

昭和57年度

食肉に関する

助成研究調査成果報告書

VOL.1

財団法人

伊藤記念財団



昭和57年度

食肉に関する

助成研究調査成果報告書

VOL.1

財団法人

伊藤記念財団



## 「伊藤記念財団」設立趣意書

私、伊藤傳三は、昭和3年食肉加工業を創業して以来五十有余年の永きにわたり食肉加工品の製造販売に従事して参ったところであります。

この間、昭和47年からは日本ハム・ソーセージ工業協同組合理事長、社団法人日本食肉加工協会理事長、加えて、ハンバーグ・ハンバーガー協会理事長等の重責を担わせていただく等、業界団体の役員を勤めさせていただいてきたところであります。

こうした中で昭和55年、はからずも勲二等瑞宝章受章という身にあまる榮譽に浴したのでありますが、受章に際し私自身の過ぎ来し方を振り返り、食肉及び、食肉加工業界の行く末に思いを致し、2つの事柄を決意致しました。

第1は、食肉加工団体の指導体制の若返りであり、

第2は、食肉加工業の基礎的研究の充実であります。

諸情勢が激しく変わりつつある中で食肉加工業界をさらに大きく発展させるには、新しいリーダーの登場が望ましいことは論をまちません。また、食肉加工品については、これまでも日本独自の技術開発は行われてきましたものの、いずれも企業内技術であると言っても過言でなく、大学等における基礎的研究の不足が将来の日本の食肉加工業の発展を遅らせるおそれがあり、この現状を打破する必要があると考えたところであります。

以上のような基本的考えの下に私は、食肉関係団体等の役員を辞すると共に、食肉及び食肉加工に関する基礎的かつ広汎な研究を行い、あるいは助長するための財団の設立を発起するものであります。

昭和56年6月

設立発起人 伊 藤 傳 三

## 事業のあらまし

### (目的)

本財団は、食肉に関する研究及び調査を行い、もって畜産業及び食品産業の振興と国民食生活の安定に資することを目的とする。

### (事業)

本財団は、上述の目的を達成するため、次の事業を行う。

- (1) 食肉の生産、処理、加工等に関する基礎的研究及び調査。
- (2) 食肉の生産、処理、加工等に関する研究又は調査を行う大学等の研究機関に対する助成。
- (3) 食肉の生産、処理、加工等に関する情報の普及及び広報。

### (事業実績)

回	年 度	研究調査助成	研究調査委託
第1回	昭和57年度	48件 60,000千円	5件 18,097千円

以上が、伊藤ハム栄養食品株式会社創業社長故伊藤傳三による伊藤記念財団の設立の趣意書及び財団事業のあらましであります。

当財団法人伊藤記念財団は、昭和56年7月3日に農林水産大臣により設立許可され、設立の趣旨に沿って、昭和57年4月1日から初年度事業として、食肉及び食肉加工品の研究及び調査にかかる助成並びに委託事業を実施し、只今は、第2年度の事業を行っております。

本書は、第1回(昭和57年度)の助成研究調査事業における48件に及ぶ助成対象研究者からの斬新な研究等の成果を一括とりまとめて公表して、わが国の食肉及び食肉製品の新しい研究の現状を紹介し、併せて今後の斯界の研究開発に資せんとするものであり、当財団の初の成果報告書であります。

なお、次年度以降も、毎年1回この時期に研究等の成果の発表を行ってゆくこととなりますが、幸い関係各位のご指導ご協力により、逐年内容の充実と発展を期している次第であります。

第1回研究成果報告書の創刊に当たり、編集の労をわずらわせた九州大学深沢先生はじめ、専門委員の各位に対し深甚の謝意を表します。

昭和58年11月

理事長 伊藤 研一





## 目 次

3-メチルヒスチジン法を用いた肉用牛の生産効率改善に関する研究 ..... 西沢 直行・板橋 久雄* (岩手大学農学部, *農水省畜産試験場).....	1
牧草を主体とした乳用種去勢牛の育成肥育に関する研究 ..... 小竹森 訓央 (北海道大学農学部).....	9
わが国における乳用種による肉牛肥育に関する技術的調査 ..... 福島 豊一・南條 巖* (神戸大学農学部, *同附属農場).....	12
亜熱帯における和牛の産肉性に関する調査研究—I. 去勢和牛のと体形質に関する調査研究— ..... 喜屋武 幸紀・伊福 正春 (沖縄県畜産試験場).....	20
エネルギー転換効率による食肉生産の今後の予測に関する研究 ..... 菊元 富雄・萱場 猛夫・八巻 邦次 ..... 大泉 一貫・長谷部 正 (東北大学農学部).....	28
良品質豚肉生産に関する基礎的調査 ..... 田中 巖 (岐阜県畜産試験場).....	36
年2回繁殖による子羊の増産に関する研究 ..... 福井 豊 (帯広畜産大学).....	42
家畜飼料としてのユーグレナ (ミドリムシ) の利用とその施用による牛の生殖機能への効果 ..... 北岡 正三郎 (大阪府立大学農学部).....	48
日本短角種, 黒毛和種およびそれらの交雑種の肉質に関する研究 ..... 玉手 英夫・水間 豊・山岸 敏宏・星野 忠彦 ..... 鈴木 惇・足立 達・須山 享三 (東北大学農学部).....	56
肉用牛の肉質改良に関する研究 ..... 原田 宏 (宮崎大学農学部).....	63
日本短角種筋肉の色特性 ..... 近藤 洋・伊藤 良 (北里大学獣医畜産学部).....	68
ブタにおける薬物筋肉内投与後の注射部位残留の血中動態パラメータからの推定について ..... 吐山 豊秋・小久江 栄一・下田 実 (東京農工大学農学部).....	74
人畜共通伝染病としての豚の非定型抗酸菌症について ..... 勝部 泰次 (日本大学農獣医学部).....	78
筋肉タンパク質 (食肉) 生産機構の解明とその制御 ..... 大塚 譲・木村 靖夫* (鳥取大学教育学部, *同農学部).....	83
豚筋肉糖質の死後代謝に関する研究—とくにと殺前のインシュリン投与の影響について— ..... 加香 芳孝 (鹿児島大学農学部).....	91
畜肉の死後硬直の生理学的研究 ..... 伊藤 肇躬・上曾山 博 (九州大学農学部).....	98
食肉の熟成中にアクチン・ミオシン相互作用を修飾する筋原線維性成分について ..... 高橋 興威 (北海道大学農学部).....	103

食肉の軟化と筋原線維の収縮能及びZ帯の構造との関連について ..... 鈴木 敦士・野並 慶宣・熊谷 善博(新潟大学農学部).....	109
メトミオグロビン還元酵素による食肉中ミオグロビンの安定化 ..... 米山 良昌(金沢大学医学部).....	116
豚肉の色沢に関連する要因解析に関する研究 渋谷 佑彦・吉本 正・永田 致治・三村 耕・浦上 清 ・井上 楊一郎・嶋田 英作・田中 智夫・坂田 亮一(麻布大学獣医学部).....	119
肉製品のミネラル成分について ..... 玉手 六朗(茨城大学教育学部).....	126
熟処理にともなう畜肉のレオロジー的性質の変化に関する研究 ..... 水野 治夫(東京水産大学).....	133
けずりぶし状に削った凍結肉から製造したソーセージの品質について ..... 加藤 啓介・中村 誠(石川県農業短期大学).....	136
ミオシン、大豆タンパク質共存系の加熱ゲル形成機構に関する研究 ..... 芳賀 聖一(宮崎大学農学部).....	142
汎用小型コンピュータによるソーセージ製造のための最小費用処方プログラム開発の研究 ..... 森田 重広(日本獣医畜産大学).....	151
食肉における脂質酸化の機構解明と変敗度測定 ..... 松下 雪郎(京都大学食糧科学研究所).....	155
乳用雄子牛筋肉における脂質の脂肪酸組成および 高度不飽和脂肪酸と $\alpha$ -トコフェロールとの量的関係 ..... 山内 清(宮崎大学農学部).....	163
食肉製品に含まれる不揮発性ニトロソ化合物に関する研究 ..... 谷村 顕雄(国立衛生試験所).....	171
食肉及び食肉製品中の黄色ブドウ球菌及びセレウス菌の エンテロトキシン産生に及ぼす要因について ..... 倉田 浩・小沼 博隆・品川 邦汎*(国立衛生試験所,*岩手大学農学部).....	174
食肉ならびに食肉加工環境における真菌の動態 ..... 高鳥 浩介(食品薬品安全センター秦野研究所).....	182
非加熱ソーセージ製造工程および冷蔵期間中の食中毒細菌の消長 ...阪口 玄二・植村 興・小崎 俊司 品川 邦汎*(大阪府立大学農学部,*岩手大学農学部).....	188
セミドライソーセージの細菌学的安全性に関する基礎的研究 ..... 高坂 和久(社団法人日本食肉加工協会).....	192
冷却冷蔵条件下における牛肉の劣化に関する研究 ..... 三浦 弘之・三上 正幸・泉本 勝利(帯広畜産大学).....	199
牛肉の貯蔵性に及ぼす酸素、炭酸ガスおよび窒素ガスの影響 ..... 岡山 高秀(神戸大学農学部).....	205
豚心筋筋原線維タンパク質の化学的修飾と機能に関する研究 ..... 鮫島 邦彦・山本 克博・安井 勉*(酪農学園大学,*北海道大学農学部).....	209

食肉加工用副原料としての親油性化食品タンパク質の開発 .....	鬼頭 誠 (京都大学食糧科学研究所).....	215
食肉添加素材としての食用キノコタンパク質の性質 .....	青山 昌照・鈴木 昇・阿部 宏喜* (共立女子短期大学, *共立女子大学).....	218
食肉加工用副原料としての未利用タンパクの応用研究—プランクトンタンパク質の開発—I— .....	鴻巣 章二・山口 勝巳・林 哲仁・村上 昌弘 (東京大学農学部).....	225
と畜血液蛋白質の有効利用に関する基礎的研究 .....	山内 邦男 (東京大学農学部).....	230
家畜廃血液の有効利用に関する研究 .....	児玉 正昭・緒方 武比古 (北里大学水産学部).....	236
食肉生産における副産物、廃棄物の飼料資源的再利用に関する研究 .....	大武 由之*・山内 亨 (*日本大学農獣医学部食品工学科, 宇都宮大学農学部).....	242
国産牛肉の生産費節減に関する計量経済学的研究 .....	甲斐 諭 (九州大学農学部).....	248
牛豚枝肉品質に関する多変量解析的研究 .....	村田 富夫 (日本獣医畜産大学).....	255
牛肉の生産・流通および消費に関する日米総合比較研究 菊地 泰次・川島 良治・吉田 忠・宮崎 昭 ・嘉田 良平・J. R. シンプソン* (京都大学農学部, *フロリダ大学).....		263
日本・オーストラリア間の食肉貿易に関する計量経済学的研究 .....	岸本 裕一 (桃山学院大学).....	267
食肉及び食肉加工品の需要分析 .....	京野 禎一・松田 友義* (北海道大学農学部, *千葉大学園芸学部).....	271
食肉類の消費者行動に関する研究—食肉製品についての調査研究— .....	長野 実・木村 貞司・高久 信一・小泉 聖一 ・西野 松之・高瀬 博昭 (日本大学農獣医学部).....	278

## CONTENTS

<b>Application of 3-Methylhistidine to Improvement of Beef Cattle Production</b> Naoyuki Nishizawa and Hisao Itabashi* (Faculty of Agriculture, Iwate University and *National Institute of Animal Industry) .....	1
<b>High Roughage Feeding System for Raising Fattening Dairy Beef</b> Kunio Kotakemori (Faculty of Agriculture, Hokkaido University).....	9
<b>A Survey on Dairy Beef Production in Japan</b> Toyokazu Fukushima and Iwao Nanjo* (Faculty of Agriculture and *Experimental Farm, Kobe University).....	12
<b>Survey on Meat Productivity of Japanese Black Cattle at the Subtropical Zone</b> Koki Kiyon and Masaharu Ifuku (Okinawa Prefectural Experimental Station of Animal Husbandry) .....	20
<b>Studies of Meat Production by Estimated Energy Conversion Efficiency</b> Tomio Kikumoto, Takeo Kayaba, Kuniji Yamaki, Kazunuki Ohizumi and Tadashi Hasebe (Faculty of Agriculture, Tohoku University) .....	28
<b>Basic Survey on Production of High Quality Porcine Meat</b> Iwao Tanaka (Gifu Prefectural Experimental Station of Animal Husbandry).....	36
<b>Studies on Lamb Production by Two Lambings per Year</b> Yutaka Fukui (Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine).....	42
<b>Utilization of <i>Euglena gracilis</i> for Feed of Livestock and Its Effect on the Reproductive Function of Cow</b> Shozaburo Kitaoka (Faculty of Agriculture, University of Osaka Prefecture) .....	48
<b>Study on Meat Quality of Japanese Shorthorn, Japanese Black and Their Reciprocal Crossing Cattle</b> Hideo Tamate, Yutaka Mizuma, Toshihiro Yamagishi, Tadahiko Hoshino, Atsushi Suzuki, Susumu Adachi and Kyoza Suyama (Faculty of Agriculture, Tohoku University) .....	56
<b>Studies on Improvement of Carcass Quality of Beef Cattle</b> Hiroshi Harada (Faculty of Agriculture, Miyazaki University) .....	63
<b>Characteristics of Meat Color of Japanese Shorthorn</b> You Kondo and Ryo Itoh (Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Kitasato University) .....	68

<b>Estimation of Drug Residue at the Junction Site after Intramuscular Injection by Means of Plasma Kinetic Parameters</b>	
Toyoaki Hayama, Eiichi Kokue and Minoru Shimoda (Tokyo University of Agriculture and Technology) .....	74
<b>Significance of a Typical Mycobacteriosis in Swine Zoonoses</b>	
Yasuji Katsube (Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Nippon University) .....	78
<b>Studies on a Mechanism of Muscle Protein (Meat) Production, and Its Control</b>	
Yuzuru Ohtsuka and Yasuo Kimura* (Faculty of Education and *Agriculture, Tottori University) .....	83
<b>Studies on the Postmortem Glycogenolysis of Porcine Muscle—On the Influences of the Insulin Administration Preslaughter—</b>	
Yoshitaka Kako (Faculty of Agriculture, Kagoshima University) .....	91
<b>Physiological Studies on Rigor Mortis of Muscle</b>	
Tatsumi Ito and Hiroshi Kamisoyama (Faculty of Agriculture, Kyushu University) .....	98
<b>A Myofibrillar Protein which Modifies Myosin—Actin Interaction on Storage of Meat</b>	
Koui Takahashi (Faculty of Agriculture, Hokkaido University) .....	103
<b>Studies on the Relationship among Meat Tenderness, Contractility of Myofibrils and Structure of Z-Disk</b>	
Atsushi Suzuki, Yoshinobu Nonami and Yoshihiro Kumagai (Faculty of Agriculture, Niigata University) .....	109
<b>Stabilizing Effect of Myoglobin in Meat by Metmyoglobin Reductase</b>	
Yoshimasa Yoneyama (Faculty of Medicine, Kanazawa University) .....	116
<b>Analysis of Factors Affecting the Color of Fresh Pork</b>	
Sukehiko Shibuya, Tadashi Yoshimoto, Yukiharu Nagata, Kou Mimura, Kiyoshi Uragami, Youichiro Inoue, Eisaku Shimada, Tomoo Tanaka and Ryoichi Sakata (Faculty of Veterinary Medicine, Azabu University) .....	119
<b>Studies on the Mineral Content of Meat Products</b>	
Rokuro Tamate (Faculty of Education, Ibaraki University) .....	126
<b>Study on the Rheological Properties of Meat in the Process of Heating</b>	
Haruo Mizuno (Tokyo University of Fisheries) .....	133
<b>The Quality of Sausage Manufactured from Flaked Frozen Meat</b>	
Keisuke Kato and Makoto Nakamura (Ishikawa Prefectural College of Agriculture) .....	136
<b>Studies on the Heat-Induced Gelling Mechanism of the Mixture System of Myosin with Soybean Protein</b>	
Seiichi Haga (Faculty of Agriculture, Miyazaki University) .....	142

<b>Studies on Development of the Program for Least Cost Formulation of Sausage Production Using Small Computer</b> Shigehiro Morita (Nippon Veterinary and Zootechnical College) .....	151
<b>Mechanism of Lipid Oxidation in Meat and Detection of Lipid Rancidity</b> Setsuro Matsushita (The Research Institute for Food Science, Kyoto University) .....	155
<b>Fatty Acid Composition of Lipids and Quantitative Relationship between Polyunsaturated Fatty Acids and Alpha-Tocopherol in Skeletal Muscle from Growing Dairy Bull Calves</b> Kiyoshi Yamauchi (Faculty of Agriculture, Miyazaki University) .....	163
<b>Studies on Non-Volatile Nitroso Compounds in Meat Products</b> Akio Tanimura (National Institute of Hygienic Science) .....	171
<b>Some Factors Influence to Growth and Enterotoxin Production by <i>Staphylococcus aureus</i> and <i>Bacillus cereus</i> on Various Kinds of Meat and Meat Products</b> Hiroshi Kurata, Hirotaka Onuma and Kunihiro Shinagawa* (National Institute of Hygienic Science and *Faculty of Agriculture, Iwate University) .....	174
<b>Dynamics of Fungal Distribution in Meat and Meat Processing Factories</b> Kosuke Takatori (Hatano Research Institute, Food and Drug Safety Center) .....	182
<b>Changes in Some Food-Poisoning Bacterial Counts of Raw Sausage on the Processing and During Storage Under Cooling Condition</b> Genji Sakaguchi, Kyou Uemura, Shunji Kosaki and Kunihiro Shinagawa* (Faculty of Agriculture, University of Osaka Prefecture and *Iwate University) .....	188
<b>The Fundamental Examination of Bacteriological Safety for Semi-Dried Sausages</b> Kazuhiisa Kosaka (Japanese Meat Packers Association) .....	192
<b>Studies on Deterioration of Beef Under the Chilled Storage Condition</b> Hiroyuki Miura, Masayuki Mikami and Katsutoshi Izumimoto (Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine) .....	199
<b>Effect of Oxygen, Carbon Dioxide and Nitrogen Atmospheres on Storage Quality of Beef</b> Takahide Okayama (Faculty of Agriculture, Kobe University) .....	205
<b>Studies on Chemical Modification and Functional Properties of Porcine Cardiac Myofibrillar Proteins</b> Kunihiko Samejima, Katsuhiko Yamamoto and Tsutomu Yasui* (The College of Dairying and *Faculty of Agriculture, Hokkaido University) .....	209
<b>Development of Lipophilized Food Proteins as Food Additives for Meat Processing</b> Makoto Kitou (The Research Institute for Food Science, Kyoto University) .....	215

<b>Properties of Edible Mushroom Proteins as Meat Additives</b> Masateru Aoyama, Noboru Suzuki and Hiroki Abe* (Kyoritsu Women's College and *Kyoritsu Women's University) .....	218
<b>A Study on the Proteins of Plankton as a New Supplementary Stuff for Meat Products</b> Shoji Kounosu, Katsumi Yamaguchi, Tetsujin Hayashi and Masahiro Murakami (Faculty of Agriculture, Tokyo University) .....	225
<b>Basic Study on Efficient Utilization of Blood Proteins</b> Kunio Yamauchi (Faculty of Agriculture, Tokyo University) .....	230
<b>Studies on the Efficient Utilization of the Waste Blood of Domestic Animals</b> Masaaki Kodama and Takehiko Ogata (Faculty of Fisheries, Kitasato University) .....	236
<b>Studies on the Recycle Utilization of By-Products and Offals in Meat Production as the Feed Stuff</b> Yoshiyuki Ohtake* and Tohru Yamauchi (*Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Nippon University and Faculty of Agriculture, Utsunomiya University) .....	242
<b>An Econometric Study on Reducing the Production Cost of Beef in Japan</b> Satoshi Kai (Faculty of Agriculture, Kyushu University) .....	248
<b>Multivariate Analysis on the Meat Quality of Beef and Pork</b> Tomio Murata (Nippon Veterinary and Zootechnical College) .....	255
<b>A Comparative Study on the Production, Marketing and Consumption of Beef between the United States and Japan</b> Taiji Kikuchi, Ryoji Kawashima, Tadashi Yoshida, Akira Miyazaki, Ryohei Yoshida and J. R. Simpson* (Faculty of Agriculture, Kyoto University and *Florida University) .....	263
<b>An Econometric Study of Meat Trade between Japan and Australia</b> Yuichi Kishimoto (Momoyama Gakuin University) .....	267
<b>Analysis on Demand of Meat and Meat Products</b> Teiichi Kyono and Tomoyoshi Matsuda* (Faculty of Agriculture, Hokkaido University and *Faculty of Horticulture, Chiba University) .....	271
<b>Studies on Consumer Behavior in Meats: An Investigation on Meat Products</b> Minoru Nagano, Teiji Kimura, Shinichi Takaku, Seiichi Koizumi, Matsuyuki Nishino and Hiroaki Takase (Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Nippon University) .....	278





## 3-メチルヒスチジン法を用いた肉用牛の

## 生産効率改善に関する研究

Application of 3-Methylhistidine to Improvement of Beef Cattle Production

西 沢 直 行 ・ 板 橋 久 雄\* (岩手大学農学部, \*農水省畜産試験場)

## 1. 目 的

筋肉は生体重の過半量を占めており、動物体の最大の組織である。食肉の実質体であることはいうまでもないことである。家畜が成長する過程における筋肉蛋白質の合成速度、すなわち合成量および分解速度（分解量）とその制御機構を明らかにすることは、畜肉生産の改善にとって基本的かつ重要な研究課題です。著者らは、3-メチルヒスチジン（N<sup>ε</sup>-メチルヒスチジン：Fig. 1, 以下 MeHis と略します）の尿への排泄量を測定することによって、筋肉蛋白質の分解速度、合成速度を求めるという方法（MeHis 法）を確立することで、この問題に取り組んできました<sup>1-5)</sup>。著者らは、このような簡便な方法を肉用牛に適用することによって食肉の生産の改善に役立つことを目的として本研究を行った。

MeHis は、筋肉のミオシン、アクチンに1分子ずつ含まれるアミノ酸で、Fig. 1 に示したよう

に生体内でこれらの蛋白質が分解した後、代謝されることなく定量的に尿に排泄される非代謝性のアミノ酸です<sup>6)</sup>。肉用牛における MeHis 法の有効性は、著者ら<sup>7)</sup> や Harris ら<sup>8)</sup> によって示されている。

本研究は次のことを目的として実験を行った。(1) MeHis 法によって肉用牛における育成時期と肥育時期における筋肉蛋白質の分解速度、合成速度を求めて、その蓄積の特性と各品種間の特徴との関連性を解析すること。(2) 筋肉蛋白質の蓄積速度を反映する一層簡便な方法を開発するために、著者らがラットを用いた基礎研究ですでに示している筋原線維蛋白質の生分解の中間体である MeHis を含むペプチドを牛の筋肉から分離してその一次構造を決定すること。

## 2. 実験方法

実験には、去勢した平均体重 232kg、月齢 6 カ月のホルスタイン種 2 頭と、同じく 6 カ月齢の平均体重 170kg の黒毛和種 2 頭を用いた。飼料は動物性素材の含まない Table 1 の組成の濃厚飼料とオーチャードグラス乾草を自由摂取させた。飼育期間は 12 カ月で、この間実験開始時の 6 カ月齢と 12 カ月齢および 18 カ月齢に 1 日尿を採取した。同時に、前日と当日に体重を測定した。

尿の MeHis の測定は、Fig. 2 に従って次のように行った。すなわち、パイレックス製肉厚試験管 (16×100mm) に尿試料 1 ml をとり、濃塩酸

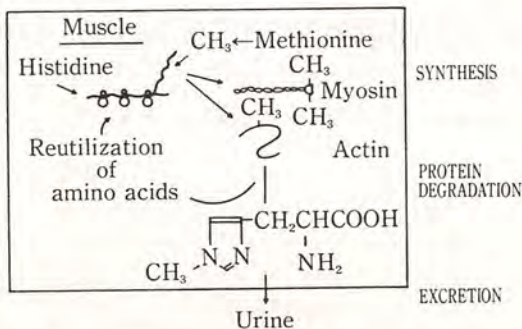


Fig. 1. Origin of N<sup>ε</sup>-methylhistidine and its fate

Table 1. Composition of concentrate

Ingredients	%
Barley	20.0
Corn	20.0
Milo	30.0
Wheat bran	10.0
Alfalfa meal	10.0
Urea	1.0
Molasses	5.5
Vitamins and minerals	3.5
.....	
Calculated DCP	9.9
Calculated TDN	68.0

Table 2. Condition for measurement of urinary MeHis by Dionex D-500 amino acid analyzer

Column size	0.175×48cm
Resin	Dionex DC-4A
Column temperature	67°C
Buffer	Dionex Li-E buffer (0.643 N Lithium citrate, pH 5.30)
Buffer flow rate	9 ml/hr
Analysis time	60min

尿のクレアチニンは、アルカリ性ピクリン酸法<sup>1)</sup>で測定した。

飼料中の MeHis 含量は、著者らがすでに報告している方法<sup>4)</sup>によって、次のように測定した。濃厚飼料 0.2 g, 乾草 0.5 g を 6 M 塩酸で封管中 110°C, 24 時間加水分解した後, 11G-3 のガラスフィルターで濾過してロータリーエバポレーターで塩酸を除いた。0.2M のピリジン 5 ml に溶かし、ピリジン形の Dowex 50×8 のカラムに添加して、Fig. 2 に示した方法に従って MeHis の画分を分離した。分離した画分は pH 2.2 のクエン酸リチウム緩衝液 1 ml に溶かして、その 40 μl を Table 2 に示した条件で測定した。

尿への MeHis の排泄量から筋肉蛋白質の分解速度 ( $K_d$ )、合成速度 ( $K_s$ ) は、1 日当り体内の筋肉蛋白質の何%が分解され合成されるかで表示され、次のように求めた。すなわち、1 日尿中の MeHis の量を  $E$  として、牛の筋肉蛋白質中の MeHis 含量が著者らによって 1 g の筋肉蛋白質当り 594 μg であることが示されているので<sup>7)</sup>、前日の体重から算出した動物体内の筋肉に存在する MeHis の量を  $P_0$ 、当日の体重から求めた MeHis の量を  $P$  とすると、(1) 式のように求めることができる<sup>3,7)</sup>。



Urine sample 2 ml

Hydrolyzed in 6M HCl for 24h at 110°C

Dowex 50×8 column (pyridine form, 15ml resin bed)

←0.2M Pyridine 150ml

←1M Pyridine 60ml

Acid-neutral amino acids

MeHis fractinn

Fig. 2. Isolation of MeHis from urine sample.

1 ml を加え、封管後 110°C, 24 時間加水分解した。開封後、7G-3 のガラスフィルターで濾過してロータリーエバポレーターで塩酸を除いた。次に、0.2M ピリジン 2 ml に溶かして、ピリジン形の Dowex 50×8 のカラムで MeHis 画分を分離した<sup>4)</sup>。分離した MeHis の画分は、ロータリーエバポレーターで減圧乾固した後、pH 2.2 のクエン酸リチウム緩衝液 1 ml に溶かして、その 50 μl を Table 2 の分離条件でダイオネックス社 D-500 型全自動アミノ酸分析計で MeHis の定量を行った。定量には、ダイオネックス社製の生体液アミノ酸分析用カラムと緩衝液を用いた。

$$Kd (\%/日) = \frac{E}{(P_0 + P)/2} \times 100 \dots\dots(1)$$

求められた分解速度から合成速度を(2)式のように求めた<sup>3)</sup>。

$$Ks (\%/日) = \left[ \frac{Kd(P - P_0 e^{-Kd})}{1 - e^{-Kd}} \right] \div \frac{P_0 + P}{2} \times 100 \dots\dots(2)$$

筋肉の酸可溶性の MeHis を含むペプチドの抽出とペプチドの分離方法、分析方法は次のように行った。凍結状態の筋肉の 5~10 g を 1% ピクリン酸でホモジナイズして、4°C で一夜放置した。生成した沈殿を 2,500×g で 15 分間遠心して得られた上清液を、1.2×19cm の Amberlite CG-400 (Type 2, Cl 形) カラムに通してピクリン酸を除いた。得られた酸可溶性の画分はロータリーエバポレーターで濃縮した後、セフアデックス G-25 と銅イオンとで調製した銅セフアデックス複合体カラム (1.6×60cm) に添加して酸可溶性のペプチドをアミノ酸と分離した。得られた筋肉のペプチドを、CM-セフアデックスカラム (1.6×60cm) で、0.1M と 1M のピリジン溶液の直線濃度勾配溶離を行いペプチドの大まかな分離を行った。次に、MeHis を含むペプチドを分離、精製するために、Amberlite CG-50 カラム (1.2×18cm) で、0.2M ピリジンと 1M ピリジンの直線濃度勾配の溶離条件で分離した。このようにして得られたペプチドの画分を更に次のようにして高速液体クロマトグラフィーによって精製を進めた。すなわち、LiChrosorb RP-18 (粒径 5 μm, E. Merck 社) を 4×300mm のステンレスカラムに充填して、Table 3 の条件でペプチドを分離した。また、高速液体クロマトグラフィー用のイオン交換ゲルカラム TSK GEL IEX-510K (4×300mm, 東洋曹達株式会社) を用いて更に精製を試みた。溶離条件は Table 4 に示した。

Table 3. Condition for peptide separation by highperformance liquid chromatography using reverse phased column

Column size	4×300mm
Packing	LiChrosorb RP-18
Column temperature	Room temperature
Eluent	1% Methanol
Eluent flow rate	0.4ml/min
Back pressure	60kg/cm <sup>2</sup>
Detection	220nm

Table 4. Condition for separation of CG peptides by high-performance liquid chromatography using TSK-GEL IEX-510K

Column size	4×300mm
Packed column	TSK-GEL IEK-510K
Column temperature	room temperature
Eluent	0.1M Phosphate buffer (pH 4.6, 0.1M=Na)
Eluent flow rate	0.6ml/min
Back pressure	60kg/cm <sup>2</sup>
Detection	
Wave length	220nm
Flow cell	8 μl
Absorbance range	0.32
Recorder	
Voltage	1 mV
Chart speed	5 mm/min

ペプチド中の MeHis の含量の測定は、封管中で 6M 塩酸で 110°C、24 時間加水分解後、尿の測定法と同様にアミノ酸分析計で行った。

上記のようにして分離したペプチドのガスクロマトー質量分析による一次構造の解析を行う準備実験として、ペプチドのトリメチルシリル (TMS) 誘導体を調製して、ガスクロマトグラフィーによる分離を行った。すなわち、上記で示したペプチドの画分をミニバイアルにとり、N, O-ビス-トリメチルシリルトリフルオロアセトアミド試薬を加え、140°C で 150 分間反応させ、TMS 化した。調製したペプチドの TMS 誘導体を Table 5 に示した条件でガスクロマトグラフィーを行った。

**Table 5.** Condition for separation of TMS-derivatives of CG peptide by gas chromatography

Gas chromatograph	Hitachi 023
Column	Silicone OV-11 10% on Chromosorb W AW-DMCS 100~200mesh; 3mm×1.5m glass column
Detector	FID
Carrier gas	Nitrogen
Carrier gas flow rate	30ml/min
Temperature	
Injection	260°C
Column	150°C for 20 min, after then increased at rate of 10°C/min up to 250°C
Detector	260°C
Chart speed	2.5cm/min

### 3. 結果および考察

実験期間中の体重の変化は、ホルスタイン種で6カ月齢で232kg, 12カ月齢で446kg, 18カ月齢で595kgであった。一方、黒毛和種では6カ月齢で170kg, 12カ月齢で314kg, 18カ月齢で473kgであった。明らかに、増体量はホルスタイン種の方が優れていることがわかる。Table 6に尿へのMeHis排泄量とクレアチニン量を示した。尿へ

のMeHis排泄量は、ホルスタイン種で体重が232kgの時期で0.840mmol/日, 成育の盛んに時期である体重が446kgの時で1.52mmol/日, 更に体重が増加した595kgの時に1.79mmol/日であった。しかし、尿のMeHis排泄量をクレアチニン当りの量に直すと、ほぼ0.10~0.11(mmol/gクレアチニン)と一定の値を示した。クレアチニン当りのMeHisの量は、体重の増加, すなわち動物体の筋肉量の増加に伴う代謝を反映しているものと考えられる。これらの結果はすでに著者らが報告しているラット<sup>1,5)</sup>や山羊<sup>9)</sup>, 牛<sup>7)</sup>の値(Table 7)と比較しても妥当な結果といえる。

飼料中のMeHisの分析をした結果、濃厚飼料では1kg当り3.2mg, 乾草では1kg当り0.78mg含まれていることが明らかになり、飼料の素材にも充分配慮する必要性が示された。以下で述べる分解速度, 合成速度の算出には、これらの飼料からのMeHis摂取量<sup>7)</sup>を補正して行った。

尿へのMeHis排泄量から算出された筋肉蛋白質の分解速度, 合成速度はTable 8に示した。筋肉蛋白質の分解速度は体重が232kgの時期で1.58%/日であった。代謝半減期にすると44日となり、

**Table 6.** Changes in body-weight and daily urinary output of MeHis and creatinine during growth in cattle<sup>a</sup>

Age (months)	Body-wt (kg)	Urinary MeHis		Urinary creatinine	
		Total amount (mmol/day)	Amount relative to body-wt ( $\mu$ mol/kg)	Total amount (g)	Amount relative to body-wt (mg/kg)
6	232	0.840	3.67	7.49	32.2
12	446	1.52	3.42	14.7	33.0
18	595	1.79	3.00	17.7	29.8

<sup>a</sup> Mean values for two cattles.

**Table 7.** Urinary excretion of Me-His in relation to creatinine output<sup>a</sup>

Body-wt (kg)	Rat		Goat			Cattle	
	0.30	0.37	35.1	38.0	39.9	217	312
Me-His ( $\mu$ mol/mg creatinine)	0.206	0.279	0.126	0.131	0.140	0.120	0.099

<sup>a</sup> N. Nishizawa et al. (5,7,9).

**Table 8.** Muscle-protein turnover rates of cattle<sup>a</sup>

Body-wt (kg)	232	446	595
Catabolic rate (%/day)	1.58	1.60	1.43
Half-life (day)	44	43	48
Synthetic rate (%/day)	2.03	1.92	1.60

<sup>a</sup> Mean values for two cattles.

このことは筋肉蛋白質の半量は44日で新しい素材と入れ替わることを表わしている。体重が446kgの時点では、分解速度は1.60%/日（代謝半減期43日）であった。体重が595kgの時期には1.43%/日（代謝半減期48日）と低下することが明らかになった。それぞれの時期での筋肉蛋白質の合成速度は、体重が232kgの時で2.03%/日、446kgの時で1.92%/日、595kgの時で1.60%/日であった。これらの結果は、成育の盛んな時期では筋肉の蛋白質の合成は分解に比べてはるかに旺盛であり、成長に伴って合成は徐々に低下していくことを示している。これらの合成速度の変動に対して、分解速度の変動は小さく、緩慢であった。この事は、筋肉蛋白質の蓄積にとって合成速度の制御が主要な役割を担っていることを示唆している。これらの結果は、すでに著者らが報告している小動物のラット<sup>9)</sup>や中動物の山羊<sup>9)</sup>、牛<sup>7)</sup>のものと比較した時 (Table 9)、家畜の成長の過程の制御機構を解析するうえで極めて重要な観点を示

**Table 9.** Muscle-protein turnover rates of rat, goat and cattle<sup>a</sup>

Body-wt (kg)	Rat		Goat		Cattle	
	0.075	0.363	35	39.9	217	312
Catabolic rate (%/day)	3.1	2.3	1.61	1.82	1.22	1.02
Half-life (day)	22	30	43	37	56	67
Synthetic rate (%/day)	8.1	2.8			2.73	1.51

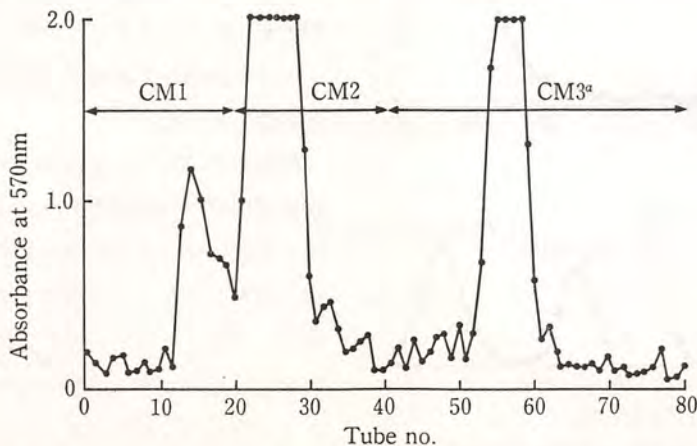
<sup>a</sup> N. Nishizawa et al. (5, 7, 9).

していると考えられる。実験で示したホルスタイン種と黒毛和種の成長の違いが、このように合成速度の違いなのか、あるいは分解速度が大きいためこのような相違を発現しているのか興味ある点である。今後、この観点での研究を深める必要性を示唆している。

筋肉の酸可溶性画分中の遊離の MeHis の量は、Table 10 に示したように、8.63n mol/g 筋肉であり、一方 MeHis を含むペプチドの量は1g 筋肉当たり44.6n molであり、可溶性画分中の MeHis はほとんどがペプチドの形態で存在して

**Table 10.** MeHis content in acid-soluble fraction of cattle muscle

(nmol/g muscle)		
Total	Free	Peptide
53.1±4.7	8.63±0.30	44.6±4.7

**Fig. 3.** Separation of acid-soluble peptides by CM-Sephadex C-50

いることが明らかになった。この結果は、著者らが報告しているラットでの結果 (1.1n mol/g 筋肉)<sup>10)</sup> と比べてはるかに高く、小動物と大家畜との成長過程の生理化学的相違を解析するうえで重要な示唆を与えているように考えられる。

CM-セフアデックスで酸可溶性ペプチドを分離した様子を Fig. 3 に示した。CM3 の画分に MeHis のペプチドが溶離されてくることが明らかになった。従って、この CM3 の画分を更に Amberlite CG-50 のカラムで分離を行ったクロマトグラムが Fig. 4 である。その結果、CG2, CG3, CG4 の画分に MeHis ペプチドが分離されることが示された。更に精製するために、CG2 の画分を Li Chrosorb RP-18 の逆相クロマトグラフィーで分離した結果が Fig. 5 である。Fig. 5 に示したように、RP 1~10 にまで分けられることが示された。それぞれのペプチド画分の MeHis の含量を測定した結果を Table 11 に示した。特に、RP 1~5 の画分に MeHis を含むペプチドが多いことが明らかになった。次に、上に示した CG2 のペプチドを更にイオン交換ゲルクロマ

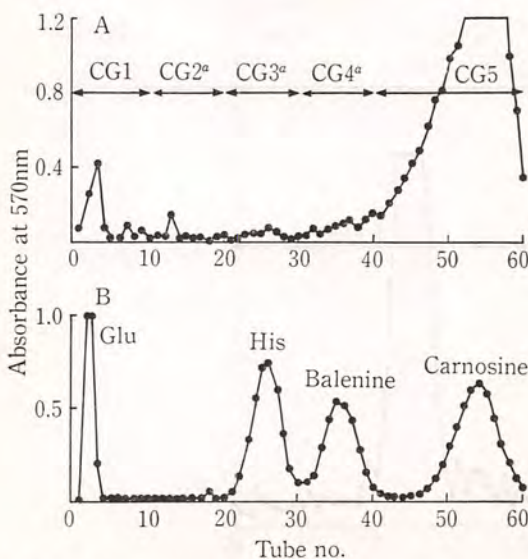


Fig. 4. Separation of CM3 peptides and authentic mixture by Amberlite CG-50 (1)

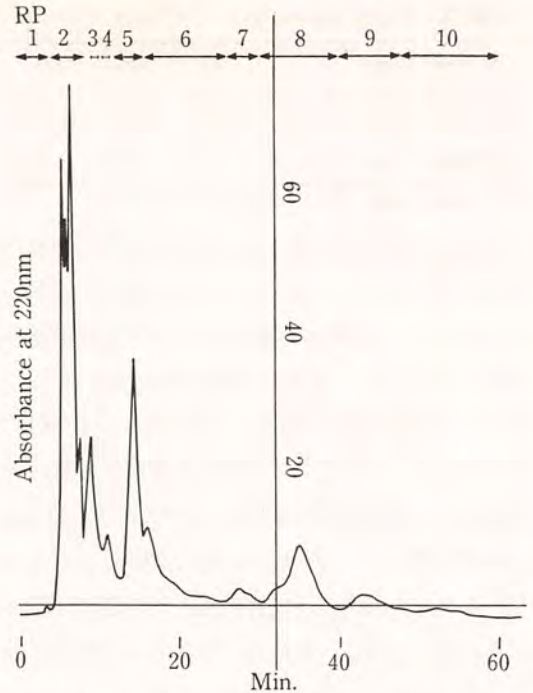


Fig. 5. Separation of CG2 by reversed phase liquid chromatography

Table 11. MeHis content in CG2 peptides

CG 2-RP 1	0.249 <sup>a</sup>	CG 2-RP 6	0.184
CG 2-RP 2	0.294	CG 2-RP 7	0.159
CG 2-RP 3	0.226	CG 2-RP 8	0.171
CG 2-RP 4	0.223	CG 2-RP 9	trace
CG 2-RP 5	0.250	CG 2-RP10	trace

<sup>a</sup> nmol/g muscle

トグラフィーで分離した結果が Fig. 6 である。Fig. 6 に示したように、予想したほど個々のペプチドには分離しておらず、溶離条件を更に検討する必要を示した。

筋肉中の MeHis を含むペプチドを指標とした筋肉蛋白質の分解速度を求める新しい方法を開発するためには、すでに述べた手法でペプチドを分離、精製してその一次構造を明らかにする必要がある。ガスクロマトー質量分析の実験として、TMS 化したペプチドのガスクロマトグラフィーによる分離を行った。上記で示した CG2 のペプチドの分析結果を Fig. 7 に示した。高速液体クロマ

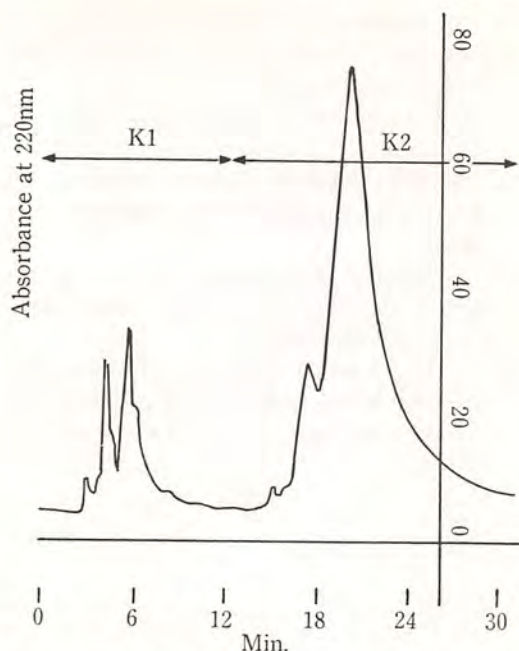


Fig. 6. Separation of CG 2 peptide by TSK-GEL IEX-510K

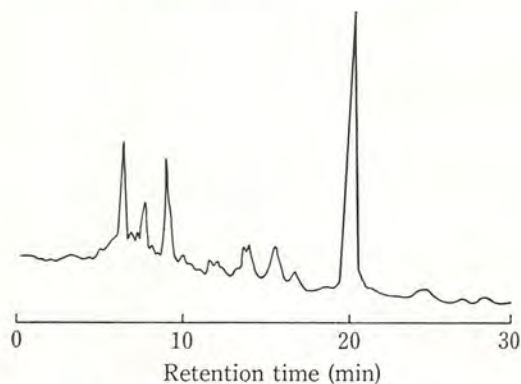


Fig. 7. Gas chromatographic analysis of CG 2 peptide.

トグラフィーとは異なり、この方法により個々のペプチドにまで分離できる可能性を明らかにした。この事は、今後、研究を進めるうえで研究の成果を見通しできるほどの結果を示唆しているものと考えられる。

以上、これまでに示した結果は、本研究の目標とする成果を充分には明らかにするまでにはいたっていないが、今後、研究を推進するうえで極め

て重要な結果を示すことができた。

#### 4. 要 約

- (1) 肉用牛の生産効率改善に関する研究を、3-メチルヒスチジン (MeHis) 法によって行った。
- (2) ホルスタイン種の成長時期における尿への MeHis 排泄量は、体重が 232kg の時期で 0.840m mol, 446kg の時で 1.52m mol, 595kg の時期で 1.79m mol/日であり、それぞれの時期での筋肉蛋白質の分解速度は、1.58%/日 (代謝半減期44日), 1.60%/日, 1.43%/日 (代謝半減期48日) であった。一方、合成速度は、それぞれ、2.03%/日, 1.92%/日, 1.60%/日であった。
- (3) 筋肉の酸可溶性画分中のペプチドの形での MeHis 量は 44.4n mol/g の筋肉であり、小動物に比べてはるかに高い値を示した。
- (4) 筋肉蛋白質の生分解の中間体である MeHis を含むペプチドを検索するために、イオン交換クロマトグラフィー、逆相クロマトグラフィーで筋肉のペプチドを分離した。また、ペプチドを TMS 化してガスクロマトグラフィーで分析した結果かなり高度な段階にまで精製が可能であり、MeHis を含むペプチドの構造解析を行ううえで重要な成果を示した。
- (5) 以上に示した結果は、肉用牛の生産改善の今後の研究推進にとって重要な成果を明らかにした。

本研究の成果の主旨は、昭和88年8月東京で開催される第5回国際畜産学会議<sup>11)</sup>で発表予定です。また、研究成果の一部は、昭和58年度仙台で開催された第74回日本畜産学会大会<sup>10)</sup>で発表した。

本研究を助成された伊藤記念財団に深く感謝を申し上げます。

## 引用文献

- 1) N. Nishizawa, M. Shimbo, S. Hareyama and R. Funabiki, *Br. J. Nutr.*, 37, 345 (1977).
- 2) N. Nishizawa, T. Noguchi, S. Hareyama and R. Funabiki, *Br. J. Nutr.*, 38, 149 (1977).
- 3) R. Funabiki, Y. Watanabe, N. Nishizawa and S. Hareyama, *Biochim. Biophys. Acta*, 451, 143 (1976).
- 4) N. Nishizawa, T. Noguchi, S. Hareyama and R. Funabiki, *J. Chromatogr.*, 151, 424 (1978).
- 5) N. Nishizawa, M. Shimbo, T. Noguchi, S. Hareyama and R. Funabiki, *Agric. Biol. Chem.*, 42, 2083 (1978).
- 6) V. R. Young and H. N. Munro, *Fed. Proc.*, 37, 2291 (1978).
- 7) N. Nishizawa, Y. Toyoda, T. Noguchi, S. Hareyama, H. Itabashi and R. Funabiki, *Br. J. Nutr.*, 42, 247 (1979).
- 8) C. I. Harris and G. Milne, *Br. J. Nutr.*, 45, 411 (1981).
- 9) 西沢直行, 板橋久雄, 松本光人, 晴山信一, 昭和58年度日本畜産学会第74回大会講演要旨, p. 14 (1983).
- 10) T. Noguchi, N. Nishizawa, M. Itoh, Y. Yanagi, S. Hareyama and H. Naito, *Agric. Biol. Chem.*, 45, 2265 (1981).
- 11) N. Nishizawa, H. Itabashi and S. Hareyama, *The Fifth World Conference on Animal Production*, Tokyo, Japan, August 14~19 (1983).





# 牧草を主体とした乳用種去勢牛の育成肥育に関する研究

## High Roughage Feeding System for Raising Fattening Dairy Beef

小竹森 訓 央 (北海道大学農学部)

### 1. 目 的

本研究は良質粗飼料多給方式による低コスト牛肉生産体系の確立とその技術普及を目的とする。

わが国の牛肉生産のうち約35%が乳用種去勢牛からなるが、これらのほぼ100%が濃厚飼料多給型で育成肥育されている。この方式は発育が良くて生産期間が16~18か月で済むこと、飼育管理が単純で多頭数飼育が可能なこと、枝肉歩留が高く肉質評価も良いことなどの利点があって全国的に普及している。しかし一方では、育成肥育の過程で多量の濃厚飼料を使うためにどうしても生産コストが高くつくという大きな欠点をもっている。肉牛経営分析資料によると飼料代が生産費の約70%を占め、これに子牛代、各種金利および施設償却費を加えるとマイナスになる例が多いようである。

これに対して良質粗飼料多給方式では、濃厚飼料費を約半分に抑えることができ、牛肉生産コストをかなり下げうる可能性があり、その肉質も市場価値の高いものであることが次第に明らかになってきている。低コスト牛肉生産は、生産者サイドと消費者サイドの両方から強く要望されており、この方式の生産体系の確立と技術普及は国家的見地からも肝要であると考えられる。

### 2. 試験方法

#### 2.1 試験実施の場所

北海道の帯広市近郊の日本酪農牧場に試験飼育を依頼し、実施中である。

#### 2.2 供試牛および管理方法

昭和57年9月中旬に導入した乳用おす子牛37頭を試験群16頭と対照群21頭の2群にわけて供試した。両群とも追込み方式で飼育管理している。体重測定は、ほぼ3か月おきに実施している。

#### 2.3 飼育計画

対照群(濃厚飼料多給方式)は哺育3か月、育成7か月、肥育8か月とし、18か月齢650kg出荷を予定している。この間の1頭あたり濃厚飼料は約3.6t、粗飼料は1.3t程度(風乾物換算)が見込まれる(表1)。

これに対して試験群(良質粗飼料多給方式)は哺育3か月、育成14か月、肥育5か月とし、22か月齢680kg出荷を予定している(表2)。全期の1頭あたり飼料所要量は、濃厚飼料1.8tと粗飼料(風乾物換算)2.7tと見積っている。したがって、試験群は対照群と比べると飼育期間は4か月間長くなるが、濃厚飼料の給与量は約半分で済むことになる。

#### 2.4 供試飼料および給与方法

哺育期の飼料給与は両群ともほぼ同じであり、代用乳、人工乳、乾草を給与する早期離乳方式とした。代用乳は1頭1日0.5kgを朝夕2回に分け、7倍の温湯に溶いて給与した。人工乳は少量から与え、対照群は自由採食とし、試験群は最高を2.5kgに制限した。雑草と飲料水は自由とし

表1 対照群の飼育計画

		哺 育 期			育 成 期						肥 育 期						給与合計						
月 齢		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16	17	18			
月 末 体 重		70	98	122	150	185	225	265	305	345	385	410	445	480	515	550	585	620	650				
増 体 日 量		← 0.8			← 1.25						← 1.1												
飼 料 給 与 (kg/日)	代 用 乳	←																					20
	人 工 乳	←																					150
	育 成 配 合				← 5.0												1,050						
	ビ ー ト パ ル プ				← 1.0												210						
	肥 育 配 合										← 7.0						1,680						
	大 麦 乾 草	← 0.5			← 1.0						← 1.0						600						
とうもろこしサイレージ				← 5.0						← 8.0						3,000							

表2 試験群の飼育計画

		哺 育 期			育 成 期												肥 育 期					給与合計		
月 齢		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		21	22
月 末 体 重		70	98	122	146	173	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620	650	680	
増 体 日 量		← 0.8			← 0.9~1.0												← 1.0							
飼 料 給 与 (kg/日)	代 用 乳	←																					20	
	人 工 乳	←																					130	
	育 成 配 合										← 2.0												840	
	ビ ー ト パ ル プ										← 1.0												330	
	肥 育 配 合																← 2.0						300	
	大 麦 乾 草	← 0.5			← 1.0						← 1.0						← 1.0						600	
とうもろこしサイレージ										自 由						自 由						9,000		

た。

育成期に入ると両群の飼料給与はかなり異なってくる。対照群へは1頭1日あたり育成配合を5.0kgとビートパルプ1.0kgを与え、粗飼料は乾草1kgととうもろこしサイレージ5kgを制限給与する。これに対して試験群へは育成配合2.0kgとビートパルプ1.0kgと濃厚飼料給与量を少なくするが、とうもろこしサイレージを自由採食させ、別に乾草1kgを給与する。

肥育期には、対照群へは肥育配合7.0kgと圧ぺん大麦2.0kgを与え、粗飼料は乾草1kgととうもろこしサイレージ8kgに制限する。これに対して試験群へは肥育配合2.0kgと圧ぺん大麦1.5kgに制限するが、とうもろこしサイレージを自由採食とし、乾草1kgを与える。

以上の飼料給与計画によると、飼育全期間中の1頭あたり飼料消費量は、対照群が濃厚飼料3.6tと粗飼料1.3tに対して、試験群は濃厚飼料1.8tと粗飼料2.7tとなる。

### 3. 試験結果 (途中経過)

この試験は昭和57年9月に開始し、肥育終了までに22か月間かかるので、試験終了は昭和59年7月を予定している。昭和58年3月現在、初生子牛の哺育から約6か月間を経過したので、この期間中の増体成績のみをまとめると表3のようである。

哺育期の平均増体日量は対照群が0.86kg、試験

表3 増体成績

	対照群	試験群
哺育期 開始体重 (kg)	46	46
(終了) 終了時 (kg)	125	131
増体量 (kg)	79	85
日数 (日)	92	92
増体日量 (kg)	0.86	0.92
育成期 ½ 体重 (kg)	220	228
(途中) 増体量 (kg)	95	97
日数 (日)	74	74
増体日量 (kg)	1.28	1.31

群が0.92kgであり、両群間に有意差はなかった。育成期にはいり、74日間の平均増体量は対照群の1.28kgに対して、濃厚飼料給与量の少ない試験群は1.31kgであり、対照群と有意差のない成績をしめしている。飼育計画ではこの時期の増体日量を0.9kg程度と予定していたが、これをはるかに上回る好成績をあげつつある(図1)。

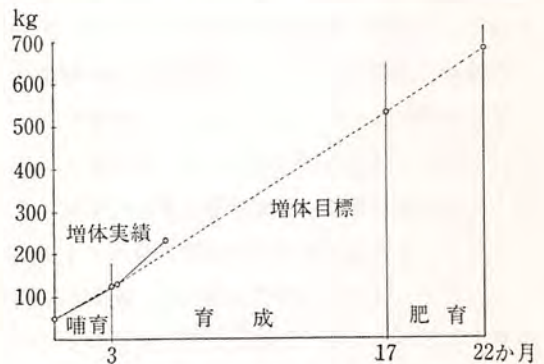


図1 増体目標と実績 (試験群)

# わが国における乳用種による肉牛肥育に関する技術的調査

## A Survey on Dairy Beef Production in Japan

福島豊一・南條巖\*(神戸大学農学部, \*同附属農場)

### 1. 目的

わが国において、乳用種とくに乳用種去勢牛の肥育技術が開発され、全国的に普及したのは昭和40年代初期であった。この当時は生後12か月で450~500kgに肥育仕上げすることを目標とし、これを乳用種去勢牛早期若令肥育と称したが、肉質的には問題があるものの、飼料効率のよい肥育方式であった。

その後荷受け側からの要望もあって、肥育技術を修正した結果、現状では生後18~20か月で650~700kgで出荷するのが、乳用種去勢牛の標準的な肥育体系になっている。このような肥育期間の延長と仕上げ体重の増大によって、飼料費とくに購入飼料の消費量は、早期若令肥育の約2倍になっており、生産量における飼料費のウエイトは極めて大きい。乳用種去勢枝肉価格は、畜安法の指定食肉になってから、比較的安定的に推移しているので今後の乳用種去勢牛肥育経営の発展を考える場合、いわゆる低コスト肥育技術の確立が望まれている。また、牛肉の流通における部分肉のシェアの増大に伴い、肥育仕上げ体重についても再検討の要が生じている。

本調査はこのような昨今の動向からみて、乳用種去勢牛肥育経営を主として技術的観点から調査し、今後の乳用種(若雌牛を含む)肥育経営の発展に寄与する資料を得ようとするものである。

### 2. 調査方法

筆者がかつて見学した乳用種肥育経営中、施設並びに飼養法に創意工夫のある経営と、全国肉用牛協会の肉用牛経営コンクール(昭和57年度)に発表され優秀賞になった経営とを選定して、現地で聞き取り調査と施設の実測を行なった。

乳用種去勢の肥育は、哺育期(生後3か月間)、育成期(生後4~6か月)、肥育期(生後7か月以降出荷まで)に区分して、技術体系が組み立てられている。今回調査対象としたのは、哺育・育成・肥育一貫経営5事例(北海道2、富山県3各事例)、哺育・育成経営1事例(北海道)、肥育経営(北海道)1事例である。調査の取りまとめは、上記の経営の哺育期、育成期、肥育期ごとに注目すべき施設、飼養法を中心に記述することにした。

### 3. 調査結果並びに考察

#### 3.1 哺育期

調査は6事例について実施した。この内北海道のS畜産とU牧場は乳用種の肥育専業経営であり、K農協は哺育・育成事業を一応独立採算で行なっている。M牧場・T畜産・Y畜産はいずれも富山県における水稲と乳用種肥育との複合経営である。

(1) 素牛の導入については表1のようにどの経営でも生後7~10日令で45~50kgの素牛を導入していた。酪農家と契約して素牛導入している事

表1 素牛の概要

調査先	素牛		
	体重	生後日令	導入方法
S 畜産	50 (kg)	10~14 (日)	家畜市場
K 農協	45以上	7以上	町内酪農家より集荷
U 牧場	50	7~10	家畜市場, 一部酪農家
M 牧場	45以上	7~10	酪農家と契約, 一部家畜市場
T 畜産	45以上	10前後	家畜市場, 一部酪農家
Y 畜産	45~55	7~10	同上

例もあるが、家畜市場を通じて導入することが北海道でも富山県でも行なわれており子牛を選別して入手できるようになっているのは、素牛流通における進歩である。素牛の導入時体重はやや大きく、健全な子牛が多かったが、調査時点での素牛価格は北海道5~6万円、富山県4~5万円であ

った。

(2) 哺育牛舎と施設をみると表2に示したように哺育牛舎は耐久専用牛舎のほか、飼料庫に塩化ビニール囲いした簡易牛舎、さらに試験的ではあるが、ビニールハウス内に可動式カーフペンを



ビニールハウス哺育舎 (M牧場)

表2 哺育期の牛舎と施設

調査先	牛舎の概要	哺育施設							
		牛房の形式	間口	奥行	面積	収容頭数	1頭当り面積	収容期間	敷料
S 畜産	耐久専用牛舎	単カーフストール	0.63	1.2	0.8	1	0.8	20	オガクズ
	天井に開閉自在のビニールを張り保温に努める	群カーフペン	2.5	4.0	10.0	5~6	1.7~2.0	40	同上
	鉄パイプペン	群カーフペン	12.0	7.0	84.0	30	2.8	30	バーク 麦稈
K 農協	乾草収納舎をビニール囲いにして転用	単カーフペン	0.75	1.35	1.0	1	1.0	20	バーク 小麦稈
	鉄骨肥育牛舎を転用	群カーフフリーストール	13.0	4.5	58.5	20~22	2.7~2.9	70	オガクズ
U 牧場	木造牛舎・木製連動スメンチオン	群カーフペン	3.3	2.3	7.6	5	1.5	60	同上
	鉄骨牛舎, 鉄パイプ牛房	群カーフペン	9.0	5.4	48.6	20	2.4	30	同上
M 牧場	ビニールハウス, 木製カーフペン, 3頭並列	単カーフペン	1.0	1.3	1.3	1	1.3	20	稲
	ビニールハウス, 鉄パイプ囲い	群カーフペン	2.7	12.6	34.0	7	4.9	70	同上
T 畜産	倉庫を兼用, 金網張り, 鉄枠ペン	単カーフペン	0.9	1.53	1.4	1	1.4	30	オガクズ
	古材利用牛舎, 鉄パイプ牛房	群カーフペン	3.6	3.6	13.0	7	1.9	60	同上
Y 畜産	鉄骨牛舎	単カーフペン	0.9	1.8	1.6	1	1.6	30	同上
	鉄骨牛舎, 鉄パイプ牛房	群カーフペン	2.7	5.4	14.6	6	2.4	60	同上

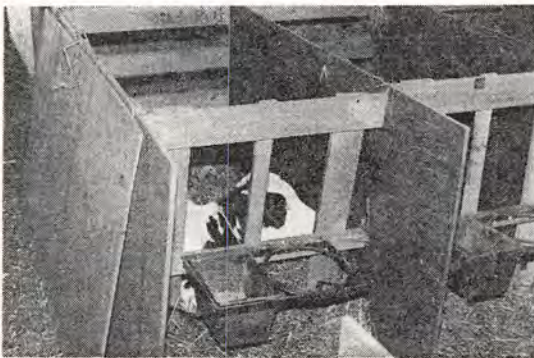
収納する新しい試みが各1事例あった。哺育牛舎を恒久的にすると、病原微生物に汚染されやすく、その消毒に多大の労働力を要し、また子牛用単飼ストールにすると建築費も高くなる。S畜産の哺育牛舎は制度融資を受けている関係で恒久的な牛舎で内部設備も立派であったが、その他の事例は比較的安価な作りであった。



鉄骨パイプカーフストール (S畜産)

内部施設の主たるものは、単飼カーフストール及びカーフペンと群飼カーフペンである。

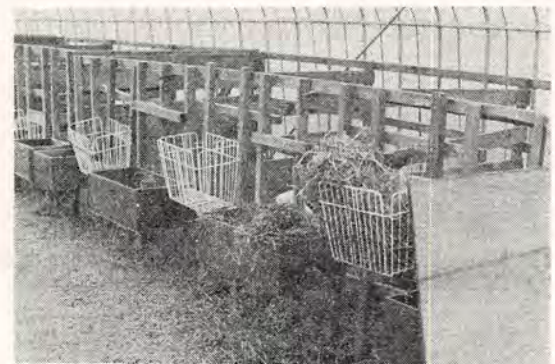
単飼カーフストールはS畜産、単飼ペンはT畜産とY畜産でいずれも鉄製であるが、これを木製にしていたのがK農協・M牧場である。とくにK農協のベニヤ板を側板にした単飼カーフペンは極めて簡単な構造であり、M牧場の3頭並列式のカーフペンも可動式で能率がよく、S畜産を除いて施設費は安価である。



ベニヤ板(コンパネ)を利用したカーフペン (K農協)



金網と鉄パイプを利用したカーフペン (T畜産)



3頭並列カーフペン (M牧場)

調査6事例とも早期離乳方式によって哺育を行なっている。その関係でU牧場を除いて哺乳期間(20~30日間)のみ単飼カーフペンに収容し、その後60日間は群飼カーフペンで飼養していた。要するに子牛の舐め合いの多い哺乳期のみ隔離して飼養し、その後は群飼して管理の省力化を図っている。K農協ではこの時期はフリーストールを用



離乳後の子牛を収容する群飼ペン (S畜産)



離乳後の子牛を収容するカーフストール (M農協)

いていたのが注目された。

U牧場は当初から群飼カーフペンで哺育している珍しい経営である。哺乳時は連動スタンションで子牛を保定し、授乳後約30日間そのままにして、口周辺のミルクを舐めさせれば、相互に吸引する悪癖がつかないとしている<sup>1)</sup>。この牧場では早期から1日6 lの温湯を飲ませ、乾草及び人工乳の採食を促進しているが、このような哺育スケジュールが群飼ペンを有効に利用するポイントであるといえる。

以上のように牛舎・施設には各種の創意工夫が認められたが、表1に示したように、単飼カーフペンの1頭当り面積は北海道は1.0m<sup>2</sup>あるいはそれよりやや狭く、敷料の交換が困難であり、富山県の3事例はゆとりがあった。群飼カーフペンはT畜産はやや狭いが、1頭当り2.5m<sup>2</sup>あれば余裕

があるように感じられた。

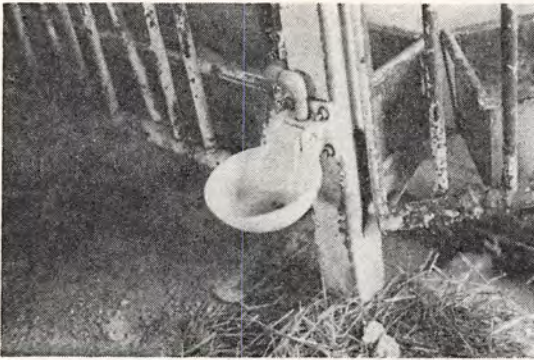
敷料は麦稈・稲わらの利用があるが、ほとんど、オガクズまたはパークでどの事例でも頻繁に交換が行われていた。

(3) 飼養法について哺育期における給与飼料の種類と事故率をみると表3の如くである。事例のすべてが早期離乳を行っていた。筆者はかつて英国のローウェット早期離乳方式を追試して、その結果を公表したことがある<sup>2)</sup>。この方式は飼料費の節約、省力管理、下痢の防止が可能で、結果的には第1胃の早期発達が可能である。筆者らは代用乳1日当り給与量を0.5kgとし、3~4週間すなわち10.5~14.0kgで良好な発育ができることを実証した。調査事例中U牧場を除いて総給与量は20kgで済んでいる処をみれば、早期離乳方式が定着しているとみてよからう。人工乳は以前は食い込みのよい配合飼料をペレット化したものが一般に用いられていた。今回の調査事例ではフレックコーンにペレットと粉碎ヘイキューブを配合したスターターがかなり普及していた。乾草は購入及び自給の別はあるものの、どの事例でも良質乾草を自由採食させていた。

ただ問題はこれら固型飼料を採食させるに十分な給水がよくない。英国のABCの飼養標準によれば、生後5~6週間の子牛には風乾物の6.5倍の給水が必要であるとしている<sup>3)</sup>。

表3 哺育期の飼養法(1週~3ヶ月令)

調査先	哺 育 飼 料			事 故 率 (%)
	代 用 乳	人 工 乳	乾 草	
S 畜産	kg kg 日 20.0 (0.4×50)	フレックコーンを主としたスターター	イタリアンライグラス	2.0~3.0
K 農協	20.0 (0.4×50)	同 上	メドフェスク	4.7
U 牧場	16.0 (0.8×20)	同 上	チモンシ及び	2.0~3.0
≠	22.5 (0.5×45)	同 上	イタリアンライグラス	
M 牧場	12.0 (0.4×30)	フレックコーンペレット、粉碎ヘイキューブ	同 上	3.0
T 畜産	20.0 (0.5×40)	ペレット及びフレックコーンを主としたスターター	イタリアンライグラス、 リードキャナリーグラス	0~0.5
Y 畜産	15.0 (0.5×30)	ペレット	イタリアンライグラス	3.0



離乳後の子牛用ウォーターカップ  
(子豚用を転用している)(S畜産)

しかし、この期間は子牛の頸の力が弱いから出来ればバケツ給与が望ましいが、厳冬期に温湯を特殊な(豚用)ウォーターカップで給水していたS畜産は、哺育期における給水の重要性を熟知したものである。

哺育期3か月の事故率はK農協の集団哺育を除き3%未満である。筆者らは昭和50年当時、実地調査の結果から指導指標の目標数値を5%とした<sup>7)</sup>。今回の事故率が低下したのは、前述のように、家畜市場で健全な子牛を選択して購入することや、牛舎の消毒の励行、1回当たり導入頭数を10頭程度として導入後の個体管理にも配慮しているためであろう。

### 3.2 育成期

調査事例は哺育期と同様6事例である。(表4)

(1) 育成期の施設は、K農協、U牧場を除く4事例では、肥育牛舎内で育成を行っていた。どの事例でも群飼ペンで、収容頭数は専業従事者のいる北海道の3事例は多く、複合経営である富山県の事例は少ない。牛房の構造は機械清掃を行なう関係で奥行きが長く、さらにS畜産とK農協では外房を設けて、作業中はここに追い出すようになっている。1頭当り所要面積は2.4~3.5m<sup>2</sup>であるが、どの事例でも充分余裕が感じられたから、この時期としては1頭当り所要面積は3m<sup>2</sup>が妥当であろう。また北海道ではヘイラックが設置されており、良質乾草がどの事例でも給与されていた。給水はすべてウォーターカップである。育成期は概ね3か月で、K農協のみが4か月である。

(2) 育成期の飼養法は哺育期と異なり、かなり省力的である。育成飼料はS畜産以外は購入飼料で、哺育期に引続いて、フレークコーン及びペレットに粉碎したヘイクューブを配合した飼料(TDN 72%, DCP 12%)を自由採食させ、北海道では乾草を、富山県では良質の稲わらと乾草とを自由採食させている。

育成牛の発育はどの経営でも良好で1日当り約1kgの増体をしていった。

飼料費の削減で興味あるのはS畜産である。

ここではスイートコーンの工場副産物(苞皮・

表4 育成期の牛舎と施設(4~6ヶ月令)

調査先	牛舎の概要	牛房					敷料
		間口	奥行	面積	頭数	1頭当り面積	
		(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(頭)	(m <sup>2</sup> )	(日)
S畜産	採光を考慮した鉄骨牛舎、鉄パイプ牛房、約70m <sup>2</sup> の外房を有す	12.0	7.0	84.0	30	2.8	90
K農協	鉄骨旧肥育牛舎を転用、約70m <sup>2</sup> の外房を有す	8.0	8.0	64.0	20	3.2	125
U牧場	古電柱を利用した牛舎・牛房	9.0	5.4	48.6	20	2.4	90
M牧場	ドーム型組立式牛舎(サンケイ)、天井裏に乾草イネワラ収納、鉄パイプ牛房、掃込み式飼槽	6.5	6.5	42.3	12	3.5	90
T畜産	鉄骨牛舎、鉄パイプ牛房、掃込み式飼槽	5.4	3.6	19.4	6	3.2	90
Y畜産	古材利用牛舎、鉄パイプ牛房、掃込み式飼槽	2.7	5.4	14.6	6	2.4	90

バーク  
麦稈  
バーク

オガクズ

同 上

同 上

同 上





スイートコーン工場副産物サイレージ (S畜産)

穂軸・穂柄)を契約購入してサイレージを作り、育成期以降の給与体系を作っている。

育成自家配合飼料 (TDN 72%, DCP 12%) の1日当り給与量は4~6kgで、全期間サイレージを日量1~3kg給与していた。

### 3.3 肥育期

調査は前述の哺育・育成・肥育一貫経営のほか、北海道のI牧場についても行なった。I牧場は全国肉用牛協会の57年度肉用牛経営コンクール北海道・東北ブロックで最優秀賞を受けた経営で肥育のみを行っている。

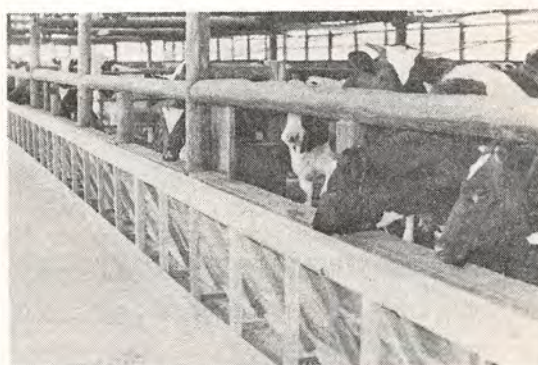
(1) 肥育素牛は表5に示したように、I牧場以外は自家育成牛を素牛にしている。I牧場では農協が広い集荷網をもち、農協導入牛が多いのが特色である。

表5 肥育牛の概要 (7~出荷まで)

調査先	開始時		終了時	
	体重	月令	体重	月令
S 畜産	220~240 (kg)	7 (月)	670~700 (kg)	18~19 (月)
U 牧場	230	7	700	18
I 牧場	270	8	670~700	18
M 牧場	220	7	650~670	18
T 畜産	270~280	8	650~670	18
Y 畜産	220	7	650~670	18

(2) 肥育用の施設について肥育牛舎の材料及び構造は表6の如く、事例ごとに特色があった。S畜産の牛舎は制度融資を利用している関係で、よく出来ており能率的である。

U牧場は柱・牛房に古電柱を利用しているが丈夫にできている。M牧場はドーム型牛舎で屋根裏



古電柱を使った牛舎 (U牧場)

表6 肥育期の牛舎と牛房

調査先	牛舎の概要	肥育施設						敷料
		間口	奥行	面積	収容頭数	1頭当り積	収容期間	
S 畜産	採光を考慮した鉄骨牛舎、鉄パイプ牛房 約82m <sup>2</sup> の外房を有す	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(頭)	(m <sup>2</sup> )	(月)	バーク 麦稈
		14.0	7.0	98.0	30	3.3	9	
		14.0	7.0	98.0	20	4.9	3~4	同上
U 牧場	古電柱を利用した牛舎・牛房	7.2	7.2	51.8	10	5.2	12	オガクズ
I 牧場	鉄骨牛舎、鉄パイプ牛房 同上	10.8	4.5	48.6	15	3.2	4	バーク
		7.2	9.0	64.8	12	5.4	7	
M 牧場	ドーム型組立式牛舎(サンケイ式)、天井裏に乾草・イネワラ収納 鉄パイプ牛房、掃込み式飼槽	6.5	6.5	42.3	12	3.5	11	オガクズ
		13.0	6.5	84.6	12	7.0	1	
T 畜産	鉄骨牛舎、鉄パイプ牛房、掃込み式飼槽	5.4	7.2	38.9	6	6.5	12	同上
Y 畜産	古材利用牛舎、鉄パイプ牛房、掃込み式飼槽	3.6	7.2	25.9	5	5.2	12	同上



鉄骨・鉄パイプを使った牛舎（I牧場）

を稲わら・乾草置場に利用するスペースが多く、延長して増築できる。総じていえば、S畜産とM牧場を除き、牛舎の材料は安価で機能的であった。さらに牛房の構造で特色となるのは、どの事例でも機械で清掃する関係で、奥行きが長い処にある。

牛房はすべて追込みで、1牛房当り収容頭数を1回の出荷頭数に調節しており、経営規模によってかなりの差があるが、S畜産、I牧場のように肥育末期に頭数を絞り込むのは、個体観察の必要からするものであろう。

牛房の1頭当り所要面積は肥育前期3.2~3.5m<sup>2</sup>、後期4.9~7.0m<sup>2</sup>で、筆者らが提唱した5.0m<sup>2</sup>（15頭収容）とよく符合した広さになっている<sup>5)</sup>。

(3) 肥育期の飼養法は消費する濃厚飼料量が多いので、この期間の飼料対策は生産費を左右する大きな要因となる。その意味からして、前述のスイートコーン工場副産物サイレーズジを利用してS畜産、とうもろこしホールクロップサイレーズジを通年給与するI牧場の対応は興味がある。この両事例の肥育期に要した飼料量は表7の如くである<sup>6)</sup>。

細野は生後7か月225~250kgの素牛を用い、生後17か月で622kgに肥育仕上げする際に要する飼料量を、配合飼料を主体として日本飼養標準で

表7 肥育期における濃厚飼料及び粗飼料の給与量

飼料	S畜産 (kg)	I牧場 (kg)
濃厚飼料	3,300	2,781
スイートコーン加工副産物サイレーズジ	2,000	—
とうもろこしホールクロップサイレーズジ	—	1,990
牧乾草	200	335

試算すると次のようになると述べている<sup>1)</sup>。すなわち配合飼料（肥育前期TDN 71%, DCP 13%, 同後期TDN 73%, DCP 11%）2,244kg、圧ぺん大麦900kg、乾草（TDN 48%, DCP 5%）498kgとなり、濃厚飼料合計3,144kgと極めて濃厚飼料のウエイトが高い飼料体系になると指摘している。実際に肥育期に使用した濃厚飼料量はI牧場は仕上げ体重675kgでありながらこれより少なく、S畜産でも同体重でこれに匹敵する。参考までに兵庫県多紀郡篠山町のO農家で聞き取り調査を行なった処、I牧場、S畜産と同様に体重275kgの素牛を配合飼料と稲わらで肥育する際の増体1kgに要する配合飼料は8.5kg、すなわち全肥育期間に3,400kgを要している。これをみてもI牧場のとうもろこしホールクロップサイレーズジ、S畜産のスイートコーン工場副産物サイレーズジが飼料量の削減に貢献していることがよく理解できる。

その他の事例ではまだ上記のような動きはないが、配合飼料にフレックコーンを併用して、濃厚飼料の単価を安くしている。配合飼料（ペレット）1kg当り価格は65~68円であるが、フレックコーンはそれより20%程度安いから、肥育末期に配合飼料の約40%をフレックコーンにすれば、飼料単価はかなり低減するであろう。これも肥育農家の飼料費削減の対応である。

(4) 肥育仕上げ体重は表5のように700kg以下である。昭和50年以降700kgを上廻る牛が市場で好まれたが、今回の調査では650~670kg程度で

出荷するケースが多い。これは北海道・富山県とも部分肉出荷が普及している関係もある。700kg仕上げは飼料要求率が高いから、このような肥育仕上げ体重の修正が全国的に行なわれることを期待したい。

#### 4. 要 約

乳用種去勢牛の先進地である北海道4事例、富山県3事例の実態調査を行ない、いわゆる低コスト肥育のための技術的諸問題を明らかにした。

- (1) 哺育牛舎・施設は耐久的なものもあるが、簡便なものも出現しており、施設費は安価である。
- (2) 早期離乳方式が定着していたが、なお改善を要する課題として給水法がある。
- (3) 哺育期の事故率は概ね3%未満で低い。
- (4) 育成・肥育牛舎は古電柱・廢材を利用して堅固で、しかも機能的な牛舎ができる。
- (5) 肥育期にとうもろこしホールクロップサイレージ、あるいはスイートコーン工場副産物

サイレージを利用して、濃厚飼料を削減する肥育経営があった。また、濃厚飼料多給肥育ではフレークコーンを使用して飼料単価を低減する肥育経営が多い。

- (6) 肥育仕上げ体重は650~675kgが多く、一時期的ように700kgを上廻ることはなかった。

#### 参考文献

- 1) 農林水産省北海道農試, 乳用おす子牛による肉生産の手びき, 札幌, 1980
- 2) 福島豊一, 辻 莊一, 藤原耿之介, 三浦隆治, 石田剛司, 畜産の研究, 22: 410~415, 1968
- 3) AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, The Nutrient Requirements of Farm Livestock, No.2 Ruminants, p. 7, Her Majesty's Stationary Office, London, 1965
- 4) 中央畜産会, 肉用牛飼養経営計画・設計指導指標(乳用去勢牛哺育・育成経営編), p. 28, 東京, 1976
- 5) 中央畜産会, 肉用牛飼養経営計画・設計指導指標(乳用去勢牛肥育経営編), p. 19, 東京, 1976
- 6) 全国肉用牛協会, 昭和57年度肉用牛経営コンクール(北海道・東北ブロック)発表要旨, pp. 29~37, 東京, 1983

# 亜熱帯における和牛の産肉性に関する調査研究

## — I. 去勢和牛のと体形質に関する調査研究 —

Survey on Meat Productivity of Japanese Black Cattle at the Subtropical Zone

喜屋武 幸紀・伊 福 正 春 (沖縄県畜産試験場)

### 1. 目的及び背景

沖縄県の和牛は、去った大戦で壊滅的打撃を受けた後、ここ20年来和牛先進県より種畜の導入により改良、増殖を推進してきた関係上、育種改良の歴史の浅さと、各県の系統が交錯しているという特徴がある。本研究は生産現場におけるその産肉能力についてのデータを整理分析し、亜熱帯といった特異な風土における和牛の効率的な肉生産技術と育種の指針を得ることを目的とする。

### 2. 材料及び方法

沖縄県食肉センターでと殺解体された去勢和牛で、日本食肉格付協会の職員が格付を実施した枝肉を調査の対象とした。調査期間は昭和53年4月から58年3月までの5年間で、格付明細が完備している枝肉で、調査頭数は53年度878、54年度593、55年度800、56年度1,132、57年度1,053、合計4,456頭であった。

分析の対象とした項目は、枝肉格付等級及び格付等級決定に関与する10形質のほかに年度、季節等で、年度、季節毎の分布状況及び各形質相互間の関係等について分析した。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 格付等級別分布状況及び格付等級成績

和牛の改良という場合、現在の枝肉流通の中で価格形成に重要な意味をもつ格付等級の向上を意

味する場合があり、従って、格付成績は改良の1つの尺度として一般に受けとられている。このような観点から格付成績及び格付等級を決定する要

表1 各形質の格付等級別分布状況  
(53年度~57年度  $n=4,456$ )

項目	格付等級		極上(0)	上(1)	中(2)	並(3)	等外(4)	
	頭数	頭数	74	482	2,537	1,336	27	
枝肉重量 kg	300>(未満)	0	4	62	70	0		
	300≤325>	6	55	297	172	1		
	325≤350>	20	112	597	329	5		
	350≤375>	20	150	725	351	9		
	375≤400>	19	101	497	256	6		
	400≤425>	8	38	239	99	4		
	425≤(以上)	1	22	120	59	2		
外 称	均 0	60	95	161	36	2		
	1	14	382	2,050	916	19		
	2	0	5	326	370	6		
	3	0	0	0	14	0		
	4	0	0	0	0	0		
	肉 づき	0	69	161	389	79	4	
		1	5	314	1,882	932	19	
		2	0	7	266	302	4	
3		0	0	0	23	0		
脂 肪 付 着	0	53	68	117	12	2		
	1	21	362	1,910	866	22		
	2	0	51	495	398	3		
	3	0	1	15	60	0		
仕 上 げ	0	73	461	2,405	1,201	1		
	1	1	21	74	40	0		
	2	0	0	56	17	0		
	3	0	0	2	77	0		
観	4	0	0	0	1	26		

表2 各形質の格付等級別分布状況  
(53年度~57年度 n=4,456)

項目	格付等級					
	極上(0) 頭数 74	上(1) 頭数 482	中(2) 頭数 2,537	並(3) 頭数 1,336	等外(4) 頭数 27	
肉質	脂					
	+0	0	0	0	428	4
	+0+	0	0	0	684	3
	+1-	0	0	802	171	6
	+1	0	0	1,156	35	9
	+1+	0	0	417	8	2
	肪					
	+2-	0	107	125	3	1
	+2	0	245	33	3	0
	+2+	0	72	4	4	1
	交					
	+3-	2	30	0	0	0
	+3	41	27	0	0	1
	+3+	20	1	0	0	0
	雑					
+4-	4	0	0	0	0	
+4	5	0	0	0	0	
+4+	1	0	0	0	0	
+5-	1	0	0	0	0	
+5	0	0	0	0	0	
肉色	肉					
	0	63	28	0	0	0
	1	11	437	859	25	5
	2	0	17	1,664	781	14
	3	0	0	14	530	8
	4	0	0	0	0	0
	き					
	め	71	23	0	0	0
	し	3	436	466	13	4
	ま	0	23	2,046	783	14
	り	0	0	25	540	9
	4	0	0	0	0	0
	脂					
	質	57	79	35	1	0
	色	17	372	1,957	727	14
沢	0	31	523	531	9	
4	0	0	22	77	4	
4	0	0	0	0	0	

素となる各形質の分布状況について検討した。5年間の各形質の格付等級別分布状況は表1及び表2、格付等級の成績は表3のとおりであった。

枝肉重量が300kg未満のものは136頭で3.1%、425kg以上のものは204頭で4.6%で、過小な枝肉あるいは過大な枝肉は少なかった。

脂肪交雑が+1+以下の枝肉が3,725頭で83.6%を占め、この形質の評価が低いことがわかる。外観の形質は評価が高く、肉質の形質は評価が低く

表3 格付等級成績

(単位:%)

区分	上以上	中	並以下	頭数
53年	7.4	64.0	28.6	878
54年	15.3	60.9	23.8	593
55年	16.6	59.1	24.3	800
56年	10.0	56.6	33.4	1,132
57年	14.6	47.5	37.9	1,053
計(53~57年)	12.5	56.9	30.6	4,456
スポット	2.2	35.2	62.6	179

注) スポット=53年~57年までに見られたスポット発生枝肉特選, 0, 1を上以上とし, 2を中, 3, 4を並以下とした。

分布している。表3によると、5年間の4,456頭の成績は、上以上に格付された枝肉、いわゆる上物率は12.5%で、去勢和牛の全国値の半分にも満たないことが目につく一方、並以下の比率も30.6%と高率である。年度別に見ると、上以上が53年にくらべ54年で急に上昇し、56年には急に下落している。並以下では53年にくらべ54年に低下した後、56年に急に上昇し、57年も上昇を続けている。53年の格付成績が振わなかったのは、枝肉出荷が開始された初期で、出荷現場の不慣れが原因と考えられているが、56年に成績が急に悪化した原因と、並以下が57年でも上昇を続けている原因については以後の項で考察する。和牛の改良を推進する場合の主眼は上以上の比率の向上であり、他方肥育現場において経営阻害要因の排除の手段として並以下の比率を下げるのが重要である。沖縄県の去勢和牛の枝肉はこの2点について同時に問題をかかえていることが明らかになった。

### 3.2 各形質の評価状況

表1及び表2より各形質の評価成績を整理すると表4のとおりである。外観の4形質について検討すると、均称は毎年度に向上し、5年間の合計で上以上に評価された枝肉は3,735頭、83.8%で並以下は14頭で1%に満たない。肉づきについても均称とほぼ同様な結果であった。脂肪付着は、

表4 各形質の評価状況

(単位: %)

区 分		S 53 年 n=878	S 54 年 n=593	S 55 年 n=800	S 56 年 n=1,132	S 57 年 n=1,053	S53年~57 n=4,456	
外 観	均 称	上以上	78.4	80.4	81.6	81.5	94.5	83.8
		中	21.3	19.2	17.8	18.4	5.3	15.9
		並以下	0.3	0.3	0.6	0.2	0.2	0.3
	肉 づ き	上以上	74.6	87.4	88.9	90.7	89.6	86.5
		中	24.4	12.1	10.9	8.8	10.2	13.0
		並以下	1.0	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5
脂 肪 付 着	上以上	67.7	78.8	75.9	82.2	79.2	77.0	
	中	30.1	20.1	22.4	16.4	18.9	21.3	
	並以下	2.3	1.2	1.8	1.3	1.9	1.7	
仕 上 げ	上以上	95.9	96.6	95.6	94.4	97.7	96.0	
	中	1.8	2.7	1.1	1.7	1.2	1.6	
	並以下	2.3	0.7	3.3	4.0	1.0	2.4	
肉 質	脂 肪 交 雑	上以上	9.6	18.6	22.4	14.9	18.0	16.4
		中	65.2	60.0	59.5	61.6	48.0	58.5
		並以下	25.3	21.4	18.1	23.5	34.1	25.1
	肉 の 色 沢	上以上	32.1	47.2	41.9	24.7	23.8	32.1
		中	58.3	46.5	49.4	61.6	56.6	55.6
		並以下	9.6	6.2	8.8	13.7	19.6	12.4
	き め し ま り	上以上	21.5	33.7	29.8	16.6	19.1	22.8
		中	70.6	62.4	63.1	69.7	55.3	64.3
		並以下	7.9	3.9	7.1	13.7	25.6	12.9
	脂 質 ・ 色 沢	上以上	73.1	75.0	75.1	62.2	82.3	73.1
		中	24.2	23.6	22.8	33.7	17.0	24.6
		並以下	2.7	1.4	2.1	4.2	0.7	2.3

注) 脂肪交雑については+2-以上を上以上とし、+1+, +1, +1-を中とし、+0+, +0を並以下とした。  
 その他の形質については、特選、0, 1を以上とし、2を中、3, 4を並以下として算出した。

上以上の枝肉は53年を除けば75~82%の間を推移しており、5年間の合計は3,433頭、77.0%で並以下は106頭、1.7%であった。仕上げは、上以上が94~97%の間を推移し、5年間の結果は96.0%であった。脂肪交雑は、上以上は9%から22%まで変動が大きく、5年間の結果は16.4%と低く、並以下は18~34%の間を変動しており、5年間の結果は25.1%であった。肉の色沢は、上以上が23%から47%まで変動し、53年を別にして年度毎に成績が低下しており、並以下の成績も年度毎に悪化し、5年間の結果では、上以上が32.1%で並以下は12.4%であった。きめ、しまりは、肉の色沢

と同様に年度毎に成績が低下する傾向が見られ、とくに並以下が54年の3.9%から年度毎に悪化し、57年では25.6%となっている。5年間の結果では、上以上が22.8%、並以下が12.9%であった。

脂質、色沢は上以上が62%から82%まで変動しているが、特に56年がほかの年度に比べて低いのが目につく。5年間の結果では上以上が73.1%で並以下が2.3%であった。

以上のとおり5年間の成績を検討したが、外観の形質の評価は良好で、年度毎に改善される傾向が見られた。これらの形質は生体の外貌審査における重要な項目である体積均称に関連するもの

で<sup>1)</sup>、生体の外貌上の改良はかなり進んでいるものと考えられる。

肉質に関する形質は脂質、色沢を除けば、外貌の形質にくらべて成績が非常に低かった。とくに、外貌の形質が年度毎に向上したのに比べて、肉質の形質はむしろ後退した。56年においては、肉質の形質が著しく悪化しており、格付成績が振わなかった原因になっている。

肉質の形質で評価が低い順に並べると、脂肪交雑くきめ・しまり<肉の色沢<脂質・色沢の順であり、この順位は5年を通じて不変で、改良の方向を示唆している。

肥育の仕上げ季節がと体形質に及ぼす影響を検討するため、6月に格付された枝肉を春仕上げとし、9月格付を夏仕上げ、同様に12月を秋、3月を冬として区分した各形質の評価状況は表5のとおりであった。均称及び肉づきについては秋にくらべて冬がやや劣り、脂肪付着及び仕上げではほとんど差が見られなかった。一方、肉質の形質については、脂肪交雑を含めすべての形質で冬が劣っていることが注目すべき点である。

格付等級を決定する形各質のうちで、数量を具体的に示しているものは枝肉重量だけで、ほかの7形質は0から4までの数字で表現することにな

表5 各形質の季節別の評価状況

(単位：%)

区 分		春 n=294	夏 n=455	秋 n=369	冬 n=387	
外 観	均 称	上以上	86.1	85.7	87.3	80.4
		中	13.6	14.3	12.5	19.6
		並以下	0.3	0	0.3	0
	肉 づ き	上以上	90.1	87.3	90.5	85.3
		中	9.5	12.3	8.9	14.5
		並以下	0.3	0.4	0.5	0.3
脂 肪 付 着	上以上	78.6	76.9	80.8	77.3	
	中	19.3	20.7	17.9	20.9	
	並以下	1.7	2.4	1.4	1.8	
仕 上 げ	上以上	96.9	95.6	95.7	96.4	
	中	1.7	1.8	2.2	1.3	
	並以下	1.4	2.6	2.2	2.3	
肉 質	脂 肪 交 雑	上以上	19.7	19.6	19.2	13.7
		中	60.5	60.4	55.6	58.9
		並以下	19.7	20.0	25.2	27.4
	肉 の 色 沢	上以上	35.7	40.4	35.0	27.7
		中	56.1	51.7	51.8	57.4
		並以下	8.2	7.9	13.3	15.0
きめしまり	上以上	27.9	29.9	29.8	19.6	
	中	63.3	61.8	56.6	63.3	
	並以下	8.8	8.4	13.6	17.1	
脂 質・色 沢	上以上	72.1	75.4	77.2	66.2	
	中	23.8	23.1	20.6	32.0	
	並以下	4.1	1.5	2.2	1.8	

注) 上以上, 中, 並以下の表わし方は表3の脚注と同じ

っている<sup>2)</sup>。これらの表現を脂肪交雑の場合は1から16までの数値に変換し、ほかの7形質については9から1までの数値に変換して求めた平均値及び変動係数は表6、表7のとおりである。表中で脂肪交雑の変動係数がとくに大きいことは竹下ら<sup>3)</sup>、並河ら<sup>4)</sup>の報告と一致し、この形質の特異性をうかがわせる。4,456頭の各形質の平均値を元の数字の表現にもどすと、格付等級が2.2、脂肪交雑+0.9、均称1.1、肉づき1.0、脂肪附着1.2、仕上げ0.1、肉の色沢1.8、きめ・しまり1.9、脂質、色沢1.3となる。肉質の各形質の数値は前述の順位を反映している。53年度における枝肉重量が小さいのは、先にのべたとおり枝肉出荷の初期で、出荷体重が小さかったことを物語る

ている。枝肉重量は年度間に有意差 ( $P < 0.01$ ) が認められ、格付成績が低下した56年が最も大きかったことは注目に値する。肥育仕上げ季節別の検討でも、最大の枝肉重量の冬において格付成績が最も悪かった ( $P < 0.01$ )。

枝肉重量と格付等級との関係は、350kgまでは重量が大きくなれば格付成績も有利 ( $P < 0.01$ ) であるが、375kg以上になると有意差は認められない。従って、現在の沖縄県の和牛では枝肉重量を350kg以上にする必要があるが、375kg以上では決して有利とはいえない。各形質の肥育仕上げ季節の影響について検討すると、外観の形質に比べて肉質の形質は影響が大きく、格付等級、肉の色沢、きめ・しまり、脂質・色沢については有意

表6 各形質の平均値及び変動係数

区 分	S 53 年 n = 878	S 54 年 n = 593	S 55 年 n = 800	S 56 年 n = 1,132	S 57 年 n = 1,053	S 53~57年 n = 4,456	スポット S 53~57年 n = 179
格付等級	$\bar{X}$ 4.85 CV 0.24	$\bar{X}$ 4.88 CV 0.28	$\bar{X}$ 4.88 CV 0.29	$\bar{X}$ 4.53 CV 0.30	$\bar{X}$ 4.57 CV 0.32	$\bar{X}$ 4.66 CV 0.29	$\bar{X}$ 3.55 CV 0.40
枝肉重量	$\bar{X}$ 343.2 CV 0.09	$\bar{X}$ 364.2 CV 0.09	$\bar{X}$ 361.4 CV 0.10	$\bar{X}$ 375.1 CV 0.10	$\bar{X}$ 361.8 CV 0.09	$\bar{X}$ 361.8 CV 0.10	$\bar{X}$ 364.1 CV 0.10
脂肪交雑	$\bar{X}$ 3.45 CV 0.49	$\bar{X}$ 4.02 CV 0.53	$\bar{X}$ 4.18 CV 0.52	$\bar{X}$ 3.74 CV 0.51	$\bar{X}$ 3.86 CV 0.54	$\bar{X}$ 3.83 CV 0.52	$\bar{X}$ 3.78 CV 0.45
均 称	$\bar{X}$ 6.68 CV 0.15	$\bar{X}$ 6.83 CV 0.16	$\bar{X}$ 6.84 CV 0.16	$\bar{X}$ 6.80 CV 0.15	$\bar{X}$ 6.97 CV 0.09	$\bar{X}$ 6.83 CV 0.14	$\bar{X}$ 6.75 CV 0.14
肉 づ き	$\bar{X}$ 6.76 CV 0.19	$\bar{X}$ 7.23 CV 0.17	$\bar{X}$ 7.21 CV 0.16	$\bar{X}$ 7.15 CV 0.15	$\bar{X}$ 6.90 CV 0.12	$\bar{X}$ 7.04 CV 0.16	$\bar{X}$ 7.00 CV 0.14
脂肪附着	$\bar{X}$ 6.35 CV 0.17	$\bar{X}$ 6.73 CV 0.17	$\bar{X}$ 6.67 CV 0.18	$\bar{X}$ 6.77 CV 0.16	$\bar{X}$ 6.59 CV 0.15	$\bar{X}$ 6.62 CV 0.17	$\bar{X}$ 6.62 CV 0.16
仕 上 げ	$\bar{X}$ 8.76 CV 0.12	$\bar{X}$ 8.79 CV 0.10	$\bar{X}$ 8.69 CV 0.15	$\bar{X}$ 8.60 CV 0.17	$\bar{X}$ 8.79 CV 0.10	$\bar{X}$ 8.72 CV 0.13	$\bar{X}$ 4.14 CV 0.45
肉 の 色 沢	$\bar{X}$ 5.48 CV 0.23	$\bar{X}$ 5.88 CV 0.22	$\bar{X}$ 5.72 CV 0.24	$\bar{X}$ 5.25 CV 0.25	$\bar{X}$ 5.13 CV 0.28	$\bar{X}$ 5.43 CV 0.25	$\bar{X}$ 5.30 CV 0.26
きめしまり	$\bar{X}$ 5.29 CV 0.21	$\bar{X}$ 5.66 CV 0.21	$\bar{X}$ 5.51 CV 0.23	$\bar{X}$ 5.09 CV 0.23	$\bar{X}$ 4.92 CV 0.29	$\bar{X}$ 5.24 CV 0.24	$\bar{X}$ 5.13 CV 0.21
脂質・色沢	$\bar{X}$ 6.44 CV 0.17	$\bar{X}$ 6.59 CV 0.17	$\bar{X}$ 6.58 CV 0.17	$\bar{X}$ 6.21 CV 0.20	$\bar{X}$ 6.73 CV 0.14	$\bar{X}$ 6.49 CV 0.17	$\bar{X}$ 6.29 CV 0.17

注) 脂肪交雑は+0を1,+0+を2,+1-を3,+1を4……, +5を16にそれぞれ数値変換した。その他については0を9, 1を7, 2を5, 3を3, 4を1にそれぞれ変換した。



表7 各形質の季節別の平均値及び変動係数

区 分	春 n=294	夏 n=455	秋 n=369	冬 n=387	有意差検定
格付等級	$\bar{X}$ 4.83 CV 0.27	$\bar{X}$ 4.87 CV 0.29	$\bar{X}$ 4.68 CV 0.30	$\bar{X}$ 4.51 CV 0.29	** F=5.580
枝肉重量	$\bar{X}$ 363.3 CV 0.09	$\bar{X}$ 359.4 CV 0.09	$\bar{X}$ 362.5 CV 0.11	$\bar{X}$ 366.6 CV 0.10	* F=2.767
脂肪交雑	$\bar{X}$ 4.03 CV 0.49	$\bar{X}$ 4.13 CV 0.50	$\bar{X}$ 3.99 CV 0.52	$\bar{X}$ 3.63 CV 0.49	** F=4.670
均 称	$\bar{X}$ 6.88 CV 0.14	$\bar{X}$ 6.85 CV 0.13	$\bar{X}$ 7.01 CV 0.15	$\bar{X}$ 6.78 CV 0.15	* F=3.463
肉 づ き	$\bar{X}$ 7.21 CV 0.15	$\bar{X}$ 7.07 CV 0.16	$\bar{X}$ 7.21 CV 0.15	$\bar{X}$ 6.99 CV 0.16	* F=3.388
脂肪附着	$\bar{X}$ 6.64 CV 0.16	$\bar{X}$ 6.57 CV 0.17	$\bar{X}$ 6.77 CV 0.16	$\bar{X}$ 6.65 CV 0.17	NS F=2.204
仕 上 げ	$\bar{X}$ 8.79 CV 0.10	$\bar{X}$ 8.70 CV 0.14	$\bar{X}$ 8.71 CV 0.14	$\bar{X}$ 8.73 CV 0.13	NS F=0.439
肉 の 色 沢	$\bar{X}$ 5.59 CV 0.23	$\bar{X}$ 5.71 CV 0.23	$\bar{X}$ 5.47 CV 0.25	$\bar{X}$ 5.27 CV 0.25	** F=8.187
きめしまり	$\bar{X}$ 5.42 CV 0.23	$\bar{X}$ 5.49 CV 0.23	$\bar{X}$ 5.36 CV 0.25	$\bar{X}$ 5.07 CV 0.25	** F=8.248
脂質・色沢	$\bar{X}$ 6.46 CV 0.19	$\bar{X}$ 6.55 CV 0.16	$\bar{X}$ 6.59 CV 0.16	$\bar{X}$ 6.32 CV 0.17	** F=4.593

注) 平均値の数値については表5の脚注と同じ様に数値変換した。

NS  $P > 0.05$  \*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$

な差 ( $P < 0.01$ ) が認められ、とくに冬がすべてにおいて劣っていた。このような差が本質的な差であるかどうかは次年度にと殺月令, 増体性, 血統等の情報を取り入れて分析, 考察したい。

### 3.3 各形質相互間の相関関係

(1) 格付等級との相関 各形質相互間の相関係数は表8のとおりであった。格付等級はすべての形質と有意な相関が認められ、各形質が格付等

表8 各形質相互間の相関係数  
(53年度~57年度 n=4,456)

	枝肉重量	脂肪交雑	均 称	肉 づ き	脂肪附着	仕 上 げ	肉の色沢	きめしまり	脂質・色沢
格付等級	0.047**	0.812**	0.342**	0.339**	0.289**	0.220**	0.698**	0.720**	0.403**
枝肉重量		0.081**	0.261**	0.346**	0.023	-0.012	0.010	0.005	0.142**
脂肪交雑			0.356**	0.349**	0.270**	0.003	0.709**	0.716**	0.375**
均 称				0.618**	0.444**	0.029*	0.303**	0.307**	0.420**
肉 づ き					0.414**	0.018	0.291**	0.305**	0.327**
脂肪附着						-0.002	0.271**	0.273**	0.326**
仕 上 げ							0.041**	0.022	0.062**
肉の色沢								0.736**	0.430**
きめしまり									0.406**

\*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$

級決定に関与している。とくに肉質の4形質との相関が高く、その順位は脂肪交雑>きめ・しまり>肉の色沢>脂質・色沢で、前述の評価(平均値)が低い順に並べた場合の順序と同一で、評価が低い形質ほど格付との相関が高い。最も高いのが脂肪交雑で、最も低いのが枝肉重量で、村田ら<sup>5)</sup>の報告と一致する。各年度毎に検討すると、重量が大きくなると相関が低くなり、有意性が見られなくなり、最も重量が大きかった56年(375kg)では負の相関となった。

(2) 枝肉重量との相関 格付等級との関係は前述したとおりである。均称及び肉づきとの相関はともに高く、各年度とも有意性が認められたが、脂肪付着は特異の動きを示した。表8では、重量と脂肪付着は相関が低いが、年度毎に見ると、340kg台の53年では高い正の相関( $P < 0.01$ )で、360kg台の54年では有意性が認められなかった。55年では負の相関に転じ、さらに375kgの56年では有意( $P < 0.05$ )な負の相関となっている。肥育のステージにおける脂肪蓄積は外面及び内面脂肪の付着状態が向上するが、それが過剰になると逆に厚脂として減点が課されるため負の相関に転ずるものと考えられる。脂肪交雑とは有意( $P < 0.01$ )な相関が認められるが、年度毎に検討すると、重量が小さいほど有意性が高く、重量が増すと有意性が認められなくなり、56年では最も相関係数が小さい。出荷体重を大型化することによる脂肪交雑の改善には限界があり、肥育現場における最適サイズの検討の必要性を示唆している。並河ら<sup>6)</sup>は肥育程度と肉質の向上とが相伴う一定の範囲があり、それ以上は過肥になり質の向上は伴わないとのべている。

表8では、肉の色沢及びきめ・しまりとの相関は非常に低いが、年度毎について見ると、53年で両者とも有意( $P < 0.05$ )な相関で、55年、56年においては負の相関で、57年には再び正の相関に

転じ、枝肉重量にたいして複雑な反応を示している。脂質・色沢とは、5年間を通じて高い相関( $P < 0.01$ )が認められた。

(3) 各形質の相互間の関係 各形質の相互間の関係について検討すると外観の形質は外観の形質同志、肉質の形質は肉質の形質同志の相関が高い。外観の3形質のうち、均称と肉づきは、年度毎の他の形質との相関を見ても両者の関係が密接で、脂肪付着はそのような密接さにおいて劣る。

同様に肉質の4形質については、脂肪交雑、肉の色沢、きめ・しまりの3者は密接な関係が見られ、脂質・色沢については、3者にくらべて密接さが劣る。以上のとおり、7形質をその相互間の関係の密接さにおいて、3つの群に分けられる。第1のグループは外観の形質で均称と肉づきで、表3で上以上の評価率が高く、第2のグループは肉質の形質で脂肪交雑、肉の色沢、きめ・しまりで、上以上の評価率が低く、第3グループは脂肪付着と脂質・色沢で、表3で中間の成績であった。

現在の沖縄県の去勢和牛の枝肉を考える場合、第1のグループは改良が進んでおり、第2のグループは遺伝的な影響をうける形質と考えられており、今後の改良の方向は血統的な改良が主題となるであろう。第3のグループは肥育技術に負う所が大であるが、血統的な影響もあるものと思われる。

### 3.4 スポット発生枝肉について

4,456頭中スポットが発生した枝肉は179頭で、4.0%に当る。年度毎に見ると、53年は33頭で3.8%、54年は21頭で3.5%、55年は34頭で4.3%、56年は65頭で5.7%、57年は26頭で2.5%であった。179頭の格付状況は、上以上が2.2%、中が35.2%、並以下が62.6%となっている。各形質について全体の平均値とスポット発生枝肉の平均値とを比較すると、格付等級及び仕上げ以外の8形質に

についてはほぼ等しく、変動係数も差が見られないが、2形質については全体の平均値よりも低く、変動係数も大きい。各形質間で最も相関が高いのは格付等級と仕上げの相関で、スポット発生によって仕上げの評価が低くなり、結果として格付等級も低下している。

#### 4. 要 約

昭和53~57年度の5年間について、去勢和牛の枝肉4,456頭のと体形質について調査分析した。結果を要約すると次のとおりであった。

- (1) 各形質の評価の分布状況は、外観の形質は高く、肉質の形質は低く分布していた。格付等級の成績は、上以上に格付された枝肉は12.5%で並以下は30.6%で、上以上の率が低く、並以下の率が高いことが明らかになった。
- (2) 各形質の評価状況は、外観の形質は成績が良好で、年間の変動が小さく、年度毎に向上の傾向が見られた。一方、肉質の形質は評価が低く、年度間の変動が大きく、年度を追って低下する傾向が見られた。肉質の形質で評価が低い順に並べると、脂肪交雑くきめ・しまり<肉の色沢<脂質・色沢の順で、改良の方向を示唆していると思われる。
- (3) 格付等級は各形質との相関は、肉質の諸形質は高く、外観の形質は前者にくらべて低かった。また、枝肉重量との相関は、重量が小

さい年は正の相関で、重量が大きい年は負の相関が認められた。枝肉重量と脂肪交雑は、重量が増加すると相関が低くなり、重量を大きくすることによる脂肪交雑の改善には限界があり、肥育現場における出荷体重の最適サイズの検討の必要性が示唆された。

- (4) 各形質相互間の相関は、外観の形質は外観の形質同志、肉質の形質は肉質の形質同志の相関が高かった。また、外観及び肉質に関する7形質は、相互間の関係の密接さの割合によってつの3グループに分類可能なことが示唆された。
- (5) スポット発生枝肉は、179頭、4.0%に見られ、スポット発生によって仕上げの評価が低くなり、結果として格付等級も低下した。

本研究の調査に御協力いただいた日本格付協会の松下岩雄、黒川勝徳両氏に厚く謝意を表します。

#### 文 献

- 1) 並河 澄・祝前博明・向井文雄, 和牛の経済能力の進展・第3回全国和牛能力共進会の成果, 全国和牛登録協会。106~124, 1978.
- 2) 日本食肉格付協会, 牛・豚枝肉取引規格の解説書 東京, 1979.
- 3) 竹下 潔・吉田正三郎・西村宏一・常石英作, 日畜会報, 48:371~372, 1977.
- 4) 並河 澄・上坂章次・神谷俊郎, 和牛の経済能力について, 第2回全国和牛能力共進会の成績から, 全国和牛登録協会。63~95, 1971.
- 5) 村田富夫・駒村勇人, 肉用牛研究会報, 34:12~13, 1982.

# エネルギー転換効率による食肉生産の今後の予測に関する研究

Studies of Meat Production by Estimated Energy Conversion Efficiency

菊元 富雄 ・ 萱場 猛夫 ・ 八巻 邦次  
大泉 一貫 ・ 長谷部 正 (東北大学農学部)

## 1. はじめに

日本での食肉に対する需要は今後増加する見通しであるが、わが国の飼料資源の現状とエネルギー転換効率からみて、食肉生産が今後とも順調に発展するとは予測し難い。今までに食肉のエネルギー効率についての純科学的研究報告は多数にのぼるが、日本の畜産をとりまく情勢を考慮に入れたものは少ない。そこで、エネルギー効率の今までの研究成果をふまえて、飼料作物の生産拡大、草資源の開発等も見通して様々な効率の推定方法を予測し、日本の食肉生産のあり方を研究することにした。昭和57年度の研究では、大家畜(牛)の経営的成果と粗飼料基盤との関連に焦点をしばって考察を加えることにした。

## 2. 研究対象と方法について

松本達郎によれば、肉牛のエネルギー効率は黒毛和種去勢牛の場合 500~550kg 仕上げで約 4~5%、また乳用種去勢牛 550~600kg 仕上げで 3~5%とされている<sup>1)</sup>。これに対し牛乳生産の場合には、泌乳期については23.2%、育成期2年、搾乳期6年を含めて計算すると20.3%と計算されており、牛乳生産の方がはるかに高いエネルギー転換効率を示している。このことは逆にいえば、肉牛生産の場合の方が効率の良い給餌形態を考えなければならないということである。にもかかわらず、現実の畜産経営においては牛乳生産経営の

方がより粗飼料基盤に対しては敏感な構造をもっている。そこで本研究は(1)粗飼料基盤との関連が鮮明である牛乳生産(酪農)経営を例にとり、粗飼料基盤の条件が経営状況に与える影響について考察し、(2)その上で東北地方の肉用牛生産の状況を飼料基盤の違いによって分類する作業を行うことにした。

その為、研究方法としては、主に統計分析と個々の農家への個別面接調査方法をとった。

## 3. 結果及び考察—粗飼料基盤と畜産経営—

### 3.1 飼料基盤の特徴による地域区分

我が国の飼料基盤の特徴を地域毎にみたのが図

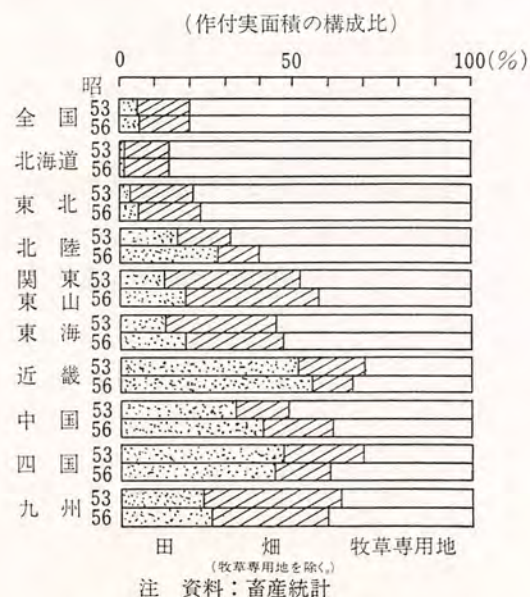


図1 農業地域別にみた飼料作物作付状況

1である。図1によれば、それぞれの地域は飼料基盤の構造によって次のように分類できる。

- A地帯 牧草地依存…北海道・東北
- B地帯 田畑依存……関東・東山・東海・九州
- C地帯 水田依存……近畿・四国

そこで、こうした飼料基盤の差が、畜産経営にどのように影響するのかをみる場合、酪農経営については、これら3つの特徴をすべてそなえた地域として宮城県の県南地方を例にとり、20戸の農家の個別調査を行い、また肉用牛生産に関しては、東北地方を県別にみるという統計手法を用いて、それぞれの課題の接近を試みた。

そこで対象地の特徴をうきぼりにする為、過去10年間の東北畜産業の展開を概観しておく。

### 3.2 東北畜産業の動向

東北地方では、この10年間乳用牛の減少、肉用牛の増加という全国的傾向とは逆の現象をみせている。

この逆現象を、労働時間、土地面積、純生産を指標として表わしたのが図2である。図は、いわば労働受容力を示すが、東北の肉用牛はほぼ全国水準にあるものの、乳用牛は全国水準を著しく下回っている。東北乳用牛の線 $y=10x$ はほぼ水稲作と同水準であり、東北の乳用牛は労働受容力のない粗放な経営となっており、こうした点がここ10年来の乳用牛の減少に結びついているといつてよい。

### 3.3 酪農経営について

そこで粗放化している東北の乳用牛についてみてみよう。図3は投下固定資本当たりの純生産をみるため、横軸に固定資本装備率、縦軸に労働生産性をとったものである。東北の動向はほぼ全国と同様の推移を示すが、固定資本装備率が23,000(円/10時間)をこえると急速に労働生産性を下げ、規模拡大の効果が減少している。こうした事

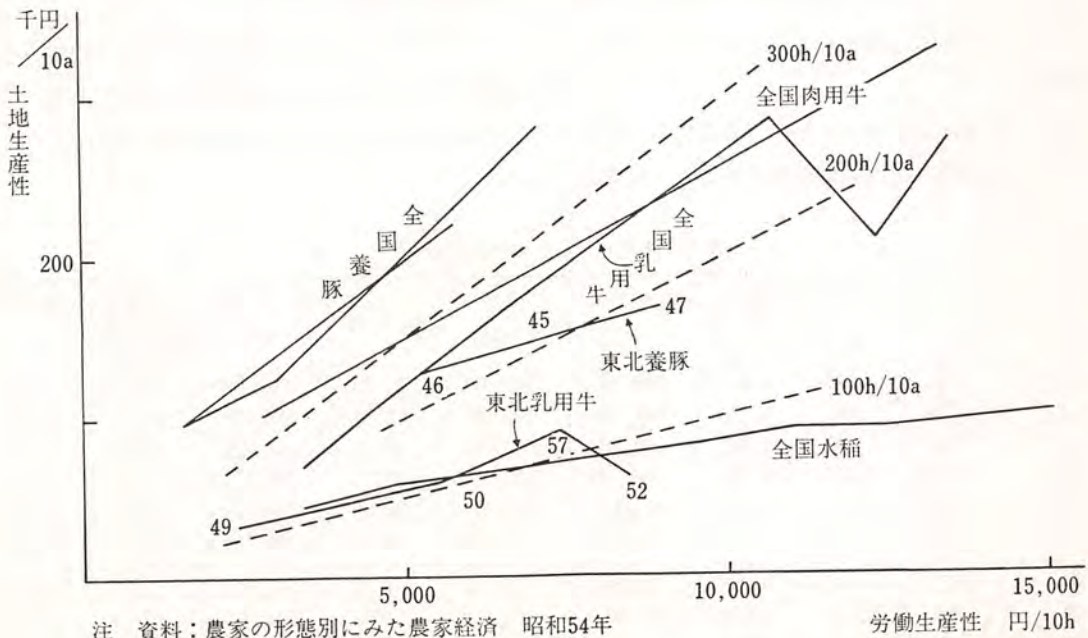


図2 労働受容力

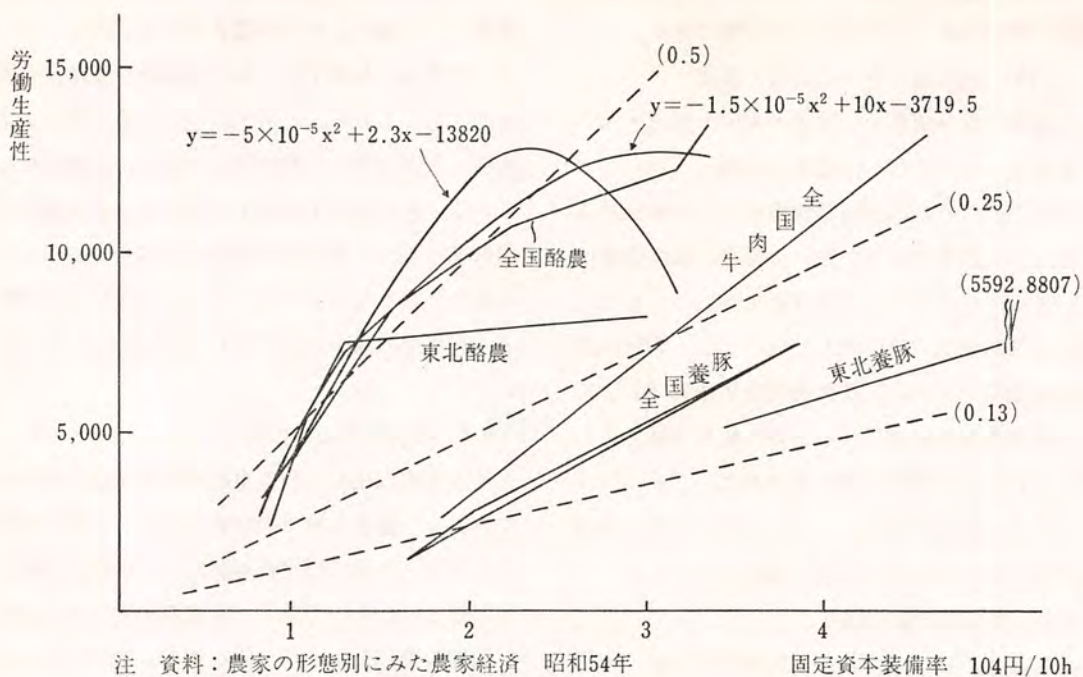


図3 固定資本生産性

情が東北酪農の規模拡大を困難にさせているといってもよい。事実東北地方の一戸当たり平均飼養頭数をみると、他の地方が平均でも15頭以上の規模であるのに対し、東北のそれはわずか9.7頭と零細である。

ただ、飼養戸数からみて零細であるにもかかわらず、1戸当たりの採草地面積をみると、都府県

平均490aに対し、東北は220~1,920aと比較的飼料基盤に恵まれており、乳飼率も低く、搾乳牛1頭当たり乳量もそれほど劣っているわけではない。それにもかかわらず規模拡大に伴って労働生産性が増大せず、また土地生産性も低い水準にあるのはどういったところに理由があるのだろうか。

表1 搾乳牛1頭当り生産費(55年)

区分	搾乳量 kg	10kg り乳 円	粗収入計 円	生産費計 円	乳飼率	所得 円	1日当り 家族労働 報酬 円	労働時間 円
青森	4,822	9,609	608,355	660,995	32.50	222,897	4,782	303
岩手	5,036	9,770	631,348	593,580	32.91	267,209	7,780	235
宮城	5,125	9,830	634,309	574,889	33.48	267,526	8,683	212
秋田	5,158	10,080	643,020	547,029	33.15	285,557	10,913	181
山形	5,103	10,194	631,183	542,514	36.82	268,108	11,929	165
福島	5,196	10,238	642,330	536,655	36.73	255,714	13,070	132
東北	5,088	9,088	603,862	552,340	31.71	243,117	7,244	220
都府県	5,111	10,028	634,874	564,170	34.95	263,085	9,600	187
(東北)/(都府県)	99.5	90.6	95	97.9		92.4	75.5	117.6

注) 資料 畜産生産調査 55年

東北酪農の生産費をみたのが表1だが、都府県平均と著しく違うものに乳価と労働時間がある。10kg 当たり乳価は都府県平均の90%、そして労働時間は117.6%となっている。乳価が安いのは乳質の低さに起因しており、飼養管理技術に問題があるといつてよく、また、労働時間の長さも飼養管理技術の低位性を反映しているといつてよい。とするなら、こうした飼養管理技術に影響を与える要因は何だろうか。その要因の一つに東北酪農のよってたつ飼料基盤の問題がある。

東北の飼料作物基盤は牧草専用依存型であった。これを先の宮城県南地方にあてはめると高原型になる。対象地の宮城県南地方を概念図で書けば図4のようになり、地域は大きく、平地、里山、高原の3地区にわかれ、自給飼料基盤の次のようになる。

- A) 平地 425 a 水田+河川敷(宮城県角田市)
- B) 里山 641 a 畑+採草地(宮城県蔵王町円田地区)
- C) 高原 880 a 採草地(宮城県蔵王町遠刈田地区)

三地区の平均乳量をみるとB)の里山地区が最も多いにもかかわらず、10アール当たり地代負担能力はA)の平地が最も高くなっている。その理

由としては、第一に水田の飼料生産力の高さがある。水田での刈取り回数は平均5回なのに対し、里山では4回、高原は2回と少ない。また第二に平地では、デントコーンとカブの輪作体系をもとに、デントコーンと牧草を組み合わせる通年サイレージにする一方、冬期間でもカブを毎日必要だけ給与できるというメリットをもつ。この通年サイレージは現在のところ飼料生産力の高い平地にだけみられ、牛の生理を夏・冬かえることなく飼養することができている。

他方、里山は畑、採草地を基盤として広い面積を確保しているので、平場ではできない放牧が可能となっている。しかし、里山の飼料基盤は傾斜地が多いため、栽培、収穫作業のしやすい牧草生産が必然的に多くなるか、気候が冷涼であるためカブの冬期給餌が不可能であったり、またデントコーンや牧草の収量も平地より低くなっている。

高原の飼料基盤=草地は、荒地を開墾して利用しているところが多く、収量も平地の半分程度と低位生産力地となっている。そのため固定資本利用率も悪く過剰投資となっている。この地区は、平地における緩やかな規模拡大とは異なり、急激に拡大したこともあり、他の地域と比べ最も多くの草地面積を有しながら、導入した施設や機械に比べてまだ適正な操業度を確保し得ないでいる。

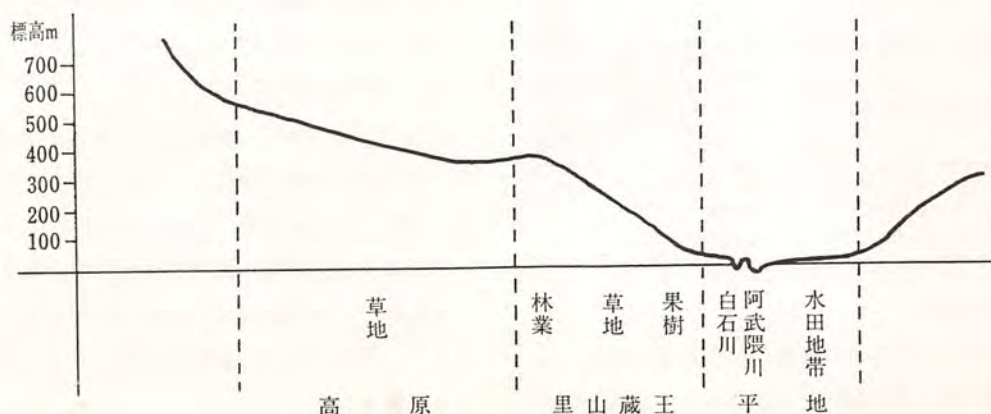


図4 三地区の概念図

表2 三地区の概況

区 分	平 地	里 山	高 原	平 均
酪農収入(千円)	14,319	17,591	12,874	15,741
成牛頭数(頭)	22	28	23	25.6
搾乳牛頭数(頭)	20.3	21.8	20	21.3
乳量(t)	108	140	107	123
搾乳牛1頭当り乳量(t)	5,320	6,422	5,350	5,774
乾牛率(%)	7.7	22.1	13.0	16.8
乳飼率(%)	40.2	51.9	39.0	44.4
經常所得(千円)	4,590	3,107	1,863	3,045
自給飼料面積(a)	443	648	812	685
うち借地の割合(%)	53.8	37.0	40.8	33.6
資本純収益率①	10.85	0.8	△ 2.64	2.31
②	5.49	△ 2.1	△ 5.92	△ 0.90
固定資本利用率	0.71	0.56	0.51	0.60
減価償却費(千円)	2,224	2,856	3,164	2,918
物財費計(千円)	8,465	9,964	9,470	9,814
うち購入飼料代	4,792	8,056	4,461	6,125
衛生費	343	218	145	213
人工授精費	217	222	189	198
光熱水道費	140	279	233	246

注) 資料「総合資金借入農家の経営分析」酒井惇一氏らと共著(大泉執筆分担より)農業経済研究報告16

表3 地代負担力

(単位:千円)

区 分	平 地	里 山	高 原
經常所得(1)	4,590	3,091	1,863
支払地代(2)	144	64	65
家族労賃Ⅰ(3)	2,880	3,375	3,015
剰余Ⅰ(4)	1,854	△ 221	△ 1,087
自給飼料面積(5)	425	641	880
うち借入地(6)	238	240	360
10a当り地代負担力Ⅰ(7)	43.6	△ 3.4	△ 12.3
Ⅰ(8)	77.9	△ 9.2	△ 30.2
家族労賃Ⅱ(9)	3,840	(3)は1人1日4,500 円で評価	
剰余Ⅱ(10)	894	(9)は1人1日6,000 円で評価	
10a当り地代負担力Ⅱ(11)	21.0	千円以下は四捨五入	
Ⅱ(12)	37.5		

(4)=(1)+(2)-(3)

(10)=(1)+(2)-(9)

(7)=(4)/(5)×10

(11)=(10)/(5)×10

(8)=(4)/(6)×10

(12)=(10)/(6)×10

(表2, 表3)

以上の結果をもとに東北の酪農を考えると、もし規模拡大(多頭化)をめざそうとする場合には図3の15頭以上規模の固定資本利用率の悪さが高

原型に近いことからみて、高原型の規模拡大方式となる可能性があることを示している、そのため東北の酪農経営は資本を投下して規模拡大するよりも、借入金を増やさないで固定資本投下をそれほど多くしない方向をとっているといつてよく、今後の東北酪農の経営的課題は里山型、さらには平地型の飼料基盤の拡大(反収の増加、合理的輪作体系の確立、通年サイレージの給与)をどうすすめるのかにあるといつてよい<sup>29)</sup>。

### 3.4 肉用牛経営について

酪農の動向に対し、東北の肉用牛生産の特徴は、乳用種の比率が少なく、対全国比での飼養戸数、頭数、比率を高めている点にある。しかし、一戸当たり飼養規模は乳用牛同様零細である。

東北地方の肉牛経営は、飼料基盤の条件によって大きく平地水田型と畑地利用型の2つに分けられる(表4)。

A 畑地利用型……青森、岩手、福島(秋田)



表4 飼料作物収穫のべ面積(56年)

(肉用牛)

(単位: ha, a)

区分	計	水田	畑	畑うち 牧草地	1戸当り 収穫延面積	1頭当り 利用面積	
全国	378,300	80,100 21.2	298,200 78.2	220,400 58.3	176	13	
青森	6,160	1,310 21.2	4,860 78.9	4,730 76.8	195	24	採草・放牧
岩手	26,000	4,450 17.1	21,600 83.1	18,800 72.3	177	34	採草・放牧
宮城	5,130	2,940 57.3	2,190 42.7	1,760 34.3	63	8	採草
秋田	8,080	1,930 23.9	6,150 76.1	6,040 74.7	133	10	採草
山形	1,740	990 56.9	750 43.1	540 31.0	42	8	採草
福島	8,950	2,370 26.5	6,570 73.4	4,870 54.4	81	21	採草・放牧

注) 資料 畜産統計56年

(採草・放牧型)(畑地利用7割以上)

B 平地水田型……宮城、山形(秋田)(採草型)(水田利用5割以上)

平地水田型肉用牛経営は、飼料基盤の5割以上を水田に依存しており、宮城、山形などの大崎、庄内といった水田単作地帯を確保している県で多くみられる。ただ秋田の場合、確かに畑地利用面積の比率の方が高いが、飼料供給形態は、宮城・山形と同様の採草型をとっており、他の畑地利用型(青森、岩手、福島)が採草・放牧型をとっているのとは若干型を異にしている。秋田の場合には、同一県内でも由利仙北といった米作地帯と県北地帯ではその構造が違っており、県全体としてみれば両者の形態をかね備えることになっているとよい。

だが、東北地方における肉用牛経営の比率の増加は、水田型の動向に左右されているのではなく、頭数で青森、岩手、戸数で岩手、福島の伸びが大きいことからみても畑地型肉用牛経営の動向に

影響されているとよい。

(1) 畑地利用型肉牛(青森、岩手、福島……豊富な飼料基盤、放牧条件) 畑地型肉牛経営で、1戸当たり最大の飼養頭数をもっているのは青森県で、全国平均を3.1頭上回る9.6頭を確保している。青森県の肉牛生産は、1戸当たり飼料作物収穫面積が195アールと、他の諸県よりも多いにもかかわらず、5割以下の飼料しか自給できない農家が31.3%と多くなり、自給飼料の不足状態を呈している(表5)。このことは、他の畑地利用型の岩手、福島に比べた場合、青森は繁殖牛よりも肥育牛経営の方が多という事情によるとも考えられる。しかし、水田利用型の宮城、山形も肥育牛経営は多いが、飼料自給率は高くなっており、水田利用型では肥育牛経営といっても飼料不足はきたしていない。そうしたことを考えてみると、畑地利用型の生産構造での肥育牛経営は、飼料基盤に難があるとみてよく、いきおい購入飼料依存型の経営に転化する可能性をもっているとい

表5 飼料自給割合別戸数

区 分	戸 数	自 給 割 合			
		～3割	3～5	5～7	7～
全 国	251,000	21,500	17,800	24,300	187,400
構成比(%)	100.0	8.6	7.1	9.7	74.7
青 森	3,570	530	590	530	1,930
構成比(%)	100.0	14.8	16.5	14.8	54.0
岩 手	17,000	620	920	1,620	1,380
構成比(%)	100.0	3.6	5.4	9.5	81.1
宮 城	10,900	1,060	700	970	8,130
構成比(%)	100.0	9.7	6.4	8.9	74.6
秋 田	7,080	250	420	630	5,790
構成比(%)	100.0	3.5	5.9	8.8	81.7
山 形	5,640	850	300	360	4,140
構成比(%)	100.0	15.1	5.3	6.3	73.4
福 島	13,500	620	1,230	1,920	9,750
構成比(%)	100.0	4.5	9.1	14.2	72.2

注) 資料 畜産統計56年

ってよい。

規模の大きい青森県の肉用牛経営に対し、岩手県の肉用牛経営は、1戸当たり飼養規模が平均4.0頭と零細である。したがって、一経営の中の所得構成で肉用牛所得割合が5割にみえない経営が40.8%と青森に比べ(25.1%)非常に高くなる。したがって、他作目との結合が強く複合経営の一環として肉用牛を導入しているケースが多いということになる。結合作物としては水稲、工芸作物が多く、<水稲一肉用牛>、<工芸作物一肉用牛>といった経営形態が多く、また肉用牛も青森と異なり繁殖牛の比率の方が圧倒的に多くなっている。(もっとも青森で肥育牛が多いといっても、他県の比較において多いということであり、青森県内でも肥育牛経営と繁殖牛経営とは約1:1.8の割合で繁殖牛経営の方が多い)。福島でも岩手同様零細な繁殖牛経営の比率が高く、複合経営の一環として導入されているといった構造自体は岩手と共通性をもつ。これは一方での北上山系、他方での阿武隈山系という似たような飼料基盤を

もつことに起因しているとみてよいだろう。

(2) 水田利用型肉牛経営(宮城、山形……水田利用再編で拡大) これに対し水田利用型の肉牛生産は圧倒的に水稲作との結びつきが強く、肉用牛経営の88%(宮城88.4%、山形88.7%)強の経営が<水田一肉用牛>複合経営形態をとっている(表6)。肉用牛の単一経営は殆どみられず、あくまで水稲作の複次部門として肉用牛飼養が展開しているといつてよい。しかも、宮城、山形の水田は生産調整を契機として飼料基盤として利用されるようになったものであり、この間の水田利用再編に対し、肉用牛生産で対応しようとする動きが稲単作地帯にみられるといつてよい。そのため肉用牛の1戸当たり飼養規模は零細である。また畑地利用型の経営と比べ肥育牛の比率が高くなっているのが特徴的である。

ところで、水稲の副次部門として導入されたとはいっても、たとえば山形の1戸当たりの飼養頭数は7.0頭と決して零細とはいえない。肥育で20頭以上の農家構成比率は14.8%と東北6県の中では肥育上層農家が最も層厚く形成されている。しかし、一方でこうした大型経営がありながら、他方で1頭飼いの零細農家が肥育940戸、繁殖で1,850戸あり比率にすると22%を占めており、いわば大型農家と零細農家との両極に分解している。

以上畑地利用型と水田利用型とに分けてみてきたが、両者の方向の違いや経営形態の相違はおよそ表7のように整理されよう。

#### 4. 要 約

エネルギー転換効率を考える場合には経営の再生産を考慮する必要がある、それには飼料生産基盤の条件が大きくかわっていることが明らかとなった。

牧草(高原)型の乳用牛経営では規模拡大にと

表6 肉用牛飼養農家の他部門との結合状態 (56年)

	(肉牛販売額)/(農産物販売額)							他部門との結合						
	0	0~1割	2~3	4~5	6~7	8~9	10割	単一	酪農	その他畜産	水稲	工芸作物	野菜	果樹
全国 251,000	25,000	800 0.3%	40,400 16.1%	53,000 21.1%	42,400 16.8%	59,700 23.8%	24,000 9.6%	24,000 9.6	2,790 1.1	3,480 1.4	136,300 54.3	28,900 11.5	22,500 9.0	7,760 3.0
青森 (3,570)	25	—	510 14.2	390 10.9	430 12.0	600 16.8	1,290 36.1	1,290	25 0.7	34 1.0	400 11.2	340 9.5	880 24.6	84 2.3
岩手 (17,000)	1,690	—	2,620 15.4	4,330 25.4	2,250 13.2	2,650 15.6	2,780 16.3	2,780 16.3	200 1.2	—	8,420 49.5	3,150 18.5	950 5.5	290 1.7
宮城 (10,900)	2,160 19.8	—	2,420 22.2	2,500 22.9	1,500 13.7	1,890 17.3	370 3.4	370	54 0.5	170 1.6	9,640 88.4	470 4.3	140 1.3	—
秋田 (7,080)	1,020 14.4	—	2,280 32.2	2,140 30.2	610 8.6	850 12.0	180 2.5	180 2.5	68 1.0	—	6,560 92.7	68 1.0	140 2.0	—
山形 (5,640)	440 7.8	—	2,120 37.6	1,590 28.1	760 13.4	660 11.7	59 1.0	59	49 0.8	35 0.6	5,000 88.7	9 0.2	30 0.5	140 2.5
福島 (13,500)	2,460 18.2	—	4,880 36.1	2,670 19.8	560 4.1	1,260 9.3	460 3.4	460	90 0.6	390 2.9	4,550 33.7	5,340 39.5	500 3.7	70 0.5

注) 資料 畜産統計56年

表7 東北における肉用牛経営のタイプ

区 分	肉牛の重点のおき方	経 営 形 態	飼 料 基 盤
畑地利用型 (青森, 岩手, 福島)	繁 殖 牛 (肥 育 牛)	<水稲一肉用牛> <工芸作物一肉用牛> <野菜一肉用牛> <単一経営> ただし単一経営の場合は購入飼料 依存型の肥育牛	採草・放牧型  } 採草・購入飼料型 (青森)
水田利用型 (宮城, 山形)	肥 育 牛	<水稲一肉用牛>	採草型

注) 秋田は両者の性格をそなえている。

もない著しく固定資本利用率を低下させることが分った。

畑地利用型の肥育牛経営では、飼料基盤が脆弱であり購入飼料依存型に転化しやすいことが分った。

水田利用型では、複合経営で肉用牛経営の展開

する条件があることが示された。

## 文 献

- 1) 松本達郎, 畜産物生産のエネルギー効率, 日畜会東北支部会報 31: 79~85 (1981)
- 2) 大泉一貫, 総合資金借入酪農家の経営分析東北大農業経済研究報告第16号 (1979)

## 良品質豚肉生産に関する基礎的調査

### Basic Survey on Production of High Quality Porcine Meat

田 中 巖 (岐阜県畜産試験場)

食生活の高度化、多様化にともない豚肉にも良品質な物が消費者及び流通関係者に望まれる様になってきた。

しかし、豚の改良が産肉性に重点を置き赤肉量が多く、脂肪の少ない物に改良されるとともに、最近食肉市場において締まりのない枝肉・軟脂豚等豚肉品質の低下が見られるようになってきた。これら軟脂豚の発生は、飼料の種類・疾病・素豚・季節等が原因として考えられるので、今回、飼料の種類と季節の二つをとらえて軟脂豚との関連を明らかにして良品質豚肉生産の一助とするために調査を行った。

#### 1. 方 法

岐阜県では、720戸の養豚農家があり、繁殖母豚を16,800頭(1戸当り23.3頭)けい養し経営を行っている。この中から母豚を10頭以上けい養している一貫経営農家250戸を対象にして、アンケート調査を行ったところ96戸の回答があったので、この中から給与飼料の内容によりこれを表1に示すとおり6種類に分類した。

分類ごとに2~7戸の農家を選定して21戸を抽出した。各農家から生産された豚枝肉について、夏場をすごして出荷された肉豚と、冬場をすごして出荷された肉豚について県内5ヶ所のと畜場でそれぞれ、10月15日~11月30日の間に採取したものを夏期、3月3日~5月9日の間に採取したものを冬期として1戸当り15~20頭の肉豚について

表1 給与飼料の分類

給 与 飼 料	調 査 戸 数	給 与 期 間	備 考
市 販 配 合 飼 料	7	kg 40~出荷	
残 飯 利 用	3	55~出荷	
二 種 混 主 体 (80%以上配合)	3	40~出荷	
二種混+麦 類10%	3	55~出荷	
二種混+麦 類20%	3	40~出荷	
二種混+マイロ10%	2	30~出荷	

背脂肪の厚さを測定し、背脂肪の外層・内層及び腎臓脂肪を採取しアッペ3型屈折計を用い測定温度50℃で屈折率を測定した。

#### 2. 結果及び考察

アンケート調査で回答のあった96戸の経営規模およびけい養品種は表2のとおりであった。

繁殖母豚の頭数は4,721頭で、これは県内母豚数の28.1%に当る頭数であり、その種類はLWが53%を占め、純粋種(LまたはWが大半)18%、その他14%、LH7%、WL6%、LD3%の順であった。

種雄豚ではD種が61%と高く、次いでH種19%、W種10%、その他6%、L種4%であったことから肉豚の種類の大半は三元雑種となり、LWD・LWHが定着してきたことがうかがえる。

肉豚の出荷日令は170~220日、出荷体重は105~120kgの範囲であり、大半は出荷日令180日、出荷体重105~110kgであった。

回答のあった96戸の農家では52%が肉豚に市販

表2 回答農家の経営規模

種類		市販配合飼料	自家配合飼料	残飯利用	計
項目					
戸	数	50	34	12	96
一戸当り飼養頭数	雄	3.3	4.3	3.1	3.7
	雌	45.7	58.9	36.3	49.7
種雄豚の種類	L	8	3	3	14 (4)%
	W	15	15	3	33 (10)%
	D	97	90	25	212 (61)%
	H	37	27	3	67 (19)%
	他	7	12	3	22 (6)%
計		164	147	37	348(100)
母豚の種類	純粹	379	448	16	843 (18)%
	LW	1,343	936	234	2,513 (53)%
	WL	187	57	20	264 (6)%
	LH	96	200	30	326 (7)%
	LD	58	66	10	134 (3)%
	他	220	296	125	641 (14)%
計		2,283	2,003	435	4,721(100)

表3 調査対象農家の経営規模

種類		市販配合飼料	自家配合飼料	残飯利用	計
項目					
戸	数	7	11	3	21
一戸当り飼養頭数	雄	5.3	5.3	4.7	5.2
	雌	82.1	61.7	63.7	68.8
種雄豚の種類	L	1	—	1	2 (2)%
	W	2	7	3	12 (11)%
	D	25	39	9	73 (67)%
	H	9	7	—	16 (15)%
	他	—	5	1	6 (5)%
計		37	58	14	109(100)
母豚の種類	純粹	61	117	11	189 (13)%
	LW	437	378	119	934 (65)%
	WL	73	32	—	105 (7)%
	LH	3	43	17	63 (4)%
	LD	1	51	—	52 (4)%
	他	—	58	44	102 (7)%
計		575	679	191	1,445(100)

の配合飼料を給与しており、その他は自家配合飼料を給与していた。経営規模は自家配合農家が大きく、次いで市販の配合飼料、残飯利用の順であった。

一方、調査対象農家の経営規模は表3のとおりで、経営規模はさらに大きくなっており品種構成もLWの母豚が65%、D種の雄が67%となっており、LWDの肉豚が占める割合が大きくなっている。

夏期に調査した測定値は表4、冬期に調査した測定値は表5のとおりであった。

残飯利用の測定値は他のものと大きく違っていたので別に集計した。

夏期の屈折率測定値は1.4533~1.4588、冬期では1.4538~1.4588の範囲であり、屈折率が大きくなるほど脂肪は軟らかくなった。

夏期に調査した枝肉323頭の平均値は枝肉重量71.7kg、背脂肪層の厚さ肩3.6cm、背2.0cm、

表4 夏期測定値

飼料別	項目	調査頭数	枝肉重量	背脂肪層の厚さ			屈折率 ( $n_D^{50}-1.45$ ) $\times 10^4$		
				肩	背	腰	背脂肪		腎臓脂肪
							外層	内層	
市販配合飼料	123	71.7 $\pm$ 4.5	3.6 $\pm$ 0.4	1.9 $\pm$ 0.4	2.9 $\pm$ 0.4	61 $\pm$ 3.8	55 $\pm$ 4.0	45 $\pm$ 3.7	
二種混主体	60	74.9 $\pm$ 7.3	3.9 $\pm$ 0.5	2.0 $\pm$ 0.4	3.0 $\pm$ 0.5	58 $\pm$ 4.0	52 $\pm$ 4.0	42 $\pm$ 4.1	
二種混+麦類10%	55	71.9 $\pm$ 4.5	3.7 $\pm$ 0.6	2.0 $\pm$ 0.5	2.9 $\pm$ 0.5	64 $\pm$ 4.6	58 $\pm$ 4.4	47 $\pm$ 4.3	
二種混+麦類20%	49	66.8 $\pm$ 4.7	3.5 $\pm$ 0.5	1.6 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.4	60 $\pm$ 3.6	54 $\pm$ 3.7	44 $\pm$ 4.1	
二種混+マイロ10%	36	72.4 $\pm$ 4.1	3.6 $\pm$ 0.4	2.0 $\pm$ 0.4	2.9 $\pm$ 0.4	59 $\pm$ 4.9	53 $\pm$ 5.0	44 $\pm$ 4.8	
計	323	71.7 $\pm$ 5.7	3.6 $\pm$ 0.5	1.9 $\pm$ 0.4	2.9 $\pm$ 0.4	61 $\pm$ 4.5	55 $\pm$ 4.5	45 $\pm$ 4.3	
残飯利用	56	78.2 $\pm$ 5.3	4.1 $\pm$ 0.5	2.1 $\pm$ 0.3	3.1 $\pm$ 0.4	75 $\pm$ 5.1	68 $\pm$ 6.2	58 $\pm$ 6.6	

表5 冬期測定値

飼料別	項目 調査 頭数	枝肉重量 kg	背脂肪層の厚さ			屈折率 ( $n_D^{50}-1.45$ ) $\times 10^4$		
			肩 cm	背 cm	腰 cm	背脂肪		腎臓脂肪
						外層	内層	
市販配合飼料	129	70.0 $\pm$ 4.3	3.4 $\pm$ 0.5	1.5 $\pm$ 0.4	2.7 $\pm$ 0.5	63 $\pm$ 4.9	59 $\pm$ 4.6	51 $\pm$ 4.8
二種混主体	55	72.3 $\pm$ 6.0	3.6 $\pm$ 0.5	1.9 $\pm$ 0.4	2.7 $\pm$ 0.5	61 $\pm$ 4.1	56 $\pm$ 4.0	49 $\pm$ 4.8
二種混+麦類10%	54	74.8 $\pm$ 4.7	3.6 $\pm$ 0.7	1.7 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.5	69 $\pm$ 5.7	65 $\pm$ 6.1	55 $\pm$ 6.8
二種混+麦類20%	60	68.3 $\pm$ 4.3	3.5 $\pm$ 0.5	1.6 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.5	62 $\pm$ 4.2	57 $\pm$ 4.6	48 $\pm$ 4.6
二種混+マイロ10%	40	71.9 $\pm$ 3.1	3.6 $\pm$ 0.4	1.8 $\pm$ 0.5	2.8 $\pm$ 0.5	65 $\pm$ 4.0	60 $\pm$ 4.3	50 $\pm$ 3.6
計	338	71.0 $\pm$ 5.0	3.5 $\pm$ 0.5	1.6 $\pm$ 0.4	2.7 $\pm$ 0.5	64 $\pm$ 5.4	59 $\pm$ 6.2	50 $\pm$ 5.5
残飯利用	56	74.6 $\pm$ 5.9	3.9 $\pm$ 0.5	2.0 $\pm$ 0.5	3.0 $\pm$ 0.6	78 $\pm$ 5.9	73 $\pm$ 6.4	66 $\pm$ 6.4

腰2.9cmで、屈折率は背脂肪外層1.4561（以下61というように小数点以下第3位、4位を記入）内層55、腎臓脂肪45であった。外層と内層の差はほぼ6であり、内層と腎の差は9～11であった。

一方冬期では枝肉重量71.0kg、背脂肪の厚さは肩3.5cm、背1.6cm、腰2.7cmであり、屈折率は外層64、内層59、腎50であった。外層と内層の差は4～5、内層と腎の差は7～10であった。

夏期と冬期の調査では、背脂肪層の背で3mmの差が見られ、冬期の方が背脂肪層がうすい。また屈折率でも4～5の差が見られ厳冬期をすごして出荷された肉豚は背脂肪がうすく、屈折率が大きくなり脂肪は軟らかくなるものと思われる。

飼料の違いにより屈折率に差が見られ、とくに残飯利用の養豚経営では、他のものにくらべ屈折率は13～16も大きく、おおむね軟脂肪と判定されても仕方がないものであった。

市販配合飼料、自家配合飼料では、いずれも良質な脂肪の範囲であり、とうもろこしの多給は軟脂肪の発生原因と考えられていたが本調査では、そのような傾向は見られず、屈折率の値では一番良い結果となった。

麦類の配合割合も10%位では効果は見られず、20%配合のものの方が良い結果を示した。

次に、表6で示すとおり、季節別、農家別屈折率測定値を見ると夏期と冬期であまり差の見られ

ない農家が7戸あること、差がはっきりしている農家が10戸見られること、また冬の寒さは、外層脂肪より、内層脂肪、腎臓脂肪の方が影響を受けやすいことから、飼養環境で夏場よりとくに冬場の保温が大切であることが考えられる。

岐阜県では高山・郡上等高冷地での養豚、またスノコ豚舎等冬期寒くなると考えられるような所では冬期の保温に注意を払うことが肝要である。

P家は平場でありながら夏期と冬期での屈折率の差がとくに大きく、畜舎がオキシデーション・デッチの上にある構造のため冬場の温度が下がりやすく、保温が難しい構造であるためと考える。

同種類の飼料を給与していても屈折率に差が見られることから、農家でけい養している母豚及び雄豚の系統の違いにより微妙な影響を受けるものと思う。

つぎに、性別・枝肉重量別・背脂肪層の厚さの違いによる差は表7、8のとおりとなった。

表に示すとおり、性別の差ははっきりしており、その差は4～5見られ去勢豚より雌豚の方が軟かい脂肪であり、冬の寒さの影響を受けやすい傾向が見られた。

次に枝肉重量別に屈折率を見ると枝肉重量が大きくなるほど屈折率は小さくなり脂肪は硬く、良質な脂肪が生産される傾向が見られる。

表6 季節別・農家別屈折率測定値

季節 飼料別		夏 期				冬 期			
		枝肉重量 (kg)	屈折率 ( $n_D^{50}-1.45$ ) $\times 10^4$			枝肉重量 (kg)	屈折率 ( $n_D^{50}-1.45$ ) $\times 10^4$		
			背 脂 肪		腎臓脂肪		背 脂 肪		腎臓脂肪
			外 層	内 層			外 層	内 層	
市販配合飼料	A	71.0 $\pm$ 3.0	60 $\pm$ 3.2	54 $\pm$ 3.2	45 $\pm$ 2.3	70.1 $\pm$ 2.1	60 $\pm$ 2.7	56 $\pm$ 2.9	50 $\pm$ 4.0
	B	73.4 $\pm$ 4.5	63 $\pm$ 2.8	57 $\pm$ 3.0	47 $\pm$ 2.8	69.6 $\pm$ 4.6	68 $\pm$ 3.4	63 $\pm$ 2.8	53 $\pm$ 4.4
	C	70.9 $\pm$ 2.0	65 $\pm$ 3.7	58 $\pm$ 4.4	46 $\pm$ 4.8	70.4 $\pm$ 2.1	65 $\pm$ 5.1	61 $\pm$ 4.5	52 $\pm$ 5.2
	D	73.4 $\pm$ 3.7	60 $\pm$ 2.9	54 $\pm$ 3.3	44 $\pm$ 3.2	74.0 $\pm$ 2.4	63 $\pm$ 5.9	58 $\pm$ 5.7	50 $\pm$ 6.1
	E	69.8 $\pm$ 4.7	58 $\pm$ 3.1	52 $\pm$ 2.6	43 $\pm$ 2.1	69.2 $\pm$ 6.5	64 $\pm$ 4.0	60 $\pm$ 3.6	51 $\pm$ 3.5
	F	74.5 $\pm$ 3.9	62 $\pm$ 2.8	55 $\pm$ 2.9	46 $\pm$ 2.6	68.3 $\pm$ 4.3	62 $\pm$ 4.3	58 $\pm$ 4.0	50 $\pm$ 3.5
	G	68.4 $\pm$ 5.8	64 $\pm$ 3.8	58 $\pm$ 4.3	46 $\pm$ 5.1	68.2 $\pm$ 2.6	61 $\pm$ 3.6	57 $\pm$ 3.6	47 $\pm$ 4.3
計		71.7 $\pm$ 4.5	61.5 $\pm$ 3.8	55.2 $\pm$ 4.0	45.1 $\pm$ 3.7	70.0 $\pm$ 4.3	63.2 $\pm$ 4.9	58.9 $\pm$ 4.6	50.6 $\pm$ 4.8
残飯利用	H	77.8 $\pm$ 3.6	74 $\pm$ 4.2	69 $\pm$ 4.4	58 $\pm$ 3.9	79.9 $\pm$ 4.3	79 $\pm$ 4.6	75 $\pm$ 4.6	68 $\pm$ 5.1
	I	76.2 $\pm$ 4.7	71 $\pm$ 3.8	63 $\pm$ 4.6	53 $\pm$ 3.9	74.8 $\pm$ 3.3	73 $\pm$ 3.3	68 $\pm$ 4.2	61 $\pm$ 4.1
	J	80.4 $\pm$ 6.1	79 $\pm$ 3.5	73 $\pm$ 4.0	64 $\pm$ 5.1	70.0 $\pm$ 5.2	82 $\pm$ 5.2	78 $\pm$ 5.6	70 $\pm$ 6.0
計		78.2 $\pm$ 5.3	74.9 $\pm$ 5.1	68.3 $\pm$ 6.2	58.4 $\pm$ 6.6	74.6 $\pm$ 5.7	78.2 $\pm$ 5.9	73.2 $\pm$ 6.4	65.8 $\pm$ 6.4
二種混主体	K	72.8 $\pm$ 4.1	58 $\pm$ 2.8	53 $\pm$ 3.2	43 $\pm$ 2.6	70.7 $\pm$ 3.9	59 $\pm$ 3.4	55 $\pm$ 4.0	46 $\pm$ 3.3
	L	72.1 $\pm$ 4.2	56 $\pm$ 4.2	50 $\pm$ 4.7	40 $\pm$ 4.7	69.7 $\pm$ 3.2	61 $\pm$ 3.8	55 $\pm$ 3.2	48 $\pm$ 3.2
	M	79.9 $\pm$ 9.4	60 $\pm$ 3.2	52 $\pm$ 3.2	44 $\pm$ 2.8	75.8 $\pm$ 7.6	63 $\pm$ 4.0	58 $\pm$ 3.7	53 $\pm$ 4.4
計		74.9 $\pm$ 7.3	58.1 $\pm$ 4.0	51.8 $\pm$ 4.0	42.4 $\pm$ 4.1	72.3 $\pm$ 6.1	61.2 $\pm$ 4.1	56.2 $\pm$ 4.0	48.9 $\pm$ 4.8
二種混 + 麦類 10%	N	71.1 $\pm$ 3.4	60 $\pm$ 3.0	55 $\pm$ 3.0	46 $\pm$ 3.5	73.0 $\pm$ 3.5	64 $\pm$ 2.9	60 $\pm$ 3.0	50 $\pm$ 4.5
	O	72.0 $\pm$ 5.4	65 $\pm$ 3.2	59 $\pm$ 4.2	49 $\pm$ 4.4	75.1 $\pm$ 2.7	69 $\pm$ 2.9	64 $\pm$ 3.1	56 $\pm$ 4.1
	P	72.6 $\pm$ 4.7	66 $\pm$ 4.9	59 $\pm$ 4.7	48 $\pm$ 4.3	76.2 $\pm$ 5.6	74 $\pm$ 4.9	71 $\pm$ 5.3	59 $\pm$ 7.3
計		71.9 $\pm$ 4.5	63.7 $\pm$ 4.6	57.5 $\pm$ 4.4	47.2 $\pm$ 4.3	74.8 $\pm$ 4.7	69.1 $\pm$ 5.7	64.9 $\pm$ 6.1	54.8 $\pm$ 6.8
二種混 + 麦類 20%	Q	65.5 $\pm$ 5.0	59 $\pm$ 2.7	53 $\pm$ 2.8	42 $\pm$ 2.3	69.1 $\pm$ 6.3	59 $\pm$ 3.8	54 $\pm$ 3.9	45 $\pm$ 4.1
	R	67.0 $\pm$ 3.7	60 $\pm$ 3.3	54 $\pm$ 3.7	42 $\pm$ 3.4	67.9 $\pm$ 2.3	64 $\pm$ 3.5	59 $\pm$ 4.1	50 $\pm$ 4.4
	S	68.4 $\pm$ 3.9	60 $\pm$ 4.4	54 $\pm$ 4.4	47 $\pm$ 4.1	67.8 $\pm$ 2.9	62 $\pm$ 3.5	58 $\pm$ 3.8	49 $\pm$ 3.8
計		66.8 $\pm$ 4.7	59.9 $\pm$ 3.6	53.8 $\pm$ 3.7	44.1 $\pm$ 4.1	68.3 $\pm$ 4.3	61.7 $\pm$ 4.2	57.0 $\pm$ 4.6	47.7 $\pm$ 4.6
二種混 + マイクロ 10%	T	72.9 $\pm$ 4.5	56 $\pm$ 3.5	49 $\pm$ 2.6	40 $\pm$ 2.8	71.7 $\pm$ 3.7	65 $\pm$ 3.5	60 $\pm$ 3.1	48 $\pm$ 2.7
	U	71.9 $\pm$ 3.5	63 $\pm$ 3.4	57 $\pm$ 3.3	48 $\pm$ 2.7	72.0 $\pm$ 2.4	66 $\pm$ 4.3	60 $\pm$ 5.2	52 $\pm$ 3.7
計		72.4 $\pm$ 4.1	59.1 $\pm$ 4.9	53.4 $\pm$ 5.0	43.6 $\pm$ 4.8	71.9 $\pm$ 3.1	65.2 $\pm$ 4.0	59.9 $\pm$ 4.3	49.8 $\pm$ 3.6

また、背脂肪では厚くなるほど屈折率は小さくなり良質な脂肪が生産される傾向が見られた。

背脂肪層(背)が1.0cm以下のものはとくに屈折率が大きくなり軟脂肪のものが多かった。

このことから、産肉性が高く、背脂肪の薄いものは屈折率が大きく脂肪が軟らかい傾向が見られる。

豚枝肉を格付別に集計すると表9のとおりとなった。

夏期と冬期では、背脂肪層の厚さ、屈折率に明らかな差が見られ、冬期に調査した枝肉は夏期のものより背脂肪層が薄く、屈折率が大きく軟かい脂肪であった。

背脂肪層では、上級に格付されるものほど薄く

表7 夏期項目別屈折率

項目		頭数	屈折率 ( $n_D^{50}-1.45$ ) $\times 10^4$		
			背 脂 肪		腎臓脂肪
			外 層	内 層	
総 平 均		322	61 $\pm$ 4.5	55 $\pm$ 4.5	45 $\pm$ 4.3
性別	雌	155	62 $\pm$ 4.6	56 $\pm$ 4.6	45 $\pm$ 4.4
	去勢	167	60 $\pm$ 4.2	53 $\pm$ 4.2	44 $\pm$ 4.2
枝肉重量	kg				
	~60	6	61 $\pm$ 4.2	55 $\pm$ 4.5	45 $\pm$ 5.1
	~65	23	62 $\pm$ 4.0	56 $\pm$ 3.6	46 $\pm$ 4.7
	~70	91	61 $\pm$ 4.7	54 $\pm$ 4.6	44 $\pm$ 4.5
	~75	125	61 $\pm$ 4.5	55 $\pm$ 4.5	44 $\pm$ 4.2
	75~	77	60 $\pm$ 4.4	54 $\pm$ 4.5	45 $\pm$ 4.1
背脂肪層(背)	cm				
	~1.0	4	46 $\pm$ 4.5	58 $\pm$ 4.3	48 $\pm$ 3.3
	~1.5	59	62 $\pm$ 3.8	56 $\pm$ 4.1	46 $\pm$ 4.9
	~2.0	154	61 $\pm$ 4.4	55 $\pm$ 4.5	45 $\pm$ 4.2
	~2.5	77	60 $\pm$ 4.9	53 $\pm$ 4.3	44 $\pm$ 4.2
	2.5~	28	60 $\pm$ 4.4	53 $\pm$ 3.9	43 $\pm$ 3.1

表8 冬期項目別屈折率

項目		頭数	屈折率 ( $n_D^{50}-1.45$ ) $\times 10^4$		
			背 脂 肪		腎臓脂肪
			外 層	内 層	
総 平 均		338	64 $\pm$ 5.4	59 $\pm$ 6.2	50 $\pm$ 5.5
性別	雌	160	66 $\pm$ 5.2	62 $\pm$ 5.4	53 $\pm$ 5.5
	去勢	178	62 $\pm$ 4.1	57 $\pm$ 4.6	48 $\pm$ 4.5
枝肉重量	kg				
	~60	2	61	57	47
	~65	31	64 $\pm$ 4.6	60 $\pm$ 4.6	51 $\pm$ 4.9
	~70	119	63 $\pm$ 4.9	59 $\pm$ 4.8	50 $\pm$ 5.1
	~75	124	63 $\pm$ 7.9	58 $\pm$ 8.8	50 $\pm$ 8.3
	75~	62	64 $\pm$ 6.7	60 $\pm$ 6.6	51 $\pm$ 6.4
背脂肪層(背)	cm				
	~1.0	26	67 $\pm$ 3.9	63 $\pm$ 4.0	54 $\pm$ 4.5
	~1.5	124	65 $\pm$ 7.2	60 $\pm$ 7.2	52 $\pm$ 5.1
	~2.0	131	63 $\pm$ 5.3	58 $\pm$ 5.4	49 $\pm$ 7.6
	~2.5	47	62 $\pm$ 6.3	56 $\pm$ 6.2	48 $\pm$ 5.6
	2.5~	10	63 $\pm$ 4.0	58 $\pm$ 4.3	50 $\pm$ 4.9

表9 格付別測定値

項目		頭数	背 脂 肪 層 の 厚 さ			屈折率 ( $n_D^{50}-1.45$ ) $\times 10^4$		
			肩	背	腰	背 脂 肪		腎臓脂肪
						外 層	内 層	
期	④	20	3.6 $\pm$ 0.4	1.9 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.3	63 $\pm$ 3.8	57 $\pm$ 3.8	45 $\pm$ 3.0
	上	172	3.6 $\pm$ 0.4	1.9 $\pm$ 0.3	2.8 $\pm$ 0.3	62 $\pm$ 7.2	56 $\pm$ 5.5	46 $\pm$ 5.1
	中	131	3.8 $\pm$ 0.5	2.0 $\pm$ 0.5	3.0 $\pm$ 0.5	65 $\pm$ 8.0	58 $\pm$ 8.2	49 $\pm$ 8.2
	並	34	4.0 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 0.6	3.2 $\pm$ 0.7	63 $\pm$ 7.1	56 $\pm$ 7.5	48 $\pm$ 8.2
	外	3	4.0	2.4	3.3	60	53	43
冬	④	9	3.5 $\pm$ 0.2	1.6 $\pm$ 0.2	2.6 $\pm$ 0.3	61 $\pm$ 2.5	57 $\pm$ 2.6	49 $\pm$ 3.4
	上	172	3.4 $\pm$ 0.5	1.6 $\pm$ 0.3	2.7 $\pm$ 0.4	65 $\pm$ 5.9	60 $\pm$ 5.9	52 $\pm$ 6.1
	中	152	3.7 $\pm$ 0.6	1.8 $\pm$ 0.5	2.9 $\pm$ 0.6	67 $\pm$ 9.0	63 $\pm$ 9.2	54 $\pm$ 9.3
	並	26	3.7 $\pm$ 0.9	1.9 $\pm$ 0.8	2.8 $\pm$ 0.8	68 $\pm$ 8.6	63 $\pm$ 8.1	56 $\pm$ 9.3
	外	1	4.6	2.9	4.1	60	55	50

なり、屈折率でも上級に格付されるものほど屈折率は小さく脂質は良くなる傾向がうかがわれた。これは先にのべた調査結果と矛盾する様に思えるが、背脂肪層の厚さは格付基準の範囲内のものでありこの点留意されたい。

同調査を実施して感じた点は、市販配合飼料・自家配合飼料では、脂肪の屈折率にあまり極端な差は見られず、軟脂肪といわれるような枝肉は見られなかったこと。

とうもろこしを極端(80%以上)に配合した場合、軟脂肪になりやすいといわれていたが、そういう点が見られなかったこと。

脂肪に影響を与える要素として肉豚の飼養環境、とくに畜舎内温度、豚の系統等が大きく影響するものとする。

### 3. 要 約

肉豚に給与する飼料の種類により、また季節の



寒暖が豚肉の脂肪に影響を与えるかどうかを調査し、良品質な豚肉生産の一助とするため一貫経営農家を対象にしてアンケート調査を実施して、回答のあった農家を給与飼料ごとに6種類に分類した。

分類ごとに2～7戸の農家を選定し計21戸を抽出した。

夏場をすごして出荷された肉豚と、冬場をすごして出荷された肉豚について、県内5ヶ所のと畜場でそれぞれ豚枝肉を調査し、脂肪を採取して屈折率を測定した。

屈折率を測定した結果、市販飼料・自家配合飼料はほぼ同じ測定値を示したが、残飯を利用して肥育した肉豚の脂肪は屈折率が大きくおおむね軟脂肪と判定された。

とうもろこしを80%以上配合した飼料で肥育しても、本調査では屈折率は良い値を示し正常な脂質の範囲であった。

夏期と冬期では明らかに脂肪の屈折率に差が見

られ、冬期の方が屈折率が大きく軟かい脂肪が生産される。

このため良質な脂肪を生産するためには冬期間の畜舎保温が大切なことが判明した。

性別では、明らかに雌の方が屈折率が大きく脂肪は軟かかった。

枝肉重量が大きくなるほど、背脂肪が厚くなるほど、硬く良質な脂肪が生産される傾向が見られた。

豚枝肉格付ごとに背脂肪層の厚さを見ると上級に格付されるほど背脂肪は薄くなり、屈折率では上級に格付されるほど屈折率は小さくなり、脂質は良くなる傾向がうかがわれた。

脂肪の質に影響を与えるものとして、飼料の他に環境温度、豚の系統が大きく左右するものと考ええる。

おわりに、本調査を実施するにあたり県内5ヶ所のと畜場および関係者の皆様に深く感謝します。

# 年2回繁殖による子羊の増産に関する研究

Studies on Lamb Production by Two Lambings per Year

福井 豊 (帯広畜産大学)

## 1. 目的

通常、めん羊の繁殖は秋の1回のみであるが、非繁殖季節(5~6月)においてホルモン処置により雌羊の発情および排卵を誘起し、交配させることにより年2回繁殖の可能性を検討した。そして、この方法により子羊の年間多頭生産を目的とした。

## 2. 方法

本研究は、めん羊の非繁殖季節(5~6月)および繁殖季節(9~11月)に2つの野外試験を行なった(各々を実験1,2とする)。実験1は、昭和57年5月15日から6月24日の間に行なった。供試しためん羊は、サフォーク種、コリデル種および両種の雑種、計49頭の成熟雌羊である。これらを、無作為に3群(I群:14頭, II群:17頭, III群:18頭)に分けた。全頭のめん羊に60mgの合成黄体ホルモン(6 $\alpha$ -methyl-17 $\alpha$ -acetoxy-progesterone)を含む膈内スポンジ(オーストラリア, Upjohn社提供:以下, MAPスポンジと記す)を膈深部に9日間挿入した。MAPスポンジ挿入法は Fukui & Roberts<sup>1)</sup>の方法に準じて行なった。III群の雌羊には、MAPスポンジ挿入時に2mgのエストラジオール(オバ・ホルモンベンツェート, 帝国臓器:以下, "E<sub>2</sub>"と記す)を筋肉内注射した。さらに、II群およびIII群の35頭の雌羊には、MAPスポンジ除去後直ちに750

国際単位(i.u.)の妊馬血清性腺刺激ホルモン(セロトロピン, 帝国臓器:以下, "PMSG"と記す)を筋肉内注射した。処置後、胸部にマーキング・ハーネスとクレヨン<sup>2)</sup>を装着させた3頭の正常雄羊を雌羊群に同居させた。発情発見および交配の確認は処置後5日間、朝(0800時)・夕(1700時)の2回行ない、雌羊の臀部のクレヨン・マークの付着により判定した。受胎率は雄羊導入後16~21日目までのノン・リターン法(N.R.)によるN.R.率、60~80日目の超音波ドップラー法による妊娠率、および分娩率で表わし、出産子羊数/分娩母羊数も記録した。

実験2は、めん羊の繁殖季節である9月18日~11月18日の間に、実験1で使用した18頭の雌羊を含む計38頭を用いて行なった。本実験の概要は図1に示した。実験1と同様に、全頭のめん羊にMAPスポンジを9日間膈内に挿入し、MAPスポンジ除去後にPMSG 500i.u.を筋肉内注射した。処置後、発情発見をしないで、50時間および60時間目の2回、凍結融解精液で人工授精した。全頭の雌羊に、非外科的子宮内授精を試み、子宮内注入が不可能な場合には、子宮頸管深部または子宮頸管外口部に授精した。また、人工授精の際、膈粘液性状をLapwoodら<sup>3)</sup>の分類法に従って記録した。処置後15日目に、再びマーキング・ハーネスを装着した雄羊を導入し、自然交配または人工授精を行った。後者のために、雄羊の腹部にエプロンを装着した。発情発見は1日2回(朝:0700

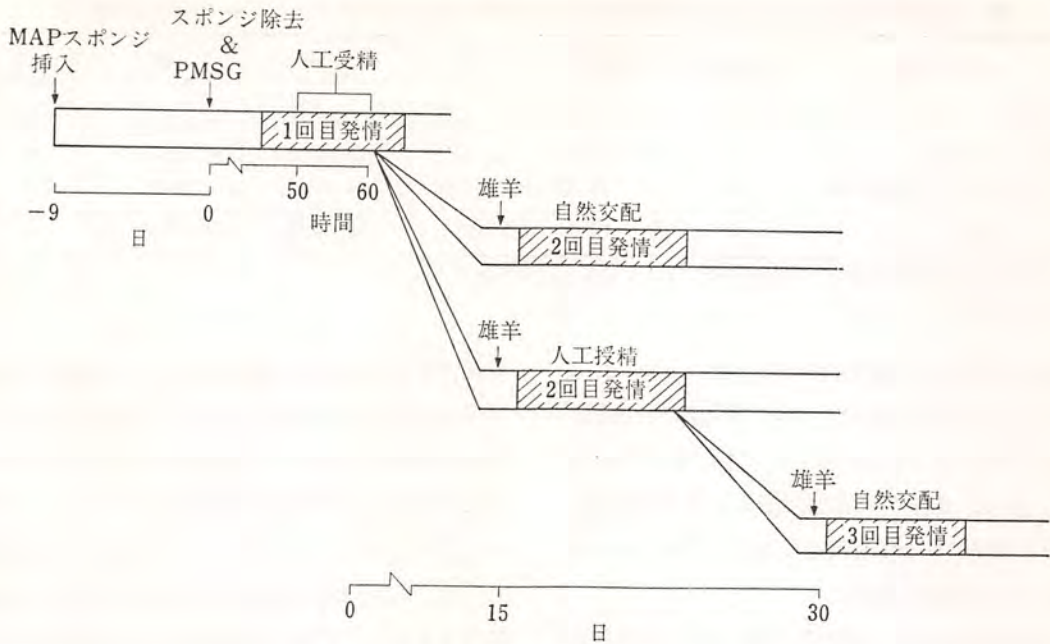


図1 実験2の計画大要

時、夕 1500 時) 行ない、朝に発情を示したものはその日の夕方 (1600 時) と翌朝 (0800 時) の 2 回、夕方に発情を示したものは翌朝 (0800 時) と同日の夕方 (1600 時) の 2 回、それぞれ子宮頸管外口部に人工授精した。使用した凍結精液は、昭和 54 年 9 月 16 日にサフォーク種およびコリデール種の成熟雄羊から人工膺で採取し、Visser & Salamon<sup>4,5)</sup> の方法により、トリスーグルコース一卵黄 (18%) ーグリセリン (6%) を含む希釈液で希釈、冷却、錠剤化されたものである。なお、今回の錠剤化凍結精液は液体窒素中に 1 年以上保存されたものである。融解は 37°C の恒温水槽内で行ない、30% 以上の運動精子率を示すもののみを授精に供した。1 回授精に用いられる精液量は 0.25ml、運動精子数は  $200 \times 10^6$  以上のものとした。授精後 15 日目に、マーキング・ハーネスを装着した正常雄羊を雌羊群に同居させ、N. R. 率 (16~21 日目) を得た。また、本実験に供試した雌羊の交配後 18 日目における血漿中プロジェステロン ( $p$ ) 値をラジオイムノアッセイ

法<sup>6)</sup> により測定し、N. R. 率と比較検討した。

### 3. 結 果

実験 1 : 処置後 5 日以内の発情雌羊頭数および受胎率を表 1 に示した。発情出現率は I, II および III 群で各々 64.3% (9/14), 100% (17/17) および 72.2% (13/18) であった。I 群と II 群の間 ( $p < 0.01$ ), II 群と III 群の間 ( $p < 0.05$ ) に各々有意差が見られた。また、処置後から発情開始までの時間は I, II および III 群で各々  $86.4 \pm 22.9$  時間、 $43.5 \pm 9.2$  時間および  $62.7 \pm 25.5$  時間で、II 群の雌羊の発情開始時間は他の 2 群よりも有意 ( $p < 0.01$ ) に早かった。

N. P. 率は各群それぞれ、88.9% (8/9), 88.2% (15/17) そして 100% (13/13) で、群間に有意差は認められなかった。発情雌羊頭数に対する妊娠率および分娩率は共に各群でそれぞれ、33.3% (3/9), 64.7% (11/15) そして 53.8% (7/13) で、I 群と II 群との間に有意な差 ( $p < 0.05$ ) が認められた。また、出生子羊率は PMSG を投与

表1 非繁殖季節におけるめん羊の発情誘起および受胎率に及ぼすPMSGおよびE<sub>2</sub>の効果(実験1)

処置(群)	供試頭数	発情頭数 (%)	N. R. (%)	妊 娠 (%)	分 娩 (%)	出生子羊数/ 分娩母羊数
MAP (I)	14	9 <sup>a</sup> *(64.3)	8 <sup>a</sup> (88.9)	3 <sup>a</sup> (33.3)	3 <sup>a</sup> (33.3)	1.0
MAP+PMSG (II)	17	17 <sup>b</sup> *(100)	15 <sup>a</sup> (88.2)	11 <sup>b</sup> (64.7)	11 <sup>b</sup> (64.7)	1.5
MAP+E <sub>2</sub> +PMSG (III)	18	13 <sup>a</sup> (72.2)	13(100)	7 <sup>a,b</sup> (53.8)	7 <sup>a,b</sup> (53.8)	1.6
計	49	39(79.6)	36(92.3)	21(53.8)	21(53.8)	1.4

a, b: 異なる記号を持つものは有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められた。

\*:  $p < 0.01$

した群(IIおよびIII群)において高い(1.5および1.6)傾向が見られた。合計、21頭の分娩雌羊数から30頭の子羊が出産した(平均1.42頭/母羊)。なお、II群の1頭は妊娠120日目に事故死したが、胎内に4つ子を有しており、分娩したものとみなして成績に加えた。

以上の結果から、MAPスポンジとPMSG投与(II群)により、発情誘起率(100%)、受胎率(64.7%)とも最高の成績が得られた。

実験2: 38頭中2頭はMAPスポンジ処置期間中にスポンジを失ったので本実験から除外した。人工授精および自然交配による成績は表2に示した。定時的人工授精では、36頭中子宮内に精液注入できたのは3頭のみで、26頭は子宮頸管深部に、残りの7頭は子宮頸管外口部に授精した。N. R.率は各々、100%(3/3)、7.7%(2/26)そして0%(0/7)であった。定時的人工授精時における雌羊の膣粘液性状は図2に示した。すなわち、処置後50時間目の人工授精時には透明で少量

の粘液を有するものが多かったが、60時間目では白濁状粘液のものが多くなった。発情を回帰した雌羊の内14頭に対して、発情発見を行ないながら子宮頸管外口部に再び人工授精を行なった。この内、4頭(28.5%)が受胎した。また、人工授精で受胎しなかった、計27頭中25頭(92.6%)は処置後2または3回目の発情時において自然交配により受胎した。雄羊によるN. R.率と血液中の $p$ 値(交配後18日目)による受胎率の比較において、N. R.法で受胎陽性と診断されたが $p$ 値が1.0ng/ml以下で受胎陰性であったものが2例、その反対が12例あった。

#### 4. 考 察

今日まで、非繁殖季節におけるめん羊の発情、排卵の誘起には長期間(13~16日)の黄体ホルモン処置とPMSGによる方法が多数報告されている<sup>7-11)</sup>。しかし、長期間の黄体ホルモン処置後の受胎率が低いことが指摘されている<sup>12,13)</sup>。そこで、本研究ではMAPスポンジの挿入期間を9日とした。最近、Fukui et al.<sup>14)</sup>は9日間のMAPスポンジ処置とPMSG投与により、非繁殖季節におけるめん羊の発情、排卵がより確実に誘起できたと述べ、Dave et al.<sup>15)</sup>やCooper et al.<sup>16)</sup>の報告と一致している。

実験1において、MAPスポンジ+PMSG処置は有効であったが、E<sub>2</sub>の投与による効果は認められなかった。受胎率も、II群で65%を得た

表2 発情同期化後における凍結精液による人工授精および自然交配による雌羊の受胎率の比較(実験2)

交配方式	雌羊頭数		受胎率 (%)	
	交配	受胎		
定時的人工授精 (1回目発情)	子宮内授精	3	3	100
	頸管深部	26	2	7.7
	頸管外口部	7	0	0.0
頸管外口部人工授精 (2回目発情)		14	4	28.5
自然交配 (2,3回目発情)		27	25	92.6

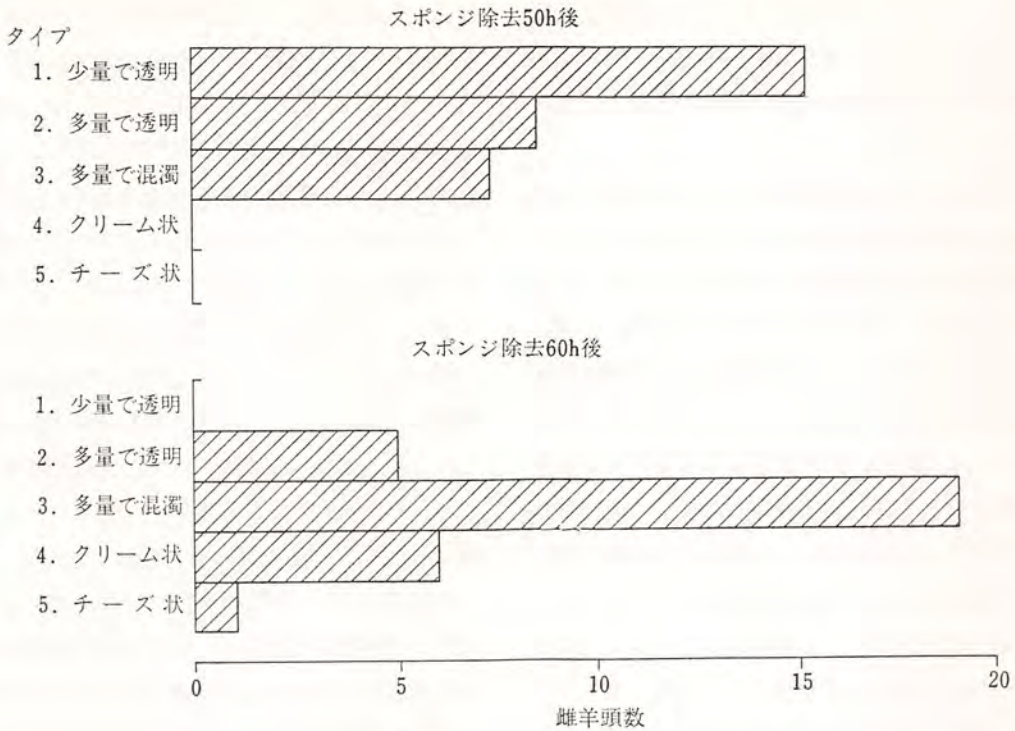


図2 発情同期化後50および60h目の臍粘液性状の変化

が、自然交配による成績としては必ずしも満足のものではない。黄体ホルモンとPMSG処置後の雌羊の低受胎率の原因として、受精の失宜<sup>15,17)</sup>や胚の早期死滅<sup>17,18)</sup>が上げられる。この他に、雄羊の交配能力、精液性状の低下も考えられる<sup>17)</sup>。今後、非繁殖季節における発情、排卵誘起後の受胎率の向上のためには、交配能力および精液性状の高い雄羊の使用、または高濃度の精子数(200~400×10<sup>6</sup>)による人工授精が必要であると考えられる。

E<sub>2</sub>の効果については、Hulet & Stormshak<sup>19)</sup>は黄体ホルモン処置時に大量(2mg)のE<sub>2</sub>を投与して受胎率が向上したことを報告している。また、Cunningham et al.<sup>20)</sup>は受胎率が向上しなかった原因の一つとして、投与したE<sub>2</sub>の量が少なかった(0.5mg)ことを指摘している。しかし、本研究では2mgのE<sub>2</sub>を投与したにもかかわらず、

その効果は認められなかった。E<sub>2</sub>を投与した群(Ⅲ群)では、処置後から発情開始までの時間はⅡ群に比べて有意に長かった。また、発情雌羊の出現頻度もⅡ群に比べてばらついていた。実験1と同様に、Gordon<sup>21)</sup>は黄体ホルモンとE<sub>2</sub>の両方を含んだ臍内スポンジを処置された雌羊は、黄体ホルモンのみを含んだ臍内スポンジで処置されたものより発情開始が遅れることを報告している。今日まで使用されているE<sub>2</sub>の投与量は一般に低く(80~500μg)、受胎率への効果は認められていない。E<sub>2</sub>のフィードバック作用において、少量のE<sub>2</sub>投与ではLH(黄体形成ホルモン)分泌を促進するが、多量(1~2mg)投与ではFSH(卵胞刺激ホルモン)やLH分泌が抑制されるといわれている<sup>22)</sup>。このことから、Hulet & Stormshak<sup>19)</sup>が述べたように、非繁殖季節のめん羊に対するE<sub>2</sub>投与によっては、発情、排卵の

誘起および受胎率の向上を期待できないように思われる。しかし、牛における  $E_2$  投与は黄体の早期退化作用を示すと報告されているので<sup>23,24)</sup>、繁殖季節における雌羊の発情、排卵の同期化に使用できるかもしれない。

実験2で得られた凍結精液による受胎率は、本実験と同様の方法で処置された Maxwell et al.<sup>25)</sup> の成績 (52%) よりも著しく低率であった。この原因としては、MAP スポンジ+PMSG 処置による影響のみでなく、人工授精に用いた凍結精液の融解後の運動率が低かったこと (30%) が考えられる。このため、処置後2回目の発情時に発情観察を行ないながら人工授精した雌羊の受胎率も29%と低かった。しかし、定時的人工授精で子宮内に精液注入できた3頭とも受胎したことは、Fukui & Roberts<sup>26,27)</sup> が報告しているように子宮内授精の効果であると考えられる。今後、確実に迅速な子宮内授精法の改良が待たれる。なお、人工授精で受胎しなかった雌羊は2頭を除いてすべて受胎した。また、本実験では受胎率としてN. R. 率と交配後18日目の血液中の  $p$  値 (1 ng/ml 以上) を用いたが、前者においてより信頼性が高いように思われた。

本研究から、春 (5~6月) と秋 (9~11月) の年2回の繁殖が可能であることが示唆された。すなわち、非繁殖季節においてはMAP スポンジ+PMSG (750i.u.) により全ての雌羊が処置後5日以内に発情を示し、65%の分娩率が得られた。繁殖季節でも同様の処置法 (PMSG は500i.u.) により発情が同期化できたが、凍結精液による受胎率は低かった。今後、凍結精液の作成方法および子宮内授精法の改良による受胎率の向上が必要と思われる。

## 5. 要 約

めん羊の非繁殖季節 (5~6月) および繁殖季

節 (9~11月) において、発情・排卵の誘起および同期化を行ない、年2回繁殖による子羊の増産を目的とした。前者では、49頭の雌羊を3群に分け、PMSG および  $E_2$  の効果を検討した。全頭の雌羊にMAP スポンジを9日間膈内挿入した。処置後750i.u. のPMSGを注射した群 (II:17頭)、スポンジ挿入時に2mgの  $E_2$  を注射し、処置後にPMSG注射した群 (III:18頭) そしてMAP スポンジのみの群 (I:14頭) に分け、処置後5日間マーキング・ハーネスを装着した正常雄羊を雌羊群に導入し、発情の発現および受胎率を比較した。その結果、II群において、全頭に発情が見られ、分娩率も65%と最高であった。しかし、III群における、 $E_2$  の効果は認められなかった。

繁殖季節では、38頭の雌羊にMAP スポンジ+500i.u. PMSG で処置し、50および60時間目に凍結精液による定時的人工授精を行なった。受胎率は14%と低率であった。その後、発情を回帰した14頭の雌羊に再び人工授精したが、その受胎率は29%であった。しかし、人工授精で受胎しなかった雌羊27頭中25頭はその後自然交配により受胎した。

以上のように、非繁殖季節 (春) におけるMAP スポンジ+PMSG の処置により、発情の誘起が可能であり、65%の受胎率が得られた。また、同年の秋には人工授精および自然交配により受胎し、年2回繁殖の可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) Fukui, Y. & Roberts, E. M.: 家畜繁殖学雑誌, 25, 131, 1979.
- 2) Radford, H. H., Watson, R. H. & Wood, G. F.: *Aust. Vet. J.* 36, 57, 1960.
- 3) Lapwood, K. P., Martin, I. C. A. & Entwistle, K. W.: *Aust. J. Agric. Res* 23, 457, 1972.
- 4) Visser, D. & Salamon, S.: *Aust. J. Biol. Sci.* 26, 513, 1973.
- 5) Visser, D. & Salamon, S.: *Aust. J. Biol. Sci.* 27, 423, 1974.

- 6) Makino, T.: *Folia Endocr. Japonica* 49, 629, 1973.
- 7) Gordon, I.: *J. Agric. Sci., Camb.* 50, 152, 1958.
- 8) Wishart, D.F.: *Vet. Rec.* 81, 276, 1967.
- 9) Laster, D.B. & Glimp, H.A.: *J. Anim. Sci.* 39, 1129, 1974.
- 10) Christenson, R.K.: *J. Anim. Sci.* 43, 795, 1976.
- 11) Lunstra, D.D. & Christenson, R.K.: *J. Anim. Sci.* 53, 448, 1981.
- 12) Gordon, I.: *J. Agric. Sci., Camb.* 60, 77, 1963.
- 13) Roberts, E.M. & Edgar, D.G.: *J. Reprod. Fert.* 12, 155, 1966.
- 14) Fukui, Y., Sotto, W.L., Terawaki, Y. & Ono, H.: 帯広畜産大学研究報, 12, 63, 1982.
- 15) Dawe, S.T. & Flechter, I.C.: *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 11, 137, 1976.
- 16) Cooper, R.J., Wishart, D.F. & Hoskin, B.D.: *Vet. Rec.* 88, 381, 1971.
- 17) Lunstra, D.D. & Christenson, R.K.: *J. Anim. Sci.* 53, 458, 1981.
- 18) Cogne, Y., Hernandez-Barreto, M. & Saumande, J.: *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 15, 329, 1975.
- 19) Hulet, C.V. & Stormshak, F.: *J. Anim. Sci.* 34, 1011, 1972.
- 20) Cunningham, N.F., Saba, N., Boarer, C.D. H. & Hattersley, J.J.P.: *J. Reprod. Fert.* 60, 177, 1980.
- 21) Gordon, I.: *J. Agric. Sci., Camb.* 76, 355, 1971.
- 22) Robinson, T.J.: *J. Endocr.* 24, 33, 1962.
- 23) Wiltbank, J.N. & Kasson, C.W.: *J. Anim. Sci.* 113, 1968.
- 24) Sreenan, J.M. & Mulvehill, P.C.: *J. Reprod. Fert.* 45, 367, 1975.
- 25) Maxwell, W.M.C., Curnock, R.M., Logue, D.N. & Reed, H.C.B.: *Theriogenology*, 14, 83, 1980.
- 26) Fukui, Y. & Roberts, E.M.: *Proc. 8th Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I., Krakow*, 4, 991, 1976.
- 27) Fukui, Y. & Roberts, E.M.: *Proc. Int. Congr. Sheep Breeding*, Muresk & Perth, W.A. pp.482, 1976.

# 家畜飼料としてのユーグレナ（ミドリムシ）の 利用とその施用による牛の生殖機能への効果

Utilization of *Euglena gracilis* for Feed of Livestock and Its  
Effect on the Reproductive Function of Cow

北岡 正三郎（大阪府立大学農学部）

## 1. 目 的

我国では家畜飼料はもとより食糧に至るまで主に輸入に依存している。とくにタンパク質資源は輸入大豆等依存度が極めて高く、それ故に食糧需給等予測しえない状況に困憊している。一方都市近郊農家において牛の受胎率の低下が近年大きな問題となっている。これは近郊では飼料として牧草の施用が極度に低く、人工飼料、濃縮飼料及び食品廃棄物（おから等）の施用に片寄っているため、植物中に含まれるカロチノイドが不足することによりビタミンA不足が主要因であることが明らかにされている。著者はかねてより原生動物（緑藻植物にも分類されている。）ユーグレナ（和名：ミドリムシ）を飼料源とする研究を行っており、同時に栄養生化学的観点よりユーグレナの代謝生理についても検討している。すなわちユーグレナはタンパク質に富んだ膜に覆われており、クロレラや酵母と異り、高等動物の消化酵素（トリプシン、キモトリプシン、及びペプシン）により容易に、かつ完全に消化され<sup>1)</sup>、非常に栄養価が高く<sup>2)</sup>、ネズミ飼育試験でも牛乳タンパク質カゼインに劣らない栄養価を示し<sup>3)</sup>、毒性も全く認められなかった。さらにユーグレナは光合成生物であり、太陽エネルギーを各種ビタミンやタンパク質として蓄積する。ビタミンC<sup>4)</sup>、ビタミンE<sup>5)</sup>は天然界で最も多量生成する部類に属し、またカロテノイドも多量に生成し、とくにビタミンA活性

を有するβ-カロチンを蓄積する<sup>6)</sup>。

本研究はこのユーグレナを将来の飼料源としての可能性を探るものであり、さらに飼料として安定した品質のものを安価に大量供給するための基礎研究である。さらに家畜に不足する各種ビタミンの供給源として飼料添加剤、栄養補強剤としての利用を検討する。

## 2. 実験方法

### 2.1 生物材料

*Euglena gracilis* strain Z を **Table 1.** に示した Koren-Hutner 培地<sup>7)</sup> で前培養を行った。

### 2.2 培養条件

Koren-Hutner 培地で5日間前培養した細胞を4% (W/V) の廃糖蜜、0.25% リン酸二アンモニウムをC源及びN源とする培地 (pH 3.5) で再度前培養する。この培養液の2% (V/V) を新しい同培地に植え継ぐ。同時に廃糖蜜及びリン酸アンモニウムの濃度変化を行い、生育度、タンパク質含量、糖含量を測定した。最適生育条件でえた細胞についてβ-カロチンの定量及びビタミンC、Eの定量、アミノ酸分析によるアミノ酸価の決定を行った。

### 2.3 生育度の測定

ヘマトメーターを用いて顕微鏡下で細胞数を測定して行った。

### 2.4 糖の定量

還元糖は Somogyi-Nelson 法<sup>8)</sup> で、全糖量は



Table 1. Composition of the KH-medium

Components	Amounts	Components	Amounts
L-Arginine HCl	0.5 (g/l)	Na <sub>2</sub> EDTA	50.0 (mg)
L-Aspartic acid	0.3	FeSO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	50.0
Glucose	12.0	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	18.0
L-Glutamic acid	4.0	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	25.0
Glycine	0.3	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	4.0
L-Histidine HCl·H <sub>2</sub> O	0.05	CuSO <sub>4</sub>	1.2
DL-Malic acid	6.5	NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>	0.5
Na <sub>3</sub> Citrate·H <sub>2</sub> O	0.5	CoSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.5
Na <sub>2</sub> Succinate·6H <sub>2</sub> O	0.1	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.6
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.25	NiSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.5
NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	0.25	Vitamin B <sub>1</sub> HCl	2.5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.25	Vitamin B <sub>12</sub> CN	0.005
MgCO <sub>3</sub>	0.6		
CaCO <sub>3</sub>	0.12	Initial pH at 3.5 <sup>*</sup>	

フェノール硫酸法<sup>9)</sup>で測定した。標準物質としてグルコースを用いた。

### 2.5 粗タンパク質の定量

Euglenaの細胞乾燥粉末の総窒素量を柳本CNコーダーMT-500を用いて測定し、それに6.25を乗じて粗タンパク質の質量とした。標準物質として馬尿酸を用いた。

### 2.6 各種ビタミンの定量

$\beta$ -カロチン及びビタミンEはクロロホルム：メタノール(3:1V/V)の溶媒でEuglena細胞を処理し、その抽出液を常法により高速液体クロマトグラフィーにより定量した。ビタミンCはRoeとKuetherの方法<sup>10)</sup>を用いて2,4-dinitrophenylhydrazine法によった。

### 2.7 アミノ酸分析

Euglena細胞乾燥粉末(1mg)を5.7N-HClで107°C 20, 40, 60時間加水分解を行い、日立KLA-5アミノ酸自動分析機械を用いてアミノ酸を定量した。尚シスチン、メチオニンは過ギ酸酸化法で、トリプトファンはジチオグリコール酸共存下での加水分解により細谷らの方法<sup>2)</sup>で定量した。

### 2.8 ラット生育実験

Wistar系雄ラット4週令のものを用い、同胞を2群に分け、実験群(5匹)と対照群(5匹)の両群をラット用分離屋根型代謝ケージにより飼育し、飼育期間中毎日の体重増加、食餌摂取量、及び糞尿の排泄量を測定した。屠殺後各種臓器の重量及び処見を比較した。実験群及び対照群に用いた食餌組成はTable 2.のとおりである。

Table 2. Composition of Diets

	Euglena diet Component	Control diet (%)
Euglena crude protein	59.46	
Casein crude protein		26.19
Vitamin mix	1.00	1.00
Salt mix	4.00	4.00
Cellulose	3.00	3.00
Choline Cl	0.24	0.24
Soybean oil	5.00	5.00
$\alpha$ -Corn starch	27.30	60.57

Protein content in diets is 22%

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 廃糖蜜を用いた培地での生育条件の確立

Euglenaは蔗糖をC源として利用できない。廃糖蜜にはTable 3.に示したように51%がEuglenaが利用可能な還元糖であり49%がまだ

**Table 3.** The Components of Molasses

	Molasses pH=3.3	Molasses pH=3.3 autoclaved
Sugers	54.0	50.1
reducing Sugers	27.7	46.9
Protein	0	0
Amino acid-N	0.79	0.79
Ammonium-N	1.2	1.5

(W/W %)

**Table 4.** Cell Growth at Various Concentrations of Molasses

Concentration of molasses (g/l)	Cell number* ( $\times 10^6$ cells/ml)
0	0.3
10	0.9
12.5	1.9
20	3.4
25	4.8
40	5.6
50	6.5
100	1.1

\* *Euglena* cells were grown for 9 days.

蔗糖として残存している。そこで *Euglena* 生育至適 pH である 3.3 で 120°C, 10 分間オートクレーブを行った。その結果 94% が還元糖に転化することが明らかとなった (Table 3.)。このように

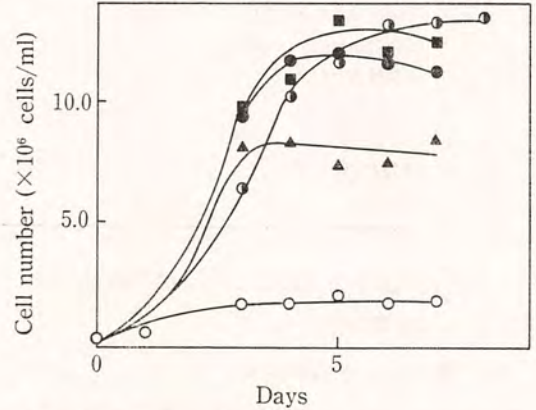
**Table 5.** Effect of Various Nitrogen Sources on Cell Growth of *Euglena*

Nitrogen Source	Concentration of Molasses (g/l)	Cell number* ( $\times 10^6$ cells/ml)
Ammonium sulfate	20	3.8
	25	2.1
	40	5.1
	50	4.2
Ammonium phosphate	20	9.0
	25	13.8
	40	15.6
Glutamic acid	50	7.9
	20	6.2
	25	4.9
	40	7.6
	50	7.7

\* *Euglena* cells were grown for 7 days. Nitrogen sources were added at 1.1 mg N atom/ml.

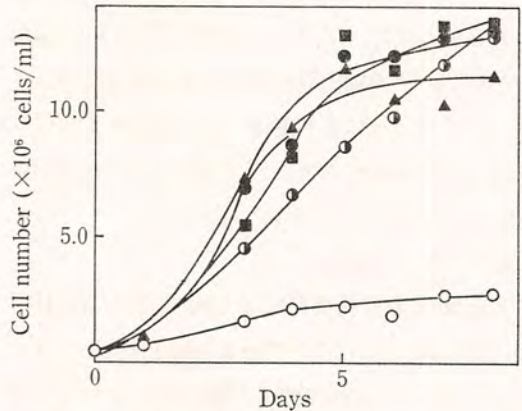
転化した廃糖蜜を用い生育実験を行った。Table 4. は廃糖蜜の培地中濃度変化による生育度への効果を見たものである。廃糖蜜 25~50g/l 培地で細胞数が高いことがわかる。そこで次に廃糖蜜には窒素化合物が少ないことから培地に窒素化合物を添加して生育度を検討した (Table 5. Fig. 1, 2)。

用いた化合物の中でリン酸アンモニウムが最適



**Fig. 1.** Cell Growth at Various Concentrations of Ammonium Phosphate  
The concentration of molasses was 25g/l.

(○—○) 0%, (▲—▲) 0.10%,  
(●—●) 0.25%, (■—■) 0.35%,  
(○—●) 0.50%



**Fig. 2.** Cell Growth at Various Concentrations of Ammonium Phosphate  
The concentration of molasses was 40g/l.

(○—○) 0%, (▲—▲) 0.15%,  
(●—●) 0.40%, (■—■) 0.55%,  
(○—●) 0.80%

であり廃糖蜜 25g/l, 40g/l を用いた場合両者共 0.4~0.5% のリン酸アンモニウムの添加で高栄養培地である KH-培地を用いた時と変わらない細胞増殖がえられた。培養は 5 日間 27°C で最高増殖を示した。この時点で C 源として加えた廃糖蜜も N 源として加えたリン酸アンモニウムもほぼ消費され, *Euglena* 細胞成分となったことを示した。各種金属イオン ( $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) の培地への添加は効果がなく, 廃糖蜜中に充分量含まれていることを示した。リン酸アンモニウムの各種濃度でのタンパク質量と 1,3-グルカンであるパラミロン及び乾重量を Table 6. に示す。リ

ン酸アンモニウムが 0.1% 以上であれば乾重量 (*Euglena* 細胞) は大きく差はないがタンパク質含量は 0.35~0.5% で高く, 糖含量と逆相関を示した。0.35% リン酸アンモニウムの添加で 0.1% 添加より 3 倍以上タンパク質含量の増加が認められた。

次に培養液の初発 pH の生育に与える効果及びタンパク量について検討した。Fig. 3. に生育度を示す。pH 2.5~6.5 の初発 pH で生育が高く, この範囲で条件設定が必要であることを示す。このときの生育に伴う培地中 pH の変化は Fig. 4. に示すとおりである。pH 2.5~6.5 で生育させた

**Table 6.** Percentages of Protein Content and Paramylon Content in *Euglena* Cells Grown at Various Concentrations of Ammonium Phosphate

Concentration of Ammonium phosphate (%)	Protein Content (%)	Paramylon Content (%)	Dry Weight (mg)/50 ml Medium
0	21.7* 7.69**	63.3	60.8
0.1	41.5 16.8	55.6	125.6
0.25	72.1 42.9	17.6	114.6
0.35	80.6 51.1	10.2	131.5
0.5	85.9 49.4	9.6	125.6

The concentration of molasses was 25g/l.

\* analyzed by Lowry Method

\*\* estimated with Yanagimoto CN CORDER M T-500

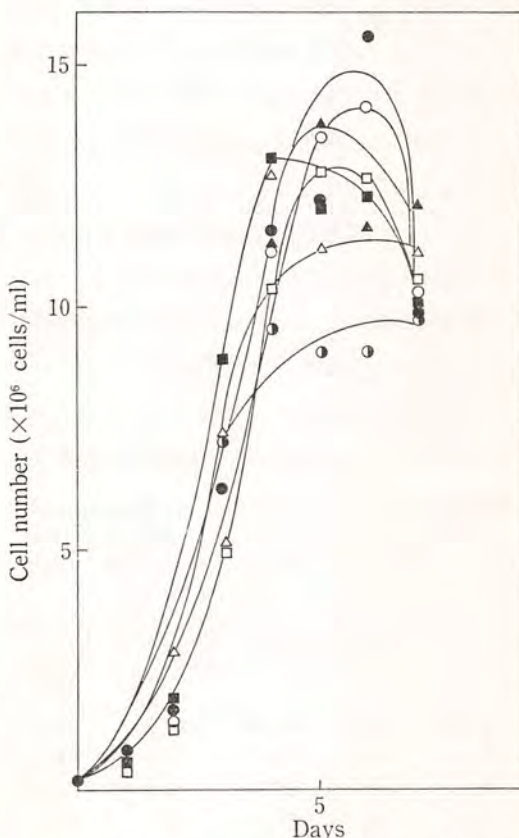
Percentages of Protein Content and Paramylon Content in *Euglena* Cells Grown at Various Concentrations of Ammonium Phosphate

Concentration of Ammonium phosphate (%)	Protein Content (%)	Paramylon Content (%)	Dry Weight (mg)/50 ml Medium
0	16.7* 6.25**	71.6	88.1
0.15	40.8 18.4	56.6	186.7
0.40	86.0 47.4	16.1	166.1
0.55	91.0 51.8	12.2	131.3
0.80	81.0 42.4	17.7	175.6

The concentration of molasses was 40g/l.

\* analyzed by Lowry Method

\*\* estimated with Yanagimoto CN-CORDER M T-500



**Fig. 3.** Effect of the Initial pH of the Growth Medium on the Growth of *Euglena* under Illumination

(●) initial pH 2.5, (■) pH 3.5, (▲) pH 4.5, (○) pH 5.5, (□) pH 6.5, (△) pH 7.5, (●) pH 8.5

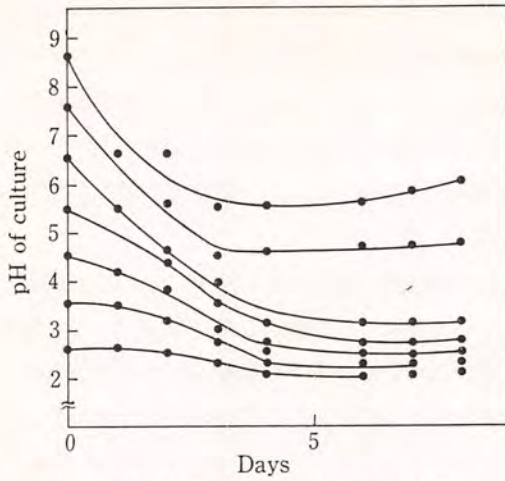


Fig. 4. pH Change of the Growth Medium during Growth of *Euglena*

とき5日間以上の培養でpH 2~3にまで低下し、以後一定となる。pH 7.5, 8.5での生育ではそれ程低下せずpH 4.5~5.5に留まった。このことから *Euglena* の生育には酸性条件下が必須であることを明らかにした。このときのタンパク質量、パラミロン量及び乾重量を Table 7. に示す。やはり pH 6.5 以下の初発で生育したとき、タンパク質含量が高く、パラミロン含量とは逆相関を示すことが明らかとなった (Fig. 5.)。

そこで廃糖蜜 40g/l, リン酸アンモニウム 0.5%, pH 3.5 とした培地により最適の生育条件が

Table 7. Percentages of Protein Content and Paramylon Content in *Euglena* Cells Grown at Various Initial pH under Illumination and Dry Weight

Initial pH	Protein content (%)	Paramylon content (%)	Dry Weight (mg)
2.5	62.5*	49.1**	107.1
3.5	60.8	51.6	109.5
4.5	52.3	51.7	120.1
5.5	57.3	49.3	123.1
6.5	54.2	47.6	145.3
7.5	35.1	31.5	203.9
8.5	35.2	27.1	225.7

\* analyzed by Lowry Method

\*\* estimated with Yanagimoto CN CORDER M T-500

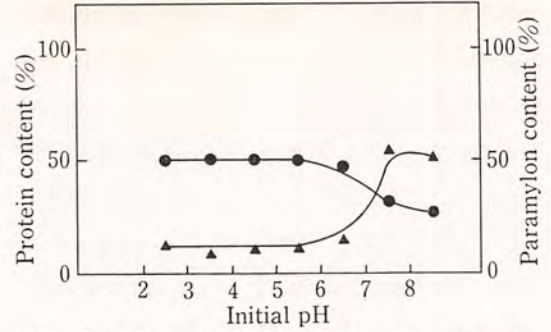


Fig. 5. Effect of the Initial pH of the Growth Medium on the Content of Protein and Paramylon in *Euglena* under Illumination

●—●, Protein\*  
▲—▲, Paramylon

\* estimated with Yanagimoto CN CORDER M T-500

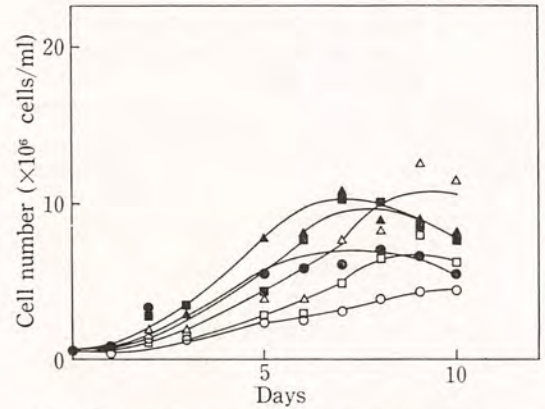


Fig. 6. Cell Growth in the Case of Using Corn Steep Liquor or Soybean Protein as Nitrogen Source

●, Corn Steep Liquor 2g/l  
■, 3g/l  
▲, 4g/l  
○, Soybean Protein 2g/l  
□, 4g/l  
△, 6g/l

えられたが、N-源としてコーンステープリカーあるいは Soy bean protein が利用できないかを検討した。Fig. 6. に示すようにこれらのN-源が利用可能であることが明らかとなった。*Euglena* は細胞外プロテアーゼを産生することが明らかになっており<sup>11)</sup>充分ありうることである。

### 3.2 各種ビタミンの含有量

上記培養法、すなわち廃糖蜜 50g/l, リン酸ア

**Table 8.** Contents of Some Vitamins in *Euglena* Cells and Some Foods

Content (mg/10g wet weight)		
	<i>Euglena</i>	
Vitamin C	73.0 (Orange)	65.0 (Spinach)
$\beta$ -Carotene	42.4 0.13 (Corn)	4.0 (Spinach)
Vitamin E	31.7 75.0 (Cotton seed oil)	25.0 (Soy bean oil)

ンモニウム 5 g/l, pH 3.5 で 27°C, 2,500 lux の光照射下で生育された *Euglena* 細胞のビタミン C, E 及び  $\beta$ -カロチン量を **Table 8.** に示す。ビタミン C はみかんの 2 倍, ホーレン草とはほぼ同量含み, ビタミン E は E 源として用いられる綿実油の半分,  $\beta$ -カロチンはホーレン草の 10 倍を含むことが判明した。このように一種の生物体で各種ビタミンを多量含むことは飼料あるいは食品栄養強化剤としての大きな利用面を開くものである。

3.3 アミノ酸分析による栄養価の判定

**Table 9.** にアミノ酸組成を示す。この結果から必須アミノ酸が多く含まれることが明らかである。必須アミノ酸のみを標準蛋白質のアミノ酸

**Table 9.** Composition of Amino Acids in *Euglena*

Amino acid	g/16g N
Glucosamine	0.28
Lys	8.49
His	2.55
Arg	7.72
Asp	9.01
Thr	5.06
Ser	4.46
Glu	11.53
Gly	5.30
Ala	7.88
Cys (1/2)	1.21
Val	7.36
Met	2.14
Ile	3.94
Leu	8.69
Tyr	4.20
Phe	4.76
Pro	6.40
Try	0.89

**Table 10.** Amino acid Value

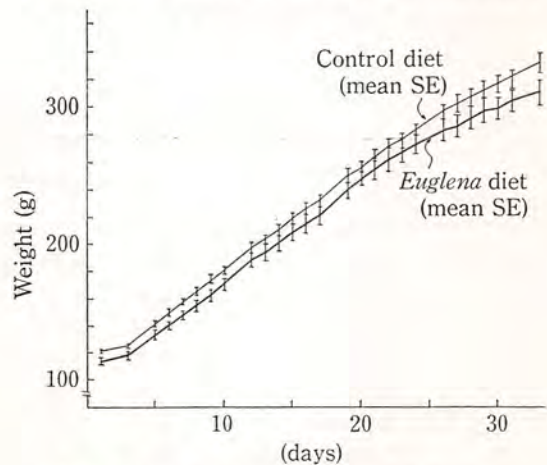
Amino acid	Provisional scoring pattern	<i>Euglena</i> essential amino acid (g/16g N)
Ile	4.0	3.94
Leu	7.0	8.69
Lys	5.5	8.49
Met+Cys	3.5	3.44
Phe+Try	6.0	8.96
Thr	4.0	5.06
Try	1.0	0.89
Val	5.0	7.36

(必須)と比較すると **Table 10.** のようになりトリプトファンが制限アミノ酸であるが, かなり高い濃度で存在し, これからアミノ酸価を計算すると 89 という値がえられた。この値は牛乳カゼインのタンパク質栄養価 (80) に匹敵することが明らかとなった。

3.4 ラット飼育実験

**Fig. 7.** に示すように飼育日数 34 日間を通じ, カゼイン食と全く変わらない結果がえられた。

また食餌摂取量も変化なかった (**Fig. 8.**)。糞尿の排泄量は, 尿では変化ないが糞において有意の差があり, *Euglena* 食では糞量が多くなっている。これは高等動物では非消化性の多糖パラミロンがそのまま排泄された結果であることは明らか



**Fig. 7.** Growth Curve of Rats Fed Control Diet or *Euglena* Diet

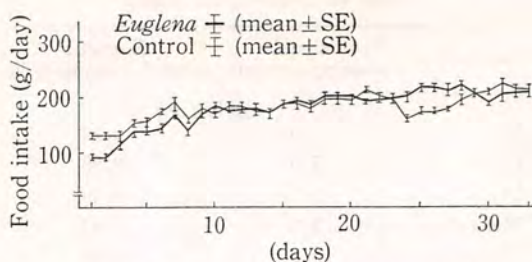


Fig. 8. Food Intake of Rats Fed Control Diet or *Euglena* Diet

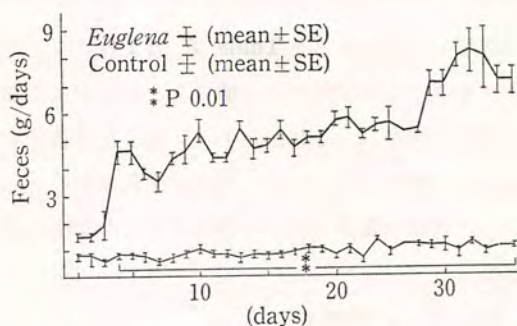


Fig. 9. Amount of Feces of Rats Fed Control Diet or *Euglena* Diet

かである (Fig. 9, 10.)。次に34日目で全動物をと殺し、各種臓器の処見及び重量を測定した (Table 11, 12)。肝臓及び腸において *Euglena* 食で増大が認められ、逆に肺、心臓において対照群で大きいことが認められた。解剖処見ではこれら差が認められた以外は臓器異常は全く発見されなかった。

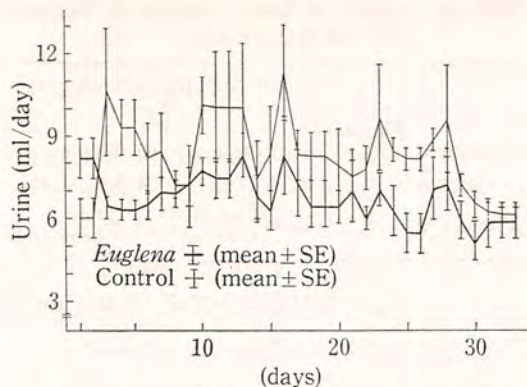


Fig. 10. Amount of Urine of Rats Fed Control Diet or *Euglena* Diet

以上の実験結果をふまえて現在ビタミンA欠乏ラットを作成し、それへの *Euglena* 食餌投与実験を計画している。さらに上記培養条件により *Euglena* の大量培養を行い、現在85kg調製した (dry weight)。本年度はこの標品を用いて牛食餌への栄養補強効果実験を行うために現在準備中である。

#### 4. 要 約

- (1) 蔗糖蜜をC源とする *Euglena* の大量培養法を確立した。
- (2) 上記培養法でえた *Euglena* 細胞は各種ビタミンに富み、タンパク質の栄養価も牛乳カゼインに匹敵することが判明した。
- (3) ラット飼育試験でカゼインと同様の生育が

Table 11. Weight of Each Organ Grown on *Euglena* Deit

	Group					Mean±SE
	1	2	3	4	5	
	(g)					
Liver	17.94	16.42	20.42	19.89	16.91	18.27±0.762**
Kidneys	3.78	3.18	4.23	4.72	3.75	3.93±0.258
Spleen	0.77	0.60	0.72	0.53	0.68	0.66±0.043
Heart	0.91	0.84	1.03	0.98	0.82	0.92±0.040
Lungs	1.47	1.34	1.46	1.40	1.44	1.42±0.024
Stomach	1.22	1.30	1.68	1.14	1.39	1.35±0.093
Small intestine	12.70	8.32	9.70	11.07	11.04	10.57±0.736*
Brain	2.05	2.22	2.38	2.32	2.45	2.28±0.159

\*\* :  $p < 0.01$     \* :  $p < 0.05$

Table 12. Weight of Each Organ Grown on *Euglena* Deit

	Group					Mean±SE
	1	2	3	4	5	
Liver	13.22	13.26	12.91	13.76	16.09	13.85±0.577
Kidneys	3.84	3.03	3.16	3.40	3.94	3.47±0.181
Spleen	0.76	0.62	0.67	0.66	0.60	0.66±0.028
Heart	1.18	1.04	1.05	1.10	1.26	1.13±0.042*
Lungs	1.77	1.54	1.56	1.58	1.65	1.62±0.042**
Stomach	1.20	1.09	1.16	1.25	1.32	1.20±0.039
Small intestine	5.96	8.61	7.78	9.59	9.18	8.22±0.642
Brain	1.99	2.34	1.96	2.36	2.33	2.20±0.143

\*\* :  $p < 0.01$    \* :  $p < 0.05$

認められ、極めて良好なタンパク質源となる  
ことが判明した。

(4) *Euglena* 食を与えたラットにおいて、肝  
にわずかの肥大が認められたが、解剖処見で  
はすべての臓器に全く異常は見られなかつ  
た。

文 献

1) Tokunaga, M., Nakano, Y., & Kitaoka, S.,  
(1976). *Agric. Biol. Chem.*, **40**, 1439.  
2) 北岡正三郎, 細谷圭助, (1977), *農芸化学会誌*  
**51**, 477.  
3) 細谷圭助, 北岡正三郎, (1977), *農芸化学会誌*  
**51**, 483.

4) Shigeoka, S., Yokota, A., Nakano, Y., &  
Kitaoka, S., (1979). *Agric. Biol. Chem.*, **43**,  
2053.  
5) Shigeoka, S., Nakano, Y., & Kitaoka, S.,  
(1981) *農芸化学会56年大会* (京都) 発表要旨集  
6) 細谷圭助, 北岡正三郎, (1983), *日本栄養食糧学  
会58年大会* (大阪) 発表要旨集  
7) Koren, L. E., & Hutner, N. E. (1967). *J.  
Protozool.*, **14**, 17.  
8) Andrews, T. J., Lorimer, G. H., & Tolbert,  
N. E., (1973). *Biochemistry* **12**, 11.  
9) 日本化学会編 “*実験化学講座*” Vol. 23, pp.124.  
10) Roe, J. H., & Kuether, C. A., (1943). *J. Biol.  
Chem.* **147**, 399.  
11) Nakano, Y., Sudate, Y., & Kitaoka, S., (1979).  
*Agric. Biol. Chem.* **43**, 223.

# 日本短角種、黒毛和種およびそれらの 交雑種の肉質に関する研究

Study on Meat Quality of Japanese Shorthorn, Japanese Black and  
Their Reciprocal Crossing Cattle

玉手 英夫 ・ 水間 豊 ・ 山岸 敏宏 ・ 星野 忠彦  
鈴木 惇 ・ 足立 達 ・ 須山 享三 (東北大学農学部)

東北大学農学部附属農場飼養の黒毛和種と日本短角種を用い、またそれらの正逆交雑種を作出し、放牧育成後濃厚飼料多給の肥育方式を行い、しかも各群とも同一の飼養状態にして、品種間差異を明らかにする目的で、(1)肥育成績と屠殺解体成績、(2)肉質の形態学的特徴、(3)筋線維の組織化学的性状、(4)蓄積脂肪の生化学的性状について研究した。

## 1. 肥育成績および屠殺解体成績の品種間比較

### 1.1 目的

黒毛和種(B)日本短角種(N)繁殖牛群を用いて、それらの正逆 $F_1$ を作出し、放牧育成後濃厚飼料多給による肥育を行ない、肥育成績および屠殺解体成績の品種間差異の有無を明らかにするために、本試験を実施した。

### 1.2 方法

昭和55年3、4月に生まれたN、Bの2品種とそれらの正逆 $F_1$ 、すなわち $B(\text{♂}) \times N(\text{♀})$ 、 $N(\text{♂}) \times B(\text{♀})$ の去勢子牛を生後7ヶ月齢まで母牛と一緒に昼夜放牧した後、冬期は子牛だけの群飼(舎

飼)とし、翌年5月(約13ヶ月齢)から10月まで再び昼夜放牧を行なった。そして以後はスタンションによる個別飼育とし、濃厚飼料多給による肥育を行なった。給与飼料は、肥育マッシュを全期間、大麦圧ペソを後期に、玄米および粉碎大麦は前期の一時期に、粗飼料としては稲わらを全期間にわたって、それぞれ給与した。肥育期間中の1頭当りの摂取量は、濃厚飼料約2,800kg、粗飼料約1,260kgであり、Bはそれより少ない量であった。

枝肉の大きさは草地試験場の行なっている方法<sup>1)</sup>を用いて測定した。

### 1.3 結果および考察

産肉成績を交配組合せ間で比較すると表1のようになる。開始時体重はそれまでの成長の違いを反映してBNが最も大きく、Bは最も小さく、NとNBはそれらの中間であった。終了時体重においても同様の傾向を示した。1日当りの増体量はBが最も小さいが、NとNBは大きかった。歩留りはBが少ない傾向にあるが全体として大きな違いは認められなかった。格付けではN、BNとも

表1 産肉成績の比較

交配組合せ	頭数	肥育開始体重 kg	終了時体重 kg	肥育日数	D・G kg	屠殺月齢	枝肉重量 kg	歩留 %	格付
N×N	4	368	642	357	0.78	30.5	377	58.8	並4
B×N	4	416	650	322	0.73	31	388	59.7	並4
N×B	4	357	639	343	0.79	30.5	375	58.8	並3, 中1
B×B	2	337	533	326	0.61	31	307	57.5	中2



すべて並であったが、Bでは2頭とも中であり、N, BN, NBの間に格付けによる違いはみられなかった。著者らが以前に報告<sup>2)</sup>したNB, N, Bの格付けの結果ではNBとBの間にあまり差がなかったが、今回は例数が少ないとしてもBよりNBの方が格付けはよくない傾向にあった。つまりNとBの交配によってかならずしも肉質は向上しなかった。

体各部位測定値を表2に示したが、各交配組合せ間でみるとBはすべての部位で他より小さかった。しかし、体高, 体長, 尻長などはNとBで差はないが、Bはとくに幅が狭いのが特徴である。BN, NBはNよりも体高は大きい, 他の部位はNと同じ程度か若干上回っていた。肥育度指数はBが体高に比して幅がないために他より非常に小さい値を示した。

表3は枝肉の大きさの比較であるが、長さの中で背長はBが最も長く、幅では腿幅がBNについて大きい値を示したことが1つの特徴であった。全体的にいてN, BNおよびNBの間には枝肉の大きさについて差異はみられなかった。背脂肪厚についてBは他より薄い傾向にあった。

以上のことからF<sub>1</sub>去勢牛はNのそれと同様の肥育および屠体成績を示し、これらとBの間のみ顕著な差を示した。

表2 体各部位測定値の比較

	N	B×N	N×B	B
頭数	4	4	4	2
体高(cm)	131.4	133.3	134.1	131
体長(cm)	158.6	158.9	161.0	156.3
胸囲(cm)	208.6	213.8	207.5	197.5
胸深(cm)	73.9	76.6	74.8	71.5
胸幅(cm)	56.4	56.4	55.8	49.0
尻長(cm)	52.7	54.4	53.1	52.0
腰角幅(cm)	52.9	51.6	54.5	46.0
腕幅(cm)	50.0	50.3	49.1	47.3
管囲(cm)	20.5	22.0	20.4	18.9
体重(kg)	627.8	639.5	625.8	515
肥育度指数	4.78	4.80	4.67	3.93

表3 枝肉の大きさの比較

(単位: cm)

	N	B×N	N×B	B
頭数	4	4	4	2
全長	224.5	220.5	214.8	213
腿長	71.6	71.3	70.3	66
仙長	25.8	28.3	28.8	21.5
腰長	33.1	33.0	33.8	31
背長	82.8	84.9	82.3	85
頸長	42.5	41.8	40.8	42
胸幅	73.8	75.7	76.0	69.5
腰幅	46.4	47.8	45.2	43.7
腿幅	37.9	40.9	35.5	39.4
胸厚	25.5	24.3	23.0	19.5
腰厚	26.9	27.5	27.0	25.0
腿厚	31.5	33.8	35.1	28.5
胸囲	94.0	93.3	92.9	83.8
腰囲	84.5	83.5	83.8	72.3
腿囲	115	111.3	114.5	113.0
背脂肪厚	2.5	1.75	2.65	1.65

## 2. 黒毛和種と日本短角種の肉質に関する形態学的観察

### 2.1 目的

両品種の肥育に対する基礎的知見を得るために、肉質とくに脂肪交雑, 筋線維および間質の結合組織線維について形態学的にしらべた。

### 2.2 方法

黒毛和種2頭と日本短角種2頭を用いた。生体重, 枝肉重量, 格付けは既述のとおりである。冷屠体右半丸は6部位で切断し, 4 cm厚のカット肉をとり, 各部分より筋肉を採取した。枝肉切断部位は①第5・6胸椎間②第3・4腰椎間③第1・2仙椎間④大腿骨中央部⑤脛骨上1/3部⑥肩甲骨下1/3部である。採取した筋は各個体68部位である。採取筋肉は10%ホルマリン-Ca液で固定し, パラフィン切片作製後にH-E染色, 膠厚線維のためにファン・ギーソン染色, 弾性線維のためのレゾルシン・フクシン染色を, また脂肪のためにはクリオスタット切片によるスダン黒B染色をして検索した。

2.3 結果

(1) 枝肉断面の筋肉と筋肉間脂肪の面積 各断面における筋肉と筋肉間脂肪の面積を測定した結果は図1に示すとおりである。筋肉の面積は各断面とも両品種において差はみられない。一方筋肉間脂肪面積は日本短角種の方が各部位とも大きい。

(2) 筋肉内脂肪 筋肉においては、数十本の筋線維が膠厚線維に包まれて第一次筋束を形成し、さらにそれらが数個~数十個集合して第二次筋束を形成する。牛筋肉においては鶏や豚と異なって、第二次筋束の中央において細動・静脈が縦走しており、肥育の程度によって、その血管周囲に脂肪組織を形成する。このことにより第二次筋束を筋束、第一次筋束を筋小束と仮称すれば、筋肉内の脂肪は筋束内脂肪と筋束間脂肪に区別する

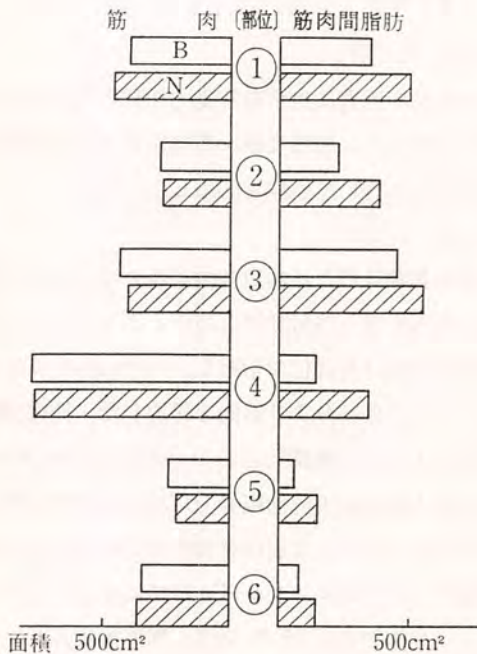


図1 筋肉と筋肉間脂肪の面積

□ : 黒毛和種  
 ▨ : 日本短角種

表4 各断面の筋肉内脂肪量

部 位	筋 束 間		筋 束 内	
	B	N	B	N
①	≡~≡≡	+~≡≡	≡~≡≡	-~≡
②	≡~≡≡	≡~≡≡	+~≡≡	-~+
③	≡~≡≡	+~≡≡	-~≡≡	-~≡
④	+~≡≡	-~≡≡	+~≡≡	-~+
⑤	+~≡≡	-~≡≡	-~+	-
⑥	+~≡≡	-~≡≡	-~≡	-

B : 黒毛和種  
 N : 日本短角種

ことができる。これらの脂肪沈着について検索した結果は表4のとおりである。筋束間の脂肪は両品種で差がみられない。しかし、筋束内脂肪は日本短角種で極めてわずかであるのに対し、黒毛和種では各筋肉に存在し、しかも多量である。

(3) 筋線維間隙 日本短角種では各筋肉で筋線維の間隙が広い。このことはドリップが多いことに関連するもので、黒毛和種にくらべドリップが多い。

(4) 結合組織線維 膠厚線維と弾性線維は共に肉の tenderness に関連をもつ。両線維は図2, 3に示すように、各筋肉によって発達が異なっており、同じ筋肉でも体壁側において発達している。しかし両品種において差異は認められない。

2.4 考 察

日本短角種では筋肉内脂肪は黒毛和種より多く、筋肉内脂肪では筋束間脂肪は同じだが筋束内脂肪は極めて少ない。日本短角種は脂肪交雑がはやり難い品種であることは知られている。本実験では両品種とも同一飼養状態で肥育したもので、したがって黒毛和種では脂肪沈着が少なく、一方日本短角種では多いという仕上げになっている。このことから日本短角種は筋束内の細血管周囲に脂肪組織形成が悪く、筋肉間により多くの脂肪を沈着することがわかった。つまり品種によって筋束内細血管周囲への脂肪組織発達には何らかの要因が働いているものと考えられる。また日本短角種で

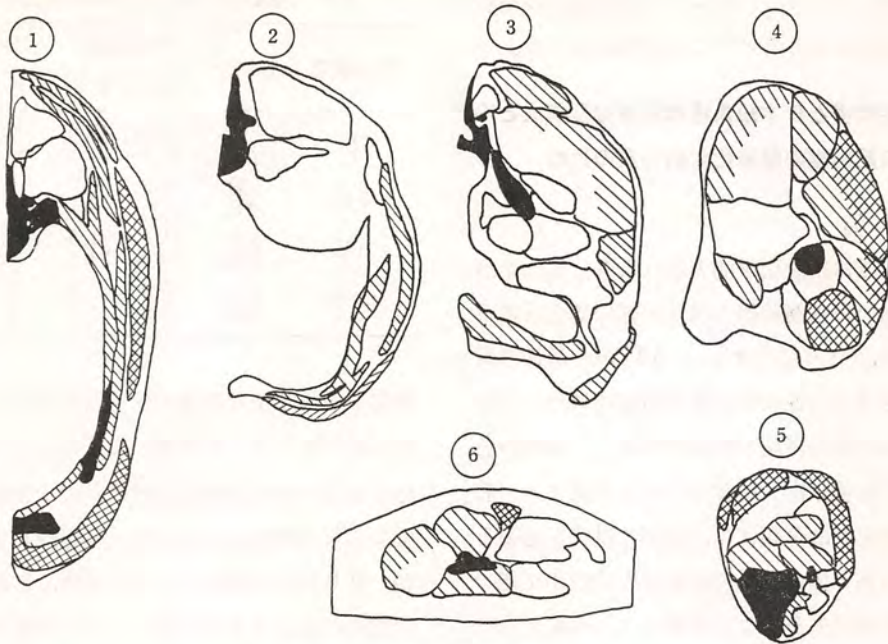


図2 枝肉各断面筋肉の膠原線維

●：≡以上，●：≡，○：≡以下，●：骨

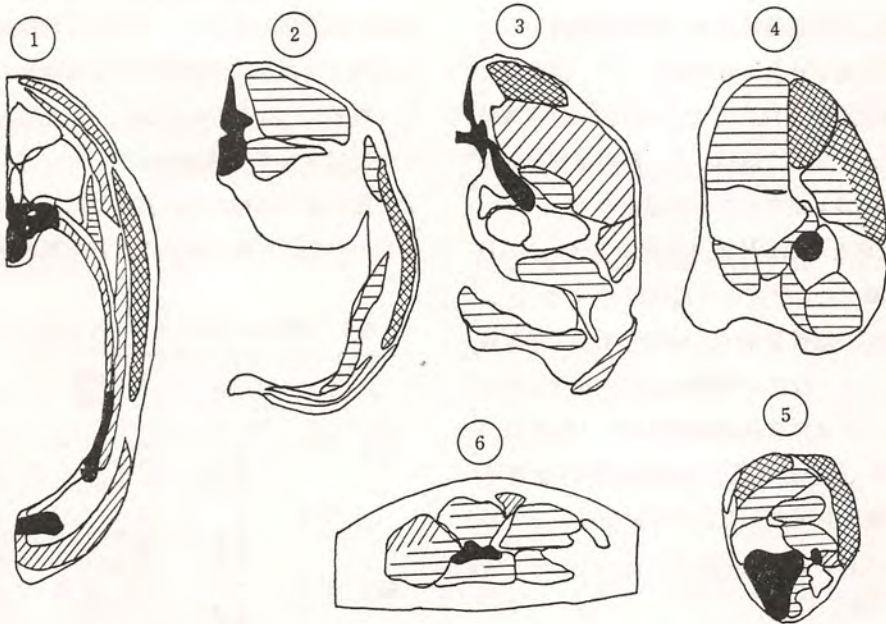


図3 枝肉各断面筋肉の弾性線維

●：≡以上，●：≡～≡，⊖：+，●：骨

は黒毛和種でとられているような濃厚飼料多給の肥育は不適當であるということが推察される。

### 3. 黒毛和種と日本短角種の筋線維型構成と冷と体の筋線維の組織化学的性質の比較

#### 3.1 目的

牛の筋線維は組織化学的方法により、脱水素酵素活性の弱い白色筋線維と活性の強い赤色筋線維に分類され、さらにミオシン ATPase 活性の高い赤色筋線維と活性の低い赤色筋線維に分けられる。これらの筋線維型の割合の差異は、筋肉の色調あるいは筋線維内脂肪量の多少に関係する。筋線維の組織化学的分類には、新鮮な材料を必要とするが、冷蔵と体の材料で筋線維の分類が可能であるかは不明である。この実験では、冷蔵と体の筋肉で筋線維型の分類の可能性を調べ、と殺後における筋線維の組織化学的变化、ならびに品種間における筋線維型の割合の差異について調べた。

#### 3.2 方法

黒毛和種と日本短角種各々2頭の深胸筋から、と殺直後と冷蔵2日後に材料を取った。冷蔵2日後には、胸最長筋も採取した。材料は急速凍結後、クリオスタットで薄切した。筋線維型の分類のために、酸およびアルカリ処理後のミオシン ATPase 反応と NADH 脱水素酵素活性 (NADH-Dh) を調べた。アルカリ処理後のミオシン ATPase 反応が陰性を示す筋線維を I 型 (赤色筋線維) とし、その反応が強陽性を示す筋線維を II 型とした。この II 型筋線維は NADH-Dh 活性の強い II A 型 (赤色筋線維) と活性の弱い II B 型 (白色筋線維) に分類した。さらにグリコーゲンの証明のために PAS 反応を行った。

#### 3.3 結果

と殺直後の深胸筋では、II B 型筋線維の割合は、I 型筋線維と同じか若干少ない傾向にあった。II A 型筋線維は約 10% 前後と少ない (表 5)。両品

表 5 深胸筋における筋線維型の割合 (%)

筋線維型	採取時	黒毛和種		日本短角種	
		B 1	B 2	N 1	N 2
I	と殺	43.0	47.8	46.1	30.5
	冷蔵	42.5	52.5	39.1	35.6
II A	と殺	9.3	6.2	6.7	13.3
	冷蔵	10.6	8.7	7.1	8.5
II B	と殺	41.8	41.5	47.0	55.7
	冷蔵	46.0	34.3	53.4	55.9
中間	と殺	5.9	4.5	0.2	0.5
	冷蔵	0.9	4.5	0.4	0

種間で筋線維型の割合の差は明らかでなかった。酸およびアルカリ処理後もミオシン ATPase 反応が陽性である中間型筋線維が若干存在した。冷蔵2日後の深胸筋において、筋線維を I 型、II A 型、II B 型に分類することができ、と殺直後の筋線維型の割合と大差はなかった。筋線維内グリコーゲン量は、筋線維型によって異なるが、と殺直後では中等度のグリコーゲンを有する筋線維が多かった。冷蔵2日後でグリコーゲンの減少が認められ、この変化は日本短角種で大きかった。と殺直後の筋線維の太さは、3種類の筋線維型ともおよそ同じであり、両品種間に差は認められなかった (表 6)。冷蔵2日後では、両品種とも各筋線維型に関係なく、筋線維は細くなっていた。冷蔵2日後の黒毛和種の胸最長筋では、3種類の筋線維型の分類は可能であった。日本短角種では、I

表 6 深胸筋における各筋線維型の太さ ( $\mu\text{m}$ )

個体	型	採取時と殺	冷蔵	
黒毛 B 1	I	65.3 $\pm$ 1.4*	55.8 $\pm$ 1.3	
	II A	61.3 $\pm$ 1.5	48.8 $\pm$ 1.3	
	II B	66.8 $\pm$ 1.8	58.3 $\pm$ 1.5	
	B 2	I	58.3 $\pm$ 1.3	55.3 $\pm$ 1.5
		II A	56.8 $\pm$ 1.8	49.5 $\pm$ 1.2
		II B	59.5 $\pm$ 1.3	55.3 $\pm$ 1.4
短角 N 1	I	60.6 $\pm$ 1.3	45.5 $\pm$ 1.2	
	II A	61.5 $\pm$ 1.2	44.8 $\pm$ 1.4	
	II B	63.8 $\pm$ 2.0	49.5 $\pm$ 1.4	
	N 2	I	64.8 $\pm$ 1.3	47.0 $\pm$ 1.5
		II A	57.5 $\pm$ 1.3	40.5 $\pm$ 0.8
		II B	55.5 $\pm$ 1.2	46.0 $\pm$ 1.2

\* 平均 $\pm$ 標準誤差 ( $n=40$ )

型とII型が分類できた。しかし、II型をIIA型とIIB型に分類することはできなかった。これは、ミオシンATPase活性は安定であるが、NADH-Dh活性が低下したことを示す。

### 3.4 考察

と殺冷蔵後における筋線維内グリコーゲンの減少とNADH-Dh活性の低下は、黒毛和種よりも日本短角種で大きく、これは筋線維の組織化学的性状に両品種間で差異があることを示唆している。

## 4. 黒毛和種および日本短角種の脂肪の性状 (とくに肉質との関連について)

### 4.1 目的

黒毛和種および日本短角種の皮下脂肪および腎臓脂肪を構成する主要な脂質であるトリグリセリドの構成脂肪酸および分子量分布を調べ、遺伝的なこれらの差を明らかにして、肉質との関連を考察することを目的とした。

### 4.2 方法

東北大学川渡農場産の黒毛和種および日本短角種去勢肥育牛それぞれ2頭、および奥羽種畜牧場において、種雄牛の後代検定に供されたこれらの品種の検定牛(若令去勢肥育牛)それぞれ1頭を、試料牛とした。皮下脂肪および腎臓脂肪のトリグリセリドは、脂質をクロロホルム-メタノール(2:1, V/V)で抽出した後、シリカゲルを塗布した調製用TLCによって分取した。構成脂肪酸は、HCl-MeOH中でメチルエステルとした後、DEGSを液層とするGCによって分離、同定を行ない、定量はクロマトグラムのピークの面積を求めて算出した。トリグリセリドの高温GCによる分子量別分布の調査は、SE-30を液層とするカラムを用いて得たクロマトグラムのピークの面積を求め、算出した。

### 4.3 結果

表7 黒毛和種牛の皮下脂肪および腎臓脂肪トリグリセリドの構成脂肪酸組成

部位 試料牛 脂肪酸	皮下脂肪			腎臓脂肪		
	1	2	3	1	2	3
C14:0	2.5	3.0	5.4	2.1	3.1	3.8
C14:1	1.5	1.4	2.2	0.4	0.5	1.3
C16:0	25.2	26.6	25.9	22.5	26.2	25.8
C16:1	5.5	6.1	8.7	1.6	2.6	5.4
C18:0	8.5	8.7	8.0	26.0	21.8	18.5
C18:1	52.3	48.8	46.6	43.1	40.2	40.2
C18:2	1.7	2.6	2.0	1.4	2.4	3.7

試料牛番号 1,2;川渡農場生産牛  
3;奥羽種畜牧場生産牛

表8 日本短角種牛の皮下脂肪および腎臓脂肪トリグリセリドの構成脂肪酸組成

部位 試料牛 脂肪酸	皮下脂肪			腎臓脂肪		
	1	2	3	1	2	3
C14:0	3.9	4.2	4.0	4.1	3.3	3.2
C14:1	2.3	2.1	1.9	0.7	1.0	0.9
C16:0	28.5	29.1	27.9	28.6	26.0	30.3
C16:1	9.2	8.3	9.3	2.7	4.1	4.8
C18:0	7.3	7.8	8.0	20.1	20.1	23.5
C18:1	43.4	41.3	42.3	37.1	40.2	33.6
C18:2	1.9	3.1	3.0	2.8	2.2	2.5

試料牛番号 1,2;川渡農場生産牛  
3;奥羽種畜牧場生産牛

表7および表8は、それぞれ黒毛和種と日本短角種から得た皮下脂肪および腎臓脂肪のトリグリセリドの構成脂肪酸を示した。代表的な脂肪酸であるパルミチン酸については、黒毛和種および日本短角種共に部位による差は見られないが、黒毛和種は日本短角種に比較して含量の低いことが明らかとなった(それぞれ平均値で25.4%および28.4%)。またステリン酸およびオレイン酸は部位によって極めて大きな含量差がみられ、ステアリン酸が皮下脂肪に少なく腎臓脂肪に多く(平均で、黒毛和種と日本短角種ではそれぞれ皮下脂肪が8.6%および7.7%、腎臓脂肪が22.1%および21.2%)、一方オレイン酸は皮下脂肪に多く、腎臓脂肪に少ない(同値で、それぞれ皮下脂肪が49.2%

表9 黒毛和種牛の皮下脂肪および腎臓脂肪トリグリセリドの分子量分布

部位 トリグリセリド	皮下脂肪			腎臓脂肪		
	1	2	3	1	2	3
C <sub>44</sub>	0.5	0.6	0.4	0.7	0.4	0.3
C <sub>46</sub>	2.5	2.7	2.4	1.7	1.7	1.5
C <sub>48</sub>	10.3	11.1	10.1	5.7	7.4	7.9
C <sub>50</sub>	23.4	24.3	23.0	17.2	19.4	20.1
C <sub>52</sub>	49.4	46.9	47.1	47.0	47.1	47.9
C <sub>54</sub>	13.8	14.5	16.9	27.6	24.1	22.5

試料牛番号 1,2; 川渡農場生産牛  
3; 奥羽種畜牧場生産牛

表10 日本短角種牛の皮下脂肪および腎臓脂肪トリグリセリドの分子量分布

部位 トリグリセリド	皮下脂肪			腎臓脂肪		
	1	2	3	1	2	3
C <sub>44</sub>	0.7	1.1	0.7	0.6	0.6	0.4
C <sub>46</sub>	3.6	4.8	4.3	2.9	2.9	2.2
C <sub>48</sub>	13.3	15.7	15.0	10.2	11.1	10.0
C <sub>50</sub>	26.4	29.5	27.4	22.6	24.7	23.2
C <sub>52</sub>	42.6	40.4	39.2	42.8	44.4	43.3
C <sub>54</sub>	13.3	8.4	13.3	21.0	16.2	20.9

試料牛番号 1,2; 川渡農場生産牛  
3; 奥羽種畜牧場生産牛

および42.3%, 腎臓脂肪が41.2%および36.9%)  
ことが認められた。これらの値から明らかなように、黒毛和種は日本短角種に比較して不飽和脂肪酸であるオレイン酸が、両部位共に多い事が認められた。トリグリセリドの分子量分布は、炭素数が44のものから54のものまで同定され、C<sub>50</sub>、C<sub>52</sub>およびC<sub>54</sub>で大部分をしめていた(表9, 10)。これらのものについて、部位別にはC<sub>52</sub>が差が少ないのに対し、C<sub>50</sub>は皮下脂肪に多く、C<sub>54</sub>は逆に腎臓脂肪に多く分布していた。品種別には、皮下脂肪および腎臓脂肪共に、C<sub>50</sub>が黒毛和種に少なく、C<sub>52</sub>とC<sub>54</sub>はとくにC<sub>52</sub>が黒毛和種に多い傾向が見い出された(皮下脂肪の平均値で、黒毛和種と日本短角種ではそれぞれC<sub>50</sub>が23.6%および27.8%, C<sub>52</sub>が47.8%および40.7%に対し、

腎臓脂肪の同値はそれぞれC<sub>50</sub>が18.9%および23.5%, C<sub>52</sub>が47.3%および43.5%)。これらの差は、品種による遺伝的な影響によってもたらされたと考えられ、とくに肉質のすぐれているとされる黒毛和種のトリグリセリドの特徴は、注目されなければならないと考えられる。

## 5. 要 約

黒毛和種(B)、日本短角種(N)、およびその正逆交雑(F<sub>1</sub>)の去勢牛の肥育成績を比較すると、交雑による肥育成績の向上は予想に反して認められなかった。このことは飼養条件の設定に関連するものと考えられ、今後の試験条件の作定の際考慮すべきものと思われる。

組織学的検索による肉量、脂肪分布、筋組織性状の比較結果からみると、BとN間では筋肉への脂肪沈着様式に明らかな差があり、Bでは筋肉内に沈着しやすいこと、およびこれが筋束の組織構築および脂肪組織形成能の差に関係することが示された。

組織化学的検索によれば、肉質に直接関連する筋線維型の割合には、BとN間で供試筋肉で差は認められなかった。しかし、グリコーゲンやNADH脱水素酵素の安定性がNで劣ることが認められた。

皮下脂肪および腎臓脂肪トリグリセリド構成脂肪酸およびトリグリセリド分子量分布は、BとN間でかなりの差があり、Bではオレイン酸が多く、C<sub>52</sub>のトリグリセリドが多いなどの差が認められた。

## 文 献

- 1) 草地試験場, 黒毛和種枝肉断面筋相図説, 3, 1974.
- 2) 林 兼六・山岸敏宏・伊沢 健・照屋善吉・高橋久, 畜研, 32(6), 103~105, 1978.

# 肉用牛の肉質改良に関する研究

## Studies on Improvement of Carcass Quality of Beef Cattle

原 田 宏 (宮崎大学農学部)

### 1. 目 的

最近、貿易の自由化による牛肉の輸入が増大しており、わが国の肉用牛の代表である黒毛和種の特色である肉質の優れた点をさらに向上させ、かつ斉一性を高めることは緊急の課題である。しかし、優れた遺伝的能力を持つ種雄牛を造成するためには、産肉能力検定直接法および同検定間接法が実施されており、これら両検定を経るには、3年以上の長期間を要するばかりでなく、検定に必要な施設や経費も膨大なものである。また、種雄牛であるためと殺して肉質を検定できない。そこで、直接検定終了時(11~12か月齢)、あるいはそれに近い時期に、種雄牛候補牛のと肉形質を、生体のまま、しかも高い精度で推定できるならば、増体能力、肉質ともに優れた種雄牛を早期に選抜することが可能となり、肉用牛の改良速度を高め、育種上極めて大きな効果をもたらすと考えられる。そこで、本研究は、黒毛和種直接検定牛ならびに種雄牛について超音波スキヤニングし、皮下脂肪厚、胸最長筋横断面積および脂肪交雑などの肉形質の推定を行ない、これが種雄牛の早期選抜手段として使えるかどうか、その実用性について検討した。

### 2. 方 法

#### 2.1 供試牛

本試験の供試牛は、宮崎および鹿児島県の両県畜

産試験場において直接検定を受けた64頭および両県にけい養されている種雄牛のうち70か月未満の35頭の黒毛和種雄牛である。

#### 2.2 測定方法

直接検定牛64頭のうち42頭については、検定終了時(11~12か月齢)および終了後4か月、また、他の22頭については、検定終了時および終了後10か月の各々2回にわたって、超音波スキヤニングを行なった。さらに、35頭の種雄牛については、昭和56年8月および昭和57年10月の2回超音波スキヤニングを行なった。なお、スキヤニングによる調査項目は、生体左側第7~8肋骨間の皮下脂肪厚、胸最長筋横断面積および脂肪交雑の各と肉形質であり、本研究に使用した超音波スキヤニングスコープは、海上電気K. K. 試作のBスコープ方式である。超音波の周波数は、1.0MHzとし、探触子と牛体との接触媒質には、食品添加用流動パラフィンを使用した。また、スキヤニングスコープの測定条件、測定操作および記録写真解析方法は原田<sup>1)</sup>と同様である。

#### 2.3 統計処理方法

直接検定終了時に検定終了後約4か月、あるいは10か月の肉形質を推定するため、各と肉形質の、検定終了後4あるいは10か月の超音波推定値をそれぞれ従属変数とし、検定終了時の各と肉形質の超音波推定値、体測定値、検定期間中の1日平均増体量および検定終了時の日齢等を独立変数として、Draper and Smith<sup>2)</sup>のStep-wiseの重

回帰分析を行なった。また、昭和56年および57年の2回にわたって測定した種雄牛の約1年(14.6か月)間のと肉形質推定値間の相互関係について、単純相関係数および月齢で補正した偏相関係数を求めた。なお、計算は宮崎大学計算センターFACOM 230-38Sを用いた。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 と肉形質推定値間 および 体測定値との相互関係

本試験の供試牛のうち、直接検定終了時および終了後4か月に超音波測定を行なった42頭のと肉形質推定値の平均値および標準偏差は **Table 1** に、また、検定終了時と終了後10か月に超音波測定を行なった22頭のと肉形質推定値については **Table 2** に、それぞれ示すとおりである。

また、これら直接検定牛において、検定終了後4あるいは10か月のと肉形質推定値が、検定終了時のと肉形質推定値および体測定値との間の単純相関係数は **Table 3** に示すとおりである。

検定終了後4あるいは10か月後のと肉形質推定

値では、皮下脂肪厚および胸最長筋横断面積について、検定終了時の各形質との間に有意( $P < 0.01$ )な相関関係が認められたが、4か月後に比べて10か月後では、いずれも若干低下する傾向がみられた。脂肪交雑については、4か月後では有意( $P < 0.01$ )な相関関係であったが、10か月後ではかなり低下した。

これらと肉形質推定値と検定終了時の体測定値等との関係については、皮下脂肪厚では、すべて有意な相関関係は認められなかった。胸最長筋横断面積については、有意かあるいはそれに近い正の相関関係が認められた。また、脂肪交雑については、検定終了後4か月の場合、有意( $P < 0.01$ )かあるいはそれに近い相関関係がみられたのに対し、10か月後ではすべての項目についてかなり低下していた。

以上のことから、皮下脂肪厚および胸最長筋横断面積については、直接検定終了時において、比較的正確に、その4あるいは10か月後の推定が可能であることが示唆された。また、脂肪交雑については、検定終了時から4か月後の推定に関して

**Table 1.** Means, standard deviations (S. D.) and coefficients of variation (C. V.) of ultrasonic estimates of carcass traits between the 7th and 8th ribs of 42 bulls at the end of performance test and 4 months after test.

Carcass trait	at the end of test			4 months after test		
	Mean	S. D.	C. V.	Mean	S. D.	C. V.
Fat thickness (mm)	15.0	1.5	10.0	16.3	1.6	9.8
M. long. thoracis area (cm <sup>2</sup> )	30.7	1.4	4.6	39.8	1.6	4.0
Marbling score	0.4	0.4	100.0	1.1	0.6	54.5

**Table 2.** Means, standard deviations (S. D.) and coefficients of variation (C. V.) of ultrasonic estimates of carcass traits between the 7th and 8th ribs of 22 bulls at the end of performance test and 10 months after test.

Carcass trait	at the end of test			10 months after test		
	Mean	S. D.	C. V.	Mean	S. D.	C. V.
Fat thickness (mm)	14.7	1.5	10.2	15.7	1.7	10.8
M. long. thoracis area (cm <sup>2</sup> )	31.1	1.3	4.2	47.2	3.0	6.4
Marbling score	0.5	0.3	60.0	2.4	0.6	25.0



**Table 3.** Correlation coefficients between ultrasonic estimates of carcass traits and body measurements of bulls.

at the end of test	4 months after test (42 bulls)			10 months after test (22 bulls)		
	Fat thickness	M. long. thoracis area	Marbling score	Fat thickness	M. long. thoracis area	Marbling score
Fat thickness	0.63**	-0.10	-0.19	0.61**	-0.04	-0.36
M. long. thoracis area	-0.13	0.86**	0.19	-0.04	0.77**	0.06
Marbling score	-0.23	0.15	0.78**	0.12	-0.09	0.24
Age (days)	0.03	0.17	0.23	0.32	0.34	0.16
Body weight	-0.07	0.48**	0.36*	-0.01	0.53*	0.01
Withers height	0.21	0.41**	0.12	-0.01	0.19	0.10
Hip height	0.19	0.29	0.19	-0.01	0.29	0.13
Body length	0.01	0.36*	0.30	0.04	0.28	0.12
Chest girth	-0.06	0.38*	0.35*	-0.04	0.41	0.10
Chest depth	-0.08	0.45**	0.30	-0.11	0.65**	0.11
Chest width	-0.12	0.35*	0.24	-0.03	0.29	0.09
Rump length	-0.12	0.36*	0.20	0.15	0.46*	-0.12
Hip width	-0.12	0.36*	0.37*	0.21	0.40	0.00
Thurl width	-0.01	0.52**	0.39*	0.01	0.46*	0.00
Pin bone width	-0.10	0.36*	0.30	0.08	0.50*	-0.05
Daily gain	-0.03	0.42**	0.14	0.25	0.39	0.00

\* :  $P < 0.05$ , \*\* :  $P < 0.01$ .

は、他の2形質とはほぼ同様であるが、10か月後については困難ではないかと推察された。これは、検定終了時の脂肪交雑評点が、ほとんどの供試牛について0に近く、また、脂肪交雑が明瞭に認められる時期が終了時より数か月遅れることと同時に、それ以降の増加率に、遺伝的効果など、他の要因が関与したためではないかと思われた。

つぎに、昭和56年度および57年度の2回にわたって超音波測定した35頭の種雄牛のと肉形質推定値の平均値および標準偏差を示すと、Table 4のとおりである。

**Table 4.** Means, standard deviations (S. D.) and coefficients of variation (C. V.) of ultrasonic estimates of carcass traits between the 7th and 8th ribs of breeding bulls.

Carcass trait	First estimate (S56)			Second estimate (S57)		
	Mean	S. D.	C. V.	Mean	S. D.	C. V.
Fat thickness (mm)	15.6	1.7	10.9	16.0	2.5	15.6
M. long. thoracis area (cm <sup>2</sup> )	47.4	3.4	7.2	51.4	2.7	5.3
Marbling score	2.9	0.8	27.6	3.5	0.6	17.1

また、各と肉形質について2回の推定値間の単純相関係数および月齢で補正した偏相関係数は、Table 5. に示すとおりである。

**Table 5.** Correlation and partial correlation coefficients between ultrasonic estimates of carcass traits of breeding bulls.

Carcass trait	Correlation coefficient	Partial correlation coefficient
Fat thickness	0.59**	0.60**
M. long. thoracis area	0.60**	0.52**
Marbling score	0.72**	0.70**

\*\* :  $P < 0.01$ .

両年度の肉形質推定値間では、いずれも有意 ( $P < 0.01$ ) な正の単純相関係数および偏相関係数が認められ、いずれのと肉形質についても、月齢で補正した影響は大きなものではなかった。本試験に供用した種雄牛は、20.4~53.7か月齢で1回目の測定を行なったが、本試験結果から、20か月齢を越えた雄牛については、各と肉形質の増加量はあまり個体差のないことが推察された。

### 3.2 直接検定終了後の雄牛のと肉形質の早期推定

直接検定終了時のと肉形質推定値および体測定値を独立変数として、検定終了後4あるいは10か月の各と肉形質を推定するための、Step-wiseの重回帰分析結果は Table 6. に示すとおりである。

(1) 皮下脂肪厚 検定終了後4か月の皮下脂肪厚を推定する重回帰式に取り上げられた要因は、検定終了時の皮下脂肪厚推定値、体高、尻長および1日平均増体量であり、また、10か月の推定式には、尻長の代りに日齢が取り上げられた。

これらの重相関係数は、いずれも有意 ( $P < 0.01$ ) であり、寄与率は50.8あるいは54.7%であった。すなわち、皮下脂肪厚については、個体間の差も少なく、また、検定終了後の増加量も小さいが、検定終了時において、その後4あるいは10か月の推定が可能であると考えられた。

(2) 胸最長筋横断面積 検定終了後4か月の胸最長筋横断面積推定式に取り上げられた要因は、検定終了時の胸最長筋横断面積推定値、胸深、胸囲および臍幅であり、また、10か月の推定式に取り上げられた要因は、検定終了時の胸最長筋横断面積推定値、胸深、尻長および腰角幅であった。これらの重相関係数はいずれも有意 ( $P < 0.01$ ) に大きく、寄与率も78.9あるいは74.5%と高かった。すなわち、胸最長筋横断面積については、検定終了時に、その後4あるいは10か月の値をかなり正確に推定できることが示唆された。なお、推定式に取り上げられた、検定終了時の胸最長筋横断面積推定値の標準偏回帰係数がかなり大きいことから、この形質については、単独で独立変数と

Table 6. Multiple regression analysis for carcass traits between the 7th and 8th ribs of bulls on 4 or 10 months after performance test.

Carcass trait		Variables for estimating carcass trait <sup>a</sup> (Standard partial regression coefficient)			Multiple correlation coefficient	Percentage of variation explained	
4 months after test	Fat thickness	Fat thickness <sup>b</sup> (0.634)	Withers height (0.338)	Rump length (-0.305)	Daily gain (-0.007)	0.71**	50.8
	M. long. thoracis area	M. long. thoracis area <sup>b</sup> (0.785)	Chest depth (0.425)	Chest girth (-0.558)	Thurl width (0.265)	0.89**	78.9
	Marbling score	Marbling <sup>b</sup> score (0.860)	Daily gain (-0.299)	Age (0.208)	M. long. thoracis area <sup>b</sup> (0.192)	0.86**	73.2
10 months after test	Fat thickness	Fat thickness <sup>b</sup> (0.556)	Withers height (-0.539)	Daily gain (0.388)	Age (0.337)	0.74**	54.7
	M. long. thoracis area	M. long. thoracis area <sup>b</sup> (0.720)	Hip width (-0.501)	Chest depth (0.423)	Rump length (0.252)	0.86**	74.5
	Marbling score	Marbling <sup>b</sup> score (0.326)	Fat thickness <sup>b</sup> (-0.523)	Age (0.167)	Daily gain (0.062)	0.54	29.3

a : Carcass estimates and body measurements of variables were obtained at the end of test.

b : Carcass traits of variables were estimated by ultrasonic scanning. \*\*:  $P < 0.01$ .

しても寄与率が高いものと推察された。また胸深が正で、しかも比較的高い標準偏回帰係数で取り上げられたことから、胸深が胸最長筋横断面積に強く影響していることが示唆された。

(3) 脂肪交雑 検定終了後4か月の脂肪交雑推定式に取り上げられた要因は、検定終了時の脂肪交雑推定値および胸最長筋横断面積推定値、1日平均増体量および日齢であり、重相関係数は有意( $P < 0.01$ )に大きく、寄与率も73.2%と高かった。なお、1日平均増体量の標準偏回帰係数が、比較的高い負の値であったことは、増体能力の良いものが必ずしも脂肪交雑度も高くなるとはいえないことを示すと考えられた。一方、検定終了後10か月の推定式には、検定終了時の脂肪交雑および皮下脂肪厚の推定値、1日平均増体量および日齢が取り上げられたが、重相関係数は小さく、寄与率は29.3%と低かった。これは、検定終了時の脂肪交雑が、ほとんどの供試牛で認められなかったこと、また終了後の増加率が体測定値等とあまり関連しない変化を示していることなどが主たる要因と考えられた。すなわち、この形質については、検定終了時から数か月後で、脂肪交雑が認められる時点(15~18か月齢)を基点として推定するのが望ましいと考えられた。

#### 4. 要 約

肉用牛のと肉形質に対する、生体のままでの改良手段は講じ難く、肉質、増体能力ともに優れた種雄牛を選抜するにはかなりの長期間を要しており、かつ十分とはいえない点が多い。そこで、本研究は黒毛和種直接検定牛および種雄牛を用いて、超音波スキヤニングし、これが種雄牛の早期選抜手段として使えるかどうか、その実用性について検討した。主な結果は以下のとおりである。

直接検定牛の検定終了時の皮下脂肪厚、胸最長筋横断面積および脂肪交雑推定値の平均は、それ

ぞれ $15.0 \pm 1.5\text{mm}$ 、 $30.7 \pm 1.4\text{cm}^2$ および $+0.5 \pm 0.4$ であった。検定終了時から4か月間の平均増加量は、それぞれ $1.2 \pm 1.4\text{mm}$ 、 $9.2 \pm 0.8\text{cm}^2$ および $0.6 \pm 0.4$ であり、また10か月間の平均増加量は $1.1 \pm 1.6\text{mm}$ 、 $16.0 \pm 2.7\text{cm}^2$ および $1.8 \pm 0.7$ であった。検定終了時と4か月後のと肉形質推定値間の単純相関係数は、皮下脂肪厚、胸最長筋横断面積、脂肪交雑でそれぞれ0.63、0.86および0.78といずれも有意( $P < 0.01$ )であった。また、10か月後では、皮下脂肪厚および胸最長筋横断面積では、それぞれ0.66および0.77と有意( $P < 0.01$ )であったが、脂肪交雑は0.24と有意性はなかった。

種雄牛の14.6か月間のと肉形質の平均増加量は、皮下脂肪厚、胸最長筋横断面積および脂肪交雑で、それぞれ $0.4 \pm 2.1\text{mm}$ 、 $4.0 \pm 2.7\text{cm}^2$ および $0.6 \pm 0.5$ であった。また、2回の推定値間の単純相関係数は、それぞれ0.59、0.60および0.72であり、偏相関係数は0.60、0.52および0.70であり、いずれも有意( $P < 0.01$ )で、かつ単純相関係数と偏相関係数はほぼ同様の値であった。

検定終了時に、その4あるいは10か月後を推定するための重回帰分析を行なった結果、皮下脂肪厚では50.8あるいは54.7%、また胸最長筋横断面積では78.9あるいは74.5%の寄与率で推定できることが認められた。また、胸最長筋横断面積については、単独で独立変数としても比較的高い寄与率で検定終了後の推定が可能であることが示唆された。脂肪交雑については、検定終了後4か月の推定は73.2%と高い寄与率が得られたが、検定終了後10か月については、29.3%と低下した。

#### 文 献

- 1) 原田 宏, 富大農報, 29, 1~65, 1982.
- 2) Draper, N. and Smith, H., "Applied Regression Analysis", 1st ed., 163~216, Wiles Interscience, N. Y., 1966.

# 日本短角種筋肉の色特性

## Characteristics of Meat Color of Japanese Shorthorn

近藤 洋 ・ 伊藤 良 (北里大学獣医畜産学部)

本報文は、1. 日本短角種の肉色、2. 日本短角種牛筋肉 native オキシミオグロビンの自動酸化と分けて記述した。

### 1. 日本短角種の肉色

#### 1.1 緒論

肉の色はその商品価値に大きな影響を及ぼす。この肉色は貯蔵中に多少とも変化することはよく知られている。しかし、食肉とくに牛肉の色が品種によって相違するのかどうか、またその貯蔵中における変化等についての研究はそれほど進んでいない。

東北地方北部で飼育されている日本短角種牛の肉は、他の品種のものに比較して色の変化が早いと言われており、それについての記載も散見される<sup>1)2)</sup>。しかし、その肉色の特徴および肉色についての研究は極めて少なく、わずかに吉田ら<sup>2)</sup>が肉の赤色度の貯蔵日数に対する回帰式から、日本短角種は黒毛和種に比べ変色がやや早い傾向をもつことを示唆している。

このようなことから、ここでは日本短角種牛の肉色を他の品種のそれと比較して、その特性を把握するとともに、貯蔵中における肉色の様子の変化について調べた。

#### 1.2 材料および方法

試料には、と殺後  $-1^{\circ}\text{C}$  で7~10日間貯蔵された日本短角種、黒毛和種およびホルスタイン種の胸最長筋を用いた。肉はできるだけ均質な状態と

するために、肉挽器に2回通して測定に供した。

貯蔵は、試料内をプラスチックフィルムで包装したのち、さらに遮光し、冷蔵庫内 ( $4^{\circ}\text{C}$ ) で行った。貯蔵期間は36時間とし、貯蔵12時間までは3時間毎に、その後は6時間毎に測定を行った。

肉色の測定は測色色差計 (日本電色工業社製) により、試料をガラス筒に1 cmの高さに空隙なく充填し、遮光して行った。なお一つの試料について5回測定し、それぞれ平均値をもって測定値とした。

肉色の表示は、Hunter の均等知覚空間 (Lab) 表色系により行った。

#### 1.3 結果および考察

(1) 挽肉の色 3品種の牛筋肉の色を比較するため、肉挽器を通してなるべく均一にした試料を、30分以内に測定に供した。測定結果を表1および図1に示した。

L値は同一品種内でのバラツキはあるものの、その平均は日本短角種および黒毛和種が38.9、ホルスタイン種で37.0であり、品種間に差はなかった。a値は有意差はないものの、日本短角種が他よりも高い値であった。b値では品種間に有意差がみとめられ、日本短角種でもっとも高く、次い

表1 挽肉のL, a, b値

	日本短角種	黒毛和種	ホルスタイン種
L	38.9±1.77	38.9±4.06	37.0±3.29
a	22.4±0.84	21.4±2.04	21.6±1.56
b	13.8±0.47	13.3±0.91	12.5±0.60

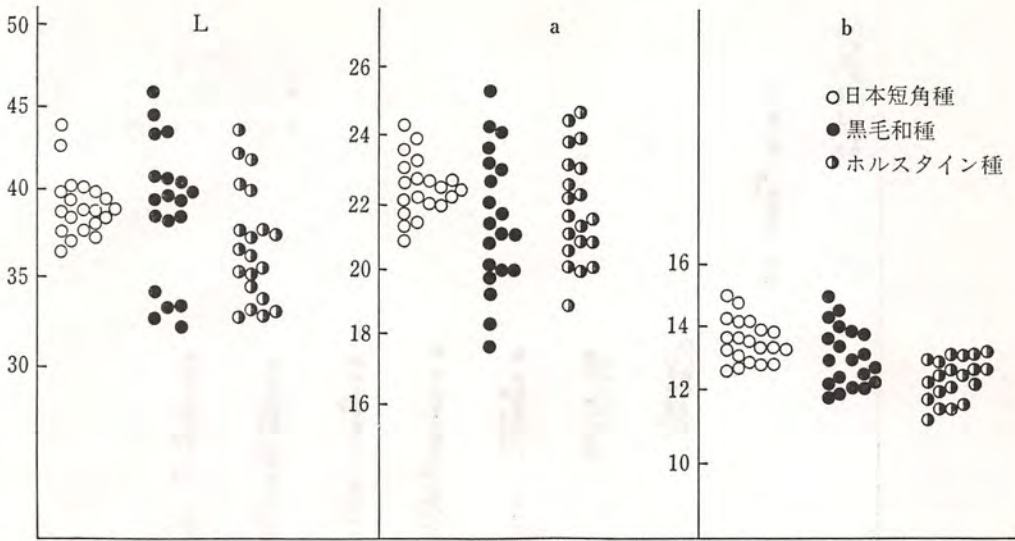


図1 挽肉におけるL, a, b値

で黒毛和種、ホルスタイン種の順であった。

これらのことから、日本短角種の肉色については、鮮やかさの要因の一つである「明るさ」は黒毛和種と同様で、ホルスタイン種よりむしろ明るい感じを与え、赤味および黄味については、わずかではあるが他の2品種に比べまさっているように考えられた。

(2) 貯蔵中における肉色変化 挽肉にした直後のものの肉色には、品種によって若干の相違がみられたが、さらに貯蔵中にどのような変化をとるかを知らるため、貯蔵36時間までの色調を測定し、その結果を図2～4に示した。

L値(図2)は、日本短角種では殆ど変化がないが、僅かに高くなる傾向をみせていた。黒毛和

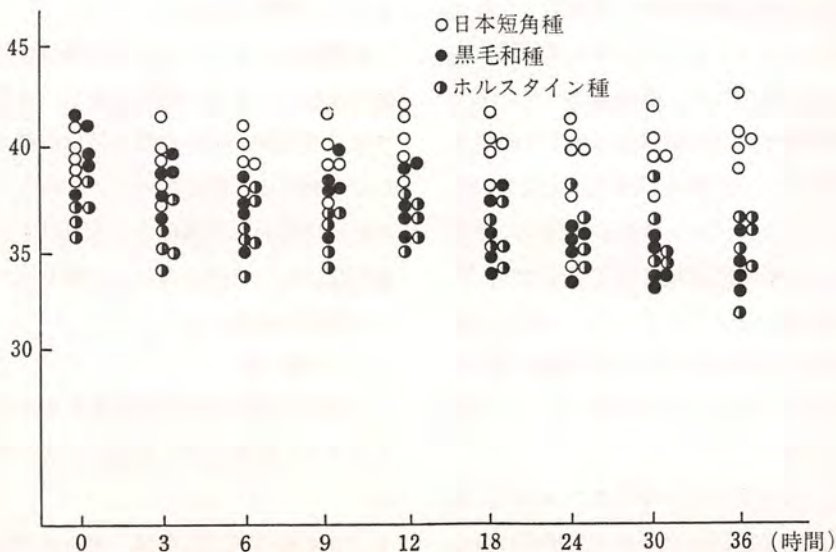


図2 貯蔵中におけるL値の変化

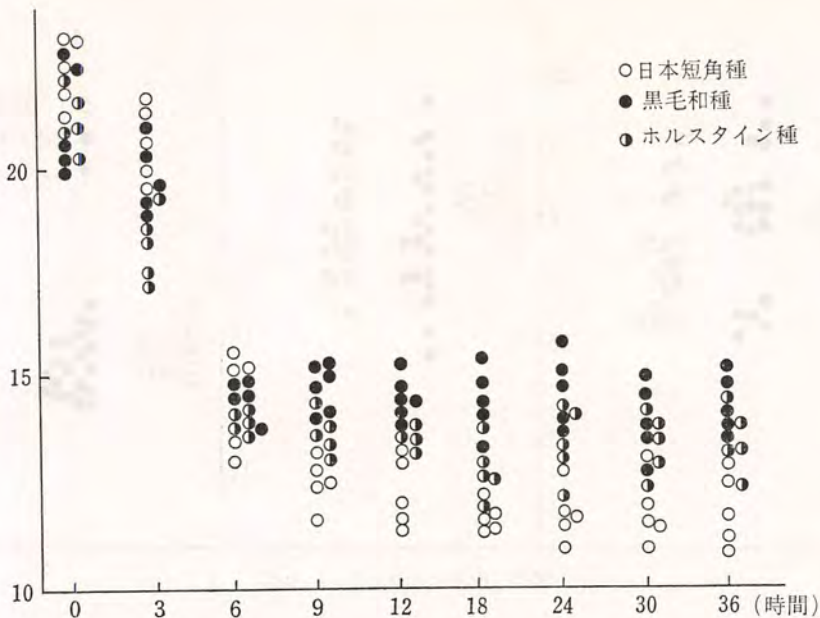


図3 貯蔵中におけるa値の変化

種では時間の経過とともに漸減し、開始時に平均38.9であったが、36時間後には34.4と低くなっていた。ホルスタイン種では、貯蔵初期にいくらか減少したが、以後は殆ど変化しなかった。

a値(図3)はいずれも6時間まで急激に減少し、その後は品種によって異なる変化を示した。即ち日本短角種では貯蔵開始時に平均22.4であったが、6時間では13.6となり、以後は18時間までゆるやかに減少を続けたが、その後は一定の値であった。黒毛和種では6時間以後の減少は極めて少なく、36時間における値は13.9で、三品種中もっとも高い値であった。ホルスタイン種では黒毛和種と同じように6時間以後は殆ど変化せず、36時間では12.9であった。このように、a値はいずれの品種においても6時間まで大きな変化を示しており、またそれ以後は日本短角種がもっとも低い値をとっていた。

b値(図4)はa値同様6時間まで減少したが、それ以後は殆ど変化せず、また品種間の差は小さかった。

以上のように、36時間までの変化ではL値の変化は小さかったものの、a値においてもっとも著しい変化がみられ、それは貯蔵6時間までに大きなものであった。またb値についても、やはり6時間まで変化が大きかった。これより挽肉の場合、4℃の貯蔵による色の変化は6時間以内に起るものと判断された。

品種別にみると、日本短角種は多くのものがL値では他よりも高い値を維持し、またa値においては、6時間までの急激な減少の後も他品種と異なりなお減少を続けていた。これらのことから、本実験に用いた3品種のうち、日本短角種は肉の色変化において他と異なる性質をもつのではないかと考えられた。

#### 1.4 要約

日本短角種の挽肉での肉色を黒毛和種およびホルスタイン種のものと比較し、次の結果が得られた。

- (1) 日本短角種の肉色は、明るさや赤味；黄色味等の点で他に劣らないか、むしろまさってい

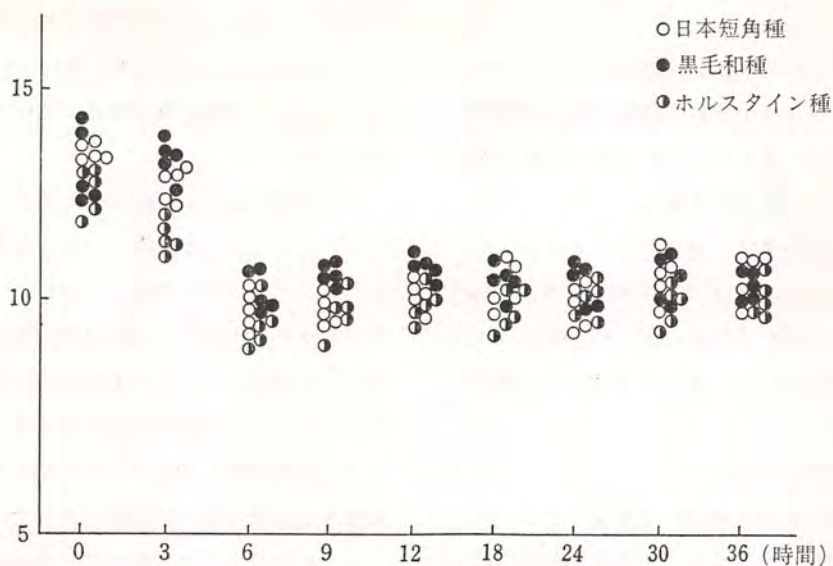


図4 貯蔵中におけるb値の変化

た。

- (2) 4℃で貯蔵したところ、いずれにおいても6時間までに色の変化が起り、とくにa値の低下が顕著であった。
- (3) 日本短角種ではa値の変化において他の品種と異なっていた。

#### 文 献

- 1) 日本短角種登録協会編：日本短角種，242 (1980)
- 2) 吉田正三郎，西村宏一，竹下 潔，常石英作，西田 朗：日本畜産学会東北支部会報，30(1)，19 (1980)

## 2. 日本短角種牛筋肉 native オキシミオグロビンの自動酸化

1. では日本短角種の肉色特性および貯蔵中における肉色変化について述べたが、いくつかのものがa値が他の品種と比較して貯蔵中に早く低下することが認められた。a値(赤色度)の低下は主として肉中のオキシミオグロビンが酸化されメトミオグロビンに変化することに起因しており、a値の低下の「早さ」はこの酸化反応速度に左右されると考えられた。このことから、ここでは日本短角種の筋肉から native オキシミオグロビンを

調製し、その *in vitro* における自動酸化速度に及ぼすpHおよび温度の影響を検討した。

### 2.1 材料と方法

(1) 筋肉材料 ミオグロビンの抽出材料には、と殺後7日間冷蔵された日本短角種の胸最長筋を用いた。

(2) ミオグロビンの抽出方法 蓄積脂肪を取り除き、細切した筋肉に2倍量の蒸留水を加えて均質化した後遠心分離(5,000rpm, 10分間)した。得られた上澄液に硫酸を加え70~100%飽和での沈殿区分を集め、さらに透析脱塩してミオグロビン抽出液を得た。これらの操作は可能なかぎり氷冷下で行なった。

(3) オキシミオグロビンの分離方法 ミオグロビン抽出液からのオキシミオグロビンの分離はDEAE-トヨパール650を用いるイオン交換クロマトグラフィーによって行なった。分離溶出条件はT. Gotoh らの方法<sup>1)</sup>に準じ、0.05Mトリス-HCl (pH 8.7) 緩衝液で溶出される部分を native オキシミオグロビン分画とした。この分画の可視部における吸収スペクトルは典型的なオキシミオグロビンのものであり、 $\lambda_{max}$  は544および582

nmであった。

尚、オキシミオグロビンの収量は、ミオグロビン抽出操作の所要時間および温度に強く影響を受ける。収量をより多くするためには、低温で短時間に処理することが必要である。

(4) 自動酸化速度の測定方法 オキシミオグロビンの自動酸化速度は、T. Gotoh と K. Shikama の方法<sup>2)</sup> に準じて行なった。測定温度は4、25および37°Cとした。またミオグロビン濃度は98 $\mu$ Mとした。

## 2.2 結果および考察

日本短角種牛筋肉 native オキシミオグロビンがメトミオグロビンへ変化する自動酸化反応は一次反応であった。これは馬心筋ミオグロビンを使った Geoge と Stratmann<sup>3)</sup> や牛心筋のものを用いた Snyder と Ayres<sup>4)</sup> の結果と同様であった。次いで各種の pH で4、25および37°Cで保持した際の一次反応直線から速度定数 (Kobs) を求め、その結果を図5に示した。

速度定数はいずれの温度においても pH 8.5~9.0 の範囲で小さな値であった。この pH 範囲か

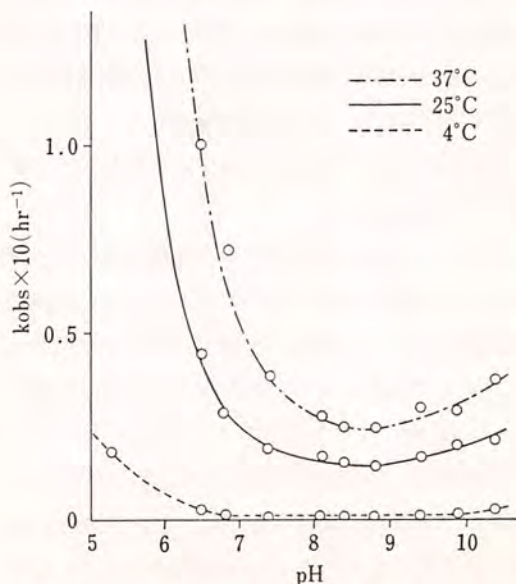


図5 自動酸化反応の速度定数(Kobs)-pHプロット

ら遠ざかるにつれて速度定数は大となるが、とくに pH 7 以下になると急激に増大した。また同一 pH の場合、速度定数は温度が低いほど小さな値であった。

この結果を基にしてオキシミオグロビンの濃度が1/2になるまでの時間(いわゆる半減期)を求めると、例えば25°Cの場合、pH 7.0では約21時間であるが pH 6.5では約11時間であった。また pH 7.0の場合、4°Cでは約370時間であった。25°Cでのこれらの時間を牛心筋オキシミオグロビン(牛品種不明)のもの<sup>2)</sup>と比較するといずれの場合も本実験の方が短時間であった。

以上の結果から日本短角種牛筋肉オキシミオグロビンの自動酸化速度は、pHおよび温度によって影響を受けることが明らかにされ、また牛の品種、個体あるいは筋肉の種類によって速度定数が相違する可能性が示唆された。これを明らかにするためには他品種との比較検討が必要であろう。また一般に食肉の pH は5.5~7.0の範囲にあり、この範囲では pH のわずかな相違が自動酸化速度に大きく影響を及ぼすことから、この範囲の詳細な研究が必要であり、さらに本実験では言及しなかったが、自動酸化速度に及ぼす酸素分圧の影響<sup>5)</sup>等についても調べる必要がある。

## 2.3 要約

貯蔵中における日本短角牛肉の変色の「早さ」に関与しているオキシミオグロビンの自動酸化速度を胸最長筋から調製した native オキシミオグロビンを用いて *in vitro* で検討した。

- (1) 酸化反応は一次反応であった。
- (2) 速度定数は pH 8.5~9.0 でもっとも小さく、pH 7 以下では急激に増大した。また温度が低いほど小であった。

## 文献

- 1) T. Gotoh, T. Ochiai and K. Shikama: J. Chromatogr., 60, 260-264 (1971)



2) T. Gotoh and K. Shikama: Arch. Biochem. Biophys., 163, 476-481 (1974)

3) P. George and C. J. Stratmann: Biochem. J., 51, 103-108 (1952)

4) H. E. Snyder and J. C. Ayres: J. Food Sci., 26, 469-475 (1961)

5) P. George and C. J. Stratmann: Biochem. J., 51, 418-425 (1952)

# ブタにおける薬物筋肉内投与後の注射部位残留の 血中動態パラメータからの推定について

Estimation of Drug Residue at the Junction Site after Intramuscular  
Injection by Means of Plasma Kinetic Parameters

吐山 豊秋・小久江 栄一・下田 実(東京農工大学農学部)

## 1. 目的

筋肉内投与は吸収が早いこと、投与が簡単なことなどのため、獣医領域で広く用いられている。しかし、この投与経路の産肉動物への適用は、注射部位での薬物残留の可能性があり、公衆衛生上大きな問題である<sup>1)</sup>。従来、筋注された薬物の注射部位残留は、多数の動物を、時間を追って屠殺し注射部位の薬物量を実測することによって決められてきたが、この方法では、要する費用、手間、時間の割に残留期間推定の精度は低いように思われる<sup>2)</sup>。

筆者らはここ数年、薬物速度論に基づいた薬物の体内動態の解析について研究を進めてきた。この研究の目的は、この方法によって血中薬物濃度変化から推定した薬物の注射部位残留推定値と、動物を屠殺して投与部位の薬物を実測して得た残留比とを比較することによって、血中動態学に基づく局所残留期間の推定方法を確立することである。

## 2. 方法と材料

供試動物はゲッチングミニブタ10頭、成豚体重12~55kg。供試薬物はスルファメノメトキシン-Na (SMM) の20%水溶液である。各動物はSMM 10mg/kgを約1ヶ月の間隔で、①静注、②筋注、③筋注後一定時間で屠殺、3回投与、経時的に採血される。①と②は薬物吸収率(F)と

吸収速度定数(ka)、その他体内動態パラメータを得るためであり、③は投与後いろいろな時間での投与局所と対照筋肉の薬物量を実測するためである。

SMMの定量は、全てBratton & Marschallの津田変法によった<sup>3)</sup>。

データの動態解析は以下のとおりである。F値は筋注後と静注後の血漿中濃度曲線下の面積を比較する。 $F = AUC(im)/AUC(iv)$ 。ka値は、Loo・Riegelman法<sup>4)</sup>によって算出した。局所残留率(FU)は、 $FU = 1 - F(1 - e^{-kat})$ の数式から算出した。ここでtは投与後の時間、eは自然対数の底である。その他の動態パラメータの算出は、Wagnerの成書に記載された方法に準じた<sup>5)</sup>。

## 3. 結果と考察

Table 1. にSMM筋注後と静注後の動態パラメータを示した。筋注後のSMM吸収率はほぼ1で、投与された薬物は全て吸収され、体循環に入ったものと判断された。Roo & Riegelman法によって吸収定数kaは $2.87 \pm 2.17$ と算出された。

Table 2. には筋注部位と対照筋肉の投与後いろいろな時間での薬物残留実測値が示されている。これによると、投与後5~7~時間で両者の差はほぼなくなることから、実際の吸収終了は投与後5~7時間であることがわかる。

実測値から算出した残留率のプロットと、血中動態パラメータから算出した注射部位残留率(F

**Table 1.** Plasma kinetic parameters after intravenous and intramuscular administration of SMM (8 pigs)

Intravenous Administration		Intramuscular Administration	
Parameter (unit)	mean $\pm$ (SD)	Parameter (unit)	mean $\pm$ (SD)
A ( $\mu\text{g/ml}$ )	30.6(7.22)	A ( $\mu\text{g/ml}$ )	-7.94(18.2)
$\alpha$ ( $\text{hr}^{-1}$ )	7.10(4.32)	$\alpha$ ( $\text{hr}^{-1}$ )	6.88(4.06)
B ( $\mu\text{g/ml}$ )	31.7(6.60)	B ( $\mu\text{g/ml}$ )	32.9(6.52)
$\beta$ ( $\text{hr}^{-1}$ )	10.241(0.0352)	$\beta$ ( $\text{hr}^{-1}$ )	0.241(0.0352)
k <sub>12</sub> ( $\text{hr}^{-1}$ )	3.25(2.29)	C ( $\mu\text{g/ml}$ )	-24.9(16.4)
k <sub>21</sub> ( $\text{hr}^{-1}$ )	3.65(1.99)	k <sub>a</sub> ( $\text{hr}^{-1}$ )	2.87(2.14)
k <sub>el</sub> ( $\text{hr}^{-1}$ )	0.445(0.0857)	AUC ( $\mu\text{g}\cdot\text{hr/ml}$ )	141(73.9)
AUC ( $\mu\text{g}\cdot\text{hr/ml}$ )	145(37.9)	F	0.997(0.180)
V <sub>l</sub> (litre/kg)	0.171(0.0395)		
V <sub>darea</sub> (litre/kg)	0.313(0.0663)		
TBCL (litre $\cdot\text{hr/kg}$ )	0.0732(0.0161)		

For symbols of parameter unit, see text and Fig. 2.

**Table 2.** Chemical determination of drug residue at injected and non-injected muscles

Fig. ID	J	Y	K	A	YMI	B	Z	Y J
Slaughtered time (hr)	0.33	0.33	1.56	2.53	4.98	5.15	7.99	8.03
Injected muscle								
sample weight (g)	210	152	300	350	72	216	201	109
concentration ( $\mu\text{g/g}$ )	2,550	194	32.0	71.7	7.40	92.1	1.66	2.01
Non-injected muscle								
concentration ( $\mu\text{g/g}$ )	1.37	9.95	9.84	6.15	8.01	6.58	1.84	1.90
Residual amount at injected site (mg)*	536	280	6.65	22.9	-0.0439	18.5	-0.0362	0.012
Total dose administered (mg)	550	500	310	340	240	385	235	120
Residual rate at injected site (%)**	97.5	40.0	2.14	6.74	-0.0183	4.81	-0.0154	0.01
Plasma concentration ( $\mu\text{g/ml}$ )	5.40	34.8	21.0	16.0	19.8	14.9	4.00	4.61
Muscle conc./Plasma conc. (noninjected)	0.254	0.286	0.468	0.384	0.405	0.440	0.460	0.412

\* (Drug concentration at injected muscle-drug concentration at non-injected muscle) $\times$ sample weight.

\*\* Residual amount at injected site/total dose administered $\times$ 100.

U) の推測曲線を重ね合せると両者はよく一致した (Fig. 1)。これらの結果から、投与部位の残留の時間変化は、血中動態パラメータの計算から充分予測できるということが出来る。そこで、以下に実際の吸収終了時間の血中動態パラメータからの推定方法について書く。

1頭当たりの投薬量は10mg/kgで300mgとする。注射部位分布容積は残留の推定の目的から言

って考えられる最小のものを考えるべきなので1.5mlとする。1gが1mlの筋肉に分布する。溶液は20%である。Table 2.には、非投与部位筋肉と血漿中の薬物濃度の比がのせてあるが、投薬1時間以降では、その値は $0.428 \pm 0.0331$ とかなり安定した値である。そして他のサルファ剤の体内残留に関する研究報告でも、筋肉と血漿中の薬物濃度は大体0.3~0.6の範囲である<sup>6,7)</sup>。以上

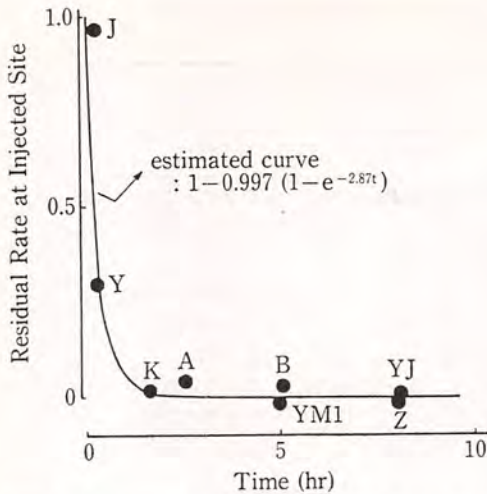


Fig. 1. Comparison between estimated curve and chemical determination of unabsorbed fraction at the injected site (residual rate) in muscle.  
—: Estimated curved. •: Chemical determination.

の数値を使うと、投与部位と非投与部位筋肉の薬物残留プロファイルは Fig. 2. のようになる (Fig. 2.)。図中で line 1 と 2 はそれぞれ予測される投与部位での薬物濃度変化であるが、line 1 は  $k_a$  の平均値 2.87 を使い、line 2 は 95% 信頼限界の下限值 0.961 を使っている。Cm は非投与部位筋肉の予測薬物濃度であるが、それは血漿薬物濃度曲線の 0.428 倍下に平行移動した曲線である。line 1 は Cm と投与後約 3.6 時間で交わり、line 2 は約 13 時間で交わっている。これらの値は吸収終了時間の実測値 5 ~ 7 時間と大きく変わらない。とくに  $k_a$  の 95% 信頼限界下限値を使用した line 2 の残留プロファイルは、安全な残留の予測という目的から充分実用に供せられるものと考えられる。また今回の実験から我々が考案した手法は、特定の薬物 (例えば SMM) だけでなく、少なくとも、早くて、完全な吸収が期待できる薬物には適用できるものと考えられる。

現在 SMM の場合と異なり、きわめて吸収率の悪い、不溶性の薬物の投与部位残留の予測につい

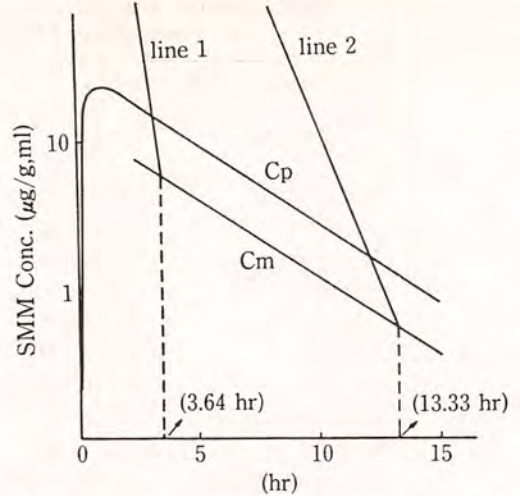


Fig. 2. The time course of concentration of SMM at injected and non-injected sites estimated from the plasma kinetic analysis. Line 1: time course of concentration at the injected site with mean absorption rate constant of  $2.87 \text{ hr}^{-1}$ . Line 2: that with lower value of mean absorption rate constant at 95% confidence ( $0.961 \text{ hr}^{-1}$ ). Cp: the mean plasma concentration time curve with the equation,  $C_p = -7.94e^{-6.88t} + 32.9e^{-0.244t} - 24.9e^{-2.87t}$ . Cm: the estimated concentration time line at non-injected muscle drawn parallel to Cp curve with a distance 0.428 times below.

て検討している。

#### 4. 要 約

筋注剤の投与部位残留の血中動態パラメータからの推測について、ゲッチングミニプタとスルファモノメトキシシ (以下 SMM) の水溶液を使用して検討した。SMM 静注および筋注後の血漿中濃度時間データを血中動態学的手法で解析すると、筋注後の吸収は完全で、吸収は一次速度過程であり、速度定数は  $2.87 \pm 2.14 (n=8)$  と算出された。したがって、平均の投与部位残留率は  $1 - (1 - e^{-2.87t})$  と表わせる。この数式から出される残留時間変化の曲線と、筋注後いろいろな時間で動物を屠殺して、投与部位を実測することによって得られた残留時間プロットはよく一致した。また血中濃度変化の消失相における、非投与部位

筋肉と血漿中薬物の濃度比は0.428であった。この値は他の動物種の場合でもサルファ剤にかぎって言えば、代表的な値と言える。したがって、筋注後の注射部位の薬物残留は、我々の手法によってかなりの薬物について、血中動態パラメータの薬物速度論による解析から可能と思われる。

#### 文 献

- 1) Mercer, H. D., Rollins, L. D., Garth, M. A., and Carter, G. G.; J. Am. Vet. Med. Assoc., 158, 776-779, 1971
- 2) Rasmussen, F., and Svendsen, O., Res. Vet. Sci., 20, 55-61, 1976
- 3) Tsuda, K., and Matsunaga, K.; Yakugaku Zasshi, 62, 362-364, 1942
- 4) Loo, J. C. K., and Riegelman, S.; J. Pharmac. Sci., 57, 918-928, 1968
- 5) Wagner, J. G.; Fundamentals of Clinical Pharmacokinetics, first edition pp. 57 ~ 86, Drug Intelligence Publications, Illinois, U. S. A. 1975
- 6) Stowe, C. M., and Sisodia, C. S.; Am. J. Vet. Res., 24, 525-536, 1963
- 7) Koritz, G. D., Bourne, D. W. A., Dittert, L. W., and Beville, R. F.; J. Vet. Pharmacol. Therap., 1, 155-161, 1978

## 人畜共通伝染病としての豚の非定型抗酸菌症について

Significance of a Typical Mycobacteriosis in Swine Zoonoses

勝 部 泰 次 (日本大学農獣医学部)

食肉衛生検査(と畜検査)において、豚のリンパ節などに結核(増殖性肉芽腫)病変が時々発見される。この病変の起因菌として、過去においては、主として *Mycobacterium tuberculosis* (人型結核菌)が検出された。最近に至り、結核病変部から分離される菌は、いわゆる非定型抗酸菌に変わり、結核菌はほとんど検出されなくなった。

豚の結核病変から分離される非定型抗酸菌は、主として *Mycobacterium intracellulare-avium complex* と呼ばれる一群の菌である。このような感染豚の発生頻度は、地域差はあるが、全国食肉衛生検査所協議会の調査によると、と殺豚10万頭当たり127頭となっている。一方、この菌群は、人の肺疾患の原因ともなり、現在までに数百例以上の患者の発生をみている。

上述したように、*Mycobacterium intracellulare-avium complex* による疾患は、人と豚の双方に発生をみるが、その生態、疫学については十分解明されていないのが現状である。

Schaefer<sup>1),2),3)</sup> は *Mycobacterium intracellulare-avium complex* の血清群別を試み、凝集反応で20群に分けている。著者は、本菌群の生態、疫学を解明し、人畜共通伝染病としての意義を検討するとともに、豚における防疫方法を確立して肉資源の損耗防止に寄与するための基礎研究として、まず、Schaefer<sup>1)</sup>の方法による血清群別を豚由来菌について行った。

### 1. 材料および方法

#### 1.1 抗原

標準株20株および豚由来株65株について、以下のような方法で抗原を調製した。まず、保存培地(1%小川培地、栄研化学)よりねじ口試験管に分注された Dubos 液体培地(栄研化学)に移植し、37°C、2週間培養した。その1白金耳を7H10寒天平板(Difco)に塗抹し、37°Cで2~4週間培養してスムースのコロニー(以下S型コロニーと略)の分離を試みた。培養期間中は乾燥を防ぐため、ペトリ皿をビニールテープでシールした。この操作を再度繰り返した。第2回目に得られたS型コロニー1個を鉤菌し、10mlのDubos液体培地に浮遊させ、その適当量を7H10寒天平板上にコンラージ棒で均等に塗抹して37°C、2~3週間培養した。発育したS型コロニーをかきとり、pH7.0のPBSに1ml当り $10^2 \sim 10^3$ 個のコロニーを浮遊させ、濃厚菌液とした。この濃厚菌液に、ホルマリン原液を0.5%に加え、室温に1週間放置して死菌とした。免疫用および凝集反応用抗原は、濃厚菌液を十分に振盪した後、孔径が1/4の注射針を装着した注射筒で抗原を吸いあげ、それをPBSに適量加え、McFarlandのNo.2の濃度に調製した。

#### 1.2 免疫血清

調製した標準株の抗原を、体重2~2.5kgの兔の耳静脈内に、1回当り2ml、3~4日間隔で5

回注射した。ひとつの抗原に対して2~4頭の兎を使用した。最終注射7日後に、心臓穿刺で血液を採取し、原則として抗体価が640倍又はそれ以上の場合、頸動脈より全採血した。抗体価が640倍以下の場合、1~2回の追加免疫を行った。分離血清は、ねじ口小試験管に小分けし、防腐剤を加えずに冷凍保存した。

### 1.3 凝集反応

PBSを用い、免疫血清を10倍から1,280倍まで2倍段階希釈した。各希釈の0.5mlを入れた小試験管に、反応抗原液0.5mlを加えて十分振盪し、37°Cに4時間保持した後、判定した。

### 1.4 群特異血清

免疫血清総計50種と標準株20株との組合せによる凝集反応の成績により、適当な吸収菌を選んだ。吸収菌は冷却高速遠心器(15,000rpm 20分)を用いて1回洗浄した後、その沈渣を10倍希釈血清に加えて十分に混和した。4°Cに一夜保存した後、15,000rpm 20分の遠心操作で上清を採取し、群特異血清を作製した。通常、希釈血清1mlに対し、濃厚菌液1mlより得られた沈渣を加えて吸収を行った。

## 2. 成績

まず、S型コロニーの分離法、死菌液の調製方法、免疫方法、抗体価の測定方法など技術的な面での検討を行った。

標準菌株および豚由来株とも、ラフ型のコロニーがS型コロニーに混在し、S型コロニーによる抗原作製にかなりの困難をきたした。しかし、第2回目の7H10寒天平板上に発育したS型コロニーをDubos液体培地に浮遊させ、それを培養せずに直接寒天平板上に移植して培養する方法で実用性のある抗原を作製することができた。この方法で、長期間を要する抗原作製期間を若干短縮することができた。

死菌抗原を作製するのに、Schaeferの原法によると0.5%の濃度に石炭酸を加えることになっている。この方法に従った後、抗原の安全性を確認する目的で無菌試験を行ったところ、菌は死滅していないことが明らかとなった。この点を解決するため、通常非定型抗原酸菌の死菌作製に利用されている80°C、15分の加熱を試みたが、濃厚菌液のためかこの方法でも死菌とすることができなかった。そこで、細菌芽胞のような抵抗性の強い病原体の殺滅に利用されるホルマリンを0.5%の割合に加えたところ、死菌とすることに成功したので、本研究ではホルマリン死菌を抗原として使用することとした。

免疫方法としては、Schaeferの方法に従ったが、抗体の上昇の悪い場合がかなりみられた。試験採血を行った際、抗体価が640倍以下の場合には常法に従い追加免疫を行ったが著しい抗体の上昇はみられなかった。

凝集反応による抗体価の測定には、その反応を読む時間が重要な条件となる。37°Cで凝集反応を行い、3時間、4時間、および5時間後、さらに室温に一夜置く条件の4回の判定を行ったところ、37°C、4時間の判定が最も適当であった。37°Cに5時間置いた後、室温に一夜置く条件の場合には、抗体価は上昇するが異種抗原と強い交叉反応が現われた。したがって、本研究では37°C、4時間の条件で凝集反応を行った。

各標準菌株に対する免疫血清の抗体価は、表1に示す通りである。一般的に免疫原性は低いが、菌株間に免疫原性に多少の強弱がみられた。いずれの免疫血清も異種抗原と交叉反応を示し、少ないもので4種、多いものでは18種の異種抗原と反応した。それらの異種抗原に対する抗体価は20~320倍の範囲にあったが、160倍又はそれ以下である場合が多かった。ただし、免疫血清によっては、同種と異種の抗体価に差がみられなかった。

表1 免疫血清の抗体価

血清群	免疫回数	抗体価			
1	3	160	160	320	
2	3	160	320	640	
3	3	640	640	1,280	
4	2	160			
5	2	320			
6	2	640	1,280		
7	3	640	1,280 $\leq$	1,280 $\leq$	
8	2	160	320		
9	2	320	640		
10	2	80	320		
11	2	320	640		
12	2	320	640		
13	2	160	320		
14	3	320	320	640	
15	2	640			
16	2	160	320		
17	2	1,280 $\leq$			
18	2	640	1,280		
19	4	160	160	640	640
20	4	40	40	320	640

表2 群別血清の吸収法

免疫血清	吸収菌	使用希釈
抗1群 (81-39)	# 2	80~160
≠ 2 ≠ (81-42)	≠ 3	≠
≠ 3 ≠ (81-1)	≠ 2, 6	≠
≠ 4 ≠ (81-52)	≠ 3	≠
≠ 5 ≠ (81-53)	≠ 18	≠
≠ 6 ≠ (81-8)	≠ 11	≠
≠ 7 ≠ (81-10)	≠ 13	≠
≠ 8 ≠ (81-56)	≠ 18	≠
≠ 9 ≠ (81-16)	≠ 3	≠
≠ 10 ≠ (81-57)	≠ 11	≠
≠ 11 ≠ (81-19)	≠ 10	≠
≠ 12 ≠ (81-21)	≠ 11, 13	≠
≠ 13 ≠ (81-23)	≠ 15	≠
≠ 14 ≠ (81-25)	≠ 15	≠
≠ 15 ≠ (81-27)	≠ 17	≠
≠ 16 ≠ (81-29)	≠ 17	≠
≠ 17 ≠ (81-31)	≠ 18	≠
≠ 18 ≠ (81-33)	≠ 17	≠
≠ 19 ≠ (81-49)	≠ 6	≠
≠ 20 ≠ (81-62)	≠ 15	40~80

凝集反応における抗体価および交叉反応の状態を考慮した上で、表2に示す20種の免疫血清と吸収菌の組合せを選び、特異抗体の作製を試みた。抗No. 3およびNo. 12免疫血清では一部に交叉反応が残り、再吸収が必要であったが、その他は一回の操作で群特異抗体の群製が可能であった。再吸収を行う必要のある血清の場合、2種の吸収菌を混ぜて1回の操作で吸収を完了させることを試みたが、成功しなかった。又、抗No. 1およびNo. 20血清の場合は、吸収後の群特異抗体による凝集反応が微弱となった。

豚の結核病変由来65株についての血清群別試験の成績は表3に示す通りである。群別可能であったものは34株(52%)で、8群、4群、9群と判定されたものが多かった。少数株ではあるが、2群、5群、6群、10群、および11群も検出された。群別不能であった31株の大部分は2つの群又はそれ以上のものとまたがって反応し、なかでも6群と8群の双方に反応したものが21株あった。

表3 豚由来株の血清群

血清群	菌株数 (%)
2	1
4	6 (9)
5	1
6	3
8	13 (20)
9	6 (9)
10	2
11	2
4, 8	3
群別 2, 9	1
6, 8	21 (32)
1, 6, 8	1
3, 6, 8	1
4, 5, 2, 6, 8	1
反応せず	3*
計	65

\* 1株は1群と弱く反応

又、3株はいずれの群特異抗体とも反応しなかった。ただし、このうち1株は1群と弱く反応した。



### 3. 考 察

Schaefer によって開発された血清群別法は、*Mycobacterium intracellulare-avium* complex について生態疫学的な解析を行う際の唯一の確立された手段といえる。しかしながら、この方法にはいくつかの問題点がある。すなわち、(1)標準菌株の免疫原性と特異性が低いため、高力価の群特異抗体の作製が容易でない、(2)反応系に多量の群特異抗体が必要である、(3)純粋なS型コロニー抗原の作製が容易でなく、吸収に多量の菌液が必要である、(4)豚由来株では、その約50%が群別不能であるなどの点である。今後、新しい菌株を標準菌株に追加するなどして群別率の上昇を計るなど、現在の凝集反応による群別方法の改良を試みる必要がある。又、沈降反応などにより抗原分析を行い、新たな血清群別方式の開発も検討する必要がある。

検査した豚由来65株中34株(52%)が群別可能であった。8群の検出率をもっとも高く、ついで4群および9群であり、少数株が2群、5群、6群、10群群又は11群と同定された。これらの成績は群別不能の菌株が約半数にみられたことを除き、従来の豚由来菌の成績<sup>4,7)</sup>とほぼ一致している。

Anzら<sup>8)</sup>、Meissnerらは*M. intracellulare*(血清群4~20が該当)を、鶏に対する病原性が比較的強く、豚から分離されることの多い intermediate 型(血清群4, 5, 6, 8, 9, 10, 11)と、病原性が低く、人から分離されることが多い authentic(血清群7, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20)とに区別した。日本の豚から分離される*M. intracellulare*は主として intermediate 型であり、人から分離される株で authentic 型が多いこと、ならびに患者と豚との因果関係を積極的に裏付ける根拠に乏しいことなどにより、豚が人の感染源

になることについて否定的な見解が示されている<sup>4,9)</sup>。しかしながら、頻度は低いとはいえ intermediate 型は患者から分離されることがあること、ならびに鳥型結核菌(血清群1, 2, 3)が豚から分離されることもあることよりすると、豚の人に対する感染源としての役割を完全に否定することはできないものと思われる。特に、感染豚と接触する可能性のある食肉関係者は本症に対する十分な注意を払う必要がある。この面については、引続き、豚由来菌および人由来菌の血清群別を広範に行った上で結論したい。なお、血清群の地理的分布、豚の病像と血清群、2群と同定された菌株が鶏に対して病原性を有するか否か、1群血清のみと弱い反応を示した株の同定などについては目下検討中である。

### 4. 要 約

豚における非定型抗酸菌症の人畜共通伝染病としての意義を検討し、かつ、豚の本症成立の要因を解明して防疫方法を確立し、食肉資源損耗を防ぐことを目的として、非定型抗酸菌の生態、疫学的検討を開始した。

Schaefer の方法により、凝集反応による血清群別を豚由来株を対象として行った。

検査した65株中34株(52%)が群別され、8群13株(20%)、4群および9群各6株(9%)、6群3株、10群および11群各2株、2群および5群各1株であった。

群別不能は31株で、3株を除き、2つまたはそれ以上の群特異血清と反応した。

豚から分離された *Mycobacterium intracellulare* は、いずれも intermediate 型であった。

### 文 献

- 1) Schaefer, W. B., Amer. Rev. Resp. Dis., 92, 85-93 (1965).
- 2) Schaefer, W. B., Amer. Rev. Resp. Dis., 92,

- 115-118 (1965).
- 3) Schaefer, W. B., Amer. Rev. Resp. Dis., 97, 18-23 (1968).
- 4) 根本 久, 畜産の研究, 35, 13-16 (1981).
- 5) 東村道雄, 結核, 52, 261-267 (1977).
- 6) 山岡弘二, 広島大学医学雑誌, 26, 45-56 (1978).
- 7) Yugi, H. Nemoto, H. and Watanabe, K., Nat. Inst. Anim. Quart., 12, 168-169 (1972).
- 8) Anz, W. and Meissner, G., Prax, Pneumol., 23, 221-230 (1969).

参 考 文 献

1) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

2) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

3) Schaefer, W. B., Amer. Rev. Resp. Dis., 97, 18-23 (1968).

4) 根本 久, 畜産の研究, 35, 13-16 (1981).

5) 東村道雄, 結核, 52, 261-267 (1977).

6) 山岡弘二, 広島大学医学雑誌, 26, 45-56 (1978).

7) Yugi, H. Nemoto, H. and Watanabe, K., Nat. Inst. Anim. Quart., 12, 168-169 (1972).

8) Anz, W. and Meissner, G., Prax, Pneumol., 23, 221-230 (1969).

9) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

10) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

11) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

12) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

13) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

14) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

15) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

16) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

17) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

18) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

19) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

20) 山岡弘二, 結核, 52, 261-267 (1977).

## 筋肉タンパク質（食肉）生産機構の解明とその制御

Studies on a Mechanism of Muscle Protein (Meat) Production, and Its Control

大塚 譲 ・ 木村 靖夫\*（鳥取大学教育学部，\*同農学部）

## 1. 目 的

食肉の生産において、飼料を有効に利用する方法を開発することは、飼料を輸入にたよっている我が国においては重要なことである。そのためには、飼料を筋肉タンパク質へと効率良く転換し、筋細胞へタンパク質を蓄積させる技術を開発しなければならない。その方法として、筋肉におけるタンパク質の生合成速度を上昇させることが考えられる。しかし、生合成速度を上昇させるだけでは必ずしもタンパク質が細胞内に蓄積されるとはかぎらない。たとえば、筋ジストロフィー症の場合生合成速度が上昇しているにもかかわらず、分解速度の方がさらにそれを上まわっており、結果として筋タンパク質は減少することが知られている。

次に分解速度を遅くすることが考えられる。分解速度のみを遅くすることができれば生合成速度を速くせずに筋肉タンパク質を蓄積でき、生合成に必要なエネルギー量が少なくなり、結果として飼料のエネルギー効率も上昇する。それ故分解をコントロールすることが食肉タンパク質の効率的生産のためには最良の方法であると考えられる。そこで筋細胞におけるタンパク質分解のメカニズムを明らかにし、どの酵素をコントロールするかを究明し、その方法を開発すれば良いわけであるが、タンパク質の生合成に関する近年の研究の進歩に比べ、細胞内タンパク質の分解のメカニ

ズムについては多くのことが未知のままである。すなわち細胞内タンパク質にどのようなプロテアーゼが、どのように作用するのか、それらのプロテアーゼがどのようにコントロールされ生合成と分解のバランスを保っているのかといった重要なことが十分に解明されていない。

過去に筋組織により多くのプロテアーゼが精製されたが、筋組織に共存するマストセル等の非筋細胞に由来するプロテアーゼと混同したものも多く、筋細胞中に存在することが明らかなものはライソゾーム中のカテプシン類の酵素のほかにはカルシウム活性化プロテアーゼ（CAP）のみである<sup>1)</sup>。このCAPは活性の発現のためには0.7mMのCa<sup>2+</sup>を必要とし<sup>2)</sup>、細胞内の10<sup>-5</sup>M程度のCa<sup>2+</sup>濃度では不活性であることから、細胞内タンパク分解の主要酵素とするには問題があった。ところが最近50μM程度の低Ca<sup>2+</sup>濃度でも十分に活性を示す新しい型のCAPが発見され<sup>3)</sup>（この低Ca<sup>2+</sup>型をLCAP、高Ca<sup>2+</sup>型をHCAPと呼ぶ）、LCAPこそが細胞内タンパク分解の主要酵素ではないかと考えられている。

そこで筋肉タンパク質分解過程とその制御機構を明らかにし、それを人為的に制御するためにはこのLCAPを精製し、その筋タンパクへの作用を明らかにするとともに、様々な生理的变化—とくに筋ジストロフィー—に伴うCAP活性の変動を明らかにすることにより、筋肉タンパク質分解機構を解明するとともに、これらLCAP、HC

APの活性を阻害する物質を微生物より得、この阻害物質によりタンパク質の分解をコントロールすることを目的として以下の研究を行なった。

## 2. 方 法

材料および動物。豚心筋を鳥取と畜場において入手し、Szpacenkoら<sup>4)</sup>の方法により粗酵素液をえた。ラットは静岡実験動物協同組合より購入した離乳直後のウイスター系雄ラットを用いた。ビタミンE欠乏飼料はエーザイ株式会社より入手した。

電気泳動及び電子顕微鏡。変性剤を含まない電気泳動はDavisら<sup>5)</sup>の方法、SDS電気泳動はWeberとOsbornの方法<sup>6)</sup>で行ない、クーマジブリリアントブルーを用いて染色を行なった<sup>7)</sup>。動物をネンブタール麻酔下で開腹し、筋組織にグルタルアルデヒドを滴下し、15分間固定したのち、組織を切り出しグルタルアルデヒドでさらに2時間45分固定し、次にオスミウム酸で固定(1時間30分)することにより電子顕微鏡用試料をえた。筋原繊維の場合は、遠心により筋原繊維を集め、グルタルアルデヒド、オスミウム酸により常法通り、二重固定した。これらの試料を脱水後、スパーの樹脂に包埋し超薄切片をえて、酢酸鉛、酢酸ウラニルにより2重染色を行ない、日立電子顕微鏡(H-500)により観察した。

その他。ミオシンはPerryらの方法<sup>8)</sup>、アクチンはMommaertsらの方法<sup>9)</sup>、トロポミオシンは平林らの方法<sup>10)</sup>、トロポニン江橋らの方法<sup>11)</sup>で、筋原繊維はPerryらの方法<sup>12)</sup>で、それぞれ豚心筋より精製した。カテプシンBは沖谷らの方法<sup>13)</sup>により測定した。

## 3. 結 果

### 3.1 豚心筋の低Ca<sup>2+</sup>要求型Ca<sup>2+</sup>活性化プロテアーゼ(LCAP)の精製とその筋タンパク

### 質への作用

豚心筋1,200gよりSzpacenkoらの方法により粗酵素液を得、DEAEセルロースカラムクロマトグラフィー、フェニールセファロースカラムクロマトグラフィー、マトレックスブルーカラムクロマトグラフィーによりLCAPを精製した。精製酵素を電気泳動にかけ、えられたゲルの一本を上端から2.5mmづつにスライスし、そのCAP活性を測定するとともに、他のゲルを染色し比較した(Fig. 1)。その結果タンパクの主バンドと酵素活性は一致し、約95%程度に酵素は精製されていることが明らかとなった。

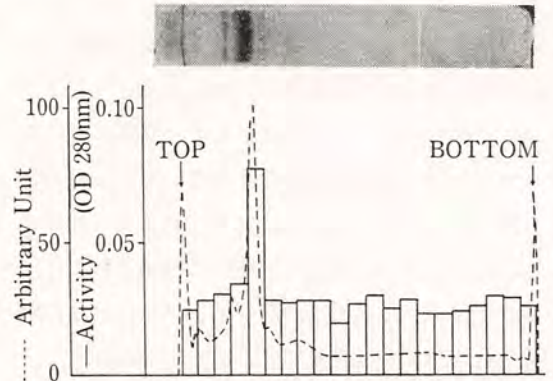
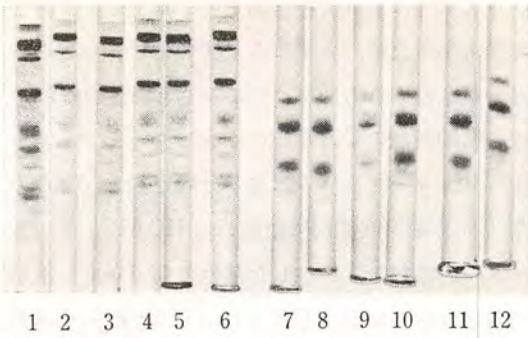
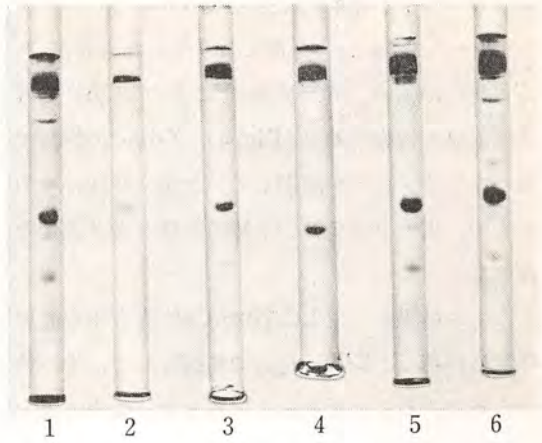


Fig. 1. Assay of the enzyme activity on a polyacrylamide disc gel electrophoresis gel. 20 microgram of the purified enzyme was run on polyacrylamide disc gel electrophoresis. After the run, one of the gels was stained with Coomassie Brilliant Blue, and the other was sliced sideways into 2.5mm pieces. The activities of these pieces was assayed: .....densitometer scanning of the stained gel, —enzyme activity.

精製LCAPの筋タンパク質への作用を明らかにするため、筋肉を構成する主要タンパク質であるミオシン、アクチン、トロポニン、トロポミオシンをそれぞれ精製し、精製LCAP、HCAPによりCa<sup>2+</sup>存在下で分解を試み、SDS電気泳動により分析した。その結果LCAP、HCAPはミオシン、トロポニン(Fig. 2)、アクチン、トロポミオシンのどれにだしても大きな分子量の変化を



**Fig. 2.** Effect of LCAP and HCAP on Myosin and Troponin. Myosin (1-6) or troponin (7-12) was incubated with LCAP (1, 2, 3, 7, 8, 9) or HCAP (4, 5, 6, 10, 11, 12) at 25°C. Gels number 1, 4, 7, 10 were incubated 0 min, gels 2, 5, 8, 11 were 10 min, gels 3, 6, 9, 12 were 60 min. The incubated solution was run SDS polyacrylamide disk gel electrophoresis.



**Fig. 3.** Effect of LCAP and HCAP on myofibril. Myofibril was incubated with LCAP (3, 4) or HCAP (5, 6) in the presence of  $Ca^{2+}$  (1, 3, 5) or in the absence of  $Ca^{2+}$  (2, 4, 6). After the 24 hours incubation the myofibrils which were sedimented by centrifugation were run on SDS-PAGE electrophoresis. The gels 1 and 2 were incubated without calcium.

もたらす作用はなかった。そこで、次に筋原繊維にたいする作用を明らかにするため、LCAP, HCAPを $Ca^{2+}$ 存在下で筋原繊維に作用させ、インキュベーション後、遠心して筋原繊維を集め、SDS電気泳動により分析を行なうとともに (Fig. 3)、電子顕微鏡により筋原繊維の変化を観察した (Fig. 4)。Fig. 3. の SDS 電気泳動の結果から、

明らかに LCAP, HCAP は  $Ca^{2+}$  存在下で筋原繊維に作用し、トロポニンTを遊離させるとともに、 $\alpha$ -アクチニンのバンド付近に新しいバンドを生ぜしめた。この新しいバンドは、 $\alpha$ -アクチ



**Fig. 4.** Electron microscopic observation of LCAP treated myofibrils. The LCAP treated myofibril was fixed with glutalaldehyde and osmium acid.

ニンのバンドが相対的に弱くなっていることから、 $\alpha$ -アクチニンの分解により生じたものである可能性が高い。電子顕微鏡により LCAP 処理筋原繊維を観察すると (Fig. 4), Z-line の両側で細いフィラメントが断裂していたが、Z-line そのものや、太いフィラメント等にはほとんど変化を認めなかった。

以上の結果から、LCAP は  $\text{Ca}^{2+}$  存在下で筋原繊維に作用し、Z-line 付近で断裂させて、その構造を破壊することが明らかになった。このことから、LCAP が筋タンパク質の第一段階の主要酵素であると推定された。

### 3.2 ビタミンE 欠乏動物におけるタンパク質代謝の変化

動物にタンパク質代謝の変化を起こし、そのとき HCAP 等のプロテアーゼ繊維がどのように変化するかを明らかにすることを目的とし、筋ジストロフィーを生じるといわれているビタミンE 欠乏飼料を離乳直後の雄ラットに与え、その体重変化を観察した (Fig. 5)。E 欠群では約10週より体重の増加が対照群にくらべ遅れはじめた。筋肉中のトコフェロール含量を HPLC を用いて測定したところ23週目には完全になくなっており、完全なビタミンE 欠乏状態であることが認められた。

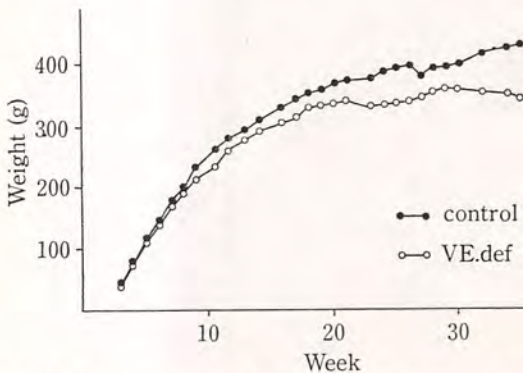


Fig. 5. Growth curve of rats fed with vitamin E deficient diet. Rats, three weeks old Wister rats, were fed with vitamin E deficient diet.

E 欠状態にある動物筋肉中のプロテアーゼ活性を測定するため、まず CAP 活性をインヒビターと分離定量する方法について検討した (Fig. 6)。豚心筋抽出液の CAP 及びインヒビターをフェニールセファロースカラムにより分離定量を行ったのち、同じ抽出液に別に精製した HCAP とインヒビターを添加し、添加した活性の何パーセントが回収されるかを測定したところ (Fig. 6), CAP は83%, インヒビターは115% が回収された。従って、CAP 及びインヒビターをフェニールセファロースカラムクロマトにより分離定量できることが明らかとなった。そこで、この方法により、骨格筋中の CAP 活性を測定した (Table 1) が、その結果には両群に差が認められなかった。しか

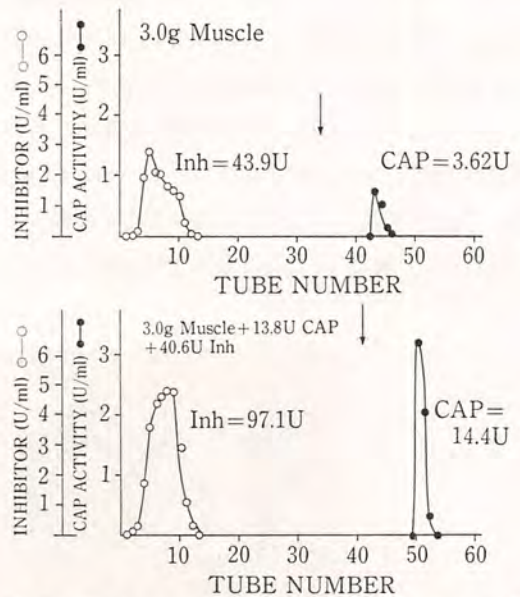


Fig. 6. Elution profile of CAP and inhibitor off Phenyl-sepharose. The porcine heart muscle was homogenized with 50 mM tris acetate buffer pH 7.5 containing 4 mM EDTA, and supernatant of centrifugation of this homogenate was added KCl to 250 mM concentration then was loaded on to a Phenyl-sepharose column (1.1×15.5cm) (above). The purified HCAP and inhibitor from porcine heart muscle was added to the homogenate and loaded onto a column as same as above (bottom).

**Table 1.** Activity of Proteases in Vitamin E deficient Rat muscle

Cathepsin B of Muscle					
Control			V. E. Deficiency		
No.	Activity	Mean	No.	Activity	Mean Prob>  T
D	0.018		M	0.050	
E	0.020	0.018	N	0.077	0.072 0.01
F	0.016		O	0.090	

CAP of Muscle					
Control			V. E. Deficiency		
No.	Activity	Mean	No.	Activity	Mean Prob>  T
D	4.68		M	2.30	
E	6.33	5.03	N	3.92	3.91 0.37
F	4.15		O	5.51	

し骨格筋のカテプシンB活性はE欠群ではっきりと上昇していた。そこでこれらの動物に筋ジストロフィーが発生しているかを明らかにするため、その後肢筋を電子顕微鏡を用いて観察した結果 (Fig. 7), 両群に差は認められず、筋ジストロフィーの特徴である Z-line のジグザグ化も認めら



**Fig. 7.** Electron microscopic observation of vitamin E deficient rat muscle. The leg muscle obtained from vitamin E deficient rat was fixed with glutal-aldehyde and osmium acid.

れなかった。

以上の結果をまとめると、ビタミンE欠動物において、カテプシンB活性が筋組織で上昇しているにもかかわらず、筋タンパクが正常であることから、筋ジストロフィーはカテプシン活性の変化によるものではなく、CAPの異常により生じている可能性が強いと考えられる。

### 3.3 放線菌培養ろ液中のCa<sup>2+</sup>活性化プロテアーゼ阻害物質の検索および精製

各地より集めた土壌より放線菌を分離し、HCAP活性を阻害する物質を探索した (Table 2)。その結果 130 a (鳥取県大山5合目), 105 b (大阪府吹田市藤白台), No. 19 (鳥取県鳥取市) の3種類に活性が認められた。そこで活性の最も強く認められた 130 a 菌を用いて、阻害物質の単離、精製法について検討した。まず培養条件について検討を行なうため、培養日数と活性の関係について調べた (Fig. 8)。その結果3日目に活性は最大に達することが認められたので、130 a 菌を Waxman 培地に大量接種し、3日間培養し、3日目の培養ろ液を大量に得、単離精製法について検討を行なった。その結果酢酸エチル、ブタノールでは十分に抽出されず、活性炭、アンバーライト XAD-2 に吸着されることが明らかとなったので、培養ろ液をまずアンバーライト XAD-2 に吸

**Table 2.** Survey of Ca<sup>2+</sup>-Activated Protease Inhibitor on Microorganisms

Sample Number	Activity
130 a	++
105 b	+
107m	-
114 e	-
112 b	-
129 a	-
115 b	-
19	+

Filterated culture medium was assayed its Ca<sup>2+</sup>-acitvated protease inhibitory activity as described by Otsuka and Goll.<sup>16)</sup>

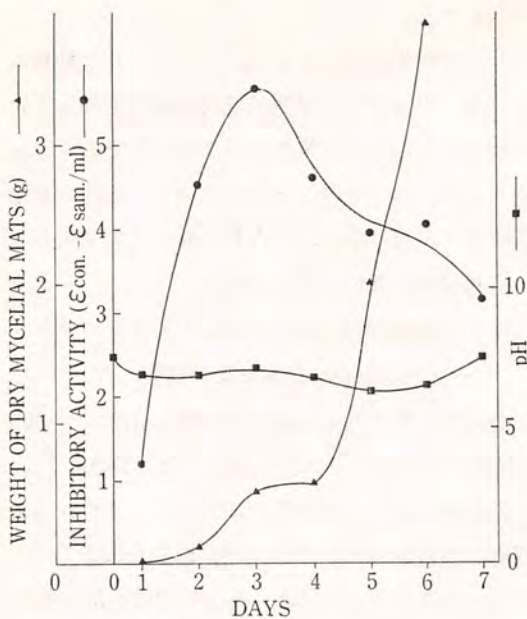


Fig. 8. Relation between the inhibitor activity and incubation day. The 130 a strain was incubated in Waksman medium at 28°C.

着させ、100%メタノールで溶出し、減圧濃縮したものを水溶液にし、次にそれを活性炭に吸着させ、塩酸酸性メタノールで溶出し部分精製を行った。さらにこの部分精製標品を用い種々の単離法を検討した。その結果ワコーゲルにより不純物を吸着させたのち、セファデックス LH-20によるゲルろ過を行なえば相当程度精製できるものと考えられた。そこで部分精製品を Fig. 9. に示す処理を行ったところ、ワコーゲルカラムにおいて2つのピークが認められ (Fig. 10)、これを別々にセファデックスにかけたところ、ワコーゲルでさきに溶出した画分は低分子物質、あとで溶出した画分は高分子物質であることが認められた。今後この高分子物質について、さらに精製を進めれば純品がえられるものと期待される。

以上をまとめると、各地より集めた放線菌のうち、数種の菌がCAP阻害物を生産することが明らかとなり、それらのうち鳥取県大山5合目付近でえられた菌の大量培養条件を確立し、種々の精

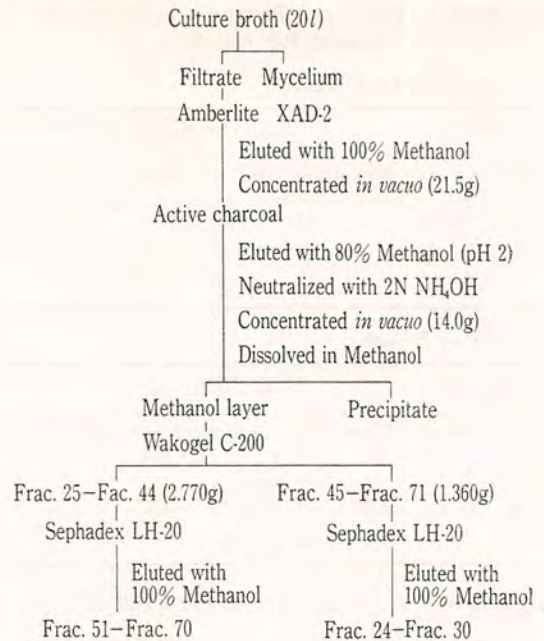


Fig. 9. Summary of inhibitor purification. The result of various treatment of inhibitor made the purification step of inhibitor from culture broth of 130 a mycelium.

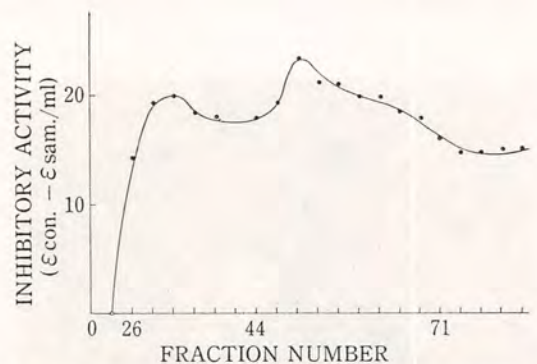


Fig. 10. Elution profile of inhibitor off Wako-gel column. The partially purified inhibitor was subjected on a Wako-gel C-200 column (4.3 × 37 cm). in 100% methanol.

製法を試み、Fig. 9. で示すような精製方法を確立したが完全精製には至らなかった。

#### 4. 考 察

我々は世界で初めて LCAP をほぼ単一にまで精製することに成功したが<sup>14)</sup>、この酵素の必要と



する  $\text{Ca}^{2+}$  濃度は  $50\mu\text{M}$  と非常に低く、細胞内の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度でも十分に作用するものと考えられる。さらに本研究で明らかとなったように筋タンパク質を分解し、その四次構造を破壊することから、本酵素こそが細胞内タンパク質分解の主役である可能性が高い。さらにビタミンE欠ラットでは飼育4カ月で筋肉は正常であるにもかかわらず、カテプシンB活性が上昇していることが認められた。一方CAP活性には変化がないことから、タンパク分解の主要酵素はカテプシンBのようなライソゾーム由来のものではなく、CAPである可能性が高いと思われる。

そこで筋肉のタンパク分解をおさえ、筋肉(すなわち食肉)の生産量を増加させるためには、このCAPをコントロールすれば良いと考えられ、CAP阻害物質を微生物培養ろ液中に求めた。その結果、数種の放線菌が阻害物質を生産することが明らかとなり、その一種を部分精製することができた。一方、梅沢らは放線菌より、細胞外プロテアーゼを用いてプロテアーゼ阻害剤を精製し、ロイペプチン、アンチパインをえている。Szpacenko<sup>4)</sup>によればCAPはロイペプチン、アンチパインにより阻害されることが明らかである。そこで、これらの阻害物質を用いて細胞内タンパク分解を制御しようという試みがなされている<sup>15)</sup>が必ずしも成功していない。その理由として、ロイペプチン、アンチパインは細胞内タンパク分解の主要酵素を用いて精製されたものではなく、細胞内酵素にたいし、特異性が低いと考えられる。本研究で細胞内タンパク分解の主要酵素である可能性の最も高いHCAPを用いて精製を行なっているので、阻害物質の純品を得て構造決定し、大量生産を行なうことができれば、細胞内のタンパク分解を制御できる可能性が高いと考えられる。

## 5. 要 約

新型  $\text{Ca}^{2+}$  活性化プロテアーゼ(低  $\text{Ca}^{2+}$  要求型)を世界で初めてほぼ単一にまで精製することに成功し、本酵素が筋原繊維を Z-line 付近で破壊すること、細胞  $\text{Ca}^{2+}$  濃度でも活性を示すことから、本酵素こそ細胞内タンパク質分解の主要酵素であると推定した。

ビタミンE欠乏ラットにおいて、 $\text{Ca}^{2+}$  活性化プロテアーゼ、カテプシンB活性を測定した結果、筋ジストロフィーになっていないにもかかわらずカテプシンB活性は上昇するが、 $\text{Ca}^{2+}$  活性化プロテアーゼには変化がないことを明らかにした。この結果は細胞内タンパク質分解の主要酵素はカテプシンB等のライソゾーム酵素ではなく、 $\text{Ca}^{2+}$  活性化プロテアーゼの可能性が高いことを示すと思われる。

放線菌培養ろ液中に、 $\text{Ca}^{2+}$  活性化プロテアーゼ阻害物質を検索し、鳥取県大山五合目付近でえられた菌のほか3種の菌が生産することを認め、これを大量培養する方法、さらにカラムクロマトを用いて部分精製する方法を確立した。

## REFERENCE

- 1) D. E. Goll, Y. Otsuka, P. D. Nagainis, S. K. Ssathé, J. D. Shannon and M. Muguruma, *Biochem. Soc. Trans.* 10, 280 (1982).
- 2) W. R. Dayton, D. E. Goll, M. G. Zeece, R. M. Robson and W. J. Reville, *Biochemistry*, 15, 2150-2158 (1975).
- 3) R. L. Mellgren, *Febs letters*, 109, 129 (1980).
- 4) A. Szpacenko, J. Kay, D. E. Goll and Y. Otsuka, "Proteinases and their inhibitors.: structure, function and applied aspects.", 151, Mladinska knjiga-Pergamon Press, Ljubljana, Oxford (1981).
- 5) B. J. Davis, *Ann. New York Acad. Sci.*, 121, 404 (1964).
- 6) K. Weber and M. Osborn, *J. Biol. Chem.*, 244, 4406-4412 (1969).
- 7) G. Fairbanks et al., *Biochemistry*, 10, 2606

- (1971).
- 8) S. V. Perry, "Methods in Enzymology", Vol. 2., p. 582, Academic Press, New York, (1955).
- 9) M. Mommaerts, J. Biol. Chem. 188, 559 (1951).
- 10) 平林民雄「生化学実験講座 15巻 筋肉」 p. 53, 東京化学同人, 東京, (1975).
- 11) R. Tsukui, S. Ebashi, J. Biochem., 73, 1119 (1973).
- 12) S. V. Perry and T. C. Grey, Biochem. J., 64, 184 (1956).
- 13) A. Okitani, U. Matsukura, H. Kato and M. Fujimaki, J. Biochem., 87, 1133 (1980).
- 14) Y. Otsuka and H. Tanaka, Biochem. Biophys. Res. Commun., 111, 700 (1983).
- 15) C. J. Duncan, J. L. Smith and H. C. Greenaway, Comp. Biochem. Physiol., 63c, 205 (1979).
- 16) Y. Otsuka and D. E. Goll, Fed, Proc. 39, 2044 (1980).

## 豚筋肉糖質の死後代謝に関する研究

## —とくにと殺前のインシュリン投与の影響について—

Studies on the Postmortem Glycogenolysis of Porcine Muscle  
—On the Influences of the Insulin Administration Preslaughter—

加 香 芳 孝 (鹿児島大学農学部)

## 1. 緒 言

外国系改良品種豚は異常肉質の発生が多く見られ、しかも呈味性に乏しいといわれるが、一方では産肉性に富み、発育が早く、繁殖能率も良いという利点がある。この利点を生かし、しかもと殺およびその後の経過の中で肉質を劣化させず、正常に保持することができれば豚肉生産上非常に有利である。

著者らのこれまでの研究結果から、異常肉質の発生がほとんどみられず、呈味性も良好といわれている在来のパークシャー種 (以下Bと略す) 豚の肉は、他の外国系改良品種豚の肉とくらべて遊離糖含量が多い<sup>1)</sup>ことがわかった。その原因として筋肉糖質の死後代謝中間体の追跡結果<sup>2)</sup>から、死後代謝の初期段階の進行がBでは遅く、とくにグルコース-6-リン酸 (G-6-Pと略す) の量が多いことに原因しているらしいことが推察された。

一方、異常肉質とストレス感受性との関係を考慮すると、と殺時のストレスにより誘起分泌されるホルモンの肉質に及ぼす影響が注目される。そこでニワトリを用いて各種ストレスホルモンのと殺前投与の影響を調べてみた<sup>3)</sup>ところ、インシュリン (Iと略す) のと殺前投与 (静注) は、死後の筋肉内における乳酸の生成速度、pHの低下速度を低下させ、逆にG-6-Pの残留量の顕著な増加をきたすことが見出された。そこで今回、予備的にミニ豚を用いて炭酸ガス麻酔と殺した場合と、

さらに、より実際的な観点から、出荷体重の豚、なかでも以前の研究から筋肉遊離糖含量が最も少ないことが見出されたハンプシャー (Hと略す) 種の去勢雄の成豚を用いて、電殺法によりと殺した場合の、豚肉の死後変化にたいすると殺前I投与の影響について調査検討した。

## 2. 実験方法

予備実験に使用したミニ豚は、鹿児島大学農学部家畜繁殖学研究室で閉鎖集団として自家繁殖したオーミニ系交雑種の同腹雌2頭 (9か月齢、生体重約30kg) であり、1頭は対照とし、他の1頭を試験区として耳静脈よりIを静注 (50 $\mu$ g/kg生体重)、3分経過後炭酸ガス麻酔 (CO<sub>2</sub> 67%) してから放血と殺した。また、成豚を用いた本実験では、生体重約90kgのB去勢雄2頭およびH去勢雄4頭を林兼畜産K. K. より、4頭は大分県農業技術センターより分譲をうけ使用した。このうちB2頭とH2頭は対照区とし、他を試験区として、いずれも耳静脈より前記の通りIを静注し、2頭は3分後、2頭は10分後、2頭は20分後に電撃失神後放血と殺した。と殺後直ちに胸最長筋 (LT筋と略す) および大腿二頭筋 (BF筋と略す) を取り出し、一部は直ちにビニール袋に入れて液体窒素に浸して急速凍結し、他は30分間氷冷してから4°Cに冷蔵しつつ、以後30分、1、3、6、12、24、48時間放置後一部をとり、急速凍結した。このように凍結した各試料は以後-20°Cに密封保

存し、随時分析に供した。と体の残部はと畜検査をうけたので、食肉業者に払い下げ、後日肉質の良否について問合せた。

糖質およびその代謝中間体の分析は、グリコーゲン、グルコース-1-リン酸 (G-1-P)、G-6-P、フラクトース-1,6-2リン酸 (F-1,6-P<sub>2</sub>)、ピルビン酸、乳酸を、全部または一部、Bergmeyer のインジケーター酵素分析法<sup>3)</sup>により定量した。pH は水-筋肉ホマジェネートをガラス電極で直ちに測定する方法によった。また、参考までにミニ豚のLT筋のみについてサイクリックAMP (cAMP) をラジオアイソトープ希釈法<sup>4)</sup>により定量した。

官能試験としては、食肉業者の肉質判断の聴取および研究室員とその家族による食味試験を行った。

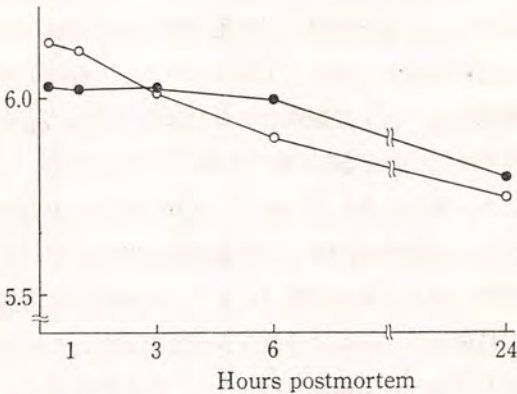


Fig. 1. Changes of pH of Longissimus thoracis muscle from miniature sows during the postmortem time course

○—○: Control  
●—●: Insulin injected

Miniature sow: Omini strain hybrid, litter-mate sow 9 months of age, ca. 30kg of body weight

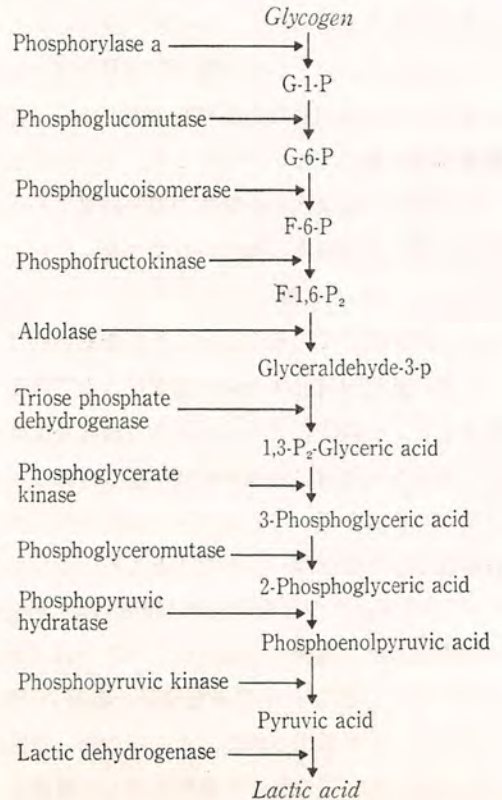
Insulin injection (0.5mg/mL, pH 3.2) was injected intravenously through auricular vein. Three minutes later, both sows were anaesthetized by inhalation of CO<sub>2</sub> gas (67%) for 3 minutes and then bled to death.

### 3. 実験結果

まず、ミニ豚のLT筋について経時的に分析した結果を Fig. 1, 2. に示した。I 投与区は対照に比して pH は緩やかに低下する (Fig. 1)。その原因である乳酸の生成も Fig. 2. に見られるように I 投与区は対照より緩やかに増加することがわかる。代謝中間体では、I 投与区はグリコーゲン、G-1-P の減少が遅れ、一方 G-6-P は経時的に増加し、対照より多くなっている。F-6-P は図中に示さなかったが、量的水準は異なるが G-6-P と同種の推移を示した。F-1,6-P<sub>2</sub>、ピルビン酸は両区の間で特別な傾向を示す差異は認められない。このような結果はニワトリについて実験した場合のそれとほぼ一致していた<sup>2)</sup>。

以上の結果から、麻酔と殺したミニ豚の場合、

Table 1. Flow chart of postmortem glycogenolysis in muscle



I のと殺前投与により、筋肉糖質の死後代謝は、とくにその初期段階で抑制されているものと考えられる。それは代謝中間体のうち、G-6-P、F-6-P の量が死後代謝が停止するまで時間とともに

上昇してくることからうかがわれる (Table 1 参照)。このような現象を説明するものとして、F-6-P より F-1, 6-P<sub>2</sub> への変化に関与しているグリコーゲノリシスの律速酵素として知られるホスホ

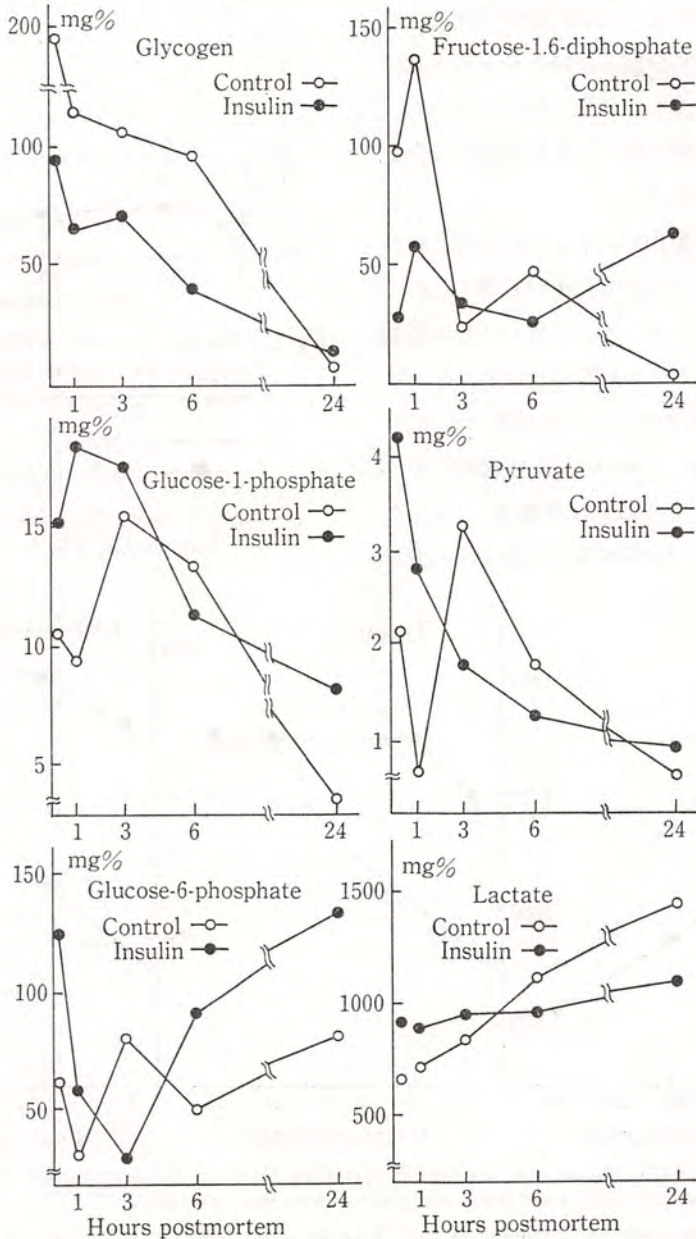


Fig. 2. Changes of various metabolites quantity found in the longissimus thoracis muscle from miniature sow during the postmortem time course

○: Control  
●: Insulin injected

Details about the animals used are the same as described in Fig. 1.

フルクトキナーゼ (PFK) にたいして、I が直接あるいは間接に作用しているのではないかと考えられる。この PFK にたいしては ADP, AMP が活性化因子として、ATP が阻害因子として作用することが知られているが、動物の死後、筋肉中の ATP は急速に分解し、ほとんどが IMP に変化してしまうこともよく知られているので、ATP による阻害は考え難く、I が阻害的に作用しているように思われる。

次に、生きていた動物がストレスを負荷されたとき、血糖を高める方向に糖代謝が亢進するが、これは直接的にはエピネフリン (E) の分泌促進が主因と見られている。この E の合成系にたいしては、cAMP の濃度の高まりが直接関与するので、ミニ豚の LT 筋の cAMP 含量を経時的に測定し比較してみた。その結果は Fig. 3. に示した通りであり、cAMP はと殺直後、I 投与区の方が

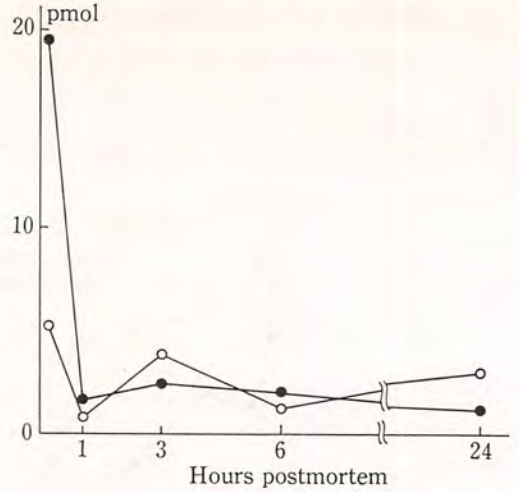


Fig. 3. Changes of cyclic AMP content found in the longissimus thoracis muscle from miniature sows during the postmortem time course

○: Control  
●: Insulin injected

Details about the animals used are the same as described in Fig. 1.

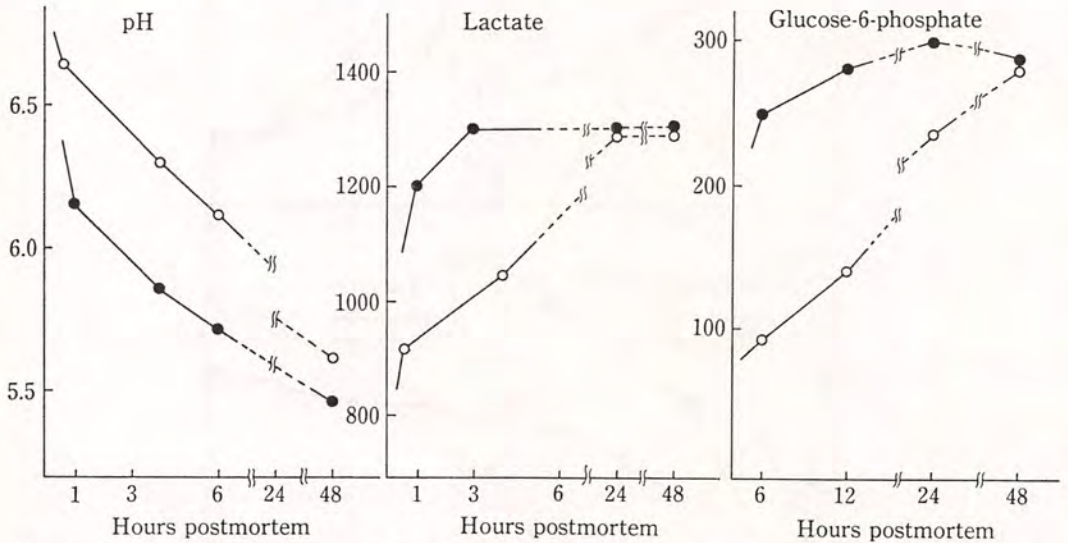


Fig. 4. Changes of pH, lactate and Glucose-6-phosphate found in the longissimus thoracis muscles from Berkshire barrows during the post mortem time course

Berkshire barrow: ca. 6 months of age, 90kg of body weight

All the barrows were electrically stunned and immediately bled to death, and then scalded without any further treatment.

Remark:

○: Normal  
●: This barrow had suffered the femoral fracture during transportation to the slaughter room.

対照より数倍高い値を示しているが、1時間後には両区とも急速に減少してしまつた。従つて死後の筋肉中では、cAMP は特別な働きはしていないのではないかと考えられる。

ミニ豚を用いて予備的に行つた実験結果から、ニワトリで以前得られた結果とほぼ一致する以上のような結果が得られたので、次の段階として、より実際的な問題として、出荷体重(90kg程度)の成豚を、電殺法でと殺した場合にもIのと殺前投与が筋肉糖質の死後代謝にたいして有効に作用するか否かを検討した。この場合、I投与後、と殺までの時間間隔による影響についてもあわせて検討した。なお、糖質代謝中間体の測定は、前記ミニ豚およびニワトリについての分析結果から、

I投与の影響は乳酸およびG-6-P含量が死後の経過時間とともに顕著に増加する点が特徴的であるので、この二者のみを指標として行うこととし、これとpHの測定を実施した。

現在までに分析を完了したLT筋について得られた結果をFig. 4, 5. に示した。Fig. 4. には参考的な対照として電殺した無処理のBについての測定結果を示したが、1頭はと殺までの輸送中の事故で、大腿骨骨折を起していたので、強いストレスを負荷されたことになるが、他の1頭は正常であった。従つて骨折豚の方はpHの低下、乳酸の生成が著しく急速である。しかもG-6-P量も最終的に正常なものより、やや高い値を示した。この点はニワトリを苦悶死(麻酔せず直接頸

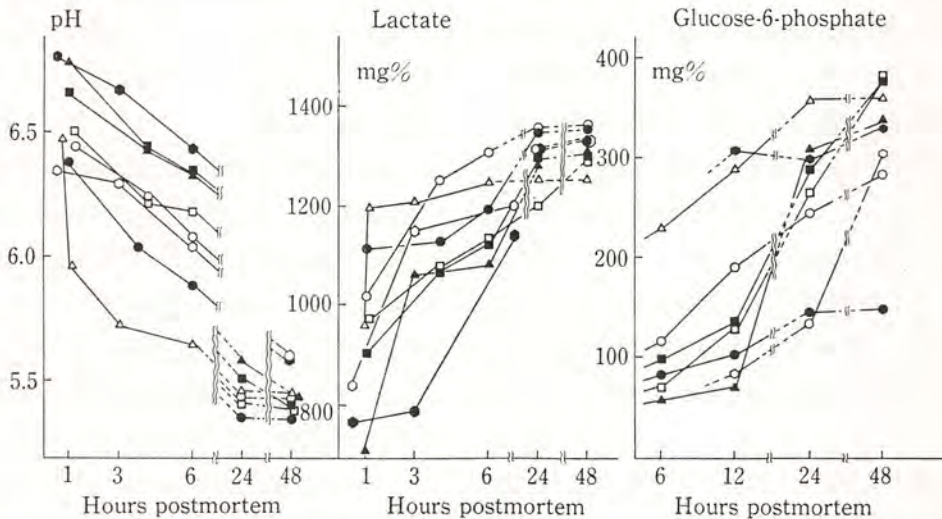


Fig. 5. Changes of pH, Lactate and Glucose-6-phosphate found in longissimus thoracis muscles from Hampshire barrows during the postmortem time course

Hampshire barrows: ca. 6 months of age, 90kg of body weight

Insulin solution (1.0mg/ml, pH 3.2) was injected intravenously through auricular vein.

With the respective time intervals shown below, all the barrows were electrically stunned and immediately bled to death, and then scalded.

- : Control
- △—▲— : slaughtered at 3 min after the Insulin-injection
- : " 10 min "
- ◇—◆— : " 20 min "

Remark : One of the barrows slaughtered at 10 min after the Insulin-injection shown as —△— was revived from fainting state by electric stunning just before bleeding to death.

静脈を切断し放血死させたもの)させた場合と同様な傾向を示しており<sup>2)</sup>、急速なpHの低下による糖質代謝系酵素の全般的な不活性化が原因と思われる。これにたいして正常豚の方は、図にみられるように緩やかなpHの低下、乳酸の生成、G-6-Pの増加が見られた。

つぎに Fig. 5. に電殺したHについて対照区ならびにI投与後、種々の時間間隔でと殺した豚について分析した結果を示した。この場合も、I投与後10分で電殺したものの1頭が、電撃失神後放血までの間に蘇生したが、そのまま刺殺したため、これもBの骨折豚の場合と同様、苦悶死の様相を呈し、48時間後にPSE症状、すなわち、急速なpHの低下、肉色の白色化が見られ、これも強いストレス負荷の結果と考えられる。このように、と殺時及び輸送等の取扱いの不備は、家畜にたいし著しいストレスを与え、結果として異常肉質を生じさせることが本研究の中でも明白にあらわれ、取扱い上の配慮の重要性が改めて強く認識させられた。しかしながら、他の豚は正常にと殺され、一応I投与の効果が認められる。

なお、BとHの対照区を比較すると明らかにBの方がHよりpHの低下、乳酸生成は緩やかで、G-6-Pの48時間後の含量においても多いことがわかる。

つぎにHのI投与区のなかで、I投与後、と殺までの時間間隔について見ると、pHの低下、乳酸生成、G-6-P量のいずれからもI投与後最長時間である20分放置してから電殺したものが最も有効であることが認められる。従って、後にのべる理由も含めて、成豚を電殺する場合はI投与後20~30分程度放置後にと殺するのが望ましい方法であると考えられる。

官能試験の結果は、まず、払い下げをうけた業者(小売業者)の判断する肉質は、異常のあった豚以外は、いずれも良好であると報告している。

また、食味試験は、研究室員およびその家族による試食の結果は異常のなかった肉はすべて正常と判定されている。

なお、BF筋については目下、分析中であるが、LT筋とほぼ同様の傾向を示している。

#### 4. 考 察

いうまでもなく、Iは膵島B細胞から分泌される蛋白性のホルモンであり、従って動物体内に投与後あまり長時間経過すれば生体内で分解(とくに肝、腎臓)されるので、投与後と殺までの時間は20~30分程度が適当と思われる。Iの血中濃度半減期は7~15分である<sup>5)</sup>とされているが、Iそのものは血中ではほとんど分解されることはなく、すべて生体組織の細胞膜と結合するか、細胞内に取り込まれることによって血中から消失する。従って、Iを放血と殺前に静注して、一定時間血液とともに循環させて体内各部に結合させ、その後にと殺すると筋肉糖質死後代謝を初期段階で適当に遅らせるので好結果が得られるものと考えられ、そのために20~30分程度の時間間隔をとるのが良いのではないかと思われる。

なお、以上のようなIの効果と、丁度対照的な効果を示すホルモンが膵島のA細胞より分泌されていることが知られている。それはグルカゴン<sup>6)</sup>であって、著者らはすでにニワトリを用いて実験し、その筋肉糖質の死後代謝にたいする効果を検討し、実際にIと対照的な効果を示すことを確かめている。このグルカゴンの作用は、ストレス負荷時、膵島より分泌されるが、筋肉にはこのホルモンにたいするリセプターがないため、直接作用せず、主に肝臓に作用してEの分泌を促進し、そのEの効果としてグリコーゲン分解によるグルコース新生を促進しているといわれている。

そこで一つの考え方として、と殺前にこのグルカゴンの分泌を抑制しておけば死後筋肉中のグ



リコーゲンの分解は抑制され、従って筋肉糖質の死後代謝調節にたいしてより有効ではないかと思われる。このグルカゴンの分泌を抑制するものとして、同じ膵島のD細胞より分泌されることが知られているソマトスタチン<sup>2)</sup>があるが、これは同時にIの分泌も抑制するので、ソマトスタチンとIを、と殺前に同時に投与すれば、より有効ではないかと考えられるので、新たな展開として今後検討したいと考えている。

## 5. 要 約

本研究は異常肉質を生じやすいが、産肉性に富むなど、肉生産上有利な特質をもつ外国系改良品種豚について、と殺時にうけるストレスの影響によって肉質が劣化し、異常肉質の発生や呈味性の低下などを防止する目的で、この目的に適合すると考えられると殺前インシュリン投与（静注）の効果各種豚12頭を用いて検討した。

その結果、このように処理された豚の肉はいずれも死後のpHの低下、乳酸生成の速度は緩やかとなり、また、死後代謝初期の中間体G-6-Pの

増加することが見出された。さらに食肉業者による肉質判定も食味試験の結果も良好であったことから、この方法の有効性が認められた。

なお、成豚（90kg前後）を電殺法でと殺する場合は、インシュリン投与後、と殺までの時間間隔は20～30分程度が適当と認められた。（本研究の一部は昭和58年度日本畜産学会第74回大会において講演発表した）

## 文 献

- 1) 加香芳孝・川井田博・上曾山博・青木孝良, 鹿大農学術報告, 33, 83~89 (1983)
- 2) 上曾山博, 鹿大大学院農学研究科・修士論文（未発表）(1982)
- 3) H. U. Bergmeyer, Methods of Enzymatic Analysis, Vol. 3, 2nd ed., Academic Press Inc., New York, (1974)
- 4) A. G. Gilman, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 67, 305~312 (1970)
- 5) 山本 清, ホルモンと糖質の代謝, 共立全書 227, 196頁, 共立出版KK, 東京, (1970)
- 6) 山本 清, ホルモンと糖質の代謝, 共立全書 227, 234~245頁, 共立出版KK, 東京, (1970)
- 7) 日本生化学会編, 生化学データブック I, 1, 319頁, 東京化学同人, 東京, (1979)

# 畜肉の死後硬直の生理学的研究

## Physiological Studies on Rigor Mortis of Muscle

伊藤肇躬・上曾山博(九州大学農学部)

### 1. 序論

通常家畜の筋肉はこれを屠殺後生じる死後硬直と、それに引続く解硬という過程をへて初めて食肉として食用に供せられる。死後硬直は屠殺後放血により筋肉への酸素および栄養の供給が止まり、それに伴い効率のよいTCAサイクルからのATPの供給が停止するとき、クレアチンキナーゼによるクレアチンリン酸からのATPの供給量や、解糖作用によるそれよりも筋細胞内のATPase活性が上回ることにより筋細胞中のATP濃度が低下し、これによりアクチンフィラメントとミオシンフィラメントとの間に強い結合(硬直結合)が生じる為に起こる筋肉の硬化現象である<sup>1,2)</sup>。

従って、死後硬直の強度にはアクチンフィラメントとミオシンフィラメントの重なり合いの大きさと、個々のアクチン・ミオシン分子間の相互作用の二つの要因が関与するものと考えられている<sup>3,4)</sup>。ところで、通常の生理的環境下においては筋肉の収縮・弛緩のサイクルはカルシウムイオン濃度に依存したトロポニン・トロポミオシンからなる調節系により制御されている<sup>5)</sup>。しかし、生理的塩環境に変動が生じた場合、とくに高温環境下においてカルシウムイオンに依存した調節系が如何なる反応を示すかについては現在のところ不明の点が多い<sup>6)</sup>。我々は先に筋小胞体を除去した収縮系(すなわち、筋細胞中の膜系は除去さ

れているが、収縮機械としての筋原線維はその構造と機能を保持している収縮系)であるグリセリン筋をATPを含む弛緩液に浸漬したまま、これを加温するとき生理的体温に比較して高熱と思われる温度域、すなわち、44°C前後で筋張力が発生し、冷却すると消失し、再度加温すると再び筋張力を発生するという知見を得た<sup>7)</sup>。これは熱によりトロポニン・トロポミオシンからなる調節系がカルシウムイオンにたいして脱感作状態となり、いわゆる熱拘縮を生じたために起る現象である<sup>8)</sup>。

そこで、本研究においては種々のpHおよび温度条件下における死後硬直の発生過程、すなわち、死後硬直に至る時間経過と筋肉の短縮度について調査するとともに、グリセリン処理した単一筋線維の熱拘縮に及ぼすpH、ATP濃度および温度の影響を調査することにより硬直に至る過程でのこれらの要因の影響を明らかにするとともに、アルカリ硬直と熱拘縮との関係についても論ずることとする。

### 2. 材料および方法

#### 2.1 硬直パターンの測定

無処理のウサギおよび体重1kg当り12.5Uのインシュリンを屠殺前12および24時間に耳静脈より投与したウサギの大腰筋から断面積約0.5cm<sup>2</sup>、長さ5cmの肉片を切り取り、これをリゴロメーター(Fig. 1. 参照)にセットし、5分間隔で25g

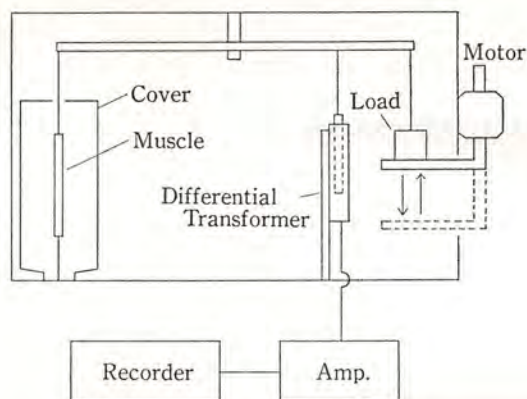


Fig. 1. Diagram of rigometer.

の荷重をかけたり、はずしたりする操作を繰り返す間に観察される筋肉の伸長さの変化、すなわち、硬直の発生過程を18°Cおよび38°Cの温度条件下で記録した。

### 2.2 単一筋線維の筋張力測定

ウサギ大腰筋よりグリセリン筋を常法により調製し<sup>9)</sup>、これより単一筋線維を取り出し実験に供した<sup>10)</sup>。単一筋線維の筋張力測定はテンションメーターにより行った<sup>10)</sup>。すなわち、まず筋線維の一端を固定したガラス棒に、他端をトランスデューサーに接続するガラス棒に接着した単一筋線維を各種組成よりなる弛緩液に浸漬し、その弛緩液の周囲に約55°Cの温水を循環させることによって弛緩液を加温する間に発生する筋張力をアンプを介してレコーダー上に記録した。最大張力の1/2の張力が得られる温度を熱拘縮の発生する温度とした。弛緩液の組成はTable 1. に示す通りで、pH値とATP濃度の組み合わせにより全部で20種類の弛緩液について温度依存性筋張力の測定を行った。

Table 1. Composition of relaxing solutions

KCl	50mM
MgCl <sub>2</sub>	4mM
EGTA	2mM
phosphate buffer (pH 6.4~7.6)	10mM
ATP	0.5~5.0mM

なお、弛緩液の液槽にサーミスターを入れ、これをアンプと記録計に接続して液槽内液の温度を記録した。

次に、グリセリン筋々束をpH 7.0、5mM ATPの弛緩液中で熱拘縮させた後直ちに18°Cまで冷却したもの、および、カルシウムイオンにより収縮させたものについて Laemmliの方法<sup>11)</sup>により7.5~20% アクリルアミドグラジエントゲルを用い、スラブ型SDSポリアクリルアミドゲル電気泳動を行い蛋白質組成を調査した。

### 3. 結果と考察

インシュリン処理によりアルカリ硬直を誘起させた筋肉の死後硬直のパターンと、通常の酸硬直のパターンを示す筋肉のそれとをFig. 2. に示した。図から明らかなように、通常低温短縮を伴わない温度下(18°C)<sup>12)</sup>における酸硬直の筋肉(屠殺直後のpH値7.25、と殺後12時間後のpH値5.74を示す筋肉)では完全に硬直するまでに12時間を要した。これにたいしアルカリ硬直筋(屠殺直後のpH値が7.25で、屠殺後9時間後のpH値が7.10のもの)では約9時間で完全に硬直に至った。本実験における荷重を負荷することによる筋の伸長と荷重を取り除いた時の筋長の戻りを示す筋の伸長性のパターンには、Bendallが示したようなDelay phase, Rapid phase および Post rigor phase の3相の明確な区別は見られず<sup>1)</sup>、直線的に徐々に低下した。また、死後硬直時において酸硬直パターンを示す筋では筋の短縮が見られなかったが、アルカリ硬直筋では約10%の短縮が認められた。さらに、アルカリ硬直を示す筋を38°Cでその硬直発生パターンを調べたところ、この場合も初期長にたいし17%の短縮が認められた。

このように酸硬直筋では筋の短縮が認められないのにたいし、アルカリ硬直を示す筋では硬直に

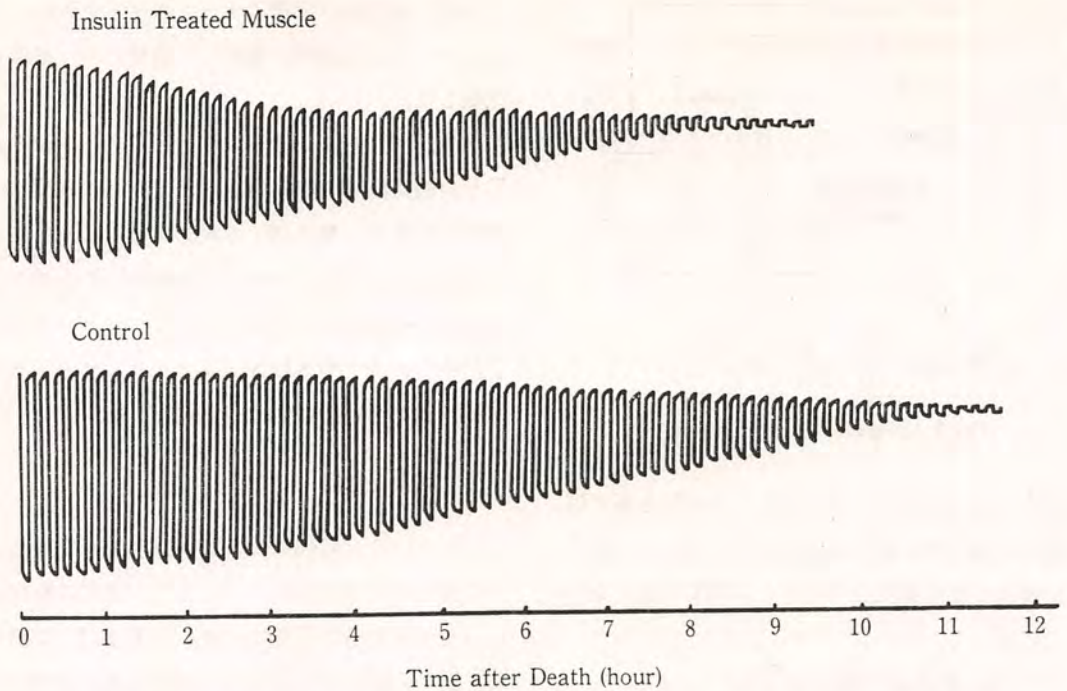


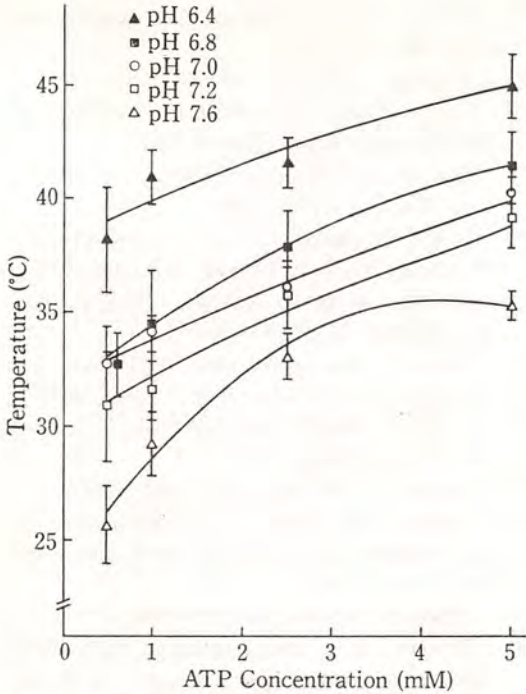
Fig. 2. Diagram of extension changes during rigor development in the rabbit psoas muscle. Muscle excised from rabbit carcass immediately after slaughter was set in a rigorometer held at 18°C.  
Control: pH change during rigor development was from 7.25 to 5.75.  
Insulin treated: pH change during rigor development was from 7.25 to 7.10.

に伴い明らかに筋長が短くなる現象，すなわち，短縮が観察された。このことから酸硬直とアルカリ硬直ではその硬直の機構あるいは硬直状態に何らかの相違が存在するのではないと思われる。

Fig. 3. には各種ATP濃度，pHおよび温度条件下において生じる筋張力とそれらの条件との関係を示している。それぞれの条件下において，熱拘縮を生じる温度に多少のバラツキが見られるのは主として筋線維断面積の違いによるものと思われる。いずれのpH値においてもATP濃度が低下するにつれて筋張力の発生する温度，すなわち，熱拘縮を引き起こす温度も低下した。しかし，pH値については，pH値が高くなる程筋張力の発生する温度は低下する傾向を示し，pH 7.6の場合においては5mMATP存在下でも体温より低い約35°Cで，また，pH 7.2の場合でも5mM

ATP存在下に約39°Cで，さらに，1mMATP存在下では約32°Cでそれぞれ熱拘縮を生じることが明らかになった。Fig. 2. でも明らかにしたように，一般に，酸硬直においては筋の短縮は通常伴わないといわれており<sup>1)</sup>，上記のFig. 3. に示した酸性領域における熱拘縮発生温度が通常の家畜の生体温より高いことから考えて，酸硬直時には熱拘縮に起因する筋の短縮は起らないものと思われる。これにたいし，アルカリ硬直筋においてはFig. 2. およびFig. 3. の結果からと殺後の屠体温の冷却が不十分の場合，熱拘縮に起因する筋の短縮を生じる可能性が大きいことを示唆している。

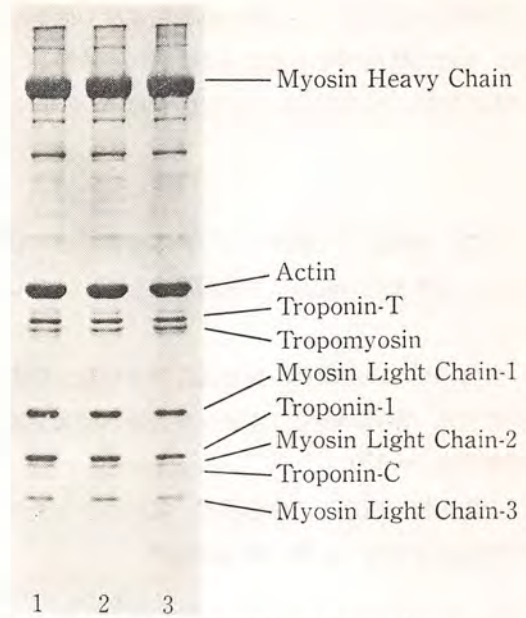
Fig. 4. には熱拘縮を生じた筋およびカルシウムイオン(0.1mM添加)により収縮させた筋のSDSポリアクリルアミドゲル電気泳動図を示



**Fig. 3.** Effect of pH and ATP concentration on heat contracture of single fiber. Tension measurements were conducted as described in the text.

している。図から明らかなように、いずれの蛋白質についてもその構成蛋白質に変化は生じていなかった。このことから **Fig. 3.** に示した単一筋線維の熱拘縮の結果は加温処理により筋蛋白質成分組成に変化が生じたために起った現象ではなく、カルシウムイオンによる調節系の脱感作によるものであることが示唆される。

さて、本実験結果はストレス感受性豚と相同性の高い豚悪性高熱症<sup>13)</sup>において見られる幾つかの臨床上の所見にも興味ある示唆を与えるように思われる。すなわち、悪性高熱症で観察される異常高熱は本研究で明らかにした熱拘縮発生条件に十分対応するものであることから、悪性高熱症における熱拘縮の機構を考える上に一つの示唆を与えるものと思われる。また、本研究結果はと殺後の温度管理、すなわち、屠体の早期冷却が Dark Cutting Beef や DFD 豚<sup>14)</sup> における筋の短縮を



**Fig. 4.** SDS polyacrylamide gel electrophoretograms of glycerinated rabbit muscle. 1. Muscle which was subjected to contraction by heating and then relaxed by cooling. 2.  $Ca^{2+}$ -treated muscle 3. Control

防止する上からもきわめて重要であることを示唆している。

#### 4. 要 約

無処理およびインシュリン処理したウサギの大腰筋の死後硬直パターンをリゴロメーターにより測定した。また、大腰筋より調製したグリセリン処理筋の単一筋線維を各種 pH および ATP 濃度を有する弛緩液に浸漬し、これを加温するとき生じる筋張力を測定した。

無処理のいわゆる酸硬直を呈する筋は 18°C においては完全に硬直するのに約 12 時間を要し、その間、筋の短縮は見られなかった。これにたいし、インシュリン処理区においてはと殺後約 9 時間で硬直を完了するとともに筋の短縮が生じた。この傾向は筋を 38°C に保持するとき一層顕著であった。単一筋線維の熱拘縮は同一 pH 条件下では A

TP濃度の低下につれて熱拘縮発生温度も低下した。また、熱拘縮発生温度はpH値にも依存し、pH値が高くなるにつれて低くなる傾向を示した。

なお、本報告の一部は下記の日本畜産学会大会および日本食肉研究会にて講演発表を致しました。

上曾山博, 伊藤肇躬, 重盛進, 沖谷明紘, 筋肉の熱拘縮 昭和58年度日本畜産学会第74回大会講演要旨集 p. 150.

上曾山博, 康宗玉, 伊藤肇躬 第24回日本食肉研究会講演要旨 p. 14 (昭和58年)

#### 文 献

- 1) Bendall, J.R. "The Structure and Function of Muscle," 2nd Ed., II, ed. Bourne, G.H., p. 243, Academic Press, New York (1973).
- 2) Murray, J.M. and Weber, A. *Scientific American* 230 : 58 (1974).
- 3) 伊藤肇躬 化学と生物 19 : 44 (1981)
- 4) Lawrie, R.A. "Meat Science," 3rd Ed., p. 334, Pergamon Press, Oxford (1979).
- 5) Ebashi, S., Endo, M. and Ohtsuki, I. *Quant. Rev. Biophys.* 2 : 351 (1969).
- 6) Fuchs, F., Hartshorne, D.J. and Barns, E. *M. Comp. Biochem. Physiol.* 51B : 165 (1975).
- 7) 沖谷明紘, 西村敏英, 加藤博通, 児玉定子, 重盛進, 伊藤肇躬, 深沢利行 投稿中
- 8) Fuchs, F. *Anesthesiol.* 42 : 584 (1975).
- 9) Huxley, H.E. *J. Mol. Biol.* 7 : 281 (1963).
- 10) Izumi, K., Ito, T. and Fukazawa, T. *J. Food Sci.* 42 : 113 (1977).
- 11) Laemmli, U.K. *Nature* 227 : 680 (1970).
- 12) Locker, R.H., Davey, C.L., Nottingham, P.M., Haughey, D.P. and Law, N.H. *Adv. Food Res.* 21 : 157 (1975).
- 13) 伊藤肇躬 肉の科学 17 : 30 (1976).
- 14) Briskey, E.J. and Kauffman, R.G. "The Science of Meat and Meat Products," ed. Price, J.F. and Schweigert, B.S., p. 367, W.H. Freeman & Co., San Francisco (1971).

## 食肉の熟成中にアクチン・ミオシン相互作用を 修飾する筋原線維性成分について

A Myofibrillar Protein Which Modifies Myosin-Actin Interaction  
on Storage of Meat

高橋 興 威 (北海道大学農学部)

### 1. 目 的

著者ら<sup>1)</sup>は、骨格筋Z線の構造がカルパイン不在下で、 $10^{-4}$ M $Ca^{2+}$ によって脆弱になること、およびこの $Ca^{2+}$ によって誘起されるZ区線の脆弱化こそ死後筋肉に特有なZ線の脆弱化の主因であることを報告した。筋原線維を $Ca^{2+}$ 処理すると、35K-、42K-、54K-および76K-ダルトン成分が遊離するが、 $\alpha$ -アクチニン是不変である<sup>1,2)</sup>。

また、著者ら<sup>3)</sup>は、死後硬直の解除すなわち食肉の軟化に関し、硬直時に短縮した筋節がその後の貯蔵期間に復元し、静止長になることを見出した。このことは、食肉の熟成中にアクチン・ミオシン相互作用がATP不在下で修飾され、アクチン・ミオシン間に形成されていた硬直結合が脆弱になるために筋節長が復元することを示唆している。実際、著者ら<sup>4)</sup>は、堅く結合した硬直複合体が硬直以降の食肉の熟成中に容易に解離するようになること、およびこのアクチン・ミオシン相互作用もまた、プロテオリシスではなく、 $Ca^{2+}$ によって誘起されることを明らかにした。

Z線の脆弱化とアクチン・ミオシン間結合の脆弱化のいずれもが $Ca^{2+}$ によって誘起されることから、これら2種類の現象の間には密接な関連があると予測し、両者の関係を明らかにするために本研究を行なった。

### 2. 方 法

家兎胸最長筋を実験材料として用いた。放血、剥皮、内臓摘出後のと体を1mM  $NaN_3$ に浸漬した後、ポリフィルムで包み、5°Cで貯蔵した。

筋原線維はEtlingerらの方法<sup>5)</sup>で調製したが、トリトンX-100およびデオキシコール酸処理は行なわなかった。

筋原線維の $Ca^{2+}$ 処理は前報<sup>1)</sup>に則って行なった：10mg/mlの筋原線維を0.1M KCl, 1mM  $CaCl_2$ , 1mM DTT, 1mM  $NaN_3$ および10mM トリスマレイン酸緩衝液(pH 7.0)に懸濁し、攪拌しながら5°Cに保持した。

アクチン・ミオシン相互作用の修飾度合は、前報<sup>4)</sup>に則って、細いフィラメントと太いフィラメントの解離量の測定から求めた。

Z線の脆弱度は、前報<sup>3)</sup>に則って、筋原線維の小片化率を位相差顕微鏡下で計数することにより求めた。

Ca抽出物の部分精製は次のようにして行なった：Perry and Greyの方法<sup>6)</sup>で調製した筋原線維20mg/mlを前記と同様に3日間 $Ca^{2+}$ 処理した後、10,000rpmで1分間ホモジナイズした。このものを12,000rpmで20分間遠心分離すると、筋原線維全蛋白質量の約8%に相当する部分がCa抽出物として上清に得られた。硫酸飽和度40~90%で沈殿する蛋白質を0.1M KCl, 1mM  $CaCl_2$ , 20mM トリス塩酸(pH 7.5)に溶解させ、

15,000rpm で 20 分間遠心分離した上清を“部分精製した Ca 抽出物”として供試した。このものの収量は筋原線維全蛋白質量の約 1.7% であった。

部分精製した Ca 抽出物がアクチン・ミオシン相互作用に及ぼす効果は、(1)新鮮な筋原線維からのフィラメント解離量、(2)再構成アクトミオシンの透明化期間の延長程度、および(3)再構成アクトミオシンの  $Mg^{2+}$ -ATPase 活性の阻害によって測定した。超沈殿は Ebashi の方法<sup>7)</sup> で、 $Mg^{2+}$ -ATPase によって遊離される Pi 量は Fiske and Subbarow の方法<sup>8)</sup> で測定した。

次の蛋白質は引用文献に記載してある方法で調製した。アクチン<sup>9,10)</sup>、ミオシン<sup>11)</sup>、トロポミオシン<sup>12)</sup>。再構成アクトミオシンにおけるアクチン：ミオシンは重量比で 1：3 とした。

### 3. 結果

#### 3.1 死後筋肉における変化

死後筋肉から経時的に筋原線維を調製し、Z 線

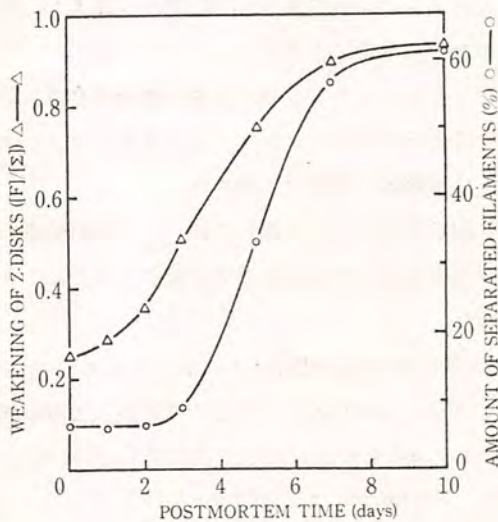


Fig. 1. Relationship between the amount of separated filaments and the weakening of Z disks in postmortem muscle. Myofibrils were prepared from rabbit back muscles which had been left on carcass and stored at 5°C. ○, amount of separated filaments; △, fragmentation index.

の脆弱化の程度およびフィラメントの解離量を測定すると、Fig. 1. に示す結果が得られた。Z 線の脆弱化は死後時間とともに増大し、7 日目に最大値に達するが、フィラメントの解離量は死後 2 日目から増加し始める。このように死後筋肉においては、初期の段階では Z 線の脆弱化が先行するが、その後、2 種類の変化は同様に進行することがわかった。

#### 3.2 アクチン・ミオシン相互作用に及ぼす $Ca^{2+}$ の効果

新鮮な筋原線維を  $Ca^{2+}$  処理すると、Z 線の脆弱化もフィラメントの解離量も同様に増加し、3 日後にはほぼ最大値に達した (Fig. 2)。一方、2 種類の変化はいずれも 5 mM EDTA の存在によって完全に抑制された。2 種類の変化の  $Ca^{2+}$  依存性は新鮮な筋線維束を供試した場合にも同様の

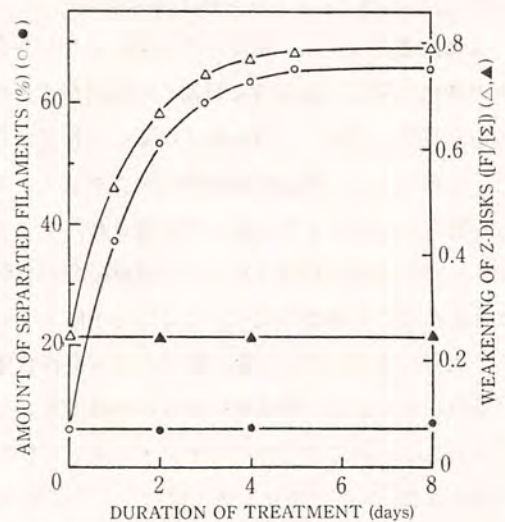


Fig. 2. Effects of  $Ca^{2+}$  on the amount of separated filaments and the weakening of Z disks. Freshly prepared myofibrils were incubated at 5°C in a solution containing 0.1M KCl, 1mM  $CaCl_2$ , 1mM DTT, 1mM  $NaN_3$ , and 10mM Tris-maleate buffer, pH 7.0 (open symbols). Solid symbols, 5mM EDTA instead of  $CaCl_2$ . After incubation with gentle stirring, the myofibrillar suspensions were homogenized, and the amounts of separated filaments (circles) and the fragmentation indexes (triangles) were measured.



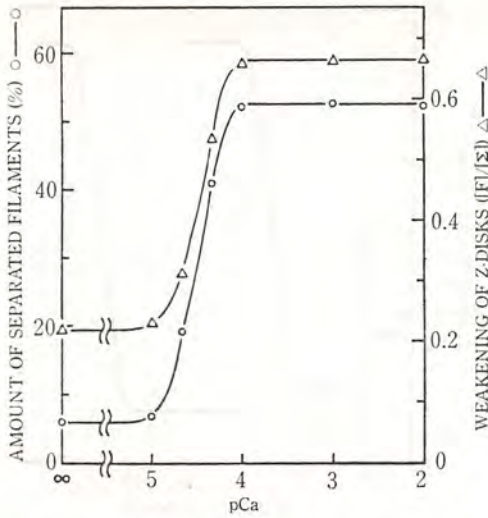


Fig. 3. Dependence of the amount of separated filaments on  $\text{Ca}^{2+}$  concentration. Freshly prepared myofibrils (10mg/ml) were incubated for 2 days at  $5^{\circ}\text{C}$  in a solution containing 0.1M KCl, 1mM DTT, 1mM  $\text{NaN}_3$ , 10mM Tris-maleate buffer, pH 7.0 and various concentrations of  $\text{CaCl}_2$ . After incubation with gentle stirring, the myofibrillar suspensions were homogenized, and the amounts of separated filaments (○) and the fragmentation indexes (△) were measured.

現象が認められたので、アクチン・ミオシン相互作用の修飾が  $\text{Ca}^{2+}$  によって誘起されること、およびZ線の脆弱化に附随して起ることが明らかとなった。

Fig. 3. はアクチン・ミオシン相互作用の修飾度合の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度依存性を示している。新鮮な筋原線維を種々の濃度の  $\text{Ca}^{2+}$  で処理した後にフィラメントの解離量を測定すると、 $10^{-3}\text{M}$   $\text{Ca}^{2+}$  以上で増加し始め、 $10^{-4}\text{M}$   $\text{Ca}^{2+}$  で最大となった。この  $\text{Ca}^{2+}$  濃度依存性はZ線の脆弱化のそれ<sup>1)</sup>と完全に軌を一にするものである。

### 3.3 アクチン・ミオシン相互作用を修飾する蛋白質成分

筋原線維を  $\text{Ca}^{2+}$  処理して得られるCa抽出物の量は、Z線の脆弱化と同様に、3日目で最大値を示し、筋原線維全蛋白質量の約8%となった (Fig.

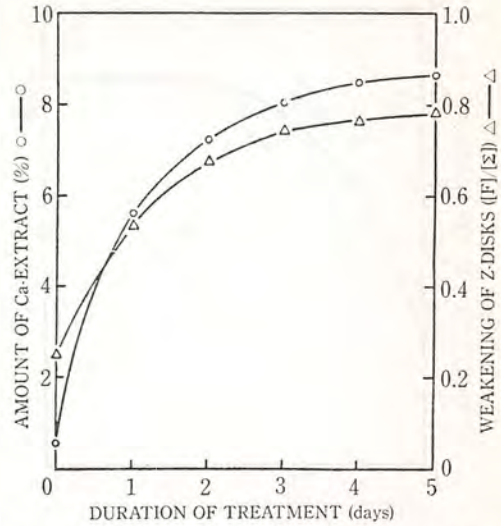


Fig. 4. Relationship between the  $\text{Ca}^{2+}$ -induced weakening of Z disks and the release of myofibrillar proteins. Freshly prepared myofibrils (10mg/ml) were incubated in a solution containing 0.1M KCl, 1mM  $\text{CaCl}_2$ , 1mM  $\text{NaN}_3$  and 10mM Tris-maleate buffer, pH 7.0. After incubation with gentle stirring, myofibrillar suspensions were homogenized, and the fragmentation indexes (△) and the amounts of released proteins, *i. e.* Ca-extract (○), were measured.

4)。Ca抽出物の抽出性は  $\text{Ca}^{2+}$  濃度に依存しており、Fig. 3. に示した  $\text{Ca}^{2+}$  によって誘起されるZ線の脆弱化やフィラメントの解離量と同様、 $10^{-5}\text{M}$   $\text{Ca}^{2+}$  以上で起り、 $10^{-4}\text{M}$   $\text{Ca}^{2+}$  で最大となった。

Fig. 5. は、部分精製したCa抽出物が新鮮な筋原線維に及ぼす効果を示している。フィラメントの解離量は部分精製したCa抽出物の添加量の増加とともに増え、1mgの筋原線維にたいして0.8mgの部分精製したCa抽出物を添加したときに最大となった。従って、部分精製したCa抽出物はアクチン・ミオシン相互作用を修飾する、と結論することができる。

Fig. 6. は、部分精製したCa抽出物が再構成アクトミオシンの超沈殿に及ぼす効果を示している。対照のアクトミオシンにおける透明化期間は

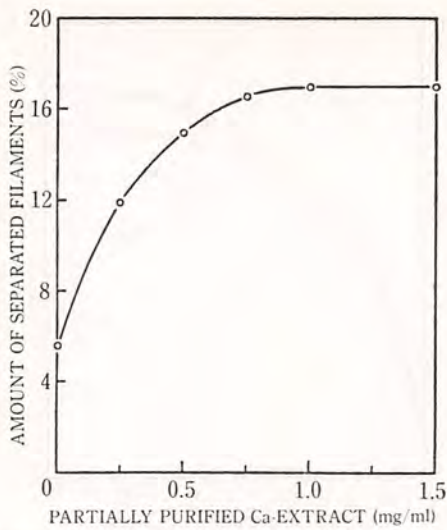


Fig. 5. Effect of the partially purified Ca-extract on the separation of filaments. Thirty min after the addition of various amounts of the partially purified Ca-extract to freshly prepared myofibrils, the amount of separated filaments was measured in the presence of  $\text{Ca}^{2+}$ . The final relaxing mixtures contained 1mg of myofibrils/ml, various amounts of the partially purified Ca-extract, 0.15M KCl, 1mM  $\text{CaCl}_2$ , 5mM  $\text{MgCl}_2$ , 5mM ATP, and 10mM K-phosphate buffer, pH 7.0.

約2分であるが、部分精製したCa抽出物を添加すると、透明化期の濁度が対照より低下するとともに、透明化期間が顕著に延長された。これらのことは、アクチン・ミオシン相互作用が部分精製したCa抽出物によって修飾されることを明確に示している。しかし、超沈殿完了時の最大濁度は、部分精製したCa抽出物の存否に関係なく一定値であり、また、部分精製したCa抽出物による透明化期間の延長効果は $10^{-7}$ ~ $10^{-3}$ Mの間で $\text{Ca}^{2+}$ 濃度に依存しなかった。

透明化期間の延長は部分精製したCa抽出物の添加量に依存している (Fig. 7)。1mgの筋原線維にたいして0.8mgの部分精製したCa抽出物を添加したときに、透明化期間の延長は最大となり、対照の約4倍となった。部分精製したCa抽出物を飽和量のトロポミオシンと置換した場合、

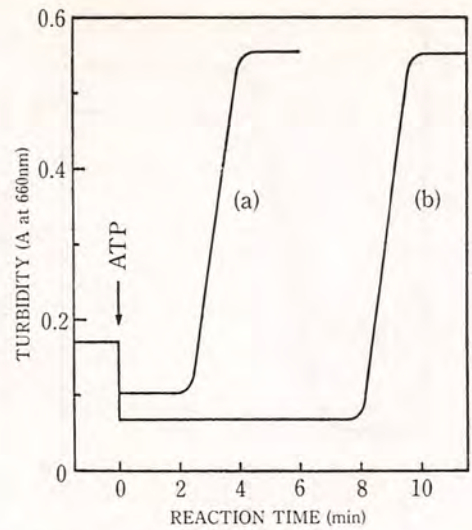


Fig. 6. Effect of the partially purified Ca-extract on superprecipitation of reconstituted actomyosin. To 1mg/ml of reconstituted actomyosin (0.25mg of actin plus 0.75mg of myosin), 0.8mg/ml of the partially purified Ca-extract was added. (a), Control; (b), plus the partially purified Ca-extract. Final concentrations in reaction mixtures were; 0.1M KCl, 1mM  $\text{CaCl}_2$ , 5mM  $\text{MgCl}_2$ , 0.3 mM ATP, and 20mM imidazole-HCl buffer, pH 7.0. At 25°C.

透明化期間の延長はわずか1.5倍に過ぎなかったし、また、トロポミオシンを $10^{-2}$ M  $\text{CaCl}_2$ , 5°Cで3日間処理しても、その作用にはなんの変化も生じなかった。従って、アクチン・ミオシン相互作用を修飾する蛋白質成分はトロポミオシンの変性産物ではないと結論できる。

Fig. 7. は、再構成アクトミオシンの $\text{Mg}^{2+}$ -ATPase活性にたいする部分精製したCa抽出物の効果もあわせて示している。このATPase活性は、ATPの添加後、直ちに超沈殿が起る条件下で測定したものであるが、部分精製したCa抽出物の添加量の増加とともに $\text{Mg}^{2+}$ -ATPase活性が低下し、1mgの再構成アクトミオシンにたいして0.8mgの部分精製したCa抽出物の添加で最低値を示した。このような $\text{Mg}^{2+}$ -ATPase活性の低下もまた、部分精製したCa抽出物がアクチン・ミオ

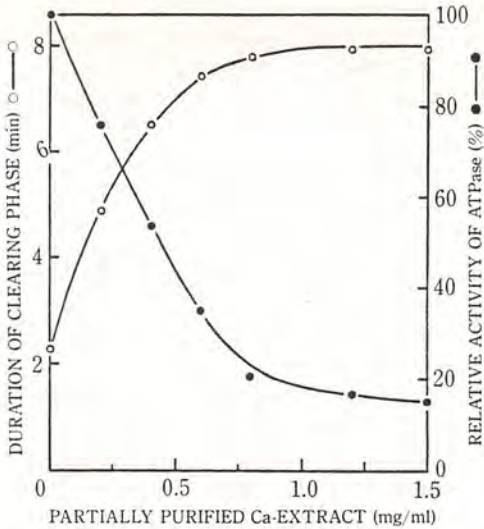


Fig. 7. Effect of the partially purified Ca-extract on the clearing phase and the  $Mg^{2+}$ -ATPase of reconstituted actomyosin. Duration of the clearing phase (○) was determined under the following conditions; 1mg of reconstituted actomyosin/ml, 0.1M KCl, 1mM  $CaCl_2$ , 5mM  $MgCl_2$ , 0.3mM ATP, and 20mM imidazole-HCl buffer, pH 7.0, and at 25°C.  $Mg^{2+}$ -ATPase activity (●) was measured under the conditions where turbidometric superprecipitation of control actomyosin took place immediately after the addition of ATP; 1mg of reconstituted actomyosin/ml, 75mM KCl, 1mM  $CaCl_2$ , 2mM  $MgCl_2$ , 0.3mM ATP, and 20mM imidazole-HCl buffer, pH 7.0, and at 25°C.

シン相互作用を修飾することを示している。

#### 4. 考 察

本研究で得られた結果は、食肉の熟成中にアクチン・ミオシン相互作用を修飾する蛋白質成分が存在することを示している。この成分は筋原線維の  $Ca^{2+}$  処理で遊離するCa抽出物を硫酸分画することによって回収できる。この成分が存在すると、筋原線維から解離する細いフィラメントと太いフィラメントの量が増大し、再構成アクトミオシンの透明化期間の延長や  $Mg^{2+}$ -ATPase 活性の抑制が惹起される。

アクチン・ミオシン相互作用にたいするこの成

分の効果は  $Ca^{2+}$  濃度に依存しないので、トロポニン-トロポミオシン系<sup>13)</sup>やI-蛋白質<sup>14)</sup>とは本質的に異なっている。又、トロポミオシンは0.09-0.12M KClの範囲で再構成アクトミオシンの超沈殿を遅延させることが知られている<sup>15)</sup>が、本研究で得られた成分にくらべてその効果ははるかに小さい。この成分は鎖重35Kで、多くの点でトロポミオシンと似ているが、アクチン・ミオシン相互作用の修飾に関してはトロポミオシンと全く異なっている(未発表)。

生筋においては  $10^{-6}M$  を境界とする  $Ca^{2+}$  濃度の微小変化によって収縮・弛緩が調節されており<sup>16)</sup>,  $Ca^{2+}$  濃度の調節は筋小胞体によって行なわれている<sup>17)</sup>。本研究で明らかにしたCa抽出物に含まれる蛋白質成分がアクチン・ミオシン相互作用を修飾するためには  $10^{-4}M$  の  $Ca^{2+}$  が必要であることから、この成分の効果が生筋において発現されることはないと考えられる。死後筋肉の非生理的条件下では、筋小胞体が  $Ca^{2+}$  蓄積能を喪失する<sup>18)</sup> ために、遊離の  $Ca^{2+}$  濃度が最終的に  $2 \times 10^{-4}M$  に上昇することが知られている<sup>19)</sup>。この  $Ca^{2+}$  濃度において、上記成分が筋原線維の局在部位から遊離され、アクチン・ミオシン間に形成された硬直結合を修飾することにより、枝肉の場合、死後硬直後の熟成期間に筋節長が復元するものと考えられる。死後筋肉においてはZ線の脆弱化がアクチン・ミオシン相互作用の修飾に先行する(Fig. 1)のにたいし、筋原線維の  $Ca^{2+}$  処理の場合には両者が同時平行して起る(Fig. 2)のは、上記成分の拡散速度の差によるものとしてよく理解できる。

本研究により、 $10^{-4}M$   $Ca^{2+}$  によって筋原線維の局在部位から遊離した蛋白質成分がアクチン・ミオシン相互作用を修飾し、死後硬直の解除すなわち熟成中に起る食肉の軟化の主たる要因になっていることが明らかにされたが、今後、アクチ

ン、ミオシンおよび本成分の三者間の相互作用を追究することにより、硬直の解除～食肉の軟化機構が解明されるものと期待される。

## 5. 要 約

アクチン・ミオシン相互作用を修飾する蛋白質成分が  $10^{-4}M$  の  $Ca^{2+}$  処理によって筋原線維から遊離する。この成分は、筋原線維からフィラメントの解離を誘起し、再構成アクトミオシンの超沈殿を顕著に遅延させる。熟成中の食肉においては、 $Ca^{2+}$  濃度の上昇に伴って、筋原線維の局在部位からこの成分が遊離し、アクチン・ミオシン間に形成された硬直結合を脆弱にするために筋節長の復元が起り、食肉が軟化すると考えられる。

## 文 献

- 1) Hattori, A. & Takahashi, K., J. Biochem., 92, 381, 1982
- 2) Hattori, A. & Takahashi, K., J. Biochem., 85, 47, 1979
- 3) Takahashi, K., Fukazawa, T., & Yasui, T., J. Food Sci., 32, 409, 1967
- 4) Takahashi, K., Nakamura, F., & Inoue, A., J. Biochem., 89, 321, 1981
- 5) Etlinger, J.D., Zak, R., & Fishman, D.A., J. Cell Biol., 68, 123, 1976
- 6) Perry, S.V. & Grey, J.C., Biochem. J., 64, 184, 1956
- 7) Ebashi, S., J. Biochem., 50, 236, 1961
- 8) Fiske, C.H. & Subbarow, Y., J. Biol. Chem., 66, 375, 1925
- 9) Rees, M.K. & Young, M., J. Biol. Chem., 242, 4449, 1967
- 10) Spudich, J.A. & Watt, S., J. Biol. Chem., 246, 4866, 1971
- 11) Perry, S.V., Methods in Enzymology Vol. II, 582, Academic Press, New York, 1955
- 12) Ebashi, S., Kodama, A., & Ebashi, F., J. Biochem., 64, 465, 1968
- 13) Ebashi, S. & Ebashi, F., J. Biochem., 55, 604, 1964
- 14) Maruyama, K., Kunitomo, S., Kimura, S., & Ohashi, K., J. Biochem., 81, 243, 1977
- 15) Katz, A.M., J. Biol. Chem., 239, 3304, 1964
- 16) Ebashi, S., Nature, 240, 217, 1972
- 17) Ebashi, S. & Endo, M., Progress in Biophysics and Molecular Biology Vol. 18, 123, Pergamon Press, Oxford, 1968
- 18) Greaser, M.L., Cassens, R.G., & Hoekstra, W.G., J. Agric. Food Chem., 15, 1112, 1967
- 19) Nakamura, R., Anal. Biochem., 53, 531, 1973

## 食肉の軟化と筋原線維の収縮能及びZ帯の構造との関連について

Studies on the Relationship among Meat Tenderness, Contractility  
of Myofibrils and Structure of Z-Disk

鈴木 敦士・野並 慶宣・熊谷 善博(新潟大学農学部)

## 1. 目 的

骨格筋の筋原線維Z帯は、筋原線維の収縮能と密接な関係をもち、Z帯の構造がこわれるにつれて、筋原線維の収縮能(張力発生能)は低下する<sup>1-3)</sup>。一方、筋肉の死後貯蔵中にZ帯が脆弱化し、死後硬直の解除及び食肉の軟化をもたらすことが知られている<sup>1,2,1)</sup>。

本研究では、食肉の軟化と筋原線維の収縮能及びZ帯の構造との関係を明らかにするための一つとして、家兎骨格筋を用い、Z帯をCa<sup>2+</sup>活性化酵素(CAF)<sup>4)</sup>、トリプシン及び低イオン強度溶液で処理し、構造の破壊と収縮能との関係並びに小片化の度合との関係を研究した。また、未知の点の多いZ帯構成成分中の、著者が発見したZ-ニン及び34,000ダルトンタンパク質<sup>5)</sup>の免疫学的な局在を研究した。

## 2. 方 法

とくにことわらない限り、本研究では家兎筋肉を用いた。

## 2.1 グリセリン筋の調製

屠殺直後の家兎腸腰筋を用い、常法により<sup>6)</sup>グリセリン処理筋を調製した。

## 2.2 筋原線維及びCAFの調製

筋原線維及びCAFの調製は、基本的にはBushらの方法<sup>7)</sup>に従ったが、CAFについては鈴木らの方法<sup>9)</sup>によって部分的精製を行なった。

## 2.3 Z帯の可溶化

低イオン強度溶液処理は、Stromerの方法<sup>9)</sup>に従い、1mM dithiothreitol (DTT)を含む2mM トリス塩酸(pH 7.6)液中で処理した。CAFによる可溶化は鈴木らの方法<sup>10)</sup>に従った。また、トリプシン処理は基本的にはGollらの方法<sup>11)</sup>に従った。

## 2.4 収縮性の観察

基本的にはSungらの方法<sup>12)</sup>に従い、Z帯に各種の処理を施したグリセリン筋を標準液(100mM KCl, 1mM MgCl<sub>2</sub>, 6.7mM Phosphate, pH 7.0)で洗浄後、収縮液(50mM KCl, 10mM MgCl<sub>2</sub>, 1mM ATP, 6.7mM Phosphate, pH 7.0)を加え、収縮の様子を光学顕微鏡で観察した。試料の一部は鈴木らの先の報告<sup>13)</sup>のように固定包埋して電顕用の試料とした。

## 2.5 筋原線維の小片化

基本的には高橋らの方法<sup>14)</sup>に従い、39mM borate, 100mM KCl, 5mM EDTA, pH 7.1溶液中に、グリセリン筋の濃度が20mg/mlとなるように調整し、15,000rpmで60秒ホモゲナイズした後、顕微鏡で観察し、小片化の程度を計算した。観察した筋原線維総数を $\Sigma$ とし、1~4の筋節からなる筋原線維数をFとし、 $F/\Sigma \times 100$ で表示した。

## 2.6 免疫学的な研究

Z-ニン及び34,000ダルトンタンパク質を鈴木らの方法<sup>5)</sup>により調製し、Freundの不完全アジ

ユバンドと混ぜ、雄の成鶏の皮下に2週間毎に4回注射した。最終注射の10日後に抗血清を採取し、 $\gamma$ -グロブリン画分を Nicol と Deutch の方法<sup>15)</sup>により調製した。免疫電顕に供する試料は、Craig と Offer の方法<sup>16)</sup>により、細くさいたグリセリン筋を0.1M KCl, 1mM MgCl<sub>2</sub>を含む5mM リン酸緩衝液(pH 6.8)で洗ってグリセリンを除いた後、1mgの $\gamma$ -グロブリンを含む同緩衝液で0℃、一晚反応させた。結合しない抗体を同緩衝液で洗った後、大槻の方法<sup>17)</sup>により固定包埋して電顕用の試料とした。

## 2.7 電子顕微鏡による観察

収縮前後の筋原線維の微細構造並びに、Z-リン及び34,000ダルトンタンパク質のZ帯への局在を日立H-300電子顕微鏡により観察した。

## 2.8 タンパク質濃度の定量

マイクロケルダール法により標準化したビュラレット法<sup>18)</sup>により定量した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 筋原線維Z帯の脆弱化と収縮能

家兎筋肉から調製したグリセリン筋を、CAF、トリプシン及び低イオン強度溶液で処理し、Z帯

の経時的な脆弱化と収縮能との関係を光学顕微鏡で観察した結果、既報<sup>3)</sup>のようにCAF及びトリプシン処理の場合、著しい収縮性の低下を示し、ある処理時間に達すると、完全にその収縮能を失ってしまう。低イオン強度溶液で処理した場合は、その収縮能はZ帯の可溶化につれて低下するが、完全にその収縮能を失なうことは、本研究の範囲では認められなかった。低イオン強度溶液処理は、CAFやトリプシンといった酵素処理とは異なり、Z帯の構成成分を完全に分解することがないためである。また、同じようにZ帯を除去する能力を持っていても、CAFとトリプシンとでは、その作用機構に差のあることは本研究者等によっても報告されている<sup>10)</sup>。

次に、各処理後の筋原線維並びに処理前(対照区)の筋原線維の収縮前後の微細構造を図1~4に示す。CAF処理(図1)及びトリプシン処理(図2)の場合、Z帯がほぼ完全に除去されるために、収縮液を加えても、先に述べたように収縮は認められず、トリプシン処理の場合にはZ帯以外の構造もかなりの変化を受けるために、明瞭な像を得難かった。低イオン強度溶液処理の場合(図3)まだ収縮能が残っているが、その収縮機

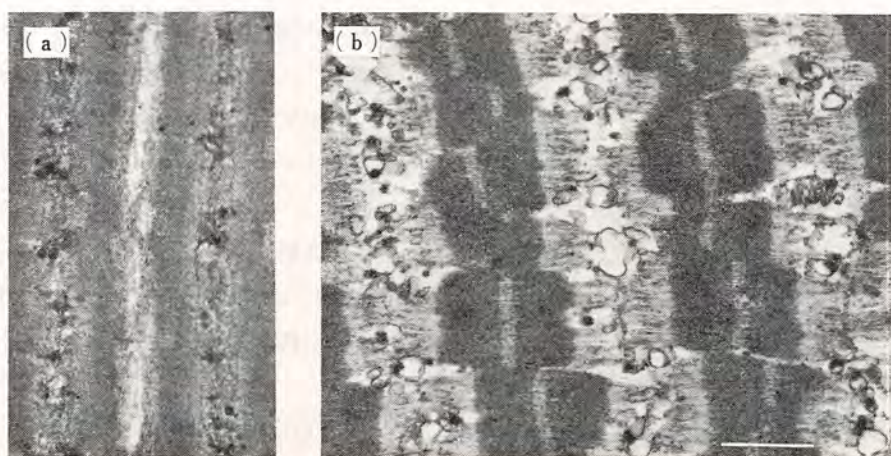


図1 CAF処理したグリセリン筋の収縮前後の微細構造。(3時間処理)  
(a) 収縮前, (b) 収縮後 (×12,000)

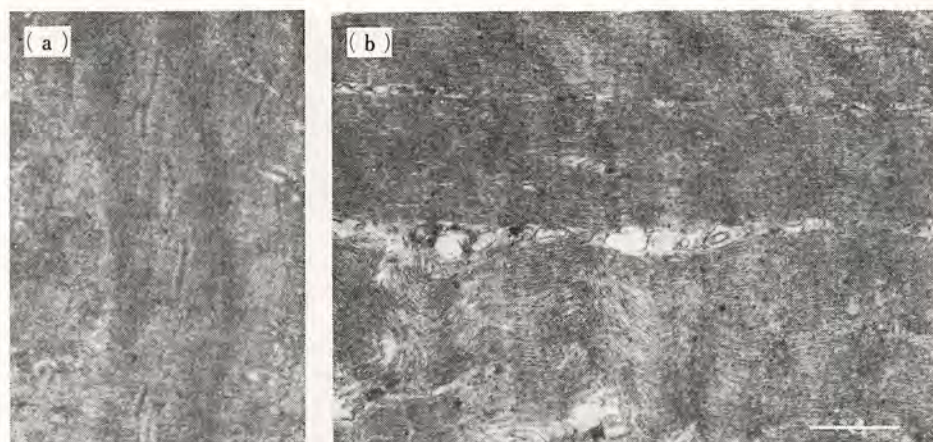


図2 トリプシン処理したグリセリン筋の収縮前後の微細構造。(2分処理)  
(a) 収縮前, (b) 収縮後 (×12,000)

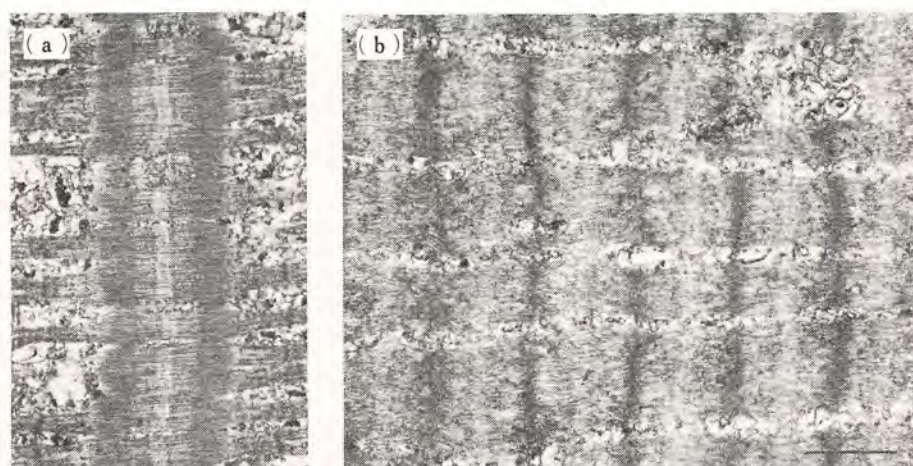


図3 低イオン強度溶液処理したグリセリン筋の収縮前後の微細構造。(30日処理)  
(a) 収縮前, (b) 収縮後 (×12,000)

構は未処理の対照区(図4)にくらべて異なっていた。すなわち、未処理の場合には、収縮によりI帯が消え、A帯の中央に細いフィラメントの重なりあった収縮帯を生じ、Z帯の一部が破壊されるのが認められた。これにたいし、低イオン強度溶液で処理した場合には、A帯中央の収縮帯は認められず、もとZ帯が在った場所に、その両側から細いフィラメントが集まるのが特徴的であった。

### 3.2 筋原線維Z帯の脆弱化と小片化

グリセリン筋を、CAF、トリプシン及び低イオン強度溶液で処理した場合の小片化の度合を図5に示す。CAF処理の場合(図5-a)処理時間1時間以内で小片化は急激に進み、その後は徐々に増加する。トリプシン処理の場合(図5-b)も、小片化は2分以内に急速に進み、その後は少しずつ増える。低イオン強度溶液処理の場合(図5-c)は、経時的に小片化が進行し、50日経過後も、CAFやトリプシンといった酵素処理にくらべて、その小片化の度合は低い。低イオン強度溶

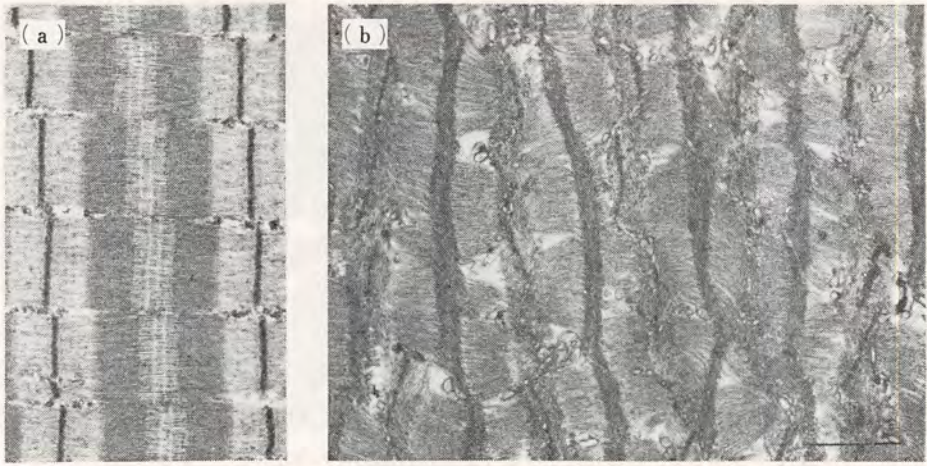


図4 Intact なグリセリン筋の収縮前後の微細構造  
(a) 収縮前, (b) 収縮後 (×12,000)

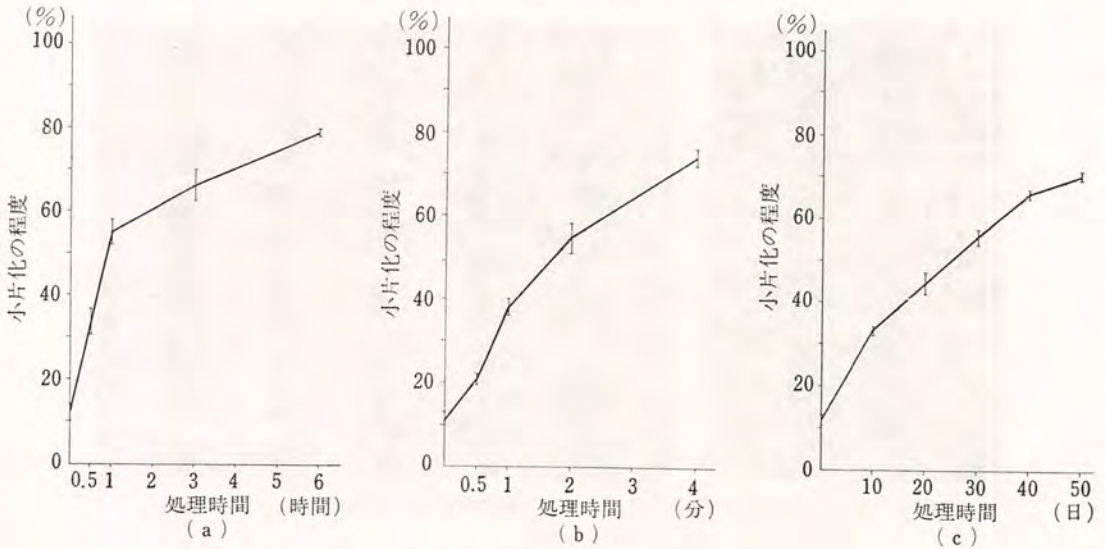


図5 筋原線維Z帯の脆弱化と小片化  
(a) CAF処理, (b) トリプシン処理, (c) 低イオン強度溶液処理

液の場合、Z帯の可溶化が徐々に進み、酵素処理とは異なり完全に除去されることがないことの反映である。

この小片化に関する研究結果は、前述のZ帯の脆弱化と収縮能の研究で得られた結果とよく一致している。すなわち、Z帯の脆弱化が進めば、収縮能は低下し、小片化は増加するというのである。これは、Z帯が脆弱化すれば、食肉の柔軟性が増加するということの1つの証拠である。Z帯

のいかなる成分が可溶化すれば、それが食肉の軟化に直接結びつくかは、Z帯の構成成分の完全解明とともに、今後に残された重要な問題である。

### 3.3 Z-ニン及び34,000ダルトンタンパク質の免疫学的な局在

Z-ニン及び34,000ダルトンタンパク質の間接蛍光法によるZ帯への局在は、著者等により、すでに発表されているので<sup>19,20)</sup>、本研究では電顕レベルでの局在を検討した。その結果は、図6～8



に示す。これらの図から、Z-ニン、または34,000ダルトンタンパク質にたいする $\gamma$ -グロブリンが筋原線維Z帯に強く吸着されていることが明らかである。免疫反応を行なった筋原線維のZ帯の密度と幅は(図7または8)、対照区(図6)にくらべて増加しており、これは抗原抗体反応の結果によるものと考えられる。この結果Z-ニンと34,000ダルトンタンパク質がZ帯全体に存在しているこ

とが明らかになった。

Z-ニンや34,000ダルトンタンパク質がZ帯の周辺部に存在するのか、あるいは内部に存在するのか、また、Z帯の構成成分と考えられている $\alpha$ -アクチニンやデスミンといったタンパク質とどのような仕組でZ帯が構成されているのかは、今後の重要な研究課題である。他方、食肉の軟化という点から、Z-ニンや34,000ダルトンタンパク質

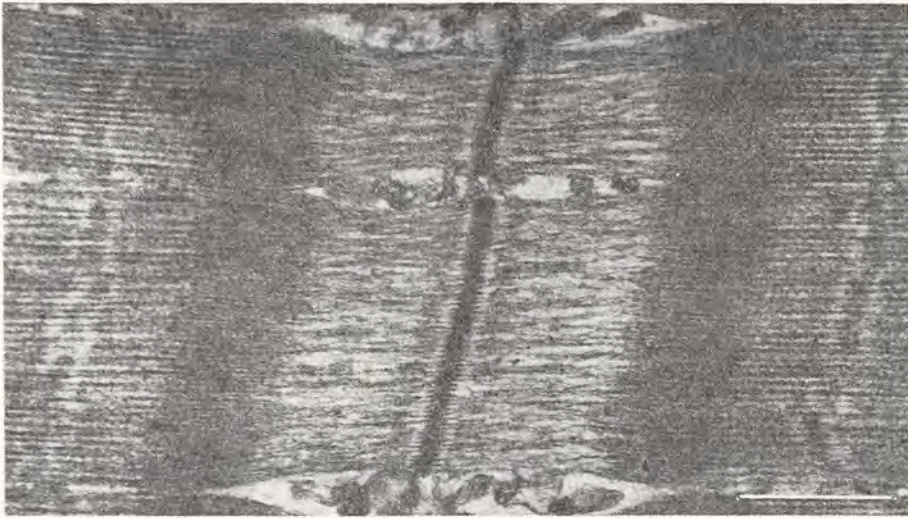


図6 免疫電顕のための Control.  
( $\times 40,000$ )



図7 抗Z-ニン抗体と反応させた筋原線維の電顕像  
( $\times 40,000$ )

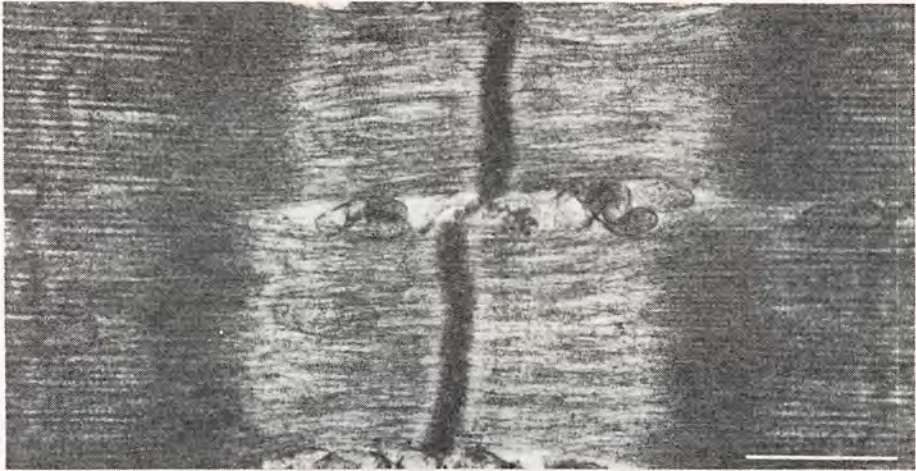


図8 抗34,000ダルトンタンパク質抗体と反応させた筋原線維の電顕像  
( $\times 40,000$ )

の貯蔵中の消長を追跡する研究が著者の研究室で進められている。

#### 4. 要 約

食肉の軟化と筋原線維の収縮能及びZ帯の構造との関係を明らかにするための一つとして、家兎骨格筋を用い、Z帯を $\text{Ca}_2^+$ 活性化酵素(CAF)、トリプシン及び低イオン強度溶液で処理し、構造の破壊と収縮能の関係並びに小片化の度合との関係を研究した。また、Z帯構成成分のうちの、著者の発見したZ-ニン及び34,000ダルトンタンパク質の免疫学的な局在を研究した。

CAF、トリプシン及び低イオン強度溶液処理によりZ帯が脆弱化するにつれて、筋原線維の収縮能力は低下し、小片化の度合は高くなることが判った。これは、Z帯が脆弱化すれば食肉の柔軟性が増すということの一つの証拠である。

低イオン強度溶液処理の場合、CAFやトリプシン処理とは異なり、収縮能が完全に失なわれることはなく、また、小片化の度合も小さかった。これは、Z帯の構造が酵素処理とは異なり、完全に破壊されることのないためである。

Z-ニン及び34,000ダルトンタンパク質にたいする抗原抗体反応を電顕レベルで観察した結果、両タンパク質ともに、Z帯全体に局在していることが明らかになった。

#### 5. 謝 辞

本研究に御協力いただいた、本学畜産学科大学院生、山田孝和君及び斉藤瑠美子技官に感謝いたします。また、本報告書の電子顕微鏡写真は、本学中央電顕室、斉藤信技官によるものであることを記して謝意を表します。

#### 文 献

- 1) D. E. Goll, M. H. Stromer, D. G. Olson, W. R. Dayton, A. Suzuki and R. M. Robson., Proc. Meat Ind. Res. Conf., 75 (1974).
- 2) I. F. Penny, "Developments in Meat Science-1," p. 115, Applied Science Publishers, London, 1980.
- 3) A. Suzuki, T. Yamada, M. Saito and Y. Nonami, Agric. Biol. Chem., 45, 2527 (1981).
- 4) 鈴木敦士, 化学と生物, 19, 182 (1981).
- 5) A. Suzuki, M. Saito, A. Okitani and Y. Nonami, Agric. Biol. Chem., 45, 2535 (1981).
- 6) 北沢俊雄, "生化学実験講座・15巻, p. 281, 東京化学同人, 東京, 1975年

- 7) W. A. Busch, M. H. Stromer, D. E. Goll and A. Suzuki, *J. Cell Biol.*, **52**, 367 (1972).
- 8) A. Suzuki, M. Saito, H. Sato and Y. Nonami, *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 2111 (1978).
- 9) M. H. Stromer, D. J. Hartshorne, H. Mueller and R. V. Rice, *J. Cell Biol.*, **40**, 167 (1969).
- 10) A. Suzuki, Y. Nonami and D. E. Goll, *Agric. Biol. Chem.*, **39**, 1461 (1975).
- 11) D. E. Goll, W. F. H. M. Mommaerts, M. K. Reedy and K. Seraydarian, *Biochim. Biophys. Acta*, **175**, 174 (1969).
- 12) S. K. Sung, K. Izumi, T. Ito and T. Fukazawa, *Agric. Biol. Chem.*, **41**, 1087 (1977).
- 13) A. Suzuki, M. Saito and Y. Nonami, *Agric. Biol. Chem.*, **41**, 1095 (1977).
- 14) K. Takahashi, T. Fukazawa and T. Yasui, *J. Food Sci.*, **32**, 409 (1967).
- 15) J. C. Nicol and H. F. Deutsch, *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 80 (1948).
- 16) R. Craig and G. Offer, *Proc. Roy. Soc. Ser. B*, **192**, 451 (1976).
- 17) 大槻磐男, “生化学実験講座・15巻, p. 457, 東京化学同人, 東京, 1975年
- 18) A. G. Gornall, C. S. Bardawill and M. M. David, *J. Biol. Chem.*, **177**, 751 (1949).
- 19) A. Suzuki and Y. Nonami, *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 1103 (1982).
- 20) A. Suzuki and Y. Nonami, *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 1977 (1982).

## メトミオグロビン還元酵素による

### 食肉中ミオグロビンの安定化

Stabilizing Effect of Myoglobin in Meat by Metmyoglobin Reductase

米 山 良 昌 (金沢大学医学部)

#### 1. はじめに

ミオグロビンは筋肉中に含まれるヘム蛋白質であり、筋収縮に必要なATPの産生に参与する酸素をヘモグロビンから受け取り、保持し、筋ミトコンドリアへ酸素を供給するという重要な生理的役割を担っている。このような役割を円滑に果たすためには、ミオグロビンのヘム鉄が常に2価に保たれていることが必須である。しかし、ミオグロビンは種々の酸化剤や、そのままの放置によって簡単に3価に酸化され、酸素の結合離脱能を失う。この傾向は、同じヘム蛋白で酸素運搬に役割を果たすヘモグロビン(Hb)よりは強い。従って、生体内では、生成する3価ヘム鉄をもつメトミオグロビンを2価に還元する何らかの系が存在するはずである。これらが酵素的反応なのか、非酵素的反応なのかを含め、現在ほとんど解明されていないが、ミオグロビンの安定化と筋肉の収縮活動の維持に重要な役割を担っていると考えられる。

今回、我々は、メトミオグロビン還元に関与すると考えられる酵素をブタ心筋より抽出し、それを単一にまで精製した。この酵素の蛋白質としての性質を検討した結果を中心に、メトミオグロビン還元に関与する本酵素の可能性を議論した。また、この結果に基づき人体に無害な方法でミオグロビンを2価に保つ方法についても考察した。

#### 2. ブタ心筋のチトクロム b<sub>5</sub>還元酵素の精製

精製は、心筋ホモジネートの8,000×g 15分の遠沈上清より出発し、硫酸分画(40~70%飽和)、Ultrogel AcA-54ゲル濾過、ADP-アガロースによるアフィニティクロマトグラム、Sephadex G-100ゲル濾過、DE-32イオン交換クロマトを用いて行なった。DE-32カラムで活性は2つのピークを示したが、一方はMinorであり、残りのMajor活性について、以下その性質を検討した。Major活性は心筋ホモジネートの8,000×g上清に比べ、16,000倍の比活性を示し、収率は、2.3%、SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動で単一バンドを与えた。

#### 3. 精製酵素の分光学的、酵素化学的性質の検討

この精製酵素はSDS-ポリアクリルアミドによる電気泳動の測定で、分子量は32,000であった。吸収スペクトルは、フラビン含有蛋白に特徴的なパターンを示し、460nmの吸収強度に対する278nmの吸収強度の比は6.9と他の臓器由来のチトクロム b<sub>5</sub>還元酵素と同等の値を示した。フラビンの分子種はFADで、酵素蛋白1分子当り1分子結合していた。等電点電気泳動では、pIが5.8であった。還元基質としては、フェリシアン化カリウムが最も還元される速度が早いですが、生体内の物質では、チトクロム b<sub>5</sub>が最も速く還元さ

れ、チトクロムCの還元はかなり遅かった。電子供与体としてはNADHがNADPHよりはるかに有効であった。KmはNADH, チトクロム $b_5$ , ジクロロフェノール, インドフェノール(DCIP)に対してそれぞれ $3.0 \times 10^{-6}M$ ,  $6.7 \times 10^{-6}M$ ,  $6.2 \times 10^{-5}M$ であった。 $V_{max}$ はチトクロム $b_5$ , DCIPに対し, それぞれ $185.2 \mu\text{moles/mg 蛋白/min}$ ,  $59 \mu\text{moles/mg 蛋白/min}$ であった。メトミオグロビンの還元に関しては, 還元型チトクロム $b_5$  1 mg 当り, 1 分間に $30 \mu\text{moles}$ が還元されることが明らかとなった。

#### 4. ミオグロビンの安定化とチトクロム $b_5$ 還元酵素

以上の所見から, この酵素の特性は多くの点で赤血球中のメトヘモグロビン還元酵素と極めてよく似ていることが分かった。心筋におけるチトクロム $b_5$ の存在に関しては, 未だ確定していないが, 一応, メトミオグロビン還元は図1の経路で進行すると考えられる。

この経路が活発に働くためには, NADHの供給を十分に行うこと, チトクロム $b_5$ 還元酵素活性を保つこと, チトクロム $b_5$ の安定性などが重要である。チトクロム $b_5$ は存在量が僅かであっても再利用(反応が回転)できること, また比較的安定な蛋白であることから問題はない。

今回の我々の実験, 及び赤血球内のチトクロム $b_5$ 還元酵素の性質から, 本酵素はフラビンの離脱によって失活することが明らかとなった。この防

止には1 mMのEDTAが必要不可欠である。またフラビン, SH基の保護剤としての還元型グルタチオン, 抗酸化剤としてのビタミンEの補給は, 酵素活性の維持に大いに寄与することができると思われる。さらに, 今後, 本酵素反応の温度依存性(低温で反応が進行するか), 蛋白分解酵素にたいする抵抗性について, またpH依存性(チトクロム $b_5$ の還元最適pHは5.5付近だが, メトミオグロビンの還元はどうか)について検討する必要がある。一方, 筋肉内のpHの変化, 蛋白分解酵素活性の変動, NADHのレベルの変化についても検討する必要がある。

以上, ミオグロビンの酸化防止機構の一つとして, メトミオグロビンの還元反応へのチトクロム $b_5$ 還元酵素の関与の可能性をのべたが, 従来, 色合いの維持のために用いられた $\text{NO}_2^-$ が, メトミオグロビンに結合してそのスペクトルをかえることで役割をしてきたのとは異った型でミオグロビンの安定化に役立つことが考えられる。本研究は, その端緒を拓いたもので, 今後さらに詳細な検討が必要であることを痛感している。

#### 5. ミオグロビンの安定化に有効で人体に無害な物質の検索

以上の結果および考察などより, フラビン, EDTA, メトミオグロビンの直接的な還元剤であるアスコルビン酸, 還元型グルタチオン, ビタミンEなどの補助因子, 還元剤, 抗酸化剤などが有効と考えられる。多くの場合還元剤は嫌気的条件

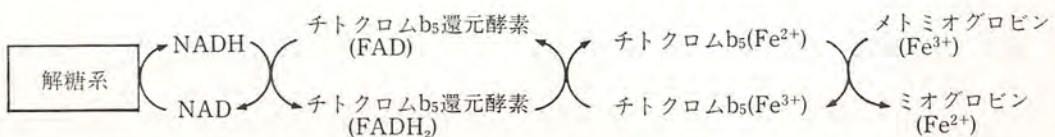


図1 メトミオグロビン還元経路

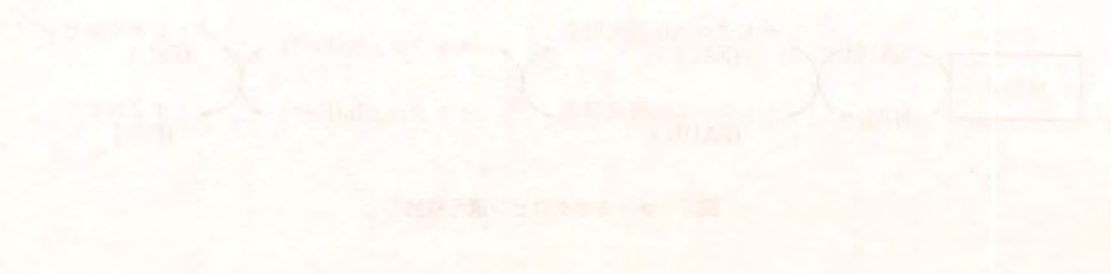
下でとくに有効になる。またフラビンと EDTA と光（フラビンの吸収光）は強力な還元作用をヘム蛋白にすることができる。

しかしこれらの実施にあたっては、有効量、有効期間、味への影響、有効性、安全性などについて厳密な検討が要求される。

### 6. 研究発表

第20回臨床代謝学会記録 印刷中（1983）

「心臓のチトクローム b<sub>5</sub>還元酵素の精製とその性質」



# 豚肉の色沢に関連する要因解析に関する研究

## Analysis of Factors Affecting the Color of Fresh Pork

渋谷 佑彦 ・ 吉本 正 ・ 永田 致治 ・ 三村 耕  
浦上 清 ・ 井上 楊一郎 ・ 嶋田 英作 ・ 田中 智夫  
坂田 亮一（麻布大学獣医学部）

### 1. 研究の目的

豚肉の色調ならびに光沢は、枝肉規格においてもその肉質を判定する基準として利用され、近年、消費者も豚肉の購入に際し、肉の鮮度や肉質を左右するものとして肉の色沢にたいする関心が高まり、一方、販売する側も、豚肉の色沢を商標とするものも散見され、肉の色沢にたいする重要度が高まってきている。しかしながら、豚肉の色沢にたいする消費者ならびに販売者の関心が所在する科学的根拠および生産者側の対応の仕方等については必ずしも明白とはいえない。そこで、消費者の関心の所在する実態と科学的根拠を明らかにするとともに、豚肉の色沢に関連する諸要因について飼養環境等を中心に解析し、あわせて色沢と肉質・食味性との関連性についても検討する。

### 2. 研究の方法

研究の目的に沿って、本研究は、(1)豚肉販売店および消費者の意向調査、(2)生産者における豚の生産状況調査、(3)銘柄豚肉の理化学的性状の分析について行なわれた。研究の方法は次のとおりである。

#### 2.1 豚肉販売店および消費者の意向調査

調査対象地域については、57年度はとりあえず東京、横浜の接点の地域を選び調査した。調査の方法は販売店の責任者に面接し、意向を聞き、消費者についても面接調査を行った。肉販売店につ

いては、デパート（内本店を含む）、スーパーマーケット3店、豚肉料理店2店、消費者調査はデパート2店、スーパーマーケット4店、肉専門小売店1店で行った。調査時期は厳寒期の2月に行った。

#### 2.2 生産者における豚の生産状況調査

本年度は消費者調査に対応し京浜地域のデパート、肉専門店に銘柄豚を出荷している“黒豚”の生産地である鹿児島県、“吉野豚”の生産地である奈良県のYセンターおよび埼玉生協、東都生協と船橋生協へ産地直結で出荷している茨城県玉川農協と千葉県匝瑳農産物供給センターについて聴取り調査を行った。

#### 2.3 銘柄豚肉の理化学的性状の分析

(1) 供試豚肉 3種類の豚肉試料、すなわち鹿児島黒豚肉（Kと略記）、吉野豚肉（Yと略記）、および市販普通豚肉を、それぞれスーパーマーケット（株）三徳町田店（町田市）、小田急デパート（町田市）および肉専門店（相模原市）で入手し供試した。いずれも屠殺後3～4日経過したロース肉で、20検体ずつを分析した。

(2) 分析方法 (1) pHの測定：挽肉試料10gに同量の蒸留水を加え得られたホモジェネートについてpHメーター（堀場製F-5ss）で測定した。(2) 肉色測定：①畜試式ポークカラー・スタンダード<sup>1)</sup>を用い、20分間Blooming後の新鮮切断試料面の色調を評価した。②同一試料につき、測色色差計（日本電色製ND-1001DP型）

で Hunter L, a, b 値を測定した。(3) 全ヘム色素定量：岡山・永田<sup>2)</sup>の方法で定量した。(4) Transmission value 測定：Hurt<sup>3)</sup>の方法で測定した。(5) 保水性測定：Hofmann<sup>4,5)</sup>の Kapillavolumeter (August Gronert 製 Ultra X 型) を用い、測定開始120秒後の値 ( $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ) を保水性として表示した。値が低いほど保水性が良いことを示す。

### 3. 結果と考察

3.1 豚肉販売店 および 消費者の意向調査については次のとおりである。

(1) 肉販売店および肉料理店の意向調査した各店の豚肉の仕入れの重点および肉色等についての考え方は表1に示すとおりである。Oデパートではとくに銘柄豚肉(吉野豚)を専門に取り扱って

表1 豚肉販売店等の意向調査

	デパート		スーパー		卸小売 Sフーズ	専門料理店	
	OM	TM	MS	MI		Iカット	Uカット
豚肉の仕入れ先	和歌山	鹿児島, 茨城 神奈川, 岐阜 台湾	鹿児島, 台湾	鹿児島, 茨城	九州, 東北, 輸入	東北, 九州	関東
仕入れ方法	カット	枝20%, カット 80%	カット	カット	カット	カット	スライス
部位 (%)		ヒレ3%, ロース40%, モモ30%, カタロース5%, カタ12%, パラ10%	ヒレ3%, ロース18%, モモ38%, カタ24%, パラ17%	ヒレ, ロースを補充	カタ25%, ロース25%, ベーコン25%, ハム25%	カタ11%, ロース30%, ベーコン47%, ハム11%	ロース100% (内ロース58%)
仕入れ時の留意事項							
色 沢	最重要, 新鮮色	同 左	新鮮色	最重要, 新鮮色	好い色	やや濃いもの	重点, 中間色
弾 力	きめ細い, しまり良	きめしまりの 良い	同 左	同 左	しまりあるもの	きめ, しまり 良い	つやのあるもの
肉 汗	ドリップ少ないこと	同 左	同 左	同 左	同 左		ドリップ少いこと
脂 肪	ほどほど, 赤味多く	薄く白色	厚さ5mm位	同 左	薄いもの	融点高いもの	好みにより使い分ける
脂肪交雑 形状	正肉で1頭50 ~55kg			歩留り良いもの	あまり大きくないもの	多いもの	ある方良し
色沢について (ボークカラーナンバー)	桜 色	鮮かなピンク (No.3)	ピンク, 赤味の多いのはため (No.3)	鮮かなピンク (No.3~3.5)	ピンク~濃い赤 (No.3~5)	ピンク~鮮かな赤 (No.3~4)	鮮赤~濃赤 (No.4~5)
その色沢を選ぶ理由	新鮮で健康的である	新鮮度を示す販売時見栄えする。肉味が良い	新鮮で味良い	新鮮さを示し売り易い, 味も良い	濃いのは変色し易く, 淡いのは客好まない	色よりもしまり	中間食が食べて美味
消費者の好み	同 上	新鮮, 肉味	新鮮, ドリップ少ないこと	新鮮さと味, 色沢で選ぶ人が多い	しまりのあるもの, 鮮度, 品質, 価格	軟かい肉	軟かくしもふりを好む
価格について	良いものは少々高くても売れる	同 左	同 左	安い方が良いものも少々高くても売れる	安定していること	高くても良いもの	同 左
特定銘柄肉について	新鮮で健康食品として, 特定銘柄肉のみ販売	品質, 知名度により販売	肉質, 色調, しまり等の仕入れの規格に合致している	品質等で客の多様な要求に合わせるため			
その他仕入れの重点	新鮮さ, 重量	新鮮, 規格, 肉温, 重量	新鮮, 規格	色調, 水分			



おり、その他の販売店でも特殊銘柄豚肉（黒豚）を扱う傾向が強く表われていた。肉質については新鮮さ、肉色が重視され、ピンクないしは鮮かな赤色（豚標準肉色No.3~4)<sup>1)</sup>を好む傾向が強く、色調を新鮮度の表示として消費者が選ぶという人が多かった。脂肪については弾力のある白色のものが好まれ、一般に脂肪は薄い方が良いとされて

いるが、料理店においては脂肪の交雑を好んでいた。以上の調査から肉販売店においては一般に肉色には重点がおかれており、鮮度、しまり等も肉色によって示されるとし、漏汁の有無なども重視され、肉質の良いものを仕入れるための努力がされていた。

(2) 消費者調査については調査結果を表2に示

表2 消費者の意向調査

	デパート		スーパー				小売店	合計	比率
	OM	TM	SM	Y	DJ	MI	K		
調査対象者数	43	18	41	50	21	30	30	233	100
内30台40台	31	15	31	34	18	26	23	178	76
豚肉購買時の留意事項									
脂肪	26	10	23	30	15	13	23	140	60
色つ	14	8	19	19	3	15	9	87	37
きめ	5	1	0	0	0	0	0	6	3
しまり	1	1	0	0	1	0	0	3	1
水分	2	1	0	0	0	0	0	3	1
銘柄	2	8	3	0	3	2	1	19	8
価格									
脂肪について									
多いもの	0	0	4	0	0	1	1	6	3
少ないもの	35	18	35	46	21	28	29	212	91
色つやについて									
暗い	0	0	0	0	0	0	0	0	0
濃い	1	0	2	2	1	2	0	8	3
鮮やかな	7	2	11	16	4	2	19	61	26
ピンク	14	11	13	21	16	9	11	84	36
淡い	7	5	6	10	0	17	0	45	19
その他	5	0	6	0	0	0	0	11	5
その色を選んだ理由									
味が良い	4	0	3	13	0	1	22	43	18
軟らかい	7	4	7	12	1	0	3	34	15
新鮮	14	14	19	23	19	4	27	93	40
何となし	10	0	6	2	0	4	0	22	9
色つやと料理時の味に									
関係多	2	1	1	0	2	0	3	10	4
関係あ	17	6	24	35	13	8	18	121	52
関係少	7	3	2	6	0	18	3	39	17
関係ない	13	7	10	8	6	1	6	51	22
特定銘柄肉について									
知っている	27	15	33	39	16	22	21	173	74
特定銘柄肉購買経験有り	26	0	32	24	13	16	12	123	53(71)
その肉の色つやについて									
暗い	0	0	0	0	1	0	0	1	(~)
濃い	1	0	0	1	1	0	2	5	(4)
鮮やかな	4	3	3	10	1	3	8	32	(26)
ピンク	6	5	7	12	11	3	2	46	(37)
淡い	1	0	5	1	0	9	0	16	(13)
その肉の価格について									
高い	13	2	10	22	10	15	11	73	(59)
普通	10	1	20	2	3	1	0	37	(30)
安い	0	0	0	0	0	1	1	2	(~)
肉を購買する店について									
この店で	14	4	25	35	11	18	18	125	54
不特定	13	13	12	14	8	10	11	80	34

備考：( ) 内は特定銘柄肉購買経験有り123人を100としたものである。

しているが、調査対象者は婦人で、30才台、40才台が約80%を占め、また調査時間帯を午後1時～5時頃までに限定したせいもあって、各店における調査対象の間に大きな差はないものと考えられる。食肉の購入状況は豚肉が非常に多く、次いで牛肉、鳥肉の順で羊肉の購買者はなかった。豚肉の購買に際し、脂肪に注意する人が60%、色沢に注意する人が37%となっている。銘柄に注意する人は比較的少ないが、価格に注意する人は若干あった。脂肪については、少ないものが圧倒的に多かった。色沢についてはピンクを好む人が36%、鮮かな赤を好む人は25%、淡いピンクを好む人が19%とピンク系の豚標準肉色<sup>1)</sup>で2.5～4程度を好む人が圧倒的であった。その色沢を選ぶ理由としては、新鮮さとする人が40%、味が良いとする人が18%、軟らかいとする人が15%と肉質に関係があるとする人が圧倒的に多かった。また、特定銘柄豚肉について知っていると答えた人は173人と非常に多く、その内、123人が購買した経験を持っていた。味については良いとする人は圧倒的に多く、色沢については豚肉一般と同様にピンク、鮮かな赤、淡いピンクの順で選んでいた。特定の店で豚肉を購入するのは54%を占めており、その面から見れば、その店としての消費者教育は見込みがあるといえよう。

以上の結果を養豚経営安定推進会議が行った昭和56年度の調査<sup>6)</sup>と比較してみると、豚肉の選択のポイントで肉色が36.7%、価格が26.9%というのとくらべると若干の相違があるようである。調査の対象、期日、項目等に差があるので直接的比較は困難であるが、消費者が肉色に重点を置いているのは明らかである。

また、オランダで行った豚肉の選択に関する調査<sup>7)</sup>によれば、脂肪が56%、色が27%となっており、本調査と類似した傾向であった。色については濃いピンクが43%、淡いピンクと思われるもの

が31%となっており本調査と相違している。

以上の結果から消費者はピンクないし鮮かな赤という色を肉の新鮮さおよび肉質と関係があると選んでいるようである。肉販売店の立場と消費者の立場はいずれもピンクという点で一致しており、いずれも肉色が新鮮度あるいは肉味と関係があるという点では一致していた。しかし、これらについては時期、地域により相違もあると思われるので、さらに例数を多くし検討する必要がある。

### 3.2 生産者における豚の生産状況調査

調査した農家・団体数は13カ所であり、その概況は表3のとおりであった。

(1) 鹿児島県：パークシャ種（パーク）は現在2つの流れがあり、1つは在来のパークの特徴を残す鹿児島パーク（K・B）で、他は系統造成豚“サツマ”に見られるアメリカパークの血液が入った改良種であり、K・Bより発育が良かった。県畜産試験場および県種豚改良協会においてパークの肉質判定、系統造成、純粋繁殖奨励事業などを行い、県経済連と南九州畜産興業KKを通して肉豚出荷しているものが多く、“鹿児島県黒豚銘柄販売拡大事業”を実施し、京浜地区、名古屋地区に指定店を持ち良質豚肉の販売に努力していた。

表に見られるように、パーク系の豚は低栄養のパーク配合を給与し、肥育期間は長い。K-1は山野に豚を放牧して飼育し、K-3は大規模な養豚場ではあるが、キメの細かい管理と研究を行っていた。出荷時の価格は、かなり高く、特殊な生産費が補なわれていた。肉色については赤みはやや淡くピンク色を呈し、脂肪も純白ではないが、きめ、しまりが良好で肉にあまみ強く、ぼそぼそしないと評されていた。

(2) 奈良県：N-Y畜産センターは熊野川の上流山間部にあり、SPF豚農場である。地形の関

表3 調査農家・団体における豚の飼養管理概況一覧

1983年3月調査

農家記号	規		模*		給与飼料	給与量	肥育期間	出荷時体重	摘要
	雄	雌	子	肉(常時)					
鹿児島県 K-1	B : 4 H : 2	B : 50 LW : 30 未B : 13 BL : 12	310	720	全農配合	200~ 250kg	200~ 210日	B : 95~ 100kg F <sub>1</sub> : 105~ 110kg	放牧管理 15ha
K-2	0	0		BL : 1,000	パーク用 配合	235kg	200~ 210日	110kg	農家から40kg で購入
K-3	79	LH LW B L LD } 1,194		LH LW B L LD } 12,400	林兼産業 配合	260~ 276kg	B : 190 ~200日 F <sub>1</sub> : 180 ~185日	100~ 103kg	B, L, W, H, D, LW, LH LDを実験的 に肥育
K-4	0	0		B LW・B } 1,700	全農配合 パーク配 合	220~ 240kg	230日	100~ 105kg	農家から40kg 導入, K・Bを 中心, 109Fの 検定農家
奈良県 N-Y	D : 10	LW : 884	LW・D : 3,300	LW・D : 3,300	日清飼料	250kg	200日	105kg	SPF コマ シャル豚熊 野川山間部 で飼育
茨城県 I-1	D : 1 B : 1	W : 10 B : 3 D : 2 未W : 5		LW・D } LW・B } 100	石岡配合 (パーク 用) 麦の 庄ぺんを 20%添加	?	B : 200 ~210日 F <sub>1</sub> : 180日	100~ 115kg	Dの産肉性良
I-2	B : 1 D : 4	L LW } 60		LW・D } LW・B } 500	自家配	260?	B : 230日 他210日	B : 100kg 他 : 105 ~110kg	LW・B LWD・D LW・D
I-3	B : 1 D : 1	L LW } 9 LD 未L 未LW } 12		LW・B } LW・D } 100	石岡特配	自由採食	180~ 190日	100~ 110kg	
I-4	B : 1 W : 1 D : 3	L LW } 50 LD LH 未 : 10		L LW } LD } LH } 350	石岡特配	自由採食	LW・B : 220日 他 : 200日	100~ 115kg	肥育 2.5 回転
千葉県 C-1	B : 2 D : 4	D : 1 B : 2 W : 2 LW : 50		LW・B : 100 LW・D : 430	依託配合 大麦10%	自由採食	B系 : 220日 他 : 180 ~210日	100~ 110kg	B系は厚脂 最近Dを入 れる
C-2	B : 5 D : 2	B : 5 LW : 65	300	LW・B : 400	自家配	1日1回 240kg?	220日	110kg	
C-3	D : 3	LW : 51 L : 4 未 : 32		600	豊橋飼料	自由採食	180~ 200日	115kg	
C-4	D : 2 W : 1	経 LW : 22 L : 3 未 L : 5	110	LW・D } LD } 100	人工乳 ABC 昭和 S若S	自由採食	190~ 210日	100~ 120kg	Dを交配する と飼易く, 上 物率がよい

注 \*) B : パークシャー種, D : デュロック種, H : ハンプシャー種, L : ランドレース種, W : 大ヨークシャー種, K・B : カゴシマパーク, 未 : 未経産の育成雌豚, 肉 : 肉豚, 子 : 子豚。

係上、寒暖の差が大きく、また天然水を利用して  
いるなどが一般養豚場と異なる点であった。品種  
は LW-D であるが肥育日数は 200 日 (105kg 出  
荷) とやや長期であった。このセンターで生産さ  
れた豚肉は、すべて小田急デパートおよび同系列  
のスーパーで販売され、枝肉流通価格も特別契約  
を結んでいた。肉質は弾力のある柔軟さで風味が  
あり、肉色は赤みが強い。他の肉とくらべて退色  
が半日～1日遅いといわれていた。

(3) 茨城県：玉里村の玉川農協では良質の豚肉  
生産を志し、鹿児島県からパークの雄雌を導入  
し、純粋種の増殖をはかるとともに、L, LWに  
パークを交配した雑種を肉豚として飼育し、前述  
の生協に直販していた。農協が流通技術に明る  
く、生産者は有利な条件で経営を行っていた。し  
かし、B種およびその雑種は産子数が少なく、肥  
育日数が長い (他の交雑種より約20日長い)  
最近ではデュロック種を導入し、止め雄として使う  
傾向がうかがえた。生協では“クリーンな豚肉”  
に重点がおかれ、肥育期間中の休薬が強い条件に  
なっていた。

(4) 千葉県：茨城県と同じく生協との直販であ  
るが、農事組合法人：匠瑛農産物供給センターが  
22戸の養豚農家で生産された豚を直接、精肉処理  
をして出荷していた。よい肉質を求めてパークを

導入したが、厚脂になり易く、肥育日数もかかる  
ので、最近ではデュロックを導入し、研究中であ  
った。肥育期の休薬はもちろんアミノ酸の添加も行  
わず、安全性に重点をおいた飼育を行っていた。  
生産→出荷→精肉処理→パック詰めと一貫してい  
るので、肉質、生産性 (経営) について十分な検  
討を行っていた。

パークおよびその雑種豚は低栄養で管理され、  
肥育期間も他豚より15～30日長い。この種の肉が  
好まれる理由は品種特性の他に栄養管理と肥育期  
間も要因と考えられる。吉野豚も肥育期間が長  
い。この点を含め品種、飼養管理に今後科学的な  
検討を進める必要がある。

### 3.3 銘柄豚肉の理化学的性状の分析

供試した2銘柄豚肉、KとY、ならびに対照の  
Cについての分析結果は表4の通りで、それぞれ  
の分析項目についての平均値ならびに標準偏差を  
掲げている。

ポークカラースタンダードによる評点の平均値  
はいずれも3.0前後を示し、銘柄豚肉が肉眼的に  
とくに赤味が強いとはいえない。さらに Hunter  
のL, aおよびb値や別に求めた彩度 ( $\sqrt{a^2+b^2}$ )  
と色相 (b/a) の結果 (データ省略) を総合する  
と、供試豚肉間に色沢の有意差は認められなかつ  
た。この結果は、日本ハム・ソーセージ工業協同

表4 銘柄豚肉および市販普通豚肉の理化学的性状

(N=20)

分 析 項 目	銘 柄 豚 肉		市販普通豚肉
	鹿児島黒豚肉	吉野豚肉	
pH	5.60±0.16	5.78±0.22	5.59±0.09
肉色評点 (Pork color standard)	2.9 ±0.6	3.2 ±0.6	3.0 ±0.4
L	44.4 ±4.1	42.6 ±3.0	44.0 ±2.8
Hunter value a	18.9 ±0.9	18.5 ±0.9	18.5 ±1.7
b	11.3 ±1.2	10.0 ±1.6	10.3 ±1.4
全ヘム色素量 ( $\mu\text{moles}/100\text{g meat}$ )	7.23±2.82	6.85±2.06	6.33±1.27
Transmission value (%)	4.03±2.99	2.18±2.25	3.14±1.61
保水性 (Kapillarvolumeter, $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ )	6.1 ±1.9	6.6 ±2.4	6.9 ±1.7

組合がさきに行った報告<sup>8)</sup>とほぼ一致している。これによると、ランドレース、ヨークシャー、パークシャー各豚肉の肉色に関する調査から、a値の平均はこれら品種間に差が認められたが、いずれもそのバラツキが大きいので、この平均値をもって赤味の強さを品種別特性とするのは適当でないとして述べている。なお、a値（赤味）のバラツキはCよりKとYにおいて小さかった。全ヘム色素含量の平均値は、 $K > Y > C$ の順でKがわずかに高かったが、これもバラツキが大きいので試料間に差があるとは判断できなかった。pHは $Y > K \approx C$ でYが若干高い値を示したが、銘柄豚肉はどちらも普通豚肉より極限pHの変動幅が大であった。しかし、Transmission valueから明らかかなように、PSE症状を示す試料は全く検出されなかった。保水性は平均値でみる限り、 $K > Y > C$ の順でKがわずかに良好との結果であった。

本実験は例数も少なく、また供試ロース肉の採取部位を細かく指定できなかったことや、分析項目が少ないなど不備な点が多いので、本調査結果だけで色沢を含む銘柄豚の肉質について正しい結論を導くことはできないと考えられる。

なお、この分析結果と消費者の意向調査の結果とは比較的良く相似しているが、さらに例数を重ねる必要がある。

#### 4. 要 約

肉色に関する豚肉販売店および消費者の意向と肉色に関連する生産者の生産状況ならびに消費者の意向と肉色の理化学的性状との関係について研究を行った。販売店および消費者は肉色を新鮮度ならびに肉質に関係あるものとしてとらえ、豚標準肉色のNo. 3~4（ピンク乃至鮮赤色）を選定していた。また肉色に関連する生産地での状況は、品種および飼養管理とくに飼養期間に影響されるようであった。肉色の理化学的性状については市販の銘柄豚肉2種類と市販普通豚肉各20試料について限られた分析項目で肉質を比較検討した結果、肉の色沢において各試料間に差異は認められず、いずれもほぼ等しい色沢を有することが統計的に示された。

#### 文 献

- 1) 中井博康他：畜試研報，2p, 69 (1975)
- 2) 岡山高秀・永田致治：日畜会報，50, 15 (1979)
- 3) P. C. Hart: Tijdschr. Diergeneesk., 87, 156 (1962)
- 4) K. Hofmann: Fleischwirtschaft, 55, 25 (1975)
- 5) K. Hofmann: Fleischwirtschaft, 62, 1604 (1982)
- 6) 日本の養豚：32, 14 (1982)
- 7) M. Jul & P. Zeuthen: Progress in Food & Nutrition Science, 4~6, 13 (1980)
- 8) 日本ハム・ソーセージ工業協同組合：加工用適正豚に関する調査研究報告書，p. 14 (1973)

## 肉製品のミネラル成分について

## Studies on the Mineral Content of Meat Products

玉手 六 朗 (茨城大学教育学部)

畜産食品、とくに食肉・肉製品の重要性が高まりつつある今日、栄養的見地からの各成分の評価は大切である。しかし、ミネラル成分に関しては知見が少なく、わが国においては極めてわずかなようである。著者らは、これまで豚肉のミネラル成分に関して、その分布、含量、2, 3の要因による差異等について一連の研究成果を得ることができた<sup>1-6)</sup>。そしてさらに肉製品のミネラル成分についても検討を進めている。今回、わが国の主な市販肉製品について、メーカー別、販売時期別

および種類別の各ミネラル成分量を測定し、2, 3の知見を得たので報告する。

## 1. 方 法

## 1.1 実験材料

1982年6~12月の間、前期および後期の2回、3メーカー別、6種類の製品、計36サンプルを近郊の販売店より入手して実験に供した。その詳細は表1に示すとおりである。

## 1.2 実験方法

表1 供試肉製品データ (昭和57年)

種 類	メ ー カ ー	前 期			後 期		
		製造月日	購入月日	サンプリ ング月日	製造月日	購入月日	サンプリ ング月日
ウソジ インセ ナー	N	6. 28	7. 6	7. 7	11. 1	11. 15	11. 15
	P	6. 26			11. 5		
	I	7. 1			11. 12		
ポイン クナー ウソジ	N	7. 1	7. 6	7. 7	11. 19	11. 24	11. 24
	P	6. 30			11. 13		
	I	6. 29			11. 19		
ロム ース ハ	N	6. 25	7. 11	7. 12	10. 23	11. 15	11. 15
	P	6. 20			10. 19		
	I	6. 30			11. 6		
ベー コン	N	6. 15	7. 11	7. 12	10. 26	11. 24	11. 24
	P	6. 25			11. 10		
	I	6. 28			11. 15		
プム レス ハ	N	7. 3	7. 14	7. 15	11. 13	11. 24	11. 24
	P	7. 4			11. 19		
	I	7. 2			11. 13		
サー ラミ ソジ	N	3. 23	7. 14	7. 15	7. 22	11. 15	11. 15
	P	3. 31			8. 26		
	I	5. 8			9. 16		

パック入各1袋の製品を開封後、細切したのち、その約3gを秤取して約24時間凍結乾燥した。つぎに低温灰化装置(IPC 10003B-248AN)を用いてO<sub>2</sub>流量200ml/min, Power 100Wの条件下で48時間灰化処理を行った。さらに得られた灰を希HCl処理し、ケイ酸不溶化処理後、0.2N-HClにて50ml定容とした。

つぎにこの0.2N-HCl溶液を試料として、炎光・原子吸光分光光度計(柳本AA-855型)を用いてナトリウム(Na), カリウム(K), マグネシウム(Mg), カルシウム(Ca), 銅(Cu), 鉄(Fe), マンガン(Mn), カドミウム(Cd), 鉛(Pb), クロム(Cr)および亜鉛(Zn)を著者らの確立した条件に基づいて測定した<sup>7-9)</sup>。なお水はイオン交換し、さらに石英ガラス製容器で再蒸溜したものを、また試薬類はすべて特級品を用いた。一方リン(P)については、肉製品を細切し

たもの約0.5gをHClO<sub>4</sub>により湿式灰化したのち、中村の変法<sup>10)</sup>により比色定量した。

また参考として、常法により、水分、タン白質、脂肪および灰分も測定した。

## 2. 結 果

### 2.1 NaおよびK含量

肉製品のNaおよびK含量の測定結果は、表2に示すとおりである。

まずNa含量について見ると、全体として、649~2,198mg%の範囲を示し、平均1,130mg%で、変動係数は36.0%とバラツキの大きいことがわかった。種類別では、サラミソーセージにおいて最大で、ハム類とベーコンがこれにつき、ウインナ類は少なかった。メーカー別の差をみると、ポークウインナ、ウインナソーセージの場合がバラツキが大きく、サラミがこれにつき、ベーコン

表2 肉製品のNaおよびK含量(mg%)

種 類	メ ー カ ー	Na			K		
		R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>
ウソジ イ ン セ ナ	N	817~869	841	R: 691~995	112~133	123	R: 77~133
	P	691~869	778	$\bar{x}$ : 840	77~85	82	$\bar{x}$ : 100
	I	818~995	901	C: 9.5	93~98	96	C: 18.5
ポイ ン セ ク ナ ウソジ	N	649~1,005	821	R: 649~1,005	90~150	121	R: 83~150
	P	655~972	752	$\bar{x}$ : 784	83~99	90	$\bar{x}$ : 110
	I	748~815	780	C: 17.0	114~128	121	C: 20.9
ロ ム ス ハ	N	823~1,387	1,114	R: 823~1,601	124~168	148	R: 124~232
	P	1,328~1,601	1,435	$\bar{x}$ : 1,257	134~213	171	$\bar{x}$ : 171
	I	1,123~1,389	1,224	C: 17.6	164~232	194	C: 20.7
ベ ー コ ン	N	1,001~1,203	1,135	R: 777~1,203	128~204	168	R: 128~229
	P	777~1,062	922	$\bar{x}$ : 999	160~206	185	$\bar{x}$ : 190
	I	904~997	940	C: 13.2	209~229	218	C: 17.0
プ レ ス ハ	N	993~1,200	1,096	R: 902~1,200	153~166	158	R: 74~166
	P	902~1,057	966	$\bar{x}$ : 1,015	80~124	101	$\bar{x}$ : 114
	I	939~1,028	985	C: 9.0	74~96	85	C: 31.0
サ ー ラ セ ー ソ ジ	N	1,661~2,162	1,931	R: 1,488~2,198	222~270	244	R: 128~482
	P	1,488~2,198	1,797	$\bar{x}$ : 1,878	290~482	374	$\bar{x}$ : 286
	I	1,623~2,174	1,907	C: 15.3	128~329	241	C: 32.1
Total <sup>2)</sup>	R: 649~2,198	$\bar{x}$ : 1,130	C: 36.0	R: 74~482	$\bar{x}$ : 163	C: 48.7	

(注) R: 範囲  $\bar{x}$ : 平均値 C: 変動係数(%) Total<sup>1)</sup>: 年間合計 Total<sup>2)</sup>: 全合計

は若干バラツキていたが、ウインナとプレスハムでは大差がないようであった。

つぎにK含量では、全体として74~482mg%の範囲を示し、平均は163mg%で、変動係数は48.7%とバラツキの大きいことがわかった。種類別にみると、サラミの場合最も多く、ベーコンとロースハムがこれにつぎ、プレスハム、ウインナ類は少なかった。メーカー別では、サラミとプレスハムにおいて30%台の変動でバラツキが大きく、ポークウインナとロースハムが20%台の変動であったが、ベーコンとウインナでも17~18%台の変動が認められた。

## 2.2 Mg, Ca およびP含量

肉製品のMg, Ca およびP含量の測定結果は、表3に示すとおりである。

まずMg含量についてみると、全体としては、

8.0~27.8mg%の範囲にあり、平均値は14.7mg%で、変動係数が34.4%とバラツキがかなり認められた。種類別にみると、サラミが最高で、ハム類、ベーコン、ウインナがこれにつぎ、ポークウインナで少なかった。メーカー別では、ウインナ、ベーコン、ハム類で変動係数が19~20%台でバラツキが大きく、サラミとポークウインナで若干少なかった。

つぎにCa含量では、全体として3.0~46.4mg%の範囲を示し、平均値は14.5mg%で、変動係数は72.2%と極めてバラツキの大きいことがわかった。種類別にみると、ウインナとサラミにおいて最も多く、ポークウインナとプレスハムがこれにつぎ、ロースハムとベーコンでは少なかった。メーカー別では、ロースハムとサラミの場合が40%台の変動でバラツキが非常に大で、ウインナで

表3 肉製品のMg, Ca およびP含量 (mg%)

種類	メーカー	Mg			Ca			P		
		R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>
ウソジ ウイン ナー	N	13.8~15.8	14.8	R: 9.0~15.8	19.2~23.9	21.6	R: 19.2~30.3	174~206	185	R: 154~206
	P	9.0~10.5	9.7	$\bar{x}$ : 12.8	19.7~24.3	22.1	$\bar{x}$ : 24.4	176~191	181	$\bar{x}$ : 181
	I	13.9~14.1	14.0	C: 19.0	28.2~30.3	29.5	C: 16.7	154~194	177	C: 8.2
ポイ ク ウソジ	N	8.9~10.4	9.6	R: 8.0~11.3	13.2~16.7	14.6	R: 7.9~16.7	145~196	163	R: 145~196
	P	8.0~8.6	8.3	$\bar{x}$ : 9.6	7.9~10.2	8.9	$\bar{x}$ : 11.3	161~178	169	$\bar{x}$ : 164
	I	10.6~11.3	11.0	C: 12.9	10.1~11.0	10.5	C: 23.7	152~168	161	C: 9.6
ロ ス ハ	N	13.4~22.5	17.6	R: 12.4~22.5	4.7~5.6	5.1	R: 4.7~13.6	272~297	288	R: 272~378
	P	12.4~14.8	13.6	$\bar{x}$ : 15.4	4.8~6.3	5.6	$\bar{x}$ : 7.5	328~378	353	$\bar{x}$ : 321
	I	13.7~16.5	15.1	C: 19.7	10.0~13.6	11.8	C: 44.0	304~352	323	C: 10.6
ベ ー コ ン	N	8.3~15.1	11.4	R: 8.3~16.0	3.0~5.4	3.8	R: 3.0~6.7	260~325	280	R: 159~325
	P	10.2~13.6	12.2	$\bar{x}$ : 13.0	4.2~6.1	5.0	$\bar{x}$ : 4.9	159~199	183	$\bar{x}$ : 234
	I	14.1~16.0	15.5	C: 20.7	5.2~6.7	5.9	C: 25.1	214~261	241	C: 21.0
ブ レ ス ハ	N	12.5~15.7	13.9	R: 9.3~16.7	7.4~9.7	8.3	R: 6.9~16.7	232~282	251	R: 204~282
	P	9.3~11.7	10.5	$\bar{x}$ : 12.3	7.6~12.4	9.9	$\bar{x}$ : 11.2	241~262	251	$\bar{x}$ : 239
	I	10.9~16.7	12.6	C: 19.0	14.3~16.7	15.4	C: 31.8	204~228	215	C: 9.9
サ ラ ミ ソ ジ	N	18.1~20.0	19.1	R: 18.1~27.8	17.7~25.8	21.8	R: 11.2~46.4	304~357	335	R: 206~357
	P	20.0~27.8	23.9	$\bar{x}$ : 20.9	37.9~46.4	43.2	$\bar{x}$ : 27.8	235~282	265	$\bar{x}$ : 283
	I	18.6~21.7	19.8	C: 16.0	11.2~38.3	18.5	C: 48.8	206~274	250	C: 16.8
Total <sup>2)</sup>		R: 8.0~27.8	$\bar{x}$ : 14.7	C: 34.4	R: 3.0~46.4	$\bar{x}$ : 14.5	C: 72.2	R: 145~378	$\bar{x}$ : 238	C: 26.8

(注) R,  $\bar{x}$ , C, Total<sup>1)</sup>, Total<sup>2)</sup>: 表2脚注参照



バラツキが若干少なかった。その他の種類の場合メーカーによるバラツキはかなり大であった。

またP含量では、全体として145~378mg%の範囲で、平均値は238mg%、変動係数は26.8%とあまりバラツキは大きくないようであった。種類別にみると、ロースハムが最も多く、サラミ、ベーコン、プレスハムがこれにつぎ、ウイナ類では若干少なかった。メーカー別では、ベーコンの場合20%台の変動を示したが、サラミとロースハムが10%台、その他は8~9%台のバラツキであった。

### 2.3 Cu, Fe および Mn 含量

肉製品のCu, Fe および Mn 含量を測定した結果は、表4に示すとおりである。

まずCu含量について見ると、全体としては0.02~0.19mg%の範囲で、平均値は0.09mg%、

変動係数は39.8%でバラツキはかなり大であった。種類別に見ると、ウイナとサラミの場合0.1mg%台であったが、その他の場合は0.1mg%以下と少なかった。メーカー別では、ポークウイナとロースハムの場合40%台の変動係数でバラツキが大きく、ベーコンがこれにつぎ、その他の製品においてはメーカー別のバラツキは20%台と、若干少なかった。

つぎにFe含量は、全体として0.29~3.29mg%の範囲を示し、平均値は1.36mg%、変動係数は53.2%と大きなバラツキが認められた。種類別に見ると、サラミの場合最高で、ウイナ類がこれにつぎ、その他の場合は若干少なかった。メーカー別では、ロースハムとベーコンの場合40~50%台の大きなバラツキが認められ、ウイナ類がこれにつぎ、その他の場合は若干少ないようであっ

表4 肉製品のCu, Fe および Mn 含量 (mg %)

種類	メーカー	Cu			Fe			Mn		
		R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>
ウソジ イ ン セ ナ	N	0.10~0.14	0.12	R : 0.07~0.15	1.50~2.41	1.87	R : 1.07~2.41	1.3~1.8	1.5	R : 0.7~2.4
	P	0.10~0.12	0.11	$\bar{x}$ : 0.11	1.07~1.61	1.30	$\bar{x}$ : 1.60	0.7~1.1	0.9	$\bar{x}$ : 1.4
	I	0.07~0.15	0.10	C : 19.9	1.14~2.08	1.65	C : 25.9	1.5~2.4	1.9	C : 35.6
ポ イ ン セ ナ ウ ソ ジ	N	0.02~0.18	0.08	R : 0.06~0.18	0.90~1.62	1.14	R : 0.65~1.64	0.5~0.8	0.6	R : 0.1~0.8
	P	0.06~0.07	0.06	$\bar{x}$ : 0.08	0.65~1.45	0.95	$\bar{x}$ : 1.13	0.1~0.5	0.2	$\bar{x}$ : 0.5
	I	0.10~0.14	0.11	C : 40.6	1.17~1.64	1.29	C : 29.5	0.6~0.8	0.7	C : 44.8
ロ ス ハ	N	0.05~0.08	0.07	R : 0.02~0.11	0.58~1.08	0.80	R : 0.29~1.35	0.2~0.4	0.2	R : 0.1~0.8
	P	0.04~0.06	0.04	$\bar{x}$ : 0.05	0.29~1.35	0.71	$\bar{x}$ : 0.77	0.1~0.8	0.3	$\bar{x}$ : 0.2
	I	0.05~0.11	0.05	C : 43.4	0.37~1.35	0.80	C : 50.5	0.2~0.5	0.3	C : 61.4
ベ ー コ ン	N	0.03~0.14	0.07	R : 0.03~0.14	0.92~1.09	1.00	R : 0.36~1.52	0.1~0.6	0.3	R : 0.1~0.6
	P	0.05~0.07	0.06	$\bar{x}$ : 0.06	0.36~1.52	0.81	$\bar{x}$ : 0.89	0.1~0.5	0.2	$\bar{x}$ : 0.2
	I	0.06~0.08	0.06	C : 35.2	0.57~1.18	0.87	C : 42.0	0.2~0.3	0.2	C : 52.6
プ レ ス ハ	N	0.05~0.11	0.08	R : 0.05~0.11	0.65~1.35	1.00	R : 0.65~1.35	0.2~1.3	1.5	R : 0.2~1.3
	P	0.06~0.09	0.07	$\bar{x}$ : 0.08	0.79~1.78	1.23	$\bar{x}$ : 1.09	0.5~1.0	0.7	$\bar{x}$ : 0.8
	I	0.08~0.10	0.09	C : 24.1	1.02~1.12	1.06	C : 22.8	0.5~1.0	0.7	C : 44.8
サ ー ラ ミ ソ ジ	N	0.10~0.11	0.11	R : 0.10~0.19	2.49~3.10	2.70	R : 1.90~3.29	0.6~0.9	0.7	R : 0.4~1.4
	P	0.15~0.19	0.16	$\bar{x}$ : 0.13	2.14~3.29	2.77	$\bar{x}$ : 2.59	1.1~1.4	1.2	$\bar{x}$ : 0.8
	I	0.11~0.15	0.12	C : 22.8	1.90~2.64	2.30	C : 16.4	0.4~0.7	0.5	C : 37.7
Total <sup>2)</sup>	R : 0.02~0.19 $\bar{x}$ : 0.09 C : 39.8			R : 0.29~3.29 $\bar{x}$ : 1.36 C : 53.2			R : 0.1~2.4 $\bar{x}$ : 0.7 C : 71.3			

(注) R,  $\bar{x}$ , C, Total<sup>1)</sup>, Total<sup>2)</sup>: 表2脚注参照

た。

そして Mn 含量においては、全体として 0.1~2.4mg% の範囲を示し、平均値は 0.7mg%、変動係数が 71.3% と極めてバラツキの大きいことがわかった。種類別に見ると、ウインナで最高であり、プレスハムとサラミがこれにつき、その他では若干少なかった。メーカー別では、ロースハムの場合 60% 台の極めて大きなバラツキが示され、ベーコンで 50% 台、ポークウインナとプレスハムで 40% 台、そしてウインナとサラミでも 30% 台と、全般的にメーカーによるバラツキのかなり大きいことが示された。

#### 2.4 Cd, Pb, Cr および Zn 含量

肉製品の Cd, Pb, Cr および Zn 含量を分析した結果は表 5 に示すとおりである。

まず Cd についてみると、全体としては、0.01 ppm の定量限界値以下 (ND) がすべてであった。Cd は本来栄養成分ではなく、汚染に基づくものであり、当然ながら ND であった。

Pb の場合は ND がかなり多く示されたが、全体的に見ると、0.82~1.64ppm の範囲、平均 1.10 ppm、変動係数 23.8% となった。

つぎに Cr についてみると、ND もかなり見出されたが、全体としては、0.17~0.98ppm の範囲で、平均 0.29ppm、変動係数 43.1% であった。

Zn については、全体として 6.4~45.6ppm の範囲で、平均 16.3ppm、変動係数 56.7% であった。時期別の差は含量および変動のいずれの場合もほとんどないようであった。メーカー別では一般にバラツキは小さく、とくにポークウインナでは顕

表 5 肉製品の Cd, Pb, Cr および Zn 含量 (ppm)

種類	メーカー	Cd	Pb		Cr			Zn		
			R	$\bar{x}$	R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	R	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>
ウソジ イ ン セ ナ	N	ND	ND~1.46	0.57	0.36~0.98	0.53	R: ND~0.98 $\bar{x}$ : 0.35 C: 54.9	8.5~11.8	10.1	R: 6.4~11.8 $\bar{x}$ : 9.0 C: 18.5
	P	ND	ND~1.64	0.62	0.21~0.37	0.28		6.4~7.5	7.0	
	I	ND	ND~0.86	0.21	ND~0.45	0.25		9.4~10.8	9.9	
ポ イ ン セ ク ウ ソ ジ	N	ND	ND~1.30	0.57	ND~0.39	0.23	R: ND~0.43 $\bar{x}$ : 0.19 C: 37.1	12.5~14.4	13.5	R: 11.7~14.4 $\bar{x}$ : 12.7 C: 7.9
	P	ND	ND~0.83	0.41	ND~0.21	0.13		12.1~14.4	12.8	
	I	ND	ND~1.46	0.58	ND~0.43	0.21		11.7~12.5	12.0	
ロ ー ス ハ	N	ND	ND~0.97	0.24	ND~0.25	0.12	R: ND~0.38 $\bar{x}$ : 0.21 C: 30.1	11.4~15.3	13.4	R: 9.1~15.3 $\bar{x}$ : 11.2 C: 17.9
	P	ND	ND	—	0.18~0.38	0.31		9.1~10.7	9.7	
	I	ND	ND	—	0.17~0.31	0.21		9.3~12.1	10.7	
ベ ー コ ン	N	ND	ND	—	0.24~0.36	0.29	R: ND~0.36 $\bar{x}$ : 0.22 C: 23.7	8.0~18.1	13.7	R: 8.0~18.1 $\bar{x}$ : 14.0 C: 20.8
	P	ND	ND~1.11	0.48	ND~0.33	0.20		10.6~14.1	12.8	
	I	ND	ND~1.06	0.26	ND~0.28	0.17		15.2~16.5	15.7	
プ レ ス ハ	N	ND	ND~1.11	0.52	ND~0.37	0.09	R: ND~0.37 $\bar{x}$ : 0.13 C: 25.8	15.8~20.2	18.0	R: 10.8~20.2 $\bar{x}$ : 15.3 C: 20.6
	P	ND	ND~1.06	0.26	ND~0.36	0.20		13.9~19.2	16.2	
	I	ND	ND	—	ND~0.26	0.12		10.8~13.0	11.8	
サ ー ラ ー ソ ジ	N	ND	ND~1.58	0.66	ND~0.26	0.11	R: ND~0.31 $\bar{x}$ : 0.12 C: 17.3	37.6~45.6	40.4	R: 29.8~45.6 $\bar{x}$ : 35.4 C: 13.7
	P	ND	ND~1.36	0.65	ND~0.31	0.14		29.8~37.7	33.7	
	I	ND	ND	—	ND~0.30	0.12		29.8~34.8	32.1	
Total <sup>2)</sup>	ND	ND~1.64	0.62	R: ND~0.98	$\bar{x}$ : 0.20	C: 43.1	R: 6.4~45.6	$\bar{x}$ : 16.3	C: 56.7	

(注) R,  $\bar{x}$ , C, Total<sup>1)</sup>, Total<sup>2)</sup>: 表 2 脚注参照

ND: 定量限界値 (Cd 0.01ppm, Pb 0.05ppm, Cr 0.01ppm) 以下

表6 肉製品の一般成分含量(%)

種類	メーカー	水分		灰分		タン白質		脂肪	
		$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>	$\bar{x}$	Total <sup>1)</sup>
ウソジ インセ ナー	N	59.9	R: 54.9~62.6	2.7	R: 2.4~2.9	13.4	R: 12.9~14.5	17.6	R: 15.8~20.8
	P	61.7	$\bar{x}$ : 59.4	2.6	$\bar{x}$ : 2.7	13.2	$\bar{x}$ : 13.6	18.3	$\bar{x}$ : 18.4
	I	56.6	C: 4.4	2.7	C: 7.1	14.0	C: 4.0	19.4	C: 10.2
ポイン クナー ウソジ	N	59.2	R: 53.6~60.2	2.4	R: 2.2~2.6	13.0	R: 10.7~14.0	22.1	R: 21.6~28.4
	P	54.4	$\bar{x}$ : 57.0	2.3	$\bar{x}$ : 2.4	12.2	$\bar{x}$ : 12.8	27.5	$\bar{x}$ : 23.7
	I	57.4	C: 4.0	2.4	C: 6.9	13.1	C: 9.9	21.6	C: 13.2
ロム ース ハ	N	67.8	R: 64.4~71.9	3.5	R: 3.3~3.9	18.0	R: 13.7~22.4	8.9	R: 3.4~14.4
	P	71.8	$\bar{x}$ : 69.4	3.8	$\bar{x}$ : 3.6	15.9	$\bar{x}$ : 16.6	5.1	$\bar{x}$ : 7.6
	I	68.6	C: 4.4	3.4	C: 6.1	15.7	C: 6.1	8.8	C: 55.1
ベー コン	N	43.7	R: 39.6~59.6	3.5	R: 2.6~3.7	11.3	R: 10.1~16.3	40.9	R: 17.5~47.2
	P	50.1	$\bar{x}$ : 50.9	2.7	$\bar{x}$ : 3.0	13.9	$\bar{x}$ : 13.7	33.3	$\bar{x}$ : 30.7
	I	59.0	C: 15.0	2.9	C: 13.9	17.4	C: 18.1	18.6	C: 36.3
プム レス ハ	N	68.1	R: 65.8~68.9	3.3	R: 2.8~3.4	11.7	R: 10.8~13.4	4.6	R: 1.2~6.5
	P	65.9	$\bar{x}$ : 67.6	2.8	$\bar{x}$ : 3.0	11.6	$\bar{x}$ : 12.0	6.0	$\bar{x}$ : 3.8
	I	68.7	C: 2.0	2.8	C: 8.1	12.5	C: 7.6	1.8	C: 62.8
サー ラセ ミソ ジ	N	23.3	R: 21.8~26.2	5.3	R: 5.1~5.3	21.0	R: 21.0~27.0	40.5	R: 38.7~41.9
	P	25.4	$\bar{x}$ : 24.8	5.2	$\bar{x}$ : 5.3	25.1	$\bar{x}$ : 23.5	40.4	$\bar{x}$ : 40.3
	I	25.5	C: 6.3	5.3	C: 2.8	24.3	C: 10.3	39.9	C: 3.1

(注)  $\bar{x}$ , Total<sup>1)</sup>: 表2脚注参照

著であった。

## 2.5 一般成分含量

参考として、供試肉製品の水分、灰分、タン白質および脂肪含量を測定したが、その結果は表6に示すとおりである。

## 3. 考 察

肉製品のミネラル成分含量のデータとしては、日本食品標準成分表<sup>11)</sup>にCa, P, Fe, NaおよびKが、加工品の種類別に記載されている。また池辺ら<sup>12)</sup>が報告した加工食品の重金属含量のデータとして、若干の肉製品のCd, Zn, Mn, Cu, Pb, As(ヒ素)およびHg(水銀)の測定値がある。国外では、McCanceら<sup>13)</sup>の報告から、肉製品のNa, K, Ca, Mg, Fe, Cu, P, SおよびCl(塩素)の測定値が得られている。本報の測定結果を前記のデータとくらべてみると、全般的にほぼ類似していることがわかった。しかし、製造月日、メーカー別

などの履歴は不明なので、この点では何ともいえない。種類別には各ミネラル含量について、それぞれかなりのバラツキが認められた。メーカー別では、同一の種類の場合でもかなりの差が示された。製造(購入)時期別に見ると、ここではそれらのデータは割愛しているが、全体的に前、後期で差は有意でなかった。

## 4. 要 約

わが国における市販肉製品、6種類(ウインナ、ポークウインナ、サラミソーセージ、ロースハム、プレスハムおよびベーコン)について、販売時期(前、後期)およびメーカー(3メーカー)別に合計36試料を採取し、それらのNa, K, Mg, Ca, P, Cu, Fe, Mn, Cd, Pb, CrおよびZn含量を測定した。その結果、つぎの結論が示された。

(1) 各ミネラル成分について、それらの含量を製品の種類別およびメーカー別に、範囲、平

均値および変動係数により示した。

(2) 種類別の各ミネラル成分含量のバラツキはかなり大であった。しかし販売時期およびメーカーによる各ミネラル成分含量の差はかなり大きかったものの、統計的には有意でなかった。

(3) 有害ミネラル成分含量は、極めて少なく定量限界値に近いものであり、この点肉製品の食品としての安全性が確認できた。

#### 文 献

- 1) 玉手六朗ら, 日畜会報, 43: 251~256, 1972.
- 2) 同上, 同上, 44: 306~314, 1973.
- 3) 玉手六朗ら, 日畜会報, 49: 431~436, 1978.
- 4) 同上, 同上, 50: 229~234, 1979.
- 5) 同上, 同上, 50: 386~391, 1979.
- 6) 同上, 同上, 54: 74~79, 1983.
- 7) 玉手六朗ら, 酪科研誌, 26: A-245~A-249, 1977.
- 8) 同上, 同上, 27: A-67~A-71, 1978.
- 9) 同上, 同上, 27: A-79~A-83, 1978.
- 10) 中村道徳, 農化, 24: 1~15, 1950.
- 11) 科学技術庁資源調査会編, 日本食品標準成分表(四訂): 174~175, 大蔵省印刷局, 東京.
- 12) 池辺克彦ら, 食衛誌, 18: 62~74, 1977.
- 13) McCance, R. A. and E. M. Widdowson, Chemical Composition of Foods (Ed. III), 1960. 鈴木理喜子訳, 食品の無機質含量表: 32~33. 第一出版, 東京, 1966.

# 熱処理にともなう畜肉のレオロジー的性質の変化に関する研究

## Study on the Rheological Properties of Meat in the Process of Heating

水野 治 夫 (東京水産大学)

### 1. 目 的

食肉のレオロジー的特性(粘性, 弾性, 応力緩和時間等)が食味と密接な関係があることは良く知られたことである。また食肉は熱処理によってレオロジー的性質が変化することも明らかなことである。しかし, 食肉は多くの成分が極めて複雑に関連して構成されているため, そのレオロジー的特性を正確に把握することは必ずしも容易ではない。畜肉や魚肉のレオロジー的特性の測定手段はいくつかあるが, それらの手段で得られた結果には一致しない場合が多い。近年, 畜肉のレオロジー的性質の研究において, 粘弾性模型理論にもとづいた応力緩和試験の解析から畜肉の力学定数についての検討が行われるようになった<sup>1)</sup>。

本研究は鶏肉の加熱処理によるレオロジー特性の変化を応力緩和測定によって明らかにすることを目的としたものである。応力緩和測定結果の解析は一般化 Maxwell 粘弾性模型を想定して行った<sup>2)</sup>。

### 2. 方 法

#### 2.1 試 料

実験に供した鶏肉は市販の新鮮なササミ, テバおよびモモ肉である。皮を除去し, 鋭利な刃物で厚さ 1 cm, 長さ 2 cm, 幅 1.5 cm の小片を測定試料とした。加熱処理は, 試料をポリエチレン製袋に入れ沸騰水中で 30 分行った。放冷後, 所定の

大きさに整形し試料片とした。

#### 2.2 応力緩和測定

テンシプレッサー TTP-50BX (タケトモ電機製)を用い, 圧縮法により応力緩和測定を行った。圧縮速度は 120mm/min である。圧縮に用いたプランジャーは円筒型プランジャーで平面部の直径が 1.8cm のものである。応力緩和測定時間は 30秒で記録計によって応力緩和曲線を得た。測定温度は 25°C である。各試料について測定を 3 回行った。試料の圧縮率を一定にするために試料片の作成は注意深く行い, さらに正確を期するため測定直前に試料の厚みを測り所定の圧縮率になるように試料台とロードセルの間の距離(クリアランス)を微調整した。この結果圧縮率をほぼ一定(25%)にすることができた。

### 3. 結果と考察

Fig. 1. に応力緩和測定の 1 例を示す。すべての測定において応力緩和開始点までの応力と圧縮開始からの時間との関係は直線的に推移した。このことは応力緩和開始までの試料の歪は線形的であることを示している。応力緩和曲線の解析は一般化 Maxwell 型模型を用い, 逐次近似法により行った<sup>3)</sup>。すなわち Fig. 2. で表わされる粘弾性模型が試料に対応すると仮定して要素の数とそれらの値が如何なる値であるかを検討した。

$n$  個の要素をもつ Maxwell 型模型において, 応力緩和曲線は次式で示される。

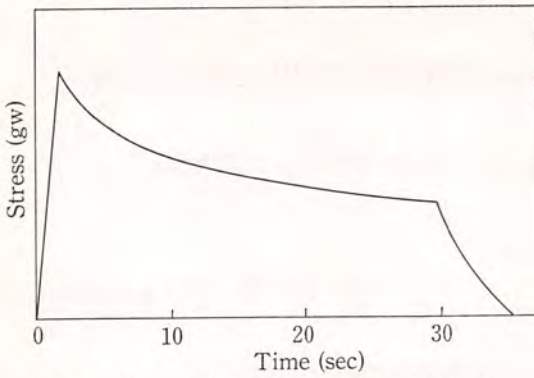


Fig. 1. Typical diagram of stress relaxation curve for hen meat.

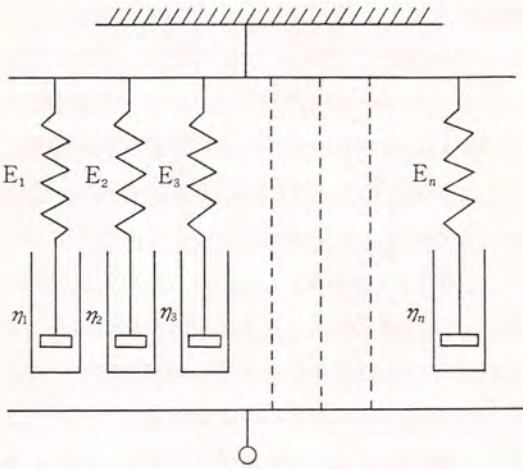


Fig. 2. Generalized Maxwell model.

$E_i$ : elastic modulus of  $i$ -th maxwell element,  
 $\eta_i$ : viscosity of  $i$ -th maxwell element.

$$E(t) = \sum_{i=1}^n E_i \exp(-t/\tau_i)$$

$E(t)$ : 緩和弾性率,  $E_i$ :  $i$  番目の要素の弾性率,  $\tau_i$ :  $i$  番目の要素の緩和時間,  
 $t$ : 時間,  $n$ : 要素の数

鶏肉の応力緩和現象は、測定した3部とも、上式の  $n$  が3で解析することができた。したがって、鶏肉は6要素の Maxwell 型模型で近似できるものと思われる。Table 1. および2にそれぞれの粘弾性定数を示す。Table 1. は生肉について、Table 2. は加熱処理肉についての結果である。生肉の場合は緩和弾性率、緩和時間ともに部位に差はほとんどみられない。加熱処理肉では第1要素の  $E_1$  が生肉に比較して増加し、弾性が増加していることを示しているが、モモ肉は他のササミ、テバよりも弾性の増加が少ないように思われる。この理由は目下検討中であるが運動の激しい部位なので筋肉組織の構造が他の部位と異なるため加熱に影響を受けにくいとも考えられる。緩和時間をみると、第1要素の  $\tau_1$  は加熱によって約2倍に増加している。しかし、部位の異なりによる差は認められない。これは官能検査でも確かめられた。 $E_i, \tau_i$  以外は緩和弾性率、緩和時間ともに生肉と加熱肉との間には有意の差は認められな

Table 1. Rheological parameters of fresh hen meat.

sample	$E_1 \times 10^{-5}$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	$E_2 \times 10^{-5}$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	$E_3 \times 10^{-5}$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	$\tau_1 \times 10^{-2}$ (sec)	$\tau_2 \times 1$ (sec)	$\tau_3 \times 1$ (sec)
sasami	1.9	0.95	1.4	1.1	4.3	0.40
teba	2.0	0.81	2.3	0.6	5.1	0.48
momo	2.1	1.01	1.8	0.9	3.9	0.41

Table 2. Rheological parameters of hen meat after heating.

sample	$E_1 \times 10^{-5}$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	$E_2 \times 10^{-5}$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	$E_3 \times 10^{-5}$ (dyne/cm <sup>2</sup> )	$\tau_1 \times 10^{-2}$ (sec)	$\tau_2 \times 1$ (sec)	$\tau_3 \times 1$ (sec)
sasami	4.7	1.5	1.3	2.0	4.8	0.47
teba	4.8	1.6	3.2	2.0	4.5	0.53
momo	2.9	1.0	2.1	1.8	4.8	0.46

い。

渡辺らは、食肉の質的な評価は弾力の有無に関連すると述べ、応力にもとづく弾力と緩和時間にもとづく弾力は内容が異なるとしている。それによると応力にもとづく弾力は肉片に変形をしばらく与えてから得られる弾力や歯ごたえに関連し、緩和時間にもとづく弾力は比較的短時間で咀嚼によって得られる弾力や歯ごたえに関連する<sup>1)</sup>。本研究は肉片の破壊は行わないで、応力緩和を測定しているので咀嚼によって破壊した組織の弾力や応力緩和時間については不明である。今後、この点を検討することが必要と思われる。

加熱温度と食肉の食感あるいは物性の変化については、熱による蛋白質の凝固、結合組織の収縮、あるいは筋肉の保水力の変化などの関連についての研究が古くからなされている<sup>4,5)</sup>。本研究でも現在加熱温度を変化させて応力緩和測定を実施中である。高温加熱と異なり70°C付近までの加熱では、肉組織からの水分や脂肪の浸出の程度が弾性率や緩和時間に影響をおよぼすよう測定結果に再現性がなく加熱の方法を検討中である。加熱時における畜肉の物性の変化を測定する手段として、近年進歩がめざましい示差熱分析が有用と考えられる。すなわち、畜肉においては蛋白質、脂肪などの変性温度や変性にもとづく吸熱量の観察が期待される。SSC/560S型示差走査熱量計(第二精工社製)を用いて鶏肉について予備試験を行った結果、1分間2°Cの昇温速度で120°Cまでの加熱の場合3段階の変性が認められる興味ある

サーモグラムが得られた。しかし、これら3つの変性点が鶏肉のどの成分にもとづくものであるかは不明である。今後の研究課題であろう。また、畜肉の熱測定に関する研究はほとんど行なわれていないのが現状であるのでこれに関する基礎データの集積が必要と思われる。さらに、既存の示差熱分析装置は食品材料の熱測定のために開発されたものではないので測定技術に不安がないわけではなく、生物試料に対する示差熱測定技術の確立が望まれる。

#### 4. 要 約

鶏肉の生肉および加熱肉のレオロジー特性を応力緩和測定によって検討した。鶏肉の粘弾性模型として6要素のMaxwell型粘弾性模型が適用できることが分った。鶏肉の粘弾性特性の部位による差はモモ肉(加熱の場合の)を除いてほとんどなかった。加熱による緩和弾性率、緩和時間の变化は第1番目のそれぞれの要素に変化がみられたが他の要素には変化がなかった。鶏肉の熱的性質を示差分析よっての検討を試みたがデータを解析するまでには至らなかった。

#### 文 献

- 1) 渡辺幸夫・後藤信男:日畜会報, 50, 363 (1979).
- 2) Y. Sato and T. Nakayama, *J. Food Texture Studies*, 1, 309 (1970).
- 3) 高分子学会編, "高分子測定法", p. 303 (1973).
- 4) 藤巻正生, 倉林広子, 農化誌, 32, 775 (1958).
- 5) R. Hamm, F. E. Deatherage, *J. Food Sci.*, 25, 587 (1960).

## けずりぶし状に削った凍結肉から製造した

## ソーセージの品質について

## The Quality of Sausage Manufactured from Flaked Frozen Meat

加藤啓介・中村誠(石川県農業短期大学)

## 1. 緒言

加工原料肉の中に占める輸入豚肉の割合は年々増大し、輸入豚肉の8割が加工用に向けられており、その大部分はもちろん冷凍肉である。冷凍肉を加工に用いる際には生食用にも増して、品質を落すことなく解凍することが、保水力・結着力を維持するうえで大切である。

冷凍肉を用いるには解凍技術が要求されるうえに解凍のための手間と時間を要し、さらにその間原料肉を細菌汚染をはじめとする品質低下の危険にさらすことになる。解凍に伴うこのような不都合を避けることをねらって筆者らは冷凍肉を用い、解凍工程を省略してソーセージを試作した。そうしてその諸性質を、生鮮肉からつくったものと比較検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料の調製

食肉店から購入した豚ロース肉から脂肪および結合組織を除いた。これを約300gずつに4分割し、そのうち一つを4.5mm目の挽き肉機で挽き肉とし、生肉試料とした。残りはそれぞれポリエチレン袋に封入したあと、 $-30^{\circ}\text{C}$ の冷凍庫に入れ凍結保存した。2~12日(平均5日)の後、凍結肉はそれぞれ次の3方法で処理し、試料とした。なお凍結直前の肉のpHは $5.8 \pm 0.15$ (S. D.)であった。

- (1) 袋に入れたまま $4^{\circ}\text{C}$ の冷蔵庫(強制対流式)に24時間入れて解凍したあと、4.5mm目の挽き肉機で挽き肉にし、解凍肉試料とした。
- (2) 電気かんな(リョービL-120N, 15,000rpm)で削り、削切肉試料とした。
- (3) 電気かんなで削った後 $4^{\circ}\text{C}$ の冷蔵庫に24時間保存し、削切-解凍肉試料とした。

## 2.2 ミオシンBの抽出性

試料に5倍容の5%トリクロル酢酸を加え24時間静置したあと遠心分離(1,500×g 15分)した。沈殿を5倍容の5%トリクロル酢酸で洗った後、その蛋白質量をケルダール法<sup>1)</sup>で測定し、試料肉の全蛋白質量とした。一方、試料に5倍容のWeber-Edsall液(0.6M-KCl・0.04M-NaHCO<sub>3</sub>・0.01M-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)を加え、氷冷しながらマグネチックスターラーで24時間ゆるやかに攪拌し、ミオシンBを抽出した。これに4倍容の0.6M-KClを加え遠心分離( $4^{\circ}\text{C}$ , 900×g, 20分)した。上澄に冷蒸留水を加えイオン強度 $\mu=0.1$ とし、生じた沈殿を遠心分離して集め、これをミオシンBとした。この沈殿を0.1M-KOHにとかし、その蛋白質量をケルダール法<sup>1)</sup>で測定した。このWeber-Edsall液抽出蛋白質の全蛋白質に対する比率をミオシンBの抽出性とした。

## 2.3 乳化力

乳化力の測定はWebbら<sup>2)</sup>の方法を参考にし、図1に示す装置を使って行った。ミオシンBをビュレット法<sup>3)</sup>で測定しておおよそ5mg/mlにな



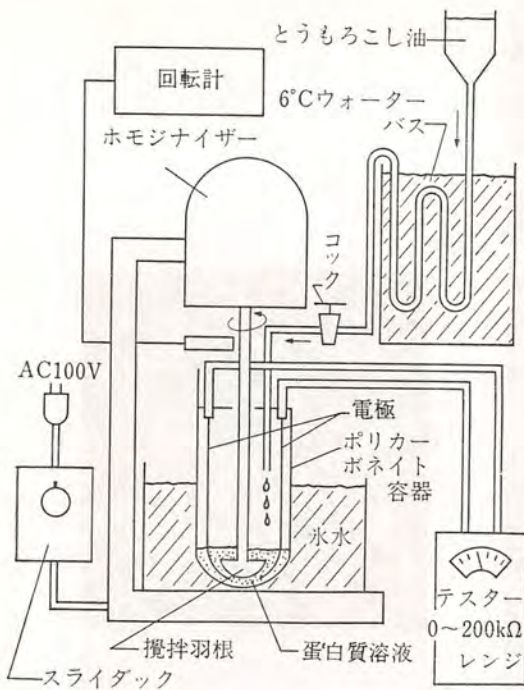


図1 乳化力測定装置

るように0.6M-KCl・0.02M 燐酸緩衝液 (pH 6.0) にとかした。これの3mlを攪拌(8,500rpm)しながら、トウモロコシ油を15ml/minの速度で加えた。

そうして混液の電気抵抗が急激に上昇するまでに要したトウモロコシ油の単位蛋白質あたりの重量でミオシンBの乳化力を表わした。電気抵抗の測定にはテスター(三和計器製作所, YX-30, 0~200kΩレンジ)を使用した。

#### 2.4 ATPase 活性

先に記したのと同様の方法で調製したミオシンBのミオシンATPase活性を測定した。反応液は0.5M-KCl・4mM-CaCl<sub>2</sub>・1mM-ATP・20mM トリスマレート (pH 7.0), 蛋白質濃度0.07~0.12mg/mlとし, 反応温度は25°Cとした。反応開始後1分おきに反応液の一部をとり, 等量の10%トリクロル酢酸に加えて反応を止めた。反応停止液を遠心分離(1,500×g, 15分)し, 上澄の遊

離燐酸をフィスクスバロー法<sup>7)</sup>で定量した。

#### 2.5 ソーセージの剪断力

試料に肉重量の3%のNaClおよび7%の蒸留水を加えガラス棒で充分攪拌したあと4°Cで24時間塩漬した。塩漬肉を内径3.4cmのポリカーボネイト管に詰め, 65°Cの恒温水槽に1時間浸けて加熱ソーセージを製造した。ソーセージは冷却後4°Cの冷蔵庫に一夜保存した後, 1.05×1.05×3cmの角柱に切り揃えた。このソーセージを長軸に直角に直径0.25mmのピアノ線で切り(レオメーター, サン科学), このときの剪断力を記録計(柳本製作所, YR-110)で記録した。記録紙上のピーク面積から積算剪断力を求めた。

#### 2.6 ソーセージの保水力

ソーセージを約2mm角に細切してシャーレにとり, このソーセージと等量の蒸留水を加えて4°Cの冷蔵庫に80分間置いた。遠心管(内径16mm, 深さ60mm)に約1gのティシュペーパーを詰め, これの上にソーセージ試料の約1gをのせ, 遠心分離(4°C, 700×g, 4分)した。遠心分離後のソーセージの水含有率を保水力とした。

### 3. 結果および考察

-30°Cの冷凍庫に貯蔵してあった凍結肉は15,000rpmの電気かんなで容易に削ることができた。削ったものは図2に示すように挽き肉にくらべて非常に細かいものとなった。図でははっきりしないが結合組織も非常に細かくなっている。したがって, この削切肉から製造したソーセージは, 細切を行わなかったにもかかわらず, 均一な組織を持ったものとなった(図3)。

削切直後の肉温は-8~-12°Cであり, これに食塩と蒸留水を加え攪拌混合すると砕けやすい多数の小塊となって再氷結した。そこで, これを4°Cで塩漬する場合は, 塩漬途中で再度攪拌しなければならなかった。

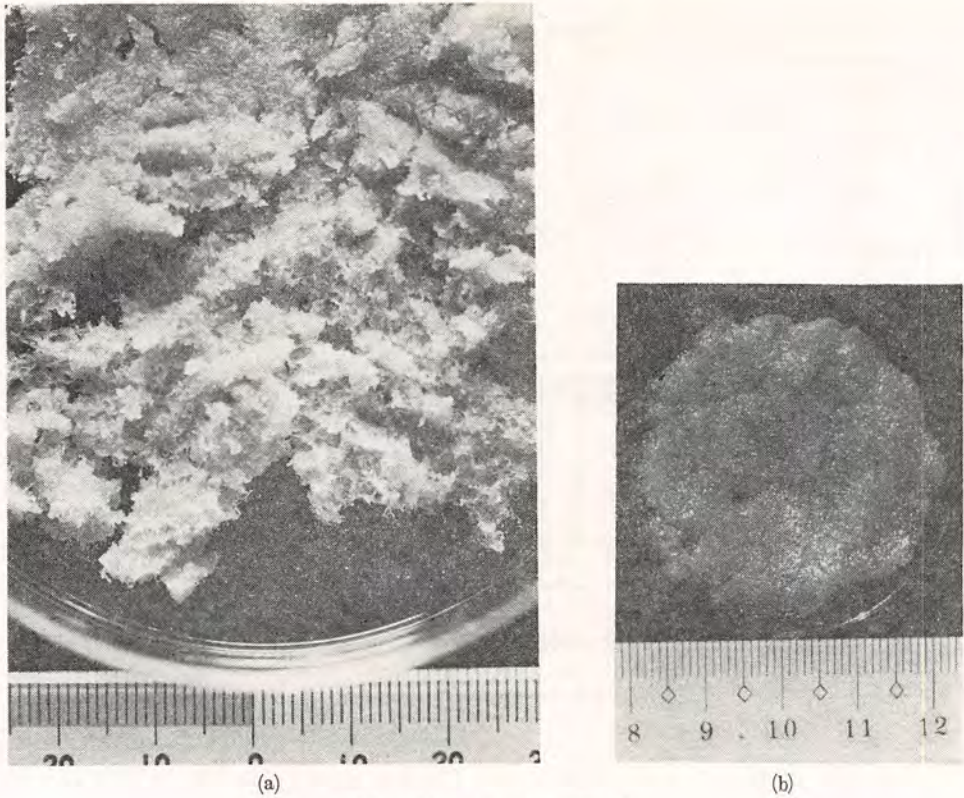


図2 電気かんなによる削切肉  
(a) 電気かんなで削った直後, (b) 4°C 24時間保存後

肉を凍結貯蔵すると、貯蔵期間とともに蛋白質の不溶化が進み、塩抽出蛋白質の量が減少することが知られている<sup>5,6)</sup>。ところが、本実験ではミオシンBの抽出性は、凍結前の生肉よりも凍結後の試料肉のほうが大きくなった(表1)。この原因

としては、凍結貯蔵中に生じる氷結晶の成長による筋細胞の破損<sup>7,8,9)</sup>が蛋白質を抽出しやすくし、一方凍結貯蔵期間が短いこともあってミオシンBの不溶化<sup>10,11)</sup>がそれほど進まなかったことが考えられる。また、挽き肉よりも削切肉や削切-解凍

表1 各試料肉の化学的、物理的諸性質

	生挽き肉	凍 結 肉		
		解凍挽き肉	削 切 肉	削切-解凍肉
ミオシンBの抽出性(%)	32.41 <sup>a,1)</sup>	35.47 <sup>b</sup>	43.72 <sup>c</sup>	43.57 <sup>c</sup>
ミオシン ATPase 活性 ( $\mu$ MPi/min/mg ミオシンB)	0.146 <sup>a</sup>	0.123 <sup>b</sup>	0.119 <sup>c</sup>	0.118 <sup>c</sup>
抽出 ATPase 活性総量 <sup>2)</sup> ( $\mu$ MPi/min/g 全蛋白質)	46.7	43.4	51.9	51.4
ミオシンBの乳化力 (g 油/mg ミオシンB)	0.64	0.65	0.65	0.64
ソーセージ保水性(水分%)	71.78 <sup>a</sup>	71.60 <sup>a</sup>	72.19 <sup>b</sup>	72.65 <sup>c</sup>
ソーセージ積算剪断力(g $\cdot$ min)	55.4 <sup>a</sup>	62.1 <sup>b</sup>	31.8 <sup>c</sup>	31.7 <sup>c</sup>

1) 豚6頭からの肉の平均値。豚肉と処理間の2元配置で分散分析を行った。同行の異なる肩文字を持つ数値間に5%水準の有意差あり。

2) 抽出性 $\times$ ミオシン ATPase 活性 $\times$ 10

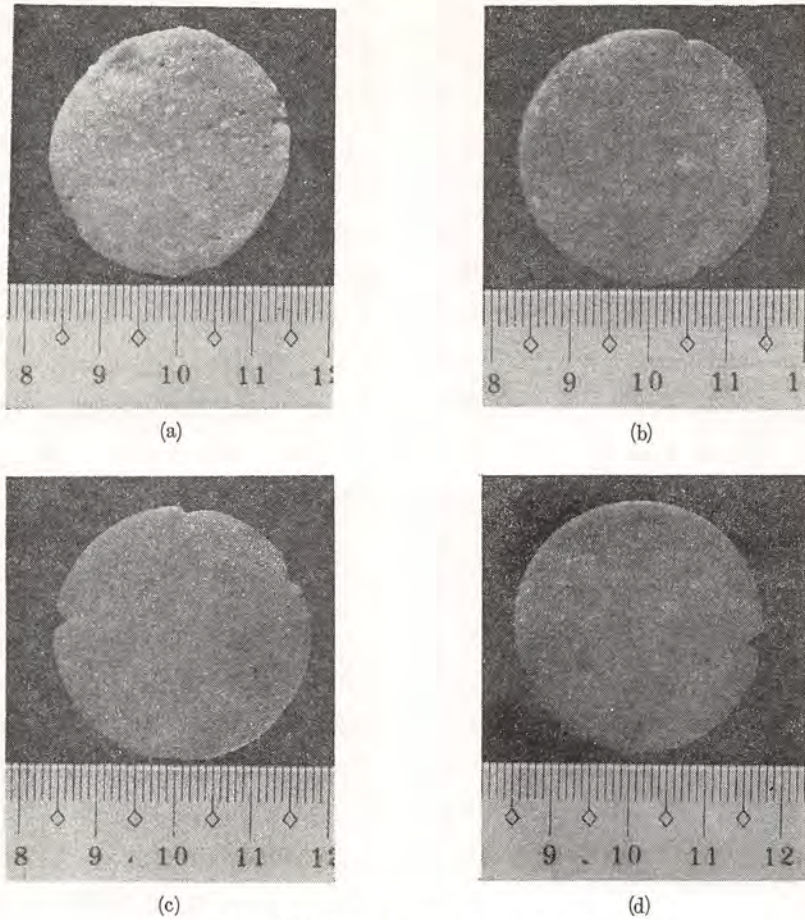


図3 各試料肉から製造したソーセージ  
(a) 生挽き肉, (b) 解凍挽き肉, (c) 削切肉, (d) 削切-解凍肉から製造

肉の方が抽出性が高かったことは、抽出時の試料肉の形状の違いによると考えられる。先に述べたように、削切肉は挽き肉に比べ非常に細かくなっている。

このようにミオシンBの抽出性は削切肉で最も高かったが、このミオシンBのミオシンATPase活性は生肉が最も高く、次いで解凍肉で、削切肉および削切-解凍肉は最も低い値を示した(表1)。しかし、抽出性とミオシンATPase活性とから、抽出されたミオシンATPase活性の総量を求めて(表1)、これによって比較すると各試料肉間の差は見られなくなる。すなわち、ソーセージの保水性や結着性を支配する主要因である塩抽

出ミオシン<sup>12,13)</sup>の量には各試料間で差がない。しかも先に述べたように、凍結によるミオシンBの変性は少なかったと考えられるので、削切した肉ではミオシンB中のミオシン以外の蛋白質(おそらくアクチン)の含有率が高かったのであろう。ソーセージの保水性は塩で抽出された蛋白質中のミオシンとアクチンの比率に左右される<sup>13)</sup>ので、本実験の試料肉間の保水性の違いは(その差はごく小さいが有意であった。)上のようなミオシンBの組成の違いによって説明しうるのかもしれない。ソーセージの組織の緻密で均一なことも、削切肉および削切-解凍肉から製造したソーセージの保水性が高かった原因の一つであらう。

剪断力は生肉から製造したソーセージが解凍肉からのものよりやや低かった。削切肉および削切-解凍肉から製造したソーセージの剪断力は同じで、共に生肉、解凍肉からのものに比べてかなり低い値を示した(表1)。肉および肉製品の硬さは、結合組織に起因するものと構造蛋白質に起因するものがある<sup>14)</sup>。先に述べたように、塩抽出蛋白質の組成が各処理肉間で違ふと考えられ、このことがソーセージの剪断力の差の一因になっていると思われる。しかし、削切肉、削切-解凍肉からのソーセージと生肉、解凍肉からのものとの剪断力の差は、むしろ試料内の形状の違い、すなわち結合組織の粗密の違いによると思われる。このことは、図4に示すように、削切肉、削切-解凍肉からのソーセージの剪断パターンに比べて、生肉、解凍肉からのソーセージの剪断パターンの凹凸が激しいことからもうかがえる。

乳化力は各処理肉間で差がなかった。この乳化力の測定は抽出されたミオシンBについて行ったので、肉全体の乳化力を表わすものではないが、

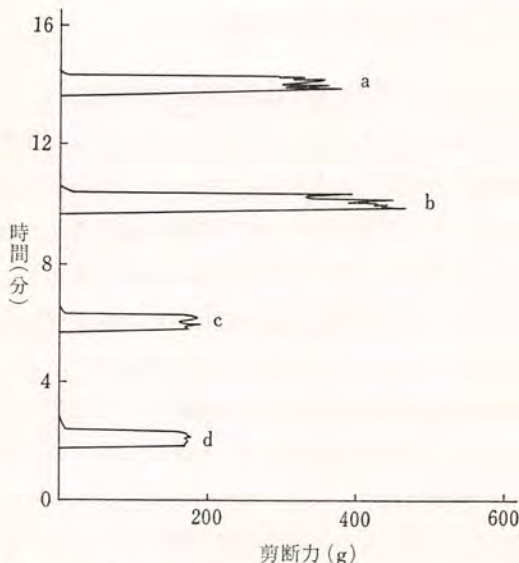


図4 各試料から製造したソーセージの剪断パターン  
a, b, c, d, は図3と同じ

削切肉、削切-解凍肉では抽出性が高いことを考慮に入れると、その肉全体としての乳化力は生肉、解凍肉に比べて劣らないものである。

以上のように、削切肉、削切-解凍肉の加工特性は、生肉に比べても劣らないものと言える。さらに4°C解凍肉では約7%のドリップ損失があったが、削切肉および削切-解凍肉ではドリップが見られなかった。このことは大きな利点である。しかし、本実験では生肉試料の細切を行わなかったことや、凍結貯蔵期間が短かったことが実験結果に影響していると思われる、この点に関して今後の検討が必要である。

#### 4. 要 約

-30°Cの冷凍庫に貯蔵した凍結肉を15,000rpmの電気かんなで削った。この削切肉は、凍結前の生挽き肉および4°C自然解凍挽き肉に比べて、Weber-Edsall液によるミオシンBの抽出性において優れていたが、抽出されたミオシンBのミオシンATPase活性は低かった。削切肉から製造したソーセージは、生挽き肉および解凍肉から製造したものに比べて、保水性がやや高く、剪断力は低い値を示した。以上の結果は削切肉の形状に起因するところが大きいと思われる。

#### 文 献

- 1) 東京大学農学部農芸化学教室, 改訂新版, 実験農芸化学上巻, 初版, 116~117, 朝倉書店, 東京, 1972.
- 2) N. B. Webb, F. J. Ivey, H. B. Craig, V. A. Jones and R. J. Monroe, *J. Food Sci.*, 35: 501~504, 1970.
- 3) A. G. Gornall, C. T. Bardawill and M. M. David, *J. Biol. Chem.*, 177, 751~766, 1949.
- 4) C. H. Fiske and Y. Subarrow, *J. Biol. Chem.*, 66: 375~400, 1925.
- 5) A. W. Khan, L. van den Berg and C. P. Lenntz, *J. Food Sci.*, 28: 425~430, 1963.
- 6) A. Awad, W. D. Powrie and O. Fennema, *J. Food Sci.*, 33: 227~235, 1968.
- 7) J. C. Fowest, E. D. Aberle, H. B. Hedrick,

- M. D. Judge, and R. A. Merkel, *Principles of Meat Science*, 1st ed., 261~276, W. E. Freeman and Company, San Francisco, 1975.
- 8) 加藤舜郎, 三訂総合食料工業 (桜井芳人, 齋藤道雄, 東秀雄, 鈴木明治編), 初版, 893~974, 恒星社厚生閣, 東京, 1978.
  - 9) R. A. Lawrie, *Meat Science*, 3rd ed., 216~233, Pergamon Press Oxford, 1979.
  - 10) H. Buttkus, *J. Food Sci.*, 35 : 558~562, 1970.
  - 11) 永山精美, 大高文男, 茨城大学農学部学術報告, 26 : 93~98, 1978.
  - 12) T. Fukazawa, Y. Hashimoto and T. Yasui, *J. Food Sci.*, 26 : 541~549, 1961.
  - 13) K. Samejima, Y. Hashimoto, T. Yasui and T. Fukazawa, *J. Food Sci.*, 34 : 242~245, 1969.
  - 14) B. B. Marsh, *J. Food Sci.*, 42 : 295~297, 1977.

## ミオシン、大豆タンパク質共存系の

### 加熱ゲル形成機構に関する研究

Studies on the Heat-Induced Gelling Mechanism of the Mixture  
System of Myosin with Soybean Protein

芳 賀 聖 一 (宮崎大学農学部)

#### 1. 目 的

畜肉製品の保水性、結着性は肉中に存在する構造蛋白質が加熱変性でゲルネットワークを形成することにより大きく左右されるもので<sup>1-3)</sup>製品の品質の良否を決定する重要な要因である。近年、畜肉製品の填料として盛んに用いられる種々の大豆タンパク質製品は、その栄養価より畜肉と併用することが有効であり、そのすぐれた機能特性より品質改良剤として使用しうる可能性を持つ。しかし、筋肉構造タンパク質の中でゲルネットワークの主体となるミオシン<sup>1-3)</sup>と、大豆タンパク質の中で最も機能特性のすぐれたグリシニン<sup>4,5)</sup>(11S)の混合による加熱ゲル形成能や両タンパク質間で生じると思われる相互作用についての詳細な研究は極めて貧困である<sup>6-11)</sup>。そこで本実験では、我々が従来より行っている<sup>12)</sup>ミオシンBと大豆タンパク質 CIF (Cold Insoluble Fraction) よりえられた知見を基に、ミオシンと大豆11Sタンパク質間で生じる相互作用を、とくにその加熱ゲル形成機構から検討する。

#### 2. 方 法

##### 2.1 実験材料

筋肉タンパク質ミオシン (アクチン含量, 0.7%) は、と殺直後の家兎骨格筋 (腹直筋, 胸最長筋, 大腿筋膜張筋, 薄筋) よりできるだけ脂肪と結合組織を取り除き、挽き肉にしたものから

Tomomura et al. の方法<sup>13)</sup>と Offer et al. の方法<sup>14)</sup>を併用して調製した。大豆 11S タンパク質 (11S成分は97%, 以下11Sと略す) は、脱脂大豆粉 (吉原製油, ゴールデンプロテインSL) より Thanh & Shibasaki の方法<sup>15)</sup>を用いて調製した。両タンパク質とも 0.5M NaCl-50mM Na-phosphate buffer (pH 7.0,  $i=0.6$ ) に溶解して水中保存し, 10日以内に使用した。但し, 11Sのタンパク質濃度の影響を検討した実験では, 0.6 M NaCl-50mM Na-phosphate buffer (pH 7.0,  $i=0.7$ ) を使用した。

##### 2.2 加熱処理

所定のタンパク質濃度に調製した試料を, 5 ml ずつ特製加熱チューブ (肉径1.555cm) に分注したのち, 密栓し, それぞれの温度と時間で加熱を行い直ちに水中で30分間冷却した。2段階加熱の場合は加熱が終わるごとに水中で30分間ずつ冷却した。加熱温度が50~90°Cの場合は恒温槽中で, 100°Cの場合は沸騰水中で加熱した。

##### 2.3 ゲル形成能の測定

得られた加熱ゲルを室温に戻した後, 前報<sup>16)</sup>と同様にすべての操作を行い, 加熱により生じたゲルネットワークの物理的性質を調べた。すなわち, レオメーターによる圧縮試験から作成された応力-歪曲線から, 弾性率 (Elastic Modulus, E. M.), 破断弾性率 (Modulus of Breaking Elasticity, M. B. E.), 破断エネルギー (Breaking Energy, B. E.), ゲル内部安定性 (Stability of

Inner Gel, S. I. G.) を算出した。

#### 2.4 溶解度の測定

加熱したゲルを遠心分離 (35,000×g, 15分間) し得られた上清画分のタンパク質濃度と未加熱試料のタンパク質濃度よりゲル形成に関与しないタンパク質の割合、すなわち溶解度 (%) を求めた。

#### 2.5 走査型電子顕微鏡観察 (以下 SEM 観察と略す)

100°C 30分間加熱と、60°C 4分間 100°C 30分間の2段階加熱したミオシン、11S単独系と共存系加熱ゲルで、前報<sup>17)</sup>と同様にSEM観察を行った。

#### 2.6 SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (以下 SDS-PAGE と略す)

加熱ゲル形成に関与するタンパク質およびサブユニットの分布状態を調べるため、未加熱試料、加熱ゲルを遠心分離 (35,000×g, 15分間) して得られた上清画分と沈殿画分について、前報<sup>18)</sup>と同様に0.1% SDS-8.5%ポリアクリルアミドゲルで8mA/カラム、4時間30分泳動した。得られたバンドは富士理研FD-AIV型デンストメーター (波長570nm) を用いて染色強度を測定した。

#### 2.7 タンパク質濃度の測定

前報<sup>18)</sup>と同様にBiuret法により求めたが検量線はマイクロケルダール法により作成した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 ミオシン、大豆11Sタンパク質単独系の加熱ゲル形成能に及ぼすタンパク質濃度の影響

ミオシンと11Sの共存による加熱ゲル形成の促進効果を検討するのに先立ち、両タンパク質の加熱ゲル形成能に及ぼすタンパク質濃度の影響を調べた。ここで用いた加熱温度条件は我々がこれまで行ってきたミオシンBと大豆タンパク質CIFの実験より得た両タンパク質の加熱ゲル形成至適

温度を用いた<sup>18)</sup>。すなわち、ミオシンを主成分とするミオシンBは70°Cの、11S成分を主成分とする大豆タンパク質CIFは100°Cの加熱条件が両タンパク質のゲル形成至適温度であったので、本実験ではミオシンを70°Cで、11Sを100°Cでそれぞれ30分間加熱して、種々のタンパク濃度におけるゲル形成能とSDS-PAGEパターンを調べた。それによると、ミオシンがゲル形成を開始する濃度はレオロジー値より13mg/mlと判明した [Fig. 1 (b)~(d)]。10mg/mlミオシンの場合、肉眼的にみて一様にゲル化せず凝集体を形成した。その後、タンパク質濃度増加に伴ないレオロジー値は漸次増加の傾向にあり、とくに20mg/ml以上で顕著であった [Fig. 1 (b)~(d)]。しかし、この場合、破断後のレオロジー値であるゲル内部安定性は低下した [Fig. 1 (e)]。また、溶解度はタンパク質濃度が20mg/mlまで減少の傾向にあるが、それ以後約3%で一定となった [Fig. 1 (a)]。

また、SDS-PAGEより、加熱ゲル形成に関与するタンパク質はmyosin heavy chain (MHC) および myosin light chain-2 (LC-2) であることが、15mg/ml以上の上澄画分におけるそれら2つのバンドの消失、及び、10mg/ml以下の上澄画分にそれら2つのバンドが多く認められることから判断された。一方、11Sでは肉眼的にみてすべてゲル化したが、レオロジー値の測定は本実験においては57mg/ml (イオン強度: 0.7) より可能で、その値は90mg/mlまで増加し100mg/mlでは減少した [Fig. 1 (b)~(d)]。溶解度は濃度増加に伴ない漸次低下する傾向にあるが、100mg/mlではレオロジー値の変化と対応して逆に増加した [Fig. 1 (a)]。またミオシンと同様に11SでもSDS-PAGEによりサブユニットの分布状態を調べた結果、濃度変化によるゲル形成に関与するサブユニットの組成の差は認められず各濃度でBasic subunit-3 (BS-3)、及び7S成分 (パン

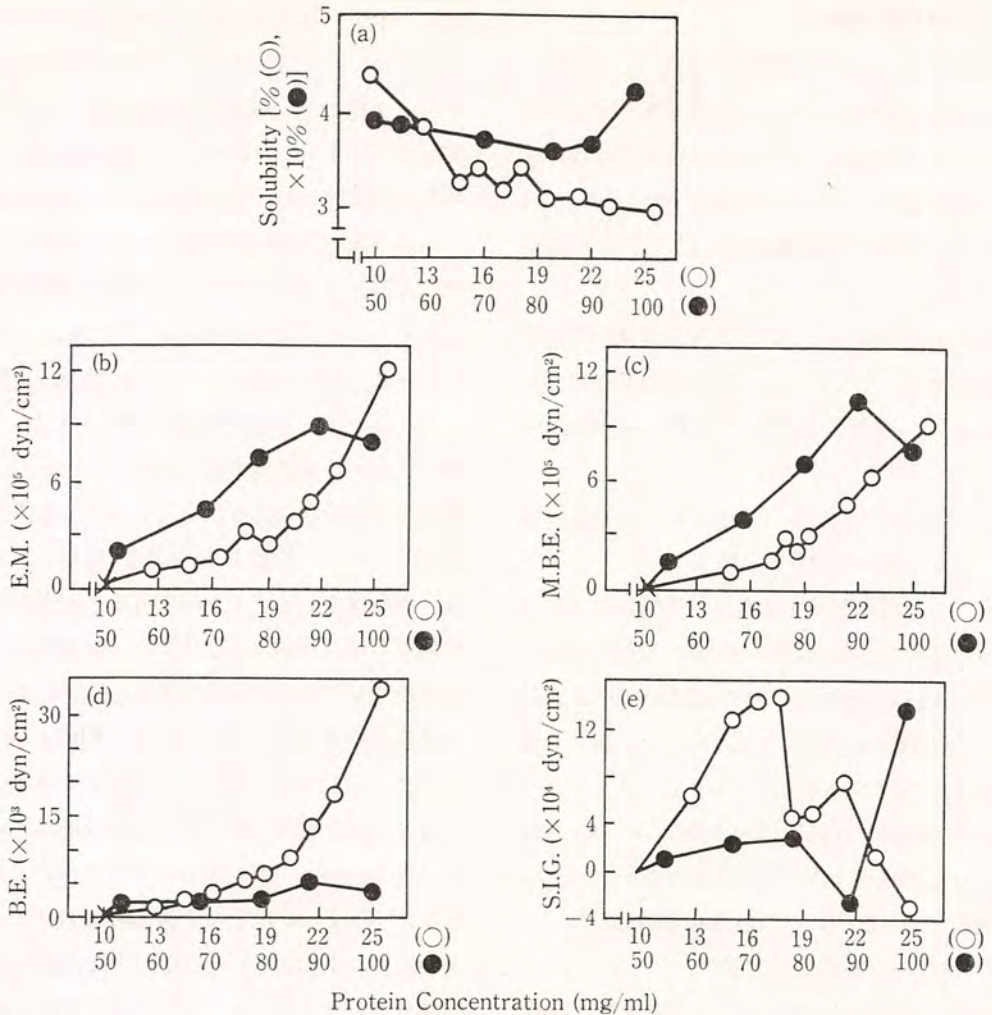


Fig. 1. Effect of protein concentration on heat-induced gel formation of myosin and soybean 11S protein.

Myosin (○) and 11S protein (●) were heated for 30 min at 60°C and 100°C, respectively, followed by cooling, and then the rheological and biochemical properties of resulting gels were measured. (a), solubility of the gel vs. protein concentration; (b), Elastic Modulus (E.M.) of the gel vs. protein concentration; (c), Modulus of Breaking Elasticity (M.B.E.) of the gel vs. protein concentration; (d), Breaking Energy (B.E.) of the gel vs. protein concentration; (e), Stability of Inner Gel (S.I.G.) of the gel vs. protein concentration.

ドA)が沈殿画分が多く移行し、これらのサブユニットが加熱ゲル形成により大きく関与することが示唆された。

3.2 ミオシン、大豆11Sタンパク質単独系の加熱ゲル形成能に及ぼす加熱温度並びに加熱時間の影響

それぞれの終濃度が20mg/mlおよび50mg/mlになるように調製したミオシンおよび11Sを50~100°Cの温度域でそれぞれ30分間加熱して、そのゲル形成能 (Fig. 2) と SDS-PAGE パターンを検討した。その結果、ミオシンでは全温度域でゲルが形成され60°Cで最も高いレオロジー値を示し



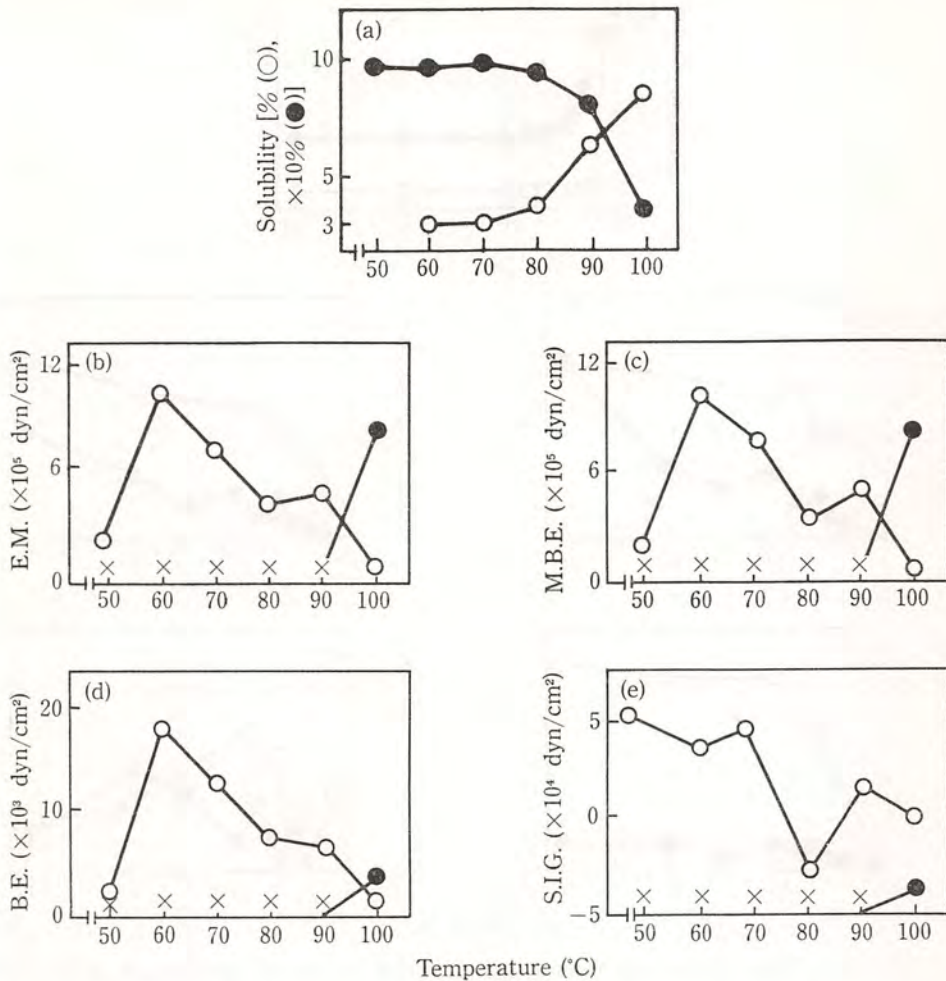


Fig. 2. Effect of heating temperature on heat-induced gel formation of myosin and soybean 11S protein.

Twenty mg/ml myosin (○) and 50 mg/ml 11S protein (●) were heated for 30 min at varying temperature. After cooling, the rheological and biochemical properties of resulting gels vs. heating temperatures were measured. All abbreviations are the same as in Fig. 1. Cross indicates no gelation.

た [Fig. 2 (b)~(d)]. 溶解度の値もその濃度でタンパク質がゲル形成に最も多く関与していると判断される傾向を示したが、50°Cの場合沈殿画分が得られなかった。これは加熱温度が低いため加熱ゲルのネットワークを構成する変性蛋白質の巨大分子化が起こらず、35,000×g (15分間)の遠心加速度で沈殿しなかったことを示唆するものである

[Fig. 2 (a)]. また加熱温度の違いによる加熱ゲルの遠心後の上清、沈殿画分のSDS-PAGEパターンは、上清画分の60~80°C加熱で変化は認められないが、90~100°C加熱ではML-2の残存が認められた。一方、11Sでは100°C加熱のみでゲルが形成され [Fig. 2 (b)~(d)] 溶解度もそれとよく対応する傾向を示し [Fig. 2 (a)], ゲル形成にお

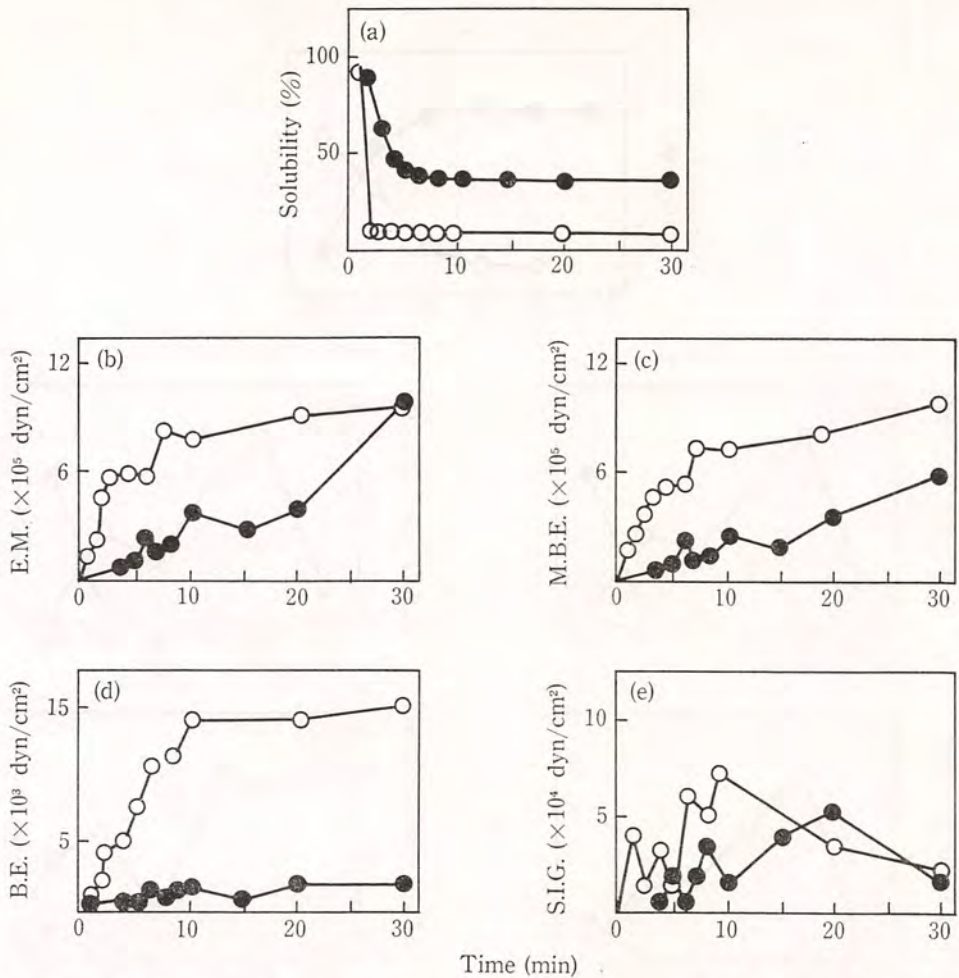


Fig. 3. Effect of heating time on heat-induced gel formation of myosin and soybean 11S protein.

Twenty mg/ml myosin (○) and 50 mg/ml 11S protein (●) were heated for varying time at 60°C and 100°C, respectively. After cooling, the rheological and biochemical properties of resulting gels vs. heating times were measured. All abbreviations are the same as in Fig. 1.

ける11Sの温度感受性領域はミオシンと比較して高温側にあることが判明した。また、SDS-PAGEパターンではゲルを形成した100°C加熱の上清画分からBS-3, 7S成分のほとんどが消失し、これらのサブユニットが11Sの加熱ゲル形成に最も関与するという前述の結果と一致した。

次に、前述のゲル形成至適温度条件で、両タンパク質のゲル形成能に及ぼす加熱時間の影響について検討し、その結果をFig. 3. に示した。ミオシンは60°C加熱1分後より、一方、11Sは100°C

加熱4分後よりゲル形成がはじまり、ここでもミオシンの方が11Sより加熱にたいする感受性が高かった〔Fig. 3 (b)~(d)〕。このようにミオシンでは加熱の初期に加熱時間の効果によって大きくゲル形成反応を示すがその後は一定になり、一方、11Sでは加熱時間の増加に伴ない漸次レオロジー値が上昇していった〔Fig. 3 (b)~(d)〕。溶解度は、ミオシンの60°C、1分間加熱で86%と高い値を示したが、2分間加熱では急激に低下して5.2%となりその後ほとんど変化は認められなかった

[Fig. 3 (a)]。一方、11Sはゲル形成を開始する100°C 4分間加熱で41%まで激減しその後33~35%でほぼ一定の値を示した [Fig. 3 (a)]。また、これら両タンパク質のSDS-PAGEパターンは、いずれのタンパク質もレオロジー特性と溶解度によく対応したパターンの変化を示した。すなわち、各試料上清画分から消失していくタンパク質およびサブユニットは、ミオシンの場合加熱開始後1~2分にML-2とMHCのバンドが消失あるいは激減し、一方、11Sの場合も加熱開始後4~8分にBS-3が減少した。

### 3.3 ミオシン、大豆11Sタンパク質単独系並びに共存系の加熱ゲル形成能に及ぼす2段階加熱の影響

ミオシン、11S単独系の加熱ゲル形成至適条件(タンパク質濃度、加熱温度、加熱時間)を調べた結果、ミオシンが60°C、4分間の加熱で、ある程度安定した強度を持つゲルをつくることから [Fig. 3]、また、ミオシンBを用いて行った実験<sup>18)</sup>を参考にして、60°C 4分間、100°C 30分間の2段階加熱の効果を、11Sの加熱ゲル形成至適条件である100°C 30分加熱法と対比させて検討し、

さらに、ミオシン11Sとの共存による加熱ゲル形成促進効果も検討した。すなわち、1段階加熱および2段階加熱のミオシン、11S単独系、共存系のそれぞれについて、ゲル形成能の測定、加熱ゲルのSEM観察およびSDS-PAGEも行った (Table 1, Fig. 4~6)。まず、ミオシン単独系の場合には、2段階加熱によってすべてのレオロジー値および溶解度の減少が示され (Table 1)、Fig. 4. で示される加熱ゲルの微細構造は、2段階加熱の方が規則的なネットワークで構成され、しかもそのネットの直径も太く、100°C 1段階加熱で見られるような凝集物の存在は認められなかった [Fig. 4 (a)~(d)]。これはレオロジー値で示される2段階加熱によるゲル形成能促進効果を明確に反映し、ミオシンのゲル形成に温度条件が重要な要因であることを示唆するものである。次に、11S単独系の場合には、両加熱方法の間でその加熱ゲル形成能に大差は認められず (Table 1)、また、ゲル微細構造の上でも差は認められなかった [Fig. 5 (a), (b)]。このことは、11Sの加熱変性が高温度域(80~90°C以上)で起こることから、60°C、4分間加熱の効果が発現しなかったものと思

Table 1. Rheological and biochemical properties of myosin, soybean 11S protein and mixed protein after heating at single temperature and stepwise heating at two different temperatures.

		E. M. * ×10 <sup>5</sup> dyn/cm <sup>2</sup>	M. B. E. ** ×10 <sup>5</sup> dyn/cm <sup>2</sup>	B. E. *** ×10 <sup>3</sup> dyn/cm <sup>2</sup>	S. I. G. **** ×10 <sup>4</sup> dyn/cm <sup>2</sup>	solubility %
myosin	100°C (30min)	0.22 (0.19)	0.17 (0.15)	0.04 (0.04)	0.15 (0.15)	10.6
	60°C (4 min)	1.92	2.00	0.59	1.26	8.8
	100°C (30min)	(1.62)	(1.70)	(0.50)	(0.75)	
11S	100°C (30min)	10.30 (0.75)	7.07 (2.66)	2.34 (0.42)	-0.38 (2.62)	36.1
	60°C (4 min)	8.89	7.52	1.47	-0.91	36.5
	100°C (30min)	(1.55)	(2.33)	(0.32)	(1.00)	
mixed protein	100°C (30min)	36.06	35.44	84.04	-90.72	36.2
	60°C (4 min)	39.26	30.79	63.94	4.24	32.8
	100°C (30min)	(5.67)	(2.46)	(3.11)	(6.08)	

Twenty mg/ml myosin, 50mg/ml 11S protein and 70mg/ml 70mg/ml mixed protein (20mg/ml myosin +50mg/ml 11S) were heated at 100°C for 30min, while the protein solutions were heated at 60°C for 4 min and then at 100°C for 30min. The standard deviations are shown in parentheses. \*, Elastic Modulus; \*\*, Modulus of Breaking Elasticity; \*\*\*, Breaking Energy; \*\*\*\*, Stability of Inner Gel.

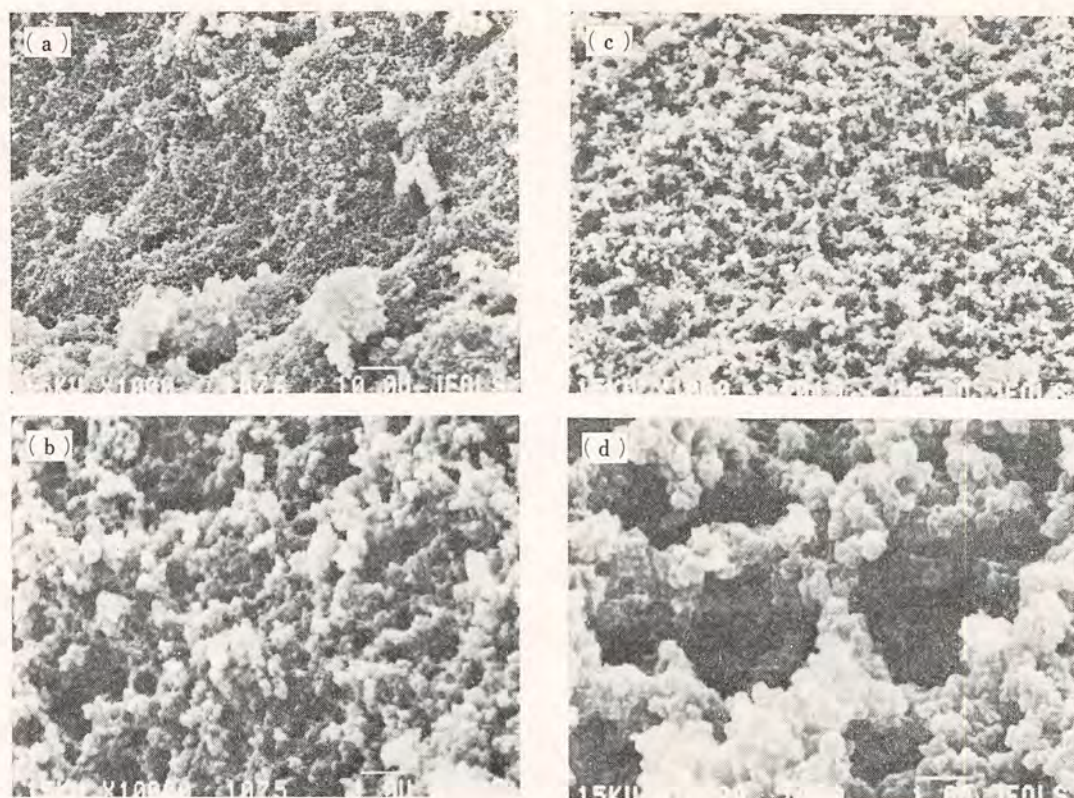


Fig. 4. Scanning electron micrographs of myosin after heat treatment.

Twenty mg/ml myosin were heated at 100°C for 30 min [(a),  $\times 1,000$ ; (b),  $\times 10,000$ ] and at 60°C for 4 min and then at 100°C for 30 min [(c),  $\times 1,000$ ; (d),  $\times 10,000$ ]

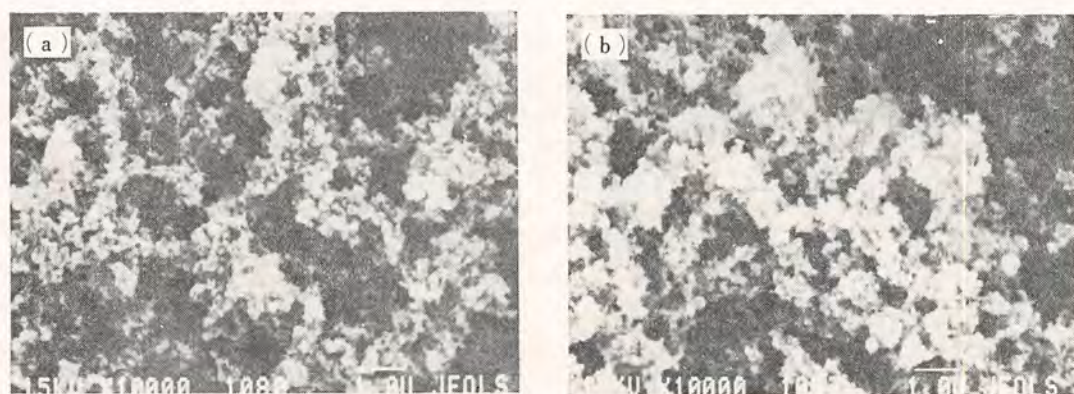


Fig. 5. Scanning electron micrographs of soybean 11S protein after heat treatment.

Fifty mg/ml 11S were heated at 100°C for 30 min [(a),  $\times 10,000$ ] and at 60°C for 4 min and then at 100°C for 30 min [(b),  $\times 10,000$ ].

われる。最後に、ミオシンと11Sを共存させた場合には、明らかに両タンパク質間に相互作用が生じたと思われる各レオロジー値の増加が認められた (Table 1)。また、両加熱方法の間で、弾性率

および破断弾性率の変化は認められなかったが、破断エネルギーは100°C、30分間加熱の方で高い値を示した。このような傾向は、ミオシンBと大豆タンパク質CIFを用いた実験でも認められ、

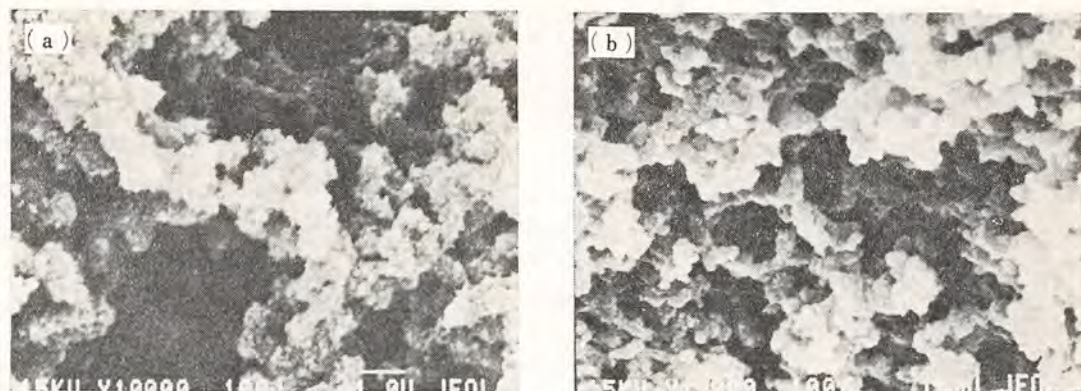


Fig. 6. Scanning electron micrographs of mixed protein of myosin and soybean 11S protein after heat treatment. The mixed proteins of 20 mg/ml myosin and 50 mg/ml 11S were heated at 100°C for 30 min [(a),  $\times 10,000$ ] and at 60°C for 4 min and then at 100°C for 30 min [(b),  $\times 10,000$ ].

この場合必ず破断後に測定したゲル内部安定性の極端な減少があり<sup>18)</sup>、本実験でも同様の結果であった (Table 1)。これは加熱ゲルの均一性に関係があり、事実、得られた加熱ゲルは肉眼的に2相に分離していた。本実験で観察した微細構造でもネットワークの構成に差異が認められた [Fig. 6 (a), (b)]。すなわち、粒状物質の会合により結合されるネットは、100°C加熱の場合比較的大きな直径で構成されるネットワークで、しかも個々の会合体の緻密性に欠けるものであり、11S単独系のそれに類似するものであった [Fig. 5 (a), Fig. 6 (a)]。一方、2段階加熱の場合はミオシン単独系に似たゲル形態を呈し、しかもネットワークの直径はミオシン単独系より小さかった [Fig. 4 (d), Fig. 6 (b)]。ところで、SDS-PAGEパターンは、いずれのタンパク質系の上清、沈殿画分でも、2段階加熱によるタンパク質およびサブユニットの分布状態に変化は認められず、さらに共存による泳動上の特別な変化も認められなかった。すなわち、単独系で得られた各パターンを併合したパターンが共存系でえられた。

以上、ミオシンおよび11Sの異種タンパク質共存系における加熱ゲル形成能について検討したが、その共存効果はミオシンBを用いて行った実

験結果と酷似していた。しかし、それはレオロジー特性のうえでえられた結果からいえることで、微細構造上では、F-アクチンフィラメントを欠くミオシンとそれを有するミオシンBとは明らかに異なっていた。すなわち、本実験で用いたタンパク質濃度と同レベルのミオシンB-CIF共存系では、ゲル微細構造はより直線的な緻密なネットワーク形態<sup>19)</sup>を呈するものであった。また、ミオシン単独系のネットワークを構成するネットも、G-アクチンが幾重にか重なって比較的直線的に観察されるミオシンBネット<sup>20)</sup>と本質的に異なっており、ミオシンの加熱ゲルは直径の大きい球状変性タンパク質の会合体として観察された [Fig. 4 (d)]<sup>21)</sup>。これらのことは、両タンパク質共存系の加熱ゲルネットワークの基本形態が筋肉構造タンパク質によって決定されることを示唆するもので、11Sの加熱ゲル形成機構における役割はミオシン系ネットワークをいかに11S変性タンパク質が補強するかということである。すなわち、それが単独に凝集物として存在するか、また、ミオシン系ネットに side by side で、あるいは、end to end で結合するかによってえられた加熱ゲルのレオロジー特性は異なってくる。そこで我々は今後、この両タンパク質の結合様式、結合部

位をより詳細に検討することによって両タンパク質間相互作用による加熱ゲル形成促進効果と、その機構を明らかにしたいと考えている。

#### 4. 要 約

筋肉構造タンパク質ミオシン、大豆11Sタンパク質および両タンパク質共存物を用いて、その加熱ゲル形成の加熱条件について検討した結果、次のことが明らかとなった。

- (1) ミオシン、11Sともにその濃度増加に伴い、破断前、破断時のレオロジー値は増加し、溶解度も比較的それとよく対応する傾向を示した。また、タンパク質濃度に依存した加熱ゲル形成能の変化は、ミオシンの場合 20mg/ml 以下で、また、11S の場合 90mg/ml 以下で認められた。両タンパク質がレオロジー値算出可能なゲルを形成する最低濃度はミオシンでは 13mg/ml、11S では 57mg/ml であることが判明した。
- (2) ミオシンでは60°C加熱で最高のゲル形成能を示し、SDS-PAGEによる残存タンパク質中に、本来ならば、より多くゲル中に移行するML-2が、90°C以上の加熱に認められた。60°C加熱を行ったミオシンは、加熱開始1分後よりMHCとML-2が残留タンパク質より減少し、加熱ゲル形成に寄与することが示された。一方、11Sでは、100°C加熱でのみゲルを形成し、残存タンパク質からBS-3のほとんどが消失した。加熱時間でも、加熱開始4分後よりBS-3が主に寄与することによってゲルを形成した。
- (3) 両タンパク質の加熱ゲル形成至適温度 (60°C, 100°C) を用いた2段階加熱法は、ミオシンおよびミオシン-11S共存系で、100°C 30

分加熱と比較してより好ましいレオロジー値を示し、また、ゲル微細構造も規則的で、緻密なゲルであることが観察された。しかし、SDS-PAGEによるタンパク質およびサブユニットのゲル中への移行に特別な変化は認められなかった。

#### 文 献

- 1) Fukazawa, T., Hashimoto, Y. and Yasui, T.: *J. Food Sci.*, 26, 331 (1961)
- 2) Fukazawa, T., Hashimoto, Y. and Yasui, T.: *J. Food Sci.*, 26, 541 (1961)
- 3) Samejima, K., Hashimoto, Y., Yasui, T. and Fukazawa, T.: *J. Food Sci.*, 34, 242 (1969)
- 4) 齊尾恭子, 神谷 誠, 渡辺篤二: *日食工誌*, 17, 207 (1970)
- 5) Damodaran, S. and Kinsella, J. E.: *J. Agric. Food Chem.*, 30, 812 (1982)
- 6) 山本克博, 深沢利行, 安井 勉: *北海道大学農学部邦文紀要*, 9, 116 (1973)
- 7) King, N. L.: *J. Agric. Food Chem.*, 25, 166 (1977)
- 8) Hermanson, A. M. and Akesson, C.: *J. Food Sci.*, 40, 595 (1975)
- 9) Hermanson, A. M. and Akesson, C.: *J. Food Sci.*, 40, 603 (1975)
- 10) Hermanson, A. M.: *J. Food Sci.*, 40, 661 (1975)
- 11) Peng, I. C., Dayton, W. R., Quass, D. W. and Allen, C. E.: *J. Food Sci.*, 47, 1984 (1982)
- 12) 芳賀聖一&大橋登美男: *日食工誌*, 27, 433 (1980)
- 13) Tonomura, Y., Tokura, S., Sekiya, K. and Imamura, K.: *Arch. Biochem. Biophys.*, 95, 229 (1961)
- 14) Offer, G. Moos, C. and Starr, R.: *J. Mol. Biol.*, 74, 653 (1973)
- 15) Thanh, V. H. and Shibasaki, K.: *J. Agric. Food Chem.*, 24, 1117 (1976)
- 16) 芳賀聖一&大橋登美男: *日食工誌*, 26, 422 (1979)
- 17) 芳賀聖一&大橋登美男: *日食工誌*, 29, 700 (1982)
- 18) 芳賀聖一&大橋登美男: *日食工誌*, 25, 226 (1978)
- 19) 芳賀聖一: *日本食品工業学会第30回大会講演要旨集* p. 48 大阪(1983)
- 20) 芳賀聖一&大橋登美男: *J. Food Sci.* 投稿中
- 21) Yasui, T., Ishioroshi, M., Nakano, H. and Samejima, K.: *J. Food Sci.*, 44, 1201 (1979)

# 汎用小型コンピュータによるソーセージ製造の ための最小費用処方のプログラム開発の研究

Studies on Development of the Program for Least Cost Formulation  
of Sausage Production Using Small Computer

森 田 重 広 (日本獣医畜産大学)

## 1. 目 的

今日アメリカの肉製造会社ではコンピュータを用いた最小費用処方でソーセージの原料配合を決定しているといわれているが、日本では未だ実用化されていない。この研究の目的は価格の安い(約120万円)汎用のコンピュータを用いて日本の実状に合った原料のデータを用いるプログラムを開発することである。

## 2. 方 法

最小費用処方は数学的には線型計画法 (Linear Programing, LP) といわれる手法で解かれる、この解法は細かい点は別として、すでに明らかになっているので、このLPをどうやってコンピュータ言語である BASIC に表現するか、またソーセージ製造用にはどの様に表現したら便利であるか等が問題点である。数多くの試行錯誤と試算の結果、アメリカで用いられているプログラム(内容は企業秘密で公表されていない)と殆ど同じ結果を示すプログラムを開発することが出来た。使用したコンピュータは三菱電気の MULTI 16 のタイプ B で、メモリーは192KBである。

## 3. 結 果

(1) コンピュータにこのプログラムをロードして、RUNさせると「DO YOU USE PRINTER Y/N?」とコンピュータが聞いてくるか

ら、YまたはNのキーを押して、さらに RETURN キーをおす(以下 RETURN キーをおすことを↓の符号であらわす)。もしY↓とすれば、以下のデータと計算結果は全部紙にプリントされる。次にコンピュータは「No of Ingredients?」と聞いてくるから、使用する原料の数を入力する↓。(原料の数は14まで入力できる。これ以上の数はメモリー容量が不足して「OUT MEMORY」の表示がでる。また原料として現在在庫のものはもちろん現在在庫がなくても入手可能のものは全部カウントする、計算の結果、現在在庫がないものを使った方が良いという結論が出たら、その原料を至急入手するようにする。また氷水もカウントする)

(2) 次にコンピュータは「PRICE OF #1 ING. ?」と聞いてくるから、第一の原料の価格を入力する↓。同様にしてコンピュータは次々に「PRICE OF #2,3……ING. ?」と聞いてくるから第2,3……の原料の価格を入力する↓。次いでコンピュータは「FAT % OF #1 ING. ?」と聞いてくるから、第一の原料の脂肪の%を入力する↓。同様にしてコンピュータは次々に「FAT % OF #2,3……ING. ?」と聞いてくるから第2,3……の原料の脂肪の%を入力する↓。次いでコンピュータは「PROT. % OF #1 ING. ?」と聞いてくるから、第1の原料のたんぱく質の%を入力する↓。以下同様にして第2,3……の原料のたんぱく質の%を入力する↓。次いでコンピ

ュータは「MOIST. % OF #1 ING. ?」と聞いてくるから、原料の水分の%を入力する⇩ことはたんぱく質の場合と全く同様である。次いでコンピュータは「BIND COEF. #1 ING. ?」(結着性係数)、「COLOR COEF. #1 ING. ?」(色係数)と聞いてくるから、これらの数値を入力⇩することは、全く同様である。

これら入力が入力全部済むと画面に全原料の価格、脂肪の%、たんぱく質の%、水分の%、結着性係数、色係数が示される。そして画面の下の方に「ARE THESE CORRECT? Y/N?」と示されるから、データが正しければ、Y⇩と、もし間違っていたらN⇩とする。N⇩とすると「RUN AGAIN」と示されるから、RUN ⇩として最初からやりなおす。(途中で間違いに気付いた時はいつでもBREAKキーを押してからRUN⇩とすれば、いつでも最初にもどれる。) Y⇩とすると、いままでの画面は消えて、

(3) 「MAXIMUM FAT %?」と示される。これからは目的とする最終製品の数値を入力する。次いで「MINIMUM FAT %?」と聞いてくるから、目的とする最終製品の脂肪の最高と最低の%を入力する⇩。若し最高と最低を同じにしたいときは、おなじ数値を入力する⇩。次いで「MINIMUM PROT. %?」と聞いてくるから、最終製品のたんぱく質の最低値を入力する⇩。ついで「MAXIMUM MOIST. %?」そして「MINIMUM MOIST. %?」と聞いてくるから、これらの数値を入力する⇩。もちろん水分の%を一定にしたい時は同じ数値を入力する⇩。ついで「MINIMUM BIND COEF. ?」「MINIMUM COLOR COEF. ?」と聞いてくるから、同様にして、これらの数値を入力する⇩。ついで「= TOTAL WEIGHT?」と聞いてくるから、ここにはサイレントカッターの容量(kg)の数値を入力するか、または100を入力する。100を入力した

時は、比率も同時に示すわけであるので便利である。ついで「MAX. VOL. #1……」「MIN. VOL. #1……」と聞いてくるから、ここでは最終製品にしめる原料の%の数値を入力する。原料に牛肉、マトン、または澱粉などを使用したときには、これらの制限が必要であろう。とくに制限を必要としないときは0を入力する⇩。

(4) 上述の入力が全部済むと画面は一転して、CONSTRAINTS OF FINAL PRODUCTS (最終製品の規制)として、脂肪、たんぱく質、水分、結着性係数、色係数、全容量、最終製品における原料の規制が示される。そして画面の下の方に「ARE THESE CORRECT? Y/N?」と示されるから、Y⇩またはN⇩とする。N⇩すると、(3)に戻って「MAXIMUM FAT %?」と聞いてくるから、入力し直す。Y⇩とすると、画面は消去されて「% OF SHRINK=?」と聞いてくる。このSHRINKというのは、原料肉がサイレントカッターで細切されて練り肉(GREEN PRODUCT)となり、これがスモークハウスの中で加熱を受けて水分が減少する割合であって、一般に練り肉から最終製品に到る間のSHRINKは5~8%である。この数値は個々の製品について、あらかじめ実験して確かめておく必要がある。この数値を入力する⇩。

(5) 上述の入力が済むと画面は一転して、CONSTRAINTS OF GREEN PRODUCTSとして、練り肉における脂肪、たんぱく質、水分、結着性係数、色係数、全容量がしめされる。練り肉ではSHRINKの分だけ最終製品より水分が多くなるのであるから、練り肉では脂肪、たんぱく質、水分、結着性係数、色係数、全容量が最終製品とは異なってくるわけである。これらは自動的に計算されて示される。そして画面の下に「ARE YOU READY Y/N?」としめされる。用意がよければY⇩とする。



(6) 画面は一転して「NOW CULCULATING WAIT A MOMENT」と示されて、コンピュータはここで計算をはじめめる。計算中はそのままである。計算は約10~15分かかる。計算が終了して答えが出てくれば「LAST SOLUTION IS OPTIMAL」と示される。解が無い場合もある、この場合は「NO FEASIBLE SLUTION」と示される。この場合は(8)に飛ぶ。「LAST SOLUTION IS OPTIMAL」と示された時は、暫くそのまま待つ、

(7) そうすると画面に全原料のナンバーと練り肉における、個々の原料の重量（これが原料の配合の割合である）、価格（この合計が最も安い原料代である）、脂肪の重量、たんぱく質の重量、水分の重量、結着性係数値、色係数値とその合計値、それと最終製品における原料の比率（重量）を制限した時には、その数値、それから、最終製品における脂肪、たんぱく質、水分の比率、結着性係数値、色係数値が示される。それから、「OPTIMAL COST RANGE」というものが示される。OPTIMAL COST RANGE というものは個々の原料について、解が変化しないときの価格の変動に対して、その価格の最高値と最低値を示すものである。原料の価格は日々変動するから、価格が変動するたびにコンピュータで計算しては、労力と時間がかかる。この範囲内の価格の変動に対して、解が変動しないことを確かめておけば、時間と労力が省けるわけである。

次に「PENALTY COST」というものが示される。これは使用しなかった原料に対してのみ、示される数値であって、若し解に示された原料の在庫がなく、やむをえず PENALTY COST に示された原料を使った場合にどの位の損失があるかを示したものである。

(8) 画面の最下段には「ARE YOU READY TO GO AHEAD Y/N?」としめされるから、

Y↓とすると、画面は消去されて、次の言葉がしめされる。

「SELECT A, B, C, or D

- A) PRINT OUT ON THE PAPER
  - B) CHANGE THE CONSTRAINTS
  - C) END
  - D) CHANGE THE PRICE
- A/B/C/D?」

A↓とすれば、いままでのデータと計算結果は全部紙にプリントされる。終了すれば(8)にもどる。B↓とすれば(3)にもどって、おなじ原料を使って異なった最終製品の規制値を採用することができる。C↓とすれば終了である。D↓とすれば(2)にもどって原料の価格を変化させて計算できる。A, B, Dの場合は終了すれば(8)にもどる。

(9) (7)が終了した段階で、まれに「THERE IS DEGENERACY, WAIT A MOMENT」という表示が出ることもある。DEGENERACYというのは退縮または退化と訳されて、解が1つに定まらないのが特徴である。暫く待つと第2の解が画面に現れる。(1)の段階でY↓としてあれば、DEGENERACY, NEXT SOLUTION IS ALSO OPTIMAL として第2の解もプリントされる。このような場合は第1の解と第2の解の任意の比率の組合せ（例えば、第1の解1/3と第2の解2/3の組合せ）もまた解である。従って解は無数にある。終了すれば(8)に行く、この時A↓とすると、第2の解しかプリントされないから、(1)の段階でY↓としておくことが必要である。従ってこのプログラムでは、なるべく(1)の段階でY↓としておく方が良い。

#### 4. 考 察

今回開発したプログラムは現在アメリカで用いられているものと同程度のものと考えられるが、このプログラムが総てに勝ると考えるのは早計の

ようである。ソーセージの食用性が、ここに示されたような data のみでその品質のすべてを表しているとは考えられない。特に結着性係数と色係数の導入はまだまだ問題があると考えられ、ここに示した方法がソーセージの結着性や色をどの程度表しているかについては疑問が残る。

もう一つの問題はコンピュータによる一次方程式の解は近似解であるという問題である。一般に一次方程式の解では0への収束を1のマイナス6乗程度としているが、この数値は方程式の性質、コンピュータの精度(何桁まで計算するか)によって変える必要がある。配合比において実用的な解は、小数点以下はそんなに精度を必要としないから、さして問題にはならないと思われるが、Optimal Cost Range については正確でないものが現れることはそんなに稀ではない。Optimal Cost Range については Low と High について、実際に価格を入力して計算させ解が正確であるかどうか確かめる必要がある。

しかし、今まで経験に頼って来たソーセージの原料配合の決定に、コンピュータを導入して、ごく短時間(10~50分)で、これだけの情報を得られることは大きな進歩であるといわなければならない。これだけの計算を手計算でやれば一日か、

もっとかかるだろう。

ソーセージの品質の安定を確保する上で、コンピュータから得られる情報はすべてに優るとは思われないが、極めて有用であることは確かである。

## 5. 要 約

価格の安い市販の汎用コンピュータを用いて、ソーセージの配合比の決定における、最小費用処方プログラムの開発に成功した。このプログラムは現在アメリカの肉製造会社で用いられているものにほぼ匹敵するものである。このプログラムの使用法について述べ、ソーセージ製造におけるコンピュータ導入による配合比決定の効果について論議した。

## 文 献

- 1) 平本 巖, 長谷 彰, 線型計画法, 培風館, 東京, 1980.
- 2) Kramlich ら(森田重広訳), 肉製品, 107, 学窓社, 東京, 1975.
- 3) 森口繁一, 線型計画法入門, 日科技連出版, 東京, 1980.
- 4) 森田重広, 畜肉とその加工, 131, 建帛社, 東京, 1982.
- 5) 刀根 薫, BASIC, 162, 培養館, 東京, 1981.

## 食肉における脂質酸化の機構解明と変敗度測定

Mechanism of Lipid Oxidation in Meat and Detection of Lipid Rancidity

松下雪郎 (京都大学食糧科学研究所)

脂質の酸化生成物は食品の風味を損ねるとともに、毒性を示すこともある。ことに食肉にはリノレン酸、アラキドン酸など、高度不飽和脂肪酸がリン脂質構成成分として含まれる。さらに脂質の酸化を促進するヘム鉄触媒が多量に存在する。しかし、リン脂質やアラキドン酸の酸化に関する研究には残された問題が多い。本研究では、食肉脂質の酸化機構を系統的に理解するため、アラキドン酸を取り上げ、とくに二次生成物に着目して研究を進めた。

アラキドン酸 (AA) は、動物組織中の膜を構成するリン脂質に含まれる。リポオキシゲナーゼやシクロオキシゲナーゼの作用で種々の酸化生成物を生ずる。一方、AAは3つのペンタジエン構造を含むため自動酸化を受けやすい。自動酸化による  $PG_{E_1}$  様化合物の生成<sup>1)</sup>、一重項酸素による酸化や自動酸化によるモノヒドロペルオキシド (mono HP) 異性体の検索<sup>2,3)</sup>、AAからのラジカル環化の速度論的研究<sup>4)</sup>、一重項酸素酸化とヘム鉄触媒による酸化生成物のGC-MSによる検索<sup>5,6)</sup>などの研究があるが、まだ過酸化の経路や生成物の検索も完全には明らかになっていない。本研究ではAAの自動酸化と  $Fe^{2+}$ -AsA触媒下での酸化生成物をGC-MSで分析し、さらにmono HP異性体を単離し、それぞれの異性体からの生成物を明らかにして、AAの酸化分解の経路を推定した。

## 1. 方法

自動酸化にはAAメチルエステル (AAME) をガラスチューブに入れ  $37^\circ$  でインキュベートした。 $Fe^{2+}$ -AsA触媒による酸化では、Tween 20 (0.1%) と AAME ( $7.8 \times 10^{-3} M$ ) あるいは mono HP ( $3.3 \sim 7.8 \times 10^{-3} M$ ) を含む 0.1M リン酸緩衝液、 $FeSO_4$ 、EDTA、AsA を含む pH 6.2 の乳化液 (最終濃度、それぞれ  $10^{-5}$ 、 $10^{-5}$ 、 $2 \times 10^{-3} M$ ) を加えて  $25^\circ$  でインキュベートした。生成物は  $NaBH_4$  で還元し<sup>7)</sup>、クロロホルム/メタノール (1/1, V/V) で抽出し、水素添加、TMS 化して、GLC あるいは GC-MS で分析した<sup>8)</sup>。

## 2. 結果

## 2.1 AAMEの自動酸化

AAMEの自動酸化時におけるAAMEの量的変動を Fig. 1. に示す。 $\alpha$ -Toc を添加しない場合は、

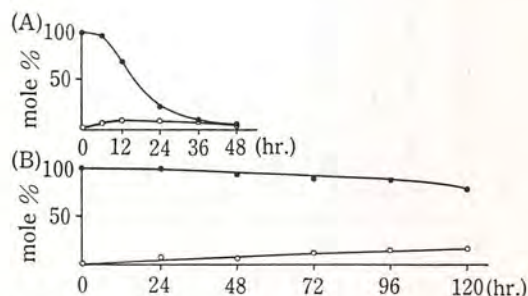


Fig. 1. Changes in the amount of mono HPO (○) and AAME (●) in autoxidation of AAME with (B) or without (A)  $\alpha$ -Toc

24時間インキュベートするとき、AAMEを24 mol%に減少するが、そのとき蓄積したmono HPは10mol%以下である。その間の差は、重合物、揮発性物質、さらにはより酸化された化合物へ変化したと考えられる。一方、 $\alpha$ -Tocを添加する場合は、減少したAAMEのほとんどはmono HPとして残存し、120時間のインキュベーションでは18mol%のmono HPが蓄積した。

これら生成物のGLCパターンはFig. 2.に見られるように、ピーク2中にmono OH混合物が含まれる<sup>9)</sup>。AAMEは3つのペンタジエン構造をもつので、7, 10, 13位よりの水素原子の引抜きにより6種のmono HPが生ずる<sup>9)</sup>。GC-MS分析からそれらは5-, 8-, 9-, 11-, 12-, 15-異性

体と確認された。

これらの異性体組成比を $\alpha$ -Tocの存在するときと、しないときとを比較するとFig. 3.のごとくなる。 $\alpha$ -Tocの存在しないときの組成比は、8-, 12-(middle isomer) < 9-, 11-(inner isomer)  $\ll$  5-, 15-(outer isomer)となる。しかし $\alpha$ -Tocが存在するときはこのような差はない。

Fig. 2.中のピーク3, 4, 5はAAMEの二次酸化生成物で、GC-MS分析よりピーク3はdiOH, triOH化合物を含む。ピーク4はMe mono OHへプタデカノエイトの異性体混合物で、その異性体組成をFig. 4.に示す。5-, 12-異性体の含量比が非常に高いが、このことはAAMEの自動酸化過程にPG<sub>2</sub>様化合物の生成したことを示すものである。一方、 $\alpha$ -Tocの存在するときのピーク5 (Fig. 2)はdiOH異性体混合物である。

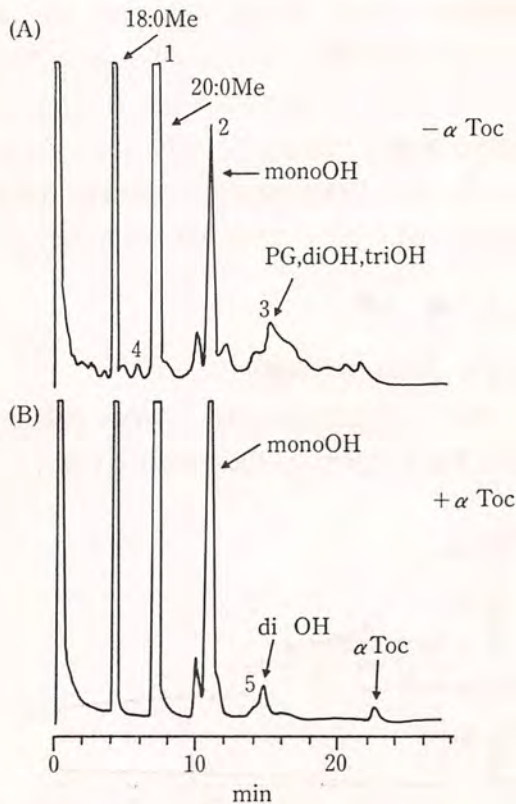


Fig. 2. GLC pattern of autoxidation products.

- (A); without  $\alpha$ -Toc, 12 hr incubation  
(B); with  $\alpha$ -Toc, 120 hr incubation

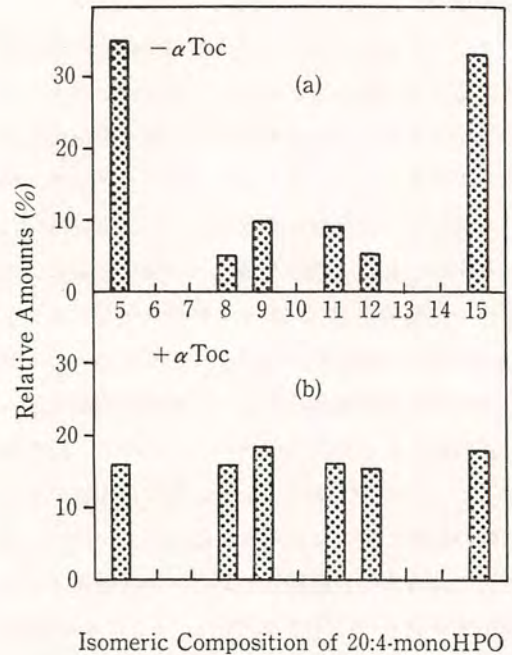


Fig. 3. The isomeric composition of monoHP in autoxidation of AAME with or without 1%  $\alpha$ -Toc.

- (a) - $\alpha$ -Toc, after 12 hr incubation  
(b) + $\alpha$ -Toc, after 120 hr incubation

2.2 Fe<sup>2+</sup>-AsA 触媒による酸化

AAME の Fe<sup>2+</sup>-AsA 触媒による酸化生成物の GLC の結果は Fig. 5. に示す。ピーク 1 は mono OH 異性体混合物で、その組成比は自動酸化の場合と同様である。ピーク 3 は Me tri OH プロスタ

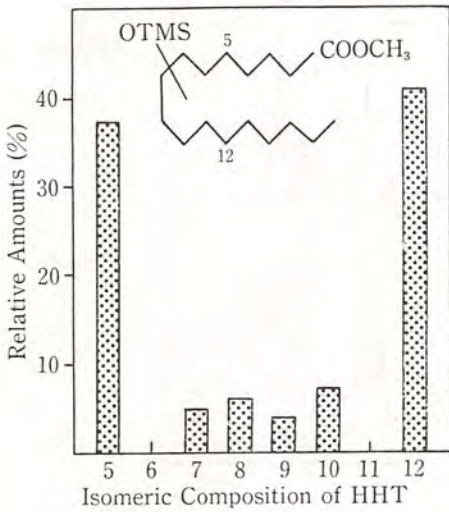


Fig. 4. The isomeric composition of methyl mono-hydroxyheptadecanoate derived from autoxidation products of AAME after 12 hr incubation.

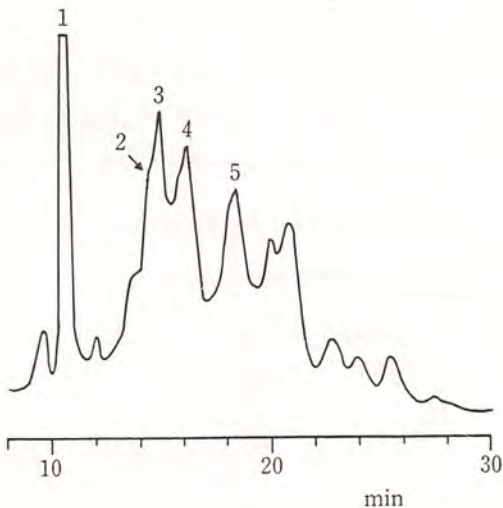


Fig. 5. GLC pattern of Fe<sup>2+</sup>-AsA catalyzed peroxidation products of AAME after reduction and hydrogenation. Incubation was carried out at 25°C for 6 hr.

ノエイトの異性体混合物で、Fig. 6. に示される 4 種が含まれ、ピーク 3 の肩部に di OH 化合物が含まれる。

2.3 Mono HP の Fe<sup>2+</sup>-AsA 触媒による分解

最初に生成する mono HP 異性体をそれぞれ HPLC により単離し (Fig. 7), それぞれを Fe<sup>2+</sup>-AsA 触媒系で酸化分解し、outer, middle, inner の HP 異性体として、15-, 12-, 11- 異性体の例を Fig. 8. に示す。ピーク 1 は 14, 15- と 11, 15- di OH 化合物の混合物、ピーク 2 は 5, 15- と 8, 15- di OH 化合物の混合物である。同じくピーク 3 は 11, 12, 15, 11, 14, 15- tri OH 化合物の混合物である。ピーク 4 と 5 は 9, 11, 12, 15- と 5, 6, 8, 15- tetra OH 化合物であった。ピーク 6 と 7 は 8, 12- と 5, 12- di OH 化合物、ピーク 8 は 8, 9, 12-

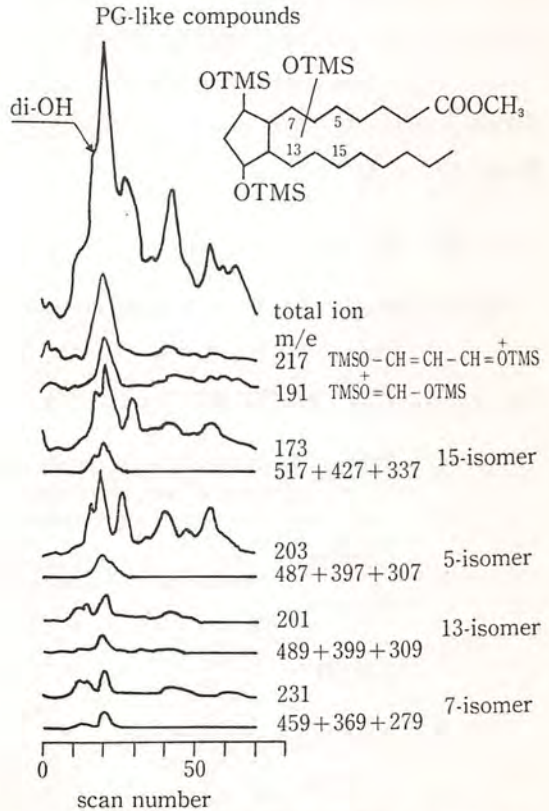


Fig. 6. Mass chromatography of methyl trihydroxyprostandoate from peak 3 (Fig. 5).

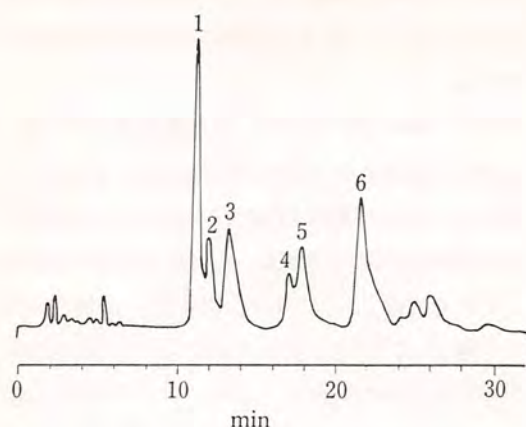


Fig. 7. Elution pattern of monoHP on HPLC. Isomeric mixture of monoHP was prepared from autoxidized AAMe. peak 1; 15-, peak 2; 12-, peak 3; 11- peak 4; 8-, peak 5; 9-, peak 6; 5-isomer.

と 8, 11, 12-tri OH 化合物であり、ピーク 9 は 12, 14, 15-tri OH 化合物と判定された。ピーク 12 と 13 は 11, 12, 15-, 11, 14, 15-tri OH 化合物, ピーク 11 と 14 はペンタ OH 化合物であった。なお di OH と tri OH 化合物についてまとめたのが Table 1. である。

### 3. 考 察

AAMe が酸化される時、まず mono HP が生ずる。ことに水素供与体としての  $\alpha$ -Toc が存在する場合は、これらを安定に得ることができる。

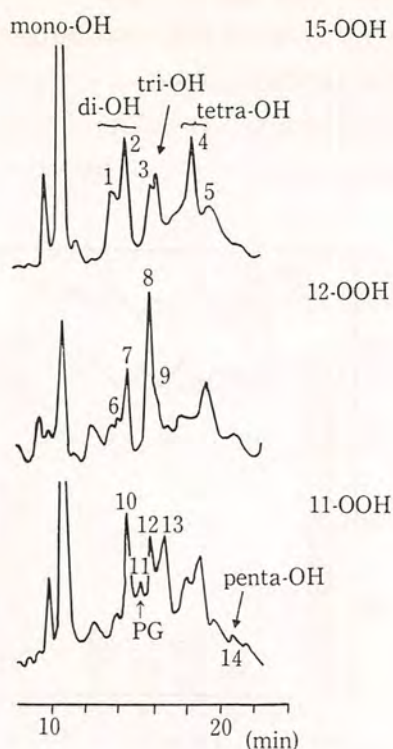


Fig. 8. GLC patterns of  $Fe^{2+}$ -AsA catalyzed decomposition products of monoHP after reduction and hydrogenation. Incubation was done at 25°C for 3 hr.

AAMe は 3 つのペンタジエン構造をもつので、7, 10, 13 位の活性メチレン基より水素原子が引抜かれるので、6 種の HP が生ずる (Fig. 3, Fig. 9)。 $\alpha$ -Toc のない場合には outer isomer の含量

Table 1. Di OH and tri OH mainly detected in the  $Fe^{2+}$ -catalyzed decomposition process of each mono HPO

products	starting materials			
	15-mono HPO	12-mono HPO	11-mono HPO	AAMe
di OH	5, 15-	5, 12-	5, 11-	*5, 15-
	8, 15-	8, 12-	11, 15-	*5, 12-
	11, 15-			*8, 15-
	14, 15-			
tri OH	11, 12, 15-	8, 9, 12-	11, 12, 15-	**5, 6, 8-
	11, 14, 15-	8, 11, 12-	11, 14, 15-	**12, 14, 15-

\* The results of autoxidation in the presence of 1%  $\alpha$ -Toc

\*\* The results of  $Fe^{2+}$ -catalyzed peroxidation

が高いが、これは他の inner, middle のペルオキシラジカルが環化し易いためと考えられる。このことは  $\alpha$ -Toc の存在下では PG 様化合物が生成しないことからもうなずけるところである。Frankel ら<sup>9,10)</sup> はリノレン酸の HP についても outer isomer が inner isomer より多いことを報告している。Pryor ら<sup>1)</sup> は、またリノレン酸メチルの自動酸化において、ペルオキシラジカルは酸素分子のついた炭素原子より  $\beta$ - $\gamma$  位にある二重

結合に向けて環化し得ることを示した。

Mono HP は1つあるいは2つのペンタジエン構造をもつので、さらに酸化され、還元後は di OH, tri OH 化合物となるものを生ずる (Table 1)。低荷電状態の遷移金属イオンは LOOH から  $\cdot$ LO を生ぜしめるので、Gardner ら<sup>8,11)</sup> は Fe<sup>3+</sup>-cystein 系によるリノール酸 HP の分解時に環化が起り得ることを示した<sup>12)</sup>。この経路で、mono HP はエポキシ HP をへて分解される。一方 To-

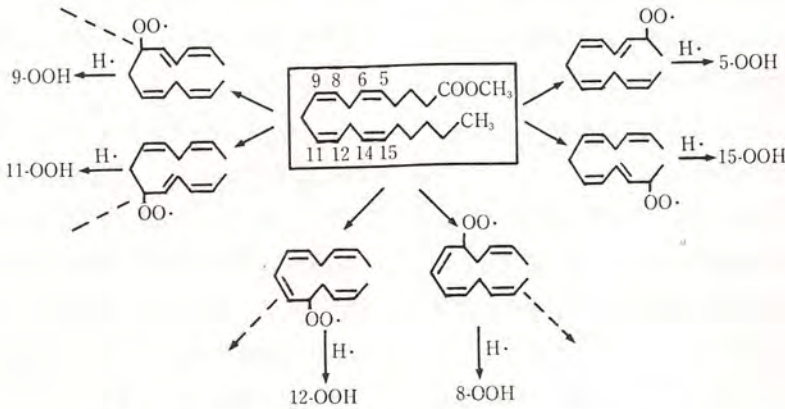


Fig. 9. The effect of  $\alpha$ -Toc on the autoxidation of AAME.

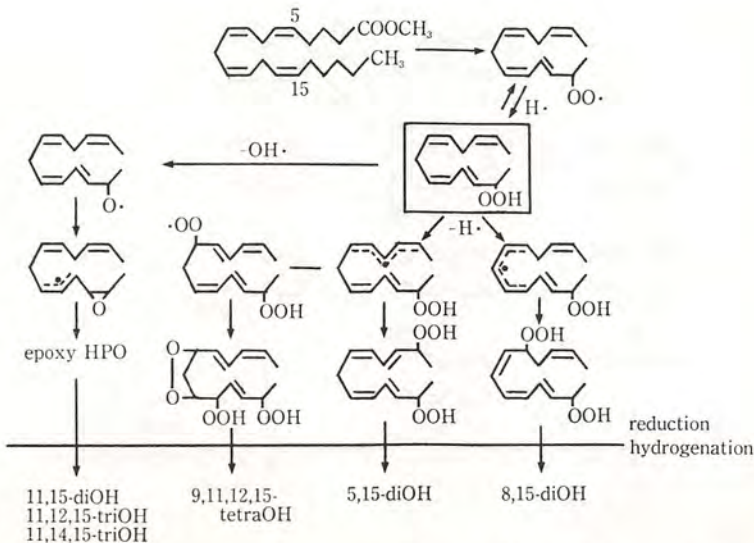


Fig. 10. Proposed pathway of aperi-oxidation of AAME via 15-peroxy radical.

yoda らは  $\text{Fe}^{2+}$ -AsA 触媒によるリノレン酸メチルの酸化分解時に di HP を検出し、その際の di OH や tri OH 化合物の生成は di HP と epoxy HP からの両方の経路を考えることができた。

5-ペルオキシラジカルをへる場合 (Fig. 10) は環化しにくいので、ラジカルは水素原子をとって HP となる。15-mono HP は2つのペンタジエン構造をもつので、C-7から水素原子が引抜かれて 5,15- と 9,15-di HP が生じ、C-10から引抜かれると 8,15- と 12,15-di HP が生じる筈である。しかし、9,15- と 12,15-di HP は検出できなかった。C-8あるいはC-9に結合した酸素分子は  $\beta$ - $\gamma$  不飽和結合に環化<sup>14)</sup>して、環状 di HP を生じる。それで 9,11,12,15- と 5,6,8,15-tetra OH 化合物が検出されたのであろう。

8,15-di OH が見出され、12,15-di OH が見い出せなかった理由は説明できない。酸素分子が C-8 と C-12を選択的に攻撃したか、あるいは2つの di HP の安定性によるのかもしれない。11,15-di OH と 11,12,15- と 11,14,15-tri OH 化合物の見い出されたのは Gardner 説で説明し得る。

14,15-di OH 化合物も 14,15-エポキシサイドに由来するのであろう<sup>15)</sup>。

12-ヒドロペルオキシラジカルをへる経路は Fig. 11 に示される。tri OH 化合物としては、5,6,8- と 12,14,15-tri OH 化合物が得られ、後者は 12-ペルオキシラジカルをへて 5員環ペルオキシ HP に由来すると考えられる。そのような化合物はリノレン酸メチルの自動酸化について報告されている<sup>16,17)</sup>。12-mono HP をインキュベートしたとき生じる主な生成物は 5,12-di OH (おそらく di HP から)、8,12-di OH、8,9,12-tri OH、8,11,12-tri OH (おそらくエポキシ HP から) 化合物であった。

11-ペルオキシラジカルをへた過酸化経路は Fig. 12 に示される。11-mono HP を出発物とした場合、5,11-di OH (おそらく di HP から)、11,15-di OH、11,12,15-tri OH、11,14,15-tri OH (おそらくエポキシ HP から) が主な生成物として検出された。5,6,8,9,11-penta OH 化合物も少量見い出された。Porter ら<sup>18)</sup> は連続的な環化が起る可能性を述べ、Frankel ら<sup>19)</sup> はリノレン

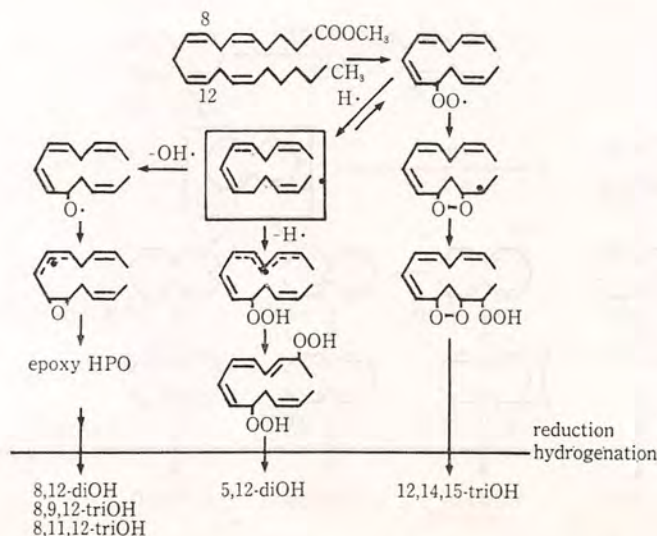


Fig. 11. Proposed pathway of peroxidation of AAME via 12-peroxy radical.



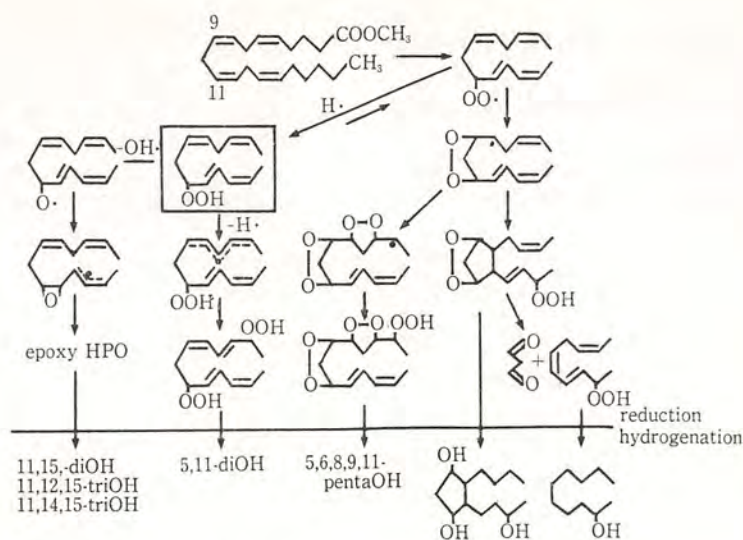


Fig. 12. Proposed pathway of peroxidation of AAME *via* 11-peroxy radical.

酸メチルの光増感酸化において、ビスサイクリックペルオキシ HP を検出している。

一般に不飽和脂肪酸はフリーラジカルメカニズムによって酸化され mono HP を生じ、さらに酸化されて di HP やエポキシ HP を生じる。しかし、AAME の酸化の場合は二重結合が多く、mono HP をへる経路とともに、inner と middle ペルオキシラジカルは HP になる以前に環化する経路が存在する。なお環化するかあるいは HP になるかは系に存在する水素供与体の濃度によるようである。

#### 4. 要 約

アラキドン酸メチルを自動酸化と  $Fe^{3+}$ -AsA 触媒系で酸化し、生成物を GC-MS で分析した。mono HP としては HP 基の位置による outer isomer の収量が高いが、middle と inner isomer は少ない。それはペルオキシラジカルが環化し易いためであって、さらに酸化されて、還元後の形として di OH や tri OH 化合物が得られ、それらの構造より AAME の酸化分解の経路を推定した。

#### 文 献

- 1) Pryor, W. A., Stanley, J. P., and Blair, E. (1976) *Lipids* 11, 370~379.
- 2) Porter, N. A., Logan, J., and Kontoyiannidou, V. (1979) *J. Org. Chem.* 44, 3177~3181.
- 3) Porter, N. A., Wolf, R. A., Yarbrow, E. M., and Weenen, H. (1979) *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 89, 1058~1064.
- 4) Porter, N. A., Lehman, L. S., Wever, B. A., and Smith, K. J. (1981) *J. Am. Chem. Soc.* 103, 6447~6455.
- 5) Terao, J., and Matsushita S. (1981) *Agric. Biol. Chem.* 45, 587~593.
- 6) Terao, J., and Matsushita, S. (1981) *Agric. Biol. Chem.* 45, 595~599.
- 7) Hamberg, M., and Samuelsson, B. (1967) *J. Biol. Chem.* 242, 5329~5335.
- 8) Gardner, H. W., Kleiman, r., and Weisleder, D. (1974) *Lipids* 9, 696~706.
- 9) Frankel, E. N., Evans, C. D., McConnel, D. G., Selke, E., and Dutton, H. J. (1961) *J. Org. Chem.* 26, 4663~4669.
- 10) Frankel, E. N., Neff, W. E., Rohwedder, W. K., Khambay, B. P. S., Garwood, R. F., and Weedon, B. C. L. (1977) *Lipids* 12, 1055~1061.
- 11) Gardner, H. W., Weisleder, D., and Kleiman, R. (1978) *Lipids* 13, 246~252.
- 12) Gardner, H. W. (1980) in "Autoxidation in Food and Biological systems" (Simic, M. G.,

- and Karel, M., eds) pp. 447~504. Plenum Press, New York.
- 13) Toyoda, I., Terao, J., and Matsushita, S. (1982) *Lipids* 17, 84~90.
- 14) Chan, H. W. -S., and Levette, G. (1977) *Lipids* 12, 837~840.
- 15) Borgeat, P., and Samuelsson, B. (1975) *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 76, 3213~3217.
- 16) Neff, W. E., Frankel, E. N., and Weisleder, D. (1981) *Lipids* 16, 439~449.
- 17) Coxson, D. T., Price, K. R., and Chan, H. W. -S. (1981) *Chem. Phys. Lipids*. 28, 365~378.
- 18) Porter, N. A., Roe, A. N., and McPhail, A. T. (1980) *J. Am. Chem. Soc.* 102, 7574~7576.
- 19) Neff, W. E., Frankel, E. N., and Weisleder, D. (1982) *Lipids* 17, 780~790.

## 乳用雄子牛筋肉における脂質の脂肪酸組成および

高度不飽和脂肪酸と $\alpha$ -トコフェロールとの量的関係

Fatty Acid Composition of Lipids and Quantitative Relationship  
Between Polyunsaturated Fatty Acids and Alpha-Tocopherol in  
Skeletal Muscle from Growing Dairy Bull Calves

山内 清 (宮崎大学農学部)

最近、我が国では、肉用種としてのホルスタイン去勢牛の市場での占有率が高い<sup>1)</sup>。このことは、我が国における牛肉の需要の増大に加えて、ホルスタイン去勢牛の飼料効率の高さと生長の早さおよび脂肪が少なく赤肉量の生産が多いことなどの諸要因が関係しているものと考えられる。諸外国においても、ホルスタイン去勢牛の成長が早いという特性を利用して、脂肪が少なく赤肉量の多い牛肉を生産する方向が提唱されている<sup>2)</sup>。このような脂肪が少なく赤肉量の多い牛肉の生産方向は、牛肉の増産に加えて、一つには多量の動物性脂肪の摂取が、その飽和脂肪酸とコレステロールの含量との関連で、疾病と結びつけられて論じられている背景がある<sup>3,4)</sup>ためと推察される。

本研究は、発育段階に伴うホルスタイン雄子牛の筋肉の脂質性状の知見を得る目的で、まず、約7カ月齢に至るまで生理的運動量が相違していると推測される3種類の筋肉を用いて、その脂質の脂肪酸組成を調べると同時に、保蔵中の脂質酸化の問題の立場から、それら筋肉の高度不飽和脂肪酸と $\alpha$ -トコフェロールとの量的関係を分析したので、その結果について報告する。

## 1. 実験方法

### 1.1 供試乳用雄子牛

ホルスタイン種の新生子牛1頭、18日令子牛(と殺時体重約50kg)2頭、92日令子牛(と殺時

体重約90kg)4頭、215日令子牛(と殺時体重約180kg)4頭の計11頭が実験に供試された。導入後約18日令までは、全乳代用乳(カーフトップ)を制限給与した。その後、脱脂粉乳を約1週間給与した後、人工乳(ペレット状濃厚飼料)を約92日令まで給与し、同時に乾草の自由採食と水の自由飲水とした。約3カ月令で離乳し、去勢を施し、約215日令まで人工乳を制限給与し、同時に乾草の自由採食と水の自由飲水とした。

### 1.2 供試筋肉

筋肉として各と体から、胸最長筋(*M. congisimus dorsi*, 第10~13胸椎部位)、大腿二頭筋(*M. biceps femoris*, 中央部分)、および咬筋(*M. masseter*)の3部位を採取した。ただし、新生子牛からは胸最長筋と大腿二頭筋の2部位を採取した。

### 1.3 筋脂質(全脂質)の抽出ならびに筋脂質からの極性脂質と中性脂質の分画法

筋脂質は Folch らの方法<sup>5)</sup>に準じて抽出し抽出した筋脂質(全脂質)は Terrell らの方法<sup>6)</sup>に準じて極性脂質(主としてリン脂質)と中性脂質に分画した。

### 1.4 脂肪酸メチルエステルの調製ならびに脂肪酸の同定と定量

上記1.3で得た筋脂質(全脂質)、極性脂質、中性脂質の各脂質画分を Yamauchi らの方法<sup>7)</sup>に準じてケン化とメチルエステル化を行い、その脂

脂肪酸メチルエステルはガスクロマトグラフィーにかけて同定と定量を行った。メチルエステル化に際し、内部標準物質として *n*-オクタデカンを用いた。

### 1.5 $\alpha$ -トコフェロールの定量

筋肉からの  $\alpha$ -トコフェロールの定量は、薄層クロマトグラフィーを用いた山内らの方法<sup>8)</sup> に準じて行った。

## 2. 結果と考察

胸最長筋 (M. l. d.)、大腿二頭筋 (M. b. f.)、および咬筋 (M. m.) の筋脂質 (全脂質) 量は、Fig. 1. に示すとおりであった。

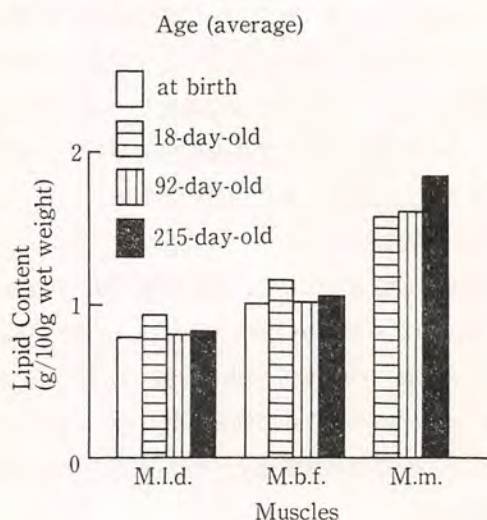


Fig. 1. Lipid Contents of *M. longissimus dorsi* (M. l. d.), *M. biceps femoris* (M. b. f.) and *M. masseter* (M. m.) from Growing Dairy Bull Calves.

筋脂質量は咬筋、大腿二頭筋、胸最長筋の順で咬筋が高い含量を示し、筋肉部位による相違が認められた。中西と須山<sup>9)</sup> は、肥育をとくに行わなかった黒毛和種牛の咬筋、大腿二頭筋および胸最長筋の筋脂質量がそれぞれ3.38%、1.96%、および1.33%であったと報告しているが、今回の乳用雄子牛の3種類の筋肉の筋脂質含量は少なく、とくに、大腿二頭筋と胸最長筋では、18日令子牛を

除いて、加令による差を認めなかった。咬筋ではわずかに加令による増加の傾向を認めた (Fig. 1)。

215日令まで加令による筋脂質量の大きな増加はほとんどなかったが、その脂肪酸組成には加令による顕著な変化が観察された (Fig. 2, 3, 4)。

胸最長筋 (Fig. 2)、大腿二頭筋 (Fig. 3)、および咬筋 (Fig. 4) に共通した特徴は、まず、加令に伴ってオレイン酸 (18:1) が減少したこと、また、リノール酸 (18:2) が92日令まで著しく増加したことなどがあげられる。その他、加令に伴ってステアリン酸 (18:0)、アラキドン酸 (20:4) の増加、およびパルミトオレイン酸 (16:1) の減少が認められた。筋脂質 (Total lipids) の脂肪酸組成の変化は、中性脂質 (Neutral lipids) に比較して極性脂質 (Polar lipids) の脂肪酸組成の変化を最もよく反映していると推測された。今回、リン脂質量の定量は行わなかったが、各脂質画分の脂肪酸を定量した結果から、筋脂質の大部分が極性脂質 (主としてリン脂質) から構成されていることが推測できた。そして、極性脂質量は咬筋、大腿二頭筋、胸最長筋の順で、咬筋が最も高いことが推測できた。これらの結果は、生理的運動量が多い赤色筋は、生理的運動量が少ない白色筋に比較してそのリン脂質量が多いことを示唆した Bloor<sup>10)</sup> と Kaucher ら<sup>11)</sup> および黒毛和種牛の咬筋、大腿二頭筋、胸最長筋の順で咬筋のリン脂質量が高いことを示した中西と須山<sup>9)</sup> の結果と一致するものであった。さらに、今回の乳用雄子牛の筋肉間の筋脂質量の差は、極性脂質量の差によるものと推測できた。

胎仔または新生仔の各種組織の脂肪酸組成の加令に伴った変化について、Scott ら<sup>12)</sup> は新生子羊と成羊の組織 (心臓、肝臓、腎臓、脳) リン脂質、Noble ら<sup>13)</sup> は0日令と8日令の子羊の肝臓リン脂質、Payne ら<sup>14)</sup> は牛および羊の胎仔または新

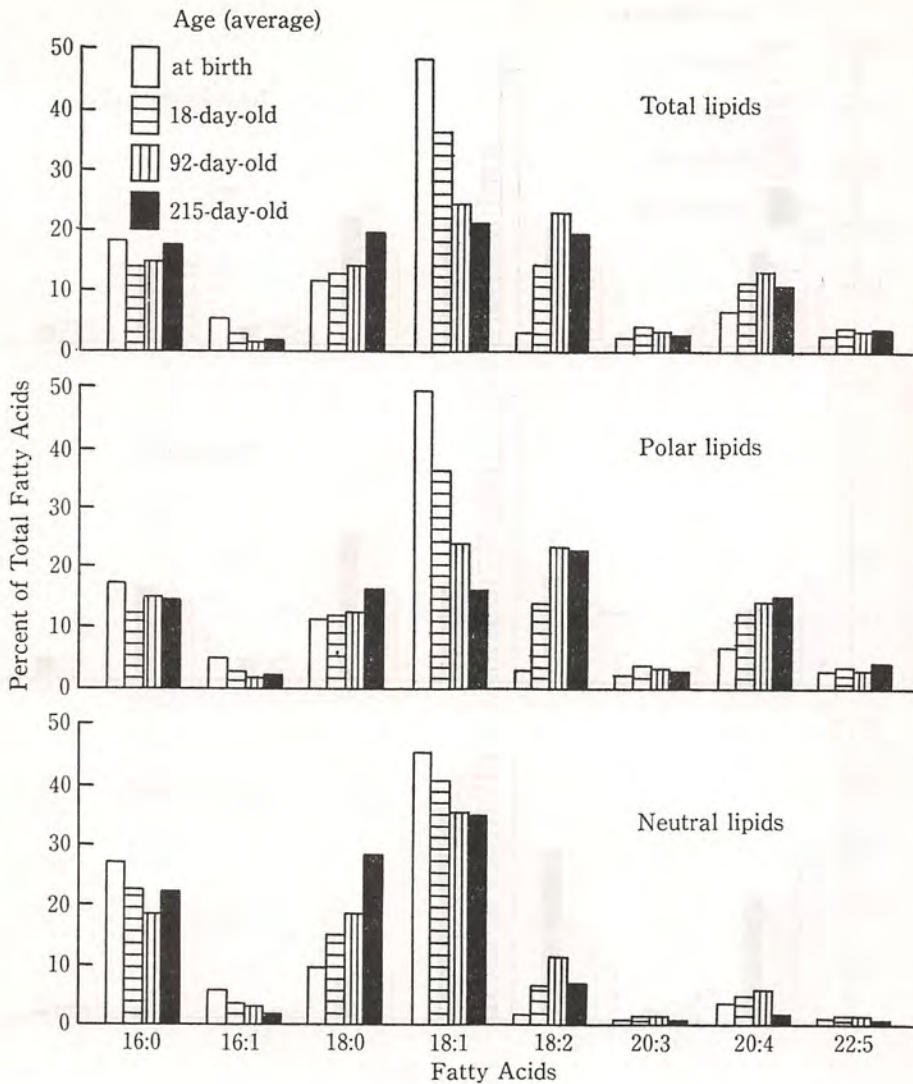


Fig. 2. The Composition of Main Fatty Acids in Lipid Fractions of *M. longissimus dorsi* from Growing Dairy Bull Calves.

生仔と成畜の骨格筋リン脂質，また，Keränenら<sup>15)</sup>は0日令，1日令，4日令および成熟ラットの肝臓ミトコンドリアとミクロゾームのリン脂質を調べた。彼らの結果の共通した特徴は，動物および組織の種類に関係なく胎仔または新生仔のオレイン酸は，加齢に伴って著しく減少したという事実であった。また，Scottら<sup>12)</sup>，Nobleら<sup>13)</sup>およびPayneら<sup>14)</sup>の結果は，加齢によってリノー

ル酸が著しく増加した。これら彼等のオレイン酸とリノール酸の加齢による変化パターンは，今回の乳用雄子牛の結果と一致した。

胎仔または新生仔の高いオレイン酸含量は，胎仔または新生仔における高度不飽和脂肪酸の低い有効性によるものであり<sup>15)</sup>，また，加齢によるリノール酸の顕著な増加は，各種動物乳のようなバランスのとれた餌によってオレイン酸の生合成が

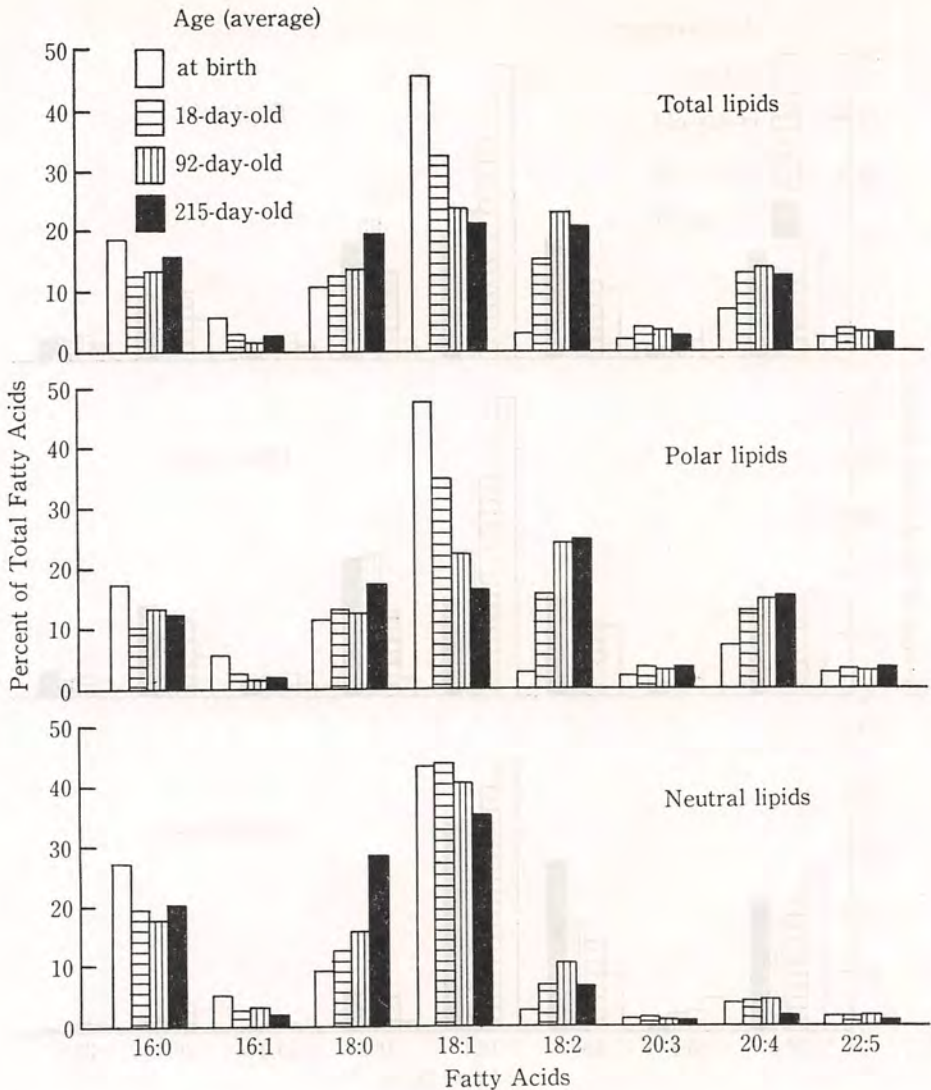


Fig. 3. The Composition of Main Fatty Acids in Lipid Fractions of *M. biceps femoris* from Growing Dairy Bull Calves.

抑制されて餌からリノール酸が取り込まれるためである<sup>13,15)</sup>と説明されている。

また、乳用雄子牛の加齢によるステアリン酸の増加 (Fig. 2, 3, 4) は、Noble ら<sup>13)</sup>の新生子羊の肝臓リン脂質および Keränen ら<sup>15)</sup>のラット肝臓ミトコンドリアとミクロゾームのリン脂質における加齢によるステアリン酸の増加と一致した。新生子牛のアラキドン酸 (20:4) はリノール酸 (18

:2) の含量より高く、また、リノール酸に比較してアラキドン酸の加齢差が少ない (Fig. 2, 3, 4)、このような現象は、アラキドン酸が必須脂肪酸として、その恒常的レベルを維持するためであると説明されている<sup>14)</sup>。

215日令子牛 (と殺時体重約180kg) の大腿二頭筋と胸最長筋の筋脂質の脂肪酸組成パターンは、肥育を行った黒毛和種牛の咬筋リン脂質の脂肪酸

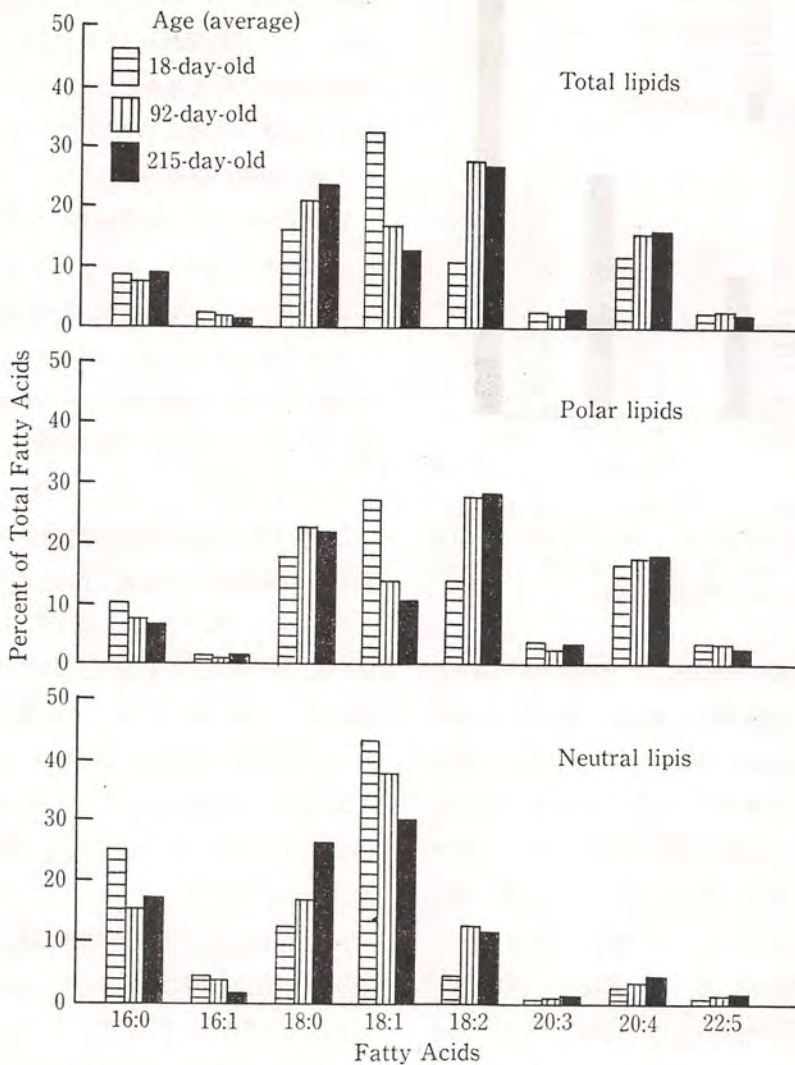


Fig. 4. The Composition of Main Fatty Acids in Lipid Fractions of *M. masseter* from Growing Dairy Bull Calves.

組成パターン<sup>9)</sup>に、また、咬筋の筋脂質と極性脂質の脂肪酸組成パターンは、肥育を行わなかった黒毛和種牛の咬筋リン脂質の脂肪酸組成パターン<sup>9)</sup>に類似していた。大腿二頭筋と胸最長筋の極性脂質の場合は、肥育を行った牛と肥育を行わなかった牛の咬筋リン脂質の中間の脂肪酸組成パターンを示した。

92日令と215日令の子牛では、 $\alpha$ -トコフェロー

ル含量は咬筋、大腿二頭筋、胸最長筋の順で、咬筋が高い値を示した (Fig. 5)。このことは、リン脂質やミオグロビン含量が高く生理的運動量が多い筋肉では $\alpha$ -トコフェロール含量が高い傾向にあったことを示唆した山内ら<sup>16)</sup>の報告を支持するものであった。しかし、新生子牛と18日令子牛では、筋肉による差は明らかでなかった。とくに、18日令子牛の胸最長筋の高い $\alpha$ -トコフェロール

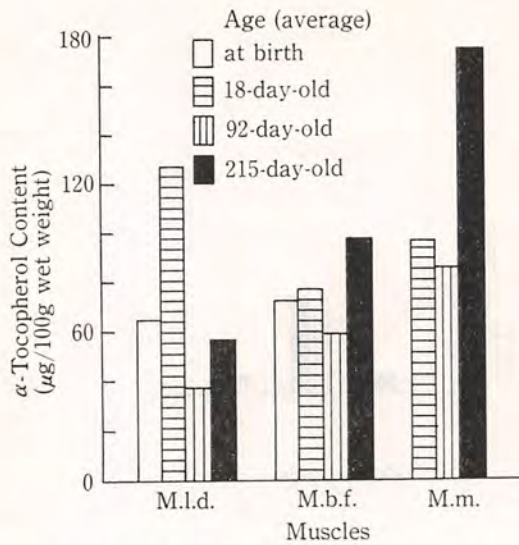


Fig. 5. Alpha-Tocopherol Contents of *M. longissimus dorsi* (M.l.d.), *M. biceps femoris* (M.b.f.) and *M. masseter* (M.m.) from Growing Dairy Bull Calves.

含量は、その原因の一つとして、飼料からの $\alpha$ -トコフェロールが胸最長筋に蓄積され易いためではないかと推量される。Shorland ら<sup>17)</sup>は、1週令の乳用雄子牛に57日間にわたってビタミンE添加飼料を給与し、その結果胸最長筋にビタミンEの増加を認めた。また、加令に伴って、大腿二頭筋と咬筋の $\alpha$ -トコフェロール含量は、92日令子牛を除いて増加の傾向にあった (Fig. 5)。Davis<sup>18)</sup>は、子牛肉 (220 $\mu$ g/100g) に比較して成牛肉 (730 $\mu$ g/100g) の $\alpha$ -トコフェロール含量が高かったことから、加令の影響を示唆した。しかし、 $\alpha$ -トコフェロール含量の加令による影響はまだ明らかにされていない。

最近、Bennink & Ono<sup>19)</sup> は464試料の牛肉の $\alpha$ -トコフェロール含量を調査し、その値は40~800 $\mu$ g/100g (平均値133 $\mu$ g) であった。今回の乳用雄子牛の値は、彼ら<sup>19)</sup>の結果の範囲内であったが、上述の Davis<sup>18)</sup> の子牛肉の値および山内ら<sup>16)</sup> の黒毛和種牛 (209 $\mu$ g/100g) の値に比較して低い傾向にあった。

Shorland ら<sup>17)</sup> は凍結貯蔵乳用雄子牛肉 (胸最長筋) において、また、山内ら<sup>20)</sup> は冷蔵加熱牛肉において、それぞれ $\alpha$ -トコフェロールによる脂質酸化抑制作用を認めた。しかし、ミオグロビンやリン脂質の含量との関係で $\alpha$ -トコフェロールの効果に相違が認められた<sup>20)</sup>。

Yamauchi らは、豚骨格筋<sup>7)</sup> と鶏骨格筋<sup>21)</sup> を用いて、それらの $\alpha$ -トコフェロール濃度 ( $\mu$ mol/g PUFA) が、*in vitro* において明らかにされたリノール酸エチルにたいする $\alpha$ -トコフェロールの抗酸化作用の至適濃度 (1~3 $\mu$ mol/g リノール酸エチル)<sup>22)</sup> の範囲内または近似した値であったことを明らかにし、また、この $\alpha$ -トコフェロールと PUFA (高度不飽和脂肪酸) との量的関係が加熱肉の脂質酸化の程度に関係する要因であることを示した。PUFA には 18:2, 18:3, 20:3, 20:4, 20:5, 22:4, 22:5 および 22:6 の各脂肪酸が含まれ、また、リノール酸 (18:2) を除いた PUFA は PUFA>18:2 とした。

乳用雄子牛の $\alpha$ -トコフェロール濃度 ( $\mu$ mol/g PUFA or PUFA>18:2) は、Fig. 6. に示すとおりであった。

新生子牛の胸最長筋と大腿二頭筋、および18日令子牛の胸最長筋の $\alpha$ -トコフェロール濃度 ( $\mu$ mol/g PUFA or PUFA>18:2) は、他の日令子牛の同一筋肉および咬筋に比較して高い値であった。他方、92日令子牛の $\alpha$ -トコフェロール濃度 ( $\mu$ mol/g PUFA) は、豚胸最長筋の値<sup>7)</sup> に近似し、低い濃度を示した。しかし、今回の結果は、上述の *in vitro* における $\alpha$ -トコフェロールの抗酸化作用の至適濃度 (1~3 $\mu$ mol/g リノール酸エチル)<sup>22)</sup> に近似または相当する値であった。

Evarts & Bieri<sup>23)</sup> および Bieri ら<sup>24)</sup> のラット骨格筋の $\alpha$ -トコフェロール濃度 ( $\mu$ mol/g PUFA) は、それぞれ 1.4~1.5 $\mu$ mol および 1.8~3.6 $\mu$ mol を示し、また、Evarts & Bieri<sup>23)</sup> の $\alpha$ -トコ



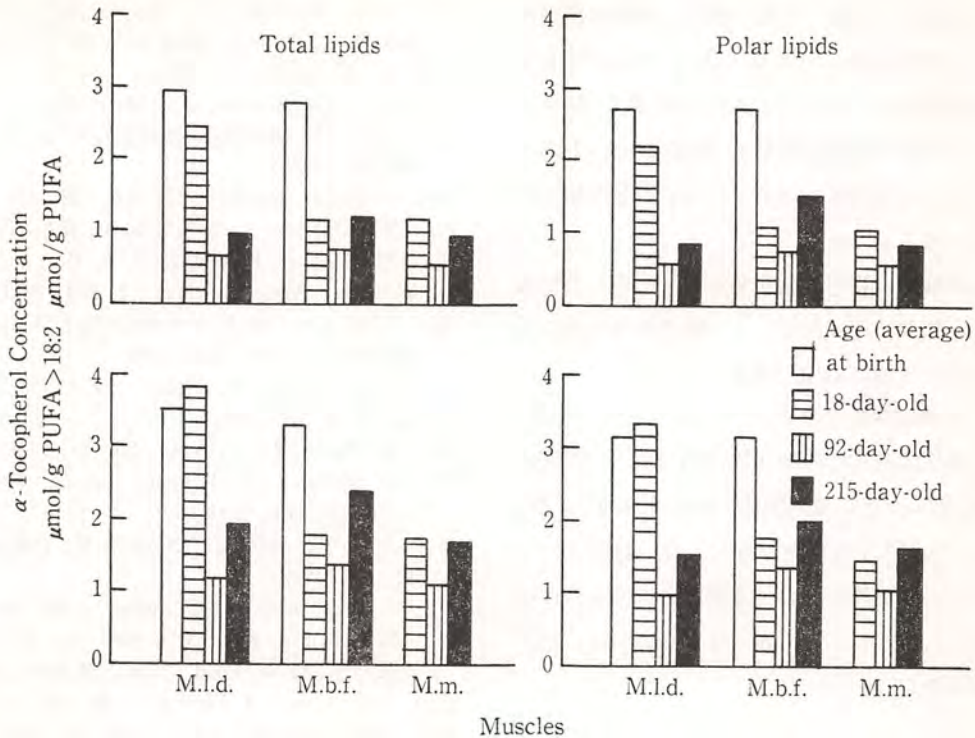


Fig. 6. Quantitative Relationships between Alpha-Tocopherol and Either Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA) or PUFA > 18:2 (PUFA with Three or More Double Bonds) in *M. longissimus dorsi* (M.l.d.), *M. biceps femoris* (M.b.f.) and *M. masseter* (M.m.) from Growing Dairy Bull Calves.

フェロール濃度 ( $\mu\text{mol/g PUFA} > 18:2$ ) は4.2~5.2 $\mu\text{mol}$ であった。そして、彼等は、これらの値が、ラット骨格筋の生理的・生化学的な適正量であると示唆している。

今回の乳用雄子牛の $\alpha$ -トコフェロール濃度 ( $\mu\text{mol/g PUFA}$  or  $\text{PUFA} > 18:2$ ) には、筋内部位および加齢による明らかな差は認めなかったが、今回の値は、豚骨格筋<sup>7)</sup>、鶏骨格筋<sup>21)</sup>、Evarts & Bieri<sup>23)</sup> と Bieri ら<sup>24)</sup> のラット骨格筋の値に近似または一致するものであった。このことは、発育段階の乳用雄子牛の骨格筋の $\alpha$ -トコフェロール濃度 ( $\mu\text{mol/g PUFA}$  or  $\text{PUFA} > 18:2$ ) が、生理的・生化学的な適正量に維持されていたことを示唆するものと推量される。

### 3. 要 約

乳用雄子牛の新生仔1頭、約18日令（と殺時体重約50kg）2頭、約92日令（と殺時体重90kg）4頭および約215日令（と殺時体重約180kg）4頭の計11頭について、胸最長筋、大腿二頭筋および咬筋の筋脂質の脂肪酸組成、ならびに $\alpha$ -トコフェロールと高度不飽和脂肪酸（PUFA）または $\text{PUFA} > 18:2$ （リノール酸を除いたPUFA）との量的関係を調べた。その結果の要点は、次のとおりであった。

- (1) 筋脂質量は、咬筋、大腿二頭筋、胸最長筋の順で、咬筋が高い値を示した。加齢によって咬筋の筋脂質量は増加の傾向にあったが、他の筋肉では加齢による増加はなかった。

- (2) 92日令と215日令の子牛の $\alpha$ -トコフェロール含量は、咬筋、大腿二頭筋、胸最長筋の順で、咬筋が高く、また、92日令と比較して215日令の $\alpha$ -トコフェロール含量が高かった。大腿二頭筋と咬筋の両筋肉の $\alpha$ -トコフェロール含量は、加令に伴って増加の傾向にあった。
- (3) 3種類の筋肉の脂肪酸組成に共通した特徴は、加令に伴ったオレイン酸の顕著な減少とリノール酸の増加の現象であった。
- (4) 3種類の筋肉の $\alpha$ -トコフェロール ( $\alpha$ -T) と高度不飽和脂肪酸 (PUFA および PUFA > 18:2) との量的関係 ( $\mu\text{mol } \alpha\text{-T/g PUFA or PUFA > 18:2}$ ) は、豚、鶏およびラットの骨格筋について文献値に近似または一致した値であった。新生仔において高い値を示した。

#### 文 献

- 1) 宮崎 昭: 食の科学, No.38, 103 (1977)
- 2) R. T. Berg and R. M. Butterfield: *New Concepts of Cattle Growth*, Sydney, Sydney University Press, 1976.
- 3) J. T. Anderson, A. Keys and F. Grande: *J. Nutr.*, **62**, 241 (1957)
- 4) A. M. Pearson: *Development in Meat Science* (Ed. by R. Lawrie), Applied Science Publishers, London and New Jersey, p.241, 1981.
- 5) J. Folch, M. Lees and G. H. S. Stanley: *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957)
- 6) R. N. Terrell, G. G. Suess, R. G. Cassens and R. W. Bray: *J. Food Sci.*, **33**, 562 (1968)
- 7) K. Yamauchi, Y. Nagai and T. Ohashi: *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 1061 (1980)
- 8) 山内 清, 廉谷展良, 大橋登美男: 日畜会報, **45**, 626 (1974)
- 9) 中西武雄, 須山亨三: 日畜会報, **37**, 375 (1966)
- 10) W. R. Bloor: *J. Biol. Chem.*, **132**, 77 (1940)
- 11) M. Kaucher, H. Galbraith, V. Butt and H. H. Williams: *Arch. Biochem.*, **3**, 203 (1943)
- 12) T. W. Scott, B. P. Setchell and J. M. Bassett: *Biochem. J.*, **104**, 1040 (1967)
- 13) R. C. Noble, W. Steele and J. H. Moore: *Lipids*, **6**, 926 (1971)
- 14) E. Payne: *Br. J. Nutr.*, **39**, 45 (1978)
- 15) A. Keränen, P. Kankare and M. Hallman: *Lipids*, **17**, 155 (1982)
- 16) 山内 清, 知念健二, 大橋登美男: 日畜会報, **48**, 458 (1977)
- 17) F. B. Shorland, J. O. Igene, A. M. Pearson, J. W. Thomas, R. K. McGuffey and A. E. Aldridge: *J. Agric. Food Chem.*, **29**, 863 (1981)
- 18) K. D. Davis: *J. Food Sci.*, **38**, 442 (1973)
- 19) M. R. Bennink and K. Ono: *J. Food Sci.*, **47**, 1786 (1982)
- 20) 山内 清, 知念健二, 大橋登美男: 日畜会報, **48**, 701 (1977)
- 21) K. Yamauchi, Y. Nagai and T. Ohashi: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 2719 (1982)
- 22) A. Witting: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **52**, 64 (1975)
- 23) R. P. Evarts and J. G. Bieri: *Lipids*, **9**, 860 (1974)
- 24) J. G. Bieri, S. L. Thopp and T. J. Tolliver: *J. Nutr.*, **108**, 392 (1978)

# 食肉製品に含まれる不揮発性ニトロソ化合物に関する研究

## Studies on Non-Volatile Nitroso Compounds in Meat Products

谷村 顕 雄 (国立衛生試験所)

### 1. 目 的

発色剤として食肉製品、魚卵に添加される亜硝酸ナトリウムは、食肉あるいは魚卵の成分である第2級アミンと反応して、種々のニトロソ化合物を生成する。また、ニトロソ化合物の多くは発がん性を有することは周知の事実である。多くの食品についてニトロソ化合物の分析が実施され、ニトロソジメチルアミン、ニトロソジエチルアミンなど数種のニトロソ化合物が検出、定量されているが、いずれも「揮発性」ニトロソ化合物に限られ、不揮発性ニトロソ化合物については、その分析法の困難性もあり、ほとんど研究がなされていない。一方、合成された不揮発性ニトロソ化合物の多くは、実験動物に対してがん原性を示すことから、食肉製品に含まれる不揮発性ニトロソ化合物の実態を明らかにすることは、食肉製品の安全性確保のためにも極めて重要である。

本研究では GLC-TEA、HPLC-TEA あるいは比色法などの方法により、不揮発性ニトロソ化合物および不揮発性二級アミンの定量法を確立し、ついで食肉製品についての実態を明らかにすることを目的とする。

### 2. 方 法

初年度は不揮発性ニトロソ化合物および不揮発性アミンについての定量法を確立し、その実態を調査した。

#### 2.1 ニトロソグアニドおよびウレイド化合物の定量

これらに属するニトロソ化合物は、いずれも熱安定性に乏しく、蒸留、GLCには適さず、TEAも応用し得ないものも少なくない。また、酸、アルカリ性にも不安定であるため、抽出は緩和な条件下で行なう必要がある。そこで、シリカゲルカラムによる吸着、溶出後、比色する方法を採用した。使用したニトロソ化合物は次の3種である。

- a) N-メチル-N-ニトロソ尿素
- b) N-n-プロピル-N-ニトロソ尿素
- c) N-メチル-N-ニトロ-N-ニトロソグアニジン

ホモジナイズした検体の一定量に、上記ニトロソ化合物標準品のメタノール溶液を添加し、均一化する。ナトリウムアチド溶液を加えたのち、吸引濾過し、一定量まで濃縮後、シリカゲルカラムを通過させる。ジクロルメタン、ついでn-ヘプタンで溶出後、溶出液をロータリーエバポレーターで濃縮し、0.1モル酢酸緩衝液(pH 4.0)で抽出する。水層を逆層カラムに吸着させたのち、メタノール・酢酸緩衝液で溶出し、溶出液を集め一定量とし、これを試験溶液とする。試験溶液1mlに0.05% N-(1-ナフチル)-エチレンジアミンおよび0.25% スルファニル酸よりなる発色液5mlを加え、6N塩酸で酸性としたのち60°で45分加熱、発色させる。冷後、水を加えて10mlとし、550nmにおける吸光度を測定する。

## 2.2 N-ニトロソプロリンおよびN-ニトロソサルコシンの定量

この両者はいずれも不揮発性であるため、そのままの形ではGCに適用できない。このため単離したのちメチル化する方法をとった。

検体10~20gを精秤し、1%スルファニル酸10ml, メタノール200mlとともに均一化したのち吸引汙過し、残渣を50mlのメタノールで洗い、洗液を汙液に合する。汙液に水20mlを加えn-ヘキサン100mlとふり脂肪を除去する。メタノール・水層を10mlまで減圧濃縮し、残液に3N硫酸5mlを加え、さらに水を加えて全量を15mlとする。この液をプレブ管を通過させ、酢酸エチル80mlで溶出する。溶出液をN<sub>2</sub>気流中で1mlまで減圧濃縮し、過量のジアゾメタンを加え、15分後に再び1mlまで減圧濃縮する。GC-TEAの条件は、10%カーボワックス20M, 60~80メッシュクロモソルブW, 150~180°C, 10°C/分, アルゴンガス, 40ml/分である。

## 2.3 スペルミンおよびスペルミジンの定量

食肉の常在成分の一つであるスペルミン及びスペルミジンの定量を蛍光法により実施した。食肉を2%過塩素酸とともにホモジナイズし、リン酸セルロースカラムによりポリアミン画分を分離後、シリカゲルTLCにより展開した。薄層プレートをフルオルエッセインで処理したのち、蛍光スキャナーで定量した。

## 3. 結果

### 3.1 ニトロソグアニドおよびウレイド化合物

三種の化合物について食肉製品中の定量法を検討したところ、次の回収率を得た。

化合物名	回収率 (%)
N-メチル-N-ニトロソ尿素	62
N-n-プロピル-N-ニトロソ尿素	76
N-メチル-N'-ニトロ-N-ニトロソグアニジン	65

数値は5回の測定値の平均値であり、測定値のバラツキはいずれも±5%以内である。

### 3.2 ニトロソプロリンおよびニトロソサルコシン

分析に供した市販食肉製品は、ハム、ソーセージ、ベーコン合計15検体である。回収率はそれぞれ50~100ppbにおいて90~95%を示し、定量限界は2ppbであった。ニトロソサルコシンは市販食肉製品のすべてから検出されていない。ニトロソプロリンは15検体中3検体に定量限界(2ppb)程度の存在が認められた。

### 3.3 スペルミンおよびスペルミジン

未調理の牛肉、豚肉、とり肉、魚肉および食肉製品について、定量を実施した。定量値を表1に示す。

表1 食品中のポリアミンの定量値

検体名	スペルミジン (n mol/g)	スペルミン (n mol/g)
牛 肉	30	220
牛 肝 臓	65	800
豚 肉	35	170
と り 肉	55	267
と り 肝 臓	370	1,050
た ら	10	26
た ら こ	220	315
か き	120	190
ま ぐ ろ	5	25
さ ば	15	20

(各3検体の平均値)

## 4. 考 察

食品に含まれるニトロソ化合物の実態は、揮発性ニトロソ化合物の一部について、GC-TEA法あるいはHPLC-TEA法によってわずかに明らかにされているだけであり、不揮発性ニトロソ化合物の数量的情報については、ほとんど不明である。本年度は発がん性の立証された代表的な不揮発性ニトロソ化合物三種の食品中の定量法、ニトロソプロリン、ニトロソサルコシンの食肉製品中

の含量、および不揮発性ニトロソ化合物の前駆物質であるスペルミジンおよびスペルミンの食品中の含量について検討を行なった。

N-メチル-N-ニトロソ尿素など三種のニトロソ化合物の定量法は、不安定性もあり現在のところ適当な方法はない。このため、550nmにて測定する吸光度法を考案したが、回収率が65~75%に止まり満足すべきものではない。しかし、定量値のバラツキは比較的小さいので、補正を行なえばこれらに類似した化合物について食品中の含量を推定する事は可能である。

食肉製品に含まれるニトロソプロリン、ニトロソサルコシンの定量は、本研究で実施した方法により十分に可能である。ニトロソプロリン、ニトロソサルコシンの食肉製品中での生成は確実にあるが、その量は予想外に少ない。加熱したベーコンなどについては未検討であるが、少なくとも食肉製品中に存在するこの2化合物が、人の健康に有害とは考えられない。

畜肉、魚肉、魚卵などに比較的多く含有されているポリアミンは、不揮発性ニトロソ化合物の前駆物質である。畜肉および魚卵は亜硝酸ナトリウムの添加により、また魚肉はガスによる加熱調理により、これら前駆物質から対応するニトロソ化合物を生成する。今回は代表的ポリアミンであるスペルミジンおよびスペルミンについて、定量を行なった。スペルミジンはとり肝臓が、スペルミンはとり肝臓、牛肝臓が高含量を示した。魚介類

関連食品ではたらこ、かきが比較的高い値を示しているが、まぐろ、さばは牛肉、豚肉に比べると含量はさらに低い。ニトロソ化体生成の可能性は、牛、豚肉を使用した食肉製品では特に大きいとは考えられず、むしろ肝臓のガス直火による調理が、その可能性ははるかに大きいと考えられる。また、近く亜硝酸ナトリウムの添加が承認される予定のたらこは、スペルミジン、スペルミンの含量はいずれも高く、さらに加熱調理するためニトロソ化体生成の可能性は十分に予想される。

## 5. 要 約

食品中の不揮発性ニトロソ化合物の実態を把握することを目的として、食肉製品に添加された三種のニトロソ化合物の分析法を作製した。回収率は65~75%である。

15検体の食肉製品について、ニトロソプロリンおよびニトロソサルコシンの定量を行なった。両者とも定量限界は2 ppbで、ニトロソサルコシンは全検体ともN. D.、ニトロソプロリンは一部の検体に2 ppb程度検出されたにとどまった。

不揮発性ニトロソ化合物の前駆物質の一つであるスペルミジンおよびスペルミンについて、食品中の含量を測定した。スペルミジンは、とり肝臓、たらこ、かきに著量であり、一方、スペルミンはとり肝臓、牛肝臓、たらこにおいてその含量が高く、牛肉、豚肉、魚肉は比較的低い値を示した。

# 食肉及び食肉製品中の黄色ブドウ球菌及びセレウス菌の エンテロトキシン産生に及ぼす要因について

Some Factors Influence to Growth and Enterotoxin Production by *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* on Various Kinds of Meat and Meat Products

倉田 浩・小沼 博隆・品川 邦汎\* (国立衛生試験所, \*岩手大学農学部)

## 1. 目 的

近年、食肉及び食肉製品の需要は年々増加している。これに伴い食品衛生の立場から製品の安全性を確保することは最も基本的な問題として益々重要になってきている。これ迄我が国及び諸外国において食肉製品による食中毒の発生がしばしば見られ、その中でブドウ球菌による事例が数多く報告されている。また、芽胞形成菌であるセレウス菌は古くから腐敗細菌として、衛生及び品質管理上、汚染防止対策が重要であると言われてきているにもかかわらず、現在の汚染実態及び対策等については十分検討されていない。

本研究は、毒素原性細菌のうち、黄色ブドウ球菌及びセレウス菌を中心に生食肉及び食肉製品について汚染実態(汚染率、菌量)を把握すると同時に分離菌株の各種型別(コアグラゼ型、血清型)試験を行い、汚染源及び経路の追究を目的とした。また、エンテロトキシン産生性を調べ、食中毒の危険性についてもあわせて考察した。

### 1.1 材 料

1982年11月～1月に互って岩手、宮城、埼玉、大阪、兵庫の各府県の屠畜場、食肉処理・加工所及び小売店から採取した生食肉 270 検体(牛肉28検体、食鳥肉104検体、豚肉123検体、綿羊その他15検体)、製造所及び小売店から採取したハム類 159 検体(製造所 7 検体、小売店 152 検体)、ソーセージ類144検体(製造所 21 検体、小売店 123 検

体)、サラミ・ベーコン・生ハム等の製品 63 検体(製造所20検体、小売店 43 検体)、ハンバーグの加熱済品136検体、未加熱品75検体の合計847検体について、黄色ブドウ球菌及びセレウス菌の汚染状態について調査した。

### 1.2 方 法

(1) 各検体からの黄色ブドウ球菌、セレウス菌の検出・定量法 陽性検体から1株ずつ分離した黄色ブドウ球菌151株及びセレウス菌 98 株について各種型別及び毒素原性を調べた(Fig. 1)。

(2) 分離菌株の型別試験法 黄色ブドウ球菌：コアグラゼ型；抗コアグラゼ簡易型別法に準拠して行った潮田ら<sup>1)</sup>のコアグラゼ I～VIII 型血清(デンカ生研製)を用いた。

セレウス菌：生物型；澱粉分解、耐熱性試験を常法に従って行った。鞭毛(H)血清型；Taylor & Gilbert<sup>2)</sup>の報告している抗 1～18血清を用いて行った。

### 1.3 分離菌株の食中毒原性(毒素原性)

(1) 黄色ブドウ球菌のエンテロトキシン産生性及び型別 分離菌株をブレインハートインフュージョン(BHI)培地(BBL製)で振盪培養(37°C, 48時間)後、遠心(12,000rpm 20min)し、その上清について抗エンテロトキシンA～C型免疫血清を用い、マイクロライドゲル内沈降反応法によってエンテロトキシン産生性及び型別を調べた。

(2) セレウス菌の下痢原性毒素の産生性 分

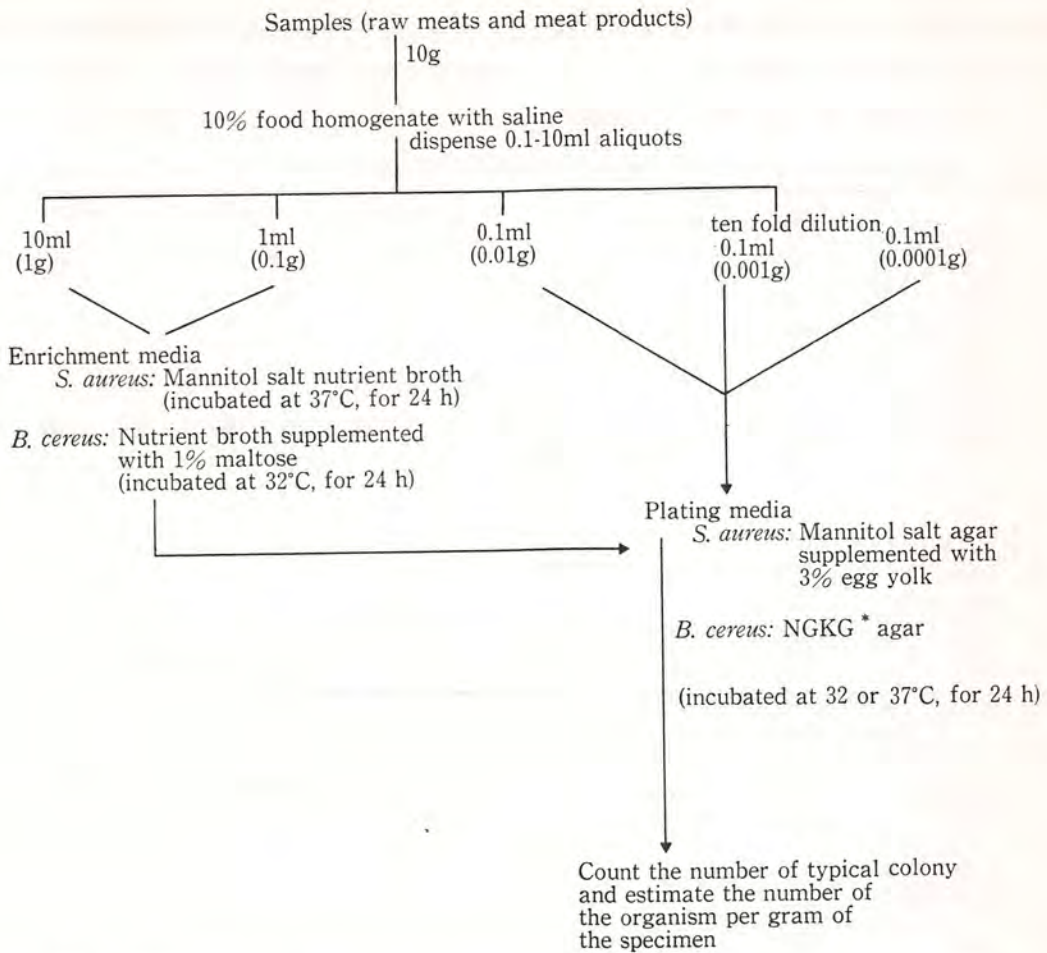


Fig. 1. Method for the enumeration of presumptive *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*

離菌株を1%ブドウ糖加BHI培地(Difco)で32°C5時間振盪培養後、遠心(12,000rpm 20min)し、その上清をウサギ皮内反応による血管透過性試験及び抗下痢原性毒血清を用いてマイクロスライドゲル内沈降反応法によって、下痢原性毒素を調べた。

## 2. 結 果

### 2.1 生食肉及び食肉製品中の黄色ブドウ球菌、セレウス菌の汚染実態

(1) 黄色ブドウ球菌 生食肉の汚染率は牛11/28(39.3%)、豚35/123(28.5%)、鶏63/104

(60.6)、その他食肉5/15(33.3%)と鶏肉の汚染が最も著しかった。生食肉の汚染菌数は陰性を除き、 $<10^1 \sim 10^4/g$ の範囲で鶏及び豚に汚染菌数の高いものがみられた(Table 1)。検体採取場所別の汚染率は屠畜場35/57(61.4%)、食肉加工所41/93(44.1%)、小売店38/120(31.7%)で屠畜場が最も高かった。

他方食肉製品及び食肉ねり製品の汚染率は、ハム(3.1%)、ソーセージ(2.1%)、サラミ・生ハム他(1.6%)、加熱ハンバーグ類(0.7%)、未加熱ハンバーグ類(36.0%)で未加熱ハンバーグ類の汚染率が高かった。また検体採取別では、主に

小売店で採取したハム 5 検体から検出された。汚染菌数は未加熱ハンバーグ類 ( $10^2 \sim 10^4/g$  が 14.7%) に最も高く見られた (Table 2)。

(2) セレウス菌 牛, 豚, 鶏及びその他食肉

のセレウス菌汚染率は 3.3~13.3% で, その菌数の殆んどが  $10/g$  以下であった (Table 1)。検体採取場所別では屠畜場 (3.5%) より加工所 (11.8%) で汚染率が高かった。食肉製品ではハム (3.1

Table 1. Bacteria contamination of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in meats and meat products

	Source	Number of sample	Positive sample	No. of viable cell count/gram of each sample				
				(-)	$<10^1$	$10^1-10^2$	$10^2-10^3$	$10^3-10^4$
<i>S. aureus</i>	Beef	28	11	17	6	5		
	Chicken	104	63	41	22	39	1	1
	Pork	123	35	88	16	16	3	
	Other meat	15	5	10	5			
	Total (%)	270 (100)	114 (42.2)	156 (57.8)	49 (18.1)	60 (22.2)	4 (1.5)	1 (0.4)
<i>B. cereus</i>	Beef	28	1	27	1			
	Chicken	104	8	96	5	2	1	
	Pork	123	4	119	4			
	Other meat	15	2	13	2			
	Total (%)	270 (100)	15 (5.6)	255 (94.4)	12 (4.5)	2 (0.7)	1 (0.4)	0

Table 2. Contamination of *Staphylococcus aureus* in various meat products

	Sampling place	Number of sample	Positive sample	No. of viable cell count/gram of each sample				
				(-)	$<10^1$	$10^1-10^2$	$10^2-10^3$	$10^3-10^4$
Ham	Meat-factory	7	0	7				
	Meat-shop	152	5	147	4	1		
	Total (%)	159 (100)	5 (3.1)	154 (96.9)	4 (2.5)	1 (0.6)	0	0
Sausage	Meat-factory	21	2	19	2			
	Meat-shop	123	1	122	1			
	Total (%)	144 (100)	3 (2.1)	141 (97.9)	3 (2.1)	0	0	0
Other meat product	Meat-factory	20	1	19	1			
	Meat-shop	43	0	43				
	Total (%)	63 (100)	1 (1.6)	62 (98.4)	1 (1.6)	0	0	0
Hamburg (Heated)	Meat-factory	136	1	135	1			
	Meat-shop	0						
	Total (%)	136 (100)	1 (0.7)	135 (99.3)	1 (0.7)	0	0	0
Hamburg (Unheated)	Meat-factory	75	27	48		16	10	1
	Meat-shop	0						
	Total (%)	75 (100)	27 (36.0)	48 (64.0)		16 (21.3)	10 (13.3)	1 (1.4)



%)、ソーセージ(9%)、サラミ他(4.8%)でソーセージの汚染が最も高く認められた。検体採取場所別による差は認められず、汚染菌数は殆んど100/g以下であった。食肉ねり製品では加熱ハンバーグ(25.0%)、未加熱ハンバーグ(37.4%)、その他ねり製品(27%)で未加熱ハンバーグの汚染率が最も高く、汚染菌数は10/g~10<sup>3</sup>/gを示すものが21.4%みられた(Table 3)。

2.2 各種検体から分離した菌株の型別

(1) 黄色ブドウ球菌 各検体から分離した黄色ブドウ球菌(151株)についてコアグラーゼ型別試験を行った。コアグラーゼ型;各菌株のコアグラーゼ型は、ブドウ球菌食中毒にみられるⅦ型(29%)、Ⅱ型(28%)、Ⅲ型(16%)が多く認められ、Ⅴ型は全く認められなかった。またⅧ型が7%認められた(Table 4)。

(2) セレウス菌 各種検体から分離した98株について澱粉加水分解性、耐熱性及びH血清別試験を行った。澱粉加水分解性は、陽性53株(54%)、陰性45株(46%)で、生食肉、未加熱食肉ねり製品由来種では陽性のものが多くみられた(Table 5)。芽胞の耐熱性は80°C・30分の加熱では92株(93.9%)が耐性、105°C・5分では23株(23.5%)が耐性を示した(Table 7)。H血清型別されたものは、35株(35.7%)、このうちH-1型が最も多く13株(13.3%)、H-14型8株(8.2%)、H-7型が6株(6.1%)であった。また、H-2, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, S H Iに型別されたものは全く認められなかった(Table 5)。

2.3 分離菌株の食中毒原性(エンテロトキシン・下痢原性毒)

(1) 黄色ブドウ球菌 分離菌株151株中55株

Table 3. Contamination of *Bacillus cereus* in various meat products

	Sampling place	Number of sample	Positive sample	No. of viable cell count/gram of each sample				
				(-)	<10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup> -10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>
Ham	Meat-factory	7	0	7				
	Meat-shop	152	5	147	3	2		
	Total (%)	159 (100)	5 (3.1)	154 (96.9)	3 (1.9)	2 (1.2)	0	0
Sausage	Meat-product	21	3	18	2	1		
	Meat-shop	123	10	113	6	2	2	
	Total (%)	144 (100)	13 (9.0)	131 (91.0)	8 (5.5)	3 (2.1)	2 (1.4)	0
Other meat product	Meat-factory	20	1	19	1			
	Meat-shop	43	2	41	1	1		
	Total (%)	63 (100)	3 (4.8)	60 (95.2)	2 (3.2)	1 (1.6)	0	0
Hamburg (Heated)	Meat-factory	136	34	102	28	5	1	
	Meat-shop	0						
	Total (%)	136 (100)	34 (25.0)	102 (75.0)	28 (20.6)	5 (3.7)	1 (0.7)	0
Hamburg (Unheated)	Meat-factory	75	28	47	12	11	5	
	Meat-shop	0						
	Total (%)	75 (100)	28 (37.4)	47 (62.6)	12 (16.0)	11 (14.7)	5 (6.7)	0

Table 4. Coagulase types of *S. aureus* isolated from meat and meat product

Source		Strain	Coagulase type								
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Untypable
Raw meat	Beef	11		5	5				1		
	Chicken	63	1	24	4			1	22	8	3
	Pork	35	1	7	4	5		2	8	3	5
	Others	5	1	1	2						1
Meat product	Sausage	3				3					
	Ham	5						2	1		2
	Other	1		1							
Meat past	Hamburg (heated)	1			1						
	Hamburg (Unheated)	27	3	4	7	1			12		
Total (%)		151 (100)	6 (4)	42 (28)	23 (16)	9 (6)	0	5 (3)	44 (29)	11 (7)	11 (7)

Table 5. Starch hydrlysis and H-serotypes of *B. cereus* isolated from meat and meat product

Source		Strain	Starch		H-serotype								
			(+)	(-)	(-)	1	3	5	7	11	14	17	18
Raw meat	Beef	1	1	0					1				
	Chicken	8	4	4	5	2							1
	Pork	4	4	0	3						1		
	Other meats	2	2	0		1					1		
Meat product	Sausage	13	10	3	10					1	2		
	Ham	5	2	3	4		1						
	Other	3	1	2	2	1							
Meat past	Hamburg (heated)	14	4	10	11	1					2		
	Hamburg (unheated)	28	10	18	22	3		2				1	
	Other	20	15	5	6	5			5	2	2		
Total (%)		98 (100)	53 (54.0)	45 (46.0)	63 (64.3)	13 (13.3)	1 (1.0)	2 (2.0)	6 (6.1)	3 (3.1)	8 (8.2)	1 (1.0)	1 (1.0)

(36.5%) がエンテロトキシン産生を示した。これら産生毒素の型別は、A型及びC型毒素産生を示すものが16株(10.6%)、次いでB型11株(7.3%)であった。また、各種検体由来別の毒素産生性では、差がみられず30~40%が毒素産生を示した(Table 6)。

(2) セレウス菌 品川ら<sup>2)</sup>が作製した抗下痢原性毒血清を用いて免疫学的に調べた結果、分離菌株98株中41株(41.8%)が下痢原性種を産生した(Table 7)。一方、生物学的試験法を用いて調べた結果、青染部10mm以上を下痢原性毒陽性と

するならば、98株中49株(50%)が毒素産生を示し、免疫学的試験法とほぼ一致した成績を示した。各種検体由来別の毒素産生性では、食肉ねり製品20株中5株(25%)に強い下痢原性毒産生がみられた以外には、さしたる違いは認められなかった。

### 3. 考 察

従来から生食肉及び食肉製品中の食中毒菌の分布及び汚染実態調査は、サルモネラ菌が主体に行われ、黄色ブドウ球菌、セレウス菌等は実際に食

Table 6. Enterotoxin types of *S. aureus* isolated from raw meat and meat product

Source	Strain	Enterotoxin type						Negative	
		A	B	C	A+B	A+C	B+C		
Raw meat	Beef	11	2		2		1	1	5
	Chicken	63	8	7	5	1	2	2	38
	Pork	35	2	1	4		1		27
	Other meats	5	1		1			1	2
Meat product	Sausage	3					1		2
	Ham	5		1					4
	Other	1							1
Meat past	Hamburg (heated)	1							1
	Hamburg (unheated)	27	3	2	4		1	1	16
Total (%)		151 (100)	16 (10.6)	11 (7.3)	16 (10.6)	1 (0.7)	6 (4.0)	5 (3.3)	96 (63.6)

Table 7. Heat resistance and Enterotoxigenicity of *B. cereus* isolated from meat and meat product

Source	Strain	Resistant strains against heating at		Immunological assay (dilution*)					
		80C, 30min.	105C, 5 min.	(-)	× 1	× 2	× 4	× 8	
Raw meat	Beef	1	1	0		1			
	Chicken	8	8	1	3	3	2		
	Pork	4	4	0	1		3		
	Other meats	2	2	1			2		
Meat product	Sausage	13	10	6	5	2	6		
	Ham	5	3	2	4	1			
	Other product	3	3	2	2	1			
Meat past	Hamburg (heated)	14	14	2	11	1	2		
	Hamburg (unheated)	28	28	3	23	3	2		
	Other past	20	19	6	8	3	4	5	
Total (%)		98 (100)	92 (93.9)	23 (23.5)	57 (58.2)	15 (15.3)	21 (21.4)	5 (5.1)	

\* Highest dilution in saline showing positive precipitation

中毒発生がみられ重要視されているにもかかわらず汚染実態調査はほとんど行われていない。そこで今回、これらの微生物の汚染実態を調査すると同時に、種々の型別等を行い汚染経路を把握し、かつ食中毒原性（毒素産生性）についても調べ、食中毒予防について考察を試みた。

生食肉中の鶏肉の黄色ブドウ球菌の汚染は60.6%と最も高く、他の食肉に比べ、明らかな差がみられた。コアグラール型からみれば食中毒由来株と同型のものが多くみられた。また、大半の菌株

が食中毒原性の本体であるエンテロトキシン産生を示した。このことは、鶏肉由来の多くの株は、食中毒原性を有することになるので、本菌汚染防止対策について今後検討を要する重要な課題であると思われる。また、食肉製品（ハム、ソーセージ類）からも黄色ブドウ球菌が検出され、これらの多くは小売店で販売されている未包装品であることから、取扱い中の2次汚染が考えられる。黄色ブドウ球菌は、生食肉中ではエンテロトキシン産生は殆んどみられないが、食肉製品中では産生

され、食中毒発生も多いことから、食肉製品の黄色ブドウ球菌汚染対策を早急に検討・実施する必要があると考える。

他方、生食肉のセレウス菌の汚染状態は、黄色ブドウ球菌に比べ少ないが、食肉ねり製品から高率に検出された。食肉ねり製品のセレウス菌汚染率の高い原因は、生肉からの直接汚染と考えるより、むしろ Powers ら<sup>4)</sup>の香辛料中のセレウス菌が他の食品へ移行すると指摘した通り、本製品の副原料（香辛料、澱粉など）からの2次汚染も考えられるので、今後これら副原料中のセレウス菌の汚染実態を調査する必要がある。

各種生食肉及び食肉製品から分離される黄色ブドウ球菌のコアグララーゼ型別の成績からみると、食肉製品中の黄色ブドウ球菌の汚染は、製造所から小売店に至る過程での原料肉及びヒトからの複合汚染と考えられるが、さらにこれらの施設及びヒトにおける汚染実態を調べ、汚染経路を明らかにする必要がある。

セレウス菌の成績を総合してみると、芽胞の熱抵抗性は生肉由来株でも大半が80°C 30分の耐熱性があることから、食肉製品への汚染は生肉の一次汚染によることが十分考えられる。また、セレウス菌は腐敗菌としても古くから知られていることから、衛生面のみならず品質面からも汚染防止対策を講ずる必要がある。

黄色ブドウ球菌の食中毒原性を調べた結果各種検体由来別を問わず30～40%に毒素産生がみられ、特に生食肉から食中毒発生頻度の高いA型毒素（A+B及びA+Cを含む）を産生する菌株が15.3%も検出されたことは、今後その汚染経路を明らかにし、汚染防止対策を検討する必要がある。

セレウス菌の下痢原性を生物並びに免疫学的に調べた結果、98株中41株（41.8%）に下痢原性が認められ、中でも食肉ねり製品から分離した菌株

5株は下痢型食中毒由来菌株と同等の強い毒素を産生した。また、下痢原性が強く認められた菌株は、すべて澱粉分解陽性であり、小沼ら<sup>5,6)</sup>の成績と一致した。しかし、各種食品中のセレウス菌の下痢原性についての調査報告は、生米、米飯、脱脂粉乳及び肉エキス等について調べた小沼ら<sup>5,6)</sup>の報告があるのみなので、今後、各種食品についてその実態を把握したい。

以上、食肉及び食肉製品中の黄色ブドウ球菌及びセレウス菌の汚染実態、分離菌株の各種型別及び食中毒原性について、8試験・研究機関を配し全国規模の調査を実施した。従って、ここにまとめた成績は全国的な傾向と考えて差支えないと考えられる。しかし、季節的には冬期のみに行った調査であるから、今後他のシーズン、特に夏期について同様の調査を進めるなど年間を通しての総合的な調査が必要である。

#### 4. 要 約

食肉及び食肉製品中の黄色ブドウ球菌及びセレウス菌の汚染実態調査、分離菌株の各種型別及び食中毒原性について8ヶ所の試験研究機関を配し、全国規模の調査を実施した。

その結果は、下記の通りである。

- (1) 黄色ブドウ球菌の汚染は、鶏肉（60.6%）で著しく、次いで未加熱ハンバーグ（36.0%）の順であった。汚染菌数は陰性を除き $\leq 10^1 \sim 10^4$ /gの範囲にあった。
- (2) セレウス菌の汚染は、生食肉では5～10%の範囲にあり、汚染菌数は10/g以下であった。食肉製品では、3.1～9.0%の範囲にあり、汚染菌数はほとんど100/g以下であった。
- (3) 黄色ブドウ球菌のコアグララーゼ型を調べた結果、食中毒に見られるⅦ型（29%）、Ⅱ型（28%）及びⅢ型（16%）が多く認められた。

- (4) セレウス菌の各種型別の内、澱粉分解性は陽性53株(54%)、陰性45株(46%)で、生食肉及び未加熱製品に澱粉分解陽性株が多くみられた。芽胞耐熱性は、80°C・30分の加熱では93.9%が耐性、105°C・5分では23.5%が耐性を示した。H血清型別されたものは35株(35.7%)で、このうちH-1型が最も多く認められた。
- (5) ブドウ球菌の食中毒原性を調べた結果、151株中55株(36.5%)がエンテロトキシン産生を示した。これら産生毒素の型別は、A及びC型16株(10.6%)で最も多く、B型11株(7.3%)の順であった。
- (6) セレウス菌の下痢原性を調べた結果、98株中41株(41.8%)に下痢原性が認められ、中でも5株は、下痢型食中毒由来菌株と同等の強い毒素を産生した。

本調査研究は、下記の諸研究試験機関に所属する多くの専門家による大型協同研究プロジェクト

であり、単に調査材料の食肉サンプルを採取し、提供して下さったばかりでなく、ブドウ球菌、セレウス菌の検出、定量、エンテロトキシン、下痢原性トキシン等の産生及び型別等の生物学性状の調査の一部をそれぞれ分担し、積極的な協力を賜った。記して深甚なる感謝の意を表したい。

協力研究機関名：岩手県衛生研究所、仙台市衛生試験所、東京都立衛生研究所、大阪公衆衛生研究所、和歌山市衛生研究所、財団法人日本油料検定協会総合分析センター

#### 参考文献

- 1) 潮田 弘, 寺山 武, 坂井千三, 善養寺浩: 東京都衛研年報 26・1, 1 (1975)
- 2) Taylor, A. T., Gilbert, R. J.: J. Med. Microbiol., 8, 543 (1975)
- 3) 品川邦汎, 松坂尚典, 小沼博隆, 倉田 浩: 日細学誌 38, 165 (1983)
- 4) Powers, E. M., Latt, T. G., Brown, T.: J. Milk Food Technol., 39, 668 (1976)
- 5) 小沼博隆, 品川邦汎他: 日本食品衛生学会第42回学術講演会要旨集 p. 51 (1981)
- 6) 小沼博隆, 品川邦汎他: 日本食品衛生学会第43回学術講演会要旨集 p. 21 (1982)

# 食肉ならびに食肉加工環境における真菌の動態

Dynamics of Fungal Distribution in Meat and Meat Processing Factories

高 鳥 浩 介 (食品薬品安全センター秦野研究所)

## 1. 緒 言

食品微生物学的にみて、食肉および食肉加工環境に関する調査研究は、食中毒原因菌を中心にして追求され、しかもその多くは細菌に関してなされてきた。しかし今日のように食品の衛生的環境が重視される背景には、食品原料、製品のみならずそれを加工する環境において、細菌だけでなく真菌も含めて配慮されているところにある。ところが細菌に比較して食肉原料、製品ならびに加工々場環境における真菌の動態はほとんど知られていない。

われわれは今まで、食品とその加工環境である食品工場における真菌の動態について報告を行ってきたが、真菌の動態をみる限りかなり相関性のあることが解明されてきた<sup>1)2)3)</sup>。今回こうした食品とその環境における真菌の動態を調査する一環として、食肉とその加工環境における真菌の動態を検索する機会に恵まれたので、その結果について報告する。

## 2. 材料および方法

### 2.1 調査場所

神奈川県内の5食肉加工々場を主に対象とした。これら5工場の環境は、木造、コンクリート構造のいずれかであり、作業時の湿度は75~95%であった。また衛生的環境はほぼ同じ傾向にあった。

### 2.2 供試材料

(1) 食肉加工環境 5工場の壁面、天井、ガラス、機器を主に対象とし、肉眼にて真菌汚染を認めない環境から計262点、また真菌汚染を認める環境から計128点採取し、試験に供した。

(2) 温度の異なる室内環境 低温保持される食肉加工環境で、食肉原料ならびに製品保持される環境の温度差による真菌の動態比較を試みた。採取した材料数は、冷凍環境36点、冷蔵環境27点、室温環境59点であった。

(3) 食肉 食肉原料ならびに肉製品の供試材料数は、食肉原料35点、ハム類18点、ベーコン類12点、プレスハム11点、ソーセージ14点であった。

(4) 手指 食肉加工々場で作業従事者40名を対象に手指から材料を採取した。

### 2.3 採取法

食肉加工環境で肉眼的に真菌汚染を認めるところ、認めないところからの材料採取は、サンプル採取に主観の入らないよう、採取者により、1場所、1採取とすべくスタンプ(スタンプスプレード、22mm径、栄研)を用い採取した。

また温度の異なる室内環境からの材料採取は、真菌汚染を認めないところから上述同様に実施した。食肉は市販ならびに食肉加工々場において採取し、1材料約100g以上とした。手指は作業従事者の手指を直接培地に接種し、1人1材料とした。

2.4 空中浮遊真菌試験

食肉加工環境内において、地上高約1m上で任意に選んだ7カ所に平板培地(90mm径)を静置し、10分間開放した。なお試験は一工場に限定して実施した。

2.5 真菌分離法

供試材料のうち、食肉加工環境から採取したスタンプならびに作業従事者のスタンプは、いずれもCP添加ポテト・デキストロース寒天(PDA)培地に接種し25℃、10日間培養した。また食肉については試料10gに水90mlを加え、ストマッカー処理しこの0.1mlをPDA培地に流しコンラージ棒で充分拡散させ、25℃、10日間培養した。空中浮遊真菌試験はPDA培地、10分静置開放後25℃、10日間培養した。培養後はいずれも常法に従って同定を行なった。

3. 結果

3.1 食肉加工環境における真菌の動態

(1) 真菌汚染を認めない環境 5食肉加工工場において真菌汚染を認めないところから採取した材料は総数262点であった(表1)。そのうち真菌検出数は216点であり、検出率82.4%と高くほぼ同環境内に真菌の付着が認められた。また主要真菌をみると *Cladosporium* が185点(70.6%)

と圧倒的に多く、次いで *Phoma* が66点(25.2%)、*Penicillium* 49点(16.0%)、*Alternaria* 44点(16.8%)、*Aureobasidium* 42点(16.0%)であった。*Cladosporium* の5工場における検出状況をみると、いずれでも主要菌であり検出率55.9~90.9%と高かった。

(2) 真菌汚染を認める環境 サンプル総数128点はいずれも真菌汚染を認めるところから得たものであり、ここでの主要菌は *Cladosporium* であり102点の検出率79.7%であった(表2)。次いで *Phoma* 48点の37.5%であった。さらに検出率からみて多いのは *Alternaria*、*Aureobasidium*、*Trichoderma*、*Geotrichum* などであった。

3.2 温度の異なる室内環境における真菌の動態

5食肉加工工場のうち1工場に限って、肉眼的に真菌汚染を認めない温度差の異なる環境から、無作為に採取した材料の真菌の動態は表3の通りであった。冷凍環境(-20~0℃)では36点中32点(88.9%)、冷蔵環境(0~4℃)では27点中21点(77.8%)、室温環境(20~25℃)では59点中38点(64.4%)から真菌が検出された。一方主要菌をみると冷凍環境では *Phoma*、*Cladosporium*、*Mucor*、*Penicillium* であり、*Phoma* は半数以上で検出され、冷蔵環境では *Phoma*、*Penicillium*

表1 真菌汚染を認めない環境における真菌

	工場 A	B	C	D	E	計
サンプル数	65	62	56	20	59	262
検出サンプル数	58 (89.2)*1	51 (82.2)	49 (87.5)	20 (100)	38 (64.4)	216 (82.4)
<i>Cladosporium</i>	48 (73.8)	43 (69.4)	43 (76.8)	18 (90.9)	33 (55.9)	185 (70.6)
<i>Phoma</i>	16 (24.6)	21 (33.9)	7 (12.5)	4 (20.0)	18 (30.5)	66 (25.2)
<i>Penicillium</i>	8 (12.3)	10 (16.1)	19 (33.9)	3 (15.0)	9 (15.3)	49 (18.7)
<i>Alternaria</i>	9 (13.9)	9 (14.5)	8 (14.3)	6 (30.0)	12 (20.3)	44 (16.8)
<i>Aureobasidium</i>	5 (7.7)	6 (9.7)	11 (19.6)	6 (30.0)	14 (23.7)	42 (16.0)
<i>Mucor</i>	5 (7.7)	3 (4.8)	6 (10.7)	0 (0)	6 (10.2)	20 (7.6)
<i>Fusarium</i>	3 (4.6)	6 (9.7)	4 (7.1)	1 (5.0)	4 (6.8)	18 (6.9)

\*1 検出頻度(%)

表2 真菌汚染を認める環境における真菌

工場	A	B	C	D	E	計
サンプル数	58	21	13	29	7	128
検出サンプル数	58 (100)* <sup>1</sup>	21 (100)	13 (100)	29 (100)	7 (100)	128 (100)
<i>Cladosporium</i>	48 (82.8)	16 (76.2)	10 (76.9)	21 (72.4)	7 (100)	102 (79.7)
<i>Phoma</i>	21 (36.2)	5 (23.8)	4 (30.8)	14 (48.3)	4 (57.1)	48 (37.5)
<i>Alternaria</i>	10 (17.2)	4 (19.0)	6 (46.2)	7 (24.1)	2 (28.6)	29 (22.7)
<i>Aureobasidium</i>	13 (22.4)	7 (33.3)	2 (15.4)	2 (15.4)	4 (6.9)	28 (21.9)
<i>Trichoderma</i>	9 (15.5)	2 (9.5)	3 (23.1)	9 (31.0)	0 (0)	23 (17.9)
<i>Geotrichum</i>	9 (15.5)	2 (9.5)	3 (23.1)	7 (24.1)	2 (28.6)	23 (17.9)
<i>Mucor</i>	4 (6.9)	8 (38.1)	3 (23.1)	4 (13.8)	1 (14.3)	20 (15.6)
<i>Penicillium</i>	8 (13.8)	4 (19.0)	2 (15.4)	3 (10.3)	1 (14.3)	18 (14.1)

\*1 検出頻度 (%)

表3 温度の異なる室内環境における真菌

室内環境	冷凌 (-20~0°C)	冷蔵 (0~4°C)	室温 (20~25°C)
サンプル数	36	27	59
検出サンプル数	32(88.9)* <sup>1</sup>	21(77.8)	38(64.4)
<i>Phoma</i>	20(55.6)* <sup>2</sup>	12(44.4)	18(30.5)* <sup>2</sup>
<i>Cladosporium</i>	14(38.9)	6(22.2)	33(55.9)
<i>Mucor</i>	10(27.8)	7(25.9)	6(10.2)
<i>Penicillium</i>	9(25.0)	11(40.7)	9(15.3)
<i>Alternaria</i>	6(16.7)	1(3.7)	12(20.3)
<i>Aureobasidium</i>	3(8.3)	1(3.7)	14(23.7)
<i>Aspergillus versicolor</i>	0	5(18.5)	1(1.7)
<i>Chaetomium</i>	0	3(11.1)	3(5.1)
<i>Geotrichum</i>	0	3(11.1)	2(3.4)

\*1 検出頻度 (%)

\*2 有意差を認める ( $P < 0.05$ )

が約4割を占め、さらに室温環境では *Cladosporium*, *Phoma*, *Aureobasidium*, *Alternaria* であった。各真菌の三環境下での検出を逆正弦変換法による区間推定をみたところ、冷凍環境と室温環境間で *Phoma* に有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。

### 3.3 食肉における真菌の動態

食肉中の真菌数をみると、食肉原料の方が肉製品より多い傾向にあった(図1)。食肉中の検出真菌をみると食肉原料では、*Phoma*, *Geotrichum*, *Aureobasidium* が主に分布し、また肉製品での

表4 食肉中の真菌

食肉	食肉原料	肉製品			
		ハム類	ベーコン類	プレスハム	ソーセージ
供試材料数	35	18	12	11	14
<i>Phoma</i>	7	1		2	
<i>Geotrichum</i>	7	1		1	
<i>Aureobasidium</i>	6				
<i>Cladosporium</i>	4				
<i>Penicillium</i>	4				1
<i>Mucor</i>	3				
その他の真菌	13	2	1	2	2

真菌検出数 (10<sup>2</sup>/グラム以上)

真菌は僅かに検出されたにとどまり、肉製品中での真菌の分布をみる限り食肉原料に比べ狭いことがわかった(表4)。

### 3.4 手指における真菌の動態

40名(40点)の作業従事者手指から採取した真菌は表5にみるように、19点から検出された。その主要な真菌は *Geotrichum*, *Aureobasidium*, *Phoma* であった。

表5 手指における真菌(40名)

真菌	真菌検出数
	19
<i>Geotrichum</i>	8
<i>Aureobasidium</i>	6
<i>Phoma</i>	4
その他の真菌	10



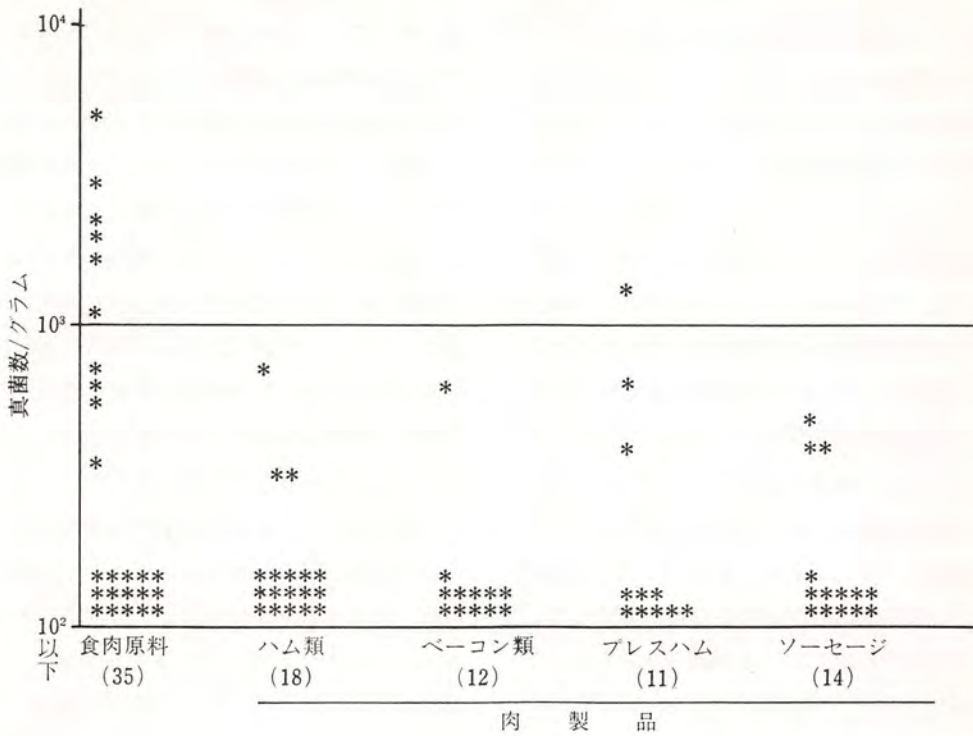


図1 食肉中の真菌数

3.5 空中浮遊真菌の動態

1工場の7カ所に限定し、3回調査し10分間開放後の真菌数をみると、外気の入るダクトをもつ洗い場において著しく検出された以外は、平均して10個以下と少なかった(表6)。主要な空中浮遊真菌は *Phoma*, *Cladosporium*, *Penicillium*

などであった。

4. 考 察

食肉ならびに食肉加工環境における真菌の重要性は、1つに品質劣下をきたすことであり、2つに環境汚染にともなう建物、機器類の老朽化であ

表6 空中浮遊真菌の動態

場所 調査回数	解体室			製肉包装室			加工包装室 I			加工包装室 II			冷蔵室 (製品)			冷蔵室 (加工)			洗い場		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
真菌数	2	10	4	11	3	10	12	5	7	10	4	12	3	6	13	3	10	12	50	27	19
<i>Phoma</i>	1	3		5	1	2	2	1		2	1	7	3	4		1		4	20	12	4
<i>Cladosporium</i>		2	3	2		6	7	2	6	2	1	1	1	1		1	5	1	16	1	8
<i>Penicillium</i>	1			2		2			1			2			5		3	5	5	3	1
<i>Geotrichum</i>		1			1		2					1		1			2			2	2
<i>Aureobasidium</i>		1						1						1					4	5	
<i>Mucor</i>							1				2			1				1			
その他の真菌	3	1		2	1			1		4	3		2	1	2	1		1	5	4	4

(10分間開放)

り、3つに真菌の生体に対する有害性を挙げる事ができる。ところが真菌のこうした食品ならびに食品製造環境に及ぼす弊害については、われわれの知る限りほとんど検討されていない。食肉での真菌について問題提起してきたのは、Jensen, L. B.<sup>4)</sup>, Leistner, L. et al.<sup>5)</sup>, Hadlok, R.<sup>6)</sup> による報告が初期とされ、食肉と真菌に限って報告されてきた。われわれはこうした食品とその加工環境におよぼす真菌の重要性を既に報告してきたが<sup>1,2,3,7)</sup> 真菌からみると比較的食品とその加工環境における動態に相関性を認める知見をえてきた。そこでさらに食肉と真菌の動態については今までの報告を基礎として、食肉加工環境における真菌の動態がいかなるものであるか、またその結果からいかなる有害性が示唆されるか調査した。

まず食品加工環境における真菌を検索したところ、*Cladosporium* を主要菌とし、ついで *Phoma*, *Alternaria*, *Aureobasidium* などであった。*Cladosporium* は今までの報告をみても優勢菌の代表であるが、*Phoma* および *Aureobasidium* の主要菌としての動態は不詳である。ただこの両属は湿性を好む真菌であることはすでに知られており、食肉加工環境は湿度が高くかつ作業時は常に流水されていることから、多く検出されるものと思われる。一方肉眼的に真菌汚染を認めるところと、真菌汚染を認めないところでの真菌の動態をみると、主要な *Cladosporium*, *Phoma*, *Alternaria*, *Aureobasidium* とも統計的に有意差を認めず、汚染が著しいからといって特定の真菌が検出されることはないものと推定された。

温度差による真菌の動態は、温度条件により差がみられ室温下で最も多い *Cladosporium* は低温下に少なくなった。すなわち冷凍、冷蔵下での主要菌はいずれも *Phoma* となり、低温になるにつれ検出率が高くなり統計的にも有意差が認められた。ここでいえることは低温条件により主要菌は

多分に発育の至適温度が低く、好冷菌としての性質を有しているものと考えられる。宇田川ら<sup>8)</sup> はすでに冷凍食品の真菌分布およびそこから分離された真菌の発育温度を研究し、*Phoma* を好冷菌の一属として挙げている。さらに食肉の真菌をみたところ、食肉原料の方が肉製品より多いとはいえ、全体に菌種の分布が狭い傾向にあった。つまり *Phoma*, *Geotrichum*, *Aureobasidium* を主要菌としているにすぎず、これら真菌が食肉に特異的に認められるかは今後検討する必要がある。手指での真菌も同様に上記真菌を検出しており食肉に直接々触するためと思われた。

真菌の食肉におよぼす汚染は品質劣下と、真菌の二次代謝産物であるマイコトキシンに焦点が絞られ、マイコトキシンに関してはすでにアフラトキシン、オクラトキシン、ステリグマトシスチン、シトリニン、ペニシリン酸など検討されており<sup>1,9,10,11,12,13,14)</sup>、これらはいずれも長期貯蔵を目的とする食肉加工品のハム・ソーセージを対象としている。今までの報告ではマイコトキシンによる汚染の危惧はとり除かれているものの、食品微生物学的な見方から今後も注視する必要がある。

食肉とその製造環境における真菌の動態で共通していることは、*Phoma*, *Aureobasidium* といった真菌が認められることである。すなわち食品とその製造環境をこの種の真菌でみる限り、環境に由来して食肉に付着する可能性の高いことがわかり、環境悪化が食肉の品質劣化を誘起しかねない。したがって食肉ならびに食肉加工環境における主要菌が解明されたことから、今後はこうした真菌が食肉の品質劣化と環境汚染にいかなる影響を及ぼすか検討する必要がある。

## 5. 要 約

食肉ならびに食肉加工環境における真菌の動態

を調査したところ以下の結果をえた。

- (1) 食肉加工環境において真菌汚染を認めない環境, 認める環境に区分してその動態をみたところ, 前者では *Cladosporium* (70.6%), *Phoma* (25.2%), *Penicillium* (18.7%), *Alternaria* (16.8%), *Aureobasidium* (16.0%) であり, 後者では *Cladosporium* (79.7%), *Phoma* (37.5%) が主要菌であった。なお両者間での各真菌の検出率に有意差を認めなかった ( $P < 0.05$ )。
- (2) 温度の異なる室内環境での真菌をみると冷凍, 冷蔵, 室温とも *Phoma*, *Cladosporium* が主要であった。真菌の検出率をみたところ, *Phoma* が冷凍で高い値となり, 室温下との間に有意差を認めた ( $P < 0.05$ )。
- (3) 食肉における真菌は, 食肉原料の方が肉製品より分布が広がったものの, 量的にはいずれも少ない傾向にあった。食肉での主要菌は *Phoma*, *Geotrichum*, *Aureobasidium* であった。
- (4) 空中浮遊真菌として *Phoma*, *Cladosporium*, *Penicillium* が検出された。
- (5) 食肉ならびに食肉加工環境の真菌の動態をみたところ, 環境に由来して食肉に付着する可能性が高く, こうしたことが原因で品質劣

化ならびに環境汚染を誘起しうるものと示唆された。

#### 文 献

- 1) 高鳥浩介, 高橋恵子, 鈴木敏正, 宇田川俊一, 倉田 浩: 食衛試 16: 307-312 (1975)
- 2) 高鳥浩介, 大槻 勇, 大槻 武, 市川栄一: 防菌防黴 7: 453-460 (1979)
- 3) 高鳥浩介, 石井喜一, 大槻 勇: 防菌防黴 9: 55-60 (1981)
- 4) Jensen, L. B. in Microbiology of Meats. Gerrard Press. (1954)
- 5) Leistner, L. & Ayres, J. C. Fleischwirtschaft 47: 1320-1326 (1967)
- 6) Hadlok, R. Fleischwirtschaft 49: 455-460 (1969)
- 7) 高鳥浩介, 高橋恵子, 宇田川俊一, 倉田 浩: マイコトキシン 5/6: 36-38 (1978)
- 8) 宇田川俊一, 一戸正勝, 谷口貞子, 高鳥浩介, 倉田 浩: 国立衛試報告 93: 142-145 (1975)
- 9) Bullerman, L. B., Hartman, P. A. & Ayres, J. C. Appl. Microbiol. 18: 718-722 (1969)
- 10) Escher, F. E., Koehler, P. E. & Ayres, J. C. Appl. microbiol. 26: 27-31 (1973)
- 11) Halls, N. A. & Ayres, J. C. Appl. Microbiol. 26: 636-639.
- 12) Wu, M. T., Ayres, J. C. & Koehler, P. E. Appl. Microbiol. 27: 427-431 (1974)
- 13) Leistner, L. & Tauchmann, F. Fleischwirtschaft 50: 965-967 (1970)
- 14) Alperden, I., Mintzloff, H. T., Tauchmann, F. & Leistner, L. Fleischwirtschaft 53: 707-712 (1973)

## 非加熱ソーセージ製造工程および

## 冷蔵期間中の食中毒細菌の消長

Changes in Some Food-Poisoning Bacterial Counts of Raw Sausage  
on the Processing and During Storage Under Cooling Condition

阪口 玄二・植村 興・小崎 俊司・品川 邦汎\*

(大阪府立大学農学部 \*岩手大学農学部)

## 1. 目 的

いわゆる生ソーセージは製造の全過程を通して加熱されることのない腸詰であって、ヨーロッパ、たとえばドイツでは製造され市販されているが、わが国では未だ製造販売は許可されていない。

生ソーセージは、その製造工程により、生ソーセージ、ドライソーセージ、醗酵ソーセージの3種に分類される。また、製品の形態から、スライス出来るものと、スプレッド出来るものに分けられる。スプレッド出来る生ソーセージは、約2～4日間の熟成期間(軽い冷燻を含む)を経て販売に供される。

生ソーセージスプレッドは、三種類のものがあり、メットウルスト (Metwurst) fine (原料肉の挽き方が細かくきめの細いもの、メットウルスト (Metwurst) grob (荒挽きの肉を用いるものおよびテーウルスト (Tee wurst) (紅茶色の生ソーセージ) と呼ばれて区別されている。

メットウルストは、一般に、水分は40～50%、食塩2.1～2.9%、水分活性は0.950～0.965の製品で、一度に多量を摂食するものではないが、あまり長期間保存できる食品ではない。メットウルストは生ハム同様加熱の工程が全くないので、その細菌学的品質は、原料肉と、製造工程の衛生条件に支配される。

Boos (1979)<sup>1)</sup>によれば、生ソーセージの15.6%はサルモネラ属菌に汚染されており、中でも *S. typhimurium* による汚染頻度は高く(39.4%)、サルモネラの生菌数は  $10^2 \sim 10^4$ /gである。また、Kuschfeldt (1980)<sup>2)</sup>によると、メットウルストの *S. aureus* による汚染率は約50%と考えられる。しかし、*S. aureus* の菌数は、消費者に食中毒の危険性があるほど多くないことも指摘されている。したがって製品のpH、水分活性(Aw)、水分含量、食塩含量などは *S. aureus* 汚染の指標とはならない。

今回の実験の目的は、将来、需要が生じると考えられるメットウルストを試作し、製造工程中におこる理化学的特性の変化、およびそれに応じて原料に添加した食中毒細菌 (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus cereus* および *Clostridium perfringens*) の菌数の変化を見ること、および製品の保存(10°C)中に於ける添加した病原菌(上記4菌種と *Clostridium botulinum* type E の5菌種)および一般生菌数の消長をしらべ、将来の製造規準の作製の基礎データとすることである。

## 2. 方 法

## 2.1 メットウルスト製造工程中の理化学的変化と病原菌の消長

メットウルスト試作の原料は Table 1. の通り

Table 1. Formula for "Mettwurst, fein"

	(g)
Lean beef	3,600
Pork belly	4,900
Pork back fat	1,500
NPS (NaCl+0.5% NaNO <sub>2</sub> )	300
Pepper	300
Paprica	900
GdL	300
Glucose	30
Sodium erythorbate	20

である。

肉は細かく挽き、常法通り練肉を調整し、直径40mmのセルロースケーシングに約200gずつ充填した。材料の半分には、*S. typhimurium* (ATCC 14,028株)、*C. perfringens* (H-9株)、*S. aureus* (FRI 1722, エンテロトキシンA産生株)、*B. cereus* (下痢原性シイタケ株)の0.1%グルコース加ブレインハートインフュージョン(Difco)で35°C1日培養菌をそれぞれ10<sup>4</sup>/gの菌数になるように接種し、それらをスモークハウスで2日間燻煙(20°C, 相対湿度90%)し、5日間乾燥した(20°C, 相対湿度85%)。燻煙および乾燥中毎日理化学検査および各菌の菌数測定を実施した。

## 2.2 メットウルスト保存中の病原菌の消長

*S. aureus*, *B. cereus*, *S. typhimurium* は、0.1%グルコース加ブレインハート・インヒュー

ジョン1夜培養菌の菌数を1×10<sup>8</sup>/mlと推定し、*C. botulinum* type E(岩内株)<sup>3)</sup>および*C. perfringens*は、芽胞数を計算した芽胞懸濁液を接種材料とし、5菌種それぞれ2×10<sup>6</sup>/mlの菌数の混合懸濁液を調整し、1本約200gのメットウルストに長さ約10cmの注射針をつけた注射筒を用い、ケーシングの両端から注射針を引き抜きながら0.5mlずつ計1mlを注入し、各菌あるいは芽胞が製品中に10<sup>4</sup>/gになるよう接種した。これらのメットウルストを10°Cに調節した恒温器内に保存し、0日目、15日目および30日目にサンプルをとりストマッカーにより懸濁液を作製し、それぞれの菌を撰択培養地を用いて測定した。各菌の菌数計算法はTable 2.に示す。

ボツリヌス菌の測定には、10倍階段希釈した試料の各稀釈1.0mlを3本ずつの10mlずつ分注した1.0%白糖-フェノールレッド加Bacto thioglycollate medium(Difco)<sup>4)</sup>に接種し、30°C7日間培養し、フェノールレッドの色調、ガス産生および培養上清の Maus 腹腔注射からMPN算出を試みた。10倍階段希釈の乳剤の遠心上清をpH 6.2に修正し、トリプシン処理後0.5mlを Maus の腹腔に注射し、製品内の毒素の産生をしらべた。

## 3. 結 果

### 3.1 メットウルスト製造工程中の理化学的変

Table 2. Methods for counting viable organisms

Microbes	Medium	Method	Temperature C	Incubation for hrs
Aerobic mesophiles	SPA	Pour	35	48
Coliform	DLA	Pour	35	48
<i>E. coli</i>	EC	MPN	44.5	24
Lactic acid bact.	BCP	Pour	35	48
<i>S. typhimurium</i>	MLCB	Spread	35	48
<i>C. perfringens</i>	Modified Handford	Pouch	46	24
<i>S. aureus</i>	Egg yolk-MSA	Spread	35	48
<i>B. cereus</i>	Egg yolk-NGKG	Spread	35	24
<i>C. botulinum</i>	Sucrose-TGC	MPN	30	48

**Table 3.** Changes in physico-chemical properties of "Mettwurst" during smoking and drying processes

	Period in days						
	0	1	2	3	4	5	6
Moisture %	47.2	46.4	44.5	43.3	42.9	41.9	41.1
Fat %	36.0	37.5	36.9	36.0	36.5	35.5	36.0
Nitrite ppm	49.1	15.6	5.3	2.6	1.9	2.7	2.1
Aw	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93
pH	5.3	5.3	(5.7)	(5.7)	(5.7)	5.3	5.3
Yield	100.0	98.0	94.3	88.0	87.2	86.2	85.6

**Table 4.** Changes in microbial counts of "Mettwurst" during smoking and drying processes

Microbes	Medium	Period in days						
		0	1	2	3	4	5	6
Viable count ( $\times 10^{-5}$ )	SPA	2.5	0.99	3.0	12	130	640	620
<i>E. coli</i>	EC (MPN)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Doliform	BGLB (MPN)	6.3	7.5	4.5	2.3	15.2	2.3	2.3
Lactic acid bac. ( $\times 10^{-5}$ )	BCP	0.57	0.22	5.2	120	970	650	1,000
<i>S. typhimurium</i> ( $\times 10^{-3}$ )	MLCB	9.4	5.1	0.50	0.28	0.18	0.17	0.17
<i>C. perfringens</i> ( $\times 10^{-3}$ )	Modified H/F	2.1	1.1	0.48	0.043	0.098	0.33	0.12
<i>S. aureus</i> ( $\times 10^{-3}$ )	Egg yolk-MSA	35	28	6.5	9.2	3.7	3.9	4.3
<i>B. cereus</i> ( $\times 10^{-3}$ )	Egg yolk-NGKG	2.0	2.8	0.74	0.31	0.76	0.38	0.38

### 化と病原菌の菌数の変化

製造工程中の理化学的変化は **Table 3.** の通りである。製造工程中の病原菌、一般生菌数、大腸菌群、大腸菌および乳酸菌数の変化は **Table 4.** の通りである。

一般生菌数、大腸菌群、大腸菌の減少は見られなかった。7日間の工程で乳酸菌数は約1,000倍に増加した。

病原菌 (*Salmonella*, *C. perfringens*, *S. aureus*, *B. cereus*) は7日間で1/10~1/100に減少した。

#### 3.2 メットウラスト保存中の病原菌の消長

結果は **Table 5.** の通りである。

生菌数の著しい増減は見られなかった。*S. typhimurium*, *S. aureus* は15日目までは著しい減少は見られなかったが、30日目には1桁の減少が見られた。*B. cereus*, *C. perfringens* は、0時間から、測定された菌数が少く、接種菌数に比べ

**Table 5.** Changes in viable counts of some pathogenic organisms inoculated into "Mettwurst" during storage at 10C

Bacterial species	Period of storage at 10C		
	0	15	30
Viable count ( $\times 10^{-7}$ )	1.7	1.0	1.3
<i>S. typhimurium</i> ( $\times 10^{-2}$ )	2,000	2,100	150
<i>S. aureus</i> ( $\times 10^{-2}$ )	340	200	26
<i>B. cereus</i> ( $\times 10^{-2}$ )	5	<0.1	<0.1
<i>C. perfringens</i> ( $\times 10^{-2}$ )	50	29	5.4
<i>C. botulinum</i> ( $\times 10^{-2}$ )	(100)	<0.4	<0.4

ると著しい減少が見られた。E型ボツリヌス菌の0時間の成績はないが、15日目以降、検出することは出来なかった。15日目、30日目の懸濁液の上清を注射したマウスは4日間の観察期間中に発症したものは見られなかった。

## 4. 考 察

メットウラスト製造工程中には、残存亜硝酸塩濃度を除いて、著しい理化学的変化は見られず、

生菌数は2桁増加したが、これは乳酸菌の増加によるものである。大腸菌群、*E. coli*のMPNは殆んど変化が見られず、*S. typhimurium*、*C. perfringens*、*S. aureus*、*B. cereus*などの病原菌は徐々に減少する傾向が見られたが、これは、燻煙、乾燥の工程の直接の影響によるものではなく、乳酸菌の増加による拮抗作用によるものと考えられる。

製品に接種された病原菌は、メットウルストを10°Cに保存した場合には、増加は認められず、30日目には、1~2桁の減少が見られた。セレウス菌、ウェルシュ菌、ボツリヌス菌の減少は著しかったが、これはメットウルスト内で、他の菌（乳酸菌あるいは他の病原菌）との拮抗によるものか、あるいは、検出の際に、培養基内での拮抗によるものかどうかは明らかではない。

今回の実験では、5種類の病原菌をそれぞれ $10^4/g$ になるように計画したが、芽胞懸濁液は一度菌数を測定すると長期間安定であるが、増殖型の菌では菌濃度を一定にすることが困難で必ずしも予定通りには行かず*S. typhimurium*は $10^5/g$ となり、*B. Cereus*は $10^2/g$ となった。従って、

5種の菌を混合して接種したことは誤りであったと考えられる。

何れにしても、メットウルストはその製造工程および10°Cの保存期間に病原菌の増殖は認められないが、また著しい減少も認められない。したがってその製造には、原料肉を厳選し、衛生的に調整することが必要である。

## 5. 謝 辞

本研究の実施に当り、メットウルストの試作、理化学検査分析および細菌試験に絶大な御協力をいただいた、太治司郎氏、重久 保氏、加藤道信氏はじめ日本ハム株式会社の諸氏に感謝致します。

## 文 献

- 1) Boos, G. (1979): *Fleischwirtsch.*, **59**, 1882-1886.
- 2) Kuschfeldt, D. (1980): *Fleischwirtsch.*, **60**, 2045-2048.
- 3) Nakamura, Y., H. Iida, K. Saeki, K. Kanzawa and T. Karashimada (1956): *Japan J. Med. Sci. Biol.*, **9**, 45-58.
- 4) Sakaguchi, G. and Y. Tohyama (1955): *Japan. J. Med. Sci. Biol.*, **8**, 247-253.

## セミドライソーセージの細菌学的安全性に関する基礎的研究

The Fundamental Examination of Bacteriological Safety for Semi-Dried Sausages

高坂和久 (社団法人 日本食肉加工協会)

ドライソーセージほど乾燥せず、かつ非加熱のセミドライソーセージは欧米では一般的な製品であるが、我国では安全基準が確立されていないため製造されていない。しかし、この種の製品は非加熱のハム、ベーコン類と同様に一般消費者や食肉加工業者から製造、販売が要望されている。セミドライソーセージの基礎的な安全基準は熟成期間中の一般生菌数や大腸菌群の消長から判断され、そのためには食塩、亜硝酸の影響について検討されるのが基本と考えられる。

食塩は直接製品の水分活性に、また間接的に菌相の変化による pH などの理化学的変化に関与し、一般生菌数や大腸菌群の消長に影響すると想定される。

亜硝酸ナトリウムは本来防腐作用を有しており、食塩との併用により相乗的に細菌類に作用すると期待される。そこで食塩濃度と亜硝酸ナトリウム濃度が一般生菌数、大腸菌群にたいする影響を検討することとした。

### 1. 実験方法

#### 1.1 試料の調製

(1) 食塩添加量が異なるセミドライソーセージの製造 次に示す条件でセミドライソーセージを製造した。細切した豚肉42%、牛肉28%および豚脂肪30%を主原料とした。亜硝酸ナトリウム(以下  $\text{NaNO}_2$  と記す)、硝酸カリウム、ぶどう糖を豚肉と牛肉からなる赤肉にたいしてそれぞれ

200ppm, 500ppm, 0.5% 配合した。そして食塩(以下  $\text{NaCl}$  と記す)を赤肉にたいして2, 3, 4, 5% 相当量添加した。これを試験区1, 2, 3, 4とし、ミキサーで混和した後、コラーゲンケーシングに充填してソーセージをつくり、温度15~20°C、湿度75~85%で28日間乾燥させた。そして0, 3, 7, 14, 21, 28日目にそれぞれの添加区から試料を採取し、一般生菌数、大腸菌群、水分活性値、pH、 $\text{NaCl}$  含量、亜硝酸根残存量を分析した。

(2)  $\text{NaNO}_2$  添加量が異なるセミドライソーセージの製造 (1)の実験結果から2種類の食塩添加量を選択し、それぞれに  $\text{NaNO}_2$  を赤肉にたいして200, 400, 600ppm 添加した。これを試験区, 1, 2, 3とし、(1)と同じ条件で製造し、分析した。ただし、乾燥28日以前に水分活性値が0.86以下に低下した場合、その時点で終了させた。

#### 1.2 分析方法

- (1) 一般生菌数……衛生試験法注解<sup>1)</sup>に示す標準寒天平板培地によった。
- (2) 大腸菌群……衛生試験法注解に示す方法<sup>1)</sup>に従い、乳糖ブイオン培地、BGLB培地によって検査し、最確法により菌数を推定した。
- (3)  $\text{NaCl}$  含量……ボルハルト法<sup>2)</sup>によった。
- (4) 水分活性値……公定法によった。
- (5) 亜硝酸根残存量……原田の方法に準じた方法<sup>3)</sup>で行なった。



(6) pH……新村らの方法<sup>4)</sup>によった。

## 2. 結果と考察

### 2.1 NaCl 添加量が異なるセミドライソーセージにおける諸変化

#### 1) 一般生菌数, 大腸菌群の変化 (図1, 2)

一般生菌数は製造直後では各試験区とも  $10^7/g$  の水準であったが, 乾燥21日目まで徐々に増加し,  $10^8 \sim 10^9/g$  に達した。乾燥28日目にはわずかに減少した。この変化に NaCl 添加量の差異は影響していなかった。

大腸菌群は製造直後の  $10^4 \sim 10^5/g$  から漸時減少の傾向があり, 乾燥28日目に試験区4では陰性に, 他の試験区では  $10/g$  以下に減少したものの,

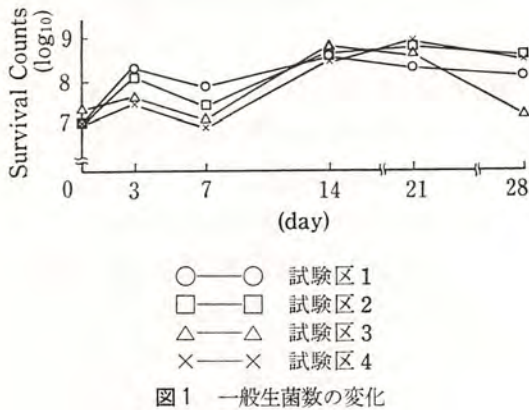


図1 一般生菌数の変化

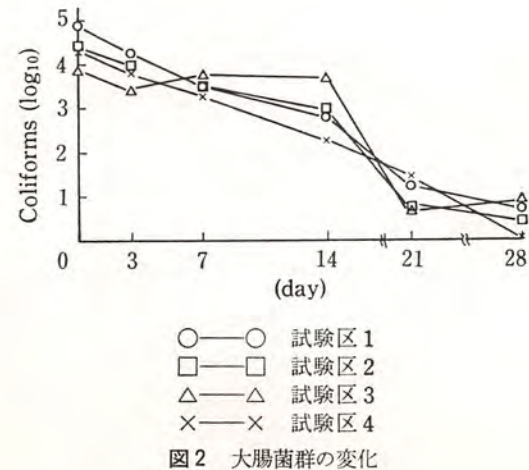


図2 大腸菌群の変化

陰性にはならなかった。

2) 理化学的变化 (図3, 4, 5, 6) 製造直後の NaCl 含量はほぼ計画通りの値を示し, 乾燥28

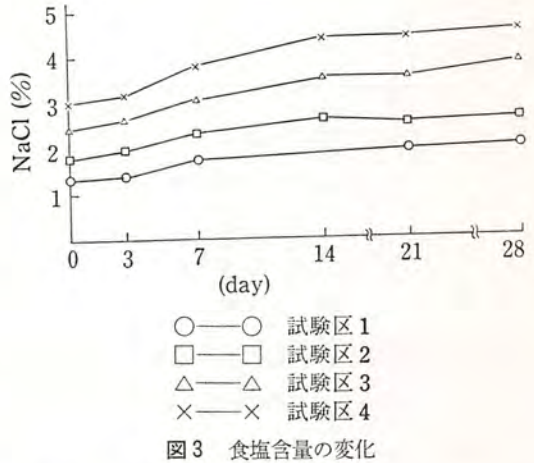


図3 食塩含量の変化

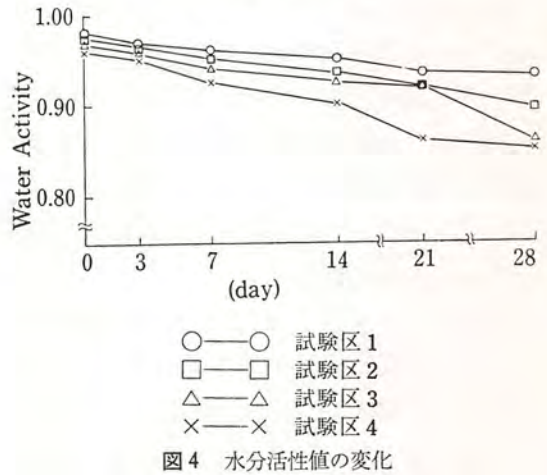


図4 水分活性値の変化

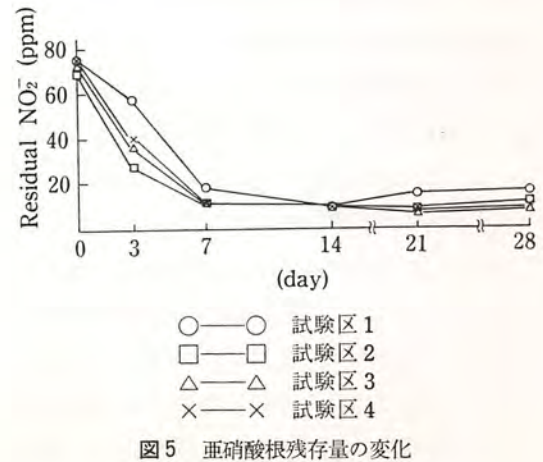


図5 亜硝酸根残存量の変化

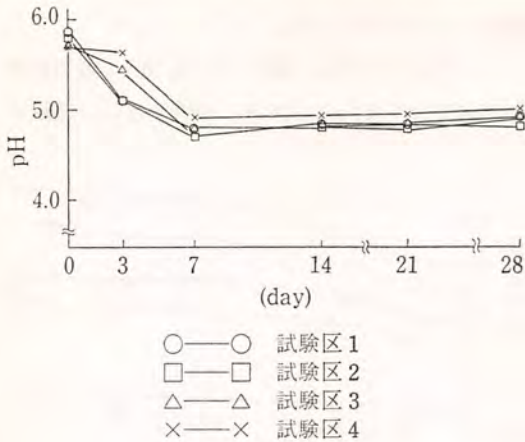


図6 pHの変化

日目には各添加区とも初期含量の約1.6倍量に上昇した。これは製品歩留60%から計算された値とほぼ一致した。

水分活性値（以下 $A_w$ と記す）は製造直後ではNaCl添加量が最も少ない試験1区が0.98, 最も多い試験4区が0.96であった。乾燥中に $A_w$ は徐々に低下し, 乾燥28日目には試験区1は0.93, 試験区2は0.90, 試験区3は0.86, 試験区4は0.85であった。乾燥7~14日目の中間で試験区1を除いてほぼ0.94以下に達した。

亜硝酸根（以下 $\text{NO}_2^-$ と記す）残存量は製造直後では各試験区とも約75ppmであった。そして乾燥7日目に各試験区とも10ppm程度にまで減少し, 28日目までほぼ同じ残存量であったが, 試験区1でやや高い残存量を示す傾向があった。

製造直後のpHは各試験区とも約5.8を示し, 乾燥7日目で最低値となり, その後徐々に上昇した。この際, NaCl添加量の少ない区ほどpHが低く, たとえば7日目では試験区1が約4.7, 試験区4が約4.9を示していた。

本結果から $\text{NO}_2^-$ 残存量は各試験区ともほとんど差異がないので, 一般生菌数や大腸菌群の変化は主として $A_w$ の作用によるものと考えられた。一般に細菌類は $A_w$  0.94以下で繁殖が抑制されるので, 乾燥14日目以降に大腸菌群が減少した原

因は主として $A_w$ の低下によると解された。 $A_w$ が相当に低い28日目でも試験区4を除く各試験区で大腸菌群が検出されたが, その原因は死滅までの時間的ずれや試料における不均一性が関与したことなどが想定された。また一般生菌数では,  $A_w$ が0.94以下のとき, 主としてLactobacillus, Micrococcus, Pediococcusなどの乳酸生成菌, Corynebacterium, Staphylococcusなどが繁殖可能であるので,  $A_w$  0.94以下に低下後の増殖は主としてこれらの細菌によっていると解され, 予備実験では一般生菌数と乳酸生成菌がほぼ同数であることとpHとの急激な低下から, 主として乳酸生成菌で構成されていると想定された。

官能的所見では試験区2がとくに風味で優れており, 試験区4は最も促進的なソーセージと考えられたので,  $\text{NaNO}_2$ 添加試験ではNaCl 3%と5%添加のソーセージについて $\text{NaNO}_2$ 添加量の影響を検討することとした。

## 2.2 $\text{NaNO}_2$ 添加量が異なるセミドライソーセージにおける諸変化

### (1) NaCl添加量3%の場合

#### 1) 一般生菌数, 大腸菌群の変化(図7, 8)

一般生菌数は製造直後では各試験区とも $10^5/g$ の水準であったが, 乾燥3日目には $10^8/g$ の水準に達し, 14日目まで増殖して $10^8 \sim 10^9/g$ まで達し

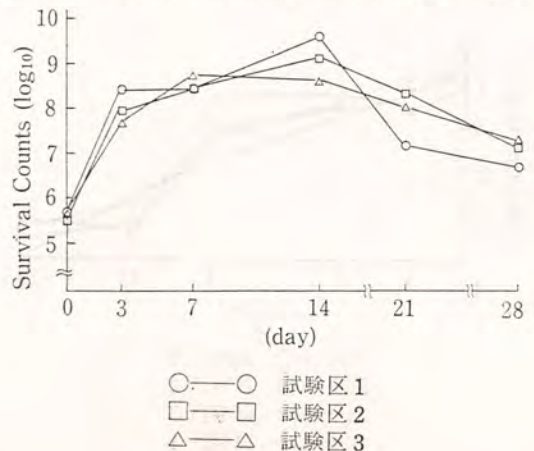


図7 一般生菌数の変化

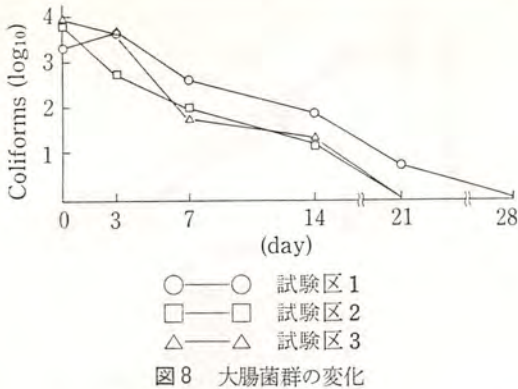


図8 大腸菌群の変化

た。乾燥14日目までは  $\text{NaNO}_2$  添加量が多いほど繁殖が抑制され、その後の乾燥ではむしろ  $\text{NaNO}_2$  添加量が少ないほど減少が著しかった。

大腸菌群は製造直後では各試験区とも  $10^3$ /g の水準であったが、乾燥中に各試験区とも陰性となった。この際、試験区1は他試験区と比較して10倍以上高い傾向があり、しかも他2試験区は乾燥21日目で陰性となったのにたいして28日目で陰性となった。

2) 理化学的变化 (図9, 10, 11, 12)  $\text{NaCl}$  含量は製造直後の2%から乾燥28日目の3.2%までほぼ直線的に上昇した。この  $\text{NaCl}$  含量の変化に各区間に差異はなかった。

$A_w$  値は  $\text{NaCl}$  含量と同様に各試験区間に差異がなかった。そして製造直後の0.97から乾燥28日目の0.88までほぼ直線的に低下した。乾燥7日目と14日目の間で0.94に低下し、乾燥21日目に0.90

に低下した。

$\text{NO}_2^-$  残存量は製造直後では試験区1で約70 ppm, 試験区2で140ppm, 試験区3で220ppm 残存し、乾燥7日目まで急激に減少し、乾燥14日目以降はほぼ一定の残存量が維持され、28日目で

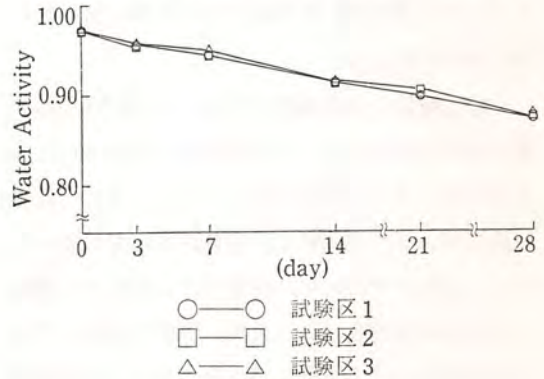


図10 水分活性値の変化

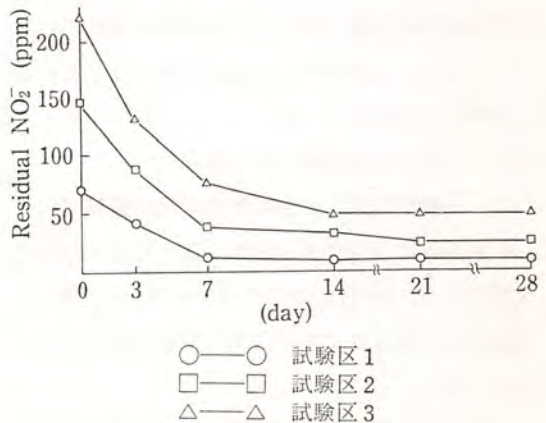


図11 亜硝酸根残存量の変化

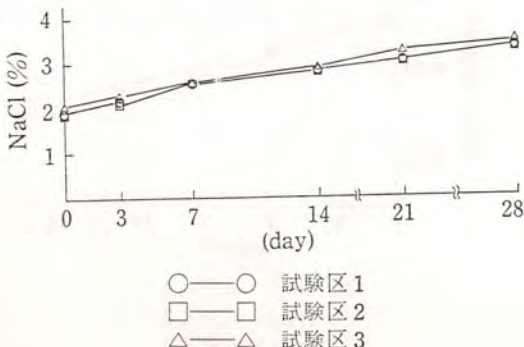


図9 食塩含量の変化

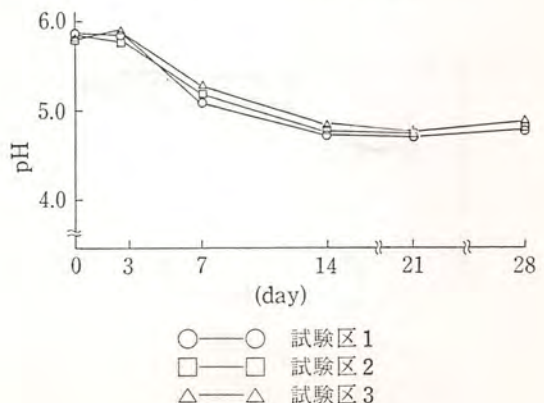


図12 pH の変化

はそれぞれ 10, 25, 50ppm であった。

pH は製造直後と乾燥 3 日目ではほとんど 差異がなく、約 5.8 を示し、乾燥 21 日目に最低値 4.7~4.8 を示した。そして乾燥 28 日目には 4.8~4.9 に上昇した。乾燥中の変化で各試験区間に大差がなかったが、 $\text{NaNO}_2$  添加量が多い区ほど高い値を示す傾向があった。

一般生菌数、大腸菌群の変化から  $\text{NaNO}_2$  添加量の影響が認められ、大腸菌群では 400ppm 以上の添加量でとくに有効と考えられた。また一般生菌数においても  $\text{NaNO}_2$  添加量が多い方が良いと考えられた。すなわち、乾燥 14 日目以降では試験区 1 での減少が著しかったが、細菌が繁殖しやすい乾燥初期には  $\text{NaNO}_2$  添加量の多い方が抑制的に作用していたからである。ただ、官能的所見では  $\text{NaNO}_2$  添加量が少ないほど風味が優れていたため、必ずしも  $\text{NaNO}_2$  添加量が多いほど良いとは結論づけられなかった。

## (2) $\text{NaCl}$ 添加量 5% の場合

1) 一般生菌数、大腸菌群の変化 (図 13, 14)  
一般生菌数は製造直後と乾燥 3 日目では  $10^6$ /g の水準であり、7 日目以降では  $10^7 \sim 10^8$ /g に達し、乾燥終了の 21 日目までほぼ同一菌数が維持されて推移した。

大腸菌群は製造直後と乾燥 3 日目では  $10^3$ /g の

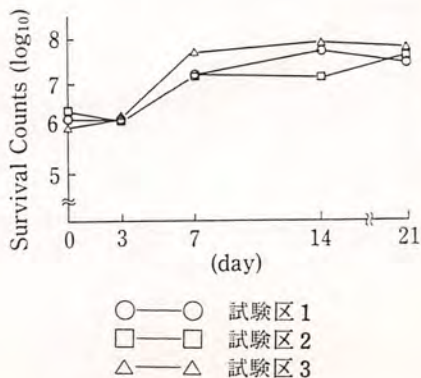


図13 一般生菌数の変化

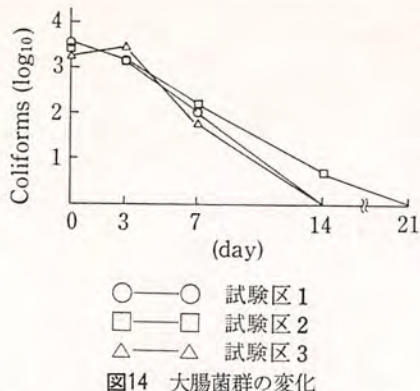


図14 大腸菌群の変化

水準であり、乾燥 14 日目には試験区 1 と 3 で陰性となった。試験区 2 は乾燥終了の 21 日目に陰性となった。

2) 理化学的变化 (図 15, 16, 17, 18)  $\text{NaCl}$  含量は各添加区とも製造直後の約 3.2% から乾燥 21 日目の 5.2% まで大差なくほぼ直線的に上昇した。

$A_w$  値は  $\text{NaCl}$  含量と同様に各試験区間にほとんど差異がなかった。製造直後の 0.95 から乾燥 21

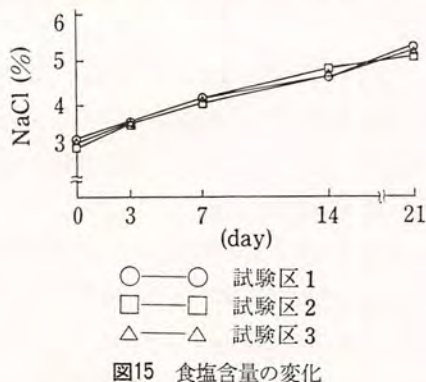


図15 食塩含量の変化

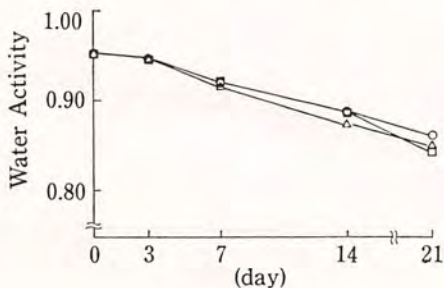


図16 水分活性値の変化

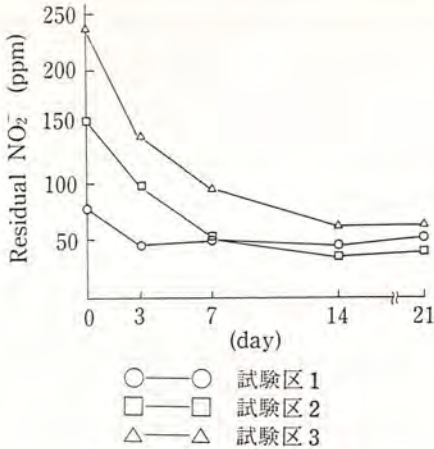


図17 亜硝酸根残存量の変化

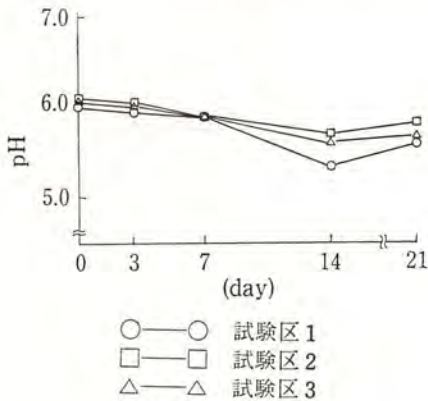


図18 pHの変化

日目の0.86までほぼ直線的に減少した。NaCl含量が高いため、乾燥3日目と7日目の早い段階でAwは0.94に低下し、乾燥7日目と14日目の間で0.90に達した。

NO<sub>2</sub><sup>-</sup>残存量は製造直後では試験区1で約80ppm、試験区2で約160ppm、試験区3で約235ppmであった。そして試験区1では乾燥3日目で約45ppmに、試験区2では7日目に約50ppmに減少して乾燥21日目までその残存量がほぼ維持された。試験区3では残存量の減少が遅く、乾燥21日目でも約65ppm残存した。

pHは製造直後の6.0~6.1から乾燥14日目の5.3~5.7まで一度低下した後、21日目には5.6~5.8まで上昇した。この変化で試験区1のpHが

最低値を示した。

Awが製造直後から低いため、大腸菌群は乾燥中に速やかに減少し、試験区2と3では14日目に、試験区1では21日目に陰性となった。そしてAwと大腸菌群陰性の時期には時間的ずれや試料の不均一性が関与していると推定された。

一般生菌数は乾燥7日目以降増殖していないので、比較的低いAwで繁殖可能な乳酸生成菌が主要構成菌と考えられた。

これらの結果からNaClが5%添加された場合には3%の場合ほどNaNO<sub>2</sub>添加量は一般生菌数の消長に顕著に作用しないと考えられた。また、NaCl 5%添加の場合にはNO<sub>2</sub><sup>-</sup>残存量やpHの変化が3%添加の場合よりかなり緩慢であるので、技術的には品質が比較的安定なソーセージの製造が可能と考えられるが、官能的には風味がかなり劣ると判定される可能性があった。

### 3. 要 約

#### 1.1 NaCl添加量が異なるセミドライソーセージにおける諸変化

NaClを赤肉の2, 3, 4, 5%添加し、温度15~20°C、湿度75~85%で28日間乾燥させた時の一般生菌数、大腸菌群などの変化を試験した。その結果、一般生菌数は製造直後の10<sup>7</sup>/g水準から乾燥21日目の10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup>/g水準まで増加し、28日目にわずかに減少した。大腸菌群は製造直後の10<sup>4</sup>~10<sup>5</sup>/g水準から漸時減少し、NaClを5%添加した場合のみ乾燥28日目に陰性となった。この変化には主としてNaCl添加量によるAwの差異が関与したと考えられた。

#### 1.2 NaNO<sub>2</sub>添加量が異なるセミドライソーセージにおける諸変化

(1) NaCl添加量3%の場合 一般生菌数は乾燥3日目に10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup>/gに達し、その後次第に減少したが、NaNO<sub>2</sub>を赤肉に200ppm添加した場

合は 400, 600ppm 添加の場合と比べて乾燥 14 日目までは高く, 14 日目以降で低かった。大腸菌群は製造直後の  $10^8/g$  水準から次第に減少し, 400, 600ppm 添加の場合には乾燥 21 日目に, 200ppm 添加の場合には乾燥 28 日目に陰性となった。したがって,  $\text{NaNO}_2$  を 400ppm 以上添加することによって, 乾燥初期の一般生菌数の増殖に抑制的に作用し, 大腸菌群の減少にも効果的に作用したと判断された。

(2)  $\text{NaCl}$  添加量 5% の場合 一般生菌数は乾燥 7 日目以降  $10^7 \sim 10^8/g$  に維持された。大腸菌群は赤肉に  $\text{NaNO}_2$  を 400ppm と 600ppm 添加の場合には乾燥 14 日目に陰性となり, 200ppm 添加

の場合には 21 日目に陰性となった。この結果から, 一般生菌数にたいして  $\text{NaNO}_2$  添加量の多少は  $\text{NaCl}$  3% 添加の場合ほど顕著でなかったが, 大腸菌群にたいして  $\text{NaNO}_2$  は添加量が多いほど有効と判断された。

#### 文 献

- 1) 日本薬学会編：衛生試験法注解（金原出版），p. 107（1980）
- 2) 津郷友吉，藤巻正生監修：実際食肉加工技術シリーズ，ハム・ベーコン編（地球出版），p. 175（1972）
- 3) 齊藤不二男編著：食肉加工の実際（食品資材研究会），p. 165（1982）
- 4) 新村 裕，山田順一，藤井静江，春日谷郷子，高坂和久：日食工誌，28（6），332（1981）

## 冷却冷蔵条件下における牛肉の劣化に関する研究

Studies on Deterioration of Beef Under the Chilled Storage Condition

三浦 弘之 ・ 三上 正幸 ・ 泉本 勝利 (帯広畜産大学)

## 1. 目 的

コールドチェーンの発達によって、食肉は生産地から消費地への流通経路を途絶えさせることなく低温で維持するシステムを確立した。このように食肉を低温で貯蔵すると食肉中の様々な酵素系を抑制するばかりでなく、汚染した微生物の増殖をも抑えて食肉としてのシエルフライフをひき伸ばす効果をもっている。しかしながら、低温保持によって起るとされる食肉の劣化現象も頻発していることも事実である。それは色調の退色、異臭の発生、スライムの発生、筋肉構造の脆弱化、ドロップの発生などである。

これらの食肉の劣化について、Empey ら<sup>1)</sup>はチルドビーフの枝肉から分離された低温菌の90%以上が *Achromobacter* で占められ、そのうちの95%は  $-1^{\circ}\text{C}$  で発育可能であったとのべている。Ayres<sup>2)</sup> と Barnes ら<sup>3)</sup> は、ニワトリの低温貯蔵中に発生するスライムの原因菌は *Pseudomonas* と *Acinetobacter* であるとしているし、Kirsch ら<sup>4)</sup> は低温貯蔵中の牛挽肉を腐敗させる *Pseudomonas* と *Achromobacter* の活性温度領域に関して詳細な検討を行っている。

これらの劣化現象は、低温領域で増殖してくる低温性細菌の菌体外酵素によって引き起される劣化現象であることが多い。例えば、Tarrant ら<sup>5)</sup> は豚肉から抽出した筋漿タンパク質と筋原線維タンパク質に *Pseudomonas* を接触させて、 $10^{\circ}\text{C}$  で

培養した場合、10日目から強いプロテアーゼ活性を示す菌体外酵素の存在を報告し、20日目には多量の塩可溶性タンパク質の減少がみられることを電気泳動像によって明らかにしている。Hasegawa ら<sup>6)</sup> はウサギと豚肉の筋漿タンパク質に *Achromobacter liquefaciens*, *Micrococcus luteus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragi*, *Streptococcus faecalis* および *Leuconostoc mesenteroides* などを接種し、 $3\sim 10^{\circ}\text{C}$  で培養した分解パターンを電気泳動的に検討している。

このように、食肉にたいする低温性細菌の作用機序を明らかにする場合、電気泳動像の変化によって調べることがよく行われ、多数の評料を一度に同一泳動条件で比較できるという点で有利である。

高田ら<sup>7)</sup> によると、と殺後の枝肉は、いわゆる低温性細菌とほぼ同じ程度の *Enterobacter* によって汚染されていることを見ており、出荷時まで50%以上の残存率を示すとのべている。三橋<sup>8)</sup> は、輸入冷凍原料肉に  $1.0 \times 10^3$  以上の大腸菌群が占めていることを見ており、また Gill ら<sup>9,10)</sup> は、牛と体の筋肉深部やリンパ筋に *Enterobacter* が高率で汚染し、貯蔵後期になると低温性細菌の占める割合が大きくなる遷移現象が見られるとのべ、食肉の劣化を調べる上で見逃すことのできない現象である。

そこで本研究では、チルドビーフから分離した

*Enterobacter* の一種と、典型的な低温性細菌として知られている *Pseudomonas fragi* IFO 12049 を供試菌として、前者にたいしては、保持温度が筋原線維タンパク質に及ぼす影響を、後者では筋漿タンパク質中で最も変退色に鋭敏な反応を示すミオグロビンタンパク質への影響を検討した。

## 2. 方 法

*Enterobacter* は、帯広市内で市販されている食肉や、畜産公社の枝肉など低温領域で貯蔵されている牛肉試料から、低温性細菌群とともに分離した。その際の分離源となった牛肉試料は合計48種で、低温性細菌154株、*Enterobacter* 27株が純粋分離された。*Enterobacter* は迅速な同定のために MINITEK システムを用い、低温性細菌の同定には BERGEY'S Manual 7th および 8th を参照した。

*Enterobacter* 27 株はともにカゼイン分解能を有するタンパク分解菌であったが、その分解活性の程度や生理学的性質の違いによって、ほぼ3つの *Enterobacter* グループにわけることができた。供試した *Enterobacter* は、その中でもとくに強いタンパク分解活性を有するもので、この菌体外酵素の分画は、Brain Heart Infusion の培養液から Livera ら<sup>11)</sup>の方法を改変して行った。

基質となる筋原線維タンパク質は、新鮮な牛肉の大腿二頭股筋の深部を細切し、Weber-Edsall 溶液で24時間抽出し、Pery らの方法を修正した Livera の方法<sup>11)</sup>によって調製した。

スラブ電気泳動は、*Enterobacter* の培養液からの菌体外酵素と筋原線維タンパク質とを20mMリン酸緩衝液中に懸濁して接触させ、経日的にその緩衝液を採取して凍結真空乾燥し、必要に応じて Laemmli の方法<sup>12)</sup>で泳動をかけ、その崩壊パターンを観察した。

肉の変退色に最も鋭敏に反応するミオグロビン

に及ぼす影響については、牛肉の大腿二頭股筋を細切し、3倍量の水を加えてホモゲナイザーにかけたものと、その遠心上澄の部分とにわけ、それぞれに保存菌株である *Pseudomonas fragi* IFO 12049 を接種し、5°Cで10日間貯蔵し、所定の日数経過後、溶液中のメト型ヘム色素の割合、pH および細菌数を測定した。またミオグロビンのペプトン水溶液についても同様の実験を行った。

遠心上澄液に *Pseudomonas fragi* を接種し、5°Cで10日間貯蔵した溶液の限外濾過によって得られた分子量1万以下の画分がミオグロビンの自動酸化速度に及ぼす影響についても調べた。

## 3. 結 果

牛肉から分離した *Enterobacter* は、MINITEK システムによって諸性質を調べるとデキストロースを発酵し、フェニルアラニン陽性で、硫化水素陰性、クエン酸塩、オルニシン、アラビノース、リジン、イノシトール、ラムノースおよび ONPG が陽性の *Enterobacter aerogenes* と同定された。この菌株の発育至適温度は35°C附近で、5°C培養でも接種後72時間以内に定常期に達するという旺盛な生育を示す腸内細菌であった。*Enterobacter aerogenes* の菌体外酵素を分画するための Brain Heart Infusion broth は、5°Cと27°Cで各10日および7日間培養し、そのアセトン沈殿物を TOYOPEARL HW-60F でゲル濾過することによって単一化した。

5°C及び27°C培養によって得られた菌体外酵素は、リン酸緩衝液中で筋原線維タンパク質と接触させ、5°C及び27°Cで保持して経日的な変化を電気泳動的に観察した。その泳動像は Fig. 1. および Fig. 2. の如くである。両温度保持区とも0日目には非常に明瞭な泳動像を示すが、経日的に各バンドの消失するのが認められ、5°C保持では actin バンドが薄くなるのにたいし、27°C保持で



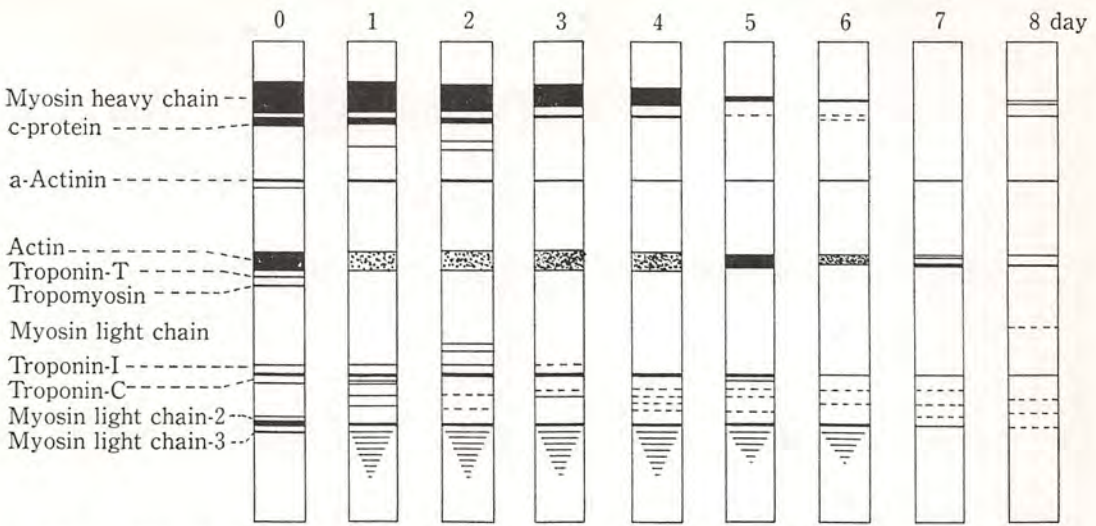


Fig. 1. Slab gel electropherograms of W-E solution extractable protein of beef muscle inoculated enzyme (5°C) stored at 5°C.

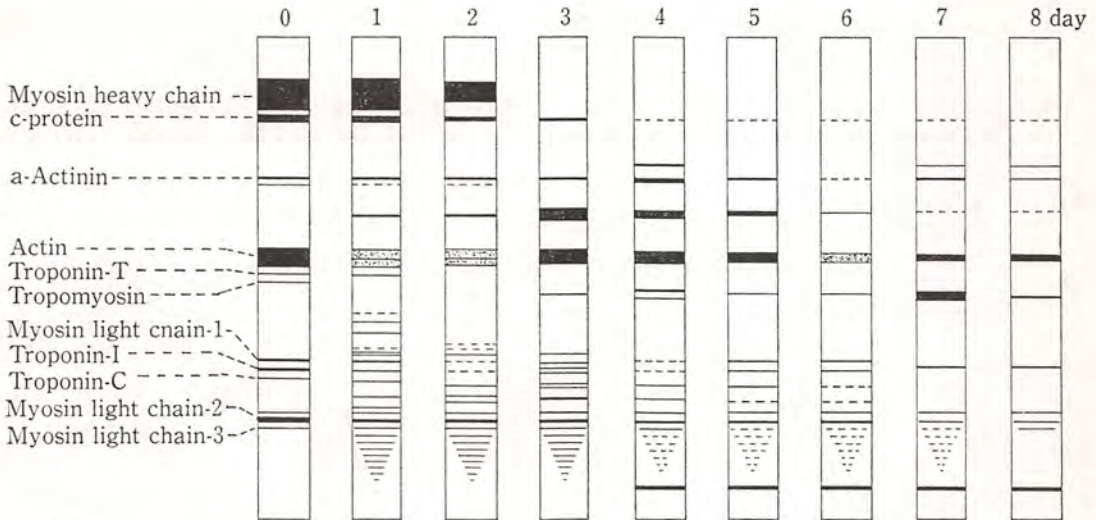


Fig. 2. Slab gel electropherograms of W-E solution extractable protein of beef muscle inoculated enzyme (27°C) stored at 27°C.

は Myosin heavy chain の早い消失が起った。

代表的な低温性細菌である *Pseudomonas fragi* を牛肉の均質液に接種し、5°C で10日間貯蔵すると、その生菌数の推移は Fig. 3. の如くである。対照区にくらべると、10日目には約1,000倍に達した。しかし、この場合のメト型色素形成は対照区とくらべて差異がみられない (Fig. 4)。

牛肉を水で均質化した上澄液では、細菌数に著

しい差異がみられ (Fig. 5)、メト型色素形成も接種区では2日目に最高値に達する (Fig. 6)。

ペプトン水にミオグロビンの粗抽出液を加えて *Pseudomonas fragi* を接種すると、経目的にメト型色素の形成が起り、その形成割合は接種区の方が著しい。しかし接種区では5日以上経過すると酸素の消失によりメト型色素割合は低下する (Fig. 7)。

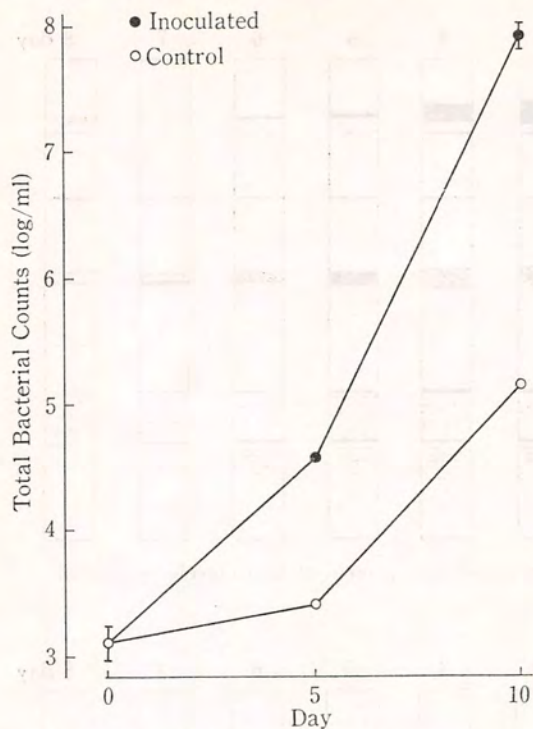


Fig. 3. Changes in Total Bacterial Counts of Homogenized Beef Samples during Storage at 5°C.

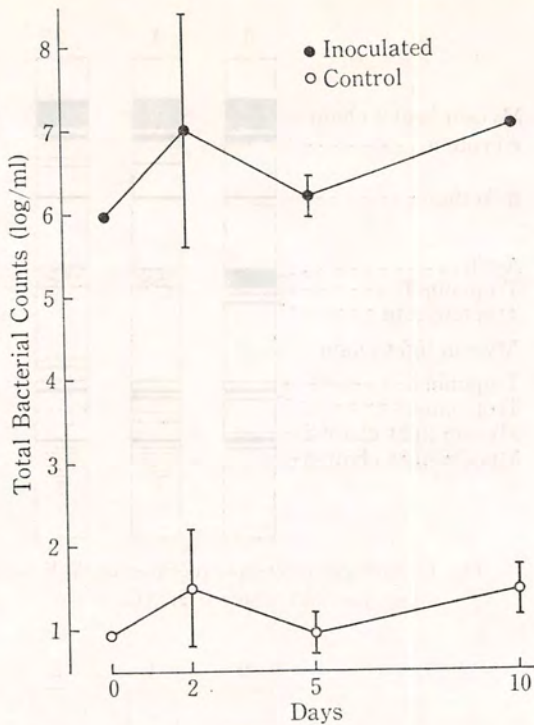


Fig. 5. Changes in Total Bacterial Counts of Aqueous Beef Extracts during Storage at 5°C.

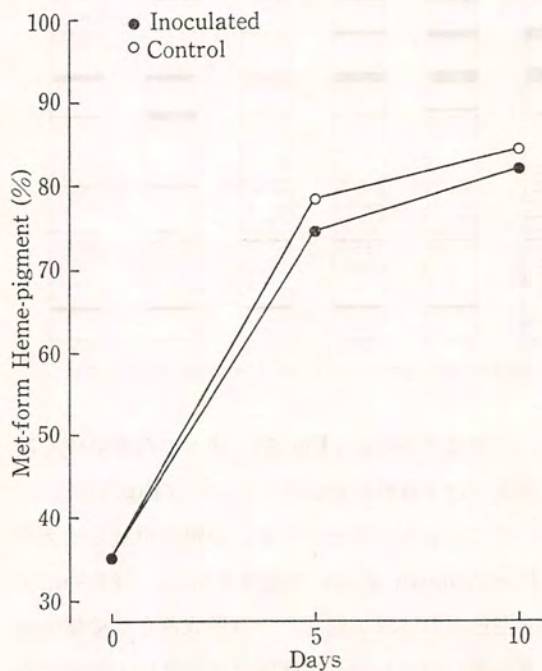


Fig. 4. Changes in Met-form Heme-pigment Proportion of Homogenized Beef Samples during Storage at 5°C.

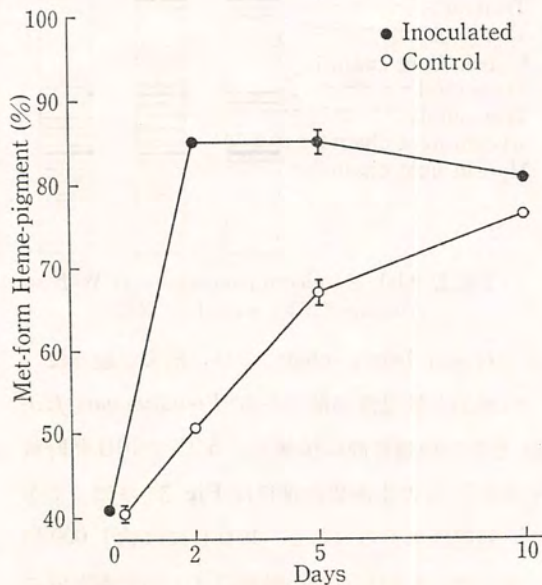


Fig. 6. Changes in Met-form Heme-pigment Proportion of Aqueous Beef Extracts during Storage at 5°C.

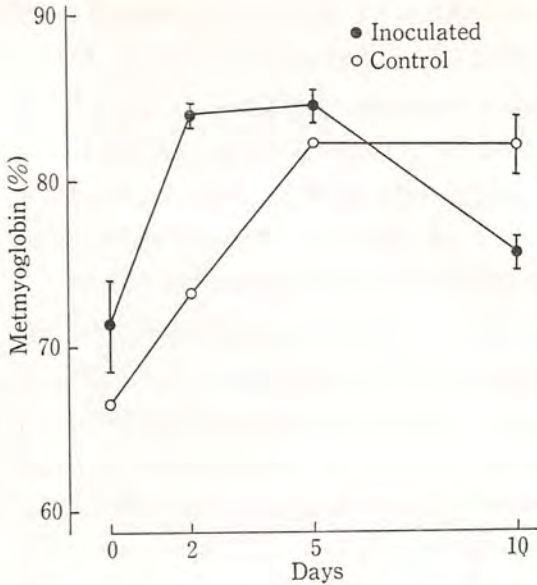


Fig. 7. Changes in Metmyoglobin Proportion of Peptone Solutions of Crude Myoglobin during Storage at 5°C.

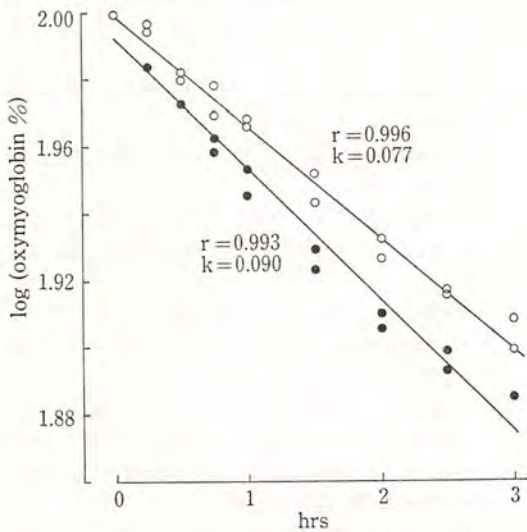


Fig. 8. Comparison of the Autoxidation of Crude Beef Myoglobin in Low Molecular Weight Fractions at 24°C, pH 6.02.

遠心上澄液に *Pseudomonas fragi* を接種して 10日間貯蔵したものから、限外濾過により分子量 1 万以下の画分を採取して、ミオグロビンの自動酸化速度に及ぼす影響を見ると Fig. 8. に示す如くで、培養液画分の添加は明らかにミオグロビンの自動酸化速度を早めた。(K=0.09)

#### 4. 考 察

低温性細菌の菌体外プロテアーゼが低温貯蔵中に、食肉の筋原線維タンパク質や筋漿タンパク質にたいしてどのような影響を及ぼしているかについて多くの研究が行われている<sup>13)</sup>。食肉の流通期間を通じて見ると比較的早い時期には腸内細菌によって汚染を受けていることが多いから、その影響を無視するわけにはゆかない。

供試した *Enterobacter* は、発育の適温を 35°C にもつ典型的な大腸菌群の一つであるが、低温域でも旺盛な増殖を示す。例えば 5°C で培養したときに約 72 時間目には集落を形成し、この早さは低温性細菌の通常の分離条件である 5°C、10 日間培養よりもはるかに早い。このように中温と低温の両域に巾広い発育温度域をもっていることは、汚染初期のみならず後期に至るまで影響を及ぼすことを意味する。分離した *Enterobacter* は、運動性を有するグラム陰性桿菌で、ほとんどの糖類を発酵し、Lysine を分解するが Arginine を分解できないことから典型的な *Enterobacter aerogenes* と同定された。この菌の特徴は、5°C であれば 72 時間目に定常期に達し、そのあと 140 時間以上は定常期を維持し続けるが、35°C という中温域では 30~48 時間目に定常期に達し、以後減数期に入る。このように定常期が短かければ流通期間の中期から後期にかけて *Pseudomonas* 属のような低温性細菌へと遷移してゆくが、低温度領域で維持されている場合は、かなり後期にまで影響を持続してゆくことが考えられる。*Enterobacter aerogenes* を 5°C および 27°C で培養して、それぞれの菌体外プロテアーゼを分画した。これをリン酸緩衝液中で、牛肉から分離した筋原線維タンパク質と接触させ、5°C 保存すると Myosin heavy chain は 6 日目までは確実に残存するが actin バンドの早期分解が認められた。これにたいし 27°C

保存では、Myosin heavy chain は3日目にはほとんど消失した。

5℃培養によって得られた菌体外酵素も、27℃培養によって得られた菌体外酵素とともに分子量は27,000位で、1 mMのHgCl<sub>2</sub>およびEDTAによって阻害されるが、5℃培養酵素ではtyrosineが、27℃培養酵素ではaspartic acidの含量が相対的に多いという点で異っており、この差異が両酵素の本質的な差異と結びつけられるかどうかは判っきりしていない。

低温性細菌の代表的菌株である*Pseudomonas fragi*を筋肉均質液に接種すると、生菌数は増加するがメト型色素の形成は必ずしも増加しない。これは筋肉均質液自体に沢山の還元作用物質が含まれているからである。ところが遠心上澄では生菌数にはっきりと差を生じ、メト型色素形成も48時間後に最高に達する。

*Pseudomonas fragi*を接種培養した液の中から、分子量1万以下の画分を分取して、粗ミオグロビン溶液に加えると、この低分子量物質は酸化速度を早める。このことは、*Pseudomonas fragi*の代謝産物の存在によって、肉色の変色が起こることを示している。

## 5. 要 約

冷却冷蔵条件下における牛肉の劣化の原因と、そのメカニズムを明らかにする目的で、牛肉の脆弱化に関与すると思われる腸内細菌*Enterobacter aerogenes*を分離同定した。この細菌の菌体外酵素をカラムクロマトグラフィーによって純化し、あらかじめ調製しておいた牛肉の筋原線維タンパク質と接触させてどの部分から崩壊してゆくかを電気泳動的に確かめた。27℃培養によって得られた酵素はMyosin heavy chainバンドを、

5℃培養によって得られた酵素はactinバンドを早期に分解する作用を示した。分離した*Enterobacter aerogenes*は35℃に発育の適温を有しながら、5℃という低温域でも強い分解活性を示す。

肉色調の変退色に最も鋭敏に反応を示すミオグロビンを基質として、*Pseudomonas fragi*の代謝産物によるメト型色素形成割合を調べた。その結果、*Pseudomonas fragi*の接種はメト型色素を形成し、その代謝産物の分子量1万以下の画分が、ミオグロビンの自動酸化速度を早めることがわかった。従って、牛肉の長期保存中に起る色調のメト化には、低温性細菌の代謝産物も関係しているかもしれない。

## 文 献

- 1) Empey, W. A. and J. R. Vickery, J. Coun. Sci. Industr. Res. Aus., 6, 233 (1933)
- 2) Ayres, J. C., J. Appl. Bacteriol., 23, 471 (1960)
- 3) Barnes, E. M. and M. J. Thornley, J. Food Technol., 1, 113 (1966)
- 4) Kirsch, R. H. and F. E. Berrly, Food Res., 17, 495 (1952)
- 5) Tarrant, P. J. V., A. M. Pearson, J. F. Price and R. V. Lechowich, Appl. Microbiol., 22, 224 (1971)
- 6) Hasegawa, T., A. M. Pearson, J. F. Price, J. H. Rampton and R. V. Lechowich, J. Food Sci., 35, 720 (1970)
- 7) 高田正耕, 食品衛生研究, 25, 412 (1975)
- 8) 三橋重之, コールドチェーン研究, 6, 92 (1980)
- 9) Gill, C. O. and K. H. Jan, Appl. Environ. Microbiol., 38, 237 (1979)
- 10) Gill, C. O. and Penny, Appl. Environ. Microbiol., 33, 1284. (1977)
- 11) Livera, W. C. D., H. Miura and M. Mikami, Res. Bull. Obihiro Univ., 12, 207 (1981)
- 12) Laemmli, U. K., Nature 227, 680-685 (1970)
- 13) Dutson, T. R., A. M. Pearson, J. F. Price, G. C. Spink and P. J. V. Tarrant, Appl. Microbiol., 22, 1152 (1971)

# 牛肉の貯蔵性に及ぼす酸素、炭酸ガスおよび窒素ガスの影響

Effect of Oxygen, Carbon Dioxide and Nitrogen Atmospheres on Storage Quality of Beef

岡 山 高 秀 (神戸大学農学部)

## 1. 緒 言

生肉のガス封入包装に関して、高濃度の酸素( $O_2$ )は肉色を良好に保持する<sup>1,2)</sup>が、また同時に脂質の酸敗をも促進する<sup>3,4)</sup>。次に、ある濃度以上の炭酸ガス( $CO_2$ )は細菌、とくにグラム陰性低温細菌の増殖を抑制することが知られている<sup>5-7)</sup>。しかし、高濃度の $CO_2$ は肉色には好ましくない影響を及ぼすことも指摘されている<sup>8,9)</sup>。さらに、窒素ガス( $N_2$ )は貯蔵中の生肉重量の損失をわずかに防止する<sup>10)</sup>が肉色<sup>11)</sup>および細菌の増殖<sup>12)</sup>にはほとんど影響を及ぼさないと報告されている。

近年、上記ガスの特性を生かすべく単独あるいは混合ガスを部分肉や小分け肉のガス封入包装に利用する試みが多くなされ、ある組成のガス封入包装下での生肉の状態はストレッチ包装や真空包装より優れた包装効果を発揮すると報告された<sup>2-4),10),12-15)</sup>。しかしながら、用いられたガス組成、材料および部位、貯蔵条件等によりかなり異なった結果が得られている。

そこで今回、小売用牛肉のガス封入包装に最も適したガス組成を見いだす目的で、牛肉のメトミオグロビン(Met Mb)生成量と酸敗に及ぼす $O_2$ 、 $CO_2$ および $N_2$ 封入包装の影響について検討を行った。

## 2. 材料および方法

### 2.1 供試肉

と殺後 $1^\circ C$ 、3日間冷蔵したホルスタイン経産牛の半膜様筋から結合組織および過剰脂肪を取り除き、ほぼ縦9 cm、横6 cm、厚さ1.5 cmとし、これを試料とした。

### 2.2 ガス組成の選択ならびに調製

今回用いたガス組成はこれまでの報告<sup>2-4),10),12-15)</sup>を参考にして(1)20%  $CO_2$ +40%  $O_2$ +40%  $N_2$ 、(2)20%  $CO_2$ +80%  $N_2$ 、(3)80%  $CO_2$ +20%  $O_2$ である。さらに比較のため(4)真空(10mmHgまで脱気)および(5)空気(対照)環境下でも同様の実験を行った。なお、(1)~(3)のガス組成は小島製作所のガス混合装置(Kofloc, GM-3A)を用い、各ガス圧を1気圧に調節後、各目的のガス組成を調製した。

### 2.3 ガス封入およびガス組成の測定

供試肉はあらかじめ70%アルコールで内部消毒した3 l容ガラス製円筒器内のステンレス金網上に静置し、上記方法により調製した各ガスを容器に導き、空気と置換後密閉した。容器内のガス組成の測定はTCD型ガスクロマトグラフィーで行った。なお、すべての試料は $4^\circ C$ の暗所に貯蔵し、3、6、9および13日後取り出し以下の測定に供した。実験は同一ガス組成各1試料につき5回を行い、その平均値で示した。

### 2.4 メトミオグロビン(Met Mb)生成量の測定

試料のMet Mb生成量の測定は島津分光光度計(UV-200)に積分球付属装置を接続し、Stewart

の方法<sup>16)</sup>により測定した。すなわち、試料の 525 nm と 572nm の表面反射率を測定し、Judd and Wyszecki<sup>17)</sup> の表によりそれぞれの K/S (吸収係数/散乱係数) 比を求め、K/S 572nm/K/S 525nm を計算し、全 Mb 量にたいする Met Mb 生成量をパーセントで表示した。

### 2.5 TBA 値の測定

試料の TBA 値は Tarladgis らの方法<sup>18)</sup>により測定した。すなわち、試料 10 g から得られた蒸留液に 2-チオバルビツール酸を反応させた後、反応液の 538nm における吸光度を測定し、得られた値から肉 1,000 g 中の マロンアルデヒド mg 数で表示した。

### 2.6 pH の測定

試料の pH はデジタル pH メーター (堀場 F-8) を用い、ニードル型複合電極 (堀場 6201-10 T) を直接試料に刺し込み測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 貯蔵中のガス組成の変化

貯蔵中のガス組成の変化を **Table 1.** に示した。13日間貯蔵中、経日によるガス組成の変化に明確なる傾向は認められず、ガス組成 (1) 20% CO<sub>2</sub>+40% O<sub>2</sub>+40% N<sub>2</sub> と (2) 20% CO<sub>2</sub>+80% N<sub>2</sub> は全貯蔵期間中各ガス組成は ±2% 以内に保持された。しかし、ガス組成 (3) 80% CO<sub>2</sub>+20% O<sub>2</sub> には 6.6% の N<sub>2</sub> の混入が認められた。すべてのガス組成とも CO<sub>2</sub> の減少が認められたが、その原因

の 1 つは CO<sub>2</sub> が試料へ若干吸収された<sup>19)</sup> ためと思われる。しかし、ガス組成 (3) の N<sub>2</sub> の混入は容器内の空気と目的のガス組成との置換がやや不十分なために生じたものと推察された。

上記のごとく目的のガス組成に若干の変化は生じたが、以下の結果においてガス組成はそのまま 20% CO<sub>2</sub>+40% O<sub>2</sub>+40% N<sub>2</sub>、20% CO<sub>2</sub>+80% N<sub>2</sub> および 80% CO<sub>2</sub>+20% O<sub>2</sub> と表記した。

### 3.2 Met Mb 生成量の変化

各環境下に貯蔵した試料の Met Mb 生成量の変化は **Table 2.** の通りである。高濃度の O<sub>2</sub> を含む 20% CO<sub>2</sub>+40% O<sub>2</sub>+40% N<sub>2</sub> 下の試料は、貯蔵期間中 Met Mb 生成量は抑制され 13日間貯蔵後においても Met Mb 生成量は約 20% であった。視覚的観察からも明確なるオキシミオグロビン (Mb O<sub>2</sub>) の生成ならびに維持が認められた。この結果は Bartkowski ら<sup>2)</sup> が牛肉を用いた実験で 40% 以上の O<sub>2</sub> の存在は Mb O<sub>2</sub> の保持に十分量であるとの報告と一致した。次に、20% CO<sub>2</sub>+80% N<sub>2</sub> の試料は貯蔵 9日目まで Met Mb は直線的に増加し約 75% となったが、13日目には 40% 以下のレベルまで減少した。さらに 10日後には別途実験より Met Mb の減少がより顕著に認められた。このことは Partmann ら<sup>20)</sup> も牛肉を同ガス組成下に貯蔵し 6週間後に良い発色が得られたと報告している。その原因については種々の要因、試料表面の

**Table 1.** Changes in gas composition in the package headspace of beef round during storage

Gas composition (original plan)	Gas composition average (during 13 days storage)
20% CO <sub>2</sub> +40% O <sub>2</sub> +40% N <sub>2</sub>	19.5% CO <sub>2</sub> +38.5% O <sub>2</sub> +42.0% N <sub>2</sub>
20% CO <sub>2</sub> +80% N <sub>2</sub>	18.8% CO <sub>2</sub> +0.3% O <sub>2</sub> +80.9% N <sub>2</sub>
80% CO <sub>2</sub> +20% O <sub>2</sub>	73.9% CO <sub>2</sub> +19.4% O <sub>2</sub> +6.6% N <sub>2</sub>

**Table 2.** Changes in Met Mb formation of beef round during storage

Storage time (Days)	Met Mb formation (%)				
	Control	Vacuum	Atmosphere		
			20% CO <sub>2</sub> 40% O <sub>2</sub> 40% N <sub>2</sub>	20% CO <sub>2</sub> 80% N <sub>2</sub>	80% CO <sub>2</sub> 20% O <sub>2</sub>
0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
3	19.2	22.5	15.7	20.4	7.5
6	43.7	23.0	20.0	49.8	26.5
9	—	49.8	28.5	75.5	40.0
13	—	—	19.8	37.0	58.5

酸素分圧の変化、試料中の残存酵素活性および還元力の変化等が推定される。今回、その理由については検討を行っていないが興味ある現象と思われる。80% CO<sub>2</sub>+20% O<sub>2</sub> 試料は貯蔵3日目までほとんど Met Mb は生成せず、その後直線的に増加し13日後には約60%となった。この結果はさきに著者が豚肉を用いた同様の実験結果<sup>15)</sup>と異った。この差異は品種間あるいはミオグロビン含量の違いに起因するかもしれない。対照は貯蔵日数とともに Met Mb 生成量は増加し9日目には可食不可能な状態を呈した。真空包装試料は6日目までは Met Mb 生成量は低く維持されたが、9日目には50%近くになり、13日目には腐敗現象を示した。なお、本実験条件下では40%以上の Met Mb 生成量は視覚的に明確なる肉色の悪化が認められた。

### 3.3 TBA値の変化

各試料のTBA値の変化を Table 3. に示した。明確に2つの傾向が認められた。すなわち、O<sub>2</sub>のほとんど存在しない試料20% CO<sub>2</sub>+80% N<sub>2</sub>と真空包装でTBA値は低く、O<sub>2</sub>の存在する試料で高いTBA値が得られた。さきに、Ordenez and Ledward<sup>3)</sup> は豚肉を用いた実験から、O<sub>2</sub>存在下での貯蔵では、肉色や細菌よりむしろ酸敗の程度が重要であることを示唆した。本実験条件下でも、13日間貯蔵後の80% CO<sub>2</sub>+20% O<sub>2</sub> 試料では

Table 3. Changes in TBA number of beef round during storage

Storage time (Days)	TBA number (malonaldehyde mg/1,000g meat)				
	Control	Vacuum	Atmosphere		
			20% CO <sub>2</sub> 40% O <sub>2</sub> 40% N <sub>2</sub>	20% CO <sub>2</sub> 80% N <sub>2</sub>	80% CO <sub>2</sub> 20% O <sub>2</sub>
0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
3	1.5	0.5	1.7	0.4	2.1
6	2.3	0.9	2.4	1.0	3.2
9	3.4	1.1	2.8	1.2	3.5
13	—	—	3.4	0.7	5.0

明確に20% CO<sub>2</sub>+40% O<sub>2</sub>+40% N<sub>2</sub> 試料でやや酸敗臭が感じられた。また、40% O<sub>2</sub>を含む試料より20% O<sub>2</sub>を含む試料において一層高いTBA値が得られ、N<sub>2</sub>が酸敗抑制効果を有すると考えられる結果が得られた。

### 3.4 pHの変化

試料のpHの変化はTable 4. に示した。いずれの試料も貯蔵3日目にはpHの低下が認められ、豚肉を用いた著者<sup>15)</sup>ならびに魚肉を用いた Lan-nelongue ら<sup>21)</sup>の結果と一致した。高濃度のCO<sub>2</sub>は試料中に溶解して炭酸となり、試料表面のpHを低下させることが報告されている<sup>19)</sup>。本実験でも80% CO<sub>2</sub>を含む試料は貯蔵期間中低いpHが維持された。20% CO<sub>2</sub>+40% O<sub>2</sub>+40% N<sub>2</sub> 試料の13日目を除いて各ガス組成下の試料は低いpHが保持された。対照および真空包装では貯蔵日数とともにpHが上昇し腐敗現象が進行していることを示唆した。

Table 4. Changes in pH of beef round during storage

Storage time (Days)	pH				
	Control	Vacuum	Atmosphere		
			20% CO <sub>2</sub> 40% O <sub>2</sub> 40% N <sub>2</sub>	20% CO <sub>2</sub> 80% N <sub>2</sub>	80% CO <sub>2</sub> 20% O <sub>2</sub>
0	5.65	5.65	5.65	5.65	5.65
3	5.60	5.64	5.56	5.53	5.58
6	5.74	5.67	5.61	5.60	5.58
9	6.57	5.73	5.70	5.60	5.54
13	—	6.62	6.30	5.70	5.63

以上の結果から、牛肉の6日以内の貯蔵には真空包装、13日以上貯蔵の場合は20% CO<sub>2</sub>+80% N<sub>2</sub> 封入包装が有効であると示唆された。

## 4. 謝 辞

試料の採取に御尽力いただいた伊藤ハム栄養食品株式会社原料事業部西宮ミートセンター長多根脩氏、下岡一則ならびに矢田英雄両課長に厚く御

礼申し上げます。また、ガス組成の測定にご協力いただいた当大学保蔵加工学研究室水野進教授ならびに寺井弘丈博士に深く感謝の意を表します。

なお、本報告の概要は、1983年3月第74回日本畜産学会大会において発表した。

## 5. 要 約

小売用牛肉のガス封入包装に最も適したガス組成を見いだす目的で、牛肉もも部を (1) 20% CO<sub>2</sub>+40% O<sub>2</sub>+40% N<sub>2</sub>, (2) 20% CO<sub>2</sub>+80% N<sub>2</sub>, (3) 80% CO<sub>2</sub>+20% O<sub>2</sub> さらに真空および空気(対照)環境下に4℃で13日間貯蔵し、ガス組成、Met Mb 生成量、TBA値およびpHの変化を測定した。その結果、各ガス封入試料は貯蔵13日後も可食可能であったが、対照は9日目、真空包装試料は13日目には明確なる腐敗現象を示した。ガス組成(1)と(2)は貯蔵期間中各ガス組成とも±2%以内に保持されたが、ガス組成(3)には66% N<sub>2</sub>の混入が認められた。Met Mb 生成量は、ガス組成(1)試料は貯蔵期間中低く、13日後においても約20%であった。ガス組成(2)は貯蔵9日目までMet Mbは直線的に増加し約75%となったが、13日目には40%以下へと減少した。ガス組成(3)は3日目までほとんどMet Mbは生成せず、その後増加し13日後には約60%となった。TBA値は対照およびO<sub>2</sub>を含む試料(1)と(3)で比較的高く、真空およびガス組成(2)試料において低い値が得られた。pHはすべての試料とも貯蔵3日目には低下し、その後対照と真空包装試料は上昇したが、ガス組成(1)の13日目を除いて、各ガス組成下の試料とも低pHに保持された。以上の結果から、牛肉のガス封入包装に関して6日以内の貯蔵には真空包装で十分であり、13日以上貯蔵には20% CO<sub>2</sub>+80% N<sub>2</sub>が非常に有効であることが示唆された。

## 文 献

- 1) Daun, H., M. Solberg, W. Franke and S. Gilbert: *J. Food Sci.*, **36**, 1011 (1971)
- 2) Bartkowski, L., F.D. Dryden and J.A. Marchello: *J. Food Protection*, **45**, 41 (1982)
- 3) Ordonez, J. A. and D. A. Ledward: *Meat Sci.*, **1**, 41 (1977)
- 4) 岡山高秀・尾崎通昭・源 伸介・伊藤和彦・近藤健次郎: *神大農研報*, **15**, 149 (1982)
- 5) Haines, R. B.: *J. Soc. Chem. Ind. London*, **52**, 13 (1933)
- 6) Clark, D. S. and C. P. Lentz: *Can. Inst. Food Technol. J.*, **2**, 72 (1969)
- 7) Huffman, D. L.: *J. Food Sci.*, **39**, 723 (1974)
- 8) Kraft, A. A. and J. C. Ayres: *Food Technol.*, **6**, 8 (1952)
- 9) Pohja, M. S., A. Alivaara and O. Sorsavirta: *Proc. 13th Eur. Meet. Meat Res. Workers*, (1967)
- 10) Seideman, S. C., G. C. Smith, Z.L. Carpenter, T. R. Dutton and C. W. Dill: *J. Food Sci.*, **44**, 1036 (1979)
- 11) Taylor, A. A.: *Meat World*, **5**, 3 (1972)
- 12) Taylor, A. A. and D. B. MacDougall: *J. Food Technol.*, **8**, 453 (1973)
- 13) Spahl, A., G. Reineccius and S. Tatini: *J. Food Protection*, **44**, 670 (1981)
- 14) 富岡芳彦・安田松夫・土屋恵美子・横山理雄: *日食工誌*, **30**, 25 (1983)
- 15) 岡山高秀・源 伸介・伊藤和彦・近藤健次郎: *神大農研報*, **15**, 397 (1983)
- 16) Stewart, M. R., M. W. Zipser and B. M. Watts: *J. Food Sci.*, **30**, 464 (1965)
- 17) Judd, D. B. and G. Wyszecski: *In Color in Business Science and Industry*, 3rd Ed., Edited by J. Wiley, New York, (1975)
- 18) Tarladgis, B. G., B. M. Watts, M. T. Younathan and L. R. Dugan, Jr.: *J. Am. Oil Chemist's Soc.*, **37**, 44 (1960)
- 19) Ledward, D. A.: *J. Food Sci.*, **35**, 33 (1970)
- 20) Partmann, W., M. T. Bomar, M. Hajek, H. Bohling and H. Schlaszus: *Fleishwirtschaft*, **55**, 1441 (1975)
- 21) Lannelongue, M., G. Finne, M. O. Hanna, R. Nickelson II and C. Vanderzant: *J. Food Protection*, **45**, 1197 (1982)



# 豚心筋筋原線維タンパク質の化学的修飾と機能に関する研究

Studies on Chemical Modification and Functional Properties  
of Porcine Cardiac Myofibrillar Proteins

鮫島 邦彦・山本 克博・安井 勉\* (酪農学園大学, \*北海道大学農学部)

## 1. 目 的

タンパク質側鎖の化学的修飾は栄養効果を上  
げ、劣化を防ぎ、物理的あるいは機能的性質を増  
大することが知られている<sup>1)</sup>。最近、Groninger  
と Miller<sup>2)</sup> は魚肉筋原線維をサクシニル化して  
ブロメリンで加水分解すると、タンパク質の分散  
能力やエマルジョン安定性が改良されることを報  
告した。つづいて同様の結果を Chen ら<sup>3)</sup> や Ha-  
tano ら<sup>4)</sup> も見い出している。また、1981年には  
Eisele と Brekke<sup>5)</sup> が牛心筋筋原線維をアシル  
化することによって、筋原線維の pH にたいする  
溶解性が増し、エマルジョン形成能も増大するこ  
とを見つけた。

良質なタンパク質食品の供給は世界的に重要な  
問題となりつつある。タンパク質食品は栄養的に  
優れていなければならないと同時に、食品工学的  
にも優れた機能が要求される。しかしながら、栄  
养的に価値があると認められるタンパク質食品の  
中にも食品として加工する際に必要な機能に劣っ  
ているものが少なくない。たとえば心筋は栄養的  
には骨格筋にくらべ劣っていないのにもかかわらず、  
これを原料としてソーセージをつくと結着性  
やエマルジョン形成能および安定性に欠陥があ  
ることが知られている<sup>6)</sup>。

このような食品の物理的、機能的に劣ったタン  
パク質を前述の方法でその性質に改良を加えるこ  
とができるならば、資源の有効利用に大いに貢献

することは明白である。それ故に、本実験は豚の  
心筋筋原線維を試料としてまず Eisele と Brekke<sup>5)</sup>  
の結果を確認することにした。次にアシル化した  
豚筋原線維のゲル形成能について調べることを目  
的とした。

## 2. 方 法

### 2.1 筋原線維の調製

新鮮、あるいは 0~3°C で 2, 4, 7 日間保存  
した心臓から脂肪、膜などを取り除き、挽き肉に  
し、10 倍量の A 液 (0.1M NaCl, 0.02M Imida-  
zole, pH 7.0, 1 mM NaN<sub>3</sub>) に 1 mM EGTA を  
加え、ホモジナイズしてから遠心分離し、上澄を  
捨てる。この操作を再度行い、次に試料の 10 倍の  
B 液 (A 液に Triton X-100 を添加) を加えて手  
動ホモジナイザーで均一にし、遠心分離し、沈殿  
に 10 倍量の B 液と 1 mM EGTA を加えホモジナ  
イザーで均一にし遠心分離する。次に沈殿に 10 倍  
量の A 液を加え均一にして遠心分離する。この操  
作を 4 回繰り返して試料とした。

### 2.2 筋原線維のアシル化

筋原線維のアシル化は原則的に Eisele と Bre-  
kke<sup>5)</sup> の方法に従った。タンパク濃度 25~26mg/  
ml 0.1M NaCl, 0.5M K-リン酸緩衝液 (pH  
7.4) でそれぞれ 0.6, 1.5, 5.0mM 無水酢酸処理  
を 2~5°C に保ちながら実施し、1~2N KOH  
で pH 8.0~8.5 に保持した。その後、反応が停  
止してから 1~2N HCl で pH 5.0~7.4 に調製

した。

### 2.3 加熱ゲル強度の測定

測定条件は、タンパク質濃度 10mg/ml, 0.6M NaCl, 20mM Na-リン酸緩衝液 (pH 6.0) で、65°C・20分間加熱した後、帯型粘度計でゲル強度を測定した<sup>7)</sup>。

### 2.4 溶解性の測定

タンパク質濃度 3 mg/ml で NaCl 濃度を 0.1~1.0M, pH を 4.0~8.5 の範囲で変化させて 40,000 rpm 20 分遠心分離した後に上澄のタンパク質濃度をビュレット法で測定し溶解性を求めた。

### 2.5 エマルジョン形成能の測定

タンパク質濃度 1 mg/ml, 0.1M あるいは 0.6 M NaCl, pH は 5.0, 5.5, 6.0, 7.4, 室温 (23°C) の条件下で Webb ら<sup>8)</sup> の方法に準じ、大豆油を含有し得る量からエマルジョン形成能を求めた。

## 3. 結果と考察

タンパク質をアシル化する試薬として無水酢酸、無水コハク酸などがある。これらの試薬はタンパク質と反応するとアミノ酸残基のすべての求核グループをアシル化することが可能であるが、リジンのε-アミノグループが比較的低いpKと、反応にたいするその立体効果によって求核グループの最大のアシル化が起こる<sup>9)</sup>。ε-アミノ基の変化に加えて、タンパク質をアシル化すると、SHグループや水酸基の変化も同時に起こり、無水酢酸がその効果を最も強く示すことがわかっている<sup>9)</sup>。それ故、本実験でのアシル化はすべて無水酢酸処理で実施した。

Fig. 1. は、新鮮なあるいは冷蔵保存した豚心筋から調製した筋原線維の加熱ゲル形成能に及ぼす無水酢酸の効果調べた結果である。無水酢酸処理をした後に加熱ゲルを pH 6.0 で測定すると、

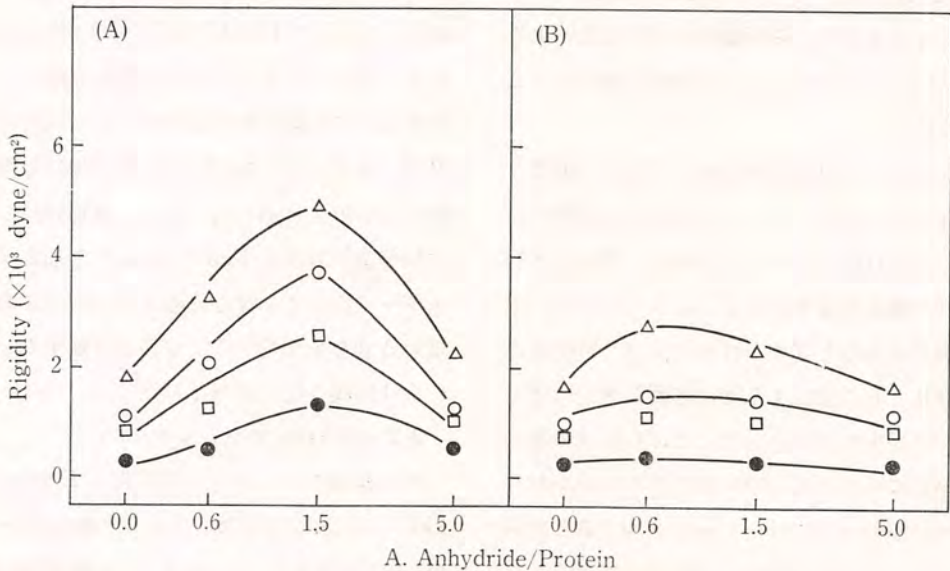


Fig. 1. Effect of acetic anhydride concentration on the heat-induced gelation of porcine cardiac myofibrillar proteins at pH 6.0 (A) and 7.4 (B).

- : Control (Samples prepared from fresh muscle)
- △ : Samples prepared from 2 day-aged muscle
- : Samples prepared from 4 day-aged muscle
- : Samples prepared from 7 day-aged muscle

その値は次第に高くなり 1.5mM のときに最大になった (A)。そして、保存による加熱ゲル強度への影響は 2 日間冷蔵保存のものが最大になり、以後保存日数が増すにつれて、加熱ゲル強度は弱くなった。この傾向は pH 7.4 の場合も同様であった (B)。

次に pH 6.0 の測定条件下で塩濃度をかえて加熱ゲル強度を測定すると Fig. 2. に示すような結果になった。全体的な傾向は無水酢酸 (0.6mM (A), 1.5mM (B), 5.0mM (C)) 処理すると Fig. 1. に示したように 1.5mM 処理の場合にくらべ良い加熱ゲルを形成した。また、塩濃度が 0.6 M に至るまで、加熱ゲル強度はいずれの場合も上昇し、それ以上の食塩濃度ではかえってゲル強度の減少が観察された。この条件下での心筋の保存によるゲル強度への効果は Fig. 1. と同様に保存 2 日目で最大となり、以後保存日数が増すにつれてゲル強度が低下することを示している。

Fig. 3. は心筋筋原線維の塩濃度をかえたときの溶解性に及ぼすアシル化の効果を調べたもので

ある。この結果の A, B, C それぞれに示すように、アシル化によって溶解性はどの塩濃度下でも著しく増大した。しかしながら、無水酢酸処理濃度が高くなるにつれて溶解性は減少した。すなわち、低濃度の無水酢酸処理 (0.6mM) で溶解性は最大になることを示している。この結果は Eisele と Brekke<sup>9)</sup> の報告と一致している。ところが Fig. 1 と 2 の結果はゲル強度が 1.5mM 無水酢酸処理の場合に最大となることを示しており、これらの実験結果の間に関連を見出すことはできない。通常、肉製品の結着性は筋肉構造タンパク質中、塩溶性タンパク質の働きによって発現されると考えられていて<sup>10-12)</sup>、塩溶性タンパク質の溶解性の増大が結着性増強に重大な役割を担っている。従って、無水酢酸処理による加熱ゲル形成能の増大は直接的には筋原線維のタンパク質の溶解性の増大と関係がないものと考えられる。この考えを裏付けるように SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動の実験結果 (鮫島ら: 未発表データ) は、筋原線維を無水酢酸処理するとミオシンとアクチ

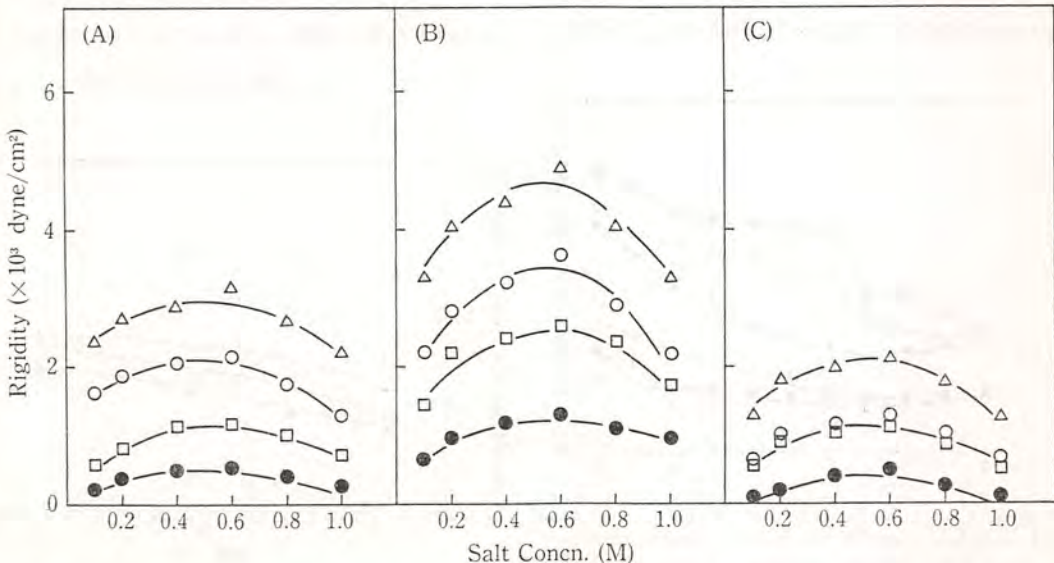


Fig. 2. Effect of NaCl concentration on the heat-induced gelation of 0.6 (A), 1.5 (B) and 5.0 (C) mM acetic anhydride modified porcine cardiac myofibrillar proteins. Symbols are the same as described in Fig. 1.

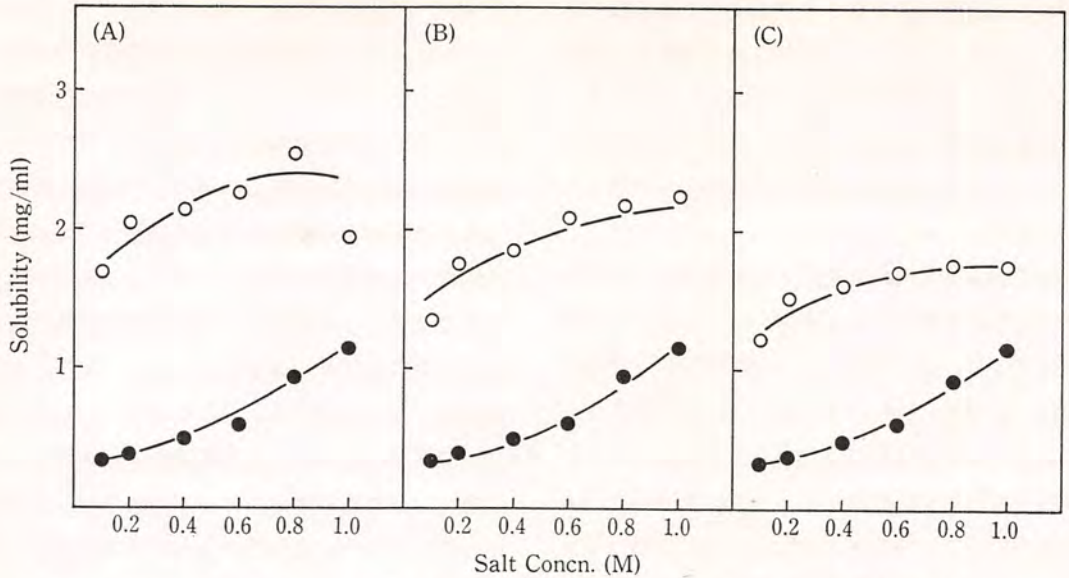


Fig. 3. Effect of NaCl concentration on solubility of 0.6 (A), 1.5 (B) and 5.0 (C) mM acetic anhydride modified porcine cardiac myofibrillar proteins.

● : Control, ○ : Samples treated with acetic anhydride

ンのバンドが消失し、 $\alpha$ -アクチニンとアクチンの間に2本の、またトロポミオシンバンドの下に1本の新しいバンドがそれぞれ出現した。

溶解性の変化をpHと塩濃度にたいして調べるとFig. 4の結果となる。これによると、溶解性はpHと塩濃度の上昇につれて増大することが明

らかである。

Fig. 5. は心筋を0~7日間保存し、それぞれから筋原線維を調製し、0.6M NaClでのエマルジョン形成能に及ぼすpHの効果調べたものである。エマルジョン形成能は新鮮なものよりも2日冷蔵した後に調製したものでいくらか改良されるが、4日、7日と保存期間が長くなるとエマル

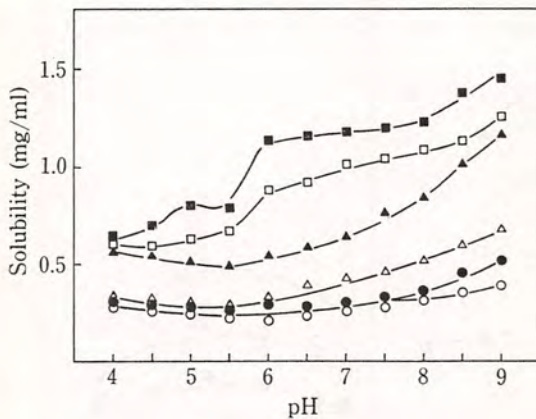


Fig. 4. Solubility profile of porcine cardiac myofibrillar proteins in buffer solution and increasing of NaCl.

○ : 0.1M NaCl, ● : 0.2, △ : 0.4, ▲ : 0.6, □ : 0.8, ■ : 1.0

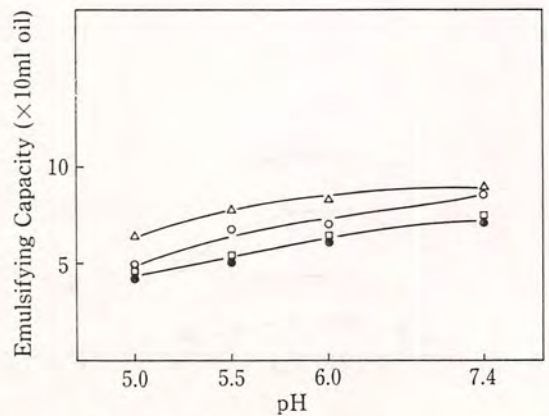


Fig. 5. Effect of pH on emulsifying capacity of porcine cardiac myofibrillar proteins.

Symbols are the same as described in Fig. 1.

ジョン形成能はかえって低下するのがわかる。またアルカリ条件下になると、エマルジョン形成能は増大した。

Fig. 6. は無水酢酸処理した心筋筋原線維のエマルジョン形成能に及ぼす pH の影響を示している。pH の上昇につれてエマルジョン形成能は増大し、溶解性の変化 (Fig. 3) と類似した変化を示した。また無水酢酸処理量のエマルジョン形成能に及ぼす効果は 0.6mM 処理の場合に最高を示し(A), 無水酢酸の濃度が高くなるにつれてエマルジョン形成能は低下した (BとC)。これらの結果は溶解性の変化を示した結果 (Fig. 3 A, B, C) と極めてよく一致している。それ故に、エマルジョン形成能が pH の低下とともに減少するのは、タンパク質のチャージと溶解性の減少によるものであると考えられる。エマルジョン形成能の同様な減少は、すでに pH 8.0と4.5の間で肉タンパク質の溶解性の低下と関連づけて報告されている<sup>13)</sup>。

本実験で示したように化学修飾したタンパク質

のエマルジョン形成能と溶解性は密接な関係がある。しかし、溶解性とゲル形成能とは必ずしも一致していなかった。Eisele と Brekke<sup>9)</sup> は牛心筋筋原線維でエマルジョン安定性を調べ、化学修飾をするとエマルジョン安定性は未処理にくらべ増大し (0.6~1.5mM 無水酢酸処理)、無水酢酸量が多くなると (5.0mM) かえってその効果が観察されなくなることを報告している。これは丁度本実験でのゲル形成能の変化に対応している。Gandhi ら<sup>14)</sup>によると、アシル化はタンパク質の変性効果を抑えるように卵白の加熱凝固性をかえることがわかっている。0.6mM のような低濃度の無水酢酸処理をすると牛心筋筋原線維タンパク質の加熱凝固性は未処理のものに比較して増強された<sup>9)</sup>。それ故に、低濃度の無水酢酸による牛心筋筋原線維タンパク質のアシル化はエマルジョン形成能を増大するばかりでなく、エマルジョンの熱安定性をも増大した<sup>9)</sup>。タンパク質-タンパク質間の相互作用という観点からすると、エマルジョンの熱安定性と加熱によるゲル形成能とは同様

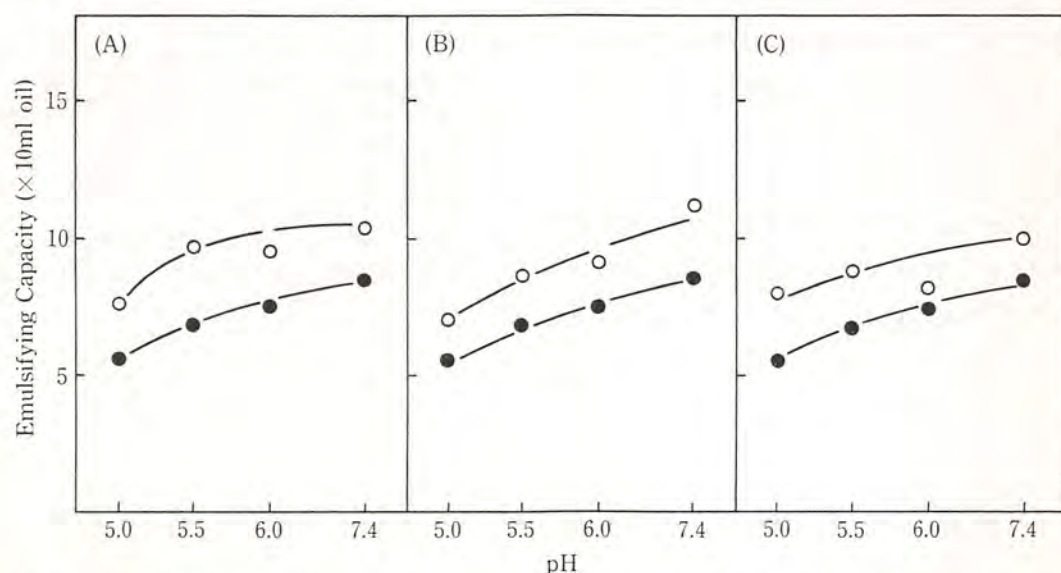


Fig. 6. Effect of pH on emulsifying capacity of 0.6 (A), 1.5 (B) and 5.0 (C) mM acetic anhydride modified porcine cardiac myofibrillar proteins.

● : Control, ○ : Samples treated with acetic anhydride

の性質を表わしていると考えられる。しかしながら、未処理の場合の心筋筋原線維タンパク質のゲル形成能と化学修飾によって増強されるそれとは明らかに異ったメカニズムであることは特記しなければならない。これを明らかにするために今後筋原線維の化学修飾によって、それを構成しているタンパク質にどんな変化が起こっているのか、あるいは心筋のミオシンは骨格筋のミオシンと比較して加熱にたいしてどんな違いがあるのか調査する必要がある。

#### 4. 要 約

豚心臓を0, 2, 4, 7日間冷蔵し、それぞれから筋原線維を調製した。筋原線維を0.6, 1.5, 5.0mM 無水酢酸で処理して、それらの加熱ゲル形成能、溶解性、エマルジョン形成能を調べた。加熱ゲル強度は無水酢酸 1.5mM 処理の場合が、また保存の影響については2日間保存のものが最大を示した。pH に関しては、一般に高いpH域で加熱ゲル強度は低い値を示した。溶解性とエマルジョン形成能は、無水酢酸 0.6mM 処理のときに最大となり、以後無水酢酸量が増すと減少した。またpHの上昇につれて溶解性もエマルジョン形成能も増大することを示した。エマルジョン形成能がpHの上昇とともに増大するのは、タンパク質のチャージと溶解性の増大によるものと考えられる。しかしながら、化学修飾により増大さ

れる加熱ゲル強度は、タンパク質の溶解性の増大と単純には一致しなかった。

#### 文 献

- 1) R. E. Feeney and J. R. Whitcker, *Food Proteins*, p3-35, American Chemical Society, Washington D. C., 1977.
- 2) H. S. Groninger and R. Miller, *J. Food Sci.*, 40 ; 327, 1975.
- 3) L. Chen, T. Richardson and C. Amundson, *J. Milk Fd. Tech.*, 38 ; 89, 1975.
- 4) M. Hatano, H. Takano, K. Takama, F. Cabling and K. Zama, *Bull. Jap. Soc. Fisheries*, 45 ; 861, 1979.
- 5) T. A. Eisele and C. J. Brekke, *J. Food Sci.*, 46 ; 1095, 1981.
- 6) J. C. Forrest, E. D. Aberle, H. B. Hedrick, M. D. Judge and R. A. Merkel, *Principles of Meat Science*, P190, W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA, 1975.
- 7) T. Yasui, M. Ishioroshi, H. Nakano and K. Samejima, *J. Food Sci.*, 44 ; 1201, 1979.
- 8) N. B. Webb, F. J. Ivey, H. B. Craig, V. A. Jones and R. J. Mondoe, *J. Food Sci.*, 35 ; 501, 1970.
- 9) A. D. Gounaris and G. Perlmann, *J. Biol. Chem.*, 242 ; 2739, 1967.
- 10) T. Fukazawa, Y. Hashimoto and T. Yasui, *J. Food Sci.*, 26 ; 541, 1961.
- 11) K. Samejima, Y. Hashimoto, T. Yasui and T. Fukazawa, *J. Food Sci.*, 34 ; 242, 1969.
- 12) K. Samejima, M. Ishioroshi and T. Yasui, *Agric. Biol. Chem.*, 46 ; 535, 1982.
- 13) C. E. Swift and W. L. Sulzbacher, *Food Technol.*, 17 ; 106, 1963.
- 14) S. K. Gandhi, J. R. Shultz, F. W. Bonghey and R. H. Forsythe, *J. Food Sci.*, 33 ; 163, 1968.

# 食肉加工用副原料としての親油性化食品タンパク質の開発

Development of Lipophilized Food Proteins as Food Additives for Meat Processing

鬼頭 誠 (京都大学食糧科学研究所)

## 1. 目的

人類にとって最良の食品タンパク質資源の一つに食肉が挙げられる。しかし地球上における食肉資源は、増加を続ける人口の需要に応えるには経済的かつ量的な面で厳しい状況にある。したがって低価格で大量に入手可能な食用タンパク質を食肉の代替品または加工用副原料として利用することが望まれる。しかしこれらのタンパク質は食品としての機能性、旨味性という点で食肉タンパク質の代替品とはなりえない。それゆえ食用加工用副原料として使用するためには新しい機能性などを付与する必要がある。本研究ではダイズタンパク質やカゼインなどに天然の親油性物質、とくに種々の脂肪酸を結合させることにより、ゲル形成性、乳化性の面で顕著な特性を具備させることを目的としている。これにより食肉加工品中への多量の食用油脂の添加を可能とするのみならず、食肉タンパク質そのものの節約をも可能とすることが期待される。

今回はダイズグリシニン、 $\alpha_{s1}$ -カゼインを材料としてどのような親油性化タンパク質をつくり得るかという点について研究を行った。

## 2. 方法

### 2.1 タンパク質の調製

ダイズグリシニンは Kito ら<sup>1)</sup> および Thanh and Shibashi<sup>2)</sup> の方法で調製した。

$\alpha_{s1}$ -カゼインは Zittle and Custer<sup>3)</sup> の方法で調製した。

### 2.2 N-ヒドロキシサクシノイミド脂肪酸エステルの調製

脂肪酸 31.5m mol と N-ヒドロキシサクシノイミド 31.5m mol を 62.5ml のテトラヒドロフランに溶解させた。この溶液に 31.5m mol のジシクロヘキシルカルボジイミドを 0°C で 30 分間にわたって加え、2 時間で 0°C 放置後、25°C で一夜放置した。反応液を汙濁後、汙液を蒸発させた後に酢酸エチル (100ml) に溶解した。溶液を 10% 食塩水で洗浄後、ワットマン 1 PS で汙過し、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  上で乾燥させた。生成物は酢酸エチル-石油エーテル系で再結晶した。

### 2.3 脂肪酸結合タンパク質の調製

(1) ダイズグリシニンの場合 625mg N-ヒドロキシサクシノイミドパルミチン酸エステルを、50ml のテトラヒドロフランに溶解し、25°C、pH 9.0 で、8M 尿素を含むダイズグリシニンの 0.5% 溶液に加えた。反応混液はスウィングアーム式振盪機で 1 分間に 50 回振盪した。反応後 4°C で 1M 食塩を含む 33mM リン酸カリウム緩衝液 (pH 7.6) に透析した。透析内液を冷エーテルで 5 回洗浄後再び上記の緩衝液に透析し、パルミチルダイズグリシニンを得た。

(2)  $\alpha_{s1}$ -カゼインの場合  $\alpha_{s1}$ -カゼイン中のリジンに対する N-ヒドロキシサクシノイミドパルミチン酸エステルの比を種々変化させて反応を

行った。反応は50mM ホウ酸ナトリウム緩衝液 (pH 9.0) とエタノールの1:4混液中で、 $\alpha_{s1}$ -カゼイン濃度を0.2mMと固定して行った。塩酸でpHを7.0と低下させることにより反応を終了し、ついでダイズグリシニンの場合と同様に、透析を行いパルミトイル $\alpha_{s1}$ -カゼインを得た。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 パルミトイルダイズグリシニン

ダイズグリシニンは分子量36万で6個の中間サブユニット(分子量6万)の会合体である。中間サブユニットは酸性および塩基性サブユニットより構成されている。酸性サブユニットは親水性アミノ酸に富み、塩基性サブユニットは疎水性アミノ酸に富んでいる。したがって前者は単独で水溶性であるが、後者は水不溶性である。これらのことから中間サブユニットは親水性領域と疎水性領域が極端した両親媒性構造をとっていることが容易に想像できる。したがって中間サブユニット6個から構成されているグリシニンは、やはり両親媒性的な性質を具備していると考えられる。このことはグリシニン自身がある程度の乳化性を有していることの説明になる。このような考えを背景にした場合、グリシニンを直接アシル化するよりは、酸性サブユニットまたは中間サブユニットに脂肪酸を結合させる方がより明瞭な効果が期待できる。

8M尿素中で2-メルカプトエタノール存在または非存在下で脂肪酸を結合させた。30分の反応で1モルダイズグリシニン換算で、2-メルカプトエタノール存在下では11モルパルミチン酸が、非存在下では5モルパルミチン酸がとり込まれた。パルミトイルタンパク質の収量は前者(A)が54%、後者(B)が77%であった。2-メルカプトエタノールの存否や、超遠心分析の結果などから、Aは主として酸性サブユニットとパルミチン酸の

結合物、Bは主として中間サブユニットとパルミチン酸の結合物であると考えられる。これらのパルミチン酸結合タンパク質をプロナーゼE処理することにより脂肪酸結合ペプチドを数種得た。これらは塩酸水解によりダイズグリシニンのN-末端アミノ酸またはリジンに富むことを明らかにした。したがってパルミチン酸はダイズグリシニン中の $\alpha$ -、また $\epsilon$ -アミノ基と共有結合していることが示された。

脂肪酸としてパルミチン酸以外にラウリン酸、ミリスチン酸、オレイン酸などを用いても同様なとり込みがみられた。しかし興味深いことには、とり込まれる量は脂肪酸のm.p.とある程度の相関性がみられ、m.p.の低い方がよくとり込まれた。

起泡性、泡安定性に関しては、Aはダイズグリシニンと同様な値であったが、Bは高い値を示した。一方乳化性に関してはダイズグリシニン100に対し、Aは246、Bは266と高い値を示した。

#### 3.2 パルミトイル $\alpha_{s1}$ -カゼイン

$\alpha_{s1}$ -カゼインに脂肪酸を結合させる反応はダイズグリシニンの場合とは異り80%エタノール含有緩衝液を用いた。そのために反応は急速に進行した。とくに最初の2.5分間で全反応部位の50%がパルミトイル化された。 $\alpha_{s1}$ -カゼイン1モル当りのリジン含量は14モルと報告されている<sup>9)</sup>が、この条件では11.5モルのパルミチン酸が結合した。パルミチン酸の結合量が増加するにつれて、パルミトイル $\alpha_{s1}$ -カゼイン分子間の会合が増加することを、種々の条件のポリアクリルアミドゲル電気泳動や、シヨ糖密度勾配遠心法で明らかにした。

パルミチン酸の結合部位をダイズグリシニンの場合と同様にプロナーゼE処理によって調べた。プロナーゼE水解生成物からTLCにより、4種のパルミチン酸結合ペプチドフラクションを得た。興味深いことには、これらはリジンとグルタ



ミン酸に富んでいた。種々の考察を加えた結果、リジンに隣接するグルタミン酸が、塩基触媒のエステル交換反応を促進させている可能性が考えられた。

種々の量のパルミチン酸を結合した  $\alpha_{s1}$ -カゼインの 0.4% 溶液を用いて乳化性を検討した。Pearce and Kinsella<sup>3)</sup> の変法を使用した。O/W エマルジョンに対してはパルミチン酸の結合量の影響はあまりみられなかったが、W/O エマルジョンに対してはパルミチン酸結合量の低い  $\alpha_{s1}$ -カゼインは効果がなかった。しかしパルミチン酸の結合が多ければ多い程効果は高まった。乳化安定性に関しても、パルミチン酸の結合量が多い程安定化効果を示した。6 モル以上のとり込みでは実験を行った限りの期間（7 日間）では全く安定であった。

起泡性に関しては 6 モルのとり込みまでは比例的に上昇したが、それ以上のとり込みではむしろ効果が減少した。泡安定性に関してはパルミチン酸の結合量はあまり影響がなかった。

またパルミチン酸の結合が  $\alpha_{s1}$ -カゼインの高次構造に影響を及ぼしている可能性について詳細な CD 分析を行った。1 モル  $\alpha_{s1}$ -カゼイン 当り、0.8, 2.5, 6.0, 8.8, 10.5, 11.1 モルのパルミチン酸を結合したものについて比較したが、基本的に高次構造の変化はみられなかった。したがってパルミチン酸の結合は、 $\alpha_{s1}$ -カゼインの高次構造を変化させることなく親油性を導入したものと結論される。

以上タンパク質に天然脂肪酸を結合させることにより、新しい機能性を付与させることができることを示した。天然にはジグリセリドや脂肪酸を結合しているタンパク質が存在しており、このような親油性化タンパク質の開発は食肉副原料として有効なものとなると考えられる。

これらの研究は一部は、Z. Haque and M. Kito (1982) *Agric. Biol. Chem.*, 46, 597 および Z. Haque, T. Matoba and M. Kito (1982) *J. Agric. Food Chem.*, 30, 481 に発表したが、残りは現在 Z. Haque and M. Kito (1983) *J. Agric. Food Chem.* (2 報文) に投稿中である。

#### 4. 要 約

ダイズグリシニンおよび  $\alpha_{s1}$ -カゼインに脂肪酸を共有結合させることにより親油性化させることに成功した。親油性化タンパク質は食品素材として要求される種々の機能特性を具備していた。

#### 文 献

- 1) M. Ohtsuru and M. Kito (1976) *Agric. Biol. Chem.*, 40, 2261
- 2) V.H. Thanh and K. Shibasaki (1976) *J. Agric. Food Chem.*, 24, 1117
- 3) C.A. Zittle and J.H. Custer (1963) *J. Dairy Sci.*, 46, 1183
- 4) J.C. Mercier, F. Grosclaude and B. Ribadeau-Dumas (1971) *Eur. J. Biochem.*, 23, 41
- 5) K.N. Pearce and J.E. Kinsella (1978) *J. Agric. Food Chem.*, 26, 716

## 食肉添加素材としての食用キノコタンパク質の性質

Properties of Edible Mushroom Proteins as Meat Additives

青山 昌照・鈴木 昇・阿部 宏喜\* (共立女子短期大学,\*共立女子大学)

近年の超指數的人口成長に伴い、世界的にタンパク質資源の枯渇が憂慮されており、新資源の開発に各方面からの努力が傾けられている。その結果、ダイズ、魚肉あるいはオキアミ、石油酵母、クロレラ、スピルリナ等<sup>1)</sup>のタンパク質が実用化されていることは良く知られている。しかしながら、例えばダイズタンパク質の場合には農業生産性を飛躍的に上げ得ない限り資源量は限定されており、このことは水産資源についても同様である。

このような状況の下で最も将来性のある新タンパク質資源の1つとして、食用担子菌いわゆるキノコ類も、特に諸外国において注目を浴びている。キノコ類は種によっては乾燥重量当り40%以上ものタンパク質含量を示すものもあり<sup>2),3)</sup>、また腐生性の種を培養して利用するならば、フスマ、米ヌカ、コーンスティープリカー等の抽出液を培地に用いることが可能であり、酵母等の大量培養技術を応用して安価にタンパク質を供給できるものと考えられる。更に、キノコ類のこのような特徴から、資源的にはほとんど無限と言い得る。

以上のような利点にもかかわらず、従来特に国内においてはタンパク質資源としてのキノコ類についての研究はほとんど見当らず、人工栽培の可能な数種についてのみ、その一般成分<sup>2),3)</sup>、タンパク態アミノ酸組成<sup>4)</sup>等が知られているに過ぎない。著者らはこのような現状に鑑み、キノコタンパク質を将来ダイズタンパク質に代る食肉添加素

材として利用することを考え、既に培養条件あるいは非タンパク態アミノ酸組成等についての検討を行って来た<sup>5-11)</sup>。その成果に基づき、本研究においてはまず40種の食用キノコ子実体についてタンパク質含量およびそのアミノ酸組成を調べた。次いで、エノキタケの菌糸を液体培養し、菌糸の生長と窒素源との関連性について検討を加えた。更に、数種キノコの子実体を試料として人工消化試験を行い、総合的にキノコタンパク質の有効性を確認し得たので報告する。

### 1. 実験方法

#### 1.1 実験材料

38種の天然キノコは新潟県十日町市周辺および東京都八王子市周辺で採取したものである。栽培キノコは市販のものを購入した。用いたキノコ類の分類および学名を表1に示す。いずれのキノコも凍結乾燥後粉末とし、 $-25^{\circ}\text{C}$ 以下に保存した。なお、培養に使用したエノキタケはNo. 7777株(発酵研究所製)である。

#### 1.2 培養法

液体培養は500ml容三角フラスコに、200mlの所定濃度のグルコース添加ジャガイモ抽出液<sup>12)</sup>(以下ポテト培地とする)あるいは種々の窒素源を含むグルコース-塩類溶液<sup>13)</sup>を加え、滅菌後ほぼ一定量の菌糸を接種し、 $23^{\circ}\text{C}$ で静置培養した。

#### 1.3 アミノ酸分析

子実体あるいは菌糸体の凍結乾燥粉末を50倍量

表1 供試キノコの分類

亜門	科	種名	学名	
担子菌	シメジ科	ブナシメジ	<i>Lyophyllum ulmarium</i>	
		ハタケシメジ	<i>L. decastes</i>	
		シャカシメジ	<i>L. cinererasceus</i>	
		カクミノシメジ	<i>L. transforme</i>	
		スギヒラタケ	<i>Pleurocybella porrigens</i>	
		オシロイシメジ	<i>Clitocybeae cerussate</i>	
		ナラタケ	<i>Armillariella mellea</i>	
		マツタケ	<i>Tricholoma matsutake</i>	
		ムキタケ	<i>Hohenbuehelia serotina</i>	
		タモギタケ	<i>Pleurotus cornucopiae</i>	
		ヒラタケ	<i>P. ostreatus</i>	
		シイタケ	<i>Lentinus edodes</i>	
		エノキタケ	<i>Flammulina velutipes</i>	
		ムラサキシメジ	<i>Lepista nuda</i>	
		ハラタケ科	ツクリタケ	<i>Agaricus bisporus</i>
			コガネタケ	<i>Phaeolepiota aurea</i>
	ヒトヨタケ科	ササクレヒトヨタケ	<i>Coprinus comatus</i>	
	モエギタケ科	シモタケ	<i>Naematal subleteritium</i>	
		スメリスギタケ	<i>Pholiota adiposa</i>	
		ナメスギタケ	<i>P. mutabilis</i>	
		ナメコ	<i>P. nameko</i>	
		チャナメツムタケ	<i>P. lubrica</i>	
	フウセンタケ科	アブラシメジ	<i>Cortinarius elatior</i>	
	アミタケ科	アワタケ	<i>Xerocomus sublomentosus</i>	
		アミタケ	<i>Suillus bovinus</i>	
		スメリイグチ	<i>S. luteus</i>	
		ヤマイグチ	<i>Leccinum scabrum</i>	
		イロガワリ	<i>Boletus pulverulentus</i>	
		アカヤマタケ科	サクラシメジ	<i>Hygrophorus russula</i>
		ホウキタケ科	ホウキタケ	<i>Ramaria botrylis</i>
	キホウキタケ		<i>R. flava</i>	
	ムラサキミヤマ		<i>Clavaria zollingeri</i>	
	イボタケ科	コウタケ	<i>Sarcodon ospratus</i>	
ハリタケ科	ブナハリタケ	<i>Creolephus spathulatus</i>		
アンズタケ科	アンズタケ	<i>Cantharellus cibarius</i>		
サルノコシカケ科	チョレイマイタケ	<i>Grifola umbellata</i>		
	アシグロタケ	<i>Polyporellus picipes</i>		
スッポンタケ科	スッポンタケ	<i>Phallus impudicus</i>		
キクラゲ科	キクラゲ	<i>Auricularia auricula-judae</i>		
子囊菌	ノボリリュウ科	クロアシボソノボリリュウ	<i>Helvella atra</i>	

の70%エタノールで抽出し、その残渣をアセトンで脱脂した。この残渣を風乾後、これに1,500倍量の6N塩酸を加え、50 $\mu$ m Hg以下に脱気したのち封管し、110°Cで24時間加水分解した。塩酸留去後0.1N塩酸で定容し、アミノ酸分析に供し

た。アミノ酸分析は液体クロマトグラフ034型(日立製作所製)を使用し、常法に従って20成分を分離定量した。なお、システインは過ギ酸酸化法<sup>14)</sup>、トリプトファンは $\rho$ -ジメチルアミノベンズアルデヒド法<sup>15)</sup>により別個に定量した。

## 1.4 人工消化試験

市販のナメコ、エノキタケおよびシイタケの子実体を用い、その凍結乾燥粉末を脱脂後リン酸緩衝液で抽出した。遠心分離後の上清の硫酸60%飽和沈殿画分を透析後、凍結乾燥粉末とした。比較のため、粉末ダイズタンパク質ニューフジプロK（フジピュリナプロテイン製）も供試した。いずれも0.1N水酸化ナトリウムに溶解し、中和して2%溶液とし、90°Cで5分間熱処理したのち試料とした。ペプシン、中性プロテアーゼおよびトリプシン（シグマ製）溶液と上記各試料とを所定のpHで、37°Cでインキュベートしたのち、トリク

ロロ酢酸を加えて未消化タンパク質を沈殿させ、上清についてフォーリン試薬を用いて低分子ペプチドを定量した。

## 2. 結果と考察

## 2.1 キノコ子実体中のタンパク質含量およびタンパク態アミノ酸組成

まず、天然食用キノコ38検体、栽培キノコ10検体、合計48検体の子実体のエタノール抽出残渣についてタンパク態アミノ酸組成を調べた。代表的キノコについての分析例を表2に示す。タンパク質含量も併記した。なお、キノコ類はグルコサミ

表2 食用キノコ類のタンパク態アミノ酸組成 (mmol/100g 乾燥試料)

アミノ酸	ブナシメジ (天然)	(栽培・長野) ハタケシメジ	マツタケ	ヒラタケ (天然)	(栽培) シイタケ	(栽培) エノキタケ (天然)	(栽培) ムラサキシメジ	ツクリタケ (栽培)	コガネタケ	ササクレヒトヨタケ	ナメスギタケ	ナメコ (天然)	(栽培) チャナメツムタケ	ヌメリイグチ				
Asp	10	17	29	8	14	30	18	12	21	23	33	19	49	26	10	24	21	15
The	5	10	15	5	8	15	10	7	13	15	20	13	29	15	7	15	13	8
Ser	6	11	20	5	9	22	13	8	14	16	21	14	32	17	7	17	14	10
Glu	8	16	32	7	14	31	18	11	22	22	35	20	51	27	10	25	19	15
Pro	3	7	20	+	9	19	+	4	12	10	20	14	12	11	5	13	13	4
Gly	9	17	30	7	14	28	16	9	18	20	29	19	37	22	11	24	18	11
Ala	6	14	27	5	12	28	14	10	18	17	28	19	40	23	9	22	18	12
CySH	1	2	2	1	1	4	1	1	3	1	3	2	2	1	1	3	2	1
Val	3	12	18	4	10	20	10	7	12	14	23	10	27	15	7	16	11	8
Met	+	2	3	1	2	6	1	+	3	2	4	3	4	3	1	3	2	2
Ile	3	9	7	3	7	15	7	5	10	10	15	9	21	13	5	13	8	5
Leu	6	14	27	5	12	23	13	10	17	15	26	16	39	22	8	21	16	11
Tyr	3	6	8	1	4	6	3	1	6	6	8	6	15	6	3	7	4	3
Phe	3	7	10	3	6	10	6	3	3	11	12	10	21	9	4	10	8	4
GlcN*	32	49	36	67	24	37	43	21	43	71	60	17	79	74	19	30	53	24
Trp	2	4	5	2	3	5	3	4	3	4	5	3	5	3	3	3	3	3
Lys	5	28	24	4	10	26	14	7	20	15	23	16	31	14	6	17	12	7
His	1	3	6	1	3	8	2	1	6	5	6	2	6	3	1	5	4	2
NH <sub>3</sub> *	20	35	30	18	26	54	41	28	34	56	60	79	49	31	28	38	55	19
Arg	3	11	16	2	9	16	6	3	12	10	18	30	22	7	4	12	11	7
総量	74	190	299	64	147	312	155	103	213	215	329	225	443	237	102	250	197	128
タンパク質含量 (%)	8	23	34	6	16	35	17	11	24	24	37	22	49	25	11	28	22	14
プロテインスコア	44	63	44	64	55	73	49	26	63	76	55	60	40	55	69	71	49	62

\* 総量には加算せず。GlcN：グルコサミン



表3 ジャガイモおよび合成培地における3週間培養後の菌糸体収量

窒素源	培地中の全窒素量 (mg N/m <sup>2</sup> 培地)	菌糸体収量	
		mg 乾燥重量/培地	mg 乾燥重量/mg N
Potato-1*	0.10	75	3.75
-2*	0.10	70	3.50
Asn-1*	0.84	84	0.48
-2*	0.88	80	0.45
Asp	0.40	36	0.45
Gln-1*	0.90	19	0.11
-2*	0.85	92	0.54
Glu-1*	0.35	68	0.97
-2*	0.36	25	0.35
NH <sub>4</sub> Cl	0.45	14	0.16
NaNO <sub>3</sub>	0.46	26	0.28

\* 2回の実験結果を併記した。

酸培地では実験による差が大であるが、これは培養3週目が菌糸の急生長開始期であったためと考えられる。この点は培養期間を延ばして追試する必要がある。この結果を見る限りでは無機態窒素よりもアミノ態窒素の方が有効であるものと考えられる。これらの点は他のキノコについての Eger<sup>16)</sup> および Hashimoto-Takahashi<sup>17)</sup> の結果と同様であった。

次に、窒素の利用効率を相互に比較するため、培地の窒素1mg当りの菌糸体収率を求めた(表3)。この収率はポテト培地の場合が3.5mg/mgN以上と群を抜いて高く、他の窒素源では2,3を除いて0.5mg/mgN程度であった。ポテト培地中には菌糸の生長あるいは窒素利用効率を高める何らかの因子が含まれることも考えられる。

次に、アスパラギン合成培地による9週間培養中の諸変化を調べた(図1)。培地中のアスパラギンの3~6週の急激な減少に伴って菌糸体は急速に生長し、6週目の収量は1g/培地に達し、6週以降は窒素の枯渇のために生長率は抑えられている。一方、菌糸体中のタンパク態アミノ酸含量は6週までにピークに達し、9週目にはかなりの

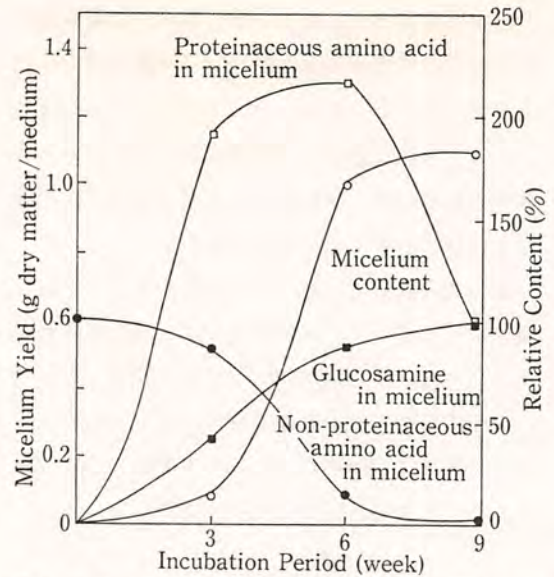


図1 アスパラギン培地によるエノキタケNo.7777株液体培養中の諸変化。菌糸体収量は絶対値で、また培地中の非タンパク態アミノ酸含量は培養開始時を100とし、菌糸体中のタンパク態アミノ酸およびグルコサミン含量は9週目を100としてそれぞれ相対変化で示す。

低下を示している。しかし、グルコサミン含量は9週まで増加し続けた。菌糸は生長に伴ってまずタンパク質を細胞中に貯蔵し、それより遅れてキチンが合成、蓄積されて子実体形成に至るものと考えられる。従って、菌糸体タンパク質を利用するためにはこの条件下では6週目が培養期間も短かく、タンパク質含量も高く、また窒素利用率も良く、最も有利であると考えられる。

次に、菌糸体のタンパク態アミノ酸組成を調べ、子実体およびダイズのそれと比較した(表4)。なお、水分補正を行わなかったため、子実体およびダイズの値も表2とは異なり水分補正前の値を挙げた。まずタンパク質含量を見ると、前述のように天然株に比べて栽培株では2倍以上高く、また6週目の菌糸体では更にその2倍以上に達している。培養後期すなわちアスパラギン培地の9週目、ポテト培地の13週目のものは栽培子実体の場合とほぼ同じであった。これらの結果から、急生長を示す時期の菌糸体を利用するなら

表4 エノキタケ子実体および菌糸体のタンパク態アミノ酸組成 (mmol/100g)

アミノ酸	子実体		菌糸体			ダイズ <sup>2)</sup>
	天然	栽培	Asn 培地		ポテト培地 13週	
			6週	9週		
Asp	11	18	35	18	23	30
Thr	6	11	22	11	13	14
Ser	7	13	25	13	16	19
Glu	10	19	38	17	21	45
Pro	4	11	19	8	5	22
Gly	8	16	29	14	18	21
Ala	9	16	33	16	18	17
CySH	1	2	1	1	1	4
Val	7	11	21	12	13	16
Met	trace	2	5	2	2	3
Ile	4	8	15	8	12	14
Leu	9	15	30	15	21	21
Tyr	1	5	9	3	5	8
Phe	3	2	14	5	6	12
GlcN <sup>*1</sup>	42	38	62	163	104	N. D.
Trp	3	3	N. D.	N. D.	N. D.	3
Lys	6	17	43	16	14	18
His	1	5	5	2	2	6
NH <sub>3</sub> <sup>*2</sup>	25	30	51	34	24	N. D.
Arg	3	10	30	11	8	15
Total	93	184	374	174	198	288
Protein content(%)	10	21	45	20	21	32

\*1 グルコサミン，総量には加算せず。

\*2 総量には加算せず。

ば，子実体よりも遙かに有効であることが確認された。また，6週目の菌糸体では特に必須アミノ酸のリジン含量が極めて高いことは特筆に値する。今後は前述のササクレヒトヨタケのように，天然株でも49%ものタンパク質含量を示す種を培養することにより，ダイズの2倍以上の高タンパク質含量のものを得ることも可能であるものと予測される。

### 2.3 キノコタンパク質の人工消化率

一般にキノコ類は消化が悪く，現在の利用方法ではほとんど体内で消化吸収されないことも考えられる。そこで，キノコタンパク質自身の消化率を確認するための1手段として，人工消化試験を

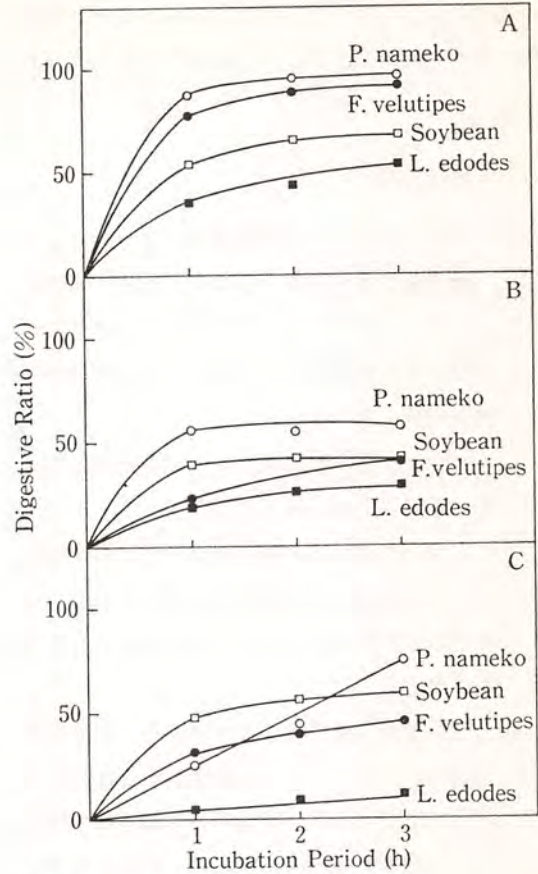


図2 キノコタンパク質の人工消化率

A ; トリプシン (55×10<sup>4</sup> 単位, pH 7.6), B ; 中性プロテアーゼ (280単位, pH 7.5), C ; ペプシン (14.5×10<sup>4</sup> 単位, pH 2.0)

行った(図2)。トリプシンによる消化ではダイズタンパク質が3時間で約60%の消化率であるのに対して，エノキタケ，ナメコでは80~90%であった。一方，シイタケでは50%とやや低かった。中性プロテアーゼの場合にはいずれも大差はなく30~50%の範囲内であった。ペプシンの場合もナメコ，エノキタケではダイズと同程度であったが，やはりシイタケの消化率は低かった。これらの結果から，例外はあるもののキノコ類のタンパク質はダイズタンパク質とほぼ同様の消化率を示すものと考えられる。

以上の本実験の結果は，いずれもキノコタンパク質の有用性を実証するものであり，今後の研究

の進展によっては、近い将来ダイズタンパク質に代る新タンパク質資源になり得るものと考えられる。

### 3. 要 約

- (1) 40種の天然および栽培食用キノコのタンパク質含量は6~49%と種による差異が大であったが、ツクリタケ、ササクレヒトヨタケではそれぞれ37および49%と、ダイズの36%を越える値であった。
- (2) タンパク質含量は天然よりも栽培株において、2倍以上高い値を示した。
- (3) タンパク態アミノ酸組成はいずれも類似しており、含硫アミノ酸含量が低いものの、栄養学的にはダイズと比べて大差は認められなかった。
- (4) 液体培養によりエノキタケ菌糸は良好な生長を示し、アスパラギンを窒素源とする合成培地で培養すると、6週間目の菌糸は子実体の2倍以上の45%のタンパク質含量を示した。
- (5) 人工消化試験により、エノキタケ、ナメコのタンパク質はダイズタンパク質とほぼ同様の消化率を示した。

### 文 献

- 1) 中村 浩：未来の食糧，p.16，同文書院，東京(1976)
- 2) 科学技術庁資源調査会編：四訂準拠食品成分表，p.138，一橋出版，東京(1983)
- 3) 倉沢新一，菅原龍幸，林 淳三：日食工誌，29，400(1982)
- 4) E. V. Crisan and A. Sands: The Biology and Cultivation of Edible Mushroom (ed. S. T. Cheng and W. A. Hayes), p.137, Academic Press, New York (1978).
- 5) 富岡真理子，青山昌照：共立女子短期大学家政科紀要，20，35(1976)
- 6) 富岡真理子，青山昌照：同誌，21，111(1977)
- 7) 青山昌照：同誌，21，117(1977)
- 8) 豊崎芳子，青山昌照：同誌，23，31(1980)
- 9) 後藤砂智子，青山昌照，阿部宏喜：共立女子大学家政学部紀要，25，59(1979)
- 10) 阿部宏喜，後藤砂智子，青山昌照：栄養と食糧，33，169(1980)
- 11) 阿部宏喜，後藤砂智子，青山昌照：同誌，33，177(1980)
- 12) 中村克哉：キノコの事典，p.115，朝倉書店，東京(1982)
- 13) 河村のり子，後藤正夫：農化，52，91(1978)
- 14) S. Moore: *J. Biol. Chem.*, 238, 235(1963)
- 15) J. R. Spies and D. C. Chambers: *Anal. Chem.*, 20, 30(1948)
- 16) G. Eger, H.-D. Gottwald, and U. von Netzer: Mushroom Science IX, part I (ed. K. Mori), p.575, The Mushroom Research Institute, Kiryu(1976)
- 17) K. Hashimoto and Z. Takahashi: *ibid.*, p.585, The Mushroom Research Institute, Kiryu(1976)



# 食肉加工用副原料としての未利用タンパクの応用研究 —プランクトンタンパク質の開発—I—

A Study on the Proteins of Plankton as a New Supplementary  
Stuff for Meat Products

鴻巣 章二・山口 勝巳・林 哲仁・村上 昌弘(東京大学農学部)

## 1. 目 的

海洋の基礎生産を担うプランクトンは種類が豊富であるだけでなく、その資源量も膨大である。プランクトンのタンパク質は食物連鎖を通じて究極的には魚介肉となり、人間のタンパク源として利用されるが、その変換効率はきわめて低く、魚介肉1kgの生産には1~5トンものプランクトンが必要とされている。したがってプランクトンのタンパク質を直接利用することができれば、食品素材としてのタンパク源も飛躍的に増大できるはずである。しかも、赤潮にみられるように条件次第でプランクトンは爆発的に増殖するので、適切な人工培養により、食物連鎖など海洋の生態系を乱さずに無限に収穫することも可能である。

従来、食品素材としてそのタンパク質の利用が試みられたプランクトンには、動物プランクトンでナンキョクオキアミ<sup>1-6)</sup>、植物プランクトンでクロレラ、スピルリナ、セネデスマス<sup>7-11)</sup>などがある。しかし、オキアミの場合は漁獲や運搬に要する経費がかさみ、また上記の淡水産藻類の場合はその大量培養に必要な安価でしかもクリーンな炭素源や窒素源が得られぬため、いずれも製品価格はかなり高くなるのが現状である。

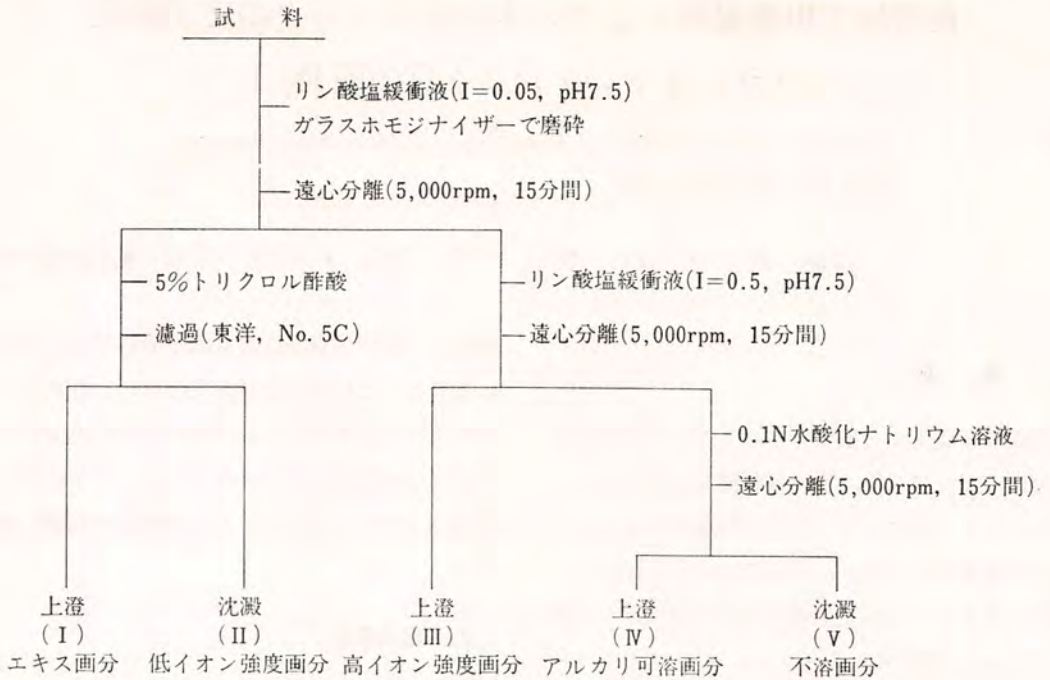
ところで、近年わが国の食生活の変化に応じ、ハム・ソーセージなどの食肉加工品の需要が急増してきたため、安価で良質のタンパク副原料の開発が望まれている。本研究はこのような状況を踏

まえて、未利用資源である海産植物プランクトンに着目し、これより食品素材となりうるタンパク質を得ることを目的として着手したものである。今回は各種海産プランクトンのタンパク含量および組成を明らかにした。以下に実験の経過を報告する。

## 2. 実験の部

(1) 試料 珪藻2種 *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica*, 鞭毛藻3種 *Prorocentrum minimum*, *Noctiluca scintillans*, *Olisthodiscus* sp. (尾鷲湾, 伊勢湾産の2検体) および比較のため動物プランクトン2種 *Acartia clausi*, *Tigriopus japonicus* の計8検体を供試した。

珪藻類は研究室でパッチ法により大量培養した。すなわち、海水と水道水をミリポアフィルター (Type HA, 0.45 $\mu$ m) で濾過し、海水:水道水=3:1の割合で混合した。この溶液1lにつき、KNO<sub>3</sub> 72.2mg, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 4.5mg, グリセロリン酸ナトリウム 10.5mg, FeEDTA 3.6mg, Tris 500mg, ビタミンB<sub>1</sub> 1mg, ビタミンB<sub>12</sub> 1 $\mu$ gを添加した。この溶液を6N HClでpHを7.6~7.8に調整し、オートクレーブを用い、2気圧、120°Cで20分間滅菌した。得られた培養液を1回20l用い、20°C, 3,000ルクス, 明暗サイクル12時間の条件で培養した。培養4~5日で増殖が定常状態に達するので、連続遠心分離(7,500rpm)により藻体を集め、凍結乾燥して収穫した。収量



は培養液 1 l につき乾燥重量で 40~50mg であった。

鞭毛藻類および動物プランクトンは国内各地の研究機関の協力を得て、単一種が大量発生したときに野外で採集し、原則として凍結乾燥したものである。

(2) 方法 タンパク含量および組成の測定にあたり、まず試料の 0.2ないし 1 g を図 1 に示すように 5 画分に分画した。これは異なるイオン強度の緩衝液を用いて抽出するもので、魚肉タンパクの分画に適用される方法である<sup>12)</sup>。魚肉の場合では画分 (I) にエキス分、つまり非タンパク態窒素成分、(II) に筋形質タンパク、(III) に筋原繊維タンパク、(IV) に変性タンパク、(V) に筋基質タンパクが分布するとされている。各画分のうち上澄は一定容とし、沈殿は秤量後その一部をとり窒素の定量を行った。窒素量の測定は常法に従い、マイクロケルダール法によった。

### 3. 結果と考察

一連の分画、分析を行うに先立ち、生凍結試料と凍結乾燥試料との間における差異の有無を調べた。同一ロットの *Acartia clausi* の生凍結品を一部はそのまま、一部は凍結乾燥して窒素分布を調べた結果を表 1 に示す。凍結乾燥後の試料でエキス画分が僅かに減り、代りにアルカリ可溶画分

表 1 生凍結および凍結乾燥 *Acartia clausi* の窒素分布 (%)

	生凍結	凍結乾燥
I. エキス画分	48	44
II. 低イオン強度可溶画分	6	6
III. 高イオン強度可溶画分	1	2
IV. アルカリ可溶画分	32	35
V. 不溶画分	13	13
合計 (N-mg/100g)	708	6,229
全窒素 (N-mg/100g)	—	6,651
回収率 (%)	—	94

の割合がやや増加しているのが認められたが、全体として窒素分布のパターンは両者の間に顕著な差はなかった。したがって、以下、凍結乾燥品を用いて分析を進めることとした。

しかし、後述のようにタンパク質の安定性はプランクトンの種類や採集後の処理条件によっても異なると思われるので、各種類についてこのような安定性の検討が必要と考えられる。なお、表1に示すように、*Acartia clausi* の凍結乾燥試料について別途ケルダール法により全窒素を測定し、各画分の窒素量の合計値と比較したところ、後者

が僅かに低い程度で、出発試料中の窒素の回収率は94%と5画分でほぼ完全に説明できた。

次に、8検体のプランクトンを5画分に分画後、測定した窒素分布を円グラフで図2に示す。各円の内部に種名と各画分の窒素量の合計値を示した。まず珪藻 *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica* の2種類では窒素量の合計値は差が10%程度と近いが、分布は相互にかなり相違している。*S. costatum* では不溶性画分が35%で最も多く、次いでII区とIV区が25%ずつ分布していた。これに対し、*A. japonica* では窒素の54%

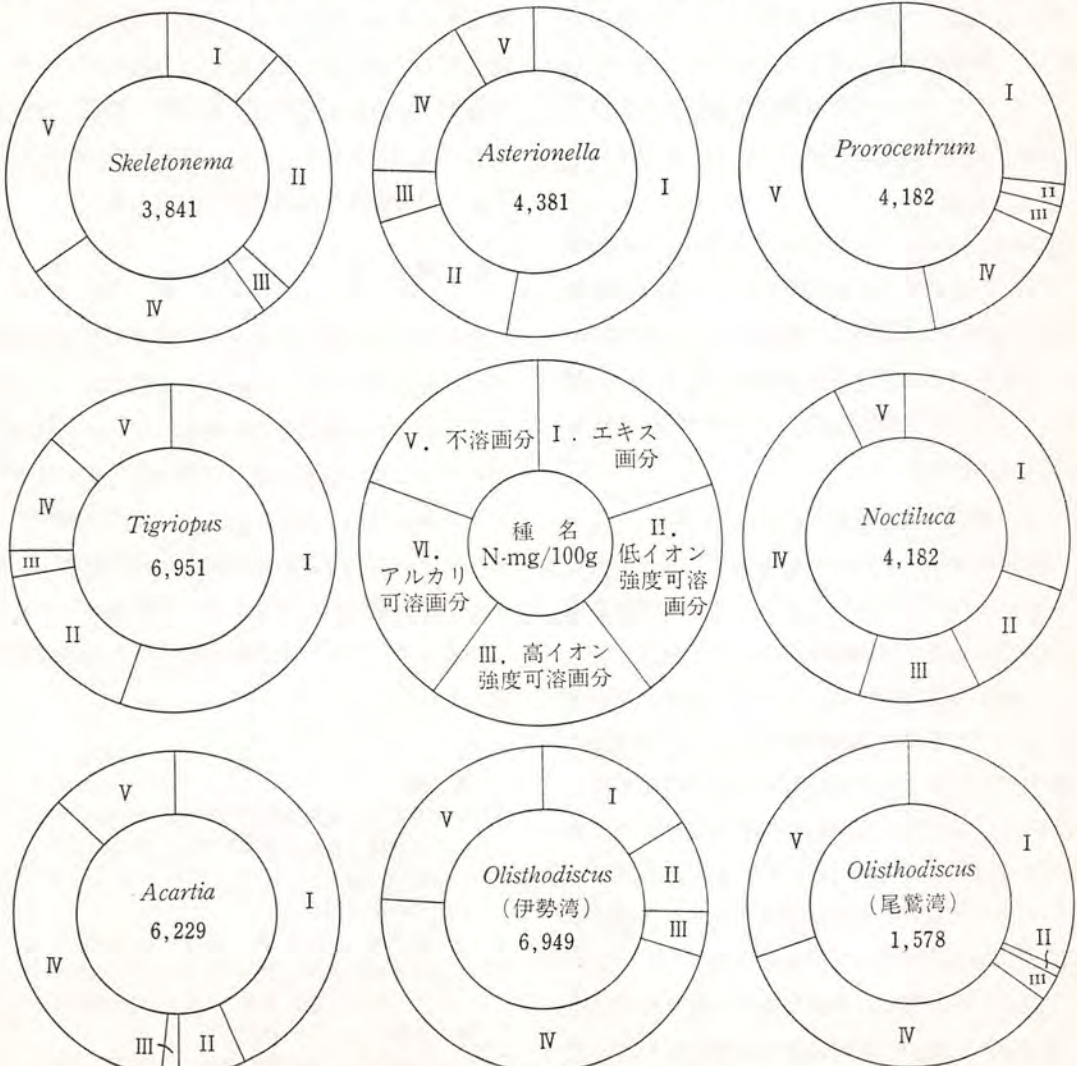


図2 8種プランクトンにおける窒素分布

がエキス画分にあり、II区とIV区が16%ずつでこれに次いでいた。鞭毛藻 *Prorocentrum minimum*, *Noctiluca scintillans*, *Olisthodiscus* sp. (尾鷲湾産), 同 (伊勢湾産) では、窒素量の合計は乾物 100 g あたり 1.6~6.9 g とばらつきが大きく、窒素分布をみると全般的にIV区のアルカリ可溶画分が最も多く、I区のエキス画分がこれに次いでいる。同種の *Olisthodiscus* の尾鷲湾産のものと同伊勢湾産のものとは比較してみると、窒素分布は概ね類似しているものの窒素量の合計値では4倍以上の差があった。一般に植物プランクトンは窒素源の乏しい条件下では粗タンパクの割合が減少し、脂質の割合が増えることが知られている<sup>13,14)</sup>。ここでみられた窒素合計量の差はそのような環境条件の相違を反映しているとも考えられる。

*Acartia clausi*, *Tigriopus japonicus* の両動物プランクトンの場合には窒素量の合計が共に乾物 100 g あたり 6 g を越え、両試料のいずれにおいてもI区のエキス画分が全窒素量の約半分を占め、*A. clausi* ではIV区が、*T. japonicus* ではII区がこれに次いだ。

多くの種類でIII区が非常に少なく、IV区のアルカリ可溶性タンパクの比率がかなりの割合を占めている。これは、プランクトンのような浮遊生物には運動に必要な筋原繊維タンパクが発達していないためとも考えられる。しかし、大型プランクトンのオキアミには高等動物と同じ生化学的特性を示すアクトミオシンが存在することが確かめられており、しかもそれが極めて不安定なものであることも同時に明らかにされている<sup>15)</sup>。したがって、プランクトンには筋原繊維タンパクに相当するIII区の高分子タンパクが本来少ないというより、極めて不安定なため捕集後の処理、貯蔵過程で速やかに変性し、IV画分として測定されたと考えるのが妥当であろう。ただ、全く運動性のない

植物プランクトンと多少とも運動性を示す動物プランクトンの体構成タンパクにはそれなりの差異があるはずで、この点に関しては今後の精査が必要と考えている。

以上の結果から、プランクトンのタンパクを食品素材として取り出す場合には、まずアルカリ抽出後、これを酸液中で中和沈殿させて利用するような方式になると考えられる。動物プランクトンは試料の大量入手に難があり、また、今回分析した海産植物プランクトンでは珪藻類と鞭毛藻類の全窒素量には大差が認められぬことから、有毒物質を産生する可能性のある鞭毛藻類<sup>16)</sup>は避けて、珪藻類を対象に選ぶ方が得策と思われる。今後、珪藻類からのタンパクの大量抽出、精製、性状分析などを実施するとともに、食肉加工品の副原料としての可能性を検討する予定である。

#### 4. 要 量

食肉加工品の副原料タンパク開発の可能性を探ることを目的として、従来全く不明であった海産プランクトンの窒素分布を調べ、タンパク組成を明らかにした。窒素含量、窒素分布とも種により区々であったが、全体としてアルカリ可溶性タンパク区分が主成分である傾向が認められた。したがって、有毒物質を産生しない珪藻類からアルカリ抽出によりタンパク質を分離する方法が有望と考えられた。

#### 文 献

- 1) 築瀬正明：東海水研報 No. 65, 59-66 (1971).
- 2) 衣巻豊輔：食品工業 20 (13), 62-72 (1977).
- 3) 田村盈之輔：ニューフードインダストリー 19 (6), 26-29 (1977).
- 4) 衣巻豊輔：さかな No. 25, 17-32 (1980).
- 5) 河村幸雄：化学と生物 19, 646-648 (1981).
- 6) 水産庁研究部編：オキアミ食用化技術開発研究成果の概要, pp. 319, 1982.
- 7) 海老根英雄：食の科学 No. 27, 59-65 (1975).
- 8) C. J. Soeder: Naturwissenschaften 63, 131-

- 138 (1976).
- 9) 山口迪夫：ニューフードインダストリー 21 (2), 34-41 (1979).
- 10) 中山大樹：日食工誌 27, 363-370 (1980).
- 11) E. W. Becker and L. V. Venkataraman: *Bio-technology and Exploitation of Algae—The Indian Approach—*, pp. 216, German Agency Tech. Co., Eschborn, 1982.
- 12) 橋本周久・渡辺終五・河野迪子・代 敦樹：日水誌 45, 1435-1441 (1979).
- 13) W. M. Darley: *The Biology of Diatoms* (ed. by D. Werner) pp.198-223, Blackwell Sci. Pubs., London, 1977.
- 14) N. S. Shifrin and S. W. Chisholm: *Algae Biomass* (ed. by G. Shelef and C. J. Soeder), 627-645, Elsevier, North-Holland, 1980.
- 15) 西田清義・武田恭治・新井健一：日水誌 47, 1237-1244 (1981).
- 16) 日本水産学会編：有毒プランクトン（水産学シリーズ No. 42），pp. 135, 恒星社厚生閣，東京，1982.

# と畜血液蛋白質の有効利用に関する基礎的研究

## Basic Study on Efficient Utilization of Blood Proteins

山内邦男 (東京大学農学部)

### 1. 目的

世界の人口増加に伴う蛋白質食糧の不足が懸念されている現在、畜産の領域でも畜産物の徹底的な利用を考える必要がある。しかし家畜のと殺時に得られる血液は、我国ではその約5%が利用されているにすぎない。血液は約17%もの蛋白質を含み、必須アミノ酸であるリジンやロイシンのよい供給源と考えられるので<sup>1)</sup>、と畜血液を無為に廃棄することは蛋白質資源の有効利用という見地から見て大きな損失である。しかしながら、血液蛋白質の性質や機能特性については不明な点が多く、その利用法に関する研究は少ない。これまでの利用法としてはソーセージやパン製品への添加など単なる増量剤として用いられる場合が多く、血液蛋白質の特性を十分に活かした利用がなされているとは言い難い。

本研究は、血液中に含まれる蛋白質の構造と機能特性を明らかにすることを通して、その新しい有効利用法を探ることを目的としている。ここでは、その乳化食品への利用という見地から、血液蛋白質の乳化特性について検討した。

### 2. 方法

#### 2.1 血液蛋白質の調製

宮崎県都城より空輸された凍結ブタ血漿および凍結ブタヘモグロビンを原料として用いた。

(1) 血漿蛋白質 凍結血漿を40°Cの湯浴中で

解凍した後、4,500xg, 10°Cで15分間遠心分離した。上清を4°Cで脱イオン水に対して透析し、凍結乾燥したものを血漿蛋白質として実験に供した。

(2) グロビン 凍結ヘモグロビンを40°Cで解凍した後、Tyborら<sup>2)</sup>のアセトン法によりグロビン画分を得た。これを4°Cで脱イオン水に対して透析し、凍結乾燥したものをグロビンとして実験に供した。

#### 2.2 電気泳動

ドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) は、WeberとOsborn<sup>3)</sup>あるいはLaemmli<sup>4)</sup>の方法によって行なった。アクリルアミドゲルの濃度は前者の方法では10%、後者では8%とした。

#### 2.3 蛋白質の溶解性

LowhanとCarter<sup>5)</sup>の方法で行なった。1%蛋白質溶液を1N HClあるいは1N NaOHでpH3~9に調節し、1,800xg, 15°Cで15分間遠心分離した。上清の蛋白質含量をLowry法<sup>6)</sup>により求め、全蛋白質に対する可溶性蛋白質の割合(%)を算出した。

#### 2.4 乳化性

1N HClあるいは1N NaOHによってpHを3~9に調製した蛋白質溶液(1~4%, W/V) 2gと大豆油0.5gを試験管(1.2x10.6cm)に入れ、Polytron PTA-7 (Kinematica社)を用いて、30°C・3分間、最大速度で乳化した。乳化直

後のエマルジョンの500nmにおける吸光値(濁度)より乳化活性(EAI)を算出した。

### 2.5 脂質結合性

血漿蛋白質を1%(W/V)になるように水または0.2M NaClに溶解したものを25mlに大豆油6.25gを加え、Polytron PT20を用いて、30°C、8分間、最大速度で乳化した。このエマルジョンを水で希釈後、25,000×gで20°C、10分間遠心分離して浮上したクリーム層を集めた。これに蒸留水を加え、よく分散させた後遠心分離するという操作を2回繰り返して脂肪球を洗浄した。洗浄クリーム中に存在する蛋白質は、4% SDS-0.5% 2-メルカプトエタノールを加えて100°Cで3分間加熱することによって可溶化し回収した。

一方、洗浄クリームの一部を0.02Mリン酸緩衝液(pH 7.0)に分散させた後、尿素を0~7Mになるように加え、室温で一時間放置した。これを10,000×gで20分間遠心分離し、水層中に遊離した蛋白質の量をLowry法<sup>9)</sup>で測定した。

### 2.6 トリグリセリド、遊離脂肪酸の定量

血漿蛋白質を4g/100mlまたは8g/100mlになるように水に溶解した後、そのトリグリセリド含量、遊離脂肪酸含量をトリグリセリド・テストワコーおよびネファー・テストワコー(和光純薬)を用いてそれぞれ測定した。トリグリセリド量および遊離脂肪酸量はそれぞれトリパルミチンおよびパルミチン酸として算出した。

## 3. 結 果

### 3.1 血漿蛋白質およびグロビン画分の蛋白質組成

本実験で用いた血漿蛋白質とグロビン画分の組成の検討あるいは純度の検定を目的としてSDS-PAGEを行なった。結果をFig. 1.に示す。

血漿蛋白質は血清アルブミンが主成分であり、この他にトランスフェリン、 $\gamma$ -グロブリン(hea-

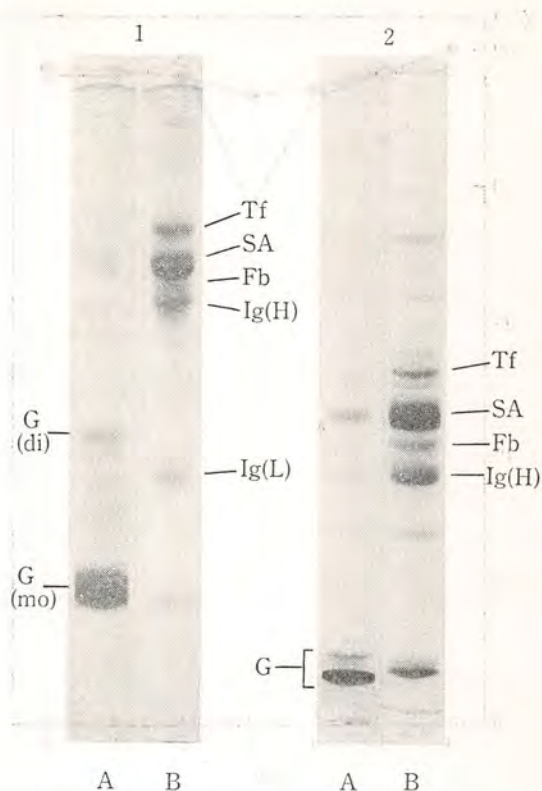


Fig. 1. SDS-polyacrylamide gel electrophoretic patterns of globin (A) and plasma protein (B) fractions.

1. by the procedure of Weber and Osborn<sup>9)</sup>; 2. by the procedure of Laemmli<sup>10)</sup> G(di), globin dimer; G(mo), globin monomer; Tf, transferrin; SA, serum albumin; Fb, fibrinogen; Ig(H), immunoglobulin heavy chain; Ig(L), immunoglobulin light chain.

vy-chain および light-chain), フィブリノーゲンのバンドが観察された。この画分へのグロビンの混入はわずかであった。

グロビン画分には、グロビンの単量体と少量の二量体のバンドが観察された。また、わずかな血清アルブミンの混入が認められるだけで、血漿蛋白質はほぼ完全に除去されていると考えられた。なお、本研究で調製した血漿蛋白質は約1.8%のトリグリセリドおよび微量の脂肪酸を含んでいた。

### 3.2 溶解性

pH 3~9における血漿蛋白質とグロビンの溶

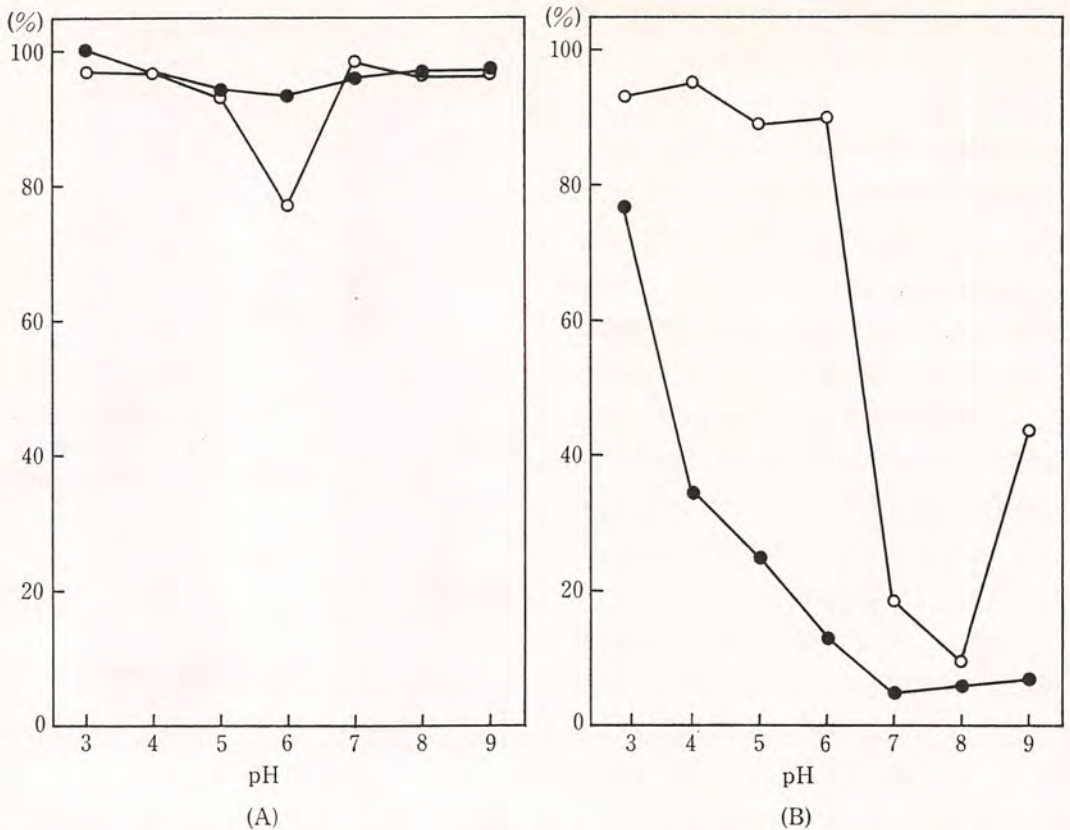


Fig. 2. The effect of pH on solubility of the plasma (A) and globin (B) proteins.

○—○ in the absence of NaCl (water)  
●—● in the presence of 0.2 M NaCl

解性を 0.2M NaCl 存在下および非存在下について Fig. 2. に示した。

血漿蛋白質の溶解性は 0.2M NaCl 非存在下ではすべての pH にわたって良好であった。また、0.2M NaCl 存在下では pH 6 の時にわずかな低下を示しただけで全般に良い溶解性を保っていた。一方、グロビンはこれまで報告されているように<sup>2,8-10)</sup>、中性～塩基性条件下では著しい溶解性の低下を示した。この傾向は特に 0.2M NaCl 存在下で顕著であった。

### 3.3 乳化性

これまで血液蛋白質の乳化性についてはいくつかの研究があるが<sup>2,8-10)</sup>、これが他の食品蛋白質と比較してどの程度の乳化性をもつか、という点

については実験方法の違いなどのために明らかではなかった。ここでは、乳化法として Polytron によるせん断乳化、乳化性評価法としては Pearce と Kinsella<sup>7)</sup> の濁度法 (EAI 値として算出する) を用い、カゼイン、乳清蛋白質と血液蛋白質の乳化性を比較した。Table 1. に示すように、血漿蛋白質は乳蛋白質にくらべて高い乳化活性を有していることが認められた。

Table 1. Emulsifying activities of blood plasma and milk proteins.

	at pH 3	at pH 7
Blood plasma protein	43.9	48.0 (m <sup>2</sup> /g protein)
Whey protein	17.6	18.9
Casein	18.3	11.3



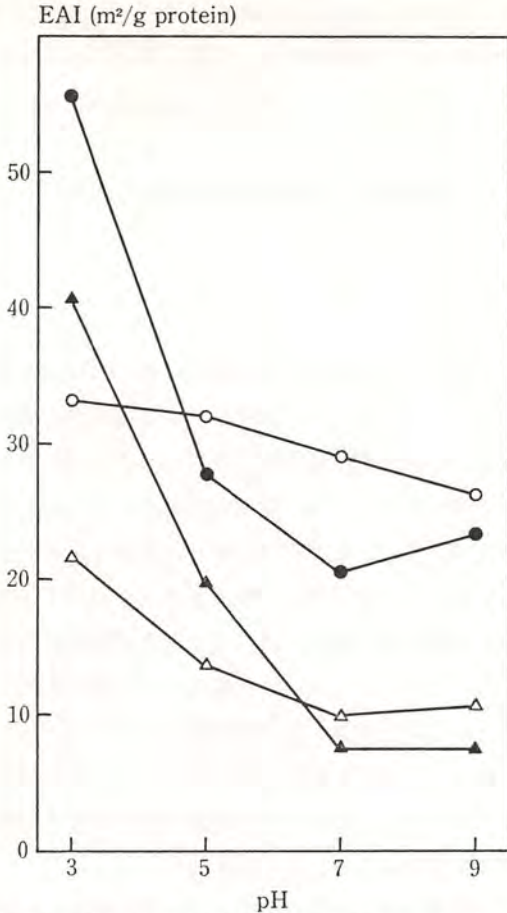


Fig. 3. The effect of pH on emulsifying activity of the plasma and globin proteins.

- plasma protein (in water)
- plasma protein (in 0.2 M NaCl)
- △—△ globin (in water)
- ▲—▲ globin (in 0.2 M NaCl)

血液蛋白質の乳化性に及ぼす pH と NaCl の影響を Fig. 3. に示した。血漿蛋白質、グロビンのいずれについても、EAI は酸性側の方が高く、特に 0.2M NaCl 存在下ではその傾向が顕著であり、pH 3 ではきわめて高い乳化性を示した。

血漿蛋白質の濃度が乳化性に及ぼす影響は Fig. 4. に示した。pH 3, 7 および 0.2M NaCl 存在下、非存在下のいずれの場合も、20% の油を乳化するには 1~2% の蛋白質溶液があればよく、それ以上高い濃度の蛋白質溶液を使っても乳化性はあまり変化しないか、むしろ低下することが認められ

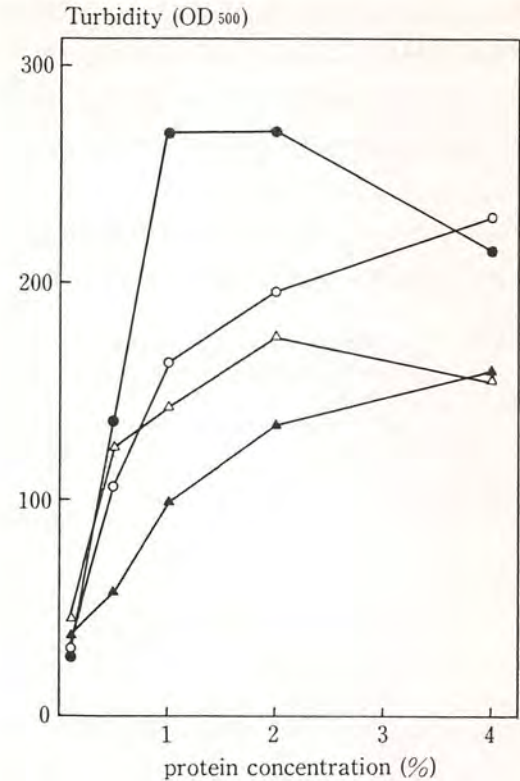


Fig. 4. The effect of protein concentration on emulsification of soybean oil.

Twenty percent of soybean oil was emulsified with plasma protein

- (in water, ○—○; in 0.2 M NaCl, ●—●) or globin (in water, △—△; in 0.2 M NaCl, ▲—▲).

た。

このように、血漿蛋白質は非常に優れた乳化性を有し、例えば pH 3, 0.2M NaCl 存在下、蛋白質濃度 1% のような条件下での血漿蛋白質はきわめて良い乳化剤となり得ることが示唆された。

#### 3.4 脂肪球吸着性

乳化に伴って蛋白質は脂肪球表面に吸着するが、その吸着性は蛋白質の乳化特性を考える上で重要である。血漿蛋白質を用いて乳化したクリームを洗浄し、得られた洗浄クリーム中の蛋白質量を測定したところ、pH 3, 7 および 0.2M NaCl 存在下、非存在下のいずれの条件下で調製した場合も、その量は約 10mg/g fat であった。脂肪球へ

吸着した血漿蛋白質の尿素溶液による抽出実験の結果は Table 2. に示した。7 M 尿素でも吸着蛋白質の20%弱しか抽出されず、血漿蛋白質はきわめて強固に脂肪球表面に吸着して脂肪球を安定化しているものと考えられる。

pH 3 あるいは 7 で乳化した時に 脂肪球表面に吸着した蛋白質の SDS-PAGE パターンを Fig.

Table 2. The effect of urea concentration on the extraction of plasma protein from oil globule surface.

	1	2	4	7(M)
percent of protein extracted	1.5	4.7	10.1	18.3

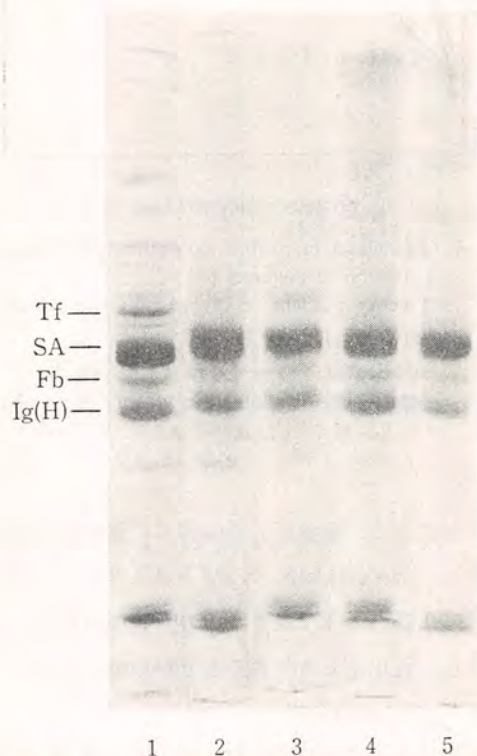


Fig. 5. SDS-polyacrylamide gel electrophoretic patterns of plasma proteins adsorbed on the emulsified oil surface.

1. whole plasma protein; 2. emulsified at pH 3 (in water); 3. emulsified at pH 3 (in 0.2M NaCl); 4. emulsified at pH 7 (in water); 5. emulsified at pH 7 (in 0.2M NaCl). Tf, SA, Fb, Ig(H), same as in Fig. 1.

5. に示した。pH あるいは 0.2M NaCl の存在にかかわらず、吸着成分には差異は認められなかった。ただし、トランスフェリンに相当するバンドはいずれの場合にも認められず、トランスフェリンは脂肪球表面の蛋白質吸着膜形成には関わっていないと考えられる。

#### 4. 考 察

蛋白質の機能特性はその構造と深く関わっているため、pH やイオン強度など蛋白質の構造に影響を与える因子は機能特性発現にも大きく影響すると考えられる。血液蛋白質の場合にも、pH やイオン強度はその乳化性に著しい影響を及ぼすことが見出された。特に、酸性 pH 下や NaCl 存在下での乳化性の顕著な上昇は、例えば乳清蛋白質においては認められない現象であり、機能性蛋白質としての血漿蛋白質の特異性を示すものと考えられる。このような酸性条件下での優れた乳化性は、多様な乳化食品への血漿蛋白質の利用の可能性を示唆するものとして興味深い。

血漿蛋白質の脂肪球表面への吸着性を調べた結果、この蛋白質の吸着量は約 10mg/g fat であった。カゼイン<sup>11)</sup>や乳清蛋白質<sup>12,13)</sup>を用いた同様の実験ではその値は 2 mg/g fat 以下であり、血漿蛋白質で乳化した場合の脂肪球のサイズが小さく、その総表面積が乳清蛋白質等で乳化した場合のものにくらべて大きいことを考慮しても、両蛋白質の脂肪球表面単位面積あたりの吸着量には差があると考えられる。さらに、血漿蛋白質の場合、脂肪球表面へ吸着する蛋白質には、乳清蛋白質で見られるような選択性やその pH 依存性<sup>12,13)</sup>がほとんど認められなかった。このようなことから、血漿蛋白質は乳清蛋白質とは異なった乳化のメカニズム、吸着の様式をもっている可能性がある。アルブミン、グロブリンを主成分とする点で類似した両蛋白質画分のそのような機能特性の差

がどのような原因によるものであるかは今後検討する必要があるが、例えば血漿蛋白質画分に含まれる少量の脂質が蛋白質の親油化を促進し、その機能特性を高める<sup>11)</sup>というようなこともあるかもしれない。

このように、血液蛋白質は特異な優れた機能特性を有している。これをさらに化学修飾、酵素修飾することにより、さらに新たな機能特性の開発も期待できよう。例えば Tybor ら<sup>2)</sup> は血液蛋白質に乳糖を導入することによりその機能特性改善を試みているが、プロテアーゼ等による分解も機能特性改変の有効な手段となるかもしれない。

## 5. 要 約

凍結ブタ血漿、凍結ブタヘモグロビンより血漿蛋白質、グロビンを調製し、乳化性を中心としたその機能特性につき検討した。血漿蛋白質はカゼインや乳清蛋白質よりも高い乳化活性を有し、特に酸性条件下、NaCl 存在下で高い乳化性を示した。グロビンも酸性条件下で乳化性の上昇が認められた。乳化に伴う血漿蛋白質の脂肪球への吸着は、乳清蛋白質の場合とは異なる機作、様式によっておこることが示唆された。血液蛋白質の特異

な、優れた機能特性は多様な食品への利用の可能性を示すものと考えられた。

## 文 献

- 1) M. D. Ranken, in "Applied Protein Chemistry", ed. by R. A. Grant, p. 169, Applied Sci. Pub., London, (1980)
- 2) P. T. Tybor et al., J. Food Sci., **38**, 4 (1973)
- 3) K. Weber & M. Osborn, J. Biol. Chem., **244**, 4406 (1969)
- 4) U. K. Laemmli, Nature, **227**, 680 (1970)
- 5) J. T. Lowhan & C. M. Carter, J. Food Sci., **36**, 372 (1971)
- 6) O. H. Lowry et al., J. Biol. Chem., **193**, 265 (1951)
- 7) K. N. Pearce & J. E. Kinsella, J. Agric. Food Chem., **26**, 716 (1978)
- 8) D. D. Crenwelge et al., J. Food Sci., **39**, 175 (1974)
- 9) P. T. Tybor et al., J. Food Sci., **40**, 155 (1975)
- 10) J. Wismer-Pedersen, Proc. 24 Eur. Meeting of Meat Res. Workers, p. 44, (1978)
- 11) 高橋 毅, 東京大学修士論文 (1982)
- 12) K. Yamauchi et al., J. Food Sci., **45**, 1237 (1980)
- 13) M. Shimizu et al., Agric. Biol. Chem., **45**, 2491 (1981)
- 14) S. Nakai et al., Can. Inst. Food Sci. Tech., **13**, 23 (1980)

# 家畜廃血液の有効利用に関する研究

Studies on the Efficient Utilization of the Waste Blood of Domestic Animals

児 玉 正 昭 ・ 緒 方 武 比 古 (北里大学水産学部)

## 1. 目 的

牛や豚などの家畜を屠殺する際に流出する血液は平均して体重の5%におよぶ<sup>1)</sup>。血液は20%程度の蛋白を含んでおり、脂質や炭水化物の含量が少ないという特徴を持っているが、現在我国においてはこれらの血液は屠殺時にほとんど廃水とともに廃棄されている。このことは、水質汚染や悪臭などの公害の原因を作り出すばかりでなく、大量の良質蛋白質を未利用のまま廃棄していることを意味する。これら廃血液を利用する試みはこれまでにも考えられてきたが大きな成果をみていない。わずかに一部の血液が乾燥血液として飼料に用いられ、あるいは生化学的試薬や栄養剤の原料に用いられてきたにすぎない。食品として利用する試みとしても、赤ソーセージの添加剤として少量が用いられた例があるにすぎない。近年乾燥血清を畜肉製品の添加剤として用いる試みがなされ、血清部分の利用についてはその可能性が指摘されている<sup>2)</sup>。しかし、蛋白含量では血液の大きな部分を占める血球部分については、その主成分が血液色素のヘモグロビンであることから、食品に添加した場合著しい着色を与え、このことが血液の利用を考える上で重大な障害となっている。

本研究はこのような廃棄血液の利用法として、血液中の蛋白を加水分解してアミノ酸混合物とし、食品調味料として利用する方法を開発することを目的としている。

## 2. 材料と方法

### 2.1 材 料

屠殺場で得られた新鮮血液を研究室に持ち帰り、常法により血清と血球部分に分離したものを各々試料とした。これらの試料の一部については直ちに実験に供し、残りの部分については-20°Cに凍結し、用時解凍して用いた。

### 2.2 加水分解

血清および血球を1mlあるいは2ml用い、容量で25%および50%になるように水と塩酸を加え、塩酸の最終濃度が6規定となるように調製した。これら試料を減圧下で封管したもの、および常圧下で封管したものを作り、各々110°Cで24、および48時間加水分解した。

### 2.3 アミノ酸分析

加水分解した試料をろ過して不溶物を除き、減圧乾固して塩酸を留去した。次に25%の試料の場合は5mlに、50%の試料の場合には10mlに水で定容した。これら試料を0.2mlあるいは0.5mlとり水で10mlとしたものを分析試料とし、835日立型アミノ酸自動分析計で分析した。

### 2.4 吸収スペクトル

日本分光工業K. K製UVIDEC430型分光光度計を用い、350~700nmの吸収スペクトルを測定した。

### 2.5 ヘム含量の測定

加水分解物中のヘム含量は Paul ら<sup>3)</sup> のピリジ

ン-ヘモグロゲン法により測定した。

## 2.6 調味液の試作

血清および血球を容量で25%になるように水および塩酸を加え、前述の分解方法に従って24時間加水分解した。加水分解後ろ過して不溶物を除去し、6N NaOHで中和した後4°Cに一昼夜放置し、生じた不溶物を再びろ過で除去した溶液に、食塩を加えて食塩濃度が20%となるようにしたもの製品とした。

## 2.7 官能試験

血清および血球を常圧および減圧下で分解して試作した4種の製品を、市販のしょうゆと等量混合したものを試料とした。対照としてしょうゆそのもの、およびしょうゆを20%食塩水で半分に希釈したものをを用いた。以上6種の試験液に対し7人のパネラーを用いて製品の評価を行なうとともに、6種の検液よりしょうゆと思われるものを選ばせた。

## 3. 結果および考察

### 3.1 加水分解およびアミノ酸分析

血清と血球につき、試料の濃度および分解時間を変えたものを各々8種類づつ作製して分解後アミノ酸分析に付した。血清の分解で生じる不溶物の量は重量で、用いた血清の7~8%であったが、血球を分解した際にはヘムが塩酸ヘミンとして沈殿するため不溶物の量は多く、用いた血球の48%におよんだ。これら分解物を前述の方法でアミノ酸分析に付した結果をTable 1. および2. に示す。蛋白の分解により生じるアミノ酸量は今回採用した分解条件下では顕著な差は認められず、血清あるいは血球の量を全体の50%として分解した場合でも分解は24時間で完了することが判明した。血清の分解物と血球の分解物では当然のことながら明らかに組成が異なり、その差は Thr, Gul, Pro, Cys, Ile および His で顕著であった。

Table 1. ブタ血球塩酸加水分解物のアミノ酸組成 (mg/100ml)

分解条件	減 圧 分 解				常 圧 分 解			
	50% 24hr	50% 48hr	25% 24hr	25% 48hr	50% 24hr	50% 48hr	25% 24hr	25% 48hr
Asp	138.8	163.2	170.8	168.8	169.6	162.4	149.8	163.2
Thr	37.3	40.4	46.0	41.3	72.7	39.4	39.6	41.2
Ser	51.8	50.0	64.5	51.8	62.5	48.9	54.8	54.3
Glu	101.1	119.6	124.1	126.6	123.0	118.1	108.5	119.6
Pro	40.3	48.0	50.1	48.1	46.0	43.9	41.5	45.2
Gly	60.8	72.3	74.8	74.1	74.3	71.2	65.3	72.0
Ala	105.2	125.5	128.9	128.2	127.6	122.9	112.2	123.9
Val	107.3	78.2	132.4	141.1	129.8	135.3	120.9	134.8
Cys	5.1	5.0	6.1	6.9	7.4	6.4	6.9	7.4
Met	11.0	12.9	13.8	13.6	13.3	12.4	11.5	12.7
Ile	4.2	7.0	5.3	7.3	4.7	6.1	5.0	5.8
Leu	168.5	201.6	207.7	207.4	202.3	194.7	179.6	196.8
Tyr	24.3	20.6	31.2	23.6	29.2	19.2	26.2	15.2
Phe	85.7	101.0	105.5	104.8	103.6	97.7	91.1	99.3
NH <sub>3</sub>	10.3	13.9	10.8	12.4	12.3	13.7	10.9	13.1
Lys	113.3	133.5	139.9	137.9	136.2	131.3	120.4	132.2
His	96.9	114.8	119.5	68.6	118.3	114.6	104.8	115.4
Arg	49.1	55.8	59.9	57.3	58.8	54.8	52.4	55.0

Table 2. ブタ血清塩酸加水分解物のアミノ酸組成 (mg/100ml)

分解条件 試料濃度 分解時間	減 圧 分 解				常 圧 分 解			
	50% 24hr	50% 48hr	25% 24hr	25% 48hr	50% 24hr	50% 48hr	25% 24hr	25% 48hr
Asp	137.3	137.9	119.1	118.8	107.0	128.7	102.9	122.4
Thr	84.9	81.1	73.6	70.1	68.4	76.0	65.8	71.7
Ser	77.7	70.1	66.6	60.0	65.3	65.0	62.7	61.4
Glu	240.0	241.7	205.9	193.3	175.0	211.9	167.0	199.9
Pro	87.4	88.3	78.5	75.6	66.8	79.9	65.6	75.9
Ala	86.9	87.8	74.5	74.8	67.6	82.0	65.0	76.3
Val	107.5	108.7	92.7	93.9	81.9	102.1	79.4	96.9
Cys	51.0	46.1	47.7	42.3	42.7	43.8	40.8	43.4
Met	14.0	13.9	12.3	12.3	10.4	12.4	9.9	11.2
Ile	57.6	58.1	50.2	51.5	43.8	55.8	42.7	53.3
Leu	151.6	151.2	131.6	132.5	119.1	142.9	115.3	136.5
Tyr	72.8	65.9	34.7	63.3	60.7	58.8	60.6	60.6
Phe	90.3	90.1	47.6	77.7	70.4	84.5	67.9	80.5
NH <sub>3</sub>	17.6	19.0	15.3	17.1	12.6	18.9	12.7	18.1
Lys	139.9	139.2	121.6	122.0	109.3	130.6	104.7	125.9
His	51.1	51.3	43.9	44.3	39.4	47.6	37.6	45.6
Arg	83.6	82.8	80.8	87.8	68.5	80.1	69.5	78.2

すなわち、血清分解物で Thr, Glu および Pro が血球分解物中のそれらの含量に比して約 2 倍の値を示し、Cys および Ile では 10 倍量が含まれていた。これに対して His は血清分解物の方が少なく、血球分解物中の含量の約 1/2 の値を示した。加水分解により遊離するアミノ酸量は血清では Glu, Leu, Lys, Asp, Val の順に多く、血球の場合は Leu, Asp, Lys, Val, Ala, Glu の順に多かった。血球部分に含まれる蛋白含量は血清のそれに比し、はるかに高いことが考えられたが、加水分解により遊離するアミノ酸の量は両者の間で二、三のアミノ酸を除いて大きな差がみられなかった。一般に蛋白の加水分解中に炭水化物が存在すると糖-アミノ反応により、遊離したアミノ酸が消費されアミノ酸量が低下する現象が知られている<sup>9)</sup>。血球膜には相当量の炭水化物が存在することから、上記の現象は分解により生成したアミノ酸がこれらの炭水化物と反応することにより消費された結果と考えられた。このことは今

後血球を溶血させて血球膜を除去した後分解する、あるいは分解を塩酸のかわりに酵素を用いて温和な条件で行ない糖-アミノ反応をおさえる等の方法により、解決できる問題と考える。

### 3.2 試作調味液の性状

血清の加水分解物は茶褐色を呈し、若干の不溶物を含んでいた。不溶物をろ過で除いた後中和し、4℃で放置しておく、おり状の着色沈殿が生じた。これらを除いた上清の色調は最初に比し、かなり淡くなり、薄い茶色の液体が得られた。血球の加水分解物では前述のごとく、分解後へムと思われる多量の不溶物が生成した。これらを除いた液は褐色を呈していたが、中和後 4℃に放置すると血清の場合と同様着色沈殿を生じ、これらを除いた後の呈色は淡くなる傾向を示した。血清および血球より試作した調味液の吸収スペクトルを Fig. 1. に示す。血清の場合吸収極大は認められず、短波長になるに従って吸光度は次第に増加した。一方血球より調製した調味液は 376,

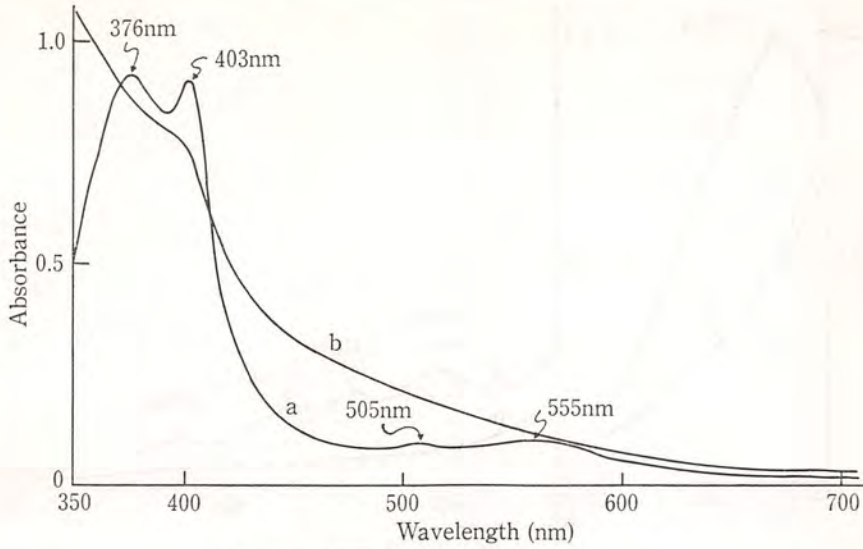


Fig. 1. 試作調味液の可視部吸収スペクトル  
 a : 血球より作製した調味液  
 b : 血清より作製した調味液  
 溶媒 : 水

403, 505, 575nm に吸収極大を示した。このスペクトルはヘムに由来する可能性も考えられたので、溶液中のヘム含量をピリジン-ヘモグロゲン法で測定した。血球より調製した調味液を Paul らの方法に従って処理した検液の吸収スペクトルは Fig. 2. に示すように、536, 567 および 621nm

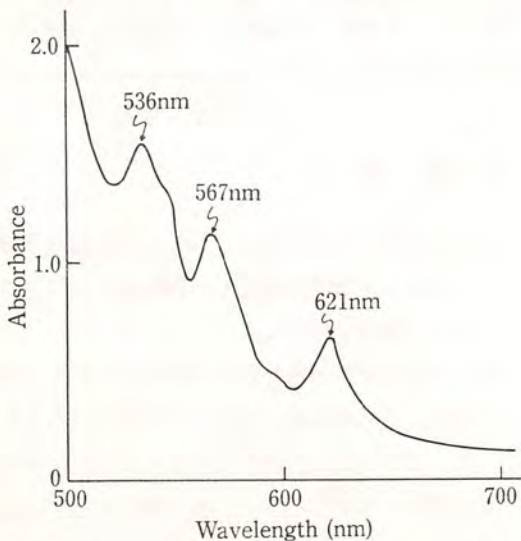


Fig. 2. ピリジン-ヘモグロゲン法で処理した血球を原料とする調味液の可視部吸収スペクトル

に吸収極大を示した。ピリジン-ヘモグロゲンの吸収極大はアルカリ中では 480, 526, 557nm であるが、上記スペクトルの吸収極大はこれらと一致しなかった。従って検液中にヘムは存在しないと考えられた。Fig. 3. に示した血球の塩酸加水分解物の吸収スペクトルに、ソーレー帯の吸収が認められなかったことも、上記の結果を支持する。従ってヘモグロビン中のヘムは、グロビン部分の加水分解により全て不溶化して沈殿してしまったものと考えられた。

### 3.3 官能試験

6種の検体に対して7人のパネラーの評価の結果を Table 3. に示す。血球よりの調味液では刺激臭あるいは舌を刺激する不快な味を感じたパネラーがいた。血清より調製した調味液では塩辛さを感じるパネラーが多かったが一般に旨味を感じた率が高く、特に常圧で分解したものでは7人のうち3人のパネラーが市販のしょうゆと見分けがつかなかった。全体的にみれば、市販しょうゆを正確に判定できたのは7人のうち1人のパネラー

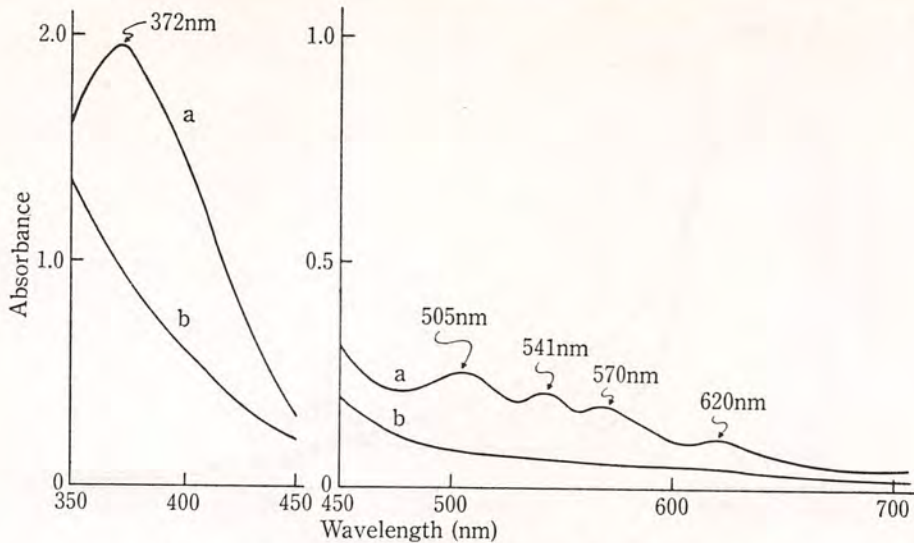


Fig. 3. プタ血球および血清加水分解物の可視部吸収スペクトル  
 a : 血球加水分解物, b : 血清加水分解物  
 溶媒: 希塩酸

Table 3. 試作調味液の官能試験

検 体	A	B	C	D	E	F	G
血球減圧分解物+市販しょうゆ	生ぐさい 色調濃し	味が薄い	刺激味 刺激臭	生ぐさい まぎい	まぎい 生ぐさい	塩辛い	塩辛い 刺激臭
≧ 常圧 ≧ + ≧	◎	旨味 香り良し	生ぐさい	塩味強	塩辛い	旨味	渋味
血清減圧分解物+	まぎい	塩辛い 色調薄し	◎	塩辛い	にが味	塩辛い	旨味
≧ 常圧 ≧ + ≧	塩辛い	塩辛い	旨味	◎ 甘味	甘味 味薄し	◎	◎
市販しょうゆ +20% NaCl	味が薄い	味が薄い	生ぐさい	味が薄い	◎	まぎい	酸味
市販しょうゆ	後味悪し	◎ 香り強し	甘味	味濃厚	味濃厚	塩味強	味濃厚

◎: 各パネラーが市販しょうゆと判定したもの。

のみであった。このことから、本研究で製造した調味液は50%程度の混合率であれば、少なくともしょうゆの増量剤として充分使用可能であるものと考えられた。

以上、家畜血液の加水分解物を調味料として使用する可能性を検討した結果、若干の改良を加えることにより使用可能であることが明らかとなった。特に血液を食品添加物として使用する際障害となるヘム色素が、加水分解物の場合には全く問題にならないことは、利用しにくいヘム色素の利用法の一つの可能性を与えるものとする。

#### 4. 要 約

- (1) 家畜廃血液の利用法として血液を加水分解してアミノ酸混合物とし、調味液として利用する可能性を検討した。
- (2) 血球部分の加水分解により生じるアミノ酸量は、その蛋白量に比して少い傾向がみられた。このことは血球膜に含まれる炭水化物と分解により生じたアミノ酸が糖-アミノ反応を起こし、アミノ酸が消費されるためと考えられた。



- (3) 血球部分は加水分解により多量の不溶物を生じ、血色素のヘムはほとんどこれら不溶物として沈殿することが判明した。
- (4) 血清および血球の加水分解物より調製した調味液は、市販のしょうゆの増量剤として使用可能であると考えられた。

## 文 献

- 1) Terrell, R. N., Weinblatt, P. J., Smith, G. C., Carpenter, Z. L., Dill, C. W. and Morgan, R. G. J. *Food Sci.*, **44**, 1041-1048 (1979)
- 2) 中村豊郎, 沼田正寛, 吉野裕一, 糸沢みき子: 日本食品工業学会誌, Vol. 30, No. 5, 283~289 (1983)
- 3) Paul, K. G., Theorell, H. and Åkeson, Å. *Acta Chem. Scand.* **7**, 1284-1287 (1953)
- 4) 堀 信一, 加藤二郎, 日野哲雄, 溝口直正: 日本農芸化学会誌, **31**, 19-22 (1956)

# 食肉生産における副産物、廃棄物の 飼料資源的再利用に関する研究

Studies on the Recyclic Utilization of By-Products and Offals in  
Meat Production as the Feed Stuff

大 武 由 之\*・山 内 亨 (\*日本大学農獣医学部食品工学科, 宇都宮大学農学部)

## 1. 目 的

食肉の生産に際し、屠畜場や食肉処理場、食肉加工場において生ずる副産物、廃棄物である臓器、血液、脂肪その他副生物の一部は、食用や工業用原料として利用されているが、なお効率的な利用がはかられているとはいえない。副生物のなかには、人の食糧としては利用適性が乏しくても、微生物には豊富な栄養源となり得る素材も多いので、微生物培養の窒素源、炭素源に活用して、菌体や菌体成分の利用の方向が考えられる。この見地から、現在、食品の価値が乏しい骨脂を唯一の炭素源とする無機培地で、酵母の培養、生産を試みているが、さらにその他の副生物をも利用する飼料酵母の生産を行なって、畜産副産物の有効な資源的リサイクルを図るのを目的としている。

## 2. 実験方法

食肉工場の原料肉処理における除骨工程で得られた豚の前肢および後肢の骨から骨髄を取り出し、加熱溶出して骨脂を製取し、温湯で洗浄して試験に供した。

培養に用いたのは、*Cryptococcus albidus* IAM 4317, *Candida lipolytica* No. 6~20, *Candida lipolytica* IAM 4947, *Candida rugosa* JF 101, *Candida rugosa* JF 114, *Candida tropicalis* WH 4-2, *Tricosporon spericum* EP 43 およ

び *Tricosporon spericum* EP 48 の8種の酵母で、分類学上は第3科に属する無孢子酵母群である。上記の菌種はいずれも東京理科大学理工学部応用生物科学科の保存菌株である。

培地は硫酸アンモニウムと尿素を窒素源とし、FeCl<sub>3</sub>を含むリン酸緩衝液の無機培地で、これに炭素源として豚骨脂を培地の1%に当る量を加えたものである。

培養にあたっては、500mlの三角フラスコに培養液80mlを入れ、滅菌した後酵母を接種し、27°Cで振盪培養を行なった<sup>1)</sup>。また、やや多く菌体を得るためには、4 l容のジャーファメンター培養装置(丸菱理化装置研究所 MD 300型)を用いて、27°Cで攪拌、通気培養を行なった。この際の通気する空気は、無菌フィルターを通過して清浄化した。なお、試験に用いた各酵母菌株の保存には、Table 1. に記した寒天培地を使用した。

菌体脂質の調査には、凍結乾燥した菌体からBrigh-Dyer法に準じて全脂質を抽出した<sup>2)</sup>。全脂質の分画には、ケイ酸(Unisil)を用いてカラムクロマトグラフィーによって中性脂質、糖脂質およびリン脂質を分取した<sup>3)</sup>。さらに、これらの脂質クラスは、薄層クロマトグラフィーによって、それぞれの脂質成分に分画した。

それぞれの脂質は三フッ化ホウ素メタノール溶液でメチルエステル化して<sup>4,5)</sup>、ガスクロマトグラフィーによって脂肪酸組成を調べた。

脂質のエステル化の操作方法、ガスクロマトグ

ラフィーの実施, およびクロマトグラム上のメチルエステルピークの同定と, 脂肪酸組成の算出などは, 以前に行なったと同様の方法で実施した<sup>6)</sup>。

薄層クロマトグラフィーによって分画した各脂質成分の確認には, Rf 値および脂質の検出試薬によって行なった。糖脂質に対してはアンスロン試薬, セレブロサイドには次亜塩素酸塩-ベンジジン試薬, リン脂質一般には Dittmer 試薬, コリン脂質には Dragendorff 試薬, アミノ脂質にはニンヒドリン試薬, アミド脂質には次亜塩素酸塩-ベンジジン試薬, グリコール脂質には Schiff 試薬を用い, それぞれ呈色反応によって各成分の検出, 判定を行なった。中性脂質の各成分の検出には 50% 硫酸を噴霧した後, オープン中で 180°C に 30 分加熱, 炭化する方法をとった。

薄層クロマトグラフィーで分画した脂質成分を試験に用いる際は, 2,7-ジクロロフルオレッセインあるいはロダミン 6 G 試薬を噴霧し, 蛍光下で検出する方法をとった。

培養試験後は, 遠心分離によって菌体を集め, 菌体は緩衝液で 2 回, ついでヘキサンで 2 回洗浄し, 凍結乾燥して試験に供した。

菌体の粗タンパク質の定量は, ミクロケルダール法で窒素を測り, これに 6.25 を乗じて粗タンパク質量とした。また, 菌体のアミノ酸分析は, 菌体を 6N-HCl で加水分解して, 日本電気製アミノ酸アナライザー JLC-6AS によって測定した。

菌体の炭水化物は, フェノール硫酸法<sup>7)</sup>によって測定して, ヘキソース含量として表した。

### 3. 結果および考察

試験に用いた培養基および菌体の保存に用いた培地の組成は, Table 1. に示すとおりであるが, 寒天培地の pH の調節には N-NH<sub>4</sub>OH あるいは N-NaOH を用いた。

Table 1. Composition of the Culture Medium (g/liter)

Liquid medium		Agar slant	
Urea	2.0	Malt extract	10
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·12 H <sub>2</sub> O	3.0	Yeast extract	4
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.5	Glucose	4
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2.2	Agar	20
MgSO <sub>4</sub> ·7 H <sub>2</sub> O	0.5	(pH 7.2)	
NaCl	0.5		
FeCl <sub>3</sub> ·6 H <sub>2</sub> O	0.01		
Yeast extract	0.2		
Carbon source	10		
	(pH 7.2)		

Table 2. Fatty acid compositions of porcine bone marrow lipids (wt. %)

Fatty acid	Humerus			Femur		
	TL	PL	NL	TL	PL	NL
14:0	1.1	0.2	1.1	1.1	0.5	1.2
16:0	24.8	24.3	24.2	24.5	28.2	24.2
16:1	2.0	1.6	2.0	2.1	2.6	2.1
17:0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
17:1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
18:0	14.2	16.2	13.5	13.7	14.2	13.8
18:1	43.5	35.5	43.4	44.1	31.7	43.6
18:2	9.8	13.6	10.6	9.9	13.3	9.8
18:3	0.4	0.2	0.4	0.4	0.1	0.4
20:1	2.3	1.4	2.4	2.4	0.9	2.4
20:2	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1
20:4	0.4	4.4	0.4	0.4	4.8	0.4
20:5		0.5			0.3	
22:3		0.8			0.8	
22:5		0.5			0.6	
Unsat. acid	59.7	59.0	60.8	60.5	56.7	60.3
Phospholipid* (%)		0.4			0.3	
TL in bone (%)						

\* Weight per cent of phospholipid in total lipid

また, 炭素源として加えた豚骨脂は, ほとんどが中性脂質で, 微量のリン脂質を含んでいた。前肢および後肢から製した骨脂の脂肪酸組成は, Table 2. に示すとおりであるが, 酵母の培養基には, 前肢および後肢からのものを混合して使用した。

豚骨脂のおもな脂肪酸は C16:0, C18:0, C

18:1, およびC18:2で, 骨脂のリン脂質は中性脂質に比べてC18:1が少なく, C18:2やC20:4などの高度不飽和脂肪酸が多かった。

試験に使用した8種類の酵母を, それぞれ27°Cで5日間培養した後の菌体収量と, 凍結乾燥菌体成分含量はTable 3. に示すとおりである。

菌体収量の多かったのは *C. tropicalis* WH 4-2, *T. sp.* EP 48 および *C. rugosa* JF 102 など, 菌体収量の少なかったのは *C. lipolytica* IAM 4947 および *Cr. albidus* LAM 4317 であった。

菌体成分の分析結果は, 菌種によってかなりの差異が見られたが, 菌体収量と成分含量との間に相関関係は認められなかったし, 各菌種にあつて各成分間でも, 測定値で相関が見られなかった。

菌体成分の測定にあつて, たとえば菌体脂質の抽出については, Brigh-Dyer 法に準じ簡便法

によって実施したが, 酵母菌体からの脂質の定量的抽出については, これまでにも指摘されているところもあり<sup>9)</sup>, 完全抽出の方法も提案なされているので<sup>9)</sup>, 今後, この点の検討も必要と思われる。

菌体から抽出した全脂質の脂肪酸組成は, Table 4. に示すとおりであるが, この表ではおもな脂肪酸を記載し, 微量な脂肪酸の含量は省略した。したがってC17:0, C17:1その他, 表記しなかった脂肪酸もあった(以下の脂肪酸組成の表にあつても同じような方法をとった)。

酵母の種類によって脂肪酸組成に差異が見られるが, 試験した酵母の菌体脂質のおもな構成脂肪酸はC16:0, C18:0, C18:1およびC18:2であったことから, 酵母は炭素源の利用にあつては, 培地骨脂の脂肪酸組成を反映して, 菌体脂質の生産をしているように思われる。これまでの振

Table 3. Cell yield and cell component of yeast grown in bone fat media

Species	Cell yield <sup>a</sup>	Protein <sup>b</sup>	Hexose <sup>b</sup>	Lipid <sup>b</sup>
<i>C. tropicalis</i> WH 4-2	4.33	12.7	43.5	11.9
<i>C. lipolytica</i> No. 6-20	3.32	17.6	22.4	43.0
<i>C. lipolytica</i> IAM 4947	1.85	30.4	32.6	18.9
<i>C. rugosa</i> JF 101	3.99	25.2	20.2	23.0
<i>C. rugosa</i> JF 114	3.37	20.0	10.6	40.4
<i>Cr. albidus</i> IAM 4317	1.31	15.0	30.3	40.0
<i>Tr. spericeum</i> EP 43	3.41	26.2	51.8	10.0
<i>Tr. spericeum</i> EP 48	4.25	14.1	10.8	56.8

a ; grams dry cell/liter medium, b ; wt. % in dry cell

Table 4. Main fatty acids of yeast grown in bone fat media (wt. %)

Fatty acid	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	20:1	S/U*
<i>C. tropicalis</i> WH 4-2	0.3	19.8	3.9	7.8	50.9	14.9	0.3	0.40
<i>C. lipolytica</i> No. 6-20	0.2	22.6	3.1	16.2	45.9	8.1	2.0	0.65
<i>C. lipolytica</i> IAM 4947	0.3	18.2	4.4	6.9	55.6	10.3	2.3	0.35
<i>C. rugosa</i> JF 101	0.8	31.2	5.6	17.7	32.7	9.7	0.7	1.01
<i>C. rugosa</i> JF 114	0.9	29.2	3.7	17.6	37.0	8.3	1.5	0.93
<i>Cr. albidus</i> IAM 4317	0.4	19.7	2.5	13.8	49.4	10.4	1.8	0.52
<i>Tr. spericeum</i> EP 43	0.1	20.9	5.9	19.7	39.1	11.6	1.1	0.70
<i>Tr. spericeum</i> EP 48	0.2	27.0	1.6	20.1	42.4	4.7	2.3	0.92
Bone fat	1.3	25.0	2.5	13.3	39.5	13.0	1.6	0.67

\* Total saturated acid/total unsaturated acid

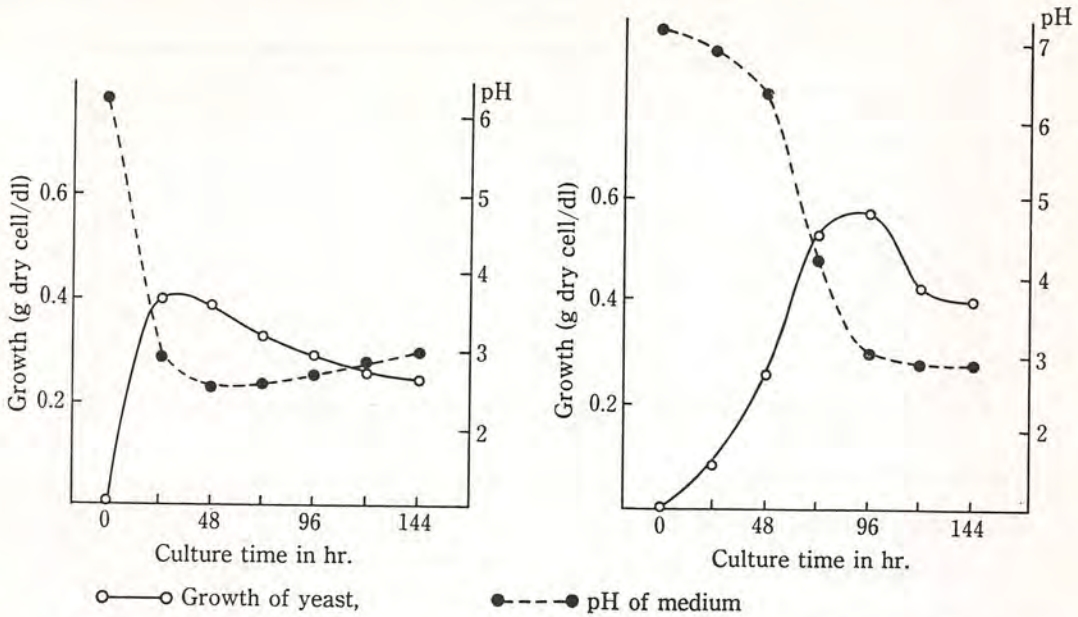


Fig. 1. Cell growth and changes of pH of *C. tropicalis* WH 4-2 cultured in bone fat medium

過培養の試験は、pH 7.2の培地で行なったが、酵母は一般に微酸性で良く成育するといわれているので、培地のpHを7.15と6.20との2通りで、ジャーファメンターを用いて培養試験を行なって菌体の成育状態を調べた。その結果は Fig. 1. に示すとおりである。

初期 pH 6.20 で培養を行なった場合は、*C. tropicalis* WH 4-2 の増殖は、直ちに始まって培養を始めてから30時間程度で生育が最高になり、以後菌体収量が低下をきたす。初期 pH 7.15 では、培養を始めて1~2日までは増殖がゆるやかであるが、ほぼ4日で増殖が最高となり、以降減少をきたす。初期 pH がいずれの場合でも、菌の増殖に伴って培地の pH は次第に小さくなり、ともに pH が3以下になると菌体量の増加が見られなくなった。また、初期 pH 7.15 では、菌の増殖が初期 pH 6.20 のときよりも遅く始まるが、菌体収量では pH 7.15 のときは pH 6.20 のときに比べて、約 1.5 倍の生産が見られた。

培養試験後、*C. tropicalis* の菌体から抽出し

た脂質を、ユニシルカラムを用いて、クロロホルムでもって中性脂質 (NL)、アセトンでもって糖脂質 (GL)、ついでメタノールでもってリン脂質 (PL) を溶出、分画して<sup>3)</sup>、それぞれの脂質画分の脂肪酸組成を調べた結果は Table 5. に示すとおりである。

初期 pH のちがいによる菌体脂質画分の脂肪酸組成の差異は、NL画分でやや大きかった。また、いずれの pH での培養菌体の脂質でも、GLはNLよりも C18:0 が少なく、NLやPLに比べてGLは C16:6 が多く、PLはNLやGLに比べて C16:0 と C18:0 が少なく C18:1 が多かった。

今回の試験に使用した酵母は、代表的な石油酸化酵母であるが、石油系炭化水素を炭素源として生産した酵母 (Single Cell Protein-SCP) は、基質のノルマルパラフィンに奇数炭素鎖アルカン類を含むことから<sup>10,11)</sup>、菌体脂質に多量の奇数炭素鎖の脂肪酸が含有されることがある。奇数酸の含有は、動物試験によって栄養的に特に難点が無

**Table 5.** Fatty acid compositions of *C. tropicalis* WH 4-2 cultured at pH 7.15 and pH 6.20 in bone fat media (wt. %)

Fatty acid	Initial pH 7.15				Initial pH 6.20			
	TL*	NL	GL	PL	TL	NL	GL	PL
14:0	1.2	1.0	1.5	Tr	1.1	1.2	1.7	0.9
16:0	35.0	35.8	39.9	25.2	32.3	31.8	37.5	26.9
16:1	1.5	1.2	3.2	3.9	1.9	2.1	2.7	3.3
18:0	28.8	30.0	17.2	3.1	22.3	22.7	15.8	4.9
18:1	26.2	25.9	28.7	53.8	34.5	34.5	30.3	48.2
18:2	3.8	3.3	1.9	11.1	3.0	3.3	1.9	12.0
20:1	1.2	1.1	1.3	0.2	1.5	1.4	1.3	0.2
S/U	1.98	2.11	1.63	0.43	1.33	1.34	1.42	0.55

\* TL, total lipid; NL, neutral lipid; GL, glycolipid; PL, phospholipid

いといわれている<sup>12)</sup>が、奇数炭素鎖を持つ脂肪酸は、一般の天然動植物油脂には極く僅に含まれているので、奇数酸含量の高いことは、飼料としてのぞましいものとは考えにくい。骨脂を炭素源として生産した酵母では、奇数酸含量が極めて少ないので、飼料酵母として用いる場合、脂質栄養の見地からは有利なものと思われる。

培養した *C. tropicalis* WH 4-2 菌体のアミノ酸組成を調べた結果は、Table 6. に示すとおりである。

試験の結果、菌体の主要なアミノ酸は、グルタミン酸、アスパラギン酸、リジン、ロイシン、イソロイシン、スレオニン、セリン、フェニルアラニンなどで、以前にわが国で試験生産されたSCPのアミノ酸分析の結果<sup>13)</sup>と、かなり類似した値を示していた。今回生産した酵母、菌体タンパク質も、含硫アミノ酸がやや少ないと見られたが、以前に調べられた石油酵母<sup>14)</sup>と、同様な栄養的、飼料的価値を有するものと思われる。

#### 4. 要 約

食肉生産における副産物の骨脂を唯一の炭素源として利用し、飼料酵母を生産する試験を行なった。

試験には *Candida lipolytica*(2株), *C. rugosa*

**Table 6.** Amino acid compositions of *C. tropicalis* WH 4-2 cultured in bone fat medium at initial pH 7.15 and pH 6.20 (wt. %)

	Jar fermentor culture	
	pH 7.15	pH 6.20
Aspartic acid	10.0	10.1
Threonine	6.2	7.1
Serine	6.0	6.7
Glutamic acid	19.9	14.7
Proline	4.1	4.4
Glycine	4.6	4.9
Alanine	5.7	5.3
Cystine (1/2)	1.1	0.7
Valine	5.1	5.8
Methionine	1.7	1.9
Isoleucine	5.0	5.5
Leucine	6.7	7.1
Tyrosine	3.6	3.6
Phenylalanine	6.1	8.1
Histidine	2.4	2.4
Lysine	7.1	7.6
Arginine	4.7	4.2
Tryptophan	nd	nd

nd, not determined

(2株), *C. tropicalis*, *Cryptococcus albidus* および *Tricosporon spericeum* (2株) の計8種類の酵母を用いた。振盪培養法で試験したところでは *C. tropicalis* WH 4-2, *T. sp.* EP 48 および *C. rugosa* JF 101 などが菌体収量が良好で、*C. lipolytica* IAM 4947, *Cr. albidus* LAM 4317 は発育が良くなかった。

ジャーファメンターを用いて通気培養を行なったところ、培地の初期 pH が 6.20 では酵母の増殖が速やかに起るが、初期 pH 7.15 で培養したほうが、pH 6.20 のときに比べて菌体収量が多かった。また、初期 pH が異なっても、培地の pH が 3 以下となると、酵母菌の増殖が見られなくなることが知られた。

生産した酵母菌体脂質の分析から、菌体脂質を構成するおもな脂肪酸は、C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 で、少量の C16:1 を含んでいて、奇数炭素鎖の脂肪酸は極めて少なかった。

酵母菌体のアミノ酸分析を行なったところ、含硫アミノ酸はやや少ないが、アミノ酸組成から見て、生産した酵母は比較的良好な栄養価を有するものと思われた。

#### 文 献

1) 大武由之・山内 亨・飯田 貢：日畜会報, 53

(11) : 774 (1982)

- 2) 渋谷 勲・赤松 穰・土井 脩・鬼頭 誠：生物と化学 10 : 672 (1972)
- 3) Moerck, K. E. and H. R. Ball, Jr., J. Food Sci., 38 : 978 (1973)
- 4) Metcalfe, L. D., A. A. Schmitz and J. R. Pelka, Anal. Chem., 38 : 514 (1966)
- 5) Endress, J. G., J. Am. Oil Chemists' Soc., 43 : 600 (1966)
- 6) 大武由之：日畜会報 53 : 797 (1982)
- 7) 日本生化学編：糖質の化学(下), 東京化学同人, p. 370 (1977) 丸善, 東京
- 8) Sobus, M. T. and C. E. Holmlund, Lipids, 11 : 341 (1976)
- 9) Suzuki, T., A. Takigawa and K. Hasegawa, Agr. Biol. Chem., 37 : 2653 (1973)
- 10) Thorps, R. F. and C. Ratledge, J. Gen. Microbiology, 72 : 15 (1972)
- 11) Thorps, R. F. and C. Ratledge, *ibid.*, 78 : 203 (1973)
- 12) 生雲晴久・吉田 実：日本家禽誌, 12 : 155 (1975)
- 13) Yoshida, M., M. Tada, H. Bansho, M. Matsushima, K. Koba, M. Iino and I. Umeda, 畜誌研究報告, 59 (1976)
- 14) 吉田 実・星井 博：日本家禽誌, 14 : 79 (1977)

# 国産牛肉の生産費節減に関する計量経済学的研究

An Econometric Study on Reducing the Production Cost of Beef in Japan

甲 斐 論 (九州大学農学部)

## 1. 目 的

わが国の肉牛生産は、高い牛肉価格に対する消費者の強い不満、厳しい海外からの牛肉自由化や輸入枠の拡大要求に直面しており、いつまでも小規模低生産性の慣習的農業を続けている訳にはいかない状態になっている。

本研究の目的は、日本最大の肉牛生産地である九州の子牛生産経営と肥育牛経営の実態調査資料を素材にして、①わが国の肉牛生産が現在の零細副業的段階から脱却し、粗飼料生産基盤の拡充と多頭化によって、牛肉生産費を節減することができるのか、②収益性と生産性の高い経営に発展する可能性があるのか、③その条件や阻害要因は何であるかについて計量経済学的に研究を試みることである。

## 2. 方 法

鹿児島、宮崎、熊本の南九州3県の実態調査資料及び農林水産省が実施している生産費調査資料を素材にし、分析には相関分析、重回帰分析、パス分析等の計量経済学的手法を用いた。

## 3. 結 果

### 3.1 子牛生産費節減の可能性

国産牛肉が高い1つの理由は、肥育素牛を供給する子牛生産経営が零細でその生産費が高いからである<sup>1,2,3)</sup>。子牛生産費の最大費目は飼料費

(1981年、全国平均で44.9%)と労働費(同、30.2%)であり、両者で75.1%に達している。子牛生産費を節減するには、この両費目の節減を図ることが肝心である。南九州の子牛生産経営における子牛1頭当たり生産費( $X_2$ , 1,000円)と1戸当たり繁殖牛頭数( $X_1$ , 頭)との関係は①式と図1のとおりである。

$$X_2 = 427.3643 - 25.4913X_1 + 0.5645X_1^2$$

(24.473) (8.876) (5.832)

.....①  
 $R^2 = 0.7803$

ただし、\*\*\*は有意水準1%、( )内は|t|値、 $R^2$ は決定係数を示す。

①式及び図1から、現状の1戸当たり5頭程度の繁殖牛頭数規模を拡大すれば確実に子牛生産費

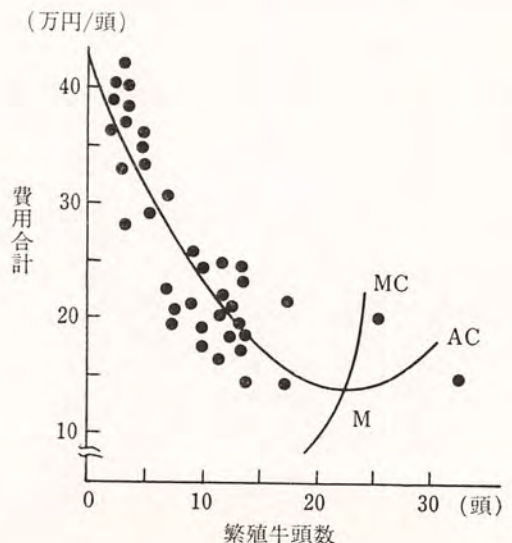


図1 子牛1頭当たり費用合計



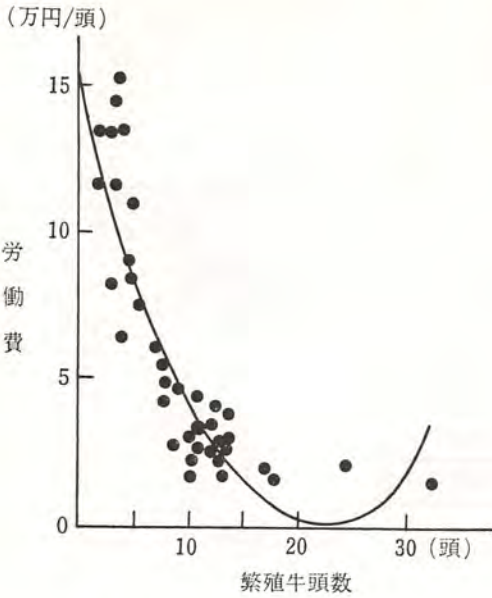


図2 子牛1頭当たり労働費

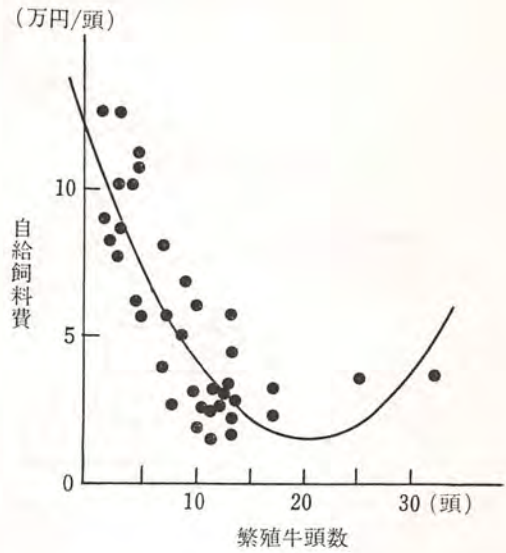


図3 子牛1頭当たり自給飼料費

は低下し、10頭まで拡大すれば現状の60%程度まで生産費は節減可能であることが明らかになった。

### 3.2 子牛生産費節減のメカニズム

子牛生産費のうち、どの費目が頭数規模の拡大とともに大きく低下するのか検討した結果は、図2、図3のとおり労働費と自給飼料費であったが、その背後には粗飼料生産基盤としての畑面積の拡大が必要であることが明らかになった。すなわち、図4の子牛生産費節減メカニズムに示すように、畑面積を拡大すれば機械器具償却費は増加するが、機械器具を駆使して機械器具償却費以上に労働費、自給飼料費を減少させることができ、その結果子牛生産費が節減されるものと考えられる。

### 3.3 立地条件と子牛生産費

子牛生産費は立地条件によっても大きくことなる。熊本県の球磨地方は通年舎飼い方式の水田地帯、阿蘇は夏山冬里方式の水田地帯、南阿蘇は夏山冬里方式の畑作地帯である。

頭数規模を  $X$  (頭/戸)、第2次生産費を  $Y$  (1,000円/頭) とすれば、それらの関係は球磨では

$$Y = 295.825^{***} - 8.836X^{**} + 0.252X^2^{*} \quad \text{②}$$

$R^2 = 0.992$

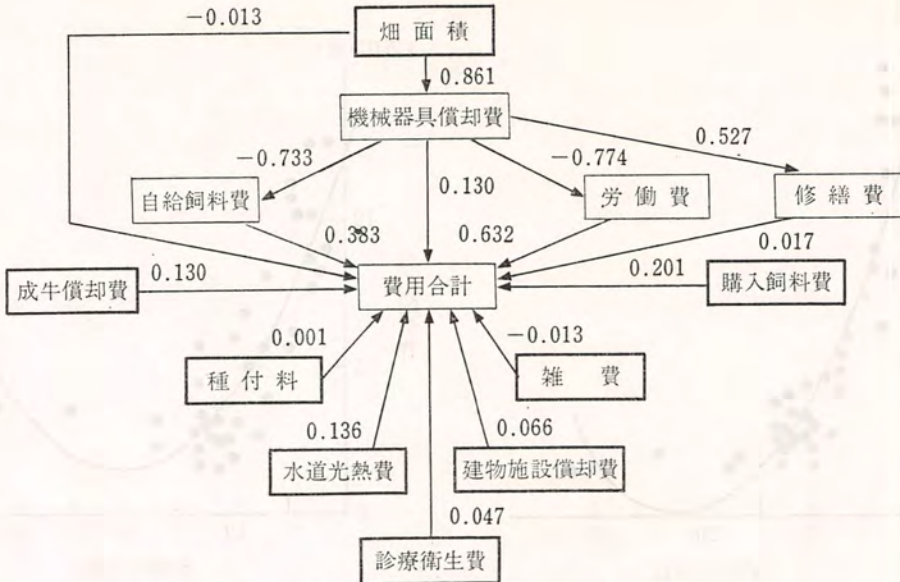
阿蘇では

$$Y = 286.755 - 10.576X + 0.309X^2 \quad \text{③}$$

$R^2 = 0.951$

となる。両式から明らかなように舎飼い方式でも夏山冬里方式でも17~18頭までは生産費が頭数規模の拡大とともに確実に低下するものと考えられる。

しかし、球磨では④式、阿蘇では⑤式、南阿蘇では⑥式のように、頭数規模の80~90%は粗飼料生産基盤としての耕地面積や草地面積によって影響されているので、土地基盤の零細は個別農家の頭数規模拡大は困難である(ただし、 $Y$ は成牛頭数(頭/戸)、 $X_1$ は耕地面積(a/戸)、 $X_2$ は草地面積(a/戸)である)。



注：□は外生変数，○は内生変数を示す。

図4 子牛生産費節減のパスダイアグラム

$$Y = -0.0314 + 0.0519X_1 \dots\dots\dots ④$$

(0.009) (3.944)  $R^2 = 0.795$

$$Y = 39.3522 - 0.1618X_1 + 0.1003X_2 \dots\dots\dots ⑤$$

(2.190) (2.041) (3.263)

$R^2 = 0.838$

$$Y = -2.1823 + 0.0085X_1 + 0.0138X_2 \dots\dots\dots ⑥$$

(0.222) (0.330) (3.121)

$R^2 = 0.838$

3.4 草地改良と子牛生産費の節減

草地改良により子牛生産費はどの程度節減されるか検討しよう。

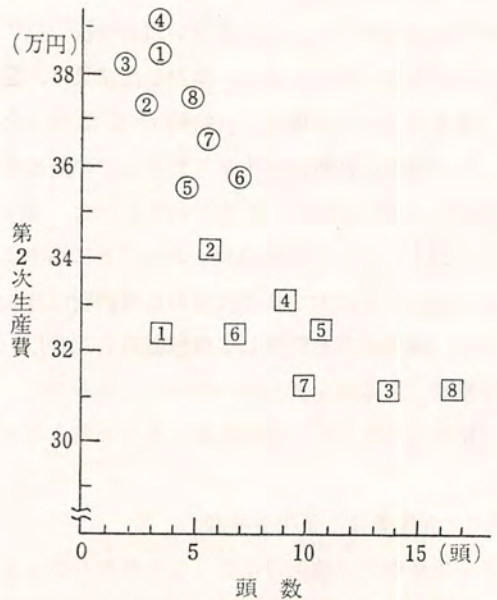
草地改良前後の頭数 (X, 頭/戸) と第2次生産費 (Y, 1,000円/頭) との関係は⑦式(前), ⑧式(後)及び図5のとおりである。

$$Y = 399.483 - 6.444X \dots\dots\dots ⑦$$

(49.685) (3.430)  $R^2 = 0.663$

$$Y = 346.630 - 2.295X \dots\dots\dots ⑧$$

(34.735) (2.510)  $R^2 = 0.558$



注：○は草地改良前，□は草地改良後を示し，数字は農家番号を示す。

図5 1頭当たり第2次生産費

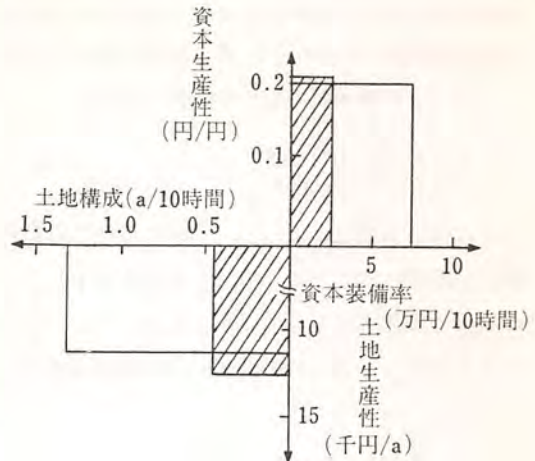
両式及び図5から草地改良と多頭化による子牛生産費の節減を確認することができるが、それは草地改良による放牧日数の大幅延長(131日→241日)とそれと表裏の関係にある冬期舎飼日数の大幅短縮(234日→124日)によってとくに飼料費と労働費が節減されたからである。また、放牧期間中の看視回数は7.3回から26.4回に大幅に増加したにもかかわらず、草地改良に伴う農道の整備により草地までの1頭当たり往復時間が4.5時間から1.5時間に短縮されたことも影響している。ことに手入れ・運動、敷料の搬出入等の単純な作業は短縮されたが、逆に種付、分娩看護、草地での看視などの集約管理労働時間はむしろ増加していることは注目に値する。

草地改良後の労働時間短縮と労働生産性の向上の背後には、放牧期間の延長以外に、建物施設資本や大農具資本等の肉用牛を除く固定資本額が1頭当たり157,760円から339,306円に約2倍も蓄積され、労働と資本の代替が生じた結果達成された事実を見逃してはならない。今後の草地改良を考えると入会地の改良補助のみならず、入会農民の各経営の資本蓄積、既耕地の土地集積を支援するような施策が重要であり、それらが相伴ってはじめて草地改良による労働生産性の上昇が達成され、草地改良が実効あるものになることを図6、

図7を用いて強調しておきたい<sup>4,5)</sup>。

### 3.5 子牛生産費節減の阻害要因

以上の分析で多頭化すれば子牛生産費は節減可能であることが明らかになった。しかし現実には、次に指摘するような子牛生産費節減の阻害要因が山積している。すなわち、①土地集積の困難性、②低資本蓄積によるパドックの欠如と牛舎構造の未改善、③入会権の未調整と草地改良の停滞、④濃厚飼料の多給化傾向、⑤一般化しにくい多頭農家の飼養技術、⑥冬期粗飼料生産基盤の制約、⑦子牛価格の低迷と耕地利用をめぐる競争力



注：斜線は草地改良前の、□は草地改良後の労働生産性を示す。

図6 労働生産性とその要因

草地改良前	草地改良後
耕地面積	
-0.038	** 0.829
飼料作面積	
0.435	*** 0.973
頭数	
-0.189	** 0.752

注：数値は相関係数を、  
\*\*\*有意水準1%、  
\*\*は同5%を示す。

図7 耕地面積、飼料作面積、頭数の関係

の低下、⑧販売子牛の無放牧、⑨分娩後の母牛および後継予定子牛の入牧時期の遅延、⑩育成牛の登録前別飼い(3~4ヶ月)、⑪放牧中の疾病の多発等々である。

これらの問題点を既耕地の賃貸借や草地改良の推進によって、あるいは肉牛導入資金補助等々によって、行政と個別経営が一体になって解決することこそが子牛生産費の節減にとって重要である。

### 3.6 肥育牛経営の労働効率と資本効率

肥育牛経営も⑨式のように多頭化に伴い確実に

収益性が上昇している（ただし、 $Y$ は1日当たり家族労働報酬（1,000円）、 $X$ は頭数（頭/戸）を示し、データは熊本県の肥育牛経営である）。

$$Y = 4.247 + 0.139X \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

(2.051) (7.265)  $R^2 = 0.883$

それは、多頭化によって、 $\textcircled{9}$ 式のように労働時間が短縮されることによって生産費が低下し、その結果労働効率が上昇するからである（ただし、 $T$ は1頭当たり労働時間（分）、 $X$ は頭数（頭/所）を示す）。

$$T = 12.630 - 0.0798X \dots\dots\dots \textcircled{10}$$

(21.880) (7.603)  $R^2 = 0.892$

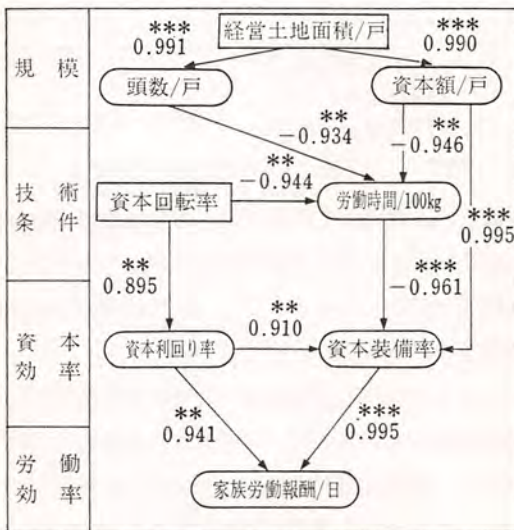
労働効率を1日当たり家族労働報酬で把握し、それに影響する要因間の収益性影響メカニズムを図8に示す。1日当たり家族労働報酬は、資本利回り率と資本装備率によって強く影響されており、資本効率が労働効率の決定要因であることがわかる。技術条件を示す資本回転率が資本利回り率や100kg当たり労働時間に影響している。1戸当たり経営土地面積は1戸当たり頭数や資本額の

決定要因となっている。肥育牛の多頭化には多額の資金が必要であるが、それを借入資金で賄う場合が多い。経営土地が資金を借入れする場合の担保になっているため、経営土地面積と頭数や資本額との相関係数が高くなったものと考えられる。

以上の考察から1日当たり家族労働報酬を高めるルートは2つ考えられる。1つは経営土地面積拡大を起点とする多頭化、省力化、資本蓄積により資本装備率を高めるルート、他の1つは資本回転率を高め、資本利回り率を高めるルートである。両ルートあるいはどちらかのルートにより、労働報酬を高める努力が望まれる。

3.7 肥育牛経営の収益性の変動要因

1970年以降の農林水産省調査による生産費データを用い、労働効率と資本効率との関係を分析しよう。図9に農村臨時雇賃金指数（1980年=100）で実質化した実質1日当たり家族労働報酬と資本利回り率の推移を示す。両者の相関係数は0.954で密接に関係しているが、それらはともに $\textcircled{9}$ 式、



注：数値は相関係数である。\*\*\*は有意水準1%、\*\*は同5%を示す。  
□は外生変数、○は内生変数を示す。

図8 肥育牛経営の収益性影響メカニズム

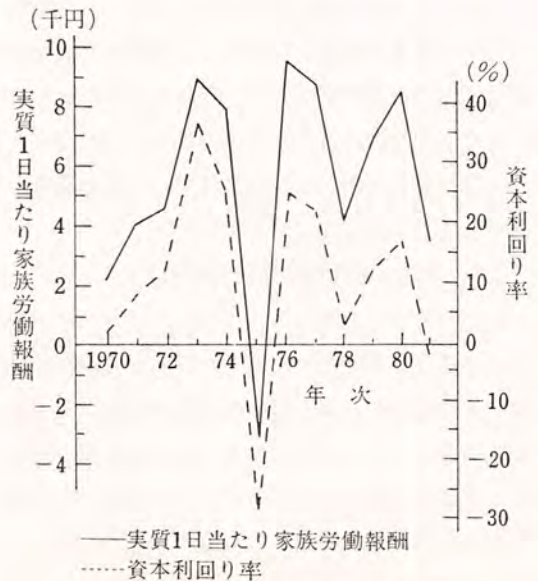


図9 肥育牛経営の収益性の推移

資料：農林水産省「畜産物生産費調査報告」各年および同「農村物価賃金統計」各年より作成。

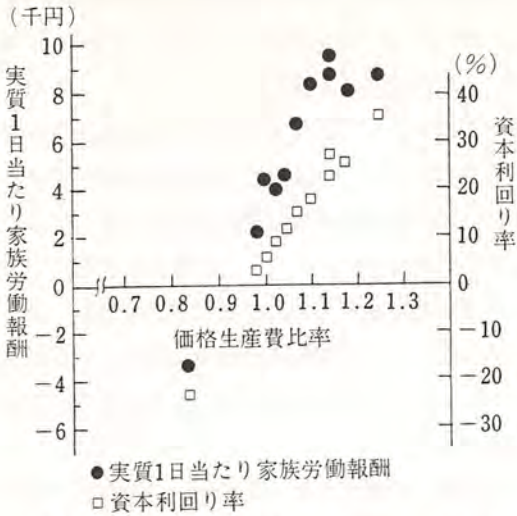


図10 肥育牛経営の収益性と価格生産費比率の関係

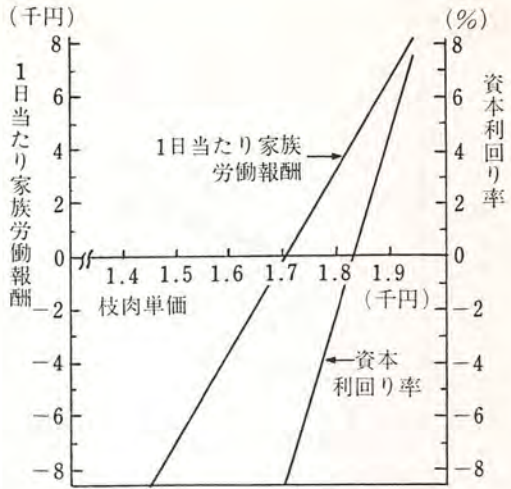


図11 枝肉単価と肥育牛経営の収益性との関係

⑫式及び図10に示すように価格生産費比率（肥育牛価格/第2次生産費）で、その変動の88%，98%が影響されていることがわかる（ただし、 $RI$ は実質1日当たり家族労働報酬（1,000円）， $X$ は資本利回り率（%）， $PC$ は価格生産費比率である）。

$$RI = -30.425 + 33.914PC \dots\dots\dots \text{⑪}$$

(6.794) (8.085)  $R^2=0.880$

$$X = -154.861 + 157.337PC \dots\dots\dots \text{⑫}$$

(19.593) (21.250)  $R^2=0.980$

価格生産費比率が収益性の変動要因であることがわかったが、生産費は年々上昇しているの、価格生産費比率を大きく変動させているのは肥育牛の価格であるといえる。

1981年の肥育牛生産費（全国）の調査結果を用いて、枝肉単価（ $K$ ，1,000円），と1日当たり家族労働報酬（ $I$ ，円），資本利回り率（ $X$ ，%）との関係を示したのが⑬式と⑭式及び図11である（但し、生体重630kg，枝肉歩留り率61%を前提にした）。

$$I = 33.563K - 57.155 \dots\dots\dots \text{⑬}$$

$$X = 0.06775K - 124.14 \dots\dots\dots \text{⑭}$$

1981年の1頭当たり販売価格は696,270円であり、それを枝肉単価に換算すると1kg当たり1,812円であるが、そのときの1日当たり家族労働報酬は3,655円、資本利回り率は-1.39%である。1983年度政府決定価格は、安定上位価格でさえ1kg当たり1,820円であり、そのときの1日当たり家族労働報酬は3,930円、資本利回り率は-0.84%程度になるものと予想される。

### 3.8 肥育期間短縮の阻害要因

わが国の霜降り肉生産を目標にした肥育期間の長期化に対して、近年、赤身肉の需要がふえ、また飼料資源の有効利用の面からも批判が出されている。しかし、図12に示したように、肥育期間を延長し、出荷月齢を延ばせば1頭当たり販売額は生産費以上に高くなり、利潤や1日当たり家族労働報酬は上昇し、現実には肥育期間を長期化した方が収益的であるといえる。

多量消費大規模生産のアメリカでは肥育期間は180日から150日に30日短縮し、平均的な仕上げ体重も450kgにしようとする動きがある<sup>9)</sup>。一方、わが国の出荷生体重をみると1974年の560kgから1981年には630kgに増大している。わが国の少量

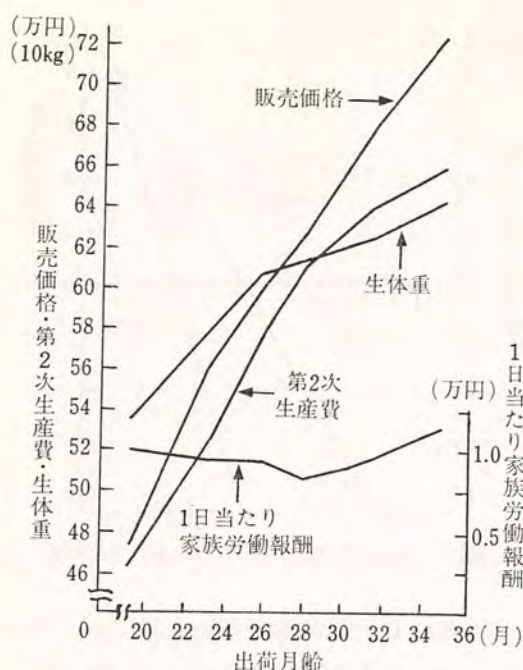


図12 去勢和牛の肥育期間と収益性 (1979年)

消費に起因するサシ重視の消費傾向、零細生産に由来する粗収益重視の生産指向、この両者が肥育期間短縮による生産費節減の阻害要因となっている。この問題の解決には長期を要するであろう。

#### 4. 考察と要約

本研究は、日本最大の肉牛生産地である九州の子牛生産経営と肥育牛経営の実態調査資料を基にして、生産費節減の可能性と方策を見出すことを目的としていた。得られた結果を考察し要約すると次のとおりである。

①粗飼料生産基盤を拡充し、繁殖牛頭数規模を拡大すれば子牛生産費は低下し、10頭まで拡大すれば60%程度まで節減可能である。②特に労働費と自給飼料費の低下が著しい。③この規模の経済性は夏山冬里地帯でも通年舎飼い地帯でも作用している。④とくに草地改良による放牧日数の大幅延長によって生産費は大きく低下する。⑤肥育牛経営も多頭化すれば省力化によって生産費は節減

可能である。⑥とくに肥育牛経営の労働効率率は資本効率によって強く影響されるので、資本装備率、資本回転率、資本利回り率を向上させることが肝要である。⑦肥育牛経営の収益性は価格生産費比率によってその変動の90%程度が説明できるが、1983年の政府決定価格安定帯はかなり低く、収益性は好転しそうにない。⑧現在の状況の下では肥育期間は長期化した方が収益的である。この背後にあるサシ重視の消費傾向と格付けが改善されないかぎり、肥育期間短縮による生産費節減は困難である。

本研究を総括すれば、通年舎飼い地帯では借地による耕地面積の拡大、夏山冬里地帯では草地改良による放牧地面積の拡大→粗飼料生産基盤の拡充→頭数規模の拡大→1頭当たり労働時間の短縮→牛肉生産費の節減と言う展開方向が、今後のわが国の肉牛生産の進むべき方向であるように思われる。

#### 5. 追記

伊藤記念財団の研究助成金によって筆者の研究は著しく促進された。記して感謝の意を表したい。

#### 文献

- 1) 甲斐論『肉牛生産の展開構造』p. 10, 明文書房, 東京, 1976年。
- 2) 甲斐論「粗飼料生産と肉用子牛生産経営」土屋圭造編著『畜産開発論』p. 95, 御茶の水書房, 東京, 1981年。
- 3) 甲斐論『肉牛の生産と流通』p. 7, 明文書房, 東京, 1982年。
- 4) 李炳旸・土屋圭造「黒毛和種子牛生産の構造的特徴」『九州大学農学部学芸雑誌』第37巻第3・4号, p. 146, 1983年。
- 5) 福田晋「草地開発投資の経済効果」『農業経済論集』第33巻, pp. 76-91, 1982年。
- 6) 吉田 忠・宮崎 昭『アメリカの牛肉生産——経済構造と生産技術——』p. 203, 東京, 1982年。

# 牛豚枝肉品質に関する多変量解析的研究

Multivariate Analysis on the Meat Quality of Beef and Pork

村 田 富 夫 (日本獣医畜産大学)

## 1. 目 的

牛肉および豚肉の需要量は、高度経済成長時代から安定あるいは低経済成長時代へ移行した昭和50年代においても増加傾向にある。しかしながら、昭和54、55年頃から需要の増加率は停滞傾向にあり、この現象はとくに豚肉において著しい。これは日本型食生活の定着、栄養摂取量の限界、脂肪摂取の抑制などの要因も考慮すべきであるが、牛肉および豚肉においてはその品質と生産性すなわち食肉の高価格問題が需要拡大の阻害要因になっていると考えられる。牛肉においては価格問題がとくに重要であろう。

食肉界における上記のような品質、生産性、価格問題を解明するためには種々の側面から検討する必要があるが、食肉供給の基本は生産にあるので、合理的な生産基盤を確立するために必要な諸条件を解明することを本研究は基本的課題とした。しかしながら、生産は流通および消費との関連で位置づけられるべきもので、本研究では具体的には牛枝肉品質の実態を枝肉取引規格から明らかにし、さらに枝肉等級別価格も調査し、牛枝肉の品質を経済的側面からも解明し、豚については豚産肉の生産性を明らかにするため、豚産肉能力の実態を分析し、豚個体産肉能力向上のための具体的方策を立てることにより豚枝肉品質向上を計ることとした。

## 2. 材料および方法

### 2.1 牛枝肉の調査材料と分析方法

分析の素材は日本食肉格付協会の鹿児島県S事業所の格付成績に価格調査を付加したものである。これは、和牛肉質は全国的にみるとその生産構造からみて「ちらばり」が大きく、一定期間の調査のみではその全体像を把握することは困難であるので、比較的生産構造が均一であろうと想定される鹿児島県を分析素材収集県とした。データは昭和57年9月～11月の第2、3週、対象牛は和牛の去勢牛(ヌキ)で調査頭数は9月:395頭、10月:419頭、11月:501頭、計:1,315頭である。

調査分析項目は和牛枝肉の格付等級、枝肉重量、脂肪交雑、均称、肉づき、脂肪付着、仕上げ、肉の色沢、肉のきめ・しまり、脂肪の色沢と質、販売単価、販売価額である。

分析方法は、記述統計、多変量解析とくに数量化理論第I、II類によって牛枝肉の質的変量の解析を行なった。

### 2.2 豚枝肉の分析素材と方法

豚枝肉形質に関する分析は、昭和53年発行の豚産肉能力検定成績年報より、検定頭数、地域等を考慮して5ヶ所(国立種畜牧場、北海道、群馬、愛知、長崎)よりランドレース種雌豚の調査豚403頭の後代検定成績(20項目)について大型コンピュータを用いて記述統計、多変量解析等を行なった。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 牛枝肉取引規格からみた牛枝肉品質<sup>1)</sup>

牛枝肉品質を牛枝肉取引規格と取引価格を用いて、和牛肉質諸因子の記述統計量、枝肉単価を規制する肉質因子、脂肪交雑規制因子などについて解析した結果は下記の通りである。

(1) 和牛肉質諸因子の記述統計量 和牛肉質諸因子の記述統計量は **Table 1.** に示す通りであるが、特筆すべきことはその統計分布がどのような形状を示しているかと言うことであり、それは光度 (とがり係数) と歪度 (ひずみ係数) によって表わすことができる。尖度については全ての肉質因子がプラスであり、枝肉等級、きめ・しまり、肉色の3因子についてはその尖度が他のものより小さくなっている。これは、これら3因子は相対的に偏平な分布を示し、形質間の「ちらばり」が大きく、肉質向上のためにはこれら3因子の向上が大きく関与することを意味している。歪度については、枝肉等級、枝肉体重、肉色、きめ・しまりの各因子はマイナスの値を示しており、これら4因子の統計分布はモードが平均値より大きく右側に偏った形状を示している。これら4因子のうち枝肉体重は体重が大きい方に分布が偏つ

ておりとくに問題はないが、他の3因子は悪い形質のものが多いことを意味しており肉質向上にとって問題の多い因子である。

(2) 枝肉単価を規制する肉質因子 和牛経営の収益性は売上高すなわち枝肉価格の向上を実現しめることが最も戦略的課題となっている。このため数量化理論により、枝肉単価を外的基準として肉質各アイテムとカテゴリー毎の平均単価を計測すれば、**Table 2.** に示す通り、各アイテムとも全体的には肉質の向上により枝肉単価は上昇傾向にある。さらに、枝肉等級が上位なものほど枝肉単価の上昇率が高く、上質肉を生産するほど枝肉価額を相対的に割高になることは注目すべきことである。

つぎに、枝肉単価と各肉質因子との相関を計測した結果特筆すべきことは、枝肉単価と枝肉等級、脂肪交雑との相関が高く、枝肉体重とは低いことである。このほか、枝肉等級と脂肪交雑との相関が高く、枝肉単価は枝肉等級と脂肪交雑に大きく規制されている。

(3) 脂肪交雑規制因子 枝肉等級は上述のように脂肪交雑との相関が高いが、脂肪交雑は肉色ときめ・しまりとの相関が高くなっている。また、肉色をきめ・しまりとは相関が高く、これら

**Table 1.** Condescriptive Statistics of Wagyu Castrated Meat Analysis

Items of carcass	Mean	STD DEV	Kurtosis	Skewness	Minimun	Maximum
Grade	2.213	0.676	0.183	-0.386	0.0	4.0
Carcass weight (kg)	374.035	33.119	2.876	-0.781	187.0	470.0
Marbling	1.084	0.634	2.642	0.833	0.0	4.0
Appearance & composition	1.172	0.543	4.001	1.144	0.0	4.0
Fleshiness	1.104	0.614	2.109	0.728	0.0	4.0
Fat covering	1.185	0.426	3.027	1.810	0.0	3.0
Carcass finishing	0.013	0.181	224.635	14.796	0.0	3.0
Meat color	2.089	0.596	1.139	-0.247	0.0	4.0
Texture & firmness	2.157	0.684	0.345	-0.449	0.0	4.0
Fat quality & color	1.068	0.353	18.696	3.065	0.0	4.0
Market unit price (1,000yen)	1.655	0.178	4.807	0.123	0.5	2.28
Market price (1,000yen)	620.348	90.559	3.218	-0.165	93.5	968.1

Resource: Report on the Grading Survey of Sueyoshi Branch of Japan Meat Grading Association.



Table 2. Average Market Unit Price by Items and Categories of Wagyu Castrated Carcass

Items	Categories	Meat price	Items	Categories	Meat price
Grade	Gokujo	2262.50	Fat covering	Gokujo	2260.00
	Jyo	1974.42		Jyo	1663.90
	Chyu	1682.96		Chyu	1596.12
	Nami	1488.11		Nami	1557.50
	Togai	1250.90		Finishing	Jyo
Carcass weight	440kg, over	1772.00	Chyu	1750.00	
	407-440	1677.00	Togai	1550.00	
	374-407	1670.86	Meat color	Gokujo	2212.50
	341-374	1640.24		Jyo	1928.29
	308-341	1640.77		Chyu	1655.75
under 308kg	1488.18	Nami		1499.63	
Togai	1470.20	Togai		500.00	
Marbling	Nami	1617.94	Texture & firmness	Gokujo	2191.67
	Chyu	1887.08		Jyo	1903.19
	Jyo	2157.14		Chyu	1668.99
	Gokujo	2075.00		Nami	1511.35
	Togai	1766.19		Togai	500.00
Appearance	Jyo	1667.95	Fat quality & color	Gokujo	1956.67
	Chyu	1603.05		Jyo	1655.04
	Nami	1383.33		Chyu	1611.48
	Togai	875.00		Nami	950.00
	Gokujo	1738.89		Togai	1250.00
Fleshiness	Jyo	1664.43			
	Chyu	1601.81			
	Nami	1417.50			
	Togai	500.00			

Remark: The data above are calculated by Theory of Quantification Analysis.

のことから脂肪交雑は肉色ときめ・しまりにより大きく規制されることになる。

(4) 枝肉単価と枝肉価額との関連性 枝肉単価と枝肉価額(枝肉単価枝肉体重)との関連性を Table 1. でみると、枝肉価額は枝肉単価より偏平な形状を示しており、さらに前者は歪度(ひずみ係数)がマイナスであり、後者より右に偏った分布すなわち枝肉価額の大きいものの割合が大きくなっている。このことは、和牛生産農家は肉質向上によって枝肉単価を上昇せしめると共に、枝肉体重を大きくして1頭当り枝肉価額を大きくするような経営行動をとっているものと考えられる。

(5) 枝肉体重と枝肉等級・脂肪交雑との関連性 枝肉体重と枝肉等級および脂肪交雑との関連

は低く、枝肉体重はこれら肉質因子とは直接的な関連は考えられない。このため、和牛枝肉体重は大きくなる傾向にあるが、ある一定限度以上の増体は経済的にマイナスであり抑制すべきであろう。枝肉体重は前述のように枝肉価額の増加効果はもつが、必ずしも肉質向上のための基本的因子であるとは考えられない(以上 Table 3. 参照)。

### 3.2 豚肉産能力からみた豚肉品質<sup>2)</sup>

豚産肉能力検定では、01:性, 02:30kg 時日令, 03:90kg 時日令, 04:30~90kg 所要日数, 05:1日平均増体重, 06:飼料要求率, 07:と体重(冷), 08:と肉歩留, 09:と体長, 10:背腰長II, 11:ロース断面積, 12:脂肪層の厚さ(平均), 13:カタの割合, 14:ロース・バラの割合,

Table 3. Correlation Coefficient of Wagyu Castrated Carcass Factor

Items	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0
1 Grade	1.000										
2 Carcass weight	0.062	1.000									
3 Marbling	0.023	0.033	1.000								
4 Appearance	-0.706	-0.088	-0.033	1.000							
5 Fleshiness	-0.003	0.062	0.024	-0.706	1.000						
6 Fat covering	0.087	-0.120	-0.028	-0.123	0.087	1.000					
7 Finishing	0.001	-0.024	-0.071	-0.071	-0.001	0.007	1.000				
8 Meat color	0.077	0.004	0.594	0.060	-0.162	-0.008	0.002	1.000			
9 Texture	0.063	-0.028	0.633	0.048	-0.131	0.028	0.003	0.623	1.000		
10 Fat quality	-0.287	-0.015	0.145	0.375	-0.243	-0.094	-0.002	0.199	0.209	1.000	
0 Meat price	0.115	0.100	0.733	-0.315	0.329	0.073	-0.040	0.635	0.693	0.105	1.000

Resource: Report on the Grading Survey of Sueyoshi Branch of Japan Meat Grading Association.

15：ハムの割合，16：胸椎・腰椎数，17：枝肉審査得点，18：肉の審査得点，19：脂肪の審査得点，20：総合判定の20項目が検定成績として求められているが，02～06までは生体段階での発育に関する形質であり，07～09まではと体に関する形質であり，10～16までは枝肉に関する形質であり，17～19までは枝肉品質についての形質であり，20は各形質（05，06，09，11，12，15）の総合されたものになっている（01～20は各形質のコード番号を示す）。

（1）豚産肉能力検定成績の記述統計量 ラッドレース種雌豚の産肉能力検定成績はTable 4. に示す通りである。各形質の総平均を総合判定指標で求めれば「b」より少し上位のランクに位置づけられるが，形質によってそのランク付けは必ずしも固定されたものではなく，「ちらばり」が大きい。尖度（とがり係数）をみると，と肉歩留り，背腰長Ⅱ，脂肪の審査得点はモードの「とがり」が大きく，「ちらばり」は相対的に小さくなっている。90kg時日令，飼料要求率，と体長は前者とは逆に「とがり」が小さく相対的に偏平な分布を示し，これは産肉形質の格差が大きく改良速度の遅い形質であろう。歪度（ひずみ係数）をみると，肉の審査得点，脂肪の審査得点の値がマイ

ナスで大きく，これはモードが平均値より右側に位置し左側にスソの長い分布を示しており，この形質については選抜・淘汰による改良速度は早くなるものと考えられる。つぎに変動係数についてみると，30kg時日令，90kg時日令，30～90kg所要日数，1日平均増体重，飼料要求率（これら5形質は直接検定と同一項目）の変動係数は大きく，生体での発育形質は「ちらばり」が大きいものと考えられる。と体形質については，ロース断面積，脂肪層の厚さ（平均）の変動係数は大きいですが，その他の形質については6%以下であり小さな変動を示している。したがって，変動係数が小さく尖度がマイナスで大きく，歪度の大きい形質については改良速度の遅いものと考えられるので，これらの枝肉形質の向上は息の長い改良を持続することが必要である。

（2）検定豚の総合判定別の差異 検定豚の総合判定項目を段階（a，b，c）別に整理してみると，総合判定に関与する6項目（コード番号05，06，10，11，12，15）では，飼料要求率でa=3.31，b=3.47，c=3.62，背腰長Ⅱでa=72.5cm，b=71.0cm，c=69.7cm，脂肪層の厚さではa=2.4cm，b=2.6cm，c=2.8cmと総合判定ではa>b>cの順にランク間に有意な差がみら

Table 4. Condescriptive Statistics of Landrace Sows

Code	Mean	STD DEV	Kurtosis	Skewness	Minimum	Maximum	CO VAR
01	2.042	0.998	-1.998	-0.085	1.000	3.000	.....
02	79.479	8.542	0.429	0.380	59.000	108.000	10.75
03	162.347	13.958	-0.449	0.111	127.000	201.000	8.60
04	82.824	11.807	0.219	0.237	51.000	127.000	14.26
05	737.695	104.163	0.422	0.520	500.000	1,137.000	14.12
06	3.513	0.342	-0.085	0.156	2.510	4.500	9.74
07	65.272	2.898	0.616	0.405	58.700	77.500	4.44
08	73.246	1.692	3.473	-0.265	64.400	82.200	2.31
09	96.180	3.320	-0.306	0.155	88.500	107.500	3.45
10	70.612	2.667	1.427	0.570	63.800	84.500	3.78
11	18.353	2.986	0.774	0.635	11.000	29.400	16.27
12	2.694	0.418	0.438	0.241	1.600	4.500	15.52
13	31.150	2.005	0.466	0.062	29.400	36.600	6.44
14	36.077	1.797	0.005	-0.301	31.000	40.800	4.98
15	32.684	1.267	0.198	0.266	29.200	37.400	3.88
16	21.610	1.209	0.483	-0.308	20.000	23.000	5.59
17	77.722	2.436	0.677	0.210	70.000	86.000	3.13
18	79.593	3.200	0.893	-1.122	68.000	86.000	4.02
19	81.206	1.271	2.498	-1.355	74.000	84.000	1.57
20	2.333	0.679	-0.392	-0.142	1.000	4.000	29.10

Remarks: 1) The numbers of code stand for the following items.

01 : sex, 02 : age in days at 30kg, 03 : age in days at 90kg, 04 : fattening period, 05 : daily gain, 06 : feed conversion ratio, 07 : dressed carcass weight, 08 : dressing percentage, 09 : carcass length, 10 : length of dorsal loin, 11 : loin eye area, 12 : back fat, 13 : shoulder percentage, 14 : loin & bacon percentage, 15 : ham percentage, 16 : No. of thoracic & lumbar vertebrae, 17 : carcass point, 18 : meat quality point, 19 : fat quality point, 20 : synthetic judgment  
2) CO VAR stand for the coefficients of variation.

れたが、1日平均増体重ではaとb、ロース断面積ではbとc、ハムの割合ではランク間に有意な差はみられなかった。その他の項目についてみると、発育に関する項目では90kg時日令および30~90kg所要日数でcとa、b間には有意な差がみられたが、aとbの間には有意な差は認められなかった。と体形質に関する項目では、と体重でa、b、c間に有意な差がみられ、と肉歩留りおよびと体長でcとb、a間に有意な差が認められたが、と体重ではbとc、と肉歩留りおよびと体長ではaとb間に差は認められなかった。赤肉割合の項目では、カタの割合でaとb、c間に有意な差がみられ、ロース・バラの割合でaとb、c間に有意な差がみられたが、ともにbとc間に差は認められなかった。審査得点で評価される枝肉、

肉の品質、脂肪の品質の3項目では、枝肉得点でaとb、c間に有意な差がみられ、肉の品質得点ではランク間に差は認められなかった。脂肪の品質得点では $c > b > a$ の順にランク間に差が認められた。

(3) 性別(雌、去勢)による差異性を雌と去勢に分けてその差異を検討してみると、90kg時日令、30~90kg所要日数、1日平均増体重、と体長、ロース断面積、脂肪層の厚さ、ロース、バラの割合、ハムの割合、枝肉審査得点の9項目では1%水準で有意な差がみられ、背腰長IIと脂肪の品質得点では5%水準で有意な差がみられた。しかしながら、30kg時日令、飼料要求率、と体重、と肉歩留り、カタの割合、胸椎・腰椎数、肉の品質得点、総合判定の8項目については性別の差は

Table 5. Coefficients of Simple Correlation between Progeny Testing

	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
02	1.000											
03	.533	1.000										
04	-.086	.793	1.000									
05	.079	-.761	-.950	1.000								
06	.019	.463	.535	-.513	1.000							
07	.106	.062	.002	-.007	.101	1.000						
08	.095	.203	.163	-.171	.134	.370	1.000					
09	-.022	.093	.130	-.131	.049	.210	-.168	1.000				
10	.066	.091	.062	-.056	.009	.210	-.181	.727	1.000			
11	.057	.196	.201	-.196	.024	.312	.087	.037	.028	1.000		
12	-.037	-.296	-.335	.337	-.069	-.099	.136	-.354	-.305	-.348	1.000	
13	-.024	.080	.113	-.120	-.009	.075	-.042	-.074	-.001	.245	-.299	1.000
14	-.018	-.217	-.247	.258	-.040	-.051	.042	.110	.101	-.449	.512	-.544
15	.068	.230	.225	-.232	.050	-.091	-.039	-.047	-.175	.289	-.328	-.078
16	-.037	-.026	-.005	.013	.032	-.062	-.011	.044	.117	-.087	.134	-.078
17	-.022	.141	.185	-.209	.011	.284	-.057	.242	.217	.446	-.459	.197
18	-.092	-.031	.025	-.047	.100	-.212	-.029	-.025	.009	-.233	.014	-.022
19	-.007	.055	.065	-.076	.082	-.343	.102	-.195	-.202	-.359	.251	-.098
20	-.058	.274	.354	-.362	.275	-.162	.273	-.281	-.332	-.215	.305	-.103

Remark: see Table 4.

認められなかった。雌は去勢に比較して枝肉、赤肉形質において秀れる傾向にある。

(4) 枝肉各形質間の単純相関 発育に関する形質間には相対的に高い相関関係が認められた。90kg時日令と30kg時日令, 30~90kg 所要日数, 飼料要求率間でそれぞれ  $r = .533, .793, .463$ (いずれも 0.1% 水準) で正の相関が認められ, 1日平均増体重と90kg時日令, 30~90kg所要日数, 飼料要求率間でそれぞれ  $r = -.761, -.950, -.513$ (いずれも 0.1% 水準) で負の相関が認められた。と体形質に関する項目間では, と体長と背腰長II間で  $r = .727$  で正の相関が認められたが, その他の項目間の相関はいずれも低いものであった。枝肉品質に関する項目では, ロース・バラの割合とカタの割合, ハムの割合でそれぞれ  $r = -.544, -.594$  で負の相関が認められた。また, ロース・バラの割合とロース断面積, 脂肪層の厚さとの間でそれぞれ  $r = -.499, .512$ の相関が認められた。

いずれにしても, 特徴的なことは1日平均増体重は90kg時日令, 30~90kg所要日数, 飼料要求率と全て負の相関があること, 脂肪層の厚さは1日平均体重とロース・バラの割合を除いて他の形質とは負の相関があることである (Table 5. 参照)。

(5) 豚肉質の生体での判定 後代検定項目は生体での直接検定項目を含んでいるので, 後代検定項目の肉質に関する形質が直接検定項目で説明可能かどうかを重回帰分析により試みた。Table 6. に示すように, 結論的には脂肪層の厚さは肉質判定に有効であるが他の形質では判定困難である。したがって, 肉質の向上のためには生体, と体, 枝肉品質についての検定が必要である。

(6) 豚産肉能力の因子分析による分類 豚産肉能力検定項目を因子により分類整理すれば, Table 7. に示すように7つの因子(固有値1以上)に分類され, その累積寄与率は73.7%になっている。第1因子は発育因子, 第2因子はロー

Items						
14	15	16	17	18	19	
						02
						03
						04
						05
						06
						07
						08
						09
						10
						11
						12
1.000						13
-.594	1.000					14
.201	-.181	1.000				15
-.355	.195	-.093	1.000			16
.036	-.064	-.021	-.082	1.000		17
.171	-.058	-.014	-.043	.279	1.000	18
.151	-.030	.034	-.197	.069	.364	19
						20

ス、バラ構成因子、第3因子はと体長因子、第4因子はカタ構成因子、第5因子は枝肉重要因子、第6因子は肉・脂肪品質得点因子、第7因子は素畜因子であると考えられる。これらの因子のうち、発育因子の寄与率が22.1%で最も大きく、素畜因子を除く他の7割程度の因子はと体、枝肉品質に関与する因子である。

#### 4. 要約と結論

和牛枝肉品質は枝肉等級、脂肪交雑により表徴され、これらは肉の色沢、きめ・しまりにより規制される傾向にある。また、枝肉単価も枝肉等級と脂肪交雑により規制され、枝肉品質の良いものほど枝肉単価は割高になっている。このため、現状では和牛枝肉品質は脂肪交雑、肉の色沢、きめ・しまりが戦略的因子となっている。

Table 6. Multiple Regression Analysis of Progeny Testing Items

Dependent variable	Const.	Independent variables					Multiplier R
		02 (STD ERROR)	03 (STD ERROR)	05 (STD ERROR)	06 (STD ERROR)	12 (STD ERROR)	
20	.555	-.011 (.008)	.011 (.008)	-.002 (.001)	.086 (.097)	.774 (.071)	.584
19	80.367	.006 (.018)	-.003 (.017)	-.002 (.002)	.055 (.212)	.946 (.156)	.304
18	88.478	.029 (.047)	-.066 (.045)	-.007 (.005)	1.159 (.554)	.093 (.408)	.156
17	93.736	.024 (.086)	-.034 (.031)	-.006 (.003)	-.402 (.377)	-2.532 (.277)	.470
16	19.214	-.013 (.018)	.009 (.017)	.001 (.002)	.106 (.210)	.407 (.154)	.147
15	35.590	.006 (.017)	.005 (.017)	-.002 (.002)	-.238 (.207)	-.815 (.152)	.363
14	28.061	-.003 (.009)		.002 (.001)	.311 (.264)	2.028 (.197)	.523
13	34.653	-.021 (.029)	.014 (.027)	.001 (.003)	-.295 (.335)	1.402 (.246)	.305
11	24.267		.020 (.016)	-.002 (.002)	-.609 (.483)	2.180 (.358)	.366
10	71.217	.002 (.038)	.014 (.036)	.003 (.004)	.080 (.444)	-2.041 (.327)	.314
09	104.113	-.012 (.023)	-.002 (.017)		.290 (.543)	-2.827 (.397)	.357
08	69.416	.012 (.024)	.013 (.023)	-.003 (.003)	.077 (.283)	.914 (.209)	.296
07	64.774	.068 (.043)	-.039 (.040)	-.001 (.005)	1.285 (.499)	-.832 (.367)	.193

Remark: Parentheses stand for the standard errors of partial regression coefficients.

Table 7. Factor Analysis of Landrace Sow Progent Test Items

	PCT of VAR	CUM PCT
FACTOR 1 Growth factor F <sub>1</sub> = .931 Item 04 - .915 Item 05 + .789 Item 03 + .709 Item 06	22.1%	22.1%
FACTOR 2 Loin and bacon composing factor F <sub>2</sub> = -.763 Item 15 -.506 Item 11 +.488 Item 14	13.4	33.5
FACTOR 3 Carcass length factor F <sub>3</sub> = .894 Item 10 +.883 Item 09	11.0	46.5
FACTOR 4 Shoulder composing factor F <sub>4</sub> = .896 Item 13 -.743 Item 14	8.8	55.3
FACTOR 5 Carcass weight factor F <sub>5</sub> = .815 Item 07 +.725 Item 08	6.7	62.0
FACTOR 6 Meat and fat score factor F <sub>6</sub> = .733 Item 18 -.560 Item 19	6.2	68.3
FACTOR 7 Feeder pig factor F <sub>7</sub> = .966 Item 02 +.542 Item 03	5.5	73.7

Remark: Item number stands for the code number of progeny test.

豚産肉能力では90kg時日令、飼料要求率、枝肉体重は偏平な分布を示し、改良速度の遅い形質である。産肉能力中発育形質は3割程度のウェイトを占め、と体、枝肉・肉脂肪品質を生体で判定することは困難であり、と体での産肉能力判定が重要である。

#### 文 献

- 1) 村田富夫・駒村勇人：肉用牛研究会報第34号，12～13頁，1982.
- 2) 村田富夫外：第39回日本養豚研究会大会，講演要旨，2～3頁，1983.

# 牛肉の生産・流通および消費に関する日米総合比較研究

A Comparative Study on the Production, Marketing and Consumption  
of Beef Between the United States and Japan

菊地 泰次・川島 良治・吉田 忠・宮崎 昭・

嘉田 良平・J. R. シンプソン\* (京都大学農学部,\*フロリダ大学)

本研究の目的は、日米両国の牛肉生産・流通・消費の実態を比較することにより、わが国における肉牛飼養の技術と経営、さらには牛肉の流通と消費の今後のあり方をさぐることに、また激化する日米牛肉貿易問題を調整しうるような国内、対外的政策のあり方をさぐることにある。そのために、吉田、宮崎、嘉田の3名がアメリカ各地で牛肉の生産・流通・消費の実態調査を行ない、また、フロリダ大学のシンプソン教授を招いて日本各地で同じく生産・流通・消費の実態調査を行なった。

以下、生産技術(川島、宮崎担当)、経営と流通(菊地、吉田担当)、政策(嘉田担当)に分け、調査結果の要旨を報告する。

## 1. 生産技術

アメリカでは肥育に用いられる肉用種の子牛は、すべて交雑種であり、日本のそれが純すい種であるのと対称的である。そのため、アメリカにおける繁殖計画は、日本と比較しその変化が著しい点に特色がある。今回の調査地である南西部のオクラホマ、テキサス、ニューメキシコおよびアリゾナ州においては、最近、テキサスロングホーンやジャージーが種雄牛として、未經産雌牛の一産目の交雑計画に使われている。従来、肉用牛の交雑は、ヘテロシスを利用して、最大の増体が期待できる子牛を生産していくように計画されるものであった。しかし、その結果、分娩時におけ

る子牛の生時体重が大きくなりすぎて、母体に難産が発生することになった。それはとくに粗放な放牧を行うこの地域で深刻な問題になっていた。そこで、初産時には小型の品種を種雄牛として用いて、生時体重を小さくしようとするわけである。とくに草が十分でないこの地域では、繁殖雌牛の体格をできるだけ小さくして、維持のための養分要求量を少なくし、牧養力を高めようとしているので、なおさら初産時の難産には注意しているわけである。初産を終え、初めての子牛を健康に育てることは、母牛のその後の順調な子牛生産に好影響を及ぼすと思われるので、この新しい交配システムは普及しつつある。しかし、2産目からは、この小格の母牛から増体の大きい子牛をえるため、積極的にシャロレー、シンメンタルなどのヨーロッパ大陸系の大型の肉用種やブラーマンの種雄牛との交雑を行っている。このように合理的な繁殖計画は、純すい種内での交配を行うわが国では考えつかないことであるが、将来の子牛生産において、このようなやり方は役立つものと考えられた。

土地の利用において、日米間に大きな差異があることも知られた。穀物生産にあてられる面積のうち、直接、人間の食糧となる穀物生産にあてられる土地は、アメリカでは小麦畑が40.2%、日本では水田が88.1%である。この土地からえられる飼料は、日本では稲わらが主体であるが、アメリカでは、小麦わらと若い茎葉である。アメリカの

小麦畑は、実は冬から春にかけて、肉用牛の大きな飼料基盤ともなっているのである。雪の少ないところでは、12月上旬から3月中旬にかけて、牛を小麦畑に放牧する。そのとき、小麦の収穫を望まないならば、放牧は5月上旬まで続けることができる。しかし、小麦の収穫量を低下させることなく、冬期間、牛を放牧しようとするれば、小麦の幼穂が茎の中であまり高くまで伸びてこない間に牛を小麦畑からひきあげなくてはならない。この時期がふつう、オクラホマでは3月15日、テキサスでは3月1日といわれる。小麦の幼穂を牛が食べると、収量は激減するのである。こうした耕地の利用法は、日本の将来の土地利用に大きな示唆を与えてくれそうである。

つぎに肉用牛の繁殖雌牛の粗放的な管理も注目すべきものがある。南西部でみたそれは、広くフェンスで囲った放牧地に牛の群れを入れて、一年間に2回だけ牛を集めていた。そこは季節繁殖であり、マキ牛交配であるので子牛は早春にまとも生まれ、それを春の終りに集めて、やき印を押し、除角する。雄子牛の去勢もこの時期に行う。つぎに、その地域に発生し易い疾病に対してワクチンをうつとともに、南部に多い外部寄生虫のホーンフライの防除に、イアータッグをつけていく。この牛集めは馬に乗った人と、地上を歩く人の協同作業である。この馬は、農場からトレーラーで運ばれ、牛集めの現場ではじめて乗用され、上手に牛を特定の棚内へ追い込んでいくのである。二回目の牛集めは、秋になって、すべての子牛が離乳した頃を見計らって行う。母牛と子牛は、水飲み場や塩なめ場に近いところの特別な棚に入れられていくが、そこは子牛搬出用の車の入り易いところにある。子牛の多くは市場へ出荷するために選別されていくが、そのとき母牛については妊娠鑑定をして、不妊のものは牛肉用に出荷していく。この作業をもっと効果的に行うため

に、発情の同期化についての研究を参考にして、子牛の出生時期をそろえようという意欲が強い。また、一時的に雪のため、あるいは早ばつのため、草の量が不足しかけると、たん白質やエネルギーの補給のため、尿素や糖蜜の入った大きなブロックを車で落としていたり、ときにはヘリコプターでそれを落としていく。このような管理は、日本に将来粗放的な大規模な放牧が行われるときの参考にならう。

なお、南西部でも肥育経営では肥育期間の短縮と飼料効率を高めるための穀物の物理的処理に関心が寄せられていた。

## 2. 経営と流通

まず第1に、乳用種雄肥育経営の今後のあり方である。これをみるため吉田はウィスコンシン大学とコーネル大学（ニューヨーク州）を訪ね、アメリカの代表的酪農地帯である両州でその実態をみた。乳用種雄子牛のうち、ウィスコンシンで40～50%が、ニューヨーク州では20～30%が、肉用として肥育されるという（両大学の改良普及関係者からのききとり、なお残余は生後直ちに殺される＝“bob veal”）。コーンベルトに隣接するウィスコンシンでは、肥育に向けられる大半が16～18ヵ月令の1,300～1,400ポンドまで肥育されるが、酪農経営とは、生後直ちにせり市場に出荷される、離乳期または10～12ヵ月まで育成される、最後の肉牛まで仕上げられる等の形で結びつけられている。これに対し、ニューヨーク州では、その大半が、3～4ヵ月の間代用乳を中心に育成されて良質子牛肉（fancy veal）向けにと畜される。なおこの“fancy veal”は需要が限定されていて価格変動が大であり、プロイラー型のインテグレーションに結びつけられている場合が多い。また、乳用種雄肉牛は出荷体重が大である代わり肉質はあまり高く評価されておらず（チョイスの下



またはグッドの上), 生産者は1981~1982年のUSDA規格改正に大きく期待した, という。このアメリカの乳用種雄肥育経営から教えられるのは, 生産者が単一の生産システムに固着せず, 価格関係に対応しながらいろいろな生産システムを選択していることである。

第2は, テキサスを中心とする南西部での子牛生産である。吉田は1982年の『アメリカの牛肉生産』で, テキサスを山岳諸州と並ぶ大規模専門子牛生産農場(ランチ)の地帯とみなしたが, テキサスの東半分は兼業と結びついた家族経営による小規模子牛生産の密集地帯であり, ランチはその西半分, とくに南西部に多いことを知った。しかし, 東部の家族経営でも, 子牛生産の低収益性は兼業収入や牧場から出る原油代金でカバーされている。また大規模ランチも, 農外の高所得者によってその節税対策(高額な農外所得を子牛生産経営の赤字で相殺し, 累進課税を免かれる)に利用されている。これは, 吉田が『アメリカの牛肉生産』で指摘した, 子牛生産と肉牛肥育の矛盾(両者の価格に対する供給弾力性の大きな格差)が1970年代以降いわゆるキャトルサイクルの波を拡大し, 子牛価格変動と肉牛価格変動のギャップを大きくしているという事実を補強するものである。しかし長く続く子牛生産経営の低収益性は, レーガン政権による税制改革と相まって, 子牛供給の減退を徐々にひき起こす気配を見せている。過去の例からいえばあと2~3年は増加を続けるはずの牛総頭数が1983年1月に微減したことは, このあらわれとみることができる。これにともない, 牛総頭数の波にみられる10年間隔のきれいな波は仮象にすぎず, キャトルサイクルはもっと複雑な形をとるとする見解も有力になりつつある。これは日米牛肉貿易問題に関して見逃しえない事実であろう。

第3は牛肉の流通である。アメリカの牛肉の生

産と流通には多層性がみられるが, 今回, 大都市の専門小売店, 産地の受託パッカーやせり市場を調査することにより, いわゆる牛肉流通革命に對立しながらこれらが強靱に残存する根拠をとらえようとした。とくにシカゴでは, 専門小売店でのヒアリングを行ない, その店が複数の卸売業者から良質の枝肉を仕入れ, 顧客の好みに合う品質・カットの牛肉を売ることによって量販的に對抗している事実をみることができた。また上位十位に入る大手スーパーのジュエル(Jewel)がいぜん枝肉仕入をしている背景として, このスーパーの労働組合が強いため解体専門従業員を多くかかえこまざるをえず, それに合わせて良質の枝肉仕入れ, 相対的に高価な牛肉販売という販売戦略をとらざるをえない事情をも知ることができた。この労務管理の問題は, パッカーでも切実である。最大手のパッカーであるIBPの急速な発展も, たんに牛肉流通革命の波に乗り, それをリードしただけではないようである。むしろ難民受入れ等の労務管理をはじめとする巧妙な経営管理が, その発展に大きく与って力あった, という。このように, 枝肉流通から箱詰め部分肉へという牛肉流通革命も, それをとりまく社会的経済的条件によって多様な形をとることになり, その結果, 流通の多重構造が形成されることを明らかにした。これは, 日本の牛肉流通構造の把握に一つの示唆を与えている。

最後に牛肉の消費構造であるが, 今回, フロリダ大学のシンブソン教授らの協力により, シカゴのノースイースタンイリノイ大学で約80名, フロリダの小学校で約80名に質問票を配付し, 回収した。同じ質問票を京阪神の女子大生を対象に配付し, 目下, 因子分析法を用いた牛肉の消費実態とイメージ調査の解析を行なっている。後日別途に報告したい。

### 3. 牛肉関連政策

アメリカは高級牛肉の輸出国であると同時に、世界最大の牛肉輸入国である。しかし、国内消費量に占める輸入割合はわずか7%であり、オレンジ同様、牛肉は国内市場志向性の強い農産物といえる。これは、牛肉の3割を輸入しているわが国と対照的である。今回の一連の調査においても、アメリカ側からみた牛肉・オレンジをめぐる貿易摩擦問題は全米的運動というより、一部の生産者や関係団体に限定されているとの印象を強く受けた。巨大な国内市場をもつアメリカでは、牛肉に対する政策的介入はわずかでしかなく、市場メカニズムの活用が国内政策の基本をなしている。そこで今回の調査では、対外政策として特に重要な「食肉輸入法」の影響と、本年3月から実施されている大規模減反政策（PIK計画）のアメリカ畜産に及ぼす影響に焦点を当てて、アメリカ農務省および各地の大学で聞き取り調査を行った。

まず、1964年に制定された食肉輸入法について。同法は輸入量のコントロールを通じて国内生産者を保護することを主目的としている。1979年の法改正では、キャトルサイクルを緩和するための「逆周期方式」の導入と最低輸入量（年間2億5千万ポンド）の設定という2点が骨子となっている。前者は国内牛肉価格の長期的な安定化をねらいとしているが、世界最大の牛肉輸出国オーストラリアの強い反発にみられるように、牛肉の国際市場に対しては不安定要因が付加されることとなった。つまり、日本をはじめとする（アメリカ以外の）牛肉輸入国への輸出圧力が一層強められる可能性がある。特に、逆周期係数の算定に際して成メス牛からの牛肉生産量が用いられるため、アメリカの基本輸入枠の変動が大きくなるという

問題も指摘されよう。加えて、アメリカにおける牛肉の構造的な過剰生産が、今後さらに対日輸出圧力を強めると予想される。なお、後者の最低輸入量の設定の影響については、法改正後まだ日が浅いこともあり、十分には解明されていない。

次に、史上最大の減反政策、いわゆるPIK（現物による減反補償）計画について。これは、過去2年間の主要穀物の大豊作と需要の停滞により政府在庫が急増したために、この過剰在庫の削減と政府の価格支持コストの節約とをねらったもので、計画参加者に対して減反取量相当分を現物で支給するものである。一年限りの短期間措置とはいえ、大胆な減反政策である。政府見通しでは本年度の主要穀物の予想減反面積は平年作の30～45%に達するとみられ、すでにトウモロコシや大豆の先物市場価格は大幅に騰貴している。この主要穀物価格の高騰の米国の畜産、特に牛肉生産に及ぼす影響については二つの側面を考慮しなければならない。一つは飼料穀物価格の値上りによってフィードロット等での牛肉生産量が減少すると予想されることである。しかし他方、この減反計画により転作作物として粗飼料生産が拡大され、子牛生産が増加したり、子牛の肥育期間が延長される可能性もある。実際、今回の現地調査では、テキサス州やオクラホマ州において小麦畑での牛の放牧期間を延長することによってPIK計画に参加するという農家の動きもみられたのである。したがって、このPIK計画の影響については、今後の動きに十分な注意を払う必要がある。もちろん、大部分の飼料穀物を輸入に依存しているわが国畜産業界にとっては、穀物価格の上昇は大きな痛手となることは疑いがない。なお、以上のPIK計画に関する詳細については、別途報告を行う予定である。

# 日本・オーストラリア間の食肉貿易に 関する計量経済学的研究

An Econometric Study of Meat Trade Between Japan and Australia

岸 本 裕 一 (桃山学院大学)

## 1. 本研究の課題と方法

わが国の残存農産物輸入制限品目の輸入自由化を推進せよといった内外の圧力が高まって久しい。そのうちでも、牛肉・オレンジの輸入自由化の是非をめぐることは、様々な議論が展開されている。その中で申請者も昨年拙著『牛肉経済論』を著わし、牛肉の価格安定を実現するための実効性をもった政策運営モデルの1つを提示し検討を願ったが、そこで、申請者は、展開された分析成果を踏まえた今後の課題として、次のような指摘を行なった。すなわち、「日本の輸入牛肉の大半を供給するオーストラリアの食肉生産構造を十分把握した上で、オーストラリア・日本の2国からなるモデルによる、2国間食肉貿易に関するシミュレーション分析を行なうことが今後の課題として残されている」と指摘した。

また、これまで申請者は、昭和53年にオーストラリア・ニュージーランドの食肉生産流通実態調査を、昭和54年には西ヨーロッパ12ヶ国の肉用牛産地の立地移動とその規定要因に関する実態調査を行なって、わが国の牛肉の生産・流通・消費・政策をめぐる経済構造ばかりでなく、諸外国での牛肉経済構造の実情を把握する努力も継続的に行なってきたのである。

このような課題認識と研究経過を下敷きにして、本研究助成の申請時においては、次のような課題設定を行なった。すなわち、オーストラリア

の食肉生産構造を実態調査によって把握し、同国の食肉生産構造を表現する計量経済モデルを構築した上で、わが国の食肉生産構造の計量経済モデルと結合して、日本とオーストラリア間の食肉貿易のありうべき様々の政策シナリオを評価し、わが国の食肉産業の将来方向を定めるための有効で適確な幾つかの情報を提供することであるとしていた。

しかし、研究助成額等の諸事情を勘案して本年度の当面の研究課題を次の点に集約し、調査研究を推進することとした。まず、第1に、オーストラリアの食肉計量経済モデルを構築するためのデータおよび資料を国内の諸機関を通じて収集する。つぎに、それらをもとに、計測すべきモデルの素案を作成する。そして、そのモデルの素案を携えてオーストラリアへ赴き、必要なデータ・資料を計測にたえうように一貫性をもった形で収集するとともに、オーストラリアの農業経済研究所、オーストラリア食肉家畜公社等の計量経済モデルの研究者と面談して、モデル内の諸変数の関連の是非やモデル計測上留意すべき点などについて討論を行なう。そして、帰国後、十分な現実再現性をもったオーストラリアの食肉経済モデルを構築する作業を行なう。以上のような手順で本年度の研究が展開された。

さて、本研究において、モデル構築の方法として用いる方法は、J. W. Forrester によって開発されたシステム・ダイナミクスである。この方

法によって、申請者は大変良好な説明力をもつ日本の食肉経済モデルを構築していることから、同一方法でオーストラリアの食肉経済モデルを構築し、両モデルをリンクしようと考えたのである。

## 2. オーストラリアの食肉経済の数量的研究に関わる既存の研究成果について

オーストラリアの食肉経済の数量的研究に関わる既存の研究成果を検討する際に、わが国国内で入手可能なものは、*American Journal of Agricultural Economics* と *Australian Journal of Agricultural Economics* とに掲載された諸論文のみであるといっても過言でないが、実際に文献検索を行なってみると、理論的分析の段階に留まっているものが多く、理論的分析を踏まえた実践分析を展開している研究は見当らなかつた。

だが、今日のオーストラリア調査旅行によって、オーストラリア農業経済研究所、オーストラリア国立大学豪日研究センター、オーストラリア食肉家畜公社等から出されている、ディスカッション・ペーパーや研究報告の中に収録されている本研究の課題と関連した数多くの文献を得ることができた。この点が、今回の調査研究の最も大きなものであり、今後の申請者の研究展開の基礎となるものである。帰国後、それらの文献を展望するのに多くの時間が投入された。そのうちで、本研究の展開に特に貢献したものをあげると次のようになる。

まず、ハリスとダブル (Harris, D. and J. Dewbre, 1983)<sup>21</sup> による研究は、オーストラリアとアメリカの別々の牛肉経済計量モデルを連結して一つの計量モデルとする作業に成功している。この中で、重要な牛肉の輸出量を決定する関数については、合衆国向けの牛肉輸出関数とその他の国向けの牛肉輸出関数を設定している。合衆国向けの牛肉輸出関数については、1979年の食肉

輸入法による基本輸入枠とトリガー水準の決定メカニズムをモデル化している。すなわち、基本輸入枠は、基本輸入水準にいわゆる「生産調整要因」と「周期変動緩和要因」とを乗じた数であるとし、トリガー水準は、基本輸入枠の110%で決まるという具合にモデル化している。それに対して、その他の国向けの牛肉輸出関数は、日本向けのもの、日本以外の国向けのものに分かれている。日本向けの輸入量は、日本の牛肉輸入枠に基づいて決まるようになっている。また、合衆国と日本以外の国向けの牛肉輸出関数は、

$$O_x^0 = f(P^A, EE)$$

という関数であり、この線型近似式を計測している。2つの独立変数については、 $P^A$ はオーストラリア国内の牛肉価格、 $EE$ は合衆国の牛肉価格からオーストラリア国内の牛肉価格を差し引いて定まる「輸出優先度」という変数である。この研究は、輸出関数を定式化する上で大いに参考になるばかりでなく、モデルビルディングにも有効な情報を与えてくれる。

また、ダブル、ショウとコーラ (Dewbre, J., I. Shaw and G. Corra, 1982)<sup>22</sup>の研究は、オーストラリアの食肉経済計量モデルを提示している。このモデルの中では、牛肉と羊肉に関する変数が内生的に取り扱われ、豚肉と鶏肉に関する変数は外生的に取り扱われている。このような研究例から判断されるように、オーストラリアの食肉経済を数量モデル化する場合には、牛肉と羊肉の2部門を内生化することが有効である。

また、ゴダードとグリフィス (Goddard, E. W. and Griffith G. R., 1983)<sup>23</sup>の研究は、上記のダブルらの研究と同じく、牛肉と羊肉2部門からなる食肉経済計量モデルを構築するのに成功している。また、内挿期間内において、外生変数に変化を与えて、そのインパクトを予測している。

また、リーブス、ロングマイヤーとレイノル

ズ (Reeves, G., J. Longmire, R. Reynolds, 1980)<sup>5)</sup> の研究は、牛肉 1 部門の計量経済モデルの構築に成功している。その上で、1990年までの予測を行なっている。

以上のような、オーストラリアの食肉経済の数量的研究の既存の成果を踏まえて、本研究では、大概次のようなモデルを構築することに決定した。次節では、本モデルの概要等について略述したい。

### 3. オーストラリアの食肉経済数量モデルの計測作業の経過等について

#### 3.1 本モデルの概要

オーストラリアでの現地調査および文献展望の中から多くの示唆が得られた。たとえば、申請者の日本の食肉経済数量モデルが月次モデルであり、それとの連結を考える際には、オーストラリアのモデルも当然月次モデルとして計測するように考えていたが、月次モデルでは、データがあまり整っていない上、オーストラリアでは生産の意思決定は通例 1 年間隔、細かい場合でも四半期であると考えられる等の示唆を得て、年次モデルとして計測することに決定した等である。

本モデルの概要を示せば、次のとおりである。

- (1) 牛肉と羊肉の 2 部門を内生化したモデルとし、豚肉と鶏肉の 2 部門は外生的に取り扱う。
- (2) 基本的には、年次モデルである。
- (3) 平均的な生産者と消費者の多数存在する完全競争的モデルである。
- (4) オーストラリアからわが国への牛肉の輸出量については、わが国の輸入枠とオーストラリアのシェアに変動が生じるという様にモデル化される。
- (5) オーストラリア以外のモデルの外部の世界を大別して、合衆国、日本およびその他の世

界と 3 つの部分からなると考える。

以上が、本モデルの概要であるが、次に、供給面と国内需要面のモデルの方程式の計測のための要点を記述する。

#### 3.2 供給面のモデル化

オーストラリアの牛肉生産の特徴の 1 つは、11 種類ほどの肥育形態が存在することである。すなわち、“Bobby” Calves, Veal Calves, Vealers, Yearlings, Steers, Bullocks, Bulls, Heifers, Prime Cows, Bonners, そして、Canners である。これらの肥育形態では、互いに、日増体量、平均出荷年(月)令、出荷体重、屠殺枝肉重量、枝肉歩留率などの技術変数が異なっている。

また、供給の価格弾力性は、牛肉については 0.66、ラムについては 0.16 (Reeves, G., 1982, p. 31)<sup>6)</sup> という研究がある。

これらの情報を参考にしながら計測作業を進めた。

#### 3.3 国内需要面のモデル化

オーストラリアの食肉需要関数計測については、秀れた展望論文 (Reichardson, R. A., 1976, p. 83)<sup>7)</sup> がある。それによれば、価格弾力性に関しては、牛肉については、0.44-1.90、ラムについては、0.34-2.07 の例が、所得弾力性に関しては、牛肉については、0.21-0.59、ラムについては、0.15-1.40 の例が、それぞれ掲げられている。これらの数字を参考にしつつ需要関数の計測を進めた。

#### 3.4 計測作業の経過

Forrester のシステム・ダイナミックスによって、モデル構築のためのシミュレーションを繰り返している。その際、月次モデルでは導入可能であった家畜飼養技術の変数(とくにラグのあるパラメーター)が、年次モデルでは、そのモデルのある変数を著しく振動させてしまうことがあるということがわかった。現在、改良を進めて

いるが、いまだに解決策が見出されていない。そこで、モデル構築の方法をシステム・ダイナミクスから、狭義の計量経済学的方法に切り替えることも検討している。いずれにしても、確実な計測結果が出されるまで、計測作業を継続して行ない、その時点で再度研究報告をしたいと考える。

#### 4. 残された今後の課題

オーストラリアの食肉経済モデルは、諸条件を考慮に入れるならど、年次モデルとせざるを得ないという結論から、日本の食肉経済モデルで現在申請者の計測済みのものは月次モデルであるためにこのモデルを年次モデルとする作業がまず第1に必要となる、日豪両モデルを連結するためである。

そして、この連結された日豪食肉モデルを用いて政策シミュレーション分析を行なうための、政策代替案のシナリオ設計がつきに必要となる。この政策シナリオを設計するにあたっては、両国の諸経済主体の行動、政策立案スタッフの見通し等を適確に把握した上でなければ、そこから導かれる結論も確度の低いものになってしまう。それゆ

えに、なお一層の調査も必要だろう。

上記の2点を当面の課題として研究に努め精緻な分析を展開した上で、最終成果を他日に期したいと考えるものである。

#### 引用文献

- 1) Dewbre, J. et. al.; "The Grazing Livestock Module of the EMABA Model", *BAE Working Paper*, 1982
- 2) Goddard, E.W. and G.R. Griffith; "Comparing the Impacts of Exogenous Shocks in Annual and Quaterly Australian Beef Models", *Contributed paper of AAES*, 1983.
- 3) Harris, D. and J. Dewbre; "Modelling the linkage between the US and Australian Beef Market", *BAE Working Paper*, 1983.
- 4) Reeves, G.; "The Australian Cattle Industry", *BAE Occasional Paper*, 1982.
- 5) Reeves, G., et al.; Australia's Beef Export Supply for Markets other than US and Japan", in K. Anderson and A. George, ed.; *Australian Agriculture and Newly Industrializing Asia: Issueo for Research*, Australia-Japan Research Center, 1980.
- 6) Richardson, R.A.; "Structural Estimates of Domestic Demand for Agricultural Product in Australia: A Review", *Review of Marketing and Agricultural Economics*, Vol.44, No. 3, 1976.

# 食肉及び食肉加工品の需要分析

## Analysis on Demand of Meat and Meat Products

京野 楨一・松田 友義\* (北海道大学農学部, \*千葉大学園芸学部)

### 1. はじめに

近年、景気の停滞とともに、食肉及び食肉加工品の需要の伸びも鈍化し、酪農における生乳過剰問題と相まって畜産業並びに関連諸産業の将来に暗い影を落としている。また、牛肉・オレンジに代表されるように、農産物市場の開放を要求する外圧は日々強まるばかりであり、国内においても、NIRA報告のような、保護水準を引き下げ、市場開放に耐え得る経営のみを育成すべし、とする提案が注目を浴びている。このような提案の当否は別にしても、数多くの論議が出ることは、畜産界並びに畜産経済を研究する者にとっても大いに歓迎すべきことであろう。

しかし、このような提案のほとんどが、将来の生産のあり方について多くの紙幅を割いているのに比べ、需要あるいは消費の構造についてはあまり触れていなかった。

我々はこれまで「食肉経済の解析と制御」というテーマで、一貫して食肉経済を安定化するための方策について研究してきた。最近の研究<sup>1)</sup>では、各食肉の卸売価格から成る食肉経済システムを仮定し、最大の不安定要因が牛肉卸売価格であること、現行牛肉輸入制度による数量調節によって、牛肉卸売価格の安定、ひいては食肉経済全体の安定が可能であることを明らかにしてきた。しかし、同研究においても、需要あるいは消費量の変化は市場における価格形成機能によって、各食

肉の卸売価格に当然反映されているものとし、それ以外の需要面独自の変動の存在は考慮されていなかった。

本研究は上記の欠陥を補うべく考えられたものであり、購入量という物量タームのデータを扱うことによって、食習慣の変化等価格変動の影響によるとばかりは言えない部分をも観察できるようなシステムを仮定して行なわれた。また本研究の目的は食肉消費構造の概容、消費量相互間の関連を明らかにするとともに、先述の市場価格システムの分析の結果に基づき、食肉消費システムの安定の可能性を探ることにある。

### 2. 分析手法及びデータ

これまでに行なわれてきた分析の多くは、牛肉のような食肉をそれぞれ単独に取り扱って行なわれてきており、各食肉の価格・需要量等が相互に関連し合うものとして分析されることが少なかった。我々の基本的な立場は、牛肉と豚肉との系列の間にある相互関連、これまでは交差弾力性のような形の2財間の関連としてしか把握されてこなかった関連を、多財・多要因間の相互依存関係としてとらえる、即ちシステムとしてとらえるという立場である。食肉経済システムを安定させるためにも、従来のような分析視角ではなく、牛肉・豚肉・鶏肉をはじめとする相互依存の下にある各種の要因から成るシステムとしての把握が前提になるであろうと考える。もとより、食肉経済シス

テムを分析し、安定のための方策を論じるためには、システムの動きを観察することから始めるべきことは言うまでもない。我々はシステムの動き、相互依存関係を把握するための手法として、時系列解析の手法を用いた。時系列解析は、食肉経済のように周期変動を含むシステムを分析する手法として知られており、その有効性は先述の我々の研究によっても明らかである。紙幅の都合で時系列解析そのものについての解説<sup>2,3)</sup>は割愛せざるを得ないが、本研究において用いた指標の意味についてのみ簡単に紹介する。

2.1 パワースペクトル密度関数

スペクトル・ピークの位置から、各系列において卓越した周期成分を検出する。

2.2 パワー寄与率

各系列に固有の変動が、システム要素の各系列の変動に与える影響の度合、寄与の状態を示し、変動間の影響の方向を表わす。

更に時系列解析において用いた系列のいくつかと、先の価格システムの成果とをリンクするための牛肉卸売価格から成る制御用のシステムを状態空間表現法<sup>4)</sup>により作成し、牛肉卸売価格の変動を制御することによって、食肉消費量の変動を軽減できるか否かをシミュレートした。

表1 データ

記号	変数(系列)名	出所
BCN	ベーコン購入数量	家計調査年報(総理府統計局)
*B F	牛肉	〃
BTR	バター	〃
*CKN	鶏肉	〃
CSE	チーズ	〃
E G	鶏卵	〃
*FFS	生鮮魚介	〃
*H M	ハム	〃
*P K	豚肉	〃
M K	牛乳	〃
S G E	ソーセージ	〃
*BFP	牛肉卸売価格	食肉流通統計(農林水産省統計情報部)

- 注 1) データは月次、1965.1~1980.12までの各192個。  
 2) 購入数量データは、1世帯当たり年間の品目別支出金額、購入数量及び平均価格(全国・全世界帯)による。  
 3) 牛肉卸売価格は乳雄枝肉卸売価格「中」である。  
 4) \*印は制御モデルに組み入れた系列  
 分析に用いたデータは表1の通りである。

3. 分析

周知のように経済時系列は傾向変動・循環変動(周期変動・季節変動)・偶然(あるいは不規則)変動から成るが、本研究において分析対象とするのは、システム内部に変動要因を持つと思われる周期変動である。そこで我々は原系列から傾向変

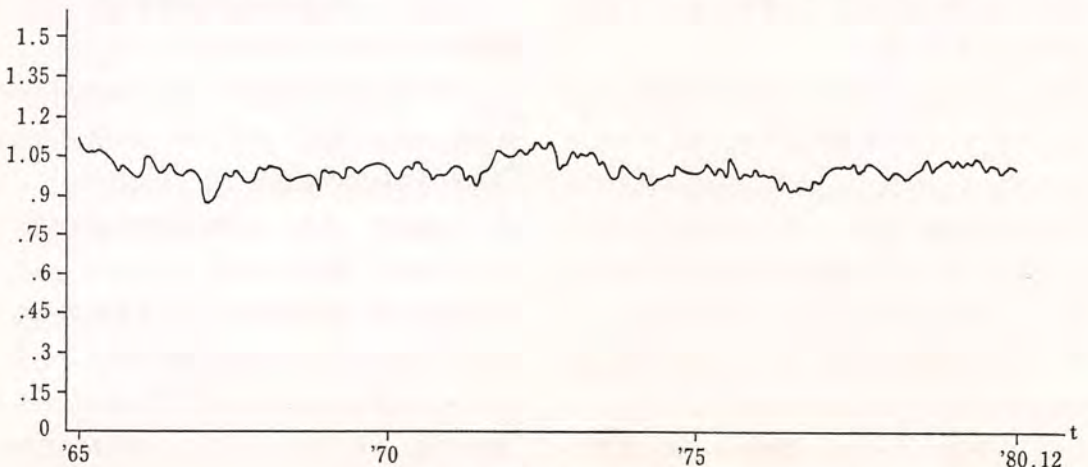


図1 定常化系列(ハム購入数量)



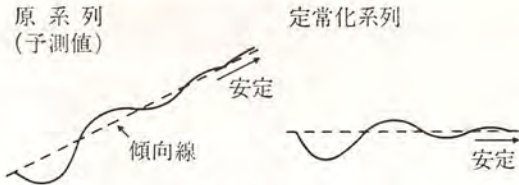
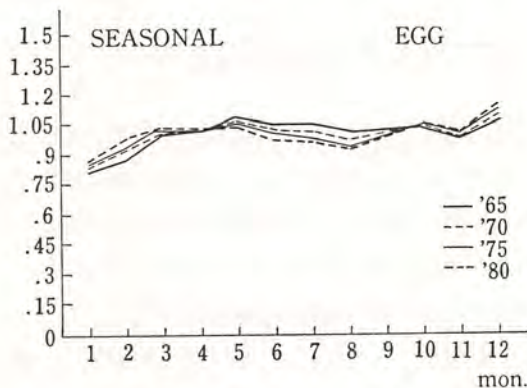


図2 安定の意味

動・季節変動を除去し、定常化した後の系列を直接の分析対象とした。このような定常化系列の例を図1に示す。我々が定常化システムを対象とすることにより、安定という言葉は図2に示すように傾向曲線への収束を意味することとなる。

データを定常化する過程で明らかとなった季節変動の特徴を紹介しておこう。

購入数量の系列における季節性は、分析対象期間の1965年から1980年12月までの16年間において



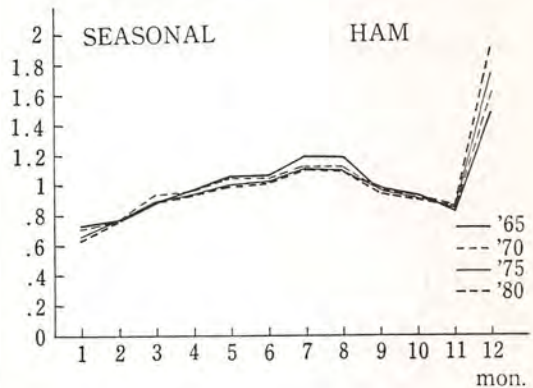
注) '81年は予測値であり図示していない。

年 月	'65	'70	'75	'80	'81
1	0.8146	0.8376	0.8476	0.8665	0.8675
2	0.8733	0.9224	0.9367	0.9798	0.9826
3	1.0047	1.0144	1.0362	1.0394	1.0375
4	1.0158	1.0208	1.0236	1.0270	1.0266
5	1.0851	1.0701	1.0631	1.0400	1.0393
6	1.0471	1.0278	1.0078	0.9768	0.9736
7	1.0519	1.0099	0.9788	0.9570	0.9598
8	1.0112	0.9745	0.9369	0.9272	0.9279
9	1.0164	1.0079	0.9913	0.9872	0.9865
10	1.0376	1.0392	1.0428	1.0478	1.0479
11	0.9796	0.9842	1.0073	1.0080	1.0059
12	1.0627	1.0912	1.1278	1.1434	1.1446

図3 鶏卵購入数量変動の季節性

ほとんど変化せず、季節性にはふたつの型が存在することが明らかとなった。

そのひとつは季節的変動そのものが極めて小さく、年間を通じて季節に関係なくコンスタントに消費されるという型である。この型には、変化率の小さい順に上げると、鶏卵・ベーコン・生鮮魚介・豚肉・ソーセージが入る(図3)。他のひとつは、12月の購入量が他の月に比べ格段と多い型であり、変化率の大きいものから上げると、ハム・バター・チーズ・鶏肉・牛乳・牛肉がこの型に入る(図4)。ハム購入数量の季節変動において、12月とともに、7、8月にもうひとつのピークが見られ、この両期が中元・歳暮という我国独特の社会習慣による商業活動のピークと一致するこから見て、変化率の大きい、ハム・バターの季節変



注) 鶏卵とは縦軸のスケールが異なる。

年 月	'65	'70	'75	'80	'81
1	0.7259	0.7082	0.6637	0.6299	0.6281
2	0.7563	0.7667	0.7708	0.7573	0.7572
3	0.8939	0.9326	0.9040	0.8977	0.8978
4	0.9686	0.9634	0.9408	0.9311	0.9327
5	1.0578	1.0478	1.0107	0.9833	0.9838
6	1.0605	1.0390	1.0211	1.0156	1.0157
7	1.1930	1.1252	1.1110	1.0979	1.0979
8	1.1830	1.1244	1.1033	1.0866	1.0885
9	0.9504	0.9644	0.9736	0.9390	0.9361
10	0.9086	0.9054	0.9261	0.9178	0.9174
11	0.8211	0.8314	0.8532	0.8592	0.8592
12	1.4809	1.5918	1.7215	1.8846	1.8857

図4 ハム購入数量変動の季節性

動が、このような社会習慣によるものであろうことが推察される。このような習慣による影響のような部分を除いて考えると、卸売価格における季節変動よりも購入量の季節変動の方がおおむね小さく、価格における季節性が、小売価格の硬直性、仮需要の存在等がさほど大きく影響していないとすると、供給サイドの要因によるところが大きいということを表している。ともあれ、食肉・食肉加工品・酪農品が我国の食生活にすっかり定着したと考えられる。

傾向変動の除去は1～3次の傾向線を当てはめ決定係数の高いものをトレンドとして採用して行った。いずれも3次曲線の当てはまりが最も良く、決定係数も高かった。

次にパワースペクトル密度関数による周期性の検出結果について説明する。一例を図5に示し、各系列の周期性を、スペクトルピークの存在する

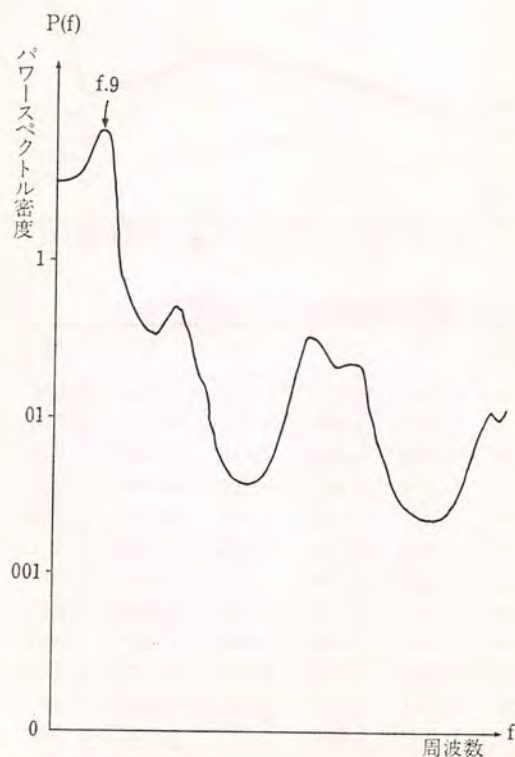


図5 パワースペクトル(ハム購入数量)

表2 購入数量の周期性

系	列	ピークの周波数帯	周 期(月)
牛	肉	6 (2)	80.00~68.57
豚	肉	5 (1)	96.00~80.00
鶏	肉	13 (4)	36.92~34.29
ハ	ム	9 (3)	53.33~48.00
ベ	ー	9 (3)	53.33~48.00
ソ	ー	5 (1)	96.00~80.00
生	鮮	7 (2)	68.57~60.00
鶏	卵	18 (6)	26.67~25.26
パ	タ	23 (7)	20.87~20.00
チ	ー	6 (2)	80.00~68.57

注) ( )内の数値は全周波数帯を160分割したものの。

表3 卸売価格の周期性

系	列	ピークの周波数帯	周 期(月)
牛	肉小売価格	8 (2)	60.00~53.33
牛	肉	13 (4)	36.92~34.29
豚	肉	11 (3)	43.64~40.00
ブ	ロ	14 (4)	34.29~32.00
牛	乳	13 (4)	36.92~34.29

注) 牛肉卸売価格は乳雄枝肉価格。

周波数帯と、それを時間に変換した周期とを表2に示す。また比較検討のために我々の先の研究において明らかとなった価格系列の周期性を表3に示す。2枚の表を比べてみて分かるのは、牛肉・豚肉の購入数量の周期が価格系列に比較して長すぎることである。これは先にも指摘した季節性と同様に、傾向変動を除去した後の定常化系列の変化(分散)が小さく、図示したハムの場合以上に周期性が見出しにくく、波動成分のパワーの大部分が傾向変動に近い低周波数帯の側に集まったためと考えられる。これはソーセージ・生鮮魚介・チーズについても同様である。プロイラー卸売価格と鶏肉購入量はほぼ同様の周期性を示した。ハム・ベーコン購入数量が、豚肉卸売価格に近い周期性を示しているが、データが、ソーセージには魚肉ソーセージを含み、ハムにはプレスハム・ロースハム等原材料の多様なものを含んでいるため、これだけからはどのような要因(例えば

原料価格における周期性、代替食肉価格における周期性)によって、この周期となったのか説明することは困難である。鶏卵については2年強の周期性が確認されたが、購入量の変動に対して大きな影響力を持つと考えられる鶏卵価格・供給量の周期性そのものが、近年の大規模飼養の進展とともに変わりつつあると考えられるので、これを持って鶏卵購入における周期であると即断するのは、時機尚早であろう。バターの周期性については、季節変動が残留した可能性があることを指摘しておく。

次にこれらの購入数量同士の相互依存関係を分析するためのパワー寄与率の推定結果を表4に示す。表には長期的変動を表す周波数帯(1)とハム・ソーセージの卓越周波数成分を含む周波数帯(3)における推定結果を示す(表4)。

まず長期的な変動においては牛肉・鶏肉の購入数量変動の大部分が生鮮魚介の変動からの寄与に

よることが分かる。これは長期的に魚から畜肉へと動物性蛋白質の摂取様式が変わってきたことを示すものと考えられる。また豚肉は独自の変動からの寄与が高いことを考え合わせると、高級魚は牛肉へ、大衆魚は鶏肉へと代替されていったらしいことが推察できる。また寄与度がこれほど高くなったことの原因は200海里制移行や乱獲による近海魚業資源の減少による魚価の高騰ばかりではなく、嗜好の変化も大きく作用したためであろうと考えられる。鮮魚購入量の変動において独自の割合が大きいのは当然としても、豚肉の購入量においても独自の変動割合が大きいことは、豚肉が風味あるいは調理法等によって他の食肉では代替し難い何かを持っているためと考えられる。ハムについても豚肉と同様のことが言えるが、季節性の分析からも分かるように社会習慣としての要因が大きく作用していると思われる。また牛肉卸売価格が最も影響を受けるのは牛肉購入量では

表4 パワー寄与率

F = 1							
DIFFERENTIAL RELATIVE POWER CONTRIBUTION MATRIX 6×6							
		1	2	3	4	5	6
BF	1	0.66339D-01	0.28686D-02	0.93069D+00	0.93112D-04	0.27789D-05	0.26165D-05
CKN	2	0.18424D+00	0.50999D-01	0.76468D+00	0.52091D-05	0.27951D-04	0.41642D-04
FFS	3	0.16577D-31	0.21465D-02	0.99592D+00	0.27110D-03	0.21870D-03	0.14453D-02
HM	4	0.18763D-01	0.89159D-01	0.22922D+00	0.54661D+00	0.56220D-01	0.60028D-01
PK	5	0.52308D-03	0.44041D-01	0.13813D+00	0.23340D+00	0.41893D+00	0.16498D+00
BFP	6	0.32788D+00	0.60894D+00	0.29425D-01	0.52401D-02	0.23174D-02	0.26196D-01

F = 3							
DIFFERENTIAL RELATIVE POWER CONTRIBUTION MATRIX 6×6							
		1	2	3	4	5	6
BF	1	0.41368D+00	0.24261D+00	0.31788D+00	0.21326D-01	0.32051D-02	0.12961D-02
CKN	2	0.42756D+00	0.56486D+00	0.70669D-02	0.74231D-04	0.12157D-03	0.31317D-03
FFS	3	0.12231D+00	0.30663D-01	0.81529D+00	0.30013D-02	0.23036D-02	0.26431D-01
HM	4	0.29147D-01	0.79215D-01	0.24399D+00	0.48156D+00	0.11537D+00	0.50721D-01
PK	5	0.18091D-02	0.34088D-01	0.24243D+00	0.23841D+00	0.35061D+00	0.13264D+00
BFP	6	0.15607D+00	0.50573D+00	0.32708D+00	0.19942D-02	0.17606D-02	0.73632D-02

注 1) パワースペクトル密度関数を推定した周波数帯の3倍の広さで周波数帯を分割した。

2) 表の(i, j)要素は、i系列のパワーのうち、j系列に固有の変動によって生起させられる部分の割合を示す。

なく、鶏肉購入量となっている。これは価格システム分析の際の結果（鶏肉卸売価格の変動は、豚肉卸売価格の変動よりも牛肉卸売価格の変動に与える影響が大きい）とも一致するが、これは牛肉として乳雄枝肉「中」規格のものを選定したことにもよるであろう。最後に操作変数として特にシステム要素に加えた牛肉卸売価格から食肉購入数量への寄与率は豚肉を除くとほとんど無視できる値となっている。卸売価格の変動が小売価格の変動と連動しづらいということを考慮に入れるとしても、この結果は食肉需要における価格弾力性が、かなり小さいことをうかがわせる結果である。

次に4年半程度の周期を表す周波数帯(3)の推定結果を見てみよう。大きく変化したのは牛肉購入量と鶏肉購入量から他食肉購入量への寄与度であり、周波数帯(1)で小さかった食肉への寄与率が格段と大きくなっている。その分だけ生鮮魚介購入量の影響力が小さくなっていることから長期的には生鮮魚介から畜肉へという代替の型が中期的には畜肉相互の代替関係で置き換えられており、更に独自の変動による寄与が最も大きくなっていることが分かる。これは長期的傾向とは別に価格や所得等の変化による影響が、考慮する時間が短くなればなるほど強く現れること（より短期的な周波数帯においても程同様の結論を得た）を示しており、独自の変動割合の大きいことから価格等相互依存関係の下にあると思われる要因とは別の嗜好・所得水準の変化・流行等の要因がより大きく

作用していることを示唆している。食肉加工品の代表として入れたハム購入数量が生鮮魚介の購入数量から得る影響の変化の方向が他食肉と逆（長期より短期の方が大きい）の結果を示している。これはハムという項目が広すぎ高級品から大衆商品まで幅広い品質のものが含まれていて、中間クラスの代替が大きく現われてきたものと思われる。

最後に上の結果をもとにして作成した制御モデルによるシミュレーションであるが、既に明らかにしたように、操作変数である牛肉卸売価格から食肉購入量への寄与率が、豚肉購入量を除くといずれも低く、また各系列の定常化系列の変動幅が小さく、操作変数から制御変数への影響力を直接表すゲインの値をいくら大きくしてもシミュレーションの後の各変数の分散は、分析期間における各系列（変数）の分散より小さくならなかった。これは今回仮定したシステムにおいては、牛肉卸売価格から他の食肉購入量への影響が直接現われる程ゲインの値を大きくすると、その影響が食肉購入量間の相互依存を通じて購入量の変動を増加させることを意味している。購入量のように影響する要因の質が多様な変数の制御は簡単にはいかないということであろう（表5）。

#### 4. おわりに

以上みてきたように、食肉購入量の季節変動にはふたつの型があること、傾向変動の割合が大きく、明瞭な周期性は何本かの系列を除いて確定し

表5 ゲイン計算の一例

GAIN MATRIX G					
MATRIX					
	1	2	3	4	5
1	-0.51533D+01	-0.47304D+01	-0.23676D+01	0.18828D+02	-0.83156D+01
2	0.90206D+00	0.22196D+01	-0.38110D+01	-0.20110D+01	-0.17171D+02
3	-0.30914D+01	-0.51740D+01	-0.10042D+02	-0.22772D+01	0.18361D+02

注)  $(i, j)$  要素は、シミュレーション第  $i$  期における操作変数 B F P から第  $j$  要素への影響力を表す。

難しいこと、長期的変動においては魚から畜肉へという代替関係が大きな影響力を持つが中期・短期では独自の変動割合が大きいこと等を明らかにしてきた。今後の課題としては食肉価格からなる市場システムと、データの再検討を必要とするであろうが、本研究のテーマでもあった需要（消費）システム、更に供給（生産）システムをリンクし所得変化等の外部要因をも組み込んだ食肉経済システムを作成し解析・制御シミュレーションが残されている。牛肉をはじめとする食肉経済をめぐる状況は自由化の声の拡大とともに激動している。研究の完成を急ぐつもりである。

追記 システム・ダイナミクス（SD）による

在庫調整モデルも作成したが、在庫量に関する適当なデータが入手できず、仮想値を利用したもので今回は割合する。なお、計算には北海道大学・千葉大学・東京大学の計算機を利用した。またSDモデルの作成その他について、千葉大学大学院海野みずえさんに協力して頂いた。記して感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) 松田友義・出村克彦：「食肉経済システムの解析と制御—現行牛肉輸入制度による価格安定の可能性—」『農業経済研究』、第54巻、第1号、1982年3月
- 2) 日野幹雄：『スペクトル解析』、朝倉書店、1977
- 3) 赤池弘次・中川東一郎：『ダイナミックシステムの統計的解析と制御』、サイエンス社、1972
- 4) 同上

# 食肉類の消費者行動に関する研究

## —食肉製品についての調査研究—

Studies on Consumer Behavior in Meats: An Investigation on Meat Products

長野 実 ・ 木村 貞司 ・ 高久 信一 ・

小泉 聖一 ・ 西野 松之 ・ 高瀬 博昭 (日本大学農獣医学部)

### 1. はじめに

わが国における食肉製品（ハム・ベーコン・ソーセージ等，以下ハム等という）の生産，消費は，著しい伸長をみてきたが，近年においては，その消費の停滞や多様化傾向がみられる。そこで，消費者のハム等に関する意識や行動をとらえ，消費要因を把握することはハム等の生産的対応にとって必要であると考えられるので，1969年に行った研究<sup>1)</sup>と対比する目的を含め，調査を行った。

消費者行動の研究は「容易で困難<sup>2)</sup>」と言われるように，確実な把握はむずかしいが，これは，われわれの食肉ないしは畜産物に関する消費者行動研究の一環をなすものである。本報告は紙巾の関係上，2～3の事項について概括的に述べ，詳細については他稿で報告する予定である。なお，本研究の一部は日本畜産学会第74回大会において2つの講演<sup>3)</sup>を行った。

### 2. 研究方法

この調査研究は，1982年9月，東京・神奈川・千葉・茨城・栃木・群馬・福島・静岡の25地域において，808人(戸)の家事担当者（主婦）に対して，調査員が質問紙を提示する直接面接法で行い，766人(戸)の有効調査票を得た。その調査地域および調査世帯数は表1のとおりである。

質問紙に示した調査項目は，大項目20，小項目

表1 調査地域および調査世帯数

都・県	区・市	調査地区・団地名	有効数
東京都	武蔵野市	野田北団地，中央マンション	41
	狛江市	多摩川住宅	40
	目黒区	西小山	40
	シ	自由ヶ丘	30
	世田谷区	成城	39
	足立区	竹の塚団地	36
	保谷市	ひばりヶ丘団地	25
	町田市	山崎団地	24
	中野区	中野	17
	港区	青山団地	5
神奈川県	相模原市	東林間	43
	藤沢市	善行団地	41
	シ	湘南ライフタウン	37
	川崎市	向ヶ丘	34
	横浜市	港北区・下田住宅	29
	シ	港北区・勝田団地	25
	シ	港南区・つぐみ団地	20
シ	緑区・青葉台団地	7	
千葉県	柏市	国鉄職員宿舎，公団	56
茨城県	筑波郡	筑波学園都市	67
栃木県	佐野市	佐野市街地	45
群馬県	前橋市	つつじヶ丘団地	23
福島県	いわき市	勿来	37
静岡県	島田市	島田	5

- ・全調査数 808世帯
- ・有効数 766世帯
- ・有効回答率 94.8%

は101におよぶかなり大部の内容で，質問肢については，択一，択二，あるいは多肢選択，記入などで採取した。主な内容は，ハム等に関する嗜好性・購買行動・品質意識・利用方法・消費動向・ライフスタイル・属性等である。この結果については，ハム等の嗜好尺度<sup>4)</sup>，ロースハムの消費量，

表2 調査対象者等の概要

1) 主婦の年齢		2) 主婦の学歴		3) 家族数		4) 年間収入		5) 世帯主の職業	
19才以下	0.0(%)	中 学	7.7(%)	1(人)	0.3(%)	99万円以下	0.9(%)	自 営	14.9(%)
20~24	1.6	高 校	52.8	2	6.4	100~	1.8	勤め人	83.1
25~29	12.3	短 大	22.2	3	26.2	200~	8.2	・事務	(15.9)
30~34	26.2	大 学	12.1	4	49.3	300~	15.0	・現業	(10.3)
35~39	21.0	その他	1.4	5	13.6	400~	17.5	・営業	(12.9)
40~44	13.7	無回答	3.8	6人以上	3.9	500~	11.9	・管理職	(13.8)
45~49	13.1	計	100.0	無回答	0.3	600~	7.6	・サービス	(5.4)
50~54	6.9			計	100.0	700~	4.0	・その他	(24.8)
55~59	2.5			平均 ( $\bar{x}$ )=3.82		800~	2.3	無職	1.3
60才以上	1.0			SD=0.9		900~	1.6	無回答	0.7
無回答	1.7			3.74 $\leq$ ( $\bar{x}$ ) $\leq$ 3.86		1,000~	2.9	計	100.0
計	100.0			( $P < 0.05$ )		無回答	26.3		
平均 ( $\bar{x}$ )=37.97						計	100.0		
SD=8.5						平均 ( $\bar{x}$ )=494.8			
37.78 $\leq$ ( $\bar{x}$ ) $\leq$ 38.16						SD=209.4			
( $P < 0.05$ )						512.07 $\leq$ ( $\bar{x}$ ) $\leq$ 547.73			
						( $P < 0.05$ )			

属性等によって階層化し、相関分析、因子分析等により検討し、本報告はその一部である。

### 3. 調査対象者等の概要

主婦の年齢は平均38.0才で、30~34才が最も多く、学歴では高校率が52.8%を占めた。家族数は3.82人で4人家族が49.3%、世帯主の職業は83.1%が勤め人であった。これらについては表2に示してある。

### 4. 結果および考察

#### 4.1 ハム等の嗜好性

(1) ハム等の嗜好度分布 家族および主婦の嗜好度分布は表3に示すとおりであるが、主婦の嗜好性は家族のそれよりやや劣っている。

家族のうち最もハム等を好む者は子供で、家族の嗜好は子供によって主導されている。最も嫌いとする者は主人(21.9%)で、主婦、子供は少なかった。

(2) ハム等の嗜好理由 主婦がハムを好む理由甲としては、(やや漠然としているが)味(27.6%)

表3 嗜好度分布

嗜 好 度	家 族	主 婦
I. 非常に嫌い	0.0(%)	0.9(%)
II. かなり嫌い	0.7	2.1
III. やや嫌い	2.7	11.2
IV. どちらでもない	32.5	37.3
V. やや好き	28.5	23.4
VI. かなり好き	24.8	16.6
VII. 非常に好き	10.8	8.4
計	100.0	100.0

、風味(18.0%)、くん煙の香り(7.7%)で、歯ごたえ・舌ざわり・のどごしなどのいわゆる物性面への評価は低かった(6.0%)。家族の嗜好度との関係では当然ながら、味、風味に正の相関があり、高嗜好度階層が味覚により強い関心があることがわかった。

(3) ハム等の選好理由 主婦がハム等を選好・購入する理由は、そのまま食べられる・料理が簡単・いつでも使える、などの便利性に高い評価(66.4%)を与え、価格・栄養・美味などの理由は低かったが、嗜好度と美味の評価の間には正の相関があった。

1969年の調査では、美味(46.6%)が料理に便

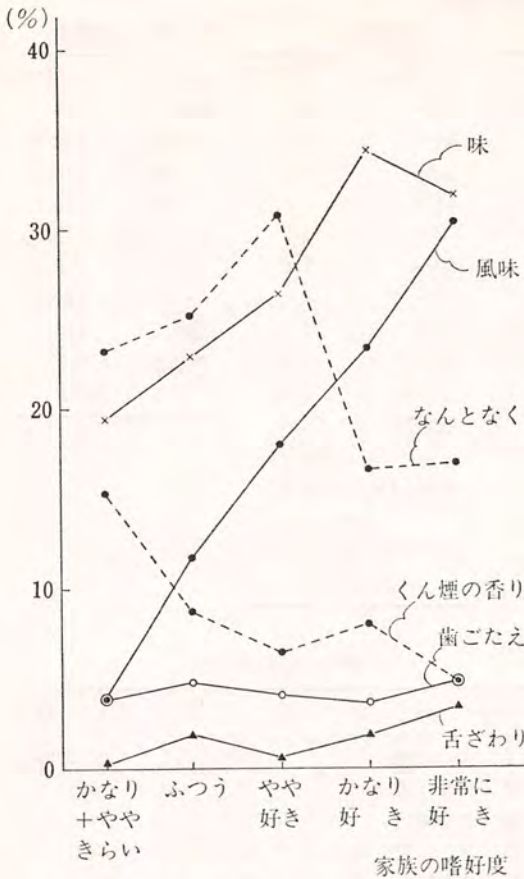


図1 食肉製品の家族の嗜好度階層別にみたハム等を「好む」理由

利(15.9%)より、はるかに多くなっていたが今回はハム等の選好意識は全く逆になり、「おいしさ」の魅力条件は相対的に減少したと言えよう(図1, 2)。

(4) ハム等の品目別選好性 ハム等のJAS製品16品目について、主婦・主人・子供の好みを類型化すると図3のようになる。①主婦・家族型には、ロースH(Hはハムの意)・ベーコン・ボンレスHがあり、②子供型にはウインナーS(Sはソーセージの意)、フランクフルトS・プレスHが、③主人型にはサラミス・レバーSなどがある。この傾向は1969年の調査とほぼ同様であるが、フランクフルトSは主婦・家族型から去った感じがする。このことは、ソーセージ消費の変化

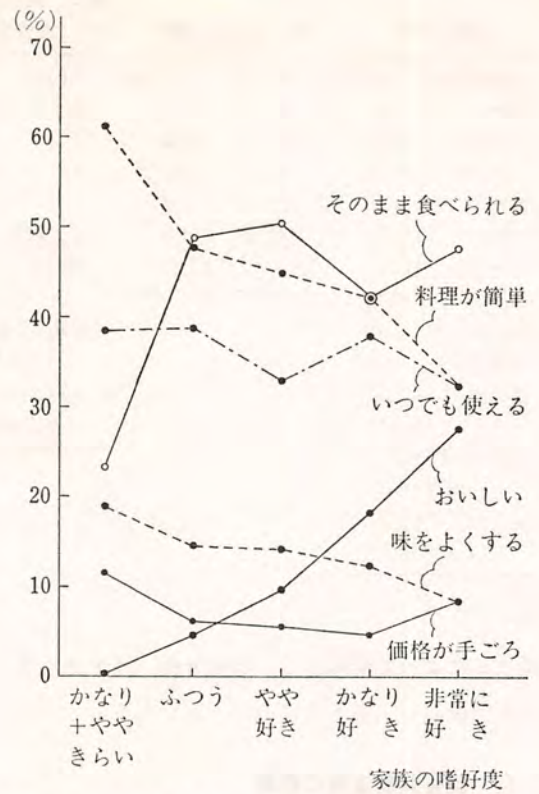


図2 食肉製品の家族の嗜好度別ハム等の購入理由(2項目選択)

の大きな特徴のように思われる。

(5) ハム等の選好別類型 主婦がJAS製品16品目のハム等を買う理由としては、図4に示すとおり、①味覚型としては、リオナS・セミドライS・ラックスH・ロースH・サラミス・骨付きH・ボンレスH・ボロニアS等で、②価格型として、プレスH・混合プレスH等、③便利型として、ウインナーS・フランクフルトS・ベーコン等、④栄養型としては、ミックスS・レバーS・レバーペースト等のように類型化することができる。もちろんこれらは便宜的分類であるが、ベーコンなどは多目的の性格をもち、味覚と便利性にほぼ半数ずつの評価を与えていることが注目されよう。

4.2 ハム等の品質意識について

(1) 品質の判断基準と評価について 主婦の





図3 食肉製品の品目別嗜好率と類型

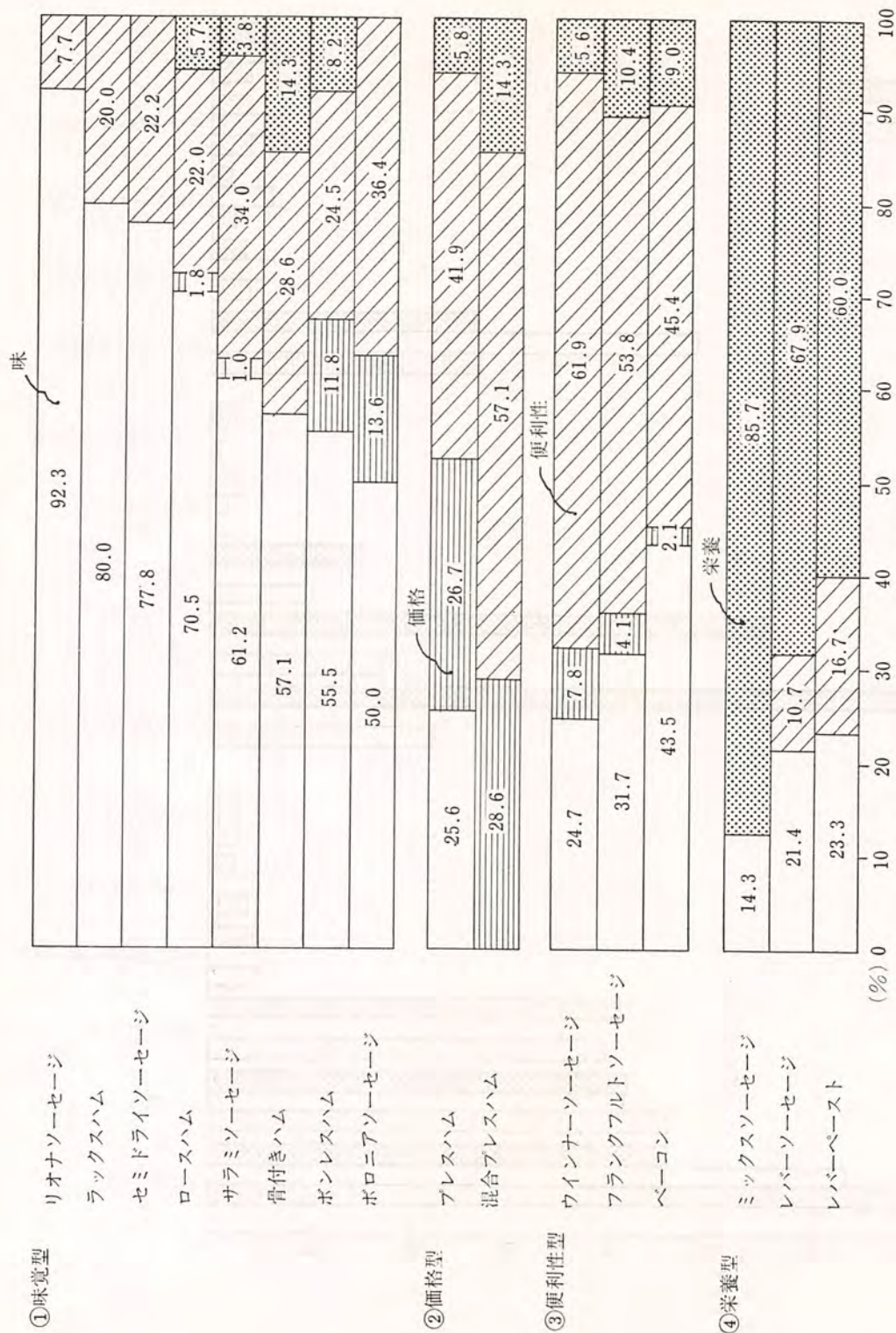


図4 食肉製品の嗜好理由の割合と類型

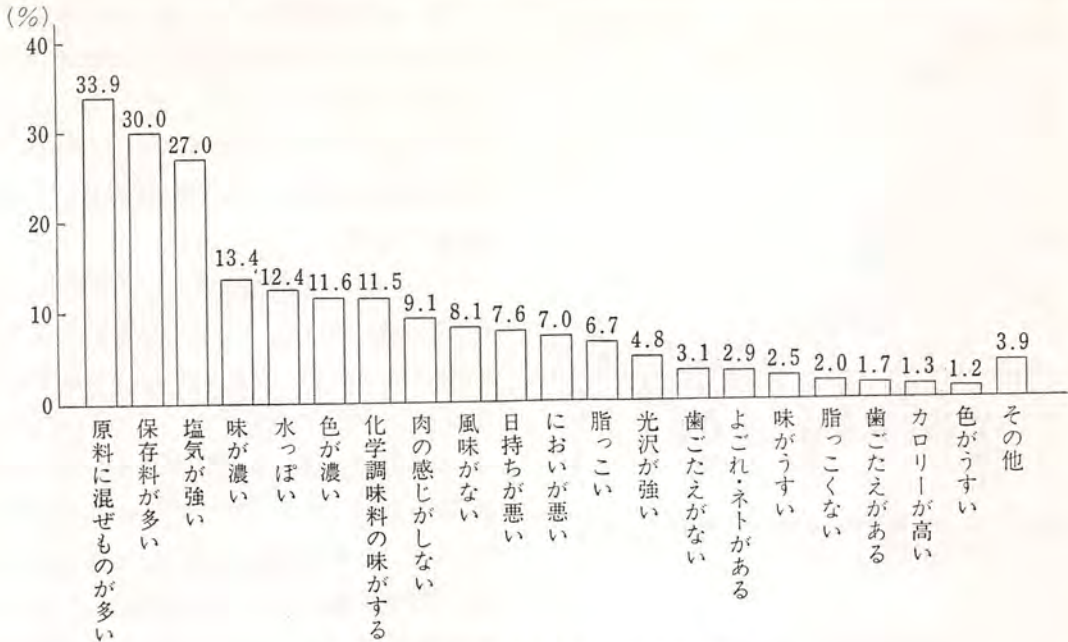


図5 ハム等に対する不満点(多項目選択)

ハム等の品質に対する意識は、気にするとする者が90.7%に達し、その中で大いに気にするとする者は66.7%であった。品質の判断基準としては、製造年月日(37.0%)、原料(21.7%)、賞味期間(11.8%)、JASマーク(4.2%)などの「表示」(合計74.7%)によっており、メーカー名(8.8%)、外観・包装(4.0%)は比較的少なかった。一般的に最近のハム等の品質は、「よい」(46.9%)とする者は、「悪い」(13.1%)とする者より多かったが、品質上の不満な点(多肢選択)については、原料に混ぜ物が多い・保存料が多い・塩気が強い・味が濃い・水っぽい・色が濃い、などという評価が高率を示した(図5)。

ハム等の賞味期間については、84.0%が関心を示した。また賞味期間の「初期ならば買う」が48.7%で、中期までが22.7%、期間内20.2%であった。

また、JASマークがハム等に付いているのを知っている者は77.5%いたが、JASマークの付いた製品を選ぶとする者は(38.1%)、どちらでも

ない(43.6%)が多かった。JASマークは品質上の差があるとする者は28.8%にすぎず、原料の差と答えた者は47.5%で、他には、衛生管理(33.0%)、製法(10.9%)、味(5.4%)となっていて、必ずしもJASマークの正確な理解とはとれなかった。

(2) 添加物および着色について 添加物等を気にするとした者は75.0%に達したが、何について気にするか、とたずねると、図6のようになり、合成保存料、着色料などに高い関心を示した。それでは、食塩と香辛料だけで作ったハム等を食いたいと思うか、の問いに対しては、53.7%が「食いたい」と答え、仮に保存・外観・味が劣り、価格が高くなっても買うか、との問いに対して、60.6%(調査対象者全体では約3分の1)が「買う」と答え、比較的強い意向を示した。

ウインナーSの赤着色については、87.6%(1969年の調査結果は69.0%)が否定的で、そのうち75.7%が色素は有害だとし、着色したものは買わないと答え、赤着色に対し強い忌避感を示し

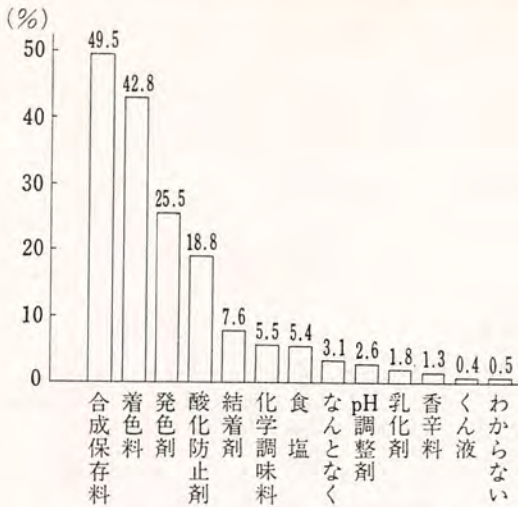


図6 ハム等に使用する添加物で「気がかり」なもの(2項目選択)

た。

#### 4.3 ハム等の購買行動について

(1) ハム等の知名率と購買傾向 JAS製品16品目の知名率(絵図による助成想起を含む)は、1969年の調査と比べるとかなり高くなった。特に、1969年に低知名率であった品目ほどその傾向が強いが、知名率の向上が購買行動の向上と一致していない傾向がみられた。

しかし、1969年において購買傾向の強かったプレスHはかなり低下し、ウインナーSも下った。それとは反対に、ロースH・ベーコン・ボンレスH等のいわゆる単味品とサラミSの購買志向は生産量統計の増加傾向とも一致しており、消費者のハム等に対する高級化志向を示すものとみられる(図7, 8)。

(2) ハム等の購入回数 平均的な購入回数は週に1回未満が18.6%で1回ないしは2回が64.2%を占め、予想よりもかなり高い割合で、これが仮に実際の購買行動とは多少かい離れた結果であったとしても、購買頻度はかなり多回であるといえよう。これを嗜好度別にみると、高嗜好度階層ほど多回の傾向が認められ、また、ロースHの消費量階層でも同様の傾向がみられた。

(3) 1回の購入量 ハム等の1回の購入量は、骨付きハムの379gが最高で大方は200g台であったが、サラミS、ボロニアS、ウインナーS、リオナS、セミドライS、レバーペースト等は100g台であった。JAS製品16品目の平均は、249gであった。

(4) ハム等の消費動向および消費要因 最近および今後において、ハム等の消費量はどのような傾向にあるかを、カトーナの消費者態度指数<sup>9)</sup>( $pa+pc+100$ )で表わすと、平均的には最近(この1年間)では、 $pa$ (増加21.6) -  $pc$ (減少10.7) + 100 = 110.9、将来  $25.6 - 10.2 + 100 = 115.4$ で、いずれも極めて弱い増加態度であった。1969年の調査では、今後増加する、と答えた者は約58%で、減るは0%、変わらないは38%であった。したがってカトーナ指数は158.2で、かなりの積極性がみられた。このことからすれば、以前に比べてハム等の消費量増加志向は低下したと言える。

今回の調査の消費量「増加」の要因としては、育ち盛りの子供がいる(72.0%)が最も多く、次いで料理が簡単で便利(11.7%)、家族が好む(8.2%)であった。反対に「減少」の理由としては、子供が成長した(42.3%)、好みの変化(15.4%)、健康上よくない・品質問題(各々14.1%)などとなっている。このことから、子供の成長に係ることが消費量動向に大きく影響されることになるが、今後平均的に子供の数が変わらないとすれば、好みの変化や健康、品質に関する意識の変化が大きく消費に影響するものと思われる。

図9は、消費拡大についての消費者の意見であるが、先にも述べたように、添加物・原料・味の改善についての要望が強く、また、ハム等の料理方法・食べ方についての教育を望んでいる。

本調査の食べ方では、熱を通した料理が多いが、その中で炒める(58.4%)、焼く(36.8%)が

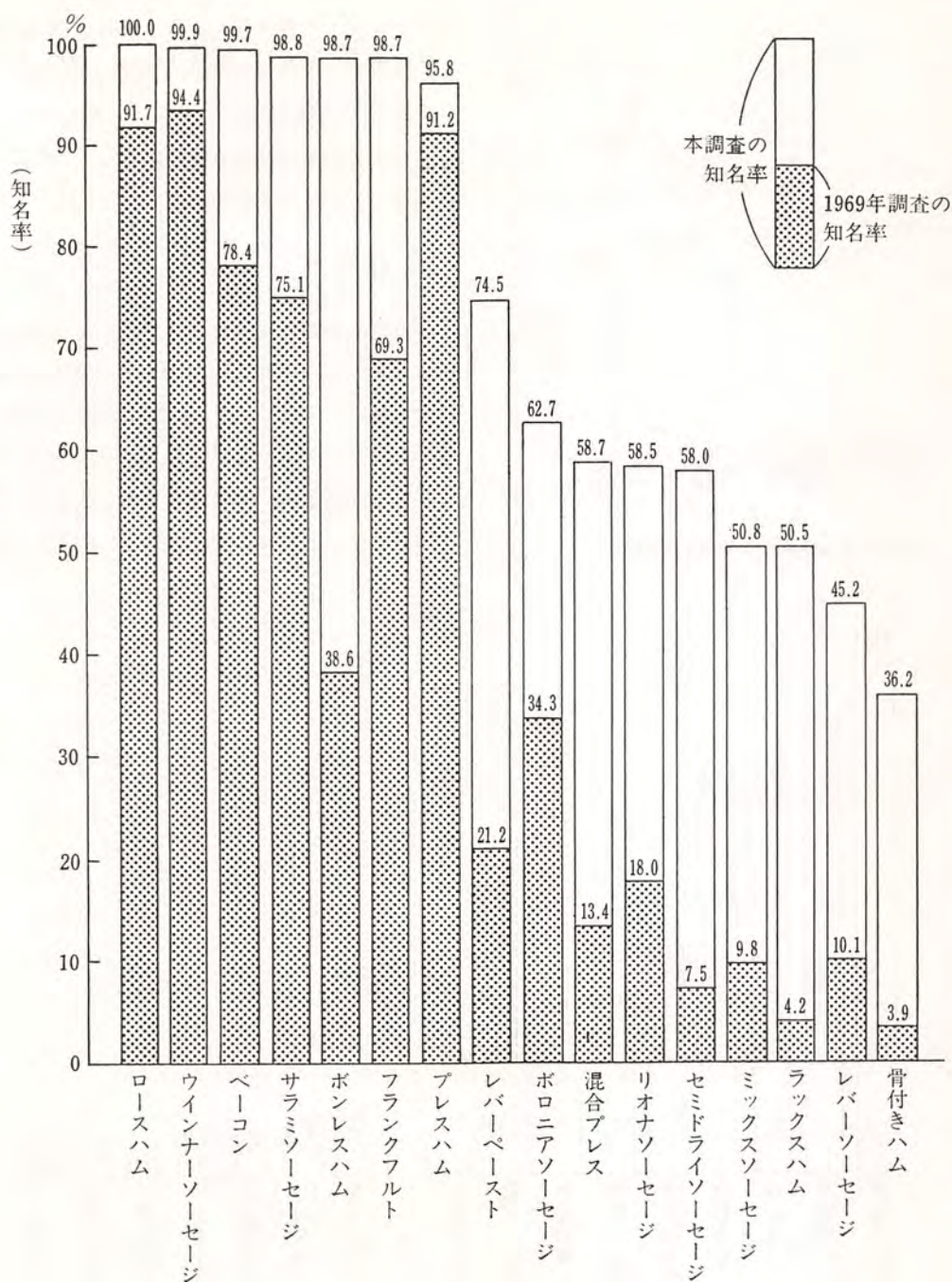


図7 JAS製品16品目の知名度

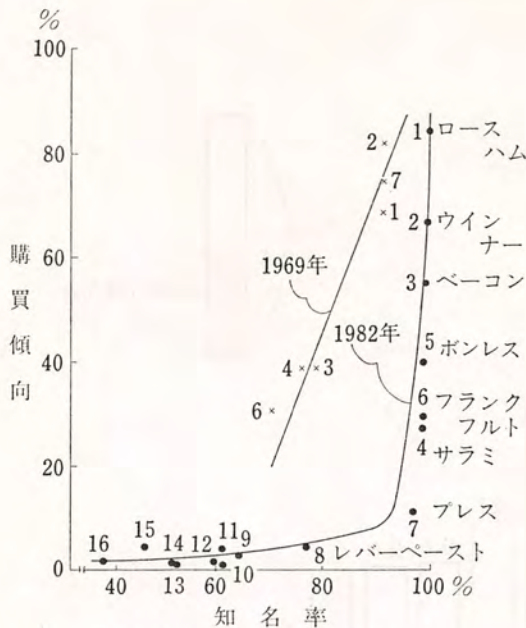


図8 食肉製品の知名度と購買傾向

多く、ゆでるとする主婦は僅か(1.0%)であった。このことは、ヨーロッパにみられる「ゆでたソーセージ」の食生活と大きく異なるように思うし、また、ハム等の料理は、副菜(49.1%)、弁当のおかず(20.3%)、おやつ(4.9%)で、主菜となっている家庭は6.8%にすぎなかったことにも注意しておく必要がある。

### 5. むすび

食肉類の需要量に占める加工品比率が増加する中で、ハム等の需要期待は1969年に比べて消極的になったといえよう。その原因の考察は本稿では不十分であるが、少なくとも、①原料・添加物等に関する品質意識、②嗜好度に係る味覚の問題、③価値意識にみられる便利性及その利用方法等に

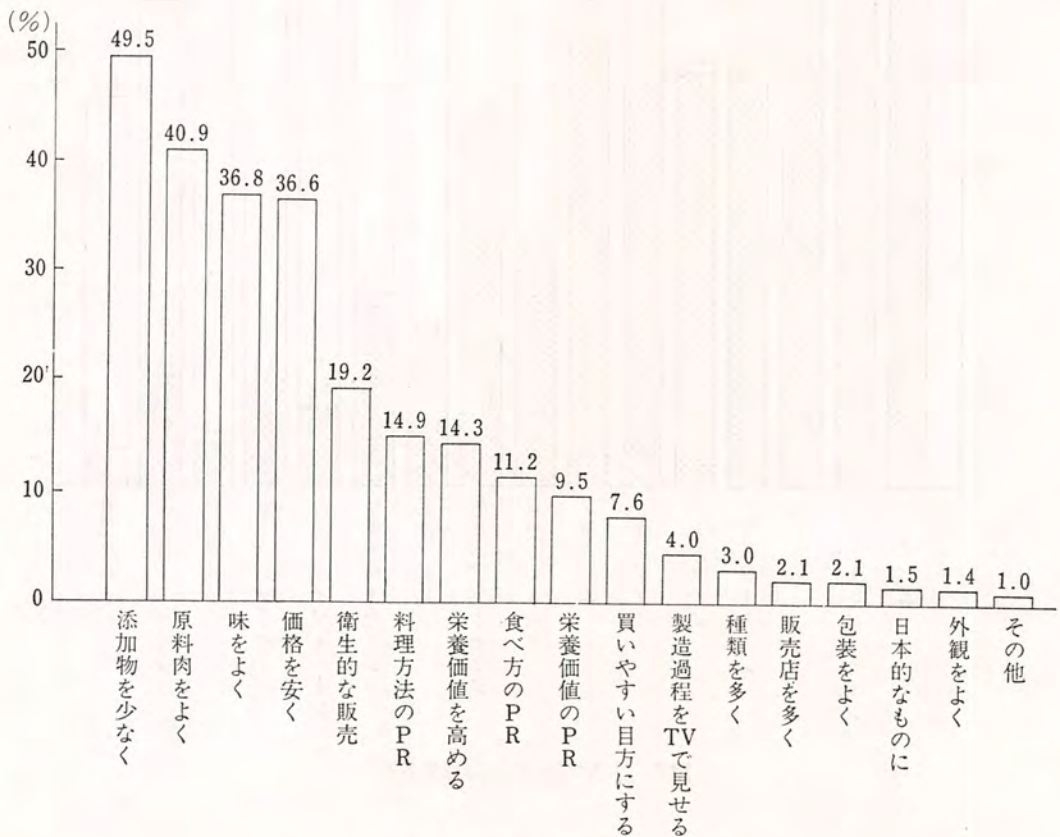


図9 ハム等の消費量を拡大するための意見(2項目選択)

ついでの研究と対応が必要であろう。また、ライフスタイルと消費者行動の変化に対応した多様なマーチャダイジング、あるいは日本人に適したハム等の商品開発は必要であろう。しかし、即戦的、視覚的対応に傾斜せずに、長期的視点に立ったハム等の「本ものの味覚」と、「本来の食べ方」の定着化がより重要な課題となる。

本研究に当り、伊藤記念財団のご援助に深く感謝するとともに、早急にこの調査の分析・検討を深化し、さらに多角的な調査研究を行いたいと考えている。

## 6. 要 約

ハム等の需要促進等のための資料を得るための消費者行動調査を1982年9月、東京・神奈川・千葉・栃木・群馬・福島・静岡の25地域の主婦に対して、質問紙による直接面接法で行い、766人(戸)の有効調査票を得、検討した。その主な結果は次のようである。

- (1) ハム等に対する嗜好はかなり高かったが、添加物・原料等に対する批判もかなりあった。

- (2) JAS、賞味期間や品名の知名率はかなり高かったが、購買行動との連動性は低かった。
- (3) ハム等の選好理由は、主に便利型であるが、品目によって味覚型・価格型・便利型・栄養型に、また、好む人によって主婦一族型・子供型・主人型に類型化された。
- (4) ハム等の今後の消費意欲は強いとはいえないので、品質、嗜好、利用に関する研究と対応が必要である。

## 文 献

- 1) 福島正次, 長野 実, 宮原晃義, 北村和男, 賀上晋一郎: 畜産物に関する消費者の意識と行動に関する研究—I, 食肉加工食品に関する集合住宅地における調査研究, 日本大学農獣医学部学術研究報告28号, 146~161 (1971)
- 2) 志津野和文, 船津謹吾: 消費者行動測定の方法と技法, 企業診断, 18 (12), 14~22, (1971)
- 3) 長野 実, 木村貞司, 高久信一, 小泉聖一, 西野松之: 日本畜産学会第74回大会講演要旨, 139, (1983)
- 4) 小島外弘, 梅沢伸嘉, 佐藤陸三: 商品開発のための消費者研究, 237~239, 日科技連, 東京, (1972)
- 5) 馬場房子: 消費行動の心理学, 140~145, 白桃書房, 東京, (1970)





## おわりに

伊藤ハム栄養食品株式会社を創業されました故伊藤傳三前社長のご遺志と、伊藤研一現社長の深いご理解のもとに伊藤記念財団が発足いたしまして以来、関係各位のご指導、ご教示さらに並々ならぬご協力とご支援のもとに、財団の事業も着々と軌道に乗って参り、ここに、当財団の主要事業の一つであります食肉に関する研究・調査助成の成果報告書が刊行される運びと相成りました。

今回、第一回の報告書として世に贈られる次第ですが、わが国の食品、とくに食肉関連各領域の最新の研究と調査が、一冊の報告書としてまとめられて刊行されますことは、わが国の食肉の研究史からも前例のないことであります。本報告書に貴重な研究・調査の成果をご掲載下された諸先生に厚く御礼申し上げる次第です。

ここに掲載されております研究・調査は、内容的な観点から三つの領域に分類されるように考えられます。家畜生産、食肉加工・衛生、さらに流通と広範に及ぶもので、内容的にもきわめて多岐に亘っております。このことは、食肉関連産業の直面している問題が多方面に山積していることの一つの証左かもしれませぬ。生物資源が効率的に生産され、高度に、しかも安全に利用されるために、基礎並びに応用の両面にわたる益々の研究や調査の必要性を一段と痛感いたす次第です。

終りに、本報告書の刊行が将来に亘って連綿と続き、食肉の研究を通じて、食肉関連産業の発展に益々貢献することが出来ますよう、関係各位の一段のご理解とご支援をお願い申し上げます。

財団法人 伊藤記念財団

専門委員会委員長

九州大学農学部教授 深 沢 利 行



食肉に関する助成研究調査成果報告書  
昭和57年度 (Vol. 1)

---

1983年11月 初版発行

編集・発行——財団法人伊藤記念財団

東京都港区虎ノ門5丁目3番20号 〒105

仙石山アネックス 501

TEL: 03 (434) 1186

印刷・製本——株式会社 三 恭 社

---

<非売品：無断禁転載>









財団法人  
伊藤記念財団