

略 号

畜産草地研究所研究資料
Mem. Natl. Inst. Livest.
Grassl. Sci.

Memoirs of National Institute of Livestock and Grassland Science

No.8
March.2008

畜産草地研究所研究資料

第8号 平成20年 3月

Past and Future Developments of Livestock
and Grassland Science in Japan

畜産草地研究所・日本学術会議主催シンポジウム
わが国における畜産技術開発
研究の展開と今後の発展方向



独立行政法人
農業・食品産業技術総合研究機構
畜産草地研究所

NARO
National Institute of
Livestock and Grassland Science

畜産草地研究所編集委員会

Editorial Board

所 長
Director-General

柴 田 正 貴
Masaki SHIBATA

草地研究監
Director, Grassland Research

加 茂 幹 男
Mikio KAMO

編集委員長
Editor-in-Chief

寺 田 文 典
Fuminori TERATA

副編集委員長
Deputy Editor

中 西 直 人
Naoto NAKANISHI

編 集 委 員
Associate Editor

佐 藤 義 和
Yoshikazu SATO

長 嶺 慶 隆
Yoshitaka NAGAMINE

千 國 幸 一
Koichi CHIKUNI

花 島 大
Dai HANAZIMA

山 本 嘉 人
Yoshito YAMAMOTO

井 村 治
Osamu IMURA

井 出 保 行
Yasuyuki IDE

小 林 真
Makoto KOBAYASHI

伊 吹 俊 彦
Toshihiko IBUKI



開会挨拶（柴田正貴 所長）



第1部 記念講演会



第2部 パネルディスカッション



閉会挨拶（矢野秀雄 理事長）



基調講演（森地敏樹 元場長）



基調講演（矢野秀雄 理事長）



専門分野別報告（渡邊昭三 元場長）



専門分野別報告（阿部 亮 教授）



専門分野別報告（佐藤英明 教授）



専門分野別報告（雑賀 優 教授）

目 次

開会挨拶	----	1
来賓祝辞	----	2
第1部（講演会）		
司会：松本光人（畜産草地研究所企画管理部長）		
1）基調講演 畜産技術研究90年の歴史と将来への期待		
(1) 国立研究機関における技術開発	森地敏樹（元畜産試験場長）	---- 5
(2) 大学における畜産学研究	矢野秀雄（日本学術会議会員、 家畜改良センター理事長）	----15
2）専門分野における研究の展開		
(1) 家畜育種と畜産環境－最近の研究と現場での対応－	渡邊昭三（元畜産試験場長）	----21
(2) 家畜・家禽の栄養管理分野における研究展開	阿部 亮（元畜産試験場栄養部長）	----41
(3) 繁殖分野における研究の展開	佐藤英明（東北大学大学院教授、 日本畜産学会理事長）	----45
(4) 草地学分野における研究の歴史と今後の発展方向	雑賀 優（岩手大学大学院教授、 日本草地学会会長）	----52
第2部（パネルディスカッション）		
－畜産技術研究の将来展開－		----61
司会：柴田正貴（畜産草地研究所長）		
キーノートスピーチ：畜試を中心とした研究推進の経過		
	横内圀生（前畜産草地研究所長、 (社)家畜改良事業団 家畜改良技術研究所長）	
パネラー：森地 敏樹、矢野 秀雄、渡邊 昭三、阿部 亮、佐藤 英明、 雑賀 優、横内 圀生、小林 春雄（元草地試験場長）		
閉会挨拶	----	85

開会挨拶

(独) 農研機構 畜産草地研究所長 柴田 正貴

本シンポジウムの開催にあたりまして、一言ご挨拶申し上げます。

まず始めにご挨拶を頂きます農林水産技術会議事務局の栗原技術広報官には、大変ご多忙な中、ご出席頂きまして、厚く御礼申し上げます。また、ご講演を頂きます先生がた並びにご参集いただきました諸先生に対しましても厚く御礼申し上げます。

わが国の畜産は明治になって本格的に始まったわけですが、当初は外来技術をそのまま受け入れたものであり、それをわが国農業の中に、風土に根ざした畜産としていかに定着させるか、そして先進諸外国に追いつき追い越すために必要な技術開発は何か、ということ畜産技術研究の歴史が始まったと言えると思います。

こうした時代背景の中で、各大学におきましても農学・畜産学は実学であるとの認識のもと、さまざまな畜産技術研究がなされてきました。私ども畜産草地研究所の前身であります畜産試験場も、そのような時代背景の中で大正5年に創立され、当初は優良家畜の配布、畜産技術の普及並びに技術者の養成から始まって、やがて我が国固有の畜産研究に進み、昨年で90周年を迎え各時代の畜産技術の革新に寄与したものと自負しております。

このような諸先達の努力の結果、畜産は農業総産出額の約1/3を占め、その技術も諸外国に引けを取らないものと発展しております。また、この発展の鍵は、稲作と異なり明治になって導入された新産業であるというハンディ故に、人工授精技術の開発・普及に代表されるように行政、産業界、大学も含めた各セクターが技術開発目標を共有し、一体となって技術開発に邁進した結果にほかなりません。これにつきましては後ほど御専門の先生から言及されるかもしれませんが、研究が細胞生理学のような基礎研究から始まり、しかもその研究成果が単に解明に留まるものではなく技術として結実し、行政、関係諸団体、各都道府県、民間と一体となって法律改正、器具の開発、技術の普及が行われたからにほかなりません。

畜産を巡る状況としましては、飼料自給率の向上や飼料価格高騰を受けての生産性向上問題等技術的対応が必要な課題が山積しております。

今回のシンポジウムは、昨年、畜産試験場が創立90周年を迎え、かつ今年は独法化第2期に入る節目であることから、このような黎明期からの畜産研究をもう一度振り返り、産官学の連携を含め実学である畜産学研究のあり方について広く論議を深めるとともに、特にこれからの畜産研究を担う若い方々に是非、技術開発目標に必死で立ち向かった黎明期の先達の努力を知っていただきたい、ということで、学会会員の矢野先生にお諮りし、学会会議と共催でシンポジウムを開催することと相なった次第です。

本日は十分な論議を尽くす時間もないかもしれませんが、今後実学としての畜産学を再認識して研究を考える契機となれば主催者として本望であると考えております。そのような論議に発展することを期待いたしまして、開会のご挨拶とさせていただきます。

よろしくお願いたします。

平成19年7月25日

来賓祝辞

農林水産技術会議事務局長 竹谷廣之

「わが国における畜産技術開発研究の展開と今後の発展方向」と題した畜産草地研究所、日本学術会議の共同主催によるシンポジウムが、多くの皆様のご参集のもと、盛会に開催されますことをお慶び申し上げます。

さて、明治時代に導入された近代畜産は、昭和36年に「農業の生産性と所得を他産業並に向上させる」ことを政策目標として制定された農業基本法を受け、着実に発展し、今やわが国の農業産出額の3割を占める日本農業の基幹分野となっています。

この畜産を支える技術開発を任務とする研究機関として、畜産草地研究所の前身である畜産試験場が大正5年に千葉の地に創設されてから、昨年で丁度90年になります。この間、畜産試験場、草地試験場、そして畜産草地研究所の皆様が、国、都道府県、民間において農林水産技術に係る研究、行政、普及に携わる方々と連携して、常に先導的な技術開発に取り組み、畜産の発展に大きく貢献してきたことに対しまして、感謝申し上げます。

一方、現在の農業情勢は、WTO 農業交渉や EPA 交渉にも見られます様に世界経済の急速なグローバル化が進展する中で、大変厳しい状況にあります。そこで政府では、食料・農業・農村政策推進本部において、「21世紀新農政2007」を決定し、農林水産省としては「農林水産の持つ潜在能力を最大限に発揮させ、21世紀の戦略産業とし、国民が求めるおいしく安全な食料の安定供給を実現」するために、「食と農に関する新たな国家戦略の確立」など5つの政策目標に重点的に取り組んでいます。農林水産技術会議事務局としても、このうち特に「イノベーション・知的財産の力により農業の潜在的な力を発揮させ、国内農業を体質強化すること」や「国産バイオマス燃料などのバイオマス利活用の加速化等により、資源・環境対策を推進すること」等に貢献するため、これまで以上に行政と密接に連携して研究施策を推進しています。

また農林水産省では、「工程管理を行いながら食料自給率の向上」のための各種施策を実施していますが、この問題では畜産における飼料自給率の向上が大きなポイントとなっています。そのため、転作の増加している水田や耕作放棄地の有効利用、放牧の推進、食品残さ飼料化（エコフィード）などが飼料自給率向上の鍵となるとの視点で各種施策に取り組んでいます。

このような農林水産省の重要施策を実施するに当たり、技術開発への期待が益々高まっていることから、農林水産技術会議事務局では、農林水産研究基本計画において明確な期別達成目標を策定するとともに、オールジャパンの視点から、国及び独法研究機関はもとより、公立試験研究機関、大学、民間等が実施する研究の役割分担と連携強化を図ることにより「社会・国民への成果の還元」を加速化することを目指しています。

本シンポジウムにおいて、産学官の畜産関係者の皆様にご参集頂き、20世紀の畜産を変革した革新技術を総括し、21世紀の新たな畜産、動物生命産業のイノベーションにつながる研究開発について、その展開方向と各分野の連携方策を中心に議論を深めてい

ただくことは、大変有意義なことであり、その成果に大きな期待を寄せております。

最後になりましたが、本シンポジウムが、今後の畜産研究の推進、畜産業の発展にとって、実り多いものとなることを祈念致しまして、挨拶とさせていただきます。

第1部

司会：松本光人（畜産草地研究所企画管理部長）

1) 基調講演

畜産技術研究 90 年の歴史と将来への期待

- ① 国立研究機関における技術開発 森地敏樹（元畜産試験場長）
- ② 大学における畜産学研究 矢野秀雄（日本学会議会員、
家畜改良センター理事長）

2) 専門分野における研究の展開

- ① 家畜育種と畜産環境－最近の研究と現場での対応－
渡邊昭三（元畜産試験場長）
- ② 家畜・家禽の栄養管理分野における研究展開
阿部 亮（元畜産試験場栄養部長）
- ③ 繁殖分野における研究の展開 佐藤英明（東北大学大学院教授、
日本畜産学会理事長）
- ④ 草地学分野における研究の歴史と今後の発展方向
雑賀 優（岩手大学大学院教授、
日本草地学会会長）

畜産技術研究 90 年の歴史と将来への期待

— 国立研究機関における技術開発 —

元 畜産試験場長 森地 敏樹

本年は、大正 5 年（1916 年）農商務省内に開設された畜産試験場が、その翌年千葉県千葉郡都村（現在の千葉市青葉町）に移り、わが国の畜産技術研究の礎石を据えてから 90 年目にあたる。この節目に、国立研究機関における畜産技術研究の歴史を振り返るとともに、今後の発展方向を論じたい。

1. 国立研究機関の組織変遷の概要

わが国の畜産に関する試験は、農事試験場の前身である重要穀菜試作地で明治 19 年（1886 年）に既に開始された。すなわち、牧草として鶏眼草（やは草）を試作し、飼馬に給与したと記録されている。明治 26 年に発足した農事試験場では、畜産に関係ある試験事項として、牧草の種類と選択、家畜・家禽の飼育と肥育、種苗の配布、飼料の分析鑑定が掲げられた。

明治の末葉には、わが国の畜産ははまだ胎動期にあったが、政府はその将来の発展に備えて、畜牛改良の基本方針を樹立し、表 1 のごとく明治 33 年に広島県に七塚原種牛牧場を開設した（8 年後に七塚原種畜牧場と改称）。これがわが国最初の国立牧場である。畜産が産業の態を成すためには、何よりもまず先進国からの優良家畜の導入と増殖・配布ならびに外来畜産技術の普及を急がなければならなかった。このように文明開化とともに導入された外来畜産が、ようやく日本農業のなかに根を下ろし始めた時代を背景に、大正 5 年畜産試験場が誕生した。

表 1 畜産試験場・草地試験場の組織 - 変遷の概要 -

明治26年（1893）	農事試験場における畜産研究の萌芽
明治33年（1900）	七塚原種牛牧場（最初の国立牧場）開設
大正 5 年（1916）	畜産試験場 創設
昭和25年（1950）	農業技術研究所家畜部・畜産化学部
//	関東東山農業試験場畜産部
//	地域農業試験場 設置 (九州農試畜産部、中国農試畜産部)
昭和31年（1956）	農林水産技術会議 発足
昭和36年（1961）	農業基本法 施行
//	畜産試験場 (家畜部、畜産化学部、草地部、飼養技術部)
昭和45年（1970）	草地試験場 創設
昭和55年（1980）	畜産試験場 筑波研究学園都市に移転
平成11年（1999）	食料・農業・農村基本法 制定
平成13年（2001）	独立行政法人 畜産草地研究所 発足 (畜産試験場と草地試験場の統合)

その後の組織変遷の概要は、表 1 に示す通りである。

戦後、昭和 25 年、農林省関係試験研究機関の整備統合により、畜産研究は農業技術研究所家畜部・畜産化学部ならびに関東東山農業試験場畜産部で実施されることになり、農業

基本法が施行された昭和 36 年に両機関が新しい畜産試験場として統合されるまで 11 年半を経過した。昭和 25 年には地域農業試験場が設置され、九州農試と中国農試に畜産部が設けられた。また、昭和 31 年に農林水産技術会議が発足している。草地・飼料作物関連の研究は関東東山農業試験場と畜産試験場において実施されてきたが、昭和 45 年に独立して草地試験場が創設された。なお、畜産試験場が千葉市から筑波研究学園都市に移転したのは昭和 55 年である。

平成 11 年に食料・農業・農村基本法が制定された。そして、国立研究機関の独立行政法人化に伴い、平成 13 年に畜産試験場と草地試験場が統合して、独立行政法人 農業技術研究機構（現在の農業・食品産業技術総合研究機構）の畜産草地研究所として発足した（表 1）。

ここで、畜産試験場と草地試験場の研究部の変遷を見ると、畜産試験場は、農業技術研究所時代から、繁殖、生理、遺伝、製造、飼養、飼料作物というように、畜産の基礎となる学問別の研究部構成を採り、この方針は昭和 45 年（1970 年）の畜産試験場の部構成（育種、繁殖、生理、栄養、飼養技術、加工の 6 部）にほとんどそのまま受け継がれている。一方、草地試験場は、昭和 45 年独立当初、草地計画、生態、牧草、環境、家畜、施設機械の 6 部ならびに山地支場とし、畜産の基本技術に沿って研究部を構成した点に特徴がある。

平成 13 年（2001 年）に統合された畜産草地研究所は、両試験場の研究部構成を融合して、家畜育種繁殖、家畜生理栄養、品質開発、家畜生産管理、畜産環境、飼料作物開発、飼料生産管理、放牧管理、草地生態、山地畜産研究の 10 研究部から構成されることとなった。

2. 畜産試験場創立期の活動

わが国の畜産が産業としての形を一応整えて発展の軌道に乗り始めたのは第一次世界大戦を契機としてであったが、丁度この時期に畜産試験場が創設された。しかし、大正末期からの世界的経済恐慌と農村不況時代、それに続く有畜農業奨励時代、第二次大戦下の軍需畜産時代、戦後の食料窮乏期というように、畜産試験場は激しい時代の波に曝されてきた。

創設当初は、優良家畜の導入・増殖・配布、一般畜産技術の普及、技術者の養成、例えば畜産物加工練習生制度などから始まって、やがてわが国固有の畜産技術研究に進んだ。

例えば、日本種と欧米種の蜜蜂の比較研究の論文は、大正 13 年（1924 年）に刊行された畜産試験場報告に英文で発表された。初生雛の雌雄鑑別法が、日本発の独創的な畜産技術として国際的に普及したことは周知のごとくである。また、初期の広範囲にわたる飼料評価研究は、現行の飼養標準と飼料成分表の萌芽と見なされる重要なものである。

3. わが国における畜産物供給量の推移

ここで、1950 年から 2005 年までのわが国の畜産物供給量の推移を見てみたい（図 1）。牛乳・乳製品、食肉、鶏卵はほぼ昭和 30 年（1955 年）以降、世界で例を見ないスピードで消費が増大した。矢野秀雄先生と演者らは第 8 回 WCAP（World Conference on Animal Production、1998）のシンポジウムで“Human Dietary Intake of Animal Products in the Future”と題する論文を発表したが、そのなかで 1950 年から 80 年までのごく短期間に、畜産食品

の消費の増大と平行して、日本人の平均寿命が急速に延長し、体位が向上した事実を指摘した。その主な理由は、わが国の伝統的な食生活のなかに畜産食品が上手に取り入れられた結果といわれており、国民生活への畜産への寄与として高く評価されよう。

昭和 55 年（1980 年）頃に日本はほぼ世界の長寿国となった。しかし、柴田博教授によれば、それ以降わが国では発展途上国型の低栄養（protein energy malnutrition）が進行しつつある（社団法人全国はっ酵乳乳酸菌飲料協会：乳酸菌ニュース、No.457、p.25～28、2007）。厚生労働省の国民栄養調査で昭和 60 年（1985 年）と平成 16 年（2004 年）を比較すると、摂取エネルギーは 2088kcal→

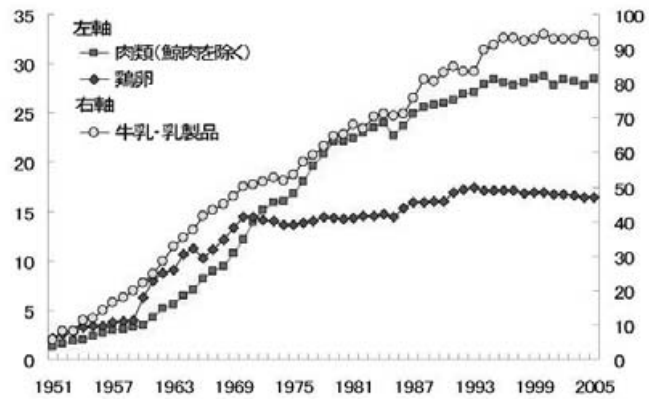


図1 畜産物供給量の推移 (kg/年/人)

1902kcal、たんぱく質は 79g→70.8g と減少しており、この傾向はとりわけ 20～29 歳の男女で顕著である。また、全般的にカルシウム不足が懸念される。「飽食の時代」と言われるが、これは一面的な誤解であり、特に若い人々が畜産食品の栄養的意義を正しく理解して、食生活に反映することを願うものである。

4. 20 世紀における国立研究機関での畜産技術研究

昭和 36 年（1961 年）農業基本法に基づいて、畜産は選択的拡大作目に位置付けられ、経営規模を拡大させつつ、その生産性を飛躍的に向上させた。その過程で、畜産試験場は家畜の能力評価と選抜技術、人工授精・受精卵移植を始めとする家畜繁殖技術、栄養・代謝機構の解明を基礎とする家畜管理技術、畜産物品質評価の標準化などの研究で、畜産技術の先導役を果たし、わが国の畜産の発展に貢献した。

しかし、その後世界経済の構造的変化により、畜産物の輸入が急増し、乳・肉・卵の生産調整が余儀なくされ、畜産農家戸数が激減するなど、わが国の畜産業は大変厳しい状況に置かれている。しかも現代の畜産は、単に生産性の向上だけでなく、環境との調和を保って持続的に発展しなければならない。そのため研究課題が増加し、また多様化しつつあるのが現状である。

昭和 58 年（1983 年）、農林水産技術会議は「農林水産研究基本目標—21 世紀に向かって農林水産技術の革新を図るために—」を策定した。これに照らして、昭和 60 年（1985 年）に畜産試験場は 研究基本計画を作成した。その研究課題は、(1) 高位生産のための家畜・家禽の能力の向上と保全、(2) 家畜・家禽の繁殖・生理・生態の機構解明と生産技術の

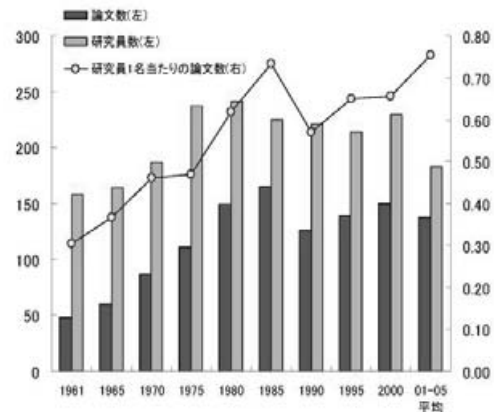


図2 論文数の推移

開発、(3) 飼料利用効率の改善と新飼料資源の開発利用、(4) 良品質畜産物の流通利用技術の確立、(5) バイオテクノロジー等革新的先端技術の開発と畜産技術への応用、(6) 家畜・家禽排泄物の再資源化と環境汚染防止技術の確立、(7) 高位生産のための家畜・家禽の飼養管理技術の確立に大別される。

1961年～2005年の論文数と研究員数の推移を図2に示した。全体的として、研究員1名あたりの論文数は増加傾向にある。

20世紀に畜産試験場ならびに草地試験場から公表された育種、繁殖、生理、栄養・飼料、飼養技術・環境、加工・畜産物、草地・飼料作物各分野における研究業績（書誌事項）はすべて、参考資料1)～5)に掲げた両試験場の記念誌に収められている。

5. 二、三の研究例と国立研究機関における畜産技術研究の特徴

それぞれの専門分野の研究展開については、このあと4名の専門家が講演されるので、演者はここでは胚移植技術とその応用、放牧ならびに乳酸菌利用に関する研究を例に取り上げて、それらの発展経過を辿り、社会的貢献の今日的意義を論じたい。

(1) 胚（受精卵）移植とその応用

牛の人工授精に関する試験研究は、畜産試験場では昭和3年（1928年）から実施されている。人工授精技術の普及率は1945年頃から上昇した。この技術の実用化に大きく貢献したのは、精液の凍結保存技術である。畜産試験場においては、凍結精液の研究は1953年頃に開始され、液体窒素による -196°C 保存法の検討が進められ、さらに独自に開発した錠剤化凍結法が昭和38年（1963年）に公表された。

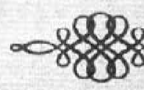
胚移植に関しては、過剰排卵処理、初期胚の培養、凍結保存についての検討が積み重ねられる。畜産試験場では独自の手法を開発し、昭和39年（1964年）に世界に先駆けて非手術的移植法による子牛の生産に成功した。この際、用いられた子宮頸管迂回法は現在では用いられていないが、この非手術的胚移植法の確立が、その後の胚移植技術の実用化に果たした役割はきわめて大きい。「黎明期における日本の牛胚移植技術」をめぐる関係者の興味深い座談会が参考資料6)に記載されている。



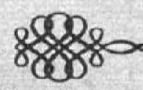
写真1 体細胞提供牛と5頭のクローン牛

その後、胚移植の応用として、二卵移植、一卵性双子・多子、性判別、さらに関連技術として、体外受精、核移植（クローニング）、家畜への外来遺伝子導入（形質転換）技術などが相次いで開発された。この分野の研究進展に畜産試験場をはじめとするわが国の研究者・技術者も大いに貢献している。昭和60年（1985年）には、世界最初の未成熟卵子を用いた体外受精産子を出生させることに成功した。

ヒツジの体細胞に由来する核をもつ子ヒツジ“ドリー”が誕生したのは1997年である。この年に日本学術会議は多くの関連学協会の協力を得て、「哺乳類におけるクローン研究の現状と今後の展望」と題するシンポジウムを開催した(図3)。このシンポジウムの話題提供者のうち二人が畜産試験場で活躍した研究者であった。体細胞を用いたクローン牛は平



日本学術会議畜産学研連 獣医学研連シンポジウム



哺乳類におけるクローン研究の 現状と今後の展望

本年2月、ヒツジの体細胞に由来する核をもつ子ヒツジの誕生が報告された。この研究成果は、画期的な学術上の意義をもち、家畜や野生希少種への応用の可能性を有するとともに、人類社会との接点では倫理が問題となる。本シンポジウムでは、哺乳類におけるクローン研究の現状を理解し、今後の展望について考えてみたい。

日 時: 1997年 6月25日(水) 10:00~16:30

場 所: 日本学術会議講堂(1階)
東京都港区六本木7-22-34 (電話03-3403-6291)

主 催: 日本学術会議畜産学研究連絡委員会・獣医学研究連絡委員会

共 催: 家畜衛生研究会・家畜栄養生理研究会・家畜生化学研究会・鶏病研究会・獣医麻酔外科学会・東北家畜臨床研究会・動物の原虫病研究会・肉用牛研究会・日本ウイルス学会・日本ウマ科学会・日本家畜学会・日本家畜管理研究会・日本産業動物獣医学会・(社)日本獣医学会・日本獣医公衆衛生学会・日本獣医循環器学会・日本獣医針灸学研究会・日本小動物獣医学会・日本草地学会・(社)日本畜産学会・日本繁殖生物学会・日本皮革技術協会・日本比較臨床血液学会・日本哺乳動物卵子学会・日本養豚学会・比較眼科学会・ヒトと動物の関係学会(50名順)

~~~~~ プログラム ~~~~~

|             |                                                                                         |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 10:00~10:10 | 開会挨拶 森地 敏樹(畜産学研究連絡委員会委員長、日本大学教授)<br>座長: 菅原 七郎(畜産学研連委員、北里大学客員教授)<br>林 良博(獣医学研連委員、東京大学教授) |
| 10:10~10:55 | 「哺乳類における胚操作技術の進展」……角田 幸雄(近畿大学教授)                                                        |
| 10:55~11:40 | 「家畜における核移植技術」……今井 裕(農林水産省畜産試験場繁殖部研究室長)                                                  |
| 11:40~12:25 | 「未分化細胞から分化細胞へ」……河野 友宏(東京農業大学教授)                                                         |
| 12:25~13:30 | ----- ( 昼 食 ) -----                                                                     |
| 13:30~14:15 | 座長: 豊田 裕(畜産学研連委員、帯広畜産大学教授)<br>増井 光子(獣医学研連委員、麻布大学教授)                                     |
| 14:15~15:00 | 「動物資源保護の立場から」……増井 光子<br>「ヒトへの応用の是非について」……橋島 次郎(三菱化学生命科学研究所副主任研究員)                       |
| 15:00~15:10 | ----- ( 休 憩 ) -----                                                                     |
| 15:10~16:20 | 座長: 豊田 裕・林 良博                                                                           |
| 16:20~16:30 | 閉会挨拶 高橋 實(獣医学研究連絡委員会委員長、麻布大学教授)                                                         |

参加費無料・予約不要・来聴歓迎

連絡先: 〒252 藤沢市亀井野1866  
日本大学生物資源科学部  
森地 敏樹 TEL&FAX 0466-84-3660

**図3 日本学術会議畜産学研連獣医学研連  
シンポジウム(1997)資料表紙**

成10年(1998年)に誕生した。畜産試験場で生まれた5頭のクローン牛と体細胞提供牛

を写真1に示した。

胚移植技術が、乳用種の改良や肉用牛の増産に大きな役割を果たしたことはいうまでもない。また、次世代の畜産を先導する革新的繁殖技術のさらなる発展と実用化が期待される。

## (2) 草地試験場における主な研究

昭和45年から平成12年(1970～2000年)にわたる草地試験場の研究目標と主な成果は第1期(1970～1990年)と第2期(1991～2000年)に分けて整理できる。

第1期には、経済の高度成長に伴う畜産物需要の増加と稲の減反政策に対応する飼料生産基盤の拡大という時代背景の下に、飼料作物の貯蔵・利用技術の向上、放牧利用における草地・家畜生産性向上、飼料作物の新品種開発(多収性)を目標に掲げた。主な研究成果として、通年サイレージ技術、粗飼料のアンモニア処理技術、高増体スーパー放牧、オーチャードグラス「アキミドリ」の育成などが達成され、通年サイレージ体系は全国酪農地帯の95%に普及した。

第2期には、畜産物の輸入自由化、国土・環境保全型畜産に対応した飼料生産という時代背景の下で、高齢化・担い手不足に対応する機械化・省力化、畜産環境問題の解決を支援する家畜排泄物の処理・利用、飼料作物の新品種開発(耐倒伏・耐病性)を目標に掲げた。主な研究成果として、サイロクレーン・堆肥クレーンや全自動給餌装置の開発、乳牛スーパー放牧技術、イタリアンライグラス「ニオウダチ」の育成などが達成された。機械化・省力化装置は20都道県に普及し、耐倒伏性のニオウダチは15県で奨励品種として指定された。

第1期と第2期を通じて、草地試験場で実施されてきた「放牧利用による草地・家畜生産性向上」の研究は、放牧による高位生産を実証し、遊休水田などを畜産的に活用する小規模放牧は全国的に普及しつつある。日本の国土条件に適合した放牧の研究は、放牧用草種の開発を含めて、国土の有効利用はもとより、環境保全、アメニティー効果、労働軽減、健全食品生産などの見地からも、21世紀に期待される技術課題と目されている。黒毛和種(水田放牧)、ホルスタイン(スーパー放牧)、日本短角種(親子放牧)、褐毛和種(阿蘇山麓)の放牧風景を写真2に示した。



写真2 放牧研究

## (3) 乳酸菌利用

乳加工への乳酸菌利用に関する試験研究は、畜産試験場の発足とほとんど同時に開始され、わが国における乳酸菌分布の調査、海外からの優良菌株の導入と培養法・保存法が検討された。発酵バター、各種チーズ、ヨーグルト、酸乳、ケフィールなどの製造試験も行われた。

戦後間もなく、乳酸菌の優良菌株の系統的な探索が開始され、昭和 28 年（1953 年）以降に発表された酪農用乳酸菌（*Lactobacillus*、*Streptococcus*、*Leuconostoc*）の分類学的研究は、当時の海外の先進研究に比肩し得る緻密な内容のものであった。

1950 年代に入ると、わが国ではヨーグルトや酸乳飲料の生産が盛んになり、製造業者からの乳酸菌菌株の分譲依頼が急増し、当時、畜産試験場では保管する優良菌株の分譲業務も行っていた。実用的見地から、乳酸菌の培養と保存に関する技術情報が求められ、栄養要求性の検討に基づく培養法の確立と、長期保存法（凍結乾燥保存法）などの研究が実施された。発酵乳・乳酸菌飲料の微生物学的品質基準として、厚生省は昭和 37 年（1962 年）に乳酸菌数の規格を定めた。しかし、その測定用培地では高温性乳酸桿菌が生育しない場合があったため、この乳酸菌の栄養要求性の基礎的検討を行い、得られた知見に基づいて改変 BCP 加プレートカウント寒天を提唱した。この培地組成は昭和 48 年（1973 年）の厚生省令の一部改正に反映され、爾来発酵乳の信頼できる公定検査培地として広く用いられている。畜産試験場では、さらに乳酸菌による香味成分の生成条件の究明と関連する細菌生理学的研究や優良菌株の作出をめざした乳酸菌の細胞操作や遺伝子操作の研究を実施し、エレクトロポレーションによる形質転換にも成功している。一方、乳酸菌が有害細菌に対して発揮する制菌効果についても系統的な研究を行い、現在注目されているバイオプリザベーション技術の実用化に貢献した。このような長年に亘り継続された研究活動を背景として、畜産草地研究所は 2000 株以上の乳酸菌ライブラリーを作成し、わが国の乳酸菌利用における重要な研究拠点の一つと認められている。

周知のごとく、最近では乳酸菌がヒトの健康に及ぼす効果が特に注目されており、プロバイオティクス（宿主に保健効果を示す生きた微生物とそれを含む食品）としての乳酸菌の利用に関する研究が活発化している。一般に、プロバイオティクスの保健効果として、腸内菌叢のバランス改善、腸内環境改善、便秘改善、感染防御、発癌リスク低減、免疫調節、血圧降下、血中コレステロール低減、アレルギー症状軽減などの効果が期待され、国際的にも多数の研究成果が得られている。畜産草地研究所は、ごく最近、*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* H61 が老化促進モデルマウスの老化を抑制する事実を見出した。H61 株は、50 年以上前に畜産試験場で分離・同定され、今日まで多くの研究者が実験に用いてきた菌株である。今年、ヨーグルトによる不老・長寿説を唱えたメチニコフの名著「長寿の研究」が発表されてから丁度 100 年目にあたるが、特定の乳酸菌菌株が老化抑制効果をもつことを直接的に実証したことは興味深く、今後の研究進展が待たれる。

乳酸菌が良質なサイレージの生産に重要な役割を演じることは昔から知られており、主として草地試験場においてサイレージ発酵に関与する乳酸菌の種類とその動態、スターター乳酸菌の実用的意義などが研究されてきた。現在、わが国で重視される飼料用イネは、その植物学的特徴により、サイレージ発酵が円滑に進みにくい。畜産草地研究所ではこの弱点を克服するため、従来の研究蓄積を活かして、サイレージ添加剤として有効な乳酸菌 *Lactobacillus plantarum* 「畜草 1 号」を開発し、実用化に成功した。

#### (4) 国立研究機関における畜産技術研究の特徴

畜産関係の国立研究機関で実施された試験研究には、先端的な基礎研究から実用技術の開発試験までかなりバラエティがあるが、いずれにしても産業の名を冠する研究機関として、畜産業に密着した研究が実施されてきた。この点で、真理を探究し、前途有為な人材



を教育する任務をもつ大学の研究とは性格を異にするところがある。内部討議では、その研究が何の役に立つかが常に問われた。シーズ開発基礎研究という位置付けもしばしば為された。

既に、組織変遷の項で触れたように、全体として専門別に分かれた研究組織が整備され、そのなかで比較的柔軟な運営が為された点は特徴と言えよう。また、大学、行政、都道府県、民間との連携が重視された。地域農業試験場や他の農林水産省傘下の研究機関あるいは都道府県の畜産関係場所とは毎年定期的な研究打ち合わせを行うシステムが整っていて、これは現在も実施されている。

優れた研究を達成するには、独創的な着想と卓抜した能力をもつ研究指導者だけでなく、それを支える同僚の研究者の協力が必要である。さらに畜産の試験研究では、試験動物や飼料作物を提供する業務科の技術者の支援が必須であり、畜産試験場も草地試験場もその部門を擁していた。試験研究の規模が拡大するにつれて、場内の試験家畜だけでは足りず、種畜牧場や都道府県の関係場所の協力を仰いだ事例も少なくない。

先に述べたいいくつかの研究例からも明らかな通り、畜産関係の試験研究は成果が得られるまで長い年月を要するのが普通である。研究部・研究室のなかで、安定して研究を続けることができたところに、国立研究機関の大きな特徴があった。そのため、研究者は徐々に交代していっても、研究自体の継承性が維持できたことは評価されるべきであろう。

## 6. 21世紀における畜産草地研究所の研究課題と主な成果

既に述べたように平成13年(2001年)4月、国の農業関係試験研究機関の独立行政法人化に伴い、旧畜産試験場と旧草地試験場が統合し、草地・飼料作物の生産・利用から家畜生産および排泄物の処理・利用に至る一連の資源循環型生産技術の開発を一体的に推進する畜産草地研究所が発足した。その任務は、わが国の畜産業が直面する課題に技術開発面か

表2 第I期中期計画期間(平成13年~17年)における畜産草地研究所の主な研究成果

### I. 飼料自給率の向上

- ① 飼料作物の新品種および新育種素材の開発
- ② 菌根菌によるリン酸供給機構の解明・低硝酸態窒素含量品種の開発
- ③ 飼料イネ給与による高品質な乳・肉生産技術の体系化
- ④ 小規模移動放牧による耕作放棄地の畜産的利用
- ⑤ 水田放牧の推進を支援する技術

### II. 安全・安心で高品質な畜産物の生産

- ① 新しい特性を有する乳製品の開発
- ② ラクトコッカス属乳酸菌の健康維持(プロバイオティック)機能
- ③ 高品質畜産物の低コスト生産に向けた食品残さ飼料化技術の開発

### III. 家畜排泄物の処理・利用及び畜産環境問題の解決

- ① 省電力・資源回収型の畜舎汚水処理システム
- ② 家畜ふん尿の資源化過程で発生する臭気を処理する装置
- ③ 草地土壌の持つ窒素溶脱防止効果

### IV. 次世代の畜産を先導する革新的生産技術の開発

- ① 体細胞クローン牛の効率的作出法の開発
- ② 乳牛の泌乳制御における新たな生理活性物質の動態
- ③ 高品質畜産物の効率的な生産に向けたルーメン微生物機能向上技術の開発
- ④ 食肉の熟成における筋タンパク質分解機構の解明

ら解決策を提示し、さらに新たな科学的知見に基づく革新的な技術の開発により、将来のわが国畜産業の飛躍的發展に寄与することである。

第1期中期計画期間(平成13~17年度)の主な研究成果は表2に纏めた通りである。それぞれの内容は、本シンポジウム当日に参加者に配布された冊子[参考資料7]に紹介されている。

平成 17 年 3 月に「農林水産研究基本計画」が策定されたが、その重点目標は、(i) 課題の解決と新たな展開に向けた研究開発と、(ii) 未来を切り拓く基礎的・基盤的研究に大別され、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構は主として前者を担当することになった。平成 18 年度からの第 2 期中期目標期間において、畜産草地研究所は、① 自給飼料を基盤とした家畜生産システムの開発、② 環境保全型畜産の確立に向けた要素技術の開発と体系化、③ 高品質な畜産物の品質特性の解明と評価技術の開発、④ 次世代の畜産を先導する革新的生産技術の開発について重点的に取り組むこととする。

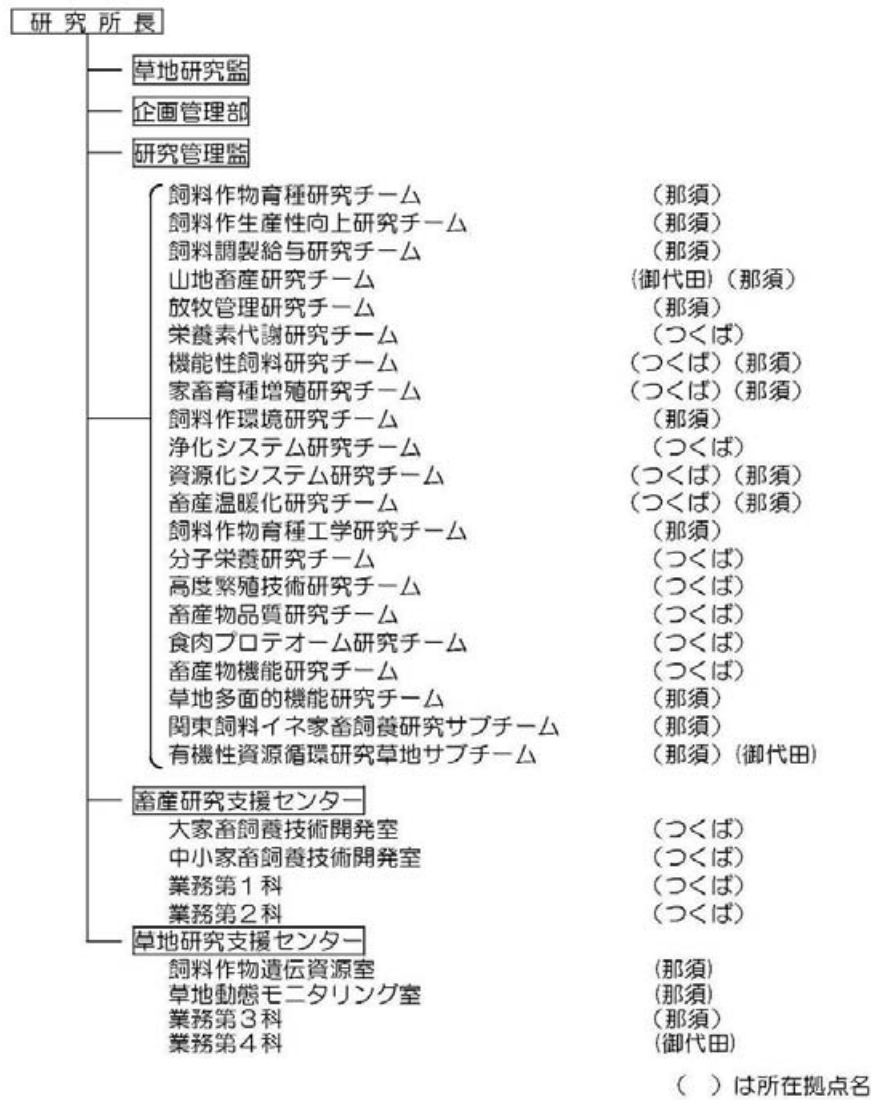


図 4 第 2 期中期目標期間における畜産草地研究所の組織体制

第 2 期の内部研究体制の最大の特徴は、研究部室制を廃し、中期課題に対応するチーム制を取り入れた点である。すなわち、従来の 10 研究部・53 研究室・チームの体制を、図 4 に示すように、19 研究チーム・2 研究サブチーム、4 室体制に再編した。この組織再編のポイントは、これまでの研究部・研究室体制が、専門分野ごとの研究成果やノウハウの蓄

積機能を重視した体制であったのに対し、新しいチーム制は課題対応型のヘテロな専門集団として組織し、チーム内の各専門分野からの研究開発力・成果のフローを重視したものである。

## 結語

畜産試験場と草地試験場を中心に、国立研究機関における畜産技術研究の発展経過を概説した。90年の歴史を振り返ると、奇しくも丁度21世紀に入った年（平成13年）に独立行政法人の畜産草地研究所が新たに発足し、平成18年から研究課題にアグレッシブに立ち向かうチーム制に研究体制を変換したことが特に注目される。

20世紀における畜産試験場と草地試験場での技術開発研究の良き伝統を活かし、21世紀の畜産草地研究所が日本畜産業の発展とそれを取り巻く数々の難問解決に役立つ技術開発を進めるとともに、国際的にも高く評価される独創的な研究成果を生み出すことを期待する。

## 参考資料

- 1) 畜産試験場70年史、pp.539、畜産試験場創立70周年記念事業協賛会（1986）
- 2) 畜産試験場二十世紀史 一七十年史以降の記録一、pp.230、農林水産省畜産試験場（2001）
- 3) 草地試験場10年の歩み、pp.119、農林水産省草地試験場（1980）
- 4) 草地試験場20年の歩み、pp.171、農林水産省草地試験場（1990）
- 5) 草地試験場三十年の歩み、pp.186、農林水産省草地試験場（2000）
- 6) 社団法人日本畜産学会創立70周年記念号、Vol.2、pp.44、日本畜産学会報、第66巻（通巻522号）、別冊付録（1995）
- 7) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所：第I期中期計画期間（平成13～17年度）の主な研究成果、pp.31（2006）
- 8) 柴田正貴：畜産草地研究所における研究開発の取組 一研究課題と主な研究成果を中心として一、農業、No.1488、32～42（2006）

## 畜産学研究90年の歴史と将来への期待 —大学における畜産学研究—

（独）家畜改良センター理事長 矢野 秀雄

社会の付託を受けて発祥した畜産学研究は、明治、大正にさかのぼる頃から、大学と畜産関係国立研究機関を車の両輪として発展してきました。例えば、日本畜産学会は大正13年に創立されていますが、その際には明治26年に最初の畜産学講座が設置された東京帝国大学の増井清博士、大正5年に設立された農商務省畜産試験場の鈴木幸三博士が中心となって、活躍されています。そして、戦後、農業の選択的拡大の流れの中で、畜産業の劇的な発展を支えたバックグラウンドの一つとして両者の技術的な寄与と人材育成の役割に大きなものがあったことは皆さんご存じの通りです。さらに、円熟期の畜産業の展開の中で、また、独立大学法人化の流れのなかで大学自身の研究方向について大きな議論がなされ、現在では新たな展開がアクティブに試みられています。

本日は、大学における畜産技術研究（応用研究）の展開を振り返りながら、主に家畜飼養研究を事例として、畜産業の発展と大学の研究、教育の関わりについて検証し、畜産業界の人材育成に果たした大学の役割を考え、最後に大学における今後の畜産技術研究のあり方について私見を述べさせていただきます。

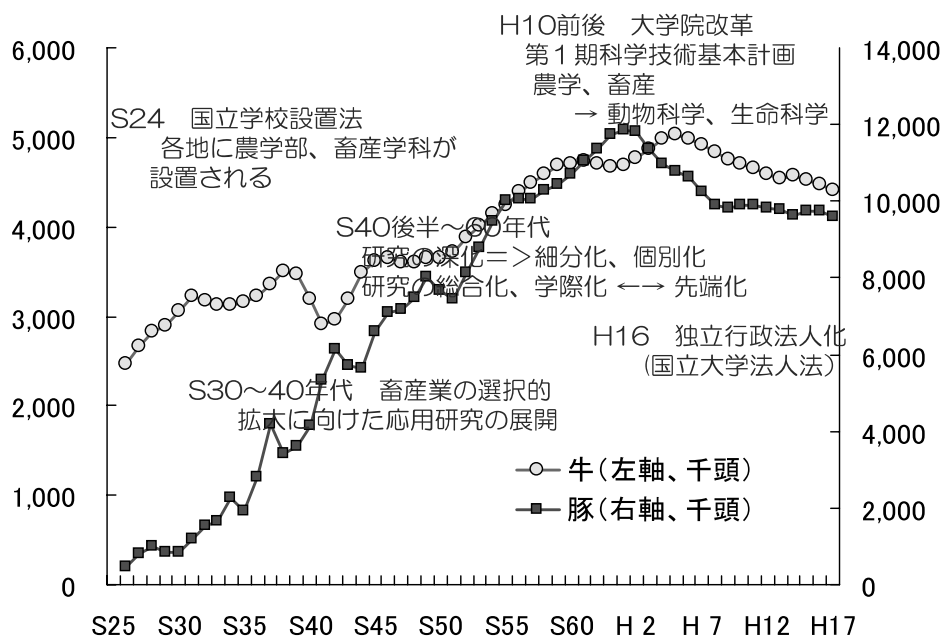


図1 戦後の畜産業の展開と大学の研究方向

### 1. 大学における畜産技術研究の展開

#### (1) 畜産業の選択的拡大を支えた畜産研究の展開

大正、昭和初期時代には、旧帝国大学農学部（設立順に東京帝国大学、京都帝国大学、

九州帝国大学、北海道帝国大学の4カ所)、高等農林学校(盛岡、宮崎)を中心として家畜の生産・利用、飼養・飼料について実学を基本とした畜産学研究が行われてきました。食糧増産がその根本にあったのは間違いのないのですが、殖産興業、富国強兵の流れの中で畜産学研究であったようにも思います。

そして、戦後、食糧生産の重要性が認識されるなか、昭和24年に制定された国立学校設置法によって、大学における畜産学教育、研究体制が走り出すこととなります。この頃、各地に農学部が、そして畜産学科が次々に設置されています。畜産業は昭和30年代から40年代にかけては選択的拡大を掲げて大発展を遂げたわけですが、大学における研究もそれを支えるための実学、応用研究として展開していきました。いくつか、具体的な事例をご紹介します。

### 1) 肉専用種としての黒毛和種の成立を支えた飼養技術研究の展開

役牛だった黒毛和種牛が耕耘機の発達とともに、その役割を肉専用種へと転換していったわけですが、その中で、従来の理想肥育とは大きく異なる、産業としての収益を意識した若齢肥育技術が京都大学を中心に開発されました。当時の京都大学には畜産関係講座が二つあり、その一つは、羽部義孝先生から上坂章次先生に継がれた家畜育種学飼育学教室、もう一つは人工授精の研究・技術開発を進めていた西川義正先生による家畜繁殖学教室でした。これらの両教室では、大変活発に実学教育が行われていました。私の出身は家畜育種学飼育学教室ですが、和牛の育種改良、肉用牛の若齢肥育やミネラル代謝などの肉牛飼養の現場に役立つ研究が熱心に行われていました。

表1 昭和40年代の肥育様式 (日本飼養標準 肉用牛 1975年版から)

| 区   | 分     | 開始年齢<br>才 | 開始体重<br>kg | 肥育期間<br>日 | 1日あたり<br>増体量<br>kg | 仕上げ体重<br>kg |
|-----|-------|-----------|------------|-----------|--------------------|-------------|
| 雌牛  | 理想肥育  | 2~3       | 400~450    | 300~360   | 0.4~1.0(0.7)       | 600~700     |
|     | 普通肥育  | 3~6       | 340~370    | 150~180   | 0.7~1.4(1.0)       | 500~550     |
|     | 老廃牛肥育 | 8~11      | 350~400    | 100       | 0.5~1.5(1.0)       | 450~500     |
|     | 若齢肥育  | 離乳子牛      | 200~250    | 360       | 0.7~0.9(0.8)       | 500~530     |
| 去勢牛 | 理想肥育  | 1~2       | 400~450    | 300~360   | 0.5~1.0(0.8)       | 650~700     |
|     | 壮齢肥育  | 2~3       | 370~420    | 150~180   | 0.7~1.5(1.1)       | 550~600     |
|     | 若齢肥育  | 離乳子牛      | 230~280    | 330~360   | 0.6~1.0(0.8)       | 500~550     |
| 雄牛  | 若齢肥育  | 離乳子牛      | 250        | 360       | 1.0                | 600         |

注) ( ) 内に示した1日あたり増体量が平均的数値である。

### 2) 北海道における酪農業の展開と乳牛飼養学研究

図2に示しますように昭和30年代から40年代にかけて、北海道では飼料作付け面積と飼養頭数が飛躍的に拡大しました。北海道大学、帯広畜産大学、酪農学園大学の研究がその背景にあったことは明白です。この頃、北海道大学広瀬研究室で取り組まれていた研究

を列記しますと、北海道における各種未利用資源（ビートトップなど）の乳牛飼料としての評価、子牛の消化能力発達および育成用代用乳・人工乳に関する研究、乳牛の窒素代謝および反芻胃内消化生理に関する研究、反芻家畜に対する尿素の栄養学的意義および飼料的効果に関する研究、北海道における草地改良（蹄耕法を含む）および草地生産性の向上に関する研究、等々です。いずれも北海道の畜産振興に強く結びついてきたことがよくわかります。

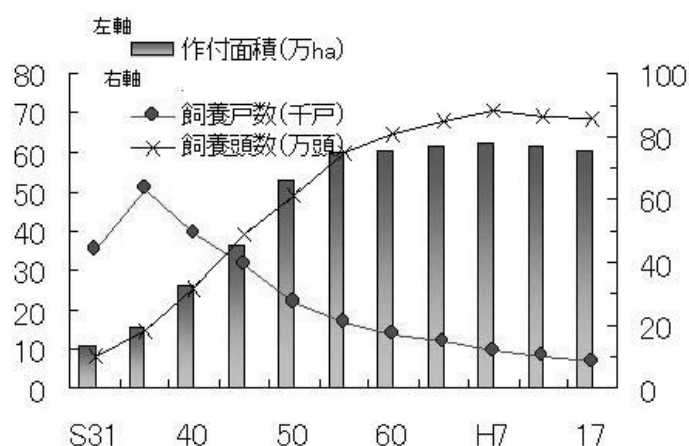


図2 北海道における飼養戸数、頭数と飼料作付け面積の推移

### 3) 庭先養鶏から大規模（企業）養鶏へ - ニワトリ飼養研究の展開 -

この時代、どの畜種でも規模拡大が図られていますが、養鶏産業における規模拡大は他の畜種を圧倒するスピードで進行しました。飼養研究も、より合理的な配合飼料の開発に向けて多くの研究が行われています。これも列記してみますと、名古屋大学におけるエネルギー代謝研究やアミノ酸の吸収・過剰障害・欠乏に関する研究、畜産試験場における人工肛門装着手技の改良、東北大学、新潟大学におけるカルシウム代謝研究、東北大学における飼料原料中の抗栄養因子研究などが挙げられます。また、ニワトリの生産能力の急速な改善に伴って生じた様々な問題を解決すべく、たとえば、肉用鶏の脂質代謝研究や魚粉給与に伴う筋胃潰瘍の原因解明などが行われています。

### 4) 家畜飼養標準の策定に向けた全国的な研究協力体制と基礎研究の連携

わが国独自の飼養標準が最初に策定されたのは昭和40年の乳牛です。その策定に先立つ8年前、大学、国公立畜産関係機関が参画する家畜栄養研究協議会が設立され、策定作業の母体となっています。大学としては、東京大学、北海道大学、東北大学他から20名、農林省関係は畜産試験場、家畜衛生試験場、地域農業試験場、種畜牧場から62名、公立試験研究場所は北海道、山梨、静岡、岡山、福岡などから8名が参加しています。飼養標準という産業のベースを定めるために、畜産関係の研究者・技術者が一体となって活躍したわけです。そして、特筆すべきはこの家畜栄養研究協議会が契機となって、ルミノロジー研究の深化が東北大学農学部家畜生理学研究室（現大学院農学研究科動物生理科学研究室）等が中心となって加速されたことです。昭和29年に発足した家畜栄養障害研究会は

昭和 38 年に家畜栄養生理研究会と改称し、現在に至っていますし、平成 2 年に発足したルーメン研究会も昭和 48 年以来の関係研究者の小集会が発展したものです。

なお、乳牛に次いで、肉用牛、豚、家禽の飼養標準が策定されるわけですが、そのいずれにおいても同様の取り組みが行われています。

## ( 2 ) 円熟期の畜産業と畜産学研究の新しい展開

昭和 40 年代、「大学紛争」を契機として、大学における研究は新たな段階に移行します。折しも畜産物の消費は国民生活に定着し、国内生産の伸び率も小さくなって行く、そういった中で、畜産学研究は多様化、国際化の方向に大きくシフトします。さらに、平成となって活発化した大学院改革、平成 16 年の国立大学法人化などの流れの中で、研究の先端化と同時に総合化、学際化が進行し、産学官の連携が重要視されるようになってきます。具体的には、畜産学の動物科学、生命科学としての深化、COE 研究拠点の展開、アニマルウェルフェアや環境問題など社会のニーズに対応した研究開発、地域ニーズに立脚した地域振興の核としての大学研究の展開などで、現在では、大学、畜産学の枠に囚われないアクティブな研究が日本全国で展開されています。

### 1) 畜産学から動物科学、生命科学へ

繁殖技術研究を例としてご紹介しますと、ウシの人工授精技術は昭和 26 年に 42.3 % であったものが、昭和 35 年には 94.5 % と、飛躍的に拡大しています。これを支えてものが、西川義正先生を中心とする繁殖関係の諸先生方のご努力のたまものであったことは言う待ちません。そして、昭和 40 年代から 50 年代にかけて受精卵移植、体外受精へと、さらには 60 年代から平成にかけてのクローン技術へと展開していきます。家畜繁殖研究は技術研究から生命科学に関する基礎研究へと深化し、現在では新生命産業の創出へとつながっています。

このような流れは他の畜産分野においても展開され、帯広畜産大学、近畿大学、岐阜大学では 21 世紀 COE プログラムによる大規模な研究が行われています。

### 2) 社会のニーズに対応した研究開発 - 家畜行動研究、畜産環境研究の展開 -

新しい社会のニーズに対応して研究が展開している事例をいくつかご紹介します。

わが国の家畜行動研究は広島大学、宮崎大学、帯広畜産大学、農林水産省北海道農業試験場を中心に戦後開始され、昭和 60 年代には多くの大学において本格的な教育が行われるに至っています。この分野の研究は昭和 40 年代は集約管理される家畜を対象としたものでしたが、その後、家畜行動学への社会からの強い要請として、「動物福祉」、「野生動物と人間(産業)の軋轢」、「ペットと人間の軋轢」などに関する研究が求められ、平成 14 年には応用動物行動学会が設立され、平成 17 年には国際応用動物行動学会議が日本で開催されるなど、幅広い研究が活発になされるとともに、一般消費者、市民に向けた情報発信として公開講座の開催にも取り組んでいます。

畜産環境問題は畜産業の大規模化に伴って昭和 40 年代頃から顕在化し、当時は「糞尿を処理する」という考え方で研究開発が行われましたが、平成になりますと「環境保全」へと軸足が移っていきます。研究陣容もその流れを反映して、当初は国公立試験研究機関が中心となって技術開発に当たっていましたが、平成 5 年に東北大を中心として日本畜産環境研究会(平成 13 年日本畜産環境学会)が設立され、近畿大学、畜産試験場、畜産環

境技術研究所、さらには麻布大学、日本獣医畜産大学などの協調と行政部局との連携により、研究が発展しています。平成 11 年に制定された家畜排せつ物法への畜産業界の対応がスムーズに進んだこと背景には、このような産学官連携の成果が大きかったといえます。

### 3) 食品残さ利用等資源循環研究

国立大学の独立法人化により大きく特徴づけられた研究方向の一つに地域活性化が挙げられます。食品残さ利用等の資源循環型研究の展開はそういった地域の独自性に立脚した大学の新たな研究展開の重要方向といえます。

畜産物の摂取量は増加したものの、カロリーベースでの自給率は極端に低下し、平成 18 年の飼料自給率は 25 % にすぎない状況です。自給率の向上を図るために、行政・普及部門、大学、独法、民間が協力して奮闘しています。北海道では、帯広畜産大学、北海道大学、北海道農業研究センターを中心に民間や農協が協力してパレイショデンプン粕の利用に取り組んでいます。九州では、鹿児島大学、宮崎大学、九州沖縄農業研究センターが鹿児島県、宮崎県や経済連と共同して焼酎粕の利用に取り組んでいます。これらの事例でも明らかのように、大学は地域振興における産学官連携の核としての役割を担うべく、活発な研究開発活動を展開しています。

## 2 . 人材育成に果たした大学の役割

人材育成に果たした大学の役割として、畜産業・畜産研究の発展を支える人材の育成、農業、畜産業、食品産業等の関連産業のみならず、広く社会に対して、畜産学、生物学の素養に富んだ社会に有用な人材を供給、海外留学生の育成、の 3 点が挙げられます。は研究、教育のグローバル化を反映したものであり、昭和 58 年の中曽根内閣による「留学生受け入れ 10 万人計画」、安部内閣における「アジア・ゲートウェイ構想」等によって後押しされており、平成 18 年のわが国の受け入れ留学生総数は 118 千名、そのうち、大学院在学者が 31 千名、うち農学関係の留学生数は 2,852 名でおよそ 1 割程度となっています。

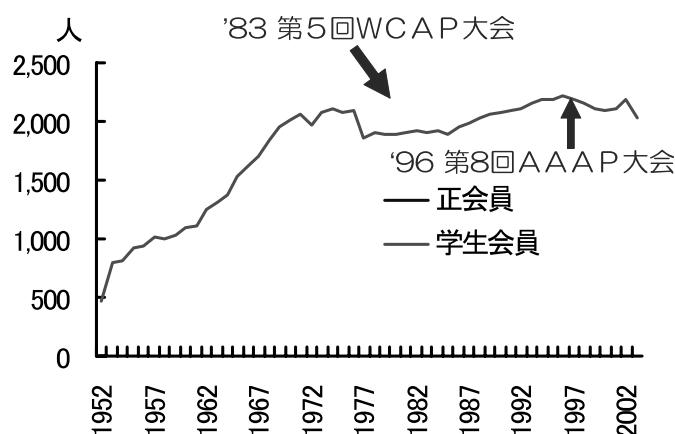


図 3 日本畜産学会会員数の推移



日本畜産学会の会員数の推移を図3に示しました。この数値は大学の教員数、学生数の動きを反映するものと考えてその推移を見てみますと、会員数の伸びと畜産業の発展とはよく一致しており、さらに、昭和58年には第5回WCAP大会、平成8年には第8回AAAP大会などが開催され、国際化が進展していく状況がよく窺えます。また、学生会員制度が始まったのは40年代半ば以降ですが、その数は順調に増加しており、大学教育の対象が学部生から大学院生へとその比重が移りつつあることも窺えます。

このように、大学が担ってきた畜産業に有為な人材の育成という役割は、その人材の活躍する場所(分野)がきわめて広範囲になってきていること、研究分野と同様、国際化が進行していることなどに対応して、大学教育そのものも多様化していくものと思われます。しかし、家畜の生命を慈しみ、それを社会に、人間生活に活かしていくという畜産学の意義は「食育」の基礎としても重要であり、フィールド教育の充実にもさらに努めなくてはならないと考えています。

### 3. 今後の大学における畜産技術研究のあり方

今後、大学が畜産研究に取り組む際に考慮すべき視点を図4にリストアップしてみました。

研究・教育・産業のグローバル化ならびに畜産業の大規模化が進行する一方で、「地産地消」あるいは「ローカル」の復権が主張されています。また、研究・教育が大学の中のみではなく、社会との関連の中で位置づけられる要素が強くなってきています。したがって、大学における21世紀の畜産技術研究のミッションは、基礎研究のさらなる深化、体系化のもとに、民間、独法、公設研究機関との協力・共同し、畜産業の革新ともなる新産業展開を支えていくことであり、そのための人材育成にあると考えます。

そして、平成18年度から新体制に移行した日本学会会議では、畜産学分会、畜産学アカデミーを組織して、数々の報告(提言)、シンポジウムを行い、畜産研究分野のさらなる活性化に努めていることをご紹介します、私の話を終わります。

#### 1. 研究・産業のグローバル化とローカルの復権

- ・研究(情報)と技術(産業)のグローバル化  
→ 世界の中での日本の畜産技術は？
- ・研究分野の統合化  
→ 畜産学の知見のみでは新技術は成立しない
- ・畜産業の形態が変わりつつある  
→ 出口(川下)を見通した研究が必要!!  
食育、畜産物の安全性確保も重要

#### 2. 教育、情報発信

- ・市民、消費者への研究情報の発信  
食育：畜産、畜産物の有用性、意義、価値をアピール
- ・大学、大学院教育  
→ 人材育成のあり方は？

#### 3. 大学における21世紀の畜産研究のミッションは？

- ・基礎研究のさらなる深化、体系化
- ・新産業展開のオピニオンリーダー!  
→ 実現のためには産官学連携体制の構築が必要

図4 大学における畜産技術研究展開の視点

## 家畜育種と畜産環境—最近の研究と現場の対応

[財]畜産環境整備機構 顧問 渡邊昭三

### まえがき

家畜育種は、人が遺伝理論に基づき次世代の選抜を行い、育種組織を作り、登録、改良に関する社会的活動、改良家畜の普及によって成果を上げていく。畜産環境保全是、排せつ物処理技術、環境汚染防止の要素技術が実験室内で完成した後、実証試験、その後研究者の手を離れてメーカーによる実用機的设计・開発、これらが畜産現場に導入される政策と生産者の選抜、そして畜産事業者が技術を正確に実行して完結する。即ち両者とも、最終的技術成果は、人間的要因すなわち社会・経済組織に依存して達成される。従って両者は研究室における基本理論を確立した後、物理的時間と社会的ステップを必要とするのでそれぞれに時間がかかることになる。また前者はゲノム科学領域の革命的变化、後者は生産現場急速な拡大と環境的要請への対応と共に大きな怒濤に立ち向かうことになった。これら技術の社会的性格が対応する研究者の人生までも包括してゆくことになる。

### [家畜育種]

ゲノム科学にはDNA塩基配列解析と遺伝子組み換えの2領域があるが、ここでは育種手法の核心である「選抜・遺伝能力評価・育種の実践」を焦点に、その進展と畜産現場へのインパクトを追ってみる。

#### 1 技術史としての育種

1953年筆者が東北農業試験場畜産部家畜育種第1研究室に配属された頃は、我が国での集団遺伝学出現の直前で、例えばRiceの教科書のように従来の家畜育種選抜法の成熟がまとめられていた時期であった。(この教科書は次の版から選抜の章は集団遺伝学の原理に改訂された。)その後数年して、Lushの研究室に留学された故阿部畜試場長、Purdueの教職から帰国された故山田行雄博士等が、当時国内的にも動き始めていた集団遺伝学を家畜改良関係者に強力な伝導活動ともいえる努力で急速に浸透させていかれた。(筆者は、この集団遺伝学農林省関係者南湖缶詰講習の第1期生であった。)

以後集団遺伝学(計量遺伝学)は、遺伝育種領域の革命的イベントである1985年頃遺伝子組み換え、ゲノム解析の出現を経て、現在まで50年間選抜法の主流を走った。一方ゲノム解析の展開の経過も早いもので、はや20年人生の1世代が過ぎようとしている。

この間畜産試験場における計量遺伝グループは、計量遺伝学の実際的適応研究を進展しつつ、国の家畜育種改良に対して、組織のあり方、種畜の評価、選抜方法、都道府県関係者への研修に貢献してきた。畜試が主導性を発揮した実際活動に豚の系統造成事業がある。

計量遺伝の展開の1時期を画する出来事として1973年のHendersonのBLUP(Best Linear Unbiased Prediction)種畜評価法がある。国内では、黒毛和種について京都大学の佐々木教授の研究室で展開された。そして最終的に「フィールド方式による産肉性の育種評価とその利用体系の開発」として結実し、我が国の肉用牛産肉能力検定の新方向決定に全面的に貢献した(2005)。

畜試では BLUP 法が雄畜だけの情報に基づいているのに対して、雌畜の育種価値評価を加える BLUP 法アニマルモデルの開発、また家畜の野外データの有効利用の方法を開発して選抜の一層の精度を向上した。

一方畜試の分子遺伝学グループは旧分子遺伝学の最後を飾る血液型、タンパク質多型の応用による家畜の個体識別精度向上と、豚のストレス感受性遺伝子のハロセン麻酔によるスクリーニング法の導入とこの遺伝子と強いリンケージを示すアイソザイム(PHI)遺伝標識の確立に貢献した。豚のストレス感受性遺伝子は、1991年カナダ・トロント大学でのリアノジンレセプター診断法の開発特許化で終止符をうち、現在家畜改良事業団家畜改良技術研究所で遺伝子型の診断サービスが行われている。

## 2 ゲノム解析新時代への対応

今回は畜産試験場の育種グループを含め我が国の家畜育種部門の最近20年間のゲノム文明ともいえる時代への対応を話題とする。1985年筆者が畜試場長のとき、遺伝子導入によるスーパーマウスのニュースが衝撃を与えた。これはその後の出来事では体細胞クローン羊成功のニュース同様であった。1986年にはアメリカでヒトゲノムプロジェクトが発足した。家畜では1992年頃からウシのDNAマーカーが報告され始めた。

これらに先だつて育種部は遺伝障害研究室を発足させていたが、1986年に部内を組み替え育種資源、形質発現、遺伝子機能の3研究室を組織して新情勢に対応した。そして1993年10月遺伝子機能研究室は企画連絡室所属の動物DNAチームとなり文字通りのDNA研究体制を発足させ、1996年に育種部に復帰し、ゲノム研究、遺伝子機能、遺伝子制御、育種素材開発、計量遺伝育種とミツバチ研究室が最終的態勢となった。

1991年11月農林水産先端技術研究所(STAFF研究所)が作物・家畜のゲノム研究のために発足した。1992年11月には牛肉自由化に対応し、黒毛和種DNA育種研究加速化のため動物遺伝研究所が発足し、独立して動物ゲノムの応用的研究が開始された。これに際して畜産試験場等国立研究機関はより先端的な研究、動物遺伝研究所は個体識別技術開発など応用的研究を行うとされ、畜種分担では畜産試験場、STAFF研究所がブタを主に対象とし、動物遺伝研究所はウシを主体とすることに整理された。その後2001年国研の機構改革により、畜産試験場のゲノム研究勢力は農業生物資源研究所に組み込まれた。

## 3 ゲノム解析の展開へ

DNAの塩基配列の解析は原理的には想定されていたが、その膨大な作業量が現実的障となっていた。これに対してDNAシーケンサーの開発とコンピューターの急速な進歩により自動的にDNAの塩基配列の解析が可能になった。そして国際的計画のもとに、ヒトを含めた動物、作物等の植物のゲノム解析が一斉に着手され、ヒトやイネなどはその完了が宣言されている。そして、ゲノム塩基配列解析、各種DNAマーカーの開発、染色体連鎖地図の整備、量的形質のマッピングと展開する。量的形質のマッピングは、1989年Lander & BotsteinによりRFLP連鎖地図を利用した方法が最初に報告され、その後家系の条件や精度・信頼度評価のより厳しい方法が提案されている。

育種グループの最初の成果はSTAFF研と共同で、1998年梅山豚×ゲッチングンミニブタを交雑した資源家系を設定し、その染色体連鎖地図の作成と1999年の椎骨数を含む量的形

表1 検出された量的形質関連遺伝子座

| 形質      | 染色体 | 尤度比検定統計量 | 相加的遺伝効果             | 優性効果                | QTL分散割合 (%) |
|---------|-----|----------|---------------------|---------------------|-------------|
| 背脂肪の厚さ  | 7   | 19.50**  | 1.48**              | -1.08 <sup>NS</sup> | 18.05       |
| 乳頭数     | 7   | 19.29**  | 0.47**              | 0.49**              | 13.61       |
| 生時体重    | 1   | 18.57**  | -0.01 <sup>NS</sup> | 0.14**              | 14.33       |
| 4-13週DG | 9   | 16.46**  | 0.03**              | -0.02 <sup>NS</sup> | 10.96       |
|         | 10  | 18.69**  | -0.02 <sup>NS</sup> | -0.06**             | 17.39       |
| 皮膚の厚さ   | 3   | 17.93**  | -0.92**             | -0.41 <sup>NS</sup> | 15.29       |
| 椎骨数     | 1   | 16.07*   | 0.29**              | 0.12 <sup>NS</sup>  | 8.50        |
| 心臓重量    | 4   | 17.65**  | -6.80**             | -12.10**            | 14.62       |

\*\*：1%水準で有意 \*：5%水準で有意 NS：有意性が認められず

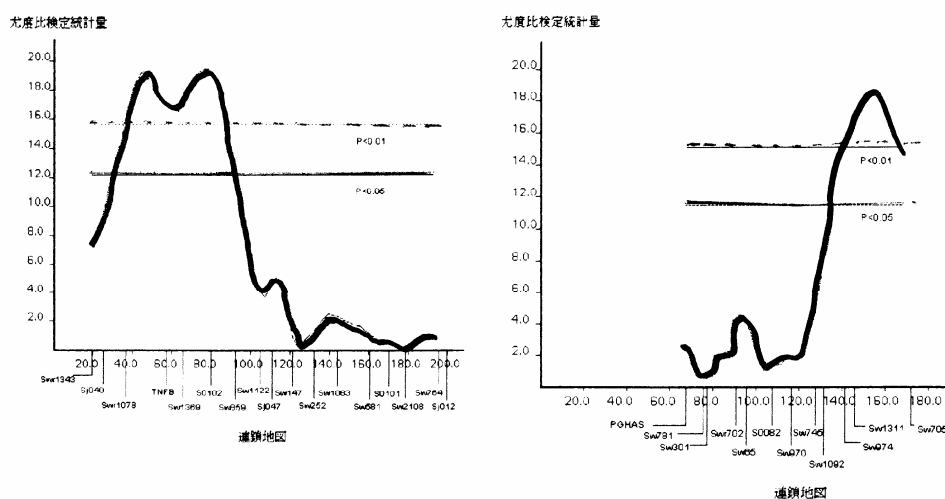


図1 背脂肪厚さ（第7染色体；左）と生時体重（第1染色体；右）の尤度比検定曲線

質関連遺伝子座、皮膚厚・乳頭数（佐賀大学）QTL マッピング（表1・図1）であった。そしてすぐ実用化された成果に2000年（1999年特許）の豚メラノサイト刺激ホルモンレセプター遺伝子（毛色関連遺伝子）の多型情報を用いた「黒豚」肉の判定がある。ここで畜試のDNAグループは生物資源研に移行した。

動物遺伝研ではDNAマーカーによる個体識別精度を高めて、家畜改良技術研究所での判定事業に移行した。同所の黒毛和種のゲノム解析は、ウシゲノム解析の国際的情報を利用しつつ、着実に研究所独自のマーカーの開発を進め、県との共同により産肉能力検定家系を利用した脂肪交雑や枝肉重量等のQTLの解析が開始された。以下畜種毎に国内の現状を概括する。

#### 4 家畜ゲノム解析の進展と実用化の試み

ゲノム解析の科学的最終目的は、それぞれの種の塩基配列を完全に解析し、その全領域に対する十分数の各種マーカーを確立し、分子遺伝学情報と合わせて全ての遺伝子座位を決定することである。産業的には生産に寄与する量的遺伝子座位と主働遺伝子座位を決定し、実用的育種の選抜に役立てることである。以下選抜と直接関係するQTL解析の進展を中心にレビューする。

## [牛]

動物遺伝研究所では 1991～2000 年の間、「家畜遺伝子情報活用体制整備特別事業」を展開し、ウシのゲノム地図など基盤技術の開発や遺伝性疾患のキャリアー診断技術確立が推進された。牛の QTL 解析に関する動物遺伝研の業績と全国共同研究の進展を第 1 段階（1991～2000）と第 2 段階（2001～）に区分すると理解しやすい。

### [QTL 解析の第 1 段階] 黒毛和種の経済形質の QTL の全国スクリーニング

ゲノム解析の道具立てとして、動物遺伝研では①マイクロサテライトマーカー開発とマッピング、②YAC 及び BAC ライブラリー開発と PCR の開発、③EST の開発と PCR プライマーセットの作成、④RH パネルの作成と RH 地図の作成が準備された。

肉用牛経済形質マッピングでは、定石的資源家系が設定できないため、動物遺伝研では道府県及び団体全国 22 機関と共同研究を組み、黒毛和種産肉能力検定及びフィールド検定の種雄牛半兄弟肥育データを解析した。その結果 2000 年までに 4 家系で脂肪交雑 1～4 座位（ハプロタイプ効果 BMS1.0～1.5）並びに 7 家系で枝肉重量（CW）1～4 座位（同じく 22～35kg）にバラツキを示す QTL があることが分かった。そして種雄牛保有機関は、兵庫、宮崎、鹿児島、長崎の諸県と家畜改良事業団であった。

（注 1）一つの QTL ハプロタイプ（アレル）の効果  $Q/q$ ：ある QTL のアレル効果について、相対的に優れた効果を示すアレルを  $Q$ 、劣っているアレルを  $q$  と表現する。遺伝子型は  $QQ$ 、 $Qq$ 、 $qq$  の 3 型が考えられるが、各遺伝子型の中ではそれぞれのアレル効果は加算関係となる。一形質に  $n$  個の QTL が確認された場合には、 $QTL1\sim n$  の効果も加算関係となる。

（注 2）BMS: 「牛枝肉取引規格」による牛脂肪交雑基準。BMS (Beef Marbling Standard) は脂肪交雑が最低の No.1 から最高の No.12 までの 12 階級が規定されている。

ハプロタイプ効果 BMS 1.0 とは、当該ハプロタイプが BMS 1.0 を持ち上げることを意味する。

### [県レベルの牛の QTL 実用化の試み]

2003 年までには全国で 20 の牛 QTL がマーカーアシスト選抜に応用できる段階となった。現在黒毛和種について県レベルの動向が幾つか報告されている。

[兵庫県] 当県では 2000 年に但馬牛の肉質の QTL 解析を報告している。谷福土井の息牛 282 頭について常染色体 29 本のマイクロサテライトマーカーにより DNA 型を判定し経済形質との連鎖解析を行った。ついで検出された QTL マーカーについて本県産 82 頭の DNA 型判定を実施した。その結果、脂肪交雑と枝肉重量と強く連鎖する ( $p < 0.00001$ ) 染色体領域が存在した。それぞれのアレル効果は BMS で +1.15、枝肉重量で +30.0kg であった。この脂肪交雑のアレルは谷福土井の母牛から受け継がれていた。本県産種雄牛 7 頭がヘテロ型でこのアレルを有していた。

さらに兵庫県では 2006 年から但馬牛の優れた種雄牛作出のため、谷福土井と照長土井の大規模父方半兄弟家系 QTL 解析により得られた脂肪交雑（21 番染色体、450kb）と枝肉重量（14 番染色体、1.4Mb）の優良ハプロタイプの効果検証を行う計画である。なお、鶴山土井とその息牛 104 頭の QTL 解析を行った結果、14 番染色体の 47cM 付近に枝肉重量の QTL が検出された。この QTL の F 値は 37.1、アレル効果は 46.8kg、非常に高い遺伝的寄与率 26.3% を示し、枝肉重量候補遺伝子（CW-1）の効果によるものと推測されている。

2004年9月に開催された第10回動物遺伝育種シンポジウム「動物ゲノム解析と新たな家畜育種戦略」における「マーカー育種の現状と将来展望」の討論において、鹿児島・岐阜・広島 の3県が当面している具体的問題を議論している。

[鹿児島県]当県の特徴は栄光・気高系統を維持し、発育が良く農家にとって飼い易い牛を目指してきたことである。解析には増体系と肉質系を交配して生まれた種雄牛Aを用い、枝肉重量のQTLを第14染色体にマッピングした。と畜体重のQTLも同じ所にマッピングされている。種雄牛B・CについてもQTLを検出でき、同じく41.7から48.7 cMのところにはハプロタイプを見つけた。実際の集団のなかでのハプロタイプQの効果調べるため、県有種雄牛9家系1,277頭の肥育去勢牛を調査し、と体重と枝肉重量のQ/Q、Q/—、—/—の平均値の間に $p<0.01$ で有意差が有ることが確認された。同様に種雄牛Aについても有意差が確認された。そして5マーカーからなる優良ハプロタイプQは増体系の中に保存されており、Qをホモにもつ種雄牛は枝肉重量について高い育種価をもっていた。中間成績であるが実現値として、Q/Q、Q/—、—/—のそれぞれの種雄牛の検定去勢息牛群間の枝肉重量について有意差( $p<0.05$ )が確認されている。今後高い育種価の種雄牛候補からの選抜の正確度を上げるためDNA情報を利用していく方針である。

[岐阜県]当県では、名牛安福号家系について第1次スクリーニングで脂肪交雑のQTLを第2、第7、第18、第24染色体にマッピングした。このうち第2、第24染色体について第2次スクリーニングをかけ、解析頭数を増してQTL解析を行った。第2染色体にはBMS No.を0.50上げ(Q<sub>2</sub>)、BCSを0.16下げる脂肪交雑ハプロタイプが検出され、第24染色体にはBMS No.を0.44上げ(Q<sub>24</sub>)、と体重(BW)を24.8kg上げ、枝肉重量(CW)を15.0kg上げる優良ハプロタイプを検出した。次にQ<sub>2</sub>とQ<sub>24</sub>、q<sub>2</sub>とq<sub>24</sub>の組み合わせがBMS No.に対する相加的効果を検討し、Q<sub>2</sub>とQ<sub>24</sub>のハプロタイプを保有すると、BMS No.を0.97向上させ、BCSを0.16下げ、と体重を24.8kg、枝肉重量を15.0kg向上させることを明らかにしている。更に第2、第7、第20及び第24染色体上の脂肪交雑QTLのQ<sub>2-24</sub>/q<sub>2-24</sub>の相加的効果について、全組み合わせ16通りのBMS No.の平均値(序列)を明らかにしている。岐阜県では直接検定候補牛の選定に当たり脂肪交雑と枝肉重量の優良ハプロタイプを持つことを条件として、改良方針に取り入れている。

本県の詳細な脂肪交雑ハプロタイプの解析の注目すべき情報として、4座位のハプロタイプQ・qの表型平均値に対してその標準偏差が大きいこと、即ち変動係数が31~34%と大きいことである(他県も同様と思われる)。当然解析に用いられた頭数が大きいので、平均値間の有意差は容易に証明されている。しかし、野外集団の選抜の場では、異なるハプロタイプの表型分布がかなり重なることが実際問題となろう。この問題の解決法が近い将来の課題であろう。

(注) BCS (Beef Color Standard): 牛肉色基準。No.1~No.7の階級が規定されている。

[広島県]当県では大家系(茂金波一乙社6系)におけるQTL解析により、宝栄2号(BMS+1.0)と9大幸号(BMS+0.8)に優良ハプロタイプを検出していた。同時に進行していた広域情報の活用による種雄牛の作出を考え、全国共同研究の中で有名になった家畜改良事業団の「北国7の8号」の脂肪交雑(BMS:+1.5)・枝肉重量(CW1:+33kg、CW2:+23kg)のハプロタイプ情報を種雄牛の造成に活用することを検討した。「北国7の8号」を県内雌牛に交配し、ハプロタイプ効果を確認したところBMSで2.3くらいの差が確認さ

れた。そこで「北国7の8号」系種雄牛北乃安栄号と竹安福を作出し、QTL解析を行ったところ、ともに脂肪交雑QTLの優良ハプロタイプが確認された。北乃安栄号はBMS+1.3が期待され、竹安福はハプロタイプ効果を確認中である。このように広域優良ハプロタイプ情報を活用することを、県「肉用牛改良推進会議」に提案し、種雄牛造成のための優秀な繁殖雌牛を選抜する段階で参考資料として利用されることになった。

他に、大分、岡山、島根、北海道等が各道県で自己資源についてQTL解析が進められている。マーカー育種の実現された成果と実施上の具体的経験の公表が待たれる。

なお、兵庫県では2005年に、黒毛和種肥育牛における成長ホルモンの遺伝子型(bGH)をダイレクトシーケンシングで決定し、枝肉形質との関連を解析し報告している。bGH型の分布はB型の遺伝子頻度が高く、50%以上を示し、A型の遺伝子頻度は低く、C型はその中間であった。遺伝子型ではBCが全体の3割以上を占め、BB型と合わせると3分の2に近い値となり、各遺伝子の頻度に偏りがみられた。bGH型別の枝肉形質は、枝肉重量及びバラ厚はA遺伝子の存在で大きくなり、枝肉重量はAA型がBC型及びCC型に対して有意に重く、バラ厚はAA型がAC型、及びCC型に対して有意に厚かった。脂肪交雑はC遺伝子の存在により高くなり、CC型がAA型BB型BC型に対して有意に高かった。(他にbGHについての解析は島根県でも行われている。)

#### **[QTL解析の第2段階]QTLがマッピングされた領域の再解析による責任遺伝子の追究へ**

動物遺伝研は次に肉用牛遺伝資源活用体制整備事業(2001~03年)を展開し、2003年までにウシゲノム地図を高度化し、1,250マーカーから3,960マーカーへと3.2倍、ウシ染色体地図の高度化768座位から5,876座位へと7.7倍を達成した。

動物遺伝研は第1段階でマッピングされた経済形質のQTLについて、それらの正確度の向上と更に進んで責任遺伝子の同定を目差すため、父方半兄弟家系について再度道府県19県との共同研究を展開した。今回からQTL解析プログラムを従来用いていたExplore/Half-sibより精度が高く有意水準を厳しく評価するQTL Express(Haleyら1994;2002)に変更した。2003年までに、17家系を解析して、体重5、枝肉重量5、脂肪交雑10、ロース芯面積5などの形質のQTLマッピングを得た。その結果、有意水準0.1%で有意な25座位をマッピングした。

脂肪交雑-1(兵庫県との共同研究):1010頭の父方半兄弟家系を構築。21番染色体上の脂肪交雑-1について再確認し、ウシEST情報・ヒトとの比較比図作成・BAC整列地図作成・相関解析などで、BACクローン3個で構成される約50万塩基対領域まで狭めることができた。脂肪交雑-1はBMS1.09、その遺伝分散に占める割合は14.4%を示し、主働遺伝子であると指摘されている。

脂肪交雑-2(宮崎県との共同研究):2000年までに種雄牛aの父方半兄弟家系解析により第7染色体セントロメア領域約20cMまで領域を狭めていた。同じ母を持つ兄弟の種雄牛bの家系解析では当該部位でバラツキが認められなかったことから、両種牛におけるハプロタイプを詳細に調べた。その結果脂肪交雑-2のQは種雄牛aに遺伝しているが、種雄牛bにはq遺伝していることが考えられた。Q/qの違いを根拠に脂肪交雑-2領域を6cMに狭めた。さらにマーカー、クローン整列化、ヒトゲノム対比等解析を進め、領域をBACクローン1個内(約50Mb)まで狭めることに成功した。

枝肉重量-1(鹿児島県・長崎県との共同研究):2000年までに父方半兄弟の解析により第

14 染色体の 35-60cM の領域にマッピングした。別の父方半兄弟の解析により、同様な領域がマッピングされた。マッピングされた両種雄牛のハプロタイプを比較したところ、約 10cM の IBD (Identical by Descent、同祖的) 領域を見出したので、2001 年から当該領域の多型性マイクロサテライトを開発し、ファインマッピングを開始した。解析を進めた結果、黒毛和種一般に共通な Q のハプロタイプを見出した。今後、20 個の BAC クローンで整列化された枝肉重量-1 領域(1.2cM、2.3Mb)からマイクロサテライトを開発し、相関解析でさらに候補領域を狭め、一塩基多型解析で候補遺伝子を絞っていく予定である。

なお、動物遺伝研の調整のもと行われた全国共同研究第 1、第 2 段階を 2006 年現在で総括した学術報告は、Takasuga ら全共同研究者連名で、題名 Identification of bovine QTL for growth and carcass traits in Japanese Black cattle by replication and identical-by-descent mapping で Mammalian Genome Vol. 18, 125-136 (2007) に発表されている。一般の理解を容易にするために、小松 (2007) による同論文の総括結果の抜粋を表 2 に示した。

2005 年畜草研・近畿中国四国農業研究センターでは、黒毛和種における第 1 染色体上での 15 体型形質の QTL マッピングを行った。半兄弟家系は家畜改良事業団所有の増体系種雄牛 2 頭及び脂肪交雑系種雄牛 3 頭の精液を近畿中国四国農業研究センター畜産草地部の雌牛集団に交配し 132 頭を作出した。解析の結果脂肪交雑系の種雄牛 3 系統において胸幅で 91cM 付近に有意な QTL ( $P < 0.05$ ) を、また suggestive な QTL を、十字部高：種雄牛 2 系統において 18cM 付近に、尻長：種雄牛 3 系統において 53cM 付近に検出した。

表 2 動物遺伝研の調整のもとに行われた全国共同研究の黒毛和種肉質関連 QTL の総括 (Takasuga ら、2007 を小松(2007)が抜粋改変したものである。)

| 形質  | 染色体番号 | 位置(cM) | アリル    |               | 種雄牛   | 解析頭数 | 参考   |
|-----|-------|--------|--------|---------------|-------|------|------|
|     |       |        | 有意水準   | 置換効果 (染色体ワイズ) |       |      |      |
| BMS | 4     | 56     | 1.2    | ***           | 種雄牛 D | 384  | 鹿児島県 |
| BMS | 4     | 66     | 0.9    | ***           | 種雄牛 I | 872  | 兵庫県  |
| BMS | 6     | 94     | 0.7    | ***           | 種雄牛 N | 760  |      |
| BMS | 7     | 28     | 1.0    | ***           | 種雄牛 F | 384  |      |
| BMS | 8     | 4      | 1.0    | ***           | 種雄牛 O | 300  |      |
| BMS | 9     | 40     | 0.8    | ***           | 種雄牛 A | 785  |      |
| BMS | 9     | 80     | 0.8    | ***           | 種雄牛 K | 524  |      |
| BMS | 10    | 78     | 0.8    | ***           | 種雄牛 N | 760  |      |
| BMS | 14    | 38     | 0.7    | ***           | 種雄牛 K | 524  |      |
| BMS | 21    | 40     | 1.1    | ***           | 種雄牛 C | 563  |      |
| BMS | 21    | 80     | 0.5    | ***           | 種雄牛 I | 872  | 兵庫県  |
| CW  | 6     | 38     | 24.1kg | ***           | 種雄牛 E | 393  |      |
| CW  | 10    | 44     | 14.3kg | ***           | 種雄牛 H | 410  |      |
| CW  | 14    | 34     | 15.4kg | ***           | 種雄牛 N | 760  |      |
| CW  | 14    | 50     | 26.7kg | ***           | 種雄牛 D | 346  | 鹿児島県 |



家畜改良センターでは、牛肉の霜降り遺伝子探索を目指し、1999年から黒毛和種雄×リムジン種雌の資源家系を受精卵移植で造成し、F2個体は8ヶ月齢に達した個体から逐次肥育試験を開始して産肉形質を調査し、霜降り遺伝子を追究している。F2の生産は3年計画(200頭)で行い、産肉形質のQTL解析を終了している。

京都大学は大分県と共同研究で2006年に、牛の脂肪交雑責任遺伝子の解析を発表した。フィールド方式で育種価評価が判明している黒毛和種種雄牛糸福号由来の体細胞クローン牛とその脂肪交雑能力が極めて低いホルスタイン種牛の間でmRNAの発現量を比較した。ディファレンシャルディスプレイ法を用いて解析を行い、5個の遺伝子BTG2, EDG1, TTN, VAPA (XM6611598)及びWBP2を脂肪交雑責任遺伝子の候補として選んだ。このうちBTG2, EDG1, XM6611598及びWBP2についてクローニング及び塩基配列の決定、並びにデータベースの検索を行うことで牛ゲノム構造を明らかにし、EDG1, XM6611598及びWBP2ゲノム構造に一塩基多型(SNP)を検出した。これらのSNPと脂肪交雑との関連性を糸福号とその後代牛17頭について遺伝子型間で脂肪交雑に関する育種価を比較したところ、第3染色体上のRDG1のみに比較的大きな差が認められた。EDG1で検出されたSNPの一方をG対立遺伝子、他方をA対立遺伝子とし、63頭の種雄牛に拡大して脂肪交雑に関する育種価との相関解析を行ったところ、第1エキソンの+166bpにおけるSNPの遺伝子型間の変動が5%有意水準に近かった。脂肪交雑育種価の上位牛20頭と下位牛20頭の間で遺伝子頻度に有意の差(p<0.001)が認められ、G対立遺伝子は上位群で高かった。脂肪交雑と皮下脂肪厚の遺伝子型毎の最小二乗平均を求めると、脂肪交雑ではGG(84) 2.39, GA(138) 2.30, AA(61) 2.10でGG-AA間に有意差(p<0.05)が認められたが、皮下脂肪では差がなかった。EDG1+166bpにおけるSNPは、PCR-RFLP分析法により簡便に遺伝子型判定を行うことができ、この種牛選抜への応用は肉用牛産業に大きく貢献することが期待される。

#### 【豚】

農業生物資源研究所家畜ゲノム解析研究プログラムでは、①ブタ発現遺伝子解析(EST)-遺伝子カタログの構築(7,000個のcDNAクローン)、②ブタゲノム塩基配列解読(大腸菌人口染色体BACライブラリーの100~200kb程度の断片をクローニングするシステムでゲノムライブラリーを構築)、③ブタ多型情報の検出マーカー化と連鎖地図・物理地図の作成、④ブタ免疫分子遺伝学・抗病性解析(獲得免疫系と自然免疫系に関わる遺伝子及び免疫系を調節する因子の解析)、⑤ブタゲノムデータベースの構築(完全長cDNAライブラリーに基づくESTデータベース=Pig EST Data Explorer, 放射線雑種細胞パネルによるブタ染色体物理地図のデータベース=SSRH Data Base, マイクロサテライトマーカー中心のブタ連鎖地図を作成公開)を進めている。

なお、家畜改良センターでは、豚の産子数の遺伝子の探索を目指し、産子数の少ないデュロック種と産子数の多い梅山豚との交雑資源家系(240頭)を作出し、マイクロサテライトマーカーを利用して、QTL解析を行っている。

QTL解析からさらに進んで責任遺伝子を同定に成功した例として、生物資源研は豚の椎骨数を制御する責任遺伝子を同定したことを2007年4月19日に発表した。

STAFF研究所研究第2部では農業生物資源研研究所と共同研究契約を締結し、委託研究等密接な調整のもとにブタのゲノム解析が行われている。最近の研究トピックスは、①毛

色関連遺伝子の DNA 多型を用いた豚肉の品種鑑別、②ブタ発現遺伝子データベース PEDE (Pig EST Data Explorer) の構築、③ 病気に強いブタを育種するための家畜抗病性ゲノム解析 (ブタ MHC 全領域の遺伝子構造、マイクロサテライトマーカー開発)、④自然免疫系の賦活化、抗原特異的免疫反応の誘導等に関係する TLR 遺伝子の構造と解析、⑤DNA マーカーを用いたブタ新育種 MAI (マーカーアシスト浸透交雑法=Marker Assisted Introgression) と MAS (マーカーアシスト選抜=Marker Assisted Selection)の開発と実証を進めている。

豚関係のトピックは、これまで蓄積されてきたゲノム解析情報を実際の家畜育種に応用する筋道を付けようとするプロジェクトで、生物資源研の調整のもとに県の養豚試験研究機関との共同実証研究を進めている。

#### [県レベルにおける豚のマーカーアシスト交雑法の実証]

QTL 領域の近傍に位置する DNA マーカーを利用して他品種の有用ゲノム領域を商業的品種に導入を図る。

[静岡県 (MAI)]肉の剪断力価に関与する第 2 染色体上に位置する QTL を対象として、金華豚のもつゲノム領域をデュロック種に導入する実証試験を 1999 年から実施している。戻し交配 3 世代の個体について、QTL 近傍マーカーのタイピングにより金華豚のアリルをもつ個体の識別 (12 頭を識別) を行い、また、QTL の候補遺伝子の一つである遺伝子の配列から新規のマイクロサテライトマーカーを開発して、連鎖地図上に位置づけし、さらにこのマーカーと既存のマーカー 2 個を追加して QTL の再解析が行われている。

[徳島県(MAI)]イノシシの好ましい肉形質を大ヨークシャー種に導入する実証試験を 1999 年から開始した。県内で捕獲されたイノシシ雄と大ヨークシャー系統造成豚を交配した資源家系について、肉の理化学的性質及び筋繊維特性に関わる 24 の表現型について QTL 解析を行い、ゲノムワイズレベルで 5 %以下の危険率で有意性を示した項目は 12 形質 23 個検出された。これらは 9 個の染色体上 13 カ所の領域に位置づけられアリル効果を確認した。第 14 染色体中央部の QTL 領域に筋繊維型分化に重要な役割を果たすカルシニューリン伝導経路に関わる遺伝子がヒト-ブタ比較地図によりマッピングされ、候補遺伝子解析を目指す。第 15 染色体の中央部にはイノシシ由来のアリルで pH を上げ、Minolta b 値を下げる効果をしめす QTL が検出された。本実験家系のイノシシ由来のアリル効果は、低い糖代謝能力による高 pH、それに伴う保水性の向上そして Minolta b 値 (肉食ノ透明度指標) の低下をもたらすことが推察された。本領域のイノシシ由来のアリルは育種素材として有効性が示唆され、DNA マーカーにより商業品種に導入する候補として検討が進められている。

背脂肪と腹腔内脂肪の脂肪酸組成及び融点について、有意の QTL が検出され、それぞれ、イノシシ由来のアリル効果が示された。これらにより第 1 染色体、第 9 染色体及び第 15 染色体におけるイノシシ由来のアリルは飽和脂肪酸組成を高め、また、第 2 染色体におけるイノシシ由来のアリルは背脂肪の融点を下げる効果を示すことから、肉質の場合と同様に MAI の対象として検討が進められる。

[鹿児島県(MAS)]パークシャー家系の繁殖関連形質について品種内 QTL 解析のため、既存の報告や多型マーカーの個数をもとに、優先的に解析する染色体を定め、それらの染色体上に存在する品種内で多型を示すマーカーを選定した。されに構築された家系について

マルチプレックス PCR 法によるタイピングをして連鎖地図を作成した。

【千葉県(MAS)】筋肉内脂肪含有量 (IMF) に関する第4染色体と第5染色体の QTL 領域を対象に MAS 試験を行っているが、同じ金華型 (J 型) のグループに属する F3 個体において、全きょうだいの関係にある F2 雄個体2頭から産出された F3 半きょうだい家系間で IMF に有意な差がみられた。この差の原因となるゲノム領域の違いを追究している。J 型として選抜された2頭の F2 雄個体については、MAI 対象領域のうち第5染色体の一部が異なっていることが明らかになった。

以上のように着手された MAI と MAS は現在資源家系内での目的ゲノムの固定中で、実用選抜集団が設定され、世代による選抜効果が確認され、新品種あるいは系統の造成をみるまでにはいま暫く時間がかかる状態にある。

#### 【鶏】

我が国の鶏ゲノム解析は、畜草研一生物資源研及び広島大学で開始されたが、他の畜種に比べて研究勢力が少なかった。位置の特定されていなかった9つのニワトリマイクロサテライトマーカーの染色対番号の決定、ニワトリ組織からの簡便な DNA 抽出法、名古屋コーチンの DNA 識別方法、比内地鶏の DNA 識別方法を開発した。

畜草研一生物資源研では、2005 年広島大学の我が国最初の資源家系大軍鶏×白色レグホーンについてマイクロサテライトマーカー開発と解析により遺伝子連鎖地図を公開した。現在、畜試育種部で選抜し維持されている白色レグホーンの卵殻強度の2方向選抜家系を用いて卵殻強度関連形質の QTL 解析が進められている。1 番染色体上に卵殻強度、2 番染色体上に卵殻重、4 番染色体上に体重、9 番染色体上に卵重、卵短径、卵長径、卵殻厚及び卵殻重の合計 7 形質の QTL が検出された。9 番染色体上の卵殻厚と卵殻重は高度に有意であったので、現在 QTL 領域の絞込みを行っている。

実用を目指した DNA マーカー利用の選抜では 2000 年兵庫県において、もも肉割合の増加対策として、薩摩鶏雄×白色レグホーン雌資源家系で 13 週齢時の体重の QTL を第1染色体に検出、薩摩鶏雄×白色プリマスロック雌家系で、13 及び 16 週齢時の体重 QTL を第1染色体と第2染色体に検出、薩摩鶏雄×白色プリマスロック雌家系で生体重に対する腹腔内脂肪重量の割合の QTL を第7染色体に検出している。そして 2007 年から「ひょうご味どり」のゲノム解析による、もも肉割合の増加対策として研究が計画され、形質を斉一化して最終的に品種として固定することを狙っている。

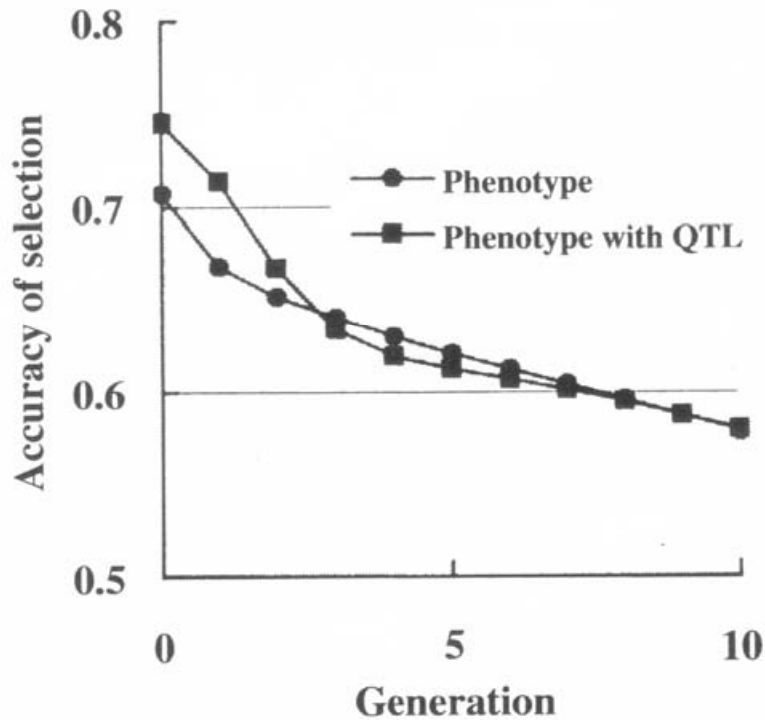
### 5 計量遺伝学の家畜育種選抜法と DNA マーカー情報利用選抜法との関係

過去 50 年間経済的 (量的) 形質の取り扱いには計量遺伝学的モデルの精緻化によりすすめられてきた。経済的形質の遺伝子座が解析されたとき選抜の正確度はどう変わるのだろうか? 佐藤(J. Anim. Genet., 28(1): 69~78, 2000)の報文により簡単に考察してみよう。

前提として、遺伝率 0.5 の形質に QTL が確認されたとする。このときの種畜の遺伝的能力は QTL とそれ以外のポリジーンとの和となり、選抜指数で取り扱う。QTL 分散の全遺伝分散に占める割合を  $r$  (ここでは  $r=0.20$  とする。) とすると、遺伝率 1.0 の QTL と遺伝率  $(1-r) h^2 / (1-rh^2) = 0.44$  のポリジーンに分解される。

ここで「表型選抜」と「表型+QTL 選抜」の世代の進行に伴う正確度を図示すると、図 2 のようになる。第1第2世代では QTL が勝るが、第3世代で逆転し第4、第5世代と逆

転が続き、第6世代から両者同様な傾向となる。この図から、「表型+QTL 選抜」は「表型選抜」に対して第1、第2世代で僅かに選抜の正確度の有利性を示すものの、長期的選抜の正確度は「表型選抜」とどっこいであることを示している。



**Fig. 6. Change in accuracy of selection over generations using individual phenotype and phenotype with QTL information.**

図2 「表型選抜」と「表型+QTL 情報」利用による選抜の正確度の世代による変化  
(佐藤 : J. Anim. Genet., 28(1): 69~78, 2000)

## 6 まとめ：ゲノム科学時代における家畜育種

まず足元の経済形質の選抜と中長期的にゲノム科学の進展から家畜育種あるいは畜産が受けるインパクトを区別して考える。経済形質の選抜については、集団に注目する場合と個体に注目する場合で目的と手段が異なるので区別しておかなければならない。

集団に注目した場合には、QTLの長期選抜に対する貢献は表型選抜とほぼ同様で、今後とも計量遺伝学の持続的貢献が期待される。従って家畜育種における表型価は全ての情報に優先することを認識しておかなければならない。

個体に注目した場合には、ゲノム情報に基づいて、個体の遺伝的（子）状態を追究することができる。具体的には、県レベルの実用化にみたようにQTL情報を利用して優良ハプロタイプ個体を抽出して種雄牛候補の予備選抜に利用することができる。農家レベルでは、

黒毛和種の繁殖－肥育一貫経営において、現在確認されている脂肪交雑と枝肉重量に貢献するハプロタイプを持つ個体を検出して種雄牛を定め、同様に優良ハプロタイプを持つ繁殖雌牛を農場内に集積して、脂肪交雑と枝肉重量に優れた肥育素牛を作出する（小松のシミュレーション、2006）ことが考えられる。

ゲノム科学進展全体からうけるインパクトについて

中期的：各研究機関において現在進行中の他の課題

①家畜の遺伝性疾患診断、②抗病性遺伝子座（MHC）の解明、③免疫系に関わる遺伝子の解明、④食品鑑別等の研究成果を家畜育種また畜産領域全体としてそれぞれの研究領域にインパクトを受けることになる。

長期的：歴大なゲノム科学のこれから解明される無限の遺伝的情報の恩恵に預かることになる。

### 参考資料（主要なものを示す。）

農林水産省畜産試験場（2001）畜産試験場二十世紀史

[独]畜産草地研究所（2003～）畜産草地研究所年報（1～）

畜産草地試験研究推進会議（2002～）畜産草地研究成果情報 No. 1～

[独]家畜改良センター（2007）畜産技術の開発・実用化

[社]畜産技術協会附属動物遺伝研究所（2003）動物遺伝研究所 10年のあゆみ

[社]畜産技術協会（2004）肉用牛遺伝資源活用体制整備事業報告書

[独]農業生物資源研究所（2007）研究の概要（年度別主要研究成果）

[独]農業生物資源研究所家畜ゲノム解析プログラム（2007）研究内容

[社]農林水産先端技術研究所研究第2部（2007）研究活動

[社]家畜改良事業団家畜改良技術研究所（2007）研究所概要

日本動物遺伝育種学会（2004）第10回動物遺伝育種シンポジウム「動物ゲノム解析と新たな家畜育種戦略」平成16年度家畜ゲノム国際ワークショップ：マーカー育種の現状と将来展望討論集

兵庫県立畜産技術センター（2007）畜産技術最前線（Official Site）

鹿児島県肉用牛改良研究所（1999～2005）牛の発育及び肉質に関する遺伝子の探索第1～7報．報鹿児島県肉用牛改良研究所報告 第4～10号

岐阜県畜産研究所（2003, 2004, 2006）DNA情報を利用した飛騨牛の育種改良手法の確立第1～3報 岐阜県畜産研究所報告 第3,4,6号

広島県立畜産技術センター生物工学部（2007）遺伝子型を使った「広島牛」の改良

Takasuga, A. et al. (2007) Identification of bovine QTL for growth and traits in Japanese Black cattle by replication and identical-by-descent mapping. *Mammalian Genome* Vol. 18, 125-136.

佐藤正寛（2000）育種改良のためのQTL情報利用. *J. Anim. Genet.*, 28(1): 69~78.

新居雅宏ら（2006）イノブタ家系のQTL解析による日本イノシシの遺伝的肉質特性の解明. *動物遺伝育種研究* 34(1), 23-31.

## [畜産環境]

### 1 畜産の規模拡大と環境問題の発生：畜産環境技術研究事始め

1960年の旧農業基本法の制定によって、畜産と園芸は選択的拡大部門に位置づけられ、爾来畜産は規模拡大に転じ、特に豚・鶏では、急速に経営規模が拡大し、その反面飼養農家数が急速に減少した。そして家畜排せつ物の生成量と自己農地面積の調和が崩れ始めた。更に專業化の進展により畜産農家と耕種の農家の乖離も起り、農場内の家畜排せつ物の管理不徹底とリサイクルの困難により、水質汚濁、悪臭、害虫の発生など環境問題が多発し、「畜産公害」という言葉が生まれた。畜産経営に起因する環境汚染に対する苦情は、1973年に11,676件の最高に達し、以後経営農家の減少により絶対数は減少したが、経営農家数当たりの発生率は微増を続けている。苦情発生の原因は悪臭が最も多く、畜種別では豚が最も多く約半数で、ついで乳牛、採卵鶏の順であった。

このような状況下で畜産環境技術の研究は養豚部門において開始された。1963年畜産試験場は農業技術研究所との共同による「豚ふん尿の処理方法」の研究に着手した。豚ふん尿の1頭1日当たり排せつ量とその理化学的性状の基本的把握から始めて、都市下水で応用されている「活性汚泥法」の豚ふん尿への適用の研究を開始した。実用化研究施設として畜試の豚舎地区に肉豚30頭用の回分式活性汚泥浄化槽が設置されて基礎的研究が開始された。

1965年から農林水産試験研究補補助金（応用研究費）によって、3カ年計画で活性汚泥法の豚のふん尿への適用化の研究が始められた。その一部は1968年より畜産局により「家畜ふん尿処理施設設置事業」として取り上げられた。茨城、千葉、大阪、埼玉、富山、兵庫の6カ所の大規模養豚場に排水浄化処理のモデル施設が設置され、それぞれ地元府県試験研究機関が主体となって実証的調査研究を実施した。そして農林省畜産試験場、同農業技術研究所、大阪府立大学農学部、東京農業大学、神奈川県衛生研究所、大阪市立衛生研究所が指導助言の他、精密な調査分析を担当した。

1973年農林水産技術会議の別枠研究として「農林漁業における環境保全技術に関する総合研究」の「家畜排せつ物の処理利用技術の開発」が5カ年計画で取り上げられ、主としてふん尿利用を中心とした研究が進められた。研究の柱は、①ふん尿の高度処理技術の開発に関する研究：ふん尿の乾燥・焼却、汚水処理技術－微生物利用による簡易浄化装置の開発改良、放流処理水の衛生対策、②糞尿及びその処理物の利用技術に関する研究：ふん尿及びその処理物の土壌還元利用、ふん尿及びその処理物の餌飼料としての利用、③悪臭防除技術に関する研究：悪臭成分、畜舎内臭気の防除技術、糞尿処理利用における悪臭の防除技術であった。その後の畜産環境技術研究体系の基本がここに確立されることになった。

### 2 研究組織の対応

1975－1990年当時の畜産環境部の前身飼養技術部は、畜産環境と家畜管理の2課題を担っていた。急ぎ畜産環境研究に対応するため環境整備第1研究室（主に排水処理、後に堆肥化）、環境整備第2研究室（悪臭対策）を新設した。養豚研究室も勢力の大半は畜産環境研究に割いていた。遅れて施設利用研究室は畜舎施設の管理工学的利用を目指して新設さ

れ、別枠研究「乳肉複合及び繁殖肥育一貫経営確立に関する総合研究」の幹事研究室を務めた。1986年には養豚研究室が生態情報利用研究室に改変され、そして飼養システム研究室が新設されて情報化時代の到来に備えた。

1994年に環境整備2研究室は環境整備研究室、廃棄物資源化研究室に改組し研究守備範囲を再編整備した。2000年場内組織の改編により、飼養環境部となり排せつ物制御研究室が栄養部から編入し、汚染物浄化研究室、廃棄物資源化研究室、施設研究室、飼養システム研究室の体制となり、生態情報利用研究室は生理部に転出した。2001年機構改革により部名が畜産環境部となり、畜産環境対応が鮮明にされた。

### 3 畜産環境技術研究の展開へ

堆肥化技術は、江戸中期の宮崎安貞の農業全書にみられるとおり、近代に至るまで日本農業の伝統的技術であった。これが畜産の規模経営条件の変化（排せつ物量、敷料、還元耕地との不均衡）によって技術的に不連続となって改めて組み立て直されなければならなかった。このことは外国でも同様で、近代的堆肥化過程について、旧来の手法で関係する微生物叢が解明されていた。1970年代には県レベルの試験研究機関で一応体系的技術にまとめられて普及に移された。そして多数のメーカーが堆肥化施設の設計施工を始めた。

畜産環境技術の研究は、畜試の他に早くから（現）さいたま市にある生物系特定産業技術支援センターにおいてその前身時代から工学的開発の視点で進められている。そして各県の畜産関係試験研究機関では応用的研究が実施されてきた。1996年には[財]畜産環境整備機構畜産環境技術研究所が、畜産環境技術の応用的研究を目指して、白河の家畜改良センター構内に設立された。

1980年代畜試飼養技術部で、牛、豚、鶏のふんを材料にして、生物的、物理化学的に不活性の副資材で水分調整を行い材料の通気性を管理して、発酵温度、ふんの成分分解過程とその安定化に至る経過が基礎的試験により確認され、その後の反応過程管理の基本となった。その後しばらく堆肥化問題は、原理を実現できるメーカーの正確な設計と設置施工技术と利用者側の材料と運転条件の履行に任された。しかし、実際にはメーカーの設計技術力の限界と利用者側の材料と副資材の調達、運転管理条件遵守の現場的困難性のため長く混乱がつづいた。この問題は組織的普及・教育活動に解決が任された。

その後堆肥化は処理過程で発生するアンモニア他大気汚染物質の放出問題が研究対象となった。

畜舎排水処理はこれまで全く存在しなかった技術領域であるが、1節で述べたように急速に大規模化する養豚の現場で要求される技術であった。当面都市下水での活性汚泥法を畜産的に適応させる研究と補助事業が行われた。しかし当時の養豚農場（家）的現実では活性汚泥法の運転管理は技術的に困難であった。それに都市下水処理場と異なり、農場レベルではその原料の希釈処理に要する大量の水が問題であった。「汚れを希釈して体積を増やすだけだ。」という悪口も聞かれたほどである。一方メーカー側の設計施工能力に格差があり、設置した施設の機能・運転について利用者との間にトラブルも発生した。その後一時期できるだけ水を使わない豚舎管理技術が唱道された。希釈問題については次の硝化脱窒・膜分離技術の出現まで待つことになる。畜試では間欠曝気による排水の窒素・リン濃度の低減など、技術の改善が進められた。

悪臭対策技術も従来特別に技術的対応がなされていなかった分野である。洋の東西「農業の香り」として納得されていた。しかし飼養規模拡大による不適切管理の畜産農場臭、堆肥化施設等大量のふん尿の集積、処理過程からの悪臭発生が、周辺住民の住環境標準の向上や農業を知らない住民、住宅のスプロール現象により、1節で説明した通り最大の畜産起因の環境苦情となった。畜試では、畜舎悪臭の発生につて、悪臭物質の同定と臭気発生機構について解明し、畜産の臭気はこれらの複合臭であり、特定臭気物に対する対策だけでは解決せず、臭気物質全体を対象した脱臭技術のみが有効であることを示した。この原則に従って、畜舎は日常のふん尿搬出後の清掃を励行して悪臭の発生を抑えること、また、閉鎖畜舎あるいは堆肥化処理施設では、臭気ガスを捕集して、脱臭施設に導くことである。このために堆肥、おがくず、土壌（生物系特定産業技術支援センター）、微生物脱臭槽等の生物有機資材利用の脱臭装置がメーカー側から提案され利用されている。また化学的脱臭システムもメーカーから提案されている。しかし上述と同様、メーカーの設計施工技術に格差があり暫くの間現場の混乱が続いた。また、脱臭資材が販売されているが、畜産の現場で客観的に効果が確認されているものは極少ない。

メタン発酵は古い技術であるが、規模拡大に伴うエネルギー回収型のふん尿処理技術として再台頭した。畜試では、メタンガス発生の基礎試験を行い、材料の種類、材料の濃度、反応温度、ガス発生量、滞留時間、消化液の物理化学的成分を明らかにした。その後メーカーによる実規模のプラント実証試験が補充事業で展開され、北海道地域にはバイオガス利用協議会が結成されている。

給与飼料の成分管理による環境負荷物質の排せつ量低減法として、フィターゼ添加によるフィチン態リンの消化率を上げ、給与総リンの量を減らして、結果的に豚・鶏のリンの排せつ量を低減する方法が外国で開発され、我が国にも導入された。

#### 4 「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（家畜排せつ物法）」の施行と家畜排せつ物の全国的状況

家畜排せつ物法は平成 11 年 11 月 1 日に施行され、管理基準の一部については、施設整備に要する期間を考慮して5年間の適用猶予期間が設けられ、平成 16 年 11 月 1 日をもって完全施行になった。平成 11 年度には家畜排せつ物の約 9,000 万トンの約 10%、約 900 万トンが野積み・素掘りという不適切な処理に仕向けられていた。その後、畜産環境対策の促進を図った結果、平成 16 年時点では、不適切処理が大幅に減少するとともに発生量の 8,890 万トンの 90%、約 8,000 万トンが堆肥化处理・液肥化处理等に、8%、約 700 万トンが浄化・炭化・焼却処理に仕向けられている。家畜排せつ物の発生量は、平成 9 年度以降同 18 年まで約 7%減少している。農林水産省は先に家畜排せつ物法に基づき策定された「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」の見直しを行い、平成 19 年 3 月 30 日新たな基本方針を策定公表した。新基本方針は平成 27 年度を目標年度とし、①耕畜連携の強化、②ニーズに即した堆肥作り、③家畜排せつ物のエネルギーとしての利用等の推進がポイントになっている。

#### 5 畜産環境技術の進展と実用化の現状

[給与飼料成分管理による環境負荷物質の排せつ低減]



畜草研では乳牛のふん尿の堆肥利用で制限因子となるカリウムの排出を低減するため、低カリウム飼料給与による排せつ量低減を把握して、次にカリウム要求量を解明し、カリウム要求量の推定式を改良した。(2005)

畜産環境技術研究所では、豚の「環境負荷低減型飼料」の開発を狙って、繊維質(NSP: Nonstarch Polysaccharide)添加、アミノ酸バランス改善飼料で、全窒素排せつが低減し、かつ窒素の排せつ割合が確実に尿からふんに移ることを確認した。この飼養方式による汚水処理ランニングコストを従来飼養方式に比較すると、脱窒工程の薬剤費 57%、電力費 71%、汚泥処理工程の電力費 50%の低減が見込まれる。(2007)

#### [堆肥化技術と堆肥の利用]

実際の堆肥化過程の微生物の精密な動態解析については、*in situ* の遺伝子解析法の台頭まで待たなければならなかった。東北大学中井教授グループは PCR-DGGE (Polymerase Chain Reaction-Denaturing Gradient Gel Electrophoresis)法を用いて、堆肥化過程を解析している。その結果、(家畜ふん)堆肥化開始時には広範なグループに属す微生物が存在したが、過程の進行と共に微生物群集構造は分類学的に近接化し、優占種は特定のグループに属するようになることが示された。高温期以降の優占種は *Bacillus* 属の細菌であったが、下水汚泥の堆肥化では CFB グループの細菌種が明らかに優先となった。しかしこれらの優先種は *Bacillus* 属や CFB グループに属するものの、堆肥化過程の進行に伴って、種レベルの推移が存在することが明らかになった。このことは堆肥化過程において、大きな流れとして優占となる細菌種は特定のグループのものとなるが、グループ内における優占種はめまぐるしく変化することを示している。(中井、2004)

畜草研では、堆肥化過程の臭気低減微生物としてアンモニア資化菌 TAT105 と TP81 を分離同定した。これらを添加して堆肥化行くと対照に比べて堆肥中の残存窒素が多く資化菌によるアンモニア低減効果が確認された(2003年特許)。これらの菌について民間と協力して製剤化し、処理過程のアンモニア低減を 4 kg 及び 60kg の規模で実験確認した。

また、入気制御式気密堆肥化過程モニタリングチャンバーを製作し材料 60kg 規模の実験に利用している。

堆肥化過程における堆積物中のメタン、二酸化炭素濃度は表層部で低く、深層部で高かった。酸素は表層部で高く、深層部で低かった。亜酸化窒素は表層部で高く硝化作用と関わりが深いこと、深層部では空気中より低くなり、強い還元環境にあることが分かった。

堆肥化は我が国畜産環境対策の中核をなす技術である。畜産の規模拡大と共に民間メーカーが各種の堆肥化処理施設モデルを開発した。これらは当初設計・施工能力に格差がみられ性能について一部に混乱もみられたが、やがて現場での性能比較評価の結果、逐次その設計・施工に標準化の傾向が起こってきた。当初の堆肥化施設の主流であった水平開放攪拌式スクープ式の発酵過程管理向上に平行して、現在臭気対策のためプラスチックフィルムフードカバーによりヘッドスペースガスを捕集し脱臭装置に連結する方式が開発利用されている。生物系特定産業技術支援センター開発の閉鎖型円形スクープ式堆肥化・脱臭システムはコンパクトで設置面積・ヘッドスペース容積が少なくて済むので普及している。畜草研開発の吸引通気式堆肥化施設と簡易スクラバー脱臭を組み合わせたシステムは、従来の発酵槽底部からの加圧通気と発想を逆にした機構で、ヘッドスペース捕気設備が不要となる特色があり、畜産現場への普及・実用化が待たれる。

堆肥化のプロセス研究のための卓上実験装置として、畜試では小型堆肥化実験装置「かぐやひめ」を開発し特許を取得している。堆肥の腐熟度判定のため、畜産環境技術研究所では試料の酸素消費量の低下傾向に着目して、「コンポテスター」を開発し特許を取得している。また同所では家畜ふん堆肥の耕種側での利用促進のため、堆肥を 30℃ 4 週間畑土壌条件で培養して得られる無機態窒素率を化学分析から得られた 12 項目に対する重回帰で求める式を畜種毎に作成し、従来の堆肥成分分析表を N,P,K の加給態養分表に改訂した。また、畜草研、九州沖縄農業研究センターでは窒素の無機化過程を考慮して配合したペレット堆肥が研究されている。

耕種側での堆肥の有効利用のために、各都道府県はそれぞれに施肥基準を示しているが精粗があり、生産局ではその精緻化を進めている。2001 年畜産環境機構は耕種側の堆肥施用指導の推進を図るため、農業技術協会に委託して、堆肥施用コーディネーター研修（基礎研修、地域集合研修）を行い 5 年間に 471 名が受講している。

堆肥化施設は全国に 2 千数百あるが、畜産環境整備機構が音頭をとって、2001 年に全国堆肥センター協議会が設置され、相互の情報交換、処理技術の向上、堆肥利用拡大及び運営改善を図っている。

#### [排水処理技術]

活性汚泥法が畜産排水適応を進める間に、都市下水処理では廃水浄化の技術革新ともいえる硝化・脱窒一膜分離技術が登場し、凝集剤の利用と合わせて、濃厚な投入液の処理が可能になり、処理槽の規模と設置面積が小さくなった。畜産環境技術研究所では凝集剤前処理硝化脱窒一膜分離システムを契約養豚場内に設置してメーカーと共同実証試験を行った。BOD,COD,SS は効率よく処理されるが、最終処理水が着色する。これを脱色するため活性炭、黒ボク土、ゼオライト吸着が、他に電気分解、オゾン酸化、逆浸透膜が利用されている。排水処理に対する畜草研の基礎研究展開では、豚舎污水处理の立場から UASB (Upper Stream Anaerobic Sludge Blanket) メタン発酵システムを開発し、消化液処理の新しい方法を解明している。

豚舎排水からの MAP ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ )法の結晶化による窒素・リンの回収の効率化、UASB メタン発酵の前処理への応用、硫黄酸化菌の利用による UASB 消化液の窒素除去効果、UASB 消化液のメタンガスによる脱窒の可能性を解明した。これらの要素技術に土木用不織布を利用した好気性処理槽を加えて、実用型「省電力・資源回収型の畜舎污水处理システム」を場内に設置し実証運転を続けている。2004 年豚舎規模別 UASB 法「設計維持管理法」を公刊した。現在、各メーカーは畜舎排水処理の設計基礎の標準化の傾向が進み、施工水準も向上し、畜種に適した各種のモデルを提供している。

污水处理領域の窒素除去プロセスの新しい経路として、嫌気性アンモニア酸化 (Anaerobic Ammonium Oxidation, ANNAMOX) が 1995 年にオランダのデルフト工科大学で脱窒流動床から発見された。これは嫌気条件下でアンモニアを電子供与体、亜硝酸を電子受容体として窒素ガスに変換する独立栄養性の脱窒反応である。関与する Annamox 菌は *Planctomycetaes* に属する細菌であることが 1999 年明らかにされ、その 16SrDNA の塩基配列は Gene Bank に登録されている。我が国の畜産関係では、東北大学、日本獣医畜産大学、畜草研で研究に着手されている。この菌は生育速度が極めて遅く、菌体収率が低いことから馴養集積が非常に難しい。しかし、一度馴養でき菌の濃度が高まると培養条

件の変動に対して比較的安定となり、高い窒素除去能が期待される。

主にエネルギー利用を目指した家畜排せつ排泄物を中心としたメタン発酵技術では、畜産環境保全技術研究組合が無動力消化槽－消化液固形分離－膜分離活性汚泥処理－放流の実用システム及び乾式メタン発酵－消化物炭化の無放流システム（後に畜草研委託実証試験）を開発した。また、別途畜産環境整備機構の家畜排せつ物処理コスト低減等技術開発推進事業による個別企業のメタン発酵実用システムの開発が行われた。

現在、燃料電池利用等を指向した食品残渣等を原料にしたメタン発酵前段階の「水素発酵」により高純度の水素を得るシステムの開発競争が起っている。

#### [臭気対策]

1995年悪臭防止法の一部改正が行われ、複合臭対応のため嗅覚測定法に基づく臭気指数法が導入された。そして、東京都が開発した「三点比較式臭袋法」が公定法として採用された。これにより従来からの「物質濃度規制」と新たに導入された「臭気指数規制」のいずれかを、地域ごとに都道府県知事が選択できるようになった。法12条により臭気指数の測定は臭気判定士が行う。法13条により臭気判定士は環境大臣行う臭気判定士試験に合格した者でなければならない。従って製造業等の現場臭気管理を簡易に行うため、臭気指数と相関して複合臭を測定できるデスクトップ型の「臭い識別装置」が開発された。しかし、畜産の現場で農家自身が自己農場の臭気を手軽に客観的に管理するためには、「臭い識別装置」は高価大型である。そこで畜産環境技術研究所では、臭気指数を精度よく測定でき、操作が容易で現場に持ち込めるポータブル型の「臭いセンサー」を開発した。この臭いセンサーの指示値と市販のデスクトップ型「臭い識別装置」の臭気指数相当値との相関関係を牛・豚・鶏舎および牛・豚・鶏の堆肥の臭気について測定して回帰式を求め、「臭いセンサー」を畜産用に適応させて、「畜産用簡易臭いセンサー」とした。

閉鎖型の畜舎及び堆肥化施設の臭気ガスを捕集して脱臭する装置として、生物系特定産業技術支援センターではロックウールを微生物担体として耐久性のある脱臭槽を開発し、広く応用されている。

現在各メーカーは、設計・施工に経験を積み、閉鎖型の畜舎及び堆肥化施設について脱臭施設を付属させ、畜種、設置の立地条件、維持管理に対する施主の希望等に応じて各種のモデルを提供している。

#### [燃焼・炭化]

家畜排せつ物処理対策としての燃焼・炭化方式は、大規模養鶏経営等において堆肥化方式の局地的限界を克服する現実的対策として導入されている。減容化のメリットを基礎に、農業内及び農業外における新材料としての用途の拡大を目指すことである。

畜ふんの燃焼は、燃焼工学におけるスラリー燃焼の原理で、炭化は木材の炭化の理論で考えられている。燃焼には燃焼炉工業界で確立されている、連続式の流動床燃焼炉、ストローカ燃焼炉、ロータリーキルン炉が利用されている。炭化には同じく連続式で内熱式：ロータリーキルン型・内燃チューブ式・流動層乾留炉、外熱式：ロータリーキルン型・スクリュウコンベア型が利用されている。燃焼灰・炭化物は資材としての広い用途が想定されているが、安定した流通経路の開発が課題となっている。

#### [環境負荷物質排出の原単位]

畜草研は、畜産経営に伴う環境負荷ガスの研究中心となり原単位策定のための調査を開

始しているが、いずれも農家によるバラツキが大きく単純平均をとればよい状態ではないことがまず確認された。牛舎・豚舎・採卵鶏舎のアンモニアについて平均濃度の季節変動と畜舎間変動を解明した。亜酸化窒素については畜舎間変動は比較的少なく、肥育牛舎で濃度が高いことが分かった。畜舎の換気量については換気扇の稼働状態から算定が可能であることが分かった。できる限りの得られたデータについては、LCA (Life Cycle Assessment)手法による推定モデル作成に繋げている。社会的要請の強い研究であるが、基礎データ収集には労力と時間がかかり十分なデータが蓄積するまでには、今暫く時間がかかる。

#### **[飼養システム研究]**

システム研究はコンピューターの急速な発達を基礎に、シミュレーション、LCA と近時各種手法の進展が目覚ましい分野である。畜草研では、大型牛と小型牛のエネルギー消費と環境負荷物質の比較、養豚農家の窒素リン排せつ量推定アプリケーション、不耕作地大麦栽培シナリオのCO<sub>2</sub>排出削減効果、肉用牛飼養体系の環境負荷 LCA 評価、畜産環境対策施設のコスト環境影響評価プログラム、肉用牛ライフサイクル環境負荷物質推定 (LCA) 等成果を積み上げつつある。今後各専門領域への手法浸透の中核となることが望まれる。

#### **[畜産環境アドバイザー養成研修]**

1999 年から畜産環境整備機構では都道府県・農協職員を対象に、畜産環境アドバイザー養成研修を開始し、堆肥化处理技術、汚水処理技術、臭気対策・新技術について研修を行っている。また、技能向上のため前記受講者に対し、ステップアップ研修、スーパーアドバイザー研修を実施している。現在までに7年間に堆肥部門 3,217 人の他、延べ 5,997 名が受講している。

#### **[家畜排せつ物処理施設・機械の設計・施工水準の標準化に向かって]**

前述のように堆肥化处理施設、汚水処理施設、脱臭施設の設計施工は民間メーカーによって開始され、公的機関の試験研究データ等を参考にしつつ、各社が独自に展開していた。そのため当初は設計諸元、性能は不統一で格差があった。しかし長い間現場での性能の比較評価をうけて漸次向上し、最近標準化の方向に進んできた。そこで、畜産環境整備機構ではこの標準化の傾向を助長し、施設利用者の便宜を図るため、学識経験者による評価基準策定委員会を設置し、2003－5年の間評価事業を行った。各メーカーは統一書式による設計諸元・施工・性能、運転条件、建設費、ランニングコスト、適用畜種などについて詳細な説明書を添付し、汚水処理施設、堆肥化施設、脱臭施設、燃焼・炭化施設のそれぞれについて、自社の施工実施例について評価に応募するシステムである。委員会は応募例について技術的完成度、処理性能、施工性、維持管理性及び経済性について評価を行い、その結果を統一様式の評価書にまとめ、これら 5 評価軸についてレーダーチャートを示した。3 ヶ年にわたる評価結果は「家畜ふん尿処理施設・機械選定ガイドブック」汚水処理施設、堆肥化处理施設、脱臭装置・燃焼炭化施設の 3 編に搭載公開されている。また、畜産環境技術研究所では、農家のためのインターネットによる汚水処理の「トラブル診断システム」を開発し公開している。

## **6 今後の問題**

畜産環境問題の本質は家畜頭羽数と土地面積の不均衡にある。世界的にも我が国はオラ

ンダに次ぎ最も厳しいグループに属している。畜産環境保全は、畜産側の諸努力に加えて耕畜連携の一層の推進を図り、日本農業全体としての持続可能性追究のなかで進められなければならない。

次に、畜産環境対策技術が現場で効果を上げるためには、研究機関で開発された要素技術が、メーカーによって実際の対策施設に設計・開発・施工される手順となる。現在、利用者のためには幸いにメーカーの設計開発能力が進展標準化されつつあり、処理施設は信頼度の高いものなりつつある。そして利用者は、処理システムの運転条件を適切に守ることである。畜産環境保全は、畜産事業者・行政・研究・普及一体的努力により達成される。

成熟した我が国の畜産の環境対策技術の今後の発展のためには、さらに処理施設建設・運営のコスト低下、環境負荷低減を含めた性能の向上、運転管理の容易化について、それぞれの技術領域に固有の基礎研究と、きめ細かい応用研究を進展させなければならない。

### 参考資料（主要なものを示す。）

農林水産省畜産試験場（2001）畜産試験場二十世紀史

[独]畜産草地研究所（2003～）畜産草地研究所年報（1～）

畜産草地試験研究推進会議（2002～）畜産草地研究成果情報 No. 1～

[独]生物系特定産業技術研究支援センター畜産工学研究部（2007）研究の紹介

[財]畜産環境整備機構（2006）畜産環境問題の改善に向けての30年の歩み. 財団法人畜産環境整備機構30年史

[財]畜産環境整備機構（1997）家畜ふん尿処理・利用の手引き

[財]畜産環境整備機構（2004～6）家畜ふん尿処理施設・機械選定ガイドブック（汚水処理編、堆肥化処理施設編、脱臭・焼却・炭化施設編）

[財]畜産環境整備機構畜産環境技術研究所（1998～）畜産環境技術研究所年報第1号～

[社]中央畜産会（2000）堆肥化施設設計マニュアル

和賀井文作（1995）家畜のふん尿処理と利用. 養賢堂

寺田文典（2002）畜産環境と家畜栄養学. 日本畜産環境学会会誌 Vol.1 No.1 15-18.

中井 裕（2004）微生物資材とコンポスト化過程の微生物群集. 日本畜産環境学会会誌 Vol.3 No.1 16-23.

羽賀清典（2005）畜産環境研究の現状と将来. 日本畜産環境学会会誌 Vol.4 No.1 1-7.

松田従三（2006）北海道のバイオガスプラントの現状と将来. 日本畜産環境学会会誌 Vol.5 No.13-19.

## 家畜・家禽の栄養管理分野における研究展開

日本大学教授 阿部 亮

畜産草地研究所の前身の畜産試験場が創立 90 周年を昨年、迎えたそうでありますが、家畜・家禽に対する飼料の給与形態も昔と今とでは大きく変わりました。永い流れの中でも日本の畜産に大きな転換をもたらす要因となったのが、昭和 36 年の農業基本法の改定ですね。この時期、日本は高度経済成長に向かって足慣らしを始めます。

それ以前の日本畜産はライブストックという言葉がしっくりする生産形態でありました。都市部での残飯養豚、農村では耕種農業の中での農産物残渣を摂取する家畜という姿です。しかし、経済成長にともなう都市への人口集中、畜産物の消費拡大、食品流通の一元化のために、畜産物の生産には大量かつ均一な製品の安定的な供給が要求されるようになり、生産形態もそれに対応する形へと変化してきます。

ライブストックアニマルの姿を変えざるをえなくなりました。トウモロコシ、マイロ、大豆粕に基盤を置く畜産業への変身です。昭和 40 年前後から今まで、ずーっとそれが続いてまいりました。その形態を支えてきたのがアメリカを中心とする海外からの粗粒穀物と大豆、ナタネであります。トウモロコシの場合、ニクソンショック(昭和 49 年)や不作(特に平成 8 年)によって、シカゴ市場の相場が一時的に高くなることはありましたが、おしなべて、この四十数年間、低価格での安定供給が継続してきたと言ってよいでしょう。一時期の円高、そしてフレート(運賃)安も、外国への原料依存体制を強固なものにしてみました。

今は、長い間続いてきた、「安価で安定的な穀物供給の中での日本畜産」を再考しなければならない状況です。このような時期に過去の日本の状況を振り返ってみることはそれなりの意味を持つと思います。

私が畜産試験場に入所したのは昭和 41 年、日本の畜産の高度成長期、現在の形態の畜産経営の揺籃期ともいうべき時でした。畜産試験場には当時、これも揺籃期にありました飼料会社の研究者や技術者が研修にたくさんみえておられました。今現在、毎年 2400 万トン前後の配混合飼料が製造されております。これが日本の畜産を支える大きな基盤となっていますが、その生産体制がその頃に確立されたのです。輸入原料を主体とした配合飼料をベースとした畜産物の大量・安定生産です。当時、配合飼料を製造する際にどのような原料をどれだけ混合するかを栄養価とコストの両面から決定する手法として線形計画法という新兵器の使い方を皆さん勉強されておられました。

その当時、もう一つ、官の側でも変化がありました。都道府県の種畜場が相次いで機構改革を行います。種畜場から畜産試験場への変身です。効率的な家畜生産を行うための技術開発体制が官民で一斉に、この時期、歩調を合わせてスタートしたのです。

では、その頃、どんな研究をしていたかと言いますと、主体は飼料価値の査定ですね。

内容は化学的な評価と飼養試験による乳量、増体、産卵成績の評価です。畜産試験場、地域農業試験場、大学、新設公立畜産試験場において乳牛、肉用牛、豚、産卵鶏、肉用鶏の飼養試験が種々の配合設計の下で行われました。外国の飼養試験成績も収集されました。

そのようにして、次第に飼養試験成績が蓄積されてまいりますと、それを一つの技術体系にするべく、給与基準や飼養標準の作成へと分野のエネルギーが高まってまいります。今の飼養標準の基礎もこの当時に出来ます。飼養標準は 5~7 年毎に改訂されて、その都度バージョンアップが図られてきたわけですが、改訂毎の特徴は栄養素表示の精密化と深化にあります。例えば蛋白質でいいますと、粗蛋白質や可消化粗蛋白質という形での要求量の表示がアミノ酸となり、アミノ酸のバランスになり、アミノ酸の吸収率になり、アイデアルプロテインになりといった具合です。エネルギー成分についても同様です。乳牛の場合、「繊維質は粗飼料として、乾草ならば給与飼料の中の 40%」といったような大ざっぱな目安が、今では NDF(中性デタージェント繊維)として 36%、かつ、RVI(粗飼料因子、乾物 1kg の持つ反芻・咀嚼機能)が 30 分、といった具合です。目次を見ると、「蛋白質の要求量について」と昔も今も変わらないのですが、中味は全く前とは異なっている。

家畜生産は育種改良と飼養管理の両面から効率性を高めてきましたが、急速な指数曲線的な生産効率の上昇は鈍ってきています。飼料要求率(生産物 1kg に必要な飼料の量)は高原状態に入ってきています。一方で豚・ニワトリでは多頭羽飼育に傾斜してきました。1000 頭、10 万羽という規模です。そういった中では、飼料要求率の少しの向上であっても、大きな収益の向上につながりますから、これからも栄養素給与の精密化は各畜種で進展するでしょうし、特に、この分野では従来未開拓であった乳牛、肉用牛での進歩が、最近、著しいですね。

栄養学研究の深化と進歩を支えてきたものとして、飼料添加物の開発と配合飼料への適量混合があります。車の両輪という関係です。蛋白質栄養の精密化を飼料給与に反映させるためには、リジンやメチオニンといった必須アミノ酸を補強したり、原材料のアミノ酸のアンバランスを改善する必要があります。味の素、協和発酵等での発酵法によるアミノ酸の供給が大きな役割を果たしてきました。また、抗菌性物質の効果もやはり、栄養素の有効な利用という側面から評価されなければなりません。ミネラルについても同じようなことが言えます。栄養素の研究の外延に、このようなバックアップ体制があって、今日の飼料給与技術があるということでしょう。

余談になりますが、栄養素要求量の深化・精密化の功罪についても考えなければならぬことがあります。その代表的な例は BSE の発症ですね。乳牛の蛋白質要求量の表示はやはり、蛋白質(CP)と可消化蛋白質(DCP)から始まりますが、当初から、「DCP は乳牛では問題ではない、鶏や豚とは違って、乳牛では蛋白質はその殆どが第一胃で微生物に分解されてアンモニアになり尿中に排泄されてしまう。消化率の評価ではなく、アミノ酸組成に優れた飼料(飼料蛋白質)を如何に第一胃で消化(分解)されないように保護して、小腸まで送り届けるかが問題である」、という議論がイギリスでは昔から盛んでした。サイレージをギ酸やホルマリン処理して蛋白質を変成させ、それによって第一胃での蛋白質の分解を防ごうという研究も盛んに行われました。一連の研究の成果の一つが、第一胃で分解されにくく、しかもアミノ酸組成に優れる動物性蛋白質(肉骨粉や魚粉)の乳牛への給与です。草食動物の姿を人間が草食動物にかなぐり捨てさせたのです。異常プリオンに汚染された肉骨粉の給与が世界を震撼させる結果となりました。

私自身にも反省はあります。昭和 51 年か 52 年かでしたが、北海道農業試験場から筑波の畜産試験場に転勤となり、「内地の酪農はどんなもんだろう」と栃木県の 16 農家の飼料

給与状況の調査をしたことがあります。その時には、先述したイギリスの研究成果、つまり第一胃で分解されにくい良質な蛋白質の給与、一般的にはバイパス蛋白質といわれていましたが、その材料として日本では魚粉が一部で使われていました。

ある酪農家との話で、彼は、「草食動物の乳牛に何故、動物蛋白質の魚粉を喰わせねばならないのか」という疑問を呈してきました。

暫くの時間、家畜の生産性と畜産農家の利益、地球上での牛の存在意義、倫理観・自然観と多様な面からの議論でした。私は、この問題に対して、その後も含めてどのようなスタンスできたか。矛盾にさいなまれながらも、結局は栄養学の進歩と生産性への貢献という面から、肯定してきたのですね。

「乳牛は草食動物であり、小腸から吸収される蛋白質としては、魚粉蛋白質ではなく、第一胃微生物蛋白質を主とすべきである。だから、良質な自給飼料を作り、給与し、第一胃での微生物増殖能を高めるべし」と強調してきましたが、返す刀で、「草食家畜に魚粉は使うべきではない」とは明言しなかった。栄養学研究の大きな勢いに竿さすことができなかった。大きな反省点です。

今、魚粉は肉骨粉混入のリスクが指摘され牛用飼料として利用してはいけないことになっていますが、これは皆さんもご承知でしょう。

話をまた、もとに戻しますが、国内の研究諸機関の連携協力について、飼養標準を例として振り返ってみます。

私が畜産試験場に入所した時には既に飼養標準が出来ていました。例えば昭和 38 年には乳牛の飼養標準が刊行されています。しかし、日本の一部の人はこれを「日本飼養標準」とは言わず、「M 飼養標準」というように呼んでいました。M 氏の属人性が高い性質のもので、「日本の飼養標準」として認知される性質のものではない、という評価です。

当時は未だ西も東も分からない、新米研究者の私も、ある地方でそう言われたことがあります。

狭い日本でも、同意と理解をすべからく集め・得るというのは難しかったのでしょね、当時は。もっとも、分野全体が萌芽期で連携体制が未成熟でしたから、そういった状態ではカリスマ性のある人が、グイグイとひっぱて行かねばことが進んでゆかない、社会の流れをリードすることが出来ないということもあつたと思います。

しかし、今は違いますね。オールジャパンの飼養標準になっています。改訂する時には、多くの機関・組織から改定内容の要望を募り、それを基礎に、前回改訂以降の期間に国内外で集積された知見がワーキンググループと部会(乳牛・肉用牛・豚・家禽・飼料成分表部会)さらには飼養標準検討会で整理され、刊行されています。種々のレベルの会議では全国の産官学の研究者や技術者が真摯な議論を尽くしているという状況です。

このような流れ、つまり、一定期間内に蓄積された研究・技術知見を定期的に飼養標準という形で体系的に整理する、そして日本の飼養技術の高度化に研究者軍団が寄与してゆくという形は今後とも堅持されるべきでしょう。

次に、現在をも含めてこれからの話に移ります。今、日本の畜産は国内の工業立国・都市の論理に立ち向かってゆかねばならない、またグローバル化の中で外国畜産物に抗してゆかねばならない、さらには飼料資源の高騰に立ち向かってゆかねばならない、という三重苦、トリレンマの状態ですね。



日本の高度経済成長を背に展開を開始した過去四十数年間の畜産、集約指向型畜産とも呼べるものの、再考と新展開を考えるべき時期です。幸い、この間のことを反省する機運と、反省を基軸として思考された政策や技術開発が、反転という形で推進・展開されるようになってきていますね。技術開発で言いますと、「耐性菌を増やす恐れのある抗菌性物質の代わりに、種々のプロバイオテックスを開発しよう」、「地下水の硝酸態窒素汚染や河川・湖沼の富栄養化を防止するために、窒素とリンの排出量の抑制技術を栄養管理の面から追求しよう」、「食品残渣を新しい加工処理技術を用いて飼料化し、安価な飼料を調製し、それによって濃厚飼料の自給率を高めると同時に、食育に寄与する性質の畜産物を作ろう」、「多収量の稲を栽培してイネサイレージを生産し、余剰水田からの自給飼料を生産し、粗飼料の自給率の向上を目指そう」等々です。

こういった研究技術開発を一時的な、流行(はやり)のものとしてプロジェクトのある期間だけで終わらせるのではなく、これからの栄養飼料研究のコアとして育てて行くことが大切です。

最後になりますが、研究ラボの中に目を落としてみますと、やはり、栄養学研究の深化は確実に進んでいます。例えば、ニュートリゲノミックスというように、遺伝子解析領域への栄養学の参加がありますし、物質代謝調節についても分子生物学分野(情報伝達機構)に基礎を置く研究の増加等です。

シーズ研究というのでしょうか、新技術開発のストックとしての領域と要員を用意しておくことが大切です。5年先、10年先を読んだ布石です。新しい研究は必ず、現在の課題に対する解決の道を開いてくれます。

若い皆さんは、自分の力で何が出来るか、何をすべきかを考えながら、頑張ってください。

## 繁殖分野における研究の展開

東北大学大学院農学研究科 教授 佐藤英明

わが国の繁殖分野における技術開発・普及は目覚ましい。特に独創的な基礎的発見がなされ、さらに応用研究に進み、それを踏まえて技術開発がなされた例も多い。その中でも初生雛の雌雄鑑別、体外受精や体細胞クローンなどは世界をリードする技術に成長している。また性腺や卵成熟の制御機構の基本を明らかにする調節因子・ホルモンも同定されてきた。この中には日本人研究者が大きく貢献したものもあるが、基礎研究にとどまらず、一部は体外受精・受精卵移植技術に応用される因子・ホルモンとなっている。このような成功は、国の研究機関、大学、都道府県、農協などの研究者、技術者の努力、連携の成果であると思う。また、日本繁殖生物学会や日本畜産学会が、適切な評価・支援を行ってきた影響も大きい。

### 初生雛の雌雄鑑別技術

わが国の繁殖技術の歴史において鶏の初生雛の雌雄鑑別法の開発は特筆すべきものである。この雌雄鑑別法の開発は農林省畜産試験場において増井 清、橋本重郎、大野 勇の3氏によって開発され、1924年に日本畜産学会で発表された。そして1932年には雌雄判定の正確さが100%を誇るようになり、カナダ、アメリカに鑑別師を派遣している。また、1930年には初生雛鑑別師という職業が誕生し、さらに1933年には鑑別師講習所（現在の鑑別師養成所）が設置されている。初生雛の生殖突起の雌雄差を発見し、これにもつづき信頼性ある雌雄鑑別技術を開発し、さらに養成所を設置し、世界に技術者を派遣した。（社）畜産技術協会のホームページによれば、今もアメリカやヨーロッパなど世界14カ国に約70名が派遣され、活躍している。私は繁殖技術の最も優れた研究モデルと考えている。

### 繁殖分野で開発された技術

人工授精、特に凍結精液による人工授精の普及は目覚ましい。牛では、わが国では90%を越える普及率になっている。人工授精技術の普及により乳牛や肉牛は大きく改良され、生産性が高まった。一方、受精卵移植技術の開発・改良も地道になされたが、その中で、農林省畜産試験場で非外科的受精卵移植法が開発された。この技術開発が受精卵移植を普及させる大きな力となった。さらに食肉市場で得た卵巣から採取した卵母細胞の体外成熟が可能となり、IVMFC(in vitro maturation, fertilization, culture)技術が開発された。家畜改良事業団に家畜バイテクセンターが設置され、受精卵の作製、供給体制が整備された。家畜バイテクセンターの設置と円滑な運営がわが国の受精卵移植事業を大きく進展させた。

さらにIVMFC技術に受精卵の性判定と分別胚の移植がドッキングし、雌雄の産み分けが可能になった。正確度100%で雌雄の産み分けが可能となっている。そしてさらにX精子Y精子の分離と分別精子による人工授精が普及するようになっている。家畜改良事業団はソート90という名で分別凍結精子の販売を行うようになっている。ソート90精子の雌雄の産み分けの正確さは90%である。分別精子によ

る雌雄の産み分け技術は、今後家畜生産に大きく貢献するものとなると予想される。

精子の凍結保存成功に約50年遅れたが、未成熟卵母細胞の凍結保存も可能になりつつある。凍結保存した未成熟卵母細胞から挙仔を得たという報告もなされている。精子、卵子の凍結保存は、家畜品種の多くが絶滅危惧種になりつつある現在、重要な技術である。特に、未成熟卵母細胞の安定した凍結保存技術の確立は、家畜品種の維持を考える場合、きわめて重要である。

これにつづき、体細胞クローン個体が誕生した。体細胞クローンの食糧生産への普及は安全性の確保の観点からややとん挫している。しかし、体細胞クローン技術は、疾患モデル家畜、ヒト型臓器生産豚や医薬生産家畜の開発に応用されつつある。これを踏まえ、農業生物資源研究所に遺伝子組換え家畜研究センターが設置され、ここを司令塔として今後、大きな展開が構想されている。

### 技術によって誕生したエリート牛と新しい家畜生産風景

宮城県畜産試験場には家畜の銅像が設置されている(写真1)。茂重波という雄牛である。約4万頭の子孫を残したといわれている。宮城県における和牛の増殖・改良に大きな足跡を残した雄牛である。凍結精液販売による収入も大きかったと聞いている。



IVMFC技術と受精卵移植がドッキングし、和牛の受精卵を乳牛(ホルスタイン)に移植し、挙仔を得る技術が発展している。また、一頭の雌牛から双子を誕生させることも高い確率で可能になっている。このような技術の発展によって牧場に、ホルスタインが黒毛和種の子牛2頭を育てるといった風景も誕生している。

### 新しい技術者の誕生

牛や豚の人工授精を担う家畜人工授精師が誕生し、2004年の中央畜産会の集計によれば約8千名が実際に畜産現場で活躍している1)(表1)。非外科的手術による受精卵移植やIVMFC技術もわが国で特に発展した技術である。これを担う体内受精卵・体外受精卵移植を行う家畜受精卵移植師が650名を越え、2004年度には体内受精卵移植で16,127頭、体外受精卵移植で2,129頭の子牛が誕生している。雌雄の産み分け、遺伝子診断、体細胞クローンなどの技術が普及しているが、これらの普及においても家畜受精卵移植師の貢献が大きい。

表1 家畜人授精師および家畜受精卵移植師 免許交付者（従事者）総数  
（(社)中央畜産会, 2004年）

|                                   | 免許交付者（従事者）総数   |
|-----------------------------------|----------------|
| 家畜人工授精                            | 68,742 (7,944) |
| 家畜人工授精および家畜体内受精卵移植                | 2,955 (1,461)  |
| 家畜人工授精, 家畜体内受精卵移植および<br>家畜体外受精卵移植 | 656 (187)      |

### 生殖補助医療への波及効果

家畜繁殖技術はヒトの生殖補助医療(Assisted Reproductive Technology, ART)の開発にも影響している。ARTを行う医療施設がわが国で600を越えており、65人に1人が体外受精・顕微授精で生まれている<sup>2)</sup>。これを担う技術者(生殖補助医療胚培養士)の認定を日本哺乳動物卵子学会が行っており、2007年までに計568名の資格認定者が誕生している<sup>3)</sup>(表2)。また、2007年には7名が生殖補助医療管理胚培養士として資格認定された。日本受精着床学会にはART生涯教育コースが設置され、胚培養士の教育にも家畜繁殖分野の研究者が関わっている。畜産学で教育を受けた学生が生殖補助医療管理胚培養士を目指す例も増えている。また、生殖補助医療胚培養士が社会人学生として畜産学系の大学院の博士課程に入学する例も増えており、畜産学教育が医療にも影響を与えるようになっている。

表2 ヒト生殖補助医療に関わる  
資格の誕生と資格取得者  
(日本哺乳卵子学会の認定)

|      | 生殖補助医療胚培養士   |
|------|--------------|
| 2002 | 141          |
| 2003 | 91           |
| 2004 | 92           |
| 2005 | 70           |
| 2006 | 68           |
| 2007 | 106          |
|      | 生殖補助医療管理胚培養士 |
| 2007 | 7            |

### 繁殖生物学における進展

繁殖技術における発展も目覚ましいが、繁殖生物学においても大きな発見がなされている(表3)。TDF(Testis determining factor)遺伝子がSRY(Sex determining region on Y)であるとの発見はその後の雌雄産み分け技術の開発を可能とした。また、GnRHの同定と構造決定やプロスタグランウインの発見は性周期の同期化や受精卵移植におけるレスピエントの人為的な準備を可能とした。FSH抑制物質の発見は、インヒビンの再発見ということになったが、性腺の機能調節機構の中核の解明につながった。インヒビンの構造決定を踏まえてアクチビンも同定され、胚発生に関わるオーガナイザーの分子同定につながったことは大きな進展である。また血

管新生は癌や炎症を除き、健康体では卵巣でのみ見られる現象であるが、卵胞の血管増殖能の発見と血管増殖因子遺伝子によって FSH 作用発現調節を可能にしたことは血管網の新たな機能を明らかにしたものである。卵成熟においても OMI (oocyte maturation inhibitor) の発見、MPF (maturation promoting factor) の同定、cytostatic factor (CSF) が c-mos であることの発見、ヒアルロン酸に卵母細胞生存促進作用のあることの発見は特筆すべきである。繁殖生物学における発見が生物学の新しいコンセプトの誕生にもつながったと評価できる。

表3 繁殖分野で発見・同定された調節因子・ホルモン

| 機能      | 調節因子・ホルモン                                                                                                                                                |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 性決定と分化  | TDF 遺伝子は SRY (sex determining region on Y) である (1990)                                                                                                    |
| 生殖のホルモン | GnRH の同定 (1950 年代) と構造決定 (1971)<br>プロスタグランジンの発見 (1933)<br>FSH 抑制物質の発見 (インヒビンの再発見) (1976)<br>卵胞の血管増殖能の発見 (1982) と血管増殖因子による FSH 作用発現の制御 (1997)             |
| 卵成熟     | OMI (oocyte maturation inhibitor) の発見 (1975)<br>MPF (maturation-promoting factor) の同定 (1983)<br>ヒアルロン酸が卵子生存促進作用をもつことを発見 (1985)<br>CSF は c-mos である (1994) |

### 家畜繁殖学が担う繁殖生物学

かつての「家畜繁殖学会」は今、日本繁殖生物学会と呼ばれているが、外国には Japanese Society of Animal Reproduction (JSAR) として知られている。しかし、JSAR はオーストラリア、米国、英国の繁殖生物学会と共同で World Congress of Reproductive Biology を設置した。2008 年に第 1 回大会がハワイで開催される。これは JSAR の機関誌、Journal of Reproduction and Development のインパクトファクターが 1.30 (2006 年) となったことが大きい。わが国の家畜繁殖学の研究者が繁殖生物学においても存在感を発揮していることによると思う。また、JSAR は Korean Society of Animal Reproduction, KSAR と学术交流協定を結び、毎年 JSAR-KSAR joint seminar を開催している。

(独) 科学技術振興機構の研究開発戦略センターから「戦略プログラム、アグロファクトリーの創成-動植物を用いたバイオ医薬品の生産-」と題するレポートが 2007 年に報告された<sup>4)</sup>。国内外の情報を踏まえ、わが国の研究の国際的優位性はどこにあるか、それを踏まえてどのような研究を行うべきか、2 年ほどの年月をかけて作成したレポートである。動物については、「発生ならびに生殖技術による遺伝子組換え個体の作出」が具体的な研究開発課題とされ、その中で研究開発課題例が 4 つ示されている。体細胞核の初期化機構に関与する分子の解明とその応用、DNA メチル化プロファイルによる

プログラミングの経時的解析、卵子の死滅、生存促進のメカニズムの解明、始原生殖細胞へのヒト遺伝子導入と培養技術の開発である。繁殖生物学において国際的優位性のある研究が誕生したことの証左である。

## 繁殖生物学の日米比較

わが国の繁殖生物学にも課題がある。2006年に開催された年次大会（第99回）5）での一般講演を研究対象動物と研究内容で分類したのが表4、5である。比較のため米国のSociety for the Study of Reproduction (SSR)の第39回大会（2006年、オマハ）6）についてもまとめてみた。残念ながら、発表数は米国の約3分の1である。研究対象動物についてみると日米ともに家畜に関する発表が多い。しかし、細かく見ると日米の違いがわかる。また、わが国の弱点もわかる。

家畜では米国では羊のウエイトが高い。日本では牛、豚の比率が高い。一方、実験動物の比重が大きいのは日米とも同じであるが、米国では人、猿あるいは培養細胞に関する研究発表が多い。実験動物でみるとマウスの発表は日米で同程度の割合であるが、日本ではラットの比率が高い。

研究内容をみるとわが国では繁殖技術の比率が高く、繁殖生物学の比率が低い。SSRでは繁殖生物学全般にわたる発表が行われているが、わが国の発表にはやや偏りがある。日米とも繁殖生物学では内分泌、配偶子形成、胚発生についての研究が多いが、米国では卵胞発育・閉鎖、着床・胎盤に関する研究の比率がわが国に比べて顕著に高い。私は、米国に比べ発表数の少ない領域の充実が今後の課題であると思っている。

表4 日本繁殖生物学会とSSRにおける口頭・ポスター発表での研究対象動物

| 動物種  | 日本         | 米国          | 動物種          | 日本         | 米国          |
|------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|
| 家畜   | 77 (43.0%) | 195 (36.8%) | 実験動物         | 92 (51.9%) | 235 (44.3%) |
| ウシ   | 39         | 76          | マウス          | 50         | 151         |
| ウマ   | 1          | 8           | ラット          | 32         | 59          |
| ブタ   | 24         | 44          | ハムスター        | 2          | 5           |
| ヒツジ  | 0          | 49          | モルモット        | 0          | 2           |
| ヤギ   | 5          | 1           | ウサギ          | 1          | 2           |
| ミンク  | 0          | 1           | サル           | 3          | 16          |
| イヌ   | 3          | 1           | マストミス        | 1          | 0           |
| ネコ   | 2          | 3           | スンクス         | 1          | 0           |
| ニワトリ | 3          | 11          | 野生動物         | 2 (1.1%)   | 15 (2.8%)   |
| ウズラ  | 0          | 1           | 魚類           | 6 (3.3%)   | 15 (2.8%)   |
| ヒト   | 1 (0.6%)   | 40 (7.6%)   | その他 (培養細胞など) | 1 (0.6%)   | 30 (5.7%)   |

日本:日本繁殖生物学会第99回大会

米国:SSR第39回大会

注:複数の動物を使った発表は複数でカウントした。

表5 日本繁殖生物学会とSSRにおける口頭・ポスター発表の内容

| 研究内容         | 日本         | 米国        | 研究内容         | 日本          | 米国          |
|--------------|------------|-----------|--------------|-------------|-------------|
| 人工繁殖技術       | 51 (29.1%) | 54(10.4%) | 繁殖生物学        | 124 (51.9%) | 464 (89.6%) |
| 凍結保存・凍結乾燥    | 13         | 11        | 性分化          | 2           | 12          |
| XY精子の分別・分離   | 1          | 1         | 内分泌          | 25          | 75          |
| 遺伝子導入・発現     | 9          | 18        | 配偶子形成・成熟     | 30          | 78          |
| 体外受精・ICSI    | 5          | 1         | 性腺機能         | 8           | 18          |
| ES細胞・幹細胞     | 7          | 5         | 卵胞発育, 排卵, 黄体 | 17          | 77          |
| 体細胞クローン・単為発生 | 13         | 17        | 受精           | 0           | 4           |
| 精巢・卵巣移植      | 3          | 1         | 胚発生          | 10          | 37          |
|              |            |           | 着床・胎盤        | 6           | 37          |
|              |            |           | 子宮・卵管        | 4           | 30          |
|              |            |           | 妊娠と分娩        | 5           | 17          |
|              |            |           | 性成熟          | 0           | 4           |
|              |            |           | 生殖免疫         | 0           | 4           |
|              |            |           | 比較動物繁殖学      | 1           | 4           |
|              |            |           | ストレス, 化学物質,  | 5           | 22          |
|              |            |           | 放射線の影響       |             |             |
|              |            |           | DNAインプリンティング | 5           | 8           |
|              |            |           | ガン           | 0           | 22          |
|              |            |           | 性行動          | 4           | 1           |
|              |            |           | 泌乳           | 2           | 2           |
|              |            |           | その他          | 0           | 12          |
|              |            |           | 計            | 175         | 516         |

日本: 日本繁殖生物学会第99回大会

米国: SSR第39回大会

ICSI: 顕微授精, ES細胞: 胚性幹細胞

注: 内容が複数にまたがる場合は複数としてカウントした。

### 学術会議畜産学研究連絡委員会の作成した研究指針

2001年6月から「ヒトに関するクローン技術等の規制に関する法律」が施行され、クローン研究においては法律を意識することも必要となっている。わが国においては、家畜クローン研究推進の立場が明確になっているが、研究は多岐にわたっており、法律の条文から判断するのが難しい研究も想定される。私は研究者の姿勢を律する指針をまとめる重要性を指摘してきたが、クローン研究を行う研究者が多く集まる学会を基盤とする第17期学術会議畜産学研究連絡委員会（畜産研連）が中心となって、クローン研究の健全な発展を願って、「産業動物におけるクローン個体研究に関する指針」7)をまとめた。なお、本指針を英文化（External Report of Japan National Committee of Animal Science of 17th Science Council of Japan, 2000）し、すでに世界に発信したが、3つの基本姿勢を遵守することを明確にしている。（1）国の策定する法律、規制、指針、ガイドライン等を遵守する。（2）諸外国の法律、規制、指針、ガイドライン等については、特定の宗教や文化的基盤に基づくものでない限り、十分に配慮し、基本的かつ普遍的な条項については、国内の法律、規制、指針、ガイドラインに準じて遵守する。（3）上記（1）（2）に抵触する恐れのある研究、社会的ないし倫理的な論議を呼ぶ恐れのある研究については、関連学会並びに、一般社会の理解が得られるよう充分配慮する。そのために、実施に先立ち研究機関ごとに倫理委員会等を設置して、実験の科学的必要性、意義のほか、社会的影響、倫理的側面に充分検討を加える。倫理委員会等の審議の内容は、文書として記録、

保管し、開示の要求があれば速やかにこれに応じる。疑義のある問題については、所属機関長等を介して所轄官庁の意見を求める。

しかしながら、(3)の明確化は難しい。今後は、個々の研究者の倫理観に依存する場面が多くなるだろう。繁殖分野の研究者の倫理観をより洗練させることが求められている。

### 繁殖分野の行方

実験動物学・医学で活躍する家畜繁殖分野出身の研究者・技術者が目立っているが、日本繁殖生物学会の会員数がやや減少しているのは残念である。米国の SSR と比較すると基礎研究の層が薄い。わが国の繁殖分野が世界の先端を担いつづけるには、基礎部門の充実を含めわが国の立脚点を明確にした戦略が必要である。最近、日本繁殖生物学会は、オーストラリアやポーランドの繁殖生物学会ともジョイントシンポジウムを開催し、国際活動に力を入れている。家畜繁殖学や繁殖生物学を充実させるには、日本繁殖生物学会の国際化を地道に進めることが大切である。

### 参考資料

- 1) (社) 中央畜産会：家畜改良関係資料、(独) 農畜産業振興機構畜産振興事業、pp. 99-106, 2006
- 2) 荒木重雄・間壁さよ子・佐藤英明：ニュートン、27(4):72-77, 2007
- 3) 遠藤 克ら：J. Mamm. Ova Res., 23, 176-183, 2006
- 4) (独) 科学技術振興機構研究開発戦略センター環境・エネルギー横断グループ：戦略プログラム、アグロファクトリーの創成-動植物を用いたバイオ医薬品の生産(2007)
- 5) Journal of Reproduction and Development, Vol. 52, Supplement (第99回学会講演要旨掲載号)、2006
- 6) Biol. Reprod. special issue(39th Annual Meeting of Society for the Study of Reproduction), Vol. 1232, 2006
- 7) 日本学術会議畜産学研究連絡委員会：産業動物におけるクローン個体研究に関する指針(2000)



## 草地学分野における研究の歴史と今後の発展方向

日本草地学会会長

岩手大学教授 雑賀 優

我が国の近代的草地畜産の歴史は、明治初期にアメリカから家畜と牧草の種子を輸入したのに始まるが、飛躍的に発展したのは第二次大戦後である。最近は、牛肉の輸入自由化の影響を受け飼料作物の栽培面積は停滞しているが、草地学分野における研究内容は多様化している。飼料作物栽培の歴史、草地学研究の歩みを振り返り、エンドファイト研究を紹介すると共に、草地学研究の問題点と今後の発展方向を探る。

### 1. 飼料作物栽培の歴史

飼料作物栽培の歴史を振り返ると、大きく 3 つの時代に分けられる。第一期は、江戸時代までの家畜を役畜として飼養した時代であり、レンゲ、ヒエ、ススキ、シバ、ササ等の野草や、藁や糠など穀物副産物を飼料として利用していた。第二期は、明治初期に多くの飼料作物種子が家畜と共にアメリカから輸入されて以降第二次世界大戦までの時代で、牧草が、御料牧場や種畜場等で細々と栽培されていた時代。そして第三期は、第二次大戦後食料事情の逼迫と併せ、畜産物の需要が急増したことに伴って大規模草地造成事業により草地面積が急激に増加した時代である。この時期の動きを追うと、飼養頭数の増加に加え、多頭飼育を志向した経営が多くなったため粗飼料の需要が増した。1950 年には、馬中心の旧牧野法が牛を中心とする法律に改正され、牧草地の造成事業が開始され、大規模草地開発事業が全国各地で行なわれた。日本の農林統計に青刈飼料作物の数字が表れたのは 1938(昭和 13)年で約 8 万 ha であったのが、1960 年には約 32 万 ha となり、その後も年 3.5 万 ha ずつ増加した(図 1 参照)。1991 年以降、飼料作物の作付面積は減少傾向にあるが、これは牛肉輸入自由化による影響が反映している。

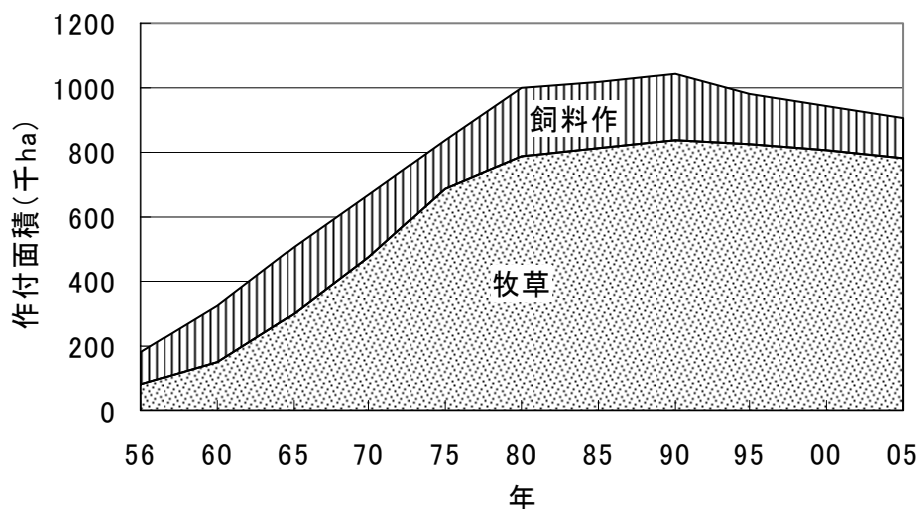


図1. 牧草と飼料作面積の推移

牧草栽培の中心はライグラス類、フェスク類、チモシー、オーチャードグラス、クローバ類であり、飼料作物の中心はトウモロコシで、ソルガム、エンバクが続く。現在はほとんど作られていないが、1960-70年代はレンゲと飼料カブが多く栽培されていた。

このような急激な変化に対応して、農林省は試験研究機関に飼料作物や草地を専門とする組織を設けた。1947年の畜産試験場における栽培研究室(飼料作物部の前身)や1950年地域農業試験場設立に際しての飼料作物あるいは牧野研究室の誕生、さらに1953年関東山農業試験場における草地部の新設などがそれである。この頃、かなりの大学で飼料作物や草地に関する講義や研究が開始された。

## 2. 草地学研究のあゆみ

### 1) 研究課題から見た草地学研究の歩み

近代的草地農業は、第二次大戦後に始まったといえる。戦後の草地学研究の歩みをみると、大きく三つの時代に分けられる。

昭和 20-30 年代(1945-64)：近代的草地学研究の導入期とも呼べる時代で、シロクローバやイタリアンライグラスの導入試験や飼料作物の栽培や生産力、草地造成が研究の中心で、飼料増産の基礎研究が行なわれた。

昭和 40-60 年代(1965-89)：近代的草地学研究の展開期とも呼べる時代で、飼料作物の生理・生態、飼料調製、飼料価値、水田転作としての飼料作物、物質生産等、生産された飼料の加工調製や生産性の要因解明が盛んに行なわれた。

平成以降(1990-)：近代的草地学研究の多様化期とも呼べる時代である。草地学はその時々、社会経済的条件と深く係って発展してきたが、1991年の牛肉輸入自由化は環境問題、飼料の安全性等の新たな問題を多く引き起こし、草地研究にも大きな影響を及ぼした。飼料の安全性、耕作放棄地、外来雑草、飼料収穫機械、アレロパシー、低利用飼料資源、サイレージ乳酸菌等、草地学研究が多様化した。

### 2) 日本草地学会賞の受賞題目から見た草地学研究の歩み

日本草地学会賞の受賞題目からも、草地学研究の歩みを見ることができる。草地学会賞が創設された当初の昭和 37 年頃までは、草地農業創始者としての功労、新しい研究分野の先駆者的役割を果たした会員に授与された。その後は、笹類の家畜栄養、ソルゴー雑種の育種(昭 38)、草地施肥法、牧草新品種の育成、飼料作物種子の生産(昭 40)、といった飼料増産のための基礎研究に対して授与され、昭和 40 年代後半からは、牧草の温度反応(昭 48、49)、牧草群落の物質生産、光エネルギー利用効率(昭 53、54)、草地生態系の生産力のシステム分析(昭 62)、といった生産性の要因解明の研究題目が多く見られるようになり、平成の時代に入ると、寒地型牧草の消化・採食特性、低投入型牧草地の開発(平 4、5)、低利用飼料資源の利用、サイレージ乳酸菌の機能解析(平 15、16)と、受賞題目が多様化した。

### 3) 日本草地学会の歩み

日本草地学会の前身である草地研究会は昭和 29(1954)年に発足し、昭和 36 年に学会に発展した。草地学会発足の精神である「学問と技術の両面を平等に重視」する、総合的学

問分野の学会として運営されてきた。昭和 58 年には、技術面から農家を支援する実用誌「自給飼料」を創刊（平成 6 年まで）し、昭和 60 年には第 15 回国際草地学会議を京都国際会館で開催した。この会議には世界 49 カ国から 928 名の参加者を迎え、講演題数 479 課題を数えた。飼料作物栽培面積も増加する、最も勢いのある時期に国際会議を開催したといえる。平成 16 年には創立 50 周年記念事業として、日中韓国際シンポジウムの開催、日英中韓草地学用語集を発行すると共に、草地学会員の総力を結集した「草地科学実験・調査法」を刊行した。平 17 年には、学会誌を英文誌 Grassland Science' と和文誌「日本草地学会誌」に分離し、技術を重視する一方で国際通用性も視野に入れた学会への脱皮を目指した。

### 3. 草地学研究の一例としてのエンドファイト研究

#### 1) 飼料需給量の推移

図 2 は飼料需給量を TDN 換算値で、牛肉輸入自由化をはさむ 1985 年と 2003 年で比較したものである。飼料需給量は 18 年間で 211 トン、7.6 ポイント減少しており、中でも国産飼料の割合が 27.5%から 23.4%に 4.1 ポイント低下した。輸入飼料の中では粗飼料の輸入量が大幅に増えている。粗飼料の輸入量を種類別に見ると、稲わらが約 2 倍の 17 万トンに増え、乾草が 11 倍の 220 万トンに増えている。乾草の内訳は統計数字には表れていないが、ストロー類の輸入量の増加が多くを占めている。

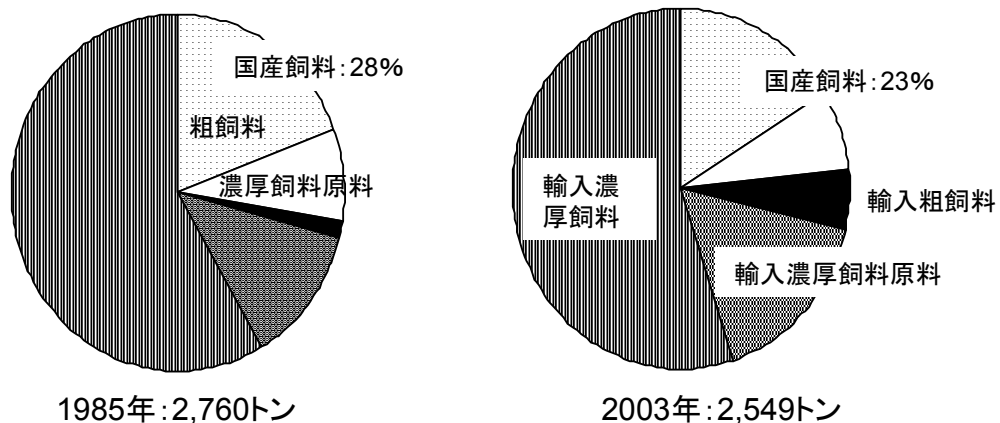


図2. 飼料需給の推移 (TDN換算)

#### 2) エンドファイト中毒の発生

ストロー類の輸入が急激に増加した 1995 年頃、盛岡市の畜産農家でペレニアルライグラス・ストロー（米国オレゴン州産）を給餌した牛に中毒が発生した。これを受けて、岩手県内の検査機関での飼料中硝酸態窒素、残留農薬、家畜の血液検査が行なわれたが、原因が特定できなかった。当時、海外でエンドファイト中毒が話題になっており、ストローに残っていた種子の顕微鏡検査を行なったところエンドファイトの存在が確認され、ニュージーランドの AgResearch（政府研究機関）に試料のアルカロイド分析を依頼した結果、家畜中毒に結びつく Lolitrem B が検出され、エンドファイト中毒と判明した。1998 年 3 月に、

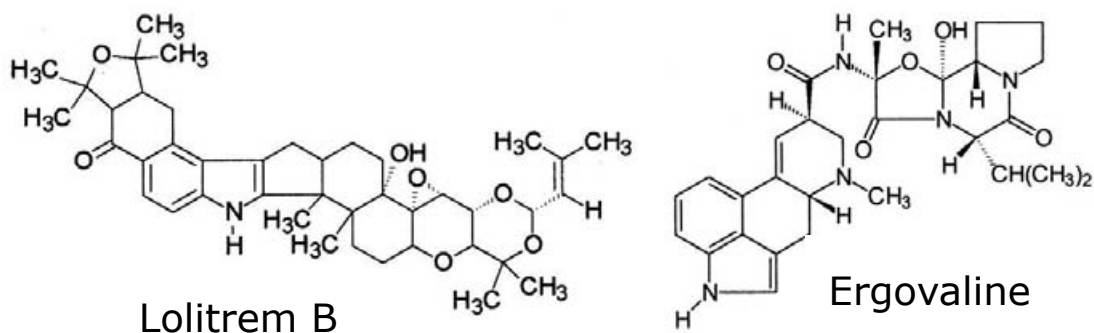
エンドファイトによるアルカロイド中毒が新聞報道されると、全国各地から被害の報告が上がってきた。新聞報道の 2 ヶ月後の集計結果で約 500 頭の報告があり、そのほとんどは黒毛和牛の被害報告であった。

### 3) エンドファイト中毒の原因

表 1 に示すように、エンドファイトによるアルカロイド中毒の原因は、主にペレニアルライグラスとトールフェスクが関係する。まず、ペレニアルライグラスには *Neotyphodium lolli* のエンドファイトが感染し、アルカロイド Lolitrem B と Ergovaline を産生する。一方、トールフェスクに感染するエンドファイトは *Neothyphodium coenophyarum* で、植物体内で Ergovaline を産生する。Loliterm B による症状は、主に振戦、皮筋の振え、起立困難等の神経症状であり、Ergovaline による症状は、脂肪壊死、血行障害による四肢の壊疽である。

表1 イネ科草種に感染するエンドファイト系統と産生するアルカロイドの関係

| イネ科牧草草種<br>(学名)                                  | 感染するエンドファイト                      | 産生するアルカロイド            |
|--------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| ペレニアルライグラス<br>( <i>Lolium perenne</i> L.)        | <i>Neotyphodium lolli</i>        | Loliterm B、Ergovaline |
| トールフェスク<br>( <i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) | <i>Neotyphodium coenophyarum</i> | Ergovaline            |



飼料中の LolitremB 含量、Ergovaline 含量と家畜中毒発生数の関係を調べた研究の結果から、アメリカでは飼料中のアルカロイド含量の危険値を LolitremB 含量 1800-2000ppb、Ergovaline 含量を 400-750ppb に定め、農家指導に当たった。これを受けて飼料輸入業者は、我が国にストロー類を輸入する場合、アルカロイド分析結果のデータを添付すること、分析値がこれらの基準値以下のものに限り輸入すると自主規制を行なった。しかし、発生件数は減少したものの、依然ライグラスストローによる中毒は発生し続け、最近ではフェスクストローによると思われる中毒も秋田県、兵庫県等で報告されている。アメリカでのその後の研究結果では、LolitremB 含量が 1800ppb でも供試家畜の 15% に中毒症状がでたとの報告もあり、我が国の研究結果では黒毛和種のアルカロイド感受性が他の畜種に比

較して高いとの報告も出されている。現在、アルカロイド含量の危険値を見直すための日米共同研究が行なわれているが、中毒が発生し続けている状況にあることから、早急な解決が求められている。

アメリカではエンドファイト中毒は生じていないのかとの疑問が生じるが、2005年5月26日付 Oregon.Live.Com によると、アメリカ、オレゴン州ウィラメットバレーHarney 郡で、エンドファイト中毒のために1牧場で約600頭の牛が死亡したとのニュースが流れた。この牧場では、前年の牧草生育期に少雨のため十分な乾草が確保できなかったため、エンドファイト感染を承知の上で、ストロー類をアルファルファ乾草と共に安全基準を満たす割合で給与したが、大規模な中毒被害にあったという。

#### 4) イネ科牧草とエンドファイトの関係

エンドファイトは内生菌ともいわれ、図3に示すような糸状菌の一種である。

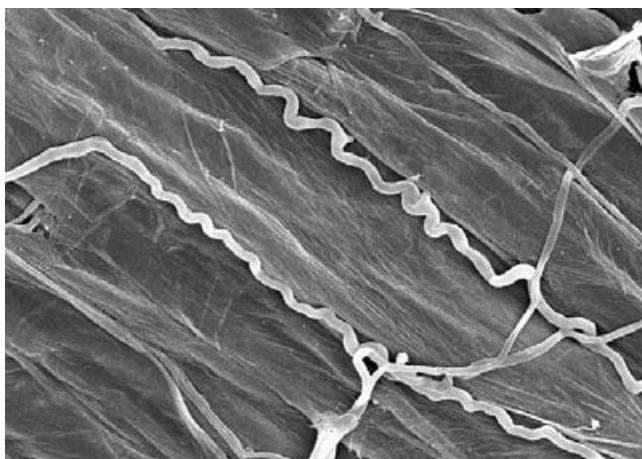


図3 エンドファイト(*Neotyphodium. coenophialum*)の電子顕微鏡写真  
Dr. N. Hill (University of Georgia、 Athens)提供

イネ科植物の進化の過程でエンドファイトとの共生関係を確立し、植物は菌に住処とエネルギーを与え、菌は植物に対して家畜及び昆虫、線虫等に対する食害抵抗性(Lolitrem B、 Ergovaline、 Loline 等)、耐乾性や耐暑性等の不良環境耐性やホルモン、ミネラル吸収特性等の生育促進物質を産生する。暑さや乾燥といった、植物が生育する上での極限状況下で草食動物に採食されることは、死に絶えることになるため、生残り戦略として共生関係を築いたと考えられる。

飼料用牧草品種にはエンドファイト非感染のものがほとんどであるが、芝生用はエンドファイトを高度に感染させた品種が広く流通している。芝生用品種では、エンドファイトが産生するアルカロイド等の成分を、耐虫性や耐病性の生物農薬として利用する動きが高まっているためである。芝生用品種の流通量が世界的に高まる傾向にあることから、採種後の茎葉を飼料として利用するストロー類によるエンドファイト中毒の問題は、今後さらに重要性が高まると考えられる。

## 4. 草地学研究の問題点と将来方向

### 1) 草地関連研究者は社会の要請に込えているか？

草地農業者の立場からは、草地学研究者が必ずしも現場ニーズに対応していないという不満がある。大学を含めた国、県等の試験研究機関で行なわれている研究は研究業績に結びつきやすい研究内容が多く、しかも断片的な情報しか提供しないとの批判がある。この批判に対して、独立法人となった農業・食品産業技術総合研究機構の研究機関ではプロジェクトチームを結成したり、研究内容が外部からも分かりやすいように、研究チーム制に再編するなど、それぞれの地域の重要課題に対して総合的な研究を推進するようになった。

研究機関の側から見ると、農業関係研究費の大幅削減や定員削減によって、研究費の削減、研究者数や研究機関数の減少など、従来の研究を継続する上で困難な状況を抱えている。競争的外部資金に依存する割合が高くなり、評価制度が益々浸透しつつある状況下では、研究結果に十分な検証を加えないまま研究業績として公表を急ぐあまり、ミスコンダクトを招く危険性を高める。

農業者は、草地農業経営上役立つ情報は無料で入手できる、との認識を改める必要がある。経営的観念を向上させ、必要な情報は草地畜産分野のコンサルタントを通じて対価を支払って入手し、経営に役立てようとするのが重要である。農業関係研究費は今後も削減の方向であろうから、将来的には、研究費の一部はイギリスやアメリカで既に導入されているように、生産物販売額の一部（Leby）で賄われるようになることが予想される。この制度の下では、農業現場に役立つ研究テーマが重視されることから、競争的外部資金の「農業現場対応の研究課題は高く評価されない」弊害が除かれることになる。

### 2) 教育・研究・技術普及の人材養成ができてきているか？

草地学の講義を担当する大学教員の本務は、もちろん講義を通じてその学問分野の知識を伝授することにあるが、同時に、大学教育によって専攻分野の優秀な後継者を育てることであるとする。そのためには、草地学を十分に理解してもらうことが重要であるが、大学に入学したばかりの学生に、これまで聞いたこともない学問分野である草地学を理解させ、その魅力を伝えるのは容易ではない。草地学が、地球規模の食料生産、環境保全の面から将来的に見ても重要な位置づけにあることを、新しい知識として身につけさせることが、草地学分野に関心を持ってもらうことの第一歩になる。

また、修士課程や博士課程の高等教育を受けた修了生は、大学で行なった研究の範疇から抜け出せずに、新しい研究分野の開発や技術普及の現場対応能力が乏しい人材が多いとの批判をよく聞く。教育の現場でも論文作成が最重要課題と位置づけられ、大学院在籍中に何編の論文を作成したかが、その学生の能力判定基準とされることに問題があると思われる。経済財政諮問会議を始めとする政府の教育関係委員会の答申内容も、海外の一流紙への論文公表数が各大学の評価基準の重要な要素になっているが、草地学分野に限らず農学分野では必ずしも適合しない。現場対応能力の優れた人材養成を重視した教育を行おうとする地方大学を、高く評価することが重要と思われる。

### 3) 草地学関連の教育・研究体制

我が国の4年制大学で農学系学部（農学部、水産学部、獣医学部など）を有する大学の

数は 50 数校あるが、このうち草地学あるいは飼料作物学の講義を開講している大学は、平成 15 年の草地学教育協議会の調査で、帯広畜産大学、北海道大学、岩手大学、等の 26 大学であった。これら以外の大学でも、草地学関連講義科目として緑地環境保全学、草類機能開発学、草資源学、飼料資源学、草地生態学、放牧生態学等の講義が行なわれていた。

一方、草地学関係の研究は（独）農業・食品産業技術総合研究機構の研究機関で組織的に行なわれている。平成 18 年 4 月から研究チーム制が導入されたことから、大きく 5 つの研究分野における研究チーム数をみると、育種分野では飼料作物育種、等 4 研究チームが属し、栽培分野では飼料作生産性向上、等の 3 研究チーム、調製給与分野では飼料調製給与、等 5 研究チーム、放牧分野では山地畜産、等 6 研究チーム、環境分野では草地多面的機能、等 3 研究チームが属している。

表 2 機構の研究チーム名からみた草地・飼料作分野の研究体制

|      |                                          |
|------|------------------------------------------|
| 育種   | 飼料作物育種、飼料作物育種工学、飼料作物遺伝資源、寒地飼料作物育種        |
| 栽培   | 飼料作生産性向上、飼料作環境、寒冷地飼料資源                   |
| 調製給与 | 飼料調製給与、自給飼料酪農、稲発酵 TMR、東北飼料イネ、関東飼料イネ      |
| 放牧   | 山地畜産、放牧管理、周年放牧、日本短角、集約放牧、粗飼料多給型<br>高品質牛肉 |
| 環境   | 草地多面的機能、資源循環・溶脱低減、飼料作環境                  |

#### 4) 草地学研究的将来方向

以上、一研究者の視点から草地学研究分野における研究の歴史を振り返り、現状と問題点を見てきた。草地学研究的将来方向を占う中で、飼料自給率向上は今後も取り組まなければならない最重要課題の一つであろう。一方で、社会的な要請に基づく耕作放棄地、飼料の安全性、資源循環、低利用バイオマス、環境修復、等も将来的に極めて重要なキーワードである。微生物はこれまで研究されてきたものの、未だ知られざる機能を多く秘めている。草地学研究的重要な課題に、エンドファイト、VA 菌根菌、根粒菌、サイレージ乳酸菌、家畜消化管内微生物等、微生物研究が重要な課題の解決に大きな役割を果たすように思える。

草地学研究に関わる中で、先達は常に「土-草-家畜」の重要性を強調されてきた。普通作物はその作物を栽培し、高品質のものを多量に生産することで事が足りるが、牧草は家畜の飼料として栽培する作物であるから、家畜が食べなければ収穫がないに等しい。家畜は排泄物を出す。この排泄物を良好な有機質肥料として草地に還元する。草地では微生物の働きにより有機物が無機物に分解され、牧草が根から吸収する。このように、物質循環がうまく働いている状態であれば持続的に草地の生産性が高まり、環境保全機能も果たす。しかし循環がどこかで途切れたならば、そこから環境破壊や環境汚染として人間社会へしっぺ返しがくる。草地学は土-草-家畜を基盤とする総合科学であり、学際的性格も強い。草地農業の重要なキーワードである食料生産、環境保全は、地球環境における人類生存の将

来を左右する重要な学問であることを認識し、広い視野で取り組んでいかなければならない。

### 参考資料

1. 農林水産省生産局畜産部畜産振興課（2006）飼料作物関係資料（平成 18 年 3 月） 農林水産省．東京． p23-55、72-83.
2. 日本草地学会創立 50 周年記念事業実行委員会（2004）日本草地学会 50 年の歩み 日本草地学会．那須塩原． p1-34.
3. 雑賀 優（1998）多発するエンドファイト感染牧乾草による牛の中毒 畜産技術 6 月号 p 21-25.



## 第2部（パネルディスカッション）

### －畜産技術研究の将来展開－

司会：柴田正貴（畜産草地研究所長）

#### キーノートスピーチ：

畜試を中心とした研究推進の経過

横内 圀生（前畜産草地研究所長、  
（社）家畜改良事業団 家畜改良技術研究所長）

#### パネラー：

阿部 亮（元畜産試験場栄養部長）

小林春雄（元草地試験場長）

雑賀 優（岩手大学大学院教授、日本草地学会会長）

佐藤英明（東北大学大学院教授、日本畜産学会理事長）

森地敏樹（元畜産試験場長）

矢野秀雄（日本学術会議会員、家畜改良センター理事長）

横内圀生（前畜産草地研究所長、（社）家畜改良事業団 家畜改良技術研究所長）

渡邊昭三（元畜産試験場長）

柴田 第2部のパネルディスカッションの司会を担当いたします柴田です。よろしくお願いいたします。今回、このパネリストのほうには先ほど講演いただいた演者の先生方以外に2名の方が新たに加わっております。そのお二方のご紹介をしたいと思います。まず、このパネルディスカッションのキーノートスピーチをいただきます横内先生をご紹介します。横内先生は、昭和42年に東大の内藤元男先生、家畜育種の研究室を出られまして、昭和42年に九州農業試験場の畜産部、ただ、畜産部とは申しまして、草地の研究室に入っております。その後、畜産試験場のほうに移られまして、家畜育種のほうをずっと担当されております。乳牛育種から豚、鶏、すべて統計育種に関して携わっております。その後、平成11年に畜産試験場長、そして、新たな独立行政法人畜産草地研究所の初代の所長として勤められまして、現在、家畜改良事業団の家畜改良技術研究所長をされておられます。それからもうお一方、小林先生ですが、小林先生も東京大学の内藤先生、家畜育種の研究室、大学院におられまして、その後、昭和45年、草地試験場設立と同時に草地試験場の家畜部のほうに採用になっておられます。ずっと放牧研究に携わってこられたわけですが、その後、畜産試験場の企画連絡室長、そして草地試験場の場長を経てご退職の後、八ヶ岳の中央農業実践大学校の校長ということで、後進の育成と申しますか、後継者の育成に携わり、JICAのプロジェクト、パナマの生産性向上計画のチーフアドバイザー。現在、畜産技術協会の参与となっております。このお二方に新たに加わっていただきます。それではまず、パネルディスカッションの冒頭に横内先生のほうからキーノートスピーチをいただきたいと思います。よろしくお願いいたします。



横内 ただいまご紹介いただきました横内です。私よりも先輩の場長さん方がいらっしゃるなかで大変恐縮ですが、過去の歴史を振り返る、そのようなお話をさせていただくことになるわけですが、よろしくお願いいたします。資料1でございますが、いただきましたタイトルが「畜試を中心とした研究推進の経過」ということで、大きく体制の変遷と技術開発の経過というふうに整理しましたけれども、これまでの午前中から午後にかけての先生方のお話でほとんど出尽くされているのではないかと思います。私は10分間で、言ってみれば認識の共有を図るという意味で、組織体制の変遷を述べながら、技術開発のところも若干触れつつ述べてみたいと思います。



出だしが1904年になっていますが、矢野先生のお話のように、そもそもは明治26年、1893年、農事試験場ができたときからになります。ただ、そのときには畜産と銘打った組織体制はまだ構築されていなかったという意味で、ここでは書き込んでございません。1893年から数えて平成5年が100年目でありまして、明治神宮で大々的に「農業研究100周年記念式典」がとり行われました。当然全分野集まって行われたわけですが、その中で畜産関係も表彰を受けていらっしゃいます。組織的に畜産という名前が表に出てき

## 畜試を中心とした研究推進の経過

(社) 家畜改良事業団 横内 圀生

### 組織体制の変遷

- 1904年 農事試験場陸羽支場養畜部  
 1916年 畜産試験場の創設 (1917年 千葉に竣工)  
 1946年 馬事研究所を統合 cf: 馬事研究所は1941年那須に設置  
 1950年 農業技術研究所傘下  
     那須、中国、九州支場は地域農試へ、長野支場は廃止  
     所管が畜産局から農業改良局に移る  
     所掌は試験研究に特化 cf: 種畜配付や練習生制度は種畜牧場に移管  
 1956年 所管が振興局に移る  
 1961年 畜産試験場復活 千葉・那須 所管が農林水産技術会議に移る  
 1970年 草地試験場の設置  
     母体: 畜試の飼養技術部、草地部、飼料作物部+農事試験場山地支場  
     那須の飼養技術関係が一部千葉へ移転  
     cf: 1946年 開拓研究所中部支所  
         → 1950年 関東東山農業試験場高冷地土地利用部  
         → 1961年 農事試験場高冷地支場→ 1967年 同山地支場  
 2001年 (独)農業技術研究機構 畜産草地研究所  
     ←畜産試験場と草地試験場の統合  
     cf: 畜試の家畜生命科学部門は (独)農業生物資源研究所傘下へ  
 2003年 2006年 研究機構の名称変更

### 技術開発の経過

終戦直後の食料難の時代は、総じて増頭に寄与する技術開発に重きがおかれたが、経済復興を背景とした選択的拡大政策の下では、畜産の専門化とスケールメリットの追求に応えるべく、人工授精等の繁殖技術、高能力家畜の造成等の育種技術、飼養標準策定や通年サイレージ給与などの飼養技術、さらに作業の機械化などの技術が開発・実用化された。このように、我が国の畜産の発展に技術開発は大きく貢献したと言える。しかし、急速に規模拡大した畜産の展開は耕種部門との乖離をもたらし、家畜排泄物による環境問題や飼料自給率の低下をもたらした面も否定できない。さらに、口蹄疫やBSEの発生は、輸入飼料に過度に依存した我が国畜産に警鐘をならすものであった。近年は、耕畜連携等を通じた国内飼料の有効活用による飼料自給率の向上、安全で信頼できる国産畜産物の生産技術の構築が命題となっている。

たのは1904年、明治37年でありまして、農事試験場の陸羽支場、今の大仙市になりますが、そこに養畜部というものが設置されました。中身的には主に飼料作物を研究するというので設置されております。それを母体に畜産試験場が創立されたのが1916年でありまして、今年が満91年ということです。この辺はもう既に何回か出てきていますから省略します。

1946年、昭和21年、馬事研究所をここで統合しているわけですが、この馬事研究所というのは昭和16年に那須に設置されました。現在的那須研究拠点、言ってみればここがスタートであるということになります。この馬事研究所は大きく三つの研究部門がありまして、一つは繁殖、二つめが成長、三つめが飼料です。馬政局の衛生課長が所長でいらっしやったということやら、家畜衛生試験場のほうからスタッフが派遣された、あるいは、飼料分野では林野庁関係から人が派遣されたというふうに伺っております。馬事研究所はわずか4年半でなくなりまして、畜産試験場の一部になったのですが、実はここで注目すべきは、人工授精の研究であります。馬事研究所の目的は強い軍馬を作ることでありまして、その大きな柱が人工授精でありました。最近目にした写真には、若かりし頃の西川先生や杉江先生、和出先生、柏原先生、そういった方々がこの繁殖の研究部隊として写っています。今から何年前でしょう、60年少し前でしょうか。

戦後の混乱期のなかで1950年、昭和25年にGHQの指令によりまして、畜産試験場は農業技術研究所の一部、すでにお話に出っていますが、家畜部、それから畜産化学部となりました。場所は千葉で変わりありませんけれども。そのときに、それまで畜産試験場のブランチとしてありました中国とか九州、那須も含めて、これらが地域農試のほうに移っております。長野もありましたが、長野は廃止になりました。近畿中国四国農業研究センターとか九州沖縄農業研究センターの畜産部隊のルーツがここにあるわけであります。北海道はどうかといいますと、北海道は種羊場の流れでもって別ルートで整備されていったということでもあります。東北も別ルートだったと思います。ここで所管が畜産局から農業改良局に移るといのがちょっと重要なことでありまして、それまでは畜産局ということで、例えば現在の家畜改良センター、その当時は種畜牧場でありましたが、その種畜牧場が大正から昭和にかけて畜産試験場とくっついたり離れたりしてきました。ここでもって研究機関のほうは農業改良局に移るといということで、言ってみれば、所掌が明確に仕分けられたということでもあります。それまでの畜産試験場は種畜配付、あるいは練習生制度、この辺は最初の森地先生のお話に出てきていましたけれども、そういったところが種畜牧場のほうに移管され、畜産試験場のほうは試験研究に特化ということでもあります。さらに1956年、昭和31年に振興局に移りました。実はこの年に農林水産技術会議が設置されておりますが、所管は振興局のほうでありました。農林水産技術会議に所管が移るのはそれから5年後、1961年、昭和36年であります。その間、農林水産技術会議で何が行われていたかといいますと、新しい研究体制、そういったことが検討されていたというふうに私自身は理解しております。

この辺までは、先ほど柴田所長からご紹介がありましたように、私は昭和42年入省ですから、入る前の話で、先輩から聞いたり、あるいは記念誌を読んだりして整理した部分であります。それで、昭和36年に畜産試験場が復活といいますか、再生しまして、千葉と那須ということではありますが、これまた先ほど来、出ていますように、昭和45年、1970

年に草地試験場が設立され、那須が独立しています。草地試験場の母体は資料に書きましたようなことでありまして、ここで実は、草地試験場に農事試験場の山地支場が組織的に一緒になったということが一つの大きなことだったと思います。その山地支場はどういう歴史だったかということで、その下に3行ほど書き込んでおきましたけれども、開拓研究所の中部支所から始まって関東東山農試、それから高冷地支場、同山地支場と名前を変え、場所も最初は八ヶ岳山麓のほうにあったんですが、それが、たしか1967年に山地支場になったときに移転したというふうに理解しています。もし間違っていましたら、小林さんに訂正していただきたいと思います。その後、ずっと飛ばしていますけれども、約30年後2001年、独立行政法人化に伴い、草地試験場と畜産試験場が再び一緒になって、畜産草地研究所になるわけでありまして。今日、受付で皆さん方にお渡しされた手提げに「NILGS since 1916」とありますが、NILGSというのは「National Institute of Livestock and Grassland Science」ということで、どういう名称にしようかといろいろと検討した結果、そのような名称にさせていただいたということでございます。その後は、2003年、2006年、つい最近のことですが、研究機構の名前が2度ほど変わりました、私はただいま現在の名称のときにはもういませんでしたので、すらすらとは言えないような状況ですが、通称、農研機構というように呼んでおります。

こうやって91年の歴史を振り返りますと、昭和25年に研究体制が整備されるまでは、それこそ畜産局傘下で、現場に直結する、そういう技術開発がなされてきたというように思います。種畜配布や練習生制度といったまさに現在の家畜改良センターが所掌する業務のような部分も、畜産試験場がある程度担ってきたのではないかとこのように思います。その後、農技研時代になりまして、言ってみれば学問的深化が図られました。これは、ただ単に欧米からの導入技術だけではなくて自前の技術をしっかり開発しようではないか、そのためには基礎的な部分をしっかりやらなければだめではないかというふうなことでなされてきたというように思います。その後、昭和40年代、50年代、何人かの先生からお話がありましたように、畜産が行け行けどんどの時代になりまして、それこそ、何といえますか、組織体制も充実し、研究の中身も深化したという時代を経て、一方で、阿部亮先生のお話のように、えさのほうの問題が顕在化してきました。時代の変遷とともにいろいろとえさの問題が表に出てきまして、飼料自給率が26%まで落ち込み、これを何とかしなければという時代になってきました。これからは畜産が畜産だけで生きていける時代ではないわけで、やはり耕種部門とも連携し、あるいは他産業とも連携したなかでわが国の畜産をしっかりと構築していく、そういう視点に立った研究展開が必要であろうというふうに私自身も思っております。そういう意味で、このシンポジウムはそういうことを考える一助になれば幸いです。

なお、最後に、今91年ですから、あと9年後には100年を迎えるわけで、ぜひ100周年は盛大にやっていただきたい。9年後ということは7年後ぐらいには実行委員会を立ち上げてやるんでしょから、そのころ現役の皆さん、ひとつよろしくお願ひしたいと思います。以上で終わります。

**柴田** ありがとうございます。宿題も出たようですが、今ありましたように、小林先生は何か草地試験場の設立の当時のことで補足するようなことはございますか？

**小林** いや、特にはありませんよ。草地飼料作の重要性を皆様日本国民に意識していただいて立派な試験場ができたと思っております。それがまた大同団結して、畜産と草地、相携えてさらなる新しい畜産をやっていくという段階に来たと思っております。

**柴田** それでは、今、縦糸として設立から 90 年に至る流れ、草地試験場の設立も含めてキーノートスピーチをいただいたわけですが、午前の部も含めまして、午前といたしますか、一部の部分も含めまして、言ってみれば歴史書でいくと正史のようなお話があったわけで、もう少し、上から俯瞰した話じゃなくて、そのとき私はこうだったといたしますか、正史に対して外伝あるいは列伝といったような、そうしたお話をもう少し各専門分野別に伺っていきたくて考えております。ですから、会場の方も今度は肩を張らずにざっくばらんに発言していただければけっこうかと思えます。ただ、発言される際、この座談会は記録にとどめておきたいと思っておりますので、後ほどテープ起こしをする関係上、マイクを使ってご発言いただきたいと思えます。よろしく願いいたします。それでは、まず専門分野で、細かく分けて話したほうが具体的になっていいと思えますので、まず育種ということで行きたいと思えます。育種といきますと、私が考えるに、先ほど渡邊先生からはゲノム育種の前史のあたりからお話があったというような感じを受けておりますが、もっとそれ以前といたしますか、私のイメージ、記憶で行きますと、血液型の研究があったり、あるいは集団遺伝学を使った統計育種が開始されたことなどもあろうかと思えます。鶏の育種でも第二次大戦が明けたらアメリカにガンと差をつけられていたと、こちらは 365 卵鶏をつくっていたのに、向こうは平均で卵数が多かったというようなところで集団遺伝学の重要性が認識されたんじゃないかと思えます。その辺のところ、まず乳牛あるいは豚、横内先生のほうからちょっとその辺の補足といたしますか、そのころの気分といたしますか、機運といたしますか。

**横内** 最初、私は 4 年間、草地のほうをやりましたが、4 年後からは家畜育種のほうに参りまして、4 年後というのは昭和 46 年ですけれども、そのころの日本の家畜育種の現状はどうだったかと言いますと、鶏のほうはかなり進んでいました。これは多分フロアから小宮山さんあたりに補足していただけたと思えます。乳牛、豚はどうだったかと言いますと、睨み選抜とわれわれは言っていましたけれども、目で見て、これがいい、したがってこれから子供をとる。これがいいとだれが決めるかと言え、それは権威のある人が決めるんですね。では、その権威のある人が本当に日本の乳牛なり豚をよくしてくれる目を持っているのかという話になります。そこでもって、当時、育種部長をされておりました阿部猛夫さん、あるいは私が配属された研究室長の山田行雄さん、さらには場長をされておりました大西靖彦さんですね、そういった方々が統計遺伝学をベースにした家畜育種システムを日本に作ろうではないかという話になってきたようです。豚で言いますと、われわれが食べる豚肉は肉豚ですから、それは雑種強勢を利用して生産するシステムが望ましい。実は肉牛の権威、京都大学の羽部先生も、これは矢野先生あたりから補足してもらえばよいのですけれども、そういう理論をおっしゃっていたというふうに私は阿部先生から伺っています。

それを、では、どう実践するかということになります。畜産試験場としてはその実践のための研究を行ったということでもあります。実際にやるのは、家畜の場合には、行政組織でないとしてもできません。当時の種畜牧場、今の家畜改良センターが中心になって、都道府県の皆さんを巻き込んだ、そういう改良組織体制を構築してやらなくてはならない。そのためには何億という予算が必要だということになります。それを大蔵省からとってくるには当然相手を説得できる、そういう説明ができなくては駄目だということで、畜産試験場のほうではそのための理論構築を行ったということでもあります。そうはいつても最初からいきなり、豚の育種の場合、現場におろすというわけにはいきませんから、畜産試験場としても試験研究をやるということ、岩手県と宮崎県に指定試験地を設置し、研究費は当然国から出して、研究者も派遣し育種試験が行われました。同時並行的に都道府県のほうも、最初は4県か5県の先進県が走りましたが、その後どんどんふえていって、この会場に多分、豚の系統造成の人もいますと思いますが、ただいま現在ではもうほとんどの県で系統造成をやっているという状況になっています。そうやって、実際に使える理論構築を行うということがそのときの命題だったと認識しています。

乳牛も同じです。当時、経産牛平均でどれくらいだったでしょう、多分、4,500kg程度ではなかったかと思いますが、今はその大体倍近い8,000kgくらいになっています。乳牛の改良の場合、これは当然家畜人工授精技術、繁殖のほうの研究成果を踏まえての話になりますが、要するに一頭の雄牛が残し得る子供の数というのが、昔に比べればぐっと多くなったので、逆に言うと雄牛の数は少なくてもいい。雄牛の数が少なくてもいいということは、そこで遺伝的にしっかりしたものを選ばないと日本の乳牛の改良は進まないということになりますので、その雄牛の作り方、選び方、端的に言えば後代検定システムの策定というところで、行政部局、当時は長岡さんが乳牛班長をやっていたのですが、行政部局のほうと連携しながら、それこそ大きな予算を確保していただいて、研究側も深く関与してきました。私が大変うれしく思っていますのは、そのときに描いた予想値、乳量の改良量はこのくらいになるというのが、今30数年たって振り返ってみますと、ほぼ実践されてきているということでもあります。当然、阿部亮さんの話のように、飼養管理の改善、特にえさの給与ですね、その部分もありますが、遺伝的な改良によるところがかなり大きかったであろうと思っています。3、4年前からインターブルに参加して、国際的な評価、要するに同じテーブルで評価したときに、日本の乳牛はほかの国に負けないという成績が出てきましたので、間違いなかったなというふうに思っております。

ただ、最後に少し申し上げたいのは、やはりこれだけ世界的に飼料穀物が逼迫してきますと、さらに質のよい、飼料効率のよい牛作り、そういったところを今後しっかり考えていかなければなりません。これは3年や5年でもってなかなか答えが出るような話ではないわけでありまして、10年、20年、30年後を見据えてやらないと駄目だということになります。したがって、それなりのコンセンサス、共通認識を持って若い人たちにしっかり考えてもらいたいなというように思います。われわれ年寄りもこれまでの経験を踏まえた意見は述べさせていただきますけれども、例えば分子レベルでもってどう考えるかとか、そういったところにまで踏み込んだ研究展開方向というものも考えてもらいたいなというように思っています。以上です。

柴田 ありがとうございます。小宮山先生、鶏育種のほうでは何かそういったときの育種研究マインドといますか、方向性といったもの、その辺のところをコメントいただければありがたいんですが。

小宮山 鶏の育種ということに局限してお話し申し上げますと、先ほど司会の柴田さんのほうからお話が出ましたように、365卵、毎日毎日卵を産むという鶏は昭和10年ぐらいのときにもう日本に出ています。そのぐらい日本の鶏の産卵数に関しては世界に冠たる非常に高い水準にあったことは間違いないのです。それだけいい能力を持っている鶏が何で負けたのかというところになりますが、これははっきり申しまして、商活動で負けたといえます。元々青い目の鶏のもとには日本の黒い目の鶏が随分入っております。ですけれども、それは最終的に鶏の規模拡大というのは非常に容易に行われるようになりまして、そのために、ひなを大量生産して農場に配布するという、そういう大きなスケールのオペレーションが日本のふ化場や何かではできなかったということです。ただ、そういうことではいかんということで、私たちも入ったときから種畜牧場、その当時は種鶏場と言っていましたが、一緒に仕事をしております。私も入った時から辞める時まで結構牧場の方々と一緒に選抜をしたりなんかしております。それから同時に県の人たちも巻き込んでやっております。ただ、残念ながら、どんどんどんどん卵のほうの生産が上がってきた結果、卵のありがたみがなくなってきました。私の子供のころは、病人のお見舞いに卵を持っていけばみんな喜ばれたものですが、今は全然喜ばれなくなっています。そうなりますと、鶏の改良も残念ながら影が薄くなったということは否めません。



ただ、その時からもう一つ強く皆さんと肩を組んでいたのが日本の鶏です。これは先ほど産卵能力はということを申し上げましたが、皆様ご承知の通り、尾長鶏をはじめとして日本鶏というのは非常にたくさんつくられております。これは世界に冠たる遺伝資源であるという認識は私が若いときから持っておりました。そして、それを保存していくということは、これは大変金食い虫で、お金が必要なばかりじゃなくて年月も必要になります。どうしたら保存ができるのか。やはり生体保存というのが一番いいんですが、ただ持っておくわけにはいかん。出口は何か、利用ということが必要であろうということで、各県の皆さんにお諮りして、例えば秋田では天然記念物の比内鶏というものをロードとかけ合わせて肉用の比内をつくる。例えば鹿児島では薩摩若軍鶏というものをつくるというようなことで、そういう地域特産、特殊鶏肉をつくるという動きが起こりまして、それがいまだに続いております。これは表向きは確かに地域特産物をつくるということですが、私たちの立場から言いますと、日本の大事な遺伝資源を守るという一つの方途であったと思います。ですから、これはいろいろと牧場、今でいけば矢野さんのおられる家畜改良センター、それから、県の皆さんと肩を組んでやってきたということでございますが、このような協力は、えさのほうでも森本さんをはじめとして随分県の皆様と肩を組んでやった仕事も多かったということをご披露したいなと思っております。時間のこともありますので、



このぐらいにさせていただきます。

**柴田** ありがとうございます。会場の多くの方にお話し頂きたいのですが、時間に限りがありますので、申し訳ありませんが、2分程度でお願い致します。

今お話がありましたように、育種というのはやっぱり大学あるいは畜試が理論構築、実際の育種事業は家畜改良センターなり県なりがやるという、理論部隊と事業部隊が分かれて明確に一つの目標に行った分野じゃないかなと思っております。先ほど矢野先生のほうに補足がという話もありましたが、そういう意味で、後ほど育種に関して家畜改良センターと畜試なり大学なりその他の法人の研究所なりというものの連携と申しますか、そういう家畜改良センターの役割ということでまた後ほどお話ししたいと思えます。

じゃ、次に繁殖分野にいきたいと思いますが、繁殖分野は、先ほど佐藤先生のお話がありましたように、鶏の雌雄鑑別、これが新たな産業を産んでといった非常に斬新な視点で見られて、非常に面白く聞かせていただいたんですが、人工授精あるいは凍結精液、受精卵移植といった精子研究、卵子研究、この辺がずっとやられてきたわけですが、佐藤先生のご講演の中にもありました、杉江先生の仕事、あるいはご自身でも体外受精の仕事をやられて、かなり基礎研究の部分から実用化技術の開発までやられた。花田先生、申しわけありませんが、ちょっとコメントをいただければ。

**花田** はい、花田です。佐藤先生が非常に見事に研究開発の流れをまとめられましたので、補足することはないのですが、懸念材料が一つ、倫理。倫理を、クローンの場合にどこまで重視しなきゃいけないのか、倫理とは何か、その辺のことを自信を持ってしゃべって、そして一般の人たちにクローンに対する誤解を解くという作業が絶対に必要だと思うんですが、いかがでしょうか、佐藤先生。



**佐藤** 渡邊誠喜先生が中心になってまとめられたクローン家畜研究についての指針ですが、国の法律やガイドライン等を重視しようというのが骨子です。国の指針やガイドラインがどうあるべきかというところまで踏み込んだものではありません。また研究者は社会的に批判が起こりそうな研究については一人で判断せず、情報交換しながら行うことが重要ではないかということをお述べております。それが研究者個人のリスクの低減にもつながると思えます。

**柴田** 先ほどの話を伺っていると、クローンに関してですけれども、倫理に関して割と早く対応したというような感じを私は受けたんですが、安全・安心と今言われているふうに、パブリックアクセプトランスを受ける意味では倫理というのをきっちり、規約というんですか、どういうんですか、つくって、それにのっとってやっていますよというアピールは必要でしょうね。

**佐藤** そうですね。クローン研究指針をまとめる最終段階で、人の白血病の細胞を牛の卵

子に導入してそれを正常化するというような研究が新聞でとりあげられ、議論になりました。指針ではもうちょっと踏み込んだ内容にする予定だったんですけど、シンプルなものになりました。家畜の研究はヒトの研究との接点が多いのですが、やはりヒトの細胞を使うときには法律やガイドラインなどに敏感であるべきだと思います。疑義のある研究については国の方針を尊重して慎重に対応すべきだと思います。



**花田** これからますます繁殖研究は、そういう種類の研究はふえていくんだろうと思うんですね。そのときに倫理、倫理と言われると、委縮してしまうんですね。それは非常に困った話で。でないと、次にどんな研究が行われ、どんな戦術が出てくるか読めなくなってくるんです。

**佐藤** 家畜の研究は自由であるべきだと思いますが、専門家ではない方々に対して不愉快な思いをさせてはいけないのではないかと思います。倫理を踏まえた姿勢で研究を行っているということを示す方が、われわれの研究に対する信頼を高めることにつながると思います。研究の基盤強化にもつながると思います。

**柴田** 多分、倫理の水平線といいますか、喫水線も時代でだんだん変わっていくんでしょうね。

申しわけありませんが、この辺の話は問題提起ということで、次に行きたいと思います。生理分野でいきますと、泌乳生理であるとかホルモン、あるいは環境生理といった具体的な分野があるかと思いますが、この辺で環境生理、あるいは泌乳、あるいは機械搾乳関係に携わってこられた野附先生、何かコメントをいただければ。

**野附** 私は、以前畜産試験場の生理部におりまして、泌乳生理や環境生理の勉強をさせてもらっていたんですが、農家に行ってみると泌乳生理とか環境生理とかは、直ぐには役に立たないんですね。当時、先輩に言われたことなんです、「君たちは畜の研究はやっているが産が抜けている、産の入った畜産の研究をしなければ農家の役には立たないよ」と言うことで、それからは生理学を実用に近づけるような方向へと考えて、機械搾乳や畜舎環境の改善などの研究をしてきました。先ほど矢野先生から、家畜管理学は最初に三村先生が打ち立てて、各大学にそういう講座が出来るようになったというお話がありましたが、このように家畜管理学は新しい分野なんです。しかしこれはいろいろの分野の研究を総合したものでもあります。私はそれまでいろいろの分野のことに非常に興味がありやってきたわけで、要するに、家畜と家畜を入れる入れ物である畜舎およびそこで働く作業員の三者、酪農で言えば乳牛と乳牛舎と作業員の各々についての知識と、さらに三者を統合した技術が非常に大切だと



言うことが分かったのです。つまり家畜生理学は出発点でこれに農業工学的な面と、さらには労働科学的な面を統合させて初めて農家に役立つ仕事が出来たのかなーという思いでした。畜産試験場には26年お世話になりましたが、搾乳関係では、ミルカーのメーカーさんと協力して世界で初めての無人搾乳機（搾乳ロボット）を開発したり、他の専門分野の方々とのプロジェクトチームを組んで、畜舎の標準設計書を作ったりと、かなり生理学からはみ出した研究をやらせていただきました。畜産試験場は基礎研究をやることが本務で、これまでに、畜産試験場でやってこられたいろいろな研究成果はすばらしいものがありますし、分化してきている今の世の中で、それぞれの専門を深く深く掘り下げること、これは非常に大事なことだと思います。しかし、一方で私のような、いくつかの違う分野の研究をつなぎ合わせたような、といいますか、幅の広い分野の研究を、生理部の中でやることを許して下さった当時の上司の方々に、改めて感謝する次第です。どうもとりとめのない話で申し訳ありませんでした。

**柴田** 生理というか、生理学はかなり基礎研究のところまで進んでいるんですけど、それが、じゃ、実用技術に、今おっしゃったふうに結びつくかというところで、やっぱり家畜管理というところが一つの出口になっていくということなんですか。この辺で、例えば同じように環境生理をやってこられて、九州農試もかなり初代の石井先生のころから、暑熱の問題に関して牛舎の構造であるとかいろんなアプローチで、あるいは消化生理の話とかがあったと思うんですが、その辺、向居さん、何かコメントを頂けませんか。種馬所から試験場が変わって、試験研究の場所としてどうやっていくかと、かなり石井さんなんかは悩んでやられたというようなことを伺っているんですが。

**向居** はい。ご指名をいただきましたので、少しお話をさせていただきたいと思います。実は個人的なことなんですけれども、私、研究室長から、技術会議の研究管理官で出て以来もう25年たっています。ということで、研究の現場から離れて25年ということなんで、本当に研究そのものが今どうなっているかというところについては余り理解がありません。はっきり最初に申し上げておきたいと思います。



私が九州農業試験場の畜産部に配属されたのが昭和32年です。昭和32年といいますと、昭和36年に農業基本法が制定されているわけですから、それより以前です。先ほどどなたかのご講演の中で昭和29年に酪農振興法が制定されたというお話がありました。当時、九州でも畜産の振興、特に酪農の振興ということが非常に重要な課題だったんですけれども、とにかく九州は暑い。ご案内のように、オランダ原産のホルスタインがそのまま日本に入ってきているわけですから、平均気温からいっても、九州なんかはまったく温度が高いわけですね。夏はどれくらいダメージを受けているかということ私どもが調査した結果では、平均で16%ぐらい乳量の減少があるというこ

とで、特に泌乳量の大きいものでは16%どころではない、もっとたくさんの乳量減少があるということがわかっていました。ところが、その当時、じゃ、それにどう対応するかということで研究室に与えられていたテーマは伊藤祐之畜産部長（当時、後の畜産試験場場長）が設定された「暖地向け小型乳牛の作出」ということで、育種分野の仕事だったわけです。

私どもは、本当に乳牛の中にそういった暖地に向いているものと向いていないものの差があるのかどうなのかという個体間の差をチェックするために、ちょうど今時分、梅雨明けの頃ですけれども、気温が高くなって夏の状況になってきたときに乳牛を放牧場に繋留しておいて、体温とか呼吸数がどういうふうに変化し、それが牛の個体によってどのように違うのかというふうな研究をまずやっておりました。ところが、夏暑いといっても日によって気象条件は違いますので、それではということで、恐らく日本で最初になると思いますが、大家畜向けの人工気象室、いわゆるズートロンができたのが昭和31年、実際に運用開始したのが32年、ちょうど私が入ったころからなんですけれども、そういったものも併用しながらやらせていただきました。

ところが、もう一つの問題として、内分泌の関係はどうなっているのか。ストレスを受けたときに反応する副腎皮質であるとか、あるいは代謝と非常に関係が高い甲状腺の機能はどうなっているんだろうかというふうな研究もそのズートロンを使っての研究として行いました。ただ、地域農業試験場であるために、そういった基礎研究だけではなかなか済まなくて、やはり現場対応型の研究もやらなきゃいけないということで、畜舎環境の問題、先ほど野附先生がお話しになりましたけれども、暖地向けの畜舎というのはどういう構造であるべきかというふうな仕事もやらせていただきました。

また、高気温による乳量の減少が、体温の上昇と高い相関があるということが分かってきましたので、牛体に直接送風する、あるいは細霧状の水をかけるなどにより体温を下げるという仕事もいたしました。

さらに、飼料、栄養にかかわること、大きなテーマとしてはエネルギー代謝の問題、これは今、司会をなさっている柴田さんなんかが中心になっておやりになった仕事です。そういったことで、さまざまな角度からの耐暑性といいますか、暑熱対策といいますか、そういった研究が進められました。

私どもが入ったときの研究室の名称は家畜育種第1研究室ということだったんですけれども、その後の九州農業試験場再編の中で環境生理研究室というふうに名前が変わり、さらに独法化されて、現在は暖地温暖化研究チームという名称に変わっております。中でやっている仕事は暖地農業全般にわたる温暖化研究ですが、畜産関係は主流として研究が継続されているというふうに聞いております。

今後、地球温暖化が進み、だんだん暑熱の感作を受ける地域が広がっていくのではないかと考えられておりますので、そういった意味で、組織の継承性、研究の継承性ということが望まれます。現在は九州・沖縄農業研究センターと言っておりますけれども、九州農

業試験場の時代にやられてきた研究が今後とも引き続き行われることを期待するという  
ことで、私の発言とさせていただきます。どうもありがとうございました。

**柴田** ありがとうございました。今、生理分野で環境生理、学といえば環境生理学なん  
でしょうが、そこから実際に実用化にいくとすれば、かなり家畜管理のほうに出口を求めて  
いくというお話があって、今、九州農試のほうでは当時1人の人が消化生理をやってみたり、  
扇風機の効果を試したり、牛舎構造のことをやったり、いろいろなことを2、3人の、  
もっとあのころは多かったです、やらなきゃいかんということではいろんな方面を試した  
と思うんですが。この辺はどなたか県のほうで、われわれもこういう体制でやってきた  
けど、こういうところで例えば連携がなかったからできなかったとか、そういうようなお  
話はございますでしょうか？ 今後の研究組織、あるいは、組織といたしましても共同研究  
といたしますか、そうした技術開発をやっていく上での。多分牛舎構造であるとかそういう  
話は畜産の人間だけではできないんだろうと思っています。この辺、どなたか県のほうで  
発言いただける方はございませんか？ 余り遠慮されなくてけっこうです。放談でけっ  
こうですから。どなたかございませんか？ 紺さん、どうでしょうか？

**紺** 富山県畜産試験場の紺と申します。温暖化対策とい  
いまして、当試験場では送風と細霧を使って、いかに乳牛  
を通常の状態に置けるかという試験をやりました。あと、  
畜舎構造のほうではメーカーさんから屋根に断熱のものを  
塗ったらどうかという話も出たんですけれども、そこまで  
畜舎構造を改造できなかったんで、あくまでも内部の構造  
で送風と細霧ということで試験をやりました。その結果と  
いたしましては、夏季においても乳量の低下を防ぐことが  
できたので、一定の成果があったのではないかというふう  
に考えております。ただ、ほかの県との協力はいろいろ話  
もしたんですけれども、やっぱりできなかったということで、県単独でやらせていただき  
ました。以上です。



**柴田** ありがとうございました。メーカーに入ってもらおうと思っても、ユーザーが広く  
なるというような展望がないとメーカーもなかなか乗ってこないだろうと思うんです  
よね。そうすると、県単でやっているとその県だけの話になっちゃって、例えば北陸共通  
仕様のようなことをやるとメーカーも乗ってきやすいんでしょうね。ざっと、とりあえず  
おさらいのような格好で。栄養分野に行きたいと思いますが、この辺は先ほど阿部先生か  
ら講演いただきまして、阿部先生は畜試も大学も両方経験されている方なんです、この  
辺、大学のほうで見て、矢野先生、少し大学側では栄養研究はこんなのと、先ほどの矢野  
先生の基調講演をもう少しブレイクダウンしたといいますが、上坂先生のころのお話しを  
もう少し詳しくお話ししていただいてもよいかと思うんですが。大学での栄養研究。

**矢野** 阿部亮先生が随分整理されてお話しされましたので、大体畜産試験場における栄養

研究の展開といいますか、流れというのはご理解いただいたと思うんですが、大学はもう少し基礎的です。消化生理あるいは栄養生理、そういうところの生理学的な仕事が随分多かつたんじゃないかなと思っています。それで、家畜栄養生理研究会とか、ルーメン研究会とかを主に大学の先生方が中心になってやってこられたのかなと思っています。研究成果の多くは東北大学、とくに家畜生理学研究室の津田先生、松本先生の研究室、それから北海道大学の朝日田先生、名古屋大学の田先先生の研究室が日本を引っ張っていったと思います。京都大学の仕事でも、肉用牛の肥育、あるいは繁殖雌牛のこともやっていたんですけども、その中では基礎研究から応用に向けて進み、幾つかの技術展開もしてきたものと思っています。今まで言った大学以外に、岩手大学や鹿児島大学等の多くの大学でそうそうたる業績を上げられてきました。そういう多くの研究と試験の成果が一緒になって今までの栄養研究、栄養技術開発が進んできたものと思っています。

**柴田** 先ほどありました栄養障害研究会ですがそれが多分飼養標準にもつながっているのですけれども、栄養生理研究会にもつながっていった。どうですか、私は何かの座談会で読んだ記憶があるんですが、農水省として研究員を選考採用で初めてとったのが大森先生と松本英人さんと何か読んだような気がするんですが、栄養関係については、国と大学とかなり一緒になって畜産の問題解決に向けてそれに関する研究会のようなものをつくったような感じがしますね。

**矢野** 所長が言われたように、家畜栄養学、家畜栄養生理学の分野できらめくような仕事をされていて、亀岡先生、大森昭一郎先生、そのほかたくさんの方が研究をされていたのですが、すごい研究をしているなと思っていました。それと同時に、東大あるいは東北大、北大の方々が一緒に入ってそういう栄養障害の研究というのは進めていったし、随分成果も上がったんじゃないかと思っています。



**柴田** ありがとうございます。加工分野のほうで、森地先生、先ほど乳酸菌のことに限定されてお話しされたけれども、もう少し加工分野で補足していただければありがたいと思います。乳製品、肉製品含めてでけっこうですが。

**森地** 乳酸菌は一つの例として取り上げたわけですけども、ただ、実際的な意義としては、実は今、牛乳の消費がかなり落ちている中で、日本人好みのヨーグルトなどが健康イメージということもあるんだと思うのですけれども、消費が依然として伸びていることは事実で、そのもとは畜産試験場などの研究の貢献も非常に大きかったのではないかと思います。食肉の関係でも、日本の肉製品というのはどちらかというとドイツの肉製品の系統に属するわけですけども、これはもともとドイツ人の持っていた製造技術が畜産試験場の練習生の人たちなどを通して食肉加工業界に伝わっていったということで、皆さん方が口にされる食肉製品もそのような影響を受けているのではないかと思います。

実は、食肉の関係でも畜産試験場はかなりしっかりした研究をやってきましたし、ごく

最近、牛肉と豚肉の挽肉がまじっていて云々という事件がありましたけれども、専門家はそういうものを見分けるのは別にたじろぐことなくきちんと対応しました。あの鑑別技術も基礎研究は実は畜産草地研究所のスタッフがやったということを指摘したいと思います。それから、最近に至っていわゆるプロバイオティクスというように、健康に役に立つということで畜産食品そのもの、それからその加工に用いる乳酸菌の有効な証拠、このごろはエビデンスという言葉をよく使いますけれど、それについて研究が進んでいます。一方、畜産食品の一つの弱点といえますか、アレルギーの問題があるわけです。アレルギーに関して畜産試験場の若い方々が非常にきちんとした研究をやっておられる。そして、原因物質のどの部位がアレルゲン性をもつかを明らかにする研究と同時に、今度はそれを低減するにはどういうふうにしたらよろしいのかというような、そういうファインな研究も実は加工分野で行われています。そういうようなことについてはむしろ実際にやっておられる、もしこの場におられれば水町さんにちょっと補足していただくとよろしいかと思いますが。



**柴田** じゃ、水町さん。アレルゲン関係の研究のお話でもけっこうですが。

**水町** こういう場でお話しさせていただくのは非常に恐縮ですが、私が畜産試験場に入りましたのが、それまで森地先生がおられた研究室だったんです。先生は乳酸菌の研究をされていたんですけども、私が入った時点でがらっと変わり、乳タンパク質や卵タンパク質の研究、その中のアレルギー研究、食物アレルギーの制御関係の研究がスタートしました。いろいろと研究をしていく中で実用化という面では、実際に食肉アレルギーの方で、牛乳とか鶏卵でアレルギーを起こす方に対して、それを起こさない、起こしにくくするような製品開発というところまで至りました。さらに、現在はアレルゲンの低減化とか、なくすという話プラス、自分たちの体をアレルギーになりにくい体質にしようというようところで、また乳酸菌研究に戻ってきたわけです。がらっと研究内容が変わったのだと思ったんですけども、今まで歴史的に積み重ねてきたものが実際には今の研究に非常に役立つんじゃないかということを強く感じているところです。以上です。



**柴田** ありがとうございます。本当に大学に畜産ができたようなころ、それこそ明治の半ば過ぎですか、最初はやっぱり冷蔵庫がないから、練乳の研究とかそういう保存食品ですよね、研究の中心としては。講座が二つあれば、一つは必ずそういう製造の部屋、あるいは一つしかないのなら製造というような。製造の先生が飼料も兼ねているような。そう

いうところから食品メーカーがかなり畜産製品をつくるようになっていったと思います。県にもほとんど畜産試験場という中にはないだろうと思いますし、総体的に割合は減っているんじゃないかと思います。逆に言えばそれだけ民間との連携が活発な分野でもあるんだろうとっております。われわれとしても、先ほど紹介していただきましたけど、乳酸菌のプロバイオティック効果とか、この辺はもう民間と一緒に製品化まで持っていかないと、ただ「現象を解明した」で終わってしまうので、その辺は常に肝に銘じておる分野です。

畜産環境のほうについては、先ほど渡邊先生には育種と併せて畜産環境分野をお話しいただきましたが、多分私が農水省に入ったころは悪臭の基準づくりのような研究室が一つ、二つ、一つだったかな、あったと思うんですが、その後、今の畜産環境整備機構の前身であるリース協会ですか、つくられて檜垣さんが、元々繁殖の人だけど、そっちのほうに出ていって、そのころから比べると今は隔世の感があると思うんですが、研究テーマとしても開拓していくというところがかなり難しかったんじゃないかと思いますが、その辺はいかがでしょうか？

**渡邊** 今日いただきました課題は、非常に専門的には離れているんですけども、ある意味においては対照すると置かれた足元ということで非常に似ております。育種のほうから申しますと、ただいま何と云っても人類の歴史の中で新しいゲノム文明というものが出てきているんじゃないかというふうに、今回の宿題の準備をしながら、私は若い皆さんと議論をしてみりました。そういう意味で、育種グループとしては、余りにも大きな背景の転換点に立たされていると。その中でわれわれが今どうなっているか、それも伝統的に一番足元のことはどうなっているか、そういったものを、現在わかった段階でしっかり確認しておこうというような話にしたわけです。同時に、畜産環境のほうというのは、これは全く新しいところから出発した専門分野になります。一番最初こちらで問題になりましたのは、最初に養鶏さんが早く発達しましたが、その次に養豚さんが大きくなりました。そうすると、どうしても目立ってきますのが排水処理、臭いですね、こういう問題になります。最初に研究グループあるいは研究者としてぶつかりましたのが豚舎の排水問題ということでございます。この点に関してわが畜産試験場の先輩の着眼点は非常にご立派でございまして、かなり早く、これは廃水処理の研究をしておかなければいけないということでスタートされました。



排水処理の原型というのは、これは人間のほうではかなり都市衛生工学のほうで長い伝統がございまして、どうやって排水をきれいにして流すかということになるわけですが、これは長い技術で相当固まっておりました。大体最初はそれをなぞらって畜産のほうにアダプトしようという流れをつくり始めたわけですが、何と云っても相手にする材料が、汚い話になりますが、家畜のうんちと人間のうんちで大変な違いなわけですね。物理的、化学的な様態というものが大変な違いでございまして、したがって、排水処理では、



都市衛生工学的に相当確立された当時の技術なんですけれども、それをいかにして畜産のほうの材料、原料に対して適用させていくかという、随分長い間研究がなされております。そのスタート時点には大変にわれわれの先輩が苦勞されておりました。亡くなった和賀井先生という方が最初に上司から言いつけがありまして、まさにそれに集中してやられたということでございますし、そのころ、その流れの中で、行政と研究の中で、双方の調整で大変な努力をされましたのが檜垣先輩でございます。非常に長い間、この間のお仕事を続けられて、それで当時の畜産環境リース協会、畜産環境整備機構の前身でございますが、そちらができたときにはそちらのほうで技術の専門家として非常に長い間、今度は農林省の組織外から畜産環境技術の普及のほうに努力をなさっていったという経過がございます。

それで、その次に今お話がありましたように問題が起こってきたのは、何しろ養鶏でも養豚でも、事業が大きくなってきますと、相当畜舎の清潔には気をつけられていても、まず畜舎全体の体臭みたいなもの、これはどうしようもないことでございますね。それに不潔が伴うと文字どおり臭い、汚いという話になってきて、いわゆる公式の苦情統計を見ますと、これが一番大きいということになったわけでございます。そういう意味では、ただいまでは世界中先進国どこでも同じことですが、特に日本の場合には早くから畜産における臭気の苦情問題というものがクローズアップされました。そこでこの二つの、排水と、それから臭気問題、この両方に対応できる研究室というものが当時の畜試の中に新設されたということございまして、この二つの研究室はそういう意味では日本の畜産環境研究の基本としてスタートして大きな貢献をされたわけでございます。特に、臭気というようなことになると、これはその当時の物理化学的な研究機器というものを駆使して臭気物質の同定をする、構造決定をするというようなことになりますので、非常に高度な専門家が必要になるということで、名古屋大学から田中先生という方をお招きしまして、新研究室のリードをしていただいたということでございます。これは笑い話になりますけれども、檜垣先輩から聞いた話です。「研究室を、じゃ、つくってやる」と農林省で予算を許可された場合にですね。「悪臭研究室にしろ」というふうに名前を指定されたそうでございます。そのとき、檜垣先輩いわく「それはわかりました。わかりますけれども、しかし、何といっても、おまえのお父さんはどこへ勤めているんだと言われると、男のお子さんはいいとして、お嬢さんだったときに、悪臭研究室におやじさんが勤めているとなったら、お嫁に行くのに差し支えるんじゃないでしょうか」ということをその場で檜垣先輩は申し上げて、環境第2研究室という名前にしていただいた。環境第1研究室が水処理の研究室でございます。そういうことがございました。

そこらで、大体両方の基本研究というものができまして、その後それぞれの経営状況にアダプトできるような展開をしてきて、そこら辺へ来ますと、先ほど私が申し上げた話がこのから起こるわけなんですけれども、民間メーカーの施工力というものがだんだんと伸びてきて、ハードのほうはそちらのほうで対応していただけるようになったということでございます。その間には随分技術的な混乱があったわけなんです。ですけれども、農林省としてはあえて基準とか何とか言わずに民間にお任せしてやってきたという流れがございます。このことは、人によってよかったのか悪かったのか、見方が随分出てくるかと思えますけれども、例えば私が担当部長をしていたころなんかですと、全国の勉強会を開きますと、こんなに状況が混乱しているのに、何で国は標準構造というものを決めて、国家検定をし

ないんだと。まさに正論ですね。そういうふうにおっしゃった方が何人かおられました。例えばその当時、トラクターなんかですと、これは大宮に機械化研究所がありまして、そこできちんと国家検定をして販売を許可している、安全性も全部検定している、そういうことだったわけですが、じゃ、悪臭処理の方法とか、あるいはメタンの処理方法とか、あるいは堆肥の施設とか、排水処理の施設とか、そういったものに対して何で国は基準を示して取り締まらないんだということを言われたことがございます。以上この辺で。

**柴田** ありがとうございます。その辺の時代というのは、行政のほうも環境問題にこれから本格的に取り組んでいかなきゃいかんという時代で、余り行政の組織もそんな今のような環境対策室とかはなかったんだらうと思うんですけど、研究テーマなんかは行政からの要請が多かったんでしょうか、それとも畜試のほうからの提案型が多かったんでしょうか。環境関係の研究課題というと。

**渡邊** これは同時的だったと思います。極めて現実的なお話ですから。

**柴田** はい、わかりました。じゃ、次に草地分野のほうで、先ほど雑賀先生にお話しただいたわけですが、小林先生のほうから放牧関係の補足のペーパーをいただいておりますので、小林先生、この辺についてコメントいただければと思います。

**小林** それじゃ、パネラーとして。資料2を見ていただけたらいいんですが。これを見ていただければ、私の言いたいことがわかると思うので、5分以内にやりたいと思います。タイトルは、「加工型畜産から本源型畜産へ」ということで、本源型畜産というのは何かというと、飼料生産利用と自然植生利用、それから副産物利用ですね、畜産のスカベンジャーとしての役割。畜産が衰えちゃうと、スカベンジャー、副産物なり何なりが非常にたまっちゃって困るよというのが本来的ですよね。それからもう一つ、忘れちゃいけないのは、人間が家畜に一生懸命使われているわけですが、そうじゃなくて、人間が家畜を使う。家畜がふん尿処理から、えさの調達から全部やるという格好じゃないかと思います。それから、それを見事にあらわしているのは家畜という字で、家の中に豚がいる残飯利用の畜産、それから「農畜」と書いてありますが、「耕畜」のほうがいいのか、耕種農業と耕畜複合、田を玄くするというのが畜産の畜ですね。田を玄くするというのは、未熟な赤土をふん尿利用で黒い腐熟土にするという意味だろうと思います。家畜に草を食わすことは、人間が肉を食うことであるということで、肉はほとんどただですよ。ただなものから付加価値を付けるのが畜産のいいところだということです。



それに対して、加工型畜産というのは、悪い人に言わせれば、コップ1杯の牛乳を飲むことはコップ2杯のふん尿と多くの飼料輸入用燃料消費による炭酸ガスを垂れ流すことであるとの一般的な方々の——一般というのは部外者、と言っては悪いですが、そういうような厳しい意見もありますよと。そういうことで、今は非常に、もう家畜の世話は

## 加工型畜産から本源型畜産へ

小林春雄

1. 本源型畜産（飼料生産利用、自然植生利用、農産副産物利用、人間が重労働をするのではなく家畜に飼料調達や糞尿処理の労働をさせる）の重要性の増加  
屋根の下に豚がいる（残飯利用）家、田を玄くする（農畜複合）畜  
家畜に良き草を食わせることは、人間が日光を食うことである。

加工型畜産の歪み(コップ1杯の牛乳を飲むことはコップ2杯の糞尿と、多くの飼料輸入用燃料消費による炭酸ガスを垂れ流すことである。)

2. 放牧利用の必要性、有利性  
green, grow, grass, graze 土草家畜の生態系の利用

環境（国土保全利用、放棄田の利用、舎飼による糞尿問題の回避、熊鹿猪猿防護ゾーン効果、アメニティー等）、動物衛生・福祉、健全食品生産（有機認証牛乳、機能性共役リノール酸、ビタミンA,Eが、放牧牛の牛乳で増加）、配合飼料の節減、軽労効果（老人の活用）等、

「飼養標準」（放牧地での採食量、エネルギーロス等）、放牧による高位生産（ha当たり年間1,000kg増体、10,000kg搾乳）、放牧馴致法、放牧衛生、棚田の移動放牧、水田跡地放牧、放牧用草種の開発、草地管理指標の充実、生涯生産性、所得率の向上（労働生産性）、放牧適性品種（寒暑、ダニ、群行動、従順性、運動性、肢蹄、採食消化、生産性）

豚、鶏の放牧飼養

3. 畜産草地研究の新領域の拡大——夢は持たなければ実現しない
  - 1) 飼料イネとともに飼料コメも（高収量、超省力栽培）、岩手（豚）、岐阜（鶏）、宮崎（和牛）、日本鶏卵生産者協会で飼料コメの実験栽培開始
  - 2) 山地酪農、混牧林、里山裏山
  - 3) セルロース、リグノセルロースの微生物利用等による高効率低コスト糖化（エネルギー、飼料利用（トラック1台の古新聞はコメ1トンのブドウ糖））
  - 4) アグロファクトリー（薬品、代替臓器等）
  - 5) グリーンツーリズム、動物を利用した医療・教育
4. 自然科学者も哲学を  
ファッション（理念）、ミッション（使命感）、アクション（行動力）が研究者には必要  
自然との共生（環境保全利用、家畜福祉）、人類の共生（国際協力）、人間性の追求（心の豊かさ、研究の倫理）  
異分野交流（畜産草地分野を離れた他流試合を）  
研究成果のユーザー（農家、消費者、研究者、行政、世界の飢えに苦しむ人々、家畜等）の声を大切に

畜舎では全部人間がやって、家畜はおんぶ日傘でのほほんとしているじゃないのと。それで高い輸入飼料を使って、ほんの少しと言ったらいけません、ゼロの日光と比べたらですよ、相当上がったところから高い輸入飼料を使って付加価値をつけている。そういうものですね。それを皆さんもうこれじゃだめだということで、森地先生のチームの紹介がありましたけど、あれを見ると、確かに今までのこういうことに対する対症療法的、ばんそうこう的な畜産界の取り組みじゃなくて、あのチーム構成を見ると、まさに戦略的にこの本源型畜産というものをもう少し考えようというチーム構成になっていて非常に力強かったわけで、あとは、そのシステムができたわけですから、今後はわれわれみんなでそれに命を吹き込むという段階だと思います。

それから、2番目ですが、放牧利用を雑賀先生のまとめで見ると、草地畜産のテーマで六つですか。六つというふうに、非常に多いわけです。多いので、これから厳しく今度は成果が問われるわけですが、成果を出すに当たってぜひ必要なのは、放牧というのは日本では非常になじみがなくて、難しい、わけのわからんものだという、畜産界の方々からもそう言われるわけですが、英語で見れば、グリーングラスがグロウして、そこで家畜がグレイズすると。見事に多分語源的に関係しているということです。それで、乳草、家畜の非常に難しい、放牧というのは文化なんです、一種のアートなんです、ここにも土の中の gr もあるいは同じ語源なのかなというような気もしなくはないんですが。放牧の宣伝として、そこに書いてありますから、読んでいただければいいんですが、一つは、今言われているのは、家畜の防護ゾーンの効果もあるとか、アメニティー効果もあるとか、それから、健全食品として、有機認証の畜産物は単に有機飼料だけじゃなくて、家畜をいじめないとか、家畜の福祉に合った育て方で行わなければ認証しないというふうな動きになっていると思うので、そのためにも放牧というのは非常にいいわけですよ。ヨーロッパのほうではケージ飼いの鶏とか、閉じ込め豚とか何とか、非常にうるさくなっているというふうな情勢だと思います。

それから、老人と書いちゃいましたが、熟年者と言わないといけないかと思うんですが、熟年時代に放牧はまさに牛が働いてくれるので、省力軽労ですね。けいろうというのは、敬老の日と、軽い老人と、二つの意味があると思いますが。それから、放牧というのは一番わからないというふうに皆さんに言われるのですが、そのわからないものの根本は、そもそも採食量がわからない。それから、環境、ストレス、運動等によるエネルギーロスがわからないということで、何が何だかわからないということになってきたんですが、今の飼養標準では、草地試験場あるいは地域農試等の成果でかなり飼養標準にも何%の増給が必要ですよという格好で、科学的にも整備されています、ということです。それから、矢野理事長さんが畜産技術協会の雑誌か何かの巻頭言に書かれていましたが、放牧適性の家畜というものも今後は視野に入れてやっていく必要があるんじゃないかということで、心強いお言葉であったんですが、例えば寒暑とか、アメリカでダニとか疾病、群行動ですね。リーダー牛はどんなものかとか、群れで動いたほうがいいのか、あるいは広い草地の場合には散開性——散らばるほうですね——散開性が重要なのかとか、それから従順性、人の言うことを聞かなきゃだめだとか。運動性も、一生懸命歩いて山を登ってくれるのはいいけれど、ロスのことからいくと余り動かないほうがいいのかとかですね。動くためには四肢なんていうのも重要になるでしょう。その総合としての生産性。いっぱい食べなきゃ

いかん、草飼料をいっぱい食べなきゃいかんので、採食消化力、それから生産性ということですね。それから、豚と鶏の放牧ということも話題になってもいいのかなということですね。

あともう一つは、この3番の新領域の拡大は私の興味があるところですから、皆様はそれぞれ大きな夢をお持ちでしょうから、これにこだわらなくてもいいんですが、一番間違いは、飼料稲から飼料米へというのはちょっと誤解を招くんですが、飼料稲のみでなく飼料米もという意味です。それをぜひ。飼料稲を一生懸命やってくださった方が、やっと5,000ヘクタールになったところで何を言っているんだと言われますと困るんですが。飼料稲は、まさに埼玉県をはじめとした県のほうの先駆的な努力が実って、そこに国がうまく乗ったということだと思います。飼料稲もつい最近までは、あんなものほとんどなく絶対だめだと。行政的にですね。補助金の問題とかそういうことで言われていたんですが、それも見事行政のほうでも何とかやりくりして5,000ヘクタールまで来ているということですから。飼料米は、米とトウモロコシの価格差が10倍以上あるのに何を考えているんだということですが、その10倍をクリアするには収量で1.5倍から2倍、これは行くんじゃないかと思えますけど。労働時間が今の反当たり30時間を5分の1なり6分の1なりにしなきゃいかんということですよ。でも、補助金をもらったっていいじゃないですかということですよ。日本の工業立国の工業分野では、公共施設から高速道路から何から、税金の優遇から、立派な補助金をもらっているわけですから、農業だって絶対もらっちゃいかんという論にもならないと思うんですけど。米も日本の文化ですから。

そのように実際の動きとして、岩手県の豚はもう5年前に行政と民間でうまくやっていますよね。あと、岐阜で鶏にやっていると、宮崎で和牛にやっていると。もう一つ心強いのは、日本鶏卵生産者協会が飼料米の実験栽培を開始して、今の鶏が使っているトウモロコシの360万トンの2分の1を米で賄えないかと。そういうことを考えているというニュースがありまして、心強いなと思いました。あと、日本の文化からいくと、やっぱり桑ということもちらほら話題なんですけど、桑の生産力はやっぱりトウモロコシの数倍あるということらしいです。あと、私の夢は山地酪農とか、混牧林とか、里山、裏山です。これも行政的に無理だ無理だと言われてはいますが、日本には長い里山裏山放牧ですね、まさに超省力、超本源型畜産の伝統があるので、何とかできたらということですよ。あともう一つは、今のメキシコのトルティージャが食べられなくなっちゃって、トウモロコシをアメリカでエタノールですか、何かにするということですけど、それは糖分からエタノールなんで、もったいない、実を使っているのですが、それをセルロースのほうの、茎葉ですね。茎葉から糖に1回やる技術が難しいということらしいんですが、それも微生物や何かを使って、もうすぐ実用化できるという説もあるんですよ。あと数年、そんなに遠くない将来にできるんじゃないかという説もあるので、飼料作、牧草の中でそういうようなものに向けた品種改良なり何なりをしていけばいいと。あと、もしセルロースがうまく使えるようになると、トラック1台の古新聞は米1トンのブドウ糖に匹敵すると。計算するとそうなんですかね。こんなこともあるらしいです。あと、アグロファクトリーの話は佐藤先生のほうにありまして。あと、グリーンツーリズムとか動物を利用した医療、教育ですね。こっちの分野もこれからは重要になってくるんじゃないかと思えます。

4番ですが、これは私の私見ですが、家畜福祉の問題、それから、人類の共生はやっぱ

り国際協力を視野に入れてあれですけど、数億の飢饉線上の人々のトウモロコシを今日も牛にやるという国があるそうですから、日本人もそういうことでやっているんだなということとはちなりとぐらい考えたほうがいいのかと思います。それから、研究の倫理については花田先生のご意見が出たのと、あと、雑賀先生の発表に当たっての倫理の話もあったし、もう一つはテーマの選択でも、ペーパーを書きたいテーマだけじゃなくて、本当に必要な、本当にやりたいテーマということになると思います。もう一つは、畜産はどうしても内弁慶で、異分野交流の上手な方はごく少なくて内弁慶だなと。今後は異分野がどんどん大切になるということと、ユーザーの声。ユーザーの中には世界の人々と、家畜の声ですよ、家畜福祉ということで家畜の声ということで、聞かなきゃいかんということだと思います。それで、家畜とか gr のごろ合わせのついでに、また一番最後のごろ合わせですが、最後なんで、語尾が同じもので、シオンがつくものですけど、シオンがつくものを四つ。研究者に、私が考えている研究者ですけれども、シオンがつくものを皆さん何か。立ちしよんじやないですよ。四つですけど。ファッションですよ。ファッションというのは理念、哲学が一番大切だと思います。それからミッションです。ミッションというのはやっぱり研究者が本当にやらなきゃいけないという使命感ですよ。使命感に燃えないと、どうしても自分に甘くなる。それから、アクションですよ。アクションをやらなきゃ意味がないわけです。最後はインフォメーションですよ。情報発信をやらなきゃ意味がない。ということで、この四つは研究者の哲学として大切だと思います。5分以上になりましたが、すいません。

**柴田** 小林先生の話は難解なんで、梅村さんに解説してもらおうかと思ったんですが、ちょっと時間もないので。これまで、今の小林先生の話は将来方向といえますか、そういうものも入っていたんですが、主にこれまでの先人、先達の苦闘のところをもう1回なぞってみようということで話してきましたが、それだけで時間がそろそろ終わり近くになってきました。将来どういう方向でという、具体的な研究課題とかそういうようなものは別にして、やり方とか、ちょっと考えているんですが、その辺を少し最後ディスカッションして閉めにしたいと思っておるんですが。

私はよく言うんですけど、大学も含めて研究機関は製造メーカーだと。だから、製造メーカーがつくったものを買ってもらう。今の世の中、研究機関は情報発信してとか、情報発信が足りないとか言われますが、聞く気もないやつは、発信しても聞いていないですよ。よくそういう組織をつくらなきゃいかんとか。ただ、それは言ってみれば、東芝なら東芝が電気冷蔵庫をつくって直接インターネット販売をやるようなことですよ。だけど、私は従来型の問屋に卸して、問屋がそれをばっと小売店に広めて、小売店が今度は消費者にうまく誘導して買ってもらう。そういうルート、これは例えば県なり、あるいは改良センターなり、あるいは行政のほうの事業なり、それを私は問屋だと思っているんですけど、そういうルートも厳然と重要であることは間違いないので、この辺を無視して今の世の中の議論、産官学連携だ、それからすぐに普及をやれ、研究機関は情報を発信しろと。そういうインターネット販売のようなことばかりが念頭に置かれて語られていると。そういう意味で私は先ほどの家畜育種、あるいは繁殖の分野なんかは、家畜改良センターとの連携と、県の方々にも実用技術としての普及といったルート。これは非常に、これまで

も畜産試験場あるいは大学もうまくやってきているんじゃないかと思っておるんですが、そういう人材というか、われわれがそういうことをやるためには、送り出す側の大学もきちんと人材をこちらに送っていただかなきゃいけないと思っています。

一つには、例えば草地試験場ができたころには、当時それができる前は農学科卒の人が「おまえ、牧場へ行って草地のことをやれ」といったような時代で、それから、大学にも、あるいは地域農試にも草地部ができ、草地試験場ができ、大学にも草地学科のような、学科なのか、講座ですか、できて、それが今また全然、全部なくなっちゃって、県のほうも草地関係の研究室が今は大体環境という名前に変わっていると。そういう時代になって、例えば草地分野でいくと、雑賀先生のほうにお聞きしたいんですけど、今後も、最近われわれが草地関係でとっている学生も草地学研究室にいたという人はほとんどいないんですよ。農学科なんですね。だから、草地試験場設立前に戻っちゃっているんですが、この辺は今後どういう方向なんでしょうか。

**雑賀** 採用する側、それから送り出す側、両方に大きな時代的な変化が生じているというふうに思うんです。大学の側からすると、文部科学省が上にあるわけですが、文部科学省に大学の努力しているところを酌み取ってもらいたい、その努力のしかたが現状打破ということになり、学科構成も新しい組織に変更する方向に動いてきました。機構の側でも同様で、改革することが努力していることを示すことになると、これまで組織を変えてきたのではないかと思います。それが一つの大きな問題じゃないかなと思います。採用する側からすると、どういふ分野の人間を採用するかという、従来の草地畜産の分野の人間ばかりを採用するというのではなくて、かなり異分野の方を積極的に採用されるという時代がありましたよね。そうすると、大学の側も、今度は自分の指導した学生を専門の分野になかなか送り込めないというようなところも生じてきて、両方が変わっていつて今のような状況を招いているんじゃないかなと思います。これからどうすればいいのかという点については、私にはなかなか答えられないんですけども。今与えられた仕事、草地学分野の教育をしっかりやること、あと、われわれの専門分野の優秀な人間を育てていくこと、それしかないというふうに感じております。



**柴田** 私も、例えば最近われわれのところに採用されている人も、畜産とか農芸化学とかいう分類じゃなくて、公務員試験も理工 I であるとか生物であるとか。だから、そういう意味でこのシンポジウムを開いて聞いてもらいたいと思っているんですが。草地のほうはもうドラスティックに名前も大学から消えている、全部が全部じゃないんでしょうけど、そういう状況で。もう一つ、佐藤先生の先ほどの新しい職業、新しい産業をつくって、雌雄鑑別師という新しい職業ができたこと、あるいは今の生殖医療の分野、これは非常に面白く伺ったんですが、多分大学の定員、あるいは教員の数、あるいは受け入れ側のわれわれ研究機関の数も、減ることはあっても、ふえることはないんですよ。そうすると、同

じパイの中で畜産というタームから生殖医療だとかそっちへ行くということは、畜産という感じの学生が少なくなるということですよ。新産業なり新職業を開拓して乗り出すのは非常にいいし、それはフロンティアを開拓していかなきゃいかんと思うんですけども、われわれのところに来ていただくような学生で、畜産という人が少なくなるようなことにもなるんじゃないかなという懸念もあるんですが、この辺はいかがなんでしょうか？

**佐藤** 矢野先生のお話の最後の方にもありましたが、畜産の卒業生がいろんな分野に進出する必要があると思います。日本には犬、猫について教育する動物専門学校が、300近くあります。そこで学ぶ学生が1学年、8000名くらいいます。畜産の1学年はだいたい1500名、獣医が900から1000名ということですから、きわめて大きな集団が動物について勉強しているわけです。すなわち動物専門学校卒業生を1年間で8000名受け入れる基盤があるわけです。また、生殖補助医療の分野に就職する学生も増えております。このような新しい領域にも対応したカリキュラムを畜産学の中にもつくっていかなくちゃならないと思います。食糧生産に対応する畜産学は重要ですが、畜産学の卒業生の就職先の新規開拓を意図した教育も必要だと思います。

**柴田** その辺、出すほうもマスが必要ですけども、われわれもつぶれないように、受け入れの枠も確保しておかなきゃいけません。そういう畜産技術の発達というのはやっぱり新しい人に入ってきてもらわなければいけません。そのときに同じ分野の同じ毛色の間人ばかりじゃなくてもいいんですけど、違った毛色ばかりになっちゃっても畜産という本来のことが忘れられちゃうので、この辺のジレンマがあるなという感じがしておりますが、そういう問題についてはわれわれだけで話ができることではないので、今回学術会議との連携ということで、その辺も含めて、われわれの普通の研究会だったら、研究報告をどうしましょうというようなことで終わればいいんですけど、学術会議とせっきく共催でやっているわけなので、この辺も含めてもう少し新しい畜産研究者の育成といいますか、それをやっていきたいと思っております。その辺、矢野先生、最後にごあいさつはいただきますが、そういう問題と、それからもう一つ、今度は研究推進をやっていく上でやはり先ほど言ったような家畜改良センター、あるいは県なりとの連携も非常に重要なことだと思いますので、何かコメントを。

**矢野** まず最初に、新しい畜産領域というのは、佐藤教授のほうから少しコメントがありましたけれども、いつまでも同じでなく、領域は多少変化するものと考えています。むろん日本の食料生産、環境保全というのは極めて大事なことで、それはおろそかにできない。ただ、われわれ、動物を扱っている専門家集団として、その周辺にあるような領域、今の生殖補助医療の方々とか、あるいは、先ほど話したような野生動物の保護管理なんかも、われわれの領域として専門家を育てていく、大学にそういう研究室があってもいいかなと思うんですが、まだそこまで行ってない。それから、伴侶動物、犬猫もほぼ獣医さんの領域ですけども、それ以外にその育種、繁殖、あるいは栄養、飼料などではほとんど専門家がない。そういうところにも進んでいってもいいんじゃないかなと思っています。畜産領域の場をますます広げていくというのは大事なことなんじゃないかなと思います。



それから、所長から、畜産草地研究所は製造場所で、あと卸す場所、問屋さんが必要ですというお話がありました。それは所長のご意見かなというふうに伺ったのですが、家畜改良センターも一緒にやるのは全然問題がなく、新しい知見なり研究開発したものをセンターで試験をして実際に社会に出すということについては大賛成です。これは牛でも豚でも鶏でも、一緒になって研究開発、それから、われわれのところは広い牧場と多くの家畜がいますので、いつでも来ていただいて一緒に技術開発をしていければというふうに思います。

畜産草地研究所の方々には、これから多くの課題を解決して頂きたい。例えば飼料価格の高騰とか、あるいは乳牛繁殖雌牛の受胎率の非常に低いこととかの問題がたくさんあります。そういうことに対して畜産草地研究所で研究開発していただいて、われわれのところで実証検証するということがあってもいいのかなと思います。それと同時に、われわれセンターも、先ほど小宮山先生あるいは横内先生が言われたように、乳牛にしろ、鶏にしろ、日本では随分いい遺伝資源を持っているのです。横内先生はインターブルで日本はかなり上位にあると言われましたけれども、トップ 100 のうちの 30%は日本が占めるほどのレベルにあるということなので、それをいつまでも海外、アメリカ、カナダからどんどん遺伝資源を輸入して、それで日本の乳牛のレベルを維持するんじゃなくて、日本の中の遺伝資源を蓄積すると同時に活用する。それから、鶏もそうなのですが、規模の差で、アメリカの大規模なところには今のところほとんど完敗の状態ですけれども、それでもまだ地鶏とか、あるいは有色卵とか、そういうものを国内の遺伝資源、小宮山先生達が努力されて保存された遺伝資源をいかにして活用するかというようなことも改良センターの仕事かなというふうに思っています。これは豚もそうです。茨城牧場の場長さんが来ておりますけれども、夢さくらというすばらしい豚の系統をつくりました。肉用牛はもちろんのことです。肉用牛は黒毛だけでなく短角も褐毛もそうなのですが、日本の中でつくった遺伝資源、改良した遺伝資源を守って、それをますますいい方向に向かっていくというのもわれわれの仕事かなと思っています。そういう意味で、今日は高橋技術部長が来ていますので技術部長に話をしてもらいたかったですけれども、われわれの持っている繁殖技術と育種改良というものを結びつけて、さらによりよい改良のほうに進んでいきますので、今後とも家畜改良センターの方ともご協力をお願いしたいと思います。

**柴田** ありがとうございます。ちょっと司会もまずくて時間が若干オーバーしておりますので、一端ここで1部、2部を終了して、懇親会もございますので、引き続きぎっくばらんな意見交換をしたいと思っております。どうもパネリストの先生、そして会場からコメントをいただいた先生方、ありがとうございます。これでシンポジウムを終了したいと思います。

## 閉会挨拶

(独) 家畜改良センター理事長 矢野秀雄

(旧) 畜産試験場、(現) 畜産草地研究所が設立されてから 90 年、正確には 91 年が経過しましたが、今日各専門分野の方々からお話していただきましたように畜産試験場・畜産草地研究所は、この間畜産技術の研究・開発におきまして日本をリードし、世界的な水準の研究開発も多くあります。また、日本の畜産技術、家畜生産を現在の水準まで高めた貢献も大きいと思っています。90 年間、戦前、戦中、戦後すぐの最も大変な時期を含めて、それぞれの研究員、職員の方々のご努力に対して大きな敬意を払いたいと思います。今日開催されました畜産草地研究所と日本学術会議主催のシンポジウムは 90 年間の畜産研究について議論を深め、総括し、さらに今後を展望したものと高く評価しています。

畜産草地研究所はその活動を一試験場、研究所に収めるのではなく、行政サイドの要請を受け、研究・技術面から畜産に関する問題解決、技術開発を行うとともに大学との連携も継続的に行い研究の深化と若者の畜産教育にも寄与してきました。さらにいえば、私が奉職しています(旧)種畜牧場、(現)家畜改良センターにも長期間に亘ってご協力、ご援助いただいております。このような関係は畜産技術がますます進歩する今後においてより一層必要になってくると考えています。

畜産は、日本農業生産額の約 1/3 を占めており、今後ともその重要性は変わらないと思います。わが国の畜産は国民の要望を受けて変化、成長するとともに時代、時代で外部環境からも大きな影響を受けて続けています。畜産物ならびに飼料自給率向上、消費者に安心を与える畜産物の安全性、とうもろこしのバイオエタノール化による飼料価格の高騰を含めてすでに新たな大きな問題が待ち構えており、畜産草地研究所は、畜産技術の研究・開発の主力として大きな役割をはたすとともにわが国の畜産が抱えている課題に対して研究開発の面から正面に立たざるを得ず、本研究所の貢献が期待されています。

日本学術会議は平成 17 年にそれまでの 7 部制から 3 部制に変わり、農学の研究者は大部分、生命科学を専門とする 2 部に属していますが、農学、農業の重要性を認識しそれらをさらに発展・展開しようとしています。そのような中あって、今日のシンポジウム「わが国における畜産技術開発—研究の展開と今後の発展方向」の協同主催として参加させていただきましたことは大変有難いことであるとともに日本学術会議関係者が今後の畜産技術の開発・展開に積極的に関与することを示しています。日本学術会議に属している畜産学研究者は、自給飼料の増産、放牧、エコフィードの利用などの資源循環型畜産技術の開発、畜産業・高品質畜産物生産を通しての地域活性化、食育を含めて大学および社会へ向けての畜産学教育の活性化について議論を深めており、わが国の畜産の進むべき方向を検討しています。畜産草地研究所とともに日本学術会議の活動につきましてもご支援、ご協力をお願い申し上げます、簡単ですが閉会の挨拶とさせていただきます。

編集委員会事務局  
企画管理部情報広報課  
早川 忠志  
岡田 明子  
那須企画管理室連絡調整チーム  
折原 孝志

本研究資料から転載、複製を行う場合は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所の許可を得て下さい。

平成20年3月印刷・発行

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

## 畜産草地研究所

〒305-0901 茨城県つくば市池の台2

TEL 029-838-8600(代)

FAX 029-838-8606

印刷所 朝日印刷株式会社 つくば支社

別紙様式

## 著作物利用許諾書

平成 年 月 日

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構  
理事長 ○ ○ ○ ○ 殿

著作者氏名

印

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構刊行物著作権取扱規程第3条の規定に基づき、畜産草地研究所研究資料第8号の私が有する著作権については、研究機構に対して下記の利用許諾を行うこととします。

### 記

- 1 刊行すること
- 2 翻訳すること
- 3 CDを作成し、及び配布すること
- 4 インターネットで公開すること
- 5 その他著作権法上認められる一切の著作物としての利用
- 6 第三者に対してこれら一切の利用の許諾を行うこと

## 畜産草地研究所研究報告及び畜産草地研究所研究資料投稿規定

### (目的)

第1条 畜産草地研究所研究報告及び畜産草地研究所研究資料への投稿については、この規定の定めるところによる。

### (投稿者の資格)

第2条 投稿者は原則として、畜産草地研究所職員（以下、「職員」という。）及び流動研究員、依頼研究員、日本学術振興会特別研究員、日本学術振興会外国人特別研究員等（以下、「他の職員」という。）とする。

- 1 職員が投稿する内容は、主として畜産草地研究所で行った研究とする。
- 2 他の職員が投稿する内容は、畜産草地研究所で行った研究とする。

### (投稿原稿の内容)

第3条 投稿原稿の内容は次のとおりとする。

- 1 畜産草地研究所研究報告（Bulletin of National Institute of Livestock and Grassland Science / 略誌名：Bull. Natl. Inst. Livest. Grassl. Sci.）
  - (1) 原著論文：畜産草地研究所（以下、「当研究所」という。）において行った試験研究及び当研究所以外の者に委託して行った試験研究の成果に関わる論文とする。
  - (2) 短 報：(1) 以外の研究の予報、速報などの短報とする。
  - (3) 技術論文：新しい技術や技術の組立、実証などを主体とする報告。
  - (4) 総 説：畜産草地研究に関わるものとする。総説は投稿のほか、編集委員会が依頼したものを含む。
  - (5) 学位取得論文：当研究所において主として行った試験研究による学位取得論文とする。
- 2 畜産草地研究所研究資料（Memoirs of National Institute of Livestock and Grassland Science / 略誌名：Mem. Natl. Inst. Livest. Grassl. Sci.）
  - (1) 調査資料・技術資料・研究資料：当研究所において行った試験研究及び当研究所が当研究所以外のものに委託して行った試験研究のうち、学術的・産業的に有用な未発表の資料とする。

### (著作権の帰属及び利用の許諾の取扱い)

第4条 掲載された論文の著作権は、著述した者に帰属し、別紙様式により独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構に対して無償にて利用の許諾が行われるものとする。

### (原稿の執筆)

第5条 原稿の執筆にあたっては、別に定める畜産草地研究所研究報告及び畜産草地研究所研究資料執筆要領に基づくものとする。使用する言語は日本語または英語とする。

### (原稿の提出)

第6条 次の手続きにより原稿及び原稿提出票を事務局に提出する。

- 1 職員は原稿提出票に必要事項を記載し、所属研究チーム長及び担当する研究管理監等の校閲を受ける。
- 2 他の職員は原稿提出票に必要事項を記載し、所属研究チーム長及び研究チームを担当する研究管理監等の校閲を受ける。

### (受付)

第7条 原稿及び原稿提出票を事務局が受け取った日を受付日とする。  
受理日は編集委員会の審査の結果、掲載が妥当と認められた日とする。

### (審査)

第8条 編集委員会は次の手続きにより論文を審査する。

ただし、学位取得論文については審査を省略することができる。

- 1 編集委員会は論文の内容により審査員正副をそれぞれ1名決定し、論文審査を依頼する。審査員は所内及び所外の研究者等とし、その氏名は公表しない。
- 2 審査員は論文審査票により審査を行う。また必要に応じて指摘事項を書き出し提出する。
- 3 事務局は審査員と著者の間のやり取りの対応にあたる。
- 4 編集委員会は審査員の審査結果を参考にして掲載の可否を判断する。審査の内容によっては著者に原稿の訂正を求めることができる。
- 5 著者は審査結果を受領後、編集委員会が指定する期日までに修正原稿を事務局に提出する。

### (校正)

第9条 著者による校正は原則として初校のみとする。

校正は誤植の訂正程度にとどめる。やむを得ず大きな変更等を行う場合には編集委員会の承認を得なければならない。

### (別刷り)

第10条 別刷りは次のとおりとする。

- 1 100部とし、筆頭著者が代表で受け取る。
- 2 別刷りの追加を希望する場合は研究チーム負担で印刷する。

### 附則

この規定は、平成14年4月1日から施行する。

### 附則

この規定は、平成15年10月1日から施行する。

### 附則

この規定は、平成18年4月1日から施行する。