

2014 年度（平成 26 年）
（公社）日本畜産学会創立 90 周年記念号

**Japanese Society of Animal Science
90th Anniversary
2014**

公益社団法人 日本畜産学会

目 次

1. 日本畜産学会創立 90 周年を迎えて	理事長 内藤邦彦……………385
2. 過去 10 年の理事長からの提言・回想	
第 22 代理事長（2005・2006 年度）	泉水直人……………387
第 23 代理事長（2007・2008 年度）	佐藤英明……………388
第 24 代理事長（2009・2010 年度）	甲斐 藏……………389
第 25 代理事長（2011・2012 年度）	田中智夫……………390
3. 90 周年公開講演会ミニレビュー	
北里大学における自給飼料 100% による牛肉生産と加工・販売の取り組み ～北里大学発・北里八雲牛ここにあり!!～	小笠原英毅・畔柳 正・寶示戸雅之……………391
宇都宮大学農学部附属農場における乳質向上と乳製品開発の取組	長尾慶和……………394
乳酸菌 H61 株の商品化と普及に向けた取り組み～研究者の挑戦～	木元広実……………398
赤身牛肉“放牧仕上げ熟ビーフ®”の普及に向けた現地実証試験	松本和典・帯刀一美……………401
4. 90 周年記念講演ミニレビュー	
都府県酪農における栄養・飼料をめぐる課題—公設研究機関共同研究での 10 年間の取り組み—	川嶋賢二……………404
反芻家畜とルーメン微生物との関係：ルーメン微生物をよく知り、よく利用するために	三森眞琴……………408
日本飼養標準・豚（2013 年版）改訂作業をふりかえる	勝俣昌也……………411
畜産学研究におけるトランスクリプトーム解析の意義	橋爪一善……………414
ブタの抗病性育種の取り組みと成果	鈴木啓一……………417
家族経営の展開論理と企業経営の成立要件—畜産経営研究に関連する若干の問題整理—	栗原幸一……………421
家畜繁殖学の挑戦と近未来	佐藤英明……………425
発色剤無添加食肉製品であるパルマハム中の新規色素，亜鉛プロトポルフィリン IX	若松純一……………428
行動・管理分野研究の 21 世紀初頭の動向と今後の展望	佐藤衆介……………431
畜産環境の諸問題と研究分野の役割	田中康男……………434
5. 100 周年に向けて，（公社）日本畜産学会に望むこと	
北海道畜産草地学会	近藤誠司……………438
東北畜産学会	千秋達道……………439
北信越畜産学会	新村末雄……………440
関東畜産学会	足立吉数……………442
東海畜産学会	土井 守……………444
関西畜産学会	谷口幸三……………445
日本暖地畜産学会	古瀬充宏……………446
6. 過去 10 年（2004～2013 年）の年譜……………	447

1. 日本畜産学会創立 90 周年を迎えて

公益社団法人 日本畜産学会

理事長 内藤 邦彦

日本畜産学会は 1924 年（大正 13 年）に発足いたしました。本年で 90 年目を迎えます。本会は発足以来、我が国の畜産に関する学術研究の発表、情報交換の場として、その進歩普及を図るための活動をしてまいりました。畜産業は良質の動物性タンパク質という重要な食料生産を担う産業であり、健全な畜産食品は人類の体格と体力の向上、健康維持といった面に大きく貢献しています。本会の活動時期は、日本に畜産物が定着し、消費量の著しい拡大を見せる畜産業の成長期と一致しており、この間の家畜の生産性と生産品質の著しい向上、および生産システムの近代化に本会会員の研究成果が大きく貢献してきたことは言うまでもありません。さらに、これらの研究成果は本会の機関誌に掲載され、日本国内のみならず広く全世界に発信されております。現在、本会の英文機関誌である Animal Science Journal は世界 3000 以上の図書館に収蔵され、2006 年には ISI に採用され、初めての IF が 2007 年に発表されました。2009 年掲載の論文から PubMed での検索が可能になり、2012 年には IF も 1 を超える国際誌として成長しております。現在、我が国の畜産学研究は世界的にも認められる高い水準の学問レベルを維持しています。これもひとえに、これまで 90 年の長きにわたり、この分野の学術研究の発展を牽引してこられた諸先輩がたのご尽力の賜物であり、ここに、深甚なる敬意を表すとともに、この記念すべき区切りの年を会員の皆様と共に心よりお祝いしたいと思います。

さて、本会は 2012 年 10 月 1 日に出版事業、表彰事業、学術集会事業の 3 つの公益事業を掲げ、公益法人に移行いたしました。これからは、より公益性を重視して、学会活動、および畜産学の現状を、広く社会にむけて発信していくことが求められています。そこで本年は定款にある本会の目的と公益性を考慮し、記念式典は執り行わず、畜産に関する学術研究、情報交換を主眼とする会員向けの 90 周年記念招待講演、および、一般社会に向け、日本の畜産業、畜産学の現状を広く発信し、社会的合意形成に努める公益活動の一環として 90 周年記念公開講演会が行われました。そしてここに、ご講演いただきました先生がたにその内容をご執筆いただき、創立 90 周年記念号を刊行する運びとなりました。また、公益化により支部が廃止されましたが、従来、日本畜産学会の 7 支部は各地域の畜産学会としても発展されております。今後は共に畜産学の発展を目指す関連学会として、より連携を深めていければと考えております。そこで、この 90 周年記念号には各地域畜産学会の代表の方にも、各地域の畜産の状況および本会に望むことについてご執筆いただきました。さらに最近の理事長経験者の方からは唆に富む提言と近年の回想をご執筆いただいております。巻末にはここ 10 年間の本会の年譜が付記されており、この創立 90 周年記念号は近年の本会と畜産学・畜産業の歩みを網羅した内容となっております。この企画に際しましては、創立 90 周年記念事業企画委員会をはじめ多くの方々にご協力いただきました。ここにご執筆いただきました先生方、また発刊にむけご努力いただきました先生方に改めまして厚く御礼申し上げます。会員の皆様にはこれらの企画を通して、日本畜産学会の 90 周年をお祝いしていただければと存じます。

改めて 90 周年記念招待講演の内容を眺めてみますと、そこには畜産学の各専門分野におけるこれまでの動向と将来の展望、さらに最先端の総説があり、畜産学のすそ野の広さを実感します。近年は畜産分野の研究が極めて多岐にわたり、専門化、細分化してきており哺乳類を対象とする個々の研究分野の学会が多数存在しております。しかしながら、これら個々の分野を結集し、1 つの個体としての動物学を、基礎から応用、さらに食の安全・安心、あるいは環境、動物福祉といった広範な学際領域を網羅した総合的な動物科学としてとらえた畜産学は、非常に魅力あふれる研究領域と言えます。今回の 90 周年記念招待講演の内容はその魅力を十分に伝えるものとなっており、この魅力ある畜産学に関する学術研究および技術構築の発表、さらに情報の交換の場である本学会の担う役割の重要性を示していただきました。

また、90 周年記念公開講演会は、日本の畜産業、畜産学の現状と取り組みを広く一般社会に向け発信するも

ので、公益法人としての日本畜産学会が、これから取り組んでいこうとする公益事業を象徴するものとなっています。現在の日本の畜産をとりまく状況を眺めてみますと、TPPの問題もあり大量の畜産物が海外から流入してこうとしています。そのような中で日本の畜産が発展していくためには認知度の高い畜産物、いわゆる畜産物ブランドを確立していくことが目指すべき1つの方向性と考えられます。さらに、現在、我が国では、食の安全・安心に加え、少子高齢化による産業の担い手の減少への対策、老化防止に作用する機能性食品の開発、食料自給率の向上、地球環境へ配慮した循環型畜産の構築、といった取り組みも求められており、現在、畜産関係の大学や試験研究機関では、このような日本の社会状況の変化と要求に合わせた、これからの日本の畜産の方向性を見据えた研究が活発になされています。今回ご講演いただいた演者の方は、まさにそのようなご研究に取り組みつづ畜産物ブランドの確立に力をそそぎ、またその研究成果の普及に向けた活動も行っている、この研究の第一線で活躍中の研究者であり、畜産学の現状を社会にむけて発信していくという面からも貴重な総説集になっていると思います。

さて、創立100周年に向けたこれからの日本畜産学会の活動として、このような畜産を取り巻く大変厳しい現状を踏まえ、これらを克服していくためには畜産学の将来を担っていただく若手の研究者を育てていくことが重要になります。日本畜産学会では従来、若手研究者に対し畜産学会奨励賞を設けてまいりましたが、これに加え2004年の第103回大会より各大会での優秀な発表をした若手に対し優秀発表賞の授与を行い、2014年の第118回大会までに約90名の若手会員を表彰してきました。また2006年より毎年、若手企画シンポジウムを開催し、若手による若手のための啓蒙にも努めていただいております。これらを通し、畜産学の学術体制の強化、畜産業の発展方向の提示に力を注ぎ、産官学の各分野に優秀な人材を送り込むことは、将来の畜産分野の発展にとって誠に大きな意味をもつものであり、日本畜産学会の進むべき方向性の一つと考えております。さらに、近年のグローバル化を反映し、国際貢献もさらに重要となります。現在、日本はアジアをはじめ世界各国からの留学生や研究者を、各大学および研究所が多数受け入れており、これら留学生に対する最先端の畜産学教育を通して、日本の畜産技術の移転や各国の支援を図っているところです。今後より一層の国際貢献のためにも各国の畜産関係者と日本の研究者が触れ合う機会を拡大し、太いパイプを構築していくことが、われわれ学術団体が行うべき最良の国際貢献と考えております。その観点から昨年度、日本畜産学会はアメリカ畜産学会と協定を結び、互いの主催する大会には演者を相互に派遣できることにいたしました。また、これからの方向性として、特にアジアという大きな市場を見据えた、産業の拡大も必要になってくると考えております。日本畜産学会では2016年に第17回アジア大洋州畜産学会議、いわゆるAAAPを主催することが決定しております。アジアは日本がこれまで取り入れてきた欧米諸国の畜産物とは異なる、新たな資源の宝庫であり、多様な実践的畜産が存在していますので、日本の研究者がこれら諸国と交流を深めることは、新たな畜産業の振興、促進につながると考えられます。また、それと同時に、我が国の基礎・応用研究と、多様な実践的研究が融合し、新たな研究が芽生え、大きな成果が得られることも、期待できるのではないのでしょうか。日本畜産学会では、第17回AAAP大会にむけ、現在、鋭意準備を進めておりますが、是非、多数の皆様にご参加いただき、大会を盛り上げていただければ幸いです。この場をお借りして、ご協力お願い申し上げます。

最後になりますが、これまで本会の活動にご支援を賜りました賛助会員はじめ、多くの協力機関・団体に心より感謝とお礼を申し上げます共に、今後、日本畜産学会がより一層の発展を遂げられますよう、今後とも本会の活動にご支援、ご協力いただけますようお願い申し上げます。

インパクトファクター獲得までの道のり

第 22 代理事長 泉水 直人

日本畜産学会の機関誌である Animal Science Journal (ASJ) のインパクトファクター (IF) は、1.037 と 1 を超え、着実に国際的地位を築きつつあります。学術雑誌の評価指標で質的レベルの証である IF の獲得は、日本畜産学会会員の学問に対する真摯な取り組みと不断の努力のたまものであることに疑いはありません。しかしその裏には、IF 獲得のために機関誌改革に尽力をされた学会役員、編集委員など多くの関係者を忘れることはできません。創立 90 周年にあたり、IF 獲得までの道のりを回想したいと思います。

日本畜産学会報を国際化しようとする試みは、1980 年代中ごろ、Thomson 社 (現 Thomson Reuters) 発行の「Current Contents」に会報目次の掲載を依頼したことが最初であったと記憶しています。さらに 1991 年にも再度依頼しましたが、掲載までには至りませんでした。2 回目依頼に対して、Thomson 社からのコメントとして日本畜産学会報のレベルは決して低いものではないが、学術雑誌に掲載論文が引用される数値 (IF) で評価されるとの回答を得ました。しかし当時、IF に対する認識はそれほど高くなく、IF 獲得の本格的取り組みの開始は数年後のことでした。

日本畜産学会報 (Japanese Journal of Zootechnical Science) は、和文と英文混合の畜産学の総合誌です。その英文名称は、畜産学として国際的に理解されているか疑問があるので変更すべきとの意見は以前からありました。一方、学会創設以来の伝統のある名称なので、変更すべきでないとの意見もあって、変更に踏み切れないでいました。しかし、国際化の動きとともに 1989 年頃から変更の機運も高まりました。会員にアンケートをとり、その集計結果をもとに慎重に検討を重ねた結果、Animal Science and Technology と改称することとして 62 巻 (1991) から実施しました。論議の中で、Zootechnical Science を Animal Science に変更することは、すぐ決まりましたが、それ以外は議論百出でした。我が国の畜産学会は、畜産物利用学 (製造学) 分野が含まれているので、Technology を入れるべきであるとその分野からの要望が強く、最終的には Animal Science and Technology と決定しました。学会報の体裁も国際誌化に向かってさまざま変更しました。表紙は英文名称の活字を大きくする。各号の前半は英文論文、後半を和文論文とする。その他、活字や段組を変えるなど、今となってみるとあまり効果的でないことも当時は真剣でした。

1990 年代後半に IF が脚光をあびるようになります。

Institute for Science Information (ISI) に掲載された雑誌か否か、IF の数値などが問題視されるところとなりました。IF 値は客観的な数値ですが、学術雑誌の評価の一部であるはずが、あたかもそれが万能で、論文や研究者の評価であるような扱いをされるようになりました。当時、一部の大学において、教員の人事や学位論文審査に IF 掲載誌でない畜産学会報は認められないこともありました。また、文科省科研費出版助成申請書に IF 値の記入が必要となるなど、学会および会員は不利益を被るようになり、学会としては IF 獲得が最重要課題となりました。学会は学会報検討委員会 (1997) を立ち上げ、英文名称の再度の変更、外国人編集委員の大幅増員、海外寄贈先の増加、国際版 (変形 A4 版) への変更、発展途上国からの論文掲載の無料化など、様々な課題について検討が行われ実行に移されました。これらの改革実行には、西川奨学財団からの寄付金が大きな支えとなったことは、本当にありがたいことでした。Vol. 70 (1999) からは、英文誌と和文誌に分離し、英文誌は名称を ASJ としました。年間発行回数は、英文誌 6 回、和文誌 4 回の変形 A4 版としました。外国人投稿者も増加し、国際誌化は着々と進展していましたが、IF 獲得には至りませんでした。その折、外国出版社から出版された雑誌は、IF の獲得が容易であるという情報が若い会員からもたらされました。この情報をもとに Blackwell Publishing Asia (当時) に出版を依頼することとし、Vol. 73 (2002) から ASJ の出版社は、Blackwell となり、国際誌としての形が完成しました。

2003 年 10 月に ISI への収載を申請しました。この申請は、2005 年 3 月に不採択となりましたが、Blackwell 社から、ISI 収載は単に IF 値の高低によるものではなく、雑誌の特徴、独創性や地域性なども加味して総合的に審査されていることを知らされました。この情報を参考に同年 12 月に再度申請し、翌 2006 年 3 月、ついに採択の通知を受けました。最初に得た IF 値は、0.567 でした。本格的国際誌化を目指してから実に 20 年余を経て、ASJ は国際誌としての第一歩を踏み出しました。

Vol. 80 (2009) からは、Online Journal として発行され、2012 年の IF 値は 1.037 を得ています。さらに、2013 年の 1 年間に、会員、非会員および図書館など国内外から 69,000 もの fulltext download を得ており、これは ASJ が、名実ともに第一級の国際誌と認められた証と思われます。

理事長からの提言・回想

第 23 代理事長 佐藤 英明

2 年間、理事長として会の運営に係わり、貴重な経験を積むことができました。ご協力いただきました常務理事の方々はじめ、会員の皆さまに感謝します。

学会予算の大部分を占める出版事業費の削減を考え、理事長として ASJ の電子ジャーナル化を提案しました。その後の議論のきっかけになったと思います。また管理費などの節約も試みましたが、大幅な単年度収支改善はかなわず、結局は西川基金に頼ることになりました。改めて西川基金のありがたさを実感した 2 年間でした。

また、内閣府における社団法人制度改革が具体化しつつある時期でした。社団法人としての日本畜産学会をどうするかについて種々の可能性を含めて常務理事会で議論を重ねました。小澤壯行常務理事に担当になっていただき、準備や移行手続きの具体化においてご苦勞をおかけしました。私の理事長時代には方針決定には至りませんでした。甲斐蔵理事長時代に公益法人化を決定され、その後理事会、総会での議決を経て公益社団法人に移行しました。公益法人に移行できてよかったと思います。移行に努力された甲斐理事長、小澤常務理事はじめ常務理事会のメンバーの方々に感謝します。

2008 年に ASJ はインパクトファクター (IF) を取得できました。最初は 0.567 でしたが、2014 年には 1.037 と上昇しました。ASJ を畜産学分野で世界のトップジャーナルにする足がかりができたと思っています。歴代理事長・編集委員長の下で ISI 社への申請が行われてきましたが、泉水直人理事長時代に ISI 社の Science Citation Index Expanded (Agriculture, Biology & Environmental Sciences 部門) への収録が決定しました。その後 2 年間の観察期間を経て私の理事長時代に IF 値が公表されました。ASJ に優れた論文を投稿いただいた会員の皆さまの努力の賜物であり、かつ日本畜産学会の活動が評価されたことの証でもあると思っています。

当時、世界畜産学会会長であった Assefaw Tewolde 博士 (Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture 所長) には申請に際して快く推薦状を書いていただきました。これを縁として 2007 年春、麻布大学で行われた第 107 回日本畜産学会学術講演会では「世界における畜産学の挑戦：未

来を考える」と題し、貧困、特に絶対的貧困と向き合う畜産学について講演していただきました。わが国とは異なる畜産学の意義を知り、私は感銘を受けました。なお、Tewolde 博士の招聘については畜産草地研究所の柴田正貴所長や松本光人企画管理部長にご尽力いただきました。まず畜産草地研究所を訪ね、運営・研究方向について意見を述べられ、次の日に麻布大学に向かったことを思い出します。畜産草地研究所のご厚意に改めて感謝します。残念ながら Tewolde 博士は 2008 年 7 月に急逝されました。名誉会員に推挙されていたこともあり、私が追悼文を書きました。今読むと気持ちがやや高ぶった追悼文 (日本畜産学会報第 79 巻 3 号) のように思います。

毎月開催される常務理事会には入退会者リストが提出されます。4 月には学生会員の退会が目立ちます。理事長として心痛む時です。学生会員に会員継続を訴えるために「学生会員の皆さまに (お願い)」と題する理事長メッセージを書きました (日本畜産学会報第 80 巻 1 号)。「皆さまの今後の活動を支援する存在として (社) 日本畜産学会を今一度評価していただきたく思います」と書きました。学生会員の方々の心に響く文章ではなかったようで効果はありませんでした。しかし、今もその心には変わりはなく、社会人になった畜産学出身者には日本畜産学会会員でありつづけることのメリットを伝え続けております。

また、理事長時代、「畜産技術」(632 号, 2008) に次のような文章を書き、畜産学の名称維持とその大切さを訴えました。「一次産業の科学としての特徴と伝統を大切にすべきである。そしてそれを基盤としてフロンティア (生命科学や環境科学) を開拓すべきである。畜産に強い基盤を持つことによって初めて自由にフロンティアを語れるのである。また、日本畜産学会は大学人だけのものではなく、国、独立行政法人、都道府県、農協、民間組織の研究者・技術者のための組織でもある。」

2013 年に私は大学から独立行政法人に異動しました。そして今、改めてその考えを強くしております。

役員として務めた時期の社団法人日本畜産学会

第 24 代理事長 甲斐 藏

1995 年 4 月から常務理事として、社団法人日本畜産学会に深く関わるようになりました。最初の大仕事は第 8 回アジア・大洋州畜産学会議 (AAP) (1996 年 10 月、千葉県幕張) で最初から圧倒されることの連続でした。庶務担当、編集担当、副理事長として 14 年務めている間、定款の変更 (1999 年 11 月認可)、(財)西川畜産奨学財団から多額のご寄付 (2000 年) や旗影会からの補助 (2008 年から) がありました。現在の学会活動が順調に行えるのは、これらの多大な援助のお陰であります。機関誌に関しては、日本畜産学会報を和文誌と英文誌の 2 誌に分離し、和文誌は日本畜産学会報のままとし、英文誌は 1999 年 (70 巻) から使用していた英文名称 Animal Science Journal (ASJ) を用い、Blackwell Science Asia (現 Wiley-Blackwell) 社から発行すること (2002 年、73 巻から) になりました。

そして、私が理事長に選出された時には、公益法人制度改革により公益社団法人または一般社団法人となるのかの決断をしなければならない転換期でした。ASJ は既に IF が付与され、初回の 0.567 から 0.713 に上昇し、また PubMed に 2010 年 1 号の論文から収載されました。一挙に増えた海外からの投稿論文に編集委員会は忙殺されていました。外国の研究者からすると、ASJ は無料で掲載してくれる Blackwell の雑誌としての認識しかなく、一方会員からは外国の研究者のために学会費が使われているとも思われたでしょう。しかし、多大な努力により ASJ は国際誌としての地位を確立するようになりました。会員に関しては、大正 13 年 (1924 年) に設立された学会は畜産界の発展に貢献するとともに、会員は着実に増加してきました。ところが 1996 年の 2,219 人を最高に、毎年減少していました。年齢別にみると 40~60 歳代の占める割合が多く、20 と 30 歳代の会員が減少していました。これは、次時代の学会を担う研究者が少なくなることを意味しています。また機関誌である ASJ への投稿論文は、会員からの論文が増加しているではありませんでしたし、畜産学会報では投稿数が減ってきていました。

そこで、選出時の総会で提案したのが、4 つの課題への取り組みでした。すなわち、①公益法人制度改革への対応、②機関誌の充実、③学会ホームページのリニューアル、④若手および女性会員の学会活動へのより充実した参画、です。①制度の変更については、委員会を設置し、理事会で充分議論し、

会員へは逐一報告をしながら進めることが重要と考えました。しかし、日本の畜産界を牽引してきた学会が今後もその役割を果たすためには、公益社団法人を選択すべきであるとの方向性は持っていました。②の機関誌については、ASJ への投稿論文は増加したものの会員からは増えてはいませんでした。日本畜産学会報は J-STAGE において会員以外でも論文を閲覧することができるようになりましたが、こちらも投稿数が増加していませんでしたので、投稿をいかに増やすのが大きな問題でした。③の学会のホームページは独自のものがなかったため、URL を取得し、学会のホームページを公開することが急務でした。④の若手と女性会員については、若手会員の減少はあるものの、女性会員の割合は 10 年前の 7% から 11.4% へ増加しました。より多くの女性研究者に加わって頂き、女性および若手会員が学会活動へより積極的に参画できるようなシステムをつくることが、学会活動を継続させ、またより盛んになるための原動力と考えました。若手会員自身の企画によるシンポジウム、大会時の保育室を学会が行うなど、活動の幅をひろげることが必要でした。

理事会の協力のもと順調に学会の運営を行ない、次期理事会へのバトンタッチを行うべく、総会を迎えようとしていました。日本畜産学会第 113 回大会は東京農業大学 (会長 門司恭典会員) において開催の直前に至っていた 3 月 11 日に、東日本大震災に見舞われました。理事に諮り、中止を決定しました。この大会では、(社)日本獣医学会との共同でシンポジウム「口蹄疫禍から考える我が国の畜産」を開催することを企画していました。大会中止により、大会開催校をはじめ関係者には多大なご迷惑をおかけすることになりました。また会員の皆様には、参加費をご寄付としていただくお願いもいたしました。大会において開催することができなかった通常総会は 2011 年 4 月 9 日によろしく南青山会館で開催し、無事次期理事会へと引き継ぐことができました。この時、学会事務職員の松崎幸江さんが 2010 年度をもって、退職されることをご報告いたしました。彼女には 20 年以上にわたり、献身的に学会運営に貢献されました。長年の勤務期間中、会長、理事長、理事会を助け、多様な業務を行なって頂き大変お世話になりました。そして何より、学会運営が順調に行われてきたのは、ボランティア精神により支えて頂いた常務理事の大いなる力によるものです。深謝いたします。

激動の 2 年間

第 25 代理事長 田中 智夫

私は、2011-2012 年度に理事長を務めさせていただきましたが、この期は本学会にとってある意味で激動の 2 年間であったといえます。

まず、理事長就任直前の 3 月 11 日に、東日本大震災が発生いたしました。その日、私は出張帰りの武蔵野線の車内で、それも荒川に架かる鉄橋の上で地震に遭遇しました。突然停車したかと思うと激しい揺れに見舞われ、私は座席に着いていたのですが柱にしがみつけないと座席から落ちそうになり、電車ごと川に転落するのでは、と、非常に大きな恐怖を体験しました。車内に約 1 時間閉じ込められたあと、最寄り駅まで歩いたもののタクシー乗り場は長蛇の列で、数時間後ようやく相乗りで浦和に行き、帰宅難民のために用意された高校の体育館に着いたのは夜の 11 時、そこで毛布と乾パンを渡されたときには思わず涙が出ました。

翌日はちょうど大会前最後の常務会にあたり、混乱の中でも開催することになったので、少しずつ動き始めた電車を取り継いで浦和から何とか上野まで行き、常務会に出席して、この後の対応等について検討しました。結局、東京農業大学で開催予定であった第 113 回大会は中止することになり、4 月 9 日に改めて開催した総会において、新役員が決定いたしました。

一方で、私の前の甲斐藏理事長から、事務職員の松崎氏から辞表を預かっている所以对応するように、との引き継ぎがありました。松崎氏には長年にわたり事務を担当していただいており、学会のさまざまな事柄について誰よりも詳しいことから、我々も大いに頼っていただけに、その穴を埋めるのはなかなか大変なことでした。幸い、現在もお勤めいただいている方に 5 月から来て頂くことができ、9 月末まで松崎氏にも来ていただいて引き継ぎを行い、公認会計士の馬目先生や常務理事の手も借りながら何とか事務を滞らせずに対応することができました。当学会は、2 名の専任職員の 1 名は編集業務に専念し、もう 1 名が会計を含め総務的な仕事を一手に引き受ける、という体制をとってきたので、一方に何かがあるとその業務が止まってしまうかねず、やはりそれぞれがお互いの仕事をある程度はカバーできる体制が必要だとつくづく感じました。

そして、私の任期中の最も大きな出来事は、2012 年 10 月から、公益社団法人に移行したことです。私は理事長就任時に、取り組むべき課題を 3 つあげ、その第一が「2013 年度からの新たな公益社団法人への移行に向けての対応」でした。こ

の移行への取り組みを始めた当初はなかなかハードルが高そうな雲行きでしたが、いくつかの学会が先行して移行していくうちに道筋が徐々に明らかになり、予定より半年早く、無事に公益法人として認定されました。これからは、「公益」の名に恥じないような活動を、これまで以上に求められることでしょう。

2 番目にあげた課題は「機関誌のさらなる充実と、英文誌の IF 値のアップ」ですが、これも編集委員の方々や会員の努力によって、海外からのものも含めて投稿論文数が飛躍的に増加し、IF 値は当面の目標であった 1 を超えることができました。これにより、さらに投稿が増えることが予想されますが、質の高い論文を掲載すればまた IF 値が上昇する、という好循環につながります。しかし、油断すれば IF 値が一気に低下したり、消滅したり、という例も他誌にあったようなので、くれぐれ油断は禁物です。

もうひとつは、「若手および女性会員の学会活動へのより充実した参画と学会員数の増加」をあげました。これについては、数年前から若手企画シンポジウムの定期開催や、男女共同参画学協会連絡会への加入とともに男女共同参画シンポジウムの開催など、積極的に対応してきましたが、若手・女性会員数の大きな増加にまではつながらなかったようです。学生会員も、大会時だけ入会して卒業後は正会員に移行しない、という例が大半で、本当の意味での会員増にはなっていません。とくに若手や女性会員の参加が学会としての活動を継続させ、より盛んにするための原動力となって、学会全体の活性化と会員増につながると考えられます。そのためには、若手や女性が参加したくなるような魅力ある組織にしなければなりません。若手や女性がどんな要望を持っているのかを直接聞くなどして、彼ら彼女らが求める学会像なるものを明らかにする必要がありますでしょう。狭い専門領域だけを対象とするのではなく、畜産学とそれを取り巻く周辺領域も含めた幅広い学会だからこそできる「何か」が必ずあると思います。

最後に、我が国で 20 年ぶり 2 回目となるアジア大洋州畜産学会議 (AAAP) を 2016 年に開催することを正式決定したことも、この期の重要な出来事です。近年の経済状況を考えると内容はコンパクトにならざるを得ないかも知れませんが、役員だけではなく全会員が一丸となって成功に導くべく、大いに盛り上げていきましょう。今後の公益社団法人日本畜産学会に大いに期待しています。

北里大学における自給飼料 100% による牛肉生産と加工・販売の取り組み

～北里大学発・北里八雲牛ここにあり!!～

小笠原英毅・畔柳 正・寶示戸雅之

北里大学獣医学部附属フィールドサイエンスセンター

1. 北里大学獣医学部 FSC 八雲牧場の歴史

北里大学獣医学部附属フィールドサイエンスセンター (FSC) 八雲牧場 (以下、八雲牧場) は 1976 年に開設され、当初は 370 ha の広大な面積を利用した肉牛の放牧飼養による牛肉生産を目指したが、時代の流れから安価な輸入穀物飼料を利用した脂肪交雑重視の牛肉生産に移行していった。しかしながら、飼養頭数の増加に伴って、家畜ふん尿の処理問題が発生したことから、大学附属牧場として「現行の穀物多給の畜産方式から脱却を図り、未利用資源を最大限に活用した畜産方式を確立し、その最先端を目指すべき」との理念を掲げ、1994 年に自給飼料 100% による牛肉生産方式に転換した。生産開始から 3 年後の 1997 年には独自の販売ルートを開拓し、「ナチュラルビーフ」という名称で首都圏の生協団体に販売を開始したが、消費者は安価で柔らかい牛肉を求めたため、在庫が多く残る問題が発生した。このような問題解決のため、八雲牧場ではまず、自給飼料 100% による牛肉生産方式を「北里八雲」で商標登録し、この方式で生産されたウシを「北里八雲牛」と命名し、ブランド化を図った。さらに、より有機的な牛肉生産方式を確立するために、2005 年にはデントコーンサイレージの栽培・給与と草地への化学肥料・農薬の施肥を中止し、完全な有機的牛肉生産方式に移行した。その結果、2009 年には肉用牛で初めて有機 JAS 認証を取得し、現在では国内で唯一、有機牛肉を生産する牧場となっている。このように現行の我が国の牛肉生産方式との対極化を図ること、すなわち、有機的管理草地を中核とした資源循環型畜産による牛肉生産方式を確立させ、消費者を牧場に受け入れる産地交流や首都圏の催事へ積極的に参加することにより、消費者の認知度も向上し、現在では順調に販売が行われている。

2. 北里八雲牛の生産方式

北里八雲牛の生産方式は、夏は放牧、冬は舎飼いの夏山冬里方式を採用し、出生から出荷に至るまで生涯を通じて放牧と自給飼料 100% で肉用牛を生産する (北里八雲方式)。主要

品種は放牧適性と粗飼料利用性に優れる日本短角種の純粋種 (N) と日本短角種とフランス原産の乳肉兼用種であるサレール種との交雑種 (SN)、この交雑種に日本短角種を戻し交配させた F2 (NSN) の 3 品種である。繁殖方法は人工授精 (50%)、受精卵移植 (25%)、自然交配 (25%) で、出産方式は、夏期は放牧地で、冬期は専用牛舎での出産であり、放牧地や広い牛舎で育てられた繁殖牛は足腰が強く、難産になりにくいため、分娩介助の必要がほとんどない。出生後、子牛は 6 ヶ月間、母牛と一緒に、哺乳期の飼料は自然哺乳で飲みたいだけ飲むことができる乳と放牧草、またはグラスサイレージで飼養される。哺乳期の日増体量は 1.0~1.2 kg/日であり、6 ヶ月齢の北里八雲牛の平均体重は 260 kg となる (図 1)。離乳後も放牧と自給粗飼料 100% のみで飼養され、月齢 30 ヶ月、生体重 660 kg 以上を目安に各取引先へ出荷している (図 2)。現在、年間の出荷頭数は約 50 頭で、昨今の赤身牛肉ブームの影響で需要の高さから出荷頭数の増頭が課題となっている。

3. 北里八雲牛の販売方法

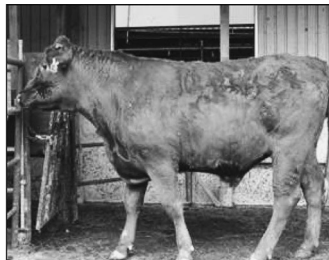
牧場で販売できる北里八雲牛の年間頭数は約 50 頭で、販売価格は実用的な再生産が可能な価格として枝肉単価で 1250 円/kg と設定させていただいている。主な販売先は前述の生



図 1 放牧地での北里八雲牛の親子の様子



日本短角種



NSN

図 2 北里八雲方式で生産される日本短角種および NSN の外観 (30 ヶ月齢)

協団体と老舗の牛肉卸問屋である。生協団体では北里八雲牛を「北里八雲牛登録セット」として販売しており、6ヵ月連続で毎月一回、異なる部位が2つ届くことで、北里八雲牛のすべての部位を味わえるシステムとなっている(2014年7月時点:約1200セットの登録)。また、このセットには「北里八雲牛通信」が同封され、内容は赤身牛肉の調理に適したレシピ、八雲牧場の現況、北里八雲牛に関する消費者の疑問への回答などが記載され、生産者と消費者との接点ツールとして活用している。老舗の牛肉卸問屋は首都圏のレストランや有名百貨店で販売しており、A5ランクの霜降り牛肉の真横で脂肪が黄色い赤身牛肉が陳列されている。宅配型の固定消費者を持つ生協と百貨店、レストランなど多方面に販売できる形態を持つ卸問屋への販売で、両者の商圏、消費者層が重ならず、より北里八雲牛の情報を広く拡散でき、消費者に生産者の顔の見える、いわゆる産直方式での販売を行っている。八雲牧場は生産者一販売者の顔の見える産直販売の利点を活かしてユニークな活動を行っている。それは短期間であるが生産者が販売者の仕事を、販売者が生産者の仕事を体験することで、北里八雲牛の魅力を消費者・販売者に直接伝える取り組みである。販売促進に当たって、重要なことは消費者はもとより、販売職員に北里八雲牛を知ってもらうことである。配送職員が北里八雲牛を知らなければ、消費者にも勧めることはできない。この逆も同様で生産者が販売者の苦勞を知らなければ、販売者は北里八雲牛の生産にかけける生産者の「想い」を消費者に届けてくれない。その結果、生産者から販売者、消費者に至るまで「北里八雲牛の生産を通じて地域の畜産を支えようとする想い」が共有できる。この取り組みは昨年度より開始され、その成果は数年後、数値となって現れることを期待している。

八雲牧場の特徴的な販売として、2産以上分娩した母牛を草熟北里八雲牛として出荷し、加工品5種(ビーフシチュー、レトルトハンバーグ、レトルトカレー、ビーフジャーキー、コンビーフ)の原料として使用している(図3)。これら加工品は毎年、新宿高島屋で開催される「大学はおいしいフェア」などに活用している。また、サーロインなどの高級部位は草熟北里八雲牛の精肉としてレストランに販売している。さらに精肉の一部を八雲町内の醸造会社が製造・販売している塩麴を使用して精肉店で加工することで、本来は硬い経産牛の牛肉を柔らかくし、一般的な牛肉の風味とは異なる「草熟北里八雲牛の塩麴付けサーロインステーキ」として販売している。これら製品は地元物産展などに精力的に出展し、地元町民への北里八雲牛の周知活動の一環としても利用され、地元

物産所において八雲町のブランド商品として販売することで、地域経済活性化に繋がるよう試みている。

4. 研究活動および学生実習

八雲牧場は北里八雲牛の生産および販売を行う他に、大学附属牧場の本来の役割である実践的研究ならびに学生実習を行っている。これまでの研究の主たる成果は1)放牧と自給粗飼料のみでの生産に適した品種である日本短角種とフランス原産の乳肉兼用種であるサレール種との交雑種(SN)、この交雑種に日本短角種を戻し交配させたF2(NSN)の品種の造成に成功したこと(日本短角種にサレール種を交雑すると皮下脂肪厚が抑制され、歩留まりが向上する)、2)北里八雲方式で生産された牛肉は抗がん作用や免疫賦活化作用を有する共役リノール酸含量が、穀物肥育の黒毛和種(慣行肥育牛)と比較して著しく高いこと、3)栄養学的に脂肪酸の摂取割合として推奨されているn-6/n-3系脂肪酸の割合が4以下の基準を満たしていることが挙げられる¹⁾。また、放牧飼養が肉質に与える影響として、慣行肥育牛と比較すると北里八雲牛の牛肉中脂質含量は低く、北里八雲牛の中でも含飼仕上げ(春出荷)と放牧仕上げ(秋出荷)では秋出荷の牛肉は脂質含量が低いと、摂取カロリーが抑えられ、ヘルシーな牛肉であることが明らかとなっている²⁾。今後、サレール種との交雑種の皮下脂肪厚抑制機構の解析や北里八雲方式における放牧飼養が赤身肉形成過程に与える影響の解析を進め、北里八雲牛の生理学的特性や牛肉の「おいしさ」をさらに追求する予定である。

学生実習においては7月中旬から獣医学部生物環境科学科および動物資源科学科の2年生が八雲牧場で実習を行い、作業体系、作業機械・管理器具などの用途・取り扱い、家畜の管理法を実践的に学ぶとともに、土一草一家畜の資源循環型畜産の特徴を理解させる内容となっている。また、町内の酪農家や畜産施設を見学することで、畜産全般の理解を深め、現行の畜産方式と北里八雲方式の違いを学生自身が体験し、畜産の問題点を考える場となっている。北里大学は生命科学の総合大学としての役割、つまり従来の学問領域の枠を超えた境界領域・複合領域に対応した研究・教育が求められる社会のニーズに応えるため、農医連携(農学領域と医学領域の「知」の統合)³⁾を旗印に、近年では学部を超えて、医学部1年生が八雲牧場で実習を行い、北里八雲牛の生産方式の一端を体験し、牛肉を食することで命を頂くことの意味を再確認し、農医連携の重要性を学ぶ場所として活用されている。

これら研究活動による北里八雲牛の科学的知見の集積と学生実習による北里八雲方式による肉用牛生産方式の若者への理解の深化は、将来的に北里八雲牛の販売促進と現行の輸入穀物に依存した加工型畜産に一石を投じ、北里八雲牛を生産する上で重要な崇高な理念の普及に繋がるものと期待している。

5. 地域普及と今後の課題

八雲牧場の敷地面積は370haであり、採草地および放牧地を合わせると約220haで、草資源だけで肉用牛を生産するには生産頭数に限りがある。八雲牧場では「北里八雲」方式を八雲町内に普及させるため、酪農家が所有するホルスタイン種に北里八雲牛の受精卵を移植し、出生後、哺乳期は生乳哺乳、離乳後、夏期間は町内育成牧場での放牧と冬期は酪農家の自家産サイレージのみを給与する「町内産北里八雲牛」



図3 赤身牛肉の魅力を活かした加工品開発

3. 90 周年記念公開講演会ミニレビュー

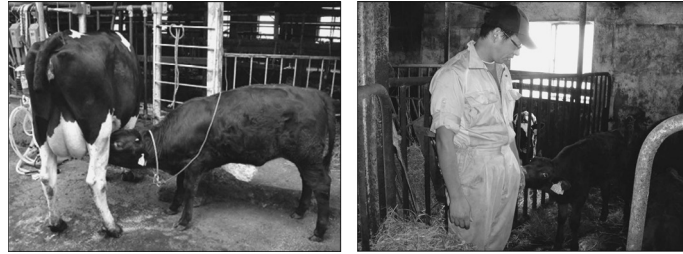


図 4 哺乳期の町内産北里八雲牛

の生産を行い（図 4）、北里八雲牛と同様に販売も行っている。北里八雲牛は輸入穀物を一切給与しないこと、自給飼料のみでの生産が販売先との約束事であるため、八雲牧場では町内酪農家での北里八雲牛の飼養管理を独自の飼養管理ルールを作成し、毎月、生産酪農家を訪問する、厳正なチェック体制を構築している。酪農家における北里八雲牛生産のメリットは多い。1) 輸入穀物を給与しないため、生産コストの変動が少ない、2) 夏期間は町営の育成牧場に放牧するため、飼養管理が省力化できる、3) 販売価格が固定されているため、安定収入が期待できる、4) 初産乳牛の難産回避および産子の性別に収入が左右されない、などである。一方で、現在の町内北里八雲牛の飼養頭数は 29 頭であり、慣行肥育牛に比べ、出荷月齢が長い（出荷まで 30 ヶ月以上を要する）北里八雲方式では経済性の観点から、積極的に参加する農家は 10 戸と、まだ少ない。しかしながら、昨今の消費者の健康志向の高まりや赤身牛肉への関心の高さから、これまで脂肪交雑重視であった牛肉評価も少しずつ変化している。事実、「北里八雲牛登録セット」の購入者数は 2010 年度の開始時から 2013 年度では 2.5 倍に増加し、2012 年に開催された第 2 回北海道肉専用種枝肉共励会では北里八雲牛の枝肉が日本短角種部門で最優秀賞を受賞した。日本短角種部門の評価基準では通常の枝肉格付け評価とは別に北海道日本短角種研究会で検討している枝肉格付け基準と独特な飼養管理（放牧および環境負

荷軽減など）を評価しており、この時の受賞理由は放牧を主体とした自給粗飼料 100% で生産されているながら、歩留まり（枝肉重量/出荷時体重）が 60%、ロース芯面積 57 cm（全部門 38 頭中 1 位）、バラ厚が 6.2 cm と十分で、皮下脂肪厚が 1.7 cm と薄く、産肉性が高いことが評価され、霜降り牛肉だけを評価してきた市場でも少しずつ赤身牛肉に対する認識に変化が見られる。現在は赤身牛肉の適正な評価基準が存在せず、今後、適正に評価する基準が確立されれば、赤身牛肉の生産基盤と消費が拡大し、国内における牛肉生産量も増加すると予想される。

研究機関としての責務は現行の生産現場に応用可能な技術を構築し、普及することであり、それに伴う家畜生産過程を含む畜産物に対する科学的優位性を実証することである。今後も北里大学は実践的な研究を邁進することで、日本の畜産業の発展に貢献していきたい。

文献

1. 萬田富治, 畔柳 正, 中井淳二, 東 善行. 2005. 日本における放牧畜産の技術展望 栄養性研究会報 **49** (2), 19-31.
2. 小笠原英毅, 岡山和代. 2014. 完全自給粗飼料給与における放牧と未放牧が日本短角種の肉質に与える影響 平成 25 年度伊藤記念財団成果報告書. 印刷中.
3. 北里大学獣医学部農医連携教育プログラム HP (<http://www.vmas.kitasato-u.ac.jp/noui/>)

宇都宮大学農学部附属農場における乳質向上と乳製品開発の取組

長尾 慶和

宇都宮大学農学部附属農場

1. はじめに

宇都宮大学農学部附属農場（以下、宇大農場）は、宇都宮市街から車で 20 分ほどの距離の真岡市郊外に位置し、約 102 ha の敷地を有する。この広大な敷地で、作物、園芸および畜産分野と、この 3 分野をバックアップする作業機械分野の 4 分野を展開している。種々の特徴的な教育・研究と並行して、得られた研究成果を活かした生産物やその加工品を販売する活動も積極的に行っている。例えば作物分野においては、「ゆうだい 21」という、大学では全国唯一の登録品種のお米を開発し、栽培のしやすさや粘り強い食感で好評を博している。園芸分野においては、栃木県の開発品種であるにっこり梨の栽培に早くから取り組み、「宇大にっこり」として好評である。畜産分野においては、乳牛（ホルスタイン種）と肉牛（黒毛和種）をそれぞれ約 30 頭ずつ飼養している。肉牛については、血統の充実に取り組み、充実した肥育素牛の輩出と高品質肥育牛の生産を目指してきた。平成 26 年 6 月には、“宇大ビーフ第 1 号”を東京食肉市場へ出荷し、質・量共に大変に高い評価を得た（肉質：A5 ランク、技肉重量：539 kg）。乳牛については、15 年ほど前から乳質改善と乳製品開発に取り組んできた。その内容は、1) 乳質重視の種雄牛選定、2) 搾乳方法の改善、3) 自家配合飼料の組成と粗濃比の見直し、4) 暑熱ストレスの軽減、5) 牛舎内環境の改善、6) 放牧による生草摂取の積極的実施、7) 周産期疾病の予防の徹底、8) 実習や体験教室へのウシの積極的活用など、多岐にわたる。本レビューでは、このうちのいくつかの項目について、その概要を具体的に紹介したい。

2. 乳質改善の取組

(1) 乳質重視の種雄牛選定

乳質には、遺伝的、生理的、栄養管理、飼養環境および疾病要因が関与している。中でも遺伝的要因については、乳量の遺伝率が 0.2~0.3 程度であるのに対し、乳質については、ほとんどの項目が 0.5 前後と比較的高い。従って、乳質を向上させる際には、種雄牛の選定が非常に重要である。国立大学が国立大学法人化される過程で、全国各地の附属農場（センター）の家畜飼養管理体系は大きく変化した。宇大農場では、今も昔も替わらず朝 8 時半・夕方 5 時半の不均等間隔搾乳を実施している。不均等間隔搾乳は乳量を抑制し、また乳量の増加に伴い乳房炎リスクを著しく高める。そこで我々は、不均等間隔搾乳の負担を最小限に抑えるために、個体乳量の増加を最小限に抑えつつ、乳質の改良にターゲットを絞った種雄牛選定を行ってきた。現在の高乳質の背景には、この乳質向上に向けた遺伝子の蓄積が大きく貢献していると思われる。

(2) 暑熱ストレスの軽減

泌乳およびそれに伴う飼料摂取により代謝エネルギー量の高い乳牛は、自ら産生する熱量が多く、暑熱ストレスに対し

て非常にデリケートである。そのため、暑熱ストレスは乳量の低下、乳質の悪化、繁殖率の低下等を引き起こす。そこで、ダクト送風や噴霧などの様々な試みがなされてきたが、効果とコストを両立させたシステムは確立されていない。トンネル換気は、牛舎の長軸に沿って片側に吸気口を設け、吸気口以外のあらゆる窓を閉鎖した上で、反対側から換気扇で排気するシステムである（長尾ら 2009a）。牛舎内を効率的に換気すると同時に、牛舎内の長軸方向に風が発生することにより、暑熱対策としての効果も期待できる。我々は、繋留式の宇大農場の乳牛舎にこのトンネル換気方式を設置し（図 1）、1 週間ごとにトンネル換気稼働区（TV 区）と自然換気区（NV 区）を設け、乳牛が牛舎にいる時間帯（15 時から翌朝 6 時）の牛舎環境と供試牛（ $n = 14$ ）の変化を調べた。その結果、牛舎環境については、TV 区では、平均 2.25 m/秒の風が吹き、牛舎内気温が外気温に伴って有意に低下した。CO₂ 濃度および NH₃ 濃度は、TV 区で有意に低かった。牛体については、朝 6 時において、呼吸数は NV 区の 54.2 回に対して TV 区において 49.3 回（図 2）、体温は NV 区で 39.0℃に対して TV 区で 38.7℃と有意に低かった。また、TV 区において、横伏臥頭数が増加する傾向が認められた。泌乳成績については、TV 区で朝搾乳時の乳量が増加傾向にあり、無脂固形分率は有意に増加した（図 3）。以上より、夏季の繋ぎ牛舎におけるトンネル換気方式は、効率的な換気により牛舎内の気温やガス濃度の上昇を抑え、牛舎内に生ずる一定の風との相乗効果に

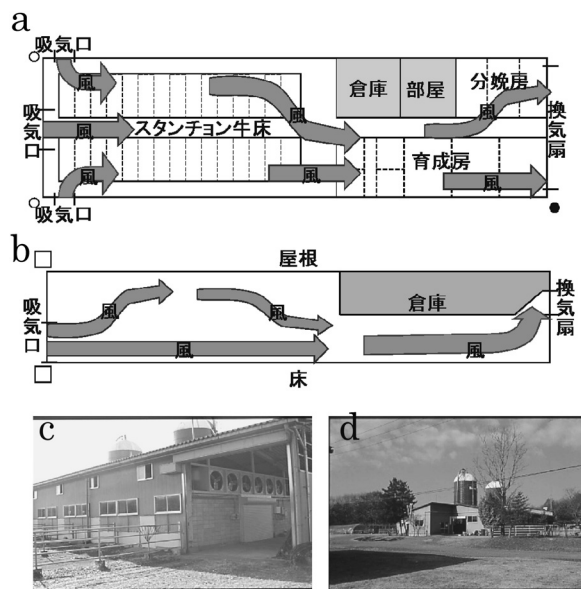


図 1 牛舎構造見取り図と換気扇設置状態

a と b は牛舎見取り図（幅：○-○ 9 m、長さ：○-● 43 m、高さ：□-□ 5 m）。c は換気扇設置状態、d は牛舎立地状況

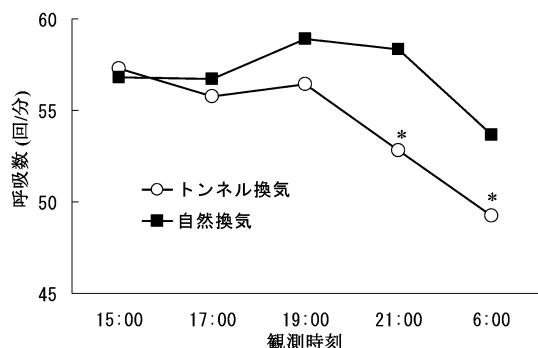


図 2 換気条件が呼吸数に及ぼす影響

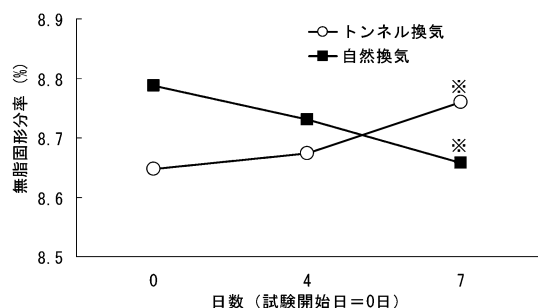
* 同時刻の自然換気時に比較して有意差あり ($P < 0.05$)

図 3 換気条件が無脂固形分率に及ぼす影響

* 試験開始日 (0 日) と比較して有意差あり ($P < 0.05$)

より、暑熱による乳牛の体温や呼吸数の上昇を抑制することが明らかとなった (長尾ら 2009a)。これらの暑熱ストレスの低減は、暑熱下で費やされる放熱のためのエネルギー損失を抑制し、結果的に乳量・乳質の改善に繋がった (長尾ら 2009b)。

こうした暑熱ストレス低減に向けた取組は、連日のように 30℃ を超える各地の夏季の牧場における乳質の改善に大きく貢献すると思われる。

(3) 放牧による生草摂取の積極的実施

放牧による生草摂取は、近代の乳量重視による高栄養価飼料給与の流れの中で軽視され、今や一部でも放牧を取り入れている酪農家は 3% 以下とされている。しかしながら、生草は乾草やサイレージにはほとんど含まれない多くの成分を含んでいる。宇大農場では、従前より、動物福祉学的観点からだけでなく、栄養学的な観点からも、放牧による生草摂取に着目し、毎年 4 月末から 10 月末まで、朝の搾乳後から夕方の搾乳前までの間の 4~5 時間は放牧による生草摂取を実施してきた。その結果、生草由来成分の代表である β カロテン、ビタミン E やグルタミン酸の血中および乳中濃度は大きく向上した (山口ら 2012, 2013)。また、これらの成分の血中濃度の上昇は、免疫グロブリン A 分泌細胞の働きを活性化させ、血中および乳中免疫グロブリン A 濃度を上昇させた。さらに、放牧時の日光浴は、血中および乳中ビタミン D 濃度を向上させた。以上より、放牧による生草摂取は、ウシ自身の健康状態の維持・向上に有効だけでなく、生乳へ移行して風味や栄養価を向上させることが明らかとなった。こうした放牧による生草の自由摂取の栄養学的効果を最大限に引き出すため

の、自家生産による良質な乾草、サイレージおよび配合飼料とのベストミックスについて、引き続き検討中である。また、ウシたちは生草が好物であり、仲間とコミュニケーションしながら好きな草の選び食いの時間は貴重なリラックスタイムである。我々は、その時間がウシ達の健康的で前向きな生活の原動力になっているのではないかと考え、現在、放牧の心理的効果についても解析中である。

(4) 周産期疾病の予防の徹底

乳牛にとって周産期は人生最大の山場である。妊娠末期の胎子のエネルギー需要と分娩直後からの泌乳量の急増によるカルシウムの消失は、乳牛にとって自律的な恒常性の維持を困難にする。このうち、エネルギー不足に対する対応は、良質な粗飼料と適切な粗濃比、乾乳期の適切な飼養管理、体脂肪動員時の脂肪肝の予防、適切な分娩管理と的確な発情発見による早期妊娠など、多面的かつ長期間の対策が必要である。一方、血中カルシウムの低下は分娩直後の急性の症状であり、2 産目以降のほとんど全ての乳牛が少なくとも潜在的には低カルシウム血症の状態に陥る。そしてそのうちの一部は臨床的低カルシウム血症、いわゆる「乳熱」に進行し、ウシ自身も酪農家も深刻なダメージを被る。予防対策として、様々な方法が提唱されているが、簡易で確実にコストパフォーマンスの高い手法は確立されていない。我々は、ウシにおけるカルシウムおよび骨代謝のマーカーについて検討し、ジヒドロキシビタミン D3 および骨型アルカリフォスファターゼが最も鋭敏なマーカーであることを確認した (市瀬ら 2009)。これらのマーカーを指標に、種々のカルシウム補給法あるいはカルシウム代謝活性向上法について検討した結果、分娩直後の急性期には、液状カルシウム剤の投与が効果的であることを明らかにした (関根ら 2002)。また、分娩に先立ってカルシウム代謝活性の向上に、分娩直前のリュウキュウヤナギの経口投与が有効であることも明らかにした (藤井ら 2012)。現在は、これらの方法を組み合わせて、低カルシウム血症の迅速で確実な予防を徹底している。

(5) 実習教育への積極的活用

大学附属農場 (センター) は、かつては農学部 of 学生のための実践的専門教育の場としての使命を担っていた。しかしながら今や、「食」「生命」「環境 (あるいは土、自然)」をキーワードとする体験的で総合的な学習の場としての意義が大きく高まっている。その結果、従来の農学部の学生に対する実習教育に留まらず、農学部以外の様々な分野の学生に対する基盤的教育の場として、あるいは栄養学系や家庭科教育系、環境系などの専門教育を補完する場としても注目されている。宇大農場は、従前より大学附属農場 (センター) のそうした新しい多面的価値について着目し、様々な活動に取り組んできた。平成 22 年度からは文部科学省により「教育関係全国共同利用拠点」に認定され、その活動の幅を広げてきた。その教育効果は、様々な角度から検証されている (宇都宮大学年次報告書平成 23, 24, 25 年度; 井元と仙波 2011; 風見ら 2013; 石川と藤原 2014; 野田 2014)。また、宇大農場は地域の子どもの体験的学習の場としても幅広く活用されている (長尾 2008)。

このような専門知識を持たない様々な学生あるいは子どもたちへの基盤的な学びへの乳牛の活用は、ウシたちにとって過大なストレスになり、乳房炎等の疾病発生の原因になる、



図 4 共同利用拠点実習を楽しむウシと学生

と危惧する声がある。しかしながら我々は、元来ウシは我々とのスキンシップ（正確にはマインドシップ）を好んでいるのではないかと考え、実習へのウシ達の積極的活用を進めてきた。そのためには、日頃から、技術職員や学生たちによる愛情や誠実な飼養管理が必要条件となる。そうした飼養管理の継続により我々とウシとの強い信頼関係さえ築くことができれば、ウシたちはむしろ積極的かつ献身的に実習に臨む（図 4）。その結果、乳牛を実習にフル稼働させることが可能となり、放牧場でのスキンシップから始まり、給餌・搾乳、搾乳したミルクを使用した乳製品加工・調理実習までを一貫した実習として実施できる。また、タイミングさせ調整できれば、分娩助産や新生子管理実習も可能である。我々はさらに、こうした実習と実験室における体外受精実験や牛舎における人工授精実習および子宮内胎子観察実習を組み合わせ、動物生命科学実習を実施している。乳牛はまさに「食」と「生命」の関わりを学ぶための絶好の教材なのである。

3. 乳質向上と乳製品開発

以上のような様々な取組の結果、宇都宮大学の生乳は、平成 25 年度の年平均で乳脂肪率が 4.6%、無脂固形分率が 9.0%と、その他の微量成分や風味と合わせて様々な特徴を有するに至った。こうした成果を地域の食や酪農に還元することを目的に、特徴的な乳製品の開発を試みた。大学に依る自前の設備設置は予算面で困難なため、小ロットでの製造を行っている県内チーズ職人（天谷チーズ工房）とタイアップして、平成 15 年によろやく宇都宮大学の生乳 100% のフレッシュチーズの製造・販売に辿り着いた（図 5）。とくに春から秋にかけての放牧乳由来のチーズは、その特徴的な脂肪酸組成により味わいが深く、非常に好評を博している。また現在は、生乳から乳酸菌を分離し、その菌の培養法や発酵法を検討し、風味豊かな発酵バターを生産することを試みている。また、地元の酪農協同組合とのタイアップによる「宇都宮大学牛乳」の地域・数量限定販売に向けて、現在準備中である。

4. 全国大学附属農場協議会の取組

全国各地の 52 大学に 53 ある農場（センター）では、地域に根ざした様々な特徴的な農産物生産に取り組んでおり、59%にあたる 31 農場（センター）で、独自の生産物（ブランド品）を有している。以下に、畜産・酪農分野の代表的な例を紹介する。

帯広畜産大学畜産フィールド科学センターでは、「Farm to



図 5 宇都宮大学農学部附属農場産乳製品のラインナップ

Table」における「食の安全」を主眼にした特徴的な教育・研究を展開している。平成 25 年度に FSSC22000 の認証を受けた乳製品工場で生産した「畜大牛乳」や「畜大牛乳アイスクリーム」を販売している。

弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター金木農場では、平成 21 年度より、リンゴジュース加工後に残る搾り粕を穀物と混合した独自の飼料を用いて、地域ブランドを目指した「弘大アップルビーフ」の生産技術の開発に取り組んでいる。

北里大学獣医学部附属フィールドサイエンスセンター八雲牧場では、日本短角種の純粋種などの特徴的な品種を用いた土・草・家畜の資源循環型畜産の実践を通じて、「北里八雲牛」という赤身牛肉ブランドを確立し、販売している。

新潟大学農学部附属フィールド科学教育研究センターでは、資源循環型酪農と乳牛の飼養管理、乳製品の加工や流通に関する教育・研究を通じて開発した「新大アイス」を平成 25 年 4 月から販売している。

宮崎大学農学部附属住吉フィールドでは、家畜の健康と福祉を考慮し、可能な限り放牧を主体として飼養された乳牛から得られる生乳を活用し、学内の加工施設にて生産した牛乳を、大学独自ブランドである「宮崎大学 Milk」として販売している。また、黒毛和種においても、大学独自ブランドである「宮崎大学 Beef」の生産・販売を行っている。

このような多くの成果は、それぞれの大学附属農場（センター）による、地域の特性の活用、安全・安心や特徴的な機能成分の強化を追求する様々な研究の長い蓄積の結果である。しかしながら、その生産物を流通・販売して広く社会に還元するシステムを持たず、折角の特徴的な生産物が宝の持ち腐れになっているケースが少なくない。大学附属農場（センター）の全国組織である「全国大学附属農場協議会、会長：田島淳二（筑波大学）、以下協議会」は、そうした全国各地に眠っている成果を広くアピールし、社会への還元をサポートする活動を行ってきた。例えば、新宿タカシマヤを会場に毎年 6 月に開催される「大学は美味しいフェア（主宰：NPO 法人プロジェクト 88）」は、全国の大学発の商品を一堂に会して紹介・販売する企画であり、平成 26 年度で第 7 回目を数えた。協議会は当初よりこのフェアを大学附属農場の取組を発信する絶好の機会として捉え、積極的に参加してきた。また、平成 17 年度より「一農場一アピール」を毎年発行し、各大学農場（センター）の様々な取組を全国へ幅広く紹介している（全国大学附属農場協議会 2014）。協議会では、今後とも、様々な機会を活用して、各大学の努力の成果を積極的にアピール

3. 90 周年記念公開講演会ミニレビュー

してゆきたいと考えている。

5. 総括と今後の展望

大学における研究成果は、一般的には関連学会や学術論文における発表に依るが、研究成果を生産物として得て、世間に発信できることが農学部附属農場（センター）の醍醐味である。そしてその成果は、研究に直接的に関わった教員や学生達のアイデアや努力・情熱だけでなく、実習に関わった多くの学生達ならびに技術職員の愛情や誠意の賜でもある。大量生産には馴染まないため、販売する際の価格は必ずしも安くはないが、個性的で安心・安全に応えられる生産物ばかりである。今後とも、全国各地の大学附属農場（センター）から発信される生産物や、その生産過程の体験的学習等を通じた幅広い教育活動に、是非とも注目していただきたい。

文献

- 藤井一徳, 山口美緒, サラントラガ, 石井順一郎, 浦本右文, 中村 修, 長尾慶和. 2012. 周産期乳牛へのリュウキュウヤナギ単回投与による低カルシウム血症予防法の検討. 日本畜産学会第 115 回大会講演要旨集. p. 125.
- 市瀬瑞樹, 杉田昭栄, 長尾慶和. 2009. EDTA 静脈内投与により低カルシウム状態に誘導したヒツジにおけるカルシウムおよび骨代謝マーカーの動態. *Animal Behaviour and Management* **45**, 1-8.
- 井元りえ, 仙波佳子. 2011. 家庭科教員養成における農場での生産実習の意義. 日本家庭科教育学会第 54 回研究発表会要旨集. p. 50-51.
- 石川朋子, 藤原葉子. 2014. 大学院教育課程における高度食育専門家の育成—お茶の水女子大学大学院「SHOKUIKU プログラム」—. 日本食育学会誌 **8**, 105-110.
- 風見公子, 茂木秀喜, 辻 雅子, 渡邊香緒里, 村上香奈, 桑田 有. 2013. 大学生を対象とした農業体験を中心とする食育. 人間総合科学 **24** (13-1), 79-88.
- 長尾慶和. 2008. 大学の飼養家畜を活用した「様々な命」の学び. 動物飼育と教育 **9**, 20-24.
- 長尾慶和, 前田憲政, 坪 一博, 市瀬瑞樹. 2009a. 繋ぎ牛舎におけるトンネル換気システムが夏季暑熱時の牛舎環境および牛体に及ぼす影響. 日本畜産学会報 **80**, 349-357.
- 長尾慶和, 関奈緒美, 市瀬瑞樹. 2009a. 繋ぎ牛舎におけるトンネル換気方式が夏季暑熱時の乳牛の生産性に及ぼす影響. *Animal Behaviour and Management* **45**, 153-160.
- 野田知子. 2014. 教育農場における食の生産についての学びの意義. 帝京大学教育学部紀要 **2**, 207-216.
- 関根涼子, 施蘇 武, 小里有弘, 長尾慶和. 2002. 周産期乳牛に対する液状カルシウム剤の投与効果. 日本畜産学会第 100 回大会講演要旨集. p. 57.
- 宇都宮大学農学部附属農場. 2014. 宇都宮大学平成 23 年度教育関係共同利用拠点事業（農場分野）報告書. 宇都宮大学, 宇都宮.
- 宇都宮大学農学部附属農場. 2015. 宇都宮大学平成 24 年度教育関係共同利用拠点事業（農場分野）報告書. 宇都宮大学, 宇都宮.
- 宇都宮大学農学部附属農場. 2016. 宇都宮大学平成 25 年度教育関係共同利用拠点事業（農場分野）報告書. 宇都宮大学, 宇都宮.
- 山口美緒, サラントラガ, 緒方和子, 大澤吉弘, 内藤多希, 萩原敏夫, 前田 勇, 蕪山由己人, 飯郷雅之, 東 徳洋, 長尾慶和. 2013. 放牧が乳牛の乳質に及ぼす影響に関する栄養学的解析. 日本畜産学会第 116 回大会講演要旨集. p. 101.
- 山口美緒, サラントラガ, 坪山美絵, 大澤吉弘, 内藤多希, 前田 勇, 蕪山由己人, 東 徳洋, 長尾慶和. 2012. 放牧による生草摂取が乳牛の乳質に及ぼす影響. 日本畜産学会第 115 回大会講演要旨集. p. 153.
- 全国大学附属農場協議会. 2014. 一農場一アピール. 全国大学附属農場協議会ホームページ, Available from URL : <http://www.geocities.jp/jufc1949/01-appeal>

乳酸菌 H61 株の商品化と普及に向けた取り組み～研究者の挑戦～

木元 広実

(独)農研機構畜産草地研究所

1. 乳酸菌 H61 株の特性

我が国では高齢社会を迎え、老後が長くなるなか中高年層、高齢者層の生活の質（Quality of Life：QOL）の向上が求められている。乳酸菌は代表的なプロバイオティクス（適量摂取により宿主の健康維持に有益な働きをする生きた微生物）として知られており、整腸作用、花粉症の症状緩和作用等の様々な効用が報告されている。筆者はこれまでに老化促進モデルマウスを用いた研究において、乳酸菌ラクトコッカスラクティス H61 を老年期に骨粗鬆症を発症するマウスに与えると、老化の進行に伴う骨密度の減少及びマウスの外観の劣化（脱毛、潰瘍発生等）が抑制されることを見出した。H61 株のヒトにおける効果については現在研究中であるが、肌の老化について女性の関心が高いことから、H61 株を 20～60 代の女性に 4 週間の間（2 月上旬～3 月上旬）、毎日、食べてもらったところ、50～60 代でプラセボ（H61 株なし）摂取群では試験開始前に比べて頬の水分量の減少が見られたが、H61 株摂取群では水分量の増加が見られ（図 1）、H61 株の摂取は中高年層の肌の乾燥を抑制する可能性があることが示された。

2. 商品化への取り組み

2.1. 地域における活動

マウスにおける H61 株の作用については、「老化抑制作用を有する乳酸菌およびその用途」（特許第 4604207 号）として平成 22 年に特許を取得した。現在、茨城県内の企業 2 社と農研機構の間で当該特許に係る特許実施許諾契約が締結され、H61 株を使ったドリンクヨーグルト、カップタイプのヨーグルトがそれぞれの企業から販売されている。これらの製品の商品化にあたっては、地域のつながりが大きく作用した（図 2）。すなわち畜産草地研究所が所在する茨城県、茨城県工業技術センター、いばらき成長産業振興協議会、つくば市、株式会社つくば研究支援センター、筑波大学、茨城県内企業との連携により、地域一体型のものづくりという面で商品化が

行われた。裏話になるが、はじめに茨城県工業技術センターと当研究所では H61 株とは別のテーマで共同研究をしていた。その打ち合わせのあとの雑談のなかで、筆者が H61 株の特性を紹介したところ、センターの担当者がその話に興味を持ち、H61 株の活用部会を立ち上げたのが商品化への活動の始まりである。その後、センターの方から乳酸菌の活用を考えている企業を紹介していただき、また、H61 株を使ったヨーグルトの製造に関して、たね菌の作り方、培養時間、味つけ等、センターから企業に対し、手厚い支援があったと聞いている。茨城県の協力があったはじめて我々の研究成果が実用化できたものと考えている。

2.2. 全国区での活動

一方、H61 株の老化抑制作用は加熱処理をした死菌体でも見られることから、H61 株はヨーグルト以外の製品へも応用が可能である。死菌体は生菌体に比べて取り扱いが容易であり、菓子やジュース等にも添加でき、H61 株の利用性は幅広い。筆者は H61 株の新しい分野での利用にあたり、特許の実施企業・共同研究のパートナーを探していた。H23 年 6 月に、科学技術振興機構と農研機構の共催で新技術説明会が開催された。当該説明会は、大学等の研究機関が特許出願中または特許を取得した新しい技術を説明し、技術の実用化・普及を図ることを目的として行われている。当日の説明会には企業関係者等、約 100 名が参加した。本イベントで筆者は「食品・サプリメント・ペットフードに老化抑制機能をプラス！」という演題で発表し、発表技術に関心がある企業関係者と面談を行った。結果として特許実施許諾契約 2 件、オプション契約（製品試作のための契約）1 件が成立した。いずれも乳業メーカー以外の企業であり、H25 年末より H61 株の菌体を添加したパン、H26 年 4 月には H61 株死菌体を含むサプリメントが発売された。

続いて、研究成果の実用化を推進する取り組みとして、当研究所が H23 年 11 月から 12 月にかけて全国 7 カ所（札幌市、仙台市、東京都、名古屋市、大阪市、金沢市、博多市）で開催した「乳酸菌 H61 株の活用に関するマッチングセミナー」

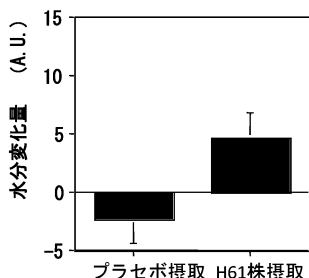


図 1 50～60 代女性の頬の水分量に対する乳酸菌 H61 株の摂取効果

A.U.: 任意の単位 水分変化量: 試験後の値から試験前の値を引いたもの（一群あたり 7 人）木元ら（2012）日本畜産学会報より改変。

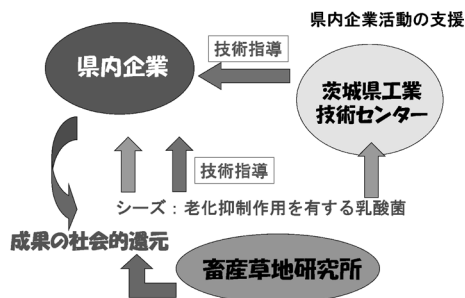


図 2 産学官連携の事例

3. 90周年記念公開講演会ミニレビュー

を例としてとりあげる。一つの研究テーマによるマッチングセミナーの全国開催は当研究所としても初めての試みであり、最も苦労したのはセミナーへの参加者をいかにして集めるか(集客)ということであった。これについては、研究所内の産学官連携センターの主導で行われ、乳酸菌の活用に関心が高いと思われる企業への案内状の送付、農研機構メールマガジンへの掲載、研究所のホームページへの掲載等を活用し、セミナーへの参加を呼びかけた。その結果、セミナー全体で民間企業から15名、公設試験場から4名の参加があった。ちなみに、今回の集客において最も効果を発揮したのは郵送による案内状の送付であった。インターネットを利用した情報発信だけでは拾いきれないニーズがあるようである。

本セミナーは二部構成で行った。第一部は研究シーズの発信としてH61株の特許情報の提供や共同研究に関する提案を行い、第二部においては実需者との個別面談(12件)を行い、企業ニーズの把握、特許使用の条件等について説明した。結果として民間企業との共同研究3件、特許実施許諾契約1件、オプション契約2件が成立した。当該企画は、全国で開催したため、様々な地域の方々と交流することができ、また、学会等では出会うことができない異分野の方々と共同研究の開拓にも繋がったことから、研究成果を発信するための良いモデルケースになるものと思われる。

3. 普及への取り組み

3.1. ヨーグルトレシピ募集

さて、H61株を広く普及させるには、消費者、食品メーカー等の関係者にH61株に関する情報を伝える必要があるが、研究成果を学会等で発信しても消費者の方々には情報として届かないことが多い。そこで、筆者は消費者の生活に日常的にH61株を取り入れてもらうためには、料理の食材に利用できればよいのではないかと考えた。特に、H61株の特性として、加熱処理した菌体でも肌の改善作用が期待できるので、利用できる料理の幅が広いことがあげられる。ここではヨーグルト製品を利用した例を紹介する。近年、牛乳の消費量は低下している一方、牛乳を利用した加工品、ヨーグルト、チーズの消費は伸びている。特に機能性ヨーグルト市場は、消費者の健康志向を反映して今後も市場の拡大は続くものと思われる。そこで、当研究所では、乳酸菌H61株の普及とヨーグルトの消費拡大を目指してH25年2月から6月にかけて、「ヨーグルトを使ったレシピ」の一般公募を行った。レシピ募集の方法は図3に示した他、つくば市内でサイエンスカフェを開き、そこでも募集の告知を行った。ポイントは、食への関心

が高い人が目に留めやすいと思われるレシピ募集の広告のなかにH61株の研究成果を盛り込んだことであり、その結果、当該企画が新聞、情報誌等の宣伝媒体にとりあげられ、多くの人にH61株の特性を伝えることができた。応募作品は当研究所のホームページ(<http://www.naro.affrc.go.jp/nilgs/LBA-H61/index.html>)上で公開されており、アイデア豊かなレシピが多数含まれている(図4)。ぜひご覧いただきたい。

3.2. ヨーグルト料理の試食会の開催

続いて、公募により集まったレシピを用い、平成25年11月に「乳酸菌H61株についての研究成果発表&H61株を含むヨーグルトを使った料理の試食会」を開催した。料理の提供をお願いしたレストランシェフには応募レシピのなかから数点の料理を作ってもらい、また、シェフのオリジナルレシピによる料理も出していただいた。集客に関しては地域のフリーペーパーに広告を掲載し、また、研究発表と試食会をかねたイベントを開催するとして、研究所からプレスリリースを行った。その結果、いくつかの宣伝媒体に取り上げられ、イベントへの参加について200名を超える応募があった。最終的に抽選により選ばれた消費者約60名に参加していただいた。イベント参加者自体の数は多くはないが、「試食会」に注目し、広告に目を留めた方のうち何割かはその広告に記載してあるH61株の成果についても読んだと類推すると、その普及効果は大きいと考えている。

イベントの前半はH61株のこれまでの成果についての講演を行い(図5)、後半は、H61株を含むヨーグルトを使った料理をビュッフェ形式にて提供した(図6)。参加者からは乳酸菌の機能に関する質問が相次ぎ、この分野に対する関心の高さがうかがえた。また、筆者は参加者との交流を通じ、自宅でヨーグルトを作っている方がかなり多いことを知り得た。ヨーグルトや味噌など、自分で作った食品を自分で食べるこ

ヨーグルトと生ベーコンのピザ



ヨーグルトでバナナコッタ



図4 ヨーグルトレシピ

(a)つくば市内のフリーペーパー「つくまる」(2013年2月号)にヨーグルトレシピ募集広告を掲載。市内の飲食店、公民館等(約300カ所)に配布。

(b)フリーペーパー「月刊ぶらざ」(水戸版、県北版、県南版:2013年2月号)にレシピ募集広告を掲載。各家庭に配布(約30万部数)。

(c)レシピ募集チラシをつくば市近郊の公民館、公立学校、料理教室、農協、個人商店、牧場等55カ所に郵送。

(d)畜草研ホームページ上でレシピ募集の告知。

図3 ヨーグルトレシピの募集方法



図5 研究成果発表会の様子



図 6 試食会の様子

とは我々の生活のなかに浸透しているようである。このことを有効利用できないだろうか？

3.3. ヨーグルト料理教室の開催

そこで、公募で集めたレシピを用いて H25 年 11 月から H26 年 2 月にかけて「乳酸菌 H61 株についての研究成果発表 & H61 株を含むヨーグルトを使った料理教室」を全国 3 カ所（茨城県、大阪府、岩手県）で開催した。当イベントの開催方法としては、定期的に料理教室を行っている企業に当該企画を持ち込む他、農水省の“食のオフィシエ”として登録している方に講師をお願いする方法も用いた。イベントにおいては、はじめに筆者が H61 株の研究成果を参加者に説明し、その後、料理講師によるレシピの説明、料理のデモンストレーションに続き、参加者が料理を行った。できあがった料理の試食の際、H61 株に関する質問を受け付けたが、多数の質問があった。

当該企画は、H61 株の成果に関する普及が目的であったが、副次的に地域内のコミュニケーション度を高める効果も得られた。すなわち、料理教室ではグループごとに作業をするので、連帯感が生まれやすく、料理教室が終わる頃には参加者同士が連絡先を交換する場面も見られた。ひとつの研究成果が商品を生み、それを利用したイベントが開催され、そこに参加した人々に何らかのプラスの効果をもたらす。価値の連鎖である。

4. おわりに

以上の取り組みは当研究所の広報部門、企画部門、総務部門の協力を得て行われた。いずれも研究者である筆者自身は

もちろんのこと、研究所としてもこれまでに経験がない取り組みであり、一つの企画を実行するまでに組織全体で多くの時間と労力を費やした。しかし、それに見合うだけの成果をあげたものと考えている。一方で、成果の普及が進むためには、研究成果が優れている（魅力的である）ことも要因の一つとしてあげられる。特に、筆者は成果の“可能性”が人を引きつけるのではないかと考えている。「もしかしたら大きな事業につながるかもしれない」「自分がこの成果をもっと大きくすることができるかもしれない」等の思いが事業を前に進める原動力となるのではないか。インターネットを使って情報を得ることができる昨今であるが、筆者は対面で伝えられた情報には特別の価値があると考えている。得られた研究成果のポイント、可能性等、自らの成果だからこそ情熱をもって伝えられるものがある。ものをつくるのは人であり、人を動かすのは“熱意”である。研究者本人が熱意を持つのはむしろであるが、加えて、「その研究成果をぜひ自分の会社で商品化したい」という熱意をもつ人に会えるかどうか、成果の実用化への鍵である。ではそのような人々に出会うにはどうしたら良いか？展示会への出展や上記のようなセミナーでの情報発信等が有効であるが、これらが多くなると研究の進行が妨げられる。本稿で紹介した一連の取り組みに関する相手方との交渉は主として筆者が行ったが、本来、このような交渉は広報の専門家に任せるのがよいのかもしれない。しかし、その一方で研究者自らが広報活動を行うことは大きなインパクトを持ち、連携交渉が有利に進む場合がある。さらに、今回、企業のニーズや消費者の関心動向の把握、異業種の方との連携等、研究所の外での活動によって筆者と研究所が得たものはたくさんある。これらは今後も研究活動や広報活動を進めて行く上で大きな力となるはずである。そしてさらに大事なことは得られたノウハウを次に引き継いでいくことである。まずは本稿が学会員の皆様の産学官連携活動の一助となれば幸いである。

これらの取り組みは農研機構広報連携促進費および農水省新需要創造フロンティア育成事業の助成を受けて行われた。ここに謝意を表す。

赤身牛肉「放牧仕上げ熟ビーフ®」の普及に向けた現地実証試験

松本 和典

農研機構近畿中国四国農業研究センター

帯刀 一美

島根県中山間地域研究センター

農家の高齢化等の理由により、国内の耕作放棄地は約 40 万 ha にのぼる。昨年、農林水産省から発表された【「攻めの農林水産業」の具体化の方向】では、耕作放棄地解消の抜本的な強化が明示されている。耕作放棄地での放牧は繁殖牛において以前から活用されていたが、牛肉生産に結びつける取り組みは少数であった。特に黒毛和牛は霜降り牛肉を生産しなければ肥育農家の経営が成り立たないことから、試験研究レベルからなかなか抜け出すことができない状況にあった。しかしながら、近年マスメディアが赤身牛肉を取り上げる機会が増え、霜降り牛肉との共存をはかりつつ赤身牛肉生産を図る取り組みが大学や研究機関において活発になり、小規模ながらも実践する生産者も増えてきたようである。

本稿では黒毛和種経産牛の赤身牛肉である「放牧仕上げ熟ビーフ®」生産の事業化に向けた現地実証試験について、島根県との連携および外食産業、6 次産業化に向けた業者との取り組みについての現状を報告する。

【放牧仕上げ熟ビーフ®とは】

繁殖供用を終えた黒毛和種経産牛を中山間地域に点在する耕作放棄地において、5 ヶ月以上放牧だけで仕上げて生産した赤身牛肉が「放牧仕上げ熟ビーフ®（通称：「熟ビーフ®」）」である。放牧仕上げ期間は補給目的での補助飼料は使わず、特に輸入濃厚飼料を使わないため、脂肪分の少ない赤身牛肉となる。BMS No. は、ほとんど 1 となるため肉質等級は 1 である。また、肉色が濃く、 β -カロテンを多く含み脂肪色は黄色いため、一般市場への流通が難しく独自の販路開拓が必須である。しかし、黒毛和種経産牛は「肉の味」が濃厚であるため洋食の料理人から高く評価されている。霜降り牛肉のような高級食材にはならないが、ヒトのタンパク源として日常的に購入できる牛肉となる。

繁殖供用を終えた経産牛を素牛とし、放牧仕上げ期間中は飼料代がかからないため、輸入牛肉と同程度の価格設定が可

能である。赤身牛肉ではあるが、黒毛和牛の特徴を反映し、筋肉内脂肪含量は海外品種よりもむしろ多い。脂肪酸組成は多価不飽和脂肪酸が多く、特に n-3 系脂肪酸の割合が高い（松本ら 2008；松本 2013）。また副次的効果として、景観保全や獣害防止効果も期待できる。

【事業化に向けたコンセプト】

「放牧仕上げ熟ビーフ」および通称である「熟ビーフ」は、いずれも商標登録をしている（2012 年 9 月）。この熟ビーフの取り組みは、耕作放棄地の活用や、中山間地域において高齢化の進む集落の地域コミュニティの活性化といった社会的側面があることから、島根県中山間地域研究センターと連携して事業化を目指した取り組みを進めている。

事業化のコンセプトは、1) 肩ロースやバラ等は焼肉用などの用途別にスライスして注文販売する「地産地消」、2) ヒレやサーロインといった高級部位やランプ肉等、洋食レストランで活用できる部位は県外へ販売する「地産外消」、3) それ以外の活用しにくい部位は加工品にする、という三本柱で進めている。事業化に向けては、「熟ビーフ連絡会」（後述）を立ち上げ、近畿中国四国農業研究センター、島根県中山間地域研究センター、島根県立農林大学校の 3 つの機関が連携し、役割を分担して現地実証試験を行っている。この事業化の過程で、6 次産業化を視野に入れた様々な取り組みを行いながら、研究活動から発展した産業として成立させることを最終目的としている。

1) 島根県での地産地消

島根県中山間地域研究センターでは耕作放棄地解消を目的にした研究の中で、集落が牛や資材を所有して管理運営を行う場合の経済性について検討している。多くの集落では、設備や労力がかかることから子牛生産等で収益を上げている例は少ない。「熟ビーフ」生産はその意味では現場のニーズにあった低コスト、高齢者向けの手法であり、「熟ビーフ」という商



図 1 「放牧仕上げ熟ビーフ」のロース迄（真空パック、リブロース）



図 2 「放牧仕上げ熟ビーフ」の現地実証試験（島根県大田市、野城放牧組合）

品が地域特産品として普及すれば地域活性化につながることから、近畿中国四国農業研究センターと連携して大田市を中心とした現地実証に取り組んでいる。

地域特産品はまず、地元での認知度を高めていく必要があり、まず「熟ビーフ」という商品の「売り方」を検討した。商品化に必要な「ロット」「品質」「価格」「ストーリー性」の4項目のうち、集落ビジネスとして経済性にも影響する「価格」については輸入牛肉と競合できる程度の設定とした。ロットが少ないため当初から一般の市場流通は考えず、精肉に関しては注文販売の形にし、大田市を中心に営業展開を図った。また、地域特産品販売の拠点である道の駅を核として加工品、調理品の試作販売を実施した。これらの取り組み経過の中で課題となったのが食肉販売業者の選定と肉の保管場所である。

耕作放棄地放牧を原則とする「熟ビーフ」は、出荷が9～11月に集中することから、定期的な注文販売に対応できる保管施設を持った食肉販売業者が望ましいが、大田市ではそのような業者が見つからず当初はかなり離れた地域の業者に依頼した。

現在は地域での理解と協力を得るため、島根県農業普及部、大田市役所、JA 石見銀山との会議を重ね、「熟ビーフ連絡会」を立ち上げ、商標権の取り扱いや販売ルートの確保等、自立した展開を検討している。「熟ビーフ」生産を行う集落組織の努力もあり、「熟ビーフ」注文の増加とともに、上記の課題も少しずつ解決しつつある。

島根県では「集落営農の多角化」の一環として放牧を中心とした畜産経営の導入をすすめており、「熟ビーフ」の取り組みは畜産経営+6次産業化の有効な手段と位置づけられる。目標は経費を除いた農家の手取り収入を15万円としている。過去2年間の平均は1頭当たり17万円程度である。当初のねらいどおり「熟ビーフ」価格については消費者の満足度は得られているが、現在の素牛価格、加工・販売手数料の上昇など目標利益の減少が懸念されており、今後の課題となると考えている。

2) 島根県外への「地産外消」

赤身牛肉のブランドを立ち上げる場合、外食産業（洋食店）における料理人の評価が重要となる。これは、ヒレやサーロインといった高級部位を県外に販売する「地産外消」のためであるが、それ以外にも「熟ビーフ」という新しい赤身牛肉ブランドの料理人による評価と、地元で精肉として販売する際に霜降り牛肉とは異なる調理方法を消費者に提案するための助言を得るためでもある。

イタリアンレストラン等では、脂肪分の多いソースを使う

場合が多いが、霜降り牛肉と脂肪分の多いソースの組み合わせでは、「脂」と「脂」の組み合わせになってしまうため調理がしにくいようである。このため、東京の本格的なイタリアンレストラン等では海外産赤身牛肉や褐毛和種、国産交雑種が使われている。料理人の多くは「キメの細かい」黒毛和牛の赤身牛肉を使いたいようであるが、大学や研究機関、小規模の放牧肥育農家で生産された、流通量が極めて少ない牛肉を仕入れているのが現状である。熟ビーフは現在、東京と京都の2店舗で季節限定メニューとして提供している。また、地産外消にはならないが、島根県内でレシピ開発に協力してもらっている1店舗でも限定的メニューとして提供している。

今後、赤身牛肉ブランドを立ち上げる研究機関の一助となるように日本畜産学会90周年記念事業公開講演会では、外食産業とのマッチングの手法を紹介した。「熟ビーフ」の場合、(1)研究者やコーディネーターによる紹介、(2)イベントでのマッチング、の2つの手法を使っている。(1)では、どういった需要があるかを聞き、サンプルを提供して感想を聞き、(2)では、イベント会場で意見交換をし、後日サンプルを提供して、マッチングの可能性を探る。(1)は、はじめから「熟ビーフ」に興味を持ってもらっていること、また研究者1人の出張で行けるが、(2)は大規模なイベントが少なく、試食が必須であるため、前年度から計画し予算を確保しなければならない。(2)は効果的ではあるが「熟ビーフ」では加工業者とのマッチングには成功したものの、現在の提携店舗はすべて、(1)である。

3) 加工品の開発…6次産業化に向けて

「熟ビーフ」の場合、洋食店で使用される部位はヒレ、サーロイン、リブロース、ランプ等に限られており、その他の部位は硬さというデメリットがあるため精肉としての販売も限られている。このため、外食産業や精肉用途に向かない部位(未活用部位)を付加価値の高い加工品とする取り組みが必要になってくる。

加工品開発は島根県外加工業者との試作を近畿中国四国農業研究センターが担当し、島根県内を島根県中山間地域研究センターが主に担当している。イベント等でマッチングした島根県外業者に複数の加工品の試作を依頼し、それを研究所の一般公開等を活用して消費者にアンケート調査を行ない、この結果を受けて改良を重ねるという手順をとっている。加工品のメリットは、真空パックやレトルト商品が多いため、精肉と違い保存しやすく道の駅や地元観光地で販売しやすいという点と、大きな利益につながる可能性があるということである。



図3 「放牧仕上げ熟ビーフ」の販売用スライス (500g)

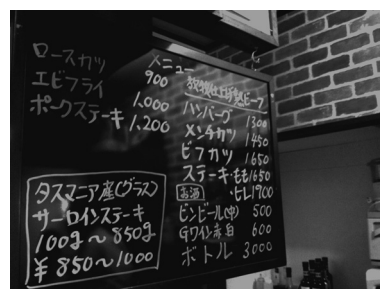


図4 「放牧仕上げ熟ビーフ」メニュー (京都市、キッチンごりら)

3. 90周年記念公開講演会ミニレビュー



図 5 フードテック 2011 (国際食品産業創造展) において出展 (大阪市)

また、他の地元食材とのコラボレーション商品も開発中であり、将来の6次産業化を視野に入れて取り組んでいるところである。

【最後に】

「熟ビーフ」生産における毎日の作業はウシを見に行くことだけであるが、この「放牧監視」が重要である。毎日見ているからウシの異常に気が付きやすく、転牧時期の判断も容易になる。重労働と言えるのは転牧先の電気牧柵張りぐらいであるが、この作業も数人で1時間程度である。この「省力性」は、高齢者の多い中山間地域において受け入れられやすい。

耕作放棄地の活用に貢献しつつ、高齢者にもやさしい省力・低コストで生産される「放牧仕上げ熟ビーフ」は他の府県においても参考にいただければ幸いである。



図 6 「熟ビーフバーガー」(島根県立農林大学校とのコラボレーション商品)

【謝辞】現地実証試験に協力いただいた、三久須放牧組合(島根県大田市)、野城放牧組合(島根県大田市)、島根県立農林大学校、社会開発研究センター石原隆司事務局長、キッチンろ(東京都)、キッチンごりら(京都市)、Mrs. ロビンフッド(島根県飯南)、道の駅ロード銀山(島根県大田市)、に謝意を表します。

文献

- 松本和典, 柴田昌宏, 小林英和, 高橋佳孝. 2008. 放牧を活用した黒毛和種経産牛肉の高付加価値化技術. Available from URL : <http://www.naro.affrc.go.jp/results/laboratory/warc/2008/wenarc08-05.html>
- 松本和典. 2013. 耕作放棄地で生産した「放牧仕上げ熟ビーフ」の特徴. 畜産技術 697, 7-11.

都府県酪農における栄養・飼料をめぐる課題 —公設研究機関共同研究での 10 年間の取り組み—

川嶋 賢二

千葉県畜産総合研究センター

1. 都府県酪農の現状について

乳牛の泌乳能力の向上は目覚ましく、都府県で飼養管理されている牛群検定牛の 305 日乳量は平成 23 年度には 9,395 kg に達した。一方、乳量を重視した濃厚飼料多給の傾向が強まり、草食動物である乳牛にとっては消化生理の限界に近づいていると考えられる。濃厚飼料多給により管理される高泌乳牛は、外見上は健康でも第一胃内の pH が一過的に 5.8 以下に低下する潜在性アシドーシス（SARA）の状態にあることが指摘されている。SARA は第一胃内のエンドトキシン上昇を介した分娩後の代謝疾患の発症や空胎期間の延長の一因とされており、実際に酪農現場において様々な影響が顕在化している。

このような状況のなか都府県の酪農経営は急激な飼料費の高騰や初妊牛価格の高値安定等により収益性がさらに悪化しており、我々は「高泌乳牛の健全性向上」と「周産期飼養管理の適正化」、「後継牛の安定的な確保」に関する研究に取り組んだ。

2. 公設研究機関による共同研究の取り組みとその概要について

千葉県畜産総合研究センターでは、平成 11 年の関東東北陸農業試験研究推進会議において初産分娩月齢の早期化が重点検討事項となったことから、農林水産省畜産試験場の四十万谷吉郎大家畜研究官と寺田文典反すう家畜代謝研究室長（いずれも当時）の協力を得て、千葉県、石川県、茨城県、富山県、愛知県（平成 23 年まで参加）、神奈川県、長野県（平成 17 年まで参加）の 7 県の公設研究機関（育成グループ）による共同研究を開始した。（独）畜産草地研究所の担当が平成 15 年に櫛引士郎上席研究員に引き継がれたのを機に、研究対象を育成牛から哺乳子ウシへ、さらに高泌乳牛へと拡大

し現在に至っている。本総説では、育成グループによる共同研究を中心にその概要を紹介する。

2-1. 哺育・育成牛に関する研究

酪農経営の安定には、牛群の泌乳能力向上が不可欠である。そのため、能力の高い後継牛を効率的に哺育・育成するための管理技術の確立が必要である。

(1) 初産分娩月齢の早期化に関する研究

育成グループでは、初産分娩月齢の早期化を目的として 3 回の試験を行った。平成 13 年から 17 年には、3 ヶ月齢から体重が 350 kg までの育成前期牛を用いて、日増体量（DG）と飼料中の粗タンパク質含量の違い（1 次試験）と高増体時のバイパスタンパク質の給与（2 次試験）が発育や初産乳生産に及ぼす影響について検討した。次に、平成 18 年～21 年には、体重が 380 kg から分娩予定 2 ヶ月前の育成後期牛を用いて、高 DG 条件における給与飼料中の粗濃比の違いが発育等に及ぼす影響（3 次試験）についてイタリアンライグラスサイレージを用いて検討した。表 1 に 3 回の試験とデータ解析のために用いた各県の慣行管理牛の成績を示した。育成前期の DG1 kg を基準として上下に分けて比較すると、DG を 1 kg 以上に高めると 21 ヶ月齢程度での早期分娩が可能であるが、305 日乳量が減少する傾向が示唆された（織部ら 2011；石井ら 2012）。また、1 次、2 次試験成績に慣行管理牛を加えた 116 頭の成績を基に初産乳生産に影響を及ぼす条件について解析したところ、育成前期の DG は 0.97 kg 以下では乳量に影響を及ぼさないが、1.03 kg を超えると乳量が低くなる可能性があり、受胎時体重の 1 kg の増加は乳量 8 kg 程度の増加効果を示す結果が得られた（石井ら 2012）。さらに、2 次試験で生涯生産性について追跡調査した結果（表 2）、廃用時の平均産次数が高 CP 区で短く（ $P < 0.05$ ）、牛群検定

表 1 育成牛の異なる管理が発育、分娩および初産乳量に及ぼす影響¹⁾

試験 区分と 項目	試験回数	1次試験（35頭）			2次試験（55頭）		慣行（26頭）	3次試験（22頭） ²⁾	
	区分名	適増体適CP	高増体適CP	高増体高CP	適CP	高CP	各県慣行飼料	粗飼料多給	濃厚飼料多給
	目標DG	0.75 kg	1.0 kg	1.0 kg	1.0 kg	1.0 kg	一般的管理基準	0.95 kg	0.95 kg
	試験飼料の内容	CP13.1%～14.1%	CP13.1%～14.1%	CP15.6%～16.6%	CP 11.7%～13.9% CP _U 31.6%～34.5%	CP 14%～16.1% CP _U 34.3%～40.3%		粗濃比 81:19	粗濃比 62:38
分娩月齢		23.1 ± 0.6	21.0 ± 0.8	21.8 ± 0.4	21.4 ± 0.3	21.1 ± 0.3	23.7 -	22.0	22.6
育成前期DG (kg)		0.97 ± 0.02 ^b	1.12 ± 0.03 ^a	1.10 ± 0.02 ^a	1.05 ± 0.02	1.09 ± 0.02	0.86 ± 0.02	0.87	0.86
育成後期DG (kg)		0.78 -	0.75 -	0.78 -	0.70 -	0.75 -	未集計 -	0.94	1.02
分娩時体重 (kg) ³⁾		579 ± 13	538 ± 16	551 ± 9	548 ± 7.9	553 ± 10.1	543 -	556	581
305日乳量 (kg) ⁴⁾		8,583 ± 382 ^a	5,940 ± 484 ^b	6,938 ± 257 ^b	6,923 ± 184	6,757 ± 186	7,850 ± 297	8,066	7,757

1) LSM ± SE（一部平均値） ab: $P < 0.05$, 2) 未発表データ（平均値）、3) 分娩後4日間の平均値、4) 実乳量または推定乳量

4. 90 周年記念講演ミニレビュー

牛（3.49 産）と比較しても 1 産程度短いことから、育成前期の高 DG 高 CP 管理が生産性に影響を及ぼした可能性が示唆された（織部ら 2014）。育成後期（3 次試験）試験では、育成後期の DG は 0.95 kg 程度が適切であることが示唆され、また、育成後期を粗飼料多給で管理すると分娩後の乾物摂取量が増加する可能性が示唆された（川嶋ら 2013）。

(2) 哺育牛へのプロバイオティクス等の給与に関する研究

哺育期における下痢は発生率が高く酪農家を悩ましている。このため、当時、欧州（EU）での抗菌性飼料添加物の使用禁止が話題になっていたことから、平成 17 年に抗菌性飼料添加物に代わる資材となる可能性が考えられる、デキストランオリゴ糖とこれを特異的に資化する乳酸菌（*Lactobacillus casei*）の混合物であるシンバイオティクス（SB）および大腸内で腸内細菌に資化されると酪酸が主に生成されるセロオリゴ糖（CE）の 2 つの機能性飼料を用いた試験を開始した。まず、全乳を哺乳する子牛に SB や CE を出生直後から生後 90 日間全乳や水に混合して給与し、子ウシの発育等に及ぼす影響を検討した。その結果、表 3、図 1 および 2 に示したとおり、SB や CE の給与により腸内環境が改善され、発育が高まることが示唆された（連沼ら 2011）。次に抗菌性飼料添加物（AB）を含まない代用乳を用いて、SB と AB について比較したところ、SB の添加で糞中の乳酸菌数が高く維持され（図 3）、AB 区と同等の発育が得られ、下痢の発生にも差が無いことから（表 4）、AB と SB の置き換えが可能と考えられた（連沼ら 2011）。一方、プロバイオティクス等については、条件により効果が出にくい場合があるが（Uyeno ら 2013）、給与飼料や免疫機能が激変する哺乳子ウシでは飼養環境条件の急変への備えとして、有用性は否定されないと考えられる。

(3) 哺育・育成牛への飼料用米の給与に関する研究

平成 22 年からは、子ウシに給与する濃厚飼料の約半分程度を飼料用米で賄うことを目標として試験を開始した。まず、

蒸気圧ペントウモロコシ（K 区）、全粒玄米（G 区）および粉碎玄米（3 mm メッシュ、FG 区）をそれぞれ 42% 配合した濃厚飼料を作製し、体重 200 kg 前後の育成牛に給与した。その結果、G 区では糞中に未消化玄米が多く見られ、推定デンプン消化率が 50% 程度と低く、終了時体重、日増体量とも他の 2 区に比べて低かった（ $P < 0.01$ ）。

一方、FG 区は K 区と同等の発育を示し、第一胃内の細菌相構成で乳酸菌が高まる等の悪影響もなく、粉碎加工した玄米は蒸気圧ペントウモロコシとの置き換えが可能であると考えられた。

次に哺乳子ウシや離乳子ウシに粉碎および蒸気圧ペン加工した玄米および粉末を 40% 含む濃厚飼料を給与して、発育、

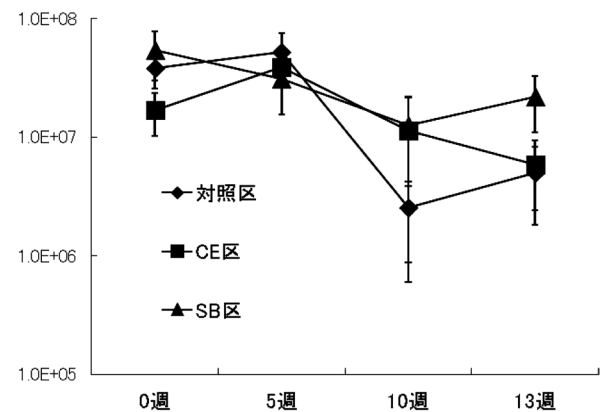


図 1 糞中の乳酸菌数の推移

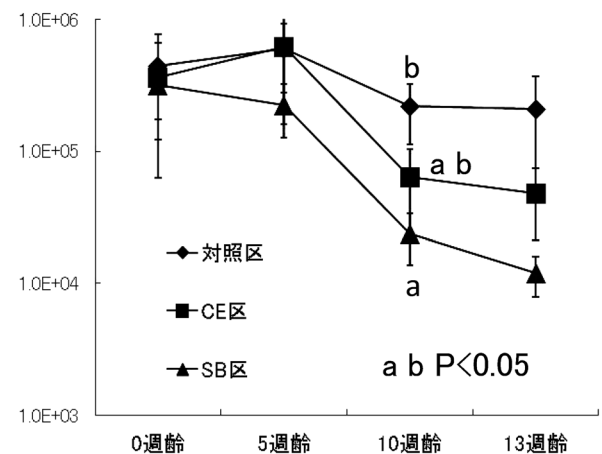


図 2 糞中の大腸菌数の推移

表 2 育成前期の高増体時の異なる CP 水準が生産性に及ぼす影響

項目	適CP区	高CP区
頭数	27	28
搾乳供用日数（日）	1,490±119 ^a	1,012±116 ^b
生涯生産乳量（kg）	30,093±3,121 ^a	18,259±3,052 ^b
延べ産次数（回）	96	72
平均産次数（回）	3.6±0.3 ^a	2.6±0.3 ^b

LSM±SE ab: $P < 0.05$

表 3 全乳哺乳子牛への SB および CE の添加が発育や下痢に及ぼす影響

区分	対照区	SB区	CE区
頭数	18	18	16
生時体重(kg)	40.5 ± 1.4	42.2 ± 1.0	42.8 ± 1.1
離乳時体重(kg)	69.2 ± 1.5	70.3 ± 1.2	72.4 ± 1.7
90日齢体重(kg)	107.0 ± 3.3 ^a	112.4 ± 1.8 ^{ab}	116.3 ± 1.2 ^b
下痢日数(日/頭)	9.2 ± 2.0	5.5 ± 1.4	7.0 ± 1.8

LSM±SE ab: $P < 0.05$

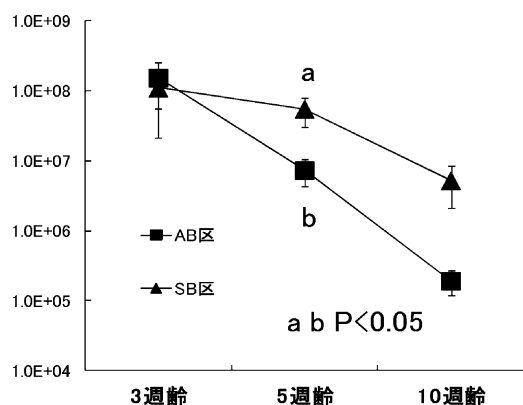


図 3 糞中の乳酸菌数の推移

表 4 AB を含まない代用乳への SB および AB の添加が哺育牛の発育や下痢の発生に及ぼす影響

区分	SB区	AB区
頭数	17	17
生時体重 (kg)	41.3 ± 1.5	40.9 ± 1.5
離乳時体重 (kg)	67.4 ± 2.0	67.2 ± 1.9
91日齢体重 (kg)	109.3 ± 2.5	107.0 ± 2.4
下痢日数 (日/頭)	4.9 ± 2.1	4.0 ± 2.3

飼料摂取量等に及ぼす影響を検討した。その結果、発育、飼料摂取量および下痢の発生状況に飼料用米給与による影響は無く、哺乳子ウシおよび離乳子ウシにおいて飼料用米とトウモロコシの置き換えが可能ことが示唆された。

一方、飼料用米の加工形状の違いでは、子ウシは微粉状の米はあまり好まないようである。

(4) 哺育・育成牛試験のまとめ

哺育牛の研究では、SB 等の AB との置き換えの可能性について示したが、1 日当たり 20~40 円のコスト増となり、普及に当たっては減投薬に対する理解が必要である。また、育成牛では、育成前期の 1 kg を超える DG が乳生産を減らすだけでなく、連産性にも影響を及ぼす可能性を示したが、育成前期の DG を 0.95 kg 以下に抑えて、育成後期の DG を従来よりやや高めて、22 ヶ月齢程度で分娩させるのが現時点では安全で高い乳生産量が得られるのではと考えている。

2-2. 乳牛の健全性向上に関する研究

近年、乳牛の空胎期間の長期化がとまらない状況にあり、その一因は分娩後の濃厚飼料多給とされるが、一方で分娩後の乳牛はエネルギー不足の状態にある。このような状況の解決を目指して 2 つの研究に取り組んだ。

(1) 泌乳牛に関する研究

平成 21 年には飼料中の NDF 水準の違いと濃厚飼料を多給する牛へのエンドトキシン (ET) の吸着作用を持つラクtofエリン (LF) および抗酸化能をもつアスタキサンチン (ファフィア酵母) (AX) の添加効果について、健全性の点から検討した。2 産以上の高泌乳牛を NDF 水準の違いと機能性飼料の添加の有無の違いにより 38% 区、30% 区および 30% + 添加 (LF10 g + AX 400 mg) 区の 3 区に配置して分娩後 16 週間飼養試験を行った。その結果、分娩後 16 週後の体重 (kg) は 38% 区：616、30% 区：664、添加区：669 となり、分娩後 16 週間の

平均乳量 (kg)、乳脂率 (%) は 38% 区：37.5、4.08、30% 区：40.1、3.12、添加区：38.5、3.63 となった。繁殖性では、受胎頭数 (供試頭数) が 38% 区：8 (12)、30% 区：6 (10)、添加区：9 (10) となった。また、第一胃内容液中の ET の濃度では、38% 区が低値で推移したのに対し、30% 区で高く推移したが、AX、LF の添加によりやや低下する傾向を示した。以上の結果から、分娩後に濃厚飼料を多給した乳牛は粗飼料を十分に給与した乳牛に比べて、体重の回復が早く、泌乳量も多いが、乳脂率の低下、空胎日数の延長、第一胃内容液中の ET 濃度の上昇など負の影響が見られ、AX および LF 添加は、第一胃内 ET 濃度の低下や繁殖成績を改善する可能性があると考えられた。なお、添加区で乳脂率が改善したのは AX の供給源であるファフィア酵母による効果の可能性も考えられた。

(2) 乾乳期の管理に関する研究

次に、平成 23 年には、乾乳期のエネルギーの給与制限が分娩後の飼料摂取量や泌乳持続性を高めるという仮説に基づいて、千葉、群馬、栃木、富山県と共同で乾乳期のエネルギー水準に関する試験を開始した。2 産以上の乾乳牛の乾乳期間を前期 40 日、後期 20 日に分けて前期のエネルギー水準を日本飼養標準・乳牛の要求量の違いにより 80% (低栄養区)、105% (適栄養区)、130% (高栄養区) の 3 区として分娩後 15 週まで飼養試験を行った。

その結果、低栄養区では、乾乳期間中に 18 kg 程度の体蓄積脂肪の減少が見られたが、栄養指標となる血中代謝産物等に悪影響はなく、乾乳前期の 20% 程度のエネルギー制限は母体に悪影響を及ぼさないことが示唆された。分娩後は、血中の遊離脂肪酸やケトン体濃度の増加が軽減される等の好影響が認められ、図 4 (推定泌乳曲線) に示したとおり、低栄養区で乳量の立ち上がりが適栄養区に比べて緩やかで、ピーク時と 240 日の乳量差が少なく ($P < 0.05$)、泌乳曲線の平準化傾向が示唆された。また、繁殖性では、分娩後の 25 日以内の初回排卵率が低栄養区：75%、適栄養区：25%、高栄養区：44% となり、低栄養区で卵巣機能の回復が早まる傾向が観察された。以上の結果から乾乳前期の 20% のエネルギー制限は分娩に伴う栄養代謝の変化への適応性を高める可能性が示唆された。

(3) 乳牛の健全性向上に関する試験のまとめ

泌乳牛では、LF および AX を活用することで濃厚飼料多給の弊害が減る可能性を示したが、現在は、SARA の発生機序の解明と濃厚飼料多給時における第一胃内発酵の安定化技術の開発を目指して試験を実施中である。また、乾乳前期のエネルギー制限が分娩後の適応性を高め、泌乳を平準化させる可能性を示したが、このような管理を酪農現場で実現するには、エネルギー濃度が低く、食欲を満たすことが可能な乾乳期用飼料の開発が必要である。

3. 今後の展望

今後取り組むべき課題について私見を述べる。現在の哺乳子ウシの管理では、6 週齢で離乳する早期離乳方式が推奨されている。しかしながら、近年の研究から制限哺乳や粗飼料を併給しない管理が様々なストレスを招いているとの指摘がある。

例として、我々は離乳後 (8 週齢) の子ウシでは第一胃内の細菌相構成の個体差が大きく、乳酸が生成されている個体

4. 90 周年記念講演ミニレビュー

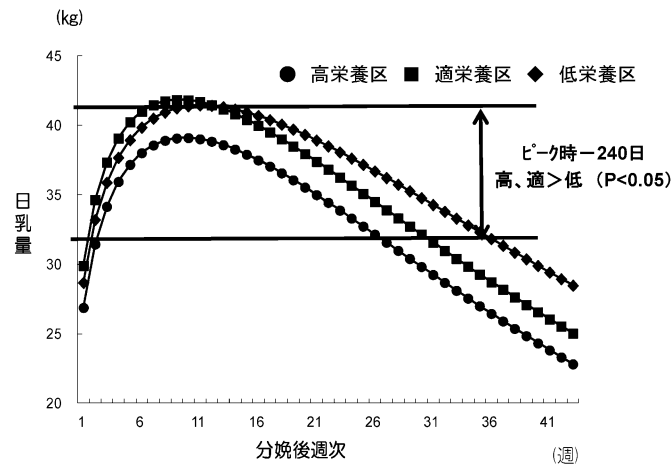


図 4 異なる乾乳前期の栄養水準が泌乳曲線に及ぼす影響

がいていることを確認しているが、このような子ウシにおける将来の SARA 発症との関係について解明の必要があると考えている。また、高泌乳牛では、空胎期間の長期化や周産期疾病等の事故率を軽減させるための乾乳期からの飼養管理技術の開発が喫緊の課題であると考えている。

最後に研究に携わった方々と共同研究の推進にご協力をいただいた皆様に感謝の意を表します。

なお、本総説は、農林水産省農林水産技術会議の委託プロジェクト研究および競争的資金の助成を受けて実施した研究をまとめたものである。

文献

蓮沼俊哉, 川嶋賢二, 中山博文, 野田正人, 金川博行, 村上俊明, 石田美保, 永島茂男, 石井貴茂, 脇本 亘, 秋山 清, 安田憲司, 上野 豊, 櫛引史郎. 2011. 乳用牛子ウシの発育に対するセロオリゴ糖およびシンバイオティクスの給与効果. 富山県農林水産総合技術センター畜産研究所研究報告 **21**, 1-32.

石井貴茂, 川嶋賢二, 織部治夫, 金川博行, 上田博美, 蓮沼俊哉, 秋山 清, 久末修司, 荒木尚登, 中山博文, 原田英雄, 浅田尚登, 久保田和弘, 海内裕和, 寺田文典, 栗原光規, 櫛引史郎. 2012. 乳用育成牛における初産分娩月齢の早期化に関する栄養学的研究.

茨城県畜産センター研究報告 **45**, 1-25.

川嶋賢二, 西川 潤, 野田正人, 永島茂男, 脇本 亘, 秋山 清, 五箇大成. 農林水産省. 2013. 農林水産技術会議事務局プロジェクト研究成果シリーズ **487**, 21-25.

織部治夫, 上田博美, 川嶋賢二, 鎌田 望, 井上 貴, 石井貴茂, 浅田尚登, 原田英雄, 久末修司, 秋山 清, 久保田和弘, 寺田文典, 栗原光規, 竹中昭雄, 櫛引史郎. 2011. 高エネルギー飼料給与時におけるホルスタイン種育成雌牛の発育および窒素排出に及ぼす飼料中粗タンパク質および第一胃非分解性タンパク質含量の影響. 日本畜産学会報 **82**, 371-381.

織部治夫. 2014. ホルスタイン種雌牛の成長過程における飼料中第一胃分解性および非分解性タンパク質の構成割合に関する栄養学的研究. 筑波大学大学院生命環境科学研究科先端農業技術科学専攻, 博士(農学)学位論文.

乳用牛群検定全国協議会. 2012. 乳用牛群検定成績のまとめ—平成23年度—. 乳用牛群検定全国協議会, 東京.

Uyeno Y, Kawashima K, Hasunuma T, Wakimoto W, Noda M, Nagashima S, Akiyama K, Tabata M, Kushibiki S. 2013. Effects of cellooligosaccharide or a combination of cellooligosaccharide and live *Clostridium butyricum* culture on performance and intestinal ecology in Holstein calves fed milk replacer. *Livestock Science* **153**, 88-93.

反芻家畜とルーメン微生物との関係： ルーメン微生物をよく知り、よく利用するために

三森 眞琴

(独)農研機構畜産草地研究所

1. はじめに

反芻家畜は前胃発酵性の草食動物であり、摂取した飼料は第一胃（ルーメン）で微生物による消化を経てから第四胃へ送られる。したがって、ルーメン微生物による飼料消化は反芻家畜の特徴であり、反芻家畜の生産性と密接に結びついている。ルーメン微生物による飼料分解は嫌気的な発酵作用であり、その発酵産物である短鎖脂肪酸（SCFA）と増殖した微生物体は反芻家畜に利用され、二酸化炭素やメタンは大気中に放出される。ルーメン微生物は飼料中のセルロース、ヘミセルロース、デンプンなどの固形の炭水化物を主なエネルギー源として利用するので、これらの基質を効率的に分解することがルーメン微生物叢で優れた生態的地位（ニッチ）を確保するために、また反芻家畜がより多くの栄養を得る上でも重要である。その一方、固形基質以外を利用する微生物や他の微生物の発酵産物（例えば乳酸、コハク酸、水素など）を利用する微生物もルーメン微生物叢の一員としてルーメン発酵の円滑な進行や安定化に寄与していると推定される。したがって、ルーメン微生物の構成や代謝についての特徴を知ることがルーメン機能をより高度に利用するための手掛かりとなると考えられる。ルーメン微生物叢は細菌、プロトゾア、真菌などで構成されているが、本稿ではルーメン細菌を中心に最近の研究動向を踏まえてルーメン微生物について概説する。

2. ルーメン細菌の研究手法

ルーメン細菌の研究手法は大きく培養法と分子生物学的方法に分けられる。培養法ではルーメン内環境を試験管内で再現するためのルーメン環境疑似培地が用いられる。本法は1940年代に米国のHungateによって開発されたもので、高度な嫌気度を要求するルーメン細菌の分離を可能にした（Hungate 1947）。これまでに多くのルーメン細菌が本法により分離されているが（Stewart ら 1988）、培養可能なルーメン細菌はおおよそ5～20%程度と見られている。培養法では細菌の生化学性状が確認でき、さらに酵素などの菌体成分を詳しく調べることができるため、ルーメンでの役割や機能が容易に推定できる。しかし、培養法は時間と手間がかかり、多検体を処理できない欠点がある。一方、分子生物学的手法では、研究材料が核酸（DNA や RNA）であるため、核酸を調製すれば、他の研究分野で使われている手法をそのまま応用でき、多くの試料を短時間で分析できるとともに培養不能な微生物を含む解析が可能である。また、ゲノム解析やメタゲノム解析では多量の遺伝情報を得ることができ、ルーメン微生物についての新しい理解が進んでいる。分子生物学的手法が導入された当初は16SrRNA 遺伝子による系統解析（Avgustin ら 1994；Tajima ら 2001a；Tajima ら 2001b）やルーメン細

菌のセルロース分解酵素などの特徴的な機能タンパク質をコードする遺伝子の解析（McGavin ら 1989；Tatsuoka ら 2004.）などが進められた。また、遺伝子改変による高機能ルーメン細菌の作出を目指してルーメン細菌のホストベクター系の開発も行われた（Clark ら 1994；Kobayashi ら 1995；Mercer ら 2001）。ルーメン微生物の同定と定量において、分子生物学的手法はその簡便さと多検体を処理できることから強力なツールとして用いられている。初期にはハイブリダイゼーション法が用いられたが（Stahl ら 1988）、最近リアルタイム PCR 法、DGGE 法などが多用されている（Tajima ら 2001a；Regensbogenova ら 2004）。これまでの研究からルーメン細菌はおおよそ7400 菌種程度と推定されている（McSweeney と Mackie 2012）。この菌種数は反芻家畜全体での推定値であるので、各個体のルーメンに生息しているルーメン細菌種はこれよりも少ないと見積もられるが、いずれにしても多種類の細菌によってルーメン細菌叢は形成されている。DNA 解析技術の進歩によりルーメン微生物に由来する遺伝情報は急速に増大しているが、これに伴い未知遺伝子と同定される遺伝子も増大している。分子生物学的手法で明らかになった未培養ルーメン細菌あるいはこれらが有する未知遺伝子のルーメン内での働きを知るには未培養ルーメン細菌を培養可能ルーメン細菌とする必要がある。近年、培養法の変更で未培養であった細菌の一部が培養可能となっている（Koike ら 2010；Kenters ら 2011；NyoNyo ら 2012；Creevey ら 2014；NyoNyo ら 2014）。

遺伝子配列の解読技術の進歩に伴いルーメン細菌のゲノム配列解析が北米の研究グループのプロジェクトとして開始され（Morrison ら 2010）、*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Prevotella ruminicola*, *Prevotella bryantii*, *Wolinella succinogenes* のゲノム解析が進められている（<http://www.jcvi.org/rumenomics/index.php>）。本プロジェクト以外にもゲノム解析が実施されており、現在のところ DNA データベースには20 菌種を超えるルーメン細菌のゲノムが登録されている。さらにルーメン微生物叢を対象としたメタゲノム解析がルーメン微生物叢の構造解析やバイオリソースとしての活用を目的として行われている（Ferrer ら 2005；Ross ら 2012；Ko 2013）。最近の新しい動きとして、AgResearch（ニュージーランド）を主体とするルーメン微生物についての国際共同研究がある。日本を含む約40 カ国が参加し、畜産、水田、畑作の研究グループからなる国際プロジェクト「農業温室効果ガスに関するグローバル・リサーチ・アライアンス」（<http://www.globalresearchalliance.org>）の畜産研究グループの活動の一部として「Rumen Microbial Genomics

Network」が構築され、そのなかで「Global Census of Rumen Microbial Diversity」と「The Hungate 1000 project」の2課題が進行しており、世界から集めたルーメン内容物のメタゲノム解析および世界各地で分離されたルーメン細菌のゲノム解析を実施している (Creevey ら 2014)。

3. ルーメン発酵の適正な制御に向けて

反芻家畜の飼養条件は飼料の質や量あるいは反芻家畜の生理状態などが常に変化する複雑な系である。ルーメン微生物叢はこのような飼養条件に対応してルーメン発酵を維持している。ルーメン発酵を制御する方法としてさまざまな手法が提案されている。その中で、ルーメンからのメタン産生抑制のための技術は地球温暖化への対策とメタン産生による飼料エネルギーの損耗の観点から多くの取り組みがなされており、メタン産生抑制だけでなく、ルーメン発酵の適正化への応用が可能であると考えられる。

ルーメンからのメタン産生抑制のための方法としては、飼料添加物による方法と飼料と飼養管理による方法とに大別できる (Hristov ら 2013)。前者ではメタン菌抑制剤、イオノフォアなどが使われ、後者では飼料摂取量、飼料の粗濃比、飼料の質、正確な飼料給与などが有効な方法としてあげられる (Hristov ら 2013)。これらの方法はルーメン発酵の代謝経路に影響を与え、主にメタン産生で消費される水素を減少させる。その結果として、メタン産生の低下が認められ、多くの場合、プロピオン酸産生の増大が観察される。これらの関係については Janssen (2010) らが詳しく解説し、加えてメタン産生の削減が飼料効率の向上につながる例も示している。実際、メタン菌抑制剤を使った実験でメタン産生量の低下に伴う SCFA の産生量の増大と水素ガスの発生が認められている (Mitsumori ら 2012)。さまざまな農業副産物も植物由来の生物活性物質 (Plant bioactive compounds (PBAC)) として利用が進められているが、これらもルーメン発酵の代謝に影響を与え、メタン産生の抑制やプロピオン酸産生を増大する効果があることが知られている (Hristov ら 2013; Shinkai ら 2012)。

プロピオン酸はピルビン酸からコハク酸を経るコハク酸経路とピルビン酸から乳酸を経るアクリル酸経路の二つの経路により合成されるが、両経路とも代謝性水素を消費する。メタン産生を抑制した場合に見られるプロピオン酸産生の増大は、メタン産生に消費されていた代謝性水素がプロピオン酸産生の代謝経路に流入するためとされている (Hristov ら 2013)。アクリル酸経路は乳酸を必要とする経路なので、乳酸産生が増大する濃厚飼料多給の場合に重要な経路で、乳酸を経て産生された SCFA が全 SCFA に占める割合は 8% になるとの報告もある (Mackie ら 1984)。一方、ルーメンアシドーシスは濃厚飼料多給による乳酸の産生と消費の不均衡に起因する乳酸蓄積が原因とされている。ルーメン内での乳酸の蓄積を回避するには乳酸産生量の減少またはアクリル酸経路の増強による乳酸の消費量の増大 (プロピオン酸産生の増大) が必要である (三森 2012)。メタン産生を抑制した場合にもプロピオン酸産生が増えるが、それがコハク酸経路によるものかアクリル酸経路によるもの、またはその両方によるものかは用いる抑制方法によって異なると推定される。メタン産生の抑制に関する研究は、温室効果ガスの削減や飼料効率の向上を目指して世界各地で進められている。この分野で得られ

た研究成果は、いずれルーメン発酵の適正化に応用されることで反芻家畜の健全性を支え、生産性の確保や疾病の予防に役立つものになると考えられる。

文献

- Augustin G, Wright F, Flint HJ. 1994. Genetic diversity and phylogenetic relationships among strains of *Prevotella* (*Bacteroides*) *ruminicola* from the rumen. *International Journal of Systematic Bacteriology* **44**, 246-255.
- Clark RG, Cheng KJ, Selinger LB, Hynes MF. 1994. A conjugative transfer system for the rumen bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*, based on Tn916-mediated transfer of the *Staphylococcus aureus* plasmid pUB110. *Plasmid* **32**, 295-305.
- Creevey CJ, Kelly WJ, Henderson G, Leahy SC. 2014. Determining the culturability of the rumen bacterial microbiome. *Microbial Biotechnology*, 2014. doi : 10.1111/1751-7915.12141
- Ferrer M, Golyshina OV, Chernikova TN, Khachane AN, Reyes-Duarte D, Santos VA, Strompl C, Elborough K, Jarvis G, Neef A, Yakimov MM, Timmis KN, Golyshin PN. 2005. Novel hydrolase diversity retrieved from a metagenome library of bovine rumen microflora. *Environmental Microbiology* **7**, 1996-2001.
- Hristov AN, Oh J, Lee C, Meinen R, Montes F, Ott T, Firkins J, Rotz A, Dell C, Adesogan A, Yang W, Tricarico J, Kebreab E, Waghorn G, Dijkstra J, Oosting S. 2013. *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production—A review of technical options for non-CO2 emissions*. In : Gerber PJ, Henderson B, Makkar HP (eds), FAO Animal Production and Health Paper No. 177. FAO, Rome. Available from URL : <http://www.fao.org/docrep/018/i3288e/i3288e.pdf>
- Hungate RE. 1947. Studies on Cellulose Fermentation : III. The Culture and Isolation for Cellulose-decomposing Bacteria from the Rumen of Cattle. *Journal of Bacteriology* **53**, 631-645.
- Janssen PH. 2010. Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. *Animal Feed Science and Technology* **160**, 1-22.
- Ko KC, Han Y, Cheong DE, Choi JH, Song JJ. 2013. Strategy for screening metagenomic resources for exocellulase activity using a robotic, high-throughput screening system. *Journal of Microbiological Methods* **94**, 311-316.
- Kobayashi Y, Forster RJ, Hefford MA, Teather RM, Wakita M, Ohmiya K, Hoshino S. 1995. Analysis of the sequence of a new cryptic plasmid, pRJF2, from a rumen bacterium of the genus *Butyrivibrio* : comparison with other *Butyrivibrio* plasmids and application in the development of cloning vector. *FEMS Microbiology Letters* **130**, 137-143.
- Koike S, Handa Y, Goto H, Sakai K, Miyagawa E, Matsui H, Ito S, Kobayashi Y. 2010. Molecular monitoring and isolation of previously uncultured bacterial strains from the sheep rumen. *Applied and Environmental Microbiology* **76**, 1887-1894.
- Kenters N, Henderson G, Jeyanathan J, Kittelmann S, Janssen PH. 2011. Isolation of previously uncultured rumen bacteria by dilution to extinction using a new liquid culture medium. *Journal of Microbiological Methods* **84**, 52-60.
- Mackie RI, Gilchrist F, Heath S. 1984. An in vivo study of

- ruminal micro-organisms influencing lactate turnover and its contribution to volatile fatty acid production. *The Journal of Agricultural Science* **103**, 37-51.
- McGavin MJ, Forsberg CW, Crosby B, Bell AW, Dignard D, Thomas DY. 1989. Structure of the cel-3 gene from *Fibrobacter succinogenes* S85 and characteristics of the encoded gene product, endoglucanase 3. *Journal of Bacteriology* **171**, 5587-5595.
- McSweeney C. and Mackie R. 2012. Micro-organisms and ruminant digestion : state of knowledge, trends and future prospects. Background study paper No. 61. FAO, Rome. Available from URL : <http://www.fao.org/docrep/016/me992e/me992e.pdf>
- Mercer DK, Patel S, Flint HJ. 2001. Sequence analysis of the plasmid pRRI2 from the rumen bacterium *Prevotella ruminicola* 223/M2/7 and the use of pRRI2 in *Prevotella/Bacteroides* Shuttle Vectors. *Plasmid* **45**, 227-232.
- Mitsumori M, Shinkai T, Takenaka A, Enishi O, Higuchi K, Kobayashi Y, Nonaka I, Asanuma N, Denman SE, McSweeney CS. 2012. Responses in digestion, rumen fermentation and microbial populations to inhibition of methane formation by a halogenated methane analogue. *British Journal of Nutrition* **108**, 482-491.
- 三森眞琴. 2012. 亜急性ルーメンアンドーシスにおけるルーメン微生物の動態. 日本獣医師会雑誌 **65**, 503-510.
- Morrison M, Daugherty SC, Nelson WC, Davidsen T, Nelson KE ; North American Consortium for Fibrolytic Ruminant Bacteria. 2010. The FibRumBa database : a resource for biologists with interests in gastrointestinal microbial ecology, plant biomass degradation, and anaerobic microbiology. *Microbial Ecology* **59**, 212-213.
- Nyonyo T, Shinkai T, Tajima A, Mitsumori M. 2013. Effect of media composition, including gelling agents, on isolation of previously uncultured rumen bacteria. *Letters in Applied Microbiology* **56**, 63-70.
- Nyonyo T, Shinkai T, Mitsumori M. 2014. Improved culturability of cellulolytic rumen bacteria and phylogenetic diversity of culturable cellulolytic and xylanolytic bacteria newly isolated from the bovine rumen. *FEMS Microbiology Ecology* **88**, 528-537.
- Regensbogenova M, Pristas P, Javorsky P, Moon-van der Staay SY, van der Staay GW, Hackstein JH, Newbold CJ, McEwan NR. 2004. Assessment of ciliates in the sheep rumen by DGGE. *Letters in Applied Microbiology* **39**, 144-147.
- Ross EM, Moate PJ, Bath CR, Davidson SE, Sawbridge TI, Guthridge KM, Cocks BG, Hayes BJ. 2012. High throughput whole rumen metagenome profiling using untargeted massively parallel sequencing. *BMC Genetics* **13**, 53.
- Shinkai T, Enishi O, Mitsumori M, Higuchi K, Kobayashi Y, Takenaka A, Nagashima K, Mochizuki M, Kobayashi Y. 2012. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. *Journal of Dairy Science* **95**, 5308-5316.
- Stahl DA, Flesher B, Mansfield HR, Montgomery L. 1988. Use of phylogenetically based hybridization probes for studies of ruminal microbial ecology. *Applied and Environmental Microbiology* **54**, 1079-1084.
- Stewart CS, Bryant MP. 1988. The rumen bacteria. In Hobson PN (ed.), *The rumen microbial ecosystem*, pp. 21-75. Elsevier Science Publishers, Ltd., New York.
- Tajima K, Aminov RI, Nagamine T, Matsui H, Nakamura M, Benno Y. 2001a. Diet-dependent shifts in the bacterial population of the rumen revealed with real-time PCR. *Applied and Environmental Microbiology* **67**, 2766-2774.
- Tajima K, Nagamine T, Matsui H, Nakamura M, Aminov RI. 2001b. Phylogenetic analysis of archaeal 16S rRNA libraries from the rumen suggests the existence of a novel group of archaea not associated with known methanogens. *FEMS Microbiology Letters* **200**, 67-72.
- Tatsuoka N, Mohammed N, Mitsumori M, Hara K, Kurihara M, Itabashi H. 2004. Phylogenetic analysis of methyl coenzyme-M reductase detected from the bovine rumen. *Letters in Applied Microbiology* **39**, 257-260.

日本飼養標準・豚（2013 年版）改訂作業をふりかえる

勝俣 昌也

麻布大学獣医学部

寝ていたライオンがとつぜん吠えた。2012 年 6 月に Nutrient Requirement of Swine を NRC が公表したときの印象は、こう表現するのがふさわしかった。資金不足のため、NRC も飼養標準事業から手を引いたという情報を目にしたのは 7, 8 年前だろうか。実際は、改訂作業が進んでいたのだが、少なくともわたしのところには直前になるまで情報は入ってこなかった。2012 年 6 月といえば、日本飼養標準・豚（2013 年版）の改訂作業がはじまって 3 ヶ月が経過しており、改訂方針の大筋はすでに決まっていた。しかし、NRC を軽視するわけにはいかない。NRC の改訂内容を、日本飼養標準等検討委員会の豚部会の古谷部会長と梶委員に調べていただいたと

ころ、ブタが 1 kg 増体するのに必要な有効リジン量が約 2 g 上方修正されていた。図 1 をご覧いただきたい。NRC の 2012 年版と 1998 年版、日本飼養標準の 2013 年版に記載されている体重ごとの有効リジン要求量をプロットしている。NRC の 1998 年版と日本飼養標準（2013 年版）に記載されている要求量はほぼ等しいことがわかる。一方で、NRC の 2012 年版はどの体重でも高く設定されている。

NRC がリジン要求量を上方修正した理由が気になる。古谷部会長と梶委員の調査結果が図 2 である。NRC が採用したデータは、従来豚と高赤肉生産能力豚からのデータにわけることができた。高赤肉生産能力豚の有効リジン要求量が高い

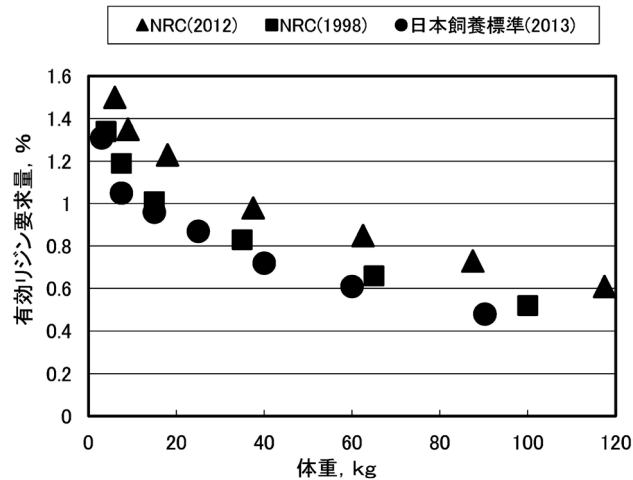


図 1 NRC2012 年版、1998 年版、日本飼養標準・豚（2013 年版）の有効リジン要求量の比較（古谷部会長原図）

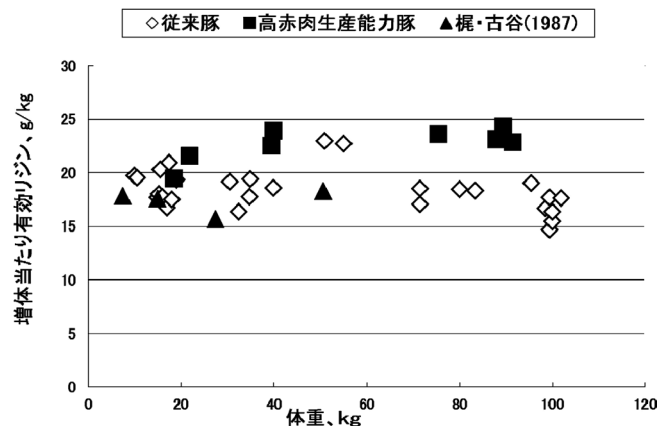


図 2 NRC2012 年版と日本飼養標準（2013 年版）の増体あたりの有効リジン要求量の比較（古谷部会長原図）

ことがわかる。従来豚のデータで高い値が2点あるが、これは雄を使った実験データである。従来豚のデータは、日本飼養標準（2013年版）が依拠している梶・古谷（1987）の値と、大きくちがわないうこともわかった。NRCが2012年版でリジン要求量を上方修正した理由は、「1998年にNRCが旧版を公表して以来、ハイブリット豚などの高赤肉生産能力豚が普及し、コマーシャル豚のリジン要求量が高くなった」と結論した。この点について豚部会で議論したが、リジン要求量を上方に修正するほど、日本ではまだ高赤肉生産能力豚が普及していないので、今回の改定では従来のリジン要求量を修正しないという結論になった。

それでは、NRCはなぜ上方修正できるのか？それは、要求量研究が継続されているからにほかならない。一例をあげよう。2013年9月にカリフォルニアで開催されたISEP2013では、188の発表のうち、タイトルに“requirement”が含まれている発表が15あった。タイトルに“requirement”はないが、要求量に関連した報告も含めると20より多かったはずだ。要求量をつねにアップデートしようとする彼らの矜持を再認識した。一方、2001年の第98回大会以降、日本畜産学会大会では、タイトルに「要求量」とある演題が11あった。そのうちブタの演題は2つである。ISEPが栄養関係のシンポジウムだということを割り引いても、日本畜産学会では「要求量」にかかわる発表が少ないといっていだろう。

日本飼養標準・豚（1993年版）には、子豚と肥育豚を対象にしたエネルギー要求量の算出式が初めて記載された。この算出式は、北海道と東北の公設研究機関が実施した共同研究の成果（合計748頭のデータ、そのうち139頭は全と体分析に供した）がもとになっている。古谷部会長はこの成果を「血と汗の結晶」と表現されている。20数年前には、これだけの成果を出す体力が日本にもあったということだ。（1992年の2月だったと記憶するが、古谷部会長（当時は東北農業試験場）、東北大学の鈴木先生（同様に宮城畜試）、北海道大学の秦先生（同様に滝川畜試）が九州農業試験場にいられて、表計算ソフトを走らせておられたのを、なつかしく思い出す。）日本養豚協会（JPPA）の試算によると、日本のコマーシャル豚の25～30%がすでにハイブリット豚になっている。日本でも要求量が高いコマーシャル豚が増えつつあるということだ。NRCがそうしたように、わたしたちも要求量を上方修正すべき日が近づいていると考えていだろう。要求量を自力で上方修正するか、あるいは海外のデータに依存するか。今のままでは後者になりそうだが、それでいいだろうか。

1. 生産者の研究需要

2013年1月17日、日本飼養標準・豚（2013年版）の改訂内容を説明するために、古谷部会長と2人でJPPAを訪問した。生産者のトップと直接お会いするのは初めてなので、かなり緊張して部屋に入った。説明を終え、フリートーキングの時間になると、いくつかの鋭い意見をいただいた。

「アメリカの干ばつ以来、アメリカ以外の産地のトウモロコシも使っている。使ってみると、産地によって栄養価がちがうような気がする。データはとっているのか？」、「飼料原料由来のビタミンはどれくらい有効なのか？それがわかればブレミックスの量を正確に調整できる」、「圧せんなどの加熱処理は、原料中のアミノ酸の有効性にどのような影響があるのか？」。さらには、「要求量のデータは海外から入手したほう

が費用対効果がよい。自前で実験するのはやめたほうがいい」という意見もあった。たしかに、飼料用米の実証試験をお願いした茨城県牛久市の常陽発酵農牧場の櫻井さんから、「ここの冬（2012年から2013年にかけての冬）はブタがよく太った。アメリカ以外のトウモロコシのほうが品質がいい」という情報も聞いた。JPPAでいただいた課題は、どれも基本的な課題だが、こうした課題に取り組む研究機関は減っている。それには理由がある。

まず、どの課題も競争的資金のネタにはなりにくい。かといって、ただでさえ少ない基盤研究費をこれらの課題につき込むのも勇気がある。したがって、これらの課題を日本畜産学会員の所属機関が担当するべきことかどうか、意見はわかれるだろう。実は、JPPAを訪問したとき、「要求量を算出する試験や、飼料原料の栄養価の更新など、基本的な試験をおこなうには研究費が不足している。生産者の皆さんで少し負担していただけないか？」と切り出した。しかし、残念ながら、その場で回答はえられなかった。NRCの2012年版には、the Illinois Corn Marketing Board, the National Pork Board, the Nebraska Corn Boardなどの民間組織が費用を負担したと明記されている。要求量を常にアップデートする北米の研究者の矜持あってこそその費用負担だろう。ここでも彼我のちがいを目のあたりにすることになった。

2014年2月14日、平成25年度の畜産草地研究推進会議が畜産草地研究所（つくば）で開催された。演者のひとり、フリーデン社の澤田さんから、「皆さんの研究は、研究のための研究になっていませんか？」という、チャレンジングな問いかけをいただいた。「なっていません」と、胸を張って言える学会員は少ないのではないかと。わたしたち栄養・飼養分野の研究者は、生産者の研究需要から離れてしまっているのではないかと、そんなことを考えさせてくれるJPPA訪問だった。

2. 乗りこえよう INRA シスターズ

2013年版では、余剰飼料摂取量（Residual Feed intake (RFI)）にもとづく育種選抜について、東北大学の鈴木先生に解説していただいた。そんなこともあり、RFIが低いブタの特徴について興味をもっていた。おりしも、2013年8月にフランスのナントで開催されたEAAP2013に参加したところ、Feed efficiency in non-ruminantのセッションで、RFIにかかわる発表がいくつもあるのを見つけた。よるこんで話を聞きに行ったところ、RFIが低いブタの特徴がよくわかった。具体的には、RFIが低いブタには、「繊維成分の消化能が高い、飼料要求率がよく脂肪蓄積量が低い（タンパク質蓄積量が高い）、ミトコンドリアにおけるエネルギー代謝が低い（筋肉の酸化能が低い）、II型筋線維の割合が高く筋肉のグリコーゲン含量も高い」という特徴がある。しかし、ここで話題にしたのはRFIが低いブタのことではない。そのセッションのスピーカーである。

RFIにもとづく育種選抜は、アメリカのアイオワ州立大学とフランスのINRAが実施した。わたしが参加したセッションではINRAから5人のスピーカーが立ったが、そのうち4人が女性だった。INRAシスターズとよぶことにしよう。4人のうちの何人かは、論文で名前をよく知っているし、国際学会でディスカッションしたこともある。いずれもPI相当のポジションについているのだろう。もしかしたら、いわゆる研究部長クラスかもしれない。海外の学会・大学・研究機関

4. 90 周年記念講演ミニレビュー

に行くと、多数の女性が活躍している。その比率は日本よりあきらかに高い。イギリスの Babraham 研究所に留学したときのわたしのポストも女性だったし、前述した ISEP2013 でも、女性の実行委員やセッションの責任者が複数活躍していた。

日本畜産学会の学生会員のうち女性の比率は 40% を超えている。畜産あるいは獣医関連学科の女性学生の比率をある程度反映している数字である。しかし、一般会員になると、女性の比率はわずか 15% 程度になってしまう。男女共同参画学協会連絡会がおこなった「学生会員女性比率と一般会員女性比率の格差にかかわる 2013 年度の調査 (http://www.djrenrakukai.org/doc_pdf/2013_ratio/2013_chart2.pdf)」では、日本畜産学会は格差 3.0 の線上に乗っている（つまり、一般会員女性比率は学生会員女性比率の 3 分の 1 しかない）。いくつかの情報・工学系の学協会の格差が 3.0 より大きいのは、直感的に理解できるにしても、調査に参加した生物・医薬・農学系の 37 学協会のうち、日本畜産学会より格差が大きいのはわずか 5 つである。畜産関連の研究分野は、女性がはたらきつづけるのが難しい分野ということになってしまう。女性の活躍が難しいとなると、学会あるいは研究分野の活性が低くなることを、まじめに危惧するべきかもしれない。

Science Talks (<http://www.sciencetalks.org/>) では、「研究者の実績にもとづいた研究費を安定して支給するやり方に変えよう」、「基盤的な研究費（研究ベーシックインカム）をしかるべき研究成果を出している研究者に支給するべき」というアイデアが提出されている。また、哲学者の鷲田清一の著書「わかりやすいはわかりにくい？」には、接頭辞 pro には、「前方に、先に、前もって」という意味があり、project はほどほどがよいのではないか、という意味のことが書いて

ある。そのほかの pro がついた単語、profit, program, production, progress, promotion もならべてみると、なるほど昨今の研究管理には、接頭辞 pro が散りばめられていると納得する。Project 研究には、前のめり、目標設定、最短距離などのキーワードがついてまわる。ここまでくると女性も男性もないが、とくに女性がはたらきつづけるには、研究の一時休止がむずかしい Project 研究（競争的資金）にかたよった資金配分は、問題が大きいとわたしは考える。どうせ無理だからとあきらめずに、個人のレベルでも、学協会のレベルでも、基盤研究費の充実を主張していくべきではないか。

このように、INRA シスターズを乗り越える女性研究者が日本で増えるためにはどうすればいいか。そんなことも考えながら、フランスから帰ってきた。もちろん、わたしたち男性研究者も INRA シスターズを乗り越えるべきなのは言うまでもない。

ちなみに、日本飼養標準・豚にかかわる古谷部会長の特別寄稿が、日本養豚学会創立 50 周年記念号に掲載されているので、そちらもあわせてお読みいただきたい。

文献

- National Research Council of The National Academies. 2012. Nutrient Requirements of Swine, The National Academies Press, Washington, DC.
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構. 2013. 日本飼養標準豚（2013 年版）, 中央畜産会, 東京.
- 鷲田清一. 2010. わかりやすいはわかりにくい? —臨床哲学講座. 筑摩書房, 東京.
- 古谷 修. 2014. 豚の飼養標準 あれこれ思い出すままに. 日本養豚学会誌 51 特別号, 66-71.

畜産学研究におけるトランスクリプトーム解析の意義

橋爪 一善

岩手大学農学部共同獣医学科

20 世紀はゲノムの時代、そして今世紀はポスト・ゲノム時代と称される。家畜におけるゲノム解析研究においても、これらの潮流の中、1990 年に始まったヒトゲノム計画に誘導される様に著しい発展が認められる。我が国におけるゲノム研究は、農林水産省の所管する畜産試験場（当時）、家畜衛生試験場（当時）、STAFF 農林水産先端技術研究所、動物遺伝研究所などを中心として 1991 年に始まり、2003 年のヒトゲノム解析の完了後、一層顕著な発展、展開がなされている（動物遺伝研究所 2003）。世界的にはウシゲノム解析は 2009 年、ブタゲノム解析は 2012 年に一応の配列解析が完了したとされ、その展開には我が国の研究機関の貢献も明らかである（参照：Science 2009, 324, 522-528；Nature 2012, 491, 393-398）。トランスクリプトーム解析は、動物の生体分子情報を統合的に検証する研究領域である omics の 1 領域であり、DNA 情報を取り扱う genomics、タンパク質情報の proteomics、細胞などの代謝低分子情報の metabolomics に対応する RNA 情報を取り扱う transcriptomics である（表）。この領域はゲノム情報の応用領域、つまり病気の診断や器官組織の機能評価への適用を意味している。トランスクリプトーム解析は遺伝子機能、発現調節を明らかにするもので、動物の生理機能や病態解明並びに創薬にとって欠かせない情報である。そのため、応用科学である畜産学研究に適した研究領域、手法である。我が国におけるウシの網羅的な遺伝子発現解析は、ウシマイクロアレイの開発が 1999 年国立小児病院小児医療研究センターと農林水産省所管の畜産試験場（いずれも当時）の共同研究「開放融合プロジェクト」が先鞭をつけた。プロジェクトの主題が「個体発生のゲノム機能と分子機構の解明」であり、当時、体細胞クローンウシが我が国において誕生し、その発生過程、特に着床および胎盤形成時に生じる障害の究明が世界的にも課題であった（Hashizume ら 2002）。同プロジェクトでは、ウシの肝臓および子宮・胎盤試料を用いた cDNA マイクロアレイの開発に焦点が絞られた。その対象は偶然とは言え、当時ウシトランスクリプトーム解析について世界的展開に着手していたイリノイ大学グループの開発手法

と一致した（Band ら 2002；Ishiwata ら 2003）。トランスクリプトーム研究の始まりは、家畜ではウシの白血球や病理診断のため組織特有の cDNA マイクロアレイが主体に開発されていた（Yao ら 2001）。ウシゲノム解析が完了した現在では、それらの遺伝子情報を基にしたオリゴマイクロアレイへと展開している。ここでは、家畜、特にウシにおけるトランスクリプトーム解析の意義と展望について紹介する。

1. トランスクリプトーム解析手法

ウシゲノム解析は 2009 年に一応の決着を見た。遺伝子発現やその制御調節の解明がこれ以降の課題であり、発現動態の解析には、Differential Display (DD)、マイクロアレイ、Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)、Serial Analysis of Gene Expression (SAGE) および RNA シークエンス (Next generation sequencing；NGS) 等多くの手法がある。NCBI の Gene Expression Omnibus (GEO) に登録されている 261 解析データの分類比率を見てみると、SAGE 5, GeneChip 109, タイリングアレイ 4, cDNA アレイ 43, oligo アレイ 82, RT-PCR 3, HT-Seq 15 であり、ウシにおけるトランスクリプトーム解析は GeneChip を含むマイクロアレイがその主体と言える。ブタにおいても 90% 以上がマイクロアレイである。それ故、それぞれ異なる特徴と利点があるが、畜産学研究においては、遺伝子発現プロファイリング並びに細胞内遺伝子情報の pathway 解析に有効な技術であるマイクロアレイによりその全体像が把握出来る。GEO データは日々更新されており、記述あるいは閲覧時点での比率である点に注意する必要がある。特に、NGS データの増加は急激である（<http://lifesciencedb.jp/geo/>）。

DNA マイクロアレイは、1990 年代半ばから開発が始まった比較的新しい手法で、組織や細胞個々の mRNA 発現量や発現制御に関わる要因を網羅的に明らかにする技術である。また、本法で得られるデータは膨大で bioinformatics により生物学的な機能はもとより、発現遺伝子相互のネットワーク解析に適した手法で、細胞組織の物質代謝や情報伝達系の

表 1 分子生物学情報研究の発展

1953 二重らせんの発見(Francis Crick & James Watson)	Omics
1972 組換え DNA (Paul Berg)	
1975-77 塩基配列決定方法 (Frederick Sanger, Allan Maxam & Walter Gilbert)	
1975 Southern Blotting 開発(Edwin Southern)	
1983 PCR法の発明(Kary B Mullis)	
1990 ヒトゲノムプロジェクト(DOE, NIH)	
1992 DNA マイクロアレイ(Patrick Brown)	
1997 Dolly 誕生	
2003 ヒトゲノムプロジェクト完了	
2005 次世代シーケンサーの登場	
2009 ウシゲノム解析完了	
	Genomics
	DNA
	Transcriptomics
	RNA
	Proteomics
	Protein
	Metabolomics
	Metabolites

解析が可能である。その基本はガラス板上に遺伝子 DNA を高密度に配置したもので開発集団の由来から Stanford および Affymetrix の 2 方式がある。Affymetrix 方式は既知の遺伝子配列を基にその相補鎖をプレート上 (チップ) で合成、搭載することから一般的に GeneChip と呼ばれる。一方、Stanford 方式は cDNA あるいは合成した相補鎖をスポットとして搭載する方式であり、既知の遺伝子情報だけでなく組織からの mRNA 情報を基にした cDNA をスポットできるため、未知遺伝子情報の検索も可能である。解析ではこれらのアレイに組織あるいは細胞由来の遺伝子にビオチン、Cy3 あるいは Cy5 などを標識後、ハイブリダイゼーションしてその搭載している遺伝子発現の差異を検証することから高感度に発現量の比較ができる。原理の基本はノーザンプロテイングであり、数千から数万の遺伝子を網羅的に検索することができる。本方法は、既に単になる mRNA の発現量の検出だけでなく、一塩基多型 (Single Nucleotide Polymorphism : SNP), Comparative Genomic Hybridization (CGH) 解析、クロマチン免疫沈降 (Chromatin immunoprecipitation : ChIP)-chip 解析、タイリングアレイなど多様な遺伝子発現解析方法となっている。DD は任意のプライマーを用いて PCR により mRNA を増幅し、ゲル上で多数の試料の遺伝子発現をバンドとして比較することが出来るが、PCR 反応の再現性と条件設定に難点がある。しかし、マイクロアレイに比べコスト、所要時間が短い利点がある。SAGE は mRNA のタグと呼ぶ細胞に発現する大量の数十塩基の配列を解析し、遺伝子発現の動態を解析するもので、定量性や未知の遺伝子の解析が出来るため新規の遺伝子を探索出来る利点がある。しかしコストや大規模な解析に適さない難点もある。RNA-seq は、今日、NGS による解析で、ゲノムや遺伝子の情報の有無に関係なく解析が可能であり、遺伝子多型があっても解析出来るなど利点が多く、未だコストの問題があるが、今後飛躍的に普及する手法と推測される (図 1)。

2. 家畜におけるマイクロアレイの開発と適用

畜産学研究分野におけるマイクロアレイは、この 10 年来、家畜の生理機能解明への貢献は著しいものがあり、それらは、家畜の発達、生殖機能、生産性に関わる重要な要因を明らかにしてきた。ウシにおけるマイクロアレイは 2001 年に最初の報告が認められる (Yao ら 2001)。開発当初の題材は免疫

細胞、乳腺、肝臓、初期胚、卵巣、子宮・胎盤で有りこれらの EST 情報並びに cDNA を基にしたマイクロアレイが第一世代である。GEO への登録は 2004-2005 年に始まっており、初期における遺伝子発現解析データの把握に一定の基準が設定されて居なかったことが窺える。その後、アレイは発現遺伝子の大部分を網羅する oligo-microarray が開発されると共に、単に細胞や組織における遺伝子発現のプロファイル検索から、本来の機能推定へと進化してきた。もちろんこれらの進化は、単にアレイの極小化ならびにアレイリーダーなどのハード面の発展だけでなく、コンピュータ技術の発展に伴う、データマイニング、プロファイリング、アノテーションツールおよびパスウェイ解析などソフト面の開発、改良が大きく貢献している。すなわち、bioinformatics の発展無くしては、膨大なトランスクリプトームデータの意義付けは不可能である。そして、現在、トランスクリプトームからプロテオームへの展開が必至である。

では、畜産学研究においてこれらトランスクリプトーム解析技術は何をもたらしたのか、ウシにおいては、幾つかの象徴的な発展が挙げられる。GEO の報告でマイクロアレイ実施の上位には、初期胚 13%、感染と免疫細胞 11%、卵巣 9%、乳腺とミルク 8%、子宮 7%、肝臓と脂質 6%、筋肉 5% が認められる。これらはいずれも家畜の生産性を左右する、感染症、繁殖、肉生産、代謝などに関わる要因である。具体的には、肉の脂肪含量およびサシ、ルーメンの消化機能、肝臓の代謝機能、低カルシウム血症および早期妊娠診断のバイオマーカーなどの遺伝子および分子を特定した (Clark ら 2011; Sasaki ら 2013)。例を挙げれば、乳牛の妊娠後半期の栄養飼養条件は分娩後の乳生産の低下や疾病誘発および繁殖障害要因とする生化学的検証や経験則が、分子生物学的に証明され、遺伝子発現パスウェイから新規の防除措置の開発が期待される (Shahzad ら 2014)。また、家畜の生産性に直接結びつく妊娠成立の予知・診断は、これまで生理学的な現象を主体とした手法が用いられてきたが、末梢血の血球に発現する遺伝子動態や血中 DNA を指標として、授精後 3 週間で受胎の成否を判定する技術開発が進行しており (Kizaki ら 2013; Mayer ら 2013)、これら上記 2 点の成果は、ウシの生産性を著しく左右する要因と栄養飼養管理の関連性を証明し、これまで困難とされてきた課題解決の新しい手段を提供するも

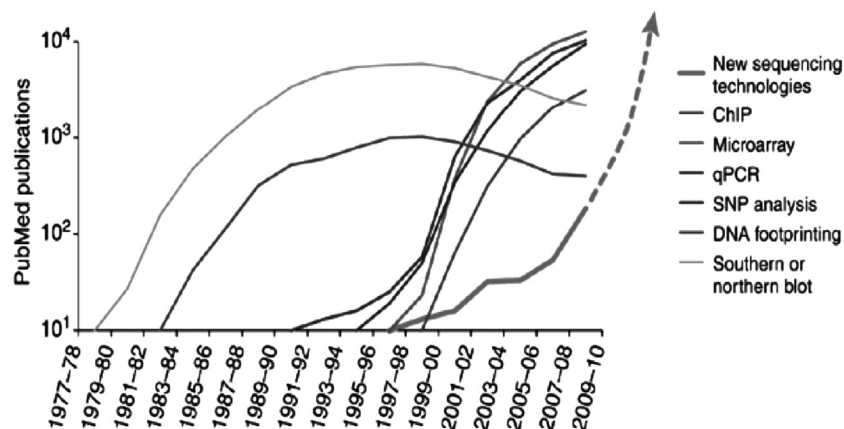


図 1 各種トランスクリプトーム解析に関する報告論文の推移 (Kahvejian ら 2008)

のである。また、トランスクリプトーム解析は、膨大な遺伝子・分子情報を蓄積しており、公共データベースに蓄積される情報は、当該研究者だけでなく多くの研究者が利用出来る。これらのデータを基にクラスター解析やパスウェイ解析などの所謂 bioinformatics を適用すれば、ウシにおける生体機能の恒常性維持の解明研究や疾病予防などに関わるこれまで明らかにされていない遺伝子や分子を特定出来る。それ故、畜産業の経営や技術発展に新しい技術や視点を提供する。この様にトランスクリプトーム解析はウシにとどまらず、ブタにおいても 2004 年来 226 件、ニワトリは 39 件の解析例が認められる。我が国における取り組みは、GEO 資料によると 11 件の報告である。しかしながら、数多くの研究機関での取り組みが始まっており、得られた情報は公開が原則であり、同分野の研究者の誰もが利用出来る共有財産である。

3. トランスクリプトーム解析の展望

遺伝子解析には、マイクロアレイと NGS どちらが本目的に適しているかとの問いには、現状では価格の問題と膨大なデータ処理の点から、判断は難しい。NGS の家畜への適用は、コストの面から GEO データでも 5-6% を占めるに過ぎずそれほど普及していない。しかしながら、RNS-Seq 解析や Chip-Seq 解析の開発、NGS ではマイクロアレイと異なり解析領域を限定する必要が無い、エピジェネティック解析が可能などの利点があり著しい発展が見込まれる。実際、血液中の DNA 解析から疾病を診断する技術がヒトでは開発されており、家畜での適用は可能と思われる。その技術開発の基盤には NGS が必須であり、血液を 1 滴取れば、疾病が診断出来る技術をもたすかも知れない。現時点では、NGS により血中や尿中に認める DNA 情報を得ることが出来る。そのため、生理・病理現象とこれら DNA 断片情報の相関性の検索が可能である。しかしながら両者を結びつける機構の解明はこれからの課題である。ではマイクロアレイに利点はないのか。価格、実験に要す時間、SNP 解析が可能、解析できる遺伝子発現の範囲が広い、データ解析の専門度などにおいては、NGS を上回る。当面は、両者の利点を生かした使い分けが必要である。どちらの手法を用いるにしろ、bioinformatics の適正な解析から、組織、細胞の機能解析、動物機能の診断法への展開が必要である (Kadota と Shimizu 2011)。この領域の発展は、膨大な解析データを生物情報として利用するためには、いわゆるバイオインフォマティクスの連携が欠かせない。この分野の人材は世界的にも不足しており、その養成無くして、動物の機能情報の解明は難しい。また、本邦での取り組みが、限られた研究機関の実施例だけであり、多くの研究者が同領域に参画することが望まれる。トランスクリプトーム解析の重要性は、医学、薬学分野の例に見る様に、言うまでもないことから、NGS への挑戦を含め、畜産学分野での応用的研究への展開が期待される。

文献

- 動物遺伝研究所. 2003. 動物遺伝研究所 10 年のあゆみ. 沿革と現況. p. 1. (社)畜産技術協会, 東京.
- Hashizume K, Ishiwata H, Kizaki K, Yamada O, Takahashi T, Imai K, Patel OV, Akagi S, Shimizu M, Takahashi S, Katsuma S, Shiojima S, Hirasawa A, Tsujimoto G, Todoroki J, Izaiki Y. 2002. Implantation and placental development in somatic cell clone recipient cows. *Cloning Stem Cells* **4**, 197-209.
- Band MR, Olmstead C, Everts RE, Liu ZL, Lewin HA. 2002. A 3800 gene microarray for cattle functional genomics : comparison of gene expression in spleen, placenta, and brain. *Animal Biotechnology* **13**, 163-172.
- Ishiwata H, Katsuma S, Kizaki K, Patel OV, Nakano H, Takahashi T, Imai K, Hirasawa A, Shiojima S, Ikawa H, Suzuki Y, Tsujimoto G, Izaiki Y, Todoroki J, Hashizume K. 2003. Characterization of gene expression profiles in early bovine pregnancy using a custom cDNA microarray. *Molecular Reproduction and Development* **65**, 9-18.
- Yao J, Burton JL, Saama P, Sipkovsky S, Coussens PM. 2001. Generation of EST and cDNA microarray resources for the study of bovine immunobiology. *Acta veterinaria Scandinavica* **42**, 391-405.
- Kahvejian A, Quackenbush J, Thompson JF. 2008. What would you do if you could sequence everything? *Nat Biotechnology* **26**, 1125-1133.
- Clark DL, Boler DD, Kutzler LW, Jones KA, McKeith FK, Killefer J, Carr TR, Dilger AC. 2011. Muscle gene expression associated with increased marbling in beef cattle. *Animal Biotechnology* **22**, 51-63.
- Mayer J, Soller JT, Beck J, Purwins V, Wemheuer W, Schütz E, Brenig B. 2013. Early pregnancy diagnosis in dairy cows using circulating nucleic acids. *Theriogenology* **79**, 173-179.
- Sasaki K, Yamagishi N, Kizaki K, Sasaki K, Devkota B, Hashizume K. 2013. Microarray-based gene expression profiling of peripheral blood mononuclear cells in dairy cows with experimental hypocalcemia and milk fever. *Journal of Dairy Science* **97**, 247-58.
- Shahzad K, Bionaz M, Trevisi E, Bertoni G, Rodriguez-Zas SL, Looor JJ. 2014. Integrative analyses of hepatic differentially expressed genes and blood biomarkers during the periparturient period between dairy cows overfed or restricted-fed Energy prepartum. *PLoS One* **9**, e99757.
- Kizaki K, Shichijo-Kizaki A, Furusawa T, Takahashi T, Hosoe M, Hashizume K. 2013. Differential neutrophil gene expression in early bovine pregnancy. *Reproductive Biology and Endocrinology* **11**, 6.
- Kadota K, Shimizu K. 2011. Evaluating methods for ranking differentially expressed genes applied to microArray quality control data. *BMC Bioinformatics* **12**, 227.

ブタの抗病性育種の取り組みと成果

鈴木啓一¹・島津朋之¹・陸拾七¹・片山雄貴¹・加藤和雄¹・麻生 久¹・北澤春樹¹・岡村俊宏¹・

柴田千尋²・佐久間晶子²・中條 満²・門脇 宏²・柴田智也²・鈴木英作²・

高萩陽一³・助川 慎³・村上 博³・上西博英⁴・奥村直彦⁴・松本敏美⁴

¹ 東北大学大学院農学研究科, ² 宮城県畜産試験場, ³ 日本ハム(株) 中央研究所, ⁴ (独) 農業生物資源研究所

1. はじめに

国内外の養豚生産現場で最も重要な病気は、呼吸器病症候群 (PRDC) の病名に象徴される病原微生物の混合感染による複合呼吸器病である。豚萎縮性鼻炎 (AR)、マイコプラズマ性肺炎 (MPS)、豚繁殖・呼吸傷害症候群 (PRRS) などの慢性疾患による被害は、北アメリカだけでも年間 18 億ドルと推定されている (Mallard と Wilkie 2007)。国内でも宮城県の食肉衛生検査所事業概要の報告 (平成 21 年度～平成 24 年度) によると、出荷豚のマイコプラズマ性肺炎による一部内臓廃率は、32%～40%と報告され、最も多い疾病となっている。マイコプラズマ性肺炎 (MPS) はマイコプラズマ・ハイオニューモニエが主要な原発要因として重要であるが、肺炎が引き起こされるメカニズムは明らかでない。養豚生産現場では、肥育前期までの飼料には抗菌性添加剤が添加給与されているが、抗生物質耐性菌の出現や肉への抗生物質の残留の危険性から EU では 2006 年から添加禁止、韓国でも 2011 年に禁止されている。我が国における養豚生産現場でも早急な対応が求められている。疾病コントロールの方法として、ワクチネーション、投薬、予防衛生、SPF 化があるが、必ずしも万全とは言えない。これらの技術を補うものとして抗病性育種がある (Nishida ら 2001)。しかし、病変を直接の選抜形質とした抗病性育種は、その必要性は認められながらも手法に課題があり、レプトスピラ症を除いて報告はない (Wilkie と Mallard 2000)。ブタの抗病性育種には、①種畜候補豚やきょうだい豚、後代豚を病原体に暴露させ、抵抗能力のある個体やきょうだいを選抜する直接的方法と、②ワクチン接種に対する免疫反応を含む各種免疫形質を指標とした間接的方法が考えられるが、宮城県畜産試験場はランドレース種について慢性疾患であるマイコプラズマ性肺炎 (MPS) 病変を測定して選抜形質とした 5 世代の選抜を行い、MPS 病変の少ない集団を造成した (Kadowaki ら, 2012)。病変そのものを直接選抜形質とした育種改良は世界で初めての快挙と言える。また、日本ハム中央研究所は大ヨークシャー種について、末梢血の自然免疫と獲得免疫能の総合育種価を高める方向に 6 世代の選抜を実施し、各形質とも 1 標準偏差以上の育種価の上昇が認められ免疫能の高い集団として確立した。しかし、これら 2 つの集団の免疫調節および疾病防御機構の詳細は明らかでない。また、育種改良は純粋種について行われるが、肉豚生産は純粋品種の交雑により行われる。純粋種の抗病性が改良されればそれらの交雑によるヘテロシス効果により抗病性機能がさらに高まることが期待される。

本稿では、はじめに宮城県畜産試験場が東北大学との共同研究で行ったランドレース種のマイコプラズマ性肺炎 (MPS)

病変の 5 世代の選抜試験と、日本ハム中央研究所が東北大学との共同研究で行った大ヨークシャー種の豚丹毒ワクチン接種後の末梢血食細胞活性、補体別経路活性、豚丹毒ワクチン特異的抗体産生量の総合育種価に対する 6 世代の選抜実験の選抜反応と相関反応、免疫応答の比較とゲノム情報による抗病性育種選抜指標探索研究の内容について紹介する。次に、選抜された純粋種およびそれらの交雑豚 (雑種第一代と三元交雑豚) の病変の程度と各種免疫能について一般の無選抜豚 (純粋種と交雑豚) と比較調査した試験結果を紹介する。

2. MPS 病変選抜試験

1) 選抜反応

種雄豚 15 頭と種雌豚 50 頭のランドレース種を基礎集団として、各選抜世代で育成候補の雄豚 50 頭、雌豚 110 頭と、MPS 病変を調査するための調査豚 120 頭の能力検定を 5 世代行った。羊赤血球を異物として二度接種し、二次接種 1 週間後に末梢血免疫能を測定した。一日平均増体量、背脂肪厚、MPS 病変と末梢血コルチゾール濃度の 4 形質を選抜形質として多型質 BLUP 法により育種価を計算し総合育種価による選抜を行った。5 世代の選抜により、一日平均増体量は有意に増加し、MPS 病変は有意に減少した (図 1)。

2) 免疫相関反応

末梢血免疫能の総白血球数、食細胞活性、補体別経路活性、顆粒球・リンパ球比率、羊赤血球 (SRBC) に対する特異的 IgG 産生量を調べた結果、5 世代の選抜により食細胞活性と顆粒球・リンパ球比率は有意に増加し、IgG 産生量は有意に減少した (図 2)。さらに、末梢血 IL-17 と IFN- γ 濃度は有意に増加し、TNF- α は有意に減少した (図 3)。これらの結果から、MPS 病変の選抜に伴う自然免疫、細胞性免疫能の活性化と液性免疫能の抑制が示唆された。

3) QTL 解析

約 1300 頭の全個体の耳切片から DNA を抽出し、各染色体上に配置されたマイクロサテライトマーカー 119 個を用いた QTL 解析を実施した。その結果、第二番染色体上に有意な領域が検出された。MPS 病変の遺伝率は 0.23 と低いが、相加的遺伝分散に占める QTL の分散は約 80% と非常に高く (表 1)、大きい効果の遺伝子の存在が示唆されたのでファイインマッピングを行ったが有意な領域での候補遺伝子の特定までは至らなかった (Okamura ら 2012)。

3. 免疫能選抜試験

1) 選抜反応

種雄豚 10 頭、種雌豚 50 頭を基礎集団として、育成雄 50 頭、育成雌 120 頭について、9 週齢で豚丹毒ワクチンを接種後、二週間以内に採血を行い、末梢血食細胞活性、補体別経路活性、

豚丹毒ワクチン特異的 IgG 量を測定した。各形質の育種価の標準偏差で重み付けして合計した総合育種価に基づき 6 世代の選抜を行った。その結果、各形質とも 6 世代では育種価の 1 標準偏差以上の選抜反応が認められ、自然免疫と液性免疫の高い大ヨークシャー種集団を造成することができた (図 4)。

2) SNP 相関解析

選抜第 3 世代から第 6 世代までの 600 頭の DNA を用い、末梢血食細胞活性、補体別経路活性、豚丹毒ワクチン特異的 IgG に関与する遺伝子を特定するためイルミナ社の SNP ビーズチップを使い三形質の育種価 + 誤差を対象としたゲノムワイド相関解析を行った。その結果、各形質ともに有意なマーカーが検出された。

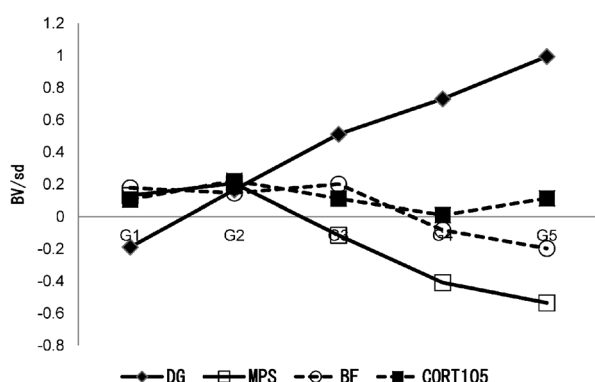


図 1 MPS 選抜ランドレース種の選抜形質の遺伝的趨勢

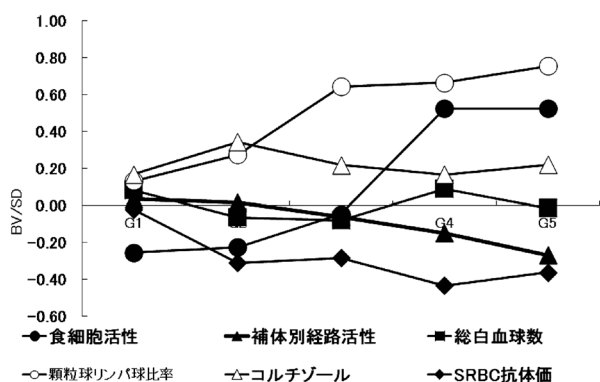


図 2 MPS 選抜ランドレース種の免疫形質の相関反応

4. MPS 選抜および免疫能選抜系統およびそれらを利用した交雑豚の無選抜豚との MPS 病変と免疫形質の比較

本研究では、MPS 病変を減少させる方向に選抜したランドレース種と免疫能を高める方向に選抜した大ヨークシャー種、これらの 2 品種を利用した交雑 F₁ (雑種第一代) と三元交雑 LWD 豚、さらにこれらの対照として一般のランドレース種、大ヨークシャー種、交雑 F₁、三元交雑豚 LWD について、MPS 病変、内分泌・免疫調節機構の比較を行い、抗病性育種の有効性を明らかにすることを目的とした。

はじめに MPS 病変選抜ランドレース種と無選抜一般ランドレース種、免疫選抜大ヨークシャー種と無選抜一般大ヨークシャー種について、MPS ワクチン接種前後の免疫能、と畜後

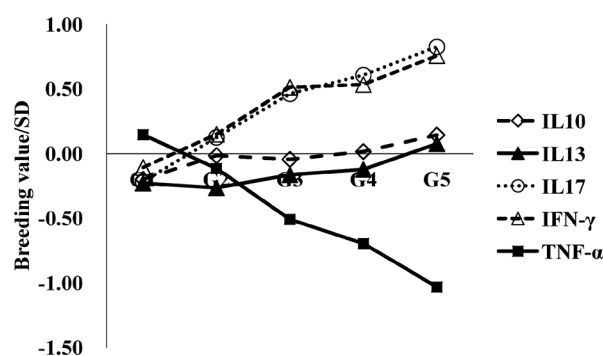


図 3 血清サイトカイン濃度の遺伝的趨勢

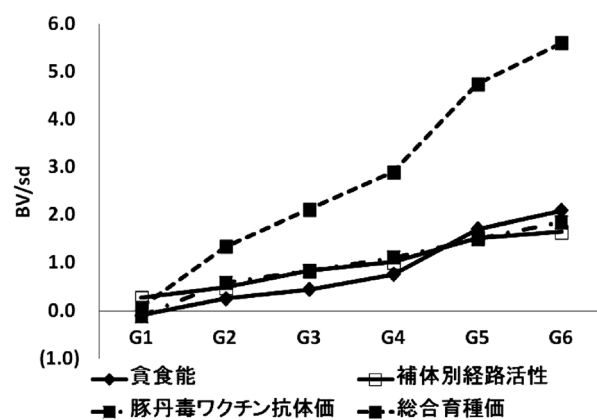


図 4 大ヨークシャー種の免疫形質の遺伝的趨勢

表 1 MPS 選抜ランドレース種の病変に関する QTL 解析結果

Traits ^a	SSC ^b	cM ^c	LOD ^d		h_p^2 ^e	h_q^2 ^f	h_r^2 ^g	Marker range	
Log-MPS score	2	31	3.36	**	0.23	0.20	0.00	SW1650	SW240
	12	77	1.44	*		0.11	0.12	SWR1802	S0106
AR score	3	99	1.52	*	0.29	0.09	0.17	SW314	SW349
	4	0	1.64	*		0.09	0.24	SW489	
	6	99	1.59	*		0.10	0.20	SW1129	SW1823
	13	52	1.56	*		0.08	0.18	S0068	SW129
	14	17	1.47	*		0.07	0.23	SW1631	SW1125

^aMPS病変、AR病変スコア、^bSSC、染色体No.; ^ccM、染色体位置cM (Haldane)、^dLOD スコアの有意性 **有意な連鎖 (>2.51); *サジェスティブ連鎖 (>1.35)、^e h_p^2 ポリジーン遺伝率、^f h_q^2 QTL相加的遺伝率、^g h_r^2 残差ポリジーン遺伝率

4. 90 周年記念講演ミニレビュー

の肺病変を調査した。試験期間、マイコプラズマ菌体の鼻汁中保菌量の調査の結果、マイコプラズマ菌体はほぼすべての個体に認められ、常在菌であることが確認できた。そして、MPS 病変選抜ランドレースは MPS 病変が最も少なく、MPS 抗病性選抜の有効性が確認されたが、免疫能選抜大ヨークシャー種の MPS 抵抗性は確認できなかった。免疫担当細胞種の比較から、MPS 選抜ランドレース種は一般ランドレース種と比較し、顆粒球を増加させる一方で、T 細胞や B 細胞などのリンパ球系を減少させる反応が確認された (Shimazu ら 2013)。そして IL-10 と IFN- γ の産生濃度が一般豚に比べ有意に高い値を示し、IL-10 では mRNA レベルの発現量も高かった (Shimazu ら 2014, 図 5)。免疫能選抜大ヨークシャー種は一般大ヨークシャーより選抜形質である貪食能がワクチン接種後有意に増加すること、一般大ヨークシャー種は血中総 T 細胞割合と NK 細胞割合が増加し、選抜豚より有意に高い割合を示した。以上の結果から、直接選抜による抗病性育種の有効性と抗病性育種に関連する免疫指標が示唆された。

次に、MPS 選抜ランドレース純粋種 L、免疫能選抜大ヨークシャー種との交雑豚 LWa、一般大ヨークシャー種と MPS 選抜ランドレース種の交雑豚 LWb、一般大ヨークシャー種と一般ランドレース種の交雑豚 LWc の 4 系統に抗原として羊赤血球 (SRBC) を接種し病変と各種免疫能を比較した。MPS 選抜ランドレース、一般大ヨークシャー種と MPS 選抜ランドレース種との交雑 LWa の MPS 病変が最も低く、免疫能選抜大ヨークシャー種との交雑により MPS スコアが少し増加し、一般的な LWc が最も MPS スコアが高い結果が得られた。さらに、SRBC 特異的抗体量は一般 LWc が最も高く、MPS 選抜ランドレース種との交雑により産生量が減少する結果が得られた。

この結果から、抗体産生量の抑制の程度が MPS 抵抗性の指標として有効であることが示唆された。

さらに、MPS 選抜ランドレース豚と末梢血免疫能選抜大ヨークシャー種との LW 交雑雌豚にデュロック純粋種雄豚を交配して生産した三元交雑豚 (LWDa) と一般の純粋種を交雑した三元交雑豚 (LWDb)、そして MPS 選抜ランドレース種 (L) を用いて比較検討した。肺病変スコアは LWDa が L と LWDb の中間値を示したことから、MPS 選抜ランドレース種の MPS 抵抗性に関する遺伝的能力が影響したものと考えられる。また、血中免疫担当細胞数の T 細胞数は LWDa が他の 2 系統より有意に高かったが、LWDa の IFN- γ 、IL-4、IL-6、IL-10 および TGF- β mRNA 発現量は L と LWDb の中間値を取ることで、抗原特異的 IgG 産生量は MPS ワクチン接種後に LWDa が L より有意に増加したが、定常状態および day0、2 日目では LWDb より有意に低い値を示した (図 6)。

以上の結果より、抗病性育種の方法としては、遺伝率は低いながらも病変を直接の選抜形質として改良を進めることが有効であることが確認された。感染症は、病原体、宿主、宿主反応と環境といったものが様々に影響し合っているため調査測定自体が難しい形質だが、きょうだい豚や後代群の疾病の記録システムを充実させた方法により遺伝率が低い場合も改良が可能と考えられる。さらに、MPS 抵抗性の改良指標としては細胞性免疫能を高め、獲得免疫能を抑制する指標の有効性が示唆された。また、MPS 病変について選抜されたランドレース種の交雑豚は一般の交雑豚より MPS 病変が有意に少ないかあるいは、少ない傾向が認められたことから交雑により MPS 抵抗性が遺伝することが確認された。免疫形質に関しては片方の純粋種に影響されると考えられる形質は認め

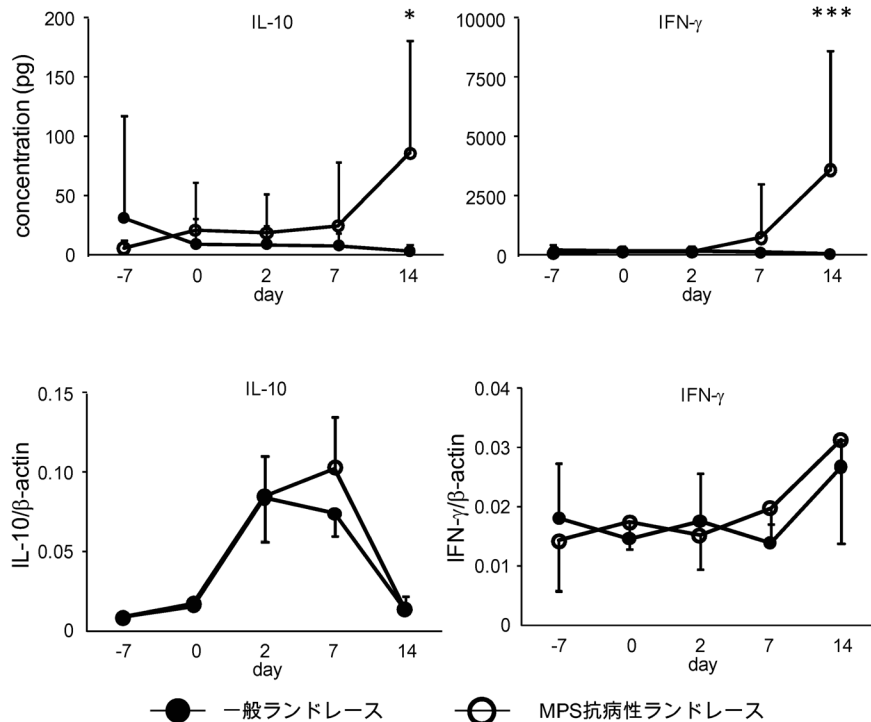


図 5 MPS 選抜ランドレース種、一般ランドレース種の IL-10 と IFN- γ 産生量 (上) と発現量 (下) (day-7, 0 において MPS ワクチンを接種)

SRBC-IgG

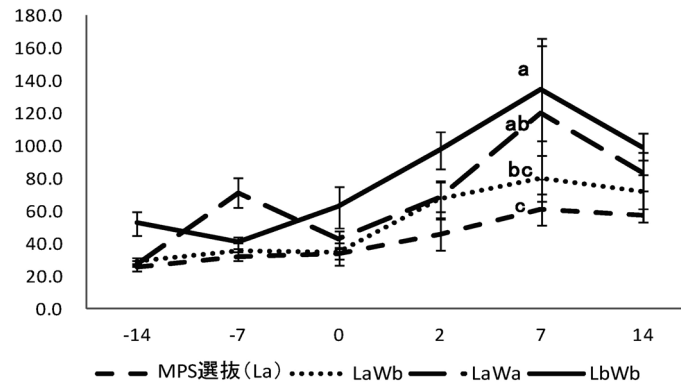


図 6 MPS 選抜 La, 交雑豚 LaWa, LaWb, LbWb の SRBC 特異的抗体産生量 (day-7, 0 において SRBC を接種)

られず、免疫形質を支配するポリジーンにより交雑豚は中間的な値をとる現象が確認された。

本研究で得られた結果は今後の抗病性育種を進める上で有用な情報であると考えられるが、さらなる実証研究が必要と思われる。病変や免疫形質に関するマクロサテライトマーカーや SNP を使った QTL 解析研究に取り組んだが遺伝子を特定するまでの成果を挙げるができなかった。他集団での病変に関する詳細な病変調査と SNP マーカーを用いた相関解析による関連遺伝子の特定や SNP マーカー多型情報による育種価推定の更なる研究が必要と思われる。

紹介した 2 つの選抜試験および病変と免疫形質を支配するゲノム領域特定研究は、農業生物資源研究所の受託研究課題「動物ゲノムを活用した新市場創出のための技術開発—動物ゲノム情報を活用した新需要創造のための研究—」のうち、「抗病性育種のための家畜免疫系遺伝子解析とブタ実験系及び実用集団での評価」の課題として取り組んだ。また、選抜系統と交雑豚の免疫特性の解明研究は、生研センター、イノベーション創出基礎的研究推進事業の受託研究「豚の慢性病に関わる免疫機構の解明と高抗病性種豚の開発」の課題として取り組んだことを記す。

文献

- Nishida A, Ogawa T, Kikuchi Y, Wakoh K, Suzuki K, Shibata T, Kadowaki H. 2001. A hopeful prospect for genetic improvement of chronic disease resistance in swine. *Asian-Australian Journal of Animal Science* **14** (Special Issue), 106-110.
- Mallard BA, Wilkie BN. 2007. Phenotypic, genetic and epigenetic variation of immune response and disease resistance traits of pigs. *Advances in Pork Production* **48**, 139-146.

Wilkie BN, Mallard BA. 2000. *Breeding for Disease Resistance in Farm Animals* 2nd edn. pp. 379-396. CABI Publishing, New York.

Katayama M, Fukuda T, Okamura T, Suda Y, Suzuki E, Uenishi H, Suzuki K. 2011. Immunophenotype characterization for swine selected line, which is resistant for the *Mycoplasma pneumonia*. *Asian-Australian Journal of Animal Science* **24**, 889-897.

Kadowaki H, Suzuki E, Kojima-Shibata C, Suzuki K, Okamura T, Onodera W, Shibata T, Kano HY. 2012. Selection for resistance to swine mycoplasma pneumonia over 5 generations in Landrace pigs. *Livestock Science* **147**, 20-26.

Okamura T, Onodera W, Tayama T, Kadowaki H, Kojima-Shibata C, Suzuki E, Uemoto Y, Mikawa S, Hayashi T, Awata T, Fujishima-Kanaya N, Mikawa A, Uenishi H, Suzuki K. 2012. A genome-wide scan for quantitative trait loci affecting respiratory disease and immune capacity in Landrace pigs. *Animal Genetics* **43**, 721-729.

Shimazu T, Borjigin LSQ, Katayama Y, Meihua L, Satoh T, Watabe K, Kitaza H, Roh S, Aso H, Katoh K, Suda Y, Sakuma A, Nakajoh M, Suzuki K. 2013. Immunological characteristics of peripheral blood leukocytes in swine selected for resistance to *Mycoplasma pneumonia*. *Animal Science Journal* **84**, 683-692.

Shimazu T, Borjigin LSQ, Katayama Y, Meihua L, Satoh T, Watabe K, Kitaza H, Roh S, Aso H, Katoh K, Suda Y, Sakuma A, Nakajoh M, Suzuki K. 2014. Genetic selection for resistance to mycoplasma pneumonia of swine (MPS) in the Landrace line influences the expression of soluble factors in blood after MPS vaccine sensitization. *Animal Science Journal* **85**, 365-373.

家族経営の展開論理と企業経営の成立要件 —畜産経営研究に関連する若干の問題整理—

栗原 幸一

麻布大学名誉教授

はじめに—課題の設定と目的

畜産はいうまでもなく農業生産の 1 部門である。したがって、畜産を対象とする経営研究もまた農業経営研究に包摂される。ここでは畜産学会あるいは農業経営学会といった学会領域に囚われずに、既往の研究を踏まえて問題を捉え課題の解明を試みる。

日本農業経営学会が畜産を含む農業経営の変化に着目して、『新しい農業経営の出現とその評価』と題した大会シンポジウムを開催したのが 1999 年、その後、2010 年には『農業における「企業経営」の可能性と課題』、2013 年には『家族農業経営変容の現段階—日韓と欧米の比較—』といった、新しい形態の経営の出現、伝統的な家族経営の変化に焦点を当てた大会シンポジウムを開催している。

学会が着目した新しい形態の経営は、農業生産の中でも畜産部門に先駆的かつ広範に現れている。経営形態の変化の一端を象徴的に示していると思われる法人経営の推移をみると、米麦作や蔬菜園芸部門では 1990 年代に入って増加し始めたのに対して、畜産部門では 1970 年代半ば頃から増加し始め、近年に至ってもなお部門別比率において首位にある¹⁾。

経営形態から見た畜産の出発点は、今さら指摘するまでもなく生業としての家族経営における零細な家畜飼養であった。それを起点に、今では中小家畜部門に限らず酪農、肉用牛繁殖等の土地利用型の大家畜部門においても大規模経営が出現するに至っている。

ここでは、生業としての家族経営から雇用労働依存のいわゆる企業経営への展開プロセスはどのようなものなのか、経営形態に変化を引き起こす要因は何なのか、経営展開の筋道と経営形態・経営の性格に変化をもたらすメカニズムを明らかにすることによって、畜産経営におけるいわゆる企業経営成立の可能性について検討する。

なお、「企業経営」という用語には明確な定義があるわけではない。捉え方はさまざまである。ここでは、経営目標としてもっぱら資本収益の実現を意図する経営を指しており、厳密には資本制経営に限定している。

1. 経営の展開と形態変化のメカニズム

農業生産を目的とした経営形態の原型は、いうまでもなく家族経営である。歴史的にみると、農業経営形態の変化は、農業生産力水準の上昇による商品生産の拡大発展に伴って現れる。農業生産力水準が低く商品生産が未発達な段階では、家族経営は自給自足を目的として営まれることになり、経営の性格は生業になる。その場合の経営目標は、いうまでもなく生活必需品の獲得である。それを出発点として経営形態が変化し、それに伴って経営の性格・経営目標が変わってくる。

経営形態それ自体は、経営そのものを組み立てている経営

要素—土地・労働・資本の規模、経営要素に占めるそれぞれのウエートと所有関係によって規定される。したがって、経営形態の変化は、それらの変化を通じて現れる。変化を引き起こす基本的な要因は、経営の与件としての外部条件の変化であり、それに対する経営主体の対応である。経営形態に変化をもたらす機序、関連する事柄の因果関係の概略を示すと、次のようになる。

外部条件（与件）の変化→経営目標実現のための
経営主体の対応→経営要素における各要素の規模・
ウエート・所有関係の変化→経営目標の変化→
経営形態・経営の性格の変化

なお、ここでの経営形態区分は、経営の性格や経営目標と関連させたもっとも基本的な区分であり、農業における経営形態区分の原型的なものとして示している。したがって、例えば「個人経営」や「共同経営」といった組織形態区分、あるいは法律形態と関連させた法人の種類区分などはひとまず除いている。以上の整理を前提として、経営の変化・発展のプロセスを図に示すと、図 1 のようになる。

この図に基づいて、生業としての家族経営から雇用労働に依存するいわゆる企業経営に至る経営の変化・発展のプロセスを見てみよう。

経営形態に変化をひき起こす大本は、その経営が存在する当該社会における農業生産力水準の上昇、その結果として現れる商品生産の発展である。商品生産の発展に伴う貨幣経済の浸透・拡大が、「自給自足の家族経営」から「商品生産的家族経営」への変化をもたらす。初期段階においては、なお経営要素に占める労働の比重が高く、経営目標も労賃・利子・地代が未分化の「混合所得」の追求にとどまる。この段階ではまだ経営要素に占める労働のウエートが高いから、商品生産的家族経営であっても「労働力型家族経営」であり、経営の性格も生業に近い。さらに商品生産が拡大発展することによって労働市場が拡大し、生活手段としての農業が農外就労との競争関係におかれるようになって、経営目標は混合所得から利子、地代を除いた労働所得（労働報酬と同義、以下同じ）の追求に変わる。限られた人数の家族労働力で労働所得の増大を図ろうとすれば、当然のこととして規模拡大と省力化が迫られる。その結果、経営要素に占める資本の比重が増して「資本型家族経営」に移行する。

資本型家族経営から資本制経営への展開、家族労働力主体の家族経営から雇用労働依存の企業経営への発展は、それまでの経営の展開過程の単なる延長というわけにはいかない。雇用労働への依存は「労働所得」の「労賃」化（収益から費用への転換）をもたらす。経営への帰属収益の減少が現れるからである。そこには、容易には越えがたい障壁が待ちかま

えている。

それでは、家族経営から企業経営への移行を可能にする要件は何なのか、想定される発展のプロセスはどのようなものなのか、畜産の現状から見て果たして企業経営は成立し得るのか、項を変えて次に見よう。

2. 企業経営の成立要件と成立の可能性

家族経営から企業経営への展開にとって絶対的に必要な前提は、労働所得水準の大幅な上昇である。雇用労働に依存することによって支払わなければならない労賃水準を上回る単位労働当たりの労働所得の実現が無ければ、企業経営として成立するに必要な資本報酬（利潤、以下同じ）²⁾を得ることができないからである。さらに、企業経営が成立するためには、家族経営として取得していた労働所得の絶対額と同額もしくはそれ以上の資本報酬の獲得を可能にする経営規模への拡大が必要になる。同一規模の下で雇用労働に依存するならば、

労働所得の一部もしくはすべてが費用化することによって、経営収益の「U ダウン」現象が起きるからである。それを埋めるに十分な規模への拡大が求められることになる。

畜産の置かれた現状の下で、以上二つの要件が満たされる条件はあるのだろうか。まず第1の要件、労働所得水準の現状を見てみよう。図2がそれである。

この図は、土地利用型の大家畜部門の代表として酪農、非土地利用型の中小家畜部門として養豚経営を取り上げ、それらの部門の労働所得水準と他産業の労賃水準を比較して示したものである。いずれも、2003年から調査結果が公表されている直近の2012年までの10年間の平均データを基に、8時間に換算した1日当たりで示している。なお、他産業の労賃水準は、労働市場における雇用の競争関係を考えて、ここでは業種を問わずに事業所規模5人以上の全産業の平均をとっている。

変化の背景	経営形態	経営の性格	経営成果の内容と経営目標の変化	変化の契機・要因
農業生産力の上昇 ↓ 農産物の生産の発展	自給自足的家族経営 ↓ 労働力型家族経営 ↓ 資本型家族経営 ↓ 資本制経営	生業 ↓ 生業的 ↓ 企業的 ↓ 企業的 ↓ 企業	生活必需品の獲得 ↓ 混合所得の増大 ↓ 労働所得の増大 ↓ 労働所得の増大 ↓ 利潤の増大	↓ 貨幣経済の浸透・拡大 ↓ 労働市場の拡大 ↓ 投下資本の増大 ↓ 雇用依存の増大

図1 経営の展開・発展プロセス

注：栗原幸一（1996）「法人畜産経営は企業経営か—経営の性格把握が診断の前提」、『法人畜産経営診断マニュアル』中央畜産会刊より一部修正して引用。

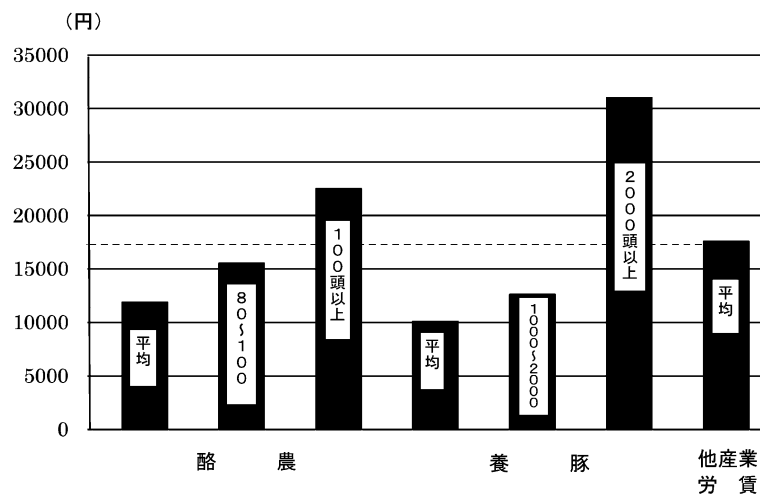


図2 家族労働報酬と他産業労賃水準の比較

資料：農林水産省統計部「畜産物生産費」および厚生労働省「毎月勤労統計」

注：1) 家族労働報酬、他産業労賃とも8時間換算1日当たり。

2) 他産業の労賃は、調査対象全業種の従業員5人以上の事業所の平均。

3) いずれも平成15～24年の各年次の調査結果を算術平均して算出。

先ず、それぞれの部門の1日当たり労働所得の平均を見ると、酪農、養豚経営ともに他産業の平均労賃水準を大きく下回っている。酪農経営では他産業の平均の67.6%、養豚では57.4%にとどまっている。1日当たり労働所得水準は、畜産の場合、おおむね飼養頭数規模との間に相関があり、飼養頭数規模が大きくなるにしたがって上昇する傾向が認められる。図2では、そのことを考慮して、それぞれの部門の統計上明らかな最上層規模と、次に位置する階層のそれぞれの1日当たり労働所得の平均を併せて図示している。酪農、養豚の両部門とも、最上層規模の労働所得水準は他産業の平均労賃水準を上回っており、酪農の最上層規模である100頭以上層では他産業の平均労賃対比128%、養豚の最上層規模である2000頭以上層では176.4%を示している³⁾。ただし、最上層に次ぐ階層では、両部門とも他産業の平均労賃水準を下回っている。

以上から確認できることは、現状の畜産経営においては、他産業就労に対抗して経営を存続させるためには、なお他産業の労賃水準を目標にそれを上回る労働所得水準の実現を図ることが経営の課題であること、同時に最上層規模の経営においては、多少なりとも雇用労働に依存して規模拡大を図り得る可能性を示しているということである。最上層規模においては、理論的には次の条件を満たす場合に、経営収益のＵダウン現象を起こさずに家族労働力を雇用労働力に替えて規模拡大を図ることが可能になるといえる。果たして、この延長線上に主たる労働力を雇用に依存した企業経営の成立を展望できるのか。問題は今後における経営の外部条件、なかでも畜産物価格の推移、他産業労賃水準の推移等、経営にとっての与件がどのように推移するかにかかっているといえる。

労働所得－(労働所得－雇用労賃) ≤ 追加投資による
資本報酬増収分

3. 経営の展開と技術研究の関連

最後に、日本畜産学会の会員は自然科学系のメンバーが主体であることを考慮して、これまで明らかにした畜産経営の展開と技術研究がどのような関係にあるのか、技術研究の各分野がどのように経営の展開にインパクトを与えるのか、について補論的に触れておこう。

図3に示したフローチャートは、畜産経営の収益水準を規定する要因を分解して、加減乗除によって相互の関連を明らかにしたものである。周囲を枠で囲み網掛けをしている項目は、大まかにくくった技術研究事項である。それらが収益性を規定するどの項目に影響を与えるのかを矢印で示している。現状の畜産経営における経営目標は、労働所得の増大であることは前項までのところで明らかにした。この図においては、そのことを一般化して「労働力当たり収益性」として示している。この水準をどのようにして引き上げるか、どこまで引き上げられるのか、そのことが今後の経営の展開を左右することになる。

生産物価格や原材料等の価格は、経営主体の販売・購買上の工夫や生産物の品質の改善等によって改善の余地はあるものの、価格水準そのものは外部条件、経営にとっての与件である。したがって、それを除いて考えるならば、収益性を左右するのは家畜生産性⁴⁾、土地生産性、労働生産性である。図で明らかなように、技術研究はいずれもそれらの向上に大きく寄与することになる。家畜の生産能力を高め、飼料生産を効率化して労働生産性を高めるならば、労働当たりの収益性が向上し、労働所得の増大をもたらすことになる。技術研究の進展が、経営の展開・発展を促進する大きな力になることが明らかであろう。

注：1) 会社法人と農地法第2条7号の要件を満たして農地等の所有権及び使用収益権の取得を認められた

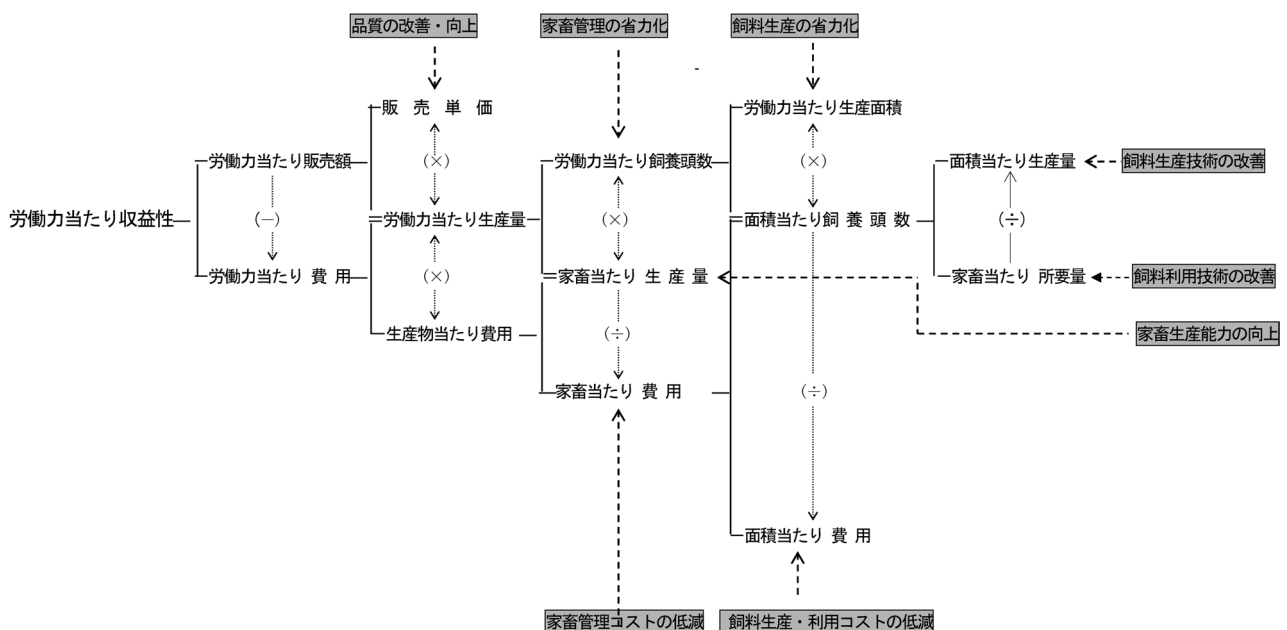


図 3 収益性の向上と技術研究事項の関連

注：栗原幸一（2009）「日本畜産の展開と畜産・草地研究の課題」，日本草地学会編『地域資源を活用した家畜生産システム』学会出版センターより一部修正して引用。

農事組合法人を合わせた農業生産法人に限ると、2006 年以降米麦作を主業とする法人が最も多くなるが、農地法の要件を満たさない法人を含めると、法人格を持つ経営体の中で畜産が最も多くなる。「2010 年世界農林業センサス」の組み換え集計結果によると、単一経営体と準単一経営体の法人経営（会社法人及び農事組合法人）は、米麦作部門 3,513 に対して畜産部門は 4,877 で、法人格を持つ複合経営を含めた法人経営全体に占める割合は米麦作部門 20.7%、畜産部門は 28.7 になる。

- 2) 利潤＝自己資本利子＋自己有地地代＋企業利潤
- 3) 2010 年の養豚の「1 日当たり家族労働報酬」が全階層平均で 15,827 円、2000 頭以上層で 55,417 円と前後の年に比べて突出している。この年の春先に宮崎県で口蹄疫が発生し、供給量が減少して豚価が高騰したことが大きな要因と思われる。これが 2003 年以降 10 年間の平均にも影響している。そのことを割り引くと、養豚における 2000 頭以上層の労働所得水準はもう少し低くなるものと思わ

れる。

- 4) 生産性は、一般に「労働生産性」「土地生産性」「資本生産性」というように、経営要素当たりの生産性としてとらえられる。「家畜生産性」は畜産の特殊性を考慮して磯辺秀俊氏が定義したもの。

文献

- 磯辺秀俊. 1974. 新編 畜産経営学. 恒星社厚生閣, 東京.
- 栗原幸一. 1996. 法人畜産経営診断マニュアル. 中央畜産会, 東京.
- 諸岡慶昇. 2003. 新しい時代の農業経営論. 日本農業経営学会編, 新時代の農業経営への招待. 農林統計協会, 東京.
- 稲本志良. 2003. 「新しい農業経営」の理論的課題. 日本農業経営学会編, 新時代の農業経営への招待. 農林統計協会, 東京.
- 栗原幸一. 2004. 酪農経営の診断分析一体系と手法の解説一. 中央畜産会, 東京.
- 栗原幸一. 2009. 日本畜産の展開と畜産・草地研究の課題. 日本草地学会編, 地域資源を活用した家畜生産システム. 学会出版センター, 東京.
- 南石晃明・土田志郎. 2011. 農業における「企業経営」の可能性と課題. 農業経営研究 **48** (4), 3-6.
- 酒井富夫. 2011. 農業における「企業経営」発展の論理と課題. 農業経営研究 **48** (4), 7-16.

家畜繁殖学の挑戦と近未来

佐藤 英明

独立行政法人家畜改良センター

1. はじめに

2013 年 3 月末まで私が在籍した東北大学の研究室はかつては家畜繁殖学と呼ばれていたが、20 年ほど前に動物生殖科学と名称変更になり現在に至っている。東北大学に限らず全国の多くの大学でも同じような名称変更がなされ、21 世紀に入ってから新しい名称の下で教育研究がなされるようになった。これは家畜繁殖学の新しい挑戦をも意味し、独自の視点で生物学を切り開き、さらに動物発生工学という新たな分野を飛躍させることが期待されている。このような課程を修了した人材は畜産学・獣医学のみならず、モデル動物作製、基礎生物学、不妊治療、野生動物保護・管理、機器開発などの領域に進出し、新たな領域を担うようになっている。すなわち家畜繁殖学は、広く農学、医学、生物学、工学に影響する分野に成長している。

2. 「家畜改良の 3 原則」と生殖細胞利用技術のドッキング

今から 1 万年～4 千年前に誕生した家畜は、より優良な形質をもつ家畜へと改良が続けられ、そして 18 世紀には、「家畜改良の 3 原則」（注意深い観察による個体の能力評価、子どもの能力を調べて親の能力を推察、優れたもの同士の交配）が確立され、家畜改良・増殖の視点が明確にされた。20 世紀に入り、家畜育種学と家畜繁殖学が分岐独立するとともに、実験生物学の進展とその家畜繁殖への波及により生殖細胞利用技術（凍結精液による人工授精、過排卵・受精卵移植、卵子の体外成熟・体外受精、生体からの卵子吸引（OPU））が

発展し、「優れたもの同士の交配」が「優れた雌雄の配偶子の受精・高度利用」として実現され、品種の改良・優良個体の増殖が急速に進展した（図 1）。これを基盤にして 21 世紀に入っても引き続き生殖細胞に係わる生物学や技術開発が進んでいる。

多くの場合、生殖細胞利用技術開発はウシを中心に進展している。ウシでのアイデアや技術が、ブタ、ヒツジ、ヤギ、ニワトリに順次波及するケースが多い。イヌやウマへの生殖細胞利用技術の応用はやや遅れている。当然のことながら種の壁は厚い。ウシの技術をそのままブタやニワトリなどへ導入することは不可能である。すなわち、それぞれの種・品種に適した技術開発・実用化を目指した工夫が必要であり、大学、独立行政法人、都道府県および民間では多岐にわたる研究が進められている¹⁾。

3. OPU の進展と課題

超音波画像診断装置を用いて経膈により生体卵巢から卵子を採取し、受精卵を作る技術（OPU-iVP）が発達しているが OPU は卵巢を犠牲にせず、若齢個体からも繰り返し採卵が可能である。屠場卵巢を用いる IVMFC とも共存できることから、牛生産に普及しつつあるが、OPU の高度化には課題があり、それに対する取り組みが要である。一つは卵胞発育誘起技術の改良である。卵巢で生み出された卵子は多数あるが、その一部が発育を開始し、さらに一部のものが選抜されて排卵に向かう。このような選抜メカニズムが優良卵子の大量採卵の

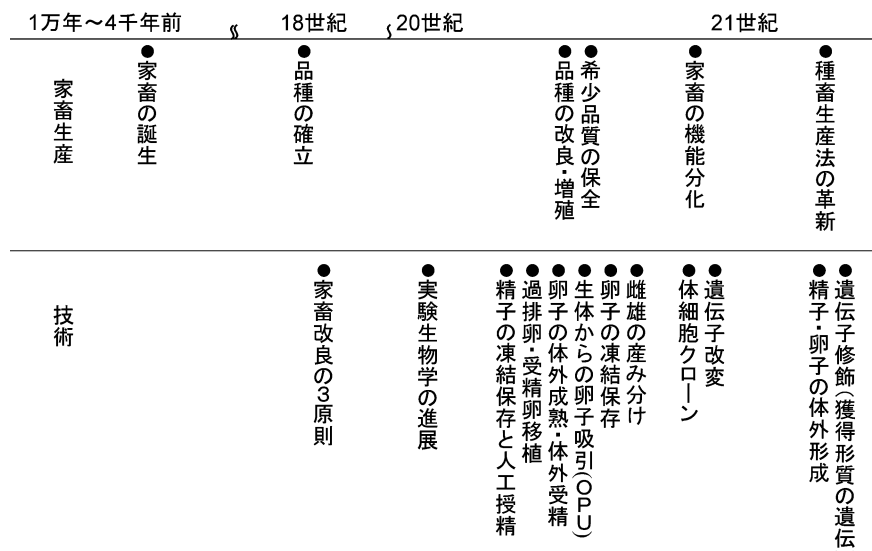


図 1 家畜生産と家畜繁殖学の歴史・近未来

家畜改良の 3 原則とは、R. Bakewell により提唱された考えであり、①注意深い観察による個体の能力評価、②子どもの能力を調べて親の能力を推察する、③優れたもの同士の交配のことを指す。

ボトルネックとなっている。また、OPU を動かす技術者の養成も課題となっている。「家畜改良増殖法」に基づく家畜人工授精師の資格は家畜の増殖に必要不可欠である。この資格を基盤にして家畜体内受精卵移植師、家畜体外受精卵移植師が誕生している。この3種類の資格をすべて持つ技術者の数は2004年の（社）中央畜産会のまとめでは656名で、実際に資格を生かして家畜生産に従事する者は187名となっている。しかし、現行の法の下では独自にOPUを行うことはできない。OPUをさらに発展させ、普及を進めるには獣医師に加えて、例えば家畜OPU受精卵移植師とも呼ぶべき新たな資格を創成し、技術者数を増加させることが必要と考えられる。

これに関連して家畜品種保全と新技術のドッキングも進んでいる。家畜品種の多くは絶滅あるいは絶滅危惧品種となっている。我が国でも飼育頭数激減品種もみられる。これに対応するには2つの方法が考えられる。細胞保存と核移植技術、ないし精子・卵子の凍結保存と体外受精・受精卵移植であるが、精子・卵子の凍結保存と体外受精・受精卵移植が期待される技術と考えられる。まずウシにおいて卵子の凍結保存技術の開発が望まれる。

4. 雌雄の産み分けの実用化と課題

家畜の価値には性に付随したものもあり、雌雄の産み分けは家畜生産に大きな影響を与える。牛受精卵の性判定技術の正確度は100%となっている。またX染色体もつ精子、Y染色体を持つ精子の分離と分別精子による人工授精はすでに乳牛や肉牛生産に広く利用されており、最近、家畜改良事業団が2層式ストローを開発したりして技術改良が進み、受胎率においては通常精液との差は小さくなってきている²⁾。

5. 遺伝子改変による家畜の機能分化

核移植技術（体細胞クローン）の誕生は家畜の遺伝子改変を具体化させた。すなわち核移植技術は細胞の遺伝子改変（遺伝子導入、遺伝子ノックアウト）技術とドッキングし、遺伝子改変家畜の生産を加速させた。特にウシやヤギによる医薬品生産、ブタによる人へ移植可能な臓器生産を現実化させた。特にブタについては我が国で国際的優位性のある研究が進んでいる³⁾。このような発展は家畜の機能分化をもたらし、家畜繁殖学の研究ミッションを拡大させた。すなわち、食生産への貢献に加えて、医療への貢献も一つのミッションとなった。

6. 次世代技術開発に挑戦する家畜繁殖学

人工授精、OPU/IVMFCとドッキングした受精卵移植、体細胞クローン・遺伝子改変の発展をみて家畜繁殖学における大きな開発目標はもはや存在しないのではないかと述べる先輩研究者もおられる。すでに家畜繁殖学においては技術開発のピークは過ぎたのではないかという意見である。先輩研究者の意見を真摯に受け止め、考える必要があるだろう。しかし私は、家畜における繁殖生物学の進展により、新たなブレークスルーがなされると考えている。

歴史をみればPMSGやhCGの同定、耐凍剤（グリセロール）の発見、GnRH、プロスタグランジン、Sry遺伝子の同定、MPFの発見等が新規生殖細胞利用技術の開発やその実用レベルへの改良に貢献したことがわかる。これに関連して、私は、近い将来において生殖細胞分化や減数分裂機構の解明の中で大きな発見があるのではないかと考える。そしてそれはES細胞やiPS細胞などからの生殖細胞の分化誘導技術の開発を推し進める力になると考えている。すなわち、マウス

における胚性幹（ES）細胞の株化成功、核移植技術の高度化、そしてこれらがドッキングした核移植ES細胞の樹立、さらにiPS細胞の樹立が続き、そして今、ES細胞、iPS細胞からの生殖細胞の分化誘導が研究課題として登場し、IVMFC技術とのドッキングが期待されるまでになっている。これを飛躍的に発展させる発見がなされ、家畜改良においてはゲノム育種とのドッキングが進むとともに、種畜生産法の革新がもたらされると予想される。

7. ゲノム修飾による遺伝子発現調節

個体の形質は遺伝子構造とその発現によって決まる。遺伝子構造については次世代シーケンサーによって迅速な解読がなされるようになったが、一方、遺伝子の発現制御におけるゲノム修飾の重要性も明らかにされている。そのような中でゲノム修飾による遺伝子改変個体の作製や獲得形質の遺伝も議論されるようになっていく。近未来においては、生殖細胞のゲノム修飾による個体の改変も実現するのではないかと考える。現在は、遺伝子改変家畜は食用としては取り扱いえないが、このような技術革新によって近い将来、方針変更もあり得ると考えられるし、かつての論争（進化論における獲得形質の遺伝）が再興する可能性も出てきたと考えている。

8. 国際比較

私は、我が国の家畜繁殖学は世界をリードしていると考えているが、さらに次世代を切り開く知見や技術が我が国で誕生してほしいと願っている。若手研究者の活躍に期待している。

私は繁殖生物学の意義を認め、大学や研究機関の研究者が繁殖生物学に関する研究の比重を大きくし、米国に比べやや弱い領域を充実することが必要と思っている。一方、韓国などでは繁殖技術学（動物発生工学）が急速に進んでいる。世界各国との交流は我が国の家畜繁殖学を自己点検・強化する上で有効である。

このように家畜繁殖学は繁殖生物学と繁殖技術学（発生工学を含む）に分化しつつあるが、それぞれ独自の視点に立った研究課題、開発目標が明確になってきている。これらの研究においては世界との比較で我が国に優位性があると判断される研究課題・開発課題も多い。我が国の家畜繁殖学は世界の研究を先導するとともに国益増進に貢献する分野であると考えている。投資に値する分野である。

9. 高校生へのアピール

家畜繁殖学が挑戦をし続け、輝かしい未来をつくり出すためには、さまざまな能力をもつ若者をリクルートする必要がある。すなわち高校生へのアピールが必要である。

ES細胞が樹立されて以来、基礎生物学はマウスを中心として進展しているが、家畜繁殖学の多くの課題は、マウスを対象としても展開できる。そして一方にはマウス研究と共通の知識と手法で研究できる家畜がある。すなわち畜産学の一分野である家畜繁殖学はマウス研究にも深いつながりがあり、一方には、動物学としても興味深い家畜とのつながりがある。食料生産への使命感も達成できる。また、家畜は多様であり、食料生産や医療においてそれぞれの改良増殖、飼養、畜産物利用に係わる技術開発目標がある。すなわち、生物学としても、技術学としても研究課題の多い領域である⁴⁾。

また、雑食動物としての人は畜産物をも食する食性をもつ。すなわち、人は殺生を伴って生きていることから、畜産は生

4. 90 周年記念講演ミニレビュー

命倫理、宗教とのつながりが深い。このつながりの深化は文学や哲学の基盤にもつながる。また家畜はヒトとともに歩んできた歴史をもつ。人の歴史の理解にもつながる。すなわち、畜産学の一翼を担う家畜繁殖学は理系の学問とのつながりのみならず文系の学問とも独特で強いつながりを持っている。多様な能力を育て、発展させうる領域であることを高校生にアピールできる分野である。このことが家畜繁殖学を含む畜産学をより存在感ある学問に成長させることにつながると考えられる。家畜繁殖学は、このように自然科学の中にある特徴ある領域であり、未来の学問を切り開く領域でもある。

最近、このことがより強く実感されるようになっている。

文献

- 1) 佐藤英明. 2003. アニマルテクノロジー. 東京大学出版会, 東京.
- 2) 日本農業新聞. 性選別精液, 受胎率が大幅向上, 家畜改良事業団, 2 層式ストロー開発. 2014 年 6 月 25 日.
- 3) 佐藤英明. 2013. 畜産業・畜産学強化に向けての 300 年計画一現状認識, 目標, 目標達成に向けての検討課題一. 畜産の研究 **67**, 66-72.
- 4) 佐藤英明・河野友宏・内藤邦彦・小倉淳郎編. 2014. 哺乳動物の発生工学. 朝倉書店, 東京.

発色剤無添加食肉製品であるパルマハム中の新規色素，亜鉛プロトポルフィリン IX

若松 純一

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

1. はじめに

食肉・食肉製品の色調はその品質の指標として広く認識されており，消費者が購入しようとする際の選択基準として重要なものの1つである。ミオグロビン内のヘムの中心に配位している鉄（ヘム鉄）の電荷状態や第6配位子の分子種，ならびにその量やそれらヘム誘導体の存在割合などによって，食肉の色調は決定される。

食肉製品では，硝酸塩や亜硝酸塩などの発色剤を加えて食肉を塩漬すると，分解されて産生される一酸化窒素がヘム鉄の第6配位子に結合することによりニトロシルミオグロビンとなり，非加熱食肉製品特有の鮮やかで安定な赤色を示す。さらに，加熱すると特有の安定的な桃赤色を呈するようになり，塩漬剤を使用しない場合の灰褐色の色調とは大きく異なる。

しかし，亜硝酸塩は酸性条件下でアミン・アミド類と反応すると，N-ニトロソアミンなどの発がん性物質を形成することが知られている。このため，我が国の食品衛生法でも残存亜硝酸根が規定されている。食肉製品にはアミン・アミド類がほとんど存在しないが，同時に摂取した食品に含まれている可能性があり，発がん性物質の形成リスクがゼロではないことから，食品添加物である発色剤の削減を望む声がある。

2. パルマハムと亜鉛プロトポルフィリン IX

北イタリア原産のパルマハム（*Prosciutto di Parma*）は骨付き豚ももと海塩のみを用いて1年以上乾燥・熟成して製造する伝統的な乾塩漬生ハムで，2000年以上の歴史があると言われている。製法については法律や政令によって昔ながらの製法が規定されており，発色剤の使用は禁止されている。ところが，製品の色調は鮮やかな赤色を呈して安定であるため，この色調については海塩に含まれる不純物として硝酸塩などが関わって，塩漬時にニトロシルミオグロビンが形成されていると信じられていた。このため，ほとんど研究されていなかったが，1996年に我が国の研究者によって初めて報告された（Morita ら 1996）。その報告の中で，一般的な乾塩漬生ハムとは異なりパルマハムには水で抽出できる色素が存在すること，ニトロシルミオグロビンと同様に75%アセトンで抽出できるものも存在するがその吸収スペクトルが異なること，電子スピン共鳴（ESR）法では食肉・食肉製品で見られる各種ミオグロビン誘導体の ESR スペクトルとは異なること，色素形成には微生物が関与することが示された。その後も，様々な所で研究が行われるようになった（Møller ら 2003；Parolari ら 2003）が，その正体はしばらく不明なままであった。

しかし，2004年に我々は，蛍光特性や精密質量分析（Wakamatsu ら 2004），ならびに蛍光 X 線解析より（Wakamatsu ら 2007），この色素がポルフィリンの鉄錯体であるヘムの誘導体ではなく，鉄の代わりに亜鉛が配位した亜鉛プロトボル

フィリン IX（ZnPP）であることを初めて報告した（図 1）。その後，パルマハムだけでなく，同様に発色剤を使用していないハモン・イベリコにも ZnPP が存在することが示され（Møller ら 2007），ZnPP が発色剤を使用しない乾塩漬生ハムに存在することが確固たるものとなった。

では，パルマハムに ZnPP はどれくらい含まれているのだろうか？表 1 に示すように，これまでに 3 報あり，12.1–47.0 μg/g と報告されている（Taketani ら 2007；Laursen ら 2008；Wakamatsu ら 2009）。発色剤を使用していないハモン・イベリコも，パルマハムと同程度の ZnPP が含まれ，発色剤を使用した乾塩漬生ハムでは検出限界近くしか含まれていない（Laursen ら 2008）。一方，肉色素の主体であるヘム含量については，ZnPP の半分以下であり，金属の配位していないプロトポルフィリン IX（PPIX）はヘムよりも多い（Taketani ら 2007），もしくは，わずかしかな存在していない（Wakamatsu ら 2009）。以上のように，パルマハムにおける ZnPP はヘムよりも多く，全ポルフィリンの 60–70% を占めており，その色調に大きく寄与していることが明らかにされた。

3. ZnPP の形成機構

一般に生体では ZnPP はほとんど存在せず，鉛中毒患者などで赤血球に蓄積すること（Hesley と Wimbish 1981；Bush ら 1982）や，ヘムオキシゲナーゼの阻害効果があること（Maines 1981）などが報告されているが，不明な点が多い（Labbé ら 1999）。このため，なぜパルマハムなどの発色剤を使用しない乾塩漬生ハムに特異的に形成して存在するかが焦点となった。

ZnPP の形成機構を明らかにするために，我々は *in vitro* のモデル実験系を構築して検証した（Wakamatsu ら 2004）。ZnPP の形成は pH や温度などに大きく影響を受け，抗生物質を添加しても形成したことから，食肉内在酵素の関与が示唆された。さらに，2 価金属キレート剤を加えると，ZnPP の代わりに PPIX が形成され，その形成条件が ZnPP の形成

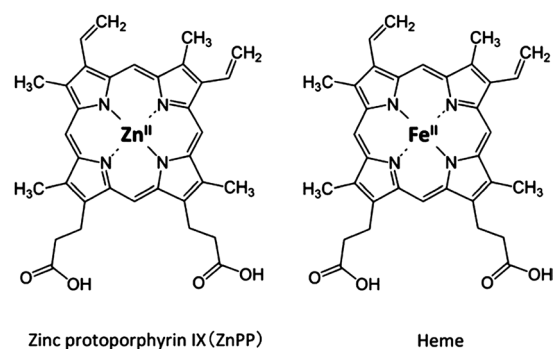


Figure 1 Chemical structure of ZnPP and heme.

Table 1 Quantitative content of ZnPP, heme and PPIX in Parma ham, Iberian ham and dry-cured ham with added nitrite ($\mu\text{g/g}$)

	ZnPP	Heme	PPIX	Total	Ref.#
Parma ham					
unknown	25-29* (67%)	4* (10%)	8-9* (23%)	37-43* (60-70 nmol/g)	(1)
unknown	12.1-15.6	-	-	-	(2)
Biceps femoris	29.7-39.6	17.1-23.1	0.4-0.9	51.9-57.6	(3)
Semimembranosus	27.7-47.0	15.0-28.9	0.5-1.0	43.8-76.5	(3)
Semitendinosus	37.0-39.8	15.7-19.8	0.9-1.1	56.6-57.7	(3)
Iberian ham					
unknown	12.5-14.6	-	-	-	(2)
Dry-cured ham with added nitrite					
unknown	< 0.2	-	-	-	(2)

*: Calculated from the original data in parentheses

Reference: (1) Taketani *et al.* 2007, (2) Laursen *et al.* 2008, (3) Wakamatsu *et al.* 2009

とほぼ一致したことから、前駆物質として PPIX が形成されてから亜鉛が配位して ZnPP が形成することが示唆された (Wakamatsu ら 2007)。また、一般的な食肉製品で ZnPP ができない原因として、発色剤から産生される一酸化窒素が PPIX の形成を阻害することで、結果的に ZnPP が形成されないことが明らかとなった (Wakamatsu ら 2010)。以上のように、PPIX の形成が ZnPP 形成のキーとなる反応であると考えられる。また、モデル実験系においてヘムは減少せずに ZnPP が形成されたこと (Wakamatsu ら 2007) から、PPIX はヘムからではなく、ヘム生合成系の前駆物質から形成される可能性を示した。しかしながら、パルマハムにおいて、ZnPP がヘムより多く (Taketani ら 2007 ; Wakamatsu ら 2009)、ヘム含有量以上のポルフィリンが死後筋肉で新たに作られていることになる。

一方、PPIX に鉄を挿入する酵素であるフェロケラターゼが、pH 5.5 付近ではヘムからの脱鉄反応を触媒し (Taketani ら 2007 ; Chau ら 2010)、pH 6.5 付近ではヘムにおける鉄-亜鉛置換を触媒する (Chau ら 2011) と報告された。また、酵母由来のフェロケラターゼを肉に注入すると ZnPP の形成量が増大したこと (Chau ら 2011) から、ZnPP 形成にフェロケラターゼが深く関与していることが示唆された。フェロケラターゼは、ヘム生合成系における終末酵素で、PPIX に 2 価鉄を挿入させてヘムを形成させる (Ajioka ら 2006) が、鉄以外にも亜鉛を含む様々な 2 価金属を挿入することが報告されている (Jones と Jones 1970 ; Taketani と Tokunaga 1982 ; Bloomer ら 1983)。このため、フェロケラターゼは ZnPP 形成の有力な候補であるだろう。しかしながら、この酵素はミトコンドリア内膜に局在するため、ミオグロビンがミトコンドリア内に入る必要がある。さらにはミオグロビンの疎水性のポケット内でヒスチジン残基と結合しているヘムに対して、ミオグロビンと比べて 2 倍以上大きいフェロケラターゼ (分子量 : 40-45 kDa) が、どのように脱鉄や鉄-亜鉛置換反応を引き起こしているのか示されていない。

いずれの説においても矛盾点があり、死後筋肉である食肉

における ZnPP 形成機構を完全に説明できるものでない。最近、PPIX から ZnPP の形成は、酵素的反応だけでなく非酵素的反応と同時に起こると報告され (Becker ら 2012)、生体とは著しく異なる死後筋肉 (食肉) における ZnPP 形成機構は、単純ではないのかもしれない。全貌解明のためには、今後の進展が待たれる。

4. ZnPP の利用

ZnPP は鮮やかな色調を示し、光や熱に対して安定で、長年の食経験もあり、特段の毒性も報告されていない。このため、食肉製品の色調改善に有効であると考えられ、ZnPP を用いて食肉製品の色調改善が可能かどうか検討されてきた。

我々は ZnPP を加熱ソーセージに添加したところ、添加量に応じて暗くなるものの、赤色度 (a^* 値) は増加し、パルマハムに含まれる 2-4 倍量の 100 $\mu\text{g/g}$ の ZnPP を添加することにより、発色剤添加区と同等の a^* 値を示した (未発表データ)。また、発色剤無添加の非加熱食肉製品としてサラミを用いて検討したところ、モデル実験系で示した至適 pH (pH 5.5) に調整することにより、ZnPP の形成量が増加し、発色剤を使用したものと同等の色調を示した (未発表データ)。また、酵母由来のフェロケラターゼを肉に注入すると ZnPP の形成量が増大することも示され (Chau ら 2011)、酵母を用いて食肉中のミオグロビンのヘム基中の鉄を亜鉛に置換させる方法も特許登録されている (沼田ら 2006)。このように ZnPP は、加熱・非加熱を問わず食肉製品の色調改善に応用可能であることが示されているが、実用化のためにはまだ問題点があり、さらなる検討が必要であろう。

5. 最後に

ZnPP は長年にわたる食経験もあり、鮮やかな色調で、光や熱に安定していることから、発色剤を使用しないで色調改善する技術として期待できるかもしれない。しかし、硝酸塩や亜硝酸塩などの発色剤は、単に色をよく見せるためだけであって百害あって一利なしなのである。硝酸塩や亜硝酸塩は発色作用以外に、猛毒を産生する食中毒菌のボツリヌス菌の増殖を抑制し、好ましいフレーバーを産生する。さらには、

一酸化窒素が配位したヘム鉄の電荷は加熱しても2価に保持されるため、鉄の酸化触媒作用による脂質酸化などの風味劣化を著しく抑制するなど、多彩な機能が知られている。ZnPPにこれらの多機能は期待できない。食肉製品のきちんとした認識と文化をもつ欧米諸国では、このように多彩な効果があることを知っているのも、発色剤という分類名ではなく、硝酸塩や亜硝酸塩といった物質名で表記していることが多い。

食肉製品に発色剤が使用されなければ、亜硝酸塩のリスクが回避できるのだろうか。答えはNOである。実際には我々は唾液から多量の亜硝酸塩を摂取している。これは、野菜等から多量に摂取・吸収された硝酸塩が唾液内に分泌されて、口腔細菌により亜硝酸塩に変換される(Tannenbaumら1976; Spiegelhalterら1976)。この摂取量は、食肉製品からの摂取量に比べてはるかに多い。食品添加物として添加された亜硝酸塩は、口腔内で変換された亜硝酸塩と化学的に何ら違いがないが、得体のしれない化学物質として、多くの食品添加物と同様に忌み嫌われている。

著者は発色剤を過度に擁護するわけではないし、ZnPPの利活用を否定するわけでもない。正しい知識の普及は、我々研究者の責務であるとともに、研究者の集まりである学会の責務でもある。ZnPPの利活用も消費者の理解が得られなければ、せっかくの研究成果が社会に受け入れられなくなる。このような諸問題を解決するために、90周年を迎えた日本畜産学会が、研究者同士が議論でき、社会に発信できるような場で、あり続けていただきたいと思うとともに、今後ますます発展することを切に願う次第である。

文献

- Ajioka RS, Phillips JD, Kushner JP. 2006. Biosynthesis of heme in mammals. *Biochimica et Biophysica Acta* **1763**, 723-736.
- Becker EM, Westermann S, Hansson M, Skibsted LH. 2012. Parallel enzymatic and non-enzymatic formation of zinc protoporphyrin IX in pork. *Food Chemistry* **130**, 832-840.
- Bloomer JR, Reuter RJ, Morton KO, Wehner JM. 1983. Enzymatic formation of zinc-protoporphyrin by rat liver and its potential effect on hepatic heme metabolism. *Gastroenterology* **85**, 663-668.
- Bush B, Doran DR, Jackson KW. 1982. Evaluation of erythrocyte protoporphyrin and zinc protoporphyrin as micro screening procedures for lead poisoning detection. *Annals of Clinical Biochemistry* **19**, 71-76.
- Chau TT, Ishigaki M, Kataoka T, Taketani S. 2010. Porcine ferrochelatase: The relationship between iron-removal reaction and the conversion of heme to Zn-protoporphyrin. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **74**, 1415-1420.
- Chau TT, Ishigaki M, Kataoka T, Taketani S. 2011. Ferrochelatase catalyzes the formation of Zn-protoporphyrin of dry-cured ham via the conversion reaction from heme in meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**, 12238-12245.
- Hesley KL, Wimbish GH. 1981. Blood lead and zinc protoporphyrin in lead industry workers. *American Industrial Hygiene Association Journal* **42**, 42-46.
- Jones MS, Jones OTG. 1970. Ferrochelatase of *Rhodospseudomonas spheroides*. *Biochemical Journal* **119**, 453-462.
- Labbé RF, Vreman HJ, Stevenson DK. 1999. Zinc protoporphyrin: a metabolite with a mission. *Clinical chemistry* **45**, 2060-2072.
- Laursen K, Adamsen CE, Laursen J, Olsen K, Møller JKS. 2008. Quantification of zinc-porphyrin in dry-cured ham products by spectroscopic methods: Comparison of absorption, fluorescence and X-ray fluorescence spectroscopy. *Meat Science* **78**, 336-341.
- Maines MD. 1981. Zinc protoporphyrin is a selective inhibitor of heme oxygenase activity in the neonatal rat. *Biochimica et Biophysica Acta* **673**, 339-350.
- Morita H, Niu J, Sakata R, Nagata Y. 1996. Red pigment of Parma ham and bacterial influence on its formation. *Journal of Food Science* **61**, 1021-1023.
- Møller JKS, Adamsen CE, Skibsted LH. 2003. Spectral characterization of red pigment in Italian-type dry-cured ham. Increasing lipophilicity during processing and maturation. *European Food Research and Technology* **216**, 290-296.
- Møller JKS, Adamsen CE, Catharino RR, Skibsted LH, Eberlin MN. 2007. Mass spectrometric evidence for a zinc-porphyrin complex as the red pigment in dry-cured Iberian and Parma ham. *Meat Science* **75**, 203-210.
- 沼田正寛, 和田佳子, 上林祐史. 2006. 食肉製品発色方法. 特許番号: 3809513.
- Parolari G, Gabba L, Sacconi G. 2003. Extraction properties and absorption spectra of dry cured hams made with and without nitrate. *Meat Science* **64**, 483-490.
- Spiegelhalter B, Eisenbrand G, Preussmann R. 1976. Influence of dietary nitrate on nitrite content of human saliva: Possible relevance to *in vivo* formation N-nitroso compounds. *Food and Cosmetics Toxicology* **14**, 545-548.
- Taketani S, Tokunaga R. 1982. Purification and substrate-specificity of bovine liver-ferrochelatase. *European Journal of Biochemistry* **127**, 443-447.
- Taketani S, Ishigaki M, Mizutani A, Uebayashi M, Numata M, Ohgari Y, Kitajima S. 2007. Heme synthase (ferrochelatase) catalyzes the removal of iron from heme and demetalation of metalloporphyrins. *Biochemistry* **46**, 15054-15061.
- Tannenbaum SR, Weisman M, Fett D. 1976. The effect of nitrate intake on nitrite formation in human saliva. *Food and Cosmetics Toxicology* **14**, 549-552.
- Wakamatsu J, Nishimura T, Hattori A. 2004. A Zn-porphyrin complex contributes to bright red color in Parma ham. *Meat Science* **67**, 95-100.
- Wakamatsu J, Okui J, Ikeda Y, Nishimura T, Hattori A. 2004. Establishment of a model experiment system to elucidate the mechanism by which Zn-protoporphyrin IX is formed in nitrite-free dry-cured ham. *Meat Science* **68**, 313-317.
- Wakamatsu J, Ito T, Nishimura T, Hattori A. 2007. Direct demonstration of the presence of zinc in the acetone-extractable red pigment from Parma ham. *Meat Science* **76**, 385-387.
- Wakamatsu J, Okui J, Hayashi N, Nishimura T, Hattori A. 2007. Zn protoporphyrin IX is formed not from heme but from protoporphyrin IX. *Meat Science* **77**, 580-586.
- Wakamatsu J, Odagiri H, Nishimura T, Hattori A. 2009. Quantitative determination of Zn protoporphyrin IX, heme and protoporphyrin IX in Parma ham by HPLC. *Meat Science* **82**, 139-142.
- Wakamatsu J, Hayashi N, Nishimura T, Hattori A. 2010. Nitric oxide inhibits the formation of zinc protoporphyrin IX and protoporphyrin IX. *Meat Science* **84**, 125-128.

行動・管理分野研究の 21 世紀初頭の動向と今後の展望

佐藤 衆介

東北大学大学院農学研究科

大正 13 年（1924 年）に設立された日本畜産学会は、本年 90 周年を迎えた。当学会では、10 年毎に各分野の研究動向を振り返り、その発展方向を総括してきた。2014 年度の総括は、3 千年紀の始まりの総括でもあり、今後を検討する上で極めて意義深い。日本学術会議（2002）は 21 世紀における学術の方向を組織を挙げて検討したが、そこでは、1 千年紀を領土拡大による繁栄の限界、2 千年紀を地球の有限性による繁栄の限界と総括し、「行き詰まり問題」の解決こそ 21 世紀初頭の課題であるとした。それは「持続可能な開発」を、欲望の抑制と欲望の方向転換を通じて確保し（多様性の受容）、物質・エネルギー循環と情報循環を調和的に実現することで獲得する（調和のとれた価値観、平等性、人間と科学技術の関係の再構築、知の俯瞰）と提言した。そこで本稿では、その流れを受けて日本学術会議畜産学研究連絡委員会（以降、畜産学研連とする）が検討した 21 世紀展望を概観し、21 世紀初頭の「行動・管理分野」における研究動向との整合性を検討し、さらに今後の展開方向性を提示することを目的とした。

1. 畜産学研連が提示した 21 世紀展望

東京農業大学の渡邊誠喜を委員長とする畜産学研連は、「21 世紀に向けた畜産学の発展方向について」（日本学術会議（第 17 期）畜産学研究連絡委員会、2000a, b）を検討し、畜産学を「人類の生存と活動に必要な動物に関する応用科学」と定義し、従来の動物生産科学の応用範囲の拡大（介在教育や伴侶動物論）に加え、動物生命科学並びに野生動物学も含む動物環境科学を包含すること、そして共通基礎分野として新たに生命倫理学、動物福祉学、情報処理学を加えることを提案した。動物生命科学とは、新しい生命科学関連産業（食品・化学・製薬など）に対応する分野、動物環境科学とは環境汚染や野生動物保護管理を扱う分野である。後者の新分野は、1999 年の「家畜排せつ物法」、2002 年の「鳥獣保護法」、2008 年の「鳥獣被害防止特措法」により、予算的裏付けも持つこととなった。また、共通基礎分野も 21 世紀は高度情報化社会になることは論を待たないことから、畜産物の流通のみならず、生産場面における取り組み（スマート農業）も行政的にも支援されてきている。同様に、家畜福祉分野も、日本を含む 180 カ国が加盟する OIE（農林水産省は国際獣疫事務局：Office International des Epizooties の訳語をいまだに使用しているが、2003 年に World Organisation for Animal Health と名称を変更している）が、畜産における動物への配慮のグローバル・スタンダードとして家畜福祉規約である陸生動物衛生（健康）規約第 7 章を 2004 年から整備し始めたことから、行政的にも研究推進が期待されている分野である。

2. 家畜管理学の歴史

行動・管理分野の研究は、従来、家畜管理学の範疇に入ることから、まず家畜管理学の歴史を概観する。家畜管理学は、

三村（1965）が「家畜管理の技術」を著し、体系化に踏み出したのが始まりである。その後、教科書として、三村・森田（1980）の「家畜管理学」、次いで野附・山本（1991）「家畜の管理」として取りまとめられた。これらの教科書の内容から、行動・管理分野の研究の変遷が読み取れる。前者の教科書の内容比率は温熱環境、物理的環境、化学的環境、環境制御を中心とする家畜環境管理論が 47%、社会行動、熱環境と行動、摂食行動、行動制御を中心とする家畜行動管理論が 15%、給餌・給水、生産、育成、放牧、糞尿処理、保健、輸送における管理を中心とする家畜一般管理論が 16%、管理と作業、畜舎と施設・機器を中心とする家畜管理特論が 15% というものであった。後者では、家畜環境管理論が 23%（前著から－24%）、家畜行動管理論が 19%（+4%）、家畜一般管理論が 23%（+7%）、家畜管理特論が 18%（+3%）、糞尿処理が独立して 11% となっている。すなわち、行動・管理分野の研究は、当初、温熱環境を中心とした物理環境と家畜の生理反応を扱う環境生理学的研究として行われ、1990 年代を中心に、環境評価指標としての行動、あるいは行動制御を中心とした家畜行動管理学、並びに糞尿処理研究にシフトしていったと言える。

家畜糞尿処理と家畜衛生管理分野の研究は、2001 年の日本畜産環境学会（前身、1993 年設立の日本畜産環境研究会）などの設立によって、そこを中心に大幅に推進された。家畜行動研究は、2002 年の応用動物行動学会（前身、1985 年設立の家畜行動に関する小集会）の設立によって加速され、さらにこの学会は、介在教育、野生動物管理、動物園動物管理、家畜福祉分野へも所掌範囲を拡大し、日本学術会議が提案した「調和のとれた価値観、平等性、人間と科学技術の関係の再構築、知の俯瞰」や畜産学研連が提案した従来の動物生産学の拡大や動物環境科学への敷衍に対応することとなった。応用動物行動学会は、2004 年から日本家畜管理学会と年次大会並びに会誌（Animal Behaviour and Management：ABM）を共同化し、2005 年には国際応用動物行動学会第 39 回国際会議を主催し、さらに 2015 年にも第 49 回国際会議を主催する予定となっている。応用動物行動学会は、日本家畜管理学会とともに、行動・管理分野の主たる研究分野を中心に牽引してきている。

3. 日本畜産学会第 97 回大会（2000 年）から 117 回大会（2013 年）における研究展開

以上の背景をもとに、行動・管理分野に期待された研究は、従来からの温熱・光・音・大気・施設・設備などの物理環境管理、行動管理、管理者との関係管理、作業管理、糞尿管理、衛生管理に加え、介在教育、伴侶動物と野生動物の行動と管理、家畜福祉分野に拡大した。

日本畜産学会年次大会での行動・管理分野研究発表数は、2005 年を境に 2/3 に激減し、ABM 大会でのそれは 1.8 倍に急増した（図 1）。日本畜産学会年次大会で 14 年間に発表さ

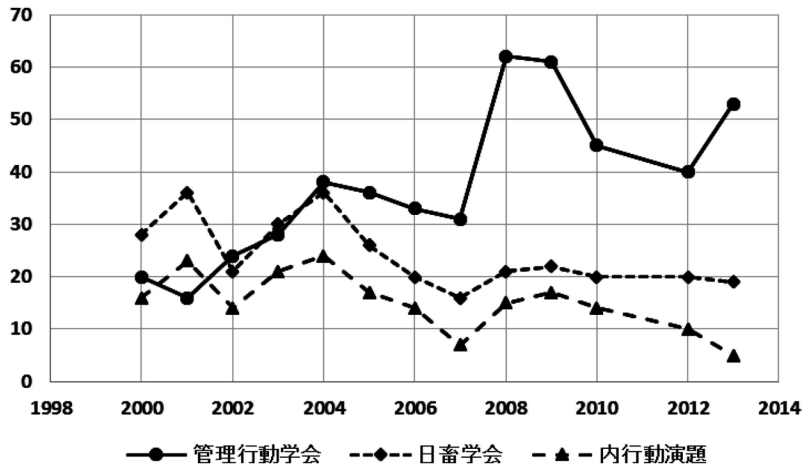


図1 日本家畜管理学会・応用動物行動学会合同発表会並びに日本畜産学会大会（春季）における演題数の年次推移（中止となった2011年を除く）

れた443演題について分析したところ、61.6%が行動研究、残りがストレス生理（8.3%）、温熱生理（5.9%）、介在教育（3.6%）、家畜福祉意識調査（2.9%）、乗馬関連（2.3%）などの研究で、圧倒的に行動研究にシフトしてきている。行動研究の主たる内容は、行動制御（13.3%）、施設・管理評価行動（10.8%）、ヒト・動物関係（5.4%）、水田・果樹園・耕作放棄地放牧（5.2%）、行動自動記録（5.2%）、獣害制御（4.7%）、食草行動（3.4%）、蹄管理（2.9%）、エンリッチメント（2.7%）などであった。その他の特徴的研究として、行動発現のメカニズム研究（脳やホルモン）、家畜の実験動物化、家畜のペット化、放牧効果、家畜福祉総合評価、声の音声学的解析、放牧養豚、実験動物の行動、盲導犬、山羊の観光利用、疾病自動検出システム、展示動物研究などがあり、伴侶動物学を除き畜産学研連が予想した以上の展開となっており、「生き詰まり問題」の解決に向けた模索が始まった感がある。

4. 世界の応用動物行動学の展開

国際誌 *Applied Animal Behaviour Science* は、2003年から国際応用動物行動学会の official journal となり、2013年までに全55本の総説を掲載してきている。その内容から、行動・管理分野の国際的動向を検討した。内11本は、子豚圧死、性行動、枠場飼育などの施設のストレス性、早期離乳、群飼に伴う侵害的社会行動、断尾、気質などの畜産的問題行動の制御研究であったが、その制御手法としての育種も検討され始めているのは目新しい。8本はエンリッチメント研究であるが、最も重要な摂食行動エンリッチメントに続く次世代研究というべき中庸な動機づけを有する行動エンリッチメント研究（ブタの泥浴び行動など）への展開も新規である。6本はヒト・動物関係研究であるが、ヒトとの関係改善をエンリッチメントとして評価する研究は注目できる。

対象動物の拡大も顕著であり、魚類、ミンク、マウス、ペットとしてのフェレット、実験動物、オウム、アカゲザルの総説もある。行動のメカニズム研究として脳機能の左右差研究や分子生物学的解析があり、今後我が国での展開も期待される。

5. 今後の研究展開方向をう

① 「正常行動発現への自由」と動物利用性

先述したように家畜福祉は、畜産物サプライチェーン（飼

育－輸送－屠畜）における動物への配慮として、グローバル・スタンダード化が進められている。OIEの家畜福祉規約を基に、ISO（国際標準化機構）は、2016年を目途に畜産物サプライチェーンの家畜福祉認証制度を走らせる予定である。我が国でも、（公社）畜産技術協会が2011年に「アニマルウェルフェアの考え方に対応した飼養管理指針」を公表しているが、動物福祉の基本原則である「5つの自由」の内、「正常行動発現への自由」への関心は低い。しかし、動物福祉は世界の潮流であり、最終的にはここまで取り込む必要があり、本分野研究の早急な展開が期待される。

② 次世代型畜産技術の構築

2011年の東日本大震災後に顕在化してきたことは、従来の農業の崩壊とその後の農業展開の大規模化オプション（広域流通）と循環型オプション（地域流通）への志向である。それぞれの技術に対応する行動・管理研究の推進が期待される。大規模化オプションにおいては、家畜の健康モニターや管理の自動化による精密管理システム（スマート農業）の構築である。循環型オプションにおいては、地域資源のカスケード利用と地域環境の守り手（スチワード）としての畜産に貢献できる技術開発である（佐藤、2013）。

③ 研究手法の多様化

行動研究は、様々な分野で大きく展開してきている。異分野での展開においては、発想と手法が異なることから、極めて刺激的である。第1の発展分野は、行動遺伝学の展開である。ドーパミンやセロトニン受容体多型と気質との関係（Inoue-Murayama, 2009）や成長ホルモン遺伝子多型とストレス反応性との関係（Tachi et al., 2014）など、家畜における研究も展開してきており、その発展が大いに期待される。実験心理学手法の家畜への応用も有効である。古くは、Dawkins（1983）の消費者行動理論を基にした選択実験、Harding et al.（2004）の認知バイアス試験、日本動物行動学会・日本動物心理学会・応用動物行動学会・日本家畜管理学会の4学会合同大会「Animal2011」で Miklosi（2007）が紹介したイヌとヒトとの収斂進化試験などは、産業動物の課題であり、発展の可能性を感じる。また、ポストゲノム研究としてエピジェネティクスが注目されているが、出生初期のストレスと

4. 90 周年記念講演ミニレビュー

行動エピジェネティクスの研究 (Jensen, 2014) の展開は、福祉研究にも通じ、期待が大きい。

④ 他分野との連携

イヌやネコを含む家畜 21 種は、地球上に生存する 6000 種の哺乳類や 9000 種の鳥類から、ヒトと相互依存関係を結びやすい動物として選ばれた存在である。すなわち、家畜は畜産物を生産する動物以上の利用価値を有する。家畜は、アメリカの Green Chimneys で実践しているような障害者への動物介在動物 (Animal Assisted Therapy : AAT) として、あるいは新潟県やギネットワークが実践しているような健常者 (児童や老人) の介在教育動物 (Animal Assisted Activity : AAA) として極めて有効である。農福医連携や教育ファームへの支援は、農林水産省の事業でもあることから、その分野への貢献も求められている。

⑤ 伴侶動物における行動・管理研究への展開

ペットフード協会 (2014) の資料によると、平成 25 年度の飼養頭数はイヌが 1087 万頭、ネコが 974 万頭である。ちなみに、ブタは 969 万頭、ウシは 407 万頭である。現状では、イヌとネコの管理・行動研究は獣医師 (厚労省、環境省) マターとなっており、畜産学研連が展開方向の 1 つとして指摘したものの、そこでの展開は遅々としている。しかし、行動・管理研究は、獣医学というよりはむしろ畜産学の範疇である。屋内飼養における福祉問題、排泄や攻撃抑制の「しつけ」と称される行動制御問題、あるいはヒトや仲間との社会化の問題など、産業動物で培ってきた行動・管理研究を敷衍でき、研究展開が期待される。

文献

Dawkins M. 1983. Battery hens name their price : Consumer

demand theory and the measurement of ethological "needs". *Animal Behaviour* **31**, 1195-1205.

Harding EJ, Paul ES, Mendl M. 2004. Animal behaviour : cognitive bias and affective state. *Nature* **427** (6972), 312.

Inoue-Murayama M. 2009. Genetic polymorphism as a background of animal behavior. *Animal Science Journal* **80**, 113-120.

一般社団法人ペットフード協会. 2014. 平成 25 年度全国犬・猫飼育実態調査結果. 一般社団法人ペットフード協会, 東京 ; Available from URL : [http : //www.petfood.or.jp/topics/img/140101.pdf](http://www.petfood.or.jp/topics/img/140101.pdf)

Jensen P. 2014. Behaviour epigenetics—The connection between environment, stress and welfare. *Applied Animal Behaviour Science* **157**, 1-7.

日本学術会議. 2002. 日本の計画 Japan Perspective. 日本学術会議, 東京 ; Available from URL : [http : //www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/18pdf/1852.pdf](http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/18pdf/1852.pdf)

日本学術会議 (第 17 期) 畜産学研究連絡委員会. 2000a. 21 世紀における畜産学 (1). 畜産の研究 **54**, 947-950.

日本学術会議 (第 17 期) 畜産学研究連絡委員会. 2000b. 21 世紀における畜産学 (2). 畜産の研究 **54**, 1099-1103.

野附 巖, 山本禎紀. 1991. 家畜の管理. 文永堂, 東京.

Miklosi A. 2007. *Dog Behaviour, Evolution, and Cognition*. Oxford University Press. Oxford.

三村 耕. 1965. 家畜管理の技術. 養賢堂, 東京.

三村 耕, 森田琢磨. 1980. 家畜管理学. 養賢堂, 東京.

佐藤衆介. 2013. 東日本大震災と東京電力福島第一原発事故に伴う東北の畜産の現状と未来. 東北畜産学会報 **62**, 23-27.

Tachi N, Tanaka S, Ardiyanti A, Katoh K and Sato S. 2014. Bovine growth hormone gene polymorphism affects stress response in Japanese Black cattle. *Animal Science Journal* **86**, 722-728.

畜産環境の諸問題と研究分野の役割

田中 康男

(独)農研機構畜産草地研究所

1. はじめに

日本全国で公害が激化した昭和 40 年代に、畜産分野でも環境対策の研究が始まり、それ以降基盤的知見の蓄積と対策の推進が行われてきた。その後、1999 年の「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」の施行を契機に、排せつ物対応施設の整備率はほぼ 100%に達した。しかし、悪臭・水質汚濁の苦情発生率は近年横ばいの上に、環境規制強化もあり、問題がすべて解消したわけではない。

残された問題の中でも、特に窒素成分の制御は、悪臭・水質汚濁・地下水汚染・温暖化ガス発生などの畜産における環境問題のすべての側面に関わるため、主要な研究課題となっている。また、資源循環に資する技術の開発も継続的に取り組むべき重要な研究分野である。さらには、処理水の着色のように、苦情原因になりかねないにも関わらず対応が容易でない問題に対して、研究面から改善策を提示する努力が必要である。防疫強化の観点から、排せつ物処理技術のあり方を考えてみることも今後は重要である。これらの各課題に関する研究状況を紹介する。

2. 窒素に関する研究

空中窒素固定法の発明以降の窒素肥料の増産に伴い、土、水、大気圏で窒素化合物の蓄積が進行し、世界的に種々の環境問題を引き起こしている (Gruber と Galloway 2008)。

EU では、農業に起因する余剰窒素が環境問題の一因になっているという認識から、いわゆる硝酸指令により、家畜飼養頭羽数の制限、家畜排せつ物の取り扱い手法などが定められ、余剰窒素の削減が図られてきた (西尾 2014)。一方、日本では、頭羽数制限といった強制的な施策は取られていないが、アミノ酸添加低 CP 飼料による排せつ物中窒素量抑制手法が推奨され始めている (杉中 2013)。

日本では、このような上流側での削減策は比較的少なく、どちらかと言えば下流側での対策、すなわち堆肥化による有効利用の促進、排せつ物管理の適正化による地下浸透の抑制、放流水質規制の強化による流出抑制などに力点が置かれてきた。これらの中で、放流水の窒素対策は研究面からの対応も重要であり、多くの取り組みがおこなわれている。以下にこの面の研究事例を紹介する。

活性汚泥法などの一般的な污水处理でも窒素分はある程度減少するが、規制値以上に残留する場合は窒素除去に特化した技術の適用が必要になる。窒素除去技術は、物理化学的方法と生物学的方法に大別される。物理化学的な除去法としては、アルカリ性にしてアンモニアを揮散させるアンモニアストリップング法や、塩素によってアンモニアを窒素ガス化し揮散させるブレイクポイントクロリネーション法もあるが、大量の薬剤を使用することから畜産分野には不向きである。比較的簡易な物理化学的手法としては、ゼオライト吸着法がある。ゼオライトは、所要量を添加すれば確実なアンモニア

低減効果を発揮する。使用後のゼオライトを土壌に施用すれば、吸着したアンモニアが肥効成分として、またゼオライトは土壌改良資材として効果を発揮する。単価が高いため、ゼオライトの普及は進んでいないが、畜産分野での利用の検討例としては、生物処理後の高度処理で土壌ろ過と組み合わせでアンモニア除去に利用した試験事例がある (佐賀県農林部畜産課、佐賀県畜産試験場 2001)。また、養豚汚水の嫌気性処理の前処理に、ゼオライトによるアンモニア除去を適用した事例もある (Cintoli ら 1995)。この報告によれば、ゼオライトにコストがかかるものの、アンモニアを肥料化できるメリットもあるので現実性があると考えしている。

現状で一般的な窒素除去法は、生物学的脱窒法である。中でもメタノール脱窒法は、産業廃水処理の分野で広く利用されている。メタノールが選ばれる理由は、脱窒反応に利用されやすいことと、単価が低めなことである。放流水にメタノールが残留すると BOD を高めてしまうことから、再曝気工程での微生物分解は不可欠である。このため、メタノール脱窒法を導入するためには、メタノールを安全に貯留する設備、メタノール注入装置、脱窒用嫌気槽、再曝気槽等の設置が必要になる。

畜産分野では、管理面でメタノールの利用が困難なため、代替の脱窒用有機物として、缶詰工場の廃シロップ (長崎県畜産試験場 2005) や焼酎粕 (大分県、日鉄環境エンジニアリング株式会社 2007) などの有機性廃液、さらにはバイオディーゼル燃料の製造過程の副生成物である廃グリセリンを利用する検討もなされている (向吉ら 2009)。このような資材が近隣で入手できる場合は、選択肢になると思われる。さらに、畜舎で分離した豚ふんに加水してスラリー状にしたものを利用する検討事例もある (金 2002)。スラリーをはじめとする液状有機質資材の添加量自動調節手法としては、リアルタイム制御法が提案されている (金 2002; 岸田ら 2005)。流入窒素濃度の変動が大きい畜舎汚水では、このような自動調節は重要である。

メタノールや有機性廃液の代替として、無機薬剤のチオ硫酸ナトリウムの溶液も利用することができる (長谷川と田中 2012)。チオ硫酸イオンは、無酸素条件下で硫酸化細菌により硝酸と反応し、硫酸イオンに酸化され、一方硝酸イオンが窒素ガスに還元される。チオ硫酸ナトリウムは、引火性なども無く安全かつ無害で、しかもメタノールや有機性廃液のように BOD を高めることもないことから、利用しやすい脱窒資材といえる。ただし、チオ硫酸を利用して脱窒する細菌を増殖・保持するための担体充填型リアクターが必要になる。また、単価が高いため、添加量を必要最小限に抑えることが重要である。

添加量の調整が不要な簡易な手法として、固形硫黄を利用する脱窒法がある。硫黄だけでは、硫酸イオンの生成により、

処理水が酸性化するので、中和用炭酸カルシウムを硫黄に混合しペレット状に成形した資材も市販されている。このような資材を水槽に充填し、硝酸又は亜硝酸を含んだ液を流入させると、数週間で資材の表面に硫黄酸化細菌が増殖し、脱窒反応が進むようになる。硝酸、亜硝酸の量に応じた脱窒が自然に進むので、面倒な調整無しに脱窒を行うことが可能である。資材は、脱窒が進行しない場合不溶性なので、無駄に消耗することはない。

硫黄資材を利用した脱窒は、すでに溶液栽培廃液（静岡県農業水産部 2003）の処理に関する試験事例、また韓国では、工場廃水や埋立地浸出水等の処理などへの実施例がある（新日鐵化学(株) 技術開発本部開発企画部 2004）。また、畜産分野での試験事例も多い（陳と田中 2001a, b；和波ら 2006, 2007；長峰ら 2008）。この資材を畜産排水の硫黄脱窒に適用する場合には、流入水中の懸濁物により資材充填層が閉塞し性能低下が生じやすい。このため、前処理として懸濁物除去装置の適用を試みた例もある。また、前処理を省く代わりに、定期的な逆洗操作での対応を選択した事例もある。逆洗方式に適した資材も開発されたが（Tanaka ら 2007；田中ら 2009）、資材メーカーの方針転換により、実用化には至らなかった。

より低コストで、かつメーカーの対応に影響されない硫黄脱窒法確立のため、土壌 pH 調整用として市販されている粉末硫黄を利用した手法も検討されている。粉末硫黄は、水になじみにくく、投入しても水面に浮上し、排水とともに流出してしまう。しかし、家庭用中性洗剤溶液に一旦浸漬して親水化すると、処理に利用可能となる（田中ら 2013）。粉末硫黄脱窒法については、すでに養豚農家での実証試験も行われており（長谷川ら 2013）、今後実用化が期待される。

生分解性プラスチックや（山田ら 2013）、紙（Volkita ら 1996）などの有機系固形資材も利用の可能性がある。しかし、畜産排水のような高濃度窒素含有排水での検討例はまだ無いため、実用性については今後の検討課題である。仮に古紙が利用できれば、コスト面で魅力的な手法になる可能性もある。

有機物や硫黄による脱窒とは代謝経路が全く異なるアナモックス細菌を利用した窒素除去技術も、多くの分野で研究開発が進められている。アナモックス細菌は、アンモニアと亜硝酸を反応させて窒素ガスにする能力を有している。亜硝酸は、特定条件下でアンモニアの酸化を進めることで生成させる。薬剤は不要であるうに、部分的な硝化で済むため、曝気電力も節減できる。期待される手法ではあるが、アナモックス菌の増殖は大変遅く、また処理に十分な菌体量を維持するには、特殊なリアクターが必要になる。さらに、アナモックス反応に最適な亜硝酸とアンモニアの比率を保つための微妙な制御も必要である。畜産分野でも基礎的な知見の蓄積が進んでいるが（和木 2013）、畜舎污水处理への実用性についてはまだ判断ができない。

畜産への苦情原因のトップは、相変わらず悪臭問題であり、この面の対応は畜産経営で最も重要な課題の一つである。悪臭抑制には多様な手法があるが、畜舎については洗浄の強化、堆肥化については脱臭装置の設置などが基本的な対策となる。しかし、洗浄を強化すれば窒素を含む汚水発生量が増大し、脱臭装置を設ければアンモニアを高濃度を含む廃液が発生する。これらは、汚水浄化施設の窒素負荷の増大をもたらす。このことから、污水处理施設を保有することの多い養豚では、

悪臭対策の推進のためにも污水处理での窒素対応能力の増強は重要である。

3. 資源リサイクルに関する研究

家畜排せつ物のリサイクルとして、量的に最も重要なのは堆肥化であることは言うまでもない。しかし、それ以外にも、堆肥化由来揮散アンモニアや汚水中リンのリサイクルの試みも多く行われている。

堆肥製造中に揮散するアンモニアの回収手法としては、完成堆肥に吸着させる堆肥脱臭法（田中 2006）、吸引通気堆肥化法の吸引空気中アンモニアを希硫酸またはリン酸と反応させて回収する方法（阿部ら 2006）、堆肥化用脱臭装置から発生する廃液中の窒素濃度を高めて回収する方法（安田ら 2012）などが、開発および研究されている。揮散アンモニアの回収は、悪臭対策にもなることから、重要な技術分野である。

リンは、畜舎汚水に高濃度に含まれる。汚水中リンの除去については、すでに多くの分野で多様な技術が開発されている。しかし、リンは、輸入に頼る枯渇性資源であることを考慮すると、単なる除去ではなく再利用可能な形で回収が望ましい。汚水中リンの回収法としては、曝気と苦汁添加（添加不要の場合もある）による結晶化回収法（Suzuki ら 2002；鈴木 2007；川村ら 2011）がすでに実用化されている。また、非晶質ケイ酸カルシウムによる回収法も検討されている（長谷川ら 2014；Tanaka ら 2014）。この手法では、色度低減および大腸菌群の消毒も可能であり多面的な効果が発揮される。非晶質ケイ酸カルシウムの単価は、本格的生産がまだ始まっていないため、未定であるが、単価次第では有望な選択肢になる可能性も有る。また、スラリー状の非晶質ケイ酸カルシウム回収物を堆肥に適量添加して攪拌すると、堆肥が粒状化されることが示されている（長谷川と田中 2014）。一定粒径の粒状化ができれば、堆肥の付加価値向上に結び付く可能性がある。

4. 排水の色度低減に関する研究

畜舎污水处理施設の排水は、確実な処理を行っても茶褐色から黄色を呈することが多い。色に関する規制はないが、未処理と誤解を受けやすいことから、近隣からの苦情に悩むケースがある。産業廃水や下水処理分野では、活性炭吸着法やオゾン処理法が色度低減に利用されている。しかし、設置費やランニングコストが高いことから畜産分野での導入例は少ない。オゾン処理については、微細気泡方式の吹込みにより効率を高める試みが畜舎排水を対象に行われている（脇屋 2013）。どの程度コスト低減に結び付くか注目される。

低コスト技術としては、黒ボク土吸着法が開発されているが（森 1998）、流入水に懸濁物が多い場合は土壌の目詰まりが生ずるため、確実な前処理が重要である。

比較的低い色度レベルの場合には、塩化ナトリウムを添加し電気分解を行うことで塩素を発生させ、着色物質を分解する手法も開発されているが、色度が 200 度以上になると能力が低下するとされている（道宗 2002）。

既述のように、非晶質ケイ酸カルシウムを所要量添加すると、リン除去に加えて確実な色度除去が可能であることから、色度除去を主目的とした導入も検討の余地がある。本資材による色度除去のメカニズムはまだ明らかではないが、ケイ酸カルシウムにリン酸を反応させて形成した結晶質ヒドロキシアパタイトと多孔質シリカとの複合多孔質体は、フミン質の

吸着に効果的であるという知見がある（美濃和 2006）。リンを吸着した非晶質ケイ酸カルシウムも類似の成分組成となるので、排水中の色成分の一つと推定されるフミン質に対して吸着性が高く、色度低減効果が発現する可能性も考えられる。また、色度低減との関連性は不明であるが、使用後の非晶質ケイ酸カルシウムは、放射性セシウムおよび非放射性ストロンチウムの吸着性を保有することが確認されている（田中ら 2014）。この性質は、未使用資材には無いことから、使用中に吸着性の変化が起こるものと考えられる。色度吸着と合わせて、メカニズムについて関心が持たれる。

5. 防疫に関連する研究

一般に、污水浄化施設の曝気槽では、污水に大量の空気を吹き込むことから、水面での気泡破裂による飛沫とともに微生物が舞い上がることが知られている（Bitton 1994）。この飛沫に由来するエアロゾルが風によって周囲に飛散する可能性も、下水処理場での多くの研究により確認されている。畜舎汚水処理用の無蓋曝気槽で飛沫を実測したところ、風速が高いほど周囲への飛沫飛散量が増えることが示唆されている（田中ら 2012）。仮に飛沫中に病原微生物が含まれていれば、風によって周囲に飛散するリスクもゼロとは言えないことになる。

防疫上の観点からの定量的なリスクは不明であるが、飛散抑制の対応をとることは今後の防疫対策の一環で考慮すべきことと考える。とは言え、既設の曝気槽に完全な飛沫飛散防止措置を行うことは経済的に困難と考えられる。このような背景から、無蓋曝気槽における簡易な飛散抑制手法を検討した結果、高さ 2 m、目合い 1 mm の防風ネットを曝気槽の周囲にフェンス状に設置すると効果的であることが示唆された（田中ら 2012）。ただし、台風などの強風時には、このように目合いの小さなネットは風圧を強く受け、支柱やネットの破損が生じやすい。これを防ぐための手法として、ネットを 5 m 程度のユニットに切り分け、ユニット間を面ファスナーで係合しておく、強風時には面ファスナーが剥離し、風の抜け道が形成され、破損が防がれる可能性が示唆されている（田中 2013）。面ファスナーが剥離した際には、それを電氣的に検知し、曝気を一時的に停止すれば、さらに有効であろう。

従来、污水処理は水域の環境および衛生の観点からのみ評価されてきたが、今後は防疫上の配慮も可能な限り取り入れていくべきである。

6. 終わりに

上述のアナモックス細菌は、オランダで工場廃水処理の研究に伴って発見され、常識を覆す窒素代謝経路の存在が確認された。そして、この反応を利用した新たな窒素除去技術の開発に結び付いた。このように、環境分野でも応用研究と基礎研究は表裏一体である。現場の注意深い観察が基礎発見をもたらし、それが新技術につながる可能性がある。現場対応的研究と基礎的研究を、同時進行で進めていくことが、この分野の研究展開には重要であろう。

国際競争激化の中で、畜産分野も生産効率の一層の向上が至上命題となっている。環境に配慮しつつこれに対応していくのは難題である。環境分野の研究活動がこの難題克服の一助になることを願いつつ稿を終える。

文献

阿部佳之、本田善文、伊藤信雄、福重直輝、坪井正規、岡本富夫、

2006. 吸引通気式堆肥製造施設の排気処理装置及び排気処理方法。特許番号；4418886。

- Bitton G. 1994. *Wastewater microbiology*. Wiley-Liss, Inc., US.
- Cintoli R, Di Sabatino B, Galeotti L, Bruno G. 1995. Ammonium uptake by zeolite and treatment in UASB reactor of piggery wastewater. *Water Science and Technology* **32**, 73-81.
- 陳昌淑、田中康男. 2001a. 硫酸酸化反応による畜舎汚水の窒素除去と脱色。用水と廃水 **43**, 1053-1059.
- 陳昌淑、田中康男. 2001b. 硫黄充填反応槽を用いた嫌気性処理後の畜舎汚水の窒素除去と脱色。日本水処理生物学会誌 **37**, 93-98.
- 道宗直昭、原田泰弘、根津昌樹、福森 功、古山隆司、名川 稔、(株)共和化工. 2002. 畜舎排水浄化処理水の脱色装置。農研機構研究成果情報。
- Gruber N, Galloway JN. 2008. An earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature* **451**, 293-296.
- 長谷川輝明、杉本清美、明戸 剛、三浦啓一、美濃和信孝、山下恭広、田中康男. 2014. 畜舎排水の高度処理に適した非晶質ケイ酸カルシウム水和物（CSH）の開発。日本畜産学会報 **85**, 329-336.
- 長谷川輝明、杉本清美、山下恭広、田中康男. 2013. 土壌 pH 調整用粉末硫黄を利用した畜舎排水の脱窒処理実証試験。日本畜産学会報 **84**, 459-465.
- 長谷川輝明、田中康男. 2012. チオ硫酸ナトリウムを利用した畜舎排水の窒素低減技術。日本畜産環境学会誌 **11**, 46-55.
- 長谷川輝明、田中康男. 2014. 畜舎排水高度処理からの回収資材を活用した堆肥造粒技術。日本畜産学会報 **85**, 351-355.
- 川村英輔、田邊 眞、竹本 稔、上山紀代美、鈴木一好. 2011. 塩ビ管を用いた簡易型 MAP 回収装置によるふん尿分離豚舎汚水中のリン回収技術の検討。日本養豚学会誌 **48**, 10-19.
- 金 主鉉. 2002. リアルタイム制御による畜舎排水の高度窒素除去、第 44 回日本水環境学会セミナー硝酸・亜硝酸性窒素汚染対策に向けた新たな展開。pp. 76-86.
- 岸田直裕、金 主鉉、須藤隆一、佐々木弘、常田 聡. 2005. リアルタイム制御法を用いた新規窒素除去プロセスの開発。ケミカルエンジニアリング **50**, 108-113.
- 美濃和信孝. 2006. フミン物質吸着剤とその製造方法。特許番号；4423646.
- 森 達磨. 1998. 色度の除去。平成 10 年度家畜ふん尿処理利用研究会資料。pp. 15-20. 農林水産省、東京。
- 向古郁朗、西 和枝、西本研了. 2009. 廃グリセリンを用いた脱窒処理。鹿児島県工業技術センター研究報告 **23**, 23-27.
- 長峰孝文、小堤恭平、古谷 修. 2008. 硫酸酸化脱窒による豚舎汚水の活性汚泥処理水の脱窒と脱色。日本畜産環境学会誌 **7**, 16.
- 長崎県畜産試験場. 2005. 回分式活性汚泥浄化処理における缶詰シロップ廃液の窒素除去促進効果。九州沖縄農業研究センター、平成 17 年度研究成果情報。
- 西尾道徳. 2014. EU の硝酸指令と家畜ふん尿負荷軽減。畜産環境情報 **52**, 1-8.
- 大分県、日鉄環境エンジニアリング株式会社. 2007. 焼酎製造廃液を利用した家畜舎からの汚水の生物学的浄化処理方法。特許番号；5186626.
- 佐賀県農林部畜産課、佐賀県畜産試験場. 2001. 汚水処理技術マニュアル「家畜排せつ物処理技術実用化調査事業」。佐賀県。
- 新日鐵化学(株)技術開発本部開発企画部編. 2004. 硫黄カルシウム剤による脱窒法。化学工業日報社、東京。
- 静岡県農業水産部. 2003. イチゴ高設栽培における排水処理（窒素除去）。あたらしい農業技術 No. 391.
- 杉中 求. 2013. 飼料からの畜産環境対策一環境負荷低減飼料を利用した窒素・リン排泄量の低減一。畜産環境情報 **49**, 1-10.
- 鈴木一好. 2007. MAP 結晶化法による有限資源であるリンの豚舎汚

4. 90 周年記念講演ミニレビュー

- 水からの除去回収技術. 畜産の研究 **61**, 275-280.
- Suzuki K, Tanaka Y, Osada T, Waki M. 2002. Removal of phosphate, magnesium and calcium from swine wastewater through crystallization enhanced by aeration. *Water Research* **36**, 2991-2998.
- 田中章浩. 2006. 堆肥吸着による家畜ふん尿堆肥の悪臭防止と窒素回収技術. 畜産技術 **611**, 27-30
- 田中康男. 2013. 畜舎汚水浄化用曝気槽への飛沫飛散抑制用ネットの設置方法. 家畜衛生学雑誌 **39**, 122-123.
- Tanaka Y, Hasegawa T, Sugimoto K, Miura K, Aketo T, Minowa M, Toda M, Kinoshita K, Yamashita T, Ogino A. 2014. Advanced treatment of swine wastewater using an agent synthesized from amorphous silica and hydrated lime. *Environmental Technology*. 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2014.927533>
- 田中康男, 長谷川輝明, 杉本清美, 山下恭広. 2013. 硫酸酸化脱窒細菌による畜舎排水窒素除去への微粉末硫黄の利用可能性. 日本畜産学会報 **84**, 383-388.
- 田中康男, 三浦啓一, 明戸 剛, 美濃和信孝, 戸田雅也, 長谷川輝明. 2014. 養豚排水の高度処理に使用後回収した非晶質ケイ酸カルシウム水和物による非放射性セシウム, ストロンチウム, および放射性セシウムの吸着. 日本畜産学会報 **85**, 179-185.
- 田中康男, 手島信貴, 篠崎秀明, 谷田貝敦, 横山 浩, 荻野暁史. 2009. 硫黄・炭酸カルシウム含有粒状資材と軽量発泡コンクリート粒状資材を使用した2段式処理による豚舎排水の脱窒・リン低減. 日本水処理生物学会誌 **45**, 165-175.
- 田中康男, 山下恭広, 荻野暁史. 2012. 畜舎污水处理施設曝気槽からの飛沫および微生物の飛散に対する防風ネットの抑制効果. 家畜衛生学雑誌 **38**, 65-72.
- Tanaka Y, Yatagai A, Masujima H, Waki M, Yokoyama H. 2007. Autotrophic denitrification and chemical phosphate removal of agro-industrial wastewater by filtration with granular medium. *Bioresource Technology* **98**, 787-791.
- Volokita M, Belkin S, Abeliovich A, Soares MIM. 1996. Biological denitrification of drinking water using newspaper. *Water Research* **30**, 965-971.
- 脇屋裕一郎. 2013. 活性汚泥処理した畜舎汚水を対象とした微細気泡オゾンによる脱色技術. 平成25年度家畜ふん尿処理利用研究会「強化される畜舎汚水排水基準への技術対応と畜舎污水处理関連新技術の研究動向」, pp. 67-72. 農研機構畜産草地研究所・中央農業総合研究センター, つくば.
- 和木美代子. 2013. 畜産廃水のアナモックス処理—活性汚泥処理水への適用の可能性—. 畜産の研究 **67**, 751-756.
- 和波一夫, 嶋津暉之, 羽田一幸, 谷田貝敦. 2006. 畜産汚水を対象とした高度処理に関する研究. 東京都環境科学研究所年報 2006, 144-149.
- 和波一夫, 嶋津暉之, 羽田野一幸, 谷田貝敦. 2007. 畜産汚水を対象とした高度処理に関する研究—硫酸酸化菌による窒素除去等—. 東京都環境科学研究所年報 2007, 85-93.
- 山田剛史, 吉川成志, 片山傳喜, 平石 明. 2013. 生分解性プラスチックを利用した生物学的脱窒処理技術. 排水・污水处理技術集成 vol. **2**, pp. 113-120. エヌ・ディー・エス, 東京.
- 安田知子. 2012. 生物脱臭装置での窒素成分と微生物の挙動解析. 農研機構研究成果情報.

100 周年に向けて、(公社)日本畜産学会に望むこと

北海道畜産草地学会

近藤 誠司

北海道大学大学院農学研究院

私どもの学会である日本畜産学会が設立されて1世紀となったことは誠にめでたくご同慶のいたりである。私自身も1970年代の大学院在学中に会員となってから、40年あまりの間、本学会での発表や学会誌で研究を公表させていただいてきており非常に大きな恩恵を被っている。

私ども日本畜産学会は畜産学をその中心にすえ、研究・教育さらに普及を目指している。そこで「畜産学」とは何だろうか？当然、家畜を巡る諸問題を科学的に究明する立場にある学問体系であろう。では、さらに家畜とは何か？

新編畜産大辞典(養賢堂, 1996)には、家畜の定義として「家畜とは人に飼われて馴れ、その保護のもとに自由に繁殖し、かつ人の改良に応じ、農業上の生産に役立つ動物である」としている。この定義に対して、家畜育種・遺伝学者である西田・野沢(出光書 1981)は、「育種どころか繁殖さえも人為的に行うのが難しい東南アジア諸国で使役されているゾウは家畜ではないのか?」、「東南アジアの山間部の集落で飼われているブタは容易にイノシシと交雑し、生まれた子豚はウリンボであるが明らかに家畜として飼育されているが、これも家畜ではないのか?」と疑問を呈し、さらに「一昔前のイエネコのように自由に人家を出入りし勝手に子をなすネコさえもこの定義では家畜ではないことになるだろう」としている。

これらを踏まえて彼らは、家畜の定義を簡明に「家畜とは(Domestic Animal)とは、その生殖(Reproduction)が人の管理(Control)のもとにある動物である」(西田・野沢 1981)とした。彼らはこの生殖の管理は「自然淘汰(Natural selection)によるもの」と「人為的淘汰(Artificial selection)によるもの」の二つの圧力の狭間にあるとし、最も人為的淘汰選抜が強く自然淘汰圧が弱い家畜をマウスやラットなどの実験動物、犬や愛玩鶏のようなペットが該当し、逆に自然淘汰圧が強く人為的淘汰選抜が相対的に低い動物として使役ゾウやアジア山間部の在来豚があるとした。

この定義では家畜とは明確に線引きされたある種の動物群ではなく、Selectionが人為淘汰圧と自然淘汰圧の二つのバクトルの力で濃くなったり薄くなったりするGraduationのかかった一群の動物たちであるとした。この定義はきわめて明快ではある。しかし一方で、「家畜」の範囲を広大にした。野猿公園でエサを与えられて観光客を招致するニホンザルや、

人の居住区近辺を生活域としているクマネズミやドブネズミ、さらにカラスやスズメさえその範疇に含まれる。

近年の畜産学会大会での発表をみると、確かに私ども日本畜産学会に所属する学徒が対象とする「家畜」の範囲は広がってきている。帰化動物や有害鳥獣の研究から新たな家畜化による実験動物の創出まで、その範囲は境界を曖昧にして進展してきている。

学問的手法も、遺伝子レベルの分子生物学的解析はもはや一般的な領域として見慣れたものになり、「クローン」や「遺伝子組み換え」のみならず、「時計遺伝子」やips細胞など「再生」の問題も畜産学の一分野として行われ、発表や公表も学会の枠を超えて行われている。栄養生理や畜産製品の生産過程などもこうした解析が一般的な手法となった。

一方ではそのままの家畜個体に関する研究も著しい進歩を遂げてきている。家畜個体の動作を記録するところから始まったこの分野は、現在では複雑系の非線形解析やベイズ統計などの解析が使われはじめ、データの記録も電子機器の応用できわめて精密に採取できるようになった。また個体のみならず、群飼した家畜群の行動を「群の意識」として捉え応用しようという萌芽も見え始め、行動生態学的分野への貢献も著しい。さらにシステム論として経済学的な解析、たとえばゲーム理論の応用、なども領域を超えて行われている。

最近の使役動物の研究再興も大きな柱になりつつある。私がいうのは一時代前の軍馬や役牛の研究ではなく、セラピックアニマルを指す。人のQOL向上を目指すこの分野で、ではこの分野で使役される動物として、いかなる家畜を提供するかは大きな畜産学のテーマである。

畜産学会の百年は、いわゆる「畜産大辞典」でいう「家畜」の育種・栄養・飼育・製造の研究から、さらに広大な領域に入りつつある百年であった。そして、私どもの次の百年はさらにこの境界が広がり、きわめて大きな領域を抱合するだろう。ただし、私どもの学会が畜産学会である以上、西田・野沢(1981)がいう「家畜とは(Domestic Animal)とは、その生殖(Reproduction)が人の管理(Control)のもとにある動物である」というコンセプトに軸足を据え、これを読みといた「人と関係する動物たちの学問」として発展させていかなければならないだろう。

日本畜産学会 90 年に思う

東北畜産学会名誉会員

千秋 達道

元北里大学教授

我国の近代化が始まった明治以降、1945 (S20) 年の敗戦まで、日本の畜産は軍用馬の生産が最重要課題であり、戦後も機械力が普及するまでは、農村、都市を通して、最も重要な動力源は役畜(牛馬)であった。一方、戦争遂行のために一般国民の食生活は、極度の粗食を強いられていた(斉藤美奈子 2002. 戦時下のレシピ: 太平洋戦争下の食を知る. 岩波アクティブ新書 37)。最近でこそ和食が世界文化遺産に登録されるなどの評価がされているが、旧来の伝統的な食生活では、穀類(炭水化物)を主たるエネルギー源とし、脂肪やたんぱく質(とくに動物性)が不足していた。一方、農業や土木工事における作業の多くは人力に頼っていたから、作業に従事する人々の所要熱量が 5,000 kcal を超えることも稀ではなく、これを炭水化物で補給するために一升飯(1 升の米飯)が必要と言われた。

米食偏重と低たんぱくのために、免疫力が低下し、国民病といわれた結核が蔓延した。結核は不治の病といわれ、主に 10 代後半で発病し、多くは 40 歳前に死亡した。特効薬(ストレプトマイシン)の普及と食生活の改善により、結核による死者は、1955 年(S. 30 年)の人口 10 万人あたり 22 人(実数 22 千人)から、2006 年(H. 4 年)には 10 分の 1 の 1.8 人(同 2.2 千人)に減少した。これは、畜産食品の普及に負うところが大きく、この期間に一人一日当りの動物性たんぱく質およびカルシウムの摂取量は、いずれも約 2 倍に増えた。一方、最近の日本人の動物性脂肪の摂取量は適正上限に達しており、これからの畜産食品はこれ以上の高脂肪化は回避すべきであろう。

私が畜産学の内容に初めて触れたのは 1956 年の内藤元男先生の畜産学概論の講義であった。とくに印象に残っていることを挙げてみると：

1. 人間の食糧さえ自給できない日本では、人間と同じ食物を食べる豚や鶏には多くを期待できない。これからの日本では、人間が食べられない草やわらを食べて、食糧を生産してくれる草食家畜が重要である。
 2. 酪農家にとっては、記録的に高乳量の牛よりも、それほどでなくても耐用年数が高い、生涯の経済性が優れた牛の方が望まれる。
 3. 日本では酪農家が搾った乳を乳業会社が買取り、工場から販売店を通して消費者に渡るまでに約 3 倍の価格になる。畜産の安定した発展のためには、流通過程の改善も重要である。
- これらから、私個人の具体的行動は大きな影響を受けた。

卒論は、粗飼料の消化に関するテーマを希望して講座を決め、1960 年に修士課程修了後、自給飼料主体の酪農が営まれているヨーロッパに留学し、6 年半後の 66 年に帰国した。東北大学農学部助手に採用され、早速多くの先輩方を訪ねて、今後の研究方向について意見を伺った。皆、親切かつ率直に話を聞かせて下さったが、その内容は驚愕を禁じ得ないものだった。それは、「日本は工業生産の発展を中心とする高度経済成長を遂げ、豊富な外貨によって食料はもちろん、飼料を含む多くの農産物を安く買うことが出来るようになった。これからは、安い輸入飼料、特に濃厚飼料を効率よく使う研究が重要だ。」ということだった。

しかし内藤先生は、その後 1978 年版の畜産大事典の巻頭言にも講義と同じ趣旨のことを書かれているので、その一部を以下に紹介する。

『わが国の農業は過保護である。生産農家を保護するために、米をはじめとして畜産、園芸生産物とともに自由貿易の対象にいれず、また価格支持と補助金によって支えられてきた。ところが保護される農家自体は第二種兼業が 66% を占め、専業は 13.5% にしか過ぎない。このような異常構造をもつ農業を果して保護しなければならないのか、宜しく保護をやめ、自然淘汰に曝して安い外国からの農産物をどしどし輸入して外貨を減らすとともに、国民の多数を占める消費者に農産物を安く供給すべきである』との声が俄かに高まってきた。

しかしそれならば、わが国の農業を自然淘汰に任せて食料を外国依存ですませてよいものであろうか。断じて否である。現時点では食料、飼料を安く輸出できる国はあるが、毎年 3 ～5 千万人ずつ殖えている世界の人口を考えると前途楽観を許さない。可能な限り自給度を高める努力はしなければならない。これは単に自国の問題のみでなく、全世界の人類に対する使命である。』

日本は食・飼料として年間 3 千万トンを超える穀類豆類を輸入している。これらを食べた家畜およびその生産物を食べた人間の排せつ物に含まれる N・P・K などの成分は国内に留まり、飼料を生産した輸出国の農地に還元されない。これでは地球上の物質循環、即ちバイオマスの再生産が成立たない。北里大学附属八雲牧場では、1994 年から自給飼料のみによる循環型牛肉生産に取り組み始めた。これは、90 周年を迎えた本学会に残された課題でもある。各地でこのような試みによる日本の畜産の体質改善が進むことを期待する。

100 周年に向けて、(公社)日本畜産学会に望むこと

北信越畜産学会

新村 末雄

新潟大学農学部

北信越畜産学会を代表し、公益社団法人日本畜産学会の100周年に向けて望むことを記載させていただくが、その前に、日本畜産学会を支え、平成24年9月まで存続していた北陸支部の設立とこれまでの経過についての記録を残すことは、地域の畜産研究の変遷を知る上でも重要と考えられるので、まず初めに北陸支部の歴史を簡単に説明させていただくことにする。

日本畜産学会北陸支部は、日本畜産学会の趣旨に基づき、北陸地域における畜産学の研究、普及および会員相互の親睦を図ることを目的に、新潟県、富山県、石川県、福井県および長野県の5県の畜産関係者が集まり、昭和26年9月に、当時新潟大学農学部教授であった斉藤道夫先生を支部長として発足したのが始まりである。この時期は、まだ戦後の混乱期からようやく再建のきざしが見え始めた頃である。諸事に困難な時代であったが、斉藤先生はじめ当時の関係者の努力もあって、今日の北信越畜産学会の基礎が築かれた。

北陸支部の会員数は、発足時には106名であったが、その後昭和30年代には畜産業の発展とともに増加し、昭和40年には728名に、昭和55年には856名を数えるまでになっている。なお、会員数は、昭和61年の875名を最多に、その後は減少の一途を辿り、平成6年には699名、平成18年には475名になり、現在は357名になっている。

一方、北陸支部としての活動の一つである大会は、昭和30年までは新潟と長野の2県で開催されていたが、各県に分会が組織されたことにより、昭和31年より5県の各分会が輪番で開催することとなり、平成25年には62回を数えるまでになっている。また機関誌は、昭和35年から昭和40年までは支部参考資料として、投稿された論文を掲載して毎年発行していたが、昭和41年からは北陸支部会報に改称して毎年発行し、平成12年11月で第81号を数えるに至った。その後、この学会が北陸および信越地域の畜産業の発展に大きな役割を果たすとともに、次代を創る枢要な組織になることを目指し、平成13年に名称を北信越畜産学会に改称したことに伴い、日本畜産学会北陸支部会報も北信越畜産学会会報に改め、平成13年3月の第82号から現在の108号まで毎年発行している。

また、日本畜産学会北陸支部大会の開催時には公開でシンポジウムや特別講演を行い、一般市民に畜産研究の啓蒙を行うとともに、学会員に有為な情報を提供してきた。一方、北信越畜産学会に名称を変更したことに伴い、畜産研究の啓蒙をより積極的に一般市民に行うために、平成13年の第50回大会以降、公開でシンポジウムや特別講演を大会時に開催し、多い時には200名以上の一般市民の参加を得ている。欄外に、北信越畜産学会に改称後の大会でのシンポジウム、特別講演および一般演題の数を資料として記す。

このような活動を通して、北信越畜産学会ではこの地域の畜産の研究者と実務者に有為な情報を提供するとともに、広く一般市民にも畜産研究と畜産の置かれている現状を理解してもらうための努力をしている。一方、親学会である日本畜産学会が平成24年10月に公益社団法人に移行したことに伴い、支部組織を持てなくなり、北信越畜産学会も他の支部会同様、一任意団体として活動せざるを得ない状況になっている。なお、他の支部会も同様と思われるが、近年の大学における定員削減、ならびに行財政改革による各県における試験研究機関の統廃合や人員削減により、畜産分野に従事する人員が減少し、会員数の減少に歯止めがかからない状況となっている。当然のことながら、北信越畜産学会は任意団体であるため、その運営は会員から納入される会費で賄わざるを得ないが、会員数の減少と相まってその運営には苦慮しているところである。

そこで、公益社団法人日本畜産学会の100周年に向けて、各支部の組織が一般市民を含めた多くの人を対象に行ってきた畜産の試験・研究に関する啓蒙活動に対する支援をなお一層望む次第である。今日の畜産を取り巻く情勢は、輸入飼料の高騰など厳しいものがあり、特に、TPP交渉において、農林水産分野の重要5品目の内、牛肉・豚肉、乳製品といった2品目が我々畜産分野に関係しているものとして含まれている。これら畜産品の関税は引き下げられる可能性は高く、そうすると、北信越地域のみならず全国の畜産業に大きな打撃を与えることは必至である。万が一、関税が引き下げあるいは撤廃される様な状況になったとしても、北信越地域5県にとって、また、全国においても、畜産業は重要な産業であることは間違いなく、各県での畜産への取り組みを止めることはできるものではない。このような状況にある畜産であるからこそ、一般市民、できれば各県の農業高校や農業大学の若い生徒さん達にも各地域が組織している畜産学会に参加してもらい、畜産の試験・研究の面白さを理解してもらうとともに、興味を持ってもらい、北信越5県の畜産を元気なものにしたいと考えている。そのような取り組みのため、公益社団法人日本畜産学会には支援(講師派遣、会場借上げ料、宣伝経費等)をお願いし、このような各県の畜産を元気なものにする活動に積極的に関わっていただきたいと願っている次第である。

地域の畜産に元気があってこそその日本畜産学会であり、地域が衰退すれば、日本畜産学会も衰退の一途を辿るものと思われる。

資料

第50回新潟県大会(平成13年)公開シンポジウム「～畜産環境と資源循環型農業の展開方向について～」一般演題:29題

5. 100 周年に向けて、(公社)日本畜産学会に望むこと

第 51 回長野県大会（平成 14 年）特別講演「消費者に軸足を移した「食農一貫」農政」一般演題：29 題
第 52 回石川県大会（平成 15 年）特別講演「生活者発想のマーケティング導入を（商品生産としての畜産物の生産にむけて）」一般演題：26 題
第 53 回福井県大会（平成 16 年）特別講演「農作物の獣害防止技術の開発と課題」一般演題：25 題
第 54 回富山県大会（平成 17 年）特別講演「江戸時代からの味文化～1865 年，越中高宮村のおもてなし料理を中心に～」一般演題：30 題
第 55 回長野県大会（平成 18 年）特別講演「信州黄金シャモができるまで」一般演題：24 題
第 56 回新潟県大会（平成 19 年）公開シンポジウム「畜産物の美味しさと健康への役割」一般演題：40 題

第 57 回石川県大会（平成 20 年）特別講演「ほ乳類・鳥類研究における分子生物学的手法の応用—味覚研究と雌雄鑑別—」一般演題：25 題
第 58 回福井県大会（平成 21 年）特別講演「高泌乳牛の繁殖性改善技術—牛の繁殖成績はなぜ低下するのか—」一般演題：19 題
第 59 回富山県大会（平成 22 年）特別講演「生物多様性の保全と我々の生活の営み」一般演題：29 題
第 60 回長野県大会（平成 23 年）特別講演「飼料用ソルガム新品種開発と今後の展開方向」一般演題：33 題
第 61 回新潟県大会（平成 24 年）公開シンポジウム「畜産物のおいしさと機能性について」一般演題：33 題
第 62 回石川県大会（平成 25 年）特別講演「牛肉品質に関わる遺伝子の同定と利用」一般演題：30 題

100 周年に向けて、(公社)日本畜産学会に望むこと

関東畜産学会

足立 吉数

茨城大学

現在、公益社団法人日本畜産学会は畜産研究の元締めではあるが、地方の畜産学会とは区別された状態で運営されている。即ち、各地に畜産学会があり独立して活動している。2013 年までは日本畜産学会支部会があった。この支部会を通じて意志が日本畜産学会に伝えられていた。しかし、現在は支部会が廃止になり地域から出た理事が地方学会の状況を伝えている。地方学会といえど、地方の畜産関連公共団体は学会との親密さを失ない徐々に学問分野から撤退し、実践的畜産業に特化していった。即ち大学や国の研究機関の学問に対する失望が顕著になっていったし都道府県の畜産関連研究機関に配分する運営資金も減額され、外部資金の獲得を推奨するようになり、ゆとりがなくなった。これは国もさることながら地方の財政赤字によるところが多い。畜産、養鶏家は学識経験者をあまり信用せずアメリカやヨーロッパのツアーに出かけ情報（ワクチン、衛生管理など）を仕入れる。早く仕入れることで、1 銭でも多くの金を得ることを考えている。都道府県の畜産試験場またはセンターは徐々に家畜展示動物園と化していった。それでは大学はどうだろうか。畜産学科という名前を捨て、基礎生命科学に進進している大学がある。それが畜産科というのではなく応用理学または応用生物学？というものであるのかもしれない。いずれにせよ中途半端な学問体系である。そこには、養豚家や酪農家や養鶏家の介在はほとんどない。日本人の口にも入らないような肉質の牛の作出に勢力を使いアメリカ、オーストラリア、南米などの金をかけない牛の育て方に無関心で、金をかけた高価な牛の育て方がまかり通るような研究が推奨されてきた。国の財政赤字 1000 兆円という状態になってからみみっちい予算削りが横行している。政治家はあたかも国民が浪費したようなことを言っているが無計画に使い込んだ政治家が責任を放棄し、日本を破産状態に追い込みまた現在も追い込みつつあることを考えればそれは何ともばかげている。大学や公的機関の研究者は科研費やその他の大型外部資金を獲得しているがその研究が世の役に立っているかは疑わしい。日本でラスカー賞を受けた IPS 細胞の山中教授や、血中コレステロールの濃度をさげるメバロチンの遠藤元農工大教授などの研究は確かに役に立っていると実感できる。養鶏、養豚、養牛農家からは「大学は何をやっているのか？」といった声も聞かれる。歌を忘れたカナリアではないが畜産というフィールドを忘れた学者がフィールドの役に立たない研究をし、その言い訳として大学とはリベラルアーツであるとそれをごまかす。最近の話題を見ると某研究者の捏造が新聞紙上で多く取り上げられている。特に研究に多くの予算を使っている研究室ほどその例が多い。研究は玉石混合といわれているがそんなに簡単に宝石が出てくるわけではない。一昔前はウイルスハンティ

ングなどと言われ新規のウイルスをとらえれば運が良ければノーベル賞まで行けた（たとえば HIV）。今はそう簡単にはいかない。エポックメイキングな仕事でないと予算がとれない現状はなんともやるせない。同じ研究テーマで科研費 C の予算が 2~3 年で数百万円で、某省がだす予算 3~5 年で 1 年数千万円での差は何ともやるせない。学生の教育に費やしてきた者にとっては某省が出す研究費はあまりにも巨額である。私は poor man 実験で過ごしてきたのでアイデアを練るのに必死になるが、金持ち研究の場合、研究が 1 点に特化し、多くの研究者を雇い、大学の教育・研究とは解離する。大型研究が悪いというわけではないが研究者はたくさんいるのだから薄く広くも大切である。大型が一つ転べば何も残らなかったというのでは悲しい。

畜産業界を見渡せば、環太平洋戦略的経済連携協定（Trans-Pacific Strategic Economic Partnership Agreement, TPP）の影響でその産業形態を変えなければ生き残れないと思われるような衝撃を受けている。この交渉では、豚肉の場合、1 キロ約 65 円以下の安価な豚肉にかける 482 円の現行関税を日本側が 100 円以下に引き下げる考えを示し、20 円程度を主張していた米国側が日米首脳会談などを通し歩み寄りを見せている。輸入が急増した場合に税額を戻すセーフガード（特別緊急輸入制限）の発動条件などでも調整が続いているが、現在の差額関税制度は維持するといわれている。即ち畜産物に対する関税率低下が産業の振興を妨げると理解してもいい（たとえ政府ガードを発令したとしても）。個人経営では生き残れないと考え、農業生産法人を作り共同して多頭飼育をめざしている。日本では物作りの職人技によって、肉質世界一牛を作り出すことになるが、高価で日本人の口には入らない。日本人はオーギービーフか、アメリカ産のビーフを食べている。それなら、いっそのこと、赤身の肉の牛を育て日本国民に提供するのも一案かとも思う。消費税の引き上げは来年には 10%までは確定である。さらに IMF は 15%まで上げないと財政赤字 1000 兆円は解消できず、世界経済に悪影響を及ぼすとコメントした。一方、債券は日本が世界でトップの 325 兆 70 億円となっており、米国債も 100 兆円あるといわれている。日本が日本らしくあるためには早急に財政赤字を解消することと思うが、現政権は一向に手を付けようとはしない。衆議院議員の石原氏がいつも財政赤字を解消するため、国の会計制度の単式簿記・現金主義による会計制度を複式簿記・発生主義会計に変えることを推奨している。これが一般的な会計手法と思われる。

近年の畜産業界の大きな事件として、宮崎県で起きた口蹄疫で多くの宮崎牛の殺処分がある。中でも、川南町の南隣の高鍋町にある宮崎県家畜改良事業団に口蹄疫ウイルスが侵入

5. 100 周年に向けて、(公社)日本畜産学会に望むこと

し、肥育牛 259 頭中 5 頭に陽性反応がでた。殺処分の対象には種雄牛 49 頭が含まれており、その中にはあまりにも高名な「安平」が含まれていた。2007 年第 9 回全国和牛能力共進会で父牛系統第 1 位に輝いた「安平」はまさに日本畜産の宝石とでも言うべき存在だった。宮崎県の畜産関係者は、大いに落胆した。残った種雄牛 6 頭は、緊急に西都市尾八重に移動した。大畜産県宮崎に残ったのは、この難を逃れた 6 頭、「福之国」、「勝平正」、「忠富士」、「秀菊安」、「美穂国」、「安重守」の系統となった。このような種牛を作出するのに短くて 7 年、それまでの世代も入れれば、そろばんを弾くことすら難しい種牛というのは価格があるようなないような存在である。競りにもかかれず、全国和牛共進会第 1 位の「安平」を失い、それに続き、期待の生き残っていた忠富士まで殺処分された。忠富士はメタボを気にする人が増え、ヘルシー志向が高まる今、特に人気が高い種牛だった。忠富士の魅力として、忠富士の子は安平の子ほど霜降りが多くなかヘルシーなうえ、成長が早くて大きく育つため、飼育コストも少なくて済み、結果的に手頃な価格で良質な肉になるといわれてきた。普通なら子牛の出荷まで 9~10 ヶ月はかかるが、忠富士の子は 8 ヶ月ほどで約 280 キロに育つ。枝肉の重量は一般的には 430~440 キロなのに対し、忠富士の子は 500 キロを超える場合もあるというが、今後、忠富士の子の雌牛をメーンの元牛に据えようと考えていた農家は多く、殺処分されたことを残念と考えている。

このように、TPP の波やアグリテロ（鳥インフルエンザ、口蹄疫、豚コレラなどをさす）にさらされているのは日本の畜産は壊滅してしまう。海外悪性伝染病から家畜を守り、TPP から日本を守る。このような諸問題に対処するために、日本の畜産のあるべき姿を深く考える必要があり、その場が日本畜産学会で、一種の圧力団体である。私は関東を担当する理事であるが、関東圏には家畜生産地帯として千葉、茨城、栃木と大消費地である東京都、神奈川県を抱えている。今年政

府は 6 特区を決めたが東京圏と関西圏は、町づくり、雇用、医療となっている。農業特区は兵庫県養父市と新潟市であり、その他福岡市は雇用、沖縄市は観光である。食は文化であり良質な農作物を東京圏に供給し町づくりに大いに役立ててもらいたい。

関東圏にある畜産関連の学問の府は国立大学法人だけでも東京大学、東京農工大学、筑波大学、茨城大学、宇都宮大学があるし私立大学として明治大学、日本獣医生命科学大学、麻布大学、日本大学、玉川大学、東京農業大学がある。沢山の大学が集まって多くの情報が行きかっているに違いない。しかし国立大学法人を取り上げても畜産学科の完全形を持つ大学は少ない。筑波大学、東京農工大、東大はその講座数は少ない。茨城大学、宇都宮大学はそこそこの講座（講座制をひいてはいないが）を有している。最近、東大や宮崎大学の獣医以外は共同獣医という形態をとっている。山口大学と鹿児島大学は共同獣医学部となった。北から北海道大学と帯広畜産大学、岩手大学と東京農工大学、岐阜大学と鳥取大学、そして山口大学と鹿児島大学である。このように充実した教育をめざして学科や学部の形態を変えつつある。関東圏にある畜産学科を考えた場合大学間で相互に協力しあってより良い教育をすることも一案である。今までは異能者の出現を待つことが必要であった。現在、これを待っておれば穴の開いた泥船で大海を航海するようなものである。私は共同畜産学科（または学部）を考え行動したことがある。関東に位置する筑波大学、宇都宮大学、茨城大学を共同の候補とした。教育の充実のため大同小異で結束し、実学との密接な関係を保ちながら日本の畜産の発展を目指していくことも一案であると思う。従って日本畜産学会は教育行政において畜産の将来の有り方を決めるため、また畜産学に新しい風を吹き込むために知恵を絞って考えよう。ここしばらくは考えるための時期と思う。

100 周年を迎える皆様へ

東海畜産学会

土井 守

岐阜大学応用生物科学部

生物学をはじめ自然科学のさまざまな先端領域に踏み込んだとき、人ははじめて道徳や倫理ばかりか、内に潜む精神世界を謙虚に認めねばならぬことに気付かされる。この特異な感覚は、最先端の研究者が到達する境地であるらしい。浅薄な私でさえも、自身の専門分野の諸事象について考え始めると、精神世界や社会科学の領域にまで立ち入らざるをえなくなるときがある。

科学が進歩した現代にあっても、先端的な医療現場で人の生と死の尊厳という課題を突き付けられる。延命治療や尊厳死などの問題は、客観的価値判断を是とした自然科学の物差しだけでは、根本的な解決はできないことが分かる。脳死が人間の死であるという概念と、この世でかけがえのない絶対的で普遍的な個の死という感情や観念とを、明確に整理して静観できる人間がどれほどいるのだろうか。一般的には、これらの両面が紙縫りのように複雑に絡み合った感情が存在するはずである。客観的判断基準としての脳死と普遍的妥当性をもった個の死とは、通常の人間の感情からでは区別や判断がつきにくいものである。

自然科学は、何らかの方法で計測して実証できるものは受け入れ、できないものは取り上げず排除する世界の中にあるといえる。この世界観が、現在の地球上のありとあらゆるものを発展させてきたことは揺るがしがたい。ただ他の見方をすれば、自然科学を是としてきた人間がこれまで受け入れず排除し続けていた部分に、人間が歩んできた歴史の中で与えられてきた根源的な課題があったといえなくもない。

古く西洋では、神という絶対的な存在を内面世界から産みだし、人という仮の器に魂が入れられいすれは神のもとに帰るという思想を作り上げた。人類が延々と悩み続けてきた精神世界を、時の天才の出現によって説かれてまとめられ、人々に宗教という形で現代まで受け継がれてきた。この辺りの思想や歴史は東洋では異なるが、いずれの宗教でも、人間が必ず直面する死という問題について、結果的に何らかの答えを与えている。自然科学が目を見続けてきた世界を、これまで宗教がそと支えてくれていたのである。とかく現代の日本人は無宗教だといわれるが、今の日本人のもつ宗教に対する嫌悪感や排他的感情は、明治期以降にある意味不自然な形で自然科学という西洋的客観思考を受け入れたところから生み出されたものなのだろう。客観的な価値判断を科学に求め続けた忠実な日本人は、主観的に物事を判断したり行動した

りすることは悪であるという風潮を、現代までに作り上げてしまった。ただ、すべてを客観的価値判断一点に集約させてきたのは、何も日本人ばかりではない。世界中の人々が過去から同じ方向に向かって競い合って進んできたのである。その結果、現代社会を著しく発展させたが、それと引き換えに、世界中でありとあらゆる悪循環を生じさせてしまい、いま人間に対してあからさまに“大量絶滅”、“食料危機”、“環境破壊”などの多くの問題が突きつけられている。これまで自然科学が目を見続けてきた根源的な課題が、まさにこのツケとして回ってきた問題の中にある。なぜ人類は、これほどまでに地球上の生物や環境への配慮を怠ってしまったのか。科学的な立証と社会科学的な知識の導入により少しでも早く解決しなければならないが、それと同時に人や動物の内面世界をまず認識しながら問題解決に取り組む必要がある。近年、脳科学者や遺伝子学者がすさまじい勢いで、人や動物の性格、さらには情動や感情までも解き明かし始めているので、その応用が大いに期待されるところである。

動物には、人のような感動はないが感情はある。その感情を何とか受け取りながら人は動物を飼ってきた。その良き歴史を動物は認識してはくれないが、人に飼育されることにより、外敵や病気から守られ餌を探す必要がなくなった。ただこれと引き換えに、家畜は人のために殺され、また行動や摂食などの自由を奪われた。つまり、人と飼育動物との間には、常に“妥協”が存在しているのである。これはひとつの例ではあるが、この相互の“妥協”、すなわち“共存”をするための内面世界を、いかに首尾よく科学的な手法で解決していけるのか。それがおそらく今後の世の中に求められる大きな課題のひとつになるだろう。

日本畜産学会は、めでたくもここに 90 周年を迎え、この先日本の優秀な頭脳がさらに結集され、多大なる発展を遂げ続けることは間違いない。100 周年を迎える場に私はいないが、本学会員の皆様が、今後も家畜をはじめとした動物に潜む謎を科学的に解き明かす一方で、動物の内面世界をいっそう注視し客観的に理解し解決して主観的に応用していくことができれば、畜産学や関連分野、さらには関連産業の新たな時代に向けた発展を促すのではないかと、私はそのことを心より期待し、90 周年という本学会の節目にあたっての言葉としたい。

より開かれた学会活動へ

関西畜産学会

谷口 幸三

広島大学大学院生物圏科学研究科

1. はじめに

地球気候変動や人口増加に対応した温室効果ガスの抑制や食料生産の拡大は人類の最重要課題であるが、時間的余裕は少ない。個々の国や地域レベルでの取り組みが大切であり、そこに気候風土をベースとする農学分野の意義と役割がある。他方、ICTの急速な進展とグローバル化の大波によりアカデミアを取巻く状況は大きく変化している。我が国では、予算と人員の削減や偏在もあって、さまざまな学術分野での国際的地位が低下している。さらに、高齢化と少子化の同時進行で、今後25年以内に多くの地域で社会的機能が消失すると予想されている。食料生産の営みとしての畜産を学術研究と人材養成面から支える畜産学の果たす役割は大きい。

2. 地域貢献

中山間地域は過疎化と鳥獣害被害が深刻化し、集落も消滅し始めている。これまでの地域再生の取り組みでは、全国的に成果が乏しい。地域再生は、総合的、長期的な方針の下、さまざまな行政組織・団体・企業・個人等が参画・協働しなければ解決できない課題であり、大学や関係学会による学術面からの貢献も求められる。同時に、全国的には日本農学会や日本学術会議のような分野横断的な協会組織が中心となっており、関係学会を連携させる必要もある。そのための協議機関の設置を畜産学会として働きかけてはどうか。

3. 教育への関わり

日本学術会議が最近「大学教育の分野別質保証」に関連した「農学分野の参照基準」を提言している。畜産学教育に関しては、これまでも学会レベルでのシンポジウム、あるいは畜産学教育協議会などで話し合われてきたが、活動内容の蓄積や継続性を保ちにくい。畜産学会として、HP上で畜産学教育に関する意見交換の場や資料を提供しながら、学会の恒常的活動の一環として、教育関係の活動や情報交換にも取り組む必要があろう。また、畜産学教育の質保証について、諸外国、特にアジア諸国の学協会との意見交換も望まれる。

4. 研究支援

経常予算が削減され、競争的資金の獲得が厳しくなる中、総合科学技術会議を中心に各省庁の研究予算を統合し、異分野融合や戦略的イノベーションによる応用技術開発への研究に重点配分し始めている。基礎研究の支援は科研費補助金を中心となるが、各専門分野での採択件数はその申請数に対する比率がベースとなっている。畜産分野では申請件数と採択数が少ないので、申請数の増加策や大型の競争的資金確保に向けた学会としての取り組み策を検討願いたい。

5. 情報発信力の強化

他の学協会HP上では、ICTを活用した情報発信が著しく

進んでいる。公益社団法人となった学会には社会への積極的な情報発信が期待されている。少子化と人口減が進むと、さまざまな分野での人材確保が大きな課題になる。畜産学の社会的意義・役割や最新の学術研究成果について、学会のHPに専用ページを設け、学生、市民等を対象に分かり易い情報発信が望まれる。さらに、HP上に畜産研究者ディレクトリーを設けることも検討してはどうか。

6. 学会組織の強化

畜産学会員数と大会発表演題数は、1990年代をピークに約2割減少している。今後の学会活動を進める上で、会員拡大や財務基盤の整備を含めた学会組織の強化も重要になる。

① 関係学会・支部との連携：他学会では公益法人となっても従来と同様、地区支部を置いているが、畜産学会は各支部（地区学会）との関係が切れている。学会の組織力は地区レベルでの活動とも連動しており、あらためて地区学会と結びつきを強化すべきであろう。また、組織力を維持、強化するためには、獣医学会のように関係する中小の学会・研究会を専門部会として統合するか、あるいは別途、連携協議機関を設けることを検討してはどうか。

② 理事会の機能強化：現在の組織形態では、個々の理事や理事会の役割が不明瞭で、学会の慣行事業はできても、新たな活動等は難しい。地区や専門分野・協会等に関係する理事の選任枠を定めた上で、理事会の下に、各種の事業委員会や部会、懇談会などを設け、各理事の担当職務・担当委員会を明確にして、常務理事との職務分担を整理する。

③ 財務基盤の強化：畜産学会クラスの規模以上の学会では会費1万円が多い。今後の幅広い活動を支えるために、会費の値上げも検討すべきである。また、寄付金を所得税控除や損金扱いできる点に公益法人としてのメリットがあり、個人・企業に積極的に寄付金を募る。財務基盤の強化によって、さまざまな活動への支援や役員負担の軽減もできよう。

④ 意見募集：学会が取り組むさまざまな活動について、たとえば大会シンポジウムのテーマなどについても会員からの提案を募る。また、HPに学会活動に関する会員の意見や要望を掲載する欄を設けて、会員との意思疎通を図る必要がある。

以上のような取り組みを含め、「100周年委員会」を立ち上げ、会員拡大を含めた学会活性化に向けての具体的なビジョンと10年後の目標・計画案を策定し、会員の意見を反映させながら、目標を会員と共有することも大切である。ICTを活用して、「より開かれた畜産学会」としての活動を期待したい。

暖地（西日本）の現状と要望

日本暖地畜産学会

古瀬 充宏

九州大学大学院農学研究院

畜産学会が創立されてからの 90 年の間に畜産業は全国に広がり浸透していった。日本は、北海道には流氷が着き、沖縄ではサンゴ礁を見ることができる。家畜を飼育するための環境は北と南ではそれほど大きく異なっている。その中で南に位置する旧西日本畜産学会（現・暖地畜産学会）に属する山口県、福岡県、佐賀県、長崎県、大分県、熊本県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県の計 9 県が畜産基地として果たす役割は時の流れと共に大きくなっていった。平成 25 年 2 月 1 日調査の統計によれば、その 9 県で飼養する家畜の頭数の全国比率は、乳用牛 9.0%、肉用牛 39.3%、豚 34.3%、採卵鶏 13.2%、ブロイラー 51.6%となっている。この全国に対する寄与率をさらに詳しく述べれば、南に位置する鹿児島県と宮崎県の比重が大きいものとなる。一括りに九州・沖縄と言っても気候は大いに異なり、この 2 県の気温は沖縄に次いで高い。

環境温度は畜産学会が創立された 90 年前から上昇傾向を崩すことはない。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第 1 作業部会による第 5 次評価報告書（AR5）は、気温上昇は 2100 年を越えて持続するだろうと予測している。海水の温度も上昇し、九州近海の魚種も徐々に変化している。気温上昇により西日本地域に似た環境に将来なる地域の動物生産には、現在の西日本地域において用いられている技術が有効になろう。また、気温上昇が加速すれば鹿児島県や宮崎県の畜産にも変化が求められ、これまで培ってきたものに加え更なる工夫が必要となろう。

それでは、すでに気温が高い地域は何を参考にすれば良いのか？その解決にはいくつもの戦略を組み立てる必要がある。化石燃料と欧米の遺伝資源に依存した経営であれば、いずれ破綻することになる。都市部への生産物の移送には化石燃料が欠かせないために、生産に使用するには制限がかかってくる。遺伝資源に関しては、長くアジアで育てられてきたものも一部導入する必要がある。ウシに関すれば、アジア家畜牛（*Bos indicus*）は、耐暑性に優れている。現在用いている牧草の草種も変える必要が生じる。ヒトが食する植物資源に関しては、既に耐暑性や干ばつに強いものへの育種改良が進んでいる。生産性重視で改良されてきた家畜に耐暑性が加えられる必要がある。環境の問題に対しても工夫が必要になる。筆者が訪れたタイの農場では、牛舎は屋根が非常に高い開放式のものであった。そのために換気も良く、臭いはほとんど気にならなかった。さらにその農場では循環型の農業と

して、糞尿からメタンを得て、自家発電をする施設を稼働させている。農場内で使用している車の一部にもメタンを利用し、化石燃料の使用量を減少することが可能となっている。このメタン発酵の初期はある程度の温度がないと進まないために、気温が高くないと効率的にガス生産がなされない。温暖化が進んだ際には、それを利点に結び付けることも可能となろう。

上記は、国内外の南で得られた知恵や技術の発信・受信になるが、発信も受信も希望されないものへの恐怖が毎年のように取り出されている。それは大陸経由でもたらされる鳥インフルエンザや口蹄疫などの伝染性の疾病である。鳥インフルエンザに関しては、冬季になれば警戒態勢が強まるが、本年（平成 26 年）は 4 月 12 日に熊本県で発症が確認された。この理由に渡り鳥が移動する時期とする声もあるが、北に向かうものが持ち込んだと考えたらさらに警戒する必要がある。しかし、冬季の渡り鳥が原因とすれば大陸により近い福岡県でも発症しても不思議ではない。渡り鳥以外の原因の追究も求められる。温暖化が進み亜熱帯化すれば、亜熱帯に特有な疾病が導入される可能性もあり、防疫は今後重要な課題となってくる。

アジアとの交流という意味では、第 16 回アジア太平洋州畜産学会議（The 16th Asian-Australasian Association of Animal Production (AAAP) Congress）は 2014 年 11 月 10-14 日にインドネシアのガジャマダ大学で開催される。暑熱環境下で行われる動物生産技術に触れる機会となる。また、第 17 回 AAAP は、2016 年に福岡市で開催される予定である。それに先立って、2015 年に行われる日本畜産学会第 119 回大会では AAAP プレシンポジウムとして公開講演会が企画されている。アジアの畜産技術におけるリーダーシップを継続して取り続けることはわが国の使命かもしれない。また、先端技術に頼りすぎて見落とした技術や、ないがしろにしてきた技術を見直す時期に來たのかもしれない。

そこで、畜産学会 100 周年に向けて望むものは、畜産学会が主体となり、数年に一度アジアから研究者を招き、わが国の産業界、獣医師会、獣医学会、養豚学会、家禽学会などとの合同シンポジウムの開催である。TPP の向かい風が最も強い畜産である。長期にわたり我が国の畜産を支える技術の構築と海外からの疾病予防対策を図っていただきたい。

6. 過去10年（2004～2013）の年譜

年度	大会等	会報発行	会則組織	その他
2004 (平成16)	日本畜産学会第103回大会及び総会（3.29～31） 於 東京農工大学府中キャンパス 大会会長 板橋久雄 演題 534題、参加者 1,218名 日本畜産学会功労賞（西川賞）第5号 岡部 亮「家畜飼料栄養価評価法の確立と低・未利用飼料資源の開発利用に関する研究と後進者の育成」、第6号 田中桂一「家畜・家禽の脂質代謝に関する研究推進と後進者の育成」 日本畜産学会賞 第81号 国枝 哲夫「和牛における遺伝性疾患原因遺伝子の同定」、第82号 寺田文典「高能力牛の栄養要求量の精密化と畜産環境問題解決への応用に関する研究」 日本畜産学会奨励賞 第54号 大串 淳「ニワトリのストレス行動およびその制御に関する研究」、第55号 中村好徳「家畜・家禽骨格筋のコラーゲン線維構築に関する機能形態学的研究」、第56号 深澤 充「牛小型ピロプラズマ病に対する抗病性の遺伝的改良の検討」、第57号 米倉 真一「ウシにおけるレプテンの発現部位とその発現様式について」 日本畜産学会創立80周年記念式典及び講演会（3.30） 於 府中市市民会館（ル・ジャール府中） 記念式典：功労者表彰、感謝状贈呈等 記念講演会： 「歴史の中の家畜」（対談）正田陽一、久元祐子、 「家畜の新しい役割について」田中智夫、今井明夫、 佐藤英明 「これからの畜産食品」齋藤忠夫、水町功子、 服部昭仁 公開講演会「暮らしに役立つバリエーション～身近な話題から将来を展望して」（9.23） 於 新潟市民プラザ 実行委員長 楠原征治 演題 6題、参加者 320名	会報 Animal Science Journal 第75巻2・6号、 第76巻1号 613頁 日本畜産学会報 第75巻24号、 第76巻1号 628頁 総説・英文9編、和文0編 一般論文： 英文68編、和文41編 速報（英文）3編 解説（和文）1編 技術報告（和文）3編 第103回大会講演要旨 210頁 創立80周年記念特集 （日畜会報第75巻3号） 公開講演会冊子 42頁	会員数 名誉会員 40名 正会員 1,931名 功労会員 52名 学生会員 333名 賛助会員 74（138口） 英文誌購読者 18名 購読 100名 役員ほか 理事・監事 前年通り 代議員 108名	功労会員 52名推薦 第11回アジア・太平洋畜産学会議（AAAP）（7.7～11、マレーシア） 9.5-9）へ金井幸雄会長、楠原征治副会長、矢野秀雄理事を派遣

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2005 (平成 17)	日本畜産学会第 104 回大会及び総会 (3.27-29) 於 東京大学農学部 大会会長 東條英昭 演題 559 題 参加者 1,335 名 日本畜産学会功労賞 (西川賞) 第 7 号 阿部又信「牛の蛋白質・アミノ酸栄養に関する研究ならびに動物栄養学の学際領域への拡張と後進者の指導育成」、第 8 号 辻 壮一「家畜育種学におけるゲノム情報の活用・推進と後進者の指導育成」 日本畜産学会賞 第 83 号 小林泰男「反芻家畜第一胃内微生物消化とその制御に関する研究」、第 84 号 佐藤正寛「閉鎖群育種集団における遺伝的能力の改良に関する研究」 日本畜産学会奨励賞 第 58 号 小沢 学「暑熱ストレスに起因する哺乳動物の初期死滅発症機序」、第 59 号 笹浪知宏「ウズラ卵黄膜内層の繊維状タンパク質の生合成と翻訳後修飾に関する研究」、第 60 号 島田昌之「ブタ卵母細胞の減数分裂再開・進行における卵丘細胞の役割」、第 61 号 松山裕城「第一胃刺激用具による濃厚飼料多給与条件下の去勢牛から発生するメタンの抑制とその機構の解明に関する研究」 日本畜産学会第 105 回大会 (9.9,10) 於 札幌パシフィコセンター 大会会長 服部昭仁 演題 375 題 参加者 779 名 公開講演会「北海道の畜産を支える草・土・水のカーボンの安全と安心を支えるものたちの科学」 (9.10) 実行委員長 服部昭仁 演題 4 題 参加者 480 名 日本草地学会との合同シンポジウム「飼料の安全・安心をどのようににかち獲るか？」 (3.29) 於 東京大学弥生講堂 演題 4 題 参加者 150 名	会報 Animal Science Journal 第 76 巻 2-6 号, 第 77 巻 1 号 659 頁 日本畜産学会報 第 76 巻 2-4 号, 第 77 巻 1 号 499 頁 総説:英文 8 編, 和文 0 編 一般論文: 英文 74 編, 和文 28 編 速報 (英文) 3 編 解説 (和文) 0 編 技術報告 (和文) 4 編 第 104 回大会講演要旨 234 頁 第 105 回大会講演要旨 234 頁 公開講演会冊子 20 頁	会員数 名誉会員 42 名 正会員 1,959 名 功労会員 51 名 学生会員 418 名 賛助会員 71 (134 口) 英文誌購読者 10 名 Web 購読者 2 名 購読 98 名 役員ほか 理事長 泉水直人 副理事長 鎌田壽彦 理 事 佐藤英明 17 名 監 事 2 名 代議員 100 名	名譽会員に, 上原孝吉, 長野實, 野附慶会員が推薦され, 承認 (3.29) 第 5 回日中韓畜産学協議会 (CJK) シンポジウム (中国, 刀朴市, 7.8) へ 押部明德, 長峰孝文会員を派遣

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2006 (平成 18)	日本畜産学会第 106 回大会及び総会 (3.29- 31) 於 九州大学 大会会長 岩元久雄 参加者 1,150 名 演題 530 題 日本畜産学会功労賞 (西川賞) 第 9 号 板橋久雄「反芻動物の第一胃内発酵に関する研究推進と後進者の育成」, 第 10 号 矢野秀雄「肉用牛の栄養学ならびにその応用と後進者の育成」 日本畜産学会賞 第 85 号 北澤春樹「イムノバイオテイクスからの新規免疫調節因子の発見とその分子免疫評価系の構築」, 第 86 号 古瀬充宏「幼離行動の制御因子に関する研究」 日本畜産学会奨励賞 第 62 号 中島一喜「ニワトリの骨格筋の分解機構に関する研究」, 第 63 号 林田まき「フィリピンにおける放牧ヤギの Se 栄養改善」 公開講演会「動物をとりまく環境と私たちの生活-動物と環境にやさしい科学をめざして-」 (9.30) 於 京都大学百年時計台会館 実行委員長 久米新一 演題 5 題, 参加者 370 名	会報 Animal Science Journal 第 77 巻 2-6 号, 第 78 巻 1 号 640 頁 日本畜産学会報 第 77 巻 2-4 号, 第 78 巻 1 号 526 頁 総説:英文 16 編, 和文 1 編 一般論文: 英文 57 編, 和文 30 編 速報(英文) 5 編 解説(和文) 4 編 技術報告(和文) 3 編 第 106 回大会講演要旨 231 頁 公開講演会冊子 28 頁	会員数 名誉会員 41 名 正会員 1,885 名 功労会員 66 名 学生会員 281 名 賛助会員 70 (127 口) 英文誌購読者 8 名 Web 購読者 2 名 購読 92 名 役員ほか 前年通り	功労会員 18 名推薦 第 12 回アジア・大洋州畜産学会議 (AAAP) (韓国, 釜山市, 9.18-22)へ泉水直人理事長と小澤壮行, 坂田亮一, 吉澤史昭常務理事を派遣

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2007 (平成 19)	日本畜産学会第 107 回大会及び総会 (3.27-29) 於 麻布大学 大会委員長 田中智夫 演題 522 題、参加者 1,210 名 日本畜産学会功労賞 (西川賞) 第 11 号 秋葉征夫「家禽の栄養生理・生化学の基礎研究の推進と後進者の育成」、第 12 号 藤原 勉「小型反芻家畜の生産性向上に関する基礎的・実証的研究の推進と後進者の育成」 日本畜産学会賞 第 87 号 西邑隆徳「食肉の物性に関するプロテオグリカンの機能に関する研究」、第 88 号 廣岡博之「家畜生産と畜産環境問題に関する学際的システムアプローチ」 日本畜産学会選別賞 第 64 号 小池 聡「植物繊維消化に関与する反芻家畜第一胃内細菌の分子生態学的研究」、第 65 号 小松藤司「ウシにおける糖代謝関連遺伝子の発現特性に関する研究」、第 66 号 野中寿美恵「レブチンによるウシの黄体形成ホルモンと成長ホルモン分泌作用に関する研究」、第 67 号 細田謙次「乳牛へのハーブ類給与に関する研究」、第 68 号 洪娟喜「体脂肪蓄積に関連する新規調節因子の探索と機能解析に関する研究」 日本畜産学会第 108 回大会 (9.26, 27) 於 岡山大学 大会会長 佐藤勝紀 演題 255 題、参加者 531 名 若手企画シンポジウム 「動物科学の可能性」 (3.28) 於 麻布大学 実行委員長 永岡謙太郎 演題 2 題、参加者 50 名 日本草地学会との合同シンポジウム「食料・環境問題に対する畜産・草地研究の貢献」(3.26) 於 麻布大学 参加者 240 名	会報 Animal Science Journal 第 78 巻 2-6 号、 第 79 巻 1 号 740 頁 日本畜産学会報 第 78 巻 24 号、 第 79 巻 1 号 520 頁 総説:英文 14 編、和文 0 編 一般論文: 英文 75 編、和文 30 編 速報(英文)4 編 解説(和文)0 編 技術報告(和文)4 編 第 107 回大会講演要旨 186 頁 第 108 回大会講演要旨 107 頁	会員数 名誉会員 44 名 正会員 1,869 名 功労会員 64 名 学生会員 351 名 賛助会員 71 (128 口) 英文誌購読者 6 名 Web 購読者 2 名 購読 89 名 役員ほか 理事長 佐藤英明 副理事長 甲斐 蔵 寺田文典 理 事 17 名 監 事 2 名 代議員 95 名	名誉会員に、楠原征治会員、 Assefaw TEWOLDE 氏、Jong Kyu HA 氏、InKee PAIK 氏が推 薦され、承認(3.27) 第 6 回日中韓畜産学協議会 (CJK) シンポジウム(韓国、ソウル 市、6.28)へ 佐藤英明理事長、 寺田文典副理事長を派遣

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2008 (平成 20)	日本畜産学会第 109 回大会及び総会 (3.27-29) 於 常磐大学 (茨城大学) 大会会長 小杉山基昭 演題 475 題、参加者 1,129 名 日本畜産学会功労賞 (西川賞) 第 13 号 柴田正貴「乳牛のエネルギー代謝と栄養管理技術の開発に関する研究推進と後進者の育成」、第 14 号 服部昭仁「食肉科学における研究推進と後進者の育成」 日本畜産学会賞 第 89 号 梶川 博「反芻家畜における栄養の有効利用に関する研究」、第 90 号 辰巳隆一「骨格筋の肥大・再生のメカノバイオロジ」 日本畜産学会奨励賞 第 69 号 石渡俊江「豚および牛における飼育環境の総合評価と環境エンリッチメントの方策に関する研究」、第 70 号 荻野曉史「ライファイクルアセスメントを用いた家畜生産システムの環境影響評価に関する研究」、第 71 号 遠野 雅徳「パターンの認識受容体を介したプロバイオティクスの免疫活性評価システムの構築」、第 72 号 友永省三「カルノシンとその関連代謝物質の代謝と機能に関する研究」、第 73 号 前島裕子「ヤギのストレス反応における視床下部-下垂体-副腎皮質軸活性化抑制機序に関する研究」 公開講演会「「知」の時代を動かす畜産技術と畜産業」 (3.28) 於 茨城県立図書館 演題 5 題、参加者 140 名 若手企画シンポジウム「アニマルサイエンス研究のさらなる発展を目指して」 (3.28) 於 日本大学 実行委員長 永岡謙太郎 演題 5 題、参加者 150 名	会報 Animal Science Journal (第 80 巻 1 号よりオンライン化に伴い、一般会員への冊子体の配布はなくなつた) 第 79 巻 2-6 号、 第 80 巻 1 号、 727 頁 日本畜産学会報 第 79 巻 2-4 号、 第 80 巻 1 号、 550 頁 総説・英文 3 編、和文 2 編 一般論文： 英文 88 編、和文 34 編 速報 (英文) 2 編 解説 (和文) 0 編 技術報告 (和文) 3 編 第 109 回大会講演要旨 176 頁	会員数 名誉会員 40 名 正会員 1,822 名 功労会員 71 名 学生会員 267 名 賛助会員 71 (120 口) 英文誌購読者 10 名 Web 購読者 3 名 購読 84 名 役員ほか、 前年通り	功労会員 9 名推薦 第 13 回アジア・大洋州畜産学会議 (AAAP) (ベトナム、ハノイ市、9.22-28) へ佐藤英明理事長と寺田文典副理事長、相崎直巳、小泉聖一常務理事を派遣 第 10 回世界畜産学会会議 (WCAP) (南アフリカ、ケープタウン市、11.23-28) へ佐藤英明理事長、小澤壮行常務理事を派遣

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2009 (平成 21)	日本畜産学会第 110 回大会及び総会 (3.27-29) 於 日本大学生物資源科学部 大会会長 泉水直人 演題 466 題, 参加者 1,094 名 日本畜産学会功労賞 (西川貴) 第 15 号 岩元久雄「肉用家畜・家禽の骨格筋における形態学的研究の推進と後進者の育成」, 第 16 号 唐澤 豊「家禽における窒素代謝および飼料資源の開発と利用性向上に関する研究の推進と後進者の育成」 日本畜産学会賞 第 91 号 勝俣 昌也「アミノ酸栄養の制御によるブタの筋肉内脂肪量調節に関する基礎および実用化研究」, 第 92 号 吉村 崇「鳥類、哺乳類の季節繁殖の分子基盤の解明」 日本畜産学会奨励賞 第 74 号 大島一郎「若雄鶏骨格筋の組織化学的特性およびコラーゲン構築の成長変化と鶏肉生産」, 第 75 号 佐藤桃香「鶏胚時期における成長制御メカニズムの解明－脂質代謝からのアプローチ－」 第 76 号 田中沙智「ウシの T 細胞サブセットの動態とサイトカイン発現パターンに関する研究」, 第 77 号 西岡輝美「牛および豚脂肪の品質特性と市場評価との関連性に関する研究」, 第 78 号 モハマッド アルマムン「ヘラオオバコノの生理活性成分および暑熱暴露反対動物の栄養素代謝動態に及ぼす影響」 日本畜産学会第 111 回大会 (9.28, 29) 於 琉球大学 大会会長 中田 正 演題 343 題, 参加者 641 名	会報 Animal Science Journal 第 80 巻 2-6 号, 第 81 巻 1 号, 769 頁 日本畜産学会報 第 80 巻 2-4 号, 第 81 巻 1 号, 474 頁 総説・英文 5 編, 和文 1 編 一般論文: 英文 97 編, 和文 21 編 速報 (英文) 4 編 解説 (和文) 0 編 技術報告 (和文) 4 編 第 110 回大会講演要旨 176 頁 第 111 回大会講演要旨 129 頁	会員数 名誉会員 43 名 正会員 1,790 名 功労会員 70 名 学生会員 377 名 賛助会員 71 (120 口) 英文誌購読者 0 名 Web 購読者 11 名 購読 48 名 役員ほか 理事長 甲斐 藏 副理事長 田中智夫 寺田文典 理 事 17 名 監 事 2 名 代議員 120 名	名誉会員に, 近江弘明会員, 矢野秀雄会員, Chang-Xin Wu 氏, Heriberto Rodriguez-Martinez 氏および In-Kyu Han 氏が推薦され, 承認 (3.27) WAAP General Assembly (Barcelona) に佐藤正寛常務理事を派遣
	若手企画シンポジウム 「アニマルサイエンス研究のさらなる発展を目指して」 (3.28) 於 日本大学 世話人 恒川直樹, 松本浩道 演題 5 題, 参加者 130 名 日本草地学会との合同シンポジウム「新 MIDORI 革命～夢エネルギーを追う」 (3.29) 於 日本大学 参加者 200 名 若手企画シンポジウム 「アニマルサイエンス研究のさらなる発展を目指して」 (9.28) 於 琉球大学 実行委員長 平山琢二, 恒川直樹 演題 2 題, 参加者 180 名			

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2010 (平成 22)	日本畜産学会第 112 回大会及び総会 (3.28-30) 於 明治大学駿河台キャンパス 大会会長 日野常男 演題 432 題, 参加者 1,031 名 日本畜産学会功労賞 (西川賞) 第 17 号 友金 弘「動物生殖現象における内分泌学的研究の推進と後進者の育成」, 第 18 号 左 久「家畜の栄養生理と産肉生理に関する研究の推進と後進者の育成」 日本畜産学会賞 第 93 号 楢引 史郎「牛の代謝および内分泌機能の特性と生体防御機構の関連性に関する研究」, 第 94 号 万年英之「牛肉品質に関連する遺伝子の同定と利用」 日本畜産学会奨励賞 第 79 号 伊藤潤哉「哺乳動物卵の活性化におけるカルシウムイオンの役割に関する研究」, 第 80 号 真目拓三「反芻家畜ルーメン内繊維分解性 <i>Fibrobacter</i> 属細菌の機能および生態解明」, 第 81 号 杉野利久「反芻動物のグレリン分泌と作用に関する研究」, 第 82 号 本多 健「黒毛和種の遺伝的多様性に関する研究」, 第 83 号 山根泰香「ニワトリヒナにおけるグルタチオン関連物質の抗ストレス作用に関する研究」 シンポジウム「ルミナントバイオロジーの新展開」 (3.27) 於 明治大学駿河台キャンパス 演題 5 題, 参加者 110 名 男女共同参画シンポジウム「若手研究者のワーク・ライフ・バランスを考える」 (3.29) 於 明治大学駿河台キャンパス 演題 2 題, 参加者 40 名 若手企画シンポジウム「アニマルサイエンス研究のさらなる発展を目指して」 (3.29) 於 明治大学駿河台キャンパス 演題 6 題, 参加者 50 名	会報 Animal Science Journal 第 81 巻 2-6 号, 第 82 巻 1 号, 774 頁 日本畜産学会報 第 81 巻 2-4 号, 第 82 巻 1 号, 544 頁 総説:英文 6 編, 和文 0 編 一般論文: 英文 95 編, 和文 32 編 速報 (英文) 6 編 解説 (和文) 0 編 技術報告 (和文) 3 編 第 112 回大会講演要旨 161 頁	会員数 名誉会員 39 名 正会員 1,702 名 功労会員 75 名 学生会員 255 名 賛助会員 68 (114 口) 英文誌購読者 12 名 Web 購読者 13 名 購読 59 名 役員ほか 前年通り 新しい公益法人制度への移行に向けた対応を実施 男女共同参画学協会連絡会への入会	功労会員 9 名推薦 第 14 回アジア・大洋州畜産学会議 (AAAP) (台湾, 屏東市, 8.23-28) へ田中智夫副理事長, 小瀬出行常務理事を派遣 新ホームページの開設

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2011 (平成 23)	日本畜産学会第 113 回大会 (3.27-29) は、東京農業大学厚木キャンパスにおいて門司恭典会長を大会会長として開催予定であったが、東日本大震災の影響を勘案し、中止とした 社団法人日本畜産学会 2011 年度通常総会 (4.9) 於 南青山会館本館 日本畜産学会功労賞 (西川賞) 第 19 号 小原嘉昭「乳牛の代謝、内分泌と泌乳特性に関する研究の推進と後進の指導」、第 20 号 日野常男「動物の消化管微生物に関する基礎的および応用的研究の推進と後進者の育成」 日本畜産学会賞 第 95 号 小瀬壯行「山羊産品の需要及び市場性に関する実証的研究」、第 96 号 渡邊伸也「体細胞クローム生およびその後代牛の健全性と生産物性状に関する研究」 日本畜産学会奨励賞 第 84 号 岡崎哲司「ブタ凍結精液を用いた人工授精法の開発に関する研究」、第 85 号 笹崎晋史「牛肉の品種及び産地を識別する DNA マーカーの開発」、第 86 号 下里剛士「微生物由来免疫刺激性オリゴスクレオチドの新規構造と機能特性」、第 87 号 杉村智史「ブタ体細胞クローム胚のエネルギー代謝に関する研究」、第 88 号 長命洋佑「家畜生産における生産性の向上と環境負荷の低減に関する研究」 日本畜産学会第 114 回大会 (8.26,27) 於 北里大学獣医学部 大会会長 甫立孝一 演題 317 題、参加者 526 名 日本学術会議との共催公開シンポジウム「農医連携による新しい大学教育の展開～農学と医学の融合による魅力的な人材育成」(8.26) 於 北里大学獣医学部 演題 3 題、参加者 130 名 日本学術会議との共催学術シンポジウム「環境調和と経済性を両立させた新しい日本型畜産への挑戦～循環型畜産・エコファーム・飼料米における取り組み」(8.27) 於 北里大学獣医学部 演題 4 題、参加者 230 名 若手企画シンポジウム「家禽研究の新潮流～動物とのコミュニケーションを目指して」(8.27) 於 北里大学獣医学部 演題 2 題、参加者 150 名	会報 Animal Science Journal 第 82 巻 2-6 号、 第 83 巻 1-2 号 802 頁 日本畜産学会報 第 82 巻 2-4 号、 第 83 巻 1 号 436 頁 総説:英文 6 編、和文 1 編 一般論文: 英文 103 編、和文 19 編 速報(英文) 5 編 解説(和文) 0 編 技術報告(和文) 2 編 第 114 回大会講演要旨 210 頁	会員数 名誉会員 41 名 正会員 1,714 名 功労会員 74 名 学生会員 291 名 賛助会員 65 (109 口) 英文誌購読者 13 名 Web 購読者 10 名 購読 58 名 役員ほか 理事長 田中智夫 副理事長 菅原邦生 理事 内藤邦彦 監事 17 名 代議員 2 名 120 名 公益法人移行に向けて定款案および細則案の検討を行った また内閣府の公益認定等に関する窓口相談および公益法人協会が実施するフォーラム、相談会に出席	その他 名誉会員に、奥村純市会員、鎌田壽彦会員、栗原幸一会員が推薦され、承認(4.9) 「東日本大震災に係る畜産生産者救済のための義援金」への寄附 一般社団法人畜産生産者団体協議会および一般社団法人都道府県畜産振興協会が実施している表記の義援金(社団法人中央畜産会事務局)に対し、被災された畜産生産者救済のため 2,607,400 円を寄附した

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2012. 3～9 (平成 24)	日本畜産学会第 115 回大会及び総会 (3.28-30) 於 名古屋大学 大会会長 海老原史樹文 演題 456 題、参加者 1,035 名 日本畜産学会功労賞 (西川賞) 第 21 号 大谷 元「牛乳タンパク質の免疫学的研究の推進と後進の育成」、第 22 号 佐藤勝紀「ウズベラにおける育種ならびに飼料・栄養に関する研究の推進と後進の育成」 日本畜産学会賞 第 97 号 植竹勝治「日本国内で生体輸送される肉用牛の家畜福祉性に関する研究」、第 98 号 口田圭吾「コンビュータ画像解析による牛肉の客観的肉质評価法に関する研究」 日本畜産学会奨励賞 第 89 号 上本吉伸「ブタ系統造成集団における産肉、肉質形質の QTL 解析に関する研究」、第 90 号 大江美香「ウシ骨格筋におけるトロポミオシンアイソフォームの多様性に関する研究」、第 91 号 山中賢一「体細胞クローム胚におけるエピジェネティクス解析」 若手企画シンポジウム「アニマルサイエンスを研究する醍醐味」(3.28) 於 名古屋大学 演題 2 題、参加者 120 名 若手奨励・男女共同参画シンポジウム「知を駆動力とする社会に向けて～若手・女性研究者へのメッセージ」(3.29) 於 名古屋大学 参加者 80 名 公開講演会「持続的な食糧生産と食の安全を支える新たな動物生産科学の展開-新たな科学でつくる安全で安心な動物性タンパク-」(3.30) 於 名古屋大学 演題 3 題、参加者 100 名	会報 Animal Science Journal 第 83 巻 3-9 号 482 頁 日本畜産学会報 第 83 巻 2-3 号 218 頁 総説:英文 2 編, 和文 0 編 一般論文: 英文 64 編, 和文 6 編 速報(英文)4 編 解説(和文)0 編 技術報告(和文)2 編 第 115 回大会講演要旨 270 頁	会員数 39 名 名誉会員 1,660 名 正会員 91 名 功労会員 236 名 学生会員 63 (103 口) 賛助会員 12 名 英文誌購読者 10 名 Web 購読者 56 名 購読 役員ほか 前年通り	功労会員 17 名推薦 2016 年 AAAP 大会の開催に向けて検討

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2012.10～ 2013.2 (平成24)	臨時総会 (12.8) 於 東京大学農学部	会報 Animal Science Journal 第83巻10-12号, 第84巻1-2号 328頁 日本畜産学会報 第83巻4号, 第84巻 1号 220頁 総説:英文2編, 和文0編 一般論文: 英文38編, 和文11編 速報(英文)4編 解説(和文)0編 技術報告(和文)4編	会員数 名誉会員 36名 正会員 1,655名 功労会員 91名 学生会員 235名 賛助会員 63 (103口) 英文誌購読者 12名 Web購読者 10名 購読 56名	第15回アジア・大洋州畜産学会議 (AAAP) (タイ, バンコク 11.26-30)へ小泉聖一, 小澤正行 常務理事を派遣 Council Meetingにおいて, 2016 年第17回AAAP大会を, 本学 会が福岡県にて開催することを 決定

年 度	大 会 等	会報発行	会則組織	そ の 他
2013 (平成 25)	日本畜産学会第 116 回大会及び総会 (3.28-30) 於 安田女子大学 (広島大学) 大会会長 谷口幸三 演題 412 題, 参加者 864 名 日本畜産学会功労賞 (西川賞) 第 23 号 松本光人「反芻家畜におけるタンパク質代謝およびレームン発酵の制御に関する研究推進と後進の育成」, 第 24 号 吉澤 緑「哺乳動物胎生の効率的生産に関する先端技術研究の推進と後進の育成」 日本畜産学会賞 第 99 号 佐々木 修「家畜・家禽の生産性向上を旨とした遺伝的能力評価に関する研究」, 第 100 号 山田宜実「哺乳動物における量的形質の遺伝的解剖に関する研究」 日本畜産学会奨励賞 第 92 号 大谷喜永「ウシ乳腺におけるアディポネクチンとその受容体の発現と機能に関する研究」, 第 93 号 福森理加「乳牛におけるグレルンおよびグルカゴン様ペプチド-1 の分泌と作用に関する研究」, 第 94 号 宮地 慎「自給飼料を活用した乳牛飼養に関する研究」 日本畜産学会第 117 回大会 (9.9,10) 於 新潟大学五十嵐キャンパス 大会会長 菊村未雄 演題 216 題, 参加者 562 名 日本学術会議との共催公開シンポジウム「新しい視点で展開される畜産学研究」(3.29) 於 安田女子大学 演題 4 題, 参加者 100 名 (学法) 英数学館広島アソシエイト専門学校, 日本学術会議との共催公開講演会「ふれあいを通して動物からのめぐみ〜わが国における動物介在療法・活動・教育の現在」(3.30) 於 安田女子大学 演題 5 題, 参加者 200 名 日本学術会議との共催公開シンポジウム「ヒトと希少動物との関わりを考える」(9.9) 於 新潟大学 演題 5 題, 参加者 300 名 若手企画シンポジウム「女性研究者としての生き方」 於 新潟大学 演題 1 題, 参加者 100 名	会報 Animal Science Journal 第 84 巻 3-12 号, 第 85 巻 1-2 号, 805 頁 日本畜産学会報 第 84 巻 24 号, 第 85 巻 1 号, 456 頁 総説:英文 4 編, 和文 0 編 一般論文: 英文 97 編, 和文 31 編 速報(英文)11 編 解説(和文)1 編 技術報告(和文)3 編 第 116 回大会講演要旨 248 頁 第 117 回大会講演要旨 135 頁	会員数 名誉会員 40 名 正会員 1,605 名 功労会員 90 名 学生会員 273 名 賛助会員 63 (101 口) 英文誌購読者 11 名 Web 購読者 10 名 購読 56 名 役員(ほか) 理事長 内藤邦彦 副理事長 小泉聖一 理事 半澤 恵 監 事 23 名 監 事 2 名 公益法人化に伴い必要とな った各種規程の改廃を行う とともに, 次の規程を新た に策定 物品調達規程 寄付金規程 役員報酬規程 監事監査規程	名譽会員に, 板橋久雄会員, 金井 幸雄会員, 佐々木義之会員, 泉水 直人会員が推薦され, 承認(3.28) 第 11 回 WCAP 北京大会に山内 啓太郎常務理事を派遣 アメリカ畜産学会との間で MOU を締結

《名誉会員》

石橋 晃 明 良治
 入谷 川島 馨 耕 孝夫
 河本 紺野 佐藤 章夫
 柴田 正田 陽 茂
 菅野 省 三
 鈴木 田中 庸雄 雄一
 田名部 太左衛門
 丹羽 秀夫
 水野 豊
 水間 敏樹
 森地 昭 正
 横山 吉本 誠喜
 渡邊 Max E. Schulz
 WERNER LEIDL

※2004 年以前の推戴者
 (以後は年譜中に記載)
 ※敬称略, 50 音順