

報告

畜産学の特性に配慮した教育・研究課題
—飼育動物の安定的利活用を目指して—



平成29年（2017年）6月21日

日本学術会議

食料科学委員会

畜産学分会

この報告は、日本学術会議食料科学委員会畜産学分会の審議結果を取りまとめ、公表するものである。

日本学術会議食料科学委員会畜産学分会

委員長	佐藤 英明	(第二部会員)	東北大学名誉教授
副委員長	眞鍋 昇	(連携会員)	大阪国際大学教授・学長補佐
幹事	木村 直子	(連携会員)	山形大学農学部教授、岩手大学大学院連合農学研究科教授
幹事	細井 美彦	(連携会員)	近畿大学副学長・生物理工学部教授
	小川 宣子	(第二部会員)	中部大学応用生物学部教授
	今井 裕	(連携会員)	京都大学大学院農学研究科教授
	祝前 博明	(連携会員)	新潟大学研究推進機構朱鷺・自然再生学研究センター特任教授
	梶村 恭子	(連携会員)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門草地利用研究領域放牧家畜ユニット長
	林 良博	(連携会員)	独立行政法人国立科学博物館館長
	前多 敬一郎	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	矢野 秀雄	(連携会員)	京都大学名誉教授
	柏崎 直巳	(特任連携会員)	麻布獣医学園理事長、麻布大学獣医学部教授

本報告の作成にあたり、以下の方に御協力いただきました。

入江 正和 独立行政法人家畜改良センター理事長

本報告の作成にあたっては、以下の職員が事務を担当した

事務局	中澤 貴生	参事官(審議第一担当)	(平成 27 年 3 月まで)
	井上 示恩	参事官(審議第一担当)	(平成 29 年 3 月まで)
	西澤 立志	参事官(審議第一担当)	(平成 29 年 4 月から)
	渡邊 浩充	参事官(審議第一担当)付参事官補佐	(平成 28 年 12 月まで)
	齋藤 實寿	参事官(審議第一担当)付参事官補佐	(平成 29 年 1 月から)
	藤本紀代美	参事官(審議第一担当)付審議専門職	(平成 27 年 3 月まで)
	加藤 真二	参事官(審議第一担当)付審議専門職	(平成 28 年 4 月まで)
	山石 あや	参事官(審議第一担当)付審議専門職	(平成 28 年 5 月から)

要 旨

1 背景

日本学術会議農学委員会・食料科学委員会合同農学分野の参照基準検討分科会から「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 農学分野」が発出された。その中で農学の基本分野の一つとして畜産学・獣医学が取り上げられ、その定義や固有の特性が簡潔にまとめられている。農学教育において畜産学・獣医学が固有の位置を占めることが参照基準で示された意義は大きい。そこで、畜産学の特性に配慮し、その充実を図る教育・研究課題について畜産学分科会の考えを取りまとめ畜産学・獣医学、さらには農学の強化を図ることとした。

2 現状および問題点

畜産学では、獣医学との結びつきが強いものの、獣医学とは異なる特性をもつ教育・研究が行われている。特に畜産学には飼料学や草地学などが含まれており、獣医学以外の農学各分野との結びつきも強い。参照基準の中で述べられている以下の3点、「地球環境や動物の生態に配慮しながら動物との共生を目指す」、「飼育動物を効率的に生産し、生産物の安全性を確保する」、「時代の要請に応じた育種改良を行い、動物の機能と能力を最大限に生かす」ことは畜産学に深く関わる特性である。これらについて、畜産学分科会がこれまでに行ってきたシンポジウム等での論議をもとに、参照基準をより深化させることを目的として畜産学の特性に配慮し、その充実を図る教育・研究課題について取りまとめた。

3 報告の内容

参照基準の中で述べられている前述の3点にはそれぞれ課題がある。現状と課題を明確にするとともに、解決の方向性について畜産学分科会の考えを取りまとめた。

(1) 地球環境や動物の生態に配慮しながら動物との共生を目指す

環境負荷軽減に配慮しながら動物との共生を目指すため家畜排泄物の資源化と地球規模の循環、反芻家畜からのメタン発生の低減化、エコフィードの普及について、また生き物としての生態の特性や福祉に配慮しながら動物との共生を目指す放牧、支援組織、野生鳥獣被害対策および野生鳥獣肉（ジビエ¹⁾）の利用促進についての考えを取りまとめた。

¹⁾ フランス料理での用語 gibier（仏語）であるが、狩猟で得た野生鳥獣の食肉を意味する。ヨーロッパで貴族の伝統料理として古くから発展してきた食文化の一つである。

(2) 飼育動物を効率的に生産し、生産物の安全性を確保する

飼育動物、特に家畜を効率的に生産するための畜産農家の後継者や人材の育成、畜産を支える畜産技術の継承とその質的保証、畜産技術開発に向けての生産者の拠出する資金、また畜産が大規模化している中で進むロボットや人工知能を含む ICT の普及について、さらに消費者意識を踏まえて技術開発を行う大切さについて考えを取りまとめた。また東京電力福島第一原子力発電所事故（原発事故）により発生した放射能汚染の畜産への影響と課題解決の方向性について考えを取りまとめた。

(3) 時代の要請に応じた育種改良を行い、動物の機能と能力を最大限に生かす

わが国畜産の課題である自給飼料生産強化、和牛²の遺伝子保護と国際化、畜産物の海外輸出、自給飼料増産を想定した家畜の育種について現状、課題、解決の方向性について述べた。また、家畜を生命科学・医療目的で利用する動きがあるが、特にゲノム編集技術開発と生殖細胞の高度利用について今後のさらなる発展に向けての考えを取りまとめた。

² 牛は 3～5 世紀にわが国に渡来したといわれるが、その後、広く役用牛として飼育されるようになり、18～19 世紀には地域で造成された集団（蔓牛）が現れ、その後 20 世紀初頭には体格の向上を目指して外国種との交雑が進められた。この外国種との交雑は短期間で中止されて閉鎖育種に移行し、その後改良和種 4 種（黒毛和種、褐毛和種、無角和種、日本短角種）が誕生した。そして役用牛から肉用牛に用途変更がなされ、和牛として現在に至っている。

目 次

1	はじめに	1
2	地球環境や動物の生態に配慮しながら動物との共生を目指す	2
	(1) 排泄物の資源化と地球規模の循環	2
	(2) メタン発生制御	2
	(3) エコフィードの普及	2
	(4) 放牧や支援組織の充実	3
	(5) 野生鳥獣被害対策と野生鳥獣肉（ジビエ）の利用促進	3
3	飼育動物を効率的に生産し、生産物の安全性を確保する	4
	(1) 後継者や人材の育成	4
	(2) 畜産技術の継承と質的保証	4
	(3) 畜産技術開発に向けての生産者の関与	5
	(4) ロボットや人工知能を含む ICT	5
	(5) 放射能対策	6
	(6) 技術開発と消費者意識	6
4	時代の要請に応じ、家畜の機能と能力を最大限に生かす技術	8
	(1) 自給飼料生産強化	8
	(2) 和牛の遺伝子保護と国際化	8
	(3) 畜産物の海外輸出	9
	(4) 自給飼料増産を想定した家畜の育種	10
	(5) 生命科学・医療目的での利用	10
	(6) ゲノム編集技術開発における指針の必要性	11
	(7) 生殖細胞の高度利用	12
5	おわりに	13
	<引用文献>	14
	<参考資料>	16

1 はじめに

日本学術会議農学委員会・食料科学委員会合同農学分野の参照基準検討分科会から『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 農学分野』³が発出された。その中で農学の定義、農学固有の特性、農学を学ぶ学生が身につけるべき基本的な素養などが簡潔にまとめられている。

農学の基本分野の一つとして畜産学・獣医学が取り上げられている。畜産学・獣医学の固有の特性について「人類が多様な動物と共存する環境を維持するため、又、飼育動物を安定的に利活用してゆくためには、地球環境や動物の生態に配慮しながら動物との共生を目指すこと、飼育動物を効率的に生産し、生産物の安全性を確保し、時代の要請に応じた育種改良を行い、動物の機能と能力を最大限に生かすことが必要である。」等とまとめられている。

畜産学では、獣医学との結びつきが強いものの、獣医学とは異なる特性をもちながら教育・研究が行われている。特に畜産学には飼料学や草地学などが含まれており、獣医学以外の農学各分野との結びつきも強い。また地方創生あるいは地域活性化を目指す取り組みも進んでいる。これらの領域の充実を図ることは、畜産学のみならず、畜産学・獣医学、さらには農学の強化につながる。

特に上記の下線を付した部分、「地球環境や動物の生態に配慮しながら動物との共生を目指すこと、飼育動物を効率的に生産し、生産物の安全性を確保し、時代の要請に応じた育種改良を行い、動物の機能と能力を最大限に生かすこと」は畜産学の教育・研究に深く関わる特性である。これらの点について、最近開催したシンポジウム等での議論をもとに考えをとりまとめた。

例えば、今、農産物の海外輸出の取り組みが進んでいる。その中で和牛肉が主たる農産物の一つとなっている。畜産学では、和牛のトレーサビリティシステム⁴により安全性を確保するとともに、人工授精や体外受精・受精卵移植など改良増殖に資する技術開発を進め、食料生産に貢献してきた。このような特性とその充実を図る教育・研究の現状と課題を明確にし、その解決の方向性について考えを取りまとめた。

³ 2015年10月9日に公表された「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 農学分野」と題する日本学術会議の報告。

⁴ 生産段階から最終消費段階、あるいは廃棄段階まで追跡を可能にするシステム。牛では牛肉の信頼性確保に努めるため、パッケージに表示されている個体識別番号から、牛の生産履歴（牛の出生からと畜されるまで）を検索することができる。

2 地球環境や動物の生態に配慮しながら動物との共生を目指す

家畜は乳肉卵などの食料を人間に提供している。しかし現状では排泄物やメタンガスを発生させ、地球環境や人間に負荷をかけている。畜産学ではこのような負荷を軽減し、家畜と地球環境や人間との共生を目指し、畜産物生産を継続する努力を続けている。さらに野生鳥獣の適切な管理、わが国の自然条件や土地条件や動物福祉に配慮した飼養を通して食料としての家畜の安定的生産を可能とするとともに、開発した技術を希少野生鳥獣の保護にも応用しようとしている。これらの課題を明確にし、解決の方向を具体化しつつある。

(1) 排泄物の資源化と地球規模の循環

環境負荷の軽減や新たな価値の創成を目標に家畜排泄物の資源化が進んでいる。わが国の畜産は、現状では輸入飼料に依存している。輸入飼料によって生み出される家畜排泄物が堆肥化されれば、耕種農業や林業と連携することにより、有効な資源に転化できる。また、飼料の大量輸入は飼料輸出国の土壤の疲弊（肥沃さの消失）をもたらすと指摘されている^[1]。例えば、トウモロコシについては、わが国は世界最大の輸入国であり、年間 1.4~1.5 千万トンを入力しているが、その約 65%が家畜飼料として使われている。飼料輸出国の土壤の健全性維持のため肥料の投入が行われているが、飼料輸入国で生産された堆肥の地球規模の循環についても検討すべきである。

(2) メタン発生制御

CO₂等の温室効果ガス排出による地球温暖化が進んでいる。反芻家畜から排出されるメタンもその一つである。メタンの地球温暖化への寄与度は 19.2%とされているが、大気に排出されるメタンの約 30%が反芻家畜に由来するといわれている^[2]。世界では 13 億頭を超える牛を含め約 30 億頭の反芻家畜が飼育されているが、これらをメタン排出量が少なく、かつメタン分解能の高い家畜に置き換える方向の研究が進んでいる。

(3) エコフィードの普及

食品廃棄物リサイクルの推進が課題となっているが、食品廃棄物を飼料としても家畜は成長し、乳肉卵を生み出す。食品廃棄物リサイクルには家畜飼育は欠かせない。これは焼却、埋立による環境負荷の低減化をもたらし、かつ廃棄物を資源化するものである。エコフィードという名称で利用促進が図られているが、畜産においては自給飼料の一つとして、エコフィードへの期待は大きい。エコフィードとは具体的には食品製造業、卸売業、小売業および外食産業などから廃棄される食品廃棄物から製造される飼料をいう。これらの利用の歴史は長いが、食品リサイクル法の施行により利用技術は進歩し、食品廃棄

物の年間発生推定量の約 50%が飼料化されるようになっている^[3]。

(4) 放牧や支援組織⁵の充実

農家戸数の減少にともない耕作放棄地が増加している。耕作放棄地の増加は治水や野生動物管理を難しくしている。その中で耕作放棄地を利用した放牧が進んでいる。動物生態に配慮した飼育、すなわち動物福祉の視点からも放牧の普及拡大への期待がある。わが国の自然条件や土地条件に適応した「日本型放牧モデル⁶」の普及が進んでいるが、この中で耕作放棄地の放牧地としての利用拡大が課題となっている。また、高齢化や経営規模拡大による労力不足に対応して作業の外部化が進んでいる。その一方、作業の外部化の中で良質な自給飼料生産、良好な増体、確実な受胎など畜産経営者の期待に応える支援体制の強化に向けて取り組みが進んでいる。

(5) 野生鳥獣の被害対策と野生鳥獣肉（ジビエ）の利用促進

畜産学でいう動物とは、主に、牛、豚、鶏などの家畜と呼ばれる飼育動物であるが、最近は農林業に被害をもたらす野生鳥獣の管理・利用についても教育・研究が行われている。野生鳥獣については農作物被害の拡大阻止のみならず、人の居住地への侵入阻止も課題である。そのため安価で設置の容易な進入防止柵の利用や家畜放牧によって野生鳥獣と水田、畑作地や人の居住地との間に緩衝地帯を設け、共存を可能にしようとする取り組みが進んでいる。

また、狩猟によって捕獲されたジビエを食用にする取り組みや、狩猟体験、ジビエをハム、ソーセージに加工する取り組みを取り入れたジビエツーリズムも広がりつつある。一方、ジビエの普及に伴い、ジビエの安全性を確保する仕組みが必要となっている。特に人獣共通感染症への対応策の確立が緊急の課題である。

一方、環境の悪化などにより、絶滅種、絶滅危惧種、希少種が増えている。哺乳類、鳥類においても深刻である。そして、今、家畜を対象として開発された技術が希少動物の保護・増殖に導入されるようになっている^[4]。この流れは今後、より大きくなると予想される。

⁵ 高齢者等による畜産経営に対応して、作業の外部化が進んでいるが、請負組織（コントラクター）、混合飼料作製センターや公共牧場などの支援組織がつけられている。

⁶ 我が国の自然条件や土地条件に適応した放牧で、棚田を利用する放牧や公共牧場を有効活用する放牧が推奨されている。

3 飼育動物を効率的に生産し、生産物の安全性を確保する

家畜を飼育し、効率的に安全な畜産物を生産するには人材の確保、技術開発、安全な生産の場の整備が必要である。畜産学では家畜を低コストで飼育し、消費者に安全で安心な乳肉卵を提供するための課題を明確にするとともに、その解決のための方向性を具体化しつつある。

(1) 後継者や人材の育成

家畜を飼育し、効率的に乳肉卵を生産するには畜産農家の力が必要である。高齢者の離農によって畜産農家数が減少しているが、このような中、離農者の畜産施設を引き継ぐ後継者の育成が課題となっている。

地方自治体の中には、農業大学校等を設置し、若い世代に対し、実習も含めて畜産現場の魅力を伝える試みを行うところもある。参加者の中には、畜産への就業希望者もいる。しかし、現実には、彼らを畜産農家の後継者として育てる体制（地域、施設及び予算）は弱体である。離農農家施設の有効利用システムや新たに畜産を目指す後継者への支援が必要である。

一方、大学においては、法人化と改組が進み、これに伴い学術領域の見直しも進行中で、多くの大学から畜産学科など「畜産」の名称が消えた。そして畜産を含むより広い領域を担当する「動物資源学科」あるいは「応用動物学科」などに変更された。これによって入学者に動物の生き物としての生態の特性やその福祉に配慮する意識が強まったが、一方、畜産を強く意識せずに学生生活を送り、卒業する者も出ており、卒業後の進路は多様化している。その結果、新しい領域を選択する卒業生の数が増えるとともに、畜産業を選択する卒業生の数が経年的に減少し、畜産業に携わる人材の減少につながっている。このような現状を踏まえ、新しい教育体系の成果の生かすとともに畜産業に携わる人材供給の重要性を再認識することが必要となっている。

このように畜産農家戸数の減少と畜産技術者数の減少が同時に進んでいる。わが国の牛肉、豚肉等の動物性食品の海外依存度は 50%程度と高い^[5]。動物性食品の自給率向上に加えて、安全性などについて国民の意思を反映した食料生産をどのように確立するかが課題である。

畜産を担う農家及び事業体は大規模化し、優れた経営を行うには専門的知識が必要である。そのため就農者への研修プログラムの充実のみならず、大規模化した事業体経営者や職員の能力向上への取り組みの具体化が必要である。

(2) 畜産技術の継承と質的保証

例えば牛ではほぼ 100%が人工授精や受精卵移植によって受胎が進められているが、最近、その受胎率が低下してきている。人工授精による受胎率低下の一つの原因として、畜産技術者あるいは畜産農家の家畜管理における技術

力低下が指摘されている。それは、急速に改良が進む乳用牛や肉用牛、さらに個体ごとに変異がある生きた牛を取り扱うことによるものと考えられる。例えば人工授精によって受胎させる場合、雌牛の子宮へ単に精子を注入すれば成立するのではなく、雌牛の行動を総合的に観察しながら精子注入の適期や注入部位を判断して実施する必要がある。畜産技術が、大学・県や国の研究機関で開発され、学会・研究会等を通じて普及してきたことから、これらの技術を継承していくことも、これらの団体が担うことが必要である。例えばこれらの団体による人工授精師、受精卵移植師の能力向上に資する取り組み強化や課題解決法の紹介や新技術の開発などを含めた研修会の充実が必要である。

(3) 畜産技術開発に向けての生産者の関与

畜産を支えているのは技術である。それを開発するのは、大学、公的研究所、企業であり、予算は、主に交付金や競争的資金である。畜産は多様な技術に支えられているが、競争的資金獲得の競争激化の中で、研究者数の少ない領域が弱体化していくことが危惧される。産業強化のためには、多様な技術開発とこれを支援するシステムが必要である。技術開発への支援について行政のみならず、生産者の関わり強化も必要と考える。例えば、米国等で実施されているチェックオフ制度⁷を参考にした制度のわが国での具体化においては、学術領域の意見も取り入れた運用が期待される。チェックオフ制度は生産者が主体的に、どのような畜産をつくろうとするのかの意志表示であり、競争的資金の乏しい領域の支援を含め、畜産技術開発に新しい視点を導入するものである。その充実に期待したい。

(4) ロボットや人工知能を含む ICT

畜産における作業の効率化・軽減化・省力化には、作業の機械化、ロボットによる作業代替や人工知能を含む ICT の普及が必要である。例えば、アシストスーツや各種ロボットの開発が進みつつあるが、より畜産の作業に合致するものの開発が望まれる。また、生体の基本情報（体温、呼吸、歩数等）から飼養管理に必要な発情や疾病に関する情報を得たり、受胎率向上、死亡率低減のための診断を容易にするセンサーの開発、センサー情報を利用した家畜生産システムの省力化、自動化等を図る人工知能の開発が期待される。酪農においては大規模化が進む中で自動管理システムが実用化されつつあり、担い手の高齢化や労働力不足の解決法として有望視されている。特に血液採取を不要とする生体センサーの開発は畜産技術者の活躍の場を拡大させるものである。獣医師法を遵守し、技術の高度化、普及を図るには多様な生体センサーの開発

⁷ 天引制度と訳されている。米国で運用されている制度では、生産物販売額の一部を拠出金として集め、農産物輸出拡大を図る PR 活動費や研究支援などに利用している。わが国でも同様の制度設立を目指して協議が始まっている。

が必須である。また最適な飼養方法や病気診断・治療法の選択などについて飼育者に助言を与える人工知能の開発も課題である。

このような作業のロボット化、人工知能を含む ICT を導入した生産システムの開発と応用においては、家畜についての生理学的、行動学的な研究が基礎となるものであり、畜産学が主導して取り組むべき課題でもある。

(5) 放射能対策

東日本大震災においては、地震、津波による直接的な被害の他にも、停電、断水、流通経路の遮断により多くの家畜が死亡・廃用となり、畜産経営は大きな被害を受けた。それに加えて東京電力福島第一原子力発電所事故（原発事故）により未曾有の被害が発生した。深刻な被害は今も続いているが、被害を管理し、低減化する指針をつくり、技術開発を通し、消費者に安全で安心な畜産物を提供する努力が続けられている。事故後、厚生労働省により、食品の放射性物質の暫定基準値が定められ、その後、新基準値が公表された^[6]。これに伴い、農林水産省は、実証的研究成果などを踏まえ飼料における暫定許容値を公表した^[7]。そして、その後も放射性核種が、どのように、どの程度食品としての家畜と畜産物に移行するのかについて調査が続けられている。

牧草地も汚染されたが、その徐染が行われた。牧草地を反転し、表層の汚染を地中に収める方法やカリウムの散布が採用され、その効果が発揮されたが、牧草から許容値を超える放射性セシウムが測定されることがあり、継続的な対策が課題となっている。

このように食品の放射性物質を基準値以下に抑制・保持するため、飼料や牧草の汚染物質を今後も暫定許容値以下に継続的に管理することが必要である。

(6) 技術開発と消費者意識

食料生産に係わる畜産技術は、生産物を食する消費者に受け入れられるものでなければならない。多くの消費者は、遺伝子組換えや体細胞クローンによって生産された畜産物を食することに否定的である。「生産効率を高める」という理由は、畜産物の安定供給が課題である行政や生産性向上が収益につながる生産者には大切であっても、消費者の理解を得る理由とはならない。体細胞クローン技術について、農林水産省や食品安全委員会の努力にもかかわらず、畜産物生産への応用は進んでいない。畜産領域においては、この経緯を学習し、技術開発目標設定の参考にすべきである。

一方で、遺伝子組換えや体細胞クローンなどの畜産分野のバイオテクノロジーについて、動物福祉への配慮を含め、食料生産への適用目的を消費者に十分に説明し、引き続き理解を得る努力が必要とする考えも根強い。畜産分野のバイオテクノロジーの技術には、人類の健康増進に資する機能性食品の開発、

メタン排出量の少ない家畜の造成、地球環境にやさしい畜産物生産を可能にすることも含まれる。これらのことを丁寧に説明することが、消費者の理解につながるとする考えである。

消費者に受け入れられなかった体細胞クローンは医療用家畜生産技術として活かされている。このようなことから家畜の新たな可能性を引き出す新技術開発は、動物福祉への配慮を含め社会の動向を注視しながら慎重に進めるべきと考える。

4 時代の要請に応じ、家畜の機能と能力を最大限に生かす技術

家畜が機能を発揮し畜産物を生産するには飼料が必要である。しかし、現状では飼料の大半は海外からの輸入に依存している。わが国において家畜飼育を続けるには、自国での飼料（自給飼料）生産の強化が必要である。また畜産学の主要な対象である肉用牛では飼料自給率を高めるとともに、多様な品質の肉生産を行うことが課題であるが、その解決の方向性を具体化しつつある。

(1) 自給飼料生産強化

畜産経営において生産費に占める飼料費の割合は高いが、飼料自給率は低い^[8]。生産費に占める飼料費の縮減と自給飼料率の向上はわが国の畜産における最大の課題である。

飼料作物の作付面積は最近、平成 25(2013)年度 915 千 ha、平成 27(2015)年度 975 千 ha とわずかながら上昇傾向にある^[9]。この上昇を維持するため、飼料作物栽培に係る資源（労力・肥料・機械施設等）強化や飼料作物畑・牧草地の活用が課題となっている。また、気候温暖化や異常気象によって飼料作物栽培も影響を受けることから、暑熱や病害虫に強い新品種育成や栽培技術の改善が求められている。

飼料用イネの作付面積は、平成 23(2011)年度と平成 27(2015)年度を比較すると 57 千 ha から 118 千 ha へと飛躍的に拡大している^[10]。飼料用イネは水田機能を維持しながら生産を行うことから、自給飼料増産のみならず国土保全や農村の維持に貢献している。しかし補助金が投入されての生産拡大であることから、低コスト化による自立的生産への努力が必要である。

国産飼料で生産した畜産物の中には国産の特徴を生かし、差別化・高付加価値化している例がある^[11]。例えば、飼料用米を給与した卵では卵黄が白くなり、白基調の菓子作りなどに利用されている。また、飼料用イネにおけるビタミン E 含量は高く、これを給与された個体の牛肉にもビタミン E が多く含まれる。これにより、牛肉は酸化されにくく、変色しにくい特徴をもつ^[12]。生草を多く摂取する放牧牛から生産された牛乳には抗酸化作用をもつβ-カロテンや共役リノール酸が多く含まれる^[13]。このように自給飼料を活用して畜産物を生産することは、農業生産基盤の強化になるとともに、わが国の食料の品質向上にもつながる。

(2) 和牛の遺伝子保護と国際化

和牛はわが国の貴重な遺伝資源である。その遺伝子保護については高度な戦略が必要である。生殖細胞の保存や体細胞クローン等の技術の進展を考えると優秀な生体を海外に流出させないという手段のみでは和牛の遺伝子保護は難しい。また、今進められている和牛肉の輸出促進は、和牛肉の国際的評価

向上や輸出拡大につながるが、一方で外国産和牛肉（Wagyu）の品質向上や生産拡大を促し、かえって和牛の競争力低下につながる恐れがある。すなわち、ほぼ同等の品質を持つ外国産の安価な Wagyu 肉が国内に輸入されることも想定され、これに対する対策を明確にする必要がある。

有望な方法は、国内消費者に上質な和牛肉の消費を定着させることである。現在の和牛の改良は国内消費者ニーズに対応し、霜降りの程度のみではなく、食味や健康に関わる脂肪の質改良などに重点がおかれている。畜産物の摂取が増えたことによる生活習慣病のリスク増加についても念頭に脂肪の質改良を目指す必要がある。

牛肉で優位性を保つことが他の国産畜産物の存在感を示すことにつながる。国内における競争は重要であり、国内で存在感を出すことが、外国での存在感の増大につながる。国内の各地域が生産基盤を充実させるとともに、国内消費者の信頼を得ることが、外国における販売戦略を進める上でも重要である。

(3) 畜産物の海外輸出

和牛肉輸出量は、近年、順調に増加しているが、牛肉以外の畜産物については、現状では牛肉ほど国産物と外国産物との間に品質特性の差は少なく、その差別化が課題となっている。しかし現在、東南アジアを中心として、高品質、安心・安全を特徴にして、育児用脱脂粉乳、豚肉、鶏卵、鶏肉などで輸出量が増えつつある。日本産の優位点である高品質、安全・安心を担保し、さらにアピールするシステム、例えばトレーサビリティシステムの多言語による運用強化や牛肉以外の畜産物への拡充強化が課題である。

このような中、生産物のみならず、わが国特有の風土、飼養管理下における世界観や技術への考え方を海外にアピールすべきではないかと考える。わが国では狭い国土、人口減少、高齢化など難しい課題を抱え込み、みずほの国と呼ばれるわが国の稲作文化に代表される農耕文化が衰退の方向に進んでいる。そのような中で新しい畜産の姿が作り出されつつある。飼料イネ生産が拡大・促進されれば農耕文化の衰退を抑制し、新たな畜産文化を开花させることが可能である^[14]。そしてわが国特有の畜産文化を世界に発信することができれば、日本の畜産物の競争力をより強くできるものと期待される。

また、輸出を重視した場合のリスクも想定しなければならない。例えば、口蹄疫が発生すれば、畜産物の輸出はストップし、その地域の取り扱い業者のみならず全国の生産者にも大きな損失を与える。疾病危険地域の拡大を極力抑制し発生地域以外からの輸出が継続されるような対策が必要である。農林水産省消費・安全局動物衛生課では飼養衛生管理基準をまとめ、防疫体制を整備する一方、畜産農家や事業体にその遵守を呼びかけている。その指導にあたる家畜防疫監視員の増員が求められている。これには獣医師を中心としつつも、

経験のある畜産技術者を任命する制度設計も必要である。

(4) 自給飼料増産を想定した家畜の育種

わが国の畜産振興を図るには自給飼料増産と、それによる多様な畜産物の生産が必要である。特に肉用牛については輸入飼料に依存した肥育から、自給飼料を可能な限り利用する生産に移行する努力が必要であり、このような方向を先取りした家畜改良が必要である。

近年、飼料の無駄を省くことを目的として、余剰飼料摂取量⁸を基準に肉用牛改良の取り組みが始まっている。余剰飼料摂取量を指標とする改良によって、増体量を現状の高レベルに維持しつつ、かつ飼料摂取量の少ない、換言すれば飼料効率の高い肉用牛を造成できる。これによって飼料利用性は向上し、生産コストの低減化が可能となる。自給飼料による肉用牛生産に欠かせない家畜改良である。余剰飼料摂取量についての改良は、生産物単位当たりのメタン発生量の低減にも寄与することが示唆されている^[15]。

近年、ゲノム育種⁹の進展が著しい。しかし増体量や乳量などは遺伝子のみならず環境によっても左右される。すなわち気候風土を含め、飼養方法の影響が大きいことから、わが国に特徴的な飼養方法のもとで気候変動に対応したゲノム情報を利用した能力評価を行い、ゲノム育種を進める必要がある。

肉質や乳量に重点を置いた選抜と人工授精などによる優良家畜の増殖技術の普及は畜産物の生産性や品質の向上に貢献してきた。しかし、和牛、特に黒毛和種においては集団内に蓄積される近交度¹⁰が上昇して遺伝的多様性が失われつつある。従って、今後も高品質な畜産物を持続的に生産しつづけるには、遺伝的に多様な家畜集団を維持する必要がある。そのためには、遺伝子の多様性を正確に把握し、持続的生産を可能にするゲノム研究が重要である。

(5) 生命科学・医療目的での利用

食料生産のみならず、家畜の機能と能力を生かし、生命科学研究や医療目的に利用しようとする研究が畜産学やその学際領域で進んでいる。すでに、遺伝子組換えや体細胞クローン技術によって家畜による医薬品生産が可能になり、

⁸ 成長期の牛では、摂食した餌のエネルギー等は自分の体の維持と成長に使われる。余剰飼料摂取量とはそのどちらにも貢献しない、いわゆる無駄食いの量を意味する。

⁹ ゲノム情報に基づいて家畜や作物の品種改良を行うこと。牛では集団から不良遺伝子を除去する等の成果を得ているほか、ゲノム情報は泌乳量や発育などの量的形質の改良にも参考にされるようになっている。

¹⁰ 近親交配（近交）の度合いを表す数値である。最近、全国の家畜市場で取引される黒毛和牛子牛の約4割が、わずか10頭の種雄牛の子であると報道された。このような傾向が最近続いており、黒毛和種の集団においては近交度が上昇し、遺伝的多様性が失われつつあると心配されている。和牛の持続的生産には、遺伝的多様性の維持が必要である。

商業化されている。また、ヒトへ移植可能な臓器生産豚の造成も進展している。iPS細胞の研究進展にともない、患者本人の臓器を豚の体内で作製する研究も進んでいる。

(6) ゲノム編集技術開発における指針の必要性

家畜の改良に、ゲノム育種法が登場し、優良種牛からいくつかの遺伝病のキャリアを除去することができた。また生産性の向上に資する種雄牛の育種に応用され、その成果に対する信頼性も高まっている。そして最近、ゲノム編集技術が開発され、個体の遺伝子を短期間のうちに改変し必要な家畜を作り出すことが可能となりつつある。ゲノム編集技術は、人工的に設計した酵素によりゲノムの特定部位の塩基を切断・除去することを基本としたもので、異種DNAをゲノムへ挿入させる「遺伝子組換え」とは異なる。この方法を用いた家畜改良は、オフターゲット効果（改変を目的とする遺伝子以外の別の遺伝子に予期せぬ改変が入ること）を否定できれば、理論的には全く安全な方法である。しかし、一般的に新技術導入による食料生産に対する消費者の反応は懐疑的・拒否的である。そこで、消費者の理解を十分に得るために研究者・技術者は努力しなければならない。消費者の理解を急ぐあまり、ゲノム編集と遺伝子組み換えとの違いを強調しすぎ、技術の本質をミスリードすることがあってはならない。

ゲノム編集技術による家畜改良はこれまでの選抜淘汰による家畜改良ではほぼ望めない、あるいは可能としても長い年月を要する抗病性向上、暑熱等のストレス耐性などを短期間に付与することが可能である。すでにアフリカ豚コレラに感染しない豚や低アレルギー卵を生産する鶏が開発されている^{[16][17]}。このようにゲノム編集技術は、人類にとって有用な遺伝子改変個体の作出を可能にすることから、畜産学にとって新しい目標設定を可能にする技術でもある。畜産学においても技術開発の指針を作成し、その指針の下での研究推進が望まれる。なお、畜産学分科会の前身である畜産学研究連絡委員会は平成12(2000)年に「産業動物における体細胞クローン個体研究に関する指針」^{11[18]}

11 「産業動物における体細胞クローン個体研究に関する指針」の2. 基本姿勢では次のように述べている。クローン産業動物に関連する研究に当たってすべての研究者は、生命科学の見地から真に価値のある研究を推進するとともに、動物福祉と人類への貢献との調和を図り、究極的に人類の福利増進に貢献する見地から、その健全なる発展を図るものである。これらの目的を達成するために、研究に当たっては、以下の基本姿勢を遵守する。

(1) 国の策定する法律、規制、指針、ガイドライン等を遵守する。

(2) 諸外国の法律、規制、指針、ガイドライン等については、特定の宗教や文化的基盤に基づくものでない限り、十分に配慮し、基本的且つ普遍的な条項については、国内の法律、規制、指針、ガイドラインに準じて遵守する。

(3) 上記(1)(2)に抵触する恐れのある研究、社会的ないし倫理的な論議を呼ぶ恐れのある研究については、関連学会並びに、一般社会の理解が得られるよう充分配慮する。そのために、実施に先立ち研究機関ごとに倫理委員会等を設置して、実験の科学的必要性、意義のほか、社会的影響、倫理的側面に充分検討を加える。倫理委員会等の審議の内容は、文書として記録、保管し、開示の要求があれば速やかにこれに応ずる。

疑義のある問題については、所属機関長等を介して所轄官庁の意見を求める。

を発生しているが、ゲノム編集技術開発の指針作成においては、体細胞クローン個体研究の指針作成の基盤となる考えを尊重すべきである。

(7) 生殖細胞の高度利用

優良な遺伝的能力をもつ雌雄の生殖細胞を利用して家畜を改良・増殖することは家畜の機能と能力を最大限に生かすことにつながる。雄の精子は人工授精によって高度利用がなされ、1頭の種雄牛から数百万頭の子牛が誕生するようになっている。雌を対象とする生殖細胞利用法として、すでに食肉市場由来の卵巣から卵母細胞を採取して、体外成熟、体外受精、体外培養を行い、体外で人為的に胚を生産するシステム、胚の体外生産(in vitro production: IVP¹²)技術が普及している。さらに、この IVP 技術の出発材料としての卵母細胞を超音波誘導経膈採卵技術(ovum pick up: OPU¹³)で準備することにより、IVP をより有効なものにする取り組みが進んでいる^[19]。これに関して、家畜人工授精師の資格拡充も含め、OPU の研究者・技術者の数を増加させる施策が必要である。

希少個体や遺伝子改変個体を保存する手法として、配偶子や胚の凍結保存法が有効である。なお、細胞の凍結保存法は精子で初めて開発された技術である^[20]。また、家畜生体での移動には病気伝搬のリスクがある。凍結保存された配偶子や胚の移動はリスク低減化にもつながる。すでに多くの家畜種・品種で配偶子や胚の凍結保存法が開発されているが、種や品種を超えて汎用される手法の開発が必要である。また、遺伝子改変個体の特許出願においては寄託機関への凍結保存胚の提出が必須となっており、畜産領域におけるバイオテクノロジーの権利化にとっても必要不可欠な技術である。

¹² 卵巣から採取した卵子を体外成熟・体外受精・体外培養し、着床可能な受精卵(初期胚)まで発育させる技術である。

¹³ 超音波誘導経膈採卵あるいは生体卵子採卵技術とも訳されている方法で、超音波画像を見ながら経膈で卵巣から卵子を採取する方法。技術に習熟した技術者はこの方法により優良雌から繰り返し、多数の卵子を採取し、受胎可能胚を生産している。

5 おわりに

平成 27(2015)年に日本学術会議から発出された「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 農学分野」の中で1つの領域として畜産学・獣医学が取り上げられているが、畜産学・獣医学をより強い領域にする願いを込めて畜産学の特性に配慮した教育・研究課題について畜産学分科会の考えをまとめた。

畜産学は、獣医学や農学の諸領域と連携し、技術開発を含め、安全で消費者に受け入れられる畜産物の供給に貢献している。また畜産学は、本報告で述べたように生命科学、医学、薬学ともつながりの深い領域をもつことから、今後の展開、発展を期すべき分野である。

<引用文献>

- [1] 酒井仙吉、「食糧がなくなる-日本農業を考える(3)、(4)」、畜産の研究 53 巻、391~396 頁、487~491 頁、平成 11 (1999) 年。
- [2] 環境省、平成 9 年版環境白書、平成 9 (1997) 年。
<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/hakusyo.php3?kid=209>
- [3] 農林水産省、エコフイードをめぐる情勢、平成 29 (2017) 年。
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/ecofeed-13.pdf
- [4] 楠比呂志、「第三の種保存技術—希少動物の配偶子保存野生哺乳類」、生物の科学 遺伝、69 巻、473~478 頁、平成 27 (2015) 年。
- [5] 入江正和、「生産基盤強化のための技術開発の方向性」、畜産コンサルタント、2016 年 7 月号、12~18 頁、平成 28 (2016) 年。
- [6] 厚生労働省、食品中の放射性物質の新たな基準値、平成 24 (2012) 年。
http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/leaflet_120329.pdf
- [7] 農林水産省、飼料中の放射性セシウムの暫定許容値の見直しについて、平成 24 (2012) 年。
http://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/shizai_3.html
- [8] 入江正和・木村信熙、「肉用牛の科学」、養賢堂、平成 27 (2015) 年。
- [9] 農林水産省、飼料をめぐる情勢 (イラスト版)、平成 29 (2017) 年。
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-80.pdf
- [10] 農林水産省、飼料をめぐる情勢 (データ版)、平成 28 (2016) 年。
http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_hosin/attach/pdf/index-27.pdf
- [11] 日本草地畜産種子協会、「特集・飼料基盤に立脚した畜産経営における 6 次産業化の取り組み」、グラス&シード、第 29 号、1~28 頁、平成 24 (2012) 年。
- [12] 山田知哉・樋口幹人・中西直人、「稲発酵粗飼料を用いた発酵 TMR 給与が黒毛和種去勢牛の肥育成績ならびに牛肉の抗酸化能に及ぼす影響」、肉用牛研究会報、第 92 号、4~9 頁、平成 24 (2012) 年。
- [13] 高橋雅信、「放牧主体草地酪農における生産物の特性—放牧は牛乳の CLA、ビタミン E、 β -カロテンを高める—」、グラス&シード、第 20 号、1~11 頁、平成 19 (2007) 年。
- [14] Sato E. Policy and agenda for creating a distinguished culture in Japan through development of the livestock industry. The World Animal Science News, 4: 1-6, 平成 27 (2015) 年。

- [15]Alford AR, Hegarty RS, Parnell PF, Cacho OJ, Herd RM and Griffith GR. The impact of breeding to reduce residual feed intake on enteric methane emissions from the Australian beef industry. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46: 813-820, 平成 18 (2006) 年.
- [16]Lillico SG, Proudfoot C, Carlson DF, Stverakova D, Neil C, Blain C, King TJ, Ritchie WA, Tan W, Mileham AJ, McLarren DG, Fahrenkrug SC, Whitelaw CBA. Live pigs produced from genome edited zygotes. *Scientific Reports*, 3: Article number: 2847, doi:10.1038/srep02847, 平成 25 (2013) 年.
- [17]Oishi I, Yoshii K, Miyahara D, Kagami H, Tagami T. Targeted mutagenesis in chicken using CRSISPR/Cas9 system. *Scientific Reports*. 6: Article number: 23980, doi:10.1038/srep23980, 平成 28 (2016) 年.
- [18]日本学術会議畜産学研究連絡委員会・獣医学研究連絡委員会・育種学研究連絡委員会、報告「産業動物におけるクローン個体研究に関する指針」、平成 12 (2000) 年 3 月 27 日。
http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/17htm/17_30.html
- [19]秋山清・坂上信忠・中川浩・瀬田剛史・河合愛美・長井誠・林みち子・的場理子・稲葉泰志・松田英雄・今井敬・下司雅也、「多排卵処理後に採取した卵胞内卵子と性判別精液の体外受精による性判別胚の生産」、*日本畜産学会報*、87 巻、107-113 頁、平成 28 (2016) 年.
- [20]Polge C, Smith AU, Parkes AS. Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures. *Nature*. 164: 166, 昭和 24 (1949) 年.

＜参考資料＞食料科学委員会畜産学分科会審議経過

平成 27 年

- 1 月 6 日 畜産学分科会（第 1 回）
今後の進め方について
- 5 月 1 日 畜産学分科会（第 2 回）
報告のタイトルについて
- 9 月 14 日 畜産学分科会（第 3 回）
報告の構成について

平成 28 年

- 5 月 29 日 畜産学分科会（第 4 回）
報告の骨子案について
- 9 月 29 日 畜産学分科会（第 5 回）
報告案について

平成 29 年

- 1 月 13 日 畜産学分科会（第 6 回）
報告案について
- 4 月 19 日 畜産学分科会（第 7 回）
報告案について
- 5 月 26 日 日本学術会議幹事会（第 246 回）
報告「畜産学の特性に配慮した教育・研究課題
－飼育動物の安定的利活用を目指して－」について承認