

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2014～2017

課題番号：26310312

研究課題名(和文)新規食料循環システム構築：代謝インプリンティング、草資源とICTによる新牛肉生産

研究課題名(英文)The Development of Novel Food Circulation System: Metabolic imprinting, the New Beef Production by Grass Resource and ICT

研究代表者

後藤 貴文 (GOTOH, Takafumi)

鹿児島大学・農水産獣医学域農学系・教授

研究者番号：70294907

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：新しい生物科学的概念である「代謝インプリンティング」研究シーズとして、世界に類のない脂肪交雑能力を持つ黒毛和牛と日本の豊富な植物資源を高度に活用した循環かつ環境保全型で安心・安全を提供できる新規牛肉生産パッケージを開発した。代謝インプリンティング研究では、分子レベルでのメカニズムの一端を解明した。このパッケージには、社会問題である耕作放棄地の活用、それらの環境経済的評価、放牧牛へ遠隔自動給餌するICT管理システムおよびダイレクトマーケットの構築を含んだ。牧草赤身肉マーケティングについては放牧牛肉の消費に関してWebアンケートを実施し、安全・健康志向によりポテンシャルが高まりを確認した。

研究成果の概要(英文)：We developed a metabolic imprinting and an information and communications technology (ICT, or Internet of Things) management system for Wagyu beef production as future systems. We partly found out the mechanism of metabolic imprinting by analysis of molecular biology in Wagyu cattle. finally, we produced safe, high-quality Wagyu beef using domestic pasture resources while solving the problems of how to utilize increasing areas of abandoned agricultural land and to make use of the plant-based feed resources in Japan's mountainous areas. We also confirm the potential of grassfed beef market by Web questionnaire.

研究分野：家畜生産生態学

キーワード：代謝インプリンティング ウシ 未利用地活用 ICTファーム ダイレクトマーケティング

1. 研究開始当初の背景

近年、輸入飼料に過度に依存している日本の牛肉生産は BSE(牛海綿状脳症)等の発生に見られる食の安全性に関する問題、集約的経営形態から排出される大量の糞尿処理問題、それに関わる環境問題、集約的な飼養形態における家畜福祉等の多くの問題を抱える。ウシは本来、家畜としてヒトが消化できない植物中の粗い繊維質(繊維性の高い通常の動物では消化できない植物多糖資源)を分解し、草資源からタンパク質源としての食肉を生産し、それをヒトに供給するという重要な物質循環機能を担った反芻家畜(草食動物)である。言い換えるとセルロース等からタンパク質源を生産するコンバーターのアニマルと言える。日本には豊かな自然の中で、多くの植物資源を有している。ウシは、この資源を有効に活用できるポテンシャルを有する。食料として活用の難しい植物繊維(セルロース等)を活用するウシのこの機能を食料生産にフル活用できる。

近年、世界を流通する穀物は投資の商品としてターゲットになるものも多い。特に現在のウシの主要な飼料であるトウモロコシは、近年右肩上がりに価格の高騰を示している。日本では、家畜飼料のために年間 2000 万トン以上の穀物が輸入される。このことは先進国の中でも、日本のフードマイレージが著しく高くなっていることに密接に関連する。過度な加工型畜産体系の負の側面と言える。家畜に給与した後に排出される糞尿は、家畜全体で年間 8000 万トン以上排出され(羽賀, 1992), 日本に蓄積される。おおよそ堆肥化されているが、播くべき農地は、海外にあると言える。地球の資源と生産活動は、おもに太陽光を外部からのエネルギー源とした“土-植物-動物-堆肥”循環を基盤とした閉鎖系であることを真に自覚し、農産物の生産システムにおけるそれぞれの地域と地球規模における真の循環系を基盤とすることが必要である。高騰する輸入飼料を多給しなければならぬ現在の和牛肉生産は、経営がたいへん厳しい状況にあり、農家の経営を豊かにする新しい牛肉による新しいマーケットの構築が望まれている。

2. 研究の目的

新しい生物学的概念である「代謝インプリンティング」研究をシーズとして、世界に類のない脂肪交雑能力を持つ黒毛和牛と日本の豊富な植物資源を高度に活用した循環かつ環境保全型で安心・安全を提供出来る新規ウシ飼養管理プログラムを開発することを目的とした。このパッケージには、社会問題である耕作放棄地の活用、それらの環境経済的評価、先端 ICT 放牧管理システムおよびダイレクトマーケティングシステムも含む。本研究では、次世代型農業生産管理(畜産)プログラムを推進し、若い農業者が未来に希望を持ち畜産業を営めるよう畜産業を変革す

るとともに、新しいマーケット構築のための食料循環を網羅する牛肉生産新規パッケージの実証研究を実施することを目的とした。

3. 研究の方法

研究方法において、新しい生物学的概念である 1)代謝インプリンティング研究、2)社会問題である耕作放棄地の活用研究、3)先端 ICT 放牧管理システムおよび 4)本システムの環境経済的評価およびダイレクトマーケティングシステム研究に分けて実施された。

1) 代謝インプリンティングに関する研究

代謝インプリンティング効果を分子生物学および生化学的に解析した。実験動物では、代謝インプリンティングは初期栄養で効果的に作用することが示されている。そこで放牧肥育するにあたり、初期成長期の栄養を高栄養に制御した牛群と粗飼料のみに制御した牛群から採取した骨格筋と肝臓のサンプルを用いて、肉質に関連する遺伝子群の発現、マイクロアレイ解析、メタボローム解析、DNA メチル化解析を進めた。DNA メチル化解析は、バイサルファイト処理によるターゲット遺伝子のプロモータ領域の DNA メチル化動態を調査した。放牧肥育終了時の骨格筋と肝臓を用いてメタボローム解析を実施した。

2) 耕作放棄地の活用研究

代謝インプリンティングを施した黒毛和牛を、佐賀県鹿島市の耕作放棄地等あるいは大学の放牧地等で ICT 放牧管理システムを活用して放牧肥育された牛群の牛肉を用いてアンケート等を実施した。

3) ICT 放牧管理研究

先端 ICT 技術を用いて、遠隔自動給餌機を開発研究を実施した。

4) 本システムの環境経済的評価およびダイレクトマーケティングシステムの研究

放牧牛肉の消費活動に関して、ウェブアンケート等を実施し、そのポテンシャルを調査した。

4. 研究成果

1) 代謝インプリンティングに関する解析

代謝インプリンティング研究については、肉質、特に脂質形成に関連した遺伝子群の発現、マイクロアレイ解析、メタボローム解析、DNA メチル化解析を行った。DNA メチル化解析は、筋と肝臓サンプルを用いたバイサルファイト処理によるターゲット遺伝子のプロモータ領域の DNA メチル化動態を調査した。代謝インプリンティング処理により、脂質形成に重要な PPAR gamma について解析し、メチル化の度合いが少ないという良好な傾向を得た。今後のさらなる解析により確定させる必要がある。肉質に関連した遺伝子群の発現やマイクロアレイ解析により、初期成長期の栄養が、その後の放牧等による粗飼料肥育において、生理的变化を伴いながら変化することをとらえた。骨格筋と肝臓のメタボローム

解析でも、代謝インプリンティングにおける差異をとらえた。これらについては、本研究助成中には、終了することができなかったため、今後これらを詳細に解析する予定である。

2) 耕作放棄地の活用研究

地域の未利用公共牧場（福岡県福岡市所有の脊振牧場）や耕作放棄地（佐賀県鹿島市）等において実際に繁殖牛及び代謝インプリンティング牛の放牧肥育を開始し、十分にこのような未利用地を活用できることを確認した。また、このような未利用地で生産された放牧肥育牛の牛肉を用いて、東京での試食会を開催するとともに、農水省のアグリビジネス創出フェア等にて展示し、試食アンケートを実施した。そこで回答中7割以上の試食者から美味しいという評価をした。また、現地の放牧肥育にあたって、一部草地改良を実施したが、放牧圧等の調節が必要であった。

3) ICT 放牧管理研究

放牧肥育現地には、スマートフォンを活用した ICT ファームとしてウシの餌付および給餌システムを構築した。また、大学牧場内で測位システム、バイタルセンシングシステムについて研究し、そのしくみを構築した。

4) 本システムの環境経済的評価およびダイレクトマーケティングシステムの研究

次世代型ダイレクトマーケティングの構築のため株式会社ダイレクトマーケティング、株式会社イワタニアイコレクト、株式会社コーデ、株式会社まるひでと連携して、牧草牛肉（QBeef）に関して料理メニューの開発やダイレクトマーケティングに関する調査として、インターネット等でのテスト販売を行った。所得層別の Web 調査によりマーケット構築の可能性を探究した。牧草赤身肉消費行動に関して、Web アンケートよりその結果、高所得者階層では、安全・健康志向として、ステーキ用として 100 グラム 2000 円以上の価格でも、国産の放牧牛肉や代謝インプリンティングを施した放牧肥育牛の購入者が一定数、存在していることが明確に確認できた。また、所得層別に放牧牛肉の消費行動は明らかに異なることが示唆された。



図 1. 牛肉における食料循環構築戦略の概要

以上、実際の耕作放棄地等を活用して、新

しい生物科学的概念である「代謝インプリンティング」研究をシーズとして、世界に類のない脂肪交雑能力を持つ黒毛和牛と日本の豊富な植物資源を高度に活用した循環かつ環境保全型で安心・安全を提供出来る新規ウシ飼養管理プログラムの一部を開発することができた。また、その管理においては、先端 ICT 放牧管理システムを構築・活用し、その有効性をとらえた。さらに牧草牛肉のマーケットも、霜降り嗜好の強かった我が国の消費者の中にも、健康志向から潜在的に赤身肉嗜好の消費者が多くいることが明らかとなり、本システムパッケージの有用性を示すことができた（図 1）。しかしながら、本事業で仕組みはおよそ構築したものの、今後、牛肉における本食料循環パッケージを強固にし、かつ農家に使用していただけるような効率的、省力的なシステムにするためには、今後さらなる実証試験が必要と思われた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 13 件)

Lu Jian, Zhang Lan, Zhang Dapeng, Matsumoto Sohei, Hiroshima Hiroshi, Maeda Ryutaro, Sato Mizuho, Toyoda Atsushi, Gotoh Takafumi, Ohkohchi Nobuhiro, Development of Implantable Wireless Sensor Nodes for Animal Husbandry and MedTech Innovation, Sensors, 査読有、18 巻、2018、979-979、<http://dx.doi.org/10.3390/s18040979>

後藤貴文、代謝プログラミングの牛肉生産への応用、アグリバイオ、査読無、1 巻、2017、88-95

Phomvisith Ouanh, Takahashi Hideyuki, Mai Ha Thi, Shiotsuka Yuji, Matsubara Atsuko, Sugino Toshihisa, McMahon Christopher D., Etoh Tetsuji, Fujino Ryoichi, Furuse Mitsuhiro, Gotoh Takafumi, Effects of nutritional status on hormone concentrations of the somatotropin axis and metabolites in plasma and colostrum of Japanese Black cows, Animal Science Journal, 査読有、88 巻、2017、643-652、

DOI : 10.1111/asj.12686

Takahashi Hideyuki, Suzuki Yutaka, Mohamed Junaidh S., Gotoh Takafumi, Pereira Suzette L., Alway Stephen E., Epigallocatechin-3-gallate increases autophagy signaling in resting and unloaded plantaris muscles but selectively suppresses autophagy protein abundance in reloaded muscles

of aged rats, *Experimental Gerontology*, 査読有、92 巻、2017、56-66、
<http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2017.02.075>

Tsuruoka Katsuhiko, Kanamaru Hidenobu, Takahashi Hideyuki, Gotoh Takafumi, Preliminary study of the effects of condensed barley distillers soluble on rumen fermentation and plasma metabolites in Japanese Black cows, *Animal Science Journal*, 査読有、88 巻、2017、610-617
DOI: 10.1111/asj.12679

Albrecht E., Schering L., Liu Y., Komolka K., Kuhn C., Wimmers K., Gotoh T., Maak S., TRIENNIAL GROWTH AND DEVELOPMENT SYMPOSIUM: Factors influencing bovine intramuscular adipose tissue development and cellularity, *Journal of Animal Science*, 査読有、95 巻、2017、2244-2244
DOI: 10.2527/jas2016.1036

後藤貴文、代謝プログラミングの飼養への応用と疾病予防：最近の研究の動向、家畜感染症学会報、査読無、6 巻、2017、57-63

後藤貴文、中山間地域の耕作放棄地を活用した牛飼養の省力化と効率化に貢献する情報通信技術、電子情報通信学会誌、査読無、100 巻、2017、1242-1247

後藤貴文、田中畜産の放牧敬産牛の哲学～黒毛和牛但馬牛の繁殖経営と放牧敬産牛肉の販売～、畜産の情報、査読有、326 巻、2016、43-50

Gotoh, T., S.T. Joo, Characteristics and health benefit of highly marbled Wagyu and Hanwoo beef, *Korean Journal of Food Science and Animal Resources*, 査読有、36 巻、2016、709-718、
<https://dx.doi.org/10.5851/2Fkosfa.2016.36.6.709>

後藤貴文、エピゲノムの食料生産への活用：代謝プログラミングのウシ産肉制御機構のメカニズム解明と応用、*Bio Clinica*, 査読無、31 巻、2016、100-108

後藤貴文、赤身和牛肉の魅力をいかに伝えるか～レストランを基盤として生産者と消費者をつなぐ、きたやま南山の挑戦～、畜産の情報、査読有、2 月号、2015、13-20

後藤貴文、代謝プログラミングによる和牛の体質制御に関する研究、栄養生理研究会報、査読有、59 巻、2015、1-15

〔学会発表〕(計 25 件)

後藤貴文、牛肉生産におけるエピジェネティクス応用とその可能性、日本エピジェネティクス研究会第 11 回年会(招待講演)、2017

後藤貴文、代謝プログラミングの飼養への応用と疾病予防：最近の研究の動向、第 7 回家畜感染症学会シンポジウム(招待講演)、2017

後藤貴文、代謝プログラミングの牛肉生産への応用のポテンシャル、日本アミノ酸学会 第 7 回夏のシンポジウム(招待講演)、2017

後藤貴文、耕作放棄地等の植物資源を活用した放牧肥育の可能性：佐賀県鹿島市を例として、日本産肉研究会 第 20 回学術集会(招待講演)、2017

後藤貴文、日本の食料生産と地域創生を支える放牧技術のポテンシャル、放牧技術の新たな展開とそのポテンシャルを探るシンポジウム～放牧牛肉の実力を探る(招待講演)、2017

後藤貴文、The Potential of Meat Quality of Wagyu, the 49th International Symposium by Korean Society for Food Science of Animal Resources (招待講演)(国際学会)、2017

後藤貴文、Beef cattle industry in Japan and Metabolic programming and intramuscular adipogenesis、2nd International Symposium on Beef Cattle Sciences & Industry Technology Development(招待講演)(国際学会)、2017

後藤貴文、Current Status and Development of Wagyu Industry, the 2017 International symposium of Vision Presentation for Hanwoo Industry development(招待講演)(国際学会)、2017

柿原秀俊・高橋秀之・衛藤哲次・塩塚雄二・藤野亮一・張一・後藤貴文、スタンションを利用した給餌の失敗に対する黒毛和牛繁殖雌牛の選択行動、行動 2017、2017

後藤貴文、高等大型哺乳類における初期成長期の栄養水準の差異は成熟期にどのような違いをもたらすのか?、第6回日本DOHaD学会、2017

呂文超・後藤貴文・楠戸建・高橋義文・矢部光保、国内草地に依拠した赤身牛肉の購買要因に関する研究、2017年度食農資源経済学会第11回大会、2017

安尾しのぶ・打和龍宏・高木望・古閑弘晃・志賀灯・高橋秀之・後藤貴文・古瀬充宏、哺乳期の日長が黒毛和種の成長や骨格筋関連指標に及ぼす影響、第124回日本畜産学会、2017

中吉晃祐・松浦真紀子・宮本浩邦・小野瀬暁・岡田徹・衛藤哲次・塩塚雄二・藤野亮一・児玉浩明・後藤貴文・高橋秀之、黒毛和種仔牛の腸内環境と下痢症発症に関する遺伝学的分類とその評価、124回日本畜産学会、2017

後藤貴文、畜産におけるIoTの可能性：九州大学ブランドビーフQ Beefの生産システムを例として、日本機械学会2016年度年次大会(招待講演)、2016

後藤貴文、代謝プログラミングによる和牛の体質制御と新しい和牛牧草牛の可能性について、とちぎの和牛を考える会(招待講演)、2016

後藤貴文、自給飼料100%で和牛生産の意義、第13回資源循環型牛肉生産シンポジウム2016(招待講演)、2016

Gotoh, T., Metabolic programming and intramuscular adipogenesis, renial Growth and Development Symposium: New Perspectives on Intramuscular Adipo Tissue (招待講演)(国際学会)、2016

後藤貴文、代謝プログラミングとその畜産への応用の可能性、日本畜産学会第121回大会シンポジウム、動物栄養と機能ニュートリゲノミクスとニュートリジェネティクスの応用 動物の代謝特性を制御・固定する栄養学(招待講演)、2016

後藤貴文・高橋秀之・塩塚雄二・藤野亮一・衛藤哲次、黒毛和種とホルスタイン種における濃厚飼料と粗飼料の給与パターンの違いが出荷時の体重と筋肉脂肪含量に及ぼす影響、第120回日本畜産学会、

2016

志賀灯・高橋秀之・松原敦子・木村優里・齋藤昭・野村碧・藤野亮一・塩塚雄二・衛藤哲次・古瀬充宏・後藤貴文、黒毛和種仔牛における哺乳期間の違いが初期成長期の血中成長因子に及ぼす影響、第8回日本暖地畜産学会、2015

⑲ Gotoh, T., Challenges of application of ICT in cattle management., Asian Workshop on Smart Sensor Systems, 2015

⑳ Gotoh, T., New Beef Production Strategy "Q Beef": metabolic programming, ICT management system and utilization of domestic grass resources., 1st AsiaHiland and 2nd IDRC-SEARCA Upland Fellowship and Conference. 2015, 2015

㉑ 後藤貴文、九州大学ブランドビーフQ Beef: 日本の植物資源をタンパクに変えるビジネスで国土の保全と農業の活性化を目指す., Food Expo Kyushu (招待講演) 2014

㉒ Gotoh, T., Kyushu University Brand "Q Beef" strategy., International Symposium on Agricultural, Food, Environmental and Life Sciences in Asia (AFELISA) (招待講演) 2014

㉓ Gotoh, T., ICT control system for cattle grazing in the mountain and foothill areas of Japan using smartphone., International Union of Materials Research Societies International Conference in Asia 2014 (招待講演) 2014

[図書](計1件)

Gotoh et al., Springer, Challenges of Application of ICT in Cattle Management: Remote Management System for Cattle Grazing in Mountainous Areas of Japan using a Smartphone, Smart Sensors and Systems. Innovations for Medical, Environmental, and IoT Application, 2016, 467-484

[産業財産権]
出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:

種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤貴文 (GOTOH, Takafumi)
鹿児島大学・農水産獣医学域農学系・教授

研究者番号：70294907

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：

(4) 研究協力者

矢部光保 (YABE, Mitsuyasu)