

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（特設分野研究）

研究期間：2019～2022

課題番号：19KT0013

研究課題名（和文）地域の豊かな自然や農資源を持続的に利用するデザインイン型牛肉生産システムへの革新

研究課題名（英文）Revolution of Beef Production with Design-in system for Sustainable Utilization of Rural Nature Resource

研究代表者

後藤 貴文（GOTOH, TAKAFUMI）

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授

研究者番号：70294907

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,300,000円

研究成果の概要（和文）：日本の地域の豊かな自然や農資源を持続的に利用するデザインイン型牛肉生産システムへの革新を行った。本研究はウシの産肉性がポテンシャルを最大限に引き出すウシ代謝プログラミング効果を証明し、放牧肥育を管理する放牧牛の衛星及びICT管理システムを構築し、革新的国土活用型の牛肉生産システム構築のための基盤を構築した。代謝プログラミングにおけるプログラミングの有無による表現型の差異だけでなく、DNAにおけるエピジェネティック修飾の違いも明らかにした。測位衛星による放牧牛の行動及び地球観測衛星による放牧地の草量変化の情報を捉え、ICTによる遠隔個体識別自動給餌機やバイタルセンシングのプロトタイプも開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、科学を基盤とし、未来を見据えた理論的、理想的かつ現場に応用可能な現実的な牛肉生産システムのパッケージを示した。代謝プログラミングという概念は、ヒトの健康医学等の概念で、食料生産に応用している例はほとんどない。和牛肉質の特徴を、代謝プログラミングで、輸入穀物でなく、国内の植物資源による肥育で発揮し、衛星データ及びICTの革新的技術を用いて生産する技術は、革新的で有意義な持続的畜産システムとして意義深く、それを日本から世界へ発信できる。

研究成果の概要（英文）：We innovated a design-in beef production system that sustainably utilizes the rich nature and agricultural resources in the local area of Japan. This study demonstrated the effects of Wagyu metabolic programming to maximize the meat-producing potential of cattle, established a satellite and ICT management system for grazing cattle to manage grazing-fattening, and finally constructed the foundation for the construction of an innovative national land-use beef production system. We have clarified not only phenotypic differences in metabolic programming but also differences in epigenetic modifications in DNA of Wagyu cattle. We also developed a prototype of an automatic feeder for remote individual identification and vital sensing using ICT. Moreover, we sensed on information on pasture cattle behavior obtained by positioning satellites and on changes in pasture situation obtained by remote sensing.

研究分野：栄養生理学、産肉生理学、家畜管理学

キーワード：牛肉生産 代謝プログラミング 放牧 ICT エシカルマーケット

1. 研究開始当初の背景

現在の畜産は、牛舎内での加工型畜産における過度な輸入飼料への依存、高騰する輸入飼料相場に翻弄される経営困難、循環不可の過剰糞尿処理、BSE 等の食の安全、脂肪過多牛肉志向で硬直したマーケット、さらに集約的飼養による動物福祉等、多くの問題を抱える。今後の気候変動や資源枯渇を考慮すると海外からの輸入飼料に過度に依存するのは極めて危険である。このようなシステムは、現状のままでは持続的とは言えない。また、一方で日本の7割は山や森林が占め、地方は、過疎化が進んでいる。登録耕作放棄地は今や42万ha、おおよそ富山県と同じ面積である。また、日本における所有者不明土地は2016年度に410万haと推定され、九州本土よりも広い。2040年には北海道の面積に迫る約720万haに膨らむ。これらの国土を放置できない。これらを持続的なシステムで広く活用していく策が必要である。農業に重要な水において、地下水に頼る諸外国と異なり日本は適度な降水量を有する。しかし、政府の目指す地方創生に関して、これらの国土活用による産業創出は困難を極めている。しかし、そこには植物資源がある。ウシ本来の力は、ルーメンという特殊な胃を基盤とした消化吸収機構で植物から牛肉やミルクといったタンパク質を生産することである。未来に向けて、その生産には社会・自然の環境変化に対応し、アニマルウェルフェア、GAP等の国際基準に準じた倫理的価値を高める事が必須であり、植物資源を利用する放牧牛を起用した“革新的生産技術”が必要不可欠である。加えて畜産従事者の国際競争力を高めるためにも倫理的付加価値という概念は必須であり、官学と一次産業従事者で“共創”していく方策がぜひとも必要である。

2. 研究の目的

本研究課題では、先端科学技術を基盤として、国土を活用した革新的牛肉生産システムを創出することを目的とする。単なる放牧による植物性飼料のみの肥育では生産性は低い。その革新技術として、代謝プログラミング:ウシの産肉性に関するポテンシャルを飛躍的に向上させる、衛星&ICT放牧管理システムの構築:中山間地域や限界集落における植物資源を用いた衛星&ICT技術を用いた放牧牛の動態解析と、そのデータを活かした飼養およびアニマルウェルフェア等の評価システムの構築、生産される牛肉に関する倫理的マーケティングの構築:国土を活用して生産される牛肉とアニマルウェルフェア等に根差す生産物である価値の創造、を実施する。代謝プログラミングと衛星&ICT技術の統合による牛肉生産システム全体の刷新を目指す。本研究課題は、持続的な食料生産システム、特に牛肉生産システムを創出することを目的に、未利用な山や限界集落、離島の植物を中心とした農資源利用の多様性を回復させるための仕組みづくり研究であった。

3. 研究の方法

地域の豊かな自然や農資源を持続的に利用するデザインイン型牛肉生産システムの構築のために以下の4つ方法により実験を実施した。

(1) 胎児プログラミングに関する調査

黒毛和種雌牛12頭を用いて、妊娠させる前より、それぞれの体重から計算された栄養要求量、特にタンパク質をターゲットに120%と60%の2区を設定した(最終的に1区6頭ずつになるように設定した)。それらの雄判別精液を用いて人工授精により妊娠させ、個体ごとの飼養管理により、妊娠8.5カ月齢まで飼養した。鹿児島大学獣医学部の協力を得て、8.5カ月齢の胎児を帝王切開により、摘出して各種測定とサンプル採取を実施した。取り出された胎児は、麻酔により安楽死させ、体重測定後、すみやかに解剖され、骨格筋や臓器サンプルを採取し、液体窒素中で凍結した。生理的解析のため、血液も採取し、基礎的な代謝物の分析を行った。分子生物学的解析について肉質に関連した候補遺伝子群、として脂肪形成関連遺伝子群および糖代謝に関連した遺伝子群、産肉性に関連した因子として筋成長制御因子群の発現に関してリアルタイムPCR法を用いてmRNAレベルでの解析を行った。

胎児に関して、体重マクロなデータも採取した。体重、体高、体長、胸囲等、また骨格筋、骨重量、各種主要臓器の重量を、120%区と60%区の胎児で比較検討する。これらの解析を通して、妊娠期の栄養と胎児の筋形成形態の関係、その機構、また他の臓器器官との相互関係を明らかとした。

(2) 衛星による放牧牛及び放牧地の各種センシングと生産性やアニマルウェルフェアの評価試験

今回、衛星による放牧牛のコンディショニング研究については慶応義塾大学、神武直彦博士の協力をいただきながら、衛星を活用した放牧牛のコンディショニングデータの採取とそのデータを基にした飼養システムやアニマルウェルフェア等のエシカルな価値を評価した。具体的には、GPSや準天頂衛星みちびきなどの測位衛星(GNSS)からの信号による高精度測位により、放牧牛の行動や移動距離などを把握し、その生産性やアニマルウェルフェア等の評価を行った。放牧地のセンシングについては、地球観測衛星等を用いたセンシングデータも統合して、放牧地の状態と放牧牛のコンディショニングを同時に把握して、適正な補助飼料等の算出により、効率的な放牧飼養を試みた。

(3) ICTによる放牧牛管理システムの構築試験:遠隔給餌システムとインプラントバイタル

センサー

遠隔給餌システムの構築：畜産業の現場では、いわゆる“餌付け”というシステムをよく使用する。それは放牧している牛群管理に非常に有効である。ウシは群で動く。ウシの群れをコントロールするためには、ウシの行動特性を基盤とした餌付けシステムは、極めて有効である。本研究では、ICTにより放牧地で移動できる遠隔から給餌するシステムを構築した。ウシの行動特性を用いて、ウェブカメラ、サウンドシステム、自動給餌機、ロック機構付スタンションを用いて、リモートによる遠隔でのウシ呼び寄せ実験を行い、餌付けシステム構築を試みた。放牧実験エリアに機器制御用の無線ノード、制御盤を設置し、関連機器と接続した。スマートフォン/タブレットから操作可能なGUIを準備し、遠隔地からのモニター・機器操作を行った。放牧牛の管理では、通常、条件反射あるいは条件づけを活用して、種々の音により、牛群を集め、給餌を行う。条件反射は、いわゆるパブロフの犬の実験に代表されるように、餌を与えるという無条件刺激と、そのときに与える音が条件刺激としてウシの中で条件づけされ、牛群に対して音をならすことで、広大な放牧地でも音を鳴らす場所に集めることができるかを試みた。

ウシの飼養において農家が最も重要な情報と考えるのは、健康のためのバイタルデータ(体温等)繁殖牛(母牛)の発情(排卵)や分娩探知のためのバイタルデータである。本研究では、ウシ個体のインプラントセンサシステムを用いたバイタルセンシングするためのネットワーク構築を試みた。インプラントとは体内にセンサーデバイスを埋め込むことである。本研究では、これまでの研究を基盤に特定小電力方式の小型無線機を開発し、牛の最後肋骨後方に埋め込んで牛体表の無線伝播環境を測定した。

(4) エスカルマーケットの構築試験

エスカルマーケットに関しては、どのように牛肉が生産されている、環境への負荷、食の安全やアニマルウェルフェアへの配慮等の内容を価値としたマーケット構築のための調査を実施した。これまでのデータと企業からのアドバイスを受け(ダイレクトマーケティンググループ株式会社、リバネス株式会社等の協力)、ウェブによる調査を実施した(九州大学、矢部光保博士の協力)

4. 研究成果

(1) 胎児プログラミングに関する調査

和牛胎児の右枝肉重量、総骨格筋量、脂肪量、骨量は、高栄養群では低栄養群に比べ有意に高かった(それぞれ $p = 0.0018, 0.009, 0.0004, 0.0362$)。また、調査した20個の筋肉のうち15個、6個の脂肪部位のうち5部位、17個の臓器のうち9個、12個の骨のうち7種の骨重量が、高栄養群では低栄養群に比べ有意に大きかった。また、最長筋の粗成分とアミノ酸組成は、低栄養群と高栄養群で有意に異なっていた。これらのデータは、妊娠中の母親の栄養が和牛胎児の筋肉、骨、脂肪組織の発達に著しい影響を与えることを示した(Zhang et al., 2021)。詳細な形態学的及び分子生物学的解析のため胸最長筋と半腱様筋を用いた。低栄養群の胎児の胸最長筋は、一次筋束と筋線維数が小さく($P < 0.05$)、筋線維断面積も大きかった(CSA; $P < 0.10$)。低栄養群の胎児の胸最長筋($P < 0.01$)と半腱様筋($P < 0.05$)は、I型筋線維の割合が大きく、IIB型筋線維の割合が小さかった。低栄養群の胎児の半腱様筋のみ、IIA型筋線維の割合が大きく($P < 0.05$)になっていた。血清インスリン、IGF-1、コルチゾール濃度には、低栄養群と高栄養群胎児の間に差はなかった($P > 0.10$)。胸最長筋では、筋新生と成長に関連する遺伝子のmRNA発現は低栄養群の胎児で多い傾向があり($P < 0.10$)、脂肪新生とグルコース代謝に関連する遺伝子の発現は低下する傾向があった($P < 0.10$)。半腱様筋では、MYOD1を除く筋形成関連遺伝子のmRNA発現は、低栄養群の胎児で弱い傾向が認められた。筋形成に関連する胸最長筋miRNAの発現は低栄養群の胎児で多い傾向があった($P < 0.10$)。半腱様筋でも同様の傾向が見られたが、その差は胸最長筋ほど明確ではなかった。母体栄養の筋タイプ特異的効果に基づき、妊娠中の母体低栄養は、分子レベルで筋新生と成長をアップレギュレートし、逆に脂肪新生とグルコース代謝をダウンレギュレートすることで胎児の発達を変えることに貢献した。また、胎児の筋新生の活性化は、筋線維数の減少を肥大化によって補うためであることが示された。全体として、和牛の母体の低栄養は胎児の過形成を遅らせ、母体の高栄養は胎児の過形成、脂肪形成、グルコース代謝を促進することが示唆された。

今回差異の認められた表現型の差異に影響した初期栄養に起因するエピジェネティクスに關与する因子を、胸最長筋を用いて探索した。本胎児サンプルに加え、これまで、和牛を用いて、エピジェネティクスの感受性期である新生児期の栄養を高タンパク質と高脂肪で制御した後に粗飼料(牧草等の植物資源飼料)を主体で肥育した場合に、最終的な肉量と肉質が大きく向上することを明らかとした最終的な屠畜時のサンプルも用いてエピジェネティクス修飾について解析した。DNAにメチル基が結合すると、転写因子が機能できず、遺伝子の発現が抑制される一方、DNAが脱メチル化状態であれば、転写因子が効率的に機能し、

遺伝子発現が促進される。このように遺伝子発現は、DNA のメチル化修飾により、エピジェネティックに長期的制御を受けることが知られている。つまり、これらの機序により機能している因子は、高メチル化かつ低発現、低メチル化かつ高発現となっていると考えられる。本研究では、エピジェネティックに肉量・肉質を制御する因子を同定するため、高栄養区と低栄養区の骨格筋における DNA メチル化状態を Whole Genome Bisulfite Sequence 解析で調査した後、マイクロアレイ解析による遺伝子発現との統合解析を行った。結果として、DNA メチル化修飾を介して、長期的に遺伝子発現制御を受け得る可能性のある因子として、12 遺伝子を同定した（現状は知的財産として、ここまでしか公表しない）。

(2) 衛星による放牧牛及び放牧地の各種センシングと生産性やアニマルウェルフェアの評価試験

牛個体にセンサーを装着し、測位衛星システムのデータによる放牧牛の測位とリモートセンシングデータによる放牧地の状況分析との連携による、放牧牛の運動量推定と評価を行った。それによる最適な補助飼料給与システムの最適化に必要な要件、および、これらのデータをもとに精度の高い飼養やアニマルウェルフェアを評価するための指標を定義した。インプラント体温データより、牛の消費エネルギー等の推定値等も加味して、衛星でセンシングされた牛の行動を飼養の面、あるいはアニマルウェルフェア等の評価モデルを構築した。地球観測衛星の放牧地に関するデータを収集し、放牧地の草量変化、土壤微生物や土壤栄養バランス変化や放牧牛の採食との関係について解析した。また、地球観測衛星データから放牧地ローテーションの時期を推定し、推定した情報に従い、放牧地のローテーションを行い、実務に耐えうるかを実証した。

これまでの研究により最も栄養条件の良い人工草地では食草の発現割合が 4 割程度であることが分かった。一方、舎飼いでは、採食割合は 2 割前後に留まるものの、舌遊びや身繕い、柵などの物舐めといった採食以外の Oral Behavior（口を使う行動）を採食割合に加えると、放牧地での食草割合と同程度（4 割程度）になることが明らかになった。このことから、牛は元々 1 日の 4 割程度を食草などの口を使う行動に費やす行動発現欲求を持っていることが示唆された。本研究では、3 日間の 24 時間行動調査を特別に行い、放牧地の草量によって、採食行動の割合は変動した。今回の測位センサでは、採食行動を詳細に把握することはできなかったが今後、センサを改良することで行動割合を把握できると思われる。地球観測衛星による放牧地の草量推定データとの連携でアニマルウェルフェアの評価が可能となる。

(3) ICT による放牧牛管理システムの構築試験：遠隔給餌システムとインプラントバイタルセンサー

放牧飼養により、多くの管理作業は省力化されるものの、農家が分娩・発情を知ることや、放牧飼養においても発育に応じて補助飼料給与を制御するといった管面については ICT 技術の活用による情報提供・遠隔制御が望まれる。本研究では ICT を活用した、放牧による国土の活用を目指して、周年放牧における放牧牛用の個体識別機能付補助飼料給餌機の開発を行った(図 1)。放牧肥育牛の素牛を生産するためのシステムとして、個体管理を実現するために、耳標の画像解析による個体認識をベースとした構築したクラウドと連携した遠隔個体給餌システムのしくみを構築した。農家の省力化のため、スマートフォンやタブレット上のアプリをワンクリックするだけで牛の呼寄せから給餌までの一連の操作が完了するよう、システムの全自動化を図った(これらの研究は、一部以下の研究とともに実施した。農林水産省 革新的技術開発事業・緊急展開事業、うち人工知能未来農業創造プロジェクト、課題名：AI や ICT を活用した周年親子放牧による収益性の高い子牛生産技術の開発)。本研究より、本研究によるプロトタイプの機器により、放牧牛をスマートフォンなどの端末により捕獲及び給餌できることが明らかとなった。さらなる予算を投資すれば、多頭数の遠隔自動給餌機を開発でき、広大な放牧地でも応用できるものと思われた。ウシの分娩・発情の際には体温が変化するが、その変化は 1 以下であり、放牧飼養のような屋外環境下で検出することは困難である。本研究では、IT 企業と連携して体温センサーや通信システムの試作機器によるデータの取得・評価



図 1. 放牧地に設置された個体識別遠隔自動給餌機。



図 2. 牛の皮下に埋設された体温センサ。

さらなる予算を投資すれば、多頭数の遠隔自動給餌機を開発でき、広大な放牧地でも応用できるものと思われた。ウシの分娩・発情の際には体温が変化するが、その変化は 1 以下であり、放牧飼養のような屋外環境下で検出することは困難である。本研究では、IT 企業と連携して体温センサーや通信システムの試作機器によるデータの取得・評価

や得られたデータと発情・分娩等に係る行動等との関係性を評価した(図2)。そのためにインプラント体温センサによるウシの発情看視システムの仕組みを構築した。和牛の脇腹に腕時計程度のサイズのインプラント温度センサを埋設することで10ヵ月程度の屋外で飼養した牛群の安定した体温測定が可能であった(図3)。しかしながら、今回の研究では、データ量が少なく発情行動とインプラント温度センサで取得した体温データとの明確な相関関係は見られなかった。今後、センサによる実証研究データを蓄積することで、発情との体温との関連性が明らかになるものと思われる。

(4) エスカルマーケットの構築試験

今回の研究で生産されるグラスフェッド牛肉の消費に関して、ウェブアンケートを実施

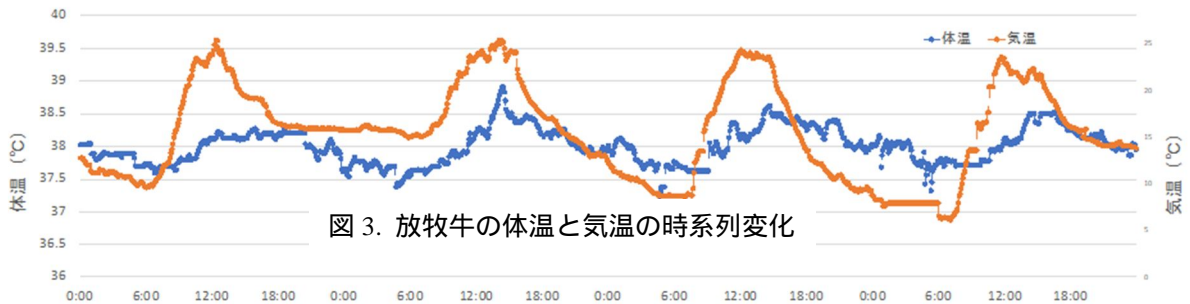


図3. 放牧牛の体温と気温の時系列変化

した。その結果、飼養情報の有無が、牛肉購買行動に与える影響については、6種類の牛肉の購入順位で評価された。牛肉の飼養方法や肉質の情報提供は、3種類の国産牛肉への購買行動をより強め、外国産牛肉の購入を減少させる傾向を若干もたらしたが、牛肉選択の順位を大きく変化させるほどではなかった。言い換えれば、海外産牛肉の購入を手控え、国内産牛肉へ購入を増加させる傾向が見られた。ただし、米国産牛肉の減少は統計的に有意であったが、国内牛肉へのシフトは、国産和牛、国産和牛放牧牛肉(代謝プログラミング済)、国産放牧牛(和牛以外)に、それぞれ別れて増加したため、各牛肉で統計的に有意なほどの増加にはならなかった。マーケットに関しては、ウェブアンケートの結果から、赤身肉あるいは国産牧草牛のマーケット構築、特に農家のダイレクトマーケティング構築を目指す必要があると思われる。

(5) 考察

ウシは本来ヒトが消化できない植物中繊維質を分解吸収し、タンパク質源として食肉を生産し、ヒトに供給する物質循環機能を担う草食動物である。本研究では高騰する輸入飼料に過度に依存し、過剰糞尿、BSE等食の安全など課題を抱えるシステムからの脱却を図る新しいシステムの基盤的仕組みを構築することができた。個々の素養技術は、まだ改善が必要であるが、持続的な牛肉生産システムの構築に向けたデザインイン型の基盤的仕組みを実証できたと考えている。今後、農業者が未来に希望をもち、産業として世界と戦えるよう畜産業をさらに構造改革したい(図4)。



図4. 先端科学技術と国土活用型の革新的牛肉生産システム構想

<引用文献>

Zhang, Y., Otomaru, K., Oshima, K., Goto, Y., Oshima, I., Muroya, S., Sano, M., Saneshima, R., Nagao, Y., Kinoshita, A., Okamura, Y., Roh, S., Ohtsuka, A., Gotoh, T. Effects of low and high levels of maternal nutrition consumed for the entirety of gestation on the development of muscle, adipose tissue, bone, and the organs of Wagyu cattle fetuses. Animal Science Journal, 92(1) e13600 (2021) (doi: 10.1111/asj.13600)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 S. Muroya, Y. Zhang, K. Otomaru, K. Oshima, I. Oshima, M. Sano, S. Roh, K. Ojima, T. Gotoh	4. 巻 12
2. 論文標題 Maternal Nutrient Restriction Disrupts Gene Expression and Metabolites Associated with Urea Cycle, Steroid Synthesis, Glucose Homeostasis, and Glucuronidation in Fetal Calf Liver	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Metabolites	6. 最初と最後の頁 203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/metabo12030203	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Zhang, Y., Otomaru, K., Oshima, K., Goto, Y., Oshima, I., Muroya, S., Sano, M., Roh, S., T, Gotoh	4. 巻 12
2. 論文標題 Maternal Nutrition During Gestation Alters Histochemical Properties, and mRNA and microRNA Expression in Adipose Tissue of Wagyu Fetuses	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Endocrinology	6. 最初と最後の頁 797680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fendo.2021.797680	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Muroya, S., Zhang, Y., Kinoshita, A., Otomaru, K., Oshima, K., Gotoh, Y., Oshima, I., Sano, M., Roh, S., Oe, M., Ojima, K., Gotoh, T	4. 巻 11
2. 論文標題 Maternal Undernutrition during Pregnancy Alters Amino Acid Metabolism and Gene Expression Associated with Energy Metabolism and Angiogenesis in Fetal Calf Muscle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Metabolites	6. 最初と最後の頁 582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/metabo11090582	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Zhang, Y., Otomaru, K., Oshima, K., Goto, Y., Oshima, I., Muroya, S., Sano, M., Saneshima, R., Nagao, Y., Kinoshita, A., Okamura, Y., Roh, S., Ohtsuka, A., Gotoh, T	4. 巻 92
2. 論文標題 Effects of low and high levels of maternal nutrition consumed for the entirety of gestation on the development of muscle, adipose tissue, bone, and the organs of Wagyu cattle fetuses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Animal Science Journal	6. 最初と最後の頁 e13600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/asj.13600	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Khounsaknalath, S., Etoh, K., Sakuma, K., Saito, K., Saito, A., Abe, T., Ebara, F., Sugiyama, F., Kobayashi, E., T, Gotoh	4. 巻 99
2. 論文標題 Effects of early high nutrition related to metabolic imprinting events on growth, carcass characteristics, and meat quality of grass-fed Wagyu (Japanese Black cattle)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Animal Science	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jas/skab123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 後藤貴文	4. 巻 345
2. 論文標題 スマートフォンで牛を飼う-DXで牛肉生産の構造改革-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子技術協会報FORN	6. 最初と最後の頁 40-43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 後藤貴文	4. 巻 58巻
2. 論文標題 エビジェネティクスを基盤とした代謝プログラミングの牛肉生産への応用ポテンシャル	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 280 - 287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 後藤貴文	4. 巻 臨時増刊号
2. 論文標題 放棄地植物資源を利用した新しい畜産システム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 農業と経済	6. 最初と最後の頁 19-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 後藤貴文	4. 巻 2019年11月号
2. 論文標題 新しい酪農経営のかたち～ジャージー牛のミルクと肉を丸ごと楽しむ経営 安原氏の挑戦～	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 畜産の情報	6. 最初と最後の頁 48 - 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 後藤貴文	4. 巻 9月号
2. 論文標題 放牧型畜産への先端技術の利活用：IT技術を活用した高度放牧管理システム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 畜産技術	6. 最初と最後の頁 27-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Farschtschi, S., I. Riedmaier-Sprenzel, O. Phomvisith, T. Gotoh, M. W. Pfaffl.	4. 巻 193
2. 論文標題 The successful use of -omic technologies to achieve the 'One Health' concept in meat producing animals.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Meat Science	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.meatsci.2022.108949	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計14件(うち招待講演 7件/うち国際学会 7件)

1. 発表者名 後藤貴文
2. 発表標題 家畜生産へのDOHaD仮説の逆説的応用の可能性
3. 学会等名 第45回日本女性栄養・代謝学会学術集会 / 第10回日本DOHaD学会学術集会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤貴文
2. 発表標題 放牧におけるDXのポテンシャルと食肉生産
3. 学会等名 日本学会議公開シンポジウム「グリーン・デジタルによる持続的食料生産：環境保全型DX支援放牧のポテンシャル」（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤貴文
2. 発表標題 放牧で美味しく健康的な黒毛和牛を育てる技術
3. 学会等名 第11回「食と健康に関するシンポジウム」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takafumi Gotoh
2. 発表標題 Changing production system in Japan
3. 学会等名 WAGYUEDGE CONFERENCE（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤貴文
2. 発表標題 代謝プログラミングと国土を活用した新しい牛肉生産システムの構築
3. 学会等名 超異分野学会益田フォーラム
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 R. Saneshima, S. Shimamoto, D. Ijiri, A. Ohtsuka, Y. Okamura, T, Gotoh
2 . 発表標題 Effects of serums derived from Wagyu calves fed different nutrition on adipocyte differentiation
3 . 学会等名 European Association for Animal Production (EAAP) Annual Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 S. Muroya, Y. Zhang, A. Kinoshita, K. Oshima, Y. Gotoh, I. Oshima, K. Otomaru, M. Sano, S. Roh, M. Futohashi, M. Oe, K. Ojima and T. Gotoh
2 . 発表標題 Effect of poor maternal nutrition on skeletal muscle microRNA expression of foetal calves
3 . 学会等名 European Association for Animal Production (EAAP) Annual Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Takafumi Gotoh
2 . 発表標題 Potential of metabolic programming in beef production
3 . 学会等名 2020 international conference of the cooperation and integration of industry, education, research and application. Neo-agriculture education & intelligent animal husbandry (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 後藤貴文
2 . 発表標題 地球規模で考える放牧による牛肉生産の意義と未来
3 . 学会等名 第27回日本産肉研究会
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤貴文
2. 発表標題 ウシにおける代謝プログラミングの可能性
3. 学会等名 第128回日本畜産学会、個人企画シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Zhang, R. Saneshima, Y. Nagao, A. Kinoshita, K. Oshima, Y. Goto, I. Oshima, M. Sano, S. Muroya, S. Roh, M. Futohashi, Y. Okamura, T. Otomaru, M. Furuse, T. Gotoh.
2. 発表標題 Effects of excess and limited dietary nutrition during whole period of gestation on organs development in Wagyu cattle.
3. 学会等名 International Symposium on Ruminant Physiology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Zhang, R. Saneshima, Y. Nagao, A. Kinoshita, K. Oshima, Y. Goto, I. Oshima, M. Sano, S. Muroya, S. Roh, M. Futohashi, Y. Okamura, T. Otomaru, M. Furuse, T. Gotoh.
2. 発表標題 Effects of excess and limited dietary nutrition during whole period of gestation on fetal development in Wagyu cattle.
3. 学会等名 2019 DOHaD international (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Gotoh
2. 発表標題 Regulation of Meat Quality and Quantity by Metabolic Programming in Wagyu.
3. 学会等名 Brain Korea Plus seminar program (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Gotoh
2. 発表標題 Potential of grass-fed Wagyu and application of epigenetics in beef production.
3. 学会等名 68th international congress of meat science and technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 猪熊壽, 加藤敏英, 後藤貴文, 佐藤繁, 芳賀聡, 松崎正敏	4. 発行年 2021年
2. 出版社 緑書房	5. 総ページ数 343
3. 書名 新しい子牛の科学	

1. 著者名 後藤貴文	4. 発行年 2019年
2. 出版社 農林統計出版株式会社	5. 総ページ数 2
3. 書名 ICTによる放牧牛の個体管理、『新スマート農業』—進化する農業情報利用—	

1. 著者名 後藤貴文 (伏木 亨 編)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 442
3. 書名 食の現代社会論	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------