

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）
研究課題別中間評価報告書

1. 研究課題名

デジタルプラットフォームを活用したルーメン微生物フローラと草地管理の最適化による牛肉バリューチェーン創出プロジェクト
(2022 年 8 月 ～ 2027 年 8 月)

2. 研究代表者

- 2.1 日本側研究代表者：大蔵 聡（名古屋大学 大学院生命農学研究科 教授）
2.2 相手側研究代表者：Lorena Aguayo Ulloa（コロンビア農業・牧畜研究機構 博士研究員）

3. 研究概要

自生の草地における放牧を主とするコロンビアの肉牛生産は、単位面積当たりの飼養頭数の少なさや増体速度の遅さという課題を有している。また、国際市場における grass-fed 牛へのニーズの高まりを受け、トレーサビリティシステムの確立と普及も求められている。本プロジェクトは、コロンビアの強みである牛と草種の遺伝的多様性を生かし、放牧システムを維持しつつ、肉牛生産におけるこれらの課題解決に向け、牛の生育に強く関連する、牛第 1 胃に生息するルーメン微生物叢を活用し、牛肉の質と生産性向上に資するルーメン液移植技術を開発する。また衛星リモートセンシング技術を利用し、樹木と共存しつつ牧草の安定供給を実現する草地管理システムを開発する。コロンビア産牛肉の grass-fed 認証に向けたトレーサビリティシステムをはじめとする情報・サービスを提供するデジタルプラットフォーム（DP）を通じて、地域の畜産コミュニティの生産性を向上させ、牛肉の質を担保し、さらに欧米市場への牛肉輸出を振興させることを目標としている。また、将来的には、地域の特色を活かした牛肉の生産構造の最適化を支援するスマート畜産地域モデルの普及に貢献し、農家の収益向上を目指す。

以上を達成するため、以下 4 項目の基礎・応用研究を行う。

- 研究題目 1：肉牛生産サイクルに最適化されたデジタルプラットフォームの構築
研究題目 2：ルーメン微生物叢評価と増体能力評価の統合による牛肉生産技術の効率化
研究題目 3：牛肉生産を支える草地 AI 管理・飼料生産技術の開発
研究題目 4：地域の畜産コミュニティにおける grass-fed 牛肉生産技術情報の共有
加えて、専門家の養成および農民の啓発を推進し、社会実装を目指す。

4. 評価結果

総合評価：B

（所期の計画以下の取組みであるが、一部で当初計画と同等又はそれ以上の取組み

もみられる)

本プロジェクトは、新型コロナウイルス感染拡大の影響により詳細計画策定調査は首都のボゴダでのみで実施され、その後も現地への渡航が制限される中で開始した。徐々に国際共同研究体制が整いつつあるものの、時差や距離の問題もあり、研究題目いずれにおいても当初計画に対して遅れがみられた。加えて、プロジェクト提案時の全体研究計画の不十分さにより、プロジェクト計画もいくつかの修正を余儀なくされた。

例えば、本プロジェクトでは当初肉牛の繁殖を担う小規模農家を主な対象としたが、grass-fed認証はウシの生涯にわたる給与飼料が牧草由来のものであることを担保する必要があるため、小規模農家のみならず、肥育を担う中・大規模農家も開発するDPの利用者として想定する必要があるが生じた。トレーサビリティシステムについてもプロジェクト開始後、ワクチン接種証明のために導入された既存のシステムとの統合が求められたが、中間評価時点ではまだコロンビア側と具体的な合意には至っていない。

ルーメン微生物叢の移植によるウシの増体を図る研究は、ユニークな試みであり、成功した場合、科学的インパクトも大きいと予想される。しかし、現状ではルーメン微生物叢の特性と個体の生理的特性や地域性、微生物叢と成長性との関連性についてデータを収集・解析中であり、プロジェクト期間内に新たな研究開発成果を実践、あるいはそれに向けた政策等の提言につなげる目処は立っていない。終了時までには一定の成果を創出できるよう、計画や研究体制の再検討が必要と思われる。

草地AI管理・飼料生産技術開発については、現場の実態やコロンビア側の要望をふまえ、牧草栽培地における輪牧システムの開発と欧米市場の要求する草地への樹木の導入に課題を修正し、衛星画像を用いたモニタリングシステムを開発している。しかし、DPIにどのように統合するのか、また、牛の自生種に依存した放牧経営というコロンビアの実態とどのように整合性をつけるのかなど、まだ検討すべき点が残されている。

加えて、研究成果の重要な指標である論文数が少なく、学会等での発表も限られている。今後、若手人材の育成と合わせて、インパクトのある論文に発表できる成果を創出することを期待する。

以上のことから、所期の計画に比して遅れをとっていると言わざるを得ない。今後は、コロンビア側および日本側若手研究者の育成に力を注ぐとともに、プロジェクトの到達点を明確にし、加速化を図っていただきたい。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

プロジェクト活動が全体的に停滞しているため、今の活動ペースでは終了時にプロジェクト目標を達成できるかどうか不安視される。一般的に、国際共同研究の前提として、多様なステークホルダー間の調整が困難で時間がかかることは一定程度想定しておくべきであり、今後は、プロジェクト目標の達成に向けてより積極的な活動を期待する。

新しく開発を目指すDPを用いた認証システムについては、コロンビア農業研究所（ICA）が運用しているワクチン接種のトレーサビリティシステム（略称：SINIGAN）とプロジェクトで開発するgrass-fedトレーサビリティシステム間でデータを連携することで、より完全なトレーサビリティに裏付けされたgrass-fed認証システムが構築できると期待された。しかし中間評価の時点で、ICAとの連携運用に関する協議が白紙であることは残念である。両国の関連機関が協力し、協議を継続していただきたい。

ルーメン微生物叢を移植し、牛の生産性向上を目指す技術開発は、新規性の面からも、本プロジェクトで開発する技術の要である。コロンビアのように、世界各地から導入された牛の品種が交雑し、雑種化の進んだ環境において、個体の増体を図る手段としてルーメン移植に効果があれば、非常にインパクトがある成果となる。しかし、牛の個体間や飼育環境でルーメン微生物に差異があることはすでに知られているが、現状は、牛の生育促進や健康増進に寄与するルーメン微生物叢を同定できる段階には至っていない。残りの研究期間で、牛の増体に貢献するルーメン微生物を特定し、地域に適したドナー牛を選抜し、牛の増体を図る技術を開発できるかどうかは不明である。

また、衛星リモートセンシング技術については、バイオマス推定モデル開発およびスペクトルミクスチャー解析は着実に進んでいる。技術開発の方向性は妥当と思われるが、DP にどのように反映させ、それによってコロンビアの課題がどう解決されるのか、プロジェクト期間中に何をどこまで普及させるのかを見極める必要がある。

さまざまな条件変化や計画策定時には想定されなかった変更が生じており、進捗が遅れている研究項目があるとはいえ、それらへの対応の中でポジティブに評価できる成果も見られる。リモート運営に過度に依存せず、日本側研究者も現地をよく見た上で、計画の見直しや絞り込みによるプロジェクト後半の加速に期待したい。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

プロジェクト立ち上げ時の事前協議が不十分であったことから、研究体制が効率的に機能していないように見受けられる。特に、プロジェクト実施に先駆けて収集すべきベースライン情報（自然条件、社会条件、コロンビア畜産業や畜産農家の実態、畜産行政等）が、プロジェクト半ばに至っても体系的に示されていないのも、それを担うべき人材が適切に配置されていないことが要因と思われる。したがって、grass-fed トレーサビリティシステムやルーメン移植技術、牧草のベストミックスや輪牧システムが開発されても、コロンビアの畜産生産者の実態との整合性が示されていないと、ポストプロジェクトの自律的展開は望めない。プロジェクト後半で着実に実現できる研究開発項目を洗い出し、コロンビアでの継続的な運用体制の構築を目指す必要がある。

これまでの研究活動においてさまざまな障害があったことは理解するが、プロジェクトの活動の遅れを外部要因に帰するだけではなく、日本側研究者全員が当事者意識を持ってプロジェクトを運営していただきたい。

研究費についても、プロジェクトの後半では、研究計画の集中化とそれに則した適切な予算執行を行っていただきたい。

コロンビア側への供与機材については、ほぼ予定通りに搬入が行われた。しかし、中間評価の時点では、機材の設置は完了したものの、利用はまだ始まったばかりであった。コロンビア側の研究代表機関である農業・牧畜研究機構（AGROSAVIA）の研究者は、現地調査で確認した限り意欲的であるため、供与機材の活用が今後の研究を加速することを期待する。

4－3. 科学技術の発展と今後の研究について

研究テーマの背景にある課題の整理が不十分なため、研究計画のさらなる精査が求められる。特に、ルーメン微生物の移植による牛増体効果の実験については、実施可能な目標を設定することで、一定の成果が得られるようにすることも検討いただきたい。ルーメン微生物叢の研究は世界的に見ても研究成果のインパクトは高いため、プロジェクトからの新しい発見と説得力のある成果に期待したい。

DP については、その完成図をもとに、プロジェクト期間内にどこまで到達させるのか、プロジェクト終了後はどの機関が維持発展させるのかを明らかにしていただきたい。特に、既存のトレーサビリティシステムである SINIGAN を運用している ICA との連携の可否やそのあり方は、早急に見極めていただきたい。また、バイオマス推定モデルや草地における樹木の評価についても、コロンビア既存の grass-fed 認証に対し、プロジェクトが開発しているトレーサビリティの保証された付加価値付き認証や、樹木の評価も含めた高付加価値認証というアイデアはあるにしても、その実現をコロンビア側共同研究機関に全面的に託すのではなく、プロジェクト期間内に具体的な開発・実装ステップを示していただきたい。

現時点では、プロジェクトに関連する論文発表はなく、学会等での発表も限られている。しかし、各研究題目で学会発表に足るデータが蓄積されつつあり、今後は論文発表されることも期待したい。

また、日本人若手研究者を現地に派遣してコロンビアの畜産の現場を体験してもらい、国際的に活躍できる日本人人材の育成に取り組んでいただきたい。

4－4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

研究環境に様々な制約がある中であつたが、人的交流の構築に向けて積極的な取り組みが行われている。コロンビア側研究者はプロジェクトに対して非常に前向きな姿勢が見受けられる。日本とコロンビアの畜産業では実態が大きく異なるが、日本の肉牛トレーサビリティの現場の視察等を含む交流の機会を設けており、相互理解を深めることに貢献している。引き続き、相手国側研究機関及び研究者の自立性・自主性が向上し、プロジェクト終了後も持続的に研究活動が実施されるよう、人的交流に取り組んでいただきたい。

一方、持続的研究活動のためには、開発した技術に係る研究成果の認知度を向上させる必要もあり、そのため、研究成果のアウトリーチ活動は重要である。本プロジェクトでは、これまでのところ、アウトリーチ活動が十分ではないため、プロジェクトの後半、少なくともコロンビア国内で、プレス発表などを活用したアウトリーチ活動を積極的に行い、研究成果の認知度の向上を図る活動を期待する。

4-5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

1. 現在開発中の科学技術について、ひとつひとつ精査し、現場に直接応用できるもの、政策等に反映させるべきもの、共同研究機関である AGROSAVIA が研究開発を引き継ぐべきもの、等の仕分けを行い、それに相応しい研究者が配置されるよう体制の見直しを行っていただきたい。プロジェクト後半では、何を重点的に取り組むべきかについて議論し、その重要性や達成可能性を考慮し、優先順位をつけた「選択と集中」を行って研究を推進していただきたい。
2. 上記 1. に関連して、日本側の研究参加者について、現状のままでプロジェクト目標を遂行できるのか、十分検討していただきたい。輪牧システムの開発や肉質の数値化等、AGROSAVIA が主として担っている課題もあるというものの、日本側メンバーが実質 3 名では、課題の広がりには欠ける。また、コロンビア側では国際熱帯農業センター（CIAT）が参画しているが、中間報告の段階では、CIAT 研究者の活動がよく見えなかった。役割を明確にし、プロジェクト活動に積極的に参画させることを期待する。
3. 本プロジェクトの掲げる DP とは、grass-fed トレーサビリティシステムのみを表すのではなく、肉牛の肥育管理や草地管理を含むサービス提供であるなら、本プロジェクトではどこまでを完成させるのか、また終了後の DP はどの機関がメンテナンスを行い、発展させるのかについて、予め想定してプロジェクトを遂行することが必要である。コロンビア側に提供する衛星データ解析プログラムは、クラウドコンピューティング対応を見据えるなど、不要な資金、人的リソースは可能な限り投入することのないシステムとして開発することが望ましい。
4. 認証に関わる DP に整備する情報やデータは、認証上の重要度に応じて、その理由、根拠を説明するとともに整理していただきたい。関連して、最終的にコロンビアにおいて十分に適切な環境配慮の下で生産され、grass-fed 認証されて国内市場、海外市場に出荷、輸出される牛肉の品質、生産量について、目標値を段階的に示してプロジェクトを遂行していただきたい。

5. Grass-fed 認証については、すでに AGROSAVIA に協力している肥育牧場において耳票を設置し、屠畜場までトレースできたことを確認したとのことであるが、全生育期間を通したトレーサビリティが欧米市場の要求であれば、繁殖農家へのアプローチが必要となる。プロジェクト期間内にどの範囲で実証を行うのか、また普及に向けてどのような取り組みを行うのかについて、早急に検討し実施していただきたい。
6. ルーメン移植による牛の生育促進・健康増進はテーマとしては興味深いが、ルーメン微生物叢の特性と牛個体の生理的特性や成長性との関連性の解析がなされていない。この解析結果がなければ地域に適したドナーの選抜が不可能であり、ルーメン液移植の科学的根拠が稀薄となる。農場単位でのサンプル採取ではなく、(遺伝的特性を識別した) 個体単位でのサンプル採取と生理的・成長特性の把握が必要と思われる。
7. 衛生画像データによる草地のバイオマス解析では、量のみではなく、質的な評価も加えることが望ましい。画像解析から葉色の濃淡を判別して葉の窒素濃度（ひいてはタンパク質濃度）の推測が可能と思われる。このデータを用いることにより、牛の成長性や肉質への影響が推測できる。また、本研究の出発点である乾季の飼料不足問題に関連して、プロジェクトサイトに選んだシヌ川上、中、下流域の気象データも併用し、乾季の飼料問題、すなわちバイオマス等における課題をベースラインとして明示し、解決策としてのベストミックス等の提案を行っていただきたい。
8. 本プロジェクトは、「DP を活用した grass-fed 牛肉バリューチェーン強化のための技術基盤が確立する」というやや抽象的な目標を掲げているが、各研究題目が「技術基盤」を構成すると解すれば、それらがどのように現場で実行に移されるのかについて、具体的な展開戦略や明確な手法をもって取り組んでいただきたい。今後のプロジェクト遂行の基本的な方向性と体制を改めて整える必要がある。

以上

成果目標シート

研究課題名	デジタルプラットフォームを活用したルーメン微生物フローと草地管理の最適化による牛肉バリューチェーン創出プロジェクト
研究代表者名 (所属機関)	大蔵 聡 (国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院生命農学研究科 教授)
研究期間	2021採択(2021年6月1日～2027年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	コロンビア共和国／AGROSAVIA(コロンビア農業・牧畜研究機構)、CIAT(国際熱帯農業センター)、FEDEGAN(コロンビア畜産連盟)
関連するSDGs	目標 9 強靱(レジリエント)なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る目標 1. 目標 15.

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	・国際的なトレーサビリティ、品質基準に準拠した肉牛生産安定化による調達の確保 ・日本企業による成果の事業化
科学技術の発展	・ウシルーメン微生物叢と生産性との関係の解明 ・衛星利用技術の推進
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	・熱帯地域に適応したスマート畜産技術 ・畜産分野におけるデータの標準化 ・牧草地における衛星利用の推進 ・牧草地土壌及び、土壌由来GHGなどのデータ
世界で活躍できる日本人人材の育成	・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	・コロンビア肉牛生産データプラットフォーム ・コロンビア研究機関との研究ネットワーク
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・ウシの生産性に関与するルーメン微生物叢の解明 ・衛星を利用した牧草生産性モニタリング技術 ・畜産分野におけるデジタルプラットフォーム技術

上位目標

対象地域においてgrass-fed牛肉バリューチェーンが構築される。

開発されたデジタルプラットフォームが対象地域のxxx%の畜産農家に利用され、デジタルプラットフォーム(DP)で登録されたGrass-fed認証牛肉が、国内及び国際市場で流通する。

プロジェクト目標

DPを活用したgrass-fed牛肉バリューチェーン強化のための技術基盤が確立する。

プロジェクトが開発したDPが利用される(1屠畜場 & 100農家)

地域に適したルーメン微生物叢をもつ母牛の選抜と生育促進効果の検証(3環境×10頭)

肥育頭数と乾期の増体維持に必要な補給放牧管理モデルの開発(肥育可能頭数が1.0頭/ha以上)

ミートクラスター地域の畜産コミュニティに対して開発技術の普及

ユーザー(子ウシ生産、肥育農家、屠畜場併設食肉加工業者)レベルの機能を検証

子ウシの標準生育曲線と増体予測モデルを開発

周年での増体を支える飼料生産技術の確立(日増体重300g)

肉牛生産サイクル最適化のためのDPを実装、整備

ルーメン液移植によるルーメン微生物叢定着技術および子ウシの成長促進技術を開発・検証

リモートセンシングによる牧草生育予測の確立(TDN×biomass精度80%)

Grass-fed認証制度構築のための行動計画を策定

プロジェクトで開発するDPの仕様を確定

ウシ交雑集団におけるルーメン微生物叢のメタゲノム解析(10頭)

地域に適したリモートセンシング解析技術の開発

FEDEGAN内部にDPを利用したgrass-fed認証を行う担当チームの設置

デジタルプラットフォーム(DP)の構築

生物資源の最大活用

草地AI管理

畜産コミュニティへの導入



図1 成果目標シートと達成状況(2024年12月時点)