

【小池プロ】牛ルーメンマイクロバイオーム完全制御によるメタン80 %削減に向けた新たな家畜生産システムの実現

プロジェクトマネージャー（PM）：小池 聡（北海道大学 教授）

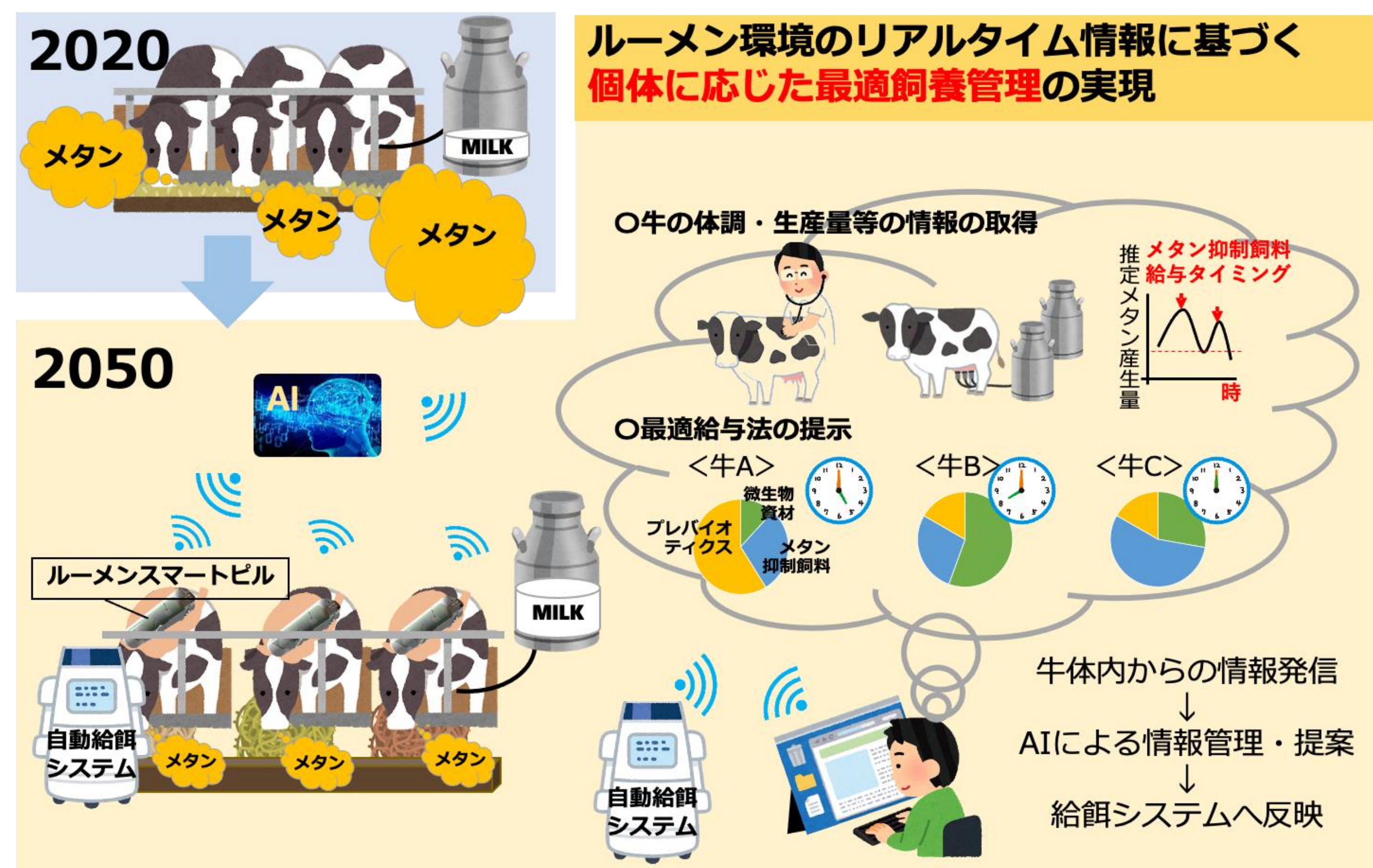
研究背景とありたい姿

【背景】

牛ルーメンの微生物発酵で生じるメタンは、温暖化ガスであるばかりでなく、飼料エネルギーの損失です。発酵制御によりメタン合成を最小化し、多くのエネルギーを乳肉生産に振り分ければ、**温暖化緩和と家畜生産向上の両立**につながります。

【ありたい姿】

2050年までに牛のゲップメタンを80%削減し、温暖化抑止をはかるとともに、牛の乳肉生産効率を10%向上させます。同時に飼料に用いていた穀物を100%人類に回せるような家畜生産システムを構築し、人類の食料リスク回避に貢献します。



主な研究成果、進捗状況

- ① 低メタン産生牛由来の新規細菌とそれをサポートする細菌を分離・特定し、完全合成培地を用いた大量培養に成功
- ② 主要ルーメン発酵産物の検出と長期連続動作が可能な共振式センサを開発し、低消費電力通信技術を搭載した経口投与型スマートピルのプロトタイプ製作に成功
→ メタンの大幅削減に必要な不可欠なルーメン発酵のリアルタイムモニタリングデバイス（スマートピル）開発に向けて着実に前進
- ③ 実験室レベルで40%以上（うち植物由来素材は90%以上）のメタン抑制効果を持つ新規素材を発見するとともに、乳牛の飼養試験データに基づき、メタン生成量の推定および各種変数間の関係性を解析するシミュレーション技術を開発

社会実装の状況と今後の方向性

実装ロードマップ（2026年～2035年以降）



Phase 0 (2026-2027) 事業性調査と経営人材選考、MS506発スタートアップ立ち上げ

Phase 1 (2027-2030) 研究用途で普及、データ蓄積と技術の精緻化

Phase 2 (2030-2035) フルスペックサービス展開、既存企業等とのパートナー提携でBtoB方式に移行

Phase 3 (2035以降) 世界展開と標準化へ

【小池プロ】（主要成果1）低メタン産生牛に共生するプロピオン酸増強菌を活用したメタン低減技術の開発

佐々木修（農研機構畜産研 上席研）、神谷裕子（農研機構畜産研 上級研）、真貝拓三（農研機構畜産研 グループ長）、時田恵一郎（名古屋大学情報学研究科 教授）、藤田和政（全農飼料畜産中央研究所 室長）

研究背景

牛乳や牛肉の食料需要が世界的に高まっており、2035年までの10年間で牛肉生産量が8%、乳生産量が22%増加すると試算されています。一方、牛のゲップに含まれるメタンの排出量は、世界の温室効果ガス排出量の5%を占めることから、地球温暖化抑制のために削減が必要です。そのため、乳・肉の生産性向上とメタン排出削減を両立させる技術の開発が求められています。

具体的成果、進捗状況

生菌資材利用に向け、低メタン産生牛に特徴的に多く存在する新種の細菌を特定し分離・培養化に成功

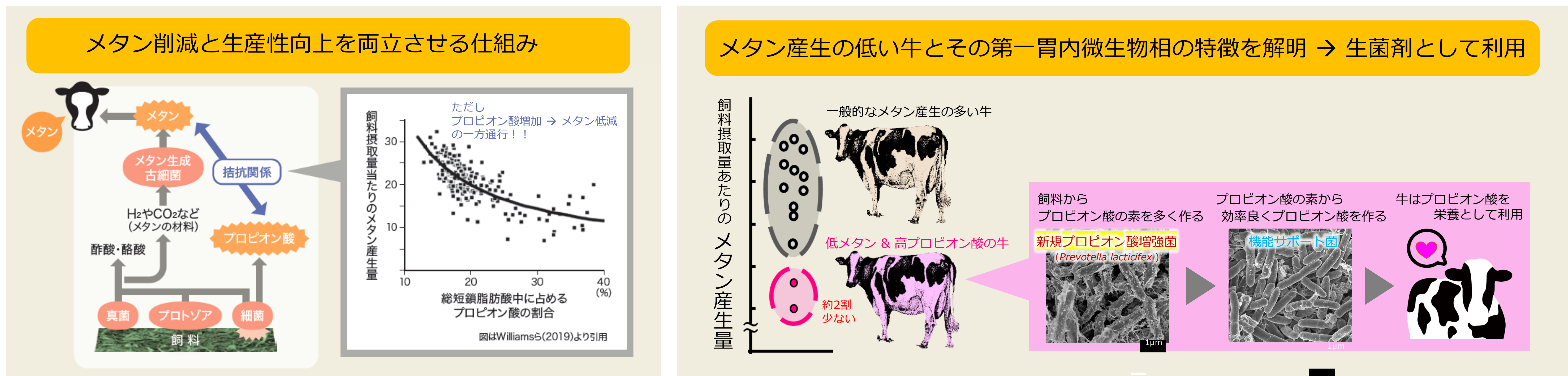
メタン産生の少ない牛は、メタン産生と拮抗して生産性向上につながるプロピオン酸を多く産生しており、その牛の第一胃から分離した新種の細菌に、プロピオン酸の前駆物質を多く産生する能力があることを明らかにしました（新規プロピオン酸増強菌）。

新規プロピオン酸増強菌と共存して効率的にプロピオン酸を産生する細菌を特定し、分離・培養化に成功

新規プロピオン酸増強菌が作るプロピオン酸の前駆物質を効率的にプロピオン酸に変換する細菌を特定し、分離に成功（機能サポート菌）。共培養でのプロピオン酸増強効果を確認しました。

完全合成培地を開発し、大量培養に成功

工業生産するための培地を開発し、培養スケールアップを進めています。



今後の取組み

- ①プロピオン酸産生とメタン低減効果を最大化する
- ②生菌資材の保存安定性を高める

【小池プロ】（主要成果2） 発酵動態解明に向けたスマートピルの開発

伊藤寿浩（東京大学大学院工学系研究科 教授）、白石直規（農研機構ロボ研 主研）、
岡田浩尚（産総研ハイブリッド機能集積研 主研）、新井鐘蔵（農研機構動衛研 グループ長）

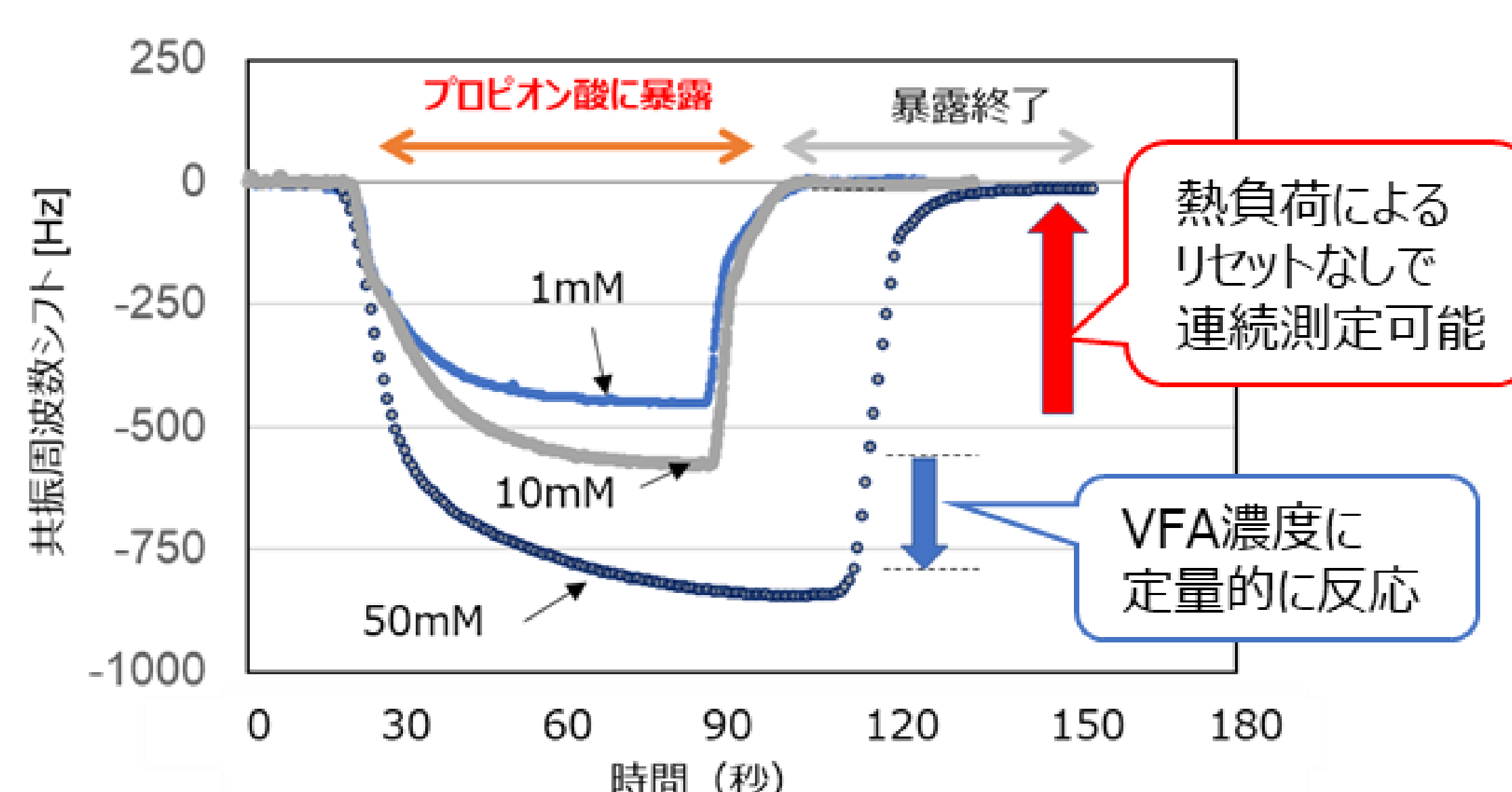
研究背景

牛の第一胃（ルーメン）に留置して揮発性脂肪酸（VFA）中のプロピオン酸の量（割合）を測定し、無線通信によってそれをリアルタイムモニタリングできるデバイス＝“スマートピル”が実現されれば、ルーメン内発酵動態の解明と、メタン生成の大幅削減に寄与すると期待できます。

具体的成果、進捗状況

VFA総量センサモジュールの開発

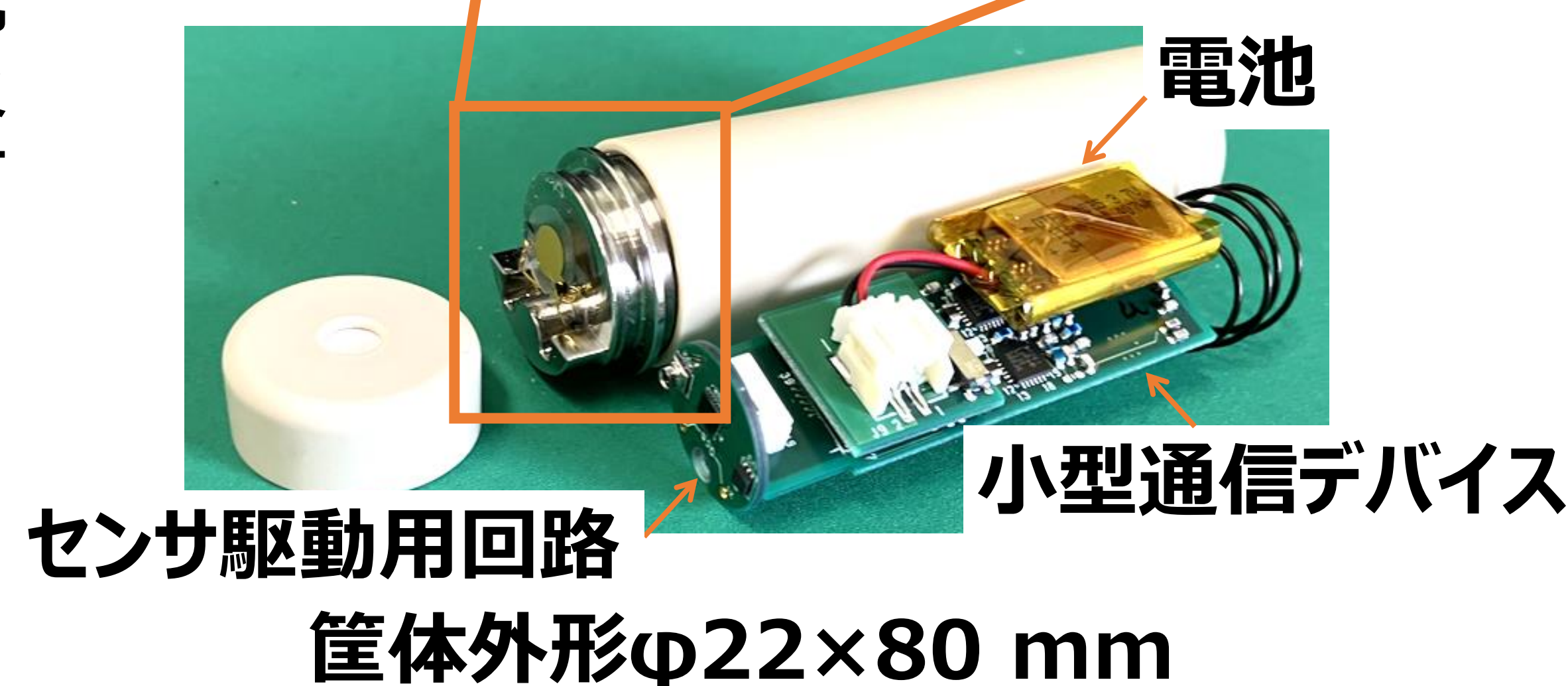
PBD（ポリブタジエン）を用いた共振式VFAセンサを開発し、牛ルーメン内で一般的に変動する濃度範囲（約1-100 mM）のプロピオン酸・酢酸・酪酸を検出可能であることを実験的に明らかにするとともに、牛ルーメン環境で3ヶ月以上連続動作することを実証しました。



プロピオン酸暴露による周波数シフト

経口投与型スマートピルプロトタイプを実現

VFA総量センサを搭載したスマートピルのプロトタイプを製作し、3ヶ月以上牛ルーメン内で連続稼働が可能であることを実証するとともに、直径22 mm x 長さ80 mmの経口投与型スマートピルの開発に成功しました。



超低消費電力長距離無線通信技術の開発

無線通信を成立させるためのみに使われる情報を最小化することで、スマートピルに必要な送信データ量の場合では、従来技術（LoRa）と比較し、約1/4以下の消費電力で通信できる通信技術とスマートピルに搭載できる小型通信デバイスを開発しました。



今後の取組み

- ①VFA組成センサとそれを搭載したスマートピルの実現
- ②無線通信モニタリングシステムの開発と実験農場等での実証モニタリング実験
- ③細菌発電電源の集積化およびスマートピルの長寿命化

【小池プロ】（主要成果3） メタン産生抑制飼料の開発及び最適飼養管理技術の確立

小池 聡（北海道大学 教授）、西田 武弘（帯広畜産大学 教授）、遠藤 哲代（道草研酪農試、研究主幹）、藤岡 宏樹（農研機構農情研、ユニット長）

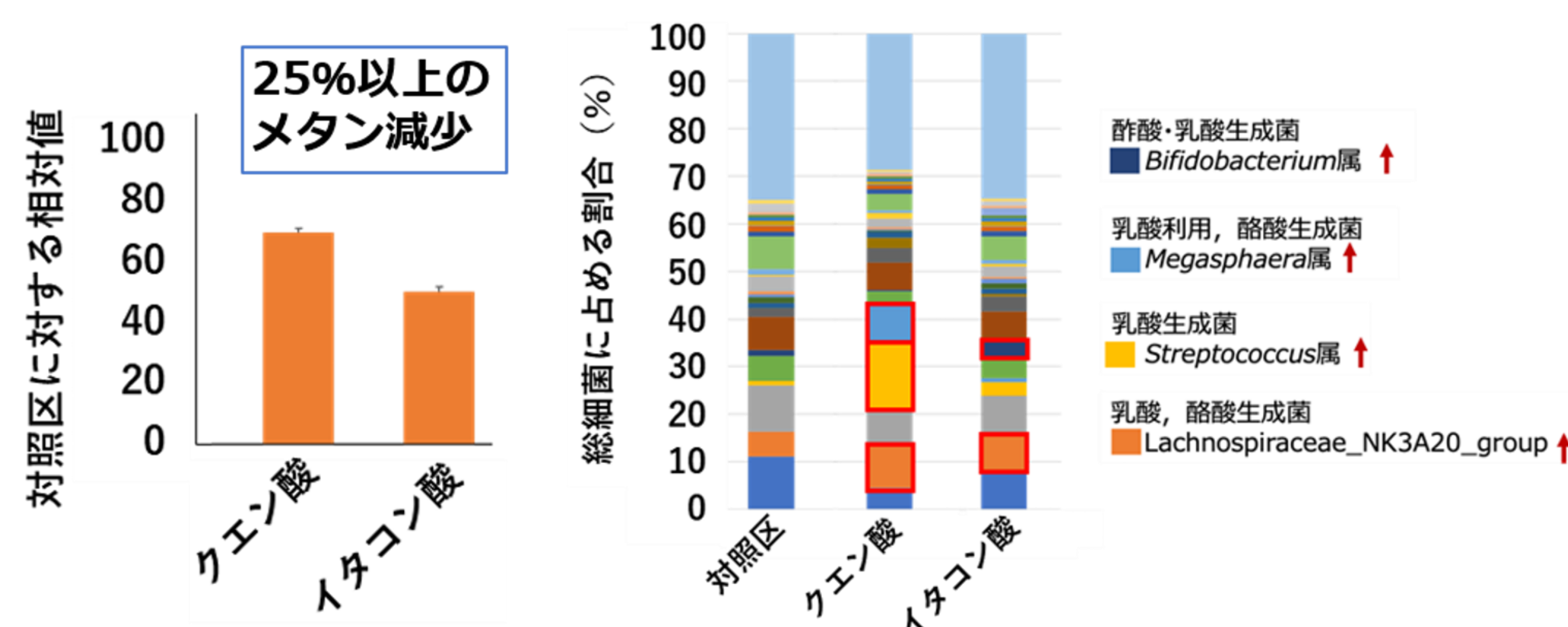
研究背景

ルーメン発酵で発生するメタンを抑制するための飼料はすでに市場に投入されていますが、さらに効果を高めるためには最適な給与量や給与タイミングの特定や複数素材の併用等が必要です。そのためには、より多くのメタン抑制飼料の選択肢を持つことと、それらの最適な活用法を提示するシステム開発が求められます。

具体的成果、進捗状況

メタン抑制効果を持つ有機酸を新たに特定

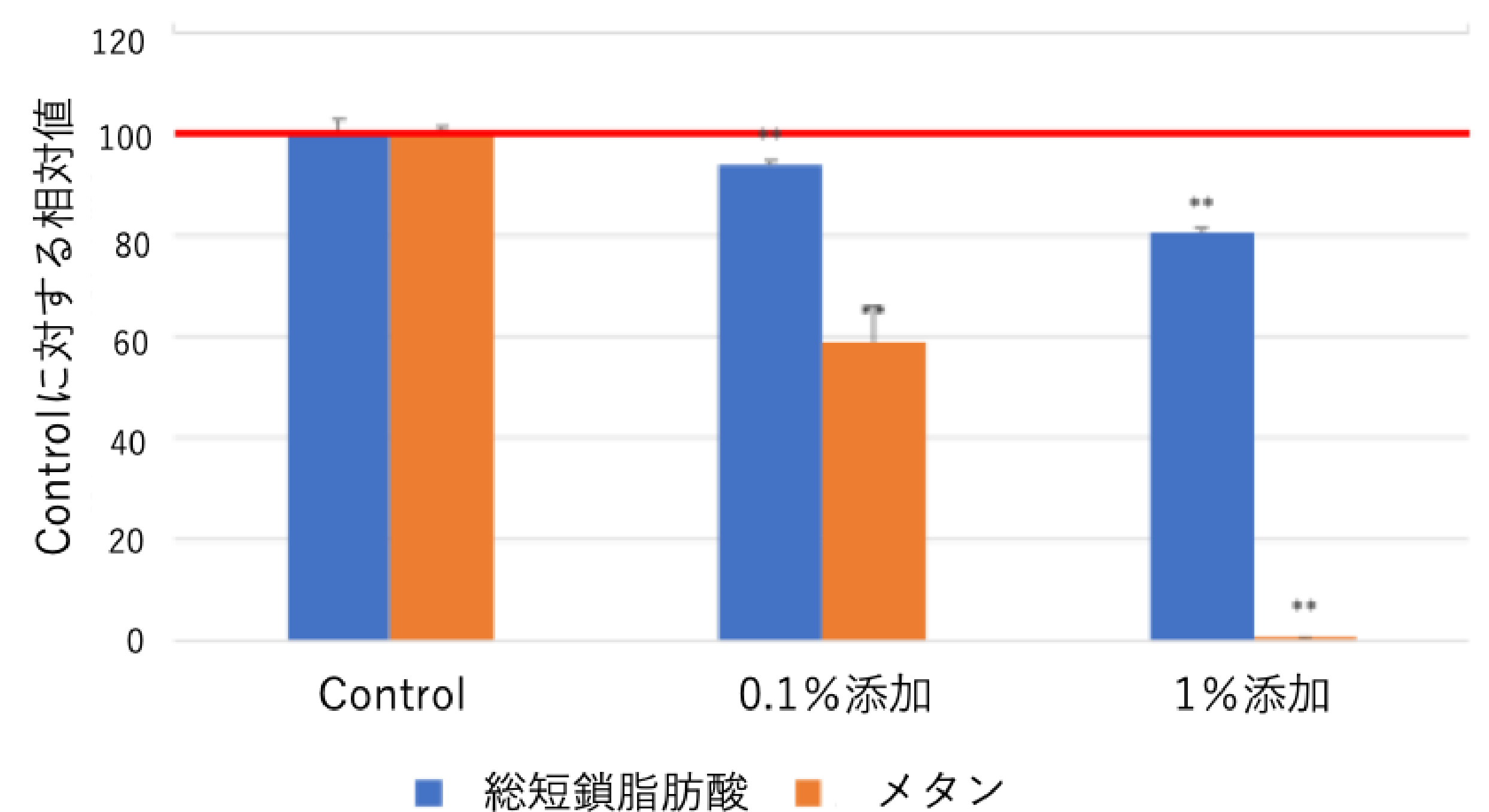
食品添加物にも使われるクエン酸にメタン抑制効果があることを発見しました。有機酸により乳酸を利用してプロピオン酸を産生する細菌が増加することで、低メタン型のルーメン発酵へと変化することを突き止めました。



有機酸によるメタン抑制効果と推定機序
(Yamada et al., 2023)

大幅メタン削減が期待される新規素材の発見

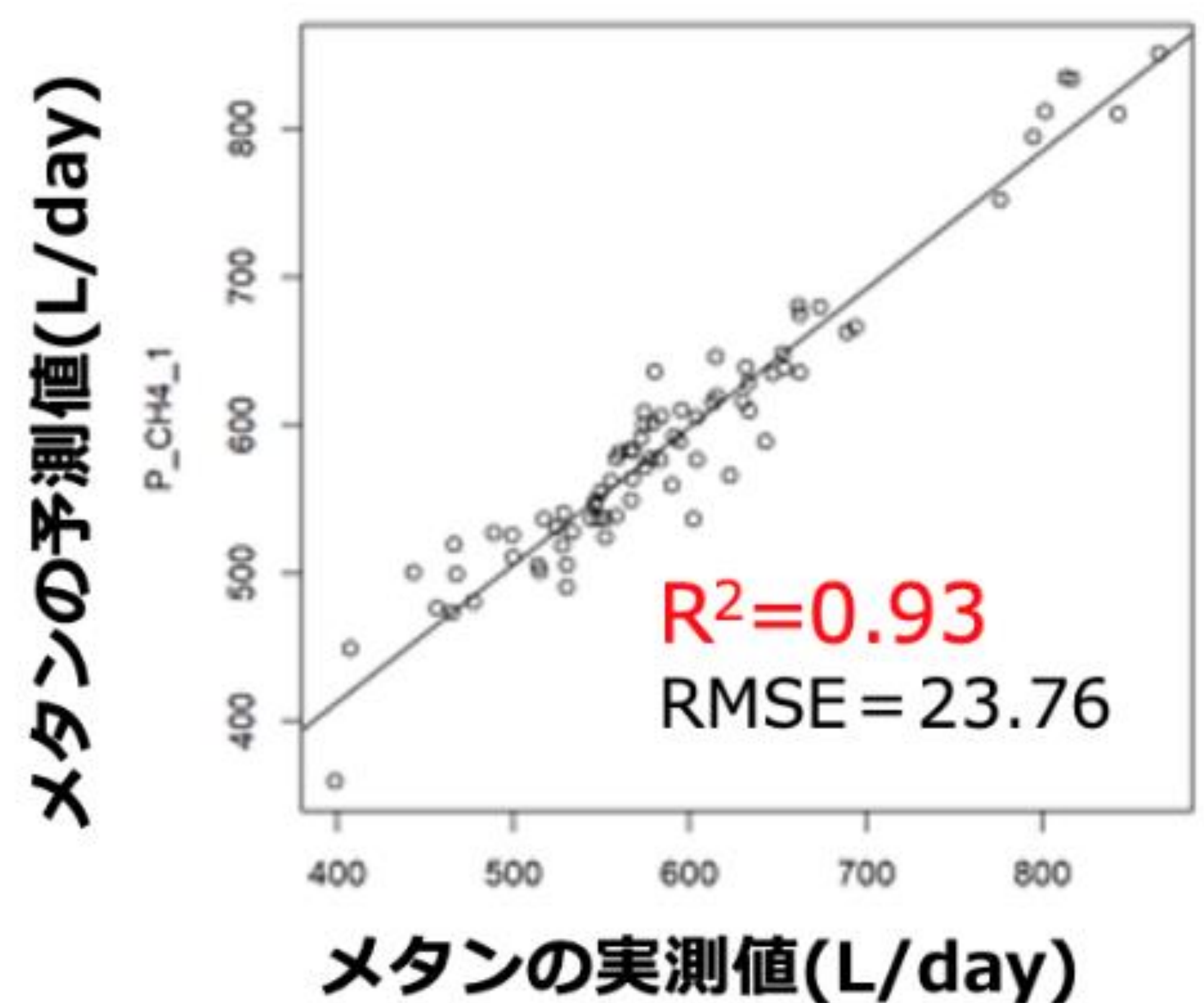
実験室レベルで40%以上のメタン抑制効果を持つ素材3種を新たに見出しました。なかでも90%以上の抑制効果が確認された植物由来素材は大幅メタン削減への貢献が期待されます。



植物由来素材によるメタン抑制効果

メタン生成量の推定モデルを構築

本研究プロジェクトで取得した乳牛の飼養試験データをもとにメタン推定モデルを構築しました。また、確率モデルネットワークにより変数の関係性を可視化し、メタン産生関連の情報と、ルーメン液の性状、乳量、飼料、牛の生体情報をつなぎ、関係性を解析するシミュレーション技術を開発しました。



今後の取組み

- ① 動物への給与試験で新規メタン抑制素材の効果を検証
- ② メタン生成量の推定モデル精緻化とアプリ化