

## 委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

<b>研究課題名</b>	農林水産分野における気候変動・環境対応プロジェクトのうち、農業分野における気候変動緩和技術の開発	<b>担当開発官等名</b>	研究開発官(基礎・基盤、環境)						
		<b>連携する行政部局</b>	大臣官房政策課技術政策室 大臣官房政策課環境政策室 生産局畜産部畜産振興課						
<b>研究期間</b>	H29～H33（5年間）	<b>総事業費（億円）</b>	5億円（見込）						
<b>研究開発の段階</b>	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">基礎</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">応用</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">開発</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	基礎	応用	開発				<b>関連する研究基本計画の重点目標</b>	重点目標 32
	基礎	応用	開発						

### 研究課題の概要

<委託プロジェクト研究課題全体>

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）（※1）第5次評価報告書（平成26年11月公表）においては、気候システムの温暖化は疑う余地はないとされており、地球温暖化は世界中の自然と社会に深刻な影響を与え、我が国農林水産物の生産にも重大な影響を及ぼすことが懸念されている。

また、国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）（※2）で採択された「パリ協定」（※3）や「日本の約束草案」（※4）を踏まえ、我が国の地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進するための計画として、平成28年5月に「地球温暖化対策計画」（※5）が閣議決定された。計画では、温室効果ガス（GHG）（※6）の排出量を、2030年度に2013年度比で26%削減するとの中期目標とともに、長期的目標として2050年までに80%のGHGの排出削減を目指すこととしており、GHGの抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発の必要性が明記されている。

さらに、これを受けて、農林水産省では平成29年3月に「農林水産省地球温暖化対策計画」（※7）を策定した。

これらの計画による取組を推進し、農業分野におけるGHG排出源のうち、多くを占める畜産分野からのGHG（メタン、一酸化二窒素等）の排出を削減するため、GHGを低減する飼養管理技術（家畜排せつ物管理を含む）の開発や、GHGの発生が少ない牛の生体・個体差等に関する研究開発、畜産システムとしてのGHG削減方策に関する研究開発を実施する。

#### 1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

中間時（2年度目末）の目標	最終の到達目標
<ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜から排出されるGHGに関する飼料、排せつ物等の飼養管理等に関連する基礎データの収集を達成</li> <li>・家畜から排出されるGHGに関する生体の個体間差異等に関する基礎データの収集を達成</li> </ul>	1 経営体からのGHGの排出量を20%削減可能な技術を開発

#### 2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（H38年）

将来、約半数の畜産農家に普及した場合、畜産分野からのGHG排出量の1割以上を削減する。

### 【項目別評価】

#### 1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：A

##### ①農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性

地球温暖化・気候変動は、我が国を含む地球上の環境や生態系に深刻な影響を及ぼすとともに、気象災害の増加・激化により、我が国の農林水産業や農村地域の生活に甚大な被害をもたらしている。

平成27年12月の「パリ協定」を受けて、平成28年5月に閣議決定された「地球温暖化対策計画」では、2030年度に2013年度比で26%削減するとの中期目標に加えて、長期的目標として2050年までに80%のGHGの大幅な排出削減を掲げ、このために、抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発・普及などを最大限に追求するとしている。農林水産分野においても、革新的技術の開発・普及により、更なるGHGの排出削減を実現することが重要である。

農林水産分野におけるGHG排出源のうち、畜産分野が多くを占める（約1/3）。現在、畜産分野からのGHG（メタン、一酸化二窒素等）排出を大幅に削減するための実用的な対策が存在しないことから、GHGの抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発を目指した本研究は重要である。

## ②引き続き国が関与して研究を推進する必要性

気候変動に関する研究開発は、我が国農林水産業の持続的発展という経済・社会ニーズに対応するための公共性の高い研究開発であり、かつ、中長期的視点に立って取り組む必要があることから、国が主導して推進する必要がある。また、基盤技術を応用に結びつける研究開発のため、国立研究開発法人、大学、民間など幅広い研究勢力を結集して総合的に推進する必要がある。

さらに、下記の国の施策・計画を実行するために不可欠なものであるため、引き続き国が関与して研究を推進する必要がある。

### ○「食料・農業・農村基本計画」（平成27年3月閣議決定）

本計画の第3「食料、農業及び農村に関し総合的かつ計画的に講ずべき施策」の2、「農業の持続的な発展に関する施策」の（8）「気候変動への対応等の環境政策の推進」の一つとして、気候変動に対する緩和・適応策の推進が明記されている。

### ○「農林水産研究基本計画」（平成27年3月農林水産技術会議決定）

本計画では、重点目標32として、今後、温暖化の進行に伴う異常気象の頻発等により、農作物の生産条件が悪化すると予測されている中で、気候変動の緩和及び適応といった地球規模課題に対応した研究を推進することとしている。

### ○「地球温暖化対策計画」（平成28年5月閣議決定）

本計画では、家畜排せつ物由来のメタン排出削減対策や地球温暖化対策技術の開発と社会実装の推進が明記されている。

### ○「農林水産省地球温暖化対策計画」（平成29年3月農林水産省地球温暖化対策本部決定）

本計画では、家畜の消化管内発酵や排せつ物からのGHG排出など現時点で実用的な技術が確立していない畜産分野におけるGHG排出削減技術の開発・普及の推進が明記されている。

## 2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

### ①中間時の目標に対する達成度

・ふん尿処理起源のGHG排出を削減するため、慣行飼料と比較して粗タンパク質（CP）含量が2～3ポイント低いアミノ酸バランス改善飼料（低蛋白質飼料）を開発し、生産性を損なうことなく、乳用牛、肉用牛、採卵鶏の中後期において1割以上の窒素排せつ量低減を確認、GHG排出削減効果を解明した。

・搾乳ロボットを活用したルーメンメタン産生量測定システム（スポット法）の開発・基本技術を確立するとともに、搾乳牛計約500頭のメタン産生量を測定し、個体別メタン産生量データを蓄積した。

・乾物摂取量当たりのメタン産生量が少ない牛に特徴的な2種類の細菌（特定細菌）の検出・定量系を作成し、当該特定細菌の一つである新規細菌の分離に成功した。黒毛和種集団のメタン関連形質は、これまでに報告されてきた遺伝率よりも高い遺伝率を持つ可能性が示唆された。

以上のことから、中間目標は達成している。

これらに加え、以下の進捗が見られた。

・草地飼料畑において、堆肥施用により温暖化ポテンシャルが抑制される可能性が示唆された。

・開発した畜産経営評価モデルを用いて低蛋白質飼料の導入によるGHG削減効果が確認された。

### ②最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

今後、開発した低蛋白質飼料については、農家実証試験に取り組み、生産性を損なわないGHG排出削減型飼料として確立する。メタン産生量の少ない牛（低メタン産生牛）の作出については、多頭数の実測値をもとに牛のメタン産生量に関わる遺伝的要因を解明し、育種方策を確立する。低メタン産生牛の微生物学的・生理学的特性を解明し、育種方策を最大限に発揮するメタン産生削減技術の構築等を進める。

新たに開発した削減技術と既存の削減技術を組み合わせ、GHG削減効果を定量的に評価することで、畜産システムとしての1経営体からのGHGの排出量を20%削減可能な技術を開発できる見込みである。

以上のことから、最終目標を達成する可能性は高い。

## 3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性

ランク：A

### ①アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

本研究課題では、1経営体からのGHGの排出量を20%削減可能な技術を開発し、将来、約半数の畜産農家に普及することで、畜産分野からのGHG排出量の1割以上削減に取り組むことをアウトカム目標としている。

この目標達成に向けて、研究コンソーシアムの普及・実用化組織の一員として、畜産会社、飼料製造販売会社、全国各地の自治体の試験研究機関等を組み込み、例えば、生産性に直結する低蛋白質飼料の

開発・実証に当たっては、研究開発の初期段階から、低蛋白質飼料に求められる特性や確認すべき飼養成績の項目について意見交換し、研究内容に反映している。また、今後は農家が求める低蛋白質飼料の開発に資するため、各自治体の試験研究機関により実証試験のための畜産農家が選定されるとともに、飼料製造販売会社が提供する各種飼料原料の利用状況や国内外のアミノ酸利用技術に関わる情報を踏まえ、持続的に安定して供給可能な低蛋白質飼料の開発に取り組むこととしている。他の技術についても同様の普及が見込まれる。

以上のことから、アウトカム目標の達成の可能性は高い。

#### ②アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

例えば、低蛋白質飼料の開発に当たっては、低蛋白質飼料に求められる特性や確認すべき飼養成績の項目について、研究コンソーシアムメンバーの畜産会社と研究初年度の初期開発段階から意見交換し、研究内容に反映した。

得られた研究成果については、学術論文・商業誌、国内・国際学会等発表、一般市民向けの講演会等を通じた積極的な情報発信を行った。

以上のことから、アウトカム目標に向けた研究成果の活用のために実施した取組内容は妥当である。

#### ③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

低メタン産生牛の育種方策を確立することで、将来の育種改良の加速化に貢献する可能性がある。また、研究成果については、特に近年家畜生産の増大が著しいアジア諸国に向けて情報発信することで、本研究成果を基礎とした、現地の家畜飼養・管理実態を踏まえたGHGの排出削減技術の開発・普及が期待され、世界のGHG排出削減に貢献する可能性がある。

### 4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

#### ①研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

外部有識者と関係行政部局で構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を組織し、研究の進捗管理、行政ニーズや課題の進捗状況を踏まえた次年度の研究実施計画案の作成等を行っており、計画の見直し等の適切な進行管理を行っていることから、研究計画は妥当である。

#### ②研究推進体制の妥当性

上述の「委託プロジェクト研究運営委員会」を、年2、3回程度開催し、研究の進捗管理、次年度の研究実施計画案の策定に加え、専門的知識や行政面からの助言指導を行っている。また、研究コンソーシアム内の情報共有や意見交換、推進体制の検討等を行っている。

また、国内畜産経営の実情に即した社会実装が可能な技術とするため、研究開始後、共同研究機関として大学、普及・実用化支援組織として民間企業を随時追加し、研究推進体制の強化を図っており、妥当である。

#### ③研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等）

各課題ともに順調に進捗しており、また、本研究課題では、各課題で新たに開発するGHG削減技術と既存削減技術を総合化し、畜種ごとのGHG削減量の評価モデルを使ってアウトプットの達成を図るため、研究課題の構成は妥当である。

#### ④研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性

「農林水産分野における気候変動・環境対応プロジェクト」全体で課題の進捗状況や研究成果の有用性を踏まえた予算配分の積極的な選択と集中を行っている。全ての課題で概ね計画どおり進捗しており、最終目標の達成も十分見込まれることから、予算配分は妥当である。

### 【総括評価】

ランク：A

#### 1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

・中間時の目標は達成しており順調に進捗していることから、本研究を継続することは妥当である。

#### 2. 今後検討を要する事項に関する所見

・農家への導入に当たっては、家畜の個体差、給餌の時期・量などを明確にする必要がある。また、農家が導入した場合の経済的なメリットを示すことを検討されたい。  
・研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）が単なるスケジュールのようになっているため、作り方を改善されたい。

[研究課題名] 農林水産分野における気候変動・環境対応プロジェクトのうち、農業分野における気候変動緩和技術の開発

用語	用語の意味	※番号
気候変動に関する政府間パネル（IPCC）	IPCCは、Intergovernmental Panel on Climate Changeの略。気候変動に関する最新の科学的知見をとりまとめて評価し、各国政府に助言と勧告を提供することを目的とした政府間機構。	1
国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）	平成27年11月30日から12月11日まで、フランス・パリで開催された。1992年に大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを目標とする「国連気候変動枠組条約」が採択され、地球温暖化対策に世界全体で取り組んでいくことに合意した。この条約に基づき、国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）が1995年から毎年開催されている。	2
パリ協定	京都議定書に代わる新しい地球温暖化対策の国際ルール。2015年12月に採択、16年11月に発効。産業革命前からの気温上昇を2度より十分低く抑えることが目標。すべての国が削減目標を作り、目標達成義務はないが達成に向けた国内対策を取る必要がある。	3
日本の約束草案	国連気候変動枠組条約第19回締約国会議（COP19）決定により、2020年以降の温室効果ガス削減目標を含む約束草案について、平成28年11月30日から12月13日に開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）に十分に先立って提出することが各国に求められていたことから、平成27年7月17日に地球温暖化対策推進本部で決定され、国連気候変動枠組条約事務局に提出された。国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度に2013年度比26.0%減（2005年度比25.4%減）の水準（約10億4,200万t-CO <sub>2</sub> ）にすることなどが盛り込まれている。本約束草案は、エネルギーミックスと整合的なものとなるよう、技術的制約、コスト面の課題などを十分に考慮した裏付けのある対策・施策や技術の積み上げによる実現可能な削減目標とされている。	4
地球温暖化対策計画	COP21で採択されたパリ協定や「日本の約束草案」を踏まえ、我が国の地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進するための計画として、平成28年5月13日に閣議決定されたもの。計画では、2030年度に2013年度比で26%削減するとの中期目標について、各主体が取り組むべき対策や国の施策を明らかにし、削減目標達成への道筋を目指すことを位置付けている。これを受け、農林水産省では平成29年3月に「農林水産省地球温暖化対策計画」を策定。	5
温室効果ガス（GHG）	greenhouse gasの略。日射により暖められた地表面は赤外線を放出するが、温室効果ガスはこの赤外線を吸収し、熱が大気圏外に逃げることを防ぐことによって地球表面を保温する働きを有している。このため、温室効果ガスの増加が地球温暖化の原因となっている。農林水産分野については、二酸化炭素（CO <sub>2</sub> ）、メタン（CH <sub>4</sub> ）、一酸化二窒素（N <sub>2</sub> O）の3種類の温室効果ガスの排出量を削減することが、喫緊の課題となっている。	6
農林水産省地球温暖化対策計画	平成28年5月に、温室効果ガスの排出抑制及び吸収（緩和策）の目標等を内容とする「地球温暖化対策計画」が閣議決定されたことなどを踏まえ、農林水産分野における緩和策を総合的かつ計画的に推進するため、平成29年3月に「農林水産省地球温暖化対策計画」を策定。農林水産省では、平成27年8月に「農林水産省気候変動適応計画」を策定しており、今般の緩和策にかかる計画とあわせて一体的に推進。なお、政府全体でも、平成27年11月に「気候変動の影響への適応計画」を閣議決定しており、「地球温暖化対策計画」と一体的に推進することとしている。	7

# 農業分野における気候変動緩和技術の開発

## 背景・目的

- ◎ パリ協定を受け、平成28年5月に閣議決定された「地球温暖化対策計画」において、地球温暖化対策と経済成長を両立させながら、温室効果ガス（GHG）排出量を2030年度に2013年度比で26%削減するとの中長期目標とともに、長期的目標として2050年までに80%のGHGの排出削減を目指すこととされた。
- ◎ この目標達成のためには、農業分野におけるGHG排出源のうち、多くを占める畜産分野において既存対策の延長ではないGHGの抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発が急務となっている。

## 研究概要

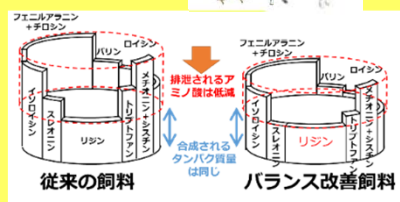
畜産分野からのGHGは家畜生産段階の全てで発生

### I. 飼養管理技術の改善によるGHG排出削減技術の開発

乳・肉用牛、採卵鶏におけるふん尿処理起源GHG（一酸化二窒素）を削減するため、生産性を損なわずに窒素排せつ量を低減するアミノ酸バランス改善飼料を開発・実証



↓  
バランス改善飼料給与によるGHG排出削減技術の確立



バランス改善飼料  
不足するアミノ酸を添加し、必要量を充足した上で余分な蛋白質を除外

### II. 牛の生体・個体差に基づく消化管内発酵由来メタン削減技術の開発

新規メタン産生測定システムを開発し、遺伝率等解析に必要なデータを収集



搾乳ロボットやドアフィーダでのガス採取

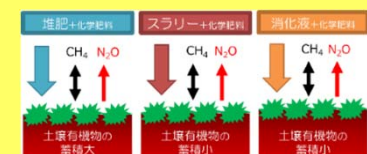
↓  
低メタン産生牛作出に向けた育種方策を確立

### III. 畜産システムとしてのGHG削減方策の提示

草地飼料畑管理（土壌炭素蓄積を含む）と新規・既存のGHG排出削減技術の評価

↓  
主要畜種ごとの家畜生産システムGHG削減評価モデルの開発

↓  
1経営体からのGHG排出量を20%削減可能な技術体系の確立・提示



土壌におけるGHG収支



炭素繊維リアクタ

## 達成目標（H33）

1 経営体からの温室効果ガスの排出量を20%削減可能な技術を開発

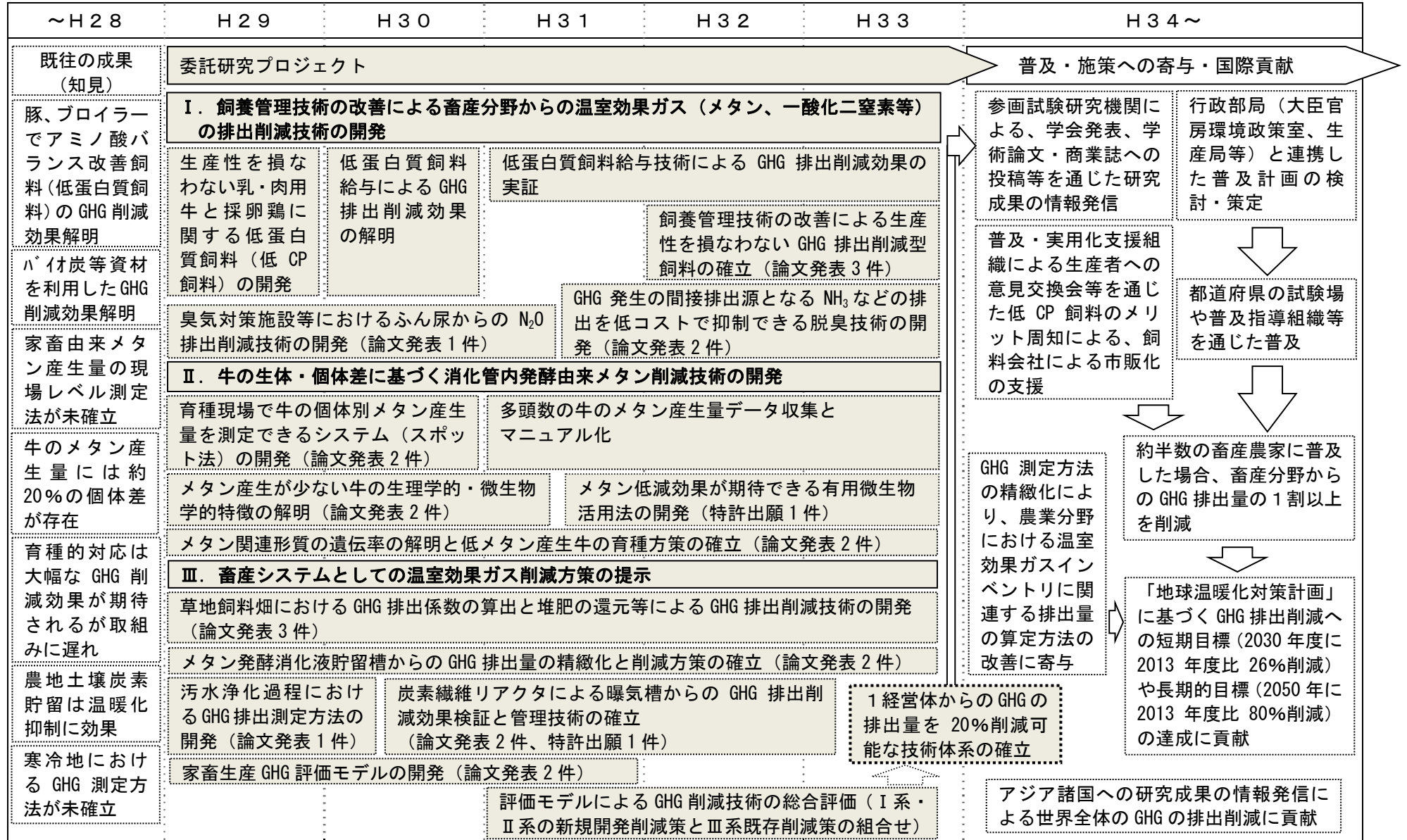
## 期待される効果

- 農業分野で多くを占める畜産分野からの温室効果ガス（メタン、一酸化二窒素等）の排出削減に貢献
- 農業分野における温室効果ガスインベントリに関連する排出量の算定方法の改善に寄与



【ロードマップ（中間評価段階）】

農林水産分野における気候変動・環境対応プロジェクトのうち、農業分野における気候変動緩和技術の開発



# I. 飼養管理技術の改善による畜産分野からの温室効果ガスの排出削減技術の開発

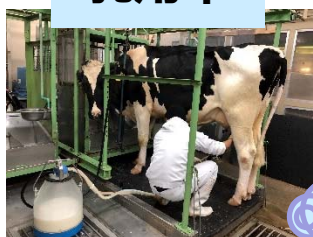
## 研究概要

乳用牛、肉用牛、採卵鶏におけるふん尿処理起源の温室効果ガス（GHG）の排出を削減するため、生産性を損なわずに窒素排せつ量を低減するアミノ酸バランス改善飼料（低蛋白質飼料）を開発し、GHG排出削減型飼料を確立する。

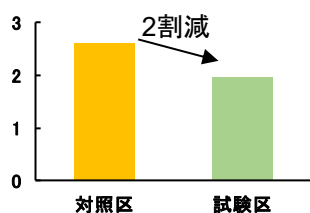
## 主要成果

### ■ 低蛋白質飼料（低CP飼料）の開発とGHG排出削減効果の解明

#### 乳用牛



ふん尿N排せつ量  
(gN/W<sup>0.75</sup>/日/頭)



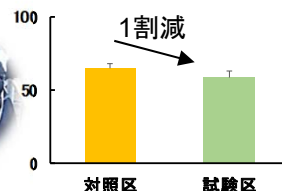
泌乳中後期で飼料CP含量を3ポイント低減した混合飼料を給与  
→ 乳生産性に差は無く窒素排せつ量を2割以上低減

肥育前期・後期ともに飼料CP含量を2ポイント低減した濃厚飼料を給与  
→ 日増体量や枝肉重量、ばらの厚さとBMS No. (※) に差は無く、窒素排せつ量を1割低減

#### 肉用牛 (ホル雄)



肥育全期間におけるN排せつ量(kgN/頭)

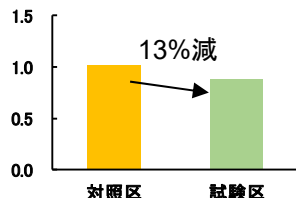


産卵中期・後期に飼料CP含量を2ポイント低減した飼料を給与  
→ 産卵率や卵重に差は無く、卵1個あたりの窒素排せつ量を12%、堆肥からのアンモニア発生量を13%低減

#### 採卵鶏



卵1個あたりの生産に係るアンモニア排出量(g)



慣行飼料と比較して粗タンパク質（CP）含量が2-3%ポイント低いバランス飼料給与により、乳用牛、肉用牛と採卵鶏で、生産性を損なうことなく、窒素排せつ量を10%以上低減が可能なことを飼養試験で確認。

(※) BMS No. (Beef Marbling Standard) 牛肉の脂肪交雜の程度を示すもの。

## 今後の方針

- バランス改善飼料給与による農家実証試験に取り組み、生産性を損なわないGHG排出削減型飼料として確立する。
- Jクレジット方法論の確立している豚、ブロイラーに加え、速やかに畜産農家へ導入するための方策を検討する。

## Ⅱ. 牛の生体・個体差に基づく消化管内発酵由来メタン削減技術の開発

### 研究概要

農業分野から排出される温室効果ガスの約2割（CO<sub>2</sub>換算）を占める牛の消化管内発酵由来メタンを削減するため、メタン產生に及ぼす影響を環境要因（第一胃内微生物相と生理的な特性の違い）と遺伝要因の両者から解析し、メタン產生量削減に向けた牛の育種方策を確立する。

### 主要成果

#### ■ 育種現場で使える新規メタン產生測定システムを開発



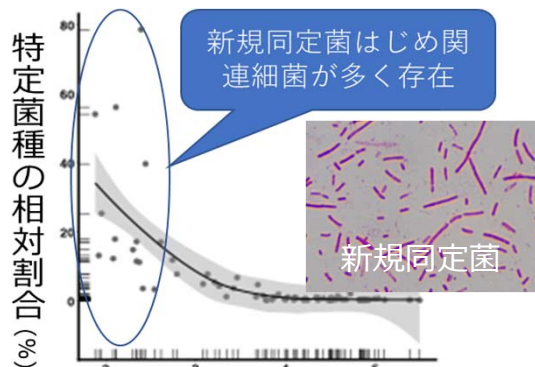
- ・搾乳ロボットを利用
- ・搾乳中の呼気のメタン/炭酸ガス比を測定
- ・乳牛用測定システムを開発

#### ■ 育種現場での多頭数の個体別メタン產生データの測定・蓄積を開始



- ・3研究機関の共同で延べ約500頭/年の乳牛のデータ収集体制を整備

#### ■ メタン產生量の少ない個体の微生物学的特性を解明



メタン產生量と相関が高いルーメン内で產生される短鎖脂肪酸の割合  
※X軸は（酢酸+酪酸）/プロピオン酸比

#### ■ メタン產生量の少ない個体の生理的特性を解明

- ・メタン產生量が多い牛は乳中の炭素数8~12の脂肪酸が増加

#### ■ 低メタン產生牛の作出に向けた選抜・育種の可能性を評価

- ・我が国の肉用牛におけるメタン產生量推定式を開発
- ・間接検定データにより黒毛和種集団のメタン產生関連形質の遺伝率が高いことを確認
- ・経済形質との良好な遺伝相関（枝肉重量など）についても確認

### 今後の方針

- 多頭数の実測値をもとに牛のメタン產生量に関わる遺伝的要因を解明し、メタン產生量の少ない牛の育種方策を確立する。
- メタン產生量の少ない牛の微生物学的、生理学的特性を解明し、育種効果を最大限に発揮するメタン產生削減技術を構築する。



### Ⅲ. 畜産システムとしての温室効果ガス削減方策の提示

#### 研究概要

1 経営体からの温室効果ガス（GHG）の排出量を20%削減可能な技術を確認するため、畜産経営体からのGHG排出量を精緻化及び評価モデルを開発し、畜産システムに新規に開発されるGHG削減技術と既存のGHG削減技術を組み込んだ場合のGHG削減効果を定量的に評価する。

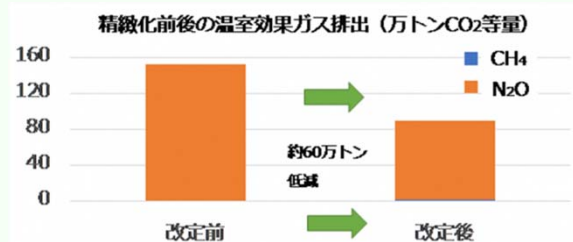
#### 主要成果

##### ■ GHG排出量を精緻化（尿汚水の浄化処理由来）

- ・養豚ふん尿を主体とする污水浄化処理時に発生するGHG排出量は、現行の排出係数を用いた推定値と比べて、年間60万トン（41%減少）減少することを明示（2018年に日本国温室効果ガスインベントリ報告書に反映）
- ・メタン発酵消化液貯留槽から発生するGHG排出量の実測システムを開発
- ・GHG排出の少ない、尿污水浄化システム（炭素繊維リアクター）の特許登録

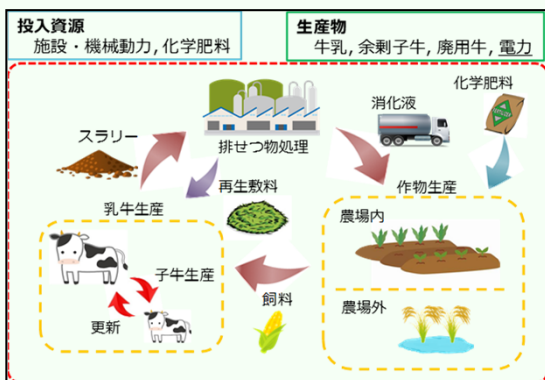


浄化処理施設の温室効果ガス測定システム



排出係数改定による温室効果ガス排出量

##### ■ 酪農生産環境評価ベースモデルを構築



バイオガスプラントを導入した酪農生産システムベースモデルのバウンダリー

- ・酪農経営体から排出されるGHGの削減量を見える化する酪農生産環境評価ベースモデルを構築
- ・草地土壌への家畜排せつ物還元施用法の違いによるGHG排出・吸収に関する知見が集積、LCAによる解析基本データを整備

#### 今後の方針

- 草地飼料畑・消化液貯留槽から発生するGHGの測定を継続し、GHGの排出削減ポテンシャルを評価し、インベントリーデータとして提示する。
- 畜産システムに新規に開発されるGHG削減技術と既存のGHG削減技術を組み込んだ場合のGHG削減効果を定量的に評価し、GHG20%削減方策を確立・提示する。