

# 委託プロジェクト研究課題評価個票(終了時評価)

## 1. 研究課題の概要

課題名: 畜産からのGHG排出削減のための技術開発(終了) (令和4~8年度)

農林水産研究の推進

革新的環境研究

脱炭素・環境対応プロジェクト

事業期間: 令和4年度~令和8年度  
令和4年度予算概算決定額: 125(-)百万円

### ① 畜産からのGHG排出削減のための技術開発

#### 背景と目的

- 2050年のカーボンニュートラルの実現を目指すためには、農林水産分野においても積極的に貢献していく必要。特に畜産は家畜の消化管内発酵や家畜排せつ物管理等による温室効果ガス(GHG)の排出が、我が国の農林水産分野におけるGHG排出量の3割程度を占め、排出削減が求められているところ。
- 一方、これまでの研究では、低メタン産生牛の育種の可能性や、アミノ酸バランス飼料など飼養管理改善によるGHG削減の方法が示されたところ。
- 畜産分野におけるGHGの更なる削減のため、低メタン産生牛の育種方法を確立するとともに、堆肥化工程等におけるGHG削減技術などの研究開発を実施。

#### 研究内容

##### 1. 低メタン産生牛作出のための育種方法の確立と応用

- ・農場レベルで多頭数のメタン産生量測定を可能とする、より簡易・安価な測定手法を開発。また、乳中の脂肪酸組成(乳牛)や飼養成績(肉牛)から間接的にメタン産生量を推定する方法の有効性を実証。
- ・簡易型メタン測定システムの農場レベルでのメタン削減資材評価方法開発への応用



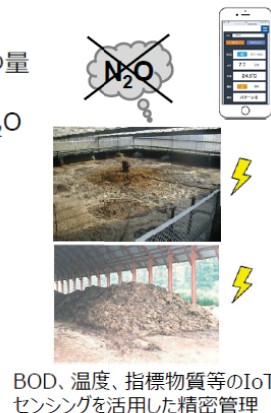
生産者の負担無くメタンを  
1800万トン削減(CO<sub>2</sub>換算、  
2050年までの累計)  
2050年単年では145万トン削減

搾乳ロボット等で測定して育種

##### 2. 排せつ物処理におけるGHG削減技術の開発

- ・バランス飼料による窒素排せつ量の低減技術を開発
- ・排せつ物の精密管理によるN<sub>2</sub>O削減技術を開発

バランス飼料により乳牛の  
泌乳最盛期等も低減



BOD、温度、指標物質等のIoT  
センシングを活用した精密管理

排せつ物管理からのN<sub>2</sub>Oを30%削減

##### 3. GHG削減と同時に炭素貯留・再生可能エネルギー生産を行う技術の開発

- ・バイオ炭添加による堆肥化からのCH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O削減効果や草地施用時の炭素貯留増強効果の検証
- ・消化液の少ない新たなメタン発酵技術の開発



バイオ炭添加による  
堆肥化



排せつ物管理からの  
GHGを35%削減

CO<sub>2</sub> 炭素貯留

##### 4. GHG削減システムの評価と提案

GHG削減技術を導入した場合の評価と技術の組み合わせにより削減目標を達成する生産システムを提案

#### 到達目標

1 経営体からのGHGの排出量を30%削減することが可能な技術を開発

#### 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GHGの排出削減に貢献
- ・ 2050年までに農林水産業のCO<sub>2</sub>ゼロミッション化の実現に貢献

# 3. 研究課題の全体概要

課題名: 畜産からのGHG排出削減のための技術開発(終了) (令和4~8年度)

研究開発官等名	研究開発官室
連携する行政部局	畜産局
研究期間	R4~R8年度(5年間)
総事業費	5.1億円(見込)
研究開発の段階 (該当するものに☑)	1. 基礎段階☐    2. 応用段階☑    3. 開発段階☐
研究課題の概要	<p><b>【全体の概要】</b> 畜産は、家畜の消化管内発酵や家畜排せつ物管理等による温室効果ガス (GHG)の排出などにより我が国の農林水産分野におけるGHG排出量の3割程度を占め、排出削減が求められている。畜産からのGHG削減技術を開発するため、以下の研究を行う。1. 低メタン産生牛作出のための育種方法の確立と応用、2. 排せつ物管理におけるGHG削減技術の開発、3. GHG削減と同時に炭素貯留・再生可能エネルギー生産を行う技術の開発</p> <p><b>【課題一覧】</b> <u>小課題I: 低メタン産生牛作出のための育種方法の確立と応用(R4~8年度)</u> 畜産からの主要なGHGの1つであるウシ消化管内発酵メタンに関して、育種改良によるメタン削減にも注目が集まっている。そのため、低メタン産生牛の選抜に向け、スニファー法による簡単で安価なメタン測定法の開発、呼吸を使わない間接的指標による推定手法の開発を行うとともに、簡易測定法を用いたメタン削減資材の評価法を開発し、メタン排出削減に資する。</p> <p><u>小課題II: 排せつ物管理におけるGHG削減技術の開発(R4~8年度)</u> 家畜排せつ物管理からの一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O)は畜産の主要なGHGの1つである。このN<sub>2</sub>Oの排出源である排せつ物中の窒素低減に向け、まだ対応が進んでいない泌乳前期の乳牛や育雛期採卵鶏について、窒素排せつ低減技術を開発する。また、亜硝酸蓄積の特定による堆肥化からのN<sub>2</sub>O削減技術およびBODに応じた曝気制御を用いた污水浄化からのN<sub>2</sub>O削減技術を開発する。</p> <p><u>小課題III: GHG削減と同時に炭素貯留・再生可能エネルギー生産を行う技術の開発(R4~8年度)</u> 炭素貯留促進を目的として1回の施用で有機質堆肥とバイオ炭を土壌へ貯留するためのバイオ炭混合堆肥の製造方法を開発する。また、消化液が発生せずかつエネルギー回収が可能な乾式メタン発酵法について、家畜排せつ物の処理に適したシステムを開発する。さらに、開発した技術を実装した場合の環境影響評価を行い畜産経営体からのGHGを30%削減するという目標を達成可能なGHG削減型畜産システムを提案する。</p>

# 4-1. 研究課題の詳細

課題名: 畜産からのGHG排出削減のための技術開発(終了) (令和4~8年度)

低メタン産生牛作出に向け、複数飼槽やフィードステーションでの牛呼気中メタン・二酸化炭素濃度の同時測定技術を開発し、測定可能施設や頭数を飛躍的に増加させた。さらに乳牛では牛群検定記録を用いたメタン排出量推定手法を開発し、大規模なメタン排出量データの取得が可能となった。

乳牛(泌乳前期)では排せつ窒素量を4割以上削減、採卵鶏(育成期)では排せつ物の堆肥化からの $N_2O$ を半減するアミノ酸バランス改善飼料を開発した。また、汚水浄化処理からの $N_2O$ 排出量を半減する曝気方法を明らかにした。

バイオ炭添加堆肥によるGHG削減・吸収効果を明らかにした。また、繋ぎ飼いに対応したセミ乾式メタン発酵法について前処理方法と運転方法を確立した。さらに、緩和技術を組み合わせることで酪農経営体からのGHG排出量を30%以上削減できることを示した。

これらの成果は、GHG削減に関する政府目標および農水省温対計画の目標達成に資するとともに、J-クレジット制度の活用による畜産農家の経営メリットや炭素市場形成等の経済的効果も期待される。

小課題Ⅰ: 複数飼槽やフィードステーションでの牛呼気中メタン、二酸化炭素濃度の同時測定技術を開発するとともに、呼気濃度データを自動解析するアプリケーションを開発し、測定可能施設や頭数を飛躍的に増加させた。また、呼気ガス測定値と体重等を用いたメタン排出量推定式の改良により、評価可能な牛種別を拡大した。さらに乳牛では牛群検定記録を用いてメタン排出量を推定する手法を開発し、これを用いることにより大規模なメタン排出量データの取得が可能となった。開発された測定手法を用いて得られた乳牛および肉用牛のメタン関連形質の遺伝的パラメータ解析結果は低メタン育種の事業化に不可欠である。さらに、開発された評価手法を用いてメタン削減資材の効果を評価する手法を明らかにしており、これらの成果は家畜育種および飼料によるメタン排出削減技術開発に貢献する。

小課題Ⅱ: 乳牛(泌乳前期)における排せつ窒素量を4割以上削減するアミノ酸バランス改善飼料を開発すると共に、採卵鶏(育成期)において排せつ物の堆肥化からの $N_2O$ を半減する飼料を開発し、それぞれ農家実証においても窒素排せつ量の削減を確認した。豚ふんの堆肥化では $N_2O$ の代替物質を指標とした資材添加による $N_2O$ の削減可能性を明らかにした。曝気制御による汚水浄化処理からの $N_2O$ 削減では、 $N_2O$ を半減する曝気方法を明らかにし、実規模排水処理施設で $N_2O$ を測定する手法を確立した。

小課題Ⅲ: バイオ炭を添加して堆肥化することにより、乳牛ふんの堆肥化過程からのGHG排出量削減と完成堆肥の施用時に炭素貯留によるGHG吸収効果を明らかにした。バイオ炭の取組で得られるカーボンクレジットは高額で取引されているため、経済効果も高い。また、繋ぎ飼いに対応したセミ乾式メタン発酵法について前処理方法と運転方法を確立すると共に、発酵残さである消化液からGHG排出量が低く衛生的な敷料を生産できることを示し、GHG削減効果の高いメタン発酵の適用範囲を拡大した。さらに、本プロジェクトで開発された緩和技術を組み合わせることで導入した畜産システムのGHG削減効果を評価し、まず酪農について30%以上経営体からのGHG排出量を削減できることを示した。

## (1) 研究成果の意義

### ※評価項目1関連

## 4-2. 研究課題の詳細

課題名: 畜産からのGHG排出削減のための技術開発(終了) (令和4~8年度)

### 小課題Ⅰ:

#### 【最終の到達目標】

- ①アウトプット目標: メタン測定マニュアルの公表
- ②達成度: 100%
- ③達成可能性とその根拠: ロードマップの計画どおり最終年度に公表する。

- ①アウトプット目標: 1世代あたりMCF改良量3.7%の提示
- ②達成度: 100%
- ③達成可能性とその根拠: ロードマップの計画どおり最終年度に提示する。

- ①アウトプット目標: 搾乳牛における推定メタン排出量の乳検成績表への記載
- ②達成度: 100%
- ③達成可能性とその根拠: 牛群検定システム改修は終了した。今後プロジェクトで得られたすべてのデータを用いてメタン排出量推定式の改良を行うとともに、公表方法を検討することにより公表を目指す。

### 小課題Ⅱ:

#### 【最終の到達目標】

- ①アウトプット目標: 排せつ物管理からの $N_2O$ を30%削減する技術の開発
- ②達成度: 100%
- ③達成可能性とその根拠: 汚水浄化処理に関して、小型曝気槽において $N_2O$ を半減する曝気方法を明らかにした。

### 小課題Ⅲ:

#### 【最終の到達目標】

- ①アウトプット目標: 炭素貯留効果も含めて排せつ物管理・利用からのGHGを35%削減する技術の開発
- ②達成度(終了時の見込み): 100%
- ③達成可能性とその根拠: 現時点までのバイオ炭添加堆肥化試験および草地・飼料畑への施用試験において、排せつ物管理・利用由来GHG排出量の40%以上にあたる削減量・炭素貯留量が得られている。

- ①アウトプット目標: 1経営体からのGHG排出量を30%削減することが可能な畜産システムの提示
- ②達成度: 100%
- ③達成可能性とその根拠: 現時点でのLCAによる評価で、酪農に緩和技術を導入した場合のGHG排出量は慣行比で31.4%低いという暫定結果が得られており、目標の達成は十分に可能である。

(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

※評価項目2関連

※上記の削減目標は、生産量が同一であることを前提としている

# 4-3. 研究課題の詳細

課題名: 畜産からのGHG排出削減のための技術開発(終了) (令和4~8年度)

<p>(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</p> <p>※評価項目3関連</p>	<p>①アウトカム目標: 乳用牛群検定情報をメタン予測に活用するとともに、検定結果に加えメタン排出量の情報も酪農家にフィードバックして低メタン産生牛の増加を目指す。</p> <p>②達成可能性とその根拠: 乳用牛群検定システムの改修は実施しており、ロードマップ上、実証を経て公表することになっている。</p> <p>③アウトカム目標の達成に向けた取組: 乳用牛群検定実施主体である家畜改良事業団と実装に向けた取組を進めている。</p> <hr/> <p>①アウトカム目標: 肉牛において都道府県における直接検定にあわせてメタン関連形質評価の実証を行い、メタン排出育種価を公表し、評価法を全国へ普及させるよう努める。</p> <p>②達成可能性とその根拠: 直接検定を想定したメタン関連形質の測定手法は確立されており、直接検定牛の測定を経て公表することとなる。</p> <p>③アウトカム目標の達成に向けた取組: 直接検定の実施主体である育種事業者と実装に向けた取組を進めている。</p> <hr/> <p>①アウトカム目標: N<sub>2</sub>O削減のためのIoTセンシングシステムを企業と共同で開発し、製品化を目指す。</p> <p>②達成可能性とその根拠: N<sub>2</sub>O削減のためのIoTセンシングシステム(BOD監視システム)を企業と共同で開発中であり、R10年度を目処に上市する予定である。</p> <p>③アウトカム目標の達成に向けた取組: BOD監視システムはプロジェクト終了後も現場での実証試験を継続しながら改良を進め、製品化を目指す。得られた成果を広く公表し有効なGHG削減手法として周知するとともに、普及機関と連携して社会実装を進める。</p>
<p>(4) 研究推進方法の妥当性</p> <p>※評価項目4関係</p>	<p>①アウトカム目標: バイオ炭混合堆肥、乾式メタン発酵は、J-クレジット制度を活用して普及を目指す。開発した技術の利用により、J-クレジットにおいて739千t-CO<sub>2</sub>換算/年、11.8億円/年の市場が形成。</p> <p>②達成可能性とその根拠: それぞれの導入対象である酪農および北海道の繋ぎ飼い酪農に対して、10%の農家に導入することで目標を上回る67.7億円/年の市場が形成されると見込まれ、達成は十分可能である。</p> <p>③アウトカム目標の達成に向けた取組: 特にバイオ炭のJ-クレジットが高価格で取引されており、経営メリットへの寄与を中心に周知して普及を図る。</p> <p>④成果の他分野等への貢献: GI基金事業ではバイオ炭の製造コスト低減の取組が行われており、本成果によるバイオ炭の利用拡大を通じてスケールメリットによるさらなるコスト低減と利用拡大の好循環が期待される。</p> <hr/> <p>①研究計画: 測定データの充実を目的とした共同研究機関の追加、また得られた成果に対応する普及・実用化支援組織の追加など、研究の進展に応じて見直しを図っており、適切な計画となっている。</p> <p>②研究推進体制: 体制図に記載のとおり、農研機構を中心に、特にウシからのメタンについて多くの測定が必要となる小課題1において多くの公設試等機関が共同研究機関として参画し、協力して実施している。また成果の速やかな普及に向けて民間企業等の普及・実用化支援組織も参画しており、適切な体制となっている。</p> <p>③予算配分: プロジェクト前半ではGHGの測定に必要な分析装置の購入等に予算を多く配分し、一方、後半では実証試験への予算配分を多くするなど、進捗状況に応じて重点化しており、適切な予算配分となっている。</p>

# 5. ロードマップ

課題名: 畜産からのGHG排出削減のための技術開発(終了) (令和4~8年度)

既往成果 (知見)	委託プロジェクト(令和4~8年度)					実証 (9年度~)		産業利用 (11年度~)
	令和4年度	5年度	6年度	7年度	8年度 アウトプット	9年度	10年度	15年度 アウトカム
<b>小課題Ⅰ</b> スニファー法による搾乳牛用メタン推定式を開発	家畜呼気の効率的測定・解析技術	メタン簡易測定手法の開発	メタン簡易測定手法の評価	メタン簡易測定手法の実証	メタン簡易測定手法の実証	・呼気ガス測定システム製品化のための企業探索 ・搾乳牛における推定メタン排出量の乳検成績表への記載実証 ・メタン削減資材評価方法を用いた資材探索	・呼気ガス測定システムの製品化 ・推定メタン排出量の乳検成績表での公表 ・乳牛において1世代あたりメタン転換係数改良量3.7%を達成 ・育種改良・メタン削減資材の利用によるGHG削減への貢献 ・J-クレジット制度を活用したGHG削減技術の普及により、73億円/年の市場が形成	・上記技術の普及により、GHG削減に関する政府目標および農水省温対計画の目標達成に貢献
	飼養成績を用いたメタン排出算出式の精度向上(肉牛)	メタン関連指標の遺伝的パラメータの推定	低メタン排出牛の評価	育種による抑制効果の評価(肉牛)				
	脂肪酸組成を用いたメタン排出量算出式の開発(乳牛)		推定メタン排出量の乳検成績表への記載実証と総合指標の提案(乳牛)					
<b>小課題Ⅱ</b> アミノ酸バランス飼料を乳用種肉用牛等で開発	泌乳前期乳牛・育成期採卵鶏において生産性に影響せず窒素排せつ量低減可能なCP水準の検討	乳牛での繁殖性への影響の検討		開発したアミノ酸バランス改善飼料の農家実証試験での効果の検証		・J-クレジット方法論の改定 ・浄化処理N <sub>2</sub> Oを削減するIoTセンシングシステムの上市	・上記技術の普及により、GHG削減に関する政府目標および農水省温対計画の目標達成に貢献	
	堆肥化におけるN <sub>2</sub> O発生のセンシング・可視化方法の開発	堆肥化からのN <sub>2</sub> O発生を低減する亜硝酸酸化細菌法の開発と検証						
	汚水浄化処理におけるN <sub>2</sub> O排出量の少ない条件の検討	N <sub>2</sub> O排出量の少ない曝気制御のIoTセンシングシステムへの実装						
<b>小課題Ⅲ</b> 有機物施用によるGHG排出量の定量化	堆肥化におけるバイオ炭添加によるGHG削減ポテンシャルの検討	バイオ炭添加堆肥による土壌への炭素貯留効果を含めたGHG削減効果の検証		バイオ炭添加堆肥によるGHG削減効果の提示		<b>【普及・実用化に向けた推進策】</b> ・メタン測定マニュアルを用いた講演、普及誌寄稿等による育種事業者・生産者の理解醸成 ・開発技術の利用希望者への支援 ・J-クレジット制度を活用した普及	・上記技術の普及により、GHG削減に関する政府目標および農水省温対計画の目標達成に貢献	
畜産経営体からのGHGを評価するモデル	セミ乾式メタン発酵における前処理の検討および消化液由来敷料生産の環境面・衛生面の評価	乾式メタン発酵の試験プラントを用いた運転条件の確立および消化液由来敷料生産の環境負荷低減効果の検証						
	最新データを用いた畜産環境モデルの構築	本課題で開発された緩和技術のGHG削減効果の評価	緩和技術を組み込んだ畜産システムの評価によるGHGを30%削減する畜産システムの提示					

# 6. 体制図

課題名：畜産からのGHG排出削減のための技術開発（終了）（令和4～8年度）



# 7. 評価

課題名: 畜産からのGHG排出削減のための技術開発(継続) (令和4~8年度)

## 【項目別評価】

評価項目名	ランク (S、A、B、C)
1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性	A
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	A
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道筋(ロードマップ)の妥当性	A
4. 研究推進方法の妥当性	A

## 【総括評価】

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見	ランク (A~C)
・畜産由来GHG排出削減という国家的課題に対し、複数技術を統合した研究基盤を構築するとともに、実装を見据えた知見を着実に蓄積しており、高く評価できる。	A
2. 今後検討を要する事項に関する所見	
・現場導入に当たっては、複数技術を組み合わせた場合の効果的な技術構成、普及組織等との連携方法あるいは導入技術の優先順位や技術導入の進め方等についても引き続き検討していただきたい。 ・国内に広く裨益するにもかかわらず、畜産現場での技術であるということをもって一方的に生産者に負担させない仕組みとして、例えば、J-クレジットなどの短期的な活用に加え、長期的な価格調整の仕組み等も併せて検討していただきたい。	

# 8. 用語集

課題名：畜産からのGHG排出削減のための技術開発(終了)（令和4～8年度）

用語	用語の意味	頁等 該当箇所
カーボンニュートラル	二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量から、森林などによる吸収量を差し引いて、合計を実質ゼロとすること。	1
温室効果ガス（GHG）	大気圏にあって、地表から放射された赤外線の一部を吸収し、地表に向かって放出することにより、温室効果をもたらす気体の総称。人間活動によって増加した主なGHGには、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素などがある。GHGは、Green House Gasの略。	1
アミノ酸バランス改善飼料	飼料全体のタンパク質含量を減らし、不足するアミノ酸（リジンなど）を飼料添加物として補充した飼料のこと。この飼料を給与することにより、家畜の生産性に影響を与えることなく、家畜排せつ物中に含まれる窒素に加え、排せつ物処理で発生する一酸化二窒素を削減することが可能。	1
バイオ炭	バイオマス（生物由来の有機物）を燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度で加熱して作られた固形物（2019年IPCC改良ガイドラインに基づく）。バイオ炭の原料になるバイオマスとしては木材、家畜ふん尿、草本、もみ殻、木の実、下水汚泥由来のものなどがある。土壌中でも分解されにくいいため、効率の良い炭素貯留（吸収源対策）の技術であり、また、農地に施用することで、土壌の通気性や透水性・保水性、pH矯正等土壌改良効果も見込まれる。	1
（メタン発酵）消化液	家畜ふん尿等を原料にしたバイオガス発電において、発酵槽にてメタン発酵を行った後の液体状の残渣。投入原料とほぼ同量が消化液となり、消化液には窒素・リン酸・加里などの肥料成分を含むため、有効活用が期待されている一方、還元する圃場の確保等が課題。	1
牛群検定	農家の飼養する乳用牛（搾乳牛）の全頭について、個体ごとに泌乳量、乳成分率等を測定・記録し、その結果を低能力牛の淘汰や飼養管理の改善などに活用することにより、酪農経営における生産性の向上を図ることを目的とした検定方法。	2
J-クレジット	温室効果ガスの排出削減や吸収の取組を国がクレジットとして認証する制度。本制度により創出されたクレジットは、クレジット創出者（排出削減、吸収に取組む者）はクレジット売却益を受け取るほか、クレジット購入者は、カーボン・オフセットに活用できる等のメリットがある。 この制度を活用したプロジェクトを実施するため、技術ごとにプロジェクトの適用範囲、排出削減・吸収量の算定方法及びモニタリング方法などを規定する方法論が必要。現在、畜産・草地関係の方法論としては、「牛・豚・ブロイラーへのアミノ酸バランス改善飼料の給餌」「家畜排せつ物管理方法の変更」「バイオ炭の農地施用」「肉用牛へのバイパスアミノ酸の給餌」等がある。	2
BOD	生物化学的酸素要求量。水中の有機物が微生物の働きによって分解されるときに消費される酸素の量のこと。河川の有機汚濁を測る代表的な指標。BODは、Biochemical Oxygen Demandの略。	2