

研究の要約

．研究年次・予算区分

研究年次 平成 20 ～ 22 年度
予算区分 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構運営費交付金プロジェクト研究

．主任研究者

主査：

北海道農業研究センター所長 鈴木 修（平成 20 年度）

北海道農業研究センター所長 折登一隆（平成 21 ～ 22 年度）

取りまとめ責任者：

寒地温暖化研究チーム 主任研究員 永田 修（平成 20 ～ 22 年度）

．研究場所

北海道農業研究センター、畜産草地研究所

．研究目的

温室効果ガス発生低減は、我が国の全産業あげて取り組むべき緊急の課題であり、農業も例外ではない。「農林水産省地球温暖化対策総合戦略」においても農林水産分野の温室効果ガス排出削減対策の一層の加速化が標榜され、これに向けて、燃料消費量を削減する農業機械の利用や、温室効果ガス排出抑制に寄与する栽培管理技術の開発が求められている。温室効果ガス発生低減について、これまでに農業生産に由来する発生量評価は数多く行われてきたが、具体的低減方法の開発とその方法を用いた広域的な削減効果の検証は遅れているのが現状である。そこで、本課題では、既存の農業管理技術を利用した温室効果ガス低減方法を開発し、温室効果ガス低減へ向けた緊急な問題解決への貢献を目指す。具体的には、農耕地においては、これまで研究としては取り組みが多かったものの現場レベルで普及までに

は至っていない不耕起栽培の導入、畜産分野においては、搾乳牛舎からの高水分ふん尿混合物の適正管理、放牧飼養の適正化による、温室効果ガス発生低減方法の開発を目指す。

V．研究方法

第 1 章 水田輪作体系における不耕起栽培を導入した温室効果ガス低減型栽培管理技術の開発 (1) 水田輪作体系における安定した不耕起栽培体系の確立

収量性は慣行比 90% 以上、雑草処理に要する作業性は慣行と同等、播種に関わる作業時間は慣行の 80% 以内を目標とし、日本の他地域における技術体系とも比較検討を行い、安定した不耕起栽培技術を確立する。

(2) 不耕起栽培による温室効果ガス発生量低減効果の評価

圃場では、温室効果ガスの測定、物質収支を算出、また、文献精査等から、日本における不耕起栽培適応可能地域を推定し、LCA 手法を用いて、不耕起栽培を適応した場合の温室効果ガス発生量低減効果を広域的に評価する。

第 2 章 搾乳牛ふん尿処理起源の温室効果ガス低減技術の評価と適応手法の開発

(1) 高水分ふん尿混合物の堆肥化処理からの抑制
高水分のふん尿混合物管理において、水分調整法と酸素を供給するための通気方法の改良によって温室効果ガス発生削減の可能性を検討する。堆肥化初期に発生するメタンの抑制と、窒素化合物の速やかな酸化を促して硝酸化成プロセスからの亜酸化窒素発生抑制について評価する。実規模堆肥化試験で 10% 以上の温室効果ガス削減効果を実証する。

(2) スラリー管理からの抑制

スラリー貯留時の攪拌・曝気等の管理や貯留方法について検討する。メタンは僅かな通気によって抑

制が可能と考えられるが、亜酸化窒素の発生を抑制しうる条件と悪臭防止のための攪拌など、既存の管理が両立しうるように改善された管理技術を開発する。削減効果検証は、大型試験装置で行い、既存の4 - 5%削減を目標にする。

(3) 汚水浄化処理からの抑制

公共水系の水質汚染防止のため、汚水中の窒素やりん等の水質汚濁成分除去を行う必要がある。処理過程では、不適切な管理のためにメタンや亜酸化窒素、アンモニアが発生する危険性がある。易分解性有機性を含有する嫌氣的になりやすい汚水の温室効果ガス発生抑制に効果的な曝気方法や汚泥管理法を検討する。出来る限り大きい浄化処理施設での実証を行い、10%程度の削減を実証する。

第3章 中規模酪農における集約放牧システムの確立

(1) 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価およびLCA手法による環境影響評価

放牧飼養における排せつふん尿および放牧地からの温室効果ガス（亜酸化窒素およびメタン）の発生量に及ぼす気象、土壌、および採食飼料構成により異なるふんの性状等の要因を解析し、放牧飼養における温室効果ガス発生量を評価する。また、放牧は放牧地で牛を飼養し、給与する飼料の調製作業および家畜排泄物処理作業を必要としないことから、環境負荷の少ない飼養方法と考えられるが、具体的な数値は不明である。そこで、ライフサイクルアセスメント（LCA）手法により、放牧および舎飼の対症的な酪農生産体系について地球温暖化影響量を計量する。

(2) 家畜行動の解析による温室効果ガス発生量算定の精緻化

放牧飼養では、家畜行動によってふん尿の局在化が生じ、圃場内での土壌養分の蓄積の不均一性をまねく。これにより温室効果ガスの発生も圃場内で不均一となっている可能性があり、サンプリング方法によっては、温室効果ガスの発生量の評価に大きな誤差を生じること考えられる。放牧圃場における温室効果ガス発生量をより正確に見積もるため、家畜の放牧行動を解析し、排泄量の分布状況を明らか

にするとともに、圃場内の温室効果ガスの面的な発生量の分布を明らかにし、温室効果ガスの発生量算定の精緻化を行う。



温室効果ガス発生低減は急務！！

原因



耕作



家畜ふん尿



家畜飼養

解決策



不耕起栽培
の導入

高水分ふん尿混
合物の酸化還元
状態の適正管理

放牧の活用

達成目標

- ・安定した不耕起栽培体系の確立
- ・不耕起栽培による温室効果ガス低減効果評価

- ・高水分ふん尿混合物の堆肥化処理からの抑制
- ・スラリー管理からの抑制
- ・汚水浄化処理からの抑制

- ・放牧による温室効果ガス低減効果評価

期待される効果

農業生産現場からの
温室効果ガス発生量低減に寄与



「農業生産からの温室効果ガス発生量の低減方法の開発」

大課題名：農業生産からの温室効果ガス発生量の低減方法の開発

(1) 水田輪作体系における不耕起栽培を導入した温室効果ガス低減型栽培管理技術の開発

	平成20年度	平成21年度	平成22年度
a. 水田輪作体系における安定した不耕起栽培体系の確立	水田輪作体系における不耕起栽培の問題点を抽出するとともに、地温や土壌水分等環境要因が作物生育及ぼす影響を明らかにする。	土壌の透排水性が作物生育・生産安定化に及ぼす影響を明らかにするとともに、雑草処理技術の検討を行う。	北海道の水田輪作をモデル圃場とした実証試験を行い、水田輪作体系における安定した不耕起栽培技術を確立する。
b. 不耕起栽培による温室効果ガス発生量低減効果の評価	有機物投入処理等を行った試験区において温室効果ガスのモニタリング調査を行うとともに、発生要因の解析を行う。土壌への炭素蓄積量を評価するため表層～30cmの全炭素量の変化を測定する。	不耕起栽培体系におけるLCA評価の枠組みを構築し、算出に必要な活動量データを収集する。日本における不耕起栽培適応地域の算定を行う。	既存モデル、および、本課題で得られた知見を活用し、不耕起栽培技術を適応した場合の温室効果ガス発生量低減効果を評価する。

(2) 搾乳牛ふん尿処理起源の温室効果ガス低減技術の評価と適応手法の開発

	平成20年度	平成21年度	平成22年度
a. 高水分ふん尿混合物の堆肥化処理からの抑制	実規模（10m ³ 程度）のふん尿堆積物で、含水率を5-10%低下させた状況での温室効果ガス削減効果を実証・総合的に判定するとともに削減条件の微生物的な解析を行う。	先年の結果を踏まえ、温室効果ガス削減率の向上に必要な管理条件で小型の堆肥化試験を行う。	実規模（10m ³ 程度）のふん尿堆積物で、先年までに明らかとなった管理条件での温室効果ガス削減効果を実証・総合的に判定する。
b. スラリー管理からの抑制	小型の試験装置（本経費で整備）を用いてスラリーの管理方法の改善や表面に人工物を浮遊させて温室効果ガス削減抑制の効果を検証する。	引き続き、小型試験装置での温室効果ガス削減効果のある資材を検討すると共に、有望な資材の削減効果を大型試験装置（直径5m程度の貯留槽）で検証する。	有望な管理方法や資材の削減効果を大型試験装置（直径5m程度の貯留槽）で検証する。
c. 汚水浄化処理からの抑制	小型の試験装置（本経費で整備）を用いて汚水浄化処理における間欠曝気方法の導入等による温室効果ガス削減抑制効果を、酪農排水で検証する。	引き続き小型の試験装置を用いて各種の酪農排水浄化処理における温室効果ガス削減抑制管理方法を検討する。	実規模の汚水浄化処理施設において、開発された温室効果ガス削減型管理を実証する。

(3) 牛起源の温室効果ガス発生低減技術の評価と適応手法の開発

	平成20年度	平成21年度	平成22年度
a. 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価およびLCA手法による環境影響評価	土壌等排せつ場所の状態および気象が排せつふん尿に由来する温室効果ガス発生に及ぼす影響の解明を行う。また、飼料給与内容、飼料作物栽培時の使用資材、農機の稼働時間等を調査し、LCA評価のための基礎的データを収集する。	ふんの特性が排せつふん尿に由来する温室効果ガス発生に及ぼす影響の解明と実態調査を行う。LCA評価の精緻化のための基礎的データの収集を進める。	排せつふん尿および放牧地土壌からの温室効果ガス発生を評価する。これらのデータをもとに経営形態別の環境影響評価を完成する。
b. 家畜行動の解析による温室効果ガス発生量算定の精緻化	GPSおよび加速度センサを用いた家畜行動追跡と、目視による排糞地の定期観測を併せて行い、家畜行動と排せつ場所分布の要因解析を行う。	前年度データを利用してGIS解析を行い、温暖化ガス放出の少ない地域を明らかにする。また、そこへの排せつを促す放牧家畜の行動制御法と水飲み場など放牧地レイアウトの変更について検討する。	前年度に続いて温暖化ガスを低減させるための家畜行動制御法および草地環境改善法を検討し、放牧地における温暖化ガス低減技術を提示する。

． 研究結果

第1章 水田輪作体系における不耕起栽培を導入した温室効果ガス低減型栽培管理技術の開発

北海道において不耕起で栽培したダイズの収量は、畑転換1年目に慣行耕起栽培に比べて減収する傾向となり、畑転換2年目以降は慣行耕起栽培と同等の収量性を示す。また、除草作業時間から不耕起栽培が可能な耕地の割合は50%と判断された。

不耕起では慣行耕起より土壌の仮比重や体積含水率が増加し、土壌由来の温室効果ガス排出量が減少した。化石燃料由来の排出は不耕起で最大8%削減したが、総温室効果ガス排出量への寄与は土壌由来の方が大きく、不耕起にすることで排出が削減されることが明らかとなった。

第2章 搾乳牛ふん尿処理起源の温室効果ガス低減技術の評価と適応手法の開発

堆肥化過程において、乾草を搾乳牛ふん尿堆肥に重量比10%混入することにより、 CH_4 を74%、 N_2O を62%それぞれ排出低減可能であることが明らかとなった。 N_2O の排出は表層に蓄積される N_2O の切り返し直後の還元による部分が多く、表層に存在する微生物群集が N_2O 生成に重要な役割を果たしていることが明らかとなった。

スラリー処理において、メタンの削減には表層下の注水が有効で17%程度の削減効果が小型試験装置で確認された。

污水浄化処理において、間欠曝気運転を適用することで、通常の常時曝気運転に比べ温室効果ガスの発生が顕著に低下することが明らかとなった。

第3章 中規模酪農における集約放牧システムの確立

補助飼料が給与されたホルスタイン放牧搾乳牛と無給与の黒毛和種放牧繁殖牛のふん尿からの CH_4 と N_2O の排出係数が示されるとともに両者の CH_4 排出係数には有意差のあることが明らかとなった。また、寒地中規模酪農に放牧を導入したモデルを設定し、飼料生産、購入飼料給与、家畜消化管からの排出、ふん尿処理の各部分について温室効果ガス排出量を試算・比較することにより、コーンサイレーヅ通年給与で17%、制限給与で16%の低減が可能

であることが明らかとなった。

搾乳牛昼夜放牧における草地への排ふん割合は約70%であること、および、時間あたりふん排出数は放牧時間と関係しないことが明らかとなった。また、加速度計を利用した排ふん時検出システムを開発し、傾斜放牧地においては、水飲み場の位置に関わらず斜面下部でふん数が有意に多くなることが明らかとなった。

． 研究発表

1 論文発表

Yazaki, T., Nagata, O., Sugito, T., Hamasaki, T. and Tsuji, H.: Nitrous oxide emission from an Andosol-upland field with different tillage systems and organic matter applications. *J. Agric. Meteorol.*, 67 (3), 173-184, 2011

Maeda K, Hanajima D, Toyoda S, Yoshida N, Morioka R and Osada T : Microbiology of nitrogen cycle in animal manure compost. *Microb. Biotechnol.*, 4 (6) ,700-709. 2011

Maeda, K., Hanajima, D., Morioka, R. and Osada, T. : Characterization and spatial distribution of bacterial communities within passively aerated cattle manure composting piles. *Bioresour. Technol.*, 101, 9631-9637, 2010.

Maeda, K., Toyoda, S., Shimojima, R., Osada, T., Hanajima, D., Morioka, R. and Yoshida, N. : Source of nitrous oxide emissions during the cow manure composting process as revealed by isotopomer analysis of and amoA abundance in betaproteobacterial ammonia-oxidizing bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 76, 1555-1562, 2010.

Maeda, K., Morioka, R., Hanajima, D. and Osada, T. : The impact of using mature compost on nitrous oxide emission and the denitrifier community in the cattle manure composting process. *Microb. Ecol.*, 59, 25-36, 2010.

Maeda, K., Morioka, R. and Osada, T. : Effect of covering composting piles with mature compost on ammonia emission and microbial community structure of composting process. J. Environ. Qual., 38, 598-606, 2009.

長田隆：家畜排せつ物起源の温室効果ガス定量測定、ぶんせき（日本分析化学会）、1-10、2010a

長田隆：畜産に由来する温室効果ガス、畜産の研究2月号（養賢堂）、1-10、2010b

2 学会発表・講演

辻博之、永田修、大下泰生、粟崎弘利：除草作業の観点から推定するダイズ栽培で必要とされる雑草制圧程度、雑草研究55（別）、48、2010

辻博之、永田修、矢崎友嗣、杉戸智子、濱寄孝弘：北海道におけるダイズ不耕起栽培の水稲後作時の減収、日作紀80（別1）、326-327、2011

矢崎友嗣、永田修、杉戸智子、濱寄孝弘、辻博之：耕起法が水田転換畑における温室効果ガス発生量に及ぼす影響－LCA手法を用いた北海道黒ボク土圃場の事例－、日本土壌肥料学会2009年度京都大会講演要旨集、198

矢崎友嗣：耕起法が水田転換畑における温室効果ガス発生量に及ぼす影響、－LCA手法を用いた北海道黒ボク土圃場の事例－、農林水産省プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発」研究成果発表会「地球温暖化と農林水産業－環境・食卓の現在と未来－」（農環研・農研機構）東京国際フォーラム、2009

Yazaki, T., Nagata, O., Sugito, T., Hamasaki, T. and Tsuji, H., Nitrous oxide emission from an Andosol-upland field with different tillage systems and organic matter applications. Proceedings of International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2010), 150, 2010.

矢崎友嗣、永田修、杉戸智子、濱寄孝弘、辻博之：耕起法と有機物施用の異なる黒ボク土圃場における炭素収支、日本土壌肥料学会2010年北海道大会講演要旨集、184、2010

矢崎友嗣、永田修、杉戸智子、濱寄孝弘、辻博之：水田転換畑における不耕起栽培による温室効果ガス発生量低減効果の評価、日本土壌肥料学会北海道支部平成22年度秋季支部大会講演要旨集、15、2010

矢崎友嗣、永田修、杉戸智子、濱寄孝弘、辻博之：水田転換畑における耕起法と有機物施用が土壌物理環境に与える影響、日本農業気象学会北海道支部2010年大会講演要旨集、B7-B8、2010

前田高輝：堆肥からの温室効果ガス（N₂O）発生機構が解明されました、農林水産省プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発」研究成果発表会「地球温暖化と農林水産業－環境・食卓の現在と未来－」（農環研・農研機構）東京国際フォーラム、2009

前田高輝、豊田栄、下島涼介、長田隆、花島大、森岡理紀、吉田尚弘：乳牛ふん尿堆肥化過程におけるN₂OアイソトポマーおよびAOB群集構造解析、第25回日本微生物生態学会大会要旨集、p17、2009.

Maeda, K., Toyoda, S., Shimojima, R., Osada, T., Hanajima, D., Morioka, R., Yoshida, N. : Nitrous oxide emission from cattle manure composting process. GGAA (Greenhouse Gases and Animal Agriculture conference) 4, Banff, Canada, 2010

Maeda, K., Toyoda, S., Shimojima, R., Osada, T., Hanajima, D., Morioka, R., Yoshida, N. : Denitrification and nitrous oxide production potential of the dairy cattle manure compost surface layer. ISME (International Symposium of Microbial Ecology) 13, Seattle, United States, 2010

Maeda, K. : GHG emission from livestock waste management. WGIA (Workshop on Greenhouse gas Inventories in Asia) 7, Seoul, Korea, 2009

長田隆 : GHG measurement for manure management of Livestock、WGIA (Workshop on Greenhouse gas Inventories in Asia) 8, Vientiane, Lao PDR, 2010

森岡理紀、前田高輝、花島大、長田隆、桜庭昇 : 酪農雑排水処理における間欠曝気法の温室効果ガス低減効果、2011年度農業施設学会大会講演要旨、105-106, 2011

秋山典昭、八木隆徳、須藤賢司、小路 敦、渡辺也恭、坂上清一、松村哲夫、永田修 : 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価 (1) 札幌の放牧地における牛ふん由来の CH_4 と N_2O の発生、日本草地学会誌 55 (別), 104, 2009

秋山典昭、八木隆徳、須藤賢司、小路敦、渡辺也恭、坂上清一、松村哲夫、永田修 : 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価—札幌の放牧地における牛尿由来の CH_4 と N_2O の発生、日本草地学会誌、56 (別), 173, 2010

松村哲夫、秋山典昭、須藤賢司、藤田直聡、坂上清一、渡邊也恭、八木隆徳、小路敦 : 寒地中規模酪農経営への集約放牧体系導入による温室効果ガス排出量の削減効果 : 北海道草地研究会報 45, 74, 2010

秋山典昭、八木隆徳、須藤賢司、小路敦、渡辺也恭、坂上清一、松村哲夫、永田修 : 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価 (4) 札幌の放牧地における牛ふん尿由来の一酸化二窒素とメタンの発生、日本草地学会誌 57 (別), 66, 2011

秋山典昭、八木隆徳、須藤賢司、小路敦、渡辺也恭、坂上清一、松村哲夫、永田修 : 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価 (5) 放牧地の裸地部分からの二酸化炭素、一酸化二窒素、メタンの発生、

日本草地学会誌 57 (別), 167, 2011

渡辺也恭、坂上清一、川村健介 : 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価 (2) 加速度センサーを利用したふん排出時の検出、日本草地学会誌 57 (別), 105, 2009

渡辺也恭、坂上清一、川村健介 : 大規模草地における精密放牧システムの構築 (12) 携帯式生育情報測定装置の利用による放牧草の粗タンパク含量の推定、日本草地学会誌 56 (別), 135, 2010

渡辺也恭、坂上清一、川村健介 : 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価 (6) 牛の尾に装着した加速度計データを利用したふん排出時間の自動的検出法の検討、日本草地学会誌 57 (別), 58, 2011

渡辺也恭、坂上清一、川村健介 : 放牧飼養における温室効果ガス発生低減化対策—水飲み場設置位置が傾斜放牧地のふん分布に及ぼす影響—、日本草地学会誌 57 (別), 59, 2011

3 研究成果情報

秋山典昭、八木隆徳、須藤賢司、小路敦、松村哲夫、渡辺也恭、坂上清一、永田修 : 道央の放牧地における牛ふん尿由来の一酸化二窒素とメタンの排出係数、平成 22 年度北海道農業研究成果情報 (行政・参考)、2011

辻博之、矢崎友嗣、永田修、杉戸智子、濱寄孝弘 : 寒地水田転換畑におけるダイズ不耕起栽培に必要な除草条件、22 年度北海道農業研究成果情報 (技術・参考)、2011

前田高輝、花島大、森岡理紀、長田隆 : 搾乳牛ふん尿堆積型堆肥化におけるバクテリア群集の空間分布、平成 22 年度北海道農業研究成果情報、(研究・参考)、2011

前田高輝、花島大、森岡理紀、長田隆 : 搾乳牛ふん尿の堆積型堆肥化過程における切り返し直後の一酸化二窒素排出機構、平成 22 年度北海道農業研究成果情報、(研究・普及)、2011

研究担当者

第1章 水田輪作体系における不耕起栽培を導入した
温室効果ガス低減型栽培管理技術の開発

(1) 水田輪作体系における安定した不耕起栽培体系
の確立

辻 博之*
永田 修
濱寄孝弘

(2) 不耕起栽培による温室効果ガス発生量低減効果
の評価

永田 修*
濱寄孝弘
矢崎友嗣*
杉戸智子

第2章 搾乳牛ふん尿処理起源の温室効果ガス低減技
術の評価と適応手法の開発

(1) 高水分ふん尿混合物の堆肥化処理からの抑制

前田高輝*
長田 隆

(2) スラリー管理からの抑制

長田 隆*
森岡理紀

(3) 汚水浄化処理からの抑制

森岡理紀*
花島 大
長田 隆

第3章 牛起源の温室効果ガス発生低減技術の評価と
適応手法の開発

(1) 放牧飼養における温室効果ガス発生量の評価お
よび LCA 手法による環境影響評価

秋山典昭*
八木隆徳
須藤賢司
小路 敦
松村哲夫*

(2) 家畜行動の解析による温室効果ガス発生量算定
の精緻化

渡邊也恭*
坂上清一

* は取りまとめ執筆