

# 石灰窒素施用が 稲わら分解と 温室効果ガス放出に及ぼす影響

東京農業大学 応用生物科学部 教授 犬伏和之

メタンは、1分子当たりCO<sub>2</sub>の約25倍の地球温暖化係数GWPを持っており、わが国のメタン放出に占める水田からの割合は約44%で、最大の発生源と推定されている（GIO 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2024年）。環境保全型農業において、水田からのメタン放出の削減は重要課題のひとつであり、「中干し」や間断灌漑など水管理が有効な削減策である。稲わらは、水田の地力維持に重要な有機物であるが、湛水後に嫌気性土壌微生物、メタン生成古細菌によって分解され大気中に放出される。

水田では、収穫時に稲わらが圃場に散布されるのが一般的であるが、秋季に土壌に鋤き込むことによって土壌中で好氣的にCO<sub>2</sub>にまで分解され、翌年、田植え前の春に鋤き込むのに比べてメタン放出量をGWP換算で削減できることが示されている。環境保全型農業直接支払い制度やJ-クレジット制度でも、秋鋤き込みや中干し期間の延長が認定されている。ところが、寒冷地では、天候の影響で秋鋤き込みが困難であることも多く、また低温であるため土壌中での分解が進まず、秋鋤き込みの効果が十分には期待できない。

そこで、有機物分解の促進効果がある石灰窒素を秋に稲わらと同時に浅めに鋤き込めば、稲わらの冬季の分解が促進され、翌年のメタン放出を削減できることが実証されている。一方、畑状態の土壌からは、窒素施肥後に一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）も放出されており、そのGWPはCO<sub>2</sub>の約300倍とさらに強力な温室効果ガスであるため注意が必要である。

本研究では、東京農業大学のライシメータを用いて稲わらを稲作前年または当年春に鋤き込み、前年から石灰窒素を施用した区と無施用区を設け、稲わらの分解程度や温室効果ガスの放出量への影響を調査した。また、培養試験によって土壌中での温室効果ガス生成への影響も調べた。

## 材料および方法

黒ボク土が充填され、小麦・稲の栽培後のライシメータ8区画（各95×145cm）を用いて、2024年12月23日に稲わら500kg/10a相当量を5cm以下に細断して鋤き込

んだ区（前年鋤き込み区）と2025年5月9日に同量の稲わらを鋤き込んだ区（当年鋤き込み区）を設け、さらに各々に石灰窒素（20kg/10a）を前年稲わら鋤き込み時に施用した区と無施用区を組み合わせて設けた（計4処理、各2連）。畑状態土壌からのCO<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>O放出速度（フラックス）をチャンバー法とGCで計測し、2025年6月20日に水稻（彩のかがやき）を移植後、収穫までのCH<sub>4</sub>放出速度と積算ガス放出量や土壌酸化還元電位Eh、水稻生育・収量を計測した。

これと並行してリターバック試験として、ナイロンメッシュ袋に乾燥稲わらを5g入れ、ライシメータの畑状態土壌中（深さ15cm）に稲わら散布と同時に（2024年12月23日）に埋設し、その半数（試料a）は水稻移植前（2025年6月16日）に、残り（試料b）は2025年4月25日に回収、稲わらの残存重量を測定後、その一部（試料b'）を荒起し前（2025年5月26日）に埋設、すべてを水稻移植前（2025年6月16日）に回収して、稲わらの残存重量と水溶性有機炭素量、全炭素含量を測定し、時期別の炭素分解率を算出した。

培養試験は直径35mm、高さ105mmのガラス瓶にライシメータの4区から水稻移植前に採取し、風乾した土壌10gのみ、あるいは前年鋤き込みした新鮮稲わら、またはリターバックから水稻移植前に回収した分解途中の稲わらを乾燥し、粉碎したものを各0.1g添加して、これに35mLの蒸留水を加え、気相を窒素ガスで置換して湛水密栓してから、30℃暗所で4週間培養し、メタン生成量の経時変化を調べた。

## 結果および考察

### ●畑状態土壌からの温室効果ガス放出

CO<sub>2</sub>フラックスは、試験開始直後には石灰窒素区・稲わら前年鋤き込みで高かったが、2月以降は対照区のほうが高く推移した（図1）。12～6月までの積算放出量は対照区・前年鋤き込み>石灰窒素区・前年鋤き込み>対照区・当年鋤き込み>石灰窒素区・当年鋤き込みの順

となった。試験前の耕起時に前作根株などが鋤き込まれ、その分解も促進された可能性があるが、測定間隔が開いてしまったのでピークが検出できなかった可能性もある。

一方、 $N_2O$ フラックス（図2）は、石灰窒素区・前年鋤き込みで1～3月に高まり、そのほかの区で低く、一時マイナスの値を示す場合もあった。石灰窒素由来の窒素の影響も考えられるが、有機化や硝化抑制効果の可能

性もあるので、今後さらに検討が必要である。GWP換算した $CO_2 + N_2O$ フラックス積算量も石灰窒素区・前年鋤き込みで最大となった。

### ●湛水状態土壌からのメタン放出

各区とも湛水1ヵ月後からメタン放出が始まったが、7月以降、当年わら鋤き込み区で増加が続いた（図3）。土壌Ehは、初期にどの区も-200mV程度まで低下したが、

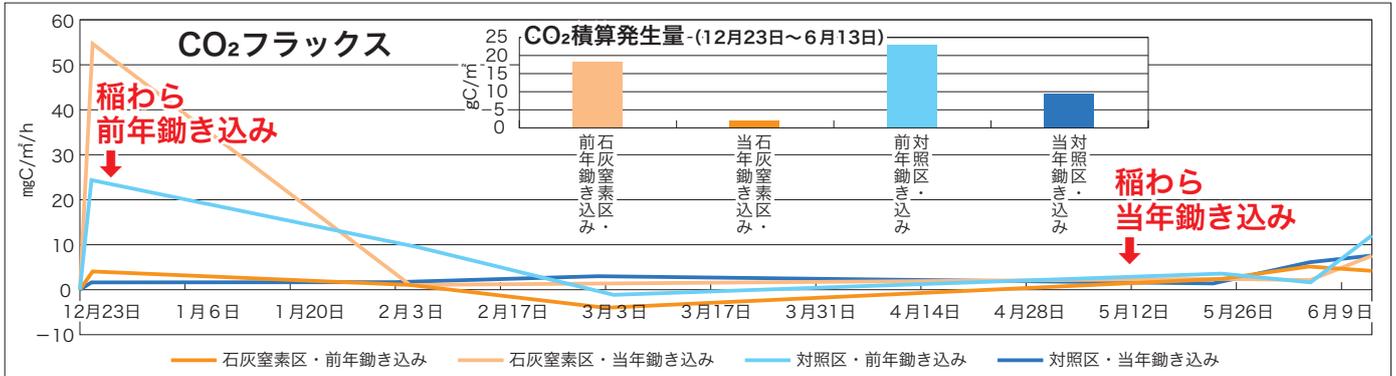


図1 畑状態土壌からの $CO_2$ フラックス変化と12～6月までの積算放出

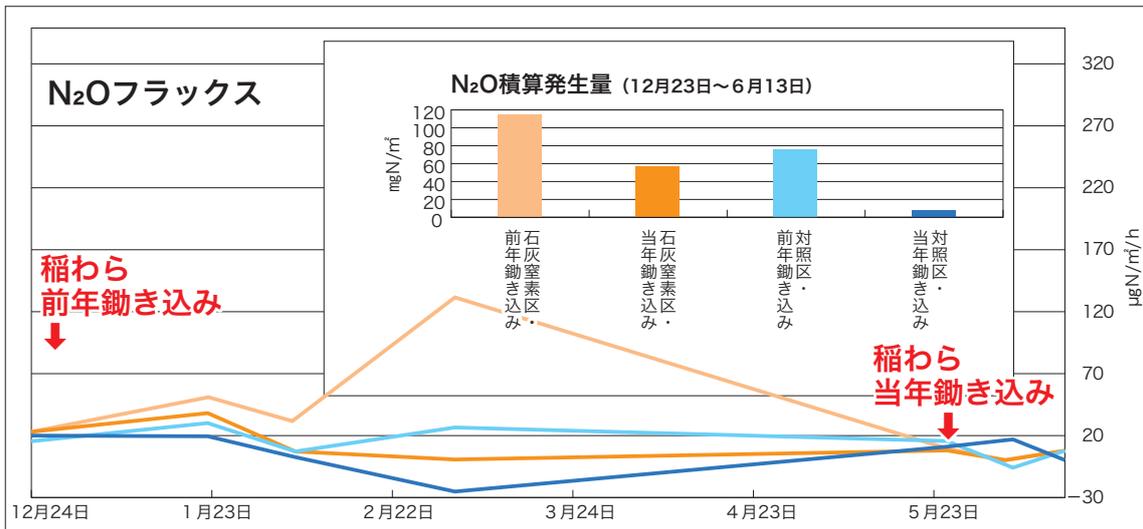


図2 畑状態土壌からの $N_2O$ フラックス変化と12～6月までの積算放出量

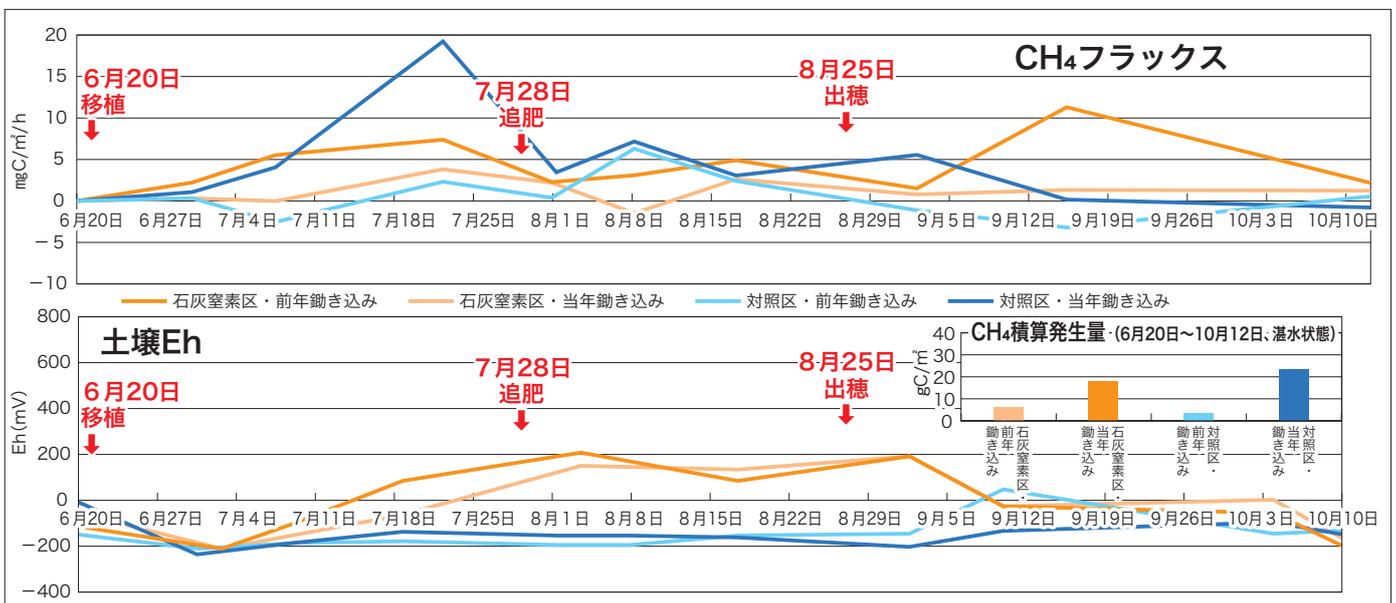


図3 湛水状態土壌からのメタンフラックスと積算発生量及び土壌酸化還元電位Eh変化

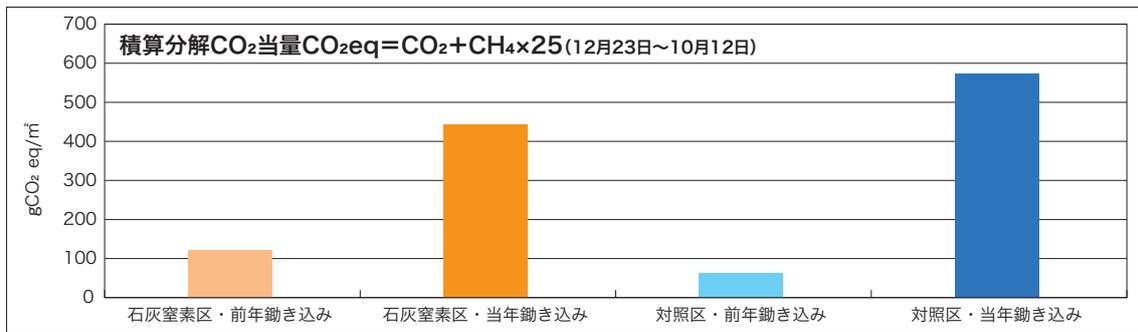


図4 GWPを考慮した積算分解CO<sub>2</sub>当量(N<sub>2</sub>Oは30~50程度)

7月以降、石灰窒素の施用で上昇し、メタン放出量も低く推移した。6~9月までの積算放出量は、対照区・当年鋤き込み>石灰窒素区・当年鋤き込み>石灰窒素区・前年鋤き込み>対照区・前年鋤き込みの順となり、石灰窒素は湛水直前に施用された稲わら分解も促進し、湛水後のメタン放出を抑制する傾向が確認された。GWPを考慮した積算分解CO<sub>2</sub>当量も、メタン積算放出量と同様の傾向となった(図4)。

### ●水稲生育・収量

水稲の生育状況には試験区間で有意差はなかったが、出穂期以降、対照区で茎数の低下傾向が認められた。収穫時には石灰窒素施用区で対照区より穂数が多く、石灰窒素施用区では、前年わら施用で当年施用より低い傾向がみられたが、収穫後の新鮮重で有意差は認められなかった。

### ●リターバック試験

水溶性有機炭素量は、石灰窒素施用区>対照区であり、時期別では5~6月埋設のほうが12~4月埋設より多く、温度の高い湛水直前のほうが目視でも石灰窒素施用で稲わらの分解が進んでいたことを示唆している(写真1)。一方、12~6月を継続して埋設していた試料の水溶性有機炭素量は、時期別より少なく区間差は有意ではなかったが、石灰窒素区で低い傾向がみられた(図5)。継続埋設試料での全炭素分解率には、石灰窒素の影響は認められなかった。

### ●培養試験

メタン生成は、稲わら無添加でほとんど認められず、一方、新鮮稲わら添加で、分解途中の稲わらより多い傾向が認められた。石灰窒素施用・前年わら施用土壌のほうが、対照区土壌や石灰窒素施用・当年わら施用土壌よりメタン生成が多い傾向が認められた。

以上より、石灰窒素が前年の稲わら分解を促進し一部が可溶性炭素となり、畑状態でのCO<sub>2</sub>放出量(Neutral C)は増加させるものの、湛水後のメタン放出総量や積算分解CO<sub>2</sub>当量を減少させ、当年鋤き込みでも同様の効果を持つことが確認された。また、リターバック試験で認められたように、湛水直前にも石灰窒素で同様の稲わら分解促進効果が示唆された。



写真1 リターバック試験(6月16日撮影)

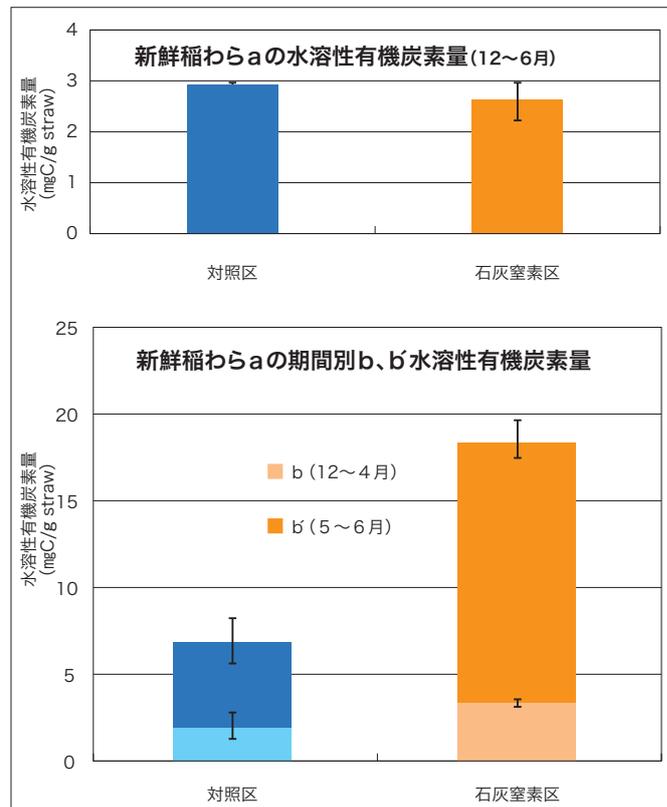


図5 埋設期間別稲わら中の水溶性有機炭素量

以上の成果の一部は2025年8月山形大学農学部で開催された国際シンポジウム International Symposium on Long-Term Monitoring and Investigation of Rice Paddy and Forest Ecosystems for Plant and Soil Responses to Climate Changeにて発表した。Sumire Ito, Kazuyuki Inubushi, Hiroyuki Oshima and Taku Kato (2025) Effects of calcium cyanamide on greenhouse gas emissions from paddy field and rice straw decomposition.