

委託試験成績（令和4年度）

担当機関名、代表者名	兵庫県立農林水産技術総合センター、所長 多田 勝利
実施期間	令和4年度～5年度、新規開始
大課題名	IV 環境保全を配慮した生産技術の評価・確立
課題名	水稻栽培における酵素資材の収穫時処理によるメタンガス抑制技術の確立
目的	兵庫県における環境創造型農業の推進を図るために、稲わらに対して酵素資材を処理し、水田からのメタンガスの排出量削減及び土壌の異常還元緩和による良好な水稻生育確保を検討する。
担当者名	所属：兵庫県立農林水産技術総合センター 農業技術センター 役職・氏名：職員 平野温子

1. 試験場所

センター内ほ場（兵庫県加西市別府町）

2. 試験方法

(1) 試験条件

ア. 圃場条件

台地造成土、細粒質低地土

表層 20cm：沖積水田表土、土性 CL、下層土 20cm 以深：未耕地黄色土、土性 LiC

イ. 栽培等の概要（R4 年度）

品種名 ヒノヒカリ

耕起前処理 稲わら散布 3月29日（風乾 400kg/10a）、資材散布

耕起 トラクタによるロータリ耕、3月30日、5月24日、耕深 12cm

代掻き 6月6日

播種 手まきにより播種、5月17日、播種量：乾粃 120g/箱

移植 6月9日、22.2株/m²、3～5本/株

施肥 基肥 N-P-K=6-6-6 (kg/10a)、LP140、田植え同時側条施肥

水管理 移植翌日から湛水を開始し、その後慣行に従い管理

除草 カウンシルコンプリート 1kg 粒剤、6月17日、1kg/10a、畦畔から散布

病害虫防除 フルターボ箱粒剤（移植時）、カスミン液剤（7月5日）、

ブラシンフロアブル、Mr ジョーカーEW、バリダシン液剤 5（8月26日）

収穫 10月24日

資材処理 3月29日 稲わら散布後

①酵素資材（アグリ革命、メニコン（株））、100ml/10a 液剤散布（200倍希釈）

②石灰窒素 20kg/10a 散布、③無処理

表 1 耕種概要

稲わら・資材散布	耕起	代かき	移植	中干し	出穂	落水	収穫
3/29	3/30	6/6	6/9	7/13-8/4	8/25	10/4	10/11

稲わら・資材散布は、前年秋収穫した風乾稲わら 400kg/10a を約 10cm に裁断後圃場散布したのち、資材を稲わらの上から散布した。

表 2 試験区構成

区名	資材	施用量
E	酵素資材	100ml/10a
N	石灰窒素	20kg/10a
C	無処理	-

各区3反復数、全9区

(2) 調査方法

ア. メタン排出量

携帯型メタン計 (GLA131, ABB Inc) を用いたチャンバー法により、資材散布後湛水前は2週に1回、湛水後は週1回、原則午前中(9:00-12:00)に測定した。

イ. 地温、Eh、水位

メタン測定時に、各処理区の地表下5cmの地温、Eh(簡易土壌Eh計、藤原製作所)、地表面からの水位を測定した。

ウ. 硫化水素

移植後2週間目に銀メッキ板(イオウチェッカー、富士平工業(株))を埋設、移植後3週間目に取り出し変色度合を確認した(簡易評価法、新潟県農業総合研究所基盤研究部)。

エ. 生育、収量

調査法は、稲・麦・大豆作業指導指針(H29、兵庫県)に準じた。

各区草丈、茎数が中庸な3株を7月4日に採取し、地上部重、根重を計測した。

3. 試験結果

(1) 気温、降水量、地温、土壌Eh、水位

図1(a, b, c, d)に4月8日~10月6日の、日平均気温、日降水量、地表下5cmの地温、土壌Eh(mV)、田面水位(cm)の推移を示す。中干直前の7月12日に75mm、中干中の7月19日に55mmの降雨がありほ場の乾きが遅く、Ehは7月20日~26日は-200mV以下で推移し、中干終了直前の8月3日に、一時的に500mV程度まで上昇した。水位は7月29日に急激に下がり、8月3日に地表面下-13~-18cmまで下がった。地温は7月6日最も高く、29℃程度だった。

処理区間のEhを比較すると、湛水開始約1週間後の6月20日に無処理区に比べ酵素資材区、石灰窒素区が100mV程度高かった他は、全期間通して差は無かった。移植後2週間~3週間の硫化水素発生も、処理区間で差はなかった(写真1)。

湛水期間中は、水口側に比べ水尻側の方が1cm程度高い傾向が見られた。一方、7月29日は水尻側に比べ水口側の地下水水位が10cm程度高くなった(データ略)。

(2) メタン発生量

図1(e)にメタンフラックス推移を示す。湛水11日後(6月20日)から徐々に増加し、約30日後(7月6日~11日)にピーク(14.5~22.2mgCH₄/m²/h)を迎えた。その後中干終了直前の8月3日に0付近まで急激に低下し、中干後の湛水から徐々に増加、9月20日に再び0付近まで低下し、落水後の10月6日に再び増加した。処理区間では、5月9日に石灰窒素区が酵素資材区より高く、6月27日に無処理区が石灰窒素区より高く、9月20日は石灰窒素区が他2区より高くなった。その他の測定日では処理区間のメタンフラックスに有意差はなかった。

図2に測定期間中の積算メタン発生量を示す。石灰窒素区 19.1 > 酵素資材区 16.3 > 無処理区

15.6 (gCH₄/m²) の順となったが、有意差はなかった。

(3) 水稻の生育及び収量

表 3、4 に水稻の生育、収量を示す。幼穂形成期の草丈、成熟期の稈長は石灰窒素区が高かった。収量構成要素は、酵素区の一穂粒数が少なく、千粒重が高かった。精玄米重は石灰窒素区が高かった。

表 5 に移植 3 週間後の地上部重、根重を示す。根重は石灰窒素区で高い傾向がみられたが有意差はなかった。

4. 主要成果の具体的なデータ (エラーバーは全て標準誤差を示す)

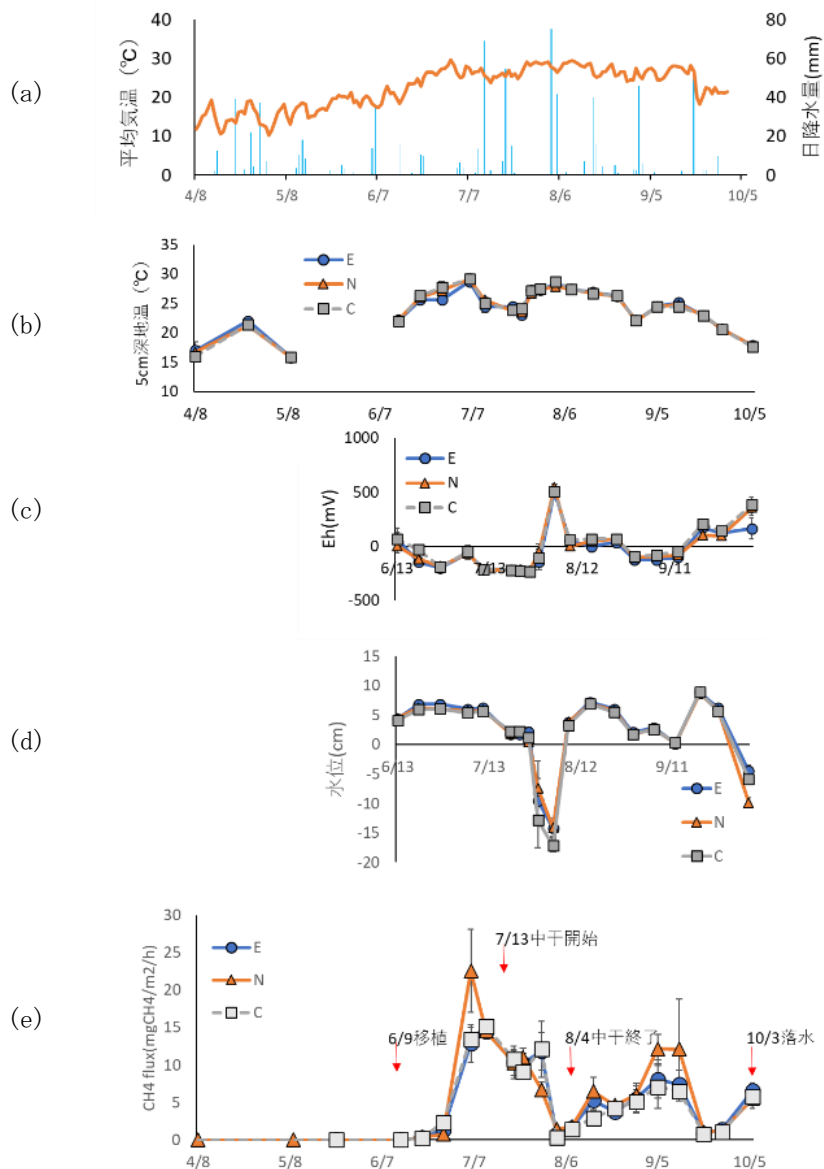


図 1 資材処理後から収穫期における(a)日降水量、日平均気温、(b)地温、(c)土壌 Eh、(d)水位、(e)メタンフラックスの推移

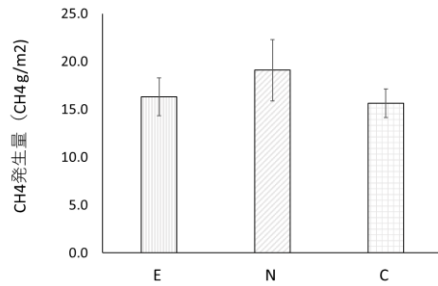


図2 メタン発生量(4月8日~10月6日)

表3 水稻の生育

区名	中干し前 (7月1日)		幼穂形成期 (8月9日)		成熟期 (9月30日)		
	草丈 (cm)	茎数 (本)	草丈 (cm)	茎数 (本)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)
E	31.0	15.8	94.3 a	19.2	93.6 a	18.8	18.3
N	29.7	15.6	97.2 b	20.0	97.6 b	18.5	19.0
C	31.1	15.4	94.4 a	18.9	94.7 a	18.7	17.9
統計有意差	ns	ns	*	ns	*	ns	ns

E: 酵素処理区、N: 石灰窒素処理区、C: 無処理区 出穂期: 8月25日

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ の場合、ns: 有意差なし (F検定)

異符号間に5%水準で有意差あり (t検定)

表4 水稻の収量

区名	精玄米重 (g/m ²)	収量構成要素			
		穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
E	661 a	454.5	80.3 a	85.6	21.8 a
N	689 b	510.1	90.3 b	85.5	21.5 b
C	666 a	435.8	91.3 b	84.1	21.6 b
統計有意差	*	ns	**	ns	*

E: 酵素処理区、N: 石灰窒素処理区、C: 無処理区

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ の場合、ns: 有意差なし (F検定)

異符号間に5%水準で有意差あり (t検定)

表5 水稻の生育量(地上部、根、移植3週間後)

試験区	草丈 (cm)	茎数 (本)	地上部重 (風乾g/株)	地上部重 (乾物g/株)	根重 (風乾g/株)
E	30.9	16.7	17.9	3.4	10.8
N	30.0	17.4	20.4	3.6	11.3
C	30.7	15.4	16.7	3.3	9.1
統計有意差	ns	ns	ns	ns	ns

E: 酵素処理区、N: 石灰窒素処理区、C: 無処理区

草丈、茎数: 7/1 (中庸3株平均値)、地上部重、根重: 7/4中庸3株採取

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ の場合、ns: 有意差なし (F検定)

5. 考察

(1) 資材処理がメタン発生量に及ぼす影響

本試験における水田からのメタン発生量は、石灰窒素区でやや高い傾向があったものの有意差はなく、酵素処理区と無処理区ではほとんど変わらなかった。

梶ら(2017)の報告では、15°C 3ヶ月の培養における稲わら中の炭素分解率は無資材区で49.5%、石灰窒素区で55.7%、5°C 3ヶ月の培養では、無資材区で36.9%、石灰窒素区で41.4%だった。本試験では3月の稲わら・資材散布、耕うんから6月湛水まで71日、積算気温1107°Cであった。これは15°C 3ヶ月の積算気温1350°Cよりも低いが、5°C 3ヶ月の積算気温450°Cより高く、

稲わらの炭素分解率は無処理区でも 30～50%の間であったことが推測される。

また、塩野ら(2016)の報告では、ほ場試験にて、前年 11 月に埋設、4 月に回収した稲わらの炭素分解率は、春耕区で 30.2%、秋通常耕区で 33.1%、メタン発生量は春耕区で 134.1 gCH₄/m²、秋通常耕区で 107.6gCH₄/m²であった。

これらのことから、本試験で処理区間のメタン発生量に有意差が出なかったことは 1)無処理区でのメタン発生量が少なく、資材処理の効果が出にくかった、2)春耕でも積算気温が確保されたため無処理区でも一定の炭素分解がなされ、資材処理の効果が出にくかった、などの要因が考えられる。また、石灰窒素区でメタン発生量が高い傾向となったのは、1)石灰窒素区では炭素分解率が高いが、湛水までの期間が短いため嫌気状態でのメタン生成菌の基質が増加し、メタン発生量が高い傾向となったこと、2)生育量が多く、根域におけるメタン産生および稲体への取り込みが高かったこと、3)資材散布後湛水前に石灰窒素区で雑草生育が他 2 区より旺盛になり、有機物量が増大したこと、などの要因が考えられる。

メタンフラックスは中干終了後、水口>中央>水尻となる傾向がみられ、反復間誤差の影響がみられた(8月8日、29日、9月5日、20日)。中干期間中の降雨により水抜けが悪く、ほ場内で水位差が生じた(7月29日)ことが要因に挙げられる。

(2) 水管理がメタン発生量に及ぼす影響

メタンフラックスは、中干前の分けつ期に最もメタン発生量が多く、中干し終了時に急激に下がったことから、メタン発生量には水管理とそれに伴う Eh の変化が大きく影響することが分かった。なお、Itohら(2011)は、全国 9 県の水田における水稲作付期のメタン発生量(2008-2009)を比較し、地域、年によって 6.1～78.6gCH₄/m²のバラつきがあったと報告している。本試験では無処理区で 15.6gCH₄/m²であり、新潟県(2008)、鹿児島県(2009)と類似していた。また、中干直前にピークを迎え、中干収量直前に 0 付近まで下がり、生育後期に 2 つ目の小さいピークが来る形は、岐阜県(2008)と類似していた。これらのことから、メタン発生量や発生のパターンは、気温、地温よりも土壌タイプ、栽培管理、年次に大きく影響されると考えられる。

(3) 資材処理が水稲生育に及ぼす影響

本試験における水稲収量は、石灰窒素区で高くなった。これは石灰窒素の窒素分による肥料効果が主な原因と考えられる。一方、酵素資材区では一穂粒数が少なく、千粒重が重くなった。酵素による有機物分解が水稲初期生育に影響した可能性がある。

6. 問題点と次年度の計画

(1) 地下水位差の解消

今年度試験では、中干中の地下水位にはほ場内で差ができてしまい、メタン発生量の反復誤差の一要因となった。測定への水位の影響を極力少なくするため、次年度は処理区間に波板仕切りをせず、中干期の溝切りを行い速やかな排水を試みる。また、水口、水尻の水位差の影響を減らすため、ほ場両端から一定距離(10m)離して試験区を設置する。

(2) 気温差の解消

今年度試験では、チャンバーが 1 基しかなく測定に時間がかかった。測定時間差による地温、気温の差がメタン発生量に影響する可能性もある。次年度は 12 区に増やすことから、測定時間の延長が懸念されるが、チャンバーを増設し、測定にかかる時間の短縮を試みる。

(3) 稲わら分解率の調査

今年度試験で明らかに出来なかった稲わらの分解率について、次年度はほ場埋設試験、室内培養試験により調査し、メタン発生量に与える影響を確認する。

7. 参考写真

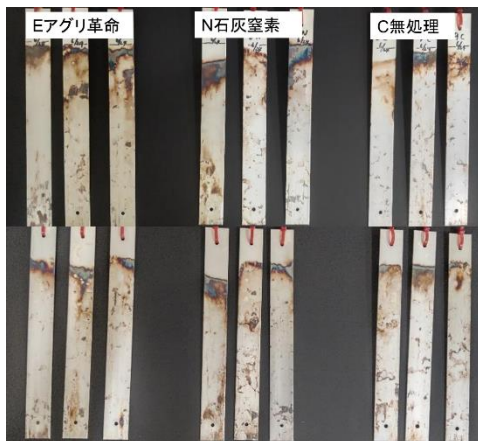


写真1 銀メッキ板による還元度合の確認
(移植3週間後)

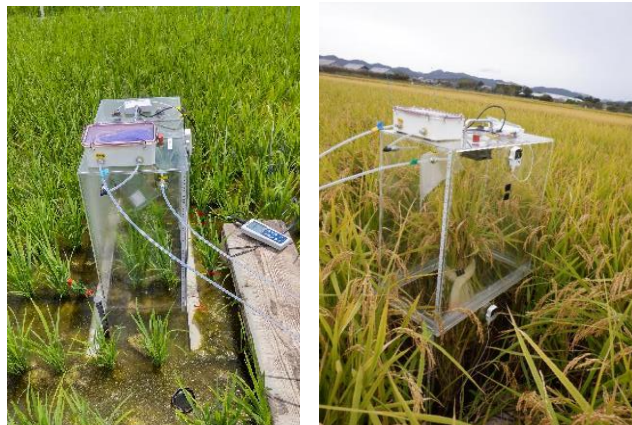


写真2 チャンバー設置の様子
(左:7月6日、右9月28日)

8. 参考文献

- ・塩野宏之, 齋藤寛, 今野陽一, 熊谷勝巳, 永田修. 積雪寒冷地低地土稲わらすき込み水田における耕起法の違いが翌年のメタン, 一酸化二窒素発生量に及ぼす影響. 土肥誌 87(2). 101-109
- ・梶 智光・小林 新. BOD 法による各種稲わら分解促進資材の評価. 土肥誌 88(5). 430-434
- ・Masayuki Itoh, Shigeto Sudoa, Shizuka Mori, Hiroshi Saito, Takahiro Yoshida, Yutaka Shiratori, Shinobu Suga, Nanako Yoshikawa, Yasufumi Suzue, Hiroyuki Mizukami, Toshiyuki Mochida, Kazuyuki Yagi. Mitigation of methane emissions from paddy fields by prolonging midseason drainage. Agric. Ecosyst. Environ. 141. 351-372.