

委託試験成績（令和5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、継続																																				
大課題名	Ⅲ 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	兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター 研究員 平野温子																																				
<p>1. 試験場所 兵庫県農林水産技術総合センター農業技術センター内ほ場（兵庫県加西市別府町）</p> <p>2. 試験方法 水稻収穫後の①稲わらすき込み時の資材処理の有無、②すき込み時期の違いに着目し、水田からのメタンガス発生量の比較検討を行った。</p> <p>(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（R5 年度） 品種名 ヒノヒカリ 資材処理 2022 年 11 月 4 日、稲わらに表面散布したのち秋耕を行った。 ①酵素資材（アグリ革命アクア、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 耕起 トラクタによるロータリ耕、①11 月 4 日（秋耕）、②5 月 12 日（春耕）、耕深 10cm 代掻き 6 月 3 日 播種 手まきにより播種、5 月 16 日、播種量：乾粃 120g/箱 移植（湛水開始） 6 月 5 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 出穂期 8 月 22 日 水管理 常時湛水（落水 9 月 28 日） 収穫 10 月 5 日</p> <p>(2) 処理区の構成</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験区名</th> <th rowspan="2">資材・すき込み時期</th> <th colspan="2">稲わらすきこみ</th> <th rowspan="2">資材散布</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>秋</th> <th>春</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EA</td> <td>酵素資材・秋</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>資材名：アグリ革命アクア</td> </tr> <tr> <td>NA</td> <td>石灰窒素・秋</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CA</td> <td>無処理・秋</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CS</td> <td>無処理・春</td> <td>—^{*1}</td> <td>○</td> <td>—</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1:メタン測定箇所は、収穫後稲わらを持ち出してから秋耕し、表面に稲わらを散布。測定箇所以外は、秋耕後稲わら表面散布。</p> <p>各区 3 反復、計 12 区</p>						試験区名	資材・すき込み時期	稲わらすきこみ		資材散布	備考	秋	春	EA	酵素資材・秋	○	○	○	資材名：アグリ革命アクア	NA	石灰窒素・秋	○	○	○		CA	無処理・秋	○	○	—		CS	無処理・春	— ^{*1}	○	—	
試験区名	資材・すき込み時期	稲わらすきこみ		資材散布	備考																																
		秋	春																																		
EA	酵素資材・秋	○	○	○	資材名：アグリ革命アクア																																
NA	石灰窒素・秋	○	○	○																																	
CA	無処理・秋	○	○	—																																	
CS	無処理・春	— ^{*1}	○	—																																	

(3) 調査項目

メタン排出量、気象、地温、土壌 Eh(5cm 深さ)、硫化水素の発生度合、水稻生育・収量、稲わらの分解率

3. 試験結果

(1) メタン発生量および土壌 Eh の推移

図 1 に 5 月 16 日～10 月 12 日の、メタンフラックスおよび土壌 Eh の推移を示す。また、表 1 に時期別の積算メタン発生量を示す。

(1) - a メタン発生量

メタンフラックスは、入水前(5 月 16 日)から移植後 2 週目(6 月 19 日)まではいずれの処理区もほとんど発生がみられなかったが、移植後 3 週目(6 月 27 日)以降いずれの処理区でも増加傾向に転じ、移植後 9 週目(8 月 9 日)まで直線的に増加した。その間(5 月 16 日～8 月 9 日)の積算メタン発生量は、稲わら秋すき込み区(EA, NA, CA)ではそれぞれ、10.2, 10.6, 10.1 $\text{gCH}_4\text{m}^{-2}$ となり、ほとんど差がみられず、資材処理によるメタン削減効果もみられなかった。一方、稲わら春すき込み区(CS)は 22.8 $\text{gCH}_4\text{m}^{-2}$ となり、稲わら秋すき込み区の倍以上のメタン発生が確認された。

移植後 10 週目(8 月 14 日)以降は、メタンフラックスの増加は、EA, NA, CS で鈍化した。一方、稲わら秋すき込み・無処理区(CA)はメタンフラックスの増加が続き、移植後 14 週目(9 月 11 日)にピークを迎えた。その結果、移植後 10 週目～測定終了(10 月 12 日)の積算メタン発生量は、稲わら秋すき込み区(EA, NA, CA)ではそれぞれ、26.8, 27.3, 34.0 $\text{gCH}_4\text{m}^{-2}$ となり、酵素処理区、石灰窒素区のメタン発生量は、無処理区のそれぞれ 78.8%, 80.3%となった。

測定全期間の積算メタン発生量 ($\text{gCH}_4\text{m}^{-2}$)は、EA(37.0)<NA(37.9)<CA(44.1)<CS(60.9)の順となった。

(1) - b 土壌 Eh

土壌 Eh は、測定を開始した移植後 1 週目(6 月 14 日)に処理区間の差が最も大きく(-150.8~-29.2mV)、特に稲わら春すき込み・無処理区(CS)が他処理区より還元進行が速かった(-150.8mV)。移植後 3 週目(6 月 27 日)にはいずれの区でも還元が進行し、メタン生成が開始される-150mV 以下となった(-205.1~-184.5mV)。移植後 4 週目(7 月 4 日)以降～落水 1 日後(9 月 29 日)まで、いずれの区の Eh も-200mV 以下で推移し、この間の処理区間差は小さかった。落水後 1 週間目(10 月 5 日)には、Eh は急激に上昇し、処理区間の差が 100mV 程度拡大した(422.6~526.8mV)。測定終了時(10 月 12 日)の Eh(mV)は、CS(451.6)<CA(518.7)<EA(578.5)<NA(610.2)の順となった。

(2) 稲わらの分解率

図 2 に、処理区ごとの稲わら分解率(乾物%)を示す。秋耕～春耕にかけては、稲わら春すき込み区(CS)の稲わら分解率が 28.7%なのに対し、稲わら秋すき込み区(EA, NA, CA)はいずれも 50%台となり、稲わら秋すき込みによる稲わら分解促進効果が示された。一方、出穂時期になると、いずれの処理区の稲わら分解率も 60%台となり、すき込み時期による稲わら分解率の差はみられなくなった。

(3) 水稻の生育

表 2 に水稻の生育を示す。分けつ盛期(7 月 3 日)の葉色は、稲わら春すき込み・無処理区(CS)

が稲わら秋すき込み・石灰窒素区 (NA) よりも低かった。その他は処理区間に有意差はなかったものの、分げつ盛期の草丈、幼穂形成期の茎数、葉色、成熟期の稈長、穂長、穂数は、いずれも CS 区が他区より低い (少ない) 傾向となった。

(4) 水稻の収量と収量構成要素、品質

表 3 に水稻の収量および収量構成要素を示す。精玄米重、収量構成要素ともに処理区間で有意差はなかった。

表 4 に玄米の品質および食味を示す。品質は、整粒率、未熟粒率、銅割粒率いずれも、処理区間で有意差はなかった。食味値は、石灰窒素区 (NA) が稲わら春すき込み・無処理区 (CS) に対し低くなった。

4. 主要成果の具体的なデータ

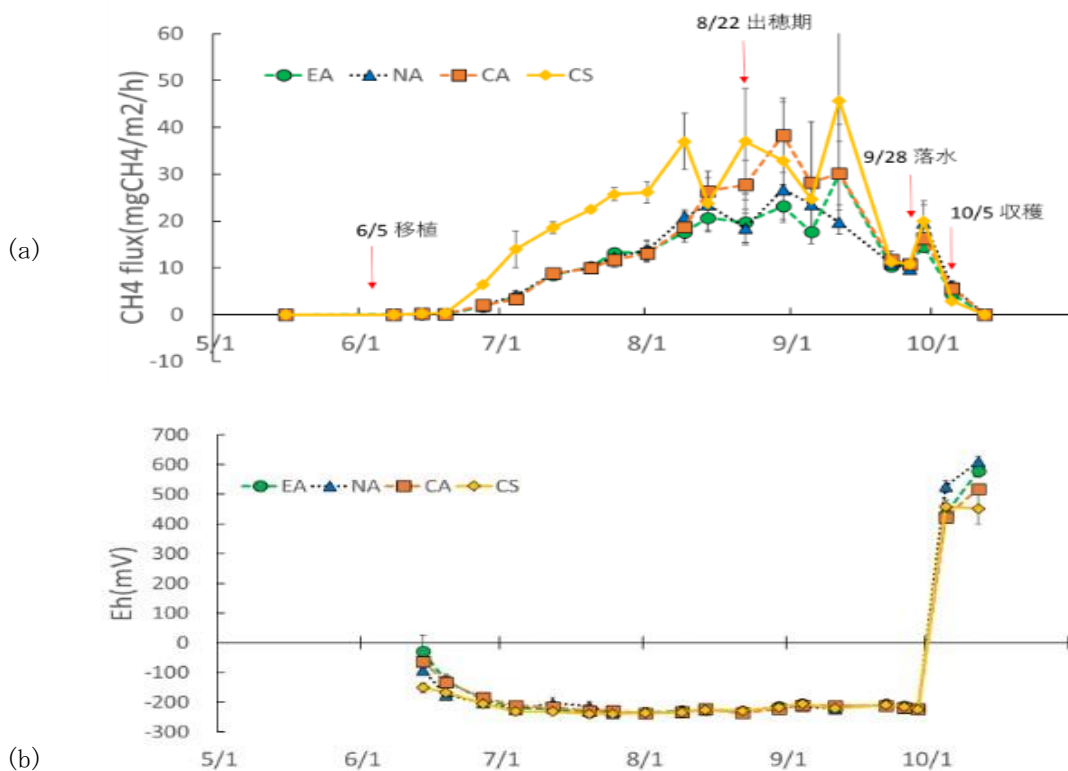


図 1 水稻作付期における(a)メタンフラックス、(b)土壌 Eh の推移(5 月 16 日～10 月 12 日)

EA: 酵素資材・秋すき込み、NA:石灰窒素・秋すき込み、CA:無処理・秋すき込み、CS:無処理・春すき込み
エラーバーは全て標準誤差を示す。

表1 時期別の積算メタン発生量

区名	測定開始～移植後9週 5/16～8/9			移植後10週～測定終了 8/14～10/12			全期間 5/16～10/12		
	メタン	CS対比	CA対比	メタン	CS対比	CA対比	メタン	CS対比	CA対比
	gCH ₄ m ⁻² ⁻¹	%	%	gCH ₄ m ⁻² ⁻¹	%	%	gCH ₄ m ⁻² ⁻¹	%	%
EA	10.2 a	44.9	101.3	26.8 a	70.2	78.8	37.0 a	60.8	84.0
NA	10.6 a	46.5	104.8	27.3 a	71.5	80.3	37.9 a	62.1	85.9
CA	10.1 a	44.3	100.0	34.0 ab	89.1	100.0	44.1 a	72.4	100.0
CS	22.8 b	100.0	225.6	38.1 b	100.0	112.2	60.9 b	100.0	138.2

統計有意差

* ns ns * ns ns * ns ns

EA: 酵素資材・秋すき込み、NA: 石灰窒素・秋すき込み、CA: 無処理・秋すき込み、CS: 無処理・春すき込み
 異符号間はHolm法により5%水準で有意差あり。

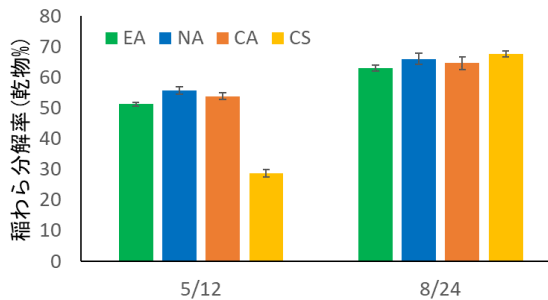


図2 秋耕以降の水田における稲わら分解率
(5/12:春耕時、8/24:出穂時期)

EA: 酵素資材・秋すき込み、NA: 石灰窒素・秋すき込み、
 CA: 無処理・秋すき込み、CS: 無処理・春すき込み
 エラーバーは標準誤差を示す。

表2 水稻の生育

区名	分けつ盛期 (7月3日)			幼穂形成期 (8月10日)			成熟期 (9月29日)		
	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	葉色 (SPAD値)	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	葉色 (SPAD値)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)
EA	45.4	22.4	46.6 ab	98.4	19.9	33.3	92.5	18.1	19.6
NA	45.0	23.4	46.7 a	99.0	20.2	33.0	92.0	18.2	20.2
CA	45.3	22.6	46.5 ab	99.8	20.4	33.3	91.4	18.1	20.1
CS	44.3	22.8	45.8 b	98.8	19.7	32.5	90.8	17.9	19.3

統計有意差

ns ns * ns ns ns ns ns ns

EA: 酵素資材・秋すき込み、NA: 石灰窒素・秋すき込み、CA: 無処理・秋すき込み、CS: 無処理・春すき込み
 異符号間はHolm法により5%水準で有意差あり。

表3 水稻の収量および収量構成要素

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)
EA	653	401	77.1	85.4	22.1
NA	642	393	77.8	88.8	21.9
CA	665	396	81.6	87.7	21.9
CS	653	392	75.8	88.8	21.9

統計有意差

ns ns ns ns ns

EA: 酵素資材・秋すき込み、NA: 石灰窒素・秋すき込み、CA: 無処理・秋すき込み、CS: 無処理・春すき込

表4 玄米品質および食味

区名	整粒 (%)	未熟粒(%)		胴割粒 (%)	玄米中タン パク質 含有率(%)	食味値
		乳白粒	その他 未熟粒			
EA	66.1	3.8	29.1	0.3	6.2	77.7 ab
NA	67.2	3.2	28.5	0.3	6.3	76.6 a
CA	67.3	3.9	27.9	0.2	6.1	77.8 ab
CS	66.7	3.3	29.1	0.2	6.0	78.3 b

統計有意差

ns ns ns ns ns *

EA: 酵素資材・秋すき込み、NA: 石灰窒素・秋すき込み、CA: 無処理・秋すき込み、CS: 無処理・春すき込
 異符号間はHolm法により5%水準で有意差あり。

整粒(%)、未熟粒(%)、胴割粒(%)は穀粒判別機(RGQI10B)の計測値。

玄米中タンパク質含有率(%、水分15%換算値)、食味値はFOSS食味計(インフラテックNOVA)の計測値。

5. 考察

(1) 稲わらへの酵素資材処理によるメタン発生抑制効果

本試験では、秋すき込み前の稲わらへ酵素資材を処理することにより、翌年水稻生育後半におけるメタン発生量の低減傾向がみられた。土壌 Eh は、湛水初期と落水後に酵素処理区が他処理区より高く推移したが、生育後半は他処理区との差がほとんどなかったことから、土壌 Eh がメタン発生抑制に直接的に関与したかは明らかでない。今後更なる検証が必要である。

(2) 稲わら秋すき込みによるメタン発生抑制効果

稲わら秋すき込み区では、稲わら春すき込み区に比べ、秋から春にかけて稲わらの分解が進み、湛水初期の土壌 Eh 還元進行が遅れたことで、生育前半のメタン発生量が低減したと考えられる。兵庫県南部において、秋の稲わらすき込みは、翌年のメタン発生抑制に有効であることが示唆された。

(3) 稲わらへの酵素資材処理による水稻生育改善効果

本試験では、酵素処理区的水稻の生育量や収量、品質は、無処理区とほぼ同等であったことから、酵素資材による水稻初期生育、収量性への影響は確認できなかった。試験ほ場の土壌遊離酸化鉄（栽培開始前）は 10.1g/kg と目標値内であったこと、稲わら春すき込み・無処理区の収量が他処理区と同等であったことから、異常還元やそれに伴う生育異常が元々生じにくい土壌環境により、資材処理の効果が現れにくかったと推察される。資材効果の確認のためには、土壌還元の進みやすいほ場における追試験が望ましいと考えられる。

6. 成果の普及

農業改良普及指導員（土壌担当者）向けの研修会における成果紹介(2023. 11. 21)

7. 問題点と次年度の計画

本試験では、ほ場における稲わら分解率に、資材処理による効果は確認できなかった。今後は室内試験において、資材処理による稲わら分解促進効果を検証していく。

また、メタン抑制のため、今後は水管理や鉄資材の利用についても検討する予定である。

8. 参考写真

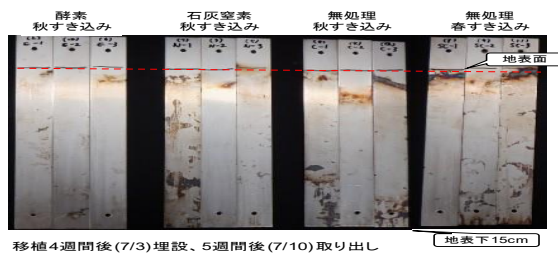


写真1 銀メッキ版による硫化水素発生度合の確認

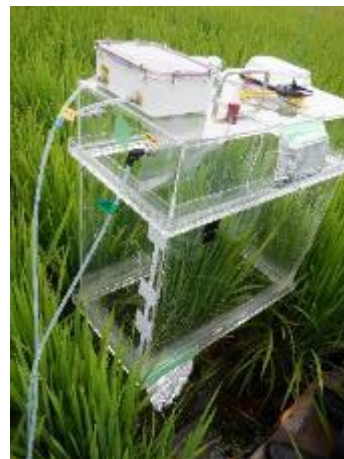


写真2 チャンバー設置の様子(8/14)