

ゼロエミッション農業をめざした 農業環境研究成果の社会実装化について



国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業環境研究部門
須藤 重人

農業分野のGHG削減のための社会実装の1手段として、J-クレジット制度の活用が進みつつある。特に**方法論4：バイオ炭**、および**5：水稻中干期間延長**の2つについて、プロジェクト登録の増加が進んでいる。

NAROの貢献部分

方法論NO.	方法論	NAROの貢献部分
AG-001	牛・豚・ブロイラーへのアミノ酸バランス改善飼料の給餌	畜産研究部門
AG-002	家畜排せつ物管理方法の変更	民間企業との共同研究
AG-003	茶園土壤への硝化抑制剤入り化学肥料又は石灰窒素を含む複合肥料の施肥	IPCCガイドラインへの反映
AG-004	バイオ炭の農地施用	農水省事業による実証を担当
AG-005	水稻栽培における中干し期間の延長	
AG-006	肉用牛へのバイパスアミノ酸の給餌	

水田から発生するメタン

アジアの多くの国で主食はコメである。必然的にアジア域では稻作生産が多い。水稻作中の田面からはCH₄が放出される。GHG 放出量の中でCH₄の寄与度は約 20% 程度である。大気に放出されたCH₄は、対流圏大気中でOH ラジカル等の反応性化学物質の作用で酸化されて消滅するまでの間に、CO₂ の 20倍程度の放射強制力を発現して地球温暖化に寄与する。

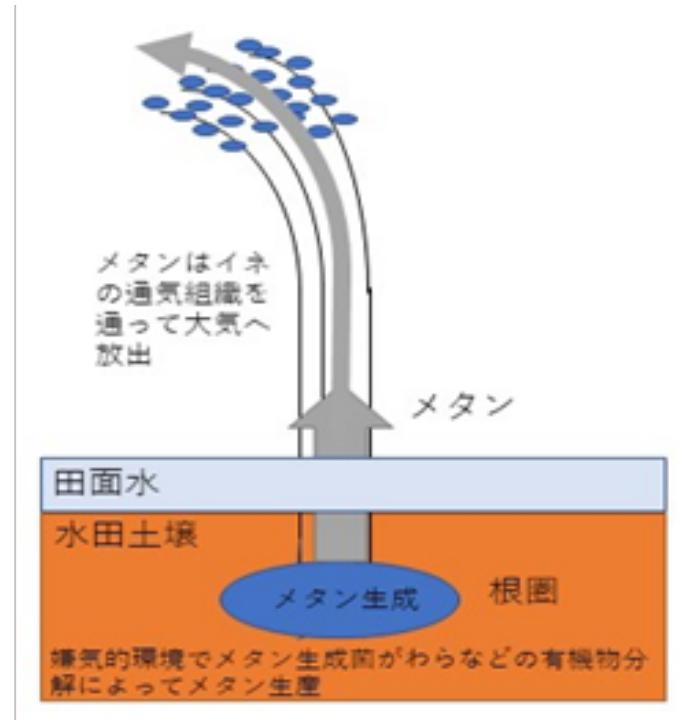
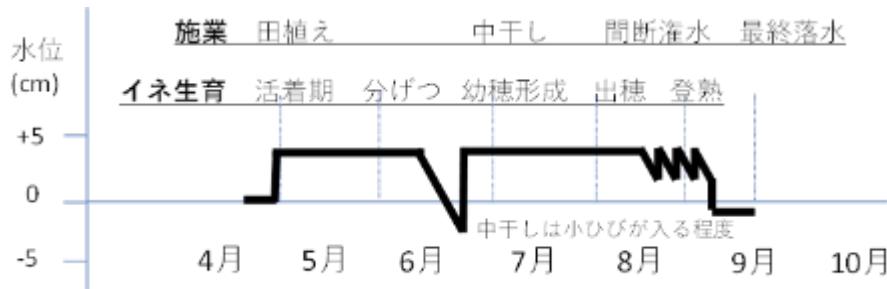


図4 水田メタン発生メカニズム
出典:須藤重人(2022)



典型的な日本の水稻栽培体系と田面水位

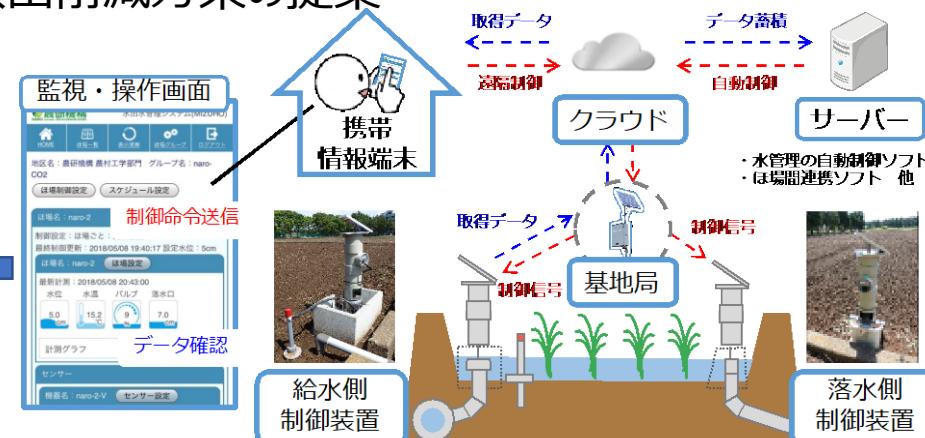
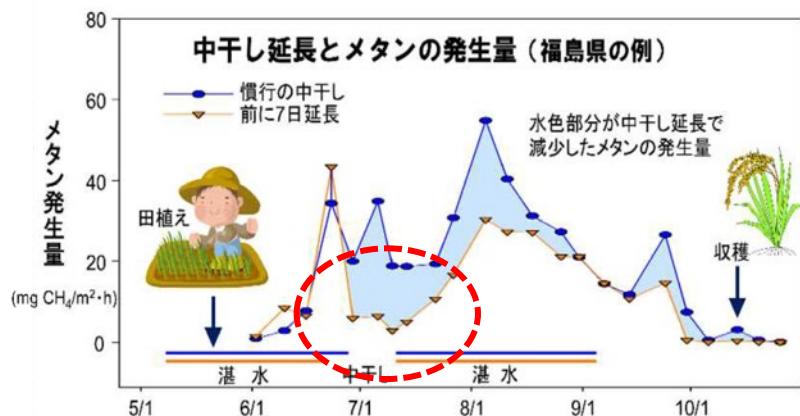
IPCC 第6次報告書によると、2019 年の大気中CH₄平均濃度は1.86 ppm であり、1750年の1.13 ppmからの増加は0.73 ppmで、氷期・間氷期で繰り返される気候変動由來のCH₄濃度増減の幅を遥かに逸脱していると報告されている。

研究のコンセプト: 水田メタン排出量削減自動化と生物群集保全の両立（農林水産省委託プロジェクト2021-2025）



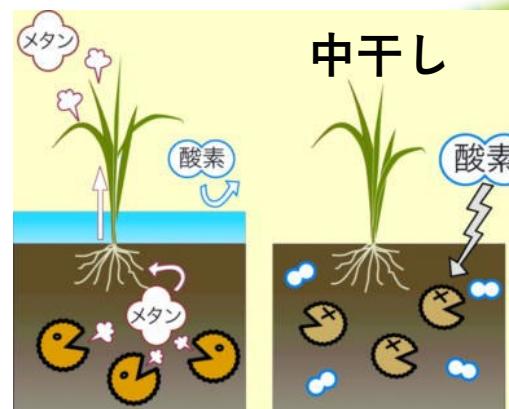
1 水田発生GHG排出削減技術と生物多様性保全の最適化

- (1) 精緻な水管理によるGHG排出削減技術の開発
- (2) 水田における食物連鎖を活用したメタン放出削減方策の提案



ICT等の精緻な水管理システム

**GHG排出30%削減
水管理の労働コスト15%削減**



精緻な水管理による
中干しの時期や乾燥強度の調整

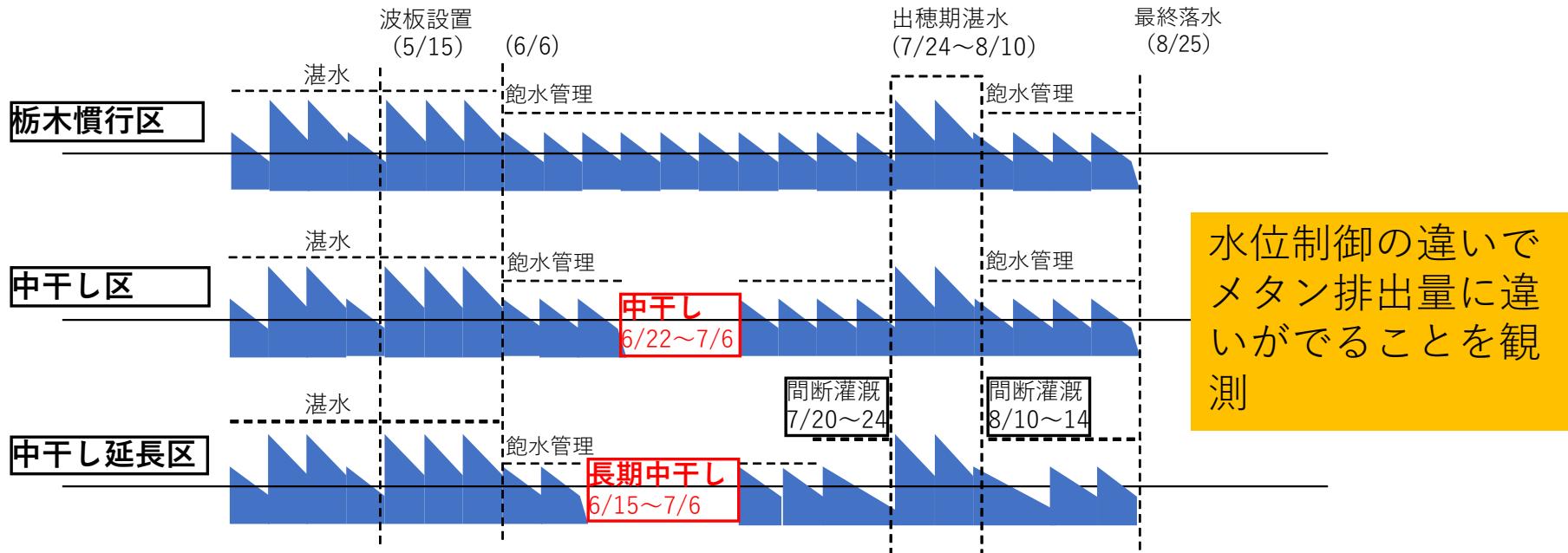
**食物連鎖を活用したメタン放出削減
生物群集保全効果の向上**



水田の水位を最適にチューニングする考え方

水管理スケジュールの概要（2023年）

入水・移植	出穂	収穫			
4月	5月	6月	7月	8月	9月



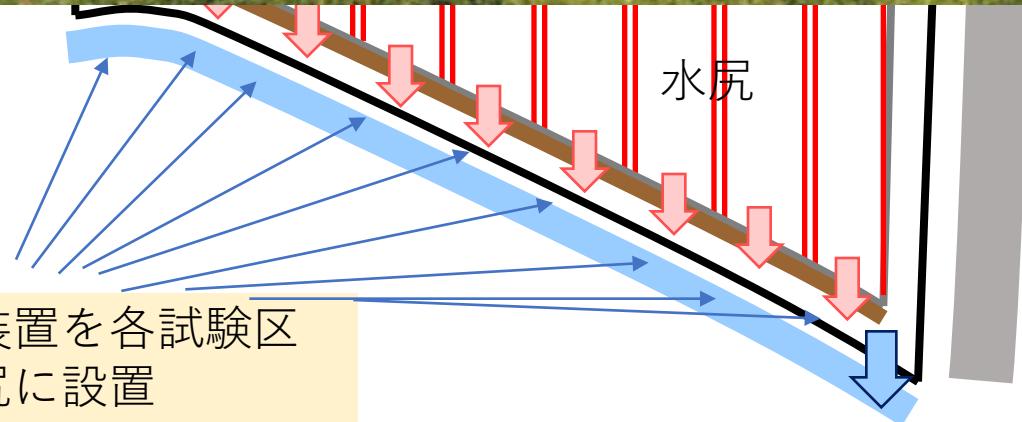
各処理区ごとに自動水管理装置WATARASを設置

試験区配置 (2023年)

北 南

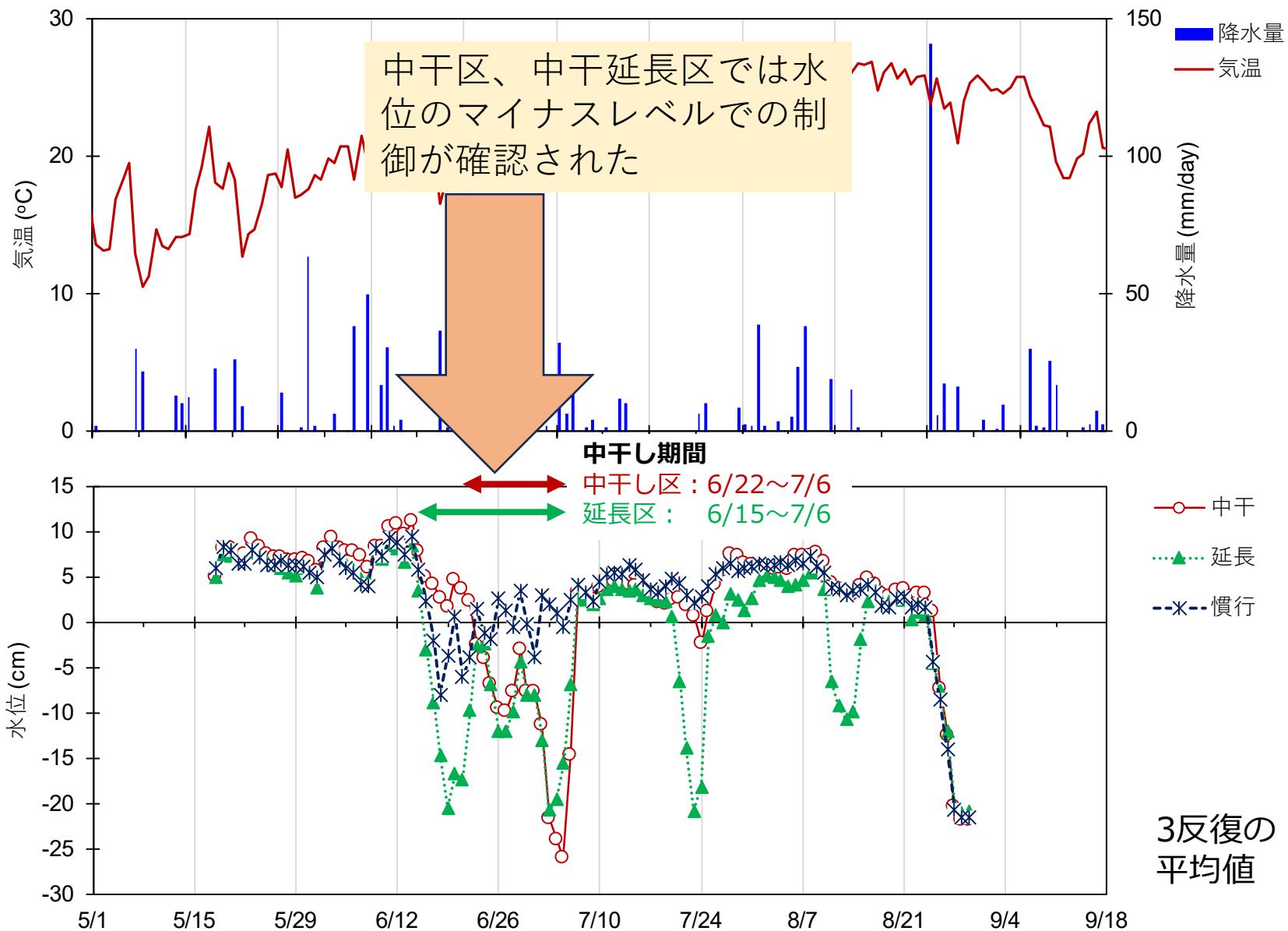


4mアルミ足場板
(両端にコンテナを
括りつけて使用)

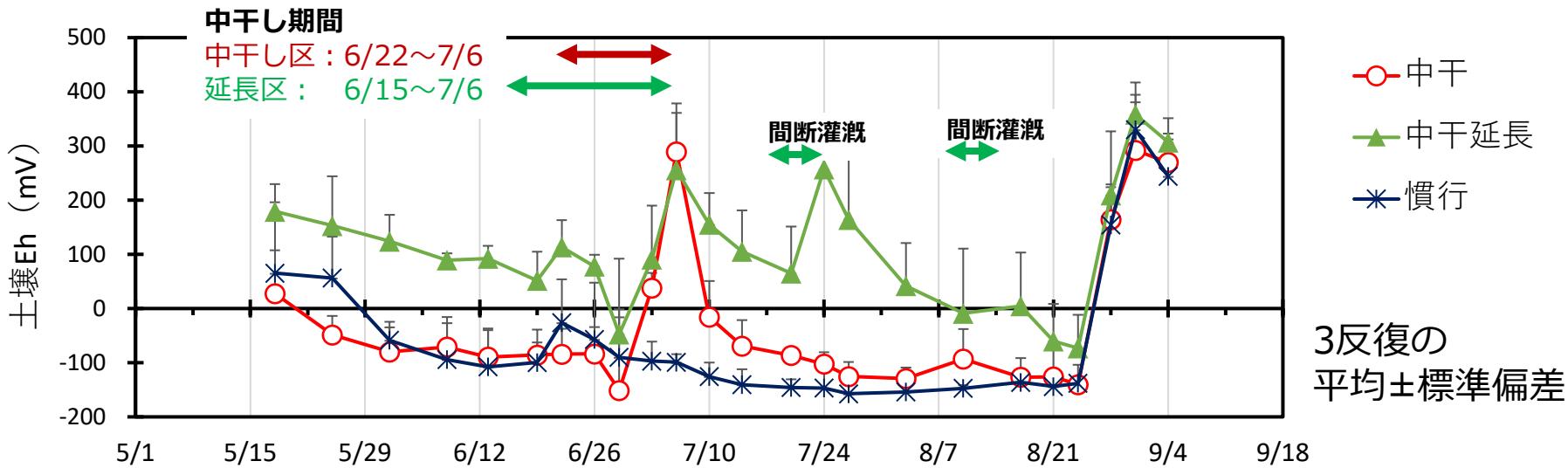
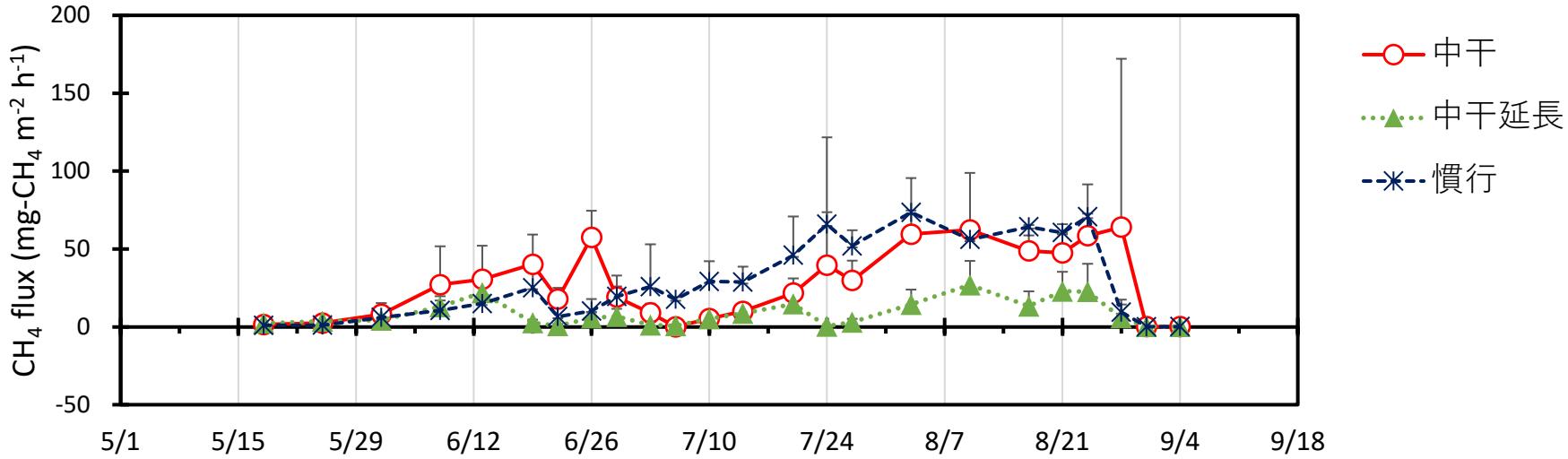


自動水管装置を各試験区
の水口、水尻に設置

栽培期間前後の気象要素（気温・降水量）と水位



メタンフラックスと土壤Ehの季節変化（2023年）

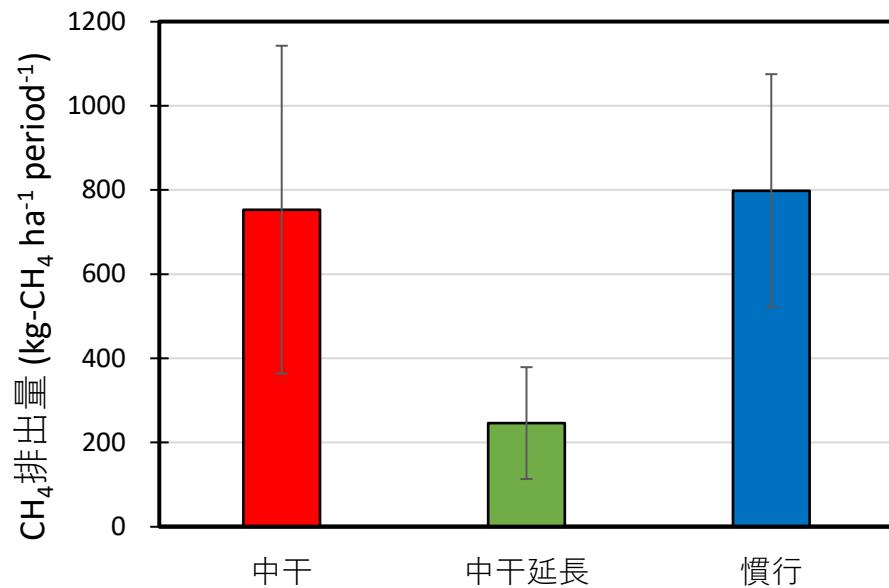


- 土壤Ehは水管理 (e.g. 中干し) による水位変化に合わせて変動し
中干延長区では栽培期間後半も正值付近で推移した。
- その結果、中干延長区では中干し以降のメタン排出増加が抑制された。

メタンの排出量を減らすには？

2週間の中干し期間を設けることで、メタンを大幅に削減することができた！
この研究では、この水管管理を遠隔操作で実現！

積算メタン排出量（2023年）



コメの収量には
有意な差なし！

参考：
日本の総GHG排出量 =
12億トン

日本の農業由来の総
GHG排出量 = 0.1億ト
ン = 1000万トン

J-クレジット制度「AG-005水稻栽培における中干し期間の延長」の取組によるメタ
ン削減量（CO₂換算）は、2050年までに500万トン超の削減計画（年あたり
では25万トン程度）が10以上の団体からの申請に基づいて、提示されている。
本研究成果が生かされれば、当該量のGHG削減を自動水管管理によって実現できる可
能性がある

生き物を守るには？



水田から水を抜いた場合の水生生物への影響への考慮

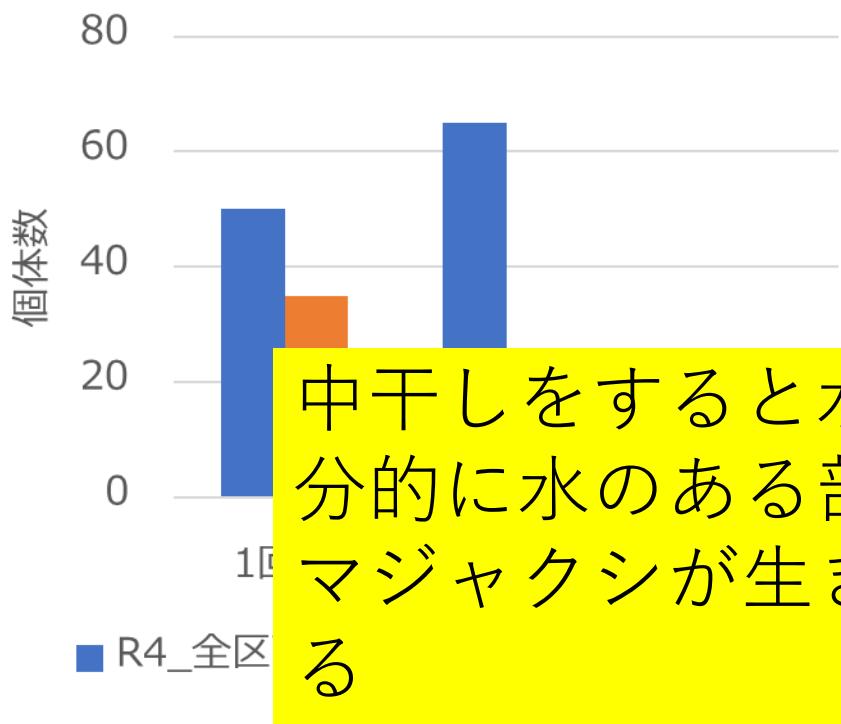


幼生の段階で、水生のトンボ、カエルは、羽化、変態に至るまでの間、水田に水辺が残存すると、生き残ると想定される。

生き物を守るには？

ニホンアマガエル幼生

トラップ採捕

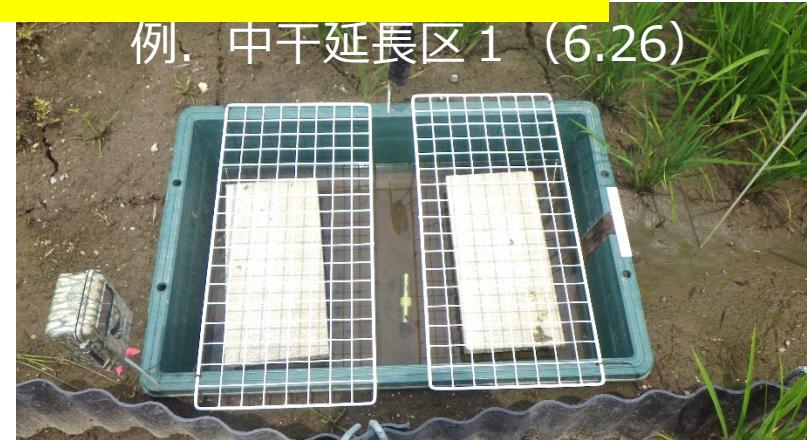
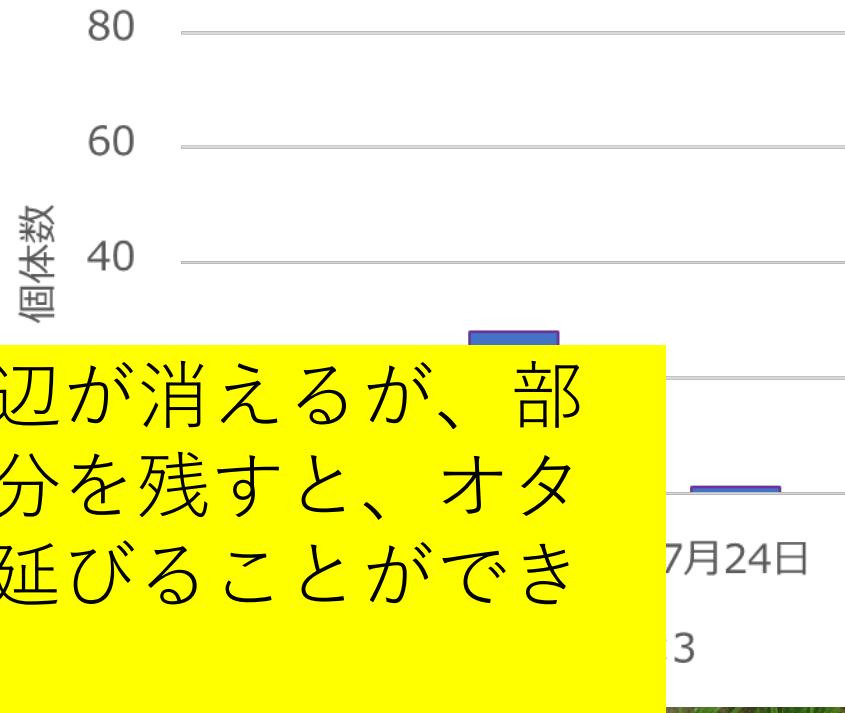


参考 トランプ調査日

	1回目	2回目	3回目
R4	6月6-7日	7月6-7日	7月25-26日
R5	6月5-6日	7月6-7日	7月24-25日

中干：6月20～30日・7月4・6日（R4），6月15・22～7月6日（R5）

トロ舟内（含 ブランク）

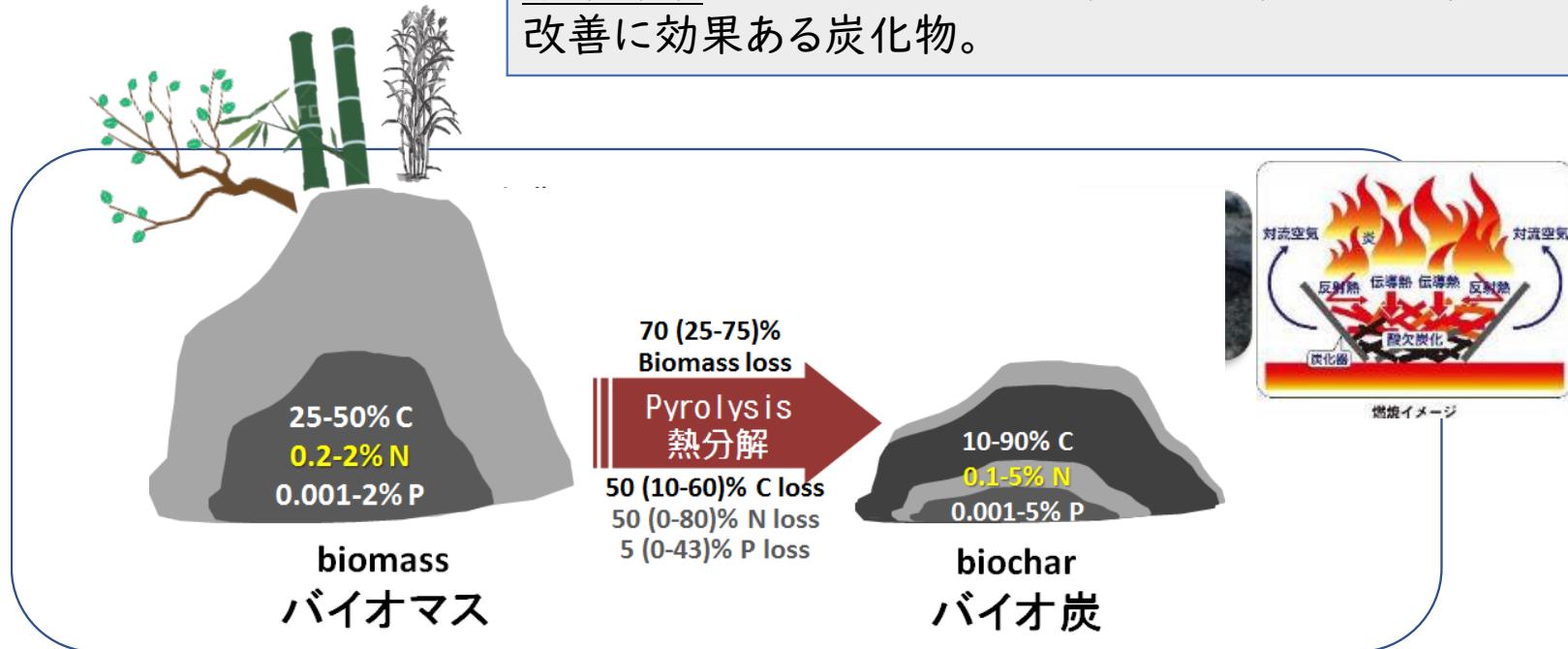


水田メタンの削減手法のまとめ

1. 水田の中干しの1週間延長によるメタン削減効果を確認
2. 水田水管理は自動水管理装置によって遠隔操作が可能
3. 水生生物の逃げ場を確保することで、中干しを行ってもトンボ、カエルなどの生息環境を維持
4. 中干しの延長を行ってもコメ生産は現状を維持できることを確認

バイオ炭とは

バイオ炭 (Biochar) とは、生物資源を無酸素または低酸素条件下で350°C以上熱分解反応で作られた、環境の改善に効果ある炭化物。



炭化の意味すること:

- 地域の未利用資源 (e.g. 刈芝) の量を縮減化できる
- 残留農薬や抗生物質を無害化できる (ほとんどの農薬は200°Cで分解)
- バイオ炭はさまざまな用途に活用できる: 農業、エネルギー、水質浄化等

土壤中のバイオ炭の効用

投入量×炭素含有率Fc×Fperm
※100年後の炭素残存率で担保

炭素貯留

(100年～数1000年)

Stores carbon in soil for >1000 years

温室効果ガス削減 ($\text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}$)

Reduced greenhouse gas fluxes ($\text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}$)

pH矯正
Increase pH

保水性/透水性

Improves soil Water retention

養分(リン、カリウムなど) 養分利用効率向上

Adds nutrients/
more efficient use of soil nutrients

土壤微生物 の活性化

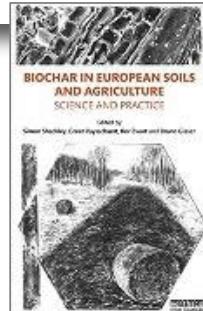
Improved microbial associations

陽イオン交換容量 (CEC)

Cation exchange capacity (with aging)

土壤構造改善

Improved soil structure



2015

J-クレジット(バイオ炭)の算定対象と算定式

- クレジット量は、バイオ炭施用による貯留量から、プロジェクトに付随する排出量を差し引いて算出。
 - プロジェクトの対象となるのは下表の各種バイオ炭

LCA

認証クレジット量 = 炭素貯留量 - 付随する排出量 (原料運搬、炭化設備の利用等)

$$(貯留量 \text{ (t-CO}_2\text{)} = \sum_p (\text{バイオ炭施用量} \times \text{炭素含有率} \times \text{炭素残存率} \times 44/12))$$

分類	種類/原料	炭素含有率	炭素残存率
インベントリ報告書 算定対象の バイオ炭	白炭	0.77	0.89
	黒炭		
	オガ炭		
	粉炭		0.8
	竹炭	0.436 (炭素含有率と炭素残存率を包含した値に対応)	
自家製造品 等その他の バイオ炭	家畜糞尿由来	0.38 (熱分解) / 0.09 (ガス化)	0.65
	木材由来	0.77 (熱分解) / 0.52 (ガス化)	
	草本由来	0.65 (熱分解) / 0.28 (ガス化)	
	もみ殻・稻わら由来	0.49 (熱分解) / 0.13 (ガス化)	
	木の実由来	0.74 (熱分解) / 0.40 (ガス化)	
	製紙汚泥・下水汚泥由来	0.35 (熱分解) / 0.07 (ガス化)	

2021年
バイオ炭のJクレジット申請開始

バイオ炭による農地炭素貯留ポテンシャル

- バイオ炭は、長期（100年単位）にわたって難分解炭素として土壤中に残存し、**CO₂吸収量**はバイオ炭の種類ごとに異なる「炭素含有率」と「100年後炭素残存率」の積に依存
- バイオ炭の国内の**CO₂吸収ポテンシャル**は約1,400万t/yr
 ※農業分野のGHG総排出量の**約4割**に相当

バイオ炭の農地施用による年間CO₂吸収量の試算

	利用可能量 (万t)	炭化物収量 (%)	炭化物炭素 含有率	100年後炭 素残存率	CO ₂ 吸収量 (万t)
木材（林地 残材等）	750	40	0.77	0.89	763
竹	256	27		0.439	113
稻わら	751	50	0.49	0.65	439
もみ殻	200	50	0.49	0.65	117
合計					1,432

$$\text{CO}_2\text{吸収量 (万t)} = \text{利用可能量} \times \text{炭化物収量} \times \text{炭素含有率} \times 100\text{年後残存率} \times 44/12 \text{ (CO}_2\text{換算)}$$

- 日本のGHG総排出量（2020）=115,000万tCO₂/yr
- 農業分野のGHG総排出量（2020）=3,000万tCO₂/yr (CH₄+N₂O)

※ 苫小牧におけるCCS大規模
実証試験でのCO₂注入量合計
=10万tCO₂/yr

バイオ炭の高機能利用による農家の意欲向上

Copyright 2022 NARO

- バイオ炭の利用促進には、**バイオ炭による農業生産性機能の向上が重要**
 - ※焼成温度によって、バイオ炭の機能性は制御可能
 - ※バイオ炭と**有用微生物**などを組み合わせることにより高機能化
- バイオ炭の高機能化により、バイオ炭の**施用量拡大**、**土壤炭素貯留促進**が期待

バイオ炭の焼成温度と機能性の関係

原材料	焼成温度	保水性改良	保肥性改良	土壤酸性改良	NO ₃ ⁻ 吸着
木質チップ	400°C	○	○	×	×
	800°C	○	×	△	○
孟宗竹	400°C	○	○	△	×
	800°C	○	×	○	○
もみ殻	400°C	△	○	△	×
	800°C	△	×	○	△
サトウキビバガス	400°C	◎	×	×	×
	800°C	◎	×	△	△

バイオ炭の理化学性は原料や焼成温度によって大きく異なる

バイオ炭の高機能化（例）

有用微生物（菌根菌）との組み合わせ
菌根菌 少 菌根菌 多



※写真はバイオ炭不施用、前作の効果で菌根菌数が異なる圃場間でのタイズ生育の差

バイオ炭の高機能化による**生産性向上**
活用範囲、**施用量が拡大**
土壤炭素貯留が促進

その他、作物残渣や菌体のバイオマスの土壤還元による土壤炭素増大も見込まれる

有用微生物によるバイオ炭の高機能化

- さまざまな**有用微生物**とバイオ炭を組み合わせ、作物生産を向上させる**微生物資材（高機能バイオ炭）**を開発することにより、**バイオ炭の農耕地施用を推進**し、土壤炭素貯留を促進する。

バイオ炭の高機能化

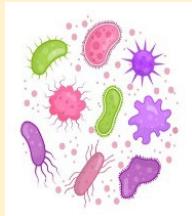
バイオ炭



+

有用微生物

(バイオ炭をハビタット
(住み処)に利用)



バイオ炭自体の土壤改良効果に加え、微生物の作用で農作物の生育を増進させる**高機能バイオ炭**の開発



木炭表面に定着させた菌根菌
Hammer et al., (2014) soil Biol. Biochem. 77, 252-260

例

菌根菌：作物根によるリン酸や水の吸収を助ける

根粒菌：空気中の窒素を固定し作物へ供給

植物生育促進菌類：作物の健全な生育を助長

環境改善型菌類：植物の生育に悪影響を与える土壤成分などを分解

非病原性細菌：植物に全身抵抗性をもたらす

バイオ炭の農地での利用促進

菌根菌 少



菌根菌 多



高機能バイオ炭による**增收** → 生産者による施用を促進

※写真はバイオ炭不施用、前作の効果で菌根菌数が異なる圃場間でのタイズ生育の差



左：無処理の燐炭+有機質肥料（鰹煮汁）で栽培すると腐敗し、コマツナは枯死

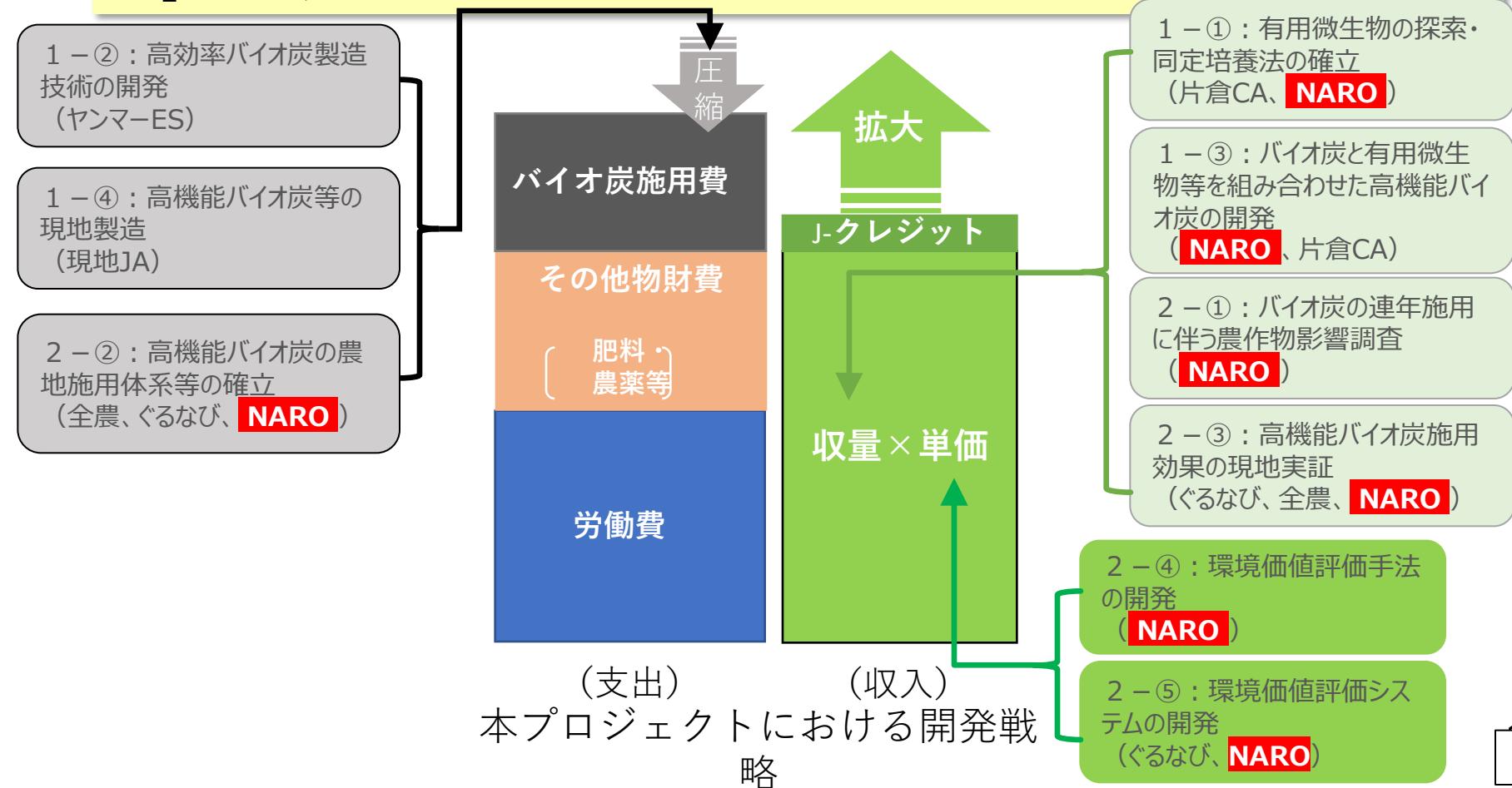
右：硝化微生物を固定した燐炭では健全に生育、有機質肥料での栽培が可能に

有用微生物によりバイオ炭の**活用範囲が拡大**

その他、作物残渣や菌体のバイオマスの土壤還元による土壤炭素増大も見込まれる

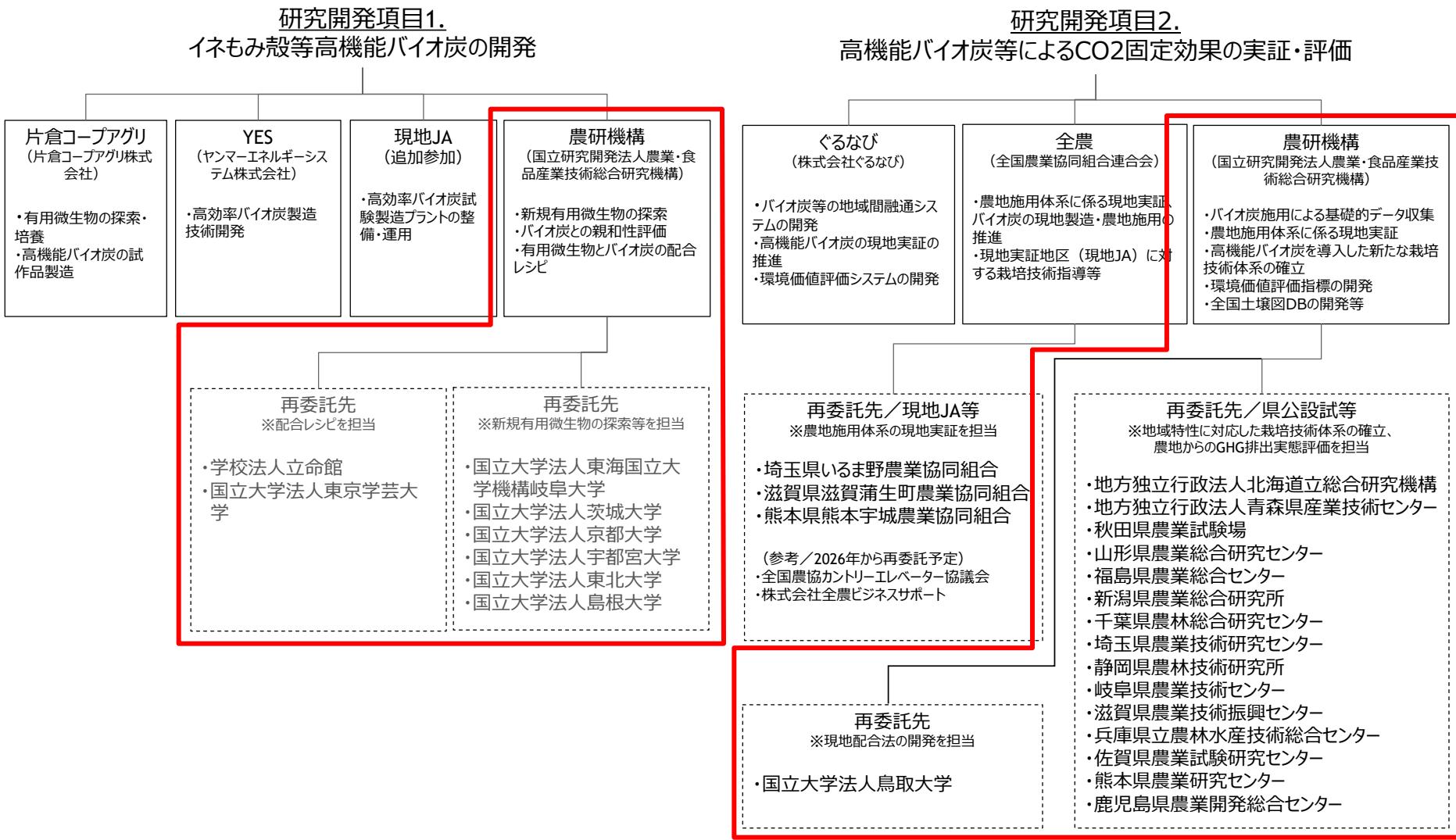
農研機構は、**3つの側面**（バイオ炭施用農法の**コスト縮減**、高機能バイオ炭施用による**収量性の向上**、バイオ炭施用を通じた農産物の**環境価値向上**）において**他のコンソメンバーと密接に連携して研究開発を牽引**

→ 本プロジェクトを通じて「農業の生産性向上と地球環境保全を両立」を実現



農研機構担当課題の推進体制

担当課題推進のための研究体制：大学・公設試への再委託



新規有用微生物探索に大学の資源を活用

作物、地域条件への適用に公設試と連携

1. バイオ炭はもみ殻、果樹剪定枝など農作物残渣を炭化することで作られる
2. バイオ炭の土中隔離は、J-クレジット制度方法論AG-004において定められ、プロジェクト登録が進んでいる。
3. バイオ炭を製造する炭化の方法は様々で、コスト削減が課題
4. グリーンイノベーション基金課題において、バイオ炭と有用微生物の組み合わせによる高機能バイオ炭の開発を進めている。

全体のまとめ

1. ゼロエミッション農業をめざし、農業分野の温室効果ガス排出削減においては、2020年以降において、J-クレジット制度の活用がすすみつつある。
2. 水田における水管理手法の一つである「中干し期間の延長」は、追加的コストがかからず、取り組みが容易なメタン削減策として、プロジェクト登録が進んでいる。
3. バイオ炭による土壤炭素貯留は、長期にわたるCO₂の土中隔離手法として有望である。プロジェクト登録も進みつつあるが、バイオ炭製造のコスト縮減が、課題として残っている。