

簡易型乾式メタン発酵による 養豚排水処理と発酵残渣の有効利用 (1-1404)

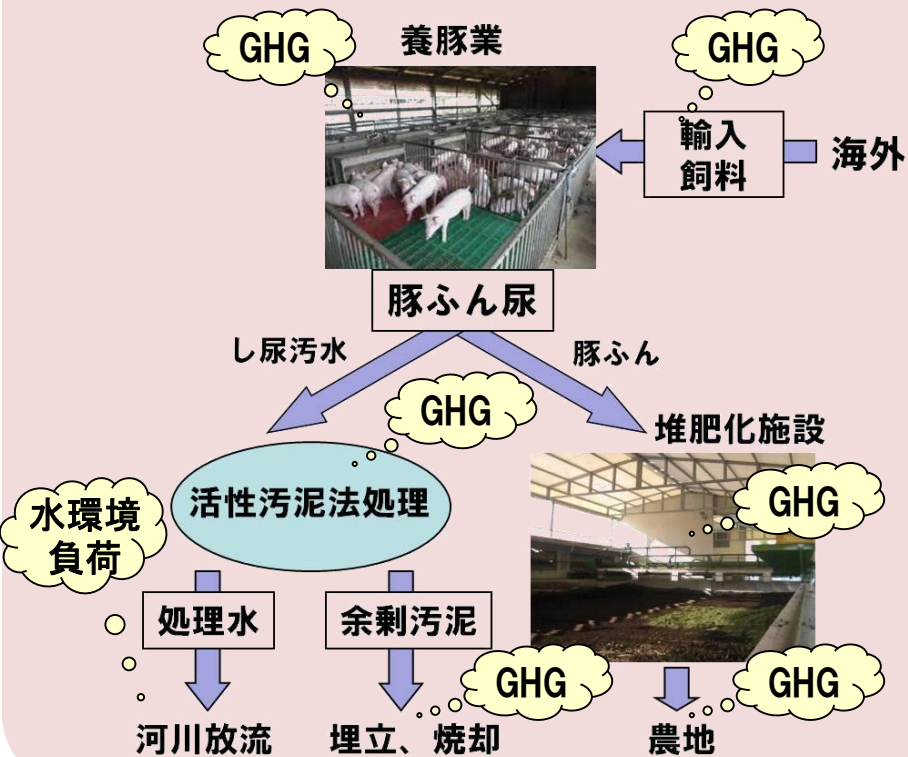


細見 正明

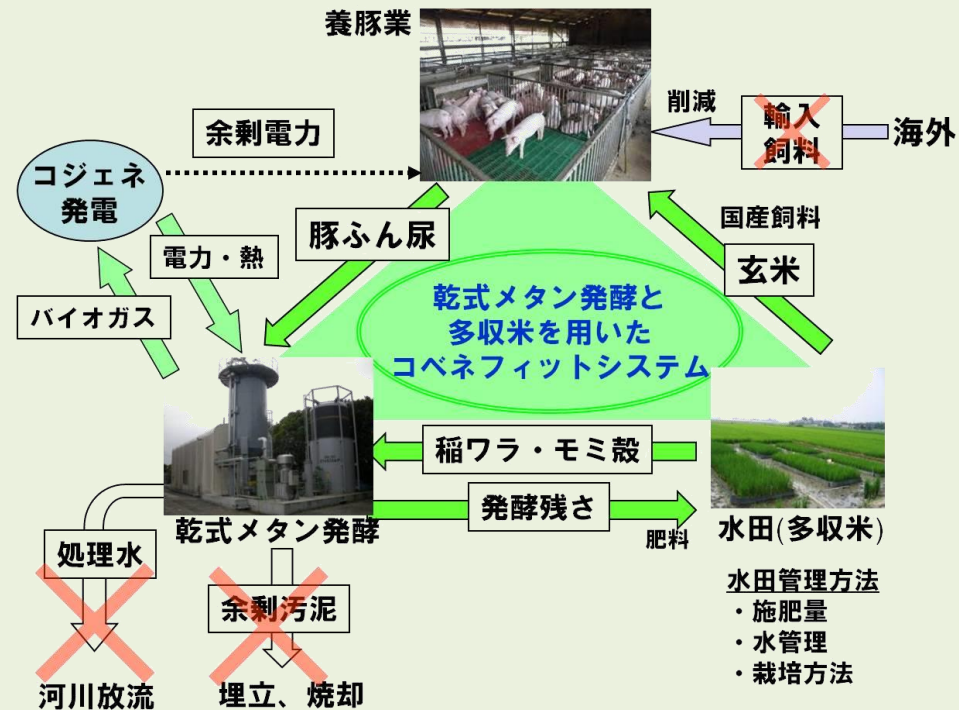
東京農工大学 大学院工学研究院

研究期間: H26-H28年
累積予算額: 55,355千円

従来型の養豚システム



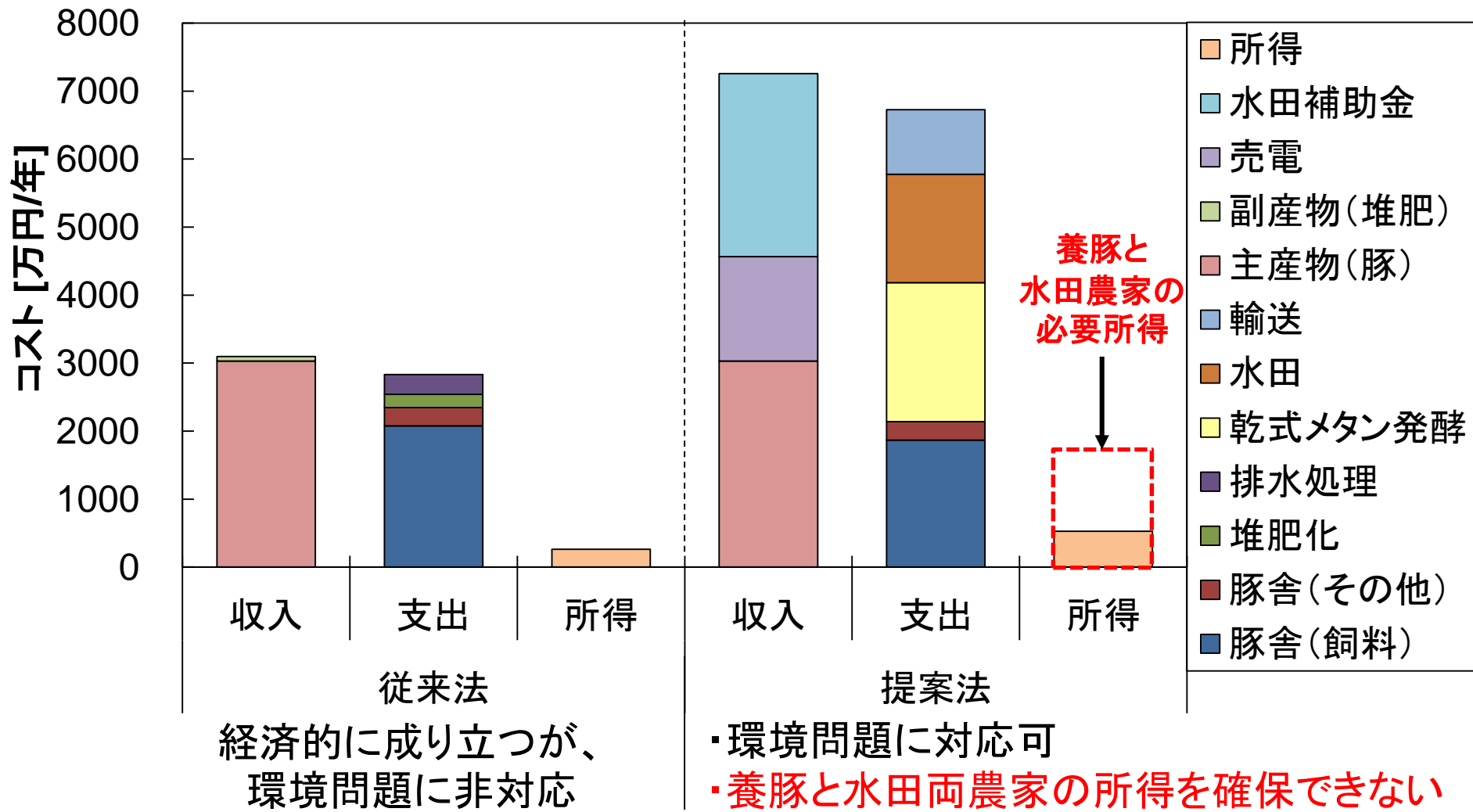
提案型の養豚システム



- 不十分な排水処理
 - 温室効果ガス排出に未対応
- 環境負荷非対応

- 乾式メタン: 排水処理不要・メタン回収
 - 多収米: 飼料生産、温室効果ガス削減
- 水環境負荷・温室効果ガス排出抑制

これまでの成果：経済性の比較（H23-H25 推進費）



経済的に成り立つためには乾式メタン発酵のコスト低減が必要

乾式メタン発酵システム実用化に向けた課題

①乾式メタン発酵装置の低コスト化

- 乾式メタンは基質と種菌の接触効率が重要
- 実機では高価な装置が必要

縦型発酵槽((株)栗田工業)



基質・返送残渣混合物の投入装置(海外特注品)が必要

水平型発酵槽((株)タクマ)



攪拌装置および廃液処理が必要

②乾式メタン発酵残さ利用の多様性

- 近隣に休耕田がない
- 発酵残さの余剰

養豚地域に合った残さ利用法が必要

•残さの土壤消毒効果

畑の連作障害抑制が期待



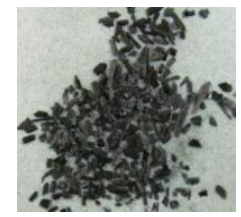
•茨城県ではレンコンのセンチュウ被害が問題

残さによる抑制が可能?



•発酵残さの炭化物

土壤改良材として利用



簡易な混合による低コスト化および残さ利用方法の検討が必要

研究目的

簡易型乾式メタン発酵による
養豚排水処理と発酵残渣の有効利用

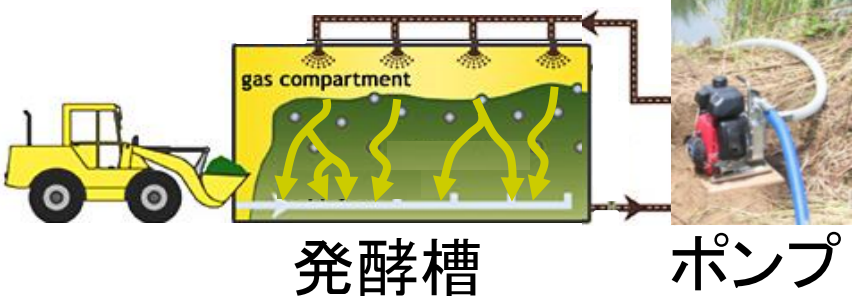
研究内容

- 簡易型乾式メタン発酵の開発(代表者:細見正明)
 - ・浸出液循環による簡易型乾式メタン発酵法の開発
 - ・メタン発酵の安定性評価手法の確立
- 乾式メタン発酵残渣の有効利用法の確立(分担:豊田剛己)
 - ・発酵残渣を用いた環境低負荷型多収米栽培
 - ・発酵残渣の水稻以外の農業利用法の確立
(野菜栽培・レンコン栽培・炭化物)

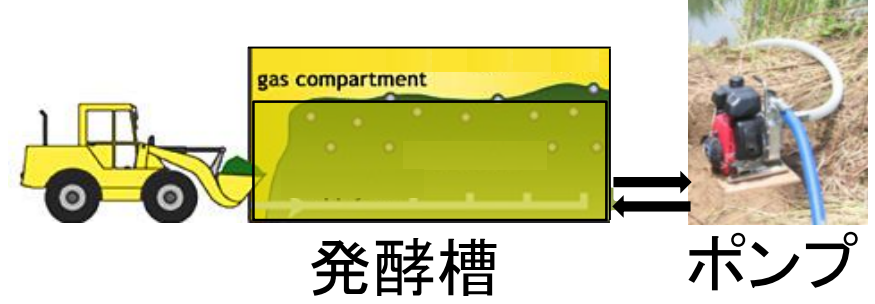
浸出液循環による簡易型乾式メタン発酵

豚尿と浸出液の循環により基質と菌体の接触を効率化

散布方式(既に一部実用化)



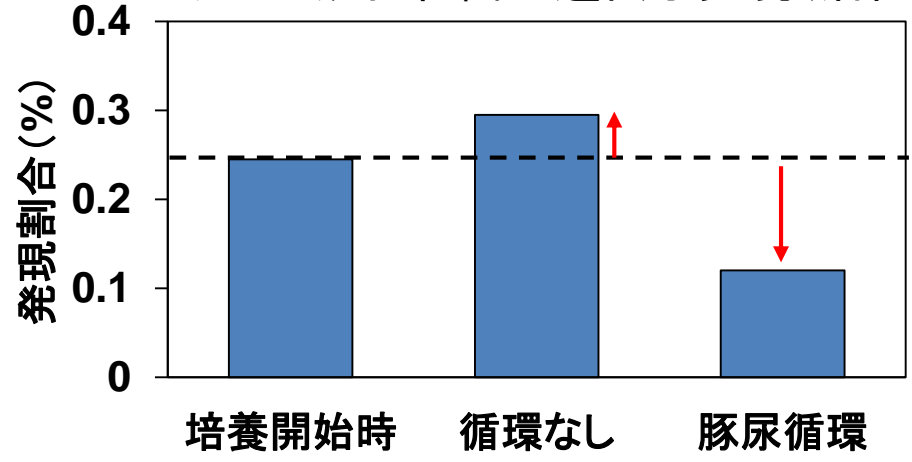
浸漬方式



特徴

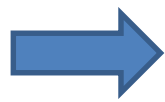
- 豚尿を循環液として利用
- 基質と菌体の接触向上
- 安価なポンプで循環可能

メタン生成古細菌の遺伝子発現(活性)



豚尿循環はメタン生成活性を低下

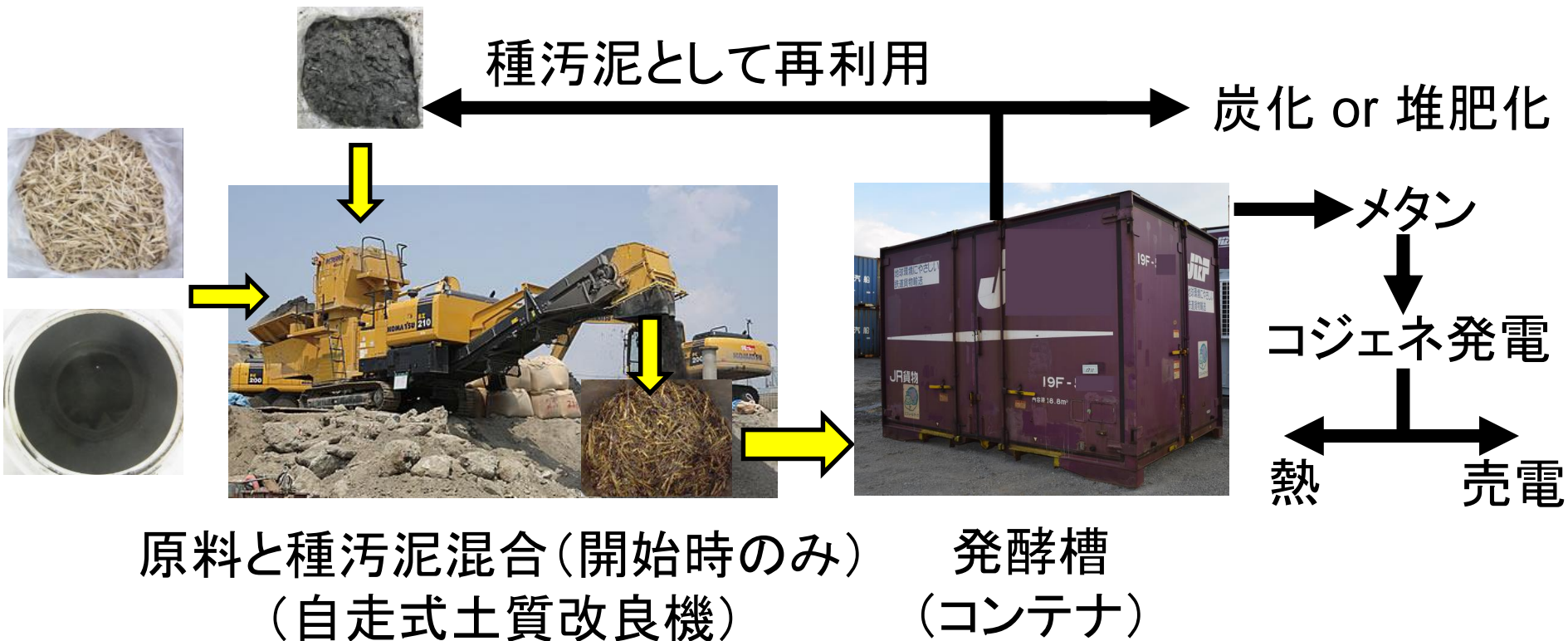
液循環方式はメタン生成に難あり



別の方式を検討

簡易型乾式メタン発酵法の提案

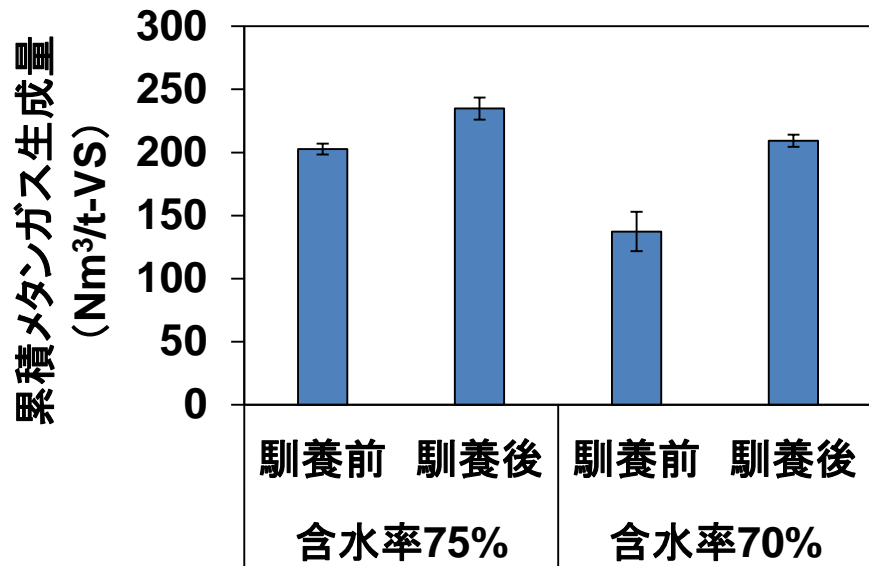
中古のコンテナと土質改良機を活用した簡易型メタン発酵法



ポイント

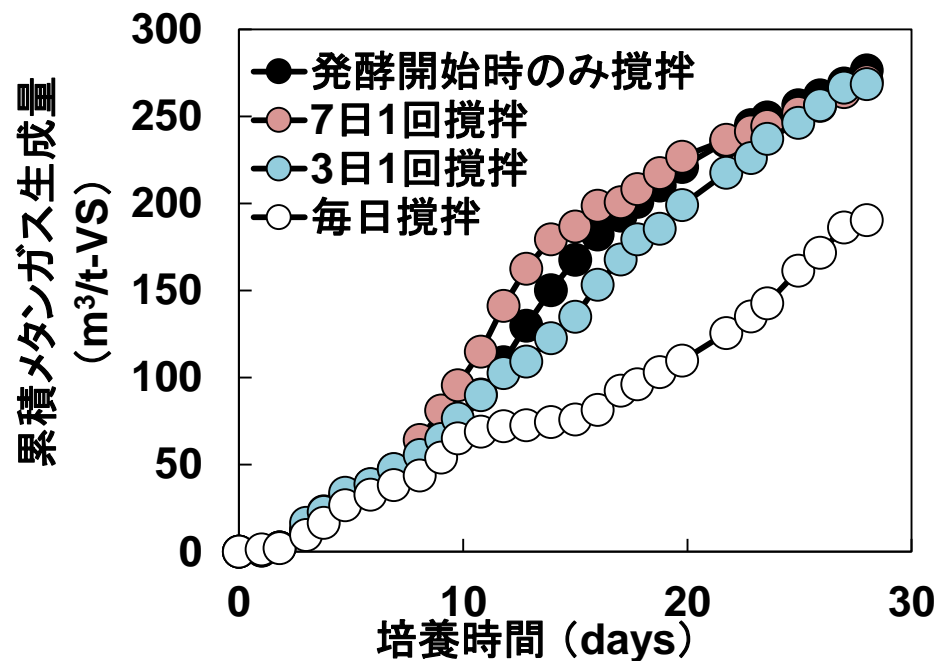
- 発酵開始時のみ攪拌⇒槽内の攪拌機省略
- 低含水率で発酵⇒残渣の乾燥 (炭化・堆肥化の前処理) 省略
- 中古品の使用による低コスト化

○含水率の影響



- ・低含水率化 → メタン生成低下
- ・馴養 → メタン生成向上

○攪拌の影響

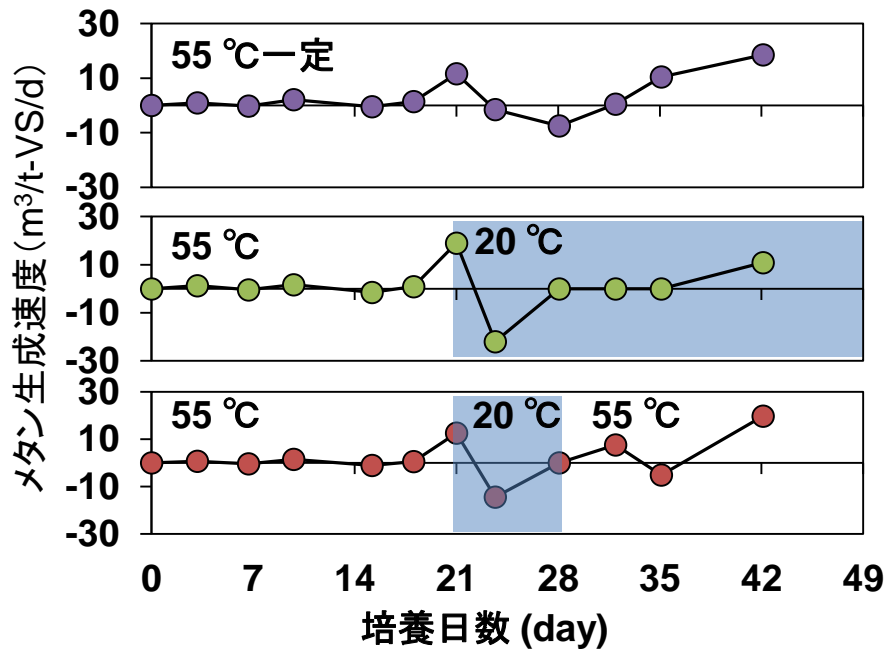


- ・攪拌頻度多 → メタン生成減少
- 発酵槽内の攪拌は不要

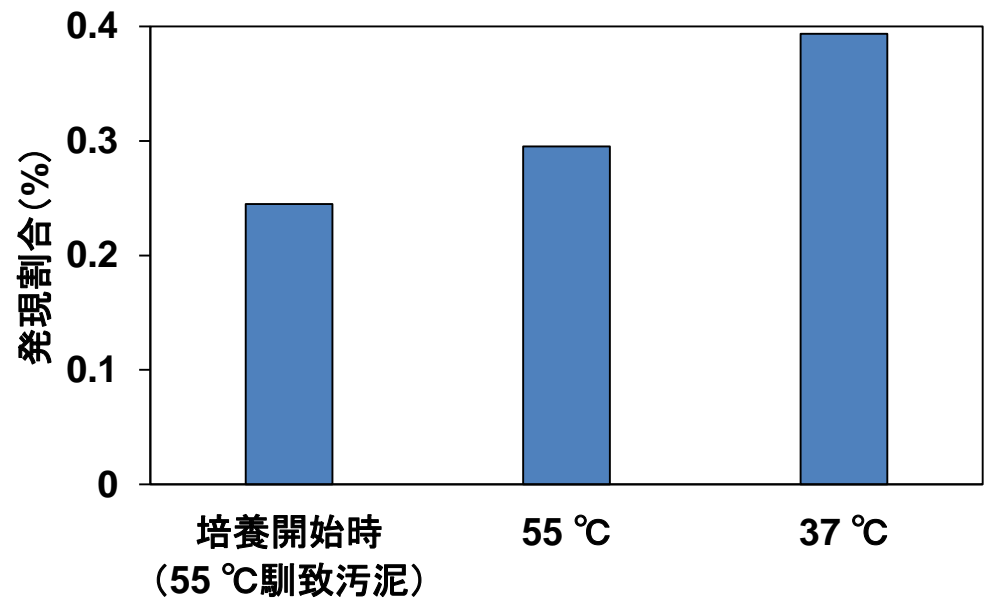
種汚泥の馴養と発酵開始時のみの攪拌で
低含水率、無攪拌乾式メタン発酵可能

乾式メタン発酵の温度に対する安定性

温度変化とメタン生成速度



メタン生成酵素の遺伝子発現

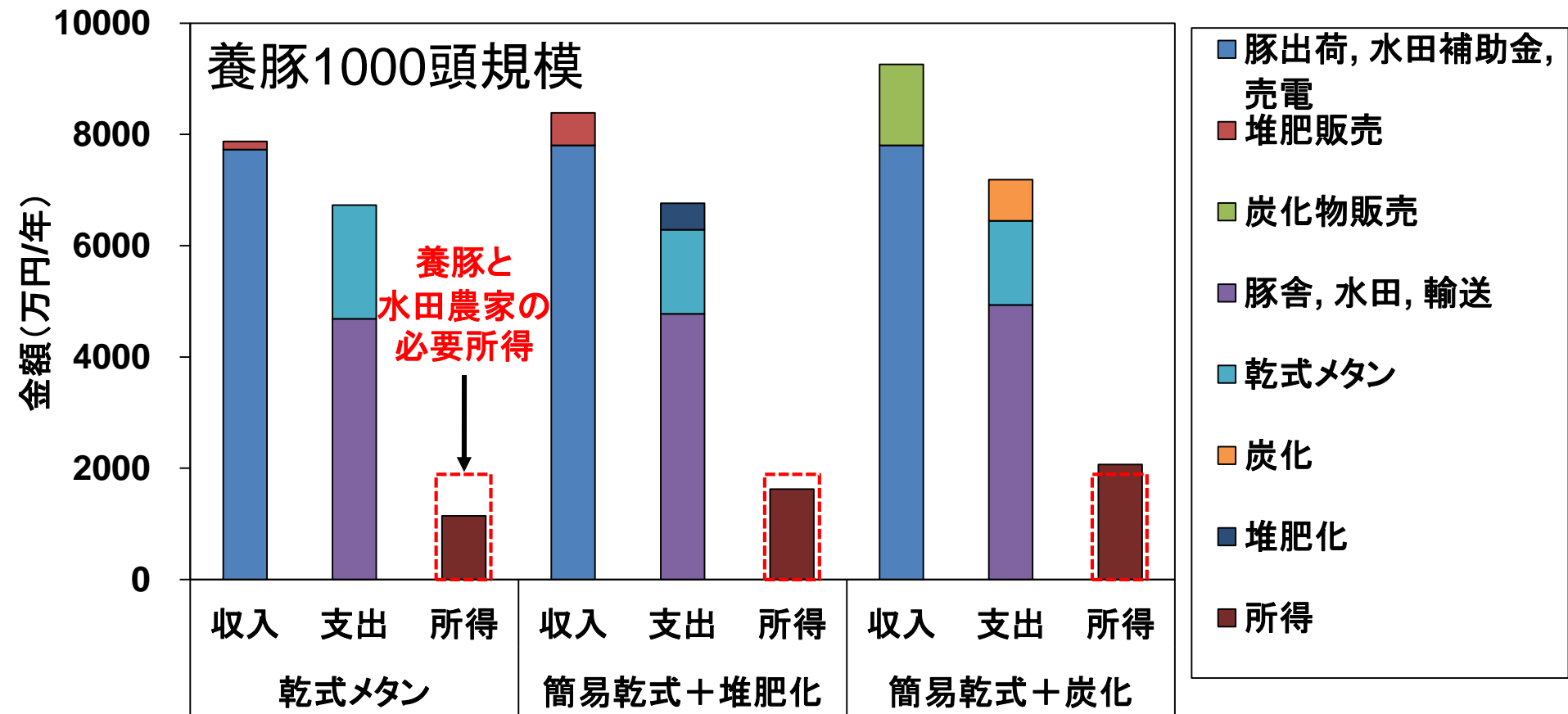


温度低下後も活性回復

55 °Cより低温でも活性を維持

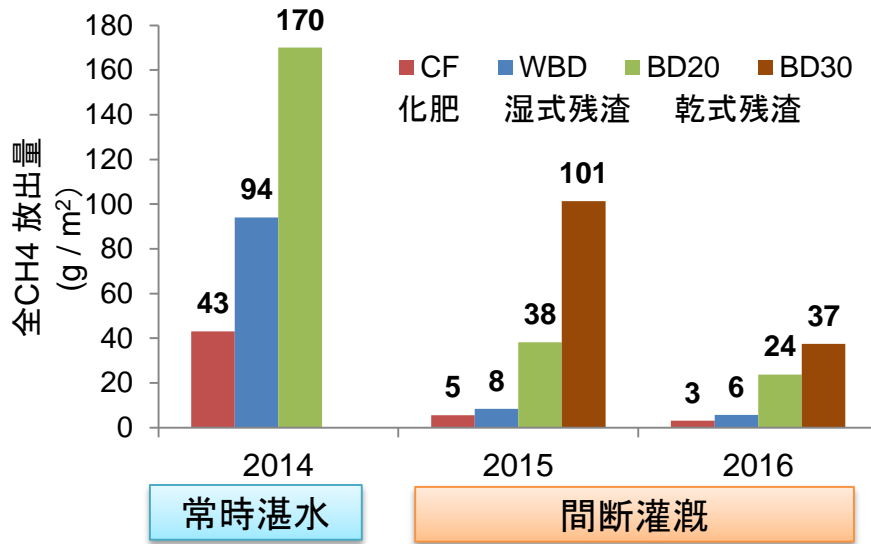
乾式汚泥は広い温度域で活性を維持可能

経営に関わる水田と養豚農家は経済的に自立可能？

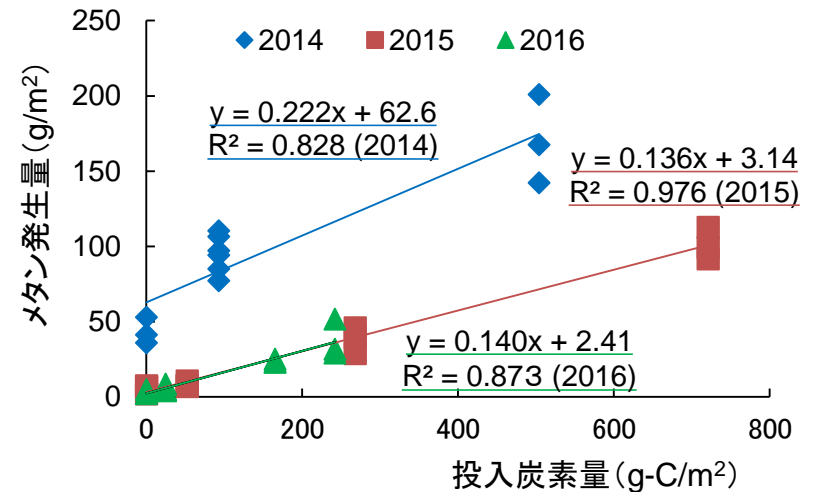


乾式メタンの低コスト化と炭化物(6万円/t)販売により
経済的に自立可能

メタン発生量の経年変化

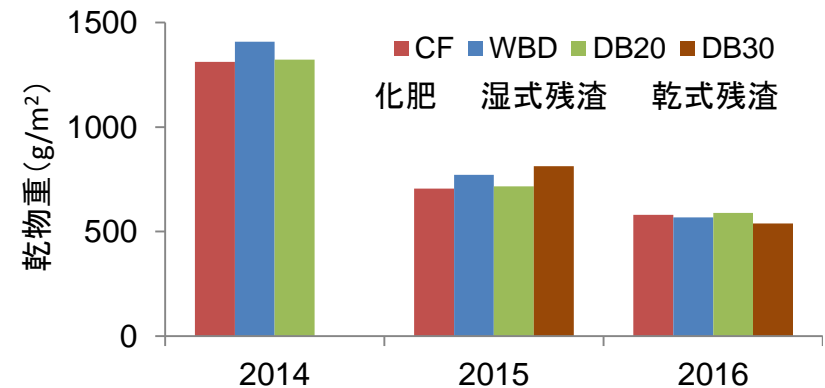


投入炭素量vsメタン発生量



- ・ 化肥や湿式残渣に比べ乾式残渣にはメタン発生増大リスク有り→投入炭素量が多いことが大きく関与
- ・ 乾式残渣区における水田からのメタン発生量の増大は、一部、乾式発酵過程におけるバイオガス収量の増加により緩和
- ・ メタン発生量は間断灌漑の導入により約60g/m²削減可
- ・ 多収米収量は処理区間で有意差なし→化学肥料と同程度の肥料効果を確認

穂部収穫量



- ・ 施肥窒素量: 2014=30g-N/m²、2015,2016: 8-12g-N/m²
- ・ 各年とも処理区間に有意差なし

発酵残渣施用の各種土壌病害への影響

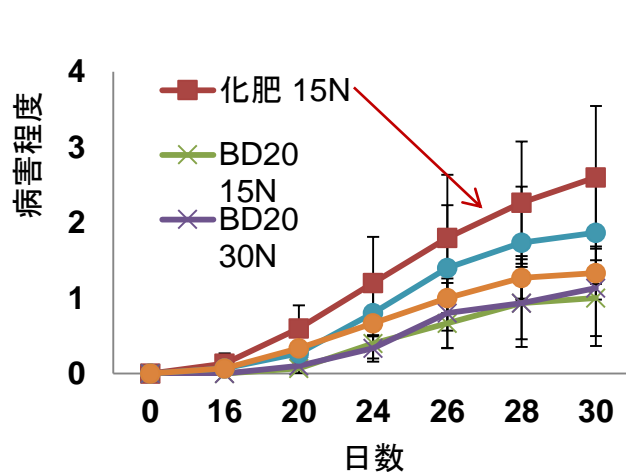
種名		密度低減効果
線虫	サツマイモネコブセンチュウ	BD20(+)、BD30(+)
カビ	トマト萎ちょう病菌	BD20(+)、BD30(+)
	トマト褐色根腐病菌	BD20(+)、BD30(+)
細菌	トマト青枯病菌	BD30(+)

- ・有意差までは得られないケースが多いが、いくつかの病害虫で発病軽減・密度低減・効果有り
- ・微生物バイオマス向上

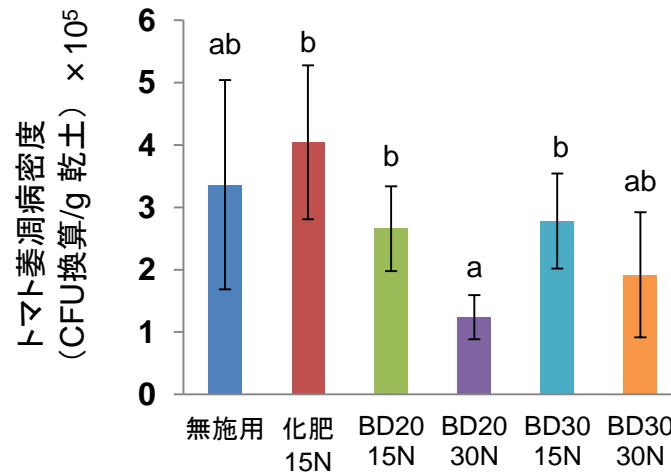
BD20、30: 乾式発酵残渣、C/N比20および30

15N、30N: 10a当たりそれぞれ15、30kg-Nとなるように添加

発病度



病原菌密度



病原菌密度

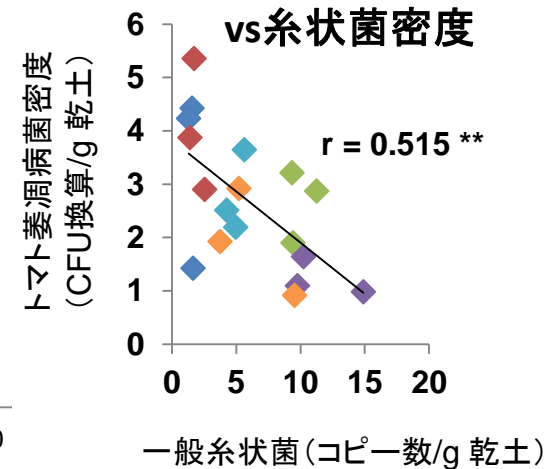
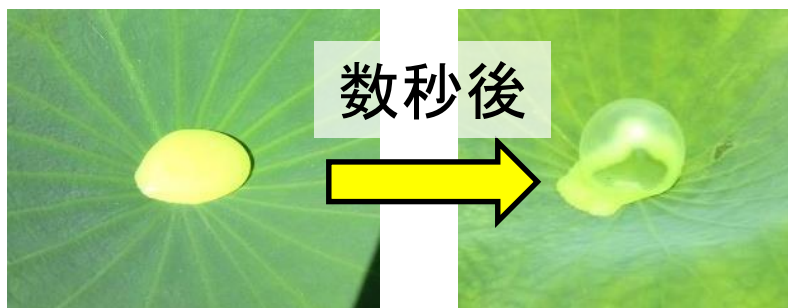


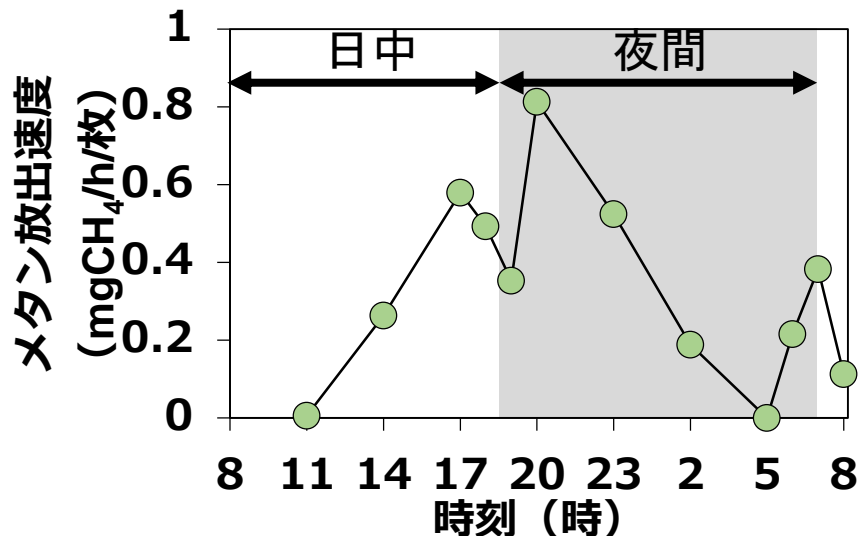
図 ネコブセンチュウ汚染土壌におけるトマト萎ちょう病発生に及ぼす発酵残渣の影響。左: 発病度 (0: 健全、4: 枯死)、中: 30日後の萎ちょう病菌密度。右: 30日後の一般糸状菌とトマト萎ちょう病菌密度との関係

ハスからの温室効果ガス放出

○葉の”へソ“からのガス放出

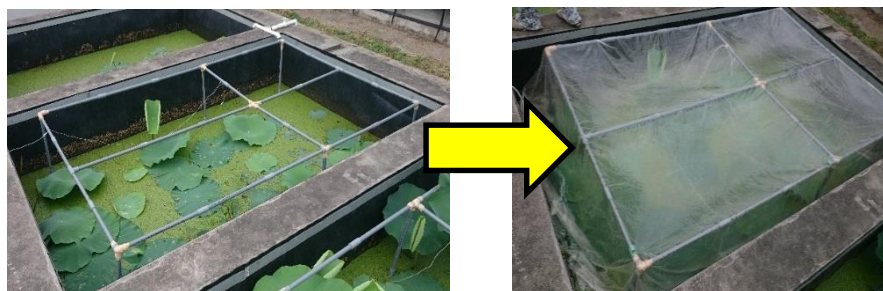


葉の中央よりガス放出を確認

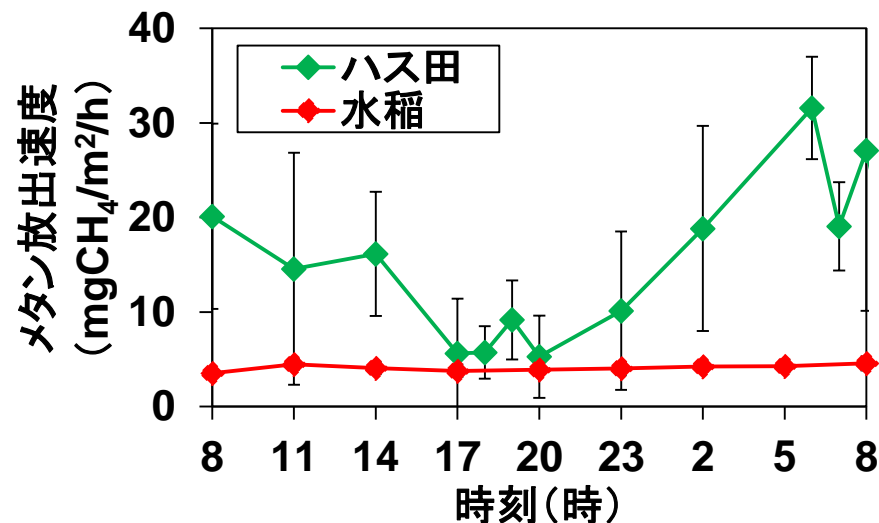


大気の1000倍の濃度のメタン放出

○ハス田からのメタン放出



ビニールチャンバーによる観測



メタン放出源の水稻よりも高いメタン放出

レンコン栽培はメタン放出のソースとなりうる

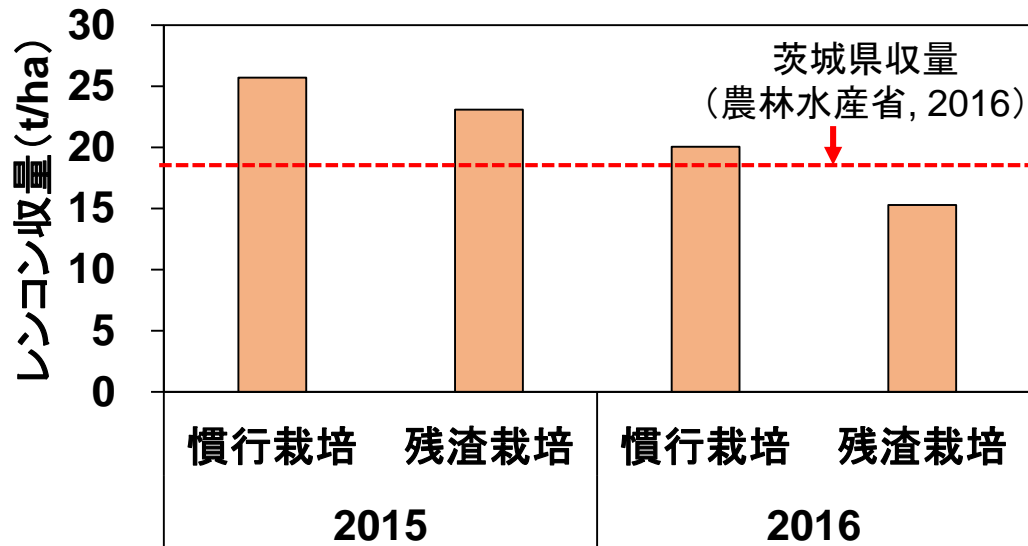
乾式メタン発酵残渣によるハス栽培@土浦



化肥栽培(8月)



残渣栽培(8月)

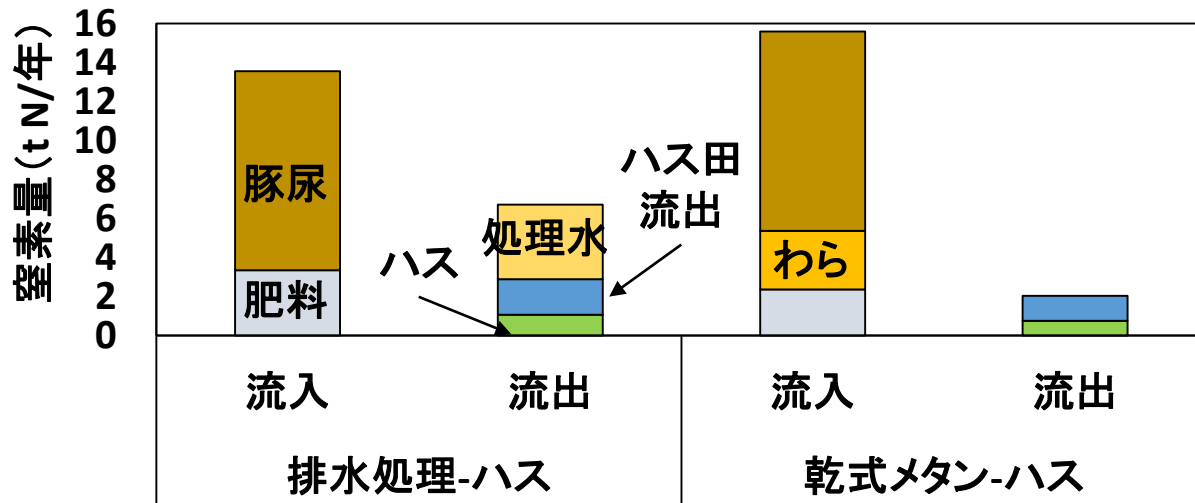
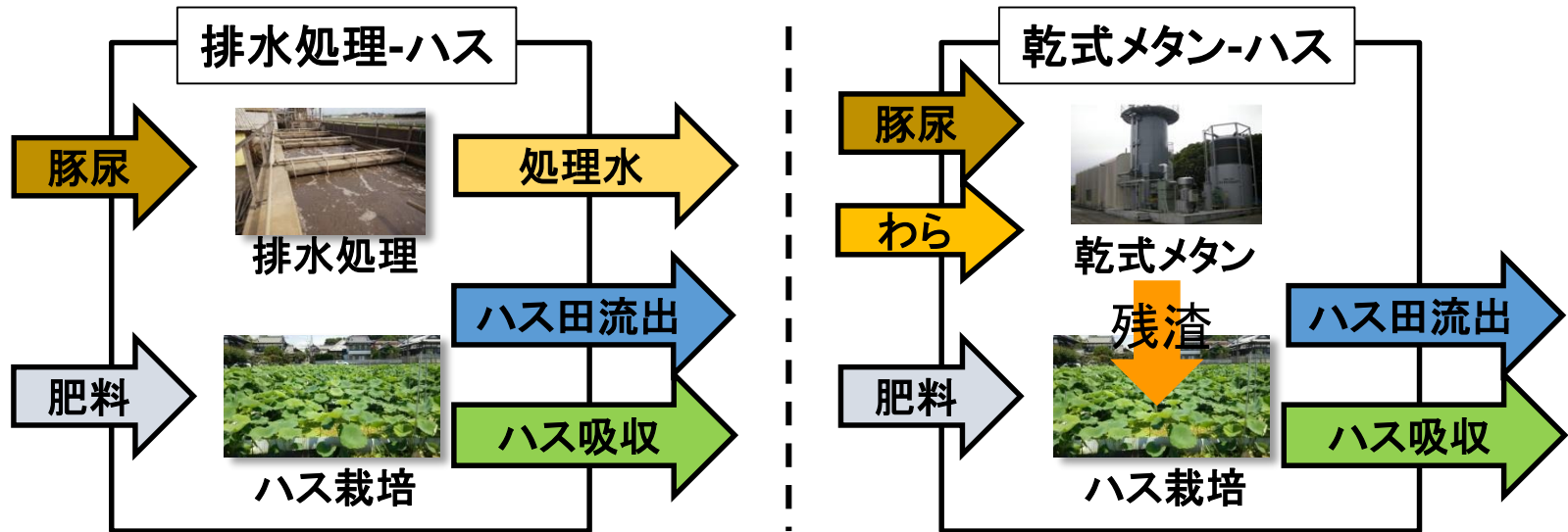


残渣を基肥として連用



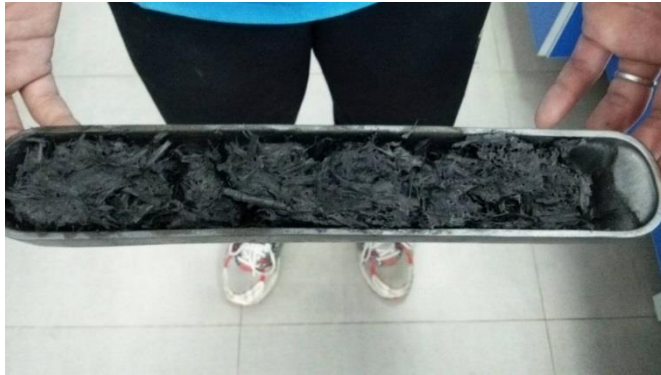
慣行栽培(化学肥料)
よりも収量低下

乾式メタン-残渣施用の窒素フロー(1000頭規模)

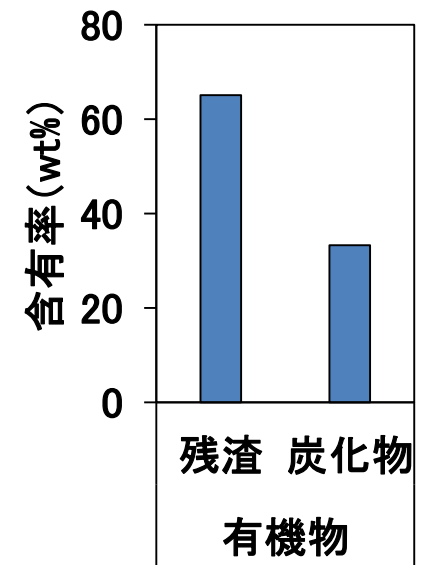
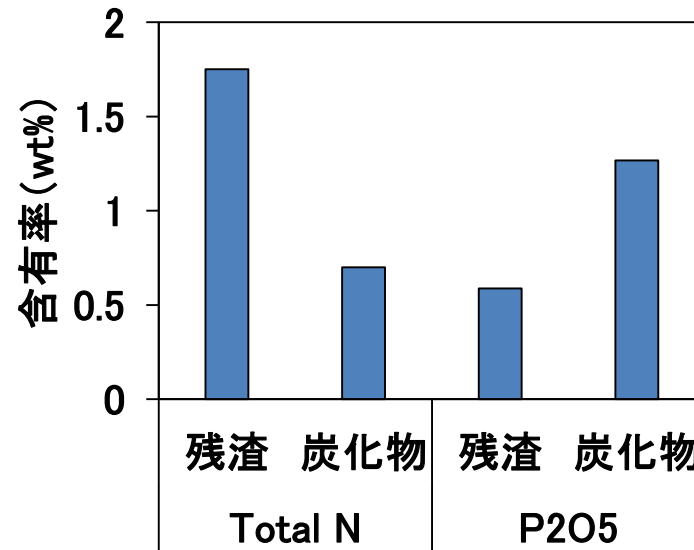


乾式メタン-残渣施用で水環境へのN負荷を80%抑制

残渣炭化物の土壌改良材としての可能性



発酵残渣の炭化物



炭化によりリン濃度上昇・有機物濃度減少



リン供給資材

水田のメタン放出抑制資材 (Han *et al.*, 2016)

■ 簡易型乾式メタン発酵の開発(代表者:細見正明)

- ・低含水率・無攪拌な発酵と中古品を活用した簡易化により大幅なコスト低減が期待される
- ・温度変化が乾式メタン発酵に及ぼす影響は小さく、安定な発酵が可能

■ 乾式メタン発酵残さの有効利用法の確立(分担:豊田剛己)

- ・多収米: 間断灌漑の導入により低環境負荷な栽培が可能
- ・野菜: いくつかの病害虫に対して発病・密度軽減効果を確認
- ・レンコン: 乾式メタン発酵と残渣利用により流域へのN負荷を抑制
収量減とメタン放出の面から直接施用は避ける
⇒ 土壌改良材(炭化物)としての利用が有効?

研究成果を用いた、日本国民との科学・科学技術対話の活動(研究開始～プレゼン前日まで)

①小・中・高等学校の理科授業での特別授業

実施日	学校名等	所在地	説明した「研究成果」、「実生活との関連」等
H29.1.26	長岡工業高等専門学校	新潟県	豚尿と稲わらによるメタンガス生成および発酵残渣のレンコン栽培試験について説明。

④一般市民を対象としたシンポジウム、博覧会、展示場での研究成果の講演・説明

実施日	主催者名	シンポ名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
H26.12.1 1～ 12.13	産業環境管理協会、 日本経済新聞社	エコプロダクツ 展	東京都	16万人	研究内容の全体について説明した。ラボスケール乾式メタンリアクタの展示など。

本課題の成果に係る「査読付」論文(国際誌・国内誌)の発表

執筆者名	発行年	論文タイトル	ジャーナル名等
Riya and Hosomi <i>et al.</i>	2015	Influence of C/N ratio on performance and microbial community structure of dry-thermophilic anaerobic co-digestion of swine manure and rice straw	<i>Journal of Medical and Bioengineering</i> , 5, pp.11-14
Riya and Hosomi <i>et al.</i>	2015	Effects of nitrogen loading rate on CH ₄ and N ₂ O emissions during cultivation and fallow periods from forage rice fields fertilized with liquid cattle waste	<i>Journal of Environmental Management</i> , 161, pp.144-130

以上は全て、脚注又は謝辞に「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」を記載。

本課題の成果に係る「査読付論文に準ずる成果発表」論文の発表 又は 本の出版

執筆者名	発行年	タイトル	ジャーナル・出版社名等
細見, 豊田他	2014	乾式メタン発酵と飼料イネによる資源循環型養豚排水処理	畜産環境情報, 53, pp.1-10
Riya and Hosomi <i>et al.</i>	2016	Towards sustainable agricultural waste management using dry anaerobic digestion and rice cultivation	

マスコミ発表(プレスリリース、新聞掲載、TV出演、報道機関への情報提供等)

種類	年月	概要	その他特記事項(あれば)
なし			

国内外における口頭発表(学会等)

学会等名称	年月	発表タイトル	その他特記事項(あれば)
Japan-China Symposium on Chemical Engineering	2015.10月	Development of novel pig farming system incorporating dry-thermophilic anaerobic digestion and forage rice cultivation	招待講演
Livestock Waste 2016	2016.8月	Effect of total solid content on dry anaerobic digestion of rice straw and pig urine	

他10件。 以上は全て「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」を明示。

知的財産権

知的財産権の種類	概要(簡潔に)	その他特記事項(あれば)
なし		

行政ニーズに即した 環境政策への貢献事例

概要(簡潔に)	その他特記事項(あれば)
なし	

行政ニーズに即した 今後の環境政策への貢献「見込み」

概要(簡潔に)	その他特記事項(あれば)
乾式メタンによる豚尿処理は小規模養豚経営による窒素負荷を軽減し得る	

ご清聴ありがとうございました