

## 令和7年度 成績概要書

課題コード（研究区分）：6107-625231（公募型研究（その他））、4107-475461（道受託研究）、4107-475471（道受託研究）

### 1. 研究課題名と成果の要約

- 1) 研究成果名：スラリーインジェクターを活用したメタン発酵消化液の土中施用法と畑地における窒素とリン酸の肥効  
（研究課題名：脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト  
メタン発酵消化液を用いたてんさいの栽培実証試験  
メタン発酵消化液を用いた「馬鈴しょ（澱粉原料用）」における栽培実証試験）
- 2) キーワード：カットインジェクター、アンモニア揮散、肥料換算係数、0.5 M 塩酸抽出法
- 3) 成果の要約：消化液の土中施用はアンモニア揮散等の窒素損失がほとんどないため、窒素肥料換算係数を表面施用の0.4より高い0.6に設定した。また、畑地施用によるリン酸肥料換算係数を0.6に設定した。消化液中の全リン酸、カリ、苦土、石灰の含有率は0.5 M 塩酸抽出による簡易法で代替することができる。

### 2. 研究機関名

- 1) 代表試験場・所属・担当者：十勝農業試験場・研究部・生産技術グループ・主査・石倉 究
- 2) 分担試験場（協力試験場）：なし
- 3) 共同研究機関（協力機関）：農研機構（産業技術総合研究所、鹿追町、各農協、（株）北海道クボタ、（株）北海コーキ、（株）アイ・クエスト、十勝農業協同組合連合会）

### 3. 研究期間 令和3～7年度（2021～2025年度）

### 4. 研究概要

#### 1) 研究の背景

道内のバイオガスパラントの増加に伴い、メタン発酵消化液（以下、消化液）の畑地での利用が期待されている。一方、消化液の表面施用に伴う窒素肥効低下の改善、消化液の畑地向けのリン酸肥効の解明、消化液の成分含有率に対する簡易分析法の精度向上が求められている。

#### 2) 研究の目的

スラリーインジェクターを用いて消化液を土中施用する場合の窒素肥効を明らかにする。また、消化液の畑地施用によるリン酸肥効を明らかにする。さらに、消化液の成分含有率の高精度な簡易分析法を開発する。

### 5. 研究内容

#### 1) 消化液の土中施用が窒素肥効率に与える影響と消化液のリン酸肥効率の検討（R3～4年度）

- ・ねらい：消化液の土中施用による窒素肥効と、畑地施用によるリン酸肥効をポット試験で明らかにする。
- ・試験項目等：えん麦野生種をポットで栽培し、アンモニア揮散速度、土壌の無機態窒素、養分吸収量を測定。窒素肥効：消化液の土中施用を表面施用、化学肥料、無窒素と比較した（春施用と夏施用）。リン酸肥効：消化液施用を堆肥施用、化学肥料、無リン酸と比較した（夏施用のみ）。

#### 2) スラリーインジェクターを用いた消化液中窒素ならびにリン酸の施用効果（R5～7年度）

- ・ねらい：1) で明らかにした施肥換算係数を圃場で実証する。
- ・試験項目等：春まき小麦、えん麦野生種、てんさい、ばれいしょを対象に十勝管内で圃場試験を実施（えん麦野生種は夏施用、夏播種、その他の作物は春施用、春播種・植付）。窒素肥効：土中施用の肥料換算係数を0.6と仮定し、表面施用、表面+N（表面施用に硫酸を追加）と比較。リン酸肥効：消化液の肥料換算係数を0.6と仮定し、化学肥料と比較。消化液は乳牛ふん尿由来、土中施用は「カットインジェクター」（施用深は15 cm、施用幅は43～75 cm）を使用し、表面施用は同機で地上から地表面に同量を施用。

#### 3) 消化液中のリン酸・塩基含有率の高精度な簡易分析法の開発（R3～7年度）

- ・ねらい：0.5 M 塩酸抽出法の消化液に対する適用性を明らかにする。
- ・試験項目等：公定法（湿式分解）と簡易分析法（消化液1 g+0.5 M 塩酸100 mL、30分間振盪抽出）を比較。

### 6. 研究成果

- 1) ①アンモニア揮散速度は表面施用区では春施用より夏施用で高く、施用直後にピークを迎え（9.1～79.1 mgN/m<sup>2</sup>/h）、翌日以降は急減した後8日間継続した。一方、土中施用区では消化液が土壌中に速やかに浸透するためアンモニア揮散は検出されなかった（データ略）。また、消化液由来の無機態窒素は表面施用区では土壌中で17.9～34.7ポイント低下したのに対して、土中施用区ではほとんど低下せず、約60%を維持した（図1）。土中施用区の窒素肥効率は表面施用区より高く、約60%であった（図2）。  
②全国の消化液を分析した結果、乳牛ふん尿由来の消化液は全リン酸の8割以上が可溶性リン酸であった。ポット試験の結果、消化液のリン酸肥効率は堆肥より高く、60%以上であった（データ略）。
- 2) ①消化液の土中施用が作物生育のばらつきに与える影響を確認したところ、スラリーインジェクターの施用幅が75 cmの場合、条播30 cm（春まき小麦）では生育の顕著なばらつきが確認されたものの、施用幅に近い66 cmの畦幅（てんさい）では生育のばらつきは確認されなかった（データ略）。  
②1)の結果から土中施用の窒素肥料換算係数を0.6と仮定し、同0.4の表面施用と比較した結果、春まき小麦、えん麦野生種いずれも土中施用区の収量と窒素吸収量は表面施用区より高まった。また、土中施用区の収量と窒素吸収量は表面+N区（土中施用区に窒素施肥量を合わせた）と同等以上であった（表1）。  
③1)の結果から消化液のリン酸肥料換算係数を0.6と仮定して化学肥料区にリン酸施肥量を合わせた結果、消化液区の収量とリン酸吸収量は化学肥料区と概ね同等であった（表2）。
- 3) 0.5 M 塩酸抽出法で分析した消化液中の全リン酸、カリ、苦土、石灰の各含有率（現物あたり%）は二乗平均平方根誤差0.014～0.031となり、公定法を代替できると判断された（データ略）。

< 具体的なデータ >

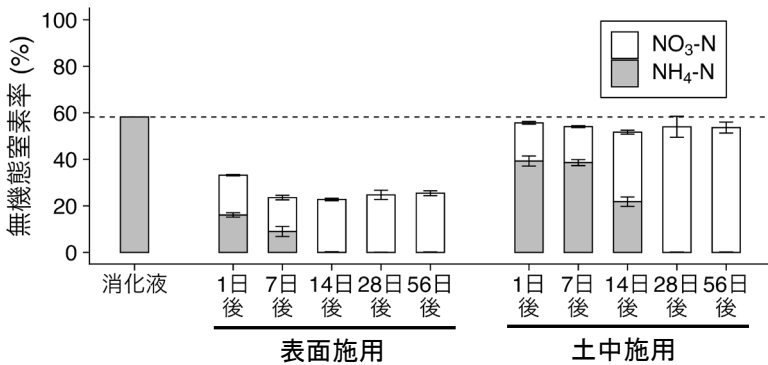


図 1. 消化液の施用法と土壌中の無機態窒素率の経時変化

消化液は 7 月中旬に 5 t/10a 相当を施用した。エラーバーは標準偏差を、破線は施用した消化液の無機態窒素率（全窒素に占める無機態窒素の割合）をそれぞれあらわす。いずれの処理も 7 日目に土壌混和した。

$$\text{無機態窒素率 (\%)} = \frac{\text{処理区の無機態 N 量} - \text{無窒素区の無機態 N 量}}{\text{施用 N 量}} \times 100$$

表 1. 消化液の施用法が収量および窒素吸収量に与える影響

作物 (圃場数)	処理 <sup>1)</sup>	消化液施用量 <sup>2)</sup>				総養分施肥量 (kg/10a) <sup>3)</sup>			収量 <sup>4)</sup> (kg/10a)	窒素 吸収量 (kg/10a)
		現物 (t/10a)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
			(kg/10a)							
春まき小麦 (1 筆)	土中施用	3.5	6.2	2.1	9.8	11	15	10	241 (128)	11.0
	表面施用	3.5	4.1	2.1	9.8	9	15	10	188 (100)	8.4
	表面＋N	3.5	4.1	2.1	9.8	11	15	10	223 (119)	9.2
えん麦野生種 (3 筆)	土中施用	5.0	7.5	3.0	14.6	10	3	15	431 (111)	9.6
	表面施用	5.0	5.2	3.0	14.6	8	3	15	387 (100)	8.6
	表面＋N	5.0	5.2	3.0	14.6	11	3	15	422 (109)	9.6

<sup>1)</sup> 表面+N区は消化液を表面施用し、土中施用区の窒素施用量に合わせるために硫酸で補った。<sup>2)</sup> 各要素の値は養分投入量に肥料換算係数を乗じた値をあらわす。肥料換算係数は窒素の土中施用で 0.6 を仮定し、表面施用で 0.4 である。リン酸は 0.6 を仮定し、カリは 1.0 である。<sup>3)</sup> 消化液施用量（投入量×肥料換算係数）と化学肥料の合計値。<sup>4)</sup> 春まき小麦は子実重、えん麦野生種は乾物重で、括弧内は表面施用区に対する百分比。

表 2. 消化液の施用が畑作物の収量およびリン酸肥効に与える影響

作物 (圃場数)	処理	消化液施用量 <sup>2)</sup>				総養分施肥量 (kg/10a) <sup>3)</sup>			収量 <sup>4)</sup> (kg/10a)	リン酸 吸収量 (kg/10a)
		現物 (t/10a)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
			(kg/10a)				(kg/10a)			
春まき小麦 (1筆)	消化液 <sup>1)</sup>	3.5	4.1	2.1	9.8	11	15	10	223 ( 94)	2.8
	化学肥料	0.0	0.0	0.0	0.0	10	15	9	237 (100)	3.0
移植てんさい (3筆)	消化液 <sup>1)</sup>	4.0	4.6	2.9	9.9	15	9	12	7613 (100)	9.0
	化学肥料	0.0	0.0	0.0	0.0	16	9	14	7628 (100)	8.7
ばれいしょ (2筆)	消化液 <sup>1)</sup>	4.0	4.7	2.9	10.0	9	23	12	4458 (101)	5.6
	化学肥料	0.0	0.0	0.0	0.0	8	23	10	4410 (100)	4.9

<sup>1)</sup> 消化液は表面施用した。<sup>2)</sup> 各要素の値は養分投入量に肥料換算係数を乗じた値をあらわす。肥料換算係数は窒素で 0.4、カリで 1.0 であり、リン酸は 0.6 を仮定した。<sup>3)</sup> 消化液施用量（投入量×肥料換算係数）と化学肥料の合計値。<sup>4)</sup> 春まき小麦は子実重、てんさいは根重、ばれいしょは上いも収量で、括弧内は化学肥料区に対する百分比。

7. 成果の活用策

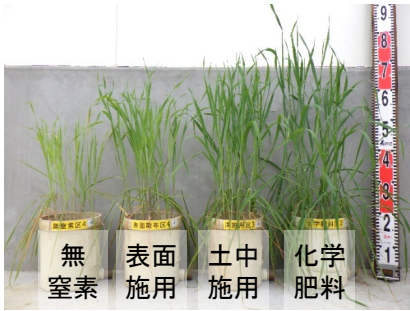
1) 成果の活用面と留意点

- スラリーインジェクターで消化液を土中施用する際に、窒素の適正施肥に活用することができる。また、消化液を畑地で施用する際にリン酸の適正施肥に活用することができる。
- 消化液の成分含有率の簡易分析法は排気設備がない分析機関などで公定法の代替として活用可能である。
- 後作緑肥に対してスラリーインジェクターを活用する際、圃場に残った麦稈や刈り株がスラリーインジェクターの吐出口に絡むのを防ぐために、チョップやディスクハロなどで残渣を事前に細断すること。
- スラリーインジェクターの行程間の生育ムラを防止するため、作業経路の走行間隔を適切に保つこと。
- 本成果の一部は農林水産省農林水産技術会議事務局の農林水産研究推進事業「脱炭素農業実現のためのパイロット研究プロジェクト」（JPJ009819）で得られた成果に基づく。

2) 残された問題とその対応 なし

8. 研究成果の発表等

石倉 究ら（2025）2025 年度農業農村工学会講演要旨集，p. 809-810.



N投入量 (kg/10a)	0	15	15	15
N肥効率 (%)	—	28	62	(100)

図 2. 消化液の施用法がえん麦野生種の生育に与える影響

消化液は 7 月中旬に 5 t/10a 相当を施用した。N投入量は全窒素投入量、N肥効率は化学肥料区の窒素利用率を 100 としたときの割合。