

有機質資材の肥効見える化アプリ (畑・水田版) の活用について

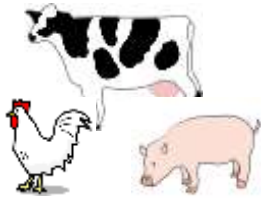
農研機構 九州沖縄農業センター
暖地畜産研究領域 飼料生産グループ
古賀伸久

4つの柱（2050年までに目指す姿）

目標	KPI（重要業績評価指数）
1. 温室効果ガス削減	2050年までに、 CO2ゼロエミッション化
2. 化学農薬の使用量低減（リスク換算）	2050年までに、 50％低減
3. 化学肥料の使用量低減	2050年までに、 30％低減
4. 有機農業の取組面積拡大	2050年までに、 耕地面積に占める有機農業の 取組面積の割合25％（100万 ha）

温室効果ガス削減での農地炭素貯留や、化学肥料使用量低減、有機農業取組面積拡大での化学肥料の代替肥料として、みどり戦略では有機物施用は重要な役割。

1. 品質（窒素肥効、ミネラルバランス）の把握と品質に応じた施用（施用量の決定）
2. 施肥コスト（肥料費、輸送費、加工費など）の低減
3. 連用効果の解明と利用（総合的な土壌改善、地力窒素など）



1.家畜ふん堆肥



2.市販有機質資材
(植物油粕、魚粕、米ぬか等)



3.緑肥



4.作物残さ

有機質資材の効果

長期的効果 (土づくり的效果)

- 土壌中の腐植物質の増加
- 土壌の総合的な改善
- 地力窒素の増強

短期的効果 (肥料的效果)

- 窒素供給 (窒素肥効)
- リン酸、カリの供給
- 微量元素の供給

今日の
メイン
テーマ

有機質資材がなぜ重要なのか？



痩せた人

ごはん（有機物）を
食べないと痩せてし
まう



健康な人

適度にごはん（有機物）
を食べて体重を維持
（人の場合、食べ過ぎは不健康
になりますが、土壌の場合は肥
沃な土壌となります）

有機物は連用することが重要で、その効果はより顕著に。

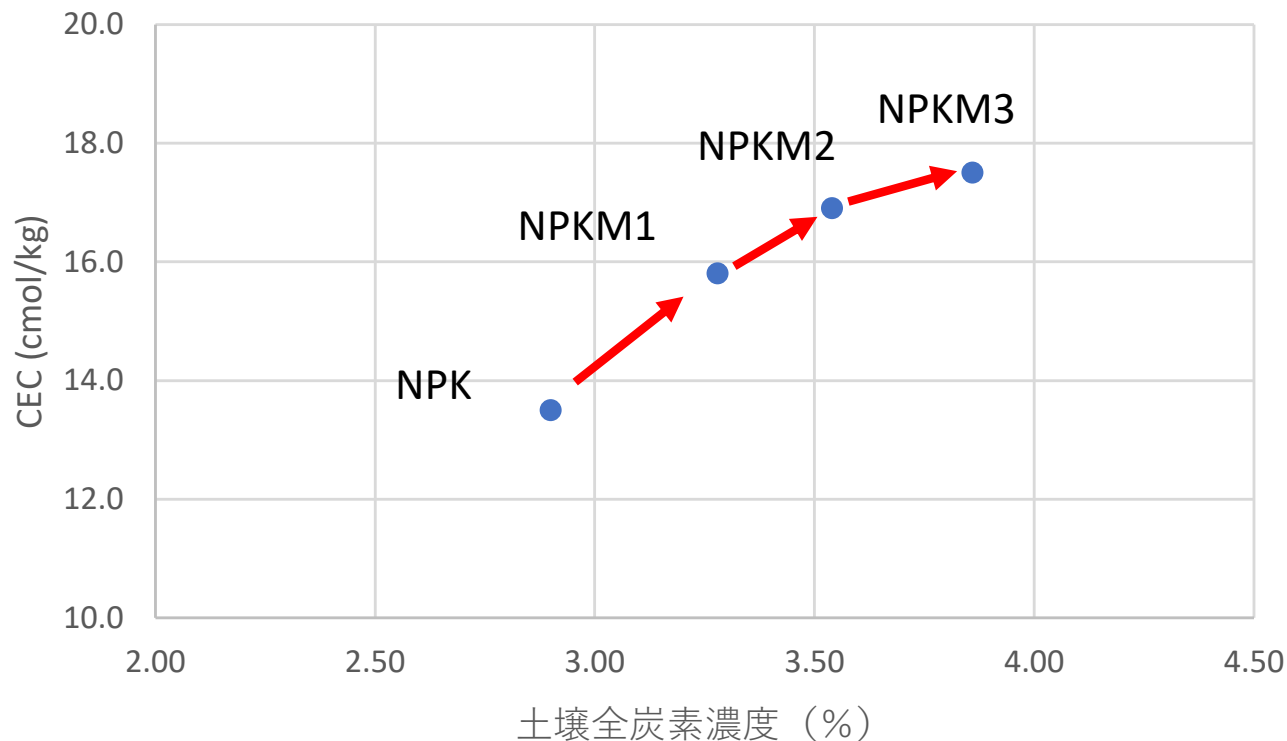
有機質資材がなぜ重要なのか？

牛ふん堆肥施用量

M1 : 1 t/10a/年

M2 : 2 t/10a/年

M3 : 3 t/10a/年

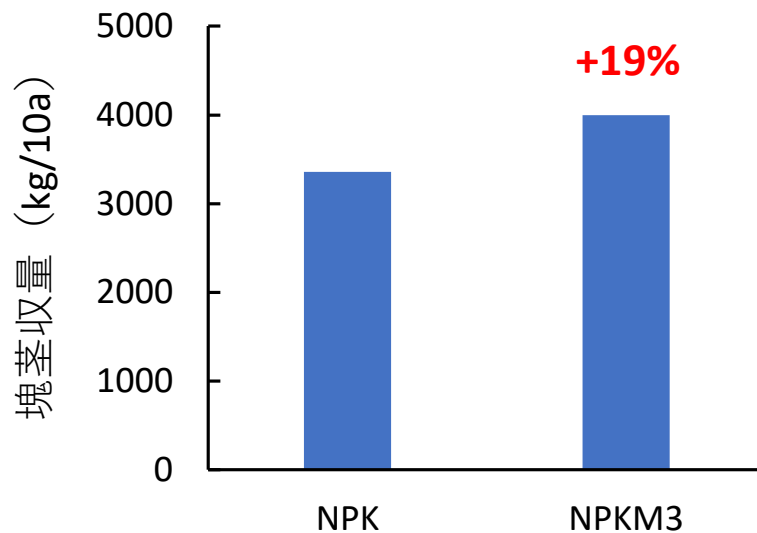


連用約25年後のデータ

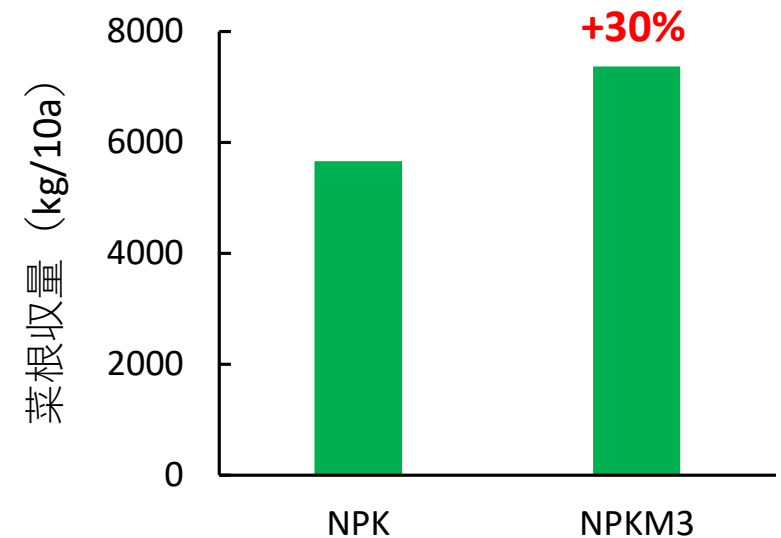
(北海道農業研究センター芽室研究拠点、堆肥連用黒ボク土圃場)

有機質資材がなぜ重要なのか？

ばれいしょ



てん菜



連用約25年後のデータ

(北海道農業研究センター芽室研究拠点、堆肥連用黒ボク土圃場)

有機質資材がなぜ重要なのか？

有機質資材の効能

➤ 化学性

- **CEC**（保肥力）や保水力の向上
- 土壌有機物形成（炭素蓄積）や地力窒素の向上
- 微量元素の供給

➤ 物理性

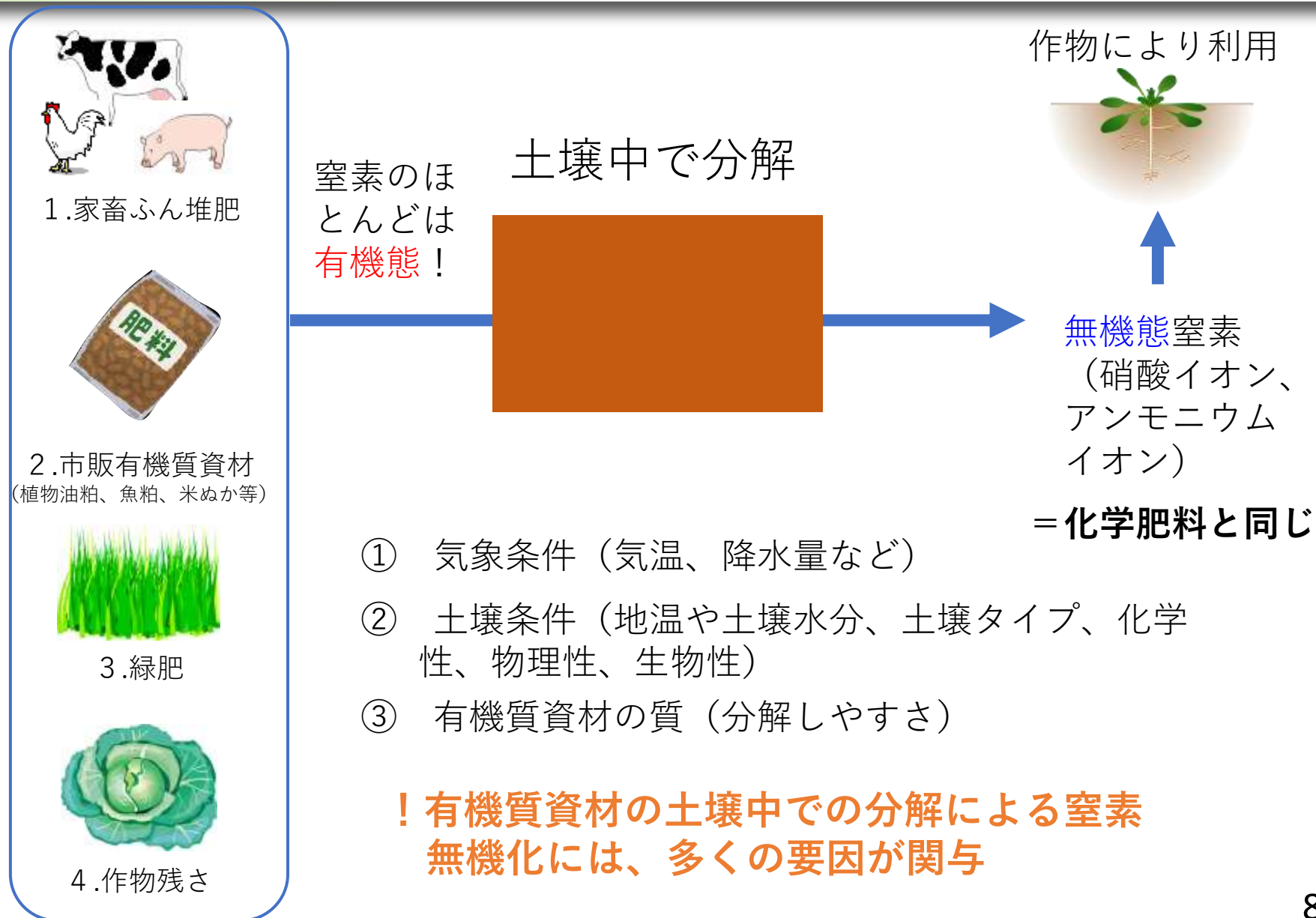
- 易耕性、保水性の向上
- 団粒形成（通気性や根張り）

➤ 生物性

- 病害抑止（微生物多様性の増大）
- 生育促進（有用微生物の増加）



有機質資材と窒素無機化



ADSON（酸性デタージェント可溶性有機態窒素）とは

- 有機質資材のADSON含量は、土壌中での分解によって生成する窒素無機化量と高い正の相関（小柳ら、2016；小柳、2017）
- ADSONが10 mg/g 乾物以下の資材（C/N比では20以上の資材）は、無機化しないとされている。

ADSON（酸性デタージェント可溶性有機態窒素）とは、有機質資材中の有機態窒素のうち、AD溶液（ 0.5 mol L^{-1} の硫酸 1 Lに対して20gの臭化セチルトリメチルアンモニウムを溶解させた溶液）に可溶な窒素成分



有機態だが、AD溶液に溶ける窒素（これに注目）

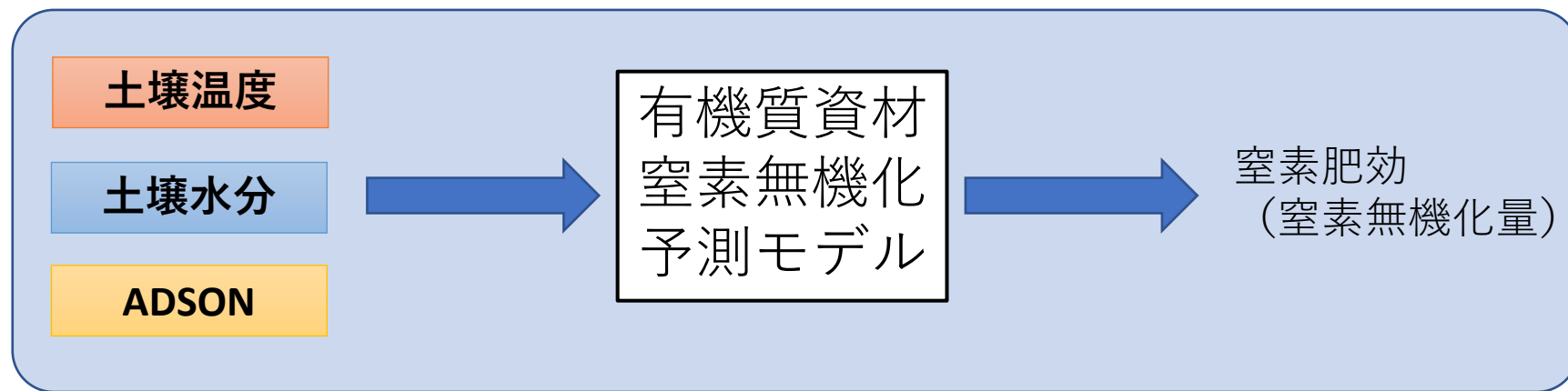
有機質資材ごとのADSON値

高 ↑ 窒素無機化 ↓ 低	ADSON(mg N g ⁻¹ 乾物)	
	60以上	植物油かす、魚かす
	40～60	骨粉、多原料混合肥料
	30～40	作物残さ（茎葉菜類）、生豚ふん
	20～30	鶏ふん堆肥、緑肥（マメ科、アブラナ科、ハゼリソウ科）、米ぬか、下水汚泥肥料、乳牛生ふん、肥育牛生ふん、フィルターケーキ
	15～20	豚ふん堆肥、緑肥（イネ科）、作物残さ（果菜類、根菜類）、生ごみ堆肥
	10～15	牛ふん堆肥、畜種混合堆肥、緑肥（キク科）、飼料作物刈り株、カニガラ、稲わら堆肥、繁殖牛生ふん、コーヒーかす
	10以下	作物残さ（穀類）、もみがら、ハカマ、バガス、せん定枝

有機質資材の肥効見える化アプリの開発



数理モデルにより予測し、アプリで見える化



有機質資材の肥効見える化アプリ、API

土壌培養実験による窒素無機化データ収集

有機質資材
32種
(+有機物
資材なし)

×

土壌 4 種類
・都城0t区
(黒ボク土)
・都城12t区
(黒ボク土)
・筑後
(灰色低地土)
・長崎
(赤黄色土)

×

土壌温度
3 水準
(10,20,
30℃)

×

土壌水分
3 水準
(最大容
水量の
45,60,75
%)

×

培養期間
3 水準
(1,4,12
週間)

= 3456 点



基本式：

$$N_{min} = \frac{ADSON^2}{\alpha_1 + ADSON^2} Nin \{1 - e^{-k \cdot etf \cdot emf \cdot t}\}$$

補助式（温度依存性）：

$$etf = Q_{10}^{\frac{T-30}{10}}$$

補助式（水分依存性）：

$$emf = \frac{1}{1 + b \cdot \exp(-\frac{8.5Vw}{100})}$$

赤字：入力値

青字：推定されたパラメータ

国立環境研究所と共同で特許出願中

出力値：Nmin (窒素無機化量；g/m²)

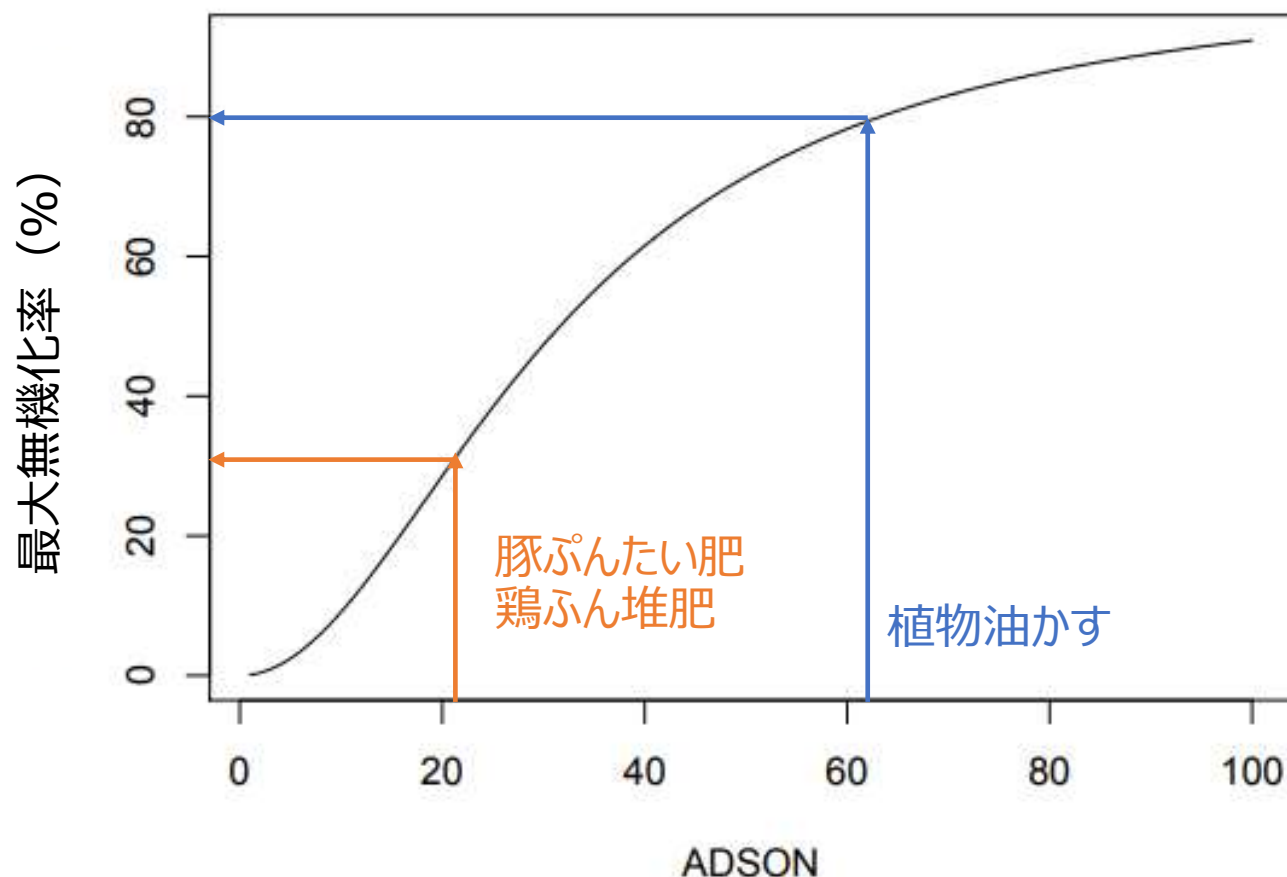
入力値：ADSON (mg N/g)、Nin (有機態窒素投入量；g/m²)、t (期間；日)、
T (地温；℃)、Vw (体積含水率；%)、k (分解速度定数)、α₁、Q10、b

実際の計算上は日々変化する環境条件に対応するため、基本式を差分法にて変形することで各日毎の無機化量を計算して指定期間の無機化量を積算する。

ADSONと最大窒素無機化との関係

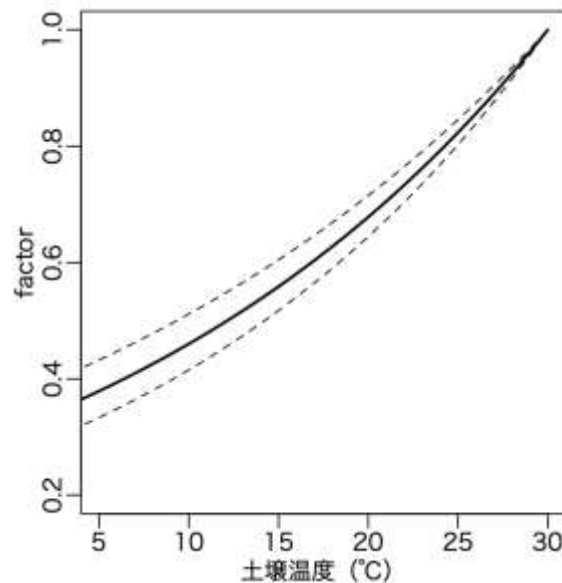
$$Nmin = \frac{ADSON^2}{\alpha_1 + ADSON^2} Nin \{1 - e^{-k \cdot etf \cdot emf \cdot t}\}$$

最大無機化率

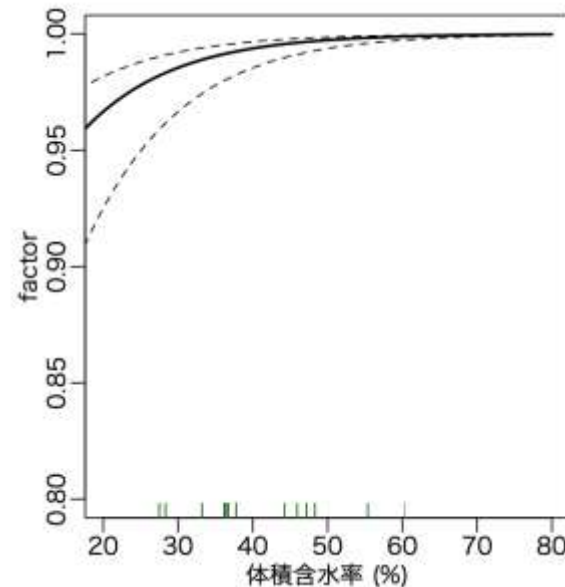


温度・水分依存性の推定結果

温度依存性



水分依存性



方法 | 湛水条件での土壌培養実験

有機質資材種類：20種類（内訳は次のスライド）

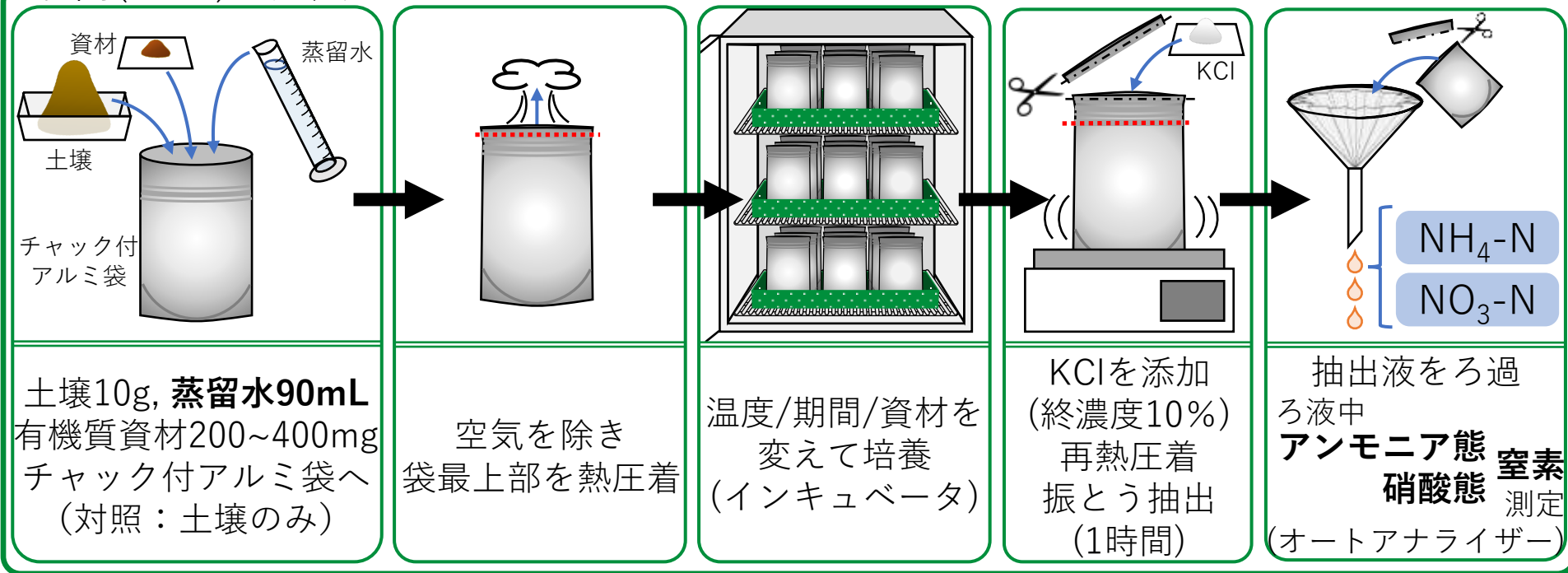
培養温度：15, 22.5, 30℃

培養期間：1, 2, 4, 8, 12週間

供試土壌：灰色低地土（農研機構 筑後拠点）

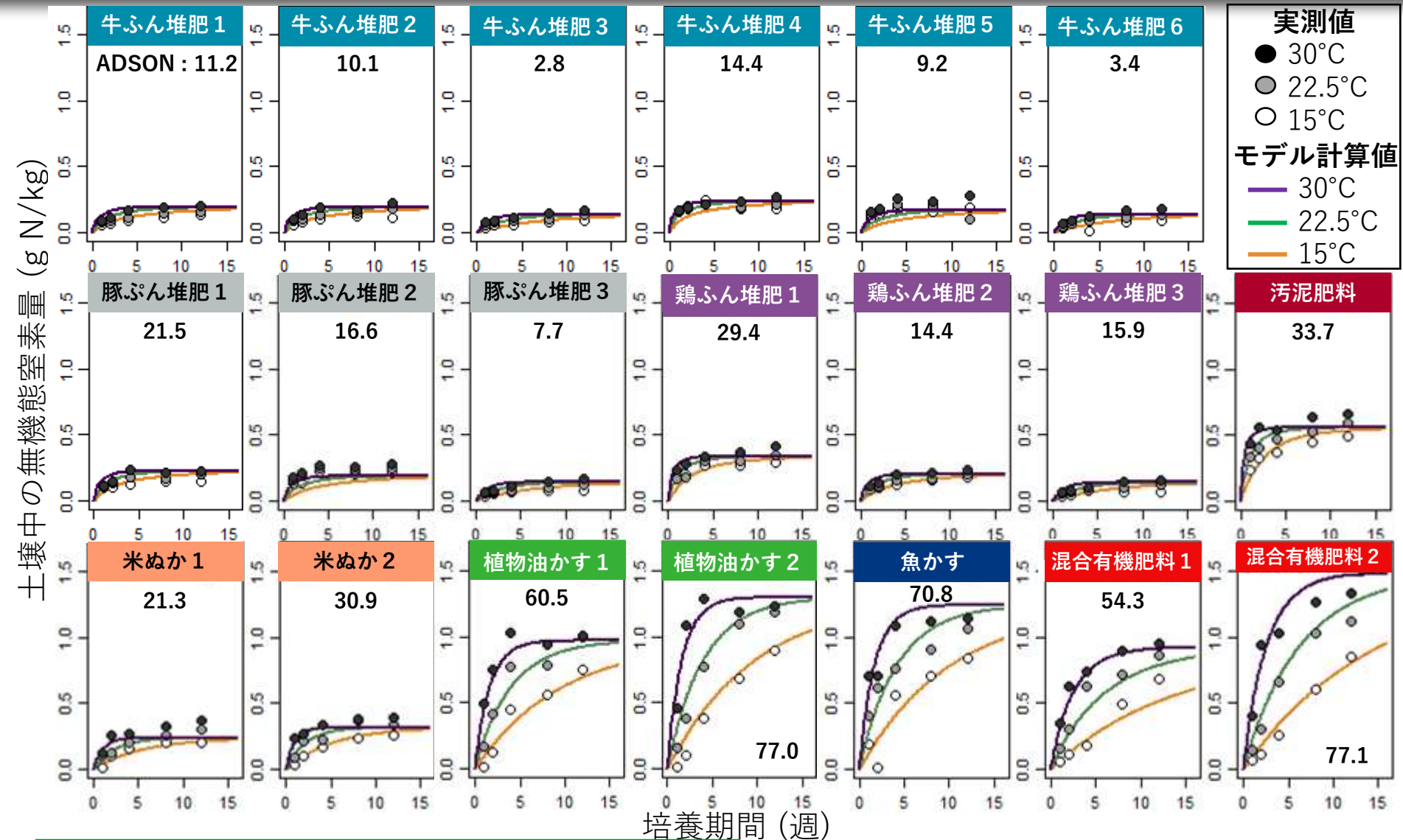
pH 6.7、全炭素 23 g/kg、全窒素1.9 g/kg

石岡(2023)の方法



結果をモデル式へ当てはめ
パラメータを推定

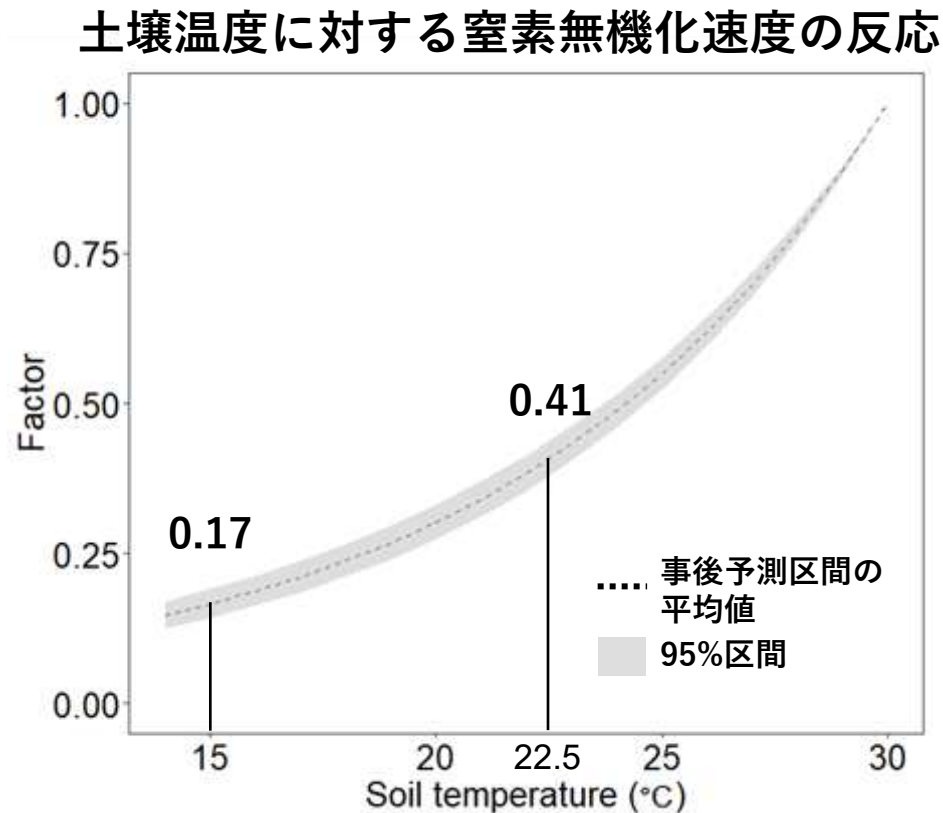
結果 | 培養試験実測値とモデル計算値の比較



二乗平均平方根誤差(RMSE) : 0.060 g N/kg
平均絶対誤差(MAE) : 0.044 g N/kg

精度よくパラメータを推定できた 17

結果 | 培養温度に対する窒素無機化応答



Factor：各土壌温度における窒素無機化速度（30°Cを1としたときの相対値）

好気（畑）条件の場合：Factorが10°Cで0.46

→**湛水条件では土壌温度が無機化速度に与える影響が大きい**

公開された見える化アプリ①

アクセス方法

検 索

日本土壌インベントリー

から「土壌管理アプリ集へ」

アプリ（畑or水田）の選択

有機質資材の肥効見える化アプリ (水田版)

有機質資材の種類*

牛ふん堆肥

有機質資材の施用量*

1000 kg/10a (水分込みの重量)

有機質資材の含水率

33.5 (%)

有機質資材毎のADSON

19.9 (mg/g)

有機質資材毎の全窒素含量

3.61 (%)

有機質資材毎の無機態窒素含量

0.31 (%)

有機質資材毎のリン含有量

2.29 (%)

有機質資材毎のカリ含有量

3.33 (%)

有機質資材の施肥日* 入水日

図 有機質資材肥効見える化アプリ入力画面

※資材の種類を選択すると、含水率、窒素含有率など入力に必要な有機質資材の特性値がデフォルト値として自動表示される。ユーザーが独自に有機質資材の特性値データを有する場合は、デフォルト値を上書き入力することが可能である。

公開された見える化アプリ②

※上記の養分供給量は、化学肥料の減肥可能性を指します。
※(B)の値がマイナスの場合は、土壌可給態窒素が標準値より低いことを意味します。

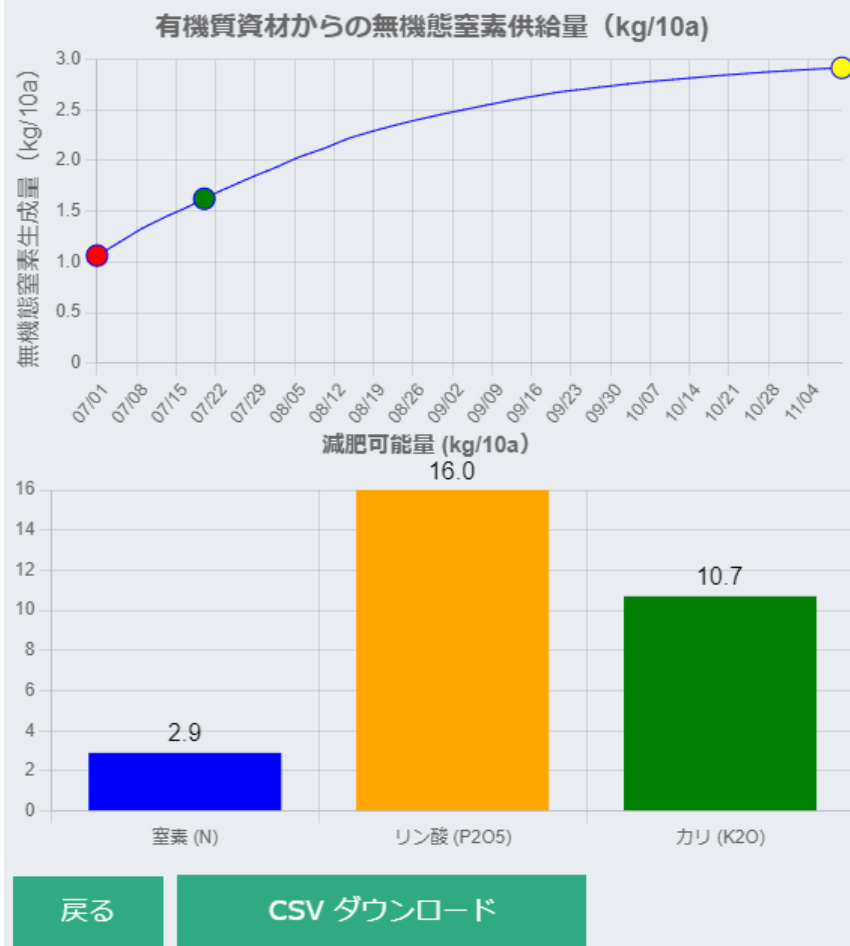


図 有機質資材肥効見える化アプリ 出力画面

※有機質資材からの養分供給量 (kg/10a) は、棒グラフで表示される。窒素については、日単位での無機態窒素生成パターンも表示され、そのデータはcsvファイルでの出力も可能である。

水田版では、資材施用から入水までは「畑モデル」、入水から収穫までは「湛水モデル」で計算。

※畑アプリについて、培養実験・モデル構築は運営費交付金、API開発は国際競争力強化技術開発プロ【モA環1】、ウェブアプリ開発はオープンイノベーション（02014Bc3）の予算的支援を受けて実施しました。
また、水田アプリについて、培養実験・モデル構築は戦略的スマ農（SA2-106R）、API開発はオープンイノベーション（02014Bc3）、ウェブアプリ開発は戦略的スマ農（SA2-106R）およびオープンイノベーション（02014Bc3）の予算的支援を受けて実施しました。

減肥試験における施肥量および減肥率（令和5年度）

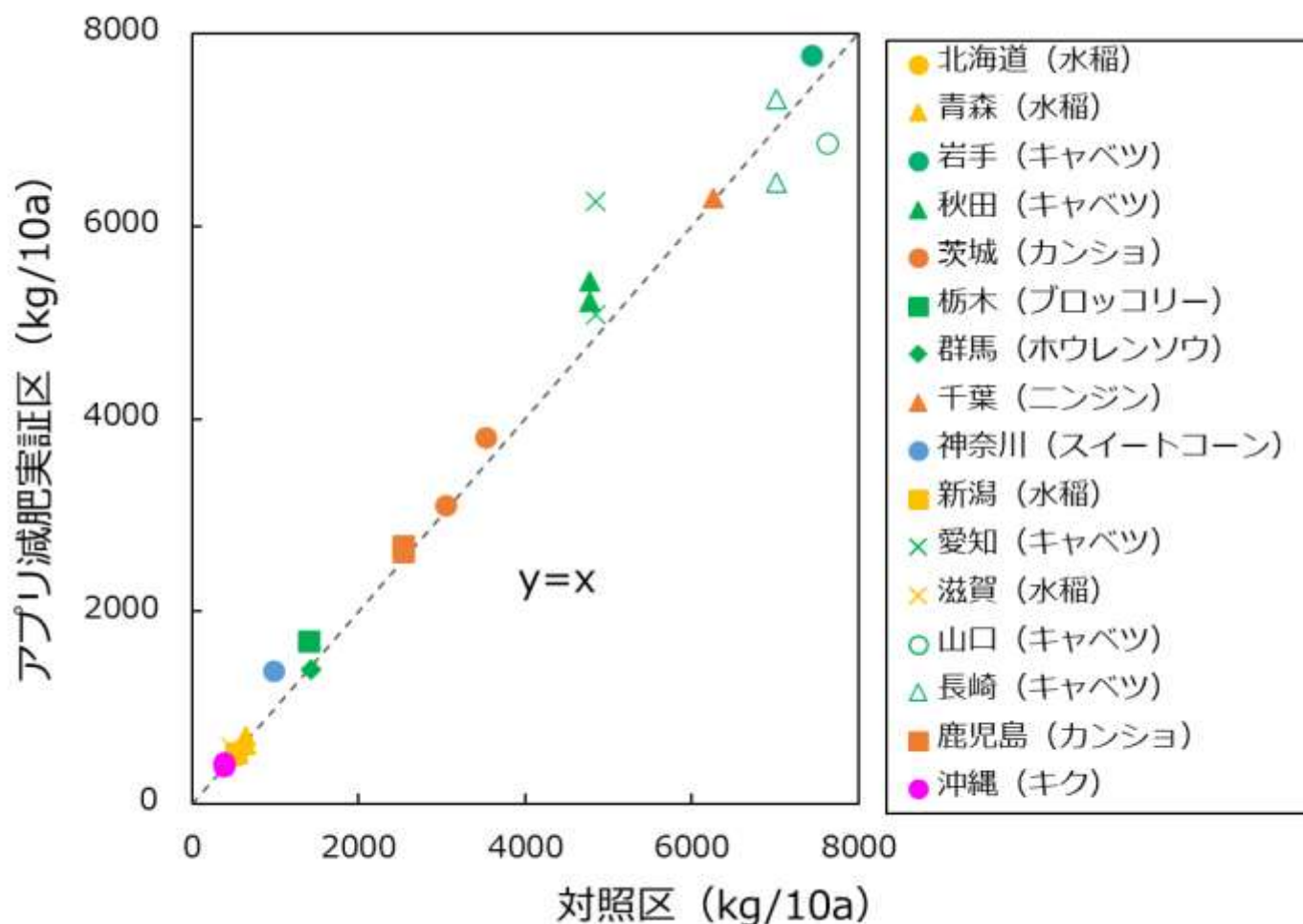
実証地	作物	施用資材	施用量 (現物kg 10a ⁻¹)	慣行区の化学肥料 施肥量 (kg 10a ⁻¹)				減肥実証区の化学肥料施 肥量 (kg 10a ⁻¹)				土壌の窒素肥効 ¹⁾ (kg 10a ⁻¹)	減肥率 (%)
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合計	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	合計	N	
北海道	水稻	稲わら堆肥	1000	6.5	8	8	22.5	5.5	4	6	15.5	-	31
青森	水稻	鶏ふん堆肥	300	8	6	6	20	6	0	0	6	-	70
岩手	キャベツ	鶏ふん堆肥	420	18	24	18	60	18.1	13.2	10.6	41.9	-3.6	30
秋田	キャベツ	牛ふん堆肥	1000	23	15	23	61	23.1	7.3	10.7	41.1	-0.5	33
		鶏ふん堆肥	200	23	15	23	61	21.2	10	19.2	50.4	-0.5	17
茨城	カンショ	豚ふん堆肥	120	3	10	10	23	2	6.41	6.6	15.0	-1.5	35
栃木	ブロッコリー	牛ふん堆肥	1700	22	25	22	69	17.8	16.8	9.5	44.1	2.3	36
群馬	ホウレンソウ	鶏ふん堆肥	389	18	20	18	56	20.5	7	11.7	39.2	-5.3	30
千葉	ニンジン	鶏ふん堆肥	146	10	25	10	45	3.9	20.4	7.2	31.5	4	30
神奈川	スイートコーン	牛ふん堆肥	1300	20	15	20	55	17.6	0	0	17.6	2.6	68
	キャベツ	牛ふん堆肥	1200	22	20	22	64	15.5	0	0	15.5	1.3	76
新潟	水稻	稲わら堆肥	1000	6	7.5	7.1	20.6	4.8	7.5	7.1	19.4	-	6
愛知	キャベツ	牛ふん堆肥	6200	30	15	30	75	18.3	0	0	18.3	6	76
		豚ふん堆肥	1100	30	15	30	75	10.8	0	19.4	30.2	3	60
滋賀	水稻	牛ふん堆肥	-	1.5	0	0.7	2.2	0	0	0	0	-	100
兵庫	レタス	牛ふん堆肥、 ソルゴー	2000	20	14	14	48	11.5	0	0	11.5	0.6	76
	淡路タマネギ	牛ふん堆肥	2000	20	20.8	20.8	61.6	11.8	0	13.7	25.5	6.6	59
	加西タマネギ	牛ふん堆肥	2000	20	20.8	20.8	61.6	13.3	5.4	6.2	24.9	5.7	60
山口	キャベツ	発酵鶏ふん	800	25	30	25	80	12.2	10.3	10.3	32.8	3.4	59
長崎	キャベツ	豚ふん堆肥	246	19	22	19	60	14.4	10.1	17.5	42	3.2	30
		鶏ふん堆肥	408	19	22	19	60	12.4	14.7	14.9	42	3.2	30
鹿児島	カンショ	豚ふん堆肥	264	5	8	15	28	3.6	2.9	11.6	18.1	-1.8	35
		鶏ふん堆肥	167	5	8	15	28	3.8	3	10.4	17.2	-1.2	39
沖縄	キク	バガス堆肥	536	41.2	40.6	41	123	42	11.3	40.3	93.6	-8.4	24
		鶏ふん堆肥	629	41.2	40.6	41	123	42.3	19.4	31.9	93.6	-8.4	24

¹⁾ 土壌の窒素肥効は基準値と比較した値

※本試験は、オープンイノベ事業（02014Bc3）の予算で実施しました。

R5年度試験結果

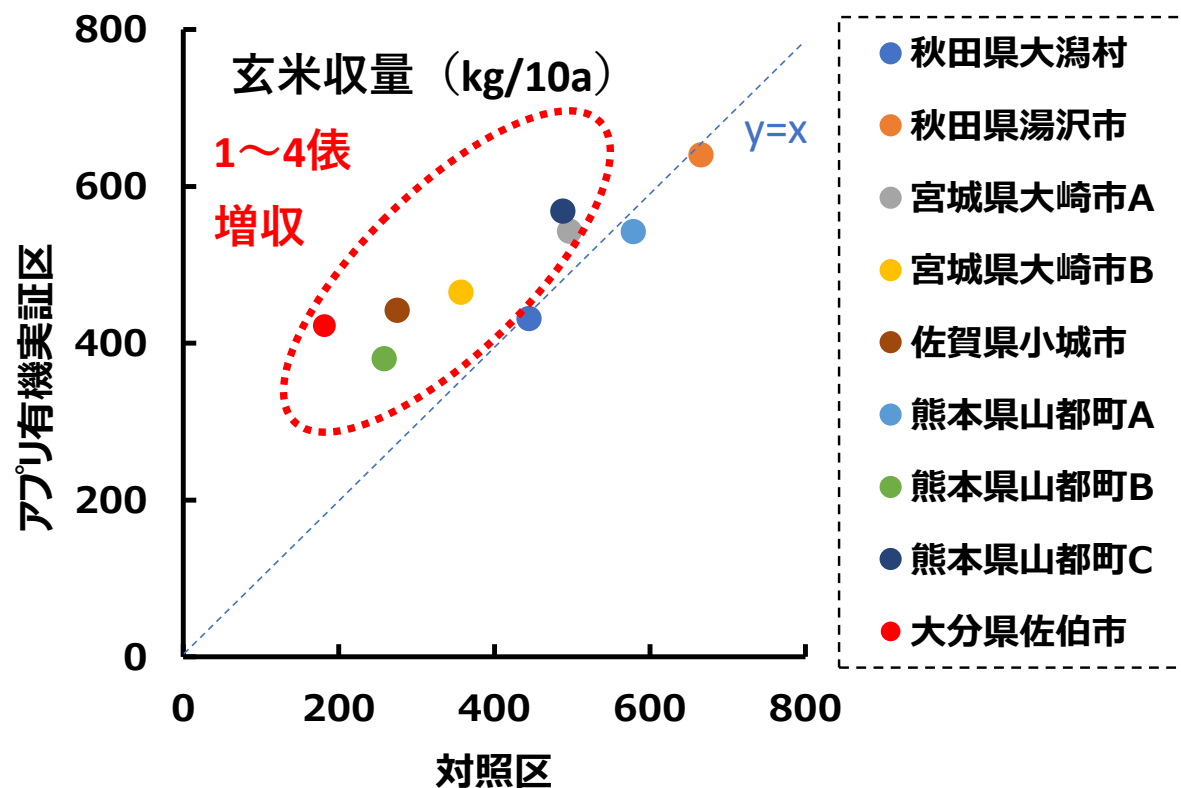
慣行比で**化学肥料削減率は平均41%、収量は109%。**



※対照区では、作物ごとに窒素、リン酸、カリ標準量を化学肥料で施用した。

R6年度試験結果

慣行の有機栽培区の収量が低いところほど、増収する傾向。



※有機水稻生産者ほ場において実証栽培試験を実施したため、**対照区は化学肥料区ではなく、慣行有機区**とした。

※複数の有機質資材を施用する場合には、資材毎に肥効予測を行い、その結果をもとに窒素、リン酸、カリの標準施肥量に近似するよう施用割合を決定した。

堆肥 成分表（肥効見える化アプリ用）

畜種	製品または生産地	含水率	ADSON	全窒素(N)	無機態窒素	リン酸(P ₂ O ₅)	カリ(K ₂ O)
		%	mg N/g乾物	%乾物	%乾物	%乾物	%乾物
牛ふん堆肥	1-1 肥育牛	45.0	12.1	2.39	0.17	2.73	4.30
牛ふん堆肥	1-2 肥育牛	45.3	11.3	2.63	0.20	3.96	4.73
牛ふん堆肥	2 肥育牛	62.4	12.8	2.52	0.21	3.59	4.16
牛ふん堆肥	3 生産牛	49.3	10.2	2.02	0.08	1.94	4.43
牛ふん堆肥	4 生産牛	70.0	9.2	1.64	0.01	1.76	4.27
豚ふん堆肥	5 豚	29.4	24.2	4.38	0.84	9.62	3.06
鶏ふん堆肥	6 鶏	17.7	18.5	2.34	0.13	6.21	3.04
鶏ふん堆肥	7 鶏	20.8	45.8	5.39	0.30	4.52	3.24

1. 家畜ふん堆肥に含まれるリン酸、カリを活用することが肥料コスト低減のポイント。ただし、家畜ふん堆肥は、窒素肥効があまり高くない。
2. 窒素肥効の高い有機肥料（油かす、魚かす、高窒素肥効の有機配合肥料など）と組み合わせるとよい。

	窒素	リン酸	カリ
牛ふん堆肥	△	○	◎
豚・鶏ふん堆肥	▲	◎	◎
菜種油かす	◎	▲	△
魚かす	◎	◎	△
米ぬか	▲	○	△
有機配合肥料	◎	◎	◎

肥効の目安 △低い ▲やや低い ○やや高い ◎高い

ご清聴ありがとうございました。

検索

日本土壌インベントリー 土壌管理アプリ集

koga.nobuhisa038@naro.go.jp

【参考】畑モデル：古賀ら（2023）土肥誌 94, 106-114

水田モデル：Mochizuki and Koga (2024) Soil Sci. Plant Nutr. 70, 225-232