

圃場内の土壌肥沃度ばらつき 改善システム 〈土壌肥沃度の見える化〉 + 〈高機能堆肥の可変散布〉



「土壌肥沃度改善」コンソーシアム

- ・ 福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センター(代表)
- ・ 株式会社ササキコーポレーション
- ・ 朝日アグリ株式会社
- ・ ヤンマーアグリジャパン株式会社
- ・ 国立大学法人 東京大学
- ・ 国立研究開発法人 農研機構 東北農業研究センター

■ 土壤肥沃度ばらつき改善システムの概要

- ① 本システムは土壤肥沃度※のセンシング/マッピングシステムと処方せん作成技術、およびペレット堆肥の可変散布システムから成ります。
- ② 土壤肥沃度センシング/マッピングシステムは、ロータリ耕作業の際に、トラクタにハイパースペクトルセンシングシステムを搭載して土壤炭素含有率を計量し、ほ場の「炭素含有率」メッシュマップを作成します。

マッピングシステムは診断アルゴリズム、処方せんアルゴリズムを実装し、走行計測直後に「炭素含有率マップ」から「診断マップ」(肥沃度不足レベル)および「処方せんマップ」(メッシュごとの堆肥散布量)を作成し、GoogleEarth 上に可視化します。

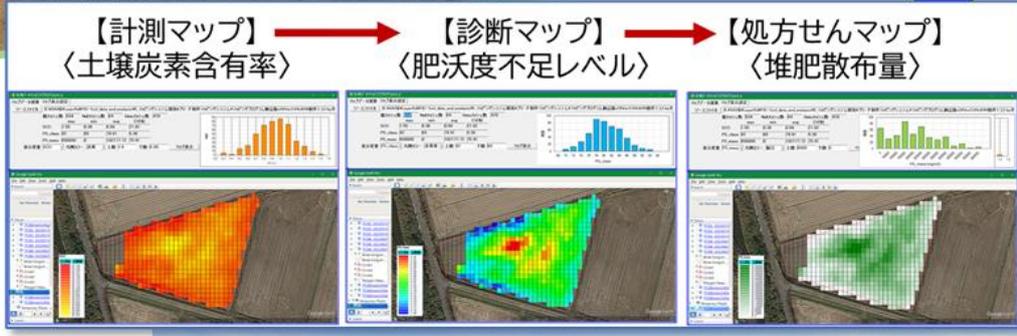
処方せんマップデータは国際標準のデータ形式で可変散布機に伝達されます。

- ③ 可変散布機は、処方せんマップデータに基づいて散布システムを制御し、メッシュごとのペレット堆肥処方量を自動で正確に散布します。

※ 土壤肥沃度指標について

本システムでは、土壤の炭素含有率を土壤肥沃度の簡易指標として用いています。土壤炭素含有率は養分供給ポテンシャルの一般的な指標として使われる腐植含有率に比例し、かつ土壤の物理性や微生物性とも正の相関関係があるためです。

センシング/マッピングシステム



多様な機能/特性
のペレット堆肥



可変散布システム

除染後農地における土壌肥沃度ばらつきの実態

(福島県農業総合センター)

東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所の事故によって高濃度の放射性降下物が沈着した福島県の旧避難区域の畑や水田などでは、営農再開に向けて、土壌の放射性セシウムを除去するために「表土剥ぎ+客土」による農地除染が行われてきました(図1-1)。

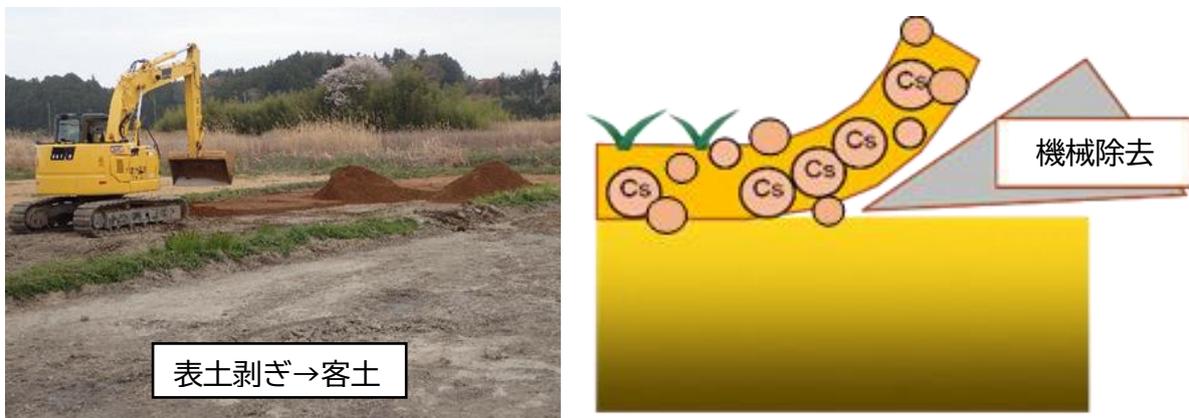


図1-1 農地除染のイメージ

しかし、表土剥ぎによって肥沃な表土が除去され、山土などの痩せた土が客土されることから、農地除染による土壌肥沃度の低下が懸念されてきました。また、もともと平坦ではない畑や水田などの表土を大型機械で均一に剥ぎ取り、客土を行うことは難しいことから、土壌肥沃度のむらについても懸念されてきました。

除染後農地における土壌肥沃度のむらは一様ではありませんが、調査を行った全ての圃場では、福島県における水田や普通畑の土壌改良目標値(腐植含量2%≒炭素含有率1.2%)に満たない土壌が混在していました(図1-2, 1-3)。

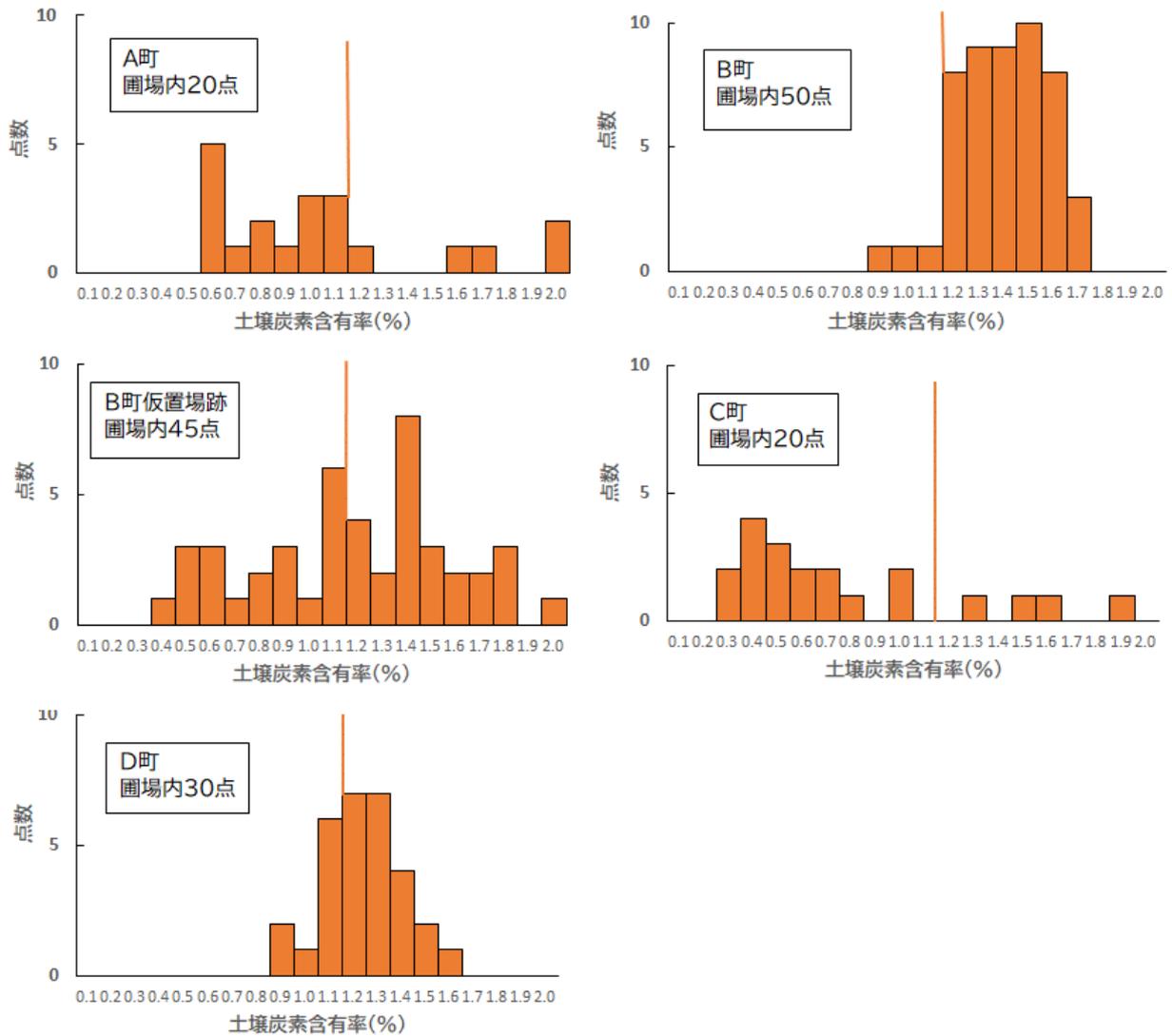


図1-2 除染後農地における地点ごとの土壌肥沃度(土壌炭素含有率)のばらつき

注 圃場内の任意の20~50点の土壌を採取したもの。赤線は福島県における土壌改良目標値

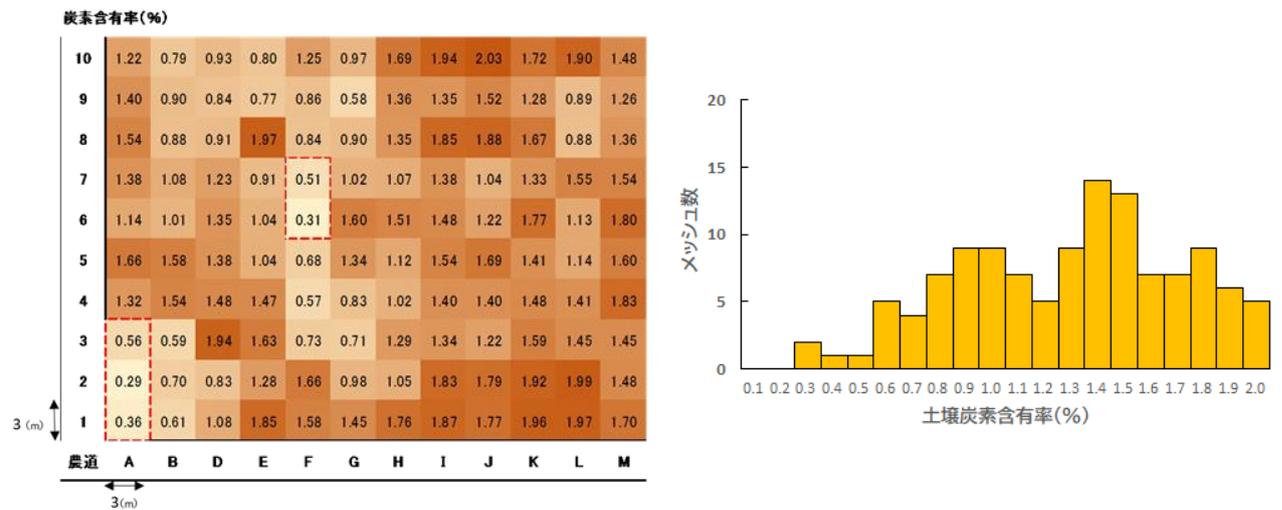


図1-3 除染後農地における土壌肥沃度(土壌炭素含有率)のばらつき事例(富岡町)

注 圃場内を3×3mのメッシュに区切り、メッシュごとに5地点均等混合法で土壌を採取したもの

土壤肥沃度のセンシング/マッピングシステム開発

(東京大学・ヤンマーアグリジャパン)

土壤炭素含有率(肥沃度指標)を非接触的に計測するトラクタ搭載型のセンシングシステム及び肥沃度分布マッピング技術を開発しました。

肥沃度のばらつきに基づいて有機物資材を可変散布するための処方せんマップ作成技術を開発し、これらを統合して、肥沃度の圃場内ばらつき改善に向けた実用的な計測評価技術を構築しました。

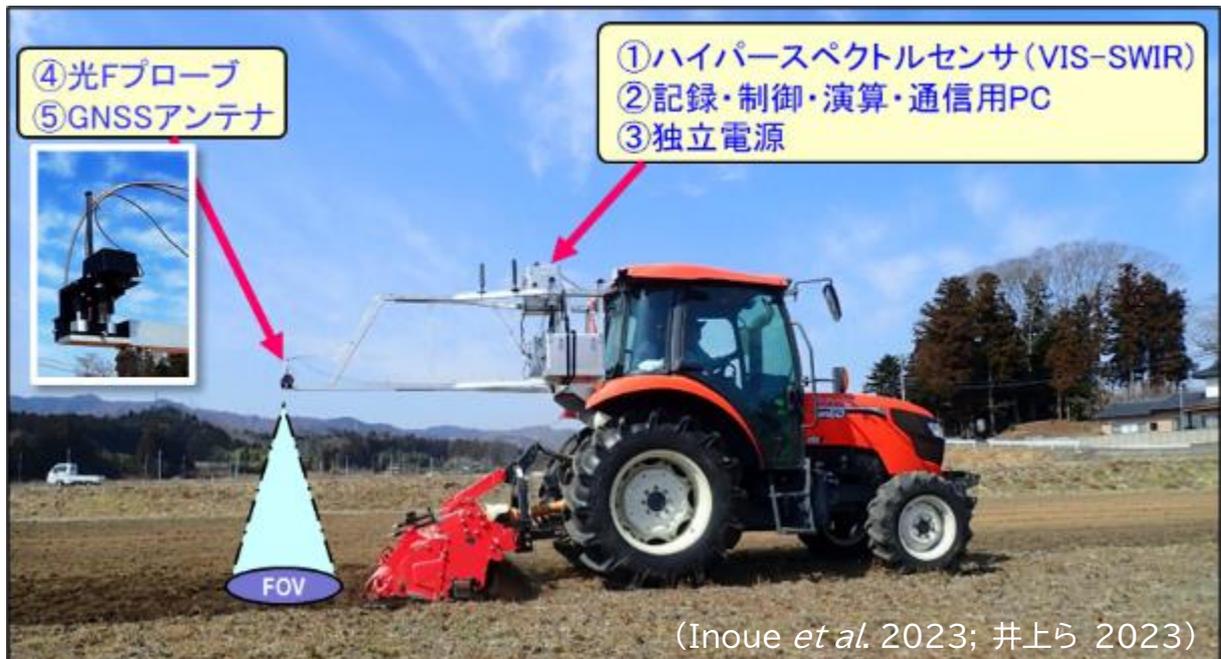
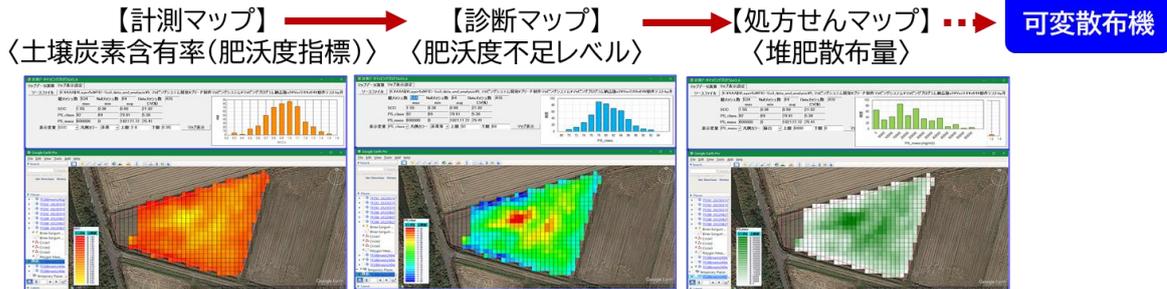


図 2-1 トラクタ搭載型の土壤肥沃度センシングシステムを開発

- ◆ 土壤肥沃度計測システムの機器と制御システムを開発(図2-1)。ハイパースペクトルデータ・GNSS データを統合的に記録・処理・演算するシステムを制作。圃場環境での実用的な走行計測に耐えることを検証。
- ◆ ハイパースペクトルデータから土壤肥沃度指標(炭素含有率)を定量評価するアルゴリズムを考案、計量モデルを上記計測システムに実装。
- ◆ センシングシステムは機種／形状の異なるトラクタにもトラクタ側の加工なく搭載可能。



走行直後に3種類のデジタルマップを生成しGoogleEarth上に可視化



(Inoue *et al.* 2023; 井上ら 2023)

図 2-2 土壤肥沃度センシング/マッピングシステムの構造と機能

- ◆ ロータリ耕中に連続記録したハイパースペクトルデータを位置データとともに高速処理し、独自のアルゴリズムにより地点ごとの炭素含有率を算出。
- ◆ マッピングシステムにより、メッシュごとの①「計測マップ」(炭素含有率)、②「診断マップ」(肥沃度不足レベル)、③「処方せんマップ」(堆肥散布量)のマップを作成。走行直後に3つのマップをGoogleEarth上に可視化。
- ◆ 同時に、圃場内のばらつき指標(ヒストグラムと変動係数 CV%)を表示する(図 2-3)。ばらつきの評価精度、多様な観測条件での再現性は 80%以上。
- ◆ 処方せんマップは国際標準ISOBUS準拠のデータフォーマットで可変散布機の制御システムに伝送される(可変散布システムの説明参照)。

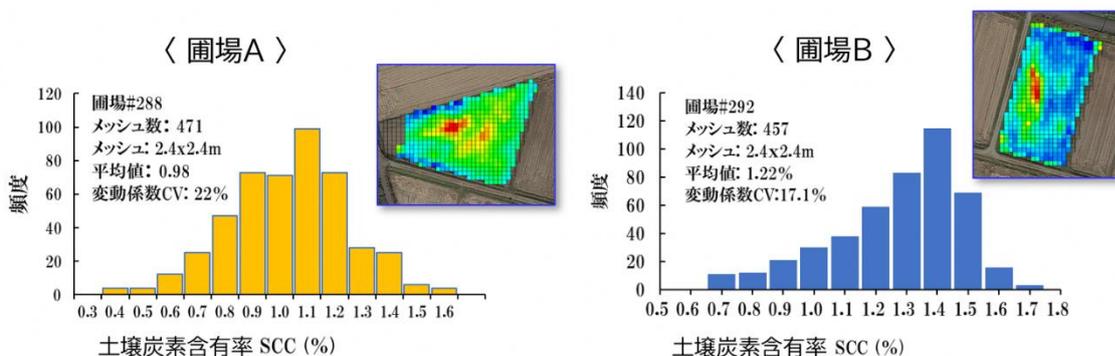
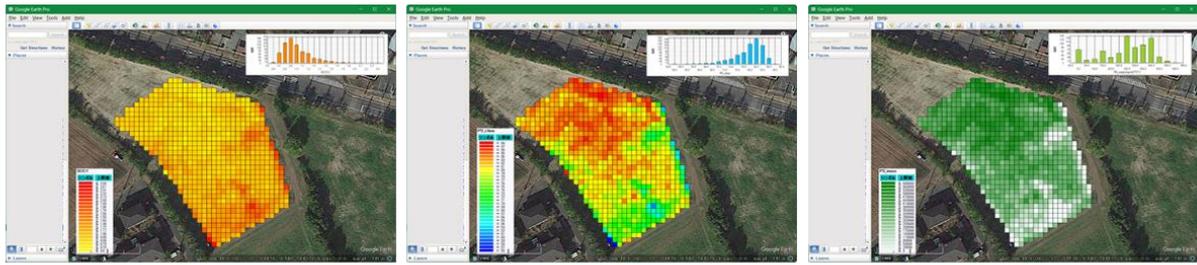


図 2-3 圃場内の肥沃度分布特性(ヒストグラム、CV%)を高精細で把握



【計測マップ】
〈土壤炭素含有率(肥沃度指標)〉

【診断マップ】
〈肥沃度不足レベル〉

【処方せんマップ】
〈堆肥散布量〉

図 2-4 除染圃場のマッピング事例

注) 面積約 40a; メッシュ単位の変動係数 CV は約 25%

- ◆ 本システムにより浜通り4サイトの除染農地を測定した結果からは、2~3mのメッシュ単位ですら、圃場内のばらつきの変動係数(CV)が 20%を超える圃場が非常に多いと推察された(図2-4)。
- ◆ センシングデータに基づいた炭素動態の空間シミュレーションを実現。肥沃度レベルとばらつきの改善、炭素貯留量増強に向けた「堆肥投入」と「可変散布の効果」を見通し、効果的な改善シナリオを策定することが可能(図 2-5)。
- ◆ ばらつきの改善目標や堆肥の投入可能量に基づいた改善シナリオにそって、処方ロジック(メッシュごとの散布量と重みづけ)を適切な数式メニューとしてマッピングシステムに実装している。

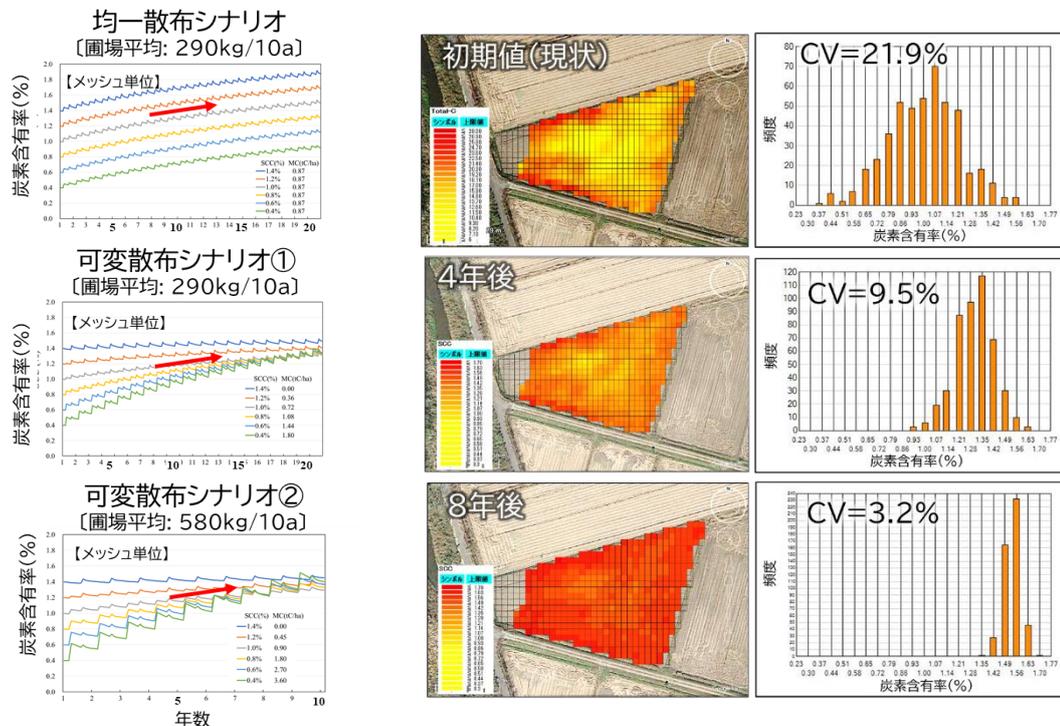


図 2-5 可変散布によるばらつき改善効果 (長期間の月別試算結果)
[左] 散布シナリオの効果比較 [右] 可変散布シナリオ②のばらつき改善効果

高機能堆肥の特徴

(朝日アグリア・福島県農業総合センター・農研機構東北農業研究センター)

土壤肥沃度を改善するためには、土づくりが重要です。土づくりで代表されるのは堆肥の施用であり、土づくりの目標は、物理性(保水性・排水性など)、化学性(保肥力・土壤養分など)、生物性(微生物の多様性など)の改善です。

本試験で使用した「レオグリーン特号(分析例:チッソ 3.1%、リンサン 3.2%、カリ 1.3%)」は、乾燥菌体やバーク堆肥、泥炭(腐植酸含有物)、米糠、魚粕等を配合したペレット状の肥料です。一般的な堆肥と比較し、水分が少なく(図 3-1)、濃縮されているので、少ない量でも効果が期待でき、また、物理性や化学性、生物性の改善効果が期待できる高機能堆肥となっています。肥料の効き方はゆっくりで(図 3-2)、形状がペレット状ですので、機械散布も容易に行えます。

※「レオグリーン特号」は、東日本を中心に販売しておりますが、一部地域では取り扱っていない場合もありますので、最寄りの JA に御相談ください。

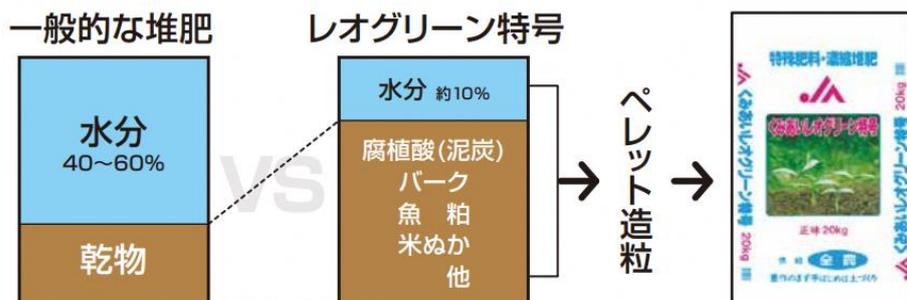


図 3-1 レオグリーン特号と一般的な堆肥の水分モード図および肥料袋

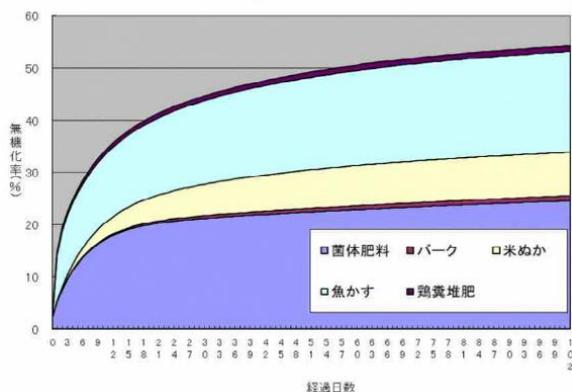


図 3-2 レオグリーン特号の肥効シミュレーション(原料別)

高機能堆肥可変散布システムの開発

(ササキコーポレーション・福島県農業総合センター・農研機構東北農業研究センター)

■ 可変散布機の概要と特徴



◎主要諸元

全長 (mm)	965
全高 (mm)	740
全巾 (mm)	2470
質量 (kg)	170
タンク容量(L)	615
作業巾 (m)	2.4

処方せんマップと位置情報を取得して、その場所ごとに処方された施肥量をシャッター開度量に換算し、シャッター開度量を制御する機構を備えた可変散布機です。

ISOBUS に準拠した可変散布機であり、ISOBUS 機器を搭載したトラクタへ装着し、ISO XML 形式で作成された処方せんマップを取り込むことで可変散布作業が可能となります。

開発した可変散布機の特徴は、ライムソワーをベースとし、シャッター形状(図 4-1)の改良をおこない、高機能堆肥(ペレット堆肥)の散布に特化したものとなっています。大容量タンク(図 4-2)を搭載し、高機能堆肥 400kg を積載可能としたことにより、高機能堆肥の補給回数を削減できます。タンクには肥料が少なくなったことを検知する残量センサ(図 4-3)を設けてあり、残量センサからの信号をコンソール表示画面(図 4-4)に出力し、満載時は点灯、無くなると点滅表示させることにより、空での散布作業を未然に防ぐことができます。

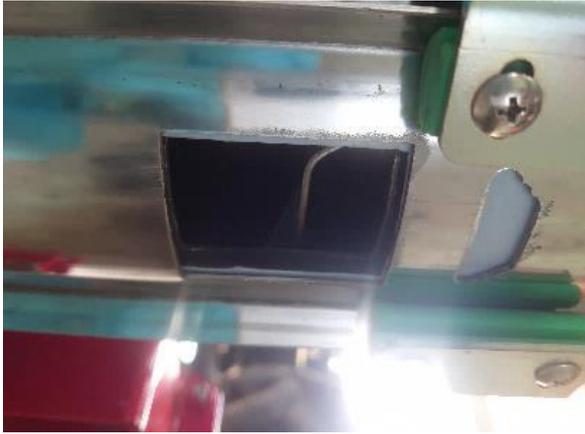


図 4-1 シャッター形状



図 4-2 大容量タンク



図 4-3 残量センサ

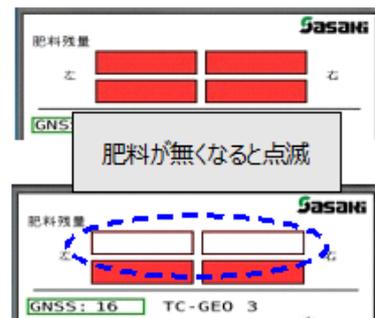


図 4-4 表示画面

コンソール表示画面上に表示される処方せんマップ(図 4-5)に、施肥経路の基準線(図 4-6)を散布幅の中心に表示させることにより、マップ上の基準線にあわせてトラクタを走行させるだけで可変施肥作業を容易に行うことができます。

散布作業を終えたところは、マップを塗りつぶしていくため、肥料補給後の作業開始位置が一目で分かります(図 4-7)。



図 4-5 処方せんマップ



図 4-6 基準線表示



図 4-7 可変散布作業時のコンソール表示画面

■ 対応可能な肥料

比重 0.6～0.9 の円柱形のペレット、球状形のアグレットに対応可能です。

本成果の活用について

■ 想定される応用場面

福島県の避難指示区域等では数万筆の農地で表土剥ぎ+客土による除染が実施されており、土壌肥沃度の低下と圃場内のばらつきの解消が大きな課題となっています。一方、化学肥料使用量の低減と有機農業の面積割合の拡大は「みどりの食料システム戦略」で重要な方針となっており、温暖化緩和策としての土壌への炭素貯留への関心も国内外で非常に高くなっています。有機物の効果的な投入はこれらのニーズに対応する有効な手法であり、本システムはこれに貢献できるユニークな技術の一つです。

■ 期待される効果

本システムによって可能となる「土壌肥沃度のばらつき把握」と「高機能堆肥の可変散布」技術は、福島県の避難指示区域等の除染後農地における土壌肥沃度のばらつき改善だけではなく、基盤整備後の大規模田畑や園芸団地など全国各地での適用が期待できます。また、農地への炭素貯留増強の面からも、広範な地域において土壌炭素の実態計測において重要な役割を果たすことが期待されます。

■ 当面の運用方針

精密機器を内蔵するセンシング/マッピングシステムは専門事業者が運用して各圃場の実態を計測・データベース化し、可変散布機を活用して福島県の除染後農地での土壌肥沃度改善実績を重ねます。その後、土壌肥沃度のばらつき改善や地力増強、カーボンクレジットに意欲の高い営農法人等への横展開を進めたいと考えており、引き続き実用化に向けた協議を行ってまいります。

■ 参考文献

井上吉雄ら 2023. ハイパースペクトル計測による土壌肥沃度の計量と改善－圃場内変異解消と炭素貯留量の増強. 日本作物学会第 256 回講演会要旨集, p. 47.

Inoue, Y. et al. 2023. Hyperspectral sensing and mapping of soil fertility for amending within-field heterogeneity. Proc. 14th European Conference on Precision Agriculture (ECPA2023); Precision Agriculture '23, p. 925-932.

農林水産省及び福島国際研究教育機構の農林水産分野の先端技術展開事業のうち研究開発「見える化技術を活用した土壌肥沃度のばらつき改善技術の開発」(JPJ009997(令和3年度及び令和4年度)、JPFR23060102(令和5年度))により得られた成果である。



○発行日 令和 6 年 3 月 29 日

○連絡先 福島県農業総合センター 浜地域農業再生研究センター

TEL : 0244-26-9562

E-mail : nougyou.hamasai@pref.fukushima.lg.jp