

令和4年度みどりの食料システム戦略緊急対策交付金事業

ペースト2段施肥技術を用いた クリーンな水稲栽培技術体系マニュアル

—石川県野々市市上林地区を中心とした栽培体系確立と産地での展開に向けて—

令和5年2月

野々市市上林環境農業協議会

はじめに

プラスチック被覆肥料の被膜殻の流出防止は大きな社会問題となりつつあり、農業団体は2030年を目途に、プラスチック被覆肥料に頼らない農業を目指していくことを表明しています。しかし、その代替となる被覆肥料やその他の代替肥料が、直ちに取って代わるという状況にはない状態であると考えられます。そうした状況下において、約30年前に開発されたペースト2段施肥技術に注目し、実証を行いました。

これが、今後の水稻施肥技術にどのような展開を切り開くのか、地域への横展開も含めて、栽培技術マニュアルとその産地戦略を作成しました。

キーワード 分肥体系 プラスチック被覆肥料 軽労化 環境負荷削減 深肥

1. 背景と経緯

水稻で有機質肥料を施肥する場合、全層または側条に追肥をする分肥体系が中心になっており、多くは背負式動力散布機による幼穂形成期以降の散布が主体となっています。追肥時期は、猛暑となる場合があり、熱中症対策を講じても人力による背負式動力散布機での散布作業は、労働重度が極めて高く改善が強く求められています。背負量によっては、労働基準法の基準を超える状況にもなりかねないことが懸念されています。

また、水稻で一般的なプラスチック被覆肥料を使用した栽培は、そのプラスチック被膜殻の流出による海洋水質汚染が大きく社会問題化しており、国内のJAグループにあっては2030年までにプラスチック被覆肥料に頼らない農業を目指していくことを公表しています。

この肥料が使えなくなることに対して、かねてより、水田の水流を活用した流し込み窒素肥料やホルムアルデヒドを反応させた緩効性窒素質肥料のウレアホルム窒素肥料、高度化成または尿素を硫黄とワックスで被覆（コーティング）した硫黄被覆肥料などが圃場試験されてきていますが、画期的な解決策としての成果を見いだされている状況にはなっていません。

一方で、片倉コープアグリ株式会社が、1979年に廃糖蜜アルコール発酵副産物を利用し国内初のペースト肥料を開発・発売しました。そのペースト肥料技術の中に、水稻栽培での追肥的な効果を示すペースト2段施肥があることに着目し、取組を広域実証するに至りました。



写真1 ペースト肥料

このペースト肥料は、1974年に三菱農機が対応する田植機を生産・販売し、当初は、上段（田面より約3～5cmの深さ）のみでの施用でしたが、開発から約10年後、2段階施肥に対応した田植機の生産・販売されました。2段階施肥は、上段が田面より3cm・5cm、下段が9cm・12cm・15cmにペースト肥料を土中に施肥する方法で、肥料を生育後半にも効かせようとするものです。当初は、東北の寒冷地などの初期生育を確保するために主に利用されてきました（図1）。

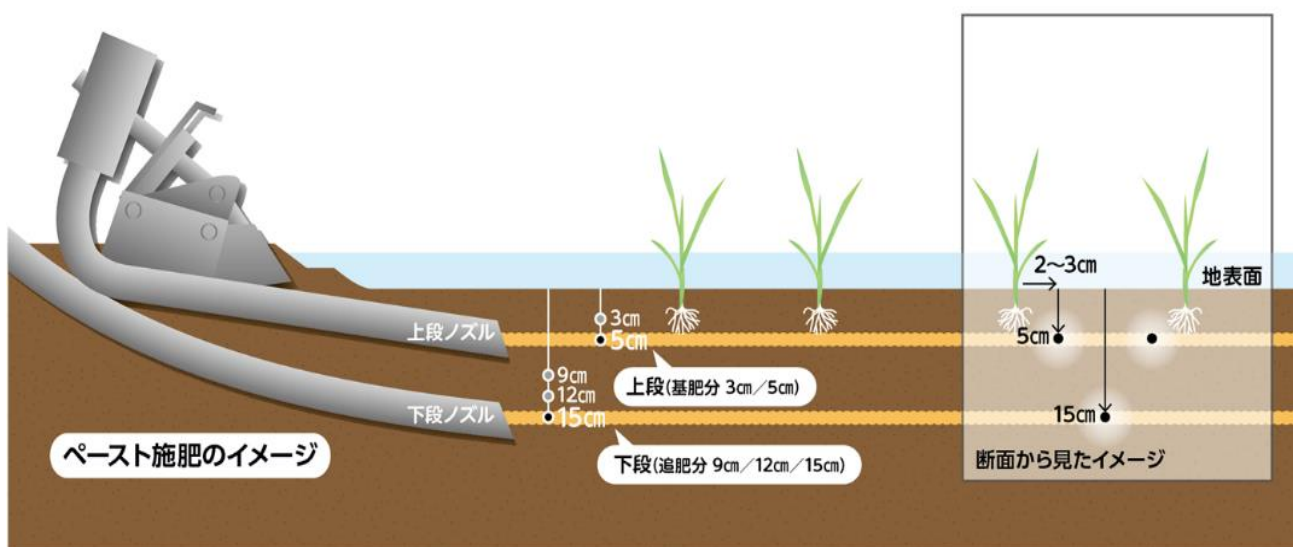


図1 ペースト2段階施肥のイメージ

なお、1960年頃、米国で開発された被覆肥料について、我が国では、1970年代から研究が進み、化成肥料は1975年、尿素は1980年にそれぞれ被覆肥料の公定規格が設定され、チッソ株式会社（現ジェイカムアグリ株式会社）のコーティング技術によるプラスチック被覆肥料が水稻栽培へ本格導入されました。このため、ペースト2段階施肥の面積拡大は停滞することとなりました。

しかし、主役だったプラスチック被覆肥料が環境問題によって、使用の制限が課されることとなり、その代替技術として約30年前に開発されたペースト2段階施肥に、再び着目することとなりました。

2. 実証概要

2022年、株式会社ぶった農産において特別栽培コシヒカリを中心にペースト2段施肥技術に、軽労化技術である密苗(250g 乾籾/箱)および自動給水栓(自動水口アクアポート)技術を組み合わせた技術体系の大規模実証を実施しました(「グリーンな栽培体系栽培マニュアル」を参照)。

水稲品種は、特別栽培のコシヒカリで、肥料は、穂肥成分としてペースト肥料のフレーバー734(N7-P3-K4)とみんなゆうき(N4-P3-K3)を用いました(図2)。フレーバー734では、上段1に対し下段を2とし、みんなゆうきでは、上段1に対し、下段を1の同量の施用としました。

基肥成分は、春耕起同時の全層施肥で、有機資材である乾燥ペレット鶏糞を窒素4kg/10a施用しています。

生育経過は、フレーバー734、みんなゆうきともに草丈は100cmを超え、穂長も18.5cmを超えています(図3)。倒伏は見られず、順調に生育しました。

また、葉色値(SPAD)、茎・穂数は、みんなゆうきが初期生育において旺盛で、後半にはフレーバーと逆転しています(図4)。これは、溶出パターンが影響しているとみられます。

圃場の比較写真からみても、後半の葉色維持には、地力窒素の影響が大きく土作りが重要になると考えられます(写真2)。

図2 特裁コシヒカリ耕種概要

- 試験先：石川県野々市市 株式会社ぶった農産
 - 圃場地力：可給態窒素 15-20 mgN/100g乾土 (通常地力圏)
 - 栽培品種・移植日：コシヒカリ・5/10・9/6
 - 移植苗・栽植密度：密苗 250g/箱・60株/坪
 - 施肥設計：下表の通り
- ※土改=鶏糞ペレット(含5%N)20-100g/10a全層施用
R03作収量コンパインデータを元に加減

試験区名	品種	施肥設計(Nkg/10a)				施肥深度(cm)		
		合計	土改※	上段	下段	土改	上段	下段
フレーバー734 二段施肥	コシヒカリ	3.0	1-5	1.0	2.0	全層	5	15
				33%	67%			
みんなゆうき 二段施肥	コシヒカリ	3.0	1-5	1.5	1.5	全層	5	15
				49%	51%			

図3 特裁コシヒカリ生育経過(草丈、穂長)

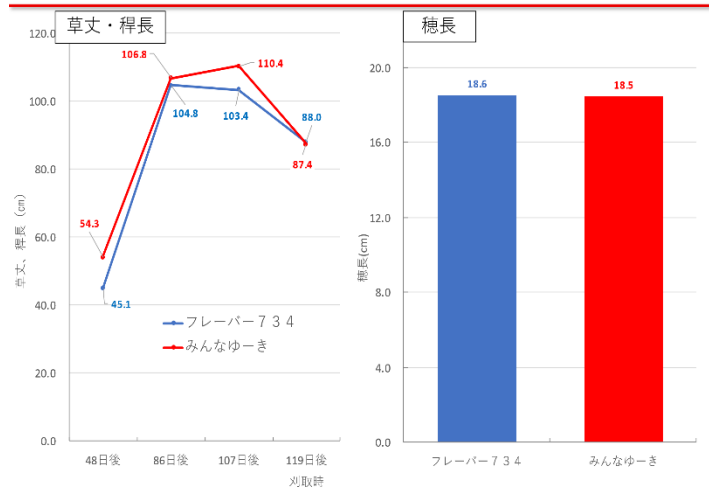


図4 特裁コシヒカリの生育経過(葉色値、茎・穂数)

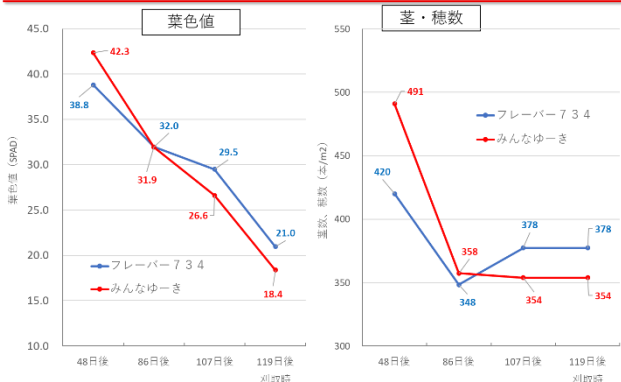
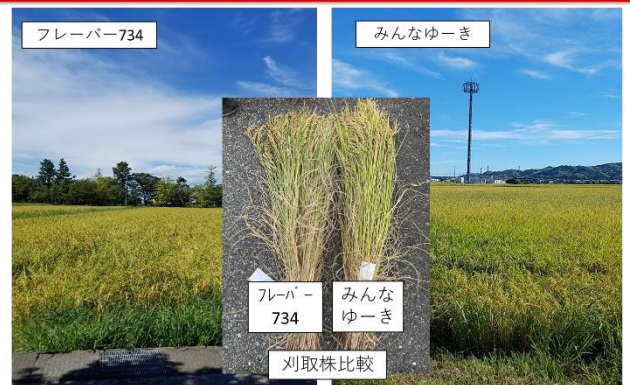


写真2 特裁コシヒカリの刈取時圃場写真



収量と品質は、フレーバー734に対して、みんなゆうきが収量や整粒歩合、千粒重で劣っており、差違について更なる検討が必要です(図5)。

また、米粉専用品種のみずほちからで、ペースト肥料ネオペースト SR502 (N15-P10-K12) を施用して栽培しました。栽培データを精査し、最適な施肥量になるよう実証を継続していきます。

本技術体系では、2段階ペースト肥料に、軽労化技術である密苗技術と自動水口アクアポート技術を組み合わせました。密苗技術では、導入により、必要箱数の軽減や育苗日数の短縮により労働時間の軽減が図られ、自動水口アクアポート技術では、水管理の見回り回数の低減が図られ、期待通りの軽労化効果が得られました。水稻の生育や収量・品質にも影響がありませんでした。

図5 特裁コシヒカリの生産性評価(収量・品質)

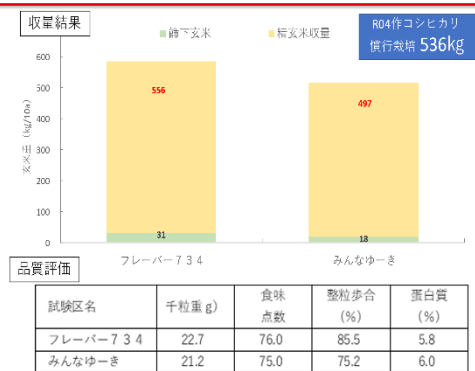


写真3 収穫調査(坪刈調査)



表1 実証圃の生育調査結果

圃場所在	移植品種名	供試肥料	施肥量 kgN/10a	施肥深度 (上段/下段 cm)	施肥割合 (上段/下段 %)	田植日	調査-1回目				調査-2回目				調査-3回目				刈取時調査				備考					
							日付	田植後 日数	草丈 (cm)	莖数 (本/m ²)	葉色値 (SPAD)	日付	田植後 日数	草丈 (cm)	莖数 (本/m ²)	葉色値 (SPAD)	日付	田植後 日数	草丈 (cm)	莖数 (本/m ²)	葉色値 (SPAD)	日付		田植後 日数	穂長 (cm)	穂長 (cm)	莖数 (本/m ²)	葉色値 (SPAD)
野々市市 ぶった農産	コシヒカリ	フレーバー734	3.0	5cm/15cm	33/67	5月10日	6月27日	48日後	45.1	420	38.8	8月4日	86日後	104.8	348	32.0	8月25日	107日後	103.4	378	29.5	9月6日	119日後	88.0	18.6	-	21.0	鶴来V1-1-4kgN/10a
	コシヒカリ	みんなゆき	3.1	5cm/15cm	49/51	5月10日	6月27日	48日後	54.3	491	42.3	8月4日	86日後	106.8	358	31.9	8月25日	107日後	110.4	354	26.6	9月6日	119日後	87.4	18.5	-	18.4	鶴来V1-1-4kgN/10a
	みずほちから	SR502(鶴来多)	6.0	5cm/15cm	42/58	5月15日	6月27日	43日後	42.0	510	43.1	8月4日	81日後	83.6	370	34.2	8月25日	102日後	102.3	379	35.8	9月29日	137日後	81.2	21.5	383	-	鶴来V1-1-4kgN/11a
	みずほちから	SR502(鶴来少)	6.0	5cm/15cm	42/58	5月15日	6月27日	43日後	49.6	479	44.9	8月4日	81日後	89.2	323	28.1	8月25日	102日後	98.5	316	25.3	9月29日	137日後	74.6	19.5	314	-	鶴来V1-1-4kgN/12a

表2 慣行栽培の生育調査および収量・品質調査結果

	栽植密度	6月14日			7月1日			成熟期				田植え	出穂期	成熟期
		草丈	莖数	莖数	草丈	莖数	莖数	稈長	穂長	穂数	穂数			
	株/m ²	cm	本/株	本/m ²	cm	本/株	本/m ²	cm	cm	本/株	本/m ²	月/日	月/日	月/日
普通(上林)	22.09	31.7	13.8	305	64	21.7	479	88.8	18.3	17.6	389		7月31日	9月3日
晩植(木津)	18.60	25.1	11.9	221	54.7	27.3	508	90.5	18.8	20.8	387	5月17日	8月5日	9月9日
生育観測田	17.70	29.6	24.6	435	47.2	37.1	657	80.9	17.6	21.7	384	5月3日	7月29日	9月6日

地点	地区名	栽植密度 (株/m ²)	穂数 (本/株)	m ² 当たり 穂数 (本/m ²)	1穂 粒数 (粒)	m ² 当たり 粒数 (粒/m ²)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	収量見込 (kg/10a)	坪刈収量 (kg)	収量調査 くず (kg)
普通	上林	22.09	17.6	389	83.8	32,560	21.1	78.0	535	610	31
晩植	木津	18.60	20.8	387	78.4	30,339	21.2	75.7	488	423	31
生育観測点	鶴来	17.70	21.7	384	71.8	27,571	22.1	82.5	503	555	16

3. ペースト 2 段階施肥技術の特徴

ペースト 2 段階施肥技術は、以下の 5 項目の特徴があり、環境負荷軽減技術として極めて有望です。

(1)軽労化 (図 7)

粒状肥料の場合、多くは 15~20 kg 程度の肥料袋を田植機に搭載する必要があり、1 ha に約 400~600 kg の肥料を手作業で田植機に搭載する必要があり、労働負担はすくなくありません。

ペーストの場合、ペーストチャージャーで搭載することが可能となり、ノズルとホースを持ち、タンクにペースト肥料を搭載します。大型規格のタンクを利用できるので、肥料容器のゴミも発生しません。雨天でも粒状肥料のように肥料詰まりを気にすることなく、計画的に田植作業ができるようになります。

(2)肥料成分流出抑制 (図 8)

ペースト 2 段階施肥は、土中に施肥することから、田面水への肥料流出抑制効果があります。

(3)窒素利用率向上 (図 9)

ペースト 2 段階施肥での施肥は、粒状肥料全層施肥に比べて 2 割、粒状側条施肥に比べて 1 割の窒素の利用率が向上することがわかっており、肥料の削減が可能になります。

図 7 ペースト施肥技術の特徴①

田植作業の軽労化 大型規格タンク品×ポンプ輸送による肥料補給

【粒状肥料】20kg規格



- ✓400~600 kg/haの重物運搬
- ✓肥料補給のための補助人員
- ✓水路を跨いだ不安定な作業
- ✓大量の肥料袋ゴミ

【ペースト肥料】大型規格タンク品×ポンプ輸送



- ✓肥料重量物の運搬不要 ⇒軽労化
- ✓ポンプ補給で安全な作業
- ✓雨でも肥料詰まりの心配なし
- ✓包材・プラごみゼロ

写真 ペースト肥料タンク大型規格とエンジンポンプを併用した肥料補給のイメージ

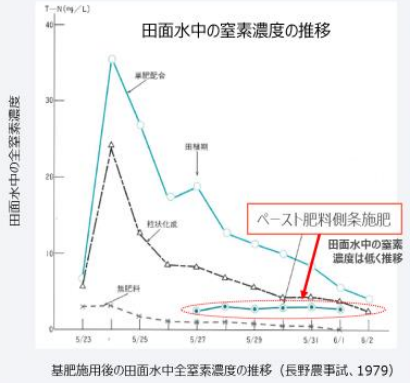
田植の様子には片倉コープあぐりチャンネルへ

慣行苗×粒状側条施肥 ▶ 密苗 ×ペースト二段階施肥(タンク品)で補給時間を12%減
運搬重量を63%減

© 2022 Katakura & Co-op Agri Corporation. グリーンレポート62号 (2021年4月)


図 8 ペースト施肥技術の特徴②

環境負荷軽減 (1) 田面水への肥料成分流出抑制



田面水中の全窒素濃度の推移 (長野農事試, 1979)

かつての報道



田面水への肥料の溶出が少なく水質汚染を起こしにくく、アオミドリも発生しにくい(富栄養化の抑制)。

ペースト肥料では、肥料成分の流出が抑えられる

© 2022 Katakura & Co-op Agri Corporation.

図 9 ペースト施肥技術の特徴③

環境負荷軽減 (2) ペースト肥料の窒素利用率

✓ペースト肥料の側条施肥での窒素利用率は、粒状全層に比べて約 2 割、粒状側条に比べて約 1 割向上するため、減肥が可能となる。

第2表 肥料の形態と肥効 (茨城県試, 1982)

項目、区名	水戸						竜ヶ崎			
	表層腐植質多量黒ボク土 (水田)						中粗粒グライ土 (沖積)			
	1981年	1982年	平均	1981年	1982年	平均	1981年	1982年	平均	
玄米収量 (kg/a)	58.3	55.3	56.8	52.7	57.8	55.3	53.9	54.9	54.0	
窒素利用率 (%)	58.5	57.0	57.8	54.5	58.1	56.3	57.0	55.3	56.2	
イネの窒素 (5段階法)	3.8	3.5	3.7	3.0	3.3	3.3	3.1	3.2	3.2	

肥料形態	窒素利用率 (%)			
	黒ボク土	粗粒グライ土	中粗粒グライ土	平均
粒状全層	50.1	57.8	53.5	48.1
粒状側条	55.6	60.4	51.1	55.7
ペースト側条	60.4	64.6	58.1	61.0

注 イネ品種: コシヒカリ
 基肥窒素 (kg/a): 水田区0.6, 沖積土0.5, 追肥: 各0.3
 粒状化成: コシヒカリ専用肥料(増加増成)。ペースト肥料: ネオペースト2号 (10-10-12)
 粒状化成側条施肥区、ペースト肥料側条施肥区は基肥30%減肥
 施肥位置: 水田区土3cm, 沖積土5cm
 窒素利用率: 植付け後50日間
 倒伏: 0なし, 1割, 2割, 3割, 4割, 5割, の段階
 作業機械: 粒状化成側条施肥区: NS400F (クボタ), ペースト肥料区: PF431型, 株間16cm

© 2022 Katakura & Co-op Agri Corporation.

(4)プラスチック被膜殻発生量削減 (図 10)

社会問題化されているプラスチックでは、そのような資材を全く使用しないこととなります。

プラスチック被覆肥料削減の代替 (5)廃プラ削減 (図 11)

先にも述べたように、従来の粒状これが多量のプラスチックゴミとして、全く発生することが;

(6)製造過程での CO₂削減 (図 12)

粒状肥料は製造の過程で、乾燥工程が必要であり、その場合重油を使用して乾燥していますが、ペースト肥料は乾燥工程がなく、CO₂の発生削減は7割程度となります。

5. 産地での技術展開へ

粒状側条施肥やペースト1段階施肥は、いわゆる土表面下施肥であり、肥料の流亡を抑制し早期に肥効を獲得しようという目的が大きいです。ペースト2段階施肥では、特に下段での施肥は根の伸長に対して物理的に距離をとり肥効を遅らせる目的があります。

これまでの肥効制御は、プラスチック被覆による窒素の溶出制御施用や分肥体系による時間差制御施用が中心でしたが、深部への土中施肥は施肥場所を根域から遠ざけることにより肥効を調節します。いわゆるこれをぶった農産では、「深肥」と命名しました。

「ペースト2段階施肥」は、古くて新しい水稻作肥培施肥技術ですが、今回の実証により環境負荷軽減技術として新たな地平を切り開く可能性が出てきたと考えています。

実証結果に基づき、コシヒカリの栽培暦 (別添) を作成し、今後は、作成した栽培暦等を基に、密苗や自動給水栓と組み合わせた「ペースト2段階施肥」技術を、クリーンな栽培技術として産地で普及していきたいと考えています。

図 10 ペースト施肥技術の特徴④
環境負荷軽減 (3) プラスチック被膜殻発生量の削減 (海洋流出抑制)

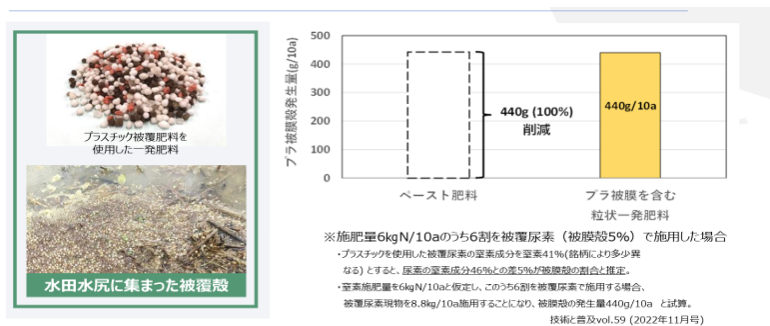


図 11 ペースト施肥技術の特徴⑤
環境負荷軽減 (4) 肥料袋の廃プラ削減

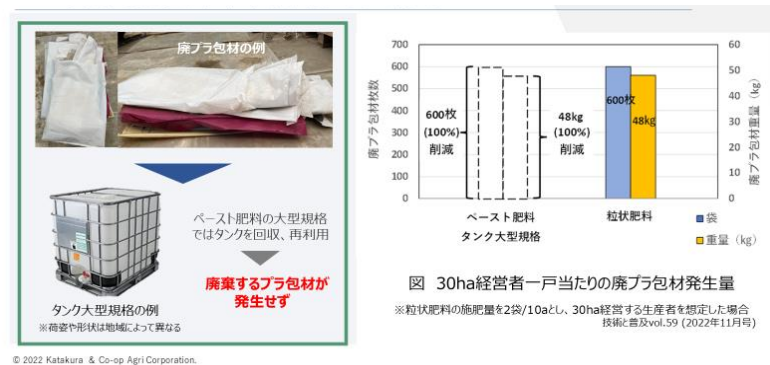


図 12 ペースト施肥技術の特徴⑥
環境負荷軽減 (5) 肥料製造工程における温室効果ガス発生量の低減

