

ごくたんすいけいようがた

極短穂茎葉型品種を活用した イネホールクroppサイレージ 生産体系 標準作業手順書

つきはやか、つきあやか、つきすずか、つきことか
たちあやか、たちすずか

公開版

Version 1.1

改訂履歴

版数	発行日	改訂者	改訂内容
第1版	2020年2月28日	小迫 孝実	初版発行
第1.1版	2021年10月20日	高橋 清也	新品種の追加、訂補。

2021年10月20日版

目次

はじめに	1
免責事項	2
I. 粗飼料生産の現状と課題	3
1. イネ WCS 生産が必要とされる背景	3
2. 一般的なイネ WCS の収穫・調製作業	7
3. これまでの WCS 用イネ品種（従来品種）の特徴と問題点	10
(1) 従来品種の特徴	10
(2) 従来品種の問題点	12
II. 技術の概要 極短穂茎葉型品種を活用したイネ WCS 生産体系	13
III. 技術の特徴：極短穂茎葉型品種	16
1. 本技術のポイント（従来技術の課題を解決する新機能・価値）	16
2. 現在市販されている極短穂茎葉型品種	20
3. 極短穂茎葉型品種の栽培	20
IV. 技術の特徴：微細断収穫機	26
1. 本技術のポイント（従来技術の課題を解決する新機能・価値）	26
2. 微細断収穫機の導入効果（現地の作業体系）	29
V. 技術の特徴：サイレージ添加用乳酸菌「畜草 2 号」	31
1. 本技術のポイント（従来技術の課題を解決する新機能・価値）	31
2. サイレージと乳酸菌	31
(1) サイレージとは	31
(2) サイレージの発酵品質	31
(3) サイレージ添加用乳酸菌の重要性	34

3. 「畜草 2 号」の導入効果	35
(1) 好気的変敗抑制効果	36
(2) カビ発生防止効果	39
(3) 高品質バンカーサイロ調製への利用	41
1). バンカーサイロの特徴	41
2). バンカーサイロのイネ WCS の問題点と解決の道	42
3). イネ WCS のバンカーサイロでの貯蔵結果（広島県）	42
(4) 「畜草 2 号」添加イネ WCS を混合した完全混合飼料 TMR の変敗抑制	44
1). TMR と（完全混合飼料）とは	44
2). フレッシュ TMR の概要、特徴	44
3). イネ WCS を混合した TMR での変敗抑制効果	44
4. 「畜草 2 号」の使用方法	46
5. 「畜草 2 号」の普及事例	47
(1) 栃木県の A コントラクターとその利用農家の事例	47
(2) 群馬県のイネ WCS 生産組合とその利用農家の事例	49
(3) 高知県の地域農協におけるコントラクターの事例	49
(4) 栃木県の「株式会社那須の農」の事例	50
(5) 石川県の「株式会社有機センター白山」の事例	50
(6) 福井県の「3らいず」の事例	51
VI. 技術の導入手順	52
1. 極短穂茎葉型品種	52
2. 微細断収穫機	53
3. サイレージ添加用乳酸菌「畜草 2 号」	53
参考資料	55
担当窓口、連絡先	55

はじめに

- 家畜の飼料には、穀物などの濃厚飼料と乾草・稲わらなどの粗飼料があり、牛などの反芻家畜には両者を混合して給餌する。わが国の飼料自給率は、濃厚飼料が12%（2018年度）、粗飼料が76%（2018年度）であり、その多くを海外からの輸入に依存している。近年、穀物価格や燃油価格の高騰により輸入飼料価格が上昇し、畜産農家の経営を圧迫している。国際競争に直面するわが国の畜産経営を強化するには、飼料自給率を底上げする必要がある。そのため、まずは自給率の高い粗飼料の国内生産を促進することが望ましい。
- 中山間地域では、主食用米の需要の減少や担い手不足により放棄された水田が増えている。そうした水田で粗飼料を生産できれば、飼料自給率の向上と、地域資源である水田の維持に極めて有効である。
- 水田で生産される代表的な粗飼料として、イネのホールクロップサイレージ（Whole Crop Silage : WCS）が挙げられる。WCSとは、イネやトウモロコシのように、通常なら子実を取ることを目的で栽培されている作物を、完熟前の未熟な状態で茎葉も含めて収穫し、1～数 cm に細断して気密性の高い容器（サイロ）に詰めた後、脱気して貯蔵する粗飼料であり、保存性や家畜の嗜好性を高める目的で乳酸発酵させたものである。未熟な状態で穂と茎葉を一緒に収穫すると、水分含量が乳酸発酵に適する60～70%となり、良質なサイレージに調製できる。
- 本手順書で紹介する技術体系は、WCSに適した極短穂茎葉型品種、ホールクロップの収穫に適した微細断収穫機、WCSの発酵に優れた特性を有するサイレージ添加用乳酸菌「畜草2号」で構成される。極短穂茎葉型品種は、WCS用に適した特性に改良した品種である。穂がごく短く、消化性の低い粉が少ない一方で、消化性が高い茎葉部の収量が多い。極短穂茎葉型品種の優れた能力は、微細断収穫機と「畜草2号」を組み合わせることで最大限に発揮される。本手順書が活用され、粗飼料の自給率向上と水田活用を通じた農地の維持に貢献できれば幸いである。

■ 免責事項

- 本手順書で示した、極短穂茎葉型品種の栽培技術、微細断収穫機とそれを用いた調製技術、サイレージ添加用乳酸菌を用いた調製技術、家畜への給与技術を導入した場合の経済効果は、あくまでも現地栽培・収穫・調製試験、動物試験の結果を基に試算した概算値です。これらの値は取引単価、気候や土壌などの環境条件や給与対象牛の品種などに左右されるものであり、本手順書に記載した品種や技術の採用により、この通りの収量や経済効果が得られることを保証するものではありません。
- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について一切責任を負いません。
- 本手順書に記載された WCS 用イネの栽培暦に示したスケジュールは宮城県、埼玉県、三重県、福岡県における例であり、地域や気候条件などにより変動することにご留意ください。
- 本手順書に記載の栽培暦、経済効果は高栄養飼料生産コンソーシアム（事務局：農研機構畜産研究部門）から使用の許諾を得ています。
- 本手順書中の農業共済新聞の記事(2017年11月15日付)は同社から転載・引用の許諾を得ています。

I. 粗飼料生産の現状と課題

1. イネ WCS 生産が必要とされる背景

- わが国の水稲作付面積は 158 万 ha（2019 年度）である。うち主食用米作付面積は 138 万 ha とピーク時（昭和 40 年代前半）の半分以下に減少し、耕作放棄地が年々増加している。そのため、いかに農地を維持するかが重要な課題になっている。遊休水田の有効活用を促し、水田機能の維持による環境保全や、飼料自給率の向上を図る方策のひとつとして、飼料用米や WCS 用イネの栽培が行われている。
- 飼料用米は輸入トウモロコシ子実を代替する濃厚飼料（主にデンプン源）として、約 7.2 万 ha で作付けられている（2019 年度）。一方、WCS 用イネは粗飼料（主に繊維源）として 4.2 万 ha に作付けられている（図 1-1）。

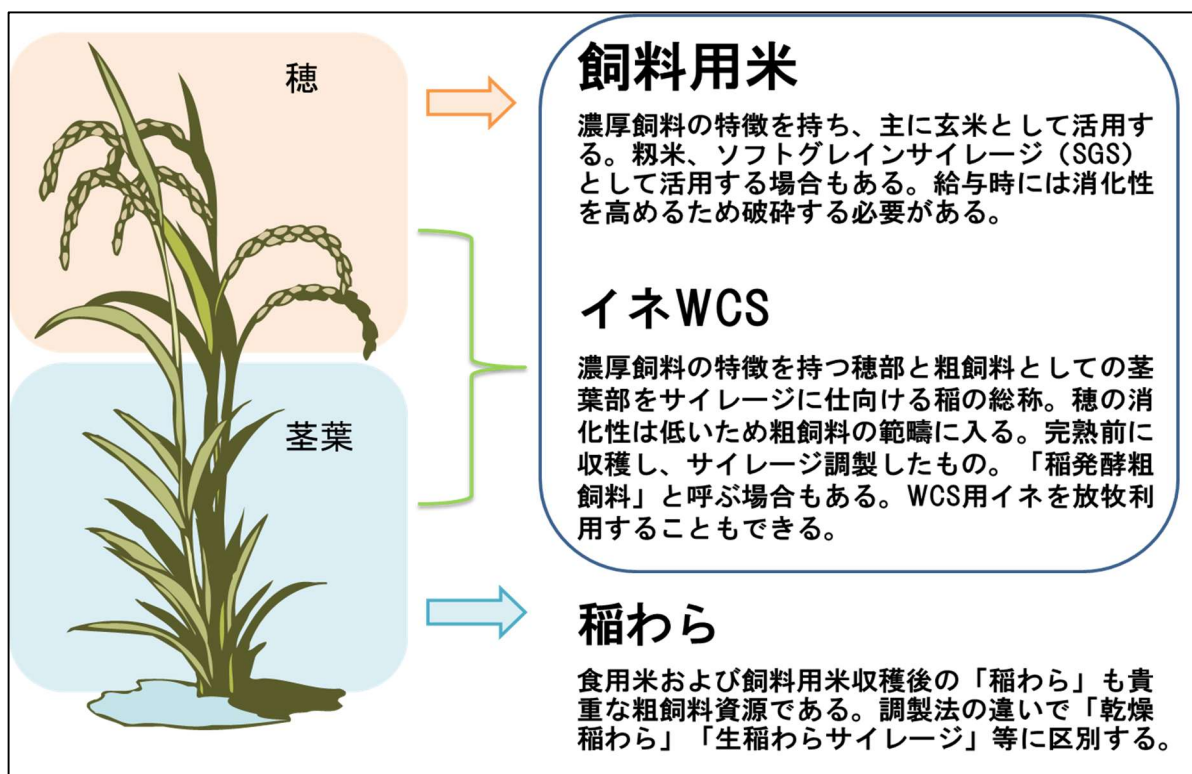
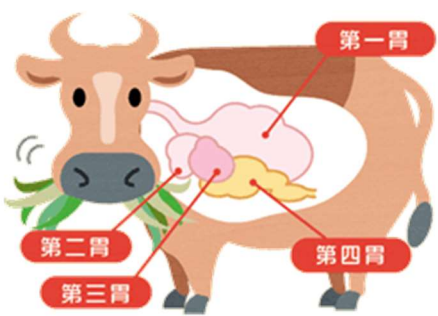


図 1-1 飼料用米、イネ WCS、稲わらの違い

- 粗飼料は、牛など反芻家畜^{はんすう}の第一胃の健全性と機能の維持に必要な飼料であり、乳・肉用牛経営ではその確保が重要である（図 1-2）。一方、濃厚飼料は、穀類（トウモロコシ、コウリヤンなど）、大豆油かす、糠^{ぬか}（フスマ、米ぬか）などであり、エネルギーやタンパク質が豊富で、粗飼料のみでは賄いきれない栄養素の供給源となる。

牛は粗飼料を利用できるように進化してきた



- 第一胃（ルーメン）には微生物が棲んでいる。
- 微生物の種類
プロトゾア（100万/ml）、古細菌（1億/ml）、細菌（100億/ml）、かび（1万/ml）
- これら微生物が、牛自身では消化できない植物の繊維を消化し、エネルギー源をつくる。
- エネルギー源は主に揮発性脂肪酸であり、その大部分は第一～三胃から吸収される。
- 微生物自体は、牛のタンパク質源となる。

反すう胃は第一胃～第三胃であり、第四胃は単胃動物の胃とほぼ同様の働きをする。

粗飼料（特に繊維）の大きな役割・・・第一胃の健全性と機能の維持

①揮発性脂肪酸によるエネルギー供給、②飽満感の付与、③唾液分泌の促進による第一胃内pHの安定化

図 1-2 粗飼料の必要性

- イネ WCS は繊維質を豊富に含み、水田で栽培しやすい粗飼料であり、その生産は耕種農家・畜産農家の双方にメリットがある。耕種農家は水田活用の直接支払交付金（8 万円/10a）や収穫機械の導入に対する支援を受けられる（令和元年現在）。一方、畜産農家は安価な粗飼料を入手でき、飼料費を低減できる。
- イネ WCS は水田を活用した耕畜連携の推進に役立つ。水田で生産されたイネ WCS を牛に給与して牛肉や牛乳を生産する。そして牛舎から出る堆肥を水田に戻し、イネ WCS を生産する。こうした水田と畜産の循環農業を構築できる。

- イネ WCS は、牛に対し安全に給与できる粗飼料である植物体中の硝酸態窒素濃度がスーダングラス乾草や他のサイレージ類に比べて低い（表 1-1）。

表 1-1 主な粗飼料中の無機成分と硝酸態窒素濃度

草種	K %	Ca %	Mg %	P %	硝酸態窒素 (ppm)
チモシー乾草	1.5	0.3	0.2	0.2	157
スーダングラス乾草	2.3	0.4	0.3	0.2	1,109
エン麦の乾草	2.4	0.2	0.2	0.2	185
トウモロコシサイレージ	2.0	0.3	0.2	0.3	369
ソルガムサイレージ	2.7	0.5	0.4	0.2	1,343
稲発酵粗飼料（イネWCS）	1.4	0.2	0.1	0.2	80

日本標準飼料成分表（2001）、畜産草地研究所（2006）

参考情報（牛の硝酸塩中毒）

牛が硝酸塩を多く含む飼料を牛が摂取すると、第一胃内で硝酸塩が還元されて亜硝酸塩となり、それが血中に移行するとヘモグロビンと反応してメトヘモグロビンを生成する。その結果、血液での酸素や二酸化炭素の運搬、交換能が低下して酸素欠乏状態となり硝酸中毒を引き起こす。わが国では、飼料乾物中の硝酸塩濃度は 2,000ppm 以下とすることが望ましいとされている（関東東海地域飼料畑土壌診断基準作成検討会 1988）。

イネは硝酸塩を蓄積しにくい環境で栽培されている。またイネ自身が硝酸塩を蓄積しにくい特性を持つことからイネ WCS は硝酸態窒素濃度が低い。

- 畜産経営では、経営費に占める飼料費の割合が高く、粗飼料の給与が多い牛で 3～5 割、濃厚飼料中心の豚・鶏で 6 割を占める。畜産の経営強化や国際競争力向上には、飼料費の低減が必要であり、飼料自給率の向上が有効な対策になる。

- 輸入粗飼料の多くは乾草である（図 1-4）。その価格は輸出国の気象条件による収量変動や、他の輸入国（中国、韓国、アラブ諸国など）との競合、為替変動などで変わるが、現在は高止まりの傾向にある。
- 畜産農家が支出する粗飼料の購入価格は、現状の試算値で輸入粗飼料より自給粗飼料が安い傾向にあり（表 1-2）、経営強化のためには飼料自給率の向上が有効な対策になる。



図 1-4 輸入乾草の例
(米国産アルファルファ乾草)

表 1-2 畜産農家が支出する飼料費の比較

項目	価格
輸入飼料購入価格 (H29) ヘイキューブ 乾草 稲わら	117円/TDN kg 103円/TDN kg 114円/TDN kg
自給飼料生産費 (H29) 乾牧草 (都府県) サイレージ (都府県)	79円/TDN kg 92円/TDN kg
イネWCS購入価格 従来型品種 極短穂茎葉型品種	62~85円/TDN kg 57~80円/TDN kg

注 1：輸入飼料価格および自給飼料生産費は「飼料をめぐる情勢（農水省 令和元年 9 月）」より引用。

注 2：イネ WCS 購入価格は現物 1kg 当たり 13~18 円（輸送費込み）で畜産農家が購入するもの（福島県、栃木県内現地調査価格）として試算。

注 3：TDN（Total Digestible Nutrients）は、可消化養分総量（飼料中に含まれる家畜が消化できる栄養分の総量）。乾物中に含まれる TDN 含量が少ないほど TDN1kg 当たり単価は高額になる。

2. 一般的なイネ WCS の収穫・調製作業

- 一般的なイネ WCS の収穫適期は、収量が多く、栄養価（TDN 含量）が高く、全体の水分含量が 60～65%程度になる黄熟期とされる（表 1-3、図 1-5）。乳熟期や糊熟期だと収量が少なく、TDN 含量が低い。また水分含量が高いため良質のサイレージが作り難い。完熟期だと消化されずに排泄される子実が増える。本手順書で扱う「**極短穂茎葉型品種**」の収穫適期は、糖含量が急速に増加する出穂後 30 日経過以降となる（P20～P21 を参照）。

表 1-3 一般的な WCS 用イネの熟期

熟期	出穂後日数	稲の状態
乳熟期	10 日後	えい 穎は黄緑色。穀粒は緑色。胚乳は乳状。
糊熟期	10～25 日後	穎は黄緑色。穀粒は黄緑色。胚乳は糊状 ^{のりじょう} 。
黄熟期	25～40 日後	穎は黄緑色か褐色。穀粒は黄色。胚乳は <u>ロウ状</u> で爪で碎ける。
完熟期	40～50 日後	穀物は乾燥して固くなり、爪で破碎できない。

つくば市で栽培された「くさほなみ」の場合（稲発酵粗飼料生産。給与技術マニュアル第 6 版より）

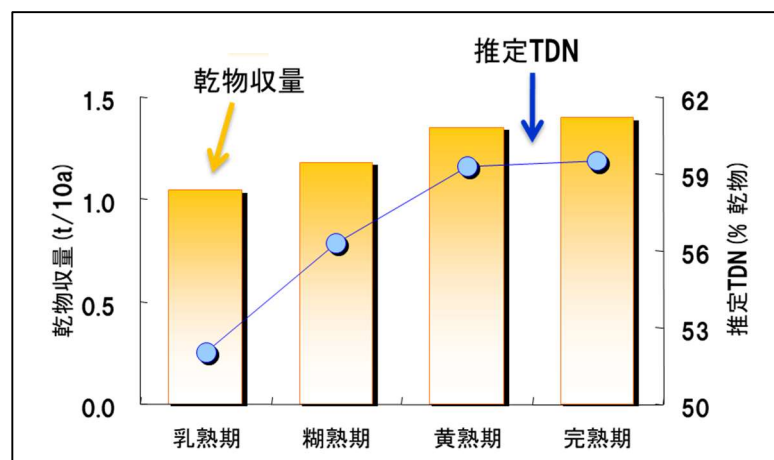


図 1-5 WCS 用イネ（従来品種）の収穫適期

- 収穫作業は、コンバイン型専用収穫機、汎用型飼料収穫機など（**図 1-6**）でロールベールに梱包し、表面をストレッチフィルムでラッピングする方法が一般的である。
- WCS 用イネの専用収穫機は、コンバイン型、フレール型など数種類が市販されてきたが、サイレージ品質の向上と収穫の高速化に向けた性能改善が進み、現在は主にコンバイン型専用収穫機（**図 1-6 左**）と、汎用型飼料収穫機（**図 1-6 右**）、**微細断収穫機**（本手順書で紹介する新技術）が市販されている（**図 1-7**）。



図 1-6 WCS 用イネの収穫用作業機
 (左：コンバイン型専用収穫機、右：汎用型飼料収穫機)

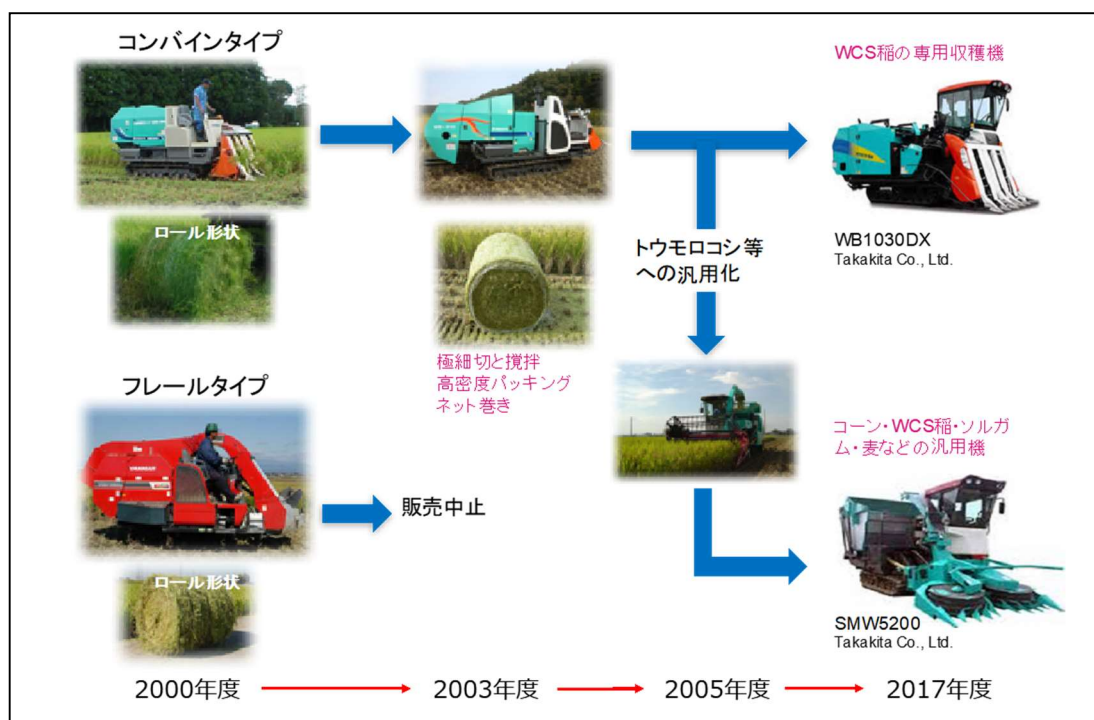


図 1-7 WCS 用イネ収穫機の開発・販売の歩み（2000～2017年）
 日本草地畜産種子協会 吉田宣夫氏まとめ

- WCS の品質を高めるための方法として、サイレージ添加用乳酸菌の活用（乳酸菌数の増加）による乳酸発酵の促進がある。（図 1-8）。

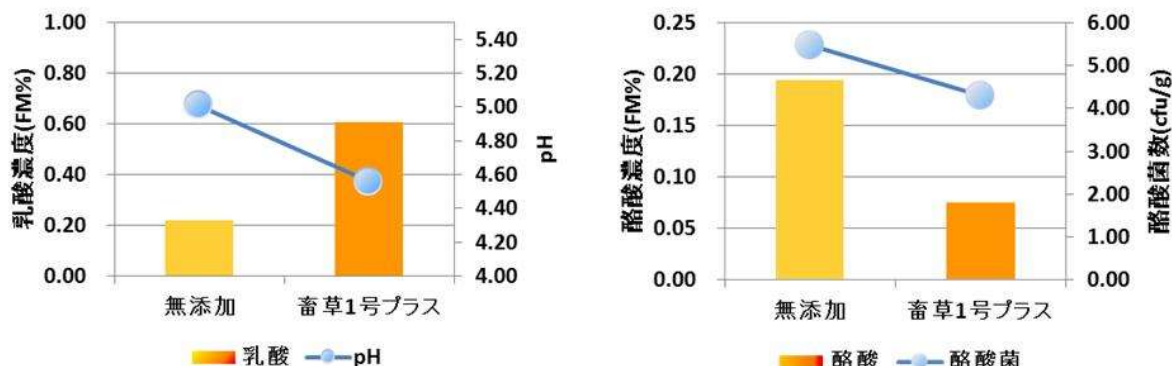


図 1-8 イネ WCS へのサイレージ用乳酸菌の添加効果

- ・ 乳酸含量は多い方が良い。
 - ・ pH は低い方が良い。
 - ・ 酪酸含量は不良発酵の指標のため少ない方が良い
- 現在、市販されているイネ WCS 向け乳酸菌は、農研機構で開発した「畜草 1 号プラス」や「畜草 2 号」（本手順書で紹介する新技術）等がある（図 1-9）。



図 1-9 イネ WCS 添加用乳酸菌

3. これまでの WCS 用イネ品種（従来品種）の特徴と問題点

WCS 用イネには、大きくふたつの品種群がある。ひとつはこれまでに栽培されてきた「従来品種」、もうひとつは従来品種の短所を克服できるよう農研機構で新たに育成した「極短穂茎葉型品種」（本手順書で紹介する新技術）である（表 1-4）。本手順書では「極短穂茎葉型品種」を取り扱うが、ここでは比較対象としての従来品種について述べる。

表 1-4 WCS 用イネの開発状況

平成12年度	平成13年度	平成17年度	平成20年度	平成23年度	平成25年度	平成28年度
関東飼206号→	クサホナミ	クサホナミ	クサホナミ	クサホナミ	クサホナミ	クサホナミ
中国146号→	ホシアオバ	ホシアオバ	ホシアオバ	ホシアオバ	ホシアオバ	ホシアオバ
中国147号→	クサノホシ	クサノホシ	クサノホシ	クサノホシ	クサノホシ	クサノホシ
はまさり	はまさり	はまさり	はまさり	はまさり	はまさり	はまさり
くさなみ	北陸168号→	夢あおば	夢あおば	夢あおば	夢あおば	夢あおば
5	5	ぺこあおば	ぺこあおば	ぺこあおば	ぺこあおば	ぺこあおば
モーれつ	モーれつ	クサユタカ	クサユタカ	クサユタカ	クサユタカ	クサユタカ
te-tep		ミナミュタカ	ミナミュタカ	ミナミュタカ	ミナミュタカ	ミナミュタカ
		リーフスター	ニシアオバ	ニシアオバ	ニシアオバ	ニシアオバ
		ニシアオバ	リーフスター	リーフスター	リーフスター	リーフスター
			10	きたあおば	きたあおば	きたあおば
		モーれつ	ぺこごのみ	ぺこごのみ	ぺこごのみ	ぺこごのみ
		スプライス	たちすがた	たちすがた	たちすがた	たちすがた
		スプライス	モミロマン	モミロマン	モミロマン	モミロマン
			14	たちじょうぶ	たちじょうぶ	たちじょうぶ
			モーれつ	みなゆたか	みなゆたか	みなゆたか
				なつあおば	なつあおば	なつあおば
				ゆめさかり	ゆめさかり	ゆめさかり
				まきみずほ	まきみずほ	まきみずほ
				もちだわら	もちだわら	もちだわら
				北陸193号	北陸193号	北陸193号
				モグモグあおば	モグモグあおば	モグモグあおば
				たちすずか	たちすずか	たちすずか
				ルリアオバ	ルリアオバ	ルリアオバ
				タチアオバ	タチアオバ	タチアオバ
				25	うしゆたか	うしゆたか
					ぺこげんき	ぺこげんき
					たちはやて	たちはやて
					たちあやか	たちあやか
					29	中国飼219号
						中国飼220号
						奥羽飼438号
						つきすずか
						2016年品種

（日本草地畜産種子協会 吉田宣夫氏 2017）

(1) 従来品種の特徴

- 従来品種は穂と茎葉を大きくすることで収量を増やすタイプが多く、平成 12 年（2000 年）頃から WCS 用品種の開発が進み始めた（表 1-4）。
- 育成地での坪刈り収量は、風乾全重で最高 2.41t/10a あり、主食用品種の最高

1.95t/10aと比較して多収である。

- 従来品種は 2014 年以降、約 25 品種が地域別推奨品種として栽培されている (図 1-10)。

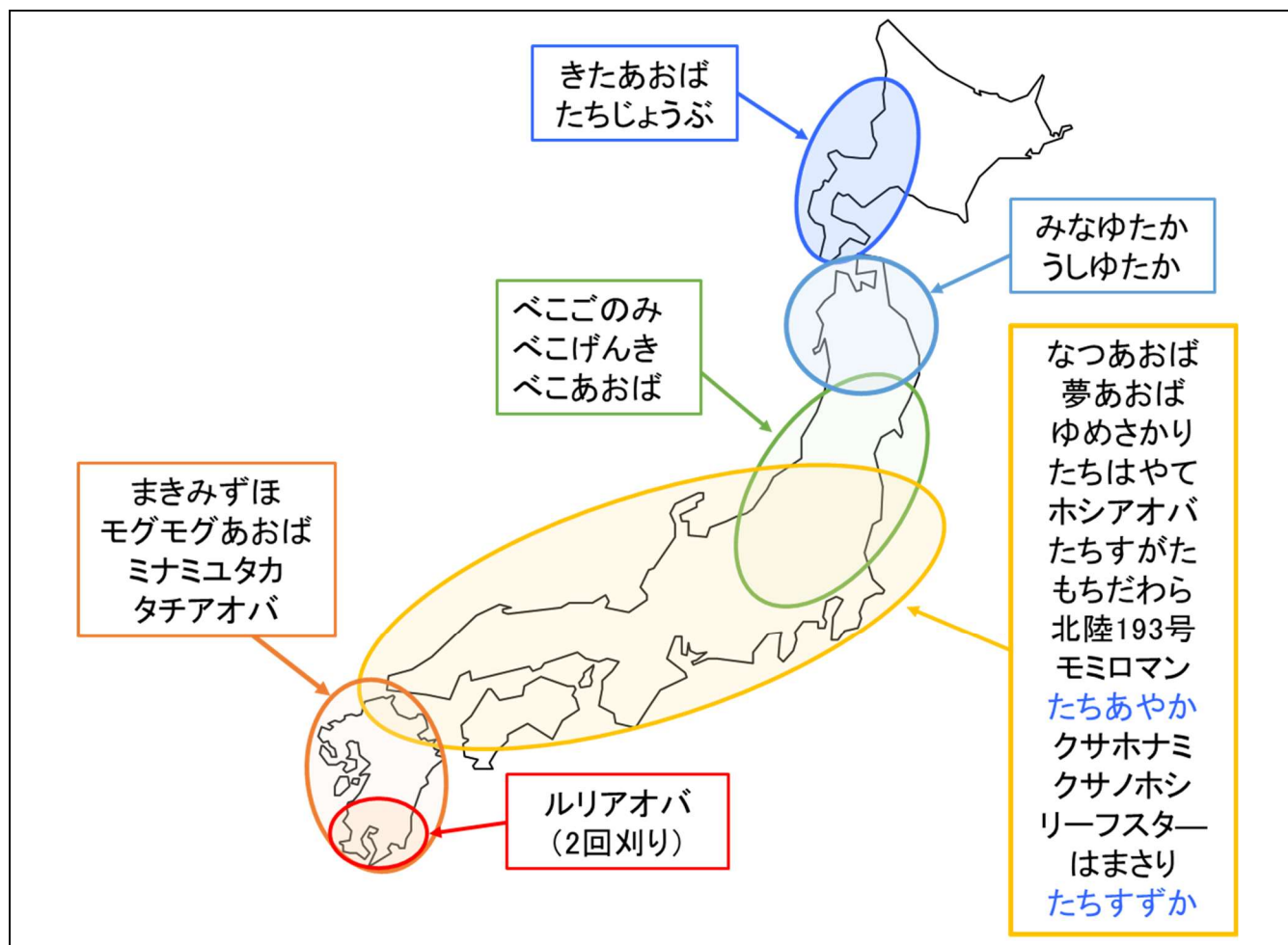


図 1-10 従来品種の栽培適地 (2014 年)

- ・ 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル第 6 版 (2014) より抜粋
- ・ 「たちあやか」「たちすずか」は極短穂茎葉型品種であるが参考までに掲載 (この時点で栽培適地は北関東までであった)。

(2) 従来品種の問題点

- イネ WCS は安価な自給粗飼料として畜産農家で利用されてきたが、利用が伸びなかった理由のひとつに、従来品種のイネ WCS は消化性が低く、TDN が乾物中に 54%で、乾草と比較して同等か低い値であることが挙げられる（表 1-5）。

表 1-5 代表的な粗飼料の各成分消化率と TDN

	粗蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	NFE (%)	粗繊維 (%)	TDN (%DM)
イネWCS*	54	60	66	53	54.0
稲わら	26	45	49	57	42.9
チモシー乾草**	65	58	65	67	62.6
イタリアンライグラス乾草**	60	53	68	69	62.2
スーダングラス乾草**	42	41	60	65	54.6

* 黄熟期（従来品種）、**1番草出穂期にそれぞれ収穫したもの。
NFE：非繊維性炭水化物（糖やデンプン等）、TDN：可消化養分総量。
データは日本標準飼料成分表（2009年版）より抜粋。

- 従来品種の WCS の TDN が低い最大の理由は、未消化のまま糞^{ふん}に排出される子実が多いことである。一般に子実は登熟にともない子実外皮と子実が硬化するため消化が難しくなる。従来品種の未消化子実排泄率は、肉用牛では繁殖雌牛、肥育牛、育成牛の平均で約 10%、乳牛では泌乳牛で 50%に達するとの報告がある。
- 従来品種には前述の未消化子実の問題があるため、登熟前の収穫（無理な早刈り）を行う例が散見される。この場合、水分含量が 75%以上で良質サイレージが作り難く、収量や TDN も黄熟期よりかなり低くなるという問題がある。畜産農家側からは「未消化子実の出ないイネ WCS がほしい」という要望がある。

II. 技術の概要 極短穂茎葉型品種を活用したイネ WCS 生産体系

技術のポイント

★3つの技術で高品質・低コストなイネWCS生産・利用

- ① **極短穂茎葉型品種** 高品質化：籾が少ない。糖分が多く発酵容易。低コスト化：茎葉多収。倒伏に強い。
- ② **微細断収穫機** 高品質化：微細断で消化し易い工サ。低コスト化：高密度輸送で輸送・保管費を低減。
- ③ **乳酸菌「畜草2号」** 高品質化：低温時も乳酸発酵を促進。低コスト化：廃棄ロスや変敗（二次発酵）を防ぐ。



3つの技術が生み出す黄金色で品質・嗜好性が良好なイネWCS (同時導入を推奨。個別導入も可)

① 極短穂茎葉型品種



「たちすずか」「つきすずか」「たちあやか」「つきことか」

② 微細断収穫機



ワゴン・ロールペーラタイプ

③ 乳酸菌「畜草2号」



乾燥粉末（生菌）・小袋タイプ

高品質化に貢献する機能

高糖分

糖分は微生物の工サ

難消化性の籾が少ない

早刈り（発酵不良の高水分条件）を回避可

高消化性の茎葉が多い

微細断

貯蔵密度・嫌気性が高まり
→ 消化性UP

収穫物に泥が付かない (ワゴンタイプ)

泥混入は発酵不良の一因

材料草の乳酸菌数UP

無添加時：乳酸菌数 < 雑菌数

発酵促進・腐敗抑制

貯蔵性・嗜好性UP

寒冷条件（4℃）にも対応

低コスト化・その他メリットに貢献する機能

倒伏に強い

減収を防ぎ、収穫しやすい

高収量

草丈が高く、茎葉多収

耕畜連携・資源循環

堆肥を多施用でき低コスト生産

収穫作業の分散

籾入や倒伏を気にせず
ゆとりある収穫作業

高密度輸送

微細断の効果

高作業性

小回りがきく、ぬかるみOK

長桿対応・高汎用性

トウモロコシ、ソルゴーにも対応

バンカーサイロ貯蔵 (ワゴンタイプ)

大規模・高効率調製、資材費減

抗菌性・廃棄ロスの削減

カビ発生、開封後の変敗による
廃棄を防止

開封後の利便性向上

変敗を防ぎゆとりある給与作業
混合飼料TMRの材料としても
抗菌効果が続く

収穫作業の分散

出穂30日後以降から
晩秋の寒冷時までの収穫に対応

高嗜好性・高エネルギー（TDN）飼料の高品質・低コスト生産・利用を実現

*TDN：可消化養分総量

- ・ 耕種側：耕畜連携の下で高収量を達成でき、収穫・調製しやすい高品質なイネWCS
- ・ 畜産側：従来品種に比べて安く購入でき、消化性が高く、廃棄ロスのないイネWCS

参考情報（新技術の紹介記事・酪農家のコメント有り）

2017年11月15日 農業共済新聞記事より（転載許可済）

高糖度・高収量で牛が消化しやすいなどの利点がある新たな専用品種を開発した。改良型の収穫機で微細断した稲をトラックなどで輸送し、牧場などで調製する方式で効率化。さらに調製時に添加し発酵を促す乳酸菌製剤で、嗜好性や保存性などを高める。飼料用稲の作付け拡大が続く中、耕種・畜産双方の利益向上へ技術体系の確立が求められる（下記記事参照）。

株式会社ブルーバンブーファームの青木大輔代表（42）が「たちすずかやつきすずかは、明らかに茎葉の収量が多く嗜好性が高い」と評価（記事引用）。

農業共済新聞 2017年(平成29年)11月15日 (第3種郵便物認可)

農研機構 稲WCS 高品質・安定生産の技術体系を確立

耕畜連携へ効率化

乳酸菌製剤で発酵促進

粗が少くない新品種

農研機構は、高品質な稲WCS（発酵粗飼料）を安定生産するために、開発した新品種や収穫方法、発酵技術を組み合わせる体系化し、現場での普及を進めている。育種では、高糖度・高収量で牛が消化しやすいなどの利点がある新たな専用品種を開発した。改良型の収穫機で微細断した稲をトラックなどで輸送し、牧場などで調製する方式で効率化。さらに調製時に添加し発酵を促す乳酸菌製剤で、嗜好性や保存性などを高める。飼料用稲の作付け拡大が続く中、耕種・畜産双方の利益向上へ技術体系の確立が求められる。

現在、新たなWCS専用品種として中生の「たちすずか」と、晩生の「たちすずか」が主に関東以西で普及し、先月には、たちすずかを改良した品種が発表された。稲WCSは、稲の茎葉を乾燥させた後、約6センチに切断し、トラックで運搬して牧場や飼料工場などで成形や梱包を行う。稲WCSは、稲の茎葉を乾燥させた後、約6センチに切断し、トラックで運搬して牧場や飼料工場などで成形や梱包を行う。稲WCSは、稲の茎葉を乾燥させた後、約6センチに切断し、トラックで運搬して牧場や飼料工場などで成形や梱包を行う。

圃場外で調製、泥付着を解消

九州沖縄農業研究センターの高橋「康水田作業体系が広く倒伏に強い。同機構・西日本農業研究センターの中込弘主任研究員は「早生や極晩生の開発も進め、作業分散を販売する際も有利」と説明する。

「稲草2号」を添加し、順調に発酵したWCS

高糖度・高収量で牛が消化しやすいなどの利点がある新たな専用品種を開発した。改良型の収穫機で微細断した稲をトラックなどで輸送し、牧場などで調製する方式で効率化。さらに調製時に添加し発酵を促す乳酸菌製剤で、嗜好性や保存性などを高める。飼料用稲の作付け拡大が続く中、耕種・畜産双方の利益向上へ技術体系の確立が求められる。

今年、たちすずかの種子の販売量は限られていたが、日本草地畜産種子協会では「来年度から本格的に普及できるように見込み」としている。

高糖度・高収量で牛が消化しやすいなどの利点がある新たな専用品種を開発した。改良型の収穫機で微細断した稲をトラックなどで輸送し、牧場などで調製する方式で効率化。さらに調製時に添加し発酵を促す乳酸菌製剤で、嗜好性や保存性などを高める。飼料用稲の作付け拡大が続く中、耕種・畜産双方の利益向上へ技術体系の確立が求められる。

今年、たちすずかの種子の販売量は限られていたが、日本草地畜産種子協会では「来年度から本格的に普及できるように見込み」としている。

今年、たちすずかの種子の販売量は限られていたが、日本草地畜産種子協会では「来年度から本格的に普及できるように見込み」としている。



参考情報（これまでの実績：広島県での普及事例の紹介）

広島県立総合技術研究所 畜産技術センター 次長兼技術支援部長 神田則昭氏談

（2019年7月調査：農研機構西日本農研 農業技術コミュニケーター 岡本毅）

- ① 極短穂茎葉型品種・・・ほぼ100%「たちすずか」などの極短穂茎葉型品種を利用（2019年の飼料用稲栽培面積は約600ha）。
- ② 微細断収穫機・・・庄原市やJA全農ひろしまの自給飼料生産の取り組みを中心に数台稼働中。微細断処理による給与実績も有。
- ③ 畜草2号・・・80%以上は畜草2号を使っている。広島県酪農協と全農ひろしまの契約ではすべてで畜草2号を使用。

Ⅲ. 技術の特徴：極短穂茎葉型品種

1. 本技術のポイント（従来技術の課題を解決する新機能・価値）

(1) 籾が少ない、茎葉収量が多い

- 極短穂茎葉型品種は、穂が小さく籾の割合が顕著に少ない（図 3-1、3-2）。籾が少ない一方で、粗飼料としての価値が高い茎葉部の収量は多い（図 3-2）。

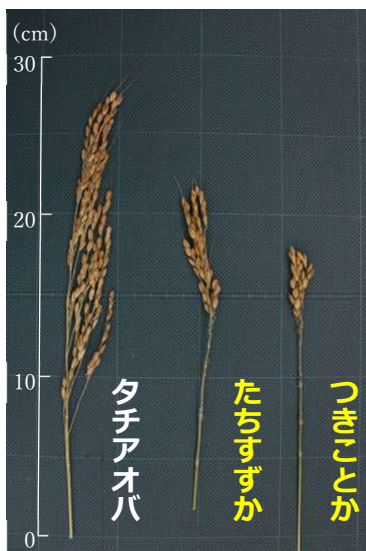


図 3-1 従来品種「タチアオバ」と極短穂茎葉型品種「たちすずか」「つきことか」の穂の比較

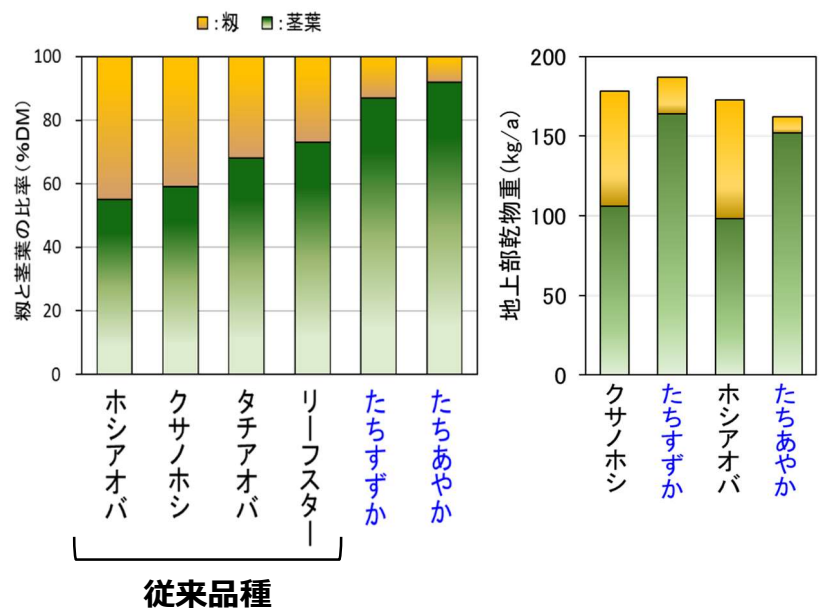


図 3-2 従来品種と極短穂茎葉型品種の籾と茎葉の比率の違いおよび地上部乾物重

(2) 茎葉の糖含量が多い

- 従来品種では、ほとんどの糖が子実へ転流されてデンプンに変わり茎葉には残らない（図 3-3）。一方、極短穂茎葉型品種では、穂が小さいため転流されない糖が茎葉に多く残る。
- 極短穂茎葉型品種では、糖含量の高い状態が出穂後も続く（図 3-4）。そのた

め、収穫に適した期間が長い。収穫適期は、糖含量が急速に増加する出穂後 30 日以降が目安となる。出穂前後の収穫（早刈り）では本品種の特徴を十分に活かさないので注意する。

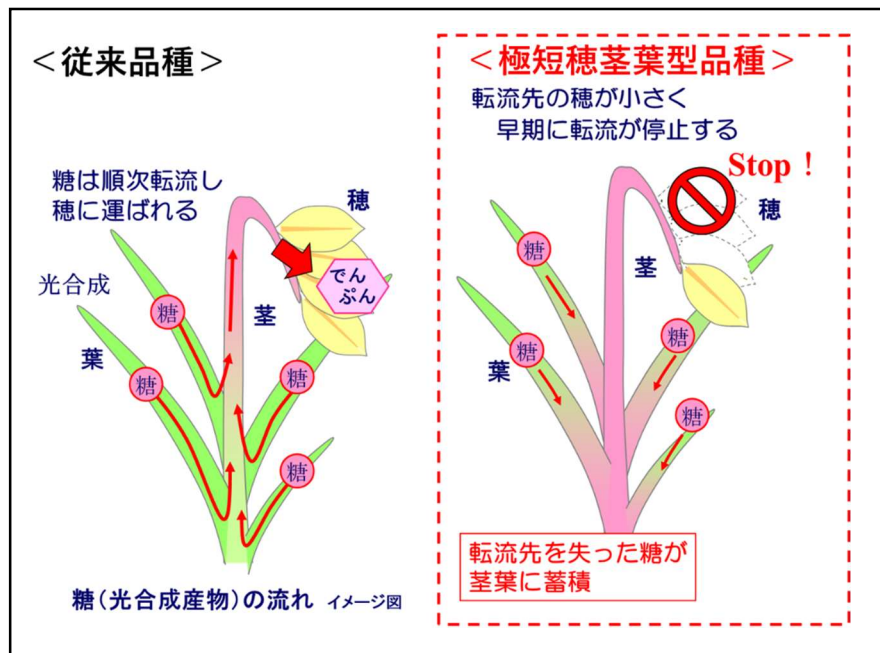


図 3-3 従来品種と極短穂茎葉型品種のデンプンや糖の蓄積形態の違い

(広島県立総合技術研究所 河野ら)

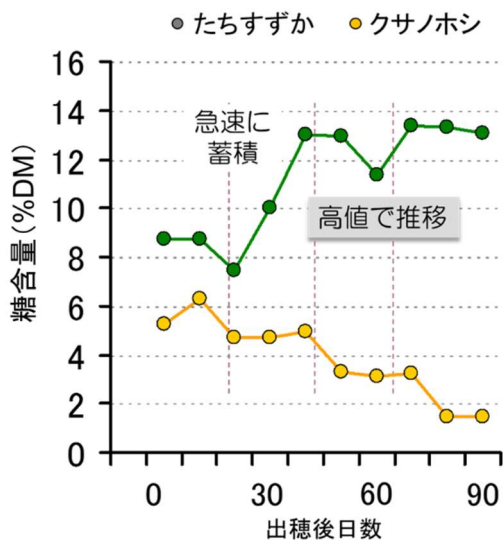


図 3-4 従来品種「クサノホシ」と極短穂茎葉型品種「たちすずか」の出穂後の糖含量の推移

(広島県立総合技術研究所 河野ら)

(3) 消化性が高い

- 極短穂茎葉型品種のサイレージは、従来品種のものに比べて繊維（粗繊維とNDF）の消化率が高い（図 3-5）。

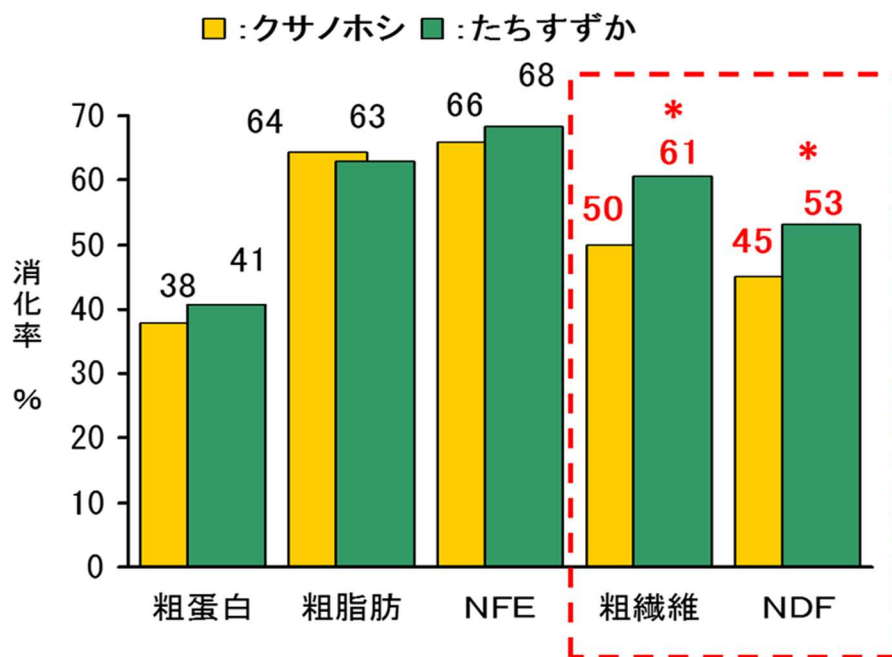


図 3-5 従来品種「クサノホシ」と極短穂茎葉型品種「たちすずか」の消化率の違い

NFE: 可溶無窒素物（可消化炭水化物）

NDF: 中性デタージェント繊維

（広島県立総合技術研究所 河野ら）

- 極短穂茎葉型品種のサイレージは、可消化養分総量（TDN）も従来品種より高い。図 3-6 は、可消化の糖・デンプン含量、可消化の繊維含量、可消化のその他成分含量の積み上げグラフで、合計量が TDN となる。黄熟期以降に収穫調製した極短穂茎葉型品種のサイレージの TDN 含量は 60%前後で、従来型の飼料用イネ品種（約 54%）よりも高い。極短穂茎葉型品種のイネ WCS の糖含量は、高糖分原料として知られているトウモロコシサイレージに次いで高い。

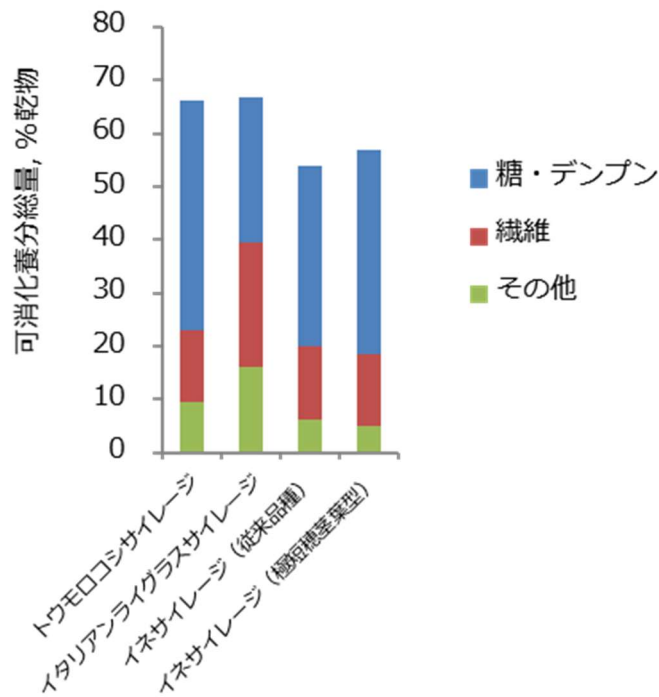


図 3-6 各飼料の可消化養分総量 (TDN)

(農研機構 畜産研究部門 樋口ら)

(4) 倒伏に強い

- 極短穂茎葉型品種は籾が少ないため重心が低く、従来品種と比較して耐倒伏性に優れている (図 3-7)。

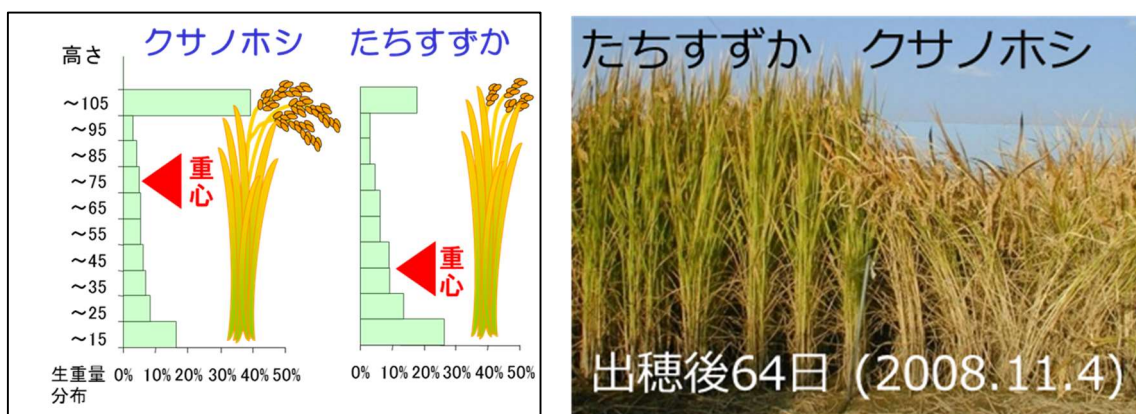


図 3-7 従来品種「クサノホシ」および極短穂茎葉型品種「たちすずか」の重心位置と耐倒伏性の違い

(広島県立総合技術研究所 河野ら)

2. 現在市販されている極短穂茎葉型品種

- 現在、以下の6品種が市販化されている。
- 6品種の使い分け：早晩性と縞葉枯病抵抗性の有無が異なる。
 - 「つきはやか」：早生品種、縞葉枯病抵抗性あり。
 - 「たちあやか」：中生品種、縞葉枯病抵抗性なし。
 - 「つきあやか」：中生品種、縞葉枯病抵抗性あり。栽培方法は「たちあやか」と同様。
 - 「たちすずか」：晩生品種、縞葉枯病抵抗性なし。
 - 「つきすずか」：晩生品種、縞葉枯病抵抗性あり。栽培方法は「たちすずか」と同様。
 - 「つきことか」：極晩生品種、縞葉枯病抵抗性あり。
- 近年、縞葉枯病は多発傾向にあるので、抵抗性品種の作付けが望ましい。

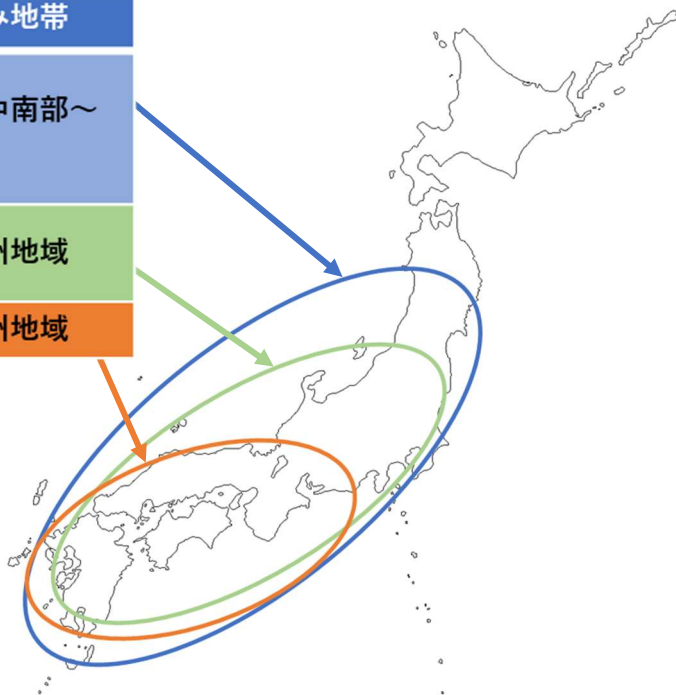
3. 極短穂茎葉型品種の栽培

- 栽培適地は図3-8のとおり。

熟期	品種名	普及見込み地帯
早生	つきはやか(縞)	東北地域中南部～九州地域
中生	たちあやか つきあやか(縞)	
晩生	たちすずか つきすずか(縞)	関東～九州地域
極晩生	つきことか(縞)	東海～九州地域

**図3-8 極短穂茎葉型
品種の栽培適地**

注) 品種名の後ろの(縞)は
縞葉枯病抵抗性を備えた品
種の意味



参考情報（縞葉枯病）

ヒメトビウンカによって媒介されるウィルス病。生育初期に発病すると、抽出中の葉が黄緑色ないし黄白色になり、こより状に巻いて徒長し、曲がって垂れ下がる。発病株の多くは出穂することなく枯死する。やや遅れて感染した場合には、新葉の葉脈に沿って黄緑色ないし黄白色の縞模様が現れ、激しくなると全体が黄化する。罹病株は草丈が低く、分けつも少なく、全体に萎縮症状を示し、後に枯死する。縞葉枯病ウィルスは保毒したヒメトビウンカにより経卵伝染する。近年、縞葉枯病は多発傾向にあるが、その要因として、①暖冬によるウンカの越冬生存率の上昇、②稲麦二毛作による稲作開始前までのウンカ発生密度の上昇、③海外からのウンカ飛来、などが考えられる。

防除方法として、抵抗性品種（「つきすずか」「つきことか」）の利用、薬剤によるウンカの防除などがある。



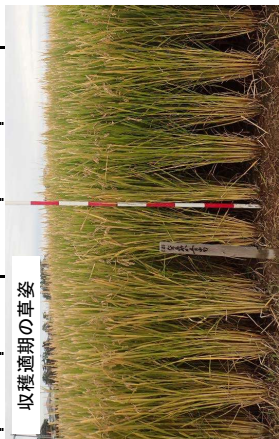
縞葉枯病に罹患した「たちすずか」



縞葉枯病抵抗性の「つきすずか」






- 次ページ以降に、寒冷地（宮城県）、南関東二毛作地帯（埼玉県）、台風常襲地帯（三重県）、暖地（福岡県）での代表的な品種の栽培暦を示す。栽培暦は一例であり、栽培地の条件により作業スケジュールは前後する。

東北地方（宮城県）における「たちあやか」栽培暦

月 旬	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月														
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下												
生育・作業	<p>水選・浸種 育苗日数は20～25日 育苗箱施肥 育苗箱施肥 除草剤施用 移植 移植適期は5月上旬～下旬 除根剤施用 出穂 出穂 収穫 収穫適期は出穂後から30日以降 稲体水分70%以下 稲包時乳酸菌添加 秋季に堆肥施用</p>																																			
	 <p>収穫適期の草姿</p>																																			
水管理	<p>移植後 深水 浅水 間断灌水 落水 中干し 地耐力確保のため強めに中干し 地耐力確保のため出穂期に落水</p>																																			
	<p>水管理 移植後は深水として活着を促す。活着後は浅水で管理する。 地耐力を確保するため、強めに中干しをして圃場を十分乾燥させる。 中干し後は間断灌水とし、出穂期に落水する。</p>																																			
管理のポイント	<p>土づくり・施肥 土壌からの養分収奪量が多いので、秋期に完熟した牛ふん堆肥を2t/10a施用する。 施肥は基肥窒素成分8kg/10a、追肥窒素成分4kg/10a程度施用する。追肥時期は11葉期頃が適する。</p> <table border="1"> <tr> <td>成分量</td> <td>移植時期と11葉期の目安</td> </tr> <tr> <td>窒素</td> <td>8kg/10a</td> </tr> <tr> <td>リン酸</td> <td>8～10kg/10a</td> </tr> <tr> <td>カリ</td> <td>8～10kg/10a</td> </tr> <tr> <td>追肥</td> <td></td> </tr> <tr> <td>窒素</td> <td>4kg/10a</td> </tr> </table> <p>育苗(雑苗) 水選(水道水等)により比重選を行う。 化学農薬により種子消毒を行う。 浸種は出芽をそろえるため低温をさけ水温10～15℃で積算温度100℃とする。 播種量は乾籾で160～180g/箱とする。 育苗は育苗日数20～25日を目安に播種する。</p> <p>病害虫対策は、いもち病及びチヨウ目害虫を対象とした育苗箱施肥を必ず実施する。 主食用水稲に比べ、葉色が濃く推移するため、イネネットムシによる被害が大きくなることがあるので、必要に応じて防除する。 雑草対策は、初中期一発剤を施用する。</p> <p>病害虫・雑草防除</p>																								成分量	移植時期と11葉期の目安	窒素	8kg/10a	リン酸	8～10kg/10a	カリ	8～10kg/10a	追肥		窒素	4kg/10a
	成分量	移植時期と11葉期の目安																																		
窒素	8kg/10a																																			
リン酸	8～10kg/10a																																			
カリ	8～10kg/10a																																			
追肥																																				
窒素	4kg/10a																																			
<p>管理のポイント 収穫は、稲体の水分が70%以下に低下する出穂後30日程度から可能。稲体糖分含有率が15%以上になる出穂後30日～80日が推奨される収穫期。 低温期のサイレージ調製となるため、「番草2号」などの低温増殖性が高い乳酸菌を添加する。</p>																																				

WCSイネで使用可能な農薬の種類は、「稲発酵粗飼料用稲に係る農薬使用について」(農林水産省生産局畜産部飼料課長通知)を確認してください。ACFinderを使用すると、使用可能な農薬名一覧を作成できます。

南関東二毛作地域(埼玉県)における牧草収穫機利用予乾サイレージ体系麦跡「つきすかずか」栽培暦

月 旬	5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月													
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下											
生育・作業	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> <p>秋季に 堆肥施用</p> <p>種子消毒</p> <p>浸種</p> <p>箱施肥</p> <p>速効性肥料の 基肥一発施肥</p> <p>育苗日数は 15~20日</p> <p>除草剤施用</p> <p>移植</p> <p>移植適期は6月 下旬~7月初旬</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>20日苗</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>150cm</p> <p>収穫時の草丈</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>収穫時の草姿</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>収穫時の穂</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>予乾サイレージ調製</p> </div> </div>																															
	<p>刈取・予乾</p> <p>反転・集草</p> <p>ベール梱包</p> <p>ラッピング</p> <p>予乾目標水分60%以下</p> <p>梱包時乳酸菌添加必須</p>																															
水管理	<p>地耐力確保のため強めに中干し</p> <p>中干し</p> <p>地耐力確保のため強めに落水</p> <p>落水</p> <p>間断灌水</p> <p>出穂始</p> <p>収穫適期は出穂 始から35日以降</p>																															
	<p>移植</p> <p>6月中旬までの移植では草丈が伸長しやすいため、6月下旬~7月初旬の晩植にして草丈を抑制する。</p> <p>耐倒伏性の強い品種であるが、糊熟期以降に台風に遭遇すると挫折倒伏しやすいため、なるべく疎植にして稈を太くする。</p>																															
管理のポイント	<p>土づくり・施肥</p> <p>土壌からの養分収奪量が多いので、麦播種前に完熟した牛ふん堆肥を2t/10a施用する。</p> <p>追肥は草丈伸長や穂部割合増加につながるのを避け、初期分げつ確保のため速効性肥料の基肥一発施肥とする。</p> <p>初めて作付けする圃場では、窒素成分施用量を8kg/10a程度とする。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>連作年数</th> <th>窒素成分施用量</th> <th>施用量(オー/ル14)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1年目</td> <td>8kg/10a</td> <td>60kg/10a</td> </tr> <tr> <td>2年目以降</td> <td>8~10kg/10a</td> <td>60~70kg/10a</td> </tr> </tbody> </table> <p>育苗</p> <p>大粒種子のため、播種量は乾粒で100~120g/箱とする。</p> <p>高温期の育苗は苗の伸長が早いため、育苗日数15~20日を目安に播種する。</p>																					連作年数	窒素成分施用量	施用量(オー/ル14)	1年目	8kg/10a	60kg/10a	2年目以降	8~10kg/10a	60~70kg/10a		
	連作年数	窒素成分施用量	施用量(オー/ル14)																													
1年目	8kg/10a	60kg/10a																														
2年目以降	8~10kg/10a	60~70kg/10a																														
<p>病害虫・雑草防除</p> <p>病害虫対策は、いもち病及びヒョウム目害虫を対象とした箱施肥を必ず実施する。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>薬剤名</th> <th>施用時期</th> <th>使用方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ルーシデンデュオ粒剤</td> <td>播種前</td> <td>育苗箱の床土又は覆土に均一に混和する。</td> </tr> <tr> <td>ツインターボフェルテラ箱粒剤</td> <td>播種時</td> <td>育苗箱の上から均一に散布する。</td> </tr> <tr> <td>ルーシアードスピノ箱粒剤</td> <td>前~移植当日</td> <td>散布する。</td> </tr> </tbody> </table> <p>雑草対策は、初中期一発剤の田植同時処理か移植後水口施肥が省力的である。</p>																					薬剤名	施用時期	使用方法	ルーシデンデュオ粒剤	播種前	育苗箱の床土又は覆土に均一に混和する。	ツインターボフェルテラ箱粒剤	播種時	育苗箱の上から均一に散布する。	ルーシアードスピノ箱粒剤	前~移植当日	散布する。
薬剤名	施用時期	使用方法																														
ルーシデンデュオ粒剤	播種前	育苗箱の床土又は覆土に均一に混和する。																														
ツインターボフェルテラ箱粒剤	播種時	育苗箱の上から均一に散布する。																														
ルーシアードスピノ箱粒剤	前~移植当日	散布する。																														
<p>水管理</p> <p>牧草収穫用大型機械作業に対する地耐力を確保するため、強めに中干しをして圃場を十分乾燥させる。</p> <p>中干し後は間断灌水とし、8月末を目安に落水するが、天候条件等で中干しが不十分な場合は間断灌水せず、そのまま落水する。</p> <p>収穫・サイレージ調製</p> <p>稲体の水分が70%程度まで低下し、糖含量が10%以上になる出穂始から35日後~65日後が収穫適期となる。</p> <p>予乾体系では、原料水分50~60%程度に予乾してからベールする。</p> <p>低温期のサイレージ調製となるため、「畜草2号」などの低温増殖性が高い乳酸菌を必ず添加する。</p>																																

WCSイネで使用可能な農薬の種類は、「稲発酵粗飼料用稲に係る農薬使用について」(農林水産省生産局畜産部飼料課長通知)を確認してください。ACFinderを使用すると、使用可能な農薬名一覧を作成できます。

九州地方(福岡県)における「つきことか」乾田直播栽培暦

月 旬	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
生育・作業	耕起 均平化・鎮圧・畔塗 施肥・播種			均平化・鎮圧・畔塗 施肥・播種			トラクターの轍が消えるまで鎮圧。 四隅や畔塗をトラクターでよく鎮む。			倒伏防止・収穫作業の円滑化を 図るため、強めに行う			出穂			収穫								
水管理	土壌が乾きすぎない時に実施 (土を手で握ると固まり、手が湿る程度)			N/E対策として 3~5cm浅耕する。			浅水たかん水 間断かん水			中干し 間断かん水 落水														
管理のポイント	施肥 基肥 LPコート140:22kg LPコートS80:22kg (窒素18kg/10a) ※堆肥施用3年目 以降は、30%程度減らす 追肥 なし			種子の準備・播種 ・WCS用イネの種子は比重が軽いため、塩水選ではなく水選を行う。 ・播種前に浸種をしない。播種の可否は天候や圃場の状態に左右されるため、乾期で播く方が望ましい。 ・乾期で10aあたり3~4kgを播種する。 ・播種深度は2~5cmの範囲とし、播種後の天候予報が干ばつであれば深く、長雨であれば浅くする。			病虫害防除 【種子消毒】 テクリートC707Aフル(200倍) スミオン乳剤(1000倍) → 24時間浸漬 55℃の湯 → 10分間浸漬 【本田消毒】 いもち病、稲こうじ病、ウンカ類、イナゴ等 必要に応じて実施する。 ※箱施肥ができないうえ、早めの対応が必要			入水までの除草剤の使用体系 ラウンドアップマックスロード 播種後からイネ出芽までに散布し、雑草を防除 クリンチャーEW N/Eの生育が早い時に散布 (播種後10日以内) 入水前の雑草の状況に応じて1つ選択 ワイアタック ◎土壌処理効果もある ▲やや高価。体カヤ、アセカヤ、チヨウジダ、ヒダシキに効果低い ノミニー液剤 ◎安価。カサネ、体カヤに効果高い ▲土壌処理効果なし。黄化症状(薬害)の可能性がある クリンチャーバスマE ◎イネ科雑草に効果高い ▲高価。土壌処理効果なし ※同一薬剤を連年使用することで、特定の雑草が大発生することがあるため、注意が必要。 (例:アト700の連年使用によりアセカヤが大発生)			耕起・鎮圧・畔塗など N/E発生 播種 初期除草剤 イネ出芽 中間除草剤 入水前除草剤 入水			使用する前には 『最新の農業登録情報』・『製品ラベルの記載内容(使用方法など)』を確認してください。								

WCSイネで使用可能な農業の種類は、「稲発酵組飼料用稲に係る農業使用について」(農林水産省生産局畜産部飼料課長通知)を確認してください。ACFinderを使用すると、使用可能な農業名一覧を作成できます。

IV. 技術の特徴：微細断収穫機

1. 本技術のポイント（従来技術の課題を解決する新機能・価値）

(1) 長稈に対応

- 極短穂茎葉型品種の草丈は 150cm 以上になる。既存のコンバイン型専用収穫機（**図 1-6 左**）は草丈 150cm まで対応可能であるが、それ以上の草丈では詰まりなどが発生し収穫が困難となる。
- 微細断収穫機は草丈 150cm 以上のイネを収穫できる。汎用型飼料収穫機（**図 1-6 右**）のヘッド部分をロータリヘッドにし、微細断可能なカッターやシュート部を新たに設計した。
- 微細断収穫機には、ワゴンタイプ（機体後部がワゴン）とロールベータタイプ（機体後部でロールベールを調製する）があり、用途・作業体系に合わせてタイプを選択できる（**図 4-1**）。



図 4-1 微細断収穫機（左：ワゴンタイプ、右：ロールベータタイプ）

(2) 微細断できる

- イネを 6～11mm に微細断できる。理論切断長は 6、11、19 および 29 mm に設定可能である。

(3) 微細断による発酵品質の向上

- 微細断によりサイレージの詰め込み密度が高まり、腐敗が防止され乳酸発酵が促進されることで、発酵品質が向上する（図 4-2、4-3）。

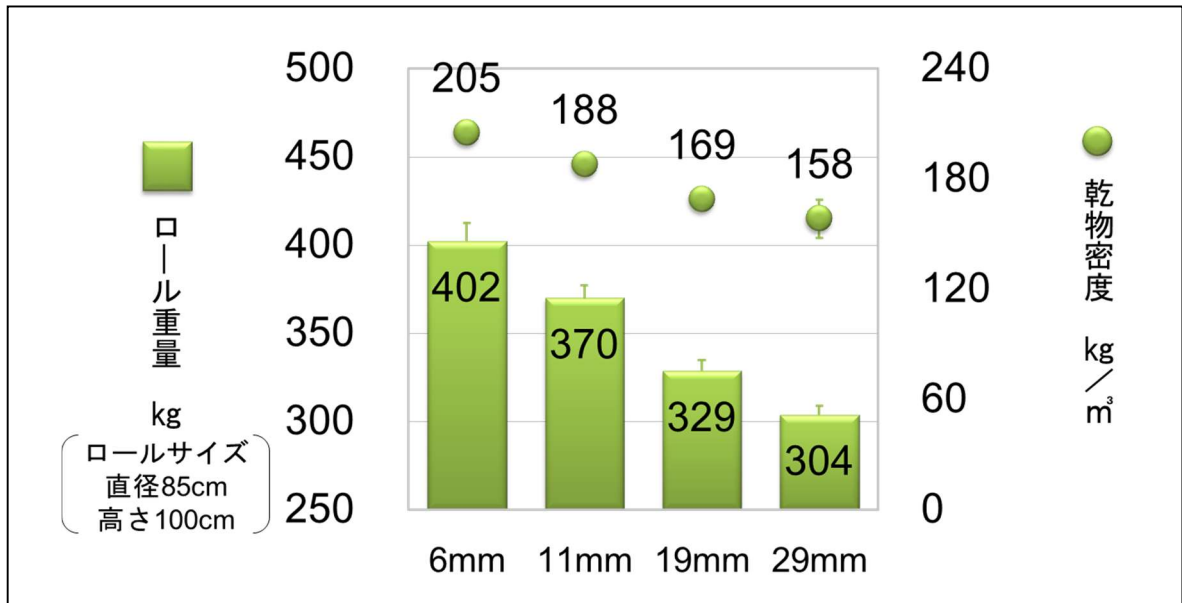


図 4-2 微細断による詰め込み密度の向上効果

広島県立総合技術研究所 福馬ら



図 4-3 微細断による発酵品質の向上効果

広島県立総合技術研究所 福馬ら

(4) 高密度輸送で輸送・保管費を削減

- 微細断により積載量を増やすことができる。一度にたくさん運べるので作業効率が高まり、輸送コストを低減できる。また詰め込み密度が高まることでロールの保管スペースを節約できるので、保管コストを低減できる。

(5) 作業性が高い

- クローラを履いているので小回りでき、またぬかるんだ圃場でも作業可能である。
- 降雨後、イネが乾きしだい作業が可能になるので稼働日数を増やせる。
- 湿田での収穫作業時に、土が飼料に付着しない。発酵不良の一因となる泥の混入を防げる（サイレージの品質低下を防ぐ）。

(6) 汎用性が高い

- 草丈 150cm 以上の WCS 用イネの他、トウモロコシやソルガムなど長稈作物も収穫可能である。

2. 微細断収穫機の導入効果（現地の作業体系）

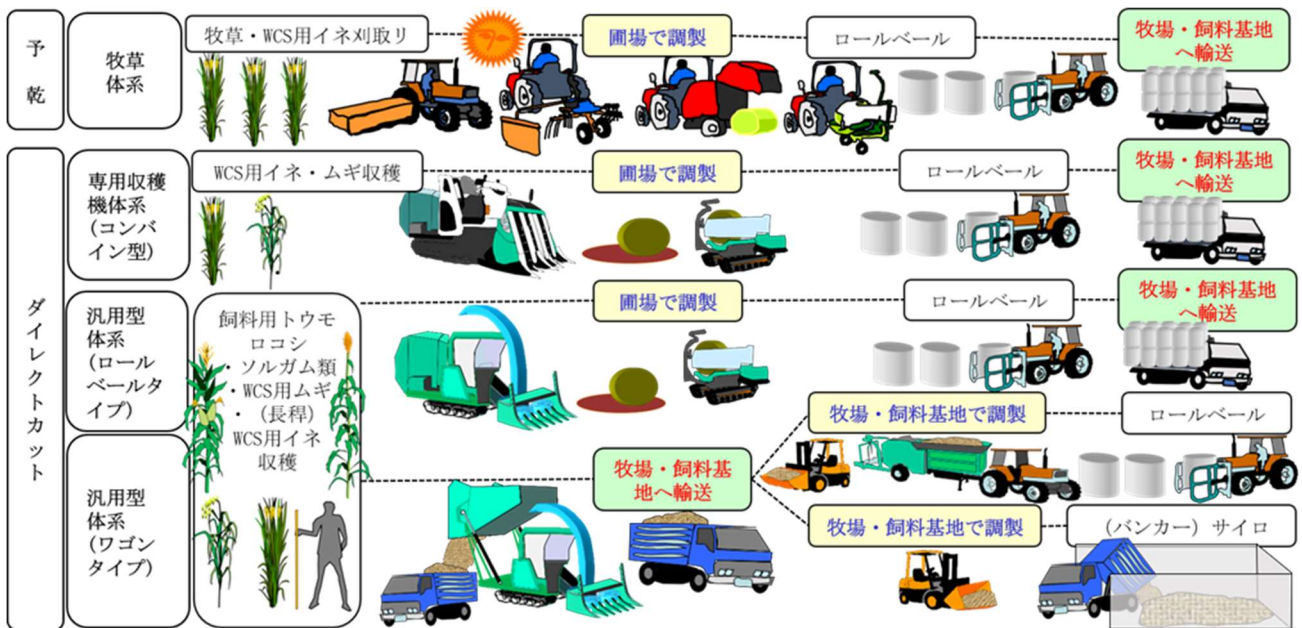


図 4-4 WCS 用イネの収穫・調製体系

- WCS 用イネの収穫・調製・輸送作業には、大きく四つの体系がある（図 4-4）。
- 牧草体系（図 4-4 の最上段）は、既存の牧草サイレージ調製用機械で刈り倒して、圃場で予乾後にロールベールにする体系。二段目はコンバイン型の専用収穫機を用いる体系で、三段目は微細断収穫機でロールベールを作る体系である。
- 図 4-4 最下段は、圃場で収穫したイネをトラックに積載して広い飼料基地などにバラ積みして輸送後、ロールベールやバンカーサイロでサイレージ調製を行う体系で、ワゴンタイプの微細断収穫機を活用したコントラクターなどで利用可能な新規開発した体系である。
- このワゴンタイプ体系のメリットとして、収穫物を圃場へ下ろさないため湿田でも泥が付かないこと、収穫と輸送を並行して進めることができること、近距離輸送（片道 20 分以内が目安）におけるコスト面で有利なこと、などが挙げられる。

- デメリットは、最小人員が 4 名程度必要で、圃場と飼料基地が遠距離の場合は輸送トラックが多く必要なことである。
- ワゴンタイプ体系の作業能率は、15a の小規模圃場で乾物処理量 1.7t/時であり、1 日約 1.2ha の収穫・輸送が可能である。また、平場の 30a を超える圃場では、乾物処理量 2.4t/時となり、1 日で最大約 1.7ha の収穫・輸送が可能となる。
- 飼料基地で細断型ロールベアラ（**図 4-5**）を使用すれば、1 時間で最大 30 ロールが自動で成形・ラッピングできる。



図 4-5 種々の細断型ロールベアラ

- 左上：オーケル社 MP1000 型、
- 右上：（株）IHI アグリテック TSW2020C 型
- 左下：（株）タカキタ MW1000 型
- 右下：完成したロールベール

V. 技術の特徴：サイレージ添加用乳酸菌「畜草 2 号」

1. 本技術のポイント（従来技術の課題を解決する新機能・価値）

従来技術の課題	新機能・価値
①開封後に変敗が発生する	①変敗抑制
②品質悪化のため小規模農家に対応できず	②利用性向上
③糖分が高くカビ発生にとっても好環境	③抗菌性
④品質悪化したものは廃棄処分	④ロス削減
⑤寒冷条件下でサイレージ発酵が緩慢となる	⑤低温対応
⑥品質悪化を避けるため刈り遅れができない	⑥作業分散

2. サイレージと乳酸菌

(1) サイレージとは

- サイレージは、嫌気条件下において乳酸発酵を行った発酵飼料である。
- 乳酸発酵によりサイレージ原料（牧草・稲わら・トウモロコシ・飼料用稲など）に含まれる糖分（ブドウ糖・ショ糖・果糖など）が乳酸などの有機酸に変換される。これによりサイレージの pH は低下し、原料に共生する真菌類（カビや酵母）や有害微生物（大腸菌や酪酸菌など）の増殖が抑制され保存性が高まる。
- さらに、発酵飼料として独特の風味が加わり、給与対象家畜の嗜好性を高め、採食量が増える効果がある。

(2) サイレージの発酵品質

- サイレージの発酵品質には「原料の水分」と「貯蔵時の環境温度」が大きく影響する。良質なサイレージ調製には原料の水分を 65%程度になるまで予乾（圃場などで天

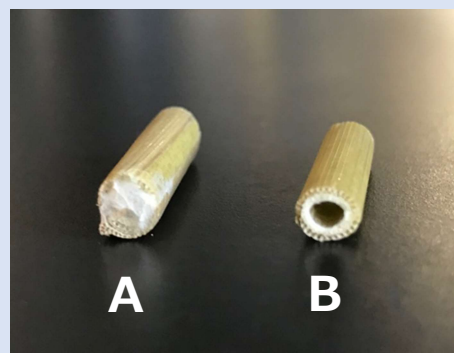
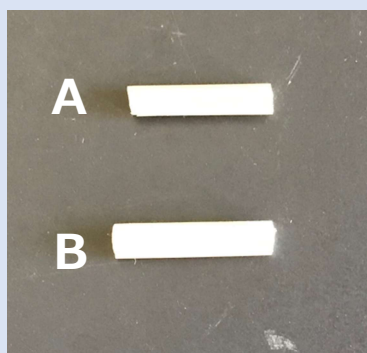
日干しによる乾燥) させてから乳酸発酵させることが望ましいが、日本の湿潤な気象条件や近年頻度が高まっている長雨やゲリラ豪雨などの天候不順により、この水分域になるまで原料を予乾させることができるとは限らない。予乾中に降雨や土砂混入が発生した場合には、高水分条件（75%以上）や有害微生物の混入の要因となり、サイレージ品質の低下に繋がる。また、寒冷地域や高標高地では、晩秋から冬季に外気温の低下に伴って乳酸発酵が不十分となり、サイレージ品質が低下するリスクがある。

- 本手順書で取り上げている極短穂茎葉型品種は、刈り遅れても栄養価の低下が小さいことから、晩秋以降に収穫を行い収穫作業の分散が可能であるが、気温が低下することでサイレージの発酵が緩慢となる場合がある。
- サイレージ発酵中の嫌気条件の確立の観点では、「気密性」も重要である。イネ WCS 調製時には原料を細断して貯蔵するが、これは原料と原料の隙間が密に埋められ残存空気の除去に有利なためである。特に、稲の茎部は強固な空洞構造になっており、高い梱包密度の確保が求められる。また、細断によって切断面から植物体内部に蓄積されている糖分に乳酸菌がアクセスしやすくなる利点もある。以上のことから、微細断収穫機との同時導入により、プラスの相乗効果が得られる。
- 極短穂茎葉型品種は発酵の基質となる糖含量が高いため、従来品種と比べた場合、乳酸含量が高く pH の低いサイレージ調製が可能である。反面、乳酸は酵母の栄養源でもあり、一般のサイレージと比較して開封後に真菌類によって引き起こされる好気的変敗（現場では二次発酵と呼ばれることの方が多い）が発生しやすい欠点もある。高糖分であるがゆえ、発酵に利用されずに“残った”糖分は、開封後に酸素に強い真菌類などの栄養素となりえる。高糖分原料であるトウモロコシを用いて調製される WCS においても、好気的変敗リスクは広く知られており、極短穂茎葉

型品種を用いたイネ WCS でも同様に本変敗を防ぐ必要がある。

参考情報（稲の茎部は強固な中空構造）

稲の茎は強固な“ストロー状”になっているため、内部空間に空気が残留しやすい。茎の切断面や内部に糖分が充実していることから、この部分にカビが発生することがある。以下は、極短穂茎葉型品種を用いた乳酸菌無添加のイネ WCS より採材した茎内部のカビの発生状況である。現場作業では発見が困難であるため、注意が必要である。



写真左 乳酸菌無添加の極短穂茎葉型品種を用いたイネ WCS から茎部をサンプリングし、全体像を撮影。切断長は約 30mm。AB どちらの茎もこの方向からは特に異常は無いように見える。

写真右 左の写真を側面から撮影し、切断面を確認した写真。A の茎には内部に白い糸状のカビが発生している。現場における目視による簡易確認や匂いだけでは発見は困難である。

* 微細断処理（理論切断長 6-11mm）により、本中空構造が破壊される。

- 好気的変敗は従来品種を用いたイネ WCS でも発生するケースもあり、イネ WCS 全体の問題として見過ごせない事態となっている。小規模農家では 1 つのロールベールが数日分の給与量に相当するため、好気的変敗による飼料価値低下や廃棄ロス、生産性・経済性に大きく悪影響を与える。開封後の品質安定性への懸念から、低コストな国産自給粗飼料であるイネ WCS の継続利用を躊躇する場合も

あり、イネ WCS 普及拡大へのボトルネックとなる恐れも懸念された。

参考情報（好気的変敗とは？）

サイロ開封や破損による空気の流入が原因となって、酵母やカビが増殖してサイレージが変敗する現象。サイロ開封後の好気的変敗の主要な原因菌は、サイレージ中で高い増殖能力を有する酵母（低 pH 環境でも生存可能）である。サイロの破損や低気密性により、開封前でも好気的変敗が起こるが、この場合にはカビも主要原因菌となる。これらの原因菌がサイレージ中の乳酸を代謝することによって pH が上昇して変敗が進行し、またそれらの呼吸熱でサイレージの温度も上昇する。

生産者が感じられる「発熱」や「目視によるカビ」以外にも、目に見えないリスクが着々と進行する。変敗部位の pH 上昇にともない、牛の流産や脳炎の原因となり、食肉やナチュラルチーズ中にも移行する

リステリア モノサイトゲネス
Listeria monocytogenes のような病原性細菌がリアルタイムで増殖する（最新農業辞典、農文教、2006 より一部改変引用）

(3) サイレージ添加用乳酸菌の重要性

- サイレージの原料は自然状態でも乳酸菌が共生している。このような共生乳酸菌のみでもサイレージの乳酸発酵はある程度可能であるが、菌数不安定な共生乳酸菌の働きに期待する部分が多く、年次やロットによっては品質が不安定となる場合がある。このため、サイレージ発酵を促進し変敗を防止するため、サイレージ添加用乳酸菌（牛用飼料規格である A 飼料・混合飼料として流通）を添加するのが一般的である。特に稲に共生する微生物は乳酸菌だけではない。むしろ真菌類や有害微

生物の方が数としては優勢である。菌数で劣る乳酸菌が他の微生物に勝って糖分を利用できるとは限らず、商品としてイネ WCS を流通させた場合などに安心・品質・信頼の観点でリスクとなる。

- 日本で流通しているサイレージ添加用乳酸菌には、乳酸発酵初期の速やかな乳酸の産生と pH の低下を引き起こす「ホモ発酵型乳酸菌」と、乳酸の他に酢酸を産生し、酵母やカビの生育を抑制することで、サイレージ開封後の好気的変敗を抑制することを目的に添加される「ヘテロ発酵型乳酸菌」がある。

3. 「畜草 2 号」の導入効果

- 「畜草 2 号」は、乳酸菌ラクトバチルス・ブフネリ(*Lactobacillus buchneri*) IWT192 株を含む乾燥粉末状のサイレージ添加用乳酸菌であり、A 飼料認定がなされている。イネ WCS への「畜草 2 号」の添加は、サイレージ開封による好気的変敗を防ぎ、しかもその効果は既存のサイレージ添加用乳酸菌よりも顕著である。「畜草 2 号」は、温暖条件のみならず寒冷条件にも適応したラクトバチルス・ブフネリを主成分とするサイレージ添加用乳酸菌として唯一の製品である。

参考情報（乳酸菌ラクトバチルス・ブフネリとは？）

ラクトバチルス・ブフネリは乳酸の他に酢酸を産生する「ヘテロ発酵型乳酸菌」である。弱酸である酢酸は、酸性条件下で抗真菌作用を示すことが知られており、乳酸による酸性条件への誘導とこの酢酸の効果が組み合わさることで、変敗防止効果が得られる。「畜草 2 号」の特徴は、低温条件下(4℃)でも発酵が可能なことや、他の同種異株と比べて抗真菌機能に優れる点である。

参考情報（「畜草1号プラス」と「畜草2号」の違いは？）

畜草1号プラスは「ホモ発酵型乳酸菌」を利用

「畜草1号プラス」は、従来品種など茎葉における糖分が少なめの品種向けであり、少ない糖分からでも乳酸発酵を強く促進する2種類の乳酸菌を利用している。降雨が落ち着いたものの、やや水分が高めの状態で収穫せざるを得ない場合や、乳熟期などの早刈りが求められる場合に、酪酸菌の増殖による酪酸発酵を抑制する効果がある。

両乳酸菌の各品種向け用途と機能は以下の表に要約できる。極短穂茎葉型品種の出穂前後の早刈り収穫に「畜草2号」を利用することは、品種の特長も活かさないことから控える。

添加剤名	WCS用イネ品種	
	穂重型品種 茎葉型従来品種	極短穂型 高糖分品種
畜草1号プラス (酪酸発酵抑制)	◎推奨 (水分高め、早刈り)	○利用可 (高糖分品種の早刈りは控える)
畜草2号 (カビ・二次発酵抑制)	○利用可 (黄熟・完熟期、収穫スケジュール後半の気温低下時)	◎推奨 (高糖分品種の早刈りは控える)

(1) 好气的変敗抑制効果

- ロールベールサイレージを用いた実規模発酵試験の結果を以下に紹介する（表5-1）。10月下旬に極短穂茎葉型品種「たちすずか」を微細断処理し、「畜草2号」を添加後、ロールベールサイレージにより冬季を挟んだ6ヶ月間発酵させたイネWCSでは、乳酸菌無添加区や市販乳酸菌B区（同じく好气的変敗抑制効果を示す乳酸菌）と比較して pHがより低下しており、サイレージ開封後5日後の時点においてもpHが低い状態で維持されていた。乳酸、酢酸、1,2プロパンジオールの濃度も同様の傾向を示した。これらはラクトバチルス・ブフネリの発酵産物であり、

カビや酵母の増殖を阻害することが知られている。実際、「畜草2号」区では、サイレージ原物 1 g 当たりのカビ数が、サイレージ開封 5 日後でも検出限界以下であり、酵母の増殖も抑制されていた。無添加区と市販乳酸菌 B 区では、開封 5 日後には発酵産物濃度が大きく減少し、pH が上昇した（表 5-1）。これは好気的変敗の発生を意味しており、サイレージとしては廃棄すべき対象となるが、「畜草2号」区では発酵産物濃度や pH は開封時から安定しており、高品質が維持されていることがわかる。

- 開封後のイネ WCS 品温調査においても、無添加区では開封後 24 時間前後で急激な発熱ピークが検出され廃棄対象となったが、「畜草2号」添加区では発熱が認められなかった（図 5-1）。

表 5-1 極短穂茎葉型イネ WCS の開封後 0 日および 5 日目の発酵品質

		乳酸菌添加区分		市販製剤B		畜草2号			
		開封後日数		0日	5日	0日	5日	0日	5日
pH				4.06	5.69	4.01	4.99	3.85	3.88
発酵産物濃度 (%)	乳酸	1.69	0.62	1.81	0.81	2.17	2.20		
	酢酸	0.34	0.11	0.51	0.07	0.84	0.79		
	エタノール	0.68	0.06	0.63	0.39	0.57	0.50		
	1,2PD	0.03	0.02	0.14	0.14	0.29	0.30		
微生物数 (log cfu/g 原物)	乳酸菌	8.75	10.3	9.26	10.1	9.34	9.56		
	カビ	4.43	7.22	2.74	5.98	nd	nd		
	酵母	6.22	9.73	5.98	9.67	nd	5.97		
	好気性細菌	5.57	6.84	5.99	9.19	5.67	5.67		
	大腸菌群	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	バチルス	5.00	5.69	5.07	7.71	4.75	4.65		
	クロストリジア	5.24	4.52	5.26	4.91	5.13	4.51		

ロールラップサイロ：10月調整・翌年4月開封、n=3、開封後：非密封状態で保管(22~25℃)、

nd:未検出、cfu：コロニー形成単位、1,2PD：1,2プロパンジオール、市販製品B：ヘテロ発酵型・トウモロコシWCS用

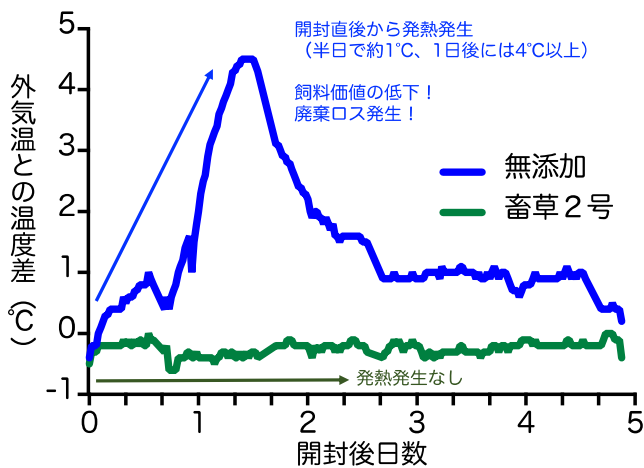


図 5-1 ロールベール貯蔵体系における開封後の無添加および「畜草 2号」添加たちすずかイネ WCS の品温変化

外気温は約 22℃。広島県立総合技術研究所において分析。無添加区では半日で約 1℃、1 日後には 4℃の急激な温度上昇を検出し、好気的変敗が発生した。「畜草 2号」区では、試験期間中の 5 日間発熱は検出されず。

参考情報（カビだけではなく栄養ロスも）

トウモロコシ WCS における好気的変敗の事例

サイレージを家畜に給与する場合、変敗の恐れが少ない輸入乾草との扱いやすさの差が普及には大きな壁となる。著しい発熱は好気的変敗の結果として最終感知できるものであり、開封直後から酵母やカビによるエネルギー損失に繋がる代謝活動はリアルタイムで進行すると考えられる。多忙な畜産農家の日々の給餌作業において、好気的変敗を完全に把握し善処できるとは言い切れず、予防策は必要と考えられる。

同じく好気的変敗の発生リスクの高いトウモロコシ WCS の場合、粗タンパク質 4.8%、粗脂肪 8.5%、非繊維性炭水化物 22.1%の栄養素が好気的変敗により消失することが報告されている（本間ら、2017）。仮に変敗の発生に気がつかずに給餌した場合、飼料設計通りの栄養素が家畜に届かない恐れがある。

(2) カビ発生防止効果

事例 1

- 「たちすずか」を原料とし、「畜草 2 号」を添加後 8 ヶ月間発酵させた WCS において、カビ発生部位が WCS 全体に占める割合（重量比）を評価した（表 5-2）。
「畜草 2 号」を添加した WCS では、カビ発生部位が皆無であった。これに対し、乳酸菌無添加や市販乳酸菌製剤 B を添加した WCS は、最大数%のカビ発生が生じた。このカビの発生はロールベール内部に散在して認められ、現場作業において発見除去が困難であった。1 つ 1 つのロールベールを入念に確認する作業や除去する手間が発生し、この業務に携わる人手や人件費の発生も問題となった。

表 5-2 極短穂茎葉型イネ WCS のカビ発生率

	無添加	市販製剤B	畜草2号
カビ発生率(%)	2.74	0.46	0.00

事例 2

- 広島県内の生産農家において、実際の営農活動の条件下で「たちすずか」を 10 月収穫（通常の収穫最盛期にあたる）してロールベール体系でサイレージ調製した（図 5-2）。従来のコンバイン型専用収穫機を用いて乳酸菌無添加で調製したイネ WCS のカビ廃棄率は 8.5%であった（表 5-3）。また、微細断収穫機を用いて乳酸菌無添加で調製したイネ WCS のカビ廃棄率は 4.0%であり（表 5-3）、コンバイン式専用収穫機による調製区（図 5-2 の B、C）と同様、ロールベール内部に局所的に散在して発生していた。カビ除去の手間、廃棄物の処理、廃棄分を補填する輸入乾草の別途購入費用、カビ汚染部が給与され家畜の生産性に悪影響が及ぶリスクを考えると、営農活動上大きな懸念が示された。

表 5-3 広島県内での「たちすずか」イネ WCS の現地調査におけるカビ廃棄率

調製方法	従来専用収穫機 乳酸菌無添加 (対照区) N=27	微細断収穫機 乳酸菌無添加 N=20	微細断収穫機 畜草 2 号 N=29
カビ廃棄率* (%原物)	8.5%	4.0%	0.5%

*カビ廃棄率は「実際の営農現場の調製・流通・保管環境」で試験

*カビ廃棄率 (%) = 全試験ロール中のカビ発生部位の重量 / 全試験ロール重量

*「微細断・畜草 2 号」区で認められたカビ廃棄は、主にネズミやカラスによる獣害が要因であった（対照区のような発酵不良によるカビ発生メカニズムとは異なる）。

*営農現場でのデータのため、収穫機のカッターのメンテナンスが不十分だった可能性もある。

- 一方、「畜草 2 号」添加の場合のカビ廃棄率は 0.5%であった。このカビ発生の原因は、ロールバールを暗いストックヤード内で密に配置保管したことにより（**図 5-2 の A**）、一部のロットでネズミやカラスによる獣害が発生し、ロールバールを包むラップフィルムが破損したことによるものであり、他区のようなロールバール内部のカビ発生は認められなかった（ロールバールの間隔を開けて見通しの良い所で保管するなど、獣害への対策は別途必要である）。
- 3つの技術である「極短穂茎葉型品種」・「微細断収穫機」・「畜草 2 号」の活用により、カビ廃棄率を従来技術比で最大約 1/17 に低減することができた（広島県立総合技術研究所畜産技術センター提供データ）。



図 5-2 広島県内での「たちすずか」イネ WCS の現地調査結果

(A) 生産農家のストックヤードとイネ WCS 保管状況。(B) 従来コンバイン式専用収穫機を用いて乳酸菌無添加（対照区）で調製したイネ WCS 内部から発見されたカビの塊。(C) 対照区のカビの発生状況。ロールベール内部に局所的に散在して存在していた。

(3) 高品質バンカーサイロ調製への利用

1). バンカーサイロの特徴

- 大規模畜産農家でサイレージを利用する場合、消耗資材やコスト低減に繋がるバンカーサイロ（両サイドに壁を設けてその間にサイレージ原料を詰め込み、ローダなどで踏圧後、上部をシートで覆って貯蔵する水平型サイロ：図 5-3）貯蔵体系が有効であり、仮設（木製の壁など）により比較的安価に導入することも可能である。



図 5-3 北海道十勝地域のバンカーサイロ

- バンカーサイロは、主に北海道における大規模な牧草やトウモロコシサイレージ調製に利用される貯蔵体系であり、作業規模・労働力・コストを考慮した場合にメリットが高い場合がある。バンカーサイロはロールベールサイレージと比較して、気密性に乏しく、長期間の取出しによる好気的変敗を招きやすいため、微細断により詰込密度を十分に高めると同時に、好気的変敗対策としてサイレージ添加用乳酸菌などを活用することが重要である。

2). バンカーサイロのイネ WCS の問題点と解決の道

- しかし、イネの場合は茎部が強固な中空構造であるため高密度貯蔵が難しいことや、従来品種の場合には糖含量が少なくサイレージ発酵が進みにくいことから、イネ WCS をバンカーサイロで調製することは困難とされてきた。ところが、「極短穂茎葉型品種」・「微細断収穫機」・「畜草 2 号」の 3 つの技術要素が確立され、極短穂茎葉型品種を活用したイネ WCS の低コスト調製・貯蔵への道が開けてきた。ここでは、広島県立総合技術研究所畜産技術センターや農研機構西日本農業研究センターが中心となって実施した「畜草 2 号」を活用したイネ WCS のバンカーサイロ貯蔵体系について紹介する。

3). イネ WCS のバンカーサイロでの貯蔵結果（広島県）

- 微細断収穫機を用いた「畜草 2 号」添加区と無添加区の「たちすずか」イネ WCS のバンカーサイロを調製し、約 1 年間貯蔵した。調製翌年の 9 月に開封利用を開始し、毎日 20cm ずつ取出しを行った。長期保存を経て開封した直後の両区とも発酵品質は良好であり、「たちすずか」イネ WCS の優れた発酵特性や微細断収穫機による高品質化の高い技術的達成度が認められた。

- 無添加区では開封後 1 週間程度で品温が徐々に上昇し、3 週間後には顕著な発熱検出とともに品質が著しく低下して、大量廃棄ロスを生じる結果となった。これに対し、「畜草 2 号」添加区では品温の上昇は認められず、最後まで高品質のイネ WCS を利用可能であった（**図 5-4**）。
- 以上の結果は、3 つの技術要素のマッチングによって、イネ WCS の調製・貯蔵体系に新たな選択肢を提示するものであり、イネ WCS 調製の大規模化や低コスト化に貢献するものと期待された。

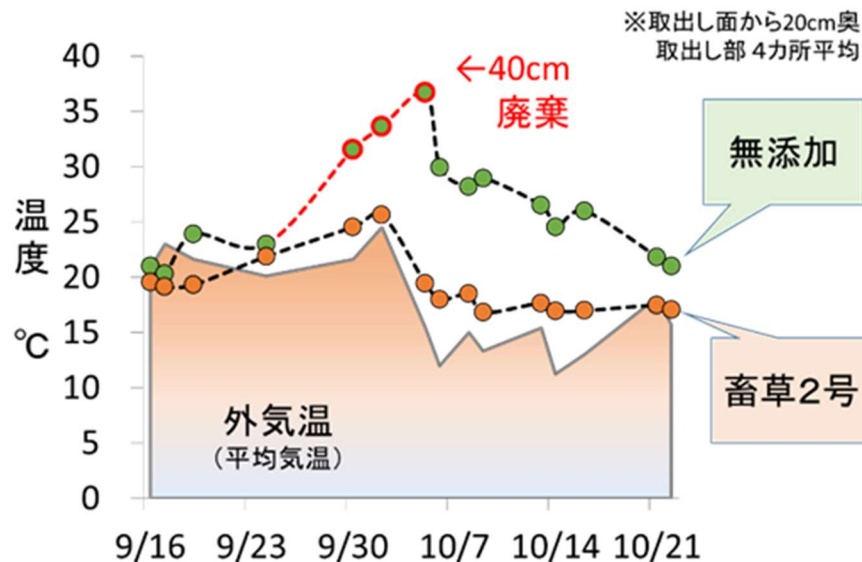


図 5-4 バンカーサイロ貯蔵体系における開封後の無添加及び畜草 2 号添加「たちすずか」イネ WCS の品温変化

無添加区では、開封後 1 週間程度で品温上昇が認められ、大量の廃棄ロスが発生した。一方、畜草 2 号区では、品温の上昇が認められず最後まで高品質に利用可能であった。広島県立総合技術研究所において分析。

(4) 「畜草 2 号」添加イネ WCS を混合した完全混合飼料 TMR の変敗抑制

1). TMR (完全混合飼料) とは

- Total mixed ration (TMR) は、イネ WCS、食品副産物、地域飼料資源などを予め混合調製して一括給与する混合飼料であり、給与の省力化や選び食いの防止にもなる。TMR には発酵後に利用するタイプ (発酵 TMR) とそのまま当日牛に給与するタイプ (フレッシュ TMR) がある。

2). フレッシュ TMR の概要、特徴

- フレッシュ TMR には、発酵 TMR と比較して発熱などの好気的変敗を生じやすいデメリットがある。特に気温の高い夏場において、当日の朝に調製・給与したフレッシュ TMR が夕方には飼槽の中で変敗していることも珍しくない。フレッシュ TMR の好気的変敗は、栄養価の低下に加えて嗜好性悪化による飼料摂取量低下の原因にもなり、著しい生産性の低下による農家現場における被害は計り知れない。このため、フレッシュ TMR 体系の農家では、朝夕の 1 日 2 回、フレッシュ TMR を調製せざるを得ず、調製作業の負担が大きい。仮にフレッシュ TMR の変敗抑制が達成されれば、現場レベルでの調製作業の回数低減などに繋がり、極めてメリットが高いと考えられる。

3). イネ WCS を混合した TMR での変敗抑制効果

- 広島県立総合技術研究所の調査によると、イネ WCS を粗飼料源とするフレッシュ TMR 体系の農家は数多く存在し、フレッシュ TMR に乾物ベースで約 23% の極短穂茎葉型品種イネ WCS を混合するようなイネ WCS 利用度の高い農家も存在する。

- 「たちすずか」イネ WCS 単体において、「畜草 2 号」による開封後の好気的変敗抑制効果が認められたことから着想をえて、フレッシュ TMR に混合する「たちすずか」イネ WCS に「畜草 2 号」を添加して調製したものをを用いて、フレッシュ TMR における好気的変敗抑制効果を検証した。
- 同研究所により、一般的な配合飼料を乾物ベースで約 7 割、「畜草 2 号」を添加した「たちすずか」イネ WCS を約 3 割混合したフレッシュ TMR は、無添加や市販乳酸菌製剤 B を添加した「たちすずか」イネ WCS を用いた時よりも、外気温約 25℃で 5 日間好气的放置した状態でもほとんど発熱しない結果が得られた (図 5-5)。
- 注目すべき点として、本結果はイネ WCS を活用したフレッシュ TMR 調製時に、「畜草 2 号」を添加して混合調製することにより得られたものではなく、「畜草 2 号」添加「たちすずか」イネ WCS の二次利用によるものであり、再度フレッシュ TMR 調製時に「畜草 2 号」の添加はなされていない。
- 「畜草 2 号」を添加して調製したイネ WCS に含まれる抗菌性の高い発酵産物や、イネ WCS 発酵後にも生存していた「畜草 2 号」乳酸菌がフレッシュ TMR 中にも移行することによる継続効果と推察される。「畜草 2 号」の有益な効果は、イネ WCS だけではなく次のステップの TMR にまで及ぶ。

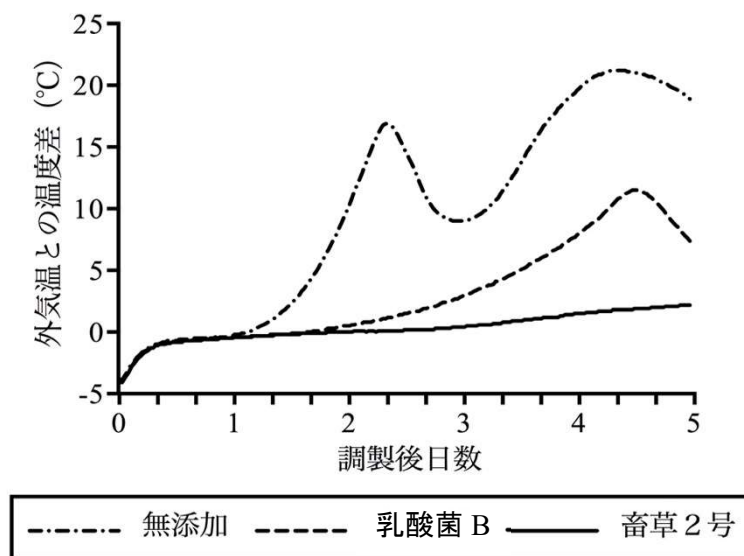


図 5-5 「たちすずか」イネ WCS を活用したフレッシュ TMR の品温変化

「たちすずか」イネ WCS を無添加区、乳酸菌 B 添加区、畜草 2 号添加区を設定して調製し、開封後にフレッシュ TMR として混合調製し好氣的放置した。外気温は約 22℃。畜草 2 号区の品温変化が最も緩やかである。広島県立総合技術研究所において分析。

4. 「畜草 2 号」の使用方法

- 「畜草 2 号」は、直射日光や高温多湿を避けて保管する。
- 使用に際してはサイレージの原料 10 トンあたり製品 50g を、ポリタンクなどの容器中で 10～20 リットルの水に溶解して十分に攪拌する。原料に対して均一に添加されるようスプレー添加装置やジョウロを用いて添加する。
- 「畜草 2 号」は水に溶解すると薄黄色の溶液となり、均一攪拌の様子^{かくはん}が視認しやすく、白色ポリタンク中で残量確認がしやすい。溶かした溶液は使い切りが望ましい。バンカーサイロ調製体系、ロールベール調製体系のいずれの形態のサイレージ調製にも利用可能である。

5. 「畜草 2 号」の普及事例

(1) 栃木県の A コントラクターとその利用農家の事例

栃木県の耕畜連携事例(コントラクター)



①H15年よりイネWCSの取り組み開始
(約34-35ha)。代表は畜産経営。

②食用品種の利用で経営難に。面積激減。
「たちすずか」を導入。

③寒冷期の品質改善等のため畜草2号を
全面積導入(約15ha)。

④近隣の酪農家や和牛一貫経営の農家へ
納品。高品質により高い評価を獲得。



『イネWCSと言うより「たちすずか」WCSを作っている』
『「品種」だけでなく「品質」で選ばれる時代が必ず来る』

- ①約180頭の和牛繁殖・肥育一貫経営。
- ②100%購入飼料を利用。経営上、飼料の品質を最重要視。『粗飼料が基本』
- ③**畜草2号添加たちすずかWCSを導入。**繁殖牛に**フレッシュTMR**として給与。
- ④価格メリットもあるが、**嗜好性が良好。**
- ⑤分娩後の状態良。子牛の下痢改善。
- ⑥受胎率維持・向上など生産性も良好。



畜草2号添加たちすずかイネWCSの購入量を増やす予定

- ・前ページの事例はH28年産の「畜草2号」添加「たちすずか」イネWCS導入による情勢。
- ・H29年産についても、継続的に普及活動や現地調査を実施。

1) 和牛繁殖・肥育一貫経営農家では、H28年産の在庫が無くなり、従来使用していた輸入乾草（60円/kg以上のプレミアム品）に切り替え。その結果、牛の採食量が悪化し生産性が悪化。H29年産のイネWCSの早期納品の強い要望がなされた。**輸入乾草からの代替が進み飼料費の削減に成功。「高品質」で選ばれている。**

2) コントラクターでは、H29年度も「畜草2号」添加「たちすずか」イネWCSを調製。H28年産は約800ロールを畜産農家に納品したが、H29年産は納品できる限界の約900ロールを納品し、H30年2月現在で在庫ゼロを早々に達成。**以前、在庫で苦しんだ時代から大きな改善。受注量が増加し売上アップ。H29年産も品質良好。**

(2) 群馬県のイネ WCS 生産組合とその利用農家の事例

群馬県の耕畜連携事例（失敗から成功へ） 農研機構

- ・ 2008年に耕種農家A・酪農家B・集落営農Cの3者で生産組合を設立。
- ・ 収穫機を導入してイネWCS生産を開始。
- ・ 稲麦二毛作地帯の麦作適地であり、畜産も盛んである。

H28年度に生産組合が調製した「夢あおば」、「たちすずか」イネWCSの品質不良により、酪農家Bの飼養頭数や乳量が減少。数百個のロールペールが廃棄処分となり、酪農家Bが本損害を被る事になる。

H29年度には約9ha相当の「畜草2号」添加「たちすずか」イネWCSの導入や「夢あおば」イネWCSの調製最適化により、生産性を大幅に回復した。生産組合はH29年度より「つきすずか」の試験栽培を開始しており、手応えを感じている。

最近、酪農家Bは、乳脂肪分数値の高傾向と乳質への良い影響を感じている。牧場訪問者に試飲してもらった所、コクがあるがくどくない飲みやすい牛乳であるとの評価が得られ、理想とする生産物に近づいている。六次産業化を目指して「食育」や「チーズ製造事業」への意欲をもっているが、このような良質な生乳を活用できることに大きなメリットを感じている。



(3) 高知県の地域農協におけるコントラクターの事例

高知県の地域農協事業（コントラクター） 農研機構

①約40haのほぼ全てで高糖分イネWCSを調製（たちすずか、つきすずか、あちあやか）

②品質改善等のため畜草2号を全面積導入。大きなクレームなく品質安定。

③納品先は和牛肥育・繁殖農家がメイン。一部、酪農家にも納品。

④畜産農家の飼養頭数は約10-300頭であり、大中小規模農家すべてに対応。

- ・ 小規模農家→平均0.2ロール/日（使い切りまで数日かかる）
- ・ 大規模農家→平均2.2ロール/日（飼料設計によっては翌日持ち越し）



納品先の畜産農家の飼養頭数の大小に対応し、イネWCSのコントラクター事業を安定経営

(4) 栃木県の「株式会社那須の農」の事例

農林水産省・稲 WCS の生産・給与の取組事例（令和元年 8 月）より引用・一部改変

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-602.pdf



【酪農】（栃木県（株）那須の農）

- 栃木県的那須地域（大田原市・那須塩原市・那須町）は、県内有数の畜産地帯であるとともに、広大な水田地帯において米麦などの土地利用型作物や飼料作物の生産が盛んに行われている。
- 畜産農家における、経営規模拡大による飼料生産労働力不足及び輸入飼料価格高騰によるコスト増大等の課題を解決するため、地域の酪農家を中心となり粗飼料生産・堆肥利用コントラクターとして「（株）那須の農」を設立（平成19年）。
- 作業受託面積は年々増加し、平成30年度の受託面積は、101haであり、約 8,300 個のロール（約300kg/個）を生産。


生産の取組

【株式会社 那須の農】


- 収穫作業受託面積
・平成19年度 37 ha → 平成30年度 101 ha
- 生産体系
・WCS用稲を作付けする耕種農家と収穫作業受託の契約を結んでいる。
（栽培管理は耕種農家が実施）
- ・収穫・調製は、コンバイン型専用収穫機又は汎用収穫機で実施。
- ・収穫時に乳酸菌を添加。
- ・収穫した稲WCSを耕種農家から買い取り、酪農協を通し、酪農家へ販売・供給。
- ・耕畜連携の一環として、地域の酪農家が生産した堆肥の散布作業を受託。


稲WCSの供給



購入代金
（酪農協経由）



**畜草2号
利用実績
あり**





家畜への給与

- 供給農家
・平成30年度 25 戸（酪農家）

【供給先農家事例：（有）那須岡田牧場】

- 飼養頭数：640頭
（搾乳牛290頭、乾乳牛70頭、育成牛280頭）
- 給与量例：7kg/日/頭（搾乳牛）
- （株）那須の農設立当初から、飼料費削減の取組の一環として稲WCSを利用。
- 堆肥の利活用などの耕畜連携を推進。

10

(5) 石川県の「株式会社有機センター白山」の事例

農林水産省・稲 WCS の生産・給与の取組事例（令和元年 8 月）より引用・一部改変

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-602.pdf

【酪農】（石川県（株）有機センター白山）


- （株）有機センター白山は、堆肥の製造・販売を行う会社であったが、近年の輸入粗飼料の高騰で酪農経営が圧迫される中、自給飼料をより有効活用したいという生産者の想いを踏まえ、平成25年にコントラクター部門を設立。
- JA松任管内の交流のあった耕種農家と連携し、作付けを耕種農家、刈り取りを有機センター白山と分業化し、稲WCSを生産。生産された稲WCSは自社で保有する10t車で県内7戸の畜産農家等に運搬。
- 利用する畜産農家では、輸入粗飼料の一部代替として利用することで、飼料コストを約2割減少させる効果が見られた。

生産の取組


【（株）有機センター白山】

- 作付面積
平成25年 10ha → 平成30年 44 ha
- 作付品種（平成30年度）
ゆめみづほ（石川県の早生品種）、コシヒカリ
- 生産体系
平成25年に細断型専用収穫機を導入。
乳酸菌の添加、土砂混入を防ぐための高刈りの実施などで品質の安定を実現。
刈り取ったほ場に堆肥をまくことで、資源循環型農業にも取り組む。


**畜草2号
利用実績
あり**



稲WCSの供給




購入代金



家畜への給与

【県内7戸の畜産農家等へ給与】

- 畜種
酪農家6戸 公共育成牧場1か所
- 給与量（平成30年度）
970t/年
- 給与体系（給与農家の一例）
平成25年から、搾乳に給与する購入スーダン乾草の一部代替と乾乳期に給与を実践している。
- 給与効果（給与農家の一例）
高騰する輸入粗飼料の一部代替として利用することにより、飼料コストを約2割減少。



14

(6) 福井県の「3らいず」の事例

農林水産省・稲 WCS の生産・給与の取組事例（令和元年 8 月）より引用・一部改変

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-602.pdf

【酪農】（福井県 3らいず）

- 3らいずは、大区画整備を契機に3集落にまたがる広域営農組織として平成17年度に結成。平成19年度から稲WCS生産の取組を開始。牛ふん堆肥を稲WCS生産ほ場へ還元しており、耕畜連携による資源循環型農業を推進。
- 当初は、生産した稲WCSの品質が悪くクレームもあったが、収穫・調製作業、品種選定などについて試行錯誤を繰り返した結果、現在は、奥越地区（大野市・勝山市）管内5戸の酪農家、県営公共牧場へ供給し、乳牛の嗜好性もよく好評を得ている。また、年2回、酪農家との打合せを実施。意見交換に基づく改善を行い、高品質な稲WCS生産に努める。
- 利用する酪農家では、購入乾草と比べ約5割コストを減少させる効果が見られた。
- 管内の乳牛の飼養頭数が漸減しており、供給先の確保が課題。



16

VI. 技術の導入手順

1. 極短穂茎葉型品種

- 種子は、①～④のいずれかの方法により入手可能。

① 一般社団法人日本草地畜産種子協会

<http://souchi.lin.gr.jp/seed/10.php>

→各県の耕畜連携協議会などが希望品種の必要量をとりまとめて上記入手先に申し込む。

→必要量を確保するには、概ね作付けの前年末までに申込みが必要。

→販売単価（令和3年6月現在、送料別途、数量割引・請求先とりまとめ割引・年会費会員割引有）

「つきはやか」 1,540 円/kg（税込み）

「たちあやか」 1,540 円/kg（税込み）

「つきあやか」 1,540 円/kg（税込み）

「たちすずか」 1,320 円/kg（税込み）

「つきすずか」 1,320 円/kg（税込み）

「つきことか」 1,540 円/kg（税込み）

②各許諾先に直接問い合わせ

http://www.naro.go.jp/collab/breed/seeds_list/index.html

→上記 URL 先より、入手したい品種を検索する。各許諾締結機関に購入条件などを問い合わせ。

③農研機構と利用許諾契約を締結

<http://www.naro.go.jp/laboratory/warc/inquiry/index.html>

→上記 URL 先のお問い合わせフォームから問い合わせ。

→種苗法上例外が認められているもの以外が種子生産を行う場合には、農研機構との利用許諾契約が必要。

④各都道府県の普及所などの行政窓口にお問い合わせ

→各県の耕畜連携協議会などが種子の生産・流通・販売を担っている場合も有。

2. 微細断収穫機

販売：（株）タカキタ（共同開発：農研機構）

<http://www.takakita-net.co.jp>

上記入手先に問い合わせ。

「ワゴンタイプ SMW5200」 参考価格 約 1,800 万円＋税

「ロールベアラタイプ SMR1020」 参考価格 約 2,200 万円＋税

3. サイレージ添加用乳酸菌「畜草 2 号」

販売：雪印種苗（株）（共同開発：農研機構・広島県・雪印種苗（株））

<https://www.snowseed.co.jp>

上記入手先に問い合わせ。

希望小売価格 7,000 円＋税（1 袋 50g、原料 10 トン用）。

コストは約 0.7 円/kg 原料（税抜）。

「畜草 2 号」に関する特許は、農研機構・広島県・雪印種苗（株）の三者が共同で出願中である。（遠野雅徳、河野幸雄、福馬敬紘、北村 亨、本間 満、「新

規飼料添加用乳酸菌」、特開 2017-118868、2017 年)

参考情報（種子代が高いデメリットを高収量で解消）

耕種農家側から「極短穂茎葉型品種の種子代が高い」という懸念を受けることがある。この場合、単価あたりの種子代だけに着目せずに、最終的な稲生産物の収益を含めたトータルメリットの視点が大切である。一例として、極短穂茎葉型品種「つきすずか」と食用品種の代表格「コシヒカリ」をイネ WCS 用向けに生産している場合で比較した。種子代が高いというデメリットを上回る高収量のメリットにより、「種子代が高いけれども高収量で収益を確保できる」

Q:種子代は高いから損するの？ A:多くの稲生産物収入があるので損しません。	極短穂茎葉型品種 つきすずか等	一般食用品種 コシヒカリ等
種子代（円/10a） *播種量を4kg/10aとして試算。割引・諸経費含む。 *千田・恒川、水田飼料作経営成立の可能性と条件、農業経営研究（2015）を参照。	5,000	> 2,000
肥料・農薬費（円/10a） *上記の千田・恒川（2015）を参照。	23,300	> 21,900
種苗・肥料・農薬費用計（円/10a） *上記の千田・恒川（2015）を参照。	①28,300	> ②23,900
A)極短穂茎葉型品種の方が4,400円（円/10a）支出（種子代等）が多い（①-②）		
一般的なロールペール出来高数（個/10a） *約300kg/個、水分約65%のモデルケース。 *広島・栃木・山形県生産者調査（2019、遠野）、農研機構栽培試験実績（2019、中込）による。	8~11	> 5~6
原物収量（kg/10a） *約300kg/個、水分約65%のモデルケース。	2,400~3,300	> 1,500~1,800
③WCS調製資材費（円/ロール） *700円/ロールで試算。	5,600~7,700	> 3,500~4,200
④稲生産物の原物収入（円/10a） *コントラクターが耕種農家から原物11円/kgで購入する場合。	26,400~36,300	> 16,500~19,800
④原物収入-③資材費	⑤20,800~28,600	> ⑥13,000~15,600
B)極短穂茎葉型品種の方が5,200~15,600（円/10a）収入（生産物）が多い（⑤-⑥）		
A)B)より、「つきすずか」生産の方が、800~11,200（円/10a）収益が多い試算となります。所得平均は38,083円/10a*なので、この収益は所得平均の2.1~29%に相当します。 *全国平均値（2017農林水産省生産費調査より）		

という発想も生まれる。これらの高収量を確保するためにも、コストの安い堆肥の多施用による収量アップや、収量減に繋がる早刈りはしない（収穫開始は出穂から約 30 日以降を目安に）などの注意が必要である。

参考資料

1. 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル第 6 版（一般社団法人日本草地畜産種子協会刊、2014 年 12 月）
http://souchi.lin.gr.jp/skill/pdf/manual_vol6.pdf からダウンロード可能
2. 画期的 WCS 用稲「たちすずか」の特性を活かした低コスト微細断収穫調製・給与マニュアル（農研機構西日本農業研究センター刊、2016 年 2 月）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/121183.html からダウンロード可能
3. 高糖分飼料イネ「たちすずか」栽培技術マニュアル（農研機構西日本農業研究センター刊、2013 年 10 月）
4. 平成 28 年度自給飼料利用研究会資料「高糖分 WCS 用稲品種向け添加剤「畜草 2 号」の開発」（農研機構 畜産研究部門刊、2016 年 12 月）
http://www.naro.go.jp/laboratory/nilgs/kenkyukai/files/jikyushiryoriyo2016_koen08.pdf からダウンロード可能
5. 遠野雅徳ら 特開 2017-118868 「新規飼料添加用乳酸菌」2017 年 7 月 6 日公開

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 畜産研究部門 研究推進室 029-838-8618

nilgspl@naro.affrc.go.jp

農研機構 西日本農業研究センター 事業化推進室 084-923-5231

w-renkei@ml.affrc.go.jp

農研機構 九州沖縄農業研究センター 事業化推進室 096-242-7555

q_jigyo@ml.affrc.go.jp



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。