



国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構

NARO

農研機構技報

NARO Technical Report

No. 9
/ Jun. / 2021

特集

防ぐ



DEFENSE



Message

農研機構 第5期中長期計画の開始にあたり

Topics

農研機構の
新しい組織について

History

温故知新



わが国の農業・食品産業の あるべき姿の実現に向けてイノベーションを創出

組織目標

食料自給力向上と食料安全保障

農産物・食品の産業競争力強化と輸出拡大

生産性向上と環境

みどりの食料システム戦略

2050年までに目指す姿

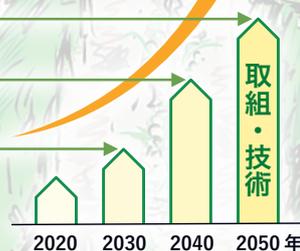
1. 農林水産業のCO₂ゼロエミッション化の実現
2. 化学農薬の使用量をリスク換算で50%低減
3. 輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%低減
4. 耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を25% (100万ha) に拡大
5. 2030年までに食品製造業の労働生産性を最低3割向上
6. 2030年までに食品企業における持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現を目指す
7. エリートツリー等を林業用苗木の9割以上に拡大
8. ニホンウナギ、クロマグロ等の養殖において人工種苗比率100%を実現

ゼロエミッション
持続的発展

革新的技術・生産体系の速やかな社会実装

革新的技術・生産体系を順次開発

開発されつつある技術の社会実装



出典「みどりの食料システム戦略」農林水産省ホームページより

保全の両立



04 農研機構 第5期中長期計画の開始にあたり
理事長 久間 和生

06 特集「防ぐI」

07 特集によせて
理事 中島 隆

08 ① 土壌改良資材の施用を基本とした
イネ稲こうじ病の防除技術
芦澤 武人

12 ② 果樹病虫害防除の新IPM体系 —〈w天〉防除体系
外山 晶敏 岸本 英成

16 ③ 新規土壌還元消毒を主体とした
トマト地下部病虫害防除体系
川部 眞登 中保 一浩

20 ④ 水稻のフェーン被害予測による
乳白粒の発生抑制を目指して
柴田 昇平

24 ⑤ 農業生産と地域減災活動を両立する
手軽で安全な「田んぼダム」による豪雨対策
北川 巖

28 ⑥ ため池の決壊から人的被害を防ぐための
「ため池防災支援システム」
堀 俊和

32 ⑦ 実効性のある安全対策をサポートする
農作業事故事例検索システム
積 栄 皆川 啓子 紺屋 朋子

<トピックス>

36 ▶ 農研機構の新しい組織について
理事 白谷 栄作

38 温故知新



農研機構

第5期中長期計画の開始にあたり

わが国の農業と食品産業を支える 農研機構を目指して

理事長 久間 和生

KYUMA Kazuo



農業・食品産業を取り巻く状況は大きく変化しています。新型コロナウイルスのパンデミックによりフードチェーンの脆弱さが露呈し、食料安全保障の重要性が再認識されました。また、担い手不足、地域社会の衰退、自然災害の頻発、地球温暖化の進行などへの対応も急務です。一方、世界に目を向けると、大幅な人口増加に伴ってグローバル食料市場が拡大すると予測されており、今まさに「農産物・食品の輸出を拡大する大きなビジネスチャンス」を迎えています。

私は、農業・食品産業は、「伸びしろの大きな成長産業」で、地方創生を促進するとともに、わが国の経済成長に貢献すると考えています。また、農業・畜産・土地由来の温室効果ガス排出量は、世界では全体の24%にも達しており、農作物・食品の生産性向上と温室効果ガス排出削減を両立することが重要課題となっています。そこで、2018年4月の理事長就任以来、農業・食品分野における「Society 5.0」の実現によって、

-
- ①「食料自給率向上と食料安全保障」
 - ②「農産物・食品の産業競争力強化と輸出拡大」
 - ③「生産性向上と環境保全の両立」
-

に貢献することを、農研機構の目標として掲げてきました。

また、研究開発戦略、成果の実用化、組織連携、人工知能などのICTの導入、知財・国際標準化、広報、人材育成などの様々な面から改革し、例えば、農業研究とAI研究の融合、民間などとの共同研究、研究成果の普及などを拡大しました。



2021年4月からは、新たに策定した第5期中長期計画の組織や運営方法によって、農業・食品分野における「Society 5.0」実現に向けた研究開発を加速します。具体的には、「アグリ・フードビジネス」、「スマート生産システム」、「アグリバイオシステム」、「ロボラスト農業システム」の4つの柱を立てて、研究開発を推進します。また、基盤技術研究本部を創設し、AI、ロボティクス、バイオテクノロジー、精密分析などの研究基盤技術、統合データベースや遺伝資源などの共通基盤を強化して、農研機構全体、ひいてはわが国全体の研究開発力向上を図ります。

本誌では、農研機構が生み出した研究開発成果を利用者となり得る皆様に届けるために必要な情報を掲載します。農研機構の技術を導入することで、皆様との間に連携の輪を構築し、新事業の展開、生産性の向上、経営改善などにつながることを願っています。

農研機構は、第5期中長期計画において、出口戦略を明確にして、基礎から実用化までのそれぞれのステージで、切れ目無く一流の成果を創出する「世界に冠たる一流の研究組織」になることを目指します。関係機関の皆様には、絶大なご支援・ご協力をお願いします。

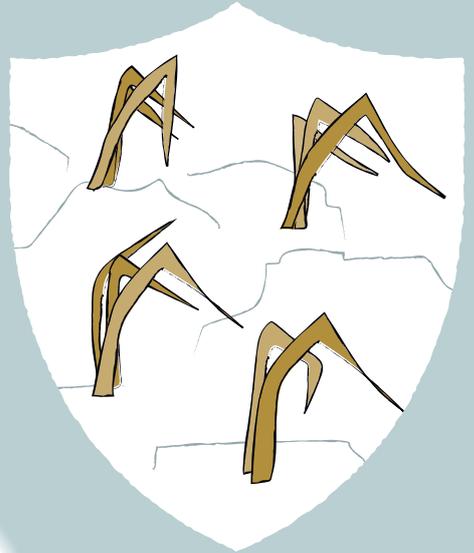
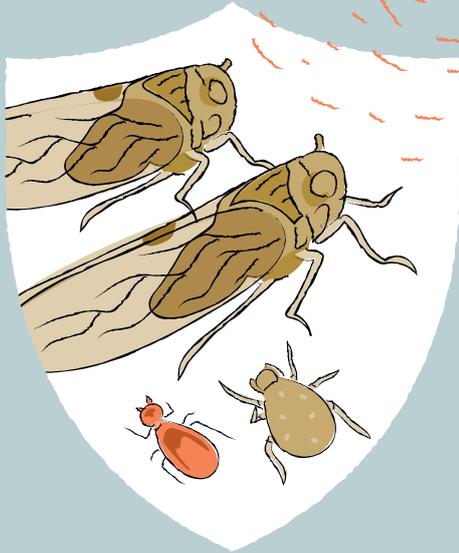


Society 5.0で
実現する社会

第6期科学技術・イノベーション基本計画

出典：内閣府ホーム > 内閣府の政策 > 科学技術・イノベーション
URL：<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain.html>





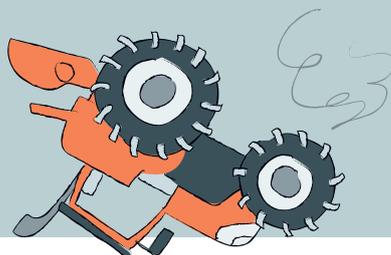
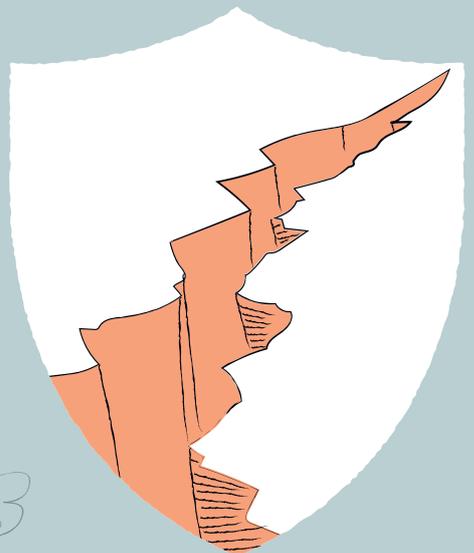
特集

防ぐ



DEFENSE

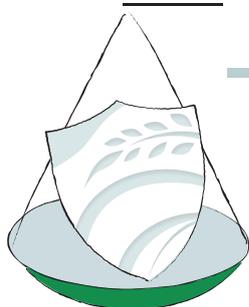
攻める研究と防ぐ研究で農業・食料の未来を確かなものに



DEFENSE

ATTACK

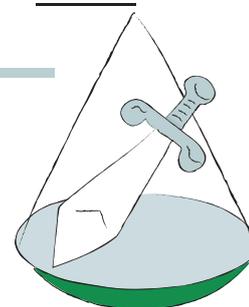
防御なくして攻撃なし



理事(研究推進IV担当)

中島 隆

NAKAJIMA Takashi



農業研究には本誌で今まで特集してきたスマート農業や品種開発のように、収穫量の増大や品質の向上を目指す「攻める」研究がある一方、病虫害・高温障害・豪雨・地震や農作業事故などの災害を防ぎ、農業者・作物やインフラを守るための「防ぐ」研究も存在します。農研機構では両者のバランスをとって研究を推進していますが、本特集では、「防ぐ」研究にフォーカスして、その意義や研究成果を紹介します。

世界人口は増加し続け、世界規模での食料不足が懸念されています。同時に利用可能な耕作地は減少しつつあり、人間の活動によって地球環境は大きな負荷を受けています。しかしながら、地球上で生産可能な食料の約3分の1が病虫害・雑草などによって毎年失われています。その損失量は病害だけでも飢餓人口8億人分の食料に匹敵します。したがって、これらを効果的かつ安全に防除することは、フードロスを減らし、同時に地球環境にかかる負担を低減した生産を行うことにより、環境を保護し、人口爆発による食料問題を解決し、SDGsへ貢献することが期待されています。

食料として広く利用される植物が人間や動物と大きく異なる点は、不良環境から逃げることができないことにあります。植物はいったん生育し始めるとそこに定着して、周囲の土壌、日照、微生物、動植物など各種環境をすべて受け続けることになるので、「防ぐ」技術が植物には重要なのです。

農研機構では、2021年度から防ぐ研究の拠点として「植物防疫研究部門」を新たに設立しました。全国の病虫害雑草分野を一元的に統括することによって、越境性病虫害や高リスク病虫害の発生などの緊急事態に機動的対応が可能な体制を作りました。また、戦略的な連携や予算獲得、効率的な行政・国際対応、ノウハウ・研究スキル・データの共有・知財化と人材の育成を行うことが可能となりました。

近年、気候変動による異常気象に伴う豪雨などの大規模な自然災害が頻発しています。豪雨災害を防ぐためのキーテクノロジーである農業インフラを活用する「田んぼダム」と「ため池防災支援システム」に関する成果を紹介します。

農作業中の事故による死亡者数は、他産業と比較して多く、高齢農業者の割合が高くなっています。農作業事故を防ぐことは、農業の持続的な発展と将来にわたる食料の安定供給のために重要な取り組みです。この事故を防ぐための「事例検索システム」に関する成果を解説しています。

最後に「攻撃は最大の防御」といいますが、「防御なくして攻撃なし」という格言もあります。本特集により、一見地味な「防ぐ」研究の重要性を理解していただければ幸いです。

土壌改良資材の施用を基本とした イネ稲こうじ病の防除技術

芦澤 武人

ASHIZAWA Taketo

はじめに

イネ稲こうじ病は、穂の籾に黒い病粒を形成するカビによる病害です(図1)¹⁾。地球温暖化により出穂前に降雨日が続く頻度が高くなったことが主な要因で²⁾、近年では発生面積が10万haを超える年が多く出現しています



図1 イネ稲こうじ病の病徴

す(図2)。本病の病粒が種籾に混入するとクレーンによる返品が生じ、病粒片が玄米に混入すると規格外と判定されるため、色彩選別機で除去する費用がかかります。また、病粒に含まれる耐久体として長期間生存する多量の厚壁孢子や、この孢子に含まれる色素



図2 近年のイネ稲こうじ病の発生状況

が玄米に付着して黄色く着色すると、規格外と判定され商品価値がなくなります。そのほか、病粒が混入したサイレージは給与された牛が食べるのを嫌がる(忌避行動)など、イネ稲こうじ病による問題が複雑化しています。

これらの問題を解決するためには、土壌中に耐久体として残る厚壁孢子を制御する技術に加えて薬剤散布の適期である、出穂期10~21日前に確実に防除できるよう支援する技術が必要です。そこで、土壌改良資材を水田土壌に混和して厚壁孢子が生き残りにくい環境を構築する方法と、「1km-メッシュ農業気象データ版イネ稲こうじ病の薬剤散布適期連絡システム」で配信される電子メールによる散布適期情報を利用した的確な防除を支援する方法を組み合わせた技術を開発しましたのでその内容を紹介します。

土壌改良剤の種類と特徴

イネ稲こうじ病菌は、厚壁孢子を形成することにより土壌中で長期間生存しています(図3)³⁾。これがイネの移植後に根に付着して発芽し、根表皮の細胞と細胞の間隙から植物体に傷をつけることなく根内部に容易に侵入して感



図3 土壌中の厚壁孢子(赤丸)



図4 イネの表皮細胞から侵入した菌糸(矢印)



茨城県稲敷市上之島のほ場、健全イネ、「あきたこまち」、2018年

染が成立します(図4)⁴⁾。そこで、複数の土壌改良資材を検討した結果、鉄鋼スラグ^{※1}系資材あるいは生石灰の土壌混和⁵⁾⁶⁾により菌が土壌中に生き残りにくい環境を構築できることがわかりました。これら資材の中で、飛散しにくいタイプの鉄鋼スラグや生石灰を利用する場合はライムソワーによる散布が適していて、粒状の鉄鋼スラグ資材の場合はブロードキャスターでの散布に向いています(図8)。施用量は、鉄鋼スラグ系資材が300kg/10a、生石灰は100kg/10aを基本としており、鉄鋼スラグ系資材は1回散布すれば3年間は散布が不要ですが、生石灰の場合は毎年で合計3年間は散布が必要なため、コスト的には大きな差はありません。生産者の利用できる散布機や入手できる資材に合わせて資材を選択します。これら資材が必要となる目安は、ほ場の稲地上部での本病の発生状況が「数歩あるくとすぐ見つかる」から「ほ場が真っ黒に見える」ような状態に発生した場合であり、その時の土壌菌量は「中」から「多」に該当する場合がほとんどです(表1)。また、多発生のリスクが高い土壌菌量が「多」のほ場では、鉄鋼スラグ系資材の施用量を多くする必要があり、土壌pHが7.5を超えない範囲での施用が推奨されます。

表1 発生状況の聞き取り調査結果と土壌菌量との対応

聞き取り調査結果(目視によるほ場の状態)	土壌菌量
ほ場が真っ黒に見える	多
ほ場に入って数歩あるくとすぐ見つかる	中
畦畔に立ちほ場をゆっくり見渡すと見つかる	少
ほ場内でよく探してやっと見つかる	微
全く見つからない	無

薬剤散布適期連絡システム

土壌改良資材による土壌環境の改善のみでは、本病を制御することは難しいため、薬剤散布による防除が必要です。登録農薬の茎葉散布剤で本病を防除する場合、シメコナゾール粒剤では出穂期21~14日前の8日間、銅剤では出穂期21~10日前の12日間しかありません。この期間内に的確に防除するためには、気象予測精度の高い1km-メッシュ農業気象データと発育予測モデルによる水稻の生育ステージと出穂期の予測が必要です。農研機構では、これに本病の発生予測を組み込んだ薬剤散布適期連絡システムを開発しました(図5)⁷⁾⁸⁾。本システムは

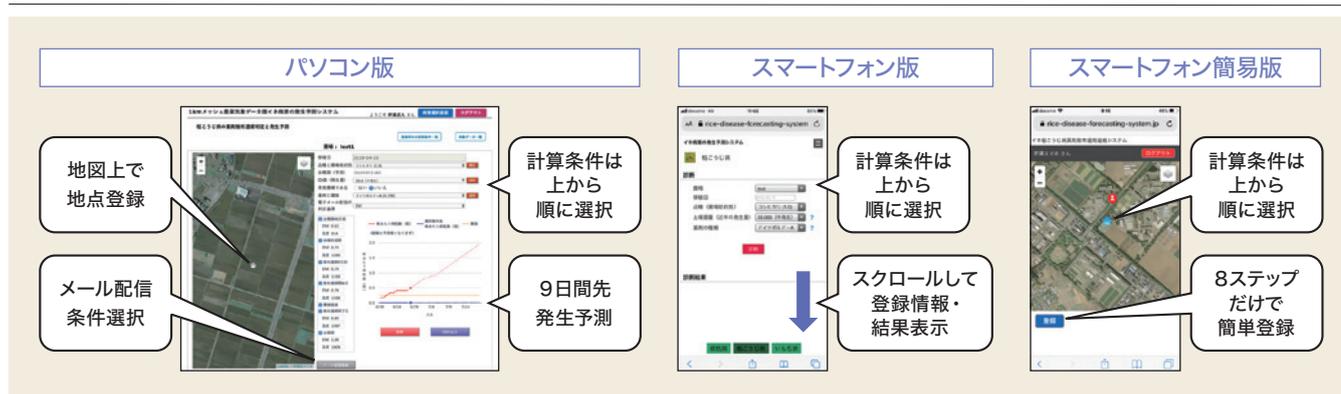


図5 これまでに農研機構で作成した「1km-メッシュ農業気象データ版イネ稻こうじ病の薬剤散布適期連絡システム」群

パソコン、スマートフォンに加えて生産者が簡単に8ステップで登録できるスマートフォン簡易版で構成されており、現地実証試験を目的として利用できます。また、農業データ連携基盤(WAGRI)^{※2}が提供するWebAPI^{※3}は、民間企業や地方自治体がこれを利用したサービスとして農業における病害防除をサポートするために活用されはじめています。これらシステム群はウェブアプリケーションのためWindows、Mac、Android、iPhoneなどのブラウザに対応しています。本システムの操作は、例えばパソコン版では次のような手順をたどります。地図上で目的ほ場を選び、品種と移植日を選択し、平年の出穂期が異なっていた場合には、自動補正機能を利用して修正します。診断画面では、表1で選択した発生量と使用する予定の薬剤の種類、配信を希望する電子メールの種類をチェックして登録します。幼穂形成期以降では、当日の株当たり病粒数の診断結果と9日間先の予測値、および出穂期までの最大リスク値が表示されるため、発生量の予測値を見ながら薬剤散布の有無を決定することも可能です。また、パソコン版で配信される電子メールでは、薬剤の準備ができていないかを確認する「出穂期40日前」、株当たり病粒数の計算を開始する「幼穂形成期」、散布適期が近いことを知らせる「散布適期9日前」、薬剤の散布適期に入ったことを知らせる「散布適期開始日」、発生リスクが高くなったことを知らせる「閾値超過日」、散布適期が終了する「散布

適期終了日」、出穂したことを知らせる「出穂期」の情報を選択して登録し、オンデマンドで必要な情報のみ受け取ることができます。システムの操作は、基本的に画面で上から順番に選択して簡単に登録できます。また、生産者やJA職員、普及指導員などの要望に合わせて利用するシステムを選択できるようになっています。ただし、最終的な散布適期の判断には、ほ場で生育中のイネの主茎を選んで幼穂が1~5cmに生長していることを肉眼で確認する必要があります。これにより、地形の影響や特異的な気象が影響するほ場に該当する場合でも最終的に幼穂の形成状況から判断して適期に防除できます。

土壌改良資材とシステムの利用による 現地実証事例

日本各地には様々な土壌の種類があるため、土壌改良資材の効果やシステムの適合性を確認するために、全国各地(発生の報告がない北海道を除く)で現地実証試験を行いました。土壌の種類の中で、水田では一般的な灰色低地土や黒ボク土壌で適用でき、日本海側の重粘地土壌では土壌改良資材の量を減らすと良いことが明らかになっています。また、土壌pHが6.0~6.5程度の土壌での適用性が高いことも判明しています。一方、稀な事例ですが土壌pHが7.0に近い土壌や常にぬかるんでいるほ

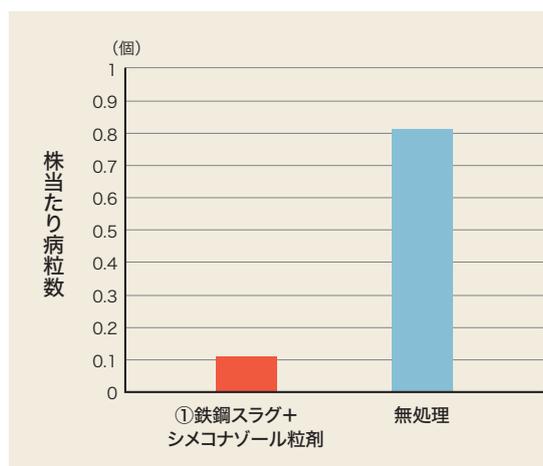


図6 鉄鋼スラグの土壌混和と農薬の適期散布による現地実証事例 (B県、2018年)

注)鉄鋼スラグ+シメコナゾール粒剤:
鉄鋼スラグ300kg/10aの土壌散布・混和は2018年4月26日
+シメコナゾール粒剤4kg/10aの湛水散布は7月26日(出穂期21日前)
無処理:無散布
薬剤散布適期連絡システムから散布適期に入ったことを知らせる情報の配信は7月23日
イネ品種:きぬむすめ、調査月日:9月3日

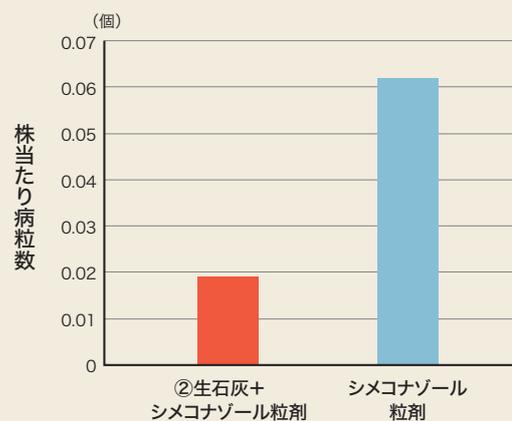


図7 生石灰の土壌混和と農薬の適期散布による現地実証事例 (C県、2017年)

注)生石灰+シメコナゾール粒剤:
生石灰の散布・土壌混和は2017年6月8日
+シメコナゾール粒剤3kg/10aの湛水散布は8月11日(出穂期18日前)
シメコナゾール粒剤:
シメコナゾール粒剤3kg/10aの湛水散布は8月11日(出穂期18日前)
薬剤散布適期連絡システムから散布適期に入ったことを知らせる情報の配信は8月9日
イネ品種:あさひの夢、調査月日:9月25日



図8 土壤改良資材の散布から薬剤散布適期連絡システムを利用した農薬散布までの手順

場では、土壤改良資材を施用すると逆に発生量が多くなるので注意が必要です。そのほか、窒素施用量は10a当たり5kgを基準としますが、7kgを超えて特に9kgを超える多肥栽培での導入は避けます。これは酸性の肥料がアルカリ性の鉄鋼スラグを中和してしまうからです。

土壤改良資材と農薬の組み合わせとしては、①鉄鋼スラグ+シメコナゾール粒剤、②生石灰+シメコナゾール粒剤を推奨します。銅剤を利用する場合はそれのみで防除効果は十分高いのですが、土壤改良資材を散布した方が3年以内に防除が不要になる可能性が高いです。図6、7に①と②の実証事例を示しました。基本手順は図8のように資材の散布から薬剤散布適期連絡システムへの登録、電子メールによる防除情報の受信、薬剤散布の順に従いました。これらの試験は採種ほ場で行われ、薬剤散布適期情報に基づいた適期防除により、いずれも発生を抑制することができました。

おわりに

本稿では、土壤環境の改善とICTを利用した薬剤の適期防除技術の組み合わせがイネ稲こうじ病の発生を効果的に抑制できることを紹介しました。特に、土壤改良資材の利用は、未利用資源の利用や環境保全型の農業に貢献するため、他の水稻病害に対しても研究を進めていきます。

(植物防疫研究部門 作物病虫害研究領域
病虫害防除支援技術グループ)

用語解説

- ※1 **鉄鋼スラグ** 製鉄所の炉に鉄鉱石、石灰岩とコークスを加えて銑鉄を作るときにできる副産物のことです。鉄やカルシウムをはじめ様々な微量要素が含まれています。鉄鋼スラグを粒状に散布しやすく加工した資材もあります。
- ※2 **農業データ連携基盤(WAGRI)** 農業の生産性向上や経営改善に必要なデータやプログラム、システムを提供するインターネットサービス。農研機構が管理運営しています。
- ※3 **WebAPI** ネットワークを介してアプリケーションを呼び出す際に、呼ばれる側のシステムそのものを指します。

参考文献

- 1) 芦澤武人(2018) イネ稲こうじ病の発生生態と防除. 植物防疫, vol.72, 49-52.
- 2) 芦澤武人(2014) 土壌菌量と気象条件がイネ稲こうじ病の発生に及ぼす影響の検討と発生量を予測するためのモデルの作成. 関東東山病虫害研究会報, vol.61, 18-22.
- 3) Ashizawa, T. et al. (2010) Quantification of the rice false smut pathogen *Ustilaginoidea virens* from soil in Japan using real-time PCR. *European Journal of Plant Pathology*, vol.128(2), 221-232.
- 4) Kunlaya, P. and Ashizawa, T. (2017) Intercellular invasion of rice roots at seedling stage by the rice false smut pathogen, *Villosiclava virens*. *Journal of General Plant Pathology*, vol.83(6), 358-361.
- 5) 芦澤武人ら(2018) 転炉スラグの土壌混和とシメコナゾールの出穂前散布によるイネ稲こうじ病の発病抑制. 関東東山病虫害研究会報, vol.65, 19-21.
- 6) Ashizawa, T. (2019) Application of calcined lime with simeconazole suppresses rice false smut disease. *Journal of General Plant Pathology*, vol.85(5), 401-403.
- 7) 芦澤武人(2017) イネ稲こうじ病の薬剤散布適期判定システムの開発. 農研機構研究報告, vol.1, 1-12.
- 8) 芦澤武人ら(2018) 1km-メッシュ農業気象データ版イネ稲こうじ病の薬剤散布適期判定システム. 農研機構 普及成果情報. https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/carc/2017/17_080.html

果樹病害虫防除の新IPM体系 —〈w天〉防除体系

外山 晶敏 岸本 英成

TOYAMA Masatoshi

KISHIMOTO Hidenari

はじめに

SDGsをはじめとする環境への配慮は今や世界的な行動規範であり、農業分野においても、環境との調和による持続的生産の実現が重要な課題となっています。

一方、農作物の病害虫防除は、化学農薬を抜きに語ることはできません。経費、作業性に優れ、簡単に安定した防除効果が得られる化学農薬は、食料の安定生産と農作業の軽減に大いに貢献してきました。しかし、化学農薬の過度な使用は、環境汚染や生物多様性への悪影響といった化学農薬の負の側面も明らかにしました。防除の場面においても、生物相の貧困化が害虫の突発的な大発生を招いたり、農薬に対する耐性を持った害虫を出現させたりと、さらに農薬の多用を生む悪循環が問題となりました。

このような背景において、1965年のFAO(国際連合食糧農業機関)主催のシンポジウムで、Integrated Pest Management、すなわちIPM(総合的病害虫・雑草管理)りが最初に提唱されました。一つの手段に依存するのではなく、利用可能なすべての手段を、それぞれの長所と短所を考慮しながら適切に組み合わせ、生産性を維持しつつ持続的な病害虫防除と農業生産を目指そうという病害虫管理の基本概念です。そこには、自然界の仕組みをうまく活かしながら、化学農薬も賢く使っていこうというメッセージが含まれています。

現在、IPMの重要性は広く浸透し、あらゆる作物の栽培の中で研究と実践が進められています。本稿では、果樹栽培向けに開発されたIPM体系で、今後の普及が期待されている〈w天(ダブてん)〉防除体系をご紹介します。

果樹のハダニ問題

〈w天〉防除体系は、ハダニ防除を入りに開発された果樹のIPM体系です。ハダニ類は体長0.5mm程の非常に小さな害虫ですが(図1)、増殖が速く、あっという間に増え果樹類に落葉などの被害を与えます。薬剤抵抗性^{※1}を発達させやすいという性質があり²⁾、その防除はダニ類専用の化学農薬「殺ダニ剤」、特に新剤に大きく依存してきました。しかし、近年は頼みの新剤開発も停滞傾向にあり、この“いたちごっこ”も限界に近づきつつあります。すでに防除効果の低下で追加散布が常態化している地域も増えており、問題の抜本的な解決に戦略的な管理が必要とされています。

ハダニ類が多発する背景には、化学農薬などの影響による果樹園の生物相の貧困化があります。つまり、天敵の欠如、自然界のバランスの崩れです。我々は、果樹のハダニ問題を慣行栽培の歪みと捉え、ハダニ管理を手掛かりに栽培環境の体質改善を目指す、天敵を主役とした〈w天〉防除体系を開発しました。



図1 ハダニにより落葉したナシ園
左上:ナミハダニ(『新・果樹のハダニ防除マニュアル』より転載)

〈w天〉防除体系

〈w天〉防除体系の名称は、「土着天敵と天敵製剤の2つの天敵利用技術を適宜に組み合わせる」という体系デザインのコンセプトに由来します。同防除体系のフレームワークは、①天敵に配慮した病虫害防除、②天敵にやさしい草生管理、③補完的な天敵製剤の利用、④協働的な殺ダニ剤の利用の4つのステップで構成されます。果樹園には、もとより様々な生物が生息しています。害虫もいれば、その天敵もいます。土着天敵と呼ばれる存在です。〈w天〉防除体系では、まず、それら「自然のポテンシャルを最大限

に引き出す」ことから始めます。樹種や栽培条件により、それぞれの比重は異なりますが、ステップ①から順を追う検討はいずれのケースにおいても共通した基本事項です。

まずステップ①について、カブリダニ類³⁾の保護という観点から、病虫害防除全体を見直します。カブリダニ類は、ハダニ類の防除において主たる天敵で、果樹園にも自然に生息しています(=土着天敵)(図2)。その天敵の死活に関わる最も重要で、そして最も難しいステップです。具体的には、害虫のみならず非選択的に作用する化学農薬の使用を必要最低限にとどめ、粗皮削りなどの耕種的防除法、多目的防除網などの物理的防除法、性フェロモン製

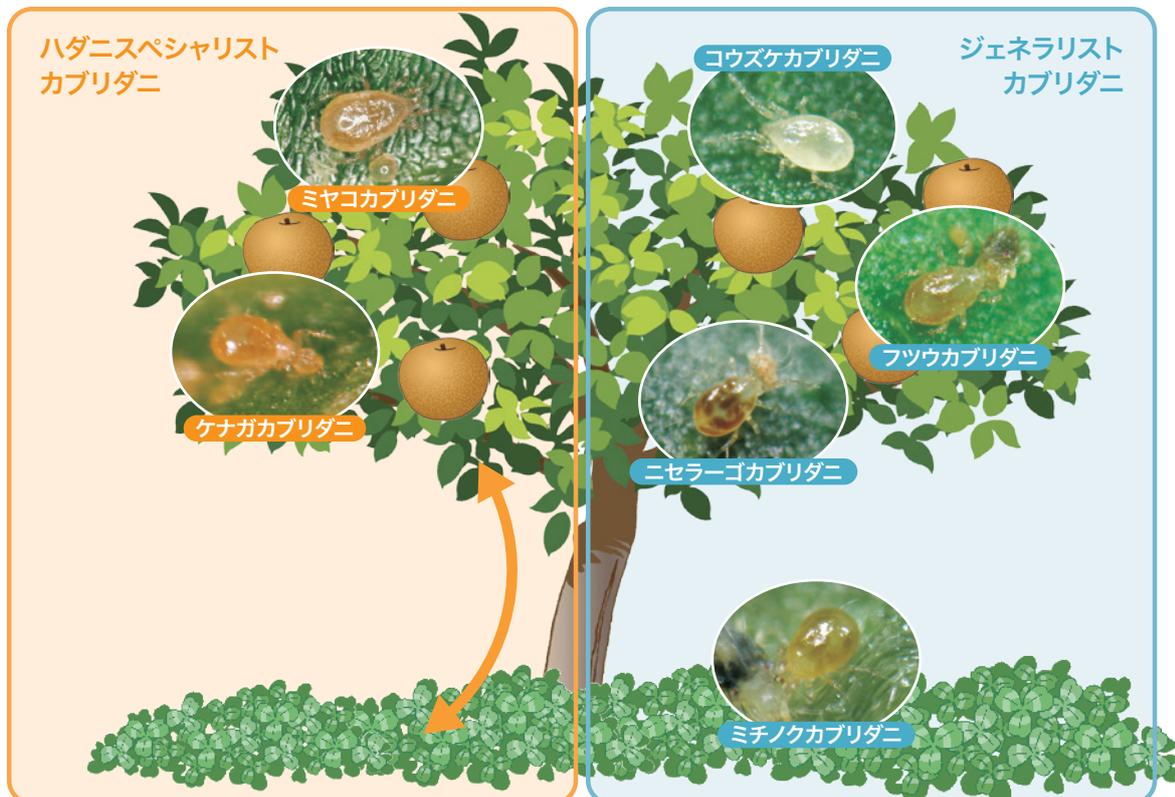


図2 果樹園に生息する土着のカブリダニ類

ハダニスペシャリストカブリダニ類はハダニを好んで捕食する探索型の天敵。ジェネラリストカブリダニ類はハダニ以外に花粉なども餌とする待機型の天敵。



図3 草生管理された果樹園
左: 株元を除草せず全面草生で管理したナシ園
右: 草刈の刈高を高くし草生管理したリンゴ園



図4 施設ミカン園に設置されたカブリダニ製剤
(「新・果樹のハダニ防除マニュアル」より転載)

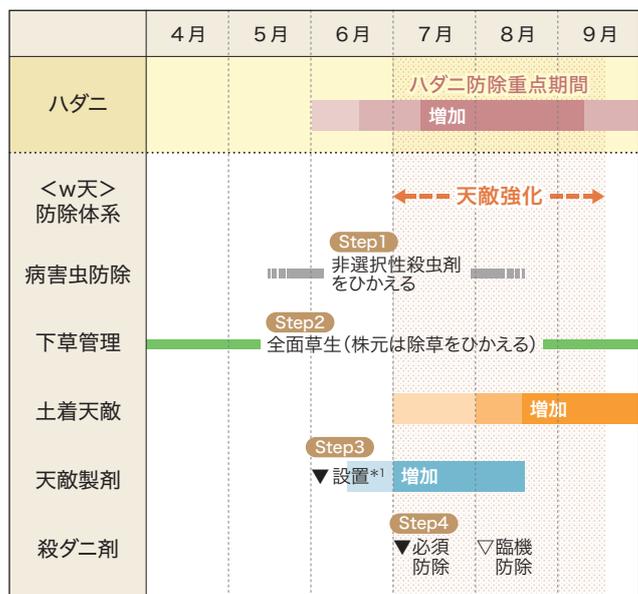
剤による交信攪乱^{かくらん}などの生物的防除法を積極的に取り入れます。プロジェクトでは、どういった農薬がカブリダニ類に悪影響を与え、どういった農薬が併用できるのか、各種カブリダニについて網羅的な調査⁴⁾を実施し、結果をまとめたリストを下記の標準作業手順書⁵⁾やマニュアル⁶⁾で公開しています。

次にステップ②で、カブリダニ類に住処や餌を提供する場として、下草管理や周辺の植生の活用を考えます。これには果樹園内の生物多様性を増やし保全する効果があります⁷⁾。これまで果樹園の下草は雑草として扱われてきましたが、<w天>防除体系では、天敵の生息を支える資源として捉え直し、除草を控えてできるだけ草を残すようにします(図3)。具体的には、除草時に高く草丈を残す高刈りや、株元の下草を維持する株元自然草生、ホワイトクローバーなどカバープランツを用いた方法があります。

三番目はステップ③で、天敵製剤の検討です。ステップ①および②の取り組みにより土着天敵の保全が進み、ハダニ類が増えにくい環境が作られます。しかし、施設栽培など土着天敵が働きづらい栽培条件、露地でもカブリダニ密度が思うように上がらない環境や時期、他の病虫害防除に土着天敵に影響の大きい薬剤を使わざるを得ない状況など、土着天敵によるハダニ防除が十分に見込めないこともあります。こうした場合には、市販されているカブリダニ製剤を、補完的に狙いを定めて利用します。ここでは詳細は省きますが、果樹では、ミヤコカブリダニとスワルスキーカブリダニのパック製剤(カブリダニがエサなどとともに入っている)に登録があります。特に<w天>防除体系の開発においては、バンカーシート[®]による放飼が検討されました(図4)。準備に一手間かかりますが、本資材

は雨や農薬から製剤を守るとともに、製剤内の温度緩和や湿度保持に有効で放飼量の増加が見込めます。

最後のステップ④で、化学農薬の殺ダニ剤の使用を検討します。<w天>防除体系では、殺ダニ剤の位置づけを見直し、多発生年や多発環境で防除効果を安定させる手段として、こごぞ! という場面での天敵との併用を考えます。実は、殺ダニ剤と天敵は相互補完的な関係にあり、相性は悪くありません。殺ダニ剤の即効性は天敵にはない長所ですし、逆に散布ムラや抵抗性による残存が殺ダニ剤では問題となりますが、天敵はそうした残存個体を一掃してくれます。具体的には、カブリダニ製剤を放飼する前にハダニ類の先行的な増殖を抑える放飼前防除、ハダニ密度が一定の基準を超えた場合に実施するレス



*1 ミヤコカブリダニ製剤: 設置後2~3週間後にカブリダニの放出ピークをむかえる
▼(必須)▽(臨機)は防除タイミングを示す

図5 ナシの<w天>防除体系の概略図

キュー防除に加え、ハダニ類の急増が予測される時期にスケジュール的に行う補充防除などがあります。

我々は、ハダニ問題が特に深刻な5つの樹種、リンゴ、オウトウ、ナシ、施設ブドウ、施設ミカンについて、〈w天〉防除体系の有効性を実証試験⁹⁾で確かめながらモデル体系を構築しました。例えばナシでは、ハダニの発生消長に応じた防除ポイントに4つのステップを配置し(図5)、千葉県のアシ栽培をモデルとした体系が提案されています。臨機応変を真髄とするIPMの最適解は、環境や栽培条件などの前提により変わります。果樹の栽培環境は多様で複雑ですが、モデル体系はそれぞれの解を求めるための足掛かりになります。一方で、安定した効果を得るためには、それぞれの地域や環境、栽培条件に照らした調整やアレンジも必要です。その際のサポートには、虎の巻として標準作業手順書(図6)⁵⁾とマニュアル⁶⁾、また広報普及用動画NAROチャンネルでは動画¹⁰⁾を公開しています。基礎の理解から、体系の構築、実践のノウハウまで、手引きとして必要な一連の情報がまとめられており、上記4つのステップについても詳細を解説しています。



図6 標準作業手順書(SOP)
左:基礎・資料編、中央:ナシ編、右:リンゴ編

おわりに

〈w天〉防除体系は、ハダニ管理を手掛かりに果樹栽培の生産性と環境負荷低減を両立する環境保全型の病害虫管理技術です。それは、カブリダニのみならず、広く他の天敵類や受粉を助ける訪花昆虫類の保護にとっても好ましいものであり、体系の普及は農業生態系における環境や生物多様性の保全、引いては持続的な生産活動につながります。

一方で、IPMは「誰でも直ぐに」というわけにはいきません。体系の構築やモニタリングなどに相応の知識と技術を要します。〈w天〉防除体系も、その開発においては実践性を強く意識してきたところですが、なお専門家のサポートを必要とする場面も少なからずあります。体系の改良に向けた新しい要素技術の開発とともに、こうしたIPMの敷居を下げる技術の開発も、今後の重要な研究課題だと考えています。

外山晶敏:
(植物防疫研究部門 果樹茶病害虫防除研究領域
検疫対策技術グループ)

岸本英成:
(植物防疫研究部門 果樹茶病害虫防除研究領域
果樹茶生物的防除グループ)

付記:〈w天〉防除体系は、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援による「土着天敵と天敵製剤(w天敵)を用いた果樹の持続的ハダニ防除体系の確立(H28~H30年)」において、農食事業28022C(w天敵)コンソーシアムにより開発されました。

用語解説

※1 薬剤抵抗性 農薬に対する虫の耐性。

参考文献

- 1) 農林水産省(2005) 総合的病害虫・雑草管理(IPM)実践指針～病害虫及び雑草の徹底防除から、さまざまな手法による管理・抑制への転換～。
https://www.maff.go.jp/j/syoutan/syokubo/gaicyu/g_ipm/pdf/byougai_tyu.pdf (参照 2021-4-1)
- 2) 國本佳範(2019) ハダニ防除ハンドブック: 失敗しない殺ダニ剤と天敵の使い方. 農山漁村文化協会. 東京, p.130.
- 3) Toyoshima, S. et al. (2013) Phytoseiid mite portal.
<http://phytoseiidae.acarology-japan.org/> (参照 2021-4-1)
- 4) 岸本英成ら(2018) 土着広食性カブリダニ4種(ダニ目:カブリダニ科)に対する各種殺虫剤の影響. 日本応用動物昆虫学会誌, vol.62: 29-39.
- 5) 農研機構 植物防疫研究部門(2021) 天敵を主体とした果樹のハダニ類防除体系標準作業手順書.
〈基礎・資料編〉https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/142626.html
〈ナシ編〉https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/142623.html
〈リンゴ編〉https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/142625.html
- 6) 農研機構 植物防疫研究部門(2021) 新・果樹のハダニ防除マニュアル～天敵が主役の防除体系(第三版).
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130513.html (参照 2021-5-5)
- 7) 岸本英成ら(2020) 草刈りの高さがリンゴ園下草でのカブリダニ類の発生に及ぼす影響. 日本ダニ学会誌, vol.29: 47-58.
- 8) Shimoda, T. et al. (2017) A novel method for protecting slow-release sachets of predatory mites against environmental stresses and increasing predator release to crops. *BioControl*, vol.62: 495-503.
- 9) 舟山健(2018) 北日本のリンゴ園におけるカブリダニ類(ダニ目:カブリダニ科)を利活用したナミハダニ(ダニ目:ハダニ科)防除の試み. 日本応用動物昆虫学会誌, vol.62: 95-105.
- 10) 農研機構(2021) 新しい果樹のハダニ防除体系(w天)防除体系のすすめ(NAROチャンネル).
<https://www.youtube.com/watch?v=yBYdXjOZy6k>

新規土壌還元消毒を主体とした トマト地下部病害虫防除体系

川部 眞登 中保 一浩

KAWABE Masato

NAKAHO Kazuhiro

はじめに

トマト栽培における産地化および施設化に伴う連作は、青枯病や線虫などの土壌病害虫を発生させ、安定生産上の大きな問題を引き起こしています。青枯病はトマトが萎凋・枯死する土壌伝染性の難防除病害であり、病原細菌はほ場の深層にも分布しています。さらに、本病は近年の温暖化による高冷地、寒冷地や春秋期への発生の拡大が大きな問題となっています。また、ネコブセンチュウは農業生産上最も問題となる植物寄生線虫で、ネコブセンチュウが存在するほ場ではトマト青枯病の発病を助長することが知られています。

このような土壌病害虫の防除対策として、一般的には土壌くん蒸剤^{※1}による消毒が行われています。しかし、土壌くん蒸剤は作業や環境への負荷が大きいことや青枯病菌や線虫などが存在するほ場の深層への消毒効果が不十分なことから、新たな消毒技術の開発が求められています。

近年開発された土壌還元消毒は、易分解性の有機物を土壌に混和して灌水し、ポリエチレンフィルムなどで土壌表面を被覆して空気の流入を遮断しながら高い地温を維持する土壌消毒法です¹⁾。土壌中の微生物が、有機物をエサとして爆発的に増殖する際に、酸素を一気に消費することで土壌が還元状態となり、青枯病菌や線虫などの病害虫を死滅させることができます。

土壌還元による消毒作用のメカニズムは、①還元状態における低酸素濃度、②太陽熱による高温、③還元状態で生成する有機酸や金属イオンによる抗菌活性、④土壌微生物の競合などが作用しています¹⁾。本消毒法は化学薬剤を使用しないので、作業や環境への負荷が小さいクリーンな消毒技術であるといえます。しかし、処理の容

易な米ぬかなどの固体有機物を用いた土壌還元消毒は、ほ場の深層まで消毒効果が届かないことや、糖蜜などの液体有機物を用いた土壌還元消毒は、深層への消毒効果が低い²⁾ものの、重労働である資材の希釈作業や液肥混入器の利用などが普及の妨げとなっています。

そこで、消毒作業が容易であり、しかもほ場の深層まで高い消毒効果が得られるといった現地ニーズに応じるため、青枯病菌およびネコブセンチュウを対象として、「糖含有珪藻土」および「糖蜜吸着資材」を用いた新規資材による土壌還元消毒技術(以下、新規土壌還元消毒)を開発するとともに、青枯病に対する複合的防除技術として「高接ぎ木栽培」を組み合わせた総合防除体系を確立しました³⁾⁴⁾。

新規土壌還元消毒資材の特徴と作業手順

新規資材である「糖含有珪藻土」および「糖蜜吸着資材」は水溶性有機物を含む粉状および粒状の資材です(図1)。「糖含有珪藻土」はアミノ酸生産工程における副生物で糖と珪藻土を主成分とした資材です。「糖蜜吸着資材」は大豆皮にサトウキビ糖蜜を吸着させた資材で、家畜飼料としても利用されています。これら資材の利点としては、①粉状および粒状のため散布や混和が容易で糖蜜な



図1 糖含有珪藻土(左)および糖蜜吸着資材(右)
(農研機構, 2020より作成)



どの有機物で利用する液肥混入器が不要である、②水溶性の糖を含むためほ場の深層まで消毒できる、③窒素分をほとんど含まないため消毒時のにおい(どぶ臭)が少ないなどが挙げられます。

土壌還元消毒で高い消毒効果を得るためには、30℃以上の地温の確保が容易となる7月上旬から8月下旬の夏季に処理を行うことが推奨されます。消毒の作業手順は、10a当たり1tの新規資材を均一になるように散布した後、ロータリー耕起などで資材と土壌をよく混和します(図2①②)。続いて、ほ場全体に均一に灌水するために60～100cm程度の間隔で灌水チューブを設置し、空気の遮断および地温上昇のためにポリエチレンフィルムまたはPOフィルムで被覆をします(図2③④)。その後、1m²当たり100～150L程度の水を灌水します(図2⑤)。灌水後は施設を締め切り、3週間以上静置して消毒を行います。消毒が終了したら、施設を開放して通風、被覆を除去、ほ場全



図2 新規土壌還元消毒の作業手順 (農研機構, 2020より作成)

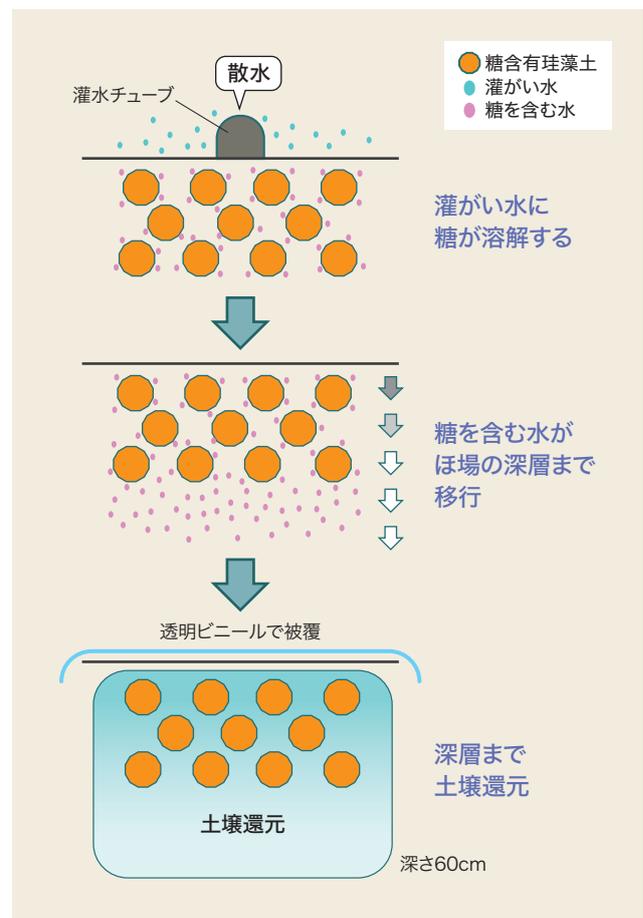


図3 新規資材を用いた土壌還元消毒のイメージ (農研機構, 2020より作成)

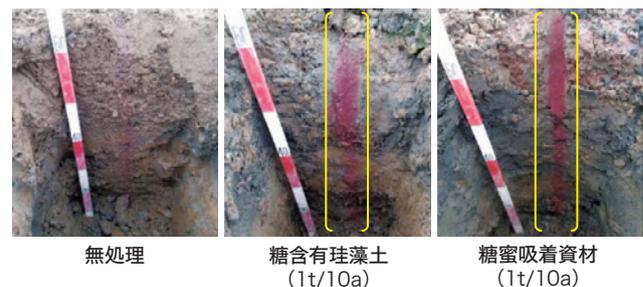


図4 土壌還元消毒後の土壌断面におけるジピリジル反応^{※2} (農研機構, 2020より作成) 還元化(黄色枠の赤色)を60cm深さまで確認

体をよく耕うんしトマトを定植します。両資材とも灌水することで水に可溶性の糖が溶解、糖を含む水が深層まで移行することで米ぬかなどでは届かない深さ60cmまで消毒することが可能です(図3、図4)。米ぬかなどを用いた土壌還元消毒を実施している生産者は、新規資材に替えるだけで深層まで効果の高い消毒技術を導入できます。注意点として、資材を土壌に混和すると当日～翌日には土壌中の微生物により糖が分解されるので、速やかに灌水・被覆を行うことが重要です。

新規土壌還元消毒の防除効果

新規土壌還元消毒を実施したほ場ではクロルピクリン※1や米ぬかの土壌還元消毒では効果が十分でない深層の

表1 新規土壌還元消毒による青枯病菌密度低減効果※1
(農研機構, 2020より作成)

試験区	調査時期	消毒期間	青枯病菌数(CFU/g土)※2			
			0-15 cm深	15-30 cm深	30-45 cm深	45-60 cm深
糖含有珪藻土(1t/10a)	消毒前		1100	210	43	23
	消毒後		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
糖蜜吸着資材(1t/10a)	消毒前	2018.6/1~6/25	≧2400	120	410	9.2
	消毒後		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
無処理	消毒前		≧2400	≧2400	210	28
	消毒後		1100	≧2400	64	15

注1)新潟県での試験

注2)青枯病菌数(CFU:colony forming unit)は最確値(MPN)-PCR法により測定した。

表2 新規土壌還元消毒によるネコブセンチュウ密度低減効果※1
(農研機構, 2020より作成)

試験区	調査時期	消毒期間	ネコブセンチュウ密度(頭/20g土)※2		
			0-30 cm深	30-45 cm深	45-60 cm深
糖含有珪藻土(1t/10a)	消毒前		328.7	136.9	2.9
	消毒後		0	0	0
糖蜜吸着資材(1t/10a)	消毒前	2015.7/21~8/16	422.7	118.6	24.4
	消毒後		0	0	0
無処理	消毒前		381.4	61.3	14.3
	消毒後		38.5	11.8	0.1

注1)茨城県での試験

注2)ネコブセンチュウ密度は3反復の平均値

青枯病菌が検出限界以下まで減少しました(表1)²⁾。同様に、新規土壌還元消毒により深層のネコブセンチュウも効率よく防除できました(表2)。消毒後に栽培したトマトは、青枯病の発生およびネコブセンチュウによる根こぶの形成がほとんど認められず(図5、図6)、高い防除効果を示しました。また、各現地の実証試験において、その防除効果は2作以上持続することが明らかとなりました³⁾。

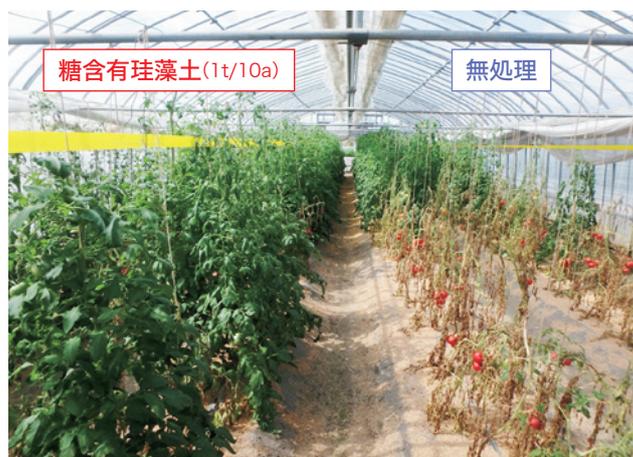


図5 糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒の青枯病に対する防除効果
(農研機構, 2020より作成)
新潟県、抑制作型(慣行接ぎ木栽培)での実証, 2017年9月撮影



図6 ネコブセンチュウに対する新規資材を用いた土壌還元消毒の抑制効果
(農研機構, 2020より作成)
茨城県、抑制作型(自根栽培)での実証



総合防除体系

一つの手法で土壌病害を防ぐことは難しく実際には複数の技術を組み合わせた総合的な防除体系を用いることが必要です。青枯病防除技術である高接ぎ木は、慣行接ぎ木(接ぎ木部位:子葉上)より高い位置(同:地際から10cm)に接いだ苗を利用した防除技術です(図7)⁴⁾。高接ぎ木トマトは台木品種の持つ“植物体内での青枯病菌

の移行と増殖の抑制能力”を最大限に活用し、穂木への青枯病感染を抑制します。新規資材を用いた土壌還元消毒は、消毒後3作でも高接ぎ木栽培と組み合わせることで、青枯病に対する防除効果が安定化し持続性も高まることが示されました(図8)。本防除体系は、青枯病に対する防除効果と導入コストを考えると、最初に新規土壌還元消毒により土壌中の青枯病菌密度と発病を抑制したうえで、2〜3作に一度の消毒が資材コスト削減につながり経済的に有効です。青枯病は発病してからは防除できないため、前作の青枯病の発病程度、菌密度やネコブセンチュウ密度(ネコブセンチュウの感染は青枯病の発病を助長)を調査しつつ、高接ぎ木栽培と組み合わせた防除体系を実施します。



図7 高接ぎ木苗の苗姿
台木「グリーンガード」、穂木「ハウス桃太郎」

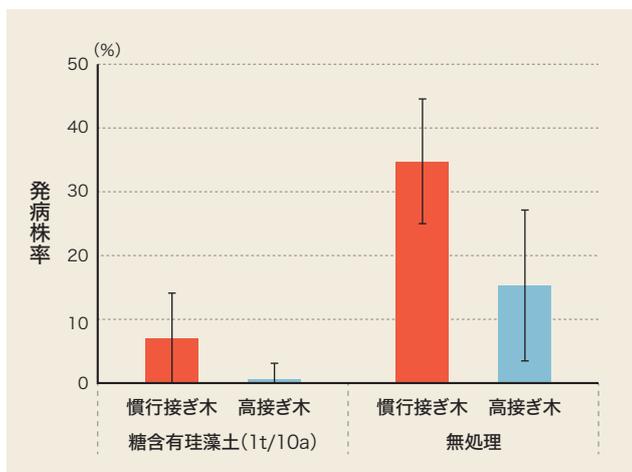


図8 新規土壌還元消毒法と高接ぎ木栽培によるトマト青枯病に対する防除効果
(農研機構, 2020より作成)
新潟県での消毒後3連作目の実証
消毒期間: 2015年8月17日~9月20日
栽培期間: 2017年7月15日~11月24日
供試品種: 穂木「りんか409」、台木「B/バリア」

おわりに

土壌還元消毒や接ぎ木は、欧米やアジアをはじめ各国で普及が進んでいる環境にやさしい土壌病害虫防除技術です⁵⁾。紹介した両技術を組み合わせた防除体系は、経済性評価により青枯病や線虫などの土壌病害虫に起因する収量減少を回復させ、生産者(特に慣行防除が効かなくなっている地域)の農業所得改善に有効であることが試算されています。現在、農研機構HPで本技術の標準作業手順書(SOP)³⁾および新規土壌還元消毒の紹介動画⁶⁾を公開するとともに、各地域の公設試や普及センターと連携し現地実証や技術研修などを通じて本技術の社会実装を進めています。

川部真登:
(九州沖縄研究センター 暖地畑作物野菜研究領域
畑作物・野菜栽培グループ)

中保一浩:
(本部企画戦略本部 セグメントIV理事室)

付記: 本稿で紹介した内容は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」(管理法人: 農研機構 生研支援センター)によって実施されました。

用語解説

- ※1 **土壌くん蒸剤** 土壌消毒を行うため、土壌中に施用することにより対象病害虫防除に効果のある気体(ガス)を発生させる農薬です。土壌くん蒸剤としてクロルピクリンやダゾメット剤などがあります。
- ※2 **ジビリジル反応** 土壌が還元状態にあるかを判定する手法です。赤くなれば土壌還元程度が強くなります。

参考文献

- 1) 門馬法明(2013) 土壌還元消毒法によるトマト萎凋病の密度低減効果のメカニズム解析. 植物防疫, vol.67, 210-213.
- 2) 井上康宏ら(2019) 各種土壌消毒法による青枯病密度抑制効果の比較. 農研機構研究報告. 中央農業研究センター, vol.7, 1-10.
- 3) 農研機構(2021) 新規土壌還元を主体としたトマト地下部病害虫防除体系標準作業手順書, Version 1.1.
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/137330.html (参照 2021-5-10)
- 4) 中保一浩ら(2013) 高接ぎ木法によるトマト青枯病総合防除. 農業技術体系土壌施肥編 第5-1巻. 農山漁村文化協会. 東京, pp.畑106-12-30.
- 5) Tjamos, E. et al. (2018) Proceedings of the IX international symposium on soil and substrate disinfection: Heraklion, Crete, Greece. September 9-13, 2018. ISHS, Leuven, Belgium.
- 6) 農研機構(2021) 土壌還元消毒 糖含有珪藻土編(NAROチャンネル).
<https://www.youtube.com/watch?v=ViZ997Jds0k> (参照 2021-5-10)

水稲のフェーン被害予測による乳白粒の発生抑制を目指して

柴田 昇平

SHIBATA Shohei

はじめに

水稲が出穂期から登熟前半に、背後に位置する山々を超え水田に吹き下ろす高温で乾燥した強風(以降フェーン)に遭遇すると白未熟粒^{*1}の一種である乳白粒(図1)が多発し、コメの外観品質が大きく損なわれることがあります。外観品質の低下は、歩留まりの低下や減収など、生産者の経営に影響を及ぼします。フェーン吹走条件下では、稲体の水分状態が一時的に低下し、環境適応戦略として浸透調節が働くことにより、胚乳における糖の集積が促進され澱粉集積が阻害された結果、糊内に白濁が形成され乳白粒となることが明らかになっています¹⁾。例えば、2007(平成19)年南九州における早期水稲被害²⁾、2019(令和元)年新潟県産米被害³⁾など、国内各地で数年に一度程度の割合でフェーンの関与する大きな水稲被害が発生しています。近年は、温暖化の進行により海面温度が高く維持され、台風が勢力を維持したまま日本列島に接近するケースが多くなっています。夏季のフェーンは台風に伴って発生するケースが多く、フェーンの強化による水稲被害の増大も懸念されます。そこで、フェー



図1 フェーンの影響により乳白粒が多発した玄米
(全体的に白く濁った粒が乳白粒)

ンによる水稲への被害を事前に予測し、現地へ情報伝達することにより、対策を講じる時間的余裕を生み出すことを目的として、気象予報値から水稲フェーン被害注意情報を作成し、栽培管理支援システム^{*2}を通じて情報配信するシステム(2019)を構築しました⁴⁾。

フェーン強度の定量化と乳白粒発生との関係

乾風害などを引き起こすフェーンによる高温で乾燥した強風の状態は大気の蒸散強制力(F_{TP})により評価できます⁵⁾。 F_{TP} とは、古典的な蒸発速度推定式のうち蒸発の駆動に関わる成分のみを抽出したもので、大気が植物体から水分を奪おうとする程度を表し、以下の式で計算されます。

$$F_{TP} = D_a \sqrt{U}$$

$$D_a = e_s - e$$

ここで、 D_a :大気飽差(hPa)、 U :風速(m/s)、 e_s :飽和水蒸気圧(hPa)、 e :水蒸気圧(hPa)です。

F_{TP} の導入により、地上気象データ(気温、湿度、風速)のみからフェーンの強度が定量化できるようになりました。そして、気象庁GPVデータのような水平格子の気象データを利用すれば、フェーンの吹走状態(水平分布)やその時間変化を可視化することが可能になりました(図2)。

フェーンの発生期間は2日から3日間にわたって継続することもあります。数時間程度で終了する場合があります。水稲の生育ステージにおけるフェーン遭遇のタイミング、フェーン強度および継続時間と乳白粒の発生との関係を実験的に明らかにするため、九州沖縄農業研究センター(合志)において、出穂期の異なる水稲4品種を5月、



6月、7月に定植してフェーンへの遭遇機会を増やすための作期移動試験を実施しました。水稻に乳白粒が発生する要因には、フェーン以外に高温登熟障害、病虫害の影

響など様々な要因の関与がありますが、熊本県における2014(平成26)年産米は全般的に整粒歩合が高く、一部の作期にのみに特異的に白未熟粒(乳白粒)の増大が生じたことから、この年の乳白粒の増大はフェーンの寄与が支配的であったと判断しました⁶⁾。さらに、水稻が継続的に夜間のフェーンに遭遇した場合に乳白粒の増大が見られる傾向が明らかとなり(表1)、特に夜間フェーンとして着目しました。また、昼間フェーンと遭遇した場合と比べて夜間フェーンに遭遇した場合のほうが、稲体の水ポテンシャルの低下が大きく、白穂^{※3)}の発生については、被害が大きくなると報告されています⁷⁾。

気象の数値予報と被害判定

3日前までに現地へ水稻のフェーン被害予測情報を配信できるよう、独自に気象モデルによる数値予報実行環境を整備しました。気象モデルとは、地球を取り巻く大気層を格子で細かく覆い、各格子点の気圧、気温、湿度、風速・風向などの気象要素の値を、流体の運動方程式、エネルギーや物質の保存則などの物理法則に基づき計算する

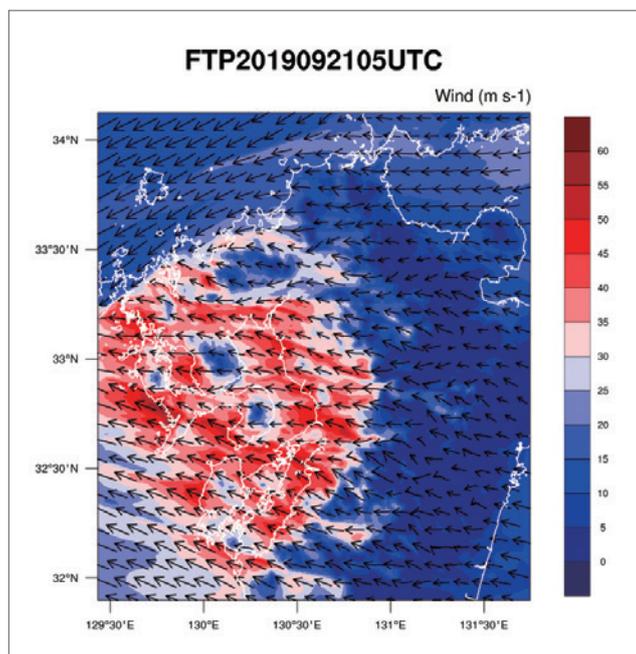


図2 領域気象モデルを用いた気象再現実験により可視化された九州西部のフェーン(2019年台風17号接近時)
※カラーバーは F_{IP} の大きさを示す。

表1 2014年作期移動試験における乳白粒率とフェーンへの遭遇との関係

品種	移植月	出穂期から20日間	平均乳白粒率	昼間型フェーン遭遇日	夜間型フェーン遭遇日
コシヒカリ	5	7/26~8/15	6.48***	7/28 7/29 7/30	8/8 8/9
	6	8/16~9/5	2.07	8/20	
	7	9/12~10/2	1.98		
にこまる	5	8/17~9/6	4.13	8/20	
	6	9/1~9/21	3.28	9/8 9/9 9/11	
	7	9/17~10/7	12.22***		10/3 10/4

***は、Tukey's HSDの方法により0.1%の水準で当該月と他の月に有意差あり。

ことにより、時間的な気象の分布を予測するためのソフトウェアです。地球全体の大気を取り扱う全球(気象)モデル、地球上の一部の領域の大気を取り扱う領域(気象)モデルがあり、本研究では米国のNCAR(米国大気研究センター)、NCEP(米国海洋大気庁予測センター)を中心に開発が進められ、学術研究と天気予報の双方に対応した最新の数値予報モデルである領域気象モデルWRF(Weather Research and Forecasting)を採用しました。

2014(平成26)年産米について、WRFを用いて現地のフェーン被害当時の F_{TP} を再現し、コメ品質とフェーン遭遇タイミングの関係を解析しました。調査地点における出穂期から登熟前半の時期における夜間フェーンへの遭遇履歴を予測し、稲体への水ストレスとなる積算 F_{TP} と乳白粒発生率との関係をプロットしました(図3)。それぞれの調査地点では、栽培品種、立地条件、肥培管理条件が異なるため、夜間積算 F_{TP} と乳白粒発生率の関係は1対1には対応しませんが、特に乳白粒発生率の高い地点では、積算 F_{TP} が大きくなるほど乳白粒発生率が高くなる場合が多く見られました。乳白粒の自然発生率は2%程度であり、積算 F_{TP} が100(時間平均で10程度)を超えるあたりから乳白粒が増加し始めることから、以下のフェーン被害判定モデルを採用しました。

$$F_{TP} \geq 10(19h \sim 5h)$$

この式は、19時から翌朝5時までの夜間、継続して F_{TP} が10を超える風が吹き続ける場合に乳白粒増加の被害発生の恐れがあると判定するモデルです。

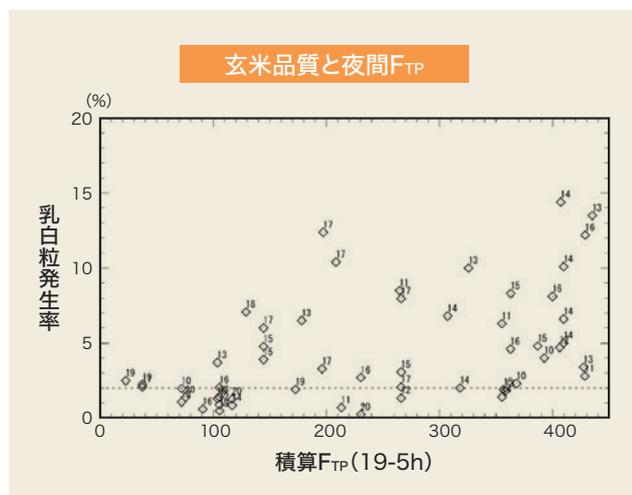


図3 夜間の積算 F_{TP} と乳白粒発生率との関係
※右肩の数字は、出穂期後日数を表す。

フェーン被害注意情報と対策技術

フェーンの被害分布を高解像度で予測するため、領域気象モデルWRFを用い九州地方北西域を対象として1日1回、水平格子間隔1kmで予報、計算を実行し、前出の判定モデルに基づき水稲フェーン被害情報を作図、発信するシステムを構築しました。図4は、2020年台風9号の接近に伴い9月1日から3日に発生したフェーン吹走時の F_{TP} の現地観測値と予報値を比較したものです。カラーの実線はそれぞれの気象要素の観測値、黒の実線は3日前時点の予報値、黒の点線は前日の予報値を示します。上から順番に気温、相対湿度、風速・風向、降水量、そして最下段は判定に用いる F_{TP} の比較結果です。それぞれの気象要素が3日前時点で正確に予報されることにより、 F_{TP} も正確に予報され、正しく被害判定された注意情報を発信できたことが確認できました。しかしながら、本事例はあくまでも1地点におけるフェーン予報の的中事例に過ぎず、注意情報判定の基となる地上気象データはコンピュータによる数値シミュレーション結果であるので予報に失敗する場合もあることに注意が必要です。図5に示す水稲フェーン被害注意情報は、2019年8月3日時点における8月5日の被害予報を示しています。図の黄色部分は、夜間を通じて F_{TP} が5を超えるフェーン被害の可能性がある範囲、赤色部分は夜間を通じて F_{TP} が10を超えるフェーン被害の危険性が高い範囲、白色部分は安全な範囲を示しています。九州地方北西域の地方自治体の境界線が記載されており、フェーン対策を実施すべき場所が明確に把握できます。本注意情報は、6月から9月の期間、九州沖縄農業研究センターにおいて毎日3日先まで自動的に作図され、栽培管理支援システムサーバーの専用フォルダへ同期されます。そして利用者は、早期警戒情報コンテンツの一つとしてシステムを通じて、いつでも情報を取得できます。

フェーン発生時、水田では水が枯れることもあり、稲体への水ストレスが大きくなります。水稲のフェーン被害が予測される場所では、田面へ入水したり、深水管理を行うなど水田への水の供給および水位を高く保つことにより稲体の水ストレスが緩和され、被害を低減させることが可能と考えています。

(九州沖縄農業研究センター 暖地水田輪作研究領域
水田高度利用グループ)

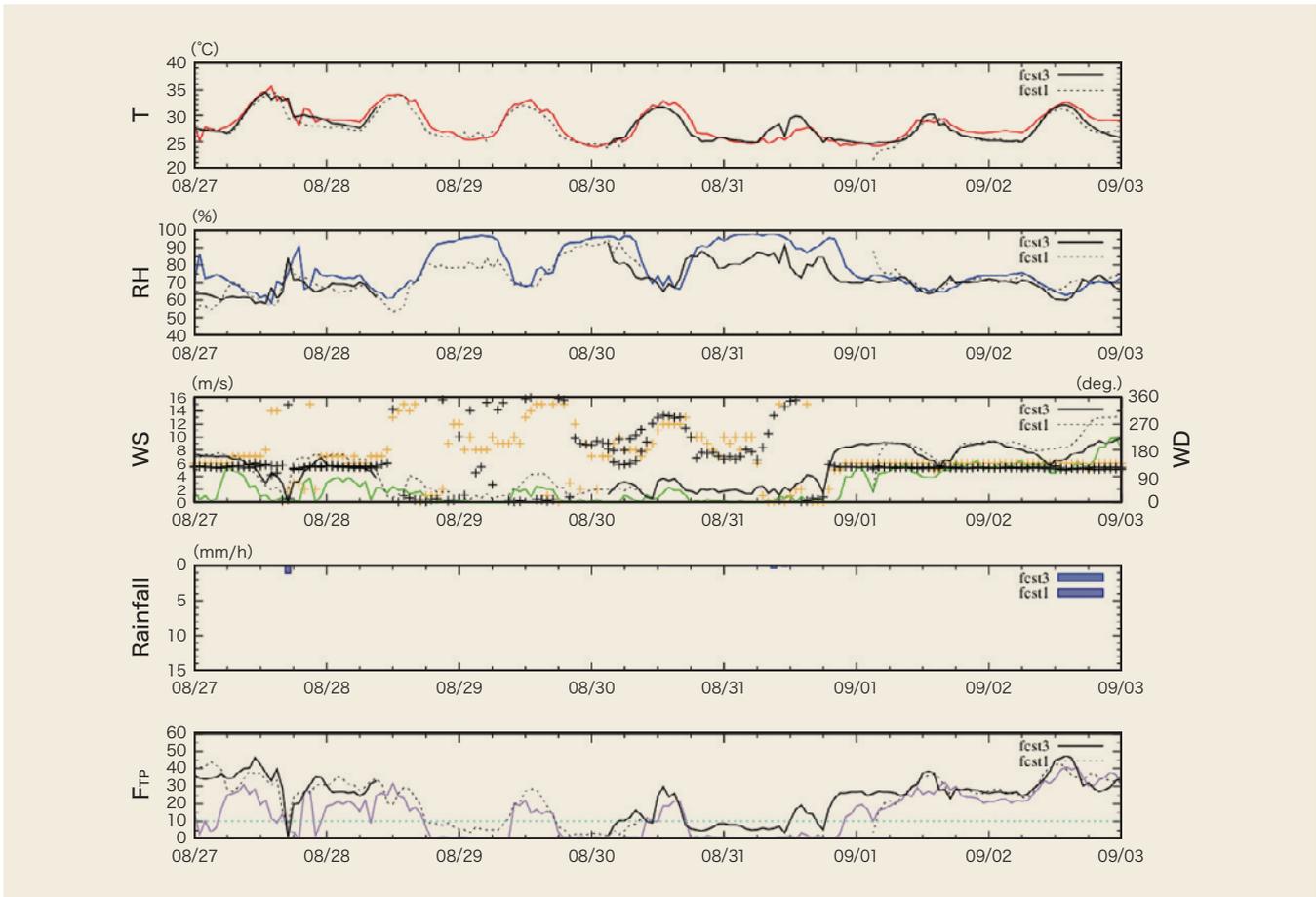


図4 2020年台風9号に伴うフェーンの予報結果

※T: 気温、RH: 相対湿度、WS: 風速、WD: 風向、Rainfall: 時間雨量、F_{TP}: 蒸散強制力、fcst3: 3日前予報、fcst1: 前日予報を示す。

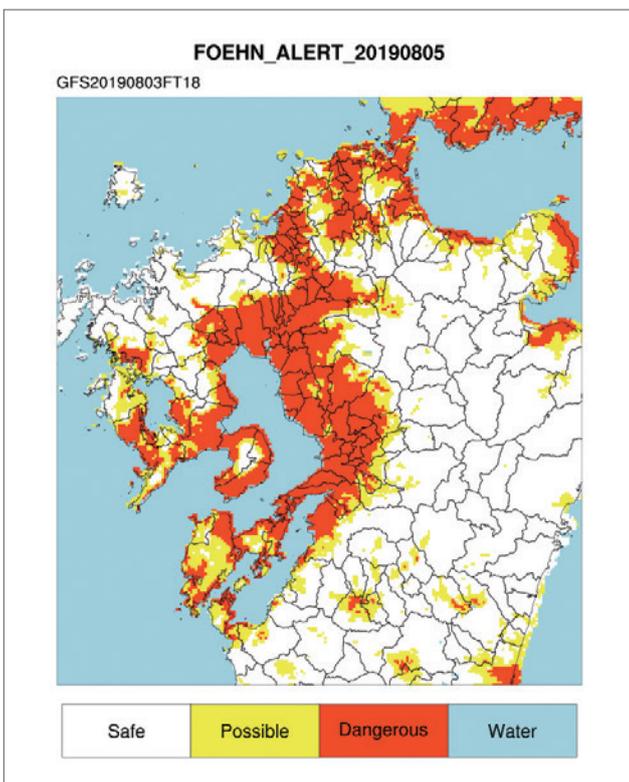


図5 水稲フェーン被害注意情報の一例

※Safe: 安全、Possible: 被害の可能性あり、Dangerous: 被害の危険性が高い、Water: 水域の範囲を示す。

用語解説

- ※1 **白未熟粒** 胚乳の一部または全部が白く濁ってしまった玄米。登熟期の高温によりデンプンの蓄積が阻害されることなどにより発生します。精米しても白濁は無くならず、米の検査等級の下落や食味の低下の原因となります。
- ※2 **栽培管理支援システム** 農研機構メッシュ農業気象データと作物生育予測モデルや病害予測モデルを利用して、農業気象災害を軽減するための、早期警戒情報と作物の栽培管理に役立つ情報を作成・配信し、農業生産者の意志決定を支援する情報システムです。
- ※3 **白穂** 出穂後間もない比較的若い水稲の穂が、急激な乾燥、脱水によって靱枯れて穂全体が白色に枯れ上がる現象です。

参考文献

- 1) 和田博史 (2013) 高温乾燥風による水稲の乳白粒発生機構。
https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/karc/2013/karc_13_s14.html
- 2) 農研機構 九州沖縄農業研究センター (2008) 緊急調査報告書「南九州における平成19年産早期水稲の被害実態と要因解析および技術的方策」, 第3章, 南九州における早期水稲の被害実態, pp.25-50.
- 3) 令和元年産米の品質に関する研究会 (2020) 令和元年産新潟米の品質低下要因と対応について～令和元年産米の品質に関する研究会報告書～I 令和元年産新潟米の品質等の実態, pp.1-7.
- 4) 農研機構 (2019) 栽培管理支援システム Ver.1.0. 利用マニュアル, 6.3. フェーン注意情報, p.131.
- 5) 木野勇 (1950) 水稲の乾風害(白穂)について. 農業気象, vol.5(3), 133-136.
- 6) 柴田昇平ら (2016) 九州の米生産に及ぼす気候変動リスク～夜間のフェーンと乳白粒の発生～. 九州の農業気象, vol.25, 134-137.
- 7) 村松謙生 (1988) フェーンによる白穂被害の発生機構. 北陸農業試験場報告, vol.30, 131-148.



因に、田んぼダムによる水稲生産への影響や適切な水深管理の上限が示されていなかった点が挙げられます。「田んぼダムでは、どの程度まで水を貯めても大丈夫なのか」、農業生産面の情報がなく、安心して取り組めなかったと、協力地域の生産者から指摘がありました。そこで、精密な栽培試験とほ場試験により時期別の水稲の冠水・湛水による生育・収量への影響を明らかにしました³⁾(図1)。これにより、水稲の生育に影響しやすい湛水の時期や継続時間が明確になり、生育や収量に影響のない、安心して実施できる田んぼダムの取り組みを示すことができました。

安心・安全で効果が実感できる 田んぼダムの実現

田んぼダムを実施している自治体においては、水田の排水口にある落水口の形状によって、通常の水管理用のセキ板から、田んぼダム機能を有するセキ板への取り替えやセキ板の追加などの様々な方法が提案されています。

水田の雨水貯留機能を強化する水位管理器具として湛水管理を手間なく安価に実現する水位管理器具³⁾⁴⁾⁵⁾(写真1)を開発し、北海道の岩見沢南地域資源保全協力

会(写真2)や岩見沢市、北海道農政部の協力を得て、地域内400ha(2021年時点)でその効果を実証しています。この調整板では板に2段階の角度を持つスリットを配置しています。スリットの最下部を通常の水管理の位置に設定すると、大雨時に水深が上昇した水深に合わせて排水量が抑えられ、降雨後は管理水位までゆっくり排水することで、貯留効果が強化されます。そのため、雨が降る前に板の高さを変更するなどの労力をかけずに効果を得られます。また、落水柵は、調整板の接地面を傾斜面式に改善することで、水圧により板の密着性を高め漏水を抑制するとともに、箱型の落水柵より軽量化され施工時の



写真2 岩見沢南地域資源保全協力会メンバー



写真1 田んぼダム用の水位調整板と落水柵



取り扱いが容易になります。

なお、田んぼダムを実施すると、降雨時に水田の水深が上昇しますが(写真3)、水稻や畦畔に影響が出ないよう、畦畔より低い、水稻生産に支障のない安心できる範囲で水を貯留するように、これら器具のスペックや設置位置について検討する必要があります。



写真3 田んぼダムの効果発揮の様子
(観測日:2018年6月29日-7月1日)

地域と一緒に 田んぼダムの効果を実感

田んぼダムにより豪雨時に水田の水深を10cm高くできると、1haの水田で1,000t(1,000m³)もの雨水を一時的に貯留することになります。よって、なるべく多くの方に協力していただいて、広い面積で取り組むと、下流の水路が満水になるリスクや排水機場の稼働の軽減につながります。

実際に、豪雨時の水田の様子を見ると、田んぼダムの調整板を設置した水田では貯留効果を発揮して水位が上昇している様子がよくわかります(写真3)。この時の水田の水深と排水量を観測した結果⁶⁾が図2です。調整板を設置した水田では、降雨期間が終わっても高い水深がしばらく継続しており、貯留効果が強化されています。この調査事例では、豪雨時の最大の水田の水深は通常の管理

する水深より7cmほど高くなり、田んぼダムを未実施の水田よりも高い水位で7時間程度継続していました。このことにより、調整板を設置した水田では、排水量が抑制され、ピークの排水量が約40%削減されていました。貯留された雨水は、その後、貯留された水量と同じ量がゆっくりと排水されていることがわかります。そのため、田んぼダムを多数のほ場で実施すると、降雨のピーク時に排水路に排水される水量が抑制され、排水路内の水量の急増を抑制する効果が得られました(写真4)。

また、田んぼダムの種類によっては、雨水の用水としての利用率が高まり用水資源の確保という農業面のメリットも期待できます。

田んぼダムの設置の容易性や効果の特徴は、調整板の種類や設置方法によって異なるため、事前に関係者で

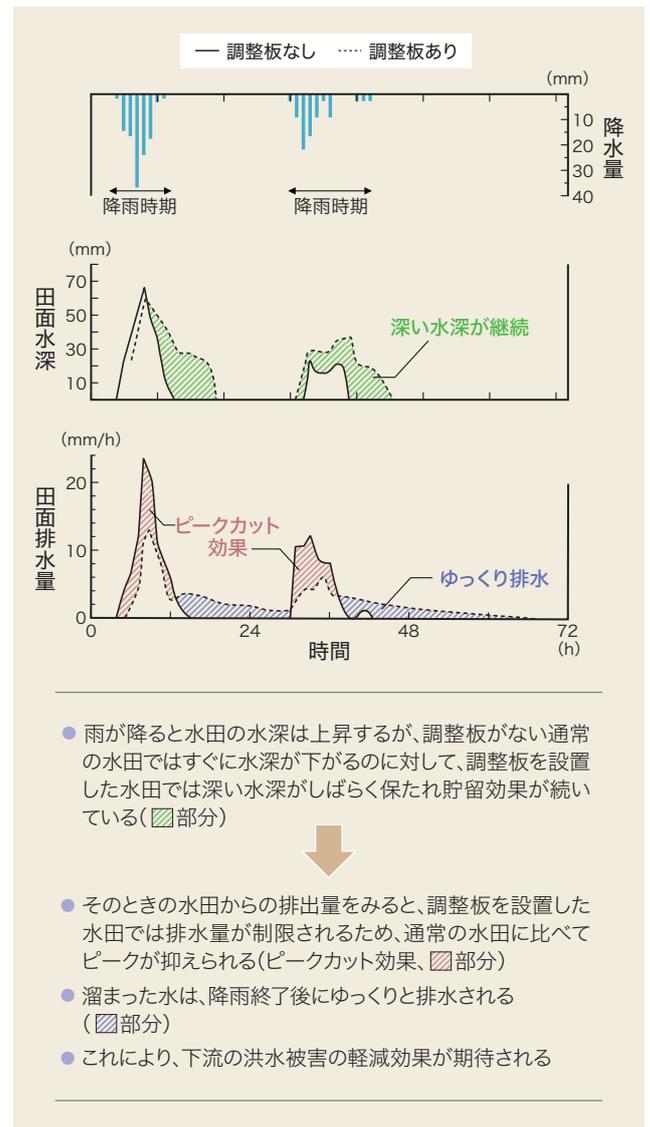


図2 田んぼダム実施による水田の雨水貯留機能の実測例
(観測日:2018年6月29日-7月1日)

十分に検討して、地域が理解して納得できる取り組み⁷⁾⁸⁾にすることが不可欠です。さらに、自治体などの協力を得て、恩恵を受ける地域住民に対する情報発信にも取り組み、広く理解を得て地域全体で取り組むことが理想です。



実施した田んぼダムの落水口と調整板の状況



未実施区画の排水路



田んぼダム実施区画の排水路

写真4 田んぼダム実施による排水路への排水流出抑制効果 (観測日:2019年8月8日)

おわりに

田んぼダムの取り組みは、農林水産省の「多面的機能支払交付金(資源向上支払)」の助成項目になっています。このような制度を上手く活用することで、取り組みの拡大が期待されます。

しかし、田んぼダムはあくまで水田の貯水機能を営農により活用する地域連携による協働の取り組みです。水位が水田の畦畔を超えて一帯が浸水してしまう豪雨時に

は、田んぼダムだけでは十分な防災効果を期待できません。気候変動などの影響で豪雨の激甚化が予測される中、現状の防災インフラである排水施設などの機能診断や能力の見直しなどを行うことが重要です。将来的には、流域治水^{※3}の概念に基づき、排水施設の更新などのハード対策を中核に、田んぼダムのような地域による協働の取り組みを組み合わせ、豪雨に対して最適な被害軽減対策を地域全体で検討することが理想といえます。

(農村工学研究部門 農地基盤情報研究領域 農地整備グループ)

「水田の貯留機能向上のための生育段階別の適正湛水管理標準作業手順書」(PDF)

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP20-411K20210225.pdf



用語解説

- ※1 **水源涵養機能** 雨水を地下に浸透させ、地下水として一時的に貯留します。この地下水は河川に還元され、河川に流れ込む水量を平準化し、洪水を緩和する働きもしています。
- ※2 **落水柵** 水田の水を排水するため、水尻に排水口となるコンクリート製や樹脂製などの柵(マス)を設置します。この柵に水位調整の板を付けて水田の湛水の水位を一定に保っています。
- ※3 **流域治水** 気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化などを踏まえ、堤防の整備、ダムの建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域(雨水が河川に流入する地域)から氾濫域(河川などの氾濫により浸水が想定される地域)にわたる流域に関わるあらゆる関係者が協働して水災害対策を行う考え方です。(引用:国土交通省HP⁹⁾)

参考文献

- 1) 農林水産省 農業・農村の有する多面的機能。
https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/nougyo_kinou/
(参照 2021-3-10)
- 2) 宮津進ら(2012) 田んぼダムによる内水氾濫被害軽減効果の評価モデルの開発と適用。農業農村工学会論文集, vol.282, 15-24.
- 3) 皆川裕樹ら(2020) 豪雨時の洪水被害軽減に貢献する水田の利活用法。農研機構 普及成果情報。
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nire/136187.html (参照 2021-3-10)
- 4) 北川巖ら(2018) 農地の雨水貯水管理のための給排水管理装置。特開2020-026684号。
- 5) トーヨー産業株式会社。田んぼダム用堰板 ダムキーパー。
<https://www.ty-sangyo.jp/> (参照 2021-4-20)
- 6) 持永亮ら(2021) 圃場スケールでの田んぼダムによる豪雨時の雨水貯留機能。水土の知, vol.89(8), 印刷中。
- 7) 平沢俊ら(2020) 省力的な田んぼダムの実証試験。水土の知, vol.88(3), 40-41.
- 8) 北海道農政部, 北海道空知総合振興局調整課(2020) 田んぼダム実施マニュアル。
<http://www.sorachi.pref.hokkaido.lg.jp/ss/csi/tanbodamu.pdf>
(参照 2021-4-20)
- 9) 国土交通省 流域治水の推進。
<https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/index.html>
(参照 2021-4-20)

ため池の決壊から人的被害を防ぐための「ため池防災支援システム」

堀 俊和

HORI Toshikazu

はじめに

ため池とは、降水量が少なく大きな河川のない地域などで、農業用水を確保するために、水を貯え取水ができるよう人工的に造成された池のことです。現在、ため池は全国の約16万カ所に存在しています。そのうち約70%が江戸時代以前に築造され、日本最古のため池は7世紀頃に築造されたといわれています。古来、ため池は日本の水田農業を支える貴重な水資源となっています。ため池は、農業用水の確保だけでなく、生物の保全、地域の憩いの場の提供など、多面的な機能を有しています。

一方、近年、地震や豪雨によってため池が決壊する災害が多発しています。ため池は小さい河川や沢に土を盛って水を貯める構造となっており、水をせき止めている土の部分を堤体とよびます。地震の大きな揺れが加わったり、豪雨によって水かさが大きく増えて堤体を越えて水が流れることで浸食されたりすると、堤体が壊れて最終的に決壊に至ります。決壊によりため池の貯水が一気に流れ出ると、下流域の住宅や公共施設に被害が発生する場合があります。

例えば、2011(平成23)年の東北地方太平洋沖地震では福島県のため池(藤沼ため池)が決壊して、下流に住む8名の方が犠牲となりました¹⁾。また、平成30年7月豪雨(2018年)では、上流の斜面が崩壊して発生した土石流がため池に流れ込んだことでため池が決壊し、下流住民1名が亡くなりました²⁾。

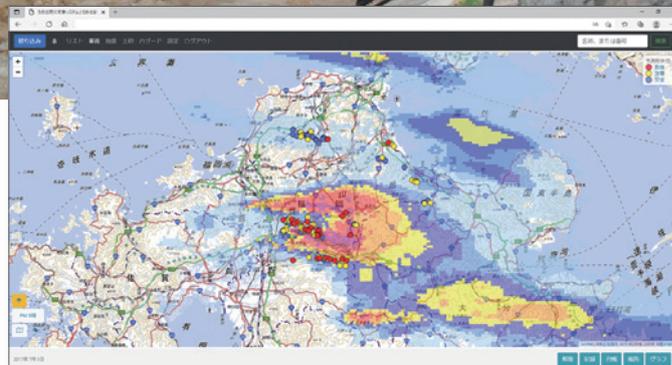
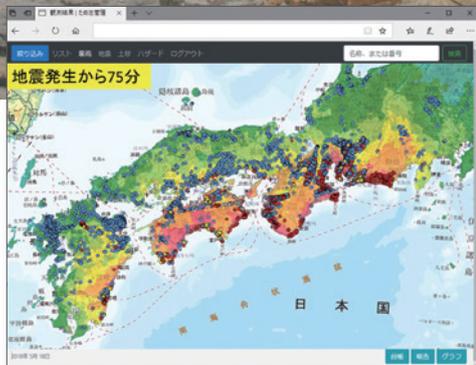
ため池の決壊は現代になって発生しているものではなく、古来決壊と築堤を繰り返してきました。現代では、ため池の下流の都市化が進み、人が住むようになってきたことから、ため池の決壊による災害が大きな問題となっています。

東北地方太平洋沖地震における災害対応には、2つの情報共有に関する問題がありました。1つ目は、ため池の水が下流の住宅を襲ったのは、地震発生から30分後でしたが、その間に避難のための十分な情報が提供されず、下流の住民が逃げられなかったことです。もう1つは防災機関同士の情報共有の不具合です。地震発生の直後から電話が不通となったことに加え、防災機関の建物が壊れてメールなどの通信手段が途絶えました。藤沼ため池の決壊の一報が県庁に届いたのが決壊から約3時間後の18時、農林水産省に伝わったのが約9時間後の24時頃であり、それまでの間、迅速な災害支援を行うことができませんでした。このことから、ため池の決壊の危険性を下流の住民へいち早く伝達すること、防災機関が連携して緊急対策を行うための災害時の情報を共有することが極めて重要な課題であると認識されました。

以上のような背景から、農研機構では、地震や豪雨時のため池の決壊危険度を予測するとともに、災害現地でのため池の被害情報を全国の防災機関に情報共有する「ため池防災支援システム(以下、本システムという)」を開発しました³⁾⁴⁾⁵⁾。

ため池防災支援システムの開発

本システムには、全国約16万カ所すべてのため池の堤高(堤体の高さ)や総貯水量などの情報がデータベースとして格納されています。地震時には、防災科学技術研究所の災害情報システム「SIP4D」からの地震情報を受信し、高速化された解析システムにより堤体の沈下量を自動的に算定して、地震情報を受け取ってから30分以内に、赤黄青の3段階で決壊危険度を地図上に表示します(図1)。豪雨時には、「SIP4D」を通して気象庁からの気象



都道府県	市区町村	ため池名称	堤高(m)	総貯水量(千m ³)	震度	累積低下量(m)
宮城県	大和町	轟太沖ダム溜池	27.00	854.00	3.5	0.29
宮城県	仙台市青葉区	丹山池	15.70	1.00	3.6	0.00
宮城県	亶理郡山元町	山神溜池(1)	3.30	10.00	4.6	0.00
宮城県	亶理郡亶理町	平塚溜池	2.40	16.00	4.9	0.00
福島県	相馬市	濁の沢(溜池)	17.00	41.00	3.9	0.04
福島県	亶理郡山元町	迅越溜池	7.80	31.00	5.1	0.03
福島県	相馬郡飯沼村	岩部ダム	23.10	880.00	4.3	0.01
福島県	相馬市	一反田	7.90	113.00	4.5	0.01
宮城県	角田市	内町下溜池	8.30	281.00	4.7	0.01
宮城県	亶理郡山元町	沈穴溜池	6.70	55.00	4.5	0.00
栃木県	芳賀郡茂木町	萱又調整池	28.40	490.00	3.5	0.00
宮城県	角田市	内町上溜池	7.90	79.00	4.7	0.00

図1 地震時の決壊危険度の表示とメール配信 (2021年2月)

情報を取り込んで、現在時刻から15時間後までのため池の貯水位の変化を自動計算し、堤体から水が溢れて決壊する危険度を3段階で表示します(図2)。この情報を参考に、自治体では速やかにため池の緊急点検を行い、避難指示を発令することが可能となりました。本システムの地

図上には、ため池が決壊した場合の氾濫域を推定して表示することもできます。避難所や災害医療拠点、道路通行止めの情報と重ね合わせて、適切な経路で避難指示を出すことが可能です(図3)。

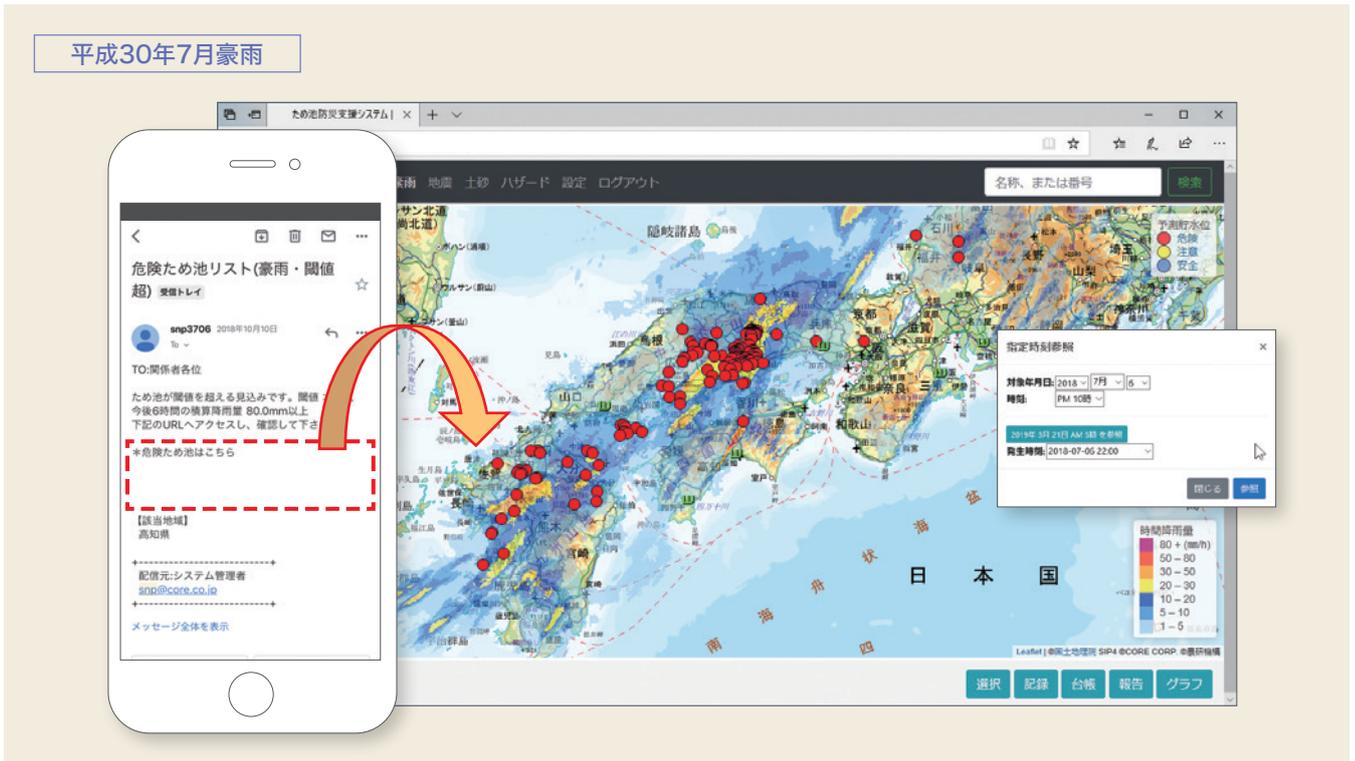


図2 豪雨時の決壊危険度の表示とメール配信（2018年7月）



図3 氾濫域の情報の様々な災害情報の表示

災害時の緊急点検への活用

本システムは、2020(令和2)年4月から農林水産省により運用が開始され、全国の都道府県および市町村でため池の緊急点検^{*1}に活用されています。地震や豪雨が発生すると、農林水産省の点検ルールに基づいた点検ため池を管轄している自治体の担当者にメールが配信されま

す(図1,2)。自治体の担当者は、システムで表示された危険度を参考に、緊急点検の優先順位を決定することができます。

これまで、ため池の緊急点検は、自治体の担当者が現地調査を実施した後、職場に戻ってから報告書を作成して報告する方法を取っていたため、すべての被害情報の共有に1日から数日の時間を要していました。本システム



図4
モバイル端末での
閲覧・緊急点検報告
(2017年7月)

はスマートフォンなどのモバイル端末に対応したインターフェースを有しており、ため池の現地でシステムから自動的に表示される危険度を確認しながら被害状況の入力や、写真の撮影・送信ができるため、点検直後に全国の防災機関で被災情報を共有することができます(図4)。さらに国や都道府県では、現地での緊急点検の情報を基に、被害の大きい地域に技術者や他県からの応援を送るなど、効率的で迅速な支援を行うことができます。

おわりに

災害時に本システムを用いて、ため池の被害情報を共有して適切な緊急対策を迅速に行うには、防災訓練が不可欠です。農林水産省は、本システムの運用が開始した2020(令和2)年から全国の自治体を対象としたシステムの習熟と災害時の連絡体制の確認を目的とした防災訓練を実施しており、農研機構は技術協力を行っています⁶⁾。今後、本システムの円滑な運用のためのフォローアップを行うとともに、Society 5.0の実現に向けたデジタル防災技術を開発する予定です。ICTセンシングシステムによるため池下流域の住民避難に活用できる警報システムの開発や、人工衛星とドローンにより広域的な被害把握や遠

隔点検の技術を開発し、これらの各データとAI技術を組み合わせることで、迅速な災害対策を支援するデジタル防災技術の開発に取り組んでいきます。

(農村工学研究部門 施設工学研究領域 施設整備グループ)

用語解説

※1 **ため池の緊急点検** 主に地震直後に実施されるため池の点検を指します。震度4以上または震度5弱以上の地震が発生した場合に防災重点農業用ため池(決壊した場合の浸水区域内に家屋、公共施設などが存在し、人的被害を与えるおそれがあるため池)について被災の有無を農林水産省に報告することになっています。豪雨後には、大雨特別警報が発令された地域にあるため池が緊急点検の対象となります。

参考文献

- 堀俊和ら(2012) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震によるため池の被災。農村工学研究所技報, No.213, 175-199.
- 泉明良ら(2019) 平成30年7月豪雨における岡山県内のため池被災状況。農研機構研究報告, No.3, 61-70.
- Hori, T. et al. (2019) Development of Disaster Prevention Support System for Irrigation Pond (DPSIP). Journal of Disaster Research, vol.14, No.2, 303-314.
- 堀俊和・泉明良(2018) 地震・豪雨時の農業用ため池の被害とICT等を用いた減災技術。地盤工学会誌, 30年4月号特集, 4-7.
- 堀俊和・泉明良(2019) ため池防災支援システムの活用。農村計画学会誌, vol.38, No.3, 4-7.
- 農林水産省ホームページ「ため池」。
https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/
(参照 2021-6-7)

実効性のある安全対策をサポートする 農作業事故事例検索システム

積 栄 皆川 啓子 紺屋 朋子

SEKI Ei

MINAGAWA Keiko

KONYA Tomoko

はじめに

農作業死亡事故については、国の調査開始以来40年以上にわたって、毎年400件前後の発生が続き、大きな問題となってきました。本稿執筆時点で最新のデータである2019年では281人¹⁾と、近年は件数で見れば減少傾向にありますが、農業就業人口当たりで見ると、他産業が事故を減らしてきたのとは逆に増加傾向を示しています(図1)。同年の農業就業人口10万人当たりの死亡者数は16.7人と、建設業の3倍以上、全産業平均の12倍以上の値となっており、残念ながら、わが国では農業が危険業種の代表格となってしまっています。

農業では、作業中の事故で経営者自身が被災する可能性があり、経営の存続に直結してしまうことから、大きな経営リスクの一つとして認識される必要があります。また、法人化や雇用による就農が広がっているにもかかわらず、これに伴って法的義務が生じる十分な安全確保や労

災保険加入などが、他産業と同じレベルまで進められているとは言い難いのが現状です。このような状態で被雇用者が重大事故に遭ってしまうと、雇用者である生産者側には様々な責任や費用負担が課せられることとなります。また、地域農業を支える貴重な担い手が事故に遭ってしまえば、受託作業が滞るなど、その影響が地域全体に及ぶ場合もあります。このように、農作業安全は、今後の農業経営と地域農業の存続を支えるインフラであり(図2)、当事者だけでなく行政や農協、関係機関なども一体となって、これまで以上に取り組んでいかなければならない課題となっています。

事故調査から見えた 対策へのアプローチ

農研機構では2011年度から、複数の道県との連携により、従前よりも詳細に事故要因を把握する調査・分析に

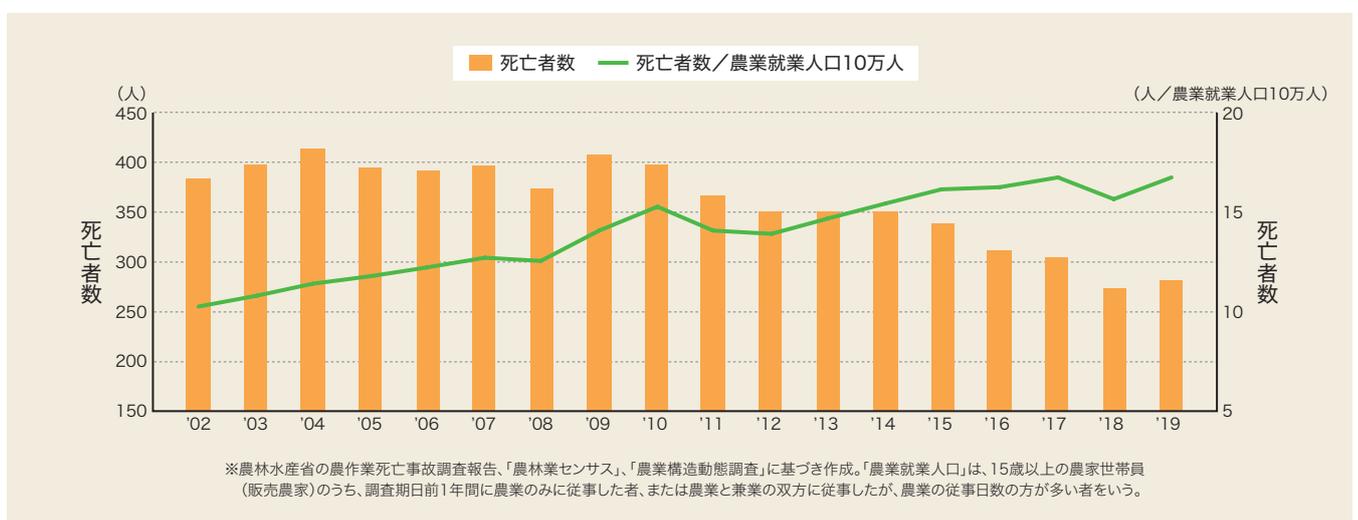


図1 農作業死亡事故の推移



図2 安全対策と農業経営の関係

より、農作業現場に潜む危険としてどのようなものがあり、対策にはどのようなアプローチが必要かを明らかにするための研究を進めています²⁾³⁾。この詳細調査・分析では、農作業事故の原因を、①機械・施設・用具などのハードに関するもの、②ほ場・道路などの作業環境に関するもの、③作業・管理方法に関するもの、④ヒューマンエラーや年齢などの人に関するものに大きく分類し、それぞれに問題がなかったかを分析、考察してきました。その結果、農作業事故は、基本的に①～④の各要因のうちのいくつかが重なったことで発生しており、④の人的要因のみに起因する事故はほとんどないことが明らかとなりました。労働災害を減少させてきた各産業では、人は誰もがミスをする、という前提に立ち、ミスの原因を追究するとともに、ミス



図3 農作業事故の要因の考え方

が事故につながらないように何ができるかを考える、という考え方に立っています⁴⁾。つまり、農作業事故においても、人に対する注意喚起に頼らず、「機械・施設など」、「作業環境」および「作業・管理方法」の各側面から、現場ごとに問題点を見つけ出し、具体的な改善を行うことで、真に実効的な事故対策となり得ることがわかります(図3)。

生産者の現場改善への意識はどうか?

では、当事者である生産者は、農作業事故対策としての現場改善への意識をどの程度持っているのでしょうか。現状を把握すべく、先に述べた事故調査・分析の連携道県から提供された生産者を対象としたアンケートの

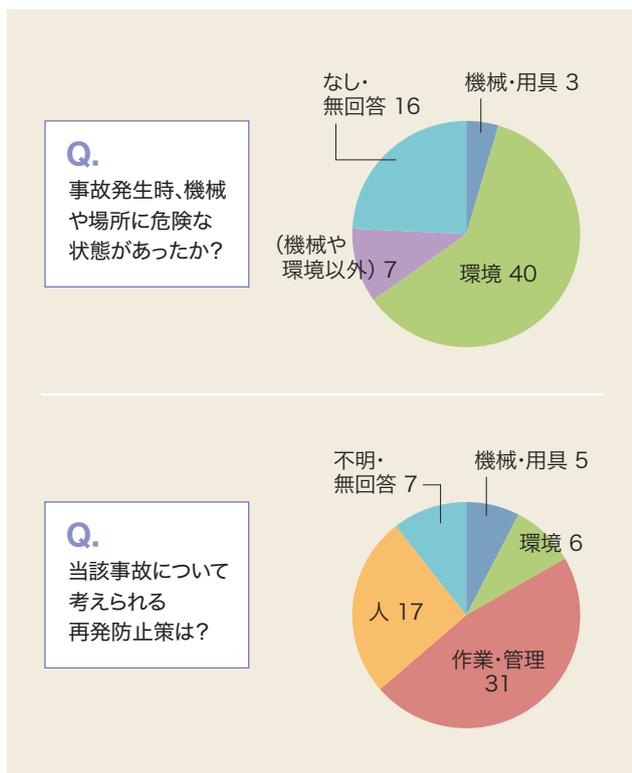


図4 ある道県における生産者意識調査結果
(負傷・ヒヤリハット経験の原因とその再発防止策、n=66)

データに基づき、考察を行いました。図4は、ある道県での農作業中の負傷やヒヤリハット経験^{*1}に関するアンケートを分析したものです⁵⁾。これらの経験があると答えた生産者66名のうち、65%(43名)が、環境(段差、傾斜、場所の狭さなど)や機械・用具(カバーの破損など)にその要因があったと認識していました(図4上)。その一方で、それらの経験に対して考えられる再発防止策を尋ねたところ、問題視したはずの環境や機械・用具の改善(危険な場所への目印設置、機械の点検修理など)を挙げた生産者は17%(11件)にとどまり、73%(48件)の大多数は、作業・管理面(手順の見直し、保護具の使用など)や人への対策(基本の再確認、作業の熟練化など)を挙げていました(図4下)。

もちろん、人や作業・管理面への対策も重要ではありません。しかし同時に、より根本的な対策として一層の効果が見込める環境や機械・用具の改善に目が向いていない、または難しさを感じている可能性があり、その場合、現場に潜む危険はなくなり、事故の再発は避けられないことになってしまいます。このような実態が、農作業事故が減らない現状につながっているとみることができます。

現場の改善につながる 「農作業事故事例検索システム」

事故防止に必要なのは、「気をつけよう」の注意喚起に終わらず、実際に少しでも使用機械や作業環境、作業方法などを安全側に変える、つまり「現場に変化を起こす」ことです。まずは一つでも行動を起こし、それを続けることが重要で、このような考え方は、GAP(Good Agricultural Practices、農業生産工程管理)^{*2}における労働安全の取り組みにつながるなど、農業経営の下支えにもなります。

そこで農研機構では、各地域での取り組みの中での具体的改善や、生産者自身による実効的な改善目標の作成を支援するために、様々な農作業事故事例とその事故要因や対策事例・方法から、生産者や農作業安全担当者が現場の改善に向けた知見を得られる「農作業事故事例検索システム」⁶⁾を開発しました。

本システムは、様々な農作業事故の原因や対策方法などを多面的に分析した個別報告を、ウェブ上で作目・事故形態・機械用具名称から誰でも簡単に検索できるようにしたものです(図5上)。個別報告は、2011年度から北海道農作業安全運動推進本部と連携し、農協など現地機関の協力に基づき、機械などの起因物や事故現場の確認、被災者からの聞き取りなどの詳細調査を行った事故事例(2021年度時点では191件、その後も毎年度追加予定)で構成されています。利用者はまず、ウェブブラウザで公開ページにアクセスし、作目別の事故事例一覧を選択します。一覧が表示されたら、上部のプルダウンメニューから、事故形態や機械用具名称で対象を絞り込み、該当する個別報告をPDFファイルで閲覧することができます(図5下)。

個別報告には、事故の概況、救命・治療の経緯、事故原因、事故防止対策、事故機や現場の状況説明図が含まれています。事故原因については、人、機械・用具、作業環境、安全管理(作業方法など)の各側面に該当するものを分析、記載しており、それぞれの観点から、農作業現場に潜在する問題点が把握できます。事故防止対策については、被災者による実際の事故後の対策とともに、他に推奨する対策なども併記しています。これにより、類似事故の防止に向けた、従来の人的要因への対策(注意喚起など)に依存しない、根本的で効果が高く、かつ多面的な対策の検討が可能となっています。

本システムの利用により、各地域の生産者や農作業安全担当者が、対象とする生産現場で起き得る事故の事例を把握するとともに、その対策方法についても情報を得ることができるようになります。

用しながら、現場レベルでの効果的な改善に向けた取り組み事例の蓄積を進めています⁸⁾。

今後も農研機構では、これらのコンテンツの活用促進や改良も含めて、安全な農作業のための現場改善に向けた様々な取り組みを進める予定です。また同時に、その土台となる、関係者間の安全意識の向上や横のつながりの構築にも貢献していきたいと考えています。

(農業機械研究部門 システム安全工学研究領域
予防安全システムグループ)

図5 農作業事故事例検索システム
上：作目別の事故事例一覧から事故形態や機械用具名称で絞り込む
下：個別報告No.をクリックし、PDFファイルで事故事例の詳細を表示

用語解説

- ※1 **ヒヤリハット経験** 仕事をしていて、もう少しでけがをすることがあったということがあります。このヒヤリとした、あるいはハットとした経験のことを指します。(出典：厚生労働省「職場のあんぜんサイト」)
- ※2 **GAP(Good Agricultural Practices、農業生産工程管理)** 農業において、食品安全、環境保全、労働安全などの持続可能性を確保するための生産工程管理の取り組みのことを指します。(出典：農林水産省「農業生産工程管理(GAP)に関する情報」)

参考文献

- 1) 農林水産省(2021) 令和元年に発生した農作業死亡事故の概要。
https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anken/attach/pdf/index-136.pdf (参照 2021-4-28)
- 2) 積栄ら(2012) 農業機械事故の詳細調査・分析手法の研究(第1報)。農業環境工学関連学会2012年合同学会講演要旨, CD-ROM.
- 3) 積栄ら(2013) 農業機械事故の詳細調査・分析手法の研究(第2報)。第72回農業食料工学会年次大会講演要旨, p.190.
- 4) 中田亨(2018) 特集“なぜ減らないか”を深掘りするSTOP! 農作業事故, [インタビュー]ヒューマンエラーの取り扱い方。地上, 2018年12月号, 26-27.
- 5) 農研機構 農業技術革新工学研究センター(2020) 農作業事故の詳細調査に基づく啓発支援に関する研究。令和元年度事業報告, pp.26-27.
- 6) 農研機構 農業機械研究部門(2020) 事故事例検索。
<https://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/anzenweb/chousadb/chousadb.html> (参照 2021-4-28)
- 7) 農研機構 農業機械研究部門(2020) 対話型農作業安全研修ツール。
<https://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/anzenweb/taiwa/taiwa.html> (参照 2021-4-28)
- 8) (一社)全国農業改良普及支援協会(2020) 対話型研修の取組事例。
<https://www.jadea.org/houkokusho/nousagyouanzen/nousagyouanzen-tool.htm> (参照 2021-4-28)

事故事例を活用した
現場レベルでの改善

本システムは、ウェブサイト「農作業安全情報センター」内の「農作業事故について知りたい」コーナーから、どなたでもご利用いただけます(ご利用規約への同意が必要です)。既に多くの農作業安全研修などで各事例が活用されています。さらに農研機構では、事故事例も活用しながら、実際に各種農業法人やJA部会などの小集団で具体的な改善策の検討を促すためのコンテンツ「対話型農作業安全研修ツール」⁷⁾も開発、公開しました。これらを活

農業機械研究部門 農作業安全情報センター
<https://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/anzenweb/>



TOPICS

農研機構の新しい組織について

— 基盤技術研究本部 —

理事(戦略、組織、運営担当) 白谷 栄作
SHIRATANI Eisaku

農研機構は、第5期中長期計画の研究開発とイノベーションを加速するため、理事長を本部長とする基盤技術研究本部(以下、「研究本部」という。)を新たに設置しました。研究本部には、農業情報研究、農業ロボティクス研究、遺伝資源研究、高度分析研究を行う4つの研究センターを配置し、データの一元的管理と情報研究基盤の徹底的な活用で相互を有機的に結びつけ、AI、ロボティクス、バイオテクノロジー、精密分析などの研究基盤技術を高度化します。

■ 農業情報研究センター

AIスパコン「紫峰」、NARO統合データベース、高速ネットワークによる農業情報研究基盤を構築し、徹底的なアプリケーション指向の農業AI研究の推進とICT・デジタル人材の育成、農業データ連携基盤“WAGRI”の運用を行います。これら農業情報基盤を使ったサイバー空間でのシミュレーションと連携することにより、農研機構全体の技術開発を加速します。また、「インキュベーションラボ」では、革新的な栽培環境エミュレータを使った育種や栽培技術の開発を本格化します。

■ 農業ロボティクス研究センター

農業現場のサイバー・フィジカルシステムを構築し、ロボティクスによって農業を超スマート化するための研究開発を行います。作物栽培現場の環境や生育状況などをセンシングし、サイバー空間のデータベース、生育モデルやAIを使い最適な行動計画を導き出し、それに合わせて現場をコントロールするシステムを、施設栽培と露地栽培で実現します。また、これらの技術開発を行うための、センサー、アクチュエータ、パワートレインなどの設計・開発も行います。

■ 遺伝資源研究センター

センターが有する遺伝資源の収集、特性評価、保存、配布の機能を高度に発揮させるため、農業情報研究基盤と連携し、植物・微生物の遺伝資源のゲノム情報や新機能情報を解明・付加し利用価値の向上を図ります。また、遺伝資源の超低温保存などの画期的な保存技術を開発します。

■ 高度分析研究センター

先端的NMR拠点として多くのNMR装置や精密分析装置が装備されています。これらを使った、先端的な精密分析技術によって農業・食品分野の分析を高度化します。情報研究基盤と連携することによって、農研機構のほか大学、民間、公設試験研究機関などの研究開発を加速させます。また、新たに、高度分析・AI解析などのリモート基盤を整備し、民間などによる遠隔利用を開始しました。

これら共通基盤技術と研究セグメント(I、II、III、IV)で行う研究開発を連携させることによって、農研機構全体の研究開発力を徹底強化します。さらに、民間などとの共同研究を通じて、わが国全体の研究開発力向上にも大きく貢献して参ります。創出される研究開発成果は、本誌をはじめとして利用者にわかりやすく、発信いたします。

本部長

副本部長

研究推進室

農業情報研究センター

AI、データを活用した最先端ICT農業の実現と人材育成
(データ戦略、農業AI研究、農業データ連携基盤)

農業ロボティクス研究センター

最先端のロボット技術・システム技術を農業・食品産業の
各プロセスへ展開

遺伝資源研究センター

遺伝資源の基盤リソースの拡充と情報基盤の整備による
農業生物資源遺伝バンクの徹底活用

高度分析研究センター

高精度機器による分析基盤の確立とビッグデータを活用
した研究開発

情報研究基盤を核として、農業情報研究、農業ロボティクス研究、
高度分析研究、遺伝資源研究と連携し、それぞれの研究開発を加速

農業データ連携基盤



WAGRIによるデータの
連携、共有、提供



AI研究

AI研究専門家

農業技術研究者

農業技術研究と
AI研究の融合



AIなどを活用した
データ解析手法の
開発と利用者教育

農業情報研究

情報研究基盤

AIスパコン、農業統合DB、
高速ネットワークによる情報研究基盤



農研機構
農業統合DB



AIスパコン「紫峰」

■ センシングから動作までの
協調システムなど



ロボットトラクタの協調運行

遺伝資源研究

■ わが国随一の遺伝バンク
(植物、動物、微生物)の
管理と利用



遺伝バンクの植物遺伝資源保管庫



植物種子コレクション

高度分析研究

■ NMR, MRIなどの
高度機器による分析



NAROラボの分析機器群



MRIによる物性分析



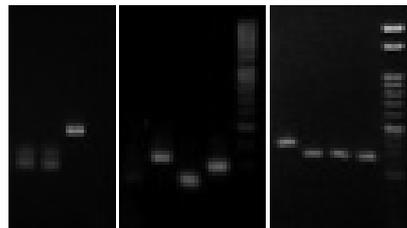
ドローンによる
センシング

温故知新

>> 古きをたず(温)ねて新しきを知る



縞葉枯病発病イネ(コシヒカリ)



DNAマーカーのバンドパターン



マーカー選抜系統の生物検定

品種育成を支えるDNAマーカーをつくる イネ縞葉枯病抵抗性マーカー

早野 由里子

HAYANO Yuriko

成果情報「*Stvb*遺伝子座によるイネ縞葉枯病抵抗性を判別する分子マーカー」

https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/narc/2012/152c0_01_29.html



イネ縞葉枯病の総合防除マニュアル

https://ml-wiki.sys.affrc.go.jp/rsv_web/manual/start



Editor's Note

編集後記

2021(令和3)年度に農研機構は新たに第5期中長期のスタートを切りました。農研機構技報9号は、第5期中長期の記念すべき最初の号です。本号の巻頭言では、弊機構理事長より、新たに策定された第5期中長期計画、改革組織の体制と抱負を発信いたしました。トピックスでは戦略担当理事が新たに創設された「基盤技術研究本部」について紹介しています。

本編は、「防ぐⅠ」というテーマで特集記事を編みました。農研機構においては、国内のみならず地球規模で起こる病害虫、自然災害、気候変動、家畜感染症による農業被害を「防ぐ」ために、防除技術や被害予測システムの開発、被害対応および緩和技術の開発、さらには環境ストレス耐性を付与する作物育種などの広い観点で研究が進められております。就農人口当たりの件数が増加している農業機械事故を防ぐことも課題です。開発技術は非常に多く、とても単号では紹介しきれません。現在開発中および今後開発される技術も含めて、今後「防ぐⅡ」「防ぐⅢ」…として皆様にお知らせしたいと思います。

2021(令和3)年度は、編集委員会と編集事務局にも人事異動がありました。今年度刷新した編集委員、そして事務局ともに襟を正す思いで本号の編集に真摯に取り組みました。今後ともぜひ皆様の忌憚のないご意見を事務局にお寄せ下さい。

(編集委員長)

作物のウイルス病に一度感染・発病すると治療する方法がなく、その防除には抵抗性品種の作付という耕種的な予防対策が有効とされています。イネ縞葉枯病の発生は、稲作に深刻な被害を引き起こしますが、その予測は困難です。縞葉枯病抵抗性品種の育成は1950年代末から本格的に開始されました。以降、抵抗性イネ品種の利用は、環境負荷が少なく安全性を備えた縞葉枯病防除対策の柱となっています。しかし、病原側の変異により抵抗性品種が無効化するという懸念も抱えていました。

イネゲノム解読プロジェクト(1991~2004年)の周辺研究の一つとして縞葉枯病抵抗性遺伝子の研究は始まりました。その過程でのマーカー開発にあたっては、研究室の平易な技術(PCRとアガロース電気泳動)で検出・判別し易いように、と考えました。こうして、品種育成への利用を想定したイネ縞葉枯病抵抗性選抜マーカー(2000年)を国内初の実用化マーカーとしてリリースしました。このマーカーは、国内で最も利用されている縞葉枯病抵抗性遺伝子を識別するもので、同様に開発した穂いもち抵抗性選抜マーカー(2001年)とともに、マーカー育種の普及を牽引しました。

信頼性の高いマーカーを得るには、形質の理解がなされていることが必要です。縞葉枯病抵抗性の評価は、病原ウイルスを接種・感染させたイネの全身症状に基づいて行われます。これは、病原ウイルス抗体など、病原を検出する

手立てがない中、先人研究者達が定めた評価指標です。病原側ではなく、「植物の反応を観る、測る」という植物側に重点がおかれていることが、のちに、難解であった抵抗性遺伝子の特性の解明につながりました。

イネ縞葉枯病の病原ウイルスの増殖は、イネの生育を著しく阻害します。縞葉枯病抵抗性遺伝子は、ウイルスや高温による影響から成長点を保護し、イネの生育をサポートする働きをしています。そのため、抵抗性遺伝子を持つイネはウイルスの増殖に勝って生育することができます。このような抵抗性はウイルス側の変異の影響を受けにくいため、無効化の可能性は低く、持続性があることがわかってきました。

二度のバージョンアップを経た最新の縞葉枯病抵抗性マーカー(2011年)は、抵抗性/感受性を判別するものとなりました。形質の安定性および形質との関係性が提示されたDNAマーカーの利用は、抵抗性の導入を推進したのだと思います。近年のイネ新品種の多くが縞葉枯病抵抗性を保有しています。一方で、抵抗性を評価できる機関や人材は減少しています。縞葉枯病に限らず、病虫害抵抗性検定には、多くの場合、設備・技術・時間・労力・経験など、コストを要します。これまで行われてきた抵抗性検定に代わり、DNAマーカーが品種登録審査に採用されるようになる日も遠くないかもしれません。

(生物機能利用研究部門 作物ゲノム編集研究領域)

農研機構技報

NARO Technical Report No.9

2021年6月29日発行

発行者/久間和生

発行所/農研機構 広報部広報戦略室(編集委員会事務局)

〒305-8517 茨城県つくば市観音台3-1-1

製作協力・印刷/株式会社アイワット

非売品



技報
バックナンバー 

本誌研究内容に
関するお問合せは

TEL:029-838-8988(代表)

<https://prd.form.naro.go.jp/form/pub/naro01/research>



*本誌掲載の記事・写真・イラストの無断転載・複写を禁じます。



この冊子は、グリーン購入法適合の用紙を使用しています