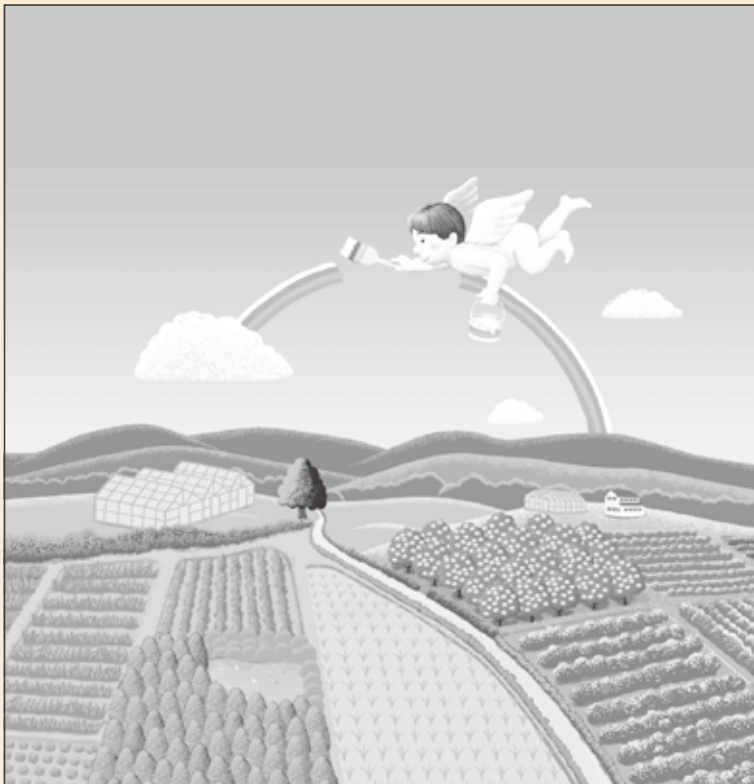


農薬春秋

2017.11 No. 94





描きつづけます、 明日の豊かさ。

自然を愛し、大地の恵みを守り続ける人々。
そして、地球のために…。
安全への厳しさと環境への優しさを忘れずに、
見守りつづけます。
探しつづけます。
明日の技術を、未来の化学を。
人と自然のパートナー、
北興化学工業です。



北興化学工業株式会社

〒103-8341 東京都中央区日本橋本町1-5-4
ホームページアドレス <http://www.hokkochem.co.jp/>

- 移植水稲用除草剤の開発の歴史と今後の展望
宇都宮大学雑草と里山の科学教育研究センター
小笠原 勝 …………… 2

- 近年のスクミリンゴガイの発生状況と防除対策
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域
松倉 啓一郎 …………… 7

- コシヒカリ新潟BLの普及といもち病防除について
新潟県農林水産部経営普及課 副参事
(農業革新支援担当)
石川浩司 …………… 15

- 産地を訪ねて～愛媛県 伊予柑産地～ …………… 22

- 『新農薬紹介』
北興化学工業(株) 営業部
技術チーム …………… 24

表紙説明

宮内義正翁胸像と日本農業賞記念碑

宮内いよかん生みの親である宮内義正翁胸像と日本農業賞記念碑は、JAえひめ中央 平田支部の敷地内にあります。

本文でも紹介の通り、1955年(昭和30年)宮内義正翁により発見された宮内いよかんは、現在も広く栽培され、JAの基幹品目として活躍中です。

長い年月を経て、今もなお多くの支持を得ている宮内いよかんは、今後も多くの人に愛されることでしょう。



移植水稻用除草剤の開発の歴史と今後の展望

宇都宮大学雑草と里山の科学教育研究センター

小笠原 勝
(Masaru Ogasawara)

はじめに

移植水稻の作付面積は1960年の317.3万haをピークに、その後、漸減し、2015年には150.6万ha(9.4万haの飼料米を含む)まで落ち込んだ。一方、農家数も移植水稻の作付面積とともに減少し、総農家戸数は1960年の605.7万戸から2015年の215.5万戸まで減った。1960年から2015年までの55年間における移植水稻の作付面積と総農家戸数の減少率はそれぞれ52.5%と64.4%であり、このことは一戸当たりの世帯数や米の反収などが関係することから一概には言えないが、日本全体の耕地面積は減少したものの、一戸当たりの経営面積の拡大とともに稲作の省力化が進展したことを示している。このわが国の農業の構造的な変化は、田んぼは減ったけれどもそれ以上に担い手が減ってしまったと換言することもできる。少ない人手で稲作がやっていたのは何故か？それは機械化を含めた農業技術の発展に依るものに他ならない。他国との経済協力協定、無農薬栽培、耕作放棄、少子高齢化など、内外的にさまざまな問題を抱えている日本農業の将来の方向性を占う意味においても、これまでの農業技術の発展を振り返ることが求められている。ここでは、稲作における省力化の中核となった除草剤に焦点を当て、これまでの除草剤開発の経緯を振り返るとともに今後の雑草防除の在り方を展望する。

1. 移植水稻作における除草時間

除草剤の話に入る前に、草取り技術について少

し触れてみたい。明治後期になって雁爪が開発される前までは、気の利いた除草機具らしいものは皆無であった。このことは稲作が日本で始まったと考えられている縄文後期から実に二千数百年間の長きに亘って、除草は手取りで行われていたことを示している。ようやく大正期になって田打ち車や手押し式の中耕除草機が普及したが、それでも全労働時間に占める除草時間の割合は依然として高く、優に20%を越えていたようである。正に、「農業は草との闘い」と云われた所以である。昭和期に入っても除草技術は旧態依然のまま、除草労働時間は50.6時間/10a(1949年)程度であった。当時の稲作の全労働時間は200時間とすると、戦後間もない頃でも全労働時間に占める除草時間の割合は20%以上であったことになる。しかし、2,4-DやMCPが普及した1958年には30.7時間、そしてSU剤やフロアブル製剤が普及するようになった1999年には1.82時間まで短縮された。平成11年における稲作の全労働時間を33時間とすると、全労働時間に占める除草時間の割合はわずか5.5%ということになる。戦後からわずか70年余りで、除草労働時間は50時間から2時間弱まで、全労働時間に占める除草時間の割合も20%台から5%台に低減されたことになる。このことから草取り技術が除草剤の登場により一気に進展しただけでなく、除草剤が稲作技術の発展に大きく貢献したことが理解できる(写真)。

しかし、これまでの取組みにおいて見逃してきたと考えられる点も幾つかある。その一つが、畦

畔法面の雑草防除の重要性である。決して、これまで畦畔法面を対象とした雑草防除研究が全く行われてこなかったと云うのではない。これまでの雑草防除あるいは除草剤研究が余りにも本田に比重を置き過ぎていたと云うことである。少子高齢化と過疎化が深刻な中山間地では、本田よりも法面の雑草管理に多大な労力が割かれており、法面の省力的な雑草管理技術の構築が喫緊の課題になっている。

二つ目は雑草害あるいは除草の経済評価である。草取りは余りにも当たり前過ぎる作業であるが故に、前述した1949年のデータ以外に、学術的な調査に裏付けられたデータは皆無に等しい。除草剤による雑草防除の費用対効果を明らかにするためにも、正確な経済的評価が不可欠である。遅きに失した感もあるが、筆者らは本年度から実際の農家を対象に法面を含めた地域全体について、だれが、どこで、どの位、どんな方法で雑草防除をしているのかを明らかにする目的に栃木県内で調査を開始した。もし、発表の機会が許されるのであれば、後日、改めて草取りの実態を本誌で紹介したい。

2. 移植水稲用除草剤の開発経緯

除草剤に限らず全ての消費材はコスト、安全性、効果、使い易さなどが開発目標になる。除草剤の場合、安全性は魚毒性や慢性毒性に、効果は殺草スペクトル、限界葉齢、使い易さは選択性、散布技術や製剤型ということになる。以下に、移植水稲用除草剤の開発経緯を項目別に概要する。

(1) 殺草スペクトラム

殺草スペクトラムとはどんな種類の雑草に効くのかと云うことである。わが国の水田には、主な雑草だけでも数十種類が生育していることから、一種類の除草剤で何種類もの雑草に効くことが求められる。移植水田に最初に普及した2,4-Dは広葉雑草を対象としたものであり、それから暫く

して、水田の主要雑草であるノビエ類を対象としたPCPが登場した。しかしPCPは魚毒性が高かったことから、低毒性の剤が指向されるようになった。ちなみにPCPは日本吸血吸虫の中間宿主であるミヤイリガイを駆除するための殺貝剤としても用いられ、農村の衛生環境の改善に大きく貢献した除草剤である。その後、マツパイを対象としたベンチオカーブ、ノビエを含む一年生雑草全般を対象としたブタクロール、イヌホタルイを対象としたプロモブチド、オモダカを対象としたピラゾレートなど、次々に新たな除草剤が登場し、1980年代後半にはノビエ以外の全ての雑草を対象としたALS阻害剤が開発された。まさに除草剤開発の歴史は殺草スペクトラムの拡大の歴史であったと云える。

一方、ほとんどの水田雑草が除草剤で防除できる時代になったが、漏生イネ、クサネム、クログワイなど、今なお既存の除草剤では防除困難な雑草がある。また、ALS抵抗性雑草もある意味においては難防除雑草と見なされることから、今後とも殺草スペクトルの拡大は水稲用除草剤開発の主要なテーマであり続けるものと考えられる(表1)。

(2) 処理適期(ノビエの限界葉齢)

生育の進んだ雑草に高い効果を発揮する除草剤が増えてきたが、その背景として、一戸当たりの経営面積の拡大と兼業農家の増加が考えられる。経営面積が数十ヘクタールを越える大規模農家では、田植え開始から完了まで気象条件によっては数週間を要することもあり、この間にノビエの生育ステージが一気に進展することにより、適期に除草剤を散布し損ない、その結果、雑草の取りこぼしにつながってしまう場合もある。また、休日毎に農作業を行う兼業農家では、除草剤の散布タイミングが一週間単位でずれることもあり、その結果、大規模農家の場合と同様に、除草剤で防除しきれない雑草が出現することになる。経営面積

表 1 水稲用除草剤の開発の歴史 (殺草スペクトラム)

年代	除草剤	対象雑草	備考
1950 ~	2,4-D	一年生広葉雑草	水稲葉害 (筒状葉)
1955 ~	PCP	ノビエ	魚毒性
1960 ~	molinate	生育期のヒエ	魚毒性
1965 ~	benthiocarb	ノビエ・マツバイ	国産除草剤
1975 ~	butachlor	ノビエ・一年生広葉	酸アミド系除草剤
1980 ~	pyrazolate	一年生広葉・オモダカ	白化剤
1985 ~	bensulfuron-methyl	ホタルイ・ミズガヤ	低薬量、ALS 阻害剤
2000 ~	cyhalofop butyl	ノビエ	生育期ノビエ (5L)

ヒルムシロ：プロメトリン、イヌホタルイ：プロモブチド、表層剥離：シメトリン
 難防除雑草：クログワイ、ALS 阻害剤：除草剤抵抗性

表 2 移植水稲用除草剤の開発の歴史 (処理適期、ノビエの限界葉齢)

ノビエ葉令	除草剤名
~ 0.5L	PCP
~ 1.5L	benthiocarb
~ 2.0L	molinate
~ 3.0L	mefenacet
~ 4.0L	flucetosulfuron
~ 5.0L	cyhalohop-butyl

表 3 移植水稲用除草剤の開発の歴史 (製剤型)

剤型	散布量
粒剤	3kg、1kg
フロアブル剤	0.5L、
パック剤	0.5kg
マメ粒剤	0.25kg

の拡大や兼業農家の増加は本来、除草剤の効果発現に直接的に関わるものではないが、巡り巡って生育の進んだノビエに効く除草剤が求められるようになった社会的な要因と考えられる。

一方、4葉期から5葉期のノビエを対象とした除草剤も開発されているが、水稲が立毛している状態での除草剤散布であることや水管理が煩雑であることから、いっそのこと田植えと同時に散布できる除草剤があれば処理時期に関する問題が一挙に解決できるのではないかと云う発想で開発されたのが田植え同時処理剤である。田植え同時処理剤は最近になって急速に普及した除草剤であるが、元を辿れば処理適期幅の拡大から生まれた除草剤と見なすこともできる (表2)。

(3) 製剤型と散布方法

製剤型と散布方法は使い易さを念頭に置いた開発要素である。移植水稲と雑草間に物理的な選択性を獲得するとともに、田面水の拡散力を利用して広い範囲に有効成分を均一に処理する粒剤は日本独特の製剤である。昔の田んぼは一筆の面積が小さかったことから、粒剤では10a当たり3kgが散布に手頃な量であった。しかし基盤整備による水田規格の大型化に伴い、散布労力の軽減が求められるようになり、1kg粒剤、畦畔から容器を振って散布するフロアブル剤 (500cc/10a)、畦畔から投げ入れるパック製剤 (500g/10a)、さらにはラジコンヘリによる散布に対応したマメ粒剤 (250g/10a) など、散布方法や製剤型の改良と施用量の低減化が進んだ。また、製剤型や散布

方法の改良は除草効果の安定性や散布労力の低減だけでなく、流通や環境保全にも貢献した(表3)。

(4) 散布薬量

有効成分量の低減化も新剤開発の重要な要素である。例えば、10a当たりの有効成分量はベンチオカーブで300g、ブタクロールで90g、テニクロールで30g、ピラズスルフロンエチルで2gであり、年とともに有効成分は低減した。除草剤の低薬量化は単なる有効成分の低減にとどまらず、除草剤開発のさまざまな場面に大きな影響をもたらした。その一つが上述した製剤技術である。わずかに数グラムの有効成分を1000m²もの広い水田に均一に散布できるようになったのも製剤技術の発達に依るものである。しかし、低薬量化は益々、進んでいるが、低薬量化そのものが金科玉条の如くすべからず首肯すべきか否かについて考えてみる必要がある。もしかしたら低薬量化によってもたらされる問題もあるかも知れない。低薬量化が加速されることにより、ターゲット部位への特異性ととともに、環境中、特に土壌中における化学的な安定性が上昇する可能性もある。ALS阻害剤が上市された当時、除草効果や人畜に対する安全性の点でこれ以上の除草剤はもう出ないだろうと多くの人達は思ったに違いないが、現実には、アミノ酸配列が少しでも異なる生物型には全く効かない除草剤抵抗性雑草の出現を許してしまった。ターゲット部位の特異性が突然変異の選択圧を加速させたとも考えることもできる。もう一つの問題がALS阻害剤の土壌中での挙動である。日本では、輪作は北海道に限定されており、しかも畑作に用いられているALS阻害剤が少なく、さらにはALS阻害の多くが移植水稻作という湛水条件下で使用されていることから、キャリアオーバーは問題にならなかったが、輪作が一般的な米国では、前作で用いた除草剤が残留して後作に影響するキャリアオーバーが大きな問題になった。

有効成分量は単なる量的なことであって、重要

なことは生態系や人畜に対して高い安全性を示すかどうか、さまざまな雑草に良く効くかどうかである。量的に少ないことをポジティブに解釈しようとする背景に、農薬が環境に対してネガティブインパクトを持っていると云う開発する側が無意識に抱いている負い目みたいなものがあるように感じられる。また、低薬量を指向するあまり、化学構造が複雑になって、その結果、製造コストが上がってしまったては本末転倒と言わざるを得ない。少し、低薬量化についてくどい説明になってしまったが、低薬量化そのものを否定するつもりは毛頭ないが、ただ、低薬量と云うことだけでは済まされないこともあるということである。

3. 移植水稻作を巡る社会状況の変化

技術は日進月歩で進化を遂げている。自動車や携帯電話も然りである。それらの性能がユーザーの要求を満たすようになれば、全ては事足りるのであろうか？快適な交通や情報のやり取りは決して自動車や携帯電話の性能だけでなく、それらを使いこなすユーザーの社会的なマナーが不可欠である。除草剤を上手に使い、稲作における雑草防除をさらにレベルアップするためには、ユーザーも除草剤を使用する上での注意事項を遵守することが大切である。以下に移植水稻作における雑草防除技術をさらに発展させるために考慮すべき点について述べる。

(1) 基盤整備とノビエ類

昔は水田では米しか作れなかったが、今は大豆も作れるようになった。これは基盤整備により圃場の排水機能が上がったためである。しかし、排水機能の向上は作付け体系だけでなく、雑草の生態や雑草防除にもさまざまな影響を与えた。その一つが水田の強害雑草であるノビエ類の生態とノビエ類に対する除草剤の効果である。ノビエ類は水田などの湿地に生育するタイヌビエと水田、畑、路傍などさまざまな環境に生育するイヌビエに大



昭和30年代の水田の草取り風景（写真は近内誠登宇都宮大学名誉教授の御厚意による）

別され、タイヌビエは嫌気的な呼吸をするのに対して、イヌビエは好気的な呼吸を行うことが知られている。また、呼吸様式だけでなく、種子の休眠性や発生長も異なると考えられている。これまでもノビエ類の生態や防除法について多くの研究が行われてきたが、タイヌビエあるいはイヌビエのどちらを扱ったものか判然としない研究も多い。一方、学術的な調査による裏付けはないものの、水田にはタイヌビエよりもイヌビエが増えつつある。かつてはタイヌビエが優占していたがイヌビエに変化したと云うことである。種類が変われば発生長も変わり、それに対応して除草剤に要求される残効性も変わるはずである。気候変動だけでなく水田の土壌環境が変わってしまった現在、水田で優占しているノビエ類の種類や発生長をもう一度、調べてみる必要がある。

(2) 圃場管理

基盤整備に伴う圃場の大型化に加えて、農地の集約化による大規模経営が増えている。圃場管理が杜撰になり、植代を省略して荒代だけで田植えをやってしまう農家もいるようである。代かきが不十分であれば、不陸が生じて水深にばらつきが生じるだけでなく漏水も激しくなり、その結果、除草剤の効果低下あるいは水稻薬害が生じること

になる。それぞれの除草剤の性能は一定の条件がクリアされて初めて発揮されるものである。除草剤の効果や薬害などの問題を一方的に除草剤の所為にしがちであるが、使用側にも遵守しなければならないことがある。

(3) 総合的な雑草管理 (IWM)

除草剤と水管理、水稻品種、施肥など組み合わせた総合的な雑草管理 (IWM: Integrated Weed Management) の重要性が叫ばれて久しいが、実際場面ではほとんど普及していないのが現状である。何故、総合管理が掛け声だけ終わっているのだろうか、その理由は総合防除が煩雑で、しかも費用対効果が小さいからである。しかし、経営規模が拡大されれば、総合防除のスケールメリットが明確になるはずであり、今後の移植水稻栽培における雑草防除の課題として総合防除が挙げられる。

少子高齢化が急速に進んで農業の担い手が激減している現状を勘案すれば、将来的には、これまで以上に除草剤による雑草技術を含めた省力化が求められることは必至である。雑草防除技術の更なるレベルアップのためには、農薬メーカーによる時宜を得た除草剤開発とユーザーの適正な除草剤使用が不可欠である。

近年のスクミリングオガイの発生状況と防除対策

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域

松倉 啓一郎
(Keiichiro Matsukura)

スクミリングオガイ *Pomacea canaliculata* Lamarck は淡水生の巻貝で、元来は南米にのみ生息していた。本種は容易に養殖でき、短期間で殻高5cm程度にまで成長することから食用として注目され、1980年代以降に東アジアや東南アジア、ハワイ諸島などに人為的に導入された (Hayes et al 2008)。ところが食用としての需要は上がらず、廃業した養殖場などから流出した個体が各地の水田や河川で野生化し、イネやレンコン、タロイモなどの水田作物を食害するようになった。現在では上記の地域のほか、中東や北中米への侵入も確認されており (Hayes et al. 2005; López et al. 2010)、まさに世界的な害虫となっている。

日本へは1981年に台湾を經由して最初に導入された。その後、気候が温暖な九州の平野部を中心に各地で野生化し、1990年ごろまでには関東以南の太平洋沿岸部の広範囲に定着し、イネやレンコンの害虫となった (Mochida 1991)。日本土着のタニシ類が卵胎生 (メスの体内で卵が孵化する) であるのに対し、スクミリングオガイは水上の植物や壁面などにピンク色の卵塊を産卵する (図1)。この卵塊にはPV2という神経毒が含まれており (Heras et al. 2008)、鮮やかなピンク色は警戒色となっている。本種の生息地では、繁殖期である夏季には多数の卵塊が目につく。

日本国内にはスクミリングオガイの近縁種であるラプラタリングオガイ *Pomacea maculata* Perry の



図1 イネの茎部に産卵されたスクミリングオガイの卵塊

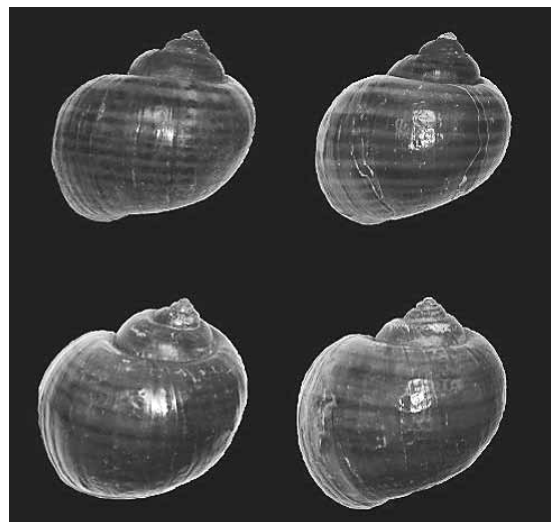


図2 スクミリングオガイ (上段) とラプラタリングオガイ (下段) の貝殻

侵入も確認されている (Matsukura et al. 2013)。ラプラタリングガイもイネ等の水田作物を食害し、東南アジアではスクミリングガイと並ぶ重要害虫となっている。これら2種のリングガイの形態は酷似しており (図2)、両種を識別するには専門的な知識を要する (Hayes et al. 2012)。ただし、過去の日本国内での調査結果ではラプラタリングガイが採集されたのは沖縄県の西表島だけであり、それ以外の地域からはスクミリングガイとごく少数の両種の交雑個体しか確認されなかったことから (Matsukura et al. 2013)、国内の水田に生息するリングガイの大半はスクミリングガイと考えてよいであろう。本稿ではスクミリングガイの生態や近年の発生状況、ならびに水稲における本種の一般的な防除方法を紹介する。

1. 生態と水稲の食害様式

本種は主に植物食であり、特に柔らかい草を好んで食べる。摂食は水中で行い、水上に這い上がって植物を食べることはないが、移植直後の水田では若いイネの葉を水中に引き込んで食害する姿がよく見られる。本種による被害が発生するのは移植後概ね2週間のみであり、それ以後はイネが固くなるため食害されない。また、水中であっても水深が約4cm以下の浅い場所では本種の活動が鈍るため食害は受けにくい (小澤ら 1988)。一方、水深が深くなると貝の活動も活発になる。そのため、水田内の土壌に高低差がある場合には、水の溜まりやすい場所や水深の深い場所のイネが被害を受けやすくなる。

本種の国内での主な生息場所は水田と水田周辺の水路である。水田への水の取込みや水田から水路への排水にともなって、多数の個体が水田と水路との間を移動する (和田ら 2009)。ただし、本種の成長速度や寿命は水田と水路との間で大きく異なる。水田では、夏期に孵化した幼貝が秋の落水までに殻高2cm程度にまで成長し、気温の低下や落水にともなって土中に潜りそのまま翌年の

春まで越冬する (Yoshida et al. 2009)。越冬率は地域によって異なり、九州では5～10%、奈良県では1%未満、茨城県では水田での越冬は不可能であるとされている。越冬した個体は水田に水が入ると活動を再開し、殻高3～4cm程度の成貝となって夏期に繁殖活動を行う。夏以降の水田では本種のエサとなる植物資源の量が限られているため、成貝はそれ以上大きくなることはできない。また、成貝はうまく土中に潜ることができないため越冬体勢に入ることができず、冬期にすべて死亡する。一方、水路では初夏に孵化した幼貝は急激に成長し、約2か月間で成貝となるため、孵化した年の晩夏には繁殖を開始する (Yoshida et al. 2016)。水路における幼貝の急成長はエサとなる藻類などが水路内に豊富にあるためと考えられる。年間を通して通水のある水路では冬期の気温の低下が緩やかとなるため、成貝も越冬できる。水路内で越冬した成貝は翌年も繁殖活動し、殻高も4～5cm程度にまで成長する。多くの成貝は2年目の繁殖期が終わると寿命を迎えるが、一部の個体はもう一年越冬し、3年目にも繁殖活動を行う。

2. 近年の発生状況

発生面積ベースで見ると、1990年代までは国内における本種の発生地はほとんどが九州であった。しかし2000年代以降から九州での発生面積はほぼ横ばいとなり、その一方で中国・四国地方から東海地方にかけての太平洋沿岸部での発生拡大が目立ちはじめた (図3)。東海・近畿地方の太平洋沿岸部には以前から本種は生息していたものの、本種に対する実防除面積は近年急増しており (図4)、この地域において本種による被害が深刻化していることがうかがえる。また、最近では千葉県や神奈川県などでも本種による被害が目立つようになり (松下 2012)、関東地方でも本種の侵入や発生の増加が懸念される。

都道府県ベースでの発生状況については、1990

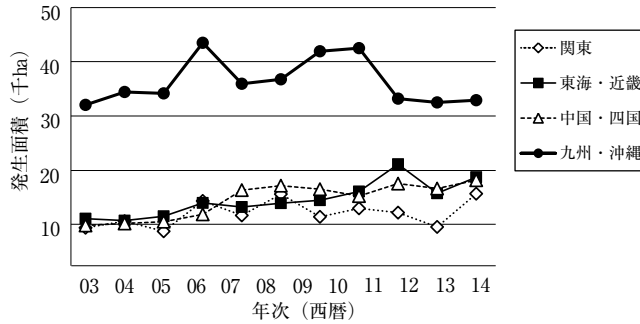


図3 2003年以降の地域別のスクミリンゴガイの発生面積の推移

農林水産省調べ データのない県の値は含まれていない

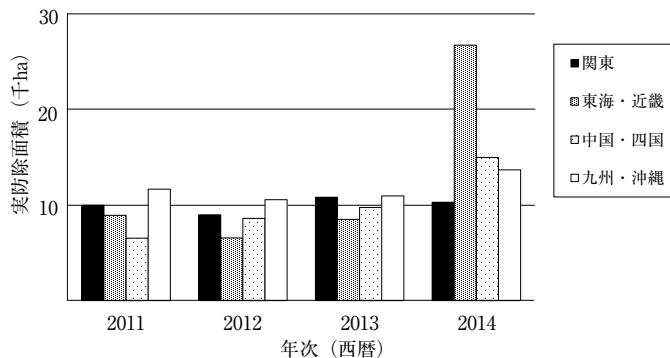


図4 近年の地域別のスクミリンゴガイの実防除面積

農林水産省調べ データのない県の値は含まれていない

年代以降大きな変化はなく、国内における本種の北限は茨城県であり、それ以南の地域でも日本海側には生息していない。東北や北海道に本種が生息していないのは、本種がこれらの地域の冬の低温に耐えられないためであると考えられる (Matsukura et al. 2016)。実際に、本種は1980年代に一時的に山形県に侵入したものの、その地域には定着できなかった (Mochida 1991)。茨城県よりも温暖な近畿・中国地方の日本海側に本種が生息していない理由は明確ではないが、これら地域には冬期に一定量の積雪があることから、これが本種の越冬を阻止している可能性がある。

多くの農業害虫で指摘されているのと同様、本種の発生や分布拡大に対しても、温暖化の影響を無視することはできない。本種は同一の水系内であれば容易に移動し、下流域だけでなく上流へも

移動できる (小澤ら 2010)。近年の九州以外の地域での分布の拡大は、温暖化によって本種が繁殖・越冬できる地域が増加し、そこに既生息地からの個体が流入したものと考えられる。温暖化がさらに進むと、北海道や東北、日本海沿岸部でも本種が越冬できる可能性が生じる。本種は異なる水系間を自力で移動することはないが、本種による除草効果を期待して人為的に本種を水田に放飼する生産者が稀にいる。いったん定着した本種を根絶することは不可能であり、また周辺の水田にも影響が及ぶことから、本種の未発生地域では本種を安易に放飼してはならない。

本種は九州ではすでにかかなりの範囲に定着しており、今後発生面積が急激に増加する可能性は低い。しかし、ここ2、3年ほど、本種による被害が再度深刻となっている。この原因として、九州

表1 水稻のスクミリングガイに適用のある防除剤とそれらの特徴

系統	使用時期	効果	特徴	製品例
メタアルデヒド	幼苗期	殺貝・食害防止	貝を誘引する (ベイト剤)	ジャンボタニシくん スクミノン 日農メタレックス RG 粒剤
チオシクラム	幼苗期	食害防止	徐放性薬剤	スクミハンター
燐酸第二鉄水和物	幼苗期	殺貝	有機農産物の JAS 規格に適合	スクミンベイト 3
カルタップ	幼苗期	食害防止	水稻害虫の殺虫剤としても利用できる	パゲンバッサ粒剤
ベンスルタップ	幼苗期	食害防止	除草剤成分を含む剤として市販されている	ショウリョクジャンボ
IBP 粒剤	幼苗期	殺貝	いもち病殺菌剤としても利用できる	キタジン P 粒剤
石灰窒素	植代前 / 収穫後	殺貝	肥料としての効果 イネにも害がある	クニ印石灰窒素 50 軍配印石灰窒素 50

では近年、梅雨時期に極端な集中豪雨が頻発しており、後述する幼苗期の浅水管理が困難となっていることが挙げられる。また、今後詳細な解析が必要ではあるが、温暖化による水温の上昇が本種の繁殖や摂食活動を増長させている可能性もある。

3. 薬剤による防除

水稻のスクミリングガイに対しては、複数の系統の薬剤が登録されており、すでに市販されている (表1)。これらの薬剤は、散布により貝を殺す (殺害効果) ものと、麻痺効果等により一定の期間貝の活動を抑制する (食害防止効果) ものに大別できる。幼苗期に散布する薬剤のうち、メタアルデヒド、チオシクラム、および燐酸第二鉄水和物を有効成分とする薬剤は水稻のスクミリングガイに特化した薬剤である。

メタアルデヒド系の薬剤はスクミリングガイの防除薬剤として、現在最も一般的に使用されており、「ジャンボタニシくん」(北興化学工業株)、「スクミノン」(サンケイ化学株)、「日農メタレックス RG 粒剤」(日本農薬株) など、複数の商品が

市販されている。本剤はベイト剤、いわゆる「毒エサ」である。すなわち、有効成分であるメタアルデヒドはナメクジやカタツムリなどの軟体動物に対して誘引性があり、軟体部からの吸収あるいは摂食により体内に取り込まれたメタアルデヒドは神経叢に作用して腹足筋の収縮や麻痺を引き起こす (Mills et al. 1990)。本剤を吸収あるいは摂食したスクミリングガイも同様の症状を呈し、やがて死に至る (宮原ら 1987)。また、水中に溶けだした低濃度のメタアルデヒドを吸収したスクミリングガイは死に至らないまでも、麻痺により一定期間活動を停止する。

ネライストキシン系の薬剤であるチオシクラムは昆虫や軟体動物の神経系に作用し、アザミウマやアブラムシ類などの防除薬剤として広く使われている。スクミリングガイ用として市販されているチオシクラム系薬剤は有効成分であるチオシクラムが徐々に水中に溶出していくように加工されており、多雨により水田から大量の水が流出するような場合でも、散布後2週間程度は効果が持続する。また、本剤はスクミリングガイの活動は抑制するものの、通常の施用濃度では殺貝効果はな

い。したがって、幼苗へのスクミリンゴガイによる被害を防止した後は、本種による水田雑草の防除効果を期待できる。

磷酸第二鉄水和物はナメクジやカタツムリの消化器官に作用して摂食障害を引き起こし、最終的に死に至らしめる。本剤の最大の特徴は有機JAS規格に適合している点である。有効成分である磷酸第二鉄は土壤中に一般的に存在する天然物であり、水に溶けないことから軟体動物以外の水生動植物への影響は極めて弱いとされている。他の薬剤と異なり、使用時期や使用回数に制限はない。

石灰窒素を含む薬剤は他の薬剤とは異なり、植代前あるいはイネの収穫後に水田内のスクミリンゴガイの密度を低下させる目的で散布する。石灰窒素は水中で加水分解して遊離シアンミドを生成し、これがスクミリンゴガイに対して毒性を有する(林ら 1988)。したがって、石灰窒素散布による十分な殺貝効果を得るためには、湛水状態の水田に散布して遊離シアンミドの生成を促すことや、スクミリンゴガイの活動がさかんな水温 17℃以上の時期に散布することなどが重要となる。ただし、遊離シアンミドは植物に対しても毒性があるため、イネの栽培期間中は散布してはならない。

4. 物理的防除法

物理的にスクミリンゴガイを防除する手法として、水路からの貝の侵入防止と冬期の耕うんや移植前の代かきによる越冬個体の破碎が効果的である。上述のように水田と水路とでは本種の発生生態は異なり、水稲への被害が発生する初夏の時点では水田内の個体はすべて越冬した幼貝であるのに対し、水路には越冬した成貝が存在する。大型の個体ほど大量のイネを摂食するため被害は大きくなる。また、スクミリンゴガイのイネの食害能力は個体の大きさとイネのサイズに依存する(Wada 2004) (図5)。そのため、水田への入水にともなって水路から大型の成貝が水田内に侵入すると、食害量が増えるだけでなく、より大きなイネも食害される。水路からの個体の侵入が懸念される場合には、水の取入れ口にネットを被せるなどの対策が有効である。

冬期の耕うんや移植前の代かきは水田内のスクミリンゴガイを物理的に破碎できる。スクミリンゴガイは水田内の割れ目では深さ 15cm 程度にまで存在するものの、約 8 割の個体は地表から 6cm 以内の土中に潜って越冬している(高橋ら 2002)。ロータリによる破碎能力は貝のサイズに

殻高 (mm)	イネのサイズ (葉齢)					
	発芽直後	1	2	3	4	5
孵化貝	○	×	×	×	×	×
5.0	○	×	×	×	×	×
7.5	○	△	×	×	×	×
10.0	○	○	△	×	×	×
12.5	○	○	○	△	×	×
15.0	○	○	○	○	×	×
20.0	○	○	○	○	△	×
25.0	○	○	○	○	○	△
27.5	○	○	○	○	○	○

図5 イネの食害能力に対するスクミリンゴガイの殻高とイネの大きさの影響

○：食べられる △：一部食べられる ×：食べられない

Wada (2004) を改変

依存し、殻高5～10mmほどの小型の幼貝はほとんど破碎できないものの（高橋ら 2002）、水田内の貝の平均殻高が約20mmの場合は冬期の耕うんか代かきのいずれか一方のみで約7割の貝を破碎できる（和田ら 2004）。また、平均殻高が12mmの水田であっても、耕うんと代かきを両方実施することで約7割の貝を破碎できる。また、耕うん時にはピッチを小さくして一度に土壌を細かく碎くように処理することで、より高い殺貝効果が得られる（高橋ら 2002, 2015）。

補殺は農業害虫の最も古典的な防除方法のひとつであり、スクミリングガイが生息する水田や周辺の水路においても、貝を捕らえて潰したり産卵された卵を除去している光景がしばしばみられる。これらは、本種が侵入した直後の地域などにおいて本種の定着や増殖を防止するためには効果的であると考えられる。その一方、本種がすでに定着し大量に生息しているような地域では、補殺によるスクミリングガイの被害防止効果は不明である。なお、スクミリングガイには人間に感染すると出血や好酸球性脳脊髄膜炎などの重篤な症状を引き起こす広東住血線虫 *Angiostrongylus cantonensis* Chen が寄生している場合があり（Nishimura et al. 1986）、本種を補殺する場合には注意が必要である。

5. 耕種的防除法

スクミリングガイに対する効果的な薬剤が登場する以前は、移植直後の浅水管理が本種に対する最も重要な防除法であった。本種は水深が約4cm以下になるとイネを食害しにくくなることから、移植後の約2週間、水田を浅水に維持することで被害を防止できる（Wada et al. 2004a）。浅水管理は、確実に実践できさえすれば、他の防除法が不要となるほど効果の高い防除法であるが、以下の2点には注意が必要である。ひとつは水田の均平で、水田内に高低差や凹凸がある場合は圃場内に水深のばらつきが生じ、水深が深い場



図6 スクミリングガイの食害を受けた移植水田

所に移植した苗が食害される。図6で示した被害水田の写真からも、食害の有無に対する水深の重要性が見て取れる。この圃場では半分以上の苗がスクミリングガイによって食害されたが、苗立ちがみられる部分は地表面が水上に露出している。食害を受けた時期の水位はこれよりも高かったと思われるが、水深が浅かったために被害を免れたと考えられる。浅水管理におけるもうひとつの注意点は集中豪雨である。集中豪雨により降水量が水田の排水能力を上回ると、圃場内の水位が上昇してスクミリングガイの活動が活発になる。一時的な増水であれば食害量は軽微であるが、水田の排水能力が低い場合や豪雨が長時間～数日に及ぶと水深を低く維持することは困難となる。浅水管理が困難な場合には薬剤散布との組み合わせにより被害を防止する。例えば、水深が深い部分のみへの薬剤のスポット散布や、圃場内の水深やスクミリングガイの活動状況に応じた臨機防除などは薬剤の施用量を節約するのに効果的である。

地域レベルでの取り組みとしては、田畑輪換もスクミリングガイの被害を効果的に抑制できる。本種は水がなくなると土中に潜り、殻の中に閉じこもって休止状態となる。休止状態の個体は2か月間程度であればほぼ100%生存するが、1年ほど経過するとほぼすべての個体が死亡する（Yusa et al. 2006a）。この特性を生かし、前年に大豆等

の畑作物を栽培することで圃場内の個体密度を大幅に減らすことができる。前年に大豆を作付けした圃場での水稻の移植直後のスクミリングガイ密度はほとんどの圃場で0.1頭/m²以下となり、これは移植栽培における一般的な本種の要防除水準(1.5頭/m²)はを大きく下回り、より被害が発生しやすい直播栽培での要防除水準(0.5頭/m²)よりも低い(Wada et al. 2004b)。この方法による防除効果を確実にするためには、水田への入水の際に水路からの本種の侵入を防ぐことが重要である。また、ほとんどの個体は1年間の休止状態で死亡するものの、なかには3年以上生存する個体もあり(Yusa et al. 2006a)、この方法により水田内の本種を根絶することは難しい。

田植え機の調整や疎植の問題があるものの、スクミリングガイの被害が慢性的に生じる場合には成苗植えも被害防止のための選択肢となる。すでに述べたように、本種は柔らかいイネしか食害せず、一般的に被害を引き起こすサイズの幼貝(殻高20mm以下)は4葉期以上のイネをほとんど食害できない(図5)。水路からの大型の個体の流入を防止したうえで4葉期以上の成苗を移植することにより、被害を最小限にとどめることができる。

6. 今後実用化が期待される防除法

水田や水路にはスクミリングガイを捕食する天敵が多数いることから、これらを活用した生物的防除が検討されている。カエルやヤゴ、ゲンゴロウの幼虫やザリガニなどの小型の水生動物は殻高4mm以下の小さな貝のみを捕食するが、コイやカメ類、アイガモなどは成貝も捕食できる(Yusa et al. 2006b)。これら天敵の多くは日本の在来種ではないこともあり、国内では天敵を活用した一般的な防除方法はまだ確立されていないものの、海外ではコイ(Halwart et al. 2014)やスッポン(Dong et al. 2012)を利用したスクミリングガイの防除事例が報告されている。

水路や池などのスクミリングガイの密度を抑制する手法として、銅粉を用いた産卵抑制法の開発が進められている。ナメクジやカタツムリは銅を忌避する性質があり、コンクリートで護岸された水路や池の壁面に銅粉を混ぜた塗料を塗布するとスクミリングガイは壁面をよじ登ることができず、産卵することができない(高橋ら 2015)。本種は同一水系内での移動能力が高いことから、これまでの小規模な現地試験では密度抑制効果までは確認できていないものの、一度の塗布により産卵抑制効果は3年間ほど持続するという利点もあり、今後の実用化が期待される。

ユニークな手法としては電気や超音波を用いた電氣的防除技術が挙げられる。スクミリングガイは電気ショックを受けると殻に閉じこもる性質があり、面積2m²程度の小規模なポット試験では30Vの低電圧でも食害を防止できる(柳生ら 2015)。感電に対する安全性の確保や設備のための費用などの問題が残るものの、実用化に向けた今後の技術改良が期待される。このほか、電気を利用した本種の誘引法や超音波による殺貝法などの開発も進められている。

本稿で紹介したように、スクミリングガイが国内に侵入した1981年以降、さまざまな防除技術が開発され、一時的に被害は沈静化していた。ところが、上述のように、最近では九州以外での分布の拡大や九州での被害の深刻化など、本種は農業害虫として再び問題化しつつあり、これらの生態的要因の解明や防除技術の改良は喫緊の課題である。また、分布の拡大に関する新たなリスクとしては、海外からの持ち込みがある。本種は1984年に植物防疫法による「有害動物」に指定されて以降、長年にわたり海外からの持ち込みが原則として禁止されていた。ところが、2014年に「非検疫有害動物」に変更されて以降、海外からの本種の持ち込みに制限はなくなった。現状、食用としてわざわざ海外から本種を持ち込む事例

はないと考えられるが、本種は観賞用の貝としての需要もあり、今後、人気の高い鮮やかな色彩をもつスクミリングガイが海外から持ち込まれる事例が増えると予想される。これら個体を安易に水路や池に放さないよう、農家のみならず一般の飼育愛好者への啓蒙活動も重要となる。

引用文献

- Dong, S. et al. (2012) Biological control of golden apple snail, *Pomacea canaliculata* by Chinese soft-shelled turtle, *Pelodiscus sinensis* in the wild rice, *Zizania latifolia* field. *Sci. Agric.* 69. 142-146.
- Halwart, M. et al. (2014) Efficacy of common carp and Nile tilapia as biocontrol agents of the golden apple snail in the Philippines. *Philipp. J. Sci.* 143. 125-136.
- 林嘉孝ら (1988) スクミリングガイに対する石灰窒素の施用効果. 九州病害虫研究会報 34. 121-123.
- Hayes, K. et al. (2008) Out of South America: multiple origins of non-native apple snails in Asia. *Divers. Distrib.* 14. 701-712.
- Hayes, K. et al. (2012) Comparing apple snails with apples: clarifying the identities of two highly invasive neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda). *Zool. J. Linn. Soc.* 166. 723-753.
- Heras, H. et al. (2008) First egg protein with a neurotoxic effect on mice. *Toxicol.* 52. 484-488.
- López, M.A. et al. (2010) First invasion of the apple snail *Pomacea insularum* in Europe. *Tentacle* 18. 26-28.
- Matsukura, K. et al. (2013) Genetic exchange between two freshwater apple snails, *Pomacea canaliculata* and *Pomacea maculata* invading East and Southeast Asia. *Biol. Inv.* 15. 2039-2048.
- Matsukura, K. et al. (2016) Cold tolerance of invasive freshwater snails, *Pomacea canaliculata*, *P. maculata*, and their hybrids helps explain their different distributions. *Freshwater Biol.* 61. 80-87.
- 松下みどり (2012) 冬期の平均気温を用いたスクミリングガイの発生子察法の検討. 関東東山病害虫研究会年報 59. 89-90.
- Mills, J.D. et al. (1991) Effects of metaldehyde and acetaldehyde on feeding responses and neuronal activity in the snail, *Lymanea stagnalis*. *Pest Manag. Sci.* 28. 89-99.
- 宮原義雄ら (1987) スクミリングガイに対する薬剤防除試験. 九州病害虫研究会報 33. 106-109.
- Mochida, O. (1991) Spread of freshwater *Pomacea* snails (Pilidae, Mollusca) from Argentina to Asia. *Micronesica Suppl.* 3. 51-62.
- Nishimura, K. et al. (1986) Natural infection with *Angiostrongylus cantonensis* in *Ampullarius canaliculatus* (Lamarck) in the Ryukyu Islands, Japan. *Jpn. J. Parasitol.* 35. 469-470.
- 小澤朗人ら (1988) スクミリングガイによるイネ稚苗の食害と圃場水深との関係. 関東東山病害虫研究会年報 35. 221-222.
- 小澤朗人ら (2010) スクミリングガイの水田間の移動と分布. 関東東山病害虫研究会年報 57. 61-62.
- 高橋仁康ら (2002) ロータリ耕うんによるスクミリングガイ防除に関する基礎研究. 農業機械学会誌 64. 76-81.
- 高橋仁康ら (2015) スクミリングガイの物理的防除と水路における産卵抑制. 植物防疫 69. 165-168.
- Wada, T. (2004a) Strategies for Controlling the Apple Snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in Japanese Direct-Sown Paddy Fields. *JARQ* 38. 75-80.
- Wada, T. (2004b) Decrease in density of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in paddy fields after crop rotation with soybean, and its population growth during the crop season. *Appl. Entomol. Zool.* 39. 367-372.
- 和田節ら (2004) ロータリ耕耘や代かきによるスクミリングガイの殺貝効果. 九州病害虫研究会報 50. 23-28.
- 和田節ら (2009) 西南暖地において水田から用水路に流出するスクミリングガイの個体数. 九州病害虫研究会報 55. 93-98.
- Yoshida, K. et al. (2009) Life cycle of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) inhabiting Japanese paddy fields. *Appl. Entomol. Zool.* 44. 465-474.
- Yoshida, K. et al. (2016) Survival, growth and reproduction of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata* in an irrigation canal in southern Japan. *J. Mollus. Stud.* 82. 600-602.
- 柳生義人ら (2015) 電気的手法によるスクミリングガイ防除の試み. 植物防疫 69. 169-174.
- Yusa, Y. et al. (2006a) Effects of dormant duration, body size, self-burial and water condition on the long-term survival of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *Appl. Entomol. Zool.* 41. 627-632.
- Yusa, Y. et al. (2006b) Predatory Potential of Freshwater Animals on an Invasive Agricultural Pest, the Apple Snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), in Southern Japan. *Biol. Invasions* 8. 137-147.
-

コシヒカリ新潟 BL の普及といもち病防除について

新潟県農林水産部経営普及課 副参事
(農業革新支援担当)

石川 浩司
(Ishikawa Kouji)

はじめに

新潟県ではいもち病に対する真性抵抗性を持つ複数のコシヒカリ新潟 BL を育成・品種登録し、平成 17 年に全県への普及を行った。ここでは新潟県におけるコシヒカリ新潟 BL を利用したいもち病防除の取組について紹介する。

1 育成の背景

コシヒカリは極良食味品種として知られ、全国の作付率 1 位の品種であり、新潟県においても水田面積の 69% 作付けされている主力品種である。コシヒカリは極良食味である長所を持つ反面、①倒伏しやすい、②いもち病に弱いという弱点がある。倒伏については施肥や生育調節などの肥培管理によって克服されてきた。いもち病については多肥を避けるなどの耕種的対策も行われてきたが、基本的には農薬に頼っており農家にとって負担が大きく、冷害年などには防除を行っても大きな被害を受けることもあった。また、安心・安全な食を求める消費者の要望に応えるためにも農薬使用回数の低減が求められていた。

2 真性抵抗性によるいもち病発病抑制の歴史

イネの最重要病害であるいもち病の防除にイネの真性抵抗性を利用する試みとして、1960 年代から外国稲の持つ真性抵抗性を導入した高度抵抗性品種の育成・普及が行われた。しかし、これらの試みは、新品種導入直後は非常に高い発病抑制

効果を発揮したものの、導入後数年で抵抗性品種を発病させる新たないもち病菌のレースが出現して真性抵抗性が無効となる「抵抗性の崩壊」が起き、単独の品種による真性抵抗性利用の欠点が明らかとなった (5)。その欠点を補う真性抵抗性の利用法として、マルチライン (一つの原品種に対する複数の同質遺伝子系統。同質遺伝子系統とは主要な形質は原品種と同じであるが、1つの特性だけが原品種と異なる系統) の混植栽培が考えられ、宮城県のササニシキにおいて最初に実用化された (10)。

3 コシヒカリ新潟 BL の育成

新潟県におけるコシヒカリ新潟 BL の育成は新潟県農業試験場 (現在の新潟県農業総合研究所作物研究センター) において昭和 61 年から取り組まれた。コシヒカリにいもち病真性抵抗性遺伝子をもつ品種を父として交配し、その後コシヒカリを 5~7 回戻し交配して育成された。現在までにコシヒカリ新潟 BL 1 号~13 号を育成し、そのうち 11 系統が品種登録されている (表 1)。これら品種の育成により、いもち病に対する真性抵抗性遺伝子のうち *Pia*、*Pii*、*Pita-2*、*Piz*、*Pik*、*Pik-m*、*Piz-t*、*Pib*、*Pit* が利用可能となっている。

コシヒカリとコシヒカリ新潟 BL は稲姿、出穂期、成熟期、収量などの主要な栽培形質に差は無い。特に、米の品質・食味についてはコシヒカリの良食味品種としての特性を損なわないよう育成過程で細心の注意を払って系統の選抜が行われ、

表1 新潟県で育成したコシヒカリ新潟BL

品種・系統名	抵抗性遺伝子	1回親または組み合わせ	品種登録
コシヒカリ新潟BL 1号	<i>Pia</i>	ササニシキ	登録済み
コシヒカリ新潟BL 2号	<i>Pii</i>	トドロキワセ	登録済み
コシヒカリ新潟BL 3号	<i>Pita-2</i>	PiNo4	登録済み
コシヒカリ新潟BL 4号	<i>Piz</i>	新潟早生	登録済み
コシヒカリ新潟BL 5号	<i>Pik</i>	越みのり	登録済み
コシヒカリ新潟BL 6号	<i>Pik-m</i>	ツユアケ	登録済み
コシヒカリ新潟BL 7号	<i>Piz-t</i>	とりで1号	-
コシヒカリ新潟BL 8号	<i>Pib</i>	BL1	-
コシヒカリ新潟BL 9号	<i>Pib,a</i>	コシBL8号 / コシBL1号	登録済み
コシヒカリ新潟BL10号	<i>Pib,i</i>	コシBL8号 / コシBL2号	登録済み
コシヒカリ新潟BL11号	<i>Piz-t,i</i>	コシBL7号 / コシBL2号	登録済み
コシヒカリ新潟BL12号	<i>Piz-t,k</i>	コシBL7号 / コシBL5号	登録済み
コシヒカリ新潟BL13号	<i>Pit</i>	K59	登録済み

各系統とも度重なる食味試験においてコシヒカリとの差が認められない。

4 コシヒカリ新潟BLの発病抑制効果

コシヒカリ新潟BLのいもち病発病抑制効果に関する試験は平成8年に開始された。育成されたコシヒカリ新潟BLを用いて1区面積10～20㎡程度の小規模試験で、混植系統や混植比率の異なる混植区を設け、発病抑制効果を検討した。その結果、図1に示すとおり葉いもち、穂いもちともに非親和性系統（ほ場周辺に存在するいもち病菌のレースが感染できない）の混植比率が高いほど発病抑制効果が高く、多発生地においても非親和性系統の混植比率を70～80%とすることで慣行薬剤防除並の高い発病抑制効果が認められることが明らかとなった。小規模試験の結果から混植比率を決定し、大規模試験を実施した。非親和性系統の混植比率を70%とした試験ほ場を、平成12年には2.0haを2カ所、平成13年には1.0、6.7haの2カ所設け、現地実証試験を行った。混植栽培の葉いもち、穂いもちは無防除とし、現地慣行の

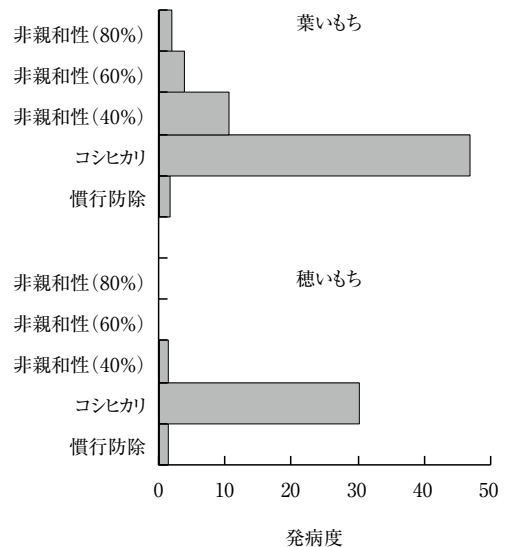


図1 コシヒカリ新潟BLの混植によるいもち病発病抑制効果 (2000年)

()内の数値は、非親和性系統の混植比率を示す。非親和性系統は周辺圃場のレース分布から判断した。慣行防除はコシヒカリ単植のプロベナゾール粒剤、フェノキサニル剤系施用。

薬剤防除を実施したコシヒカリと発病程度を比較した。いずれも極少発生条件の試験であったが、対照のコシヒカリ単植ではわずかに発病が認めら

れたのに対し、混植栽培では全く発病が認められないか、プロベナゾール 24% 箱粒剤を施用した慣行防除と同等の発病程度であり、大規模試験においても発病抑制効果が確認された。

5 発病抑制の機構

(1) 葉いもち

混植栽培では、ほ場周辺に存在するレースに対して非親和性の系統は発病しないため、親和性系統の単植栽培に比べて感染可能なイネ（親和性系統）が減少し、その結果として病斑数が少なくなる。この病斑は次世代の伝染源となるので、感染に好適な条件が現れ発病が進展するたびに単植との発病程度の差が大きくなり、発病が抑制される（8、9）。

非親和性菌によって誘導されるイネの抵抗性（13）も混植における発病抑制の1つの要因であると考えられていた（11）。しかし、イネ葉身での誘導抵抗性の発現は非親和性菌の侵入部位周辺に限られ（13）、発病抑制効果を得るには非親和性菌の密度が高い必要がある（3）が、実用的な発病抑制効果が期待できる混植比率では病斑数が少なく推移することなどから、現在では発病抑制への影響は少ないと考えられている。また、菌の安定化選択（病原性の獲得に伴う適応度の低下等による菌の競合現象）も発病抑制に寄与するのではと考えられているが、まだ明らかになっていない。病原性の広いレースのいもち病菌によって発病したほ場において、発病進展が遅かったり被害の発生が少ないなどの現象は認められないので、安定化選択の1作期中の発病抑制への影響は小さいと思われる。しかし、安定化選択の有無や適応度の低下程度は、新たに発生した病原性の広いレースの定着やその後の頻度に影響するため、継続的な利用法の確立に向け解明が待たれる重要な問題である。

非親和性系統によるバリアー（障壁）としての効果を発病抑制要因の1つとする考えもある。し

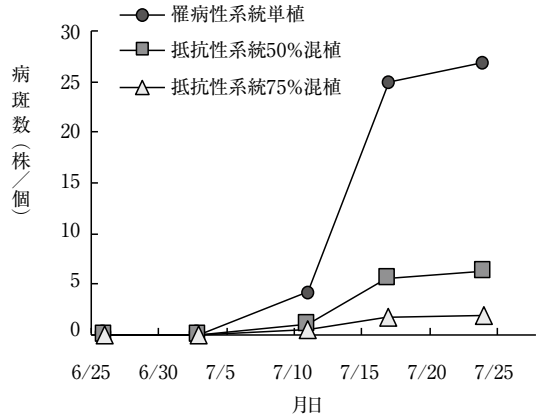


図2 感受性系統と抵抗性系統の混植による葉いもち病斑数の推移

(平成 14 年、作研)

(注) 現地試験（小千谷市真人）における調査結果

かし、清沢も指摘しているように（7）、同じ草型の系統を混植するマルチラインではバリアーの効果を考慮する必要は無いと思われる。

(2) 穂いもち

混植では、①葉いもちの発生が抑制されることによる穂いもち伝染源の減少（図2）、②非親和性系統における穂いもち感染の抑制によって単植に比べて穂いもちの発病が抑制される（図1）。その他、上記に比べ影響は小さいながら、③混植では単植に比べ病勢進展が緩やかなため、病斑の垂直分布が中～下層中心になり、上位葉における病斑の分布割合が単植より低くなる現象（1、4）も関与していると考えられている。

6 普及に向けた取組

新潟県では小規模試験、ha 規模の実証試験の結果を受け、県内に栽培されている約 9.2 万 ha のコシヒカリを平成 17 年からすべてコシヒカリ新潟 BL に変更するため、普及に向けて生産者、流通業者、消費者に対して啓発活動などを行った（表2）。県内の農家と JA の営農指導員、農業改良普及員などの関係者に、いもち病の発病抑制効果や生育・収量などの諸性質はコシヒカリと同じ

表2 普及に向けた取組

対象	取組内容
生産者	※展示・実証ほ設置：平14～16年、延べ1,260ヶ所 599ha ※説明会、食味試験・試食会：平14～16年 ※パンフレット配布 ※日本農業新聞等への記事記載
消費者	※世帯モニタリング調査：平15～16年、東京・名古屋・大阪の延べ108世帯 ※食味試験：平15～16年、銀座・渋谷で延べ981人 ※パンフレット配布、 ※全国拠点店舗での試食販売会 ※アーチビジョン渋谷を活用した放映
卸・流通業者	※食味試験：平14年、県内外の卸7業者 ※説明会：平14～17年、県内及び東京、大阪 ※食糧ジャーナルへの記事記載

であることを実際に体感してもらうために、平成14～16年に延べ1260か所（合計599ha）の展示ほ・実証ほを設けた。平成14、15年に設けた実証ほでは、葉いもちは原則的に無防除、穂いもちは地域慣行の防除を基本として栽培を行った。平成14年は一般ほ場の葉いもち、穂いもちとも少発生条件ではあったが、展示ほでの発病抑制効果が確認された。平成15年は冷夏の影響から全県的に穂いもちの発生が平年より多く、展示ほでも発病が見られたものの、展示ほより防除回数が多い～同じ地域慣行防除のコシヒカリと同じかそれ以下の発病程度となった。

7 栽培法及び種子生産

(1) 栽培法

マルチラインの利用法には、存在するレースに対して非親和性系統のみで構成するクリーンクropp法と親和性の系統も混植するダーティクropp法があり(8)、新潟ではダーティクropp法を実施している。ダーティクropp法では親和性系統も栽培されるため、混植ほ場においても一定程度の発病が想定されるが、これまでの試験結果から非親和性系統の混植比率70～80%とすれば多

発生地においても慣行薬剤防除並の発病抑制効果が期待できると判断した。コシヒカリ新潟BLは親和性品種であるBL1号とBL2号を全体の3割、非親和性の2品種を7割として種子混合して栽培している。非親和性品種が持つ真性抵抗性を侵害する新たないもち病菌レースが出現する可能性があるため、非親和性品種は連続使用年数が長くないよう定期的に交替している。

(2) 種子生産

コシヒカリ新潟BLの種子は、原々種、原種までは各品種別に増殖し、原種を採種ほへ配布する段階で所定の割合で混合している。このため、採種ほではBL導入以前と同様の種子生産が可能となっている。なお、種子生産ほ場におけるいもち病防除は、化学合成農薬による種子消毒、育苗期防除、プロベナゾール粒剤による葉いもち防除と粉・液剤による2回の穂いもち防除を徹底し、保菌防止に努めている。

(3) いもち病の防除

導入当初、いもち病防除は「少発生地では無防除、多発生地では葉いもち又は穂いもちのいずれ

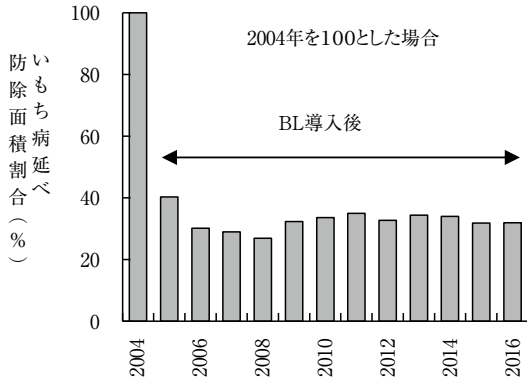


図3 いもち病防除面積の推移
(農薬出荷量より、全農にいがた県本部調べ)

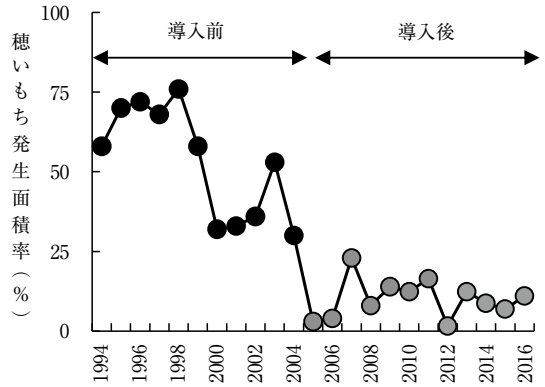


図4 穂いもちの発生面積率の推移
(新潟県病害虫防除所調査)

か1回防除」としたが、後述の新レース発生を受け、平成22年から多発生地の防除対応を「育苗箱施用剤等による葉いもち1回防除」に変更した。この変更は、新レースが発生した場合は発病抑制効果が低下し、①葉いもちを無防除とし穂いもち防除のみだと防除遅れとなり大きな被害が発生する危険性がある、②新レースの菌密度が高まり、越冬して定着する可能性が高くなる、等が懸念されたためである。

8 導入の効果

(1) 農薬の使用量

コシヒカリ新潟 BL 導入により、いもち病防除薬剤の出荷量は、導入前の2004年を100とすると、2016年は31.9%に減少している(図3)。

(2) いもち病の発生量

穂いもちの発生面積率は、農薬の出荷量が減少したにもかかわらず導入前に比べ低いレベルで推移しており、コシヒカリ新潟 BL の高い発病抑制効果が発揮されている(図4)。

(3) 減農薬栽培の増加

コシヒカリ新潟 BL の普及により、いもち病防除の必要性が低くなり、減農薬栽培の取組が容易になった。その結果、地域やJA単位といった大きな単位で減農薬・減化学肥料栽培が行われている。農薬・化学肥料の使用量を慣行栽培の3割以上削減して栽培した水稻の栽培面積は、コシヒカリ新潟 BL が導入された2005年以降急激に増加し、導入前の約12倍となっている(図5)。

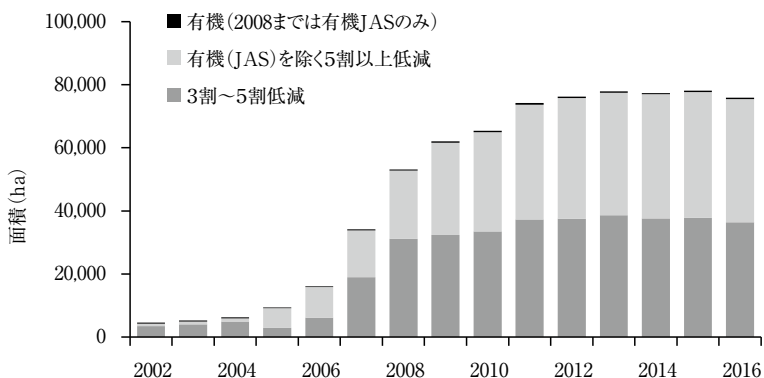


図5 特別栽培農産物等取組面積の推移(農産園芸課調べ)

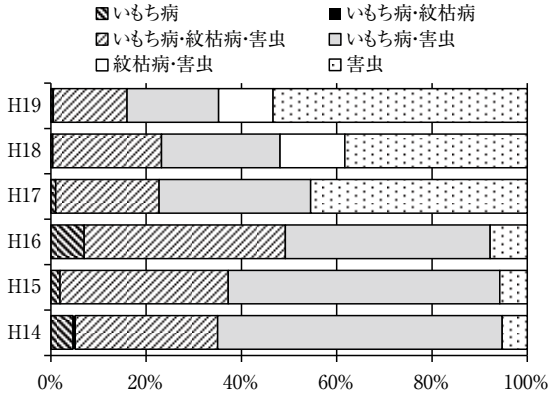


図6 共同防除における病害虫別の延防除面積割合 (NOSAI新潟調べ)

(4) 防除体系の変化

コシヒカリ新潟 BL 導入前の防除体系はコシヒカリのいもち病防除を中心に組み立てられてきたが、コシヒカリ新潟 BL の普及により大きく変化した。穂いもちの本田防除を実施しなくなった地域では防除の重点を斑点米カメムシ類に移し、防除をカメムシ類の適期に実施することが可能となった (図6)。

9 レースのモニタリング

(1) モニタリングの必要性

コシヒカリ新潟 BL の発病抑制効果は、混植されている非親和性品種によって発揮されている。ある真性抵抗性を持つ品種が親和性になるか非親和性になるかは、県内に分布するレースの種類によって決まるため、分布しているレースの把握が必要となる。導入前における県内のレース分布状況 (図7) から、*Pita-2*、*Piz*、*Piz-t*、*Pib*、*Pit* を新潟県において非親和性として利用できる真性抵抗性と考えている。

また、1960年代に導入された真性抵抗性をもつ品種が罹病化した事例のように、導入された新しい抵抗性を侵害する新しいレースが発生する可能性がある。このような新レースが発生した場合には発病抑制効果が低下するため、それらの発生を早期に把握し、構成品種の決定に反映させる必

要がある。このため、コシヒカリ新潟 BL の利用に当たってはレース分布の継続的なモニタリングが欠かせない。

レースの調査は、市町村防除協議会、病害虫防除所、普及センターなどの関係機関に協力を依頼して全県から病斑のサンプルを集め、作物研究センターで菌の分離・検定を実施している。また、コシヒカリ新潟 BL におけるいもち病の多発生は、コシヒカリ新潟 BL を侵害する新レースが発生したことによる可能性があるため、関係機関に情報提供を求めている。発病程度が高い場合は、現地の発生状況の確認、病斑のサンプリング、必要に応じ簡易なレース検定 (発生ほ場で採集した複数の病斑上で直接孢子形成させ接種を行う) や DNA 判別による品種の確認などを行うこととしている。

(2) コシヒカリ新潟 BL 導入によるレース構成の変化

コシヒカリ新潟 BL 導入前には 001.0 と 003.0 でこの2レースが全体の80%以上を占め、007.0、037.1も毎年数%程度分離されていた。レースの分布は作付品種 (真性抵抗性遺伝子) の変遷とともに変化するとされ (6)、コシヒカリ新潟 BL の導入により県内のレース分布も大きく変化すると予想されていた。実際にコシヒカリ新潟 BL 導入により速やかに県内の優占レースが 001.0、003.0

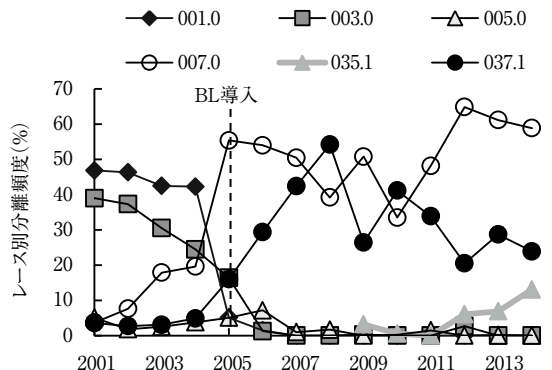


図7 新潟県内の主要レース分離頻度の推移

から *Pii* に病原性を持つ 007.0、037.1 に交代するレース構成の急激な変化が認められた (図7)。

(3) 新レース (BL 侵害菌) の発生

平成 20 年以降、県内の一部地域で真性抵抗性 *Pita-2*、*Piz*、*Pib* を持つ品種に感染可能な何種類かの新レースが確認された。新レースの地理的分布の年次推移をみると、新レースが確認された地域では翌年以降も同じレースの菌が確認された。種類の異なる新レースが高頻度で確認された 5 地区を対象に、レース頻度の年次推移を調査した。その結果、新レースが感染可能なイネの構成割合が低下した年次には、レースの分離頻度は著しく低下し、逆の場合はレースの分離頻度が高まり、構成品種の変更がレース頻度に大きな影響を与えることが明らかとなった。これらの菌の分離頻度は構成品種の変更等により低下し、現在では全く分離されないか、一部のレースが低頻度ながら分離されている状態が維持されている。

10 今後の課題

平成 7 年から実用化されている宮城県のササニシキマルチラインでは、種子更新が徹底され、栽培も全県の栽培面積から見ると点としての存在であり、いもち病菌の伝染環がマルチライン内でつながりにくいと推定されるが、罹病化による構成品種の変更を行っている (2)。また、構成品種変更の翌年には新たな導入品種に対し病原性を持つ新レースがわずかながら確認されている (12、14)。新潟県においても導入した真性抵抗性を侵害する新レースが一部地域で発生し、発生ほ場周辺では一時的に新レースの分離頻度が高くなった。幸いなことに構成品種の変更等によりこれらの菌の分離頻度は低下したが、この現象が普遍的に期待できるかはまだ明らかではない。数の限られた真性抵抗性遺伝子を利用し発病抑制効果を維持し続ける利用法について早急な解明が求められる。

参考文献

1. 芦沢武人ら (2000) 抵抗性ササニシキ同質遺伝子系統の混雑がイネ群落内における葉いもち病斑の分布と穂いもちの発病に及ぼす影響. 日植病報. 66:109 (講要)
2. 芦沢武人ら (2001) 1996 ~ 2000 年に宮城県のササニシキ多系品種栽培圃場から分離されたイネいもち病菌のレースとそれらの由来. 北日本病虫研報. 52:14-16
3. 藤田佳克ら (1990) 病斑型を異にする非親和性いもち病菌の前接種による葉いもち発病抑制. 日植病報. 56:273-275
4. 堀武志ら (2003) コシヒカリとその抵抗性同質遺伝子系統の混植栽培での穂いもち発病抑制に関与する要因. 日植病報. 69:268 (講要)
5. 岩野正敬 (1987) 稲作における新品種導入・普及と病原菌レースの変動. 農林水産技術研究ジャーナル. 10 (6):23-28
6. 岩野正敬・山田昌雄 (1983) イネいもち病菌レースの分布とその変動要因に関する研究. 北陸農試報. 25:1-64
7. 清沢茂久 (1995) 多系品種利用・研究への提言. 農業技術. 50:108-113, 159-163, 210-212
8. 小泉信三 (1983) イネいもち病菌のレース対策としての多系品種利用の可能性と問題点. 植物防疫. 37:477-480, 548-551
9. 小泉信三・谷俊男・藤晋一 (1996) イネいもち病における多系品種の利用. 農業技術. 51:89-93
10. 松永和久 (1996) ササニシキのマルチライン育成と宮城県におけるいもち病防除への利用. 農業技術. 51 (4):29-32
11. Nakajima, T. et al. (1996) Factors related to suppression of leaf BL last disease with a multiline of rice cultivar Sasani-shiki and its isogenic lines. 日植病報. 62:360-364
12. 大場淳司ら (1999) 1998 年に宮城県のササニシキ BL 栽培圃場から分離された同品種を侵害するイネいもち病菌レース. 北日本病虫研報. 50:12-15
13. 大畑貫一ら (1967) いもち病病斑形成に対する race 間の局所的干渉作用と病斑部に見られる蛍光物質について. 農技研報. C21:111-132
14. 辻英明ら (1999) ササニシキ BL 栽培圃場におけるいもち病菌レースの年次変動. 北日本病虫研報. 50:16-20
15. 稲作概況と課題 (2005 ~ 2014) 新潟県農林水産部
16. 平成 18、19 年度病害虫防除所業務年報 (2006、2007) 新潟県病害虫防除所

産地を訪ねて!!



愛媛県 伊予柑産地

産地を訪ねて、今回は柑橘栽培の盛んな愛媛県です。

かんきつにはいろいろな品種がありますが、愛媛県といえば伊予柑を思い出す方が多いと思います。産地を訪ねて10回目は「宮内いよかん」の発祥の地である松山市平田町を訪ねました。

今回は、JAえひめ中央の野中課長さんの紹介で、JA北部営農支援センター寺崎指導員さん、平田支部の宮内支部長さん達にお話を伺いました。

伊予柑 豆知識

伊予柑は、日本の在来種でかんきつ類タンゴールの一種です。日本で生産されるかんきつ類では、温州みかんに次ぐ生産量の果物で、主に愛媛県で生産されています。

明治時代には、紅みかん、穴門みかん（あなとみかん）と呼ばれており、「伊予柑」の名称は、1930年（昭和5年）に伊予国（愛媛県の旧令制国名）にちなんでつけられました。

みかんとオレンジの交雑種とされていますが、正確な起源は不明で、最近の研究ではみかんとぶんたんの交雑種と考えられています。

宮内いよかんの誕生

伊予柑は、1885年（明治19年）に山口県阿武郡東分村（現：萩市）の蚕業指導員・中村正路氏により発見され、1888年（明治22年）に中村氏所有

の苗木を、愛媛県温泉郡持田村（現：松山市）の養蚕家・果樹園芸家であった三好保徳氏が購入し、松山を中心に徐々に栽培が広がりました。

1955年（昭和30年）に松山市平田町の宮内義正氏は、従来種に比べ成熟が早く実付きもよく、また皮が薄く酸が少なくて食べやすいものを発見し、これが「宮内いよかん」の誕生でした。

産地を訪ねて、まずはJA北部営農支援センターにお邪魔しました。

北部営農支援センターは松山西地区を網羅し、基幹品目に「宮内いよかん」、「温州みかん」、「不知火」、推進品目として「紅まどんな」、「せとか」、「甘平（かんぺい）」、「はれひめ」、「南津海」があります。食べ頃カレンダーには伊予柑をはじめ14種のかんきつが掲載され、年間を通じて美味しいかんきつ類が食べられる時期が記載されています。

宮内いよかんは、JA全体では約805haで栽培され、15,100tが出荷されているそうです。出荷量が多すぎてちょっと想像しにくいのですが、伊予柑は1個だいたい250gだそうなので、15,100tだと6,000万個?!になるでしょうか・・・（圧巻!!!）。

平田支部は宮内いよかん発祥の地として有名ですが、2年前には生誕60年の催しが行われたそうです。

今回お邪魔したのが9月末でしたので、まだまだ実は青い状態でしたが、12月から収穫をはじめ、1月から出荷を開始して3月まで美味しくいただけるそうです。



宮内義正翁胸像と記念碑



9月末の宮内いよかん

管理作業で大変なのは摘果作業で、6月下旬から9月上旬にかけて行われます。現在は摘果も終わり、これから秋を迎え、冬になるにしたがい「寒風害」に気を付けるそうです。この害が出ると、表皮にしわが出て、貯蔵中に腐ってしまうそうで、皆さんこれを心配されていました。

12月からはいよいよ収穫です。伊予柑は収穫後の貯蔵中に追熟し、酸味が減って、甘みが増し、色付きも良くなっていきます。1月からの出荷が今から待ち遠しいですね。

お話を伺ったあとに、圃場に案内していただきました(裏面にはカラー写真掲載)。瀬戸内を一望できる山に、宮内いよかんがいっばいに栽培されています。当日は天気も良く、夏を思わせる暑さでしたが、山頂には良い風が吹きわたっていました。

ここで育まれる宮内いよかん、美味しいはずです!

最後に、お忙しい中今回の取材にご協力を頂いた平田支部の宮内支部長をはじめ皆さん、JA えひめ中央の野中課長さん、寺崎さんに心より感謝申し上げます。

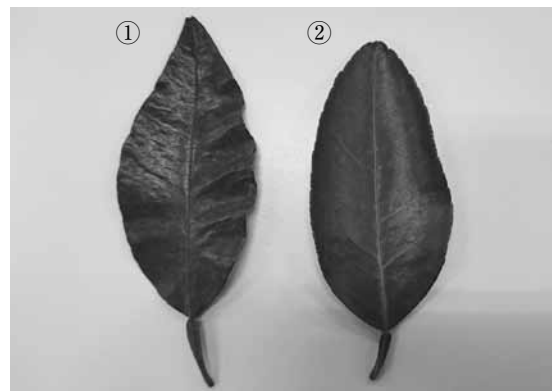
※急斜面に栽培されている宮内いよかん。

さて宮内いよかんの葉はどちらでしょう?(①or②)

(答えは編集後記下に)



圃場からの景観



宮内いよかんの葉はどっち?

『新農薬紹介』

北興化学工業株式会社 営業部 技術チーム

【Dr. オリゼパディート粒剤】

<有効成分名、含有量>

Dr. オリゼパディート粒剤：シアントラニリプロール 0.75%
 プロベナゾール 24.0%

<製剤の安全性>

人畜毒性：普通物（毒劇物に該当しないものを指して言う通称）

急性毒性：ラット（雌） 経口 > 2,000mg/kg (LD₅₀)

ラット（雄、雌） 経皮 > 2,000mg/kg (LD₅₀)

生態毒性：コイ 58mg/L (LC₅₀ (96h))、オオミジンコ 0.076mg/kg (EC₅₀ (48h))



Dr. オリゼパディート粒剤

<特長>

緑化期～移植当日まで使用できる育苗箱専用殺虫殺菌剤です。

- いもち病に安定した高い効果を示す抵抗性誘導剤「プロベナゾール」と新しく開発されたアントラニックジアミド系殺虫成分「シアントラニリプロール」の混合剤です。
- サイアジピルは、水稻のコウチュウ目害虫（イネミズゾウムシ、イネドロオイムシ）やチョウ目害虫（ニカメイチュウ、フタオビコヤガ）、イナゴ類に優れた効果を示し、初期害虫を抑えるとともに長期間の残効性が期待できます。
- プロベナゾールは、稲の防御機能の活性化をすることにより、いもち病に対して優れた効果を発揮します。
 本剤に耐性を示す菌は確認されておらず、他剤耐性菌にも効果があります。

<適用病害虫の範囲及び使用方法>

2017年10月末日現在

作物名	適用病害虫名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	シアントラニリプロールを含む農薬の総使用回数	プロベナゾールを含む農薬の総使用回数
稲 (箱育苗)	いもち病 イネドロオイムシ イネミズゾウムシ	育苗箱 (30×60× 3cm、使用土壌 約5 $\frac{1}{2}$ 斗) 1箱当り50g	緑化期～ 移植当日	1回	育苗箱の 上から均 一に散布 する。	1回	2回以内 (移植時までの 処理は 1回以内)
	ニカメイチュウ フタオビコヤガ		移植3日前～ 移植当日				
	イナゴ類		移植当日				

<上手な使い方>

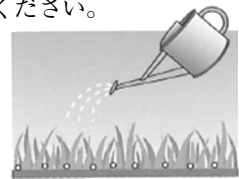
①育苗箱当り50gを均一に育苗箱の苗の上から均一になるように散布してください。



②軽く払って薬剤散布後、軽く苗の上半分を払い、葉にひっかかっている薬剤を培土の上に落としてください。



③十分に水やり最後に上から十分に灌水し、薬剤を培土の上に落ち着かせてください。



【ファーストオリゼパディート粒剤】

<有効成分名、含有量>

ファーストオリゼパディート粒剤：シアントラニリプロール 0.75%
 プロベナゾール 20.0%

<製剤の安全性>

人畜毒性：普通物（毒劇物に該当しないものを指して言う通称）

急性毒性：ラット（雌） 経口 > 2,000mg/kg (LD₅₀)

ラット（雄、雌） 経皮 > 2,000mg/kg (LD₅₀)

生態毒性：コイ > 1,000mg/L (LC₅₀ (96h))、オオミジンコ 0.021mg/kg (EC₅₀ (48h))



ファーストオリゼパディート粒剤

<特長>

いもち病と害虫の同時防除が可能な、は種前（床土混和）またはは種時処理専用剤です。

1. いもち病に安定した高い効果を示す抵抗性誘導剤「プロベナゾール」と新しく開発されたアントラニックジアミド系殺虫成分「シアントラニリプロール」の混合剤です。
2. サイアジピルは、水稻のコウチュウ目害虫（イネミズゾウムシ、イネドロオイムシ）やチョウ目害虫（ニカメイチュウ、フタオビコヤガ）、イナゴ類に優れた効果を示し、初期害虫を抑えるとともに長期間の残効性が期待できます。
3. プロベナゾールは、稲の防御機能の活性化により、いもち病に対して優れた効果を発揮します。

<適用病害虫の範囲及び使用方法>

2017年10月末日現在

作物名	適用病害虫名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	シアントラニリプロールを含む農薬の総使用回数	プロベナゾールを含む農薬の総使用回数
稲 (箱育苗)	いもち病 イネドロオイムシ イネミズゾウムシ	育苗箱 (30 × 60 × 3cm、使用土壌 約5リットル) 1箱当り 50g	は種前	1回	育苗箱の 床土に均 一に混和 する。	1回	2回以内 (移植時までの 処理は 1回以内)
	いもち病 イネドロオイムシ イネミズゾウムシ ニカメイチュウ フタオビコヤガ イナゴ類		は種時 (覆土前)		育苗箱の 床土に均 一に散布 する。		

<上手な使い方>



「は種前処理」:

- ・培土と所定量の薬剤を均一に混和し、床土に使用する。
- ・培土として山土等を使用する場合は、十分乾燥させてから使用する。
- ・粒剤を混和した床土は高温多湿での保管はさけ、すみやかに使用する。
- ・粒剤が破碎されるような過度な混和はさける。



「は種時処理」(覆土前):

- ・は種時覆土前に、所定量の薬剤を均一に散布する。
- ・処理作業の前に、は種時施薬機の動作確認、散布量調節を行う。

○ 編集後記 ○

今年秋の台風が10月に入り2週連続で襲来し、雨、風の週末が続きました。春から夏にかけては渇水が心配されましたが、夏から秋にかけては雨の日が続き、日照不足が大きな懸念でした。農作物で見ると、米の作柄は平年並み～やや良の見込みで一安心。秋野菜も昨年に比べ安定している様で、これから本格的に収穫期に入る果樹も良い出来を望むばかりです。

本年は、宇都宮大学の小笠原教授から移植水稻除草剤の開発の歴史と今後の展望について寄稿を頂き、九州沖縄農業研究センターの松倉主任研究員からはスクミリングガイに関する寄稿を、また、新潟県の石川副参事からは、コシヒカリ新潟BLについて寄稿を頂きました。

農業春秋は当初春と秋の2回発刊していましたが、現在は秋（11月）1回の発刊としています。既に94号となっていますが、先ずは100号発刊を目指していきたいと思えます。毎回ご執筆いただく先生方には御礼の言葉もありませんが、これからもどうぞよろしくお願いいたします。

（岩田）

【産地を訪ねて クイズの答え】

宮内いよかんの葉は②です。

ちなみに、①は不知火の葉でした。



農業春秋 No.94

平成29年11月末日 発行

編集発行人 佐野 健一

発行 北興化学工業株式会社
HOKKO CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD.
〒103-8341
東京都中央区日本橋本町一丁目5番4号
営業部 TEL.03(3279)5161 FAX.03(3241)8125

印刷 北斗印刷株式会社
東京都中央区新富1丁目4番1号

「産地を訪ねて 愛媛県 伊予柑産地」

関連写真(記事はP22~23)



圃場からの景観



9月末の宮内いよかん

農薬春秋

農業春秋 2017.11 No.94

