

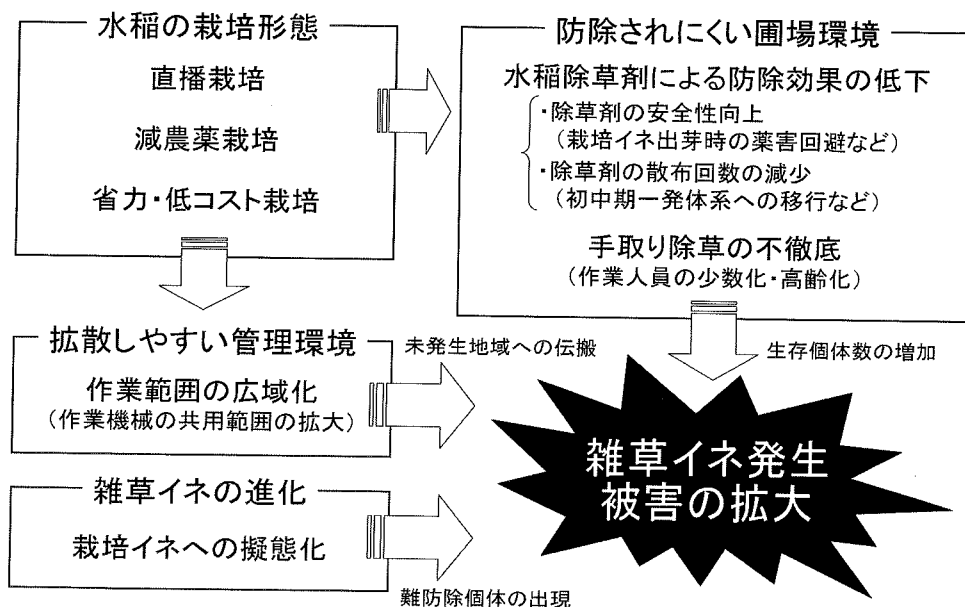
長野県に発生した雑草イネ（雑草性赤米）における 難防除特性の解析および総合的防除システム構築への方向性

長野県農事試験場 細井 淳

1. はじめに

近年、長野県内では、食用として栽培される「コシヒカリ」や「あきたこまち」などの一般粳水稻品種（以下、栽培イネ）の作付け中に、現地通称名「トウコン」と呼ばれる雑草化した脱粒性の高い赤米（以下、雑草イネ）が混生する問題が深刻化している。これは、前年の漏生粳（こぼれ粳）に由来する雑草イネが栽培イネと同時に生育し、雑草イネの玄米の一部が栽培イネの収穫物に混入することで農産物検査の不合格を引き起こし、出荷物の商品価値を低下させることによるものである。長野県内では現在、いくつ

かの地域で雑草イネの発生が確認されており、ここ数年で急速に発生面積が拡大していると推定されている。近年における雑草イネの拡大傾向は、1990年代初めから急進展した湛水直播栽培の導入と、作業受委託の拡大による水稻作の大規模化や減農薬栽培の推進に大きく関係していると思われる。すなわち、こうした栽培様式を積極的に推進した結果として、雑草イネが防除されにくい圃場環境、あるいは拡散しやすい管理環境が人為的に作り出され、さらに雑草イネの進化も加わって発生被害の拡大に結びついていると考えられる（図－1）。



図－1 長野県における雑草イネ発生被害の拡大要因。

長野県における雑草イネの発生問題は、生産者に対してこまめな圃場巡回や手取り除草作業への過重な労働コストが強要されることによって、水稻の省力・低コスト栽培のシフトへ逆行化を引き起こしている。このことが集落営農や大規模担い手育成の施策推進上の大きな障壁となりつつある。また、近年の食品に関する風評に敏感な流通・消費環境にあつて、食用米への異種混入が発生すれば当該地域の信用が低下し、大きな経済的被害が生じる危険性も高まる。こうした背景から現在、長野県ではこの問題解決が水稻作における重要な対策課題のひとつとなっている。

本稿では長野県に発生した雑草イネに関して、防除に関連する諸特性の解析と、これを基にした総合的防除技術の詳細、さらに長野県内外の農業関係機関が共同で構築をすすめている総合的防除システムの方向性などについて解説する。なお、雑草イネに関連する内容として、岡山県における白米雑草イネの発生事例(石井 2001)、長野県における雑草イネの発生来歴と水稻除草剤を中心とした防除法の具体例(斎藤 2003)、国内外における雑草イネの発生状況(牛木 2007)、が本誌に掲載済みである。本稿と併せて参照されたい。

2. 雑草イネにおける難防除特性の解析

長野県内各地から収集された雑草イネの集団は、生理・形態的特徴により7種類(A~G)のバイオタイプに類型化されている(牛木ら 2005a)。これらに共通する主な特徴は、①玄米の果皮が鮮やかな赤褐色を呈する、②脱粒性が極めて高い、③ふ先色を帯びる、④出穂期が「コシヒカリ」よりやや早い、⑤稈が「コシヒカリ」より長い、⑥他の有色米とは異なり、茎葉の一部に

色素が沈着しない、などである(宮島・高橋 1974, 牛木ら 2005a)。こうした特徴に関連して、不良環境条件でも生存適応できる特性の一部には、人間が防除する上で困難となり得るもの(難防除特性)を含んでいると思われる(図-2)。雑草イネの難防除特性を解析することによって、効率的な防除を行うために有用な基本情報を得ることができる。以下これについて、防除に有用な情報としての活用例などを含めて要説する。

(1) 脱粒性

脱粒性とは、穂上で成熟した籾が極めて脱落しやすくなる特性を示す。雑草イネがこの特性を備えることによって、多くの籾が圃場内へ自然脱落し、大きなシードバンクが形成される。長野県に発生した雑草イネのほとんどの集団には脱粒性が備わっており(宮島・高橋 1974, 牛木ら 2005a)、成熟期に近づくとき強風などの外的刺激によって籾が容易に脱粒する(細井ら 2008b)。しかし、雑草イネの穂には脱粒しやすい状態となりつつも脱粒せずに成熟した籾が少なからず含まれているため、圃場内で雑草イネと栽培イネの混生状態が長く維持された場合には、最終的にこうした籾が栽培イネの収穫時に混入する。長野県に発生した雑草イネの代表的な集団では、出穂後約2週間目から籾が脱粒しやすい状態となり、約1ヶ月にわたって脱粒が継続する(細井ら 2008b)。雑草イ

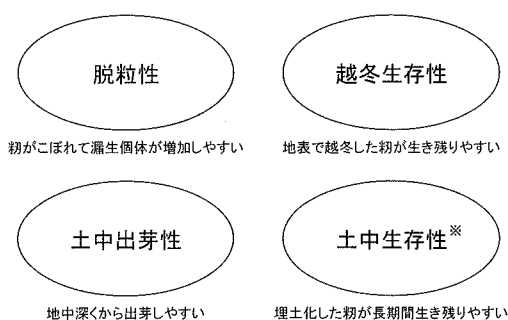


図-2 雑草イネが備える主な難防除特性

(※は現在調査中であるが、備えている可能性が高い特性)

ネの主な防除手段は手取り除草であるが、雑草イネと栽培イネは形態が類似しているため、ふ先色の有無による識別が可能な出穂後に行う必要がある。このように雑草イネの脱粒性の動態を把握することによって、手取り除草を行う適切な作業時期が設定できる。

(2) 越冬生存性

越冬生存性とは、脱粒によって地表面に落下した籾がそのまま越冬し、翌年の春まで生存・発芽できる特性を示す。雑草イネがこの特性を備えることによって、翌春に発生する漏生籾由来の生存個体が増加する。長野県に発生した雑草イネの一部の集団は、冬季の寒気に長期間曝された後も高い生存能力を維持している（柳島 1965）。また、休眠性の高い集団ほど越冬生存性が優れており、長野県の平坦地では越冬した籾の約50%が翌春まで生存する集団も含まれている（牛木ら 2007）。越冬後における生存個体の存在は、耕起前防除の必要性に関係している。秋季の不耕起や、非選択型の茎葉処理除草剤（ジクワット・バラコート液剤）による耕起前散布が防除に有効であるが（斎藤 2003）、当試験場では現在も効率的な方法の検討を進めている。

(3) 土中出芽性

土中出芽性とは、深い地中からでも幼植物体が地上まで到達できる特性を示す。雑草イネがこの特性を備えることによって、代かき時に地中深くすき込まれた個体などが生き残りやすくなる。在来の赤米栽培品種の多くは土中出芽性に優れており（星野ら 1985）、長野県に発生した雑草イネの一部の集団でもメソコチルの伸長程度は栽培イネより長く、土中深度7cmあるいは10cmでも出芽できる能力を備えている（柳島 1965, 牛木ら 2005b, 唐木田 2001）。深い地中で発芽した雑草イネの生存個体は、幼芽が

地表に到達するまでに時間を要するため、土中出芽性は雑草イネの発生のばらつきに関係すると思われる。この現象は、漏生籾に対して出芽抑制効果のある水稻除草剤を使った体系防除（斎藤 2003）によって、薬効を長期間とぎれることなく維持する必要があることを示している。

(4) 土中生存性

土中生存性とは、埋土化した籾が長期間にわたって生き残ることができる特性を示す。雑草イネがこの特性を備えることによって、シードバンクが長期間にわたって維持される。東南アジアに発生した雑草イネの集団では、室内条件で籾が6年間も生存した事例がある（徐・許 2003）。長野県に発生した雑草イネの集団では、国内の栽培イネと比較すると休眠が深く、埋土化1年目の生存個体数が多い（牛木ら 2007）。当試験場では現在、長野県に発生した雑草イネの代表的な集団における土中生存性の持続期間を調査中であるが、国内の栽培イネと同程度の休眠性を持つ集団が多いことから（牛木ら 2008）、長期間にわたって生存能力を維持する海外の集団より短期間であると予想している。雑草イネの土中生存性の解析によって、徹底的な防除を実施すべき年限が明確となり、防除に要する労力の集中化を図ることができる。また、雑草イネの防除手段として、直播から移植への栽培方法の転換、あるいは水稻から畑作物への転作が挙げられるが、地域内で防除を主体とした圃場ローテーションの計画を定めることができる。

3. 雑草イネの総合的防除技術を軸とした総合的防除システムの構築

雑草イネは栽培イネと同種であるため、雑草イネのみに選択性を持つ除草剤は存在しない。また上述のように、雑草イネは多くの難防除特

性を備えている。こうしたことから、雑草イネが一旦発生した場合には、防除を積極的に行わないかぎり栽培イネと混生する状態が長年にわたって維持され、発生被害が拡大し続けることになる。1990年代以降に雑草イネの発生が確認された長野県内の各地域では、根絶に至った場所が現在も数筆単位にとどまっている地域が少なくない。

雑草イネの防除は、漏生籾に対して出芽抑制効果のある水稻除草剤を使った体系防除(斎藤 2003)や脱粒開始前の手取り除草(細井ら 2008b)が主な手段である。しかしながら、こうした防除手段を単発的に実施するのではなく、その他複数の手段を組み合わせることにより相乗効果を期待し、かつこれを長期間実施することによって雑草イネの根絶へ向かうと予想される。このような複数の防除手段の組み合わせは、「総合的防除技術」として位置づけられ、長野県では雑草イネの防除対策の基本的なとらえ方として定着しつつある。さらにこの防除技術の積極的な導入を軸とした雑草イネの根絶への方向付けは、

多くの農業関係機関の連携によって担われており、「総合的防除システム」として機能している。以下、この詳細について解説する。

(1) 圃場管理における総合的防除技術の導入

雑草イネに対する総合的防除技術では、個々の発生圃場で適切な防除を行うことが基本となる。この技術には以下に述べる5つの要点が含まれており(図-3)、これらの点を可能なかぎり遵守することが重要である。

・侵入させないこと

自家採種、あるいは作業機械による伝搬など的人為的な拡大要因を排除し、圃場内へ雑草イネの籾の持ち込みを防止することである。近年における拡大の主要因は未発生圃場への伝搬であると考えられ、被害面積の拡大を防ぐために最も重要である。具体的には、雑草イネが過去に発生したことのある圃場の位置を詳細に把握し、生産者および機械作業実施者の双方へ周知することである。さらに、広範囲となる作業機械の移動は避け、発生が予想される圃場での耕起、代かき、移植、収穫の各機械作業は、全て他

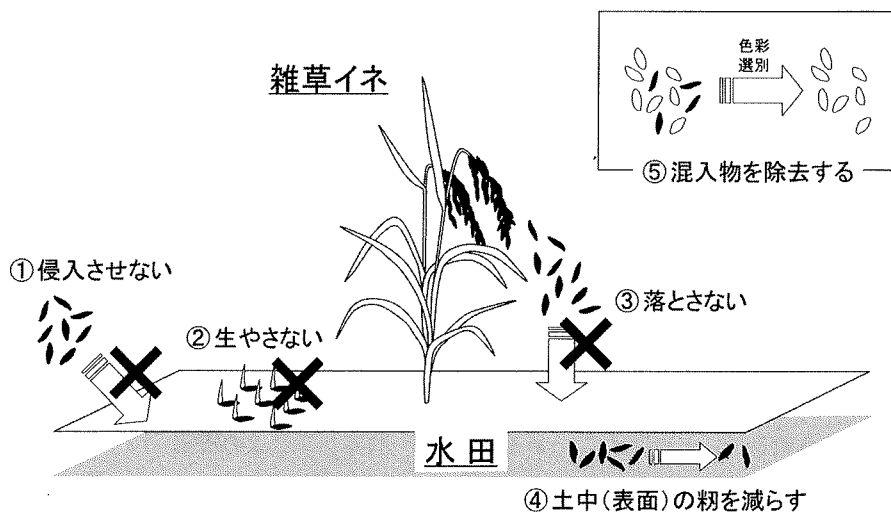


図-3 雑草イネに対する「総合的防除技術」の要点。

の未発生圃場を行った最後の順とし、作業後には機械を入念に洗浄することである。

・生やさないこと

雑草イネの発生初期において、耕種的な方法と水稻除草剤によって生長を阻害させ、雑草イネを圃場内に生やさないことである。具体的には、漏生籾に対して出芽抑制効果のある成分を含む初期剤、初中期剤、中期剤による水稻除草剤の体系処理（斎藤 2003）により、雑草イネの出芽や生育初期の伸長を抑制することが一般的な方法である。また、慣行より1ヶ月程度の早期移植を行い、雑草イネの発芽前から湛水条件を維持する栽培方法も有効である（細井ら 2008a）。大規模圃場区画では、作業人員の関係から手取り除草の実施が困難な場合も想定され、生やさないことが主要な防除対策になると考えられる。当試験場では現在、(財)日本植物調節剤研究協会および農薬メーカーなどと連携し、雑草イネに対して防除効果の高い水稻除草剤のスクリーニングをすすめている。

・落とさないこと

手取り除草を行うことによって、圃場内に発生した雑草イネの籾の脱粒を未然に防ぐことである。具体的には、雑草イネが発見しやすく識別可能な時期に手取り除草を行うが、雑草イネの出穂後2週間以内に実施することが最も有効である（細井ら 2008b）。手取り除草は最も確実に雑草イネを防除できる手段であるが、多発生した圃場では見落としが多く生じ、労働強度も増す。このため、漏生籾に対して出芽抑制効果のある水稻除草剤の体系防除（斎藤 2003）と組み合わせ、雑草イネの発生密度を十分に低減させつつ実施することが好ましい。

・土中（表面）の籾を減らすこと

圃場に落下した雑草イネの籾の密度を冬季に

低減させることである。地表に落下した籾を凍結によって枯死させ、さらに鳥類の摂食を期待する手段である。長野県は冬季の気候が多様なため、越冬前後における雑草イネの籾の生理生態的变化に関して一部未解明であるものの、凍みさらしにより一定の効果が期待できる。また、飼料イネでは冬季の鳥類の摂食による密度低減効果が得られており（大川・辻本 2008）、雑草イネにおいても同様の効果が得られると思われる。

・混入物を除去すること

色彩選別機を用いて、栽培イネの玄米の中に混入している雑草イネの玄米を除去する手段である。異種混入の防止には最も有効であるが、籾の選別には適用できない手段であり、雑草イネの発生を防止する根本的な解決手段にはならない点に留意する必要がある。

(2) 機関の連携による総合的防除システムの構築

雑草イネが発生した個々の圃場では、上述の総合的防除技術を実施することが最も基本となる。しかしながら、この対策技術は迅速に対応させることが難しく、全ての生産者に徹底するのは容易ではない。特に、防除が徹底されていない圃場が地域内に1箇所でも存在する場合には、完全防除後の再発生と再拡散の温床ともなるため、総合的防除技術の実施は地域全体で足並みを揃え、くまなく取り組んでゆくことが重要である。

長野県では、総合的防除技術を軸とした防除対策を地域全体で効率的に取り組むため、農業関係機関の連携によって監視体制を総合的に確立することをめざしている。2005年より「雑草イネ対策チーム」が組織され、関係者が雑草イネ防除対策に関与する役割を分担し、根絶に向けた努力を鋭意行っている（図-4）。県内では研究、行政、普及の各県機関と生産団体が協力

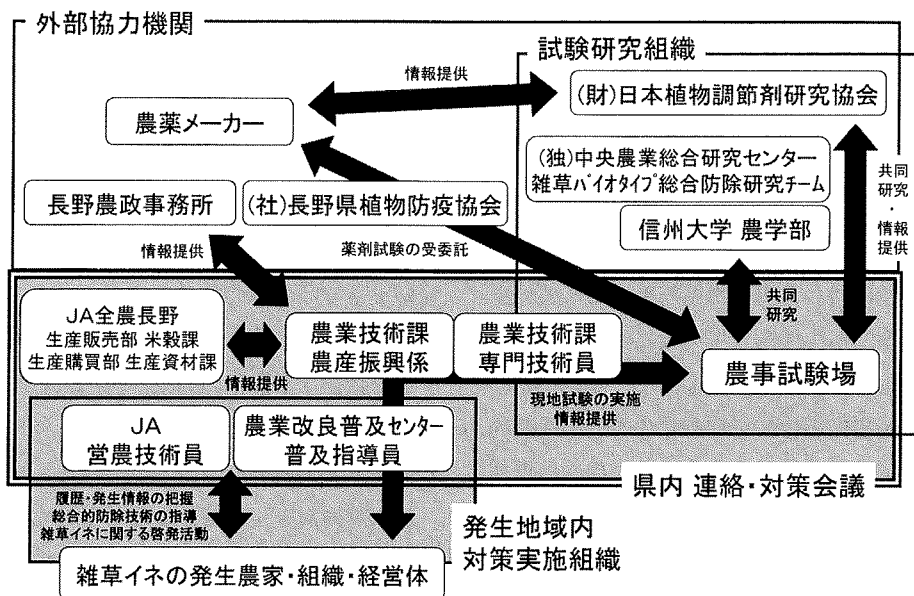


図-4 長野県における「雑草イネ対策チーム」(網掛部分) および外部協力機関の組織構成と関係内容。

し、現地試験の実施や詳細な情報収集を行っている。こうした情報は、連絡・対策会議を定期的に開催することで共有・整理されている。発生地域内では、連絡・対策会議で整理された情報を基に、農業改良普及センター普及指導員とJA営農技術員が、生産者に対する総合的防除技術の指導と雑草イネに関する啓発活動などを行っている。県内外の研究機関は共同研究などを通して連携し、雑草イネの特性解明と防除技術の新規開発を手がけている。その他、外部協力機関として長野農政事務所、(社)長野県植物防疫協会、農薬メーカーなどが参画し、適宜情報提供などを行っている。このような農業関係機関の広範かつ緻密なネットワークを基本とした総合的防除システムの構築によって、雑草イネの発生被害が今後速やかに収束に向かうと予想される。

4. おわりに

近年、全国的に水稻の直播栽培、あるいは省

力・低コスト栽培の推進が盛んとなっている。水稻作を取り巻く厳しい国内情勢の中で、このような方向付けは労働生産性の向上を通して有効な打開策をもたらすという“光の部分”が大きく映っている。一方長野県では、明治時代における手取り除草の徹底によって克服した過去の問題が、雑草イネの発生拡大として再び問題となる“影の部分”を呼び起こし始めている。これは皮肉にも、労働生産性を過度に重視し、省力・低コストを極度に追求する栽培方法に対して、あたかも雑草イネが警鐘を鳴らしているに見える。

現在、雑草イネの発生被害は、長野県内のみの問題となっている。しかしながら同時に、全国的には水稻の直播栽培や省力・低コスト栽培の推進によって、雑草イネなどによる混生の被害が突発し得る脆弱な生産環境にも向かっている点を、多くの農業関係者が留意すべきであろう。雑草イネの防除対策は、その発生地域が広範囲になるにつれて莫大な労働コストと費用の

投入が必要となる。従って、最も有効な防除対策は、雑草イネ発生のごく初期における総合的防除技術の迅速な徹底である。長野県内外の未発生地域では今後、予防も含めて雑草イネに対する認識を深め、防除に関する様々な情報を周知してゆくことが重要である。さらに、不測の事態に備えて予め組織体制を整えておくことも大切である。多くの機関における積極的な取り組みに今後期待したい。

謝辞

本稿の取りまとめにあたり、長野県農事試験場 酒井長雄氏、(独)中央農業総合研究センター 牛木純氏、(社)長野県原種センター 斎藤稔氏より有益なご助言を頂いた。ここに記してお礼申し上げます。

引用文献

- 星野孝文・岡本正弘・篠田治躬 1985. 湛水深播条件下における稲籾出芽性の品種間差異. 育種 35(別 2): 312—313.
- 細井淳・青木政晴・酒井長雄・牛木純 2008a. 水稲極早生品種の早期移植栽培による雑草イネ(トウコン)の出芽抑制効果. 日作紀 77(別 1): 54—55.
- 細井淳・牛木純・酒井長雄・青木政晴・手塚光明 2008b. 長野県で発生した雑草イネ(トウコン)における脱粒性の推移と脱粒籾の発芽能力. 日作紀 77: 321—325.
- 石井俊雄 2001. 岡山県の水稲乾田直播栽培圃場で問題となる雑草イネ. 植調 35: 269—277.
- 唐木田清雄 2001. 長野県のインディカ赤米(トウコン). 年報長野県地理 20: 7—17.
- 宮島吉彦・高橋信夫 1974. 長野県産赤米の稲トウコン. 農業技術 29: 453—455.
- 大川茂範・辻本淳一 2008. 宮城県の飼料稲栽培後作における漏生個体の防除 第3報 秋耕と秋期の湛水および冬期の鳥類による摂食の影響について. 日作紀 77(別 2): 42—43.
- 斎藤稔 2003. 長野県における雑草イネの発生状況と防除法. 植調 37: 183—188.
- 牛木純・赤坂舞子・手塚光明・酒井長雄・斎藤稔・石川隆二 2005a. 長野県に発生する雑草性赤米の生理形態的特徴と分布の変遷. 育種学研究 7(別 1,2): 391.
- 牛木純・赤坂舞子・石井俊雄・手塚光明 2005b. 生理・形態的特性の異なる雑草イネと栽培品種の出芽可能深度の比較. 雑草研究 50(別): 122—123.
- 牛木純・細井淳・赤坂舞子・手塚光明 2007. 長野県に発生する雑草性赤米の休眠性と越冬性の関係. 雑草研究 52(別): 196—197.
- 牛木純 2007. 国内に発生する雑草イネの現状と今後の課題. 植調 41: 258—263.
- 牛木純・赤坂舞子・手塚光明・石井俊雄 2008. 国内に発生する雑草イネの発芽様式および休眠性の特徴. 雑草研究 53: 128—133.
- 徐學洙・許文會 2003. 雑草イネとは?. 森島啓子編, 野生イネの自然史. 北海道大学図書刊行会, 北海道. 107—120.
- 柳島純雄 1965. 雑草的立場からみた赤米(トウコン)の越冬と出芽について. 雑草研究 4: 67—70.