

雑草イネ・漏生イネ 防除技術マニュアル (詳細版)



作成：農食事業 28020C コンソーシアム
発行日：2019年3月22日
更新日：2021年3月22日



目次

はじめに	1
防除の考え方	3
各技術の適用場面について	7

I 要素技術編

収穫後・作付け前の防除技術

1. 石灰窒素	10
2. 蒸気処理	17
3. 非選択性除草剤	22
4. 耕起・不耕起	24
5. 田畑輪換	30

本田期間（水稻栽培中）の防除技術

6. 遅植え・遅撒き	36
7. 有効除草剤	39
8. 除草剤感受性品種由来の漏生イネに有効な 4HPPD 阻害剤	46
9. 機械除草	51
10. 手取り除草	54

地域の組織化・広域調査法

11. 地域の組織化を通じた防除の取り組み	58
12. 車窓法による調査	61
13. 小型無人ヘリ（ドローン）による調査	63

II 実証試験編

実証試験の概要と導入技術選択の考え方	71
1. 石灰窒素・有効除草剤を用いた雑草イネ防除事例	75
2. 蒸気処理・石灰窒素を用いた雑草イネ防除事例	80
3. 石灰窒素・不耕起を用いた漏生イネ防除事例	87
4. 4HPPD 阻害剤を用いた除草剤感受性品種由来の漏生イネ防除事例	93
資料等	98

はじめに

1) 雑草イネについて

近年、圃場に自生するイネが栽培品種に混じって生育し、その着色種子（赤米）が収穫玄米に混入する被害が大きな問題となっています。この自生して混入するイネは「雑草イネ」(weedy rice)と呼ばれ、世界的にも各地で増殖し、水稻作に大きな被害を与えています。通常的水稻作では除草剤を利用して雑草防除を行います。除草剤は水稻への安全性が非常に高いため、植物種として水稻と同一の雑草イネを水稻用除草剤で防除することは極めて困難です。

雑草イネの問題が2000年代から顕著になった長野県では、雑草イネのまん延を極めて深刻な問題として取り組み、長野県農業試験場が中心となって研究を進めてきました。長野県農業試験場では国立研究開発法人農研機構と協力して雑草イネの生態研究を進める一方、(公財)植物調節剤研究協会と協力して有効な除草剤の選抜を進め、その結果をもとに移植栽培における防除体系を構築し、「雑草イネまん延防止マニュアル(2012年)」「雑草イネ総合防除対策マニュアル(2014年)」「雑草イネまん延防止マニュアル Ver.2(2015年)」などを作成、公表しています。

現状で雑草イネ防除体系は、本田期間中に2~3回の除草剤散布が必要であり、雑草イネの混入被害防止には、さらに出穂期の手取り除草や耕種的防除法を組み合わせた徹底した防除体系を数年間継続する必要があります。また直播栽培では播種した栽培品種と雑草イネがほぼ同時に発芽するために、移植栽培よりもさらに防除が困難となっています。

2) 漏生イネについて

一方、雑草イネと同様な問題として、作付け品種を切り替える際に発生する「漏生イネ」の問題が挙げられます。近年、稲発酵粗飼料や飼料用米、米粉などの生産を目的とした新規需要米向け水稻品種の作付けが各地で推進されていますが、これらの品種を作付けした翌年に一般の良食味水稻品種を作付けすると、粳や玄米の外観が異なる前作品種の脱粒種子が漏生し(漏生イネ)、当年産玄米に混入して検査等級が低下する場合があります。雑草イネの場合とあわせ、こうした異品種混入はコメの品位規格や産地銘柄品種選定に影響し、良食味米生産地の評価を脅かす問題となっています。漏生イネは雑草イネと異なり、圃場に自生して継続的に増殖することは希ですが、その防除が除草剤だけでは極めて困難な点で雑草イネと同様であり、有効な対策技術の開発が強く求められています。

3) 本マニュアルについて

本マニュアルでは、水稻移植栽培および直播栽培における雑草イネ・漏生イネの防除体系の確立を目指し、雑草イネ・漏生イネの防除に有効な防除技術の利用法とその注意点をまとめました。雑草イネ・漏生イネの混入被害防止のためには圃場における徹底防除が必要であり、そのためには現状でも**手取り除草が必須**となります。また各防除技術には**コストもかさみます**。紹介した技術は、適用場面が限られるものもありますが、雑草イネ・漏生イネの被害を軽減するための技術、手取り除草の労力を軽減するための技術として、利用可能な技術を組み合わせて利用し、生産現場の防除や指導に役立てて頂きますようお願い致します。

なお本マニュアルは、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（旧 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業）」28020C「水稻直播栽培における雑草イネ・漏生イネの防除体系の確立と実用化」の成果として作成致しました。また農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 25011A「イネ由来の新規除草剤抵抗性遺伝子 HIS1 の作用機構解明による品種開発と新剤創製」の成果の一部も掲載しています。マニュアルの公開にあたり関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

4) 本マニュアルの構成

本マニュアルは、I.要素技術編と II.実証試験編の2部構成としています。

I.要素技術編では、雑草イネ・漏生イネの防除に有効な防除技術の利用法とその注意点について、既往の成果や事業における試験結果をまとめました。事業における試験結果については、図表に試験条件等を記載するようにしましたが、既往の成果については参考文献等に情報を掲載しましたので、そちらも参照してください。

II.実証試験編では、I.要素技術編に掲載した防除技術を組み合わせ、実際の生産者の圃場で防除試験を行った事例を紹介しました。本マニュアルで紹介した防除技術の組み合わせによる防除効果、実際にかかるコスト、防除体系にあわせた実際の栽培体系などは、この事例を参考にしてください。

なお事業の成果については、図表に成果年度と試験実施機関名を略称で表記しました。略称については、巻末に掲載したコンソーシアム参画機関（p.101）を参照ください。

5) 参考情報・問い合わせ先

雑草イネ・漏生イネの防除に関する情報は下記のウェブサイトにもまとめています。このサイトは、2021年3月時点で「**雑草イネ**」「**漏生イネ**」「**防除**」を検索キーワードとして検索すると上位に表示されます。このサイトには問い合わせ先もリンクしておりますので、現地の被害状況や防除の情報などのご連絡も含めて、各種問い合わせにご利用ください。

「雑草イネおよび漏生イネに関する情報」

<http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/weedyrice/>

防除の考え方

1) 雑草イネ発生圃場における防除の考え方

(1) 拡散防止

雑草イネが発生した圃場では、その種子が脱粒して翌年の発生源となります。この種子が隣接圃場に拡散していくと、地域全体の問題に発展する可能性があります。このため、**種子を拡散させないことが非常に重要**となります。雑草イネ種子の拡散防止にかかる各種注意事項については、既存のマニュアル（「雑草イネ総合防除対策マニュアル（2014年）」「雑草イネまん延防止マニュアル Ver.2（2015年）」）に記載されていますので、その注意事項に従ってください（図1、図2）。

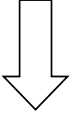
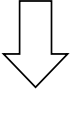



対策項目*	目的**			
	A	B	C	D
チェック1.雑草イネの種子脱落下から収穫までの徹底した防除				
 <input type="checkbox"/> ★株元から抜き取る	○	○	○	
<input type="checkbox"/> ★穂を刈り取る場合は再生する遅れ穂も注意して抜き取る	○	○	○	
<input type="checkbox"/> ★数日間あけて収穫前まで抜き取りを繰り返す	○	○	○	
<input type="checkbox"/> ★抜き取った株や穂は畦畔や圃場付近に放置せず、焼却等で確実に処分する		○		
<input type="checkbox"/> 作業時の靴や衣服に付着した籽も確実に処分する		○		
<input type="checkbox"/> 抜き取った雑草イネの特徴（出穂期、草丈、芒・ふ先色の有無等）を記録する				○
チェック2.収穫までに周辺や地域内を精査				
 <input type="checkbox"/> ★発生圃場と隣接する圃場を精査する		○	○	○
<input type="checkbox"/> ★同じ生産者の圃場を精査する		○	○	○
<input type="checkbox"/> 作業機械を共用する圃場を精査する		○	○	○
<input type="checkbox"/> 同じ種籾や苗を植えた圃場を精査する		○	○	○
<input type="checkbox"/> 同じ地域の生産者に雑草イネの発生を伝えて、注意喚起する		○	○	
チェック3.雑草イネ種子の拡散を防止				
 <input type="checkbox"/> ★雑草イネ確認圃場の作業は、未確認（未発生）圃場の後に実施する			○	
<input type="checkbox"/> 雑草イネ確認圃場では、作業後の機械の洗浄を徹底する			○	
チェック4.収穫後は脱落種子の死滅促進				
 <input type="checkbox"/> ★収穫後は耕起せず、低温による種子の死滅と鳥類等による捕食を促す		○		○
<input type="checkbox"/> ワラなどで土壌表面を覆わない		○		○
<input type="checkbox"/> 冬季温暖な地域の湿田では、耕起により種子の死滅を促す		○		○
チェック5.収穫物の精査と赤米除去				
 <input type="checkbox"/> ★未確認圃場からの収穫物と一緒にしない		○		
<input type="checkbox"/> ★玄米に調整後、色彩選別機で赤米を除去する		○		○
<input type="checkbox"/> 赤米混入を精査し、発生源や履歴等の確認のために赤米の一部を保存する				○ ○
チェック6.翌年からの作付けや栽培方法を検討				
<input type="checkbox"/> ★大豆等の畑作物を作付けし、イネ科対象除草剤や中耕等で防除する		○		○
<input type="checkbox"/> ★稲作を継続する場合は移植栽培とし、直播栽培は行わない		○		○
<input type="checkbox"/> 移植栽培では、雑草イネに有効な除草剤の体系処理と手取り除草を行なう		○		○
<input type="checkbox"/> 水稲種籾には、自家採種籾は使用しないで保証された種子を使う		○		○

図1 雑草イネによる赤米混入被害を軽減するための総合対策チェックリスト
(雑草イネまん延防止マニュアル Ver.2 (2015年))

* 対策項目□★□、特に効果が高く重要な項目

** 目的A~Dは以下の通り。A:赤米混入被害の軽減、B:雑草イネ種子の拡散防止、C:初発段階での被害拡大防止、D:今後の対策強化に活用

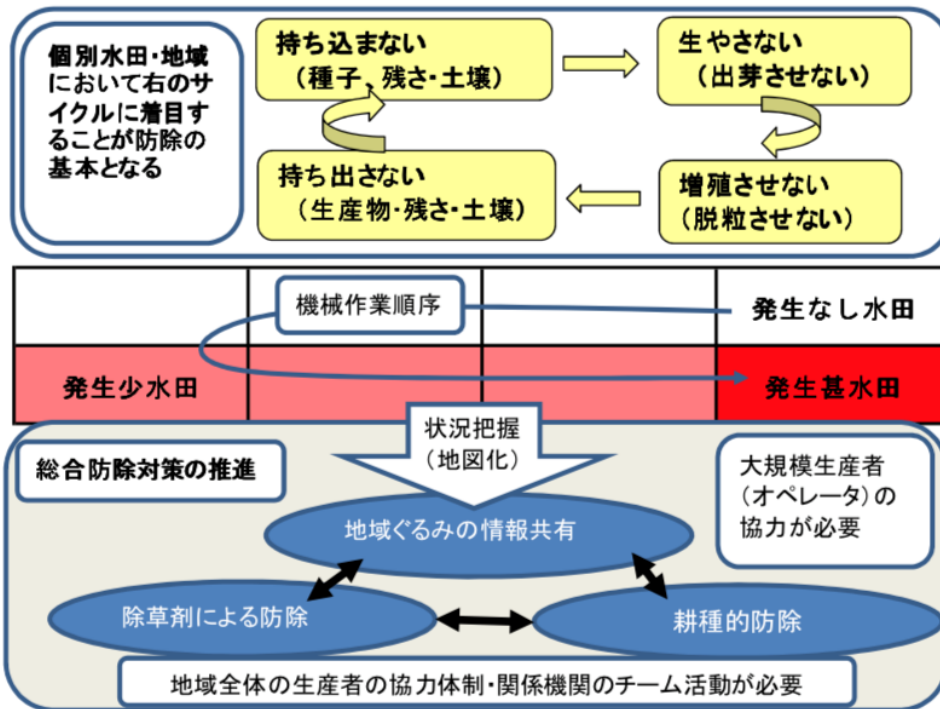


図2 地域ぐるみの総合防除イメージ
(雑草イネ総合防除対策マニュアル (2012年))

対策は個別の水田および生産者単位で実施するのではなく、発生地域全体として取り組む。地域全体の雑草イネ発生状況を把握、情報共有することで、多発ほ場から未発生ほ場への作業機械の移動制限など、拡散防止のための対策が可能になる。また、発生が多いほ場の作業後は、必ず機械を洗浄する

(2) 栽培作物の検討

水稲作の中で雑草イネを防除するのは難しく、現状では手取り除草が必要なため、防除に必要なコスト (手取り除草経費を含む) が極めて高くなります。現状で最も有効な手段は畑作物への転換であり、特に雑草イネがまん延した圃場では、畑作物への転換 (田畑輪換→p.2) を検討する必要があります。一方、雑草イネがまん延していない圃場でも、手取り除草などの基本技術を行わずに水稲作を継続すると、短期間で雑草イネがまん延して大きな問題となります。基本技術を行うことができない圃場においても、畑作物への転換を検討してください (図3)。

畑作物への転換が難しい場合は、水稲栽培を継続することになりますが、その場合でも移植栽培を最優先に検討してください。本マニュアルの実証試験編では、特に防除が難しい直播栽培場面での防除事例を中心に示していますが、その防除体系は、現状では高コストにならない点に留意ください。

(3) 防除技術の組み合わせ

本マニュアルで紹介する各要素技術は、いずれも単独で卓効を得るのが難しく、複数の技術を組み合わせる必要があります (図3)。防除体系としては、越冬期間の不耕起 (寒冷地)

および有効な除草剤体系に加え、手取り除草を行うのが基本となります。しかし雑草イネが多発した場合は、手取り除草にかかる労力が極めて大きくなるため、水稻作付け前に非選択性除草剤による防除を行うとともに、可能であれば遅植え・遅まきによる防除も組み合わせてください。さらに雑草イネのまん延程度がひどい場合は、石灰窒素散布や蒸気処理などの防除技術を組み合わせ、徹底防除を進める必要があります。移植栽培では機械除草機も利用できます。

(4) 早期発見・早期対策

雑草イネがまん延すると、手取り除草を含めて除草にかかるコストが膨大になり、対応が極めて困難になります。したがって、発生初期に発見し、早期に対策すること（早期発見・早期対策）が重要です。雑草イネが発生した地域では、他の圃場の監視や発生圃場における手取り除草の協力など、関係者および関係団体が協力し、地域が一体となって雑草イネの根絶にとりくむことが大切です（地域の組織化・広域調査法→p. 58～）。

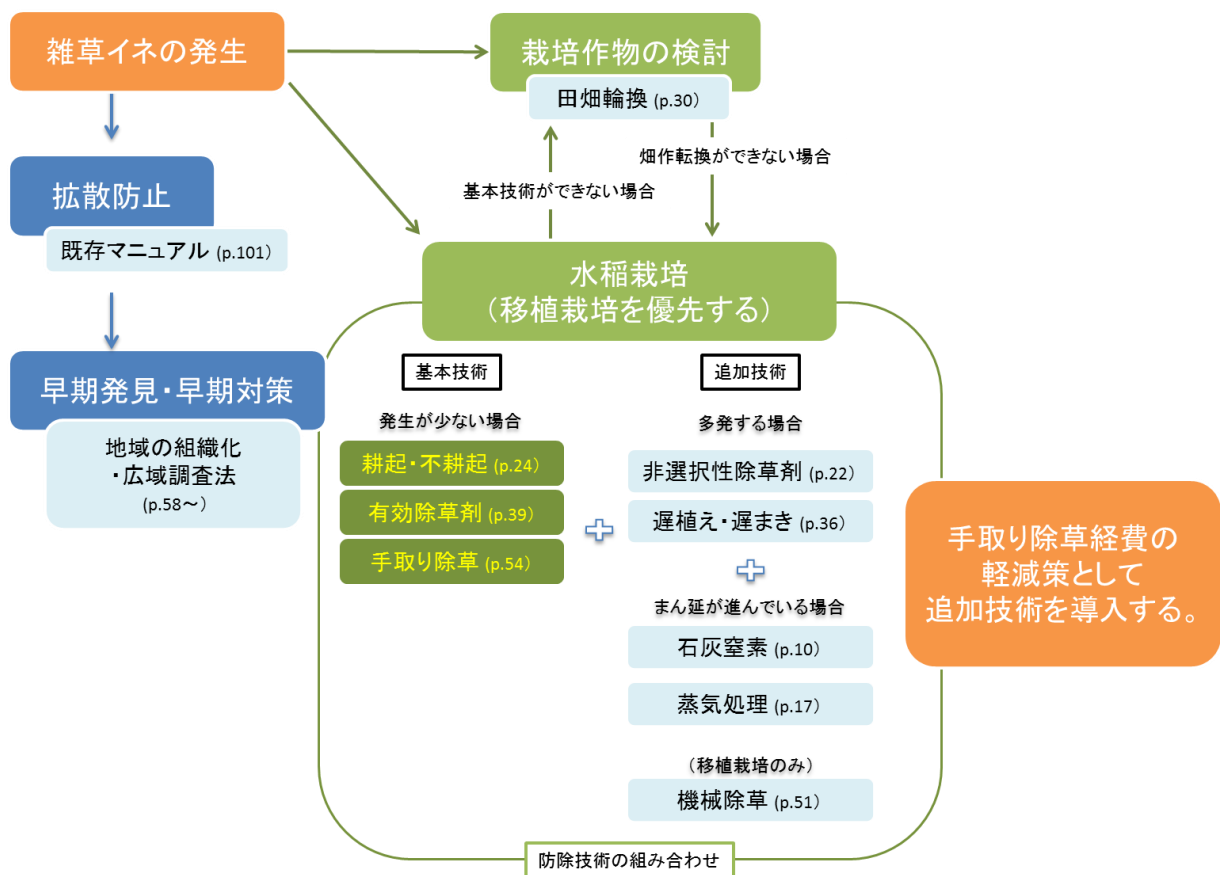


図3 雑草イネ防除の考え方と本マニュアルで紹介する防除技術
(括弧内の数字は本マニュアル内の対応するページ)

2) 漏生イネ発生圃場における防除の考え方

漏生イネは作付け品種を切り替える時には必ず注意しなければいけません。漏生イネ対策は異品種混入対策の基本的取り組み事項ですが、特に糯品種や新規需要米等の形質の異なる品種の作付け前後には積極的な防除が必要となります。漏生イネは雑草イネと異なり、他圃場への拡散によって地域内でまん延が進むことは希ですが、取りこぼした株があればさらに翌年の発生源にもなり得ます。切替え前の品種の収穫直後であれば、脱粒種子は地表面にのみ分布するため、秋期の対策と次作の水稲栽培中の防除をうまく行うことにより、異品種混入被害を防ぐことが可能です。防除技術は、雑草イネで利用可能な技術が全て同様に使えますが（図4）、ある種の除草剤（特定の4HPPD阻害剤）に対して感受性がある多用途米品種由来の漏生イネであれば、その除草剤による防除も可能です。

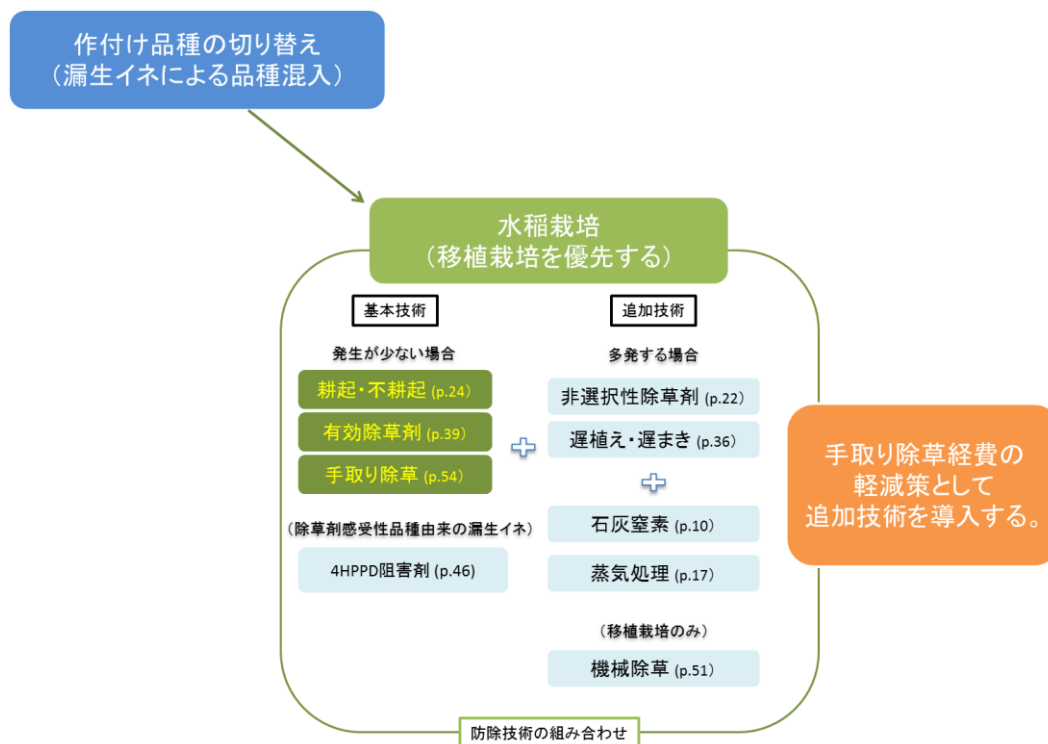


図4 漏生イネ防除の考え方と本マニュアルで紹介する防除技術
(括弧内の数字は本マニュアル内の対応するページ)

参考文献等

- ・農研機構 2015.「雑草イネまん延防止技術マニュアル Ver.2」
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/028068.html
- ・長野農試 2012.「雑草イネ総合防除対策マニュアル」
<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf>

各技術の適用場面について

1) 収穫後・作付け前の防除技術

雑草イネと漏生イネの種子は土中や地表面に残り、翌年の発生源になります。圃場内の種子は、その年に落ちた種子(当年産)と、前年までの土中に埋没している種子からなりますが、大半は当年産の新しい種子です。したがって、地表に脱粒した当年産種子の防除が、翌年の発生を減らすために非常に有効な手段となります。また次作の水稻を作付ける前に種子を出芽させ、耕起や代かきで埋め込む、あるいは非選択性除草剤で枯死させることも有効な手段となります。本マニュアルではこれらの技術を収穫後・作付け前の技術として紹介しています(表1、図1)。

表1 収穫後・作付け前の防除技術の特徴

紹介頁	コスト	防除効果	実施優先度	実施時期 / 実施場面
p. 10	石灰窒素	中	中	追加技術 収穫後～耕起前 / 表層種子の防除
p. 17	蒸気処理	大	大	追加技術 収穫後～耕起前 / 表層種子の防除
p. 22	非選択性除草剤	中	中	追加技術 収穫後 / ひこばえ防除、作付け前 / 発生個体防除
p. 24	耕起・不耕起	小	中	基本技術 収穫後 / 脱粒種子の防除
p. 30	田畑輪換	--	大	追加技術

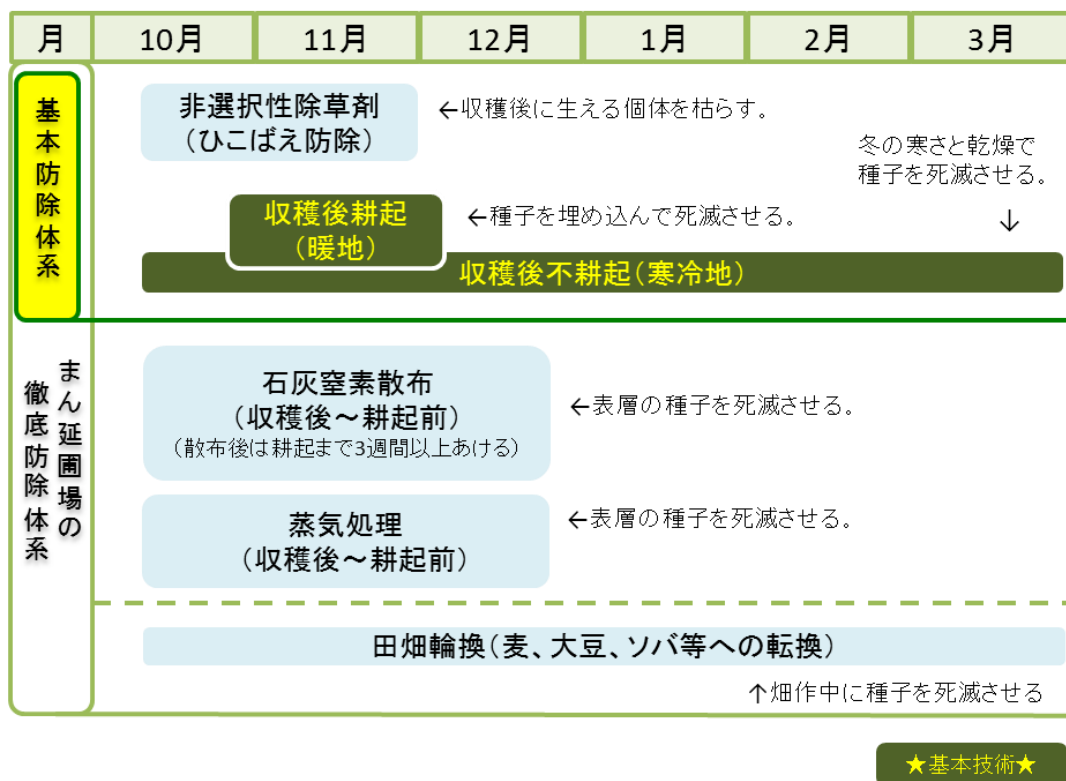


図1 収穫後・作付け前の防除技術の実施時期

2) 本田期間（水稻栽培中）の防除技術

雑草イネ・漏生イネは春先に十分な温度と水分があれば、作付け前から出芽しはじめます。移植時期（播種時期）を遅らせると、こうした作付け前の出芽個体が増えることになります。これらを耕起・代かき、あるいは非選択性除草剤で防除した後に移植（または播種）すると、その後の出芽個体を減らすことができます。

移植（播種）後は有効な除草剤を2～3回散布します。一部の除草剤感受性品種由来の漏生イネについては、特定の除草剤（特定の4HPPD阻害剤）も有効に利用できます。また移植栽培であれば、機械除草によって生育初期の条間の個体を防除することも可能です。これらによって防除できなかった個体は手取り除草で抜き取ってください。以上の技術は本田期間（水稻栽培中）の防除技術として紹介しています（表2、図2）。

表2 本田期間（水稻栽培中）の防除技術の特徴

紹介頁	コスト	防除効果	実施優先度	実施時期 / 実施場面
p. 36	遅植え・遅播き	中	大	追加技術 移植（播種）前 / 発生個体防除
p. 39	有効除草剤	中	大	基本技術 移植（播種）前後 / 発生個体防除
p. 46	4HPPD阻害剤	中	中	追加技術 移植（播種）前後 / 発生個体防除
p. 51	機械除草	大	中	追加技術 移植1～3週間後 / 条間の生育個体防除
p. 54	手取り除草	大	大	基本技術 出穂後2週間目まで / 脱粒前の個体抜き取り

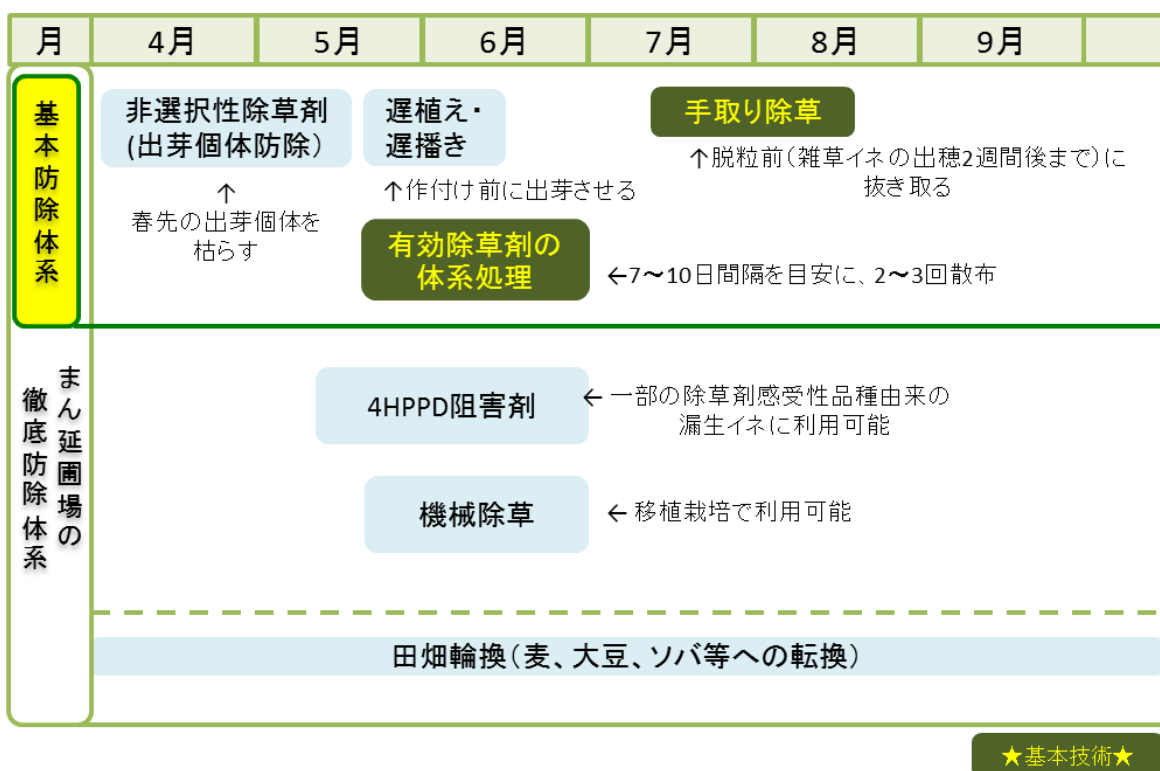


図2 本田期間（水稻栽培中）の防除技術の実施時期

I.要素技術編

--収穫後・作付け前の防除技術--

本編では、収穫前に脱粒して地表面に残る雑草イネ・漏生イネの種子を、収穫後から翌年の作付け前までに死滅させる技術、および作付け前に出芽した個体を防除する技術を紹介します。

1. 石灰窒素

1) 技術の概要

肥料資材として知られている石灰窒素には雑草防除効果があり、農薬としての登録もあります。雑草防除効果としては、石灰窒素を水稻収穫後（水稻刈跡）に散布、または水稻播種前または移植前に散布して、**地表面の雑草種子に作用し**、次作の雑草発生量を減らす効果があります。この効果は、雑草イネ・漏生イネ種子の防除にも利用できます。以下にその使用方法と注意点を記します。

2) 必要な資材・使用条件等

国産石灰窒素(55%粒状)の雑草防除効果に関する農薬登録は、下記のとおりです。(2019年3月末に一部登録拡大となりました。)

作物名	適用場所	(雑草)名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法
水稻	-	ノビエの休眠覚醒 (湿田及び半湿田)	40～50kg/10a	水稻刈取後1週間以内	1回	全面散布
		水田一年生雑草	30～70kg/10a	は種前又は植付前		散布
水田作物 (水田刈跡)	水田刈跡	水田一年生雑草	50～70kg/10a	水田作物刈取後		散布

雑草イネ・漏生イネの防除を目的とした使い方は、収穫後の雑草イネ・漏生イネの籾が地表面に出ている**耕起前の状態**で、**稲わらを除いて50kg/10aを目安に散布**します。石灰窒素の防除効果を得るために、圃場を耕起する場合は**石灰窒素散布後3週間以上経過してから耕起**することが必要です。

寒冷地では不耕起のまま越冬させる方が高い防除効果を得られるため (p.27 参照)、寒冷地の圃場で秋に散布する場合は、散布後の耕起を避けて、春まで不耕起としてください。また**石灰窒素は肥料効果がある**ため、生育過剰にならないよう次作は減肥を検討する必要があります (p.15 参照)。

水稻収穫後ではなく春(播種前又は植付前)に散布する場合も春まで不耕起とし、次作が生育過剰にならないように春の散布量は**30kg/10a**を目安とします。この場合も、耕起の3週間以上前に散布して、散布から耕起まで3週間以上経過するようにします。

3) 期待される効果

漏生イネを対象とした試験では、稲わらのない条件で石灰窒素を秋に散布することで、散布をしない場合と比較して、越冬後の発生が 1/6 以下になりました（大平ら 2015）。雑草イネを対象とした試験では、石灰窒素を秋から春に散布することで、越冬後の種子の生存種子の無処理区比が 20%以下になりました（図 1）。

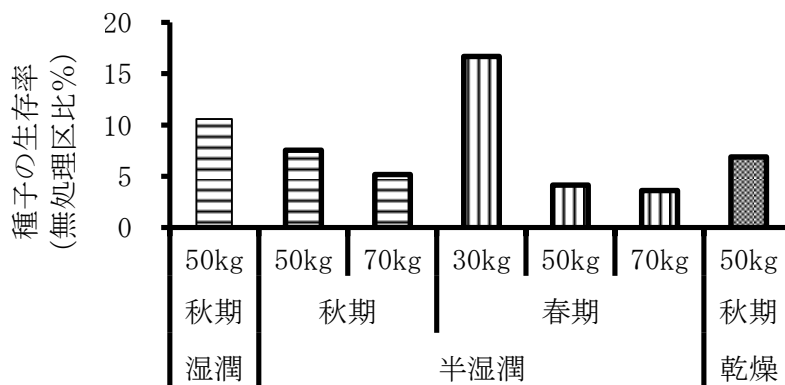


図 1 雑草イネ脱粒種子に対する石灰窒素散布の防除効果（2018 年、長野農試）

石灰窒素無処理区の生存種子割合に対する比率を示し、2016 年度および 2017 年度の平均値。10 月下旬～12 月上旬に金ザルに充填した水田土壌表面に雑草イネ種子を播種し、各圃場に埋設した。冬期間は不耕起状態として、春期耕起前に回収し、発芽試験、TTC 検定により判別した。湿潤：現地圃場（標高 363m）、半湿潤：長野農試圃場（標高 350m）、乾燥：現地圃場（標高 593m）。石灰窒素は、稲わらのない状態として、秋期は埋設日、春期は 3 月 1 日に散布した。30・50・70kg は 10a 当たり散布量。石灰窒素散布後 1 ヶ月間の平均気温は、秋期が 3.3～9.4℃、春期が 3.7～6.2℃。

4) 注意点 (変動条件等)

(1) 散布後から耕起するまでの間隔

散布後直ぐに耕起すると効果がほとんどありません。散布後は直ぐに耕起しないようにし、耕起する場合でも、散布後3週間以上経過してから行うようにします(大平・白土 2015、図2)。春に石灰窒素を散布する場合は、収穫後に不耕起のまま越冬させ、春の耕起の3週間以上前に石灰窒素を散布します。

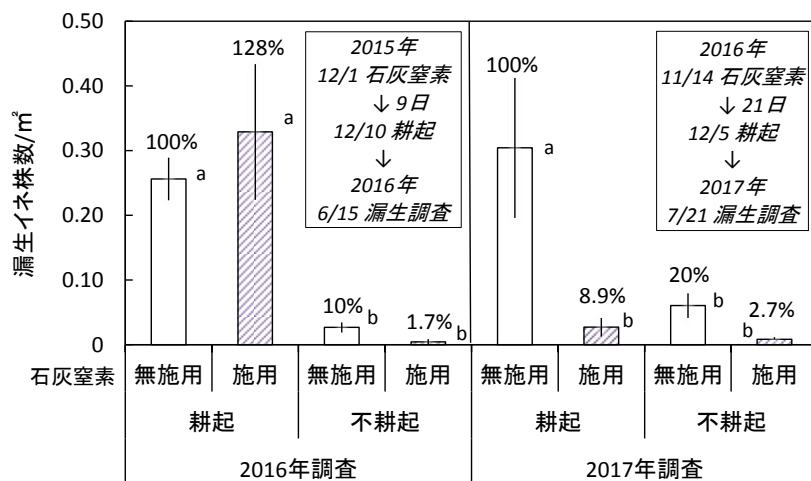


図2 翌年の水稲作における漏生イネ発生に対する石灰窒素散布の効果
(2015~2017年、古川農試)

2015年12月1日、2016年11月11日 宮城県古川農業試験場内の直播水稲収穫後の稲わらを除いた圃場に、同年産の紫稲の籾 3kg/10a を模擬的な脱粒種子として全面に散布
 2015年12月1日、2016年11月14日 粒状石灰窒素 (50kg/10a) を散布
 2015年12月10日 (石灰窒素散布の9日後)、2016年12月5日 (同21日後) 耕起 (10cm 深程度のロータリ耕)
 2016年5月16日、2017年5月19日 (翌春耕起・代掻き後) 鉄コーティング種子 (被覆比 0.5、品種ひとめぼれ) を 0.25kg 乾籾/a 播種 (表面点播)、播種直後に初期除草剤ピラゾレート粒剤 (サンバード 1 キロ粒剤 30) 散布、
 2016年5月31日 (播種後 21 日) ピリミノバックメチル・プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤 (トップガンフロアブル) 2017年6月9日 (播種後 21 日) にテフリルトリオン・トリアファモン水和剤 (ボデーガードプロフロアブル) 散布
 2016年6月15日、2017年7月21日: 漏生イネの発生量を紫イネの株立ち数として調査
 グラフに付した数値は各年の耕起・石灰窒素無散布区を 100%とした対比、バーは標準誤差、異なるアルファベット間には 5%水準で有意な差があることを示す (n=3~6)。

(2) 圃場の水分条件

石灰窒素散布後に土壤が乾燥していると効果が低くなります。石灰窒素散布後の土壤水分は、少なくとも16%以上であれば高い効果が期待できます(図3)。一方で、過湿条件でも効果が低下し、散布直後の極端な多雨で湛水状態になったまま数日間経過すると効果が大きく低下します。

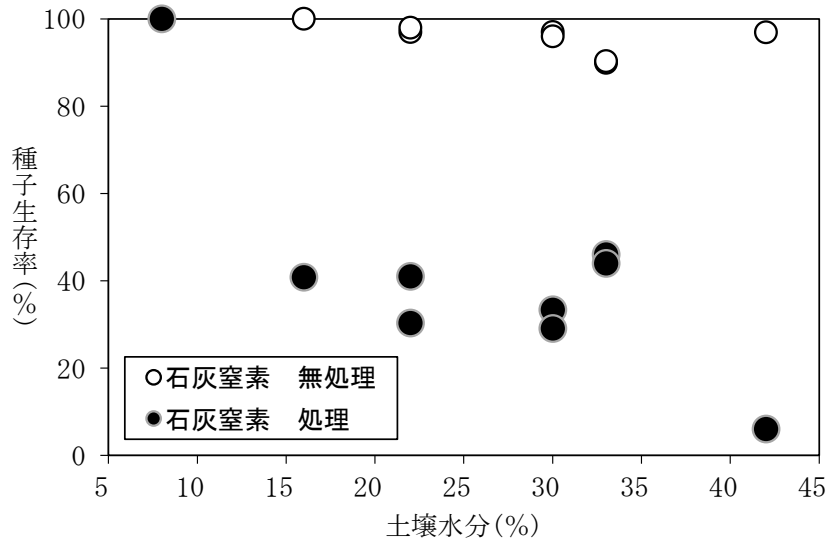


図3 石灰窒素散布時の土壤水分と雑草イネ種子の死滅率(2017年、茨城農研)

- 1) 供試材料: 現地圃場で立毛採集した当年産種子。採集後チャック付ビニール袋に入れて試験実施まで15°C保存。
- 2) 試験時期: 2017年11月~2018年1月
- 3) 試験方法: 直径9cm、深さ4.5cmの腰高シャーレに、水分条件を変えた水田土壤を深さ3cmに詰め、雑草イネ種子を表層播種し、その上に石灰窒素0.32g(50kg/10a相当)を散布した。乾燥を防ぐためラップで包み、15°Cで21日間静置した。静置後、未発芽種子を取り出し水洗後、湿らせた濾紙上に種子を並べ、25~30°Cで3~17日間静置した。
- 4) 種子生存率: 100-死滅率(%)とした。死滅種子の判断は、25°C静置後の未発芽種子のうち、押し潰し法で潰れた種子及びTTC検定で染色されなかった種子とした。

(3) 圃場の温度条件

石灰窒素散布後、温度が高いほど効果が高く、低いと効果が出にくいとされます（大平ら2012）。室内実験では、10～25℃程度で高い効果を示しますが、種子の休眠状態等により、特に低温時の効果の変動することがあります（表1）。収穫後に散布して地表面で越冬した圃場条件では、平均気温10℃以下でも効果が確認されています（図1）。

表1 石灰窒素処理時の温度が雑草イネ種子の発芽に及ぼす影響（2018年、茨城農研）

石灰窒素 処理温度	石灰窒素 処理 (50kg/10a)	試験年度	供試 粒数	種子生存率 (%)
5℃	無	2017	98	98.5
		2018	100	93.0
	有	2017	96	85.4
		2018	100	17.5
10℃	無	2018	97	97.4
	有		96	17.3
15℃	無	2017	99	95.9
		2018	98	82.6
	有	2017	99	26.2
		2018	94	27.1
20℃	無	2018	97	26.9
	有		92	13.1
25℃	無	2017	99	90.9
	有		96	8.8

- 1) 供試材料：現地圃場で立毛採集した当年産種子。採集後チャック付ビニール袋に入れて試験実施まで15℃保存。
- 2) 試験時期：2017年11月～2018年1月、2018年11～12月
- 3) 試験方法：直径9cm、深さ4.5cmの腰高シャーレに、土壌水分24.0～25.0%の水田土壌を深さ3cmに詰め、雑草イネ種子を表層播種し、その上に石灰窒素0.32g(50kg/10a相当)を処理した。乾燥を防ぐためラップで包み、所定の温度で21日間静置した。静置後、未発芽種子を取り出し水洗後、湿らせた濾紙上に種子を並べ、25～30℃で3～17日間静置した。
- 4) 種子生存率：100－死滅率(%)で算出した。死滅種子の判断は、25～30℃静置後の未発芽種子のうち、押し潰し法で潰れた種子及びTTC検定で染色されなかった種子とした。また、処理期間中に発芽した個体は冬期の低温や耕起に伴う埋没により死滅すると判断し、死滅率に算入した。

(4) 稲わらなど残渣の影響

稲わらが残ったまま散布すると効果が低下します(図4)。稲わら等の残渣は、石灰窒素散布前に圃場外に持ち出してください。

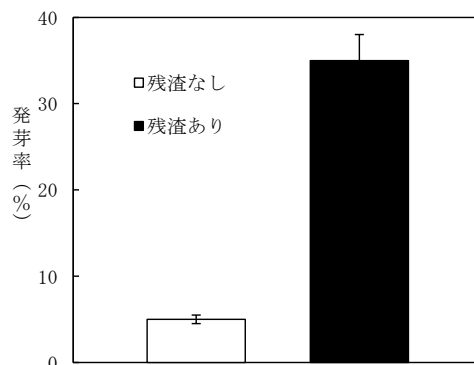


図4 石灰窒素処理時の稲わら残渣の有無と雑草イネ発芽率との関係(2016年、茨城農研)

- 1) 供試材料: 現地圃場で立毛採集した前年産種子。採集後チャック付ビニール袋に入れて試験実施まで15°C保存。
- 2) 試験時期: 2016年6月~9月
- 3) 試験方法: 直径9cm、深さ4.5cmの腰高シャーレに、土壌水分23.1%の水田土壌を深さ3cmに詰め、雑草イネ種子を表層播種し、その上に石灰窒素50kg/10a相当を処理した。藁残渣あり区は、雑草イネ種子の上に厚み1~1.5cmとなるよう藁残渣を乗せ、その上から石灰窒素を処理した。乾燥を防ぐためラップで包み、15°Cで21日間静置した。静置後、未発芽種子を取り出し水洗後、湿らせた濾紙上に種子を並べ、25°Cで2日間静置し、発芽率を調査した。

(5) 散布時期の影響、施肥効果

散布時期は収穫後耕起前の時期であれば50kg/10a、春耕起前の時期であれば30kg/10aが散布量の目安となります。石灰窒素は施肥効果があり、秋に50kg/10aまたは春に30kg/10aの石灰窒素散布を行った場合は、窒素換算で1.5kg~4kg/10a程度の肥料効果となります。このため、次作では施肥量の検討が必要となります。肥料効果は圃場や気象条件で異なり、これまでの試験では、減肥が不要な場合も認められているため、一概に減肥が必要とはいえませんが、圃場の状況に応じて減肥を検討してください。特に肥沃な圃場や倒伏が心配な圃場では4kg/10aまでを目安に減肥を検討してください。

5) 参考文献等

- ・石灰窒素工業会のホームページ (<http://www.cacn.jp>)
- ・大平 2016. 石灰窒素の秋季施用による漏生イネの発生低減(石灰窒素だより No. 150, 10-12)
- ・大平ら 2012. 異なる温度条件における石灰窒素処理が水稻種子の発芽率に及ぼす影響(日本作物学会紀事 81(別1), 246-247)

- ・大平ら 2015. 東北日本海側地域における水稲収穫後の圃場への石灰窒素散布が漏生イネの出芽・苗立ちに及ぼす影響（日本作物学会紀事 84, 22-33）
- ・大平・白土 2015. 石灰窒素の水稲発生抑制効果に及ぼす施用後の耕起時期の影響（日本作物学会講演会要旨集 240, 11）

2. 蒸気処理

1) 技術の概要

蒸気処理は、高熱の水蒸気を地表面に噴射し、地表面に落ちている雑草種子を防除する技術です。地表面温度が100℃近くまで上昇すると、地表面にある雑草イネ種子のほとんどは死滅します。このため、蒸気処理を行った圃場における翌年の発生は、主に前年以前から土中にある古い種子由来になり、その密度は大幅に減少します(酒井ら 2012)。

地表面を加熱する手段には、水蒸気のほか、熱水や火炎があります。熱水処理で地表面を十分加熱するためには、大量の熱湯と燃料が必要になり、コストが増大します。火炎処理は、水を積載しないので、より簡易な装備で処理できますが、雑草種子には熱が伝わりにくく、火炎の危険性も高くなります。一方、蒸気処理では、高温の水蒸気が地表面に到達した瞬間に冷やされて水となり、非常に大きな熱(凝縮潜熱)が発生するため、火炎よりも効率的に、雑草種子の死滅に必要な温度範囲の熱が伝わります。

2) 必要な資材・機材・条件等

(1) 使用機械

蒸気処理には、自走式蒸気処理防除機(形式 JJ7)(図 1)を用います。JJ7 は、クローラ型の圃場運搬機に水タンク(容量 700 L)とボイラ(伝熱面積 3.5 m²)を搭載し、車体後部に蒸気フードを装着しています。JJ7 の走行には、運搬機走行用の軽油、発電機用のガソリン、ボイラ加熱用の灯油の 3 つの燃料が必要です。必要な燃料を充填した JJ7 を処理圃場の近辺に運び、ポンプで用水等を水タンクに給水します。給水した水をボイラで加熱し、過熱水蒸気(最高 370℃)を発生させます。この過熱水蒸気を、蒸気フード内のインジェクタから噴出しながら走行します。適切な速度で走行することで、地表面が瞬間的に 100℃近くまで加熱されます。蒸気処理による加熱は瞬間的で地表面に限られるため、土中の生物相への影響はほとんどありません。

(2) 使用時期・走行速度

蒸気処理に適する時期は、雑草イネの当年産種子が地表面に落ちている「栽培イネ収穫後～耕起前」です。収穫後に不耕起のままであれば、翌春の処理も可能です。乾籾を用いた試験では、蒸気処理により地表面の温度 90℃以上を 5～6 秒以上持続すると、概ね 91%以上の雑草イネ種子が死滅しました(図 2)。低速での走行により、わら残渣のある条件でも安定し

た効果を得られます（図2、図3）。処理当日の気温などを勘案して、効果を得られる処理温度となるよう、現場での走行速度を調節します。

（3）作業時間・燃料費

JJ7の作業時間は、走行速度(1.0 km/h)で約60分/10 aであり、1日に60 a～1 ha処理できます。また、連続走行時間は2時間です。ボイラは10 aあたり灯油50～60 L、水350 Lを消費し、10 aあたりの燃料費は約5,000円(2019年1月時点の灯油料金により算出)です。使用する水は、水道水の他、用水路等の用水を汲み上げて利用することもできます。

（4）機械の操作・レンタル費用

JJ7の操作にボイラ取り扱い資格は不要で、クローラ型の農業機械の操作に慣れた方であれば、簡単な講習で操作ができます。JJ7をレンタルする場合、初日費用は11万円(オペレーター日当、操作講習、初日燃料費含む)で、これに別途、機械の搬送費とオペレーターの交通費を要します。2日目以降、ユーザー自身が操作する場合、燃料費は自己負担となりますが、レンタル料は無料です。JJ7を購入する場合は受注生産となり、製作に約6か月を要します。予定価格は1,500万円です。(2019年1月時点、詳細は問い合わせ先に照会)

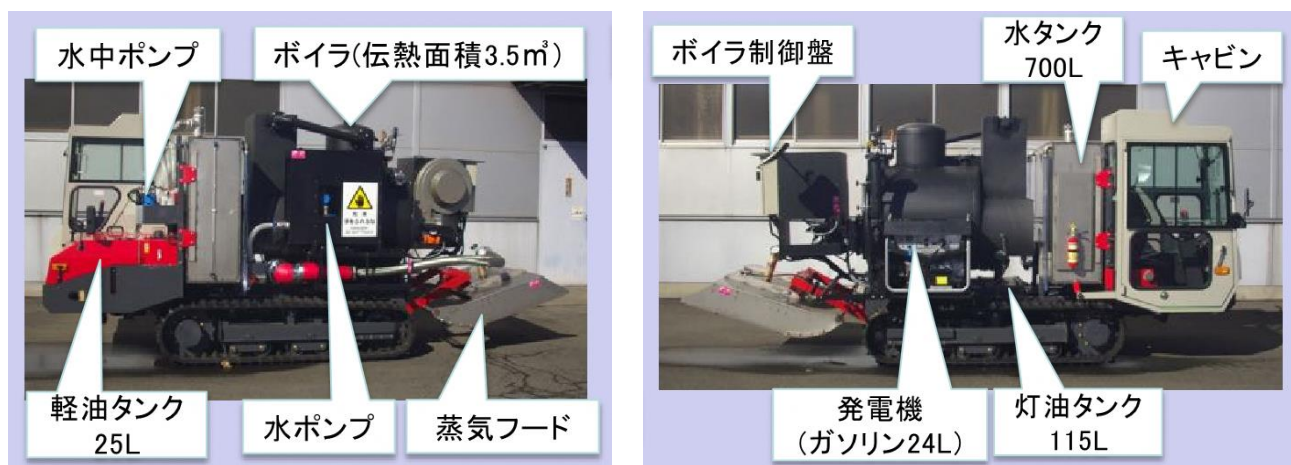


図1 蒸気処理防除機(JJ7)

問い合わせ先：(株)丸文製作所メンテナンス窓口 Tel：0120-471-978（平日8:00～17:00）
Webサイト <http://www.marubun-s.co.jp>

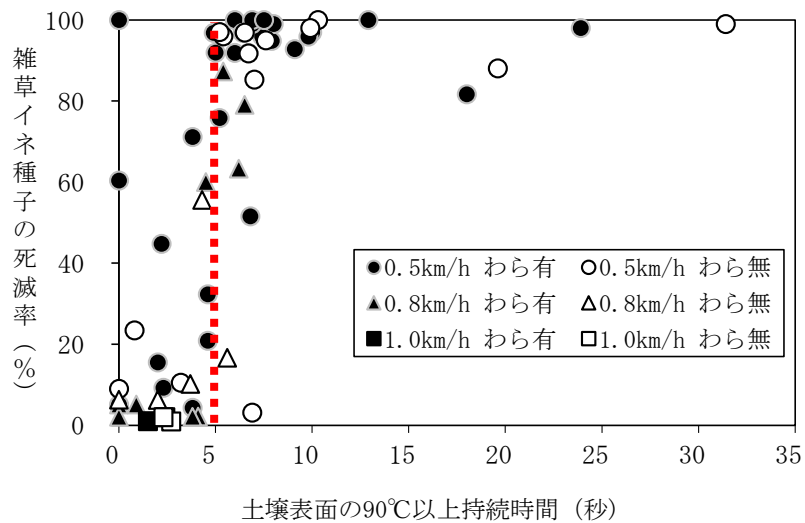


図2 蒸気処理による土壌表面の高温持続時間と雑草イネ種子の死滅率（2018年、茨城農研）

- 1) 供試材料：現地圃場で立毛採集した当年産雑草イネ種子。
- 2) 試験時期：2017年11月13～14日、2018年10月23～24日
- 3) 試験方法：乾粒100粒を入れた金網袋を、わら残渣の上またはわら残渣と土壌表面の間に設置して蒸気を当てた。各処理3反復。
- 4) 死滅率調査：処理後に回収した種子を、ベンレートT水和剤20及びジベレリンによる種子消毒及び休眠打破後、湿らせた濾紙上に並べ、30℃14日間静置した。未発芽種子のうち、押し潰し法で潰れた種子及びTTC検定で染色されなかった種子を死滅種子と判断し、死滅率を算出した。
- 5) 赤破線は土壌表面の90℃以上持続時間5秒を示す。

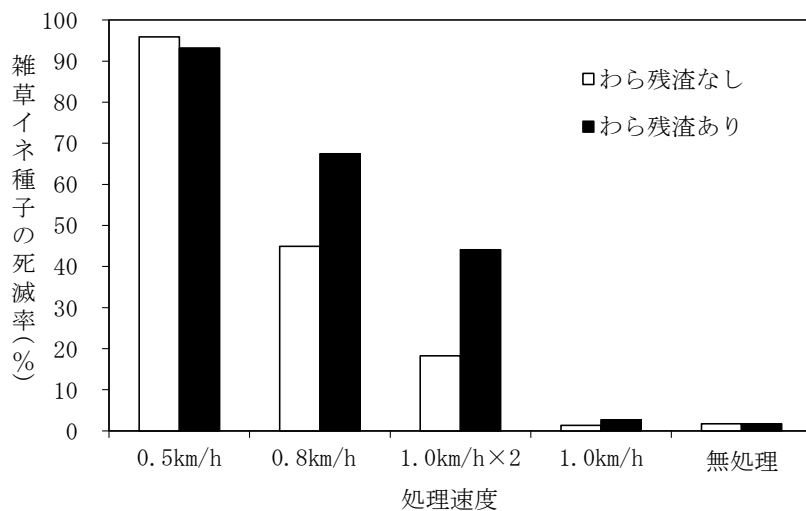


図3 蒸気処理防除機の処理速度と雑草イネ種子の死滅率（茨城農研2017年）

- 1) 供試材料：図2と同様
- 2) 試験時期：2017年11月13～14日
- 3) 試験方法：図2と同様。処理速度による10aあたり処理時間は、0.5km/hで約2時間、0.8km/hで約75分、1.0km/hで約60分。
- 4) 死滅率調査：図2と同様

3) 期待される効果

雑草イネの発生圃場で水稲収穫後の秋期に蒸気処理を行った場合、翌年の水稲作での雑草イネの密度が無処理の約3%に減少しました（表1）。本マニュアルに紹介した個別技術のう

ちでは、単独の防除効果が最も高く、他の技術と組み合わせることでさらに高い効果を期待できます。

表1 蒸気処理による翌作の雑草イネ防除効果

試験場所	長野県	茨城県
処理時期	2011年11月	2016年9月
処理速度(km/h)	0.7 ^{注1)}	0.5 ^{注2)}
翌年調査時期	2012年7月	2017年5月
無処理区 ^{注3)} 発生量(本/m ²)	6.8	170~182
蒸気処理区発生量(本/m ²)	0.2	4~6
対無処理区比	2.9%	2.4~3.3%

注1)旧型の蒸気処理防除機(JJ-5.0)を使用

注2)蒸気処理防除機(JJ7)を使用

注3)茨城県の無処理区は2016年の蒸気処理において、処理前日の降雪により蒸気処理の効果を得られず石灰窒素散布のみとなった区。無処理区と見なした。

4) 注意点 (変動条件等)

(1) 効果の範囲

蒸気処理による加熱は瞬間的で地表面に限られます。そのため、土中にある前年度以前の種子や、オモダカやクログワイなどの塊茎には効果を期待できません。

(2) 地表面の条件

処理時の気温が5℃程度以上であれば、蒸気処理により、死滅効果を得られる温度まで地表面を加熱できます。低温で霜や積雪がある場合や、温度に関係なく降雨等により地表面が滞水している状態では地表面の温度上昇が妨げられ、効果を発揮できません。

(3) 稲わらなど残渣の影響

通常の場合では、稲わら残渣による影響はなく、処理速度に応じた効果が得られます(図3)。ただし、わら残渣が高水分の場合、同じ処理速度でも土壌表面の高温持続時間が短くなる傾向があります(図4)。

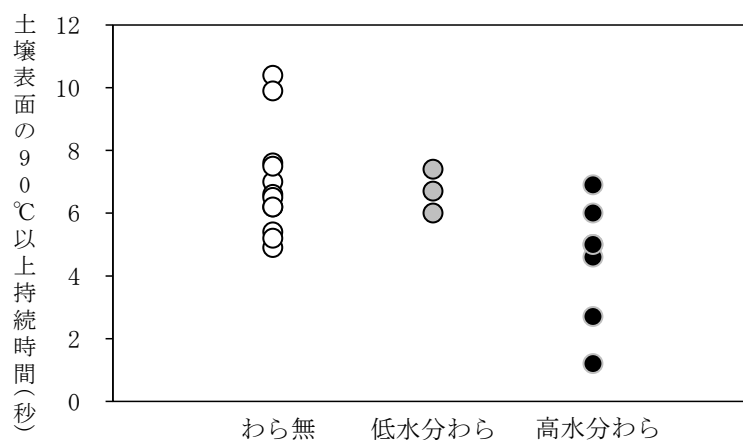


図4 蒸気処理防除機の処理速度と雑草イネ種子の死滅率(2018年、茨城農研)

1) 試験期間：2016年8~11月、2017年7~10月

2) 蒸気処理防除機の処理速度0.5km/hのデータを使用した。

3) 低水分わらは、わら水分32%。高水分わらは、わら水分50%以上。

4) 蒸気処理時のわら残渣の厚みは2~7cm。

5) 参考文献等

- ・酒井ら 2012. 蒸気除草機処理による地温上昇と雑草イネ種子の発芽への影響. 北陸作物学会報 47 : 40~43
- ・浅井ら 2015. 雑草種子を駆除し翌年の雑草を大幅に減らす自走式蒸気処理防除機. 農研機構研究成果情報 農研機構 HP :
(http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/tarc/2015/15_049.html)
- ・西村ら 2015. 耕地雑草の埋土種子を駆除対象とした蒸気処理技術の開発. 関東雑草研究会報 26 : 14-21

6) 蒸気処理防除機 JJ7 の問い合わせ先

(株) 丸文製作所メンテナンス窓口 Tel : 0120-471-978 (平日 8:00~17:00)

Web サイト <http://www.marubun-s.co.jp>

3. 非選択性除草剤

1) 技術の概要

非選択性除草剤を利用することにより、非作付け期間に生育する雑草イネ・漏生イネを枯死させることができます。収穫後のひこばえを防除することにより、その年のこぼれ粃を減らすことができ、翌年の作付け前に出芽する雑草イネ・漏生イネも、耕起前や直播栽培の出芽前に散布することで効率よく防除できます。

2) 必要な資材・機材・条件等

水田に除草剤登録のある非選択性除草剤には、グリホサート液剤（商品名ラウンドアップ マックスロード：グリホサートカリウム塩 48%など多数）、グルホシネート液剤（商品名バスタ液剤：グルホシネート 18.5%）、ジクワット・パラコート液剤（商品名プリグロックス L：ジクワットジブロミド：7.0% パラコートジクロリド：5.0%）があります。どの除草剤も、使用にあたっては使用上の注意をよく読んでからお使い下さい。ジクワット・パラコート液剤は医薬用外毒物のため、取扱いには特に注意してください。

3) 期待される効果

非選択性除草剤はいずれも高い枯死効果を示しますが、グリホサート液剤は効果の発現まで数日を要し、枯死に至るまでに1週間以上かかります。グルホシネート液剤はグリホサート液剤よりも効果発現が早く、ジクワット・パラコート液剤はさらに早く効果が発現します。

4) 注意点（変動条件等）

春に出芽する個体の防除を目的とする場合、雑草イネ・漏生イネが生えそろう5月末～6月初旬が散布適期となります（長野県農試 2012、図1）。非選択性除草剤は生育している個体を枯死させますが、処理後に発生する個体には効果がありません。また処理直後の耕起は防除効果が低下するため、翌日～数日おいてから耕起を行ってください。

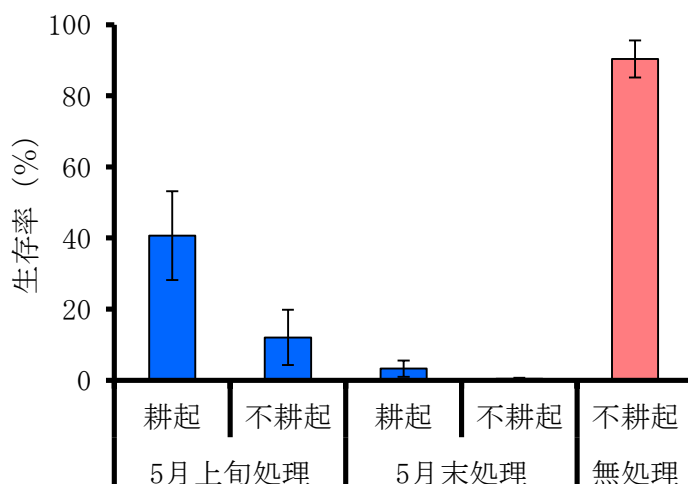


図1 水田耕起前に出芽した雑草イネに対する非選択性除草剤による防除効果
(長野農試 2012)

長野県農業試験場内圃場（細粒グライ土、標高 345m）において、ジクワット・パラコート液剤 1000mL を水量 100L として、2009 年・2010 年の 5 月上旬および下旬に土壌処理（全面）した。

雑草イネ種子は、5 日間の吸水後に水田土壌を充填した金ザルの土壌表面に 100 粒播種し、両年の 3 月下旬に水稲刈取跡の稲わらのない水田土壌に埋設した。播種後に 10cm 深度で土壌を攪拌した耕起、土壌表面播種を不耕起とした。播種粒数に対する残存個体数を生存率として示した。

5) 参考文献等

- ・長野農試 2012. 「雑草イネ総合防除対策マニュアル」

<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf>

4. 耕起・不耕起

1) 技術の概要

水稻収穫期までに地表面に落下した籾（こぼれ籾）は、耕起して土中に埋没するか、不耕起のままとするかにより、越冬期間中の死滅割合が変わります。暖地では、収穫時のこぼれ籾をなるべく早く耕起し、越冬前の発芽を促進します（耕起）。収穫後すぐに低温となる寒冷地では、収穫後に耕起せず、地表面上でこぼれ籾を越冬させることで、冬期間の乾湿と低温等により種子の発芽能力の減耗を図ります（不耕起）。

2) 適用条件等

（1）耕起（暖地向け）

収穫後のできるだけ早い時期にロータリ耕による耕起を行い、地表の種子を土中に埋め込みます。土中では発芽に十分な湿度条件が保たれやすいため、耕起が秋の間に漏生イネ種子の発芽を促し、その後の冬季間の低温でこの芽生えを死滅させます（大平・佐々木 2015）。しかし、休眠性の深い（穂発芽性「難」）品種の漏生イネ防除効果は劣ります。また、越冬前に効率良く発芽を促すためには、年内に日平均気温 10℃以上の有効積算気温で 100℃日以上と十分な温度条件を確保する必要があります。雑草イネに対しては、雑草イネを対象にした暖地の試験がないために効果のほどが不明ですが、雑草イネも休眠性が深いため、効果が低いと考えられます。

（2）不耕起（寒冷地向け）

越冬前に十分な気温が確保できない場合は、上記の耕起による防除効果が期待できません。たとえば宮城県の場合、稲刈り終期が 10 月 10 日頃になりますが、古川アメダスでは有効積算気温で 100℃日以上確保するためには 10 月 3 日が晩限となるため、十分な気温を確保することができません。そのような寒冷地では、収穫後越冬前の耕起を行わず、こぼれ籾が地表面にある状態で越冬させ、地表面の乾湿や凍結・融解を繰り返すことで種子の発芽能力を消失させます。地域によっては鳥類による摂食も期待でき、翌春までに生存種子を大きく減耗させることができます（古川農試 2014）。

3) 期待される効果

(1) 耕起

黄熟期に収穫した飼料用稲品種「クサノホシ」の種子を広島県内の圃場に散播し、10月中旬に1回、15cm深のロータリ耕を行った場合、漏生イネの出芽率（出芽個体数/秋期に散播した種子数）は、春期のみ耕起した場合と比較して4分の1以下に低下しました（図1、近畿中国四国農業研究センター2009）。この効果は、湛水によって土壌を湿潤にすることで高まります。

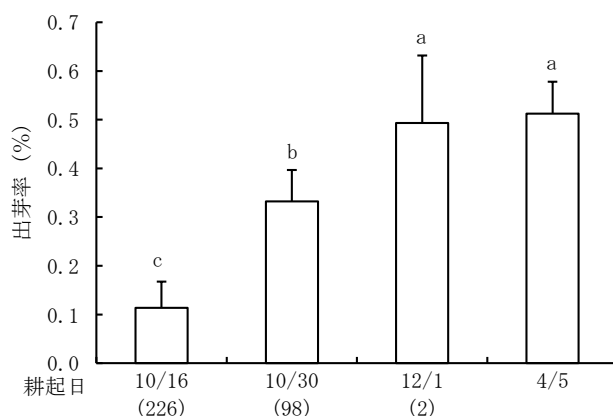


図1 耕起時期が漏生イネの出芽に及ぼす影響

種子は黄熟期にコンバインで収穫。種子の散播は2006年10月10日。散播直前の種子の発芽率と水分は67%と14.4%。出芽率は出芽個体数の増加が認められなくなる2007年6月19日に調査。耕起日の()は年内の有効積算気温(下限温度10°C)を示す。ロータリ耕とし、耕起深度は約15cm。耕起後の碎土率(径1cm以下の土塊割合)は36~47%。垂線は標準偏差。変数変換した数値に対するTukey HSD検定により、同一のアルファベット間には5%水準で有意差がないことを示す(n=4)(近畿中国四国農業研究センター2009)。

(2) 不耕起

飼料用稲品種「夢あおば」と「ホシアオバ」を用いた宮城県の実験では、収穫後に不耕起のまま越冬させると翌春までに籾の腐敗が促進され、越冬して生存する稔実籾の割合が低下しました（図2）。この結果、秋に耕起した場合と比較すると、翌作における漏生イネの発生が15~55%に減少しました（図3）。また不耕起のまま越冬することで、鳥類等による摂食を受けて減耗することも確認されています（図4）。

不耕起は石灰窒素の秋処理と組み合わせることで、より効果的に翌作の漏生イネの発生を抑制することができます（図5）。

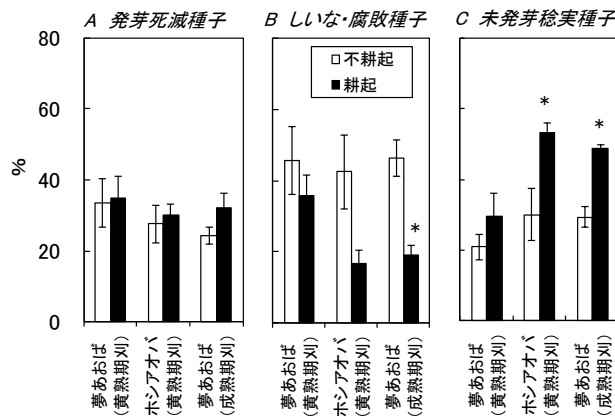


図2 越冬後の落下種子の生存状態に及ぼす収穫後の耕起と多収品種の収穫熟期の影響 (2008年、古川農試)

2008年宮城県古川農業試験場内の多収品種作付圃場での試験

9月19日収穫;「夢あおば」(黄熟期)、10月15日収穫;「夢あおば」(成熟期)・「ホシアオバ」(黄熟期)、10月21日耕起区ロータリ耕(13cm深)、11月6日調査区防鳥網設置、2009年4月2日落下種子回収調査;A:発芽の痕跡があるか幼芽が枯死した発芽種子、B:内容物が無いか腐敗している種子、C:発芽の痕跡が無く充実した種子、値は3地点の平均±標準誤差、*:5%水準で有意差あり

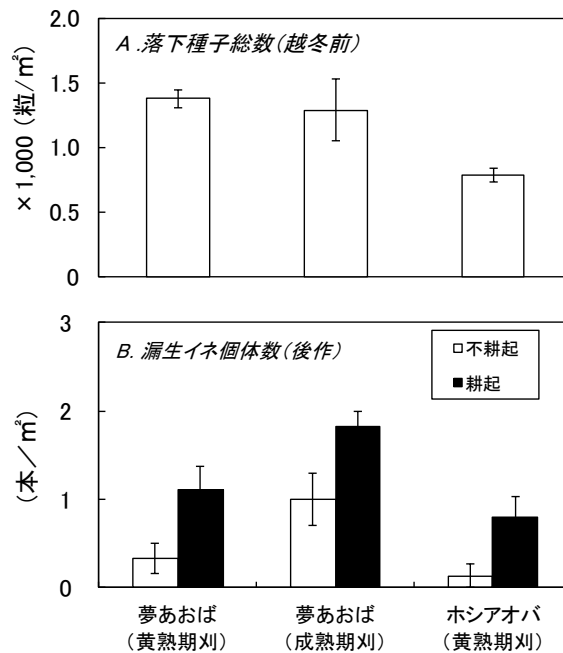


図3 後作の漏生イネ発生に及ぼす収穫後の耕起と多収品種の収穫熟期の影響 (2008年、古川農試)

図2と同一圃場 2008年11月25日落下種子総数調査(A);不耕起区で計測(値は3地点の平均±標準誤差)、2009年4月28日全区耕起、5月23日代播き、5月26日食用品種「やまのしずく」移植、6月4日ビリンパクマシ・プロモダト・ベンスルフロマシ・ベントキサリ水和剤(トップガンフロアブル)散布、7月15日漏生調査(B);移植株から離れた株を計数、値は3地点の平均±標準誤差

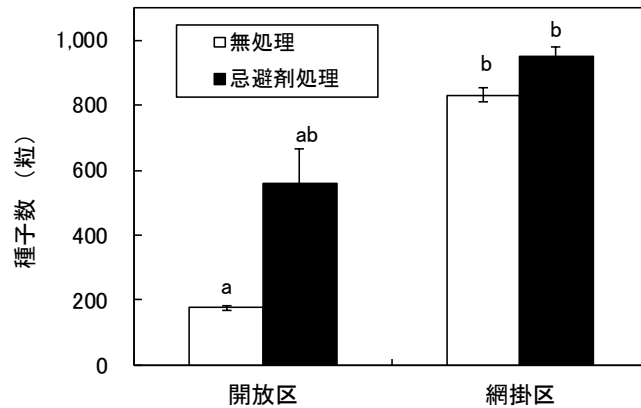


図4 冬季の鳥類の摂食が地表落下種子数に及ぼす影響(2008年、古川農試)

宮城県古川農業試験場内での試験。開放区：稲株・わら残渣・落下種子を除去した2m×2m、網掛区：開放区に1.5m高まで防鳥ネットで囲い設置（両区とも不耕起）、2007年10月22日：区内地表面（20cm×20cm）にホシアオバの乾籾1,000粒を設置、忌避剤：チウム水和剤（キヒゲンR2フロアブル）、2008年4月7日：区内地表面の種子を回収調査。値は3地点の平均±標準誤差、a、b、c：同文字間には5%水準で有意差なし ※期間中種子を摂食する姿が確認された鳥類：ツグミ (*Turdus naumanni*)、ムクドリ (*Sturnus cineraceus*)

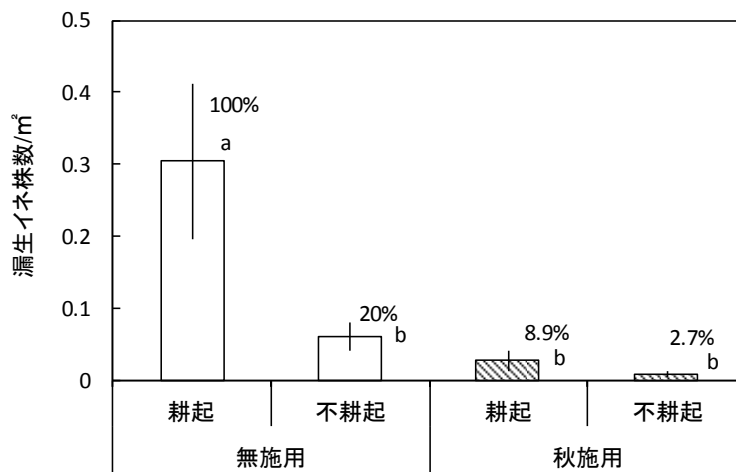


図5 石灰窒素施用と耕起の有無が漏生イネ発生状況に及ぼす影響 (2017年、古川農試)

2016年11月11日 宮城県古川農業試験場内の直播水稲収穫後にわらを除いた圃場に、同年産の紫稲種子 (0.3kg/a) を表面播種
 11月14日に石灰窒素 (50kg/10a) 散布、12月5日 (石灰窒素散布21日後) 耕起実施 (10cm深)
 2017年5月1日春耕 (ロータリ耕)、5月15日代掻き、5月19日鉄コーティング種子 (被覆比0.5、品種ひとめぼれ) を2.5kg 乾籾/10a 表面播種 (点播)、播種直後初期除草剤ピラゾレート粒剤 (サンバード1キロ粒剤30) 散布、6月9日 (播種後21日) テフリルトリオン・トリアフェモン水和剤 (ボデーガードプロフロアブル) 散布。
 グラフに付した数値は各年の耕起・石灰窒素無施用区を100%とした対比、バーは標準誤差、異なるアルファベット間には5%水準で有意な差があることを示す (n=4)。

4) 注意点 (変動条件等)

(1) 耕起

耕起の効果は福山市(温暖地西部)の試験で確認されていることから、同様の気象条件となる温暖地西部および更に温暖な暖地では同様の効果が期待されます。しかし関東地方など温暖地東部では温度が低く、同じ温暖地でも同様な効果が得られるとはかぎりません。暖地・温暖地西部においても、12月上旬に耕起した場合は漏生イネの出芽抑制の効果は認められず、耕起後の年内に100℃日(下限温度10℃)以上の有効積算気温が得られる時期までに耕起する必要があります。温暖地東部でも「年内に100℃日(下限温度10℃)以上の有効積算気温が得られる時期」を判断基準とし、この条件に満たない場合は不耕起を検討してください。

休眠性が強い品種に由来する漏生イネの場合は、秋期に種子を土中に埋没させても越冬後の発芽率の低下程度は小さくなります(大平・佐々木2011)。休眠性の深い雑草イネも効果が低いと考えられ、秋耕を行う事で埋土種子量の増大につながることも考えられるので注意が必要です。

石灰窒素散布は、土壌表面でこぼれ粒に付着して作用することによって効果が得られるため、石灰窒素散布後に耕起する場合は、散布後3週間以上経過してから耕起してください(p.12を参照)。

(2) 不耕起

不耕起状態で越冬することで、種子の死滅が促進される効果は、東北太平洋側内陸部の宮城県大崎市にある古川農業試験場(細粒質普通低地水田土)および、東北日本海側内陸部の秋田県大仙市にある東北農業研究センター大仙拠点(細粒質下層褐色低地水田土)での試験において確認されています。鳥類による摂食の効果は宮城県古川農業試験場で行われた試験で確認された効果であり、鳥類の飛来環境によりその効果は変動すると考えられます。不耕起は石灰窒素散布による漏生イネの抑制効果を高めることが確認されていますが、石灰窒素散布を行う場合は、翌作の水稻の生育が過剰となる事があるため、基肥を減らす対応が必要になる場合があります(p.15を参照)。

5) 参考文献等

- ・農研機構 2017. 飼料用米の生産・給与技術マニュアル<2016年度版>(技術紹介パンフレット、60-65)
- ・大平・佐々木 2015. 温暖地西部における飼料イネ種子の土中埋設時期が越冬後の発芽力に及ぼす影響(日本作物学会紀事 84 345-350)
- ・大平・佐々木 2011. 飼料イネ種子の休眠程度が越冬後の発芽力に及ぼす影響とその品種間差異(日本作物学会紀事 80 174-182)

- ・近畿中国四国農業研究センター2009. 飼料イネ品種「クサノホシ」に由来する漏生イネの出芽率は秋耕で低下する（農研機構研究成果情報、
<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/warc/2009/wenarc09-13.html>)
- ・古川農試 2009. 寒冷地において飼料用稲収穫後の耕起は翌年の漏生イネの発生を助長する（農研機構研究成果情報、
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H21/suitou/H21suitou019.html>)
- ・古川農試 2014. 飼料用稲収穫後の不耕起による漏生イネの抑制（普及に移す技術 89 参考資料 6、
https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/89sankoushiryou6.html)

5. 田畑輪換

1) 技術の概要

雑草イネが多発した場合は、畑転換することが効果的です。麦類、大豆、そば作に転換し、作付け前後の耕起作業、大豆作では作付け期間中の防除を行うことにより、雑草イネの発生を抑制し、水稻作付け期間中に土壌中に落ちた雑草イネ種子を大幅に減少させることができます。

2) 必要な資材・条件等

畑状態でも雑草イネの出芽時期は春～早夏となります。この時期に播種前の耕起作業を行う大豆作やそば作、収穫後の耕起作業を行う麦作では、耕起により雑草イネの出芽個体が鋤込まれるため、雑草イネを効果的に防除することができます（図1）。また、雑草イネの種子生存や個体数の動態調査を反映させた動態モデルによって、畑転換による雑草イネの残存経過を試算すると、大豆作に比べ作期が遅いそば作の方が雑草イネの減少が早いという結果が得られました（図2）。数年間の畑転換を行った後に、水稻作に戻った場合は、雑草イネに有効な本田除草剤（7. 有効除草剤 p.39～参照）を使用して発生状況を確認します。

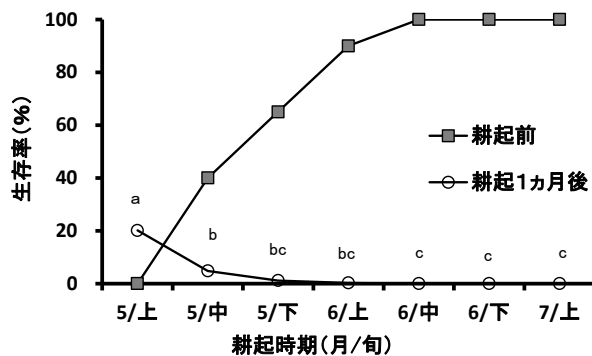


図1 畑条件における耕起時期の違いによる雑草イネの生存率への影響（2011年、長野農試）
異符号間には5%水準で有意差がある（Tukey法）
畑に雑草イネ種子を3月下旬に散播し、各時期にロータリによる耕起を行った。生存率は播種粒数に対する個体数の割合。

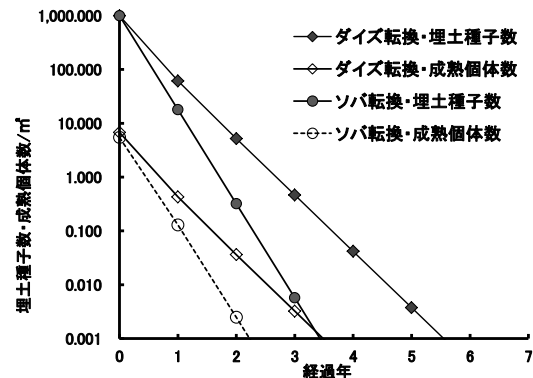


図2 雑草イネ動態モデルによる試算結果（2010～2017年、長野農試）

雑草個体群動態モデル（浅井 2011）を雑草イネに適用し、畑転換の経過年数による減少を示す。

麦類およびそばに転換した場合は、麦類の収穫後、そばの播種前に複数回の耕起を行います（表1）。大豆作へ転換した場合、雑草イネに有効な土壌処理型除草剤と生育期茎葉処理型除草剤の体系処理を行い、発生状況に応じて生育期畦間・株間処理や中耕培土を実施します（表1）。大豆播種期が早期から普通期となる地域では、作付け後に雑草イネが発生するため、

雑草イネに有効な除草剤の選択、体系処理が重要となります(表 1、図 3)。この場合、土壌処理だけでは安定して高い防除効果が得られないので、後処理の茎葉処理剤や中耕培土と組み合わせます。全面茎葉処理にはイネ科雑草に適用のある除草剤を散布し、畦間や株間処理には非選択性除草剤を散布します。

表 1 転換作目別の防除技術

作目	防除技術	内容	
麦類	耕起	収穫後に複数回の耕起を行い、発生個体を完全に鋤込む	
大豆	耕起	播種前に複数回の耕起を行い、発生個体を完全に鋤込む	
	播種後全面土壌処理	フィールドスターP乳剤 薬量120mL/10a	発生前の処理
		ラッソー乳剤 薬量600mL/10a	発生前の処理
		ラクサー乳剤 薬量600mL/10a	発生前の処理
	生育期全面茎葉処理	ポルトフロアブル 薬量300mL/10a	5葉期頃まで
		セレクト乳剤 薬量200mL/10a	5葉期頃まで
ホーネスト乳剤 薬量100mL/10a		5葉期頃まで	
ワンサイドP乳剤 薬量100mL/10a		5葉期頃まで 展着剤を加用	
生育期畦間処理	バスタ液剤 薬量300～500mL/10a	5葉期頃まで	
生育期株間処理	バスタ液剤 薬量300～500mL/10a	5葉期頃まで、大豆本葉5葉期以降	
	中耕培土	発生個体を反転、鋤込む	
そば	耕起	播種前に複数回の耕起を行い、発生個体を完全に鋤込む	

薬剤散布	播種		生育期																																									
土壌処理	A 土壌処理																																											
茎葉処理	B 茎葉処理																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>薬剤</th> <th>薬量</th> <th>使用時期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>フィールドスターP乳剤</td> <td>薬量120ml/10a</td> <td>雑草イネ・漏生イネ発生前</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ラッソー乳剤</td> <td>薬量600ml/10a</td> <td>雑草イネ・漏生イネ発生前</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ラクサー乳剤</td> <td>薬量600ml/10a</td> <td>雑草イネ・漏生イネ発生前</td> </tr> <tr> <th>B</th> <th>薬剤</th> <th>薬量</th> <th>使用時期</th> </tr> <tr> <td></td> <td>ポルトフロアブル</td> <td>薬量300ml/10a</td> <td>雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで</td> </tr> <tr> <td></td> <td>セレクト乳剤</td> <td>薬量200ml/10a</td> <td>雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ホーネスト乳剤</td> <td>薬量100ml/10a</td> <td>雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ワンサイドP乳剤</td> <td>薬量100ml/10a</td> <td>雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで (展着剤を加用)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>バスタ液剤</td> <td>薬量300ml/10a</td> <td>雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで</td> </tr> </tbody> </table>					A	薬剤	薬量	使用時期		フィールドスターP乳剤	薬量120ml/10a	雑草イネ・漏生イネ発生前		ラッソー乳剤	薬量600ml/10a	雑草イネ・漏生イネ発生前		ラクサー乳剤	薬量600ml/10a	雑草イネ・漏生イネ発生前	B	薬剤	薬量	使用時期		ポルトフロアブル	薬量300ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで		セレクト乳剤	薬量200ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで		ホーネスト乳剤	薬量100ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで		ワンサイドP乳剤	薬量100ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで (展着剤を加用)		バスタ液剤	薬量300ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで
A	薬剤	薬量	使用時期																																									
	フィールドスターP乳剤	薬量120ml/10a	雑草イネ・漏生イネ発生前																																									
	ラッソー乳剤	薬量600ml/10a	雑草イネ・漏生イネ発生前																																									
	ラクサー乳剤	薬量600ml/10a	雑草イネ・漏生イネ発生前																																									
B	薬剤	薬量	使用時期																																									
	ポルトフロアブル	薬量300ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで																																									
	セレクト乳剤	薬量200ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで																																									
	ホーネスト乳剤	薬量100ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで																																									
	ワンサイドP乳剤	薬量100ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで (展着剤を加用)																																									
	バスタ液剤	薬量300ml/10a	雑草イネ・漏生イネ5葉期頃まで																																									

図 3 転換畑(大豆)における雑草イネ・漏生イネに効果の高い除草剤とその使用時期

3) 期待される効果

大豆作では、表 1 に示す茎葉処理剤を 5 葉期までに散布することにより、残草量を 1 割以下に低減できます。雑草イネの個体群動態モデルにより雑草イネ種子の減少程度を試算すると、1 作の転換および越冬により前年に比べそば作で約 2%、大豆作で約 6%に種子が激減します。これまでの長野県の試験結果では、水稻作に戻すまでに必要な畑転換期間の目安は、そば作および麦作では 2 年～3 年、大豆作では 3 年～4 年になります。

4) 注意点（変動条件等）

（1）転換作物の耕起時期

雑草イネが生えそろう後に耕起すると防除効果が高まるため、春の耕起時期は遅くなるほど防除効果が高くなります（長野農試 2013、図 1）。

（2）転換作物の種類

大豆作に比べそば作の方が転換の減少効果が大きくなります（図 2）。

（3）大豆作の土壌処理型除草剤

使用する除草剤によって雑草イネに対する効果が異なるため（図 4、図 5）、効果の高い除草剤を選択してください。雑草イネ・漏生イネを想定して水稻種子を播き込んで畑条件で出芽させると、土中 6cm 付近の深い位置から出芽します（図 6）。表 1 に示した土壌処理剤が安定した除草効果を示さない（図 4、図 5）のは、土壌表層近くに除草剤の有効成分の処理層を形成するため、深い層からの発生個体の効果が劣ることによると考えられます。

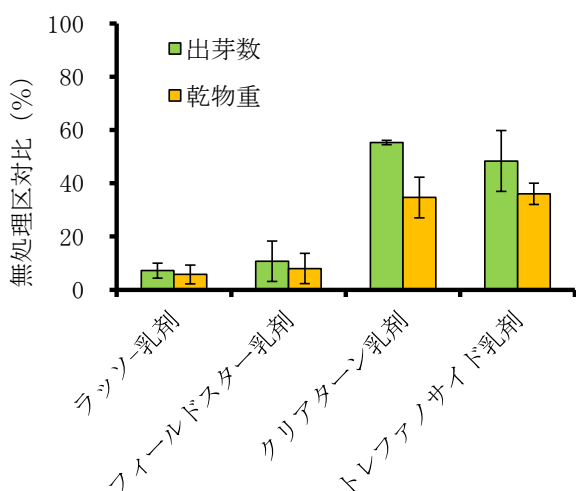


図 4 雑草イネに対する土壌処理型除草剤の防除効果（2013 年、長野農試）

夏期および秋期の 2 回試験の平均値とし、無処理区の 60.8 個体・3.1g に対する比率を示す。移植水稻栽培で雑草イネが多発し、翌年に大豆作に転換した現地圃場（長野県内）において試験した。水田土壌を充填した金ザルの土中 1cm、5cm 深にそれぞれ雑草イネ種子 100 粒を播種し、埋設した。薬量は各薬剤の最大量、水量は 100L/10a とした。

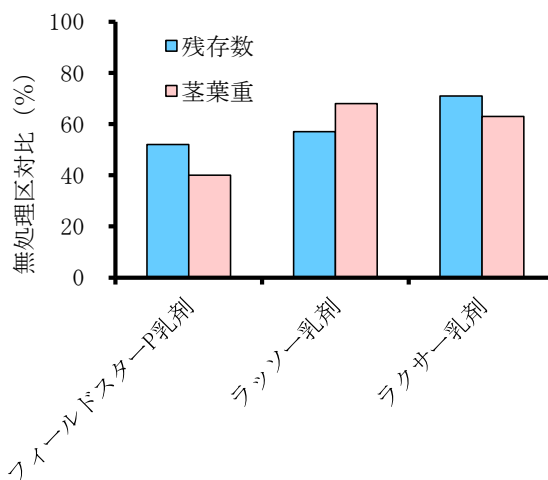


図 5 漏生イネに対する土壌処理型除草剤の防除効果（2018 年、植調研千葉支所）

無処理区の 29 本/m²・1.58g/m²に対する比率を示す。薬剤を 7 月 25 日に処理した。薬量は各薬剤の最大量、水量は 100L/10a とした。

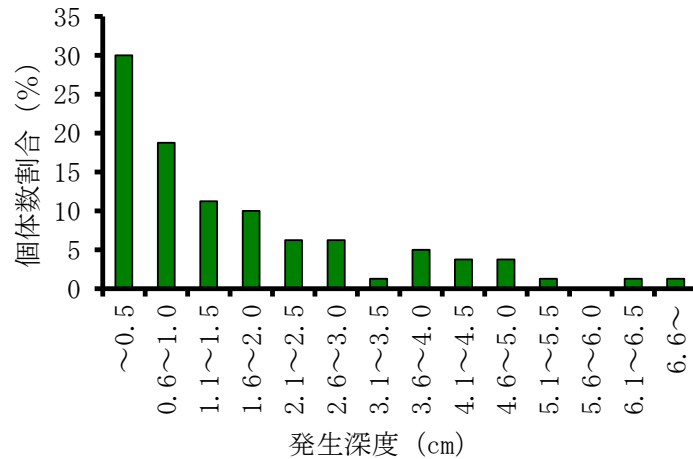


図6 大豆畑における漏生イネの発生深度（2018年、植調研千葉支所）

発生深度は、白化茎長およびメソコチル長の計で示した。7月20日に漏生イネとしてふさおとめを播種、耕起した。80個体を調査した。

（4）大豆作の茎葉処理型除草剤

生育期茎葉処理型除草剤も使用する除草剤によって雑草イネに対する防除効果が異なりますので、効果の高い除草剤を選択してください（図7、図8）。ワンサイドP乳剤は効果を高めるために展着剤の加用が必要となります。また、5～6葉期での散布に比べ7～8葉期の散布では効果が劣るため（図8）、5葉期頃までの散布とします。これらの薬剤の農薬ラベルには一年生イネ科雑草10葉期まで適用があると記載されていますが、散布時期を逸すると効果が低下するので、除草剤を効果的に効かせるためには葉齢の見極めが非常に重要です。

なお、バスタ液剤は非選択性茎葉処理剤です。本剤は畦間・株間処理での使用はできませんが全面散布はできません。全面散布すると甚大な薬害を生じますので十分に注意してください。

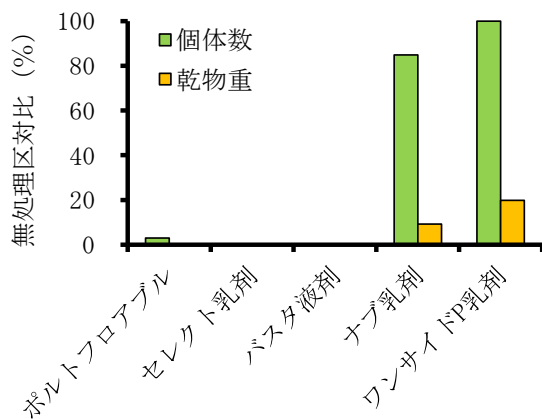


図7 雑草イネに対する生育期茎葉処理型除草剤の防除効果（2013年、長野農試）

無処理区の16.5個体・11.4gに対する比率を示す。図3と同一圃場において試験した。自然発生した4～5葉期の雑草イネに対し、薬量は各薬剤の最大量、水量は100L/10aとして処理した。

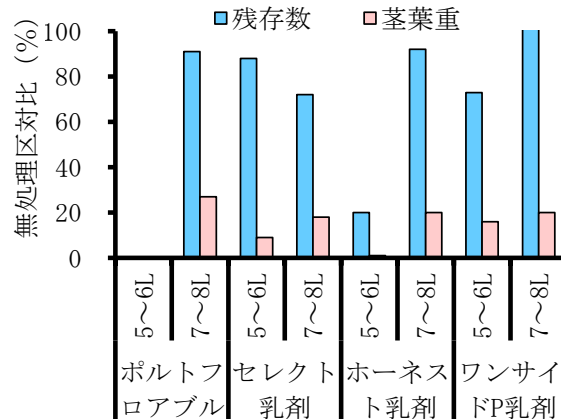


図8 異なる生育ステージの漏生イネに対する生育期茎葉処理型除草剤の防除効果（2018年、植調研千葉支所）

無処理区の36本/m²・25.6gに対する比率を示す。図5と同一の漏生イネ播種、耕起とし、漏生イネの5～6葉期および7～8葉期に薬剤処理した。薬量は各薬剤の最大量、水量は100L/10aとした。展着剤はサーファクタントWK500倍希釈とした。

(5) 大豆作の砕土条件

畑地で土壌処理剤を用いて一般雑草を防除する場合、砕土条件（耕起によってどれだけ土塊を細かくできたか）によって除草効果変動します。できるだけ細かく砕土する、すなわち砕土率を高めると除草効果も安定します。雑草イネ・漏生イネの防除でも同様ですので、耕起作業はできるだけ丁寧に行ってください。また、土壌処理剤は土壌が適湿な条件で散布されると除草効果が高まります。逆に圃場が乾燥しすぎると除草効果が低下しますので、この点にも注意してください。

5) 参考文献等

- ・長野農試 2012.「雑草イネ総合防除対策マニュアル」
<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf>
- ・浅井元朗 2011. 雑草の個体群動態予測モデルと耕地生態系の生物間相互作用：IWMからIPM, IBMへ（雑草研究 56(3).191-196）
- ・長野農試 2013.長野農試作物部成績集

I.要素技術編

--本田期間(水稻栽培中)の防除技術--

本編では、除草剤の利用や手取り除草など、本田期間(水稻栽培中)の防除技術を紹介します。

6. 遅植え・遅播き

1) 技術の概要

雑草イネの出芽は、気温が上昇してくる春期から始まります（図1）。出芽は、土中浅い位置に埋まっている種子から始まり、深くに埋まっている種子は遅れて出芽するため、30～40日間にわたってだらだらと出芽が続きます（図1、長野農試2012図2）。

雑草イネの出芽が揃った後に代かき（乾田直播栽培の場合は非選択性除草剤処理後に播種）を行うことで、出芽した雑草イネを埋土または枯殺して防除することができます。

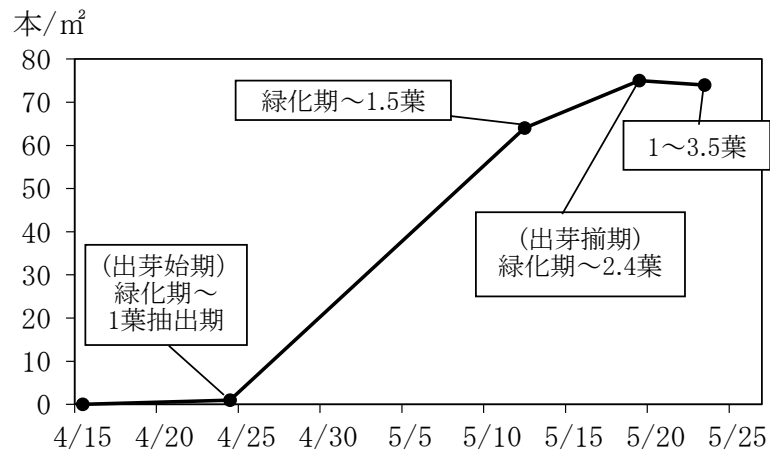


図1 雑草イネの出芽数及び葉齢の推移（茨城農研 2014）

調査場所：茨城県県南地域の移植水稻圃場

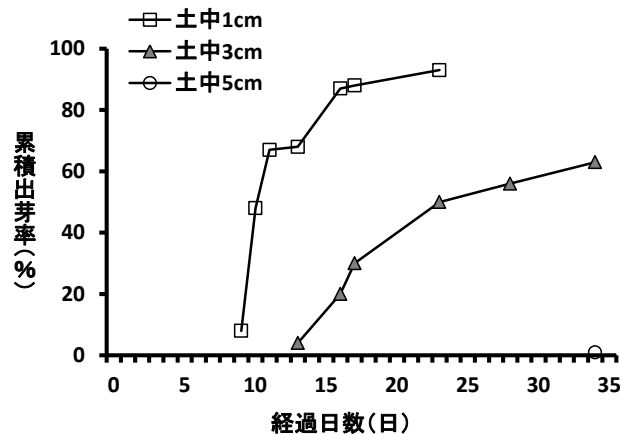


図2 雑草イネの播種深度による出芽消長の差（長野農試 2012 を改変）

長野農試の戸外において、現地圃場の砂壤土を充填したポットに、2011年5月25日に5日間の浸漬をした雑草イネ種子を各深度に播種。湛水条件とした。

2) 必要な資材・条件等

雑草イネの出芽揃い後に移植または播種を行います。移植栽培及び湛水直播栽培では、慣行栽培よりも移植時期や播種時期を遅らせ（遅植え・遅まき）、雑草イネの出芽揃いを待ってから耕起、浅水で丁寧に複数回の代かきを行い、出芽した雑草イネを埋没させてから移植（または播種）します（図3）。乾田直播栽培では、雑草イネの出芽揃い後に非選択性除草剤を散布して雑草イネを枯殺後に播種します（図4）。

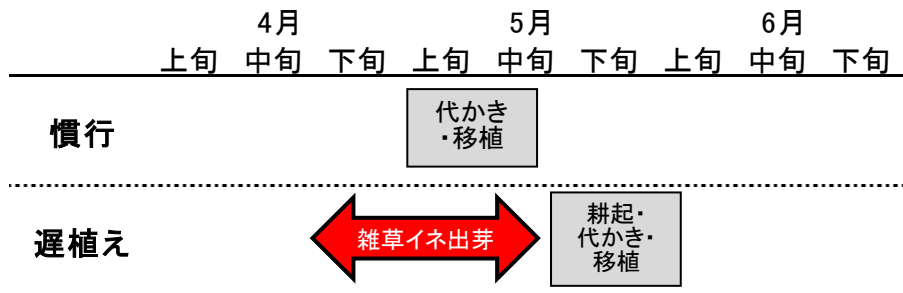


図3 移植栽培における遅植えの作業イメージ(茨城県の場合)

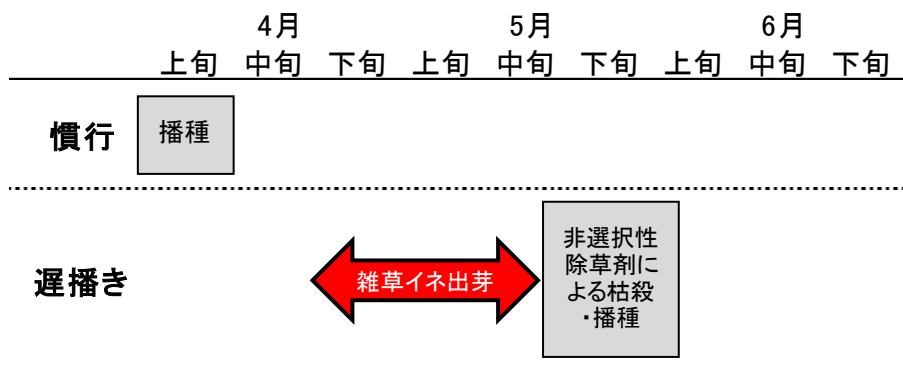


図4 乾田直播栽培における遅播きの作業イメージ(茨城県の場合)

3) 期待される効果

茨城県の場合、4月中旬から5月下旬までに土壤中の種子の80%程度が出芽するため、5月下旬までに出芽した雑草イネを防除してから移植または播種すると効果的です（茨城農研2014 図5）。不耕起乾田直播栽培で、5月中旬時点の雑草イネ出芽本数が3~4本/m²であった状態から、非選択性除草剤処理及び耕起後に播種したところ、同年10月中旬時点の雑草イネ発生量が0.1本/m²と、30~40分の1まで減少した事例があります。

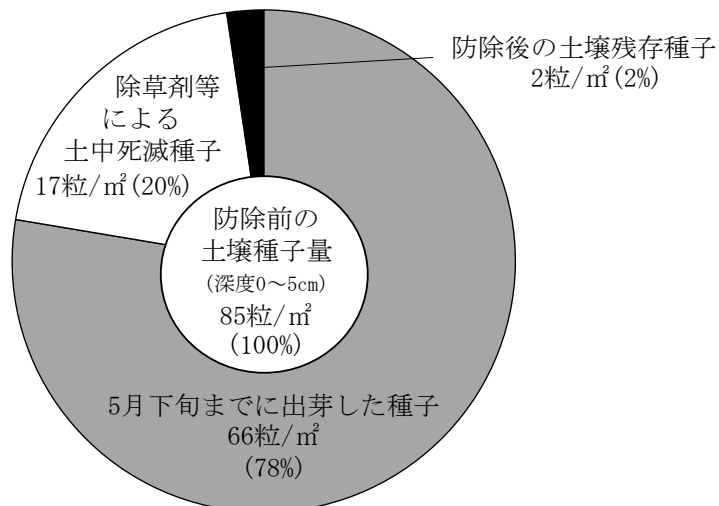


図5 遅植えを含む体系防除前後における土壌中の雑草イネ種子量 (茨城農研 2014)

4) 注意点 (変動条件等)

- (1) 本技術は、雑草イネの激発圃場で特に効果が高く、手取り除草の労力軽減につながります。
- (2) 代かきは、浅水で丁寧に複数回行います。深水条件では、代かき作業により引き抜かれた雑草イネが浮き苗となって浮遊後、土壌に再定着してしまいます。
- (3) 地域の雑草イネの出芽時期 (いつ頃から出芽が始まり、いつ頃が出芽揃いになるか) をよく把握して取り組んで下さい。
- (4) 遅植え・遅播きにより、移植 (播種) 時期によっては水稻の減収が予想されます。茨城県の場合、移植栽培では、適期 (5月上旬) 移植に比べ、遅植え (5月下旬~6月下旬) で4~35%減収し、移植時期が遅いほど減収率が高くなりました。乾田直播栽培では、適期 (3月下旬~4月上旬) 播種に比べ、遅播き (5月中旬) で17%減収した事例があります。
- (5) できるだけ雑草イネの出芽が揃ってから処理、作付けするのが望ましいですが、地域における栽培イネの作期や品種特性、用水確保等、水稻栽培とのバランスを考慮して、いつまで作付けを遅らせられるか検討して下さい。

5) 参考文献等

- ・長野農試 2012. 「雑草イネ総合防除対策マニュアル」
<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf>
- ・茨城農研 2014. 茨城県における雑草イネの効果的な体系防除技術 (茨城県主要成果)
<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/seika/h26/documents/g07.pdf>

7. 有効除草剤

1) 技術の概要

雑草イネ・漏生イネは、水田を代掻きした後に 30～40 日にわたって発生し、土中 2～3cm の深い位置からも発生するため除草剤が効きにくいといわれています。ここでは、水稲の移植栽培を中心に、既登録除草剤を上手に利用して雑草イネ・漏生イネを防除する方法を紹介します。湛水直播栽培（カルパーコーティング種子土中播種栽培）の除草剤の使用方法についても紹介しますが、湛水直播栽培は、田畑輪換や移植栽培での徹底した防除のあとなど、雑草イネや漏生イネの発生量が十分少ない条件で行ってください。

2) 必要な資材・使用方法等

表 1 に移植栽培において雑草イネ・漏生イネに有効性が確認された除草剤を示しました。これらの除草剤は、雑草イネ・漏生イネを対象にした圃場試験（適用性試験）で実用性が認められたもので、公益財団法人日本植物調節剤研究協会ホームページに掲載されています。

表 1 に示されているように、雑草イネ・漏生イネに対して有効な時期は、全ての薬剤で雑草イネ・漏生イネの発生前もしくは発生始までの限られた時期となります。一方で、雑草イネ・漏生イネは発生期間が長いため、これらの除草剤を複数回使用する“体系処理”が重要なポイントになります。1 回目の除草剤散布後 7～10 日を目安に 2 回目の除草剤を散布します。発生量が多い圃場では同様の散布間隔で 3 回目の除草剤散布が必要になります。図 1、2 に有効除草剤とその使用時期を示しましたので参照ください。

表1 移植栽培において雑草イネ・漏生イネに有効性が確認された除草剤(2021年1月現在)

商品名	使用量 /10a	雑草イネに有効な時期	直播栽培の適用*
アルハーブフロアブル	500mL	雑草イネ発生前	-
ウィナー1キロ粒剤51	1kg	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ2.5L
エーワン1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ2.5L
エリジャンジャンボ	30g×10コ	雑草イネ発生前	-
エリジャン乳剤	300mL	雑草イネ発生前	-
カウシルエナジー1キロ粒剤			
ノカウントダウン1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ3.5L
ノアバンティ1キロ粒剤			
かねつぐ1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	-
キマリテ1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ2.5L
クミスターLジャンボ			
ノアルファプロLジャンボ	25g×10コ	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	稲1L～ノビエ2.5L
クミスターL豆つぶ250	250g	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	稲1L～ノビエ2.5L
クミスターLフロアブル			
ノアルファプロLフロアブル	500mL	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
クミスター1キロ粒剤51			
ノアルファプロ1キロ粒剤51	1kg	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
ジェイフレンドフロアブル	500mL	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ2.5L
シグナスフロアブル	500mL	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ3L
シリウスエグザ1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ2.5L
ソルネット1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	-
デルカット乳剤	500mL 250mL	雑草イネ発生前	-
ナイスミドル1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
ハーディ1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ3L
パンチャー1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
ピンワン1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	-
フルイニングジャンボ	50g×10コ	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ4L
ベッカクジャンボ	25g×10コ	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	稲1L～ノビエ3L
ベッカク豆つぶ250	250g	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	稲1L～ノビエ3L
ポッシブル1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	稲1L～ノビエ3L
ホットコンピフロアブル	500mL	雑草イネ発生前	-
ポデーガード1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前	稲1L～ノビエ2.5L
マキシ-MX1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
メテオジャンボ	30g×10コ	雑草イネ発生前	-
メテオフロアブル	500mL	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
メテオ1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
モーレッツジャンボ	40g×10コ	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
モーレッツフロアブル	500mL	雑草イネ発生前	-
モーレッツ1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-
ライジンパワーフロアブル	500mL	雑草イネ始(籾葉抽出期)	稲1L～ノビエ2.5L
ワンオールS1キロ粒剤	1kg	雑草イネ発生前～始(籾葉抽出期)	-

注) ホームページに掲載されている地域は、実際に適用性が評価できた地域を示したものです。現状では、関東・東海以外の地域では試験体制が整っていません。

*: 直播栽培での登録票の使用時期です。直播栽培では雑草イネ・漏生イネを対象とした試験は実施されていません。

薬剤散布	代かき・移植7日前	移植	10日後	20日後	30日後																																																				
1回目	A1 初期剤	A2 初期剤																																																							
2回目		B 一発処理剤																																																							
3回目				C 中期剤																																																					
<table border="1"> <tr> <td>A1</td> <td>デルカット乳剤 (植代時(移植4日前まで) 土壌混和処理)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>エリジャンジャンボ (植代後～移植前7日まで)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>エリジャン乳剤 (植代後～移植前7日まで)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>アルハーフフロアブル (植代後～移植前7日まで)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ソルネット1キロ粒剤 (植代後～移植前7日まで)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>メテオフロアブル (植代後～移植前7日まで)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>メテオ1キロ粒剤 (植代後～移植前7日まで)</td> </tr> </table>						A1	デルカット乳剤 (植代時(移植4日前まで) 土壌混和処理)		エリジャンジャンボ (植代後～移植前7日まで)		エリジャン乳剤 (植代後～移植前7日まで)		アルハーフフロアブル (植代後～移植前7日まで)		ソルネット1キロ粒剤 (植代後～移植前7日まで)		メテオフロアブル (植代後～移植前7日まで)		メテオ1キロ粒剤 (植代後～移植前7日まで)																																						
A1	デルカット乳剤 (植代時(移植4日前まで) 土壌混和処理)																																																								
	エリジャンジャンボ (植代後～移植前7日まで)																																																								
	エリジャン乳剤 (植代後～移植前7日まで)																																																								
	アルハーフフロアブル (植代後～移植前7日まで)																																																								
	ソルネット1キロ粒剤 (植代後～移植前7日まで)																																																								
	メテオフロアブル (植代後～移植前7日まで)																																																								
	メテオ1キロ粒剤 (植代後～移植前7日まで)																																																								
<table border="1"> <tr> <td>A2</td> <td>エリジャンジャンボ (移植直後～ノビエ1葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>エリジャン乳剤 (移植直後～ノビエ1葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>アルハーフフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ソルネット1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>メテオジャンボ (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>メテオフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>メテオ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>マキシ-MX1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1.5葉期)</td> </tr> </table>						A2	エリジャンジャンボ (移植直後～ノビエ1葉期)		エリジャン乳剤 (移植直後～ノビエ1葉期)		アルハーフフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)		ソルネット1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)		メテオジャンボ (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)		メテオフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)		メテオ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)		マキシ-MX1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1.5葉期)																																				
A2	エリジャンジャンボ (移植直後～ノビエ1葉期)																																																								
	エリジャン乳剤 (移植直後～ノビエ1葉期)																																																								
	アルハーフフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)																																																								
	ソルネット1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)																																																								
	メテオジャンボ (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)																																																								
	メテオフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)																																																								
	メテオ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1葉期)																																																								
	マキシ-MX1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1.5葉期)																																																								
<table border="1"> <tr> <td>B</td> <td>かねつぐ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ホットコンピフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ2葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ワンオールS1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ2葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ウィナー1キロ粒剤51 (移植時、移植直後～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>シリウスエグザ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>キマリテ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ポシブル1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ポデーガード1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>カウンスルエナジー1キロ粒剤/カウントダウン1キロ粒剤/アバンティ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ハーディ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>シグナスフロアブル (移植後1日～ノビエ3葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>クミスターLジャンボ/アルファープロLジャンボ (移植後3日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>クミスターL豆つぶ250 (移植後3日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>クミスターLフロアブル/アルファープロLフロアブル (移植後3日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>クミスター1キロ粒剤51/アルファープロ1キロ粒剤5 (移植後3日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ライジンパワーフロアブル (移植後3日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ベッカクジャンボ (移植後3日～ノビエ3葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ベッカク豆つぶ250 (移植後3日～ノビエ3葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>パンチャー1キロ粒 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ピンワン1キロ粒 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>モーレッツジャンボ (移植後5日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>モーレッツフロアブル (移植後5日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>モーレッツ1キロ粒剤 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>エーワン1キロ粒剤 (移植後5日～ノビエ2.5葉期もしくは3葉期 (適用土壌、適用地帯で異なる))</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ジェイフレンドフロアブル (移植後5日～ノビエ3葉期)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>フルイニングジャンボ (移植後5日～ノビエ4葉期)</td> </tr> </table>						B	かねつぐ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1.5葉期)		ホットコンピフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ2葉期)		ワンオールS1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ2葉期)		ウィナー1キロ粒剤51 (移植時、移植直後～ノビエ2.5葉期)		シリウスエグザ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ2.5葉期)		キマリテ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)		ポシブル1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)		ポデーガード1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)		カウンスルエナジー1キロ粒剤/カウントダウン1キロ粒剤/アバンティ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3.5葉期)		ハーディ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)		シグナスフロアブル (移植後1日～ノビエ3葉期)		クミスターLジャンボ/アルファープロLジャンボ (移植後3日～ノビエ2.5葉期)		クミスターL豆つぶ250 (移植後3日～ノビエ2.5葉期)		クミスターLフロアブル/アルファープロLフロアブル (移植後3日～ノビエ2.5葉期)		クミスター1キロ粒剤51/アルファープロ1キロ粒剤5 (移植後3日～ノビエ2.5葉期)		ライジンパワーフロアブル (移植後3日～ノビエ2.5葉期)		ベッカクジャンボ (移植後3日～ノビエ3葉期)		ベッカク豆つぶ250 (移植後3日～ノビエ3葉期)		パンチャー1キロ粒 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)		ピンワン1キロ粒 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)		モーレッツジャンボ (移植後5日～ノビエ2.5葉期)		モーレッツフロアブル (移植後5日～ノビエ2.5葉期)		モーレッツ1キロ粒剤 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)		エーワン1キロ粒剤 (移植後5日～ノビエ2.5葉期もしくは3葉期 (適用土壌、適用地帯で異なる))		ジェイフレンドフロアブル (移植後5日～ノビエ3葉期)		フルイニングジャンボ (移植後5日～ノビエ4葉期)
B	かねつぐ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ1.5葉期)																																																								
	ホットコンピフロアブル (移植時、移植直後～ノビエ2葉期)																																																								
	ワンオールS1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ2葉期)																																																								
	ウィナー1キロ粒剤51 (移植時、移植直後～ノビエ2.5葉期)																																																								
	シリウスエグザ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ2.5葉期)																																																								
	キマリテ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)																																																								
	ポシブル1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)																																																								
	ポデーガード1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)																																																								
	カウンスルエナジー1キロ粒剤/カウントダウン1キロ粒剤/アバンティ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3.5葉期)																																																								
	ハーディ1キロ粒剤 (移植時、移植直後～ノビエ3葉期)																																																								
	シグナスフロアブル (移植後1日～ノビエ3葉期)																																																								
	クミスターLジャンボ/アルファープロLジャンボ (移植後3日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	クミスターL豆つぶ250 (移植後3日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	クミスターLフロアブル/アルファープロLフロアブル (移植後3日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	クミスター1キロ粒剤51/アルファープロ1キロ粒剤5 (移植後3日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	ライジンパワーフロアブル (移植後3日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	ベッカクジャンボ (移植後3日～ノビエ3葉期)																																																								
	ベッカク豆つぶ250 (移植後3日～ノビエ3葉期)																																																								
	パンチャー1キロ粒 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	ピンワン1キロ粒 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	モーレッツジャンボ (移植後5日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	モーレッツフロアブル (移植後5日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	モーレッツ1キロ粒剤 (移植後5日～ノビエ2.5葉期)																																																								
	エーワン1キロ粒剤 (移植後5日～ノビエ2.5葉期もしくは3葉期 (適用土壌、適用地帯で異なる))																																																								
	ジェイフレンドフロアブル (移植後5日～ノビエ3葉期)																																																								
	フルイニングジャンボ (移植後5日～ノビエ4葉期)																																																								
<table border="1"> <tr> <td>C</td> <td>ナイスミドル1キロ粒剤 (移植後14日～ノビエ4葉期)</td> </tr> </table>						C	ナイスミドル1キロ粒剤 (移植後14日～ノビエ4葉期)																																																		
C	ナイスミドル1キロ粒剤 (移植後14日～ノビエ4葉期)																																																								

図1 移植栽培における雑草イネ・漏生イネ有効除草剤とその使用時期

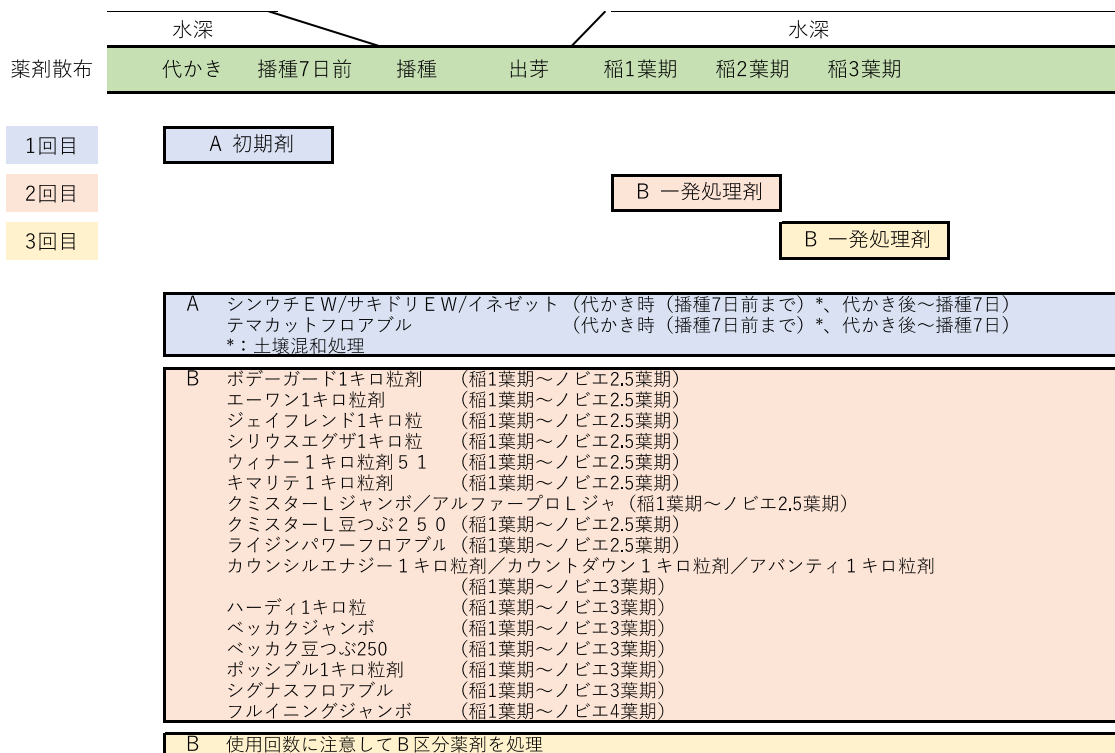


図2 湛水直播栽培(カルパーコーティング種子土中播種栽培)で雑草イネ・漏生イネに効果が期待される除草剤とその使用時期

注) 直播栽培では雑草イネ・漏生イネを対象とした適用性試験が実施されておらず、本図は移植栽培で有効性が確認されかつ直播栽培に適用登録がある薬剤、および本マニュアル作成のための試験をもとにリスト化したものです。

3) 期待される効果

(1) 1回目の除草剤散布

1回目は、移植栽培では代かき時から代かき後の移植前まで(図1・A1)、または移植後の雑草イネ・漏生イネ発生前(図1・A2)に土壌処理剤を散布します。このとき、移植前に使用する除草剤には、除草剤散布から移植までの間隔が4日必要な薬剤と7日必要な薬剤がありますので注意してください。湛水直播栽培では、代かき時から播種7日前までに土壌混和処理が可能な薬剤を散布して、土壌中に混和します(図2・A)。

圃場試験の結果から、雑草イネ・漏生イネの防除では特に土壌混和処理で防除効果が高いことが確認されました。土壌混和処理が可能な除草剤にはオキサジアゾン・ブタクロール乳剤(商品名デルカット乳剤)やブタクロール・ペントキサゾン乳剤(商品名シンウチEW/サキドリEW)、ダイムロン・ペントキサゾン水和剤(商品名テマカットフロアブル)があります。ブタクロール・ペントキサゾン乳剤(商品名シンウチEW/サキドリEW)、ダイムロン・ペントキサゾン水和剤(商品名テマカットフロアブル)は表1には記載がありませんが、本マニュアル作成のための圃場試験の結果から、十分な効果を確認しています。土壌混和処

理は、土中の比較的深い位置で発芽した雑草イネ・漏生イネにも効果が期待でき、これにより高い除草効果が得られたものと考えられます。しかし、湛水直播栽培で使用する際は、栽培イネの出芽時に湛水状態におかれると強い薬害を生じ、苗立ち率が低下する場合があります（図4）。直播栽培では栽培イネの出芽時期を見極めて確実に圃場を落水状態にしてください。

（2）2回目の除草剤散布

2回目も雑草イネ・漏生イネが発生する前か、遅くとも発生始までに除草剤を散布します（図1・B、図2・B）。フェノキサスルホン・ブロモブチド・ベンスルフロメチル粒剤（商品名クミスター1キロ粒剤51/アルファプロ1キロ粒剤51）は、ポット試験において比較的長い残効性が確認された事例があります（図5）。湛水直播栽培では、稲1葉期以降にテフリルトリオン・フェントラザミド粒剤（商品名ボデーガード1キロ粒剤）やテフリルトリオン・メフェナセット粒剤（商品名ポッシブル1キロ粒剤）などを散布します。なお、発生始とは、圃場で最も生育が進んだものが鞘葉抽出期に達した時期を示しています。

（3）3回目の除草剤散布

雑草イネ・漏生イネがダラダラ発生する圃場では、3回目の除草剤散布が必要となります。雑草イネ・漏生イネの発生に注意しながら、移植栽培ではシメトリン・フルセトスルフロメチル・ベンフレセート粒剤（商品名ナイスミドル1キロ粒剤）を遅くとも雑草イネ発生始（鞘葉抽出期）までに散布します（図1・C）。湛水直播栽培では、図2・Bで示した除草剤の中から2回目の散布に使用していない除草剤を散布します。同じ商品名の除草剤を繰り返して散布できないので、有効成分の使用回数に注意しながら使用する除草剤を選んでください。

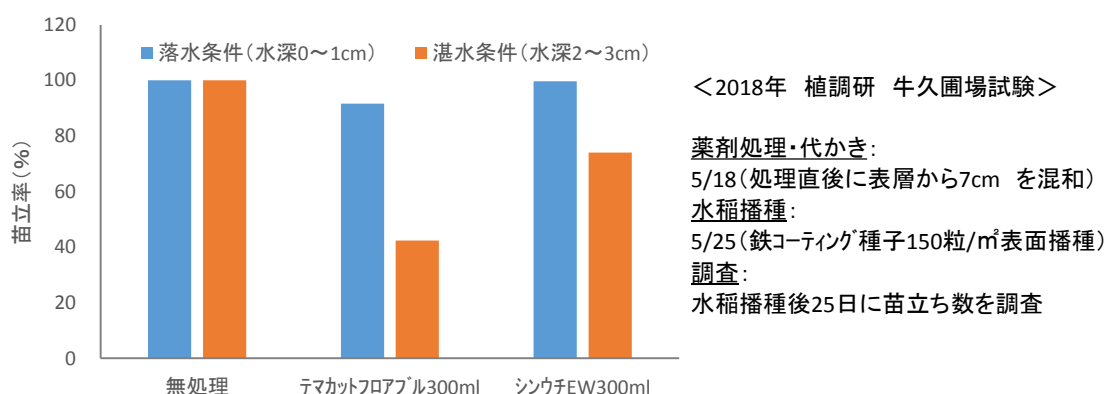


図4 栽培イネ出芽時の水深の違いと苗立ち率(2018年、植調研)

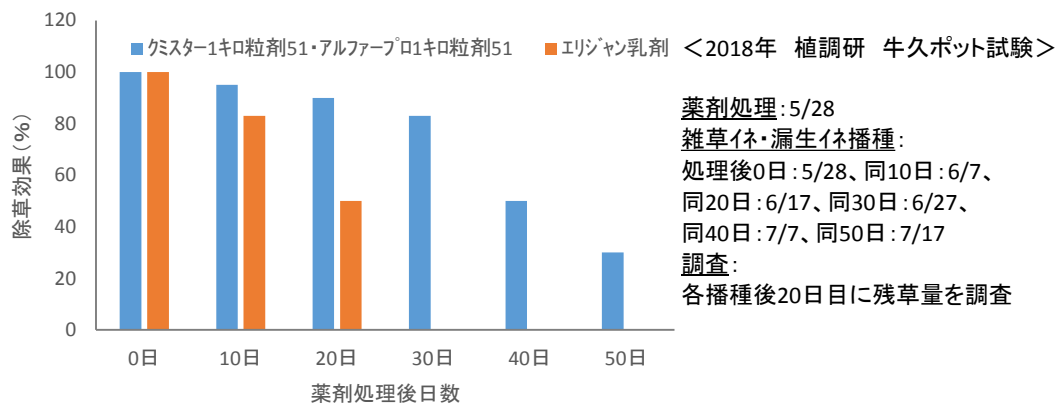


図5 雑草イネ・漏生イネに対する除草剤の残効性(2018年、植調研)

4) 注意点 (変動条件等)

(1) 適期散布

除草剤による雑草イネ・漏生イネの防除は、適期に散布することが最も重要です(図6)。ここで紹介した有効な除草剤も、散布のタイミングを逸してしまうと十分な除草効果が期待できません。雑草イネ・漏生イネが土中から発生した場合、鞘葉は土中にあって目視できないことが多いです。葉の先が土壌表面に見え始めた時には鞘葉の次に抽出する不完全葉が見えている可能性が高く、既に適期を逸している可能性があります。図6で示した生育ステージで確認し、雑草イネ・漏生イネの発生状況をしっかり把握して徹底防除を心がけてください。枯れ残った雑草イネ・漏生イネは、手取り除草などで後始末することも必要です。

(2) 栽培イネへの影響

前述したとおり湛水直播栽培では、栽培イネの出芽時が湛水状態となった場合の薬害が心配されます。出芽時は確実に圃場を落水状態にしてください。雑草イネ・漏生イネに有効な除草剤は、いずれもカルパーコーティング種子など土中播種栽培での適用となります。鉄コーティング種子など表面播種栽培では、栽培イネに対する安全性が確認できていませんのでご注意ください。

(3) 乾田直播栽培

乾田直播栽培で雑草イネ・漏生イネを的確に防除する方法は十分に検討できておりませんが、防除方法としては栽培イネの播種後出芽前までに発生した雑草イネ・漏生イネに対し、非選択性茎葉処理剤を散布して枯らした後、入水時期をできるだけ早めたいうえで、表1に示した有効剤の中で乾田直播栽培に適用のある除草剤を散布するなどの防除方法が考えられます。

(4) 農薬ラベルの確認

除草剤使用前には適用作物、使用量、使用時期、使用回数などを必ず農薬ラベルで確認し、誤使用がないよう十分に注意してください。

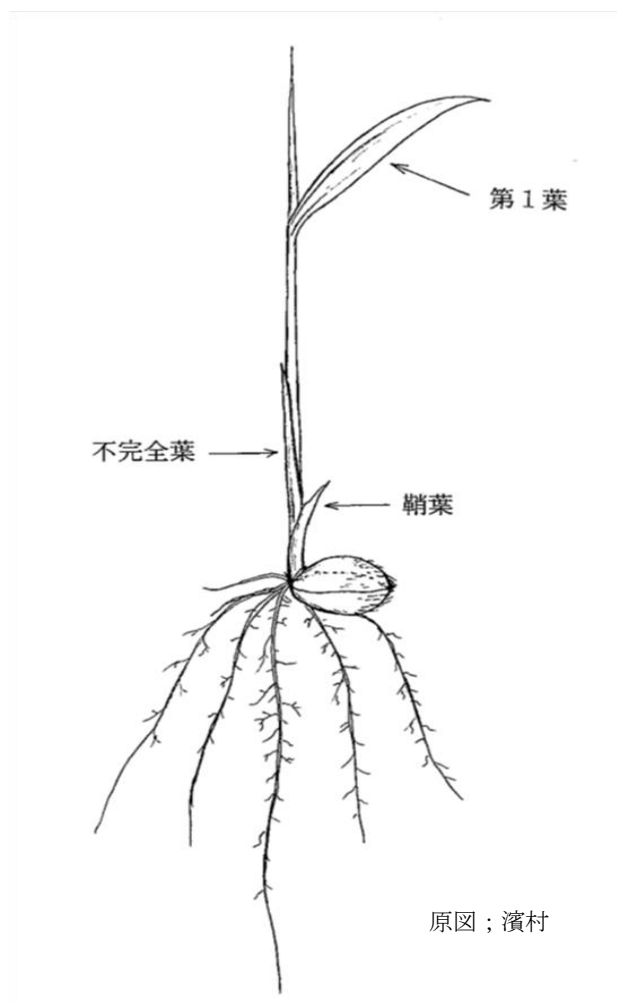


図6 雑草イネ・漏生イネの生育ステージ

注) 直播水稻に適用のある薬剤では農薬ラベルに栽培稲の生育ステージが表示されています。栽培イネの生育ステージも同様に数えます。ただし、栽培イネは平均葉齢で表示される点にご注意ください。

5) 参考文献等

- 公益財団法人日本植物調節剤研究協会ホームページ「雑草イネ有効剤として実用化可能と判定された除草剤」<https://japr.or.jp> [HPへのリンク](#)
- 長野農試 2012. 「雑草イネ総合防除対策マニュアル」
<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf>
- 中央農業総合研究センター2015. 「雑草イネまん延防止マニュアル Ver.2」
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/028068.html
- 植調, 2015, 第49巻, 第2号 <特集> 水稻の直播栽培

8. 除草剤感受性品種由来の 漏生イネに有効な 4HPPD 阻害剤

1) 技術の概要

新規需要米品種の「ミズホチカラ」については、メソトリオン、ベンゾビスクロン、テフリルトリオン（トリケトン系 4-HPPD 阻害剤に分類される成分のうちの 3 成分）が、枯死に至る強い薬害（白化）症状を引き起こす場合のあることが知られています。この 3 成分のうち、メソトリオンおよびベンゾビスクロンは安定して強い薬害症状を示します。このことを利用し、移植及び湛水直播栽培に使用可能な上述の 4-HPPD 阻害剤を含有する水稲除草剤を用いることで、「ミズホチカラ」を作付けした翌年に発生する漏生イネを防除することができます。特に湛水直播栽培では移植栽培よりも漏生イネ防除が困難であること知られています。以下には、前作「ミズホチカラ」由来で発生した漏生イネを、湛水直播栽培において防除するための方法と注意点を記します。

2) 必要な資材・使用方法等

漏生イネは発生期間が長いので、湛水直播栽培の水稲播種直後に処理する初期除草剤、再入水後に処理する一発処理型除草剤および生育期に処理する中期除草剤による体系防除を基本とします。

メソトリオンまたはベンゾビスクロンを含有する除草剤のうち、2019 年 2 月時点で直播栽培に登録のある除草剤は、初期除草剤ではベンゾビスクロン含有除草剤、中期除草剤ではメソトリオン含有除草剤のみとなっています。一発処理型除草剤では、ベンゾビスクロンよりメソトリオンの方が「ミズホチカラ」由来の漏生イネに対する防除効果が高いのでメソトリオン含有除草剤を使用します（表 1）。

使い方は、水稲播種直後に初期除草剤を湛水散布します。処理後 5 日間以上は湛水を維持します。その後、水稲の苗立ちを確保するため、自然落水させ、苗立ちが確保できたら、再入水します。減水深が 1cm 程度に安定した後にメソトリオンを含有する一発処理型除草剤を湛水散布します。中期除草剤は、一発処理型除草剤の散布から 10～14 日後頃に散布します。

表1 本防除技術（湛水直播栽培におけるミズホチカラ由来漏生イネ防除）で効果が期待できる除草剤（2019年2月現在）

	除草剤名	商品名	使用量/10a	直播栽培の適用
初期除草剤	ピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン液剤 (20.0%, 4.0%)	プレキープフロアブル	300~500ml	代かき後～播種7日前、 播種直後～ノビエ1葉期、 播種時
	ピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン粒剤 (10.0%, 2.0%)	プレキープ1キロ粒剤	1kg	代かき後～播種7日前、 播種直後～ノビエ1葉期、 播種時
一発処理型除草剤	ピラクロニル・フルセトスルフロンのメソトリオン粒剤 (2.0%, 0.20%, 0.90%)	センイチMX1キロ粒剤 ／フルパワーMX1キロ粒剤	1kg	稲1葉期～ノビエ3.5葉期
	ピラクロニル・フルセトスルフロンのメソトリオン粒剤 (4.0%, 0.40%, 1.8%)	センイチMXジャンボ ／フルパワーMXジャンボ	50g x 10コ	稲1葉期～ノビエ3.5葉期
	ピラゾスルフロリエチル・ピリフタリド・プレチラクロール・メソトリオン粒剤 (0.30%, 1.5%, 4.5%, 0.90%)	アピログロウMX1キロ粒剤	1kg	稲1葉期～ノビエ3葉期
	ピラゾスルフロリエチル・ピリフタリド・プレチラクロール・メソトリオン粒剤 (0.75%, 3.75%, 11.25%, 2.25%)	アピログロウMXジャンボ	40g x 10コ	稲1葉期～ノビエ3葉期
	ピリフタリド・メソトリオン・メタゾスルフロンのメソトリオン粒剤 (2.4%, 0.90%, 0.80%)	アクシズMX1キロ粒剤	1kg	稲1葉期～ノビエ4葉期
中期除草剤	アジムスルフロンのピリフタリド・メソトリオン粒剤 (0.18%, 1.8%, 1.0%)	オシオキMX1キロ粒剤	1kg	稲3葉期～ノビエ3.5葉期
	アジムスルフロンのペノキススラム・メソトリオン粒剤 (0.36%, 0.36%, 2.0%)	アトカラSジャンボMX ／セカンドショットSジャンボMX	25g x 20コ	稲4葉期～ノビエ4葉期

赤字は「ミズホチカラ」に有効な除草成分とその含有量を示す。
 プレキープフロアブル（ピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン液剤）を使用する場合は、最大使用量の500ml/10aを処理する。
 マキシ-MX 1キロ粒剤（プレチラクロール・メソトリオン粒剤）は、メソトリオンの含有量が他の一発処理型除草剤の60%となるので効果が劣ると推察される。
 本防除技術は、プレキープ1キロ粒剤、フルパワーMX1キロ粒剤およびオシオキMX1キロ粒剤を使用して検討した結果である。
 それ以外の除草剤については、除草成分とその含有量から効果が期待されるため、本表に明記した。

3) 期待される効果

初期除草剤のピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン粒剤（プレキープ1キロ粒剤）は出芽前の「ミズホチカラ」由来の漏生イネに対して高い防除効果を示します。一発処理型除草剤のピラクロニル・フルセトスルフロンのメソトリオン粒剤（フルパワー1キロ粒剤）は3葉期までの「ミズホチカラ」由来の漏生イネに対して高い防除効果を示します。次項で述べるように、一般雑草に対しては十分な効果を示す条件でも、漏生イネに対しては効果が変動する栽培条件があります。

4) 注意点（変動条件等）

(1) 初期除草剤処理後の水管理

初期除草剤の処理後5日間以上は湛水を維持します。それより早く落水すると防除効果が低くなります。

(2) 再入水後の減水深

再入水後の一発処理型除草剤の処理時の減水深が 2cm 程度になる条件では防除効果が低下します。したがって、減水深が 1cm 程度に安定した後に湛水散布します。また、気温が高いほど効果が出にくい傾向があります。散布後の高温が予想される場合は、早めに中期除草剤を散布して下さい。

(3) 乾田直播栽培への適用

乾田直播栽培では「ミズホチカラ」由来の漏生イネに対して効果のある初期除草剤の登録がないため、この方法が適用できません。現状では、一発処理型除草剤と中期除草剤による防除体系となることから、防除効果が不十分となります（実証試験編 p.92 を参照）。

(4) 移植栽培への適用

移植栽培では、食用水稲と漏生イネの間には生育ステージの差が十分あるため、ベンゾピシクロンあるいはメソトリオンを含有した初中期一発処理型除草剤とメソトリオンを含有した中期除草剤による体系によって防除可能と考えられます。

(5) 他の感受性品種への適用

感受性品種のベンゾピシクロンおよびメソトリオンに対する感受性は、品種によって大きく異なります。本技術は「ミズホチカラ」で検討を行っていますので、他の感受性品種への適用を検討する場合は、あらためてその品種において適用性を検討する必要があります。

他の感受性品種の事例①

移植栽培において「タカナリ」、「モミロマン」由来の漏生イネに対しては、ベンゾピシクロン含有剤を散布する体系的制御モデルが考案されています。体系的な防除として移植当日または移植 5 日後に当該成分を含有する水稲除草剤を散布し、さらに移植 15 日後に同様の成分が含有される除草剤を散布することで漏生対策に有効であることが示されています（図 1）。

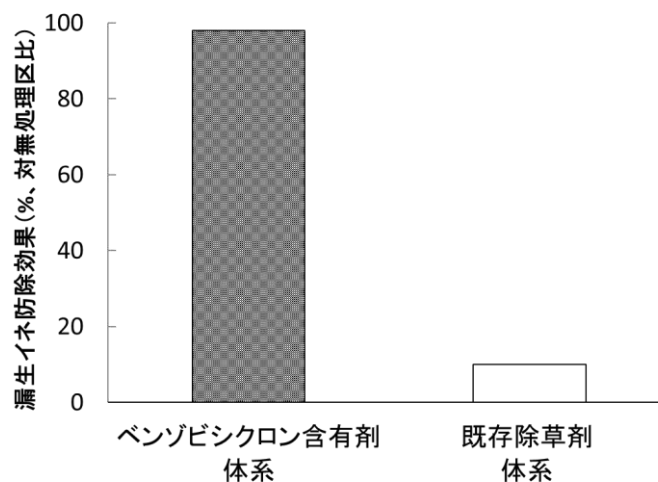


図1 ベンゾビスクロン含有剤の漏生イネ防除効果（移植後47日）

除草剤体系：移植後5日及び移植後15日にベンゾビスクロン含有剤を体系処理
 漏生籾：タカナリ、モミロマンを植代前に散播、発生深度：2.3cm（1cm～6cm）

他の感受性品種の事例②

富山県農林水産総合技術センターでは、移植栽培においてベンゾビスクロンを含有する水稲用除草剤の感受性型の新規需要米品種に対する有効な処理体系や残効性について検証され、4-HPPD 阻害型除草剤とヒエ剤を含む初期剤を移植5日後に処理し、さらに4-HPPD 阻害型除草剤とヒエ剤を含む中期剤を移植15日後に処理する除草剤体系は栽培時だけでなく収穫時の調査においても漏生籾がほとんど発生しないことが確認され、4-HPPD 感受性新規需要米由来の「混種防止」対策法として有効であることが示されています。

他の感受性品種の事例③

ベンゾビスクロンを含有する湛水直播栽培において播種同時処理が可能な水稲用除草剤を利用することで、漏生籾防除が困難な直播栽培場面においても感受性品種由来の漏生籾に有効であることも報告されています（表2）。

処理時期	供試剤	発生個体数(%、対無処理区比)		
		タナリ/モミロマン 表面播種	タナリ 1cm	モミロマン 1cm
無処理区	()内;発生個体数/4.32m ²	100 (390.5)	100 (55.8)	100 (64.5)
播種直後 →播種後15日	ベンゾピシクロン 含有除草剤 体系	0.8	2.2	0.4
	既存除草剤 体系	90.9	93.7	85.7

表2 ベンゾピシクロン含有剤の漏生イネ防除効果（播種後30日）

除草剤体系：播種直後及び移植後15日にベンゾピシクロン含有剤を体系処理
漏生粒：タカナリ、モミロマンを表面及び1cm深度に播種

5) 参考文献等

- ・小荒井ら 2010. 暖地における飼料用イネ品種の除草剤感受性（日本暖地畜産学会報 53, 183-192）
- ・一部の稲品種の除草剤感受性にご注意下さい
<http://www.naro.affrc.go.jp/collab/breed/attention/attention5.html>
- ・ベンゾピシクロン耐性・感受性品種一覧表
http://www.sdsbio.co.jp/products/yoranpdf/SDS_benzo_list.pdf
- ・山崎ら 2017. 4-HPPD 阻害型水稻除草剤に感受性を示す新規需要米の漏生粒対策（日本作物学会第243回講演会要旨集, 29P）
- ・村田ら 2017. 4-HPPD 阻害型除草剤に感受性を呈する新規需要米品種の漏生粒を制御する除草剤体系（日本作物学会第243回講演会要旨集, 30P）
- ・山崎ら 2017. 4-HPPD 阻害型除草剤による新規需要米由来の漏生粒対策（日本雑草学会第56回大会講演要旨集, 43P）

9. 機械除草

1) 技術の概要

除草機を利用して、雑草イネ・漏生イネを抜き取り、浮かせる防除技術です。本技術は、主に移植栽培での雑草イネ・漏生イネ対策として有効と考えられます。近年では、乗用型の除草機も各種開発されており、少ない労働時間で比較的高い除草効果が得られます。以下に除草機の種類、作業方法、注意点などを記します。

2) 必要な機材・条件等

(1) 除草機の種類

除草機には歩行型と乗用型があり、圃場の面積や形状、経営規模などによって使用する機械を選択します。

①歩行型除草機

小型エンジンの動力で除草装置を駆動して除草するものと、人力で水田内を歩いて除草用のロータを回転させて除草するものがあります。どちらも作業者が水田を歩行する必要があるため、大きな圃場での作業には適しません。また、歩行型除草機の多くは株間を除草できません。歩行しながら除草作業するため、雑草イネの発生状況を確認しながら作業ができます。

②乗用型除草機

除草装置を乗用型の車両に取付けて作業する機械で、作業効率が高く、広い面積を除草するのに適しています。乗用型除草機の多くは、イネの条間を回転式の爪付ロータ、株間を羽根輪やレーキなどにより除草します。除草装置には、エンジンからの動力を利用して駆動する方式と本体車両の走行に伴う土壌表面との接触や発生する水流などで受動的に駆動する方式があり、除草効果は前者で高い傾向があります。

2015年に実用化された高能率水田用除草機は、3輪型乗用管理機の車体中央にPTOにより駆動する除草装置を搭載した除草専用機です（図1）。本機は、条間を駆動ロータ、株間を揺動レーキで除草します。作業者は除草装置や稲列を目で確認しながら作業できるため、高速で精度の高い除草作業が可能です。10a当たりの作業時間は15～20分（6条用）でイネの欠株も少ないのが特徴です。



図1 高能率水田用除草機による除草作業

(2) 除草作業の方法

除草機による除草作業は、移植したイネが活着し雑草イネが2葉期に達する頃まで（移植から7～10日後）に第1回目を実施します。作業時の水深は5cm程度とします。その後、雑草イネの発生状況を見て、7～10日間隔で合計2～3回作業を行います。除草作業後は、抜かれた雑草イネが再度活着しないよう10cm程度の水深を維持します。なお、乗用型除草機で作業する場合は、田植機の条数と同じ条数が除草できる機械を使用してください。

3) 期待される効果

動力でロータを駆動するタイプの除草機では、イネ条間には高い除草効果が期待できます。しかし、株間については、除草機構が無いもしくは除草効果が低いので、他の耕種的防除法などと組み合わせることが必要です。

雑草イネの少発生条件（0.1個体/m²）における試験では、慣行の除草剤3回体系使用の3回目前に水田除草機処理をすることにより、慣行の手取り除草の代替として、手取り除草以上の防除効果および作業の省力性となりました（図1）。

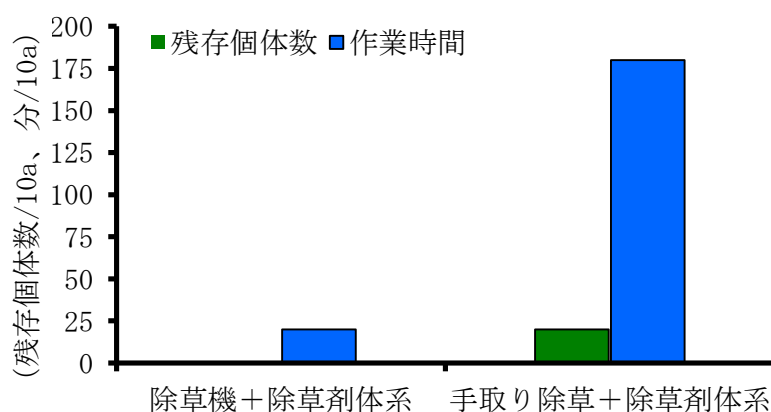


図1 雑草イネの少発生条件における水田除草機による防除効果（2018、長野農試）

「コシヒカリ」を2016年6月4日に機械移植した現地圃場（中粒質普通灰色低地土、標高353m）において実施した。

水田除草機は乗用管理機KE3+水田駆動除草機KWM4型（みのる産業社製）を移植10日後、手取り除草は移植30日後に実施した。水田除草機処理時の雑草イネは、生存数0.1個体/m²、2葉期。

除草剤体系は、移植9日前にプレチラクロール乳剤、移植1日後にブタクロール粒剤、移植11日後にピリフタリド・プレチラクロール・ベンスルフロンメチル・メソトリオン粒剤。

移植30日後に雑草イネの残存個体を採取調査した。

4) 注意点 (変動条件等)

(1) 適期除草

雑草イネの生育が進むほど除草効果が低下するので、雑草イネ出芽後できるだけ早い時期に除草作業を行うことが有効です。

(2) 耕種的雑草防除法との組み合わせ

水稻移植 3~4 週間前に入水・代かきし、移植直前に再度代かきをおこなう「2 回代かき」は雑草イネの埋土種子数と移植後の発生数を減らすのに有効と考えられます。また、中苗移植と深水管理により雑草イネの生育を遅らせることで、機械除草の効果を高めることができます。

(3) 枕地のイネの欠損

枕地は機械が旋回する場所となるため一部のイネが欠損します。特に乗用型除草機ではイネの欠株率が 30%程度になります (中央農研の有機栽培現地試験結果)。

(4) 直播栽培への適用

湛水直播栽培では、除草作業が可能な時期に雑草イネ・漏生イネの葉齢も進んでいるため、あまり除草効果が期待できません。また、代かきを行わない乾田直播栽培では、土壌硬度が高く駆動ロータが土をかき取らないことなどから、除草機を利用できません。

5) 参考文献等

- ・機械除草技術を中心とした「水稻有機栽培技術マニュアル」(農研機構中央農研)
<https://ml-wiki.sys.affrc.go.jp/Organic-Pro/>
- ・長野農試 2018. 県単プロジェクト研究成果集 37 号

10.手取り除草

1) 技術の概要

雑草イネは籾の成熟後に自然脱粒を始めるため、残草があった場合には脱粒前となる出穂2週間後頃までに手取り除草によって圃場から除去することが重要となります。栽培品種を識別性の高い品種（発生している雑草イネより草丈が短い品種や出穂期が遅い品種）に転換し、疎植栽培にすると作業効率が高くなります。

2) 必要な資材・条件等

ビニール袋等を持参し、雑草イネの抜き取り株や籾を圃場内から全て持ち出します。また、出穂期以降に地際から刈り取る場合には、柄の長い鎌や稲刈り鎌が便利です。

3) 期待される効果

栽培品種と識別性のあるタイプの雑草イネの場合は、出穂後2週間頃までに数回の手取り除草を行います。また、栽培品種と稈長が同程度のタイプが発生した圃場では、栽培品種を短稈品種に転換し、栽植密度を下げた疎植栽培を行うことにより手取り作業精度および見逃しによる玄米混入率を低下できます（長野農試2012 図1）。

栽培品種と識別が困難なタイプの雑草イネの場合は、移植後1ヶ月頃から移植位置と異なる箇所が発生した漏生株を複数回、抜き取ります。

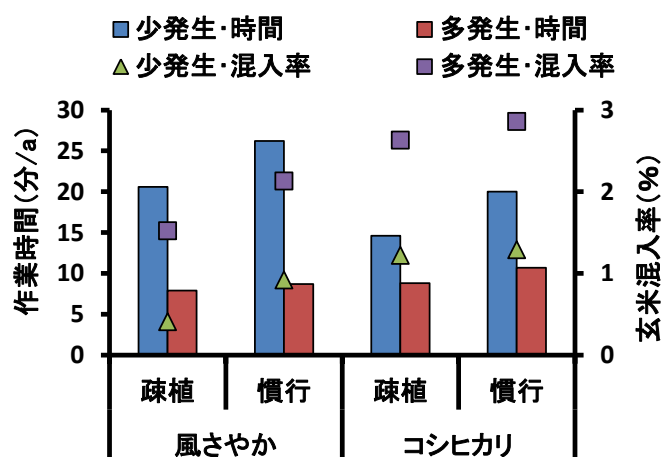


図1 栽培イネの品種および栽植密度による雑草イネの手取り除草の作業効率および精度への影響（長野農試2012を改変）

雑草イネ：栽培イネと識別性のある糯品種で代替、少発生 473 株/a、多発生 1011 株/a

風さやか：出穂期 8 月 10 日、稈長 82cm

コシヒカリ：出穂期 8 月 6 日、稈長 98cm

4) 注意点 (変動条件等)

(1) 作業時期

雑草イネには強い脱粒性 (籾がこぼれる) があり、出穂後 10~14 日目頃より、風などわずかな衝撃で圃場に脱落しはじめる (細井ら 2008 表 1、図 2) ため、雑草イネの残草はそれまでに除去することが重要です。

表 1 長野県における代表的な雑草イネ集団の出穂期、自然脱粒性、成熟期 (細井ら 2008 を改変)

集団・品種名 ¹⁾	出穂期 ²⁾	自然脱粒開始期 ³⁾	成熟期 ⁴⁾
iiy-01 (D)	7/31	8/18 (18)	9/5 (36)
noz-01 (D)	8/1	8/16 (15)	9/2 (32)
kaw-01 (A)	8/7	8/29 (22)	9/17 (41)
yas-03 (A)	8/5	9/1 (27)	9/15 (41)
コシヒカリ	8/7		9/16 (40)

1) ()内はバイオタイプ (牛木ら2005) を示す。

2) 1株内で約半数の分けつが出穂した期日を示す。

3) 1株内で自然脱粒が始まった期日、()内は出穂期からの日数を示す。

4) 帯緑色籾歩合が10%以下となった期日、()内は出穂期からの日数を示す。

(2) 地際からの刈り取り

穂のみの切除や株の中位で刈り取った場合は、その後に出穂した穂から種子が脱粒するので、抜き取るか地際から刈り取ります (長野農試 2012 図 3)。

(3) 抜き取り株の処分

手取りの衝撃で種子が脱粒してしまうので、抜き取り株の穂を袋に入れる等の工夫を行い、圃場から持ち出して処分します (長野農試 2012)。抜き取り株を畦畔等に放置すると拡散の原因になります。



図 2 雑草イネ多発圃場の収穫期における雑草イネの自然脱粒種子 (2005 年、長野県農政部) 15 個体/m²程度の雑草イネが残存した圃場

(4) 手取り除草の回数等

雑草イネは、同一圃場内でも発生時期や出穂期、草丈が異なる個体が混在しています。雑草イネを目視により発見する手取り除草は、見落としによる残草がありますので、必ず複数回の作業を行います。また、広範囲を目視することも見落としの原因になりますので、1 工程は 3~4 条間とします。

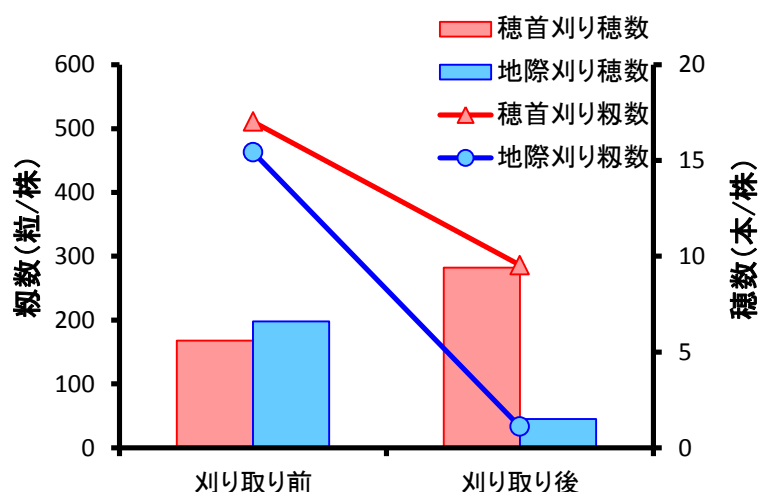
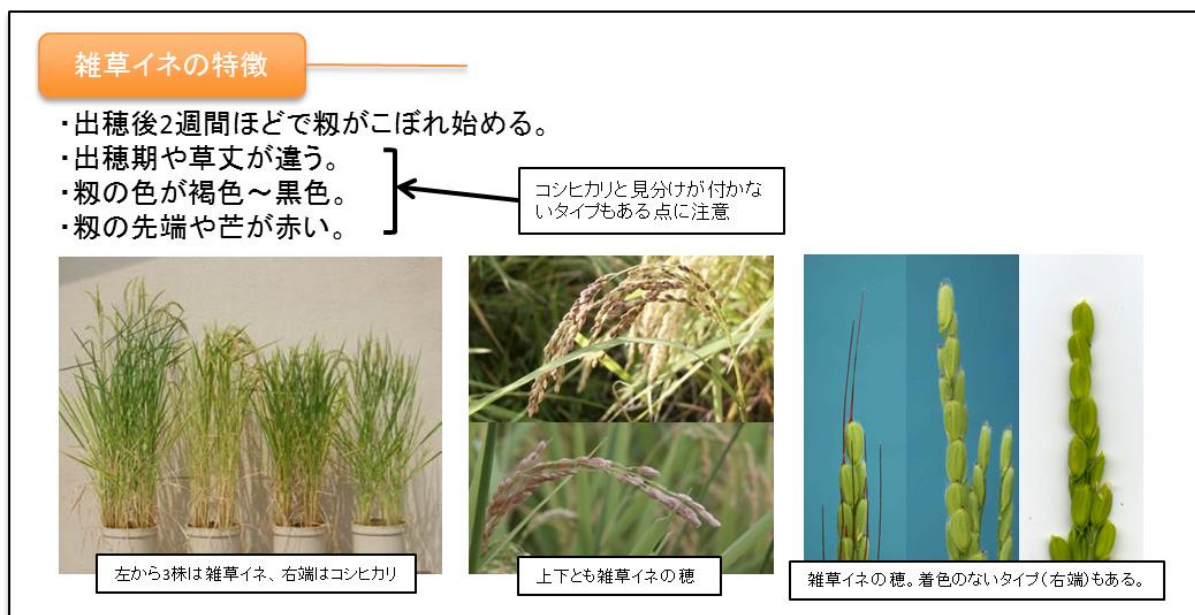


図3 雑草イネの刈り取り位置による種子数の違い（細井ら 2008 を改変）

現地圃場において出穂期（8月初旬）の雑草イネを刈り取り、9月下旬に調査した。穂首刈り取り株は全株で遅発穂が発生した。

5) 参考文献等

- ・長野農試 2012. 「雑草イネ総合防除対策マニュアル」
<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf>
- ・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（細井ら 2008. 日本作物学会紀事 77, 321-325）
- ・雑草イネおよび漏生イネの手取り除草における作業能率の向上法（細井ら 2008. 日本作物学会記事 81（別1））



見分け方は既存マニュアル(URL を p.100 に記載) も参照してください。

I.要素技術編

---地域の組織化・広域調査法---

本編では、早期発見・早期対策に重要な地域の組織化と広域調査法について紹介します。

1 1. 地域の組織化を通じた防除の取り組み

1) 組織活動の必要性

雑草イネ種子は、発生圃場での機械作業により農業機械に付着した水田土壌とともに拡散することも多く（長野農試 2013 図 1）、雑草イネが発生した圃場や経営者だけの問題ではなく、地域全体の問題です。そこで、1 圃場でも発生が確認された地域では、関係機関や農業経営者代表等で対策チームを設立し、地域全体を巻き込んだ活動が必須です。

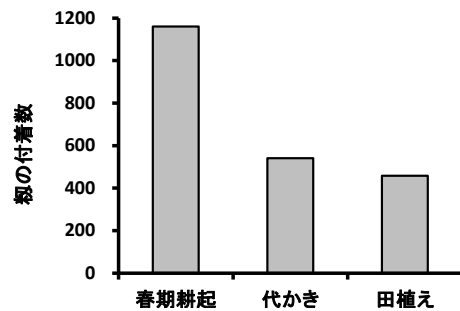


図 1 水田作業における作業機への雑草イネの付着状況（長野農試 2012 を改変）

2) 組織体制の事例

小規模生産者から大規模経営体や作業受託経営体まで、地域内の多様な経営、流通実態に応じて対策チームの範囲および構成員を工夫することが重要です。持続的に組織を運営するには、組織が異なる 2 者以上の先導者がチーム活動の企画立案を行ない、共通認識のもと、チーム内の情報共有を円滑にすることが必須です。

地域チームを設立し（例として図 2）、活動の目標および方法、役割分担を明確にし、情報共有を行います。

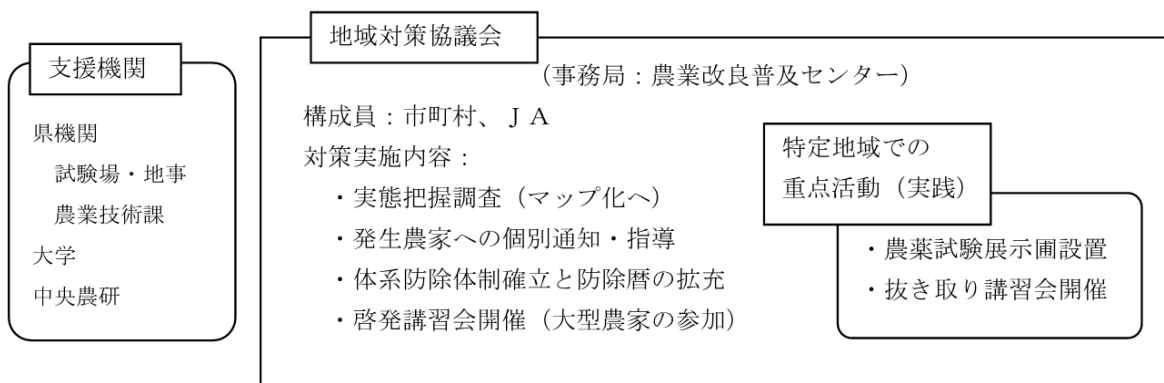


図 2 地域全体への周知および特定発生地域での重点活動を平行させる体制例

3) 組織活動内容とその効果

(1) 周知活動

雑草イネの初発地域では、初発圃場の経営者を含め地域内の雑草イネに対する認知度、危機意識ともに低いのが実態です。そこで、雑草イネはどのようなものかを周知し、認知度を高めることが第一歩です。

(2) 発生圃場のマップ化、営農活動との関連づけ

雑草イネが発生した圃場、発生が疑われる圃場を中心に周囲の圃場、農業機械の作業行程順を組織活動により調査、マップ化します。さらに経営者や農作業受託者の営農情報と関連づけ、発生の通知とともに、防除対策情報を提供します。

多数の圃場を巡回調査し、雑草イネを発見するには多大な労力がかかります。効率化には、GPS カメラで取得した位置情報付き画像から GIS ソフト、GPS 連動型地図ソフトを用いた地図化が有効です（細井ら 2014、渡邊 2015、p.63 参照）。

(3) 防除技術の周知、実践

省力、低コスト化への要望が強い稲作にあつて、雑草イネ防除は労力、生産費とも一時的な掛かり増しを避けられません。しかし、放任や防除回数の不足による被害の拡大、地域への拡散、産地イメージの低下等を訴え、防除の必要性、組織活動による支援の必要性について、繰り返し周知することが重要です。防除暦の作成や配布、講習会や研修会の開催、個々への支援を通じて、特別な防除内容とその理由を周知し、従来の営農活動の変更を含めて防除の実践を促します。

また、地域内で拠点となる圃場において、モデル防除体系を複数年継続し、根絶までの成功事例を作ることが有効となります。

(4) 担い手経営体との連携

作業受託、経営受託により地域の稲作を担い、営農活動の情報が集まる担い手経営体との連携、組織活動への協力は重要です。周知活動や防除実践の先導役として、地域組織との情報共有を図り、連携を図ります。

(5) 効果

認知度が上がることにより、雑草イネの発生が疑われる圃場情報の収集が早まります。そして早めに発生圃場を特定することで初動が早まり、雑草イネの発生密度が低いうちに、労力を集中して防除に取り組むことが出来ます。これらの結果、当該圃場では防除年数が短縮し、地域への拡散も最小限に抑えることができます。

4) 参考文献等

- ・長野農試 2012. 「雑草イネ総合防除対策マニュアル」
<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf>
- ・細井ら 2014. 雑草イネ発生状況の効率的なマップ調査法および確率分布に基づく発生レベル構成のモデル (第 237 回日本作物学会講演会:208)
- ・渡邊・細井 2015. 圃場における雑草イネ発生調査と被害の可視化. (日本作物学会第 240 回講演要旨集:148-149)

12. 車窓法による調査

1) 雑草イネ発生マップの重要性

雑草イネの蔓延を防止するには、現地調査によって圃場ごとの発生マップを作成して、関係者で情報を共有しながら対策を進めることが重要です。通常、雑草イネ発生調査は、圃場巡回による筆単位の立毛観察を行い、発生圃場を地図に記録します。雑草イネの発生が多い地域では、調査対象圃場が広範囲に及ぶため、ここでは車窓から達観とGPS端末を利用した調査方法を紹介します。

2) GPS 端末と車窓法による雑草イネ調査

圃場に接する農道を自動車で低速（速度：約10～20km/h）走行させ、車窓の両側から圃場を達観し、雑草イネの発生量のレベルにより、0（無）、1（微）、2（中）、3（多）のカテゴリを記録します。カテゴリ1は数個体が散見、カテゴリ2は手取りが可能なレベル、カテゴリ3は手取り不能なレベルです。カテゴリの設定は、調査目的で異なることがあります。発生の有無（0、1）でもかまいません。発生圃場の位置はGPS端末で記録します。このとき、ジャイロ内蔵のGPSカメラを使用することで、調査圃場の風景、撮影位置、撮影



図1. GPSカメラで撮影した雑草イネ発生圃場の位置（カシミール3Dのプラグインを利用。写真中の赤い矢印は撮影方向を示す）。

方向を特定することができます。道路の両側に水田がある場合、道路上で記録したGPSの点がどちらの水田を示したものかを知るために、撮影方向の記録は重要です。緯度経度と撮影方向の情報は画像ファイルのEXIFに保存され、カシミール3D（windows版）を利用し、EXIFを自動で読み込むプラグインによって発生圃場の位置を特定できます（図1）。

3) 雑草イネ発生マップの作成

調査対象地域の圃場図のシェープファイルを開発者のオープンソースのQGIS（QuantumGIS）で作成し、属性ファイルに発生カテゴリを入力し、

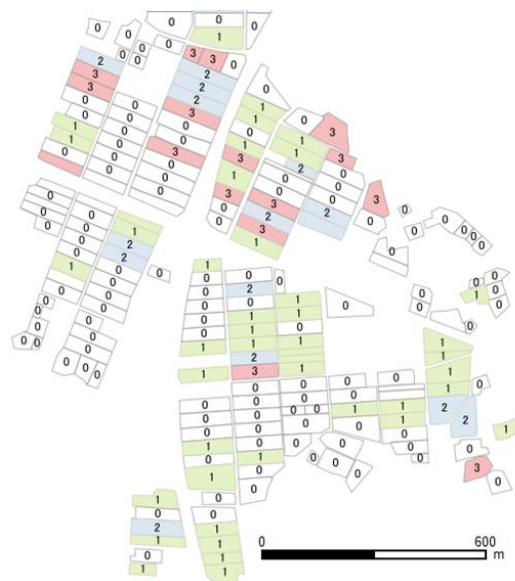


図2. 車窓法によって判別した雑草イネ発生圃場の位置。圃場区画内の数値は発生カテゴリを示す。（0=無、1=微、2=中、3=多）。

雑草イネ発生マップを作成できます（図 2、渡邊ら 2015）。圃場区画は GoogleMap などの航空写真によって目視でトレースし、ユーザが独自に作成する必要があります。圃場区画は住宅地図など市販の地図を使うことも可能ですが、著作権の確認が必要となります。

4) 調査効率

徒歩による従来調査では、15～17 分／筆／人の効率で雑草イネ発生圃場の調査が行われています。上記に示した車窓からの達観調査で雑草イネ発生頻度を簡易に判断する方法では、3 分／筆／人の効率があります（細井ら 2014、表 1）。

表1 細井ら(2014日作紀83(別)208-209)による報告

			作業効率
方法1	従来型	圃場毎に畦畔・水田内を歩き丁寧に判定。	15-17分/筆/人
方法2	改良型	圃場際の農道を低速で走り、車窓から達観で判定。	3分/筆/人

5) 注意点

- ① ここで紹介した調査方法は、雑草イネと栽培イネの出穂時期に行い、栽培イネより少し草丈の高い雑草イネを検出するために行ったものです。出穂時の草丈や穂の高さにほとんど差のない雑草イネの検出は困難です。
- ② 畦や農道から車窓による達観調査では、ごく少数しか発生していない個体を見落とすことがあります。多発生している圃場は容易に確認できます。
- ③ 畦や農道からの達観によって畦や通路に近い場所で水稻生育初中期に移植ラインから外れた個体の検出が可能で、漏生イネの発見にも適用できます。圃場の中央部分や大規模水田では検出が難しいことがあります。
- ④ 表 1 に示した従来法は地域内で雑草イネの初発が確認され、周辺圃場を含めて詳細な調査が必要な場合に実施します。改良法は地域内で発生圃場が多数みつき、広域分布調査が必要なときに実施します。

6) 参考文献等

- ・渡邊・細井 2015. 圃場における雑草イネ発生調査と被害の可視化（日本作物学会第 240 回講演要旨集:148-149）
- ・細井ら 2014. 雑草イネ発生状況の効率的なマップ調査法および確率分布に基づく発生レベル構成のモデル（第 237 回日本作物学会講演会:208）
- ・カシミール 3D の入手（<http://www.kashmir3d.com/>）
- ・QuantumGIS の入手（<https://www.qgis.org/ja/site/forusers/download.html>）

13. 小型無人ヘリ（ドローン） による調査

1) 技術の概要

小型無人ヘリ（ドローン）は、GPSによる自律飛行を行うことで圃場上空から鮮明な空撮画像を得ることができます。栽培イネ、漏生イネ、雑草イネは植物学的に同種であるため、葉の形や色の違いはありませんが、移植ラインから外れた個体を空撮画像から検出することで、雑草イネもしくは漏生イネの発生圃場を簡易に知ることができ、防除対策が必要な圃場をピックアップできます。ここではドローン空撮画像を利用した漏生イネ・雑草イネの検出技術の紹介と飛行及び撮影に必要な注意点を記します。

2) 必要な資材・機材・条件等

(1) 使用機材

使用するドローンの機体とカメラは、市販機種（DJI 製 Phantom シリーズ）と本体に付属している RGB デジカメを使用します（図 1-A）。DJI 製の他機種でもほぼ同等の使い方が可能です。

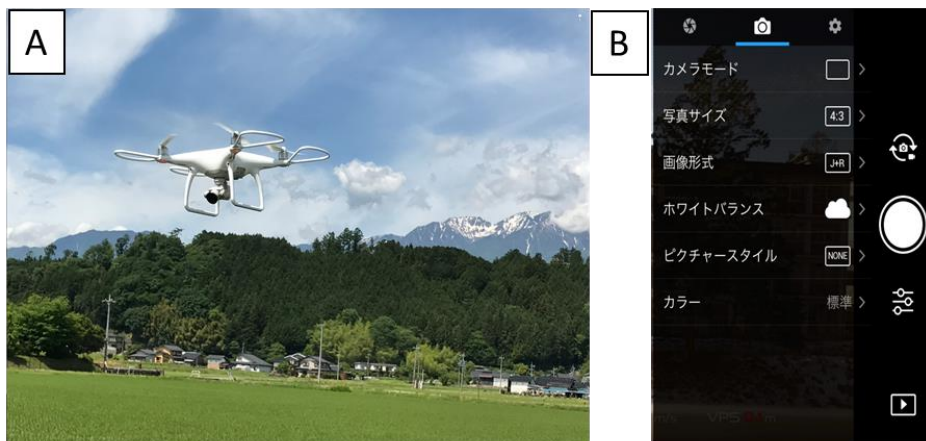


図1. Phantom4による観測(A)とDJI GO4によるカメラ設定(B).

(2) 機材の設定（機体動作確認、GPS 捕捉、カメラ設定）

現地でドローンによる観測を行う前に、ドローン本体の動作確認を行います。ドローンの設定は送信機にタブレットもしくはスマートフォンを接続し、設定用アプリ DJI GO4(iOS、Android)を起動します（図 1-B）。DJI GO4 では本体と送信機のファームウェア、バッテリー状態、GPS 衛星の捕捉数（通常は 14～18 個）を確認し、機体のコンパスキャリブレーション

ョンを行います。カメラは表 1 を参考に設定します。1 枚の画像サイズは画像形式が JPG の場合で 3~4MB 程度となります。通常の撮影は JPG 形式で十分です。

表1. 空撮に必要な機材とカメラ設定

機体	Phantomシリーズ, MarvicProなど	画像保存	MicroSD HC1 (16GB以上)
送信機	本体付属	撮影モード	シングルショットもしくは連写
送信機装着端末	iOSもしくはAndroid端末	画角	4:3
機体制御アプリ	DGJ G04	解像度	4000x3000pix
バッテリー	本体付属及び予備数本	画像形式	JPG
レンズフィルター	ND4など減光フィルター	ホワイトバランス	晴天もしくは曇天モード
自律飛行設定アプリ	DJI GS Pro (iOSのみ)	画像確認アプリ	ImageJ, QuantumGISなど

(DJI GS PRO の入手 <https://www.dji.com/jp/ground-station-pro/info>)

(3) 飛行ルートとカメラ角度の設定

ドローン飛行制御アプリ (DJI GS PRO) で飛行エリアの地図を表示したのち、カメラモデル (DJI 製の機体とカメラを選択)、飛行ルート (スタート地点、撮影範囲、終点) と飛行高度 (m)、飛行速度を設定します。このとき、飛行時間はドローンのカタログ性能の 80% 以内 (概ね 20 分以内) に設定してください。写真のキャプチャーモードは「一定間隔での撮影」もしくは「一定時間での撮影」を選びます。DJI GS PRO の Advanced モードで、進行方向と飛行経路間のオーバーラップ率を指定します。ここでオーバーラップ率を 10% まで下げることによって広域エリアでの撮影が可能になります。事前設定が終わったらミッションを保存し、ドローン本体へミッションを転送します (図 2)。



図 2 DJI GS PRO を用いた飛行ミッションの設定

ドローン本体の GPS 捕捉状態と現在位置を地図で確認し、周囲の安全が確認できたら自律飛行させます。

(4) ドローンを用いた広域調査法・詳細調査法

雑草イネ発生圃場の撮影時期は、水稻移植後1ヶ月前後の田面が良好に見える頃が適しています。

ドローン広域調査法：DJI GS PRO の Advanced モードで、カメラ角度を水平から少し下向き（ジンバルピッチ角=-15.0° 前後）に設定し、人が圃場を眺める視点に近づけます。図3には、約4.73ha 圃場を13.2分で飛行させるミッション(調査面積効率=35.8a/min)で、高度12m、飛行速度5m/s、撮影間隔2s（10m直進するごとに1枚撮影）の条件で、条間に生育する雑草イネ・漏生イネの個体の確認を行った事例を示しました。カメラ角度を水平に近くして撮影すると、圃場での個体の認識が容易となります。

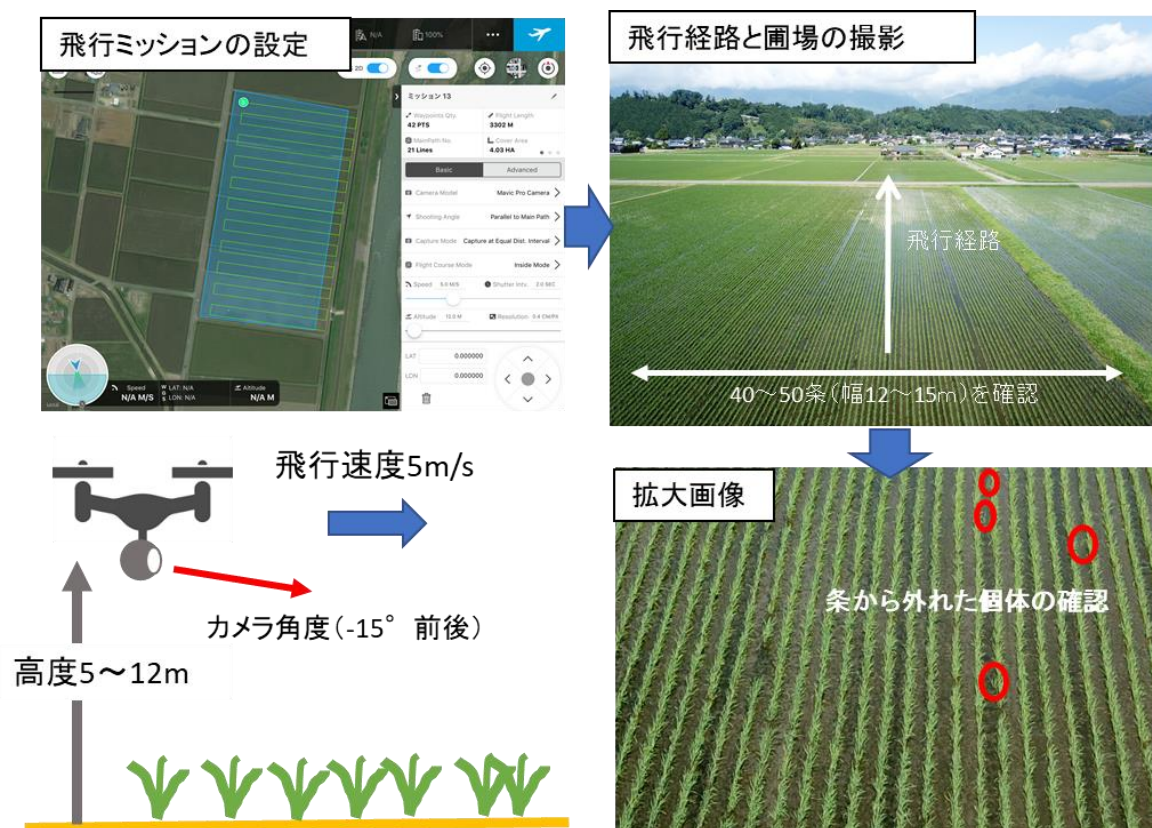


図3. カメラ角度-15° に設定したときの飛行ミッションと個体検出

ドローン詳細調査法：DJI GS PRO の Advanced モードで、カメラ角度を真下（ジンバルピッチ角=-90°）に設定し、航空写真に準じた撮影を行います。図4には、約52a 圃場を11.9分で飛行させるミッション(調査面積効率=4.4a/min)で、高度12m、飛行速度4m/s、撮影間隔2sの条件で、条間に生育する雑草イネ・漏生イネの個体の確認を行った事例を示しました。ドローン詳細調査法では機体を移動させながら撮影するため、条件によってはピントが不鮮明な画像が取得されます。飛行高度を下げるとより解像度の高い鮮明な画像を取得できますが、圃場全体をカバーするには撮影枚数が多くなります。ドローン詳細調査法では個体発生位置の特定が可能となります。

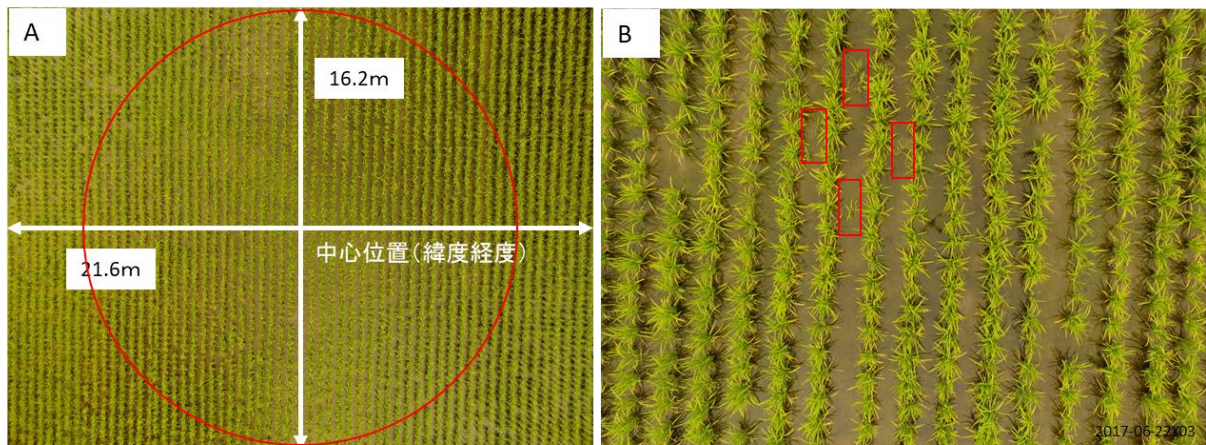


図4. カメラ角度-90°（直下視）に設定したときの撮影範囲と個体検出

(5) EXIF を利用した発生圃場の確認

ドローンで撮影した空撮画像には撮影位置の緯度経度が画像ファイルの EXIF に保存されます。フリーソフトの IrfanView (<https://www.irfanview.net/faq.htm>) で撮影画像を表示したのち、画像のインフォメーションボタンを押します。画像のプロパティが表示されるので、左下の EXIF Info ボタンを押し、さらに「Show Google Maps」ボタンを押すと、撮影地点が GoogleMap に表示されます。位置情報の確認と共有は画像そのものを共有することで実施できます。



図5. 空撮画像の EXIF を利用した撮影位置のマップ表示

3) 期待される効果

(1) 空撮画像を利用した雑草イネの検出

空撮画像を使うことで、これまで発生を見落としていた圃場内での発生状態を検出することができます。ドローン空撮画像には緯度経度が EXIF に保存されるため、地図化をスムーズに行うことができます。

(2) ドローンを利用した調査効率

広域調査法によって水田圃場約 5ha 程度のエリアを撮影する場合、カメラ角度を -15° 、飛行速度を 4~5m/s、飛行高度 10~12m に設定した場合、調査面積効率は 27~36a/min、調査精度は 80~86% となります。カメラ角度を -90° 、飛行速度 2m/s、飛行高度を 25m に設定した場合、調査精度は 75% 前後、調査面積効率は 30a/min 程度となります。詳細調査法では調査面積効率は約 5a/min、調査精度は 80~100% となります (表 2)。

表 2 ドローン広域調査法と詳細調査法の撮影条件、調査面積効率、調査精度の比較

手法	撮影日	飛行高度 (m)	飛行速度 (m/s)	カメラ角度 (Degree)	圃場面積 (a)	飛行距離 (m)	飛行時間 (min)	調査面積効率 (a/min)	調査精度 (圃場カバー率%)
広域調査	2018-06-08	12.0	5.0	-15.0	473.0	3302.0	13.2	36.0	86.1
広域調査	2018-06-08	10.2	4.3	-15.0	467.6	3485.0	16.3	27.9	80.6
広域調査	2018-06-12	25.0	2.0	-90.0	564.8	1489.0	17.6	32.0	74.8
広域調査	2018-06-12	25.0	2.0	-90.0	552.4	1546.0	18.3	28.7	77.4
詳細調査	2017-06-22	12.0	4.0	-90.0	52.2	697.0	11.9	4.4	95.0
詳細調査	2017-06-27	15.0	4.7	-90.0	80.2	1016.5	13.6	5.9	83.0

要素技術 13 (p.61~) で示した改良型調査法と本章で示したドローンによる調査法について調査精度、調査効率を比較すると表 3 のようになります。調査範囲や検出精度に応じて、調査方法を選択する必要があります。

表 3 雑草イネ・漏生イネ発生調査方法の比較.

調査方法	調査精度 (圃場カバー率%)	調査効率 (a/min)	調査精度x調査効率	適用場面
従来型 ¹	100	2	200	雑草イネ初発地域
改良型 (車窓調査法) ¹	5	10	50	雑草イネ多発地域
ドローン広域調査	70~90	30	2100~2700	雑草イネ・漏生イネ発生圃場特定
ドローン詳細調査	80~100	5	400~500	雑草イネ・漏生イネの圃場内分布

1: 細井ら (日作記, 83 (別) 208-209, 2014年)

4) 注意点 (変動条件等)

(1) 太陽光の田面反射と風の影響

晴天時に太陽が真上にあるときに撮影すると太陽光反射で田面の状態が確認できないことがあります (図 6)。撮影時の天候は薄曇りが最適で、午前中の早い時間帯に撮影します。太陽光の反射を軽減するため、ドローンのカメラに減光フィルターをつけることも有用です。

ドローン飛行の注意点としては、強風時の飛行は避けることです。多くの地域では夏の午後になると風が強くなることがあります。風速は最大で 6m/s 以下、できれば 3m/s 程度までが望ましい条件です。

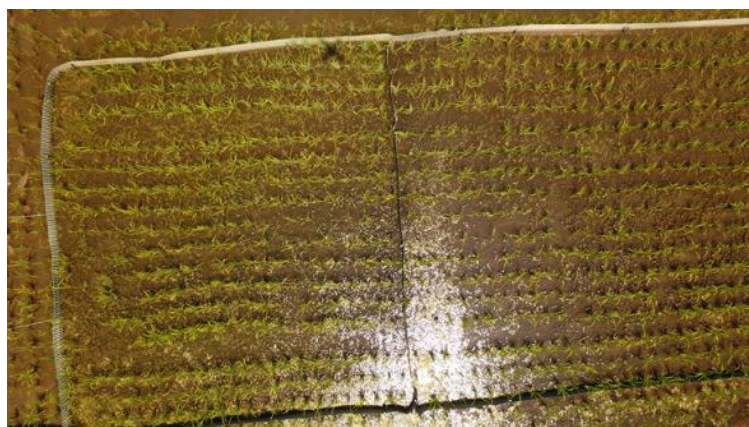


図6. 太陽光の反射により確認が困難な空撮画像。

(2) 雑草イネ・漏生イネ・栽培イネの区別

雑草イネ、漏生イネ、栽培イネは植物分類学的には同じ種で、葉色や草型に違いはありません。空撮画像では移植ラインから外れた個体、植えた覚えのないイネを検出しているため、現地調査と合わせた情報収集が必要です。

(3) 飛行制限エリア

改正航空法により、高度 150m 以上、飛行場周辺、住宅密集地、イベント会場周辺での飛行には制限があります。飛行制限エリアで撮影を行うときには国土交通省へ許可申請を出す必要があります。飛行禁止エリアの確認と許可申請の方法については下記サイトを確認してください (<https://www.sorapass.com/map/>)。

(4) 画像解析

表 3 に示した調査効率には画像処理にかかる時間は含まれていません。PC のスペックや解析スキルによって大きく異なります。広域調査法で動画を撮影し、大型のモニターや TV 画面で確認する場合には、特殊な画像処理は不要です。

(5) 対応機種

ドローンの自律飛行支援アプリ（DJI GS PRO）の適用外となる機種があるため、本調査を実施するときには適用対応機種を確認する必要があります。

5) 参考文献等

- ・渡邊 2016. ドローンによる雑草・病虫害発生の早期発見（植物防疫、70(12):46-50)
- ・渡邊ら 2017. ドローン空撮画像処理による雑草イネの効率的検出法の検討（日本雑草学会 第 56 回大会講演要旨集:57)
- ・DJI 製ドローンの自律飛行アプリ : DJI GS PRO (<https://www.dji.com/ground-station-pro>)
- ・撮影画像の地図表示 : IrfanView (<https://www.irfanview.net/faq.htm>)
- ・ドローン専用飛行支援地図サービス : 飛行制限エリア (<https://www.sorapass.com/map/>)
- ・国土交通省 無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン (<http://www.mlit.go.jp/common/001228024.pdf>)

II.実証試験編

本編では、本マニュアルで紹介した技術の組み合わせにより得られる防除効果と、その場合の防除経費について、現地圃場で確認した実証試験結果をもとに記載します。

実証試験の概要と 導入技術選択の考え方

1) 実証試験の概要

本実証試験編では、特に防除が難しい直播栽培を中心に、本マニュアルで紹介した要素技術を組み合わせた防除効果について、現地圃場で検証した結果を記載しました。試験は長野県、茨城県、宮城県、福岡県の4カ所で行い、長野県と茨城県は雑草イネの防除を目的とし、宮城県と福岡県は漏生イネの防除を目的としました（表1）。

表1 現地実証試験の概要

紹介頁	防除対象	実施場所	水稲栽培様式	利用技術
p. 75	雑草イネ	長野県	移植栽培/湛水直播栽培	石灰窒素+不耕起+有効除草剤+手取り除草
p. 80	雑草イネ	茨城県	乾田直播栽培	石灰窒素+蒸気除草+不耕起+有効除草剤
p. 87	漏生イネ	宮城県	湛水直播栽培	石灰窒素+不耕起
p. 93	漏生イネ	福岡県	湛水直播栽培	特定4HPPD阻害剤

この結果を要約すると下記の通りとなります（表2、表3、表4、図1、図2）。図表にあるとおり、雑草イネに対しては、直播栽培においても前年の3~10%程度にまで残草個体数を低下させることができました。漏生イネに対しては、宮城県では不耕起の効果が得られず効果が低下したものの、福岡県では高い効果が認められました。

表2 現地実証試験で確認された効果と除草経費の試算

防除対象	実施場所	防除効果	除草経費（10aあたり）*
雑草イネ	長野県	前年比3~10%に減少	10,300~11,000円増加(300~900円増加)
雑草イネ	茨城県	前年比2.5~10%に減少	22,000~28,100円増加
漏生イネ	宮城県	対照区比37%に抑制	3,600円増加
漏生イネ	福岡県	埋土種子数比で0.03~0.04%に抑制	2,000~3,900円増加

*除草経費は従来の慣行除草体系との比較。

長野県は()内に、雑草イネの手取り除草を行う従来体系（手取り除草経費を含めた試算）との比較を示した。

他の事例は、比較体系に手取り除草経費を含めていない。

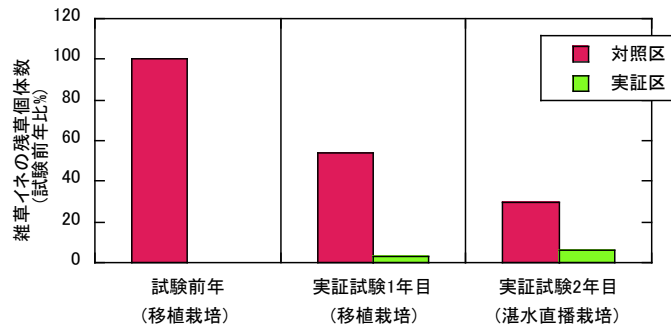


図1 石灰窒素・有効除草剤を利用した雑草イネ多発圃場の雑草イネ防除事例（長野県）

対照区：慣行除草剤+手取り除草。1年目だけ試験前年収穫後に石灰窒素散布(50kg/10a)を行った。

実証区：石灰窒素秋散布(50kg/10a)+雑草イネに有効な除草剤+手取り除草。

冬期間は両区とも不耕起とした。

対照区の実証区（慣行除草剤+手取り除草経費を含む）に対する実証区の実証区は、移植栽培で300円/10a増、湛水直播栽培で900円/10a増。慣行体系（雑草イネの発生がなく、手取り除草経費が不要な場合の体系）と比較すると、実証区の実証区は移植栽培で10,300円/10a増、湛水直播栽培で11,000円/10a増。

表3 石灰窒素・蒸気処理防除機・遅播きを利用した乾田直播栽培における雑草イネ防除事例（茨城県）

	試験前年	実証試験1年目		実証試験2年目*	
	収穫前	播種前	収穫前	播種前	収穫前
対照区	4	170		3	
実証区		4	0.1	0	0.01

表中の値は収穫前の雑草イネの残草個体数と播種前の出芽個体数（本/m²）。

対照区：1年目は石灰窒素秋散布(50kg/10a)、2年目は無処理。

実証区：石灰窒素秋散布(50kg/10a)+蒸気処理(0.5km/時間)+遅播き。

冬期間は両区とも不耕起とした。除草剤は両区とも同じとし、初年目は慣行除草剤、2年目は雑草イネに有効な除草剤。

*2年目の試験は1年目の実証区の跡で実施した。

慣行体系に対する実証区の実証区は22,000~28,100円/10a増（ただし蒸気処理防除機のレンタル費等は含まない）。

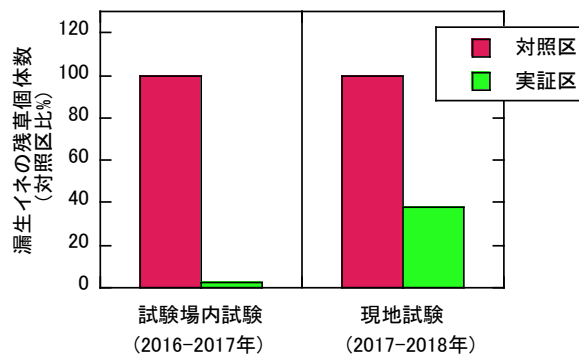


図2 石灰窒素・不耕起を利用した湛水直播栽培における漏生イネ防除事例（宮城県）

対照区：秋耕起。

実証区：秋不耕起+石灰窒素秋散布(50kg/10a)。

除草剤は両区とも同じ慣行除草剤を使用。

対照区に対する実証区の実証区は3,600円/10a増。

表 4 特定 4HPPD 阻害剤を利用した除草剤感受性品種由来の漏生イネ防除事例（福岡県）

試験年	埋土種子量 (粒/m ²)	残草量	
		個体数(株/m ²)	埋土種子数比率(%)
2017年	535	0.2	0.04
2018年	78	0.02	0.03

実証区：湛水直播栽培で発生する「ミズホチカラ」由来の漏生イネに対して、特定の 4HPPD 阻害剤を含む除草剤を 3 回散布。
 対照区（慣行の乾田直播栽培）に対する実証区の経費は 2,000～3,900 円/10a 増。

（2）導入技術選択の考え方

本実証試験では、要素技術の組み合わせにより、直播栽培において前年比で 10%以下に雑草イネ残草個体を抑制する防除結果が得られました。しかし表 2 に示したように、除草経費は高くならざるを得ないのが現状です。また徹底防除を行うためには、前年比 10%以下まで抑制した場合でも、手取り除草を行って、脱粒種子を残さないようにすることが重要です。一方で、雑草イネが発生した圃場で水稻作を継続する場合は、手取り除草に費やすコストが膨大となり、除草経費も極めて高くなります。雑草イネがひどくまん延した圃場では、手取り除草コストの軽減策として、本防除技術の組み合わせの導入を検討して下さい。

要素技術の組み合わせについては、「防除の考え方」（p.5～）に記載したとおりですが、越冬期間の不耕起（寒冷地）および有効な除草剤体系に加え、手取り除草を行うのが基本となります（図 3）。基本技術の導入が難しい場合は畑作への転換を検討してください。雑草イネが多発した場合やまん延した場合は、まん延程度と手取り除草に要する経費を考慮して追加技術を導入し、徹底防除に努めて下さい。

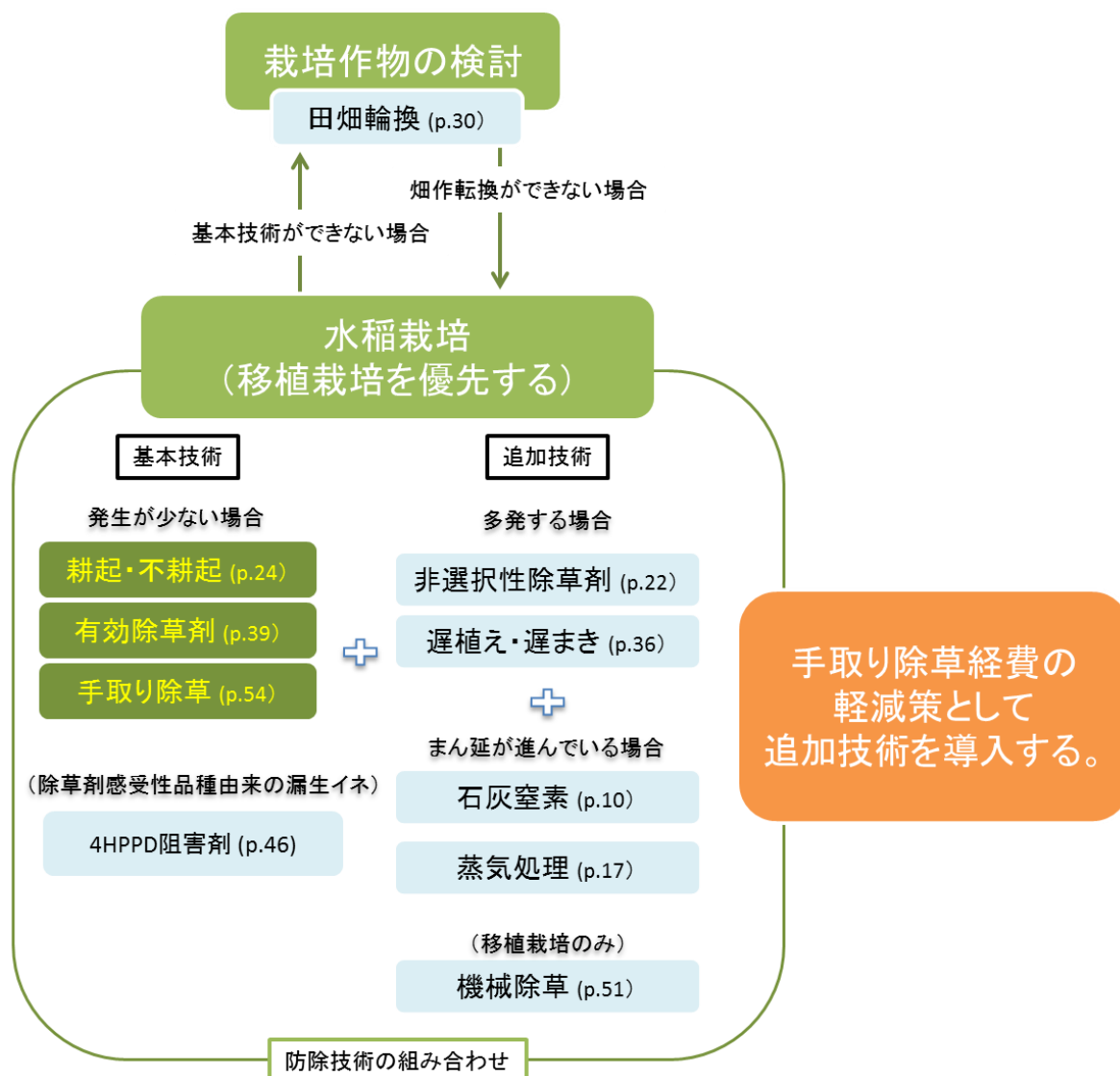


図3 導入技術選択の考え方

(括弧内の数字は本マニュアル内の対応するページ)

1. 石灰窒素・有効除草剤を用いた 雑草イネ防除事例

1) 実証試験の概要・防除体系

- <実証試験地> 長野県 A 市
- <試験年次> 2016 年～2018 年
- <防除対象> 雑草イネ
草丈：「コシヒカリ」より高い
出穂期：「コシヒカリ」よりやや早い
出穂時のふ先色：赤紫色 玄米の外観：赤茶色
- <栽培様式> 湛水直播栽培（カルパー種子を用いた土中条播）、移植栽培
- <栽培品種> 「コシヒカリ」、「風さやか」
- <圃場面積> 20a
- <実証防除体系>
- ①水稲収穫後：石灰窒素散布、冬期間は不耕起。
 - ②翌年水稲作：移植や播種後に雑草イネに有効な除草剤を体系処理、手取り除草。

長野県内で雑草イネが発生している圃場では、「雑草イネ総合防除対策マニュアル」（長野農試 2012）を参照し、移植栽培において雑草イネに有効な除草剤の体系処理を中心に、栽培イネの出穂期前後の手取り除草を組み合わせた防除を行っています。低コスト技術として切望されている湛水直播栽培については、有効な除草剤体系が組めないことから断念している事例が多くなっています。また、移植栽培においても手取り除草が盛夏となるため、労働負荷が大きく、生産費（労働費）を増大させています。そこで、慣行の防除法に加え、水稲収穫後に土壌表面にある雑草イネ種子に対して防除効果のある石灰窒素を組み入れた体系防除を実証しました（図 1、表 1）。石灰窒素の処理時期は水稲収穫後であるため、作業競合が少ない点も利点となります。

試験地の平年の気象条件は、10 月～3 月の日平均気温が 3.4℃、降水量合計が 792mm、降雪量合計が 841cm、水稲作付期間の 5 月～9 月には同じく 20.5℃、292mm、0cm です。



図1 実証の経過

(2018年、長野農試)

上段：右が直播直後の実証圃場（左は移植圃場）。

中段左：直播1ヶ月後。雑草イネと疑われる条間からの漏生はみられない。

中段右：出穂始期のコシヒカリの中に開花期の雑草イネが散見された。手取り除草を実施した。

下段：

収穫前の圃場。雑草イネは見られず、玄米製品への混入もなかった。

2) 圃場の栽培管理と調査方法

2017年（実証試験1年目）は移植栽培、2018年（実証試験2年目）は湛水直播栽培を行い、雑草イネに対する防除体系、施肥窒素の減量を実施しました（表1）。また、同一圃場内に雑草イネに有効な除草剤を使用しない箇所（対照区）を設けて体系防除の効果を比較しました。

7月および出穂後（8月）に雑草イネの残存個体数を調査し、調査後に手取り除草を行って抜き取り作業時間を調査しました。また水稻の生育および窒素吸収量（7月、9月）、収量（9月）および玄米品質、雑草防除等に要した経費について調査しました。

表1 実証圃場における耕種概要（2018年、長野農試）

時期	項目	実証区	対照区	
2016年	収穫期	雑草イネ	中程度の残草	
	刈取跡	石灰窒素 ¹⁾	10月に50kg	
2017年	3～4月		耕起作業	
	作付中	栽培様式	移植（5月）	
		品種	風さやか	
		有効除草剤 ²⁾	3回	なし
		手取り除草	出穂前（7月）→出穂後（8月）	
		窒素減肥量 ³⁾	1.5kg	—
	刈取跡	石灰窒素 ¹⁾	10月に50kg	なし
2018年	3～4月		耕起作業	
	作付中	栽培様式	湛水直播播種（5月）	
		品種	コシヒカリ	
		有効除草剤 ²⁾	3回	なし
		手取り除草	出穂前（7月）→出穂後（8月）	
		窒素減肥量 ³⁾	2.3kg	—

1) 10a 当たりの散布量。

2) 実証区：2017年（移植栽培）の1回目はエリジャン乳剤、2回目はアルハーブフロアブル、3回目はアピログローMX ジャンボを用いた。2018年（直播栽培）の1回目はボデーガード1キロ粒剤、2回目はフルイニングジャンボ、3回目はザーベックスDX 1キロ粒剤を用いた。使用除草剤は、「雑草イネ総合防除マニュアル」（長野農試2012）および地区防除基準をもとに選定した。

対照区：雑草イネに効果が見込めない除草剤を使用した。

3) 10a 当たりの窒素換算減肥量

3) 防除効果、水稻の生育・収量

(1) 雑草イネに対する防除効果

実証試験前年に約1株/m²の雑草イネが発生していた現地圃場において、石灰窒素の散布、雑草イネに有効な除草剤を使用したところ、2年ともに試験前年（前年対照区）の10%以下の発生量に抑制しました（図2）。

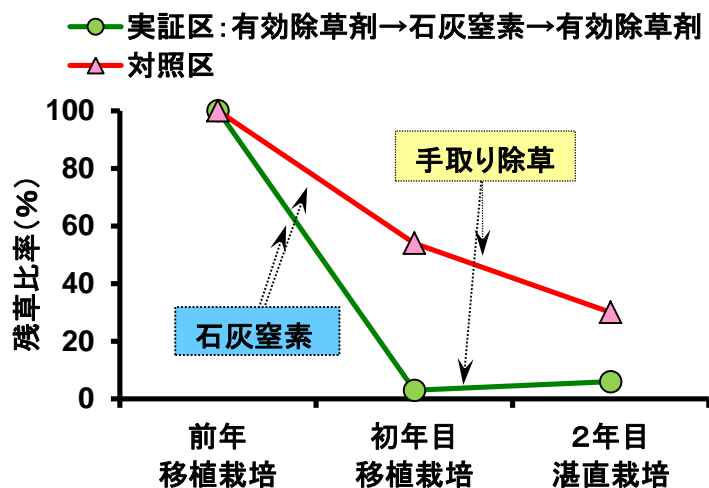


図2 石灰窒素と有効除草剤を用いた実証防除体系の効果（2018年、長野農試）
両区とも前年の水稲刈取り後に石灰窒素を散布し、初年目の作付け期間中の手取り除草を行った。石灰窒素は50kg/10aを散布した。対照区は雑草イネに効果のない除草剤体系を使用。

（2）石灰窒素散布による水稲への影響

実証試験1年目は倒伏程度が増加し、2年目は整粒率が低下しました。長野県内における他の試験事例で、慣行窒素施肥量に比べ窒素換算で2.8～4.5kg/10aの減肥とした場合には、水稲の倒伏の発生、収量、玄米品質（整粒率、蛋白含有量）への影響がなかったことから、減肥量は3kg/a（窒素換算）程度が目安と考えられます。

4）技術の導入による生産費コストの増加

長野県の雑草イネが発生する圃場では、雑草イネに効果がある除草剤を3回散布し、残った個体を手取りで除草するため、雑草イネが発生しない圃場に比べ防除費用が大きく増大します。石灰窒素は経費負担がありますが、雑草イネが多発する圃場に比べれば雑草イネが減少するため、手取り除草労賃が減少し、さらに、減肥することにより掛かり増し経費が圧縮されます（図3）。

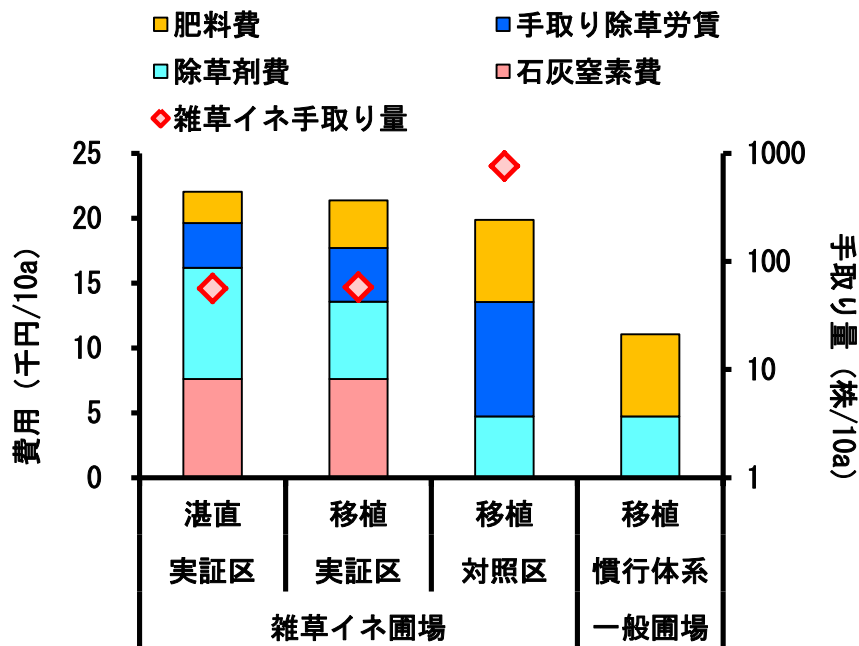


図3 石灰窒素と有効除草剤を用いた実証防除体系の経費の試算（2018年、長野農試）
 現地実証圃場における防除にかかる費用、石灰窒素処理による翌水稲作での減肥、手取り除草労賃（1000円/時間）から試算した。一般圃場は、雑草イネの発生がない近隣のコシヒカリ移植栽培における試算。

5) 生産者の評価と今後の課題

石灰窒素を組み入れた防除体系を行ったところ、雑草イネの手取りが格段に楽になり、玄米への混入もなくなり好評でした。石灰窒素が水稲収穫後から翌年の耕起までの間にいつでも使えるので、作業の負担感が少なく、期待が大きいとのこと。

確実な効果を得るには石灰窒素を散布する前に稲わらを除去しなければなりません。秋期の天候によっては稲わら収集ができないこともあるため、こうした圃場や年次で条件が異なった場合の対応が課題になります。

6) 試験に使用した資材

粒状石灰窒素 55

ボデーガード1キロ粒剤

フルイニングジャンボ

エリジャン乳剤

ナイスミドル1キロ粒剤

ザーベックス DX1キロ粒剤（「雑草イネ総合防除マニュアル」（長野農試 2012）より選定）

アピログロウ MX ジャンボ（A地区防除基準より選定）

2. 蒸気処理・石灰窒素を用いた 雑草イネ防除事例

1) 実証試験の概要・防除体系

- <実証試験地> 茨城県A市
<試験年次> 2016～2018年
<防除対象> 雑草イネ（図1）
草丈：コシヒカリより高い 出穂期：コシヒカリより早い
出穂時のふ先色：赤紫色 玄米の外観：赤茶色
- <栽培様式> 不耕起乾田直播栽培
<栽培品種> 多収性水稻品種
<圃場面積> 43 a
<実証防除体系> ①水稻収穫後：蒸気処理防除機(JJ7)、石灰窒素散布、不耕起
②翌年水稻作：遅まき及び播種前の除草剤散布

本試験を実施した生産者における水稻作付面積は55 ha、うち乾田直播栽培面積は15 haです。大規模経営体において作業の省力化は必須であり、本生産者においても、育苗が不要な直播栽培は重要な位置づけとなっています。2014年頃から、直播圃場で雑草イネの発生が目立つようになり、年々発生が増加して、2016年には4本/m²（圃場を眺めて雑草イネを容易に何個体も認識できる状態。図2）と多発しました。収穫後の玄米への混入も多く、色彩選別機を数回通してようやく出荷できる状態でした。

本事例では、2016年～2018年にかけて、栽培イネ収穫後の圃場を蒸気処理及び石灰窒素散布し、不耕起で越冬した後、翌年の水稻（乾田直播栽培）を5月上～中旬播種として播種前に発生した雑草イネを非選択性除草剤で一斉防除する「遅まき」を組み合わせた体系防除を2サイクル実施しました。



図1 雑草イネの穂



図2 防除実施前の雑草イネ発生状況
(出穂している個体が雑草イネ。2016年7月29日撮影)

2) 圃場の栽培管理と調査方法

実証圃場における雑草イネに対する体系防除は表1により行いました。水稻収穫後の蒸気処理(図3)及び石灰窒素散布、さらに翌年の水稻作で播種時期を5月上中旬に遅らせ、播種前までに萌芽した雑草イネを非選択性除草剤で一斉防除する「遅まき」を組み合わせた体系防除を2年間行いました。なお、2016年と2017年で蒸気と石灰窒素の処理順を変えて処理しました。また2年目の試験は、実証区・対照区ともに1年目の実証区の跡で行いました。

調査は、水稻の播種前と収穫前の2回、抜き取りまたは見取りにより、 m^2 あたりの雑草イネの発生個体数を計測しました(表2)。



図3 蒸気除草処理の様子

表1 実証圃場における耕種概要と防除内容

時期	防除内容	雑草イネ	栽培イネ	備考
2016年9月27日	蒸気処理★			処理速度：0.5km/h
〃 10月21日	石灰窒素散布★			散布量：50～70kg/10a
2017年4月中旬		出芽開始		
〃 5月上旬	入水			
〃 5月中旬	落水、 非選択性除草 剤散布★、耕起★			ラウンドアップマックス ロード
〃 5月20日			播種	多収性品種
〃 5月下旬		再出芽開 始	出芽開始	
〃 6月上旬	除草剤散布	3～4葉期	2～3葉期	クリンチャーバス ME 液剤
〃 6月中旬	除草剤散布			ウィナー1 キロ粒剤 51
〃 7月中旬	除草剤散布			クリンチャーバス ME 液剤、 ノミニー液剤
〃 8月2日		出穂期		
〃 8月20日			出穂期	
〃 10月18日			収穫	収量：671 kg/10a
〃 10月20日	石灰窒素散布★			散布量：50kg/10a
〃 11月13 ～14日	蒸気処理★			処理速度：0.5km/h
2018年4月中旬		出芽開始		
〃 4月24 ～25日	入水			
〃 5月7日			播種	早生品種
〃 5月16日	非選択性除草 剤散布★		出芽前	ラウンドアップマックス ロード、マーシエット乳剤
〃 5月31日	除草剤散布		2～3葉期	ポッシブル1 キロ粒剤
〃 7月24日			出穂期	
〃 7月31日		出穂期		
〃 9月4日			収穫	収量：427kg/10a

注1) ★：実証区のみで行った防除内容を示す。

注2) マーシエット乳剤はヒエ等を対象とした土壌処理剤として散布した。

表2 調査方法

調査時期	調査内容	調査方法	評価項目
2017年5月16日 2018年5月5、7日 (栽培イネ播種前)	雑草イネ 発生本数 (本/㎡)	50 cm×50 cm の枠を設置し、 枠内の雑草イネ幼植物を見取 りまたは抜き取りにより計測	「蒸気処理＋石灰窒素」の 防除効果
2017年10月12日 2018年8月22日 (栽培イネ収穫前)		圃場内を見取り調査し、 雑草イネ結実個体数を計測	「蒸気処理＋石灰窒素＋ 遅まき及び播種前の除草 剤散布」の防除効果

3) 防除効果、水稻の生育・収量

<防除効果>

対照区(石灰窒素散布のみの区も含む)では、前年収穫前時点の雑草イネ結実個体数の30～40倍が翌春に出芽しました(図4)。これは埋土種子に加えて、結実個体から脱粒した多くの種子が越冬して出芽したためと考えられます。

水稻播種前調査では、蒸気処理と石灰窒素散布の効果を評価しました。蒸気処理と石灰窒素散布の組み合わせにより、収穫前の雑草イネ結実個体数と同程度の発生本数(対照区比約2.4%)に抑えられました(図4)。

収穫前調査では、蒸気処理と石灰窒素散布に遅まき(播種時期を5月上中旬に遅らせ、播種前に非選択性除草剤で一斉防除する)を加えた体系防除の効果を評価しました。雑草イネ結実個体数は、体系防除実施1年目で実施前の4本/m²から0.1本/m²(2.5%)に、2年目で0.01本(0.3%)に減少しました(図4、図5)。

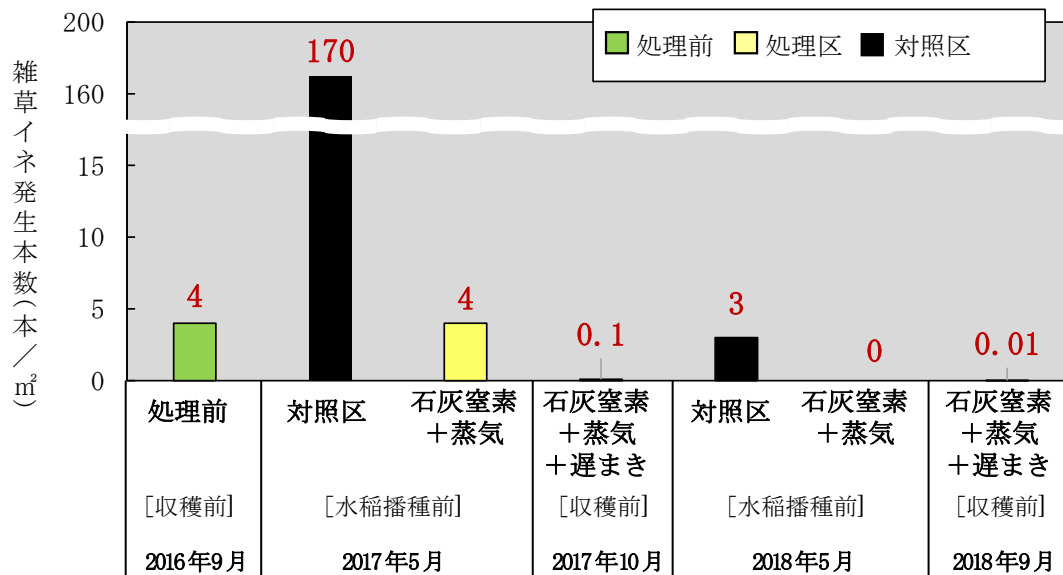


図4 水稻乾田直播圃場における実証防除体系の効果(2018年、茨城農研)

- 2017年5月対照区：2016年の蒸気処理において、処理前日の降雪により蒸気処理の効果を得られず石灰窒素散布のみとなった区。対照区(無処理)と見なした。2018年5月対照区は無処理。
- 図中の値は発生本数(本/m²)を示す。



図5 実証防除体系を実施した圃場における雑草イネ発生状況

- 出穂している個体が雑草イネ。
- 左：体系防除1年実施(2017年8月10日撮影)、右：体系防除2年実施(2018年7月31日撮影)

< 水稻の収量・品質 >

実証圃場における 2017 年の栽培イネの坪刈り収量は 671 kg/10 a でした。同生産者の圃場で、適期播種(2017 年 4 月 7 日播種)の圃場は 806 kg/10 a であったことから、遅まきにより約 17%の減収となりました。

玄米への雑草イネ混入率は、処理前は 2.8%(検査等級：規格外)でしたが、体系防除 1 年目で 0.2%(2 等)、2 年目で 0.03%(1 等)となりました。

4) 技術の導入による生産費コストの増加

蒸気処理、石灰窒素処理、遅まき及び播種前の除草剤散布に係る費用について、それぞれ表 3～表 5 にまとめました。蒸気処理、石灰窒素処理、遅まき及び播種前の除草剤散布すべてを組み合わせた場合、ランニングコスト(蒸気処理防除機のレンタル料及び搬送費等を除いた費用。表 3～表 5 の C+D+E)は 10 a あたり約 27,300 円となりました。

また、体系防除を実施した場合の除草に係るコスト全体を比較したところ、体系防除の実施に伴う掛かり増し経費は 22,000～28,100 円/10a となりました(表 6)。

表 3 蒸気処理に係る費用(処理速度 0.5 km/h の場合)

項目	経費(円)	内訳等
燃料費 (/10 a) (A)	9,822	蒸気処理防除機(JJ7)を使用
うち灯油代	8,880	88.8円/Lで計算
ガソリン代	571	142.8円/Lで計算
軽油代	371	123.8円/Lで計算
労働費 (/10 a) (B)	7,500	時給1,500円、労働力2名 ^{注1)} 、労働時間2.5時間 ^{注2)} で計算
蒸気処理費用合計 (C=A+B)	17,322	

1) 労働力 2 名の内訳はオペレーター 1 名、給水・給油等の補助員 1 名とした。

2) 労働時間には蒸気処理時間のほか、調整・給油・給水・圃場移動・休憩に要した時間も含まれる。

3) 水を約 700 L/10a 使用するが、用水等の使用が可能のため、計上しなかった。

4) 灯油代、ガソリン代、軽油代は 2019 年 1 月 15 日現在の価格。

上記に加え、蒸気処理防除機の利用に係る費用は以下のとおり。

【購入の場合】概算価格 1,500 万円(税別、受注生産)

【レンタルの場合】

レンタル料：1 日 11 万円(税別)

(メンテナンス費・燃料費・オペレーター費を含む。
ボイラ用の水の手配は依頼者。)

別途費用

(a) JJ7 の往復搬送費用：実費

例) 運送業者に依頼し 4t 車を使用して長野～茨城間を往復した場合：92,000 円

(b) オペレーターの交通費：実費

例) 長野～茨城間の場合：約 20,000 円(燃料代+高速道路利用料)

※2 日目以降のレンタル料：初日に操作講習を受けて、依頼者が操作する場合は無料。
ただし、燃料費等のランニングコストは依頼者負担。

表 4 石灰窒素散布に係る費用(50 kg/10 a 散布した場合)

項目	経費(円)	内訳等
肥料費 (/10 a)	7,188	石灰窒素(粒)を 10 a あたり 50 kg 散布
労働費 (/10 a)	750	時給1,500円、労働力1名、労働時間0.5時間で計算
石灰窒素散布費用合計 (D)	7,938	

1) 散布方法は背負い式散布機とした。

2) 石灰窒素(粒)の価格は茨城県における標準価格。

表5 播種前の除草剤散布に係る費用

項目	経費(円)	内訳等
農薬費 (/10 a)	1,810	ラウンドアップマックスロードを10 aあたり500 ml使用
燃料費 (/10 a)	74	軽油消費量0.6 L/10aで計算
労働費 (/10 a)	195	時給1,500円、労働力1名、労働時間0.13時間で計算
除草剤散布費用合計 (E)	2,079	

- 1) 散布方法はブームスプレーヤとした。
- 2) 農薬価格は茨城県における標準価格。
- 3) 灯油代、ガソリン代、軽油代は2019年1月15日現在の価格。

表6 除草にかかる費用の比較

		慣行防除体系 (生産者聞き取り)	実証防除体系(2017年)	実証防除体系(2018年)
	蒸気処理 (ランニングコスト)	—	(表3より) 17,300円/10a	(表3より) 17,300円/10a
	石灰窒素散布	—	(表4より) 7,900円/10a	(表4より) 7,900円/10a
	播種前の除草剤散布	—	(表5より) 2,100円/10a	
播種後出芽前	土壌処理剤+ 非選択性除草剤	トレファノサイド乳剤+ ラウンドアップマックスロード 3,000円/10a	—	(表5より) 2,100円/10a + マーシエット乳剤 3,100円/10a
入水前	茎葉処理剤	ハードパンチDF 2,900円/10a	クリンチャーバスME液剤 3,900円/10a	—
入水後①	初中期一発処理剤	フルイニングジャンボ/ タンボエースジャンボ 3,300円/10a	ウィナー1キロ粒剤51 2,900円/10a	ポッシブル1キロ粒剤 2,700円/10a
入水後②	ヒエ剤	クリンチャーEW 1,900円/10a	クリンチャーバスME液剤 +ノミニー液剤 5,100円/10a	—
	費用合計 (慣行防除体系との差額)	11,100円/10a	39,200円/10a (+28,100円)	33,100円/10a (+22,000円)

- 1) 農薬価格は茨城県における標準価格。
- 2) 2018年のマーシエット乳剤は、ラウンドアップマックスロード(表5に含まれる)との混用で播種後出芽前に散布された。

5) 生産者の評価と今後の課題

生産者からは以下の評価を得ています。

- ・試験圃場では、以前に比べ雑草イネの発生量が目に見えて減った。
- ・収穫した玄米に混入した赤米も、以前は色彩選別機を1回通しただけでは除去しきれず、精米後に再度色彩選別機を通していたが、2017年産、2018年産では、1回で100%除去とはいかないものの、防除前より大幅に除去できるようになった。
- ・蒸気処理、石灰窒素散布、遅播きの組み合わせにより、圃場での雑草イネの発生が減ったと思う。しかし、蒸気処理防除機はコストが高いため、個別農家単独での導入は難しい。当面は、雑草イネの発生がひどい圃場を中心に石灰窒素散布と遅まきで防除していきたい。

6) 試験に使用した資材・機械

- ・粒状石灰窒素 55
- ・石灰窒素の散布機械：背負い式肥料散布器
- ・蒸気処理防除機（JJ7, p. 17～参照）

3.石灰窒素・不耕起を用いた 漏生イネ防除事例

1) 実証試験の概要・防除体系

- <実証試験地> 宮城県 A 町農業生産者
- <防除対象> 漏生イネ（前年作付け品種「ふくひびき」由来）
- <栽培様式> 湛水直播栽培（鉄コーティング表面播種）
- <栽培品種> 「げんきまる」
- <試験年次> 2017年～2018年
- <圃場面積> 22a×2筆
- <実証防除体系> 水稻収穫後：石灰窒素、不耕起

実証試験地は宮城県北西部の丘陵地帯に位置しています。実証圃場を管理する生産者は12年前から水稻直播栽培に取り組み始め、現在では経営する11haの圃場全てで湛水直播栽培（鉄コーティング表面播種）を行っています。また、飼料用品種や糯品種等、多様な品種の栽培にも取り組んでいるため、品種の混入防止も重要な課題となっています。実証圃場は傾斜地の高低差がある圃区にあり、溜池用水をポンプアップし灌漑し、水稻を直播栽培で連作している圃場です。土壌タイプは有機物の少ない褐色森林土に近い灰色低地土に分類される埴壤土です。稲わらは圃場内で乾燥後に近所の畜産農家が回収し、堆肥と交換しています。



図1 栽培期間中の圃場写真（8月13日撮影）

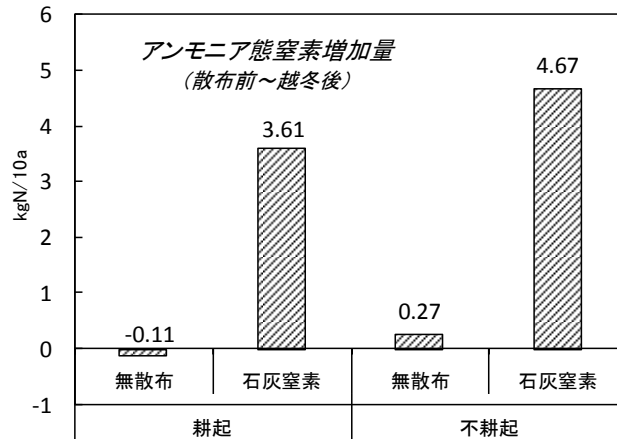


図3 石灰窒素施用前後の土壌アンモニア態窒素の増加量の比較

水稲収穫後石灰窒素散布前（2017年11月13日）と越冬後の春耕前（2018年3月28日）に土壌を採取した。1度目の土壌採取後に石灰窒素を50kg/10a施用し、一部は3週間後に耕起した。両時期に採取した土壌は風乾後、10%塩化カリウム溶液で抽出されるアンモニア態窒素量を測定し、石灰窒素施用前後での増加量を求めた。値は区内5箇所より採取し混合した土壌の分析値について、作土10cmの土壌を100kg/m²とした換算値を示す。

3) 防除効果、水稲の生育・収量

水稲収穫後の石灰窒素散布による漏生イネ抑制効果は両ほ場で認められ、早期出穂株を漏生イネとみなした場合には、無散布の26～44%まで発生が抑制されました（図5）。一方、秋耕を実施せずに不耕地で越冬した場合、耕起の場合と比較して漏生イネの抑制効果が認められませんでした。これは、前作秋期に降雨が続き圃場が乾かなかつたために、収穫時のコンバインの走行や稲わら収集時のトラクター走行により、不耕地を想定したほ場においても、土壌表面が大きく攪乱され、こぼれ籾の多くが土中に埋没したためと考えられました。



図4 栽培イネ「げんきまる」の条間で出穂する漏生イネ「ふくひびき」（8月17日撮影）

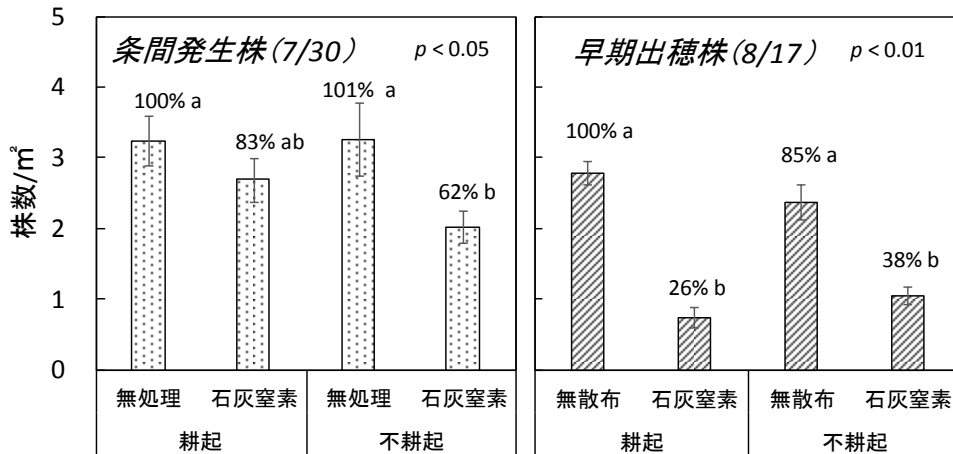


図5 石灰窒素散布および耕起法の違いによる漏生イネ発生状況の変化

(2018年7月30日・8月17日調査)

注) 2017年11月13日に、水稻品種「ふくひびき」を栽培収穫後に稲わらを除いた22aの現地ほ場2筆を、それぞれ6.7aの石灰窒素散布区と15.6a無施用区に分け、施用区にはライムソーアにて粒状石灰窒素(窒素成分20%)を50kg/10aずつ施用した。12月4日(石灰窒素施用21日後)、耕起区ほ場をロータリにより耕起した。翌春、4月に耕起・代かき後、鉄コーティング(乾粒対比0.4倍量)した「げんきまる」を専用播種機で条間30cm×株間15cmで点播した。基肥は緩効性成分を含む一発型肥料を窒素成分7kg/10a相当を側条施用した。除草剤は、播種同時でピラゾキシフェン・ベンゾピシクロン粒剤(プレキープ1キロ粒剤)を散布、播種14日後にテフリルトリオン・トリアファモン粒剤(カウンスルコンプリート1キロ粒剤)を湛水散布した。漏生イネ発生量の指標として、7月30日に作付品種「げんきまる」の条間に発生したイネの株数(左図)を区内16地点(12.5m×1条間)、8月17日(「げんきまる」出穂前)に早期出穂した株数(右図)を区内8地点(12.5m×8条間)について計数した。値は各地点の平均値で、バーは標準誤差、数字は相対値(%)、異なるアルファベット間には1%または5%の水準(p)で有意な差があることを示す(Tukey-Kramer法)。

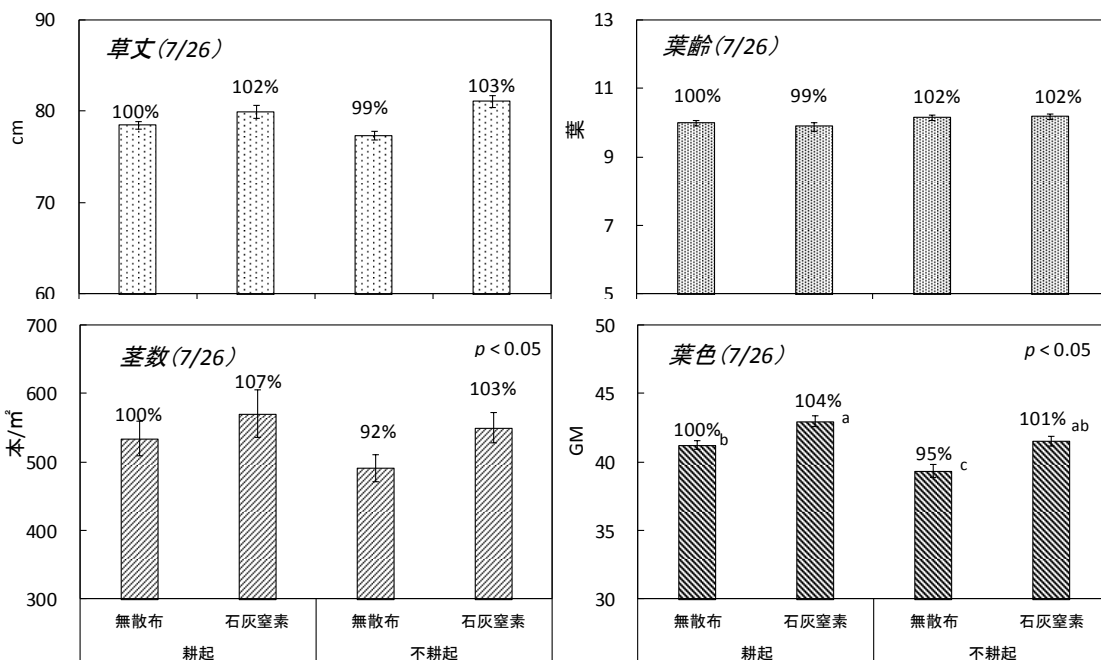


図6 石灰窒素施用および耕起法の違いによる水稻生育の変化 (2018年7月26日調査)

注) ほ場管理と試験区の内容については図5の脚注のとおり。7月26日に各試験区内の連続欠株のない1条10株(草丈・茎数)または5株(葉齢・葉色)を測定した。葉齢は主茎の葉数、葉色は主茎完全展開葉以下2枚目を葉色計(SPAD-502Plus、コニカミノルタ社)で測定した値。値は3反復(区)の平均値で、バーは標準誤差、異なるアルファベット間には5%水準で有意な差があることを示す(Tukey-Kramer法)。

一方で作付け水稻「げんきまる」の生育への影響をみると、草丈・茎数・葉色が石灰窒素散布により不耕起・耕起とも高まる傾向があり、石灰窒素に由来する窒素成分の肥効が発現

していると考えられました（図6）。また、収量品質への影響をみると、「げんきまる」は耐倒伏性が高い品種ということもあり倒伏の助長はなく、収量構成要素への影響もなかったものの、玄米タンパク含量が石灰窒素散布により高まる傾向が確認され、作付け前の土壌分析でアンモニア態窒素の残存が確認されたとおり、一定の減肥が可能であったと考えられました（表1）。

表1 石灰窒素施用および耕起法の違いによる水稻収量・品質の変化（2018年 現地試験）

試験区		倒伏程度 0-4	精玄米重 kg/a	千粒重 g/千粒	一穂粒数 粒/穂	総粒数 千粒/m ²	整粒比 %	玄米タンパク 乾物%
耕起	無散布	0±0	38.1±0.63	23.4±0.08	71.9±3.19	25.2±1.84	77.5±2.43	7.0±0.04
	石灰窒素	0.33±0.33	41.0±6.14	23.4±0.11	66.2±1.95	24.2±4.37	77.4±3.36	7.6±0.26
不耕起	無散布	0.33±0.33	39.7±3.96	23.7±0.10	70.9±1.87	23.1±2.03	78.3±0.54	6.9±0.07
	石灰窒素	0.33±0.33	39.9±4.68	23.4±0.04	71.0±1.47	25.8±1.76	76.7±1.71	7.1±0.08
分散分析	耕起	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	石灰窒素	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	耕起×石灰窒素	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注) 倒伏程度は成熟期に0：倒伏なし～4：完全倒伏の5段階で評価した。精玄米収量・千粒重は篩目1.9mm、水分15%換算とした。同調整玄米について整粒比をサタケ社製穀粒判別器（RGQI10A）、玄米タンパク質含量を近赤外分光分析計（ニレコ社 NIR6500）で測定した。値は3反復（区）の平均値±標準誤差。*は分散分析により5%水準で各要因の有意な影響があることを示し、nsはないことを示す。

4) 技術の導入による生産費コストの増加

本防除対策における掛かり増しは、石灰窒素の資材費（7,453円/10a）とその散布にかかる労力（32分/10a）です。不耕起をあわせることで、秋のロータリ耕にかかる労力（26分/10a）が軽減され、今回の試験では実施しませんでした。石灰窒素の持ち越し分の約4kgN/10a（窒素換算量）の基肥（3,897円/10a相当）を節減できるため、石灰窒素散布の掛かり増しは3,556円となります（表2）。ただし、基肥窒素の代替効果は、圃場条件によっても変動すると考えられるので、土壌診断を実施することが推奨されます。以上の掛かり増しがあるものの、本技術の導入により異株拔取り作業の労力削減と玄米の異種穀粒混入による品質低下のリスクを低下させることができます。

表2 漏生イネ防除の実証体系にかかる生産費コスト

資材・作業		対照体系	実証体系		
		耕起	石灰窒素+耕起	不耕起	石灰窒素+不耕起
経費	石灰窒素 ^{注1)}	0円/10a	7,453円/10a	0円/10a	7,453円/10a
	基肥 ^{注2)}	6,819円/10a (7kgN/10a)	2,922円/10a (3kgN/10a)	6,819円/10a (7kgN/10a)	2,922円/10a (3kgN/10a)
	合計	6,819円/10a	10,375円/10a	6,819円/10a	10,375円/10a
	増加分	0円/10a	3,556円/10a	0円/10a	3,556円/10a
労働時間	石灰窒素散布	0分/10a	32分/10a	0分/10a	32分/10a
	ロータリ耕	26分/10a	26分/10a	0分/10a	0分/10a
	合計	26分/10a	58分/10a	0分/10a	32分/10a
	増加分	0分/10a	32分/10a	-26分/10a	6分/10a

注1) 粒状石灰窒素（2,981円/20kg）を50kg/10a施用で試算した。

注2) 水稻直播コート（17-17-10；2,484円/15kg）を石灰窒素施用区3kgN/10a、無施用区7kgN/10aで試算した。

5) 生産者の評価と今後の課題

生産者からは以下の評価を得ています。

- ・漏生の問題は、糯品種から粳品種への切り替える場合等には重要である。現行の調製ラインには色彩選別機が組み込まれているので糯米も除くことができるが、これを別途色選にかけるとなると 300 円/30kg 程度のコスト増になる。そのため、防除効果が高ければ石灰窒素の散布による 3,500 円余は妥当な経費といえる。
- ・直播栽培では、有機物残渣のすき込みによる還元障害を防止することや地力を増進することが必要と実感している。天候によっては意図せず不耕起のままの越冬となる場合もあるが、基本的には石灰窒素を散布したとしても耕起は行いたい。石灰窒素散布による有機物残渣の腐熟促進効果にも期待している。
- ・現在は全て湛水直播であるが、今後は乾田直播にも取り組んでいきたい。乾田直播でも漏生イネは発生するだろうし、まだ当地域では確認していないが将来的には雑草イネの発生にも警戒が必要であろう。それらへの対策技術としてより確実な防除技術の開発も期待している。

今回の実証圃場は、部分的に圃場が乾きにくく、地力も比較的低い条件での実証試験でした。石灰窒素散布による漏生イネの防除効果は確認されましたが、不耕起を組み合わせた効果が発揮されなかった点については、再度検証する必要があります。また、今回は収量や品質に悪影響を及ぼす結果ではありませんでしたが、例年イネが倒伏するような地力の高い圃場や耐倒伏性が低い品種をもちいて、鉄コーティング糶の表面播種方式をとった場合、石灰窒素散布により倒伏し、収量品質が低下するリスクもあります。作付け前に可給態窒素の分析等の土壌診断を実施することで圃場の特性をよく理解し、これに基づき基肥の減量を行う必要があります。

6) 試験に使用した資材

- ・石灰窒素 55 (粒状石灰窒素)
- ・散布機械: ライムソーア 1800mm 幅 (粒状石灰窒素であればブロードキャストでも対応可)

4. 4HPPD 阻害剤を用いた 除草剤感受性品種由来の 漏生イネ防除事例

1) 実証試験の概要・防除体系

<実証試験地および試験年次>

福岡県 A 市 (2017 年)、B 市 (2018 年)

<防除対象> 漏生イネ (前年作付け品種「ミズホチカラ」由来)

<栽培様式> 湛水直播栽培 (2017 年:カルパー土中点播、2018 年:べんモリ直播)

<栽培品種> 「ヒノヒカリ」(2017 年)、「にこまる」(2018 年)

<圃場面積> 15.0 a (2017 年)、10.0 a (2018 年)

<実証防除体系> 特定の 4-HPPD 阻害剤を含む除草剤を 3 回散布

特定の 4-HPPD 阻害剤を利用した漏生イネ防除技術について暖地水田作地帯において、その有効性を評価しました。

・2017 年試験

生産者は水稻栽培をすべて新規需要米品種「ミズホチカラ」の乾田直播栽培に切り替え、移植栽培は行わず、食用イネは乾田直播で自家消費分のみ栽培を行っています。漏生イネの防除は、収穫前に手取りを行っておりますが、完全に抜き取ることはできていませんでした。

・2018 年試験

2017 年とは別の生産者圃場で試験を行いました。生産者は食用米と新規需要米品種「ミズホチカラ」をおよそ 8:2 の割合で栽培しており、前年までは漏生イネが混じらないように「ミズホチカラ」を栽培した圃場で翌年に食用イネを栽培することはありませんでした。

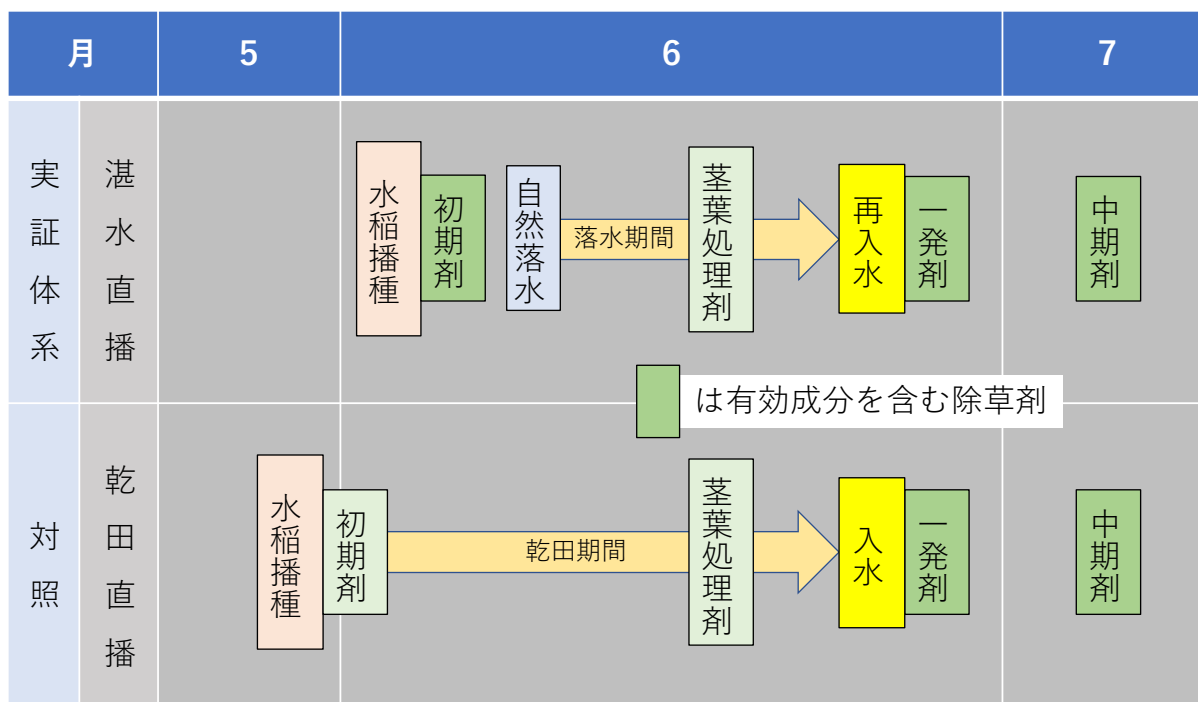


図1 漏生イネ防除の実証防除体系

2) 圃場の栽培管理と調査方法

・2017年試験

実証試験を行った水田は、前年に「ミズホチカラ」を作付けしたため、5月中旬の「ミズホチカラ」の埋土種子密度は535粒/m²でした。6月2日に荒しろを行い、6月5日に代かき同時土中点播機により水稻「ヒノヒカリ」を湛水直播しました。播種直後に初期剤のピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン粒剤（プレキープ1キロ粒剤）を散布、散布後5日間は湛水を維持しました。その後、自然落水で管理し、十分に苗立ちが確保された6月26日に再入水し、減水深が安定した6月28日に一発処理型除草剤のピラクロニル・フルセトスルフロン・メソトリオン粒剤（フルパワーMX1キロ粒剤）を散布しました。さらに7月12日に中期除草剤のアジムスルフロン・ピリフタリド・メソトリオン粒剤（オシオキMX1キロ粒剤）を散布しました。病害虫や肥培管理は地域の慣行に準じて実施し、10月2日に漏生イネの生育、10月5日に水稻の収量を調査しました。なお、落水期間中に発生したイネ科雑草を防除するため、茎葉処理型除草剤のシハロホップブチル乳剤（クリンチャーEW）を6月19日に散布しました。

対照区は乾田直播栽培としました。播種は5月下旬に行い、十分に苗立ちが確保された6月下旬に入水し、減水深が安定した6月28日に有効成分が含有した一発処理型除草剤のピラクロニル・フルセトスルフロン・メソトリオン粒剤（フルパワーMX1キロ粒剤）を散布しました。さらに7月12日に有効成分が含有した中期除草剤のアジムスルフロン・ピリフタリド・

メソトリオン粒剤（オシオキ MX1 キロ粒剤）を散布しました。こちらも乾田期間中に発生する雑草を防除するため、播種直後にプロメトリン・ベンチオカーブ乳剤（サターンバアロ乳剤）および乾田期間中にシハロホップブチル乳剤（クリンチャーEW）を散布しました。

・2018年試験

2017年同様に前年に「ミズホチカラ」を作付けしたため、6月1日時点の「ミズホチカラ」の埋土種子密度は78粒/m²でした。6月13日に代かきを行い、6月14日に鉄コーティング用直播機を利用した「べんモリ直播」により水稻「にこまる」を湛水直播しました。以後の管理は2017年と同様で、播種直後に初期剤のプレキープ1キロ粒剤を散布、散布後5日間は湛水を維持し、その後は自然落水しました。7月2日に再入水し、減水深が安定した7月4日にフルパワーMX1キロ粒剤を散布しました。さらに7月19日にオシオキMX1キロ粒剤を散布しました。病虫害や肥培管理は地域の慣行に準じて実施し、10月15日に漏生イネの残草本数、10月18日に全刈り収量を調査しました。なお、落水期間中に発生したイネ科雑草を防除するため、茎葉処理型除草剤のシハロホップブチル乳剤（クリンチャーEW）を6月29日に散布しました。

3) 防除効果、水稻の生育・収量

・2017年試験

本防除体系により、湛水直播栽培では、収穫時の「ミズホチカラ」の残存個体数を0.2株/m²、種子生産数を137粒/m²まで抑制することができました。乾田直播栽培では一発処理型除草剤と中期除草剤との体系による防除となるため、収穫時の残存個体数が1.9株/m²、種子生産数が1062粒/m²となり、十分な防除効果ではありませんでした。本体系により薬害および雑草害とも認められませんでした。

・2018年試験

本防除体系により、収穫時の「ミズホチカラ」の残存個体数を0.02株/m²まで抑制することができました。圃場の中央部では残草は認められず、畦畔から2m以内で残草個体が認められたことから最後に手取り除草が可能でした。

4) 技術の導入による生産費コストの増加

本技術の導入により、2017年試験では過酸化カルシウム粉衣剤（カルパー粉粒剤16）の費用および若干の除草剤費の増加が見込まれます。しかし湛水直播栽培を行うと、従来体系でも雑草の発生量の多い水田では除草剤費が増加することから、湛水直播栽培であればほぼ

同等の生産費と評価できます。2018年試験ではコストの安い「べんモリ直播」で実施したことから、2017年に比べると1,900円のコスト低減となりました。

表3 漏生イネ防除の実証体系にかかる生産費コスト（2017年試験）

農業		実証試験体系		従来体系 (福岡県病害虫・雑草防除の手引きによる)
		湛水直播(有効剤3回)	乾田直播(有効剤2回)	乾田直播(有効剤0回)
除草剤	初期除草剤	プレキープ1キロ粒剤 2,538円/10a	サターンバアロ乳剤 1,933円/10a	サターンバアロ乳剤 1,933円/10a
	茎葉処理型除草剤	クリンチャーEW 2,500円/10a	クリンチャーEW 2,500円/10a	クリンチャーバスME液剤 4,514円/10a
	一発処理型除草剤	フルパワーMX1キロ粒剤 3,132円/10a	フルパワーMX1キロ粒剤 3,132円/10a	一発処理型除草剤 3,002円/10a
	中期除草剤	オシオキMX1キロ粒剤 2,700円/10a	オシオキMX1キロ粒剤 2,700円/10a	(クリンチャーバスME液剤) (4,514円/10a)
植物成長調整剤		カルパー粉粒剤16 2,499円/10a	なし	なし
農業費の増減額		13,369円/10a (+3,920円)	10,265円/10a (+816円)	9,449円/10a(～13,963円/10a)

※2018年は「カルパー粉粒剤16」2,499円が「べんモリ資材」600円に低減され、約1,900円安くなります。

5) 生産者の評価と今後の課題

2017年に実証試験を実施した水田の漏生イネの残存量は少なく、生産者からは高い評価が得られています。しかし、湛水直播栽培技術を導入するには新たに専用の播種機を購入する必要があるため、すぐに生産者が本技術を導入する見込みはありません。生産者は、乾田直播栽培での入水後に有効剤を2回散布する防除体系についても、効果が不十分ながら、従来体系と比較して一定の効果が認められるため、当面は、乾田直播栽培において入水後に有効剤を2回散布する防除体系の導入を試みるとのことです。

2018年に実証試験を実施した生産者についても、漏生イネの残存が少なかったことから高い評価を得ていますが、専用の播種機の導入が必要なことからすぐに本技術を導入する見込みはありません。ただし、比較的大規模の経営をしていることから、現状では省力化のために乾田直播と移植栽培の組み合わせを実践していますが、湛水直播が問題なくできるのであれば、乾田直播と湛水直播の組み合わせも検討したいとのことでした。

6) 試験に使用した資材

- ・プレキープ 1 キロ粒剤
- ・フルパワーMX1 キロ粒剤
- ・オシオキMX1 キロ粒剤

資料等

1) 本マニュアルに記載した除草剤とその成分名

商品名（五十音順）→成分名

商品名	成分名
アグシスMX1キログラム	ピリフタリド・メトリオン・メタゾスルフロンの混合物
アトカスジャンボMX	アジメスルフロンの混合物
アバンテ1キログラム	トリアフェモン・フェンキナリオン・フェントラザミドの混合物
アピログロウMX1キログラム	ピラゾスルフロンの混合物
アピログロウMXジャンボ	ピラゾスルフロンの混合物
アルファプロアブル	テニルクロール水和剤
アルファプロ1キログラム51	フェノキサスルホンの混合物
アルファプロ1キログラムジャンボ	フェノキサスルホンの混合物
アルファプロLフロアブル	フェノキサスルホンの混合物
ウイナー1キログラム51	イプフェンカルバゾンの混合物
エーワン1キログラム	オキサジクロメホンの混合物
エリジャンジャンボ	プレチラクロール剤
エリジャン乳剤	プレチラクロール乳剤
オシオキMX1キログラム	アジメスルフロンの混合物
カウンスルエナジー1キログラム	トリアフェモン・フェンキナリオン・フェントラザミドの混合物
カウンスルコンフリード1キログラム	テフリルトリオン・トリアフェモン剤
カウンスルダウ1キログラム	トリアフェモン・フェンキナリオン・フェントラザミドの混合物
かむつぐ1キログラム	シクロスルファミロンの混合物
キマリ1キログラム	イプフェンカルバゾンの混合物
クミスター1キログラム51	フェノキサスルホンの混合物
クミスターLジャンボ	フェノキサスルホンの混合物
クミスターLフロアブル	フェノキサスルホンの混合物
クミスターL豆粒250	フェノキサスルホンの混合物
クリアタン乳剤	ベンチオカール・ベンチメタリン・リニユロン乳剤
クインチャーEW	シハロホップブチル剤
クインチャーバスメ液剤	シハロホップブチル・ペンタゾン液剤
ザーベックスDX1キログラム	シハロホップブチル・シメトリン・ベンプレセート・MCPB剤
サキドリEW	ブタクロール・ベントキサゾンの混合物
サタンバアロ乳剤	プロメトリン・ベンチオカール乳剤
サンバード1キログラム30	ピラゾレート剤
ジェイフレンドフロアブル	オキサジクロメホンの混合物
シグナスフロアブル	フェントラザミド・テフリルトリオン・メタゾスルフロンの混合物
シリウスエグザ1キログラム	オキサジクロメホンの混合物
シノウチEW	ブタクロール・ベントキサゾンの混合物
セカンドショットSジャンボMX	アジメスルフロンの混合物
セレクト乳剤	クレトジム乳剤
ゼンイチMX1キログラム	ピラクロニル・フルセトスルフロンの混合物
ゼンイチMXジャンボ	ピラクロニル・フルセトスルフロンの混合物
ソルネット1キログラム	プレチラクロール剤
タンボエースジャンボ	カフエントラゾンの混合物
テマカットフロアブル	ダイムロン・ベントキサゾンの混合物
テルカット乳剤	オキサジアゾンの混合物
トップガンフロアブル	ピリミナクメチル・プロモブチド・ペンシルフロンの混合物
トリアフルリン乳剤	トリアフルリン乳剤
ナイスミドル1キログラム	シメトリン・フルセトスルフロンの混合物
ナブ乳剤	セトキシジム乳剤
ノミー液剤	ビスピリバクナトリウム塩液剤
ハーディ1キログラム	ピラクロニル・ピラゾスルフロンの混合物
ハードバンチDF	カルフェントラゾンの混合物
バスタ液剤	グルホシネート液剤
バンチャー1キログラム	フェントラザミド・ベンゾフェナップ・ベンプレセート剤
ピルワン1キログラム	オキサジクロメホンの混合物
フィールドスターP乳剤	ジメテナミドP乳剤
ブリグロックL	ジクワット・パラコート液剤
フルイニングジャンボ	カフエントラゾンの混合物
フルパワーMX1キログラム	ピラクロニル・フルセトスルフロンの混合物
フルパワーMXジャンボ	ピラクロニル・フルセトスルフロンの混合物
フレキープ1キログラム	ピラゾキシフェンの混合物
フレキープフロアブル	ピラゾキシフェンの混合物
ベッカクジャンボ	ピリミルファン・フェノキサスルホンの混合物
ベッカク豆つぶ250	ピリミルファン・フェノキサスルホンの混合物
ホーネット乳剤	テトラロキシジム乳剤
ポッシブル1キログラム	テフリルトリオン・メフェナセト剤
ホットコンピフロアブル	テニルクロール・ベンゾピシクロンの混合物
ポデーガード1キログラム	テフリルトリオン・フェントラザミド剤
ポデーガードフロアブル	テフリルトリオン・トリアフェモン水和剤
ポルトフロアブル	キザロホップエチルフロアブル
マーシェット1キログラム	ブタクロール剤
マーシェット乳剤	ブタクロール乳剤
マキシーMX1キログラム	プレチラクロール・メトリオン剤
メデオ1キログラム	ベントキサゾンの混合物
メデオジャンボ	ベントキサゾンの混合物
メデオフロアブル	ベントキサゾンの混合物
モーレツ1キログラム	ピラクロニル・ベンゾピシクロンの混合物
モーレツジャンボ	ピラクロニル・ベンゾピシクロンの混合物
モーレツフロアブル	ピラクロニル・ベンゾピシクロンの混合物
ライジングパワーフロアブル	インダノファン・ピラクロニル・ベンゾピシクロンの混合物
ラウンドアップマックスロード	グリホサート液剤
ラクサー乳剤	アラクロール・リニユロン乳剤
ラッソー乳剤	アラクロール乳剤
ロンスター乳剤	オキサジアゾンの混合物
ワンオールS1キログラム	シメトリン・ピラゾキシフェン・プレチラクロール剤
ワンサイドP乳剤	フルアジホップP乳剤

成分名（五十音順）→商品名

成分名	商品名
アジムスルフロン・ピリフタリド・メトリオン粒剤	オシオキMX1キロ粒剤
アジムスルフロン・ペノキスラム・メトリオン粒剤	アトカラスジャンボMX
アジムスルフロン・ペノキスラム・メトリオン粒剤	セカンドショットSジャンボMX
アラクロール・リニユロン乳剤	ラクサー乳剤
アラクロール乳剤	ラッソー乳剤
イブフェンカルバジン・テフリルトリオン粒剤	キマリテ1キロ粒剤
イブフェンカルバジン・プロモブチド・ペンシルフロンメチル粒剤	ウィナー1キロ粒剤51
インダファン・ピラクロニル・ベンゾピシクロン水和剤	ライジングパワーフロアブル
オキサジアゾン・ブタクロール乳剤	デルカット乳剤
オキサジアゾン乳剤	ロンスター乳剤
オキサジクロメホン・テフリルトリオン・ピラクロニル水和剤	ジェイフレンドフロアブル
オキサジクロメホン・テフリルトリオン・プロモブチド粒剤	ピンワン1キロ粒剤
オキサジクロメホン・テフリルトリオン粒剤	ユーワン1キロ粒剤
オキサジクロメホン・ピラクロニル・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾピシクロン粒剤	シリウスエグザ1キロ粒剤
カフェンストロール・カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロン・ベンゾピシクロン粒剤	ダンボエースジャンボ
カフェンストロール・カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロン・ベンゾピシクロン粒剤	フルイニングジャンボ
カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロン水和剤	ハードパンチDF
キサロホップエチルフロアブル	ポルトフロアブル
グリホサート液剤	ラウンドアップマックスロード
グルホシネート液剤	バスタ液剤
クレトジム乳剤	セレクト乳剤
シクロスルファムロン・プレチラクロール粒剤	かねつぐ1キロ粒剤
ジクワット・バラコート液剤	ブリグロックSL
シハロホップブチル・シメトリン・ベンプレセート・MCPB粒剤	ザーベックスDX1キロ粒剤
シハロホップブチル・ベンタゾン液剤	グリーンチャーバスME液剤
シハロホップブチル乳剤	グリーンチャーEW
ジメテナミドP乳剤	フィールドスターP乳剤
シメトリン・ピラゾキシフェン・プレチラクロール粒剤	ワンオールS1キロ粒剤
シメトリン・フルセトスルフロン・ベンプレセート粒剤	ナイスミッド1キロ粒剤
セトキシジム乳剤	ナブ乳剤
タイムロン・ベントキサゾン水和剤	テマカットフロアブル
テニルクロール・ベンゾピシクロン水和剤	ホットコンビフロアブル
テニルクロール水和剤	アルハーブフロアブル
テトラロキシジム乳剤	ホーネスト乳剤
テフリルトリオン・トリアファモン水和剤	ボデーガードフロアブル
テフリルトリオン・トリアファモン粒剤	カウンシルコンプリート1キロ粒剤
テフリルトリオン・フェントラザミド粒剤	ボデーガード1キロ粒剤
テフリルトリオン・メフェナセツ粒剤	ボッシュル1キロ粒剤
トリアファモン・フェンキノリオン・フェントラザミド粒剤	アンディイ1キロ粒剤
トリアファモン・フェンキノリオン・フェントラザミド粒剤	カウンシルエナジー1キロ粒剤
トリアファモン・フェンキノリオン・フェントラザミド粒剤	カウンタダウン1キロ粒剤
トリアラリン乳剤	トレファノサイド乳剤
ビスピラックナトリウム塩液剤	ノミニ液剤
ピラクロニル・ピラゾスルフロンエチル・ブタクロール・ベンゾピシクロン粒剤	ハーディ1キロ粒剤
ピラクロニル・フルセトスルフロン・メトリオン粒剤	センイチMX1キロ粒剤
ピラクロニル・フルセトスルフロン・メトリオン粒剤	センイチMXジャンボ
ピラクロニル・フルセトスルフロン・メトリオン粒剤	フルパワーMX1キロ粒剤
ピラクロニル・フルセトスルフロン・メトリオン粒剤	フルパワーMXジャンボ
ピラクロニル・ベンゾピシクロン・ベンプレセート水和剤	モーレツフロアブル
ピラクロニル・ベンゾピシクロン・ベンプレセート粒剤	モーレツ1キロ粒剤
ピラクロニル・ベンゾピシクロン・ベンプレセート粒剤	モーレツジャンボ
ピラゾキシフェン・ベンゾピシクロン液剤	ブレキープフロアブル
ピラゾキシフェン・ベンゾピシクロン粒剤	ブレキープ1キロ粒剤
ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール・メトリオン粒剤	アピログロウMX1キロ粒剤
ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール・メトリオン粒剤	アピログロウMXジャンボ
ピラレレート粒剤	サンバード1キロ粒剤30
ピリフタリド・メトリオン・メタゾスルフロン粒剤	アクシズMX1キロ粒剤
ピリミスルファン・フェノキサスルホン・フェンキノリオン粒剤	ベッカクジャンボ
ピリミスルファン・フェノキサスルホン・フェンキノリオン粒剤	ベッカク冨つぶ250
ピリミバックメチル・プロモブチド・ペンシルフロンメチル・ベントキサゾン水和剤	トップガンフロアブル
フェノキサスルホン・プロモブチド・ペンシルフロンメチル水和剤	アルファープロLフロアブル
フェノキサスルホン・プロモブチド・ペンシルフロンメチル水和剤	グミスターLフロアブル
フェノキサスルホン・プロモブチド・ペンシルフロンメチル粒剤	アルファープロLジャンボ
フェノキサスルホン・プロモブチド・ペンシルフロンメチル粒剤	アルファープロ1キロ粒剤51
フェノキサスルホン・プロモブチド・ペンシルフロンメチル粒剤	グミスター1キロ粒剤51
フェノキサスルホン・プロモブチド・ペンシルフロンメチル粒剤	グミスターLジャンボ
フェノキサスルホン・プロモブチド・ペンシルフロンメチル粒剤	グミスターL豆粒250
フェントラザミド・テフリルトリオン・メタゾスルフロン水和剤	シグナスフロアブル
フェントラザミド・ベンゾフェナップ・ベンプレセート粒剤	パンチャー1キロ粒剤
ブタクロール・ベントキサゾン乳剤	サキドリEW
ブタクロール・ベントキサゾン乳剤	シンウチEW
ブタクロール粒剤	マーシェット1キロ粒剤
ブタクロール乳剤	マーシェット乳剤
フルアジホップP乳剤	ワンサイドP乳剤
プレチラクロール・メトリオン粒剤	マキシーMX1キロ粒剤
プレチラクロール粒剤	エリジャンジャンボ
プレチラクロール粒剤	ソルネット1キロ粒剤
プレチラクロール乳剤	エリジャン乳剤
プロメトリン・ベンチオカーブ乳剤	サダーンパアロ乳剤
ベンチオカーブ・ベンディメタリン・リニユロン乳剤	クリアターシ乳剤
ベントキサゾン水和剤	メデオフロアブル
ベントキサゾン粒剤	メデオ1キロ粒剤
ベントキサゾン粒剤	メデオジャンボ


2) 関連資料の掲載先

本マニュアルをはじめ関連資料は以下の WEB サイトにリンクされています。

「雑草イネおよび漏生イネに関する情報」(農研機構 HP)

<http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/weedyrice/>

この WEB サイトは、「雑草イネ」「漏生イネ」「防除」を検索キーワードとすると、検索上位に表示されます。以下の情報をはじめとする各種関係情報のリンクもありますので、ご活用下さい。

- ・「雑草イネまん延防止技術マニュアル Ver.2」(農研機構 2015 年)
(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/028068.html)
- ・「雑草イネ総合防除対策マニュアル」(長野県雑草イネ対策チーム 2012 年)
(<https://www.agries-nagano.jp/wp/wp-content/uploads/2016/10/2012-2-h02.pdf>)
- ・「雑草イネ有効剤として実用化可能と判定された除草剤」((公財)日本植物調節剤研究協会)
(<https://japr.or.jp>  [HP へのリンク](#))

3) 作成者

本マニュアルは、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」28020C「水稻直播栽培における雑草イネ・漏生イネの防除体系の確立と実用化」（平成 28 年～平成 30 年）の成果として、本事業および農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 25011A「イネ由来の新規除草剤抵抗性遺伝子 HIS1 の作用機構解明による品種開発と新剤創製」（平成 25 年～平成 27 年）で得られた成果、および既存の研究成果、知見をもとに具体的なデータを紹介しながら、各技術の利用方法を生産者等にわかりやすく提示することを目的に作成しました。

作成：農食事業 28020C コンソーシアム

コンソーシアム参画機関：

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

中央農業研究センター（中央農研）

九州沖縄農業研究センター（九沖農研）

東北農業研究センター（東北農研）

公益財団法人 日本植物調節剤研究協会（植調協会）

研究所（植調研）

研究所千葉支所（植調研千葉支所）

国立大学法人 信州大学

宮城県古川農業試験場（古川農試）

宮城県農林水産部農業振興課

茨城県農業総合センター（茨城農研）

長野県農業試験場（長野農試）

長野県主要農作物難防除雑草対策プロジェクトチーム

株式会社 デリカ

執筆担当者

農研機構：内野彰、小荒井晃、大段秀記、浅井元朗、三浦重典

植調協会：高橋宏和、土田邦夫、濱村謙史朗、金久保秀輝、稲垣貴之、

橋本仁一、阿部秀俊、矢部亮

信州大学：渡邊修

古川農試：大川茂範、菅野博英、佐々木次郎、森谷和幸

茨城農研：大橋俊子、油谷百合子

長野農試：青木政晴、上原泰、上原敬義

株式会社 デリカ：服部浩、吉原元

株式会社 エス・ディー・エスバイオテック：山崎明彦

執筆協力・写真提供

長野農試：酒井長雄、細井淳

農研機構：牛木純、赤坂舞子、大平陽一

植調協会：渡邊寛明

東京農工大学：平澤正

京都大学：富永達

弘前大学：石川隆二

発行日：2019年3月22日

更新日：2021年3月22日

4) 問い合わせ先

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業研究センター 広報チーム

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 2-1-18

Tel. 029-838-8481

本マニュアルの掲載データは、各種講習会等でご自由にお使い下さい。その際、出典として「雑草イネ・漏生イネ防除技術マニュアル」を明記くださるようお願い致します。