

植調

第49卷
第2号

JAPR Journal

《特集》

水稻の直播栽培

湛水直播栽培での除草剤による雑草防除 濱村 謙史朗

産業用無人ヘリコプターを利用した水稻鉄コーティング湛水直播栽培 白土 宏之

宮城県における無人ヘリコプターを利用した水稻直播栽培 菅野 博英

水稻鉄コーティング直播栽培における雑草防除の現状と課題 宮越 彊

水稻直播栽培技術の開発史 濱村 謙史朗



公益財団法人日本植物調節剤研究協会

JAPAN ASSOCIATION FOR ADVANCEMENT OF PHYTO-REGULATORS (JAPR)

明日の「農」を
支える力で
ありたい。



三井化学アグロの除草剤

キクンジャへズ

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

イネキング

1キロ粒剤・ジャンボ・フロアブル

クサトリーBSX

1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

クサトリーDX

1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

アルファプロ

1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

アールタイプ

1キロ粒剤

オシオキMX

1キロ粒剤

フォローアップ

1キロ粒剤

サンバード

1キロ粒剤30

草枯らしMIC



三井化学アグロ株式会社

東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ <http://www.mitsui-agro.com/>



ボデーガード

ボデーガードは頼れる
水稲用一発除草剤。
2成分で、しぶとい雑草にも有効。
白く枯れるから、効果がひと目でわかる。



2成分。
白く枯らして、
稲を守る。



■ お客様相談室 | ☎ 0120-575-078 |

9:00~12:00、13:00~17:00 土・日・祝日を除く

●使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの記載以外には使用しないで下さい。
●本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。®はバイエルグループの登録商標



Bayer CropScience

バイエルクロップサイエンス株式会社

クミアイ化学工業株式会社



雑草防除技術への想い

(公財)日本植物調節剤研究協会 評議員
石原産業株式会社 取締役常務執行役員バイオサイエンス営業本部長

本多 千元

入社当時、私は研究所配属となり除草剤の研究を担当させられました。私なりに世界の農業に役立つ新しい化合物を見つけることができればとの淡い希望を持ち、それなりに張り切っていたものです。

その頃、コンドラチェフの波動について何かの本で読んだことがありました。この波動は経済活動の大きな動きを示す周期ですが、その根底は技術革新の波動と密接に関係しているとのことでした。波動の周期は50～60年で、第四波動は1975年頃がピークで、次回のピークは2025年頃になるとのことでした。これによれば、私が入社した頃は、ちょうど波動のピークが過ぎた時期で、2000年頃が底となり、それからようやく徐々に上向くこととなります。私の会社人生のほとんど期間は波動の低い時期になるので、今後、エキサイティングな研究活動に遭遇する機会もなく時間を過ごすことになるのかと落胆した気持ちになったことを覚えています。

第四波動期での大きな技術革新はコンピューターと遺伝子に関連する技術だと考えますが、これらの基礎は波動の底である1950年前後に見出され、実用的技術として開花したのが1980年前後からであると私なりに理解しています。そうすると、第五波動期では2000年前後に基礎的な概念・理論が見出され、2030年前後にかけて実用技術が発展すると考えることもできます。第五波の基幹技術が何であるかは未だ一定の見解はないようですが、個人的には、情報処理、ビッグ・データ、量子コンピューター、エネルギー、環境技術、再生医療、複雑系理論などの言葉が頭をよぎります。膨大な数の因子の相互関係を瞬時に解析し、結論を見出すことができる技術、そして科学や経済を含めてあらゆる分野に適用できる

技術であるかもしれません。コンピューター理論の創始者アラン・チューリングが旧ドイツ軍の暗号エニグマを、膨大な可能性の中から不要な可能性を排除する方法を見つけ解読したように、生命が無限大の可能性、組み合わせの中から効率的に宇宙時間的には短時間で発生し発達を遂げたように、この途方もなく複雑な世界を効率的に短時間で全体的に解明する方法が見つかるのではないかと思ったりします。

化学雑草防除技術は1950年頃が創生期で、その後の発展をみても比較的コンドラチェフ波動に従った推移をしているように思います。日本の農業が大きく変わろうとする動きの中で、雑草防除技術についても既に新しい芽生えは生じており、今後、大きく変わっていくのかもしれません。植調協会は雑草防除技術の発展とともに歩み、一発処理剤、1kg粒剤、ジャンボ剤など数々の重要な技術の開発を主導してきました。今後も新しい時代の技術の開発・発展に貢献されていくと信じています。複雑で多様な雑草を理解するという意味で、昨年、創立50周年記念として植調協会から発刊された「雑草大鑑」は素晴らしい図鑑だと思います。雑草はその一生という生活史全体の中で、また、形態、生理、生態、遺伝などを総合的に理解されるべきですので、この図鑑はそうした進歩のための大きな礎になると考えます。個々の雑草について、現在の「人間」に関する知識・理解に劣らないようなものを体系的・総合的に得ることができる時代が早く来ることを願っています。そうすれば、栽培方法の変化、雑草遷移の中においても、経済的で、環境への負荷が少ない雑草管理の方法・技術を短時間で確立することができるようになるのではないかと想っています。

湛水直播栽培での除草剤による雑草防除

公益財団法人
日本植物調節剤研究協会
研究所千葉支所 支所長

濱村 謙史朗

はじめに

水稲直播栽培における雑草対策は常に重要な課題であり、登録除草剤数は栽培面積の拡大に応じ年々増加傾向にある。2015年（平成27年）1月15日現在の登録薬剤は、耕起前や水稲刈跡に使用するものを除き、湛水直播栽培や乾田直播栽培に使用可能な除草剤として214剤、このうち湛水直播栽培で使用できる除草剤は198剤となっている。しかしながら、湛水直播栽培は移植栽培に比べ除草剤の使い方が特殊で、農薬ラベルどおりに使用しても適切な雑草管理ができないばかりか、薬害が問題になることも少なくない。本稿では、湛水直播栽培における雑草防除方法について、既存除草剤の使用法や使用時の注意点などを解説する。

播種法別の水管理方法と除草剤の散布タイミング

水稲湛水直播栽培の播種法は、主にカルパーコーティング種子を用いた土中直播と主に鉄コーティング種子を用いた表面播種に大別でき、近年の湛水直播栽培の普及面積は鉄コーティング播種が急速に増加する傾向がある。いずれも雑草防除は除草剤の使用が欠かせないが、過去に直播水稲で登録された除草剤は、湛水直播栽培では表面播種で安全性が確認されたものは少なく、ほとんどが土中播種での試験事例に基づいている。

湛水直播栽培における土中播種と表面播種では、水稲に対する除草剤の感受性が異なり、薬剤によっては表面播種では農薬ラベルの特に早期期の処理で甚大な薬害が発生する（図-1、-2）ことは、2012年（平成24年）度の日本雑草学会において報告した。植調協会では、2011年（平成23年）度より直播作用性試験および適2試験において湛水直播表面播種栽培での試験事例を確保し、表面、土中各播種法別に適用除草剤の実用性を判断してきた。しかし、農薬ラベルでは播種法別の使用方法が確認できないため、現場からは直播水稲対象の登録除草剤について播種法別の基本雑草防除体系の整理が求められている。

そこで、植調協会では湛水直播水稲に適用のある除草剤を整理し、播種法別に基本除草体系をまとめることを試みた。その際、現時点で水稲直播栽培における一発処理剤が存在しないことから、いずれの播種法とも除草剤は体系防除を基本とし、文中の初期剤、一発処理剤、中期剤、後期剤など除草剤

の区別表記は、便宜上移植栽培で用いられるものを用いている。

湛水直播栽培では、播種法によらず出芽・苗立ちの安定化は大きな課題とされており、そのために播種後の水管理には特に注意がはられる。普及が先行するカルパーコーティング種子を用いた土中播種栽培では、播種後一定期間落水して幼芽・幼根の伸長を促進し、イネ1葉期頃から再入水する水管理方法、通称「落水出芽法」が一般的となっている。一方、鉄コーティング播種は、播種位置が土壌表面であるため、開発当初はイネの出芽や初期生育が水中溶存酸素濃度で十分で、鉄粉の効果により鳥害を受けにくいとの理由から、従来は播種後も湛水状態を維持する通称「湛水出芽法」がとられていたが、現在は苗立ちの安定化や初期生育確保を重要視し、播種後に落水、湛水を数回繰り返す、間断的に落水期間を設ける水管理方法「間断灌水出芽法（仮称）」が推奨されることが多い。その場合も、イネ1葉期頃になると再入水し、その後は両者とも中干し期まで湛水を維



図-1 完全除草区
サンバード粒(±0)⇒キックパイ1キロ粒(イネ1葉期;+13)
播種後59日(2012年茨城県牛久市)



図-2 登録薬剤区での薬害症状
サンバード粒(±0)⇒直播水稲登録剤D1キロ粒(イネ1葉期;+13)
播種後59日(2012年茨城県牛久市)

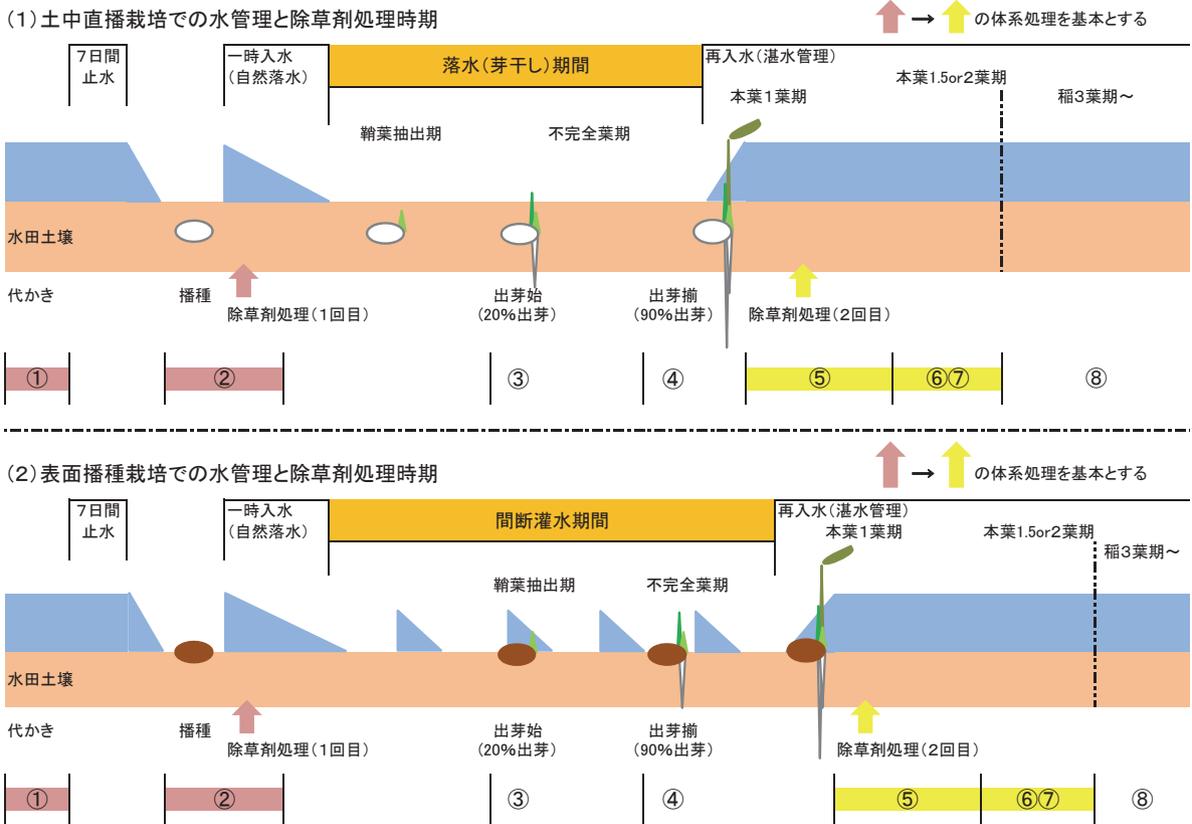


図-3 水稻湛水直播栽培における播種方法別水管理方法と除草剤処理時期の模式図

①代かき～播種前。②播種前～ノビエ1葉期頃。③イネ出芽始頃。④イネ出芽前を処理早限とする。⑤イネ1葉期を処理早限とする。⑥イネ1.5葉期を処理早限とする。⑦イネ2葉期を処理早限とする。⑧中・後期に使用。

持する水管理となる（図-3）。

除草剤散布のタイミングから言えば、いずれの播種方法でも播種後直ちに一時湛水する場面があり、この時期すなわち播種後の一時的な湛水期に前処理剤が処理される。前処理剤には、水稻の芽生え時の使用でも水稻への影響が少ない初期剤や一部の一発処理剤が使用される。しかし、播種後の水管理が「落水出芽法」や「間断灌水出芽法」によることもあり、通常は前処理剤1回の使用では必要除草期間内の雑草を制御できない。それゆえ、再入水後すなわち稲1葉期以降に2回目の除草剤を後処理として使用する。この時使用される除草剤は一発処理剤であることが多いが、前処理剤が比較的長く雑草を抑えた場合は中期剤の使用も考えられる。温暖地以西など地域によっては、初期剤と一発処理剤の計2回散

布の体系処理で、必要除草期間内の雑草防除に十分な場面も多いと考えられるが、早期栽培や寒冷地以北など雑草の発生期間が長引く場合や、不慮の大雨により田面水がオーバーフローし除草効果が変動したなどの場合には、3回目の除草剤を散布することになる。3回目の除草剤は後始末剤などと呼ばれるように、後期除草剤（茎葉処理剤）が用いられるのが一般的である。

播種法別雑草防除体系

播種法別雑草防除体系を次の様にまとめた。土中直播は直播水稻に既登録の薬剤を、表面播種は適2試験にて実用性が判定された薬剤を基本とし、これに2012年（平成24年）度日本雑草学会大会において報告した、表面播種での安全性が高いと考える薬剤を

加え、それぞれ処理時期別に①代かきから播種前に使用できる剤、②播種前後からノビエ1葉期頃までに使用できる剤、③イネ出芽始頃を処理早限とする剤、④イネ出芽前を処理早限とする剤、⑤イネ1葉期を処理早限とする剤、⑥イネ1.5葉期を処理早限とする剤、⑦イネ2葉期を処理早限とする剤、⑧中・後期に使用する剤に分類した（表-1、-2）。

前述した体系処理を基本に、①～⑧で示した薬剤を前処理剤または後処理剤に振り分け、図-3に示した播種方法別の水管理と除草剤処理時期の模式図に対応させた。前処理剤には①、②で示した薬剤が該当するが、①は播種前処理となるため現時点での利用は少なく②が一般的と考えられる。後処理剤には⑤、⑥、⑦で示した薬剤が該当する。③や④で示した薬剤はその中間

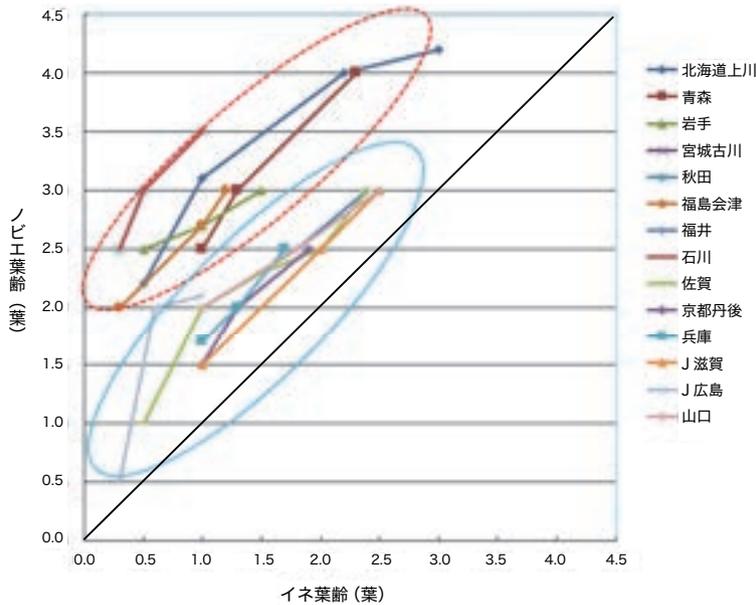


図-4 カルパー粉衣・土中播種におけるイネとノビエの葉齢進展 (H24 適2 試験成績書より・小山原図)
 ○は主に寒冷地以北、●は主に温暖地以西を示す。寒冷地以北の方が、温暖地以西に比べイネ/ノビエ間の葉齢差が大きい。

であるが、処理晩限の範囲内であれば⑤、⑥、⑦と同様に後処理剤として利用することができる。また、雑草の発生・生育が稲の生育スピードと大差なく、処理晩限が適用の範囲内となる場合には、③や④を前処理剤として使用することができる。この場合には、後処理剤として⑧で示した薬剤につなぐことが可能となり、極めて広範囲な雑草防除期間を確保できる点で有利となる。⑧は気象条件等により効果が変動した場合の後始末剤として3回目に使用することもある。

なお、使用に当たっては、各薬剤の登録内容を必ずラベルにて確認願いたい。

湛水直播栽培特有の注意点

先にも述べたとおり、湛水直播栽培では鉄コーティング直播の普及や、播種同時処理など新しい技術の登場など使用方法が複雑化し、薬害回避のために知っておかなくてはならない点が多くなった。直播栽培であるがゆえの注意点も見過ごされやすいため、以下の点を再確認いただきたい。

(1) 除草剤の選択等に関する注意点

湛水直播栽培は、雑草害回避のため雑草を抑えておかなければならない期間、すなわち除草必要期間が移植栽培に比べて長い。地域や気象条件等にもよるが、除草必要期間は移植栽培ではおおむね40日～50日とされるのに対し、湛水直播栽培では60日以上となることが多い。これは、湛水直播栽培では耕起、代かき後のイネ初播種により、雑草とイネが一斉に萌芽や生育を競うためである。加えて、播種後は苗立ちや初期生育を確保するため、一般的に土中播種では「落水出芽法」が、表面播種では「間断灌水出芽法(仮称)」がとられ、一定期間または間断的に落水状態となることから、除草剤にとっては効果を持続させにくい条件が余儀なくされる。そのため、直播栽培では現時点で一発処理剤として利用できる薬剤は存在せず、2薬剤あるいは3薬剤の体系処理が基本となる。

湛水直播栽培ではイネと雑草の萌芽は、ほぼ同時か、むしろイネよりも雑草の方が早くなることが多い(図-4)。そ

のため、イネの初期生育確保には雑草買害を回避する意味で、初期除草剤すなわち土壌処理剤の使用が必須となる。初期除草剤の使用は雑草の発生を遅らせ、入水後の除草剤散布時期に余裕を持たせることができる。このことは、雑草防除を確実にするうえで大きなメリットとなる。

初期除草剤には、代かきから播種までに使用する剤、代かき時に使用する剤、代かき後に使用する剤、播種時や播種直後に使用する剤などがある。剤によっては、イネ萌芽時に湛水状態となると薬害を生じるものもあるので注意が必要である。播種同時処理には農薬ラベルの使用時期欄に「播種時」、使用方法欄に「播種同時散布機で施用」と書かれた薬剤を使用する。水稻への高い安全性が要求されるため、登録薬剤はまだ少ないのが現状である。播種同時処理では、播種作業終了後すなわち除草剤散布後は、速やかに入水し湛水状態とする必要がある。播種は通常落水状態で行われるが、除草剤散布後の一時湛水は効果安定のために重要であるので十分に注意いただきたい。また、播種同時処理が可能な薬剤の中には、散布時以降もごく浅水状態の管理で、十分な除草効果が得られる薬剤もあり、できるだけ浅水で管理したい直播栽培においては利用価値が高い。このような薬剤は、農薬ラベルの使用法欄に「湛水散布又はごく浅く湛水して散布」と記載されている。

初期除草剤で十分な防除ができた場合、あるいは初期除草剤は使用しない

表-1 直播水稻に登録のある除草剤一覧 (植調協会調べ)

平成 27 年 1 月 15 日現在

① 代かきから播種前に使用できる除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	イネゼットEW	4	テマカットフロアブル	7	ロンスター乳
2	サキドリEW	5	◎○ブレキープフロアブル		
3	シンウチEW	6	◎○ブレキープ1キロ粒		

② 播種前後からノビエ1葉期頃までに使用できる除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	◎○オサキニ1キロ粒	5	◎○サンバード1キロ粒30	9	ピラクロンフロアブル
2	◎兆1キロ粒	6	パイサー粒	10	◎○ブレキープフロアブル
3	兆フロアブル	7	◎ヒエクリーン1キロ粒	11	◎○ブレキープ1キロ粒
4	◎○サンバード粒	8	◎ピラクロン1キロ粒		

③ イネ出芽始頃を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	○キックバイ1キロ粒	2	○バッチリ1キロ粒	3	バッチリフロアブル

④ イネ出芽揃を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	イッポンD1キロ粒51	3	オードラム粒	5	ベストパートナー1キロ粒
2	イッポンDフロアブル	4	ザンテツ1キロ粒	6	○ベストパートナー豆つぶ250

⑤ イネ1葉期を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	アクシズMX1キロ粒	47	ゲットスター1キロ粒	92	ドニチS1キロ粒
2	アグロスター1キロ粒	48	ゲットスター顆粒	93	トリプルスター1キロ粒
3	アピロイーグルフロアブル	49	○ゴウワン1キロ粒51	94	バッチリジャンボ
4	アピロキリオMX1キロ粒51	50	ゴウワン1キロ粒75	95	パワーウルフ1キロ粒51
5	アピロきり尾MX1キロ粒75	51	○ゴウワンフロアブル	96	パワーウルフ1キロ粒75
6	アピロトップMX1キロ粒51	52	ゴウワンLフロアブル	97	半蔵1キロ粒
7	アピロトップMX1キロ粒75	53	ゴウワンLジャンボ	98	ヒエクッパ1キロ粒
8	イッテツジャンボ	54	ザークD1キロ粒51	99	○ビクトリーZ1キロ粒
9	イッテツ1キロ粒	55	サスケラジカルジャンボ	100	ブルチャーJエース1キロ粒
10	イッテツフロアブル	56	サットフルLフロアブル	101	フォーマット1キロ粒51
11	イッポン1キロ粒75	57	サラブレッドRXフロアブル	102	フルイニング1キロ粒
12	○イッポンフロアブル	58	サンサールジャンボ	103	○フルイニングスカイ500グラム粒
13	イネエース1キロ粒	59	サンサール1キロ粒	104	フルチャーJ1キロ粒
14	○イネキング1キロ粒	60	サンサール顆粒	105	○フルチャーJスカイ500グラム粒
15	イネキングフロアブル	61	サンシャイン1キロ粒剤	106	フルチャーJジャンボ
16	イネキングジャンボ	62	サンシャインフロアブル	107	ブルゼータ1キロ粒剤
17	○イネグリーンD1キロ粒51	63	忍ジャンボ	108	ブロスパー1キロ粒51
18	イノーバDXアップ1キロ粒75	64	忍フロアブル	109	ベストコンビ1キロ粒
19	イノーバDXアップ1キロ粒51	65	忍1キロ粒	110	○ベストコンビスカイ500グラム粒
20	イノーバDXアップフロアブル	66	ジャイブ1キロ粒	111	ベストコンビジャンボ
21	イノーバDXアップLフロアブル	67	○ジャイブスカイ500グラム粒	112	○ホームランキング1キロ粒51
22	イノーバトリオ1キロ粒51	68	シリウスエグザ1キロ粒	113	ホームランキング1キロ粒75
23	イノーバトリオ1キロ粒75	69	シリウススターボジャンボ	114	ホームランキングフロアブル
24	イノーバトリオフロアブル	70	シロノックLジャンボ	115	ホームランキングLフロアブル
25	ウィナー1キロ粒剤51	71	シロノック1キロ粒51	116	ホームランキングLジャンボ
26	ウィナー1キロ粒剤75	72	シロノックLフロアブル	117	ポランティアジャンボ
27	ウィナーLジャンボ	73	スケダチ1キロ粒	118	マイウェイ1キロ粒
28	ウィナーLフロアブル	74	○スマートフロアブル	119	○マクダス1キロ粒
29	ウルフエース粒17	75	ゼータファイヤ1キロ粒剤	120	○ミスターホームラン1キロ粒剤51
30	ウルフエース1キロ粒51	76	ゼータワン1キロ粒剤	121	○ミスターホームランフロアブル
31	○エーワン1キロ粒	77	ゼンイチMX1キロ粒	122	○ミスターホームランLフロアブル
32	○エーワンフロアブル	78	ダイナマンD1キロ粒51	123	ミスターホームランD Lジャンボ
33	エーワンジャンボ	79	ダイナマンDフロアブル	124	ムソウ1キロ粒
34	○カルテット1キロ粒51	80	ダブルスター1キロ粒	125	○ムソウ豆つぶ250
35	ガンガン1キロ粒剤	81	ダブルスターSBジャンボ	126	○メガゼータ1キロ粒
36	キクンジャーZ1キロ粒	82	ダブルスターSB1キロ粒	127	ライジング1キロ粒75
37	キチットジャンボ	83	ダブルスターSB顆粒	128	ラクダープロ1キロ粒75
38	キチット1キロ粒	84	○タンボエーススカイ500グラム粒	129	ラクダープロフロアブル
39	キチットフロアブル	85	タンボエース1キロ粒	130	ラクダープロLフロアブル
40	クサオウジ1キロ粒75	86	トップガンLジャンボ	131	○リボルバー1キロ粒
41	クサオウジHフロアブル	87	トップガンLフロアブル	132	○リボルバーエース1キロ粒
42	クサトリーDX1キロ粒75	88	○トップガン250グラム	133	○ロングキック1キロ粒51
43	クサトリーDX1キロ粒H75	89	○トップガンL250グラム	134	ロングキック1キロ粒75
44	クサトリーDXフロアブルH	90	トップガンGT1キロ粒51	135	ロングキックD1キロ粒51
45	○クレセントフロアブル	91	トップガンGT1キロ粒75	136	ロングキックLフロアブル
46	黒帯1キロ粒				

⑥ イネ1.5葉期を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	アピロイーグルフロアブル	5	クサトリエースLフロアブル	9	トップガンLフロアブル
2	アピロスター1キロ粒	6	黒帯フロアブル	10	ブロスパーA1キロ粒36
3	アピロトップ1キロ粒51	7	スラッシュ1キロ粒	11	ラクダーHフロアブル
4	クサトッタ1キロ粒	8	トップガンフロアブル	12	オリボルバー1キロ粒

⑦ イネ2葉期を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
-	-	-	-	-	-

⑧ 中・後期に使用する除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	アンカーマンDF水和	11	スケダチ1キロ粒	21	○フォローアップ1キロ粒
2	カービー1キロ粒	12	ノミニー液	22	粉状MCP水溶
3	クミメートSM1キロ粒	13	○ハイカット1キロ粒	23	○マメットSM1キロ粒
4	グラスジンMナトリウム液	14	バサグラン液(ナトリウム塩)	24	モゲトン粒
5	グラスジンMナトリウム粒	15	バサグラン粒(ナトリウム塩)	25	粒状水中2,4-D
6	○クリンチャー1キロ粒	16	ヒエクッパ1キロ粒	26	粒状水中MCP
7	クリンチャーEW	17	ヒエクリーン1キロ粒	27	○ワイドアタックD1キロ粒
8	クリンチャーバスメ液	18	ヒエクリーン豆つぶ250	28	ワイドアタックSC
9	ザーベックスDX1キロ粒	19	ヒエクリーンバサグラン粒	29	ワイドパワー粒
10	○サンパン地1キロ粒	20	アイゴールSM1キロ粒	30	ワンステージ1キロ粒

⑨ 乾田直播で使用する除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	グラモキソンS	7	シャドー水和	13	マーシェット乳
2	クリンチャーEW	8	トレフェノサイド乳	14	マメットSM粒
3	クリンチャーバスメ液	9	トレフェノサイド粒2.5	15	マメット粒
4	サターンバアロ乳	10	ノミニー液	16	ワイドアタックSC
5	サターンバアロ粒	11	ハードパンチDF		
6	サターン乳	12	バックアタックDF		

⑩ 耕起前、播種前やイネ出芽前など乾田期に使用する非選択性茎葉処理剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	エイトアップ液	11	コンパカレール液	21	ブロンコ
2	カルナクス	12	サンダーボルト007	22	ボラリス液
3	キャピタルグリホサート	13	サンフーロン液	23	マイゼット
4	草枯らしMIC	14	シンラングリスター	24	マイター液
5	クサクリア	15	タッチダウンIQ	25	ラウンドアップ
6	クサクリーン液	16	ネコソギクイックプロFL	26	ラウンドアップハイロード
7	三共クサトリキング	17	ハイフウノン液	27	ラウンドアップライトロード
8	ホクサンクサトリキング	18	ハーブ・ニート液	28	ランドマスター
9	グリホエキス液	19	ピラサート液	29	ラウンドアップマックスロード
10	グリホス	20	ブリグロックSL		

⑪ 水稲刈跡で使用する除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	クサトールFP水溶	4	ブリグロックSL	7	2,4-Dアミン塩
2	クロレートSL	5	粉状MCP水溶	8	2,4-Dソーダ塩
3	デズレートA	6	マイゼット	9	MCPソーダ塩

注1) 本表には、登録はあるものの販売されていない薬剤を含む

注2) ○: 播種同時処理が可能な薬剤

注3) ○: 無人ヘリコプターでの使用が可能な薬剤

注4) 薬剤によっては地域や土壌条件で使用時期が異なる場合がある

注5) 使用に当たっては必ず農薬ラベルの内容を確認すること

ものの雑草の発生が遅い場合や、播種後の雑草発生量が著しく少ない場合は、イネの出芽が確保された後すなわち入水後に、抑草期間の長い除草剤の散布となる。移植栽培で一発処理剤と呼ばれているような薬剤がこれにあたる。このような薬剤は処理早限の早い順に、イネ出芽始期以降に使用する剤、

イネ出芽揃以降に使用する剤、イネ1葉期以降に使用する剤などがある。中でもイネ1葉期以降に使用できる薬剤は多く、適用雑草、使用時期の幅や散布の省力性などから適宜選択いただきたい。

処理後の大雨による田面水のオーバーフローで除草効果が低下したり、

SU抵抗性雑草や多年生雑草が残草した場合は、中期剤や後期剤で後始末をする必要がある。中期剤は、イネがまだ小さな段階で使用すると薬害を生じる危険性があるため、使用時期の早限をしっかりと守ることが重要となる。後期剤は雑草の茎葉に散布する薬剤が多いが、散布が容易な粒剤も用意されて

表-2 表面播種（鉄コーティング）で実用性が確認された除草剤一覧

平成 27 年 1 月 15 日現在

① 代かきから播種前に使用できる除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	◎○プレキープフロアブル	2	◎○プレキープ1キロ粒		

② 播種後からノビエ1葉期頃までに使用できる除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	◎○オサキニ1キロ粒	4	◎ヒエクリーン1キロ粒	7	◎ワンステージ1キロ粒
2	◎○サンバード粒	5	◎○プレキープフロアブル	8	ベストパートナー1キロ粒
3	◎○サンバード1キロ粒30	6	◎○プレキープ1キロ粒		

③ イネ出芽始頃を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	○キックバイ1キロ粒				

④ イネ出芽揃を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	イッポンDフロアブル	2	○ベストパートナー1キロ粒	3	○ベストパートナー豆つぶ250

⑤ イネ1葉期を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	○イッポンフロアブル	9	トップガンLフロアブル	17	○ベストコンビスカイ500グラム粒
2	イネキングジャンボ	10	○トップガンL250グラム	18	○メガゼータ1キロ粒
3	カリユードフロアブル	11	○バッチリ1キロ粒	19	ラクダープロLフロアブル
4	ゲットスター1キロ粒	12	バッチリフロアブル	20	BCH-121-1kg粒
5	忍1キロ粒	13	○ビクトリーZ1キロ粒	21	BCH-122フロアブル
6	○ジャイブスカイ500グラム粒	14	ピラクロエースフロアブル	22	BCH-123ジャンボ
7	センイチMX1キロ粒	15	○フルイニングスカイ500グラム粒		
8	○タンボエーススカイ500グラム粒	16	○フルチャージスカイ500グラム粒		

⑥ イネ1.5葉期を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
	—		—		—

⑦ イネ2葉期を処理早限とする除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	アクシズMX1キロ粒				

⑧ 中・後期に使用する除草剤(商品名の五十音順)

	商品名		商品名		商品名
1	オシオキMX1キロ粒	3	ワンステージ1キロ粒	5	○ワイドアタックD1キロ粒
2	ヒエクリーン1キロ粒	4	○フォローアップ1キロ粒		

注1) 本表には、未登録剤や販売されていない薬剤を含む

注2) ◎: 播種同時処理が可能な薬剤

注3) ○: 無人ヘリコプターでの使用が可能な薬剤

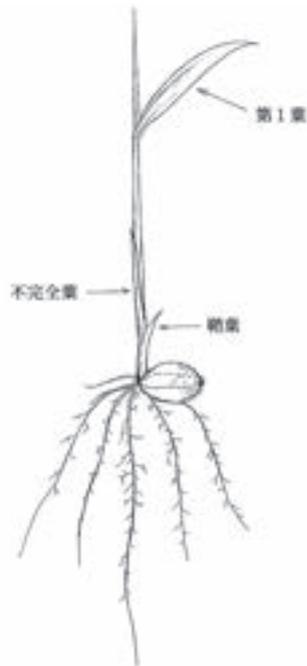


図-5 イネ葉齢の数え方

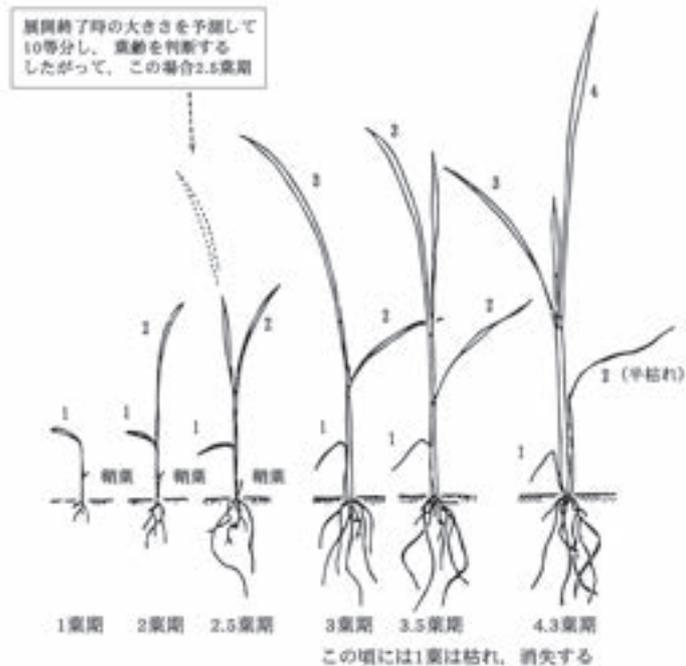


図-6 ノビエの葉齢の数え方 (竹下原図)
(展開中の葉は展開終了時の長さを予測して表示する。)

いる。粒剤には、落水条件での使用が求められる薬剤があり、これらは除草剤成分の特性から、湛水したまま散布すると除草効果が劣るため、処理時の水条件にも十分に注意を払う。

(2) 除草剤の使用時期に関する注意点

直播水稲に適用がある除草剤の使用時期は、主にイネに対する薬害の面から処理早限が、十分な除草効果を確保するため処理晩限が決められている。さらに、作物残留すなわち収穫時の玄米や稲わらに対する残留農薬の面から、収穫前日数が規定されている。

処理早限は、イネの葉齢を目安として表示されることが多く、「イネ出芽揃～」「イネ1葉期～」などと記載される。この場合、イネ出芽揃は「目標とする苗立ち数の約9割が出芽を認めた時期」を指し、イネ1葉期は「出芽したイネの平均葉齢が1葉となった時期」を指す。このとき、イネの不完全葉(葉身を持たず葉鞘部のみの葉)の次に抽出、展開した葉を第1葉と数える(図-5)。寒地や寒冷地など、

低温でただらとイネの出芽が長期におよぶ場合は、発生が遅く若齢の個体には薬害を生じる危険性があるので注意が必要である。なお、出芽の確認において、鉄コーティング粉を播種した時のように表面播種の場合は、種粒からの出芽が目視で確認できるため、抽出した鞘葉を数えることになるが、カルパーコーティング粉を播種した時のように土中播種では、抽出した鞘葉は土壌中にあるため目視では確認できず、土壌表面に抽出した不完全葉を数えることになる。同じ「出芽揃期」でも、播種法によりイネの生育段階が異なるので注意が必要である。

一方、処理晩限は雑草の生育ステージを目安として表示されることが多い。一般的には、ノビエの葉齢で規定され「～ノビエ2.5葉期」「～ノビエ3葉期」などと記載される。この場合のノビエの葉齢は最高葉齢で表示されているため、寒地や寒冷地など低温でノビエの発生が不揃いとなった圃場や、ノビエの発生量が少なく葉齢の確認が難しい圃場では、処理時期を失

しないよう注意して散布する。なお、ノビエ葉齢の数え方を図-6に示した。

(3) 播種方法と薬害に関する注意点

農薬ラベルに記載される使用基準には、通常条件では安全に使用できるよう使用量、使用時期、使用方法、適用地域、適用土壌や使用回数などが記載されているので、これを遵守している限り薬害が問題になることは無い。しかし、除草剤はイネの根から吸収されることで強い薬害を生じさせるものが多く、直播栽培では、土壌表層付近に播種されることに加え、イネの出芽前から生育初期という極めて敏感な時期の除草剤使用が余儀なくされるため、条件によっては強い薬害を生じる。

湛水直播栽培では、条播、点播、散播や表面播種など、播種方法で播種深度が異なる。土中播種である条播や点播では、播種深度がおおむね1cm程度に確保され比較的安全性は高いが、同じ土中播種でも、散播では播種深度がおおむね0.5cm程度と浅いため土壌表面に露出する種子の割合が多く、

鉄コーティング種子の播種に至っては、すべての場面で基本的に土壌表面播種となることから、イネの根と除草剤の接触頻度が高くなり、発芽不良、苗立不良や強い生育抑制などの深刻な薬害を受ける危険性が高まる。

農薬ラベルには、使用基準を補足するために使用上の注意が記載されている。安全使用の観点からも、使用前には十分に内容を確認しておく必要がある。また、植調協会では、公的試験機関等で実施された薬効・薬害試験において、鉄コーティング種子を用いた表面播種条件の圃場試験で、実用性が確認された薬剤のリストを Web ページ (<http://www.japr.or.jp/>) 上で紹介している。今後も順次、安全性の確認作業を進め更新していくので、必要に応じ活用いただきたい。なお、ここに記載した薬剤の中には、農薬ラベルでの使用時期と異なるものがある。これは、前述したように表面播種では安全性確保が難しいためであり、使用時期の早限は農薬ラベルよりも若干遅く設定されている。

(4) 環境影響に関する注意点

直播栽培でも、除草効果の安定化はもちろん、水田系外の環境に影響を与えないために、水管理は極めて重要である。散布後 7 日間の止水期間は遵守する。また、播種同時処理など、イネの出芽・苗立ちが安定する前に除草剤を散布する場合は、止水期間の順守は特に注意が必要である。具体的には、播種後の降雨による深水で、イネの出

芽や苗立ちが低下するのを警戒するあまり、排水路側の水尻を極めて低く設置しているのを見かけることがある。散布後の止水期間は、オーバーフローしないよう水尻を高めに設定するのはやむを得ない。この場合、生産者が優先すべきは環境への配慮である。直播栽培にとって、出芽・苗立ちまでの長期間の滞水は栽培上不利な条件ではあるが、この点についても十分な注意をお願いしたい。

おわりに

上述したとおり、湛水直播栽培では除草剤の体系処理が一般的で、現実的に一発処理剤は存在しない。移植水稲用に開発した薬剤を直播水稲の場面に適用できる範囲内で使用基準を設定し、農薬ラベルを拡大するなどして対応しているのが現状である。直播水稲の栽培面積が水稲作付面積のわずか 1.4% 程度とあまりにも少なく、農薬メーカーも直播水稲専用剤開発に力点を置けないのも当然である。

今後、農地の集積化が進み、大規模経営者（団体等）が増加し、直播水稲の栽培面積拡大が見込まれるとすれば、省力・低コスト化にいち早く、そして最も寄与できる農業資材として、各方面から除草剤に注目が集まるであろう。農薬メーカー各社には、直播水稲一発処理剤を視野に入れた除草剤開発の推進に期待したい。

引用および参考文献

- 濱村謙史朗 2012. 除草剤から見た田植同時処理および播種同時処理の最新動向. 技術と普及 49(11), 51-55.
- 濱村謙史朗 2013. 湛水直播栽培における除草剤の上手な使用技術. 技術と普及 50(11), 54-57.
- 濱村謙史朗 2014. 水稲直播栽培における雑草防除. 一般社団法人日本植物防疫協会シンポジウム. 直播水稲と果樹枝幹害虫の防除を考える 65-94.
- 半田浩二ら 2012. 表面播種した直播水稲に対する除草剤の安全性. 雑草研究 57(別), 29.
- (独) 農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター 2010. 鉄コーティング湛水直播マニュアル.
- (独) 農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター 2004. ショットガン直播マニュアル II.
- 公益財団法人日本植物調節剤研究協会 2014. 植調五十年史.
- 水稲直播研究会 2006. 水稲直播研究会会誌 (第 23 号)
- 水稲直播研究会 2007. 水稲直播研究会会誌 (第 24 号)
- 水稲直播研究会 2007. 水稲直播研究会会誌 (第 25 号)
- 水稲直播研究会 2010. 水稲直播研究会会誌 (第 30 号)
- 水稲直播研究会 2011. 水稲直播研究会会誌 (第 33 号)
- 水稲直播研究会 2012a. 水稲直播研究会会誌 (第 35 号)
- 水稲直播研究会 2012b. 水稲湛水直播栽培の手引き.
- 水稲直播研究会 2013. 水稲直播研究会会誌 (第 36 号)
- 水稲直播研究会 2014. 水稲直播研究会会誌 (第 37 号)
- 以下の各機関のガイド・ホームページも参考にした。
- 水稲鉄コーティング直播栽培ガイド, 株式会社クボタ
- 株式会社クボタホームページ
- 農林水産省ホームページ

産業用無人ヘリコプターを利用した 水稲鉄コーティング湛水直播栽培

現状と特徴

水稲の直播栽培は農家の高齢化、大規模化を背景に普及面積が増加してきており、2012年の普及面積は23,750haで、水稲作付面積の1.5%になっている。鉄コーティング直播栽培は2014年の面積が12,000ha（全農推定）と直播面積のおよそ半分を占めるに至っている。その中で産業用無人ヘリコプタ（以下無人ヘリ）による播種面積は全国で700から750ha程度と推定されている（ヤマハ発動機（株）推定）。無人ヘリの2013年の登録台数は2,458機あり、安定した栽培が可能になれば普及面積拡大の余地は大きい。ここではカルパーコーティング種子の無人ヘリ播種との比較を交えながら、無人ヘリを利用した鉄コーティング湛水直播栽培の特徴と注意点、問題点を整理する。

無人ヘリは高価なため、播種は防除用に所有する機械を流用するか、作業委託により行われる。作業委託のメリットについて、委託側と受託側それぞれの面から述べる。

まず、委託側のメリットとして、機械投資をせずに導入できるという点が挙げられる。機械投資をしなければ、万一直播栽培が上手くいかなくても撤退が容易であり、気軽に直播栽培に取り組むことが可能となる。また、直播栽培面積が小さい場合、播種機を購入すると減価償却費を押し上げ、直播の低コスト化効果を低減させてしまう。

委託費用の一事例では、コーティングと播種、初期除草剤散布で10,450円/10a（種子は持ち込み）であり、苗を購入して移植作業を委託する場合の22,350円/10a（苗25枚の場合、秋田県大仙市）よりかなり安い。このような点では、経営規模が小さい場合にはメリットが大きいと言える。また、田植機が老朽化した場合、更新せずに播種を委託するという選択肢もありえる。一方、複合経営や大規模経営で春作業の労力が逼迫しているような場合にも、労働力のピークを削減できるという点で委託のメリットがある。

次に受託側のメリットとして、無人ヘリの稼働率を上げられることがある。播種時期は無人ヘリが空いており、有効利用に繋がる。無人ヘリは運搬が容易で作業能率が高いため、乗用の播種機より広い範囲について受託することが可能である。また、自らの経営水田で播種する場合は、播種機への投資が不要であるというメリットもある。

鉄コーティング種子は長期保存が出来るため、コーティングの作業委託が可能であり、農協や業者が受託している例がある。鉄コーティングはカルパーコーティングほど技術的に難しくはないものの、自然乾燥には乾燥場所や手間が必要で、乾燥が不十分な場合は発熱により発芽力が低下する恐れがある。受託元では鉄コーティング種子大量製造装置により鉄コーティング種子が能率よく製造されている。コーティングを委託できることにより、農家はコーティングマシンや資材の購

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
東北農業研究センター

白土 宏之

入、コーティング技術の取得といった面倒な作業から解放される。このことが、鉄コーティング直播の普及拡大の要因となっていると思われる。

栽培のポイント

品種

鉄コーティング直播はカルパーコーティング直播より倒伏指数が大きく（佐藤・東2013）、転び型倒伏しやすいため耐倒伏性の強い品種が向いている。散播は点播より転び型倒伏しやすいため（吉永ら2001、寺島ら2002）、点播よりも耐倒伏性品種の重要性が大きい（山内2010）。

鉄コーティング直播では、前年と異なる品種を用いると漏生により品種が混じる。特に、前年倒伏した水田では、刈り残した籾が大量に落ちていることがあり、大量に漏生イネが発生する可能性が高い（図-1）。漏生を防ぐには、復元田を用いたり、1年目は移植栽培



図-1 短稈中生品種「えみのあき」中に発生した早生品種「あきたこまち」の漏生イネ
出穂しているのが漏生イネ。秋田県大仙市。2014年8月8日。

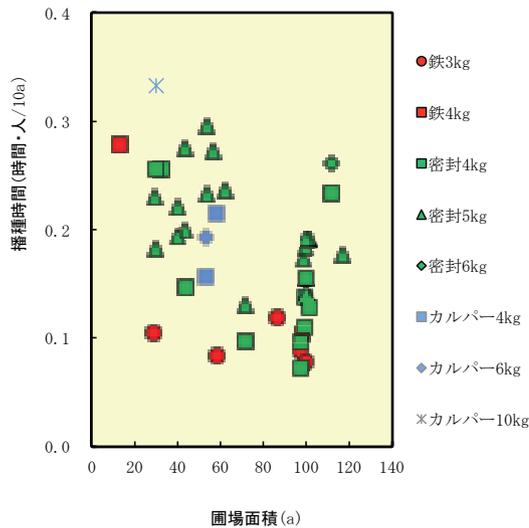


図-2 圃場面積と無人ヘリによる播種時間

凡例はコーティングと10a当たり乾物換算播種量。コーティング比は鉄と密封式鉄が0.5倍、カルパーが2倍。密封式鉄コーティングとは、コーティング後密封して、酸化・乾燥させずに播種する方式。

カルパーのデータは勝部・山本(1998)、八重樫・伊藤(2002)、山田(1998)による。

山田(1998)は播種量毎の圃場面積を特定できなかったため、2枚の圃場の平均値を用いた。無人ヘリの機種は20kgの粒剤が積載できるR-MAX, AYH-3, FAZER。

を行い、翌年同じ品種で鉄コーティング栽培を行う。

播種

鉄コーティングには苗立向上効果はないため、土壌の表面に播種する必要がある。そのため、無人ヘリから播種する場合、5cm程度に湛水して播種し、種子の落下速度を減速して土壌への埋没を防ぐ。湛水すればよいので、大区画圃場でも容易に播種に適切な条件を実現できる。

一方、カルパーコーティング種子の無人ヘリによる播種は、一定の普及は見られたものの(酒井ら1998a)、広く普及するには至らなかった。その一因は、安定した苗立ちが得られる播種深度5~10mm(酒井ら1998b)の確保が困難であり(鍋島・岩井2000)、圃場全面を土中播種に適した状態にするのは難しいこと(牧山2002)にあると思われる。

隣接田と異なる品種を用いる場合、隣接田への異品種混入を防ぐため畦際は無人ヘリで播種せず、動力散布機などで隣接田に入らないように播種する。この畦際播種の作業時間は平均0.028時間・人/10aであった。無人ヘリで畦際だけ散布機の回転数を落とすという方法もメーカーより提案され

ている。

無人ヘリの播種能率は高く、最速の事例は0.072時間・人/10aであった。一般的には0.1から0.2時間・人/10a程度の場合が多い(図-2)。播種時間は水田の面積が広ほど短い傾向にあるが、鉄コーティング3kg/10a播種の事例のように熟練したオペレーターであれば面積にかかわらず0.1時間・人/10a程度で播種できる。作業全体に占める補給時間は平均32%であった。また、離着陸時間は1回77秒で播種作業全体の26%を占め、積載量10kgの機種R-50でカルパーコーティング種子を散播した場合(三原ら1992)と同様の結果であった。したがって、最大積載量の増加や播種量の減少により補給回数が減れば播種作業時間を短縮できる(堀尾ら1998)。カルパーコーティング種子の直播では最大積載量の10kgから20kgへの増加により播種作業能率が向上した(勝部・山本1998、八重樫・伊藤2002)。さらなる最大積載量向上による作業能率の向上が期待される。というのも航空機製造事業法における規制対象となる最大離陸重量が2014年に100kgから150kgへ引き上げられ、エンジン出力が向上した新型機FAZERが発売されているからである。

密封式を含む鉄コーティング種子の播種時間は、同じ播種量の2倍重カルパーコーティング種子に比べて短いとは言えなかった(図-2、密封式鉄コーティングはコーティング後密封して酸化・乾燥させずに播種する方式(今川2009))。しかし、補給回数が少なく済むという点では、鉄コーティング種子の方がカルパーコーティング種子より有利である。0.5倍重鉄コーティング種子の重量は乾物の約1.7倍、密封式鉄コーティングは約1.9倍で2倍重カルパーコーティング種子の約3.3倍より軽い。

無人ヘリ播種は大区画の整形水田に適してはいるが、小区画や不整形であっても連続していれば畦越しに効率的に播種することが可能と考えられる。一方、このような圃場では、乗用型播種機は回転数が増えたり、重複して走行する割合が増えたりして播種能率が低下する。

苗立

宮城県の津波被災地除塩圃場でおこなった試験では、同じ品種による比較ではないが、無人ヘリによる散播の苗立率は $51 \pm 14\%$ (平均 \pm 標準偏差)で、点播機の $52 \pm 8\%$ と平均値の差はなかったが、標準偏差はやや大きかつ

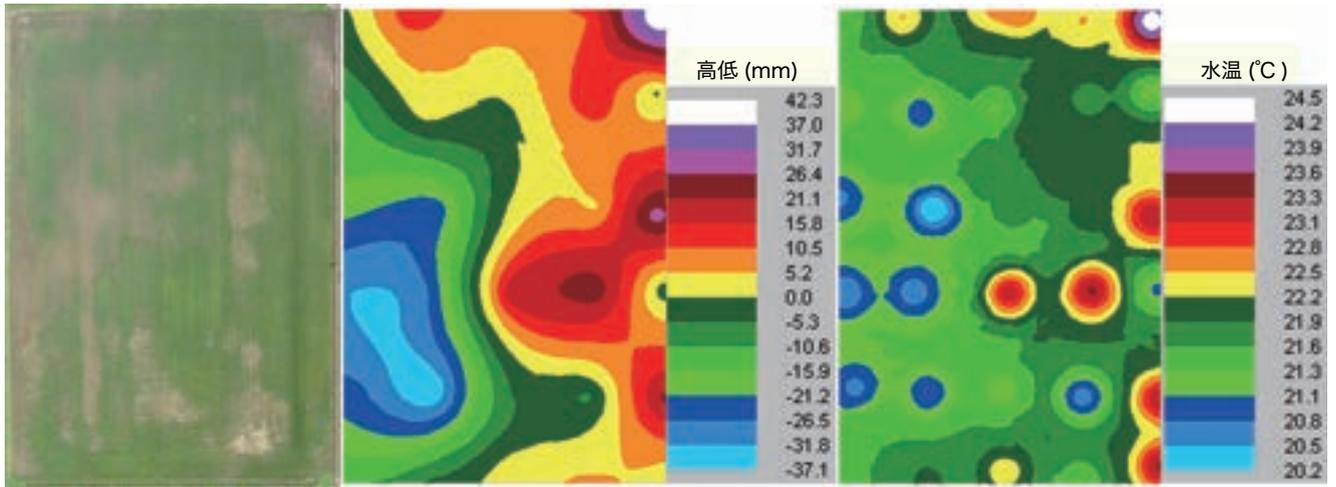


図-3 無人ヘリによる密封式鉄コーティング直播圃場の苗立ち (左, 8月4日), 田面の高低 (中), 水温 (右, 5月19日) (秋田県仙北市, 2011年)

た。無人ヘリ散播の苗立ちは、枕地付近では点播より劣る場合がみられた。

無人ヘリによる散播の場合、田面の低い箇所では苗立ちが悪い場合が見られた(図-3)。その要因は、田面の低い箇所は排水が悪いこと、水深が深く、水温が低いことと考えられた。そのため、レーザーレベラー等で圃場を均平にすることが望ましい。

無人ヘリによる散播は播種後の強風により種子の埋没や吹き寄せが生じ、苗立ち不良箇所が生じる場合がある。

種子の埋没は、強風による波で田面が代かきしたようにとろとろになって種子が埋没し、苗立不良となる現象である(図-4)。種子の埋没は風下側の畦際に20mくらいの幅で生じる場合が多いが、全面で生じ苗立率が2%になった事例もある。種子の埋没は点播圃場ではこれまで確認していない。これは、散播圃場は代かき後湛水して播種時の土壌表面が柔らかいのに対し、点播圃場は播種時に落水すること、播種機のフロートで田面を押さえるため土壌表面がある程度固くなるためではないかと思われる。

種子の吹き寄せは播種後の強風により田面に水流が生じて種子が流される現象である。種子が流された箇所は苗立不足となり、種子が集まった場所は



図-4 強風による波浪で種子が埋没したと思われる箇所
2014年5月20日, 無人ヘリによる密封式鉄コーティング直播圃場, 秋田県能代市

倒伏しやすくなる(図-5)。播種時の水深が7.3cmの圃場では吹き寄せられなかったが、播種時の水深が10cm以上と深かった隣の圃場で吹き寄せが生じた事例があった。経験上、播種時の水深が10cmを越えると吹き寄せが生じる可能性がある。吹き寄せは点播圃場ではこれまで確認していない。点播圃場では播種時に落水するため、種子が土壌表面に密着するからであると思われる。

鉄コーティング種子はスズメ(山内2003; 白土ら2012)に対してある程度の鳥害抑制効果が認められている。スズメ害はカルパーコーティング種子でも落水して適正な播種深度で種子露出を防げば抑制される(酒井ら1998b)。しかし、無人ヘリでは落水

播種しても5~10%種子が露出してしまい、落水出芽ではスズメ害が生じる(山本ら2003)。このように、無



図-5 無人ヘリによる鉄コーティング種子散播圃場で生じた種子の吹き寄せ(上, 7月11日)と倒伏(下, 10月5日)
2012年, 宮城県東松島市, ひとめぼれ下の写真で色の淡い部分は倒伏箇所

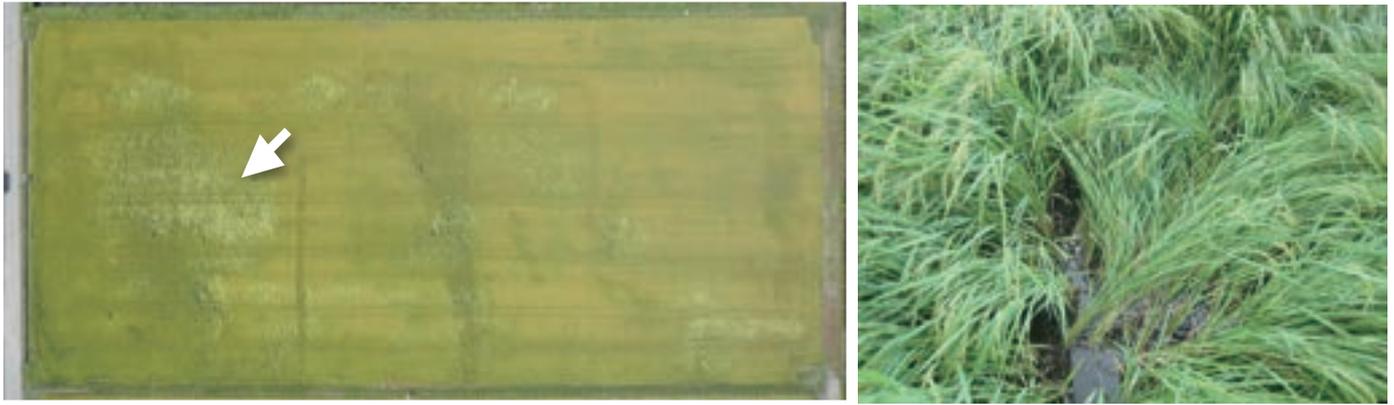


図-6 無人ヘリで「萌えみのり」の密封式鉄コーティング種子を散播した圃場の倒伏状況（秋田県美郷町）
圃場全体（左、2009年9月18日）と矢印の倒伏箇所（右、2009年9月10日）
左図の色の淡い箇所が倒伏箇所

表-1 無人ヘリによる初期除草剤散布時間

剤型	散布時間（時間・人/10a）	
	平均	標準偏差
3キロ粒剤	0.069	0.018
1キロ粒剤	0.059	0.017
フロアブル剤	0.072	0.026
分散分析	ns	

3名または4名の組作業
無人ヘリの機種は20kgの粒剤が積載できる
R-MAX, AYH-3, FAZER。

人ヘリ播種の場合は鳥害防止の点で鉄コーティングの方が優れている。

除草

無人ヘリによる鉄コーティング直播では播種直後に初期除草剤を施用し、稲1葉期を待って初中期除草剤を散布するのが一般的である。無人ヘリで播種する場合、初期除草剤の散布も無人ヘリで行われる場合が多い。無人ヘリに登録のある初期除草剤は4種類ある。粒剤は部品を交換することなく散布できるので、作業性がよい。無人ヘリによる初期除草剤の散布時間は、1キロ粒剤がやや短く、3キロ粒剤とフロアブル剤が同程度であった（表-1）。フロアブル剤の場合は散布器の交換に平均0.33時間・人かかった。

鉄コーティング直播栽培では初期除草剤の施用により除草は比較的安定しているものの、中後期剤が必要となる

場合もある。しかし、液体の中後期剤は、特に大区画水田では、乗用管理機がなければ均一な散布は難しく、散布手段がない場合も多い。現在は中後期剤で無人ヘリによる散布が可能な除草剤は粒剤の一部に限られているが、今後無人ヘリで散布できる中後期剤が増えると直播栽培の雑草防除は容易になる。特に高葉齢のノビエにも効果があるシハロホップブチル乳剤等の無人ヘリ散布の登録拡大が望まれる。

施肥

散播は点播より倒伏しやすいので、特に倒伏に弱い品種の場合は、施肥量を移植栽培の8から9割とする（山内2010）。追肥は背負い式動力散布器を使って行われることが多く、重労働であるが、無人ヘリを使えば、作業能率も高く、軽作業化が可能となる。無人ヘリで追肥をする場合、散布重量が大きいので最大積載重量が問題となるが、窒素成分含有率の高い無人ヘリ追肥用の肥料等により、ある程度この問題を回避できる。

農林水産省と復興庁の委託プロジェクト「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」の中で、無人ヘリを使って生育指標である正規化植生指数（NDVI）の分布を取得する研究が進められている。このような研究が進めば、

水稲の生育に応じて追肥量を変動させる「可変施肥」が無人ヘリで可能になるであろう。

倒伏

散播の方が点播より転び型倒伏しやすい（吉永ら2001b, 寺島ら2002）。点播は転び型倒伏しにくくなる1株の穂数10本以上を実現しやすいが、散播では苗立数を減らさないと実現できない（吉永ら2001a）。小さな株で転び倒伏しやすい理由は、根の支持力の作用点と倒伏時の回転中心点距離が短くなり、株支持力モーメントが低下するからであると考えられている（寺島ら2002）。鉄コーティング直播でも同様だと思われる。

短稈品種「萌えみのり」でも登熟期間に滞水している箇所転び型倒伏が見られた（図-6）。そのような場所は土壌が柔らかく、押倒抵抗値が小さいために転び型倒伏すると考えられた（図-7）。このような倒伏を避けるためには、レーザーレベラーによる均平化や、明渠や暗渠による排水促進による土壌硬化が必要である。

土壌の堅さは出穂期に足が沈まないことが一つの目安となる。足が沈む水田では台風で株が傾いたが、隣接する足が沈まない水田では傾かなかった。いったん株が傾いてしまうと、株を倒

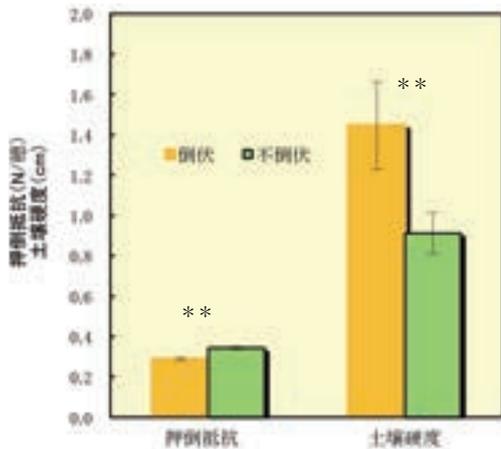


図-7 同一圃場における倒伏箇所と不倒伏箇所の押倒抵抗と土壌硬度
2009年と2010年に秋田県仙北市と美郷町で調査。
押倒抵抗は高さ15cmの株元を45度まで倒したときの力を測定。
土壌硬度は土壌表面硬度計DIK-5581で測定。
「倒伏」は倒伏箇所近傍の不倒伏箇所を調査。
**は1%水準で有意差があることを示す。

伏させる方向に力が働くようになり、倒伏を助長すると考えられている。

収量

宮城県を中心に無人ヘリ播種を受託している業者によると、2013年の平均収量は463kg/10aで、宮城県の収量の84%であった。その原因は、苗立不足箇所、雑草害の他に、倒伏害自体と

倒伏回避のための減肥があると考えられる。この中で、倒伏は品種による軽減が可能である。秋田県で耐倒伏性品種「萌えみのり」を用いた現地実証試験では、穂いもちが発生しなかった年は移植栽培の「あきたこまち」より高い収量が得られた(表-2)。このように耐倒伏性品種を使用することにより十分な施肥が可能となり、収量を向上

させることができると考えられる。

費用

防除作業の受託用に農業生産法人が所有している無人ヘリで密封式鉄コーティング種子を散播した場合の米生産費用を試算した(白土ら2012)。10aあたり労働時間は約6時間で2009年統計値の約40%、玄米60kgあたりの費用合計は約7,000円で統計値の約80%であった(表-3)。このように無人ヘリによる鉄コーティング直播栽培は省力・低コスト栽培技術であるといえる。

謝辞

使用したデータの一部は新稲作研究会委託試験と農林水産省・復興庁委託プロジェクト「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」、農林水産省委託プロジェクト「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」によった。小泉商事(株)佐々木哲氏とヤマハ発動機(株)山上一郎氏には原稿をチェックして頂いた。農研機構東北農業研究センター磯島昭代氏には無人ヘリ播種の離着陸時間調査のためのビデオを提供して頂いた。宮城県古川農業試験場の菅野博英氏には現地実証試験の実施と調査に協力して頂いた。ここに感謝申し上げる。

表-2 無人ヘリ播種した鉄コーティング直播栽培の全刈収量

年	品種	栽培法	倒伏程度 0無~5甚	全刈収量 kg/10a	検査等級	備考
2012	萌えみのり	密封式鉄	0.4	633	2	
	あきたこまち	移植	-	588	1	
2013	萌えみのり	密封式鉄	0.3	488	1	穂いもち多発生
	あきたこまち	移植	-	552	1	
2014	萌えみのり	密封式鉄	0.0	608	1	穂いもち少発生
	統計値	移植	-	607	1等 91.2%	品種は主にあきたこまち、収量は大仙市、等級は秋田県2014年11月末日現在

表-3 無人ヘリを用いた「萌えみのり」散播栽培による米生産費用

項目	単位	実証試験(統計比%)	
		2009年	2010年
10aあたり費用合計	円	71,470 (96)	66,081 (89)
資材費	円	44,652 (117)	47,491 (125)
償却費	円	18,525 (114)	10,631 (65)
労働費	円	8,293 (42)	7,959 (40)
10aあたり労働時間	時間	6.0 (43)	5.7 (41)
10aあたり収量	kg	622 (124)	538 (107)
60kgあたり費用合計	円	6,894 (73)	7,370 (83)

統計比は農林水産省「農業経営統計調査平成21年産米生産費」の全国15ha以上に対する比

引用文献

今川彰教 2009. 密封式鉄コーティングによる水稲湛水直播. 農及園 84, 888-894.
勝部淳史・山本朗 1998. 産業用無人ヘリコプターによる水稲‘祭り晴’の湛水直播栽培. 日作中国支部報 39, 24-25.
堀尾尚志ら 1998. ラジコンヘリによる湛水直播における作業の分析と収量評価法. 農作業研究 33, 11-18.
牧山正男 2002. 水稲湛水土壤中散播における種子の埋没に代かき後の田面起伏が及ぼす影響. 農土論集 218, 73-80.
三原実ら 1992. 水稲散播直播における無人ヘリコプターの作業性能. 九州農業研究 54, 11.
鍋島学・岩井昭衛 2000. 水稲湛水直播栽培における苗立ち向上のための水管理方法 I. 湛水散播栽培での検討. 富山県農技セ研報 19, 1-11.

酒井長雄ら 1998a. 産業用無人ヘリコプターを利用した水稲湛水直播栽培技術. 北陸作物学会報 33, 53-55.
酒井長雄ら 1998b. 水稲湛水直播栽培技術の確立 -産業用無人ヘリコプターを用いた方式を中心として-. 長野県農事試報 47, 62-100.
佐藤徹・東聡志. 2013. 北陸地域における水稲鉄コーティング湛水直播栽培の播種様式および播種後の水管理が収量に及ぼす影響. 日作紀 82, 34-41.
白土宏之ら 2012. 東北地域における直播適性品種を用いた鉄コーティング直播栽培. 機械化農業 1月号, 22-26.
寺島一男ら 2002. 直播水稲における一株の生育量と耐こび型倒伏性との関係. 日作紀 71, 161-168.
八重樫耕一・伊藤勝浩 2002. 水稲湛水直播におけるラジコンヘリの作業性能. 東北農業研究 55, 25-26.

山本好文ら 2003. 水稲湛水直播栽培技術体系の組立に関する研究. 岐阜県中山間農技研報 2, 1-7.
山内稔 2003. 鉄コーティング湛水直播栽培の概要. 日作紀 72(別 1), 4-5.
山内稔 2010. 鉄コーティング湛水直播マニュアル 2010, 1-28. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/014535.html
2015年1月11日閲覧
吉永悟志ら 2001a. 打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稲の耐倒伏性向上—播種様式および苗立ち密度が耐倒伏性に及ぼす影響—. 日作紀 70, 186-193.
吉永悟志ら 2001b. 打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稲の耐倒伏性向上—耐倒伏性向上および安定化のための点播条件—. 日作紀 70, 194-201.



杉菜・土筆 (スギナ・つくし)

兵庫試験地 須藤 健一

トクサ科トクサ属の夏緑性多年生シダ植物。低地から山地の日当たりのいい湿地・原野・裸地などに生える。トクサやスギナの名は知らなくても、「土筆(つくし)」といえば、見たことはなくてもほとんどの人が知る植物である。

「つくし だれの子 スギナの子」

土筆の記憶は、小学生の頃、近所の空き地で母と一緒に摘んだというものである。両手で持ちきれないほど摘み、持ち帰って袴を取ると、母が佃煮風に炊き上げてくれた。当時の、早春の食卓の一品であった。

土筆が大きくなってスギナになるわけでは、もちろん、ない。土筆とスギナは土の下の同じ地下茎から芽を出してくる。春、先に土の上に現れてくる方が土筆である。冬枯れのチガヤの間から、冬草のスズメノカタビラやカラスノエンドウの間から、キャンディーズが歌ったように「つくしの子がはずかしげに顔を出し」てくるのである。

早春に出てきたばかりの胞子茎は、まだ胞子囊穂が袴に包まれていて、さながらに「筆」を思わせる。筆を思わせる土筆を歌ったのが藤原為家。

佐保姫の 筆かとぞみる つくづくし 雪かきわくる 春のけしきは (夫木和歌抄)

「つくづくし」が土筆である。佐保姫とは、白く柔らかな春霞の衣をまとう若々しい女神であるとか。その女神が春の訪れをしたためるのに使う筆が顔を出したばかりの「土筆」である。

源氏物語には土筆などが入った籠が早春の山菜として届けられるくだりがある。

蕨、つくづくし、をかしき籠に入れて、これは、童への供養じてはべる初穂なりとて、たてまつれり。(源氏物語：早蕨)

歴史を遡れるのはここまでである。日本在来であり、胞子茎、栄養茎と姿が変わり、早春の山菜でもあるのに、万葉人はこの土筆やスギナに思いを寄せなかったようである。万葉集の一番最初に歌われている「菜(な)摘(つ)ます兒(こ)」は、(筆者のように)土筆を摘まなかったのだろうか。

(写真は雑草大鑑より、©浅井元朗)

宮城県における無人ヘリを利用した 水稻直播栽培

宮城県古川農業試験場
水田利用部

菅野 博英

はじめに (復旧状況と無人ヘリによる 被災農地等の雑草管理)

平成 23 (2011) 年 3 月 11 日の東日本大震災 (以下大震災) において宮城県は地震と津波等による被害が発生し、特に沿岸部では約 14,300ha の農地が津波により被災した (大川 2012)。その後、県内外からの支援と関係機関の協力により、平成 27 年 1 月末現在、対象農地約 13,000ha のうち約 10,619ha (約 82%) の復旧が完了し (宮城県 a)、営農を再開しており、平成 26 年の県内水稻作付面積は 71,100ha でほぼ震災前の状況に戻りつつある (図 -1)。

宮城県では、除塩後の復旧農地は土壌 EC1.0mS/cm 以下での水稻栽培を普及指導しており (宮城県 b)、移植栽培では宮城県奨励品種における塩害耐性は低く (遠藤ら 2013)、初期

生育における NaCl 濃度は 0.2% から影響があると報告されている (斎藤ら 2011)。直播栽培では、発芽率への影響は NaCl 濃度 0.3% までなく (菅野 2014)、苗立への影響は NaCl 濃度 0.15% までではない (菅野ら 2014a)。

大震災後、復旧・復興に向けて宮城県古川農業試験場は、関係機関と連携し「農業早期復興プロジェクト：平成 23～25 年」(宮城県 b, 大川 2012) や、「食料生産地域再生のための先端技術展開事業 (土地利用型営農技術)：平成 24～29 年」(湯川ら 2014) 等に取り組んでいる。その中で瓦礫が山積する被災農地の雑草を管理するため、無人ヘリによる非選択性除草剤の散布について検討し、平成 23 年 10 月に被災農地無人ヘリ専用剤として「東日本大震災により津波被害を受けた農地専用～」という名称で数剤の非選択性除草剤が農業登録された。これらの剤は、被災休耕田において実際に使用さ

れ、作付再開前の農地管理の手法として一定の役割を果たしている (図 -2, 宮城県 c)。

1. 宮城県における直播栽培の現状

宮城県における水稻直播栽培は、近年急激に増加しており、平成 26 年は東北 6 県の中で最も多い約 2,000ha で水稻栽培面積の約 3% を占める。直播種類別では、湛水直播栽培が約 85% 以上である。播種方式別では、平成 21 年頃から鉄コーティング種子の専用播種機による点播栽培と無人ヘリによる散播栽培が主力となり、特に平成 24 年以降は専用播種機での取り組みが多くなっている (図 -3)。

栽培地帯区別では、宮城県の北部平坦部を中心に増加しているが、沿岸部においても津波被災後の復旧ほ場を中心に徐々に増加している (図 -4)。

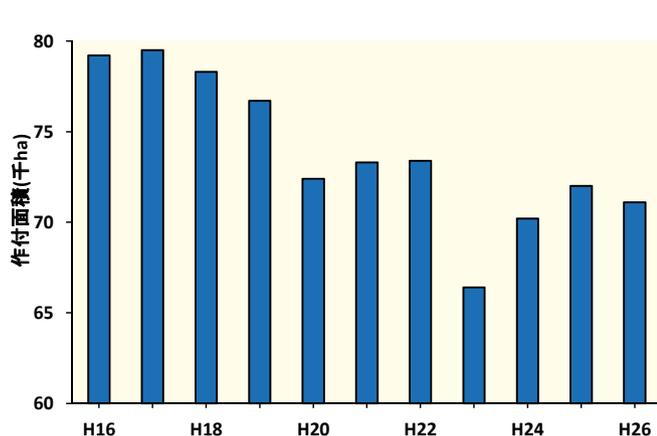


図 -1 宮城県における水稻作付面積の推移 (宮城県)

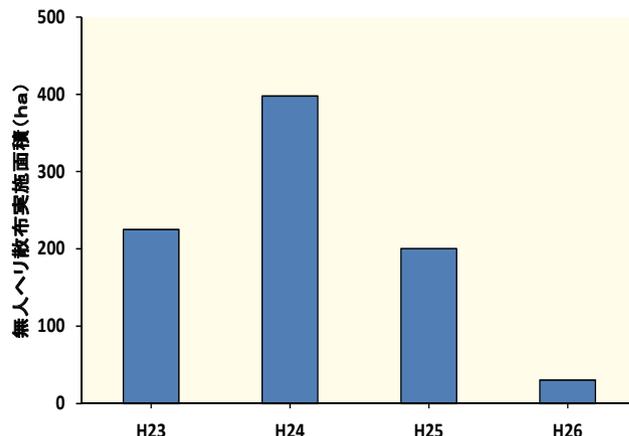


図 -2 宮城県における「東日本大震災により津波被害を受けた農地専用非選択性除草剤」の無人ヘリによる散布実施面積 (小泉商事 (株) とりまとめ改変)

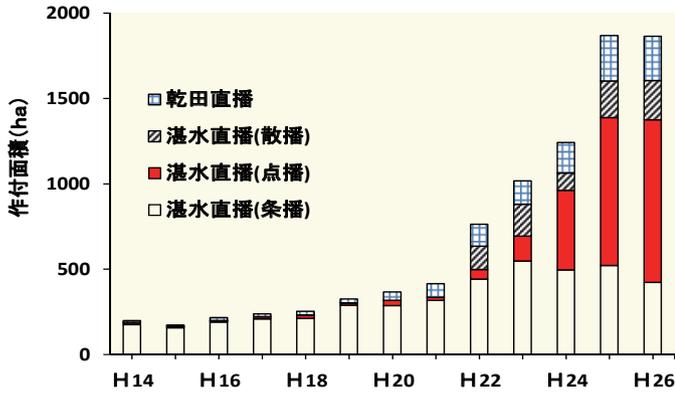


図-3 宮城県における播種方法別の直播面積の推移（宮城県）

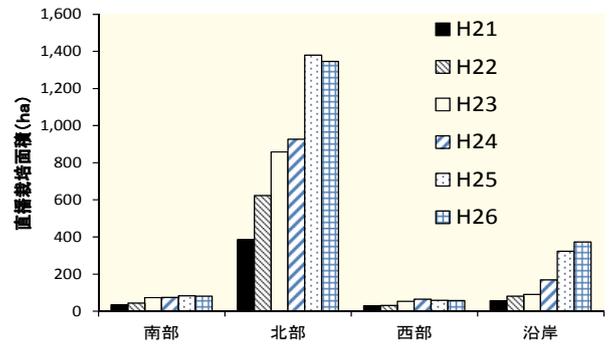


図-4 宮城県における地帯区分別直播栽培実施面積（宮城県）

用途別では平成26年産において主食用65%、ホールクロップサイレージ（以下稲WCS）用21%、飼料用米用12%、米粉用2%である（図-5）。

平成26年産の品種別では、用途により品種構成がやや異なる状況である。全体および主食用では、宮城県の主力品種で良食味の耐倒伏性やや弱の「ひとめぼれ」が大半を占め、次いで業務用米の需要が多く、耐倒伏性やや強、やや多収品種「まなむすめ」、耐倒伏性強、多収品種「萌えみのり」の順である。飼料用米用と稲WCS用は全国的な飼料用米の作付増加に伴い、飼料用水稲品種の種実確保が少量のため、主食用品種が主に作付されている。飼料用米用は多収品種を中心に栽培され、「まなむすめ」、飼料用米・稲WCS兼用品種「夢あおば」、「萌えみのり」の順である。稲WCS用は種子の確保がしやすい品種から栽培がされており「ひとめぼれ」「まなむすめ」「夢あおば」

の順である（図-6）。

直播栽培は大規模農家を中心に取り組みが増加している。直播導入の主な理由としては、労働力やコストの削減があげられる。特に津波被災農地では、離農者の増加や担い手農家数の減少が著しいが、100ha規模の農業生産法人が増加しており、これらの法人が直播栽培を組み入れている。

2. 宮城県の水稲作における無人ヘリの利用状況

近年1～2ha等の大区画の水田が増加しており、作業の効率化や薬剤の散布精度等から現場では無人ヘリによる農薬散布が増加しており、宮城県における水稲作全般における無人ヘリの利用状況（播種、薬剤、肥料等）は図-7のとおりである。直播栽培の作業については、平成21年頃から鉄コーティング播種、播種後の初期除草剤散

布、初中期剤除草剤散布、殺菌剤散布、殺虫剤散布、耐倒軽減剤散布、肥料（追肥）散布等が追加されている。

各種薬剤散布については、乾田直播栽培においても無人ヘリが活用されている。

3. 無人ヘリによる直播栽培

(1) 鉄コーティング

農業者が自らコーティングするほかに、近年農業関連企業やJA等で受託を行い大量に製造するケースが多くなってきている。その場合、農業者はJA等から購入した種子（一部種子消毒済み）を委託業者等に持ち込み、コーティング済み種子（業者が発芽率を確認）を受取り使用している。

(2) 品種

鉄コーティング湛水直播栽培における苗立ちは、早期に出芽し目標の苗立本数を確保することが重要である。播種方法による苗立本数に大きな差は認められないが（白土2014）、品種により発芽勢や発芽率が異なる。宮城県奨励品種の「げんきまる」は「ひとめぼれ」より休眠が浅く、発芽勢が高く（図-8）、出芽揃が早いことから、苗立ち本数が多い（図-9）。

さらに鉄コーティング湛水直播栽培の場合、土壌表面に種子を播種するため、移植栽培や湛水土中直播栽培、乾

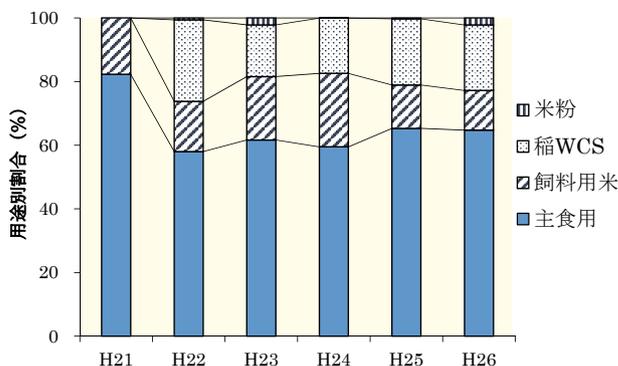


図-5 宮城県における直播栽培面積の用途別割合（宮城県）

注）H21の飼料用米は飼料用米+稲WCS

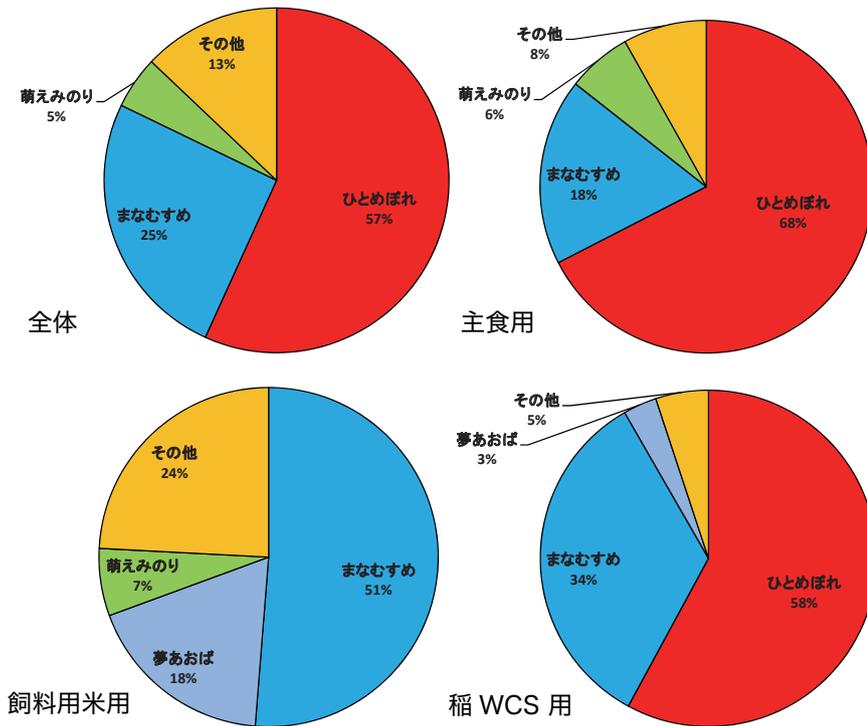


図-6 宮城県における用途別の品種面積割合 (H26 宮城県)

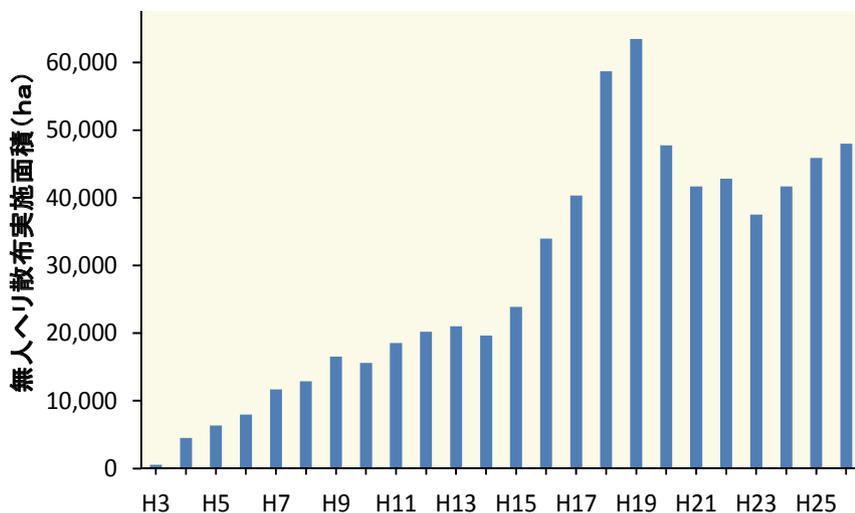


図-7 宮城県における無人ヘリ散布実施面積
(宮城県産業用無人ヘリコプター推進連絡協議会とりまとめ改変)
注1) 移植+直播栽培(播種, 薬剤, 肥料等)
注2) 直播栽培はH21から

田直播栽培と比べ倒伏しやすいことから、耐倒伏性品種が重要である(白土2014)。散播栽培は点播栽培より収量がやや劣り、倒伏しやすい傾向にある。耐倒伏性が強く多収品種の「げんきまる」は「ひとめぼれ」と比較すると草丈や穂長は長い、稈が強く散播

栽培でも倒れにくく、多収であることから直播栽培に適した品種である(図-10、菅野ら2014b)。

(3) 無人ヘリの利用体系例

宮城県内の直播栽培における無人ヘリ利用の事例を見ると主に「播種～生

育後期までの防除」、「播種+斑点米カメムシ類防除」、「初中期除草剤+斑点米カメムシ類防除」、「その他」のパターンに分けられる。

1) 播種～生育後期までの防除

播種作業から斑点米カメムシ類の防除まで、無人ヘリを中心とした作業体系。中後期除草剤やイネネットムシ防除の散布は、無人ヘリの農薬登録が少ないため、ビークル等にて対応している。

主な作業は①播種、②初期除草剤散布(粒剤 or フロアブル剤)、③初中期除草剤(主にフロアブル剤)、④殺菌剤(いもち剤)、⑤共同防除:殺虫剤(斑点米カメムシ類)である。病害虫の発生状況によっては、途中で殺菌剤や殺虫剤が追加される場合がある。

2) 播種+斑点米カメムシ類防除

播種作業と防除作業の一部を無人ヘリで行う作業体系。

主な作業は①播種、②初期除草剤(粒剤 or フロアブル剤)、③共同防除:殺虫剤(斑点米カメムシ類)である。

3) 初中期除草剤+斑点米カメムシ類防除

鉄コーティングの点播栽培や乾田直播栽培においても、「初中期除草剤+斑点米カメムシ類防除」が無人ヘリで利用されている。

主な作業は①初中期除草剤、②共同防除:殺虫剤(斑点米カメムシ類)である。病害虫の発生状況によっては、途中で殺菌剤や殺虫剤が追加される場合がある。

4) その他

一部のほ場では、倒伏軽減剤や肥料

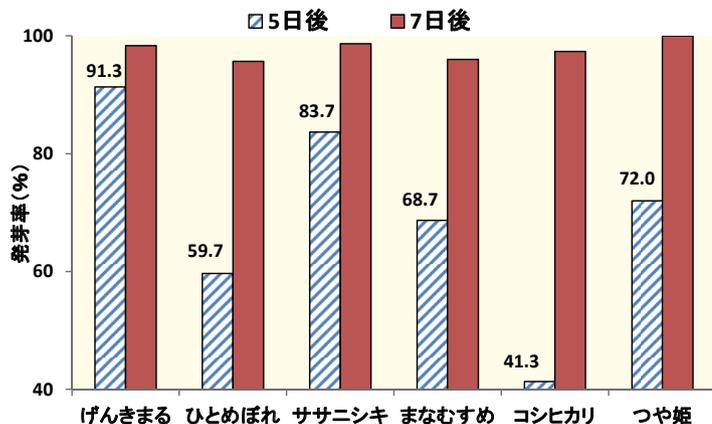


図-8 宮城県の奨励品種別発芽率 (H25: 乾燥籾, 宮城県)

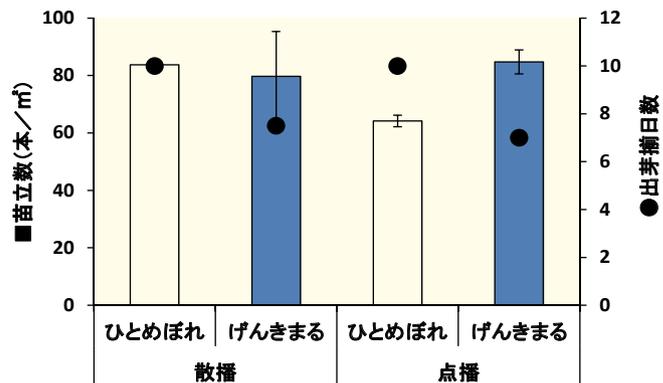


図-9 播種方法別の苗立と出芽揃 (H25～H26: 古川農業試験場)
注) 5/16 播種, エラーバーは苗立本数の標準誤差

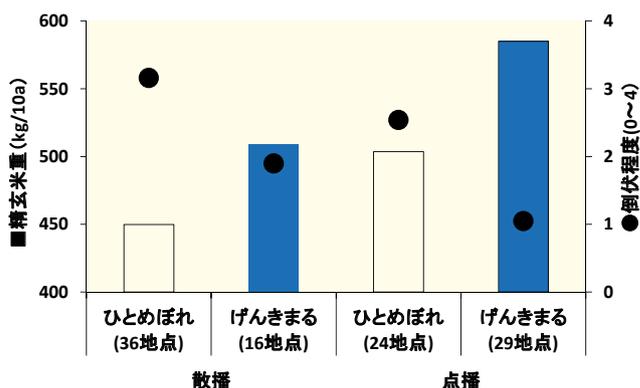


図-10 播種方法別の収量と倒伏程度 (H22～26: 古川農業試験場)
注1) 現地 (全刈収量) と場内 (坪刈収量) の平均
注2) (○地点) は調査地点数

の散布が上記の利用事例に加わるケースも見られる。

(4) 課題等

1) 漏生イネ

直播栽培は、水田において播種した種子の出芽促進を行う栽培方法のため、前年のこぼれ籾による漏生イネが発生しやすい。移植栽培ではプレチラクロールを含む除草剤による漏生イネ対策が可能であるが、直播栽培の場合は播種した種子にも影響があり、農業登録がないため使用できない。そのため、前年「もち米」や「飼料用専用稲品種」等を栽培したほ場に「主食用品種」を栽培する場合は、移植栽培とする。また、前年に主食用品種で倒伏したほ場でもこぼれ籾による漏生イネが

発生しやすくなるので、前年と異なる品種を作付する場合は移植栽培とする。

2) 漏水

津波被災復旧後の農地および県内各地のほ場では、震災により地盤沈下等で暗渠や配水管等の施設にズレやヒビ等が発生し、漏水による水不足や隣接田からの水の流入等が認められるケースがある。

特に直播栽培の場合、漏水は致命的となるため、水持ちの良いほ場を選択し、畦塗や、畦際をトラクタの車輪で踏み固める等の対策を行う必要がある。

3) 無人ヘリ散布可能な農薬の登録拡大

生育初期から中期に使用する無人ヘ

リの登録農薬は徐々に増加しており、ほ場や水稻の生育状況、病虫害や雑草の発生状況に対応可能となっている。しかし、生育中後期に使用可能な薬剤 (特に除草剤) が少ないのが現状である。

近年、直播栽培や飼料用稲等の栽培が急激に普及していることから、一般の水稲栽培と比べ生育ステージが遅く、8月頃まで葉色が濃いほ場が多く散見され、飛来性害虫のイネツトムシの発生が目立つようになっている。発生状況は年次変動が大きい、発生程度が大きくなると、生育の停滞、稲穂の出穂み等により減収に繋がる害虫である。発生予察を行いながら防除の徹底を呼び掛けているが、無人ヘリでの登録農薬がないため、早急な登録拡大が望まれる。

謝辞

大震災以降、県内外の関係機関からの多大な御支援と御協力を賜り、心より感謝しております。今後とも変わらぬ御支援と御協力を頂けますよう、よろしく申し上げます。

なお、今回使用したデータの一部は農林水産省・復興庁委託プロジェクト「食料生産地域再生のための先端技術展開事業 (土地利用型営農技術)」の

成果である。

農研機構東北農業研究センター白土宏之氏には現地実証試験の実施，調査および原稿の確認を頂いた。小泉商事（株）佐々木哲氏には無人ヘリの散布実績データ提供と原稿の確認を頂いた。ここに感謝を申し上げます。

参考文献

遠藤貴司ら 2013. 宮城県水稲奨励品種における塩害耐性の評価. 日作東北支部報 56, 39-40.
大川茂範 2012. 東日本大震災により被害を受けた農地の現状と復旧に向けた取り組み. 植調 46(4), 127-142.

菅野博英 2014. 塩分濃度による直播栽培の発芽性への影響. 日作東北支部報 57, 27-28.

菅野博英ら 2014a. 塩分濃度による水稲育苗と直播の苗立ちへの影響. 日作第 238 回講演会要旨集, 44.

菅野博英ら 2014b. 水稲鉄コーティング直播栽培における倒伏軽減法の検討 第 1 報 品種と播種量の関係. 日作第 239 回講演会要旨集.

斎藤満保ら 2011. NaCl 濃度の違いが水稲品種の初期生育に及ぼす影響. 日作東北支部報 54, 23-28.

白土宏之 2015. 産業用無人ヘリコプターを利用した水稲鉄コーティング湛水直播栽培. 植調, 49(2), 10～15.

宮城県 a 「復興の進捗状況」ホームページ

<http://www.pref.miyagi.jp/site/ej-earthquake/shintyoku.html> (2014 年 3 月 11 日確認)

宮城県 b 「農業早期復興プロジェクト」ホームページ

http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/revival.html (2014 年 3 月 11 日確認)

宮城県 c 「普及に移す技術」ホームページ

http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/hukyuu-index.html (2014 年 3 月 11 日確認)

湯川智行ら 2014. 東日本大震災津波被災地における土地利用型営農技術の実践. 日作第 239 回講演会要旨集.



ツクサ (露崎浩原図)

水稻鉄コーティング直播栽培における 雑草防除の現状と課題

(株)クボタ
技術顧問

宮越 彊

はじめに

平成26年産の米価が大きく下落し、生産者をはじめ農業、農政関係者は省力、低コスト米生産を喫緊の課題として対応に迫られている。

稲作経営の低コスト生産技術の一つとして、乾田・湛水直播栽培があり、現在、全国的に普及拡大しているのが「水稻鉄コーティング直播栽培」である。従前から直播栽培普及推進上の課題は、出芽苗立の安定と雑草防除対策等が重点技術と考えられてきた。今回、年々普及拡大する「水稻鉄コーティング直播栽培」の現状と雑草防除対策の課題について紹介する。

1. 鉄コーティング直播栽培の普及状況

(1) 栽培農家数及び面積

2014年（平成26年）は、全国で導入農家数6000戸、栽培面積10,500ha（クボタ調べ）で、特に東北、北陸の米主要産地で普及拡大が進み、1,000ha以上は宮城県、山形県、新潟県、富山県の4県、100ha以上は全国で12県に及んでいる。

震災による育苗施設、ハウス及び機械施設の損壊など、新たな復興もありますが、宮城県で普及が顕著であり、他の震災県の福島県、岩手県でも年々普及拡大している。

(2) 収量・品質の状況

クボタが鉄コーティング直播栽培に取り組んで10年たったが、試験研究、普及指導機関や農業、肥料、機器材関係メーカー等の協力、連携のもとに幾多の課題解決に取り組み、推進してきた。

普及著しい東北、北陸、関東地域や大規模専業農家、生産組織及び集団などでは、収量は移植栽培と遜色なく、稲作経営の基幹技術として定着拡大しつつある。

主要米産地の山形県庄内地域の4年間の収量の変化を見ると、2014年（平成26年）の鉄コーティング直播栽培の平均収量は593kg/10aで、過去4か年の平均収量551kg/10aより42kg増収している（表-1）。実際、生産者が販売した10a当たりの収量の内訳を見ると、9俵以上が92%を占めている（図-1）。

また、品質では、1等米比率が100%となっており、特に山形県の主要品種である「はえぬぎ」は直播適性が極めて高いといえる。クボタグループの販売会社では、収量、品質が安定

したことから食味に重点を置き「食味コンテスト」表彰を実施して、食味値、蛋白質、アミロース値とも移植栽培同等の成果を確保し、収量、品質、食味ともに安定してきている（表-1）。

(3) 普及推進上の課題

現在、普及推進上の課題として、次の3点が考えられている。

1) 多様な品種の導入

米政策が流動的で3年後の米生産調整廃止など先行き不透明なことから、主食用米、非主食用米の多様な品種が栽培され、品種特性、種子確保と休眠性、播種量、施肥量、使用薬剤等と併せて、漏生イネ（粍）発生防止対策の検討が必要となっている。

2) 雑草防除対策

播種時（機械では播種同時）散布除草剤の初期除草剤が年々開発市販されており、出芽初期雑草の防除は心配なくなったが、2回目の体系除草剤の適期散布の遅れが課題となっている。このため、生産者への意向調査では、移植栽培に比べ雑草の発生が多いとの回答が多くなっている。

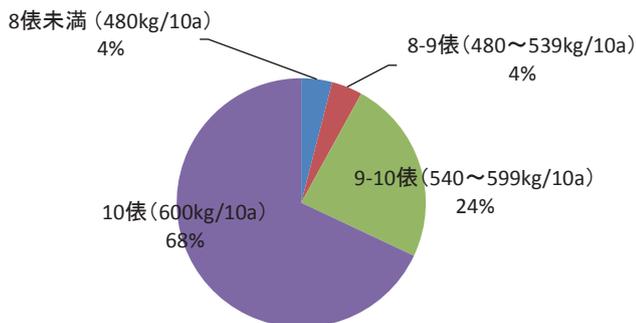


図-1 10a当たりの収量比較

表-1 鉄コーティング直播栽培と慣行移植の収量及び品質報告（南東北クボタ：庄内）

栽培方法	n	平均収量 (kg/10a)	1等米 比率 (%)	食味測定値				
				Aランク 比率(%)	食味値	水分量 (%)	タンパク (%)	アミロース (%)
コーティング直播	n=81	593	100.0	35.5	78.4	13.3	7.4	17.9
行移植 鉄コ取り組み者)	n=21	604	100.0	50.0	79.7	13.4	7.5	17.5
行移植 全サンプル)	n=21	604	100.0	46.4	79.5	13.3	7.7	17.5

3) 倒伏防止と収量の安定

稲作主要県、大規模農家、生産組織及び集団など稲作専業では、安定収量確保され、技術の定着化されている。しかし、小規模、高齢農家、兼業農家の一部では、移植栽培より減収したり、雑草多発及び出芽苗立が不安定等の技術格差があり、これらの技術の安定平準化をさらに図る必要がある。

2. 鉄コーティング直播栽培雑草防除の現状

(1) 鉄コーティング直播の除草剤

過去及び現在も直播の最重要課題は、出芽苗立の安定と適正確実な雑草防除にある。鉄コーティング直播が普及拡大する大きな要因は「表面点播播種」と「播種時除草剤散布（機械では播種同時）」が可能になったことにある。

それは、農作物種子で、トマト、ナス、キュウリ、ピーマンなどの果菜類、アブラナ科類のキャベツ、ハクサイ、ダイコン等、豆類の大豆等の作物では、種子を圃場土中に播種すると「自力」で種子を地上に持ち上げる。このため、発芽能力の高い種子であれば出芽苗立に不安、心配はないが、イネとムギは土中に種子を播種すると自力で種子を地上に持ち上げないため、土中1cm以内に播種しなければならない。このため、何千年も前から先人は、イネ種子は催芽して地表面に播種し、鳥害防止のため、水苗代や籾殻くん炭被覆で育苗して、本田移植をしてきた。

鉄コーティング直播は、イネ種子を表面落水点播播種し、鉄粉の重もりで種子が動かないことや鳥害防止できるため、水口、枕地の一部を除き、種子が土中に潜らない圃場内では欠株発生はほとんどしない。

また、近年、表面播種同時除草剤の開発普及で、薬害発生もなく初期雑草防除が的確にできるようになったため、湛水直播栽培の重点課題である出芽苗立の安定と初期雑草防除が解決されたと考えている。

(2) 播種時（播種機では播種同時）除草剤の使用状況

昨年から播種時除草剤は、商品名で5剤が市販されている。鉄コーティング直播の普及当時のサンバード3キロと1キロ粒剤、オサキニ1キロ粒剤に加えて、プレキープ1キロ粒剤が発売され、さらに北海道、東

北、北陸地域限定だが、ヒエククリーン1キロ粒剤、ワンステージ1キロ粒剤が加わり、また、播種前代掻き後フロアブル剤などもあり、初期雑草防除剤の選択幅が広がっている。

ちなみに、移植同等収量、雑草防除で成果を上げている山形県庄内地域（鉄コ普及面積596ha、導入農家数326戸）の例を見ると、オサキニ1キロ粒剤90%、サンバード1キロ粒剤7%、プレキープ1キロ粒剤1.5%、キックバイ1キロ粒剤1.5%となっている。一方内陸の山形地域（普及面積201ha、導入農家数204戸）ではオサキニ1キロ粒剤100%となっている（表-2）。

全国で最も普及している宮城県（普及面積約1600ha）の平成26年の例では、オサキニ1キロ粒剤68%、サンバード1キロ粒剤20%、プレキープ1キロ粒剤12%で、全国的に見る

表-2 山形県の鉄コーティング直播で使用されている主な除草剤（南東北クボタ）

使用時期	製品名	製品に記載の使用時期	利用割合 (%)
播種同時散布	オサキニ1キロ粒剤	播種同時～ノビエ3葉期まで	90.0
	サンバード粒剤	播種同時、直播～ノビエ1葉期	7.0
	プレキープ1キロ粒剤	代かき後～直播7日前 播種直後～ノビエ1葉期まで	1.5
初期除草剤	キックバイ1キロ粒剤	播種後5日～ノビエ2葉期	1.5
初中期一発剤 (イネ1.5葉～)	忍1キロ粒剤	イネ1葉期～ノビエ2.5葉期まで	—
	忍フロアブル	イネ1葉期～ノビエ2.5葉期まで	—
	忍ジャンボ	イネ1葉期～ノビエ2.5葉期まで	—
	トップガンL250（豆つぶ）	イネ1葉期～ノビエ2.5葉期まで	—
	トップガンGT1キロ粒剤	イネ1葉期～ノビエ2.5葉期まで	—
	トップガンフロアブル	イネ1.5葉期～ノビエ2.5葉期まで	—
	バッチリ1キロ粒剤	イネ1葉期～ノビエ2.5葉期まで	—
中期・残存 雑草防除剤	バッチリジャンボ	イネ1葉期～ノビエ2.5葉期まで	—
	クリンチャーEW	播種後10日～ノビエ5葉期	—
	クリンチャーバスME液剤	播種後10日～ノビエ5葉期	—
	ワイドアタックSC	イネ3葉期～ノビエ5葉期まで	—
	バサグラン液剤	播種後35日～収穫50日前まで	—

表-3 宮城県の鉄コーティング栽培での使用除草剤（五十嵐商会）

1回目	サンバード粒剤
	オサキニ1キロ粒剤
	プレキープ1キロ粒剤
2回目	イッテツフロアブル
	イッボンDフロアブル
	イッボンフロアブル
	エーワン1キロ粒剤
	エーワンフロアブル
	クリンチャー1キロ粒剤
	クリンチャーバスME液剤
	忍1キロ粒剤
	忍ジャンボ
	忍フロアブル
	ダブルスター1キロ粒剤
	タンボエース1キロ粒剤
	タンボエーススカイ500グラム粒剤
	トップガンLフロアブル
	ドニチS1キロ粒剤
	ノミニー液剤
	ハイカット1キロ粒剤
バッチリ1キロ粒剤	
バッチリフロアブル	
バッチリジャンボ	
マメットSM1キロ粒剤	
ミスターホームランLフロアブル	
メガゼータジャンボ	
ワイドアタックSC	
3回目	アンカーマンDF
	イッボンフロアブル
	クリンチャーEW
	クリンチャーバスME液剤
	タンボエース1キロ粒剤
	バサグラン液剤
	ヒエクリーンバサグラン粒剤
ワイドアタックSC	

とオサキニ1キロ粒剤が大半を占めており、販売ルートの関係もあり、商系はオサキニ1キロ粒剤、JA系統はプレキープ1キロ粒剤の使用取扱いが多くなっている。

(3) 初中期除草剤の使用状況

初中期除草剤は移植、直播栽培とも数多くの登録除草剤が市販されており、当社水稲鉄コーティング直播栽培ガイドver6（2015年3月改訂版発行）に掲載した除草剤及び除草体系を中心に地域や発生雑草を考慮し選択使用されている。

宮城県の鉄コーティング直播栽培使用の初期、初中期及び後期除草剤名を調査した結果は初期剤3剤、初中期剤26剤、後期剤8剤が使用されてお

り、表-3に示した。

播種時初期除草剤は、まだ数少なく限定されているが、初中期除草剤は、移植栽培使用剤での使用経験や直播研修会で、薬害回避のため、イネ1葉期剤の散布適期はイネ1.5葉期（鉄コガイド）散布を進めており、逆に散布適期が遅れる傾向で、取りこぼし雑草発生により、アンケート調査では、移植栽培より雑草発生が多いと回答している。また、初中期除草剤の散布器材及び方法は、圃場に入らない乗用散布機などを多くの生産者は所有していないため、フロアブル剤やジャンボ剤の使用が多くなっている。

一方、薬害発生については、全国1万ha以上普及しているが、2回目散布の初中期除草剤の薬害発生の確認や報告は聞いていない。なお、2回目の初中期除草剤名の使用状況は表-3で示したとおりであるが、除草剤ごとの普及割合は紙面では省くことにする。

(4) 後期除草剤の使用状況

基本的には、2回散布だが、前述のとおり「取りこぼし雑草」やヒエの後発や雑草多発田では、後期除草剤が使用されている。2013年（平成25年）鉄コーティング直播栽培の山形庄内地域調査では、播種時「オサキニ1キロ粒剤」1回で済むと回答した生産者は15%、後期除草剤を散布した生産者は15%で使用回数は1回と3回が同じ割合であるが、宮城県調査では後期除草剤は28%使用されている。使用する後期除草剤は、「クリンチャー」

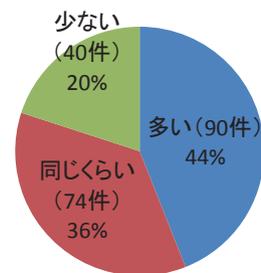


図-2 雑草の発生状況 (移植比) (近畿クボタ)

「クリンチャーバス」「バサグラン」「ワイドアタック」等となっている。

(5) 雑草の発生状況

雑草発生状況について、全国の当社グループ販売会社で、現地中間検討会、成績検討会の開催やアンケート調査を実施して雑草の発生状況を確認し取りまとめている。播種時期が遅く、播種時の気温が高く、雑草発生と生長の早い西日本では、東日本に比べ雑草発生が課題となっている。2014年（平成26年）近畿地方4府県（大阪府、奈良県、和歌山県、兵庫県）の水稲鉄コーティング直播栽培者に移植栽培と比較した雑草発生状況アンケート調査（回答者202名）を実施した結果では「多い44%」「同じ36%」「少ない20%」となっており、4府県別に見ても、同様の結果であり、40%の生産者が多いと回答している（図-2）。

一方、宮城県の26年調査では「多い58%」「同じ18%」「少ない24%」となっており、前年（25年）調査と比較して、多い+4%、同じ-11%、少ない+7%で、この傾向は余り変わらず半数が多い、2割強が少ないと回答している。

3. 鉄コーティング直播栽培の雑草防除の課題

農業構造の変化に伴い、稲作経営面積が5haを岐点に二極化し、5ha以上は拡大する一方、5ha以下は減少する傾向が加速している。そのため、大規模経営及び集団組織への対応と小規模

高齢農家には生涯現役での米作りしたい要望に応え、クボタでは直播点播種機「鉄まきちゃん」を開発導入するとともに、それぞれの経営規模やニーズに対応し、4条、6条専用機と、6条、8条の多目的田植機装着（直播、移植両用）のラインナップを揃えるとともに、かつ播種同時除草剤散布機「こまきちゃん」や側条施肥機を装備している。

毎年、販売会社で開催する中間及び最終成績検討会や研修会で、共通課題となるのは、雑草防除であり、農薬メーカーや普及指導機関等と連携して課題解決に努めている。

(1) 雑草多発生の要因

雑草多発要因については、2回目の初中期除草剤散布適期が遅れていることが指摘されている。

生産者の意見は、直播栽培のイネ1.5葉期の見方はよく判らないと言われ、このため除草剤の適期散布が遅れ、ヒエが3.0～3.5葉期までの登録薬剤の散布時期が遅れ「取りこぼし雑草」の発生がある。

本田でのイネ葉数を除草剤散布時に数え確認することは移植栽培ではないため、1.5葉期の確認を直播栽培で指導しているが、年々、はじめて導入生産者が増加することから、この課題解決には時間が必要であると考えている。

もう一つの要因は、10a当たり1キロ剤を大区画圃場で、均一散布する方法や機器材があるようでないことに加え、圃場に入って散布する栽培方法は、近年移植栽培では田植同時散布を乗用田植機散布が恒常化していること

も影響していると考えている。特に、若い後継者をはじめ生産者では、人力、圃場に入ってから肥料農薬散布作業は、あまり行わないためである。

このため、フロアブル剤、ジャンボ剤の普及が目立ってきている。しかし、大区画圃場では、春先、風の影響や水管理、畦畔漏水、圃場不均平等から散布ムラが発生し、部分的に残草が見られることも多い。

(2) 除草剤散布と水管理

直播栽培と移植栽培の異なる点は、初期の水管理にある。特に、はじめて取り組む生産者では、経験不足から落水出芽後の入水時期と湛水の深さが徹底されず、除草効果の観点から水管理は重要な課題であると認識している。

(3) 代掻き均平の確保と水管理

除草剤の効果は、圃場の均平確保と水管理にある。しかし、近年、移植栽培を含めて大規模経営では、受託による圃場筆数が多いこと、小規模経営では、兼業、高齢化などで水管理が十分できない現状にあり、雑草防除は重要な課題となっている。

雑草の発生状況を見ると圃場の高いところや枕地では、除草効果が発揮されず、水管理と併せて除草剤散布技術の基本を直播、移植栽培問わず再度周知徹底する必要がある。

(4) 発生雑草と除草剤の選択

初中期除草剤が数多く市販されているが、大半はヒエ剤を中心に除草剤を選

択しており、広葉雑草や特定雑草など草種に合わせた除草剤を選択したら完全に雑草防除できた事例が数多くある。

このため、当該地域や指導機関と連携を図り、さらに基本技術を再認識及び周知するとともに、農薬メーカーも薬剤の雑草草種に対する特性、効果を総称ではなく、具体的に明示し、生産者の選択しやすいうように創意工夫、改善を図る必要がある。

最近、移植栽培に加えて、湛水直播栽培の連用や米政策による飼料米の栽培など多様な稲作栽培が行われており、それに対する除草剤の選択技術については、全国各地で研修会を開催され、指導されているが、生産者の理解はまだ十分とは言えない現状である。

(5) 多発生雑草の種類

鉄コーティング直播の導入生産者と普及面積が最も多い宮城県で調査した結果、発生雑草の多い順に上位五つでは「ヒエ」「イヌホタルイ」「オモダカ」「クログワイ」「アゼナ」の発生順位となっている（図-3）。

除草剤の選択とローテーションで、極めて高い効果を発揮した大規模生産組織の優良事例もあるので、効果的な除草剤選択、使用技術を再度、確認する必要がある。

(6) 直播栽培の新たな除草剤処理体系

湛水表面播種直播栽培では、播種同時散布剤の開発普及と初中期除草剤の体系処理技術の確立で、雑草防除は大きく前進した。また、大規模稲作経営

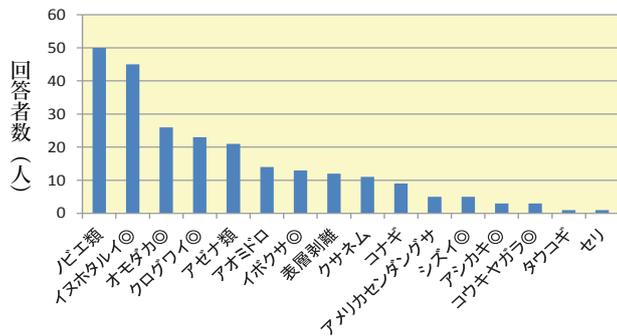


図-3 宮城県の鉄コーティング直播での調査で発生が多かった雑草の種類 (2014年, 五十嵐商会)
◎は多年生雑草。

の直播栽培導入では、新たな除草剤処理方法として、播種同時除草剤を散布し、その後、イネ5葉期に後期除草剤「ワイドアタックSC」や「クリンチャーバスME」をビークルかブームスプレーヤーで落水散布する方法がある。この場合、その後1週間程度落水管理するため、根が土中に深く入りイネ株や茎葉が充実し、耐倒伏性が増す効果も確認されている。

この除草剤処理体系として、「播種時初中期除草剤「オサキニ1キロ粒剤」＋「後期除草剤」の散布体系で除草効果を上げている。また、雑草の発生状況を確認して、必要な除草剤を併用することにより除草効果を一層確実なものにすることができる(例えば、クサネム発生にノミニー剤を同時に散布する)。

これは、乗用散布機械所有の大規模経営や生産組織、集団で実証開発した現地優良事例であり、大規模面積対応では、2回目の初中期除草剤の適期散布作業困難の課題を克服できる方法でもある。

(7) スクミリングガイ (通称：ジャンボタニシ) 対策と除草剤

西日本では、スクミリングガイの発生が湛水直播栽培の推進、導入上の課題となっている。被害防止には、水管理と除草剤散布などの調整が必要である。

除草剤散布と水管理では、代掻き後テマカットフロアブル(規定量の60%)やプレキープフロアブルを散布し、自然落水後(7日程度)に播種。落水出芽後に可能な限り浅水管理し

て、イネの葉身が水面上に出た時湛水し、2回目初中期除草剤を散布し食害防止する。

また、ジャンボタニシ防除薬剤も4剤が開発され、除草剤散布時に同時散布もできる。この場合、全面散布する方法と1か所に集めてスポット散布する方法がある。

耕種的防除法として、耕起前に額縁明渠を整備し、本田内部への侵入防止をするとともに、水口に落とし穴(深さ60cm程度)を掘り、貝を集める方法や入水口に侵入防止ネット設置をするなど、耕種的防除と薬剤防除法を組み合せると効果がある。

(8) 雑草イネ、漏生イネの防除と除草剤

近年、直播栽培の普及拡大に伴い、主食用品種のほか多様な非主食用品種や飼料用イネが栽培され、漏生イネ発生が課題となりつつある。これらを増やさないためには、基本的には、移植栽培と直播栽培のローテーションを実施し、移植栽培時の収穫後は耕起せずに圃場表面で種子を越冬させることである。移植栽培時にはプレチラクロールを含む除草剤散布が有効とされている。

また、雑草イネに有効な除草剤(日植調ホームページ参照)を前処理と後処理の組み合わせで体系処理をすると効果を発揮することが報告されている。さらに、雑草イネ、漏生イネが多発する場合は、転作し、麦、大豆などの畑作物を導入して防除することも必

要と考えている。

おわりに

国際化の進展とともに、経営及び農地流動化や高齢化が加速し、さらに、米価の下落している昨今、大規模経営や小規模、兼業農家に対応した、稲作経営及び栽培技術、方法を早急に構築する必要がある。これらを踏まえて、クボタ及び当社グループでは、新たなイノベーションとして「水稲鉄コーティング直播栽培」を機器材、農薬、肥料メーカー等及び試験研究、普及指導機関と連携し、課題解決に向けて、機械、資材開発と栽培技術の確立に努めてきた。

究極の省力、軽労化、低コスト稲作を目指して「播種したら収穫(コンバイン)」という生産者の要望に応え、今春ようやく、播種同時除草剤散布、一発肥料施肥、殺虫殺菌剤施用の機械化体系を確立したので、念願の10a当たり10時間以内で米作りも可能になったと考えている。世界の主流である「直播栽培」をわが国でも普及拡大するため、関係者のさらなるご協力、ご支援をお願いいたします。

引用文献

- (株)五十嵐商会 (2014) 宮城県水稲鉄コ栽培成果検討会
- (株)近畿クボタ (2014) 近畿地域水稲鉄コ直播栽培結果検討会
- (株)クボタ (2015) 水稲鉄コ直播ガイド ver6
- (株)南東北クボタ (2014) 水稲鉄コ直播栽培最終成績検討会

水稲直播栽培技術の開発史

公益財団法人
日本植物調節剤研究協会
研究所千葉支所 支所長

濱村 謙史朗

はじめに

わが国の水稲直播栽培は、先の大戦や高度成長に伴う農業労働力の流出により、乾田直播栽培を中心に昭和49(1974)年の55,300ha(水稲作付面積の約2%)にまで普及し戦後最大となった。しかし、以降、田植機や育苗設備の普及に伴って減少し、平成5

(1993)年には岡山県の乾田直播栽培が主体のわずか7,200ha(水稲作付面積の0.3%)となった。その後、湛水直播栽培では、播種後苗立ち安定のための落水出芽法が確立されたこと、高精度湛水条播機や打ち込み式点播機が開発されたこと、種籾へのコーティング技術が開発・改良されたこと、乾田直播栽培では冬期代かき乾田直播技術が開発されたことなどから、直播栽

培面積は徐々に増加傾向に転じている(図-1)。最近の10年間は毎年おおよそ1,000haのペースで増加しており、現在は乾田直播栽培が約8,400ha、湛水直播栽培が約14,300haの合計22,700haとなっているが、それでも水稲作付面積のわずか1.4%にすぎない状況である(図-2、-3)。

直播栽培の普及における主な課題は、圃場の均平化、出芽・苗立ちの安

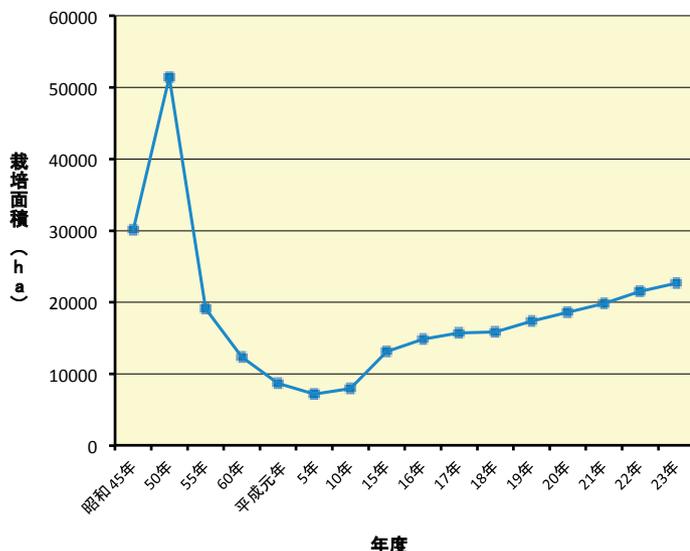


図-1 わが国の水稲直播栽培面積の推移

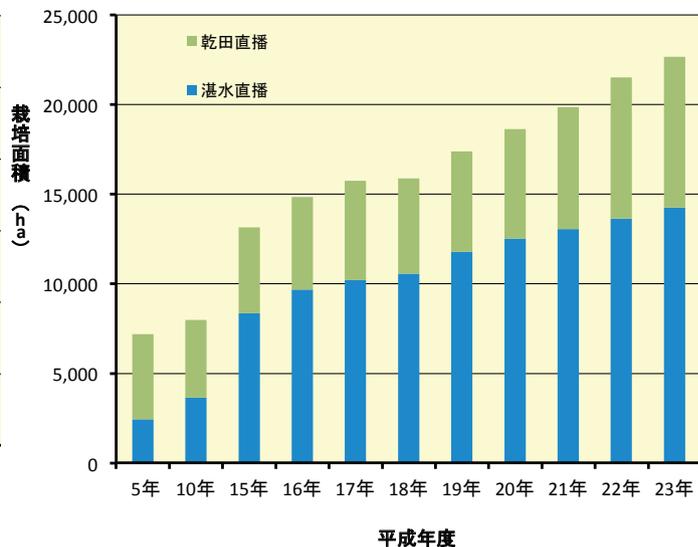


図-2 湛水直播及び乾田直播栽培面積の推移

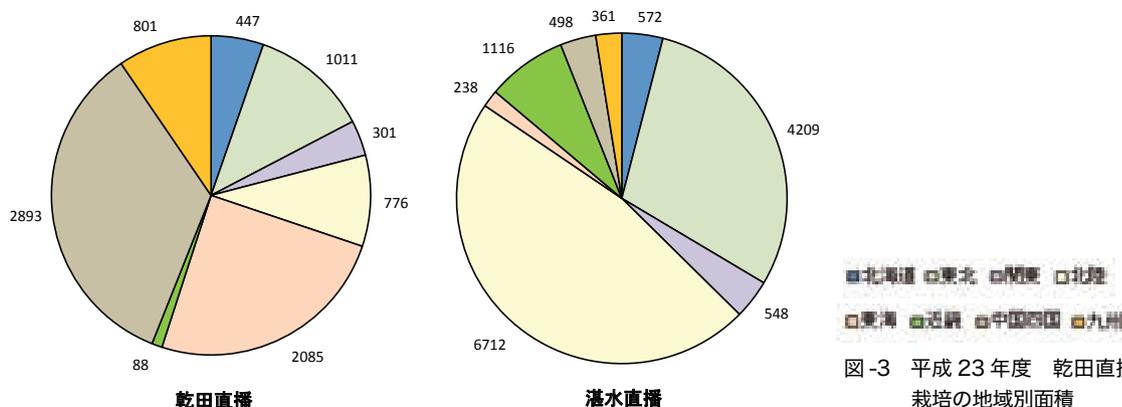


図-3 平成23年度 乾田直播及び湛水直播栽培の地域別面積

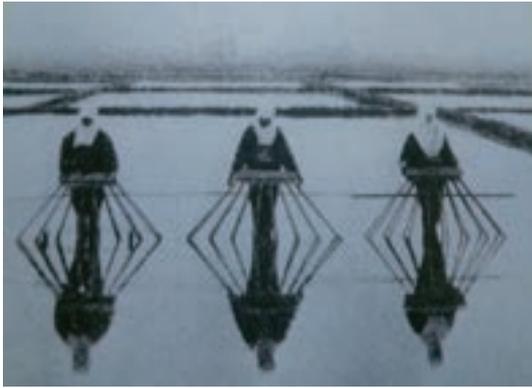


図-4 蛸足直播機による播種作業（提供；植調上川試験地）



図-5 蛸足直播機（提供；植調上川試験地）

定化，鳥害対策，倒伏防止，収量の安定化，病虫害防除や雑草対策などが挙げられ，これらはわが国で直播栽培への取り組みが始まって以降も大きく変わっていない。中でも雑草対策は常に重要な課題の一つである。農業試験研究機関はもちろん農薬メーカーの協力もあり，近年は水稲直播栽培で利用できる登録除草剤数も充実してきている。しかし一方で，鉄コーティング直播の普及や播種同時処理など新しい技術も登場し，除草剤の使用法や使用時期が複雑化してきたことなどから，既存の除草剤を整理したうえでの適切な普及が課題となっている。

本稿では，除草剤による湛水直播栽培での雑草防除を考える前提として，これまでの水稲直播栽培での技術開発の歴史を中心に整理した。また，年表では，その時折の移植栽培の状況や除草剤の開発状況等が比較できるように構成した。わが国の水稲栽培の歴史全体が，ある程度読み取ることができるので参考にしていただきたい。

水稲直播栽培における技術開発の歴史

水稲直播栽培の歴史を明治期まで遡ってみた（年表参照）。明治26年（1893）北海道白石試験場で直播栽培の試験が始まった。2年後の明治

28年には，北海道で芒（のぎ）が無い早生品種の「坊主」が選抜され，明治38年には「黒田式蛸足直播機」が考案された。蛸足直播機とは，図-4，-5に示したように湛水直播用の播種機である。種籾を充填する箱の底に管が16本装着され，箱底の仕切り板を開閉することで，一度に16株，1株当たり20粒ずつ種籾が点播される，当時としては極めて画期的なもので，1日当たり40から50aの水田に播種することができた。また，本機と無芒品種「坊主」との相性は想像に難くなく，その後の普及面積拡大に大きく寄与することとなった。明治期の直播栽培は上述したように北海道での普及が先行していたものの，埼玉県の高田や三重県のレンゲ作跡の稲作法など全国各地で手がけられてはいた。しかし，いずれも強湿田での栽培法を模索するようなもので，一元的に広く展開される技術はなかった。

大正3（1914）年に勃発した第一次世界大戦を契機に，直播栽培は農村の労働力不足を補うための技術として，本格的に試験研究が進められ昭和初期まで続いた。これにより，直播栽培の普及面積は北海道で昭和4（1929）年に約130,000ha，11年には180,000haにまで拡大。これは，当時の北海道における水稲作付面積の82%を占め，全て湛水直播栽培であつた。

しかし，直播栽培の普及は万事順調だった訳ではない。昭和6年から16年の間に4度発生した冷害は，昭和初期冷害や昭和初期凶作などと呼ばれるように，北海道，東北では餓死者が出るなど農村は著しく荒廃した。この頃，北海道農業試験場では温床・冷床苗代の試験が進められており，くしくも直播栽培面積が最大となった昭和11年に，北海道で温床・冷床苗代が奨励され，次第に直播栽培から移植栽培へ切り替わっていった。そのため，北海道の直播栽培面積は昭和41（1966）年に6,000ha，昭和50年にはわずか7haにまで激減する状態となった（図-6）。

一方，東北以南では昭和16年に大原農業研究所（現岡山大学資源植物科学研究所）の吉岡金市氏らにより直播栽培の研究が開始され，麦間直播栽培が提唱された。麦間直播栽培とは麦栽培期間中である5月初旬の立毛時に，麦条間に稲種籾を播種する不耕起栽培で，麦収穫後の稲生育中に入水し，その後は水田として管理するというものである。田植えと麦収穫の作業分散が可能なることから，2毛作の干拓地帯である岡山県南部で普及した。昭和22（1947）年には普及面積が1,000haを越えたが，縞葉枯病の多発や雑草管理に苦慮したため以降衰退していった。

皮肉なことに，第二次世界大戦も直

年表 水稲直播・移植栽培技術の変遷-1

年次	直播栽培関係	移植栽培関係	除草剤関係, その他
1886 (明19)			・横井時敬が「塩水選」発明
1893 (明26)	・北海道白石試験場で直播試験開始		・農事試験場が作られる(東京府下滝野川村; 現北区西ヶ原)
1895 (明28)	・早生品種「坊主」(無芒), 北海道で選抜		
1899 (明32)		・田植機特許第1号取得(河野平五郎)	
1905 (明38)	・北海道東旭川村の末武安次郎と黒田梅太郎, 黒田式蛸足式直播機考案(播種効率; 40~50a/日, 「坊主」とともに北海道に広く普及) ・明治期の北海道以外の直播は, 埼玉県で田植困難な強湿田で「摘田」(つみた)と称して, また三重県でレンゲ作跡地の稲作法としてなど, 全国各地に散見。強湿田での栽培が多くいずれも湛水直播。		
1921 (大10)			・品種「陸羽132号」誕生
1922 (大11)	・群馬県農民篠田吉太郎, 麦間直播栽培考案。以後, 関東地方に干ばつ地帯や田植時水不足地帯で, 耐干ばつ栽培法として普及。		
大正末 ~昭和初	・第一次大戦を契機とする農村労働力不足に対応する技術として, 直播栽培の試験研究が大正末~昭和初頭にかけて実施される。		
1931~1941 (昭6~16)			・昭和初期冷害(4回)
1931 (昭 6)		・北海道和寒村佐藤徳次, 温冷床苗栽培を試行	・品種「農林1号」誕生
1935 (昭10)		・北海道農試, 冷害を機に温床・冷床苗代試験を重点化	
1936 (昭11)	・北海道の直播面積18万ha(道内水稲の作付面積の82%)で最高となる	・北海道で温床・冷床苗代奨励(直播から移植への移行始まる)	
1938 (昭13)		・農林省温床・冷床苗代奨励	
1941 (昭16)	・大原農業研究所岡山市, 直播栽培研究開始 ・麦間直播栽培を提唱。以後, 岡山県南部で普及		
戦中~戦後	・第二次大戦による労働力不足対策として, 戦中から戦後にかけて直播栽培が普及 ・戦後, 直播栽培は稲作近代化技術として大学・試験場で研究始まる		
1947 (昭22)	・岡山県南部の麦間直播栽培1,000haを越す		
1950 (昭25)	・この頃から, 岡山の麦間直播栽培に縞葉枯病多発し衰退する。雑草管理にも困窮。	・保温折衷苗代設置事業開始。	
1951 (昭26)	・吉岡金一, 日本直播農業協会設立。(直播の研究と普及が目的)		・2,4-Dの普及開始(直播後期除草に利用)
1952 (昭27)	・山田登, 過酸化石灰の酸素供給効果を報告		
1956 (昭28)			・品種「コシヒカリ」誕生 ・農業機械化促進法施行
1957 (昭32)		・この頃から農機メーカー, 農試, 大学による田植機開発始まる。	・八郎潟干拓始まる
1960 (昭35)		・人力田植機誕生	・乗用トラクター4,500台
1961 (昭36)			・農業基本法制定
1962 (昭37)	・農業構造改善事業開始, 大型機械, ヘリコプターによる直播栽培試験・事業開始		・選択性除草剤プロパニル(DCPA, スタム)市販化。乾田直播の入水前除草剤として利用 ・農業機械化研究所発足
1963 (昭38)	・農林水産技術会議事務局「水稲直播栽培地帯別耕種基準」策定 ・青森県で日本初のヘリコプターによる播種試験が行われる	・田植機の開発と利用試験本格化	・除草剤CNP試験開始 ・品種「ササニシキ」誕生
1964 (昭39)		・国産田植機第1号実用化(北海道千歳市の企業)	・除草剤NIP(ニップ)実用化。発芽期に与える影響は比較的小さく, 湛水直播初期除草剤に使用される ・植調協会設立 ・乗用トラクター25,000台
1965 (昭40)	・田守健夫ら焼石膏を使用した種子造粒を報告		・除草剤CNP(M0粒剤)市販開始。種苗に安全性高く, 機械移植の普及に拍車。
1966 (昭41)	・農林水産技術会議事務局「地域標準技術体系・水田作編」刊行開始(大・中・小型機による乾直・湛直の技術体系策定)		・乗用トラクター39,000台 ・バインダー開発
1967 (昭42)	・岡山県国定農場, 乾田直播を試行。2年後から全圃場を導入		・植調協会機関誌「植調」発刊 ・自脱型コンバイン開発
1968 (昭43)		・動力式田植機開発	・除草剤モリネート(オードラム)実用化試験。発芽期への影響小さく湛水直播初期除草での使用に期待。 ・土壌混和処理剤の試験開始 ・乗用トラクター124,000台

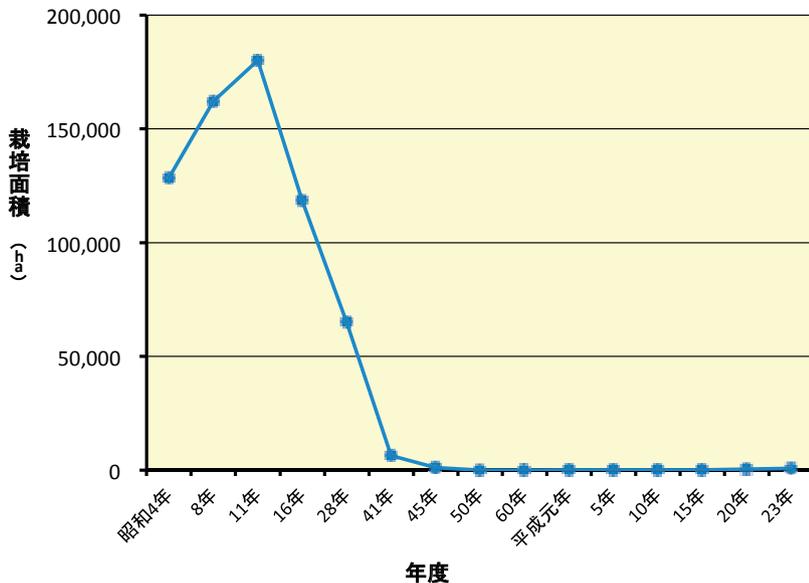


図-6 北海道における水稲直播栽培面積の推移

播栽培の普及を後押しすることになる。戦中・戦後の農業労働力が不足したためである。また、除草剤がわが国に導入され始めたのも戦後で、大学や農業試験場などで利用研究が、農業メーカーでは順次開発普及が図られていった。除草剤の登場はまず乾田直播栽培の普及に寄与し、その後の栽培技術の進歩にとって除草剤利用は欠かせないものとなり、移植栽培はもちろん湛水直播栽培への利用が図られていくことになる。

除草剤は、昭和26(1951)年に2,4-Dの普及から始まった。昭和37年にはプロパニル(DCPA乳剤, スタム乳剤)が上市し、乾田直播栽培の入水前に使用する剤として活用された。植調協会が設立された昭和39年にはNIP(ニップ乳剤)が、昭和40年にはCNP(MO粒剤)が上市された。昭和43年には、中期除草剤の成分として知られるモリネート(オードラム粒剤)の実用化試験が始まった。当時モリネートは、発芽剤への影響が小さく湛水直播栽培での初期除草剤として活用が期待された。昭和45(1970)年にはベンチオカーブ・シメトリン粒剤(サターンS粒剤)が上市され、移植栽培ではMO

粒剤を前処理する体系処理が急速に普及した。直播栽培の場面では、ちょうどこの年太田保夫らにより過酸化石灰の種子被覆効果が報告され、東北農業試験場では同資材の種糞処理試験が開始された。また、田植機の普及が始まったのもこの年であり、直播栽培の普及にとって、移植栽培技術の発展がブレーキとなってくる。直播栽培の普及面積はこの後、昭和49年に乾田直播栽培を主体に、55,300haとなり戦後最大となった。

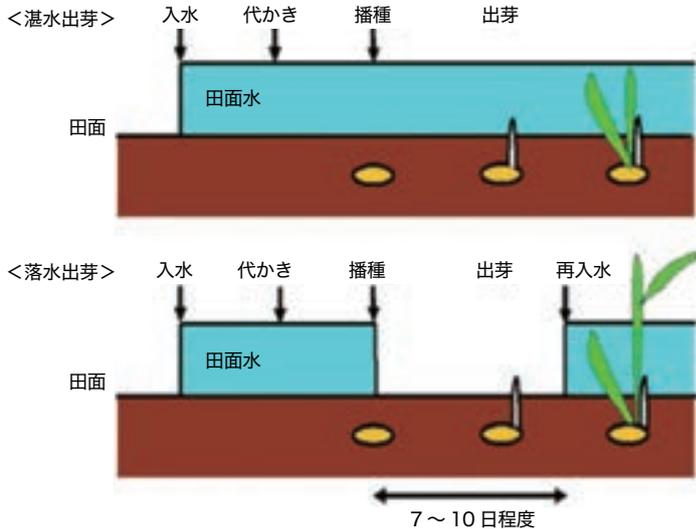
昭和50(1975)年には、当協会では水稲除草剤一発処理剤の開発に着手、同年に多年生雑草対象の後期除草剤ベンタゾン(バサグラン粒剤)が上市された。昭和52年には湛水土壤中直播栽培法が発表され、昭和54年にはピラゾレート(サンバード粒剤)が農業登録された。本剤は、水稲に対する影響程度が極めて軽微で、湛水直播栽培の初期除草剤として現在でも広く使用されている。その翌年の昭和55年にはカルパー粉剤が農業登録され、湛水土中直播への普及が期待された。そして、昭和57年にナプロアニリド・ブタクロール粒剤(オーザ粒剤)やピラゾレート・ブタクロール粒剤(クサ

カリン粒剤)が農業登録された。一発処理剤の登場である。一発処理剤は直ちに移植栽培で重宝され、当時は初期除草剤と中期除草剤の体系処理全盛期であったことから、「体系は正剤」と呼ばれ普及が進められた。

昭和58(1983)年には、農林水産省の3カ年計画で「低コスト水田作技術開発事業」として、カルパーコーティングによる湛水土壤中直播栽培の試験が全国で開始、昭和59年には、農林水産航空協会によるヘリコプターによる直播普及事業が開始、さらに同年、特定研究として各県農業試験場にて「地域低コスト稲作技術体系確立のための試験研究」が、国の研究機関では「水稲直播栽培を中心とした先進的技術の開発」が開始されるなど、湛水直播栽培の研究や普及に向けた動きが見られ始めた。昭和62年には、イネ科以外の一年生および多年生雑草に幅広く効果を示すスルホニルウレア系化合物(SU剤)を主成分とする除草剤が登場した。移植栽培では一発処理剤としてベンスルフロンメチル・ベンチオカーブ粒剤(ウルフ粒剤)やベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤(ザーク粒剤)が上市され急速に普及した。直播栽培では、同化合物を含有したベンスルフロンメチル・ジメピレート粒剤(プッシュ粒剤)が上市、湛水直播栽培での普及が期待された。昭和63年には農林水産省において「高生産性水田農業実証モデル事業(直播型)／農産課(同年～平成4年)」、「大区画水田ほ場営農推進対策調査／構造

年表 水稲直播・移植栽培技術の変遷-2

年次	直播栽培関係	移植栽培関係	除草剤関係, その他
1969 (昭44)			・茎葉兼土壌処理剤の試験開始 ・米の生産調整始まる
1970 (昭45)	・太田保夫ら過酸化石灰の種子被覆効果を報告 ・東北農試, 過酸化石灰の種粒処理試験実施	・田植機の普及始まる	・除草剤ベンチオカーブ・シメトリン (サターンS粒剤) 市販化。MOとの体系使用が移植栽培で普及。 ・除草剤のパイプダスターによる散布試験開始 ・農地法改正
1971 (昭46)	・大規模育苗施設の設置始まる。		・農業取締法改正 ・環境庁発足
1972 (昭47)	・保土谷・日本化薬・日本パーオキサイドにより「カルバー研究会」結成		
1973 (昭49)	・直播栽培面積5万5,300haで戦後最高に ・岡山県国定農場, 乾田直播を点播から散播方式に切り替える ・過酸化石灰剤, 植調協会での委託試験開始 ・この頃, 除草剤モリネートに魚毒問題発生。土中出芽初への被害少なく, 湛水土中直播への適用が考えられていた ・杉原収ら1葉苗播き栽培法を報告 (乳苗技術の先駆)		
1975 (昭50)			・体系は正用除草剤 (一発処理剤) の基礎研究開始 (植調協会) ・中期除草剤ペンタゾン (バサグラン) 市販化。多年生雑草に効果
1976 (昭51)			・水田総合利用対策実施要綱通達
1977 (昭52)	・三石昭三ら湛水土壌中直播法を発表 ・中村喜彰, 実用的土中直播機を試作 ・斉藤一男ら胚乳苗ばらまき栽培を報告 (乳苗技術の先駆)	・機械移植面積80%となる ・農業機械化研で側条施肥田植機の試作開始 (全農委託)	・体系は正用除草剤 (一発処理剤) の適用性試験開始
1978 (昭53)	・農林水産省「水田利用再編対策」開始 ・中村喜彰, 焼石膏混入による過酸化石灰大量種子被覆法を報告		・水田難防除雑草 (クログワイ) 用除草剤の試験開始
1979 (昭54)			・除草剤ピラゾレート (サンバード) 農業登録。葉害少なく多年生雑草にも効果があり, 湛水直播に適用
1980 (昭55)	・カルバー粉剤農業登録 (条播用35%剤), 全国で普及展示開始 ・無人ヘリコプターの機械開発開始	・乗用型田植機普及始まる。	
1981 (昭56)	・ヤンマー, 湛水土中直播機試作。実用試験を各地で実施。	・滋賀県で施肥田植機普及開始。(琵琶湖富栄養化防止対策)	・超多収稲開発始まる
1982 (昭57)			・一発処理除草剤普及開始 (オーザ, クサカリン等)。以後, 移植栽培で急速に拡大
1983 (昭58)	・全国で湛水土壌中直播試験開始される (実験圃約300ha) ・井村光夫ら湛水土壌中散播法を開発	・秋田県など東北を中心に施肥田植機普及開始 (冷害対策)	・ヤマハ無人ヘリ開発
1984 (昭59)	・農林水産航空協会によるヘリコプター直播普及事業開始 ・特定研究「地域低コスト稲作技術体系確立のための試験研究」各県及び国で開始 (～昭63) ・特別研究「水稲直播栽培を中心とした先進的技術の開発」国研で開始 (～昭63)	・岡山県国定農場で機械移植を導入 ・乗用型田植機全出荷台数の30%を占有	
1985 (昭60)	・千葉県角来地区で乾田直播現地実験開始 (全農) ・水稲湛水土壌中直播研究協会発足	・中谷治夫, 成型培地小苗の機械植えに成功。「乳苗」と命名発表。乳苗開発には小苗ばらまきによる湛水直播の苗立安定化の研究が密接に関係していた。	・初・中期一発処理剤開発推進 ・除草剤ヘリコプター散布の検討 ・汎用コンバインの普及開始
1986 (昭61)			・長期持続型一発処理剤の開発推進 ・農業機械化研究所が生研機構に移管
1987 (昭62)	・カルバー粉粒剤A農業登録 (ヘリコプター, 動噴等の散播用11%剤) ・農林水産省「水田農業確立対策」始まる		・ベンスルフロンメチル含有一発処理除草剤 (ウルフ, ザーク等) 市販開始。この内, プッシュ粒剤が湛水直播に適用
1988 (昭63)	・国, 県で「大規模・大区画・直播関連事業」始まる ・農林水産省「高生産性水田農業実証モデル事業 (直播型)」 (農産課, ～H4) ・農林水産省「大区画水田ほ場営農推進対策調査」 (構改局, ～H4) ・福井県「低コスト稲作実践ファーム事業」 (～H2) ・直播向水稲品種「はやまさり」 (上育395号) 育成		



発芽後に一時落水して幼芽・幼根の伸長を促すことで浮き苗・転び苗が減少→芽干しと呼ばれる作業
 図-7 土中播種・落水出芽法による芽干し時期

改善局（同年～平成4年）」など、全国で大規模・大区画・直播関連事業が始まった。平成元年には、現在湛水直播栽培の普及率が最も高い福井県において、低コスト稲作システムの確立に向けた取り組みが始められ、愛知県では冬期代かき乾田直播技術、すなわち不耕起V溝乾田直播技術が開発された。平成3年には、北陸農試にて「播種から苗立ちまで落水する湛水直播方式」が開発され、これは後に「落水出芽法」として確立されることになる(図-7)。また、農林水産省農産園芸局から、水稲での産業用無人ヘリ実用化指導要綱が発表され、無人ヘリコプターの利用が始まったのもこの年である。

平成5(1993)年には、先に紹介した落水出芽法が確立し、出芽・苗立ちの安定化が図られることから、湛水直播栽培の普及や生産性の向上が期待された。平成7年には、従来から直播栽培の大きな課題とされていた倒伏性に対応するため、従来品種に比べ耐倒伏性に優れ、直播適応性が高いと考えられる品種として北陸農業試験場にて「どんとこい」が、福岡県農業総合試験場にて「つくし早生」が、平成9年には新潟県農業試験場にて「味こだま」

が、平成12年には北陸農業試験場にて「いただき」が、農業研究センターにて「ミレニシキ」が、平成16年には福井県農業総合試験場にて「イクヒカリ」が育成された。福井県では平成8年頃に湛水直播栽培が定着し、以降も湛水直播栽培の普及推進、直播技術高度化促進が図られた。また、同県では平成14年からコシヒカリの直播栽培の普及にも取り組み、平成17年からは直播による経営規模拡大の検討が本格化した。また、愛知県では平成7年にV溝直播栽培全量基肥法が開発され、平成10年にはV溝直播栽培用播種機が市販化された。平成11年には殺菌剤粉衣による播種適期の前進化が図られ、平成15年には不耕起V溝直播栽培の手引きが作成された。

福井県や愛知県において、直播栽培の取り組みが活発していった時期、農林水産省においても稲作の生産性向上、経営体の規模拡大化等を実現するため、水稲の直播栽培技術を21世紀の変革を支えるキーテクノロジーの一つとして位置づけ、平成6(1994)年から各地で「全国直播サミット」を開催するなど、水稲直播栽培の技術開発と普及促進が図られており、平成9

年には「日本型直播稲作導入指針／農業研究センター」が示され、同年には九州農業試験場において、倒伏性が大きく軽減できる技術として、打ち込み式代かき同時土中点播技術「ショットガン直播技術」が確立し、平成10年には生物系特定産業技術研究支援センターにて井関農機株式会社、株式会社クボタ、三菱農機株式会社、ヤンマー農機株式会社との共同研究から「高精度水稲湛水条播機」が開発された。同年には「大区画水田における先進的稲作技術導入の手引き／構造改善局」が全国版として示され、ブロック別には平成11年に「関東地域における直播稲作栽培指針／関東地域直播稲作推進会議」、「北陸地域水稲湛水直播栽培導入・定着マニュアル／北陸地域直播稲作推進会議」、「近畿地域における直播稲作の普及・定着の指針／近畿地域直播稲作推進会議」が、平成12年には「東北地域における水稲直播研究の現状と展開方向／東北農業試験場」、「中国四国地域における水稲直播栽培の手引き／中国四国地域日本型稲作技術推進会議」および「九州地域における直播栽培の手引き／九州農政局生産経営部農産課」が編纂された。また、平成16年には、近畿中国四国農業研究センターにおいて鉄コーティング直播技術が開発され、平成22年には「鉄コーティング湛水直播マニュアル／近畿中国四国農業研究センター」が作成されるなど、鉄コーティング直播栽培は、現在でも湛水直播の普及面積拡大に大いに貢献している。これに併せ、平成

年表 水稲直播・移植栽培技術の変遷-3

年次	直播栽培関係	移植栽培関係	除草剤関係, その他
1989 (平 1)	・ヤマハ, 産業用無人ヘリコプタ「R50」生産販売開始。水稲での利用実験始まる。		
1990 (平 2)		・乳苗移植技術の確立。名称の統一。	・初のフロアブル製剤除草剤(シーゼットフロアブル)市販化。
1991 (平 3)	・農林水産省農産園芸局, 水稲での産業用無人ヘリ実用化指導要綱発表 ・無人ヘリコプターの利用始まる ・北陸農試の澤村, 椛木ら, 播種～苗立ちまで落水する湛水直播方式を開発(後の落水出芽法)		・除草剤1キロ粒剤の研究開始
1992 (平 4)	・農林水産省, 農業新政策を公表		・除草剤ジャンボ剤の研究開始 ・安全使用基準設定公表(農水省)
1993 (平 5)	・「落水出芽法」確立 ・北海道で直播向水稲品種「きたいぶき」(上育413号)品種登録。極早生・良質・良食味直播向品種として注目	・星川清近ら緑化を要しないエロ乳苗を報告	・一発処理除草剤の使用面積割合約90%に ・ガット・ウルグアイラウンド農業合意受け入れ ・冷害・風水害による戦後最悪の全国的大凶作(作況74;著しい不良)
1994 (平 6)	・「直播サミット」始まる(農林水産省) ・湛水直播栽培定着への取り組み開始(福井県)		・除草剤CNP使用自粛通知(農水省) ・ジャンボ剤(2剤)農薬登録
1995 (平 7)	・水稲湛水土壤中直播研究会が「水稲直播研究会」と改名 ・耐倒伏性品種「どんとこい」(北陸農試), 「つくし早生」(福岡総農試)育成 ・V溝直播栽培全量基肥法開発(愛知農試)		・品種「ミルクークイーン」誕生
1997 (平 9)	・湛水直播栽培普及促進開始(福井県) ・耐倒伏性品種「味こだま」(新潟農試)育成 ・日本型直播稲作導入指針策定(農業研究センター) ・打ち込み式代かき同時土中点播技術「ショットガン直播栽培」確立(九州農試)		・無人ヘリにジャイロセンサー搭載
1998 (平 10)	・V溝直播栽培用播種機市販化(愛知農試) ・高精度水稲湛水条播機開発(生研センター, 井関, クボタ, 三菱, ヤンマー) ・大区画水田における先進的稲作技術導入の手引き策定(構造改善局)		
1999 (平 11)	・殺菌剤粉衣による播種適期の前進化(愛知農試) ・関東地域における直播稲作栽培指針策定(関東地域直播稲作推進会議) ・北陸地域水稲湛水直播栽培導入・定着マニュアル策定(北陸地域直播稲作推進会議) ・近畿地域における直播稲作の普及・定着の指針策定(近畿地域直播稲作推進会議)		・新農業基本法(食料・農業・農村基本法)制定
2000 (平 12)	・耐倒伏性品種「いただき」(北陸農試), 「ミレニシキ」(農研センター)育成 ・湛水直播栽培の高度化促進開始(福井県) ・東北地域における水稲直播研究の現状と展開方法策定(東北農試) ・中国四国地域における水稲直播栽培の手引き策定(中国四国地域日本型稲作技術推進会議) ・九州地域における直播栽培の手引き策定(九州農政局生産経営部)		
2002 (平 14)	・コシヒカリの直播栽培普及開始(福井県)		
2003 (平 15)	・不耕起V溝直播栽培の手引き策定(愛知県)		・改正農薬取締法施行 ・食品安全基本法成立 ・農水省に「消費・安全局」新設
2004 (平 16)	・耐倒伏性品種「イクヒカリ」(福井農試)品種登録 ・鉄コーティング直播技術開発(近中四農研)		
2005 (平 17)	・直播による経営規模拡大の検討本格化(福井県)	・この頃, GPSを活用した無人田植機の開発研究が始まる	
2009 (平 21)			・雑草イネ防除研究開始
2010 (平 22)	・鉄コーティング直播マニュアル策定(近中四農研) ・鉄コーティング専用播種機発売(クボタ)		
2011 (平 23)			・東日本大震災発生(3/11; M9.0)
2012 (平 24)			・問題雑草一発処理剤開発試験開始
2013 (平 25)			・無人ヘリ稼働が水田面積の36%, 有人ヘリは2%(ヤマハ社推定)
2014 (平 26)	・第1回「鉄コーティング水稲直播推進大会」開催(JA全農)		

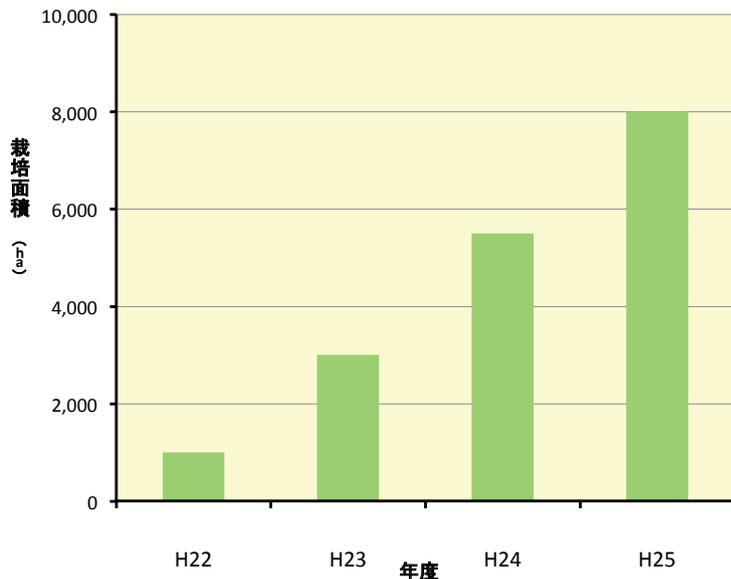


図-8 鉄コーティング直播栽培面積の推移（クボタ社調べ）

22年には株式会社クボタから鉄コーティング専用播種機が発売され、農業機械メーカーの直播栽培に対する取り組みも本格化しつつある。また、平成26年には全国農業協同組合連合会（JA全農）により第1回「鉄コーティング水稲直播推進大会」が開催されるなど、多方面での取り組みも活発化され、今後さらに鉄コーティング水稲直播栽培の普及面積は拡大するものと見込まれている（図-8）。

おわりに

平成27（2015）年3月31日、「新たな食料・農業・農村基本計画」が閣議決定された。本計画は、わが国の農業・農村が経済社会の構造変化等に的確に対応し、その潜在力を最大限発揮しながら将来にわたってその役割を適切に担っていけるよう、施策の改革や国民全体による取組を進めるための指針で、現在の農業・農村が抱える問題を踏まえつつ、新たな取り組みを後押しする施策が盛り込まれている。その中には、100haを超える大規模経営者（団体等）の出現も新しい「芽」とされ、経営規模拡大の観点から、水稲

直播栽培への取り組みがあらためて注目されるであろう。また同計画の中では、平成37年度の米の生産努力目標872万トンのうち約14%（うち92%が飼料用、8%が米粉用）が加工用米に充てられており、省力・低コストの観点からも水稲直播栽培への期待は一層高まるものと考えられる。現在の水稲直播栽培面積は、水稲作付面積のわずか1.4%であるが、今後の社会情勢により拡大が加速される可能性が考えられる。各方面からの技術的アプローチにこれからも期待したい。

引用および参考文献

- 愛知県農業総合試験場 2003. 不耕起V溝直播栽培の手引き（改定第4版）.
- 構造改善局計画部資源課 1998. 大区画水田における先進的稲作技術導入の手引き.
- 関東地域直播稲作推進会議 1999. 関東地域における直播稲作栽培指針.
- 近畿地域直播稲作推進会議 1999. 近畿地域における直播稲作の普及・定着の指針.
- 九州農政局生産流通部 2000. 九州地域における直播栽培の手引き.
- (独) 農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター 2010. 鉄コーティング湛水直播マニュアル.
- (独) 農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター 2004. ショットガン直播マニュアル II.
- 農林水産省農業研究センター 1997. 日本型

- 直播稲作導入指針.
- (財) 日本植物調節剤研究協会 1974. 植調十年史.
- (財) 日本植物調節剤研究協会 1984. 植調二十年史.
- (財) 日本植物調節剤研究協会 1994. 植調三十年史.
- (財) 日本植物調節剤研究協会 2004. 植調四十年史.
- (公財) 日本植物調節剤研究協会 2014. 植調五十年史.
- 宮原益次 2005. 水稲作の除草剤利用技術の推移.
- 宮原益次・中山兼徳 1985. 除草剤の使い方便覧. 社団法人農山漁村文化協会.
- 水稲直播研究会 2006. 水稲直播研究会会誌（第23号）
- 水稲直播研究会 2007. 水稲直播研究会会誌（第24号）
- 水稲直播研究会 2007. 水稲直播研究会会誌（第25号）
- 水稲直播研究会 2010. 水稲直播研究会会誌（第30号）
- 水稲直播研究会 2011. 水稲直播研究会会誌（第33号）
- 水稲直播研究会 2012a. 水稲直播研究会会誌（第35号）
- 水稲直播研究会 2012b. 水稲湛水直播栽培の手引き.
- 水稲直播研究会 2013. 水稲直播研究会会誌（第36号）
- 水稲直播研究会 2014. 水稲直播研究会会誌（第37号）
- 東北農業試験場 2000. 東北地域における水稲直播研究の現状と展開方向.
- 吉沢長人 1992-1995. 除草剤開発の思い出. 植調 26-28. 財団法人日本植物調節剤研究協会.
- 以下の各機関のガイド・ホームページも参考にした.
- 水稲鉄コーティング直播栽培ガイド, 株式会社クボタ
- 農林水産省ホームページ
- 岡山大学ホームページ
- JA全農ホームページ
- 株式会社クボタホームページ

イチヨウは精子を作る！

東京大学名誉教授
法政大学名誉教授

長田 敏行

私は先ごろ「イチヨウの自然誌と文化史」という本を上梓したが、それは自身の本来の研究とはいささか離れたところからの動機が発端である。日本人にとって、イチヨウはいたるところにあり、また、ギンナンを煎って食べたり、茶わん蒸しに入れて食べるなど食生活とも密接にかかわっている。そのイチヨウがかつては日本にも自生していたが、いったん途絶えて、多分1000年くらい前に中国からもたらされたたと説明すると、一様に不思議な面持ちをされる。イチヨウの不思議の事実をつなぎ合わせたのが今度の本である。この本を書く最も大きなきっかけは、1996年に平瀬作五郎(図-1)が東京大学附属植物園の大イチヨウで精子を発見してから100年記念の会を催した時に主催者として働いたことであった。

記念会では、平瀬の発見と合わせて、同年の池野成一郎(図-2)によるソテツの精子発見も併せて祝った。ところが、わずか100年前のことであるのに、なかなかわかりにくくなっており、その経緯が茫漠としていることに気づいた。その整理の必要があるということで調べ始めたのであるが、大きな

不思議が伴っており、イチヨウの精子発見が日本の科学史においても極めて重要な出来事であることを再確認した。この事実をできるだけ多くの方々に知っていただきたいと思ったことが、同書の執筆の動機である。

たまたま日本にはイチヨウが多くあったから発見されたというような言説を吐いている人がいることも知っているが、決してそうではない。というのは、平瀬の発見の4年前の1892年に、当時の細胞学者としては世界的に最も権威のあるボン大学のシュトラスブルガー(E. Strasburger)(図-3)が大部の論文を書いているが、そこでは裸子植物の受精の追跡を各種植物で行っており、イチヨウやソテツでも詳細な研究を行っている。当時注目を集めている話題であり、シュトラスブルガーは、イチヨウの花粉が飛散して雌の木の胚珠に取り込まれ、そこで発達していく様子を表しており、当時の科学者の重要関心事であったことが分かる。ところが、シュトラスブルガーは精子形成を見逃していた。平瀬がそれを発見したのであり、いうならば当時の世界的権威が見逃したことを、新興国日本の研究者が発見したわけで、そのため欧米



図-1 白衣を着て机に向かっている平瀬作五郎
(図-1～3は、長田敏行著「イチヨウの自然誌と文化史」裳華房(2014)より)



図-2 池野成一郎
発見当時は、東京帝国大学農学部助教授、後に教授、帝国学士院会員

では平瀬の発見は当初はすぐには信じられなかったとも伝えられている。日本が明治維新で門戸を開いてからの最初の世界的大発見である。

その意義は次のように表現される。生命は海で発生し、やがて地上に上がることができるが、精子が泳いで卵子に達して受精して胚を形成することが基本である。しかしながら、地上に上がった植物はシダ植物までは精子を作るが、それより高等な裸子植物、被子植物、いわゆる種子植物では、精子形成を省いてより効率的な受精システムを獲得できた。ところが、裸子植物でもイチョウやソテツは、あたかも海の記憶を呼び起こすかのように、ほんの一瞬精子を形成するのである。一瞬といったのは、イチョウの花粉が飛散するのは4月末で、花粉は雌花に到達し、胚珠に取り込まれる。その後、4カ月余にもわたって花粉は母樹の栄養を受けて成長し、形態の変

化を示すが、精子形成は最後の1日くらいである。東京付近だと、9月の第1週くらいに起こり、わずかな距離を泳いで卵子に到達して、受精が起こる。実際、平瀬は9月9日に精子を観察している(図-4)。私たちもそれから101年後の9月9日に精子を観察することができたが、けっして容易な作業ではなかった。平瀬のこの発見の結果、イチョウもソテツも裸子植物の中では原始的なタイプであるということが如実に示され、分類体系の修正がなされた。

イチョウにはこのほかに、地質年代の中生代に繁栄したが、新生代には衰え中国南西部に残ったこと、またいったん絶滅に向かったのに、再度世界へ広がっていったことなど種々の不思議がある。これらの事実は、拙書をご覧いただき、本稿がこれらへの関心のきっかけになれば幸いであると申し上げて本稿を閉じたい。



図-3 シュトラスブルガーのシルエット。シュトラスブルガー著の植物学教科書は、今日でもその改訂版が刊行されているが、創刊100年に作成されたパンフレットより

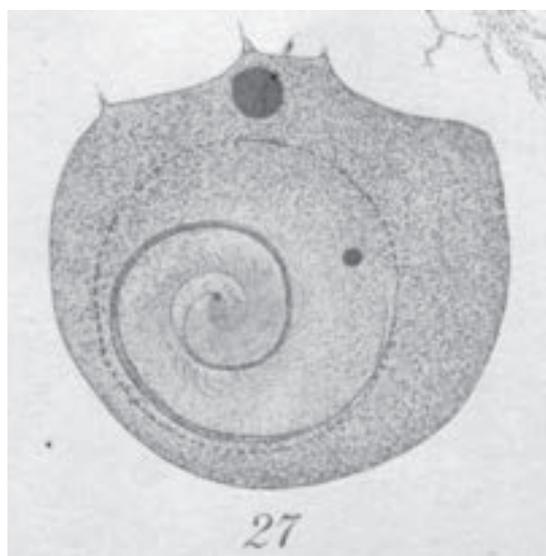


図-4 平瀬作五郎が描いたイチョウ精子 (S. Hirasé: J. Coll. Sci. Tokyo Imperial Univ. 7, 103-149 (1898) より)

訂正のお知らせ

第49巻1号の2頁にある除草剤適正使用キャンペーンで掲載した図中に「ウィナー1キロ粒剤75/51・フロアブルH/L・ジャンボH/L」とありますが、当方の誤りで、正しくは「ウィナー1キロ粒剤75/51・フロアブル/Lフロアブル・ジャンボ/Lジャンボ」です。訂正してお詫び申し上げます。

編集後記

4月号を見ていただいていたでしょうか。つづいて5月号の特集は水稻の湛水直播栽培です。移植栽培を中心にしてきたわが国の水稻作ですが、低コスト化の一つとして直播栽培が見直されてきています。しかし、直播栽培では雑草問題があり、雑草対策もきちんにとらなければなりません。現在、直播栽培用の除草剤も多く開発され、除草剤を主とした雑草防除も進んできています。また、無人ヘリコプターを利用して播種技術の開発状況や鉄を粉コーティングする播種法なども開発されてきています。

直播栽培の歴史は案外長く、明治26年にはもう開始されています。今後の直播栽培技術の参考として、直播栽培技術の歴史も取り上げました。

5月号の連載は長田敏行東大名誉教授のご執筆です。長田敏行氏は理学部の教授として、小石川植物園の園長を長く務められ園内に精通されているばかりでなく、国際的にも活躍されてこられました。どんな話題を提供いただけるか楽しみです。今回は園内のイチョウがテーマです。4月号の渡辺政隆氏と交代でいろいろな話題をご提供いただくこととなります。(編集子)

植調第49巻 第2号

-
- 発行 平成27年5月22日
 - 編集・発行 公益財団法人日本植物調節剤研究協会
東京都台東区台東1丁目26番6号
(植調会館)
電話(03)3832-4188 FAX(03)3833-1807
 - 発行人 小川 奎
 - 印刷 (有)ネットワン
-

頒布価 500円(消費税・送料は含んでおりません)
販売 株式会社全国農村教育協会
〒336-0042 東京都台東区台東1-26-6
電話 (03)3833-1821

SDSの水稲用除草剤有効成分を含有する「新製品」

- 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)
- ナギナタ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- ライジンパワー1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- ブルゼータ1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル(ベンゾピシクロン)
- ツインスター1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル(ダイムロン)
- 月光1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(カフェンストロール/ダイムロン)
- 銀河1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ダイムロン)
- イネヒーロー1キロ粒剤(ダイムロン)
- フルイニング/ジャイブ/タンボエース1キロ粒剤/ジャンボ/スカイ500グラム粒剤**
(カフェンストロール/ベンゾピシクロン)
- シリウスエグザ1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ/顆粒(ベンゾピシクロン)
- クサトリーBSX1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- ビッグシュアZ1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)
- ニトリウム/テッケン1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)
- クサスイーブ1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)
- キクトモ1キロ粒剤(カフェンストロール/ベンゾピシクロン/ダイムロン)
- プレキープ1キロ粒剤/フロアブル(ベンゾピシクロン)
- ザンテツ1キロ粒剤/豆つぶ250/ジャンボ(ベンゾピシクロン)
- ベンケイ1キロ粒剤(ベンゾピシクロン)

「ベンゾピシクロン」含有製品

SU抵抗性雑草対策に! アシカキ、イボクサ対策にも!

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| シロノック(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル) | カービー1キロ粒剤 |
| オークス(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル) | ハイカット/サンパンチ1キロ粒剤 |
| サスケ-ラジカルジャンボ | ダブルスターSB(1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒) |
| トビキリ(1キロ粒剤/ジャンボ/500グラム粒剤) | シリウスターボ(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル) |
| イッテツ(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)/ボランディアジャンボ | シリウスいぶぎ(1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒) |
| テラガード(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル/250グラム) | 半蔵1キロ粒剤 |
| キチット(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル) | プラスワン(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル) |
| スマート(1キロ粒剤/フロアブル) | プレステージ1キロ粒剤 |
| サンシャイン(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル) | フォーカード1キロ粒剤 |
| イネキング(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル) | イネエース1キロ粒剤 |
| ピラクロエース/カリユード(1キロ粒剤/フロアブル) | ウエスフロアブル |
| 忍(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル) | フォーカスショットジャンボ/ブレッサフロアブル |
| ハーディ1キロ粒剤 | |

クログワイ*の 根も止める！ 塊茎も減らす！

問題雑草・クログワイ*をはじめ、ホタルイ
など多年生雑草の地上部を枯らすだけで
なく、翌年の発生原因となる塊茎の形成も
抑えることができる。除草成分「**アルテア**」*
配合の水稻用除草剤シリーズが登場。
未来につながる雑草防除を、お勧めします。

* 剤型・地域によって登録雑草は異なります。
詳しくは、製品ラベルに記載されている適用表をご覧ください。
※アルテアはメタゾスルフロン愛称です。

誕生！ 多年生雑草も抑える除草成分、
「**アルテア**」配合の除草剤シリーズ。



地上部だけでなく
地下部も…

ツインスター®

1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ®

問題雑草に強い

(アルテア + ダイムロン)

月光®

1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ®

ノビエにより長く

(アルテア + カフェンストール + ダイムロン)

銀河®

1キロ粒剤/フロアブル/ジャンボ®

抵抗性雑草®により強く

(アルテア + ピラクロニル + ダイムロン)

コメット®

1キロ粒剤/ジャンボ®/フロアブル/顆粒

抵抗性雑草®に効果アップ

(アルテア + テフリルトリオン + ピラクロニル)



日産化学工業株式会社

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1 TEL: 03 (6860) 4110 受付時間/9:00~17:30 (土・日・祝日除く)
http://www.nissan-agro.net/

®は登録商標 #SU(スルホニルウレア)抵抗性雑草

高性能で低コスト!

水稲用一発処理除草剤

サラブレッド

カ イ
KAI®

1キロ粒剤・フロアブル・ジャンボ

高性能

ピラクロニル

オキサジクロメホン

イマズスルフロン

蓄力性

低コスト



田植同時
直播水稲
WCS用イネ
OK!

皆さまのおかげで
4年連続
普及面積
第1位

水稲用一発処理除草剤 ※日播調剤

平成20年度 192,600ha / 平成25年度 196,070ha
(平成25年10月~平成26年6月) (平成24年10月~平成25年6月)
平成24年度 178,717ha / 平成23年度 188,191ha
(平成23年10月~平成24年6月) (平成22年10月~平成23年6月)

今、日本で一番使われている
水稲用一発処理除草剤

バツデー

1キロ粒剤
フロアブル
ジャンボ

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●空容器・空袋は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連

協友アグリ株式会社
東京都中央区日本橋小網町6-1
http://www.kyoyu-agri.co.jp

®は協友アグリ(株)の登録商標です。

省力タイプの高性能
水稲用初・中期
一発処理除草剤シリーズ



問題雑草を
一掃!!

日農
イッポン®

1キロ粒剤75・フロアブル・ジャンボ



日農
イッポンD®

1キロ粒剤51・フロアブル・ジャンボ



この一本が
除草を変える!

田植同時処理可能!
(ジャンボを除く)

<写真はイメージです>

ライジンパワー®

1キロ粒剤 フロアブル ジャンボ



雷神パワーで
バリッと雑草退治



<写真はイメージです>

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●使用後の空容器・空袋等は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

明日の農業を考える



日本農薬株式会社

東京都中央区京橋1丁目19番8号
ホームページアドレス http://www.nichino.co.jp/



新規ヒエ剤 『フェノキサスルホン』配合除草剤 新発売

◆特長

- ①発生前～2.5葉期までのノビエに優れた除草効果。
- ②コナギヤアゼナ類等の一年生広葉雑草にも有効。
- ③残効性に優れ、一年生雑草の後発生を抑制。

3成分で
雑草防除に隙なし！

水稲用 初・中期一発処理除草剤

ベンケイ®

1キロ粒剤
(北海道を除く)



ガンコな雑草
ガンガン枯らす！

水稲用 初・中期一発処理除草剤

ガンガン®

1キロ粒剤 巨おび250 ジャンボ



星の女神の
除草剤

水稲用 初・中期一発処理除草剤

クモスター®

1キロ粒剤75・51 (L) 巨おび250
(L)ジャンボ (L)フロアブル



JAグループ
農協 全農 経済連
登録商標 第4702318号

自然に学び 自然を守る
クマイ化学工業株式会社
本社:東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>

©クマイ化学工業(株)の登録商標です。

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●防除日誌を記帳しましょう。

豊かな稔りに貢献する 石原の水稲用除草剤



湛水直播の除草場面で大活躍！

非SU系水稲用除草剤

ブレキープ® 1キロ粒剤 フロアブル

- ・は種時の同時処理も可能！
- ・非SU系の2成分除草剤
- ・SU抵抗性雑草に優れた効果！

高葉齢のノビエに優れた効き目



新発売

ゼンイチ® MX 1キロ粒剤

フルパワー® MX 1キロ粒剤

スクイズ® 1キロ粒剤

ヒエカット® 1キロ粒剤

フルパワー® ジャンボ

フルパワー® ジャンボ

タイズドリル® 1キロ粒剤

そのまま
散布ができる **アンカーマン® DF**



フルセットスルフロ
ン剤
ラインナップ

乾田直播
専用 **ハードパンチ® DF**

ISK 石原産業株式会社
〒550-0002 大阪市西区江戸堀1丁目3番15号

販売 ISK 石原バイオサイエンス株式会社
〒112-0004 東京都文京区後楽1丁目4番14号

ホームページ アドレス
<http://ibj.iskweb.co.jp>



私たちの多彩さが、
この国の農業を豊かにします。

®は登録商標です。

大好評の除草剤ラインナップ

- 新登場!** **グエモン** 1キロ粒剤 フロアブル
- 新登場!** **カットダウン** 1キロ粒剤
- ゼータワン** 1キロ粒剤 シャンボ
- メガゼータ** 1キロ粒剤 フロアブル
- ゼータファイヤ** 1キロ粒剤 シャンボ
- ブルゼータ** 1キロ粒剤 フロアブル
- オサキニ** 1キロ粒剤
- シウリヨクS** 粒剤
- 忍** 1キロ粒剤 シャンボ
- イッテリ** 1キロ粒剤 シャンボ
- シウリヨク** シャンボ
- ドニチS** 1キロ粒剤
- バトル** 粒剤
- クラッシュEX** シャンボ
- アワード** フロアブル

会員募集中 農業支援サイト **i-農力** <http://www.i-nouryoku.com> お客様相談室 0570-058-669

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●小児の手の届く所には置かないでください。●空袋、空容器は農場等に放置せず適切に処理してください。

大地のめぐみ、まっすぐ人へ
SCC GROUP **住友化学**
住友化学株式会社



♪うまい、お米ができた!

田んぼを守るために、より効果的、より省力的、より環境に配慮した、
雑草や害虫の防除の提案をしています。
デュポン社は生産者や消費者の喜ぶ顔を浮かべながら、日本の米作りを応援します。





デュポン株式会社 〒100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー
Copyright ©2015 DuPont or its affiliates. All rights reserved. デュポンオーバル、The miracles of science TM、RYNAXYPYR®は米国デュポン社の商標および登録商標です。

第49巻 第2号 目次

- 1 巻頭言 雑草防除技術への想い
本多 千元

《特集》 水稻の直播栽培

- 2 湛水直播栽培での除草剤による雑草防除
濱村 謙史朗
- 10 産業用無人ヘリコプターを利用した水稻鉄コーティング湛水直播栽培
白土 宏之
- 15〔コラム〕杉菜(スギナ)と土筆(つくし)
須藤 健一
- 16 宮城県における無人ヘリコプターを利用した水稻直播栽培
菅野 博英
- 21 水稻鉄コーティング直播栽培における雑草防除の現状と課題
宮越 彊
- 26 水稻直播栽培技術の開発史
濱村 謙史朗
- 34〔連載〕植物の不思議を訪ねる旅・第1回 イチョウは精子を作る!
長田 敏行
- 36 編集後記

No.2

表紙写真 《ノビエ類》



代表的な水田雑草。タイヌビエ(表紙写真)、イヌビエ、ヒメタイヌビエなどのイネ科ヒユ属に属する雑草の総称。ノビエ類は水田条件に適応し、盛んに生育するため、水稻の生育を抑え、収量に多大な影響を与える。水稻の最重要雑草として多くの除草剤が開発されてきたが、今なお防除の難しいグループである。(写真は植調雑草大鑑より。©全農教)



タイヌビエ2.5葉期



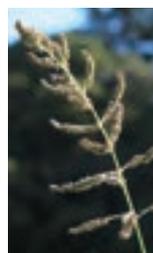
タイヌビエの穂



ヒメタイヌビエの穂



イヌビエ2葉期



イヌビエの穂



イヌビエ有芒型の穂(ケイヌビエ)