

# 水稲湛水直播のためのべんモリ種子被覆とその播種及び栽培技術

農研機構九州沖縄農業研究センター  
水田作研究領域

原 嘉隆

## 水稲直播の現状

水稲作では担い手の不足と収益の低迷が問題で、省力化と低コスト化が必要である。育苗が必要な移植の代わりに、水田に種子を直接播く「直播」は省力的であるとともに、移植との組み合わせで作期の分散による作業の分散が図れ、規模拡大によっても低コスト化できる技術として期待されている。直播面積は年々増加し、2017年に3万3千ha(水稲作付面積の2.3%)を超え(農水省2017)、今後も拡大が期待される。直播の約3分の2が代かきした水田に播種する湛水直播で、東北地方や北陸地方が多い。残り3分の1が畑の状態に播種する乾田直播となっている。雑草害が問題となりやすい乾田直播に対し、湛水直播の問題は水稲の苗立ち(生存)が不安定なことである。この要因は、代かきした土の中に種子を播くと酸素不足などの理由で枯死しやすいことや、土の表面に種子を播くと流されたり浮苗となったり鳥に食べられたりすることが挙げられる。

これらの問題を解決するため、1980年頃に酸素を発生させる資材であるカルパー粉粒剤で種子を被覆して代かきした土の中(約1cm)に播種するカルパーコーティング技術が開発され、湛水直播の普及の契機となった(水稲直播研究会2012)。さらに、2000年代に鉄で被覆した種子を代かきした土の上に播種する鉄コー

ティング技術が開発された(農研機構2010)。この方法で被覆した種子は比重が高いことから土の表面に播種しても、流されたり浮苗となったりしにくく、雀にも食べられにくい。また、鉄コーティング種子を乾燥させると長期貯蔵できるので、農閑期に被覆作業ができる。現在、普及面積が最も多い方法と推測される。

ただし、カルパーコーティングは、被覆資材が農薬で比較的高価であることと、種子と同じ重量の資材を被覆する作業にはやや経験が必要であることが普及上の課題と考えられる。また、鉄コーティングは、被覆後に鉄が酸化する過程で発熱することから、種子が傷まないように薄く広げる必要があることや、酸化過程を進めるために数日は乾いたら加水するなどの手間がかかる。また、乾燥した被覆種子を用いることが多いので生育が遅いことや、土の上に播種するために除草剤によっては葉害を生じる場合があることや倒伏に弱いことなどに留意する必要がある。

## 硫化物イオンによる阻害

今回紹介するべんモリ被覆は、種子被覆の簡易化を目指して開発された。きっかけは、無被覆の種子を土中に播種した際に枯死する要因を調べる中、種子近傍で硫化物イオン( $S^{2-}$ )の発生が示唆されたことであった(Hara 2013a, b)。

これまで、水田に硫黄(S)を含ん

だ肥料を入れるべきではないとされてきた(ただし、現在は逆に硫黄不足が疑われる水田が増えていると危惧され始めている)。これは、硫安などの肥料に含まれる硫酸イオンを水田に入ると、高温となる夏に微生物が活発となり、水を張った水田の土が極度の還元状態(酸素不足)となって、硫酸イオン( $SO_4^{2-}$ )が硫化物イオン( $S^{2-}$ )になる硫酸還元が生じ、この硫化物イオン(硫化水素)が根に障害を及ぼすことが、かつて湿田において問題となっていた盛夏後の秋落ちの原因として明らかになっていた(川口1944)。しかし、夏ではなく比較的涼しい春に行われる直播でも、硫化物イオンが生成して苗立ちの阻害要因になっているかは不明であった。

二毛作地帯である九州北部で、硫安は安価な窒素肥料としてよく用いられる。湛水直播で硫安を多く施肥すると、出芽には影響が小さいものの、本葉の抽出が遅れ、枯死しやすい(Hara 2013a)。一方、土を滅菌したり、土の表面に播種したりすると、硫安施肥による枯死は生じにくい。20°C程度でも、瓶に土と水を入れて攪拌した中に播いた種子をガラス越しに観察すると、硫安の添加が多くなるほど種子近傍が黒くなる(図-1)。そこで、局所的な酸化還元電位(Eh)を経時的に詳細に計測する機器を、安価に複数自作し(後に、藤原製作所より「簡易土壌Eh計FV-702」として3万円で販売)、土中に播かれた種子の近傍のEhを計測すると、20°Cで3日後に



図-1 土中に播種された水稻種子の出芽の様子  
種子近傍に硫化鉄とみられる黒斑が発生。なお、  
還元的な状態で脱色する試薬が混ぜてあり、種子  
近傍が還元的事であることが分かる。



図-2 べんもり資材 (籾化粧)

-0.2V まで急速に低下するという著しい還元化が起きていた。一方、種子から離れた部分の土ではほとんど低下しなかった。このことから、種子の近傍は播種後すぐに還元状態となり、硫化物イオンが生成して、土中の鉄と反応して黒い硫化鉄 (FeS) が生じると考えられた。このため、涼しい春に行われる直播でも、硫化物イオンが生成し、苗立ちを阻害する可能性が示唆された。

硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) と同様に 2 価のオキソアニオンとなるモリブデン酸イオン ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) は、拮抗作用によって微生物による硫酸イオンから硫化物イオンへの還元を抑制することが報告されている (Biswas, *et al.* 2009)。そこで、モリブデン酸塩を土に添加したところ、苗立ちが改善された (Hara 2013b)。種子近傍の黒化も抑制された。このことは、硫化物イオンの生成が抑制されて苗立ちが向上したことから、硫化物イオンの生成が苗立ち阻害の一因であることを示唆する。

## べんもり種子被覆の開発

モリブデンは動植物の微量必須元素で、肥料に添加されることもあることから、生産現場での水稻湛水直播の苗立ち向上に利用することを考え、少ない使用量で済むよう種子への被覆を検討した (Hara 2013c)。その結果、難溶性のモリブデン化合物が適し、効果は其中であまり差がなかつ

たことから、安価な三酸化モリブデンを選んだ。2011 年に試験研究機関等で全国的に試してもらったところ、モリブデン化合物だけでは種子の重量がほとんど増加しないため、水がある水田で種子が流されやすいなどの問題が明らかとなった。従来法であるカルパーコーティングと鉄コーティングでも種子の 0.5 ~ 1 倍重の資材を被覆して重くなっていること、また土中に播種することや資材コストについても考慮し、一定量の荷重が必要と考えられた。なお、カルパーコーティングと鉄コーティングでは、いずれも被覆層の保持に石膏を用いている。石膏 (硫酸カルシウム) には硫酸イオンが含まれ、土中で還元状態となると硫化物イオンが生成し、苗立ち阻害の要因となることが懸念された。鉄コーティング種子が土中に埋没すると種子が黒くなること、またカルパーコーティングでも苗立ち不良となった個体を抜いてみると種子近傍が黒くなっていることがある。これらの黒化は硫化物イオンの生成の結果と考えられる。そこで、石膏の代わりに増粘剤であるポリビニルアルコールを利用することとした (原 2012)。また、鉄コーティングで用いる還元鉄は、被覆後の発熱の管理が負担であることから、それに代わる加重のための資材を検討したところ、酸化鉄が被覆作業と被覆層の強度において適していた。そこで、酸化鉄とモリブデン化合物とポリビニルアルコールの混合資材による種子被覆とし、酸化鉄

の別名である「べんがら」と「モリブデン」に因み、この資材を「べんもり資材」、この被覆を「べんもり被覆」、その直播を「べんもり直播」と名付けた。

2012 年から種子の 0.1 倍重での被覆で検討し、カルパーコーティングや鉄コーティングの代替として使いたいという要望があり、2014 年から 0.3 倍重でも検討を始めた。そして、2016 年から 0.1 倍重用と 0.3 倍重用の資材が一般に販売された。さらに使いやすさを検討し、べんがらを比重が約 2 倍のものに変えることで、嵩が減って作業が簡易になり、資材も飛散しにくくなり、被覆強度も高まったことから、2018 年に 0.3 倍重用のべんもり資材として「籾化粧」という商品名で販売された (図-2)。購入は、(株) ケーエス (旧小泉商事 (株))、ヤマアグリジャパン (株) 東日本カンパニー、井関農機 (株)、(株) クボタで購入できる。価格は、販売元や送付先で異なり、10kg 袋 × 2 袋で 12,000 ~ 20,000 円程度 (送料込み) である。

## べんもり被覆の方法

べんもり被覆には、催芽種子が利用できる。まず、種子を消毒し (鉄コーティングとは異なり、種子消毒は必要)、水に数日浸けて一部の種子が発芽した程度で、水から出して脱水する。水に浸けすぎて芽が伸び過ぎると、被覆時に折れて苗立ちが悪くな



図-3 表面を乾燥させたべんモリ被覆種子



図-4 覆土板を用いた土中播種機による播種

る。脱水すれば、芽の伸びはある程度抑えられる。被覆まで時間が空く場合は低温で保管すると安心であるが、常温でも通気が確保できれば数日は大丈夫である。筵などを掛けておくなど通気と湿気が保たれる場合、芽よりも根が伸びる。根は被覆で切れても問題はなく、むしろ根が伸びた種子は本田での生育が速く、苗立ちが良い（伊藤ら2018）。ただし、根が伸びすぎると、種子同士が絡みあって、播種機の詰まりの原因になる。

被覆は、ミキサー（カルパーコーティング用のコーティングマシーンやコンクリートミキサーなど）で行う。被覆には適度な水分が必要で、種子が乾いている場合、直前に水に浸して脱水して被覆に用いる。ミキサーに種子を入れ、回転させながら少々散水し、種子の表面を均一に湿らせる。回転させながらべんモリ資材を少しずつ加えて、種子表面にべんモリ資材を均一に付着させる。種子の表面がべたつく場合は、さらに資材を加える。粉状の資材が残っている場合は散水する。これを繰り返し、粉もなく種子が過度にべたつかない程度で、被覆を終了する。標準では種子の0.3倍重のべんモリ資材を被覆させる。カルパーコーティングや鉄コーティングに比べて、資材量が少ないため、被覆作業が容易であり、種子同士が付着した塊が生じにくい。また、塊が生じたとしても、鉄コーティングに比べて被覆の強度が弱いいため、乾燥後に力を加えると簡単にほぐれる。被覆後に種子が発熱することもな

い。ただし、被覆直後は、被覆層が湿っており、播種機に入ると詰まる。そこで、被覆後は敷物の上に種子を薄く広げて、種子の表面を乾燥させる。この時、下の方の種子が乾きにくいいため、上の方の種子が乾燥したら、熊手などで種子を攪拌する。ビニールシートに比べて、筵は湿気が下に抜けるので乾きやすく、作業が楽である。晴天であれば乾燥に1時間もかからないが、天気が悪いと時間がかかる。このとき、攪拌せずに放置すると、下の方の種子にカビが生じることもあるので、ときどき攪拌する。全ての種子の表面が乾燥すれば播種できる（図-3）。通気性の良い袋に入れて管理し、早めに播種する。したがって、播種直前に種子被覆するのが望ましい。日陰に置けば1週間程は保存できる。米貯蔵庫の中など10℃ほどの低温に保っておけば1か月ほどは保存できる。また、被覆種子が多量である場合、被覆後に種子を広げず、網袋に入れて、穀物用の平型乾燥器や鉄コーティング種子酸化調製機を用いて乾燥することができる。

べんモリ被覆では、種子処理用のいもち病防除の農薬「ルーチンFS」との併用は広く行われている。この場合、水に浸けて脱水した種子に、まずルーチンFSを均一に塗布する。その状態で、べんモリ資材を混合すると、ほとんど水を加えることなく（もしくはわずかな水だけで）被覆できる。また、殺菌剤あるいは鳥に対する忌避剤とし

て用いられるチウラム水和剤「キヒゲンR-2フロアブル」との併用でも問題は生じていないようである（ただし、水稻湛水直播における鳥に対する忌避効果については不明）。一方、同様の種子処理用の殺虫剤「キラップシードFS」を塗布した種子にべんモリ被覆をした場合、深めの土中播種で生育遅延が起きた事例が報告されている。殺虫剤「ダントツフロアブル」を塗布した種子にべんモリ被覆した実施事例の情報も十分でない。殺虫剤との併用はまだ見合わせたほうが良いと考えている。

## べんモリ被覆種子の播種

べんモリ被覆種子は、カルパーコーティング用や鉄コーティング用の播種機で播種できる。ただし、べんモリ被覆はカルパーコーティングのように生育促進効果がないため、少し浅く播種したほうが良いと考えている。代かき同時打ち込み式点播播種機（ショットガン）では、土の条件と打ち込み強度の調整で浅く（5mm程度）播種できる。覆土板を用いた土中播種機でもべんモリ被覆種子は播種できるが、カルパーコーティング（1cm程度）に比べて浅め（5mm程度）に播種することが望ましい。浅い播種に対応した播種機も販売されている（図-4）。鉄コーティング種子用の表面播種機でも、土中播種できるように播種溝を作る部品



図-5 播種 10 日後頃の様子  
(北部九州 6 月播種)



図-6 播種 2 週後の様子  
(北部九州 6 月播種)



図-7 播種 3 週後の様子  
(北部九州 6 月播種)

や種子を土に埋める部品が販売されている。また、代かき後の柔らかい土に、鉄コーティング種子用の表面播種機でべんモリ被覆種子を落下させ、土に浅く埋没させる生産者もいる。

べんモリ被覆は、鉄コーティングに比べて雀の食害に弱く、土に埋没させるのが好ましい。また、カルパーコーティングよりは劣るものの土中播種でも出芽することから、鉄コーティングのように表面播種にするのではないため、土に種子が埋まらないように代かきから播種まで日数を長くして土を固める必要はない。移植のように苗を立てる必要もなく、種子と同じ重量の資材で被覆するカルパーコーティングに比べて被覆資材量が少なく軽いため深く埋没しにくいことから、土が柔らかい状態で播種できるので、天気予報を参考にし代かきの 1～2 日後に、播種直前に水を落として播種すると良い。ただし、水田の額縁など播種機の往来によって柔らかくなりすぎるところでは、種子が深く埋没して出芽が遅く、苗立ちが悪くなる場合があるので、深い播種とならないようにフロートの抑えを弱くしたり、ゆっくり播種するなど注意したほうが良い。これまで、現地の水田を含めて、従来法と遜色がない苗立ちが得られている(秀島ら 2015; 原・秀島 2017; 菅野ら 2016, 2017a)。

## 播種量と基肥量

湛水直播では移植と異なり、根が切れず植え痛みがないため、初期の分けつが旺盛である。移植と同じ様な密度で苗立ちさせると、過繁茂となり倒伏しやすくなる。散播>条播>点播の順で倒伏しやすいため、できれば点播が好ましい。また、移植では苗の活着を良くし分けつを促すために基肥が必要であるが、湛水直播では分けつが旺盛であるため、基肥を減らす必要がある。しかし、湛水直播の普及が進んでいない現状では、湛水直播に適した肥料の入手が難しく、移植用の肥料で代替せざるを得ないという問題がある。とはいえ、倒伏を避けるために播種量を少なくすると、何らかの理由で苗立ちが良くないときに困る。したがって、過繁茂を回避するために播種量を減らすのではなく、基肥の窒素量を減らすことが好ましいと考えている。暖地である北部九州において、二毛作水田の麦後であれば、リン酸とカリが無く、基肥窒素も無しで、生育後半用の被覆尿素のみでも、移植用の肥料と同等の収量が得られた(原 2018)。生育後半用の被覆尿素は単肥であるため入手も容易であり、肥料のコストも削減できる。湛水直播では、初期の水の出し入れが多く、肥料の流亡が多いことも予想される。播種量は乾粃 3kg/10a を

目安とし、基肥の窒素量を減らすことで、過繁茂を回避することが望ましいと考えている。

## 雑草防除と水管理

湛水直播では、播種に合せた 1 回目の除草剤散布と入水からの自然落水後、カルパーコーティングでは落水を維持して本葉 1 葉期に再湛水して 2 回目の除草剤を散布する「落水出芽法」が一般的であり、鉄コーティングでは湛水を維持する「湛水出芽法」や自然落水後に間断的に灌漑する「間断灌水出芽法」が奨励されている(濱村 2015; 宮越 2015)。カルパーコーティングと同様に、催芽種子を用いて土中に播種するべんモリ被覆では、「落水出芽法」が適している(図-5, 6, 7)。土にヒビが入っても乾いて白っぽくならない限りは、灌水をしなくても良いと考えている。ただし、鉄コーティング種子のようにべんモリ被覆種子を土の表面に播種する場合(特に種子が内部まで乾いている場合)は、落水期間が長いと種子が乾いて生育が遅れる懸念があるので、間断灌水をした方が良い。

雑草が少ない水田では、播種時の除草剤を無しとし、積極的に落水管理とする事例も聞くようになった。この場合の重要な点は、播種前の代かきした水田に残草が残らないように、代かき前に非選択性の除草剤を散布した

り、代かきで残草を丁寧に鋤きこんだりすることである。そして、催芽後にべんモリ被覆した種子をしっかりと土中に播種する。播種後は一時的に湛水する場合やしない場合があるが、出芽開始までには水をしっかり落とし、そのまま土を乾かす。土が乾くと、雑草は生育が抑えられる傾向があるが、催芽させた水を含む水稲種子は出芽してくる。水稲の出芽が揃ったら、少しずつ湛水する。すると、水稲と雑草の生育が急激に進むので、高葉齢のノビエにも効く除草剤を散布し、雑草を防除する。この方法は、除草剤の使用回数が少なく、苗立ちも良く、土が乾いていて表層剥離も起きにくく、管理しやすい。実際は、水田の雑草種子の量や土の種類や天候などの条件にもよるので、いつもうまくいくわけではないが、東北地方や九州などでうまくやっている生産者がいるため、省力的な方法として注目している。雑草が多い水田の場合は、播種と同時に散布でき、落水管理とする除草剤であるピラクロニル粒剤（ピラクロン、兆）を利用すれば、雑草を抑制しつつ播種後の落水管理が可能となる。

## スクミリングガイ対策

暖地の平場の水田にはスクミリングガイが生息する。水を張るとスクミリングガイが動き出し、水稲の芽を食べるため、湛水直播の普及の妨げとなっている（秀島 2017）。スクミリングガイの防除剤も販売されているが、こ

れだけで防ぐことは難しいようである。しかし、そのような水田でも湛水直播が安定的に行われている事例も見られる。一つの方法は輪作を利用することである。前年に水稲を栽培した水田では、越冬した大きめのスクミリングガイが出てくるが、前年に大豆などの畑条件で作物を栽培した水田では、スクミリングガイが死滅するので、その食害を受けず、湛水直播を実施できる。もう一つの方法は、湛水を極力控えて、水が少ない条件で湛水直播を実施する方法である。この場合、雑草の抑制が課題となるが、前述の水稲播種と同時に散布できる除草剤であるピラクロニル粒剤を用いれば、落水管理が可能である。また、出芽後もできるだけ入水を遅くし、水位も少しずつ上げて水稲を大きく生長させ、高葉齢のノビエにも効く除草剤（粒剤ではノビエ4葉まで効く）を使うことで、苗立ちと抑草を両立している。それでも雑草を抑えきれない場合は、ノビエ5葉まで効く茎葉処理剤（クリンチャーEW、クリンチャーバスME液剤、ワイドアタックSC、トドメMF乳剤など）を散布する必要がある。また、水田の額縁に明渠を整備することや、多くの播種機は明渠を作りながら播種できるため、スクミリングガイを溝に集めて水稲と離すことで、食害をある程度回避できる（宮越 2015）。

なお、近年は、以前よりもスクミリングガイの密度が低くなっているという話を聞く。カラスによる捕食も観察され、またクリークに隣接する水田で

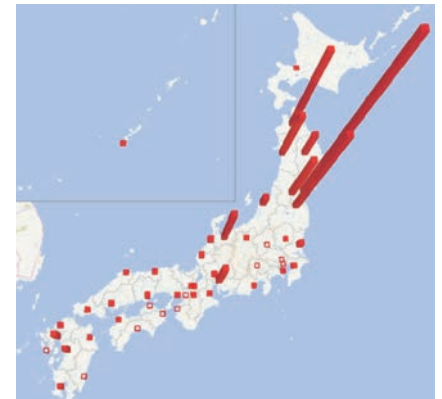


図-8 2018年のべんモリ直播の都道府県別実施状況（推定）

はカメが水田に這い上がってきてスクミリングガイを捕食するそうで、暖地の平場の水田にもかかわらず、水稲連作の水田でもスクミリングガイの食害が問題にならず、直播を実施している生産者もいる。

## べんモリ直播の現状

全国におけるべんモリ直播の推定実施面積は、べんモリ資材が販売された2016年に300ha、2017年に1,500ha、2018年に2,100ha（湛水直播面積の9%）と増えている。特に、東北地域では、試験研究機関と生産者や関連企業が連携し、普及が急速に進んだ（図-8）。その中で、宮城県では倒伏にやや弱い「ひとめぼれ」の作付けが多く、土中に播種できるべんモリ直播の栽培試験や研修会等が精力的に実施された。べんモリ直播は、種子被覆の作業が容易で、春作業が円滑となる。また、土中播種なので表面播種に比べて、倒伏に強く、収穫時の株抜けも少なく、収穫時の作業性も良い。これらの要因が規模拡大につながったと考えている。

なお、べんモリ直播では、出芽が速い催芽種子の利用を基本としているが、宮城県などではべんモリ被覆でも作業委託が始まっており、作業委託に適した浸漬のみの種子や常温での長期



図-9 ドローンを用いたべんモリ直播の様子  
佐賀県農業試験研究センターにおいて  
(株)井関農機が播種

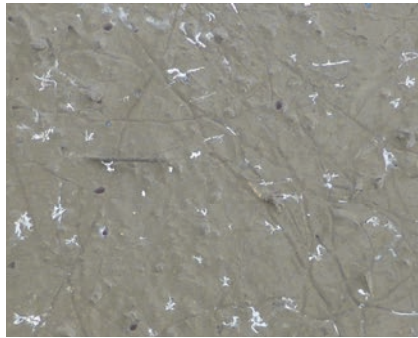


図-10 ドローンでの播種後の様子  
一部の種子(暗色)が露出して見えている。  
白色と青色は、播種後にドローンで散布した  
除草剤と殺虫剤(スクミリンゴガイ用)。

詳しい情報は → 「べんモリ」で検索

◎ べんモリ直播 (簡易な水稻湛水直播)

- ・技術の説明
- ・資材の入手法
- ・マニュアルの入手
- ・関連情報 (動画など)
- ・メーリングリストへの登録



問い合わせは [benmori-admin@ml.affrc.go.jp](mailto:benmori-admin@ml.affrc.go.jp)

図-11 べんモリ直播の情報 Web ページ

保存ができるように種子の中まで乾かした活性化種子も用いられている(菅野ら 2017b)。これらのべんモリ種子では、本田において吸水期間を必要とするため、播種後数日湛水が必要であることに加えて、出芽が2日ほど遅れることから、留意が必要である。

## 無人ヘリやドローンでの直播

代かきした水田に水稻種子を散布する直播(散播)は動噴などを用いてこれまでも実施されてきた。また、宮城県など一部の地域では、大規模生産や飼料用水稲などにおいて、無人ヘリによる散播が行われている(白土 2015; 菅野 2015)。散播では、種子が土の表面に播種されるため、種子が流されやすかったり、鳥に食べられやすかったり、倒伏しやすかったりという問題がある。そこで、種子を重くするため、カルパーコーティング種子や鉄コーティング種子が用いられてきた。同様に、べんモリ被覆でも種子を重くするため、散播に利用できる。べんモリ被覆種子は、従来のコーティング種子に比べて軽いものの、被覆が容易であるため、省力・低コストを目的とした散播に適する。また、鉄コーティング種子では、土中に播種すると苗立ちが良くないため、土の表面に播種されるように水を張った水田に散播されるこ

とが一般的で、倒伏しやすいことが問題になる。一方、べんモリ被覆種子では、浅く土中に播種しても苗立ちを確保できるため、代かきの1日後ぐらいの柔らかい水田で表面の水を直前に落として播種することで、浅く土中に種子を埋没させることができる。

さらに、近年、ドローンの性能の向上と低コスト化が進み、農業用でも農業散布用のドローンの普及が進んでいる。これらでは、散布器を付け替えることで、粒剤の農薬も散布できる。この粒剤散布機を少し加工することで、水稻種子も散布できる(図-9,10)。農研機構九州沖縄農業研究センター、(株)井関農機、佐賀県農業試験研究センター、宮城県古川農業試験場では、2018年よりドローンを用いたべんモリ直播を検討しており、概ね良好な結果が得られている(菅野ら 2018; 原ら 2019; 秀島ら 2019)。粒状農薬の散布ができるドローンを用いることで、農薬、種子、肥料などの散布が可能となる。エンジンを積んだ無人ヘリに比べると、バッテリーで動くドローンの積載量は限られるが、今後は自動飛行も可能になることが期待されることから、特に一筆の面積が小さい中山間地や、平場でも個人など小さい単位での導入が期待される。

## べんモリの情報

以上のように、べんモリ直播は、被覆が容易であること、またこれまでの播種機が利用できる点が特長である。播種部を交換すれば移植と兼用できる多目的播種機も販売されており、これを使えば直播と移植の両方に使えることから、時期をずらして利用したり、または収穫期をずらして、作業分散を図ったりできる。一方で、鉄コーティングと比べて雀の食害に弱いことや、カルパーコーティング種子に比べて初期生育が遅いといった短所もある。したがって、このような短所が問題とならない水田において活用を図ることが望ましい。

べんモリのさらに詳しい情報は「べんモリ」で検索いただきたい(図-11)。農研機構九州沖縄農業研究センターでは「べんモリ直播(簡易な水稻湛水直播)」というページ(農研機構 2017)を開設し、マニュアル(農研機構 2016)や動画も含めた関連情報を入手できるようにしている。また、お問い合わせ先やべんモリの情報を提供するメーリングリストへの登録法も記載している。

直播は移植と異なり、省力で低コストではあるものの、様々な影響を受けやすい。したがって、地域や水田や所

有機械に応じた生産者による工夫が必要である。実際、生産者によって様々な工夫が為されている。これらの工夫を共有化することが直播の普及に大きく役立つと考えている。そして、直播の普及に伴って選択性の高い除草剤の開発や様々な周辺技術が向上することで、さらに直播がやりやすくなって普及することを期待する。

## 引用文献

- Biswas, K.C., *et al.* 2009. Reduction of molybdate by sulfate-reducing bacteria. *BioMetals* 22, 131-139.
- 濱村謙史朗 2015. 湛水直播栽培での除草剤による雑草防除. 植調 49, 42-49.
- 原嘉隆 2012. 高ケン化度ポリビニルアルコールを用いた酸化鉄の種子被覆 - 硫化物の給源となる石膏を用いない耐水性種子被覆 -. 日作紀 81(別 2), 158-159.
- Hara Y. 2013a. Suppressive effect of sulfate on establishment of rice seedlings in submerged soil may be due to sulfide generation around the seeds. *Plant Prod. Sci.* 16, 50-60.
- Hara Y. 2013b. Improvement of rice seedling establishment in sulfate-applied submerged soil by application of molybdate. *Plant Prod. Sci.* 16, 61-68.
- Hara Y. 2013c. Improvement of rice seedling establishment on sulfate-applied submerged soil by seed coating with poorly soluble molybdenum compounds. *Plant Prod. Sci.* 16: 271-275.
- 原嘉隆・秀島好知 2017. 暖地の農家水田におけるべんモリ被覆種子での代かき同時打ち込み点播による水稲湛水直播の苗立ちと収量および収穫物のモリブデン含有率. 日作紀 86, 201-209.
- 原嘉隆 2018. 暖地二毛作水田での水稲湛水直播における低コスト施肥の検討. 日本土壤肥料学会講演要旨 64, 92.
- 原嘉隆ら 2019. 水稲べんモリ被覆種子を用いたドローンによる散播栽培. 日本作物学会第 247 回講演要旨集, 10.
- 秀島好知ら 2015. 湛水直播栽培における鉄およびモリブデン被覆種子を用いた苗立ち安定化技術の開発. 日作九支報 81, 5-8.
- 秀島好知 2017. 佐賀県におけるべんがらモリブデンを用いた水稲直播栽培と雑草問題. 植調 51, 280-283.
- 秀島好知ら 2019. マルチコブターを活用したべんモリ被覆種子による水稲湛水直播栽培. 日本作物学会第 247 回講演要旨集 34.
- 伊藤景子ら 2018. 代かき同時浅層土中播種機を用いた水稲無コーティング種子湛水直播栽培における根出し種子による苗立ち向上. 日作紀 87, 140-146.
- 菅野博英 2015. 宮城県における無人ヘリを利用した水稲直播栽培. 植調 49, 56-60.
- 菅野博英ら 2016. 宮城県におけるべんがらモリブデン被覆種子 (べんモリ) による湛水直播の苗立ち. 日本作物学会第 241 回講演要旨集 19.
- 菅野博英ら 2017a. べんがらモリブデン被覆種子 (べんモリ) を用いた湛水直播栽培方法の検討 第 1 報 播種方法と倒伏. 日本作物学会第 243 回講演要旨集 99.
- 菅野博英ら 2017b. べんがらモリブデン被覆種子 (べんモリ) を用いた湛水直播栽培方法の検討 第 2 報 被覆資材と乾燥方法. 日作東北支部報 60, 23-24.
- 菅野博英ら 2017c. べんがらモリブデン被覆種子 (べんモリ) を用いた湛水直播栽培方法の検討 第 3 報 被覆比と苗立ち. 日本作物学会第 244 回講演要旨集 12.
- 菅野博英ら 2018. べんがらモリブデン被覆種子 (べんモリ) を用いた湛水直播栽培方法の検討 第 4 報 無人ヘリ等による散播栽培. 日本作物学会第 245 回講演要旨集 18.
- 川口桂三郎 1944. 水田状態土壌中に於ける硫酸アンモニアの水稲幼植物並びに初發芽に對する有害作用に就いて. 農学研究 36, 484-496.
- 宮越暲 2015. 水稲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. 植調 49, 61-65.
- 農水省 2017. 水稲直播栽培の現状について. [http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z\\_genzyo/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_genzyo/)
- 農研機構 2010. 鉄コーティング湛水直播マニュアル 2010. [https://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/014535.html](https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/014535.html)
- 農研機構 2016. 水稲べんモリ直播マニュアル. [http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/061801.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/061801.html)
- 農研機構 2017. 「べんモリ直播 (簡易な水稲湛水直播)」の情報. <http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/karc/contents/benmori/>
- 白土宏之 2015. 産業用無人ヘリコブ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, 50-55.
- 水稲直播研究会 2012. 水稲湛水直播栽培の手引き. [http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z\\_kenkyu\\_kai/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/zikamaki/z_kenkyu_kai/)