

# 鉄コーティング湛水直播 マニュアル 2010

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業  
「鉄コーティング種子を核とする環境保全型水稻直播技術の確立」



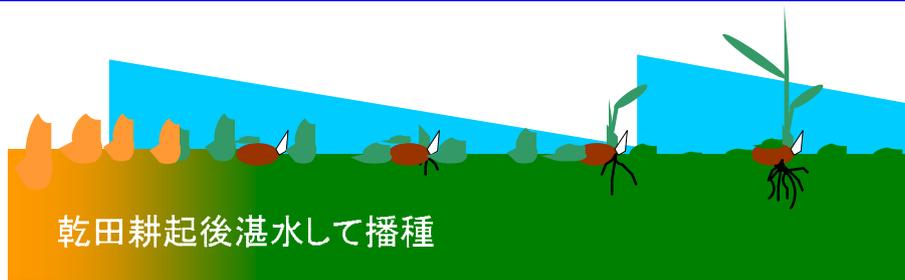
2010年3月

独立行政法人 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

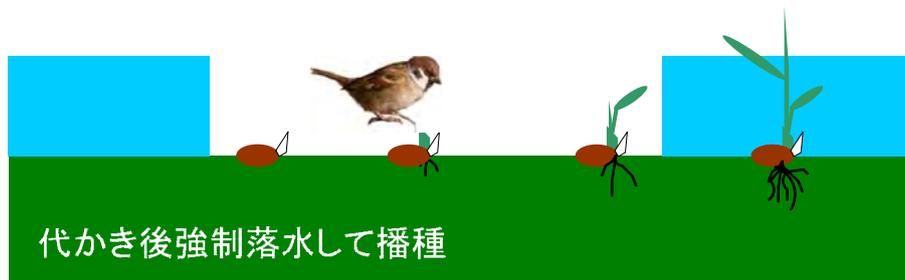
## 目次

鉄コーティング湛水直播とは	1
鉄コーティング種子とは	2
1. 資材の準備	5
鉄粉製品	5
焼石膏	5
2. 種子の準備	5
入手	5
休眠	5
種子消毒	5
浸種処理	6
3. 鉄コーティング作業	6
材料の分量	6
手作業による鉄コーティングの方法	6
鉄コーティング種子の大量製造	12
4. 発芽テスト	14
5. 水田の条件・耕起・施肥・代かき	15
6. 播種	16
目標とする苗立ち数	16
鉄コーティング種子の苗立ち率	16
播種量	16
鉄コーティング種子の重さ	16
鉄コーティング種子の発芽率が低下しているときの播種量	16
播種時期	16
散播と条播	16
播種のポイント	17
散播	17
条播	19
水管理・除草剤	20
湛水播種	20
落水播種	21
鳥害	22
病虫害	22
7. 栽培管理	23
Q & A	24

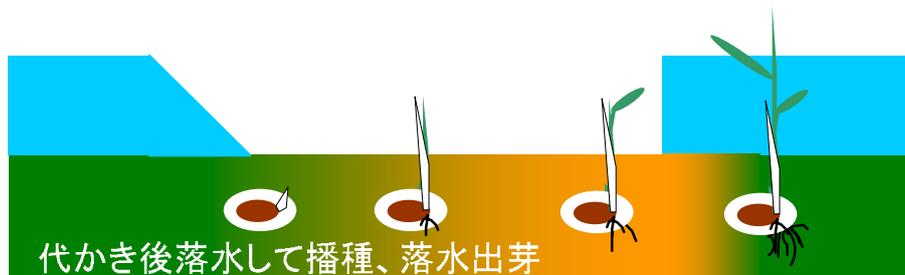
## 鉄コーティング湛水直播とは



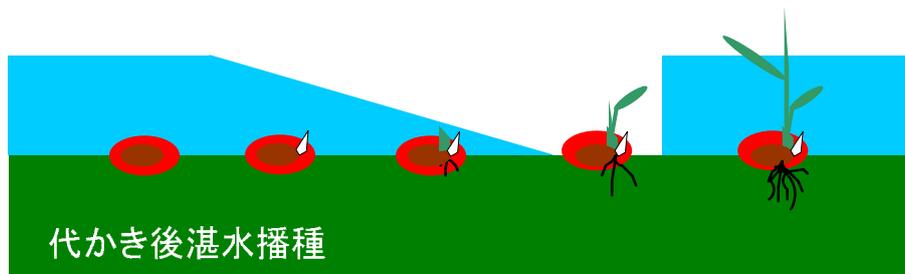
【アメリカの湛水直播】（普及 100%）荒い乾田耕起後またはV溝をつけた後、入水して催芽種子を播種します。代かきをしません。水中で土が崩れて苗の浮き上がりを押さえます。催芽種子を使うため、播種日の変更が難しくなります。水田のみずもちが悪いという問題があります。



【アジアの直播】（普及 14%）催芽種子を散播します。土壌が硬いと種子が密着せず、乾燥して枯死します。排水が悪い部分で、また入水したとき種子が浮くことがあります。低コストですが、スズメの食害や雑草イネの問題があります。

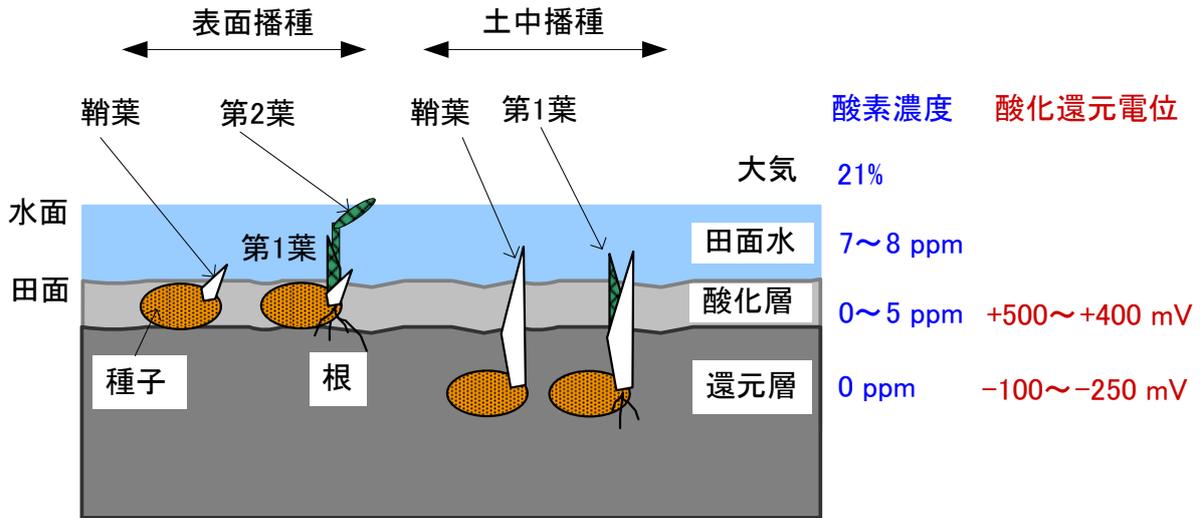


【日本の直播】（普及 1%）酸素発生剤でコーティングした催芽種子を 10~15mm の深さに正確に播種します。土壌還元の影響を避けるため落水出芽します。



【鉄コーティング湛水直播】鉄粉でコーティングした乾燥種子を土壌表面に播きます。種子は重く浮きません。硬くスズメに食べられません。

## 表面播種（鉄コーティング）と土中播種（カルパーコーティング）の違い

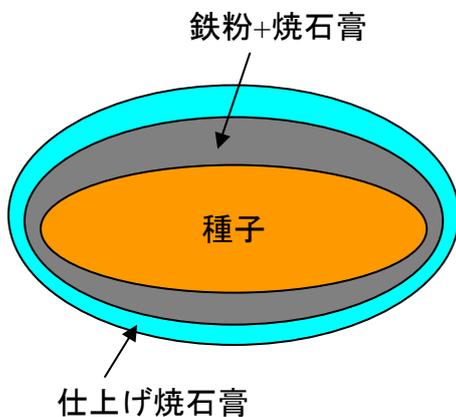


【表面播種】アメリカやアジアで実施されている直播。鉄コーティング直播も含まれます。土壌表面の酸化層に播種します。酸素があるため鞘葉は短く、第1葉と根が伸長します。種子に浮力がかかり、浮きやすくなります。これを防ぐために、粗い乾田耕起で種子の浮遊を抑える、落水する、または鉄でコーティングするなどします。

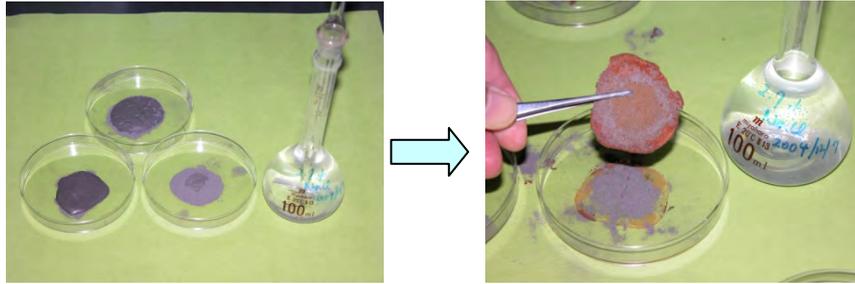
【土中播種】酸素発生剤で種子をコーティングする直播。湛水土壤の還元層に播種したときは、無酸素下で鞘葉を伸長させて酸素を獲得します。この過程を助けるため、酸素発生剤でコーティングします。還元障害を受けやすく、第1葉と根が伸長する段階で枯死する場が多くなります。そのため土壌を干して空気に触れさせて還元障害を軽減します。

## 鉄コーティング種子とは

鉄粉でコーティングして重くした、発芽しやすい乾燥種子です。

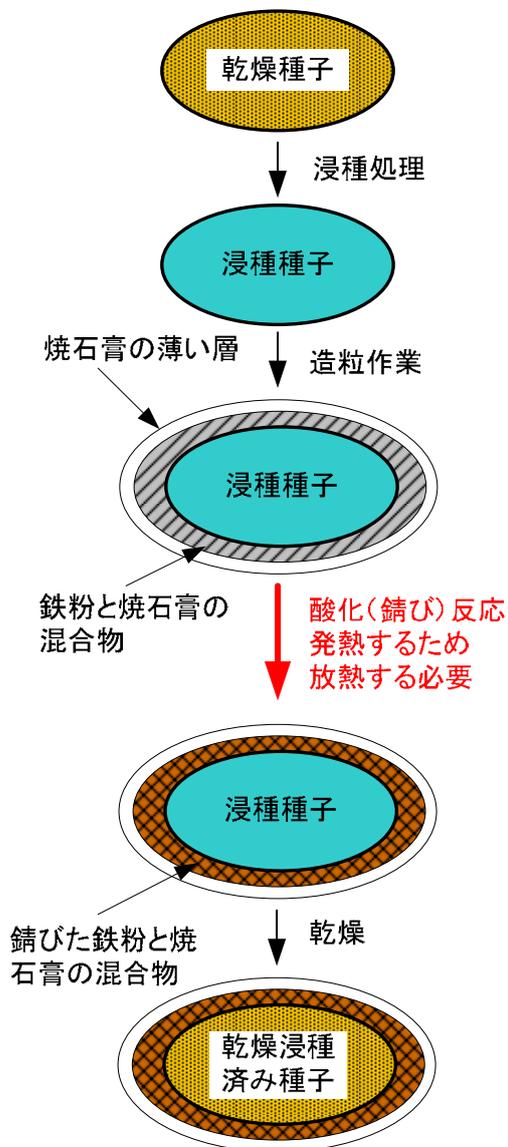


コーティングの原理  
鉄で種子をコーティングできるのは、鉄粉が種子の表面で錆びて（酸化して）、錆が糊の役目をするからです。酸化促進剤として焼石膏を鉄粉に混ぜておきます。水をスプレーして酸化を開始、発熱し、酸素が吸収されます。



鉄粉に塩水をかけると錆びて翌日には固まります。鉄の酸化は身近には使い捨てカイロや酸素吸収剤として利用されています。台所で鉄の包丁が錆びる、海辺で鉄板が錆びると同じことです。

### 【鉄コーティング種子の製造過程】



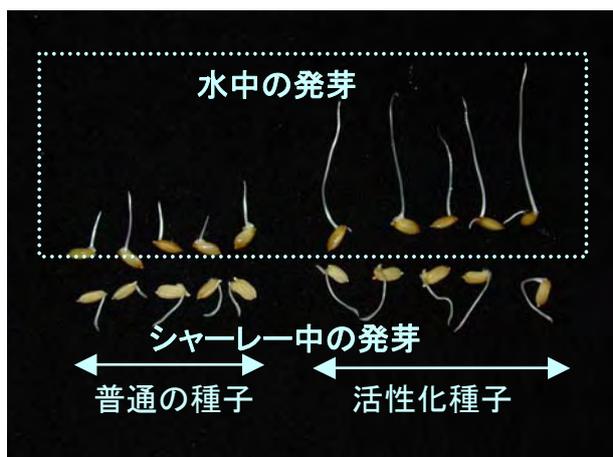
1 : 乾燥した種子

2 : 15~20°Cで3~4日浸種した種子

3 : 鉄粉と焼石膏で包まれた種子。水で一時的に固められた状態であり、乾けば崩れます。

4 : 鉄粉が酸化され錆びて茶色になった種子、コーティング層は堅固。錆びるときに発熱するので放熱します。種子は湿っているので長持ちしません。

5 : 種子全体が乾燥され、長期保存できます。



田植では苗半作といわれますが、直播ではその分種子の質が重要です。

発芽率が高い種子を使います。また水に浸かると早く発芽して生長するように、種子を浸種した後乾燥して保管しておきます（活性化種子）。

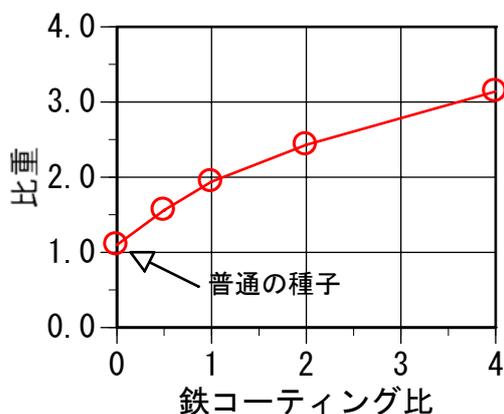
活性化種子は普通の種子に比べて空気中（シャーレー中）でも水中でも早く生長します。



コーティングに使う鉄の量は鉄コーティング比で表します。

$$\text{鉄コーティング比} = \text{鉄粉の重さ} / \text{種子の重さ}$$

土壌がやわらかいときは0.05でも可能です。水が多く、風が強くて浮きやすいときは大きくします。スズメの被害が大きいときは0.5以上とします。



比重が大きく、水中で苗が浮きません。

普通の種子の比重は1.1です。鉄でコーティングすると、比重が大きくなります。

重いため、種子が土壌とよく密着します。

## 1. 資材の準備

鉄粉の種類は「還元鉄粉」で粒度 100  $\mu$ m以下の小さいものが適しています。  
これまでの試験研究では以下の製品を使用しています。

### 鉄粉製品

<粒度の細かいもの>

DOWA(ドーワ) IP(アイピー)クリエイション株式会社(TEL:086-262-2228、  
FAX:086-262-2328) DSP317 鉄粉

ダイテツ工業(TEL:084-955-1361、FAX:084-955-2738) 農業用鉄粉

<粒度の粗いもの>

テツゲン(TEL:093-872-2200、FAX:093-872-2208) 農業用鉄粉

工場などから産出される廃鉄粉も使えます。汚染物質の混入がないことを確認した後  
に使用します。

鉄粉で粒度の小さいものは消防法における危険物に該当するため、大量に取り扱う  
には許可が必要です。一方、粒度の大きい鉄粉は危険物に該当しないが若干造粒し  
にくくなります。しかし、酸化反応が緩やかで発熱が少なく、安価です。

少量の手作業コーティングには粒度の細かいものが、大量製造には粗いものが適し  
ています。

### 焼石膏

睦化学工業(TEL:0593-31-2354、FAX:0593-31-1044)陶磁器型材用焼石膏 A 級

### 鉄粉・焼石膏

2010 年より全農でも取扱が開始されました。

## 2. 種子の準備

### 入手

鉄コーティング直播には発芽率 95%以上の品質の高い種子を使います。良い種子を  
使えば仕上がった鉄コーティング種子の発芽率も高くなります。一方、発芽率の低  
い種子を使えば、鉄コーティング後の発芽率の低下は大きくなります。

### 休眠

種子の休眠を打破する簡単な方法は 50°Cの通風乾燥機に 5 日間入れておくことです。  
現在日本で栽培されている品種の休眠の程度は小さいので、これを省略しています。

### 種子消毒

ヘルシード+スミチオン混液で消毒しています。温湯消毒も可能です。パダン SG  
では薬害が出ます。

鉄コーティング処理により、種子伝染性の病虫害の発生が少なくなります。実証試

験では種子消毒をしていません。

### 浸種処理

購入した種子はそのままでは水田に播いたとき発芽に時間がかかります。そこで、浸種処理します。

浸種した種子を湿ったままで、または鉄コーティング作業まで時間があるときは乾燥して保管後に、鉄コーティング処理します。

浸種の目安は 15～20℃で 3～4 日です。品種、採種年、浸種条件、温度により異なります。移植の苗作り（苗箱への播種）と同じように浸種できます。しかし発芽させません。

- 芽が出たらコーティングできません。
- 浸種処理を省略した場合や浸種不足の場合には、出芽に時間がかかります。
- 冬場に浸種するときは加温が必要です。そのため催芽機を使います。

## 3. 鉄コーティング作業

### 材料の分量

鉄コーティング比を決めます。

通常は 0.5 です。鉄コーティング比を下げるとスズメの食害が大きくなります。

焼石膏は鉄粉に通常 10%混ぜます。鉄粉が粗くて種子に付着しにくいときは 25%程度まで増やし、逆に鉄粉が細かいときは 1%程度まで減らします。焼石膏が多いと種子同士が付着し、かたまりになりやすくなります。

鉄コーティングした種子の表面に焼石膏を 5%ほど薄くコーティングし、表面を仕上げます。焼石膏の使用量はコーティング作業の都合や仕上がり具合により自由に増減できます。

鉄コーティング比と分量 (kg)  
種子 5kg (播種面積 10 アール) の例

鉄コーティング比		0.05	0.1	0.2	0.5	備考
混合	鉄粉 (kg)	0.25	0.5	1.0	2.5	
	焼石膏 (kg)	0.025	0.05	0.10	0.25	鉄粉の 10%
仕上げ焼石膏 (kg)		0.013	0.025	0.05	0.125	鉄粉の 5%

### 手作業による鉄コーティングの方法

ここでは 5kg の種子（10 アール分）を鉄コーティング比 0.5 で処理する例を示します。慣れると 2～3 人で作業して、1 日に 100kg（2 ヘクタール）程度の種子を取り扱えます。種子の乾燥に 1 週間ほど必要です。



鉄粉 2.5kg と焼石膏 0.25kg を混ぜます。

焼石膏の量は鉄粉の粒度などとの関係から鉄粉重の 1~25%程度の間で変動できます。



大量に準備するときは、鉄粉（10kg または 20kg 入り）の入ったビニール袋に焼石膏（1kg または 2kg）を入れ、ビニール袋の口を手で閉じて攪拌します。混合を楽にでき、粉末の飛散を少なくできます。鉄粉と焼石膏の混合物はビニール袋に入れて封をしておけば長期保存できます。保管時は水濡れ厳禁です。



仕上げの焼石膏 0.125kg を準備します。鉄コーティングした種子の表面を仕上げのためコーティングするものです。表面が滑らかになり、取り扱いを快適にします。また、鉄コーティング時に水を入れすぎたときなど、焼石膏の添加により種子同士の付着を抑えることができます。保管時は水濡れ厳禁です。

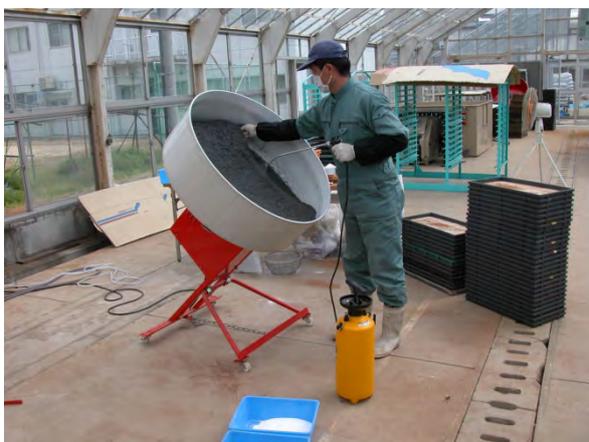


種子が乾いているときは表面を濡らして、鉄粉が付着しやすくします。種子を網袋に入れ 1~2 分間水につけて、表面を水になじませます。

浸種種子の場合は、水に漬ける必要はありません。種子をコーティングマシンに入れる前に余分の水を切ります。種子の入った網袋を数分間吊るしておくだけです。



冬場に浸種処理するときには催芽機を使い加温します。



コーティングマシンの回転盤の角度はカルパーコーティングに比べて若干大きく（急に）します。

1. 湿った種子（乾粃 10kg 程度以下）を入れます。
2. 鉄粉と焼石膏の混合物を少し（全量の 1/3 程度）入れます。
3. 水をスプレーします。鉄粉混合物が種子の周りに付着したら、鉄粉混合物を追加します。この作業を繰り返します。
4. 混合物がコーティングマシンの回転盤に付着するときは早めにへらなどでそぎ落とします。そぎ落とすのが難しいときは、水をその部分にスプレーしてください。
5. 鉄粉混合物をすべて種子に付着させたら、種子同士や種子が器壁に付着しない程度に、できるだけ多くの水をスプレーします。
6. 仕上げ用の焼石膏を投入します。数分回転させ、コーティングを硬くします。水が少なく表面が粉っぽいときは水をスプレーします。十分に水をスプレーすることが、鉄コーティングのコツです。



コンクリートミキサーで鉄コーティング。攪拌羽を取り除くと便利です。110L 容の機械では 1 回に 40～80kg 処理できます。

鉄粉の投入は種子の上に行い、回転盤に付着しないように努めます。へらなどを使うときは事故防止のため、機械を止めます。

- カルパー用に開発された自動コーティングマシンではホッパに

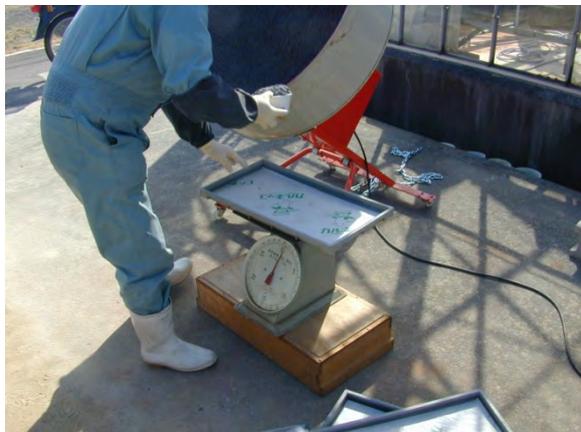
**注意** コーティングが終わったら、早めに機械を水洗します。回転盤に鉄粉が付着していると、錆びて取れなくなります。コンクリートミキサーを使ったときは砂利、砂、水を入れて攪拌すると短時間で楽に洗浄できます。



鉄粉が詰まることがあります。手作業で鉄粉を投入するか、ギアを変えてください。

- 鉄粉のコーティングはカルパーのコーティングに比べて、水を入れすぎても、種子同士が付着して団子になることはありません。鉄コーティング比が 0.1 程度に小さくなると、作業はさらに簡単に、楽に、短時間で完了します。

鉄コーティング比が 0.1 程度のときは、たらいなどに種子を入れて手でかき混ぜてコーティングできます。1 回の処理量は種子 5kg (10a 分) 程度です。



コーティングマシンの回転を止めたら直ちにコーティング種子を取り出します。放置すると発熱で種子を死滅させます。1 つの苗箱につき 1kg (どんぶり一杯) 程度を入れ、薄く広げます。

**注意** ビニールシートなどに広げるときは、層の厚い部分ができ、種子を傷めやすいので、十分に注意してください。



土詰め機を使って鉄粉で造粒した種子を苗箱に広げることもできます。大量の種子を短時間で均一に広げることができます。

**注意** 底に凹凸のある苗箱を使うと、出来上がった鉄コーティング種子がだまになることがあります。平らな底の苗箱を使います。



コーティング直後は灰色で気化熱のため冷たくなっていますが、発熱しています。誤ってコーティング種子を塊にして放置すると、1~2時間で高温になり、死滅します。



苗箱間に棒などはさんで、熱がこもらないように配置します。

育苗棚、苗運搬用のコンテナを使うと作業は楽に、効率的に行えます。

コーティング種子は酸化発熱して乾燥します。乾くと反応が緩やかになり発熱は小さくなります。発熱の程度は鉄粉の種類によります。種子の温度は 40℃以上にならないようにします。



自動記録できる温度計を使うと発熱の様子を知ることができます。

風があると種子が早く乾き、酸化がすすみません。



一晩すると、コーティングは乾き、茶色のまだら模様～薄い茶色になります。感触では播ける程度の硬さになっていますが、使用する播種機によっては機械的衝撃によりコーティングが壊れることもあります。壊れなければそのまま播種できます。



苗箱に入った種子に水をスプレーします。コーティング種子は水を吸収します。苗箱の中に水がたまらない程度を目安にします。

**注意** コーティングマシンにコーティング種子を入れて水をスプレーすると、急激に発熱することがあります。苗箱に入った状態でスプレーします。



熱が逃げるようにして、再度乾燥させます。スプレーして一晩すると、コーティング種子は全面茶色の錆色になります。



浸種し水を多く吸った種子をコーティングしたときは、この状態での種子の乾燥時間を長くします。表面が乾いたように見えても中は湿っていることが多く、乾燥に時間がかかります。

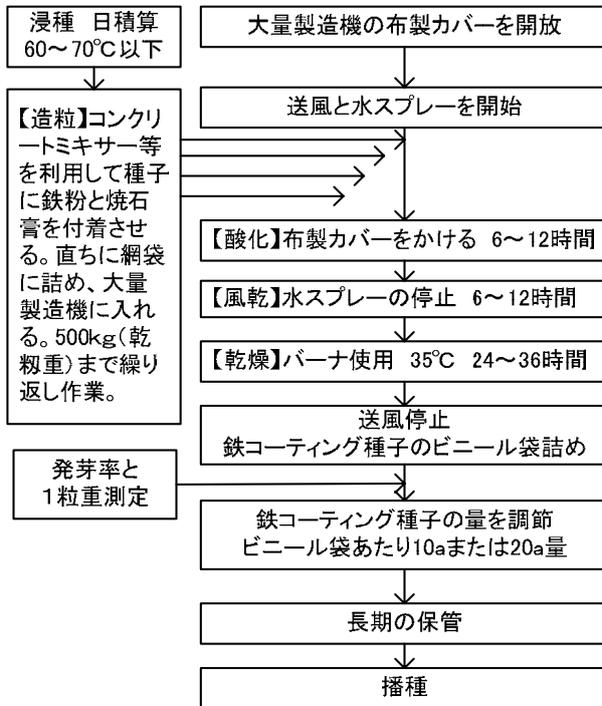


1週間後に苗箱を積み重ねます。このまま播種まで保管します。

**注意** 十分に乾いていない鉄コーティング種子をバケツや網袋に入れると発熱により種子が傷みます。また長期保存できません。特に雨天時の袋詰めは避けます。

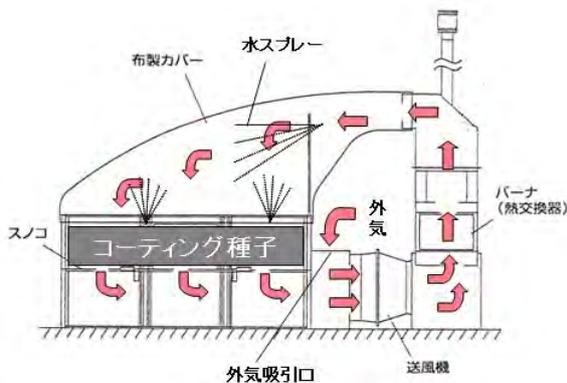
## 鉄コーティング種子の大量製造

鉄コーティング種子を省力的に大量に製造する方法です。出来上がったコーティング種子は手作業で作ったもの比べて高品質で、室温で1年以上長期保存できます。地域でまとめて作り、配布・流通させることができます。



### 大量製造のフローチャート

2~3人で一度に500kgの種子をコーティングでき、3日後に乾燥した長期保存可能なものに仕上がります。



鉄コーティング種子大量製造機の概念図。取り込んだ過剰の外気は布製カバーの開放口から排気されます。太い矢印は空気の流れ。



浸種した種子の水を切り 40~80kg を容量 110L のコンクリートミキサーに入れ、鉄粉と焼石膏を投入して造粒します。



コンクリートミキサーを回し、必要に応じて水をスプレーします。

種子の動きはドラムの角度を変えて調節します。へらを使いません。



造粒後、網袋に詰めます。

仕上がり具合は、コーティングマシンを使った場合に比べて不均一ですが、問題はありません。



造粒直後より酸化発熱がはじまっています。網袋に詰めたら直ちに大量製造機に入れて送風と水のスプレーを開始します。



造粒した種子をすべて大量製造機に入れた後、布製カバーをかけ、通風と水スプレーを6~12時間行います。

酸化に伴い発熱するので、外気の吸引量を大きくして排気量を増やします。

水スプレーを停止して通風のみ行い、半日風乾します。その後、35℃で1日熱風乾燥します。



大量製造機を停止、熱風乾燥した種子を網袋から厚手のビニール袋に移しかえ紐で封をします。直射日光を避けて播種まで室温で保管します。通常1年後も発芽率の低下は認められません。

大量製造機は市販されています。  
金子農機株式会社  
TEL:048-561-2111

## 4. 発芽テスト

播種前に必ず鉄コーティング種子の発芽率を測定します。これにより、水田で直播を失敗したとき、その原因が、種子にあったのか、水田にあったのか、判明します。



プラスチック製使い捨てのシャーレーにコーティング種子を100粒ほど入れ、十分な量の水を添加（直径9cmのシャーレーでは水を20mL程度）、25~30℃で1週間放置後、発芽した種子としなかった種子を数え、発芽率を計算します。

途中で水を入れ替えません。水が腐るのは種子が不良のためです。



シャーレーの代わりに、スーパーの食品トレイ、使い捨てコップ、ペットボトルなど、何でも使えます。種子の下に紙をひく必要はありません。容器は軽く覆いをして、水が蒸発しないようにします。十分な量の水を入れます。水深10cmでも問題はありません。

気温が低いときは恒温器や育苗器を使います。

- 通常、発芽率95%以上の種子を使えば、発芽率90%以上のコーティング種子を作製できます。
- コーティング直後やその後の保存中の発芽率の低下は、コーティングに使用し

た種子の質が悪かったか、コーティング時に熱がこもって高温になったか、コーティング後の乾燥が不十分なときに起こります。

- 種子が良質であれば、コーティングにより発芽率が低下することはほとんどありません。逆に、種子が傷んでいれば（発芽率 95%以下）、いくら丁寧に注意深くコーティングしても、コーティング種子の発芽率は低下し、時間がたつとさらに低下します。

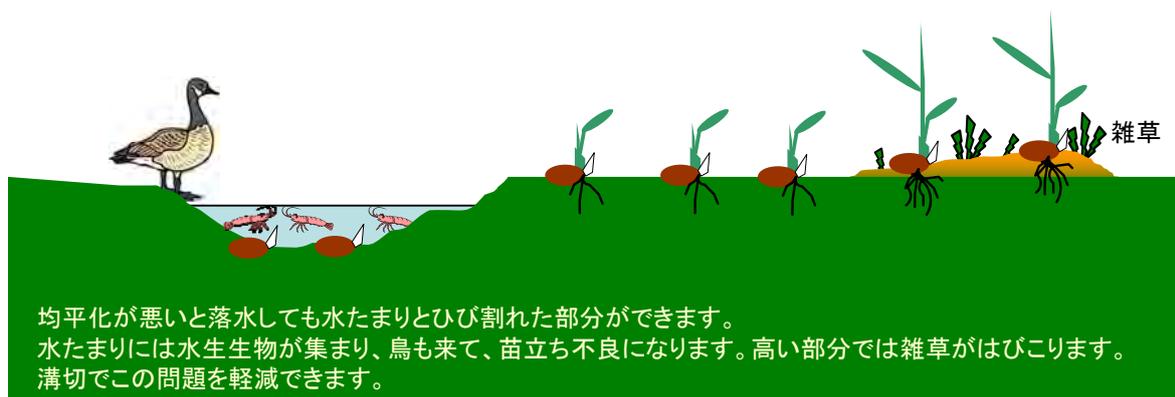
## 5. 水田の条件・耕起・施肥・代かき

### 水田の条件

鉄コーティング直播は平場の大区画水田から中山間地の小さな水田で実施されています。大区画水田では多くの場合成功しますが、中山間地の耕作放棄地や森林に隣接する小さな水田では苗立ちに失敗することもあります。原因は病虫害と思われる。

鉄コーティング直播では、病虫害問題を軽減するため、また、活着させるため、播種後一時的に、完全に落水します。

落水できない水田では鉄コーティング直播を実施できません。



### 耕起

田面の均平化と草押さえが重要です。

### 施肥

施肥量は散播では倒伏を避けるため移植の 8~9 割程度としています。条播では移植と同等です。

土づくりに力を入れます。堆肥等の有機物は早めに施用してください。土中播種の場合、有機物を入れると土壌還元が苗立ち不良を引き起こします。しかし、表面播種では落水管理ができれば種子に酸素が供給されるため苗立ち不良は起こりません。

### 代かき

代かきは丁寧にいきます。代かきを繰り返すことにより、有機物の分解を促進することができます。代かき水は強制落水せず、自然減水させます。

## 6. 播種

**目標とする苗立ち数** 直播で移植並みの収量を目指すには  
90～100個体/m<sup>2</sup>（条播では30個体/m）が最適です。

**鉄コーティング種子の苗立ち率**（播いた種子のうち苗に生長する割合）

50±20 %（30%～70%）

**播種量** 苗立ち率が50%のとき1m<sup>2</sup>あたり200粒の鉄コーティング種子を播きます。通常の品種（1000粒重25g）では乾籾5kgに相当します。条播では1mあたり60粒です。

苗立ち率が70%のときは1m<sup>2</sup>あたり140粒（乾籾3.5kg/10a）です。条播では1mあたり42粒です。

**鉄コーティング種子の重さ** 鉄コーティング比によって変わります。0.5の場合は1.5倍の重さ、0.1の場合は1.1倍の重さになります。

**鉄コーティング種子の発芽率が低下しているときの播種量** 発芽率80%のときは1.25倍（100/80=1.25）、70%のときは1.43倍（100/70=1.43）の種子を播種します。

**播種時期** 移植と同じ時期または直前、直後、収穫は1週間遅れの目安

### 散播と条播

	散播	条播
機械	動力散布機 ラジコンヘリ	専用直播機 多目的田植機 田植機の側条施肥機
メリット	作業が早い 湛水播種できる	★苗立ち（栽植密度）が安定 手取り除草可能 倒伏しにくい 高収量をめざせる 見た目に良い
デメリット	★★苗立ち（栽植密度）をコントロールできない 手取り除草できない 倒伏しやすい	播種に時間がかかる 播種時に一時的な落水が必要

★条播では条間は30cmで一定です。通常1mに60粒播き苗立ち率50%で30個体(株間3cm)になります。苗立ち率が非常に悪く15%まで低下し、9個体になっても株間は11cmで栽培に支障はありません。見た目にも悪くありません。

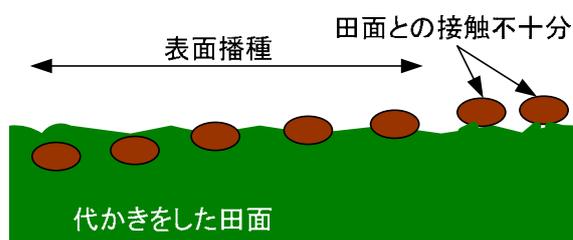
★★散播で苗立ち率が15%まで下がると1m<sup>2</sup>に30個体で個体の間は18cmはなれており、栽培が非常に難しくなります。見た目にも悪く、栽培を中止する場合があります。

### 播種のポイント

- 鉄コーティング直播は表面播種です。酸素発生剤でコーティングした種子は土中播種します。誤って鉄コーティング種子を土中播種すると苗立ちに失敗します。
- 表面播種では播いた種子の一部が地表面にみえます。同じ1枚の水田でも、土壌のやわらかいところでは種子は土に埋もれますが、出芽します。
- 表面播種であっても、播いた種子は土壌になじむ必要があります。播いた種子が土壌の表面で浮いた状態になっていると、落水したとき水を吸収できず、また、根が露出し除草剤の薬害を受けやすくなります。
- 播種後は、種子の発芽と生長を観察できます。発芽率の高い鉄コーティング種子をまいて、発芽しないときや苗が枯れるときは病虫害の可能性もあります。



表面播種では播いた種子の多くが田面に見え、種子の生長を観察できます。生育に異常があれば、原因となる病虫害などを検討して、対策を取ることができます。



鉄コーティング種子の表面播種では播いた種子の半分が見え、残りが埋もれて見えません。

### 散播

- 代かき後土壌が落ち着いたあと、通常代かきの翌日から4日以内に播種します。
- 代かき直後に強制落水して泥の中に播種する方法では、種子が深く沈み苗立ち不良になります。自然減水し、土壌がある程度締まった状態で、播種します。
- 動力散布機で水田の周りから散播します。均一な散播を行うためには、水田の周りを少なくとも2周します。初めて散播するときは、半量のコーティング種子を動力散布機に入れ全面に播いた後、残りを入れて、もう一度全面に播きます。



動力散布機にはさまざまな形状のノズルがあります。単なる筒状のもの（黒色）や渦巻状のもの（青色）ではコーティングが壊れることはほとんどありませんが、遠くと近くに同時に散播できるもの（赤色）では、壊れることがあります。



畦畔からの動力散布機による散播は手軽な方法です。均一な散播を行うためには、水田の周りを少なくとも2周します。



大きな水田では、乗用管理機などに乗って動力散布機で散播できます。使い古した田植機も利用できます。

**注意** 安全のため、ヘルメットを着用します。



ラジコンヘリによる散播。風圧で田面が露出しないようにして、表面播種を確実にします。

## 条播

田植機に付属の側条施肥機を利用して条播できます。また専用の直播機も使えます。作溝、覆土をせず、単に重力で落下する方式が適しています。

フロートを下げて播種するとわだちが消され、また、田面が固めのときは、土壌と種子の接触をよくします。しかし、水が多いときは発生する泥流によって種子が流され、また泥に深く埋もれることに注意します。



側条施肥機を利用した条播 水が多いときはフロートを上げて播種します。



側条施肥機を利用した条播 落水しているときはフロートを下げて播種します。わだちが残らず、種子が田面になじみます。



最新型の田植機兼用の直播機も表面播種に切り替えて利用できます。

**注意** 酸素発生剤でコーティングした種子を播く打ち込み方式の播種機や精密播種機は、浅播きに設定しても苗立ちに失敗します。同じ播種深度であっても、酸素発生剤でコーティングした種子に比べて鉄コーティング種子は深播きになります。

**注意** 野外で鉄コーティング種子に直射日光を長時間あてない。鉄板と同じで高温になります。

## 水管理・除草剤

- 湛水播種が基本です。雑草を上手く管理でき、低温下での生育もすすみます。
- 落水播種はカモの食害があるときや病虫害の発生しやすい水田で実施します。雑草管理に技術を要します。
- 出芽はカルパーコーティング種子に比べて遅れます。カルパー直播になれている場合や比較試験を行うときは、除草剤散布の時期が早すぎないように注意します。
- カルパーコーティング直播における落水播種、落水出芽と鉄コーティング直播の落水は異なります。鉄コーティング直播における落水とは表面水がなくなることで、土壌は水で飽和しています。
- 小区画の水田で周りが移植栽培をしているときは、移植用除草剤が流入しないように注意します。
- 直播における水管理のポイントの一つは溝切です。土のう袋や重くしたボトルを引っ張る、溝切機を使う、条播時に溝を切るなど、様々な方法があります。



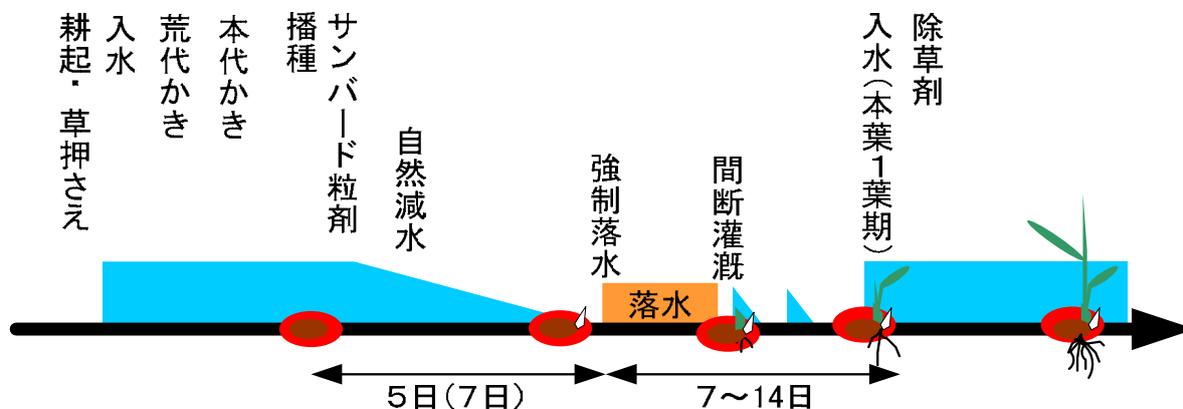
溝を切られた直播水田。



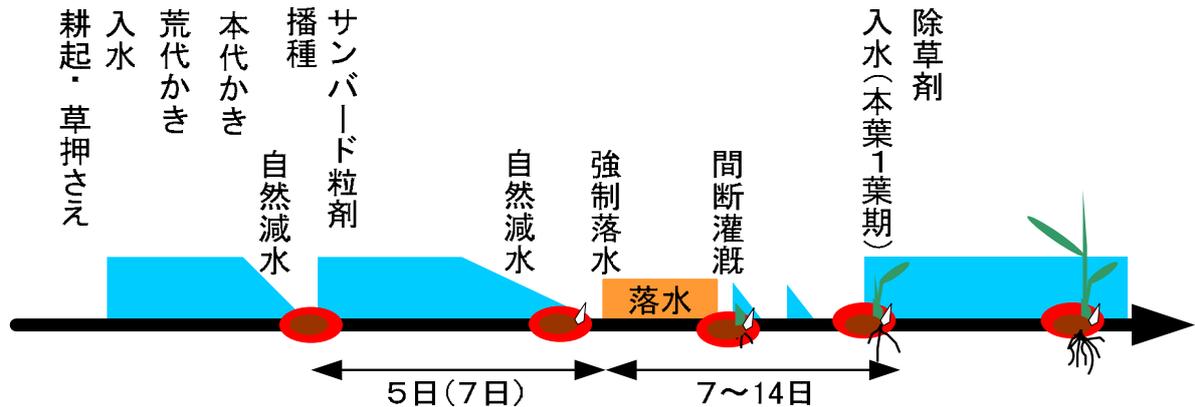
水の出し入れが迅速です。

## 湛水播種

鉄コーティング湛水直播の基本技術です。雑草を管理しやすく、水の保温効果を期待できます。サンバード粒剤（ピラゾレート粒剤）を効かすため、少なくとも5日間湛水します。自然減水させ、強制落水するのは7日目以降です。



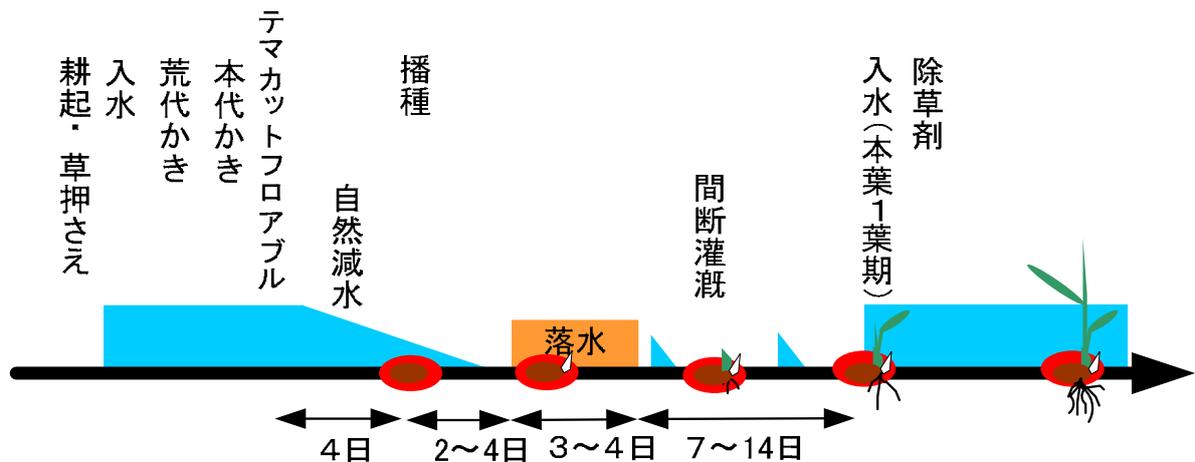
湛水状態では走行位置の把握が難しく条播できません。そのため一時的に水を落として条播、直ちに湛水します。



### 落水播種

カモの生息地および病虫害の発生により苗立ちが不安定な場所で農薬を使用しないときは落水播種します。イネの出芽が安定しますが、その分雑草も生えやすくなります。

代かき後にテマカットフロアブル（ダイムロン・ペントキサゾン水和剤）を散布（移植の6割量）、4日後に播種します。鉄コーティング種子は乾燥しています。播種後、種子が十分に吸水できるように管理します。



### 苗立ち

移植と同じ時期、または直前、直後に播種すると、気温が高いときは2週間、低温下では3週間で苗成りは完了し、移植に類似した栽培を開始できます。

**注意** 落水播種についての試験数は限られています。除草剤の効果と薬害についてはメーカーにもご相談ください。

**注意** 寒地の水管理は異なります。理由は水生生物による攪乱が少ないためと、湛水して保温するためです。鉄コーティング種子の直播に実績のある試験研究機関・普及機関の指示に従ってください。

## 鳥害

スズメによる食害は鉄コーティングで抑えることができます。湛水下でカモは鉄コーティング種子を食べます。

カモの生息地では落水播種とします。スズメが来るので、鉄コーティング比は 0.5 にします。



鉄コーティング直播の水田にスズメは飛来します。観察では硬くて食べにくいようです。

- 鉄コーティング比を下げると食害は大きくなります。
- 播種量が小さいとき食害は大きくなります。
- 田面が乾いていると湿っているときに比べて食害は大きくなります。
- 落水期間が長くなると被害が大きくなります。
- 粒度の粗い鉄粉ではコーティング層が粗く、細かいものに比べて被害が大きくなる可能性があります。



湛水播種した後予期せずしてカモが飛来したときは、直ちに落水します。その後数日間カモは来ますが、被害は大きくなりません。

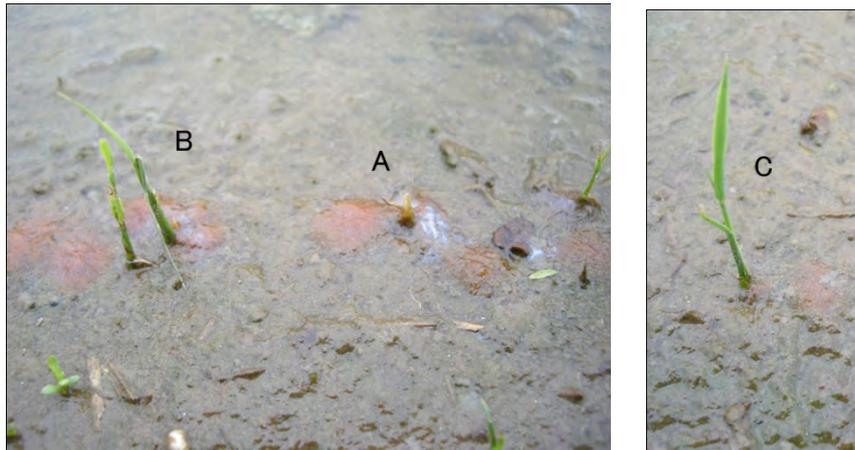
カモ害は夜間発生します。播種後数日たっても田面水が濁っている、風下に羽毛が浮いている、水面に数ミリの鞘葉の切れ端が浮いている、播いた種子が消えていく場合は、夜間カモが来ている可能性があります。

## 病虫害

アメリカの湛水直播では、カブトエビ、ユスリカ、イネミズゾウムシおよびピシウム菌による被害が大きく、各種のマニュアルに対策が明記されています。一方、日本のカルパーコーティング種子ではアドマイヤー水和剤とタチガレエース粉剤の同時コーティング技術が確立されています。鉄コーティング種子に農薬処理は未登録です。そこで本田防除します。

### 病虫害が発生するときの現象

- 播種後 3～5 日に発芽を確認したが、その数日後には種子が発芽しなかったように観察される。
- 播種 1 週間後、鞘葉が展開して第 1 葉（不完全葉）が伸長中に、鞘葉と第 1 葉が、何かに噛み切られたような状態になっている。
- 表面に播いたが、1 週間後には種子が土中にもぐって見えなくなっている。
- 田面にはイネも雑草も全く生えていない。



播種後に食害を受けた苗 A：出芽直後の被害、B：本葉展開中の被害、C：被害の小さいイネ（播種 3 週間後、苗立ち率 30%の水田で撮影）。直播では本田における種子の発芽と苗の生育を観察して、異常があれば防除を検討します。

このような問題は、中山間地の耕作放棄水田や森林に隣接する水田で時々発生しています。被害の程度は播種時期によっても変わります。深刻な場合は数十アールの水田において苗立ちが皆無になります。

平場の水田で鉄コーティング直播は成功していますが、これは周りの移植田において箱施用等により病害虫が十分に防除されているおかげかもしれません。

鉄コーティング種子ではイネミズゾウムシ、モノアラガイ類等による被害が確認されています。被害は落水により軽減されます。参考資料に詳細が記されています。

#### 対策

- 普及機関の指導を受け、適切な農薬を使用規則に基づいて本田に散布します。
- 湛水播種を落水播種に切り替えます。
- 被害の予測される水田では落水播種します。イネミズゾウムシ、モノアラガイ類などによる被害は落水により軽減されます。

## 7. 栽培管理

苗立ちを完了した後は移植と同様の栽培管理です。

- 収量については移植と同じかまたは若干低い程度です。初期生育が移植に比べて劣っているように見えても、倒伏しやすいので、多肥は避けます。
- 全量基肥とした場合は、葉色が薄くても追肥しない。
- 倒伏が問題になるときは、散播をやめ条播にします。
- 鉄コーティング直播は表面播種であり、土中播種に比べて倒伏に弱いといわれています。倒伏に弱い品種コシヒカリでは条播します。コシヒカリを条播すれば、移植に比べて倒伏しやすい傾向がありますが、同じ程度の収量を達成でき、実用的です。



移植（水尻側）



鉄コーティング（中央部）



鉄コーティング（水口側）

コシヒカリの移植と鉄コーティング表面条播の比較(2005年9月収量調査後の様子、試験水田)。2003年から2005年までの3年間の平均玄米収量は移植 493kg/10a、鉄コーティング条播 528kg/10a。

## Q & A

質問、失敗	原因、対策
出芽までの時間が長い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 乾籾を播種しており、種子が水を吸うのに1日かかります。</li> <li>● 種子の活性化不足（発芽の恐れがあり早めに浸種を止めていること）も一因です。</li> <li>● 表面播種であるため、落水時に乾燥や低温の影響を受けやすく、生育は遅れます。水管理が重要で、落水の目安は表面水がなくなるまで、ひび割れるまで干しません。</li> <li>● 鉄の皮膜が硬くて出芽に時間がかかります。鉄コーティング比を下げます。</li> </ul>
苗立ち率が低い。 苗立ちが不安定。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 鳥害や病虫害がないとき、カルパーコーティング種子の苗立ち率は70%、鉄コーティング種子は50%です。</li> <li>● 鉄コーティング種子の発芽率が高く、表面播き、落水処理、カモの食害がないことを確認します。苗立ちが30%以下のときは病虫害の可能性を検討します。</li> </ul>
苗立ち不良。播種して4～5日で芽を切ったが、その後元気が無くなり、苗が転び、または立ったまま枯れた。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 病虫害が原因です。種子を手にとって細かく観察し、病害、虫害を区別します。普及機関の指導に基づいて農薬を散布します。</li> <li>● ヒタヒタ水があり落水不良のときは土壌還元も原因になります。</li> <li>● 湛水播種を止め、落水播種に切り替えます。落水播種では病虫害の発生は少なくなります。</li> </ul>
使用する種子の発芽率が低い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 良質の種子を購入します。一般に定評のある産地の種子は高品質です。鉄コーティング種子に適した種子の発芽率は95%以上です。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 飼料イネの種子は 90%程度の場合が多く、注意します。これを鉄コーティングすると 80%に低下します。</li> </ul>
浸種した後種子が発芽してしまっ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 浸種時間が長く、乾燥に時間がかかっているためです。特に網袋の外側は早く乾きますが、中は湿っており、発芽してしまふことがあります。</li> <li>● 浸種時間を短くする。</li> <li>● 平型乾燥機などを使い、迅速に乾燥する。</li> </ul>
浸種処理により発芽率が低下した。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 種子の傷みや品種特性が原因です。</li> <li>● 浸種処理の時間を短く、温度を下げます。</li> <li>● 発芽しやすい種子のときは、浸種処理を省略します。</li> </ul>
鉄コーティング種子の発芽率の低下。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● コーティング作業後の放熱と乾燥が不十分であるため。必ずうすく広げる。</li> <li>● 放熱と乾燥にビニールシートを使わない。</li> <li>● 放熱・乾燥した種子を袋に詰めるときは気象条件（雨天、高湿度）に気をつける。</li> <li>● 大量製造機を使う。放熱は確実で、種子の温度上昇は抑えられます。</li> <li>● 高品質の種子（目安として発芽率 99~100%）を使えば、鉄コーティング後の発芽率の低下はほとんどありません。</li> <li>● 保管中に発芽率が低下するのは乾燥不足です。</li> </ul>
播種量（乾粃 5kg/10a）は多すぎないか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 散播で最高収量を達成できるのは 90~100 個体/m<sup>2</sup> のときです。鉄コーティング直播における苗立ち率は 50%です。そこで、200 粒/m<sup>2</sup>（乾粃 5kg/10a）播種しています。</li> <li>● 直播で苗立ちに失敗すると、代かき・植え直しなど、大変です。苗立ちに失敗しないことを最優先して、経験に基づいて播種量を決めてください。</li> </ul>
出来上がった鉄コーティング種子がほしい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 種子の準備や鉄コーティング作業は面倒です。年に一度の作業のために、手順やポイントを覚えるのは大変です。</li> <li>● 鉄コーティング種子の大量製造技術は、この問題を解決するために開発されました。育苗センターや企業がまとめて大量に高品質の鉄コーティング種子を作り、地域で流通させるビジネスの展開が望まれています。</li> </ul>
土中播種による出芽不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 土中播種機はそのまま使用しない。浅播きに設定しても出芽不良になります。必ず作溝機と覆土板を取り外します。</li> <li>● 表面播種の目安は、播いた種子の体半分が地中に埋まる程度、または、播いた種子の半数が土中に入り見えなくなり、残り半数が地表面に見える程度です。</li> </ul>
落水不良による出芽不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 水田に落水できない部分があると水生生物（カブトエビ、オタマジャクシなど）による攪乱により死滅します。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 落水時に排水不良部分を見つけたら、溝を切ります。</li> </ul>
苗立ち不良の部分に追い播きしたい。方法は？	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 追い播きが必要だとわかるのは播種後数日たってからです。田面は固くなってきていますので、鉄コーティング種子を土壌表層に埋もれるように播きます。</li> <li>● 追い播きの場合でも播種前に鉄コーティング種子を浸種しません。乾いた鉄コーティング種子を直接播いてください。</li> <li>● 散布した除草剤の種類を確認してください。イネの出芽を阻害する場合があります。サンバード粒剤は全く問題ありません。</li> </ul>
無コーティングで催芽糶の播種が上手くいくこともある。 鉄は必要ないのではないか？ 鉄コーティング比はどの程度まで下げられるか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 催芽糶の湛水直播は、細かな栽培管理のできる水田では成功することもあります。しかし、浮き苗とスズメの食害で失敗するケースが多く、不安定です。鉄コーティング技術は無コーティング直播の安定化のために発案されました。</li> <li>● 農業資材の使用量は少ないほど理想的です。試験水田では鉄コーティング比を 0.05 まで下げることが可能でした。</li> <li>● 鉄コーティング比の下限は種子の比重や代かきの程度、土壌の特性、水田の面積、生産者の栽培技術などによって決まります。可能な限り下げてください。</li> </ul>
催芽糶に鉄粉をコーティングしてすぐに播けるか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 播けます。鉄コーティング直播の技術開発は、催芽糶に鉄粉をコーティングして、直ちに播く方式で行われてきました。ただし発熱するという問題があります。</li> <li>● 発熱の問題を回避するためには①コーティング種子を苗箱などに入れたまま水田に運び、機械に入れて短時間で播種する、②鉄コーティング比を下限まで下げる、③発熱しにくい粒度の粗い鉄粉を使う、などの工夫をしてください。</li> <li>● 播種後、機械に鉄粉が錆びて付着します。対策が必要です。</li> </ul>
カモ害	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 湛水播種で夜間に発生します。</li> <li>● カモの生息地では落水～浅水管理します。</li> <li>● 落水により田面を固めると食害を抑制できます。</li> </ul>
鉄粉の取り扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 目に入らないように気をつけます。特にコーティング作業時。また動力散布機で散播するとき、コーティングが壊れると目に入ることがあります。保護めがねを着用します。</li> <li>● 防塵マスク、手袋を使用する。</li> <li>● 鉄粉を使用した後は掃除する。鉄粉を床やトラックの荷台にこぼした後放置して、さび付いて取れなくなることがあります。</li> </ul>
鉄粉とカルパーの混合は可能か？	カルパーは農薬であり、鉄粉との混合はできません。

<p>ネズミの害</p>	<p>鉄コーティング種子を保管中にネズミが食べることがあります。苗箱に入れて保管する場合は、積み重ねて最上段には空の苗箱を置き、ふたをします。</p>
<p>鉄コーティング種子の浸種は可能か？</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 乾燥した鉄コーティング種子を、播種前日に水につけて発熱、死滅した場合があります。</li> <li>● 鉄コーティング種子は乾いたまま播種します。</li> </ul>
<p>鉄コーティング直播を毎年行った場合に、10 a あたり数 kg の鉄が毎年土壌に蓄積されるが、それによる問題などはないか？</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 鉄の投入量は播種量 5kg/10a のとき、鉄コーティング比 0.5 で 2.5kg、0.1 で 0.5kg になります。一方、土壌に含まれる鉄の重量は 7%程度です。</li> <li>● 土壌保全事業などによる長年の広域にわたる研究の結果では「通常は 10a あたり 200～600kg の鉄を含む土壌改良資材の施用が適量であり、連用の場合は 200kg で効果は高い」とされています。200kg の資材は純粋な鉄に換算すると 34kg/10a であり、鉄コーティング直播で使われる鉄の量は、土壌改良資材として推奨される連年施用量の 1～7%に相当します。</li> <li>● このように鉄は元々土壌中に多量に存在する、高収量を達成するためには鉄を施用したほうがよい、鉄コーティングに使う鉄の量は推奨されている鉄施用量に比べて小さい、などから問題はないと考えています。</li> </ul>
<p>鳥害回避あるいは苗立ち安定化のために鉄を使うのであれば、「農薬」の一種ではないか？ 種子伝染性の病害を抑制するとも言われている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 鉄を使用する目的は種子の比重を高めるためです。鉄コーティング直播水田にスズメは来て種子や苗をついばんでいます。観察では鉄の皮膜が硬いため、被害が大きくなりません。鳥害の回避は単なる物理的な効果とされます。</li> <li>● 種子伝染性病害の抑制も観察されていますが、その詳細な機構については現在研究中です。</li> <li>● 錆反応は日常身近に発生し、利用されてもいます。海辺で鉄板が錆びること、台所で鉄の包丁が錆びること、鉄瓶の錆、使い捨てカイロ、包装された食品の酸素吸収剤などです。</li> <li>● 使用される鉄や焼石膏は天然物に由来します。</li> </ul>

## 参考資料

山内稔 2004 水稻の鉄コーティング湛水直播 農業および園芸 79、947-953

山内稔、土門正幸、嘉納百樹、藤原逸平 2008 鉄コーティング種子の大量製造技術 近畿中国四国地域における新技術 7、22-24

栗久宏昭 2009 水稻鉄コーティング直播でのイネミズゾウムシによる苗立ち不良の発生 平成 20 年度近畿中国四国農業研究成果情報

佐藤 徹、東聡志、市川岳史 2009 水稻鉄コーティング湛水直播の出芽苗立に及ぼす水管理の影響 日本作物学会紀事別号 228、184-185

瀧村勇二、星野滋 2010 水稻鉄コーティング直播でのモノアラガイ類による苗立ち不良の発生 平成 21 年度近畿中国四国農業研究成果情報

山本真之、貝淵由紀子 2010 水稻鉄コーティング直播において高い苗立ち率が得られる水管理法 平成 21 年度近畿中国四国農業研究成果情報

山本真之、貝淵由紀子 2010 水稻鉄コーティング直播栽培の水管理法に適した除草法 平成 21 年度近畿中国四国農業研究成果情報

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 特許第 4441645 号 鉄粉被覆稲種子の製造法

山内稔 2010 鉄コーティング湛水直播と種子の大量製造技術による稲作の省力・規模拡大 農業および園芸 85、70-75

---

本マニュアルは新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「鉄コーティング種子を核とする環境保全型水稻直播技術の確立」(2007~2009)によって実施された研究成果の一部を取りまとめたものです。

2010 年 3 月 1 日印刷

## 執筆者

山内 稔

<連絡先>

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  
産学官連携推進センター

〒721-8514 福山市西深津町 6-12-1

TEL:084-923-4100 (代表) 084-923-5339 FAX:084-924-7893

メール: myamauch@affrc.go.jp

ISBN978-4-903078-05-2