

# 水田における 除染のための「反転耕」 作業技術マニュアル



(※) 反転耕とは通常作土層を反転するプラウ耕を意味しますが、除染をねらいとして実施する反転耕の場合、特殊な技術を要することから、カギ括弧を付けて「反転耕」と表記することとします。

平成 2 6 年 2 月

福島県農林水産部

## 本マニュアルについて

福島県では「福島県農林地等除染基本方針（平成23年12月作成、平成24年6月改正、平成25年3月改正）」（以下、「基本方針」という。）を策定し、平成23年度より農地等の除染に取り組んできたところです。基本方針では、除染を必要とする農地のうち、表土の削り取りを必要とする農地を除き、「反転耕」や「深耕」による除染を進めることとしております。

「反転耕」は表層に集積した放射性セシウムを効率的に下層に埋却する技術として、平成23年度より国、県が開発に取り組みました。「反転耕」は排土の問題を回避しつつ、作土中の放射性セシウム濃度を効率的に低減できる優れた方法です。

一方、「反転耕」を実施した水田では、代かき作業により下層に埋却した放射性セシウムのかき上げが心配されますが、「反転耕」後に高い精度の均平作業を行うことで「無代かき田植え」を可能とし、放射性セシウムのかき上げも防止することができます。

このため、平成24～25年度の2カ年間、新技術導入広域推進事業を活用して「反転耕」から「無代かき田植え」までの一連の作業の有効性を確認するため、実証試験に取り組み、本マニュアルを作成しましたので、今後の水田の除染対策に御活用いただければ幸いです。

平成26年2月

福島県農林水産部農業振興課長

### 【備考】

- ・本マニュアルは平成24～25年度新技術導入広域推進事業における「反転耕」および「無代かき田植え」技術実証ほの取組の成果等をもとに作成したものです。
- ・実証ほの設置にあたっては、担当農家および南相馬市、楡葉町をはじめJA全農福島、スガノ農機株式会社、井関農機株式会社、株式会社クボタなど農機具メーカー各社の御協力をいただきました。
- ・本マニュアル作成にあたっては、「福島県農林地等除染基本方針（平成25年3月改正）」のほか、農林水産省が発行した「農地除染対策の技術書（平成24年8月31日）」及び「除染用反転耕プラウの開発とその利用（農研機構・中央農業総合研究センター他（平成24年8月）」等を参考としております。

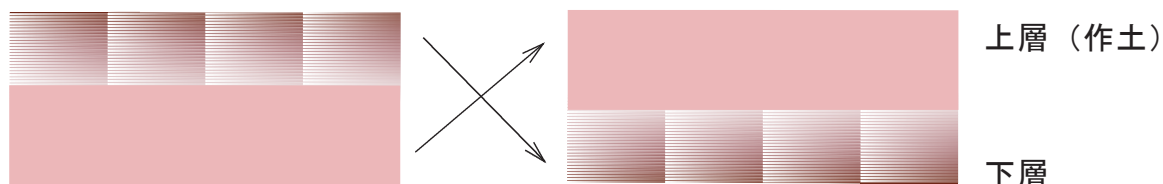
# 目次

|   |    |
|---|----|
| 1. 技術の特徴                                      | 3  |
| (1) 除染のための「反転耕」                               |    |
| (2) 「反転耕」のメリット                                |    |
| (3) 「反転耕」に伴う留意事項                              |    |
| (4) 「反転耕」実施には向かないほ場条件等                        |    |
| 2. 「反転耕」の基本的な作業工程                             | 4  |
| (1) 基本的な作業工程                                  |    |
| (2) 留意事項                                      |    |
| 3. 準備作業                                       | 5  |
| (1) 除草対策                                      |    |
| (2) ほ場状況の確認（聞き取り）                             |    |
| (3) 地下水位とレキ層                                  |    |
| (4) 土壌分析の実施                                   |    |
| (5) 空間線量率の測定                                  |    |
| (6) 除染対策事業における土壌調査の考え方                        |    |
| 4. 放射性セシウムの流出防止措置                             | 9  |
| (1) ゼオライト等の散布                                 |    |
| 5. 「反転耕」（ボトムプラウ）                              | 10 |
| (1) 「反転耕」プラウとトラクタ                             |    |
| (2) 2段耕プラウ                                    |    |
| (3) ジョインタ付きプラウ                                |    |
| (4) その他留意点                                    |    |
| 6. 踏圧とほ場の乾燥                                   | 12 |
| (1) トラクタによる踏圧                                 |    |
| (2) 「反転耕」作業時期とほ場の乾燥                           |    |
| 7. 砕土・整地・均平                                   | 13 |
| (1) パワーハローによる砕土・整地                            |    |
| (2) レーザーレベラーによる高精度均平（水田）                      |    |
| 8. 土壌改良資材等の散布                                 | 14 |
| (1) 除染対策における土壌改良目標                            |    |
| (2) 土壌改良資材等散布と散布後の耕うん・攪拌                      |    |
| 9. 水稻の作付け                                     | 16 |
| (1) 「無代かき田植え」について                             |    |
| (2) 「無代かき田植え」が適さない場合                          |    |
| (3) 基肥の設計について                                 |    |
| (4) 本田の除草対策                                   |    |
| 10. 参考  | 19 |
| (1) 除染のための「反転耕」および「無代かき田植え」技術実証ほ（24～25年度）について |    |

# 1. 技術の特徴

## (1) 除染のための「反転耕」

- ボトムプラウを使って反転耕を行い、表層に集積している放射性セシウムを下層に埋却する技術です。



- 目標とする耕深は水田で30cm、畑で30～45cm程度です。

## (2) 「反転耕」のメリット

- 廃棄土壌（排土）が出ません。
- 空間線量率が低減します。
- 下層土が作土層となるため、作土の放射性セシウム濃度が低減します。
- 適正に作業を行えば地下水汚染の心配はほとんどありません。
- 水田では基本的にパワーハロー（碎土・整地）→レーザーレベラー（高精度均平）作業となるため、ほ場の均平度が高まり、「無代かき田植え」が可能となります。

## (3) 「反転耕」に伴う留意事項

- 水田では耕盤を破壊するため、以下の点に留意する必要があります。
  - ・ 1年目は踏圧など新たな耕盤形成のための作業が必要です。
  - ・ 水持ちが悪いほ場では、踏圧作業を徹底し漏水防止を図ります。
- 地力が不明な下層土が新たな作土となるため、以下の点に留意する必要があります。
  - ・ 地力が低い下層土では積極的な土壌改良が必要です。
  - ・ 地力が高い下層土では、水稻の生育過剰のおそれがあります。

## (4) 「反転耕」実施には向かないほ場条件等

- 下層土にプラウ耕に不都合なレキ層がある場合。
- 湧水等で地下水位が高いほ場（湿田）。
- すでに「反転耕」や「深耕」を実施した場合。

## 2. 「反転耕」の基本的な作業工程

### (1) 基本的な作業工程

| No | 作業工程        | 作業に要する機械       | 除染対策事業上の留意事項 |                            |
|----|-------------|----------------|--------------|----------------------------|
|    |             |                | 写真管理         | 空間線量率調査と土壌調査分析             |
| ①  | 雑草処理（準備作業）  |                | ○            | ③の前に事前の空間線量率調査、事前の土壌調査を行う。 |
| ②  | ほ場調査（準備作業）  |                | ○            |                            |
| ③  | 放射性物質流出防止措置 | トラクタ、ブロードキャスト等 | ○            |                            |
| ④  | 「反転耕」（プラウ耕） | トラクタ、ボトムプラウ    | ○            |                            |
| ⑤  | 踏圧          | トラクタ           | ○            |                            |
| ⑥  | ほ場の乾燥       |                |              |                            |
| ⑦  | 砕土・整地       | トラクタ、パワーハロー    | ○            | ⑦～⑧の段階で空間線量率調査や土壌分析を行う（※）  |
| ⑧  | 均平（水田）      | トラクタ、レーザーレベラー  | ○            |                            |
| ⑨  | 土壌改良資材等の散布  | トラクタ、ブロードキャスト等 | ○            |                            |
| ⑩  | 耕うん・攪拌      | トラクタ、ロータリー等    | ○            |                            |

（※）ただし、事後の土壌調査が困難な場合は、事前の土壌調査時に上層部（0～15cm）と下層部（15～30cm）を同時に採取し下層部の分析結果を事後の分析結果と見なすことができます。

### (2) 留意事項

- 除染対策事業として進める場合は「除染業務に係る技術指針（福島県生活環境部、平成26年3月）」を遵守します。
- 技術資料としては「農地除染対策の技術書（農林水産省、平成24年8月31日）」を参考としてください。（農林水産省のホームページに掲載されています）。

## 3. 準備作業

### (1) 除草対策

- 農地が雑草で覆われている場合は、必要に応じて除草を行います。
- 雑草が大型化している場合にはフレールモアなどの機械除草が効果的です。
- 雑草はすき込みが可能です。廃棄処分する場合は自治体に御相談ください。



### (2) ほ場状況の確認（聞き取り）

- 整備前の地形、土性、作土深、レキ層の有無、地下水位、客土の有無、暗きょ排水の有無、水持ちの程度や減水深、ほ場排水の良否、地耐力、収量水準、施肥量、たい肥の施用量、土壌改良資材の施用量など、あらかじめ聞き取りしておくことで「反転耕」作業を効率的に進めることができます。また、「反転耕」後の水稻栽培の参考にもなります。

### (3) 地下水位とレキ層

- スコップ等で素掘りし、土壌の垂直断面を観察します。水田では耕深となる30cm、畑等では30～45cmまでの土層に地下水面が存在するかどうか、また「反転耕」に不適なレキ層が存在するかどうかを確認します。
- 耕深となる深さに地下水面が存在せず、レキ層がなければ、「反転耕」に適すると判断されます。

#### 地下水位と放射性セシウムについて

- 土壌を掘り進んで行くと自然と地下水がにじみ出してくる地層がありますが、地表面から地下水面までの高さを一般に地下水位といいます。
- 地下水位が耕深よりも下方であれば、地下水に溶出される放射性セシウムの濃度は公共水域の濃度限界値（「放射能濃度等測定方法ガイドライン（平成23年12月、環境省）」を下回る）を分かっていきます。（独）農研機構 中央農業総合研究センター）

## (4) 土壌分析の実施

- 土壌改良資材等の投入量を決めるため土壌分析を行います。
- 「除染業務に係る技術指針（福島県生活環境部）」により、土壌調査地点は地域情勢（地形、地質、地目、耕起有無など）に合わせ1ha当たり1点（測定密度 0.5～5ha）が原則です。
- 土壌の採取は下記の①または②により行い、分析を実施します（原則は①です）。
  - ① 反転耕実施前（事前）と反転耕実施後・土壌改良資材等投入前（事後）にそれぞれ作土層を採取し、土壌分析を実施します。
  - ② 反転耕実施前に作土層と下層土を採取し、それぞれ土壌分析を実施します。作土層と下層土の分析結果を基に土壌改良資材の投入量を決めます。

### ■ 参考：放射性セシウム濃度の測定方法

（「除染業務に係る技術指針（福島県生活環境部）」より）

- 水田の場合は、測定点の表面から15cmの深さまでの土壌を採取し、乾燥させた後、ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定すること。
- 畑地の場合は、測定点の表面から作土の深さ（15cm～30cm）までの土壌を採取し乾燥させた後、ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定すること。

## (5) 空間線量率の測定

- 除染対策事業においては、除染作業の実施前後に空間線量率を測定します。
- 地表より1cm及び1mの地点について、1区画当たり10a以下1点、以降10a毎に1点追加します。（「除染業務に係る技術指針（福島県生活環境部）」より）

## (6) 除染対策事業における土壌調査の考え方

- 除染のための「反転耕」では除染対策事業による実施を前提としているため、「除染対策事業における農用地除染での原状回復及び土壌調査の考え方（除染対策事業関係）（平成24年10月29日、農林地再生対策室）」に従うものとします。

### 除染対策事業における農用地除染での原状回復 及び土壌調査の考え方について（除染対策事業関係）

平成24年10月29日  
農林地再生対策室

#### 1 原状回復に係る考え方について

反転耕や深耕の際に施用する土壌改良資材（ゼオライト）や肥料（カリ質肥料、リン酸質肥料、石灰質肥料）、たい肥の施用量については、除染により土壌の地力等が減じた分を補う原状回復分のみとなります。

このため、除染前後の土壌調査結果を基に施用量を算出した上で施用する必要があります。算出方法については、別添資料「除染対策事業における原状回復の算定方法について」を参考にしてください。

なお、一定の地区内で地形や土壌の種類、営農の状況が同じであることが説明できる場合は、その地域内で統一した施用量とすることも可能です。

#### 〔施用する土壌改良資材等と関連する土壌指標〕

ゼオライト（CEC）、カリ質肥料（置換性加里）、リン酸質肥料（可給態リン酸）、石灰質肥料（置換性石灰）、たい肥（全炭素又は腐植）

#### （参考例）

土壌調査の結果、カリ成分が反転耕や深耕後に30mg/100g → 20mg/100gに低減した場合、除染対策事業における土壌改良資材の施用量は前後の差の10mg/100gとなります。

したがって、10cm深の作土に施用する場合は、カリ成分量で10kg/10a、15cm深で施用する場合は、15kg/10aの施用となります。

#### 2 土壌調査について

##### （1）土壌採取時期について

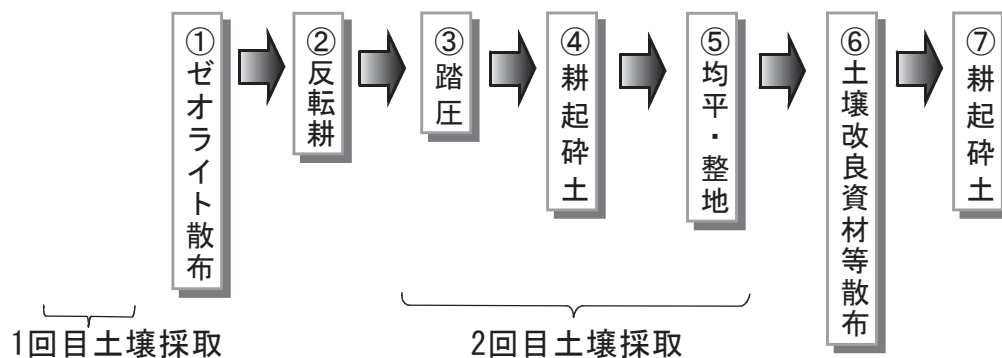
ア 原則、土壌採取は深耕や反転耕など除染作業の前後で行ってください。

イ ただし、土壌調査結果を待つことにより深耕や反転耕後の作業が遅れ、作付けが間に合わない場合、除染作業前に上層（表面～15cm）の土と下層（15～30cm）の土を測定し、上層の土と下層の土の差を勘案して施用量を算出することも可能。

ウ なお、土壌改良資材等を施用した後の土壌調査は、原則除染対策事業の対象として認められないので、注意してください。

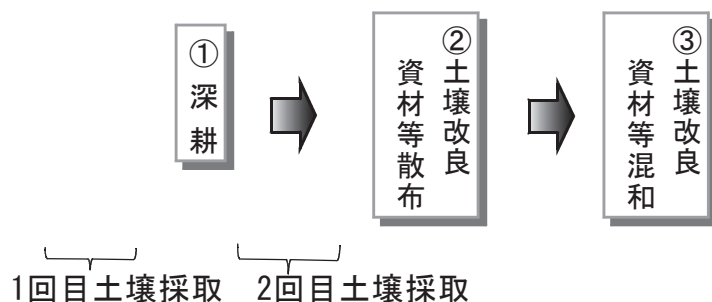


### <反転耕の作業工程の場合>



- ①ゼオライトの散布（ブロードキャスター又はライムソー）
- ②反転耕（深耕プラウ）
- ③踏圧（トラクタ（クローラ型））
- ④耕起砕土（パワーハロー又はロータリー）
- ⑤均平・整地（レーザーレベラー）
- ⑥土壤改良資材等の散布（ブロードキャスター又はライムソー）
- ⑦耕起砕土（パワーハロー又はロータリー）

### <深耕の作業工程の場合>



- ①深耕（深耕プラウ又は深耕ロータリー）  
（礫等により耕耘深度が浅い場合は個別に相談する）
- ②土壤改良資材等の散布（ブロードキャスター又はライムソー）
- ③土壤改良資材等の混和（パワーハロー又はロータリー）

#### （2）土壤調査の実施頻度や採取方法について

ア 国では土壤調査の実施頻度については示していません。

イ ただし、土壤調査結果は土壤改良資材等の施用量を説明するための算定基礎となることから、地形や土壤の種類、地域の営農状況などを考慮し、事業実施後に説明できる範囲で土壤調査の実施頻度を設定してください。

#### （参考）

ア 県除染対策課の「除染業務に係る技術指針」では、土壤中の放射性セシウム濃度測定のための測定頻度は、0.5～5haあたり1点と記載。

イ 土壤の採取方法は農林水産省で示している方法（5点採取法）で実施。

## 4. 放射性セシウムの流出防止措置

### (1) ゼオライト等の散布

- 「反転耕」を行う前に放射性物質流出防止措置としてゼオライトを施用します。
- 散布方法はライムソワーまたはブロードキャスタを利用します。
- 強風時にブロードキャスタで散布を行う場合はカバー（エプロン）を装着します。



[ブロードキャスタによる散布]



[ライムソワーによる散布]

#### ■ (参考) ゼオライトについて

##### ● ゼオライトとは

天然ゼオライトは鉱物の一種である沸石（zeolite、立体網目状構造を持つケイ酸塩鉱物）を主とする沸石岩を指します。沸石岩には多種類存在しますが、日本では凝灰岩が変成を受けて生成された沸石凝灰岩が豊富に存在し、天然ゼオライトの核をなしています。

##### ● ゼオライトの機能と農業利用

陽イオン交換能力（CEC）に優れた特徴を持つことから、保肥力の改善を目的とする「政令指定土壌改良資材（※）」として指定されています。

※ 地力増進法に基づく土壌改良資材で、バーミキュライトやベントナイト、バークたい肥、木炭、泥炭など12種類指定されています。

「土壌改良資材」としてのゼオライトは50me/100g乾土以上の陽イオン交換能力（CEC）が保証されるものです。

##### ● 放射性セシウムとゼオライト

福島県農業総合センターによる試験では「土壌重量の1%以上の施用量において放射性セシウムの吸着効果が確認される」と報告しています。

# 5. 「反転耕」(ボトムプラウ)

- 表層に集積する放射性セシウムを下層に埋却するため、国等により緊急開発されたボトムプラウによる「反転耕」(耕深30cm以上目標)を行います。

## (1) 「反転耕」プラウとトラクタ

- 上層土にある放射性セシウムを精度良く埋却するため、「2段耕プラウ」または「ジョイント付きプラウ」を利用します。
- トラクタはボトムプラウの規格に応じて選定しますが、牽引力の大きいクローラ型のトラクタが望ましいとされます。
- 作業者の外部被曝を防止するため、キャビン付きのトラクタを使用します。

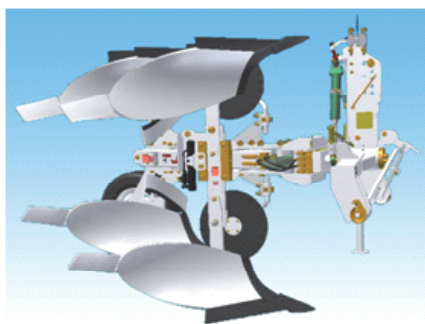
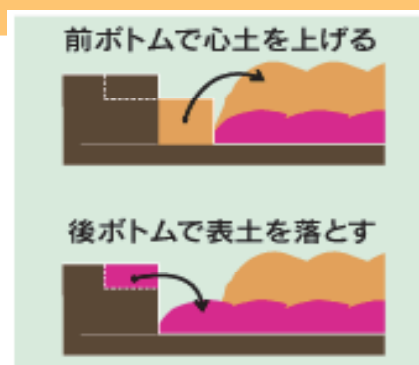
### ■ (参考) トラクタの種類と反転耕用プラウの標準的な組合わせの例

| No | トラクタ馬力(PS) | 反転耕用プラウの種類 | サイズ(インチ) | 付加機能等           | 耕深cm  |
|----|------------|------------|----------|-----------------|-------|
| ①  | 65~100     | 2段耕        | 20       | 1連、リバーシブル、オフセット | 25~35 |
| ②  | 105~135    | 2段耕        | 20       | 2連、リバーシブル       |       |
| ③  | 80~100     | ジョインター付き   | 20       | 2連、リバーシブル、オフセット | 35~70 |
| ④  | 80~120     | 2段耕        | 20       | 畑用1連、リバーシブル     |       |

(※) 反転耕用プラウは農研機構及びスガノ農機株式会社による共同開発です。

## (2) 2段耕プラウ

- ボトムが前後に2つあり、前方のボトムで下層土を表層に上げるとともに、後方のボトムで表層土を前方のボトムが通過してできた溝の中に落とし込むプラウです。最も精度の良い「反転耕」となります。



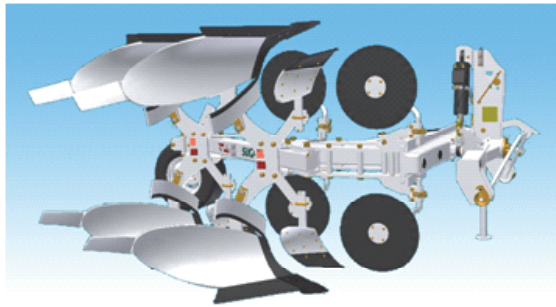
[2段耕1連リバーシブル]



[クローラ型トラクタ+2段耕プラウ]

### (3) ジョインタ付きプラウ

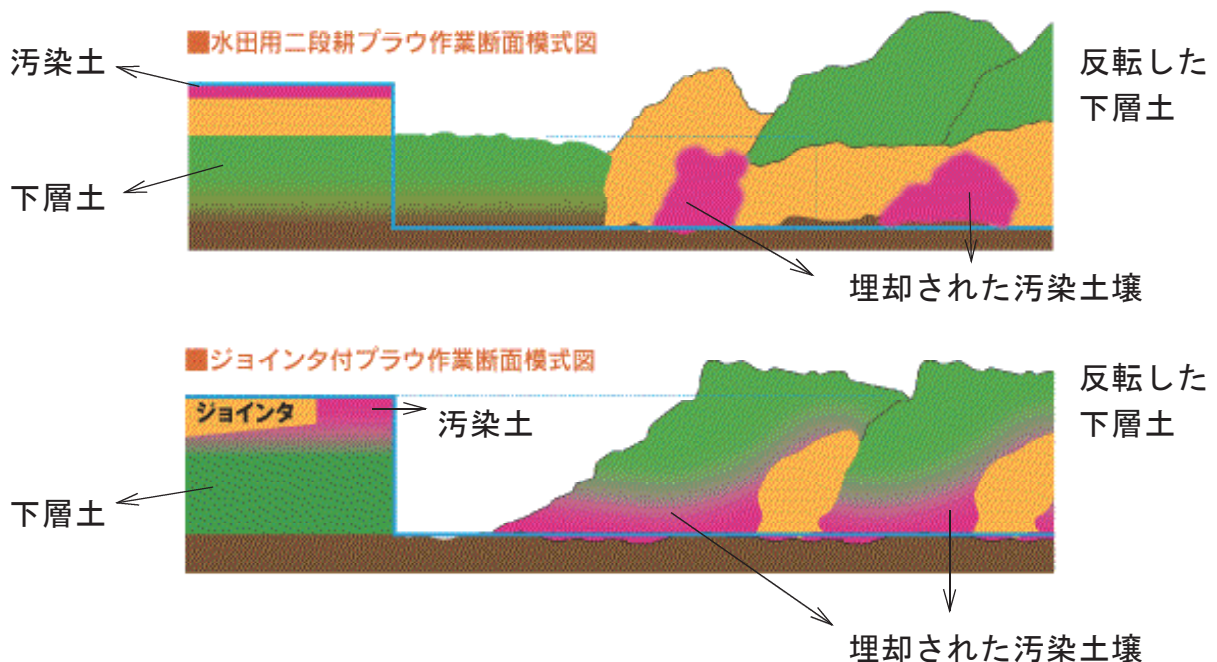
- 2段耕プラウが選択できない場合にはジョインタ付きプラウを選択します。
- コールターの後ろに装着された小さな鋤（すき）がジョインタですが、これで表層の一部を削り、ボトムプラウでできた溝の中に落とし込む技術です。
- 耕深30cmの反転を行う場合には、20インチボトムを選択する必要があります。



[ジョインタ付き2連リバーシブルプラウ]

#### ■ (参考) 「反転耕」作業後の土壌断面模式図

(農研機構・スガノ農機株式会社提供に一部加筆しました)



### (4) その他留意点

- トラクタにはフロントウェイトを必ず装着します。
- ホイル型トラクタではワイドタイヤを使用すると牽引力が高くなります。
- トラクタとプラウのマッチングは、安全に注意し必ず水平な場所で行います。

## 6. 踏圧とほ場の乾燥

- 「反転耕」作業後は原則として踏圧作業を行い、その後はほ場を乾燥させます。



### (1) トラクタによる踏圧

- ボトムプラウによる「反転耕」作業後に降雨があると、ほ場内に雨水が滞水しその後の作業（砕土・整地）に大きく影響するため、「反転耕」後は原則として直ちに踏圧作業を行います。
- トラクタを走行させ、「反転耕」により雨が浸透しやすくなった表層を踏圧し、雨水の浸入を防ぎます。
- 踏圧作業は、表層に地耐力のある土層を作ることで、その後の作業を安定させる効果が期待できます。



[トラクタによる踏圧]

### (2) 「反転耕」作業時期とほ場の乾燥

- 踏圧作業後はその後の作業における砕土率を高めるため一定期間放置し、ほ場を乾燥させます。
- 「反転耕」作業が秋以降になる場合には、踏圧作業後はそのまま越冬し、ほ場の乾燥に加えて土壌が締まる翌春以降に砕土・整地作業を行います。
- 春～夏の期間にほ場が十分に乾燥した状態で「反転耕」作業を実施する場合、踏圧作業を省略することも可能ですが、ほ場の排水性が不良なところでは、降雨に合うと乾燥するのに長期間かかることとなりますので注意が必要です。

## 7. 砕土・整地・均平

- ほ場の乾燥後、パワーハローによる砕土・整地作業を行います。



- 水田ではさらにレーザーレベラーによる均平作業を行います。均平作業は移植に影響を及ぼすことから、ていねいに実施することが必要です。

### (1) パワーハローによる砕土・整地

- 原則として縦軸型（パーティカルタイプ）の爪が回転して表層土を砕土するパワーハローを使用し、砕土・整地作業を行います。
- パティカルタイプのハローでは構造的に土の上下移動が少なく、すき込んだ汚染土を上層にかき上げるおそれがありません。また、本作業によりほ場全体を鎮圧することになり、表層に地耐力のある層が形成されます。
- 砕土率を上げるためには土壌が十分に乾燥している必要があります。
- 砕土、整地後、漏水が心配される場合は、踏圧を行います。



[パワーハロー]

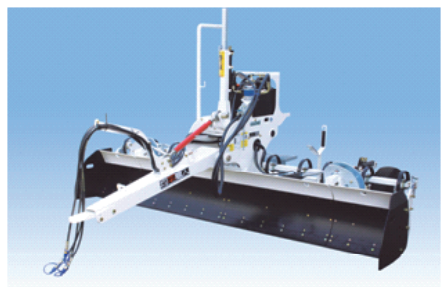


[パワーハローによる砕土・整地]



### (2) レーザーレベラーによる高精度均平（水田）

- 除染対策事業においては田面整地の均平度基準が±30mmに設定されることから高精度な均平ほ場に仕上げる必要があり、レーザーレベラーによる均平作業が原則です。ほ場によっては、一度の作業で均平とならないことから、降雨後様子を見て、必要な場合、再度均平作業を行います。
- 本作業でもほ場全体を鎮圧することになり、「反転耕」に伴う田植機の走行不安を改善することが期待されます。



[レーザーレベラー]



[レーザーレベラーによる均平]



## 8. 土壌改良資材等の散布

### (1) 除染対策における土壌改良目標

- 除染のための「反転耕」では「除染対策事業における農用地除染での原状回復及び土壌調査の考え方（除染対策事業関係）（平成24年10月29日、農林地再生対策室）」（3. 準備作業の項参照）、及び「除染対策事業における原状回復の算定方法について（平成24年10月29日、農林地再生対策室）」により、原状回復のための土壌改良を目標とする資材の投入を行います。
- 「反転耕」施工前作土（上層土）と施工後作土（または施工前の下層土）を分析し、原状回復のための土壌改良資材を施用します。

#### 参考 分析結果と土壌改良資材等施用の設計例

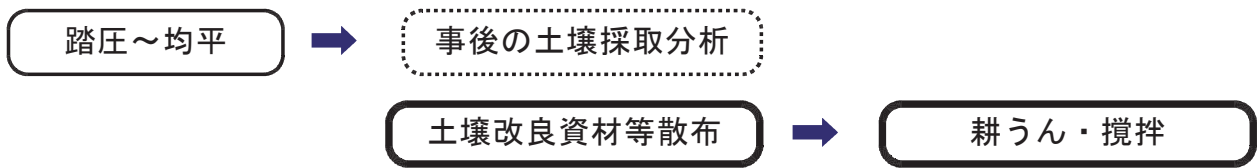
- ① 土壌改良の対象とする土壌重量を10 a 当たり150 tと仮定します。  
（作土深15cm、仮比重1と仮定）。
- ② 土壌分析値  $1 \text{ mg}/100\text{g} = 1 \text{ kg}/100 \text{ t}$
- ③ 土壌分析値  $1 \text{ mg}/100\text{g} \rightarrow 1 \text{ kg}/10 \text{ a}$  と換算。
- ④ ①より、土壌分析値  $1 \text{ mg}/100\text{g} \rightarrow 1.5 \text{ kg}/150 \text{ t} \rightarrow 1.5 \text{ kg}/10 \text{ a}$  で換算。
- ⑤ ゼオライトの施用量計算  
 (イ)  $1 \text{ me}/100\text{g} \rightarrow 1,500,000 \text{ me}/150 \text{ t} (10 \text{ a})$   
 (ロ) 使用するゼオライト C E C 保証  $150 \text{ me}/100\text{g}$   
 (ハ) (イ)  $\div$  (ロ) =  $1 \text{ t}/10 \text{ a}$

| 項目（注）                         | 施工前 a | 施工後 b | a - b | 土壌改良資材設計例        |
|-------------------------------|-------|-------|-------|------------------|
| 石灰 (CaO) mg/100g              | 244   | 160   | 84    | 苦土石灰 370kg/10 a  |
| 苦土 (MgO) mg/100g              | 55    | 25    | 30    |                  |
| カリ (K <sub>2</sub> O) mg/100g | 31    | 10    | 21    | 塩化カリ 53kg/10 a ※ |
| 可給態リン酸 mg/100g                | 13    | 5     | 8     | ようりん 60kg/10 a   |
| 可給態ケイ酸 mg/100g                | 15    | 5     | 10    | ケイカル 50kg/10 a   |
| pH (水)                        | 5.5   | 5.0   | 0.5   | (苦土石灰で矯正)        |
| C E C me/100g                 | 16    | 15    | 1     | ゼオライト1000kg/10 a |

苦土石灰（苦土分15%、石灰分34%）、塩化カリ（カリ分60%）、ようりん（リン酸分20%）、ケイカル（ケイ酸分30%）、ゼオライト（C E C 保証150me/100g）

※ 塩化カリは基肥として施用する。

## (2) 土壤改良資材等散布と散布後の耕うん・攪拌



- 土壤分析の結果を参考にして、ブロードキャスタやライムソーを活用し、土壤改良資材等の散布を実施します。



[ブロードキャスタによる散布]



[ライムソーによる散布]

- 土壤改良資材等を投入した後は作土をパワーハローまたはロータリで浅く耕うんし、混和します。
- 地力に乏しいと判断される場合には、土壤改良資材と併せてたい肥の施用をすませてから耕うん・攪拌作業を行います。



[パワーハローによる土壤改良資材の攪拌作業]



[パワーハローの縦爪]



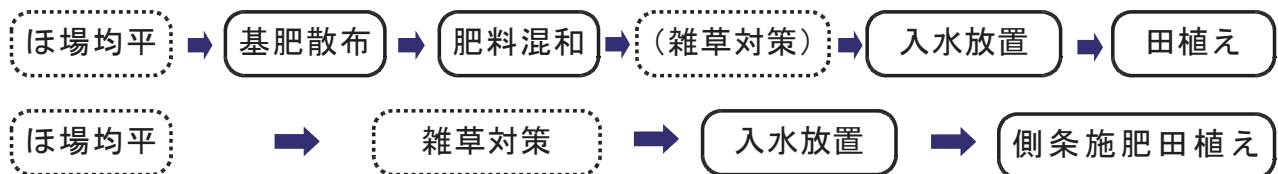
## 9. 水稻の作付け

- 「反転耕」を実施した水田の初年目の作付けは、原則として「無代かき田植え」により行います。

### (1) 「無代かき田植え」について

- 水田の「反転耕」作業ではレーザーレベラーによる精度の高い均平作業が行われるため「無代かき田植え」栽培が可能です。
- 代かき作業を省略し下層に埋却した汚染土をかき上げるおそれがなく、濁水を出さないため環境に優しい技術です。

#### ■ 「無代かき田植え」の作業体系



#### ■ 「無代かき田植え」の特徴等

##### 【「無代かき田植え」のメリット】

- 通常の田植機を利用することが可能。
- 入水後代かきを行わず、5～7日後に直接田植えを行う技術。
- 下層に埋却した放射性セシウムをかき上げるおそれがなく、濁り水の発生もないため、より環境に優しい技術。
- 代かきを行わないため省力的。
- 側条施肥田植機を利用する場合は、基肥散布を省略することができる。
- 生育収量はほぼ慣行並み。

##### 【「無代かき田植え」のデメリット】

- ほ場の透水性が大きくなるので水持ちの悪いほ場には適さない。
- ほ場の均平度や碎土率が低いと欠株など移植精度が劣る。
- 水持ちの良いほ場でないと除草剤が効かず雑草が残る。

- 「無代かき田植え」では碎土率は60%以上を目標、田植え時の水深は0～0.5cm程度、植え付け深さは慣行よりやや深め（4cm程度）とします。施肥法は全層施肥体系、側条施肥体系のいずれも可能です。

- 基肥散布し肥料混和する場合は、均平面を壊さないようパワーハロー等を利用し浅めに行います。なお、側条施肥田植機を利用する場合は、基肥散布・肥料混和が省略できます。
- 側条施肥では入水前に雑草が繁茂している場合、雑草対策が必要になる可能性があります。その場合は、状況により茎葉処理除草剤の散布または代かきハロー等による浅耕等により対応します。



[無代かき水田の田植え前の状況]



[無代かき水田での田植え]

## (2) 「無代かき田植え」が適さない場合

- 水持ちが悪く「無代かき田植え」に適さない場合は、浅水の代かき作業を行います。



- 肥料混和はロータリやパワーハロー等で浅めに行い、入水します。
- 代かき作業により下層に埋却した放射性セシウムをかき出すおそれがありますので、代かき作業は浅く行い、土壌が落ち着いた時点で田植えを行います。
- 田植え前には、田面水を排水しない。

## (3) 基肥の設計について

- 基肥の設計は作土の状況により判断しますが、一般的には窒素のみ減肥し、移植後の生育を見て追肥により対応します（倒伏防止対策）。
- カリについては吸収抑制対策上重要ですので確実に施用してください。（作土中の交換性カリ含量25mg/100gとなるよう土壌改良した上で、慣行の基肥カリ施肥を行います。）

## (4) 本田の除草対策

- 畦畔からの漏水防止

ほ場畦畔からの漏水が懸念される場合は、あらかじめ畦畔の点検を行い、畦塗り機等で畦塗りをを行うなど対策しておきます。

- 除草剤の散布

「反転耕」ほ場では上層土（雑草種子が多いと考えられる）が下層に埋没することから雑草の種子量が減少すると考えられますが、除草体系は慣行同様に実施してください。

### ■ 「無代かき田植え」の場合の除草剤選択について

- 「無代かき田植え」では代かきを行わないことから薬剤が稲の根に直接触れやすいと考えられますので、薬剤によっては薬害が出やすくなる懸念があります。
- 初期剤、初中期一発剤等を選択する場合には、薬害の出にくい剤を選択するようにしてください。

# 10. 参 考

## (1) 除染のための「反転耕」および「無代かき田植え」技術実証ほ (24~25年度) について

平成24~25年度新技術導入広域推進事業により、南相馬市、榑葉町において除染のための「反転耕」および「無代かき田植え」技術実証に取り組みましたので、概要を紹介します。

### ● 実証ほの計画概要

| 実証技術の具体的な内容                 |                  | 主な作業用機械等   |
|-----------------------------|------------------|--|
| <平成24年度>                    |                  |  |
| ①雑草処理 (準備作業)                | H24年<br>10月<br>~ | トラクタ、フレールモア → ロールベラー → (廃棄)<br>コンビネーションベラー → (廃棄)<br>または フレールモア → (ほ場すき込み) |
| ②ほ場調査 (準備作業)                | 11月              |  |
| ③放射性物質流出防止措置                |                  | トラクタ、ブロードキャスタ (ゼオライト散布)  |
| ④「反転耕」(プラウ耕)                |                  | トラクタ、ボトムプラウ (2段耕)  |
| ⑤踏圧 (※)                     |                  | トラクタ (ホイール)  |
| ⑥ ほ場の乾燥                     | (越冬)             |  |
| -----                       |                  |  |
| ⑦ 砕土・整地                     | H25年             | トラクタ、パワーハロー  |
| ⑧ 均平 (水田)                   | 3月               | トラクタ、レーザーレベラー  |
| ⑨ 土壌改良資材等の散布                | 下旬               | トラクタ、ブロードキャスタ  |
| ⑩ 耕うん・攪拌                    |                  | トラクタ、パワーハロー  |
| -----                       |                  |  |
| <平成25年度>                    |                  |  |
| ⑪ 全層施肥の基肥散布                 | H25年             | トラクタ、ブロードキャスタ等   |
| ⑫ 耕うん・攪拌                    | 4月下旬             | トラクタ、パワーハロー  |
| ⑬ 入水 (放置)                   | ~                |  |
| ⑭ 無代かき田植え<br>・側条施肥<br>・全層施肥 | 5月中旬             | 側条施肥田植機 (6条)   |

(※) ⑤踏圧作業について

作業マニュアルでは④「反転耕」(プラウ耕)直後に実施するが、本実証ほでは冬期間比較的乾燥した気象条件にあることから、一部を除き省略することとした。

【写真で見る南相馬市実証ほ】

【越冬前の作業 ①～⑤】



⑥越冬→【越冬後の作業 ⑦～⑩】



①雑草処理→②ほ場調査

①雑草処理→②ほ場調査



③放射性物質流出防止策



④「反転耕」



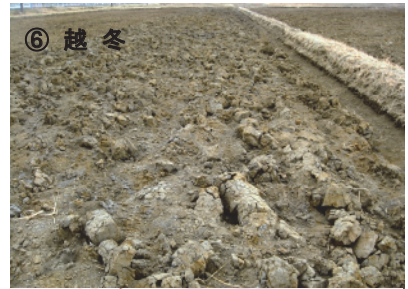
反転耕後の上層（写真上）と下層（写真下）。約15cm+15cmの2段耕による「反転耕」となった。



④「反転耕」



④「反転耕」実施後



⑥越冬



⑦砕土・整地



⑧均平



⑨土壤改良資材の散布



⑨耕うん・攪拌



【越冬後の作業 ⑪～⑭】



【写真で見る櫛葉町実証ほ】

【越冬前の作業 ①～⑤】

→

⑥越冬→【越冬後の作業 ⑦～⑩】



[左側ほ場仕上がり]

[右側ほ場仕上がり]

【越冬後の作業 ⑪～⑭】



[全層施肥区]

[側条施肥区]



[全層施肥区の収穫前]  
※ 倒伏はイノシシの被害による。

[側条施肥区の収穫前]



● 「反転耕」実施前後における土壌分析および空間線量等の測定結果（24年度）

2段耕（30cm）の実施前と実施後における作土（表層より15cm）の土壌分析の変化を確認したところ、南相馬市、檜葉町の実証ほにおいては、下層土の可給態りん酸が少ない状況にあることが明らかとなりました。

また、2段耕実施前後における空間線量率の変化を確認したところ、地上1m及び地表のいずれにおいても作業後の空間線量率が6～7割低減いたしました。

表1 「反転耕」技術実証ほの土壌(作土)分析結果 平成25年3月現在

| 市町村名 | 測定時期 | 土性  | pH [H <sub>2</sub> O] | CEC me/100g | 置換性石灰 mg/100g | 置換性苦土 mg/100g | 置換性加里 mg/100g | 可給態りん酸 mg/100g |
|------|------|-----|-----------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 南相馬市 | 作業前  | 埴壤土 | 5.8                   | 21          | 303           | 80            | 9             | 10             |
|      | 作業後  | 埴壤土 | 6.3                   | 25          | 459           | 102           | 14            | 1              |
| 檜葉町  | 作業前  | 壤土  | 5.3                   | 15          | 213           | 57            | 4             | 8              |
|      | 作業後  | 壤土  | 6.3                   | 16          | 249           | 76            | 5             | 3              |

表2 「反転耕」技術実証ほの作業前後における空間線量

| 市町村名 | 測定時期 | 空間線量 1 m $\mu$ Sv/h | 空間線量 地表 $\mu$ Sv/h |
|------|------|---------------------|--------------------|
| 南相馬市 | 施工前  | 0.36                | 0.40               |
|      | 施工後  | 0.13                | 0.12               |
|      | 前後比較 | 低減率 63%             | 低減率 71%            |
| 檜葉町  | 施工前  | 0.52                | 0.63               |
|      | 施工後  | 0.21                | 0.21               |
|      | 前後比較 | 低減率 59%             | 低減率 66%            |

南相馬市は相双農林事務所農業振興普及部、檜葉町は相双農林事務所双葉農業普及所調べによる。



[2段耕プラウの作業（檜葉町）]



[パワーハローの作業（南相馬市）]

● 「無代かき田植え」技術実証ほにおける土壌分析、空間線量および水稲の生育等の測定結果（25年度）

実証ほで生産された米の全量全袋検査による放射性セシウム濃度の測定結果は、南相馬市、楡葉町ともにすべて検出下限値未満（<25Bq/kg）でした。

また、土壌分析結果と水稲の生育等のデータは下記のとおりです。

表1 「無代かき田植え」技術実証ほの土壌(作土:稲刈り後土壌採取)分析結果 平成25年12月現在

| 市町村名 | 処理区   | 土性  | pH [H <sub>2</sub> O] | CEC me/100g | 置換性石灰 mg/100g | 置換性苦土 mg/100g | 置換性加里 mg/100g | 可給態りん酸 mg/100g | 放射性セシウム濃度 Bq/kg |      |
|------|-------|-----|-----------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|------|
|      |       |     |                       |             |               |               |               |                | 反転耕前            | 反転耕後 |
| 南相馬市 | 全層施肥区 | 埴壤土 | 6.5                   | 25          | 489           | 159           | 14            | 4              | 810             | 100  |
|      | 側条施肥区 | 埴壤土 | 6.3                   | 21          | 431           | 130           | 11            | 3              | 920             | 99   |
| 楡葉町  | 全層施肥区 | 壤土  | 5.5                   | 15          | 243           | 69            | 4             | 6              | 1,230           | 390  |
|      | 側条施肥区 | 壤土  | 5.5                   | 15          | 274           | 76            | 1             | 8              | 1,000           | 310  |

※ 反転耕前の放射性セシウム濃度は、平成24年度の反転耕実施前に採取・分析

表2 「無代かき田植え」技術実証ほ(田植え前)の空間線量

| 市町村名 | 処理区   | 空間線量 1 m μSv/h | 空間線量 地表 μSv/h |
|------|-------|----------------|---------------|
| 南相馬市 | 全層施肥区 | 0.14           | 0.15          |
|      | 側条施肥区 | 0.14           | 0.15          |
| 楡葉町  | 全層施肥区 | 0.26           | 0.26          |
|      | 側条施肥区 | 0.24           | 0.23          |

平成25年度実証栽培調査成績書

相双農林事務所農業振興普及部  
平成25年12月27日

町村名 南相馬市鹿島区

平成25年度実証栽培調査成績書

相双農林事務所双葉農業普及所  
平成25年12月1日

町村名 楡葉町

| 年 度           |              | 25年度           |       |      |
|---------------|--------------|----------------|-------|------|
| 地区名           |              | 全層施肥           | 側条施肥  |      |
| 品種名(苗の種類)     |              | ひとめぼれ(稚苗)      |       |      |
| 施 肥           | 土壌改良         | ゼオライトの量 (kg/a) | 20.0  | 20.0 |
|               | 窒素           | 基 肥 (成分、kg/a)  | 0.2   | 0.2  |
|               |              | 追 肥 (成分、kg/a)  | -     | -    |
|               | カリ           | 基 肥 (成分、kg/a)  | 3.32  | 3.32 |
| 追 肥 (成分、kg/a) |              | -              | -     |      |
| 本 田 生 育 調 査   | 5/30         | 移植期 (月/日)      | 5/15  | 5/15 |
|               |              | 草 丈 (cm)       | 15.4  | 16.4 |
|               | 6/14         | 茎 数 (本/㎡)      | 85    | 84   |
|               |              | 草 丈 (cm)       | 25.4  | 27.5 |
|               | 6/28         | 茎 数 (本/㎡)      | 193   | 301  |
|               |              | 草 丈 (cm)       | 42.5  | 46.4 |
|               | 7/18         | 茎 数 (本/㎡)      | 338   | 396  |
|               |              | 葉 色 (SPAD値)    | 39.9  | 40.9 |
|               | 7/18         | 草 丈 (cm)       | 71.8  | 71.5 |
|               |              | 葉 色 (SPAD値)    | 43.1  | 34.9 |
|               | 出穂期          | 出穂期 (月/日)      | 8/10  | 8/8  |
|               |              | 成熟期 (月/日)      | 9/21  | 9/19 |
|               | 成 熟 期        | 稈 長 (cm)       | 88.0  | 80.5 |
|               |              | 穂 長 (cm)       | 22.6  | 20.5 |
| 穂 数 (本/㎡)     |              | 390            | 335   |      |
| 全 重 (kg/a)    |              | 139.0          | 128.9 |      |
| 坪 刈 調 査       | 全 重 (kg/a)   | 61.3           | 64.6  |      |
|               | 精 籾 重 (kg/a) | 71.4           | 64.3  |      |
|               | 粗 籾 比 (籾/葉)  | 1.17           | 1.00  |      |
|               | 玄米重 (kg/a)   | 56.9           | 51.8  |      |
|               | 玄米千粒重 (g)    | 22.4           | 21.7  |      |
|               | 品 質          | 整粒歩合           | 85.1  | 82.7 |
|               |              | 未熟粒歩合          | 13.8  | 15.7 |
|               | 食 味          | 食味値            | 71.0  | 81.0 |
|               |              | タンパク質含有 (%)    | 7.9   | 6.9  |
|               |              | アミロース (%)      | 19.8  | 19.3 |
| 分 解 調 査       |              | 粗 数 (粒/穂)      | 80.7  | 78.8 |
| 粗 数 (粒/㎡)     | 31,500       | 26,400         |       |      |
| 不稔歩合 (%)      | 5.4          | 3.7            |       |      |
| 登熟歩合 (%)      | 87.5         | 92.1           |       |      |

| 年 度           |              | 25年度           |           |       |
|---------------|--------------|----------------|-----------|-------|
| 地区名           |              | 全層施肥           | 側条施肥      |       |
| 品種名(苗の種類)     |              | コシヒカリ          |           |       |
| 施 肥           | 土壌改良         | ゼオライトの量 (kg/a) | 20.0      | 20.0  |
|               | 窒素           | 基 肥 (成分、kg/a)  | 0.2       | 0.2   |
|               |              | 追 肥 (成分、kg/a)  | -         | -     |
|               | カリ           | 基 肥 (成分、kg/a)  | 3.0       | 3.0   |
| 追 肥 (成分、kg/a) |              | -              | -         |       |
| 本 田 生 育 調 査   | 6/20         | 移植期 (月/日)      | 5/20      | 5/20  |
|               |              | 草 丈 (cm)       | 31.1      | 33.3  |
|               | 6/20         | 茎 数 (本/㎡)      | 238       | 280   |
|               |              | 葉 数 (葉)        | 7.0       | 6.4   |
|               | 6/20         | 葉色数 (カラースケール)  | 3.5       | 4.0   |
|               |              | 葉 色 (SPAD値)    | 42.0      | 42.5  |
|               | 7/15         | 草 丈 (cm)       | 56.4      | 55.1  |
|               |              | 茎 数 (本/㎡)      | 605       | 573   |
|               | 7/15         | 葉 数 (葉)        | 10.4      | 9.7   |
|               |              | 葉色数 (カラースケール)  | 3.0       | 3.0   |
|               | 7/15         | 葉 色 (SPAD値)    | 35.4      | 32.3  |
|               |              | 出穂期            | 出穂期 (月/日) | 8/20  |
|               | 成 熟 期        | 成熟期 (月/日)      | 10/2      | 10/2  |
|               |              | 稈 長 (cm)       | 102.3     | 108.9 |
| 穂 長 (cm)      |              | 19.3           | 19.1      |       |
| 穂 数 (本/㎡)     |              | 437            | 477       |       |
| 坪 刈 調 査       | 全 重 (kg/a)   | 177.6          | 203.8     |       |
|               | 全 重 (kg/a)   | 83.1           | 95.3      |       |
|               | 精 籾 重 (kg/a) | 83.7           | 91.7      |       |
|               | 粗 籾 比 (籾/葉)  | 1.01           | 0.96      |       |
|               | 玄米重 (kg/a)   | 67.1           | 73.9      |       |
|               | 玄米千粒重 (g)    | 21.2           | 20.7      |       |
|               | 品 質          | 整粒歩合           | 66.1      | 66.2  |
|               |              | 未熟粒歩合          | 29.1      | 28.8  |
|               | 食 味          | 食味値            | 66.5      | 62.5  |
|               |              | タンパク質含有 (%)    | 7.9       | 8.3   |
| アミロース (%)     |              | 20.0           | 19.7      |       |
| 分 解 調 査       |              | 粗 数 (粒/穂)      | 84.0      | 97.1  |
| 粗 数 (粒/㎡)     | 36,100       | 46,300         |           |       |
| 不稔歩合 (%)      | 11           | 15             |           |       |
| 登熟歩合 (%)      | 71           | 67             |           |       |

発行 平成26年2月

編集・発行 福島県農林水産部  
農業振興課

問い合わせ先 福島県農業振興課（技術革新支援担当）  
〒960-8607  
福島県福島市杉妻町2番16号（県庁西庁舎5階）  
TEL 024-521-7339  
FAX 024-521-7937