

深水管理による省力的な有機水稻栽培を実現する農地整備&栽培管理マニュアル



 農研機構

2025年3月

はじめに

農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略（2021年）」において、有機農業の面積拡大及び農薬、化学肥料の削減などによって我が国において持続可能な食料システムを構築することが示されました。2050年のKPIでは、有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大することを掲げ、様々な取組みが始められています。

特に最も作付面積が多く、今後の有機農業の面積拡大が期待される水稻作では、除草に要する労力増大が大きな障害となっており、農家人口の減少が続く中、有機農業の面積拡大には省力的な除草技術の開発が強く求められています。そのため、農林水産省委託プロジェクト研究（現場ニーズ対応型研究）「有機農業推進のための深水管理による省力的な雑草抑制技術の開発」では、水稻の有機栽培における除草に係る労働時間を5割削減すること、また省力的な雑草抑制技術及びほ場整備手法を開発し、技術マニュアルを作成することをミッションとしたプロジェクトを2022～2024年度に実施しました。

本プロジェクト研究を受託した（国研）農研機構を代表機関とする「みどりの深水管理コンソーシアム」では、雑草の発芽抑制が期待できる水管理手法に着目し、深水管理のほかに早期湛水や中干し延長といった水管理を行うことで、省力的に雑草繁茂を抑制し、除草労力を削減する栽培体系の確立に取り組みました。これまでも有機水稻栽培における抑草技術は先達たちが築き上げてきた技術が多くあり、中でも深水管理はNPO法人民間稲作研究所の稲葉光國氏をはじめ、多くの方が取組んできた技術ですが、近年のスマート農業技術や基盤整備技術、機械化技術を取り入れた省力的な技術として確立することを目指しました。

本技術マニュアルでは、プロジェクトで取り組んできたICTを活用した水管理技術や農地基盤に係る整備手法に係る成果を『農地基盤整備編』として整理し、農業農村整備事業に係る行政機関の技術者に読んで頂き、効率的な有機水稻栽培が可能な農地を整備し、地域として有機農業に取組み、産地形成を促す活動に利用頂くことを期待しています。また、省力的な雑草抑制技術やそれに伴う肥培管理や育苗、代かき、田植などの各作業に係る成果を『栽培管理編』として、さらに複数の実証試験地で体系的に取り組んだ結果を『実証試験編』にまとめることで、有機農業に取り組む農家やこれから新規に始めようとする農家にすぐに実践して頂けるように整理しました。その他に、栽培体系に依存しない個別技術や研究開発段階の技術は【Topics】として紹介しております。本技術マニュアルが有機水稻栽培に取組む農家の一助となり、有機水稻栽培の農家数や栽培面積の増加に繋がれば幸いです。

みどりの深水管理コンソーシアム 研究開発責任者
（国研）農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門
若杉晃介

【みどりの深水管理コンソーシアム】

代表機関：（国研）農業・食品産業技術総合研究機構

参画機関：東京大学、秋田県立大学、宮城大学、秋田県農業試験場、
石川県農林総合研究センター、島根県農業技術センター、三陽機器（株）、
（株）オプティム、（株）パディ研究所

協力機関：TANABE FARM、マリモファーム、森田農園、三菱マヒンドラ農機

目次

● <u>深水管理による省力的な抑草技術とは</u>	1
----------------------------	---

農地基盤整備編

● <u>深水管理に必要な水田基盤</u>	2
● <u>畦畔法面の整備と管理</u>	5
【Topics1】ラジコン式草刈機による除草が可能な三角畦畔	6
● <u>田面の均平</u>	7
● <u>地耐力</u>	8
● <u>深水管理のスケジュールと効果</u>	9
● <u>ICTを利用した自動水管理システム</u>	10
【Topics2】水管理スケジュールの作成サポートツール	12
【Topics3】田面不陸に対応した自動水管理技術	13
● <u>深水管理による用水量の変化</u>	14
● <u>漏水対策</u>	15

栽培管理編

● <u>深水管理を活用した水稻の有機栽培体系の概要</u>	16
● <u>深水管理による肥培管理</u>	17
①肥培管理における作業内容、②有機肥料の特性、③基肥の効果	
【Topics4】ペースト2段施肥技術	20
● <u>品種選定</u>	21
● <u>深水管理に適した苗作り</u>	22
● <u>代かき</u>	24
● <u>無代かき</u>	25
● <u>移植（栽植密度）</u>	26

目 次

● <u>深水管理による有機水稻栽培で問題となる水田雑草</u>	27
● <u>有機水稻栽培での雑草対策のポイント</u>	28
● <u>効率的な抑草・除草技術</u>	29
①深水管理と機械除草、②早期湛水とトロトロ層、③中干し延長、 ④高能率水田用除草機、⑤揺動ブラシ式歩行型除草機	
【Topics5】両正条植えによる除草技術	35
【Topics6】ドローンによる雑草検知とピンポイント除草技術	36
● <u>水管理</u>	37
①深水管理の事例、②早期湛水と深水管理の事例	
● <u>生物多様性を活用した畦畔管理</u>	39
【Topics7】小型ラジコン式畦畔草刈機の開発	40

実証試験編

● <u>秋田県大潟村（大区画水田）における現地実証試験</u>	41
①有機栽培体系、②経済性の評価	
● <u>広島県神石高原町（中山間中区画水田）における現地実証試験</u>	43
①有機栽培体系、②経済性の評価	
● <u>島根県農業技術センター（中山間小区画水田）における実証試験</u>	45
①有機栽培体系、②経済性の評価	

深水管理による省力的な抑草技術とは



- ① 有機水稻栽培での水田内の除草は平均10時間/10a（慣行の6.4倍）、畦畔除草・水管理は平均7時間/10a（慣行の1.7倍）を要します。
- ② 水田の水深を10～20cmで管理する深水管理や早期湛水や、中干しを行うことで、省力的に雑草の発芽を抑制することが期待できます。
- ③ 深水管理を行うためには、十分な用水の確保や高さや強度を兼ね備えた畦畔整備が必要になります。その他に、機械を用いた除草を行うには農地基盤の整備が欠かせません。

①有機水稻栽培に係る労働時間

通常の有機水稻栽培においては、手取り除草または水田用除草機による全面的な走行を3回程度行う必要があり、平均10時間/10a（慣行栽培の6.4倍）の労力を要しています。また、畦畔部分の除草や水管理といった管理労力も平均7時間/10a（慣行栽培の1.7倍）を要しています。

②水田の水管理による抑草

水稻作における水管理はイネの生育や収量を左右する重要な管理作業であり、有機水稻栽培においては最も重要な管理作業といえます。特にイネの初期生育時の雑草を抑えることが生育阻害を防ぐ上でも大事とされます。これまでの知見において、代かき～移植より湛水状態を維持し、イネの生育状況に応じて徐々に水深を深く管理することで発芽に酸素を要するヒエ類などの繁茂を抑制することが期待できます（右図）。



深水水田
（水深14cm）

対照水田
（水深7cm）

深水管理はイネに対する強雑草であるヒエ類を抑えることができる一方で、その他のコナギなどの雑草が優先する可能性が高くなることから、深水管理以外にも早期湛水（冬季湛水を含む）や機械除草などを行う必要があります。本マニュアルでは雑草の繁茂を抑制する複数の水管理を組み合わせ、効率的な機械除草を行うことで除草労力を大幅に削減する栽培体系を構築することを目指しています。

③農地基盤の整備

深水管理を行うためには十分な用水の確保に加えて、高さ30cm程度で十分な強度を有する畦畔が不可欠です。また、機械除草を効率的に行うには、地耐力（地面が機械を支える力）の確保や、区画の形状や大きさについても検討する必要があります。加えて、抑草に寄与する水管理を行うには、通常の管理よりも多くの時間を要する懸念があることから、給排水施設の整備も重要です。これらは営農レベルでの対応では困難ですので、ほ場整備事業などによる農地基盤整備によって対応することが求められます。本マニュアルでは農地基盤に係る整備を計画・設計する農業土木技術者や農地基盤の管理を担う農家に対して、より効率的な有機水稻栽培を実現するための整備方法や管理方法を提示することを目指しております。

深水管理に必要な水田基盤（1）

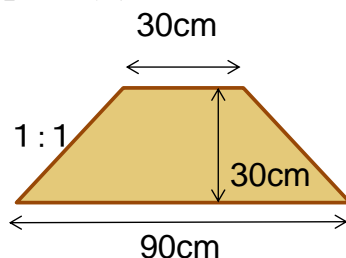


- ① 深水を維持するための畦畔整備は重要です。一般的に高さ30cm、幅30cmで造成されますが、深水型として高さ40cmでも整備することが可能です。
- ② 除草剤が使えない有機水稻栽培において、畦畔除草の軽労化を目的とした機械除草に適した幅広畦畔整備も重要です。
- ③ 雑草繁茂を抑制する水管理は慣行農法に比べて多くの労力を要します。近年では、自動で水管理を行う給水口の開発が進んでいます。

①畦畔整備

一般的なほ場整備事業において整備される畦畔の断面は高さ30cm、上幅30cm、傾斜部の勾配1:1の台形を標準としています（土地改良事業計画設計基準 計画 ほ場整備（水田）より）。また、寒冷地などの深水管理を行う必要がある場合は高さ40cm、上幅50cm程度まで大きくすることができます。維持管理労力の軽減のため機械除草をする場合などについては、その目的に必要な畦畔の断面を検討することとされています。

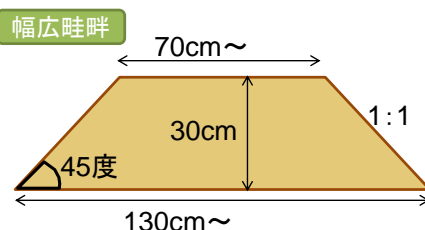
【土地改良事業設計基準】



②幅広畦畔整備

除草剤が用いられないため、省力的に畦畔や法面の機械除草ができる畦畔整備が不可欠です。近年は畦畔・法面除草の軽労化を目的としたラジコン式草刈機が開発されています。水田間にある中畦畔の除草においては、既存のラジコン式草刈機では上幅が70cm以上の幅広畦畔の整備が必要となります。

また、中畦畔を2～2.5m幅の幅広畦畔に整備することで、トラクタに装着したモアで草刈りができるようになるため、より省力的な除草が可能になりますが、耕作面積が減少することから耕作者の意向を十分に踏まえる必要があります。



③給水口の整備

水田の水位を一定に保つ自動給水栓を整備することで深水管理などを行う際の労力を大幅に削減することが可能です。フロートを用いた装置（写真右上段）は水位の確認や水位調整、給水の停止は手作業で行う必要がありますが、近年は水位センサーと通信装置が備わったICT水管理システムが開発されています（写真右下段）。このようなシステムを整備することで、作期を通じた水管理の省力化と確実な抑草が期待できます。



深水管理に必要な水田基盤（2）



- ④ 適正な水深を調節しやすく、降雨時にも必要以上に水位が上昇しないよう、堰高が自由に調整できる落水口の設置が望ましいです。
- ⑤ 効率的な機械除草を行うには、より大きな区画が求められますが、立地条件や水利条件などの制約があります。また、区画の大きさに応じた適正な栽培方法や作業機械を選択することが重要です。

④落水口の整備

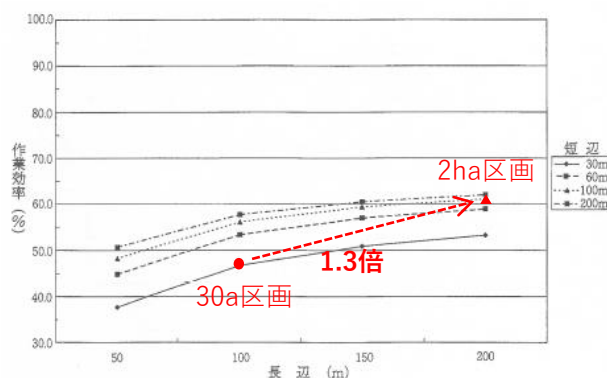
水田の排水を行う落水口（水尻）も水管理を行う上で重要な施設です。適正な位置に落水口の高さ（堰高）が管理されていないと降雨時に必要以上に水位が上昇し、イネの生育や畦畔に悪影響を及ぼします。落水口の整備は、水位の調節が容易な構造が望ましく、未整備（塩ビ管）の場合、数cmの水位調整は難しく、排水時に土砂を流出させることもあります（写真下左側）。コンクリート製の落水口では角落しの枚数で堰高を調節するため、細かな水位設定ができるように2～3cm幅の角落しを用意しておく必要があります（写真下中央）。また、塩ビ管をスライドして堰高を用意に調整できる落水口も存在します（写真下右側）。



⑤区画整備

水管理では抑えることができないほ場内の雑草については機械除草や手取り除草が不可欠になります。より省力的な除草を行うには効率的な機械除草が求められ、それに応じた区画整備が求められます。除草機の走行は条間を走行することから、狭隘な区画ではなく、長辺がより長く、矩形形状の区画が望ましいです。

田植え作業における区画と作業効率の試算では、30a区画よりも2ha区画の方が1.3倍効率が良く、面積が大きく、長辺が長い方がより効率が高いことが示されています。しかし、傾斜地においては区画を大きくすると法面が巨大化したり、盛土部分において漏水や沈下が顕著に表れます。また、平地においても十分な用水量がない場合、適正な水管理が困難になります。立地条件や水利条件によって最適な区画を決め、それに応じた栽培方法や作業機械を選択することが重要です。



引用：土地改良事業計画設計基準 計画 ほ場整備（水田）

深水管理に必要な水田基盤（3）



- ⑥ 機械除草を行うには十分な地耐力が求められるため、排水性を高める暗渠排水を整備することが求められます。
- ⑦ 有機JASの認証を取得するには、ほ場整備事業後、2年以上有機栽培を行い、登録認証機関からの審査を受ける必要があります。

⑥暗渠排水整備

有機水稻栽培において、抑草を目的とする水管理を行った場合、一般的な農法に比べて湛水期間が長期にわたること、また田植え後も機械除草を複数回行うことから、より高い地耐力を求められます。そのため、排水性が悪い農地（粘土を多く含む土性や地下水が高い地域）では暗渠排水を整備する必要があります。また、水田雑草の発生量を減らすにはダイズなど畑作を行うことも有効であり、田畑輪換を行う上でも暗渠排水の整備は必要となります。



⑦有機JASの認証

ほ場整備を行った場合、2年以上の有機的管理（有機農産物のJASに定められた種苗、肥培管理、有害植物の防除、一般管理の基準に従った管理）を行い、登録認証機関による検査と審査を経てJAS有機米の認証が得られます。

（参考）農林水産省HP 有機食品の検査認証制度
https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/yuuki.html

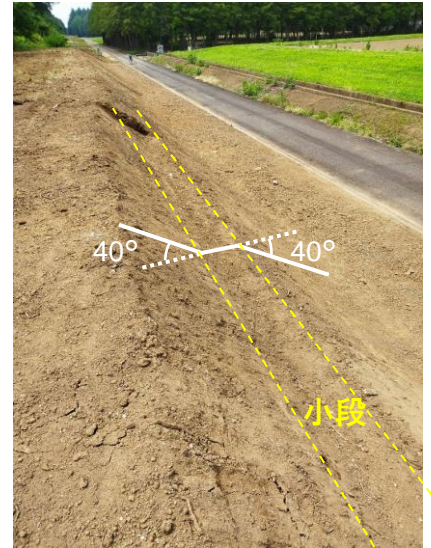




- ① 畦畔法面における刈払機を用いた除草作業は危険を伴います。
- ② 近年販売されるようになったラジコン式草刈機を用いて除草を行うことで、作業の効率化が図られ、肉体的負担も減少します。
- ③ ラジコン式草刈機を用いた除草を行うには、畦畔法面の傾斜角は最大でも 35° とし、小段は設置しないようにしてください。

① 畦畔法面における除草の危険性

畦畔法面での刈払機を用いた人力での除草作業は、時間がかかり、肉体的負担が大きいことに加え、転落の危険も伴います。そのため、畦畔法面の除草作業の省力化および安全性の向上が求められています。近年、ラジコン式草刈機が販売され、平坦なところから遠隔で除草作業が行えるようになりました。ラジコン式草刈機を用いることで、畦畔法面の除草時間が削減され、危険性の低下が期待できます。一方で、現状ではラジコン式草刈機の走行に適していない畦畔法面も多く存在しており、それらの改良が必要となっています。



② 設計基準で決められた畦畔法面の形状

設計基準では、区画間の段差によりますが、畦畔法面の勾配は $1:1 \sim 1:1.5$ 、傾斜角に直すと $45 \sim 34^{\circ}$ と定められています。また、区画間の段差が 0.5 m 以上の場合には、人が立って作業をしやすいうように、畦畔法面の中ほどに小段の設置を検討すべきとされています（右上図）。

③ ラジコン式草刈機が走行可能な畦畔法面

現在販売されている主なラジコン式草刈機の走行可能な斜面の最大傾斜角は、カタログ値で $35 \sim 45^{\circ}$ です。一方で、実際にラジコン式草刈機を用いた走行試験を行ったところ、走行部がクローラの場合には傾斜角 35° の畦畔法面まで走行できましたが、走行部がタイヤの場合には傾斜角 30° の畦畔法面でも滑ってしまい走行することができませんでした。そのため、現状では畦畔法面の傾斜角は最大でも 35° とするのが望ましいと考えられます。また、小段については、ラジコン式草刈機が転倒する要因となるので、設置しない方が良く考えられます。



ラジコン草刈機（走行部はクローラ）



ラジコン草刈機（走行部はタイヤ）

【Topics1】 ラジコン式草刈機による除草が可能な三角畦畔



- ① 設計基準で標準とされる水田畦畔の上幅は小さく、ラジコン式草刈機は走行できません。
- ② そこで、断面形状を三角形とした「三角畦畔」を考案しました。ラジコン式草刈機を用いることで、除草時間が6割削減されました。
- ③ 三角畦畔でも、雨天時や灌漑期の水面近傍では、ラジコン式草刈機の走行には注意が必要です。

①設計基準で標準とされる水田畦畔の形状

現在販売されている主なラジコン式草刈機の車体幅は86～117 cm、走行可能な斜面の最大傾斜角は35～45°です。一方、設計基準では、水田畦畔は上幅30 cm、高さ30 cm、斜面の傾斜角45°の台形とされています。そのため、ラジコン式草刈機は標準的な畦畔に比べて大きく、走行することができません。ラジコン式草刈機を用いて畦畔の除草を行うには、畦畔の形状を変える必要があります。

②三角畦畔

ラジコン式草刈機に対応した畦畔として、断面形状を三角形とすることで斜面長を長くした「三角畦畔」を考案しました（右上図）。斜面の傾斜角は20° または30°としています。造成はバックホーで行うことが可能で特別なコストはかかりません。三角畦畔でラジコン式草刈機による除草を行ったところ、刈払機による除草と比べて所要時間が約6割削減されました（右中図）。また、三角畦畔に特化したラジコン式草刈機の開発も行っています（P.40 Topics 7参照）。なお、三角畦畔は現行の畦塗機では対応できません。そのため、年数が経過すると横浸透量が増加する危険性があります。砂質土や黒ボク土など、透水性の高い土壌の場合には、造成時に畦畔内部に遮水シートを埋設するなどの工夫が必要です。



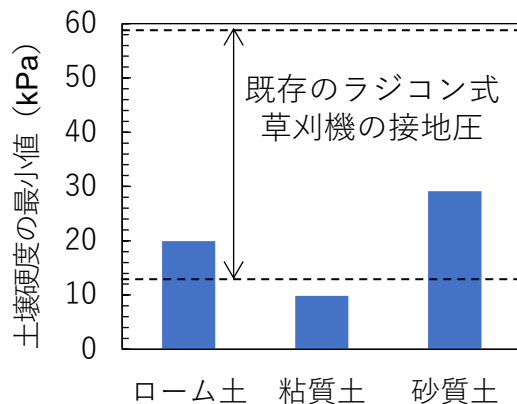
1分21秒/10 m



3分32秒/10 m

③畦畔の土壌硬度

作付期間中の土壌硬度の最小値は、粘質土で9.8kPaでした（右下図）。現在販売されているラジコン式草刈機の接地圧は12.9～58.8 kPaのため、灌漑期に水面近傍を走行する場合には、ラジコン式草刈機が畦畔にはまってしまう場合があります。また、雨により畦畔が濡れた場合にも、これと同等の土壌硬度になると想定されるため、ラジコン式草刈機の走行には注意が必要です。





- ① 田面の不陸（凸凹）が大きいと雑草が繁茂しやすく、用水量も多くなります。
- ② 不陸修正は田面が乾いた状態でレーザーレベラー等の作業機を用いて均平化をします。
- ③ 有機水稻栽培においては均平精度 $\pm 3.0\text{cm}$ 以内が望ましいです。

①田面の不陸

水田を水平にすることは難しく、田面の凸凹は不陸（ふりく・ふろく）と呼ばれます。田面の不陸が大きいと水を張ったときに水深のバラツキが大きくなり、土が露出したエリアは雑草が繁茂しやすくなります。また、土の露出がなくなるように深い水深で管理をすると用水量が多くなり、十分に用水量が確保できない地域や深水管理水田を拡大させる際の大きな支障になります。



②均平作業

不陸が大きい水田は均平精度を上げる必要があります。均平作業は、田植え作業前の土が乾いた状態でレーザーレベラーを用いて行います。レーザーによって均一の高さで制御された排土板で水田内を走行することで均平精度が向上し、高低差 $\pm 2.5\text{cm}$ の精度で均平化を図ることが期待できます。

レーザーレベラーがないときは、前年の不陸状況を記録しておき、代かき時に土引き作業をします。ハローのカバーを固定してPTOの回転を止め、標高が高いエリアから低いエリアに土を引いて行きますが、土量の目安が分からないため熟練の技術が求められます。

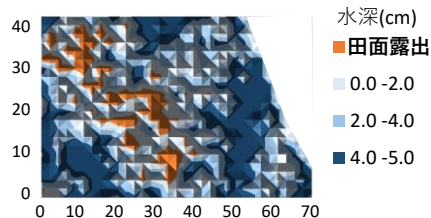


③均平による効果

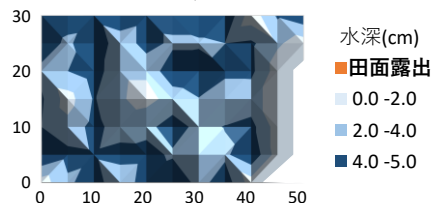
現地実証試験では均平精度 $\pm 5.6\text{cm}$ であった水田をレーザーレベラーによって $\pm 2.9\text{cm}$ に向上することができました。また、それによって生育初期の浅水管理（水深 3cm ）の際に、土の露出を解消することができ、抑草効果と用水量の減少も確認されました。

これらのことから、均平精度は $\pm 3.0\text{cm}$ 以内になるように整地を行うことが望ましいです。なお、ほ場整備事業などによる農地基盤整備では、均平精度の基準値が $\pm 3.5\text{cm}$ 以内とされているため、新たに有機水稻栽培を取り組むには概ね適した状態であるといえます。

均平精度 $\pm 5.6\text{cm}$ （R4広島試験圃場）



均平精度 $\pm 2.9\text{cm}$ （R5広島県試験圃場）





- ① 有機水稻の水田では、年に複数回の除草作業を行います。
- ② 乗用型除草機を使用する場合は、機体の重量を支えられる土壌の固さを確保する必要があります。
- ③ 乗用型除草機で複数回同じ場所を走ることで硬盤層（機械を支える硬い層）が次第に沈下し、走行性悪化の原因となります。

①機械を用いた除草作業

雑草の繁茂状況に応じて、水田内の雑草を物理的に排除する除草作業が行われます。主に、田植えから7～10日に2～3回実施します。

除草作業の方法として、手取りや手押し式除草機、乗用型除草機などがあり、乗用型除草機は数社から販売されています。



②乗用型除草機の走行に必要な地耐力

乗用型除草機が水田の中を走行するためには、機体の重さを支えることができる土壌の固さ（地耐力）が必要です。広島県神石高原町の水田では、硬盤の地耐力が10～20kgf/cm²でした。タイヤを支えるには5kgf/cm²程度の地耐力が必要なため、この地耐力であれば乗用型除草機の走行に問題はありませんが、排水不良の箇所や枕地は地耐力が低くなりやすく、スタックの危険性があります。

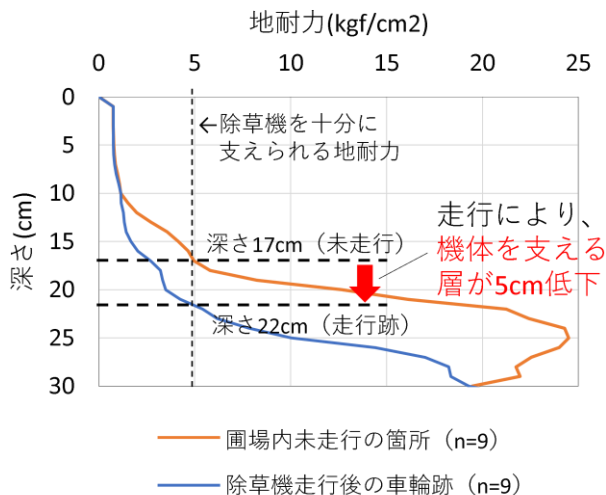
地耐力が低い場合は、重量の軽い農機の選定、補助輪による接地圧の軽減などが必要です。



③機械走行による機体を支える層の沈下

乗用型除草機はタイヤが泥に沈むと走行性が悪化し、およそ25cm沈むと走行が難しくなります。また、除草機が走行すると、機体を支える硬い層が沈み込んでしまいます。

広島県神石高原町では、除草機が走行していない場所は支える層の上端が深さ15～17cmですが、走行後の車輪跡では5cm程度深くなりました。沈む深さは、元の地耐力が低いと1回の走行でより大きくなり、秋田県大潟村の計測では同じ場所を複数回走行することでより深く沈むことを確認しています。





- ① 深水管理とは移植した苗の根が活着した後から、水深を10cm以上に保つ水管理手法です。水田の田面は不陸があるため、水田全体の水深が10cm以上となるよう深めに調整します。
- ② 深水管理はヒエ類に対して大きな効果を発揮します。一方で、他の草種には効果が低いため異なる雑草対策の掛け合わせが重要です。

①深水管理のスケジュール

●**移植後～活着期の水管理**：苗の移植後から1週間程度は根の活着を優先させ、水田内の水深を浅く（概ね5～7cm）保ちます（右上図）。十分に活着していないと、除草作業などに支障をきたすため、十分に活着していない場合は、深水に移行する時期を遅らせます。

●**活着期からの深水管理**：根が十分に活着したことを確認した後、雑草の発芽を抑制するため、水深を10cm以上にします。稚苗で移植した場合や十分に活着ができていない場合は水没や浮き苗にならないよう稲の生長に合わせて水深を段階的に深くし、最終的に水深が10cm以上となるようにします。水田は田面不陸があるため、水田全体の水深が10cm以上となるように深めに水深を調整します。

②深水管理の抑草効果

水深を7cmと14cmで管理した水田の雑草繁茂状況を比べると、水深14cmの水田が少ないです（右中図）。このように、深水管理をしっかりと行うことで雑草の繁茂を抑制することができます。

しかし、深水管理は発芽に酸素が必要となるヒエ類に高い抑草効果を発揮するものの、発芽条件が異なるコナギや塊茎から発生する多年生雑草であるクログワイやオモダカには効果が低いことがわかっています（右下図）。これらの雑草については、機械除草などの異なる雑草対策を掛け合わせる必要があります。



水田には田面不陸があるため、実際の深水管理では水深を深めにします（写真は水深14cm）



左側：水深7cm 右側：水深14cm



深水管理でも、一部でコナギ発生



- ① 日々行う水管理を自動化することで、労力を大きく削減できます。また、無駄な水を使わないことによる用水量の削減も期待できます。
- ② 設定した水位を自動で保つため、深水状態を確実に維持できます。
- ③ スケジュール管理機能を用いることで、水管理の省力化・精緻化を最大限に発揮することができます。

①自動水管理システムの概要と必要性

水稲栽培において、水回りや水位調整は耕作者の大きな負担ですが、近年では給水口と排水口を自動及び遠隔で操作するICTを利用した自動水管理システムが開発されています。このシステムは、センサーが24時間常に水田内を観測するため、利用者はいつ・どこでも水田内の水深や水温、灌漑の有無が分かるほか、バルブなどにつけたアクチュエータで遠隔で灌漑や排水の操作が可能になります。また、目標となる水深を設定することで、その水深を自動で維持する自動制御の機能もあります。このシステムにより、水管理にかかる労力を8割程度削減できることが明らかになっています。また、無駄な水を使用しないことで用水量を削減する効果も報告されています。

有機水稻栽培では、慣行的な水管理に比べて水管理にかかる労力が大きくなります。これは、慣行的な水管理に比べると水位管理がシビアになり、それに対応するために水回りも増加することが理由です。そのため、自動水管理システムによる水管理の自動化が効果的です。



従来のバルブ操作

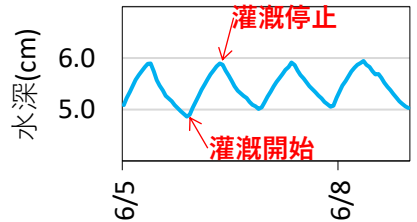


給水バルブに装着した 自動水管理システム

②確実な水管理

深水管理では水深10cm以上を保つ必要がありますが、人による管理では限界があり、一時的に水深が浅くなってしまうことによる抑草を失敗する可能性があります。一方で、自動水管理システムによる自動水管理は設定した水深の上限値と下限値の間（制御幅）で維持します。例えば、上限の水深を6cm、制御幅を1cmで設定して自動制御を行うと、水深は5cmから6cmの間を維持します。

また、水管理を行う際は田面不陸によって一部が浅くなることがあるため、不陸を考慮した上限の水深を設定する必要があります（P.13 Topics3を参照）。



上限水深を6cm、制御幅を1cm
とした場合の水位変動の例

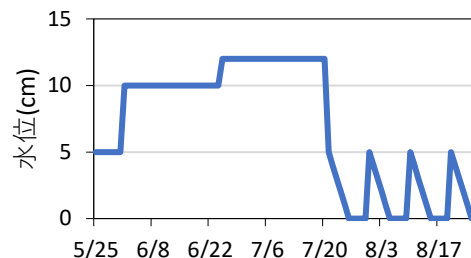
③スケジュール管理による水管理

市販されている自動水管理システムの一部ではスケジュール管理機能があります。これは、予め年間の水管理スケジュールを作成し、そのスケジュール通りに水管理を自動で行わせる機能です。設定した日時に水管理を自動で実行するため、必要な水管理を確実にしつつ、水管理労力をさらに軽減できます。

水管理スケジュールは地域の特色に合わせた水管理手法を加えることができます。秋田県における水管理スケジュールの例では、活着後の段階的な水深の上昇や、水はけの悪い土質や立地を考慮し、7月下旬から水を落とす管理を実施するといった設定ができます。このように作成する水管理スケジュールに、本マニュアルで紹介する早期湛水や中干しの延長などの水管理技術を加えることで抑草に効果的な水管理スケジュールが作成できます。

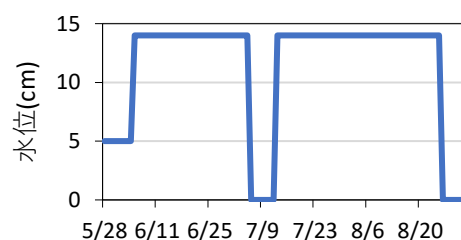
また、スケジュール自体を他の水田や利用者と共有することで、水管理のノウハウの継承や水管理を工夫することによる地域のブランド化などを行うことが期待されます。

水管理スケジュール例（秋田）



重粘質土壌のため、7月下旬から水を落とす管理を実施

水管理スケジュール例（岩手）



左図は、ほ場水管理システムWATARAS（株）クボタケミックス社の水管理スケジュール設定画面

移植や深水管理開始といった水管理作業毎に開始日時などを設定

【Topics2】水管理スケジュールの作成サポートツール



- ① 水管理スケジュールは一度作ることで何度でも使うことができますが、操作方法の理解や操作性が少し難しいところもあるため、作成をサポートするツールの開発が進んでいます。
将来的には、作成したスケジュールを共有できる機能を開発することで技術の普及に役立てると期待されています。

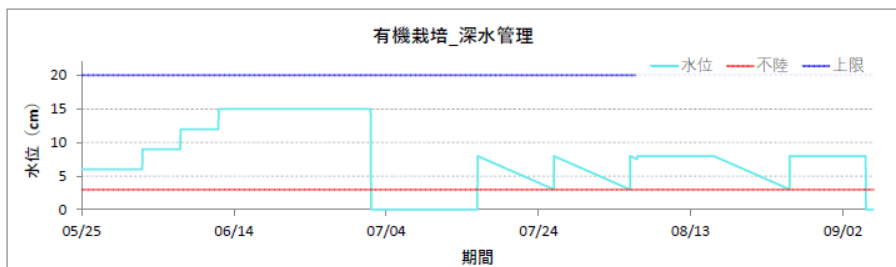
①水管理スケジュール作成をサポート

水管理スケジュールは、予め日時と水管理制御方法を指定しておき、作期を通して水管理を自動化する便利なツールですが、とくにPCなどの操作に慣れていない方にとっては操作方法を理解することや操作性が難しいことがあります。

それを解決するためのサポートツールが開発されており、基本的には上から順番に空欄に情報を入力するだけとなっています。

将来的には、作成をサポートする機能だけではなく、作成した水管理スケジュールを共有できるような機能も取り入れることで、様々な水管理技術の普及に役立てるツールになることが期待されています。

スケジュール設定										
地域		秋田県		作成日		補正機能				
品種		あきたごまち		作成者		不陸値	3.0	cm		
名前		有機栽培 深水管理				上限値	20.0	cm		
テンプレート取込		開始日一括変更		テンプレート出力						
No	イベントの追加・削除	日付	イベント名	制御設定				時間灌溉		イベント日数
				制御方法	設定水位 [cm]	制御幅 [cm]	間断日数 [日]	開始	終了	
1	削除 追加	05月25日	活着期	一定湛水	3.0	1.0				08日
2	削除 追加	06月02日	深水移行①	一定湛水	6.0	2.0				05日
3	削除 追加	06月07日	深水移行②	一定湛水	9.0	2.0				05日
4	削除 追加	06月12日	深水管理	一定湛水	12.0	2.0				20日
5	削除 追加	07月02日	中干し	排水						14日
6	削除 追加	07月16日	中干し後管理	間断灌溉	5.0	2.0	10	8:00	16:00	21日
7	削除 追加	08月06日	出穂期	一定湛水	5.0	2.0				10日
8	削除 追加	08月16日	登熟期	間断灌溉	5.0	2.0	10			20日
9	削除 追加	09月05日	収穫準備	排水						



グラフ設定	
最大水位 [cm]	22
最小水位 [cm]	0
水位間隔 [cm]	5
日付間隔 [日]	10

メモ
ここにスケジュールのメモを入力できます。

※メモはCSVファイルには出力されません

日付を選択してセルに入力

<

2024/08

>

日	月	火	水	木	金	土
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

例として、1作期の水管理を9つの段階に分けて作成
左図は、詳細設定を管理できるモードのため、簡易モードでは実際の情報量は半分程度
日時は直接入力かカレンダークリック形式のどちらか



Point

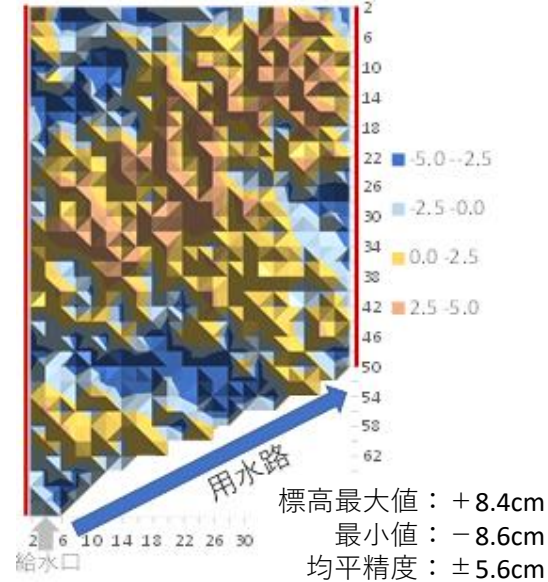
- ① 抑草を目的とした深水管理では、田面の不陸を考慮し、部分的に浅くならないように水位を決定する必要があります。
- ② 水位センサーを用いることで、水準測量などを行わずに、簡易的に田面不陸の大きさを計測する方法が考案されています。

①田面不陸による深水管理の水位設定

慣行栽培においては水田内が湛水されていれば、栽培に関しては大きな問題にはなりません。抑草を目的とした深水管理などの水管理では、田面の不陸を考慮した水位設定が必要です。

右の図のような田面を持つ水田で深水管理を行う際、田面標高の平均を0cmとした水位10cmで水管理すると、およそ6割程度の部分が水深10cm未満となります。深水管理の抑草効果は水深を10cm以上に保つことが重要であることを踏まえると、田面の凸部に合わせて水位を18cm以上にしなければいけません。

このように、抑草効果を発揮させるにあたっては田面不陸を無視することができません。



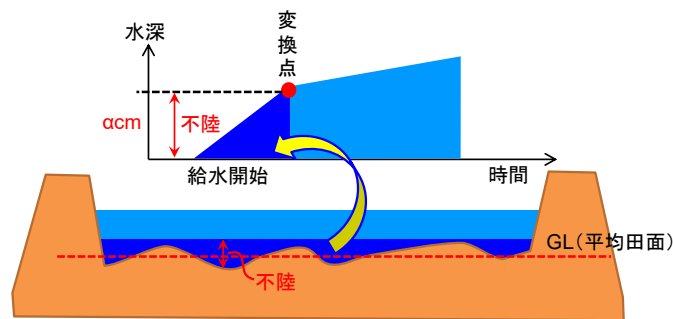
②水位センサーを用いた田面不陸の大きさ推定

田面不陸の大きさを調べるには労力がかかるため、すべてのほ場で毎年行うことはできません。一般的には、水を張っている状態で田面の凸部が水面から出ているかどうかを確認し、感覚的に水の深さを決める場合がほとんどです。

現在、水位センサーを用いて、水田に灌漑する際の水位上昇速度を用いた田面不陸の大きさ推定手法が開発されています。具体的には、給水により上昇していく水面が田面不陸を覆う前後で水位上昇速度が変化するため、その変換点を田面不陸の大きさとしています。

ICT水管理システムに導入されることで、自動で推定しながら、田面不陸を考慮した水管理が可能となります。

田面の凸部に合わせた水位設定が重要
また、均平精度が悪い程、田面全てを深水で維持するには多量の用水が必要



水田への給水により水面が上昇し、田面不陸を覆う前後で水面の上昇速度が変化

深水管理による用水量の変化

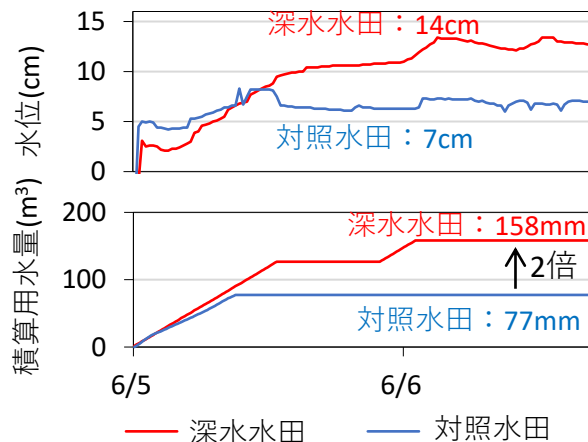


- ① 活着後から深水管理に移行する際は水深を深くする分だけ用水量が増加します。
- ② 用水が不足する地域や漏水が多い水田で深水管理を行う場合、連坦する水田で行うことや、複数の漏水対策を組み合わせることが重要です。

① 深水管理に移行する際の用水量

整備条件が同じ2筆の隣接した水田において、活着期から深水管理に移行する際の水位変動と積算用水量を示しています（右図）。水深7cmまで灌漑した対照水田の積算用水量と比較して、水深を14cmとした深水水田は約2倍の用水量と水深を深くした分だけ使用しています。

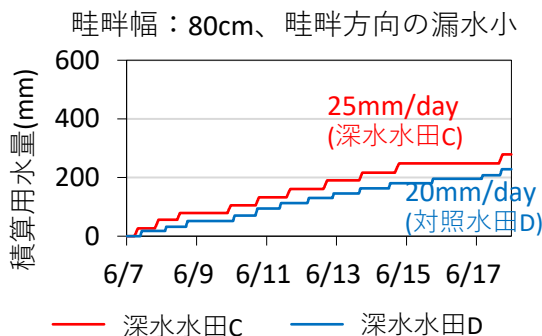
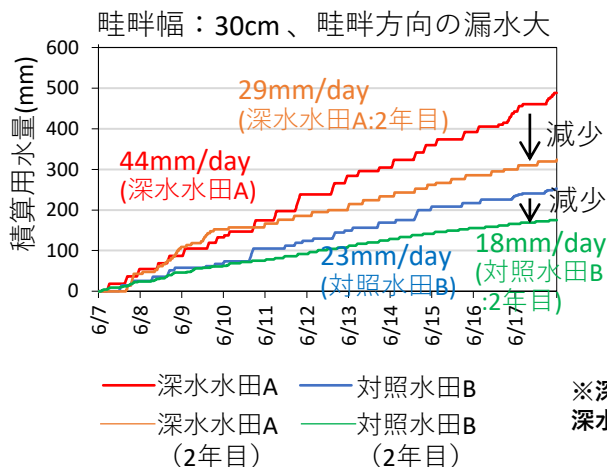
用水量が不足する地域においては、事前に畦塗りを行い、荒代や中間代、植代を計画的に行うことで漏水を防ぐことが大事です。



② 水深を一定に保つ際の用水量

隣接する深水水田と対照水田では水位差が生じるため、畦畔方向の浸透が大きい場合、深水水田においてより多くの用水量を必要とします（下段左図の水田AとB）。その場合、畦畔際の転圧といった漏水対策を行うことで、1日あたりの用水量を減少させることが可能です。実際に漏水対策を行ったところ、翌年では用水量を水田Aは35%、水田Bは22%削減することができました、また、畦畔の幅を広くする漏水対策を行うことも有効です（下段右図）。

特に用水量が不足する地域で深水管理を行う場合、散在した水田で行うのではなく、水位差が生じないように連坦した水田で行うことが望ましいです。また、複数の漏水対策を組合せ、なるべく水持ちのよい水田を選ぶことも重要です（P.15 漏水対策を参照）。



※深水水田から対照水田に用水が移動しているため、用水量は深水水田がより多くなり、対照水田が少なくなる



- ① 深水管理を行うためには、十分な高さ及び強度を持った畦畔が必要です。畦塗りによる補修を可能な限り毎年行ってください。
- ② 水田からの横方向への漏水を抑制するために幅広畦畔の造成も考慮する必要があります。
- ③ 横浸透を防ぐためには、代かき前に畦際の転圧を行うことが有効と考えられます。

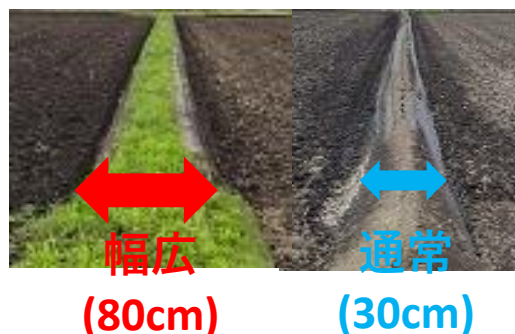
①畦塗り

深水管理を実施している水田と、通常の水管理を実施している水田や転作を行っている水田が隣接している場合、畦畔を通して深水管理を実施している水田から横浸透が発生し、隣接水田の水位が上昇したり、湿害を引き起こしたりする可能性があります。特に亀裂が入ったり、大きな穴が開いてしまった畦畔や、崩壊してしまった畦畔からは漏水が生じやすいです。そのため、畦畔を補修するために、毎年代かきの前に畦塗りを実施するようにしてください。



②幅広畦畔の造成

水田からの漏水には、水が地中に浸透することによって生じる下方浸透によるものと、畦畔を通して隣接する水田へ流出する横浸透によるものがあります。前述の畦畔の幅が異なる水田において、幅が広い方が横方向への浸透量が減少しています（P.14 深水による用水量の変化を参照）。漏水が大きいと考えられる水田では、幅広畦畔の造成により、漏水を抑制できる可能性があります。



③畦際の転圧

横浸透は、畦際から下方に浸透した水が、畦畔の下を通過して隣接する水田や水路に到達するパターンも考えられます。畦際は農機が通過することが少なく、十分に硬盤が形成されず、透水性が高くなる場合があります。このような場合には、代かき前に、ホイールローダーやケンブリッジローラーを用いて畦際を1周するように土を転圧することで、漏水を抑止する効果が期待されます（P.14 深水による用水量の変化を参照）。



深水管理を活用した水稻の有機栽培体系の概要

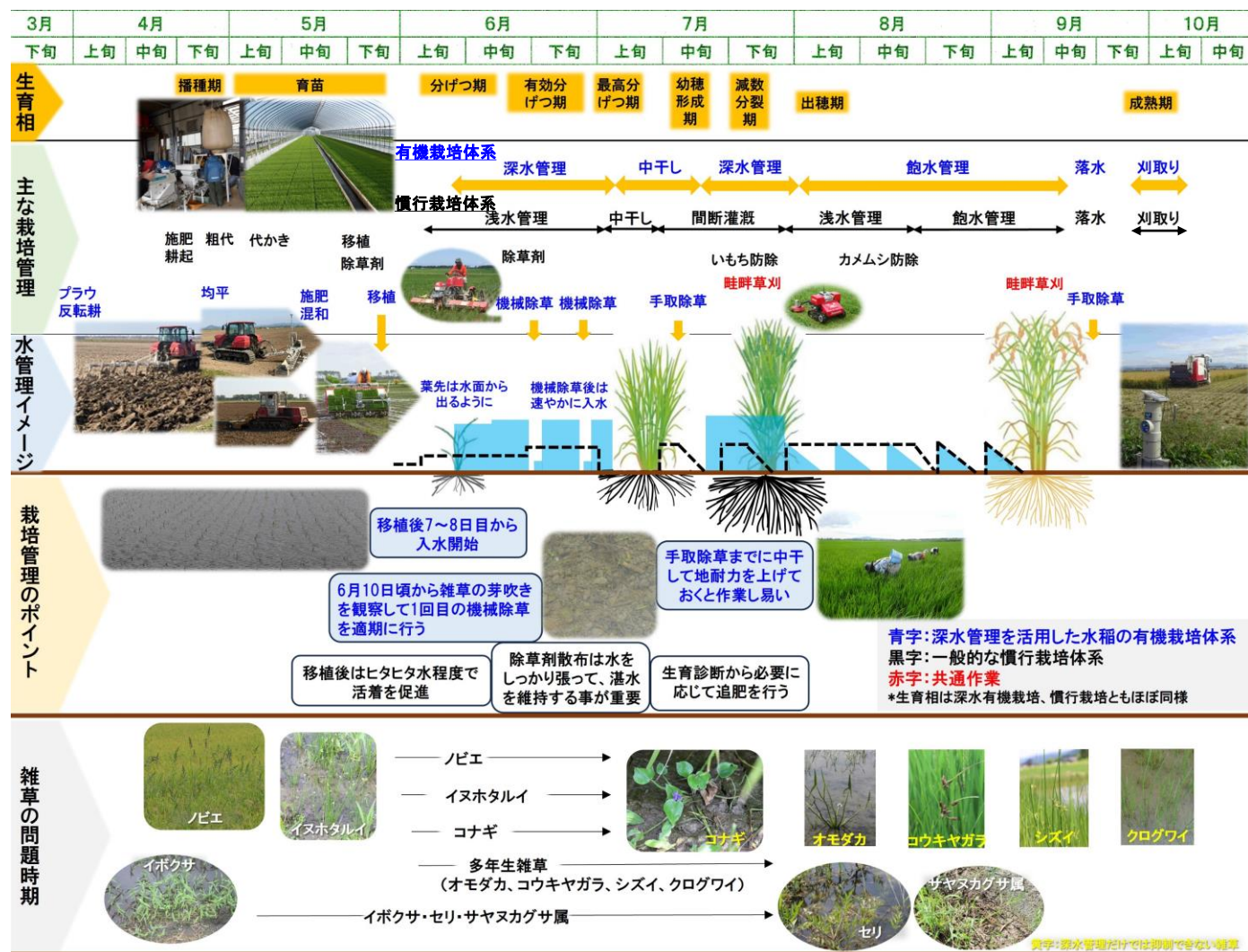
- Point**
- ① 深水管理は思い切った水管理が重要になります。
 - ② 適期の機械除草と残草に対応した体系的な水管理が大事です。

①深水管理は思い切った水管理が重要になります

深水管理はヒエの抑草効果が優れるので、ほ場全体の水位が必ず10cm以上になるように着実な水管理を行うことで残草に絞った機械除草や中干しを組み合わせた省力的な雑草管理が可能になります。

②適期の機械除草と残草に対応した体系的な水管理が大切です

深水管理で抑制できない草種を大型化させないための適期の機械除草を励行し、雑草生育が旺盛となった場合は長期中干しを組み合わせた体系的な水管理を行うことが大切です。



深水管理による肥培管理

①肥培管理における作業内容



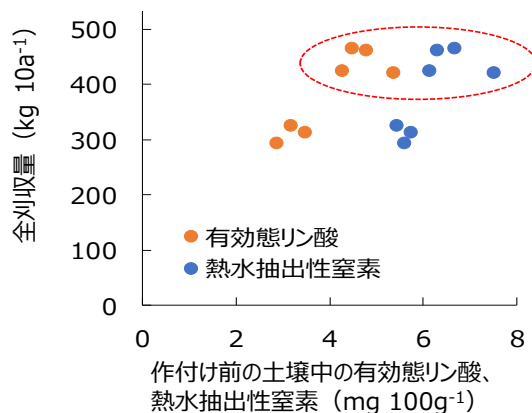
Point

- ① 有機栽培では、土づくりを通じて地力を高め維持することが重要です。
- ② 稲わらは代かきまでにしっかりと分解させて下さい。
- ③ すき込む際は堆肥などの有機物を散布することで、稲わらの分解を促進することができます。

①豊作の第一歩は土づくり

水稻が吸収する窒素の6割程度が地力（土壌から発現する窒素）由来と言われており、多収を狙うには、先ず第一に地力を高めて維持する土づくりが重要です。

作付け前の土壌中の有効態リン酸や熱水抽出窒素が高いほ場、つまり地力が高い肥沃なほ場では収量が優れていました。



②代かきまでに稲わらはしっかり分解

代かき直前に稲わらをすき込むと、湛水後に土壌から気泡（ワキ）が発生し易くなります。ワキの発生は、すき込んだ稲わらの分解が不十分な状態で湛水することが原因の一つです。ワキが発生すると根の活力が低下して水稻の初期生育が抑制されます。通常は落水することで抑えますが、深水管理では落水できません。

ワキの発生を抑えるには、代かきまでに稲わらをしっかりと分解させることが重要です。秋にすき込みが可能なら、収穫後、速やかに稲わらをすき込みましょう。春以降になる場合は、排水性の確保に努め、できるだけ春の早い時期にすき込みましょう。

作付け前の地力と収量の関係(東北農業研究センター)

施肥は魚かす系肥料(窒素6%)100kg/10aをペースト2段施肥。
図中の赤囲みは前作がダイズまたは堆肥を施用したほ場。



稲わらは早目のすき込みでワキ対策

すき込んだ稲わらの分解が不十分だとワキ発生の原因となります。早目のすき込みで十分分解させましょう。

③有機物の施用で稲わら分解促進と地力向上

堆肥などの有機物を散布して土壌に窒素を供給することで、地力の向上とともに、稲わらの分解が促進されワキの発生を軽減できます。

有機物は雑草発生を抑える効果が期待できる「トロトロ層」の形成を担うイトミミズのエサにもなります（トロトロ層の詳細はP.30を参照）。

有機JASの認証を取得する場合は、有機JASで認められた資材を使用します。



稲わらすき込み前の牛ふん堆肥散布

窒素分を含む有機物の散布で稲わらの分解を促進

②有機肥料の特性



- ① 化学肥料と違い、有機質肥料は肥料中の有機物が微生物により分解されて初めて窒素が作物にとって利用可能になります。
- ② そのため、肥料の種類により窒素の効き方が異なるので、特性を理解した上で適切に使用することが大切です。
- ③ 有機質肥料のうち窒素含有量が多いものは生育初期からの肥効が期待できます。

①有機質肥料の特徴

有機質肥料では含まれているタンパク質など有機化合物が微生物によって分解され、土壌中に窒素放出されます。そのため、化学肥料と違い次のような留意点があります。

- ・ 全窒素の一部しか作物には利用可能にならない
- ・ 温度が低いと微生物活動が弱まり、窒素放出が遅延する

作物に利用可能な窒素の割合、低温が窒素放出に与える影響の程度は、資材ごとにまちまちです。そのため、資材の特性を理解した上で使用する必要があります。

②主な有機質肥料での特性の傾向

魚かす、油かす、鶏ふん堆肥での、利用可能な窒素の割合と温度（低温）の影響をまとめると、右の表のようになります。

	利用可能な窒素の 全窒素に対する割合	低温による 窒素放出遅延
魚かす	70% 程度	弱い
油かす	70% 程度	強い
鶏ふん堆肥	30～80%程度	なし

油かすのように低温の影響を強く受けるものは、厳冬期では窒素肥効は期待できず、意図しない時期に効き始めることがあるため、注意が必要です。特に寒冷地では、夏場以外は使用しない方が安全です。鶏ふん堆肥は低温の影響はありませんが、利用可能な窒素の割合が製品によりまちまちで、3割程度と低いものもあるため、散布量の調節が必要です。その点、魚かすは窒素の割合が安定していますが、油かすなどを混合し成型しているものもあり、その場合低温の影響が強くなっている可能性があるため、注意が必要です。

③有機質肥料の無機化特性

有機質肥料の分解は一様でなく、炭素と窒素含量の比（C/N比）により傾向が異なります。C/N比が高い（炭素比率が高い）有機質肥料の場合は、土壌中の窒素を用いて分解されるため、一時的な窒素欠乏になります。有機質ペースト肥料のようにC/N比が低い（窒素比率が高い）場合は、温度の上昇とともに分解されて窒素が放出され、生育初期から窒素の肥効が期待できます。

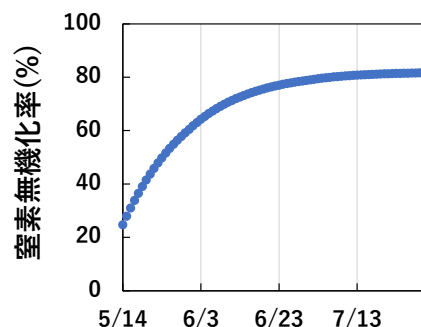


図 ペースト肥料の窒素無機化率

宮城大学土壌にシープロテイン(窒素6 kg/10a相当)を添加、培養し、無機化の特性値を算出。特性値と深水管理下で測定した5～7月の地温から作図。

深水管理による肥培管理

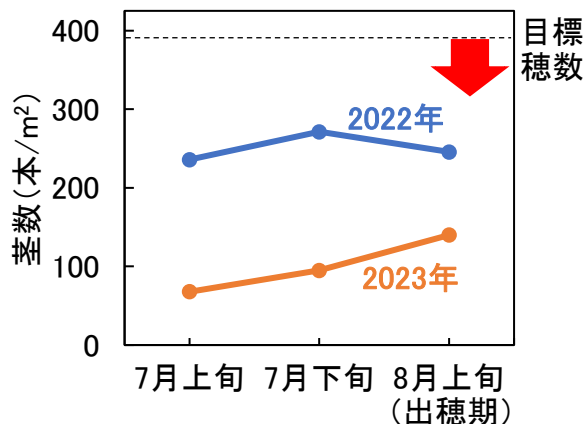
③基肥の効果



- ① 深水管理の有機栽培では初期生育（特に分けつの発生）が緩慢になりやすく、穂数が少ない傾向があります。
- ② そのため「早いタイミングでの施肥」「肥効の早い有機質肥料の利用」といった肥料を早い時期に効かせる肥培管理が有効です。

①深水管理の有機栽培での水稻の特徴

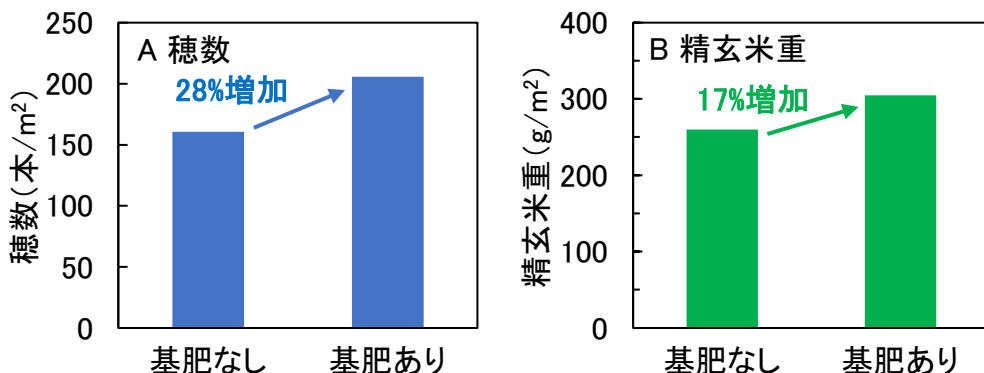
深水管理は雑草の生育抑制に効果的な反面、水稻に対しても分けつを抑制する傾向があります。加えて、水稻の有機栽培では、使用される有機質肥料の多くで低温下での窒素放出量が少ないことなどから、気温の低い栽培前半の生育が緩慢となり、穂数も低水準になりがちです。例えば、移植前には施肥を行わず、土壌表面の還元による雑草抑制も兼ねて移植～1か月後にかけて複数回の追肥を行う深水管理有機コシヒカリの事例では、生育初期から茎数が少ない水準で推移し、最終的な穂数も少なく、収量も低い水準となっていました。



広島県内の有機水稻栽培を行う現地深水管理水田で2022、2023年に調査（水田2筆の平均値）。施肥は、魚かす系肥料（窒素5.5%）100kg/10aを移植～1か月後に複数回に分けて散布。目標穂数は、広島県水稻栽培基準（コシヒカリ（高冷地帯、良質））での値。

②深水管理に適した肥培管理

生育前半の栄養状態改善のため、上記の追肥体系に基肥（移植前に施肥）を追加する施肥体系に変更したところ、穂数が28%、精玄米重が17%増加しました。このように深水管理の有機栽培においては、「早めのタイミングで施肥を行う」「肥効の早い有機質肥料を使用する」などの生育前半に肥料を効かせることをイメージした肥培管理が有効となります。



上段図と同じ水田で2023年に試験実施。データは水田2筆の平均値。「基肥なし」は上段図に示した追肥体系のみ、「基肥あり」は同追肥体系に加えて、追肥で使用する魚かす系肥料20kg/10aを基肥として代かき前に施用。



Point

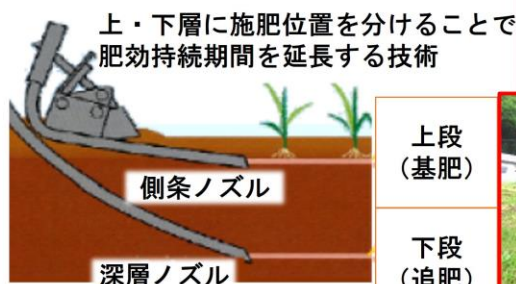
- ① 水田の上層と下層に液体状の肥料を施用するペースト2段施肥技術は初期生育が旺盛になり、施肥作業の省力化も期待できます。
- ② 深水管理下で収量が高位安定化します。

①ペースト2段施肥技術

水田の上層と下層に液体状の肥料を施用することで、イネの根系の発達に応じた窒素供給を可能にする施肥技術です。緩効性肥料のような肥効が期待できるため、追肥を必要としない省力的な施肥技術として注目されています。

寒冷地では上層の施肥量を多くすることで初期生育の確保に有効な技術として活用されています。東北地域の「あきたこまち」、「ひとめぼれ」では上層と下層の施肥割合を1:1とすることで安定した収量が得られます。

ペースト2段施肥技術



②有機・深水管理で収量が高位安定化します

ペースト2段施肥は慣行の粒状肥料の全層施肥よりも初期生育が旺盛となり収量性も優れることが認められています。特に、深水管理でペースト2段施肥の収量は高位安定化するため、深水管理に適した施肥技術といえます。

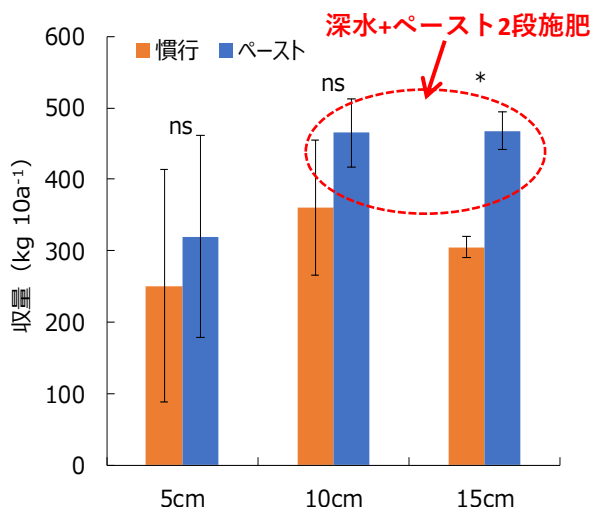


図 水管理と施肥法の違いが収量に及ぼす影響
東北農研センターほ場の2022年の結果。
移植後7日目から40日前後まで水深を5cm、10cm、15cmとして水管理した。窒素施用量は6.0kg/10aとして慣行区は粒状有機質肥料を全層施用し、ペースト区は魚かす系の有機質肥料を上層と下層の施肥割合を1:1として施用した。



- ① 各地域に適した品種や販売先の要望を考慮した品種を選定します。
- ② 耐病性や耐倒伏性に優れ、穂数を確保し易い品種が適しています。
- ③ 疎植栽培で分けつが出やすい品種は、深水管理によって有効茎歩合が高まり、太くて倒れにくい茎になります。
- ④ 生育初期からの深水は、下位分けつの出現を抑制するため、生育に合わせて水位を高めることが必要です。

①品種選定

耐病性や耐倒伏性、収量性、熟期などの品種の地域適性や販売先の要望などを考慮して選定します。

②耐病性・耐倒伏性

有機JASで使用可能な農薬は少ないため耐病性のある品種が望ましいです。「コシヒカリ」、「ササニシキ」、「にこまる」、「ハナエチゼン」のBL系統や「みねはるか」、「えみのあき」はいもち病抵抗性が極めて優れます。「にこまる」、「ハナエチゼン」は高温耐性も優れています。また、深水管理を続けているとほ場が柔らかくなるため、倒伏しにくい品種が望ましいです。

③深水管理に強い品種

疎植栽培で分けつが出やすい品種は、深水管理によって有効茎歩合が高まり、太くて倒れにくい茎となり、また穂も大きくなります。一方、分けつが少ない品種は深水管理によって穂数が減少し減収する可能性があるため、深水の水位が深くなりすぎないようにしたり、栽植密度を調整するとよいでしょう。「ひとめぼれ」は深水でも分けつが抑制されにくい特性があります。

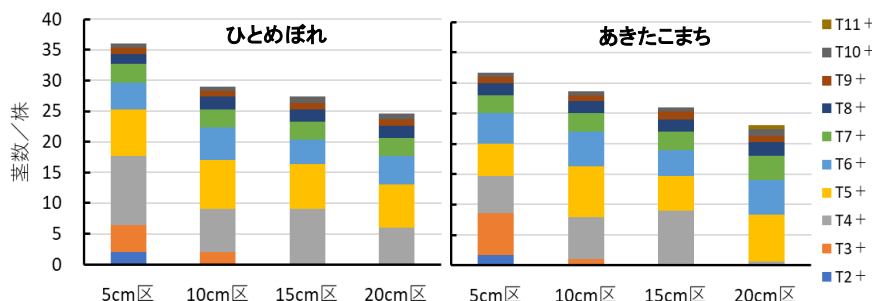


図 異なる深水管理に対するイネの分けつ発生の変化

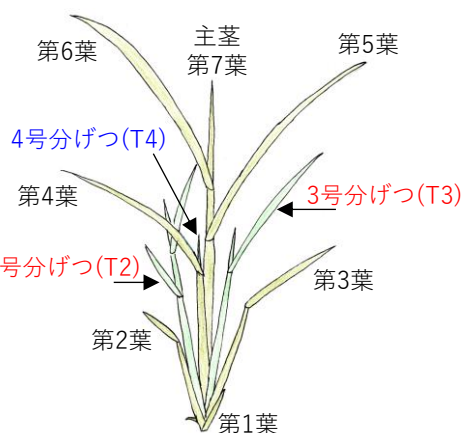


図 イネの初期分けつ出現の様子

赤字: 10~15cmの深水で抑制される分けつ
青字: 深水に強い品種で生き残る分けつ

④生育初期の深水処理と水稻の分けつ出現

移植後10日~20日の水位が5~20cmでは、水位が高くなるほど中干し後の茎数が少なくなり、特に下位の分けつの出現が抑制されます。また、中干し終了までに出現した分けつの穂重は、水位が高いほど小さくなる傾向があります。このため雑草抑制効果を維持して収量を確保するためには、生育に合わせて段階的に水位を高めることが大切です。

深水管理に適した苗作り（１）



- ① 深水管理に適した雑草に負けない中苗～成苗を使用します。
- ② 種子消毒とうす播きで健苗を育成することが大事です。
- ③ 市販の育苗用土などを積極的に活用して下さい。

①深水管理では中苗～成苗

深水管理では、田植直後から5～7cmの水深が必要です。そのため、苗が水没しないよう草丈15～20cm、葉齢4～5葉の中苗～成苗を使用します。

また、中苗～成苗は、雑草との競合面でも有利であり、イネの根を食害するイネミズゾウムシ幼虫の被害を軽減する効果も期待できます。

②種子消毒、うす播きで健苗育成

・種子消毒

通常、温湯消毒が利用されています。

手順：60℃のお湯に10分間浸漬→直ちに冷水で冷やす

※温度と時間は厳守しましょう！

有機JASで使用が認められている微生物農薬（タフブロックなど）を組み合わせると、安定した防除効果が期待できます。

・播種量

中苗～成苗に育てるため、播種量が多いと育苗中の競合で徒長してしまい軟弱苗になったり、病気にかかりやすくなるので、播種量はうす播きを心がけます。

播種量の目安 条播（20条）：乾籾換算60～80g/箱
散播：乾籾換算80～100g/箱

③育苗培土の活用

有機栽培では、健全な苗を育てることが成功の第一歩です。有機栽培では肥料や土壌病害などの管理が難しいので、始めて有機栽培に取り組む場合は、有機JASの認証がとれている市販の育苗培土を利用してみるのも手です。大面積の場合も、市販育苗培土を利用することで均質な苗に仕上げやすくなります。

自前で育苗培土を調整する場合は、病害や雑草種子の混入に十分気を付ける必要があります。自前で調整する際は、農研機構が公開している「高能率水田用除草機を活用した水稻有機栽培体系標準作業手順書（<https://sop.naro.go.jp/document/detail/37>）」などを参考にしてください。



成苗の例（葉齢4.5葉、草丈17cm）



温湯種子消毒機（湯芽工房YS101）
使用時には温度低下防止のため蓋をします



市販育苗培土を詰める様子

深水管理に適した苗作り（２）



- ④ 管理が容易なハウスでのプール育苗を推奨します。
- ⑤ 温暖な地域・時期には苗代育苗も可能です。
- ⑥ 適切な追肥で育苗中に息切れしないように管理して下さい。

④ハウスでのプール育苗

プールは置き床の均平をとったあと、角材やパイプなどで枠を作り、ブルーシートなどの遮光性のシートの上に新しいビニールシートを敷きます。

種子消毒した種もみを播種して加温出芽後、ハウス内のプールの置き床に育苗箱を並べ、不織布（ラプシート）、シルバーポリなどをべたがけして2日間程度緑化させます。緑化が終了したら被覆資材を外して入水します。



ハウスでのプール育苗

⑤苗代育苗

水田での苗代育苗のメリットは、水管理を省力化でき、プールを設置する手間が不要な点です。苗代育苗でも、置き床となる田面の均平をしっかりとりまします。出芽を揃えるには播種から幼苗までは被覆資材（アルミ蒸着フィルムなど）を使用しますが、病害の発生と徒長を予防するために無加温出芽を推奨します。ただし、気温が低い時期に電熱育苗器を用いる場合は、設定温度28℃以下、期間は2日以内とします。



水田苗代育苗

⑥追肥

中苗～成苗に仕上げるには約40日程度必要です。有機肥料は、化学肥料に比べて肥効の発現が遅く、葉色が淡くなり始めてから追肥しても育苗期間中の回復が難しいため、目安として1週間に一度、1箱あたり窒素成分で1.5g/箱程度の追肥が必要です。

また、追肥の効果を高めるためには肥料を床土に直接施用することが重要なので、追肥前に落水して床土を水面から出して追肥して下さい。

中苗～成苗の育苗には、床土の窒素成分も含めて、1箱あたり窒素成分で3g程度必要です。

なお、有機苗は、化学肥料で育てる慣行苗と比べて、葉身はやや細く葉色がやや淡いことも特徴として捉えておきましょう。



播種5日後の苗
(乾燥もみ70g/箱、播種量は少ない)



Point

- ① 深水管理では、田面の均平性が特に重要です。
- ② 早期湛水と複数回代かきで雑草の発生数を減らします。
- ③ 植代は浅水で丁寧に行い、発生した雑草を確実に埋め込みます。

①均平性を意識して丁寧な代かき作業

深水管理による雑草対策を成功させる秘訣の一つは、ほ場全面を均一な深水に保つために田面の不陸が少ない均平な田んぼに仕上げることです。

可能であれば、レーザーレベラーによる均平作業が理想ですが、利用できない場合は前作時に田面の不陸を記録しておき、耕起や代かき時にできるだけ不陸がなくなるように丁寧な作業をします（P.7 田面の均平を参照）。



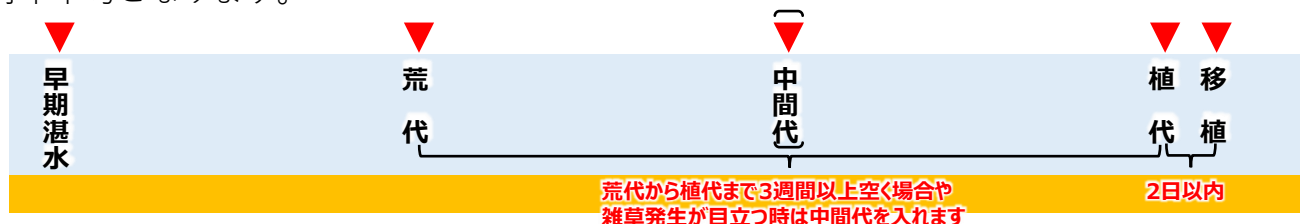
レーザーレベラーによる均平作業

②早期湛水・複数回代かき

早期湛水することで、土中のノビエ種子を発芽させて代かき作業で土中に埋め込んで低減します。また、早期湛水によりイトミミズも早くから活動を始めます。

荒代後に発生したノビエを中間代や植代で埋め込み、土中の種子数を減らします。ただし、コナギやイヌホタルイは土中の種子数が非常に多いため、この段階だけでは発生数を低減することはできません。

イトミミズは3～6月に春季の産卵を行います。そのため、早期湛水を行うことでイトミミズの活動・増殖を早期から促し、「トロトロ層」の形成を進めます。早期湛水開始時期は3月中下旬となります。



③植代は浅水で

植付前の雑草を代かきで除草する場合、植代はハローのレーキ跡が残る程度の浅水で行い、発生した雑草を確実に埋め込むよう丁寧に代かきをします。水深が浅すぎると、タイヤの溝に泥が詰まり、空回りしてトラクタがスタックすることがあるので注意します。

植代後から雑草は発生します。雑草抑制には早めの除草機の使用が必要であり、除草機使用時には苗の活着が必要です。植代から田植えまで浅水にする事で、田植えまでの期間を短くし、早めの除草機使用が可能となります。



浅水による植代



- ① 無代かき移植は耕起・砕土のあとに代かきをせずに田植えを行う栽培法です。排水不良田においては透水性の改善、機械除草などの作業性の向上が期待できます。
- ② プラウ、ロータリーで耕起後し、ハローで細かく砕土して整地することで、普通田植機でも移植が可能です。
- ③ 移植時は水深を浅くして、深めの植付をします。窒素利用効率の高い肥料による側条施肥により安定収量が期待できます。

①無代かき移植とは

無代かき移植は、耕起・砕土は行いますが代かきをせずに田植えを行う栽培法で、代かきにより土塊を細かくしないので土壌の透水性が高まり、グライ土など排水性が不良な水田の土壌環境改善、機械除草などの作業性の向上が期待できます。また、代かきによる濁水が発生しないので水質保全型の栽培法です。

②作業方法

プラウ、ロータリーで耕起後、代かきハローやバーチカルハローなどにより砕土・整地します。砕土・整地は移植精度に影響しますので、砕土率（20mm以下の土塊の重量割合）を7割以上にすることを目標とします。バーチカルハローは降雨後速やかに作業でき、砕土もよく整地できるため、普通田植機が無理なく使え移植精度が高まります。早春のプラウ耕は土壌を乾燥させて土塊を崩壊しやすくし、土壌基盤を固め乾土効果を引き出します。



プラウ耕による反転耕（3月）

レーザーレベラーで均平にする
（4月下旬）

施肥後にパワーハローで混和整地
（5月中旬）

③移植時のポイント

移植前の水深は浮き苗防止のため、土塊の間から水が見える程度に浅くします。慣行移植と同じ植付深とすると浮き苗やころび苗が多くなるので、やや深めに植付けます。無代かき田植機を使う場合、耕起・砕土は代かきの場合と同じ程度で移植できます。移植時の水深はさらに浅くし、土塊が8～9割露出している程度で行います。

透水性の増大が肥効に影響するため、窒素利用効率の高い肥料を用いた側条施肥を導入することで安定収量が得られます。

代かき移植に比べて初期茎数は少なめに推移しますが、生育後半の衰退が少なく有効茎歩合が高まります。また、生育後半まで葉色が維持されて、登熟歩合、玄米千粒重が高まる傾向があります。



無代かき移植
（5月下旬）

移植（栽植密度）



- ① 移植は植代後2日以内が理想です。
- ② 移植時の水深は完全落水せず浅水で苗にやさしく。
- ③ 移植機の苗かきとり幅は多めに設定して欠株を回避しましょう。
- ④ 栽植密度はやや多めにすることで必要な茎数を確保します。
- ⑤ 条の継ぎ目が狭くなると機械除草が難しくなるので注意しましょう。

①移植は植代後2日以内に

移植は、出来るだけ植代後2日以内に実施しましょう。

雑草は植代が終了した時から、新たに発生し始めます。そのため、田植えまでの期間が長くなると、その間に雑草が成長してしまい、後の除草作業の効果が大幅に低下します。

②移植時の水深は浅水で

完全に落水せずマーカを確認できる程度の浅水（3cm前後）とします。完全落水しないことで、苗の植え傷みも軽減できます。また、田面の不陸も確認しやすくなり、その後の抑草を目的とした深水管理を適正に行うことができます。



移植時の水深

③移植機の苗かきとり幅は多めに設定

深水管理で使用する中苗～成苗育苗は、播種量が通常より少ないため、通常と同じかきとり幅では欠株が生ずる可能性があります。そのため、かきとり幅を多めに設定（もしくは横送り回数を少なく設定）して、1株あたり3～5本が植え付けられるように設定します。1株あたりの植付本数が多めになるとともに、苗の植付姿勢が良くなります。



苗取量の調整部分
(写真はクボタ社田植機のもの)

④栽植密度はやや多めに

有機栽培では、生育初期にイネが吸収できる土壌中の無機化窒素量が少ない場合もあり、慣行栽培に比べて茎数が減少する傾向にあります。また、機械除草の際に多少の欠株が生じます。このため、栽植密度は、株間 18cm 以下（60 株／坪以上）を基準にし、茎数を確保するようにしてください。特に、移植時期が遅い場合や寒冷地では、疎植の場合、十分な茎数（穂数）が得られず、収量が減る原因となります。



横送り回数調整装置
(写真はクボタ社田植機のもの)

⑤条の継ぎ目が狭くならないように注意

田植え機が旋回した際、前工程の条との間隔が狭くなると、機械除草時に苗を巻き込んで欠株が生ずるため、狭くなり過ぎないように気をつけましょう。ただし、条の継ぎ目が空き過ぎると除草作業時に雑草が残ってしまうので、広くなり過ぎないようにも注意します。

深水管理による有機水稻栽培で問題となる水田雑草



- Point**
- ① コナギは有機水稻栽培でもっとも問題となる一年生雑草です。深水管理でも十分に抑制できないため、機械除草機等による防除が必要です。
 - ② ノビエとイヌホタルイは湛水下で出芽可能な一年生雑草です。深水管理が不十分だと残草しやすくなります。
 - ③ オモダカやコウキヤガラ、シズイ、クログワイは塊茎で繁殖する多年生雑草です。深水下でも塊茎から萌芽します。
 - ④ イボクサやセリ、サヤヌカグサ属植物は畦畔際から水田に侵入します。

①コナギ



移植後1週間程度

土壌養分の収奪量が多く減収に大きく影響します。必ず複数回の機械除草で防除します。

* 赤字は出芽または萌芽が始まる時期になります

②ノビエ



移植後3日程度

イネの生育を抑制し斑点米カメムシの宿主になります。深水管理と機械除草で防除します。

②イヌホタルイ



移植後5日程度

まん延すると減収を助長します。深水管理と機械除草で防除します。

③オモダカ



③コウキヤガラ



③シズイ



③クログワイ



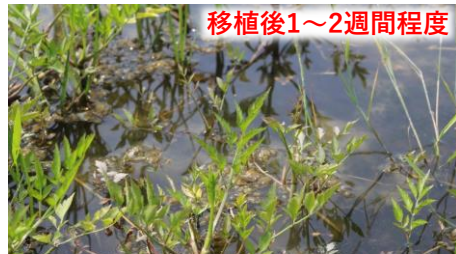
多年生で萌芽はいずれも**移植後1週間～10日程度**です。塊茎で増殖する多年生で深水条件下でも残草します。萌芽期間が長く、機械除草後も断続的に発生するため複数回の機械除草に加え、必要に応じて手取除草し、塊茎を増やさない管理を徹底して下さい。また、塊茎の防除には秋耕も有効です。

④イボクサ



移植前から

④セリ



移植後1～2週間程度

④サヤヌカグサ属植物



5月頃

畦際で出芽し、分枝しながら水田内に侵入します。深水管理や機械除草、畔際の草刈で防除します。

多年生で、畦畔際に生育し、ほふく茎で水田内に侵入します。機械除草や畔際の草刈で防除します。

多年生でアシカキ、エゾノサヤヌカグサ、サヤヌカグサおよび雑種等で、機械除草や畔際の草刈で防除します。

有機水稻栽培での雑草対策のポイント



- ① 温暖地では移植前後から温度が比較的高い場合があるため、出芽が早い雑草に対しては早期湛水・複数回代かきが有効です。
- ② 移植後は雑草の初期生育が早いため、早期の深水管理や雑草の生育速度に応じた機械除草時期の前倒しも必要です。

①早期湛水・複数回代かきで移植前に雑草防除

●**早期湛水**：早期にほ場へ入水することで、水稻作の強害雑草である湿生雑草や水生雑草の休眠覚醒および出芽を促進します。移植前に出芽を促すことで、その後の埋土種子量の低減が期待できます。ただし、雑草種毎に休眠覚醒に必要な温度条件は異なるため注意が必要です。一般的な温暖地の気候では比較的休眠の浅い雑草種（ヒエやコナギのような一年生雑草など）であれば4月以降、休眠の深い雑草種（オモダカやクログワイのような多年生雑草など）であれば5月以降の温度条件で早期湛水による出芽促進効果が期待できます。

●**複数回代かき**：代かきによって事前に出芽した雑草を切断・土中へ埋め込み枯殺します。また、作土表層を攪拌することで、新たな埋土種子の出芽を促進します。生育が進んだ雑草に対しては物理的な除草効果が低下し、土中へ埋め込み後の再生率も高くなるので、代かきの間隔は最長7~10日程度を目安としてこまめに代かきを行います。

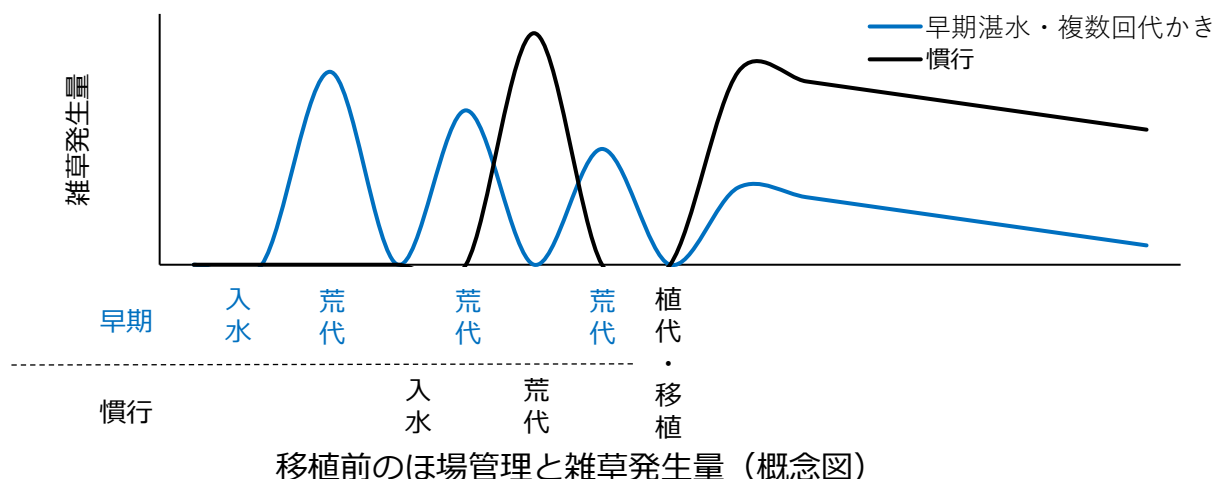
②移植後は雑草の生育状況に注意して早期の深水管理・適期の機械除草

●**移植～深水管理開始の間隔を短めに**：雑草の初期生育が早い温暖地では、移植から深水管理開始までの期間を短くすることで深水による抑草効果を高めることができます。移植後初期の深水管理による浮き苗や苗の水没を防ぐためにも、ほ場の均平化や生育の進んだ健苗の準備が重要になります。

●**機械除草の除草率は雑草が小さいほど高い**：特に株間の除草効果には雑草の生育ステージが大きく影響するので、適期から遅れないように注意して機械除草を実施します。詳細は「高能率水田用除草機を活用した水稻有機栽培の手引き」を参照してください。

農研機構HP：高能率水田用除草機を活用した水稻有機栽培の手引き

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134805.html



効率的な抑草・除草技術

①深水管理と機械除草



- ① 深水管理の機械除草は1回目がポイントになります。
- ② 水面下の雑草が見えない場合でも適期に行うことが重要です。
- ③ ダイズとの水田輪作により深水管理の抑草効果が最大限発揮されます。

①機械除草

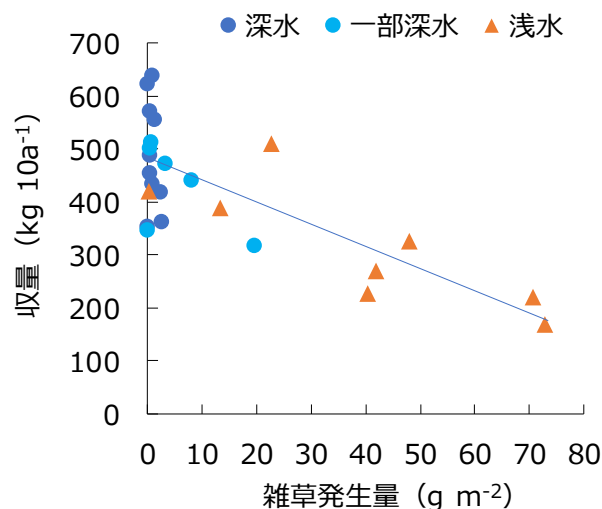
深水管理では雑草の発生や生育が抑制されるため、機械除草は田植えから5～10日後（寒冷地の場合は18～20日後）に1回目、それから7～10日後に2回目を実施します。雑草が見えない場合でも機械除草することで抑草効果は高まるので、1回目の除草は必ず適期に実施してください。

機械除草は除草機的作用により発生した雑草を浮かせる、または土中に埋め込んで死滅させる技術です。ただし、雑草の葉齢が進むと根張りや生育が安定するので除草機による除草効果が低くなります。このため、1回目の除草では水面下の雑草が大型化する前に機械除草を行うことがポイントです（右図）。



②深水管理による雑草の抑制効果

活着後から中干しまで、田面不陸等を考慮して14cm以上の深水管理を行うことで、雑草の出芽が遅れ、生育も抑制されます。特にヒエ類の生育は著しく抑制され、雑草による土壌からの窒素栄養分の収奪も低減することができます。また、ダイズなどの畑作物と水田輪作し、前作を畑地化すると深水管理による水田雑草の抑草効果が最大限発揮されます。例えば、前作をダイズにすることで、浅水管理下でも連用水田よりも70%近い抑草効果が期待できます。さらにダイズ後の深水管理では最も優れた抑草効果が発揮されます。



水管理の違いが移植後40日頃の雑草量に及ぼす影響

前作	水位	乾物重 (g m ⁻²)		窒素吸収量 (g m ⁻²)	
		ヒエ	その他	ヒエ	その他
水稻	8cm	38.65	0.68	1.56	0.03
	14cm	0.59	0.37	0.02	0.01
ダイズ	8cm	11.10	1.59	0.45	0.07
	14cm	0.00	0.08	0.00	0.00

東北農研センターほ場の2022、2023年の結果。移植後40日頃の雑草量と収量の関係を示す。移植後7日目から40日前後まで「深水」は14cm-15cm、「一部深水」は10cm、「浅水」は5-8cmの水管理とした。

効率的な抑草・除草技術

②早期湛水とトロトロ層による除草

- Point**
- ① 機械除草は早めの除草が成功のポイントです。
 - ② イトミミズ類が増えることで抑草効果が高まります。
 - ③ 「トロトロ層」により機械除草の回数が減ることがあります。

①機械除草

機械除草では、除草機で発生した雑草を浮かせたり、土中に埋め込んで雑草を減らします。除草時期は機械毎に異なるため、各除草機の説明書を参考にします。

ただし、雑草の葉齢が進むと除草機による除草効果が低くなるため、雑草の葉齢が進んでいないうちに除草をする事が成功のポイントとなります。

除草の時期と回数の目安は除草機の機種により異なりますが、概ね1回目を移植後5～10日後、2回目を1回目の7～10日後、必要に応じて3回目を2回目の7～10日後を目安としています。

②「トロトロ層」の抑草効果

イトミミズ類の摂食排泄活動によって土壌表層に形成される、土壌粒子が細かい層を「トロトロ層」と呼んでいます。「トロトロ層」が形成され、土壌表層に細かい粒子の土が堆積すると、土壌表層の雑草種子が土中に埋まるため、発芽が抑制されます。また、たとえ雑草が発芽しても土壌堆積作用で雑草の茎葉部が埋まるため、雑草の生育が抑制されます。

早期湛水によりイトミミズの活動・増殖を促すことで、速やかに「トロトロ層」が形成されます。

③「トロトロ層」と機械除草の組み合わせ

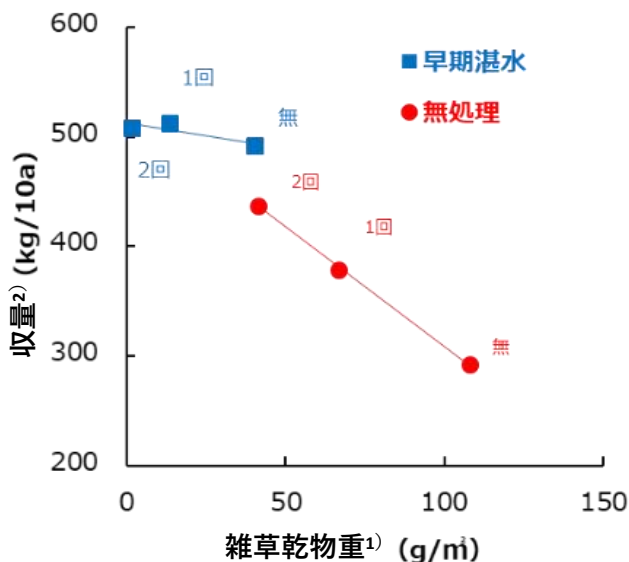
「トロトロ層」による抑草は、コストがほとんどかかりませんが、生き物に依存するため、効果が不安定です。一方、機械除草は効果が安定していますが、除草機などのコストがかかります。そこで、安定した抑草効果により収量を確保するためには、基本的に機械除草を行う計画とし、「トロトロ層」の効果により雑草が発生しなかった場合には、除草を取りやめるという考え方を推奨します。

イトミミズ類の密度の推移

湛水処理	イトミミズ類の密度(個体/m ²)			
	4/20	5/29	6/6	6/16
早期湛水 ¹⁾	5,553	10,540	10,143	8,273
無処理 ²⁾	0	113	737	283

1)3/27に入水し、6/2に移植

2)5/30に入水し、6/2に移植



雑草量と水稲収量の関係
(島根県農業技術センター)

1) 移植後41日に30cm四方の調査枠内の雑草を抜取調査。

2) 粒厚1.85mm以上の15%水分換算値。

効率的な抑草・除草技術

③中干し延長



Point

- ① 中干しを20日間ほど延長することでコナギの生育が抑制されます。中干し延長による収量の著しい低下はありません。

①中干し延長による抑草効果

深水管理で抑制しきれなかったコナギやイヌホタルが多く残った場合、出穂10日前頃まで中干しを長期延長します。中干しを延長することで、収量に大きな影響を及ぼすことなく、コナギの生育を抑制することができます。中干し延長に伴い漏水が懸念されるほ場では、中干し延長後は間断灌漑を行うことで用水量の消費を回避することができます。

中干し延長ほ場

慣行ほ場

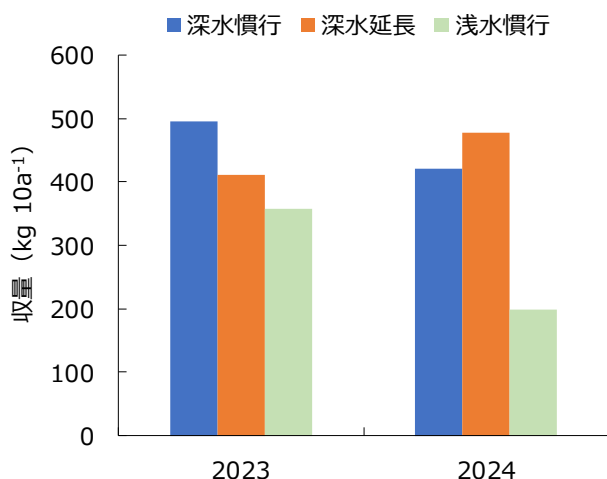
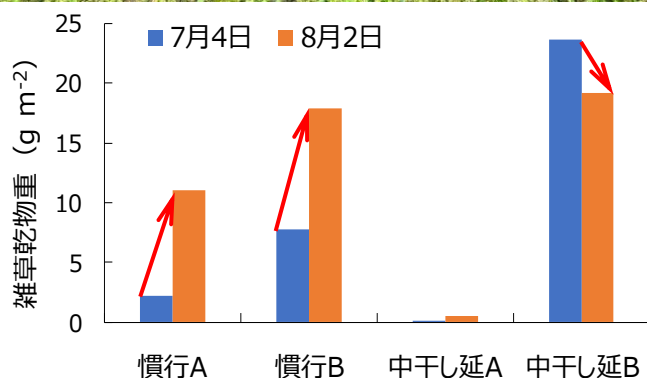


図 中干し延長がコナギの生育量に及ぼす影響

東北農研センターほ場の2024年の結果。

慣行ほ場、中干し延長ほ場とも移植後から7/2まで14cm-15cmの深水とした後、慣行は4日間の中干し後に深水とし、中干し延長は7/25まで中干しを延長した後、慣行と同様の水管理とした。

中干し延長Aはコナギの発生量自体少ないが、中干し延長Bは元々コナギが多く発生していたが中干しによって減少した。

図 中干し延長が収量に及ぼす影響

東北農研センターほ場の結果。

深水慣行区、深水延長区とも移植後から7/2まで14cm-15cmの深水とした後、深水慣行は4日間の中干し後に深水とし、深水延長は7/25まで中干しを延長した後、深水慣行と同様の水管理とした。浅水慣行は5~8cmの浅水とし、中干しは深水慣行と同様の時期に行った。

効率的な抑草・除草技術

④ 高能率水田用除草機（１）



Point

高能率水田用除草機の使用にあたって

- ① 水田の均平性・硬盤の深さ・硬盤の硬さが重要です。
- ② 不定形ほ場では旋回する際に踏み荒らしが増えるので、なるべく四角いほ場を選定します。

① 水田の均平性と硬盤の深さなど

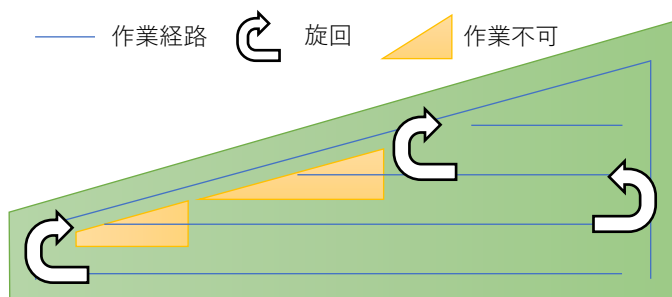
高能率水田用除草機使用時の適正な水深は3～5cmです。均平性が悪く、水深が深い場所では水流によって稲を押し倒して欠株となるので作業速度が低下します。逆に、陸になる部分は株間ソースが泥を押しして欠株になったり、雑草を浮かせることができずに除草効果が低下します。また、硬盤が深い水田は車輪で泥を押しして欠株となります。硬盤が25cmより深いと作業できません。さらに除草作業は、2～3回同じ場所を走行するため、轍が深くなって作業が難しくなることがあります。硬盤が深い、轍が深くなる恐れのある軟弱ほ場では補助輪の利用を検討しましょう。

不均平な水田ではレーザーレベラーで事前に均平にしましょう。レベラーによる踏圧により硬盤が浅くなり、不陸が改善する効果も期待できます。

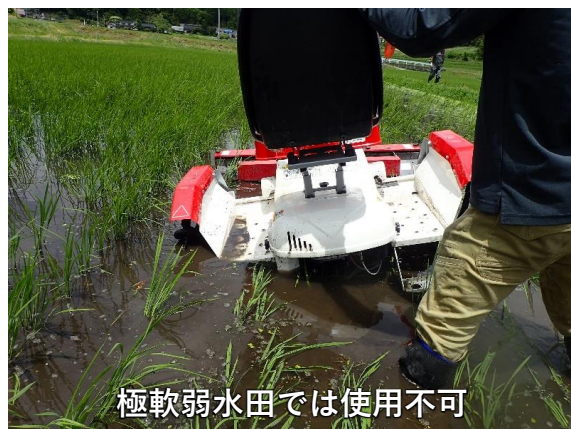
残渣が多いと株間ソースにからまって欠株となります。秋耕などにより腐食を促したり、浅水で代かきすることで残渣を練りこみます。

② 不定形ほ場はなるべく避ける

高能率水田用除草機は、旋回部で欠株が多くなります。不定形ほ場は旋回部分が増えること、除草作業ができない部分がでることから、なるべく四角の水田を選定します。



不定形ほ場の例



効率的な抑草・除草技術

④ 高能率水田用除草機（２）



Point

- ③ 植代と田植えの間隔をなるべく短くし、前日から２日前に実施します。
- ④ 機械除草は田植えから７～１０日ごとに２～３回実施します。

③ 植代

一年生雑草は田植よりも前の植代かきから活動を開始します。そのため、田植えと代かきの間隔をできるだけ短く、前日から２日前に実施します。土が柔らかく、植付が安定しない場合は、３日程度土を落ち着かせますが、その分、田植えから除草の間隔を縮めます。田植えと除草の間隔が短い場合は、活着が弱くなるので作業速度を遅くする、株間ツースを低速にするなど注意します。

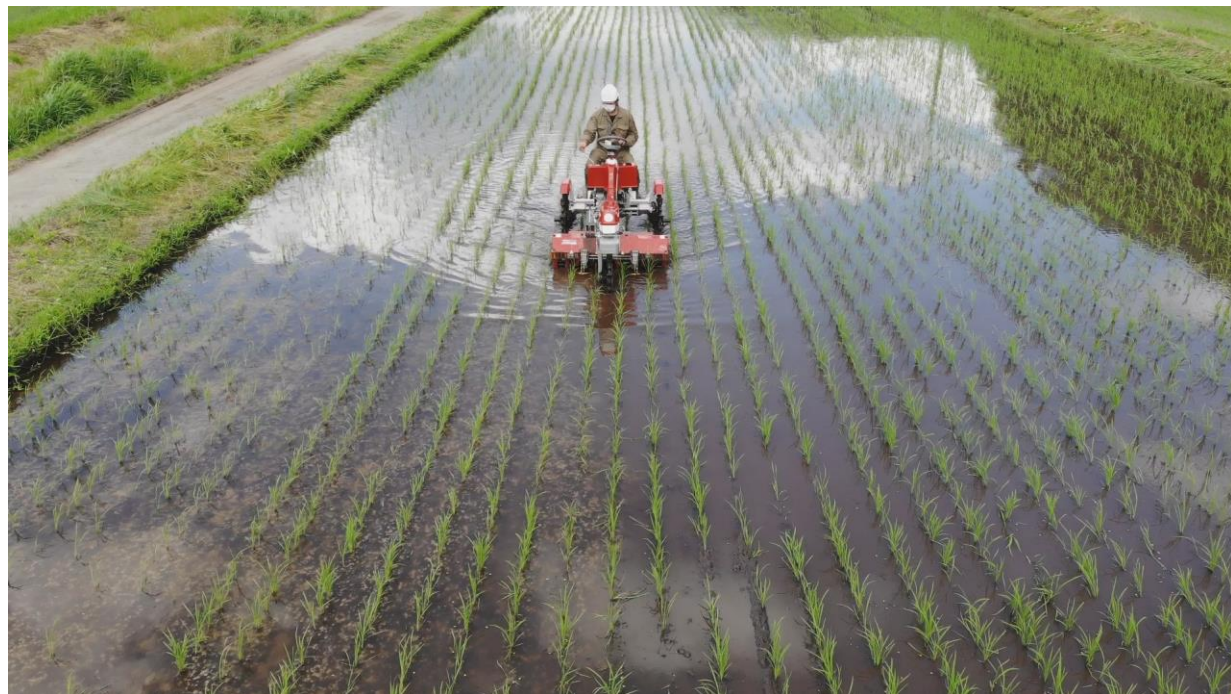
④ 除草のタイミング

高能率水田用除草機による除草作業は田植えから７～１０日ごとに２～３回実施します。温暖な地域は除草間隔を短く、冷涼な地域では除草間隔を長くします。コナギを細かく観察できる方は、コナギの葉齢が２葉になる前に機械除草を実施します。

１回目の除草が特に大切で、活着の様子を見ながら作業速度を遅くする、株間ツースを低速にするなど注意します。

温暖な地域では除草が２回で済む場合もありますが、冷涼な地域で稲の生育が不十分だと雑草が再繁茂する恐れがあるので、稲の生育を見ながら３回目の除草を実施します。

機械の特徴などは農研機構の標準作業手順書（<https://sop.naro.go.jp/>）または手引き（https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134805.html）をご参照ください。



効率的な抑草・除草技術

⑤揺動ブラシ式歩行型除草機



- ① 左右に揺動するブラシで株間と条間を除草できます。
- ② 除草機は軽トラックで運搬可能です。
- ③ 除草の時期は、概ね1回目を移植後5～7日後、2回目を1回目の7～10日に実施します。

①株間の除草が可能

左右に揺動するブラシで株間と条間を除草できます。

歩行型の除草機なので、1haまでの小規模経営体での使用が向いています。

基本構成は4条処理タイプで、オプションを使用すれば5～6条にも対応できます。

なお、田植機と除草機の条数は合わせるのが望ましく、田植機は4～6条が対応となります（8条であれば4条処理2回がけで対応可能です）。

条間は30cmまたは33cmに調節可能です。

作業能率は4条処理タイプで45分/10aが目安となります。

②軽トラックで運搬可能

ほ場への移動はトラックなどに積み込んで行いますが、重量が68kg（4条処理タイプ）と軽量で、補助輪を取り付け可能なので、軽トラックでも運搬可能です。ただし、軽トラックに積み込む際は、オプションで取り付けたブラシは取り外して基本構成の4条にする必要があります。

③除草のタイミング

雑草が大きくなる前に処理するのが、成功のポイントで、除草時の水深は5cm程度です。

除草の時期と回数の目安

1回目：移植後5～7日後

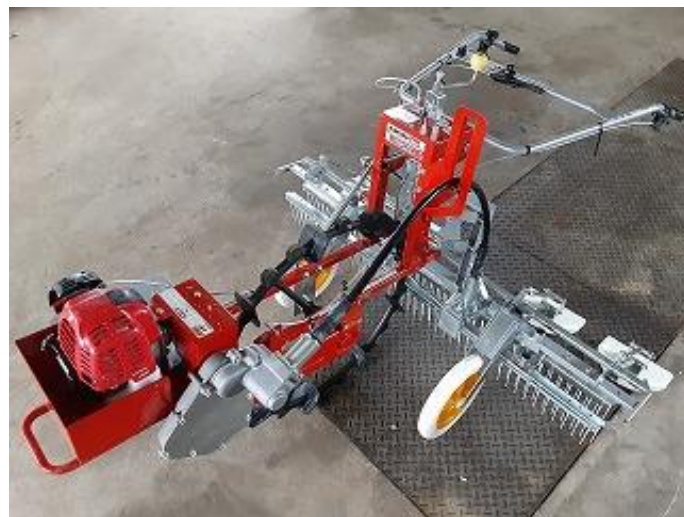
2回目：1回目の7～10日後

3回目：2回目の7～10日後

※3回目の要否は雑草発生状況から判断

※揺動ブラシ式歩行型除草機はみのる産業株式会社の商品です。

島根県農業技術センターと共同で開発しました。



写真は基本構成である4条処理対応の機械。

メーカーオプションで左右それぞれ1条ずつブラシを追加でき、5条～6条処理も可能です。

※写真は令和3年度モデルであり、現行モデルとはフロートの数、形状が異なります。また、白い車輪は、移動やトラックなどへの積み込み作業時に取り付ける補助輪で、除草作業時は取り外します。





- ① 既存ロボット田植機の株間調整機能による両正条植を目指します。区画設定の際、株間方向のほ場短辺が平行になるように教示します。ほ場耕盤の走行性により、滑り率がばらつき、隣接行程間の苗列位置がずれることがあります。
- ② 定植後1週間以内の機械除草では、欠株の発生に留意してください。

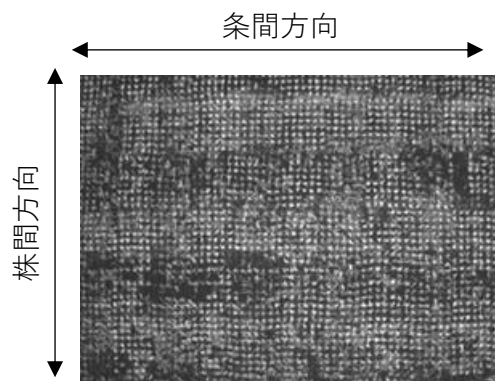
①ロボット田植機

走行部と植付部が独立駆動するロボット田植機（クボタNW8SA）では、誤差2-3cmの測位精度に基づき、株間を均等にする調整機能を備えています。これにより、株間方向の短辺同士が平行な設定区画では、往路と復路の植付開始位置が一致し、いわゆる両正条植のように隣接行程間の苗列が揃うことが期待されます。

短辺方向の平行度合のズレと基準長辺・短辺の直角度合が株間方向の苗列の位置ズレに直結することから、短辺方向を設定する際、低コストRTK-GNSS（ビズステーションDG-PRO1RWS）で測定した位置情報を参照しながら区画を設定すると便利です。さらに、設定時に始点近傍と終点近傍のみで作業機を降ろすことにより、降ろした位置だけ記録し、直線的な区画を設定できます。走行速度0.5m/sの低速作業時でも、耕盤の凹凸がきっかけで株間方向苗列のズレが生じる現象が散見されました。このときの作業能率31a/hでした。



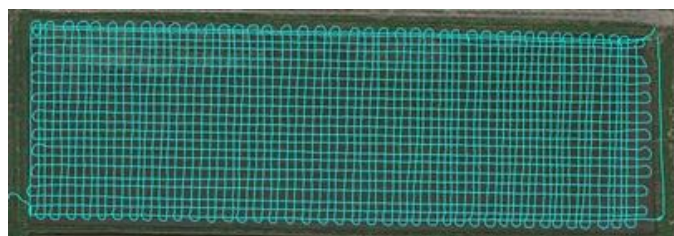
ロボット田植機による自動作業



水田の局所近赤外線空撮画像

②乗用型水田除草機

6条用の乗用型水田除草機（みのる産業KE3A + KWM6）により、定植後1週間以内に条間方向の機械除草を行い、株間方向の除草作業は苗の活着を確認してから行います。作業速度0.3~0.4m/sと低速で行った結果、条間方向の作業能率は22~26a/h、株間方向は18~22a/hでした。枕地旋回により欠株が観察されましたが、株間方向でより多く発生しました。一方、株間方向の苗列のズレによる欠株はほとんどありませんでした。収量は311kg/10aでした。



縦横除草の経路



両正条植え様式



- ① ドローン空撮画像をAIで解析し、ほ場内の雑草発生状況を「見える化」します。
- ② AI解析の結果、設定した要除草水準を超えたほ場について、アプリを通じて栽培管理者に通知を行い、雑草の発生分布に基づいたピンポイント除草を実現します。

① 空撮画像のAI解析による雑草発生状況の把握

雑草画像を学習させたAIを用いて、水稻ほ場のドローン空撮画像を解析することで、ほ場全体の雑草発生状況を効率的に「見える化」することが可能です(右中段図)。

通常、水稻ほ場内の雑草発生分布を確認するには、畦畔からもしくはほ場内に入っただけの目視が必要ですが、本技術によりその作業労力を軽減することができます。



水稻ほ場のドローン空撮作業

② 要除草水準を超えたほ場の通知

画像解析により得られた雑草の発生状況に対して、事前に設定した除草作業すべき基準(要除草水準)を超えたほ場について、スマートフォン用アプリケーションで通知を受けられます。

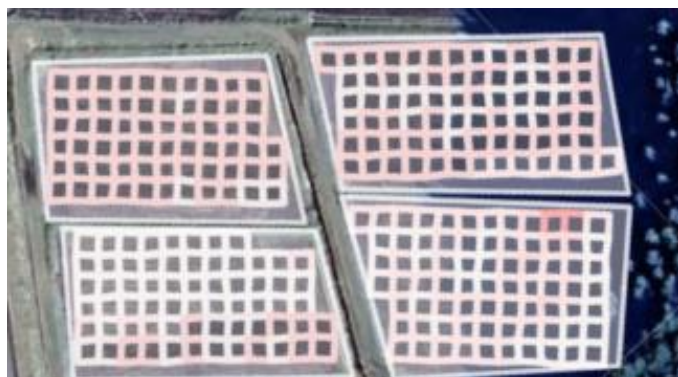
また、通知結果では、解析により得られた雑草の発生分布状況をグリッドで表示し、ほ場内の除草が必要な部分を容易に確認可能です(右下段図)。これに基づいたピンポイント除草を行うことで、除草作業の効率化が期待できます。

なお、要除草水準の目安については、地域ごとに示されている基準に合わせることを推奨します。

※本技術の利用には、専用の解析システム・アプリケーションと空撮画像を取得するためのドローンが必要となります。



AI解析による雑草検知結果



雑草発生分布のグリッド表示



- ① 活着後から移植後40日頃の中干しまでは深水管理を基本とします。
- ② 中干し後は残草の状況から深水管理か中干し延長を判断します。

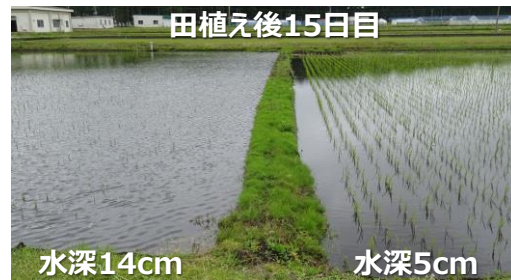
①入水から移植後40日頃までの水管理

1) 入水から田植えまでの水管理

パワーハロー整地～田植えまでの湛水期間は4～5日として、その期間は水深5～8cmを維持し田面を露出させずに、土壌表面の泥濁化と雑草の芽吹きを抑えます。

2) 田植え～中干しまでの期間

田植え直後から4日間は浮き苗に注意し、5日目から水深3～5cmとしてイネの活着を促します。田植え後8日目からはイネが完全に水没しない程度に水深10～12cmとし、15日目からは水深14cmまで上昇させ、雑草の出芽や生育を抑制するとともに土壌表面の泥濁化を促進させます。



3) 機械除草前後の水管理

機械除草を行う前日の夕方から翌朝にかけて水深2～3cmまで落水し、機械除草が終わり次第、速やかに水深14cmの深水管理を継続します。土壌表面の露出や浅水期間が長いと雑草の芽吹きを誘発するので、速やかな水管理ができるよう水系付近の近隣耕作者との配水調整や除草機の調整などを予め行うことが重要です。

②中干しから穂揃い期までの水管理

4) 中干し～出穂2週間前

中干しは5日間程度の軽めの中干しを行います。中干し後は残草の状況をみて深水管理か中干し延長の判断をします。右図のように深水管理で抑制しきれなかったコナギやイヌホタルが多く残った場合、出穂10日前まで中干しを延長します。一方、深水管理と機械除草により残草が少ない場合は、水深12cmの深水管理を再開します。



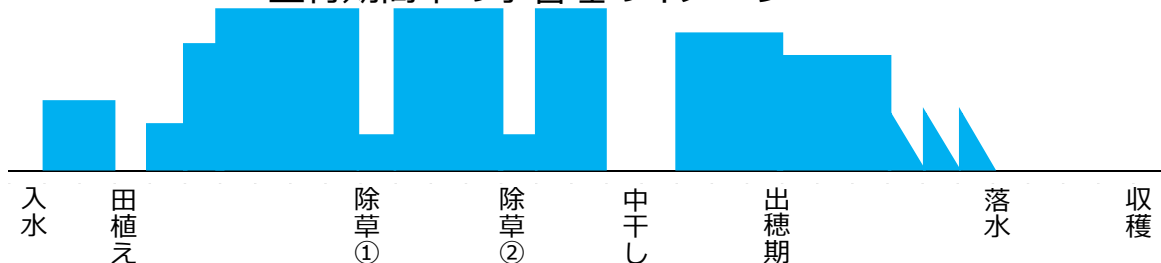
5) 出穂2週間前～出穂期

イネの草丈が最も伸長するこの時期は、イネの群落遮蔽に伴う抑草効果が期待されるため、水深8-10cmの水管理とします。残草がほとんどない場合は間断かん水を行います。

6) 出穂期以降

出穂後2週間頃までは水深8-10cmとし、その後2週間、間断灌水し、落水します。

生育期間中の水管理のイメージ



②早期湛水と深水管理の事例



Point

- ① 3月中下旬から早期湛水をはじめ、移植後45日程度までは深水管理となります。
- ② 中干しからは深水管理ではなく浅水、間断かん水となります。

①入水から移植後45日頃までの水管理

1) 早期湛水の期間（3月中下旬から開始）

荒代～田植えまでの期間は水深5cm程度を維持し、イトミミズの生息密度を高めます。イトミミズは夏以降に生息密度が低下し、春から産卵し増加しますが、入水後すぐに産卵を開始するわけではないため、3月中下旬から早期湛水を開始しイトミミズの増殖を促します。

2) 田植え～機械除草1回目の期間

水深5cm程度で管理し、イネの活着を促します。また、田面が出ないように管理して、土壌表面を柔らかく保ち、機械除草の効果を高めます。

3) 機械除草1回目～移植後40-45日の期間（深水管理）

機械除草1回目終了したら、イネが水没しないように生長に合わせて徐々に水深を上げ、ノビエの葉先が水面より上に出ないように管理します。水深が10cmに達したら、その水位を移植後40～45日まで保ちます。水深10cmを維持する深水管理により、ノビエを枯死させて抑制します。

②中干しから穂揃い期までの水管理

4) 中干し

有効茎（「きぬむすめ」では15本/株）を確保できたら、ガス抜きと収穫に向けた地耐力向上のために、5～7日間の軽めの中干し（小ひびが入る程度）を行います。中干し後は走り水を行ってから湛水します。

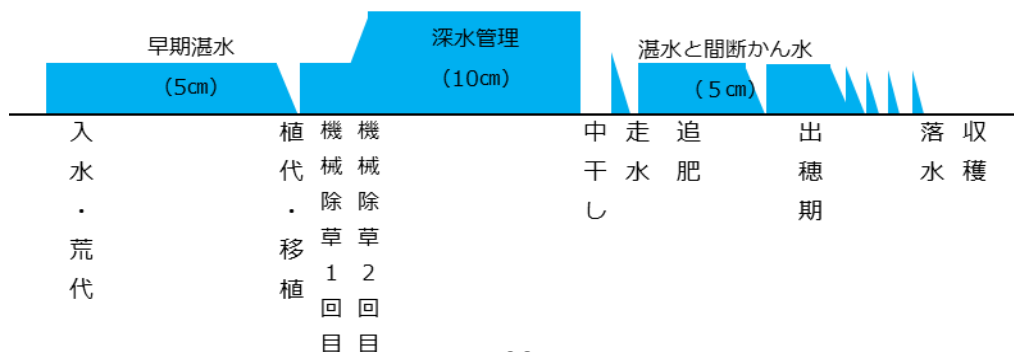
5) 幼穂形成期～穂揃期

水の溜まりやすさなどのほ場条件に応じて、湛水または間断かん水で管理します。

6) 穂揃期以降

出穂後20日頃までは間断かん水とし、その後落水します。収穫時期が近づいたら間断かん水により徐々に田面を硬くし、できるだけ田面が硬くなった状態で収穫作業を行います。田面が軟らかい状態では、コンバインのクローラー跡が深くなり耕盤を破壊するため、翌年以降、除草機の車輪が深く沈み走行が不安定になるので注意します。

生育期間中の水管理のイメージ



生物多様性を活用した畦畔管理



Point

中山間地域の特徴である豊かな生物多様性を活用した畦畔管理では、

- ① 生物多様性向上による生産物のイメージ向上に繋がられます。
- ② 斑点米カメムシの抑制と天敵温存効果が狙えます。
- ③ 作付け期の刈取り回数を3回にすることがポイントです。

①生物多様性を向上させる

本田栽培期間（移植～収穫）の畦畔の刈払いを3回にすることで、畦畔に成立する植生の生物多様性が向上し、斑点米カメムシ類の生息地となるイネ科植物を抑制することができます。

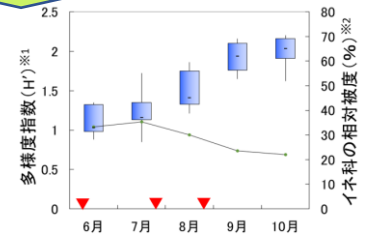
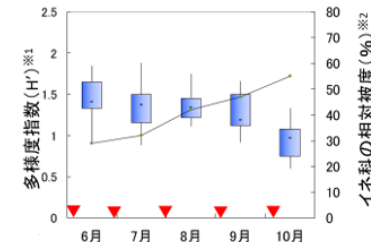
右図上は5回刈り、右図下は3回刈りの結果です。3回刈りは徐々に生物多様性が豊かになり（はこひげ図）、イネ科植物の被度（折線図）が低下していることが確認できます。刈払い回数を3回までに抑えることで、刈取り圧に弱い双子葉植物の生育が維持され、イネ科植物を抑制できます。



5回刈
(イネ科植物優占)



3回刈
(双子葉植物優占)



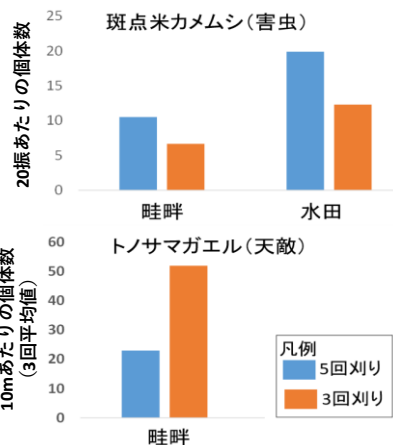
※1 Shannon-Wienerの多様度指数 (H') を使用した (箱ヒゲ左軸)

※2 イネ科は斑点米カメムシの嗜好性が顕著な種を選んで算出 (折線右軸)

②斑点米カメムシの抑制と天敵生物の向上

斑点米カメムシの生育地となる畦畔のイネ科植物の優占を低下させることで、斑点米カメムシの個体数を抑制することができます。また、畦畔の草高が維持され、天敵生物の温存地として機能します。

右図上は畦畔と田面における斑点米カメムシの個体数です。3回刈りのほうが個体数が低くなっています。また、大型の天敵生物であるトノサマガエル（天敵）の個体数も3回刈りで多くなります。その結果、本田への斑点米カメムシ被害の低減も期待できます。



③刈払い日の目安（移植と出穂期を基準に設定）

1回目（▲1）：移植日から2回目の刈払い日の中間地点

2回目（▲2）：本田のイネ出穂の10～14日前

3回目（▲3）：本田のイネ出穂の10～14日後

※2回目の刈払いは、畦畔のカメムシ密度を低くし本田への侵入を防ぐ効果があります。

※刈払いを2回に省力化したい場合は1回目と2回目を採用下さい。

※雑草の繁茂状況や景観維持のための移植前・収穫後の刈払いは問題ありません。



畦畔管理のイメージ（▲が刈払いのタイミング）

【Topics7】 小型ラジコン式草刈機の開発



- ① 新たな三角畦畔での草刈りを行うため、電動型で従来よりも小型・軽量化を実現したラジコン式草刈機を開発しました。
- ② 刈刃アームのスイング幅やクローラの角度を調整することができ、地形状況に応じた走行形態が選択できます。
- ③ セミオート機能により自動で草刈りすることもできます。

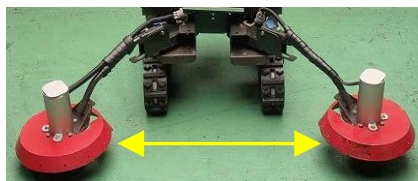
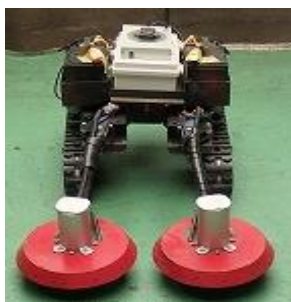
①小型ラジコン式草刈機

大型のエンジン式では走行が困難であった場所での走行を可能とする小型のラジコン式草刈機を開発しました。電動型のため、軽量かつクリーンな草刈機です。

規格	数値
長さ	900～1100mm 7- μ 開 ～ 7- μ 閉
幅	1000～1300mm 30° 畦畔 ～ 平地
高さ	500～600mm 平地 ～ 30° 畦畔
重量	60kg
最大车速	0.5km/h
作業時間	4h
刈幅	250mm×2

②草刈機の特長

草刈機の重量は60kg、クローラの走行幅は650mmです。また、様々な地形条件に対応するため、シリンダーによる刈刃アームの開閉やクローラ角度の調整をすることができます。



・刈刃アームはシリンダーで自動開閉し、開閉幅も調整可能



・クローラは斜面に合わせ可変

③三角畦畔での草刈り作業

三角畦畔の傾斜に沿ってクローラの角度を合わせると、刈刃アームの開閉方向も傾斜に合います。刈刃アームはシリンダーにより自動開閉するため、オペレータはリモコンで三角畦畔の頂点を走行するだけで草刈りができます。また、RTK-GNSSによるセミオート機能を使うと自動で三角畦畔を走行し、草刈りすることもできます。



三角畦畔頂点



三角畦畔斜面



畦畔天端（平面）

秋田県大潟村（大区画水田）における現地実証試験

①有機栽培体系



- ① 土づくりにより水田の地力を向上させます。
- ② レーザーレベラーなどを用いて水田を均平化し地耐力を向上させます。
- ③ 深水管理に適したペースト2段施肥技術
- ④ 品種は茎数の多い品種が向いています。
- ⑤ 成苗により雑草、深水耐性に有利にします。
- ⑥ 深水管理により雑草の生えにくい水田とします。
- ⑦ 機械除草により雑草の大型化を抑制します。

①土づくりにより水田の地力を向上させます。

有機物の施用やダイズなどとの水田輪作により地力の向上を図ります。

②レーザーレベラーなどを用いて水田を均平化し地耐力を向上させます。

深水管理による抑草効果と機械除草の安定化のためほ場の均平化と地耐力向上に努めます。

③深水管理に適したペースト2段施肥技術

初期生育が旺盛となり、深水管理で収量は高位安定化します。

④品種は茎数の多い品種が向いています。

初期の茎数確保により収量確保につなげます。

⑤成苗により雑草、深水耐性に有利にします。

成苗は雑草との競合に有利であり、深水への耐性もあります。

⑥深水管理により雑草の生えにくい水田とします

深水管理によりヒエの抑制とそれ以外の雑草の生育を抑制します。

⑦機械除草により雑草の大型化を抑制します。

深水管理では抑えきれない雑草を小さい内に除草し、大型化に伴う減収を回避します。

表 大潟村での実証体系における作業暦

月		3月		4月		5月			6月			7月			8月			9月			10月											
旬		中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬								
生育				播種		ブール育苗			分けつ期			有効茎 決定期	最高分 げつ期	幼穂 形成 期	減数 分裂 期	出穂期						成熟期										
		<div>←農道畦畔草刈り→</div>																														
作業 体系		プラウ				均平				耕起		移 植		機 械 除 草 ①		機 械 除 草 ②		中干し 溝切り		手 取 除 草 ①					手 取 除 草 ②				収 穫		乾 燥 調 製	
				砕土								側条2段 ベスト 施肥																				
水 管 理		砕土率確保のため、 確実な田面排水		移 植		段階的に深水、除草時浅水管理										落水		間断かん水		間断かん水		落水		過度の中干しはしない		出穂後10日間は湛水		早すぎる落水は品質低下の要因				

秋田県大潟村（大区画水田）における現地実証試験

②経済性の評価



- ① 深水管理で除草回数が半減するため7月の除草時間は44%減少し年間の除草時間は32%減少します。
- ② 除草回数の減少に伴い10,000円/10aのコスト削減が可能です。6月下旬まで除草作業がないため作付面積の拡大やダイズとの水田輪作による経営の複合化が可能となります。

①秋田県大潟村での実証概要

2.3haの大区画水田で疎播、ペースト2段施肥、深水管理による除草作業の省力効果を有機慣行と比較しました。

表 実証試験の比較概要

比較項目	有機慣行2.3ha	有機実証2.3ha
播種量（乾粒g/箱）	125	81
使用箱数（箱/10a）	34	24
栽植密度（株/坪）	60	60
施肥方法	全層<粒状肥料>+ペースト側条<5cm> ペースト2段施肥<側条5cm+深層9cm>	
N施肥量（kg/10a）	6.9 <粒状>+1.2 <側条>	3.0 <側条>+1.1 <深層>
水管理	慣行<手動>	深水<WATARAS>
機械除草	6/11, 6/21, 6/26, 7/2	6/22, 6/27
手取除草	①7/1-8, ②7/17-24, ③9/18-24	①7/8-15, ②9/9-17

1) プラウ耕→パワーハロー→レベラー体系による無代かき移植、2) 機械除草は高効率水田用除草機8条タイプ（M産業）を使用、3) 手取除草人数は4-5名/回、4) 粒状肥料はバイオの有機S、ペースト肥料はシープロテイン、5) 品種は「あきたこまち」



②深水管理による除草作業の省力効果

深水管理の実証区では機械除草と手取除草の投下労働時間が慣行より半分近く減少するため、最も過酷な時期の除草作業時間が約半分に削減されます。また、6月下旬まで除草作業がないため作付面積の拡大やダイズとの水田輪作による経営の複合化にも適しています。

表 除草作業への実証効果

除草項目	慣行区	実証区
	投下労働 （人日）	投下労働 （人日）
手取除草	1回目 22.15	
	2回目 35.79	32.70
	3回目 21.20	21.60
機械除草	2.70	1.35
合計	81.84	55.70

1) 手取除草回数は慣行区3回、実証区2回、機械除草回数は慣行区4回、実証区2回、2) 手取除草の作業人員は4~5人、3) 2.3haあたりの投下労働を示す。

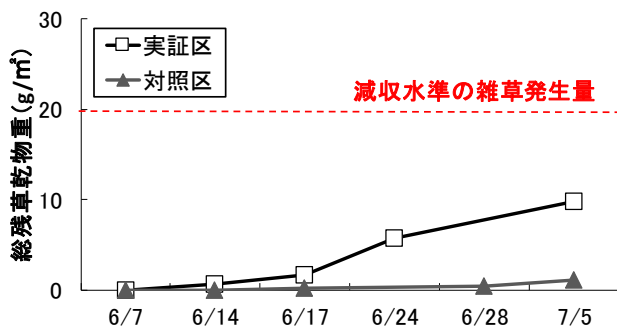


図 現地実証での雑草発生量の推移

表 10aあたりの有機稲作費用への実証効果

比較項目	慣行区	実証区	変動要因
変動費（投入資材費）	11,832	8,938	苗箱数の違いによる種苗費、肥料種類、施肥量の違いによる肥料費
労働費			
手取除草	27,977	18,700	除草回数の違い
その他	12,567	11,350	手取り除草以外の直接作業
全体	40,543	30,050	
固定費（償却費・修繕含）	43,385	47,608	ペースト2段施肥田植機とWATARASの経費
合計（円）	95,761	86,596	投入資材費と手取除草に係る労働費

1) 「変動費」と「合計」は慣行区と実証区で異なった項目を反映した試算結果を表す。

広島県神石高原町（中山間中区画水田）における現地実証試験

①有機栽培体系



- ① 均平処理で作業性・管理性を向上させます。
- ② 適切な肥培管理で収量の安定と増加を狙います。
- ③ 深水管理でヒエの発生を抑えます。
- ④ 高能率水田用除草機の使用で省力的・効果的な除草作業が可能です。
- ⑤ 畦畔管理の時期と回数を見直すことで省力化が可能です。
- ⑥ 深水に負けない元気な中苗・成苗の育成が成功の基本です。

①均平処理で管理性・作業性を向上させます。

水田面を均平にすることで適正な水管理が可能となり深水管理の効果も高まります。均平処理にレーザレベラーを使用すると耕盤が安定して機械作業もやりやすくなります。



神石高原町のほ場

②適切な肥培管理で収量の確保と増加を狙います。

有機質肥料は効き方が緩やかなので基肥もしっかり与えます。また、有機栽培で安定多収をねらうには、地力の増進が重要なので、有機物や堆肥を適切に利用しましょう。



赤点線囲み部分は凸部で
深水とならずヒエが大量発生

③深水管理でヒエの発生を抑えます。

深水管理にすることで、水稻栽培の大敵であるヒエを省力的に抑えることが可能です。

④高能率水田用除草機の使用で省力・効果的な除草作業が可能です。

高能率水田用除草機を活用することで、省力的で効果的な雑草管理が可能です。



⑤畦畔管理の時期と回数を見直すことで省力化できます。

畦畔管理も中山間地域の資源である生物多様性の活用と処理時期の見直しで、栽培期間中3回で抑えることが可能です。



⑥深水に負けない中苗・成苗の育成が成功の基本です。

深水管理では苗にもストレスがかかるので、移植まで活性が高い苗を育成することが重要です。徒長したり、根の活性が落ちると深水のストレスを受けたり、浮草や藻で苗が倒されることもあります。

上：浮草で苗が押倒されたほ場
下：藻で苗が押倒されたほ場

広島県神石高原町（中山間中区画水田）における現地実証試験

②経済性の評価

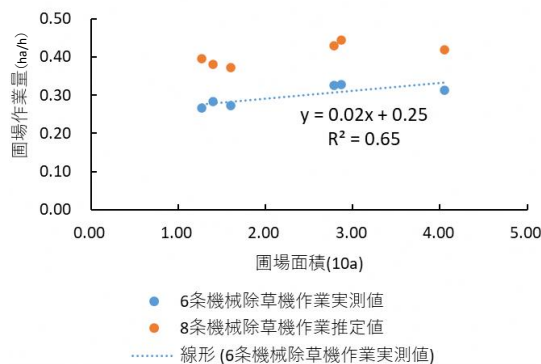


- ① 機械除草作業は、熟練者の場合、ほ場作業量は0.3ha/hで、作業面積の増加に伴いより効率的になる傾向があります。
- ② 中山間地域の中区画ほ場の場合、6条機械除草機1台で対応可能なほ場面積は約13haです。
- ③ 実証経営体での収益試算では、現行と同程度以上の収量があれば、機械除草を導入しても収益はプラスになります。

①現地調査による機械除草のほ場作業量

- 作業経験5年の熟練者が6条機械除草機で作業した場合、ほ場作業量は0.3ha/hで、ほ場面積が増えるにつれてほ場作業量が増加します。
- 熟練者が8条機械除草機で作業した場合、推定ほ場作業量は0.4ha/hで更に効率的に作業可能です。
- 経験1年目のオペレータが8条機械除草機を使用した場合、ほ場作業量は0.17ha/hで、操作には習熟が必要と考えられました。

熟練者による機械除草作業の圃場作業量

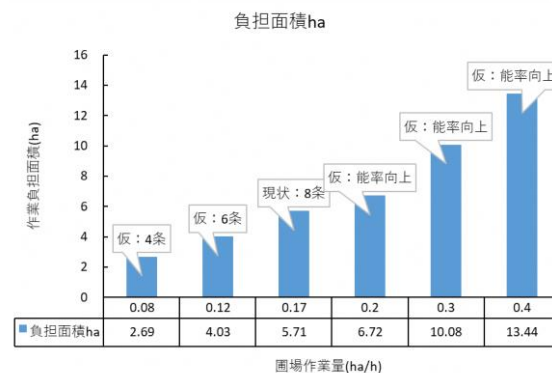


②実証経営体の収益試算

得られた情報からは場作業量の変化による作業負担面積を推定すると、6条機械除草機1台で作業可能な最大作業負担面積は13.44ha/台と考えられました。

③実証経営体の収益試算

実証経営体の経費・収益を試算したところ、栽培面積4haに機械除草を導入した場合、229kg/10a以上の単収があれば所得がプラスとなり、収量が1割増となれば現行より約2倍の所得を得ることも可能です。



条件	現状	仮定1	仮定2	仮定3	仮定4	仮定5
除草機導入	無	有	有	有	有	有
除草回数			3回	2回		
収量	生産者実績	生産者実績	実証試験収量	実証試験収量	損益分岐収量	1割増収
米粗収益 (円)	191,200	191,200	160,800	154,400	183,200	210,400
10a当たり収量 (kg)	239	239	201	193	229	263
経営費 (円/10a、2022)	177,241	183,064	183,064	181,892	183,064	179,636
労働費	31,399	31,051	31,051	29,879	31,051	31,051
光熱動力費	13,000	13,170	13,170	13,170	13,170	13,170
農機具費	50,488	56,488	56,488	56,488	56,488	53,060
その他	82,355	82,355	82,355	82,355	82,355	82,355
所得 (円/10a)	13,959	8,136	-22,264	-27,492	136	30,764
所得 (円/60kg)	3,504	2,042	-6,646	-8,547	36	7,018

島根県農業技術センター（中山間小区画水田）における 実証試験 ①有機栽培体系



- ① 秋からイトミミズ類が増加しやすい環境をつくります。
- ② 品種は茎数の多い品種が向いています。
- ③ 成苗により雑草、深水耐性に有利にします。
- ④ 早期湛水により雑草の生えにくい水田とします。
- ⑤ 複数回代かきにより雑草の発生数を抑えます。
- ⑥ 機械除草で初期の雑草発生を抑制します。
- ⑦ 深水管理は常に深水ではありません。

①秋からイトミミズ類が増加しやすい環境をつくります。

有機物施用、ほ場の耕起などを秋から始めます。

②品種は茎数の多い品種が向いています。

初期の茎数確保により収量確保につなげます。

③成苗により雑草、深水耐性に有利にします。

成苗は雑草との競合に有利であり、深水への耐性もあります。

④早期湛水により雑草の生えにくい水田とします。







イトミミズ類を増やし、抑草効果を高めます。これにより、除草機の使用回数を減らすことも可能となります。

⑤複数回代かきにより雑草の発生数を抑えます

植代前までに雑草を発生させ練り込み、その数を減らします。

⑥機械除草で初期の雑草発生を抑制します。

雑草が小さいうちに除草する事で、稲の生育を有利にします。
早期湛水をしない場合は、機械除草が2回必要な場合が多くなります。

	2回除草	1回除草	無除草
早期湛水区			
無処理区			

⑦深水管理は常に深水ではありません。

10cm程度の深水管理は中干しまでです。中干し以降は間断かん水、浅水などの水管理となります。

島根県農業技術センター（中山間小区画水田）における 実証試験 ②経済性の評価



- ① 歩行型揺動ブラシ式除草機の除草は株間と条間の同時除草ができ、小区画の水田でも導入しやすいのが特長です。
- ② 早期湛水＋深水管理により、移植5日後の機械除草1回で十分な除草効果が得られ、玄米30kgあたり生産費も低く抑えられました。

①栽培概要

2023年に島根県農業技術センター（以下、島根県農技C）にて早期湛水、深水管理、歩行型揺動ブラシ式除草機による除草を組み合わせた試験を実施しました。栽培概要は右表のとおりです。

島根県農技Cの栽培概要（2023）

栽培概要	4/18播種、6/2移植、6/7除草1回目、6/14除草2回目、10月上旬収穫
雑草対策	早期湛水(3/24～) 歩行型揺動ブラシ式除草機1～2回深水管理(除草1回目～中干し)
土づくり対策	稲わら全量・堆肥施用、有機質肥料施用
病虫害対策	種子温湯消毒

②作業時間

島根県農技C試験と同様の栽培様式の現地は場の労働時間は右表早期湛水のとおりです。除草時間は10aあたり1時間となりました。除草1回で済むことにより、繁忙期の労力負担が軽減されます。ただし、1回目の除草後に雑草の残りが多い場合は、2回目の除草（移植後12日後を目安）を行うことが推奨されます。

島根県内の過去の調査事例平均値と比較すると手取り除草の労力が減少し、除草時間が大幅に削減されます。

10aあたり作業別労働時間（時間）

処理	植代前の湛水期間	早期湛水(2023)			【参考】県内 平均値（2012～2014）
	除草回数	2回	1回	なし	
育苗		2.6	2.6	2.6	0.7
耕起		1.0	1.0	1.0	0.5
代かき		1.2	1.2	1.2	1.9
基肥		3.2	3.2	3.2	1.7
田植		2.8	2.8	2.8	2.1
本田除草		2.0	1.0	0.0	21.4
追肥		0.3	0.3	0.3	0.3
病虫害防除		0.0	0.0	0.0	0.0
収穫		3.8	3.8	3.8	2.1
乾燥調製		1.9	1.9	1.9	1.1
水・畦畔管理、その他		27.4	27.4	27.4	15.4
（合計）		46.1	45.1	44.1	47.2

③経済性

島根県農技Cでの試験結果による収量及び同一栽培様式の現地は場の生産費からみた経済性は右表早期湛水のとおりです。

収量は早期湛水で除草1回区及び2回区で500kg/10aを超え、玄米30kgあたり生産費も低く抑えられ、粗収益から生産費を引いた利益も多くなりました。

島根県の過去の調査事例平均値と比較すると、本試験の栽培方法であれば生産費が低く、利益も大きいことが分かります。

10aあたり粗収益および生産費

処理	植代前の湛水期間	早期湛水(2023)			【参考】県内 平均値（2012～2014）
	機械除草の回数	2回	1回	なし	1回 または2回
収量(kg/10a)		508	512	492	393
粗収益(円)A		203,200	204,800	196,800	157,200
生産費(円)B		134,936	134,027	132,936	118,070
A-B(円)		68,264	70,773	63,864	39,130
玄米30kg当たり生産費(円)		7,969	7,853	8,106	9,013
全労働時間(時間)		46.1	45.1	44.1	47.2
本田除草時間(時間)		2.0	1.0	0.0	21.4

注1）粗収益は販売単価を400円/kg(有機JAS取得の場合)としている。

注2）早期湛水2023については水管理および畦畔除草にかかる経費を、参考値は水管理を構成員への委託料として計上。

【執筆者】

農研機構農村工学研究部門

若杉晃介、鈴木翔、松本宜大

農研機構東北農業研究センター

松波寿典、笹原和哉、戸上和樹、狗巻孝宏

農研機構西日本農業研究センター

高橋宙之、岡田俊輔、金田哲、WARI David、浅見秀則、楠本良延、北村登史雄、
伏見照秀、小林英和、石岡巖、山口典子、堀江達哉

東京大学

海津裕

三陽機器株式会社

堤俊雄

株式会社オプティム

城戸寿宏

石川県農林総合研究センター

有手友嗣

秋田県立大学

山本聡史、保田謙太郎

宮城大学

中村聡

秋田県農業試験場

平谷朋倫、柴田智

株式会社パディ研究所

小野寺恒雄

島根県農業技術センター

松本樹人、三原美雪、安達康弘

【技術に関するお問い合わせ（農研機構メールフォーム）】

<http://prd.form.naro.go.jp/form/pub/naro01/gijutsu>

※「お問い合わせ内容」欄に、研究代表機関である農村工学研究部門を含めて記入ください。

【知的財産に関するお問い合わせ（農研機構メールフォーム）】

<http://prd.form.naro.go.jp/form/pub/naro01/patent>

※本資料で紹介した技術には、次の特許などが関連するか、その可能性があります。

- ・特願2022-173001（畦畔及び畦畔の形成方法）
- ・特願2023-004601（塊茎処理装置）
- ・特願2023-96212（草刈機）
- ・特願2023-146827（圃場水管理装置および圃場水管理方法）