

北陸地域の水田輪作における 地下水位制御システム利用マニュアル

地下水位制御システムを活用した水稲－大麦－大豆栽培

農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター
新潟県農業総合研究所

●表紙

新潟県燕市現地実証におけるFOEASを利用した不耕起V溝直播機による播種圃場での地下灌漑を実施しました。写真の上から給水1時間後、2時間後、3時間後で、圃場に水が行き渡っている様子がわかります。

はじめに

水田における生産力を向上させるために、その水管理が重要なことはいうまでもありません。水田ではムギ、ダイズなどの畑作物を栽培する際には排水性を良くして畑条件にし、イネを栽培する際には漏水を防いで湛水条件にする必要があります。輪作する場合には作物が変わるごとにその作物に合わせて水管理を変え、排水と湛水の相反する状態を作り出すことはとても難しいことです。その難問を解決する一つ的手段として、排水、給水を効率良く実施できる装置として地下水制御システム（FOEAS）が開発され、北陸地域においても普及が拡大してきました。

土壤水分を制御していくためには、その圃場の土壤条件や気象条件の違いにより、やり方を変えていくことが必要になります。優れた排水能力、給水能力を示すFOEASであったとしても、その効果を十分に発揮させるためには土壤条件や気象条件に合わせた使い方が必要です。特に、北陸のように作物の切り替え時に降水量が多く、また、排水性の劣る重粘な土壤条件の地域では、その条件に合わせた使い方をしていくことが重要になります。そこで、新潟県農業総合研究所と農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センターでは、5年間にわたって共同で研究を行い、現地でのデータを収集してマニュアルを作成しました。この地下水制御システム利用マニュアルには、FOEASの機能を生かしたイネ、ムギ、ダイズの栽培方法や、FOEASの機能を維持管理する方法、FOEASの導入による経営効果などを解説しています。このマニュアルを基に適切な管理を行っていただくことで、水稻や畑作物の収量増加と収益性の向上が期待されます。

本マニュアルは、農林水産省委託プロジェクト研究「水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発」により実施した研究成果をとりまとめたものです。特に、試験はFOEASを導入した現地農家の圃場において実施され、貴重なデータを取ることができました。ご協力をいただきました生産者や普及機関、農業団体の皆様に感謝いたします。あわせて、これらの研究を担当された皆様、これらの研究を支えて下さった皆様に対して、感謝の意を表します。

2015年3月

北陸農業研究監

渡邊好昭

目次

はじめに

I. 地下水位制御システム (FOEAS) および実証試験概要	1
※地下水位制御システム (FOEAS)：以下FOEASと略す	
1. FOEASの普及状況	1
2. 実証試験地の概要	2
3. 実証試験の概要	3
II. FOEASを活用した水田輪作 (水稲、大麦、大豆)	4
1. FOEASを活用した水田輪作	4
2. FOEASを活用した移植水稲栽培	4
1) 栽培管理	4
2) 移植水稲の生育	5
3) 移植水稲の収量および品質	5
3. 不耕起V溝直播機を利用した水稲栽培	6
1) 作業機の特徴と導入の際の適応条件	6
2) 不耕起V溝直播栽培の播種後入水の水管理	9
3) 不耕起V溝直播水稲の栽培・作業上のポイントと留意点等	10
4. FOEASを活用した大豆栽培	14
1) 大豆播種後の水管理	14
2) 梅雨時期の水管理	14
3) 梅雨明け後の水管理	14
4) 大豆に対するFOEASの効果	14
5) 大豆栽培におけるFOEAS活用の留意点	15
5. 耕うん同時畝立て播種機を利用した大麦－大豆体系	17
1) FOEASを活用した大麦－大豆体系栽培上のポイント・留意点等	17
2) 改良アップカッターロータリを利用した耕うん同時畝立て播種の特徴	21
III. FOEASの機能について	25
1. FOEASの機能と維持管理方法	25
1) 貯水機能	25
2) 給水機能	26
3) 排水機能	27
4) 維持管理方法	28
2. 圃場内の地下水位を簡易に測定する方法	32
1) 地下水位測定の目的	32

2) 穴掘り器の作成	32
3) 地下水位の測定	33
4) 縦穴で測定した地下水位の変化	33

IV 導入技術の経営評価 34

1. 導入技術の普及ターゲット（普及を目標とする対象）	34
1) 適用地域と普及ターゲットとなる経営体	34
2) 普及ターゲットとなる経営体の経営構造	34
2. 普及ターゲットにおける経営効果	34
1) 収益性（所得）と作付面積への効果	34
2) 開発技術導入の場合の作物別10aあたり労働時間	35
3) 開発技術導入による作業競合の緩和	35

付録 36

1. 現地実証協力農家の概況	36
2. 不耕起V溝播種機	37
3. 耕うん同時畝立て播種機	37
4. ディスク式畑用中耕除草機（高精度畑用中耕除草機）	39
5. 写真で見る現地実証試験	40
6. 用語の説明	43
7. 参考資料など	44

トピックス

水稲鉄コーティング直播栽培	8
イネ紋枯病	13
イネ稲こうじ病	13
大豆の立枯性病害	16
野菜定植直後のFOEASの地下灌漑の利用	20
GPS車速連動施肥播種機で均一な施肥播種を！	22
粘土質のFOEAS圃場の排水性の維持には下層の亀裂が重要	30
FOEAS圃場からの肥料成分の流出	30
代かきと機能低下の関係	31

○本マニュアルは、農林水産省委託プロジェクト研究「水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発」3系「土壌養水分制御技術を活用した水田高度化技術の開発 北陸ユニット」および農業・食品産業技術総合研究機構 広報活動促進費により行われた研究成果を元にとりまとめたものです。

○複製・転載などの利用にあたっては事前に、農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得て下さい。



I . 地下水位制御システム(FOEAS)および実証試験概要

1. FOEASの普及状況

農研機構では、民間企業との共同研究で栽培する作物や時期に応じて暗渠を使った灌漑と排水の両方を圃場で調整できるシステムを開発しました。このシステムは地下水位制御システムと呼ばれ、FOEAS（フォアス：Farm-Oriented Enhancement for Aquatic-System）と略されています。

FOEASは、排水側に設置されている水位制御器によって、あたかも暗渠の深さを自由に動かせるような機能と、地下から円滑に灌漑できる機能を合わせ持ったシステムです。これらを活用することで、土の中の水分を作物や時期に適した状態に近づけることができます。

具体的には土の中を乾燥させたい場合は水位制御器の中にあるスライド管を深い位置に固定し、湛水や湿らせたい場合には高い位置に移動させます。雨が降るなどしてスライド管を固定した位置よりも高い位置に水が溜まった場合には、自動的に排水されます（図1－左側）。逆に晴天が続いた場合など乾燥が進む天候の場合には、スライド管を固定した位置よりも深くには排水が進みにくいため、通常の暗渠を開放した圃場に比べ、湿潤状態を長く維持できる利点があります。

地下から灌漑を行うには、用水側に水位管理者が設置されている地区では、水位管理者を水位制御器と同じ深さに固定して給水を行うと、暗渠管から圃場全体に水が行き渡ります（図1－右側）。その後、水位管理者と同じ深さまで水位が上昇すると給水が自動で停止します。水位管理者が設置されていない場合にはこの機能がありませんので、圃場の水分状態や水位制御器の中の水位を確認し、圃場全体に水が行き渡ったことを確認して給水を停止します。

なお、FOEASの詳しい構造や仕組みは、参考資料「FOEASについて」をご覧ください。

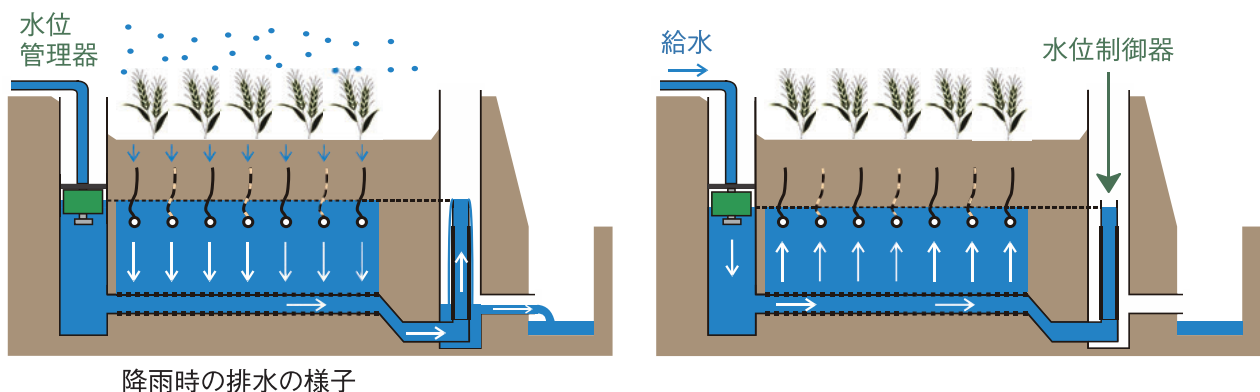


図1 FOEASが機能しているときの、土の中の水の動き

FOEASは北海道から沖縄まで、施工中や施工予定を合わせて、全国の33道府県9,800haに普及しています。そのうち、新潟、富山、石川、福井を合わせた北陸4県では1,500haと、全国の15%を占めています（2014年12月現在）。

2. 実証試験地の概要

このマニュアルで紹介する技術の多くは、FOEASが施工され、FOEAS圃場で営農されている現場において、生産者のご協力をいただきながら実施した試験に基づいて作成されています。

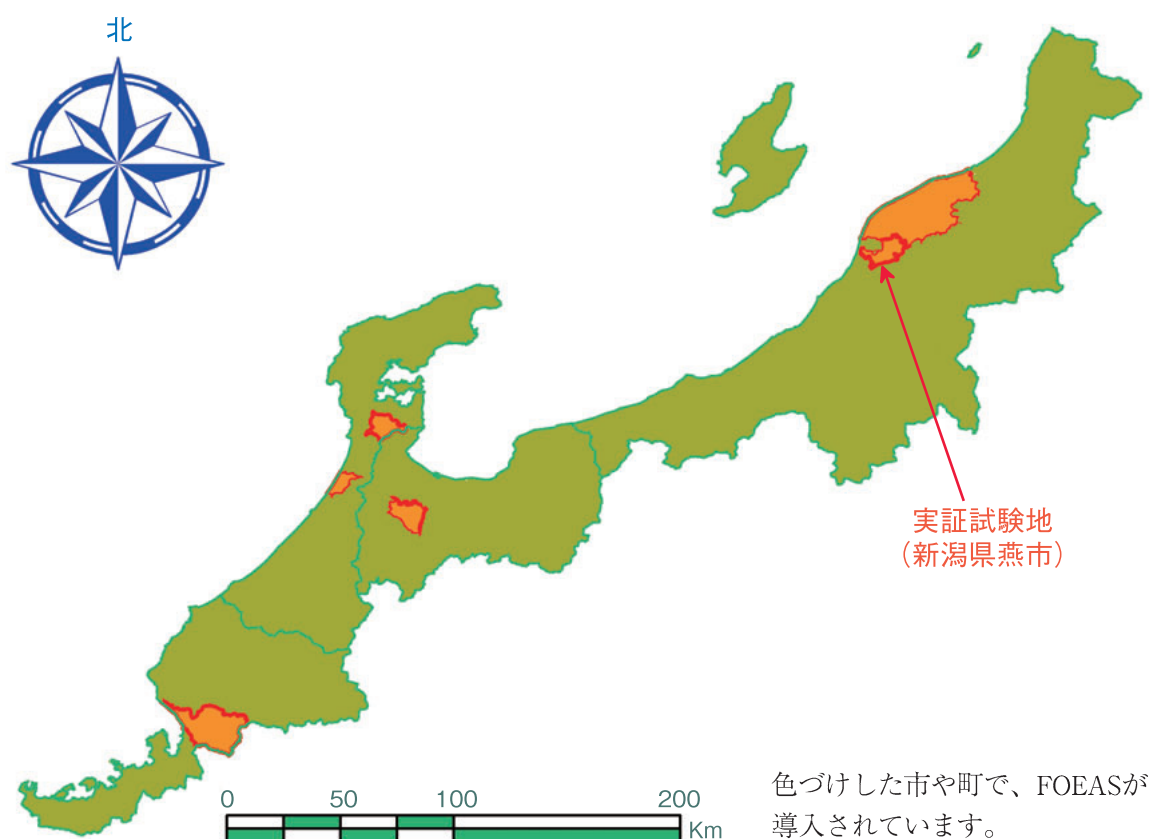


図2 北陸地域でFOEASが普及している市または町（2014年12月現在）

実証試験地は、新潟県燕市に位置する高木・粟生津地区の圃場です。この地区では平成15年度～23年度に実施された県営ほ場整備事業（担い手育成型）により、300haの圃場にFOEASが施工されました。燕市ではこの地区を含めて700haにFOEASが普及し、今後800haまで施工が予定されています。

3. 実証試験の概要

実証試験では、20haの圃場で稲と大豆を生産している生産者にご協力いただきました（付録1「現地実証協力農家の概況」36ページを参照して下さい）。水稲は愛知県農業総合試験場開発の不耕起V溝直播栽培や鉄コーティング湛水直播栽培、転作では耕うん同時畝立て播種機を使った大豆や大麦の栽培を行いました。また、水稲作と畑転作の効果的な組み合わせ方や経営上の効果など、実証試験で得られたノウハウを中心に紹介しています。

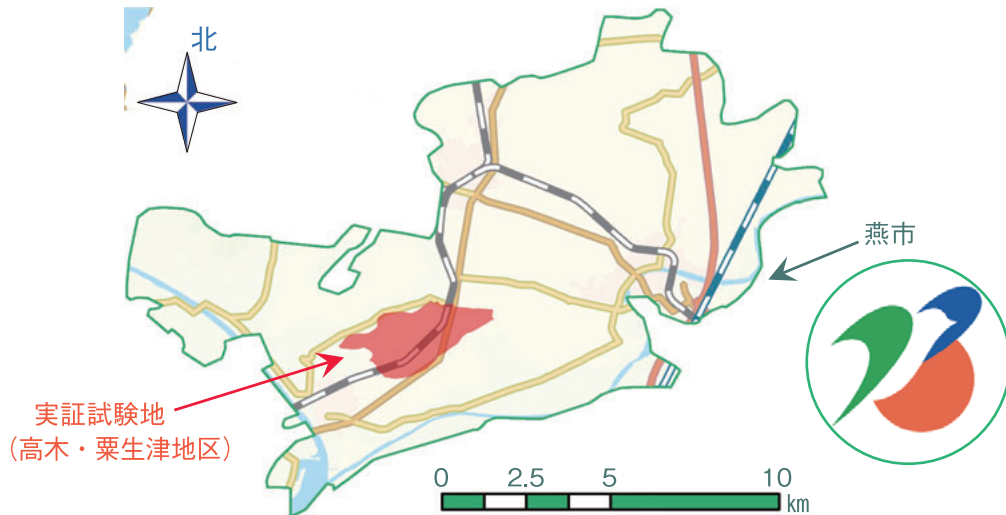


図3 実証試験地（高木・粟生津地区）の位置・風景



II. FOEASを活用した水田輪作（水稲、大麦、大豆）

1. FOEASを活用した水田輪作

北陸地域においては2年3作体系が可能ですが、雪が多く、土壌も重粘土が多いなどの特徴があり圃場が過湿条件になりやすく、水田転換作物である大麦や大豆などの収量が不安定になりがちです。このため、耕うん同時畝立て播種などの湿害が軽減される技術が開発され、大豆の生育・収量の改善がされてきました。しかし、収量の安定化や機械作業の効率向上を図るには、圃場そのものの排水性を改善することが重要です。また、近年は記録的な集中豪雨や干ばつなどの極端な気象が多くなっていることから、排水性を高めるとともに、干ばつ時には給水を行って作物の乾燥害を回避することも重要となっています。

FOEASを導入した水稲—大麦—大豆による2年3作体系を考えた場合には、水稲作では排水性の確保により、新たに乾田直播を導入することで作業競合の回避や育苗管理の省略、作付け（播種）作業の高能率化が可能となります。移植水稲では品質が安定するような登熟期の水管理方法がしやくなります。大豆では梅雨時の迅速な排水、夏の安定的な水分供給、大麦では融雪時や梅雨時の迅速な排水による収量の安定や排水性確保により機械作業が容易になります。

2. FOEASを活用した移植水稲栽培

北陸地域の水稲の移植栽培では、中干し時期が梅雨時期と重なるため、迅速な排水が必要となります。また、近年、中干し以降に高い気温が続くことも多く、気温が高い時に湛水状態を続けたり落水を続けたりすると稲の活力を弱めるため、飽水管理（用語の説明①）とします。

この飽水管理が、FOEASでは容易になるため、稲体の健全化を促し、品質・収量が安定しやすくなります。

1) 栽培管理

水管理を除いて、日常の管理は育苗から収穫まで、FOEAS施工前と変わりはありません。水管理は、移植後から中干しまでは、水位制御器の水位設定を田面より高く設定し湛水状態で管理します。中干し時期は水位制御器を完全に開放し、小さな亀裂が入る程度まで土壌を乾燥させます。中干し後は水位制御器を田面と同じかやや高く設定し、飽水管理とします（水位の設定方法は「Ⅲ. 1. FOEASの機能と維持管理方法」25ページを参照して下さい）。

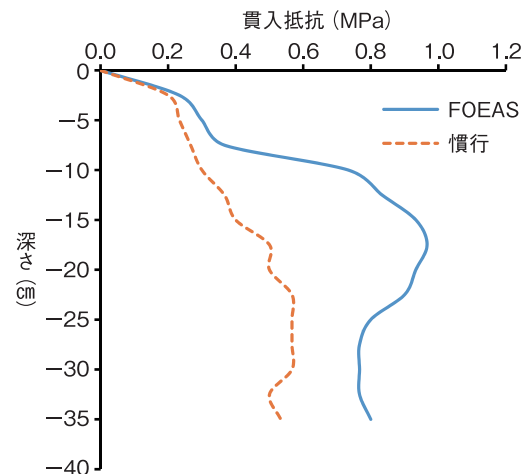


図4 収穫時期の土壌貫入抵抗 (2012)

FOEAS圃場は排水性が高いことから、中干しや間断灌水時において、落水した時に晴天日が長く続くと土壌が乾きすぎる場合があるため、大きな亀裂が入らないように注意して下さい。一方、中干し後に土壌を適切に乾燥させれば、コンバインを入れられる地耐力（用語の説明②）が確保できるので、登熟後半まで灌水が可能となります（図4）。

2) 移植水稻の生育

図5のように地上部の生育は慣行栽培*並みの生育となりますが、根は慣行栽培よりも図6のように深く分布する傾向があります。

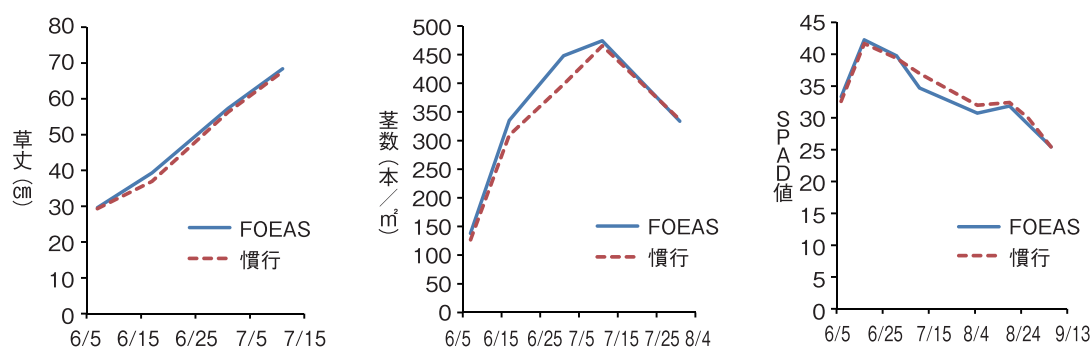


図5 生育（左：草丈、中：茎数、右：SPAD値）の推移（2014,15の平均）

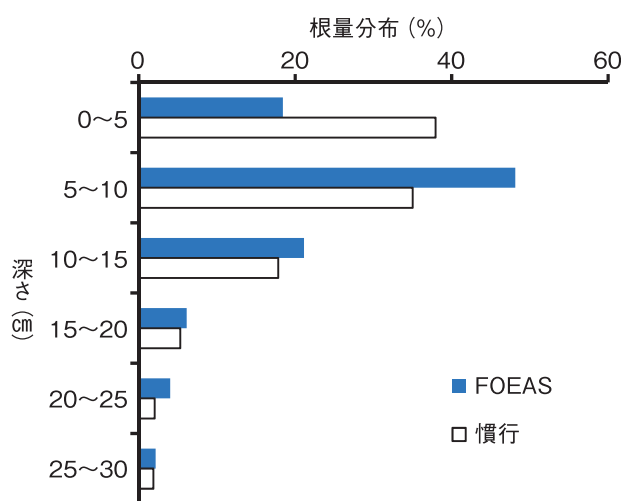


図6 深さ別根量の分布（2014）

**は5%水準で有意差あり。

3) 移植水稻の収量および品質

収量は慣行栽培*並みからやや高くなる傾向が見られ、品質は慣行栽培並みとなり、胴割れ粒の発生も軽減されます（図7、8、9）。しかし、登熟期に大きな亀裂が入るほど土壌を乾燥させてしまうと、減収や整粒歩合が低下する場合があります（図7、8）。地上部からの灌水も組み合わせて土壌表面部分が乾きすぎないように管理することが必要です。

* 慣行栽培：FOEASが施工されていない圃場での移植栽培を指します。

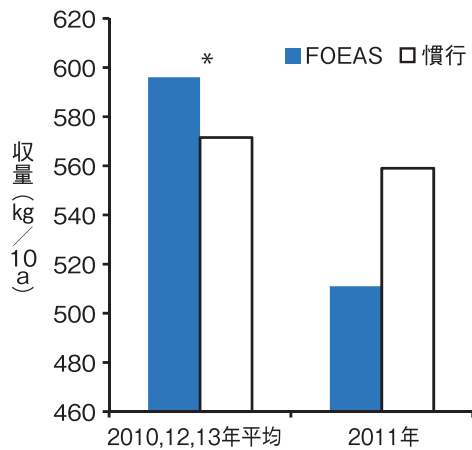


図7 移植水稻の収量

2010, 12, 13年は登熟期の水管理が良好。
2011年は過乾燥となった。
* : 5%水準で有意差あり。

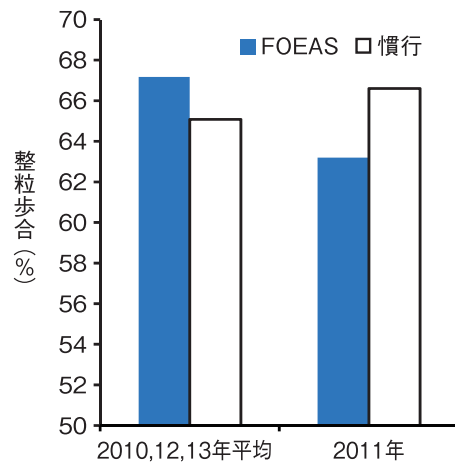


図8 移植水稻の整粒歩合

2010, 12, 13年は登熟期の水管理が良好。
2011年は過乾燥となった。

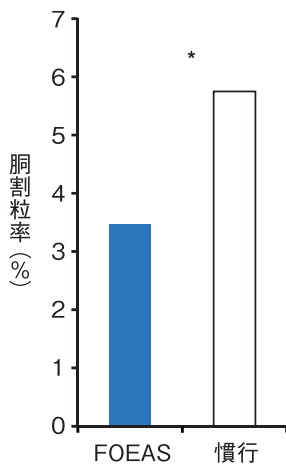


図9 移植水稻の胴割粒率 (2012)

* : 5%水準で有意差あり。

3. 不耕起V溝直播機を利用した水稻栽培

FOEAS圃場では、排水性の向上や地耐力の増加が期待できトラクタが圃場に入れる条件が整いやすくなることから、一般的に乾田直播（用語の説明③）の導入が容易になります。ここでは、普及の進んでいる不耕起V溝直播機による乾田直播を紹介します。

1) 作業機の特徴と導入の際の適応条件

(1) 作業機の概要

不耕起V溝直播機（付録2「不耕起V溝播種機」37ページを参照して下さい）は条間が20cm、作業幅が1.6~2.4m（8条~12条）の条播機で、速い作業速度で水稻直播ができます。播種は畑状態の水田圃場に幅2cm、V字高さ5cmの作溝輪により形成されたV溝部分に種子および肥料が落下して、その後分銅チェーンにより覆土される機構となっています（図10）。

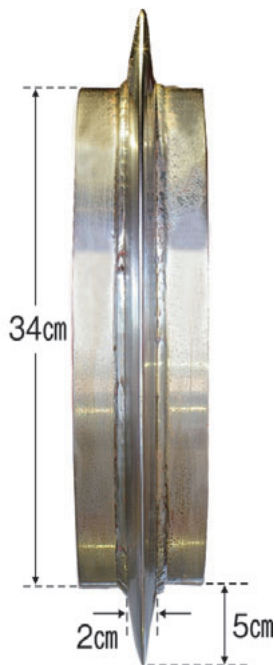
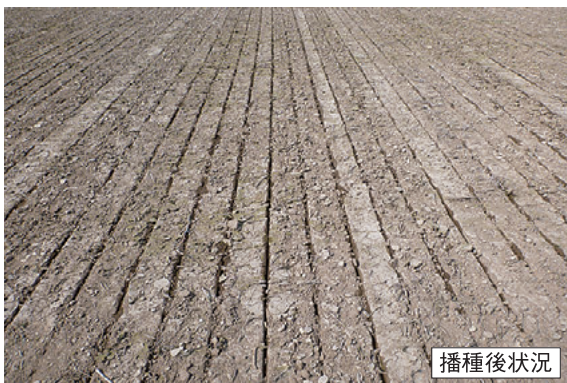


図10 作溝輪の概要と分銅チェーンによる覆土

(2) 圃場の準備

水稻の直播栽培は圃場の均平が重要です。均平が不十分の場合、生育ムラが増大し、雑草の管理が困難になります。前年の秋にレーザー均平機（用語の説明④）や代かきにより均平作業を行って下さい。また、不耕起V溝直播機は、2 m幅で機体重量が600kgを超えるため、高い地耐力が必要です。そのため、播種時にトラクタの轍ができない程度の硬さになる必要があり、播種時の土壤水分が高いと溝の形成や覆土が不十分となりますので、しっかりと田面を乾燥するようにして下さい（図11）。

※ 不耕起V溝直播栽培の詳細は、愛知県農業総合試験場が発行している「不耕起V溝直播栽培の手引き（改訂第4版）」をご覧ください。



図11 播種溝の形成に対する土壤水分の影響

トピック

水稻鉄コーティング直播栽培

鉄コーティング湛水直播栽培は、鉄粉などの混合物をコーティングして播種する方法です。表面播種を行うことにより苗立ちを確保し、鉄粉などをコーティングにより浮きにくいことが特徴です。コーティング作業が、従来のカルパーコーティングなどと異なり、「催芽しない」、「コーティング後は乾かす」だけでなく、放熱のため1週間程度種子を薄く広げる必要があります。

本栽培の特徴としては、直播栽培全般についていえますが、育苗作業や苗運搬が不要となり移植栽培に比較して、育苗作業が不要なため労働時間が短縮でき、育苗資材費も削減されることから生産コストの低減が見込まれます。鉄コーティング栽培の特徴は、種子の準備を農閑期にできることです。



2) 不耕起V溝直播栽培の播種後入水の水管理

- ① 播種後の2葉期まで（1か月程度）は、乾田状態を保つため、降雨時に排水が速やかにできるようにして下さい。



右の写真は、田面より4 cm高い位置に水位制御器を設定して給水し、数日経過した後の様子を撮影したものです。

図12 播種後4週間後の圃場の様子

- ② 水位制御器（排水側）の水位設定を、浅水管理（田面と同じまたはやや高い位置）に設定します。設定してから地下灌漑で入水を開始します（設定方法はⅢ章を参照下さい）。



左の写真は、給水時の水位制御器内を撮影したものです。水位制御器内の水があふれても、すぐには田面全体に水はたまらないので、しばらくは給水を続けて下さい。

図13 FOEASの水位制御器や給水栓

- ③ 入水を始めてから圃場全体が湿った状態になるまでには、数時間から半日程度かかります。また、すぐに湿った状態になるところと、時間がかかる場所がありますので、全体に行き渡ったことを確認して給水を止めて下さい。

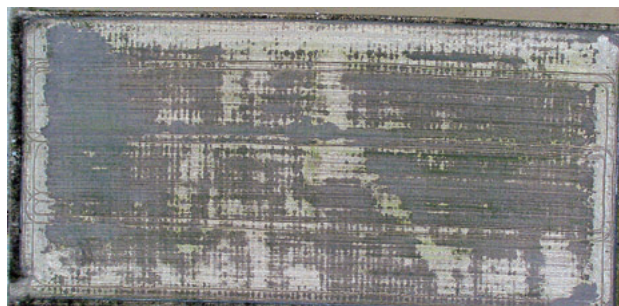


図14 給水開始から2時間後の田面

左の写真は、給水開始2時間後の状態を空中から撮影したものです。地下水位が田面より25cm低い状態のときに、水位制御器を田面と同じ高さ（0 cm）に設定し給水を開始しました。左の状態になるまで、地下水位が高いとより早く、低いと長く時間がかかります。

3) 不耕起V溝直播栽培・作業上のポイントと留意点等

(1) 圃場の選定

不耕起V溝直播栽培は、圃場の選定が最も重要であるため、次の点に注意して下さい。

○均平の良否が栽培の重要なポイントです。均平の目標精度はおおむね±5 cmです。均平作業は、圃場条件により秋代かきやレーザー均平機などで行います。

秋代かきは、秋に代かきできる水が確保でき、春先に良く乾く圃場に向いています。播種時に乾きにくい圃場は避けて下さい。レーザー均平機による均平は、漏水しない圃場向きです。

○出穂期が移植栽培より遅れることから、登熟後半まで用水を確保できることが必要です。

○前年収穫時のこぼれもみに由来する漏生苗により混種となる心配があるので、なるべく前年と同じ品種となる圃場を選びます。

(2) 耕うん・代かき・圃場乾燥

○耕うんは前作の稲株等が残らないよう十分にすき込んで下さい(図15)。また、播種時に施用する被覆尿素肥料にはリン酸と加里は含まれていないため、秋の耕うん・代かき時に施用します。



図15 播種の前年に秋代かきを行った圃場

○生育期間中は湛水を継続するため、畦塗りは代かき前にしっかりと行います。

○代かき落水後に帯水する箇所を観察し、ひどい場合は溝切り等で滞水箇所の排水を実施して下さい。排水ムラは播種作業を困難にします。また、必要に応じて周囲の排水溝を設置してください。

○代かき整地が冬までにできなかった場合は、春に浅く耕うんし、ローラで鎮圧する「浅耕鎮圧」方法により整地を行うことも可能です。

(3) 種子準備

○種子は発芽力の高い前年産を使用し、充実した種子を選り分けるため塩水選・種子消毒を行います。種子は乾もみのまま播種しますが、種子を浸種すると出芽が速くなります。ただし、4月の低温時期に播種する場合は、悪影響が懸念されるので乾もみで播種します。

※ここでの種子消毒には殺菌剤による種子粉衣も含まれます。また、「乾もみ」とは乾いた状態の粃を示しています。

(4) 播種

○播種時期は、比較的温暖な気候の続く4月下旬から5月上旬とします（図16）。



図16 播種後の圃場

○播種量は乾もみで10aあたり6～8kgを目安とし、1m²あたりの苗立数で120～150本程度を目標とします。湛水直播栽培に比べて茎数が多くなることはありません。しかし、条間が20cmとやや狭く、苗立率が低くても茎数を確保できる場合が多いので、播種量を必要以上に多くしないで下さい。

(5) 施肥

① 使用肥料について

不耕起V溝直播栽培では播種後に種子と肥料が接触した状態で溝の中にあるため、通常の速効性肥料では濃度障害（肥料やけ）を起こし発芽不良となります。必ず緩効性の被覆尿素肥料（窒素成分のみが含まれる）を使用して下さい。一般には、溶け出る期間の異なる2つの被覆尿素肥料を一定割合で混合して施用しますが、混合割合は地域や土壌条件等により異なります。

② 施肥量について

窒素分量は、全量基肥一発施用であるため、移植栽培の基肥と穂肥分を合わせた量となります。コシヒカリの場合は倒伏させないように、窒素分量を移植栽培より少なめとします。

(6) 水管理

① 播種後～イネ2葉期まで

播種後は、発芽を促すため乾田状態を保ちます。

② イネ2葉期～5葉期まで

イネ2葉期になったら浅水管理（水深3～4cm程度）を開始します。湛水が早すぎると、出芽途中のイネが枯死する可能性があるので注意して下さい。

③ イネ5葉期以降

イネ5葉期以降は、水深15cm程度の深水管理を収穫直前まで継続します。

(7) 圃場管理

○雑草防除：不耕起V溝直播栽培は生育初期が乾田状態で、その後湛水状態に切り替えるため、除草体系も通常の湛水直播栽培と異なります。基本の雑草防除体系は、①水稲出芽前：非選択性接触型除草剤処理、②出芽後湛水前：選択性除草剤処理、③湛水後：一発処理除草剤処理、の3回の体系防除です。具体的な除草剤名等は指導機関に問い合わせ下さい。

地下灌漑を実施している場合は、3日程度湛水が確保できる程度の湛水深にして、土壌処理除草剤散布後3日間は地下灌漑を停止するようにして下さい。

○病虫害防除：原則として各県の栽培指針を参考にして下さい。乾田直播栽培は、移植水稲の苗箱施薬を使えないので、移植栽培よりも注意して下さい。

○鳥害対策：V字型溝の深さ5cm近くに種子がまかれるため、鳥害はほとんど心配ありません。極端な乾燥状態で播種した場合などで、播種深度が浅かったり溝の成形が劣ったりすると、カラスやスズメによる食害が見られますが、実害は少ないです。

○上記技術を実施することにより、移植栽培に近い収量が期待できます（図17）。

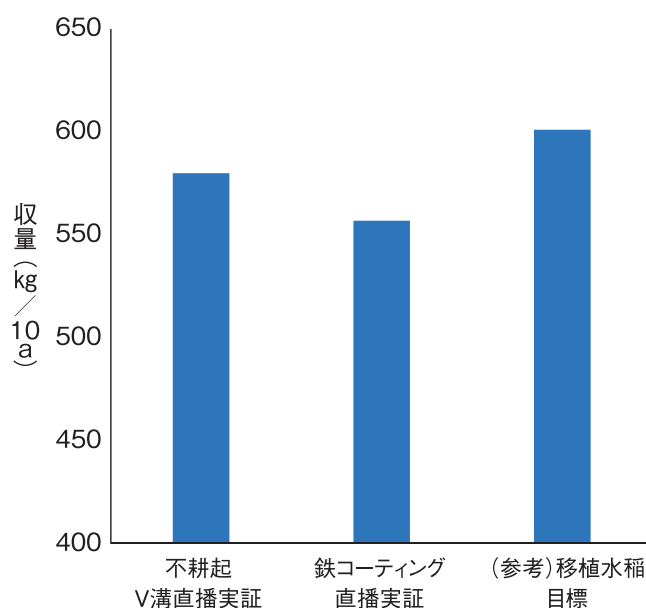


図17 FOEAS実証圃の収量 (2014)

品種：ゆきん子舞、新潟県燕市の事例

トピック

イネ紋枯病



紋枯病に感染した水稻

しばしば発生するイネの病気に紋枯病があります。この病気は、減収、米の品質低下を引き起こす他、倒伏を助長します。感染したイネには、葉鞘部に暗緑色の病斑が現れますが、日がたつと周辺部が褐色の楕円形の病斑となり、ついには病斑部が白く枯れてしまいます。病斑は上部に伸長して、ひどい場合には、止葉にも病斑が現れるようになります。高温多湿により病気の進展が助長されるので、密植の場合や、高温時に登熟期を迎える早生品種では注意が必要です。出穂前の発病株率の調査により防除要否を判断できません（詳しくは防除指針等を参照して下さい）。

トピック

イネ稲こうじ病

穂に濃緑色～暗緑色の病粒（かびの塊）ができる病気です。出穂後、籾の内部から菌体が露出して、籾を覆うように増殖して病粒となります。玄米に被害粒が混入すると米の品質検査で規格外とされてしまいます。前年に形成された病粒の厚壁胞子が発病の原因と考えられるので、常発している圃場や前年度ひどく発生した圃場では、対策をとる必要があります。出穂期前の殺菌剤散布が防除の基本ですが、防除適期や使用期限は、薬剤毎に異なるので、農薬の適用を確認しましょう。また、多肥条件は発病を助長するので、適正な施肥管理が求められます。



4. FOEASを活用した大豆栽培

北陸地域に多い重粘土の水田転換畑は、過湿にも過乾にもなりやすいです。大豆は比較的干ばつに強い作物ですが、梅雨明け後に気温が高い晴天日が続くと、干ばつによる被害が発生しやすくなり、大豆の収量と品質が低下するおそれがあります。FOEASの利用によって大豆の安定生産に重要な適切な地下水位を保つことが可能になります。

1) 大豆播種後の水管理

播種後は湿害による出芽不良を回避するため、排水側の水位制御器を完全に開放します。ただし、播種後に晴天日が続き、土壤が乾燥している場合は、水位を一時的に高めに設定（田面下7cm～15cmを目安）して土壤に適度な湿り気を与え、出芽を促します。

2) 梅雨時期の水管理

梅雨時期に入り断続的に降雨が続く場合は、排水側の水位制御器を完全開放し、雨水の排出を促進します。

3) 梅雨明け後の水管理

大豆生育期において、梅雨明け以降の地下灌漑開始時や晴天日が続き地下水位が田面下60mmよりも深い位置まで低下した場合は、一時的に水位制御器の設定を田面下20cmに設定し、圃場全体の土壤水分を維持しましょう（図18）。それ以外は設定水位を目標とする田面下30cmとすることで大豆生育に好適な土壤水分が維持できます。



図18 地下灌漑により本暗渠や補助暗渠を通して土壤水分が確保される

4) 大豆に対するFOEASの効果

梅雨明け以降に前記のようなFOEASによる地下水位制御を実施したところ、夏場の乾燥時に明渠灌水を実施した栽培方法と比べて生育状況や収量に違いはありませんでしたが（図19）、大豆子実の大粒比率（用語の説明⑤）が高くなる結果となりました（図20）。FOEASを用いた

大豆栽培では、暗渠の開閉や地表灌漑などの水管理作業をこまめに調整する必要がないので、省力的な技術となることが期待されます。また、子実の充実につながり品質が向上します。



図19 FOEAS圃場大豆（左）と慣行圃場大豆（右）

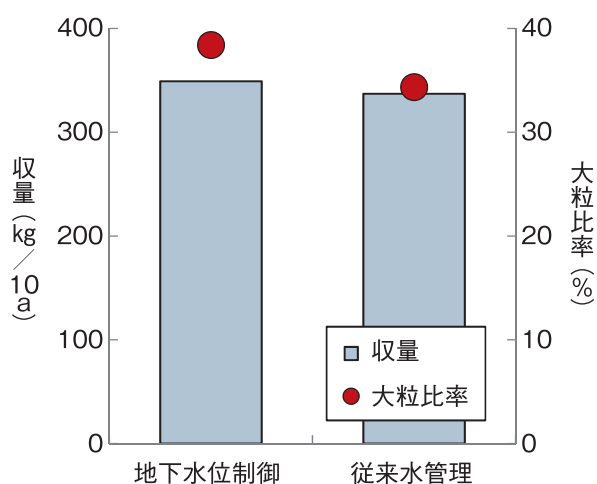


図20 FOEAS圃場の地下水位制御による大豆の収量・大粒比率

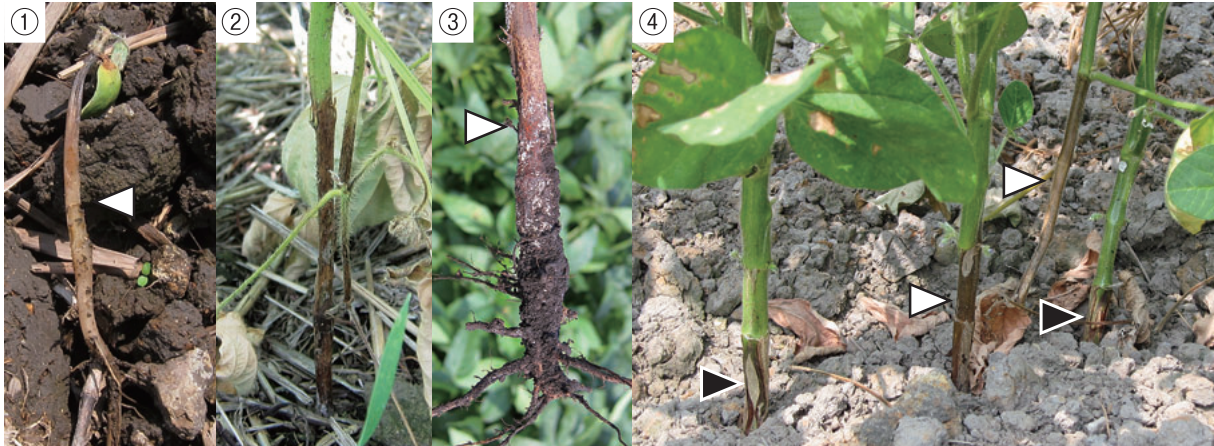
「従来水管理」とは農家慣行の明渠灌漑を実施したときの結果を示しています。

5) 大豆栽培におけるFOEAS活用の留意点

- 豪雨で水尻から用水が逆流するような状態が続く場合には、水位制御器を田面より上げ逆流を防ぎ、降雨後は下げ、速やかに排水するような管理もできます。
- 経年劣化によりもみ殻補助暗渠の機能が低下してきた場合は、補助暗渠の再施工などを行うことで、通水機能を改善する対策が必要です（「Ⅲ. 1. FOEASの機能と維持管理方法」25ページを参照して下さい）。

大豆の立枯性病害

大豆の茎疫病と黒根腐病は北陸で見られる主な立枯性病害です。どちらの病原菌も土の中にいて、気づかないうちに大豆の根や茎を腐らせます。発病したら治療できませんので予防が大切です。どちらの病気も水はけの悪いところで多発しますから、圃場の排水対策が重要です。



- ① 出芽前後の茎疫病。胚軸（△）は水浸状。時間がたつと干からびるか、ぶよぶよに腐ります。
- ② 成長期の茎疫病。褐色斑が地際から上へ徐々に広がります。
- ③ 黒根腐病の末期症状。側根が落ちてごぼう根になります。白い菌や赤い粒（△）も見えます。
- ④ 黒根腐病の初期病徴（▲）は地際が少し赤黒っぽくなりますが、この程度は何の影響もありません。茎疫病（△）がこれくらい広がると、いずれ枯死することが多いです。茎疫病の左の株はまだ元気なので地際を見ないと病気に気づけません。

5. 耕うん同時畝立て播種機を利用した大麦－大豆体系

1) FOEASを活用した大麦－大豆体系栽培上のポイント・留意点等

(1) 水稻あと大麦

① 大麦の播種準備

稲わらの処理：コンバイン収穫の際に稲わらを収集しない場合には、コンバインのわら細断カッターを短い設定にして下さい。多収穫稲のように残渣が多い場合には播種に影響があるので、コンバインのわら細断拡散装置により排わらを拡散するように設定して下さい（図21）。



図21 大麦播種前の水稻収穫あと

排水対策：FOEASでは排水対策は基本的に不要です。ただし、隣の圃場が水稻作の場合に生じる畦畔漏水、積雪、融雪等による滞水が心配される場合には水田との隣接側に額縁明渠を掘削すると、その後の作業だけでなく次作の大豆作にも有効です（図22）。



図22 排水対策（明渠）

② 耕うん・播種・施肥

積雪地域では、「適期播種」と「効果のある排水対策」が重要とされています。FOEASの機能を活用し圃場を乾燥させると、播種の時に十分な碎土率が得られます。また、積雪（図23）により常に水分が供給されるため、FOEASによる排水対策に加えて、耕うん同時畝立て播種機（「2）改良アップカットロータリを利用した耕うん同時畝立て播種の特徴 21ページ」を参照してください）の使用が効果的で、天候を考えると一工程播種がお勧めです。表面散播（用語の説明⑥）と比較して、生育の均一化、雑草防除、収穫ロスの低減などの点で優れています。



図23 積雪した圃場

③ FOEASの利用方法

大麦作ではFOEASの給水機能を使うことはほとんどありません。水稻収穫後にスライド管を取り外して、排水能力を高めて下さい（Ⅲ.「FOEASの機能」25ページを参照して下さい）。

④ FOEASと耕うん同時畝立て播種技術の効果

これらの技術を導入し、現地実証を行った2013および2014年産大麦「ミノリムギ」では2年間の平均収量は435kg/10aと良好でした（図24）。



図24 収穫前の大麦圃場

(2) 大麦あと大豆

FOEASを利用した大豆栽培は、単作大豆（Ⅱ. 4.「FOEASを活用した大豆栽培」14ページを参照して下さい）と同じです。ただし、麦あとに大豆を播種することになるので、播種時期が遅くなることに注意が必要です。

① 麦稈処理

前作の大麦を高刈りした場合や、大麦の生育量が旺盛で麦稈量が多い場合（図25）等では、播種作業への悪影響が考えられます。その場合には、フレールモア等で刈り株や麦稈を細断するか、図26のように事前耕うんをしてすき込んでおく必要があります。



図25 収穫作業中の大麦圃場



図26 事前耕起によるすき込みの様子

② 耕うん・播種・施肥

大麦収穫後の大豆播種は6月中旬以降となり、雨の多い時期と重なります。FOEAS圃場でも適期の作業が難しくなることがあります。対策として、図27の耕うん同時畝立て播種機の利用や狭畦栽培（用語の説明⑦）の導入が考えられます。播種機は15本/m²程度の苗立ち数が得

られるように設定します。これにより、晩播の生育期間が短くなることによる、減収リスクを低減します。



図27 耕うん同時畝立て播種機の苗立ちの状況

③ 雑草防除

麦あと晩播大豆では中耕培土の適期が梅雨の多雨期にあたるため、FOEASでも適期の中耕培土作業ができない可能性があります。対策として、比較的湿った土壤でも中耕培土が可能な図28のディスク式中耕機の利用が有効です。



図28 ディスク式中耕培土機による中耕培土作業

④ FOEASと耕うん同時畝立て播種技術の効果

麦あと大豆は適期作業が困難になる場合があります。現地実証試験では、麦稈などの前作の残渣が多かったため一部事前耕うんを行いました。苗立ちに影響はありませんでした。また、FOEASで地下水水位制御をすることなどにより、2014年産大豆「エンレイ」の収量は286kg/10aと地域平均と比較しても高い収量となりました。

(3) 輪作のポイントと留意点

① 大麦－大豆輪作体系のメリット

大豆を含む土地利用型作物による輪作は、労働力や機械の有効利用、連作障害の回避といった効果があります。麦あとの大豆播種での耕うんでは、麦作での排水対策によって畑地化が進んでいるため、碎土率の向上が期待できます。

② 大麦－大豆輪作体系のポイント

大麦－大豆輪作栽培（図29）では、大麦の播種や大豆の播種は前作の水稻や大麦の収穫からの間隔が短いことが北陸地域の特徴です。そのため、降雨などで収穫が遅れると計画的に耕うん・播種作業が行えず、播種精度の低下を招くおそれがあります。対策として、水稻は早生品種にして収穫を早めるなどの配慮が必要となります。また、麦あとの大豆作では播種時期が通常の大豆よりも遅く個体の生育量が小さくなるので、晩播に適応できる品種を用い、播種密度を高くします。



図29 大麦－大豆輪作栽培

③ 地力の維持

大豆は生育期間中の窒素吸収量が多い作物ですので、長年大豆栽培を続けると地力の低下が懸念されます。地力は良質な堆肥や適切な土づくり肥料の施用、ヘアリーベッチ等の緑肥や輪作の麦稈・稲わらのすき込み、作土深の確保等を総合的に行うことで維持できます。これらの技術を導入することにより地力の高い土壌を維持します。

トピック

野菜定植直後のFOEASの地下灌漑の利用

排水性の改善や干ばつの抑止が期待できるFOEASの導入は、水田での野菜の安定生産のためにも有効と考えられます。野菜栽培では、灌漑が必要となる場面も少なくありません。定植直後の灌漑にFOEASの地下灌漑の利用が考えられます。定植後、苗の根が伸びるまでの間は、表層まで水分を供給する必要がありますが、FOEASの地下灌漑でも、一時的に設定水位を田面より高くして給水することにより、地表付近まで水分を供給できます。北陸研究センターでは、高温乾燥が続いた2012年の8月上旬にブロッコリーを定植後、この地下灌漑を適用したところ（写真）、良好な活着と初期生育が得られ、収量も安定することを確認しました。



ブロッコリー定植直後の地下灌漑を実施した圃場の様子
地下からの給水により、畝間に加えて、畝上でも、施肥条を中心に湿っています。なお、写真の灌水チューブは、地下灌漑がうまくいかなかった場合に備えて設置しましたが使用していません。

2) 改良アップカッターロータリを利用した耕うん同時畝立て播種の特徴

積雪地域では排水対策は必須で、FOEASの排水機能により明渠や弾丸暗渠の施工が一般的に省略できます。さらに、耕うん同時畝立て播種技術を導入することで、畝立てによる播種位置が高くなることに加えて、碎土率の向上、苗立ちの確保、湿害の軽減が期待されます。

(1) 構造と特徴

本機は、アップカッターロータリ（逆転ロータリ）（用語の説明⑧）をベースにして、改良を行ったロータリ（用語の説明⑨）で、特徴は次の通りです。

① 畝を立てる（図30）

培土板などを用いて培土による畝立てによる方法ではなく、畝立てをするために耕うん爪の向き（耕法：用語の説明⑩）だけでなく、耕うん爪の取り付け位置配列の工夫により畝立てを行います。

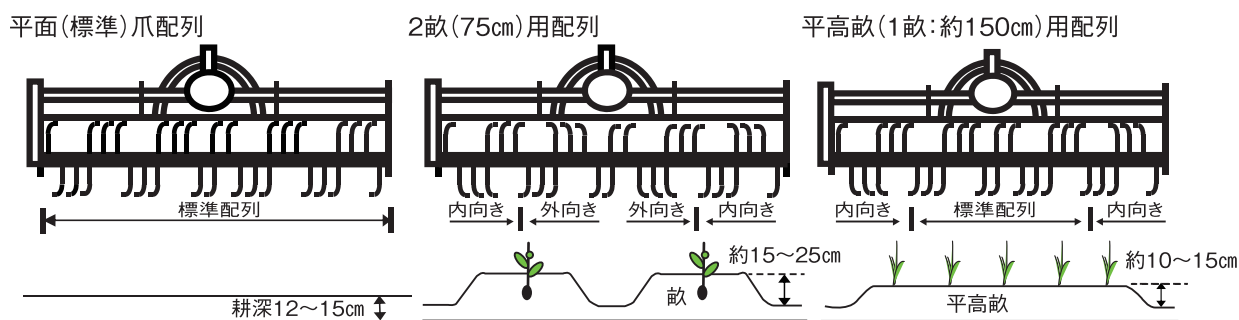


図30 畝の立て方による耕うん軸の爪配列（ロータリ幅1.6mの場合）

② 播種位置の碎土率が向上する（図31）

逆転によりロータリカバーの後方に装着されているスクリーンで土塊や残渣が下層に行き、表層は細かい土が集まることで、播種位置の碎土率（用語の説明⑪）が向上し、発芽しやすくなります。

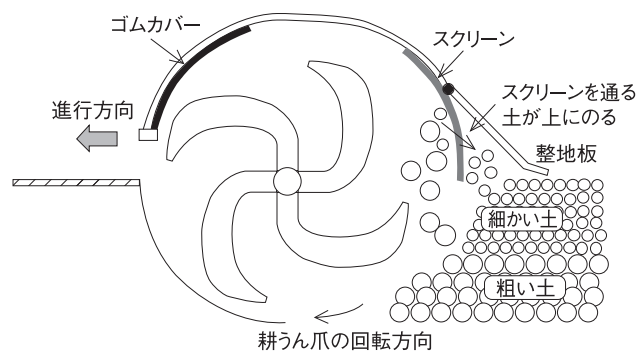


図31 アップカッターロータの耕起断面

③ 耕うん、畝立て、播種・施肥を同時にできる（図32）

改良アップカットロータリに播種・施肥機を装着することにより、耕うんと畝立てしながら播種・施肥を行うことができます。



図32 耕うん同時畝立て播種機の構成

トピック

GPS車速連動施肥播種機で均一な施肥播種を！

播種作業の高速化や土壌が駆動輪へ付着しやすい重粘地土壌では、安定した播種作業を行うためには播種機の電動化も対策の一つです。しかし、均一に肥料散布や播種を行うためには、オペレータが一定の車速で作業を行わなければなりません。GPS車速連動装置は、GPS情報から得た車速を利用するため、トラクタ等のタイヤスリップの影響がない正確な車速信号を利用できます。車速連動施肥播種機と組み合わせて利用することにより、トラクタの車速を変化させても均一な肥料散布や播種を行うことができます。



GPS車速連動装置
(株式会社クボタ製)



車速連動施肥播種機
(松山株式会社製)

(2) 作業性能

次のような性能が現地実証で得られました。

- ① 畝の形状は1.6m幅のロータリでは、図30のような『播種条ごとの畝立ての爪配列』であれば天板30cm程度で、畝溝から畝上までの高さは20～25cm程度となり、2畝できます（図33）。『平高畝の爪配列』であれば天板1 m程度、畝高さ10～15cm程度となります。



図33 耕うん同時畝立て播種の畝状況（播種条ごとの畝立ての耕うん爪配列）

- ② 耕うん性能を示す碎土率は80～90%と非常に高くなっています。
- ③ アップカットロータリは耕うん爪が進行方向と逆方向に回転しているため、進行方向と逆の力が働きます。そのため、ダウンカットロータリに比較して遅くなり、大麦あと大豆の1工程播種では0.3～0.5m/s（1.1～1.8km/h）程度、作業量は作業幅1.6mで1時間あたり10～20aとなっています。なお、これらの数字は、ロータリの設定や土壤条件、前作物などの有無により変わります。

(3) 使用上の留意点など

- ① アップカットロータリはダウンカットロータリと比較すると構造上重くて後ろに長くなるため、ウエイトバランスを取る必要があります。前輪が浮くような状況では、圃場の出入り時などに危険を伴いますのでフロントウエイトを増やして下さい。
- ② 耕うん爪の配列は畝立ての種類により確認して下さい。図34のように耕うん爪のホルダーは、ボルト挿入側が耕うん爪の曲がりと反対側になるのが標準です。耕うん爪の配列がわからなくなった場合には、平面（標準）爪配列に戻し、やり直すのがお勧めです。

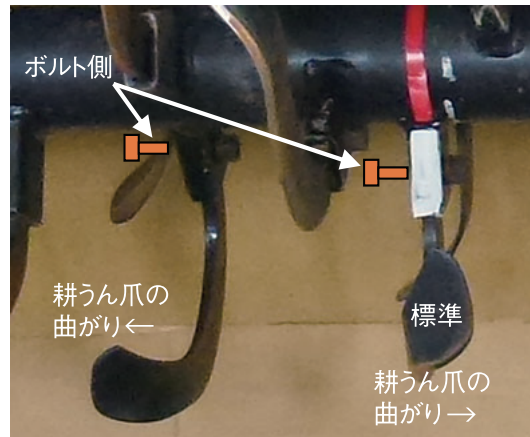


図34 耕うん爪の取り付け方向

- ③ ロータリが水平になっていないと、畝が立たないことがあります。また、耕深が10cm以下の場合には、畝ができないので、耕深は13～15cm程度確保するようにして下さい。
- ④ 平高畝で中央部分がへこむ場合には、土が飛びすぎているので、耕うん爪を1～2本標準に戻すことや、均平板の圧力を調整すると良くなる場合があります。
- ⑤ 事前耕うんをすることにより、耕うんの負荷が減り、作業速度を向上させることができます。事前耕うんは浅めに耕うんピッチ（用語の説明⑫）を大きくしてください。あまり碎土しすぎると耕うん同時畝立て播種機を利用してもしき込みや表面の碎土が低下する場合があります。

※耕うん同時畝立て播種機の作業幅や作業性能については、付録3.「耕うん同時畝立て播種機」37ページを参照して下さい。



Ⅲ. FOEASの機能について

1. FOEASの機能と維持管理方法

1) 貯水機能

FOEASは、排水側にある水位制御器の中についているスライド管を上下させることで、暗渠の深さを変えた場合と同じ効果が得られるように設計されています。



図35 真上からみた水位制御器



図36 横からみた水位制御器

スライド管を一番下まで押し込むと、田面から30cmの深さになります。一番上まで引きあげると、管は田面より20cm高い位置にきます。稲作で湛水させたい場合には、田面より高い位置に管を合わせて給水すると、その高さまで湛水できます。畑作の時は、作物を乾燥状態で育てたい時にはスライド管を深い位置に合わせ、湿った状態を維持したい時は浅い位置に合わせて下さい。

【注意点】

畑作で畝を立てた場合は、畝の分だけ根の位置も高くなっています。例えば、耕うん同時畝立て播種機（22ページを参照して下さい）を使った場合には、畝溝より約10～25cm高くなります。



図37 耕うん同時畝立て播種機による畝の成形

2) 給水機能

給水栓から暗渠に水を通して、地下から給水することができます。地下から給水することで、湛水させることなく均一に圃場を湿らせることができます。地下からの給水方法は、以下の通りです。



図38 地下灌漑時の圃場の断面



地表から水を入れると、用水側は湛水していても、排水側には水が届いていない状態になります。

図39 地表から給水した場合

(1) 水位制御器のスライド管と水位管理者を合わせる

前のページ（貯水機能）と同じで、水位制御器のスライド管を上下させて、お好みの位置に合わせて下さい。水位管理者がある圃場は、同じ高さに合わせて下さい。位置を高くするほど、土に含まれる水分が多くなります。

(2) 給水栓を暗渠に接続し、給水を開始する

水位管理者がある場合はホースを暗渠部分に接続して下さい。水位管理者がない場合は付属の蛇腹ホースで接続して下さい。



(左) 水位管理者がある圃場



(右) 水位管理者がない圃場

※給水量測定のため塩ビ管をつないでいますが、通常は不要です。

図40 給水栓を暗渠に接続したときの状態

(3) 給水を停止する（水位管理者がない圃場の場合）

水位管理者がある圃場では給水は自動的に停止しますが、水位管理者がない圃場では給水は自動的に停止しません。圃場全体に水が行き渡るまでには数時間から半日程度かかります。

3) 排水機能

雨の時には、土は湿った状態になりますが、水位制御器内のスライド管の深さまでは排水され、雨がやむと徐々に乾いてきます。雨の強さに応じてスライド管の深さを変えると、より効果的です。

(1) 短時間の強い雨または弱い雨の場合

スライド管を動かさなくても、翌日にはほとんどの排水が完了します。湿潤に弱い作物の場合、雨の間だけスライド管を下げるとより効果的です。

写真は、スライド管を引き抜いて、水位制御器のふたに引っかけている様子です。強い雨の時以外にも、土を強く乾燥させたい場合には、このような状態にしてください。

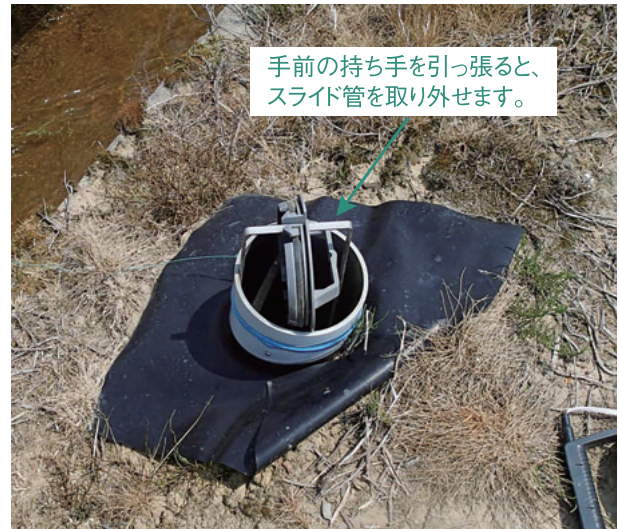


図41 スライド管を取り外した場合

(2) 長時間の強い雨または激しい雨の場合

水位制御器のスライド管は取り外すことができます。強い雨が連続すると予想される場合にはスライド管を取り外して、排水能力を高めることができます。

【注意点】

大雨の場合には、地表からの排水が最優先です。冠水被害が出ないように、地表排水に努めて下さい。栽培期間に雨が深い地域では明渠を掘って下さい。ただし、排水路の水位が高くなってしまうと、迅速な排水はあまり期待できません。



図42 明渠を掘って排水を促す



図43 排水路の水位が高い状態



(左) 後方からの様子



(右) もみがら投入の様子

図45 もみがら暗渠施工機による弾丸暗渠施工



(左) 遠景



(右) 近景

図46 サブソイラを使った弾丸暗渠施工



掘削



もみがら投入

掘り上げられた暗渠管



掘削深さを深くしすぎると、暗渠を傷つけるので注意して下さい。

施工工事から15～20年経過後、弾丸暗渠を引いても排水状態が十分に戻らない場合は、本暗渠直上部分のもみがらが腐朽し、通水性が低下している可能性があります。その際は、本暗渠の疎水材を入れ替えて下さい。

図47 トレンチャーを使った本暗渠疎水材の入れ替え

トピック

粘土質のFOEAS圃場の排水性の維持には下層の亀裂が重要

北陸地方の水田に広く分布する粘土質の土壌は透水性が低く、土壌内の水の通り道は乾燥などに伴って生じる亀裂などに限られます。FOEASでは、本暗渠とそれに通じる補助孔によって高い排水性を実現しているため、粘土質の圃場では、これらに至る水の通り道となる安定した亀裂をいかに生成・維持するかが重要です。そのため、粘土質の圃場では、FOEAS施工後、下層が乾燥し、暗渠や補助孔に通じる安定した亀裂が生成するまでは不要な地下灌漑を行わないことが望まれます。いったん安定した亀裂が生成すれば、水稻（V溝乾田直播栽培）栽培後であっても高い排水性が持続します。



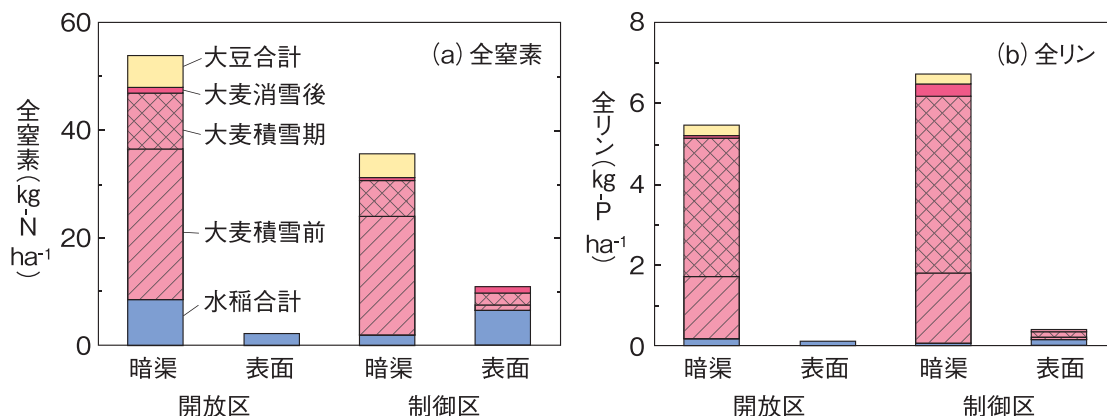
粘土質FOEAS圃場の排水状況（V直水稻後の大麦期間）

FOEAS施工後の初作に地下灌漑せず、下層まで乾燥した圃場（左）では、2年3作2巡目のV直水稻の後であっても高い排水性が持続するのに対し、地下灌漑した圃場（右）では畝間や枕地に水が溜まっています。なお、撮影時、両圃場とも水位制御器を開放し、灌漑をしていません。

トピック

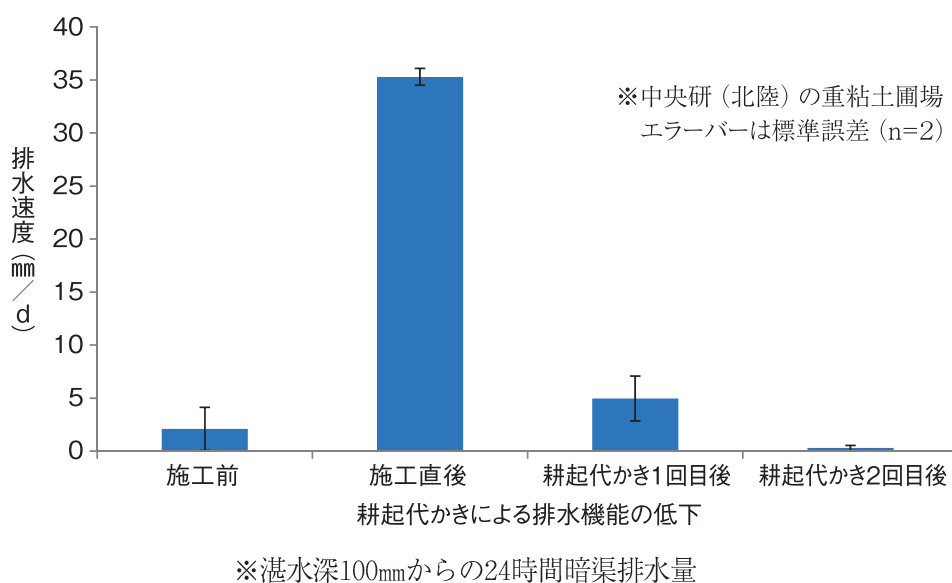
FOEAS圃場からの肥料成分の流出

土質のFOEAS圃場で水位制御を行うと、圃場の排水性に影響を与える場合があります（上記の「粘土質のFOEAS圃場の排水性の維持には下層の亀裂が重要」を参照）。これが圃場からの肥料成分（窒素・リン）の流出に影響をすることが分かってきました。一般に、窒素成分の一つであり、地下水汚染の原因となる硝酸態窒素は畑状態では流出しやすく、水に浸かった状態では浄化されることが知られています。一方、リンは湖などの富栄養化の原因物質で、畑状態では土壌と強く結びつくため流出しにくいものの、水分の多い状態では流出しやすくなるとされています。FOEAS圃場で水位制御を行うと土壌が湿った状態になり、窒素流出量は減少し、リン流出量は増加しました。圃場からの養分流出量は、水質汚染等の環境問題だけでなく、適正な施肥量の設定にも重要な情報で、今後も様々な条件での調査が必要です。



代かきと機能低下の関係

FOEASを様々な作物栽培に活用するためには、1 m間隔で施工された補助孔の機能維持が重要ですが、水稻栽培のための耕起代かきによって、図のように排水機能の低下を生じやすい傾向があります。これは、主にすき床から補助孔に至るまでのモミガラ部分の目詰まりおよび亀裂の閉塞と、機能低下が著しい場合には補助孔の閉塞が要因と考えられます。機能回復には、ダイズ栽培等の畑転作を行い、心土を乾燥させて亀裂の発生を促すこと、さらに状況に応じ、サブソイラによる心土破碎の実施や糞殻弾丸暗渠の施工が有効です。



2. 圃場内の地下水位を簡易に測定する方法

1) 地下水位測定の目的

大豆の干ばつや湿害の軽減に役立てるため、生産者が安価で、かつ簡易に地下水位を測定する方法で、これにより栽培期間中いつでも地下水位を直接確認することができます。

2) 穴掘り器の作成

市販のラセン式穴掘り器を切断し、ガス管をつなぎ合わせることで深さ約1 m、直径70mmの縦穴を掘る器械を作ることができます(図48)。部品はホームセンター等で購入でき、購入価格は7,000円程度です。穴掘り器の製作には金属切断機と穴あけドリルが必要になります。持っていない場合には、板金業者等にお問い合わせ下さい。



図48 長さ1 mの穴掘り器の製作に必要な部品と作り方

3) 地下水位の測定

穴掘り器を使って約1mの縦穴を掘ることによって、図49のようにいつでも地下水位を直接見ることができるようになります。直径60mm、長さ約1mの塩化ビニル管を掘った穴に入れると、農作業や雨などで縦穴が崩れるのを防ぐことができます。



図49 縦穴の施工（左）と地下水位の測定（右）

4) 縦穴で測定した地下水位の変化

縦穴から地下水位を測定したところ、灌水や降雨など圃場の外からの水が供給されると水位が上昇することが確認できました。暗渠管から1～2m離れたところに掘った縦穴では、図50に示すように暗渠管の真上に比べてゆっくりと水位が変動します。重粘土は水の通り道が非常に狭く、水の動きが鈍いことが原因です。

暗渠管の真上は、地下水位の変化の仕方が他の場所と異なりますので、暗渠管の真上以外に縦穴を掘ることが望ましいです。

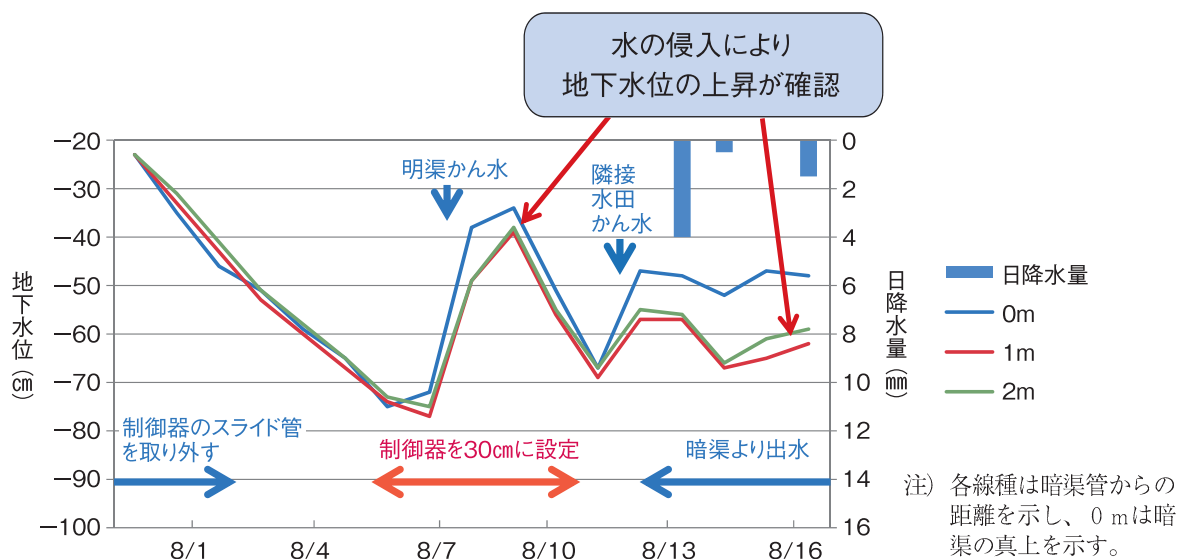


図50 灌水および降雨条件による地下水位の変動



IV. 導入技術の経営評価

1. 導入技術の普及ターゲット（普及を目標とする対象）

1) 適用地域と普及ターゲットとなる経営体

導入技術の適用地域は前述の通りFOEAS圃場整備実施地区（予定等含む）で、水稲と大豆を作付し、比較的規模の大きい経営体が導入技術の普及ターゲットです。

また、北陸地域のように大麦・大豆の播種時期に湿害を受けやすい地域で、稲作の面積が広く、乾田直播栽培をはじめとする水稲直播栽培に関心があり、水稲の拡大、大麦－大豆作に取り組む意欲のある経営体を対象としています。

2) 普及ターゲットとなる経営体の経営構造

① 労働力

作業機のオペレータが2名以上必要です。また、水稲移植等の繁忙時には臨時に作業補助者を確保する必要があります。

家族が主体の経営体ではオペレータとしての従業員が複数名、集落営農では複数の専従オペレータが必要です。

② 資本装備

トラクタは、60PSクラスを最低1台含めて複数所有していることが必要です。

開発技術導入にあたり、

○ 不耕起V溝直播機が必要になります。

不耕起V溝直播機は複数の経営体で共同所有するか、JA等の農業支援機関からのリースでも可能です。

○ 大麦と大豆作には耕うん同時畝立て播種作業機が必要になります。

③ 導入の前提の目安となる経営規模

30ha以上の水田作経営となります。

2. 普及ターゲットにおける経営効果

30ha規模を想定したモデル経営（水稲20ha、大豆10ha、所得は約1,000万円）を現状としました。開発技術を導入した場合の収益性と作付面積等に関する効果を示しています。

1) 収益性（所得）と作付面積への効果

（ケース1）現状より規模を拡大し「乾田直播栽培（5ha）」を新たに導入

経営規模は39haまで拡大可能です。最も所得が高くなる組み合わせは、延べ作付面積で水稲が26ha、大豆が13haとなります。現状に比べて所得は約2割向上します。

乾田直播栽培の播種は、労働ピークである田植え時期の前に行うため、直播栽培を含めた水稲の作付面積が拡大します。

(ケース2) 現状に「大麦」を新たに導入

産地資金が、大麦に大豆と同等の2万円/10aを設定している場合を想定しています。

経営規模が30haの場合、最も所得が高くなる組み合わせは、延べ作付面積で水稲が20ha、大麦10ha、麦あと大豆10haとなります。現状に比べて所得は約1割向上します。

(ケース3) 現状より規模を拡大し「乾田直播栽培(5ha)」と「大麦」を新たに導入

経営規模は36haまで拡大可能です。最も所得が高くなる組み合わせの延べ作付面積は水稲24ha、大麦10ha、大豆12ha(麦あと10ha、単作2ha)となります。現状に比べて所得は約3割以上向上します。

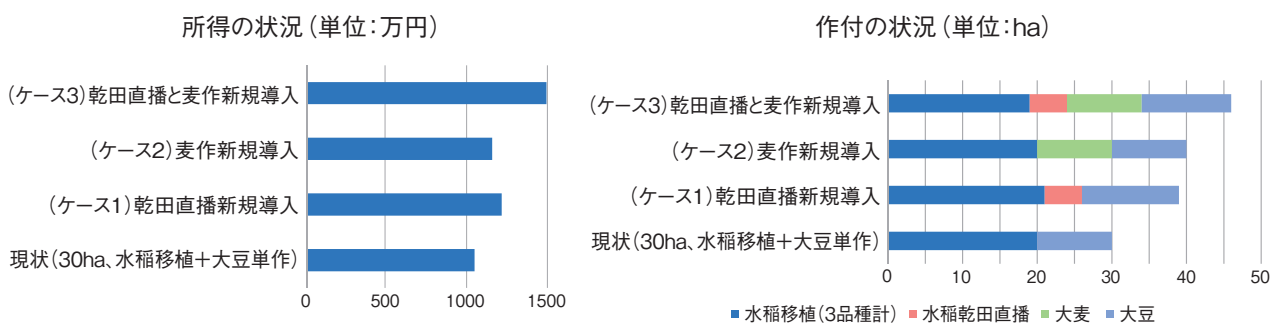


図51 所得と作付面積(水稲移植、水稲乾田直播栽培、大麦、大豆)の状況

2) 開発技術導入の場合の作物別10aあたり労働時間(ケース3の場合)

現地実証経営の作物別栽培時間は次の通りです。

- ・水稲の乾田直播栽培は10aあたり約6時間(参考:移植は10aあたり約12時間)
- ・大豆は10aあたり約5時間
- ・大麦は10aあたり約4時間

3) 開発技術導入による作業競合の緩和

乾田直播は5月の移植時期の労働ピークを避けることができ、用水に制限されない時期に導入可能です。9月は大麦播種前の排水対策が不要になるので、水稲収穫時期の作業競合が軽減されます。

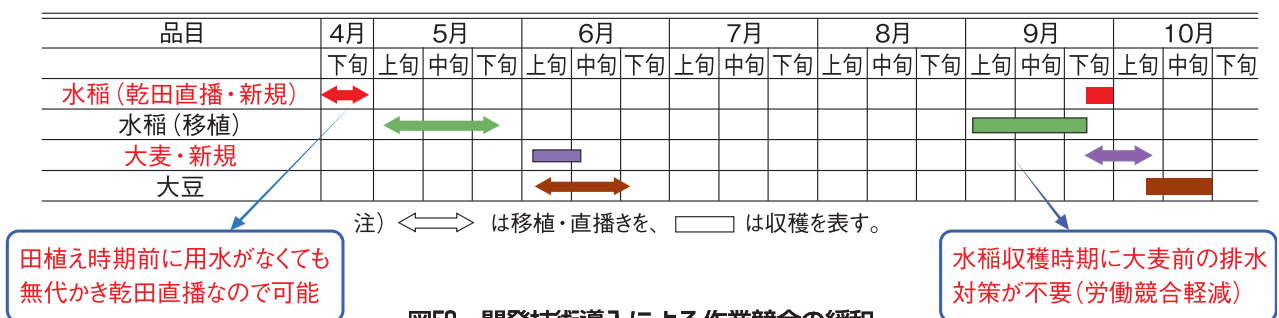


図52 開発技術導入による作業競合の緩和

1. 現地実証協力農家の概況

新潟県では平成26年現在、県営事業により16地区1,747haでFOEASによる圃場整備事業が計画されており、25年度末で794haを施工済みです。このFOEAS計画地区の多くは、広大な新潟平野の西側に集中しています。この地域は緩勾配の低平地であり、多数の揚排水機場が設置されて以降、水稻を安定的に生産できるようになった地域で、稲作単一経営が主流です。現在の主な転作作物は大豆です。重粘土の割合が高い土壌の場合、大豆栽培は湿害の被害を受けやすく、収量・品質の不安定要因となっています。

現地実証は、燕市内の水田作経営で行いました。同地区はおおむね50a以上の区画に整備され、地区全体にFOEASを施工しています。また、本地域は県内では比較的積雪が少なく、3月中には雪どけします。

現地実証協力農家は家族労働力が主体の個別経営です。経営規模は約20haで、基幹労働力は経営主（長男（30歳代））とその父（60歳代）です。基幹部門は水稻、大豆、機械作業受託です。用水は4月末から通水されるため、代かきから田植えまでを短い日数で行う必要があるために、5月の田植え時期に作業が集中します。そのため、この時期に田植えをできる面積が、経営できる面積の上限となるため、水稻作付規模を十分に拡大できない大きな要因となっています。



図53 実証農家の水稻収穫

2. 不耕起V溝播種機

1) 実証試験の概要

品 種：ゆきん子舞

播 種 量：5 kg/10a 基肥はなし（前作が大豆のため）

作 業 機：鋤柄農機AD-102CW。75PSセミクローラトラクタを使用。

作業速度：約7 km/h

2) 不耕起V溝播種機仕様表

表1 不耕起V溝播種機の種類

型 式	AD-82CW	AD-102CW	AD-122CW
作業速度	4.7～5.4 km (標準的な作業速度)		
播種方式	接地輪駆動方式・横溝ロール		
作溝方式	PTO駆動 作溝輪 直径400 mm		
条間 mm	200		
条 数	8	10	12
全幅 mm	1860 mm	2260 mm	2600 mm
全高 mm	1050 mm	1050 mm	1240 mm
全長 mm	1050 mm	1050 mm	1180 mm
機体重量 kg	562 kg	618 kg	721 kg
有効作業幅 m	1.6 m	2.0 m	2.4 m
圃場作業能率 (分/10a)	10～17	8～12	6.4～9.6
ホッパー 容量 kg	種子	28	35
	肥料	52	65
適応トラクタ kW (PS)	26～48 (35～65)	29～70 (40～95)	48～85 (65～115)
ヒッチ方式	日農耕0S	日農耕0S(0Lも可)	日農耕0L

鋤柄農機HPより (<http://sukigara.co.jp/ad/index.html>)

3. 耕うん同時畝立て播種機

1) 実証試験の概要

①大麦

品種：ミノリムギ

播種・施肥量：7 kg/10a、基肥：40kg/10a (14-14-14)

作業機：松山株式会社APU-1610H。50PSセミクローラトラクタを使用。

作業速度：約0.5m/s（約1.8km/h）

②大豆

品種：エンレイ

播種・施肥量：5 kg/10a、基肥：20kg/10a（8-20-30）

作業機：松山株式会社APU-1610H。50PSセミクローラトラクタを使用。

作業速度：約0.3m/s（約1.2km/h）

2) 耕うん同時畝立て播種機の種類

1.6mの作業幅で30～50PS（22～37kW）のトラクタで作業ができますが、重粘な地域では出力の大きいトラクタによる作業がお勧めです。作業幅は1.6m作業幅以外にも市販されている1.5m、1.7m、1.8mおよび2.2mから選択できます。

表2 耕うん同時畝立て作業機（改良型アップカットロータリ）の主要諸元

作業幅 (m)	機体の大きさ (格納時)				適応トラクタ (PS)	爪本数	畝立て (播種条ごと)			平高畝頂幅 (mm)*
	全長 (mm)	全幅 (mm)	全高 (mm)	質量 (kg)			本数	畝すそ幅 (mm)	畝頂幅 (mm)*	
1.5	1,430	1,700	1,150	365	30～50	34	2	700	300	1,250
1.6		1,800		375		34		750	350	1,350
1.7		1,900		395		38		800	400	1,450
1.8		2,000		405		38		600	200	1,550
2.2	1,445	2,295	1,145	675	55～85	48	3	750	350	1,950

*畝頂幅は平均を示しています。土壌や水分などにより50mm程度変動します。

3) 作業性能

①作業速度

0.2～0.6m/s（0.7～2 km/h）と作業速度には幅があります。これは、土壌条件が大きく影響するためです。

②作業能率

2条用の1.6m、1.7mロータリの場合、0.7～1.5ha/日となり、3条用の場合 2.2mロータリ1.5～2.0ha/日となっています。N県の壤土で現地試験を行ったところ、慣行播種（事前耕起+播種）で約33分/10aかかったのに対し、耕うん同時畝立て作業機（1工程播種）で行ったところ約24分/10aとなり、作業時間が約3割削減されました。

③畝の形状は、表2を参照して下さい。また、畝の高さは、畝立て（播種条ごとの畝立て）で畝溝の底から10～25cm、平高畝で8～15cm程度となります。

4. ディスク式畑用中耕除草機（高精度畑用中耕除草機）

1) 実証試験の概要

大豆の中耕培土作業で使用

実施日：7月22日

乗用管理機用ディスク式畑用中耕除草機 井関農機株式会社 JKA21+DC301。

作業速度：4～5 m/s（1.1～1.4 km/h）

2) 特徴

- 高速作業1.1～1.7m/s（4～6 km/h）が可能で、ロータリ式中耕培土機に比べ能率は倍程度で、燃費も低減されます。
- ロータリ式中耕培土機とは異なり、回転部分がないため高い土壌水分でも土を練りにくいため、適期に作業が行える可能性が高くなります。
- 適期作業が容易なことから、雑草が小さいうちに作業でき、土の反転が良いことから雑草防除効果も期待できます。

3) 種類

トラクタ用と乗用管理機用が市販されています。形状や性能には大きな差はありません。

表3 ディスク式畑用中耕除草機

駆動方式	対象条数	機体の大きさ*				適応トラクタ(PS)	標準耕幅(mm) (畦幅65～85)	ディスク枚数
		全長(mm)	全幅(mm)	全高(mm)	質量(kg)			
トラクタ牽引式	2	1,400	1,210	1,050	227	16～31	25～44 (畦幅65～85)	8
	3	1,400	1,890	1,050	288	30～53	25～44	12
	5	1,620	2,680	1,170	502	48～95	(畦幅60～85)	20
管理機牽引式	3	1,150	1,030	2,000	200	—	25～44 (畦幅65～85)	12

*トラクタ牽引式の機体の大きさはトラクタ直装用

4) 作業性能

①作業速度

2回目の中耕・培土時期に4～5 m/s（1.1～1.4 km/h）で行えました。

②作業能率

2条用の乗用管理機用ディスク式畑用中耕除草機を約30a圃場（100m×30m）で行ったところ18分/10aで行えました。

詳細は、新農業機械実用化促進株式会社のホームページのマニュアル・パンフレットなどを参照して下さい（<http://www.shinnouki.co.jp/pamph/index.html>）。

5. 写真で見る現地実証試験

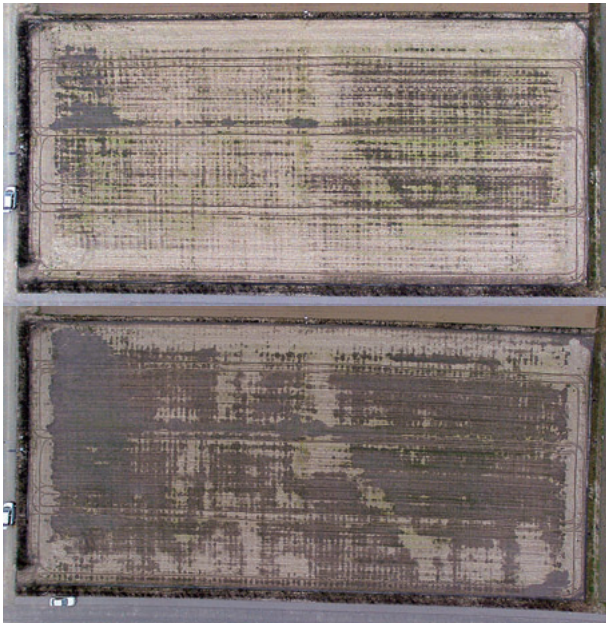
水稻作



秋の均平作業



播種作業



播種後1ヶ月

地下灌漑による給水状況

上：入水開始後約1時間、下：入水開始後約2時間



出穂前



収穫作業

大麦作



播種作業



出芽状況



積雪



穂揃い



成熟期



収穫作業

大豆作



播種作業



出芽状況



中耕培土作業



黄熟期前



収穫直前



収穫作業

6. 用語の説明

- ①飽水管理：湛水状態でも乾燥状態でもなく、圃場の土が十分に湿った状態を保つ水管理を指します。通常の水取では、田面の足跡に水が無くなったら取水し、土が十分に湿ったら排水します。FOEASの地下灌漑を利用すると、こまめな管理が省略できます。
- ②地耐力：水田などでの農業機械を支える地盤の強さを示しています。地耐力が小さいと農業機械が沈んでしまい作業性の低下やできなくなるため、機械作業に必要な地耐力を確保することが重要です。地耐力は地下水位と密接な関連があり、一般には地下水位を40～50cmに低下させる必要があるといわれています。
- ③乾田直播：水田で代かきをしない畑状態で種子をまき、苗立ちした後に水を入れる直播の方法です。春に代かきをする必要がないため用水が通水する前（気温が低い時期）から播種でき、大型機械が利用可能で作業速度も速いため、作業性が高く、湛水直播よりも作業適期期間が長くなります。
- ④レーザー均平機：レーザー発光器より水平に照射されたレーザー光を基準に均平板を制御し、圃場の高い部分を削り取り、低い部分に盛り土をして圃場を均平にする機械です。
- ⑤大豆の大粒比率：大豆の大粒とは、7.9mmの丸目ふるいでふるい分けて、ふるいの上に残る粒のことです。大粒比率とは、全重に対する大粒の重さの割合です。
- ⑥大麦の表面散播：圃場の表面に種子を動力散布機などで播種する様式。土壌水分が多く耕うんできない条件でも、短時間で播種することが可能です。種子が覆土されず、出芽率が低いため、条播に比べて2～3割播種量を増やします。根張りが浅く、倒伏しやすい、生育が不均一になりやすい、播種後の土壌処理除草剤が使用できないという欠点があります。
- ⑦大豆の狭畦栽培：畦幅を慣行（約60～80cm）の約半分に狭めた栽培方法です。畦幅が狭くなる分、株間は広がるため大豆の個体同士の競合が緩和され、特に初期生育の向上に効果を示します。また、中耕除草の省略が前提のため、省力化にも効果を発揮します。
- ⑧アップカットロータリ：爪の回転がトラクタ車輪回転方向と逆で、耕うん爪は地表面に向かい、下から上に（すくい上げる）方向で回転します。ダウンカットロータリ（正転ロータリ）と比較して、碎土性が優れ、残渣の埋没が良い特徴があります。しかし、ダウンカットロータリより一般的に20～30%大きな動力を必要とします。



碎土率の違い

- ⑨改良を行ったアップカットロータリ：耕うん軸のホルダーの配列を新たに開発し、爪の向きを変えても耕うん残しができずに、耕うん後の土を平面や畝を立てることができるアップカットロータリです。
- ⑩耕法：ロータリの爪の曲がった向きに土が飛ぶ仕組みを利用したものです。例えば、一般的なロータリでも爪の曲がった向きをロータリの中央へ向けた内盛り耕にすると、耕うん後の整地状態がロータリの中央に土が集まり盛り上がるようになります。その他に平面耕、外盛り耕があり、一般的にロータリは平面耕になっています。
- ⑪碎土率：耕土中の直径2 cm以下の小土塊の重量割合のことで、70%程度が適正であるといわれています。どの程度であるのかは前ページの写真を参考にしてください。
- ⑫耕うんピッチ：耕うん爪の1回転あたりの前進距離のことで、耕うん爪で削られる土の大きさはこれにより決まります。

7. 参考資料など

○FOEASについて

農研機構編（2014）

水田輪作における地下水位制御システム活用マニュアル

https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/narc/052038.html

全国農業協同組合連合会編（2009）

土地利用型農業地下水位制御システム「FOEAS」と水田輪作

土地利用型農業の経営安定に向けた地下水位制御システム「FOEAS」の活用

<http://www.agri.zennoh.or.jp/FOEAS/index.asp>

○不耕起V溝直播機

愛知県農業総合試験場

農業の新技术No.74 不耕起V溝直播栽培の手引き（改訂第4版）

<http://www.pref.aichi.jp/nososi/seika/singijutu/singijiyutu74-4-7.pdf>

○耕うん同時畝立て播種栽培

農林水産省

大豆300A技術 5. 北陸地域 耕耘同時畝立て播種栽培技術

<http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/>

松山株式会社

ニプロアッパーローター FU/PU05F/PU-H/APUシリーズ取扱説明書

<http://www.niplo.co.jp/file2/manual/man14540645260.pdf>

北陸地域の水田輪作における地下水位制御システム利用マニュアル
執筆・編集者・研究担当者

農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業総合研究センター水田利用研究領域 (50音順)

芦澤 武人
足立 一日出 (退職)
池田 順一
池永 幸子 (東北農業研究センター)
伊藤 誠治
大野 智史
小倉 力 (農村工学研究所)
加藤 仁
坂田 賢
塩谷 幸治
島崎 由美
鈴木 克拓
関 正裕
高橋 真実
谷本 岳 (農村工学研究所)
中山 則和
野村 幹雄 (富山県農林水産総合技術センター)
細野 達夫
古畑 昌巳
細川 寿
山本 亮
吉村 亜希子 (農村工学研究所)

新潟県農業総合研究所 (50音順)

東 聡志
金井 政人
川上 修
牛腸 奈緒子
佐藤 昭彦 (新潟県長岡地域振興局)
佐藤 徹
南雲 芳文
服部 誠
馬場 純恵
樋口 泰浩
藤田 与一
水澤 康弘 (新潟県柏崎地域振興局)
横山 浩

() は元研究担当者の現所属

問い合わせ先

○農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター北陸研究センター

TEL 025 523 4131 (代表)

URL : <https://www.naro.affrc.go.jp/narc/inquiry/index.html>

〒943 0193 新潟県上越市稲田1-2-1

○新潟県農業総合研究所

TEL 0258 35 0826 (基盤研究部)

TEL 0258 35 0836 (作物研究センター栽培科)

Mail : www@ari.pref.niigata.jp

〒940-0826 新潟県長岡市長倉町857

北陸地域の水田輪作における地下水位制御システム利用マニュアル
ー地下水位制御システムを活用した水稲ー大麦ー大豆栽培ー

平成27年12月

農業・食品産業技術総合研究機構

編集・発行

農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター
