

改訂版

山口県における 地下水位制御システム 活用マニュアル

平成31年(2019年)3月

山口県農林総合技術センター
山口県農林水産部農村整備課

はじめに

山口県では、2005年に地下水位制御システム（以下「FOEAS」）を導入し、疎水材の検討や安定栽培技術等、FOEAS機能を活用した研究を進めてきました。2019年3月末時点で、35地区549haの整備が図られ、現在も積極的な導入を行っております。

一方、営農面は、水稻に特化した構造的な特徴を有しておりましたが、農業従事者の高齢化等を踏まえ、集落営農法人の設立が進み、土地利用率の向上や複合化の推進、安定生産や計画生産に向けた取組が行われるようになっていきます。

こうしたなか、FOEASの給排水機能を活用した作物栽培に適した条件を付与し、収益性の向上に寄与することは喫緊の課題であります。そこで、各種作物に対する技術や輪作体系の確立に向けた試験を実施し、FOEASを使いこなすための一定の知見を得ましたので、マニュアルとしてまとめたところです。

このたびの改訂は、平成27年（2015年）3月の初版を踏まえ、機能低下対応策とFOEAS導入地区で生じた課題と対策について、研究成果とした得られた知見を追加しました。

本マニュアルが、営農の安定や所得向上等の参考として活用されることを切に念願するものであります。

目次

1. 地下水位制御システム (FOEAS) の概要	・・・ 1
(1) 施設の名称	
(2) FOEASのしくみ	
2. 機能低下対応策	・・・ 9
(1) 疎水材の維持	
(2) 補助孔再生	
(3) パイプ内洗浄	
(4) その他	
3. FOEAS導入地区で生じた課題と対策	・・・ 19
4. FOEASを活用した技術	・・・ 22
(1) 水管理労力の軽減	
(2) 栽植本数増加に伴う増収	
(3) 作業計画性の向上	
5. 試験研究の成果	・・・ 26

1. 地下水位制御システム (FOEAS) の概要

(1) 施設の名称

地下水位制御システム (FOEAS) は、(独) 農村工学研究所と (株) パディ研究所が共同開発したかんがい機能と排水機能を備えた施設です。用水側の水位管理者と排水側の水位制御器を手動操作することで、ほ場内の水位を地表-30cmから地表+20cmまで設定する仕組みになっています。また、地中パイプに直交して補助孔を深さ40cmに1m間隔で施工することで、ほ場全体を均一に水位設定できるように考えられています。



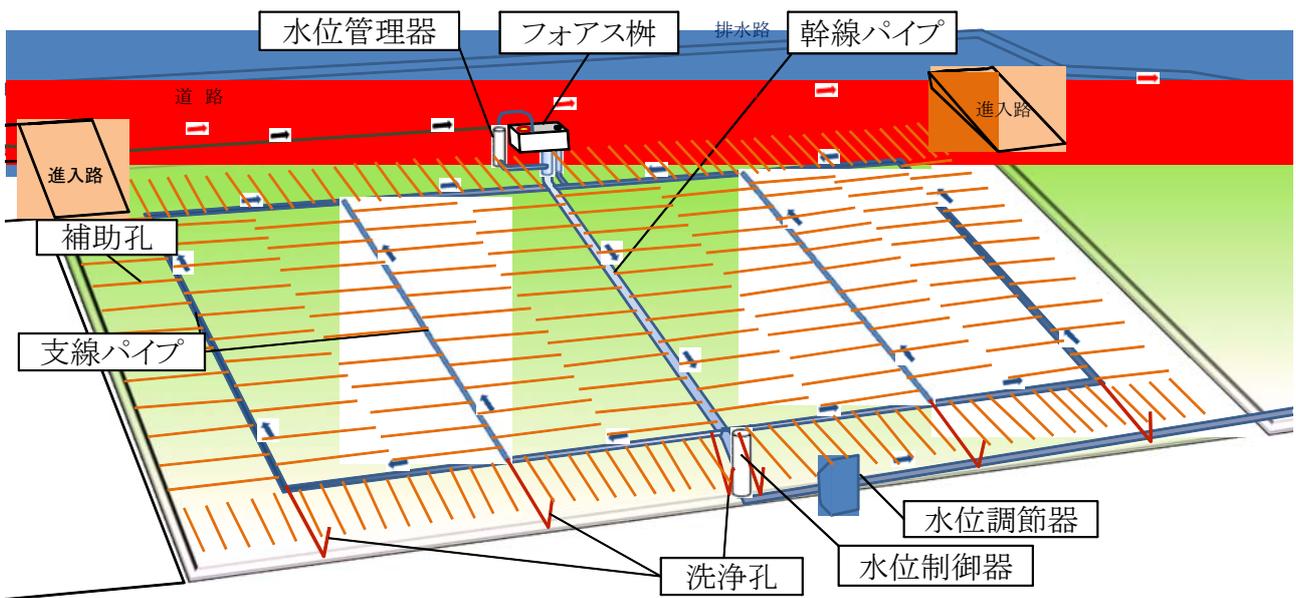
フォアス樹と水位管理者



水位管理者



フォアス樹



洗浄孔



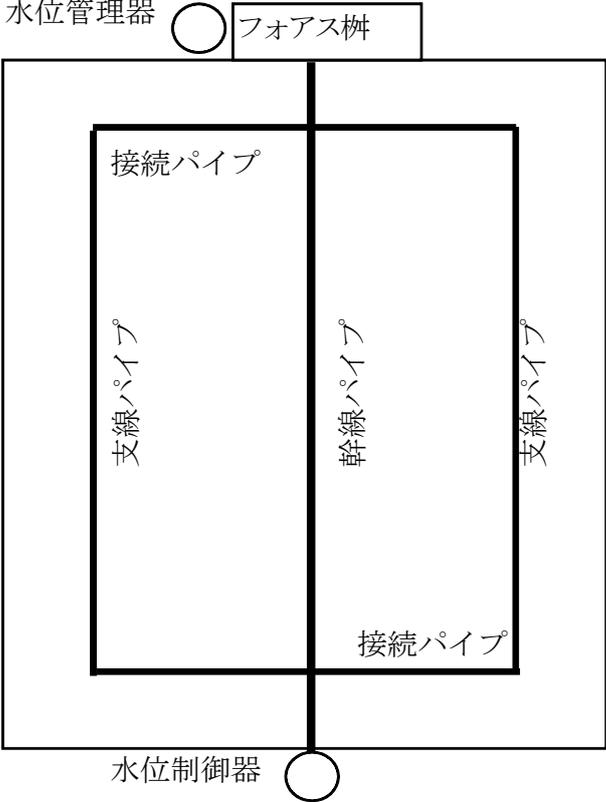
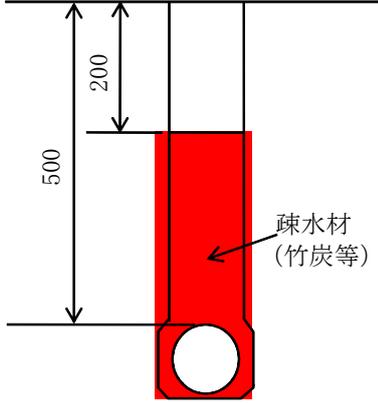
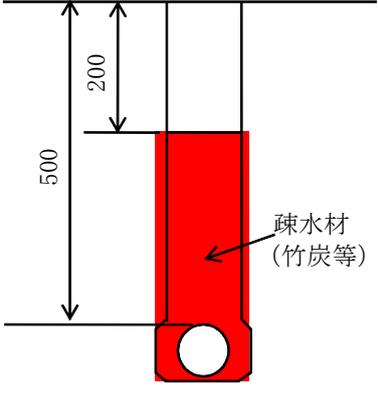
水位制御器



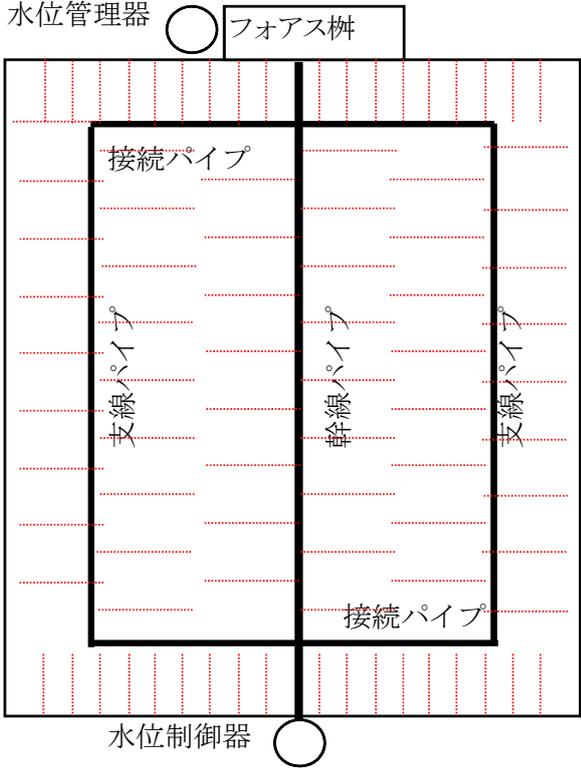
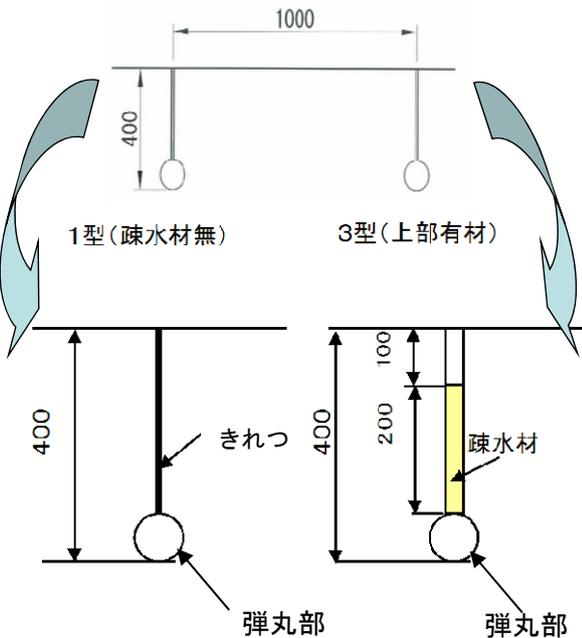
水位調節器

施設の名称	内容	特徴・留意点
地中パイプ	フォアス枠、水位制御器、水位管理者に接続し、地下から給水・排水するパイプ 幹線・支線・接続パイプから構成	山口県では、地中パイプの疎水材に一部竹炭を使用しています。 ※平成30年(2018年)度より、単粒砕石を疎水材としています。
補助孔	地中パイプに直交して施工した弾丸暗渠 きれつ部分に疎水材(モミガラ)を充填	移植水稻跡では、耕盤の形成により通水阻害が示唆されます。
フォアス枠	用水を供給するコンクリート製の枠 給水バルブ、地下給水孔、洗浄時給水孔から構成	塩ビパイプやビニールパイプの劣化を防ぐため、蓋板を設置することが大切です。
給水バルブ	用水路からの用水をほ場へ供給するバルブ	Gバルブを開くことで、ほ場表面から水を入れることができます。
地下給水孔	給水バルブから供給された用水を地中パイプへ送り込む孔：直径100mm	通常はパイプを装着した状態で、排水を促す際に等にパイプを外します。
洗浄時給水孔	地中パイプを洗浄する時の水の取り入口：直径75mm	
水位管理者	幹線パイプに接続し、フロートで高さを設定し用水を供給	地下水位の設定位置とフロートの高さを調節する必要があります。
水位制御器	内筒の高さを設定し、水位を調節	地下水位の設定位置と内筒の高さを調節する必要があります。
洗浄孔	洗浄パイプを挿入し、地中パイプ内の堆積土砂やパイプの目詰まりを解消するための施設	草刈りによって切断されないように保護する必要があります。
水位調節器	ほ場表面水を地下-10cmから+30cmまで調節	

ア 地中パイプ

内容	留意事項
<p>• 平面図（模式図）</p>  <p>水位管理者 ○ フォアス枠</p> <p>接続パイプ</p> <p>支線パイプ</p> <p>幹線パイプ</p> <p>支線パイプ</p> <p>接続パイプ</p> <p>水位制御器 ○</p> <p>• 断面図（単位：mm）</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="172 1193 550 1758"> <p>① 幹線パイプ</p> <p>硬質ポリエチレン有孔管</p> <p>φ 100</p>  <p>疎水材 (竹炭等)</p> </div> <div data-bbox="603 1193 981 1758"> <p>② 支線パイプ</p> <p>硬質ポリエチレン有孔管</p> <p>φ 50~75</p>  <p>疎水材 (竹炭等)</p> </div> </div>	<p>留意事項</p> <p>幹線パイプと支線パイプ間隔は、10m程度です。</p> <p>標準は、表土天からパイプ上まで深さ50cmで、地中パイプは水平に敷設します。</p> <p>地中パイプの疎水材は、標準として、碎石や竹炭を使用しています。モミガラと異なり、疎水材の耐久性向上が図られます。【2.(1)参照】</p> <p>※平成30年（2018年）度より、単粒碎石を疎水材としています。</p>

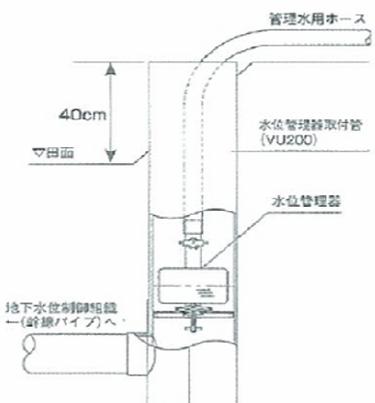
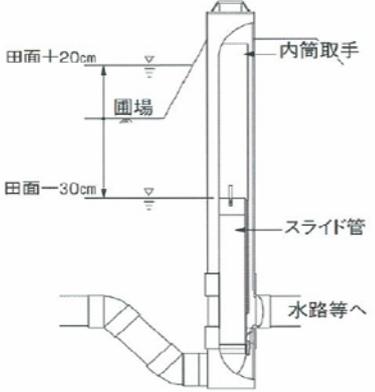
イ 補助孔

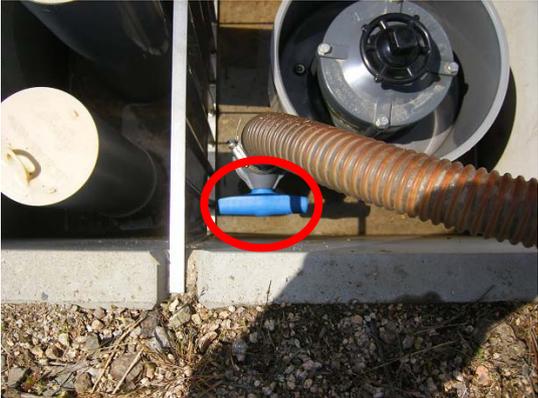
内容	留意事項
<p>• 平面図 (模式図)</p>  <p>• 断面図 (単位：mm)</p> 	<p>留意事項</p> <p>幹線・支線パイプの間隔が10m程度であるため、地中パイプに直交する補助孔は、ほ場面の均一な水位設定に重要な役割を担います。</p> <p>標準工法として、間隔1m、深さ40cmの補助孔を施工し、片方のきれつに疎水材（モミガラ）を充填します。経年により弾丸部やきれつ部の閉塞やきれつ部疎水材の腐食等により、FOEAS機能の低下が懸念されます。【2.(1)参照】</p> 

(2) FOEASのしくみ

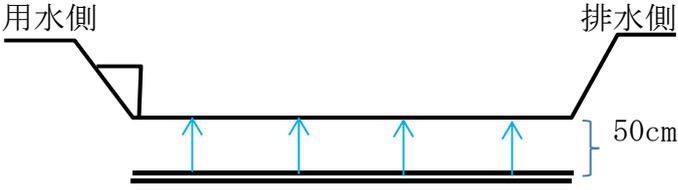
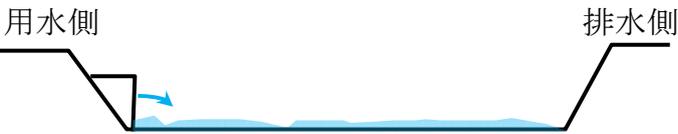
ア 地下水位調節方法

設定する水位の高さに応じて、水位管理者のフロートと水位制御器の内筒の高さを調節し、バルブを開きます。

手順	作業の様子	備考
<p>① 水位管理者内のフロートの高さを設定</p> 		<p>ネジでフロートの高さを固定します。</p> <p>フロートが上がると入水が止まります。</p>
<p>② 水位制御器内の内筒の高さを設定</p> 		<p>設定例 左：地下-30cm 右：地上+20cm</p> <p>内筒を上下に手動で設定します。</p>

手順	作業の様子	備考
<p>③ フォアス柵内の給水バルブを開く</p>	 	<p>Gバルブを回すと表面から入水できます。</p> <p>青いコックを縦にすると入水が可能になり、直径30mmのビニルホースを通して、水位管理者から地中パイプへ水が供給されます。</p>
<p>④ 水位調節器の筒の高さを設定</p>	 	<p>設定例1 筒の高さ 表土-10cm</p> <p>設定例2 筒の高さ 表土+30cm</p>

イ かんがい機能

内容	留意事項
<p>給水方法は、2とおりあります。</p> <p>① 地下からの給水</p>  <p>② 地表からの給水</p> 	<p>地下から水を上げるためには、地中パイプ下の土が透水性の低い土であることが必要です。</p> <p>代かき用水等の場合、地表からの給水が有効です。</p>
<p>【重要】 地下かんがいの適地とその条件</p> <p>① 地形条件 地中パイプによって給水するため、ほ場面が均平であることが必要です。隣接ほ場との間に段差があると、水の流出移動が生じることから、ほ場間段差を少なくするとともに、ある程度団地化できるほ区とすることが望ましいです。</p> <p>② 土壌条件 パイプより下方の土層は、上方の土層と比べ透水性が小さいことが必要です。</p> <p>③ 水理条件 下方への漏水を防ぎ、パイプから効率的に作土層へかんがい水が移動することが必要です。</p>	<p>【参考文献：土地改良事業計画設計基準 計画「暗きょ排水」技術書 平成12年11月 P128】</p> <p>『たとえば、透水係数(cm/s)が作土層で$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4}$とすれば、$1 \times 10^{-6}$以下と、2オーダー程度小さいことが望ましい。また、作土層の構造(特に粗間隙や亀裂)がよく発達しており、水の移動が容易な土壌である必要があります。』</p>

ウ 排水機能

内容	留意事項
<p>排水は、地表面の滞水や設定水位以上の水を補助孔から地中パイプを通して排水されます。</p>	<p>ほ場の土性や地勢によって、排水能力に差があります。</p>
<p>排水機能を補完する方法</p> <p>① 額縁明渠</p>   <p>② たて穴</p> <p>畝間滞水等で部分的な排水が必要な時、たて穴を施工することで、対応可能な場合もあります。</p>  	<p>【慣行の営農管理の徹底】 排水口まで、しっかり接続しておくことが重要です。</p> <p>隣接（道や水路等）施設からの水の浸透を考慮しておく必要があります。</p>

2. 機能低下対応策

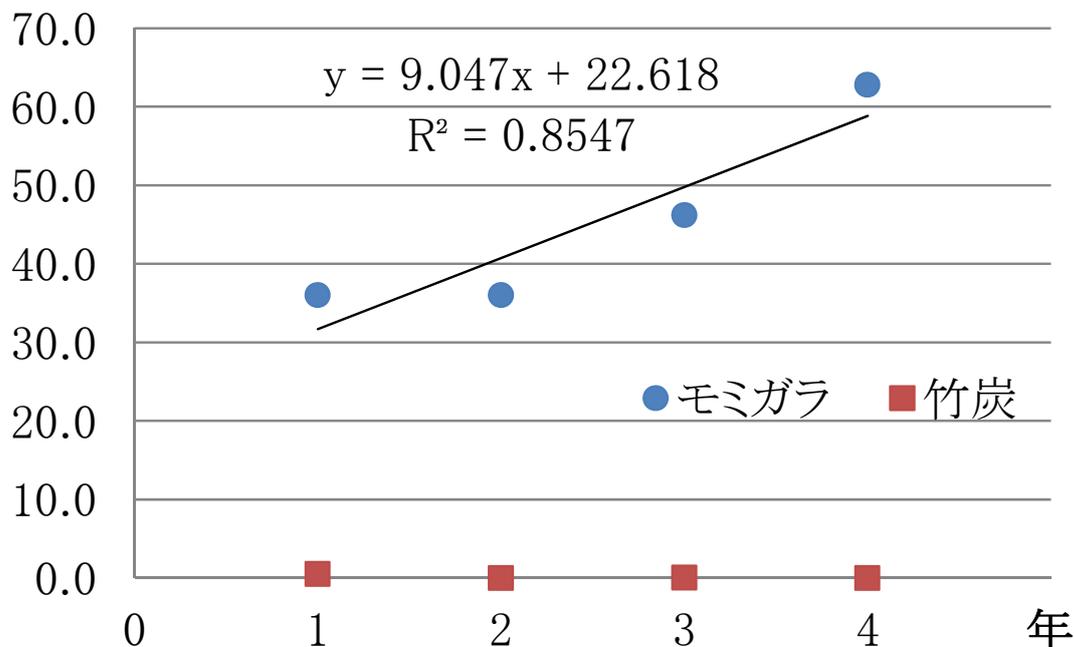
本県の営農形態は移植水稻が中心であり、FOEASを導入したほ場では、代かき等による土粒子の地中パイプ内への混入や補助孔疎水材の腐食等による機能低下が危惧されます。

FOEAS機能低下の要因	状況写真
<p>① 耕盤の形成 代かきによって、形成される耕盤は、ほ場整備事業完了後、2、3作目で田面より深さ15～25cmにおいて固い不透水層になり、排水機能低下の原因となることがあります。</p> <p>② 補助孔の閉塞 施工後3～4年目のFOEASほ場において、弾丸部や疎水材のないきれつ部の閉塞が確認されています。</p> <p>③ 疎水材の圧縮・沈下・腐食 疎水材として使用するモミガラが圧縮・沈下したり、さらに腐食によって、通水阻害を起こす場合があります。</p> <p>④ パイプ内の泥土の堆積・目詰まり 泥土によるパイプの孔の目詰まりは、機能低下の要因となります。</p> <p>【参考文献：土地改良事業計画設計基準 計画「暗きよ排水」技術書 平成12年11月 P151】</p>	 <p>弾丸部の閉塞（施工4年目）</p>  <p>モミガラの腐食（施工4年目）</p>  <p>土砂堆積・目詰まり（施工6年目）</p>

(1) 疎水材の維持

FOEAS施工後1～4年目が経過した疎水材について、竹炭は腐食しておらず、モミガラは腐食しています。腐食による疎水材の減少は、通水阻害の要因となりFOEAS機能が低下するため、竹炭は疎水材として有効です。

腐食率(%)



注1) 腐食率(%) = $(1 - (\text{NaOH}10\% \text{溶液に}24\text{時間浸水後重量}) / (\text{NaOH}10\% \text{溶液に}24\text{時間浸水前重量})) \times 100$

注2) 県内6地区(美祢市東厚保、山口市昭和東、光市東荷、山口市片山、下関市檜崎、長門市河原、標本数:モミガラ25、竹炭35)の経過年数毎の平均値



モミガラ



竹炭

【参考】

腐食等の経年変化の起こりにくい新たな補助孔疎水材として、クリンカアッシュの適性を評価しました（平成28年（2016年）～平成30年（2018年））。

－結果－

クリンカアッシュは、疎水材としての排水能力（24時間湛水深なし）は認められました（データ省略）。但し、クリンカアッシュはモミガラに比べ単位体積重量が大きいいため、施工機械や作業員への負担増に伴う作業性の低下が示唆されました（表1）。また、粒径2 mm未満が重量比42.7%を占めるため（データ省略）、代かき等によって排水機能の低下が示唆されました（図1）。

表1 モミガラとクリンカアッシュの比較

項目	モミガラ	クリンカアッシュ
特徴	農産物の副産物であり、身近な材料として全国的にも最も多く使用される。	石炭火力発電所から産出される石炭灰の一種。石炭を燃焼する際、赤熱状態の石炭灰がボイラー底部の水槽に落下して塊状になり、これを破砕機で砂状に粉砕したもの。
耐久性	疎水材としてのモミガラの耐用年数は10年程度と考えられる。	砂に近い粒度分布と排水性を有するため、耐久性は高い
調達	カントリーエレベーターやライスセンター等から所定量の入手が確実に行いやすい。	新小野田発電所から最大70m ³ /週の出荷が可能
費用	運搬費約2,000円/m ³ 程度	購入費運搬場所に伴い別途見積もり必要
排水性	透水性高い	透水係数 $k \geq 10^{-2}$ cm/s
単位体積重量	$\gamma_t \leq 0.1t/m^3$	$\gamma_t \leq 1.4t/m^3$

注) クリンカアッシュについては、中国電力(株)から聞き取り



図1 クリンカアッシュの粒径状況

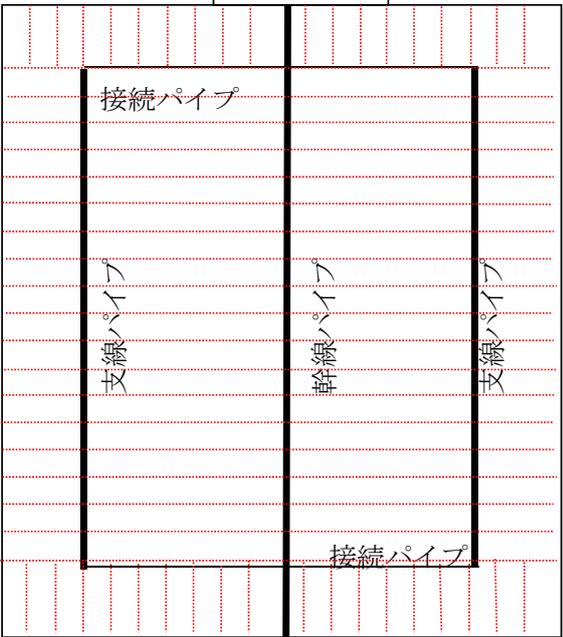
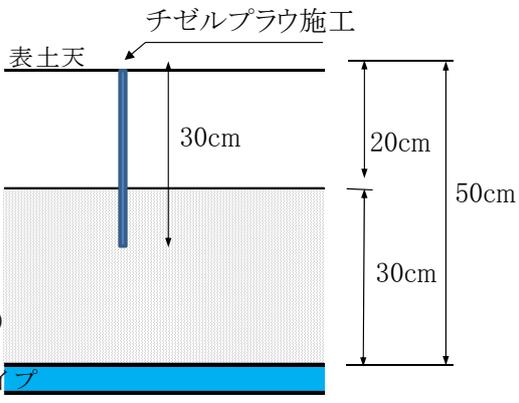
注) 写真左から、2 mmふるいを用いた、①残留分、②ふるいにかける前、③通過分

－考察－

補助孔疎水材として、クリンカアッシュはモミガラと同様に排水機能を有するが、水田輪作により排水機能の低下が示唆されます。また、既存のモミガラ暗渠埋設機による施工はモミガラに比べ重量増に伴い作業員への負担増や作業効率の低下が示唆されます。クリンカアッシュの補助孔疎水材としての活用について、現地ほ場における検証と施工機械や材料の改良等が必要です。

(2) 補助孔再生

- 1) 補助孔の再施工は、工事費や手間を要するため、営農で対応可能な方法を紹介します。

内容	作業の様子
<p>使用機械：チゼルプラウ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地中パイプに直交 ・ 深さ30cm、1 m間隔 ・ 施工時間：56分/10a 【参考値】 <p>水位管理器 ○ フォアス樹</p>  <p>水位制御器 ○</p> 	<p>地中パイプに直交して施工するため、多少時間を要します。</p> <p>石を掘り上げることなく、比較的スムーズに施工できます。</p>   

ア 補助孔再生に伴う効果（山口市仁保 H26年産）

移植水稻跡裸麦栽培で、チゼルプラウを用いて地中パイプに直交して補助孔再生（深さ30cm）を行ったところ、チゼルプラウ無しに比べ、降雨時の排水性の向上が見られました（地下水水位設定なし）。

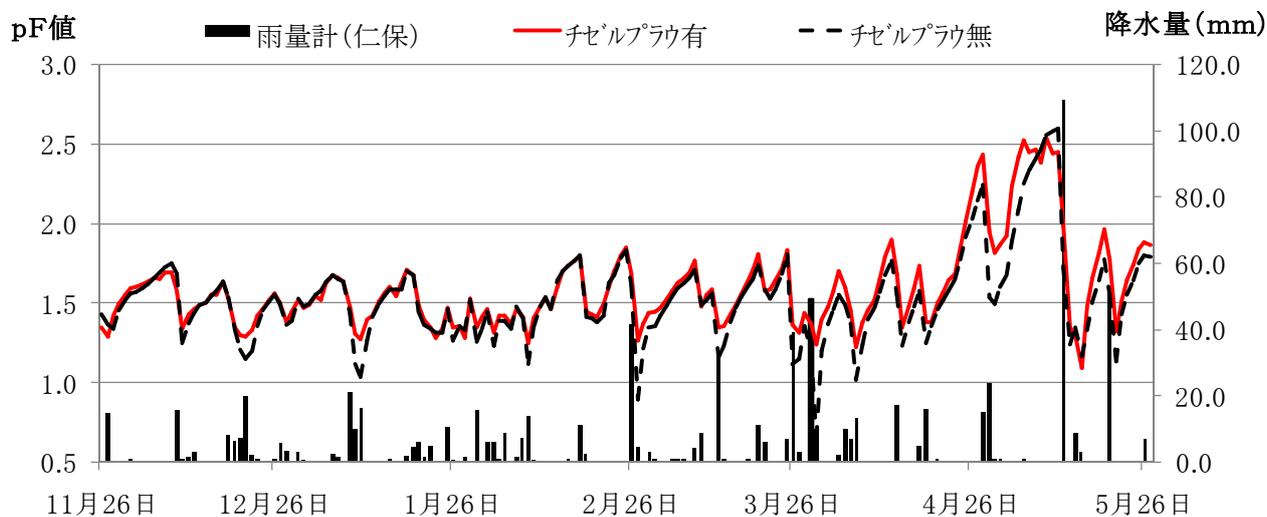


図1 裸麦栽培における補助孔再生と土壌水分（pF値）の推移

イ 補助孔再生に伴う効果（山口市仁保 H26年産）

裸麦後作のキャベツ栽培で、チゼルプラウを用いて地中パイプに直交して補助孔を再生（深さ30cm）し、地下水水位-30cm設定にした場合、土壌水分の変動が少なかったことから、チゼルプラウ無しに比べ、安定的な土壌水分状態が図れたことを確認できました。

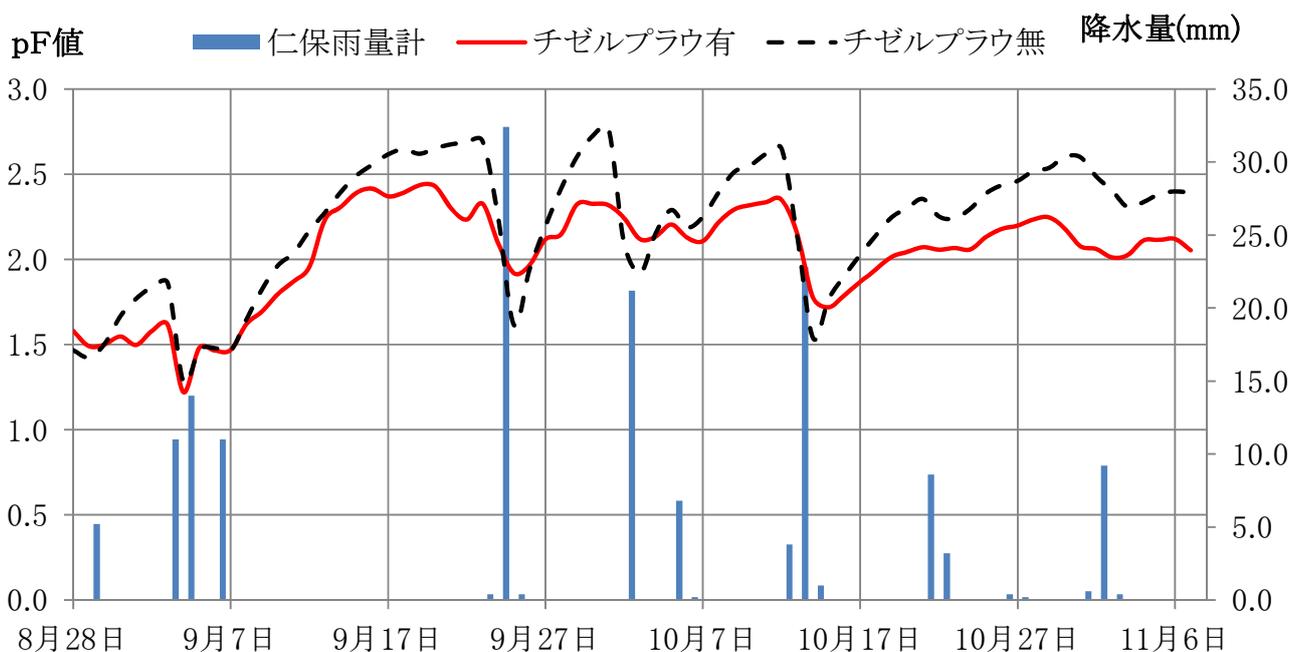
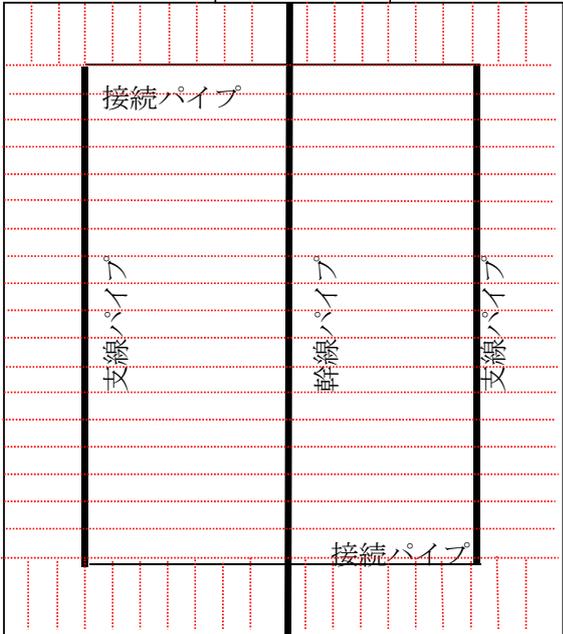


図2 キャベツ栽培における補助孔再生と土壌水分（pF値）の推移

2) モミガラ暗渠埋設機による補助孔再施工について紹介します。

内容	作業の様子																										
<p>使用機械：モミガラ暗渠埋設機 ・地中パイプに直交</p> <p>水位管理器 ○ フォアス枠</p>  <p>水位制御器 ○</p>	<p>地中パイプに直交して施工するため、多少時間を要します。</p> <p>石を掘り上げることなく、比較的スムーズに施工できます。</p>																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>仕様</th> <th>モミガラ埋設機</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>適用トラクタ</td> <td>30～60ps</td> </tr> <tr> <td>質量</td> <td>330kg</td> </tr> <tr> <td>施工幅</td> <td>4cm</td> </tr> <tr> <td>施工深</td> <td>30～45cm</td> </tr> <tr> <td>標準作業速度</td> <td>0.5km～1.0km/h</td> </tr> <tr> <td>ホッパ容量</td> <td>0.45m³</td> </tr> <tr> <td>購入価格</td> <td>約80万円</td> </tr> </tbody> </table>	仕様	モミガラ埋設機	適用トラクタ	30～60ps	質量	330kg	施工幅	4cm	施工深	30～45cm	標準作業速度	0.5km～1.0km/h	ホッパ容量	0.45m ³	購入価格	約80万円	 										
仕様	モミガラ埋設機																										
適用トラクタ	30～60ps																										
質量	330kg																										
施工幅	4cm																										
施工深	30～45cm																										
標準作業速度	0.5km～1.0km/h																										
ホッパ容量	0.45m ³																										
購入価格	約80万円																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">調査項目</th> <th colspan="2">施工深</th> </tr> <tr> <th>30cm</th> <th>40cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>モミガラ深さ</td> <td>20cm</td> <td>30cm</td> </tr> <tr> <td>延長</td> <td>105m</td> <td>120m</td> </tr> <tr> <td>施工面積</td> <td>210m²</td> <td>240m²</td> </tr> <tr> <td>モミガラ使用量</td> <td>0.84m³</td> <td>1.44m³</td> </tr> <tr> <td>10aあたりモミガラ</td> <td>3.5m³</td> <td>6.0m³</td> </tr> <tr> <td>10aあたり延長</td> <td>500m</td> <td>500m</td> </tr> <tr> <td>10aあたり時間</td> <td>30min</td> <td>30min</td> </tr> </tbody> </table>	調査項目	施工深		30cm	40cm	モミガラ深さ	20cm	30cm	延長	105m	120m	施工面積	210m ²	240m ²	モミガラ使用量	0.84m ³	1.44m ³	10aあたりモミガラ	3.5m ³	6.0m ³	10aあたり延長	500m	500m	10aあたり時間	30min	30min	
調査項目		施工深																									
	30cm	40cm																									
モミガラ深さ	20cm	30cm																									
延長	105m	120m																									
施工面積	210m ²	240m ²																									
モミガラ使用量	0.84m ³	1.44m ³																									
10aあたりモミガラ	3.5m ³	6.0m ³																									
10aあたり延長	500m	500m																									
10aあたり時間	30min	30min																									

ウ 補助孔疎水材の再生に伴う効果（山口市仁保 H29年産）

はだか麦作付期間中の土壌水分について、モミガラ暗渠埋設機による補助孔再施工（深さ40cm、間隔2m、幹支線に直交方向）は施工なしと比べ乾燥側に有意差が認められ、深さ30 cmの場合は施工なしと比べ有意差は認められなかった（表1、図1）が、施工なしと比べ2～7%のpF値が乾燥側に改善されました（表1）。

はだか麦栽培の生育・収量について、補助孔再施工（モミガラ暗渠埋設機）は、施工なしと比べ増収傾向が示唆されました（表2）。

表1 はだか麦栽培における土壌水分（pF値）（H29年産）

補助孔再施工	平均値	最大値	最小値	標準偏差	有意性	施工なしとの比較
施工なし	1.527	2.829	0.850	0.465	**	109%
チゼルプラウ-30cm	1.663	2.864	0.954	0.433		
施工なし	1.527	2.829	0.850	0.465	ns	102%
モミガラ-30cm	1.560	2.817	0.883	0.455		
施工なし	1.527	2.829	0.850	0.465	*	107%
モミガラ-40cm	1.638	2.856	0.970	0.450		

注1) 平均値について有意性はt検定で*は5%水準で有意、**は1%水準で有意、nsは有意差なし（測定期間：H28. 11. 18～H29. 5. 23）

注2) 播種法は畝立。品種：トヨカセ 播種：H28. 11. 17 収穫：H29. 5. 29（3反復）地下水位設定なし

注3) 補助孔再施工は、幹支線パイプに直交（施工H28. 10. 25）

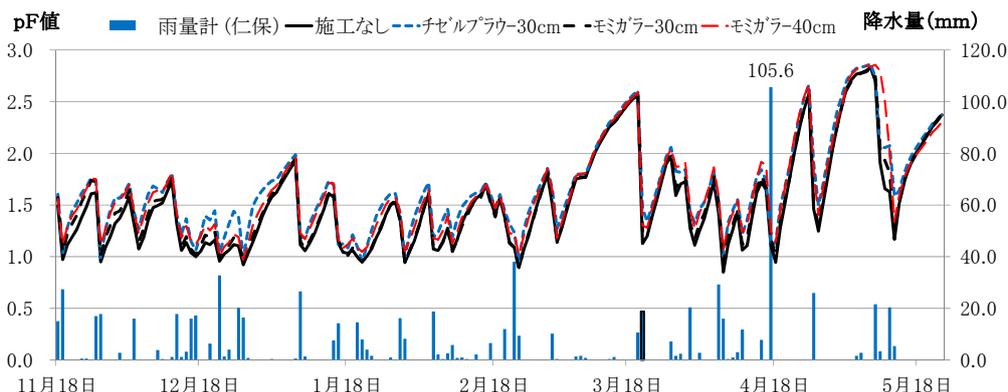


図1 はだか麦栽培における補助孔再施工と土壌水分（pF値）の推移（H29年産）

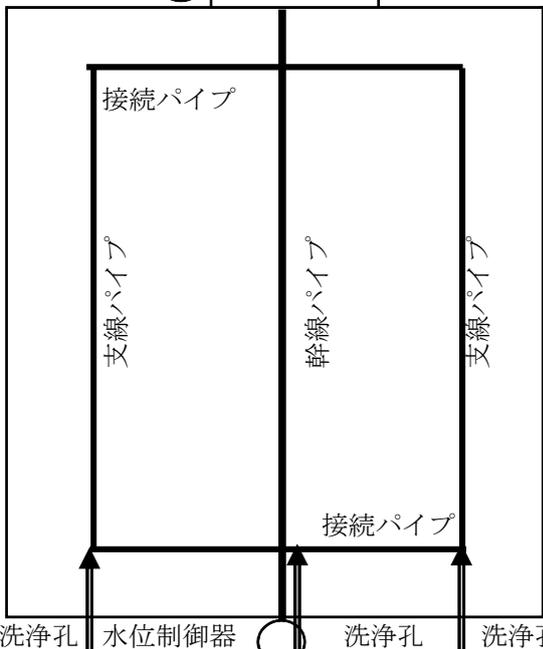
表2 移植水稻栽培後補助孔再施工がはだか麦の収量に及ぼす影響（H29年産）

補助孔再施工	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	全重 (kg/10a)	粗子実重 (kg/10a)	精子実重 (kg/10a)	整粒歩合 (%)	屑重歩合	千粒重	等級	外観品質 (1(上上)～6(下))
施工なし	81.6	4.8	244.4	713	285	280	98.1	1.93	31.4	1.0	1.7
チゼルプラウ-30cm	82.9	4.9	303.6	894	353	345	97.8	2.23	31.5	1.0	1.7
モミガラ-30cm	84.2	4.7	312.0	881	334	326	97.7	2.26	31.3	1.0	1.7
モミガラ-40cm	84.3	4.8	271.7	810	315	309	98.0	2.02	31.3	1.0	1.7
有意性 (施工なしと比較)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-

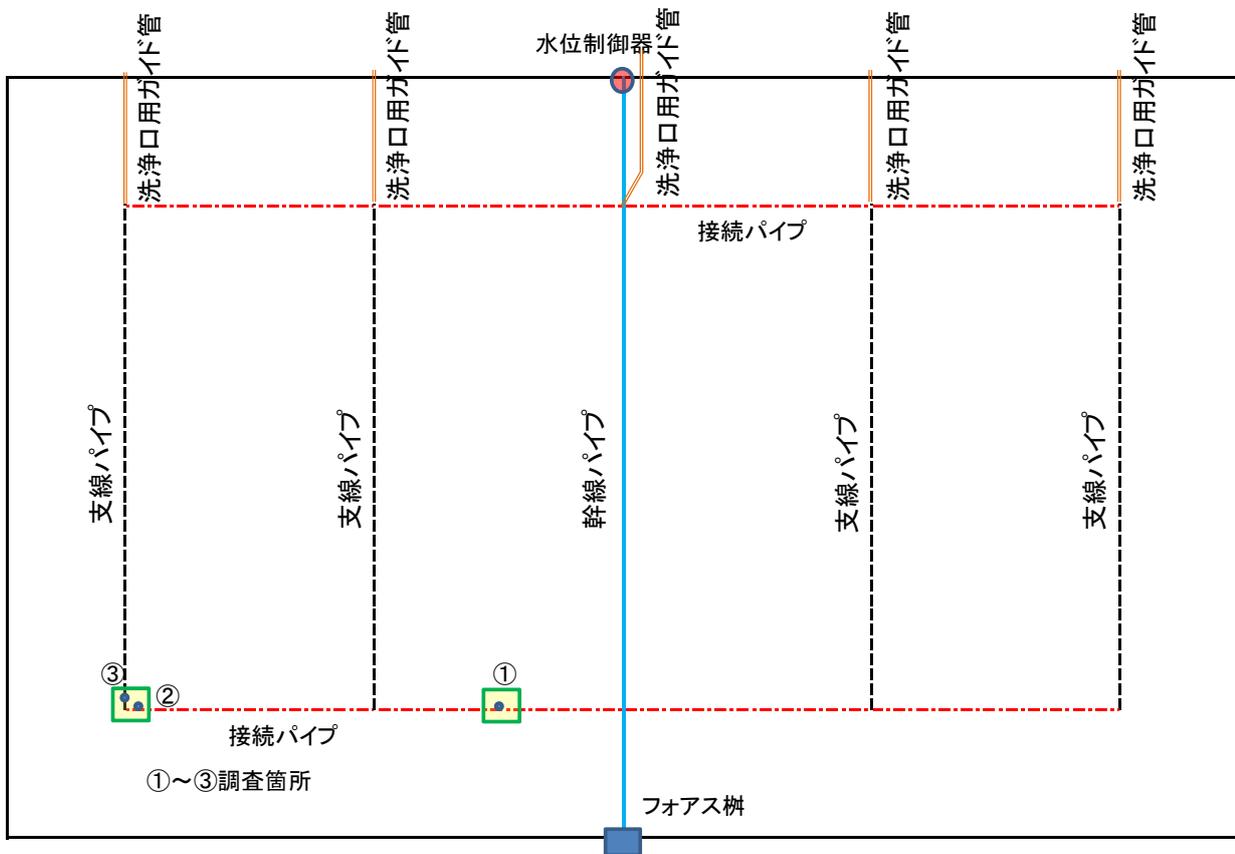
注) 平均値について有意性はt検定でnsは有意差なし

補助孔疎水材（モミガラ）の腐食は9年程度（データ省略）であることから、モミガラ暗渠埋設機を深さ30～40cm、間隔2m、幹支線に直交方法で施工することが望ましいです。

(3) パイプ内洗浄

手順	作業の様子
<p>① 洗浄器具を準備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ホース ・逆噴射ノズル ・エンジン ・水中ポンプ、タンク等 <p>※洗浄器具一式は、山口県土地改良事業団体連合会で貸出可能です。</p> <p>② 洗浄孔からホースを挿入</p> <p>水位管理者 <input type="radio"/> フォアス枿</p> 	  <ul style="list-style-type: none"> ・洗浄能力：約 4 m/分 ・作業時間：約 49分/10a <p>【参考】1日8時間使用で約 1 ha</p> <p>※水路の水が利用できない場合、タンク等に入れた水を使用します。</p>
<p>③ 排水して濁り水がとまったら完了</p>  <p>排水10分後</p>   <p>排水20分後</p>	

水稻栽培における落水や地表残留水の排水によって、地中パイプに土砂が堆積することが想定されます。FOEAS施工6年目のほ場で、地中パイプ内の土砂の堆積状況を確認しました（調査箇所①～③）。



施工後6年目の地中パイプ内は、3か所平均で約1cmの土砂の堆積が確認され、パイプの孔も100%近く土砂が目詰まりし、閉塞していました。

表 洗浄前後の堆積土砂状況

区分	項目	調査箇所		
		①	②	③
洗浄前	堆積土砂	0.5	1	1.5
洗浄後	厚(cm)	0.5	0.8	0.1
洗浄前	閉塞率	95.19	100	100
洗浄後	(%)	95.19	100	24



写真 土砂堆積状況

洗浄孔方向の洗浄効果はありましたが、洗浄方向と直交する方向の洗浄は難しい場合があります。したがって、洗浄孔は、幹線・支線パイプ方向のみならず、接続パイプ方向にも設置する必要があります。



洗浄前



洗浄後(②)



洗浄後(③)

(4) その他

フォアス枡のゴムホース等、経年劣化が予想される部品は、交換が必要です。また、用水路からの土砂やゴミの流入によるFOEAS機能の低下防止のため、フィルター等を設置する必要があります。



ゴムホースの保護（紫外線等対策）



フォアス枡蓋設置



土砂の流入状況



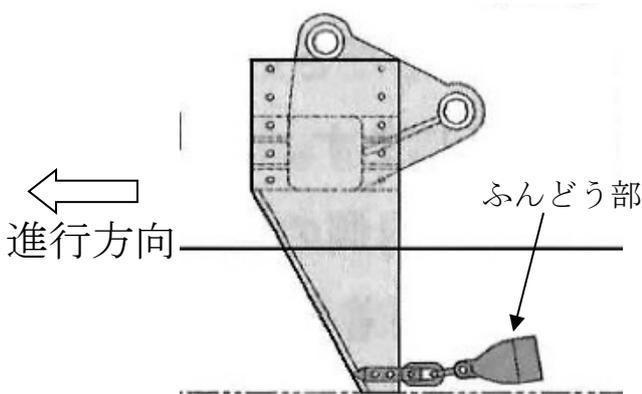
フィルター設置状況

3. FOEAS導入地区で生じた課題と対策

課題	対策
<p>ほ場面を均一に水位設定できない場合がある。</p>	<p>ほ場整備では切土と盛土により整備するため、同じほ場でも基盤を構成する土の性質が異なる場合があります。同一ほ場でも土壌条件（土の粒径や透水性など）が異なることがあるのはそのためと想定されます。したがって、均一に水位設定することが難しい場合があります。<u>しかし、慣行の営農管理を徹底することにより、それらの条件を整えることが一定程度可能になると考えられます。</u>「地下かんがいの適地とその条件」を参考に、FOEAS導入前に十分検討することが重要です。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> 地下給水 1 日目 地下給水 4 日後 </div>
<p>隣接ほ場からの水の流入があり、排水が不十分な場合がある。</p>	<p>ほ場周囲からの水の流入を防ぐ方法として、以下の方法が考えられます。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①隣接ほ場からの流入水を防ぐため、遮水シートを施工します。 ②山等からの湧水が想定される場合、排水路や湧水処理工を施工します。 ③作付作物の団地化を図り、隣接ほ場からの影響を軽減します。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> 遮水シートの施工 隣接からの流入水防止 </div>

課題	対策
<p>石の多いほ場における補助孔の施工で、地中パイプを損傷する場合があります。</p>	<p>FOEAS機能の低下要因は、代かき等による耕盤の形成にあることから、補助孔再生は、深く施工しなくても20cm～30cm程度の深さで十分と考えられます。</p> <p>補助孔再生で、ふんどう部を外して施工することで、石を掘り上げたりする可能性が低くなります。また、補助孔の亀裂が、地中パイプの疎水材に接続できれば、耕盤が破壊され、通水障害が解消される可能性が高くなります。</p>

石礫の多いほ場において、補助孔施工により、ふんどう部や弾丸アタッチメントがパイプと接触したり、石礫を引っ張ることでパイプと接触し破損したと推測される事例がありました。



補助孔施工機械



赤丸：パイプ損傷



損傷（上）と標準（下）

パイプ内洗浄で用いるホースを使うことで、地中パイプの状態を確認することができます。また、挿入したホースの長さから損傷か所を特定することができます。

課題	対策
<p>草刈り作業により、管やホースを破損しやすい。また、畦畔部分の水位制御器や洗淨孔が飛び出ているため自走式の草刈り機が使用できない。</p>	<p>設置高さの検討やコンクリートや2次製品による保護及び目印の設置等が有効です。</p> 
<p>フォアス管やホース、バルブ等を交換する際の注文先が分からない。</p>	<p>フォアス管やホースは、ホームセンター等の量販店で入手可能です。 フロートやGバルブ等の特殊製品は、<u>県庁農村整備課</u>までお問い合わせください。</p>
<p>開水路から分岐してパイプラインに引き込んでいる場合は、草やゴミが引っかかり易く、掃除や撤去に苦勞している。</p>	<p>フィルターや土砂溜の設置等が有効です。</p> 
<p>水稲とのローテーションにより排水機能の低下が見られる。</p>	<p>代かき作業等によるものと想定されるため、不透水層（耕盤）の破壊や排水機能を補完する作業（額縁明渠等）が有効です。 本文2（2）をご参照ください。</p>
<p>Gバルブに土砂が溜まるが洗淨方法がよく分からない。</p>	<p>土砂はできる限り、暗渠に流し込まず、撤去することをお勧めします。</p> 

4. FOEASを活用した技術

(1) 水管理労力の軽減

中山間地における水稲（日本晴）の水管理回数は、無施工区に比べ40%、時間は77%の削減ができたことから、水管理労力の軽減が確認できました。

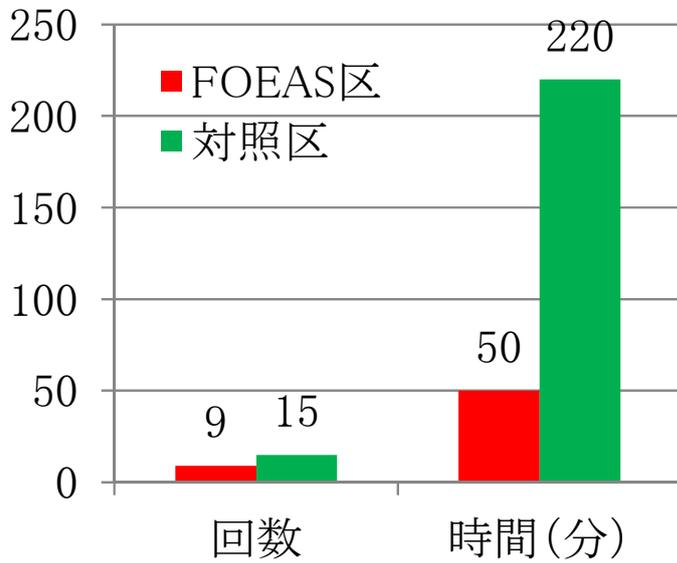


図 水稲水管理（山口市徳佐 H25年産）

(2) 栽植本数増加に伴う増収効果

ア タマネギ

内容	状況と結果																																									
<p>山口市仁保（標高20m）</p> <p>品種：ターザン 播種：H21. 9. 28 定植：H21. 12. 3 4条植え 収穫：H22. 6. 3</p> <p>肥料： ・元肥 炭酸苦土石灰 10kg/a BM重焼燐 2 kg/a 燐加安14号 4 kg/a ・追肥</p> <p>H22. 1. 20と 2. 23にそれぞれ燐加安14号（3kg/a）、H22. 3. 29に燐加安V550（4kg/a）</p> <p>平畝 畝幅1.2m、畝高約12cm 栽植本数33,333本/10a</p> <p>慣行畝 畝幅1.5m、畝高約18cm 栽植本数26,667本/10a</p>	<div style="text-align: center;">  <p>畝高（平畝：高さ約12cm）</p>  <p>生育状況</p> </div> <p>平畝は畝高が低く、畝間に滞水した水により湿害を受ける可能性があるため、額縁明渠などを施工し、排水口までしっかり接続する必要があります。</p>																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="border-bottom: 1px solid black;">試験区</th> <th rowspan="2" style="border-bottom: 1px solid black;">10aあたり栽植本数</th> <th rowspan="2" style="border-bottom: 1px solid black;">平均球重(g)</th> <th colspan="6" style="border-bottom: 1px solid black;">規格別割合 (%)</th> <th rowspan="2" style="border-bottom: 1px solid black;">収量(kg/10a)</th> </tr> <tr> <th style="border-bottom: 1px solid black;">株間</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">畝</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">2S</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">S</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">M</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">L</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">2L</th> <th style="border-bottom: 1px solid black;">外</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>平畝</td> <td>33,333</td> <td>215</td> <td>5</td> <td>15</td> <td>42</td> <td>37</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>7,168</td> </tr> <tr> <td>10cm</td> <td>慣行畝</td> <td>26,667</td> <td>236</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>40</td> <td>52</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>6,285</td> </tr> </tbody> </table>	試験区		10aあたり栽植本数	平均球重(g)	規格別割合 (%)						収量(kg/10a)	株間	畝	2S	S	M	L	2L	外		平畝	33,333	215	5	15	42	37	0	1	7,168	10cm	慣行畝	26,667	236	1	6	40	52	1	0	6,285	<p>平畝の平均球重は慣行畝の90%とやや小さくなりましたが、栽植本数は1.25倍になることから、慣行畝に比べ収量は、113%で7t/10aを上回りました。</p>
試験区		10aあたり栽植本数			平均球重(g)	規格別割合 (%)						収量(kg/10a)																														
株間	畝		2S	S		M	L	2L	外																																	
	平畝	33,333	215	5	15	42	37	0	1	7,168																																
10cm	慣行畝	26,667	236	1	6	40	52	1	0	6,285																																

イ キャベツ

内容	状況と結果																									
<p>山口市仁保（標高20m）</p> <p>品種：おきな 播種：H23. 8. 11 定植：H23. 9. 6 2条植え 収穫：H23. 11. 21 肥料： ・元肥 炭酸苦土石灰 10kg/a BM重焼燐 2 kg/a 燐加安14号 4 kg/a ・追肥 H23. 9. 15：硫安 H23. 10. 3：燐加安V550 H23. 10. 18：燐加安V550</p>	 <p style="text-align: center;">畝立状況（平畝）</p>																									
<p>平畝 畝幅1.2m、畝高約12cm 栽植本数5,952本/10a</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">試験区</th> <th rowspan="2">全重 (g)</th> <th colspan="2">最大葉</th> <th rowspan="2">球重 (g)</th> <th rowspan="2">収量 (kg/10a)</th> </tr> <tr> <th>畝幅(cm)</th> <th>栽植本数(本/10a)</th> <th>葉長(cm)</th> <th>葉幅(cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>120</td> <td>5,952</td> <td>1,847</td> <td>45.8</td> <td>33.8</td> <td>1,131</td> <td>6,732</td> </tr> <tr> <td>140</td> <td>5,102</td> <td>1,362</td> <td>41.4</td> <td>28.9</td> <td>776</td> <td>3,959</td> </tr> </tbody> </table>	試験区		全重 (g)	最大葉		球重 (g)	収量 (kg/10a)	畝幅(cm)	栽植本数(本/10a)	葉長(cm)	葉幅(cm)	120	5,952	1,847	45.8	33.8	1,131	6,732	140	5,102	1,362	41.4	28.9	776	3,959
試験区		全重 (g)	最大葉		球重 (g)	収量 (kg/10a)																				
畝幅(cm)	栽植本数(本/10a)		葉長(cm)	葉幅(cm)																						
120	5,952	1,847	45.8	33.8	1,131	6,732																				
140	5,102	1,362	41.4	28.9	776	3,959																				
<p>慣行畝 畝幅1.4m、畝高約18cm 栽植本数5,102本/10a</p>	<p>キャベツ栽培において、畝高を低く栽培することで、結球重と栽植本数が増加し、収量は6 t/10aを上回りました。</p>																									
	 <p style="text-align: center;">生育状況</p>																									

(3) 作業計画性の向上

FOEASを導入した県内16集落営農法人の代表者等43名を対象とし、FOEAS導入に伴う効果について、導入前の期待と導入後の評価を聞き取りました。

排水効果に伴う作業計画性の向上は、導入後の評価が導入前の期待を上回り、平均値も高いことから、FOEASを導入する大きな要因になると考えられます (①)。

一方、維持管理に関する項目は、導入前との差も大きく、導入後の評価も低いことから、額縁明渠等の排水対策や補助孔の再生作業の必要性を周知徹底し、実践する必要があります (②)。

評価項目	平均値		差
	導入前の期待	導入後の評価	
排水の労力負担が減少する	4.0	4.2	0.2
排水時間が短縮する	4.0	4.0	0.0
降雨後排水待ち時間が短縮する	3.8	4.0	0.2
排水効果が維持できる	3.6	3.2	-0.4
給水の労力負担が減少する	4.2	4.0	-0.2
給水時間が短縮する	4.1	3.8	-0.3
土壌に関係なく給排水機能が維持できる	3.8	3.5	-0.3
水稲で用水量が慣行より減少する	3.5	3.4	-0.1
畑作で用水量が慣行より減少する	3.7	3.8	0.2
水稲で水管理回数が減少する	4.0	4.1	0.1
畑作で水管理回数が減少する	3.8	4.0	0.1
収穫作業の労力負担が減少する	3.4	3.5	0.2
収穫作業の時間が短縮する	3.4	3.4	0.0
除草作業の労力負担が減少する	3.1	3.0	-0.1
作業全般の精度が向上する	3.4	3.7	0.2
畑作で耕起播種作業の計画性が向上する	3.7	3.9	0.2
水稲で収穫作業の計画性が向上する	3.7	4.0	0.4
畑作で収穫作業の計画性が向上する	3.5	4.0	0.5
作物全般で収量が増加する	3.4	3.5	0.2
作物全般で品質が向上する	3.4	3.6	0.1
新たな品目を導入できる	3.7	3.9	0.3
フォアスの水位設定方法は簡単である	4.1	4.1	0.0
定期的なフォアス管洗浄は不要である	3.2	2.7	-0.6
補助孔の再施工は不要である	3.2	2.6	-0.7
額縁明渠等の排水対策は不要である	3.4	2.7	-0.7
平均	3.6	3.6	0.0

①

②

評価は、5：思う、4：少し思う、3：どちらでもない、2：あまり思わない、1：全く思わない（5段階）

5. 試験研究の成果

単年度試験研究成績（2011年2月作成）

近畿中国四国農業 > 野菜 > 栽培 > 栽培一般 > タマネギ

課題名：山口型地下かんがいシステム (FOEAS) の活用方法の確立

タマネギの平畝栽培適応性

担当部署：山口農林総セ・農業技術部・園芸作物研究室、経営技術研究室

担当者名：古橋典子、吉村美沙子、銭本徹、片山正之、日高輝雄、廣林祐一

協力分担：なし

予算(期間)：単県（2009～2010年度）

1. 目的

‘FOEAS’は(株)パディ研究所と(独)農工研が共同開発した用排水機能を併せ持つ新しい灌漑システムで、地下水位の制御が可能であることから、本システム導入により水田での野菜栽培の安定化が期待できる。

そこで、‘FOEAS’施工圃場において平畝栽培により栽培密度を高め収量を増加させることをねらいに、タマネギを高さ12cmの平畝で栽培する場合の生育・収量および機械作業上の問題点を明らかにする。

2. 方法

(1) 耕種概要

ア 試験場所 山口市仁保 FOEAS施工ほ場（標高30m）

イ 地下水位 全生育期間－30cmに設定

ウ 品種 ‘ターザン’

エ 播種 2009年9月28日（288穴セルトレイ）

オ 定植 2009年12月3日 4条植え

カ 収穫 2010年6月3日

キ 肥料 元肥 炭酸苦土石灰 10kg/a、BM重焼燐 2kg/a

燐加安14号 4kg/a

追肥 2010年1月20日、2月23日にそれぞれ燐加安14号 3kg/a

2010年3月29日 燐加安V550 4kg/a

※株間10cmの場合は上記の1.2倍を施用

(2) 試験区

ア 試験区

- ・平畝：畝幅120cm、畝の高さ約12cm
- ・慣行畝：畝幅150cm、畝の高さ約18cm
- ・それぞれの畝に株間12cm区と10cm区を設置

イ 区制 45m²・2反復

(3) 調査 ア 生育および収量

イ 機械収穫時の収穫物の損傷程度

3. 結果の概要

(1) 平畝栽培することにより単位面積当たり栽植本数が多くなるため、収量は株間の違いに関わらず平畝のほうが1割以上増加した(第1表)。

(2) タマネギを平畝栽培した場合、平均1球重が慣行畝区に比べ小さく、前年と逆の結果になった(第1表)。

(3) 平畝区は慣行区と生育および生葉数に差はなかった(第2表)。

(4) 収穫は歩行型収穫機 (HT20 ヤンマー) のLow仕様で行った。平畝区の方が慣行畝区に比べ機械により損傷した収穫物の発生割合が多かった(第3表)。ただし、その損傷は収穫物の下部に多く見られたことから、掘り取り刃の調整により軽減できると考えられる(表3)。

以上のことから、FOEAS 施工ほ場ではタマネギの平畝栽培が可能であると考えられる。

4. 主なデータ

第1表 FOEASほ場における畝の高さと株間がタマネギの収量に及ぼす影響

試験区		10a当り栽植球数	平均球重 (g)	規格別割合 (%)						収量 (kg/10a)
株間	畝			2S	S	M	L	2L	外	
12cm	平畝	27,778	238	0	12	37	50	0	1	6,610
	慣行畝	22,222	264	0	11	28	56	4	1	5,866
10cm	平畝	33,333	215	5	15	42	37	0	1	7,168
	慣行畝	26,667	236	1	6	40	52	1	0	6,285

注) 1区100株調査

第2表 FOEASほ場における畝の高さと株間がタマネギの生育に及ぼす影響

試験区			草丈(cm)		生葉数(枚)	
株間	畝	調査日	2/15	5/17	2/15	5/17
12cm	平畝		17.0	88.3	2.8	7.6
	慣行畝		18.5	87.5	2.6	7.9
10cm	平畝		18.4	89.4	2.9	7.4
	慣行畝		16.8	91.7	2.6	7.7

注) 1区40株調査

第3表 FOEASほ場における畝の高さと株間の違いと機械収穫時のタマネギの損傷程度

試験区		損傷の状況 (%)					
株間	畝	なし	打撲(軽)	打撲(重)	切断(下)	切断(上)	茎葉部
12cm	平畝	84	13	0	2	0	1
	慣行畝	92	5	0	2	0	0
10cm	平畝	86	10	0	3	1	1
	慣行畝	96	4	0	0	0	0

注) 1区200株調査

5. 結果の要約

FOEAS 施工ほ場でタマネギを平畝栽培すると、栽植本数が増加することから収量は1割程度多くなるが、平均1球重は慣行畝より小さくなった。平畝栽培で機械収穫は可能である。

[キーワード] タマネギ・フォアス・平畝栽培

6. 今後の問題点と次年度以降の計画

平畝栽培における安定生産のための栽培技術確立(肥料の種類、量の検討)と機械化作業体系の組み立てを行う。

7. 結果の発表、活用等

2010年9月 園芸学会で発表

単年度試験研究成績（2011年9月作成）

近畿中国四国農業 > 作物生産 > 冬作物 > B-3 > K102

課 題 名：山口型地下かんがいシステム(FOEAS)の活用方法の確立

② 裸麦「トヨノカゼ」のフォアスを活用した安定栽培技術の確立（排水補助対策）

担当部署名：山口農総セ・農業技術部・土地利用作物研究室・作物栽培G

担当者名：杉田麻衣子、中司祐典、池尻明彦、前岡庸介

協力分担：経営技術研究室、資源循環研究室土壌環境グループ

予算(期間)：水田底力プロ 3系（2009～2014年度）

1. 目的

山口型 FOEAS を活用した各種作物の栽培技術を確立する。

本年は裸麦「トヨノカゼ」を供試し、代かき移植水稻後の FOEAS ほ場において裸麦の生育から排水機能の維持状況を検証するとともに、不耕起栽培での排水補助対策の効果を確認する。

2. 方法

(1) 場所：山口農総セ現地 FOEAS 施工ほ場（山口市仁保 前作：代かき移植栽培水稻）

(2) 供試品種：トヨノカゼ

(3) 試験区の構成

要 因	水 準			備 考
排水補助方法	無	爪作溝	車輪作溝	鉄製の爪又はディスクを不耕起播種機の中央に接続。3条おきに表土から15センチ程度の亀裂を作成した。播種方向は FOEAS補助孔と直角になるようにした。

(4) 耕種概要

ア 播種期：11月25日、播種量 6.7kg/10a

イ 施肥：11月25日、緩効性肥料(N-P-K：32-5-5)で窒素 10kg/10a、15kg/10a 区を設置

ウ FOEAS 設定水位：-30cm

エ 播種方法：不耕起条播（平畦）

(5) 1区面積及び区制：60 m² 各2反復

3. 結果の概要

(1) 前年までの結果

FOEAS 施工ほ場では小麦や大豆の生育が優れたが、畑転換3年目になると FOEAS を施工していないほ場でも排水が良好となり、FOEAS 施工の有無による裸麦の生育、収量及び外観品質の差は認められなかった。

(2) 本年の要約

ア 生育期間の土壌水分は畦立て区が常時 10～15%であったのに比べ、不耕起区はいずれの区も 20～25%程度高い 30～40%の間で推移した。作溝の有無、方法による土壌水分の差は見られず、降雨後の滞水も各処理区で見られなかった。

イ 裸麦の生育は湿害気味に推移し、FOEAS を施工していないほ場との差は見られず(データ省略)、出穂期前には下葉の黄化が見られた。特に不耕起区では畦立て栽培に比べて湿害化傾向が強く、爪作溝区 1/8 程度、車輪作溝区 1/6 程度、無処理区 1/3 程度で下葉の黄化が見られた。

ウ 不耕起区での収量に排水処理の差は認められず、土壌水分量と生育の良否の関係は判然としなかった。

エ 外観品質は収穫前の降雨（5/21 梅雨入り）もあり、やけ麦が多発し、充実不良とも相まって不良であった。

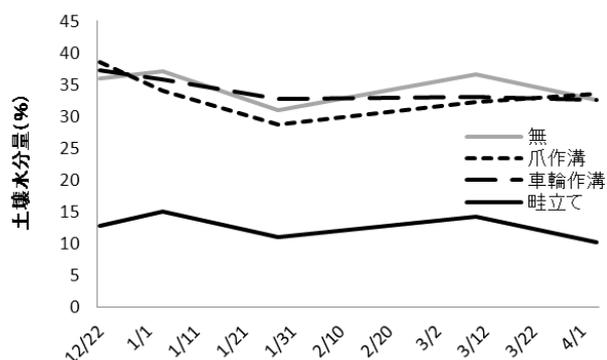


図1 出穂期までの土壌水分量の推移

注1) 土壌水分はポータブル水分計の12cmプローブを用いて測定した。

表1 生育の推移

FOEAS 施工	播種法	排水補助	3/10茎数 本/m ²	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	倒伏 0-5
有	不耕起	無	216	64.7	4.5	153	0.4
		爪作溝	321	68.7	4.6	188	0.4
		車輪作溝	243	64.8	4.6	171	0.0
	畦立ドリル	無	363	68.7	4.8	216	0.8
分散分析	排水補助	ns	ns	ns	ns	ns	

表2 収量調査

播種法	排水補助	精子 実重 kg/a	同左 比率 %	2.2mm 歩留 %	ブラウエル 容積重 g/l	千粒重 g	硝子率 %	外観 品質	一穂当たり ^{注2)}		
									粒数	小花数	稔実率%
不耕起	無	21.9	67	91.4	794	31.6	13.8	5.6	40.1	50.2	79.8
	爪作溝	26.7	81	92.9	791	32.2	11.8	6	42.1	51.9	81.0
	車輪作溝	23.6	72	92.2	793	31.9	19.3	6	43.6	52.4	83.1
畦立ドリル	無	32.8	100	87.9	796	31.4	12.0	5.6	41.1	48.7	84.2
分散分析	排水補助	ns	-	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns

注2) 穂相データは30~60cmをサンプリングし、15~50穂を調査。

注3) 収量は2.2mmで篩選して求めた。

注4) 外観品質は1（上上）～6（下）の6段階で示し、3が概ね1等の下限となるようにした。

4. 結果の要約

代かきを行った水稻作付直後の FOEAS ほ場の土壌水分は不耕起平畦栽培が畦立て栽培より高く、裸麦の生育は湿害気味であった。排水補助による生育の差は認められなかったが、一穂当たりの粒数は増加傾向にあり、外観品質は降雨等の影響で劣る傾向にあった。

〔キーワード〕 トヨノカゼ、FOEAS、代かき、不耕起、排水（補助）、安定栽培方法

5. 今後の問題点と次年度以降の計画

継続する。

6. 結果の発表、活用等（予定を含む）

FOEAS 導入地域での技術指導上の資とする

課題名：山口型地下かんがいシステム(FOEAS)の活用方法の確立

大豆栽培における地下かんがい(FOEAS)の生育・収量等への影響

担当部署名：山口農総セ・農業技術部・土地利用作物研究室・作物栽培G

担当者名：杉田麻衣子、中司祐典、谷崎司、銭本徹、片山正之

協力分担：経営技術研究室、資源循環研究室土壌環境グループ

予算(期間)：水田底力プロ 3系 (2009～2014年度)

1. 目的

山口型 FOEAS を活用した各種作物の栽培技術を確立する。

本年は、FOEAS 施工ほ場で代かき水稲移植栽培を行った翌年の大豆栽培において、水位を一定に設定した場合の土壌水分の推移と大豆の生育確認および排水補助対策の効果を検証する。

2. 方法

(1) 場所：山口農総セ現地ほ場 (山口市仁保 前作：裸麦)

(2) 供試品種：サチユタカ

(3) 試験区の構成

要 因	水	準	備 考
ほ場のFOEAS施工	有	無	地下からの灌排水機能を併せ持つシステム。
播 種 法	不耕起 (平 畦)	耕 起 (畦 立)	不耕起播種はM社製不耕起播種機(MJSES18-6)を使用した(条間30cm)。耕起播種は畦幅150cm、条間75cmで一畦2条に播種し、中耕培土により1畦1条となるようにした。
排水補助対策 ² (FOEAS施工ほ場 不耕起条播のみ)	無 (尾 輪)	有 (尾輪作溝)	作溝用に改良したゲージホイールを用い、3条おきに表土から15センチ程度の亀裂を作成した。播種(作溝)方向はFOEAS補助孔に直行するようにした。

²排水補助対策有：作溝用尾輪を装着、無：通常の尾輪を装着

(4) 耕種概要

播種期：7月13日、播種量5kg/10a

施肥量：P、K各成分8kg/10a (前作裸麦わら全面散布)

中耕・培土：8月8日 (畦立栽培のみ)

(5) 水管理

水位設定：播種後から9月30日まで地表下30cmとし、以後は給水を停止し、排水機能のみ使用した。なお、7/17～/22には台風6号の対策として、ほ場への取水口が閉鎖され、その間の地下水位は地表下60cmを下回った。

排水対策：ほ場周縁に額縁明きよを設置した。ほ場内に排水溝なし。

(6) 1区面積及び区制：108～187 m² 各2反復

3. 結果の概要

(1) 前年まで

水稲乾田直播を行った翌年の黒大豆の栽培では、FOEAS ほ場では排水性が優れ、播種後に多量の降雨があっても苗立ちへの影響が少なく、播種期(6月中旬、7月中旬)に関わらず稔実莢数が多くなり、収量水準が高かった。2年目のサチユタカの栽培では、FOEAS 施工ほ場では耕起畦立て栽培よりも不耕起栽培で収量が増加した。開花期以降のほ場の乾燥により FOEAS 無施工ほ場では減収したが、FOEAS 幹線、支線上では土壌水分が確保され、子実重が多い傾向にあった。

(2) 本年の結果

ア 播種後8月中旬までまとまった降雨がなく、FOEAS 施工の有無(以下施工区、無施工区)にかかわらず土壌は乾燥気味となり、各試験区の播種深度の浅い部分では出芽遅延・不良となった。出芽後の生育は順調であったが尾輪作溝区では全体的に播種深度が浅くなり、初期生育が不良で成熟期まで回復しなかった。生育初期の湿害がない条件であったため、排水補助対策の効果は確認できなかった。

- イ 施工区の土壌水分は無施工区に比べて、地表下 10cm では乾燥気味に推移したが、地表下 20cm では乾燥時の水分が 10 cm より多く、変動も少なく、安定していた(図 1)。
- ウ 莢肥大期の地上部の生育に FOEAS 施工の有無や播種法による差は見られなかったが、不耕起栽培の場合 FOEAS 施工の有無に関わらず、地表下 5cm までの間に大部分の根が集中していた。耕起栽培の場合、施工区では地表下 15cm 付近で主根が細くなり、そこから放射状に多数発生していた。無施工区では主根は地表下 25cm 付近まで伸び、側根は地表下 10cm 付近から放射状に伸びていた。(観察)
- エ 成熟期の葉の黄化、落葉は各区とも不良で莢先熟気味の生育となり、発生株率は施工区で 25～68%、無施工区で 54～80% だった。特に施工区の尾輪作溝区では生育が劣り、稔実莢数が少なかったためか、莢先熟が激しかった。
- オ 施工区では播種法に関わらず無施工区より主茎長が長く、主茎節数はやや多かった。稔実莢数は施工区でやや多い傾向にあったが、精子実重は同程度であった。
- カ 耕起栽培では FOEAS 施工の有無に関わらず、不耕起栽培より分枝数が少なくなり、m² 当たり総節数、m² 当たり稔実莢数も少なかったことから、精子実重が少なかった。

表1 各試験区の生育

FOEAS 施工	播種法 / 排水補助法	出芽期 (月 日)	開花期 (月 日)	成熟期 (月 日)	苗立数 (株/m ²)	倒伏程度	莢先熟の程度 (0-5)	主茎長 (cm)	最下着莢高 (cm)	主茎節数 (節/株)	総節数 (節/m ²)	分枝数 (本/株)	稔実莢数 (莢/m ²)	不稔莢割合 (%)
有	畦立て	7/22	8/18	11/4	14.8	0.4	1.9	58	11.9	13.7	337	1.8	649	15.9
有	不耕起/尾輪作溝	7/20	8/18	11/6	12.2	2.5	4.1	53	11.0	13.2	364	3.5	560	12.1
有	不耕起/無処理	7/20	8/18	11/3	17.8	1.5	1.9	57	12.0	13.4	478	2.8	694	10.5
無	畦立て	7/19	8/18	11/4	17.6	0.0	3.2	53	12.6	13.3	387	1.7	632	14.2
無	不耕起/無	7/19	8/16	11/4	15.6	0.5	3.0	50	10.9	13.1	425	3.1	678	16.8
分散分析	FOEAS	—	—	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	播種法	—	—	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
	排水補助	—	—	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z 倒伏の多少は 0(無)～5(甚)の 6 段階で示した

^y 莢先熟の多少は松本ら(1986)の識別指標をもとに 0(無)～5(甚)の 6 段階に、発生株の割合から算出した

^x 分散分析欄の ns は有意差無しを表し、* は 5% の水準で有意差があることを示す (以下同様)

表2 収量・品質

FOEAS 施工	播種法 / 排水補助法	百粒重 (g)	精子実重 (kg/10a)	同左比率 (%)	屑重率 (%)	外観品質 (1-7)
有	畦立て	35.9	298	97	4.6	4.3
有	不耕起/尾輪作溝	36.9	294	95	4.4	4.5
有	不耕起/無処理	35.6	336	109	3.7	4.3
無	畦立て	35.5	309	100	6.2	4.3
無	不耕起/無	36.0	346	112	5.9	4.3
分散分析	FOEAS	ns	ns	—	ns	ns
	播種法	ns	*	—	ns	—
	排水補助	ns	ns	—	ns	ns

^z 子実重は 7.3mm の篩で選別し、著しい病虫害被害粒(奇形、変形粒)を除いたものとした

^y 品質は 1(上上)～7(下)の 7 段階で示した

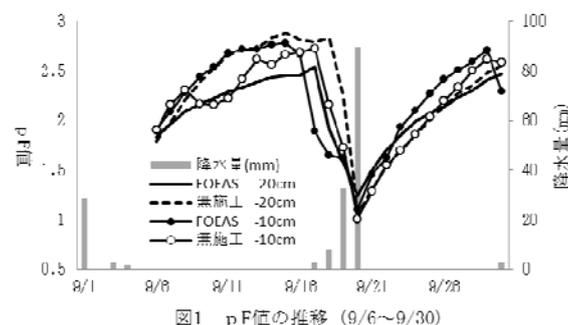


図1 pF値の推移 (9/6～9/30)

4. 結果の要約

代かき水稻移植栽培を行った翌年であったが、水稻後の裸麦の作付や栽培初期の土壌の乾燥により湿害が発生せず、FOEAS 施工による収量への効果は認められなかった。FOEAS 施工の有無に関わらず、耕起栽培より不耕起栽培で収量が多かった。排水補助対策の効果は確認できなかった。

[キーワード] 大豆、代かき、FOEAS、安定栽培、排水補助

5. 今後の問題点と次年度以降の計画

継続実施

6. 結果の発表、活用等 (予定を含む)

FOEAS 導入地域での技術指導上の資とする。

単年度試験研究成績（2014年2月作成）

近畿中国四国農業 > 農業環境工学 > 農業土木 > >

課題名：山口型地下かんがいシステム（FOEAS）の活用方法の確立

FOEAS機能の維持・管理手法の検証

担当部署名：山口農総セ・経営技術研究室

担当者名：同前浩司、橋本 誠、片山正之、杉田麻衣子、原田夏子、河野竜雄

協力分担：土地利用作物研究室作物栽培グループ、資源循環研究室土壌環境グループ

予算(期間)：単県（2013～2014年度）

1. 目的

代かき移植水稻栽培後のFOEASの機能を維持するため、チゼルプラウを用いて補助孔の回復処理を行い、後作のはだか麦「トヨノカゼ」の生育・収量および土壌水分推移の違いから、排水機能の回復状況を検証する。また、栽培法の違いによる土壌水分差から排水機能の回復効果と生産の安定に向けた栽培法の検討を行う。

2. 方法

(1) 場所：山口県農総セ現地ほ場（山口市仁保 前作：代かき移植水稻、前々作：はだか麦）

(2) 供試品種：トヨノカゼ

(3) 試験区の構成

要因	水準		備考
FOEASの施工	有	無	地下水位の設定を行わず、排水機能のみ使用。
排水機能回復処理	有	無	チゼルプラウで、幹線および支線に直角に1m間隔で、表土から深さ30cm程度の亀裂を施工した（10月19日）。
栽培法および播種法	不耕起播種	畝立ドリル	畝立ドリルはM社製アップカットロータリー（APU-1610H）を使用し畝立と同時にドリルシーダーで播種、不耕起播種はM社製不耕起播種機（MJSES18-6）を使用した。畝立は条間50cm（畝上条間20-40-20cm、4条播）、不耕起は条間30cmとした。

(4) 耕種概要

ア 播種期：12月4日

イ 播種量：7kg/10a

ウ 施肥：12月4日、N成分10kg/10a施用

エ 踏圧：2月22日

(5) 水管理

ア FOEAS水位設定：水位設定を実施せず、排水機能のみ使用

イ 排水対策：ほ場周縁に額縁明渠、ほ場内に排水溝を設置。FOEAS無施工区はサブソイラを排水樹から放射線状に施工した。

(6) 1区面積及び区制：142.5～189.0㎡、2反復

3. 結果の概要

(1) FOEAS施工区では、無施工区と比較して降雨後の乾燥が速く、土壌水分が低く乾燥気味に推移した（表1、図1）。

(2) 代かき移植水稻栽培後の排水機能回復処理では、処理区は未処理区に比べ土壌水分の変動が小さく、畝立栽培は不耕起栽培より乾燥気味に推移した。排水機能回復処理の増収効果は判然としなかった（表1、3、図1）。

(3) 栽培法の違いによる効果は、畝立区で不耕起区より土壌水分の変動は小さくpF値も高くなり、FOEAS施工区では降雨後の畝間の滞水も少なかった。（表1、3、図1）。

(4) FOEAS無施工区の不耕起区では2区の土壌水分が高く、常時帯水するなど湿害がみられ、枯死等により収量が確保できなかった（表1、2、3）。

表1 土壌水分 (pF 値) の推移

FOEAS 排水機能回復処理	栽培法	pF値				
		平均	最大	最小	標準偏差	
有	有	畝立	1.51 a	2.61	0.30	0.43
		不耕起	1.39 b	2.58	0.30	0.44
	無	畝立	1.45 a b	2.53	0.30	0.45
		不耕起	1.44 a b	2.79	0.31	0.53
無	無	畝立1	1.40	2.15	0.52	0.28
		畝立2	1.32	2.38	0.29	0.44
	無	不耕起1	1.34	2.64	0.30	0.58
		不耕起2	1.12	2.62	0.30	0.65

注1) pF値は栽培期間全体のものを示した。
 注2) 平均値横の同一の英大文字間には Tukey の多重比較により、誤差1%水準での有意差がないことを示した。
 注3) FOEAS無施工区の各区の反復データを示した。

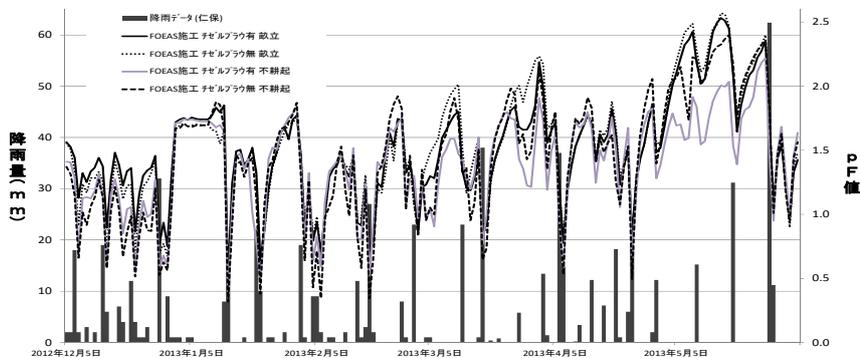


図1 土壌水分 (p F 値) の推移

表2 生育の推移

FOEAS 排水機能回復処理	栽培法	出芽数 (本/n)	最高茎数 (本/n)		葉齢	草丈 (cm)	出穂期	穂長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/n)	成熟期		
			1月30日	3月29日								1月31日	2月22日
有	有	畝立	136	260	1.8	3.4	7.9	30.9	4月10日	66.2	4.7	191	5月30日
		不耕起	102	131	1.4	3.1	6.9	25.1	4月10日	51.6	4.2	122	5月30日
	無	畝立	118	235	1.7	3.5	8.1	32.7	4月10日	66.7	5.1	188	5月30日
		不耕起	126	170	1.7	3.2	7.1	26.7	4月15日	64.2	4.5	160	5月30日
【参考】	無	畝立1	140	141	1.6	3.5	8.0	25.5	4月10日	54.3	4.8	133	5月27日
		畝立2	125	165	2.1	3.6	8.3	30.2	4月10日	58.2	4.5	136	5月27日
	無	不耕起1	124	137	1.6	3.0	7.2	22.3	4月17日	47.5	4.3	102	5月27日
		不耕起2	104	24	0.5	1.9	4.2	25.8	4月13日	48.4	5.1	41	5月27日
t検定	排水機能回復処理	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	栽培法	排水機能回復処理あり	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns
	栽培法	排水機能回復処理なし	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
交互作用	栽培法×機能回復処理	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

注1) t検定、交互作用のnsは有意差なし、*は5%の有意差で有意、**は1%の有意差で有意を示した。
 注2) FOEAS無施工区の各区の反復データを参考に示した。(以下、同様)

表3 収量調査

FOEAS 排水機能回復処理	栽培法	全重 (kg/a)	収量 (kg/a)	容積重量 (g/l)	整粒歩合 (%)	千粒重 (g)	外観品質 (1-6)	
								有
		不耕起	35.8	14.0	817	99.1	35.2	4
	無	畝立	60.2	28.5	807	99.2	36.0	3
		不耕起	49.3	19.5	808	99.3	37.0	3
【参考】	無	畝立1	28.9	13.9	809	99.6	36.0	3
		畝立2	40.0	19.2	806	99.5	36.2	2
	無	不耕起1	28.0	10.8	807	99.1	35.9	4
		不耕起2	—	—	—	—	—	—
t検定	排水機能回復処理	ns	ns	ns	—	ns	ns	
	栽培法	排水機能回復処理あり	ns	ns	ns	—	ns	ns
	栽培法	排水機能回復処理なし	ns	ns	ns	—	ns	ns
交互作用	栽培法×機能回復処理	ns	ns	ns	—	ns	ns	

注1) t検定、交互作用のnsは有意差なし、*は5%の有意差で有意、**は1%の有意差で有意を示した。
 注2) 収量は2.0mmで篩過して求めた。
 注3) 外観品質は1 (上) ~ 6 (下) の6段階で示し、3が最悪1等の下限となるようにした。

4. 結果の要約

代かき移植水稻栽培後の FOEAS 施工区は、土壌水分が乾燥気味に推移したが、排水機能回復処理による差は判然としなかった。栽培法では畝立栽培が不耕起栽培より土壌水分が低く変動も小さかった。

[キーワード] FOEAS、チゼルプラウ、排水機能回復処理、土壌水分、はだか麦、畝立、不耕起

5. 今後の問題点と次年度以降の計画

次年度も、代かき移植水稻栽培後ののはだか麦の畝立栽培でチゼルプラウによる補助孔回復処理の効果検証を継続実施する。

6. 結果の発表、活用等 (予定を含む)

FOEAS 導入地域での技術指導上の資とする。

課題名：山口型地下かんがいシステム (FOEAS) の活用方法の確立

担当部署名：山口県農林総合技術センター・経営技術研究室

担当者名：橋本誠、同前浩司、片山正之

協力分担：

予算(期間)：県単 (2013-2014年度)

1. 目的

FOEAS はほ場下に配置された地中パイプと、補助孔によりほ場の水位設定を行うシステムである。本県の営農形態は移植水稲が中心であるため、FOEAS を導入したほ場において、機能低下などが生じ、その機能を最大限発揮する組立や活用方法の構築が喫緊の課題である。

そこで、維持管理手法を確立し、FOEAS 導入地域での技術指導の資とする。

2. 方法

(1) 疎水材経年状況調査

ア 場所 県内 FOEAS 導入ほ場

イ 方法 疎水材を NaOH10%溶液に 24 時間浸水

(2) 排水補助対策調査 (FOEAS 施工ほ場 代かき移植水稲後)

イ 方法 FOEAS ほ場で排水補助対策の有無を 2 反復設定し、ヒロセ理化社製自記テンシオメーターによる畝上-20cm (1 時間間隔) の pF 値を測定した。

排水補助対策はチゼルプラウで、幹線・支線パイプに直交 1m 間隔、表土から深さ 30cm 程度の亀裂を施工 (H25. 10. 22) した。

(3) 地中パイプ洗浄調査

ア 場所 山口市仁保 (FOEAS ほ場 施工 H18 年度 洗浄 H25. 6. 12)

イ 方法 支線パイプ 3 か所の洗浄前後のパイプ内堆積土砂状況を観察した。

3. 研究期間を通じての成果の概要

(1) FOEAS 施工後 1、2 年目の補助孔の疎水材について、モミガラは 14~59%の腐食が認められ、竹炭の腐食は少なく、3、4 年目の調査においてもほとんど変化が認められないことから、疎水材の維持に竹炭は有効である (表 1)。

(2) 排水補助対策有りの方が無しに比べ、土壌水分は乾燥側で推移し、降雨に対する排水性が向上する (図 1、写真 1)。

(3) FOEAS 施工後 6 年目の地中パイプについて、専用ノズルによる洗浄により、支線・幹線方向は堆積土砂を除去できるが、接続パイプ方向は堆積土砂を除去できないことから、接続パイプ方向にも洗浄口用ガイド管の設置が必要である (図 2、3、写真 2、3)。

表 1 FOEAS 補助孔の疎水材の腐食試験 (施工後 1~4 年目)

地域	施工年度	補助孔の疎水材	腐食率 (%)	調査時期	腐食率 (%)	調査時期
植柳 (美祢市)	H21	モミガラ	26.4	H23 夏水稲栽培後	10.4	H25 夏大豆栽培後
			53.0	H23 夏大豆栽培後	74.7	
			28.1	H23 夏水稲栽培後	29.2	
名田島 (山口市)	H21	モミガラ	54.8	H23 夏大豆栽培後	50.8	H25 夏大豆栽培後
			0.9	H23 夏水稲栽培後	0.0	
			34.7		確認不可	
東荷 (光市)	H22	竹炭	0.3	H23 夏大豆栽培後		H25 夏大豆栽培後
			14.2			
			0.6	H23 夏水稲栽培後	0.5	
片山 (山口市)	H22	モミガラ	52.8	H23 夏大豆栽培後	54.2	H25 夏水稲栽培後
			0.3	H23 夏水稲栽培後		
			58.6	H23 夏大豆栽培後		
檜崎 (下関市)	H22	竹炭	0.5	H23 夏水稲栽培後	0.0	H25 夏 WCS 栽培後
			36.6	H23 夏大豆栽培後	26.8	
			0.3	H23 夏水稲栽培後		
河原 (長門市)	H22	モミガラ	48.6	H23 夏大豆栽培後		H25 夏水稲栽培後
			0.7	H23 夏水稲栽培後	0.0	
			26.4	H23 夏大豆栽培後	31.0	
			0.5	H23 夏水稲栽培後		
			25.8	H23 夏大豆栽培後		

注 1) 腐食率 (%) = $(1 - (\text{NaOH10\%溶液に 24hr 浸水後重量}) / (\text{NaOH10\%溶液に 24hr 浸水前重量})) \times 100$

注 2) H25 調査は同一ほ場であるが、栽培作目が異なるため参考値とする。

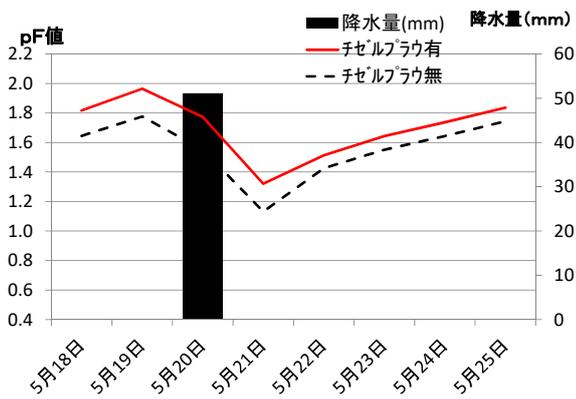


図1 降雨に伴う土壌水分の推移 (排水補助対策の有無)



写真1 排水補助対策(チゼルプラウ)

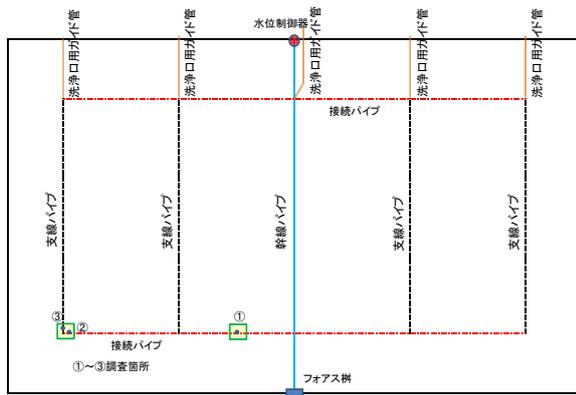


図2 地中パイプ内の堆積土砂確認か所

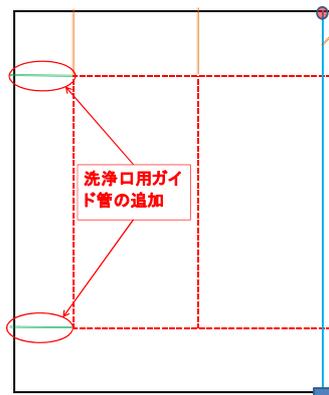


図3 洗浄口用ガイド管の追加



写真2 管内の状況 (③: 洗浄前)



写真3 管内の状況 (③: 洗浄後)

4. 研究期間を通じての成果の要約

FOEAS の疎水材について、モミガラよりも竹炭の方が腐食が少なく、給排水機能維持の観点から有効である。排水補助対策により、排水機能が向上する。地中パイプ洗浄のため、洗浄口用ガイド管を支線・幹線方向のみならず、接続パイプ方向にも設置する。

[キーワード]

5. 成果の活用面と留意点

- (1) 成果を普遍的な技術として提案するためには、継続的な分析が必要である。

6. 残された問題とその対応

特になし

改訂版 山口県における地下水位制御システム活用マニュアル

平成27年(2015年)3月31日 初版発行
平成31年(2019年)3月29日 改訂版発行

問い合わせ先

山口県農林総合技術センター 経営高度化研究室

〒753-0231
山口市大内氷上一丁目1番1号
TEL 083-927-7014
FAX 083-927-0214

山口県農林水産部農村整備課 計画調整班

〒753-8501
山口市滝町1番1号
TEL 083-933-3423
FAX 083-933-3429