

## 排水対策および機械除草の試験結果

○本試験結果は「基盤整備ほ場における排水能力改善技術の確立と機械除草の検討」(2018~2020 年度県単経常研究) で得られたものです。

### 排水対策の目的

圃場の排水対策は、降雨後の地表面の残水や過剰な地下水を排除することを目的に施工します(写真1、2)。圃場に降った雨は、雨が止んだ後しばらくは重力による下方向への移動が中心で、大きな孔隙(隙間や亀裂)から順次水が排水されていきます(写真3)。基盤整備を行った圃場には本暗渠や排水路が整備されていますが、時間

がたつと、耕盤層の形成や暗きよのつまりの発生などでは場の排水性が低下してきます。

排水対策は排水性低下の原因を解消して畑作物の湿害、土壌浸食などを回避するとともに、早く圃場を乾かし、圃場作業を計画的に実施できるようになるなどの効果があります。

### ○ 現地での排水対策



写真1 降雨後の圃場の違い  
(右はサブソイラ施工、左は未施工)  
愛野稲作付後圃場\_2019年12月27日撮影)



写真2 水田バレイショ畑での表面排水  
(加津佐 2020年3月27日撮影)



写真3 植物根の跡を通った水の跡(白く見えるのは石灰水が通った後)

## 排水対策技術

### 本暗きょ

基盤整備事業では暗きょを施工する際は、その上部に疎水材を入れて圃場内部の水を集めてから吸水管で圃場外に排出します。諫早湾干拓の暗きょ排水整備では、地表から830～1030mmに吸水管（ポリエチレン製有孔管 50mm）が設置され、その上に被覆材として碎石 330-530mm、その上に洗砂 100mm が施工されています（H17年3月「諫早湾干拓初期営農技術対策の指針 p.5 から

引用）。

吸水管は長年使っている間に内部に細かい土砂などが詰まってしまうので、排水がわるくなってきたら、定期的なメンテナンスが必要になります。

本暗きょの排水性が低下してきた場合の圃場内部の排水のため弾丸暗きょ、心土破碎、カットドレーンなどの施工を行います（図1）



写真4 干拓部門圃場での本暗渠断面・つまりの様子（2016年度成果情報）  
左（作業道側）：86.4% 中（中央）：68.4% 右（排水路側）：18.5%



写真5 動力噴霧機を活用した暗きょ清掃の様子

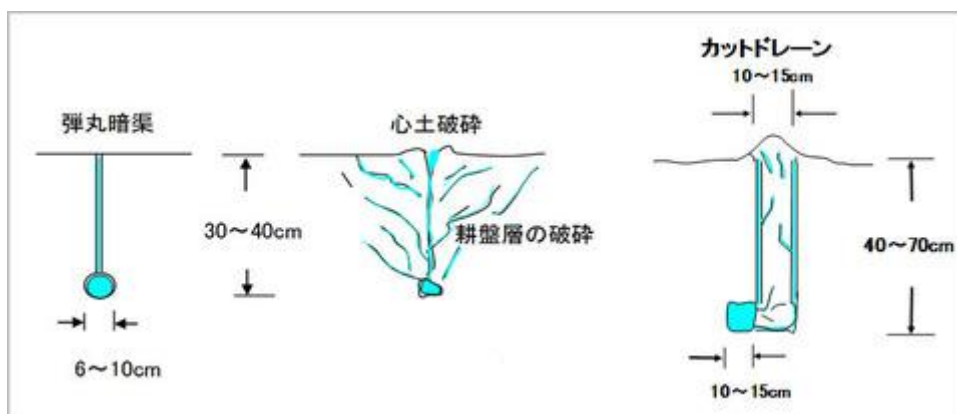


図1 弾丸暗きよ、心土破碎及びカットドレーンの模式図（みんなの農業広場 HP から引用  
<https://www.jeinou.com/benri/wheat/2009/05/290929.html>）

### 補助暗きよ

#### 施工の方法

補助暗きよは施工されている本暗きよの排水を助けるために、本暗きよと平行に施工される排水用の暗きよで、有材補助暗きよ（疎水性の良い資材（もみ殻、バークなど）を入れながら施工）と無材補助暗きよ

のタイプがあります。有材補助暗きよは無罪補助暗きよに比べて耐用年数が高いこと、排水性が安定するメリットがありますが、投入する資材の確保などが難しい面があります。

#### 効果

無材補助暗きよのカットドレーンについて、施工間隔を変えた場合のエンバクの収量について調査を行いました。5mと10mの施工間隔でエンバクの収量を比較すると、5m間隔の施工は10m間隔の施工に

比べて収量が高くなる傾向が見られました（表1）。なお、設置後、4ヶ月でも補助暗きよの集水効果が確認されました（写真6）。

表1 施工の組み合わせ（左）、10a 当たりエンバク収量（右）

		カットドレーン		区名	生草重 kg/10a	乾草重 kg/10a
		5m	10m			
心土破碎	あり	B	C	A	5433 a	2049 a
	なし	A	D	B	4803 a	1933 a
				C	4563 a	1946 a
				D	4697 a	2149 a

注：列方向の異なる文字は危険率5%で有意差あり（Tukey HSD）

※試験区 A と D、B と C それぞれの比較（R1 成績概要書）。





写真6 ー左 施工直後のカットドレーンの跡（2017年10月）、  
 ー右 施工後4ヶ月目のカットドレーン跡、集水が確認できる（2018年2月撮影）

### 施工時の注意

補助暗きよを施工するときは、補助暗きよの出口が圃場内よりも下になるように傾斜をつけながら施工します。さらに排水路へ

の出口は塩ビ管をいれて補強することで、機械の走行などでの潰れを少なくすることが大切です。



写真7 ー左 カットドレーン施工後の圃場表面の様子  
 ー中 排水路側の土手からカットドレーンを入れる  
 ー右 カットドレーンの出口に塩ビ管をを入れて補強する

### 弾丸暗きよ（本暗きよ接続）

#### 施工の方法

本暗きよが機能している場合、上からの水（降雨など）を本暗きよへ効率良く集めるために、弾丸暗きよを疎水層とつなぐことで排水の道筋をつけます。そのため作業深さは40～60cmに施工し、サブソイラに弾丸をつけることで、弾丸暗きよ施工と心土破碎を同時に行えます（写真8）。



写真 2連サブソイラ+弾丸

## 施工の注意

疎水層とつなぐため、諫早湾干拓地圃場では弾丸暗きよの施工深さは 40cm 程度と想定されます。ただし、これまでの営農で表面の土が流れてしまい、相対的に暗きよの位置が浅くなっている可能性もありますので、実際に本暗きよの上に棒などを指して

ジャリッとした感覚（洗砂の位置）を確かめてください。その洗砂に弾丸が通過するように施工してください。施工速度は 2～4km/hr 程度で行い、使用するトラクタの能力に合わせて調整してください。

## 心土破碎

### 施工の方法

心土破碎は機械の踏圧などで固くしまった層（耕盤層）を物理的に壊すことで、亀裂を作ります。このできた亀裂は作土層の余剰な水分を下方方向に流すことで圃場の乾きが良くなるほか、圃場内部の空隙を増やすので根の環境も改善されます。

心土破碎の方法として部分破碎と全面破碎があります。いずれも作業機を耕盤に通して物理的に破壊していくので、馬力数

が高いトラクタでの施工が必要です。耕盤を通った水分は本暗きよまたは補助暗きよによって排出されますので、暗きよに直交方向で施工することが必要です。また、作業性は低下しますが、耕うんや植え付け方向に対して斜め方向に施工することで、機械の踏みつけによる亀裂の潰れが少なくなります。

### 効果

パラソイラで心土破碎を行った圃場では、平均地下水位が低く抑えられ降雨後の地下水位も早く下がります。諫早湾干拓圃場では降雨後 2 日程度で地下水位 40cm 以下を維持することができます（図 1）。全面心

土破碎（パラソイラ）は部分心土破碎（サブソイラ+追従ウィング、1.5m×5m 間隔）に比べ、降雨後の土壤水分をより早く低下させます（図 2）。

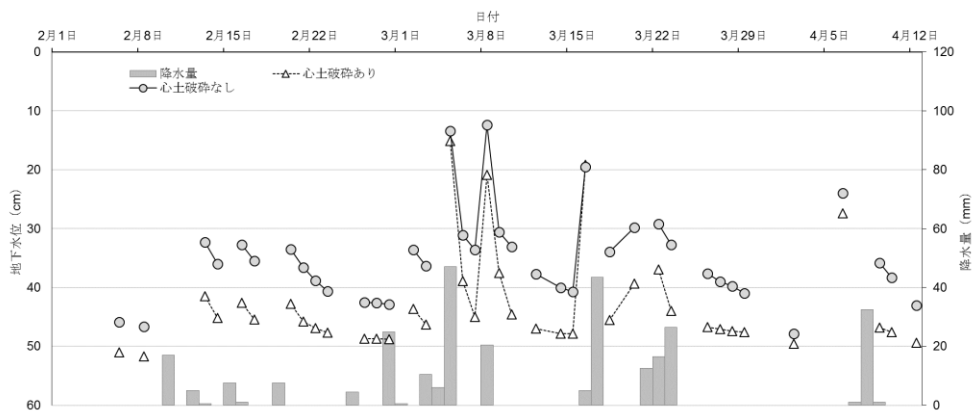


図 2 期間中の降水量と地下水位 (H30 成績概要書)

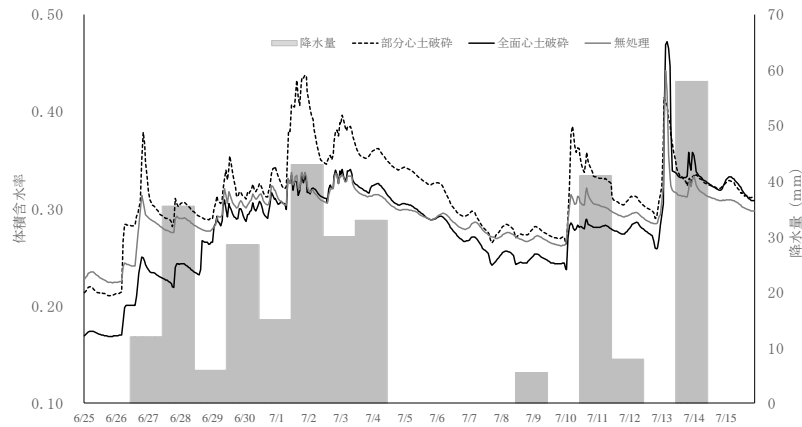


図3 期間中の降水量と作土層の土壌水分変化 (R1 成果情報)

心土破碎を行うことで無処理に比べ耕盤の土壌貫入抵抗が低くなり、これは施工後3ヶ月維持されることから、施工による土壌の亀裂等の効果を残していると推定されます。また、心土破碎を行ったときは耕盤

層より下(下層土)の貫入抵抗が小さいことから、心土破碎は耕盤だけでなく下層土にも影響を与えていることが推測されます(図4)。

Mpa サブソイラ						Mpa パラソイラ						Mpa 無処理区					
区名	1	2	3	4	5	区名	1	2	3	4	5	区名	1	2	3	6	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0.2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
7.5	0	0	0	0	0	7.5	0.2	0	0	0	0	7.5	0	0	0	0	0
10	0.2	0	0.3	0	0.35	10	0.2	0	0	0.6	0.2	10	0	0	0	0	0
12.5	0.2	0	0.7	0.5	0.76	12.5	0.6	0.2	0.35	0.85	0.7	12.5	0.4	0.85	0	0.85	0.5
15	0.7	0.4	0.95	0.62	0.76	15	1	0.7	0.6	0.85	0.95	15	0.8	0.95	0.65	1.1	0.9
17.5	0.82	0.92	0.8	0.62	0.76	17.5	1	0.9	0.9	0.8	0.95	17.5	0.88	0.95	0.9	0.95	0.9
20	0.82	1	0.85	0.62	0.76	20	1.3	1.1	1.15	0.8	0.9	20	0.88	0.95	0.9	0.9	0.9
22.5	0.75	1.05	0.85	0.68	0.76	22.5	1.36	1.05	1.2	0.8	0.9	22.5	0.9	0.95	0.9	0.9	0.85
25	0.7	1.05	0.8	0.95	0.76	25	1.1	1.05	0.95	0.65	0.9	25	0.9	0.95	0.85	0.9	0.85
27.5	0.7	0.9	0.75	0.95	0.7	27.5	0.9	1.05	0.95	0.4	0.85	27.5	0.86	0.95	0.85	0.95	0.85
30	0.7	0.7	0.75	0.95	0.45	30	0.85	0.85	0.9	0.35	0.7	30	0.86	0.9	0.85	0.95	0.85
32.5	0.6	0.62	0.7	0.95	0.45	32.5	0.85	0.75	0.85	0.35	0.7	32.5	0.84	0.9	0.85	0.95	0.85
35	0.6	0.62	0.7	0.95	0.5	35	0.85	0.75	0.75	0.45	0.7	35	0.84	0.9	0.85	0.95	0.85
37.5	0.6	0.62	0.7	0.9	0.5	37.5	0.85	0.75	0.75	0.45	0.7	37.5	0.84	0.8	0.76	0.95	0.8
40	0.6	0.65	0.7	0.85	0.5	40	0.86	0.75	0.75	0.5	0.7	40	0.84	0.8	0.76	0.95	0.75
42.5	0.6	0.65	0.7	0.75	0.5	42.5	0.86	0.75	0.75	0.55	0.65	42.5	0.8	0.75	0.76	0.95	0.75
45	0.6	0.65	0.7	0.7	0.5	45	0.85	0.75	0.72	0.55	0.64	45	0.75	0.75	0.76	0.95	0.75
47.5	0.6	0.65	0.7	0.65	0.45	47.5	0.8	0.75	0.7	0.55	0.64	47.5	0.75	0.65	0.76	0.95	0.75
50	0.6	0.65	0.7	0.65	0.4	50	0.75	0.7	0.7	0.55	0.6	50	0.75	0.65	0.76	0.95	0.65

図4 施工後3ヶ月目の土壌硬度(施工2019年6月24日、測定10月11日)  
(左:サブソイラ、中:パラソイラ、右:無処理(R1成績概要書))

収穫後の残渣すき込みを行う場合、心土破碎+耕うん(鋤込み)を行うことで耕うんだけを行う場合に比べ、降雨後の耕盤層の土壌水分の減少が早く始まります(図5-

左)。心土破碎を行うことで作土層の土壌水分も降雨時の土壌水分の上昇が少なく、上昇してもすぐに排水が始まって土壌水分が低くなります(図5-右)。

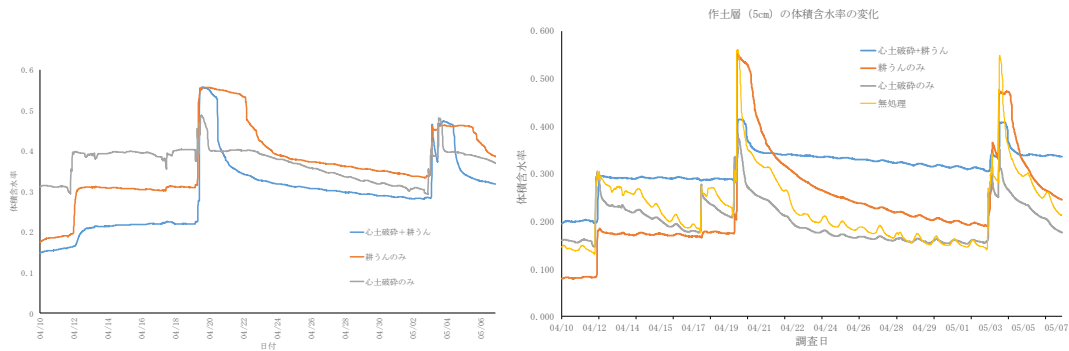


図5 降雨前後の土壌水分の変化（左：深さ 15cm 耕盤層直上、右：深さ 5cm 作土層）

心土破碎施工区と無処理区ではソルガムの生育に差が出ました。収穫時の草丈は心土破碎を行うことで大きくなり、生草収量も高くなる傾向が見られました（表2）。調査した圃場のソルガムは心土破碎を行ったことで根のはり具合がよく、下方向への

のびが多くなっていました（写真9）。上空からの写真で比較すると、無処理は色や生育のムラが見られましたが、心土破碎を行った方は葉の色も濃くばらつきが少なくなりました（写真10）（R2成績概要書）。

表2 ソルガムの草丈と収量

区	草丈 cm	生草収量 kg/10a	乾草収量 kg/10a
心土破碎	230	3980	1477
無処理区	214	3500	1489
t.test <sup>z</sup>	*	ns	ns

z: \* 危険率5%で有意差あり、ns 有意差なし



写真9 ソルガムの根の広がり（干拓部門P3）圃場、左：心土破碎施工、右：無処理（2020年5月8日播種、10月6日撮影）





| ← 無処理 → | ← 心土破碎 (パラソイラ) → |  
 写真 10 ソルガム空撮写真 (2020年7月30日撮影 左:無処理、右:心土破碎施工)

### 施工時の注意

心土破碎はけん引抵抗が大きいので、使用するトラクタは能力(馬力)に余裕があるものを使用しましょう。

干拓地圃場では耕盤層は農業機械が圃場に入る時の支持層も兼ねています。そのため耕盤層を破碎しすぎると、機械走行に影響が出る恐れもあります。心土破碎は複数

回(複数年)かけて圃場全体を行うイメージで、徐々に亀裂を増やして行くことが望ましいです。

さらに、心土破碎を行った後は、すぐに次作業に入るのではなく、土壌内部を乾燥させてしっかりした亀裂が残るように時間を置いてください(1~2ヶ月程度)。



写真 11 作業機・パラソイラ  
 (撮影 2018年11月)



写真 12 パラソイラ後の耕盤層  
 亀裂が上下に走っている (2019年8月撮影)



## 明きょ（額縁明きょ）＋浅層弾丸暗きょ 施工の方法

降雨による余剰水分を速やかに圃場外に排出するために、圃場内に明きょを設置する方法があります。明きょは圃場の周囲に施工（額縁明きょ）することが多いですが、広い圃場では圃場内に施工することもあります。この場合、作業の邪魔にならないことや安全性を考慮した明きょの位置決めが必要になります。

明きょの深さは使用する作業機によって異なりますが、作土層より深く、深さ30cm以上を維持することで浅層弾丸暗きょとの接続が可能になり、より排水能力が高まります（写真13）。

浅層弾丸暗きょは耕盤層に施工するこ

とで、降雨で生じた作土層の余剰な水を集水、排水します。これを明きょに接続することでより早く作土層の排水が進みます。馬力が小さいトラクタで作業する場合はバイプロサブソイラなどを用います（写真14）。

サブソイラの先端を明きょに落としてから施工することで確実に弾丸暗きょと明きょを接続します。また、施工後の耕うんや畝立てなどの作業方向に対して斜めに浅層弾丸暗きょを入れることで耕うんやほ場走行による暗きょの潰れを少なくすることができます（図6）。



写真13 溝堀機による明きょ設置



写真14 バイプロサブソイラ  
(ニプロカカタログより引用)

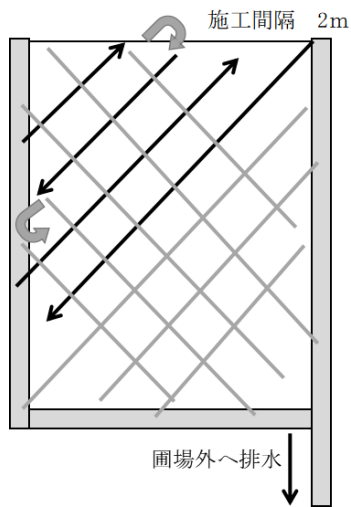


図6 明きょと浅層弾丸暗きょの接続 写真15 上から石灰水を流して排水の様子を確認  
(白色が石灰水の流れた跡)



写真16 耕盤層に施工した弾丸暗きょ跡 (6ヶ月目)  
暗きょから亀裂ができています (干拓部門圃場撮影)

### 効果

浅層弾丸暗きょを耕盤層に施工することで降雨後の排水能力が向上しました。また、無処理では次第に排水性が悪くなってきますが、浅層弾丸暗きょを施工することで排水能力の低下は起こりにくくなります(図7)。浅層弾丸暗きょを明きょに接続する

ことで、弾丸暗きょのみよりも降雨後の排水が早くなり、平時の作土の土壤水分を低く保ちます(図8)(R2 成果情報)。その結果、耕うん作業の碎土率(20mm以下の土塊割合(重量%))が高くなり、作業精度が向上します(表3)(R1 成果情報)。

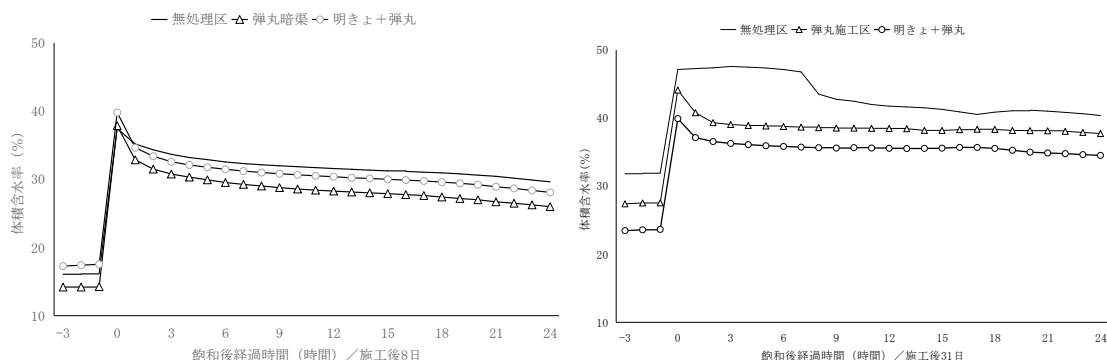


図7 浅層弾丸暗きよ施工と土壌水分変化の関係（左：施工後8日、右：施工後31日）

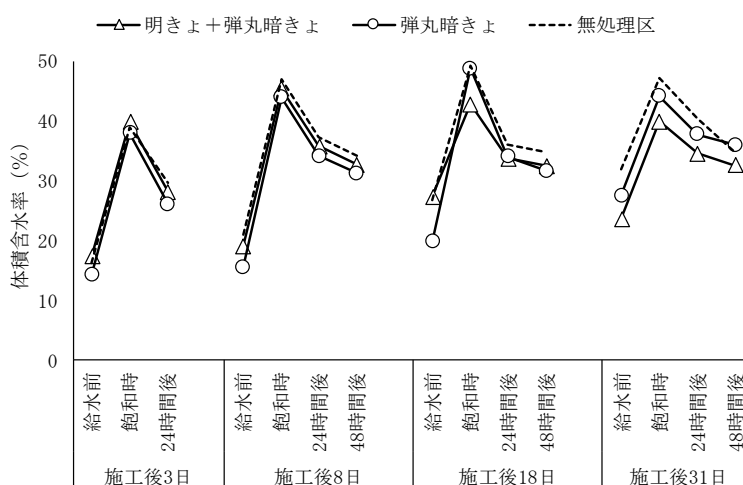


図8 施工後日数と体積含水率の変化

表3 浅層弾丸暗きよ施工の有無と耕うん後の碎土率

	平均含水比 %	土塊割合(重量%)				碎土率 %
		25mm以上	20-25mm	10-20mm	10mm以下	
弾丸暗渠区	40.6 **	10.5	8.9	19.1	61.5	80.6
無処理区	44.7	9.8	13.0	29.9	47.3	77.2

\*\* : P < 0.01 (t. test) 含水比は各区5反復、土塊割合は各区3反復

浅層弾丸暗きよ+明きよを施工することで過剰な土壌水分状態が軽減され、作物の初期生育（出芽後や定植後～活着）が安定します。また、作物によって効果は違いますが、概ね収量の増加が見られます

- 1) 夏作緑肥（ソルガム）の草丈は高くなり、収量は多くなる傾向が見られました（表4）（H30 成績概要書）。
- 2) ダイコン、ブロッコリーでは弾丸暗きよを施工することで収量が向上する傾向

が見られました（表5、6）（H30 成績概要書）

- 3) タマネギでは栽培期間を通して弾丸暗きよを施工することで無処理区に比べて畦内の土壌水分を低く維持します（図9）。また、タマネギの生育が良くなり、収穫物も平均1個重、玉重で大きい傾向を示します（表7）（成果情報 R1）。
- 4) ハクサイは定植後40日目の湿害発生率（=障害株数/調査株数）は、弾丸暗きよ



施工が無処理よりも少なくなりました(表8)。生育したハクサイでは処理による生育量、収量に差は見られませんでした(表9)。このことから、明きよ+浅層弾丸暗きよによる排水対策は、ハクサイ定植後の活着に影響を与えますが、植物体が大きくなるとその影響は小さくなりました(R2 成績概要書)。

5) ホウレンソウは、播種後7日目の出芽

率は弾丸処理区が無処理区に比べて高く、とくにマルチ栽培では出芽率に有意差が見られました(表10)。また、播種後24日目では、湿害による生育不良や発芽不良は弾丸処理区が無処理区に比べて有意に低く、排水処理の効果が確認できました(表11)。ホウレンソウの収量は無処理区が弾丸処理区よりも大きい結果となりました(表12)(R2 成績概要書)。

表4 ソルガムの草丈と収量

区	草丈 cm	生草重 kg/1.5m <sup>2</sup>	10aあたり収量 kg/10a
浅層弾丸暗きよ	230	4.08	3398
無処理	214	4.06	3383
t.test <sup>z</sup>	**	ns	ns

z: \*\* 危険率1%で有意差あり、ns 有意差なし

表5 収穫時の比較(ブロッコリー)

区	全重 g	花蕾重 g	花蕾径 cm
浅層弾丸暗きよ区	1201	303	13.5
無処理区	1195	282	14.3
t.test <sup>z</sup>	ns	ns	ns

z: ns 有意差なし

表6 収穫時の比較(ダイコン)

区	全重 g	根重 g	根長 cm
浅層弾丸暗きよ区	1742	1629	32.3
無処理区	1649	1517	33.5
t.test <sup>z</sup>	ns	ns	ns

z: ns 有意差なし

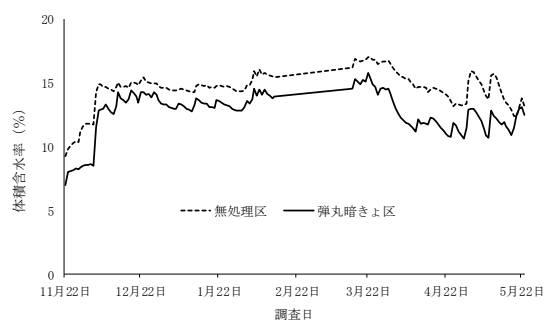


図9 タマネギ栽培期間中の畦内土壌水分の変化

表7 排水処理とタマネギ収穫物

試験区	株重 (g)	玉重 (g)	玉径 (mm)	玉高 (mm)
弾丸暗渠区	417.3	300.1	84.3	81.8
無処理区	395.8	290.8	85.5	83.8
t. test	ns	ns	ns	ns

各区10個体、2反復調査

表8 ハクサイの湿害発生率

	露地	マルチ
弾丸暗渠施工	2.2%	5.3%
無処理	18.2%	15.9%
$\chi^2$ 検定 <sup>z</sup>	*	*

z) 危険率 \*: 5%

表9 収穫時の比較（ハクサイ）

	全重(g)		玉重(g)		玉径(cm)	
	露地	マルチ	露地	マルチ	露地	マルチ
弾丸処理区	1546.8	2045.9	581.4	1088.2	13.0	16.2
無処理区	1681.7	2125.8	490.1	1024.7	14.6	15.0
栽培	**		**		**	
試験区	NA		NA		NA	
栽培×試験区	NA		NA		**	

\*\*：2元配置分散分析で危険率1%で有意差あり  
NA：2元配置分散分析で有意差なし

表10 ホウレンソウ出芽率

	露地	マルチ
弾丸暗渠施工	88.9%	96.5%
無処理	83.3%	84.4%
$\chi^2$ 検定 <sup>z</sup>	NA	**

z) 危険率 \*\*：1%未満  
NA：有意差なし

表11 ホウレンソウ湿害発生率

	露地	マルチ
弾丸暗渠施工	5.6%	6.0%
無処理	29.3%	25.0%
$\chi^2$ 検定 <sup>z</sup>	**	**

z) 危険率 \*\*：1%未満

表12 収穫時の比較（ホウレンソウ）

	全重(g)		最大葉長(cm)		最大葉幅(cm)	
	露地	マルチ	露地	マルチ	露地	マルチ
弾丸処理区	49.8	96.0	23.4	36.8	9.4	12.7
無処理区	93.4	101.8	30.3	37.6	11.6	14.0
栽培	*		**		**	
試験区	*		**		**	
栽培×試験区	NA		*		NA	

\*\*：2元配置分散分析で危険率1%で有意差あり  
\*：2元配置分散分析で危険率5%で有意差あり  
NA：2元配置分散分析で有意差なし

### 施工時の注意

明きよや浅層暗きよの施工では、作業速度が早すぎると明きよの壁が崩れやすくなることや、弾丸暗きよが十分形成されないことがあります。作業機のマニュアルを参照して、適切な作業速度での作業を心がけて

ください。

大雨の後など浅層弾丸暗きよから水と一緒に土が流れ出て、接続した穴や明きよを塞ぐことがあります。溝上げなどで排水性の回復を図ってください（写真17）。



写真17 57mm降雨後の明きよの状態（2020年7月撮影）

## 圃場内小排水溝

### 施工の特徴

降雨やかんがいによって地表に湛水した水を排除することを表面排水といいます。明きよのほか、1 輪管理器にピンク培土板をつけて圃場内に排水用の溝を切って（あ

げて）圃場内に小排水溝を作っていきます。この方法ですと、幅 45cm、深さ 10~15cm 程度の溝が作れます（図 10）。



写真 18 圃場内に作られた小排水溝  
(愛野 2019 年 4 月 10 日撮影)

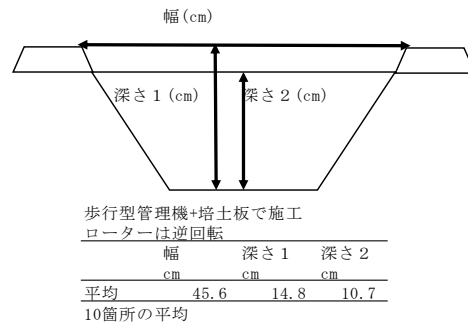


図 10 1 輪管理器+培土板で作った排水溝

### 効果

圃場表面に小排水溝を切ること、無施工に比べて作土層の土壌水分は低くなります。さらに降雨後の土壌水分の減少も早くなることから、小排水溝を施工することで作土層の排水効果は確認できました（図 11）。

しかし、溝の施工する間隔による排水能力の違いやソルガムの生育に与える影響ははっきりとしませんでした（表 13）。（R1 成績概要書）

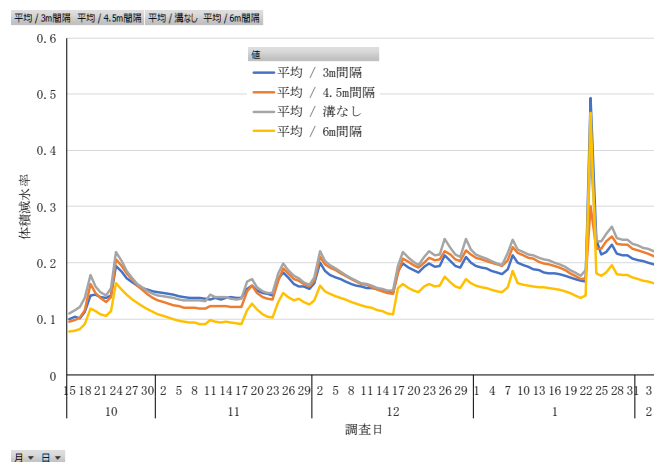


図 11 作土層の土壌水分変化



表 13 溝切間隔とソルガムの生育量

処理区	播種後日数		
	26日 (cm)	47日 (cm)	68日 (cm)
溝3.0m	31.0 a	144.2 a	223.1 a
溝4.5m	31.7 a	149.7 a	216.7 a
溝6.0m	22.5 b	132.2 b	216.0 a
溝なし(対照区)	23.0 b	120.5 c	212.1 a

注) 列方向での異なる文字は危険率5%で有意差あり (Tukey)

### 施工時の注意

小排水溝に溜まった水を速やかに圃場外に出すために、明きょや排水路に繋げるなどの工夫が必要です。また、等高線方向に畦を立てて栽培を行う場合は、数メートルに1ヶ所程度、上から下に水を流すための小排水溝を設けると排水性が高まります。



写真 19 圃場内の小排水溝は外の排水路に水が流れるように設置している  
(愛野 2019年4月3日撮影)

### その他：表面処理（耕うん方法）

収穫残渣の鋤きこみや、次作のための荒起こしをするときにスタブルカルチで耕うん作業を行うことで、ロータリ耕うんに比べ作土層の体積含水率を低く抑えます。また降雨後の体積含水率の低下も早くなります (H30 成績概要書)。

農業機械の走行等で土壌踏圧を受けた圃

場（踏み固められた）表面は、ロータリで耕起することで表面の土壌水分を低い状態（乾いた状態）に保つことができますが、ロータリ刃の圧縮作用により作土層の下（耕盤層の上）は排水能力が低下して、土壌水分は高くなります (R1 成果情報)。

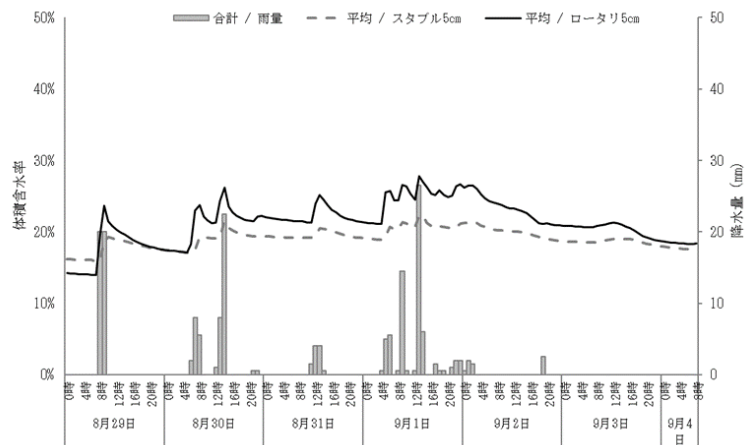


図 12 降水量と深さ 5cm 土壌水分の推移

表 14 層別の平均体積含水率の比較

測定位置 <sup>z</sup>	処理	平均体積含水率(%)
作土層	ロータリー処理	21.2 a <sup>y</sup>
	無処理	28.5 c
耕盤層上部	ロータリー処理	27.1 c
	無処理	25.3 b

z : 作土層は深さ5cm前後、耕盤層上部は深さ15cmの位置

y : 列方向で異なる文字は危険率5%以下で有意差あり

### 施工時の注意

ロータリは土を細かくできる反面、刃の回転による土の圧縮が生じやすいので注意が必要です。そのため、大きな土塊を下にするアップカットロータリや横回転で耕起を行うバーチカルハロー、爪で表面の混和砕

土を行うスタブルカルチなどを利用することで作土層から耕盤層への連続した亀裂を維持することで、上からの排水をスムーズに行うことができます。

### その他：緑肥の活用

圃場の排水性を改善するためには機械作業のほか、土の条件を整えることも必要です。緑肥を栽培することで、伸長した根が分解すると空隙（空洞）ができ、そこがバイパスとなり排水性の向上につながります。例えばセスバニアなどの直根性のマメ科植

物が代表例です。さらに鋤き込んだ植物体が腐植化し、土壌がフカフカの膨軟状態となり、作土の状態が向上するとともに作業性が向上します（二期作バレイショ栽培に適した緑肥（カバークロープ）栽培マニュアル（長崎県H25年）より引用）。



写真20 左：グリーンソルゴー 右：セスバニア  
雪印種苗株式会社 HP (<https://www.snowseed.co.jp/>) から引用

### その他：土壌水分と作業性

農作業や排水対策を行うときは、適切な土壌水分での作業が必要です。

諫早湾干拓地土壌では、ロータリ耕うんの碎土の目安（碎土率70%以上）になるときの含水比は36.0～48.5%の範囲にあります。このうち、含水比42.3%のとき碎土率77.2%と最も碎土が良くなります（図13）。

諫早湾干拓地土壌の作土層の塑性限界（粘

り気が出てくるときの含水比）は41.7%で、これは碎土率が最大になる含水比42.3%と近い値でした（表15）（R1成果情報）。

この塑性限界は土（土質）によって異なります（表15）。また、同じ圃場でも深さによって変わることもあります。そのため、土質やほ場ごとに耕うんに適した土壌水分は異なります（表15）

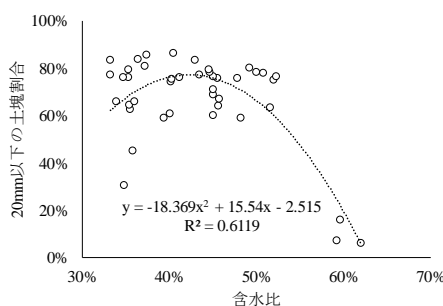


図13 諫早湾干拓地土壌における含水比と碎土率の関係

表15 各土壌の液性限界と塑性限界

土壌	液性限界 %	塑性限界		塑性指数 (液性限界-塑性限界)
		%	含水率換算	
黒ボク土	61.9	51.0	33.8	10.9
赤色土	50.9	46.5	31.7	4.4
黄色土	38.5	24.1	19.4	14.4
干拓土	68.8	46.5	31.8	22.3

注：供試土壌は、長崎県農林技術開発センター内環境部門圃場から採土を行った。



## 機械除草の試験結果

### 管理機装着型除草装置

#### 特徴

乗用管理機や歩行型管理機に取り付けて使用する除草機で、機械でけん引することでレーキの針金（タイン）が土の表面を削るとともに小さな雑草を引き抜いていきま

す。作物や作型（畦幅、条数）で使用するレーキの位置や種類、数を変えて調整します（写真 21）。

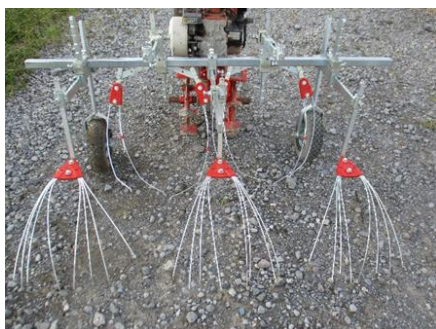


写真 21 歩行型管理機装着型除草装置（左：除草機部分、右：作業の様子）



写真 22 乗用管理機装着型での作業

（（株）キューホー総合カタログ 2019—都府県版より引用）

#### 効果

キャベツ及びブロッコリーの栽培で歩行型管理機装着型除草装置は（株）キューホー社製（HLUB-2+R2+ON3）で除草試験では、定植後 40 日程度まで 2 週間に 1 回程度機械除草を行うことで、処理期間中はキャベツ、ブロッコリーとも除草剤処理と同程度に雑草の発生を抑えます。機械除草終了後 35 日目（定植後 77 日）でもキャベツの雑草発生量は除草剤処理と同程度でした。しかし、ブロッコリーでは除草剤処理に比べ機械除草区は雑草が繁茂しました。これはブロッ

コリーの草勢が立ち姿のため、畝表面に日射が届いて雑草がのびやすかったためと考えられます（図 14）。

ブロッコリー、キャベツとも機械除草を行うことで、除草剤使用と同程度の生育量が得られます（表 16、17）。

歩行型管理機装着型除草装置を使った機械除草の作業能率は 38.8a/hr（圃場作業効率 83.2%）であり、10a あたりの作業時間は約 16 分です（表 18）。

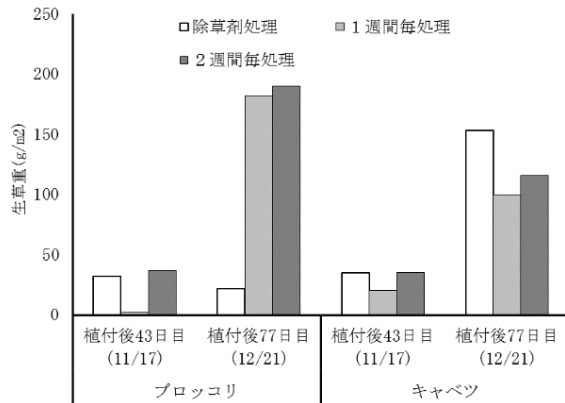


図 14 機械除草の処理間隔と雑草量

表 16 ブロッコリー全重の推移

(調査日)	調査日		
	39日目 (11/13)	62日目 (12/6)	76日目 (12/20)
1週間毎処理 <sup>x</sup>	126.3 a <sup>y</sup>	389.8 a	463.4 a
2週間毎処理 <sup>w</sup>	129.0 a	371.8 a	464.0 a
除草剤処理	126.9 a	400.3 a	541.4 a

z : 各調査区20個体の平均値  
y : 列間で異なる文字間では危険率5%で有意差あり (Tukey)  
x : 1週間毎処理の処理日は, 10/19, 10/26, 11/2, 11/9, 11/16の5回  
w : 2週間毎処理の処理日は, 10/19, 11/2, 11/16の3回

表 17 キャベツ全重、玉重の推移

区名 (調査日)	全重(g)			玉重(g)	
	39日目 (11/13)	62日目 (12/6)	76日目 (12/20)	62日目 (12/6)	76日目 (12/20)
1週間毎処理 <sup>x</sup>	186.7 ab <sup>y</sup>	529.7 a	802.6 a	216.5 a	388.9 a
2週間毎処理 <sup>w</sup>	173.1 b	550.3 a	780.1 a	191.5 a	363.2 a
除草剤処理	220.3 a	590.1 a	836.4 a	211.0 a	384.4 a

z : 各調査区20個体の平均値  
y : 列間で異なる文字間では危険率5%で有意差あり (Tukey)  
x : 1週間毎処理の処理日は, 10/19, 10/26, 11/2, 11/9, 11/16の5回  
w : 2週間毎処理の処理日は, 10/19, 11/2, 11/16の3回

表 18 作業能率

供試機械	歩行型管理機 装着型除草装置	
作業速度	m/s	0.83
作業幅	m	1.5
畦長	m	40
畦数	本	4
調査面積	m <sup>2</sup>	240
作業時間		
実作業	分	2.8
巡回他	分	0.9
計	分	3.7
有効作業量	a/hr	44.8
圃場作業効率	%	83.2
圃場作業量	a/hr	38.8
10aあたり作業時間	分	15.5

### 使用上の注意

定植した苗が抜けないようにするため、苗が活着する定植後2週間目から開始してください。また、キャベツ、ブロッコリーは定植後40日程度で外葉が展開するので、機械除草を行うと外葉が損傷しやすくなるので作業速度を遅くするなど注意して除草作業を行ってください(写真23)。

機械除草を行う時は雑草が小さいときに

行ってください。雑草が目視できない場合でも除草作業を行うことで発芽直後の雑草の除草も可能になります。

土壌表面にクラスト(土膜)が発生すると除草用の針金が土壌表面に入りにくくなるため、降雨後は圃場の様子を見ながらクラストが形成する前に除草作業を行うことが望ましいです(写真24)。



写真 23 定植後 43 日後のキャベツ



写真 24 降雨後に発生したクラスト

## 遠心式除草装置

### 特徴

遠心式除草装置（商品名：うね草トリマー／株式会社アイデック製）は市販の刈払機の先端に取り付けて使用します。内部にフリーハンマーで取り付けられた刈刃を回転させて表土と一緒に草を粉砕します。回転部分はカバーで覆われており周囲への土等の飛散を抑えるとともに株間や畝間などの処理の際も植物体を傷つけることが少ない機械です。

干拓地など粘土分が多い土は強い降雨に

あうと土壌表面にクラストが発生することがあります。クラストができると表面が固くなり手作業でも雑草を抜くことが難しくなります。また、時間が立ってクラストが自然に壊れたときには、雑草が大きくなりすぎて前述の除草装置や手作業での除草も困難になります。このように土壌表面にクラストがあっても、遠心式除草機は雑草が小さいうちにクラストごと除去する事ができます。



写真 24 遠心式除草装置（刈刃部分）

## 効果

土壌クラストが発生した圃場での除草効果は、歩行型除草装置よりも作業後の雑草の残りは少なく、また、次作業までの雑草を抑える効果が高くなります（表 19）。

作業時間は 10a あたり 10 時間程度かかりますが、機械の持ち方によって作業速度は変わります（表 20）。刈払機と同様に肩ベルトで機械を支える姿勢（写真 25 左）では、畦の斜面に除草装置部分を当てるとき

に角度の調整が難しく作業性が低下しました。縦持ち（両手で刈払機を維持する 写真 25 右）では、除草装置部分のコントロールがしやすくなって作業速度は上がりましたが機械を腕で支えるので、振動や機械の重さで疲れやすくなります。

除草作業を行ってもブロッコリーの生育や収量には影響を与えません（表 21）（R2 成績概要書）。

表 19 除草作業前後の雑草量（本/m<sup>2</sup>）

	1回目		2回目		3回目	
	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後
遠心式	130.3	7.3	174.2	9.0	26.5	11.5
歩行型	112.0	122.3	162.2	32.0	72.0	53.7
対照区	26.5	20.3	72.0	11.5	53.7	20.3

表 20 遠心式除草機による作業能率

		平均作業速度	圃場作業量	備考
		m/s	a/hr	
持ち方	通常	0.05	0.61	3畦作業平均
	縦持ち	0.10	1.24	8畦平均平均
	平均	0.08	0.97	
作業方位	南側	0.06	0.77	6畦平均平均
	北側	0.05	0.58	7畦平均平均

注：東西畦での作業なので、畦の肩は南北になる



写真 25 遠心式除草機による除草作業（左：通常の作業姿勢、右：縦持ちでの作業）







Qホー（大・中・小）  
大:20cm  
中:17cm  
小:14cm

写真 左・中：Qホー先端部分、右：除草作業（立ち姿勢で作業ができる）