

露地栽培で活用できる排水対策技術の手引き
現場で活用できる各種技術の紹介と活用

長崎県農林技術開発センター干拓営農研究部門
令和3年3月

1. はじめに

基盤整備ほ場において農業機械の踏圧や暗きよの経年劣化による排水能力の低下から営農面で問題が見られるようになってきました。このようなほ場の排水能力の低下は、水田転換畑における露地野菜等の栽培や収量に影響を与えています。

そこで降雨後の高い水分状態から速やかに適正な水分条件に移行できるような排水対策、特に農業者が自分で施工できるほ場排水改善技術について「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（経常研究）」として2018年度から2020年度までの3年間研究を行ってきました。

その結果を元に、農業者や指導者がほ場の排水性を確保するための手引きを作成しました。あわせて除草機械の試験結果についても現場で活用いただける形でまとめました。この手引きをもとに、自分のほ場の状態にあわせた技術の選択や導入を行っていただき、皆様の栽培の安定や作業計画の立案などに役立てていただけたら幸いです。

令和3年3月

長崎県農林技術開発センター干拓営農研究部門 部門長 高瀬泰司

2. 本手引きの使い方

- 1) 「チェックシート」で現在のほ場の状態・条件を確認する。
- 2) 問題点があれば、「ほ場の状況と発生の原因・対策のポイント」をみて、取り組める排水対策から行う。
- 3) 排水対策の効果や結果を「チェックシート」で再確認を行う（問題があれば2）に戻る）
- 4) 自分の栽培スケジュールを「スケジュール表」に入れ、排水対策の実施計画を立てる。

* 機械除草は「機械除草のポイント」にまとめています。状況に合わせてお使いください。

* 「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）」として長崎県農林技術開発センター干拓営農研究部門で取り組んだ試験結果を「排水対策および機械除草の試験成果」にまとめました。具体的な効果などはこちらで確認してください。

チェックシート

1) 「ほ場排水性に関するチェックシート」とは

ほ場の排水状況を具体的な項目で確認するためのシートです。

2) 使い方

- (1) 排水が悪い圃場に対して、未作付状態のほ場を降雨翌日に確認します。その時のほ場の状況を「ほ場排水性に関するチェックシート」の各項目を確認・チェックしてください。
- (2) 全部の項目を確認後、それぞれの項目に対して、「ほ場の状況と発生の原因・対策のポイント」で状況の把握と対策を確認してください。
- (3) 対策が取れる項目について、自家施工や工事について年間の計画（または複数年での計画）を作成して、排水対策を行ってください。
- (4) 排水対策が終了したあと、チェックシートを使って2回目のほ場状況を確認します。1回目のチェックシートと比較することで対策の効果（改善した部分）が確認ができます。
- (5) (1)から(4)を繰り返しながら、ほ場の排水性の向上に努めてください。

3) 用語の説明

○暗きょ：土中に滞留した水や土中の浸透水を排除するための地下に連続して設けた水路（通水空間）。暗きょ排水には耕地の余分な水を排水するために次の種類があります。

(1) 地表水の排除・・・小排水路、補水きょ

(2) 浸透水の排除

① 吸水きょ（本暗きょ）・・・地下水を集める主要な暗きょ

② 補助暗きょ・・・吸水きょの効果を一層促進させる目的で設置する暗きょ。心土破碎（無材、有材）、せん孔暗きょ（無材）、弾丸暗きょなどがあります。

③ 集水きょ・・・吸水きょで集めた水を排水路まで流す管

④ 補水きょ・・・地区外の湧水などを排水する暗きょ（地区外の地表水も含む）

○明きょ：降雨により発生した地表水の排除を行うために地表に掘削した水路。

○地下水位：平均海面を基準として計った地下水までの深さ。地下水が大气に接している面が地下水面となる。

○グライ層：永久的水飽和条件下でグライ化作用によって形成される。青灰色の層。たん水状態や地下水位の高い排水不良土壌では酸素が不足し還元状態となり、酸化鉄は亜酸化鉄に還元され青灰色や緑灰色のグライ層が発達する。

○土性：土性は、砂（粗砂、細砂）シルト、粘土の各成分の粒径組成によって示される土壌の性質の一つ。主な土性の区分と特徴は以下のとおり。

表 土性区分と特徴

区分	記号	粘土細工の彫塑性で判断	指の感触	耕うん性	通気性	排水性	保水力	保肥力
砂質	S, LS	こねても固まらない	ザラザラで砂だけ	易	大	大	小	小
壤質	SL, L, SiL	鉛筆程度の太さに彫塑できる	砂が多いか、粘土と砂が半々くらい	易	中	中	中	中
粘質	SCL, CL, SiCL	マッチ棒程度の細さまで繋がる	粘土が大半で、砂もわずかに感じる	やや難	やや小	小	大	やや大
強粘質	SC, SiC, LiC, HC	こより程度に細長く作れる	ヌルヌルした粘土で砂は感じられない	難	小	極小	小	大

○れき層：れき（直径 2mm 以上の大きな粒子）が、土壌断面の 20% より大きい面積割合を占めている層位のこと

ほ場排水性に関する簡易チェックシート

チェック 1 : 外からほ場へ水の流れ込みは <input type="checkbox"/> なし	<input type="checkbox"/> あり
チェック 2 : 暗きよは整備されているか <input type="checkbox"/> あり (10m間隔以下) <input type="checkbox"/> あり (11m以上の間隔)	<input type="checkbox"/> なし
チェック 3 : 暗きよと排水路の接地面は <input type="checkbox"/> ほ場の長辺で <input type="checkbox"/> ほ場の短辺で	<input type="checkbox"/> 接しない
チェック 4 : 降雨後の排水路側の暗きよの出口は <input type="checkbox"/> 水面より上 (30 c m以上) <input type="checkbox"/> 水面の上 (10 c m程度)	<input type="checkbox"/> 見えない (わからない)
チェック 5 : 雨の後、暗きよから排水されているか <input type="checkbox"/> 出ている <input type="checkbox"/> 少しは出ている	<input type="checkbox"/> 全く出していない
チェック 6 : 補助暗きよを毎年施工しているか <input type="checkbox"/> 弾丸暗きよ <input type="checkbox"/> サブソイラ (心土破碎)	<input type="checkbox"/> なし
チェック 7 : 作付け前に明きよを設置しているか <input type="checkbox"/> 額縁で設置 <input type="checkbox"/> 一定間隔で設置	<input type="checkbox"/> 設置しない
チェック 8 : 明きよの出口は <input type="checkbox"/> 排水路につなげている	<input type="checkbox"/> 排水路につなげていない
チェック 9 : 降雨後にほ場の水たまりがある期間は <input type="checkbox"/> 水溜りなし <input type="checkbox"/> 24時間以内に消える	<input type="checkbox"/> 24時間以上
チェック 10 : ほ場の水が溜まりやすい場所は <input type="checkbox"/> 特になし <input type="checkbox"/> ほ場の周り	<input type="checkbox"/> ほ場の内側
チェック 11 : 地下水位またはグライ層はどのくらいの深さで出るか <input type="checkbox"/> 60cm以下 <input type="checkbox"/> 30cm以下	<input type="checkbox"/> 作土層直下
チェック 12 : 土壌の土性は (粒径組成) は <input type="checkbox"/> 砂質～壤質 <input type="checkbox"/> 粘質	<input type="checkbox"/> 強粘質
チェック 13 : 下層に礫層があるか <input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 30cm以下にある	<input type="checkbox"/> 作土層直下からある
チェック 14 : ほ場の風当たりは <input type="checkbox"/> 強い <input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 弱い
チェック 15 : ほ場の日当たりは <input type="checkbox"/> 良い <input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 悪い (半日は影)

質問の答え (チェック) が右にあると排水性が悪い状態と考えられます。

ほ場の状況と発生の原因、対策のポイント



(チェック表と一緒に確認してください)

状況	問題点、考えられる原因	対策やポイント
チェック 1 : 外からほ場への水の流れ込みは		
あり	降雨以外の水が入っているの で、ほ場が乾きにくくなります	ほ場に水が流れ込む位置にはほ場内明き よを設置してほ場内に流れ込まないよ うにします。
なし		問題なし
チェック 2 : 暗きよは整備されているか		
なし		ほ場の排水が悪い場合、暗きよ工事を 行い排水性を高くしてください。
あり (11m 間隔以上)		ほ場の排水が悪い場合、暗きよと暗きよ の間に補助暗きよを入れることで、ほ場 の排水が早くなります。
あり (10m 間隔以下)		問題なし
チェック 3 : 暗きよが排水路の接する面は		
接しない	暗きよに集まった水が排水さ れていない可能性があります。	暗きよもしくは補助暗きよの出口を排 水路に設置してほ場からの排水ができ るようにしてください。
ほ場の短辺で接する		暗きよの間隔が 10m 以下であれば問題 はありません。それより広い場合や排水 が悪い場合は補助暗きよの施工で排水 性を高めてください。
ほ場の長辺で接する		暗きよの間隔が 10m 以下であれば問題 はありません。
チェック 4 : 降雨後の排水路側の暗きよの出口は		
見えない (わからない)	暗きよの出口が排水路の水面 よりも下や水面のすぐ上にあ ると、雨の後、ほ場からの排水 ができません。	排水路の掃除や整備を行い、暗きよの出 口が降雨時の水面より高い場所になる ようにしましょう。
水面の上 (10cm 程度)	排水路に土などがたまって水 が流れにくく (たまりやすく) なっています。	早めに排水路の掃除や畦の草刈りなど を行い、排水路の水の流れを確保してく ださい。
水面より上 (30cm 程度)		問題なし

チェック5：雨の後、暗きよから排水されているか

	<p>全く出ていない</p>	<p>暗きよが機能していない状況です。</p> <p>暗きよが完全にふさがっていたり、途中で切断されたりしている可能性があります。</p>  <p>(写真) 土が詰まった暗きよ管</p>	<p>①新しい暗きよを入れ直す工事を行う。</p> <p>②補助暗きよ(カットドレーンやもみ殻補助暗きよ等)の施工を暗きよの間に施工するようにしてください。補助暗きよの出口は排水路水面よりも高くなるように設定してください。</p>  <p>(写真) カットドレーン</p> <p>○施工のポイント</p> <p>排水路に水が流れるように、排水路側が低くなるように施工する。</p> <p>施工の後、次の作業までは2週間以上期間をおいて補助暗きよの構造(形)を落ち着かせる。</p>
	<p>少しは出ている</p>	<p>土や酸化物で暗きよが詰まりそうな可能性があります。</p>	<p>動力噴霧機を使った暗きよ清掃が可能です。ホース先端に洗浄ノズルを取り付け、高圧水を噴射することで管内の掃除をして、つまりを取り除きます。</p>  <p>(写真) 動力噴霧機を使った暗きよ掃除</p>

	少しは出ている	ほ場内部の耕盤層などの影響で、暗きょ管まで十分に水が流れていない可能性があります。	<p>弾丸暗きょを施工して、土中に亀裂を作って暗きょまでの水みちを確保してください。弾丸暗きょは暗きょの疎水材と繋がる深さで施工してください。</p>  <p>(写真) 2連サブソイラ+弾丸</p> <p>○施工のポイント</p> <p>施工前に疎水材までの深さを確認して本暗渠の疎水材に弾丸を確実に通す。</p>
	出ている		問題なし
チェック6：補助暗きょを毎年施工しているか			
	なし	ほ場の排水が悪い場合は、作土の下に耕盤層ができて下方向への雨の浸透が滞っている可能性があります。	農業機械の走行などで土が踏み固められて作土層の下に耕盤層ができます。補助暗きょを施工することで、耕盤層を壊して雨の浸透を促進します。それにより雨の後の排水が早くなります。
	サブソイラ（心土破碎）		<p>耕盤層に亀裂を入れることで、雨の浸透を促進します。さらにほ場の内部も乾燥しやすくなることで、透・排水性がさらに改善するという好循環が期待されます。亀裂だけなので弾丸暗きょよりも集水性や排水性は劣ります。</p>   <p>(写真) サブソイラ(上)と作業中の写真(下)</p>
	弾丸暗きょ		問題なし

チェック 7 : 作付前に明きよを設置しているか		
設置しない	降雨がほ場から抜けにくい状態と考えられます	ほ場内に明きよを設置することで、降雨後の表面排水が促進されます。降雨による余分な水分を早くほ場から出すようにしましょう。  (写真) 溝切機による明きよ作成 ○施工のポイント ほ場内の作業性や安全を考えて設置する場所を決めてください。
一定間隔で設置	明きよに集水はできていますが、ほ場外への排水が不十分な状態と思われます。	表面排水を速やかにほ場外に出すためには、暗きよから排水口まで水の流れが繋がっている必要があります。  (写真) 明きよによるほ場外排水 ○施工のポイント 定期的に明きよの土あげや除草を行い、水が流れやすくなるようしてください。
額縁で設置		問題なし
チェック 8 : 明きよの出口は		
排水路につなげていない	明きよに水がたまった状態になり、ほ場の乾きはすすみません。	明きよを排水路につなげないと、明きよに集まった水はそのまま明きよに残るため、明きよの水面以下の深さの土は乾きにくくなります。 明きよを排水路につないで、速やかに明きよから排水路に余分な水分を流すようにしてください。
排水路につなげている		問題なし

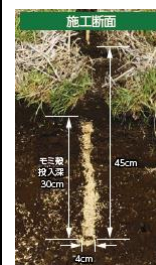
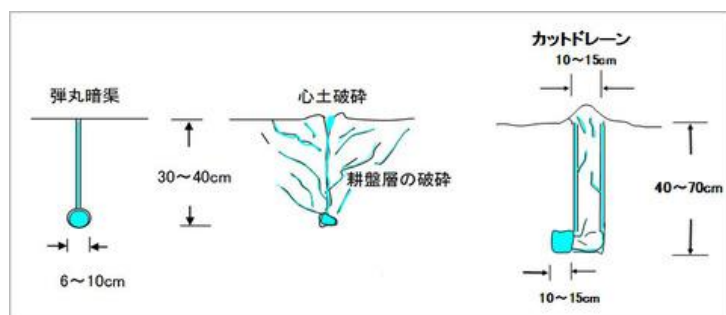
チェック 9：まとまった雨の後ほ場に水たまりがある期間は

<p>24 時間以上</p>	<p>作土の下の耕盤層が下層や暗きよへの水の流れを止めている可能性があります。</p> <p>圃場の均平がとれていない可能性があります。</p> <p>作業や走行等でほ場表面に凹凸が生じている可能性があります。 *ほ場からの水の流入が原因の場合はチェック 1 を参照</p>	<p>パラソイラなどを使って全面心土破碎で耕盤を壊してください。できればほ場全面を施工してください。</p>  <p>(写真) 全面心土破碎 (パラソイラ)</p> <p>ドライブハローやレーザーレベラーで圃場の均平をはかりましょう。</p> <p>圃場の耕うん方法や作業順を検討して、ほ場内に凹凸や低い場所を作らないようにしてください。</p>
<p>24 時間未満</p>	<p>作土の下 (耕盤層) が下への水を流れにくくしている可能性があります。</p>	<p>部分心土破碎で耕盤層を壊してください。弾丸暗きよやサブソイラで耕盤層に水が流れやすい場所を作りましょう。</p>

○施工のポイント

施工後、十分な期間 (夏場で1ヶ月以上) を取って、ほ場内部を乾燥させてください。そうすることで、耕盤層に亀裂が残り、排水性が高まります。



また、暗きよ資材としてもみがらを充填する「もみガラ補助暗きよ」を暗きよに直行する形で5m間隔に施工することで排水性が向上します (H17 諫早湾干拓初期営農技術対策指針)。



(写真) もみガラ補助暗きよ
(引用スガノ農機)

土壤内部に施工する排水対策 (イメージ) (引用 (みんなの農業広場))

<p>水溜りなし</p>		<p>問題なし</p>
--------------	--	-------------

チェック 10：ほ場の水が溜まりやすい場所は			
ほ場の内側	内側が低くなっているため水が溜まりやすくなっています。	心土破碎をしてほ場内部からほ場外に水を流すようにします。また、ロータリー耕などでは場面の高さを揃えるようにしましょう。 逆傾斜など修正が難しい場合は、レーザーレベラなど工事レベルでの修正も考える必要があります。	 <p>(写真) レーザレベラでのほ場面修正</p>
ほ場の周り	降雨後の表面排水がほ場外に出られない状態です。	ほ場の周囲に額縁のように明きょを施工して、ほ場外側に集まった水分を明きょに集めてほ場外に出すようにしましょう。 また、枕地などトラクターなどの旋回で土が削られている場合は、ほ場全体の高さを揃えましょう。	
特になし		問題なし	
チェック 11：地下水位またはグライ層はどのくらいの深さで出てますか			
作土層直下	降った雨がそのまま作土層の下にたまった状態です。 	明きょを施工して、降雨後の表面排水を促進しましょう。あわせて、心土破碎等で作土の下に水がたまらないようにしましょう。 また、すぐに作物を作るのは難しいと思われれます。飼料作物（緑肥）を導入して土壌改良を進めながら、数年の期間で排水性の向上を目指してください。	
30cm 以下	作土の下（耕盤層）が下への水の流れを止めている可能性があります。	心土破碎を行い耕盤層の乾燥を促進しましょう。合わせて補助暗きょや弾丸暗きょなどでしみこんだ雨をほ場外に排水してください。	
60cm 以下		問題なし	

チェック 1 2 : 土壌の土性は (粒径組成) は

強粘質		粘土含量 45%以上の土壌。保肥力は高いが排水不良で耕うん性が低い。明きよ、暗きよによる排水が必要です。あわせて有機物の施用などを行い、団粒構造の発達を促しましょう。
粘質		粘土含量 25~45%の土壌で、排水性は低い。心土破碎や緑肥作付による土壌改良で排水性を高める必要がある。
砂質~壤質		粘土含量が 25%以下で砂含量 45%以上。排水性は高い。

表 土性区分と特徴

区分	記号	粘土細工の彫塑性で判断	指の感触	耕うん性	通気性	排水性	保水力	保肥力
砂質	S, LS	こねても固まらない	ザラザラで砂だけ	易	大	大	小	小
壤質	SL, L, SiL	鉛筆程度の太さに彫塑できる	砂が多いか、粘土と砂が半々くらい	易	中	中	中	中
粘質	SCL, CL, SiCL	マッチ棒程度の細さまで繋がる	粘土が大半で、砂もわずかに感じる	やや難	やや小	小	大	やや大
強粘質	SC, SiC, LiC, HC	こより程度に細長く作れる	ヌルヌルした粘土で砂は感じられない	難	小	極小	小	大

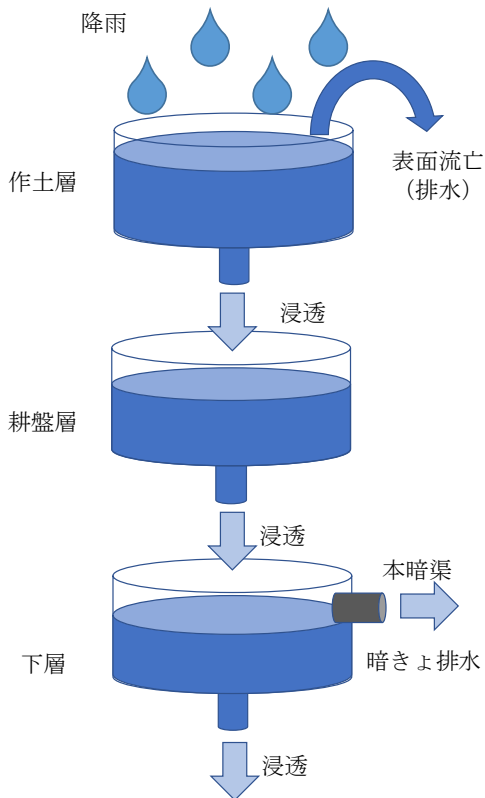
チェック 1 3 : 下層に礫層があるか

作土層直下からある	<p>礫層があると、弾丸暗きよや心土破碎などほ場内部の排水対策を施工することが困難です。</p>  <p>VI010 (写真) 小型バックホー</p>	<p>明きよや溝切などで表面排水を行います。明きよの作成にはバックホーなど土木作業用機械の利用も考慮します。必要に応じて客土などの土壌改良も考えましょう。</p> <p>栽培の時は高畝栽培などで根が水につからないようにしましょう。</p>
30cm 以下にある	<p>弾丸暗きよや心土破碎などほ場内部の排水対策を施工することが困難な状況です。</p>	<p>可能な深さまで額縁明きよを作って、排水しやすい状況を作りましょう。また、明きよに浅層弾丸暗きよをつないで、表面や耕盤層の余分な水を排水できるようにしましょう。</p> <p>溝切りや高うねなどで、作物の根が水に浸からないように栽培をしてください。</p>
なし		問題なし

チェック 14：ほ場の風当たりは		
	弱い	ほ場に風が当たることで、土壌表面や植物の蒸散などが促され、結果、ほ場内の土壌の乾きが促進されます。 ほ場周囲の草刈や樹木の剪定を行い、適当に風が通る（空気が流れる）ように管理しましょう
	普通	ほ場内で風通りが悪い場所があれば、周囲の草刈や樹木の剪定を行い、適当に風が通る（空気が流れる）ように管理しましょう
	強い	問題なし
チェック 15：ほ場の日当たりは		
	悪い（半日は影）	日光がほ場表面に当たることで、土表面からの水の蒸発散が促進します。作物の生育もよくなります。 ほ場外の樹木などで影ができる場合は、剪定などでは場内の日当たりを良くしましょう。
	普通	ほ場外の樹木などで影ができる場合は、剪定などでは場内の日当たりを良くしましょう。
	強い	問題なし

排水対策の施工と排水効果（イメージ）

ほ場排水の基本は、表面排水と浸透排水の組み合わせです

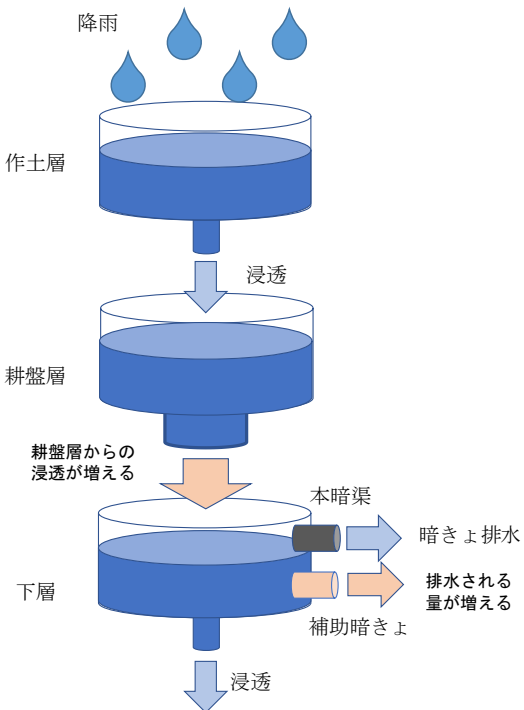


雨が降ると、水は圃場の中にしみこんで、下方向に移動しようとしています。この圃場の中にしみこんだ水は、作土層→耕盤層→下層（疎水層）に移動します。本暗きよがあれば浸透水は、本暗きよを通じて迅速に排水路に放出されます。

まとまった雨が降ると、中にしみこめなかった雨は表面排水となります。この表面排水をほ場外に効率的に排水することが重要です。このときに作土も一緒に流れないように注意しましょう

中にしみこめず、表面排水されない分は、ほ場表面に残ること（水溜り）になります。

補助暗きよの施工



補助暗渠（カットドレーンやモミガラ暗きよ）を入れることで、本暗きよからの排水量が増えます。その結果、作土層や耕盤層に含まれる水（重力水）が減少します。

施工に使用する機械

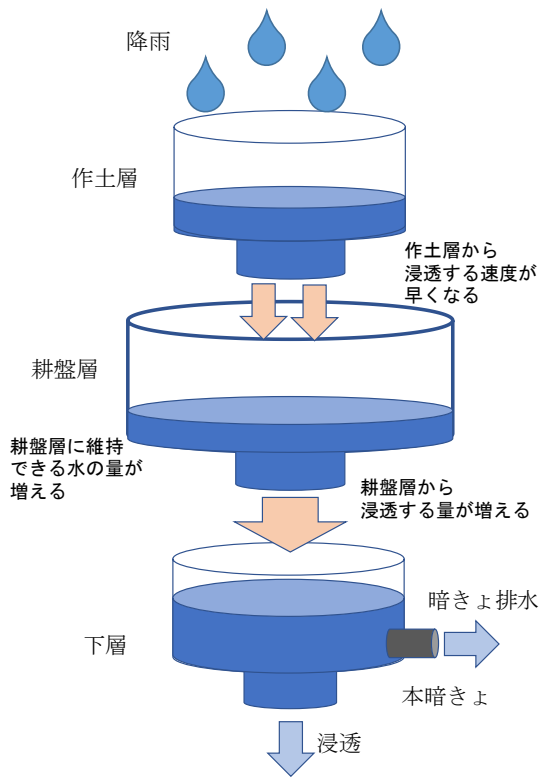


カットドレーン



モミガラ暗きよ

心土破碎



心土破碎で耕盤層に亀裂を入れることで、下層への水の浸透量を増やすとともに、できた亀裂の中にも水を維持できるので、雨の後など作土層に残る水が少なくなるの、作土層の土壤水分を少なくすることができます。

また、耕盤層にできた亀裂を通じて下層も乾燥しやすくなります。その結果、下層にも亀裂が広がり、ほ場全体の排水性が向上します。

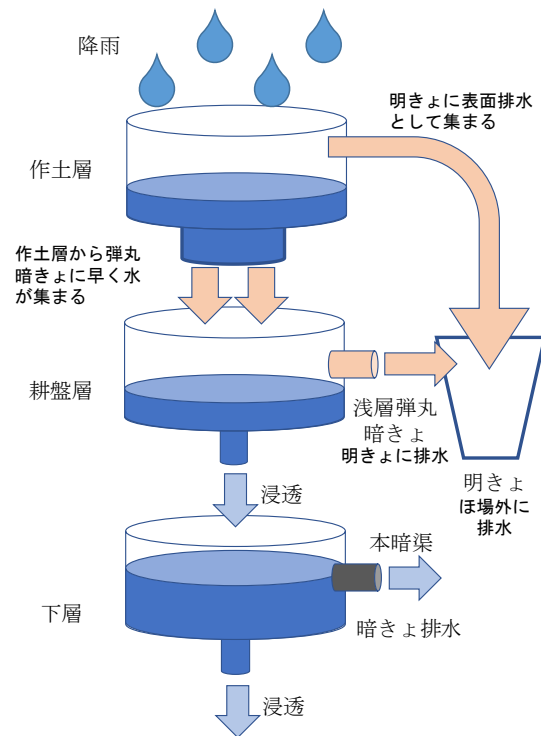


パラソイラ (全面破碎)



サブソイラ (部分破碎)

明きよ+浅層弾丸暗きよ



ほ場表面に明きよを施工することで、降雨の際の表面排水や作土層の余分な水が集まります。このとき、ほ場内に額縁状に施工することで、圃場のどの方向への排水にも対応できるようになります。

浅層弾丸暗きよは、耕盤層に弾丸暗きよを施工することで、作土層の余分な水を弾丸暗きよに集め、明きよに排水します。また、浅層弾丸暗きよは、作った弾丸暗きよから耕盤層に亀裂を作るので、下層への浸透も増加させます。

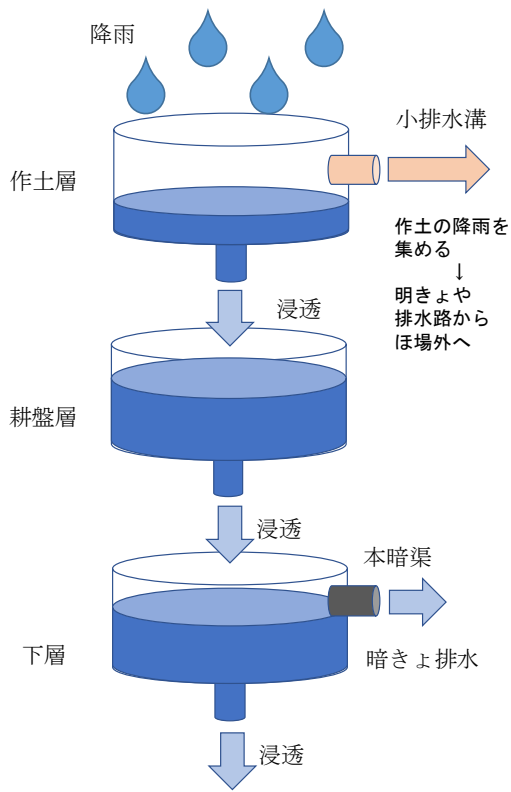


溝切機



振動サブソイラ

ほ場内小排水溝



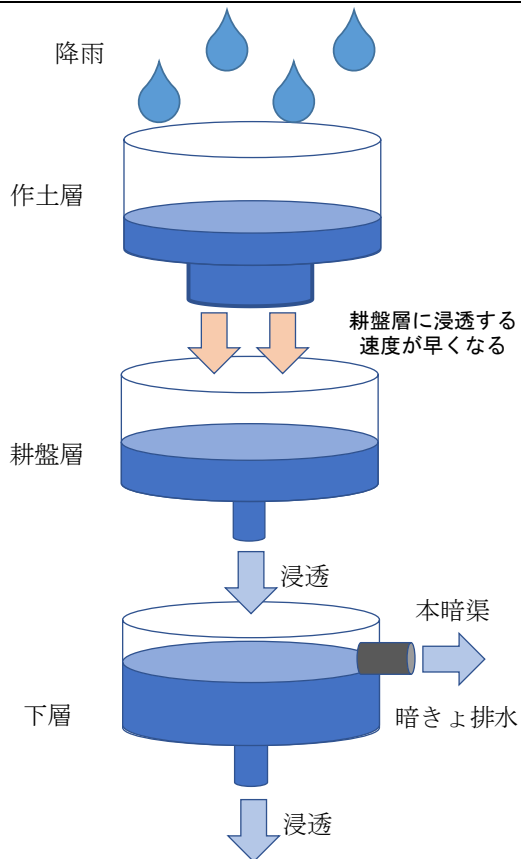
ほ場表面に排水用の溝を切る「ほ場内小排水溝」は、作土層の余分な水分（降雨）を溝に集めてほ場外に流します。そのため、小排水溝は圃場内の明きよや排水路につないで速やかにほ場外に排水できるように設計・施工する必要があります。



1輪管理機



耕うん方法（荒起しほか）



鋤込みや除草（荒起し）をスタブルカルチやパーチカルハローなどで行い、締まった土を崩しながら、作土層や耕盤に亀裂を入れて土の乾燥を促進します。これにより作土層から耕盤層への水の浸透を促進します。

また、植え付け前の碎土に逆転ロータリーを使うことで、表層を細かく下層を荒く碎土することで、栽培期間中の排水を確保できます。



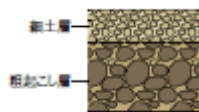
スタブルカルチ



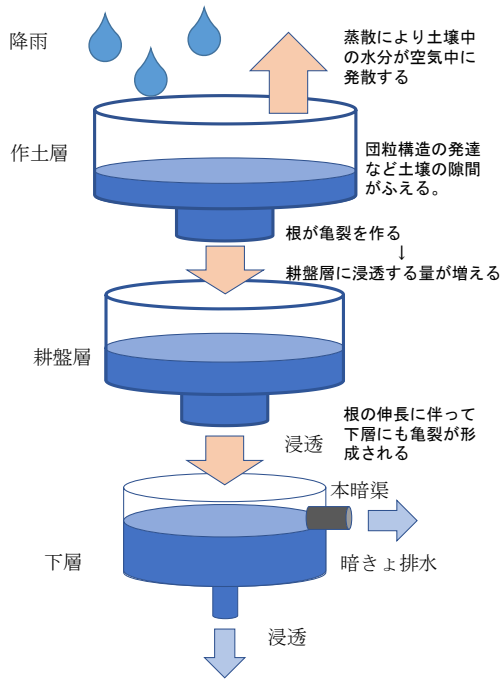
パーチカルハロー



逆転ロータリー（耕うん後のイメージ）



緑肥作物の栽培



緑肥作物を栽培することで、植物の吸水・蒸散を利用してほ場を乾燥させることができます。また、根が土壌中に侵入することで、土壌内部に亀裂を発生させ、透水性・排水性を改善します。さらに緑肥作物の茎葉や根群は、集中豪雨などによる表土流出を低減します。

緑肥作物を鋤込むことで、土壌中の孔隙率を増加させ、単粒化した土壤粒子を団粒化します。これにより透水性が高い土壌になります。

主作物の休閑期に緑肥作物を栽培して土壤改良やほ場の排水性向上を目指します。



ソルガム (イネ科)

セスバニア (マメ科)

夏作緑肥



エンバク (イネ科) 冬作緑肥

排水対策作業スケジュール：栽培期間から見た排水対策を行う時期の目安

1) 排水対策作業スケジュールの考え方

作物の栽培スケジュールに基づいてそれぞれのほ場の利用時期が決まります。ほ場を日頃から観察しながら、栽培の前後に排水対策を行ってください。

○使い方

栽培時期とそのほ場で行う排水対策を下に示しました。まず栽培する作物の栽培開始（ほ場耕うん）の時期と作業終了（片付け）の時期を入れてください。そこから排水対策を行う時期を確認して、スケジュール表を作成してください。ほ場ごとにスケジュールを立てることで機械の利用や作業する人の配置を効率的に決めることができます。

○排水対策作業スケジュール表

		2ヶ月前	1ヶ月前	栽培開始					栽培終了	1ヶ月以内
		②	②	①		①			①	②
		栽培期間								
栽培		耕うん			定植	管理	収穫	片付け		
排水対策	緑肥播種									
	緑肥すき込み									
	スタブルカルチ		明きよ		うね立て				スタブルカルチ	心土破碎
	心土破碎		浅層弾丸暗きよ		溝切					弾丸暗きよ
弾丸暗きよ										

使い方

- ①栽培期間（開始と終了の時期）を記入する。
- ②栽培開始の1ヶ月前と2ヶ月前および栽培終了1ヶ月以内の月日（または旬）をいれる。

2) 排水対策作業スケジュールの例

(1) 秋冬作（キャベツ）

		2ヶ月前	1ヶ月前	栽培期間					1ヶ月以内	
4月ごろ		7月～8月	～8月中旬	9月		10月		12月	～1月	
		栽培期間								
栽培		耕うん			定植	管理	収穫	片付け		
排水対策	緑肥播種									
	緑肥すき込み									
	スタブルカルチ		明きよ		畝立て			スタブルカルチ	心土破碎	
	心土破碎		浅層弾丸暗きよ		溝切				弾丸暗きよ	
弾丸暗きよ										

9月からの栽培では、7～8月に緑肥の鋤込みと補助暗きよ（心土破碎または弾丸暗きよ）を施工してほ場の透水性を改善します。ほ場の耕うん整地の前に明きよと浅層弾丸暗きよによる作

土層の排水性を向上させます。うねを立てた後は天候が良いうちに溝切りを行って雨が明きよに流れやすくしてください。栽培終了後の片付け（すき込み）にはスタブルカルチを使うことで耕盤の形成を少なくします。もし、栽培前の補助暗きよ施工ができなかった場合は栽培終了後に実施してください。

(2) 冬春作（タマネギ）

		2ヶ月前		1ヶ月前			1ヶ月以内		
梅雨明け		～9月	～10月	11月		12月		6月	～7月
栽培		栽培期間							
		耕うん		定植	管理	収穫	片付け		
排水対策	緑肥播種	緑肥すき込み							
		スタブルカルチ	明きよ	逆転ロータリー+うね立て+マルチング				スタブルカルチ	心土破碎
		心土破碎	浅層弾丸暗きよ		溝切				弾丸暗きよ
		弾丸暗きよ							

11月からの栽培では、補助暗きよ施工を9月までに、明きよ、浅層弾丸暗きよを10月までに行うなど早めに排水対策に取り組むことで、土壌の乾燥がすすみ排水性が高まります。タマネギマルチ栽培では、晴天日が多い定植の1ヶ月程度前（10月下旬ころ）から逆転ロータリーを使ってタマネギの施肥とうね立てマルチングの定植準備を行うことができます。施肥から定植まで1ヶ月程度間はあきますが、うね内のECおよび無機態窒素は減少せず保持されます（2019年長崎県農林業成果情報・指導）。うねを立てた後は溝切りを行って雨が明きよに流れやすくしてください。栽培終了後の片付け（すき込み）にはスタブルカルチを使うことで耕盤の形成を少なくします。この作型では栽培終了と梅雨入り時期が重なるときの多いので、状況に合わせて栽培終了後の補助暗きよ施工の有無は判断してください。

3) 梅雨時期の管理、留意点

梅雨時期は雨の量が多く、日射量が少ないことからほ場が乾きにくい状態になります。その対策として、入梅前に心土破碎や弾丸暗きよなどを施工してほ場の透水性を高める。圃場周囲に明渠を掘りほ場の表面に水がたまらないように圃場の排水に努めることが大事です。

また、強い雨による作土の流出（土壌流亡）が多くなるので、緑肥作物を栽培してほ場表面を植物で覆うことも大事な対策です。土壌流亡を抑制する効果が高い草種を選ぶ特徴として、早く地表面を覆う生長の早いもの、播種数が多く発芽率が高いもの、地際の株が分けつなどで大きくなるようなもの、地表面に根が多く張るものなどがあげられます。過去の試験ではエンバク野生種、ヒエ（ミレット）などイネ科草種が特に効果が高く、裸地である無栽培と比較して土壌流亡量を1割程度に抑制できます（長崎県 H25）。

降雨後、ほ場が十分乾いていない状態ではほ場に入ると、その時の踏圧で土壌の圧縮・締め固め

が起こり、耕盤層の形成が進みます。また、耕盤層も高水分状態で柔らかくなっている場合は、より深いところにまで踏圧の影響が及ぶため、本暗きよや補助暗きよの変形などほ場全体の排水能力が低下する危険性が高くなります。そのため、晴天が続く次期に排水対策を終えておくことがポイントです。

機械除草のポイント

機械除草は土の表面を削ったり、かく拌したりすることで雑草を取り除く方法です。

そのため、雑草が大きくなりすぎると雑草の根が土の中に残り、再生しやすくなります。

除草のポイント（機械除草）

- 機械除草は、雑草が幼植物体のとき（本葉が出る前）に行ってください。
- 定植後、2週間後までに1回は行ってください。
- 雑草が大きくなると取り残しが出てしまいます。
- 除草を行わないで培土を行っても、雑草は残ります（次に見えたときは根が伸びているので除草しにくくなります）

※土の表面が固くなりやすい場合は、堆肥や緑肥などの有機物を補給する土壌改良も行ってください。

例：冬キャベツ

	除草用作業器（作業適性 ○：適、×：不適）				備考
	歩行型管理機 機装着型除草装置	乗用管理機 装着型除草装置	遠心式 除草器	除草用 道具	
定植直後 9月上旬	×	×	○	○	植物体に触らないように作業を行う。
生育初期 9月下旬	○	○	○	○	苗が活着してから行う。 定植後2週間目までに1回は行う
生育中期 10月下旬	○	○	○	○	外葉を傷つけないように
生育後期 11月以降	×	×	×	○	

例：ブロッコリー

	除草用作業器（作業適性 ○：適、×：不適）				備考
	歩行型管理機 機装着型除草装置	乗用管理機 装着型除草装置	遠心式 除草器	除草用 道具	
定植直後 9月上旬	×	×	○	○	植物体に触らないように作業を行う。
生育初期 9月下旬	○	○	○	○	苗が活着してから行う。 定植後2週間目までに1回は行う
生育中期 10月下旬	○	○	○	○	培土の前に除草を行うことで雑草の発生を抑える。
生育後期 11月以降	×	×	○	○	

除草用作業器の特徴

<p>① 除草装置（歩行型管理機装着型、乗用管理機装着型）</p> <p>1) 除草方法：タイン（針金）で土表面を削りながら、雑草を絡めとる</p> <p>2) 特徴：作業能率が高い</p> <ul style="list-style-type: none"> ・歩行型 10a あたり 15 分（2 条型） ・乗用管理機型 10a あたり 10～12 分（2 条型） ・栽培する状況に応じて装置の選択、組み合わせが可能 <p>3) 注意点：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雨の後入りにくい等作業ができる条件を選ぶ。 ・土壌表面が硬い（クラスト）と、タインが土に入りにくくなり除草の効果が落ちる。 	<p>（株）キュウホー製</p>  <p>乗用管理機+除草機（引用：（株）キュウホー）</p>  <p>歩行型管理機 + 除草機</p>
<p>② 遠心式除草器</p> <p>1) 除草方法：L 字状の刃が回転することで土表面を削り取る</p> <p>2) 特徴：土壌表面が固まっても使える。除草効果は管理機装着型除草装置よりも高い</p> <p>3) 注意点：作業時間が 10a あたり 8 時間程度と長く、作業中の振動もあるので長時間の作業には向かない。作業面積を小分けして休憩を取りながら行う。</p> <p>4) 価格：25,000 円前後（作業幅で価格は異なる、刈払い機は別）</p>	 <p>遠心式_除草部分</p>  <p>遠心式による除草作業</p>
<p>③ 除草用道具（Q ホーなど）</p> <p>1) 除草方法：先端の刃で土表面を削り取る</p> <p>2) 特徴：軽量で疲れにくく株間など狭いところの除草も可能。立ち姿勢で作業ができるので、枯死への負担が少ない。</p> <p>3) 注意点：作業時間は遠心式の 2～3 倍程度かかるので、こまめに作業を行う必要がある。</p> <p>4) 価格：5060 円（税込）</p> <p>※刃の幅は 8・14・17・20cm の 4 種類。値段はすべて同じ</p>	 <p>Qホー先端部</p>  <p>除草作業（引用・株）キュウホー）</p>

引用：（株）キュウホー カタログ（2019-2020 年 都府県版）

○参考資料

本資料をまとめるに当たり、下記の資料を参考にさせていただきました。

- ・「暗きょ排水に係わる維持管理等について」（九州農政局 HP）
(<https://www.maff.go.jp/kyusyu/keikaku/nousonkankyoku/attach/pdf/totikaryoujigyoku-4.pdf>)
- ・「水田転作時の圃場排水性を評価できるキャパシタンス式土壌水分計を用いた新たな指標」農研機構 農村工学研究部門 2019 年成果情報
(http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/4th_laboratory/nire/2019/nire19_s01.html)
- ・「暗渠排水についての豆知識 vol.1（平成 26 年 2 月）」奈良県農林部農村振興課
(<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/edrp/fukushima/lecture/underdrain180428.pdf>)
- ・みんなの農業広場＞農作業便利帳＞機械＞地表排水と地下排水
(<https://www.jeinou.com/benri/machine/2019/08/021500.html>)
- ・「排水のポイント 排水対策編 2005 年度版」北海道檜山支庁 農業振興部
(<http://www.hiyama.pref.hokkaido.lg.jp/ss/nss/06/haisuitaisakupanf.pdf>)
- ・「ほ場別 土づくり読本」ヤンマーアグリ株式会社
(https://www.yanmar.com/media/jp/2018/catalog/soil_making.pdf)
- ・「クボタ 営農ナビ U 元気農業 No.36」株式会社 クボタ
(https://www.jnouki.kubota.co.jp/agriinfo/einou_magazine/book/u36/u36.pdf)
- ・「スガノ農機 2020 総合カタログ」スガノ農機株式会社
(https://www.sugano-net.co.jp/_pack/pdf/products_catalog_all_2020.pdf)
- ・「総合カタログ」ニプロ 松山株式会社
(<https://www.niplo.co.jp/products/cat-1/product-01.php?c=search&id=190>)
- ・「都府県用 2019 年度版 総合カタログ」株式会社 キュウホー
(<https://q-hoe.com/catalog#5a9524aa69ef172186004a00-28f6720a2ecd0f266f7edcc9>)
- ・「無資材暗渠機カットドレーン」株式会社北海コーキ
(<https://hokkai-koki.sakura.ne.jp/products/late/kcdm/>)
- ・諫早湾干拓初期営農技術対策の指針（長崎県 平成 17 年 3 月）
- ・諫早湾干拓営農技術対策の指針（長崎県 平成 20 年 3 月）
- ・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 平成 25 年 3 月）
- ・土壌の事典（朝倉書店）、
- ・土壌の基礎知識（農水省 HP）
(https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyoku/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/ntuti4.pdf)
- ・水田裏作タマネギにおける耕うん同時うね立て施肥マルチ栽培の作業性（2019 年長崎県農林業成果情報・指導）
- ・水田裏作タマネギ栽培における耕うん同時うね立てマルチ被覆から定植までのマルチうね内土壌の EC および無機態窒素の推移（2019 年長崎県農林業成果情報・指導）

○謝辞

本研究は「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）で実施しました。

本マニュアルを作成するに当たり、長崎県農林技術開発センター干拓営農研究部門 高瀬泰司部門長、山田寧直専門研究員、清水マスヨ主任研究員には綿密な校閲と指導をいただきました。試験における排水対策技術の施工や栽培管理に関して、干拓営農研究部門 佐藤吉一技師や囑託職員臨時職員の皆様に協力いただきました。

また、土壌水分の測定ならびに解析方法についてや長崎県農林技術開発センター環境研究部門 芳野豊室長、農研機構 九州沖縄農業研究センター水田作研究領域水田作業体系グループ 中野恵子主任研究員、長崎県農林部 OB の寺井利久氏、渡邊大治氏には懇切丁寧なご助言をいただきました。

本研究の排水対策の機械の使用や施工に関して、クボタアグリサービス株式会社様に多大な協力をいただきました。

以上、関係機関各位の皆様に感謝の意を表します。