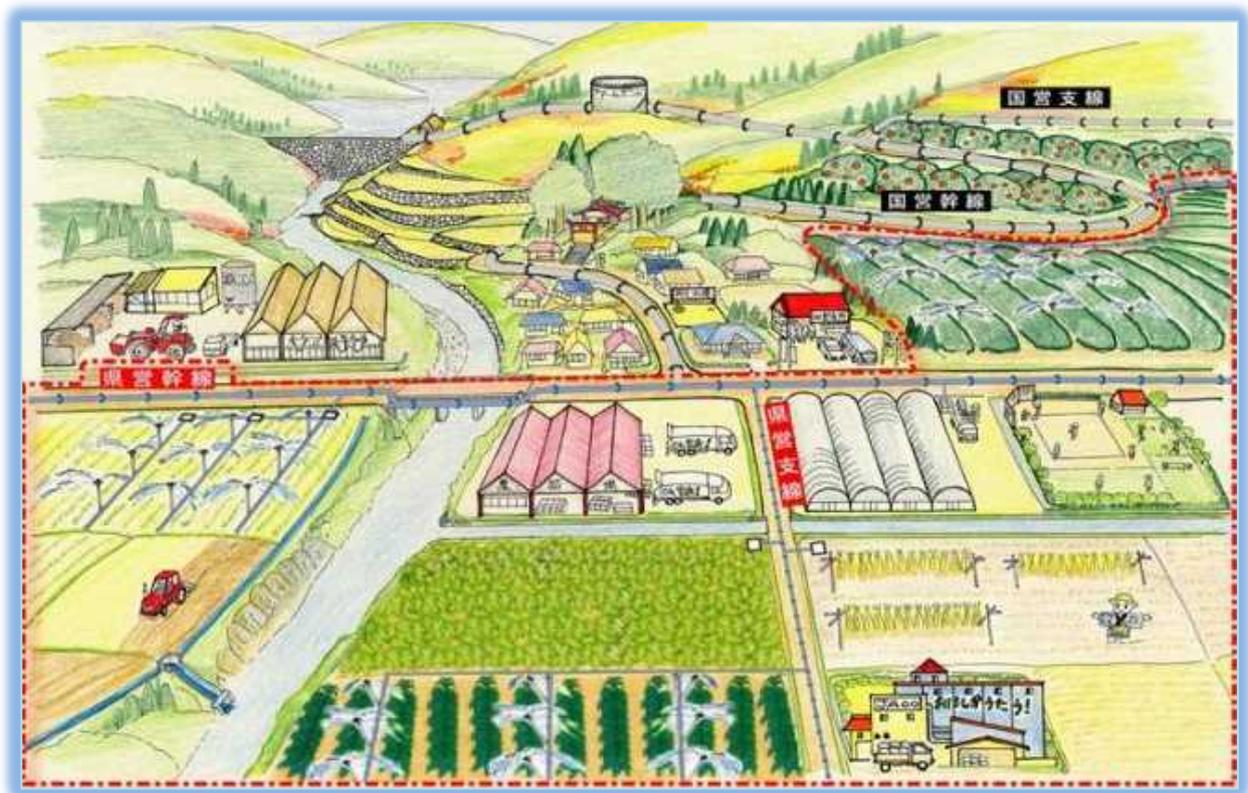


農地の排水対策検討手順書



宮崎県 農業経営支援課・農産園芸課・農村計画課

令和3年3月

目次

本資料の策定にあたって	．．．	P	1
1 排水不良地の現状と課題 ～排水対策の基本的な考え方	．．．	P	2
2 排水不良ほ場における診断 ～湿田・湿畑対策検討手順	．．．	P	3
3 水田の排水性の診断(具体例)	．．．	P	4～5
4 土壌硬度計による判定と田・畑土壌の目標値	．．．	P	6～7
5 表面排水対策における留意事例	．．．	P	8
6 地下の通気性や排水性改善における留意事例	．．．	P	9～10
7 基盤整備による強制排除における留意事例	．．．	P	11
7-1 土層種別に応じた暗渠排水工法判定表	．．．	P	12～13
7-2 暗渠排水工法選定	．．．	P	14
8 暗渠排水維持管理手順	．．．	P	15～19
9 土壌調査	．．．	P	20～31
10 土壌物理性の分析	．．．	P	32～38
11 参考資料	．．．	P	39～45
12 参考 調査事例	．．．	P	46～47

本資料の策定にあたって

収益性の高い作物への転換や土地生産性の高い農業を展開するためには、排水不良等により裏作困難な農地の汎用化が不可欠である。

このため、平成29年度から県単事業「産地経営体育成を下支える地下かんがい推進事業」を実施し、基礎調査として、地域毎の土壌及び地下水位等の把握の他、土壌と作物の関係性等から導入品目に応じた排水対策工法の選定・検討を進めてきた。

また、令和2年度には、県単事業「これからの水田農業を支える農地汎用化推進事業」で、排水機能が低下しているほ場での暗渠排水管の洗管作業及び効果の検証を行い、安価で手軽な維持管理手法の確立を行ってきたところである。

今回、この結果等を踏まえ、農地の汎用化に向けた対策手引き書として、「農地の排水対策検討手順書」を策定した。

<参考>

- 県単事業「産地経営体育成を支える地下かんがい推進事業」
(平成29年度～令和元年度)

【調査箇所】

池内(宮崎市)、上畑(綾町)、塩屋原(串間市)、吉野方(日南市)、
中川原(都城市)、尾八重野(えびの市)、紙屋(小林市)、
狭野、鹿児山(高原町)、栳瀬(高鍋町・木城町)、日置、大和(新富町)、
沖田(延岡市)

- 県単事業「これからの水田農業を支える農地汎用化推進事業」
(令和2年度)

【調査箇所】

飯田(宮崎市)、下水流(都城市)、山路(西都市)、柳瀬(新富町)

1 排水不良地の現状と課題～排水対策の基本的な考え方

1 現状と課題

- (1) 暗渠排水整備後のほ場における排水不良
→整備後数年経過し排水機能が低下しているといった農家等からの意見
- (2) 水稲単作による営農体系
→水田高度利用を前提とした農地メンテのノウハウ不足
- (3) 農業機械の大型化による営農
→ほ場内の緻密層の形成
- (4) 地形条件や排水環境等が未把握
→土壌の特性の把握、周辺環境を活かした排水対策
- (5) 表面排水や暗渠排水対策の知識・技術
→関係機関による情報の共有不足(個々の対策)



～排水不良状況～

2 要因等

土壌条件の他に、土壌の物理性にも要因

- (1) 硬度(硬さ)・・・農作業、初期発育、根の張りに関係
- (2) 排水性(水はけ)・・・農作業、生育全般に関係
- (3) 保水性(水持ち)・・・特に初期発育、干ばつ時の生育に関係
- (4) 通気性(空気の通り易さ)・・・生育全般に関係



地下水からの湧水

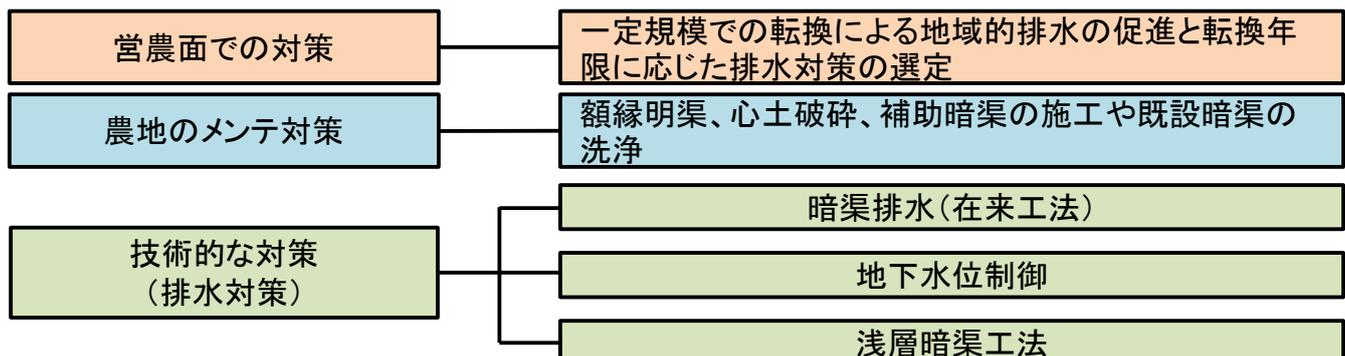


グライ層

3 対策に向けた判断の基本的な考え方

対策に当たっては、3段階方式で考える。

- (1) 地域や営農計画すること(営農面での対策)
- (2) 日常管理ですること(農地のメンテ対策)
- (3) 基盤整備ですること(技術的な対策)

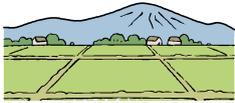


2 排水不良ほ場における診断～湿田・湿畑対策検討手順

診断検討

① 周囲環境の把握

- ・ 営農体系(水田単作or裏作導入の有無)
- ・ 排水路の有無 (土水路・コンクリート開水路)
- ・ 田面高と水路天端との高低差
(最低でも30cm以上の差を確保)
(水路底との高低差は60cm以上が理想)
- ・ 湧水発生状況とその処理状況



湧水が発生する所では、排水量+湧水量を確保した断面の確保が必要

- 山の麓や谷がある所では湧水発生
- 河川跡や河川沿いでは伏流水の可能性も

周辺の地形条件や基盤整備する以前の状況から把握する必要

② 農地の日常管理状況把握

- ・ 作付前や収穫後における深耕、ロータリー、サブソイラ、心土破碎などの実施タイミング、回数、利用している機械

営農体系の変化に伴い、大型機械の導入から緻密層が形成

何もしなければ硬盤形成が促進

③ 表面排水の状況把握

- ・ 降雨時の排水状況は？
- ・ ほ場内に滞留する時間は？

④ 土壌の状況把握

- ・ 作土層の厚さ、土壌硬度、土性、土壌養分
- ・ 作土層以下の土層構成、硬盤形成の箇所
- ・ 地下水位の位置、各層位の透水性
- ・ 団粒構造の形成

排水不良の発生

対策

① 地表面排水の改善 (営農面上の工夫)

- ・ 額縁明渠、排水口の確保、排水口への排水誘導
- ・ 傾斜均平(レーザーレバラー)
※傾斜度1/1,000
- ・ 高畝栽培による湿害対策

② 地下の通気性や排水性改善

農地のメンテナンス

(補助暗渠等による営農上の工夫)

- ・ 弾丸暗渠、サブソイラ、モミサブロー、カットレーンなどの実施
- ・ また、カットレーン+サブソイラの組み合わせも有効
- ・ 緑肥作物※の根による土壌物理性の改善
※緑肥作物の種類によっては、根から分泌されるアミノ酸等から微生物が増加。土壌病原菌の抑制や寄生性線虫の対策にもつながる
- ・ 機械の手当をどうするか。
個人購入、集落営農等による共同利用、法人等による作業受託、農機リース等

農地のメンテナンスを日常の管理作業として技術を定着させるために普及センターとの連携が必要

③ 基盤整備による強制排除

上記②に加え、以下の代表的な排水対策と一体的に整備(整備には国庫補助等を活用)

- ・ 客土
- ・ 在来暗渠
- ・ 地下水位制御(Foegasなど)
- ・ 浅層暗渠(シートパイプ工法など)

STEP 1



STEP 2



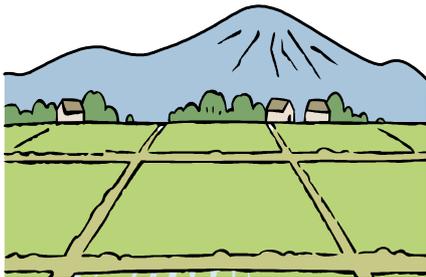
STEP 3

3 水田の排水性の診断(具体例)

診断検討(対策前の事前調査のイメージ)

① 周囲環境の把握

- ・ 営農体系(水田単作or裏作導入の有無)
- ・ 排水路の有無(土水路・コンクリート開水路)
- ・ 田面高と水路天端との高低差
- ・ 湧水発生状況とその処理状況



田面排水を前提とした排水路の高低差や水尻排水口が設定されている場合、排水対策の難易度が高くなる



田面排水用の排水樹



排水位置が浅い

排水環境が整っていれば、表面排水対策を行い易い



汎用的な深い排水口

山の麓や谷がある所では湧水が発生することが多い
河川跡や河川沿いでは伏流水の可能性もある。
周辺の地形条件や基盤整備する以前の状況から把握する必要



地形を考慮した現地把握



斜面からの湧水



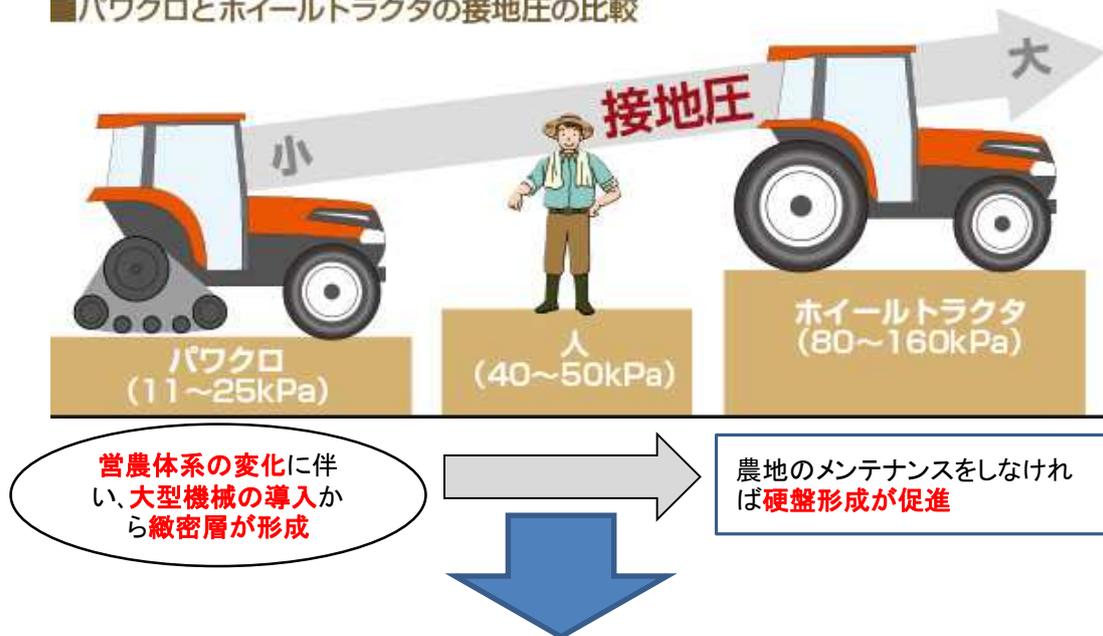
湧水処理の有無

② 農地の日常管理状況把握

- ・ 作付前や収穫後における深耕、ロータリー、サブソイラ、心土破碎などが実施されているか(タイミング、回数、利用している機械)

WCS等の水稻を中心に転作を進めてきた本県は、サブソイラ、心土破碎等の実施は少ない(ノウハウも乏しい)
→サブソイラをかけると翌年水田として使えないという誤解

■パワクロとホイールトラクタの接地圧の比較



硬盤形成による排水不良の発生

※昔はこんなに排水が悪くなかったのだけれども、、、という感想
※稲の生育にも硬盤形成はマイナス
(根の生育、中干不良、適期収穫が難しくなる=早すぎる落水)

3 水田の排水性の診断(具体例)

診断検討(対策前の事前調査のイメージ)

③ 表面排水の状況把握

- ・ 降雨時の排水状況？
- ・ ほ場内に滞留する時間は？



降雨後などにほ場を確認することが直接的な排水状況の確認の早道



降雨後の長期滞留

全体的な排水状況だけでなく水の抜けにくい場所、ばらつき程度も参考



不均一な排水

④ 土壌の状況把握

- ・ 作土層の厚さ、土壌硬度、土性、土壌養分
- ・ 作土層以下の土層構成、硬盤形成の箇所
- ・ 地下水位の位置、各層位の透水性
- ・ 団粒構造の形成



作土層の厚さ



地下水位や透水性の確認



硬度調査



土層構成



総合的な排水性確認の視点

営農・農地メンテ面から排水対策が出来る水田

今のままでは、排水対策が出来ない水田

営農指導担当
高収益品目の導入検討、ベストミックス実現推進

整備担当
追加整備での機能向上や農地メンテナンスノウハウでの協力

整備担当
ほ場整備面からの技術的な排水対策

営農指導・農地担当
整備計画に向けた営農ビジョン検討支援、整備後の営農支援

4 土壤硬度計による判定と田・畑土壤の目標値

土壤硬度計(山中式)による測定

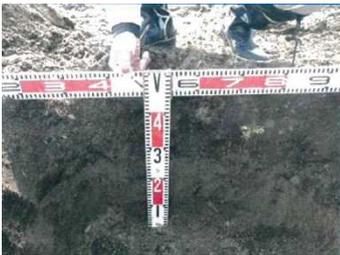


土壤硬度

- ・ 土壤硬度は、植物根の伸長の難易、透水性や通気性の程度に影響する。
- ・ 測定では土壤を垂直に削った断面に対して垂直に土壤硬度計を差し込む。

硬度(緻密度)mm	根張りや乾湿	親指による判定(参考)
10mm以下	干ばつの危険	親指が自由に入る
10～15mm	適当	親指に力を加えれば根元まで入る
15～22mm	やや硬いが、根は伸びる	力を入れると半分くらい入る
22～25mm	根が少し入るが、伸びが悪い	力をいれても入らない
25mm以上	根が入りにくい	

山中式硬度計による緻密度では、**約20mm以下が適正な硬度と判断。**



土層調査 (有効土層 t=45cm)



山中式硬度計 25mm



コーンペネトロメーター 貫入不能 (山中式硬度計 25mm以上)

【補足】
※コーンペネトロメーターとは、人力による垂直荷重方式で土の変化を測定し、地盤の強さを調べる装置。先端のコーンで貫入抵抗を求める。



トラクターや作業機の大型化、走行性の向上により土層の鎮圧深刻化(タイヤ・ロータリー)

土壤の透水性の低下による湿畑・湿田化 (緻密層:不透水層が形成される)



土層改良(土壤調査により工法判定)

- ①地下水位の低下を図り、土壤の**通気性**を良好にし、**地温**を高める。
- ②微生物の活動を活発にし、**施肥効果**を高める。
- ③作物根の伸長を促進し**収量**を高める。
- ④農作業環境の改善と**農業機械の作業性**の向上を図る。

不透水層による根の伸長への影響



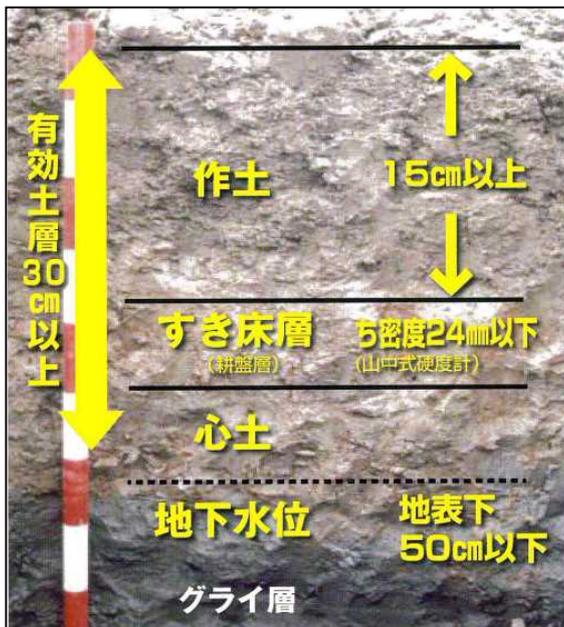
目指すべき土壌

水田土壌の目標値

気象変動に強い米づくりには、作土層の拡大により根量を多くし、稲が必要な養分や水分をバランス良く供給することが必要。

■土壌の目標値

有効土層	30cm以上
作土の厚さ	15cm以上
すき床層のち密度 (耕盤層)	24mm以下(山中式硬度計)
日減水深	20～30mm
※水稻の生育段階によって10～20mmでの管理が必要です。 (特に除草剤散布時)	
地下水位	地表下50cm以下



畑土壌の目標値

① 作土層が厚く、根が深くまで達する土壌

深耕により硬盤に亀裂が入った畑土壌では、根が硬盤層を貫いて下層まで達し、養水分を十分に吸収して旺盛に生育する。

降雨があっても土壌水分は適度に保たれ、作物は安定して旺盛に生育する。

その残渣は、土壌有機物として残り、更には土壌を肥沃にしていく。

② 団粒構造の発達により通気性、保水性に優れた土壌

有機物の多い畑土壌では、団粒構造が発達し、通気性が増し養水分の保持力が高く、膨軟となる。

作物が旺盛に生育するれば、収穫後に残る作物残渣や根の量も多くなり、有機物が増える好循環を生み出し、更には、多種多様な土壌生物を育む。

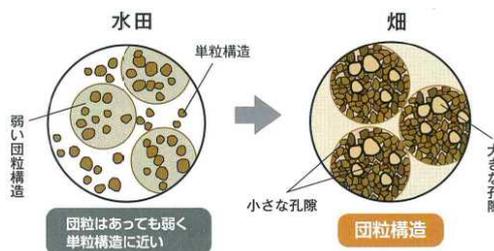
■土壌の目標値

作土層の厚さ	25cm以上
主要根群域の最大ち密度	22mm以下(山中式硬度計)
主要根群域の粗孔隙量	10%以上
主要根群域の易有効水分保持能	20mm/40cm以上
土壌有機物含量	3g/乾土100g以上

田畑輪換土壌の目標値

畑作物の栽培にとって、小さな孔隙は保水性に、大きな孔隙は排水性や通気性に貢献。

■土壌の構造



■土壌の目標値

水田		畑	
15cm以上	作土の厚さ	25cm以上	
24mm以下 (山中式硬度計)	耕盤層の ち密度	22mm以下 (山中式硬度計)	
—	主要根群域の 粗孔隙量	10%以上	
日減水深 20～30mm	湛水透水性	—	

補足コメント

水田土壌の目標値に記載の「作土の厚さ15cm以上」とは、最低でも肥培管理された土層として確保すべきものであり、15cmの作土で営農が出来るというものではない。

つまり、水田汎用化するには、**有効土層30cm以上が必要で有り、このうち作土層を15cm以上確保**することに留意。(畑も同様に理解されたい)

5 表面排水対策における留意事例

額縁明渠の設置



排水対策としてほ場外周に額縁明渠を設置していたが、当初は深さ10cmと浅かった。

また、土壌が乾燥していたため、しっかりと整形されていなかった。

額縁明渠の4角うまく連結されていなかった。



溝幅と深さを広げ、再設置したが、掘り上げた土が額縁明渠への流入を堰き止めてしまった。

表面水を額縁明渠へ速やかに排水させるため、複数箇所に排水の出口を設けたが、深さや数が不足し、流亡した土壌により、埋没、堰き止めてしまった。

集中豪雨に対応するためには、畝の途中を切るなど、さらに表面水を排水しやすく工夫する必要がある。



雨水の吐き出しを速やかに促すためには、日常の管理も重要になる。

排水口への接続



初めて耕作する農地ということもあり、水田作付時土嚢(緑色の物)で止めて、田面の位置にあった排水口のメンテナンスができていなかった。



排水口まで掘り下げ、速やかに額縁排水溝の水を排水路へ排水できるようにする。

排水量が間に合わない場合、排水口の増設も検討する。



田面より深い、汎用型の排水口を持たないほ場においては、畦畔に溝を切って排水溝へ接続することもできる(埋まらないように十分な幅、深さを確保する)



最終的には、十分な深さで額縁排水溝に繋ぐため、土嚢が取り除かれているのがわかる(下図)。



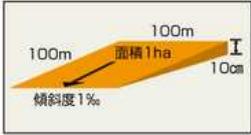
課題

- ・ 適切な指導に基づく排水対策の実践
- ・ 高畝栽培、額縁排水(明渠)の整備マニュアル化
- ・ 排水対策機械の手配など環境整備普及CやJA等の情報・意識共有

6 地下の通気性や排水性改善における留意事例

STEP1 地表排水面の改善

均平作業



レーザーレベラー
傾斜均平を施すことで、圃場表面の水を傾斜に沿わせ、排水することができます。

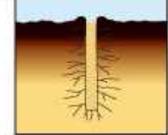
額縁明渠



溝掘機(写真2)
圃場の四周に溝を掘る「額縁明きよ」を施工し、圃場表面の水を溝へと集め、排水を促します。
弾丸を装着することで、弾丸暗きよの施工も行えます。



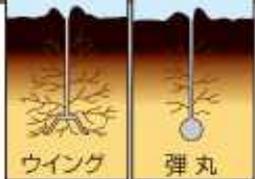
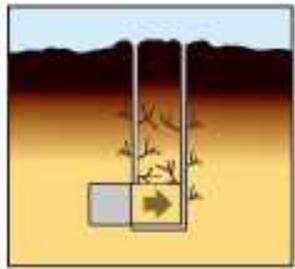
STEP2 地下の通気性・排水性改善



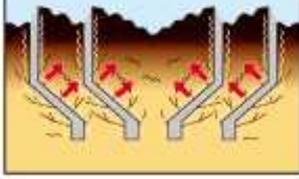
モミサブロー
振動するナイフで溝をつくり、モミガラを充填することで、本暗きよまでの水みちを確保します。



カットドレーン
圃場の土をブロック状に動かすことで、約70cmまでの任意の深さに四角形の空洞を形成。弾丸を装着することで、弾丸暗渠の施工も可能。



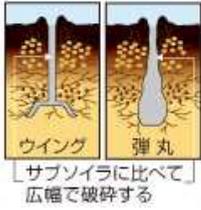
サブソイラ
亀裂を入れて、土中に形成された耕盤を破碎。土中への水の浸透を図ります。



パラソイラ
土を反転させることなく、上下に動かすことで、土壌を膨軟にします。



ブラソイラ
耕盤破碎と天地返しダブル機能で、より深く根圏域を拡大し、土中の通気性・水の縦浸透を大幅に改善します。



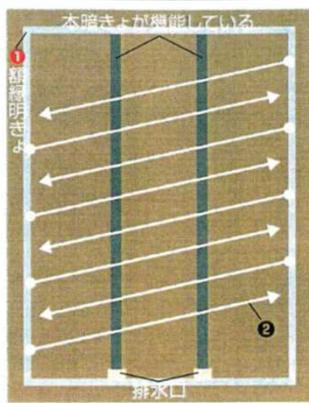
ハーフソイラ
心土を表層に上げないようしながら、耕盤を大きく破碎します。

6 地下の通気性や排水性改善における留意事例

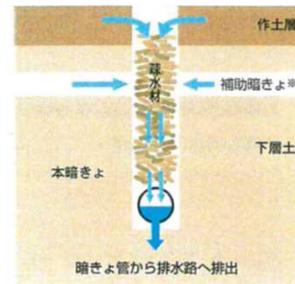
本暗きよが機能している場合

- ① 額縁明きよは必須です。溝掘機等で額縁明きよを施工します。
- ② サブソイラ(弾丸暗きよ)の引き込み部を額縁明きよとつないで、直交または斜めに直交し、施工します。

→ サブソイラ(弾丸暗きよ)



■本暗きよから排水するための水の流れ

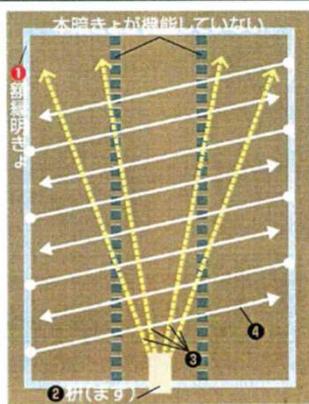


※サブソイラ(弾丸暗きよ)による水みち施工

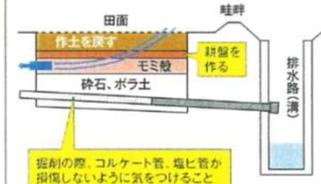
本暗きよが機能しない場合

- ① 額縁明きよは必須です。溝掘機等で額縁明きよを施工します。
- ② 排水路側の田面に幅1~1.5m×奥行2m×深さ80cm程度の柵(ます)を作り、排水路へつなぎます。
- ③ 柵(ます)からカットドレーンを放射状に施工します。
- ④ サブソイラ(弾丸暗きよ)の引き込み部を額縁明きよとつないで、斜めに直交し、施工します。

--- カットドレーン
→ サブソイラ(弾丸暗きよ)



■本暗きよを利用する方法

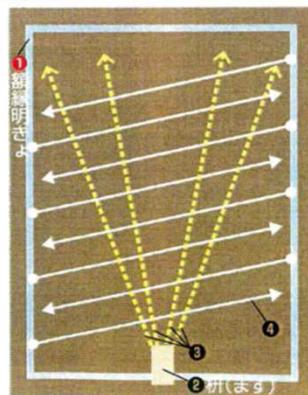


- コルゲート管を傷つけないように集水柵を掘る
- 機能していない本暗きよのコルゲート管と塩ビ管を利用する
- 暗きよの古い塩ビ管を掃除する

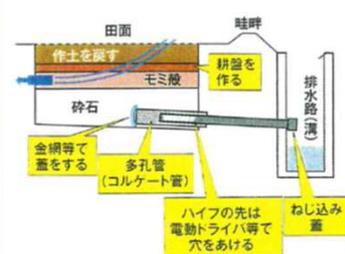
本暗きよがない場合

- ① 額縁明きよは必須です。溝掘機等で額縁明きよを施工します。
- ② 排水路側の田面に幅1~1.5m×奥行2m×深さ80cm程度の柵(ます)を作り、排水路へつなぎます。
- ③ 柵(ます)からカットドレーンを放射状に施工します。
- ④ サブソイラ(弾丸暗きよ)の引き込み部を額縁明きよとつないで、斜めに直交し、施工します。

--- カットドレーン
→ サブソイラ(弾丸暗きよ)

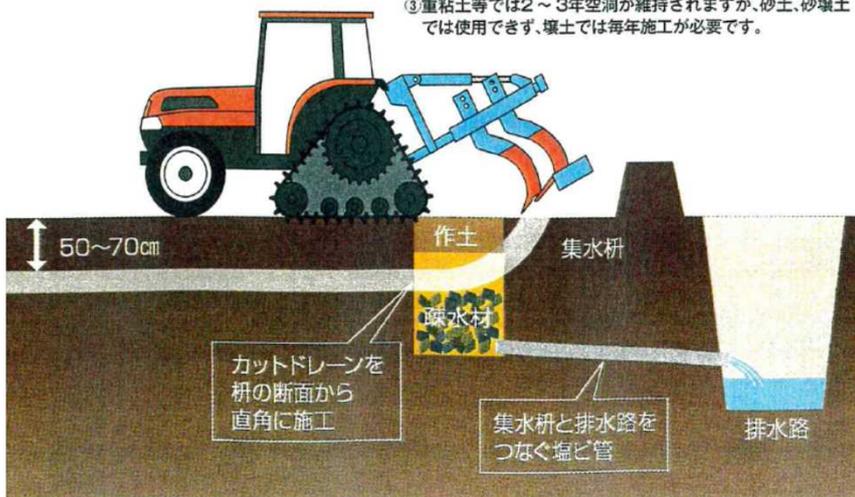


■集水柵をつくる方法



- 集水柵を掘って、塩ビ管で排水路とつなぐ

③ 重粘土等では2~3年空洞が維持されますが、砂土、砂壤土では使用できず、壤土では毎年施工が必要です。



7 基盤整備による強制排除における留意事例

暗渠排水工法選定のフロー図

調査結果をもとに工法選定に必要な項目を整理

【①土壌調査】土壌調査により土層を確認

土層種別で11種類に分類
(分類表はP12, 13を参照)



土層厚測定

(参考) 土壌性質等

【表-5】 土壌の種類と性質

土性	感触の目安	粘土の含有	保肥力 保水性	透水性 透気性
砂土(S) 石はないが ほとんど砂	バラバラ	12.5% 以下	×	○
砂礫土(SL) 砂が1/3~2/3 を占める	握に ならない	12.5~ 25%	×~△	○~○
壤土(L) 砂の含量が、 保肥1/3以下	影響 が少い 作れる	25~ 37.5%	○	○
礫壤土(CL) 砂の多い粘土に 砂が少し混じっている	マッパ種 くらい に作れる	37.5~ 50%	○	△
粘土(C) 大部分が粘土 のある粘土	こよりの ように 締くできる	50% 以上	○	×

【表-6】 硬度計の計測値と観指の貫入程度

区分	計測値	観指の貫入程度
極粗	10mm以下	ほとんど抵抗なく指が貫入する
粗	11~15mm	やや抵抗はあるが貫入する
	16~18mm	第1関節以上はかなりの抵抗がありつつ貫入する
中	19~20mm	第1関節まで貫入する
	21~24mm	かなり抵抗があり、貫入させずへこむ程度
密	25~28mm	指あとがつかず貫入しない
極密	29mm以上	指跡も付かない(指は貫入できない)

【②地下水位】地表から地下水までの深さを確認

①常時地下水位(地表からの深さ60cmとの比較)

地表		
地表からの深さ60cm	}	地下水位高い
地表からの深さ60cm		地下水位低い



地下水位観測

【③透水係数】地表より約60cm深(想定される管理設深)における透水係数を確認

②暗渠管理設深(約60cm)土壌の透水係数(1.0×10^{-5} cm/Sとの比較)

1.0×10^{-7} cm/S	1.0×10^{-5} cm/S	1.0×10^{-3} cm/S
← 透水係数小		透水係数大 →



現場透水試験など

【④工法判定】土壌物理性からの指標として判定

導入工法判定 適用可 : ○ 留意点有り : △ 好ましくない : ×	(在来暗渠)	○
	(浅層暗渠)	×
	(地下水位制御)	○

【⑤判断要素】施工性・地形条件・維持管理・作付作物等について確認



周辺からの湧水流入状況



水路との落差



維持管理への支障

【⑥総合判断】④及び⑤により総合的に判断

7-1 土層種別に応じた暗渠排水工法判定表

土層種別1~6

		深さ (cm)						
土性	0	1	2	3	4	5	6	
砂土	砂土 (S) 砂がザラザラし、粘り気が全くない。粘土が12.5%以下。							
	環質砂土 (LS) 砂がほとんどで、極僅かに粘り気がある。	10	作土	作土	作土	作土	作土	
	砂壤土 (SL) 僅かに粘りがあるが、砂感が強い。粘土が12.5~25%。	20						
壤土	シルト質壤土 (Si) シルト45%以上、粘土15%未満。	30	粘土	粘土	壤土	壤土	壤土	
	壤土 (L) 粘土と砂が半々の感じ。粘土が25~37.5%。							
	埴壤土 (CL) かなり粘性が強く、僅かに砂を感じる。粘土が37.5~50%。	40						
粘土	軽埴土 (LiC) 砂感がなく、粘性が強い。粘土が25~45%。	50	粘土	壤土	壤土	壤土	粘土	
	重埴土 (HC) 適水分で粘土細工が簡単にできる。粘土が45%以上。	60						
	埴土 (C) 大部分が粘りのある粘土。粘土が50%以上。							
	70							
砂土 : 易透水性								
	80	粘土	壤土	壤土	砂土	粘土	壤土	
壤土 : 中透水性								
	90							
粘土 : 難透水性								
	100							

①常時地下水位 (地表からの深さ60cmとの比較)	低い	高い
②暗渠管理設深(約60cm)土壌の透水係数 ($1.0 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ との比較)	小	大
導入工法判定	○	△
適用可 (在来暗渠)	○	○
適用可 (浅層暗渠)	○	○
留意点有り (浅層暗渠)	△	△
留意点有り (地下水制御)	△	△

低い	高い
小	大
○	○
○	○
△	△

低い	高い
小	大
○	○
○	○
△	△

低い	高い
小	大
○	○
○	○
△	△

低い	高い
小	大
○	○
○	○
△	△

低い	高い
小	大
○	○
○	○
△	△

低い	高い
小	大
○	○
○	○
△	△

②の指標の根拠は、「農村工学研究所技報第218号(2016)地下水制御システムの機能発揮状況からみた導入条件」を引用した。

※この土層種別における判定は、地形条件や湧水発生状況から、必ずしもこれが適用されるものではなく、作付け作物を考慮して、総合的に判断する必要があることから、土壌物理性の観点からのみの参考指標とする。

※△留意点：管より上方の土層(地表からの深さ60cm以内)は、透水性のよい土層であること。

※いずれの暗渠排水工法も、弾丸暗渠等の補助暗渠や心土破碎を必ず組み合わせて行う必要がある。ただし、浅層暗渠においては、浅埋設になるため、サブソイラー等で心土破碎する際、浅層暗渠を破損しないように注意する必要がある。

※弾丸暗渠等補助暗渠や心土破碎の効果持続性は短いため、農地のメンテナンスとして定期的に行う必要がある。

7-1 土層種別に応じた暗渠排水工法判定表

土層種別7~11

土性		深さ (cm)	7	8	9	10	11
砂土	砂土 (S)	0	作土	作土	作土	作土	作土
	砂がザラザラし、粘り気が全くない。粘土が12.5%以下。						
	環質砂土 (LS)	10					
	砂がほとんどで、極僅かに粘り気がある。						
	砂壤土 (SL)	20	壤土	砂土	砂土	砂土	砂土
	僅かに粘りがあるが、砂感が強い。粘土が12.5~25%。						
	シルト質壤土 (SO)	30					
壤土	壤土 (L)						
	粘土と砂が半々の感じ。粘土が25~37.5%。						
	埴壤土 (CL)	40					
	かなり粘性が強く、僅かに砂を感じる。粘土が37.5~50%。						
粘土	軽埴土 (LiC)	50	砂土	砂土	粘土	壤土	壤土
	砂感がなく、粘性が強い。粘土が25~45%。						
	重埴土 (HC)	60					
	適水分で粘土細工が簡単にできる。粘土が45%以上。						
	埴土 (C)						
	大部分が粘りのある粘土。粘土が50%以上。						
		70					
	砂土 : 易透水性						
		80	砂土	砂土	粘土	粘土	壤土
	壤土 : 中透水性						
		90					
	粘土 : 難透水性						
		100					

①常時地下水位 (地表からの深さ60cmとの比較)	低い	高い
②暗渠管埋設深(約60cm)土壌の透水係数 (1.0×10^{-6} cm/Sとの比較)	小	大
導入工法判定 適用可 : ○ 留意点有り : △ 適用不可 : ×	(在来暗渠) ○ ○ ○ ○ (浅層暗渠) ○ ○ × × (地下水制御) △ × × ×	(在来暗渠) ○ ○ ○ ○ (浅層暗渠) ○ ○ × × (地下水制御) △ × × ×

低い	高い
小	大
○ ○ ○ ○	○ ○ × ×
△ × × ×	△ × × ×

低い	高い
小	大
○ ○ ○ ○	○ ○ × ×
△ × × ×	△ × × ×

低い	高い
小	大
○ ○ ○ ○	○ ○ × ×
△ × × ×	△ × × ×

低い	高い
小	大
○ ○ ○ ○	○ ○ × ×
△ × × ×	△ × × ×

低い	高い
小	大
○ ○ ○ ○	○ ○ × ×
△ × × ×	△ × × ×

②の指標の根拠は、「農村工学研究所技報第218号(2016) 地下水位制御システムの機能発揮状況からみた導入条件」を引用した。

※この土層種別における判定は、地形条件や湧水発生状況から、必ずしもこれが適用されるものではなく、作付け作物を考慮して、総合的に判断する必要があることから、土壌物理性の観点からのみの参考指標とする。

※△留意点 : 管より上方の土層(地表からの深さ60cm以内)は、透水性のよい土層であること。

※いずれの暗渠排水工法も、弾丸暗渠等の補助暗渠や心土破砕を必ず組み合わせて行う必要がある。ただし、浅層暗渠においては、浅埋設になるため、サブソイラー等で心土破砕する際、浅層暗渠を破損しないように注意する必要がある。

※弾丸暗渠等補助暗渠や心土破砕の効果持続性は短いため、農地のメンテナンスとして定期的に行う必要がある。

7-2 暗渠排水工法選定

暗渠排水工法判定における判断要素

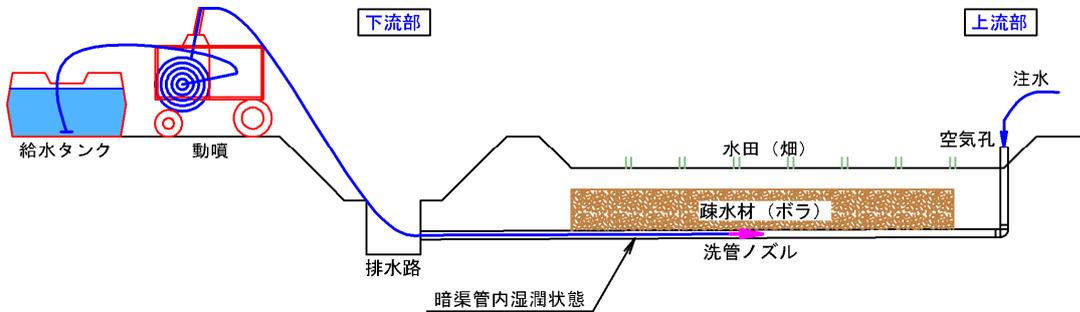
工法		在来暗渠	浅層暗渠 (シートパイプ工法)	地下水水位制御(フォアス) (ベストドレーン工法)
断面				
施工方法		従来の暗渠排水工で、表土を剥ぎ取り、所定の深さに掘削して暗渠排水管を埋設し、その周囲に疎水材(ボラなど)を敷き詰め埋戻し、表土復旧を行う。	ブルドーザ等により弾丸(モール)を牽引して、土中に弾丸暗渠を布設する。 弾丸暗渠施工に用いられる弾丸の後ろにポリエチレン製のシートを接続し、これをブルドーザ等で牽引する際、シートを土中に引き込み中空の筒状(管)に成形し、これが暗渠排水管として機能する。	削孔用切り刃とポリエチレン製管(巻物)自動敷設機、疎水材投入機の機能を一体化した装置を12t級のバックホウのアームに取り付け、予めガイド掘削を行う。(地面を所定の深さに切り裂いて施工ラインとする。)これに沿って、断面拡幅・管敷設・疎水材投入までを一度に行う。
判断要素	施工性	○	×	×
	地形条件	○	△	×
	維持管理 心土破碎への対応	○	×	○
	補助暗渠への対応	○	×	○
作付作物への対応	○	△	○	

導入工法判定 適用可:○ 留意点有り:△ 好ましくない:×

8 暗渠排水維持管理手順

1 洗管作業のイメージ

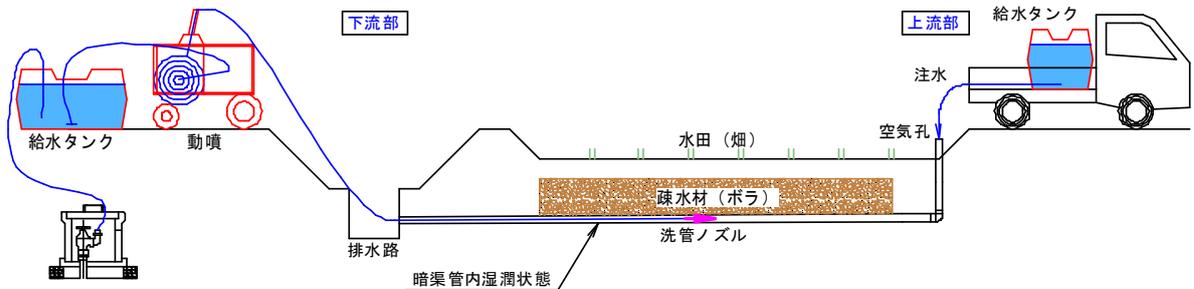
(1) 標準的なイメージ



(2) 洗浄方法には、作業環境上、3つのパターンがあります。

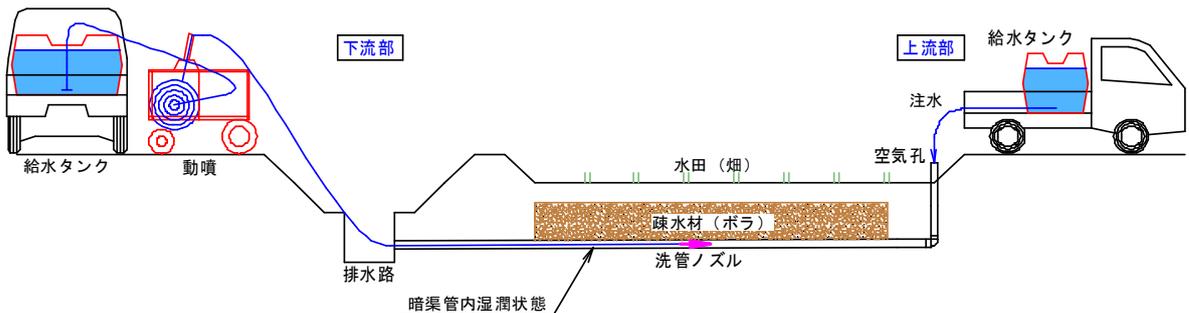
① 給水栓などの取水施設が近くにある場合

(1) 道路から作業



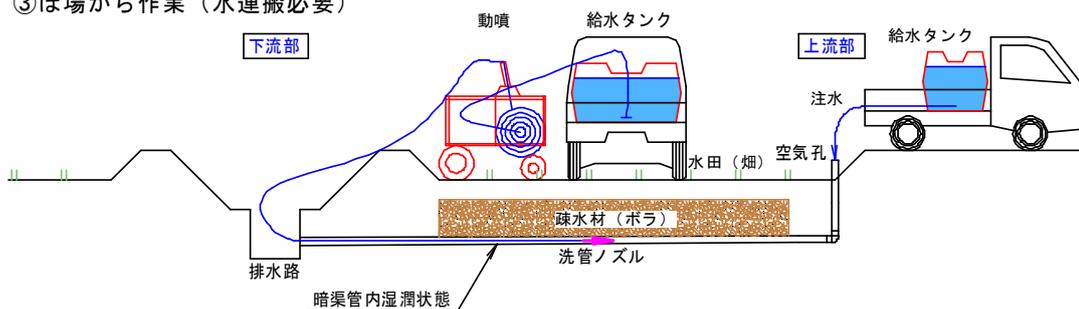
② 給水栓などの取水施設が近くにない場合

(2) 道路から作業 (水運搬必要)



③ 下流の排水路側に機材を設置する道路などのスペースがない場合

(3) ほ場から作業 (水運搬必要)



8 暗渠排水維持管理手順

2 使用機材

使用する機材は3つです。



① 逆噴射用洗管ノズル(φ10mm)
※ホームセンターで購入可能(3,000円程度)



逆噴射状況



② 500L給水タンク

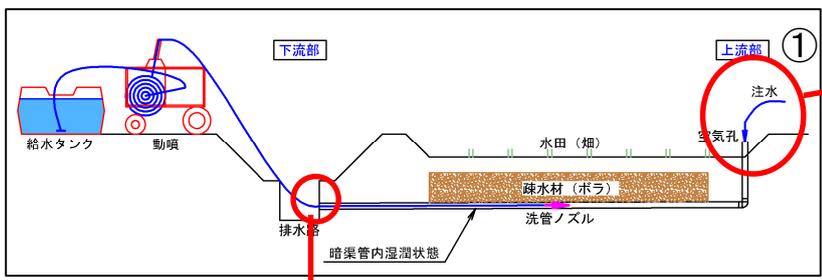


③ ホース自動整列巻き付自走セット動力噴霧機

- 仕様
- ・ポンプ最高圧力 5.0(MPa)
 - ・吸水量 30(L/min)
 - ・スプレーホース φ10mm L=130m
 - ・エンジン燃料 ガソリン

3 作業手順

①上流部の空気孔から注水し、管内を湿潤状態にする。



注水状況

給水栓から直接注水する場合

給水タンクから注水する場合
※使用する水量は、管の延長によるが、概ね500Lを準備

注水完了

排水口から水が出ることを確認
※暗渠の状態により排水口から水が出てこない場合もある

8 暗渠排水維持管理手順

②下流部の排水口から洗管ノズルを挿入し、洗管を開始する。

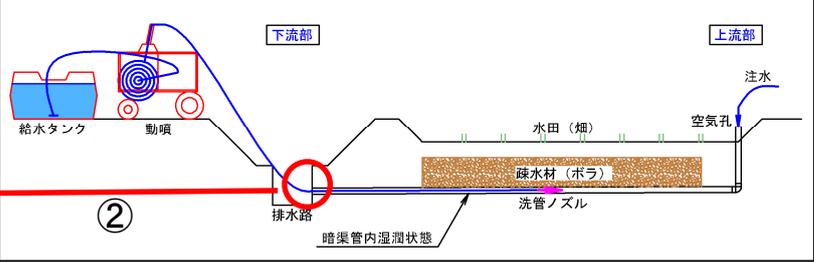
洗管準備



洗管ノズル注入前



予め、ホース10m毎に目印を付けて、挿入延長を把握する。

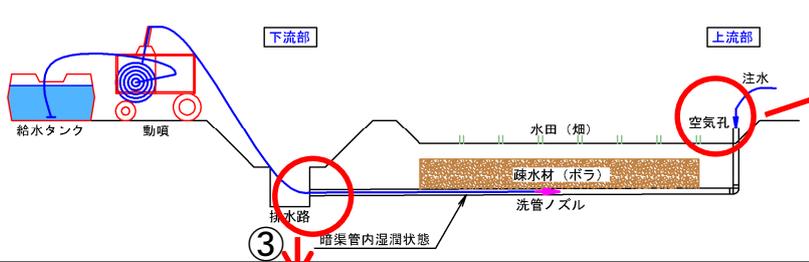


洗管作業開始



ホースは、押し込み、引き戻しを繰り返しながらゆっくりと挿入していく。

③洗管ノズルを最上流部まで押し込み、引き戻しながら洗管を行う。



洗管作業



徐々にホースを押し込み、引き戻しを繰り返し、管内を洗浄ながら濁水を排水

通水確認



最上流部まで洗管ノズルが到達すると空気孔から水しぶきが発生

洗管作業完了



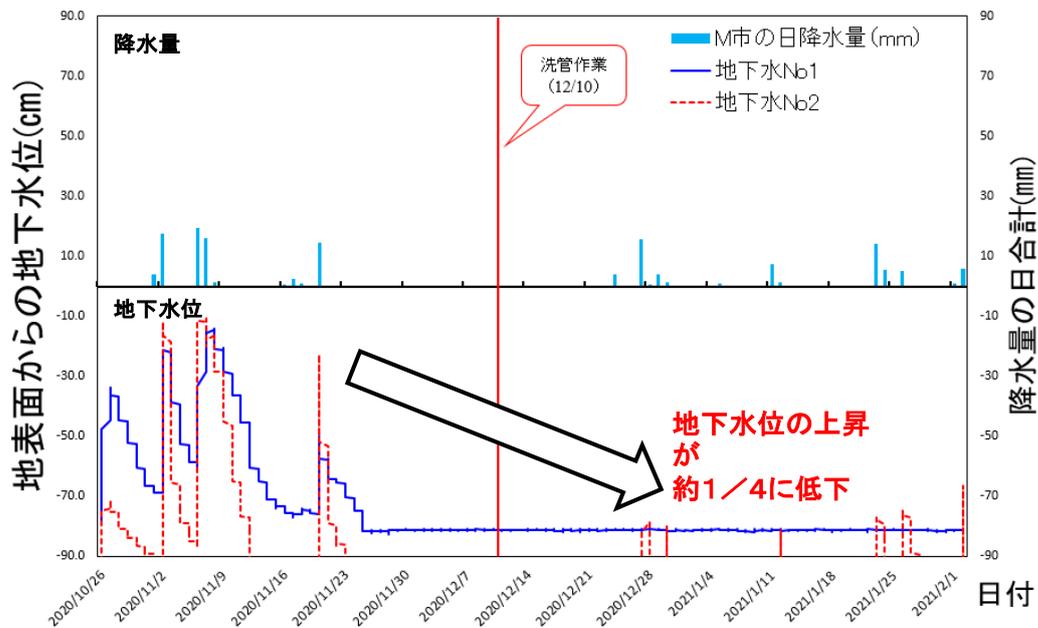
排水作業時間は、押し込み、引き戻しを含め、概ね100m／1時間程度

8 暗渠排水維持管理手順

4 洗管による効果

暗渠排水管の維持管理(洗管ノズルによる洗浄)による効果検証のため、洗管前後における降雨量及び地下水位を調査した結果、洗管前後の地下水位の低下状況に明らかな違いが見られた。洗管により暗渠排水管の目詰まりや内部の堆積土砂などを除去することで、排水機能が回復していると考えられる。

降水量と地下水位の関係(M市S地区)



洗管前は降雨の度に地下水位が上昇しているが、洗管後は、降雨時にも地下水の上昇は、顕著に低くなっている。

5 洗管作業の留意点

洗管作業の留意点について以下にまとめた。

- 空気孔から注水を行う。これにより、管内土砂の一次排除及び管内が湿潤状態になり、ホースへの管内部の摩擦が軽減されて洗管ノズルの推進力に影響を与え、挿入が容易となる。
- 洗管ノズル空気孔到達後、引き戻し作業は、洗浄しながらゆっくりとホースを押し込み、引き戻しを繰り返しながら行うことが重要。
- 空気孔(管)からの注水用のホースは、折れないタイプがよい。平たいサニーホース(ブルーホース)より、サクシオンホースの様に成形されたホースの方が作業性が良い。
- 管の破損、変形や継ぎ手のずれ、管内部へ多量の土砂堆積による詰まりなどで、洗管ノズルが挿入できない場合もある。
- 洗管作業を行う時期は、稲刈り後の裏作付けが始まる前が良い。
- 水の運搬や注水など作業は複数あるため、数戸の農家が協同作業で行った方が良い。

8 暗渠排水維持管理手順

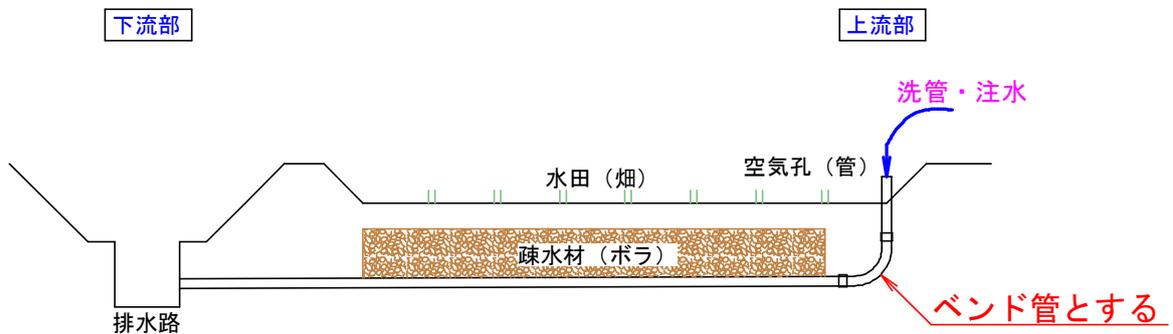
6 今後の暗渠排水設計への改善点

今回、暗渠排水管の洗管作業を実際に行い、維持管理面を考慮した暗渠排水設計への改善点について以下にまとめた。

(1) 空気孔(管)の曲がり管

空気孔(管)がある上流部に道路があることが多く、洗管機材の搬入など作業面から空気孔(管)側から作業を実施することも考えられ、これまで空気孔(管)の曲がり管はエルボを使用するケースが多かったが、洗管ノズルが挿入しやすいベンド管とする。

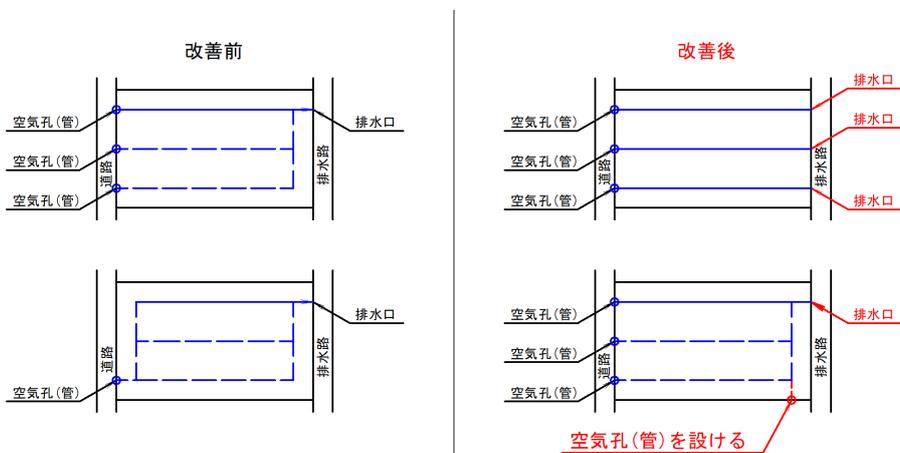
<参考図>



(2) 配管及び排水口

水田部は、水甲の開け閉め操作の労力や排水路の勾配などの地形的条件の制約から、排水口をまとめて設計していることもあるが、維持管理を考慮すると、単独かつ直線で排水路へ放流することが望ましい。また、やむを得ずまとめる場合には、集水管方向にも空気孔(管)を設けるなどの配慮が必要である。

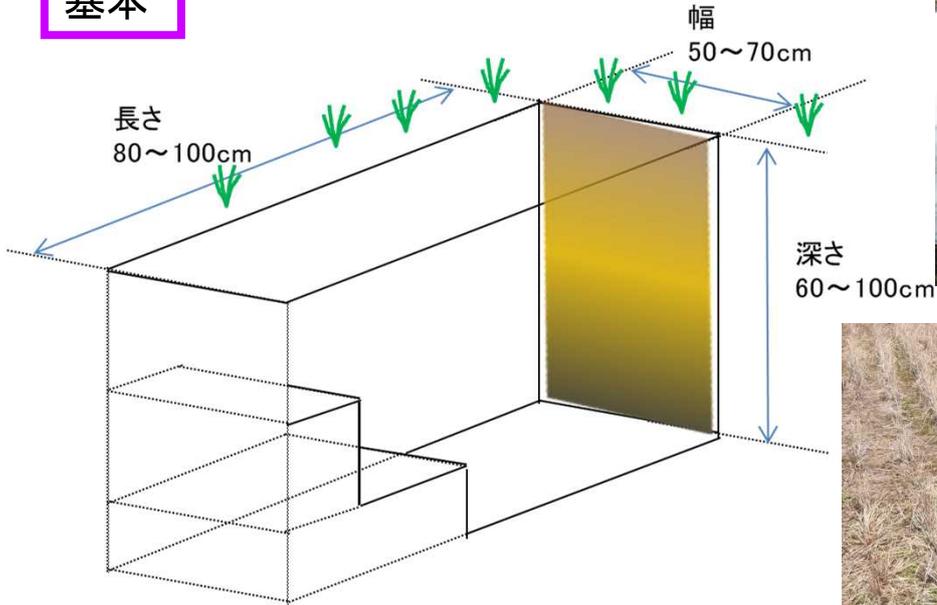
<参考図>



9 土壌調査

掘る穴の大きさ

基本



- 目的に合わせて調整

位置を決める



- ①光を背に
- ②位置を決め
- ③立ち入り禁止区域を設ける

9 土壌調査

掘る前に下調べ



1層目と2層目の境が
だいたいわかる

- ① 定規やポールをゆっくり刺す(数カ所)
- ② 抵抗が大きくなったところがおおまかな作土層
- ③ その深さをメモしておく

掘る



- ① 作土層を掘る
- ② スコップの入り方でおおまかな層がわかる

9 土壌調査

掘る



①2層目を掘る ②土は層毎に分けておく

掘れた



9 土壌調査

層の境界を探す 写真を撮る



層の境界を探す

- ①色
- ②音(砂や礫)
- ③硬さ(整形時の感触)
- ④手触り(ザラ、ツル)
- ⑤臭い



境界を見つけたら線を引く

写真を撮る(数枚)

- ①日を当てて
- ②陰にして
- ③カメラのホワイトバランスを手動で変えても良い

調査開始



ち密度(硬度)
を測定中

垂直に刺す

層毎に調査 土色、植物根、腐植、湿り具合、孔隙、土性、硬さ...

9 土壌調査

断面野帳に記入していく

土 壌 断 面 調 査 票																					
事業名	番 号	調査地点	天 気		調査前気象	耕作者	年 月 日調査														
地 目	傾 斜	調査地点	周辺地区			地形地質(母岩)堆積様式															
	侵食度	主な受食期			侵食防止対策																
土 壌 断 面 図	層 界	試料管 No.	色	腐 泥 黒 泥 植 炭 泥	斑 紋 ・ 結 核	グ ラ イ 斑	グ ラ イ 層	土 性	礫	構 造	孔 げ き	風 乾 土 の か た さ	ち 密 度	可 塑 性	盤 層 及 び そ の か た さ	粘 着 性	透 水 性	湿 り 湧 水 面	植 物 根 の 分 布 状 況	摘 要	
cm																					
<div style="border: 2px solid orange; padding: 5px; width: fit-content;"> 作物の生育概況、定植時期、施肥時期・量、前作等聞き取ったことをメモしておく。 </div>										<div style="border: 2px solid orange; padding: 5px; width: fit-content;"> ほ場の周辺の状況やほ場の見取り図、穴を掘った場所等を書いておくと良い。 </div>											
作物の生育状況						障害発生状況・雑草繁茂状況						調査者									
備 考																					

1-1 土層の区分

遠くから見て判る土色、レキ層でまず分け、近づいて土性、硬度、根の分布、斑紋等で区分します。層界は次のように表示します。

区分	記号	基準(層界幅)	区分	記号	基準(形状)
画然 明瞭 判然 漸変	————	1 cm未満	平坦 波状 不規則 不連続	————	平面 凹凸が幅より小 凹凸が幅より大 不連続
	———	1 ~ 3 cm		———	
	— — —	3 ~ 5 cm		— — —	
	- - - - -	5 cm以上		- x - x	

1-2 土 性

土性は、土の砂、シルト（微砂）、粘土の3成分の組み合わせで決まるが、現地調査では、親指と人差し指の間でこねて、砂の度合いと粘り気の触感で決めます。

土性の判定には当初は個人差がありますが、標準試料等で触感を見につけてください。

国際法では、14種類がありますが、大まかには次の7種類を使用しています。

土性	記号	触感
砂土	S	砂がザラザラし、粘り気が全くない
壤質砂土	LS	砂がほとんどで、極僅か粘り気がある。
砂壤土	SL	僅かに粘り気があるが砂感が強い。
壤土	L	粘土と砂が半々の感じ。
埴壤土	CL	かなり粘性が強く僅かに砂を感じる。
軽埴土	LiC	砂感がなく、粘性が強い。
重埴土	HC	適水分で粘土細工が簡単にできる

*シルトが40%以上あるとシルト質（サラサラした小麦粉感触）の接頭語をつける。

9 土壌調査

1-3 土色

湿った新鮮断面の色を直射日光を避けて土色帳と比較しながら判定します。
 一般に黒ボク土では7.5YR、10YRが多く、灰色低地土では2.5Y、5Y、グライ土では7.5Y以上を用いることが多い。色名（黒、黒褐、灰褐、黄褐、灰色等）を併記する。
 土色の基本は5色（R:赤、Y:黄、G:緑、B:青、P:紫）あり、2.5刻み（2.5、5、7.5、10）である。
 できるだけ、写真撮影を行って記録を残しておくといよい。

1-4 有機物

通常は、観察による。正確には、化学分析で全炭素を測定する。

	腐植含量	土の色
あり	2%未満	明るい。赤ホヤ、レキ層、低地土の下層
含む	2～5%	暗色がある。低地土の作土
富む	5～10%	黒味がある。黒ホヤ(SL)
頗る富む	10～20%	著しく黒色。黒ニガ、黒ホヤ(L)
腐植土	20%以上	真黒で軽い。泥炭、黒泥、茶園表層

1-5 礫（2mm以上）

断面に見えるレキの大きさと分布度合と形態、風化程度を記録する。

細礫	1cm未満	細	あり	5%未満	円礫	◎	水の影響
小礫	1～5	小	含む	5～10	半円礫	○	一部水影響
中礫	5～10	中	富む	10～20	半角礫	□	火山礫
大礫	10～20	大	頗る富む	20～50	角礫	△	褐色森林土
巨礫	20cm以上	巨	礫土	50%以上			残積性礫

礫含量及び種類は、試料を調整したときの残土を洗浄し、乾燥することで測定できる。
 農業機械の摩耗・支障の程度、土壌の養分保持力、保水能力が判定できる。

1-6 ち密度（土壌硬度）

土壌断面が平らな面で山中式硬度計で、層位ごとに硬さを3～5回測定する。

区分	硬度計（mm）	硬度計がない時（指での触感）
極粗	10以下	ほとんど抵抗を感じない。耕起後の作土など
粗	11～18	やや抵抗はあるが貫入する。第1関節以上貫入（15～18）。
中	19～24	第1関節以内貫入（19～20）。へこむ（20～24）。
密	25～28	指跡がつくが、へこまない。
極密	29以上	爪跡もつきにくい。

1-7 可塑性

土壌に十分な湿りを与え、棒状にこねのばし測定する。粘土分が多いと強い。

なし	全く棒状に延ばせない。砂土、	壤土砂土（S、LS）
弱	かろうじて棒状、すぐに切れる。	壤土、砂壤土（L、SL）
中	直径2mm程度の棒状に延ばせる。	埴壤土（CL）
強	直径1mm程度の棒状に延ばせる。	埴壤土（CL）
極強	長さ1cm以上の細い糸状に延ばせる。	軽埴土、重埴土（LIC、HC）

9 土壌調査

1-8 粘着性

土壌に粘るように最適水分を与え、親指と人差指で押し、引き離し測定する。

なし	ほとんど指に付着しない。	砂土、壤土砂土 (S、LS)
弱	片指に付着、伸びない。	壤土、砂壤土 (L、SL)
中	両指頭に付着、多少糸状に伸びる。	埴壤土 (CL)
強	強く付着し、糸状に伸びる。	軽埴土、重埴土 (LIC、HC)

1-9 透水性

土壌断面を見て、土性、構造、孔隙の状態から土層ごとに総合判断する。

表示は良、中、不良（大、中、小）に分ける。分析は、物理性測定のプロット管で測定する。

1-10 湿り及び湧水面

土壌を手で握った時の感触で区分する。

乾	白っぽく、湿気を感じない。	乾燥時の露地畑・水切りほ場等の作土
半乾	湿気を感じない。	露地畑の作土
半湿	湿気を感じる。	露地畑の下層土、乾燥時の水田作土
湿	手の平に水分がつく。	通常の水田、栽培中の施設畑の作土
潤	水滴が落ちる。	湿田の下層や灌水直後の畑の作土

1-11 植物根の分布状況

農作物及び雑草の各々について、断面に占める割合で判断する。

永年性のもの（果樹、茶）については、直径別、白根状況を記載する。

区分	本数/100m ² =10cm×10cmの細根数（中・大根は10分の1換算）		
なし	0%	0	有効根群域以下
まれあり	5%未満	1～20	下層土
あり	5～10	20～50	次層など
含む	10～20	50～200	作土など
富む	20%以上	200以上	イタリアライグラスなどのマット状の根群

1-12 その他

斑紋・結核

水田土壌の断面で、土壌本来の色とは異なる赤色、赤褐色、黄色、黒色などの紋様が観察される。

これらの紋様は鉄やマンガンの酸化物で、鉄は黄色～赤色。マンガンは赤紫色である。

また、一次的に糸状、糸根状、二次元的なものとして膜状、三次元的に広がっているものを雲状と表す。

構造

土壌中で、砂、シルト、粘土などの一次粒子とそれらが集合できる二次粒子(団粒)が様々な配列して集合体を形成し、固相部分と孔隙部分を作っている状態をいう。

土壌中の有機物や粘土、生物の影響を受け次第に立体的な配列となる。

これは、土壌の塊を、手で崩したときに目で確認することができ、柱状、塊状、板状、粒状に分類できる。

孔隙

固相間の隙間のことで、土壌水や、空気であらわされている。孔隙の量や大きさは、土壌構造によって異なり、土壌の通気性、透水性、保水性、根張りの良否と関係している。大きさと量を次のように分ける。

a: 細孔(0.5mm以下) b: 小孔(0.5～2mm) c: 中孔(2～10mm) d: 大孔(10mm以上)
1: なしあり(5%以下) 2: 含む(5～15%) 3: 富む(15%以上)



9 土壌調査

調査項目と記入例

土 壌 断 面 調 査 票

事業名		番号	調査地点		天気		調査前気象		耕作者		年月日調査							
地目		調査地点		周辺地区		地形地質(母岩)堆積様式												
傾斜																		
侵食度				主な受食期		侵食防止対策												
土 壌 断 面 図	層	試料管 No.	色	腐泥・黒炭泥	斑紋・結核	ググライ層	土性	礫	構造	孔径	風乾土の密さ	可塑性	盤層及びそのかたさ	粘着性	透水性	湿り湧水面	植物分布状況	摘要
	明瞭 波状明瞭 判然 渐变 不規則 不連続	cm	YR	1 2.5 5 7.5 10	なしあり 2%以下	糸状 糸根状	色 含有富	S Kk ² k ³ (風化)	○□△ Pr BI 塊状 大きさ a 2~10mm b 2cm内外 c 5cm内外 d 10cm内外 e 20cm内外	PI Pr BI 塊状 細塊状 粒状 粒状 細粒状	a 細孔 0.5mm以下 b 小孔 0.5~2mm c 中孔 2~10mm d 大孔 10mm以上	1 なし 2 弱 3 中 4 強	1 なし弱 2 中 直径2mm 3 強 直径1mm 4 極強 1cm以上 伸ばせる	1 弱 2 中 3 強	1 大 2 中 3 小	W1 乾 W2 半乾 W3 濡れる W4 水濁	1 なしあり 5%以下 2 含む 5~10% 3 含む 10~20% 4 すこ含む 20%以上	作土 cm 有効土層 cm
作物の生育状況									障害発生状況・雑草繁茂状況									
備考												調査者						

調査したら野帳に書き込みます (後日清書して保管)

土 壌 断 面 調 査 票

宮崎県総合農試

事業名		番号	調査地点		天気		調査前気象		耕作者		年月日調査							
地目		調査地点		周辺地区		地形地質(母岩)堆積様式												
傾斜																		
侵食度				主な受食期		侵食防止対策												
土 壌 断 面 図	層	試料管 No.	色	腐・黒炭泥	斑紋・結核	ググライ層	土性	礫	構造	孔径	風乾土の密さ	可塑性	盤層及びそのかたさ	粘着性	透水性	湿り湧水面	植物分布状況	摘要
	黒砂	cm	—	5YR 7/1	赤腐	—	—	L	0.5	0.5	—	24	弱	—	弱	大	W2	含む
"	15	—	"	"	—	—	L	"	塊状	小腐	20	"	—	—	中	"	"	含む
"	30	—	"	"	—	—	L	"	"	"	21	"	—	—	小	"	"	含む
" (赤砂と黒砂)	50	—	"	"	—	—	L	"	"	"	26	"	—	—	小	"	"	含む
赤砂	cm	—	2.5Y 6/8	0.5	—	—	SL	"	"	中腐	26	"	—	—	大	"	DLあり	含む
作物(植)物の生育状況									障害発生状況・雑草繁茂状況									
備考		さざり(11号不産地の2号)。										調査者						

9 土壌調査

土壌を採取



①化学性用はビニル袋に ②物理性は採土管で

採土管を回収



採土管の容量は100cc。ほ場の土をそのままくり抜く感じ

9 土壌調査

採土管を整形



採土管すり切りになるようにカッターで切る。手は切らない。

次は裏も



きれいに切れました。ふたをつけて裏も整形

9 土壌調査

採取した採土管はテープを巻いて袋に

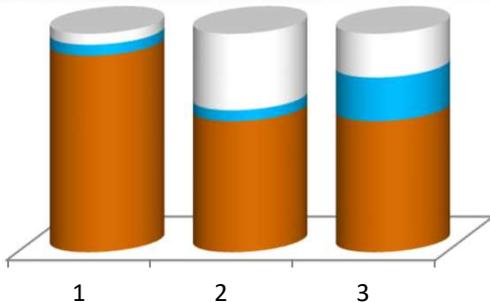
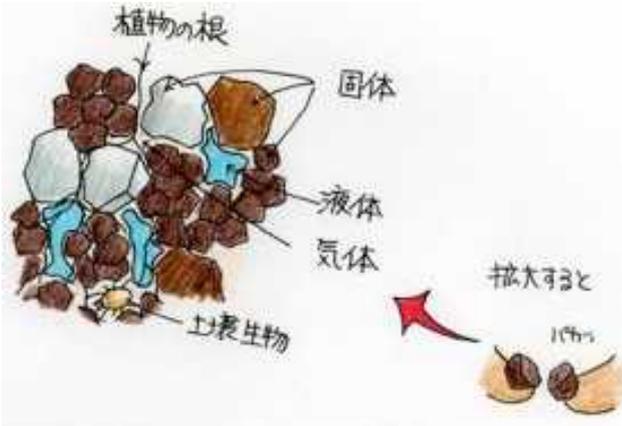


ビニルテープで中の水分もそのまま閉じ込めます

10 土壤物理性の分析

土壤の物理性

土をよーく見てみると



• 土壤の三相

- **固相** 一次鉱物（礫、砂、シルト）
二次鉱物（粘土）
腐植・有機物、土壤生物
- **液相** 吸湿、膨潤、毛管、重力水
- **気相** 水蒸気が多く湿度90%以上
大気より酸素少なく、
炭酸ガスが多い
- **孔隙**（液相+気相）
降雨、干ばつ、かん水でシェアが変化



土壤の水分

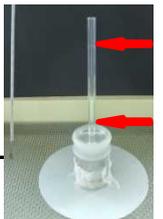
pF	水分恒数	土壤水の種類	定義
0.0		重力水	
1.5~1.8	ほ場含水量	毛管水	易有効水分(保水力)
2.7~3	生育阻害水分点	有効水分	
3.8	初期しおれ点		
4.2	永久しおれ点		
6.0	風乾状態	吸着水	
7.0	100°C乾熱状態		



• 土壤水の種類とpF 透水性

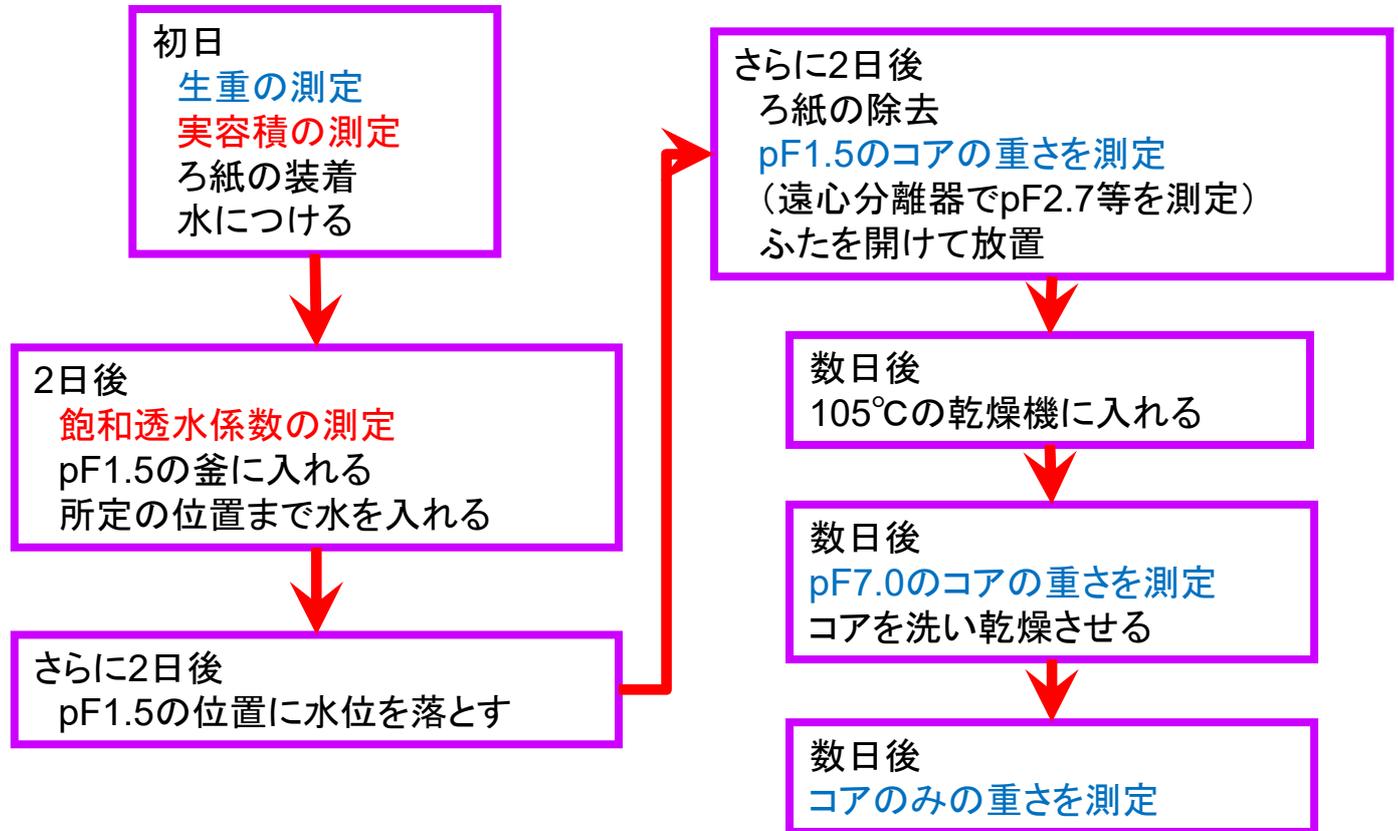
飽和透水係数と透水性

透水性	透水係数 cm /sec	水の移動距離 cm /day
可良	10^{-2}	864
良	10^{-3}	86.4
良	10^{-4}	8.64
やや不良	10^{-5}	0.86
不良	10^{-6}	0.09
不良	10^{-7}	0.01



10 土壌物理性の分析

土壌の物理性(実容積・三相分布・飽和透水係数)



初日(1)

◎生重の測定
実容積の測定
ろ紙の装着
水につける

ビニールテープをはいで重さを測定する



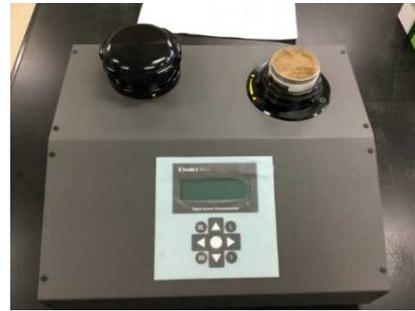
10 土壌物理性の分析

初日(2)

- 生重の測定
- ◎実容積の測定
- ろ紙の装着
- 水につける



下のふたを開け、網をのせ、容器をかぶせる



逆さまにして上のふたを開け、測定器にセットし測定器を密封し測定

初日(3)

- 生重の測定
- 実容積の測定
- ◎ろ紙の装着
- ◎水につける



ろ紙をかぶせその上にガーゼをのせ輪ゴムで固定

【注意】
コアの上下を間違えない



ふたを開け、水を張った容器につけ2日ほど放置

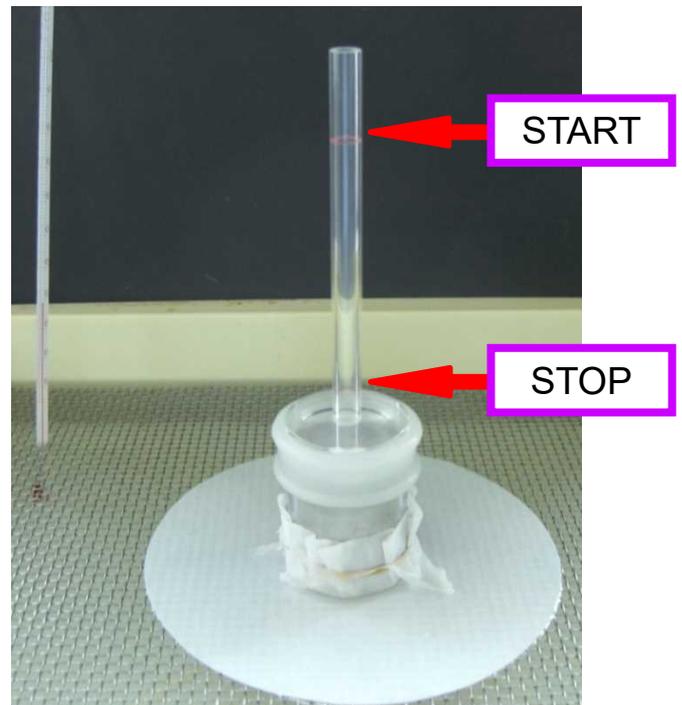
10 土壌物理性の分析

2日後(1)

◎飽和透水係数の測定
pF1.5の釜に入れる
所定の位置まで水を入れる



コアの上に測定装置をセットし、
上の線から下線まで
水が落ちる時間を計る。(2回)



2日後(2)

飽和透水係数の測定
◎pF1.5の釜に入れる
◎所定の位置まで水を入れる

【注意】
コアが密着するようにおく



10 土壤物理性の分析

さらに2日後

◎pF1.5の位置に水位を落とす

START位置から

pF1.5の表示まで下げて
約2日間放置

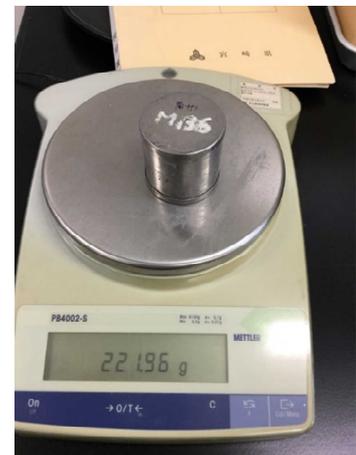


さらに2日後(その2)

ろ紙の除去
pF1.5のコアの重さを測定
(遠心分離器でpF2.7等を測定)
ふたを開けて放置



ろ紙に土がついているので
土を取り除きコアに戻す



10 土壌物理性の分析

さらに2日後(その2の2)

ろ紙の除去

pF1.5のコアの重さを測定

(遠心分離器でpF2.7等を測定)

ふたを開けて放置



その数日後

数日後

105°Cの乾燥機に入れる



数日後

pF7.0のコアの重さを測定

コアを洗い乾燥させる



数日後

コアのみの重さを測定



10 土壤物理性の分析

計算方法

三相分布

液相率 = pF1.5重 - pF7.0重

気相率 = 生重 - 実容積 - pF1.5重

固相率 = 100 - 液相 - 気相

仮比重

(pF7.0重 - コア重) / 100

11 参考資料

(参考) 転換畑作物の地下水位管理基準 ※土地改良事業計画設計基準計画「暗渠排水」技術書P205～206から抜粋

転換畑における湿害対策として、地下水位が連続的に変化する傾斜ほ場において、32種類の畑作物の地下水位に対する反応を調べ、正常な生育に必要な地下水位及び安定多収に必要な地下水位を明らかにした。

一般に、地下水位を50～60cm に下げればほとんどの畑作物は栽培可能になるが、作物別の適する地下水位は30cm前後から70cm前後にわたることが認められた。この成果は、転換畑の地下水位条件に応じた作物の選択基準としても有効であると考えられる。

作物別の地下水位管理基準をまとめたのが表-31.1 である。以下に、地下水位ごとに作物生育の状況を概説する。

- ① 地下水位20cm 前後で十分な生育をするのはさといもだけである。しかし、30cm以上では収量は高いが貯蔵中の腐敗が多くなるので、この点から30cm以下にするのがよい。
- ② 地下水位が約30cmに下がると、しょうが、にんにく、レタス、はくさい、すいか、きゅうり、かぼちゃ、なす、ピーマン、トマト、スイートコーン、いんげん、大豆及びそばがほぼ正常に生育する。これらのうち、しょうがは40cm 以上で黄化株が多くなるが、健全株の品質はよく、葉しょうがの出荷には25～40cmが適する。
レタスは60cm 以下に下がると玉揃いが悪くなり、トマトは尻腐れが増加する。また、きゅうりは60cm以下、いんげんは80cm以下に下がると、栽培後期の収量が低下する。
- ③ 地下水位が約40cm に下がると、春まきにんじん、たまねぎ、やまといも、しゅんぎく、キャベツ、ブロッコリー及びらっかせいが、十分に生育する。
これらのうち、極早生晩まき栽培のキャベツは、60cm以下になると結球が小さく、玉揃いも悪くなる。70cm以下になると、ブロッコリーは花蕾の揃いがやや悪くなる。
- ④ 地下水位が約60cm以下に下がると、夏まきにんじん、ほうれんそう、はなやさい、さつまいも及びグレイソルガムが十分な生育を示す。これらのうち、夏まきにんじんの場合は、地下水位が下がるほど根は増加するが根色はよくなる。グレイソルガムは30cm以下であれば生育はよいが不稔粒が多く、60cm 以下で精子実重が一定になる。
- ⑤ 秋まき麦類は、3麦とも地下水位が下がるほど出穂期・成熟期が遅くなり、約60～70cm以下でほぼ一定になる。また、穂数は地下水位が下がるに従ってやや増加し、穂長も同様の傾向である。3 麦のうち、小麦は地下水位25cm 以下であれば十分な収量をあげる。さらに50cm以下になると二条大麦が、65cm以下になると六条大麦が、それぞれ安定多収を示す。

以上のように、地下水位を50～60cm に下げればほとんど畑作物は栽培可能になるが、作物ごとに適する地下水位は異なっている。

表-31.1 畑作物の地下水位管理基準 (茨城県農業試験場電ヶ崎試験場、昭和52年～55年)

作物名	望ましい地下水位	より適した地下水位 (cm)	その時の収量 (kg/a)	注 意 事 項
	10 50 100cm			
さといも	●	28～33	350～380	30cm以上では貯蔵により腐敗が多くなる
しょうが	●	25～31	220	20cm以上では収穫後の生体重減少が多い
にんじん (春まき)	●	40以下	150	40cm以上では岐根が多い
〃 (夏まき)	●	60以下	180	60cm以上では根色が悪い
にんにく	●	32以下	130	40cm以上では収穫後の生体重減少が多い
たまねぎ	●	49以下	600	50cm以上では乾燥が早く終了する
やまといも	●	41以下	400	40cm以上では形状がやや不良になる
ほうれんそう	●	66以下	280	23cm以上では発芽不良
しゅんぎく	●	47以下	320	43cm以上では分けつ不良
キャベツ (夏まき冬どり)	●	35以下	420	外葉の生育には48cm以下がよい
〃 (極早生晩まき)	●	32～55	540	30cm以上ではしまりが悪い
はくさい	●	36以下	1,080	特になし
レタス	●	36～46	550	地下水位が低いと個体変動が大きくなる
はなやさい	●	70以下	80	70cm以上では花らい重がやや軽くなる
ブロッコリー	●	40以下	70	70cm以下では個体変動が大きくなる
スイートコーン	●	30以下	130	裸粒穂重は地下水位が低いほど重くなる
いんげん	●	75	70	50cm以上では後期収量が低下する
すいか	●	71	380	30cm以上では着果不良、70cm以上では果重減少
きゅうり	●	33	630	収穫本数は33cmが最も多い
かぼちゃ	●	32以下	110	40cm以上では果実の接地点にイボを生じる
なす	●	25以下	800	特になし
ピーマン	●	30以下	250	地下水位が高いほど疫病が多くなる
トマト	●	36	620	平均果重は47cmで最高になる
小豆	●	転換畑には不適	—	1mまで下げて14kg/aの収量
らっかせい	●	45以下	220	上子実量は50cmで最高になる
大豆	●	31以下	30	特になし
そば	●	34以下	18	30cm以上では発芽不良になる
さつまいも	●	90	860	収穫に伴う皮むけが多く、腐敗しやすい
秋まき小麦	●	23以下	59	62cm以上では穂長が短く、穂数はやや少ない
〃 六条大麦	●	66以下	69	50cm以上では稈長が短い
〃 二条大麦	●	53以下	71	25cm以上では短穂化し低収になる
グレイソルガム	●	57以下	51	50cm以上では精粒重が軽くなる

(補足)
「望ましい地下水位」あるいは「より適した地下水位」は、栽培しているほ場の土壌条件や気候条件(降雨、蒸発散)により、上下する。
また、出芽時や定植時には場が乾燥する条件では、一時的に地下水位を上昇させることにより、出芽や苗の活着を促進することができる。

11 参考資料

◇暗渠を利用した地下かんがい◇

※土地改良事業計画設計基準 計画「暗渠排水」技術書より引用

1 地下かんがいの分類

用水路と暗渠排水組織を統合し、用水を地下からかんがいの用水利用型又は用水利用型(地下水位制御型)の方式と、排水路を利用する排水利用型の方式がある。

(1) 用水利用型

水閘を閉め給水量で調整する方式で、自然圧方式と圧送方式に区分される。(図-1)

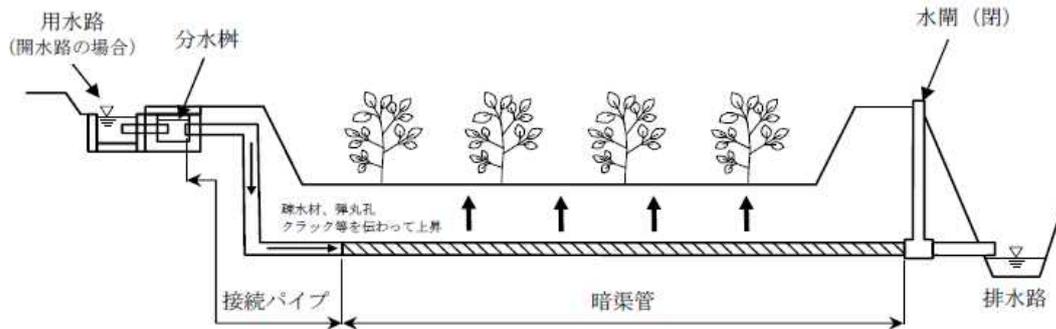


図-1 用水利用型

(2) 用水利用型(地下水位制御型)

水閘等に地下水位の調整機能を設けることで、ほ場内の地下水位を制御する。(図-2)

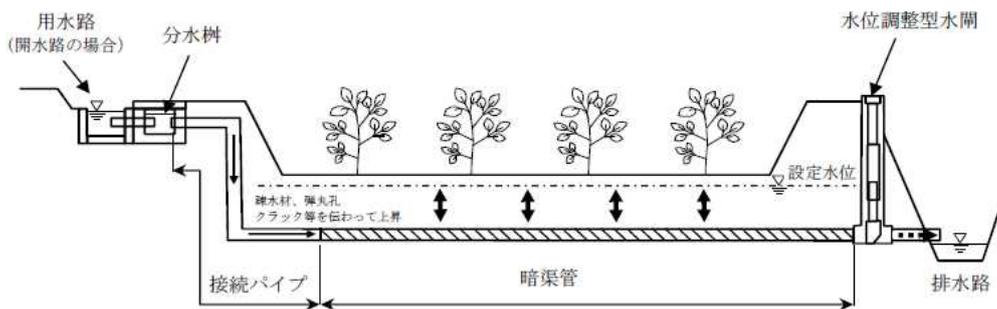


図-2 用水利用型(地下水位制御型)

(3) 排水利用型

排水路の水位を堰き上げて、水位上昇による自然水圧で排水路から暗渠排水に下流から逆流させて、かんがいの。(図-3)

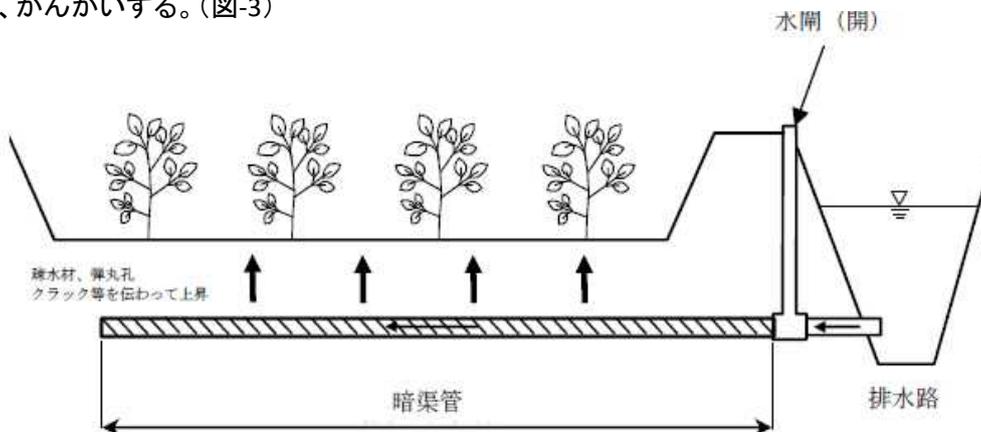


図-3 排水利用型

11 参考資料

2 適地とその条件

(1) 地形条件

一般に、平坦な水田地帯では暗渠管下の浸透が、また、傾斜地の水田地帯では畦畔を横切って下部の水田へ至る浸透が、地下かんがいの効果や効率性に影響する主要な要因と考えられる。

特に、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、ほ場間の段差を少なくするとともに、ほ区単位で栽培する作物を団地化することが望ましい。ほ場間の段差や畦畔からの浸透が大きい場合は、遮水シートの活用や畦塗りなどの対策が効果的である。

(2) 土壌条件

地下かんがいは、敷設した暗渠管から作土層に水を供給するものであるから、暗渠管から土中に浸入した水が暗渠管より上方にある土層中に効率よく移動することが求められる。

したがって、管より下方の土層は、上方の土層に比べ、透水性が低くなければならない。また、作土層の構造(特に間隙や亀裂)がよく発達しており、水の移動が容易であることが望ましい。

(3) 組織と配置

地下かんがいの実施に当たっては、必要とされる具体的な工事、施設の内容、その費用と経済性を検討しなければならない。

かん水効果から見れば、管は浅く埋設し配置を密にする方が良いが、排水効果と耐久性を考えると、暗渠管の深さは60cm程度、その間隔は7.5~10m程度とすることが望ましい。

また、地下かんがいのかん水効果を上げ、かんがいむらを少なくするためには、弾丸暗渠等の補助暗渠を配置した組合せ暗渠とし、これと管との連結を良好にすることが重要である。

組合せ暗渠を施工した場合の、地下かんがいにおける水の流れの概念図を図-4に示す。

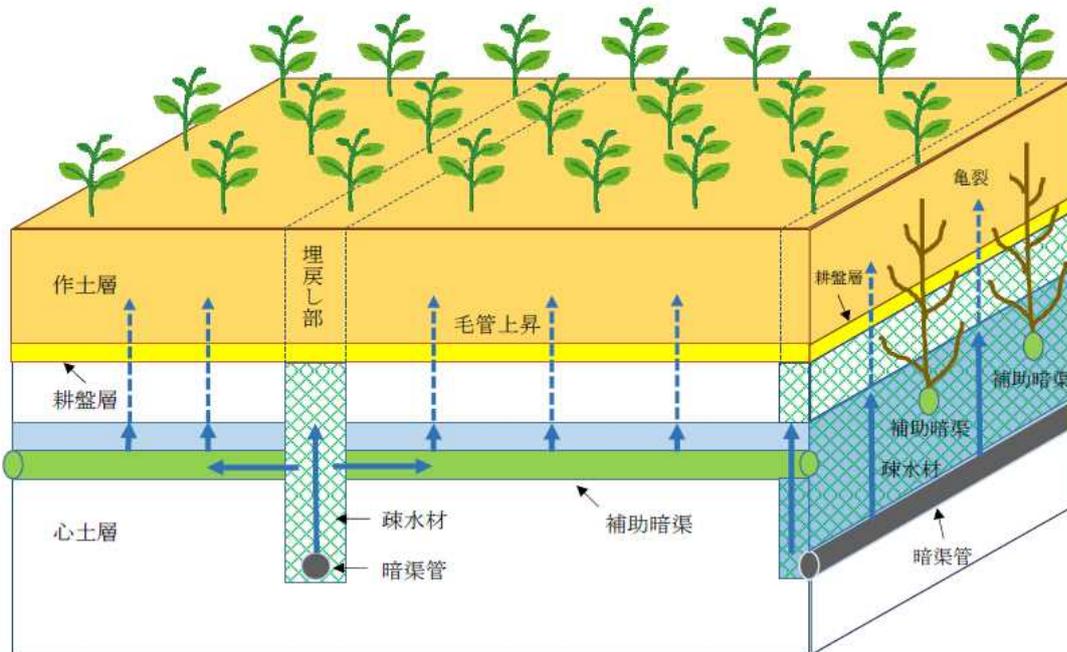


図-4 地下かんがいの水の流れの概念図

11 参考資料

3 作土や耕盤層の透水性の低下

図-5に示すように、暗渠排水施工直後はモミガラ上部に耕盤層が無いが、農作業機械による締め固めや、耕起、代かきにより徐々に耕盤層が形成される。そして、耕起や代かきの繰り返しにより、耕盤層は固く締まり、モミガラ上部に土が混じることにより、地表面からモミガラまでの厚さが増す。その結果、地表面の水溜まりの水や、作土に含まれる水分がモミガラへ流れにくくなり暗渠排水の機能が低下する。この対策としては、営農作業において弾丸暗渠やサブソイラ等による心土破碎を実施することである。それは暗渠排水の機能維持にとって重要である。

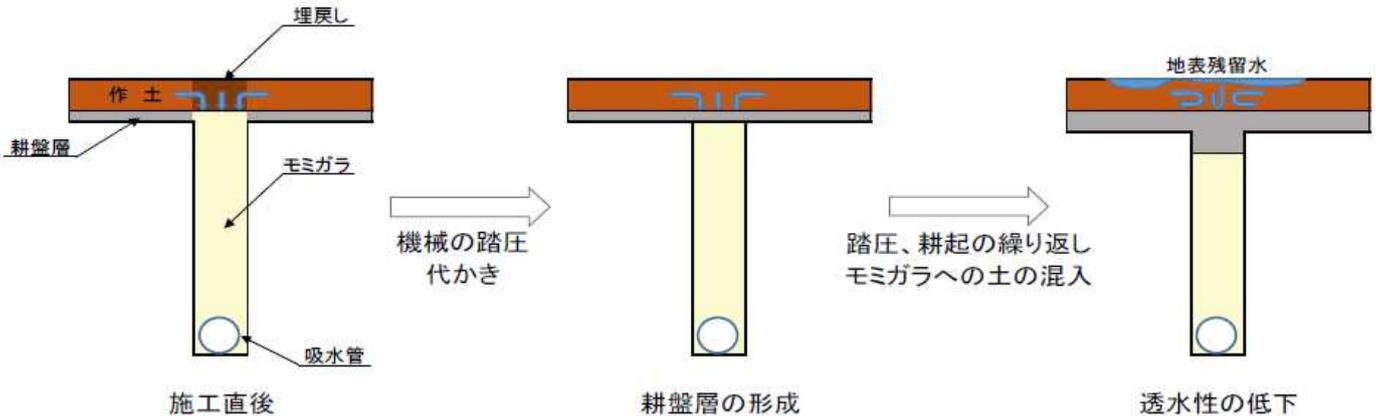


図-5 透水性の低下過程

心土破碎

心土破碎(無材)の作業機はサブソイラと称され犁柱(ナイフ)とチゼル(破碎爪:作業幅90cm程度)で構成され、破碎効果を大きくさせるためチゼルにウイング(3°~5°)を持たせている(図-6(a)、写真-1.1)。

心土破碎(有材)には疎水材埋設機を用いて施工する。疎水材としては、モミガラ、貝殻、チップ等を用い、ナイフにより開削された断面に自動的に充填する(図-6(b)、写真-1.2)。

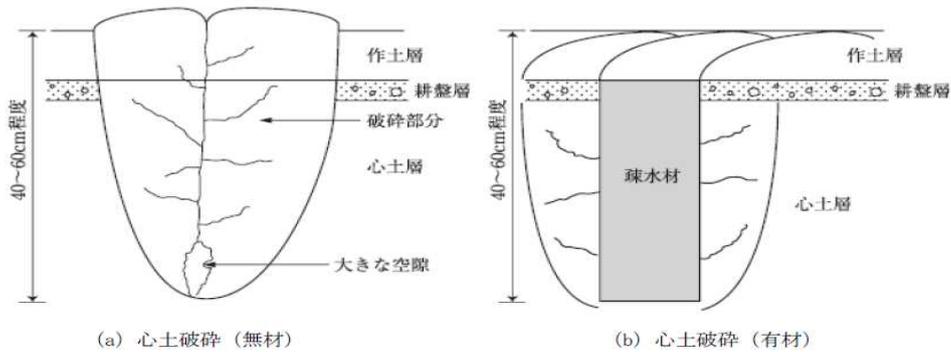


図-6 心土破碎(無材・有材)



写真-1.1 二連直装サブソイラ



写真-1.2 疎水材埋設機

11 参考資料

4 暗渠排水の必要性の判断

土地改良事業計画設計基準2.3 及び運用2.3 でも、暗渠排水の必要性の判断項目について明らかにしているとおり、以下に、暗渠排水の必要性の判断についての目安を示す。

(1) 土壌タイプによる判断

一般的に、以下に掲げた土壌タイプの場合は暗渠排水が必要となるが、これらの土壌以外にも、土性が細粒質から中粒質の場合で、大型農業機械の走行により、緻密な耕盤が形成された場合等には、暗渠が必要となる場合があるため、その性状を十分把握して必要性を判断する必要がある。

i 多湿黒ボク土

主として火山灰を母材とするものが多い。断面に斑紋結核が存在するが、これは低湿地などで地下水の影響により生成する。孔隙量が多い。ほとんどが水田だが、畑も北海道に若干存在する。地下水位は一般に低いが、高い場合は暗渠が必要である。下層土にグライ層を伴う暗渠の埋戻しは、溝壁が乾いた後に行うのが望ましい。

ii 黒ボクグライ土

火山灰を母材とする。地下水位が高いため、年間の大部分を通じて還元状態にある。このため断面の全層がグライ化している。地耐力が小さい。表層の腐植質含量によって、多腐植質黒ボクグライ土、腐植質黒ボクグライ土、淡色黒ボクグライ土に分けられる。暗渠排水が必要とされるが、細粒質土壌である場合は、補助暗渠の施工が望ましい。

iii 灰色台地土

地下水位が低く、グライ層も認められない。水田、畑ともに腐植含量が少なく、表土が浅い。土性が細粒質の土壌は、下層の構造の発達が弱く、緻密で透水性が悪く排水不良である。また、表土直下に透水係数 1×10^{-7} cm/s 程度の難透水性層がある場合が多い。

iv グライ台地土

湿田となっている場合が多く、グライ層や地下水の位置は高い。作土の腐植含量は少量である。構造の発達は不良で透水性が小さいので暗渠排水が必要である。

暗渠の間隔については、多湿黒ボク土の指標を用いることができる。また、土壌条件や地形条件を勘案して弾丸暗渠等の補助暗渠や心土破碎を施工することが望ましい。

v 灰色低地土

グライ層は認められないが、時期により地下水位が高くなることや、透水性不良の影響で湿性を示す期間が長い。細粒質で排水不良を呈する土壌に対しては、暗渠排水を施工する必要がある。

また、透水性がやや不良から中庸の性質でも、下層土が緻密な場合には、畑利用において注意が必要である。

vi グライ土

一般に底凹地に堆積された沖積層土壌で、排水不良な低湿土壌を形成している。外水域の影響で地下水位が常時高く、作物にしばしば還元や過湿による根系障害を及ぼす。また、土性的に細粒質のものが多いため、透水性不良による表面停滞水を生じやすく、田面は常時軟弱過湿で耕盤形成が不良である。このため、暗渠排水が必要であるが、重粘なグライ土壌では補助暗渠の施工が本暗渠に加えて必要とされる。畑地の場合も同様である。

11 参考資料

vii 黒泥土

一般に低湿地や窪地に分布し、黒泥と泥炭が混在する土壤である。地下水位が高く還元化により根系障害を起こすおそれがあるため、排水改良が必要である。

下層に泥炭層が介在する場合は、泥炭層が透水良好で集水を助けるので地表排水の整備で十分であることが多いが、全層黒泥層あるいは下層に強粘質の緻密な層が介在する場合は、暗渠を施工し、補助暗渠や心土破碎を併せ行うことが必要となる。

viii 泥炭土

一般に底凹地に堆積。母材は水生植物(泥炭構成植物)の死骸が長年にわたって堆積したものであり、構成植物の種類により、低位泥炭土、中間泥炭土、高位泥炭土に分類される。

泥炭土はその生成過程に起因して過湿であり、地耐力が小さいことから暗渠排水が必要である。

排水による泥炭層の収縮が起こることから、特に高位泥炭土においては、乾きすぎによる沈下に留意して施工しなければならない。

(2) 地下水位からの判断

一つの目安として数値を示すと、
地下水位(降雨後7日以降)が
と整理できる。

地表面より30cm 以内:必要
地表面より30~60cm:必要な場合がある
地表面より60cm 以上:必要でない

地下水位は、地域の地形や土壤の影響を受けやすく、低平地であれば高い場合が多い。また丘陵地に隣接する水田は浸透水の影響で高い。作物によっては地下水位の影響で湿害を生じる場合もあり、導入作物に最適な地下水位を保つことが重要である。この場合、地下からの水分供給を考慮しつつ、一定の地下水位に保たれることが必要である。一般には、50~60cm程度の地下水位が各種の作物で最適とされている。

また、干拓地等の低平地では、降雨以外に潮汐の影響で排水路水位が大きく変化し、排水及び地下水位に影響を与え作物に湿害が生じることがあるので、十分留意する必要がある。

(3) 降雨後の地表残留水からの判断

一つの目安として数値を示すと、

降雨後の地表残留水の停滞時間が

24時間以上:必要
24時間以内:必要な場合がある
滞水なし :必要でない

と整理できる。

ほ場面上の湛水は、停滞していれば根の傷みが大きいと言われている。水田の畑利用又は畑等の場合は、湛水状態から24時間(1日間)で土壤中の過剰な重力水を排除することが望ましい。

11 参考資料

(4) 地耐力からの判断

一つの目安として数値を示すと、

地表面下15cm までの間を5cm ごとに測定した

コーン指数(落水後又は降雨後7日以降の測定値

(N/mm²; 1N/mm²=1MPa))の4点平均値が

0.25 > : 必要の停滞時間が
0.25 ~ 0.39 : 必要な場合がある
0.39 < : 必要でない

と整理できる。

地耐力は、農業機械の走行に支障をきたすので、装軌型の農業機械走行については、落水後又は降雨後7日以降に0.25N/mm²以上を確保する必要がある。一般に、0.39N/mm²以上あれば一般的な農業機械の走行に支障がないといわれている。

(5) 土壌の透水性からの判断

一つの目安として数値を示すと、

下層土(耕盤下30cm程度)の透水係数(cm/s)が

10⁻⁶ ≥ : 必要
10⁻⁴ ~ 10⁻⁵ : 必要な場合がある
10⁻³ ≤ : 必要でない

と整理できる。

土壌の透水性は、水で飽和された状態の土層内における水移動の速さを示す飽和透水係数で表される。透水性の大きい畑土壌や砂質土において水は粒子間隙を均等に流れていくが、構造の未発達な粘土質の土層内や圧密された耕盤の内部においては水の移動はほとんどない。

降下する水の大部分は亀裂のような粗孔隙を通じて移動する。

12 参考 調査事例

周囲環境の状況



背後地の山からの湧水



谷や沢からの地下水
表面水への排水対策



谷を埋めた所の
水脈や湧水への対策

※高盛土は経年変化による
沈下、水脈により湧水が出る。

排水不良の症状



水が引かずに
稲刈りが困難



畑面の沈下や法尻部の湿畑



過年度の水田単作を
対象とした水田整備

※水路を下げないと表面水が
抜けない。

12 参考 調査事例

対策事例(営農面)



基盤土の硬盤形成を軽減

※パワーハローは、後部の鎮圧ローラーが水平方向に回転して作土層をほぐすことから、プラウ等の垂直方向で行う深耕作業と異なり、土壤に与える力が少ないため、緻密層(硬盤)の形成が軽減。



サブソイラーやプラウ耕による心土破碎対策



レーザーレベラーによる不陸の修正



湧水対策と地下水位のコントロール

※フンかご等で地下水を抜く処理が必要。



地下水や伏流水を考慮した排水対策

※地下水等が法尻に集まりやすいため、盲(めくら)暗渠による排水対策。



整備前



整備後

土質や圧密による湿畑の発生と改良機

