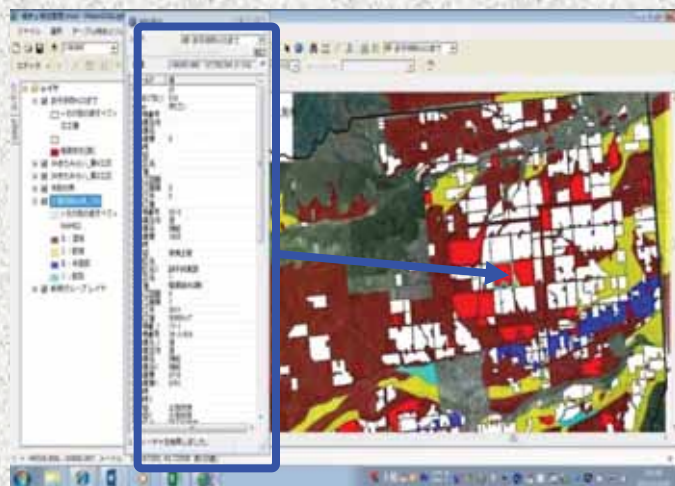


# 暗きょ排水の保全管理型整備の進め方（畑地編）



平成28年 3月  
北海道農政部

はじめに

北海道では、平成 10 年頃より、道営事業での暗きょ排水の整備において、排水機能を高めるため疎水材暗きょ排水の整備を進めており、今ではこれら疎水材型暗きょが一般的となったが、効果が長く続くと考えられる疎水材型の暗きょでも、経年的な変化による機能低下により、再整備を要望する声があがっている。

一方、道では、農地・施設保全整備情報の取組の一環として、平成 22 年度から、北海道立総合研究機構中央農業試験場とともに疎水材型暗きょ排水の機能保全調査を実施し、暗きょ排水の機能が低下する要因を調べた結果、暗きょ管や疎水材の機能は一定の年数を経過しても維持されていること、堅密層（耕盤層、硬盤層）の形成により、土壌中の重力水の排除が円滑にすすまないため、ほ場が排水不良を呈するケースが多いことなどについて確認した。

このことを踏まえて、道としては、暗きょ排水整備後のほ場の適切な営農管理を農家に啓発するとともに、暗きょ排水整備後の圃場の排水機能の低下に対して、単に同じ水準で再整備するのではなく、農地の機能診断を行い、土壌条件や堅密層などの排水不良要因に応じた対策を講じるなど、既設暗きょの機能回復や長寿命化を図ることを基本とする「保全管理型整備」を進めることとした。

本書は、「保全管理型整備」を行う場合において、暗きょ排水の前歴確認から、機能診断、機能回復等に至る手順や工法等具体的にまとめたものであり、今後の排水対策の推進の参考としていただきたい。

## 目 次

第1章 暗きょ排水の保安全管理型整備の進め方（畑地編）の概要	1
1. 1 目的	1
1. 2 使用対象者	1
1. 3 暗きょ排水の保安全管理型整備フロー	1
1. 4 用語の解説	1
第2章 前歴の確認	4
2. 1 概要	4
2. 2 確認項目	4
2. 3 確認の方法及び流れ	4
第3章 機能診断	9
3. 1 概要	9
3. 2 機能診断を行うための調査項目	9
3. 3 機能診断の判定（保安全管理型整備の適否）	9
3. 4 調査方法と診断	9
3. 5 調査計画時の調査頻度について	10
3. 6 検土杖及び試掘による調査の要領	11
3. 7 機能低下の要因	11
第4章 機能回復	14
4. 1 概要	14
4. 2 暗きょ排水の機能回復手法	14
4. 3 補助暗きょの計画・設計・施工の留意点	15
第5章 営農による保安全管理	17
5. 1 概要	17
5. 2 保安全管理への関わり方	17
5. 3 営農による排水対策の留意点	17
5. 4 暗きょ周辺の管理	22
5. 5 保安全管理推進事例	23
第6章 各工法の事例	25
参考資料① 北海道における補助暗渠・心土破碎の工法一覧表	27
参考資料② 難透水性土壌地帯における暗渠機能発揮のための補助暗渠 （有材心土破碎）による排水機能促進手法の検討	27
参考資料③ 低速心土破碎による火山灰客土後の畑地における排水改良	33
参考資料④ 既設暗渠の機能診断とモミガラ補助暗渠の施工試験	40
参考資料⑤ 重粘質土壌におけるトレンチ（有材）による補助暗きょの効果	51
参考資料⑥ 疎水材型暗渠排水の機能維持について	62
参考資料⑦ 暗渠排水施工後のほ場管理について	66

# 第1章 暗きょ排水の保安全管理型整備の進め方（畑地編）の概要

## 1.1 目的

本書は、農家からの暗きょ排水要望に対し、前歴確認、機能診断等により既存の暗きょ排水の状態把握および適切な保安全管理型整備を実施するための手法を体系的にとりまとめたものであり、畑地を対象とした暗渠排水の長寿命化およびコスト低減を図るものである。

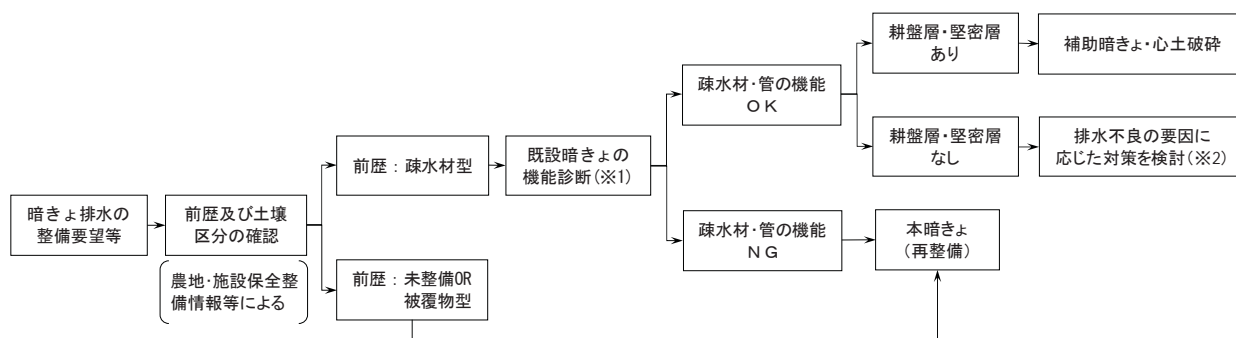
## 1.2 使用対象者

本書の使用対象者は、振興局担当者（実施、計画）、市町村、JA等の関係者とする。

## 1.3 暗きょ排水の保安全管理型整備フロー

暗きょ排水の保安全管理型整備の手法の流れについて、図-1「暗きょ排水の保安全管理型整備フロー案（畑）」に示す。

図-1 暗きょ排水の保安全管理型整備フロー案（畑）



(※1) 既設暗きょの機能診断は、排水路、管、埋戻し厚、疎水材、耕盤層を確認する。  
なお、一ほ場当たりの調査箇所数は地形条件等を勘案して適宜決定する。

- ① 排水路 : 排水路の深さや勾配、落口工の接続が適切 → 「適」  
排水路の滞水、落口工の埋没、水没、閉塞等がある場合 → 排水路整備等を含めた検討
- ② 管 : 落口から流水又は流水の痕跡が確認できる → 「適」(農家からの聴き取り可)  
落口から流水が確認できない場合 → 必要に応じて調査を実施  
(酸性土壌や泥炭土壌などでは鉄バクテリアによる管の閉塞が報告されているため必要に応じて調査等を実施)
- ③ 埋戻し厚 : 検土杖又は試掘等により既設の疎水材上部の埋戻し厚を確認  
埋戻し厚が40cm程度 → 「適」 60cmを超える → 「否」  
40cm~60cm程度 → 再整備(本暗きょ)と比較検討
- ④ 疎水材 : 腐朽等による消失、著しい断面縮小等が無い → 「適」
- ⑤ 耕盤層 : 検土杖又は土壌硬度計等により耕盤層の有無(有の場合は位置)を確認

(※2) 排水不良要因が耕盤層・堅密層ではない場合は、その要因に応じた対策の検討を行う。

## 1.4 用語の解説

### ① 暗きょ排水の保安全管理型整備

畑地帯における暗きょの保安全管理型整備とは、過去に疎水材暗きょで整備した圃場について、暗きょ埋戻し部の堅密層形成により、排水機能が低下した本暗きょを、疎水材の目詰まり、管の状態等の機能を確認した上で、補助暗きょ等と本暗きょを組合せ、既存の本暗きょの排水能力を補完し、農地の排水機能を回復、保全する整備。

### ② 堅密層

作土下が山中式土壌硬度計による土壌硬度 20mm 以上、貫入式土壌硬度計による貫入抵抗値 1.5MPa 以上である堅密な層をいい、土壌の透水性を低下させる要因

となるだけでなく、作物の根張りや生育を阻害する要因となる。堅密層の比較的浅い位置に存在する耕盤層と、深い位置まで存在する土壌特性としての硬盤層として分けることができる。

③ 耕盤層

営農機械による耕起や防除など人為的に形成される耕盤層は、作土直下の比較的浅い位置に存在する。耕盤層の存在は疎水材への水みちを阻害するため、サブソイラ等の作業機械を用いた土層改良による改善が必要である。

④ 硬盤層

硬盤層は、営農で形成された耕盤層より深い位置にあり、土壌本来の堅密性等により形成される。40cm 以深にある堅密層を破碎するには、事業による補助暗きょや心土破碎等の整備が必要である。

⑤ 疎水材型暗きょ

過去には、吸水渠による土壌中の重力水の吸水効率を高める目的で、麦かん等の被覆材で管の周囲を覆う被覆材暗きょが主流であった。更に吸水効率を増進させるため、周囲及び上部にもピリ砂利や火山礫の無機質や木質チップ等の透水性の大きい材料（疎水材）で埋設する暗きょを疎水材型暗きょといい、平成 10 年頃から取り組まれている。

⑥ 補助暗きょ

補助暗きょは、過去に整備された疎水材型暗きょと組合せ、既存の本暗きょの排水能力を補完し、農地の排水機能を回復・保全する工法。

補助暗きょは、無材暗きょと簡易暗きょ、せん孔暗きょと大きく3つに種別される。

⑦ 無材暗きょ

無材暗きょは、トラクター等の牽引車にアタッチメントを取り付け心土層中に通水孔をあけて水みちをつくる工法。無材暗きょの工法として、弾丸状のせん孔機と弾丸保持盤で切り裂き、溝みちをつくる弾丸暗きょや、掘削孔の土砂を外部に排出し中空構造にする切断暗きょ及びせん孔暗きょ（無材）などがある。

⑧ 簡易暗きょ

簡易暗きょは、掘削したトレンチ等に管を入れず疎水材を埋設する工法や、せん孔機による掘削孔に疎水材を埋設する工法がある。

⑨ せん孔暗きょ（有材）

せん孔暗きょ（有材）は、弾丸暗きょの施工能率並びに本暗きょの効果及び持続性を狙った工法で、弾丸暗きょのせん孔跡に吸水管を引き込み、孔の崩壊を防止する。

⑩ 心土破碎

心土破碎は、固くて緻密な心土や堅密層を破碎して膨軟にし、透水性と保水性を増進する工法である。心土破碎には、チゼル（破碎爪）が取り付けられたパンブレーカー等の心土破碎機により、土層内には亀裂や空隙のみ生じさせる無材心土破碎や、心土改良耕プラウにより開削した断面に、火山礫、ピリ砂利等の疎水材を投入する

有材心土破碎がある。

広義には心土破碎も補助暗きよに含まれるが、本書では補助暗きよと区別して記載している。

## 第2章 前歴の確認

### 2.1 概要

暗きょ排水の整備要望があったほ場の前歴について、農地・施設保全整備情報（以下、「保全整備情報」という）に蓄積された整備履歴などにより確認する。

確認の結果、前歴が未整備または被覆物型暗きょであった場合には本暗きょによる再整備とし、前歴が疎水材型暗きょであった場合は、ほ場の機能診断により選定した保全管理型工法を実施することを基本とする。

### 2.2 確認項目

確認する項目は次のとおり

#### (1) 基本項目

- ア ほ場の位置、形状（地図上での位置や形状） …①
- イ ほ場の面積（ほ場《耕区》の面積） …②
- ウ 土壌条件（地力保全基本調査による土壌分類） …③

#### (2) 整備履歴（前歴）

- ア 前歴事業（事業名、地区名及び整備年次など） …④
- イ 施工（受益）面積 …⑤
- ウ 管種 …⑥
- エ 疎水材の種類 …⑦
- オ 暗きょの配線（図） …⑧
- カ 暗きょ標準断面（図） …⑨
- キ 暗きょの落口（位置） …⑩

#### (3) ほ場の状況（受益農家による営農や維持管理等について）

- ア （現状における）ほ場の耕起深・排水性 …⑪
- イ ほ場の維持管理状況（受益農家による心破や客土等の実施状況） …⑫
- ウ 営農状況（作付作物、営農機械など） …⑬
- エ ほ場における石礫の有無や程度など …⑭

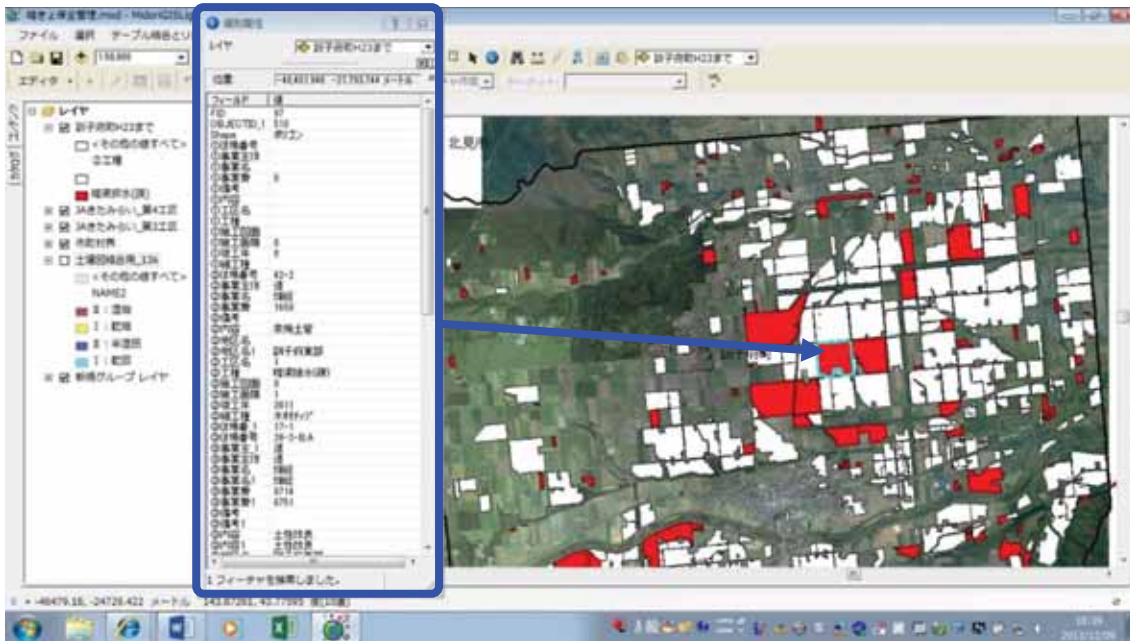
### 2.3 確認の方法及び流れ

2.2の（1）及び（2）については保全整備情報により確認し、同（3）については、農地カルテ等によるものとする。前歴確認の流れを以下に記す。

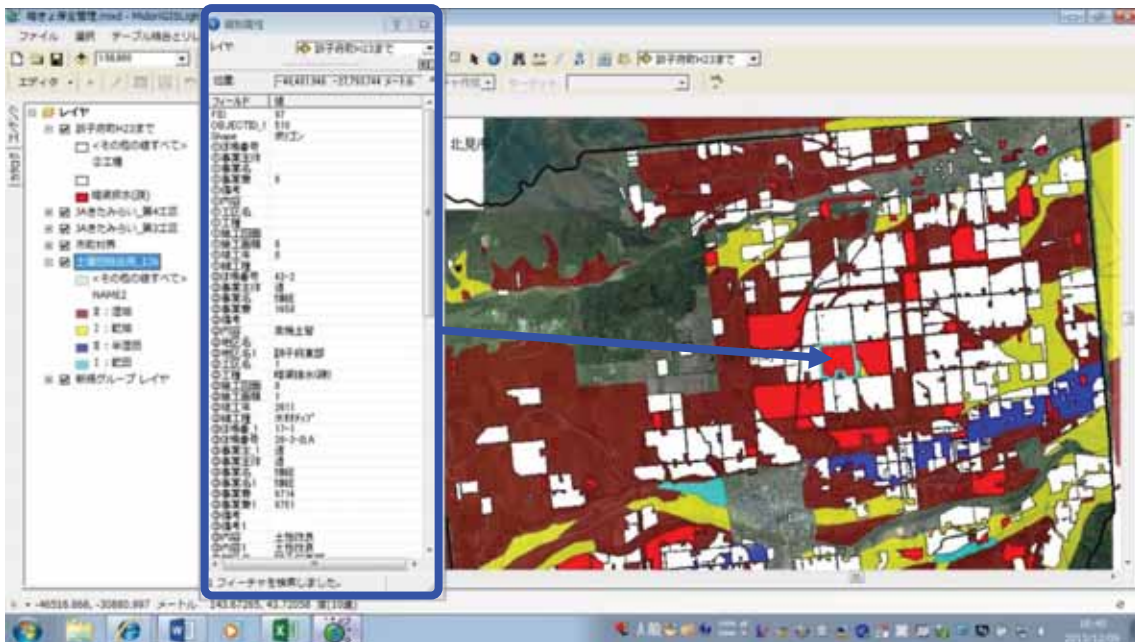
#### (1) 農地・施設保全整備情報による確認

ア GIS化した農地・施設保全整備情報により、位置情報や整備履歴を確認  
《整備履歴による確認項目》

- ①ほ場の位置・形状、②ほ場の面積、④前歴事業、⑤施工(受益)面積、⑥管種、⑦疎水材の種類



- イ GIS 上ではほ場の図面に地力保全調査図を重ね、ほ場の土壌条件を確認  
 《調査図による確認項目》  
 ③土壌条件（土壌分類）。下図では乾湿に大別しているが、土壌統ごとの分類が可能。



- ウ 保全整備情報の附帯資料として保存している図面データにより確認  
 《図面による確認項目》  
 ⑧暗きよの配線、⑨暗きよ標準断面、⑩暗きよ落口





(3) 前歴確認のとりまとめ

(1) ア～ウ及び(2) アにより確認した項目をとりまとめ、機能診断の基礎資料とする。

【とりまとめ票】

整備要望ほ場の前歴確認とりまとめ票

確認年月日:平成 年 月 日

受益農家名		ほ場の住所(地番)	
●基本項目			
① ほ場の位置、形状			
② ほ場の面積	ha		
③ 土壌条件(土壌統)	土 壤 統 群		乾湿区分
●整備履歴			
④ 前歴事業	事業名	地区名	施工年度
⑤ 施工(受益)面積	ha		
⑥ 管種			
⑦ 疎水材の有無・種類 (分けがなければ下部のみに記載)	有無	上 部	下 部
⑧ 暗きよの配線			
⑨ 暗きよの標準断面	最小掘削深 H1=	疎水材厚 H2=	埋戻し厚 H3= 断面形状 梯型・スリム・トレンチャ・( )
⑩ 暗きよの落口	落口形式 1本抜き・集水渠・連絡渠・		現地での確認が可能か
●ほ場の状況(現在の状況)			
⑪ 耕起深・排水性 (現在の状況)	耕起深 cm	ほ 場 の 状 態	
⑫ 維持管理状況	心破	実施の有無	頻度
	客土	実施の有無	回数
	その他	実施工種	回数
⑬ 営農状況 (当該ほ場に係る作付や 営農機械などの情報)	作付	H22	H23
	機械1	機種	規格・形式
	その他	作業時期	機種2
⑭ 石礫について	表土	石礫の有無	
	心土	程 度 な ど	
		そ の 他	
● その他			

整備要望ほ場の前歴確認とりまとめ票

確認年月日:平成 ○ 年 □ 月 △ 日

受益農家名	○○ △△		ほ場の住所(地番)	○○町字□□ 111-1				
●【基本載例】								
① ほ場の位置、形状	別添図を参照							
② ほ場の面積	1.0 ha							
③ 土壌条件(土壌統)	土 壌 統 群				乾湿区分			
	細粒灰色低地土				湿畑			
●【整備履歴】								
④ 前歴事業	事業名	地区名		施工年度				
	畑総	○○○○		H15				
⑤ 施工(受益)面積	0.5 ha							
⑥ 管種	合成樹脂管							
⑦ 疎水材の有無・種類 (分けがなければ下部のみに記載)	有無	上 部	下 部					
	有	—	ビリ砂利					
⑧ 暗きよの配線	樹状配線(詳細は別添図を参照)							
⑨ 暗きよの標準断面	最小掘削深	疎水材厚	埋戻し厚	断面形状				
	H1= 700	H2= 300	H3= 400	梯型・スリム・トレンチャ・( )				
⑩ 暗きよの落口	落口形式			現地での確認が可能か				
	1本抜き(集水渠)連絡渠・( )			現地確認可能				
●【ほ場の状況(現在の状況)】								
⑪ 耕起深・排水性 (現在の状況)	耕起深	ほ 場 の 状 態			落口の排水状況			
	30 cm	4~5年前から排水不良			排水している			
⑫ 維持管理状況	心破	実施の有無	頻度	時期	施工機械	間隔	深さ	
		有	年1回	春先	サブソイラ	1m	40cm	
	客土	実施の有無	回数	搬入量計(〇t、□m <sup>3</sup> 、ダンブ△台等)		搬入土質		
		有	1回	ダンブ10台分位		河川浚渫土		
その他	実施工種	回数	内 容					
⑬ 営農状況 (当該ほ場に係る作付や 営農機械などの情報)	作付	H22	H23	H24	H25	本年度(予定)H26		
		馬鈴薯	小麦	大豆	馬鈴薯	小麦		
	機械1	機種	規格・形式	作業時期	機械2	機種	規格・形式	作業時期
		トラクタ	4軸24馬力	5~10				
その他								
⑭ 石礫について		石礫の有無	程 度 な ど			その他		
	表土	無						
	心土	有	1cm~30mm程度の小礫が散在している					
● その他								

## 第3章 機能診断

### 3.1 概要

疎水材型暗きょ排水の機能低下は、耕盤層の発達、疎水材の腐朽や排水路の滞水等を要因とする場合が多いことが確認された。このことから、疎水材型暗きょ排水整備ほ場において再整備要望があった場合に行う機能診断手法について、基本的な考え方を示す。

### 3.2 機能診断を行うための調査項目

#### (1) 目視による調査

- ア 落口、排水路の機能
- イ 管の機能

#### (2) 検土杖又は試掘等による調査

- ア 埋戻し厚
- イ 疎水材の機能
- ウ 耕盤層（堅密層）の位置

### 3.3 機能診断の判定（保全管理型整備の適否）

調査の結果、保全管理型整備が可能な場合は「適」、不可能又は困難な場合は「否」とする。

### 3.4 調査方法と診断

#### (1) 目視による調査

- ア 落口、排水路の機能

排水路が機能し、暗きょ排水の落口が適切に接続されているか目視確認する。排水路の滞水、落口の埋没、水没、閉塞等がある場合は、排水路の整備を検討する。

- イ 管の機能

管の機能については、落口からの流水を目視又は受益農家からの聴き取りにより確認できれば「適」とし、確認できなければ必要に応じて疎水材上面まで試掘し水を流すなどの調査を行い、適否を判定する。

なお、酸性土壌や泥炭土壌などの地域では、鉄バクテリアによる管の閉塞が報告されているため必要に応じて調査を実施する。

#### (2) 埋戻し厚及び疎水材の調査

- ア 埋戻し厚

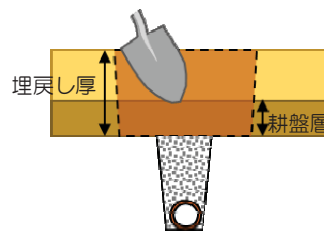
試掘等により、埋戻し厚（地表から既設暗きょ疎水材上面までの厚さ）を確認する。埋戻し厚が40cm程度の場合は「適」、60cmを超える場合は基本的に「否」とする。なお、40cm～60cm程度の場合は、補助暗きょと本暗きょ再整備との比較検討を総合的に行った上で判定する。

- イ 疎水材の機能

埋戻し厚の確認、耕盤層の確認とともに疎水材上部の状況を確認する。



疎水材が確認できれば「適」とし、腐朽等により消失していれば「否」とする。



### (3) 耕盤層（堅密層）の調査

#### ア 耕盤層の位置

検土杖又は試掘等により、耕盤層の有無を確認する。また、耕盤層がある場合は地表から疎水材上面までの間のどの位置に存在するかを確認する。

#### イ 耕盤層の判定方法

耕盤層の判定の目安については、次に示すとおりとする。

判定法	耕盤層（堅密層）の目安	備考
① 土杖	20cm 差し込むまでの時間が10秒以上*1	10cmの場合は6秒以上
② 掘（山中式土壤硬度計）	20mm 以上*2	10cm 毎に3点測定した平均値
③ 掘（親指貫入程度）	「かなりの抵抗はあるが第一関節までは貫入する*3」程度より硬い	指標硬 19~20mm
④ 貫入式土壤硬度計	1.5MPa 以上*4	

\*1、\*2、\*4 疎水材暗渠の排水機能簡易診断と機能回復手法(H27.1)(北海道立総合研究機構 中央農業試験場)

\*3 土壤調査ハンドブック 改訂版(2006)

### (4) 1ほ場あたりの調査ヶ所数について

埋戻し厚及び疎水材機能を確認するための試掘は、1ほ場につき1ヶ所行うこととし、耕盤層を確認・判定するための調査は、1ほ場につき5ヶ所行う（試掘を活用することは差し支えない）こととするが、試掘及び調査ヶ所数について、必要に応じて増やすことは差し支えない。

また、上記 3. 4 の（3）のイに示した判定方法のうち①及び③は、正確な判定に一定の経験を要することから、調査を委託する場合などにおいては、経験に左右されず、測定機器による客観的な測定が可能な②または④の方法を推奨する。

### 3.5 調査計画時の調査頻度について

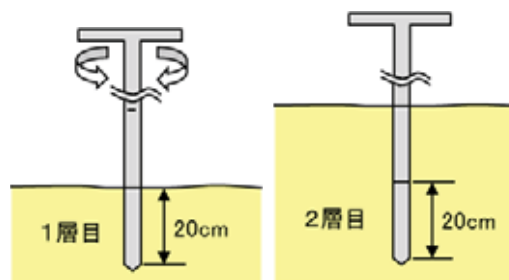
土壌タイプごとに、25haに1ほ場の割合で実施することとし、25haに満たない場合についても、タイプごとに1ほ場は調査を実施することを基本とするが、必要に応じ、頻度を増やすことは差し支えない。

実施設計時においては、現地状況等により、必要に応じ、調査を実施する。但し、実施時に初めて調査を行う地区の場合は、調査計画時と同様の頻度で実施することとする。

### 3.6 検土杖及び試掘による調査の要領

#### (1) 検土杖による調査

既設暗きょの直上において、検土杖の採土部をほ場面に垂直に 20cm 差し込み、そのままハンドルを 180° 以上回転させてから静かに引き抜き 20cm 分の土壌を採取する。(同時に 20cm 差し込むまでの時間を測定する。)

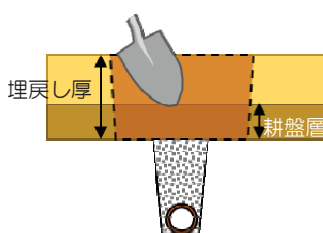


1 層目の採取土を採土部から取り除き、同じ穴に検土杖を慎重に差し込んで 2 層目 (20~40cm) を採取する。

上記の要領で疎水材に達するまで調査し、埋戻し厚、耕盤層、疎水材の確認を行う。(1 層を 10cm としても可) なお、検土杖で疎水材の位置の確認が困難な場合は試掘による調査を行う。

#### (2) 試掘による調査

既設暗きょの直上において、40cm~50cm 四方の穴を疎水材上面が見えるまで掘り、埋戻し厚、耕盤層、疎水材の確認を行う。



山中式硬度計による測定度計による測定



親指の貫入程度で測定指の貫入程度で測定

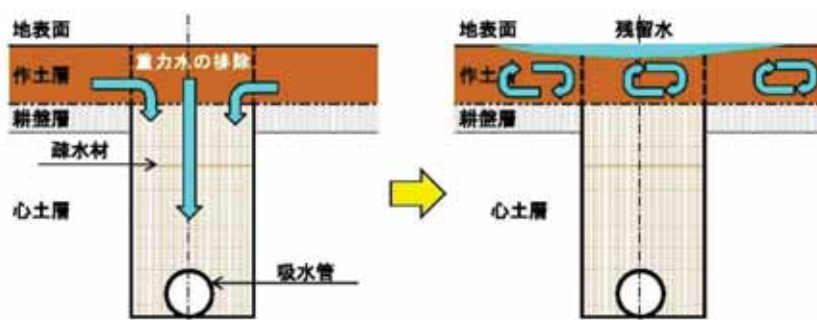
※ 水田ほ場に係る機能診断調査については『汎用化水田機能再生ガイドライン H25.3』が参考となる。

### 3.7 機能低下の要因

#### (1) 作土層の透水性の低下

作土層の透水性が低い土壤は、土壤中に重力水が滞留し、暗きょ排水溝からの流下による吸水管への地下排水が円滑に進まなくなる。このため、地表残留水や地耐力不足が発生し、営農作業や作物生育が低下する原因となる。

～ 地下水の流れ (左: 透水性の良い土壤、右: 透水性の悪い土壤) 《イメージ図》～



#### (2) 埋戻し部 (作土層下部) の透水性の低下

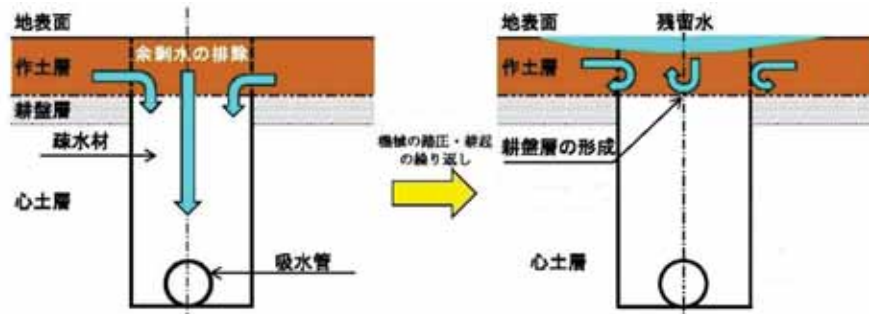
(1) と同様、埋戻し部 (作土層下部) の透水性低下は、地表残留水や地耐力不足

による営農や作物生育の低下原因となり、以下の耕盤層の形成、疎水材劣化による暗きょ排水溝の断面縮小などが変状として現れる。

### 1) 耕盤層の形成

耕盤層は、農業機械の踏圧や耕起の繰り返しによって、作土層下部に固い難透水性の層が形成される。暗きょ排水が正常に機能している場合は、土壤中の重力水を地下へ強制排除し、地下水位を低下させることができる。しかし、耕盤層が形成された場合は、土壤中の重力水の排除が円滑に進まないため、営農や作物生育の低下を招く。

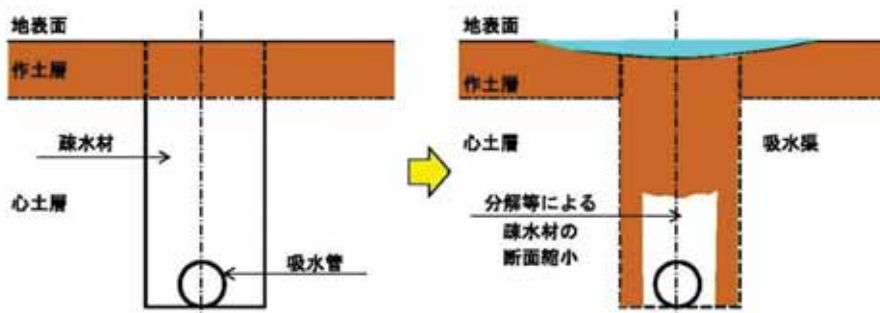
～ 耕盤層の形成《イメージ図》～



### 2) 暗渠溝（疎水材）の断面縮小

モミガラ等の腐食性を有する材料は、乾湿状態を繰り返す土壤環境下においては、材料に含まれる有機物の分解により、材料の圧縮、暗きょ排水溝の断面縮小が発生する。その結果、断面縮小により発生した空隙部分に透水性の悪い土砂が流入することにより、暗きょ排水の機能が低下する。

～ 疎水材の断面縮小《イメージ図》



### 3) 腐食等による疎水材の劣化

暗きょ排水溝の断面が維持されている場合でも、腐食等により疎水材が劣化している場合は、将来的に断面縮小が生じ、機能低下の可能性が高くなる。

### 4) 補助暗きょ

構造や使用材料が本暗渠と類似する補助暗きょは、その構造により以下の①～③の変状が現れ、暗渠排水の機能が低下する。

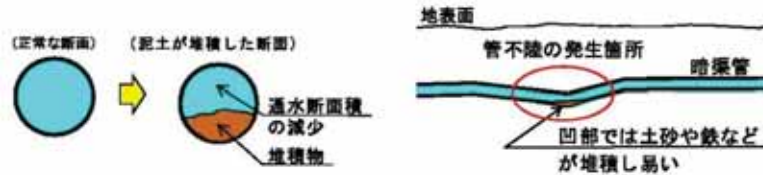
- ① 弾丸暗きょ、切断暗きょ及びせん孔暗きょ（無材）…土砂流入による閉塞
- ② 簡易暗きょ…疎水材の断面縮小、劣化
- ③ せん孔暗きょ（有材）…吸水管の変状

(3) 暗きょ排水管（吸水管、集水管）

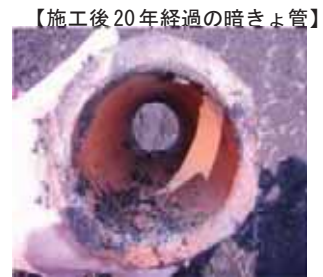
以下の変状の発生による排水能力の低下により、暗渠排水の機能が低下する。

- ① 泥土や鉄バクテリア（土壌等に由来する鉄を餌として繁殖する細菌）の堆積
- ② ①に起因する暗きょ管の目詰まり
- ③ 管に作用する荷重の変化に伴う不陸（底面の不均平）の発生、破損  
→ 縦断的に凹部となる箇所において、①の変状が発生

～ 暗渠管の変状（左：泥土等の堆積、右：不陸）～



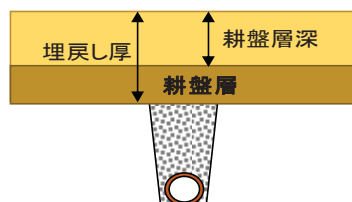
これまでに実施した疎水材型暗きょ排水の機能保全調査によれば、表土の移動や客土の実施により埋戻し厚さが厚くなっているほ場も確認されたが、暗きょ管や疎水材の機能は一定の年数を経過しても維持されており、耕盤層などの堅密層により土壌中の重力水の排除が円滑に進まないため、排水不良を呈する場合が多いことが確認されている。



【機能診断調査票】

機能診断調査表

調査年月日	ほ場番号	受益農家名	調査方法 <sup>※</sup>
診断項目	判定・測定値	特記事項等	
落口、排水路の機能			
管の機能			
埋戻し厚			
疎水材の機能			
耕盤層深			



※ 調査方法には、検土杖、試掘（山中式硬度計・親指）、貫入式硬度計などを記入



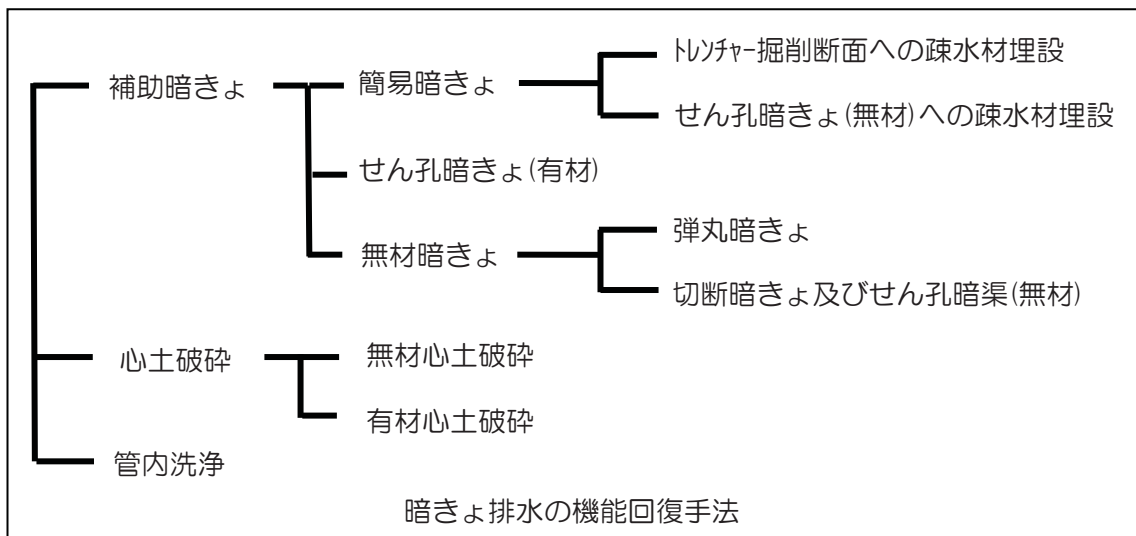
#### 4.1 概要

「機能診断」により考えられる機能低下要因に対して、適切な対策手法を実施し、暗きょ排水の機能回復を図る。

#### 4.2 暗きょ排水の機能回復手法

暗きょ排水の機能回復手法としては、補助暗きょ工法（有材・無材）、心土破碎（有材・無材）等が施工されているが、工法の選定に当たっては土壌条件・施工条件・経済性などを総合的に踏まえて決定する。また、類似地において確立された施工方法がある場合はこれを参考とすることも重要である。

地域によって工法・内容等様々あるため、下記に道内における実績が有る工法を示す。  
※補助事業の対象となる工法と営農により対応する工法があるため、補助事業での整備を要望する場合は、道庁農村計画課及び担当実施課と打合せを行うこと。



##### (1) 補助暗きょ

補助暗きょは、本暗きょと組み合わせられて効果が発現されるよう、本暗きょと出来るだけ直交して施工する。ただし、直交させることにより、地形的要因から水がたまりやすくなる場合は、本暗きょと交わる方向や角度について検討すること。また、配線間隔については本暗きょの1/1から1/2の幅とする。補助暗きょ種類別の施工方法は、以下のとおりである。

(実績工法の一覧は別紙表-1のとおり)

##### ア 簡易暗きょ(有材)

a 掘削型・・・トレンチャー・バックホウ（スリム/梯型）掘削を行い、疎水材のみ（管なし）を投入する。

b オープナー型・・・オープナー式有材心土改良耕

##### イ せん孔暗きょ(有材)

弾丸暗きょ機のせん孔体の後に吸水管を取り付け、土壌内部に吸水管を引き込む。

##### ウ 無材暗きょ

弾丸暗きょ、切断暗きょ及びせん孔暗きょ(無材)等

#### 補助暗きょ間隔についての解説

平成27年度にオホーツク管内北見市(常呂)で行われた試験では、本暗きょ間隔(P)の1/1での補助暗きょ間隔でも排水性効果が変わらないことが示唆された。

このことから、補助暗きょの間隔は1/1Pを基本とし、地形的な要因から水が溜まりやすい場合や、地下水位が高く湧水がある場合、土地利用形態などの必要に応じて1/2Pにする。

また、1/1Pでの施工でも十分な排水効果が見込まれず、更に補助暗きょの施工を必要とする場合は、その施工に当たって段階的に施工することが望ましい。

類似地において既に確立された施工実績がある場合はこれを参考とすることも必要である。

### (2) 心土破碎

心土破碎は、堅くて緻密な心土を破碎して膨軟にし、透水性や通気性など土壌物理性の改善し、作物の根はりを良くすることを目的とし、ほ場を全面的(間隔60cm~90cm)に施工するものである。心土破碎には、土層内に亀裂や空隙のみ生じさせる無材心土破碎と、同時に疎水材を投入する有材心土破碎の2種類がある。また、ほ場条件によって補助暗きょとの併用も可能である。

#### ア 無材心土破碎

無材心土破碎は、チゼル(破碎爪)が取り付けられたサブソイラ、サブソイラのチゼルにウイングを付けたパンプレーカなどの心土破碎機を用いて破碎する。パンプレーカのチゼルは、破碎効果を大きくするためウイング(3°~5°)をもたせている。

#### イ 有材心土破碎

有材心土破碎は、心土改良耕プラウを用いて施工する。プラウにより開削された断面に疎水材を自動的に充填する。疎水材にはモミガラ、火山礫、ピリ砂利、パーク資材等などが使用される。

### (3) 管内洗浄

管内洗浄は、高圧噴射機等を用いて行う。洗浄方式は、下流押し込み・上流押し込み・ロープ方式・ホース流下方式に分類され、暗きょ排水の構造(配置方式、立上り管の設置有無)に応じて、経済性、作業性などを考慮して最適な方式を適用する。

## 4.3 補助暗きょの計画・設計・施工の留意点

### (1) 補助暗きょの計画

ア 既設暗きょの疎水材の機能低下が少なく(透水性等)、かつ、不透水層が40cm程度に存在する場合には補助暗きょ又は、有材心土破碎を計画する。

上記以外の場合は、本暗きょを施工する(再整備する)場合との比較検討を行い工法を決定する。また、既設暗きょが被覆材程度(30cm以下)の場合も、疎水材量が多く費用が高くなるため、再整備との比較検討が必要である。

イ 補助暗きょの配線間隔・疎水材等は暗きょ排水設計指針を基本とする。

間隔：本暗きょの1/1から1/2。

最大深さ：60cm程度。

疎水材：チップ・ピリ砂利・火山礫・貝殻等

ウ 補助暗きょの疎水材上面高は、耕盤層が耕起層直下にできることから耕起層底面

までを可能とする。

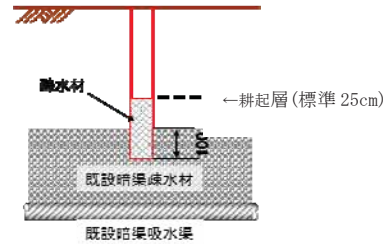
エ 補助暗きよの工法については、施工機械が様々であり、機械保有会社が限られているなど、施工地域により作業機械の搬入状況も異なるため、施工実績などを考慮し現地に適した工法を選定し、決定すること。

## (2) 補助暗きよ断面等の決定

ア 深さは、吸水きよを試掘し、既設暗きよの疎水材上面高を確認した上で補助暗きよの深さを決定することを基本とする。ただし、既設の暗きよ配線図がある場合は、設計断面等を基に補助暗きよの断面を決定する。この場合、工事発注後施工前に上記の試掘確認を行う。

イ 既設暗きよ疎水材と補助暗きよのラップ高は10cm程度を標準とする。

ウ 施工幅は、施工機械・工法が様々であり、機械保有会社が限られているなど、施工地域により作業機械の搬入状況も異なるため、施工実績などを考慮し現地に適した工法を選定し、施工幅を決定すること。



## (3) 補助暗きよ施工管理

施工管理基準については農政部制定の暗きよ排水施工管理基準を準用する。ただし、補助暗きよの施工規格は、工法により様々であるため、機械保有会社の聞き取りや、施工実績等を勘案し、適宜特記仕様書に示し施工管理を行うことも可能。

補助暗きよ工 深さ ±50mm  
施工延長 -1,000mm

## (4) その他

心土破碎や補助暗きよは本暗きよと極力直交して施工し、また、施工は効果を十分に高めるため、土が乾燥する時期に施工するのが望ましい。

## 第5章 営農による保全管理

### 5.1 概要

暗きょ・補助暗きょの効果を十分に発揮させるため、排水組織各部の機能が保持されるように各施設の保全及び管理を十分に行うことが必要である。ここでは、整備後に営農で実施する保全管理を推進するために必要な考え方を示す。

### 5.2 保全管理への関わり方

本来、農地の排水性を維持する作業は、作物の生産性を維持するために営農の一環として実施されている。近年、疎水材暗きょ、補助暗きょ、傾斜改良など、技術的に高い水準で排水整備を進めるなか、営農作業をこれらと関連づけて実施することにより、効果的に排水を促進することが可能となった。

また、農地の排水性が長期間維持されることには、暗渠の再整備の間隔が延伸し整備コストが低減されることから、農家負担を減じる効果をもたらす。

農地の排水性を営農により保全する取組は、事業主体としても積極的に関わっていく必要がある。具体的な手法について、生産者の立場に立ってその作業目的や方法を分かり易く伝えるとともに、普及部門と連携して、地域全体の取組となるよう導くことが必要である。

### 5.3 営農による排水対策の留意点

農地の排水不良は、農地の表面勾配や土壌の透排水性に起因して、過湿や滞水を引き起こすケースが多い。このことから、表面排水と地下浸透の両面から対策を検討することが効果的である。

また排水対策は、土づくりや作物なども視野にいたれた総合的な視点で取組を進めることが重要であるので、普及部門と連携して改善取組に臨むことを心がけたい。



写真.滞水による生育不良

#### (1) 暗きょの排水不良要因について

疎水材暗きょの施工から10年以上を経過したほ場で実施した「疎水材暗きょの機能保全調査」(H22-H25)によって、主たる排水不良要因が暗きょ直上に形成された堅密層によることが確認されている。

堅密層は、主にボトムプラウの底引きによるトラクタの踏圧で形成されたもの(耕盤層)のほか、土壌の基質として堅密なもの(硬盤層)もあり、その範囲は作土から下層にまで及ぶ。

土壌によっては空隙率が高く排水性良好な状態のものもあるが、透水係数が $10^{-5}$ ~ $10^{-6}$ となるような透水性が非常に悪い層であることが多い。

また、作物の根圏の拡大に支障となり、減収の原因ともなっていることから、耕(硬)盤層対策は作物の有効土層を確保するためにも重要であるとされている。

土層別の排水不良対策

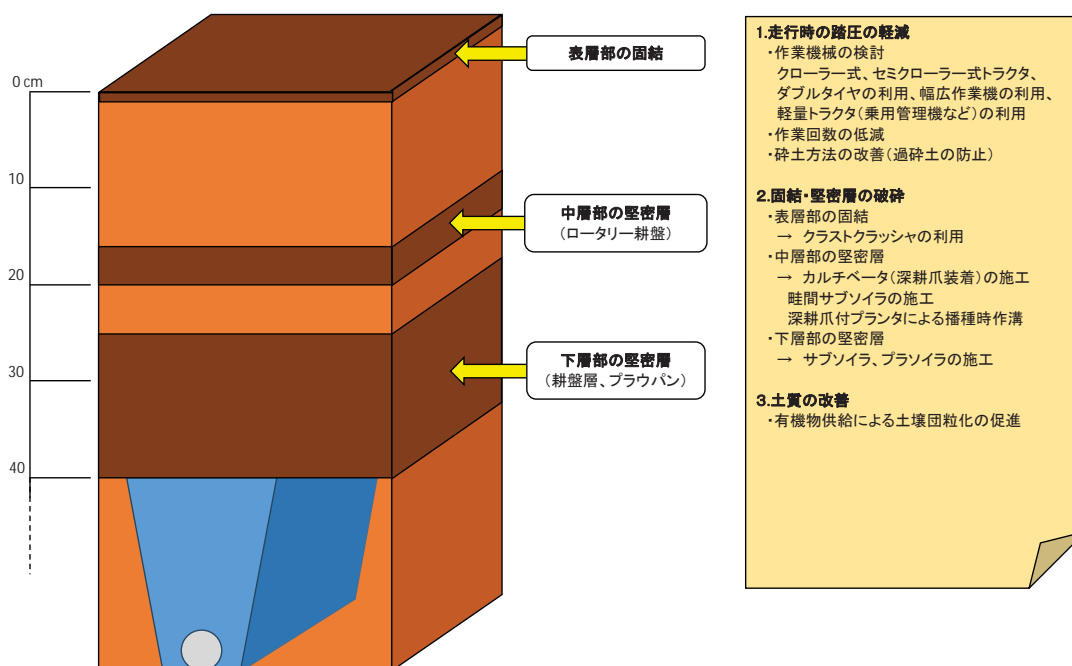


図.暗渠の機能を阻害する堅密層の生成要因と対策

表.硬盤層の深さが秋播小麦の収量・品質に与える影響(平成 20 年指導参考)

処理	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数	稔実粒数 (千粒/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	成熟期	総重 (kg/10a)	粗子実重 (kg/10a)	収量比	子実蛋白 (%)	窒素吸収量 (kg/10a)
耕盤 20cm	493	336	16.3	41.8	7/10	1,140	471	56	8.8	9.3
耕盤 40cm	578	368	21.3	40.7	7/13	1,343	646	77	8.9	12.4
心土破碎	635	408	25.9	40.5	7/15	1,763	834	100	11.1	21.0

注1) 中央農業試験場データ

注2) 灰色低地土ほ場に人為的に硬盤層を形成した

(2) 営農による排水性改善の考え方

①心土破碎の実施

暗きよ直上の耕(硬)盤層を破碎し、暗渠までの水みちを確保するための生産者が所有する作業機械については、一般的にはサブソイラがある。また、農協等のコントラクタが所有するパンプレーカなどの大型機械を、作業委託により利用することもある。

サブソイラは、心土に亀裂を発生させることで、根圏の拡大や排水性の向上によって作物の生産性を向上する機械である。収穫後、秋季または春季のほ場が乾燥している時期に掛けることが多い。メーカーにより限界作業深が定められており、60cm 深程度まで作業することができる仕様となっている。しかしながら堅密なほ場では、トラクタの牽引力以上に抵抗を受けて作業が出来ないこともあるので、実際は 40cm 深以浅で作業を行っているケースが多いと見られる。

なお、生産者が所有するサブソイラは、底部や前面にウイングを装着するなどして広幅の亀裂を発生させるものなど、様々なタイプがあるので、所有する機械の特徴を理解して、有効な対策を提案する必要がある。



写真.広幅型心土破碎機(十勝農業改良普及センター-東部支所)



写真.堅密土壌で浅く掛かった痕跡

## ②表面水の処理

汎用田や平坦地にある畑では、表面水を速やかに排除することができず、地下浸透に頼らざるを得ない場合がある。また、長年の営農作業により、作業機が枕地付近に土を通じて寄せた結果生じた枕地周辺の凹地や、褶曲地形にある畑では、雨水が多く集まり長期間にわたり滞水状態が排除できないケースも見受けられる。ほ場内明渠の掘削、溝切りやポンプによる表面水排除など、臨機の対応によって排水を行い作物への影響を防ぐ必要がある。また、降雨だけでなく、融雪時の停滞水は春作業に影響を及ぼすことから、前年秋に予め溝切りを行うことも必要である。



写真.暗渠整備・溝切りの実施前



写真.暗渠整備、溝切りの実施後



写真.生産者による臨機の措置



写真.滞水による作物被害

表. 麦類の生育段階別の浸水による被害推定

	経過時間と被害率			
	1日以下	1～3日	3～7日	7日以上
発芽期	5%	20%	40%	90%
幼苗期 (凍結)	5%	10%	30%	30%

注) 農林省統計調査局 農作物被害調査資料(S23.3)による

### ③営農方法の改善

堆肥投入や緑肥すき込みが行われているほ場では、土壤有機物の増加により団粒構造が形成され、堅密化を抑制することが期待できる。また、麦類やデントコーンなど深根性作物の作付けによって、堅密層に亀裂を生じさせる効果も期待される。

営農部門との連携によりこうした取組を推進することも効果的であり、総合的な視点で排水対策を推進することが重要である。

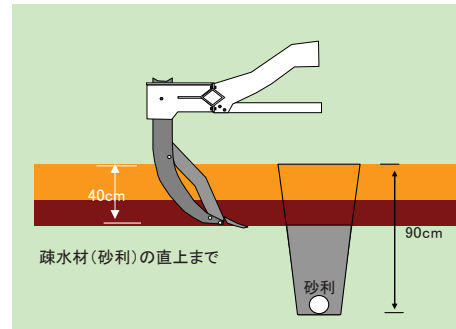
### (3) 営農による排水改善（心土破碎）の留意点

心土破碎は暗きよへの水みちを確保し地下浸透を促進するために効果の高い取組であり、暗渠の構造を理解した上で確実な方法によって実施する必要がある。

生産者に対して助言を行う際のポイントについて以下に示す。

#### ア. 心土破碎の深さ

暗きよ疎水材の直上に生じた耕(硬)盤層に確実に亀裂を入れる必要がある。また、過去に整備した暗きよの中には、疎水材の厚さが少ないものや、疎水材の材質が異なるものがあることから、整備履歴を確認の上、場合によってはサブソイラではなく、パンブレーカによる心土破碎を提案するなど、適切な対策を提案する必要がある。



#### (補助暗きよ整備後のほ場における注意点)

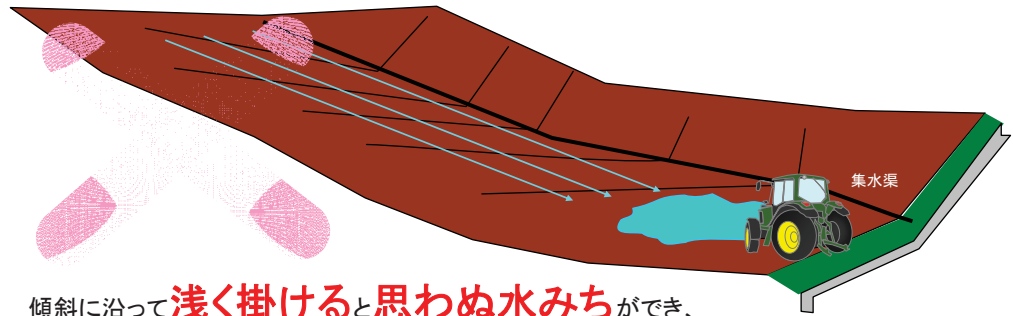
疎水材型の補助暗きよ整備ほ場では、耕起層底面の深さに疎水材が入るため、心土破碎を実施する際に疎水材が作土中に浮き上がることがある。

馬鈴薯など根菜を生産する場合に、疎水材の種類によっては障害となる可能性があるほか、機械の摩耗が増えることも考えられるので、施工の効果と営農へのリスクを十分に説明する必要がある。

#### イ. 暗きよの配線と施工方向

暗きよの配線と直交する方向で、心土破碎を行う必要がある。配線図を確認のうえ、適切な心土破碎方向を提案する必要がある。

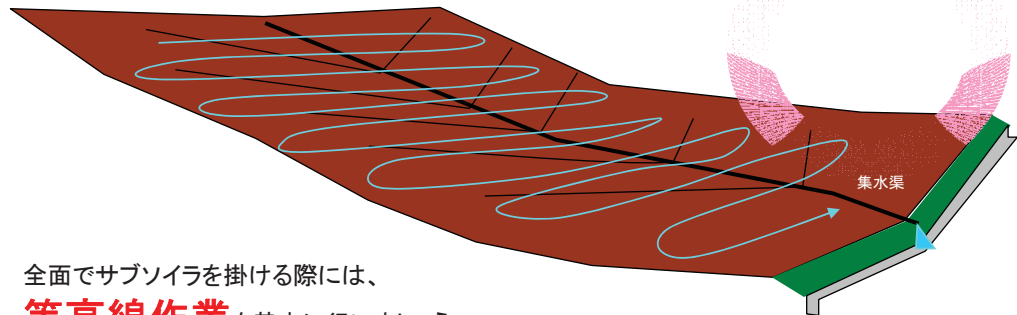
傾斜地のほ場では、傾斜方向に浅く心土破碎を行った結果、暗きよへ水が落ちず、ほ場の低みに表面水を集めて湿害を生じる例も多いので、ほ場条件や所有機械を踏まえて十分に検討の上、適切な管理手法を提案する必要がある。



傾斜に沿って**浅く掛ける**と思わぬ**水みち**ができ、ほ場の低いところに水が集まる場合があります。



**作業方向にも気をつけましょう！**



全面でサブソイラを掛ける際には、**等高線作業**を基本に行いましょう。

図.等高線作業のすすめ(十勝総合振興局)

#### ウ. 土壌水分との関係

土壌水分については、とくに下層土において作業時の水分条件により破碎効果が異なることが明らかとなっている。液性限界付近の水分では、土壌の塑性流動により心土破碎施工後の破碎部が変形し破碎効果が低減することから、作業時の水分条件は塑性限界付近の水分が最適である。

目安として、土の塊を両手の手の平で転がして、3mm の太さになってから切れ切れとなる状態が「適正水分の目安」である。



## 工. 作業速度との関係

作業速度が速いと、目詰まりのしやすい細かい土塊が増加するため、時速2～3km程度で実施することが望ましい。

## 才. 枕地など特に硬い部分の処理

機械の旋回などでほ場の踏圧の影響を受けやすい枕地など、とくに堅密化が著しい場所は、心土破碎をクロスして2回掛けすることで、破碎効果を高めることができる。

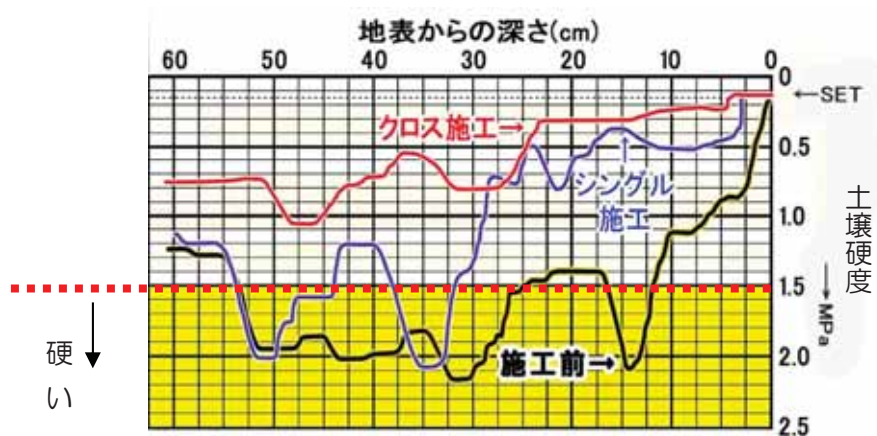


図.心土破碎のクロス施工による効果(十勝農業改良普及センター東部支所提供)

## 5.4 暗渠周辺の管理

暗渠の効果を持続的に維持するためには、落口の破損や水没・暗渠管の閉塞・排水路の水没や閉塞などを定期的に巡回し、機能低下要因の早期発見に努め、機能回復を図ることが必要である。とくに、酸性硫酸塩土壌の存在する地帯や泥炭地では暗渠管の閉塞がこれまでの調査でも報告されているので、注意が必要である。



写真.暗きょ落口の埋没



写真.排水路の水没

また、暗渠管の清掃については、自走式洗浄ロボットによる清掃のほか、水田地域では用水を利用した集中管理孔からの通水による清掃を行うことも必要。暗渠の整備にあたり、維持管理の効率性を考慮した構造にしておくことも検討したい。

## 5.5 保全管理推進事例（十勝総合振興局の事例）

施工した疎水材暗きよの機能低下原因が暗きよ直上の耕盤層にあることが調査で明らかとなったことから、生産者に向けて積極的に情報提供することが必要である。

十勝総合振興局では、計画部門が主体となって、農地・施設保全整備情報を活用し、普及部門や農協、市町村、農業試験場と連携して、暗きよと耕盤層対策の有効性についての説明の取組を推進しており、整備予定地域や普及重点地域※などで生産者を対象とした現地研修会や懇談会を開催している。

また、実施部門では、暗渠整備予定ほ場の作土直下の土壌硬度を測定するなどし、暗きよ施工後の保全管理の重要性を生産者に向けて説明する取組を推進。計画部門と実施部門がそれぞれ取組を実施し、効果的な排水改善につながっている。



写真 職員の指導で土壌硬度を測定する生産者

※普及重点地域・各普及センター本所・支所が地域農業の技術・経営に関する地域課題を解決するために重点的に取り組む地域

表-1

## 補助暗きよ・心土破碎の実績表

補助暗きよ・心土破碎の種類と特徴

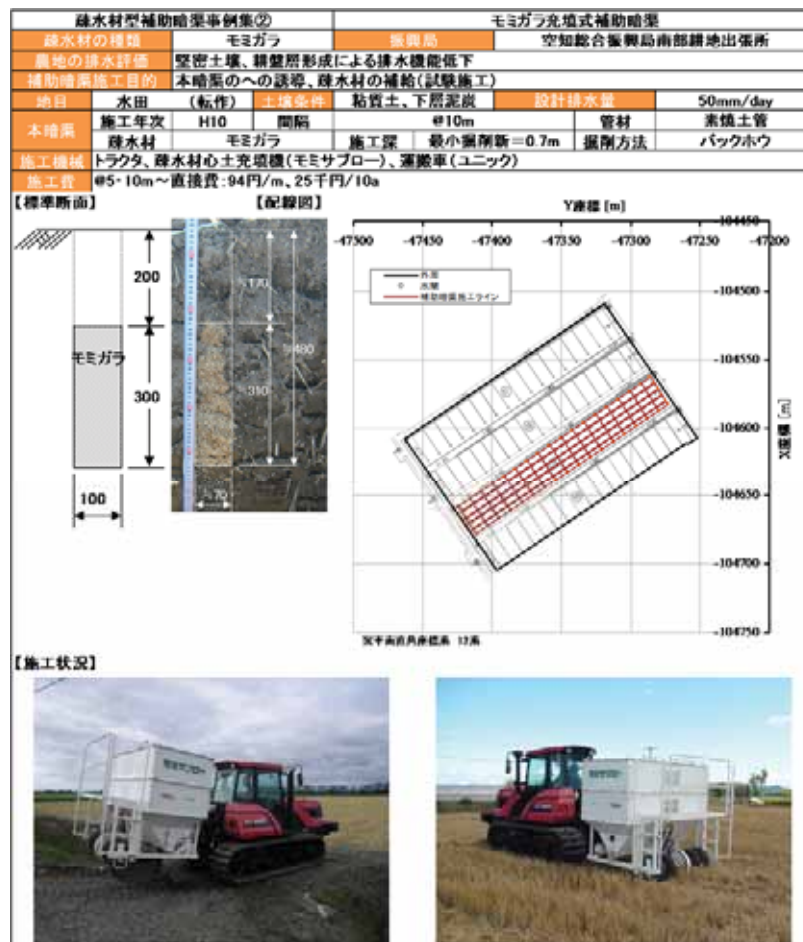
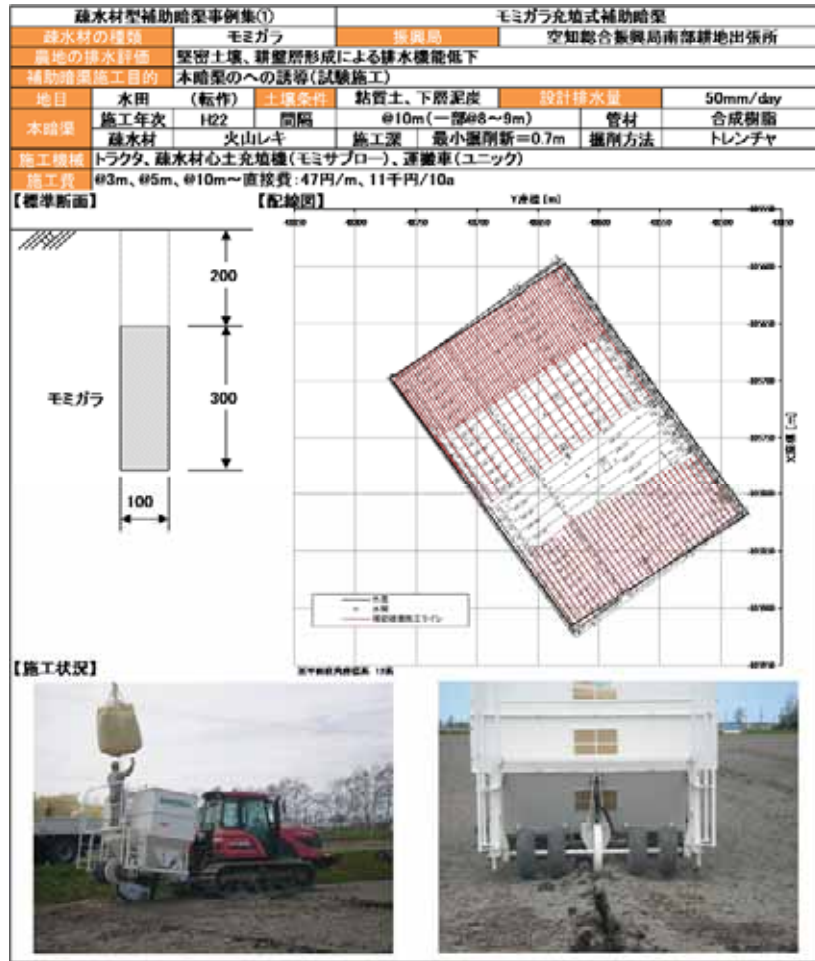
工法		対象地目	施工方法の特徴	
有材	オープナー式有材心土改良	OST	畑	オープナーと呼ばれる破碎刃で心土破碎をしながら表土直下に幅10cm高さ25～30cmの資材を重点した渠溝を構築する。
	トレンチャー補助暗きよ	TDU	畑	トレンチャーにより幅7・12・15cmの従溝を掘削し、掘削した溝に資材を充填して渠溝を構築する。
	トレンチャー補助暗きよ	TDP	水田	
	バックホウ補助暗きよ	BH	全地目	バックホウ(スリム・梯型)により掘削し、掘削した溝に資材を充填して渠溝を構築する。
無材	パンプレーカー(心土破碎)	SS	全地目	破碎刃と爪の最下部に接続したウィングを土中に引き込むことで下層土を破碎する。
	トレンチャー掘削式穿孔暗きよ	TMD	全地目	トレンチャーにより幅5～10cmの縦溝を掘削し、表土以下の溝の中央部分で溝の土を寄せて土を蓋して空洞の渠溝を構築する。

農耕地土壌区分第2次案改定版に基づく排水改良区分

大まかな土壌区分	土壌群	排水性	特殊土壌名	暗きよの間隔(m)	補助暗きよ・心土破碎	
					水田	畑
黒ボク土	多湿黒ボク土(04)	×	湿性火山灰土	10～12	BH	OST,TDU,SS,BH
	黒ボクグライ土(05)	×	湿性火山灰土	10	TDP,BH	OST,TDU,TMD,BH
台地土	褐色森林土(06)	○※1		10～14	BH	OST,TDU,BH
	灰色台地土(07)	×	重粘土	10	SS、BH	OST,TDU,SS,BH
	グライ台地土(08)	×	重粘土	8～10	TDP,BH	TDU,TMD,BH
	暗赤色土(11)	○※1	重粘土	10～14	SS、BH	OST,TDU,SS,BH
低地土	褐色低地土(12)	○※1		10～14	TDP,SS,BH	SS、BH
	灰色低地土(13)	×	重粘土	10～14	TDP,SS,BH	OST,TDU,TMD,SS,BH
	グライ土(14)	×	重粘土	8～10	TDP,SS,BH	TDU,TMD,BH
泥炭土	黒泥土(15)	×	泥炭土	10～14	TDP,BH	TDU,TMD,BH
	泥炭土(16)	×	泥炭土	10～14	TDP,BH	TDU,TMD,BH
造成土	造成台地土	×		10～14	TDP,SS,BH	OST,TDU,SS,BH
	造成低地土	×		10～14	TDP,BH	TDU,TMD,BH

※1 排水性の悪い状況が確認されたほ場のみ適用

## 第6章 各工法の事例



砾水材型補助暗渠事例集③		ピリ砂利充填式補助暗渠		
砾水材の種類	ピリ砂利	振興局	十勝総合振興局調整課	
農地の排水評価	堅密土壌、耕盤層形成による排水機能低下			
補助暗渠施工目的	本暗渠への誘導(試験施工)			
地目	畑	土壌条件	粘質土	設計排水量
本暗渠	施工年次	間隔	施工深	管材
	HI-11-19	HI1-19-#10m(HI-#6-12m)	最小埋深=0.7m	バックホウ
施工機械	ブルドーザ、補助暗渠埋設器(DRU7)			
施工費				

【標準断面】

【配線図】

補助暗渠(ピリ砂利)		本暗渠の施工履歴	
(H23.12月施工)	全面	.....	HI施工 #12m、被覆材
	全面	———	HI1施工 #10m、砾水材
	部分	———	HI9施工 #10m、HI1施工の間に施工、砾水材

【施工状況】

砾水材型補助暗渠事例集④		カッティングソイル		
砾水材の種類	緑影残渣	振興局	上川総合振興局調整課	
農地の排水評価	堅密土壌、耕盤層形成による排水機能低下			
補助暗渠施工目的	本暗渠への誘導(試験施工)			
地目	土壌条件	設計排水量	30mm/day	
本暗渠	施工年次	間隔	管材	
施工機械				
施工費				

【施工状況】

心土破砕事例集		パンプレーカ		
砾水材の種類	-	振興局	上川総合振興局調整課	
農地の排水評価	堅密土壌、耕盤層形成による排水機能低下			
補助暗渠施工目的	本暗渠への誘導(試験施工)			
地目	土壌条件	設計排水量	30mm/day	
本暗渠	施工年次	間隔	管材	
施工機械	パンプレーカ			
施工費				

【施工状況】

## 参考資料①

北海道における補助暗渠・心土破碎の工法一覧表

工法名	適用地帯	施工費 (千円 /ha)	施工費 (円 /m)	全道の 機械保 有台数	石狩	空知	日経	上川	道北	北見	十勝	釧路	根室	施工費の試算条件
有材 オープナー式有材心土改良耕 (OST)	畑	1,500		5				1	2				2	投入間隔0.6m、パーク200 t /ha
	畑	860												投入間隔1.2m、パーク100 t /ha
	全地目	389	205	3									3	間隔5m、深さ60cm、幅6cm、ピリ砂利、建設会社保有3台
	水田	471	248											間隔5m、深さ50cm、幅10cm、ピリ砂利、畑地帯でも実績あり
有材 トレンチャー補助暗渠 (TDU)	全地目	1,107	582	60	13	47								間隔5m、深さ60cm、幅15cm、ピリ砂利
有材 トレンチャー補助暗渠 (TDP)	全地目	970	510	11	11									間隔5m、深さ60cm、幅12cm、ピリ砂利
有材 トレンチャー補助暗渠 (TDP)	全地目	742	390	2	2									間隔5m、深さ60cm、幅7cm、ピリ砂利、泥炭土壌等に適用
有材 リムバ ッグット補助暗渠	全地目	1,286	677											間隔5m、深さ60cm、幅20cm、ピリ砂利
無材 パンプレーカー (SS)	畑	40		32			4	4	1	14	7	1	1	北海道農業公社の保有台数
無材 トレンチャー掘削式穿孔暗渠 (TMD)	全地目	258	136	2	2									トレンチャー7cmと兼用

※施工費は概略（目安）であるため、使用時には見積りが必要。

※補助暗渠よ施工費

補助暗渠よは工法が様々であるため、見積りによる施工単価とする場合は「土地改良事業等請負工事歩掛見積り要領」により算定すること。

また、実態調査を行った場合は調査結果を事業調整課に報告すること。

## 参考資料②

### 難透水性土壌地帯における暗渠機能発揮のための 補助暗渠（有材心土破碎）による排水機能促進手法の検討

北海道十勝総合振興局産業振興部調整課

#### 1. はじめに

十勝総合振興局管内北部地域の士幌町内の圃場には、排水性不良な粘質土壌が分布している。これまでに、圃場の排水改良のために暗渠排水が整備されてきており、現在も整備が進められている。

しかし、暗渠排水整備後の圃場では、10年程度の経過で暗渠排水の効果が低下すると感じられている。また、近年のゲリラ豪雨など降雨の集中により、圃場排水機能の向上が求められている。

一方、耕起層（Ap層）直下では、土壌排水性の指標となる飽和透水係数、粗間隙は、小さく、余剰水の地下浸透はスムーズではなく、暗渠排水疎水材まで速やかに到達していないことが想定される。

このような背景から、士幌町の北東に位置する「上居辺第2地区」において実施された、受益者のアンケート調査、受益圃場の土壌調査結果をとりまとめ、圃場の排水性等に関与する実態を把握した。

また、受益区域内の試験圃場で補助暗渠（有材心土破碎）を施工し、施工後の土壌水分ポテンシャルの変動等を確認して、有効性等について検討した。

「上居辺第2地区」の受益区域に分布する土壌は、排水不良な厚層多腐植質多湿黒ボク土をはじめ、厚層多腐植質黒ボク土、表層腐植質黒ボク土、淡色黒ボク土等である。

#### 2. アンケート調査結果

前歴整備の暗渠排水の効果低下状況等を把握するために、「上居辺第2地区」の受益者に実施された「既設（前歴整備）暗渠の効果」と「圃場の管理」に関するアンケート調査結果（30人分）を集計した。集計結果は、次のとおりである。

### (1) 暗渠排水の効果年数・効果低下の判断

暗渠排水の整備後、効きが悪くなったと感じる年数は、「5～10年程度」とする回答が13人で多く、「3年以内」(6人)、「3～5年程度」(7人)の回答者もみられ、10年以内で効きが悪くなるとの回答が多かった。

暗渠効果の低下の判断要因は、「降雨後の乾きが悪い」(24人)、「湿害が発生している」(18人)とする回答が多かった。

暗渠効果に低下がみられる畑では、「耕盤層があって圃場全体の水はけが悪くなっている」(23人)とする回答が多かった。

### (2) 耕盤層対策

耕盤層対策としては、心土破碎が実施(29人)されており、毎年実施している割合は半数程度であった。

心土破碎は、畑全面にかける(21人)場合が多いが、効果は「まあまあ効く」(21人)、「1年はもたない」(17人)とする割合が多い。

心土破碎には、サブソイラが使用されているが、一部では幅広サブソイラ、チゼルプラウも使用されている。作業深度は、40～50cm程度が主体であった。

### (3) 耕起作業

圃場の耕起作業は、回答者全員が反転プラウを使用している。また、半数程度がチゼルプラウも使用している。

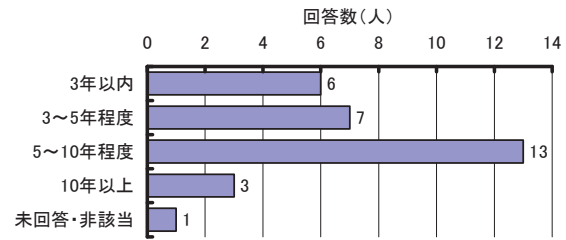
耕起深は、25～30cm程度が主体であった。

アンケート調査結果からは、反転耕起作業による耕盤層の形成が推察でき、耕盤層対策としては心土破碎が実施されているが、その効果は十分ではなく、暗渠排水の排水機能を持続するための対応が必要と考えられる。

## 3. 土壌調査結果

受益圃場内の代表地点(61地点)で、土壌調査が実施された。調査内容は、①コーン貫入試験、②飽和透水試験、③三相分布(粗間隙:pF1.8)、④土の粒度試験であった。

①暗渠の効きが悪くなったのは、整備後何年くらい経ってからですか？



②暗渠が効かないと判断するのは、どんな理由からですか？

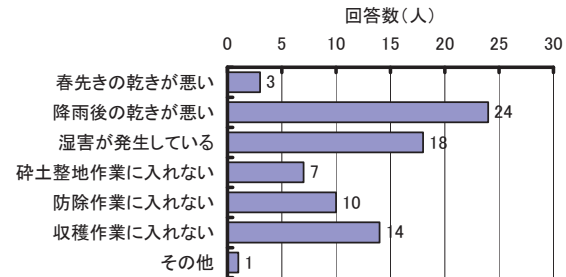
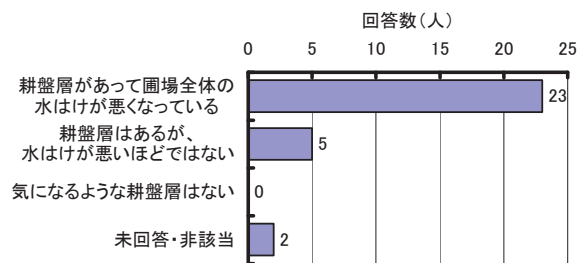
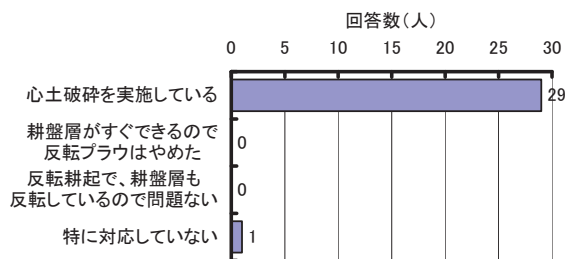


図-1 アンケート集計結果①

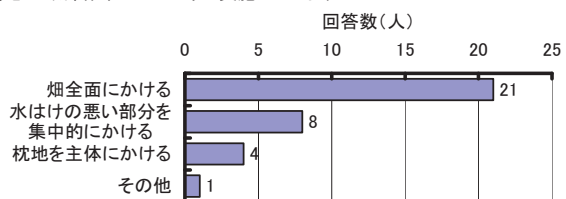
③暗渠が効かなくなった畑の耕盤層はどんな状態だと思いますか？



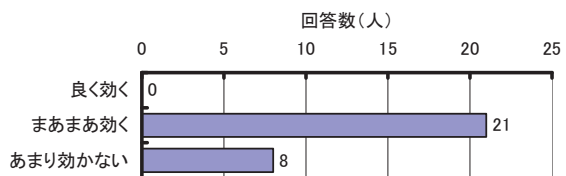
④耕盤層対策をしていますか？



⑤心土破碎作業はどのように実施していますか？



⑥心土破碎の効き具合はどうか？



⑦心土破碎のもち具合はどうか？

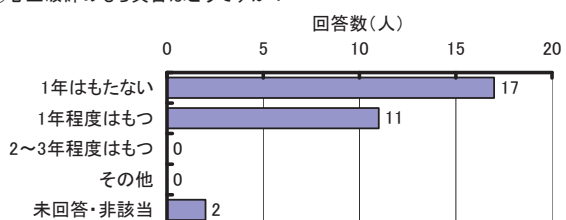


図-2 アンケート集計結果②

これらの調査結果による耕盤層の出現深度、飽和透水係数、粗間隙は、次のとおりである。

#### (1) 耕盤層の出現深度

コーン指数が 1.5MPa 以上となる深度から耕盤層の出現位置を判定した。

耕盤層の出現位置は、深度 20~30cm が 22 地点、深度 30~40cm が 30 地点で、ほとんどの地点が 40cm 以浅であった (図-3)。

また、試料採取深度内、または、深度 50cm までの最大コーン指数が 2.0MPa を超える地点もみられ、Ap 層内または Ap 層直下が堅密な状況であることがうかがえる。

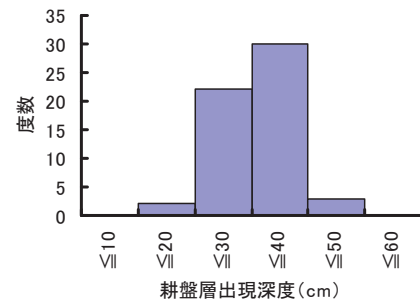


図-3 耕盤層出現深度度数分布

#### (2) 飽和透水係数・粗間隙

試料の採取深度は、コーン指数で判定した耕盤層地点である。

飽和透水係数は、透水性が良好である  $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$  オーダは 6 地点と少なかった。一方、 $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{cm/s}$  オーダが 37 地点と多く、さらに透水係数が小さい  $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{cm/s}$  オーダも 18 地点で、透水性が不良な地点がほとんどであった。

また、粗間隙 (pF1.8) は、5%以下の地点が 49 地点と多く、重力水を排除する間隙が少ない状況にある。

以上の結果から、受益圃場では、重力水の移動が困難で、透・排水性に劣る耕盤層 (堅密層) が耕起層直下に分布している状況が把握された。

### 4. 補助暗渠 (有材心土破碎) の施工試験

#### (1) 試験圃場の概要

試験圃場は、士幌町市街から北東に約 10km に位置する。調査圃場周辺には、厚層多腐植質多湿黒ボク土 (北開統) が分布し、下層も粘質土であり排水対策 (暗渠排水・心土破碎) が必要な土壌統として分類されている。

試験圃場における暗渠排水の整備履歴 (既設暗渠) は、1989 年、1999 年、2007 年の計 3 回であり、疎水材が投入されているのは、1999 年と 2007 年である。

これら過去に施工された暗渠排水の疎水材上部に、補助暗渠 (有材心土破碎) を接続し、既設暗渠への余剰水排除を促進して排水機能の再発揮を目的に、心土内の開削断面 (深度 0.5m) にピリ砂利を投入する補助暗渠を 2011 年に施工した。

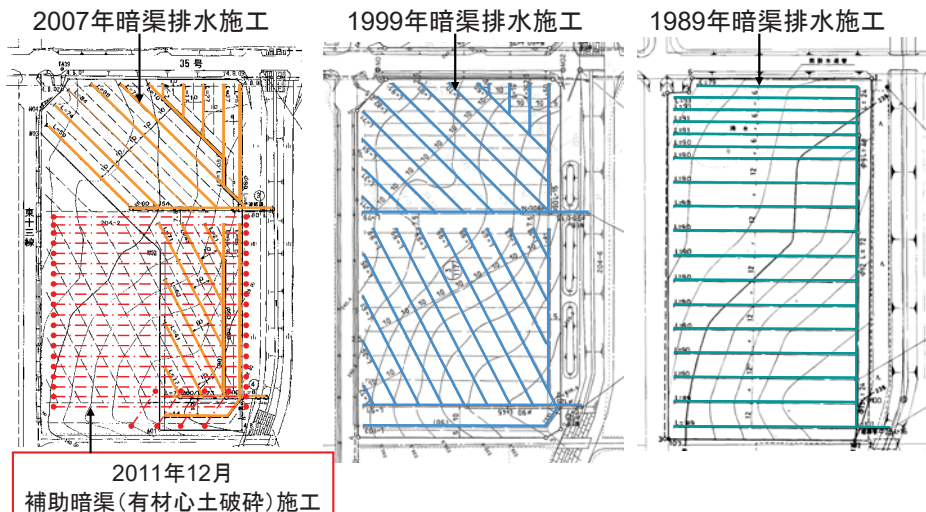


図-4 暗渠排水および補助暗渠配線図



## (2) 既設管渠の状況と補助暗渠の施工状況

試験圃場の既設暗渠の標準断面（2007年施工）と補助暗渠の標準断面は図-5に示す。

既設暗渠は、表層 0.4m までが埋戻し土であり、疎水材は 0.4m 以深に投入されている。

補助暗渠の施工間隔は 5m、施工深は 0.5m、施工幅 0.06m で、深度 0.3m まで疎水材としてのビリ砂利が投入される。

その結果、既設暗渠の疎水材上面 0.1m 程度まで接続されることになる。

既設暗渠の掘削調査（2011年11月30日）により、疎水材は、吸水渠上部まで健全状態を維持、吸水渠の外面に泥詰まり等はみられなかったため（写真-1）、暗渠排水としての機能は維持されていると判断された。

このように、既設暗渠の機能が維持されている場合には、耕盤層等の堅密層から疎水材まで余剰水を導く手法（補助暗渠）が有効であり、既設暗渠を活かす保全型整備として位置付けることができる。

補助暗渠の施工は、ブルドーザに装着した補助暗渠掘削装置を使用して、2011年12月5日に実施された（写真-2）。

2012年10月3日に施工後の状態を観察した結果（写真-3）、施工後1年程度が経過した時点では、標準断面（施工深=0.5m、施工幅=0.06m）に近い状態が確認された。また、疎水材（ビリ砂利）も充填深（=0.2m）どおりであり、泥詰まり等もなく良好な状態が維持されていた。

## (3) 施工区と未施工区におけるコーン指数の比較

試験圃場内の施工区と未施工区で、貫入式土壌硬度計を使用して、コーン指数を経時的に測定した。

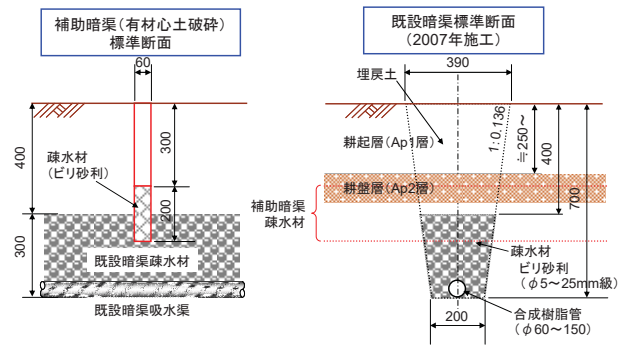


図-5 補助暗渠・既設暗渠の標準断面



写真-1 既設暗渠の状況



写真-2 補助暗渠（有材心土破碎）の施工状況

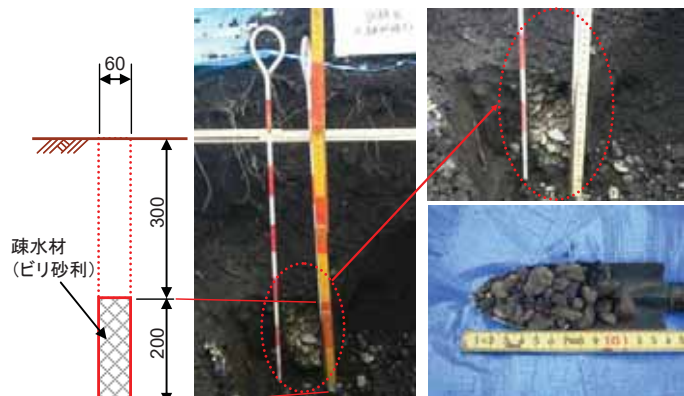


写真-3 補助暗渠（有材心土破碎）施工後の状況

まとまった降雨後である8月15日(2日後)、9月14日(4日後)は、深度15cm程度までのコーン指数は0.5MPa程度とやや低めの値を示すが、8月17日、8月22日では、土壤の乾燥傾向とともに、コーン指数が増加した。

施工区では、深度20cm程度で1.5MPaに達するが、30cm以深では1MPa程度に低下し、深度50cm程度までは堅密層は出現しなかった。

一方、未施工区では、深度20~30cm程度で1.5MPaに達し、下層も1.5MPaを超える状況にあった。

このように、施工区と未施工区で、やや異なった傾向がみられた。

#### (4) 施工区と未施工区における降雨後の土壤水分ポテンシャル変動の比較

試験圃場内の施工区および未施工区において、降雨後の土壤水分ポテンシャルの変動を把握するため、データロガー式土壤水分計を設置した。測定深度は、深度5~45cmで10cmごとの5深度とし、施工区は補助暗渠施工ラインの中間部に設置した。なお、調査期間の栽培作物は小豆であった。

2012年9月9日~12日の降水分布と土壤水分ポテンシャル(pF値)変動を図-7に示す。

施工区では、降雨による飽和ピーク時に、深度15cm、25cmの間隙は水で満たされているが、それ以外の深度ではpF値の上昇がみられており、下層では速やかに重力水が排除されていたと考えられる。また、降雨後24時間経過時には、pF値はpF1.5前後まで回復しており、粗間隙がほぼ確保されていた。

一方、未施工区では、降雨による飽和ピーク時には深度5cm以外は全て水で満たされており、その後も重力水排除に時間がかかり、24時間経過時でもpF1.5を下回り、重力水は排除されていなかった。

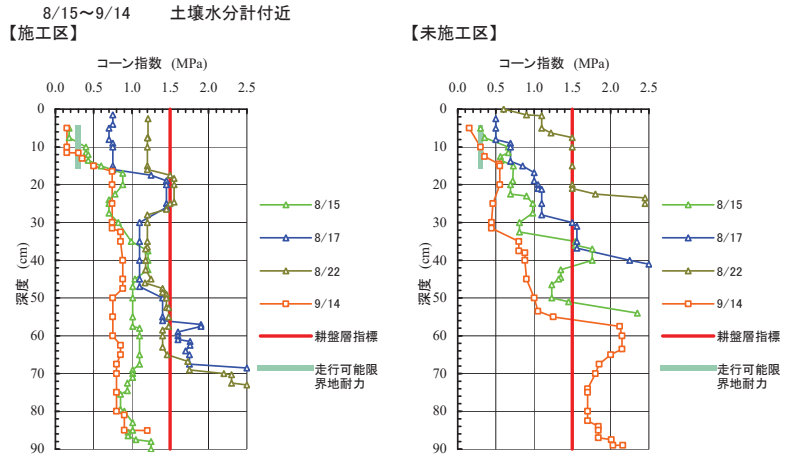


図-6 施工区・未施工区のコーン指数測定結果

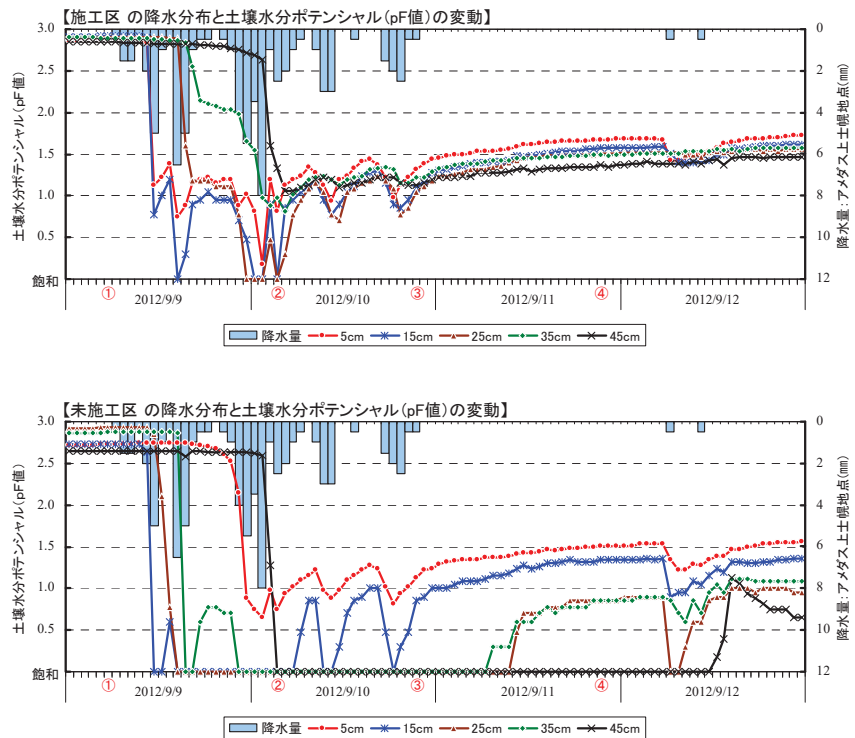


図-7 施工区・未施工区の土壤水分ポテンシャルの変動

pF 値の測定結果と室内 pF 試験の結果から、降雨後 24 時間経過時点（9 月 11 日 22 時）の三相分布を試算すると、図-8 のとおりである。

ここでの気相と液相の境界は、現地の pF 値の変動から pF1.5 とした。

施工区では 9～25%の気相が確保されていたが、未施工区では深度 25 cm 以深では 0～3%であり、深度 45cm の飽和状態は継続していた。

以上の結果から、施工区と未施工区の調査地点における、コーン指数、室内試験による粗間隙・飽和透水係数にやや差がみられていたが、施工区の深度 45cm までの重力水が速やかに排除されていた点から、補助暗渠の効果が想定される。未施工区では、深度 35cm 前後の層が透・排水性の制限要因となっており、深度 30～50cm に補助暗渠が施工されることで、改善効果が期待される。

## 5. おわりに

土壌水分ポテンシャル（pF 値）の変動から、補助暗渠の施工区は、未施工区に対し降雨後の土壌飽和時間が短縮する傾向がみられており、補助暗渠の施工効果の可能性が想定された。よって、試験圃場の単年度の調査結果から判断すると、施工間隔 5m で効果が期待できる。

暗渠間隔の計算では、作土層の厚さ、作土の透水係数が計算値として必要となるが、作土の状態は、畑の場合では、碎土・整地・播種後の孔隙が多い状態から、収穫後の土壌孔隙が少ない状態へと変化する。

一方、作土層（Ap 層）直下には堅密な耕盤層が発達しており、これらの状況を考慮し、適正間隔を判断することが重要になる。

暗渠間隔を試算した結果では、作土層厚、透水係数にばらつきはあるが、実用上の現場透水係数  $k_s$  を現地で測定したベーシックインタークレート値と同等の  $10^{-5} \text{cm/s}$  オーダ、作土層の厚さを Ap1 層 = 15cm と考えれば、補助暗渠間隔は 4～6m 程度となり、試験圃場の施工間隔と同等の値となる。

今回の試験施工後の調査では、まとまった降雨期間は 2 期間であり、効果検証のうえでは面的な評価を含め、データの補強が今後も重要となる。さらに、持続性の確認、営農による耕盤層の再形成等の確認も重要である。

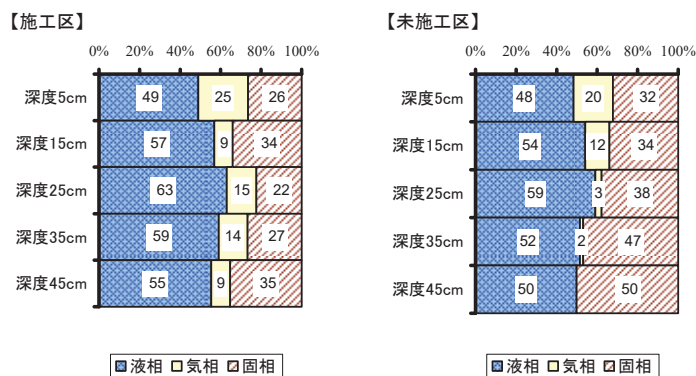


図-8 施工区・未施工区の三相分布  
(降雨後 24 時間経過時点)

## 低速心土破碎による火山灰客土後の畑地における排水改良

北海道オホーツク総合振興局東部耕地出張所

### 1. はじめに

網走管内東部地域の圃場では、作土の土性改良、間隙組成の改良を目的とした粗粒火山灰土客土を実施している。

一方、秋期の降雨、春期の融雪水による土壌流亡が発生し（写真 1～2）、起伏圃場の窪地に発生する停滞水は湿害の原因となる。余剰水を下方へ速やかに排除する必要があるが、慣行の営農作業によって形成される耕盤層は、重力水の排除の制限要因になる。



写真-1 客土後の土壌流亡



写真-2 流亡後の表土損失

圃場の排水機能の保全には心土破碎による耕盤層の破壊が重要であるが、営農（サブソイラ）、工事（パンブレーカ）とも、施工速度が 4km/h を超える場合には土壌の塑性流動により亀裂間隙の閉塞が生じるため、塑性変形による亀裂間隙を維持するには 2km/h 程度の実施が望ましい。

このような背景から、排水・農地保全機能を確保するための心土破碎効果と営農作業の対応手法を確認するために、試験圃場を設定した。

### 2. 客土圃場の問題点と期待される工法の改良効果

#### (1) 客土実施圃場の問題点

網走管内東部地域の傾斜農地には、火砕流堆積物を母材とする堅密土壌が多く分布しており、排水性が不良であるために湿害や土壌侵食を受けやすく、効率的な営農作業を妨げる原因ともなっている。

このような堅密土壌の改良方策として、粗粒火山灰土を客土母材に用いた土層改良「火山灰客土」を実施しているところである。

事業計画上の客土目的は、この堅密土壌の間隙量増大（保水性・排水性改善）、土性改善による作業性の向上である。

しかし、作土（客土）下部層に堅密層が確認されることから、下部層の排水性改善も併せて実施して、生産基盤としての土地改良効果を高める必要がある。

客土工事の工程は、ダンプトラックの土取場積み込み・圃場内への運搬・放下、ブルド

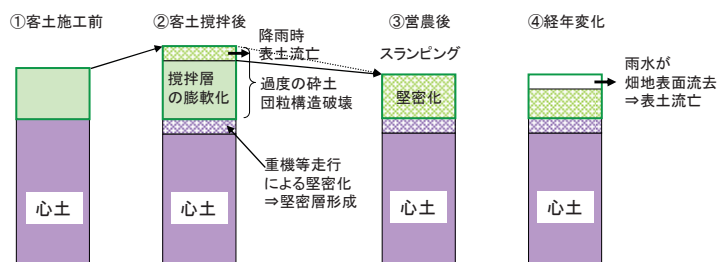


図-1 想定される客土後の堅密化・土壌流亡のイメージ

ーザの客入土の敷均し、ステアアップロータリの攪拌作業（攪拌深度 25cm）である。

従来の客土工事では、攪拌作業を終えた時点で作土層が膨軟となり、作土層の粗間隙が一時的に増加する。しかし、客入土の性状と攪拌作業の実施を考慮すると、施工直後の団粒構造は形成されにくく、その後のスランピングにより、土壌の排水機能を担うマクロ間隙は減少することになる（図-1）。

さらに、施工後の営農作業による反転耕起、碎土の繰り返しにより、堅密な耕盤層が形成され、圃場の排水性が低下する場合がある。

また、粗粒質火山灰土の混和により、粒度分布の砂（粗砂・細砂）の割合が増加して、土壌の締固めにおける最適含水比の低下と乾燥密度の増加が懸念され、作業機械の踏圧による締固めを助長する可能性がある。

このように、客土工事後の営農管理により排水条件を悪化させる可能性があることから、土壌条件に対応した基盤整備と営農管理の連携による圃場の排水性の確保が重要である。

マクロ間隙：土壌中の間隙の内、排水機能を主に担う間隙（粗間隙）で、重力水排除後の間隙量として 24 時間含水量により区分される。

ミクロ間隙：土壌中の間隙の内、保水機能を主に担う間隙（細間隙・微細間隙）で [全間隙量 - マクロ間隙量]。作物が容易に利用できる水分（容易有効水分）を保持している『ミクロ間隙 A』と、作物が吸収しにくいサクシオンで水分を保持している『ミクロ間隙 B』に区分され、ミクロ間隙 A と B は pF3.0 (サクシオン 1000cm) で区分される。

## (2) 団粒構造の保全と心土破碎効果の持続のための工法改良

客土工事後（客土厚 10cm）の圃場の排水性を確保・維持するために、これまでに実施されてきた客土工事の攪拌深さの変更（25cm を 15～20cm に変更）と、排水改良の心土破碎の作業速度を変更（2km/h 以下）した試験圃場を設定した。

さらに、有機物施用、耕起作業機械の変更など、営農管理と連携することとした。

変更・改良の内容は、次の①～③のとおりである。

- ①現在形成されている土壌の団粒構造を保全し、攪拌作業後のスランピングによるマクロ間隙の減少を軽減するために、客土後の攪拌深さを 15～20cm 程度とする。攪拌の使用機械は、通常使用されるステアアップロータリを用いず、農家所有の碎土機（ロータリハロー）とする。
- ②降雨、融雪水の下方への排除を促進し、土壌流亡と表面停滞水を軽減するために、パンブレーカによる心土破碎を実施する。土壌の塑性流動による亀裂間隙の閉塞が生じない速度として、心土破碎の速度は 2km/h 以下に設定する。ここでは、2km/h 以下の心土破碎を「低速心土破碎」と呼ぶ。
- ③客土層・攪拌層のマクロ間隙の保全と団粒構造の発達を促進させるために、有機物資材の投入と緑肥の鋤き込みを実施する。なお、鋤き込みの際は、プラウによる反転耕起は行わず、チゼルプラウによる粗耕起とする。

## (3) 期待される工法の改善効果

これまでに実施されてきた客土工事の攪拌作業と排水改良の心土破碎について、攪拌深さと心土破碎作業速度を変更し、営農管理と連携することにより、次の効果が期待される。

- ①心土破碎の亀裂（下層）の持続性向上による土壌流亡・湿害の軽減
- ②マクロ間隙の保全による保水性・排水性の確保
- ③排水性改善による作物収量・品質の維持・向上

## 3. 営農作業と施工工程

試験圃場（2009 年施工）は、秋播き小麦の収穫後の圃場で、施工後は緑肥（エン麦）が播種され、2010 年はテンサイが栽培されている。

試験圃場の営農作業と客土工事、低速心土破碎の工程を図-2 に示す。作土層 (Ap 層) のマクロ間隙を保全するために、テンサイ移植前の反転耕起作業は省略して、チゼルプラウによる粗耕起とした。

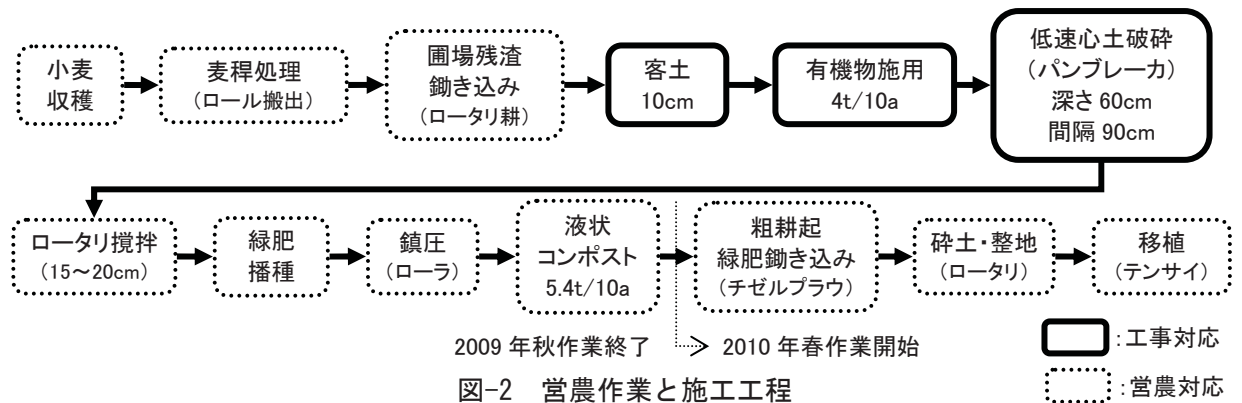


図-2 営農作業と施工工程

#### 4. 試験圃場の概要

##### (1) 試験圃場内の試験区設定

それぞれの試験区の条件は表-1 のとおりである。客土工事後の低速心土破碎の効果を確認するために、図-2 に示した工程で実施する試験区①と対照区を 4 区(試験区②~⑤)設定した。また、通常の工程で施工した後心土破碎の施工速度を 5km/h 程度に設定した区を追加した(試験区⑥)。

表-1 試験区の条件

区分	試験の施工条件
試験区①	客土(10cm) + 低速心土破碎 + 有機物施用
試験区②	客土(10cm) + 心土破碎(通常速度) + 有機物施用
試験区③	客土(10cm)
試験区④	工事なし
試験区⑤	客土なし・低速心土破碎 + 有機物施用
試験区⑥	客土(10cm) + 攪拌深 25cm + 心土破碎(高速)

##### (2) 施工前の土壌条件

農地の物理的構造とは、間隙組成(マクロ間隙・ミクロ間隙)や飽和度、飽和透水係数などにより根群域土壌の物理的機能(排水・保水機能)の発現状況を表したもので、間隙量は  $V_p/M_s$  ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) で表示し、マクロ間隙とミクロ間隙の区分には 24 時間含水量を用いた。

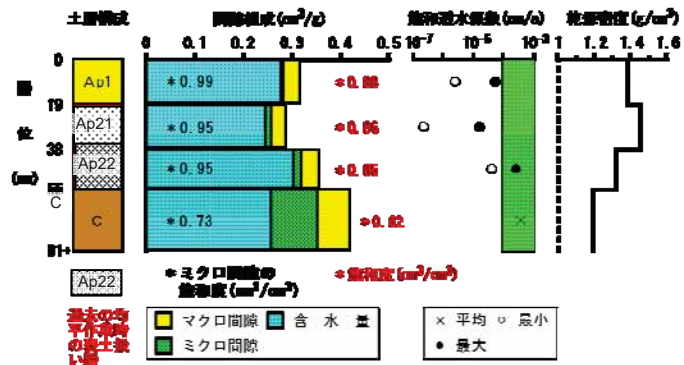


図-3 試験圃場の物理的構造

秋播き小麦収穫後の試験圃場の物理的構造(図-3)をみると、北海道の畑作で慣行的な耕耘管理「プラウ反転耕起・ロータリ攪拌砕土」の影響を受けて Ap 層は Ap1 層(ロータリ耕深)と Ap21 層(プラウ耕深とロータリ耕深の間)に土層分化しており、客入対象となる Ap1 層に加えてその直下のプラウ耕深までの土層が堅密土壌と化している(乾燥密度  $1.3 \sim 1.4 \text{g}/\text{cm}^3$ )。しかも排水機能を担うマクロ間隙量は  $0.05 \text{cm}^3/\text{g}$  を下回り少ないため、飽和透水係数は  $10^{-7} \sim 10^{-5} \text{cm}/\text{s}$  のオーダーとなり、排水性が極めて劣悪である。

このような Ap2 層が制限要因になる場合、Ap1 層に限定される通常の客土「混層耕」の施工だけでは、土層改良の効果

表-2 試験区別心土破碎施工速度

区分	速度区分	[単位: km/h]		
		平均施工速度	最大速度	最低速度
試験区①	低速心破	1.95	2.16	1.63
試験区②	通常心破	3.06	3.22	2.85
試験区⑤	低速心破	1.88	2.04	1.66
試験区⑥	高速心破	5.43	5.89	4.95

発現が十分に現れない可能性が予想される。

なお、土壌の理想的な飽和透水係数である  $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$  オーダを確保するためのマクロ間隙の適正範囲は  $0.05 \sim 0.15 \text{cm}^3/\text{g}$  である。



写真-3 試験圃場の低速心土破碎

### (3) 心土破碎の実施状況

試験圃場の低速心土破碎は、パンブレイカによって実施した（写真-3）。

施工深さは 60cm、施工間隔は 90cm とした。これは、網走管内における一般的な施工条件である。

また、低速心土破碎のブルドーザの走行速度は、平均 1.9km/h であり、低速心土破碎の施工条件 (2km/h 以下) を満足した。

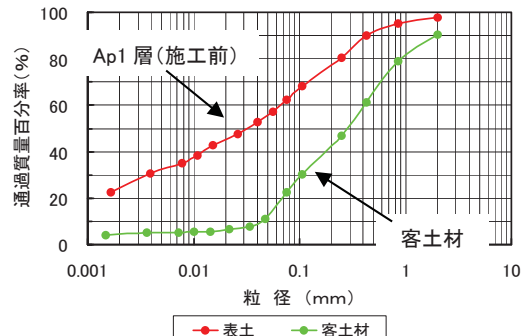


図-4 試験圃場の Ap1 層と客土材の粒度分布

## 5. 試験調査の結果と考察

### (1) 火山灰客土による堅密難透水性の Ap 層の土層改良効果

道営事業の火山灰客土工事では、耕深 25cm 程度のステアアップロータリを用いて客土材と表土 (Ap1 層) を攪拌混和する方法が一般的であるが、本試験区では営農の耕耘管理に用いられる耕深 15~20cm のロータリハローを使用したため、施工後の Ap1 層は相対的に客土材の割合が多くなっている。客土材には、火砕流堆積物起源の粗粒火山灰土を採用した (図-4 参照)。

試験圃場を設置した「網走西地区」には、降下火山灰を母材とする「黒ボク土」からなる農地も分布しており、

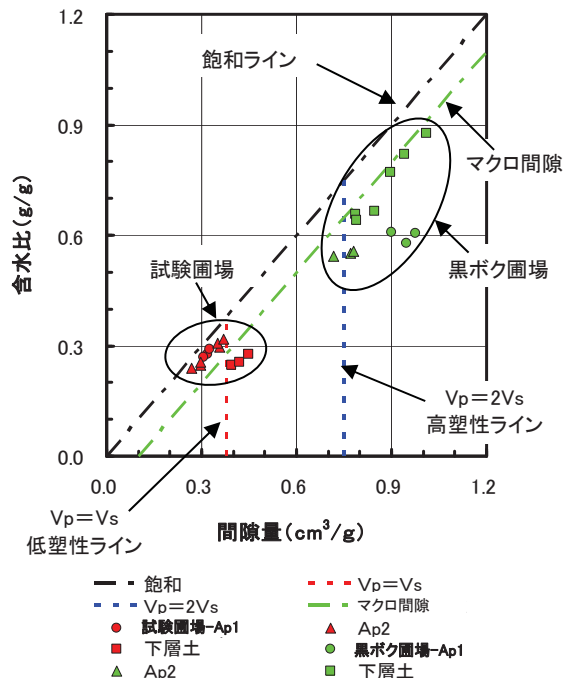


図-5 黒ボク圃場と堅密圃場の間隙量

図-5 にみられるように近傍圃場の間隙量およびマクロ間隙量が試験圃場とは著しく異なることから、当該圃場の堅密土壌がいかに劣悪であったかが判る。

火山灰客土施工

後に緑肥を作付した試験圃場の Ap

層の間隙組成を図-6 に示すが、客入

土層 Ap1 層の間隙

量は明らかに増加

しており、火山灰

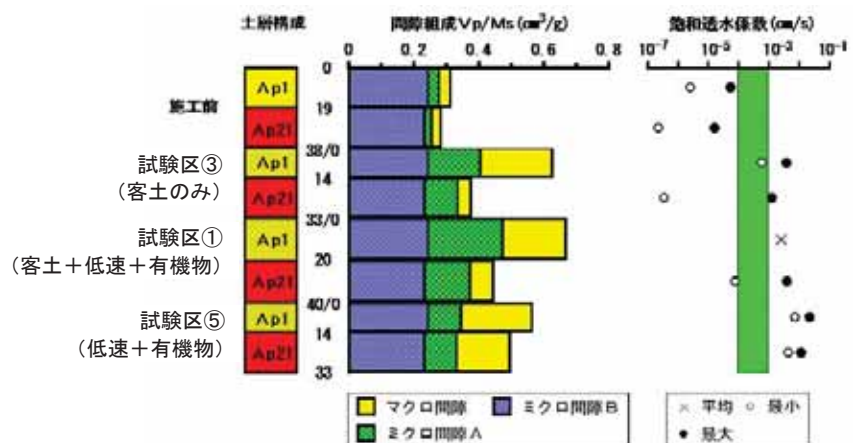


図-6 火山灰客土による Ap 層の間隙組成

客土による堅密土壌に対する土層改良効果がうかがえる。

特に、排水機能を担うマクロ間隙に加えて保水機能を担うミクロ間隙 A も増加していることが注目される（ミクロ間隙 A と B の区分には 1000cm 水分（pF3.0）を用いた）。

客土工のみの試験区③では客入土層直下の Ap21 層の排水機能は従前どおりであるが、低速心破を併用した試験区①では Ap21 層の排水機能も改善されている。

このことは、本試験圃場の物理的構造に対応した土層改良工法として、「火山灰客土＋低速心破」の組合せが有効であることを示唆するものである。一方、「低速心破＋有機質資材の投入」の組合せの試験区⑤は間隙量の増大による堅密土壌の改良効果は認められるものの、マクロ間隙量が過大になることから間隙構造の安定性に問題が残る。

## (2) 客入土層（Ap1 層）の間隙構造の安定性

積雪寒冷地の北海道における傾斜農地では、融雪水による土壌侵食対策は生産基盤の機能保全はもちろんのこと周辺の水質環境保全の面からも極めて重大な課題であり、本試験圃場においても火山灰客土施工後の表土（Ap1 層）の土壌構造の安定性を図るために緑肥を作付けして裸地状態での越冬を避けたところである。

ここでは、圧縮性の面から各試験区の Ap1 層の間隙構造の安定性を検討した。

図-7 に Ap1 層の圧縮曲線を示すが（24 時間含水量）、試験区③と①は施工前の堅密土壌と同程度の圧縮性を示している。すなわち、火山灰客土により Ap1 層の間隙量は増加するが再生した間隙構造は比較的安定しており、客土母材に用いた粗粒火山灰土は土壌の塑性発現を抑制する効果をもつといえる。

これに対して、試験区⑤は試験区①および③よりも間隙量の増加はやや少ないにもかかわらず圧縮性が極めて大きく、「過度の砕土」の影響を受けた場合と同様に間隙構造が不安定である。

従って、有機質資材施用による土壌構造の安定化を確認するには、至らなかった。

## (3) 心土破碎施工直後の土壌水分ポテンシャルの変動

施工後の試験区ごとの土壌水分ポテンシャル（pF 値）の変動（図-8）は、降雨に反応して 10 月上旬以降に低下がみられている。

深さ 25cm までは各区とも同様な変動を示しているが、深さ 35cm・50cm では、心土破碎を実施していない試験区③と試験区④の降雨後の低下度合いが鈍い場合がみられ、降雨が下層へ浸透しにくい状況がうかがえる。

特に、10 月 9 日の表層（10 cm・15cm）は、下層への浸透が鈍く飽和状態にあったと考えられ、多量の降雨時に停滞水が生じ、土壌流亡の原因となる可能性がある。

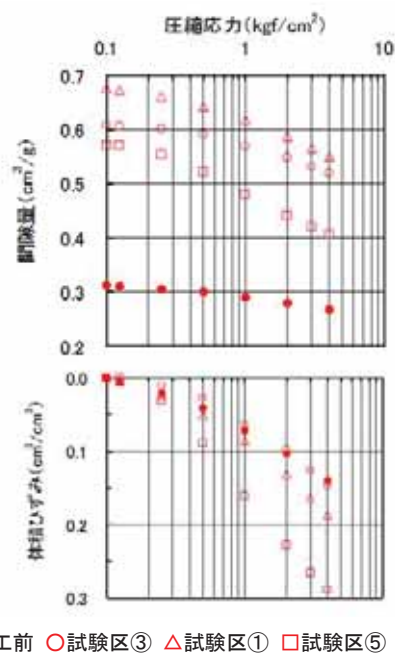


図-7 Ap 層の圧縮曲線



#### (4) 亀裂直上の浸透速度

インテークレート試験用の円筒内に 3000cc の水を入れて、全てが浸透するまでの時間を測定した。

測定結果から、施工後の Ap2 層 (心土破碎亀裂直上) の浸透速度は、試験区① (38cc/s) が試験区② (24cc/s) の 1.6 倍程度の値を示し、試験区②では同一区内でのばらつきが大きかった。

このように、施工直後のデータでは、低速心土破碎を実施した試験区①の浸透速度の値が大きく、排水性確保のうえでは優位となる。しかし、施工後 1 ヵ月半程度の経過時点でのデータあるため、1 年経過後のデータで評価する予定である。

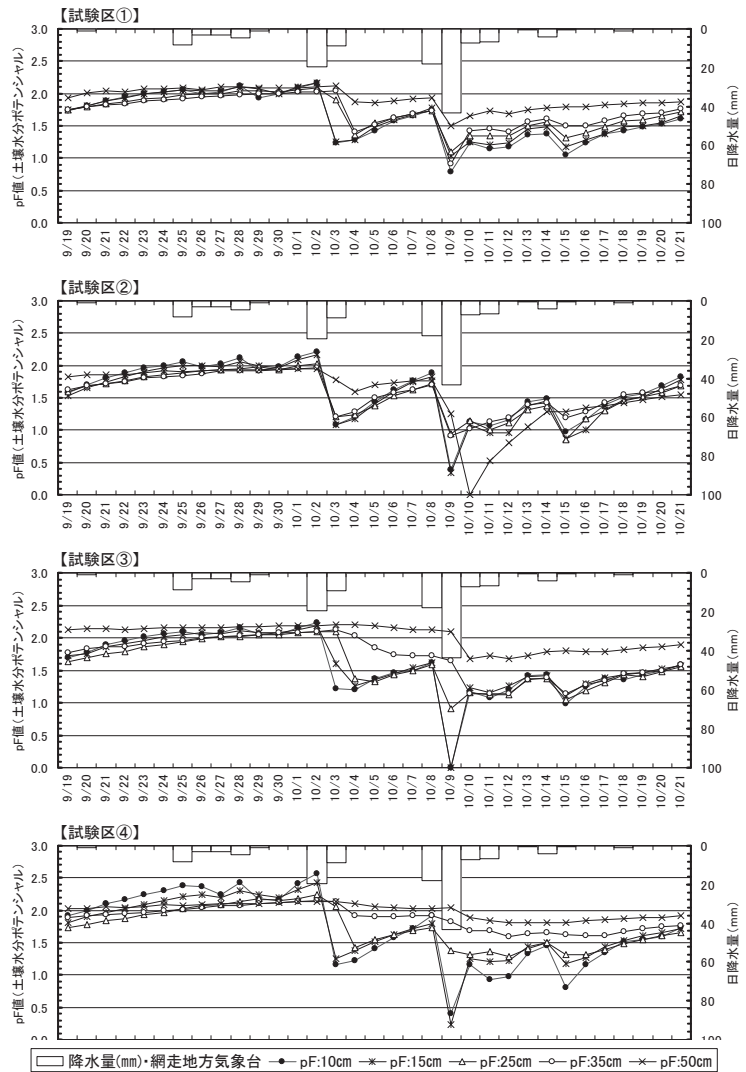


図-8 土壤水分ポテンシャルの変動 (2009 年)

#### (5) 2010 年の調査経過

2010 年は、テンサイの移植後から、土壤水分ポテンシャルの測定、生育調査を実施している。

また、収量調査後には、インテークレート試験、24 時間容水量試験等を実施して、調査区ごとの比較から、客土と低速心土破碎効果を評価する予定である。

現時点では、作物生育期間で植被の影響もあり、試験区ごとの土壤水分ポテンシャルの変動に大きな差はみられていない。

また、テンサイの生育調査 (図-9) では、試験区①の根周の値が良好であり、収量調査結果を期待しているところである。

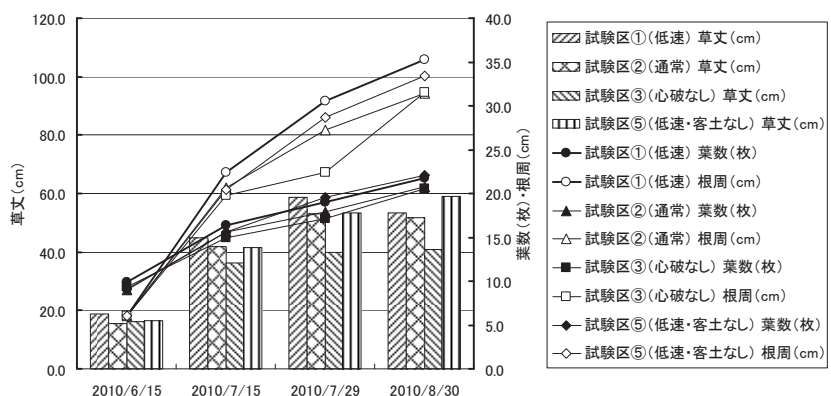


図-9 テンサイの生育調査データ (2010 年)

## 6. おわりに

堅密土壌に対する土層改良「火山灰客土」の効果発現には、改良対象となる農地の物理的構造を考慮した施工法の確立が不可欠である。

慣行的な耕耘管理によって、客入対象土層直下に難透水性の堅密土層（耕盤層）が存在する場合に、「低速心破」を併用する土層改良工法が有効であり、今後、試験圃場データからとりまとめを行う予定である。

また、粗粒火山灰客土と営農による有機物施用、鋤き込みは、土壌流亡を抑制するうえでも効果的であると考えられる。

土壌流亡予測式（USLE）における土壌係数（K 値）は、粒径組成、有機物含有量、土壌構造、ベーシックインターケートの値に左右されることから、客土と「低速心破」の併用は、流亡土量抑制に寄与すると推察される。

農業農村整備事業により整備した生産基盤の整備効果を持続的に発揮していくためには、営農における計画的な有機物施用・鋤き込み、心土破碎、耕起・碎土方法など、営農管理との連携が重要である。

特に、地域の地形、土壌、営農条件を考慮した、きめ細かな排水改良と営農対応の検討とその普及が重要であるため、生産基盤整備効果を持続するための営農マニュアル等を検討し、啓発普及を予定している。