

既設暗渠の機能診断とモミガラ補助暗渠の施工試験

北海道空知総合振興局南部耕地出張所

1. はじめに

農業農村整備事業によって暗渠排水が整備されている圃場において、近年の降水日の集中による多雨条件下では、転作作物の湿害発生、転作圃場の適期作業の遅延、水田圃場の収穫前後の管理作業の遅延などが生じており、圃場排水機能の向上が求められている。

これまでの圃場整備（1次整備）で整備された暗渠（既設暗渠）の機能低下の要因は、暗渠吸水渠・集水渠内の堆泥または閉塞、疎水材（モミガラ）の腐朽、泥炭土の乾燥収縮・分解に伴い生じる不陸による逆勾配化・暗渠管のずれ、埋設深の低下（浅層化）などである。

また、既設暗渠本体が機能している場合でも、暗渠上部の土壌物理性悪化、農作業による耕盤層の形成等により、疎水材までの水みちの連絡が絶たれ、排水不良となる場合がある。

そのため、機能低下要因を明確にし、モミガラ既設暗渠の機能回復を図るのか、または、再整備が必要となるかを検討することが重要である。

現在、南幌町等では、疎水材心土充填機を導入し、補助暗渠の整備を徐々に進めている。

本暗渠に補助暗渠を組み合わせることで、暗渠吸水渠上部の疎水材まで余剰水が誘導され、圃場排水性が向上し、農作物の生育・収量・品質の向上、適期作業の実施と作業性の向上が期待される。さらに、整備後年数が経過した本暗渠への余剰水排除が回復し、排水機能の再生も期待される。

このような背景から、南幌町内に調査圃場を設定して、①既設暗渠の機能診断、②既設暗渠への集中管理孔接続、③モミガラ補助暗渠の施工を実施した。

各調査圃場における現地調査結果から、既設暗渠の機能診断結果、集中管理孔接続による排泥状況、補助暗渠施工による土壌の乾燥傾向等について報告する。

2. 調査概要

①既設暗渠の機能診断

暗渠排水が整備されてから10年以上経過した圃場において、暗渠排水の機能診断を実施し、補助暗渠排水との組み合わせによる機能回復の可能性や再整備の必要性を検討した。

調査圃場は、平成8年から平成11年に暗渠排水が整備されており（表-1）、配線方式は「くし型」、管種は「素焼土管」、疎水材は「モミガラ」である。

現地調査は、平成23年では①NH～⑤ASの5圃場、平成24年ではSSDの1圃場で、作物の収穫後に実施した。

調査内容は、暗渠吸水渠・集水渠の合流部を掘削し、疎水材の腐朽状況を確認した。また、暗渠直上部の土壌を採取し、飽和透水試験を実施した。

さらに、吸水渠、集水渠内部に内視カメラを挿入し、管のずれ、堆泥状況を確認した。これらの調査結果をもとに、既設暗渠の機能診断を行った。

表-1 既設暗渠の機能診断調査圃場

調査年度	調査圃場	暗渠整備実施年度	事業・地区名
平成23年	①NH	平成10年	道営担い手育成基盤 清幌地区
	②NH	平成10年	
	③AS	平成11年	
	④AS	平成8年	
	⑤AS	平成10年	
平成24年	SSD	平成10年	道営土地改良総合整備事業 青葉地区

②既設暗渠への集中管理孔接続

既設暗渠の排水機能の再生（堆泥洗浄）を目的に、既設暗渠に集中管理孔と連絡渠を接続して、用水を通水することによる排泥状況を確認した（平成23年・①NH圃場）。

また、既設暗渠の機能診断で堆泥状態が確認されたSSD圃場において、集水渠と用水路を接続して、排泥状況と堆泥厚の変化を確認した。

③モミガラ補助暗渠の施工試験

暗渠排水が平成10年、平成22年に整備された圃場において、モミガラ補助暗渠を施工する試験区と、施工しない対照区を設定した。

現地調査では、補助暗渠効果を確認するために、降雨後の土壌水分ポテンシャル(pF値)の変化、作物収量調査等を実施した。

3. 調査・検討結果

3-1. 既設暗渠の機能診断

(1) 平成23年度調査結果

①暗渠断面掘削調査

①NH、②NH、③AS、④AS、⑤ASの5圃場で、暗渠埋設深（管頂）までの断面を確認した。また、暗渠直上部の土壌および疎水材を採取して、飽和透水係数を確認した。

疎水材の断面積は、標準断面に対し5～64%に減少しており、疎水材に利用されたモミガラが腐朽している状況が確認された（表-2、図-1-1～2）。

特に、転作年数が長く、復田直後であった④AS圃場は、疎水材はほぼ消失しており、埋設深（管頂）は55cmと浅かった。

掘削断面周辺部の土層構成は、A層以深は泥炭層であった。埋戻し土の状況は、疎水材の断面減少に伴い、上部の埋戻し土が沈降している状況が確認された。また、⑤AS圃場では、プラウ耕により心土が作土層に混入しており、埋戻し土がほぼ消失していた。

暗渠埋設深（管頂）は、③AS圃場を除き60cm以上であった。深度60cm以上であれば、水田の暗渠排水の計画地下水位（常時地下水位）40～50cmとする調整機能は確保され、また、サブソイラによる心土破碎作業によって破損しない深度（50cm程度）であると判定できる。

埋戻し土の土壌硬度（ち密度）は、指標値である15～20mm（鋤床層）の範囲にあり、堅密な状況ではなかった。

一方、A層の土壌硬度は、③AS・④AS・⑤AS圃場で指標値を上回り、やや堅密な傾向にあった。

A層の飽和透水係数（表-3）は、③AS圃場を除き、 $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{cm/s}$ オーダであり、透水性に劣っていた。一方、③AS圃場は、 10^{-3}cm/s オーダと良好な値を示した。③AS圃場は、断面調査時の耕盤層付近でも、下層への水の浸透が目視で確認でき、圃場内の湛水（停滞水）もなく、圃場全体の排水性が良好であった。

埋戻し土の飽和透水係数は、④AS圃場以外は $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ オーダで、良好な状態であった。一方、④AS圃場は 10^{-7}cm/s オーダと小さかった。これは、他の圃場と比較して土壌

表-2 疎水材断面積

[単位：cm²]

調査圃場	吸水渠	集水渠
①NH	455 (34)	
②NH	419 (31)	562 (42)
③AS	739 (55)	835 (62)
④AS	72 (5)	
⑤AS	857 (64)	
標準断面	1,343 (100)	1,343 (100)

※()内は、標準断面を100とした場合の指数。

表-3 暗渠直上部の飽和透水係数

[単位：cm/s]

層位	①NH	③AS	④AS	⑤AS
A	9.8×10^{-7}	1.2×10^{-3}	1.3×10^{-6}	3.4×10^{-7}
埋戻し	2.6×10^{-3}	2.1×10^{-4}	2.6×10^{-7}	-
疎水材	7.9×10^{-2}	1.0×10^{-1}	-	1.0×10^{-1}

硬度は同等の値を示したが、疎水材断面が大きく減少していることから、埋戻し土に相当する部分が圧縮され、土壌孔隙が減少した可能性が考えられる。

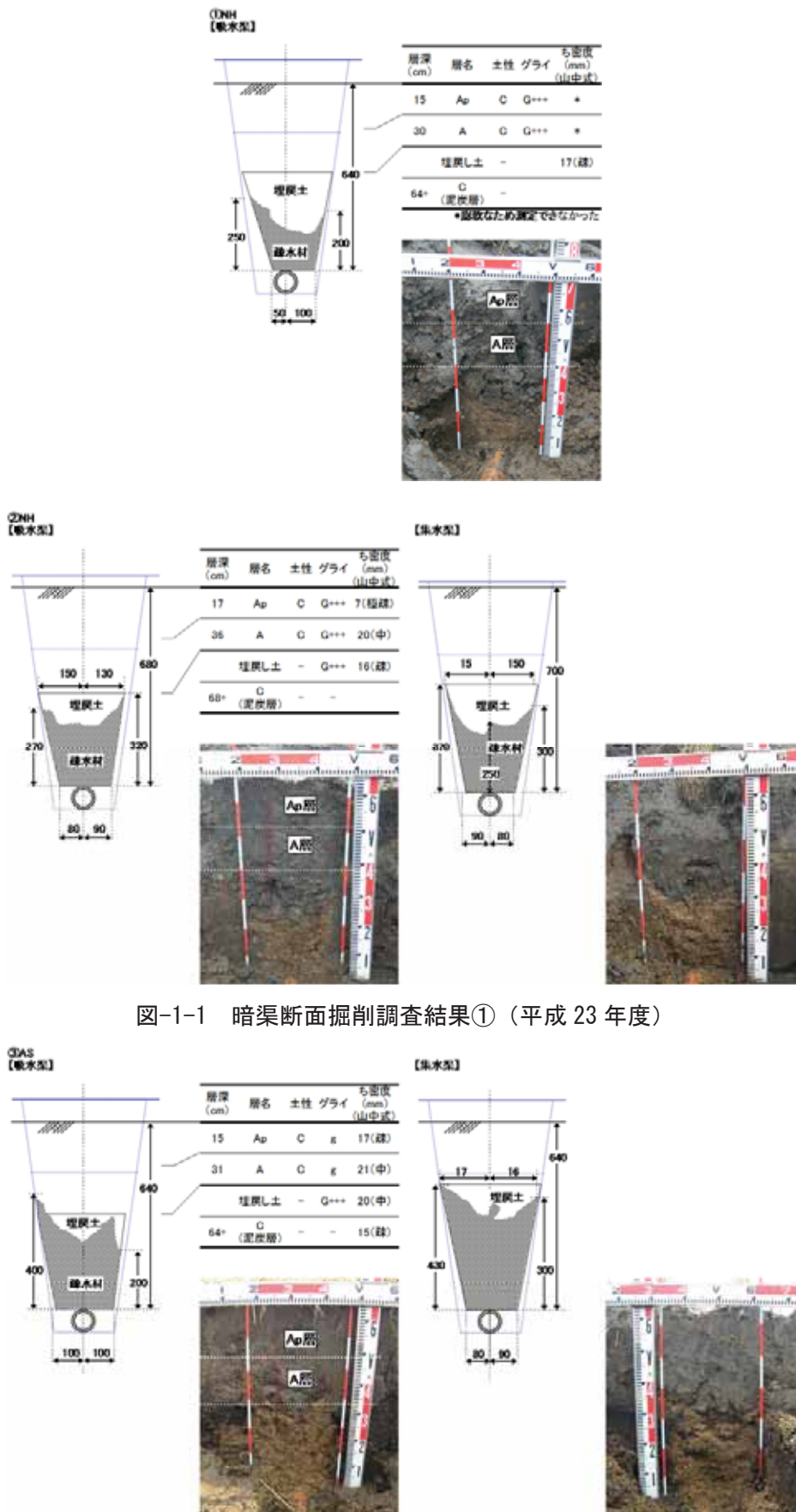


図-1-1 暗渠断面掘削調査結果①（平成 23 年度）

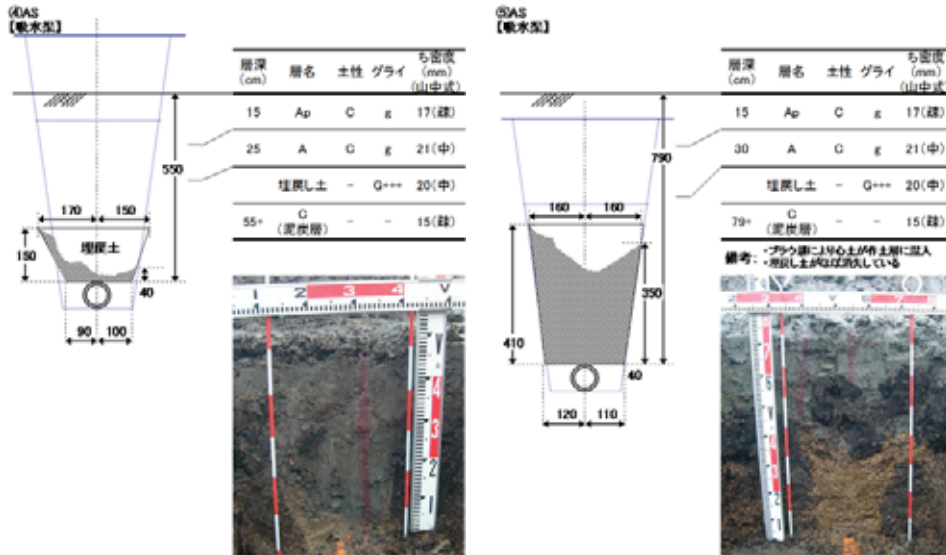


図-1-2 暗渠断面掘削調査結果②（平成 23 年度）

②内視カメラ調査

暗渠管内に内視カメラ（φ28mm）を挿入し、管のずれ、堆泥状況等を観察した。

暗渠管（素焼土管）のずれは、全圃場の集水渠・吸水渠で部分的に確認された。内視カメラが挿入できないほどのずれが確認された圃場もあるが、通水断面が閉塞するような状況はみられなかった。

④AS 圃場の吸水渠のずれは、上流側の管底が沈下し、上流からの流水は管底部に流れ込んでいるものと思われ、通水機能の低下が想定される（写真-1）。

また、各圃場とも一部分では、堆泥（軽度）・停滞水が確認されており（写真-2）、管のずれや部分的な逆勾配（不陸）がその要因と考えられるが、施工直後の状況がわからないため経年的な変化の程度までは判定できなかった。



写真-1 暗渠管のずれ
（④AS 圃場吸水渠）



写真-2 堆泥状況
（③AS 圃場吸水渠）

(2) 平成 24 年度調査結果

SSD 圃場で、暗渠埋設深（管頂）までの断面を確認した。また、暗渠直上部の土壌および疎水材を採取して、飽和透水係数を確認した。

疎水材の断面積は、標準断面に対し 0～57%に減少しており、疎水材に利用されたモミガラが腐朽している状況が確認された（表-4、図-2-1～2）。

掘削断面周辺部の土層構成は、暗渠埋設深以浅に泥炭層の出現はなかった。埋戻し土の状況は、疎水材の断面減少に伴い、沈降している状況が確認された。

暗渠埋設深（管頂）は、各地点とも 60cm 以上であり、常時地下水位・サブソイラ作業深度を確保していると判定できる。

A 層と埋戻し土の土壤硬度（ち密度）は、試験

表-4 疎水材断面積

[単位：cm/s]

調査圃場	調査地点	吸水渠	集水渠
SSD	試験区 用水側	256 (25)	323 (27)
	試験区 中央	87 (9)	134 (11)
	対照区 用水側	572 (57)	271 (23)
	対照区 中央	0 (0)	335 (28)
標準断面		1,006 (100)	1,182 (100)

※()内は、標準断面を100とした場合の指数。

表-5 暗渠直上部の飽和透水係数

[単位：cm/s]

層位	中央	用水側
A	4.3×10^{-3}	4.9×10^{-3}
埋戻し	4.7×10^{-3}	7.8×10^{-4}
疎水材	-	1.2×10^{-2}

区中央地点の埋戻し土を除き、指標値である 15~20mm（鋤床層）を上回り、堅密な状況にあった。

しかし、A層と埋戻し土の飽和透水係数は、 $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ オーダと良好であった(表-5)。これは、SSD 圃場の調査が大豆間作の秋播き小麦収穫後であったため、不耕起状態が1年以上継続したことで、土壌の亀裂が発達したためと考えられる。なお、亀裂の発達は、断面調査時にも確認している。

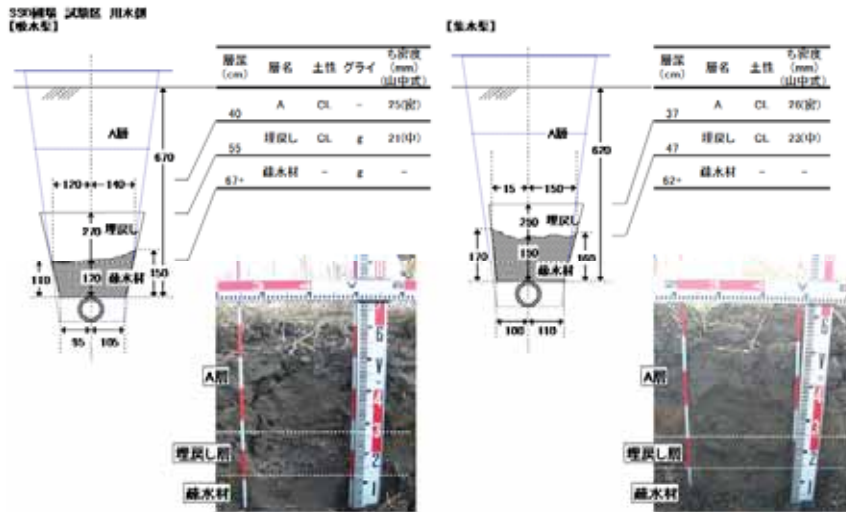
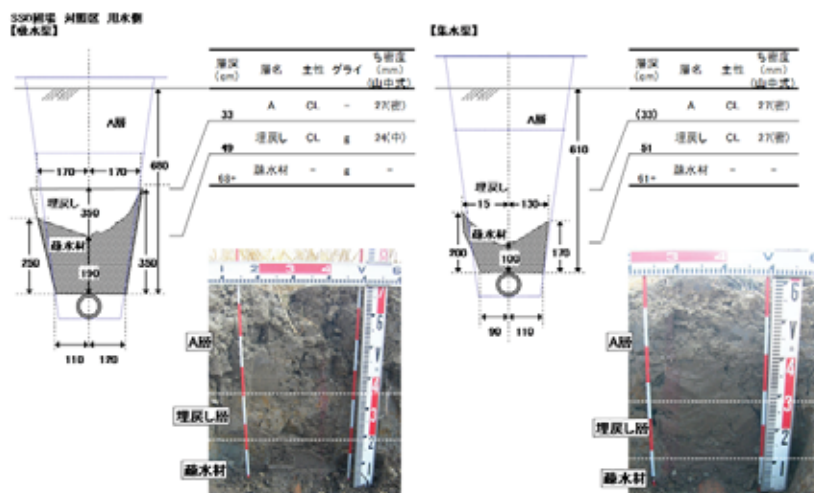
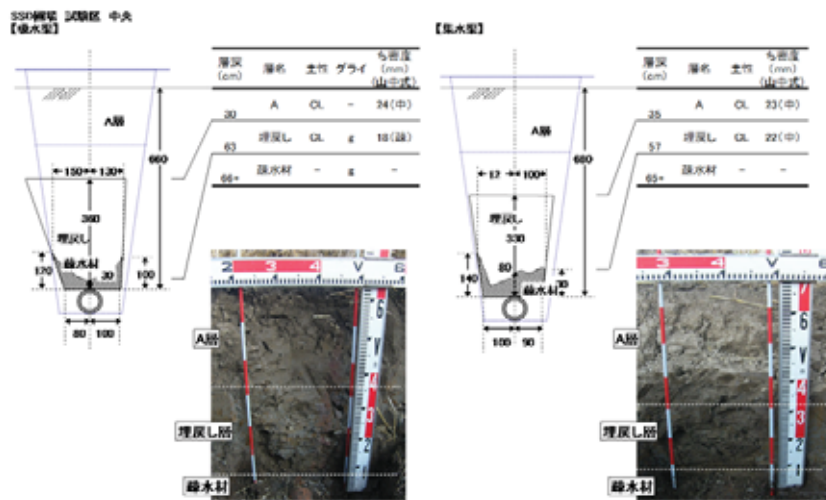


図-2-1 暗渠断面掘削調査結果①（平成 24 年度）



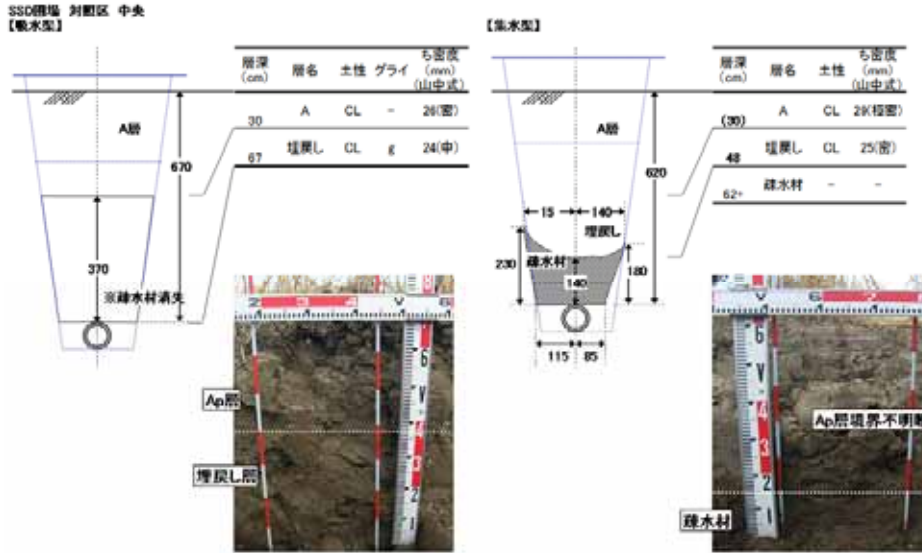


図-2-2 暗渠断面掘削調査結果②（平成24年度）

(3) 既設暗渠の機能診断

平成23年度調査圃場4圃場、平成24年度調査1圃場について、既設暗渠の機能診断を実施した（表-6）。診断項目は、暗渠管、疎水材、埋戻し土等である。

診断に基づく対策としては、暗渠管内の堆泥対策は集中管理孔の接続、疎水材の腐朽進行対策と耕盤層対策としてモミガラ補助暗渠施工による機能回復が必要であると判断した。

これらの対策により、機能回復が可能であれば、再整備に比べコスト縮減が期待できる。

表-6 既設暗渠の機能診断

項目	部位および管理	具体的項目	調査圃場の診断 ^{*1}					診断に基づく対策 ^{*2}				
			①NH	③AS	④AS	⑤AS	SSD	①NH	③AS	④AS	⑤AS	SSD
構造的排水不良化	暗渠管	破損	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		ズレ	部分的	同左	同左	同左	-	-	-	-	-	
		不具合な勾配	部分的	同左	同左	同左	-	-	-	-	-	
		浮き上がり	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		泥土堆積	部分的	部分的	部分的	部分的	堆泥あり	A	A	A	A	A
	疎水材	腐朽	腐朽進み、一部消失	腐朽進み、一部消失	ほぼ消失	腐朽進み、一部消失	腐朽進み、一部消失	B	B	再整備	B	B
		泥土混入	腐朽に伴う泥土化	同左	同左	同左	同左	B	B	B	B	B
圧縮変化		腐朽に伴う断面減少	同左	同左	同左	同左	B	B	B	B	B	
埋戻し	埋戻し土の物理的悪化	-	-	透水性不良	-	-	-	-	再整備	-	-	
水間および立ち上がり管	破損および老朽化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
不適切な営農作業による排水不良化	排水路管理	管理不良による排水口の埋没	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	地表排水管理	管理不良による地表残留水発生、凸凹	防除通路で一部確認	同左	同左	同左	同左	C	C	C	C	
	過度の代かき	土壌構造破壊	-	-	-	-	(転作)	-	-	-	-	
	機械作業	耕盤層発達、粗孔隙の消失	耕盤層形成あり、透水性不良	同左	同左	同左	同左	C	C	C	C	
土壌要因的排水不良化	暗渠管	酸化鉄の沈積、鉄バクテリア膜の形成	-	-	-	-	管内堆泥表面で確認	-	-	-	-	

*1:①～⑤ほ場は平成23年10月時点、SSDほ場は平成24年9月時点の評価
*2:機能回復方法

- A 集中管理孔接続～洗浄
- B モミガラ補助暗渠で暗渠直上に疎水材投入
- C モミガラ補助暗渠で暗渠と直交させて疎水材投入

3-2. 既設暗渠への集中管理孔接続

(1) 平成 23 年度調査結果

①NH 圃場では、既設暗渠の掘削調査により暗渠管内の堆泥状況を確認し、一方、通水障害となる暗渠管のずれ、破損、逆勾配等の構造的な不良要因がないことを確認している。

よって、既設暗渠管内の堆泥洗浄を目的に、平成 22 年に集中管理孔・連絡渠を吸水渠上流端に接続し、用水の通水を可能とした。

平成 23 年の代かき入水時（5 月 13～15 日）に、集中管理孔から暗渠管内に通水し、水平水閘からの土砂排除状況を観察した。

通水後、2 時間後に水閘を開放すると、泥水が排除された。さらに、通水 1 日経過後、2 日経過後に水閘を開放し、排水の濁り状況を確認すると、濁りはほとんどみられなかった（写真-3）。

このように、集中管理孔からの通水による洗浄効果は確認された。

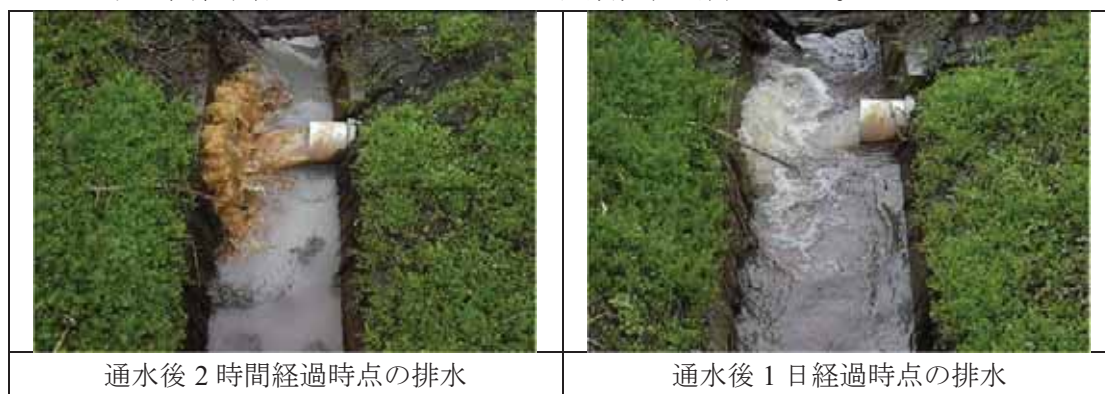


写真-3 ①NH 圃場排泥状況

(2) 平成 24 年度調査結果

SSD 圃場では、既設暗渠の機能診断を実施（平成 24 年 8 月 3 日）した結果、暗渠管内の堆泥が確認された。

そのため、用水通水による堆泥洗浄効果を簡易的に確認するために、分水トラフ・接続管を設置し、集水渠上流端に接続して、用水を通水した（写真-4）。



写真-4 集水渠と用水路の接続

通水前後の暗渠管内の堆泥割合（堆泥断面積の通水断面に対する割合）を同一地点で比較し、排泥効果を確認した。

通水前の堆泥割合は 6～57%で、通水断面が半分以上減少している地点が確認された（表-7・写真-5）。一方、通水後の堆泥割合は 6～33%で、通水後に減少した地点がみられ、洗浄効果が確認された。

洗浄後の内視カメラによる集水渠管内の観察でも、堆泥・管のずれは確認されたが、通水障害となるような状況はみられなかった。

表-7 集水渠内の堆泥状況

調査区	項目	用水 (φ 90)			中央 (φ 120)		
		堆泥厚 (cm)	堆泥面積 (cm ²)		堆泥厚 (cm)	堆泥面積 (cm ²)	
試験区	洗浄前 (8/3)	5.0	36.3	(57)	3.1	23.2	(20)
	洗浄後 (8/9)	3.3	20.7	(33)	1.7	9.4	(8)
	洗浄前-後	1.8	15.6	(25)	1.5	13.8	(12)
	通水断面	0.0	63.6	(100)	0.2	113.1	(100)
対照区	洗浄前 (8/3)	1.0	3.9	(6)	1.5	8.2	(7)
	洗浄後 (8/9)	1.0	3.9	(6)	2.3	14.7	(13)
	洗浄前-後	0.0	0.0	(0)	-0.8	-6.5	-
	通水断面	0.0	63.6	(100)	3.0	113.1	(100)

※()内は、通水断面を100とした場合の指数。

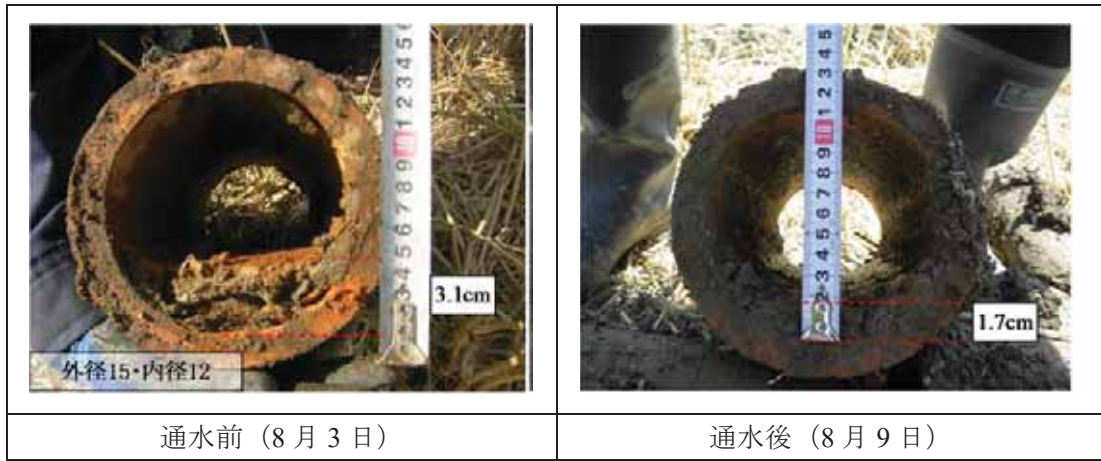


写真-5 集水渠の堆泥状況の変化 (SSD 圃場試験区中央地点)

このように、通水による既設暗渠の堆泥洗浄効果が期待できることから、平成 25 年 8 月に集中管理孔・連絡渠を吸水渠上流端と接続し、用水路を接続した。

3-3. モミガラ補助暗渠の施工試験

(1) モミガラ補助暗渠の施工

SSD 圃場では、既設暗渠の機能診断により疎水材の断面減少が確認されたため、吸水渠・集水渠直上と吸水渠に直交するライン (5m 間隔) に、補助暗渠を施工した (施工日：平成 24 年 8 月 7 日、図-3)。

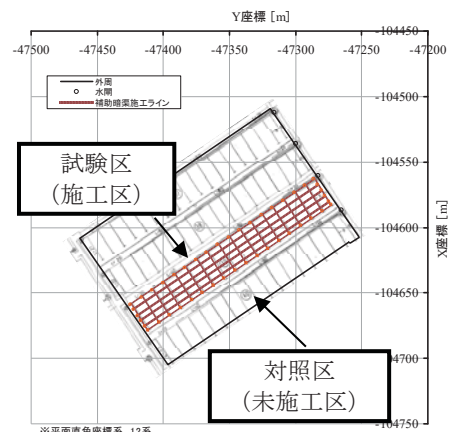


図-3 SSD 圃場補助暗渠配線図

ODT 圃場では、モミガラ補助暗渠の適正間隔を検討するため、3m・5m・10m 間隔で吸水渠に直交するラインで施工した (施工日：平成 24 年 5 月 11~12 日、図-4)。

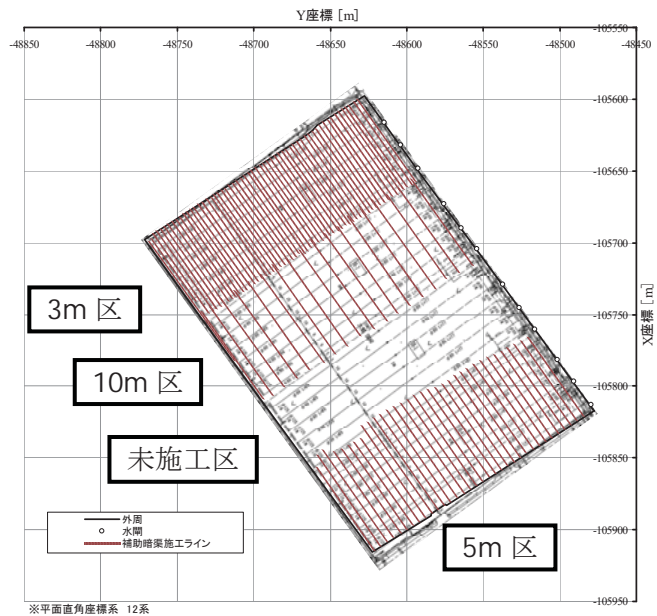


図-4 ODT 圃場補助暗渠配線図

既設暗渠排水の標準断面は図-5 のとおりで、SSD 圃場は平成 10 年、ODT 圃場は平成 22 年に整備された。また、補助暗渠の標準断面は、深度 0.5m、幅 0.1m、モミガラ投入深度 0.2~0.5m である (図-6)。

施工後の補助暗渠の断面は、写

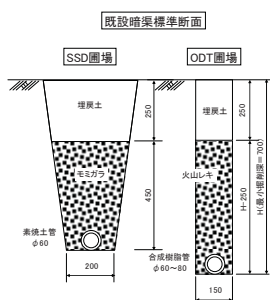


図-5 既設暗渠標準断面

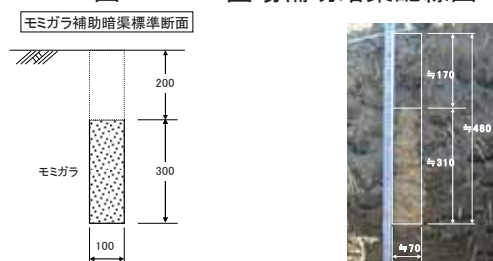


図-6 補助暗渠標準断面

写真-6 補助暗渠施工後断面

真-6 のとおりで、概ね標準断面が確保されていた。

(2) 降雨後の土壤水分ポテンシャルの変化

補助暗渠施工後の効果（土壤の乾きやすさ）を確認するために、土壤水分ポテンシャル（pF 値）を測定した。測定深度は 5・15・25・35・45cm の 5 深度である。

測定地点は、SSD 圃場では補助暗渠施工前と施工後に 2 区（試験区・対照区）、ODT 圃場では補助暗渠施工後に 4 区（3m 区・5m 区・10m 区・未施工区）とした。

①SSD 圃場

深度 45cm の pF 値を対象に降雨後の土壤飽和状態から乾燥過程となる、施工前の 5/15～5/16 の降雨（計 17mm）

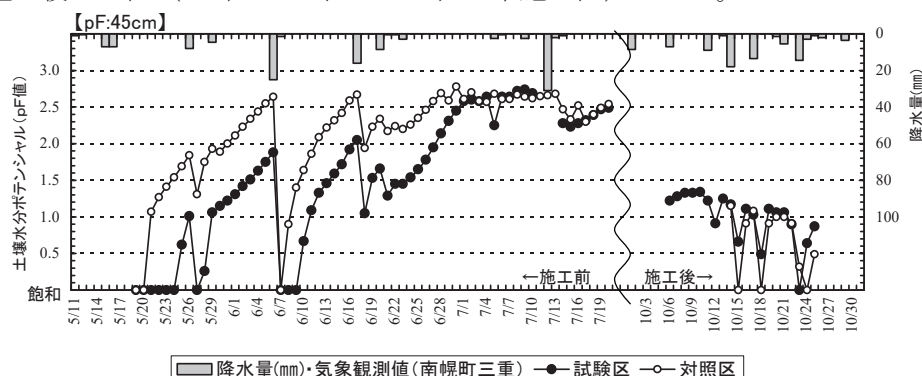


図-7 降水分布と SSD 圃場深度 45cm の pF 値の変化

と施工後の 10/14～10/25 の断続的な降雨期間で、試験区と対照区を比較した（図-7）。

施工前は、pF 値が上昇するのは対照区では降雨 5 日後（5/21）、試験区では降雨 9 日後（5/25）であった。一方、施工後は、試験区・対照区ともに降雨翌日に pF 値が上昇した。

このように、試験区では施工後の降雨後の飽和日数が短縮する傾向がみられており、補助暗渠の効果と考えられる。

②ODT 圃場

降雨後の土壤飽和状態から乾燥過程となる 9/9～9/12（期間降水量 222.5mm）の深度 45cm の pF 値で、各区比較した（図-8）。

飽和後の pF 値の上昇は、3m 区が最も早く、飽和状態から重力水が排除されやすい状況にあったと考えられる。また、5m 区・10m 区の pF 値も未施工区をやや上回った。

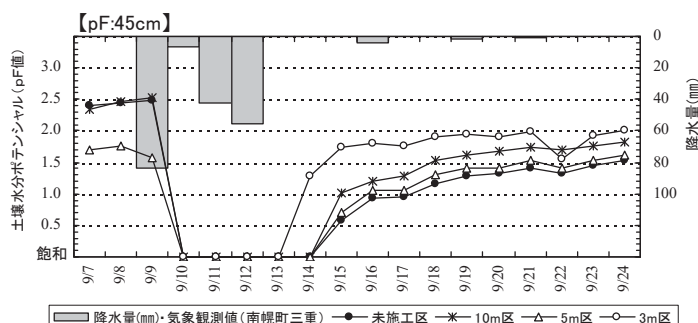


図-8 降水分布と ODT 圃場深度 45cm の pF 値の変化

耕作者への聞き取りによると、「補助暗渠施工前から 4 区のなかで未施工区の圃場の乾きが良好で、3m 区の乾きが不良であった」ということである。この点を考慮すると、従来から排水性が良好であった未施工区に比べ、降雨後の pF 値の上昇程度が同等、または速いことは、補助暗渠の効果として評価することができる。

(3) 収量調査結果

補助暗渠の施工効果を確認するために、収量調査を実施した。ODT 圃場の調査期間における栽培作物は、大豆であった。

収量調査結果は表-8 のとおりで、子実重では 3m 区 > 未施工区 > 10m 区 > 5m 区であり、3m 区が優位な結果となった。

表-8 大豆収量調査結果（ODT 圃場）

区分	平均粒数 (粒/莢)	百粒重 (g)	子実重 (kg/10a)
3m区	2.20	38.6	316
	(105)	(104)	(114)
5m区	2.16	39.3	235
	(103)	(106)	(85)
10m区	2.03	38.5	260
	(96)	(104)	(94)
未施工区	2.10	37.1	278

※()内は、未施工を100とした場合の指数。

5m 区、10m 区の子実重は、未施工区を下回る結果となり、補助暗渠施工による効果は確認できなかった。

これは、従来から未施工区の排水条件が、他区に比べ良好であったことが、一因と考えられる。

4. モミガラ補助暗渠の施工費・既設暗渠機能回復費用の試算

(1) モミガラ補助暗渠の施工費用

調査圃場におけるモミガラ補助暗渠の歩掛調査等の結果をもとに、施工費用(直接費)を試算した。

その結果、2 圃場の平均値から、施工費用は 70 円/m となった(表-9)。

なお、費目別の試算結果は、表-10 のとおりで、機械経費が 40%程度である。

表-9 モミガラ補助暗渠施工費試算結果

項目	単位	ODT圃場	SSD圃場	2圃場平均
施工条件	-	@3m,5m,10m	@5m、吸水渠直上@10m	
施工延長	m	7,783	1,428	4,606
施工面積	a	342	54	198
施工時間	h	14.0	4.5	9.3
施工速度	km/h	1.8	3.2	2.5
時間当たり施工面積	a/h	24.4	12.0	18.2
施工費	千円	361.9	133.5	247.7
	円/m	46.5	93.5	70.0
	千円/10a	10.6	24.7	17.7

表-10 費目別の補助暗渠施工費

費目	項目	ODT圃場				SSD圃場			
		施工費(千円)	1m当り(円/m)	10a当り(千円/10a)	構成比	施工費(千円)	1m当り(円/m)	10a当り(千円/10a)	構成比
労務費	①準備作業	78.7	10.1	2.3		24.9	17.4	4.6	
	②施工	42.5	5.5	1.2		13.7	9.6	2.5	
	小計	121.2	15.6	3.5	33%	38.6	27.0	7.1	29%
資材費	①準備作業	64.7	8.3	1.9		16.6	11.6	3.1	
	②施工	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
	小計	64.7	8.3	1.9	18%	16.6	11.6	3.1	12%
機械経費	①準備作業	25.0	3.2	0.7		25.0	17.5	4.6	
	②施工	114.2	14.7	3.3		36.3	25.4	6.7	
	小計	139.1	17.9	4.1	38%	61.4	43.0	11.4	46%
燃料費	①準備作業	6.4	0.8	0.2		7.2	5.0	1.3	
	②施工	30.5	3.9	0.9		9.8	6.9	1.8	
	小計	36.9	4.7	1.1	10%	17.0	11.9	3.1	13%
①準備作業		174.7	22.4	5.1		73.7	51.6	13.7	
②施工		187.2	24.1	5.5		59.8	41.9	11.1	
合計		361.9	46.5	10.6	100%	133.5	93.5	24.7	100%



写真-7 施工機械へのモミガラ積込



写真-8 補助暗渠施工状況

(2) 既設暗渠機能回復手法と費用の試算

既設暗渠の機能回復のために、集中管理孔を接続し、腐朽した疎水材を充填して、長寿命化を図る場合と再整備を実施する場合の判定フローを、今回の調査結果をもとに検討した(図-9)。

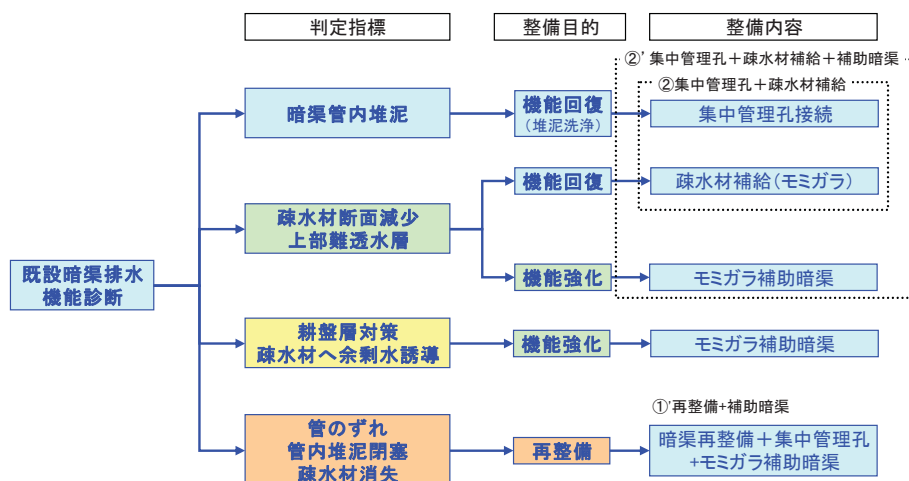


図-9 既設暗渠排水機能診断フロー

この判定フローに従い、機能回復を図る場合と、再整備を実施する場合についての費用を試算し、比較した（表-11）。

費用の試算は、モデル区画（約 80a）を想定した（図-10）。

耐用年数は、本暗渠は 20 年、モミガラ補助暗渠は 5 年とし、補助暗渠は 4 回施工することとした。また、本暗渠の施工間隔は@10m、補助暗渠の施工間隔は@5m に設定した。

モミガラ補助暗渠の施工費用は、調査圃場における施工実績から試算した値の平均値 70 円/m に 60%の経費を見込み、110 円/m に設定した。

整備コストの試算結果、今回の診断結果に基づく機能回復（②' 集中管理孔+疎水材補給+補助暗渠）を実施した場合は 1,648 千円/ha、再整備（①'再整備+補助暗渠）の場合は 2,592 千円/ha となり、945 千円/ha のコスト縮減となる。

このように、機能回復のための費用は、再整備に比べ縮減となるが、機能回復の確実性と持続性が重要となるため、今後も、機能回復対策（補助暗渠）の効果について、継続的に検証する必要がある。

表-11 整備コストの試算

【モデル区画】			【再整備延長～フォーク型@10m】					【集中管理孔接続～連絡渠】					【疎水材補給～モミガラ補助暗渠による】					【再整備モミガラ補助暗渠～@5m】					【モミガラ補助暗渠～@5m】									
長辺	短辺	面積	吸水渠	本数	延長	集水渠	延長計	連絡渠	施工回数	管理孔	施工回数	合計	モミガラ補給	施工回数	合計	補助暗渠	施工回数	合計	補助暗渠	施工回数	合計											
m	m	m ²	m		m	m	m	m	回	千円	回	千円	千円	回	千円	千円	回	千円	千円	回	千円											
172	46	7,912	172	5	860	40	900	227	1	300	1	1,488	67.3	4.0	268	140.8	4.0	563	142.8	4.0	570											
			1.32 千円/m					1,880 千円/ha					286.7 千円/ha					58.1 千円/ha					178.0 千円/ha					721 千円/ha				
【施工費】			【集中管理孔接続～連絡渠】					【疎水材補給～モミガラ補助暗渠による】					【再整備モミガラ補助暗渠～@5m】					【モミガラ補助暗渠～@5m】														
暗渠@10m= 1,500 千円/ha			連絡渠 m 本数 延長 m					モミガラ補給 m 本数 延長 m					補助暗渠 m 本数 延長 m					補助暗渠 m 本数 延長 m														
耐用年数= 20 年			172 1 172					36 17 612					40 32 1,280					162 8 1,296														
集中管理孔= 300 千円																																
モミガラ補助暗渠= 110 円/m×5 年																																
試算評価年数= 20 年																																
※: 70円/m × 1.6 = 110円/m																																
<p>①'再整備 = 1,488 千円</p> <p>①'再整備+補助暗渠 = 2,051 千円</p> <p>②'集中管理孔+疎水材補給 = 797 千円</p> <p>②'集中管理孔+疎水材補給+補助暗渠 = 1,367 千円</p> <p>【縮減額】②'機能回復-①'再整備</p> <p>モデル区画当り = 797 - 1,488 = -691 千円 -46%</p> <p>1ha当り = 927 - 1,880 = -953 千円/ha -51%</p> <p>【縮減額】②'機能回復+補助暗渠-①'再整備+補助暗渠</p> <p>モデル区画当り = 1,367 - 2,051 = -684 千円 -33%</p> <p>1ha当り = 1,648 - 2,592 = -945 千円/ha -50%</p>																																



図-10 整備コストの試算で想定するモデル区画（約80a）

参考資料⑤

重粘質土壌におけるトレンチ（有材）による補助暗きよの効果

網走支庁産業振興部調整課

I. はじめに

網走管内は特殊土壌（重粘土、泥炭土、湿性火山性土）が広く分布しており、排水不良農地が全耕地面積の5割にも及び、中でも重粘土はその大部分を占めている。これらの特殊土壌を含め、昭和40年代から畑総事業をはじめとする各事業により暗きよ排水の整備が進められ、平成7年頃からは、疎水材を使用した暗きよ排水が一般化しはじめ、パワーアップ事業により急速に疎水材暗きよが普及した。

一方で、近年の農業者の暗きよ排水に期待する効果としては、表面水排除の機能をより強く求める傾向にあり、「降雨後、直ちにほ場に入れるようにしたい」などの要望が多く、求めている整備水準が高くなってきている。

しかしながら、当管内では、堅密な重粘土地帯を中心に、施工後10年程度で排水効果が低下したため再整備を望む農家も増えてきている。このことから、再整備の要望に対応する工法には、重粘土の土壌特性を勘案し、排水効果を促進する手段として、補助暗きよ工法である「トレンチ（有材）」による組み合わせ暗きよが有効であると考えられる。

近年では、「トレンチ（有材）」の施工機種に掘削幅が狭小なトレンチャ掘削機で、重粘土にも対応する機種が開発されてきている。

本報告では、これらの施工効果や経済効果、耐久性などの効果検証とともに、「トレンチ（有材）」のトレンチャ掘削工法の適用基準を明確化し、排水改善技術の啓蒙・普及を図ることを目的に、北見市常呂町の重粘土地帯で試験を行った。

II. 方法

1. トレンチャ掘削によるトレンチ（有材）の基本概念 補助暗きよ工法である「トレンチ（有材）」は、本暗きよと交差するように溝（トレンチ）を掘り疎水材を充填する工法である。従来の工法では、幅10cm程度の犁体を心土破碎のように突き刺し、溝を切り開き資材を投入する数種類の施工機を用いた工法（有材心破）しかなかった。この工法は、施工間隔が60cmに制限されるため、多量の疎水材を必要とし施工費が高額になる、投入できる疎水材に制限がある、などの問題があった。また、従来のトレンチャでは施工間隔が自由になるが、堅密な重粘土で溝幅10cm未満の狭溝の掘削ができなかった。

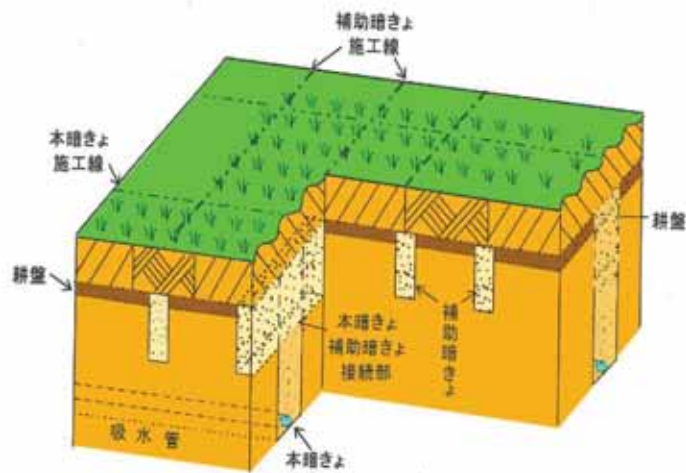


図1 トレンチ（有材）の概念図

本報告では、上記の問題点に対してこれまで畑地では使用されなかったトレンチャを導入して検討を重ね、①トレンチャの掘削機構を改善し、堅密な重粘土でも、施工を可能にすることで間隔を自由にできる、②加えて、掘削溝を7cm程度の狭幅で施工できる掘削機に改善して資材量削減による低コスト化し、③特装車などの汎用機の利用により汎用性を実現した。

1) 施工機の概要

施工は、掘削幅 7cm用の掘削カップと堅密土用にカッター刃を併用した写真のトレンチャにより掘削し、同時に伴走している特装車により疎水材（火山灰・貝殻）を投入する。埋め戻しはトレンチャ追従版により行う工法である。

2) 本工法の必要性

北海道において暗きょ排水などが必要な排水不良農地は約60万ha存在する。図2に示すように暗きょ排水は1936年頃から大規模に整備され始め、畑地帯においては道施策であるパワーアップ事業を契機に疎水材暗きょが広く普及している。現在までの北海道の暗きょ整備面積は延べ79万haにも上り、耐用年数内にある暗きょ排水の整備済み面積は1980年代に40万haを越えていた。しかし近年は整備面積の減少により30万ha代まで減少している。そのため、暗きょ排水の整備面積自体の増加が見込めない現在では、本工法のような補助暗きょ技術により既存の暗きょ排水の機能を維持・回復させることが排水整備率の上からも重要であることが伺える。

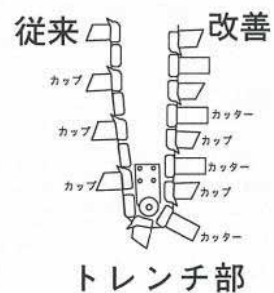


写真1 重粘土畑に対応したトレンチャ施工機

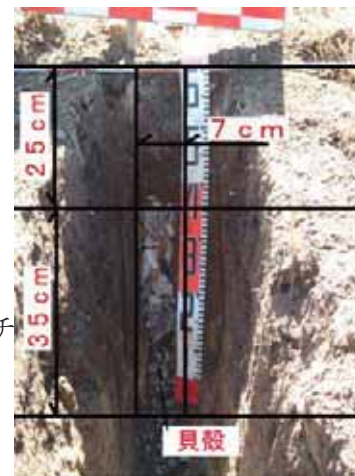
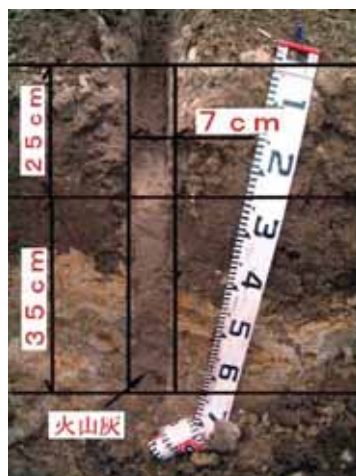


写真2 トレンチ（有材）の断面

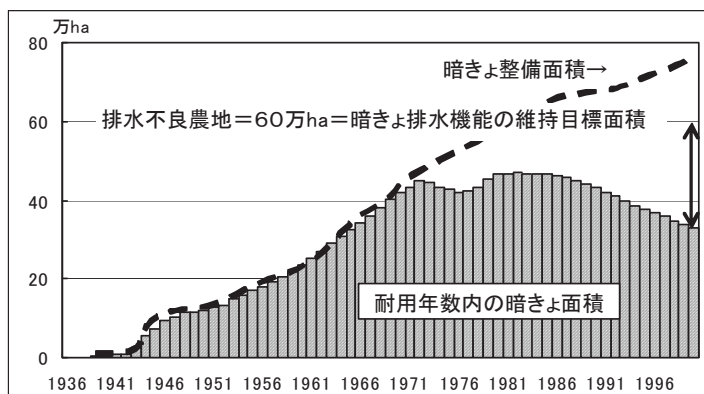


図2 耐用年数内の暗きょ排水の整備面積
(中央農業試験場調べ)

2. 試験概要および方法

重粘土地に対して既に整備された本暗きよに、トレンチ掘削方式のトレンチ（有材）による補助暗きよの効果を査定するため表1に示した各試験区を50a～1haで設置し、排水効果や工法の耐久性、土壌物理性への影響、作物への影響を調査した。また、本工法の施工性と適用性を把握するため、施工時の機械走行速度を計測し判断した。施工費は、北海道での基盤整備事業による工事費単価を用いて試算した。

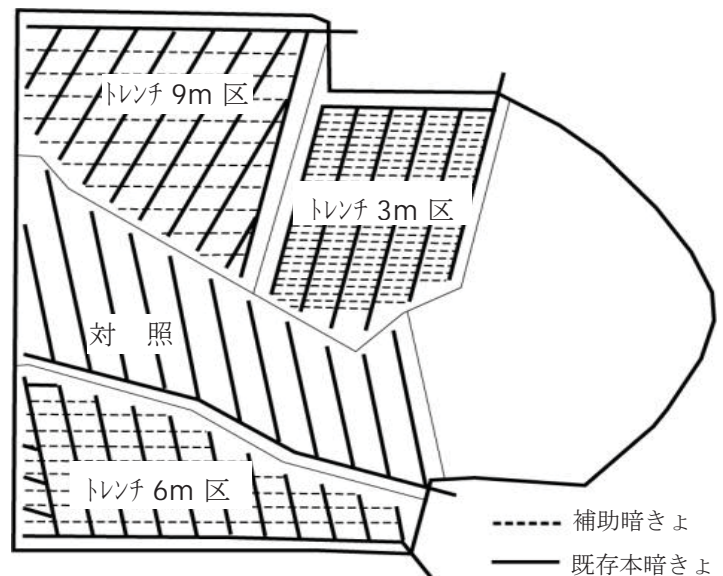


図3 試験圃場のトレンチの配線図（b区）



図4 試験圃場位置概要図

表1 試験圃場の概要

処 理 区		補助暗きよ トレンチ間隔	本暗きよの種類（施工年）	備考
No.	処理			
a-0区	対照区	—	疎水材暗きよ（H14施工）	第1試験区No.1
a+6区	トレンチ6m区	6m（H14施工）	疎水材暗きよ（H14施工）	第1試験区No.2
b+0区	対照区	—	疎水材暗きよ（H13施工）	第2試験区No.1
b+9区	トレンチ9m区	9m（H15施工）	疎水材暗きよ（H13施工）	第5試験区No.1
b+6区	トレンチ6m区	6m（H15施工）	疎水材暗きよ（H13施工）	第2試験区No.2
b+3区	トレンチ3m区	3m（H15施工）	疎水材暗きよ（H13施工）	第4試験区No.1
c+6区	トレンチ6m区	6m（H15施工）	土戻し暗きよ（H 3施工）	第3試験区No.1

※試験圃場（a, b, c）は、土壌統群名で細粒灰色台地土に区分されている地帯である。

※本暗きよの疎水材は、火山灰（上層）とホタテ貝殻（下層）を併用している。

※試験圃場でトレンチ（有材）工法に使用した疎水材は火山灰である。

表2 試験圃場の土壌

処 理 区		深さ cm	容積重 g/100ml	固相 %	液相 %	気相 %	透水係数 cm/s	易有効水量 ml/100ml	硬度 mm	
No.	処理									
a-0区	対照区	0-16	111.2	43.4	31.2	25.4	8.1E-04	6.8	12	
		16-40	134.6	52.9	44.2	2.9	2.9E-06	5.7		
		40-60	138.5	52.0	42.4	5.5	2.0E-06	5.1		22
		60-75	161.0	60.9	37.3	1.8	1.2E-06	4.4		
		75-	156.6	60.7	35.9	3.4	3.2E-07	2.0		24
a+6区	トレンチ6m区	0-11	119.0	47.6	33.1	19.3	9.0E-05	7.5	12	
		11-34	134.6	53.9	40.3	5.8	6.5E-05	6.1		
		34-45	138.3	52.3	46.6	1.1	2.4E-07	3.8		22
		45-56	146.9	57.3	41.9	0.8	3.0E-07	4.3		
		56-	156.6	60.7	35.9	3.4	3.2E-07	2.0		24

処 理 区		深さ cm	容積重 g/100ml	固相 %	液相 %	気相 %	透水係数 cm/s	易有効水量 ml/100ml	硬度 mm	
No.	処理									
b+0区	対照区	0-31	132.0	54.8	38.6	6.7	3.2E-05	4.7	17	
b+6区	トレンチ6m区	31-60	149.6	60.4	37.8	1.9	2.3E-06	4.0	21	
		60-	155.1	61.7	32.3	6.0	4.8E-06	3.5	23	
b+3区	トレンチ3m区	0-30	132.0	54.8	38.0	7.2	1.5E-05	5.4	17	
b+9区	トレンチ9m区	30-60	134.5	61.1	33.0	5.9	3.7E-04	6.4	26	
		60-	155.1	61.7	32.3	6.0	4.8E-06	3.5	24	
c+6区	トレンチ6m区	0-22	136.0	54.7	39.1	6.3	2.8E-05	4.0	16	
		22-38	137.4	53.9	42.2	3.9	2.5E-06	4.6		
		38-59	157.9	60.0	37.3	2.7	4.7E-07	2.7		27
		59-100	156.9	61.0	37.5	1.5	5.0E-08	0.4		
		100-	154.0	57.3	36.9	5.8	4.7E-07	2.6		33

Ⅲ. 結果及び考察

1. トレンチ（有材）の排水性向上・回復効果

トレンチ（有材）による補助暗きょを施工したほ場の排水性向上については、対照区に比べて降雨に対する流出率が2～3倍ほど高く、排水性能が向上していることが確認された。また、pF値から見ても施工区が16時間～25時間ほど早く土壌中の余剰水（重力水）を排除している結果となり、作物に対する湿害の軽減、地耐力の早期回復による適期収穫などの効果が期待できる。

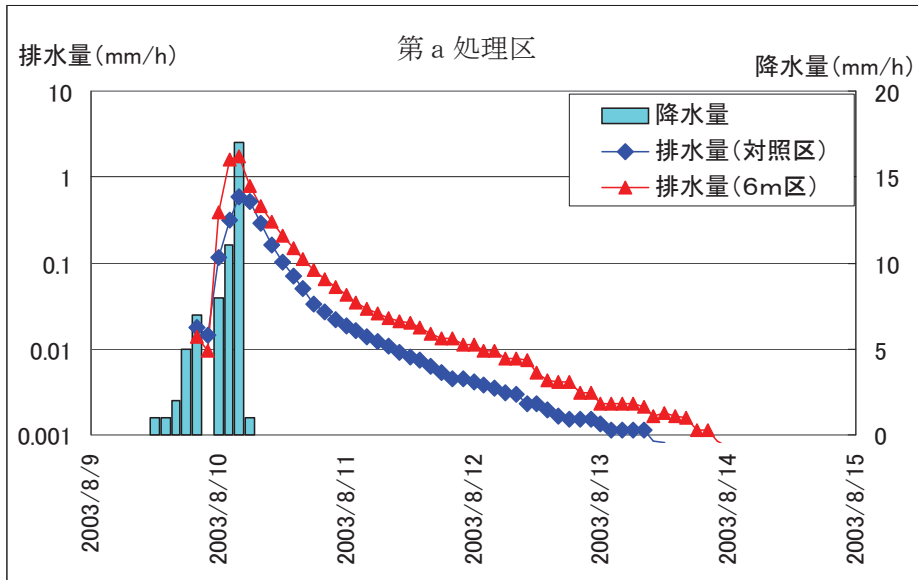


図5 排水量変動比較図 (a+0区 : a+6区)

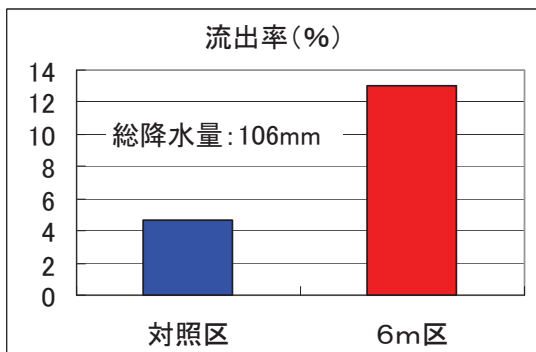


図6 流出率比較図 (a+0区 : a+6区)

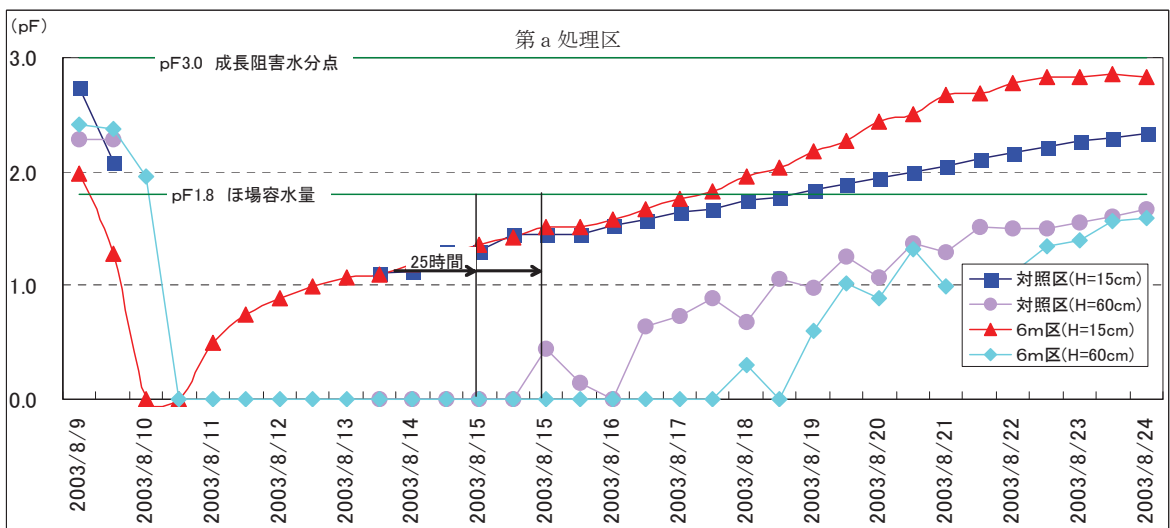


図7 p F 変動比較図 (a+0区 : a+6区)

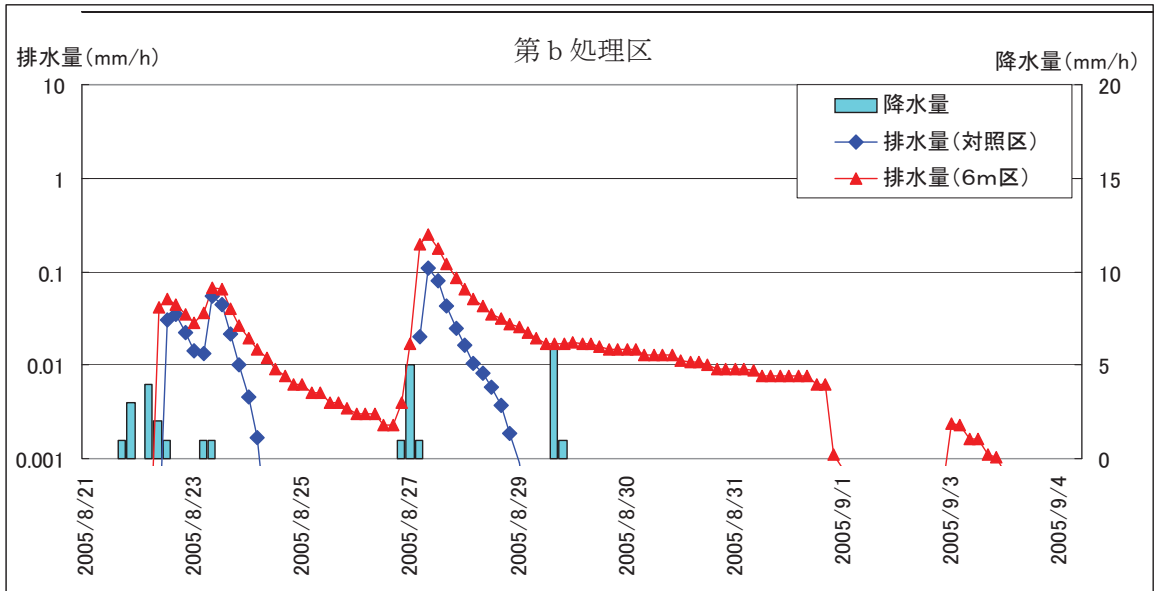


図8 排水量変動比較図 (b+0区 : b+6区)

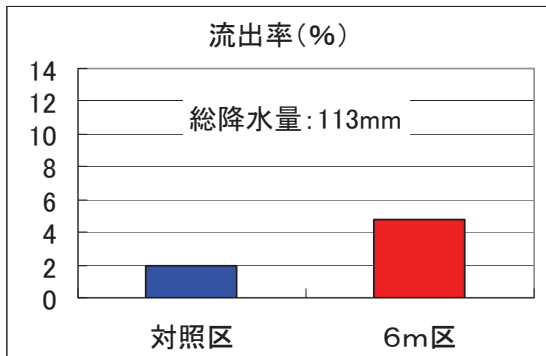


図9 流出率比較図 (b+0区 : b+6区)

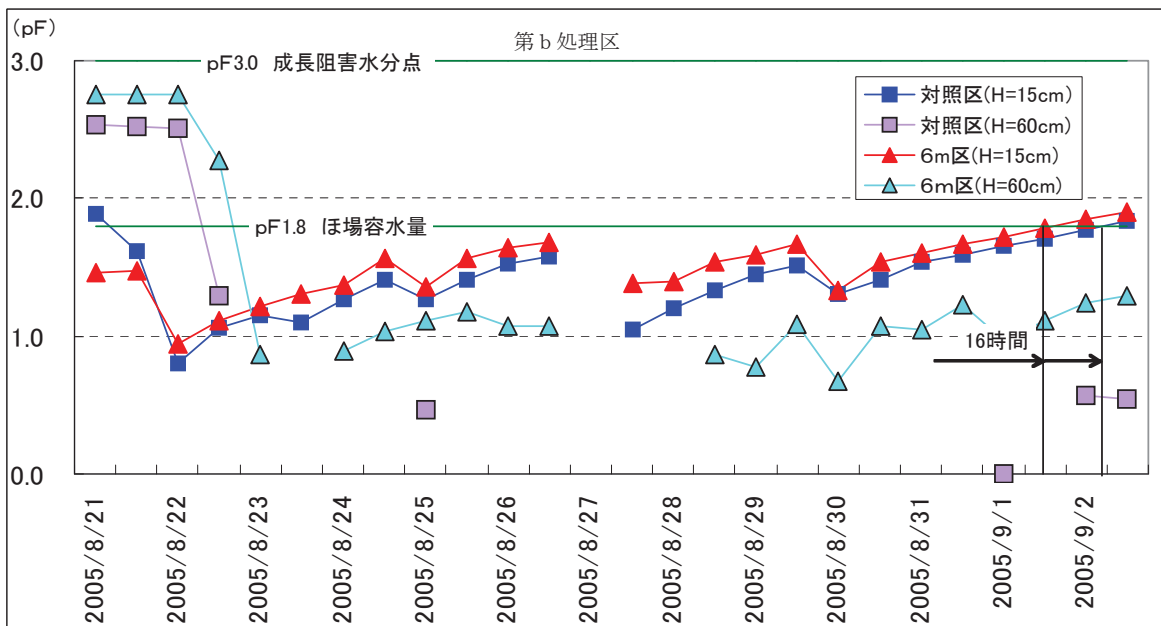


図10 p F 変動比較図 (b+0区 : b+6区)

2. トレンチ（有材）の土壤物理性への影響

トレンチ（有材）による溝の形成に伴い、トレンチ周辺の堅密性が緩和された。また、下層への水供給が可能となり、下層土の土壤環境条件の改善による根域拡大などの効果が期待できる。

小雨時には疎水材（火山灰）に保水され、保水容量を超える多雨時に余剰水が排除されていることが確認できた。重粘土壤のような乾燥—過湿の極端な繰り返し特性に対する「緩衝機能」が期待できる。

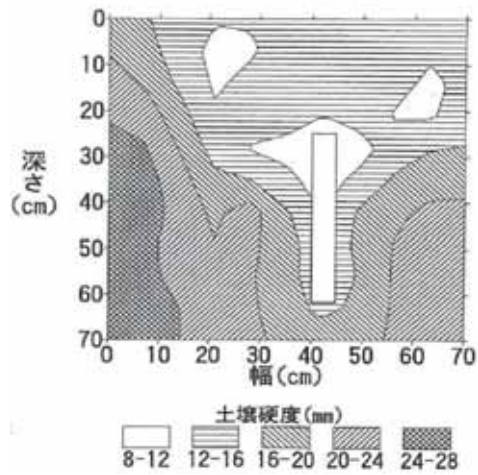


図11 トレンチ周辺の土壤物理性

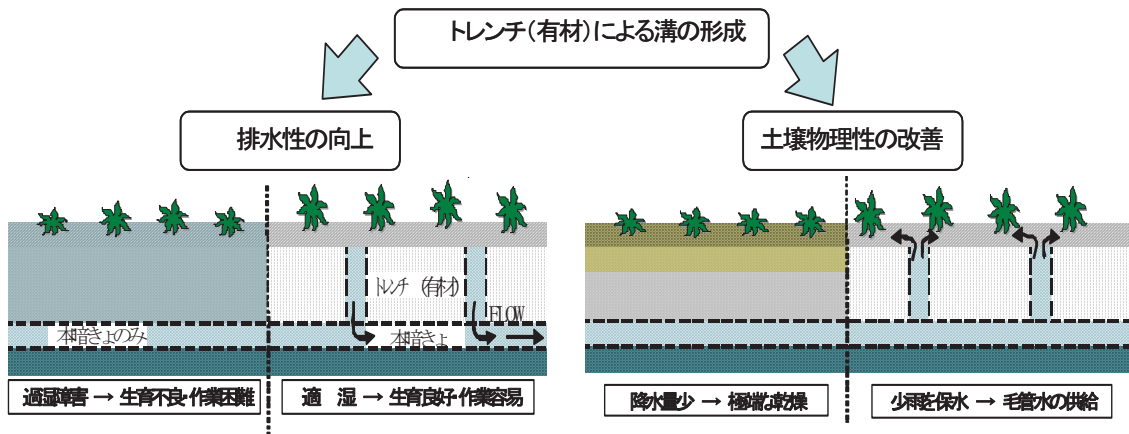


図12 トレンチ（有材）による土壤物理性（排水性・保水性）

3. 重粘土圃場におけるトレンチ（有材）の作物生産性への効果

重粘土では、土壤が堅密で砕土性が劣るため畑作物の発芽障害が発生したり、透水性と保水性の不良から根域拡大や塊茎の肥大が劣るなど様々な生育上の支障をきたしている。

試験圃場での収量調査では、前述のとおり透水性と保水性の改善と共に、溝周辺の堅密性の緩和などの影響から各作物で良好な結果が得られた。

馬鈴薯では、対照区と比較すると施工区の2L、3Lの比率が向上し、肥大化する傾向を示した。その結果規格内収量が8%増加した。

小麦では、対照区と比較すると施工区の収量（子実重）がやや上回る程度の結果となった。また、フォーリングナンバー、タンパク含量等の品質が向上していた。特にタンパク含量については、今後のタンパク含量を基準とした取引に有利となる可能性を示唆する結果となった。

甜菜では、対照区と比較すると施工区の糖分が低下しているものの、収量（根重）が18%増加しており総体的にも良い結果であった。

いずれの作物でも収量の増加と品質の向上が確認され、トレンチ（有材）の施工による作物生産上の優位性が確認できた。

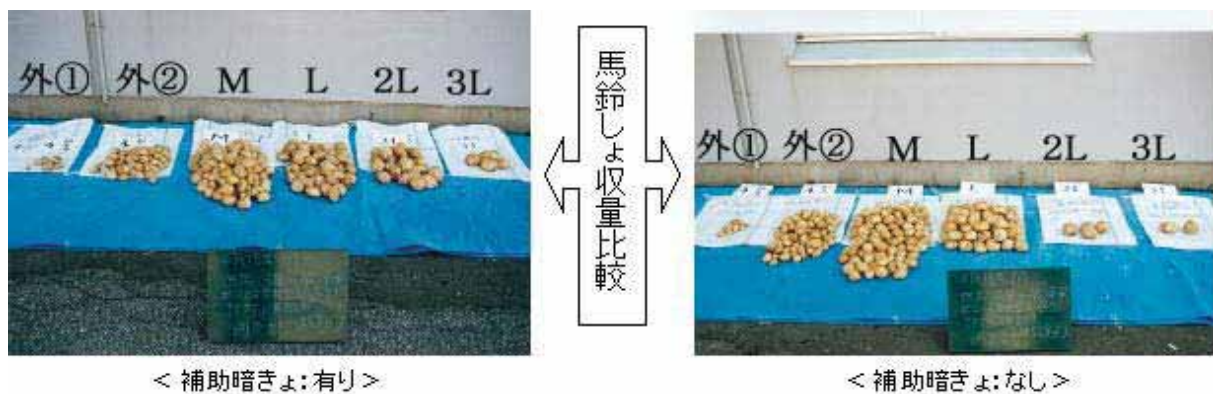
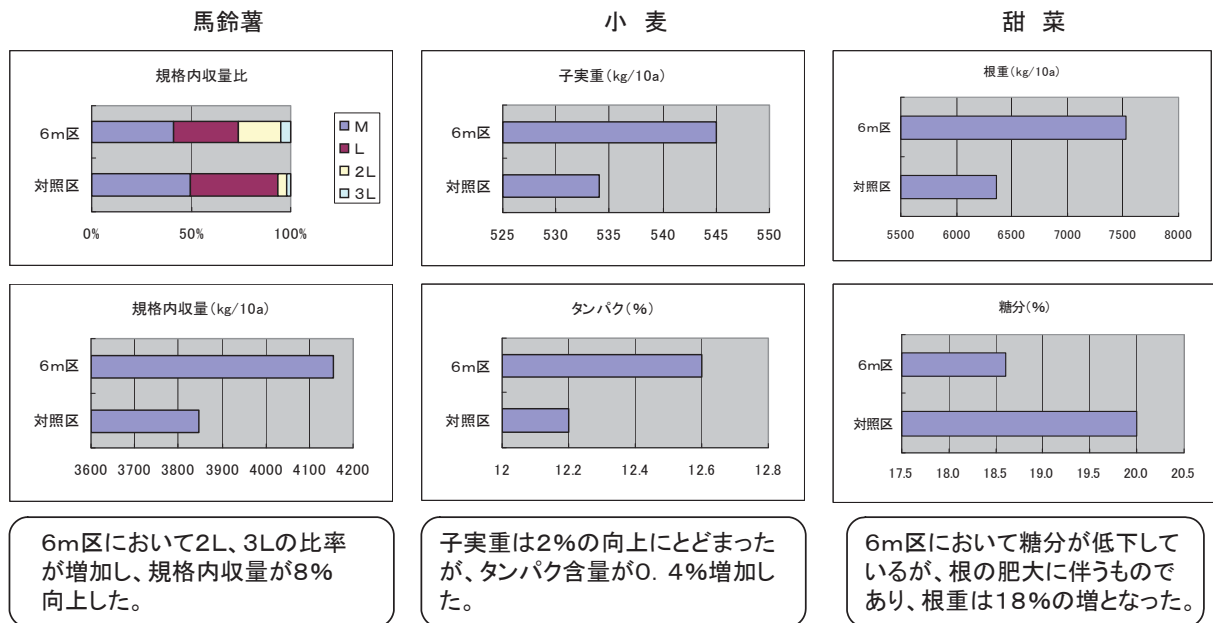


図13 トレンチ（有材）施工圃場の作物の生育収量

4. 標準間隔の設定

排水量の観測結果からは9m間隔が最も排水性が向上している結果となった。3m間隔及び6m間隔では、使用した疎水材の保水性が支配的であり排水量として観測しえないものと推定される。

標準施工間隔の設定を試みると、本暗きよに補助暗きよを組み合わせた場合の排水機能を本暗きよの間隔に換算すると表3のように現すことができる。

本調査ほ場のように、12m間隔の本暗きよに対して9m間隔の補助暗きよを組み合わせた場合は7.2mの本暗きよの間隔に相当し、補助暗きよ間隔が9mでも十分な機能強化が期待できる。施工間隔は狭くすることで排水効果は高まるが、整備コストとそれに対する費用対効果の観点から補助暗きよの間隔は本暗きよの3/4（9m）から1/2（6m）を標準とし、土壌条件や作付け作物など、農地カルテに基づく弾力的な整備として更に間隔を狭めるなどの対応が望ましいと考えられる。

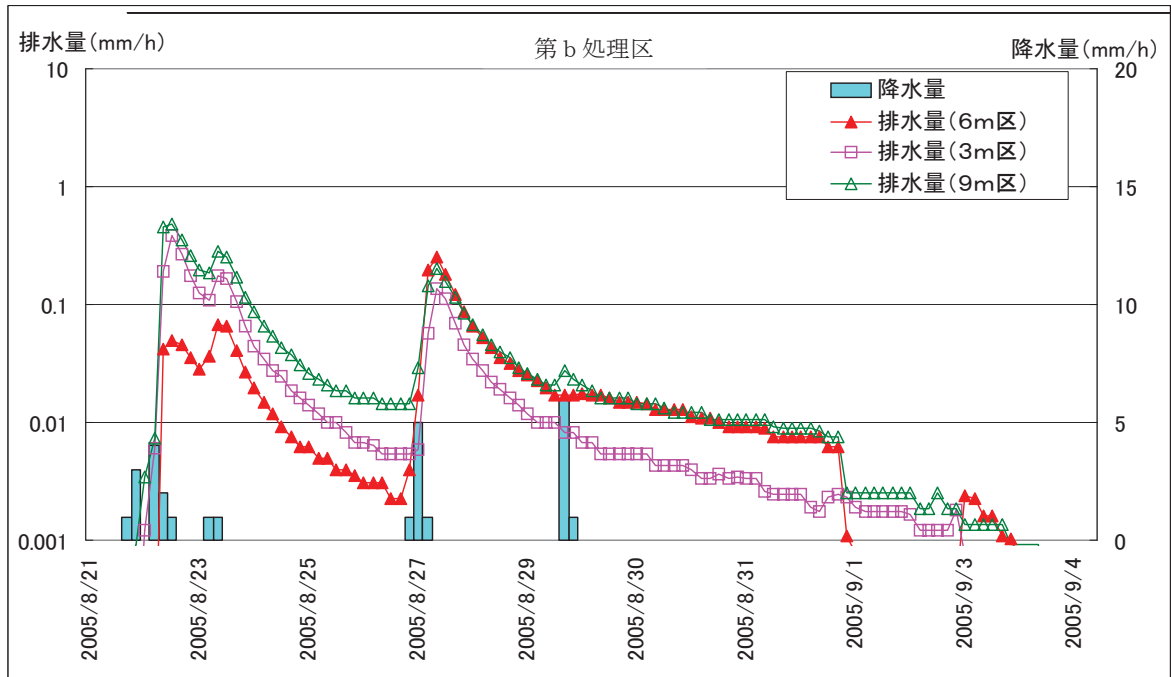
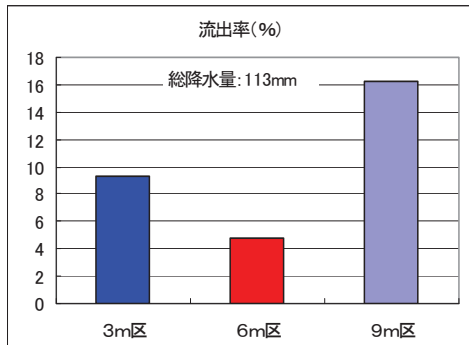


図14 排水量変動比較図 (b+3区 : b+6区 : b+9区)

表3 組み合わせ暗きよの間隔計算例



本暗きよ間隔(m)	補助暗きよ間隔(m)	機能上の間隔(m)	効用(機能比率)
a	b	S	a/S
12	50	11.7	1.03
	25	10.8	1.11
	12	8.5	1.41
	9	7.2	1.67
	6	5.4	2.22
3	2.9	4.14	

$S = \sqrt{(a^2 \times b^2) / (a^2 + b^2)}$
 ※ 式が土地改良事業評価基準 計画(暗きよ排水)排水設備基準(2000, 農林水産省構造改善局)による

図15 流出率比較図 (b+3区 : b+6区 : b+9区)

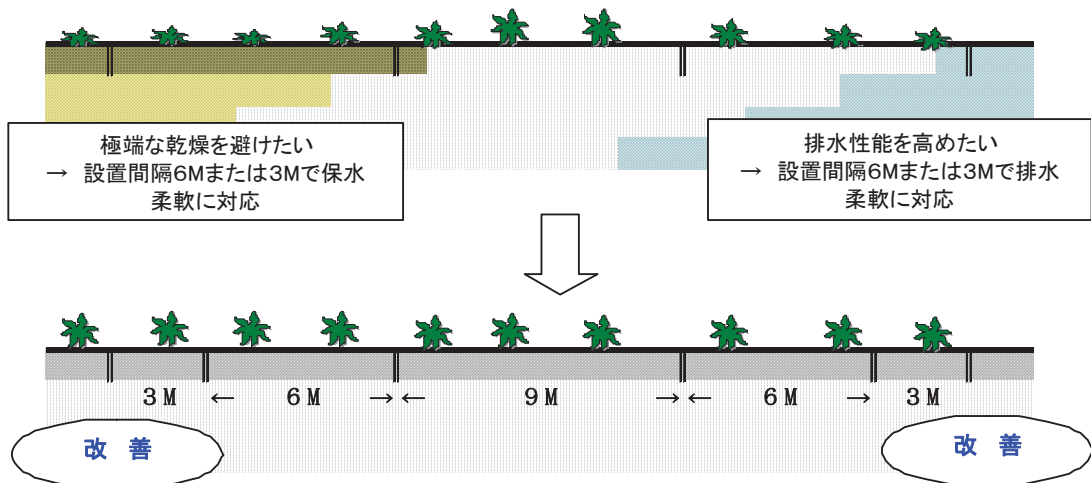


図16 弾力的な整備イメージ

5. 重粘土圃場におけるトレンチ（有材）の施工性と経済性

施工性については、畑地の重粘土地帯では困難とされていたトレンチ掘削だが、従来のカップ式トレンチにカッターガイドを加えるなどの改良を行ったことにより、施工が可能となった。ただし、本工法による細溝掘削のトレンチでは、施工方向は傾斜をやや上がる方向にする必要があり、急傾斜では等高線方向の施工が困難となる。トレンチ（有材）工法で使用する疎水材は、ホタテ貝殻でもある程度破碎すれば細溝に投入可能だったことから、ほとんどの疎水材に適用可能である。

経済性について、調査に使用したトレンチは、道内にある7cm幅で掘削が可能なトレンチであり、そのことから施工費に及ぼす影響が最も大きい疎水材の使用量を低減することができ、また、細溝であることから埋め戻しも同時に行えるよう疎水材投入部後部を改良したことにより低コスト化が図られた。

これらから、施工効率と資材費などから算出した施工費は、「トレンチ（有材）間隔9m=20～30万円/ha，2.0～2.5ha/日」である。

表4 トレンチ施工効率

処理区	施工機タイプ	施工効率 (m/h)	スリップ率 (%)
a+ 6区	従来トレンチ	268.3±20.0	11.3
b+ 6区		236.3±26.1	14.6
C+ 6区		318.5±38.3	21.1
b+9・b+3区	改良トレンチ	509.8±6.8	9.0

表5 施工費比較

補助暗きよ					本暗きよ		
トレンチ	掘削幅 (cm)	間隔 (m)	疎水材	施工費 (万円/ha)	間隔 (m)	疎水材	施工費(参考) (万円/ha)
従来型	15	9	貝殻-火山灰	50～60	12	貝殻	1,000
改良型	7	9	貝殻-火山灰	20～30	8	貝殻	1,500

IV. まとめ

1. 工法の概要

トレンチ（有材）工法による補助暗きよは、水田地帯では一般的な暗きよの掘削機であるトレンチを使用し、本暗きよと交差するように溝（トレンチ）を掘り疎水材を充填する工法である。

2. 排水性の向上・回復効果

トレンチ（有材）による補助暗きよを施工した場合は、対照区と比較して、流出率が2～3倍高く、pF値から見ても土壌中の余剰水を速やかに排除していて、湿害の軽減、地耐力の早期回復による適期収穫などの効果が期待できる。

3. 土壌物理性への影響

1) 溝の形成に伴い、溝周辺の土壌の堅密性が緩和された。下層への水供給も可能となることから、下層の土壌環境が改善され根域拡大などの効果が期待できる。

2) 疎水材（火山灰）を充填したことにより重粘土壤のような乾燥～過湿の極端な繰り返し特性に対する「緩衝機能」が期待できる。

4. 作物生産性への効果

畑地帯において基幹作物となる馬鈴薯、小麦、甜菜のいずれの作物も良好な結果を示し、特に根菜類は肥大化が顕著であった。

5. 標準間隔の設定

整備コストとそれに対する費用対効果の観点から補助暗きよの間隔は本暗きよの3/4 (9 m) から1/2 (6 m) を標準とし、土壌条件や作付け作物など、農地カルテに基づく弾力的な整備として更に間隔を狭めるなどの対応が望ましい。

6. 施工性と経済性

細溝掘削のトレンチャでは施工方向に制限があるものの、従来のカップ式トレンチャにカッターガイドを加えるなどの改良を行い、畑地の重粘土地帯では困難とされていたトレンチャ掘削を可能とした。また、細溝掘削を可能としたことにより疎水材の低減と埋め戻しまでも同時に行うことができ、コスト低減が図られた。

V. 今後の展開方向

本調査結果から、補助暗きよを組み合わせることによって本暗きよ単独よりも排水性が増すことが確認された。これは、本暗きよの排水機能が経年変化によって減退してきても補助暗きよを加えることによって従前の排水機能を取り戻すことができることを示している。先にも述べたとおり、現在までの北海道の暗きよ整備面積は79万haにもなる。一方、暗きよの耐用年数を30年とすると、1982年(昭和52年)頃からその機能維持面積が減少し、現在では30万ha程度となっていることが推察される。しかし、北海道において暗きよ排水が必要とされる排水不良農地は約60万ha存在することから、これらの農地を改善し維持するためには、暗きよ排水の機能を安定かつ長期的に確保するこのできる技術が重要となってくる。

近年では整備コストの削減はもとより、特に施設の長寿命化が社会的に大きな課題となっている。今までは既存施設を取り壊して新設する「スクラップ・アンド・ビルド」であったが、厳しい財政状況が続く中、また、環境面から建設廃棄物の発生量を抑制することも必要とされており、このことから既存施設を有効利用する「ストックマネジメント」の考えに立ち、適切な機能診断とメンテナンスを行うことが求められている。

補助暗きよは、低下している排水機能を回復することができ、暗きよ排水としての機能の長寿命化を図ることのできる技術の一つとして期待が大きい。

VI. おわりに

畑地帯における暗きよの掘削機種はバックホウが主流であり、トレンチャはほとんど使用された実績がない。今回の調査に使用したトレンチャは、掘削機構の改良のみであり比較的安価にトレンチャの改良を行える。また、現在は本暗きよの間隔を狭めることで特に排水不良が著しいところについて対応しているが、各種の補助暗きよを組み合わせることによって安価に改善することもできる。いずれにしても畑地帯においてはトレンチャの技術、補助暗きよの技術はあまり知られていないのが実態であり、これからは農業関係者にこの技術を知っていただくために、地域での啓蒙・普及活動に努めることが今後の最優先課題と考える。

最後に、この調査に際し、中央農業試験場の北川研究員をはじめ、ご指導・ご協力をいただいた方々に心よりお礼申し上げます。

VII 参考図書

- ・土地改良事業計画設計基準 計画〔暗きよ排水〕 農林水産省構造改善局(H12.12)
- ・暗きよ排水設計指針 北海道農政部(H14.14)

疎水材型暗渠排水の 機能維持について



十勝総合振興局 南部耕地出張所
平成23年2月 作成
平成25年2月 改訂

1. 畑の排水性について

排水が良好な畑では、地表の水が土壌中の亀裂(間隙)を縦に浸透することにより、地下や暗渠排水管まで導かれます。

土壌中の亀裂(間隙)は、冬の凍結融解、夏の乾燥収縮や作物根が伸長してから枯れる事などの作用によって拡大し、土壌の亀裂が地中深くまで連続して発達します。

この連続的な亀裂のお陰で、土壌の透水性(縦浸透)が維持されます。

しかし、土壌が高水分の状態では機械作業すると、通常「練り返し」と言って、亀裂がとぎれた状態になったり、大型農作業機械の踏圧により作土直下に耕盤層が形成されるなど縦浸透が極端に悪化し、暗渠排水が入っているにもかかわらず、地表に水がたまるなど排水不良となることがあります。(図-1参照)

また、豆やビート収穫後の遅い時期(雨が降っても乾燥しづらい時期)に暗渠排水工事を行った場合にも、同様の現象が起きることがあります。

その場合は、心土破碎やサブソイラーにより亀裂をつくる必要があります。また、この作業は、亀裂を維持するため、定期的に行う必要があります。

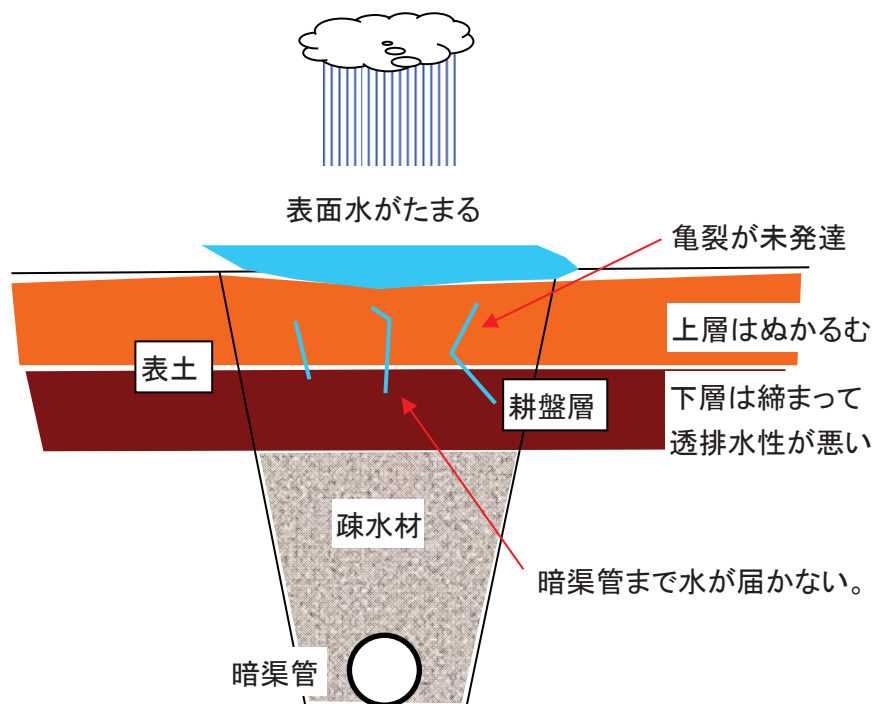


図 - 1:排水不良のほ場イメージ

2. 心土破碎の施工適期について

心土破碎等は、土壤水分が十分低下した時期に行わないと効果が発現しません。

例えるなら、普通の湿った羊かん（水分が高い）と干からびた羊かん（水分が低い）に釘で切れ目を入れる事を想像して下さい。水分が高いと、切れ目を入れても抵抗なく切れ目が入るだけですが、水分が低いと抵抗が大きく、切れ目以外に四方八方に亀裂が入ります。これが縦浸透に大きく寄与します。（図-2, 図-3参照）

土壤水分が高い状態で心土破碎等を行った場合は、図-2のようにあまり効果が期待できないので、天候が良く土壤が乾燥している状態で行うようにしてください。

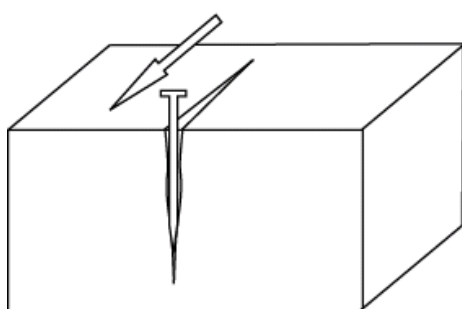


図-2：普通の湿った羊かん
→縦浸透の改善に効果なし

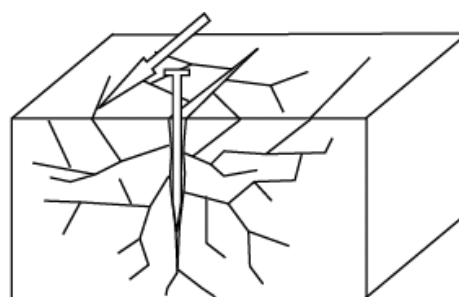


図-3：干からびた羊かん
→縦浸透の改善に効果的

耕盤層が形成されているほ場では暗渠排水施工後に、心土破碎を実施する必要がありますが、ほ場状態により実施できない場合は、翌春の心土破碎を必ず実施して下さい。

但し、春先に気温（地温）があまり上昇せず、土壤水分が高い状態で心土破碎等を行った場合は、図-2のような現象（亀裂があまり出来ない）になることも考えられます。

排水不良が見受けられる場合は、作物収穫後の天候が良い時期（土壤が十分に乾燥している状態）に、再度心土破碎等を行う必要があります。

暗渠排水の効果を十分に発揮させるためには、地表面から疎水材まで土壤中の亀裂を維持させておく必要があります。

このためには、心土破碎等の定期的な維持管理や降雨後の泥ねい化による土壤亀裂の劣化をさけるため、過湿時には、営農作業機械のほ場の乗り入れを極力避けることが重要です。

心土破碎後に、つぎの作業をされる場合は、亀裂を発達させるために、出来るだけ期間をあけるのも重要となります。

（心破直後すぐに、耕起や碎土、整地を行うと、亀裂が消滅し心土破碎の効果が減少してしまう。）

3. 心土破碎の施工方法について

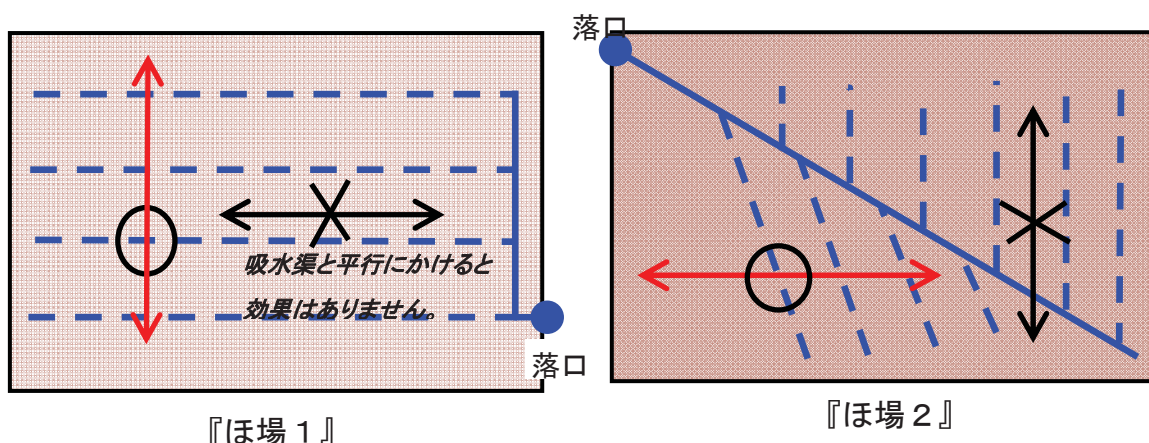
①心土破碎等の作業方向は、『ほ場1』のように吸水渠に直交して行うのが最も望ましいです。

(設置した暗渠(吸水渠)に対して、直角に心土破碎等を行う。)

②ほ場の形や暗渠の配線方法によって、『ほ場2』のように吸水渠に直交して行うのが困難な場合は、吸水渠に対して角度を付けて心土破碎等を行うようにして下さい。

吸水渠と平行(あまり角度が付かない)に行った心土破碎等は効果が期待出来ません。

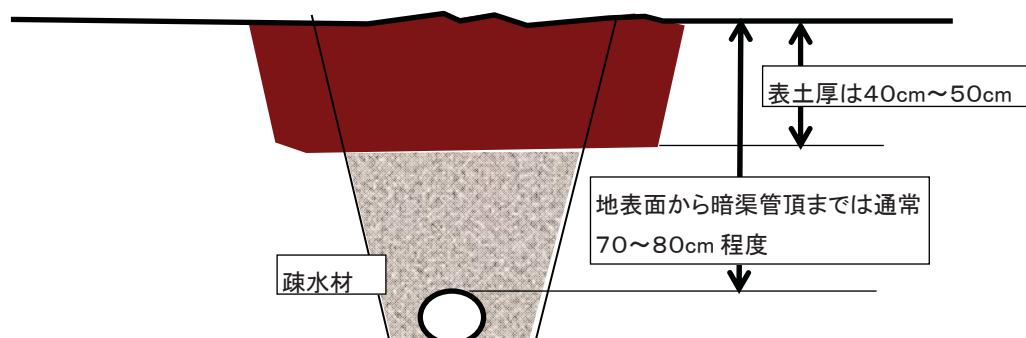
凡例	
	吸水渠
	集水渠
	心土破碎方向



③傾斜がきついほ場では、低い方向に向けた心土破碎の施工は水が集中し、土壌の流亡が多くなるので、横向き施工で等高線と平行ではなく、やや下向きの施工する必要があります。

④疎水材まで届くように40cmから50cmの深さで心土破碎等を行ってください。

また、心土破碎等の深さが疎水材に届かない場合は、排水効果は期待出来ません。深く入れすぎると暗渠管が破損したり、疎水材が表土に混じってしまいますので、注意してください。



※心土破碎やサブソイラーの施工深が浅い場合(20~30cm程度)は、排水効果が期待出来ないばかりか、その作業により余計な耕盤層をつくってしまうことにもなりかねませんので、注意してください。

⑤心土破碎等の施工速度は時速2km以下で行うのが、排水能力や持続性等の点からも望ましいようです。

時速4km以上の速度で心土破碎等を行った場合は、せつかく出来た亀裂(間隙)を塞いでしまう恐れがあるので注意してください。

暗渠排水施工後のほ場管理について

十勝総合振興局南部耕地出張所
平成26年3月作成

1. はじめに

十勝地域のほ場に分布する湿性土壌を示す多湿黒ボク土等のほ場は、耕盤層形成により排水不良が生じやすい土壌であり、他の土壌（淡色黒ボク土、黒ボク土、褐色低地土等）においてもトラクターの大型化等により、耕盤層が形成されほ場に排水不良が生じることがあります。

平成23、24年帯広市の暗渠排水施工ほ場を調査した結果、約9割のほ場で耕盤層形成が確認されました。耕盤層が形成されたほ場では、暗渠排水整備後でも、降雨が地表面に滞りし湿害をもたらすだけでなく、土壌が硬いことで作物根が下層土に伸びることができないため、干ばつ時には下層から水を吸収できないことにもなり、透排水性が悪化することで地温の上昇を妨げさらに根域が狭くなることで作物の収量、品質にも影響することにもなります。

よって心土破碎は耕盤層が形成されている深さを確認し、耕盤層を破碎する適切な深さで実施することが重要です。

・ 作土下層(20~30cm以深)の土壌硬度を測定することにより、そのほ場に耕盤層が形成されているか判定できます。

※土壌硬度による耕盤層の判定基準、

黒ボク土、低地土 20mm以上から

多湿黒ボク土 16~18mm以上

で耕盤層が形成されていると判定できます。

山中式土壌硬度計
土の硬さをはかる



赤枠内は、耕盤層形成の可能性が高い。



親指の貫入程度と土壌硬度の関係

区分	硬度計測定値	親指の貫入程度
極疎	10mm以下	ほとんど抵抗なく貫入できる。
疎	11~15mm	やや抵抗はあるが貫入する
	15~18mm	第1関節以上はかなりの抵抗はあるが貫入する
中	18~20mm	第1関節まで貫入する。
	20~24mm	かなりの抵抗があり、貫入せずへこむ程度
密	25~28mm	指あととはつくが貫入しない。
極密	29mm以上	指あともつかない。

非常に硬い耕盤層が形成された場合、トラクターで牽引するサブソイラー等では破碎深が不足する可能性がありますので、棒や「ものさし」等を心土破碎溝に挿入し作業深さを確認し深さが不足している場合は、ブルドーザーによる心土破碎を検討して下さい。

土壌硬度計の数値とサブソイラーの破碎深について

Aほ場

深さ	土壌硬度
10cm	18mm
20cm	19mm
30cm	21mm
40cm	20mm
50cm	19mm
60cm	16mm

疎水材型暗渠 表土戻し50cm
サブソイラー施工深 40~45cm

Cほ場

深さ	土壌硬度
10cm	17mm
20cm	20mm
30cm	23mm
40cm	23mm
50cm	21mm
60cm	19mm

疎水材型暗渠 表土戻し50cm
サブソイラー施工深 30cm

Bほ場

深さ	土壌硬度
10cm	11mm
20cm	12mm
30cm	14mm
40cm	17mm
50cm	18mm
60cm	19mm

疎水材型暗渠 表土戻し40cm
サブソイラー施工深 45~50cm

Dほ場

深さ	土壌硬度
10cm	17mm
20cm	19mm
30cm	20mm
40cm	20mm
50cm	19mm
60cm	16mm

疎水材型暗渠 表土戻し40cm
サブソイラー施工深 45~50cm

・ Aほ場は、疎水材上端までが50cmの深さなので、破碎深が不足している。
 ・ B、Dほ場は、疎水材上端まで40cmの深さなので、破碎深が確保されている。
 ・ Cほ場は、土壌硬度が非常に硬く破碎深が不足しているため、ブルドーザーによる心土破碎実施を検討する。

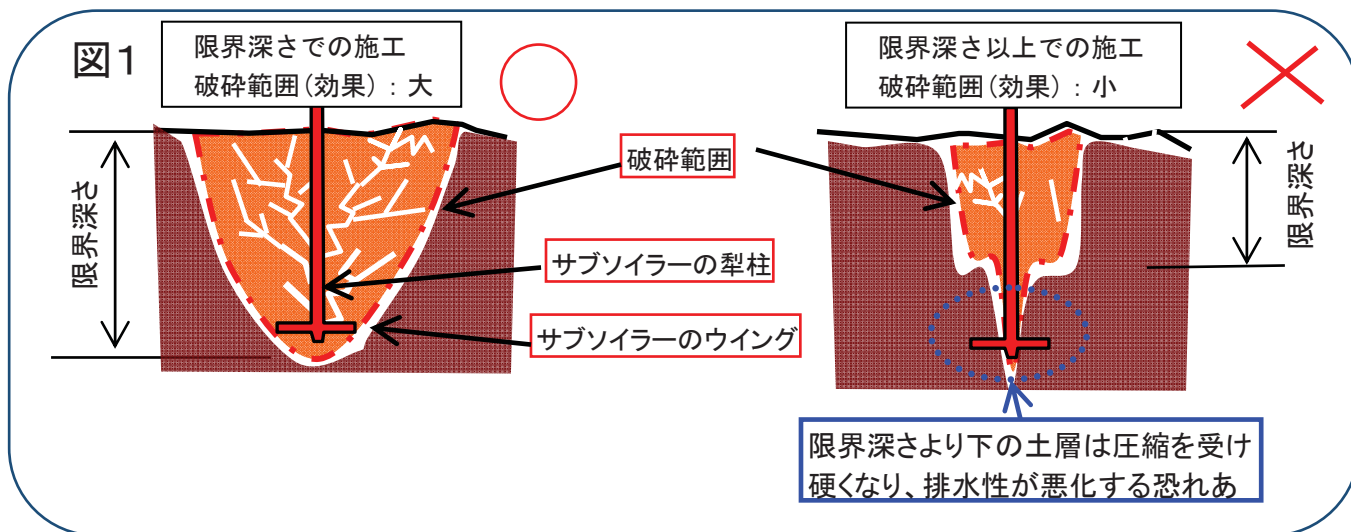
2. 適切な心土破碎について

心土破碎は『できるだけ乾燥した時期』に、『吸水渠の配線と直交』するよう『ゆっくり歩く位の速度(適正速度は2～3 km/h)以下』で実施するのが望ましいです。

なお、心土破碎の作業速度が速いと砕土効果が高まり、破碎された目詰まりしやすい細かな土塊が増加するため、注意が必要です。

暗渠排水整備後におけるサブソイラー等の心土破碎深さは、「限界深さ」程度が望ましいとされ、「限界深さ」は図1に示した様に、サブソイラーの破碎効果が認められる範囲の深さです。

「限界深さ」を越えた場合は、破碎効果の範囲はあまり増加せず、むしろ圧縮された土層が形成されてマイナスの作用が大きくなります。「限界深さ」は土質や土壤水分などによって変動するため具体的な数値を示すことが困難ですが、海外の資料では、作業深さはサブソイラーの先端が耕盤層の下側3 cmから5 cmの位置を通過する深さに設定するのが望ましいとされています。



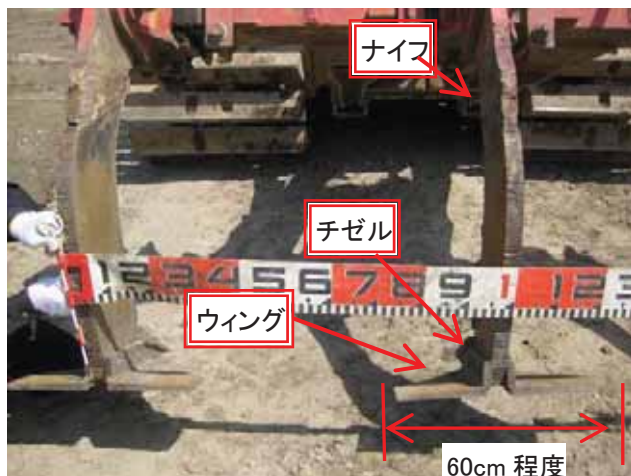
3. ブルドーザーによる心土破碎

ブルドーザーによる心土破碎は、破碎効果を大きくするため、ウイングに角度(3°から5°)を持たせており、ウイングにより土が少し持ち上げられ、ひびが増加します。

また、サブソイラーに比べるとウイング幅も大きいため、破碎範囲(効果)も大きくなります。

よって、下層に土壤硬度20mm以上を超える耕盤層が確認されるほ場では、小麦収穫後の乾燥状態にブルドーザーによる心土破碎を実施し、土中の亀裂(ミズミチ)を発達させる期間をあけることで、より高い破碎効果が得られます。

パンブレーカー



4. 暗渠排水の施工時期と、心土の確認方法

今後、道営畑総事業で暗渠排水整備を希望しているほ場では、早期に排水効果を発揮させるため適切な心土破碎が実施できるような時期に施工を行うことが望ましく、豆やビート収穫後に暗渠排水施工を予定しているほ場や、暗渠排水施工後の翌春に作付作物が早い時期のイモやビートのほ場では、適切な心土破碎(作業時期及び破碎後の乾燥期間)が実施できないことから、排水不良となる恐れもあるため、注意が必要です。

◎理想的な暗渠排水施工時期とその後の営農作業体系

小麦収穫後 → 暗渠排水施工 → 心土破碎 → 緑肥、堆肥散布 →
秋起し時、緑肥等の根張り具合や耕盤層の有無、土中の亀裂発達状況を観察
→ 必要に応じ翌春に心土破碎実施。

耕盤層の簡易確認方法

耕盤層確認状況



地表面から30-40cm以深に耕盤層があるので、指が簡単に入らない。

耕盤層直上の作土



地表面は乾燥していたが、耕盤層直上の20-30cm以深は、土壤水分が高く指も容易にはいる。

作物根の伸長状況確認



心土は白色の粘性土であるが、心土破碎が適切に実施されているため、作物根が40-60cmまで伸長していた。

下層土の色で排水の良否を判断



心土が褐色土のほ場



心土が灰色土のほ場



心土の斑紋(鉄さび)

下層土全体が褐色系であれば、透排水性が良好と考えられるが青灰色や青緑色は著しく不良と考えられる。両者の間で地下水位が季節的に変動して定期的に過湿となる場合は、灰色系で斑紋(赤さび)が土層中に見られる。

『心土が灰色系や青灰色で乾燥時は堅くなる排水不良を示す土壤は、小麦収穫後の乾燥状態に、ブルドーザーの心土破碎を行い、亀裂の発達(ミズミチ確保)のため期間をあけることも必要である。』

下層土の色	排水の良否
褐色系	良
灰色系(斑紋)	不良(過干、過湿)
青灰色	著しく不良(過湿)

非常に堅い耕盤層が形成されたほ場は、小麦の根張りが20~30cm程度でしたが、耕盤層がないほ場では、根張りは40~60cmまで確認されました。

耕盤層形成の有無は作物の根張り具合でもある程度、判断することができますので、作物の生育が特に悪い箇所は穴を掘って、「根張り、耕盤層の硬さや深さ、心土の土質」を観察し、適切な心土破碎を実施することが重要です。

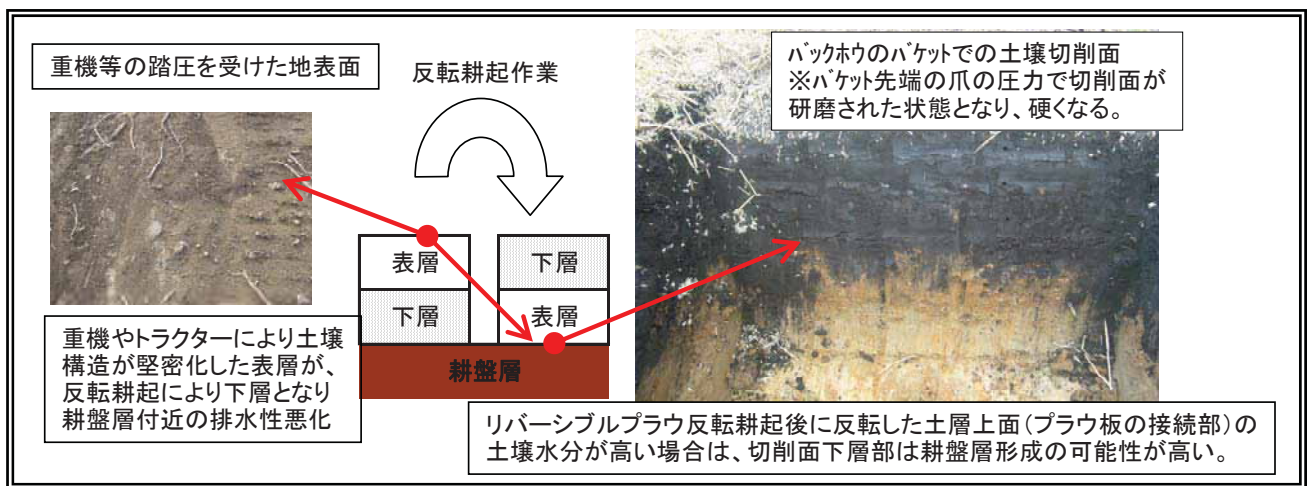
5. 各営農作業による耕盤層形成リスクの説明

営農作業による耕盤層形成リスク

土壌水分が高い状態でのリバーシブルプラウによる反転耕起や、ロータリーハローによる碎土・整地作業は耕盤層が形成されやすいです。

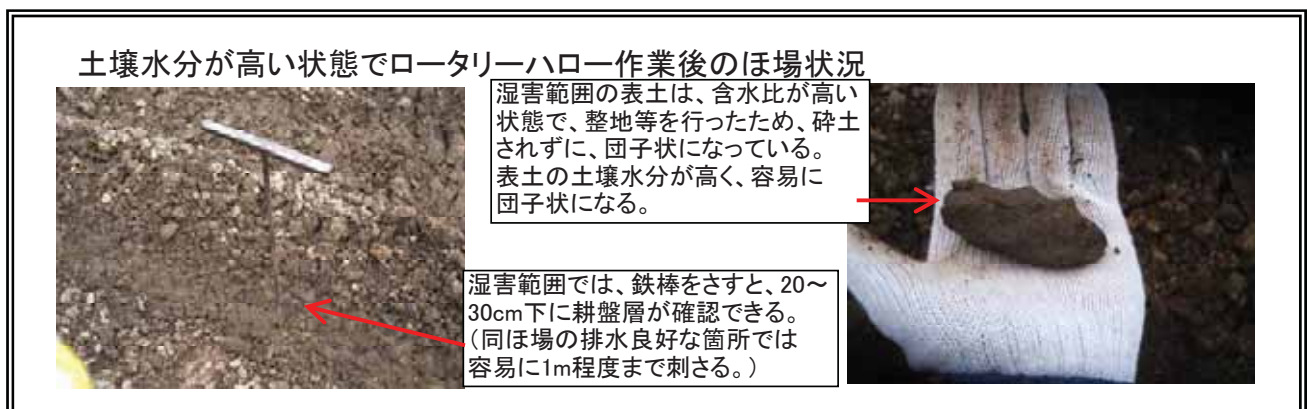
特に多湿黒ボク土は耕盤層形成などにより心土が堅密化し、滞水しやすく排水性不良となりやすい土壌であるため土壌水分が高い秋や、融雪後翌春の作業は十分に注意する必要があります。

※リバーシブルプラウによる反転耕起では、トラクターの片輪を作土直下に落とすため、直接作土直下が踏み固められることにより耕盤層が形成されやすく、特に土壌水分が高い状態での反転耕起は、プラウ(発土板)先端部の土壌切削部が作業機械の自重により研磨された状態となり硬くなるため、これも耕盤層形成の一因と考えられます。



ロータリーハローは、爪の回転力で土塊を切断破碎するものですが、爪の圧力で耕盤層が形成され、とくに土壌水分が高い状態での作業は、土塊が砕かれず団子状になりその土塊により、耕うん底面が叩かれるような状態となるため、耕盤層が形成されます。

また、ロータリーハローによる作業は、土壌水分が高い状態で、碎土性を求め回数を多くすると、碎土性は向上し作土は深くなりますが、この耕盤層はより硬くなります。



※暗渠排水整備後のほ場管理として、心土破碎が不十分で耕盤層が残っている場合、地表面が乾いていても地中の土壌水分が高い場合があるので、穴を掘り作業予定深さの土壌水分を確認することが必要です。

碎土作業に適切な土壌水分は、

『手で握って団子にならず』かつ『土塊が手で握りつぶせる。』程度とされています。

6. 暗渠排水機能維持のため耕盤層形成リスクが少ない営農作業提案について

暗渠排水機能維持のためには、通常の営農作業により形成される耕盤層を確実に破砕し、土壌水分が高い状態での作業は可能なかぎり回避することが重要です。

湿害が生じやすい場合は、営農作業により耕盤層が形成されやすいとも言えますので、暗渠排水整備後においても十分注意してください。

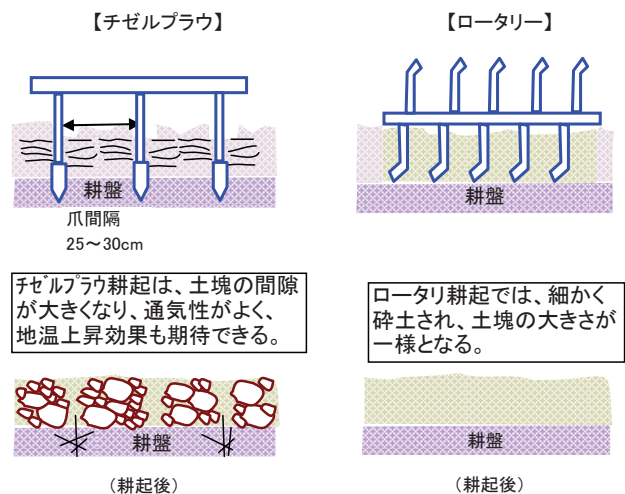
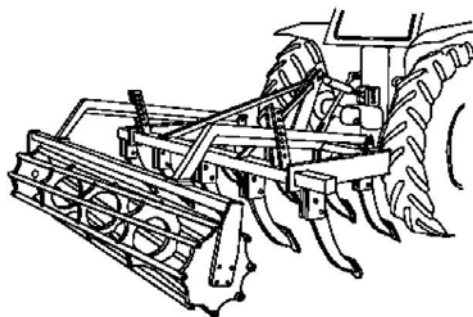
耕盤層形成ほ場ではプラウ耕起時に心土犁(しんどり)をとりつけ、プラウ耕と同時に鋤床の破砕や、とくに大型トラクターでの溝曳きによるプラウ耕起は下層土を踏み固めてしまうため、丘曳きによるプラウ耕起等も検討してください。

特に湿害が生じやすいほ場では、畦間サブソイラーや、カルチベーター等に深耕爪を付けての中耕も検討してください。

また、耕盤層が形成されにくい作業として、爪ものと呼ばれる作業機を用いる方法で、チゼルプラウ等による粗耕起や、ディスクハローやスプリングタインハロー等による碎土、パワー(バーチカル)ハローやコンビネーションハロー等による碎土・整地の作業があります。

これらの作業は大きな牽引力が必要なため、4輪駆動の大型農業機械が必要となりますが、PTO(作業機駆動のためトラクター動力取り出し機構)不要な作業(パワーハロー以外)ですので経済的で、ロータリーハローによる碎土・整地と比較した場合には、高速作業も可能となりますので、作業時間の縮減にもつながります。

チゼルプラウによる粗耕起のメリット



チゼルプラウ耕起は、土塊の間隙が大きくなり、通気性がよく、地温上昇効果も期待できる。

ロータリー耕起では、細かく碎土され、土塊の大きさが一様となる。

- ①チゼルプラウ耕起した圃場は、降雨後の排水が早く、短期間に上層及び下層の土壌水分が低下する。ロータリー耕起では土塊が小さいことから、特に下層に水分が停滞し、乾燥が遅れる。
- ②大きな土塊が作業機のタイヤの荷重を支えるため、地耐力が大きく、土塊の小さいロータリー耕起に比べて車輪の沈下が少なくなる。そのため降雨後、短期間に作業を開始することができる。
- ③大きな牽引力が必要なため、4輪駆動トラクターやクローラトラクターが適する。
- ④チゼルプラウで荒起しを行った圃場は乾燥が速く、降雨があってもロータリー耕起よりも比較的早く乾燥する。また、チゼルプラウの作業速度は、ロータリー耕起の2倍であり、PTO(トラクター動力)を使用しないため、経済的である。
- ⑤秋の暗渠排水施工後の土壌水分が高い場合に、乾土効果が大きいいためロータリー耕起の前作業としても効果的である。

大型トラクターをお持ちの方は、農作業の効率化やほ場の農作業乗り入れ回数を減らすため、フロントにも作業機を付けて複合作業を実践されている方や、踏圧の影響を少なくするためダブルタイヤを導入されている方もいます。



◎大型トラクター複合作業機

大型トラクターは、前部にも作業機を付けた方が重量バランスが良くなり、タイヤに係る重量が前後輪分散されるため、後部だけの作業よりも踏圧の影響が少なくなる。

また、通常2工程の作業を1工程で行うことにより、ほ場の乗り入れ回数を減らし、踏圧の影響が軽減され、作業時間の短縮にもなる。

7. 土づくりの観点からの排水対策

暗渠排水整備後における排水機能を維持するためには、緑肥や堆肥の導入により土中の有機物を多くし、土の団粒構造を安定させる必要があります。

有機物が少ない土壌の団粒は、水に浸かると崩壊しやすいことから、心土破碎による亀裂（ミズミチ）が維持されない恐れがありますので、暗渠排水整備を行い心土破碎を実施したとしても、十分な効果を発揮しているとは言えません。

反対に有機物量が多い団粒構造は、水に浸かった場合の安定性が増加し、踏圧の影響を受けにくい土壌となり、心土破碎時の亀裂（ミズミチ）の維持されるため、ほ場に対する有機物施用+適切な心土破碎は、暗渠排水の機能維持にとっても、必要不可欠なものであります。

（微生物は酸素のある好気状態により活性化し、有機物を分解、団粒を作るため、湿害が生じていたほ場であっても、暗渠排水整備により排水性が向上し、プラウ耕起や心土破碎等の耕うん作業により空気を土中に送ることで微生物が活発化し、団粒をつくる。反対に排水性が悪いと有機物を施用しても酸素がないため、団粒が作られない。）