

技 術 資 料

技術資料 目次

1. 暗渠排水の不良要因調査	技 - 1
2. 地力保全調査	技 - 4
3. 疎水材型暗渠の排水機能比較	技 - 8
4. 北海道における計画排水量の考え方	技 - 11
5. 転換畑作物の地下水位	技 - 24
6. 地耐力と地下水位	技 - 25
7. 土壌・土地条件に対応した排水改良マニュアル	技 - 26
8. デジタルオルソ写真を用いた暗渠の自動設計	技 - 28
9. 暗渠排水の配線方法の詳細	技 - 30
10. 暗渠排水組織の設計例（汎用田）	技 - 32
11. 暗渠排水組織の設計例（畑地）	技 - 37
12. 暗渠排水の設計例（水理計算・管径決定）	技 - 41
13. 暗渠排水の配線例	技 - 46
14. 現場透水係数を用いた吸水渠間隔の計算	技 - 47
15. 暗渠排水量調査結果を用いた吸水渠間隔の計算（水田）	技 - 49
16. スリム型バケットによる暗渠の排水機能	技 - 51
17. 土地利用形態等における暗渠排水掘削機種の使用実態	技 - 53
18. 暗渠排水機能解析	技 - 55
19. 浸透型暗渠の施工例	技 - 65
20. 暗渠排水の有効性に関するアンケート調査結果（1）	技 - 68
21. 暗渠排水の有効性に関するアンケート調査結果（2）	技 - 70
22. 無勾配暗渠排水に関する排水機能検証調査	技 - 73

1. 暗渠排水の不良要因調査 関連条項 [指針 2.3]

1. 目的

北海道の暗渠排水の施工実態と機能低下要因を明らかにする。

2. 方法

1) 暗渠排水の施工実態

道営事業のうち暗渠排水の事業実施が明らかな地区について検討した。

- (1)水田：15.976ha(昭和60年～)、(2)畑地：41.652ha(昭和46年～)、
(3)草地：5.503ha(昭和60年～)

2) 暗渠排水の機能低下要因調査

道内各地において暗渠排水の断面調査を行った。

- (1)調査項目：暗渠断面及び土壌断面調査(253断面)
(2)土壌理化学性(71地点)：容積重、三相分布、飽和透水試験、山中式硬度、団粒分析
(3)暗渠管理設深調査(7地点)：レベル測量

3) 暗渠排水疎水材利用試験

試験ほ場で利用した各疎水材の調査と過去の試験ほ場の追跡調査を実施した。

- (1)モミガラ、(2)針葉樹・樹皮付き・伐根チップ、(3)火山礫・火山灰、(4)砂利
(5)ホタテ貝殻、(6)ストーカ粗粒物(石灰焼却粗粒物)
①理化学性(粒度分布、飽和透水係数、クリープ圧縮、電子顕微鏡画像解析(NIH-Image))
②暗渠排水水質(BOD、COD、SS、pH、フェノール類、抽出液の重金属など)
③疎水材の構成成分(成分組成、重金属、汚染物質を含む)

3. 結果の概要

- 北海道の暗渠の疎水材使用率は調査対象期間全体で43.4%と低い。しかし、近年では暗渠の間隔が狭く、吸水渠の深さが浅くなり、新たな疎水材の使用も増え改善されてきた。
- 実施状況は地目や支庁ごとに暗渠の水準が違った(図1)。水田は整備水準が比較的高いが遅れている地域もあった。畑地では疎水材の有無により整備水準に差があった。草地は土戻し暗渠が主流であった。
- 暗渠排水機能低下の直接的要因は埋め戻し土の土壌構造の消失などの土壌物理性の低下や疎水材の投入量不足が起因していた。また、間接的要因としては粘土客土や土壌圧縮による耕盤層の生成によりほ場の排水性が低下があげられた。さらに、暗渠の維持管理や営農による排水対策が十分でなく、市町村で実施状況に差があった(表1)。
- 暗渠排水の機能向上のための改善対策を表2に示した。
- 北海道で利用可能な疎水材を新たな資材を含めて総合的に提案した(表3)。

表 1 暗渠排水の機能低下要因発生割合

要因	部位	機能低下 の現象及び 管理項目	対象地目 及び資材	発生 割合 (%)	対象 地点	原因および考察	
直 接 的 要 因	吸水渠	管のズレ 管内の 泥土堆積 吸水管 浅層化 逆勾配	土管	6.5	115	施工時 (土管敷設時) シルト質土壌・水田と 転換畑で多 泥炭土で発生 排水路が浅い、低勾配、地 表の地形	
			全管理	13.5	253		
			泥炭土	4.7	100		
			全地目	14.2	14		
	管の破損 疎水材 使用率	全管理	全地目	0.4	253	昔のコレグートのつぶれ 使用率は低い モミガラを使用しない 地域もある 疎水材無し 施工費の抑制	
				全地目	43.4		—
				水田	61.1		—
				畑地	41.8		—
	埋め戻し	過剰な掘削 土壌物理性 の不良	全地目	7.6	184	崩落性の高い土壌 (畑地) 埋戻し時期と強度 (透水係数で比較) 埋戻し時期と強度 (透水係数で比較)	
				水田	65.4		26
				畑地	73.3		45
				全地目	77.7		175
疎水材	疎水材の投入 不足圃場	水田	71.9	96	全体的に発生 全体的に発生		
			畑地	94.6		74	
			全地目	83.2		170	
			水田	71.9		96	
被覆材	腐朽	稲藁	68.2	85	3~5年で強度に腐朽 5年程度で腐朽 多量投入で 発生しやすい 付着する前に腐朽する		
			麦わら	52.4		42	
			稲藁	36.5		85	
			麦わら	0.0		42	
集水渠	疎水材の 不足圃場	水田	53.3	15	全体的に発生 全体的に発生		
			畑地	75.0		16	
			全地目	64.1		31	
			水田	53.3		15	
落水口	破損 水没	全地目	5.2	194	草刈時 低地帯に多い		
			全地目	5.2		194	
			水田	5.2		194	
			全地目	5.2		194	
水閘 立ち上 がり管	破損および 機能不良	水田	5.2	96	営農作業時に破損 (草刈) 営農作業時に破損 (草刈) 利用方法の明記		
			水田	4.0		25	
			水田	4.0		25	
			水田	4.0		25	
水閘・ 落水口	維持管理・ 破損補修	水田	4.0	25	補修実施率が低い		
			水田	4.0		25	
			水田	4.0		25	
			水田	4.0		25	
排水路	維持管理 管理	全地目	低い	—	床さらいを行って いない地域が多い 地域により管理に 差がある 地域により管理に 差がある		
			全地目	低い		—	
			水田	71.3		129	
			畑地	52.6		38	
間 接 的 要 因	排水管理 不足	全地目	80.0	10	地域により排水対策 に差がある		
			全地目	80.0	10		

表 2 暗渠排水の機能向上のための改善対策

項目	部位・ 具体例	対策
施工	管敷設時	管ズレやつぶれなどの確認
	勾配管理	レーザー測量機器などの指標
	掘削作業	低い土壌水分で実施
吸水渠	泥炭土	深さを 1m 程度
	疎水材 の深さ	地表からの深さ管理
集水渠	疎水材 使用	出来るだけ使用する
	投入量	投入量を増やす
	新たな 疎水材	大きく 10 種類が提案
	低コスト化	スリムパッケージが開発された
被覆材	疎水材 使用時	使用しない(火山灰は使用)
	土壌	心土のシルトの多い場合は使用
使用資材	稲ワラを避け、麦稈・ヨシを基 本	稲ワラを避け、麦稈・ヨシを基 本
	乾燥化	乾燥させ埋戻す
埋め戻し	透水性 確保	土塊を混ぜるように埋戻す
	落水口	水没しない
付帯物	立ち 上がり管	転換畑で収穫後に通水
	点検・ 維持管理	年一度行う
排水対策	排水管理	心土破砕・溝切り徹底

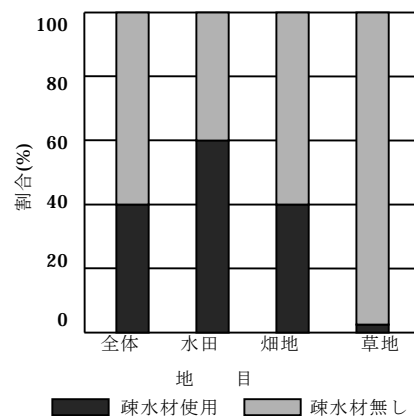


図 1 疎水材使用状況

表 3 北海道で利用可能な疎水材

資材名	耐久性強度 腐朽年度	価格 (m^3 単価参考値)	粒径サイズ	品質 注意点	地 域
モミガラ	10~15	40~600	2mm	投入時の転圧を十分に行い補充を行なうこと	水田地帯
針葉樹チップ	15~	3,800~5,800	10~40mm	水田利用時はモミガラ併用	全道
樹皮付きチップ	15~	3,600~	10~40mm	水田利用時はモミガラ併用	特定工場
抜根チップ	10~	未定	75~125mm	土砂 4%以下・水田利用時はモミガラ併用	全道
火山礫(恵庭)	半永久	500~1,000	2~27mm	フルイ分けしない礫でも使用可能	石狩・空利
火山礫(支笏)	半永久	1,000	5~38mm	フルイ分けした礫を使用	石狩
火山礫(樽前)	半永久	1,900	10~53mm	フルイ分けした礫を使用	石狩
火山礫(摩周)	半永久	1,600	20~75mm	フルイ分けしない礫でも使用可能	網走・根室・釧路
火山礫(屈斜路)	半永久	2,900	2~75mm	フルイ分けした礫を使用	網走
火山礫(駒ヶ岳)	半永久	900~2,500	20~80mm	フルイ分けした礫を使用	道南
火山灰(屈斜路)	半永久	350	細砂~粗砂	粗砂が多い粗粒質火山灰を使用	網走・根室・釧路
火山灰(屈足)	半永久	—	シルト~細砂・粗砂	粗砂が多い粗粒質火山灰を使用	十勝
火山灰(その他)	半永久	—	シルト~細砂・粗砂	粗砂が多い粗粒質火山灰を使用	各地の火砕流堆積物
砂利	半永久	2,400	0~25mm	50mm以下の砂利を使用	全道
ホタテ貝殻	30年以上	2,400	20~50mm	施工時に破砕するよう心がける	沿岸
ストーン粗粒物	半永久	—	2~10mm	フルイ分けした資材を使用	全道
ロックカーン	半永久	—	綿状	—	全道

注 1) 価格については現場渡し・土場渡しの区別を行っていないため参考値である。

注 2) 粒径は土取り場や製造機械により多少異なるため参考値である。

4. 成果の活用面と留意点

- 1) 既存の暗渠排水の機能維持向上及び地域の排水対策の取り組みの参考となる。
- 2) 暗渠排水の計画・設計・施工のための参考となる。
- 3) 北海道で利用可能な疎水材について提案した。

5. 残された問題点とその対応

- 1) 暗渠排水の地形・土壌・地目に対応した計画・設計方法、営農による排水改善対策法、北海道の排水不良土壌の要因区分について今後検討する。
- 2) 低コスト排水改良法の開発は今後検討する。

引用文献

平成12年1月「北海道における暗渠排水の実態と機能向上対策」中央農試 農業土木部 生産基盤科

2. 地力保全調査 関連条項 [指針 2.5]

(1) 土壌調査

土壌調査は、暗渠排水の必要の有無の検討や、施工方法、材料の選定等の検討を行うために必要不可欠な調査である。

調査にあたっては、既存の土壌調査資料を参考にしながら、計画地区及びその周辺において、土壌タイプ毎に **25ha** に **1** 点の割合で試坑を行い、土壌断面調査、現場透水係数の測定、物理性調査（粗度組成と三相分布）をそれぞれ実施する。

①土壌区分

農耕地土壌は、施肥改善事業、地力保全基本調査及び農耕地土壌分類（第3次改訂版）によって分類されている。このうち、最も新しい分類は農耕地土壌分類（第3次改訂版）である。しかし、本分類に基づく土壌区分別の改良対策が未だ明確にされていないことや、土地改良事業における既存の土壌調査結果（水田の場合は施肥改善事業による区分）と対応させるのが困難である等の課題が残されている。

そのため、本基準では、地力保全基本調査のとりまとめ成果である「農耕地土壌分類 第2次案」を基本として、暗渠排水の必要性の判断等を行うものとする。

参考として、それぞれの土壌分類の概要を以下に述べる。

ア) 施肥改善事業

都道府県農業試験場が昭和 **28** 年度から昭和 **36** 年まで水田を対象として実施した土壌調査であり、その中で、断面形態を分類の基準として、**11** 類型、**51** 土壌種に区分している。この区分は、特徴土壌区分とも呼ばれ、土壌断面の持つ特徴によって一般に、泥炭、黒泥、グライ層、酸化沈積物土色等の状況によって示される土壌の酸化還元的性質と、土性、密度、構造、透水性等の理化学性によって分類される。

イ) 地力保全基本調査

都道府県農業試験場が昭和 **34** 年度から昭和 **53** 年度まで農耕地を対象として、土壌の基本的性格、土壌生産の阻害要因などを明らかにするために実施した土壌調査であり、土壌群、土壌統群、土壌統の **3** つのカテゴリーに区分している。基本的な区分単位である土壌統 (**320** 統) とは、「ほぼ同じ材料から同じような過程をとって生成された結果、ほぼ等しい断面形態をもっている一群の土壌の集まり」であり、土壌の断面形態、母材、堆積様式の調査及び採取土壌の室内分析の結果から定められる。次に、断面形態の主な特徴及び母材、分布する地形などについて共通点を持っている一連の土壌統をまとめて土壌群 (**18** 群) といい、これらの土壌群のうち、所属する土壌統数の多い **11** の土壌群については、腐植層、グライ層、礫層などの厚さと位置及び土性その他の差異に基づいて、土壌群と土壌統の中間分類単位として土壌統群 (**60** 統群) が定められている。

本調査の成果をとりまとめたものが「農耕地土壌分類 第2次案改訂版」(昭和 **58** 年) である。参考までに、表 2-(1)-1 に粘性による土性区分と土壌分類上の土性区分の対比を示す。

表 2-(1)-1 土性区分対比表

土性 (国際法)	粘性による土性区分 (地力保全基本調査)	土壌分類上の土性区分 (農耕地土壌分類第2次案改訂版)
HC, LiC, SiC, SL	強粘質	細粒質
CL, SiCL, SCL	粘 質	
L, SiL, SL	壤 質	中粒質
S, LS	砂 質	粗粒質

ウ) 農耕地土壌分類 (第3次改訂版)

「農耕地土壌分類 第2次案改訂版」について、理化学的データに基づき分類基準を整理する等の改訂作業を行い、平成7年3月にとりまとめられた。カテゴリーは土壌群 (24 群)、亜群 (77 亜群)、土壌統群 (204 統群)、土壌統 (303 統) の4段階に改められている。

②土壌断面調査

ア) 調査地点の選定

試坑調査 …1/5,000~1/10,000 程度の地形図を用いて、方眼法により 25ha に 1 点の割合で選定する。この場合、地形、用排水等の条件も考慮して密度を決定する。また地区内に含まれる未墾地については、面積、団地数に応じて調査密度を決定する。

試せん調査…1ha に 1 点以上の割合で行う。

イ) 調査項目、方法

試坑調査の深さは、1m までを限度とするが、傾斜地等で切盛高が大きい場合には、切盛後のほ場面下 50cm までとし、観察により表 2-(1)-2 の項目について調査する。

なお、試せん調査の深さについても、試坑調査に準じる。

表 2-(1)-2 土壌断面調査票

有効土層の厚さ	作土層の厚さ	土壌断面図	厚さ・層界	試料	色		腐植泥炭	黒泥	斑紋結核	グライ層	グライ層	土性 (国際法)	礫	構造	孔隙	風乾土の硬さ	緻密度	可塑性	耕盤層及び	その硬さ	粘着性	透水性	湿り	湧水面	植物根の	分布状況	摘要	
					湿	乾																						

③現場透水係数の測定

現場透水係数の測定方法を参照

④物理性調査

土壌断面調査点において、各層毎に採土、分析し、粒径組成を求める。(詳細は「土壌物理性測定法」土壌物理性測定法委員会編 参照)

(2) 地耐力調査

地耐力の測定は、コーンペネトロメーター（コーン面積 2 cm^2 、先端角 30° ）を使用して 100m 方眼を単位に測定する。

地耐力は、1 測点に対し、深さとコーン指数の傾向がほぼ同様とみなされる 3 回以上の測定値の平均によって求める。測定深さは計画地表下 50cm までとし、 5cm ごとに貫入速度 1.0cm/s で測定する。

図 2-(2)-1 のような地耐力分布図を作成すると、工法の決定等に役立つ。

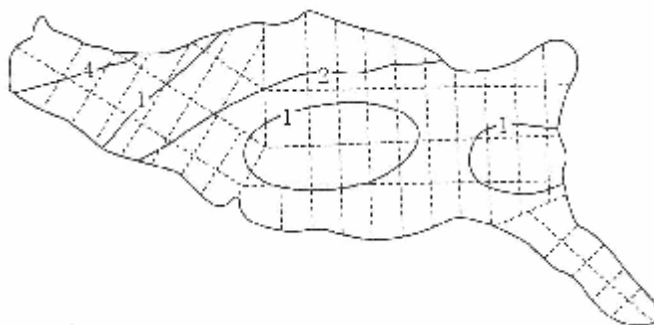


図 2-(2)-1 地耐力分布図

地力保全基本調査の土壌群・土壌統群と、施肥改善事業の土壌類型群との対比を表 2-(2)-1 に示す。

表 2-(2)-1 土壌群・土壌統群(地力保全基本調査)と土壌類型群(施肥改善事業)との対比

地力保全基本調査における 土壌群及び土壌統群	施肥改善事業における 水田土壌を対象と した土壌類型群	地力保全基本調査における 土壌群及び土壌統群	施肥改善事業における 水田土壌を対象と した土壌類型群
01 岩層土		礫質黄色土	黄褐色土壌
02 砂丘未熟土		細粒黄色土、斑紋あり	
03 黒ボク土		中粗粒黄色土、斑紋あり	
厚層多腐植質黒ボク土		礫質黄色土、斑紋あり	黄褐色土壌 (礫層(質)土壌)
厚層腐植質黒ボク土		11 暗赤色土	
表層多腐植質黒ボク土		細粒暗赤色土	黄褐色土壌 (礫層(質)土壌)
表層腐植質黒ボク土		礫質暗赤色土	
淡色黒ボク土		12 褐色低地土	黄褐色土壌 (礫層(質)土壌)
04 多湿黒ボク土		細粒褐色低地土、斑紋なし	
厚層多腐植質多湿黒ボク土		中粗粒褐色低地土、斑紋なし	
厚層腐植質多湿黒ボク土		礫質褐色低地土、斑紋なし	
表層多腐植質多湿黒ボク土		細粒褐色低地土、斑紋あり	黄褐色土壌 (礫層(質)土壌)
表層腐植質多湿黒ボク土		中粗粒褐色低地土、斑紋あり	
淡色多湿黒ボク土		礫質褐色低地土、斑紋あり	灰色土壌
05 黒ボクグライ土		13 灰色低地土	
多腐植質黒ボクグライ土		細粒灰色低地土、灰色系	
腐植質黒ボクグライ土		中粗粒灰色低地土、灰色系	礫層(質)土壌
淡色黒ボクグライ土		礫質灰色低地土、灰色系	
06 褐色森林土	細粒灰色低地土、灰褐色系	灰褐色土壌	
細粒褐色森林土	中粗粒灰色低地土、灰褐色系	礫層(質)土壌	
中粗粒褐色森林土	礫質灰色低地土、灰褐色系		
礫質褐色森林土	灰色低地土、下層黒ボク	黒色土壌	
07 灰色台地土	灰色低地土、下層有機質	黒泥色土壌	
細粒灰色台地土	灰色低地土、斑紋なし	強グライ土壌	
中粗粒灰色台地土	14 グライ土		
礫質灰色台地土	細粒強グライ土		
灰色台地土、石灰質	中粗粒強グライ土	強グライ土壌	
08 グライ台地土	礫質強グライ土		
細粒グライ台地土	細粒グライ土	グライ土壌	
中粒質グライ台地土	中粗粒グライ土	黒色土壌	
礫質グライ台地土	グライ土、下層黒ボク		
09 赤色土	グライ土、下層有機質	泥炭質土壌	
細粒赤色土	黒泥土壌	黒泥土壌	
中粗粒赤色土		15 黒泥土	
礫質赤色土		16 泥炭土	
10 黄色土	泥炭質土壌	泥炭土壌	
細粒黄色土		泥炭質土壌	
中粗粒黄色土	17 造成台地土	造成低地土	
	18 造成低地土		

土壌群 18 種、土壌統群 60 種、土壌類型群 11 種

3. 疎水材型暗渠の排水機能比較 関連条項 [指針 3.2.1, 4.3.2]

(1) 疎水材型暗渠は、材料の透水性が大きいことから、掘削土をそのまま埋め戻す従来型の暗渠と比較して排水能力が優れていると考えられる。

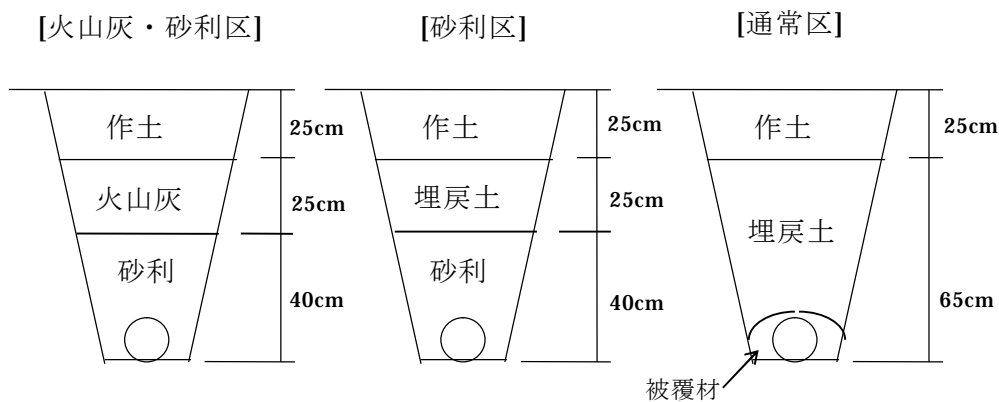
(2) 疎水材型暗渠の有効性を確認するために、試験ほ場を設置し、疎水材型暗渠と従来型の暗渠の排水機能の比較を行った。

試験ほ場および調査結果の概要は次のとおりである。

[試験ほ場の概要]

位置及び地目 : 本別町 (畑地)
 調査年度 : 平成 10 年度～平成 11 年度
 土壌 : 細粒灰色台地土
 (透水係数 cm/s /作土= 3.3×10^{-4} 、心土= 9.1×10^{-5})

暗渠排水組織 :
 吸水渠間隔 = 10m
 掘削深度 = 90cm (底幅 20cm)
 疎水材 = 砂利+火山灰、砂利、なし



[調査結果の概要]

疎水材型暗渠を採用する目的の1つは、地表面湛水の迅速な除去である。降雨直後の初期暗渠排水量の多少はこの目的に対する評価指標の1つと考えられる。調査期間内にあった6回の比較的顕著な降雨に対する、初期暗渠排水量を比較して以下に示す。(降雨量は当該降雨の中の4時間最大降雨強度を用いた。)

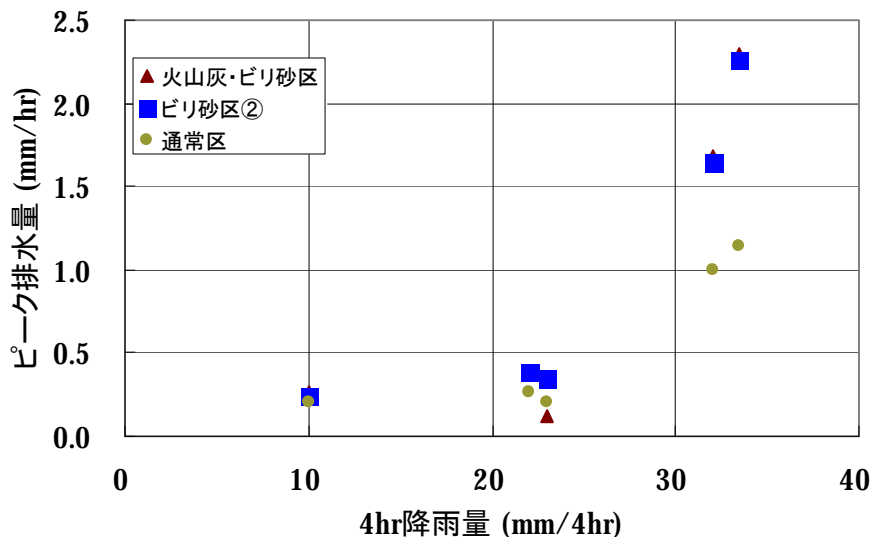


図 3- (2) -1 4hr 降雨量とピーク排水量の関係

同図に示されているように、火山灰や砂利を疎水材として使用している暗渠の初期排水量は掘削土をそのまま埋め戻した通常区に比べ、全般的に大きな値を示している。また降雨強度が大きい場合ほどその差が開く傾向にある。

通常区に対する疎水材型暗渠の初期排水量の比は以下に示したとおりであり、1mm/hr を超える降雨に対しては、1.5~2 倍の排水量が観測されている。

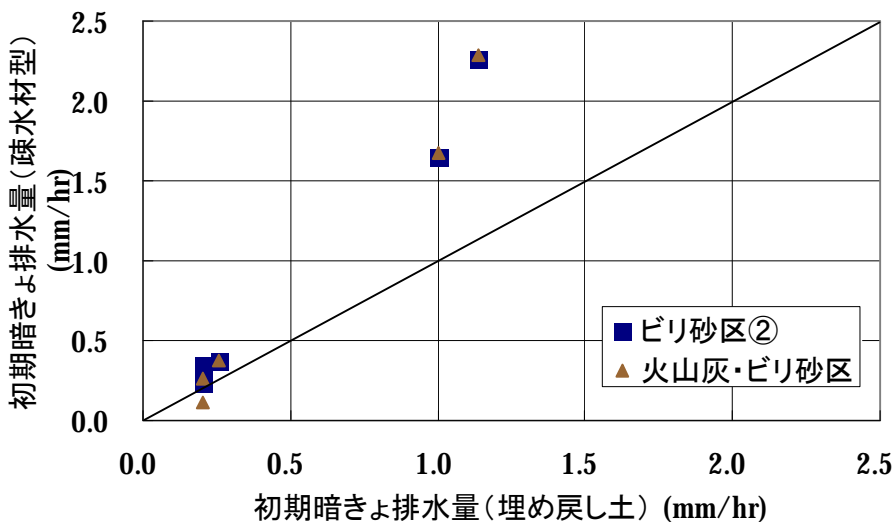


図 3- (2) -2 初期暗渠排水量の比較 (疎水材型/埋め戻し土)

同じ降雨に対する総排水量を比較して以下に示す。

総排水量については、砂利区がもっとも大きな値を示し、火山灰+砂利区と通常区は概ね同程度の値を示している。

土中での水の動きが鉛直浸透のみであれば、同一の降雨に対する総排水量は同じとなるはずであるが、排水が促進され地下水位が早く低下する部分では周辺の地下水をより集水する可能性も考えられる。総排水量はより広い範囲での地下水や土壌条件によっても影響が受けられるため、観測結果が直ちに疎水材型暗渠の有意性を示すものではないが、試験区全体としての排水性が通常区のそれを上回っていると考えられる。

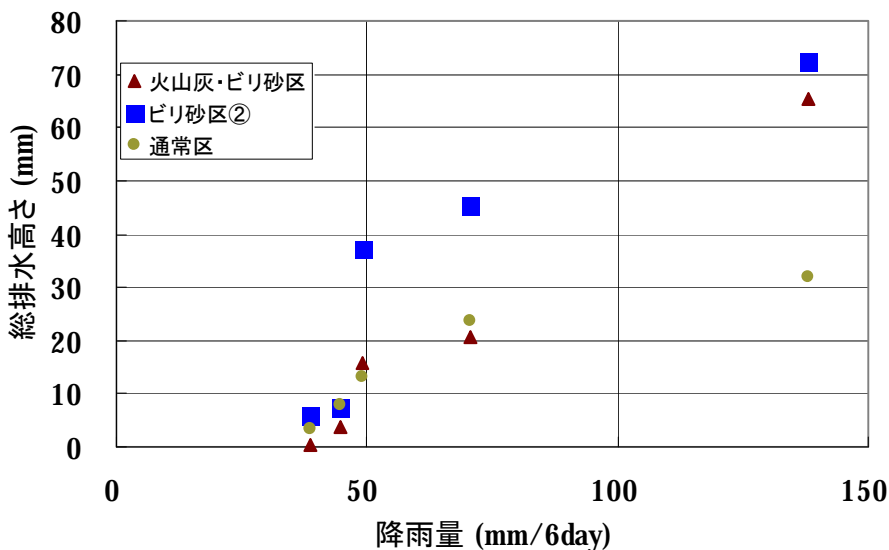


図3-(2)-3 降雨量と排水量(高)の関係

なお、降水量に対する総暗渠排水量の比（暗渠流出率）は下表に示すように、19～37%の範囲にある。

表 3-(2)-1 暗渠排水の流出率

期間	降水量 (mm)		流出率 (%)		
	全体	4hr[peak]	火山灰・ピリ砂区	ピリ砂区②	通常区
1998/08/27-09/01	138.0	33.5	47.5%	52.6%	23.2%
1998/09/16-09/21	70.5	32.0	29.2%	64.4%	33.3%
1998/10/15-10/20	49.0	22.0	32.2%	75.6%	27.1%
1999/05/25-05/30	44.5	10.0	8.3%	16.8%	17.7%
1999/10/02-10/07	38.5	23.0	1.2%	16.0%	8.9%
平均			23.7%	45.1%	22.0%

4. 北海道における計画排水量の考え方 関連条項 [指針 3.2.2]

(1) 水田の計画暗渠排水量

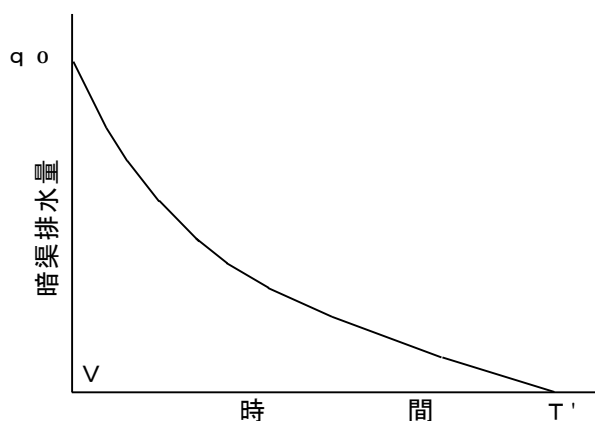
水田において暗渠排水に求められる機能は中干し及び落水時の速やかな排水と、代かき前と落水後の降雨や融雪水の排除である。

この内で暗渠の能力として最も大きな値が必要とされるのは、湛水条件下にあるほ場の排水を行う、中干し及び落水時である。

計画基準では、この中干し及び落水時の計画基準排水量として $D = 10 \sim 50(\text{mm/day})$ を示しており、その設定根拠として以下のような排水量曲線を想定している

暗渠排水の目標は地表残留水と作土層内に滞水する過剰水を計画排水時間(T)内に排除することである。計画暗渠排水量はこの水量をT時間で排除するのに必要な初期(ピーク)暗渠排水量で、次のようにして求めることができる。

付図-1は、ある間隔Sで暗渠が埋設されているほ場において、ほ場をいったん湛水状態にし、地表水を排除した直後の満水非湛水状態を初期状態として暗渠排水を開始した場合の暗渠排水量～時間曲線を示したものである。図に示すように、初期暗渠排水量(q_0)を最大値とする時間低下曲線となり、この間に排水された総量(暗渠総排水量V)が地表残留水と作土層内に滞水する過剰水を合計した水量である。



付図-1 暗渠排水量

この時間曲線の排水時間(排水の開始から終了までの経過時間)を T' として、計画排水時間 T と比較し、ちょうど $T' = T$ となるような初期暗渠排水量が計画暗渠排水量 D である。

具体的な計画暗渠排水量の決定法を示すと、時間曲線を指数関数で近似して、計画暗渠排水量($D, \text{mm/d}$)と計画排水時間($T = 1$ 日とする)と暗渠総排水量(V, mm)の関数を求めると、計画暗渠排水量 D は、

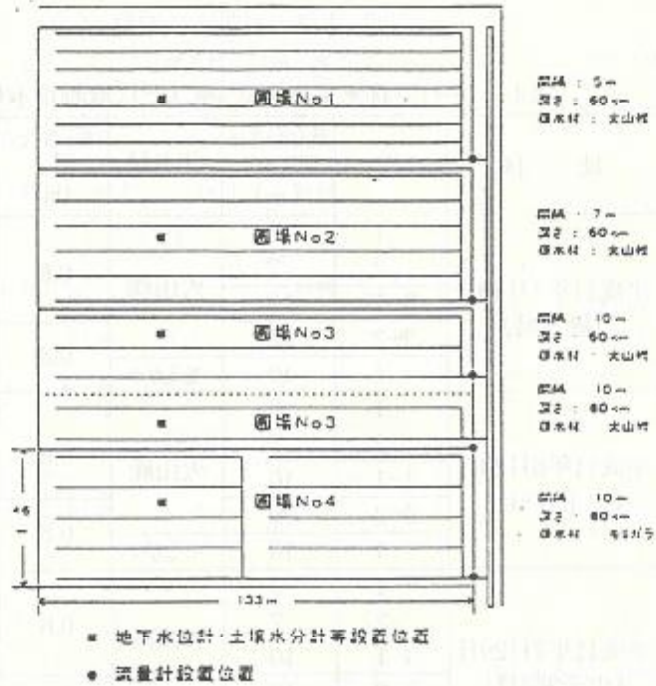
$$D = 3V / T \quad (1)$$

と表される。すなわち、上に述べたような条件下で暗渠排水試験を行い、暗渠総排水量 V を得ると、上式から計画暗渠排水量 D が計算される。

[試験ほ場の概要]

本道では「長沼町」に試験ほ場を設け、中干し及び落水時の排水量を実測している。暗渠配線や暗渠断面の概要は以下のとおりである。

暗渠機能調査	
地区名	長沼
市	長沼
土地利用	水田
土壌型	細粒クワイ土
試験区	[吸水材] / [間隔] / [高さ] 1. 火山礫 / 5 / 60 2. 火山礫 / 7 / 60 3. 火山礫 / 10 / 60 4. 火山礫 / 10 / 80 5. モミガラ / 10 / 80



図場NO 1・2・3
吸水渠の標準断面



図場NO 3
吸水渠の標準断面



図場NO 4
吸水渠の標準断面



[排水量調査の結果]

各試験区ごとに排水量を実測した結果を表 4-(1)-1 に示したが、これに示されているように、融雪時を除いたデータから求められる計画排水量は $D=20\sim70(\text{mm/day})$ の範囲にあった。

また、何れの試験区においても落水開始から 24hr 以内で地下水位が $GL-60\text{cm}$ 以下に低下しており、暗渠の機能としては充分と考えられる。

従って、本道の水田における計画暗渠排水量は、試験ほ場における排水量(中干時)から求められた値の平均値である $D=50(\text{mm/day})$ とするのが適切と考えられる。

表 4-(1)-1 排水量調査結果に基づく計画排水量の検討(長沼ほ場)

地 区	ほ場 No,	暗渠間隔 S' (m)	疎水材	暗渠深さ (m)	q ₀ (mm/hr)	暗渠 総排水量 V (mm)	計画暗渠 排水量 D (mm)
平成 11 年 4 月 19 日 (融雪時)	1	5	火山礫	0.6	13.04	60.34	181.02
	2	7			14.00	67.27	201.81
	3-1	10			5.77	23.51	70.53
	3-2	10			9.00	28.40	85.20
	4	10	モミガラ	0.8	5.50	27.26	81.78
平成 11 年 6 月 23 日 (中干 1 回目)	1	5	火山礫	0.6	8.00	23.64	70.92
	2	7			6.00	21.17	63.51
	3-1	10			-	4.03	-
	3-2	10			7.00	21.14	63.42
	4	10	モミガラ	0.8	4.00	15.25	45.75
平成 11 年 7 月 29 日 (中干 2 回目)	1	5	火山礫	0.6	9.05	21.40	64.20
	2	7			5.91	9.81	29.43
	3-1	10			1.50	7.11	21.33
	3-2	10			4.00	10.95	32.85
	4	10	モミガラ	0.8	6.00	15.70	47.10
中干し時平均値							48.72

(2) 畑地の計画暗渠排水量

畑地の場合は水田と異なり、ほ場に傾斜をもつ場合は表面流出が多くなることや、一般的に土壌が不飽和な状態から降雨後の排水がスタートすることなどから、地表面湛水条件下の水田において定めた計画暗渠排水量とは異なる算定手法を用いて計画値を設定する必要がある。

[試験ほ場の概要]

畑地についても本道の5ヶ所に試験ほ場を設け、降雨時の排水量を観測した。暗渠配線や暗渠断面の詳細は資料として添付したが、概要は以下の表4-(2)-1のとおりである。

表4-(2)-1 暗渠機能調査地区の概要(畑地)

地区名	場所	土地利用	暗渠タイプ(疎水材/間隔/深さ)							土壌
			火山礫 /8/80	火山礫 /12/60 (t=25)	火山礫 /12/60 +補助 暗渠	火山礫 /12/60 (t=55)	麦稈 /12/80	貝殻 /12/80	—	
能取	網走	畑	火山礫 /8/80	火山礫 /12/60 (t=25)	火山礫 /12/60 +補助 暗渠	火山礫 /12/60 (t=55)	麦稈 /12/80	貝殻 /12/80	—	細粒褐色 森林土
帯広東他	帯広	畑	なし /12/90	ピリ砂利 /12/90	ピリ砂利 /6/90	ピリ砂利 12/90 心破	ピリ砂利 /12/90 心破/ 客土	—	—	厚層多腐植質 黒ボク土
	本別	畑	なし /10/90	ピリ砂利 /10/90	火山灰+ ピリ砂利 /10/90	火山灰+ ピリ砂利 /5/90	ピリ砂利 /10/60	火山灰+ チップ /10/90	火山灰+ チップ /10/60	細粒灰色 台地土
	豊頃	畑	チップ /12/90	チップ /6/90	麦稈 /12/90	抜根 チップ /12/60	フルイ 砂利 /12/90	—	—	細粒グライ土
北明里	初山別	水田/ 休耕地	抜根 チップ /5/60	貝殻 /5/60	貝殻 /10/60	抜根 チップ /10/60	トマツ チップ /10/60	トマツ チップ /5/60	—	褐色低地土

[排水量調査の結果]

本道の5ヶ所の畑地で行った暗渠排水量調査の結果では、暗渠からの総排水量(降雨開始から終了後1~4日までの排水量)の、総降雨量に対する割合は、降雨強度が大きくなるのに従って増加する傾向を示すが、10年確率の24時間降雨量(R=84~143mm)を想定した場合では概ね50~70%の範囲にとどまるものと推定される。

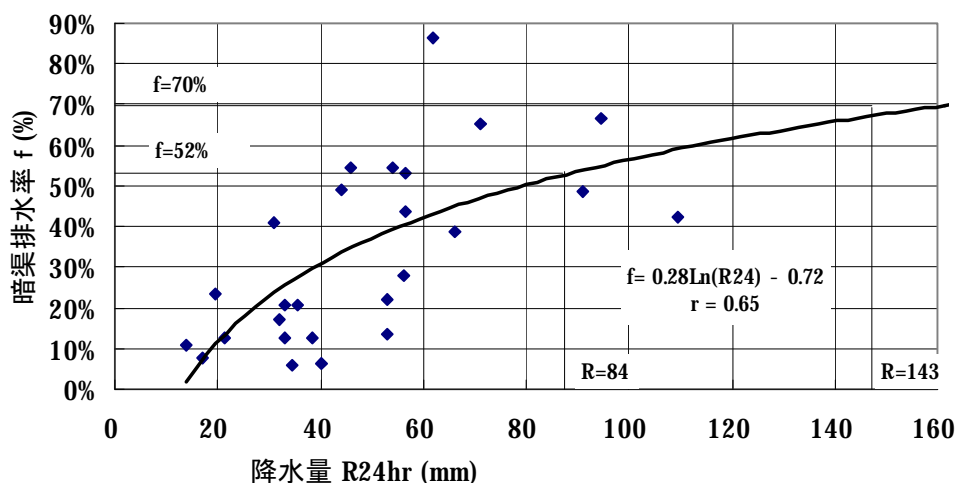


図4-(2)-1 24時間降水量と流出率

注) 流出率が5%以下のものなど一部のデータは相関検討から除外した

また、排水に要する時間は降雨パターンによっても異なるが、図4-(2)-2に示すように、10年確率降水量を想定すると、全排水量の90%を排水するのに要する時間で、概ね46.4~61.3hr（排水開始から）の範囲と推定される。

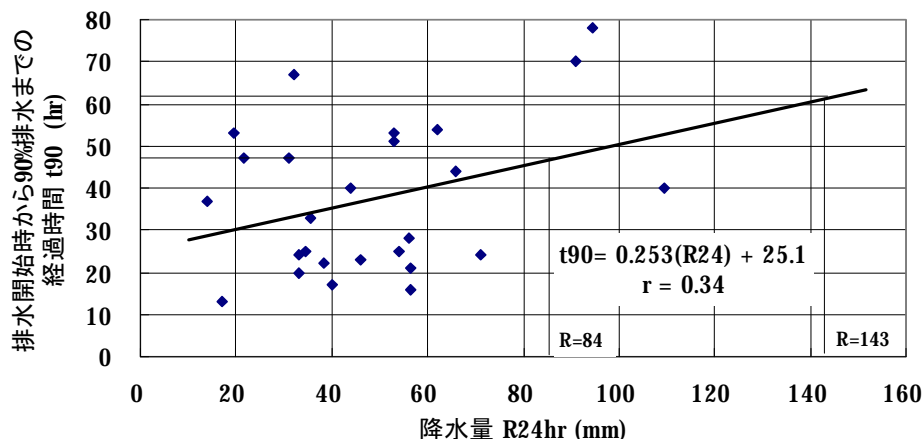


図4-(2)-2 24時間降水量と排水時間

従って、10年確率降水量を想定した場合の日平均暗渠排水量は、以下のような範囲となることが予想される。

$$\begin{aligned}
 \text{日平均暗渠排水量} &= (\text{10年確率日降水量}) \times (\text{暗渠排水率}) \times 0.9 / (\text{排水日数}) \\
 &= (84 \times 0.52 \times 0.9) / (46.4/24) \sim (143 \times 0.70 \times 0.9) / (61.3/24) \\
 &= 20.3 \sim 35.3 \text{ (平均 } 28\text{mm/day)}
 \end{aligned}$$

注) 確率降水量は主要畑作地である十勝、網走の数値

一方、試験ほ場は、上記した日平均排水量とほぼ等しい計画暗渠排水量 (=30mm/day) で設計されているが、ここで測定された降雨時の地下水位の例を図4-(2)-3に示した。同図に示したように、地下水位は降雨終了後24時間で地表面下55cm以下に低下しており、暗渠排水が目標としている水準（降雨後2~3日でGL-40~50cm）を満足するものとなっている。

従って、畑地における計画暗渠排水量は、試験ほ場の実測値から推定される日平均排水量から、30mm/dayとするのが適切と考えられる。

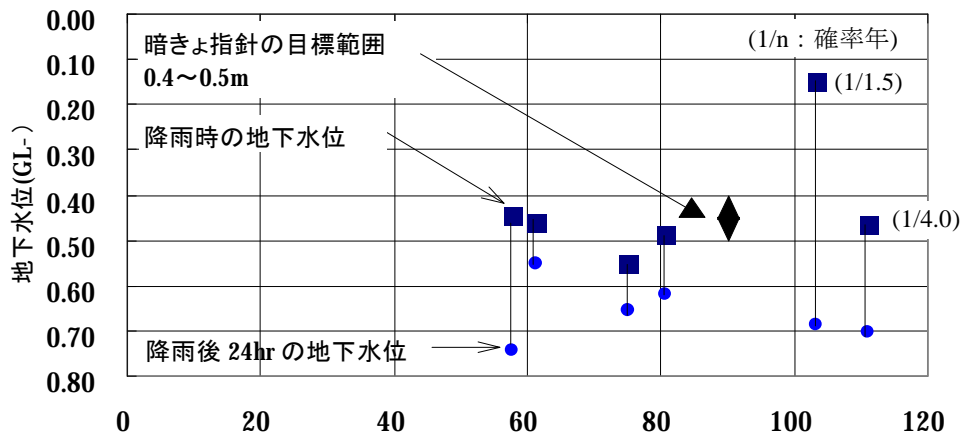


図4-(2)-3 降雨時の地下水位変化（豊頃）

(参考) ピーク排水量について

試験ほ場では暗渠排水量を連続的に測定しており、降雨時のピーク排水量を把握することができる。

図-参考1は、ピーク排水強度を24時間降水量との関係でまとめたものである。

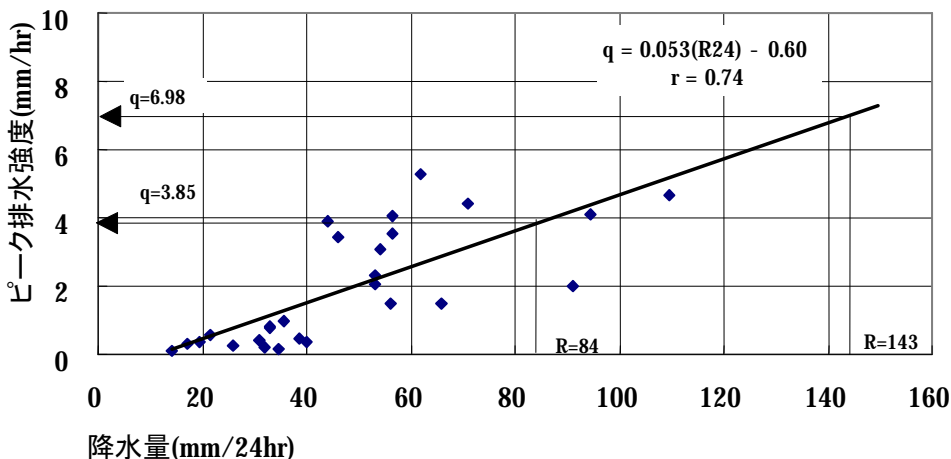


図-参考1 24時間降水量とピーク排水量の関係

測定結果では最大で5mm/hrを上回る排水強度が測定されており、排水率と同様に10年確率の24時間降雨量(R=84~143mm)を想定した場合には、ピーク排水強度は $q_{max}=3.85\sim6.98$ (mm/hr)の範囲となることが推定される。

測定された値は、計画排水量30mm/day(=1.25mm/hr)と比較すると大きな値であるが、図-参考2の例に示すように、降雨時の平均的な排水強度で見ると $q=0.76$ mm/hrであり計画排水量以下の数値となっている。こうした排水状況によって、結果として必要な地表水の排除や地下水位の低下が確保されていることから、暗渠は十分な排水能力を有しているものと判断できる。

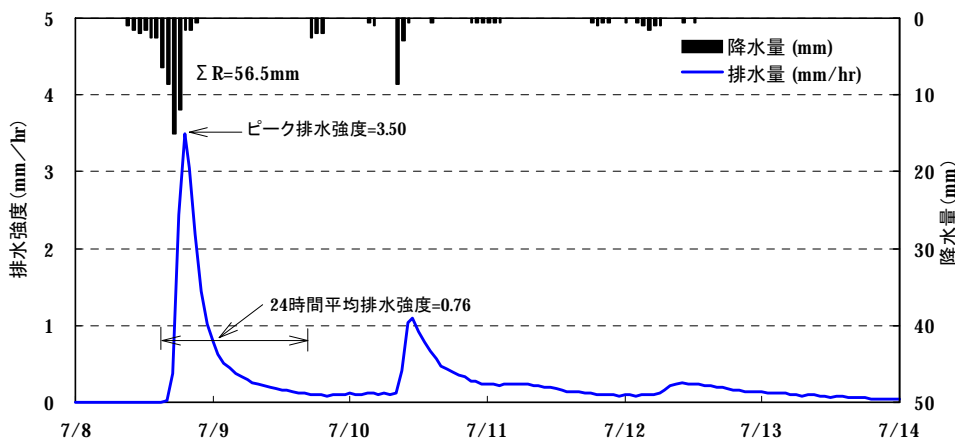
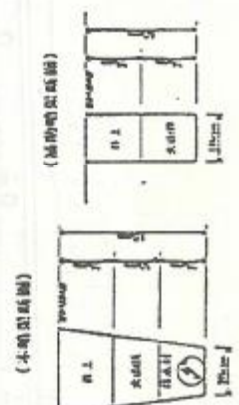
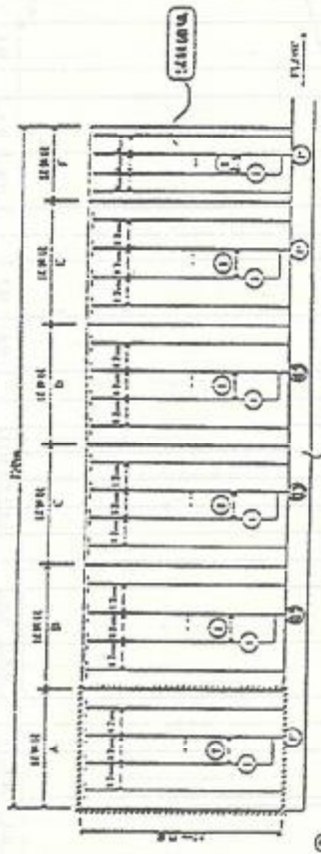


図-参考2 暗渠排水流出ハイドログラフ(豊頃)

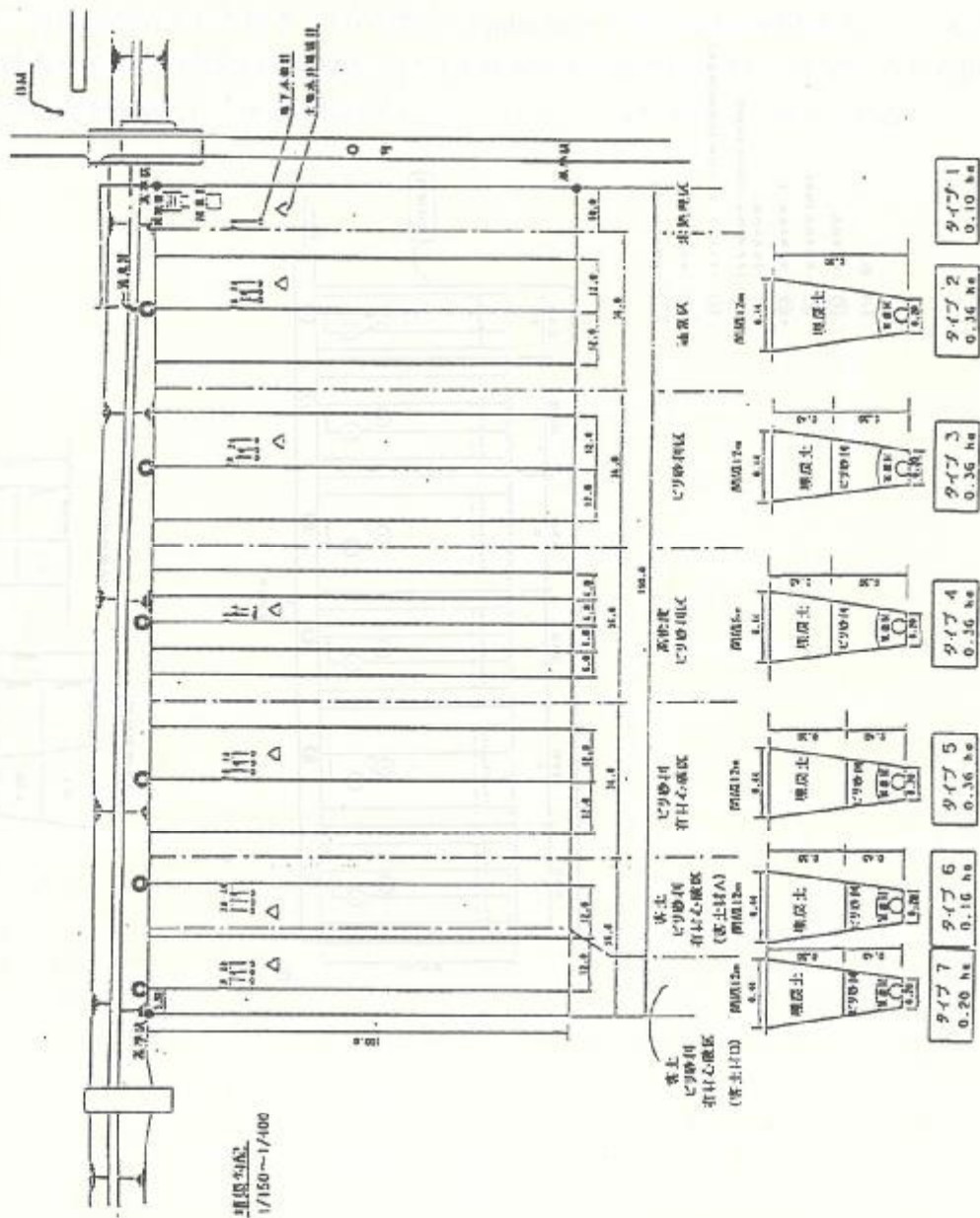
計画排水量=30mm/dayとした暗渠から実際に4mm/hrを上回る排水が可能となっている点については、排水パイプの内空余裕や粗度などに含まれる安全率が寄与していると考えられる他、疎水材そのものが流下断面として地下水排除をになっていることなどが原因と考えられる。

平成10年度 噴型機性能調査	
機種名	信成
場所	跡北
土地目用	畑
土地類型	畑段褐色赤土上
試験区	1段水田/120畝/1/15.21 1. 水田機/12/400 2. 水田機/12/500(25) 3. 水田機/12/500(55) 基防噴型 A 4. 水田機/12/500(55) 5. 水田機/12/400 6. 11.2/12/400 7. 5.

- (凡例)
- ① 試験区番号
 - ② 噴型機番号
 - ③ 噴型機種別(機種)
 - ④ 水田機(水田機)
 - ⑤ 水田機(水田機)
 - ⑥ 水田機(水田機)
 - ⑦ 水田機(水田機)
 - ⑧ 水田機(水田機)
 - ⑨ 水田機(水田機)
 - ⑩ 水田機(水田機)
 - ⑪ 水田機(水田機)
 - ⑫ 水田機(水田機)
 - ⑬ 水田機(水田機)
 - ⑭ 水田機(水田機)
 - ⑮ 水田機(水田機)
 - ⑯ 水田機(水田機)
 - ⑰ 水田機(水田機)
 - ⑱ 水田機(水田機)
 - ⑲ 水田機(水田機)
 - ⑳ 水田機(水田機)
 - ㉑ 水田機(水田機)
 - ㉒ 水田機(水田機)
 - ㉓ 水田機(水田機)
 - ㉔ 水田機(水田機)
 - ㉕ 水田機(水田機)
 - ㉖ 水田機(水田機)
 - ㉗ 水田機(水田機)
 - ㉘ 水田機(水田機)
 - ㉙ 水田機(水田機)
 - ㉚ 水田機(水田機)
 - ㉛ 水田機(水田機)
 - ㉜ 水田機(水田機)
 - ㉝ 水田機(水田機)
 - ㉞ 水田機(水田機)
 - ㉟ 水田機(水田機)
 - ㊱ 水田機(水田機)
 - ㊲ 水田機(水田機)
 - ㊳ 水田機(水田機)
 - ㊴ 水田機(水田機)
 - ㊵ 水田機(水田機)
 - ㊶ 水田機(水田機)
 - ㊷ 水田機(水田機)
 - ㊸ 水田機(水田機)
 - ㊹ 水田機(水田機)
 - ㊺ 水田機(水田機)
 - ㊻ 水田機(水田機)
 - ㊼ 水田機(水田機)
 - ㊽ 水田機(水田機)
 - ㊾ 水田機(水田機)
 - ㊿ 水田機(水田機)



試観器具	記号	備考
土壌水分・地温計	△	深度10, 20, 40cm
地下水位計	○	
排水流量計	◎	
相成計	□	

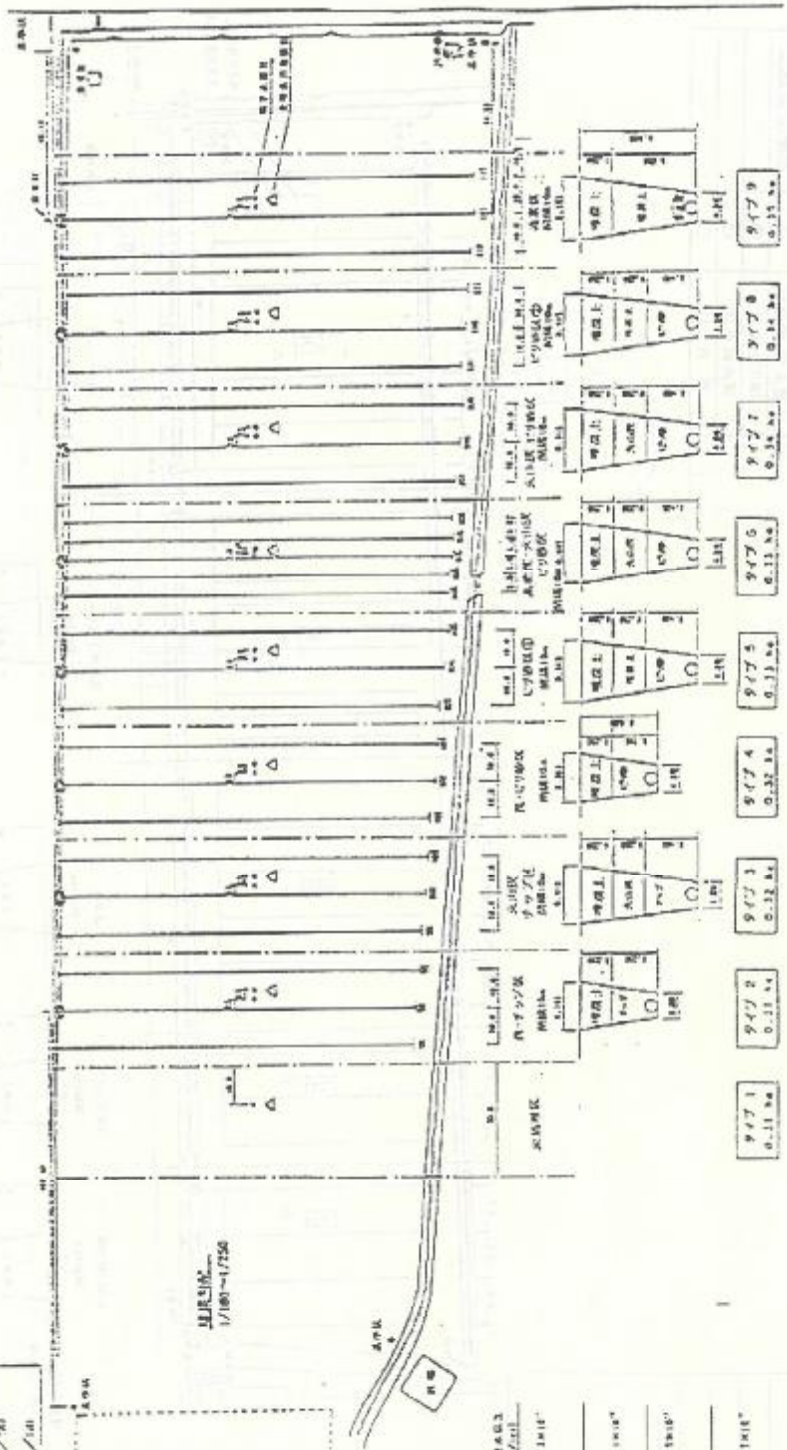


学芸 田舎道 模型観察装置	
1. 地区名	田舎道
2. 場所	田舎道
3. 土壌利用	畑
4. 土壌型	肥後赤土/肥後赤土
5. 試観区	1. 表土/12/40 2. 表土層/12/30 3. 表土層下/12/30 4. 表土層下/12/30(中心線) 5. 表土層下/12/30(中心線)

試観区	試観管	試観管径	試観管長	試観管口径	試観管口径
1	表土	φ100	1.2m	φ100	φ100
2	表土層	φ100	1.2m	φ100	φ100
3	表土層下	φ100	1.2m	φ100	φ100
4	表土層下	φ100	1.2m	φ100	φ100
5	表土層下	φ100	1.2m	φ100	φ100
6	表土層下	φ100	1.2m	φ100	φ100
7	表土層下	φ100	1.2m	φ100	φ100

試驗器具	記号	備考
土壤水分-地肥計	△	深層10.20, 30cm
地下水探針	○	
排水探針	◇	
排水口	□	

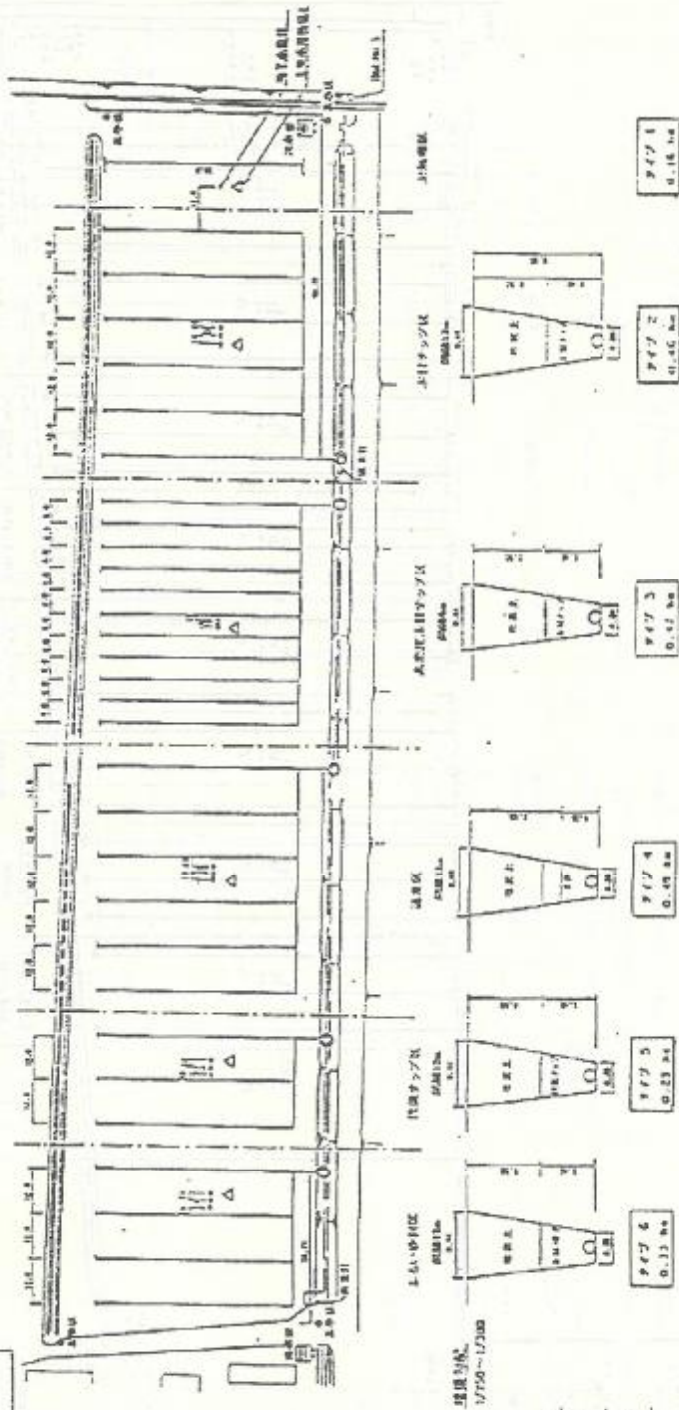
完成即年度、明年度調査區表	
調査區名	昭和三十九年度
田圃名	本圃
田圃面積	
土壤類型	加積成層古壤土
試驗區	1. 表土/10/5m 2. 心層砂層/10/50 3. 表土層/1.75砂層/10/100 4. 水田層/心層砂層/5/100 5. 心層砂層/10/100 6. 表土層/心層砂層/10/100 7. 水田層/心層砂層/10/100



排水	灌水	土層	調査區
10	10	表土層	昭和三十九年度
10	10	心層砂層	昭和三十九年度
10	10	表土層・心層砂層	昭和三十九年度
10	10	水田層・心層砂層	昭和三十九年度
10	10	心層砂層	昭和三十九年度

試験器具	記号	備考
土壌水分・飽和計	△	長さ10,20,40cm
地下水位計	○	
排水装置計	①	
雨量計	□	

平成 10 年度 研究費助成事業	
1. 地区名	鹿児島県
2. 場所	鹿児島
3. 土壌問題	雑穀
4. 土壌類型	雑穀ゾナ
5. 試験区	1. 砂土 / 12/20 2. 粘土 / 6/20 3. 式野 / 12/20 4. 粘土 / 12/20 5. ノコギリ / 12/20



土壌水分計の設置	
1. 土壌水分計	長さ10,20,40cm
2. 地下水位計	長さ10,20,40cm
3. 排水装置	長さ10,20,40cm
4. 雨量計	長さ10,20,40cm
5. 土壌水分計	長さ10,20,40cm
6. 土壌水分計	長さ10,20,40cm

平成 田舎北 朝聖園設計書	
土地名	北明町
場所	朝聖園
土地所有	永田/住持田
土地類型	彩色製煉土
建築区	1. 60x100/1000x1000/100/60 2. 11.62/5/60 3. 11.62/10/60 4. 11.62/5/10/60 5. 11.62/5/10/60 6. 11.62/5/10/60

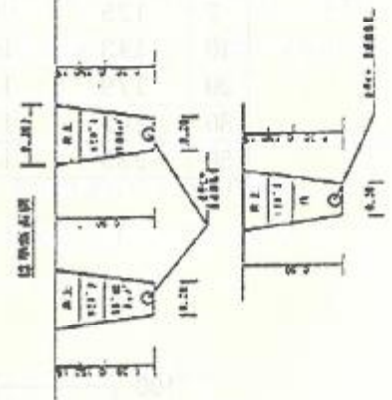
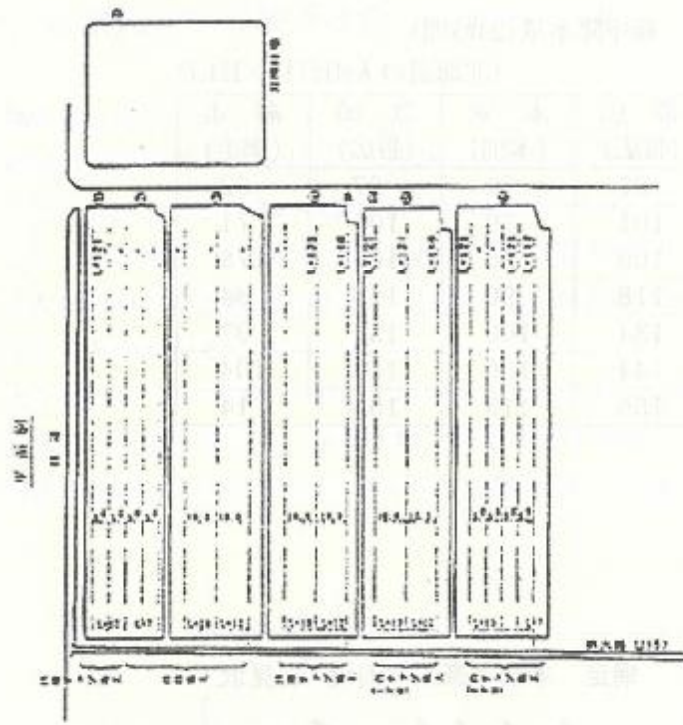


表-参考1 確率降水量 (24時間)

(北海道の大雨資料/H1.7)

	長沼 (岩見沢)	初山別 (羽幌)	帯広 (帯広)	本別 (本別)	豊頃 (帯広)	網走 (網走)
3	86	73	87	70	87	62
5	109	87	101	79	101	71
7	125	96	109	85	109	78
10	143	105	118	90	118	84
20	179	125	134	100	134	97
30	202	136	144	106	144	104
50	233	152	156	113	156	114

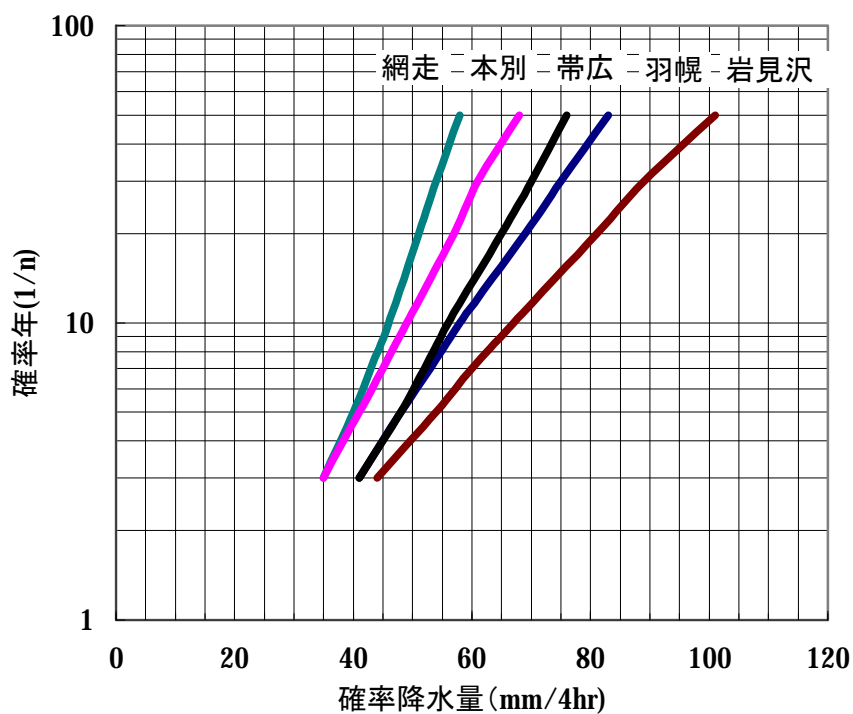


図-参考3 調査地点の確率降水量

5. 転換畑作物の地下水位 関連条項 [指針 3.2.3]

作物収量と地下水位

各種試験結果を総合すると、作物育成にとって望ましい地下水位の地表面からの最小値は表-3.2.2 (指針 3-2-3 の指針の解説) に示すとおりである。

このことは図 6-1 に示した調査事例からも確認される。この図によると、大豆、小豆、ばれいしょ及び牧草のいずれかの場合も、地下水位が地表面下 40~50cm より浅くなると急激に収量が低下することがわかる。

永年作物については、一般的に単年性作物と比較して根群域が深いこと、被害が越年する可能性があることを配慮して、単年作物よりやや条件を厳しくする。永年作物は、生育環境によって許容地下水位に大きな差が生じるので、根群の深さに対応した地下水位とする必要がある。

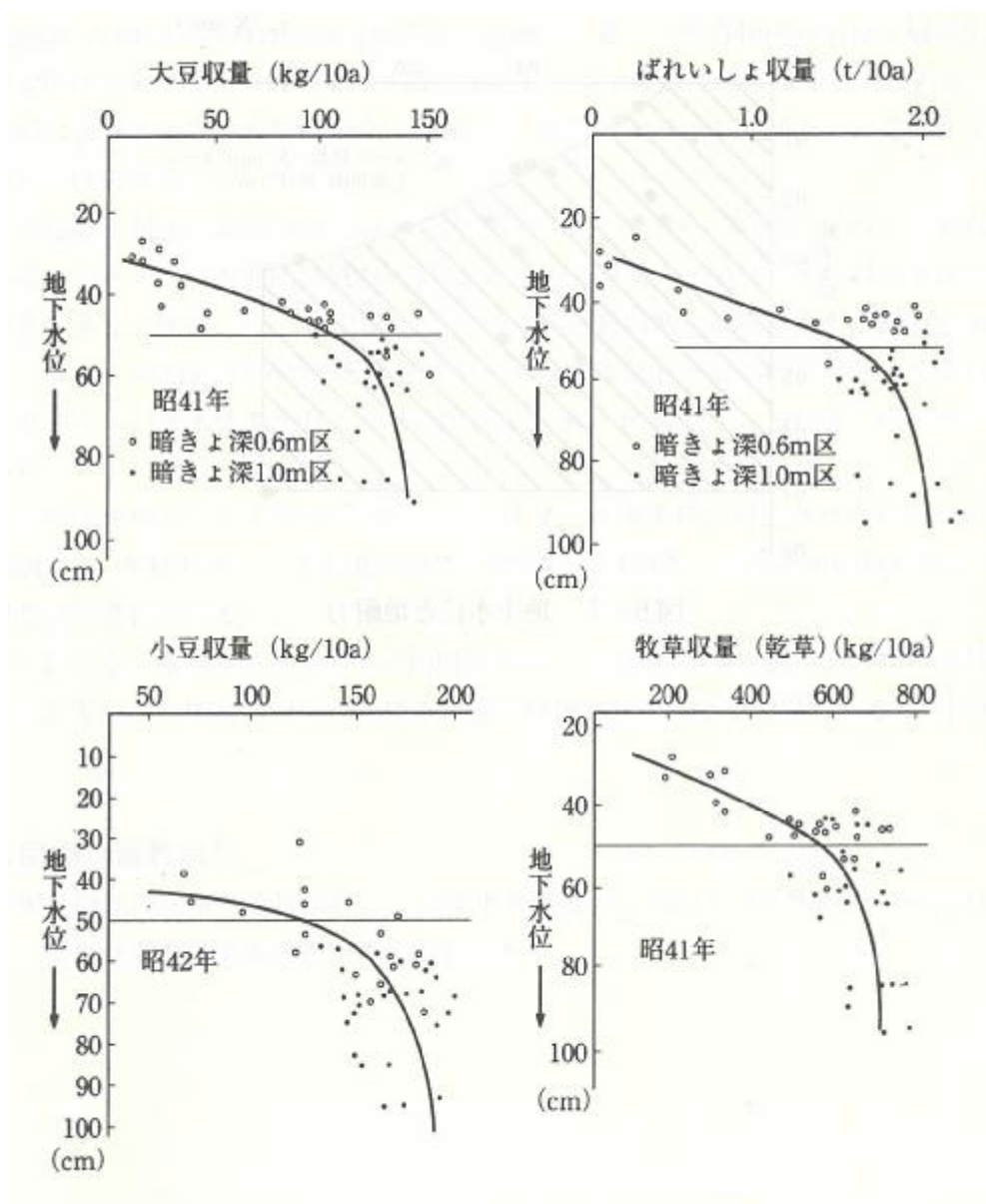


図 5-1 作物収量と地下水位 (北海道開発局、駒場排水試験地、火山灰)

6. 地耐力と地下水位 関連条項 [指針 3.2.3]

地耐力と地下水位

地耐力は地下水位と密接な関係をもっている。暗渠排水は、地耐力増大のための必要条件でもある。水田の地耐力は農作業機械の走行時における耕転及び収穫時でコーン支持力 (q_c) 0.39N/mm^2 以上 (田面下 15cm 、4点平均) を必要とする。

図 6-1 は一例として滋賀県小中之湖の試験田で測定した地下水位と地耐力関係を示したものである。この図によると、 0.39N/mm^2 の支持力を得るためには、田面下 30cm まで地下水位を低下させなければならない。ここで示したのは一例にすぎないが、各種の水田で調査された結果を総合すると、耕盤形成の条件として、地下水位は耕盤下 $20\sim 30\text{cm}$ に低下させる必要がある。したがって、所要の地耐力を得るには降雨後 7日以降の地下水位は $40\sim 50\text{cm}$ 程度でなくてはならない。

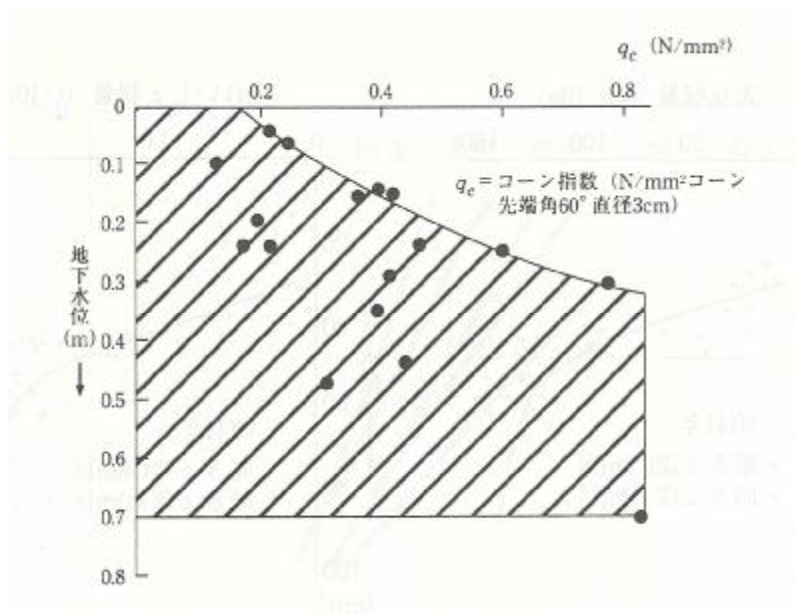


図 6-1 地下水位と地耐力

7. 土壌・土地条件に対応した排水改良マニュアル 関連条項 [指針 4.3.2-3]

[目的]

積雪寒冷地帯における農耕地は排水性に劣る土壌が多く、多雨や長雨による耕地の冠水や多湿、融雪による表面滞水が発生しやすい。排水改良の主要技術としては暗渠排水がある。現在の暗渠排水設計基準は府県の水田を中心に策定されており、北海道のように畑地の暗渠排水や積雪が多い地帯について検討が不足している。そのため、本試験では地目と土壌、地形を考慮した効果的な暗渠排水の施工法とその後の営農による排水改良法について提案する。

[成果の概要]

- 1 土壌の排水性に関わる作土直下の耕盤層や硬盤層の土壌物理性は、一軸圧縮強さと変形係数 (E_{50}) を用いて人為による劣化程度を評価できる。これら物理性不良土層の生成をその劣化要因により、変形係数が増加する「圧縮」と減少する「練返し」に区分する。また、基盤整備により圧縮された堅密層を「硬盤層」、営農による圧縮や練返しを受けた土層を「耕盤層」と区分する。
- 2 畑地の暗渠排水の効果は地形の影響を大きく受けるため、傾斜に合わせた配置法が必要である。暗渠排水の間隔は概ね傾斜 1/50 以上で斜面上～中部を粗に斜面下部を密に配置すべきである。(図 2) これによる暗渠排水の延長の増加はなく、工事費の増加が抑制できる。また、傾斜 1/100 程度でも余剰水の再分配は発生する。その対策としては、有材心土改良耕などの排水機能を有した補助暗渠を傾斜 10～30%程度に重点的に施すべきである。
- 3 暗渠排水を中心とした排水改良として、土壌・土地条件に対応させた総合対策を提案する(図 3)。本対策区分では土壌物理性と傾斜により暗渠排水と組み合わせた土層改良、土壌改良が選択できる。
- 4 畑地における、従来の暗渠排水で初期排水量、24 時間排水量が低く、計画排水量に満たないことが多いが、傾斜に対応した排水組織では排水性が良好で効果的である(図 4)。

[成果の活用面・留意点]

- 1 本成果は農地の土壌・土地条件による排水不良要因に対応した排水改良を総合的に組み立てて、より効果的に実施するための指針である。

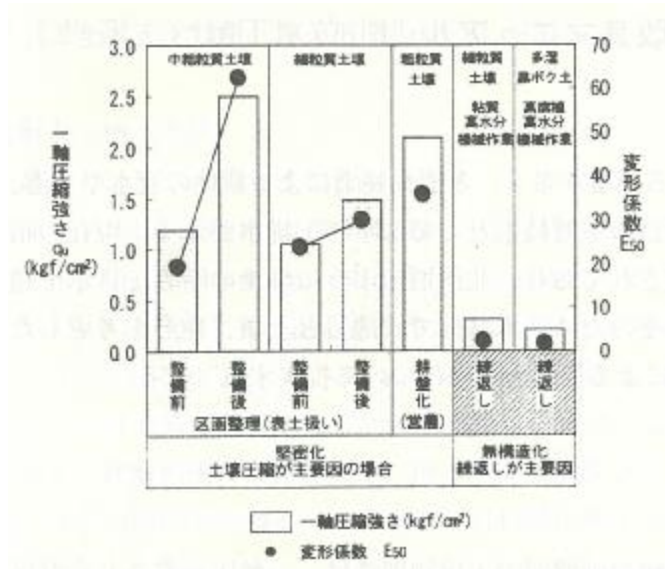


図1 人為による土壌物理性の悪化区分

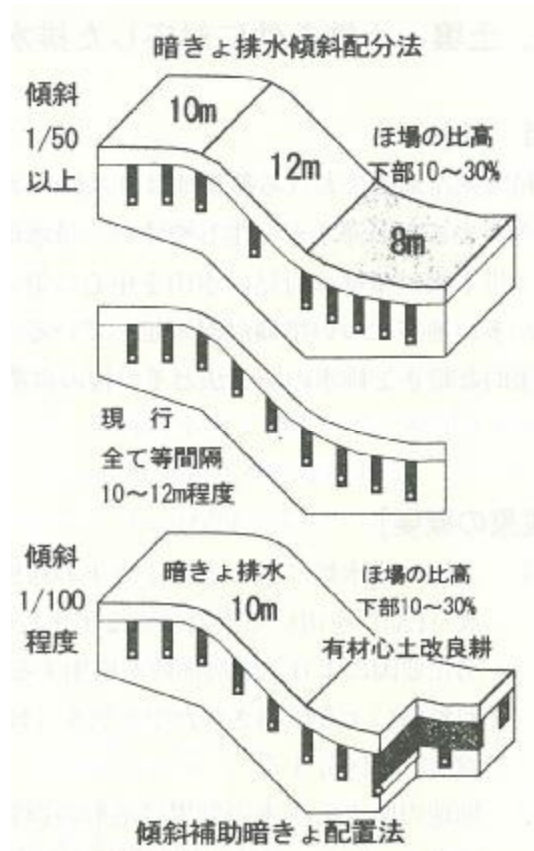


図2 地形に配慮した排水組織計画



図3 土壌・土地条件に対応した排水対策区分

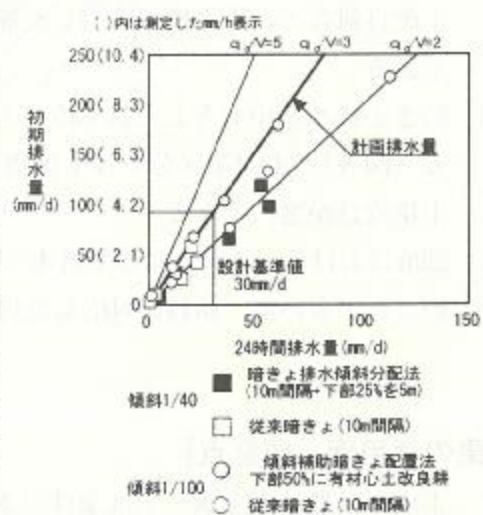


図4 傾斜に対応した排水組織の効果

引用文献

平成14年2月「土壌・土地条件に対応した排水改良マニュアル」中央農試 農業環境部 環境基盤科

8. デジタルオルソ写真を用いた暗渠の自動設計

デジタルオルソ写真を用いた暗渠の自動設計は、航空写真から作成したオルソ写真を用いて暗渠排水の設計に必要な地形、地目、標高データ等の地理情報を入手し、畑地及び水田地帯の暗渠排水設計を行なうものである。

このシステムを利用することで、現地測量を大幅に省力化することが可能となり、設計に必要な暗渠排水の水理計算、材料集計もシステムで実行可能である。

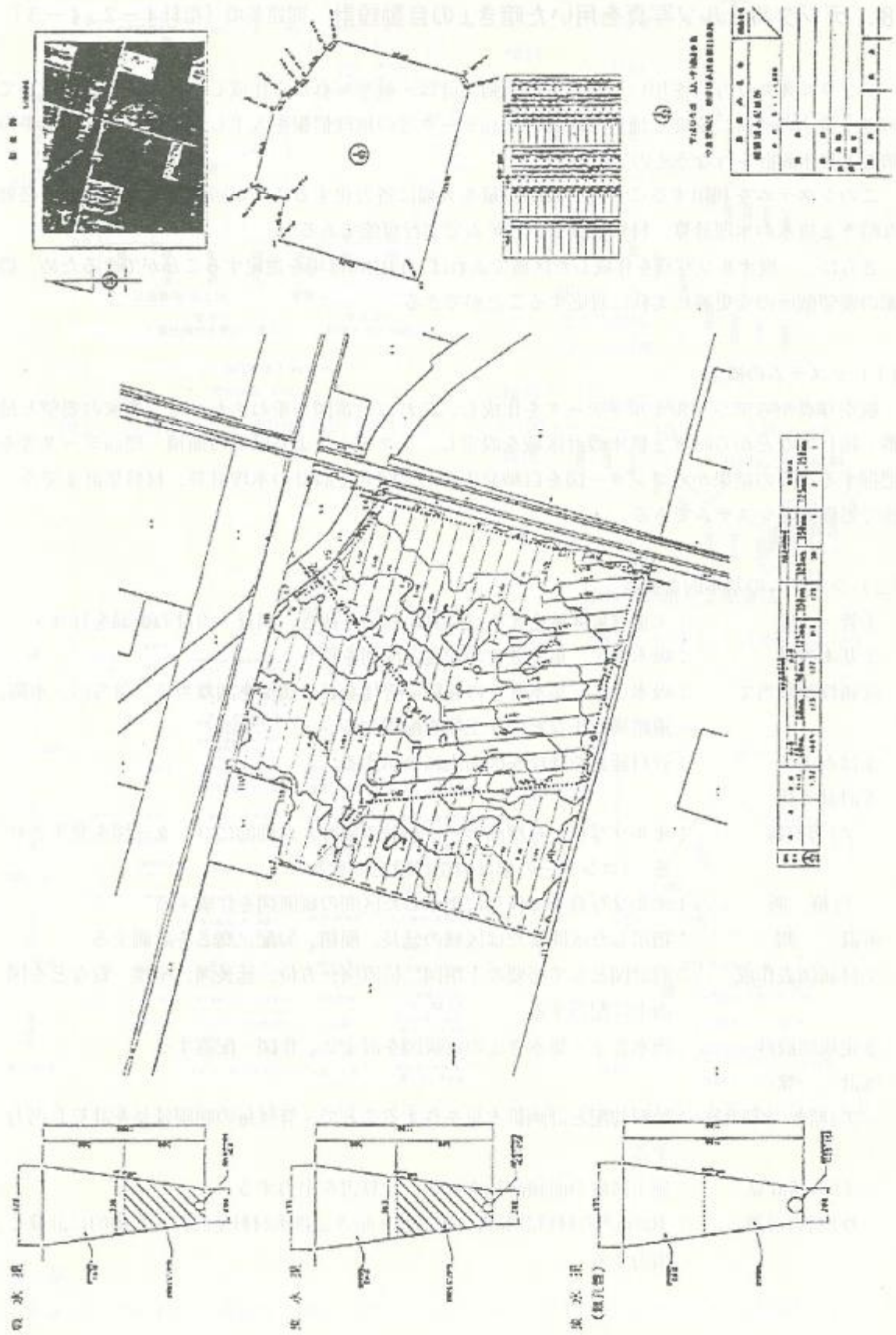
さらに、一度オルソ写真を作成した区域であれば、自由には場を選定することができるため、農家の要望個所の変更等に柔軟に対応することができる。

(1) システムの概要

航空写真からデジタルオルソデータを作成し、これに地番図を重ねあわせる。農家の要望と地番・地目界などから暗渠排水設計区域を設定し、システムにより区域の面積・標高データ等を把握する。この結果からコンター図を自動発生させ、暗渠設計の水理計算、材料集計までを一連で処理するシステムである。

(2) システムの基本的な機能

- ① 管 理 : 工事対象区域をオルソ写真から切り抜き、調査・設計の準備を行う。
- ② 基本設計 : 吸水渠、集水渠の配置と配列を行う。
- ③ 属性割り当て : 吸水渠、集水渠の管種・管径などの属性を割り当て、落ち口、水閘、道路横断工などの作工物を配置する。
- ④ はた上げ : 管材延長や管径を図面上に表示する。
- ⑤ 設計支援
 - ア) 等高線 : オルソ写真から標高データを読み取り、自動的にコンター図を発生させる。(コンターの幅は自由に設定できる。)
 - イ) 縦断 : オルソ写真上で任意に指示した区間の縦断図を作成する。
- ⑥ 計 測 : 指示した区間または区域の延長、面積、勾配、高さを計測する。
- ⑦ 付属図表作成 : 設計図として必要な土壤図、位置図、方位、延長図、座標一覧などを図面上に配置する。
- ⑧ 定規図設定 : 吸水渠・集水渠の定規図を設定し、作図・配置する。
- ⑨ 計 算
 - ア) 暗渠水理計算 : 地形勾配と計画排水量を与えることで、管径毎の制限延長を計算し出力する。
 - イ) 面積計算 : 施工区域の面積計算を行い、計算書を出力する。
 - ウ) 材料計算 : 100m当り材料計算書・集計書・暗渠排水材料集計書を自動的に計算し、出力する。



9. 暗渠排水の配線方法の詳細 関連条項 [指針 4.3.2-3, 4.3.3]

暗渠排水の配線にあたっては、土壌区分または近傍地域実績をもとにした標準的な吸水渠間隔を基本とする。整備区域（ほ場）境界や集水ブロック（1本の集水渠の支配区域）の境界と吸水渠・集水渠の離れについては以下を標準とする。

(1) 一般事項

- ①整備区域（集水ブロック）の境界は、水田及び汎用田において畦畔で分割された集水ブロックの場合には畦畔のほ場側法尻とし、それ以外の場合にはほ場境界とする。
- ②整備区域境界及び集水ブロック境界に並行する吸水渠・集水渠と境界との離れは、標準吸水渠間隔 P の概ね $1/2$ とする。
- ③整備区域境界及び集水ブロック境界と吸水渠終端との離れは、標準吸水渠間隔 P の概ね $1/4$ とする。吸水渠上流端に立上り管を設置する場合には、吸水渠終端を整備区域境界まで延長してもよい。

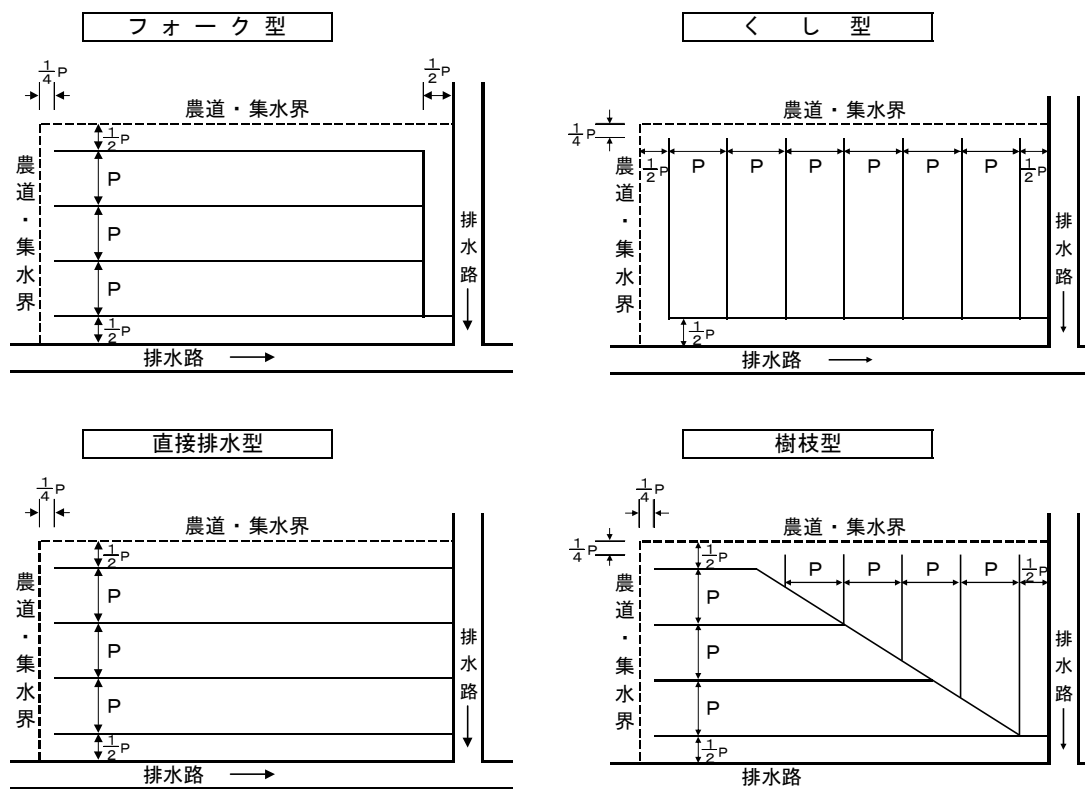


図 9-1 吸水渠等の間隔 [一般]

(2) 枕地処理

ほ場辺縁部等において、営農機械のこね返しによる泥濁化や常時排水不良が生じているほ場では、ほ場辺縁部の排水能力を相対的に向上させるため、枕地処理を行ってもよい。

枕地処理の具体的な方法は、以下による。

I タイプ：泥濁化や常時排水不良が生じているほ場邊緣等に並行する吸水渠・集水渠と境界との離れを、標準吸水渠間隔 P の概ね $1/4$ に縮小することができる。
 適用する配線形式及び位置：くし型の短辺、直接排水型の渠線方向

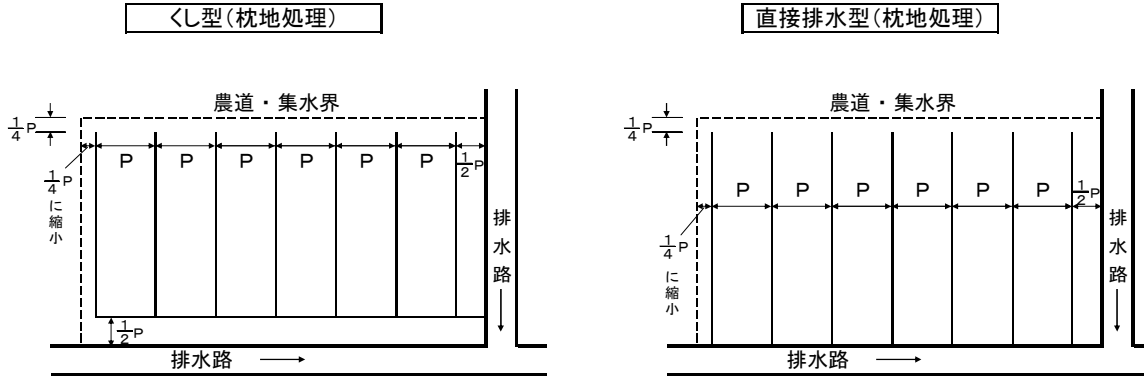


図 9-2 吸水渠等の間隔〔枕地処理 I タイプ〕

II タイプ：吸水渠上流端が位置するほ場邊緣に泥濁化や常時排水不良が生じている場合には、ほ場邊緣に並行し、ほ場邊緣から標準吸水渠間隔 P の概ね $1/4$ だけ離れた位置（平面的には吸水渠上流端に隣接する位置）に枕地処理としての吸水渠（枕地吸水渠）を配置することができる。
 適用する配線形式及び位置：フォーク型の短辺、直接排水型の渠線直角方向、樹枝型のほ場邊緣

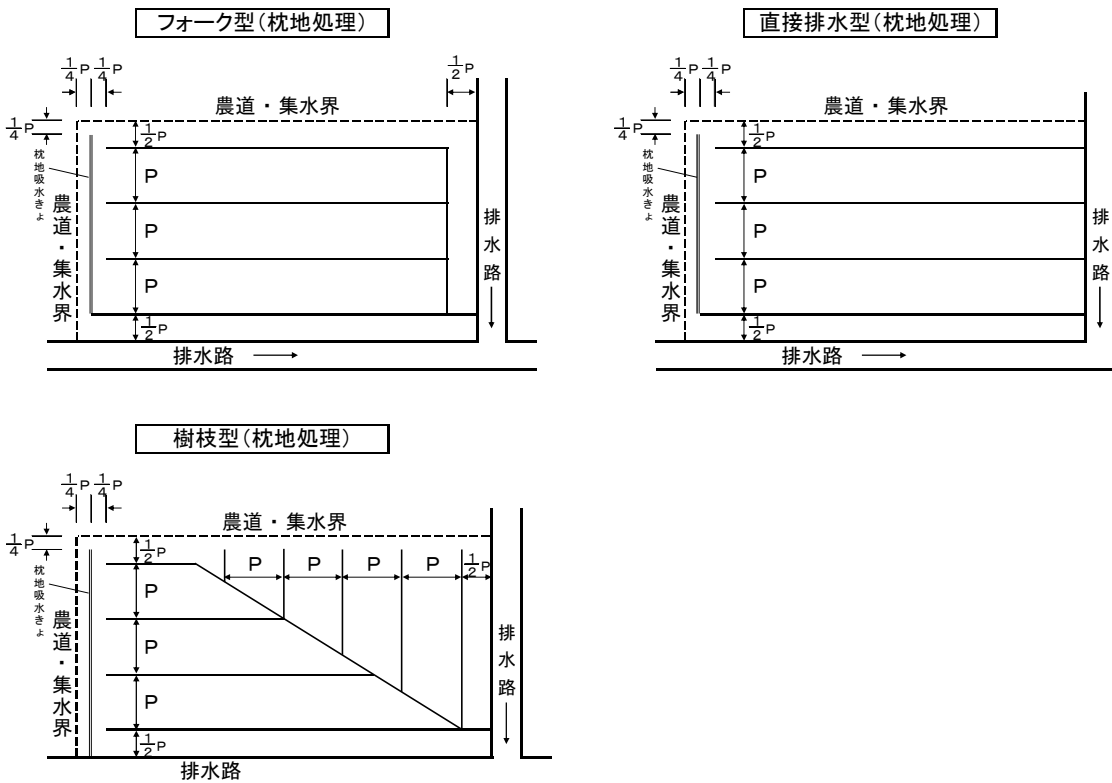


図 9-3 吸水渠等の間隔〔枕地処理 II タイプ〕

10. 暗渠排水組織の設計例（汎用田） 関連条項 [指針 4.2.2-1, 4.3]

（1）設計条件

- ① 計画基準値の考え方
「汎用田」を対象とする。
- ② 計画暗渠排水量
50mm/日を採用とする。
- ③ 計画地下水位
降雨後 2～3 日の地下水位：地表面下 40～50 (cm)
常時地下水位（降雨後 7 日以降）：地表面下 50～60 (cm)
- ④ 基本暗渠排水組織の計画
本暗渠のみとする。
- ⑤ 設計方針
本暗渠設計とする。

（2）本暗渠排水組織

- ① 標準配置
標準的な配線は図 10－(2)－1 のとおりである。

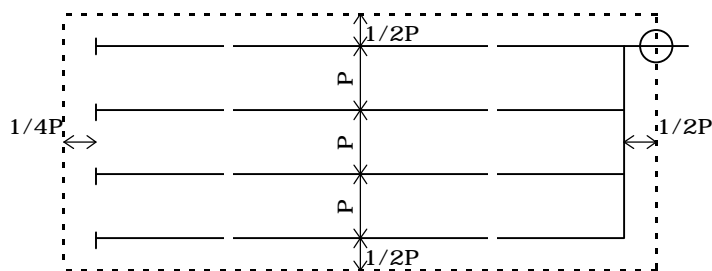


図 10－(2)－1 配線標準図

- ② 特殊配置

本地区は、中山間地域に位置するため各ほ場間の田差が大きい。これにより用水付近や畦下の区域では、常時過湿状態にあり営農作業上支障をきたしている。

このため、畦下においては配線間隔を縮小し、排水効果を高めることとした。間隔（畦からの離れ）は、施工可能な 2.0m を最低離れとし、各ほ場における離れは、農家聞き取りによって 2.0～5.0m の範囲で決定した。

また、ほ場内で河川敷地を占有している区域においては、河川敷地界を除外したかたちで配線をした。

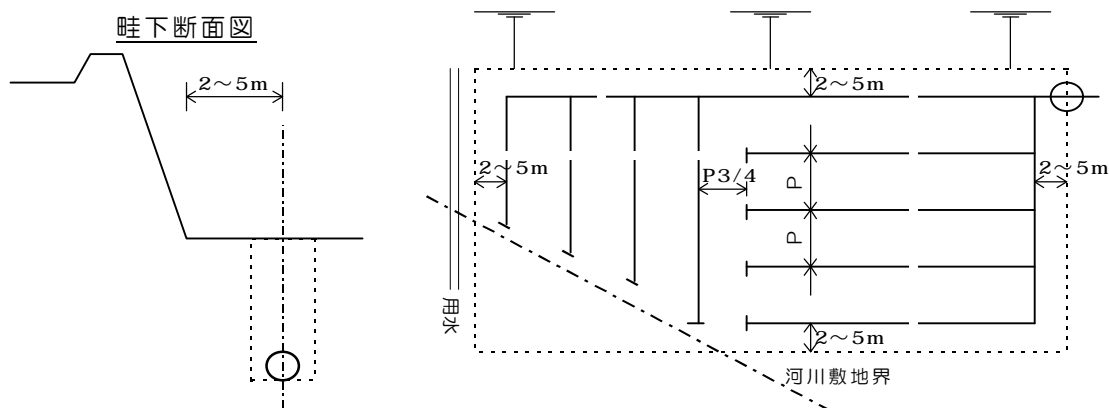


図 10-(2)-2 暗渠配線例

(3) 暗渠排水構造と諸元

① 管材の決定

暗渠管材は大別して、素焼土管と合成樹脂管の 2 タイプに分かれる。本地区では下記の事項を考慮して【素焼土管】とする。

- 過去の実績より受益者の信頼が高く、希望が多い。
- 近傍に工場があり、入手が容易。

② 疎水材

本地区では、下記の事項を考慮して疎水材を【モミガラ】とする。

- 管内近傍の水田地帯における施工実績が多く、透水係数が大きく、効果も確認されている。
- 他の疎水材と比較して安価であり、自己のものを含め入手が容易である。
- 有害な物質や水質を汚染する物質を生成しない。

(4) 吸水渠の設計

① 断面

本地区では、トレンチャー掘削を主とする。ただし、聞き取り調査により、ほ場で埋石・埋木がある場合においては、バックホウ掘削とする。

なお、本地区では、A型（トレンチャー掘削）、B型（バックホウ掘削）で施工区分を示した。

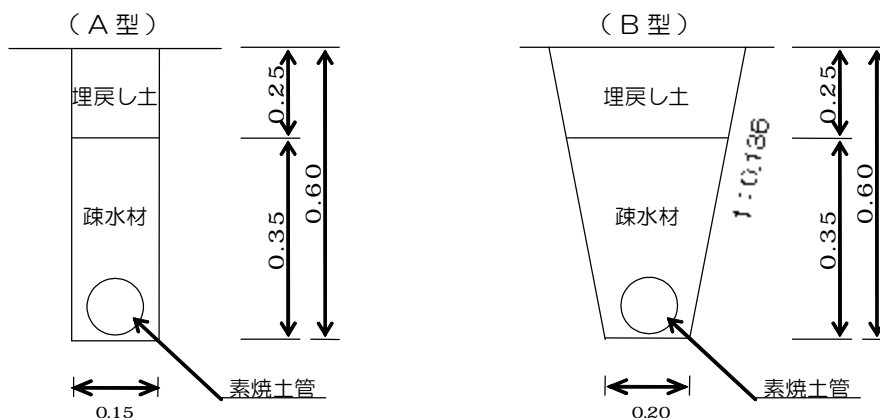


図 10- (4) -1 標準断面図

② 深 さ

本地区では、管内近傍の水田地帯における施工実績（平均暗渠深さ＝0.7m 程度）、及び計画地下水位を考慮し、吸水渠の最上流端における最小掘削深は 0.6m とする。

③ 間 隔

本地区は、表 10- (4) -1 に示す「特殊土壌」に該当する。また、近傍実績より、間隔は 10m とする。

表 10- (4) -1 吸水渠の間隔

土壌区分	該当する土壌	間 隔
普通土壌	—	10～14m
特殊土壌	湿性火山灰 重 粘 土 泥 炭 土	8～12m

④ 勾 配

本地区の吸水渠及び集水渠の勾配は、配線位置、配線延長、暗渠掘削深を考慮し、以下の勾配とする。

吸水渠 I = 1/200～1/450

集水渠 I = 1/200～1/600

⑤管 径

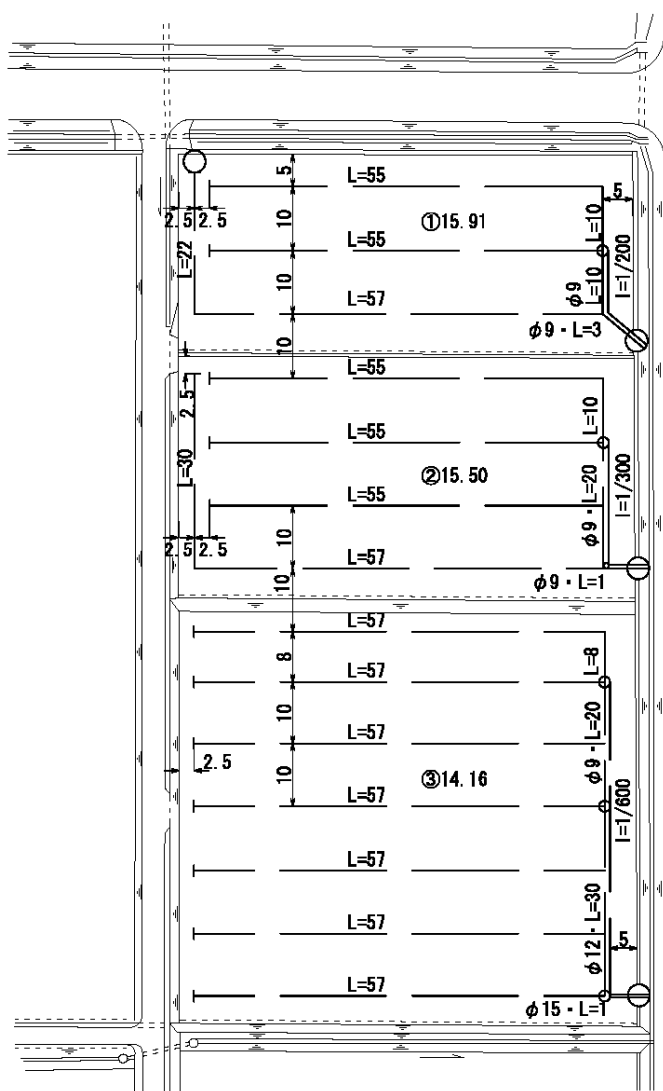
使用する管材は、素焼土管（吸水渠・集水渠）と合成樹脂管（集水無孔管・連絡渠）であり、使用する管径は以下のとおりである。

素焼土管（吸水渠・集水渠）	60mm、90mm、120mm、150mm
合成樹脂管（集水管）	60mm、80mm、90mm、100mm、125mm、150mm
合成樹脂管（連絡渠）	90mm、125mm、150mm、200mm

（5）付帯施設

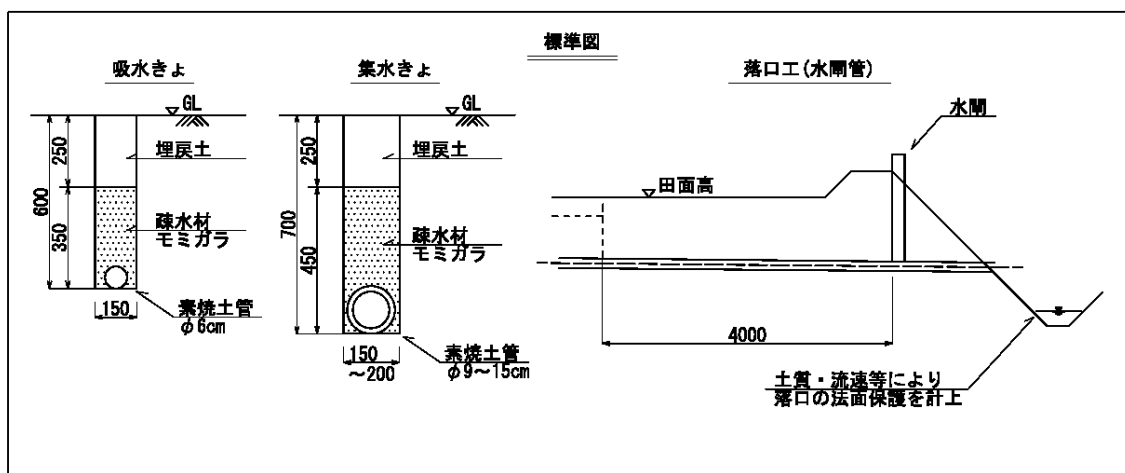
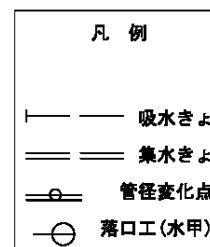
①水 閘

本地区においては、水平水閘を採用する。



耕区 NO	田面高 GL	水閘敷 FH	排水敷 EL
①	15.91	15.08	14.80
②	15.50	14.68	14.22
③	14.16	13.35	12.87

(標準図 落口工参照)



11. 暗渠排水組織の設計例（畑地） 関連条項 [指針 4.2.2-2, 4.3.2]

(1) 設計条件

- ①計画基準値の考え方
「畑地」を対象とする。
- ②計画暗渠排水量
30mm/日を採用とする。
- ③計画地下水位
降雨後 2~3 日の地下水位：地表面下 40~50 (cm)
常時地下水位（降雨後 7 日以降）：地表面下 50~60 (cm)
- ④基本暗渠排水組織の計画
本暗渠のみとする。
- ⑤設計方針
本暗渠設計とする。

(2) 本暗渠排水組織

- ①標準配置
標準的な配線は図 11-(2)-1 のとおりである。

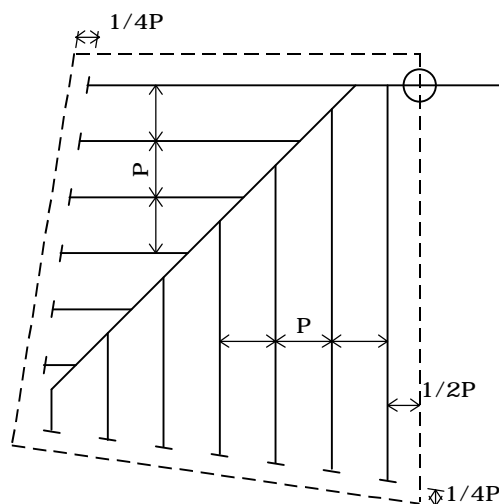


図 11-(2)-1 配線標準図

②特殊配置

本地区は、中山間地域に位置するため各ほ場の標高差が大きい。これにより法下の区域では、常時過湿状態であり営農作業上支障をきたしている。

このため、法下においては配線間隔を縮小し、排水効果を高めることとした。間隔は施工可能な 2.0m を最低離れとし、各ほ場における離れは、農家聞き取りによって 2.0~6.0m の範囲で決定した。また、ほ場内で河川敷地を占有している区域においては、河川敷地を除外したかたちで配線をした。

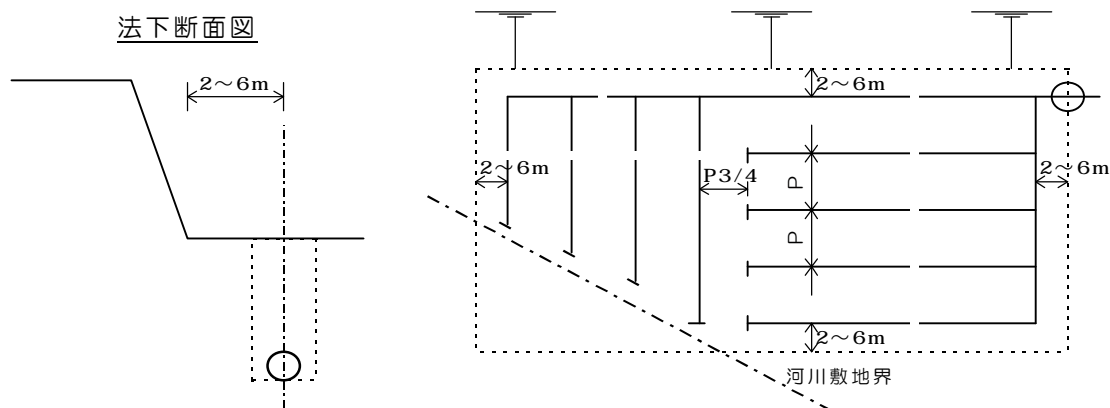


図 11-(2)-2 暗渠配線例

(3) 暗渠排水構造と諸元

① 管材の決定

暗渠管材は大別して、素焼土管と合成樹脂管の 2 タイプに分かれる。本地区では下記の事項を考慮して【合成樹脂管】とする。

○過去の実績より受益者の信頼が高く、希望が多い。

② 疎水材

本地区では下記の事項を考慮して、疎水材を【ホタテ貝ガラ】とする。

○管内近傍の畑地帯における施工実績が多く、効果も確認されている。

○貝ガラ疎水材の透水係数が大きく、耐久性にすぐれている。

○他の疎水材と比較して安価であり、入手が容易である。

○有害な物質や水質を汚染する物質を生成しない。

(4) 吸水渠の設計

①断 面

本地区では、スリム型バックホウ掘削とする。

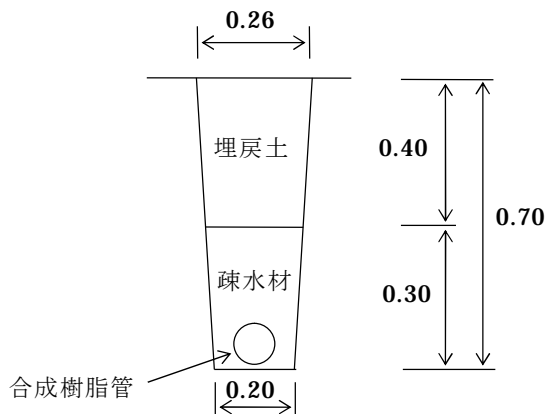


図 11-(4)-1 標準断面図

②深 さ

本地区では、近傍畑地帯の暗渠施工実績、及び計画地下水位を考慮し、吸水渠のは場における最小掘削深は 0.6m とする。

③間 隔

本地区は、表 11-(4)-1 に示す「特殊土壌」に該当する。また、近傍実績より、間隔は 12m とする。

表 11-(4)-1 吸水渠の間隔

土壌区分	該当する土壌	間 隔
普通土壌	—	10~14m
特殊土壌	湿性火山灰 重粘土 泥炭土	8~12m

④勾 配

本地区の吸水渠および集水渠の勾配は、配線位置、配線延長、暗渠掘削深を考慮し、以下の勾配とする。

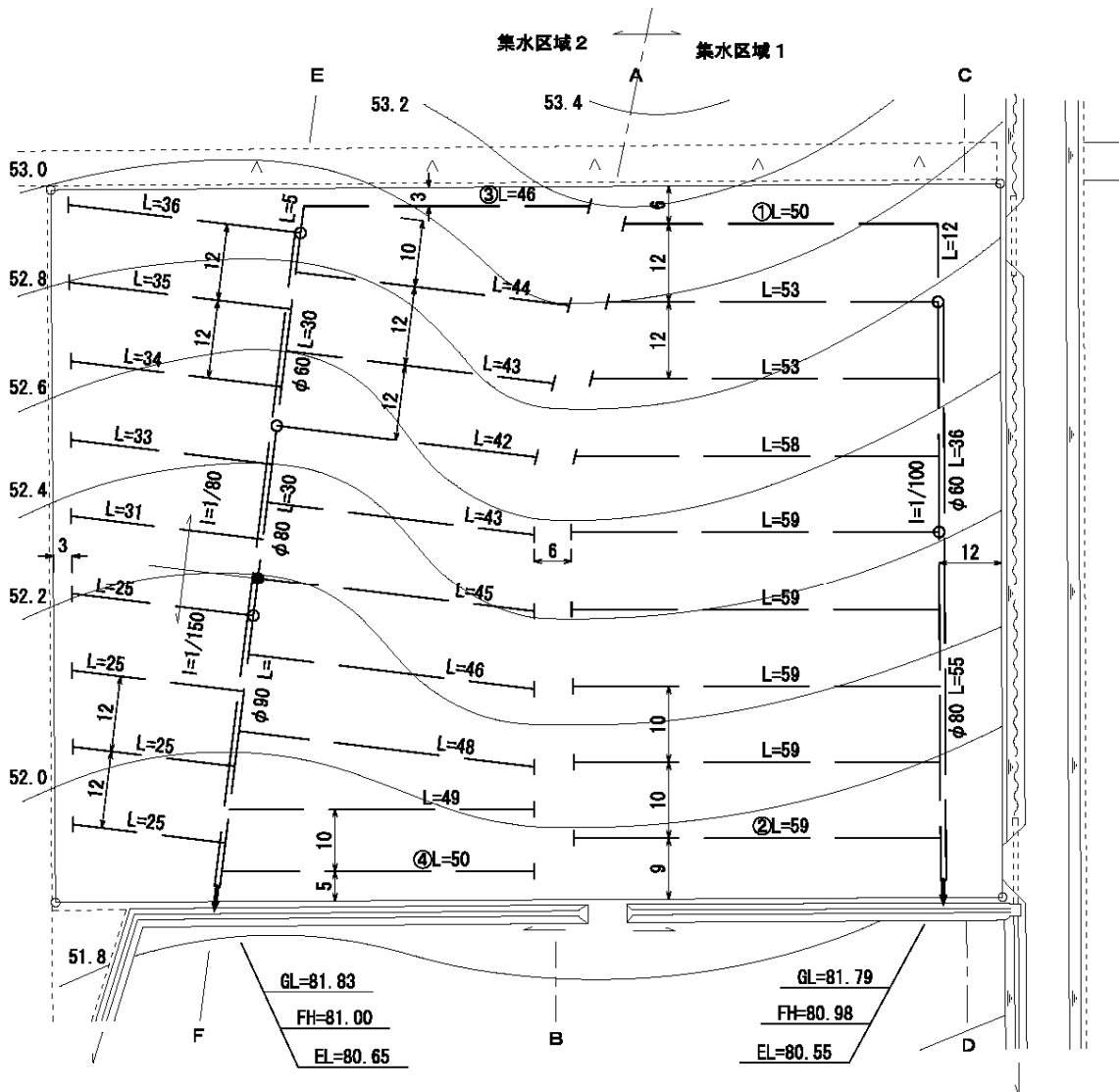
吸水渠 $I = 1/100 \sim 300$

集水渠 $I = 1/40 \sim 300$

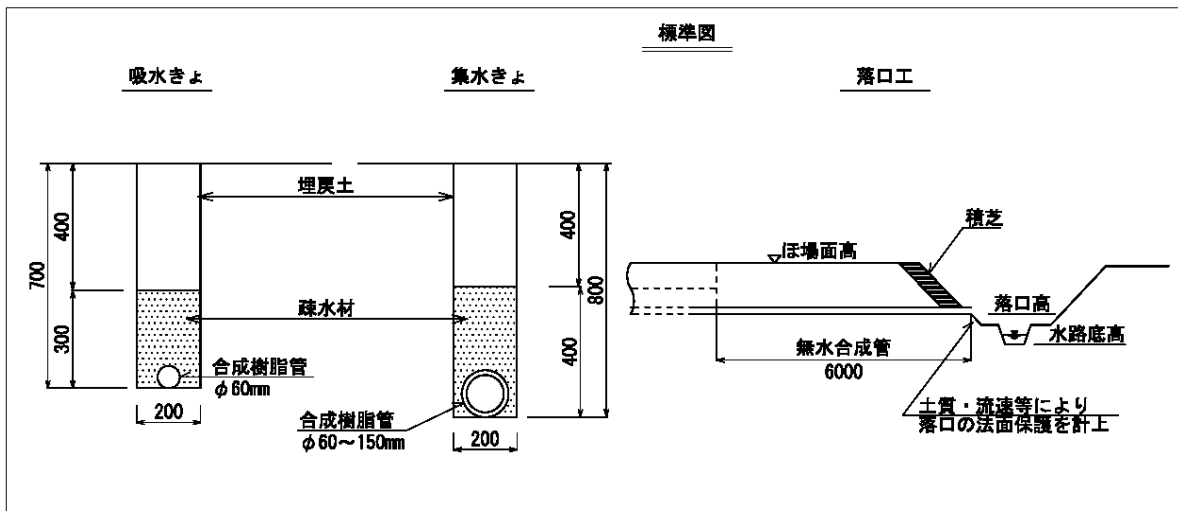
⑤管 径

使用する管材は、合成樹脂管（吸水渠・集水渠）で、使用する管径は以下のとおりである。

合成樹脂管（吸水渠・集水渠）・・・60mm、80mm、90mm、100mm、125mm、150mm



	吸水きよ (φ60)		管径変化点
	集水きよ (φ60~φ150)		勾配変化点
	無孔管 (φ60~φ150)		落口工



12. 暗渠排水の設計例（水理計算・管径決定）

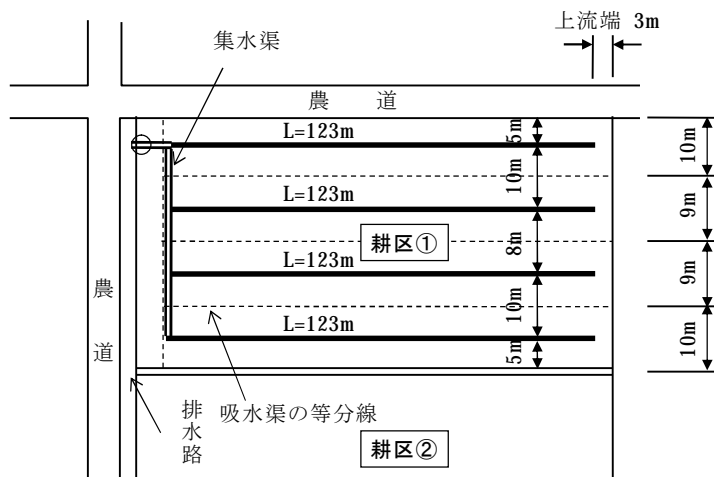
関連事項 [指針 4.3.2]

1. 水田（汎用田）

(1) 水理計算の諸元（対象：水田）

- 計画排水量 : 50mm/day
- 単位排水量(q) : 5.787 l/s/ha
- 管種 : 素焼土管
- 粗度係数(n) : 0.013
- 配線間隔(P) : 8~10m（標準間隔 10m）
- 動水勾配(I) : 1/500（吸水渠）
- 制限流速(V) : 0.20m/s~1.00m/s（集水渠）
- 管径(d) : 6cm~15cm
- 管内水深(h) : 0.70d（70%水深）
- $\alpha = 1.65696$
- $\beta = 0.70541$

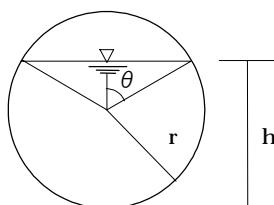
<配線図>



以上から、マンニング公式によって、管種、管径、勾配別に通水能力を算出し、支配面積及び制限長を決定する。

(2) 計算例

- 流量 : $Q \text{ (l/s)} = 1/n \cdot r^{8/3} \cdot I^{1/2} \cdot \alpha \times 1,000 \quad (r=d/2) \text{ m}$
- 流速 : $V \text{ (m/s)} = 1/n \cdot r^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot \beta$
- 支配面積 : $S \text{ (ha)} = Q/q$
- 制限長 : $L \text{ (m)} = S/P$



(3) 水理検討

水理計算書に従い、管径と勾配ごとにおける流下可能な暗渠管延長を「制限延長」として示した。

1) 地目：水田 配線間隔：P=9m 管材：素焼土管(n=0.013)

(単位：m)

勾配 I	φ=6	φ=9	φ=12	φ=15	耕区 No.
1/100	213	627	1,350	2,448	
1/150	174	512	1,102	1,999	
...	
1/500	95	280	604	1,095	①、②
1/550	91	267	576	1,044	
1/600	87	256	551	999	

2) 地目：水田 配線間隔：P=10m 管材：素焼土管(n=0.013)

(単位：m)

勾配 I	φ=6	φ=9	φ=12	φ=15	耕区 No.
1/100	192	565	1,215	2,203	
1/150	156	461	992	1,799	
...	
1/500	86	252	543	985	①、②
1/550	81	240	518	940	
1/600	78	230	496	900	

(4) 吸水渠の検討

上記制限延長表に基づき、管径を決定する（吸水渠 No. は配線図上側から順に付与した）。

- ①-1, 4 吸水渠 : φ6 支配延長 (P=10mの表より) $L_{max}=86 < 126 (=123+3)$ ∴ NG
 → 上流端から 83m ($L_{max}86m$ から上流端 3m を控除) まで φ6
 φ9 支配延長 (P=10mの表より) $L_{max}=252 > 126$ ∴ OK
 → 83m 地点から下流は全て φ9
- ①-2, 3 吸水渠 : φ6 支配延長 (P=9mの表より) $L_{max}=95 < 126 (=123+3)$ ∴ NG
 → 上流端から 92m ($L_{max}95m$ から上流端 3m を控除) まで φ6
 φ9 支配延長 (P=9mの表より) $L_{max}=280 > 126$ ∴ OK
 → 92m 地点から下流は全て φ9

以降、耕区②についても同様に検討する。

(5) 集水渠の検討

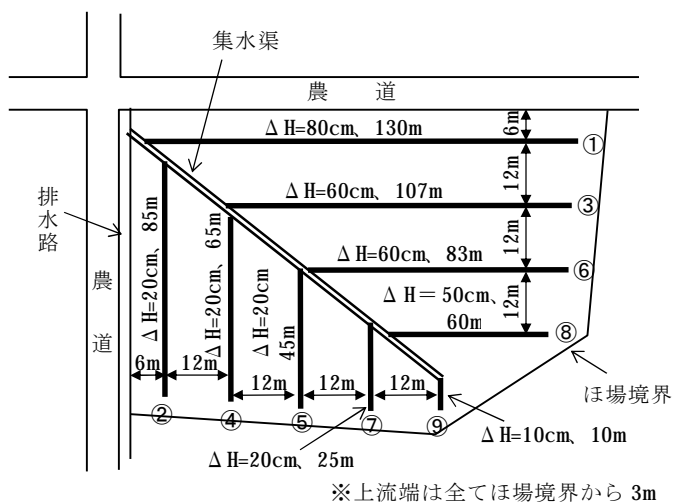
全ての吸水渠の間隔が同一でない場合、標準と異なる吸水渠間隔となっている吸水渠については耕区の標準的な吸水渠間隔に補正して、吸水渠と集水渠の接合点における上流側の暗渠管延長（補正後）を算出し、制限延長表により管径を決定する。その際、集水渠の集水範囲も延長換算して暗渠管延長に追加する。

2. 畑

(1) 水理計算の諸元 (対象: 畑)

- 計画排水量 : 30mm/day
- 単位排水量(q) : 3.472 l/s/ha
- 管種 : 合成樹脂管
- 粗度係数(n) : 0.012
- 配線間隔(P) : 12m
- 動水勾配(I) : 1/100~1/300 (吸水渠)
- 制限流速(V) : 0.20m/s~1.00m/s (集水渠)
- 管径(d) : 60cm~150mm
- 管内水深(h) : 0.70d (70%水深)
- $\alpha = 1.65696$
- $\beta = 0.70541$

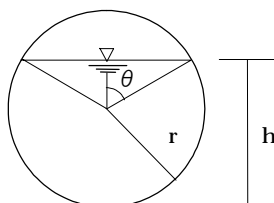
<配線図>



以上から、マンニング公式によって、管種、管径、勾配別に通水能力を算出し、支配面積及び制限長を決定する。

(2) 計算例

- 流量 : $Q \text{ (l/s)} = 1/n \cdot r^{8/3} \cdot I^{1/2} \cdot \alpha \times 1,000 \quad (r=d/2) \text{ m}$
- 流速 : $V \text{ (m/s)} = 1/n \cdot r^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot \beta$
- 支配面積 : $S \text{ (ha)} = Q/q$
- 制限長 : $L \text{ (m)} = S/P$



(3) 水理検討

水理計算書に従い、管径と勾配ごとにおける流下可能な暗渠管延長を「制限延長」として示した。

1) 地目：畑 配線間隔：P=12m 管材：合成樹脂管(n=0.012)

(単位：m)

勾配 I	φ 60	φ 80	φ 90	φ 100	φ 125	φ 150	吸水渠
1/100	288	620	849	1,124	2,039	3,315	⑨
1/150	235	506	693	918	1,665	2,707	⑥、⑦、⑧
1/200	204	439	600	795	1,442	2,344	①、③
1/250	182	392	537	711	1,289	2,097	⑤
1/300	166	358	490	649	1,177	1,914	
1/350	154	331	454	601	1,090	1,772	④
1/400	144	310	425	562	1,019	1,658	
1/450	136	292	400	530	961	1,563	②
1/500	129	277	380	503	912	1,483	

(4) 吸水渠の検討

上記制限延長表にもとづき、管径を決定する(吸水渠 No. は配線図に記載)。

配線計画から、吸水渠上流端及び下流端位置のほ場標高を求め、これに掘削深を考慮して上流端と下流端の暗渠管標高を算出する。上下流端の暗渠管標高の落差(ΔH)と吸水渠延長から、吸水渠勾配を求め、制限延長表の該当する勾配から、各管径の制限延長を求める。

吸水渠①	: 勾配 0.80/130=1/163	φ 60 支配延長	$L_{max}=204 \geq 133 (=130+3) \dots OK$
吸水渠②	: 勾配 0.20/ 85=1/425	φ 60 支配延長	$L_{max}=136 \geq 88 (= 85+3) \dots OK$
吸水渠③	: 勾配 0.60/107=1/178	φ 60 支配延長	$L_{max}=204 \geq 110 (=107+3) \dots OK$
吸水渠④	: 勾配 0.20/ 65=1/325	φ 60 支配延長	$L_{max}=154 \geq 68 (= 65+3) \dots OK$
吸水渠⑤	: 勾配 0.20/ 45=1/225	φ 60 支配延長	$L_{max}=182 \geq 48 (= 45+3) \dots OK$
吸水渠⑥	: 勾配 0.60/ 83=1/138	φ 60 支配延長	$L_{max}=235 \geq 86 (= 83+3) \dots OK$
吸水渠⑦	: 勾配 0.20/ 25=1/125	φ 60 支配延長	$L_{max}=235 \geq 28 (= 25+3) \dots OK$
吸水渠⑧	: 勾配 0.50/ 60=1/120	φ 60 支配延長	$L_{max}=235 \geq 63 (= 60+3) \dots OK$
吸水渠⑨	: 勾配 0.10/ 10=1/100	φ 60 支配延長	$L_{max}=288 \geq 13 (= 10+3) \dots OK$

(5) 集水渠の検討

水田の場合と同様の方法により管径を決定する。

[参考] 吸水渠の勾配と管内流速について

指針では、吸水渠の勾配は 1/100~1/600 とし、1/600 以下の場合は、口径をアップすることとしている。「農林水産省土地改良事業計画設計基準」及び「北海道開発局農業水産部暗渠排水計画技術指針(案)平成 12 年 1 月」では吸水渠勾配は、それぞれ 1/100~1/1000、1/100~1/800 となっている。また、農水省、開発局とも吸水渠の管内流速の条件が設定されている。

指針では、管内での土砂のつまり等を防止する目的で、暗渠管の内部の流速を一定流速以上に保つため、勾配を 1/600 以上としている。

図-1 は、合成樹脂管を使用した場合で管径 7 割水深時の勾配毎の管内流速を、φ 60mm と φ 80mm でプロットしたものである。同勾配でも口径をアップすることで管内の流速は、増加することがわかる。

φ 60mm で勾配 1/600 以下では、流速が減少し勾配 1/800 以下では開発局が下限値とする $V = 0.2\text{m/s}$ を満足しない。指針では、管径を 1 ランクアップ(φ 80mm)することで勾配 1/1,000 までの範囲で管内流速を確保する手法とした。

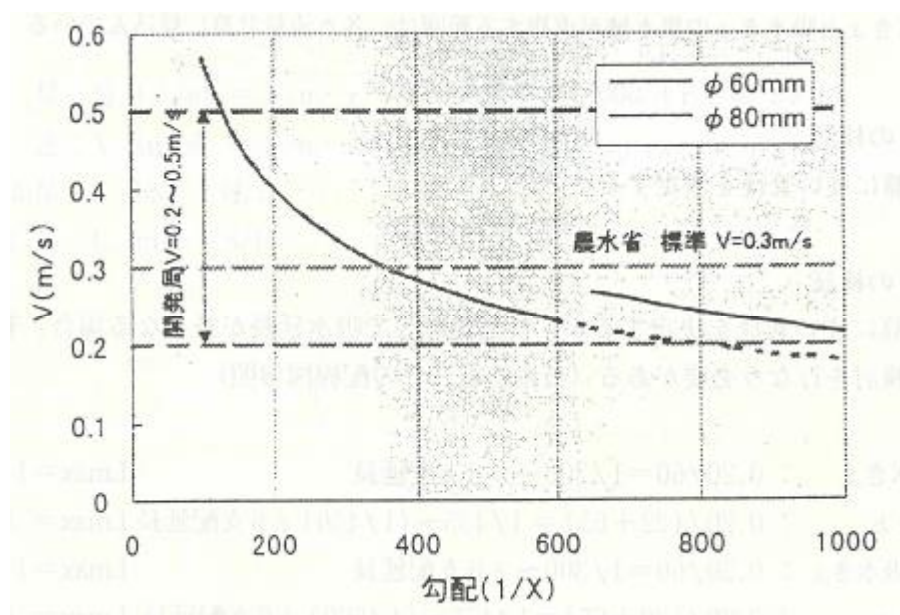


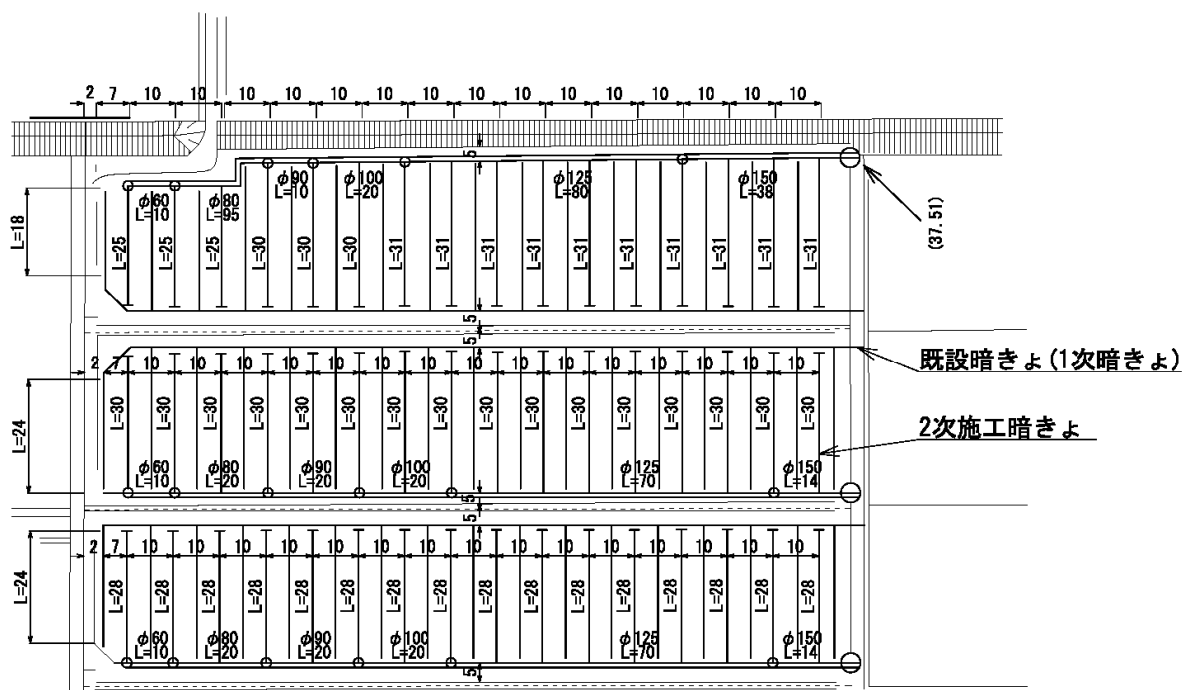
図-1 吸水管の勾配と管内流速の関係

13. 暗渠排水の配線例 関連条項 [指針 4.2]

計画は場に既存の暗渠がある場合、この機能を損なわない形で配線をするケースが想定される。また、この際、大区画化などの整備を併せて行なう場合も想定される。

こうした場合の設計では現況集水渠の反対側に2次暗渠の集水渠を配置し、吸水渠は現況吸水渠の間隔中心に配置する形になる。また、旧来の暗渠排水組織を残すことから大区画化された場合は複数の暗渠排水組織（水閘）を組み合わせた形となる。

なお、例では、農作業機械の回転部で、旋回による排水不良ヶ所の農道側及び排水路側の両端部の配置は、排水効果を高めるため配線間隔を縮小した。



14. 現場透水係数を用いた吸水渠間隔の計算 関連条項 [指針 4.3.2-3]

(1) 土地改良設計基準計画・暗渠排水・技術書（以下「技術書」）では、現地透水試験（オーガーホール法）で求めた透水係数に一定の係数（ α ）を乗じた上で、暗渠排水理論式から吸水渠間隔を算出する手法を示している。

[算定式]

D：計画暗渠排水量（mm/d）

$$S = 2 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{k}{D}} \times 86.4$$

<設計指針／北海道>

水田、汎用田 : 50mm/d

畑地・草地・樹園地 : 30mm/d

<技術書>

水田 : 10～50mm/d

（標準的には 20～30mm）

畑 : 6～16mm/hr

（標準的には 8～12mm/hr）

H：作土層の厚さ（cm）

k：作土層の透水係数（cm/s）

$$k = \alpha \cdot ks$$

ks：実測された作土層の透水係数（k'）のオーダー

α ：係数（下表）

表 14-(1)-1 補正係数 α の概数値

現場透水係数（cm/s）	透水係数（k）	補正係数（ α ）
$ks < 5 \times 10^{-6}$	3×10^{-3}	≥ 600
$5 \times 10^{-6} \leq ks < 5 \times 10^{-5}$	1×10^{-2}	2000～200
$5 \times 10^{-5} \leq ks < 5 \times 10^{-4}$	3×10^{-2}	600～60
$5 \times 10^{-4} \leq ks < 5 \times 10^{-3}$	1×10^{-1}	200～20
$5 \times 10^{-3} \leq ks$	3×10^{-1}	$60 \geq$

計画暗渠排水量を「暗渠排水設計指針／北海道」とした場合求められる吸水渠間隔は技術書で α を50または100（示されている範囲の最大値）とした場合、7.6～15.5mの範囲にある。

結果は概ねこれと一致していると言える。ただし、求められた吸水渠間隔は作土層の厚さに大きく影響を受けるため変化の幅が大きいことから α の設定についての判断が難しいといえる。

なお、従来から経験的に採用されている吸水渠間隔10～12mに相当する α は図14-(1)-1に示したように21～175の範囲にあり、平均値は97であった。

表 14-(1)-2 吸水渠間隔の試算（試験ほ場）

計画排水量	地区名	場所	ほ場利用	D (mm/d)	H (cm)	k (cm/s)	α	S (m)	透水係数の測定手法	土 壤	α
道指針	長 都	長 沼	水田	50	25	1.32E-04	100	7.6	インタークレート	細粒グライ土	175
	北明星	初山別	水田	—	—	—	—	—	—	褐色低地土	—
	帯広東	帯 広	畑	30	17	1.40E-03	50	15.3	変水位透水試験	厚層多腐植質黒ボク土	21
	他	本 別	畑	30	16	3.80E-04	100	10.6	変水位透水試験	細粒灰色台地土	89
		豊 頃	畑	30	13	3.30E-04	100	8.0	変水位透水試験	細粒グライ土	156
	能 取	網 走	畑	30	20	5.20E-04	100	15.5	変水位透水試験	細粒褐色森林土	42

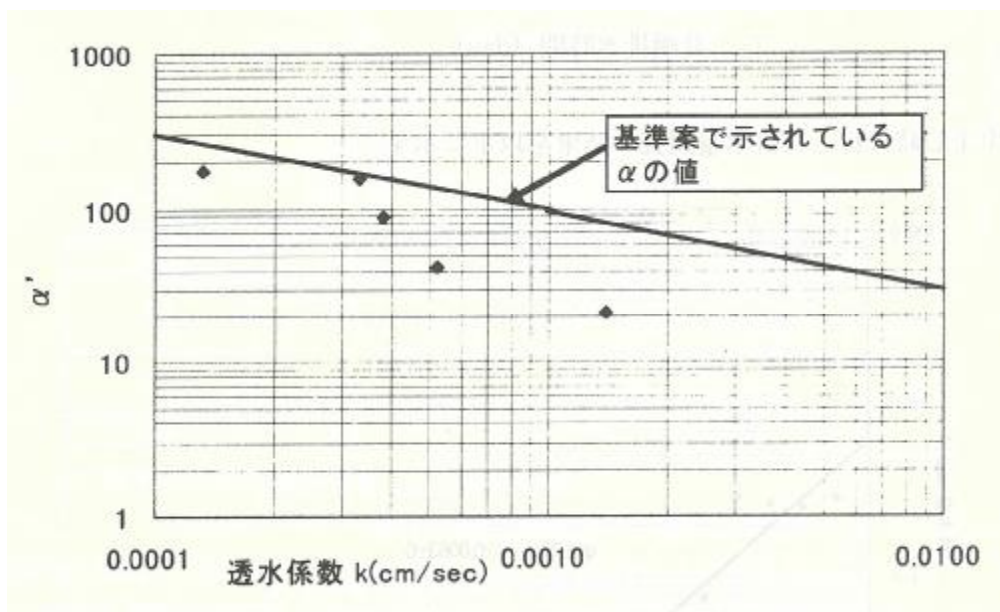


図 14-(1)-1 透水係数と暗渠間隔が 10 m となる α' の関係

15. 暗渠排水量調査結果を用いた吸水渠間隔の計算（水田）

関連条項 [指針 4.3.2-3]

(1) 基準では、表面湛水条件を初期条件とした暗渠排水理論を用いて吸水渠間隔を算出する手法を示している。

[算定式]

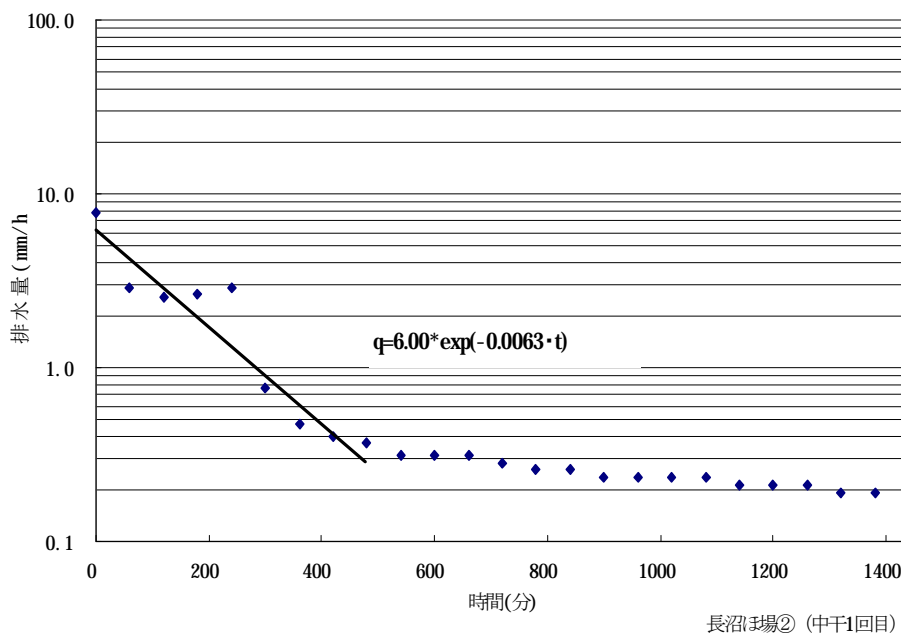
$$S = S' \cdot \sqrt{\frac{q_0}{D}} \times 24$$

- S : 吸水渠間隔 (m)
- S' : 排水試験時の暗渠間隔 (m)
- q₀ : 初期暗渠排水量 (mm/hr)
- D : 計画暗渠排水量 (mm/d)

$$D = \frac{3 \cdot V}{T}$$

- V : 暗渠総排水量 (mm)
- T : 計画排水時間 (day)

水田の中干し時に行った排水量調査の結果を以下に示す。



[計算結果]

測定した排水量から初期暗渠排水量（ q_0 ）と暗渠総排水量（ V ）を求めた結果を表 15－(1)－1 に示す。

算式から求められる吸水渠間隔は **10.5m** であり、概ね現行の整備間隔と一致している。ただし、観測時間や、試験対象となる暗渠の状態（疎水材種別、経過年数など）更には土壌、水文的条件の変化も大きいと予想されることから設計への適用に際しては十分な検討が必要である。

表 15－(1)－1 排水量調査に基づく吸水渠の間隔の検討

観測(中干し時)	ほ場 No.	既存暗渠 間隔 S' (m)	疎水材	暗渠深さ	q_0 (mm/hr)	暗渠 総排水量 V (mm)	計画暗渠 排水量 D (mm)	充足率	計画暗渠 間隔 S (m)
平成 11 年 6 月 23 日	2	7	火山礫	0.6 (m)	6.00 (mm/hr)	21.17 (mm)	63.51 (mm/day)	2.27	10.5 (m)

初期暗渠排水量(q_0) : 排水量の実測値を $q=q_0 \cdot \exp(-a_1 \cdot t)$ なる指数式に当てはめて推定。

暗渠総排水量(V) : 観測時間内の実測流量を数値累積して算出。

計画排水時間(T) : 1 日

16. スリム型バケットによる暗渠の排水機能 関連条項 [指針 4.3.2-1]

バックホウによる暗渠溝掘削において、従来のバケットに比べ幅の狭いスリム型バケットを使用すると、投入する疎水材の量が低減できることなどから、暗渠施工の低コスト化を図ることが可能である。ここでは同一の試験ほ場内で施工した「スリム型バケットによる暗渠」と「従来型バケットによる暗渠」の比較試験結果を示す。

(1) 暗渠掘削断面

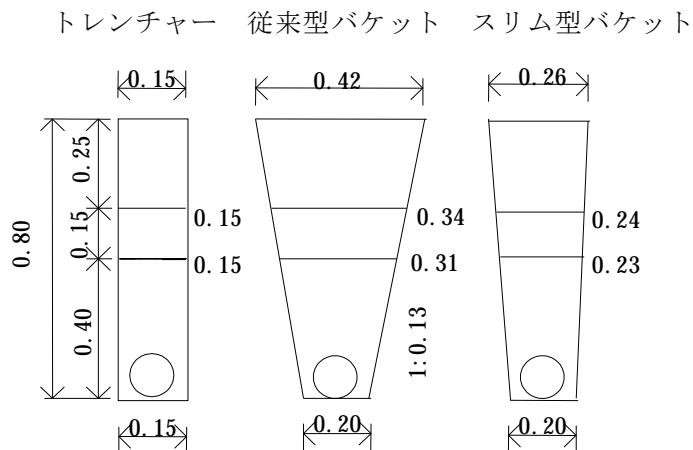


図 16- (1)-1 タイプ別掘削断面

表 16- (1)-1 タイプ別資材数量

タイプ		トレンチャー		従来型バケット	スリム型バケット
		A	B		
断面積(m ²)		0.111		0.239	0.175
100m 当り 必要資材量 (m ³)	カラマツチップ ^o (抜根チップ)	(5.1)	(7.4)	9.3	7.7
	モミガラ (抜根チップ)	(2.3)		4.9	3.5
	埋戻土	3.8		9.5	6.3

※断面積には、管断面積 0.009(m²)を除く。

(2) スリム型バケットで掘削した暗渠の排水機能の比較

表 16- (2)-1 暗渠排水量結果総括表

ほ場	暗渠タイプ	観測期間	降雨量(mm)	暗渠排水量		
				総排水量 (mm)	日最大排水量 (mm/d)	時間最大排水量 (mm/h)
No.1	トレンチャーA	11/26~12/5	77	12.69	3.03	0.27
No.1	トレンチャーB			7.43	2.86	0.42
No.2	スリム型バケット			9.62	2.14	0.15
No.2	従来型バケット			7.64	1.44	0.22
No.1	トレンチャーA	12/6~12/12	30	6.99	1.47	0.08
No.1	トレンチャーB			1.79	1.33	0.15
No.2	スリム型バケット			7.23	2.65	0.23
No.2	従来型バケット			5.78	1.81	0.22

ほ場条件

No.	作付け	面積(m ²)
No.1	水田(収穫後)	1,300
No.2	草地	1,300

暗渠形状

暗渠タイプ	深さ(cm)	疎水材
トレンチャーA	80	抜根チップ粗・細
トレンチャーB		抜根チップ粗
スリム型バケット		チップ・モミガラ
従来型バケット		

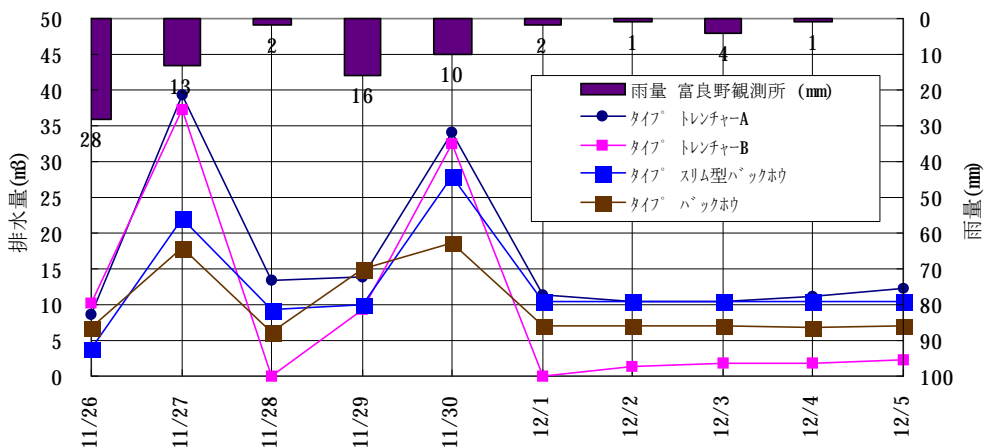


図 16-(2)-1 暗渠タイプ別排水量グラフ

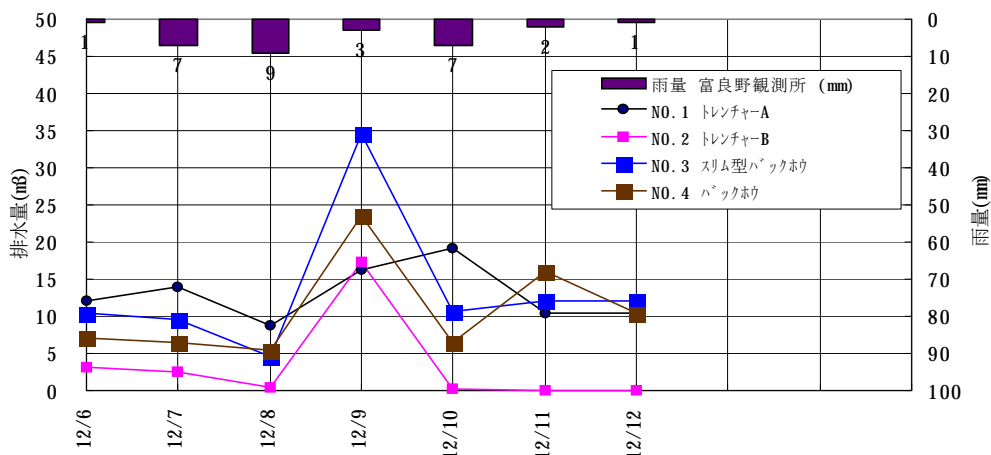


図 16-(2)-2 暗渠タイプ別排水量グラフ

(3) まとめ

観測期間内に測定された 2 回の降雨に対するスリム型暗渠の排水量は、バックホウ掘削のタイプに比べ概ね大きく、従来型と同等の排水能力を有しているものと判断される。

17. 土地利用形態等における暗渠排水掘削機種の使用実態

関連条項 [指針 4.3.2-1]

【アンケート調査の目的】

北海道で行われている暗渠排水工事における掘削機種の使用実態を把握し、今後掘削機種を選定するに当たり判断材料の一つとする。（調査年度：平成 21 年度、調査件数：1,293 件）

【アンケート調査の結果と考察】

1 評価方法

アンケート調査の結果、地域、発注件数、土地利用形態等により実績件数にバラツキが大きい
ため件数のみではなく件数割合についても評価に加味し5段階の総合評価を行った。

2 結果と考察

掘削機種の使用実態を土地利用形態（水田・汎用田、畑地、草地）で分類し、施工条件（配線方式、配線間隔、土質、管種、管径、実切深、底幅、疎水材、布設勾配）ごとの使用頻度を抽出し総合評価により判定した結果、掘削機種選定には、土質、実切深、管布設勾配が関係していることが導き出された。

(1) 土質条件

- ・土中にレキ質土、玉石混じり土、埋木等の障害物がある場合は、バックホウ（スリム型・従来型）が望ましい。
- ・砂質土等で崩れやすい場合は、掘削断面の保持のため最小限度の勾配を設けたバックホウ（従来型）が望ましい。
- ・泥炭土で掘削中・掘削直後に断面維持が困難な場合は、掘削断面の保持のため最小限度の勾配を設けたバックホウ（スリム型・従来型）が望ましい。

(2) 実切深

- ・掘削深度の変化が大きいほ場、または掘削深度が 1.2m 以上の条件では、トレンチャーやバックホウ（スリム型）による掘削が困難であるため、バックホウ（従来型）が望ましい。

(3) 管布設勾配

- ・畑地、草地などで急傾斜地を含む場合は、トレンチャーの使用は不向きと判断されることからバックホウ（スリム型・従来型）が望ましい。

以上より、暗渠排水の掘削機種は経済的に有利なトレンチャーの使用を基本としたなかで、今回のアンケート結果を考慮し、また個々の圃場条件（受益者聞き取り、前歴事業での機種、試掘調査）や機械調達の可否などを総合的に判断し掘削機種を選定することが望ましい。

「水田・汎用田」土地利用形態における各条件毎の掘削機種の割合

		アンケート結果(件数)				アンケート結果(%)				総合評価			
		トレンチ		バックホウ		トレンチ		バックホウ		トレンチ		バックホウ	
		単独	バック納併用	スリム型	従来型	単独	バック納併用	スリム型	従来型	単独	バック納併用	スリム型	従来型
配線形式	くし型	176	38	50	53	56	12	16	17	◎	△	○	○
	フォーク型	56	49	48	28	31	27	27	15	○	○	○	△
	樹状型	0	0	1	7	0	0	13	88	-	-	△	○
	直抜き型	21	6	31	55	19	5	27	49	△	△	○	○
土質	砂質土	1	2	1	47	2	4	2	92	△	△	△	○
	粘性土	179	23	99	26	55	7	30	8	◎	△	○	△
	レキ質土	11	0	0	29	28	0	0	73	△	-	-	○
	転石混じり土	4	1	2	8	27	7	13	53	△	△	△	○
	泥炭土	72	67	26	29	37	35	13	15	○	○	△	△
	その他	0	0	0	5	0	0	0	100	-	-	-	○
実切深	100cm以下	256	93	126	134	42	15	21	22	○	○	○	○
	100~120cm未満	35	35	34	38	25	25	24	27	○	○	○	○
	120cm以上	2	10	10	11	6	30	30	33	△	○	○	○
管布設勾配	1/15~1/50	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	1/51~1/100	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	1/101~1/300	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	1/301~1/485	2	1	0	0	67	33	0	0	○	△	△	-
	1/485~1/600	63	53	17	0	47	40	13	0	○	○	○	△
	1/601~1/800	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-

A

5	100 ≤ 評価件数
4	50 ≤ 評価件数 < 100
3	30 ≤ 評価件数 < 50
2	10 ≤ 評価件数 < 30
1	評価件数 < 10

B

5	50 ≤ 評価割合(%)
4	30 ≤ 評価割合 < 50
3	20 ≤ 評価割合 < 30
2	10 ≤ 評価割合 < 20
1	評価割合 < 10

総合評価

$A + B$ / 2

◎ = 5
○ = 4 or 3
△ = 2 or 1

*管布設勾配についてはデータ件数が他項目の半分以下のため評価条件を低減している。

「畑地」土地利用形態における各条件毎の掘削機種の割合

		アンケート結果(件数)				アンケート結果(%)				総合評価			
		トレンチ		バックホウ		トレンチ		バックホウ		トレンチ		バックホウ	
		単独	バック納併用	スリム型	従来型	単独	バック納併用	スリム型	従来型	単独	バック納併用	スリム型	従来型
配線形式	くし型	1	0	13	30	2	0	30	68	△	-	○	◎
	フォーク型	0	0	6	7	0	0	46	54	-	-	○	○
	樹状型	1	0	56	164	0	0	25	74	△	-	○	◎
	直抜き型	3	3	7	28	7	7	17	68	△	△	△	○
土質	砂質土	0	0	2	49	0	0	4	96	-	-	△	◎
	粘性土	5	7	75	124	2	3	36	59	△	△	○	◎
	レキ質土	0	1	1	15	0	6	6	88	-	△	△	○
	転石混じり土	0	0	1	4	0	0	20	80	-	-	△	○
	泥炭土	0	2	2	35	0	5	5	90	-	△	△	◎
	その他	0	0	0	2	0	0	0	100	-	-	-	○
実切深	100cm以下	5	3	81	228	2	1	26	72	△	△	○	◎
	100~120cm未満	0	3	19	75	0	3	20	77	-	△	△	◎
	120cm以上	0	3	7	36	0	7	15	78	-	△	△	◎
管布設勾配	1/15~1/50	0	0	1	7	0	0	13	88	-	-	△	○
	1/51~1/100	0	0	0	9	0	0	0	100	-	-	-	○
	1/101~1/300	0	0	3	9	0	0	25	75	-	-	△	○
	1/301~1/485	0	0	3	2	0	0	60	40	-	-	○	○
	1/485~1/600	2	5	19	0	8	19	73	73	△	△	△	◎
	1/601~1/800	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-

A

5	30 ≤ 評価件数
4	20 ≤ 評価件数 < 30
3	10 ≤ 評価件数 < 20
2	4 ≤ 評価件数 < 10
1	評価件数 < 4

B

5	50 ≤ 評価割合(%)
4	30 ≤ 評価割合 < 50
3	20 ≤ 評価割合 < 30
2	10 ≤ 評価割合 < 20
1	評価割合 < 10

総合評価

$A + B$ / 2

◎ = 5
○ = 4 or 3
△ = 2 or 1

*管布設勾配についてはデータ件数が他項目の半分以下のため評価条件を低減している。

「草地」土地利用形態における各条件毎の掘削機種の割合

		アンケート結果(件数)				アンケート結果(%)				総合評価			
		トレンチ		バックホウ		トレンチ		バックホウ		トレンチ		バックホウ	
		単独	バック納併用	スリム型	従来型	単独	バック納併用	スリム型	従来型	単独	バック納併用	スリム型	従来型
配線形式	くし型	1	0	5	19	4	0	20	76	△	-	△	○
	フォーク型	1	0	2	0	33	0	67	0	△	-	○	-
	樹状型	1	0	7	11	5	0	37	58	△	-	○	○
	直抜き型	1	0	12	8	5	0	57	38	△	-	○	○
土質	砂質土	0	0	5	12	0	0	29	71	-	-	△	○
	粘性土	4	0	7	16	15	0	26	59	△	-	△	○
	レキ質土	0	0	0	4	0	0	0	100	-	-	-	○
	転石混じり土	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	泥炭土	0	0	13	5	0	0	72	28	-	-	○	△
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
実切深	100cm以下	4	0	25	37	6	0	38	56	△	-	○	◎
	100~120cm未満	0	0	7	5	0	0	58	42	-	-	○	○
	120cm以上	0	0	5	4	0	0	56	44	-	-	○	○
管布設勾配	1/15~1/50	0	0	4	4	0	0	50	50	-	-	○	○
	1/51~1/100	0	0	1	2	0	0	33	67	-	-	△	○
	1/101~1/300	0	0	0	5	0	0	0	100	-	-	-	○
	1/301~1/485	1	2	0	0	33	0	67	0	△	○	○	-
	1/485~1/600	0	3	3	0	0	50	50	0	-	○	○	○
	1/601~1/800	0	0	0	1	0	0	0	100	-	-	-	○

A

5	30 ≤ 評価件数
4	20 ≤ 評価件数 < 30
3	10 ≤ 評価件数 < 20
2	4 ≤ 評価件数 < 10
1	評価件数 < 4

B

5	50 ≤ 評価割合(%)
4	30 ≤ 評価割合 < 50
3	20 ≤ 評価割合 < 30
2	10 ≤ 評価割合 < 20
1	評価割合 < 10

総合評価

$A + B$ / 2

◎ = 5
○ = 4 or 3
△ = 2 or 1

*管布設勾配についてはデータ件数が他項目の半分以下のため評価条件を低減している。

18. 暗渠排水機能解析 関連条項 [指針 4.3.2-3]

(1) 暗渠機能調査の目的と試験の概要

本道における計画暗渠排水量の決定や、適切な暗渠間隔の範囲を求める目的で、試験ほ場を用いた「暗渠機能調査」を、表 18-(1)-1 に示した道内の 6 ヶ所で、平成 10～11 年度に実施した。

この内、長沼の「長都地区」では水田の中干し、落水時及び平成 12 年の融雪時に排水量調査を実施した。

残る 5 地区については、降雨時の排水量を測定した。5 地区の内、初山別村の北明里地区が水田及び休耕田であり、他の 4 地区は畑地である。

各調査ほ場の平面図及び暗渠施工図を次頁以降に示す。

表 18-(1)-1 暗渠機能調査地区の概要

地区名	場所	土地利用	暗渠タイプ(疎水材/間隔/深さ)							土壌
			火山礫 /5/60	火山礫 /7/60	火山礫 /10/60	火山礫 /10/80	モミガラ /10/80	—	—	
長都*	長沼	水田	火山礫 /5/60	火山礫 /7/60	火山礫 /10/60	火山礫 /10/80	モミガラ /10/80	—	—	細粒グライ土
能取	網走	畑	火山礫 /8/80	火山礫 /12/60 (t=25)	火山礫 /12/60 +補助 暗渠	火山礫 /12/60 (t=55)	麦稈 /12/80	貝殻 /12/80	—	細粒褐色 森林土
帯広東他	帯広	畑	なし /12/90	ピリ砂利 /12/90	ピリ砂利 /6/90	ピリ砂利 12/90 心破	ピリ砂利 /12/90 心破/ 客土	—	—	厚層多腐植質 黒ボク土
	本別	畑	なし /10/90	ピリ砂利 /10/90	火山灰+ ピリ砂利 /10/90	火山灰+ ピリ砂利 /5/90	ピリ砂利 /10/60	火山灰+ チップ /10/90	火山灰+ チップ /10/60	細粒灰色 台地土
	豊頃	畑	チップ /12/90	チップ /6/90	麦稈 /12/90	抜根 チップ /12/60	フルイ 砂利 /12/90	—	—	細粒グライ土
北明里	初山別	水田/ 休耕田	抜根 チップ /5/60	貝殻 /5/60	貝殻 /10/60	抜根 チップ /10/60	トマツ チップ /10/60	トマツ チップ /5/60	—	褐色低地土

計画暗渠排水量については「技術資料－4」に示したので、ここでは以下、暗渠間隔の設定について検討を進める。

(2) 吸水渠間隔の検討

①土地改良設計基準「計画・暗渠排水・技術書（以下「技術書）」」では「現地のほ場で実施した暗渠排水量調査の結果から吸水渠間隔を求める手法」を示している。

[算定式]

$$S = S' \cdot \sqrt{\frac{q_0}{D}} \times 24$$

S : 吸水渠間隔 (m)
 S' : 排水試験時の暗渠間隔 (m)
 q₀ : 初期暗渠排水量 (mm/hr)
 D : 計画暗渠排水量 (mm/d)

$$D = \frac{3 \cdot V}{T}$$

V : 暗渠総排水量 (mm)
 T : 計画排水時間 (day)

上式は、表面湛水条件を初期条件とした暗渠排水理論を基礎としており、本調査の中では、落水時に排水量調査を行った「長沼ほ場」がこの条件に当てはまっている。

これに対して、畑及び転換田では降雨時の排水量を測定しており、初期条件が上式とは異なっている。また、同一地区で複数回の測定を行っているが、そのデータ間においても条件の差（降雨のパターンや降雨開始時の土壤水分条件）が大きく、上式とは異なる検討手法が必要と考えられる。

②ここでは水田、畑（汎用田）について各々次のような検討を行った。

a) 水田：（長沼ほ場）

落水時の排水量測定データから、暗渠総排水量、初期暗渠排水量を求め、これを「技術書」に示された算定式に当てはめて吸水渠間隔を検討する。

b) 畑・汎用田：（二見が岡、帯広、本別、豊頃、北明里）

降雨後の排水量測定データから求められる降雨強度と暗渠排水率、ピーク排水強度の関係から、計画降雨に対応した暗渠排水量、ピーク排水強度を推定し、これを「技術書」に示された算定式に当てはめ、吸水渠間隔を検討する。

a) 水田における排水量調査の結果（中干し、落水時の暗渠排水量を測定）

平成10年及び11年に行った「排水量調査」の結果を表18-(2)-1にまとめた。

算式から求められる吸水渠間隔は6.6m~20.5mの範囲にあり、試験区毎のばらつきが大きい。過年度(H9)のデータも合わせて示したが、求められる吸水渠の間隔は概ね同様の範囲にある。

図18-(2)-1に示すように、求められる計画暗渠間隔は試験時の暗渠間隔に比例して変化する傾向にあるが、これは図18-(2)-2に示したように初期暗渠排水量が試験時の暗渠間隔にあまり影響を受けず、大きく変化していないことが原因となっている。

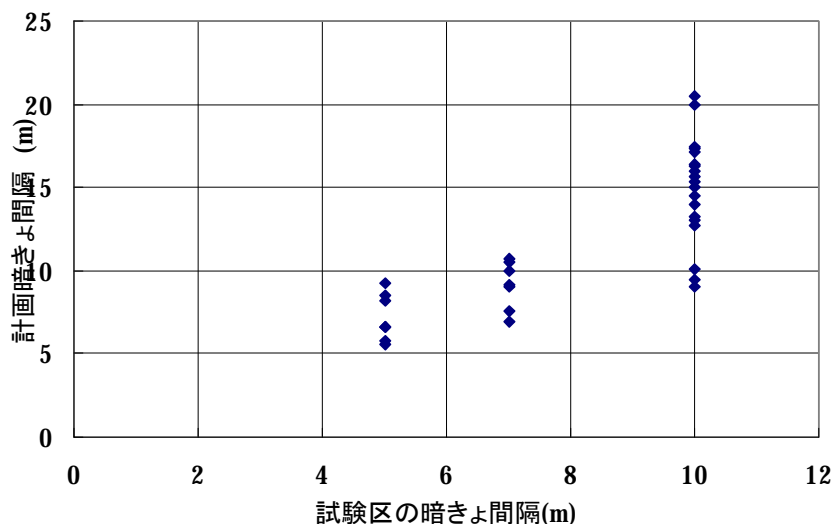


図18-(2)-1 試験区の暗渠間隔と計画暗渠間隔

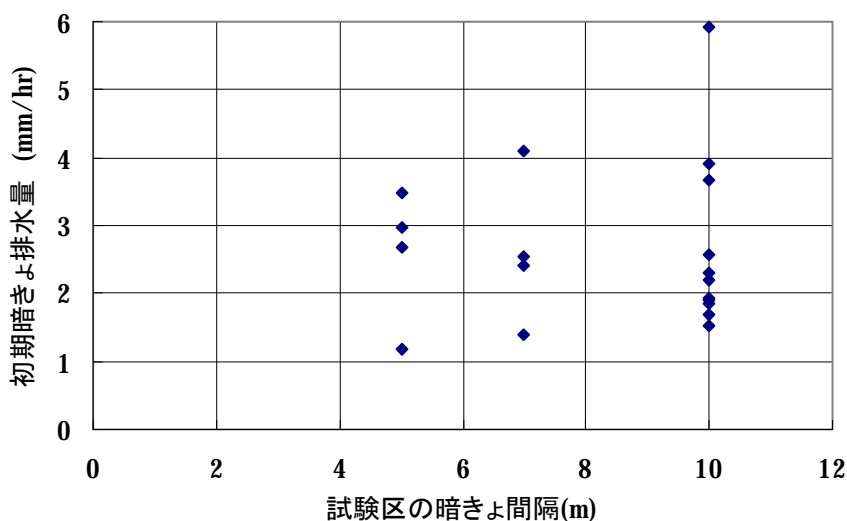


図18-(2)-2 試験区の暗渠間隔と初期暗渠排水量

表 18-(2)-1 排水量調査に基づく吸水渠間隔の検討 (長沼ほ場)

地区	ほ場 No	既存暗渠 間隔 S'(m)	疎水材	暗渠 深さ (m)	q ₀ (mm/hr)	暗渠 排水量 V(mm)	計画暗渠 排水量 D(mm/day)	充足率	計画暗渠 間隔 S(m)	
平成 9 年 8 月 6 日	1	5	火山礫	0.6	2.97	17.73	53.19	1.34	5.8	
	2	7			2.55	17.52	52.56	1.16	7.6	
	3-1	10			1.54	5.46	16.38	2.26	15.0	
	3-2	10			3.68	10.96	32.88	2.69	16.4	
	4	10	モミガラ	0.8	1.70	5.76	17.28	2.36	15.4	
平成 9 年 8 月 25 日	1	5	火山礫	0.6	3.47	9.51	28.52	2.92	8.5	
	2	7			4.09	13.98	41.93	2.34	10.7	
	3-1	10			1.93	3.86	11.57	4.00	20.0	
	3-2	10			3.91	10.39	31.18	3.01	17.3	
	4	10	モミガラ	0.8	1.89	8.66	25.98	1.75	13.2	
平成 9 年 9 月 27 日	1	5	火山礫	0.6	2.67	17.35	52.05	1.23	5.5	
	2	7			2.41	19.39	58.17	1.00	7.0	
	3-1	10			2.21	17.48	52.44	1.01	10.1	
	3-2	10			2.31	22.68	68.04	0.81	9.0	
	4	10	モミガラ	0.8	1.86	16.78	50.34	0.88	9.4	
平成 10 年 6 月 19 日	1	5	火山礫	0.6	1.18	5.39	16.17	1.75	6.6	
	2	7			1.38	5.46	16.38	2.02	10.0	
	3-1	10			2.58	4.90	14.70	4.21	20.5	
	3-2	10			5.92	19.39	58.17	2.44	15.6	
	4	10	モミガラ	0.8	-	-	-	-	-	
平成 11 年 4 月 19 日 (融雪時)	1	5	火山礫	0.6	13.04	60.34	181.02	1.73	6.6	
	2	7			14.00	67.27	201.81	1.66	9.0	
	3-1	10			5.77	23.51	70.53	1.96	14.0	
	3-2	10			9.00	28.40	85.20	2.54	15.9	
	4	10	モミガラ	0.8	5.50	27.26	81.78	1.61	12.7	
平成 11 年 6 月 23 日 (中干1回目)	1	5	火山礫	0.6	8.00	23.64	70.92	2.71	8.2	
	2	7			6.00	21.17	63.51	2.27	10.5	
	3-1	10			-	4.03	-	-	-	-
	3-2	10			7.00	21.14	63.42	2.65	16.3	
	4	10	モミガラ	0.8	4.00	15.25	45.75	2.10	14.5	
平成 11 年 7 月 29 日 (中干2回目)	1	5	火山礫	0.6	9.05	21.40	64.20	3.38	9.2	
	2	7			8.00	37.33	111.99	1.71	9.2	
	3-1	10			1.50	7.11	21.33	1.69	13.0	
	3-2	10			4.00	10.95	32.85	2.92	17.1	
	4	10	モミガラ	0.8	6.00	15.70	47.10	3.06	17.5	

初期暗渠排水量(q₀) : 排水量の実測値を $q=q_0 \cdot \exp(-a_1 \cdot t)$ なる指数式に当てはめて推定。
 暗渠総排水量(V) : 観測時間内の実測流量を数値累積して算出。
 計画排水時間(T) : 1 日

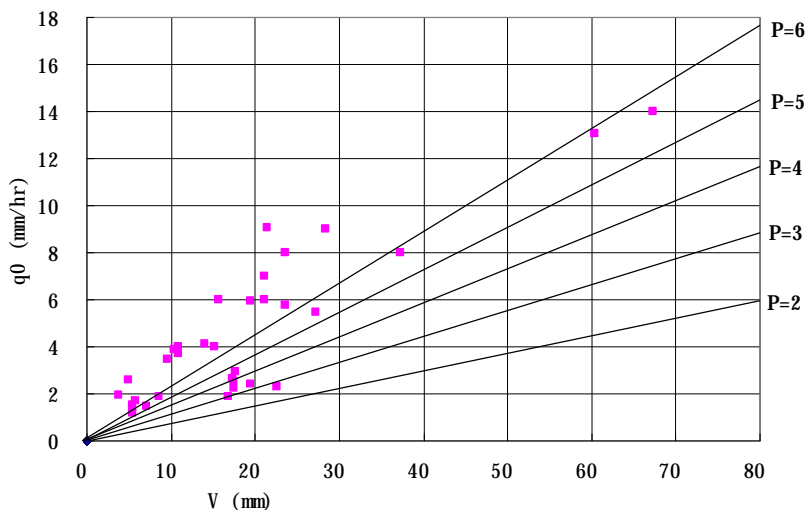


図 18-(2)-3 暗渠総排水量(V)と初期暗渠排水量(q₀)の関係

本調査では、隣接したほ場で暗渠間隔を変えた試験を実施しており、初期暗渠排水が大きく変化しない理由の1つには試験区相互の影響も考えられる。

この影響を除外する意味で、初期暗渠排水量及び暗渠総排水量を試験ほ場全体として見た場合の試算を行った。

計算過程は以下に示すとおりであるが、4回の測定結果から求められた計画暗渠間隔の平均値は **11.5m** となり、経験的に採用されている吸水渠間隔よりやや大きな値を示した。

$$q_0 = \frac{\sum (q_i \cdot A_i)}{\sum A_i} \quad q_0 : \text{ほ場全体の初期排水量}$$

$$V = \frac{\sum (V_i \cdot A_i)}{\sum A_i} \quad q_i : \text{各試験区の初期排水量}$$

$$S' = \frac{\sum (S_i \cdot N_i)}{\sum N_i} \quad V : \text{ほ場全体の総排水量}$$

$$V_i : \text{各試験区の総排水量}$$

$$A : \text{ほ場全体の面積}$$

$$A_i : \text{各試験区的面積}$$

$$S_i : \text{各試験区の吸水渠間隔}$$

$$N_i : \text{各試験区の吸水渠本数}$$

表 18-(2)-2 吸水渠間隔の計算結果 (まとめ)

	H10.6.19	H11.4.19	H11.6.23	H11.7.29	平均
q_0	2.18	11.26	5.50	6.42	6.34
V	7.17	50.50	18.30	22.20	24.54
D	21.5	151.5	54.9	66.6	73.6
S'	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
S	10.8	9.2	10.7	10.5	10.3

b) 畑における暗渠排水量調査の結果（降雨時の暗渠排水量を測定）

畑や汎用田における排水量調査では、水田の落水時のような様な初期条件を与えることはできない。降雨量や降雨パターンが異なることは当然であるが、降雨開始までの干天期間の長短による土壌水分の違いなどにより、排水量調査の条件は異なるものと考えるのが妥当である。

また、理論式の適用が困難なことから計画暗渠排水量についても「水田」とは異なる考え方が必要と思われる。

そのため、ここでは個々の降雨に対するハイドログラフの検討は行わず、以下の手順で吸水渠間隔の検討を行った。

- ①降雨強度（4時間降水量）と、ほ場全体として見た場合の暗渠排水率、及びピーク排水量との関係をまず求めた。
- ②次いで「北海道の大雨資料」に示されている1/10年確率降水量（4時間）と、これに対応する暗渠排水率を上述の関係から求め計画暗渠排水量とした。
- ③さらに、計画降雨に対応するピーク排水量を同様な方法で求めた。
- ④最後に、これらの諸元と実際の暗渠配置を用いて吸水渠の間隔を求めた。

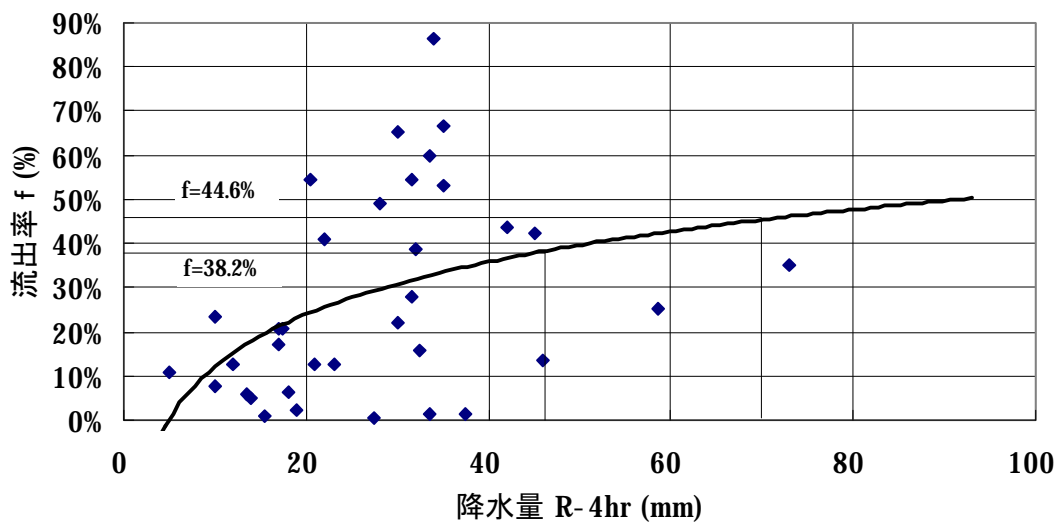
調査5地区の解析結果を表18-(2)-3及び表18-(2)-4、図18-(2)-4、図18-(2)-5にまとめた。

表 18-(2)-3 暗渠排水量調査結果のまとめ（畑・汎用田）

解 析 諸 元	二見が岡	帯 広	本 別	豊 頃	北明里
既設暗渠間隔 S' (m)	11.3	10.2	9.1	9.8	7.4
ピーク排水強度 q0(mm/hr)	2.1	4.1	3.2	6.1	15.6
1/10年確率降水量 R-4hr(mm)	46	56	49	56	58
暗渠流水率 f	0.251	0.270	0.446	0.764	0.136
計画排水量 D(mm/hr)	2.9	3.8	5.5	10.7	2.0
吸水渠間隔 S (m)	9.6	10.6	7.0	7.4	20.8

表 18-(2)-4 暗渠排水量調査の結果 (畑・転換畑)

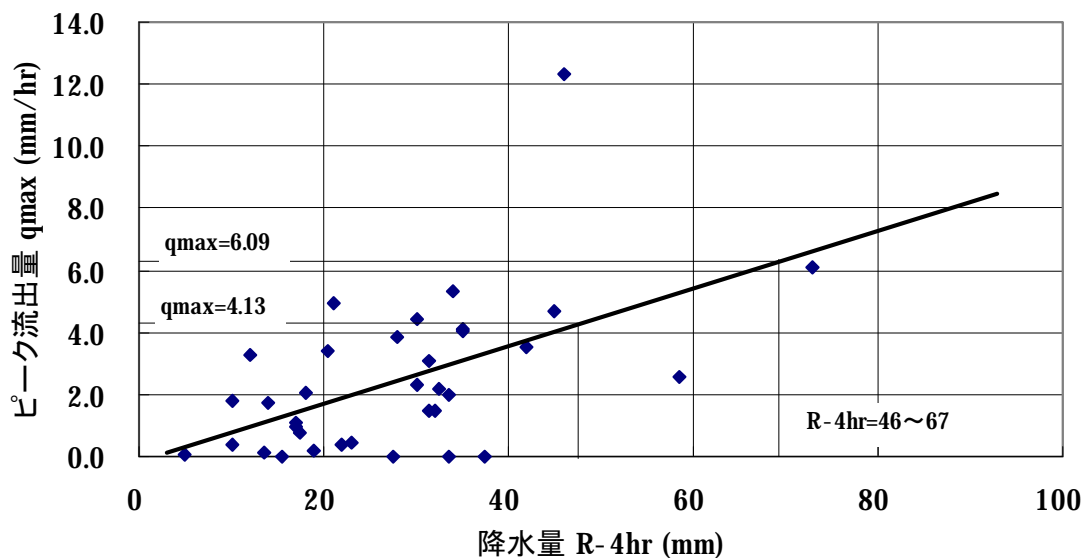
	期 間	降水量 (mm)		ピーク流出高 (mm/hr)	総流出量 (m3)	流出率 (%)
		全体	24hr[peak]			
二見が岡	6/20-6/23	35.0			22.4	6.0%
	7/11-7/14	17.0			19.7	10.8%
	8/28-9/01	156.5			—	—
	9/16-9/21	57.0			171.2	28.0%
	9/22-9/28	44.5			99.5	20.8%
	1999/10/28-11/01	45.0	17.0	1.084	82.6	17.1%
帯 広	7/08- 7/13	106.0			13.0	1.1%
	8/27- 9/01	155.0			498.1	42.4%
	9/16- 9/21	150.0			—	—
	10/15-10/20	60.0			2.6	0.6%
	1999/05/25-05/30	55.0	15.5	0.02	3.9	0.9%
	1999/07/13-07/18	129.0	32.5	2.18	—	—
	1999/10/02-10/07	53.5	33.5	0.02	5.5	1.3%
本 別	7/08- 7/13	107.0			549.5	22.0%
	8/27- 9/01	138.0			1560.8	48.5%
	9/16- 9/21	70.5			633.2	38.5%
	10/15-10/20	49.0			465.1	40.7%
	1999/05/25-05/30	44.5	10.0	0.36	242.7	23.4%
	1999/07/13-07/18	72.0	19.0	0.19	39.1	2.3%
	1999/10/02-10/07	38.5	23.0	0.48	111.9	12.5%
豊 頃	7/08- 7/13	89.0			778.4	43.7%
	8/27- 9/01	160.5			2133.5	66.5%
	10/15-10/20	55.0			599.9	54.5%
	1999/05/25-05/30	80.5	28.0	3.88	792.4	49.2%
	1999/07/01-07/06	111.0	30.0	4.42	1450.5	65.3%
	1999/07/13-07/18	103.0	34.0	5.30	1778.1	86.3%
	1999/09/20-09/25	75.0	17.0	0.95	312.5	20.8%
	1999/10/02-10/07	57.5	35.0	4.05	608.5	52.9%
	1999/10/28-11/02	61.0	20.5	3.43	666.7	54.6%
北明里	9/15- 9/20	61.0			145.5	12.6%
	9/22- 9/27	68.0			60.9	4.7%
	10/02-10/ 7	32.0			47.0	7.8%
	10/18-10/23	56.0			67.0	6.3%
	1999/08/20-08/25	71.0	46.0	12.32	179.0	13.3%
	1999/09/24-09/29	46.5	12.0	3.27	112.6	12.8%



$$f = 0.1708 \ln(R-4hr) - 0.2717$$

$$r = 0.41$$

図 18-(2)-4 4 時間降水量と流出率



$$q_{max} = 0.093(R-4hr) - 0.1451$$

$$r = 0.53$$

図 18-(2)-5 4 時間降水量とピーク流出量

本年度調査地区の 10 年確率 4 時間降水量は次頁の図 18-(2)-6 に示したように、46～67(mm/4hr)の範囲にある。これに対応する暗渠流出率は図 18-(2)-4 から 38.2～44.6 の範囲にあると考えられることから、計画暗渠排水量は $D=4.4\sim7.5\text{mm}$ の範囲にあるものと推定される。同じくピーク排水強度は、図 18-(2)-5 から $q_0=4.13\sim6.09(\text{mm/hr})$ の範囲と考えられる。

吸水渠間隔はこれらの諸元を前出の算定式に代入することにより求められるが、結果は右にまとめたとおり 8.7～9.3m の範囲となり、現行の暗渠間隔をやや下回る結果となった。

なお、いずれのほ場とも、降雨後概ね 24 時間以内に地下水位は 60cm 以下に低下しており、暗渠機能としては十分であると判断される。

吸水渠間隔の算定

$$S = S' \cdot \sqrt{\frac{q_0 \cdot 24}{D}}$$

	Min	Max	
$S' =$	9.6	9.6	m (5 地区平均)
$q_0 =$	4.13	6.09	mm/hr
$R - 4\text{hr} =$	46	67	mm
$f =$	0.382	0.446	
$D =$	4.4	7.5	mm/hr
$S =$	9.3	8.7	m

確率降水量 (4 時間) (北海道の大雨資料/H1. 7)

	長沼 (岩見沢)	初山別 (羽幌)	帯広 (帯広)	本別 (本別)	豊頃 (帯広)	網走 (網走)
3	44	41	41	35	41	35
5	54	48	48	41	48	40
7	60	53	52	45	52	43
10	67	58	56	49	56	46
20	81	69	65	57	65	51
30	89	75	70	61	70	54
50	101	83	76	68	76	58

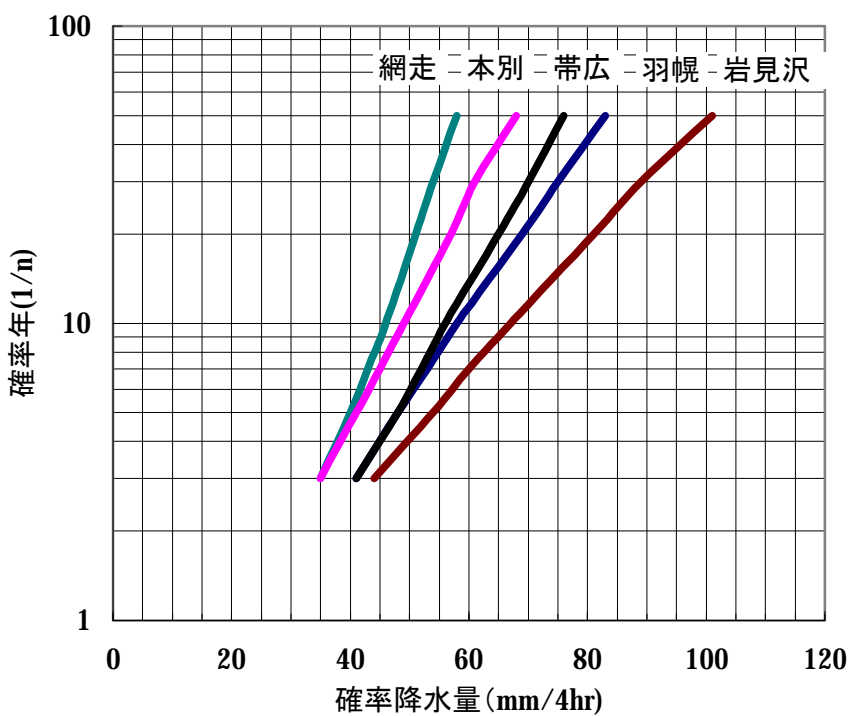


図 18-(2)-6 調査地点の確率降水量

19. 浸透型暗渠の施工例 関連条項 [指針 4.3.2-1、4.3.5-2]

(1) 浸透型暗渠の原理

浸透型暗渠は、地形条件等の理由から暗渠排水路が必要な規模(深さ)で整備できない場合、浸透能力の高い砂礫層などが、比較的浅い深さで成層する場合に適用できる工法である。

(2) 施工位置

浸透型暗渠の対象ほ場の試験施工を行ったのは、F市で施工面積は、A~Fブロックの合計でA=0.88 ha (図19-3)である。

(3) 土質条件

下層砂利 (透水係数 $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ 程度)

(4) 施工時期

平成11年10月8日~10月12日

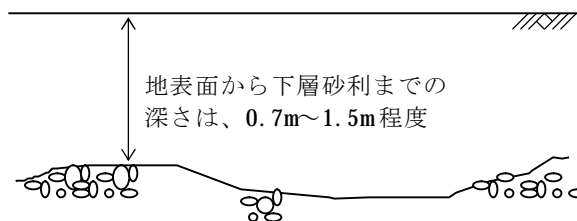


図19-1 現地の断面模式図

(5) 施工形状

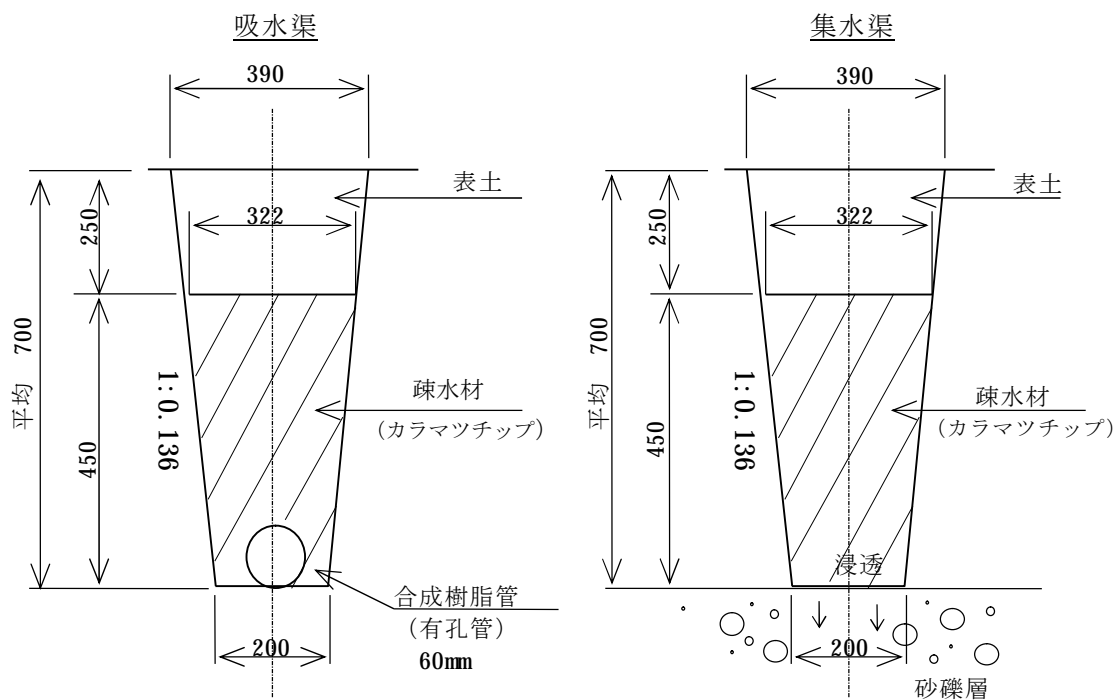


図19-2 浸透型暗渠試験施工標準断面図

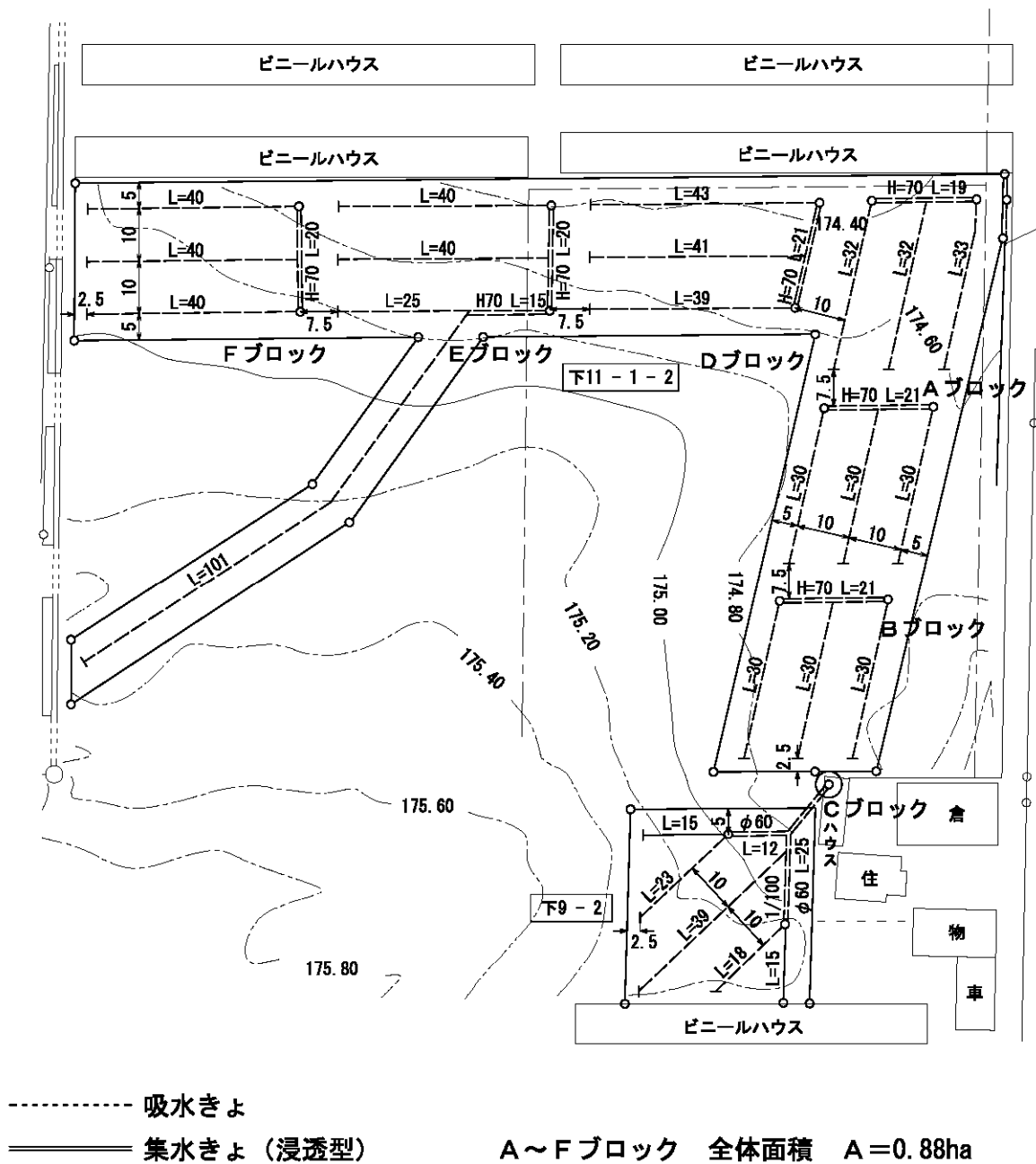


図 19-3 施工位置図

Eブロック
(集水渠断面)



図 19-4 集水渠断面状況写真

(6) 試験結果

図 19-5 に示すとおり、浸透型暗渠の吸水渠、集水渠の水位上昇はみられず、暗渠の排水効果が明らかになった。

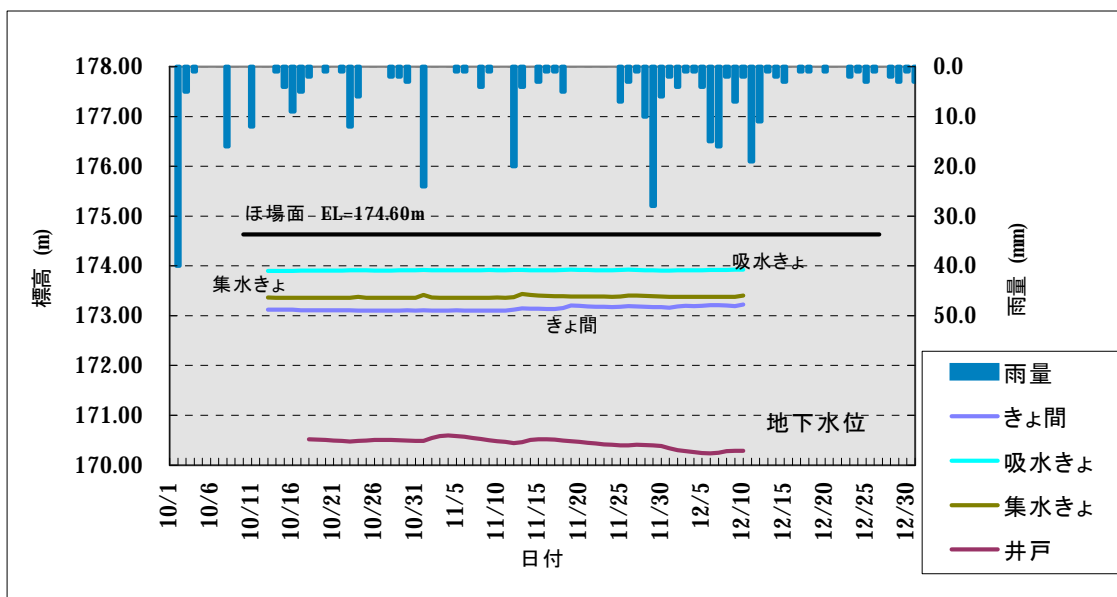


図 19-5 浸透型暗渠試験区の水位変化

20. 暗渠排水の有効性に関するアンケート調査結果（1）

関連条項 [指針 3.1]

（1）アンケート調査の実施状況

本アンケート調査は、事業をより効率的・効果的に推進することを目的に、農家の立場からみた事業の全般的な効果を把握するという観点で、道営畑総事業の受益農家のうち区画整理・暗渠排水・客土・心土破碎・除礫を実施した農家を対象に行った。

（対象地区と配布戸数）

道営畑地帯総合整備事業（緊急整備型）	「K地区」（H4-H9）・・・網走市（55戸）
道営畑地帯総合整備事業（緊急整備型）	「N地区」（H5-H9）・・・網走市（58戸）
道営畑地帯総合整備事業（担い手育成型）	「A地区」（H4-H9）・・・置戸市（35戸）
配布戸数：148戸	
回収戸数：134戸	
回収率：90.5%	

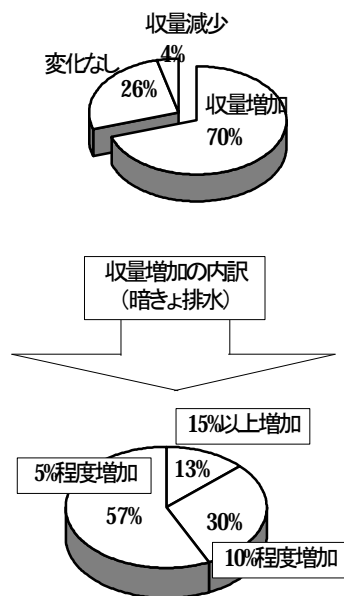
調査期間：平成10年8月3日～8月31日

（2）事業前後の収量及び品質の変化

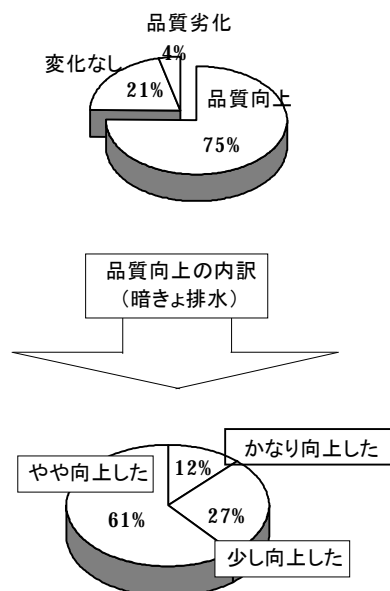
暗渠排水を行ったほ場における収量及び品質の変化

大半の農家が、暗渠排水を行ったことで収量及び品質が向上したと回答している。

<収量の変化（暗渠排水）>



<品質の変化（暗渠排水）>

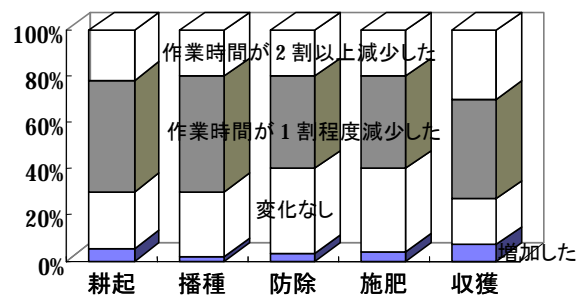


(3) 暗渠排水を行ったほ場における作業時間の変化

排水性改善によって作業機械の走行性が向上し、適期作業が可能となったことで、作業性の改善に顕著な効果が現れた。

何れかの作業で、「所要時間が減少した」と回答した農家の割合 → **88.1%**

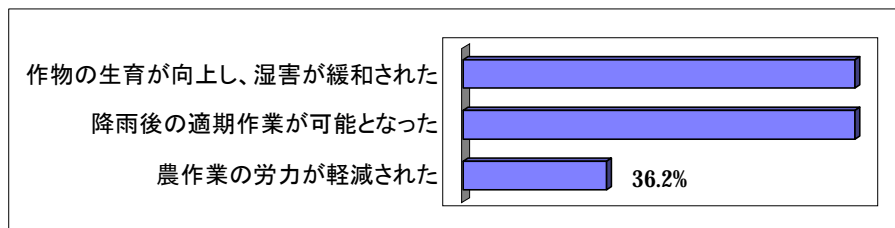
各作業にかかる所要時間（農家の割合）



(4) 暗渠排水の主な効果内容

暗渠排水の主な効果内容

(少なくとも1つの項目について「効果あり」と回答した割合 = **98.1%**)



排水性改善に対し絶大な効果を発揮 生産性向上には必要不可欠

21. 暗渠排水の有効性に関するアンケート調査結果（2）

関連条項 [指針 3.1]

（1）アンケート調査の実施状況

調査は、過去5ヶ年程度に農業農村整備事業で暗渠排水を施工し、かつ100戸以上の畑作農家を有する下記の網走支庁管内18市町村内の農家を対象とした。

（対象地区と配布戸数）

北見市 (52戸)	斜里町 (40戸)	留辺蕊町 (20戸)
網走市 (40戸)	清里町 (40戸)	佐呂間町 (40戸)
東藻琴村 (20戸)	小清水町 (40戸)	常呂町 (40戸)
女満別町 (30戸)	端野町 (40戸)	遠軽町 (20戸)
美幌町 (50戸)	訓子府町 (40戸)	上湧別町 (20戸)
津別町 (30戸)	置戸町 (20戸)	湧別町 (20戸)

配布戸数：602戸

回収戸数：412戸

回収率：68.4%

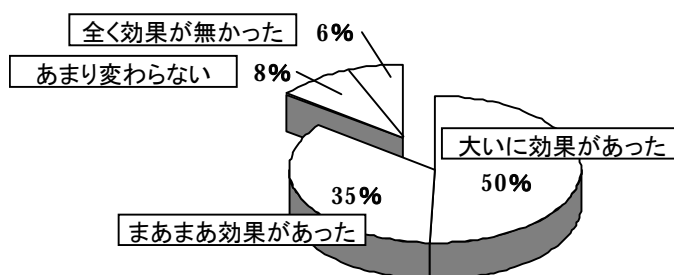
調査期間：平成10年10月29日～11月11日

（2）平成10年の大雨・長雨に対する暗渠排水の効果の内容

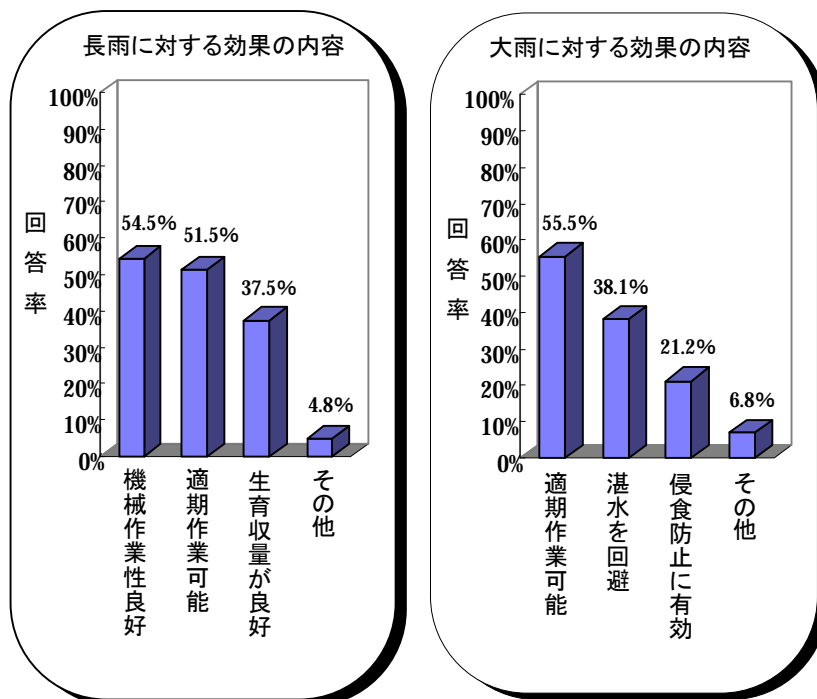
今年の天候で暗渠排水の効果があったかという設問に対し、半数以上が「大いにあった」と回答しており、「まあまあ」という回答と合すると約86%という結果であり、今年のような大雨・長雨に対しても多くの農家が効果があることを認めている。

長雨に対する効果としては半数以上の農家が「適期作業」及び「機械作業性」をあげた。一方「生育・収量」に対する効果は4割弱にとどまった。

大雨に対する効果としては「適期作業」をあげた農家が半数以上にのぼり、「湛水回避」（4割弱）、「農地の侵食防止」（2割強）という結果であった。



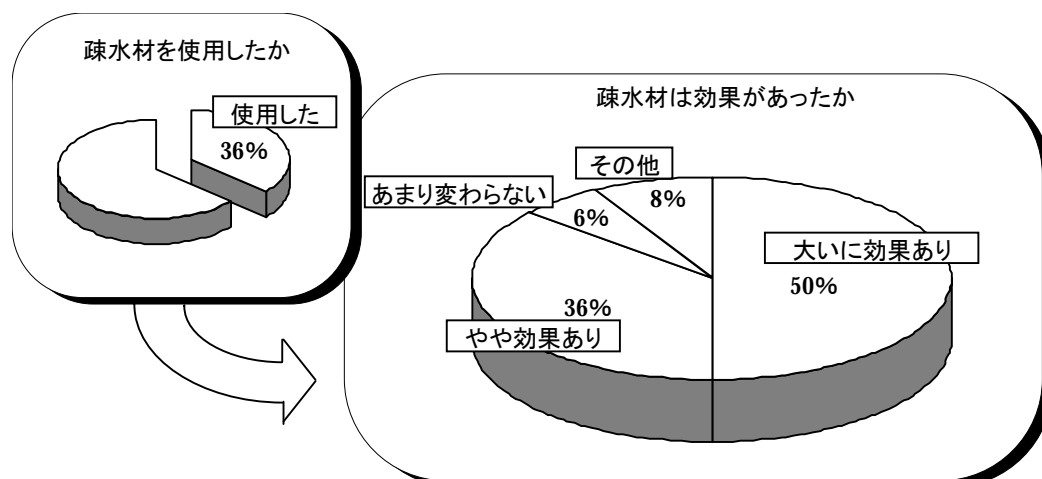
「効果あり」86%の内訳は、以下のとおりである。



(3) 平成10年度の大雨・長雨に対する整備状況による程度の違い

「暗渠排水の疎水材を知っているか」という設問に対し、「知っている」という回答が92.8%あったが、疎水材を使用したという回答は36.1%にとどまった。

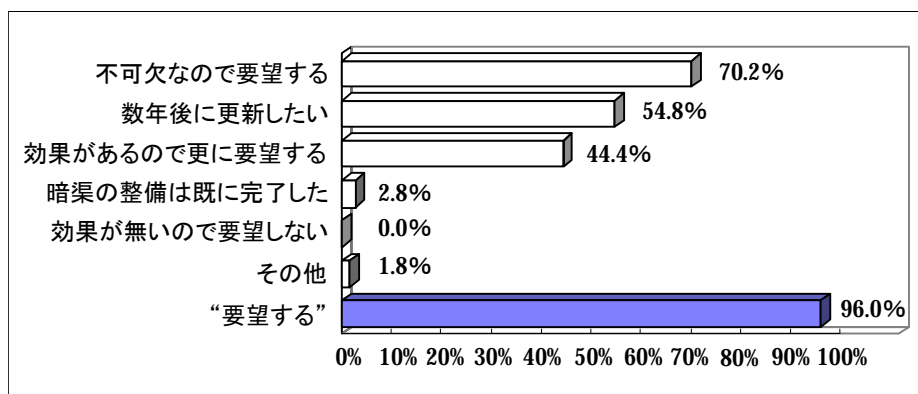
疎水材を使用した農家に疎水材の効果について質問したところ、疎水材は「大いに効果あり」(50.3%)と「やや効果あり」(35.7%)を合わせると86%にもなり、疎水材を使用することによって暗渠排水の効果が向上することを農家が実感として認めていることを示している。



(4) 暗渠排水の整備要望

「暗渠排水はほ場の基盤として不可欠である」という回答が7割を超えて最も多く、次いで「数年後に更新したい」(55%)、「今年のような天候下で効果があったので要望する」(44%)という結果で、“要望する”という回答は98%にもなった。

一方、「整備を既に完了した」という回答はわずか2.8%で、「効果があまりないから要望しない」という回答は皆無であった。



(5) 総括

暗渠未施工→暗渠施工→疎水材暗渠施工と整備水準が向上するにつれて、効果の発現も著しくなる場合が多いという結果が得られた。

総じて暗渠排水は極めて効果的で、特に疎水材を入れたものは今年のような異常とも言える降雨に対しても十分に被害を軽減することができることを、農家自身も認めているという結果が得られた。

100%に近い農家が（更新も含めて）暗渠排水の事業要望があると回答しており、今後も積極的に事業展開を行う必要がある。

22. 無勾配暗渠排水に関する排水機能検証調査

関連条項 [指針 4.3.2-4]

○調査の背景と目的

近年、水田の大区画化に伴い、一般的な勾配を設けた暗渠排水では埋設深が深くなることから、流末となる排水路についても切深が大きくなり、整備コストの増嵩およびほ場の潰れ地が増大となる傾向にある。

この解決策として無勾配の暗渠が提案され、普及しつつあるが、道営事業での整備実績が無く、排水機能に関して検証はなされていなかった。

このことから、本調査では暗渠勾配の有無による排水効果を比較することで、施工後4年間の無勾配暗渠排水における排水効果の経年変化とフラッシュ清掃による機能回復について検討した。

○調査方法

・調査地概要

調査地は岩見沢市西川地区の圃場（**1.1ha**）で行った。調査圃場は泥炭土壌に展開した大区画圃場である。本圃場は、集中管理孔（1箇所）-吸水渠-集水渠-水閘（有勾配区・無勾配区に各1箇所）からなる暗渠システムが導入されている。

・調査項目と方法

(1) 降雨量

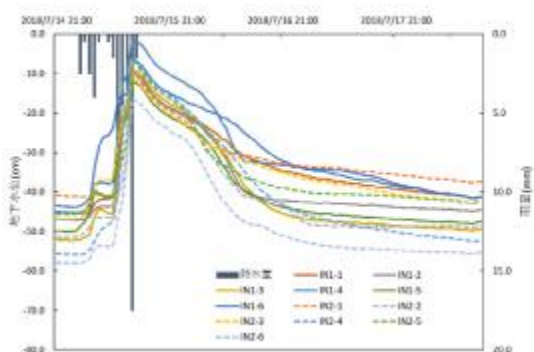
雨量計を圃場横に設置し、降雨量を測定し、時間雨量を求めた。

(2) 地下水位

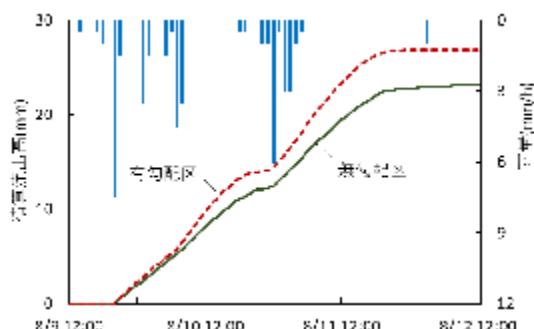
10cm 間隔に水位計を設置し、**30** 分間隔で地下水位を測定した。

(3) 暗渠排水量

暗渠排水口のキャップを最下流側の**1** 点を除いて閉め、最下流側の排水口に流量計を設置した。流量計は両区画の最下流側の排水口に**1** つずつ設置し、各区画からの暗渠排水量を測定した。



降雨と地下水位



降雨と積算流出高

・フラッシュ清掃時における調査

集中管理孔から用水を注水し暗渠管内のフラッシュ清掃を行った。管内の堆積物の調査と管内状況の把握のため、清掃排水の濁度の測定と懸濁物質量の算出、暗渠管内の動画撮影を行った。

(1) 動画撮影

フラッシュ清掃の効果を視覚的に確かめるために清掃の前後で無勾配暗渠、有勾配暗渠それぞれの渠管の内部の動画を撮影し、比較を行った。

(2) 濁度

フラッシュ清掃の排水を開始してから 5 分後まで、15 秒ごとに濁度計を用いて濁度の測定を行った。

(3) 懸濁物質量

排水開始から 1 分後と 5 分後の排水を採取し、試料水を吸引ろ過したろ紙を炉乾燥することで、1L あたりの懸濁物質の質量を算出した。



清掃前（無勾配）



清掃後（無勾配）

○結論

今年度ならびに過年度調査の結果から、以下のことが明らかとなった。

- ・ 有勾配区でも地下水位が高く維持される地点が存在している。この原因は局所的な難透水層の存在、暗渠管の目詰まりや不陸などが考えられるが、本調査ではその原因を特定するには至らなかった。
- ・ 2016 年から 2018 年の 6 月-8 月における地下水位の分布と計画地下水位達成率から無勾配暗渠の排水機能は 2018 年に改善された。この大きな原因として、本年 5 月に実施したフラッシュ清掃の影響が関係していると推察できる。
- ・ 暗渠管内の動画撮影や濁度測定、懸濁物質量の算出から、フラッシュ清掃の効果、すなわち管内の堆積物の排出が確認できた。加えて、動画撮影からは不陸が生じていると思われる（滞水）個所も確認できた。
- ・ フラッシュ清掃時には、無勾配区よりも有勾配区の懸濁物質量が多い傾向にあった。このことは有勾配区の暗渠は相対的に深くなること、傾きがあることで無降雨期間に比較的酸化状態になりやすく、酸化細菌のコロニーが発達していたと考えられる。

- ・ 調査圃場では有勾配区は無勾配区に比べ懸濁物質量が多い傾向にあったが **2017** 年度の地下水位は低い状態で保たれていた。
- ・ 同一地点であっても収穫の前後で降雨後の地下水位変動の傾向が異なることが確認された。この変化については、収穫時の農作業機械による転圧や収穫作業そのものによる練り返しによるマクロ間隙の減少などが影響していると考えられる。
- ・ 降雨イベント時の暗渠排水量は有勾配区で **15%**程度大きかった。

以上の結果から、従来の（有勾配）暗渠と無勾配暗渠の排水効果を比較すると、暗渠清掃をおこなわない（頻度が少ない）場合には、従来暗渠の方が効果的であると云える。一方、フラッシュ清掃（あるいは逆噴射ノズルなどによる清掃）を適宜行うことを前提とすると、有勾配と無勾配で暗渠排水の効果に大きな違いは無いと考えられる。また、圃場の排水性を高めるためには、暗渠の勾配の有無以上に、適切な耕耘管理や土層改良によって暗渠（吸水渠）への水みちを確保することが重要であると云えよう。

無勾配暗渠排水の導入にあたって

(導入検討例)

現況排水路の切深不足により改修コストが多くなる場合や、地形的制約により排水路の改修が困難な場合などに導入を検討。

- ・排水路流末が樋門等で排水路敷を下げる事が不可能な場合
- ・大区画かつ排水路の整備延長が長くなる場合
- ・無勾配暗渠とすることでトラフの敷設替えを伴う排水路の床下げが不要となる場合
- ・排水路の用地幅などに制限があり排水路の床下げができない場合
- ・排水路の水位が高く有勾配暗渠では落口が水没する場合

(排水機能)

無勾配暗渠は流速が遅いため、施工後数年で暗渠管内部に土砂堆積が生じ通水性を損なう可能性がある。しかし、フラッシュ清掃を適宜行うことを前提とすると、有勾配と無勾配で暗渠排水の効果に大きな差異はない。

(フラッシュ清掃の効果)

無勾配暗渠排水は、通水性を維持するため定期的なフラッシュ清掃が必要。このため、無勾配暗渠排水を導入する場合は、集中管理孔の設置は必須となる。

(管径計算例)

- ・最小管径の決定 (暗渠排水設計指針 4.3.2 吸水渠の設計 5. 管径)

1/600 未満の緩勾配を採用する場合は、敷設後の維持管理を考慮し1ランク上の管径を採用する。ただし、最小径のみとする。

- ・水理計算 (計画設計基準「暗渠排水」技術書、地下水位制御システム (FOEAS) 調査・設計・施工マニュアル)

降雨時などは場内の水位が高くなった場合、無勾配暗渠の管内は満流状態と仮定すると、最小の動水位は落口管の上端で与えられ、これより上流側の各集水渠及び吸水渠では、各管路損失により動水位が高くなる。このとき、各集水渠及び吸水渠において動水位 (動水勾配線) の最も高くなる位置をほ場面以下 (表面湛水を許容しない) とするような管径が設計の要件となる。

無勾配暗渠排水管の管径の算出にあたっては、計画設計基準「暗渠排水」技術書に準拠し、マニング式の敷設勾配 I を動水勾配 (Ho/L) に置き換えた計算式を用いる。

$$d = 2,000 \left\{ \left[\frac{D \cdot S \cdot n}{8.64 \times 10^7 \cdot C} \right]^2 \cdot \frac{L^3}{3H_o} \right\}^{3/16}$$

上記の式を吸水管の長さ：Lに変換すると以下のとおり。

$$L = \left\{ \left[\frac{d}{2,000} \right]^{16/3} \cdot 3H_o \cdot \left[\frac{(8.64 \times 10^7 \times C)}{(D \cdot S \cdot n)} \right]^2 \right\}^{1/3}$$

- | | | |
|----------------|------------------------------|--------------|
| d : 管径 (mm) | D : 計画日排水量 (mm/d) | S : 暗渠間隔 (m) |
| n : 管の粗度係数 | C : 定数 (水深 100% の場合) 1.97907 | |
| L : 吸水管の長さ (m) | Ho : 水頭差 (m) | |

無勾配暗渠の水理計算例

地目：汎用田

整備タイプ：集中管理孔（フラッシュ清掃のため）

計画日排水量 D ：50 mm/d（水田・汎用田）

暗渠間隔 S ：10m

管の粗度係数 n ：0.012（合成樹脂管）

定数 α ：1.97907（100%水深の場合）

管径 d ：80 mm（1/600 未満の緩勾配のため 1 ランク上の管径を採用）

最小掘削深 H ：0.7m（最小掘削深さ＋余裕深 0.6＋0.1）

水頭差 H_o ：0.62m（上流端水位を地表面、下流端を管上に設定した場合 0.7－0.08）

吸水管の長さ L （制限延長）

$$L = \left\{ \left[\frac{d}{2,000} \right]^{16/3} \cdot 3H_o \cdot \left[\frac{(8.64 \times 10^7 \times C)}{(D \cdot S \cdot n)} \right]^2 \right\}^{1/3}$$

$$L = ((80/2000)^{16/3} \times 3 \times 0.62 \times ((8.64 \times 10^7 \times 1.97907) / (50 \times 10 \times 0.012))^2)^{1/3}$$

$$L = 375.4\text{m} \quad \simeq \quad 375\text{m}$$

