

暗きよ排水設計指針

平成 22 年 6 月

北海道農政部

暗きょ排水設計指針の制定について（通知）

〔平成14年3月15日 設計第1506号〕
各支庁長あて 農政部長通知
一部改正 平成22年5月31日 事調第347号

暗きょ排水設計指針を次のとおり制定したので通知する。

なお、「暗きょ排水設計指針の制定について（昭和56年7月1日付け設管第275号各支庁長あて農地開発部長通知）」及び「暗きょ排水設計指針（案）について（平成10年7月1日付け設計第217号各支庁長あて農政部長通知）」は、平成14年3月31日をもって廃止する。

記

- 1 暗きょ排水設計指針
別添のとおり。
- 2 適用月日
平成22年6月1日以降に実施設計を行うものに適用する。

（農村振興局事業調整課設計管理グループ）

指 針

目 次

<指針>	<指針の運用>	
1. 指針の位置付け	1-1 指針の目的と範囲	1
	1-2 暗きよ排水の目的と効果	3
	1-3 暗きよ排水の流れ	5
	(本指針のフレーム)	
2. 調 査	2-1 調査目的	7
	2-2 調査対象地域	7
	2-3 概略調査	9
	2-3-1 概略調査項目	
	2-3-2 ほ場の排水不良要因	
	2-3-3 既存の暗きよ排水機能(機能低下)	
	2-4 暗きよ排水必要性の判定	15
	2-5 詳細調査	15
	2-5-1 詳細調査項目	
	2-6 暗きよ排水有効性の判定	21
	2-7 補助暗きよ有効性の判定	23
3. 計 画	3-1 計画の方針	25
	3-2 計画基準値	29
	3-2-1 計画基準値の考え方	
	3-2-2 計画暗きよ排水量	
	3-2-3 計画地下水位及び低下日数	
	3-3 基本暗きよ排水組織の計画	35
	3-3-1 基本暗きよ排水組織	
	3-3-2 考慮すべき条件	
4. 設 計	4-1 設計の方針	39
	4-2 暗きよ排水組織	41
	4-2-1 暗きよ排水組織の基本構成	
	4-2-2 暗きよ排水組織の選択	
	4-3 暗きよ排水構造と諸元	47
	4-3-1 暗きよの構成と材料	
	4-3-2 吸水きよの設計	
	4-3-3 枕地処理	
	4-3-4 集水きよ及び連絡きよの設計	
	4-3-5 付帯施設	
	4-4 補助暗きよ	73
	4-4-1 補助暗きよの構造と選択	
	4-4-2 補助暗きよの配置	
	4-5 捕水きよ	79
	4-6 湧水処理	81

5. 施 工	5-1 施工の工程と管理	83
	5-2 本暗きよの施工	85
	5-2-1 配線の設定	
	5-2-2 暗きよ管及び疎水材の配置	
	5-2-3 掘削	
	5-2-4 管の敷設	
	5-2-5 疎水材の充填	
	5-2-6 埋戻し	
	5-2-7 立上り管	
	5-3 補助暗きよの施工	91
	5-3-1 心土破碎(無材、有材)	
	5-3-2 トレンチ(有材)	
	5-3-3 せん孔暗きよ(無材)	
6. 維持管理	6-1 維持管理の基本的な考え方	93
	6-2 ほ場及び施設の管理	93
	6-2-1 ほ場の管理	
	6-2-2 施設の維持管理	
	6-3 暗きよの排水機能回復	97
	6-3-1 暗きよ管の機能回復	

1. 指針の位置付け

この指針は、北海道の農業農村整備事業のうち、暗きょ排水事業および暗きょ排水を工種として含む事業のなかで行われる暗きょ排水の計画・設計・施工に当って必要となる基本的事項および標準的な考え方を示すものである。

1-1 指針の目的と範囲

本指針は、北海道の農業農村整備事業を担当する技術者が、北海道特有の地域性を踏まえ、土地の条件や営農の状況等に応じ、創造的に暗きょ排水の計画・設計・施工などを行うための、基本的な考え方を示したものである。

指 針 の 解 説

指針 1 では、この指針の対象となる事業と、適用する範囲（調査・計画・設計・施工）を定義するとともに、指針の性格を明らかにしている。

暗きよの排水の計画、実施の際に基本としている資料は、平成 12 年 11 月に制定された「農林水産省構造改善局／土地改良事業計画設計基準・計画・暗きよ排水」である。

本指針は、これを基に積雪寒冷地である気候的特徴と大区画ほ場が多いといった北海道の地域性に適合した暗きよ排水に関する基本的な技術を示したものである。

なお、本指針が扱うほ場及び地形区分を以下に示す。

表－1.1.1 指針が扱う範囲

地形	ほ場利用形態	
平坦なほ場	水田、汎用田	畑、草地、樹園地
傾斜のあるほ場	—	畑、草地、樹園地

「土地の条件や営農の状況等に応じ、創造的に暗きよ排水の計画・設計・施工などを行う」とは、地域の実情や技術の進展等を十分に考慮し、農業農村整備事業を担当する技術者一人一人が、自らの経験に基づく判断と創意工夫によって、現地の実態に即した弾力的な計画・設計・施工に努めることをいう。

※維持管理について

本指針では、暗きよ排水の効果を十分に発揮させるためには維持管理者による適正な保守・管理が必要であるとの観点から「6. 維持管理」でその内容を記述した。

1-2 暗きょ排水の目的と効果

暗きょ排水の目的は、地表残留水の排除及び地下水位の低下を図ることである。このことにより、適期作業を可能とし、作物品質の向上・生産量の増加及び営農機械の走行性の改善による営農労力の節減と、併せて耕地の高度利用化を図ることができる。

暗きょ排水の計画に際しては、排水改良の有効性を明確にするとともに、具体的な到達目標を設定する。

暗きょ排水の調査・計画にあたっては、暗きょ排水の有効性を明確にするため、当該地区の現況評価が重要である。また、排水改良の到達目標を定量的に表すことが重要であり、次のような項目について具体的な目標値を設定する。

- ①地表残留水の排除日数
- ②地下水位
- ③透水性
- ④地耐力

指 針 の 解 説

暗きょ排水は、ほ場において明きょ排水路のみでは地下水位の低下や、地表残留水の排除など余剰水の排除を十分に図ることができず、作物の生育上及び営農機械の作業上支障をきたす場合に、地下に連続した通水空間を設けて余剰水を効果的に排除する工法である。

暗きょ排水には次の効果がある。

- ①地下水位の低下を図り、土壌の通気性などの土壌の作物生育環境を改善する。
- ②浸透性の向上により、春期の融雪を促進し、地温の上昇を図る。
- ③作物の深根を促し、生育を旺盛にする。
- ④降雨後あるいは水田の落水後のほ場の地耐力を確保し、営農機械の走行性、作業性を良好にし、適期作業を可能とする。
- ⑤ほ場の土壌環境がコントロールし易くなることから、耕地の汎用性が増大する。

※暗きょ排水の効果を維持するためには心土破碎などのほ場管理を適切に行うことが重要である。(維持管理については本指針「6. 維持管理」参照)

指 針

1-3 暗きょ排水(調査、計画、設計、管理)の流れ (本指針のフレーム)

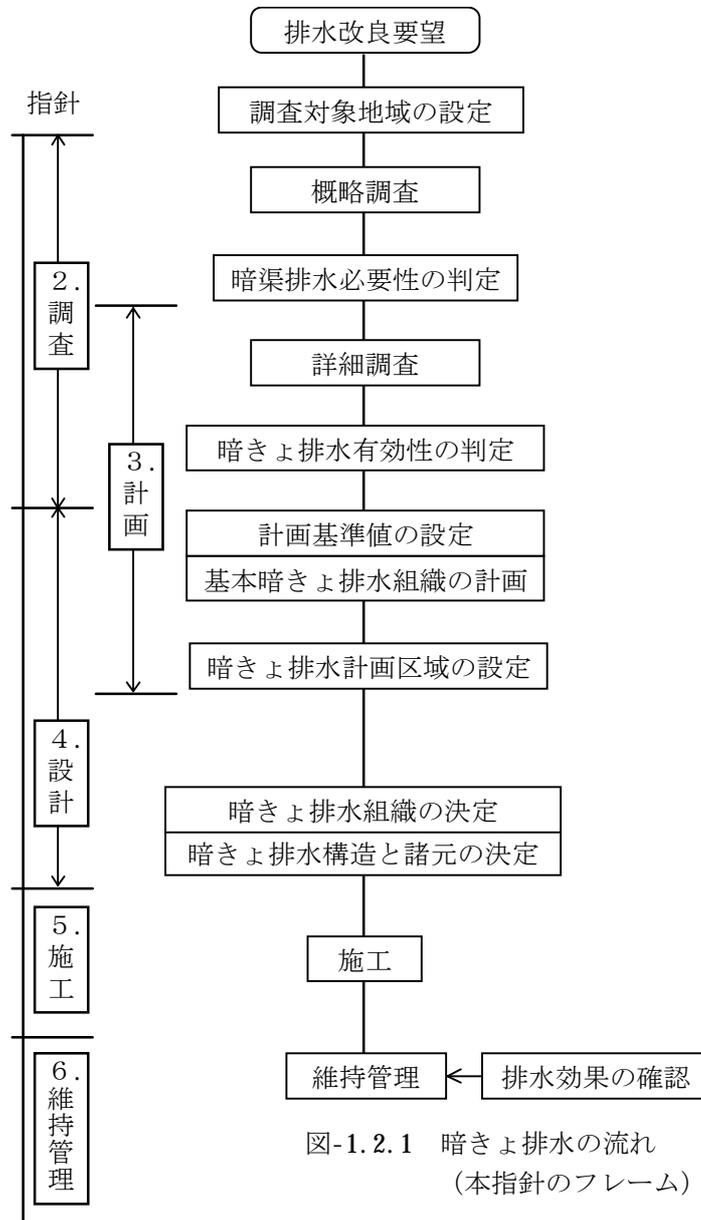


図-1.2.1 暗きょ排水の流れ
(本指針のフレーム)

指 針 の 解 説

暗きょ排水の調査、計画、設計などは以下のような流れで進める。

- ①暗きょ排水は、地元・農家からの排水改良要望を基に行う。
- ②調査では、まず概略調査を行ない、その結果によって、地域の排水状況の概略を把握し、一旦暗きょ排水事業の必要性を評価した後、詳細調査に移る。詳細調査では、暗きょ排水の有効性を判定する。
- ③計画は、調査後段の詳細調査から並行して進められ、計画基準値を定めた後、基本的な暗きょ排水を想定し、暗きょ排水を行う事業としての経済的な効果を判定する。
- ④設計は、計画時の諸元を基に現場条件を把握し、具体的な暗きょ排水組織や暗きょ構造を決定する。
- ⑤施工は、設計内容に従って適切な施工管理のもと、暗きょ排水を敷設する。
- ⑥維持管理は、暗きょ機能を維持するため施設の管理を農家等が営農管理の一環として行う。

2. 調 査

暗きょ排水設計の基礎資料とするために必要な現地の自然的・社会的諸条件に関する事項について適切な調査を行い、これらを的確に把握しなければならない。

2-1 調査目的

調査の目的は、ほ場の排水が必要となっている要因・メカニズムとその範囲を明らかにし、暗きょによるほ場条件の改善の有効性を判断することにある。暗きょ排水は水田・畑などの整備と併せて実施されていることから、これらの事業計画の調査と十分な連携を保ちながら、全体として合理的な調査を行うようにしなければならない。調査は概略調査と詳細調査に分けられる。

2-2 調査対象地域

地元農家から聴き取る排水不良地や、土壌図、現地の地形などから判断し、計画地域を決定する。

指 針 の 解 説

指針2では、暗きよ排水の計画・設計のために必要な調査について明らかにしている。

合理的な排水計画とするためには、排水が必要となっている要因をつきとめることが肝要である。そのために調査対象地域の気象・地形条件および現況ほ場の土壌条件、排水状況、暗きよ排水機能など必要な事項について重点的に調査する。

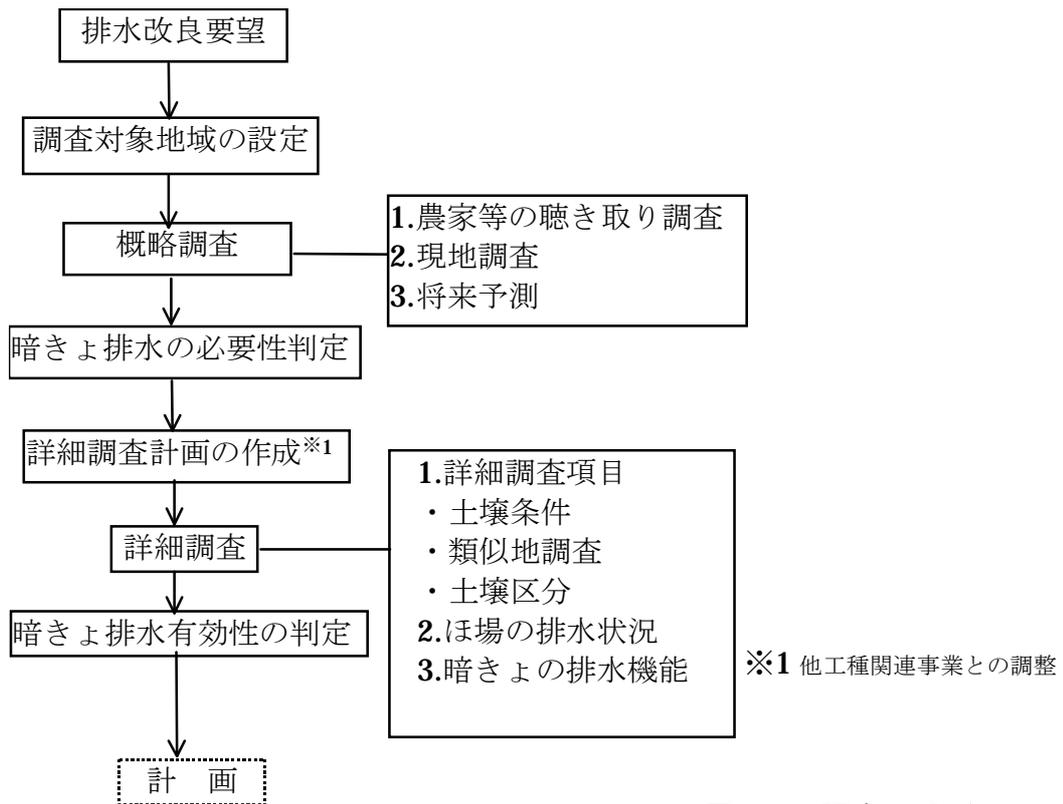


図-2.1.1 調査の手順

2-3 概略調査

2-3-1 概略調査項目

計画樹立の基礎資料とするため、次の事項について調査する。

- ①排水状況・営農状況・農家要望（農家などからの聴き取り調査）
- ②排水不良要因・地形条件・気象条件（現地調査）
- ③土地利用・営農形態（将来予測）

指 針 の 解 説

①排水状況・営農状況・農家要望（農家などからの聴き取り調査）

暗きょ排水を計画しようとする地区の地形、土壌の概況を把握し、地区排水との関連、ほ場の状態、計画基準値などを調査、概定するとともに、その後の調査の手順を決定するために農家などからの聴き取り調査を行う。

特に、排水状況の調査は、現地調査や聴き取りによって直接的に知ることができるので最も基本的かつ重要な項目である。

i) 聴き取り項目

ほ場の排水状況、既設暗きょの有無・実施年次・配置・構造（疎水材）・効果の程度などについて農家の作付け体系・営農機械や維持管理状況に基づいた意見、要望などを聴き取る。

排水状況については、春の融雪時期や降雨後の地表の状態や営農作業機械の利用状況などについて聴き取る。

ii) 聴き取り結果の整理

聴き取り調査の結果は農地カルテ等を活用して整理する。

②排水不良要因・地形条件・気象条件（現地調査）

現地で排水不良地の位置及びその原因を明らかにするとともに、ほ場の傾斜・均平度、区画の大きさと地区全体の排水組織（隣接する排水路の位置、水位、ポンプなど強制排水施設の有無）を調査し、その結果を図面（縮尺 **1/1,000** 程度）に記入する。

また、必要に応じて気象条件、地形条件の調査を行う。

i) 気象条件

地区内及び地区近傍の気象観測所の最近の **10** 年以上の資料に基づき最大時間雨量、最大 **4** 時間雨量、最大日雨量（または最大 **24** 時間雨量）等を必要に応じて調査する。

ii) 地形条件

排水の基本組織（集水きょ、吸水きょの配置など）と地区排水との関連を明らかにするため、**1/5,000**～**1/2,500** 地形図を使用し、計画区域の集水範囲、地区外からの流入の有無などを把握する。（等高線間隔概ね **0.5m**）

③土地利用・営農形態（将来予測）

土地利用や営農形態についての将来予測を行う。

指 針

2-3-2 ほ場の排水不良要因

ほ場が排水不良となる要因を、地形、土壌、地下水位などの面から検討する。

指 針 の 解 説

ほ場が排水不良となる要因は、表-2.3.2のように区分できる。

表-2.3.2 排水不良の要因区分

排 水 不 良 要 因 区 分			該 当 土 壤 例
地表水型	透水不良型	中～細粒質で固相率が多く、カベ状・板状構造などを呈し、堅密で粗孔隙が少ないため、透水不良で停滞水を生ずる。	グライ土 グライ台地土 灰色台低地土・暗赤色土
	透水阻害型	土層中に、非常に堅密な耕盤層が地表浅くから存在し、多雨時に停滞水を生ずる。	灰色台地土・造成土
	容水量過大型	湿地に火山灰が厚く堆積したもので、中～細粒質で腐植に富み、固相率が低く膨軟である。非有効水分孔隙は多いが粗孔隙が少ないため、透水性は小さい。	多湿黒ボク土・黒ボク土
地下水型	地下水型	地下水位が高い。	灰色低地土・グライ土 泥炭土・黒泥土
	浸潤水型	地形に沿って流下した地下水が地形的に低位の部分に集まり排水不良となっている。	灰色台地土・グライ台地土 グライ土・黒ボクグライ土 泥炭土

指 針

2-3-3 既設の暗きよの排水機能（機能低下）

暗きよ排水の機能低下の要因は、暗きよ排水組織が適正な状態にない場合と営農作業による土壌の堅密化などによる場合がある。

指 針 の 解 説

暗きょ排水の機能低下の要因区分を表 2.3.3 に示す。それぞれの要因で機能低下の程度は異なる。

表-2.3.3 暗きょ排水の機能低下の要因と考えられる項目

項 目	部位及び管理	具体的項目
構造的排水不良化	吸水管	破損 ズレ 不具合な勾配 浮き上がり 泥土堆積
	疎水材	腐朽 泥土混入 圧縮変化
	埋戻し	埋戻し土の物理性悪化
	水甲及び立ち上がり管	破損及び老朽化
営農作業による排水不良化	排水路の管理	排水口の埋没
	過度の代かき	土壌構造破壊
	地表排水の管理	地表残留水の発生 作業機械への障害
	機械作業	耕盤層の発達 粗孔隙の消失・透水性の低下

【関連技術資料】「1. 暗きょ排水の不良要因調査」

2-4 暗きょ排水必要性の判定

概略調査によって明らかになった事項を基に、当該地域における暗きょ排水の必要性を総合的に判定する。

必要性が確認できれば、暗きょの基本的な構想をたてるとともに詳細調査の計画をたてる。

2-5 詳細調査

2-5-1 詳細調査項目

詳細調査では、次の事項について調査する。

- ① 土壌条件
- ② 類似地の排水状況
- ③ 土壌区分

指 針 の 解 説

① 土壌条件

暗きょ排水の組織計画（吸水きょ間隔、深さなど）決定のための調査は以下のとおりである。

調査は地力保全図の分類毎におおむね **25ha** に **1** 点の割合で行う。（但し、ほ場状況等により、適宜、調査点数を増減すること。）

i) 土壌断面調査（調査深度 **1.0**～**1.2m**）

- ・ 作土・心土の厚さ、構造
- ・ ち密度（山中式硬度計による）
- ・ クラックの有無
- ・ グライ層の位置

ii) 地下水位調査

- ・ 干天時および降雨・融雪後の地表からの地下水位
- ・ 被圧水がある場合の湧水量、被圧力は深さ **1.2m** 程度で測定する。

iii) 排水路水位

iv) 地表残留水

v) 地耐力調査（ほ場状況により、必要に応じ調査する。）

- ・ コーンペネトロメータによる

vi) 土壌物理性試験

- ・ 土性分析
- ・ 透水試験
- ・ 三相分析

② 類似地調査

排水改良による土壌の物理的性質の変化を事前に予測するのは困難な場合がある。このため、既に暗きょ排水が実施されており、土壌及び気象条件が類似した地区（「類似地区」という）において暗きょ排水の諸元、排水効果、排水上の問題点などを調べる。

指 針

指 針 の 解 説

③土壌区分

暗きょ排水の計画樹立にむけて、土壌タイプを排水性の面から普通土壌と特殊土壌の2つに区分する。本指針でいう特殊土壌とは泥炭土・重粘土・湿性火山灰土であり、「地力保全調査」に示された土壌統に該当するものを以下に示す。また、代表的な土壌柱状図を併せて示す。

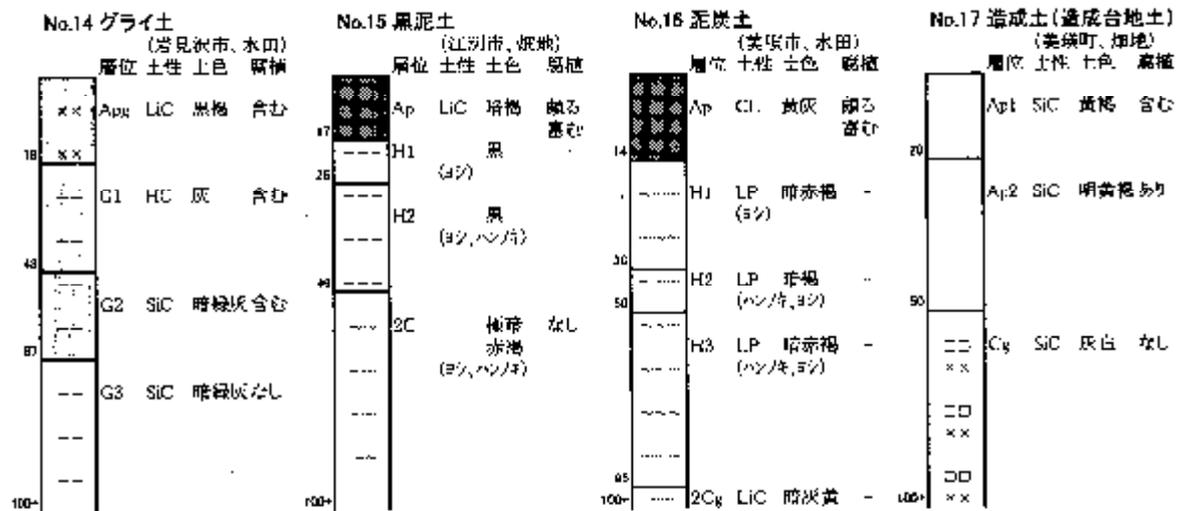
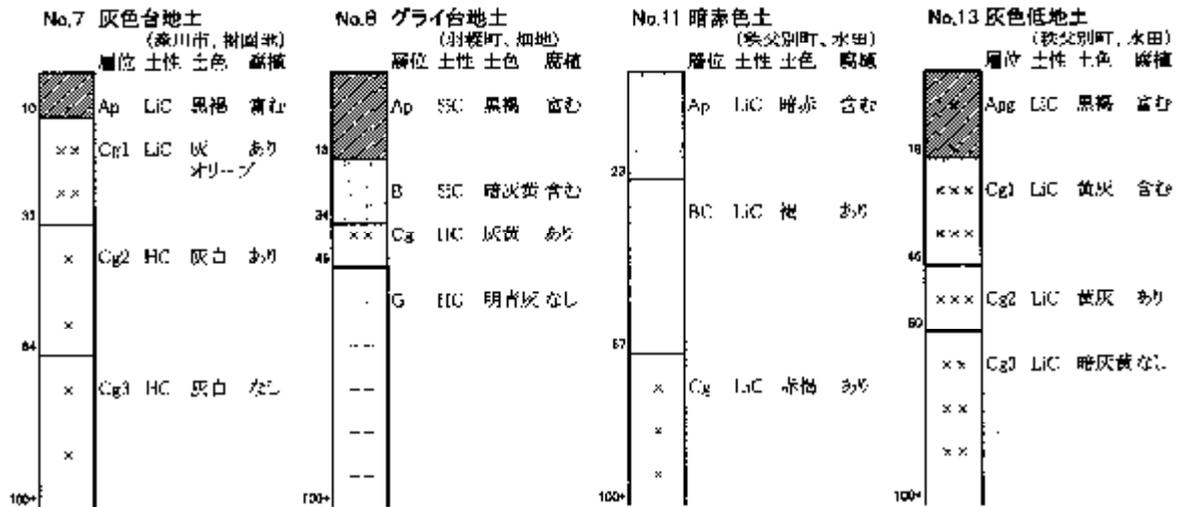
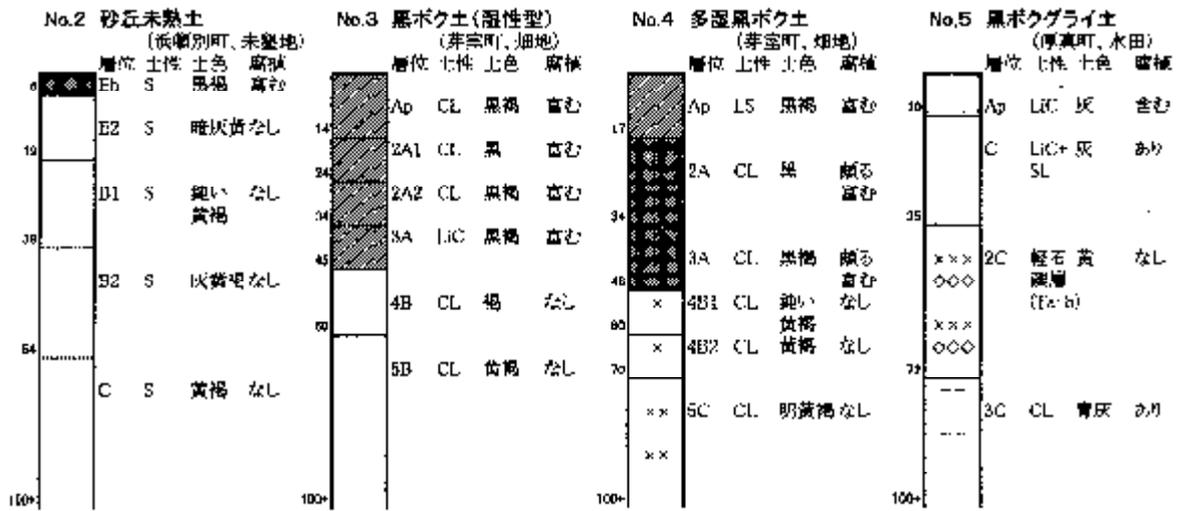
表-2.5.1 北海道の土壌とその排水性 【地力保全調査】

No.	地力保全基本調査土壌名	排水性	特殊土壌名
1	岩屑土	○	
2	砂丘未熟土	○	
3	黒ぼく土	×	湿性火山灰土
	黒ぼく土	○	乾性火山灰土
4	多湿黒ぼく土	×	湿性火山灰土
5	黒ぼくグライ土	×	湿性火山灰土
6	褐色森林土	○	
7	灰色台地土	×	重粘土
8	グライ台地土	×	重粘土
11	暗赤色土	×	重粘土
12	褐色低地土	○	
13	灰色低地土	×	重粘土
14	グライ土	×	重粘土
15	黒泥土	×	泥炭土
16	泥炭土	×	泥炭土
17	造成土	×	

【関連技術資料】「2. 地力保全調査」

指 針 及 び 指 針 の 運 用

指 針 の 解 説



凡 例			
腐植 腐植 腐る富む(10%以上) 腐植 富む(10~5%) 腐植 含む(5~2%)	泥炭層(〜は泥炭含む) 黒泥層 グライ層	× 腐化沈積物(産酸)の量 ○ 単角礫の量 ◇ 軽石礫の量	層位名は、日本ペダロジー学会 による新しい基準(土壌調査ハ ンドブック改訂版)に準拠した。

2-6 暗きょ排水有効性の判定

排水路の整備や地表面排水対策を実施しても地表残留水の排除や土壌透水性の改善、地下水位の低下が達成できず、作物の生育上及び営農作業上支障をきたす場合は暗きょ排水を行う。

指 針 の 解 説

暗きよ排水が有効と考えられるのは、一般に以下のような条件の場合である。

- ①降雨後に地表残留水が見られる。
- ②夏期において地下水位が地表面から概ね **50cm** 未満である。
- ③排水性に劣る土壌である。
(該当土壌例は以下のとおりである。)
 - ・黒ボク土
 - ・多湿黒ボク土
 - ・黒ボクグライ土
 - ・灰色台地土
 - ・グライ台地土
 - ・灰色低地土
 - ・グライ土
 - ・黒泥土
 - ・泥炭土
 - ・暗赤色土
 - ・造成土
- ④耕盤層、堅密層が形成されている。
- ⑤地形条件などで排水路を整備したにもかかわらずほ場の排水機能が期待できない。

2-7 補助暗きよ有効性の判定

既存の本暗きよの排水性低下が確認された場合、地区の排水条件を点検する。その上で既存の本暗きよ自体の通水能力はあるが耕盤層や心土などにその要因が認められた場合、排水条件を満たす補完的工法として、補助暗きよが有効である。

また、土壌条件などから本暗きよのみでは目的の達成が困難な場合、本暗きよと補助暗きよの組み合わせを検討する。

指 針 の 解 説

補助暗きよの構造については4-4-1参照

3. 計 画

計画は、調査の結果を踏まえ、合理的な手順にしたがって効率的に策定する。

3-1 計画の方針

計画は地区の現在および将来における土地利用、営農のあり方・経済効果などを勘案し、環境との調和に配慮のうえ進める。

指 針 の 解 説

指針3では、計画の方針について明らかにしている。

暗きょ排水計画に当っては、ほ場利用および営農形態を調査し、地区として現在及び将来において合理的な計画とすることが必要である。また、関係農家及び地区周辺住民の意向を踏まえ、環境との調和を図ることも必要である。

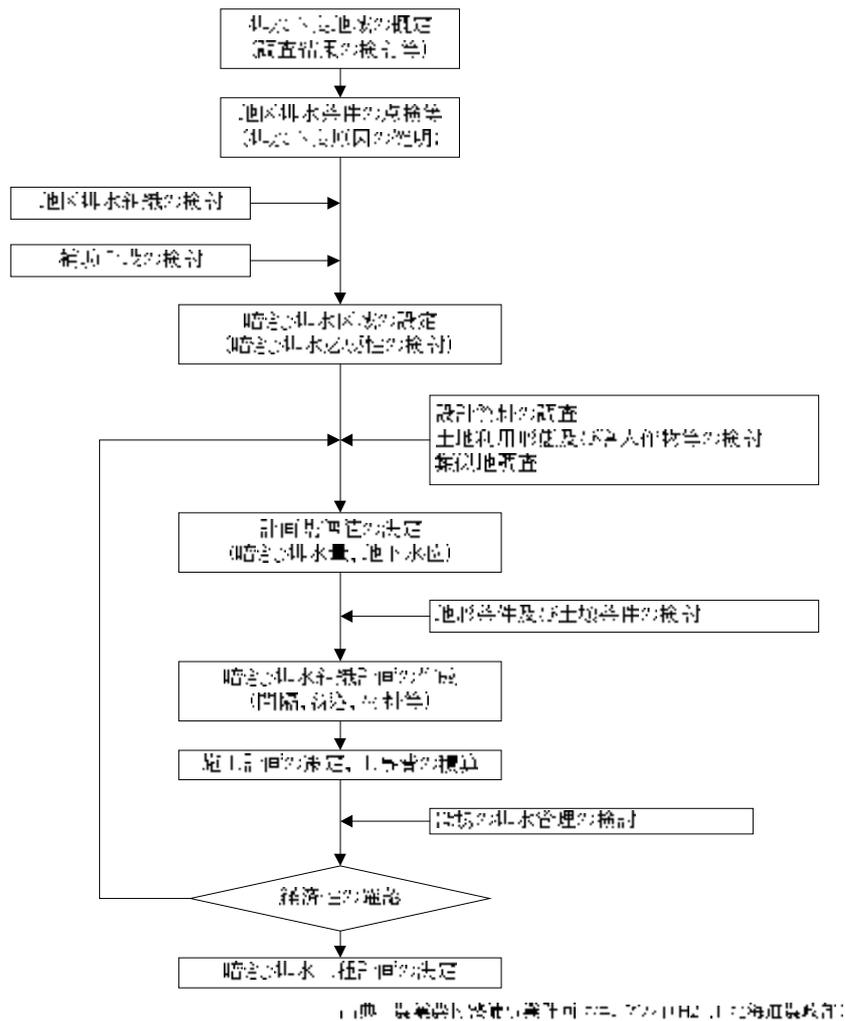


図-3.1.1 計画の手順

①地区排水条件の点検

調査結果に基づき地区の排水条件を点検する。これに基づき将来のほ場利用形態、導入作物なども考慮し、農家の要望を充足した計画とする。例えば、地区の排水路が未整備であるため排水不良である場合は、排水路の整備が望ましく、これを行ってもなお地表残留水及び地下水の排除が困難な場合には、暗きょ排水が必要となる。

指 針

指 針 の 解 説

②暗きょ排水区域の設定

地区全体に暗きょ排水を必要とするのか、一部は不要あるいは他の手段で対応できるのかを類似地区の状況なども参考にして判断し、暗きょ排水区域を設定する。

③計画基準値の決定

類似地区における暗きょ排水の計画・設計の諸元、排水効果などを参考に当該地区の計画基準値を決定する。計画基準値はほ場利用形態などによって異なるので、これらについて地区の将来予測を行い3-2に示す標準値をもとに設定する。

④暗きょ排水組織計画の作成

地形条件、土壌条件、既設暗きょ排水の有無によって組織の計画は異なるので、当該地区の代表的なほ場の条件を勘案し決定する。

⑤経済性の確認

暗きょ排水の事業効果を図-3.1.2に示す。

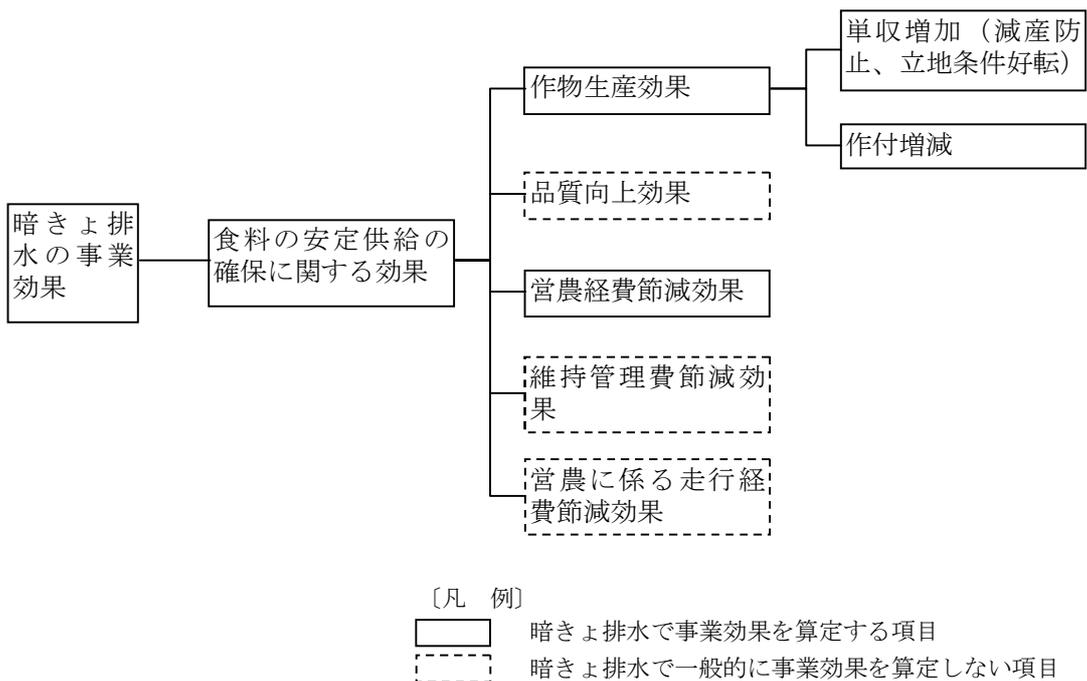


図-3.1.2 暗きょ排水の事業効果

⑥暗きょ排水工種計画の決定

以上の検討をふまえ、ほ場の改良に暗きょ排水が有効と考えられる区域で、かつ整備による事業効果も十分に期待できる区域を暗きょ排水の計画区域とする。計画基準値及び暗きょ排水組織計画の検討結果をとりまとめ、地区の暗きょ排水工種計画として整理する。

3-2 計画基準値

3-2-1 計画基準値の考え方

暗きょ排水の計画基準値は、計画暗きょ排水量、計画地下水位とする。

計画暗きょ排水量は、地表残留水を許容日数内に排除すべき量とし、「水田・汎用田」と「畑地・草地・樹園地」に区分して考える。

指 針 の 解 説

①対象とする計画暗きよ排水量は、水田・汎用田の場合は落水（地表面排水）完了後の地表残留水を、畑地・草地・樹園地では降雨による地表残留水を想定する。

②地表残留水が暗きよをとおして排水される機構は図-3.2.1 に示すとおりである。耕盤を貫通した疎水材や心土の亀裂は周辺土壌に比べて透水性が大きく、地表残留水はこれらの間隙を伝わって吸水きよに流れる。

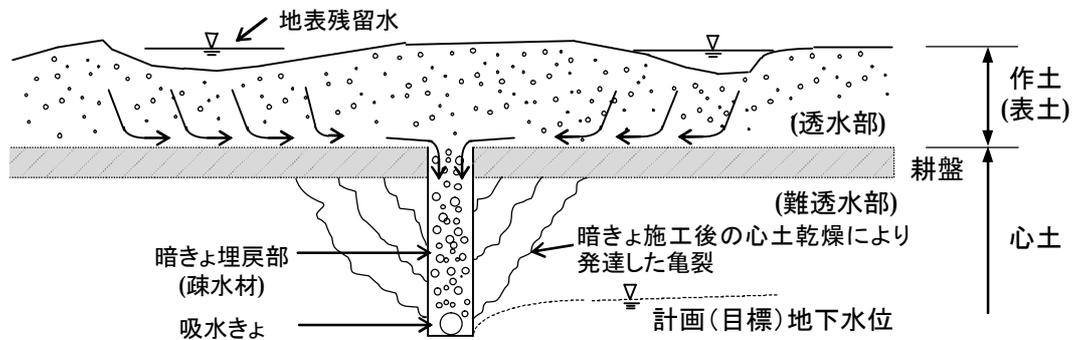


図-3.2.1 暗きよ排水模式図

【関連技術資料】「4. 疎水材型暗きよの排水機能比較」

指 針

3-2-2 計画暗きょ排水量

計画排除日数は水田・汎用田・畑・草地・樹園地とも1日とする。

計画暗きょ排水量は、「水田・汎用田」で50mm/日、「畑地・草地・樹園地」では30mm/日を標準とする。

表-3.2.1 計画暗きょ排水量(標準値)

ほ場利用形態	計画暗きょ排水量 (mm/日)
水田・汎用田	50
畑地・草地・樹園地	30

指 針 の 解 説

北海道では作業適期とされる期間が短いことから、目標排除日数を **1** 日とする。

本指針では、試験ほ場の排出量から求められた値の平均値である水田では **50mm/日**、畑地等では **30mm/日**を標準とする。

【関連技術資料】「4. 北海道における計画排水量の考え方」

指 針

3-2-3 計画地下水位及び低下日数

地下水位とは地中の自由水面の地表面から測定した深さで表現する。これを暗きょ排水の指標として用いるのは次の理由による。

- ①作物生育と密接な関係がある。
- ②機械の走行に必要な地耐力を確保するための条件となる。

また、地下水位低下日数の指標は、次の2つを標準とする。

- ①降雨後2～3日の地下水位
- ②常時地下水位（降雨後7日以降）

指 針 の 解 説

整備目標の基本的な指標となる計画地下水位及びその低下日数は、ほ場利用形態に応じて、表-3.2.2の値を標準とする。

表-3.2.2 地下水位および低下日数

ほ場利用形態	降雨後 2～3 日の 地下水位 地表面下(cm)	常時地下水位 (降雨後 7 日以降) 地表面下(cm)
水田	30～40	40～50
汎用田	40～50	50～60
畑地	40～50	50～60
草地	40～50	50～60
樹園地	50～60	60～100

【関連技術資料】「5. 転換畑作物の地下水位」

「6. 地耐力と地下水位」

3-3 基本暗きょ排水組織の計画

3-3-1 基本暗きょ排水組織

計画暗きょ排水区域について、類似地区や既往の設計資料などを基に、「基本暗きょ排水組織」を計画する。基本暗きょ排水組織は本暗きょ又は補助暗きょで構成する。

3-3-2 考慮すべき条件

①ほ場状況

計画に当たっては、ほ場利用形態、周辺地形及び気象などを十分考慮しなければならない。

②地区排水状況

計画に当たっては、地区の排水路との関連を検討し、計画する暗きょの排水機能が十分に発揮されるか否かを確認する。その排水機能が十分に発揮されないと推定される場合は、排水路などの整備を考慮する。

指 針 の 解 説

基本暗きよ排水組織の詳細については「**4. 設計4-2、4-4**」に示す。

なお、本指針において本暗きよとは、暗きよ管および疎水材からなる暗きよを指す。

また、補助暗きよとは、本暗きよと組み合わせて用いられる暗きよで、暗きよ管を用いず、疎水材のみの暗きよ、もしくは心土破碎や穿孔暗きよなどを指す。

- i) 暗きよ排水が十分にその機能を発揮するためには、暗きよ排水それ自体の吸水、集水の機能が完全であるばかりでなく、そのほ場を含む地区の排水機能が十分備わっており、集水された水の流下が完全に行われることが必要である。このためには、地区排水や用水（水田の場合）との関係などを明確にして、基本計画を立てる。
- ii) 暗きよ排水に関連する地区排水の機能には、排水路の通水能力、排水位の制御機能、などが考えられ、計画にあたり次の検討を行う。排水路の水位が高い時期における流況調査の結果に基づいて、排水口の位置を検討する。排水口の位置は幹線排水路に接続する場合、平常時水位（用水に利用される場合は、制御目標水位）より少なくとも**5cm**程度高くし、排水量に不確定要素の多い小排水路に接続する場合は少なくとも水路底より**20cm**以上にする。排水口については 4. 設計 4-3-4の2を参照

指 針

③補助暗きょ

既存に本暗きょがあり、その機能低下等が確認された場合、地区の排水条件を点検する。その上で既存の本暗きょ自体の通水能力があるが耕盤層の形成による機能低下が認められた場合には、排水条件を満たす補完的工法として、補助暗きょを計画する。

④組み合わせ暗きょ

土壌条件、近傍での施工実績から本暗きょのみでは目的の達成が困難な場合は、組み合わせ暗きょを検討する。

指 針 の 解 説

- i) 耕盤層が形成され排水性の低下しているほ場では、人工的に水みちをつくり、本暗きよの機能を十分果たし得るようにすることが必要である。このような目的で本暗きよと組み合わせて施工される暗きよが補助暗きよである。
- ii) 補助暗きよは、既存の暗きよ排水だけでは十分な排水効果を発揮しなくなった場合に計画する。
- iii) 補助暗きよ併用における排水機構を、模式図に示すと図-3.3.1 のようになる。

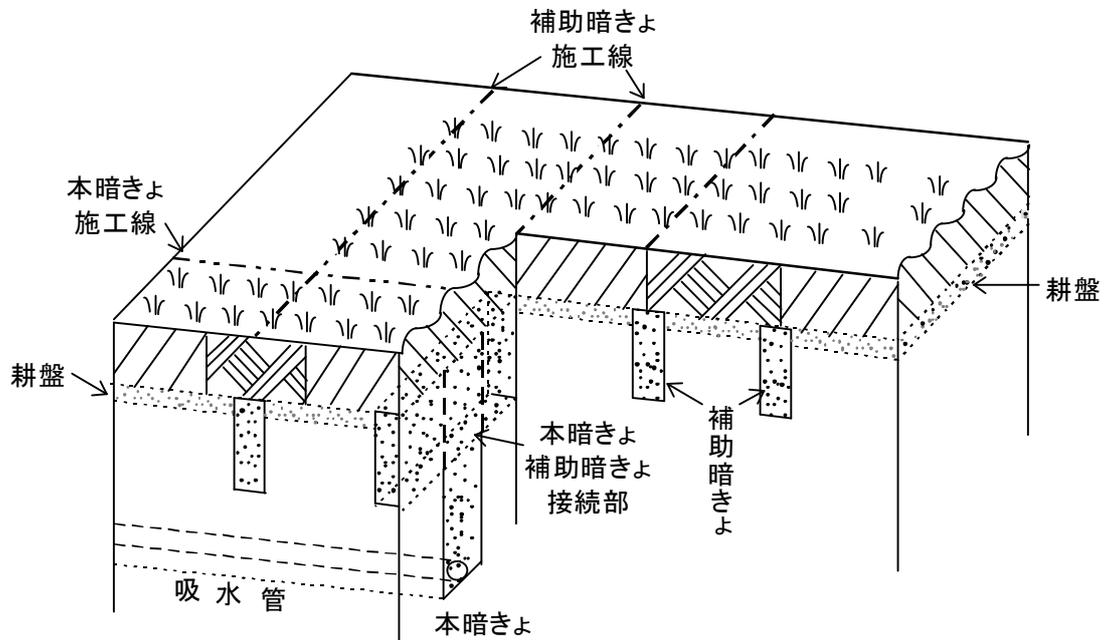


図-3.3.1 補助暗きよによる排水模式図

4. 設 計

暗きょの設計にあたっては、必要な機能や経済性を確保し、合理的な排水組織とする。

4-1 設計の方針

暗きょ排水の設計では、2. 調査及び 3. 計画の結果に基づいて、図-4.1.1の設計手順に従って適切な暗きょ排水組織および構造等の諸元を決定し、工事費の積算までを行う。

指 針 の 解 説

指針4では、設計の方針について明らかにしている。

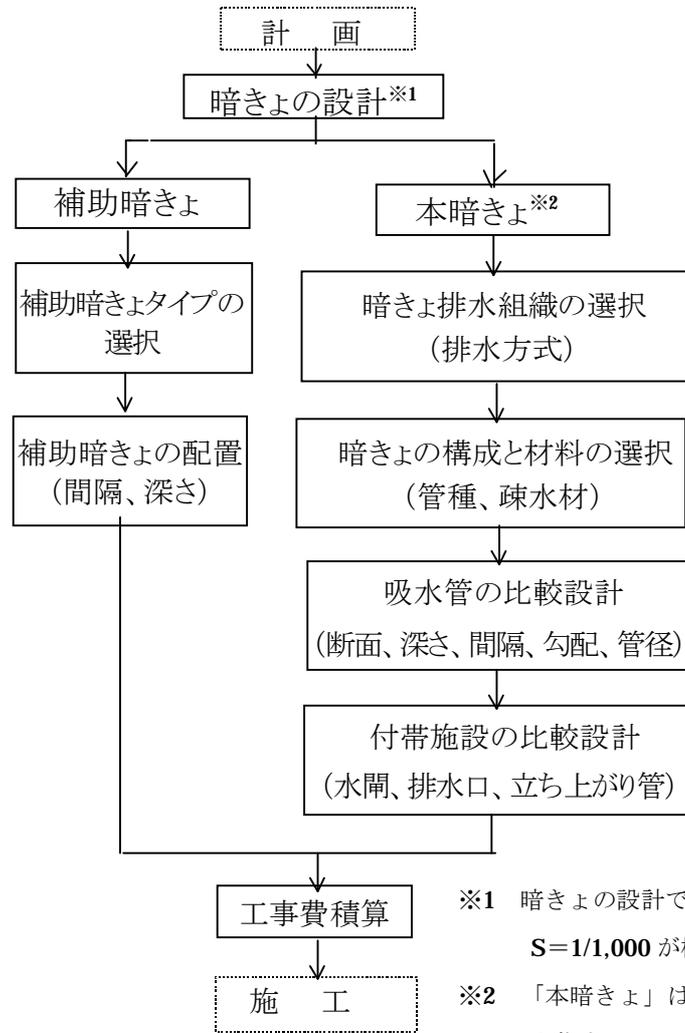


図-4.1.1 設計の手順

4-2 暗きよ排水組織

4-2-1 暗きよ排水組織の基本構成

暗きよ排水の基本構成は、吸水きよ、集水きよ、水閘（水田・汎用田）、排水口などである。

指 針 の 解 説

暗きよ排水は、吸水きよ、集水きよ、水閘（水田・汎用田）、排水口などから構成されており、基本構成は図-4.2.1のとおりである。図-4.2.2は、暗きよ排水における排水の流出を概念的に整理したものである。

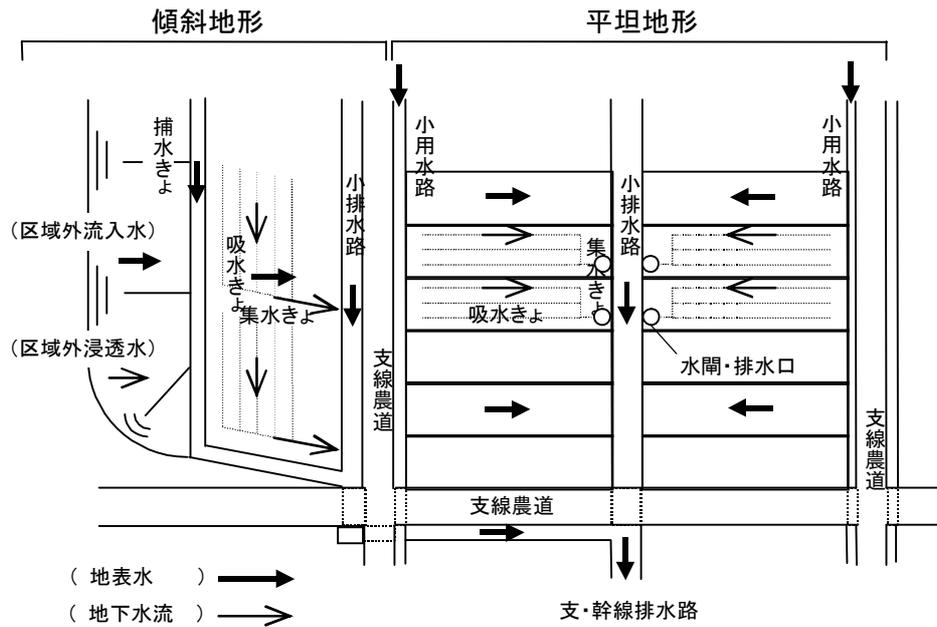
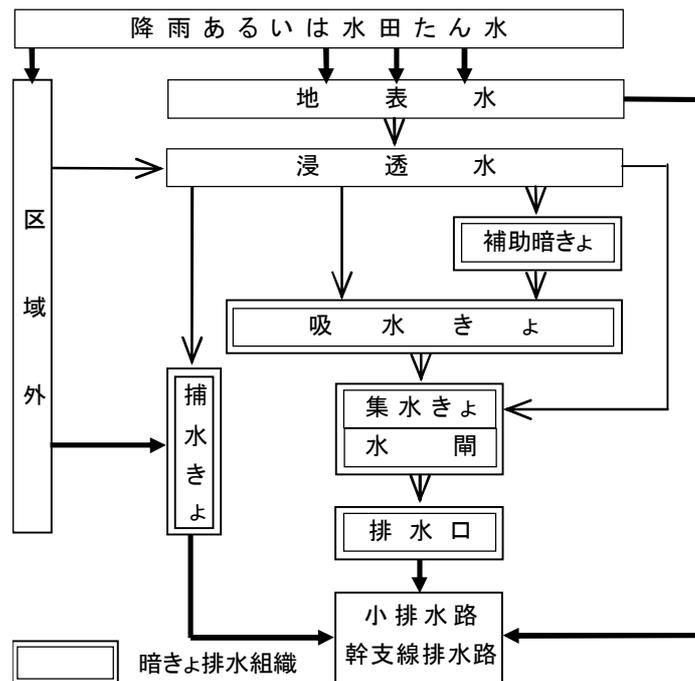


図-4.2.1 暗きよ排水組織の基本構成図



指 針

4-2-2 暗きょ排水組織の選択

暗きょ排水組織の選択においては水田・畑等のほ場利用形態に対応し、経済的・合理的な方式を選択する必要がある。

1. 水田の暗きょ排水組織

暗きょ排水組織の選択にあたっては、直接排水方式と集水排水方式などについて比較検討し、ほ場条件、営農作業、管種、維持管理等を考慮して経済的かつ合理的な方式を選択する。標準的な暗きょ排水方式を図-4.2.3に示す。

指 針 の 解 説

水田の標準的な暗きょ排水方式を図-4.2.3に示す。

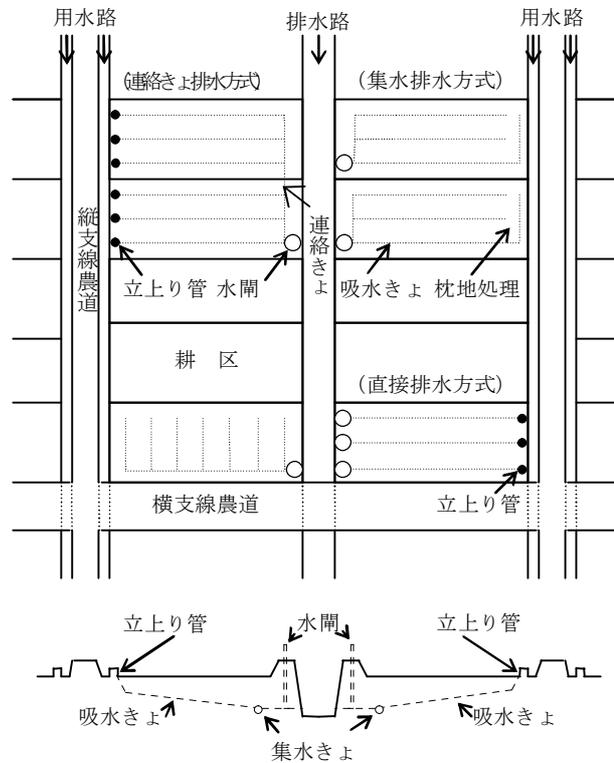


図 4.2.3 標準的な排水組織(水田・汎用田)

- ①直接排水方式とは、1本の吸水きょを排水路に直接排除する方式をいい、水閘及び排水施設の設置は排水路の水位に支配され、選択の範囲が限定される。しかし通水障害を生じた場合は、その範囲が限定されその探査は比較的容易である。
- ②集水排水方式は吸水きょからの排水を、集水きょで集め、水閘を介して排水路へ排水する方式をいう。また、長短辺が逆の場合もある。
- ③連絡きょ排水方式は、吸水きょで吸収した水を集水きょ及び連絡きょを介して排水路に排除する方式をいい、地下水位調節施設である水閘及び排水口と排水路との落差が確保できない平坦地なほ場で多く用いられている。
- ④排水調節はほ場利用形態、栽培管理のあり方、小排水路の深さなどの排水条件などによって支配される。例えば、田畑輪換が耕区ごとに交錯して行われる場合は耕区ごとの水閘を設ける必要があり、また、耕区の段差の大きい傾斜地水田でも耕区ごとの調節が必要となる。
- ⑤営農機械の旋回時のこね返しによって、排水不良が発生しやすい場所には、枕地処理を施す。

【関連技術資料】「10. 暗きょ排水組織の設計例(汎用田)」

指 針

2. 畑地・草地・樹園地の暗きょ排水組織

畑地や草地、樹園地の地形は、平坦な場合と傾斜のある場合があり、集水きょ及び吸水きょの配線設計は、排水区域の地形を十分調査し、地下水の流向を考慮して配置する。

集水きょは、集水区域における主傾斜方向の谷線上に配置する。

吸水きょは、この谷線が受け持つ集水区域内の地表残留水や過剰な土壌水を集め、集水きょに導水するように配置する。

指 針 の 解 説

- ①地下水は、一般的に自然の地形勾配に従って流れる。これを基本としてきょ線配置を行うことが、適切な排水機能を確保することにつながる。このためには、排水区域の地形を十分読み取り、聴き取り調査結果と合わせ、地形に合わせた合理的配線に努め、画一的配線にならない配慮が大切である。
- ②集水きょは、図-4.2.4に示すように、ほ場の地表地形からみた1つの集水区域の谷線沿いに配置することが基本である。すなわち、集水きょは土地の最大勾配方向に流域内の河川流路網のように配置する。ただし、谷線沿いのすべてに沿って配置できない場合は、集水区域を細分して配置する。
- ③吸水きょは、谷線が受け持つ地表流域の範囲内の地表残留水と過剰な土壤水を集め、谷線上に設ける集水きょに水を導くもので、原則として嶺線（集水界）を超えて配線してはならない。
- ④谷線内に現況流路がある場合は各吸水きょを直接流路に出す“直接方式”が考えられる。この流路が将来にわたって排水機能を有すると判断される場合、もしくはこれを改修して水路としての安全性を確保する場合には、直接方式を採用することができる。これ以外は原則として集水きょに一旦集め排水量を大きくし、排水口の掃流力を高めるとともに、閉塞破壊のおそれのない位置で排水口を設けるものとする。
- ⑤ほ場が平坦な場合は、地下水の流向などを考慮して、適切な勾配を設けて配線する。

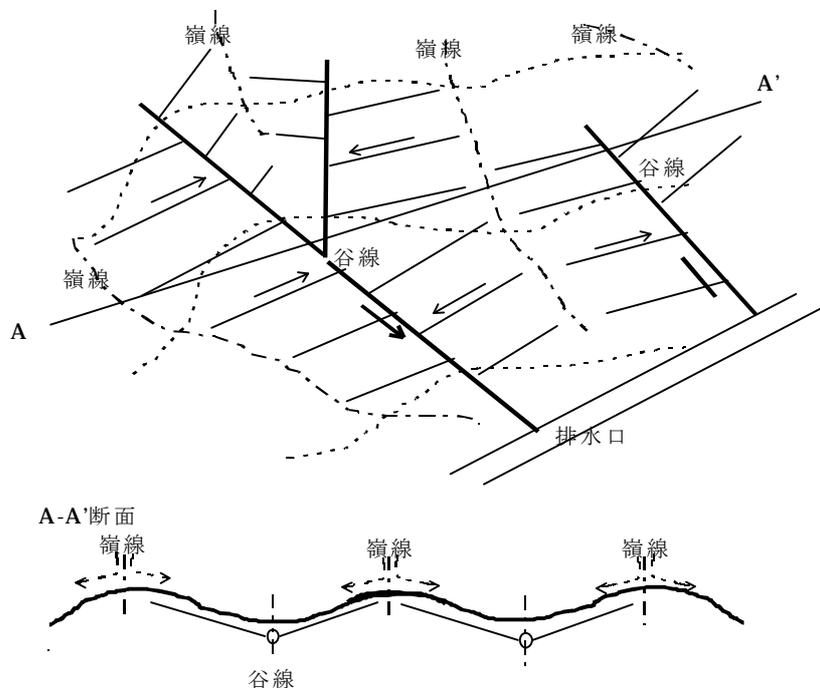


図-4.2.4 標準的な排水組織（畑地等・傾斜のある場合）

【関係技術資料】「11.暗きょ排水組織の設計例(畑地)」

4-3 暗きよ排水構造と諸元

4-3-1 暗きよの構成と材料

暗きよは、吸水きよ、集水きよ、付帯施設（水閘・排水口・立上がり管等）から構成され、各材料は、排水機能、施工性、経済性を考慮して決定する。

1. 暗きよの構成

暗きよは、吸水きよ、集水きよ、付帯施設から構成される。

2. 資材（管材・疎水材）

管材及び疎水材などは排水機能に大きく影響するので、材料の選択においてはその特性を十分理解し、排水効果、施工性、経済性を総合的に評価し判断する。

指 針 の 解 説

- ①吸水きょは、地表残留水の排除及び地下水位の低下を図る目的の吸水管と、排水の流入を容易にし、かつ、その持続性を図るための疎水材からなる。
吸水きょの一般的断面形状は図-4.3.2 に示すものである。
- ②集水きょは、吸水きょの水を集め排水路などまで流下させる集水きょの役割と、自ら吸水する吸水きょの役割もある。
- ③付帯施設には、水閘、排水口、立上り管などがある。

- ①暗きょ排水は、管材や疎水材を地下埋設してほ場の排水を向上させるものであり、使用する材料についてはその性質を十分確認し現地のは場条件に適合し、かつ耐久性に優れたものを選択しなければならない。
- ②管材及び疎水材の選択においては、暗きょの配置・間隔、深さなどの設計内容や耐久性に留意し、また、施工時のきょ底整形や埋戻方法とも大きくかかわってくる。
- ③管材は多種市販されている。その主なものは表 4.3.1 に示す。

表-4.3.1 管

管 種	規 格 ・ 寸 法
素焼土管	口径 60・90・120・150mm L=0.30m
合成樹脂管	口径 60・80・90・100・125・150mm 定尺 L=4m 長尺 L=30～100m

- ④疎水材は埋戻し部分の透水性を高くし、地表残留水や過剰土壌水分を吸水きょに流入し易くするものである。疎水材材料の選択に当たっては吸水管と同様、排水効果・施工性・経済性など総合的に判断して決定する。
- ⑤疎水材の必要とする特性は以下のとおりである。
- ・透水性が大きいこと。
 - ・現地で入手が容易であること。
 - ・腐食が進行しにくく耐久性に優れていること。
 - ・有害な物質や水質を汚染する物質を生成しないこと。

指 針

指 針 の 解 説

⑥疎水材は、営農作業（心土破碎など）の中で作土に混入することもあるため、作物生育や営農作業などに対して悪影響を及ぼさない材料とする。

⑦疎水材としては以下のものがある。

表-4.3.2 疎水材の種類

種 類	素 材
有 機 物	チップ類（カラマツ他）
	ソダ、ヨシ類、笹類
	モミガラ
鉱 物	砂・砂利類
	火山礫・火山灰
そ の 他	土壌改良剤（団粒促進材）、貝殻

⑧疎水材投入例を図-4.3.1 に示す。

なお、経済性と機能性から複数の疎水材を使用する場合もある。

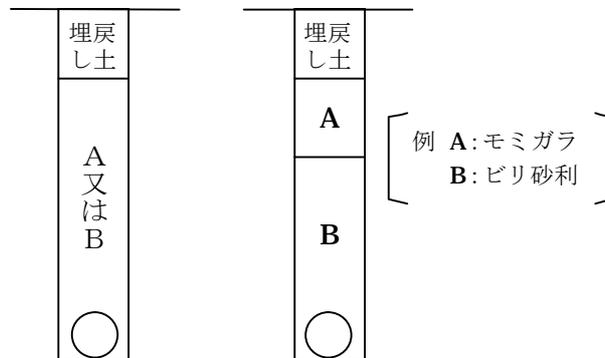


図-4.3.1 疎水材投入例

指 針

4-3-2 吸水きよの設計

1. 断面

掘削断面は、掘削法面勾配が鉛直となる断面を標準とし、石礫などの障害物のある所、堅密な土壌、掘削深度の変化の大きな所、掘削断面の保持が困難な所では最小限度の勾配を設けた断面とする。

指 針 の 解 説

掘削断面は、掘削法面勾配が鉛直となるⅠ（ⅠaまたはⅠb）の断面を標準とし、石礫などの障害物のある所、堅密な土壌、掘削深度の変化の大きな所、掘削断面の保持が困難な所では最小限度の勾配を設けたⅡの断面とする。

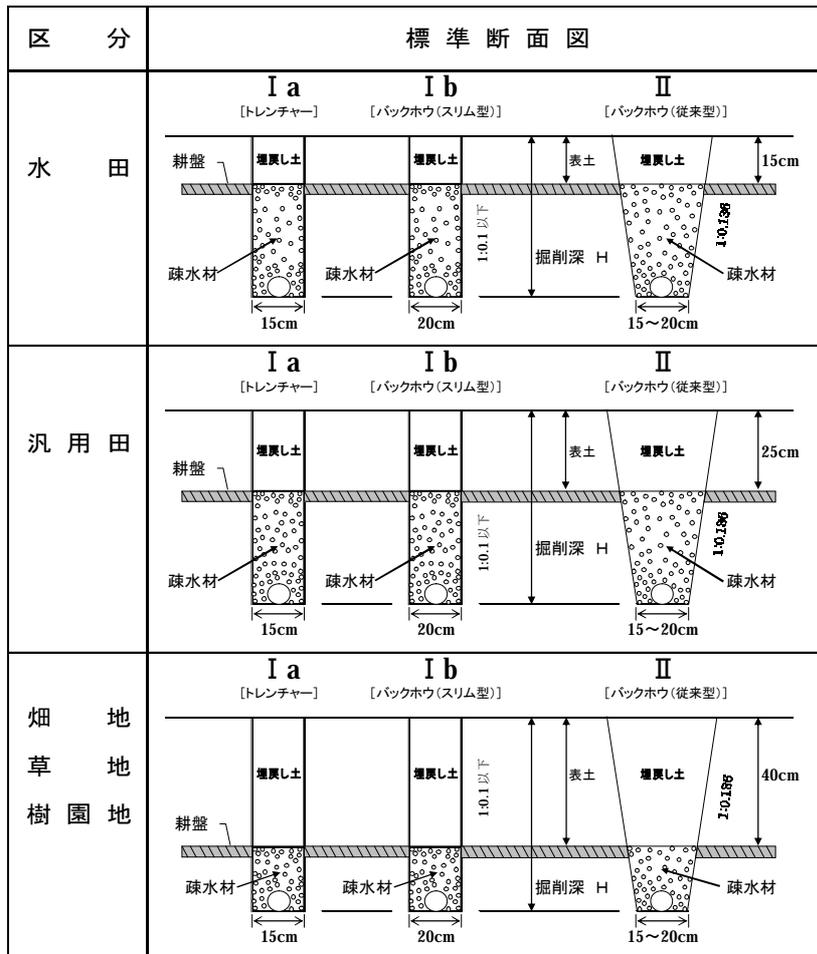


図 4.3.2 標準断面

掘削機械の選定にあたっては、機械の調達やほ場の地形条件、土壌条件等を考慮するが、疎水材使用量が少なくなるⅠa断面とすることが望ましい。

水田の表土厚は、耕起深と耕盤層を考慮して耕盤の上部までの**0.15m**を標準とする。

汎用田の表土厚は、落水時の排水機能の確保および汎用耕地化を図るため、耕盤の上部までの**0.25m**を標準とする。

畑の表土厚は、耕起深と耕盤層を考慮して、耕盤の上部までの**0.4m**を標準とする。

また、近傍実績や土壌条件からみて従来の埋戻し土で必要な排水機能が確保できる場合は、管敷設後、少量の疎水材で管を被覆し、埋戻す工法を採用してもよい。

【関連技術資料】「16. スリム型バケットによる暗きよの排水機能」

「17. 土地利用形態等における暗きよ排水掘削機種の使用実態」

2. 深さ

暗きょ排水の設計最小掘削深は、計画地下水位（常時）等を考慮して次のとおりとする。

補助暗きょ、土層改良を施工する場合には暗きょ排水管の破損を防止するために、また土壌流亡、地表沈下が予想される場合には埋設深の減少に対応するために、吸水きょの掘削深さには余裕を見込んでもよい。

設計最小掘削深は、次式によって定める。

$$H = H_{\min} + a$$

ここに、 **H**：設計最小掘削深（m）

H_{min}：計画地下水位から得られる最小掘削深さ（m）

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{\min} = 0.5\text{m} \text{ (水田)} \\ \quad \quad \quad 0.6\text{m} \text{ (汎用田、畑地・草地・樹園地)} \end{array} \right.$$

a：土層改良深や土壌流亡等をふまえた余裕深（m）（0～0.3m程度）

指 針 の 解 説

暗きよ排水の設計では吸水きよの深さとその間隔の決定が重要である。

設計最小掘削深は、ほ場の地形条件や営農条件をふまえて、耕区（営農区）ごとに決定する。

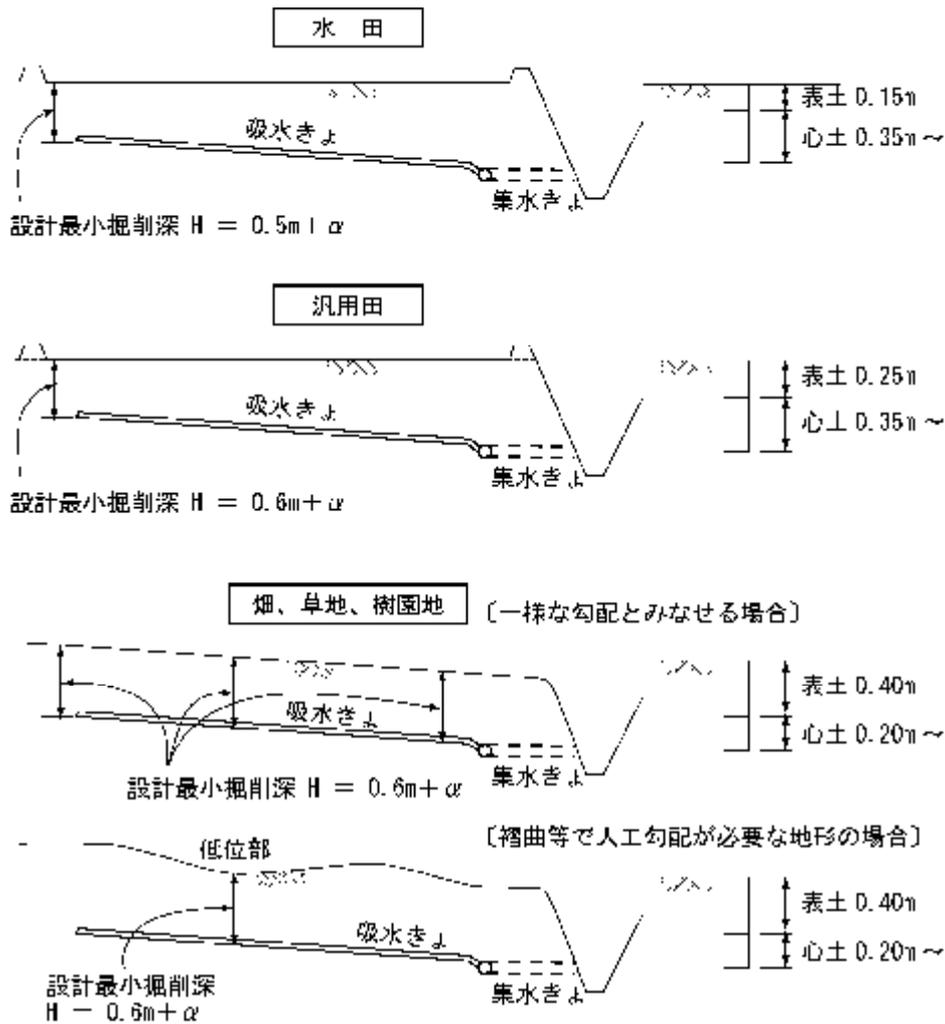


図-4.3.3 暗きよ排水の掘削深さ

畑においては、ほ場の地形条件により以下のいずれかの方法を適用する。

- ① ほ場の勾配が一樣とみなせる場合
吸水きよの掘削深を上流端から下流端まで設計最小掘削深で一定とする。
- ② ほ場表面に褶曲等があり、人工勾配が必要な地形の場合
水田・汎用田と同様に吸水きよに人工勾配を設定する。掘削深は低位部で最小掘削深を確保できるように決定する。

指 針

指 針 の 解 説

なお、深根性作物（ながいも等）に対応した暗きょ排水を計画する場合には、収穫の際などに非常に深く土壌を掘ることがあるため、吸水きょの埋設深及び疎水材上面の深さは、収穫機械の掘削深以上とする必要がある。

<参考>

○ 計画地下水位(常時)

- ・ 水田 40～50cm
- ・ 汎用田 50～60cm
- ・ 畑地 50～60cm
- ・ 畑地(深根性作物) 60～70cm

○ 補助暗きょ、土層改良の深さ

- ・ 弾丸暗きょ 40cm
- ・ 切断暗きょ 40cm
- ・ せん孔暗きょ 40cm
- ・ 心土破碎 40～60cm

例えば、畑地で心土破碎(深さ60cm)を施工する場合の最小掘削深さは0.7m

指 針

3. 間隔

吸水きよの間隔は地形や土地利用形態及び計画地区で実施した土壌区分の結果または近傍地域の実績を考慮して決定する。

土壌区分により間隔を決定する場合は、以下の表-4.3.3を標準とする。

表-4.3.3 吸水きよの間隔^{*4}

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

4. 勾配

吸水きよの勾配は **1/100～1/600** を標準とする。やむを得ず、勾配が **1/600** 未満となる場合は、「4-3-2 5. 管径」を適用する。また、勾配が **1/100** 以上となる場合には、接合部の連結を完全にする。

指 針 の 解 説

- ①吸水きよの間隔は、実態調査より、10mまたは12m程度が標準的な間隔である。ただし、ほ場の一部に常時過湿、営農機械の旋回による排水不良、湧水などがある場合は、配線間隔の縮小、枕地処理、湧水処理などにより排水効果を高める必要がある。
- ②近傍地区や近隣ほ場の暗きよ排水の事例がない場合、もしくは著しい違いが想定できる場合は試験施工を行い、排水量調査などの結果を参考にすることが望ましい。

【関連技術資料】「9. 暗きよ排水の配線方法の詳細」

「17. 土地利用形態等における暗きよ排水掘削機種の使用実態」

吸水きよの勾配は、水理的な有利性から、集水きよ及び接続する排水路への落差の範囲内で、できる限り急な勾配とすれば、管径を小さく抑えることができるほか、適度な流速が与えられることで堆積土砂が流送される等、維持管理面においても有利性がある。一方、勾配を緩くして平均掘削深を小さくすることにより、疎水材量を少なく抑えることができる。

【関連技術資料】「18. 暗きよ排水機能解析」

指 針

5. 管径

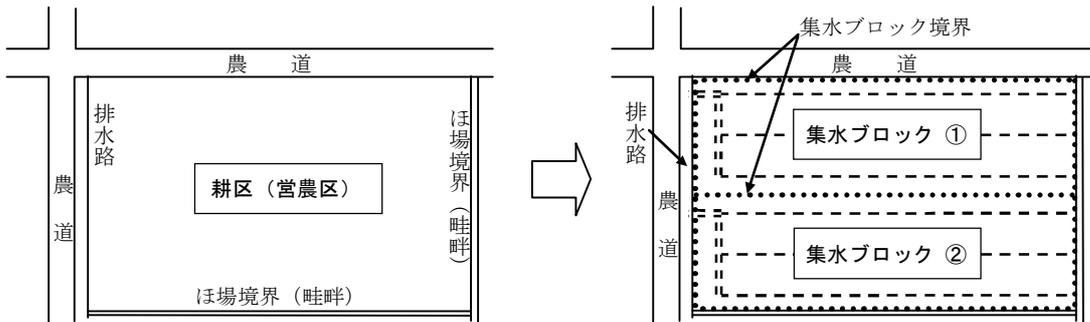
暗きょ管の最小直径は、**60mm**（断面が円形でない暗きょの場合には、管径 **60mm** の管が有する断面積（**28.3cm²**）と同等の断面積）とする。

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。

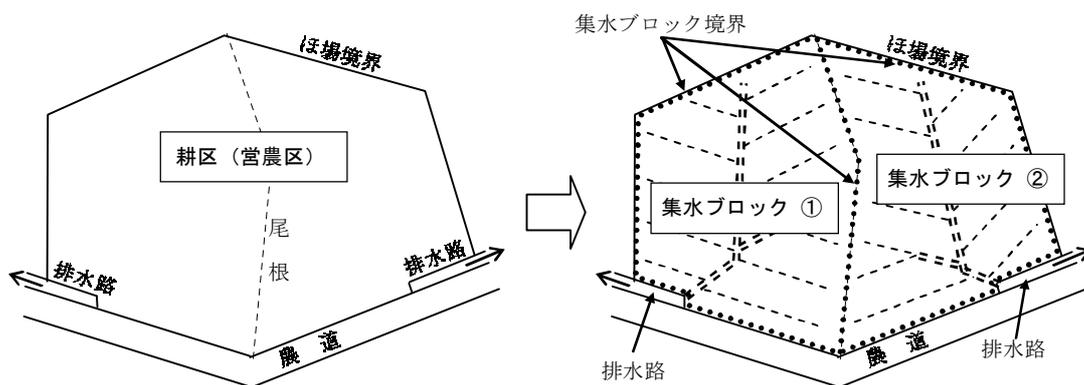
指 針 の 解 説

暗きょ管の管径は、水理計算によって管径決定することを基本とする。

吸水きょの集水区域幅は、両側の隣接する吸水きょとの等分線、または、吸水きょ等分線と集水ブロック（1か所の排水口の支配区域：下図参照）境界との間の距離とする。なお、畦畔で分割された集水ブロックの場合には、集水ブロック境界は畦畔の内側法尻とする。



(1) 水田・汎用田



(2) 畑・草地・樹園地

図-4.3.4 集水ブロック

吸水きょの管径は、吸水きょ管内の流れを等流として計算する。

- ・動水勾配を吸水管の布設勾配に等しいものとする。
- ・管径は管内での土砂の堆積、水あかの付着などによる管断面の縮小および粗度係数の増大を考慮し、計画流量を管径の70%程度の水深で流し得るよう決定する。
- ・吸水きょ1本当たりの計画暗きょ排水量とその時の管内流速は以下の式で示される。
管径は、管内流速、管の布設勾配、計画排水量を満足するように選定する。

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \gamma^{8/3} \cdot I^{1/2} \cdot \alpha \quad \text{————— (1)}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \gamma^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot \beta \quad \text{————— (2)}$$

指 針

指 針 の 解 説

ここに、**Q**：吸水きよ **1** 本当たりの計画暗きよ排水量 (**m³/s**)

V：管内流速 (**m/s**)

n：粗度係数 (表 **4.3.4** 参照)

γ ：管の半径 (**m**)

I：勾配

α ：定数(**70%**水深の場合 **1.65696**)

β ：定数(**70%**水深の場合 **0.70541**)

表 **4.3.4** 暗きよ管の粗度係数

管種		粗度係数 n	備 考
素焼土管		0.013	接続状態不良の場合は n が増大する。
合成樹脂管	内面平滑	0.012	吸入孔の酸化物付着状況により n が増大する。
	内面波状・網状	0.016	

【関連技術資料】「**10.** 暗きよ排水組織の設計例 (汎用田)」

「**11.** 暗きよ排水組織の設計例 (畑地)」

「**12.** 暗きよ排水の設計例 (水理計算・管径決定)」

指 針

4-3-3 枕地処理

ほ場辺縁部において、営農機械によるこね返し等を原因とする表土の泥濘化や、排水不良がみられるほ場では、通常の暗きょ排水組織のほかに、枕地処理としてほ場辺縁部の排水能力を相対的に高めるための枕地吸水きょ等を付加することができる。

指 針 の 解 説

枕地処理は、主に次のような方法による。

枕地処理Ⅰタイプ：集水ブロック境界と、これに並行する吸水きよの離れを、通常の場合（標準吸水きよ間隔 P の概ね $1/2$ ）から、 P の概ね $1/4$ にまで短縮する。

枕地処理Ⅱタイプ：集水ブロック境界に並行し、標準吸水きよ間隔 P の概ね $1/4$ だけ離れた位置に、枕地吸水きよを追加する。

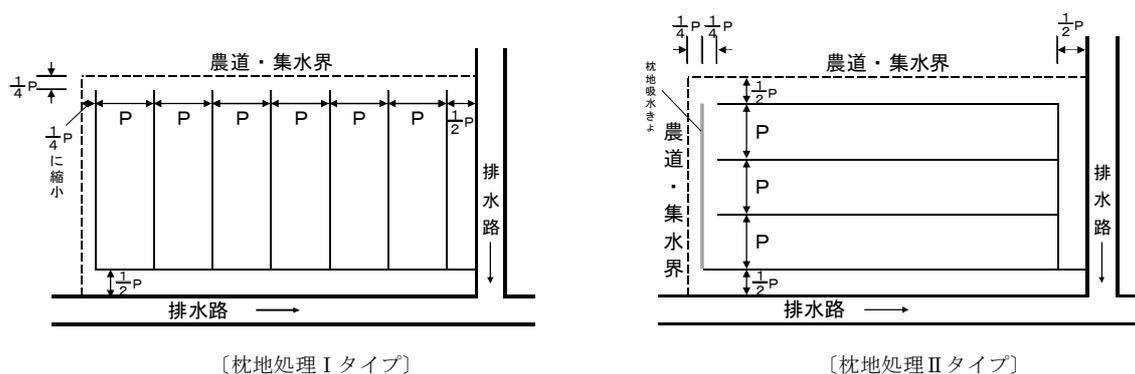


図-4.3.5 枕地処理の例

枕地処理を施す場合の吸水きよ間隔等の詳細は、関連技術資料「9. 暗きよ排水の配線方法の詳細」を参照のこと。

指 針

4-3-4 集水きよ及び連絡きよの設計

1. 集水きよ

集水きよは、吸水きよの下流端を連ねることを原則とする。集水きよは、数本の吸水きよによって集められた排水に対して、所要の通水能力を持たせる必要がある。

指 針 の 解 説

① 集水きよの流下流量

集水きよの流下流量は、各吸水きよの接合部分において、吸水きよの設計集水区域幅に吸水きよ延長を乗じた面積分の流量が流入すると仮定して各区間の流下流量を決定する。

② 集水きよの掘削断面および深さ

集水きよの掘削断面および深さは、吸水きよに準ずる。

③ 集水きよの勾配

集水きよの勾配は、最大流量時における流速が **0.2m/s** 以上、**1.0m/s** 未満となるように決定する。集水きよは吸水きよより勾配を大きくすることが望ましい。なお、地形条件等の理由によりやむを得ず集水きよの流速が **1.0m/s** 以上となる場合は接合部の連結を完全にす

④ 集水きよの管径

集水きよの管径は、吸水きよと同様に水理計算により流下流量を **70%**水深で流下できるよう、管径決定する。

大区画ほ場において集水きよ方式を採用する場合、耕区（営農区）全体の吸水きよを束ねた集水きよでは、集水管が極端に大きくなる場合がある。その際には、大口径の集水管に適合する掘削断面等、個別の検討を必要とする。また、経済性や管理の容易さなど総合的に検討し、集水ブロックの細分化等も検討することが望ましい。

⑤ 管の接合

集水きよと吸水きよの接合は平面接合を基本とする。接合部分の交角は **90°** 以下とし、両側から接合する場合は接合箇所をずらす。

指 針

2. 連絡きよ

連絡きよは、集水きよの排水口が隣接する排水路の敷高より低く、直接排水できない場合や、複数のほ場あるいは比較的大面積の集水ブロックを連結して1か所の排水口から排水させるための管路であり、対象ほ場及び周辺の地形条件、および流末となる排水路の条件等を考慮して採用を検討する。

指 針 の 解 説

① 連絡きよの使用

連絡きよは、暗きよ排水整備対象ほ場に隣接して小排水路が整備されていない場合や、平坦な水田地帯等において、隣接した小排水路では落差が確保できない場合等に用いられる。

連絡きよの設置の検討に際しては、附帯明きよの新設の可能性を含めた比較検討を行う必要がある。

なお、畑の暗きよ排水において、複数の集水ブロック間の接続に際しては、原則として連絡きよを用いる。

② 連絡きよの設計

連絡きよの流下流量は、各集水ブロック面積に計画暗きよ排水量を乗じた流量により算定する。

連絡きよは無孔管とし、吸水きよと同様の考え方で、流下流量を **70%**水深で流下できるように管径を決定する。

指 針

4-3-5 付帯施設

1. 水 閘

水閘は、水田における暗きよからの排水を調節（排水を制御）する施設であり、下流端で維持管理が容易な場所に設置する。

2. 排水口

排水口は、集水きよ又は吸水きよからの排水を排水路や河川などに流出させる施設で、暗きよからの排水に支障をきたさない位置に設けるとともに、排水口自体や、排水する水路などを損傷しない形状および構造とする。

指 針 の 解 説

①水閘の種類と形式

水閘には水栓式の止水型と、豎管式で水位の定位制御（水位可変）ができるものがある。

豎管式には水平水閘（主に平坦地の水平接合箇所に使用）と、落差水閘（主に傾斜地の中段に使用）とがある。

②水閘はほ場の排水の調節を一括して行い得る場所に設ける。

③集水きよに水閘を設ける場合は、**4～8m** 程度の間を合成樹脂製の無孔管とし、吸水きよ末端に水閘を設ける場合は、水閘の上流 **4m** は合成樹脂製の無孔管を用い、丁寧に接続し、水閘の周辺とともに漏水のないよう入念な埋戻し転圧を行わなければならない。

④水閘は、営農機械の接触や草刈などの畦畔管理によって破損、損傷する事例が多い。したがって、水閘の設置位置に対して農家側の注意を深く喚起することが必要である。

⑤水閘は、水田以外の暗きよでは、原則的に設置しない。

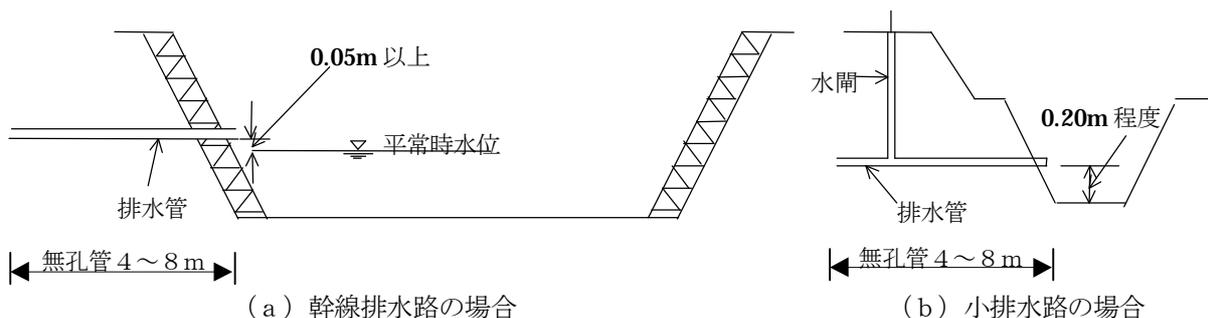
⑥水閘周辺の畦畔の膨軟化が懸念される場合には、集水きよ及び吸水きよ末端と無孔管の境界に止水板を設置してもよい。

①排水口の位置が、排水路、河川などの高水位以下となる時は、排水口までの水位低下が速やかであること、洪水時の流勢による施設の破壊や堆砂による排水障害のないことを確かめて設置する。

②一般に、排水口の高さは、幹線水路などにおいては、かんがい期の常時流量の水位から少なくとも **5cm** 以上高くし、小排水路などでは、水路底より **20cm** 程度高くして、排水口が水面下になることのないようにする。

③排水口付近（**4～8m**）は、合成樹脂製の無孔管を使用する。

④排水口は埋戻し、突固め、土羽打ちなどを特に入念に行い排水路からの流入水、又はほ場からの排水によって法面などが崩壊しないようにする。このために、積芝等により保護する場合もある。コンクリートの水路壁の場合、コンクリートに穴を開け設置するが、隙間はモルタルで丁寧に充填する。排水口から幹・支線排水路や河川などに排水する場合、排水口周辺には必要に応じて護岸工を施す。



指 針

3. 立上り管

立上り管は、暗きょ排水管内の清掃や管の吸排気などを行うために設けることができる。

指 針 の 解 説

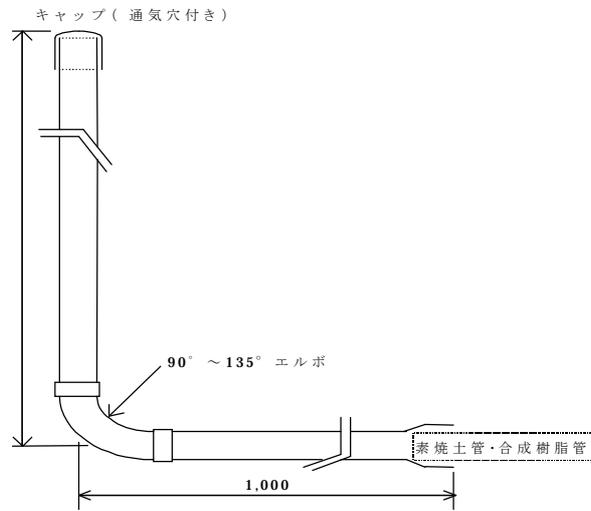


図-4.3.6 立上り管

- ①立上り管の設置位置は、営農上支障とならない排水路法面や、畦畔などに設ける。
- ②立上り管先端は、雑物が入らないようにキャップをする。キャップは通気穴を設け、紛失防止のためにひも付キャップも検討する。
- ③立上り管より吸水管への継ぎの曲がり部は、吸水管の掃除を容易にするため、曲がりの緩やかな曲管を使用する。

4-4 補助暗きよ

4-4-1 補助暗きよの構造と選択

補助暗きよは、土中に埋設された本暗きよの効果を一層促進させる目的で設置する。

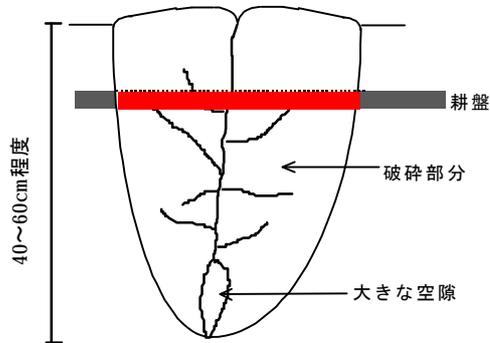
指 針 の 解 説

補助暗きよは耕盤層や心土に亀裂を発生させ、透水性を良くする工法であり、補助暗きよとして位置付けられるものとして心土破碎（無材、有材）、トレンチ（有材）、せん孔暗きよ（無材）、弾丸暗きよがある。補助暗きよの種類と施工上の特徴を示すと、表-4.4.1のとおりである。

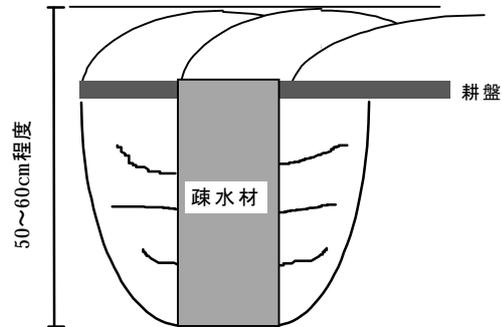
表-4.4.1

種類	疎水材	施工機械	標準的な間隔
①心土破碎 (無材)	なし	湿地 16t 級ブルドーザ+パンブレーカー (直装式) 3 本爪	90cm 程度
②心土破碎 (有材)	あり	湿地 10t 級トラクタ+心土改良耕プラウ	60cm 程度
③トレンチ (有材)	あり	トレンチャーまたはバックホウ (暗きよ溝掘削用バケット)	本暗きよの 1/2 程度
④せん孔暗きよ (無材)	なし	せん孔暗きよ掘削機	本暗きよの 1/2 程度
⑤弾丸暗きよ	なし	湿地 16t ブルドーザ+弾丸	90cm 程度

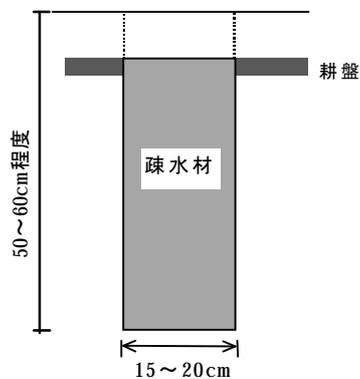
①心土破碎（無材）



②心土破碎（有材）



③トレンチ（有材）



④せん孔暗きよ（無材）

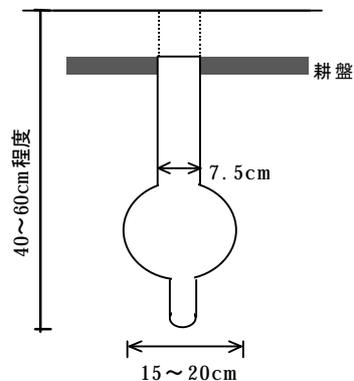


図-4.4.1 代表的な補助暗きよの断面形

指 針

指 針 の 解 説

1) 補助暗きよの構造

①心土破碎（無材）

心土破碎は、破碎しようとする心土の性状を十分把握した上で、破碎する深さ、施工機械などを検討し設計する。

②心土破碎（有材）

本工法は、プラウによる心土の改良と併せて掘削溝に疎水材を充填したものである。亀裂の持続性の悪い土壌に対して、排水性の維持の面から有効である。

③トレンチ（有材）

本工法は、掘削溝に疎水材を充填したものであり、亀裂の保存性の悪い土壌に対して、排水性の維持の面から有効である。

④せん孔暗きよ（無材）

本工法は掘削孔の土砂を外部に排出し中空構造とする工法である。

断面が長期間維持されやすい泥炭地で有効である。

⑤弾丸暗きよ

本工法は土層中に弾丸を通して通水孔をうがつもので施工性がよく安価である。

2) 資 材

疎水材には、モミガラ、バーク資材、火山灰、火山礫などが使用される。

指 針

4-4-2 補助暗きよの配置

補助暗きよは原則として、吸水きよに直交して設ける。また、補助暗きよで集水された水を本暗きよに導くため、本暗きよの疎水材と接続させることが重要である。

指 針 の 解 説

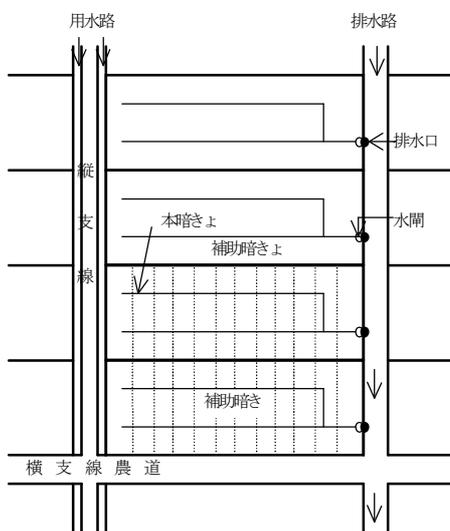
①間隔は、経済性、機械能力を考慮し決定する。

②深さ

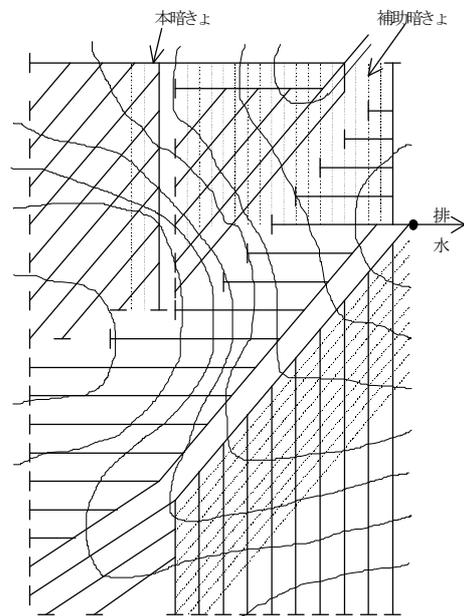
最大深さは **60cm** 程度とする。

補助暗きよは、既存本暗きよが破損しないよう注意し、深さを確認する。(4-3-2 参照)

③配置



(A)水田の場合



(B)畑の場合

図-4.4.2 補助暗きよの配置例

4-5 捕水きよ

水田の山側畦畔沿いや、台地周辺部のように地区外流入水や横浸透水が地形沿いにある程度予想される場合には、明きよあるいは暗きよ形式の法尻捕水きよによって排水する必要がある。

指 針 の 解 説

- ①浸透水の実態を明らかにするために土壌や地形、地質及び地下水の水圧分布を事前に十分調査することは勿論のこと、農家に過去の経緯などを聴き取り抜本的な対策を立てて、排水方法を決定することが必要である。
- ②計画地区外からの流入水を遮断する必要がある場合は、暗きょおよび暗きょ溝などの現地に適した捕水きょを設ける。一般的には暗きょとすることが多い。また、山側の暗きょ間隔を密にする場合もある。
- ③地区外流入水の対策例を図-4.5.1に、法尻捕水きょの設計断面例を図-4.5.2に示す。

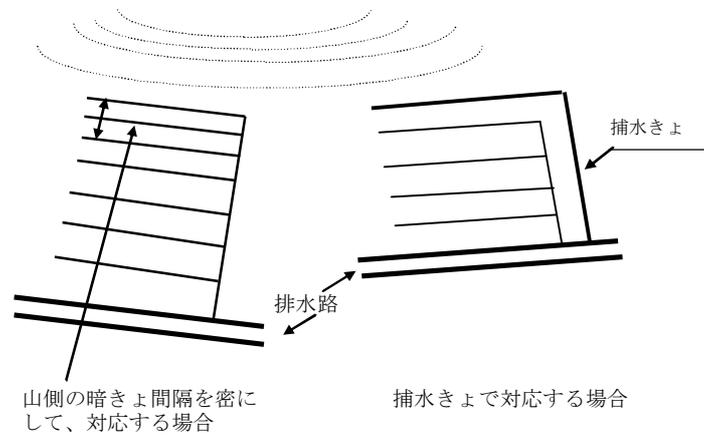


図-4.5.1 地区外流入水対策の例

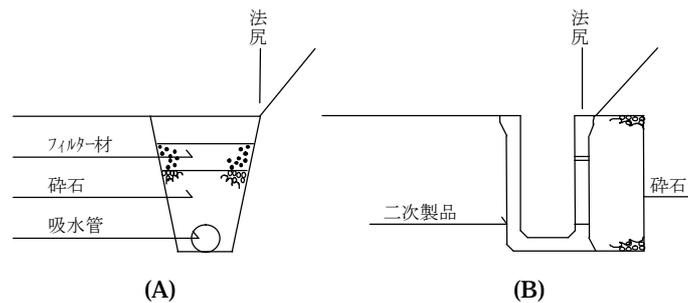


図-4.5.2 法尻捕水きょの例

4-6 湧水処理

傾斜地ほ場において、地形、地質が複雑で湧水による排水不良地が不規則に点在している場合には、湧水処理として特殊な排水対策が必要である。

指 針 の 解 説

- ①不規則に湧水部が存在している場合、その位置は予想しがたく、画一的な施工が困難であるため、工事後のほ場面の様子を観察し、改めて湧水処理として別途排水対策を講じるのが最も効率的である。
- ②湧水処理の実施例を、図-4.6.1 に示す。

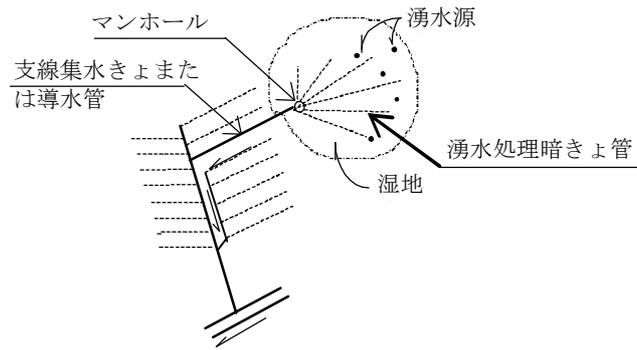


図-4.6.1 湧水処理の例

5. 施工

暗きょ排水の効果を計画どおり発揮させるために、施工計画を策定し、施工管理を実施する必要がある。

また施工後は、暗きょ排水の機能を確認し、当初計画や設計諸元の妥当性、施工の適切性を検証するとともに、これらに対して必要な修正を加えていくことが重要である。

5-1 施工の工程と管理

暗きょの施工は原則として次の工程により行う。

[配線の設定－資材の配置－掘削－管の敷設－疎水材の充填・踏圧－埋もどし]

各工程において、機械施工の利点が十分に生かせるように、施工管理を徹底する必要がある。

指 針 の 解 説

指針5は、暗きよの施工の基本について明らかにしている。

この標準工程の中で、暗きよ排水の機能を発揮させる上で極めて重要なのは、疎水材の充填工程である。したがって、疎水材は、耕盤層の上面まで十分に充填する必要がある。

また、掘削後および管敷設後においては、きよ底および管の勾配などに不陸の無いように、状態を確認することが重要である。

5-2 本暗きよの施工

5-2-1 配線の設定

配線の設定は、暗きよ組織計画を現地に具体化する基本となるものであるから、現地の位置や現場の状況を考慮し、施工する。

5-2-2 暗きよ管及び疎水材の配置

設定配線に従い適正に配置するものとし、施工工程に支障が生じないようにする。

5-2-3 掘削

掘削は、下流から上流へ、集水きよから吸水きよへと進める。
また、できるだけ乾燥状態での施工を心がける。

指 針 の 解 説

①組織設計に従い、設計平面図、縦断図などに基づいて配線の設定を行う。排水口、上流部起点、水閘の位置、吸水きよと集水きよとの接合点、勾配の変化地点などを確定する。

①湧水、流水などを速やかに排除するため、下流から上流へ向って掘削していくことが必要である

②疎水材の量は、あらかじめ組織計画によって定められた掘削断面に基づいて準備する。
また、掘削に当たっては、幅、深さともに計画断面に合致するよう注意する。

③機械掘りの場合は補助者が深さおよび勾配の確認を連続的に行うとともに、適宜指示ないし助言を与えながら施工を行う。

④管が分岐する部分の埋設深は、それぞれの管径を考慮し、接合部の一体性を保持するようにする。

⑤掘削機械はトレンチャーやバックホウが主に使用されている。土壌などの施工条件に応じて適切なものを選定する。

⑥トレンチャーは、土中に石礫・埋木などの障害物がある場合は適さない。

⑦バックホウは掘削力が強く、石礫などの障害物の多い所、掘削深度の変化が大きな所に適用する。

⑧秋の長雨後などの過湿期の掘削は、掘削面が泥ねい化し、排水機能が十分発揮されなかったり、ほ場を痛めたりすることが懸念されるので、積雪後雪上からの施工について検討することも必要である。

指 針

5-2-4 管の敷設

管の敷設に当たっては、管内への地表残留水や地下水の流入を容易にすると同時に土砂の流入を防ぎ、また、管内の水を円滑に流下させるような配慮が必要である。施工は、埋め戻しや掘削と同様に過湿期条件を避けて行うことが望ましい。

指 針 の 解 説

- ①掘削後のきよ底の不陸の均し、勾配の調整は重要である。
- ②管の周囲には泥土が付着しないよう慎重に敷設する。
- ③管の敷設は機械による一連施工の場合、掘削と同様に下流から上流に向かって施工する。
- ④管の上流端には栓などを施して土砂の侵入を防ぐ。
- ⑤ロール状のまま現場に搬入した長尺管は、その巻き癖がついているので、配管、敷設の際は管材の座屈、不陸、蛇行、逆勾配にならないよう十分注意する必要がある。
- ⑥定尺の合成樹脂管は地上で接合し、管のたわみで自然に曲がる状態で敷設していく。
- ⑦素焼土管の敷設は、管の継ぎ目に極力すき間のないように管理する。
- ⑧管の施工において、一方が受け口、他端が差し口になっている場合、受け口を上流に付けて連結する。途中で管径を変えたり、または分岐させる場合は径違いソケット、エルボ、チーズなどを用いる。
- ⑨管類の敷設時の安定性を確保するため、きよ底に溝をつけて管の座りを改善することも有効である。(図-5.2.1)

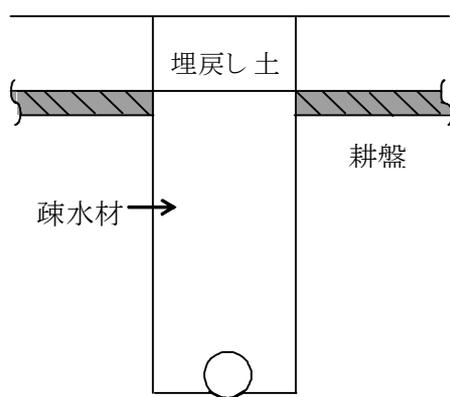


図-5.2.1 管の安定

- ⑩排水口の部分は、積芝で固めるなどして、洪水時、ピーク流出時などに管の流出、移動などが起きないように配慮することが必要である。
- ⑪掘削後土壌の亀裂を発達、促進させ、暗きよの効果を高めるため、掘削壁面（溝）を乾燥させ、後で埋め戻すことが有効である。

指 針

5-2-5 疎水材の充填

掘削断面が崩壊し、土が落ちた場合は除去するものとする。また、疎水材の充填に際しては、土が混入しないよう注意が必要である。

5-2-6 埋戻し

埋戻しまでの期間は暗きょ溝の壁面が乾燥して亀裂が発生するような状態を少しでも長く維持することが望ましい。

5-2-7 立上り管

立上り管は、ほ場端まで暗きょ管を延長して立ち上げる。

指 針 の 解 説

- ①埋め戻し後及びその後の圧縮・沈下を極力防ぐために、疎水材を充填後、十分に踏み込んでおくことが重要である。
- ②水閘部は疎水材を充填しない。
- ③営農に支障をきたさないため、疎水材をほ場に散逸しないようにし、作土へ混入させないように注意する。
- ④疎水材充填の際、管の配列・勾配を乱したり、破損したりすることがないように注意する。

埋戻しは、疎水材充填後に行うが、凍結乾燥による亀裂の発生を促すことなどにより、施工条件によっては翌春に営農作業の段階で行うこともある。

立上り管は、営農機械の接触や草刈りなどのほ場管理作業による破損事故を起こさないよう、位置と深さを確認する。

5-3 補助暗きよの施工

5-3-1 心土破碎（無材、有材）

心土破碎は、堅密な耕盤層や心土を破碎して膨軟にし、透水性を増加させる工法で、本暗きよと併用または単独で施工する。

5-3-2 トレンチ（有材）

トレンチャーなどで深さ 50～60cm、幅 15～20cm で掘削し、この中に疎水材を充填する。

5-3-3 せん孔暗きよ（無材）

せん孔暗きよは、掘削孔の土砂を外部に排出し、通水断面を確保する工法であり、泥炭地で有用である。

指 針 の 解 説

補助暗渠は本暗きょと極力直交して施工し、直接排水路にはつながない。
また、施工は乾燥時を選んで行う。

- ①心土破碎（無材）の作業機はパンブレーカーと称され犁柱（ナイフ）とチゼル（破碎爪
作業幅 **90cm** 程度）で構成され、破碎効果を大きくするためチゼルにウイング（角度 **3**
～**5°**）をもたせている。（サブソイルはウイング角度が小さくチゼルの幅も小さいので
破碎効果が小さい）
- ②心土破碎（有材）は、有材心土改良耕プラウを用いて施工する。疎水材としては、火山
灰・バーク・貝殻・チップなどを用い、プラウとオープナーによって開削された断面に自
動的に充填する。

従来型の牽引式の弾丸暗きょ孔と異なり、全容積がせん孔オーガーにより掘削され、バ
ケットにより掘削土が地上に排出されることが特徴である。

施工にあたっては機械の作業能力にもよるが、その速度によってせん孔断面の良否が決
まるので慎重を要する。

6. 維持管理

暗きょ排水の効果を十分に発揮させるため、暗きょ排水組織各部の機能が保持されるように各施設の保守および管理を十分に行なうことが必要である。

6-1 維持管理の基本的な考え方

暗きょ排水の維持管理は、農家による管理と土地改良区等と一体で行う管理であり、暗きょ排水機能はこれらによって維持されるものである。

このため、農家や改良区、受益関係者等に暗きょ排水の目的、諸施設の機能の要点及び維持管理方法について周知することが重要である。

また、これら維持管理者による定期的な巡回や洪水時の点検等により機能不良の早期発見に努め、機能回復をはかることが必要である。

6-2 ほ場及び施設の管理

暗きょ排水がその機能を十分に発揮しかつ持続性を確保するためには、日常のほ場や施設の管理が重要である。

6-2-1 ほ場の管理

ほ場の管理では、次の点に留意する必要がある。

積極的に行うべき作業

- ①融雪促進
- ②中干し
- ③適期落水・ミゾ切り
- ④心土破碎
- ⑤雪上心破

適切な作業が必要なもの

- ⑥代かき
- ⑦稲わら・作物残滓の処理
- ⑧過湿時の機械作業の回避

指 針 の 解 説

指針6は、暗きょ排水組織の維持管理の基本事項について規定している。

①融雪促進

融雪剤の散布等によって暗きょの融雪効果を促進し、早期には場の乾燥化を図ることは、亀裂の拡大や地温の上昇に有効である。

②中干し

中干しを行うことも土壌構造の発達に有効である。

③適期落水・ミゾ切り

ほ場の排水管理としては、できる限り地表水を残留させず、暗きょ排水に負担をかけることが大切である。ほ場のミゾ切り、鉄棒による耕盤層の打ち抜きなどが有効である。

④心土破碎

土壌中の亀裂を維持するためには、心土破碎を定期的に行うことが重要である。

⑤雪上心破

融雪を早めて春先のほ場表面の乾燥を促進したい場合は、2～3月の積雪期間にクローラ型トラクターで雪上から施工する。

⑥代かき

本暗きょ、補助暗きょ等の施工によって造られた土壌の亀裂などの水みちを保持し、より一層発達させるような管理が重要である。特に湛水時における土壌のかく乱による水みちの減少が著しいことから、水田の場合、過度の代かきを行わないなどの注意が必要である。

⑦稲わら・作物残滓の処理

土壌の物理性改良、特に透水構造の発達には非かんがい期において、土壌を乾燥状態に保つことが重要である。そのためには乾燥不良の水田においては稲ワラの搬出を行う。畑地にあっては作物残滓を適正に処理する。

⑧過湿時の機械作業の回避

泥ねい化による土壌構造の劣化を避けるため、過湿時には、営農作業機械のほ場への乗り入れを避ける。

指 針

6-2-2 施設の維持管理

施設の維持管理を行うに当たっては、各施設の機能及び目的を十分に理解し、以下の事項を念頭におく必要がある。

- ①水閘・排水口の維持管理
- ②暗きょ管の維持管理
- ③排水路の維持管理

指 針 の 解 説

①水閘・排水口の維持管理

水閘は常に清掃し止水が完全に行われるように管理する。排水口は洪水による破損や法面崩壊等による埋没などを受けることがあり、日常の見回りによる点検が必要である。

②暗きょ管の維持管理

管内への土砂の堆積が認められる場合、これをそのまま放置すると管内に残留し、暗きょ排水の機能及び持続性を大幅に減じさせることとなる。

このため落水時や降雨後の見回りにより排水口からの流出状況を観察することで暗きょの効果を確認する。

③排水路の維持管理

暗きょ機能を十分に保持するためには、排水口が水面上に出ていることが必要である。排水口が水中に没しているか、あるいは泥のなかに埋まっている場合には、暗きょからの排水量は著しく減少する。また、排水路の法面に繁茂した草が枯れて排水口を塞いだり、あるいは流下し土砂が堆積して排水路底が上昇していることも多く、排水口が沈殿物で塞がれる場合もある。従って、排水路の浚渫や清掃、草刈りを常に行い、排水口が水面上に出ている状態を保つことが必要である。排水路巡回時には特に排水口の点検を重視して、適切に管理することが重要である。

6-3 暗きよの排水機能回復

暗きよの機能低下の原因には、疎水材の劣化や目詰まりなどがあり、適切な排水機能の回復が必要である。

6-3-1 暗きよ管の機能回復

1. 立上り管

暗きよ管内の沈殿物を除去し、機能の回復を図るには、立上り管からの一時的な多量通水により強制流下させる方法と、ジェットノズルを用いて流下させる方法がある。

また、立上り管を用いずに、落ち口側から洗浄ホースを挿入して管内を洗浄する方法も開発されている。

2. 集中管理孔

集中管理孔は暗きよ排水の目詰まり除去のため、用水路から簡易な施設を介して従来の暗きよ排水上流部に接続し、用水を注入することにより容易に暗きよ管の清掃が可能となるシステムである。

また、地下かんがいシステムとしても利用することができる。

指 針 の 解 説

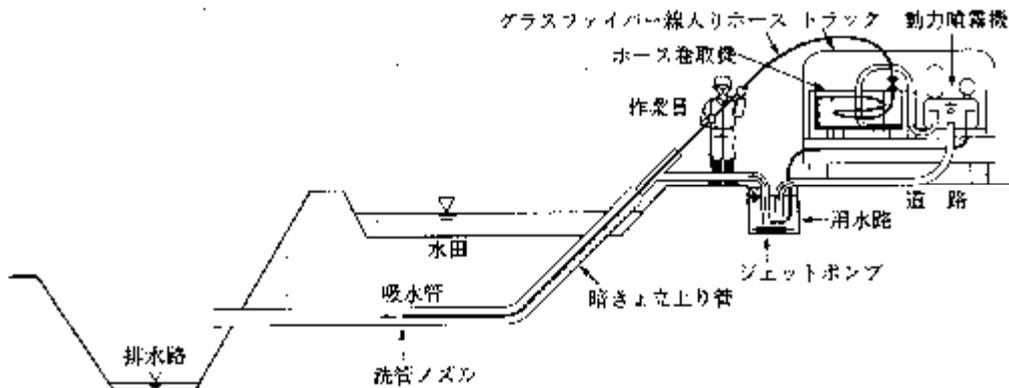


図-6.3.1 ジェットノズルを用いる方法

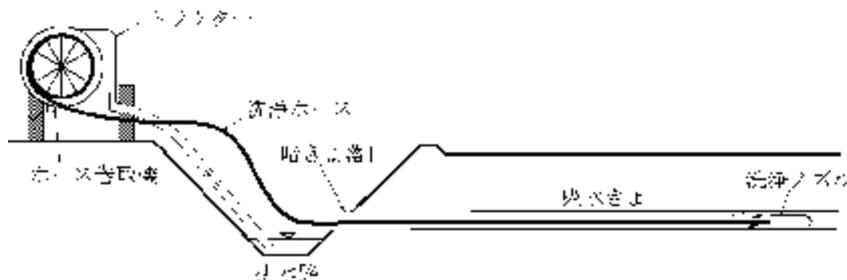


図-6.3.2 落口側から洗浄ホースを挿入する方法

集中管理孔は、吸水きよの上流端をほ場端部まで延長し、吸水きよ上流端を用水路と接続して暗きよ管内へ用水を流入させる。吸水きよと用水路の接続には、無孔の合成樹脂管を用いるのが一般的である。用水路側には、水路に隣接して集中管理孔柵を設ける。

集中管理孔を地下かんがいに利用する場合は、落口に地下水位制御のための水位調整型水閘を使用する。

集中管理孔及び地下かんがいの詳細については、「集中管理工を利用した地下かんがいの手引き」（北海道農政部、H20.3）等を参照のこと。

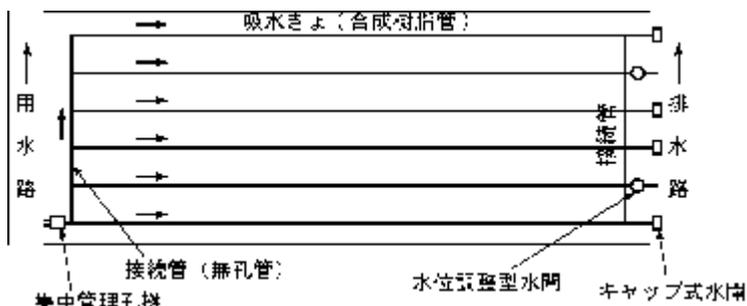


図-6.3.3 集中管理孔システムの標準的な配置例

技術資料

技術資料 目次

1. 暗きよ排水の不良要因調査	105
2. 地力保全調査	108
3. 疎水材型暗きよの排水機能比較	112
4. 北海道における計画排水量の考え方	115
5. 転換畑作物の地下水位	128
6. 地耐力と地下水位	129
7. 土壌・土地条件に対応した排水改良マニュアル	130
8. デジタルオルソ写真を用いた暗きよの自動設計	132
9. 暗きよ排水の配線方法の詳細	134
10. 暗きよ排水組織の設計例（汎用田）	136
11. 暗きよ排水組織の設計例（畑地）	141
12. 暗きよ排水の設計例（水理計算・管径決定）	145
13. 暗きよ排水の配線例	150
14. 現場透水係数を用いた吸水きよ間隔の計算	151
15. 暗きよ排水量調査結果を用いた吸水きよ間隔の計算（水田）	153
16. スリム型バケットによる暗きよの排水機能	155
17. 土地利用形態等における暗きよ排水掘削機種の使用実態	157
18. 暗きよ排水機能解析	159
19. 浸透型暗きよの施工例	169
20. 暗きよ排水の有効性に関するアンケート調査（1）	172
21. 暗きよ排水の有効性に関するアンケート調査（2）	174

暗きょ排水設計指針技術資料の概要と基礎資料及び出典

技術資料 No	標 題	概 要	基 礎 資 料 ・ 参 考 文 献			関連する 指針条項	内容 区分
			発表名・報告名	発表者・発行者	時 期		
1	暗きょ排水の 不良要因調査	暗きょ排水が不良となった事例の調査を基に、要因の分析と改善対策を示した。	北海道における暗渠排水の実態と機能向上対策	北海道中央農業試験場	平成 12 年 1 月	2-3	④
2	地力保全調査	昭和 34～53 年に農耕地を対象として行われた地力保全調査（土壌調査）の経緯と、これに基づく土壌分類を示した。	農業農村整備事業計画マニュアル	北海道農業土木協会	—	2-5	④
3	疎水材型暗きょの 排水機能比較	暗きょ排水の主要な目的が地表面湛水の迅速な排除であることから、疎水材を耕盤層まで投入することによる効果を検証した。この結果、大きな降雨量になるほど排水効果が顕著となるのが確認された。	帯広東ほか 2 地区 排水改良総合対策調査	十勝支庁	平成 11～12 年	3-2-1 4-3-2	①
4	北海道における 計画排水量の考え方	北海道における計画排水量を検証する目的で、道内 6 箇所のは場調査の結果を解析した。この結果、水田については、設計計画基準（農水省）に示された手法で求められる計画暗きょ排水量(D)の中干し時の平均値=50mm/day が目標値として適切と判断された。	汎用耕地化のための暗渠排水設計指針(IV) 帯広東ほか 2 地区 排水改良総合対策調査 能取地区 排水改良総合対策調査 北明里 排水改良総合対策調査 暗渠排水機能調査（長沼試験ほ場）	村島・荻野 十勝支庁 網走支庁 留萌支庁 中央農業試験場	平成 2 年 10 月 平成 11～12 年 平成 11～12 年 平成 11～12 年 平成 11 年	3-2-2	①
5	転換畑作物の地下水位	作物収量と地下水位の関係をまとめた研究事例を紹介した。	作物収量と地下水位（駒場排水試験地ほか）	北海道開発局	—	3-2-3	④
6	地耐力と地下水位	暗きょ排水による地下水位低下と地耐力について検討した。	地下水位と地耐力の関係	近畿農政局	—	3-2-3	④
7	土壌・土地条件に対応 した排水改良マニュアル	北海道の農地の現状に即した、地目や土壌、地形の特徴を考慮した総合的な排水改良法を提案した。	成績検討会議	中央農業試験場	平成 14 年 1 月	4-3	②
8	デジタルオルソ写真を 用いた暗きょの自動設計	航空撮影画像をデジタル化したデータを用いた、暗きょの自動設計システムを紹介した。	—	北海道農政部設計課	平成 11 年	4-2 4-3	③
9	暗きょ排水の配線方法 の詳細	本指針に基づく吸水きょ、集水きょの配線方法について詳細を示した。	暗きょ排水設計指針改正基礎資料作成委託	北海道農政部事業調整課	平成 22 年 3 月	4-2 4-3	②
10	暗きょ排水組織の設計 例（汎用田）	本指針に基づいた汎用田における暗きょ排水の設計例を示した。	暗渠排水設計指針改定調査委託	北海道農政部設計課	平成 13 年 3 月	4-2 4-3	②
11	暗きょ排水組織の設計 例（畑地）	本指針に基づいた畑地における暗きょ排水の設計例を示した。	暗渠排水設計指針改定調査委託	北海道農政部設計課	平成 13 年 3 月	4-2 4-3	②
12	暗きょ排水の設計例 （水理計算・管種決定）	暗きょ排水の管径決定方法の詳細について、設計例を示した。	暗きょ排水設計指針改正基礎資料作成委託	北海道農政部事業調整課	平成 22 年 3 月	4-3-2	②

技術資料 No	標 題	概 要	基 礎 資 料 ・ 参 考 文 献			関連する 指針条項	内容 区分
			発表名・報告名	発表者・発行者	時 期		
13	暗きよ排水の配線例	1次暗きよが施工済みの場合の暗きよ配線例を示した。	暗渠排水設計指針改定調査委託	北海道農政部設計課	平成13年3月	4-2.4-3-2 4-3-3	②
14	現場透水係数を用いた吸水きよ間隔の計算	現場透水試験の結果から暗きよ間隔を決める設計計画基準（農水省）に示された手法を紹介し、本道のほ場調査の結果から推定される算式中の係数を求めた。	汎用耕地化のための暗渠排水設計指針(Ⅲ) 排水改良総合対策調査（3支庁）	村島・荻野 十勝・網走・留萌支庁	昭和60年10月 平成11～12年	4-3-2	①
15	暗きよ排水量調査結果を用いた吸水きよ間隔の計算（水田）	ほ場における暗きよ排水量調査の結果から暗きよ間隔を決める設計計画基準（農水省）に示された手法を紹介し、本道のほ場調査の事例について検討した。	汎用耕地化のための暗渠排水設計指針(V) 暗渠排水機能調査（長沼試験ほ場）	村島・荻野 中央農業試験場	平成2年10月 平成11年	4-3-2	①
16	スリム型バケットによる暗きよの排水機能	低コスト化の試みである、スリム型バケット掘削の排水機能について、従来型バケット掘削やトレンチャー掘削との比較を行った。	富良野地区 委託3調査	上川支庁南部耕地出張所	平成10年12月	4-3-2	③
17	土地利用形態等における暗きよ排水掘削機種の使用実態	暗きよ排水の掘削機械について、土地利用形態等の条件に基づいてどのような傾向が見られるか、アンケート結果を紹介した。	—	—	—	—	④
18	暗きよ排水機能解析	ほ場における暗きよ排水量調査から暗きよ間隔を決める手法を用いて、本道のほ場調査の事例について検討した。（水田：初期排水量と暗きよ間隔、畑地：ピーク排水強度と暗きよ間隔）	汎用耕地化のための暗渠排水設計指針(V) 帯広東ほか2地区 排水改良総合対策調査 能取地区 排水改良総合対策調査 北明里 排水改良総合対策調査 暗渠排水機能調査（長沼試験ほ場）	村島・荻野 十勝支庁 網走支庁 留萌支庁 中央農業試験場	平成2年10月 平成11～12年 平成11～12年 平成11～12年 平成11年	4-3-2	①
19	浸透型暗きよの施工例	浸透能力の高い「砂礫層」が比較的浅い深さに成層した地区における、浸透型暗きよの実施例を紹介した。	育良地区 委託31調査	上川支庁南部耕地出張所	平成12年3月	4-3	④
20	暗きよ排水の有効性に関するアンケート調査(1)	網走支庁管内で実施した暗きよに関する農家アンケートの結果。収量の増加、品質の向上、作業性の向上などについて70%以上の割合で効果を認めている。	—	網走支庁計画課	平成10年	—	④
21	暗きよ排水の有効性に関するアンケート調査(2)	網走地方の異常気象（長雨(H10)）に対する暗きよの効果に関する地元アンケートの結果。85%の農家が「効果があった」とし、適期作業の実施や湛水の回避などを主要な効果としている。	—	網走支庁計画課	平成10年	—	④

※技術資料として必要な項目を抽出し、指針の運用が容易となるように概要の他①～④の内容について資料を整理する。

- ①指針の運用等の根拠
- ②具体的な設計・計算例
- ③経済比較等による検討方法（コスト縮減委員会の提案項目等）
- ④その他

1. 暗きょ排水の不良要因調査 関連条項 [指針 2-3]

1. 目的

北海道の暗きょ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) 暗きょ排水の施工実態

道営事業のうち暗きょ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) 暗きょ排水の機能低下要因調査

道内各地において暗きょ排水の断面調査を行った。

- (1) 調査項目：暗きょ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) 暗きょ管理設深調査(7 地点)：レベル測量

3) 暗きょ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 暗きょ排水水質(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

- 1) 北海道の暗きょ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、近年では暗きょの間隔が狭く、吸水きょの深さが浅くなり、新たな疎水材の使用も増え改善されてきた。
- 2) 実施状況は地目や支庁ごとに暗きょの水準が違った(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。草地は土戻し暗きょが主流であった。
- 3) 暗きょ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、暗きょ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)。
- 4) 暗きょ排水の機能向上のための改善対策を表 2 に示した。
- 5) 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 暗きょ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	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	
			全管理	13.5	253		
	管の破損	疎水材 使用率	泥炭土	4.7	100	排水路が浅い、低勾配、 地表の地形	
			全地目	14.2	14		
			全管理	0.4	253		昔のコルゲートのつぶれ
			全地目	43.4	—		
	水田	—	水田	61.1	—	使用率は低い モミガラを使用しない 地域もある	
			畑地	41.8	—		
	草地	—	4.1	—	—	施工費の抑制	
	間接的 要因	掘削	過剰な掘削	全地目	7.6	184	崩落性の高い土壌 (畑地)
埋め戻し				土壌物理性 の不良	水田	65.4	
疎水材		疎水材の投入 不足圃場	水田	71.9	96	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)	
			畑地	94.6	74		
被覆材	腐朽	稲藁	68.2	85	全体的に発生 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			
		管への付着に よる通水障害	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		
		畑地	75.0	16			
落水口	破損	全地目	5.2	194	草刈時 低地帯に多い		
		水没	全地目	5.2		194	
水開	破損および 機能不良	水田	5.2	96	営農作業時に破損 (草刈)		
立ち上 がり管	破損	水田	4.0	25	営農作業時に破損 (草刈)		
間接的 要因	水開・ 落水口	維持管理・ 破損補修	水田	4.0	25	利用方法の明記 補修実施率が低い	
			極めて 低い	—	—		
	排水路	維持管理	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	
			営農 管理	耕盤層・ 土壌構造劣化	水田		71.3
排水管理 不足	—	畑地	52.6	38	地域により管理に 差がある		
		全地目	80.0	10			

表2 暗きょ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
吸水きよ	泥炭土	深さを1m程度
集水きよ	疎水材 の深さ	地表からの深さ管理
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	スリムバケットが開発された
被覆材	疎水材 使用時 土壌	使用しない(火山灰は使用) 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
埋め戻し	乾燥化 透水性 確保	乾燥させ埋戻す 土塊を混ぜるように埋戻す
落水部	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
維持管理	点検・ 維持管理	年一度行う
排水対策	排水管理	心土破碎・溝切り徹底

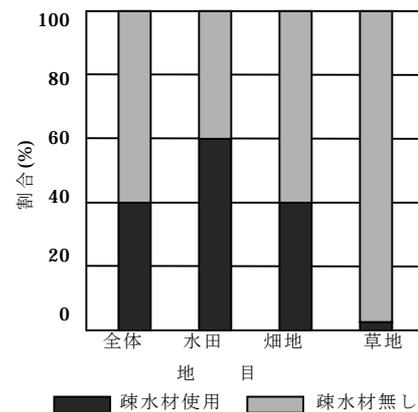


表3 北海道で利用可能な疎水材

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	施工時に破碎するよう心がける	沿岸
ストーカ粗粒物	半永久	—	2~10mm	フルイ分けした資材を使用	全道
ロックカール	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1) 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) 既存の暗きょ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) 暗きょ排水の計画・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) 暗きょ排水の地形・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「北海道における暗きょ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、暗きょ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、暗きょ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, Li C, Si C, SL	強粘質	細粒質
CL, Si CL, SCL	粘 質	
L, Si L, 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	グライ斑	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。

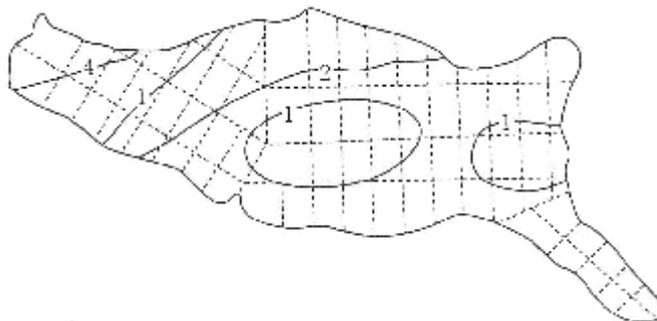


図 2-(2)-1 地耐力分布図

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	
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	
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	
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	
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	
淡色黒ボクグライ土		礫質灰色低地土、灰色系	礫層(質)土壌
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	グライ土壌	
細粒グライ台地土	細粒グライ土		
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	
中粗粒赤色土		15 黒泥土	黒泥土壌
礫質赤色土	16 泥炭土	泥炭土壌	
10 黄色土		泥炭質土壌	
細粒黄色土		17 造成台地土	
中粗粒黄色土	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. 疎水材型暗きよの排水機能比較 関連条項 [指針 3-2-1, 4-3-2]

(1) 疎水材型暗きよは、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きよと比較して排水能力が優れていると考えられる。

(2) 疎水材型暗きよの有効性を確認するために、試験ほ場を設置し、疎水材型暗きよと従来型の暗きよ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

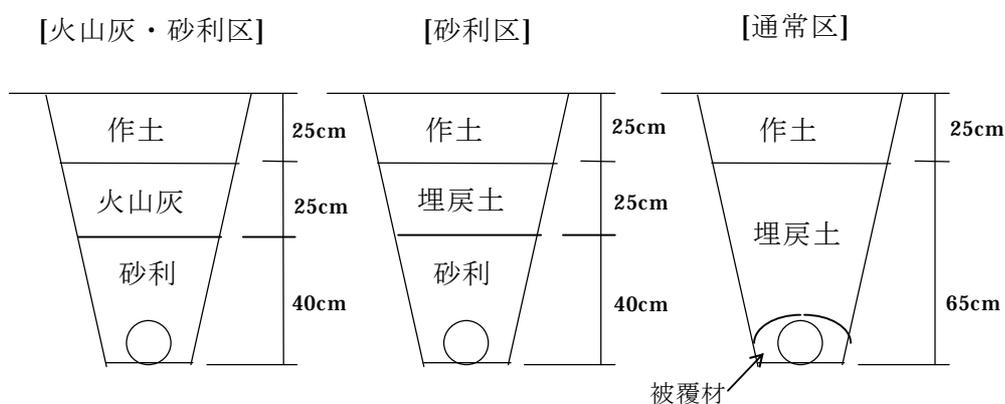
(透水係数 cm/s /作土= 3.3×10^{-4} 、心土= 9.1×10^{-5})

暗きよ排水組織 :

吸水きよ間隔 = 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]

疎水材型暗きよを採用する目的の1つは、地表面湛水の迅速な除去である。降雨直後の初期暗きよ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、初期暗きよ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。)

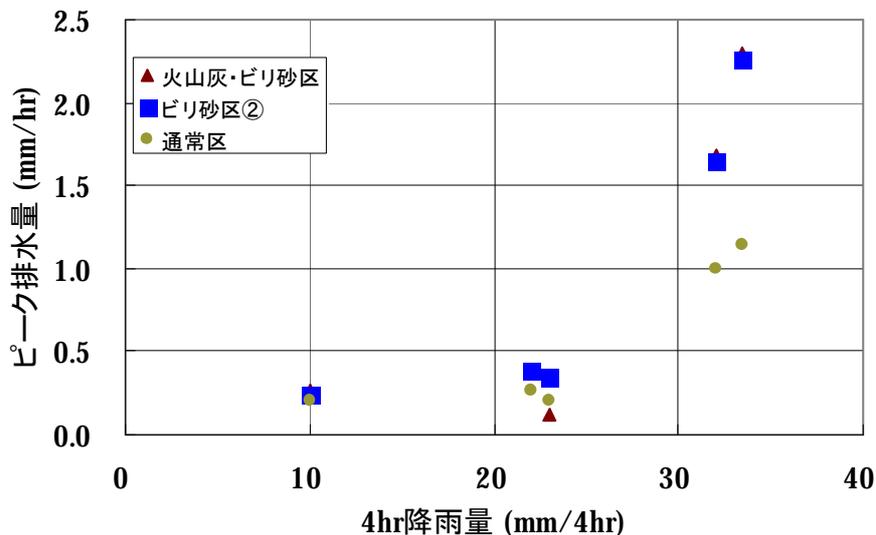


図 3- (2) -1 4hr 降雨量とピーク排水量の関係

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きよ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きよ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。

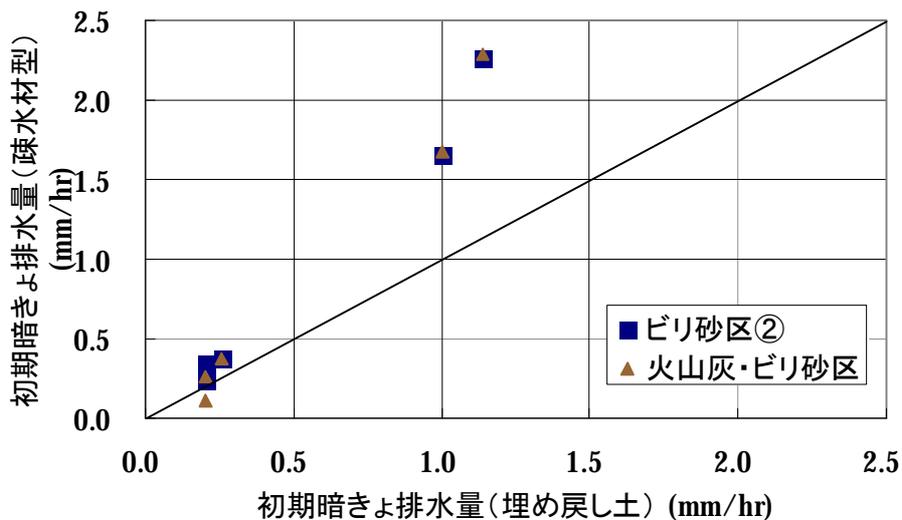


図 3- (2) -2 初期暗きよ排水量の比較 (疎水材型/埋め戻し土)

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きよ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。

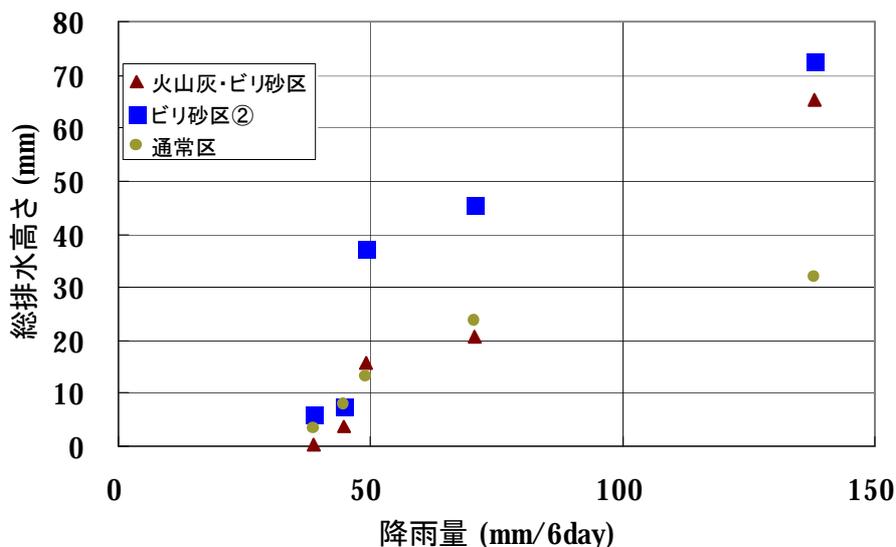


図3-(2)-3 降雨量と排水量(高)の関係

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

表 3-(2)-1 暗きよ排水の流出率

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

(1) 水田の計画暗きょ排水量

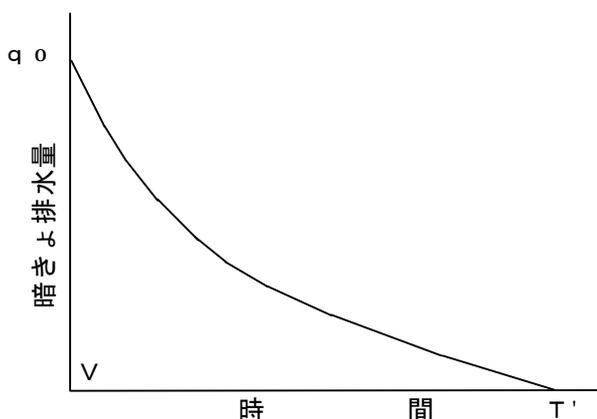
水田において暗きょ排水に求められる機能は中干し及び落水時の速やかな排水と、代かき前と落水後の降雨や融雪水の排除である。

この内で暗きょ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

暗きょ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。計画暗きょ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)暗きょ排水量で、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で暗きょ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きょ排水を開始した場合の暗きょ排水量～時間曲線を示したものである。図に示すように、初期暗きょ排水量(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(暗きょ総排水量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 暗きょ排水量

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、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きょ排水量が計画暗きょ排水量 D である。

具体的な計画暗きょ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、計画暗きょ排水量 ($D, \text{mm/d}$) と計画排水時間 ($T = 1$ 日とする) と暗きょ総排水量 (V, mm) の関数を求めると、計画暗きょ排水量 D は、

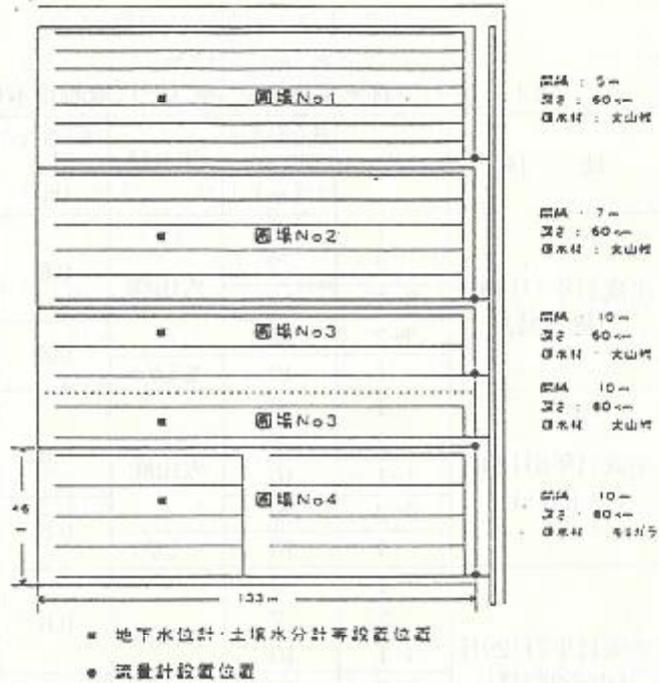
$$D = 3V / T \quad (1)$$

と表される。すなわち、上に述べたような条件下で暗きょ排水試験を行い、暗きょ総排水量 V を得ると、上式から計画暗きょ排水量 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。暗きょ配線や暗きょ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	[暗渠材]/[間隔]/[深さ] 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. 砂みガラ/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 $D = 20 \sim 70(\text{mm/day})$ 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、暗きよ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きよ排水量は、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,	暗きよ間隔 S' (m)	疎水材	暗きよ深さ(m)	q_0 (mm/hr)	暗きよ総排水量 V (mm)	計画暗きよ排水量 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) 畑地の計画暗きょ排水量

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きょ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。暗きょ配線や暗きょ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 暗きょ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 暗きょ	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 暗きょ	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	ビリ砂利 /12/90	ビリ砂利 /6/90	ビリ砂利 12/90 心破	ビリ砂利 /12/90 心破/ 客土	—	—	厚層多腐植質 黒ボク土
	本別	畑	なし /10/90	ビリ砂利 /10/90	火山灰+ ビリ砂利 /10/90	火山灰+ ビリ砂利 /5/90	ビリ砂利 /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きょ排水量調査の結果では、暗きょからの総排水量(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)を想定した場合には概ね50~70%の範囲にとどまるものと推定される。

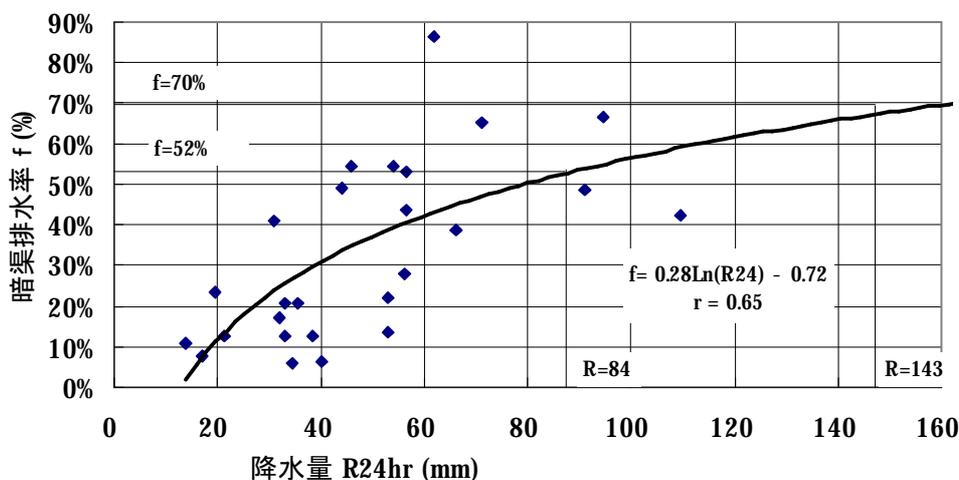


図4-(2)-1 24時間降水量と流出率

注) 流出率が5%以下のものなど1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。

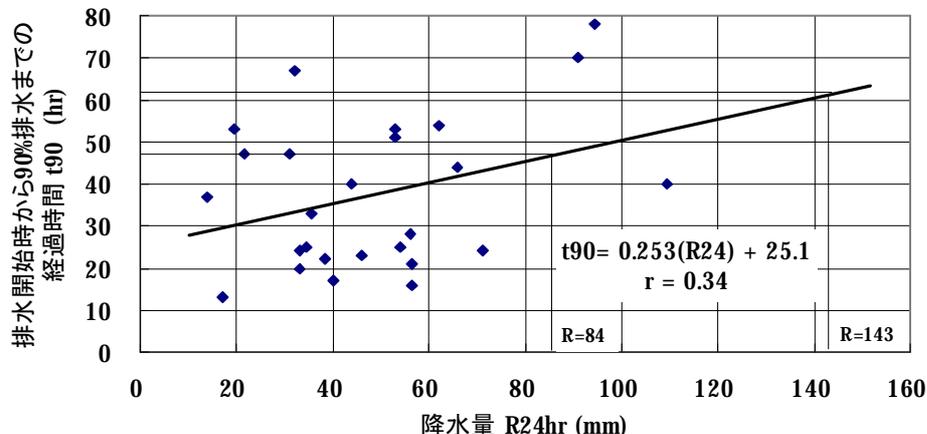


図4-(2)-2 24時間降水量と排水時間

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

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

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きょ排水量 (= 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、暗きょ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きょ排水量は、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。

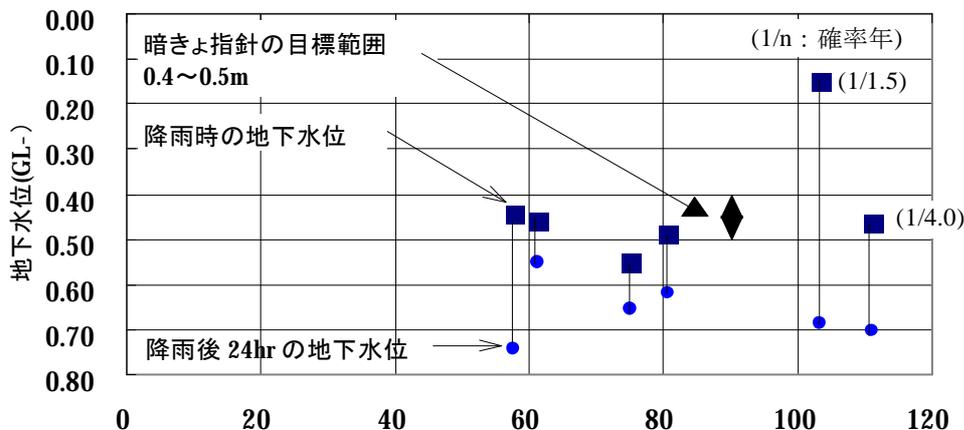


図4-(2)-3 降雨時の地下水位変化（豊頃）

(参考) ピーク排水量について

試験ほ場では暗きょ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。

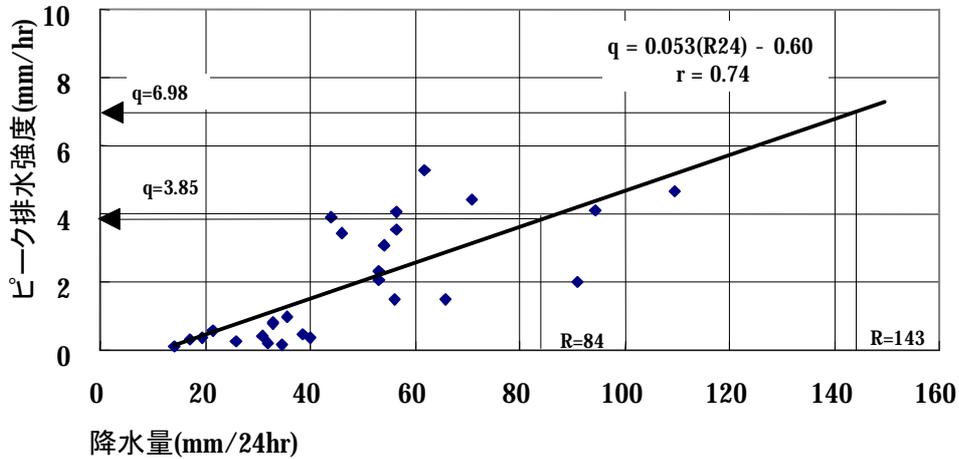


図-参考1 24時間降水量とピーク排水量の関係

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、暗きょは十分な排水能力を有しているものと判断できる。

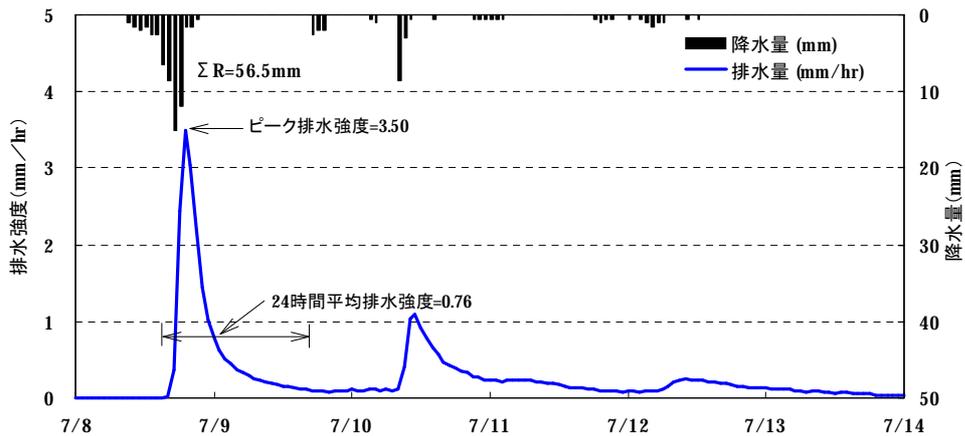
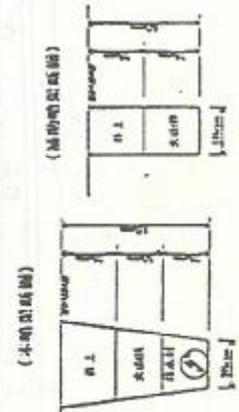
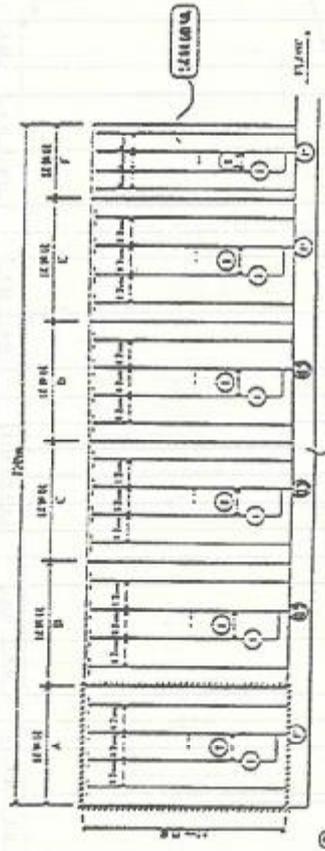


図-参考2 暗きょ排水流出ハイドログラフ(豊頃)

計画排水量=30mm/dayとした暗きょから実際に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。

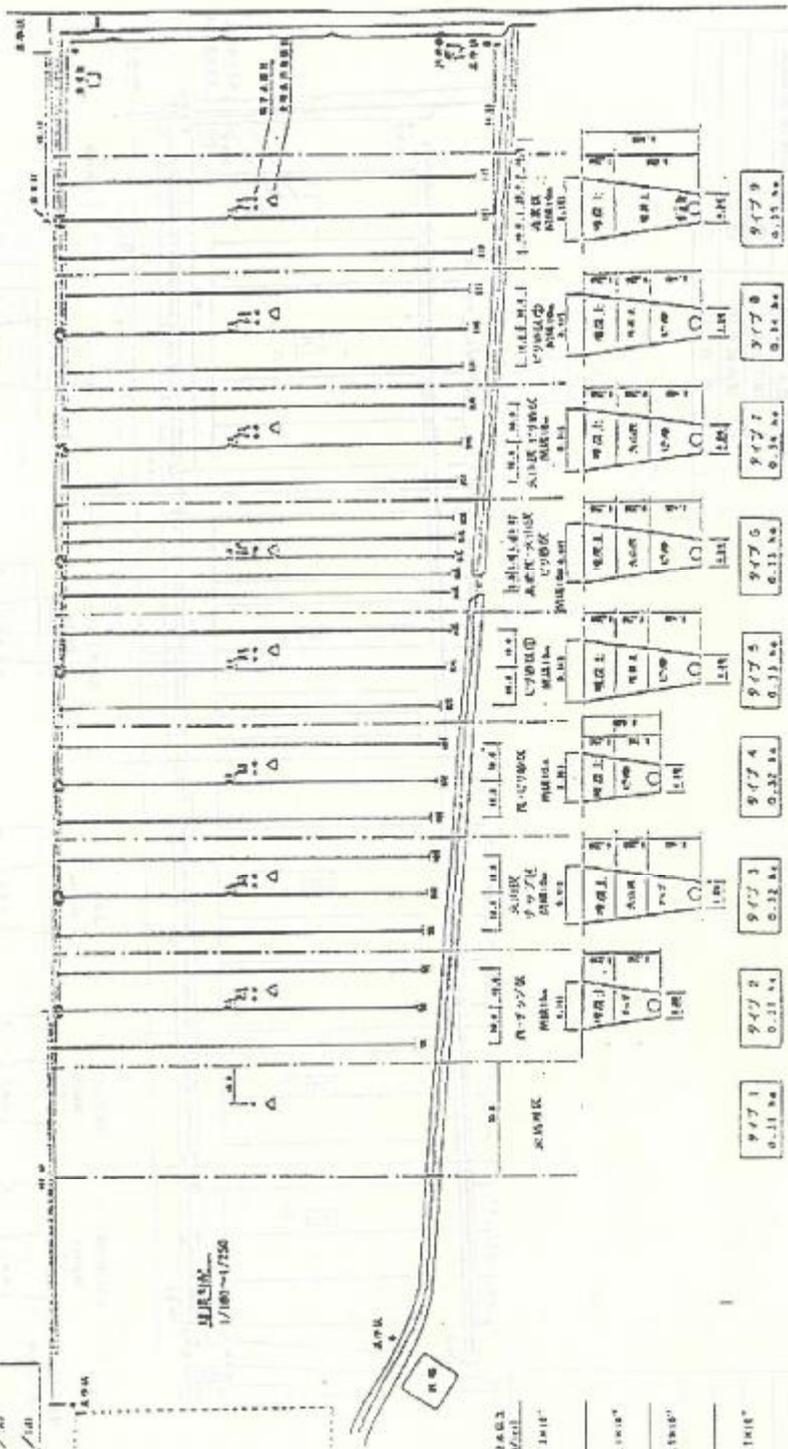
平成10年度 晒製機性能調査	
晒製機名	信成
晒製機種	晒製機
晒製機用途	
晒製機型式	擺設型色香仕上
晒製機区	1. 大由機/12/60 2. 大由機/12/60 3. 大由機/12/60 4. 大由機/12/60 5. 大由機/12/60 6. 大由機/12/60

- (凡例)
- ① (晒製機名)
 - ② (晒製機種)
 - ③ (晒製機用途)
 - ④ (晒製機型式)
 - ⑤ (晒製機区)
 - ⑥ (晒製機名)
 - ⑦ (晒製機種)
 - ⑧ (晒製機用途)
 - ⑨ (晒製機型式)
 - ⑩ (晒製機区)



試驗器具	記号	說明
土壤水分-地温計	△	深所10,20,40cm
地下水観測計	○	
排水観測計	◇	
排水口	□	

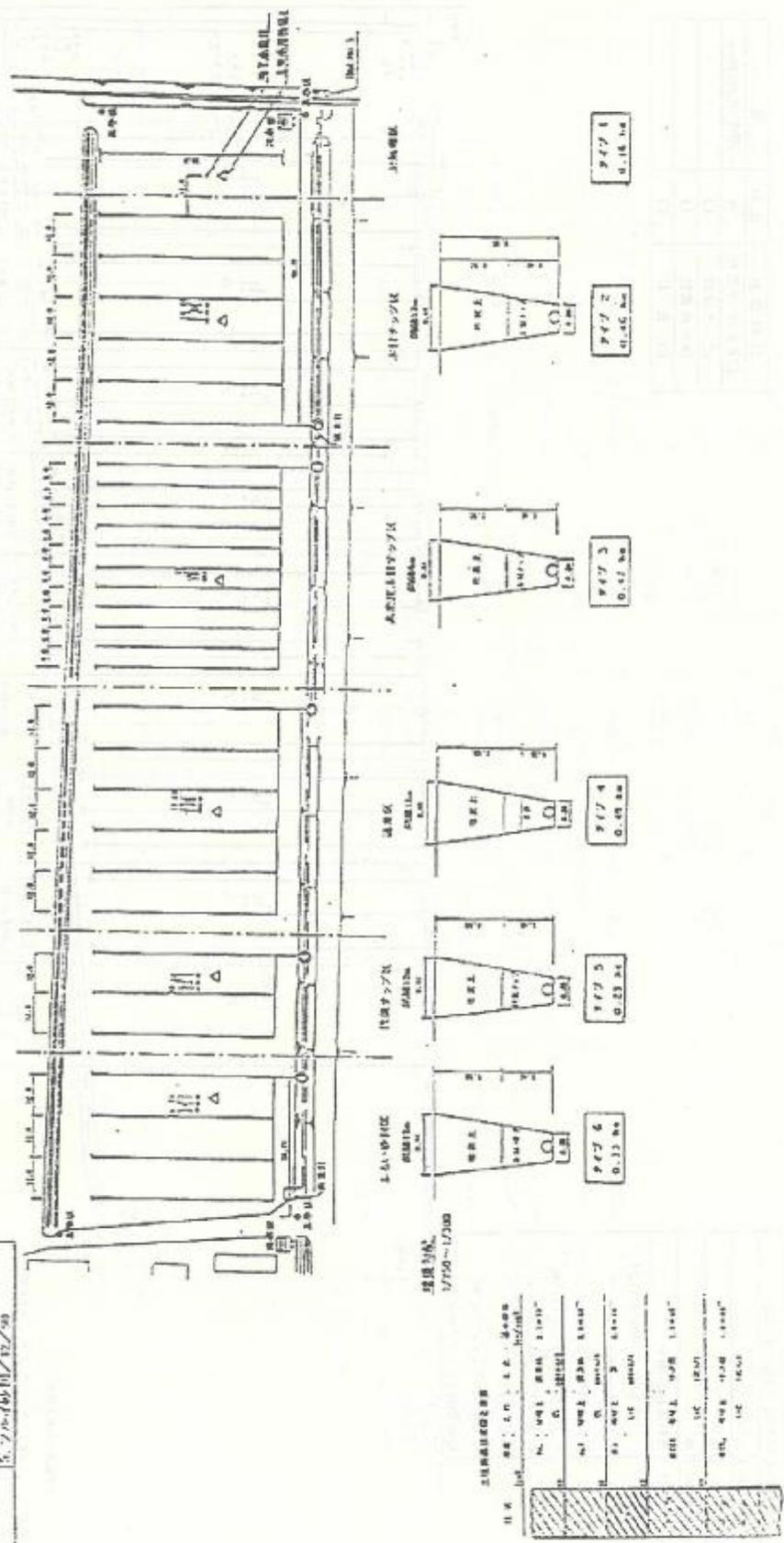
研究田年度 昭和十四年度	
1. 地区名	高尾野砂
2. 田名	本田
3. 土質利用	畑
4. 土質	加積成色土壌上
5. 試驗区	1. 排水口/排水口/排水口 2. 排水口/排水口/排水口 3. 排水口/排水口/排水口 4. 排水口/排水口/排水口 5. 排水口/排水口/排水口 6. 排水口/排水口/排水口 7. 排水口/排水口/排水口



排水	排水	排水	排水	排水	排水
排水	排水	排水	排水	排水	排水
排水	排水	排水	排水	排水	排水
排水	排水	排水	排水	排水	排水
排水	排水	排水	排水	排水	排水
排水	排水	排水	排水	排水	排水

平成 10 年度 結核菌検査装置	
1. 機 名	帯状表機
2. 機 種	CMH
3. 仕様問題	種
4. 仕様書	種
5. 仕様書	種
6. 仕様書	種
7. 仕様書	種
8. 仕様書	種
9. 仕様書	種
10. 仕様書	種
11. 仕様書	種
12. 仕様書	種
13. 仕様書	種
14. 仕様書	種
15. 仕様書	種
16. 仕様書	種
17. 仕様書	種
18. 仕様書	種
19. 仕様書	種
20. 仕様書	種
21. 仕様書	種
22. 仕様書	種
23. 仕様書	種
24. 仕様書	種
25. 仕様書	種
26. 仕様書	種
27. 仕様書	種
28. 仕様書	種
29. 仕様書	種
30. 仕様書	種
31. 仕様書	種
32. 仕様書	種
33. 仕様書	種
34. 仕様書	種
35. 仕様書	種
36. 仕様書	種
37. 仕様書	種
38. 仕様書	種
39. 仕様書	種
40. 仕様書	種
41. 仕様書	種
42. 仕様書	種
43. 仕様書	種
44. 仕様書	種
45. 仕様書	種
46. 仕様書	種
47. 仕様書	種
48. 仕様書	種
49. 仕様書	種
50. 仕様書	種
51. 仕様書	種
52. 仕様書	種
53. 仕様書	種
54. 仕様書	種
55. 仕様書	種
56. 仕様書	種
57. 仕様書	種
58. 仕様書	種
59. 仕様書	種
60. 仕様書	種
61. 仕様書	種
62. 仕様書	種
63. 仕様書	種
64. 仕様書	種
65. 仕様書	種
66. 仕様書	種
67. 仕様書	種
68. 仕様書	種
69. 仕様書	種
70. 仕様書	種
71. 仕様書	種
72. 仕様書	種
73. 仕様書	種
74. 仕様書	種
75. 仕様書	種
76. 仕様書	種
77. 仕様書	種
78. 仕様書	種
79. 仕様書	種
80. 仕様書	種
81. 仕様書	種
82. 仕様書	種
83. 仕様書	種
84. 仕様書	種
85. 仕様書	種
86. 仕様書	種
87. 仕様書	種
88. 仕様書	種
89. 仕様書	種
90. 仕様書	種
91. 仕様書	種
92. 仕様書	種
93. 仕様書	種
94. 仕様書	種
95. 仕様書	種
96. 仕様書	種
97. 仕様書	種
98. 仕様書	種
99. 仕様書	種
100. 仕様書	種

試験器具	記号	備考
土壌水分・肥後計	△	高さ10,20,40cm
地下水位計	○	
湧水観測計	◎	
雨量計	□	



平成 田舎此 朝聖園設計	
土地名	北明町
場所	朝聖園
土地所有	永田/住持
土地類型	彩色製糖土
建築区	1. 長根ナツノ/10/60 2. 長根ナツノ/5/60 3. 長根ナツノ/10/60 4. 長根ナツノ/10/60 5. 長根ナツノ/10/60 6. 長根ナツノ/5/60

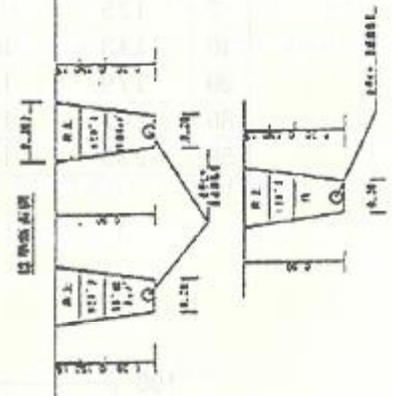
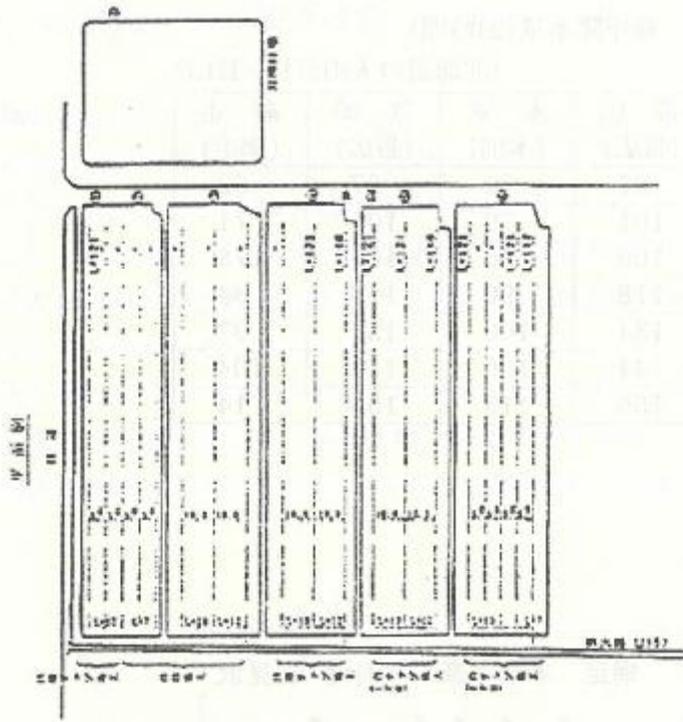


表-参考1 確率降水量 (24時間)

(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

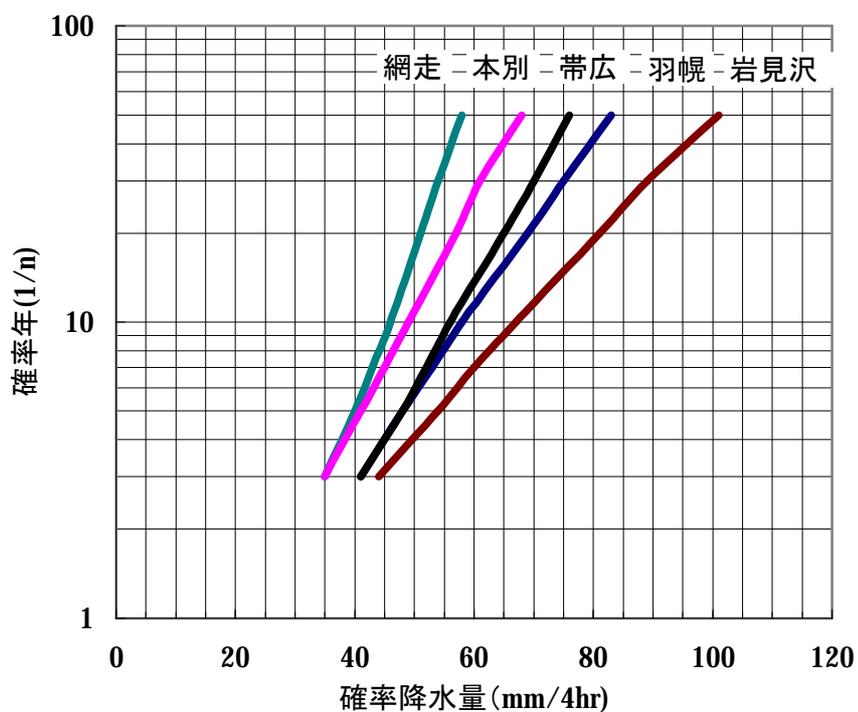


図-参考3 調査地点の確率降水量

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。

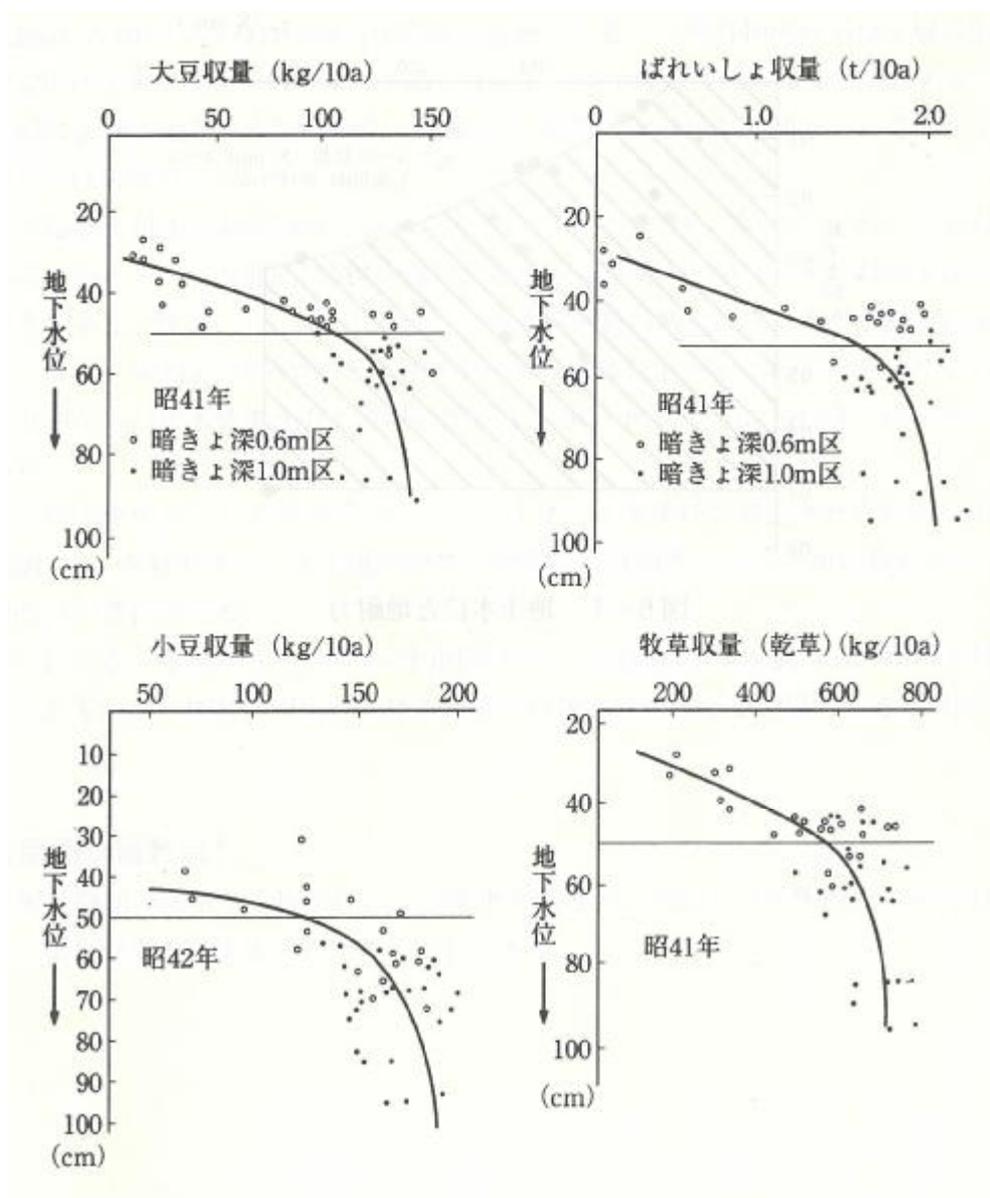


図 5-1 作物収量と地下水位 (北海道開発局、駒場排水試験地、火山灰)

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。暗きょ排水は、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。

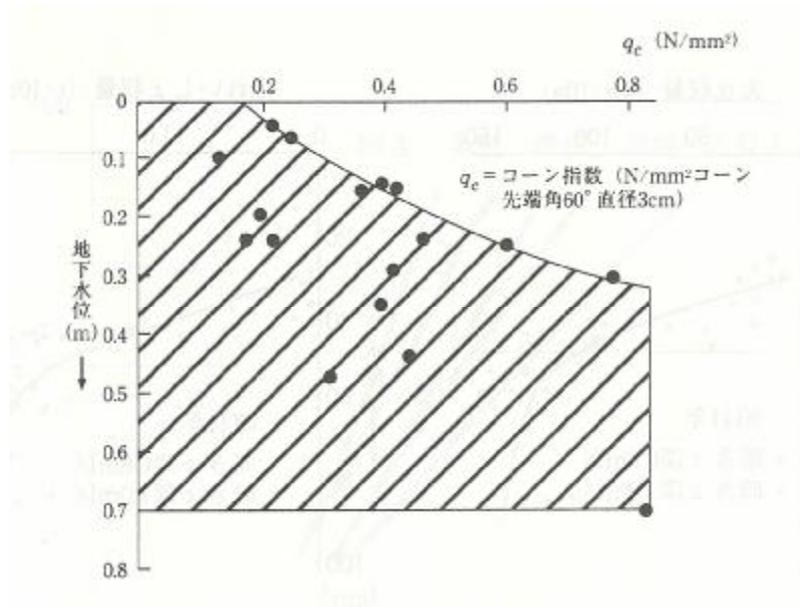


図 6-1 地下水位と地耐力

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]

[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きょ排水がある。現在の暗きょ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きょ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きょ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 畑地の暗きょ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。暗きょ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) これによる暗きょ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きょを傾斜 $10\sim 30\%$ 程度に重点的に施すべきである。
- 3 暗きょ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きょ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、従来の暗きょ排水で初期排水量、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。

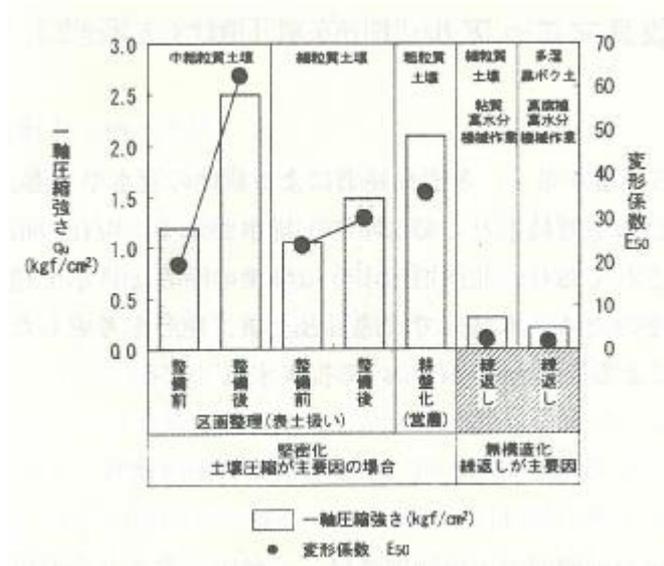


図1 人為による土壤物理性の悪化区分

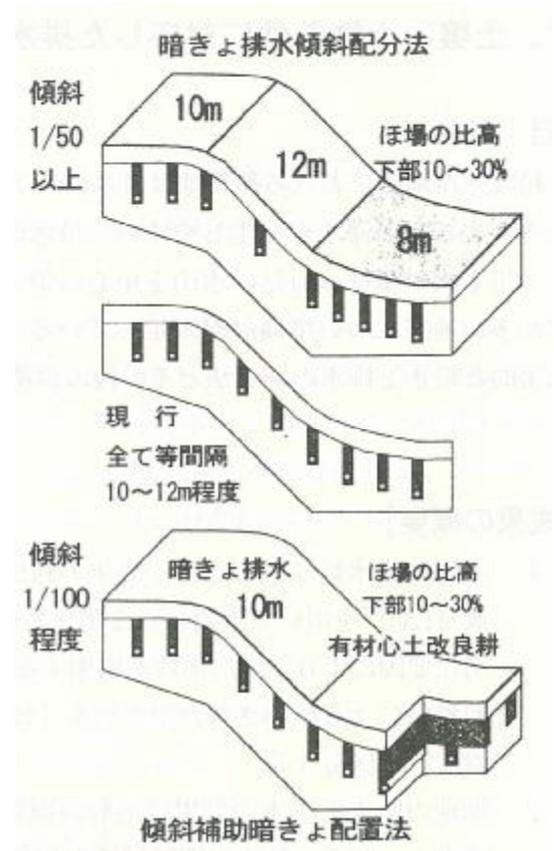


図2 地形に配慮した排水組織計画

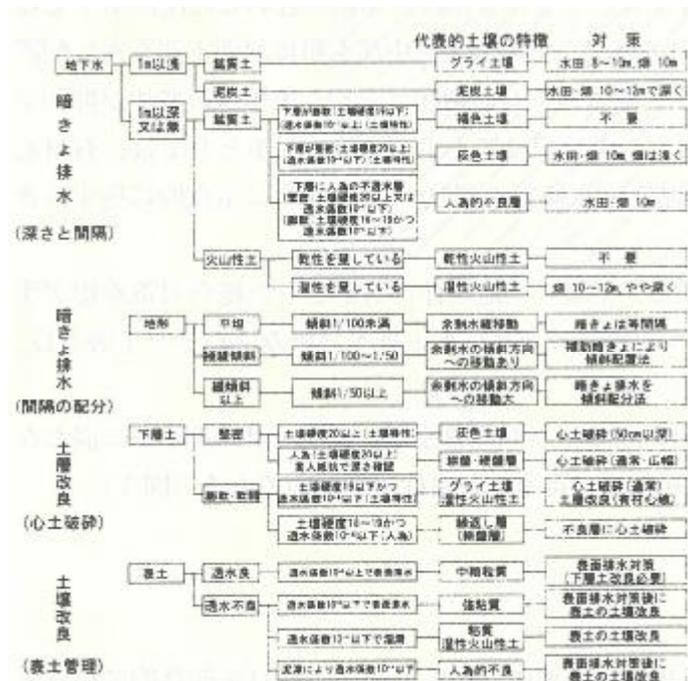


図3 土壤・土地条件に対応した排水対策区分

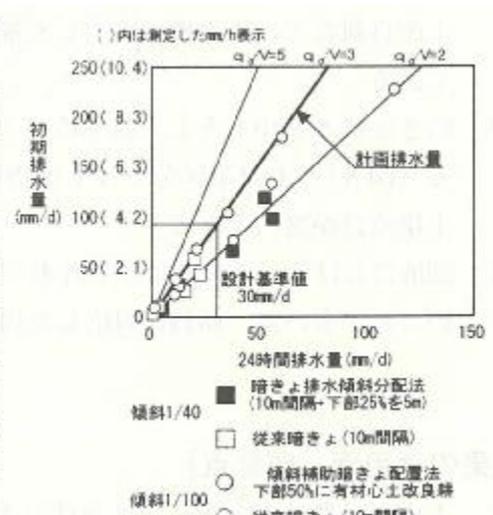


図4 傾斜に対応した排水組織の効果

引用文献

平成14年2月「土壤・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きよの自動設計 関連条項 [指針 4-2, 4-3]

デジタルオルソ写真を用いた暗きよの自動設計は、航空写真から作成したオルソ写真を用いて暗きよ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きよ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、設計に必要な暗きよ排水の水理計算、材料集計もシステムで実行可能である。

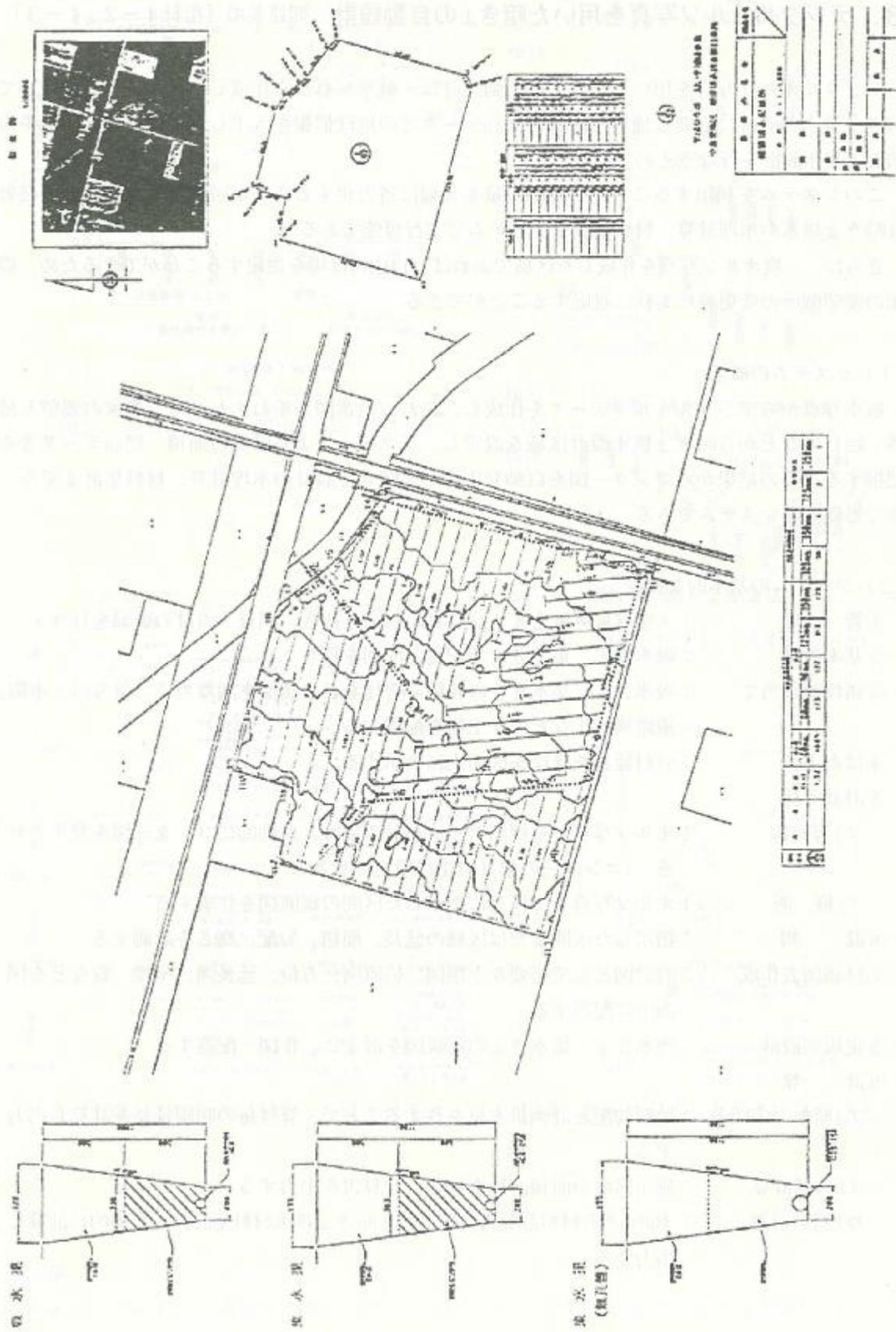
さらに、一度オルソ写真を作成した区域であれば、自由には場を選定することができるため、農家の要望個所の変更等に柔軟に対応することができる。

(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・地目界などから暗きよ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、暗きよ設計の水理計算、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 : 吸水きよ、集水きよの配置と配列を行う。
- ③ 属性割り当て : 吸水きよ、集水きよの管種・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壌図、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 : 吸水きよ・集水きよの定規図を設定し、作図・配置する。
- ⑨ 計 算
 - ア) 暗きよ水理計算 : 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・暗きよ排水材料集計書を自動的に計算し、出力する。



9. 暗きょ排水の配線方法の詳細 関連条項 [指針 4-3-2, 4-3-3]

暗きょ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きょ間隔を基本とする。整備区域（ほ場）境界や集水ブロック（1本の集水きょの支配区域）の境界と吸水きょ・集水きょ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きょ・集水きょと境界との離れは、標準吸水きょ間隔 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きょ終端との離れは、標準吸水きょ間隔 P の概ね $1/4$ とする。吸水きょ上流端に立上り管を設置する場合には、吸水きょ終端を整備区域境界まで延長してもよい。

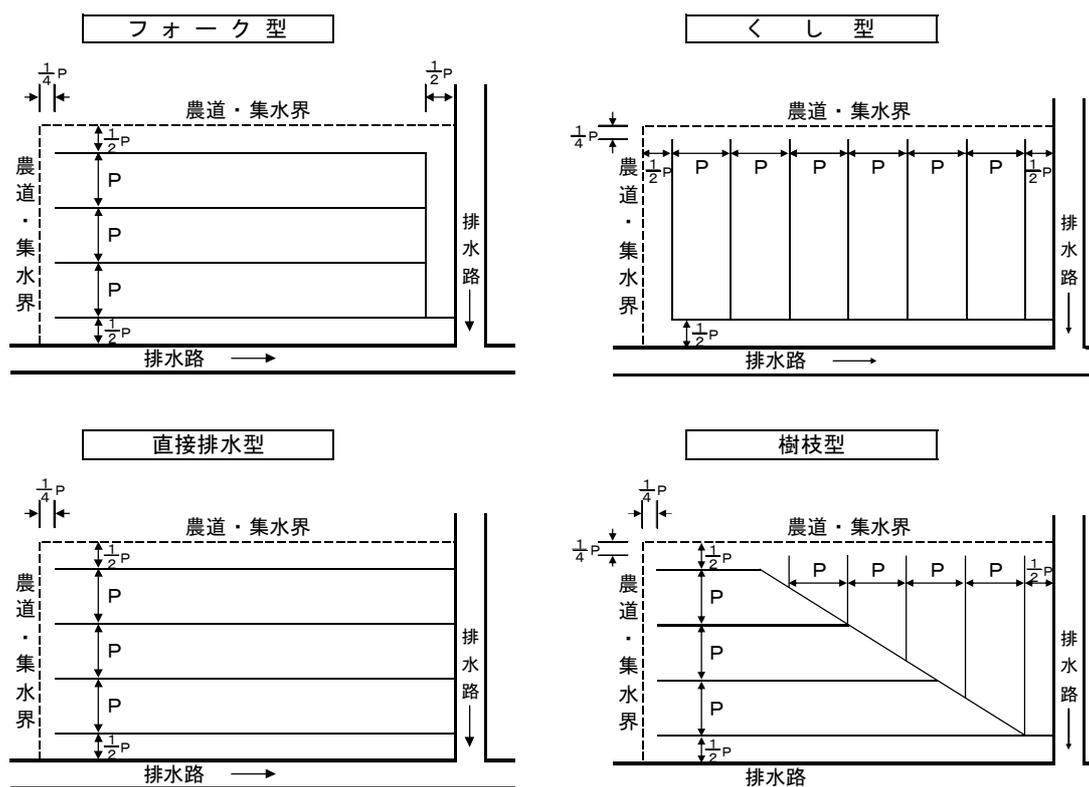


図 9-1 吸水きょ等の間隔 [一般]

(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、ほ場周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きよ・集水きよと境界との離れを、標準吸水きよ間隔 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、直接排水型のきよ線方向

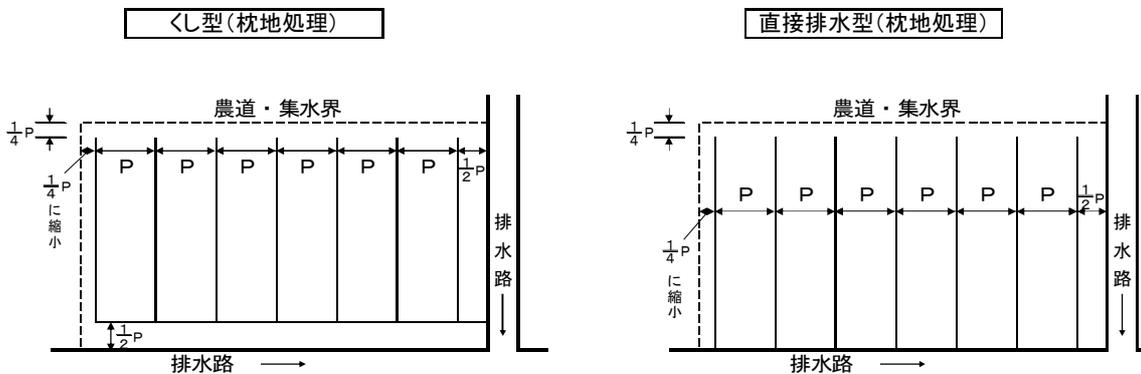


図 9-2 吸水きよ等の間隔〔枕地処理 I タイプ〕

II タイプ：吸水きよ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きよ間隔 P の概ね $1/4$ だけ離れた位置（平面的には吸水きよ上流端に隣接する位置）に枕地処理としての吸水きよ（枕地吸水きよ）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、直接排水型のきよ線直角方向、樹枝型のほ場邊緣

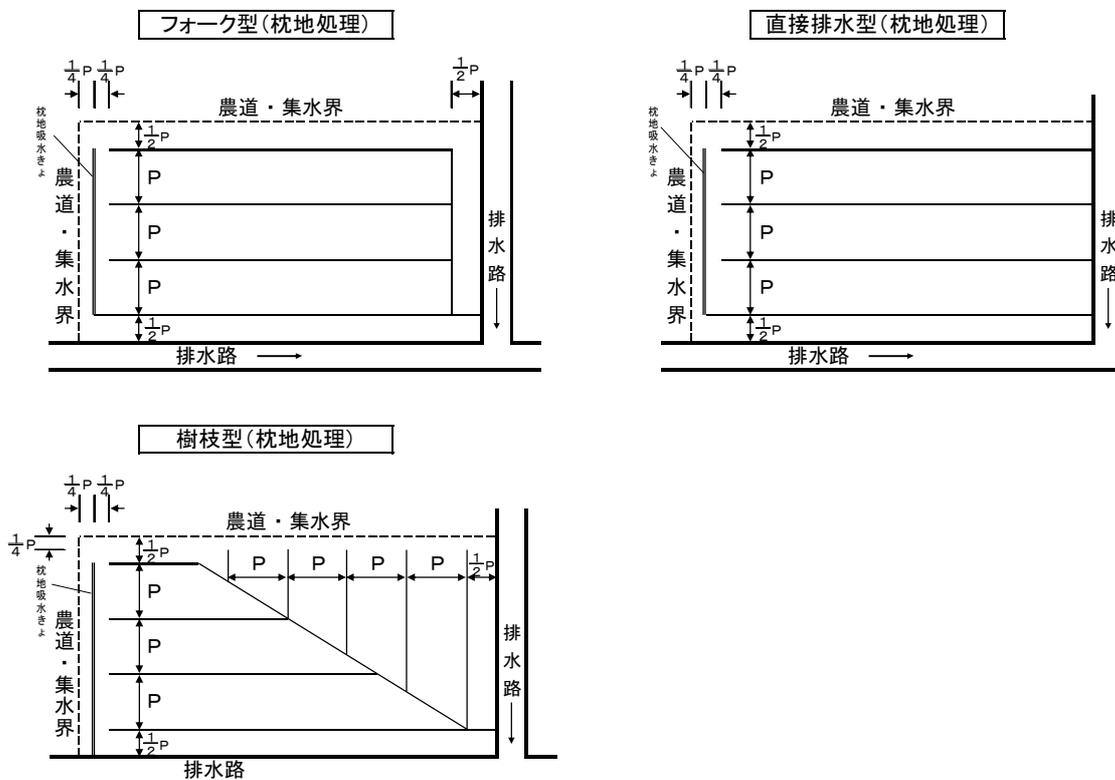


図 9-3 吸水きよ等の間隔〔枕地処理 II タイプ〕

10. 暗きょ排水組織の設計例（汎用田） 関連条項 [指針 4-2, 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 計画暗きょ排水量
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 基本暗きょ排水組織の計画
本暗きょのみとする。
- ⑤ 設計方針
本暗きょ設計とする。

（2）本暗きょ排水組織

- ① 標準配置
標準的な配線は図 10-(2)-1 のとおりである。

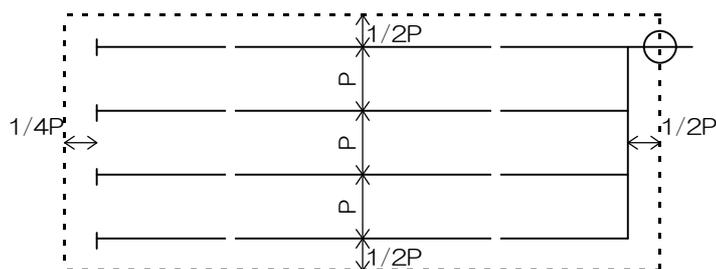


図 10-(2)-1 配線標準図

- 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。

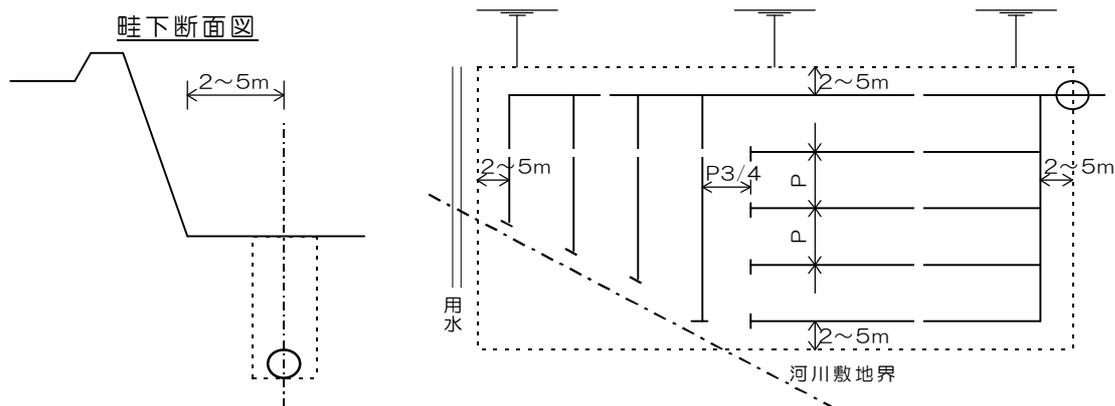


図 10-(2)-2 暗きょ配線例

(3) 暗きょ排水構造と諸元

① 管材の決定

暗きょ管材は大別して、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) 吸水きょの設計

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。

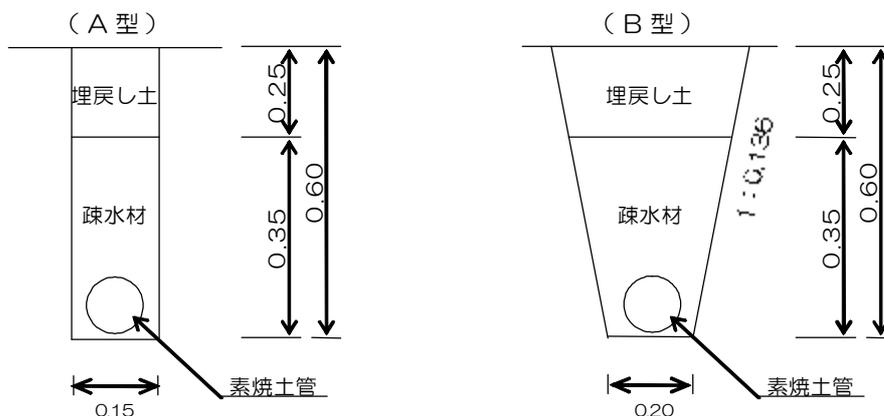


図 10- (4) -1 標準断面図

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（平均暗きょ深さ=0.7m 程度）、及び計画地下水位を考慮し、吸水きょ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 吸水きょの間隔

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

本地区の吸水きょ及び集水きょの勾配は、配線位置、配線延長、暗きょ掘削深を考慮し、以下の勾配とする。

吸水きょ I = 1/200~1/450

集水きょ I = 1/200~1/600

⑤管 径

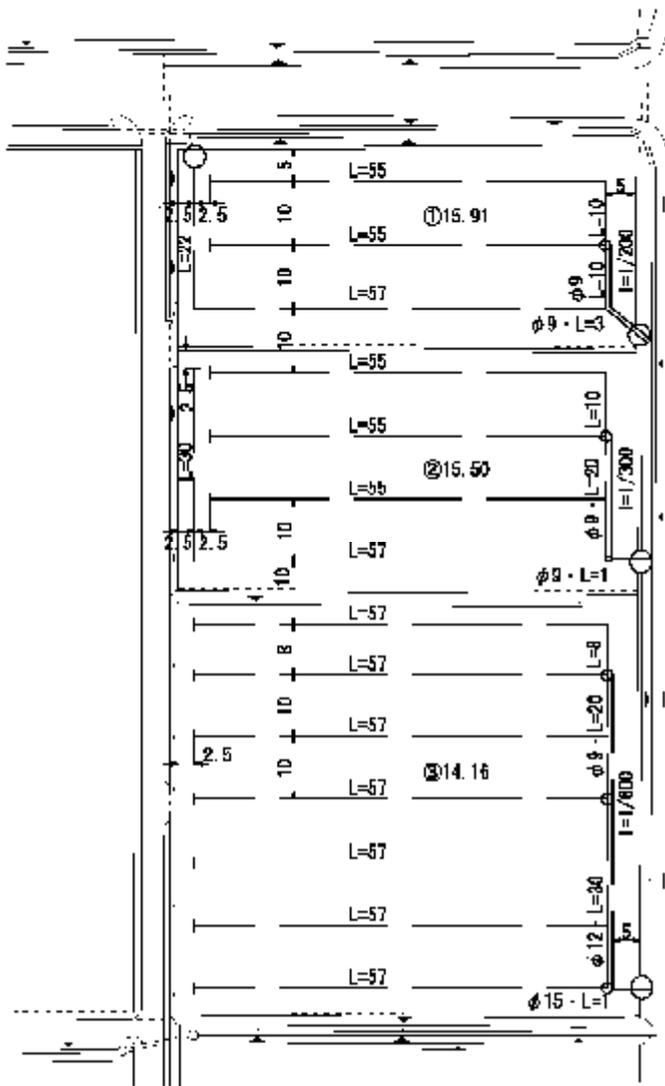
使用する管材は、素焼土管（吸水きよ・集水きよ）と合成樹脂管（集水無孔管・連絡きよ）であり、使用する管径は以下のとおりである。

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

（5）付帯施設

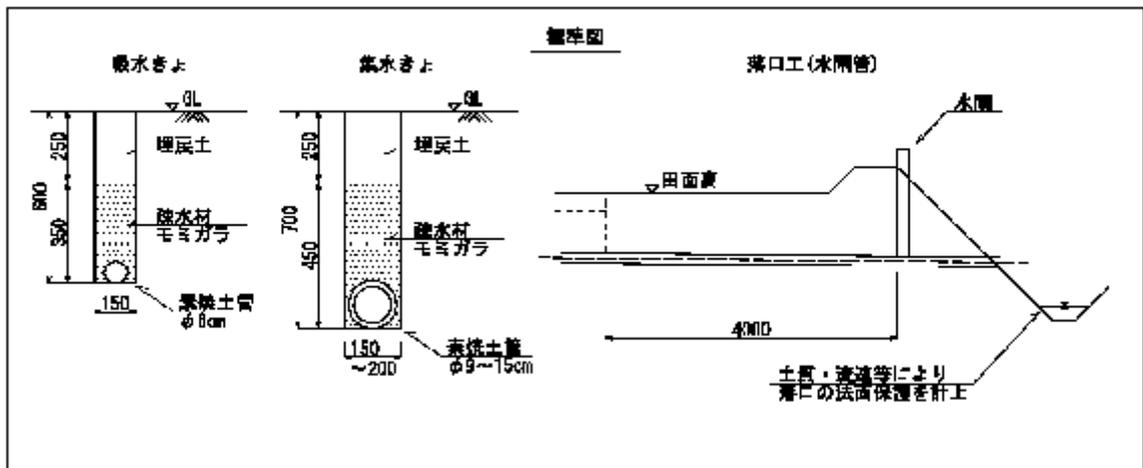
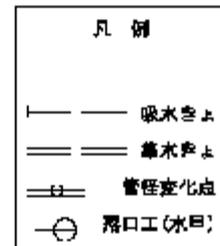
①水 閘

本地区においては、水平水閘を採用する。



排水 NO	用面高 GL	水間敷 FH	排水敷 EL
①	16.91	15.00	14.80
②	15.50	14.68	14.22
③	14.16	13.36	12.87

(標準図 落水工参照)



11. 暗きょ排水組織の設計例（畑地） 関連条項 [指針 4-2, 4-3]

(1) 設計条件

① 計画基準値の考え方

「畑地」を対象とする。

② 計画暗きょ排水量

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 基本暗きょ排水組織の計画

本暗きょのみとする。

⑤ 設計方針

本暗きょ設計とする。

(2) 本暗きょ排水組織

① 標準配置

標準的な配線は図 11-(2)-1 のとおりである。

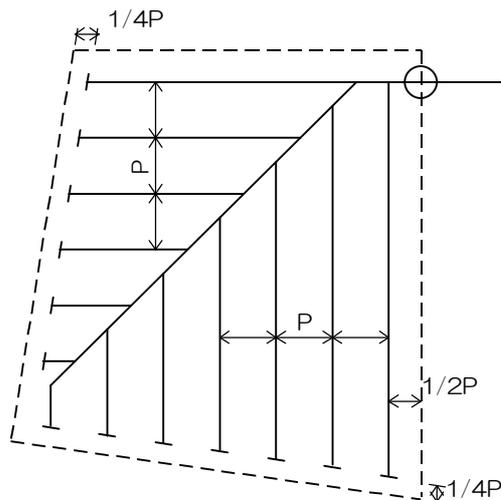


図 11-(2)-1 配線標準図

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。

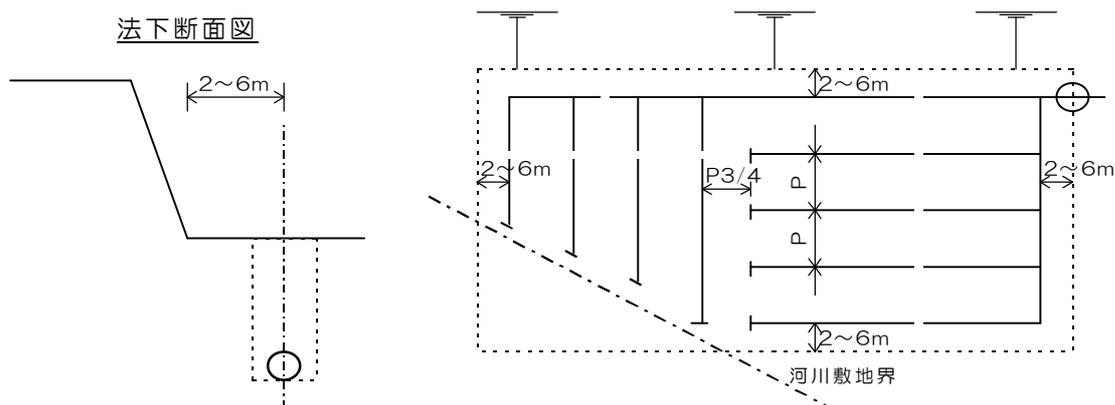


図 11-(2)-2 暗きょ配線例

(3) 暗きょ排水構造と諸元

① 管材の決定

暗きょ管材は大別して、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) 吸水きよの設計

①断 面

本地区では、スリム型バックホウ掘削とする。

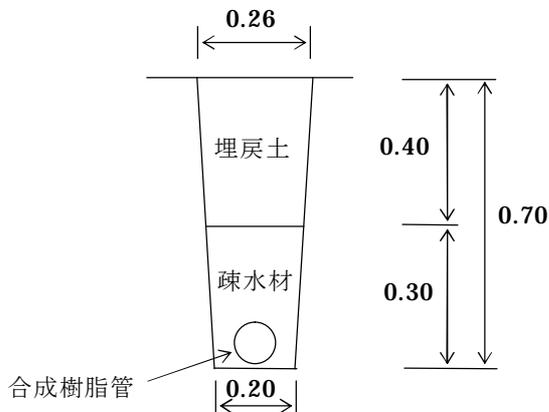


図 11-(4)-1 標準断面図

②深 さ

本地区では、近傍畑地帯の暗きよ施工実績、及び計画地下水位を考慮し、吸水きよのほ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 吸水きよの間隔

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

本地区の吸水きよおよび集水きよの勾配は、配線位置、配線延長、暗きよ掘削深を考慮し、以下の勾配とする。

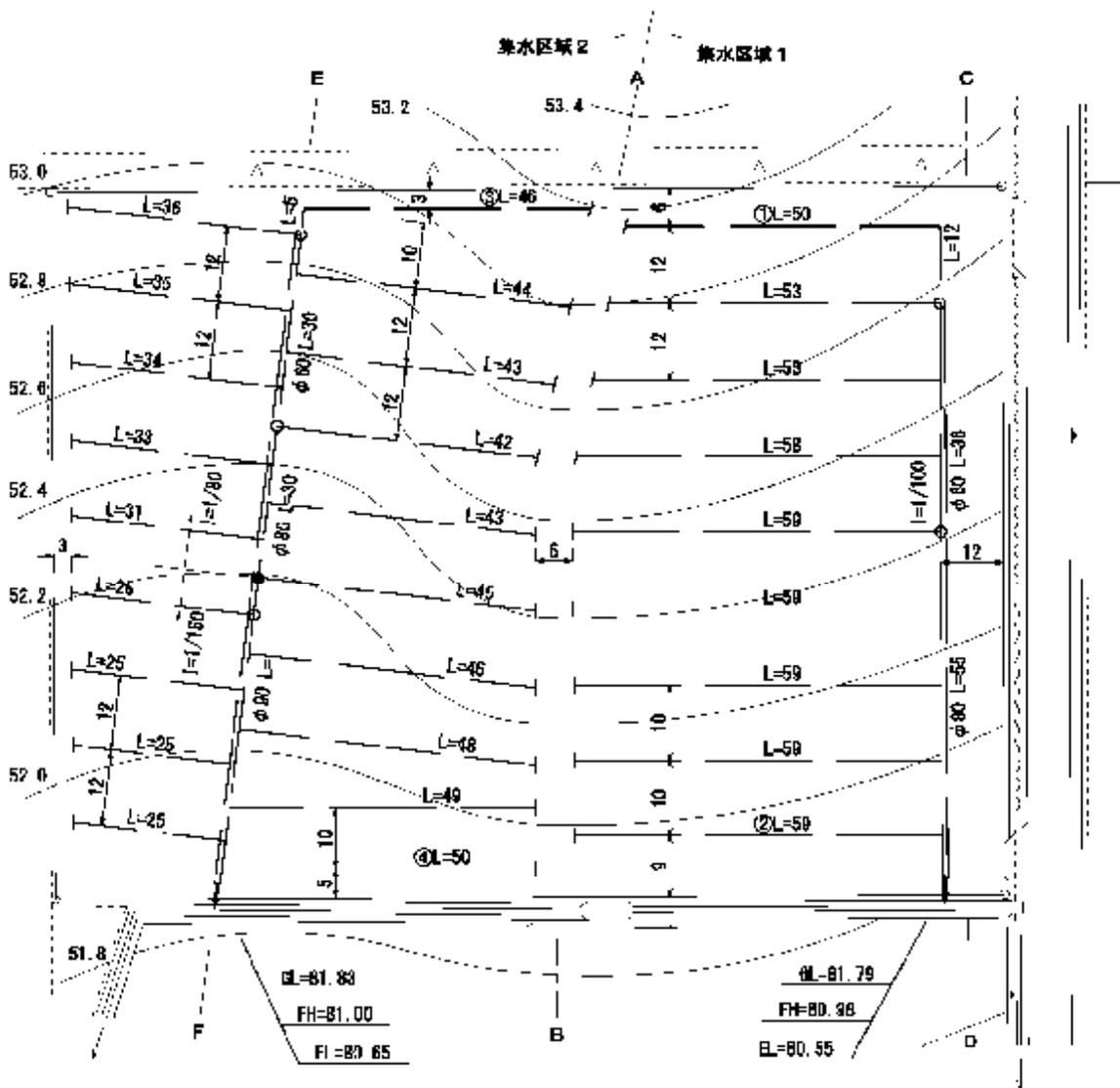
吸水きよ I = 1/100~300

集水きよ I = 1/40~300

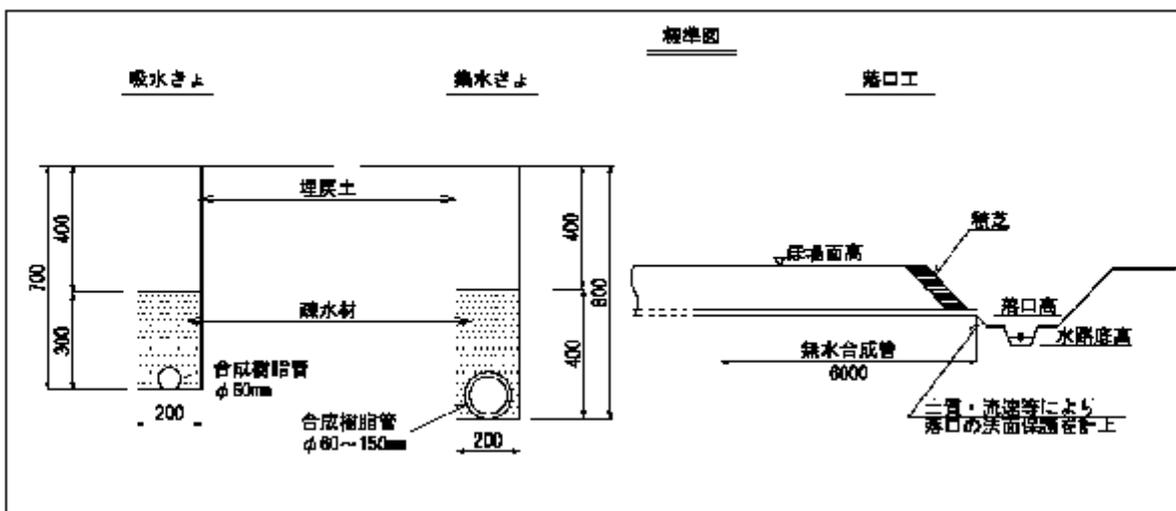
⑤管 径

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

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



	吸水きよ (φ80)		管径变化点
	集水きよ (φ60~φ150)		勾配变化点
	穿孔管 (φ60~φ150)		落口工



12. 暗きょ排水の設計例（水理計算・管径決定）

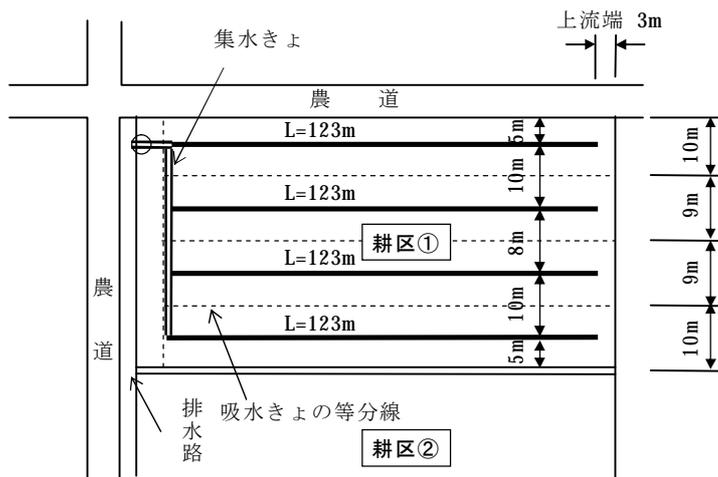
関連事項 [指針 4-3-2]

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（吸水きょ）
- 制限流速(V) : 0.20m/s~1.00m/s（集水きょ）
- 管径(d) : 6cm~15cm
- 管内水深(h) : 0.70d（70%水深）
- $\alpha = 1.65696$
- $\beta = 0.70541$

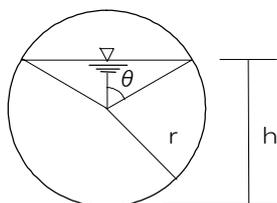
<配線図>



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きょ管延長を「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) 吸水きょの検討

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

- ①-1, 4 吸水きょ : 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
 → 上流端から 83m 地点から下流は全て φ9
- ①-2, 3 吸水きょ : 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
 → 上流端から 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) 集水きょの検討

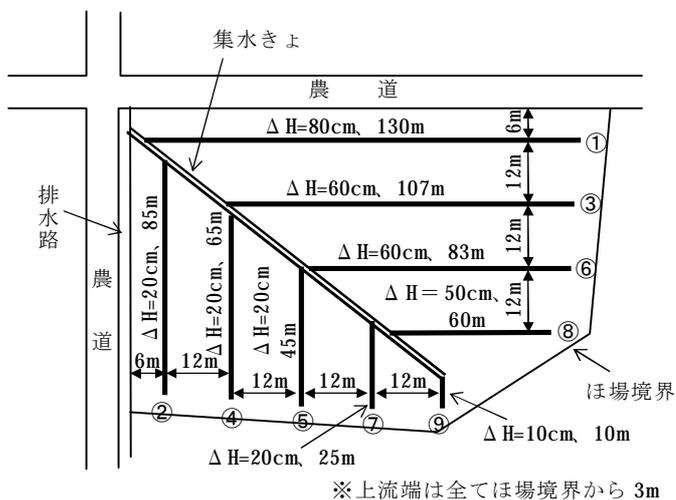
全ての吸水きょの間隔が同一でない場合、標準と異なる吸水きょ間隔となっている吸水きょについては耕区の標準的な吸水きょ間隔に補正して、吸水きょと集水きょの接合点における上流側の暗きょ管延長(補正後)を算出し、制限延長表により管径を決定する。その際、集水きょの集水範囲も延長換算して暗きょ管延長に追加する。

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 (吸水きよ)
- 制限流速(V) : 0.20m/s~1.00m/s (集水きよ)
- 管径(d) : 60cm~150mm
- 管内水深(h) : 0.70d (70%水深)
- $\alpha = 1.65696$
- $\beta = 0.70541$

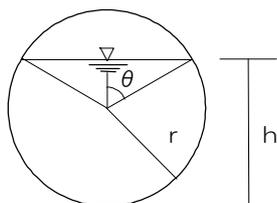
<配線図>



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きょ管延長を「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	吸水きょ
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) 吸水きょの検討

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

配線計画から、吸水きょ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きょ管標高を算出する。上下流端の暗きょ管標高の落差(ΔH)と吸水きょ延長から、吸水きょ勾配を求め、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。

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

(5) 集水きょの検討

水田の場合と同様の方法により管径を決定する。

[参考] 吸水きよの勾配と管内流速について

指針では、吸水きよの勾配は 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」では吸水きよ勾配は、それぞれ 1/100~1/1000、1/100~1/800 となっている。また、農水省、開発局とも吸水きよ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、暗きよ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。

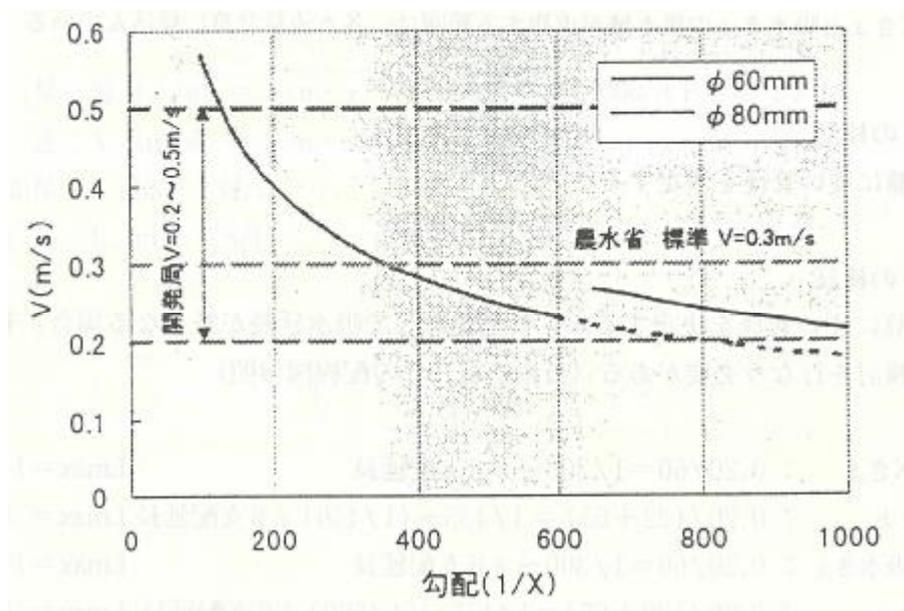


図-1 吸水管の勾配と管内流速の関係

14. 現場透水係数を用いた吸水きょ間隔の計算

(1) 土地改良設計基準計画・暗きょ排水・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、暗きょ排水理論式から吸水きょ間隔を算出する手法を示している。

[算定式]

D：計画暗きょ排水量（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}	$60 \geq$

計画暗きょ排水量を「暗きょ排水設計指針／北海道」とした場合求められる吸水きょ間隔は技術書で 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、求められた吸水きょ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きょ間隔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 吸水きょ間隔の試算（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	

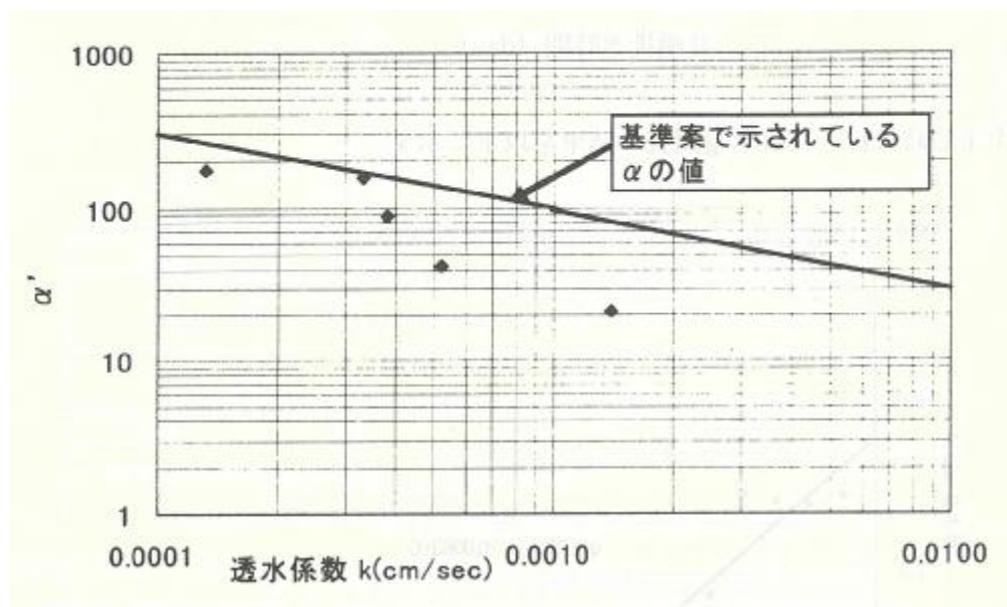


図 14-(1)-1 透水係数と暗きょ間隔が 10 m となる α' の関係

15. 暗きょ排水量調査結果を用いた吸水きょ間隔の計算（水田）

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

[算定式]

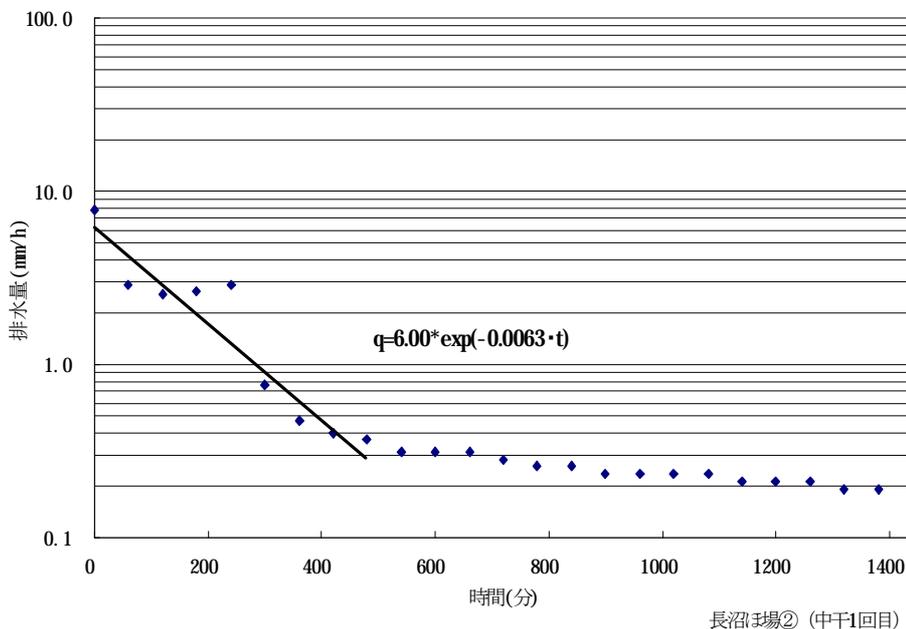
$$S = S' \cdot \sqrt{\frac{q_0}{D}} \times 24$$

- S : 吸水きょ間隔 (m)
- S' : 排水試験時の暗きょ間隔 (m)
- q₀ : 初期暗きょ排水量 (mm/hr)
- D : 計画暗きょ排水量 (mm/d)

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

- V : 暗きょ総排水量 (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きよ排水量 (q_0) と暗きよ総排水量 (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きよ間隔は 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、試験対象となる暗きよの状態（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きよの間隔の検討

観測(中干し時)	ほ場 No.	既存暗きよ 間隔 S' (m)	疎水材	暗きよ深さ	q_0 (mm/hr)	暗きよ 総排水量 V (mm)	計画暗きよ 排水量 D (mm)	充足率	計画暗きよ 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きよの排水機能

バックホウによる暗きよ溝掘削において、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、暗きよ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きよ」と「従来型バケットによる暗きよ」の比較試験結果を示す。

(1) 暗きよ掘削断面

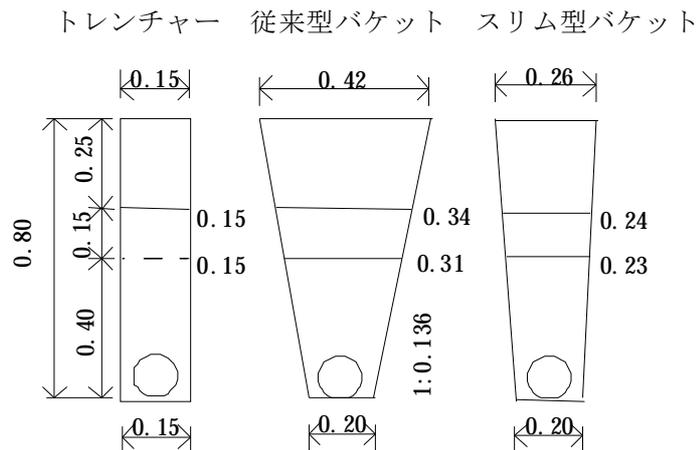


図 16-(1)-1 タイプ別掘削断面

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 [®] (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きよの排水機能の比較

表 16-(2)-1 暗きよ排水量結果総括表

ほ場	暗渠タイプ	観測期間	降雨量(mm)	暗きよ排水量		
				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

暗きよ形状

暗きよタイプ	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		

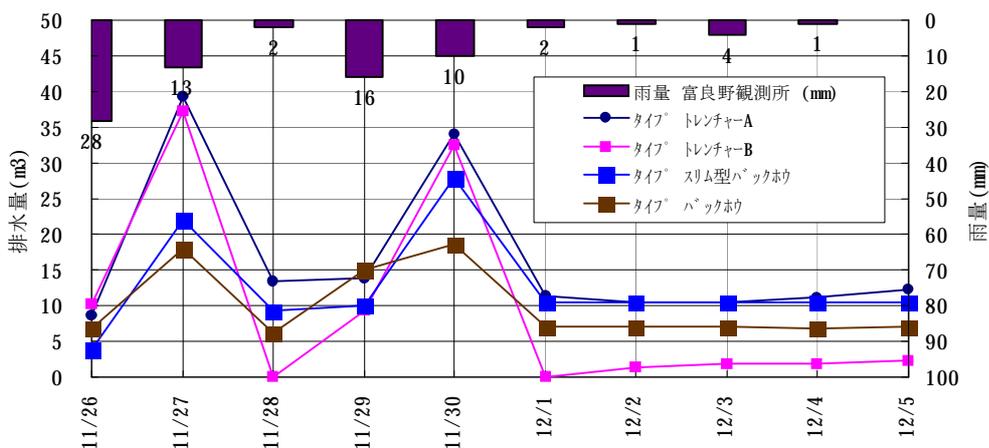


図 16-(2)-1 暗きょタイプ別排水量グラフ

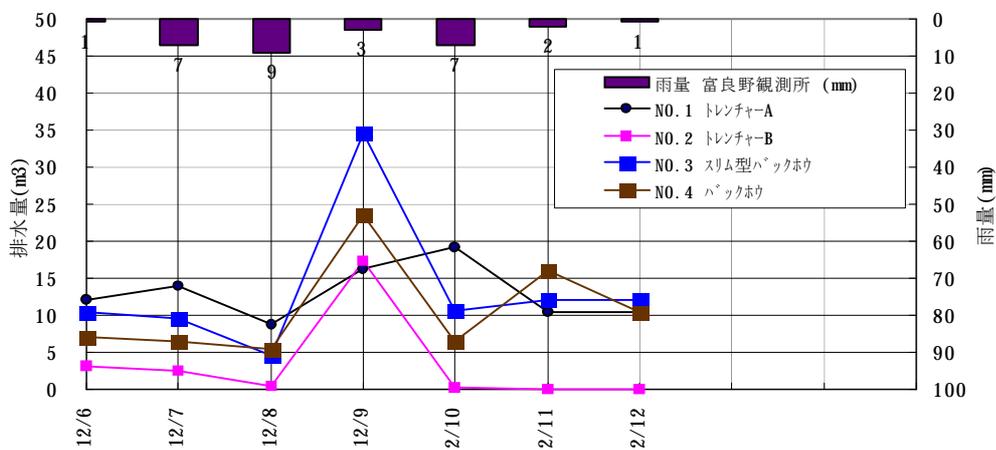


図 16-(2)-2 暗きょタイプ別排水量グラフ

(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きょの排水量は、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きょ排水掘削機種の使用実態

【アンケート調査の目的】

北海道で行われている暗きょ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、暗きょ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別の割合

		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	◎	△	○	○
	フオーク型	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	◎ = 5
2	○ = 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別の割合

		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	△	-	○	◎
	フオーク型	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	100	0	-	-	-	○
	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	8	8	19	73	19	△	△	○	◎
	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	◎ = 5
2	○ = 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別の割合

		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	△	-	△	○
	フオーク型	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	100	0	-	-	-	○
	1/301~1/485	1	2	0	0	33	0	67	0	△	○	○	-
	1/485~1/600	0	3	3	0	0	0	50	50	-	-	○	○
	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	◎ = 5
2	○ = 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. 暗きょ排水機能解析

(1) 暗きょ機能調査の目的と試験の概要

本道における計画暗きょ排水量の決定や、適切な暗きょ間隔の範囲を求める目的で、試験ほ場を用いた「暗きょ機能調査」を、表 18－(1)－1 に示した道内の 6 ヲ所で、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きょ施工図を次頁以降に示す。

表 18－(1)－1 暗きょ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 暗きょ	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 黒ホク土
	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	ドマツ チップ /10/60	ドマツ チップ /5/60	—	褐色低地土

計画暗きょ排水量については「技術資料－5」に示したので、ここでは以下、暗きょ間隔の設定について検討を進める。

(2) 吸水きょ間隔の検討

①土地改良設計基準「計画・暗きょ排水・技術書（以下「技術書」）」では「現地のは場で実施した暗きょ排水量調査の結果から吸水きょ間隔求める手法」を示している。

[算定式]

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

- S : 吸水きょ間隔 (m)
 S' : 排水試験時の暗きょ間隔 (m)
 q₀ : 初期暗きょ排水量 (mm/hr)
 D : 計画暗きょ排水量 (mm/d)

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

- V : 暗きょ総排水量 (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きょ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、暗きょ総排水量、初期暗きょ排水量を求め、これを「技術書」に示された算定式に当てはめて吸水きょ間隔を検討する。

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きょ排水率、ピーク排水強度の関係から、計画降雨に対応した暗きょ排水量、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、吸水きょ間隔を検討する。

a) 水田における排水量調査の結果（中干し、落水時の暗きょ排水量を測定）

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きょ間隔は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、求められる吸水きょの間隔は概ね同様の範囲にある。

図18-(2)-1に示すように、求められる計画暗きょ間隔は試験時の暗きょ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きょ排水量が試験時の暗きょ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。

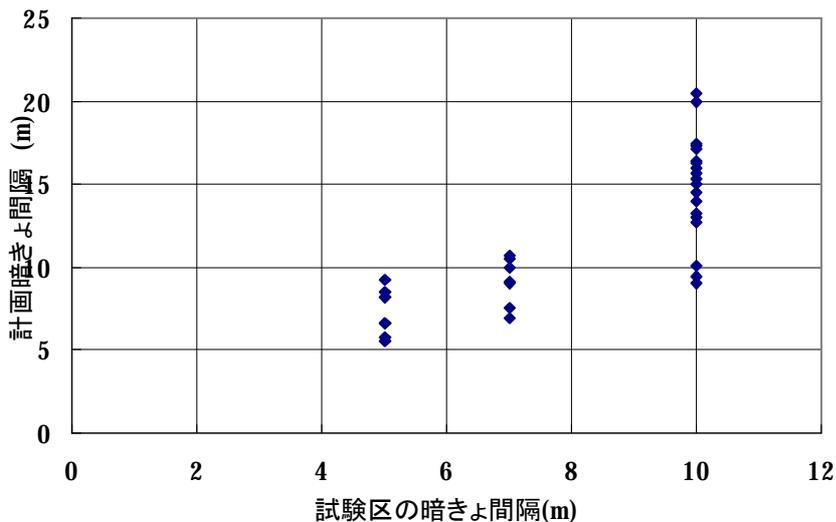


図18-(2)-1 試験区の暗きょ間隔と計画暗きょ間隔

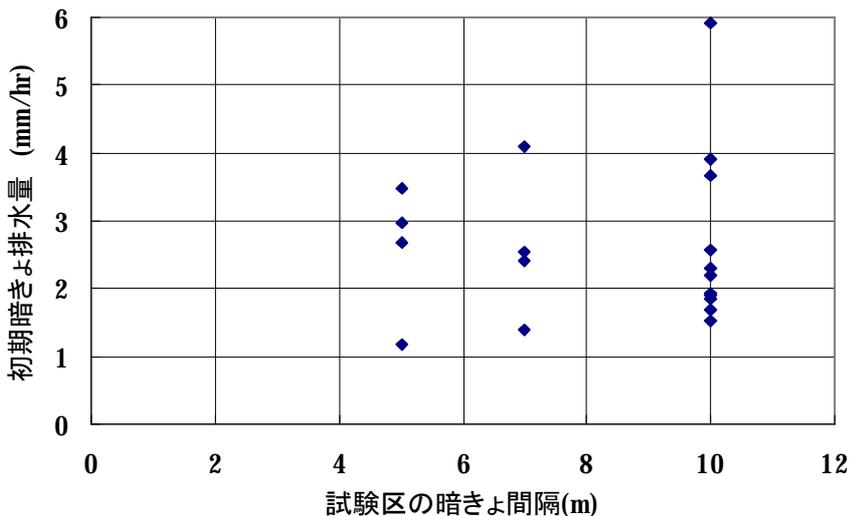


図18-(2)-2 試験区の暗きょ間隔と初期暗きょ排水量

表 18-(2)-1 排水量調査に基づく吸水きよ間隔の検討 (長沼ほ場)

地 区	ほ場 No	既存暗きよ 間隔 S' (m)	疎水材	暗きよ 深さ (m)	q ₀ (mm/hr)	暗きよ 排水量 V(mm)	計画暗きよ 排水量 D(mm/day)	充足率	計画暗きよ 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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	

初期暗きよ排水量(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

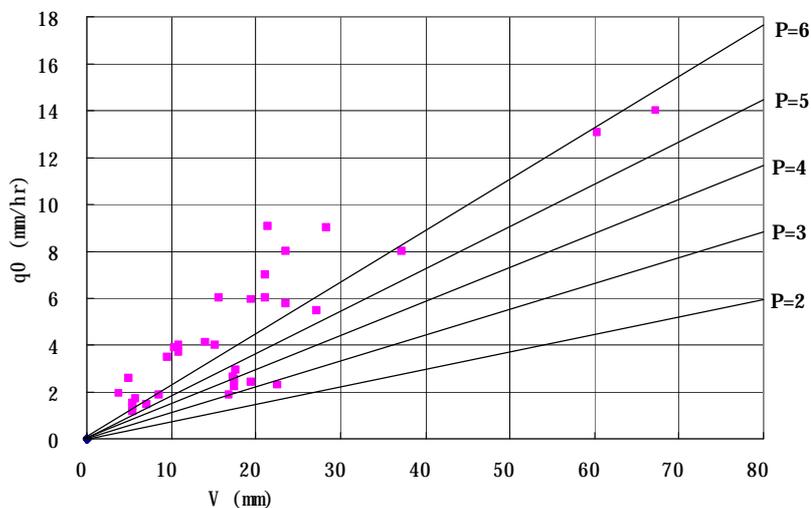


図 18-(2)-3 暗きよ総排水量(V)と初期暗きよ排水量(q₀)の関係

本調査では、隣接したほ場で暗きょ間隔を変えた試験を実施しており、初期暗きょ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、初期暗きょ排水量及び暗きょ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きょ間隔の平均値は **11.5m** となり、経験的に採用されている吸水きょ間隔よりやや大きな値を示した。

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

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

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

$$V_i : \text{各試験区の総排水量}$$

$$A : \text{ほ場全体の面積}$$

$$A_i : \text{各試験区的面積}$$

$$S_i : \text{各試験区の吸水きょ間隔}$$

$$N_i : \text{各試験区の吸水きょ本数}$$

表 18-(2)-2 吸水きょ間隔の計算結果 (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) 畑における暗きょ排水量調査の結果（降雨時の暗きょ排水量を測定）

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きょ排水量についても「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、以下の手順で吸水きょ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きょ排水率、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、これに対応する暗きょ排水率を上述の関係から求め計画暗きょ排水量とした。
- 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きょ配置を用いて吸水きょの間隔を求めた。

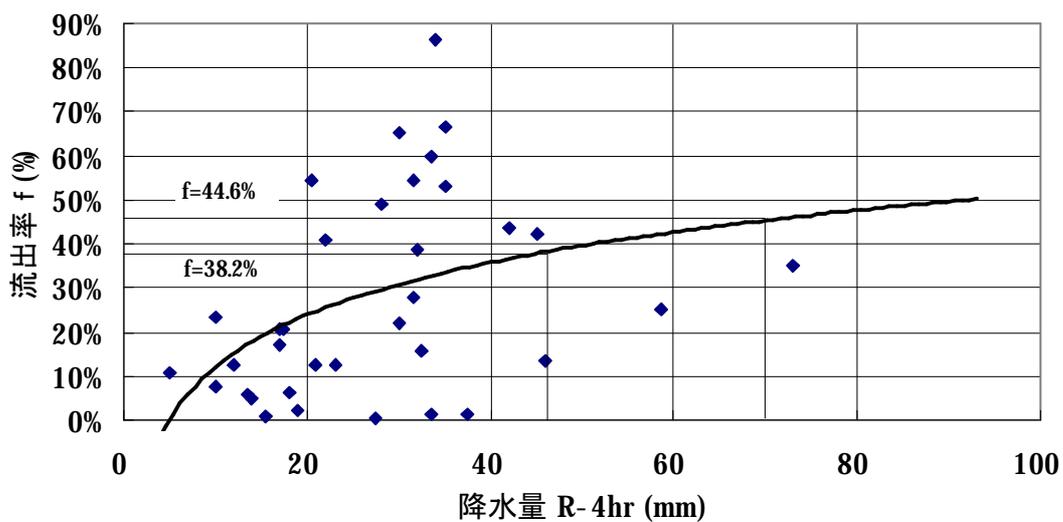
調査5地区の解析結果を表18-(2)-3及び表18-(2)-4、図18-(2)-4、図18-(2)-5にまとめた。

表18-(2)-3 暗きょ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
既設暗きょ間隔 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
暗きょ流水率 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
吸水きょ間隔 S (m)	9.6	10.6	7.0	7.4	20.8

表 18－(2)－4 暗きよ排水量調査の結果（畑・転換畑）

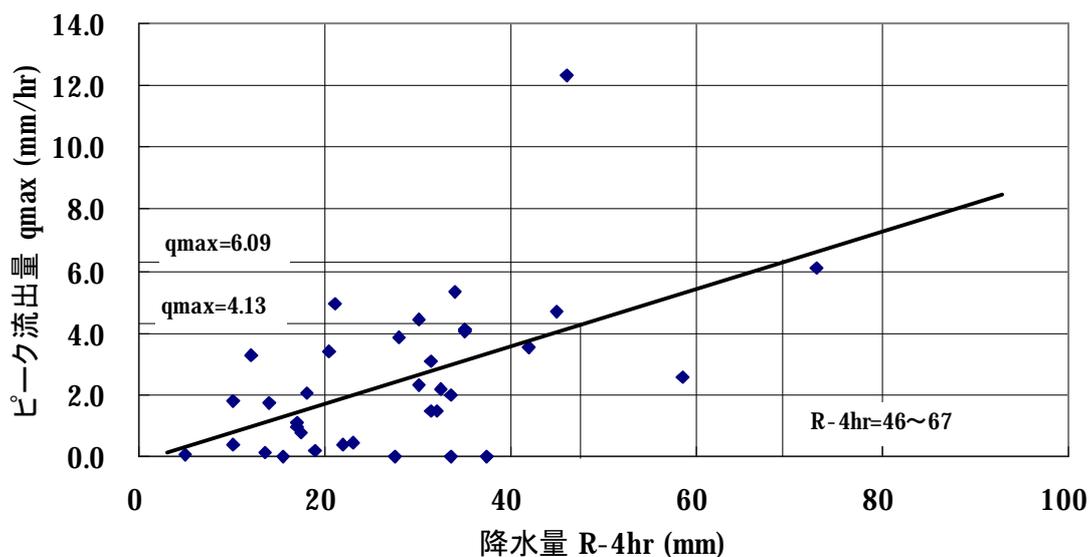
	期 間	降水量 (mm)		ピーク流出高 (mm/hr)	総流出量 (m ³)	流出率 (%)
		全体	24hr[peak]			
二見が岡	6/20-6/23	35.0			22.4	6.0%
	7/11-7/14	17.0			19.7	10.8%
	8/28-9/01	156.5			—	—
	9/16-9/21	57.0			171.2	28.0%
	9/22-9/28	44.5			99.5	20.8%
	1999/10/28-11/01	45.0	17.0	1.084	82.6	17.1%
帯 広	7/08- 7/13	106.0			13.0	1.1%
	8/27- 9/01	155.0			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。これに対応する暗きょ流出率は図 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、計画暗きょ排水量は $D=4.4\sim7.5\text{mm}$ 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。

吸水きょ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、現行の暗きょ間隔をやや下回る結果となった。

なお、いずれの場合とも、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、暗きょ機能としては十分であると判断される。

吸水きょ間隔の算定

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

	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

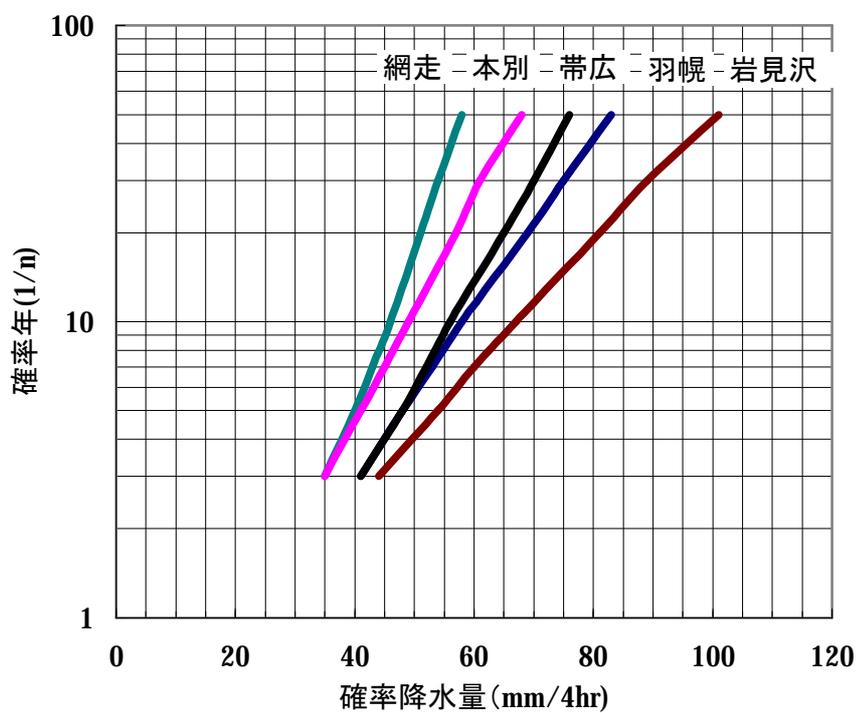


図 18－(2)－6 調査地点の確率降水量

19. 浸透型暗きよの施工例 関連条項 [指針 4-3-2]

(1) 浸透型暗きよの原理

浸透型暗きよは、地形条件等の理由から暗きよ排水路が必要な規模（深さ）で整備できない場合で、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

浸透型暗きよ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

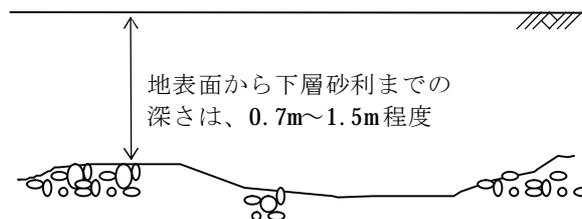


図 19-1 現地の断面模式図

(5) 施工形状

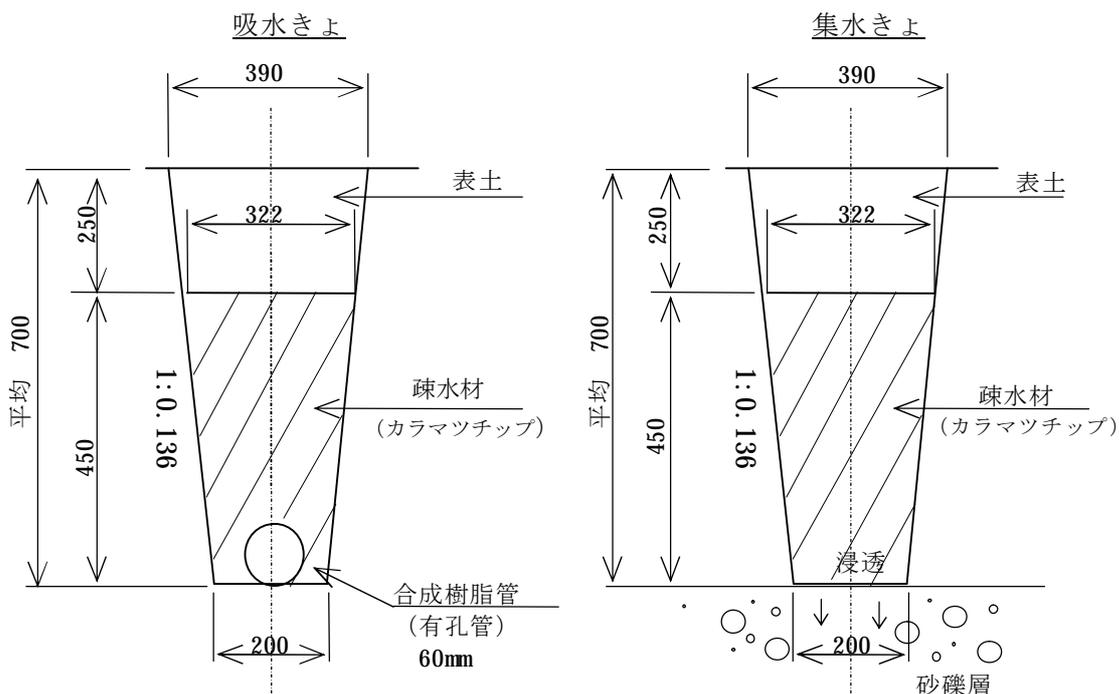


図 19-2 浸透型暗きよ試験施工標準断面図

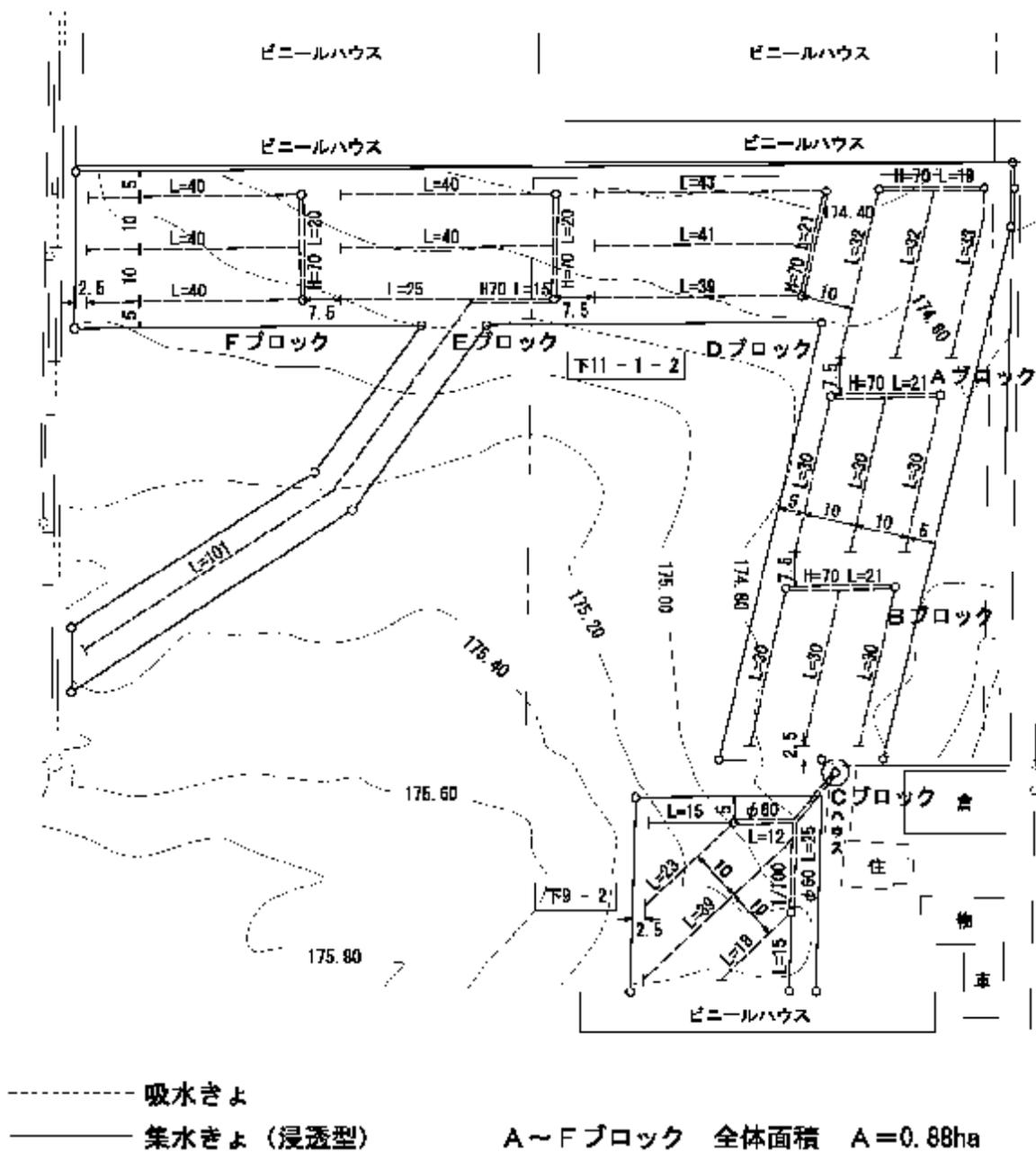


図 19-3 施工位置図

Eブロック
(集水きよ断面)



図 19-4 集水きよ断面状況写真

(6) 試験結果

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

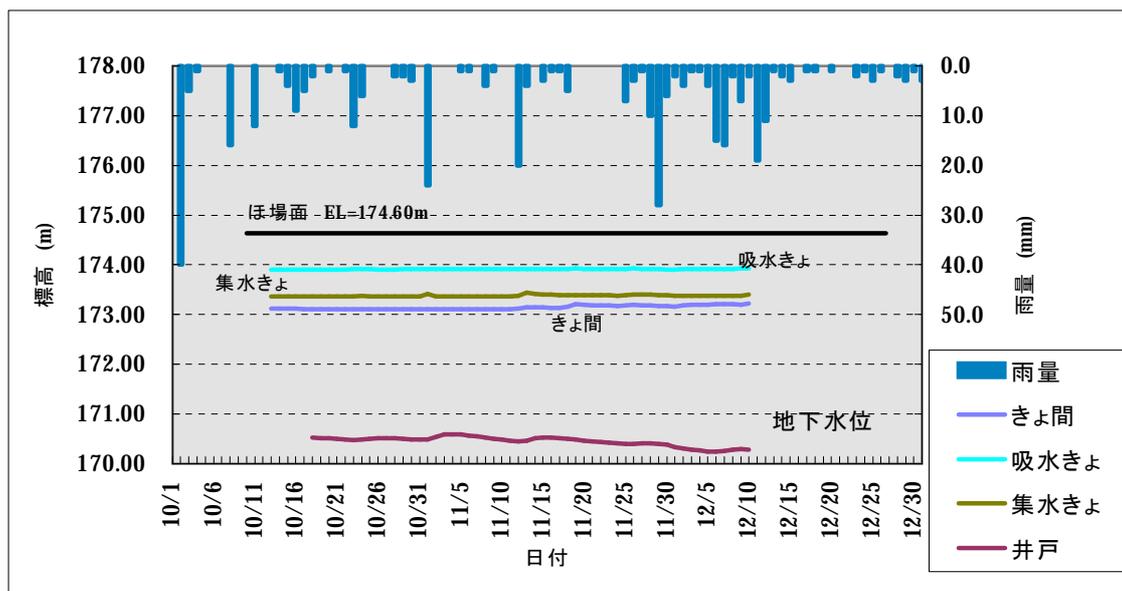


図 19-5 浸透型暗きよ試験区の水位変化

20. 暗きょ排水の有効性に関するアンケート調査結果（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・暗きょ排水・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%

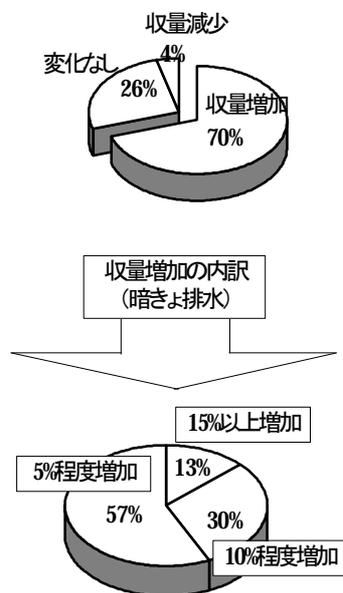
調査期間：平成10年8月3日～8月31日

（2）事業前後の収量及び品質の変化

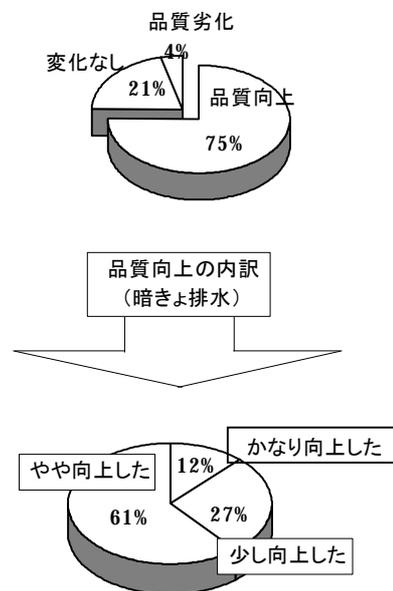
暗きょ排水を行ったほ場における収量及び品質の変化

大半の農家が、暗きょ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（暗きょ排水）>



<品質の変化（暗きょ排水）>

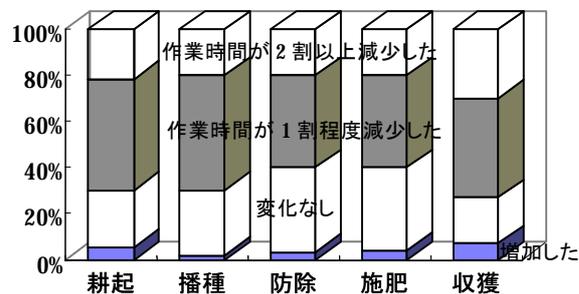


(3) 暗きょ排水を行ったほ場における作業時間の変化

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%**

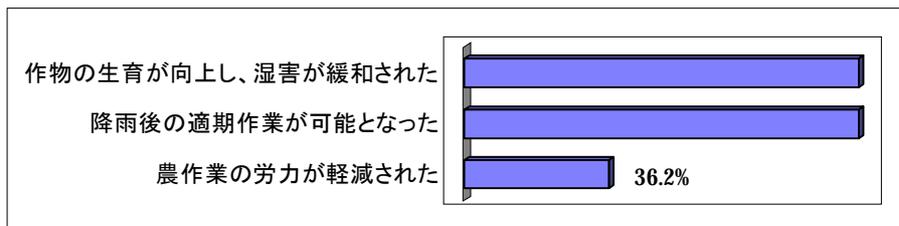
各作業にかかる所要時間（農家の割合）



(4) 暗きょ排水の主な効果内容

暗きょ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. 暗きょ排水の有効性に関するアンケート調査結果（2）

（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きょ排水を施工し、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%

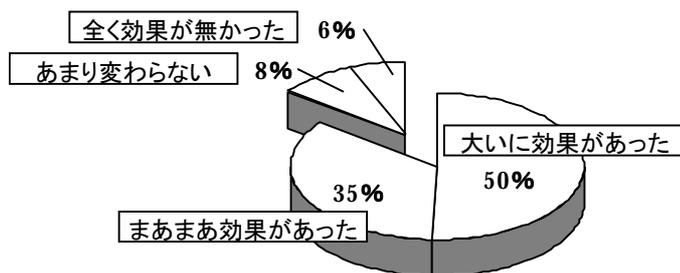
調査期間：平成10年10月29日～11月11日

（2）平成10年の大雨・長雨に対する暗きょ排水の効果の内容

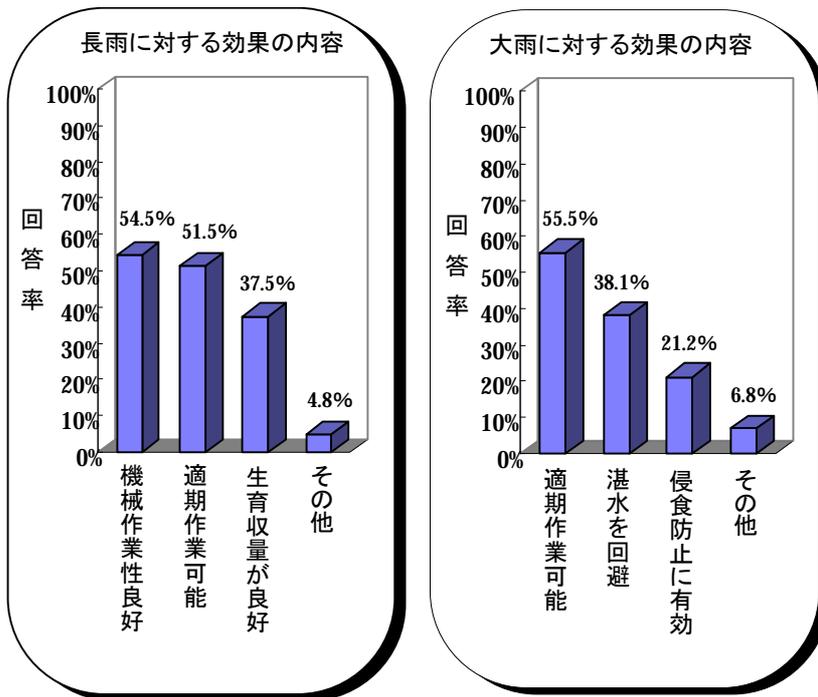
今年の天候で暗きょ排水の効果があったかという設問に対し、半数以上が「大いにあった」と回答しており、「まあまあ」という回答と合わせると約86%という結果であり、今年のような大雨・長雨に対しても多くの農家が効果があることを認めている。

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。



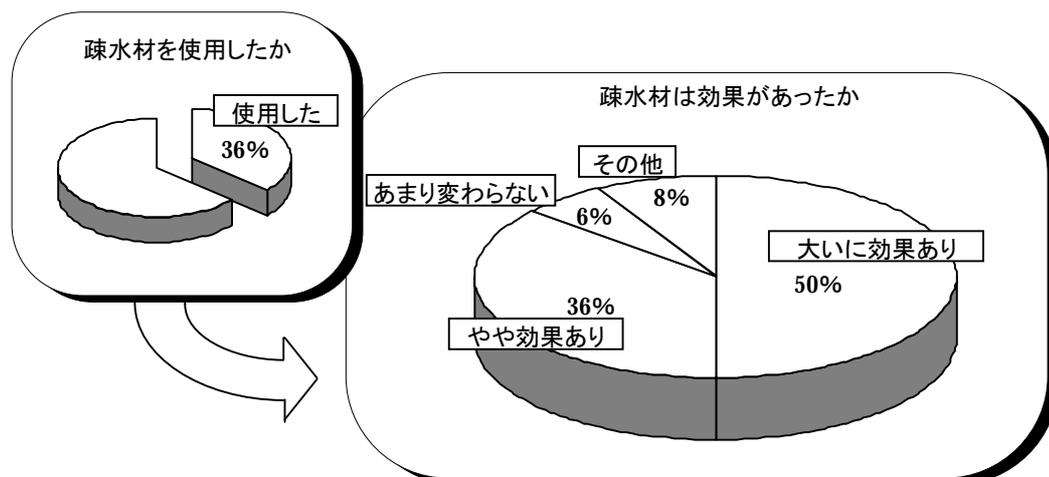
「効果あり」86%の内訳は、以下のとおりである。



(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

「暗きょ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。

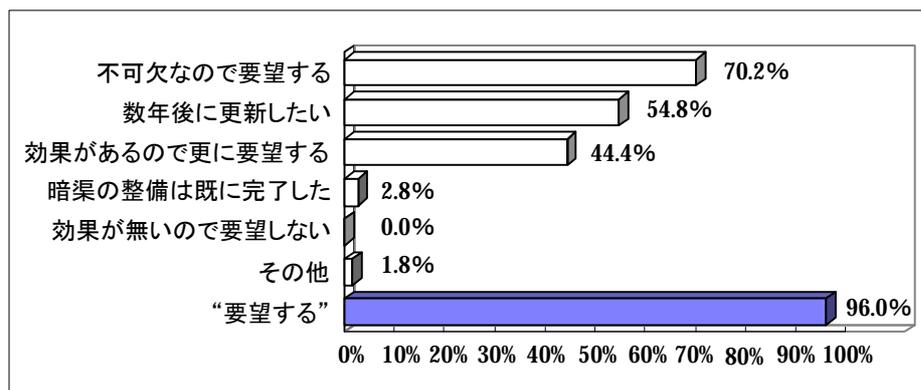
疎水材を使用した農家に疎水材の効果について質問したところ、疎水材は「大いに効果あり」(50.3%)と「やや効果あり」(35.7%)を合すると86%にもなり、疎水材を使用することによって暗きょ排水の効果が向上することを農家を実感として認めていることを示している。



(4) 暗きょ排水の整備要望

「暗きょ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

暗きょ未施工→暗きょ施工→疎水材暗きょ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。

総じて暗きょ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。

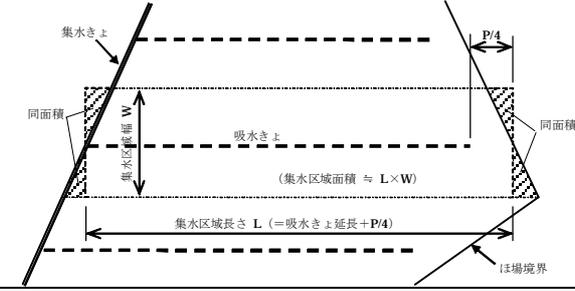
100%に近い農家が（更新も含めて）暗きょ排水の事業要望があると回答しており、今後も積極的に事業展開を行う必要がある。

質疑応答

暗きょ排水設計指針に関する質疑について

項 目	質 問	回 答
2-3	Q1 農地カルテの作成はどのタイミングで行うか。	A1 農地カルテは、計画樹立時の受益者聴き取り内容をベースに作成し、実施段階に入っても受益者との協議内容を追記することにより充実を図る。
3-2-2 等	Q2 汎用田の取り扱いはどのようにすればよいか。	A2 汎用田の場合、現況の利用形態が畑利用の場合でも、田畑輪換により田利用も想定されることから、計画暗きょ排水量は水田と同等とする。吸水きょの最小掘削深は、畑と同様の60cmを確保する。ただし、表土厚は汎用田の値として25cmと定めている。
4-3-1 2	Q3 疎水材として、一般廃棄物の伐根等のチップを使用してよいか。	A3 よい。ただし、量の確保・時期の選定等に留意する必要がある。
4-3-1 2	Q4 疎水材として麦桿の使用は可能か	A4 一般的には使用しないが、過去からの経緯、現場条件、地元の要望等を十分に検討し、使用することが可能である。
4-3-1 2	Q5 疎水材に有機物を使用した場合、ほ場面に沈下が起きるのではないか。	A5 営農上支障となる沈下はないと考える。
4-3-1 2	Q6 暗きょ排水の材料選定にあたっての留意点は。	A6 暗きょ排水に用いられる材料には、地表残留水や地下水を速やかに管へ導くための排水性、安全で容易な施工を可能にする施工性、経済性等が求められる。その他に、大量に用いられる材料では施工地域において入手が容易であることや、近傍地区においてその性能が確認されていること等を総合的に検討し、材料を決定する。
4-3-1 2	Q7 疎水材として用いる火山灰の品質はどのように規定すればよいか。	A7 疎水材として必要な透水性等を定量的に示すことは困難であるため、疎水材として使用する材料の品質については、近傍地域における疎水材としての使用実績に基づき判断されたい。
4-3-1 4	Q8 管径とは外径をいうのか、内径をいうのか。管種により仕様の違いがあるのではないか。	A8 内径をいう。
4-3-2 1	Q9 本指針で、「表土」とは何を指すか。	A9 田、及び汎用田では、「土層改良計画指針(案)」に示される区画整理の表土扱い深に相当する深さを「表土」としている。 畑については、「土層改良計画指針(案)」では汎用田と同様であり、表土扱い深は25cmとなっているが、営農上、深耕等によってより深い位置まで耕起される可能性があり、耕起による疎水材の表土への混入を防ぐためほ場表面から40cmまでを「表土」としている。
4-3-2 1	Q10 耕盤とは何か。	A10 一般に耕盤とは、スキやプラウの通過による踏圧と摩擦によって地表下10～20cmの深さにできる厚さ数cmの硬い土層をいう。人為によらず粘土粒子の集積、シリカ酸化鉄、炭酸カルシウムなどで固まった層を「硬盤」として区別されるが、本指針では厳密に区分していない。暗きょ排水との関連では、耕起等により膨軟化が図られる深さまでは表土として取り扱い、表土より下には耕盤(硬盤)が残るという考え方をとっている。

項 目	質 問	回 答
4-3-2 1	Q11 草地の場合、被覆材暗きよの要望が寄せられることがあるが、どのように設計すればよいか。	A11 指針「4-3-2」に記載の通り、少量の疎水材により施工する暗きよとして設計する。その場合、疎水材は掘削底から管径に応じて10～20cm程度まで施工し、上部は現地発生土により埋め戻す。
4-3-2 1	Q12 草地（採草地）では営農実態から表土厚は20cm程度でも十分な場合があるが、表土を薄くして対応することは可能か。	A12 暗きよ排水における表土の考え方は、耕起等の作業によって膨軟化が可能な範囲としており、営農実態として20cm程度の耕起深となっている場合には表土厚を20cmとしてもよい。
4-3-2 1	Q13 畑の場合、心土の透水性が大きくても、地表面下40cmまで疎水材をいれるのか。	A13 心土の透水性が大きい場合でも、営農機械の大型化により耕盤層が形成され、排水不良が生じる場合も考慮して検討する。
4-3-2 1	Q14 同じ施工機械であるが断面ⅠbとⅡを比較した場合、断面Ⅰbの方がⅡより排水効果が小さいと思われるが実際はどうか。	A14 排水効果はⅠb、Ⅱともほとんど変わらない結果が出ている。技術資料-16を参照のこと。コスト削減を推進することからも断面Ⅰbを採用することが望ましい。
4-3-2 1	Q15 掘削断面Ⅱにおける最小法勾配とはどの程度か。N=0.136でよいか。現場毎に形状の違うバケットが必要であれば施工側にも影響が大きい。また、掘削断面の底幅の範囲（0.15～0.20）はどう使い分けるのか。	A15 断面Ⅱ（従来型バケットによるバックホウ掘削）の場合、当面N=0.136、底幅0.20mを標準とする。
4-3-2 2	Q16 補助暗きよの最大深さが60cmで、吸水きよの最小掘削深さが0.60mだと、吸水きよ上流で管を引っ掛ける恐れがあるのではないか。	A16 補助暗きよ、土層改良を施工する場合には、暗きよ排水管が破壊されないように余裕を見込んで施工することが重要である。「4-3-2 2」の指針の解説＜参考＞を参照のこと。
4-3-2 2	Q17 暗きよ排水管が地表から深いほど大きい排水効果があるという意識があるが実際はどのようなのか。	A17 暗きよ排水は「地表残留水」と「過剰な土壌中の重力水」の排除を担っているが、過剰水が排除された後の地下水位の低下は蒸発散や降下浸透による効果が大きいと考えられ、耕作障害にならない程度で農業機械によって破壊されない深さを考慮した掘削深としている。
4-3-2 2	Q18 設計最小掘削深を決めるための α は、どのように定めればよいか。	A18 α は、土層改良、特に心土破砕による暗きよ管の破損を防ぐために必要な掘削深の余裕や、土壌流亡により亡失する表土を想定した余裕である。土層改良による暗きよ管の破損防止のためには、土層改良深に管外径と若干の余裕を見込んで定める。また暗渠施工後に土砂流亡が想定される場合には、過去から現在までの流亡速度を考慮して、暗渠排水の供用期間中の流亡分を推定する。
4-3-2 2	Q19 泥炭地等でほ場面の沈下が想定される場合の扱いは。	A19 設計最小掘削深は、普通土壌の場合と同様に土層改良深や土壌流亡を考慮して定める。泥炭地盤の沈下分は α の外数として、周辺ほ場の実態等を考慮して個別に検討し、設計最小掘削深に追加する。
4-3-2 3	Q20 畑地等の傾斜地での配線間隔は、どのように考えるべきか。	A20 傾斜地での配線間隔の検討にあたっては、排水効果をより高めるために、配線間隔を傾斜度合いにより変化させる方法についても検討することが望ましい。

項 目	質 問	回 答
4-3-2 4 4-3-4 1	Q21 「接合部の連結を完全にする」とあるが、具体的な接合方法は。	A21 接合部の連結が完全になる管種としては、合成樹脂管のうち、波付管、硬質塩化ビニル有孔管等がある。これらの管はソケットへのねじ込みや接着によって接合部の脱落を防止することができる。また素焼土管では、ソケット付の管を使用することにより接合部の連結を強固にすることができる。
4-3-2 5	Q22 疎水材暗きよの場合、急激な降雨、融雪の際に一時的に集水きよの断面が不足し落ち口付近が崩壊する場合がある。丘陵地域の管径1ランクアップを規定してほしい。	A22 崩壊する原因が明確でないことから、指針に規定は行わない。各現場にて1ランクアップさせる根拠を示し、対応するものとする。
4-3-2 5	Q23 吸水きよが緩勾配になる場合、最小径部のみ管径を1ランク上げることとなっているが、考え方を示してほしい。	A23 技術資料-12の「参考」を参照されたい。
4-3-2 5	Q24 大区画水田地帯（1/600より緩勾配）の場合、管径を1ランクアップするとあるが、具体的にはどのようなことなのか。最小径が60mmを90mmにした場合1ランクアップとなるのか。工場で製造している管径によるのか。	A24 管径は「4-3-2 5 管径」の水力計算により決定することとなるが、最小径は60mmとしている。1ランク上とは、このように決定された最小径を1ランク上の管径にすることをいう。（土管60→90mm、合成樹脂管60→80mm）
4-3-2 5	Q25 畑や草地では吸水きよの集水区域が不定形となる場合があるが、この場合でも集水区域は「吸水きよ長さ×設計集水区域幅」で算出してよいか。	A25 畑や草地の場合、吸水きよ配置は最初に決定した標準間隔をベースに吸水きよを配置する方法が一般的であるため、平均集水区域幅と標準吸水きよ間隔は同値となる。また、各きよ線の集水区域の形状は、特に上流端側で不定形となる場合が多いが、きよ線は集水区域の中心部を通るため、集水区域面積は「(吸水きよ延長+上流端1/4P)×集水区域幅」と概ね一致する(下図参照)。従って管径決定にあたっては、制限延長表を用いて水力計算に変えてよいと考えられる。 
4-3-4	Q26 吸水きよが素焼きの場合、掃除が可能なのか。	A26 可能である。
4-3-4 1	Q27 吸水きよと集水きよの具体的な接合方法は。	A27 吸水きよと集水きよは平面接合を基本とする。吸水きよ下流端と集水きよに高低差が生じる場合には、吸水きよ下流端で調整する。吸水きよと集水きよの接合平面角度が90°以上となる場合にも、吸水きよ下流端からやや上流に一度曲点を設け、接合地点では90°の接合角度となるようにする。
4-4	Q28 継続地区において、補助暗きよ（有材心破など）は、暗きよ工種で施工可能か。	A28 地区毎の必要性を検討・整理のうえ事業実施課と十分協議のこと。
6	Q29 維持管理についての各農家への普及啓発はどのように考えているか。	A29 地元打ち合わせ等機会のあるごととする。