

今月の数字

壤質土で24時間後に地下水位が十分下がる暗渠の間隔

50cm

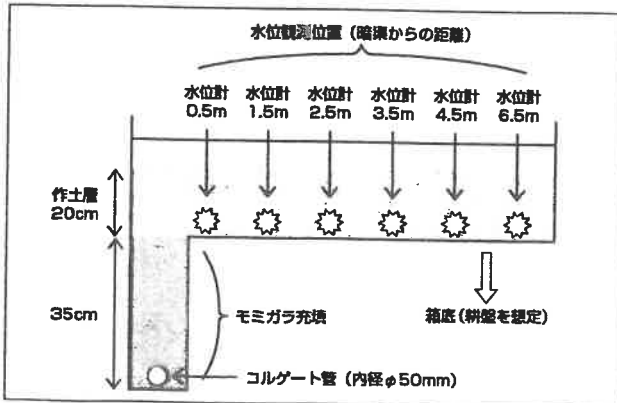
水田転換畑の排水について、専門家から面白い話を聞いた。「横浸透で水が動くのはせいぜい50cm。圃場に50cm以上離して2つの穴を掘り、1つに水を入れてみたらわかる。もう1つの穴から水がしみ出てくるなんてことはないでしょ。だから10mの暗渠じゃ意味がないんだよ。もう一人の専門家も、「だから補助暗渠(サブソイラ)を1m間隔でやったらとウチは言ってる」。

言われてみれば当然な気もするが、こういう話は案外現場に伝わっていない。雨が降って排水が悪いという現象と、排水を良くするのにどの位の間隔で補助暗渠を入れるかという対策、これをつなぐ根拠になる今のような話が伝わっていれば、「標準的な」基準に従うよりも自分の圃場に合った間隔を考えるとと思う。

千葉県農業総合研究センターがこの課題を研究していた。土壌の種類別にどのくらいの暗渠間隔が適正かを調べるため、図1のような試験装置を作り、水を十分入れた後に水位がどの位の時間で低下していくかを計測した。

結果、歴然とした違いが出ている。図2の一番上のグラフの壤質土では、暗渠から50cm離れた地点の地下水位が24時間後に20cmまで低下するものの、暗渠から1m離れると地下水位が20cmまで低下するのに48時間近くかかる。これが、「横浸透で水が動くのはせいぜい50cm」ということだろう。粘質土では排水性がもっと悪い。

図1 暗渠排水実験装置の概要



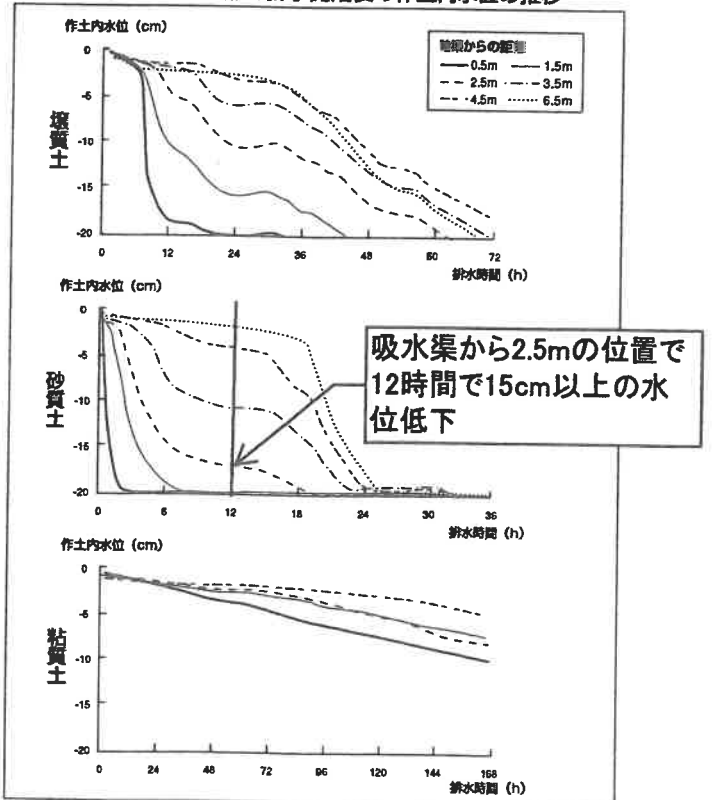
50cmしか離れていないのに168時間(7日間!)たっても地下水位は10cmも下らない。

地下水位が何時間後にどの位まで下らなければいけないかは、作るものによっても違うだろうし、どんな機械を使い、作業を何日で何反こなさなければならぬかによっても違うだろう。

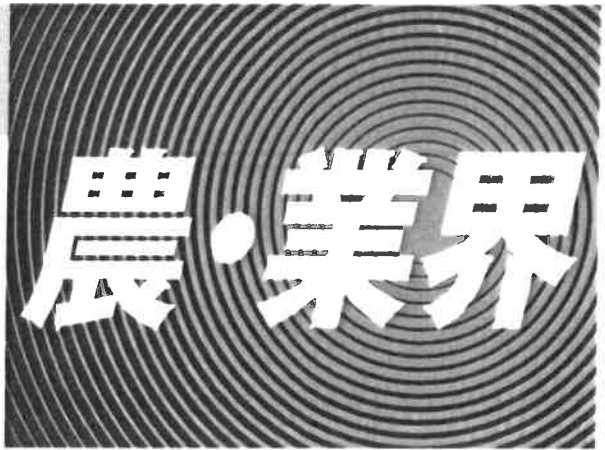
いずれにしても、全国一律の標準的な間隔で入れれば良しと考え、それで結果がでなくて「暗渠は作ったけれどダメだった」というのではなく、自分の圃場の特徴にあった間隔を考えなければいけない。このような研究成果がどんどん現場に提供されることを望む。

ところで、本暗渠の「基準」はなぜ10mなのだろうか。これは次回に続く(……かも知れない)。(松田恭子)

図2 本暗渠からの距離と排水開始後の作土内水位の推移



(出所) 千葉県農業総合研究センター「土壌の種類と適切な暗渠間隔」(2005年)



今月の数字

透水性の悪い土で望まれる暗渠設置間隔
(土地改良事業計画設計基準技術書に基づく計算による)

3.7m

ここ3~4年、設置間隔が4~5mの浅層暗渠が普及しつつあるものの、従来、本暗渠の設置間隔の「標準」は10mと言われていた。この根拠は何か？

農林水産省の「土地改良事業計画設計基準」の基準では、「土壌及び地形の条件、土地利用形態等に応じて決定する」という記述しかなく、基準の解説でも類似例を参考にしているか暗渠間隔決定式により算定せよとしかない。

この設計基準の技術書に暗渠間隔決定式がある(下図)。式の説明がないのでとっつきが悪いが、降雨が作土層を通過して暗渠に達するというモデルだ。図の水面付近を見ると、昔、数学の授業で習った $y=ax^2$ のグラフを横にしたような形になっており、式はそれを変形したもの。式にある“ k/D ”は、処理しなければならない降雨量と処理できる透水性には開きがあるので、その係数という位に考えておこう。

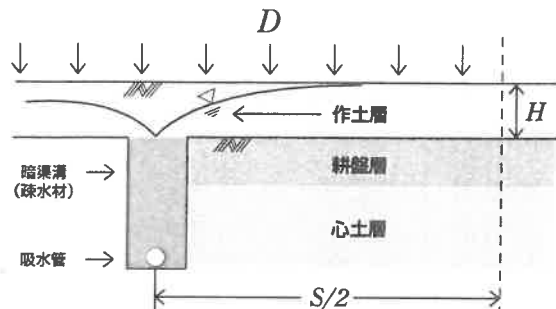
この式を使って、透水性が悪いシルト(表2の★)の暗渠間隔を計算してみる。透水係数(K)は現場での測定値であり、それを暗渠間隔決定のための透水係数(k)“ 3×10^{-3} ”に補正する。

次に作土層の設定。技術書では、水田の場合を想定し $H=15\text{cm}$ としている。また、計画暗渠排水量も水田で標

図1 暗渠排水の模式図

暗渠間隔決定式

$$S = 2H \sqrt{k/D \times 86.4}$$
 S: 暗渠の間隔 (m)、H: 作土層の厚さ (cm)
 k: 暗渠間隔決定のための透水係数 (cm/秒)
 D: 計画暗渠排水量 (mm/日)
 86.4: 単位を換算する定数



(出所) 農林水産省構造改善局「土地改良事業計画設計基準暗渠排水」(2000年11月)より

表1 暗渠(吸水管)設置間隔

土の種類	K (cm/秒)	難透水性		
		1 × 10 ⁶		
最高水面(作土層)	H(m)	0.15	0.15	0.30
吸水きよ間隔決定のための透水係数	k (c/秒)	3 × 10 ⁻³	3 × 10 ⁻³	3 × 10 ⁻³
計画暗渠排水量	(mm/日)	20	20	30
吸水管の間隔	(m)	3.4	2.8	5.6

表2 土の種類と透水係数

透水性	透水係数 (cm/秒)										
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹
土の種類	実質上不透水	非常に低い	低い	中位	高い	粘土	★微細砂、シルト	砂および礫	礫		

準的な20~30mm/日としている。これを使って計算すると、必要な暗渠間隔は表1の左下端3.4mとなる!

技術書では、この計算結果を“S(暗渠の間隔)<7.5m”となっており、本暗渠単独では計画暗渠排水量を満たすことが困難。このような場合は土壌改良を施して透水性や作土層厚を大きくするか、または弾丸暗渠等の補助暗渠との組み合わせ暗渠を考えなくてはならないと解説している。

要するに、施工方法の制約から、10m、下限値でも7.5mという数字があり、それで処理できない場合は組み合わせ暗渠を、といていたものが、「本暗渠の間隔=10m」と解釈され一人歩きしていたようだ。

なお、技術書で使っている数値は水田を想定している。水田を畑地利用する際には、計画暗渠排水量を10年に1度の4時間雨量が4時間で処理できる量としなければならない。その処理量は、暗渠に依存する量を3分の1と考えても30mmはザラなのではないか。その場合の暗渠間隔は表1の中央下端の2.8mにまでなる。

技術書の式はあくまでひとつのモデルである。「標準」は、どのような時に適用できるのか、どのようなトレードオフがあるのかを理解して活用しなければならない。(松田恭子)

土壌の違いによる適正な暗渠間隔

千葉県農業総合研究センター
生産技術部 生産工学研究室

1. はじめに

暗渠間隔は、耕盤の存在を考慮して、作土の透水性と計画暗渠排水量を根拠に決定することになっている。しかし、設計基準ではトレンチャー工法暗渠を前提としているため、暗渠間隔の下限値が7.5mに定められており、土質によっては本暗渠だけでは十分な排水効果が得られない場合がある。また、ドレンレイヤー工法では、吸水管口径（ $\phi 50\text{mm}$ ）で排水量の制約を受け、現状では暗渠間隔が一律に5.0mとなっている。

今後暗渠を設計する場合、浅層化に伴って疎水材使用量が減少し、吸水渠1本当たりのコストが削減されること、営農形態によって必要となる排水効果が異なることから、暗渠の間隔や構成の選択肢が広がると考えられた。

そこで、千葉県の代表的な土壌である壤質土、砂質土、粘質土、泥炭土で、それぞれの吸水渠からの距離と水位の関係を調査した。

2. 試験方法

(1) 室内試験

室内実験装置に壤質土、砂質土、粘質土、泥炭土^{注1)}、泥炭土+砂質土^{注2)}をそれぞれ厚さ20cmで充填し、水を土壌表面がひたひたになる程度に張った後に暗渠排水を行い、暗渠からの距離0.5m、1.5m、2.5m、3.5m、4.5m、5.5m、6.5mに設置した水位計で作土内水位を計測した（図1）。なお、実験装置は耕盤の存在を考慮して、鉛直方向に排水が起こらないものとした。

注1)：泥炭の厚さのみ19cmである。 注2)：上記の泥炭に砂質土を厚さ5cmで覆土した。

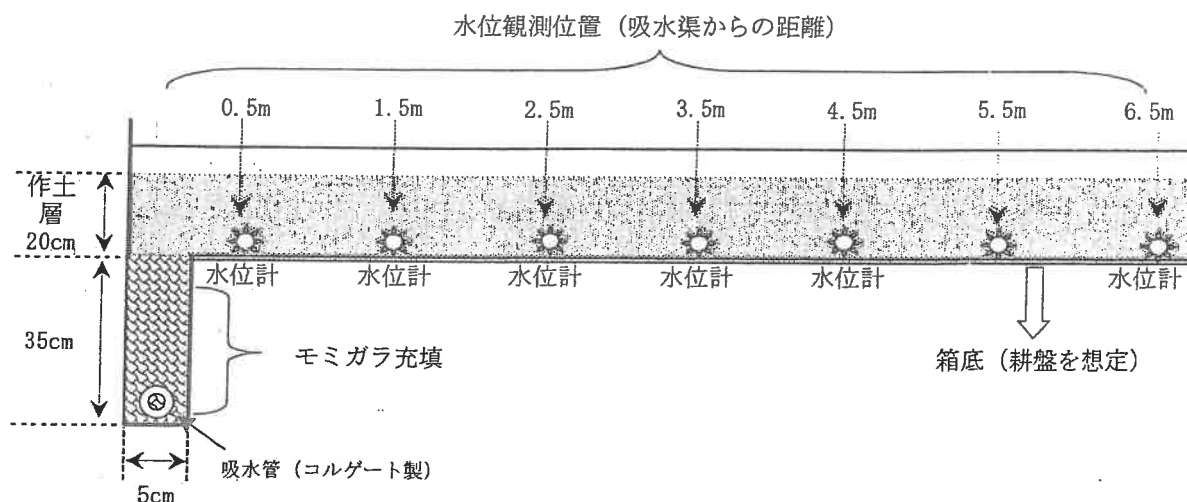


図1 暗渠排水室内実験装置

(2) 現地試験

平成16年度に、旭市万力地先の暗渠施工直後の圃場（作付けなし）において暗渠間隔5.0mと10.0mのそれぞれの暗渠中間部（暗渠間隔が5.0mで2.5m地点、10.0mで3.0m及び5.0m地点）の作土内水位を水位計により計測した。

3. 試験結果

(1) 壤質土

壤質土は、1.5m地点で急激に排水が進み、排水開始から24時間後で水位は-15cm以下まで低下し、2.5m地点も48時間後には同様の結果となった（図2）。一方、4.5m以上離れた地点は、排水開始から48時間後でも水位差がほとんどなく、作土内排水はかなり緩やかであった。

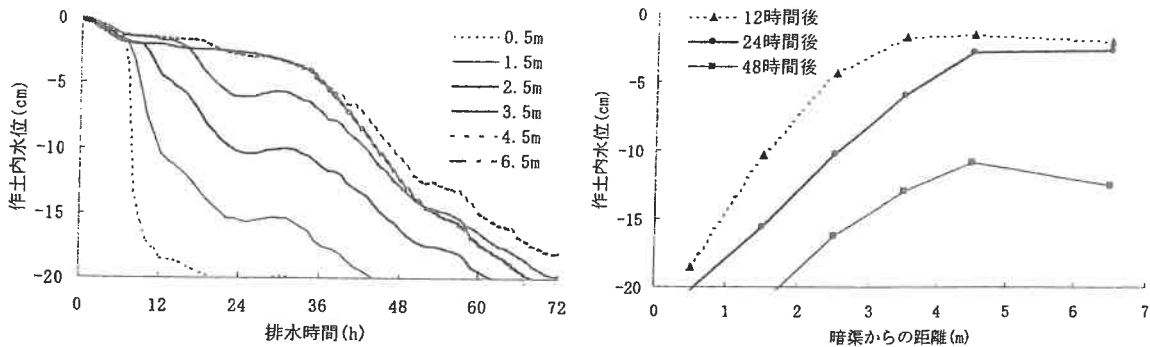


図2 壤質土の作土内排水

(2) 砂質土

砂質土は、2.5m地点と3.5m地点の間で水位が-15cmにまで低下するのに大きな差があったものの、全ての地点で24時間以内に水位が-15cm以下に低下していた（図3）

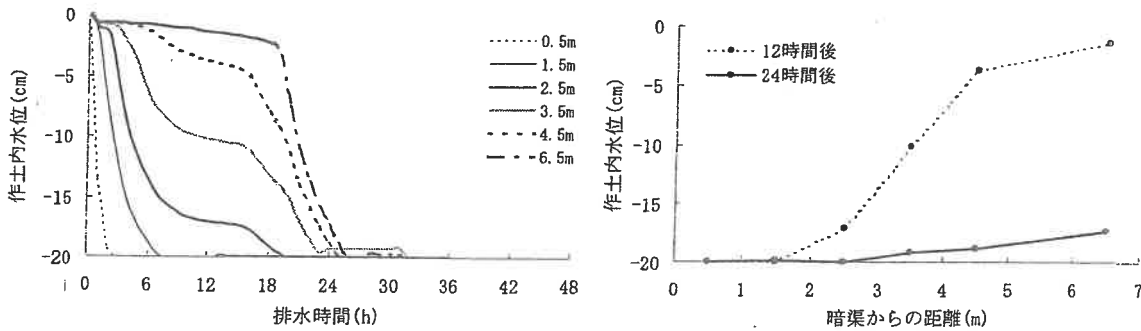


図3 砂質土の作土内排水

(3) 粘質土

粘質土は、亀裂が発達していない状態では排水が極めて遅く、排水開始から168時間後でも、0.5m地点の作土内水位はほぼ低下が見られない（図4）。また、水位の傾きを見ると1.5m地点までにしか認められない。

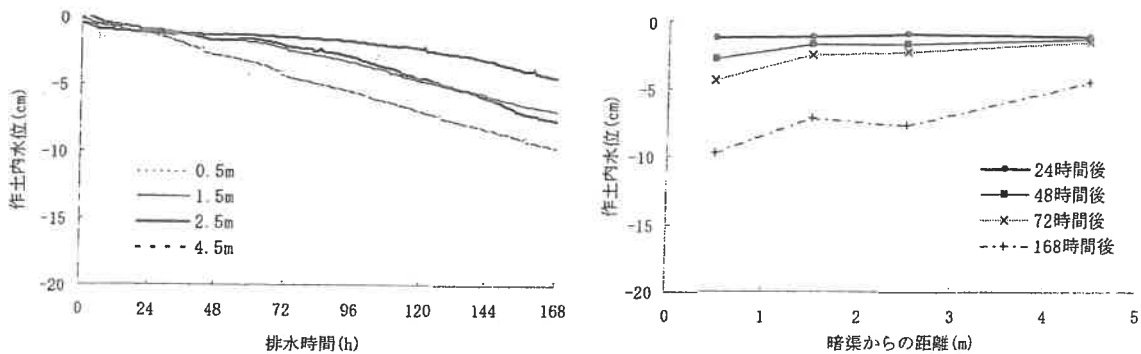


図4 粘質土の作土内排水

(4) 泥炭土、泥炭土+砂質土

泥炭土は、排水開始から48時間後で0.5m地点においても水位は-15cm以下にならなかったが、1.5m地点までの排水は相対的に早かった(図5)。

次に、泥炭土を自然乾燥させた後、砂質土を5cm客土して排水試験を行ったところ、4.5m地点までの区間では全て24時間以内に水位が-15cm以下に低下した(図6)。

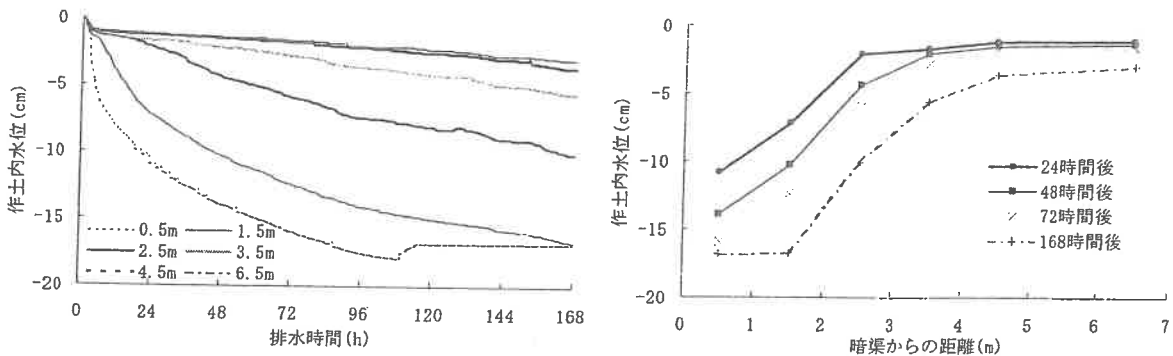


図5 泥炭の作土内排水

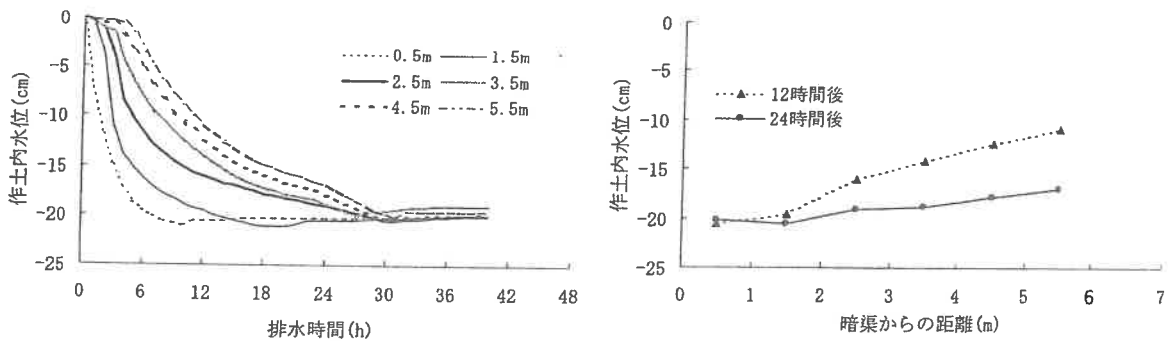


図6 泥炭土に砂質土を追加した作土内排水

(5) 現地試験(壤粘質土)

現地圃場の地下水位を、ドレンレイヤー工法では吸水渠から2.5m地点、トレンチャー工法では吸水渠から3.0mと5.0m地点で比較した。いずれの地点でも24時間以内に作土内の排水は完了していないが、大豆播種時の湿害で問題となる田面から3~5cmの深さよりも浅い部分で、2.5m地点での水位低下が3.0m及び5.0m地点より早かった(図7)。

このことから、試験を行った圃場と同じ土質ならば、暗渠間隔を5.0m以下にすれば、大豆等畑作物の生育初期の湿害を避けられると考えられた。

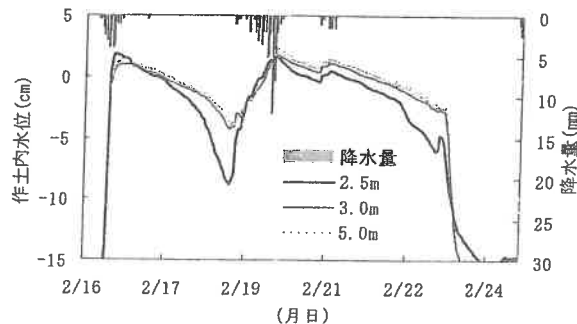


図7 現地圃場での暗渠からの距離と作土内水位

2. 水田での暗渠排水モデル

水田では、畑と異なり「水もち」をよくするために代かきを行う。この結果、水田には耕盤が形成されて作土内の重力水は下方への浸透が極めて緩やかになり、暗渠を施工した場合には耕盤を伝って横方向に流れることになる。つまり水田を畑利用するには、作土内の排水をスムーズにできるかがカギになる。

例えば、暗渠が施工されているほ場ならば、土壤に亀裂や粗孔隙が発達するような営農を行えば、その暗渠間隔に関わらず排水性のよい圃場にすることは可能である。しかし、ブロックローテーションで水田から畑への転換する際には、時間的な制約を受けるので、経済性を考えた上で適当な間隔で暗渠を施工するのが効率的である。

3. 暗渠排水効果及び暗渠導入の際の注意点

(1) 壤質土

壤質土における暗渠の排水効果は、吸水渠から2.0m前後である。よって、暗渠間隔を5m以下にするか、補助暗渠を施工することが望ましい。

(2) 砂質土

砂質土における暗渠の排水効果は、吸水渠から6.5m以上である。トレンチャー工法を用いる場合は、設計基準に準拠して暗渠間隔を決定する。ドレンレイヤー工法の暗渠間隔を5m以上にする場合、排水量の観点から別途検討が必要である。

また、耕盤が砂質土で透水係数が大きいような圃場の場合には、排水路水位を十分に下げることによって、暗渠施工に頼らずとも排水効果が得られる場合がある。

(3) 粘質土

粘質土における暗渠の排水効果は、吸水渠から1.5m程度である。このため、暗渠は出来るだけ高密度に施工するとともに、補助暗渠を3.0~4.0m間隔で追加施工する必要があると思われる。

また、土壤の特性として水の鉛直浸透が遅いことから、明渠の施工や圃場の均平度を高めて表面排水を促進させるとともに、土壤に亀裂を発達させて暗渠が「効く」状態にする必要がある。但し、粘質土圃場では心土にまで亀裂が発達した場合に復田が困難になるので、亀裂発達の制御が必要である。

(4) 泥炭土

泥炭土における暗渠の排水効果は、乾燥前は吸水渠から1.5m程度であり、乾燥後に砂質土を客土を行った場合は5.5m以上である。但し、客土は圧密により暗渠や圃場の不等沈下を招く可能性が高いので、暗渠施工前に行うのが望ましい。また、客土に使う材料も建設発生土であることが多いので、その都度排水性を検討する必要がある。