

# 営農排水と土壌物理性

佐藤清美\*

Farm Drainage and Soil Physical Properties

Kiyomi SATO

National Economic Federation of Agricultural Cooperate Association

## はじめに

水田利用再編に対応して営農排水がクローズアップされ、現在、各農業試験場などで課題化されているが、未だ試験期間も短かく、とくに土壌物理性に関するデータの不足しているのが実状である。そのため、営農排水に関する土壌物理性の研究領域と今後の方向を検討するには時期尚早と思われるので、新しい課題だけに、その概要を説明し、少しでも理解を深めて頂く意味で、話題を提供したい。今後、試験の発展にもなって土壌物理関係研究者の御協力、御指導を受けることが多いと思われる。

## 1. 営農排水技術の特徴

### (1) 営農排水が普遍化するまでの経過

- 昭和43～44年：佐賀県農試喜多場長が営農排水を提唱された。
- 昭和45年：佐賀県農試井出土壌肥料部長はこれを受け弾丸暗きょ（モール・ドレーナー）を利用してすき床層や酸化集積層などの不透水層を切削し、これに亀裂を与えて土中排水を行なった。（地中耕起）
- 昭和49～50年：地中耕起による排水効果が確認されたので、弾丸暗きょの最適間隔を検討した結果、深さ30cmで2mが決定した。
- 昭和49～50年：佐賀県農試、農士試干拓支場、佐賀大学の共同で、トラクター用トレンチャーと振動式ドレーナーを利用して本暗きょと補助暗きょ（弾丸暗きょ）の組合せについて試験を行なう。
- 昭和50年：営農排水技術を九州地域で普及。
- 昭和52年：営農排水技術の普及を全国対象で実施。
- 昭和52年：農水省農産課が予算要求のなかで土木排水と区別するために営農排水をとりあげる。
- 昭和53年：水田利用再編にとまない、全国的に普及。

### (2) 営農排水の意義

前述のように営農排水技術は土壌肥料、農業機械、農業土木などの協力体制のもとで組立られた技術であって、弾丸暗きょから出発しただけに土壌排水改良とともに土壌物理性の改良など土づくり作業の一環であるという考え方が基本となっている。今日、営農排水技術が全面的にとりあげられた背景としては、水田転作での基礎技術であり、20馬力級トラクターで暗きょの堀切削が容易となり、手軽に実施できることがあげられる。つまり、農業機械の開発改良が大きく影響している。また、転作物の作付け安定化のためには、転換畑における作物の作付けや日常の肥培管理において、トラクターを利用した作畦や作溝などきめ細かい排水対策を必要とすることから、営農排水がより重要視され、これを含めて営農排水が土木排水より身近なものとなっている。とくに、弾丸暗きょは1～2年毎に切削するとか、播種後や立毛中の切削も考えられるので、営農作業的な取扱いが妥当と思われる。

### (3) 営農排水技術の適用範囲

転換畑の排水には

- 地域排水：集団地域（河川流域）や地区を対象とした土地基盤整備事業のなかで、基幹用排水施設や末端圃場条件の整備などがあって、これには土木排水技術を適用する。
- 圃場排水：ブロック（圃区）または圃場（耕区）を対象とした排水作業で、主として圃場内の地表または地下排水作業を行なう。これを営農排水と呼んでいる。

以上のように転換畑の排水は、その規模や作業内容によって分けられ、営農排水技術が開発されたからといって、すべての水田に適用できるものではなく、トラクターの走行が可能で、落差のある水田などに限定される。むしろ、地域排水が困難な場合の暫定的措置であり、あ

\*全農・農業機械部

くまでも圃場内の排水技術であって、土づくり作業の一環であるという考え方が基本である。そのため、降雨が少なく隣接水田に湛水のない秋から春までの期間や、台地、扇状地のように落差のある水田では、一枚の圃場単位で地表や地下排水も容易であるが、春から秋までの期間は降雨量も多いので、谷底や平坦地の水田で地下水位の高い圃場は流入水の浸透を防ぐことが難しいので、地域排水を必要とする。営農排水技術は、このように圃場排水を主体とした特徴を有し、適用水田にもおのづから限界があるから、むしろ転換畑の集団化への足がかりとして、土づくりの一連の作業であるという理解のもとに今後の技術指導を推進することが最も望ましい。

2. 営農排水作業法と関連機械

営農排水作業には、雨水や隣接田からの流入する地表水を排除するための地表排水と、常時過湿の原因となる土壌中の過剰水を除去する地下排水とがある。地表排水には作溝や作畦と有機物のすきこみによる土壌物理性の改良などが含まれ、地下排水にはやや恒久的な暗きょと盤層破砕があり、いづれも営農用トラクターを基軸に関連作業機を装着することによって日常作業のなかで実施することになる。(図-1)

(1) 地表排水の改良

① 圃場内の排水は作畦や作溝が一般的であって、これ

は昭和53年度の転作大豆の約73%が畦立栽培を行なっていることでも明らかである。降雨量の多い地域では地下排水と組合せるとか、小排水溝を数多く組入れるのが実際の畦立栽培などはそのよい例である。降雨量の少ない地域では一定間隔に作溝して小排水溝に接続させており、麦の全層播き後の作溝はこの例にあてはまる。また、畦畔を境に湛水田と隣接する場合は、畦畔に沿って転換畑に漏水あるいは浸透水を集水するための小排水溝の堀削が効果的で、この堀削にはロータリーまたはスクリー・デッチャーやバックホーが利用される。(図-2)

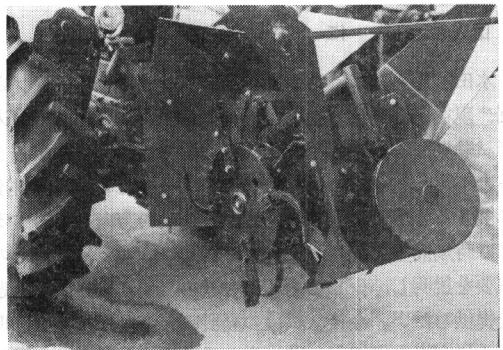
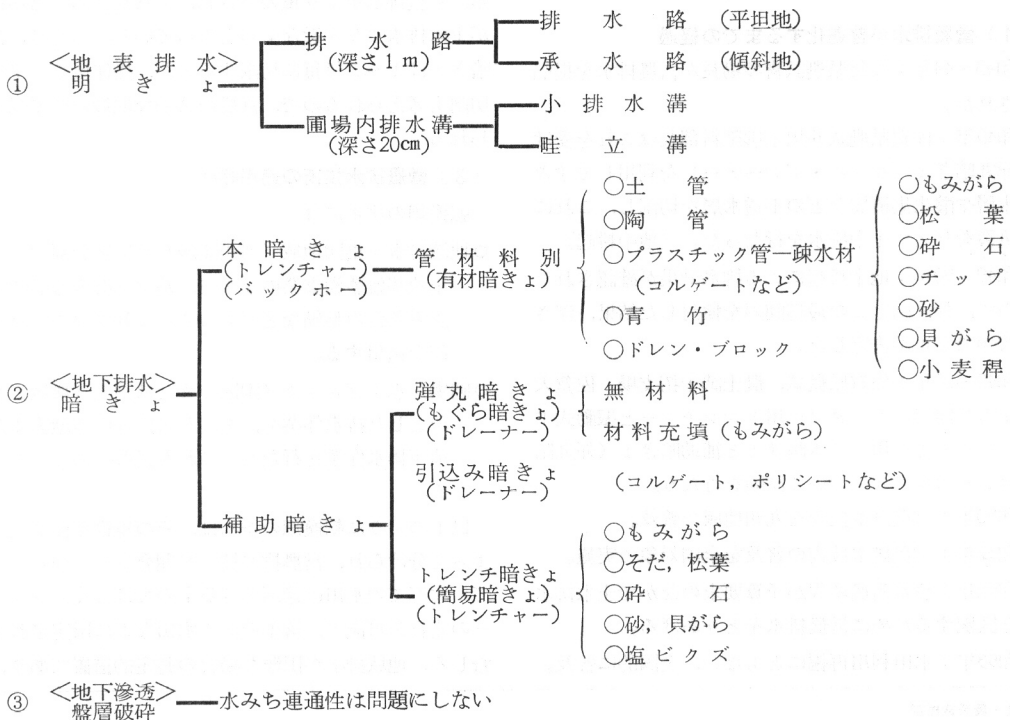


図-2 ロータリーデッチャー

図-1 明きょ、暗きょの分類 (農業土木試験場)



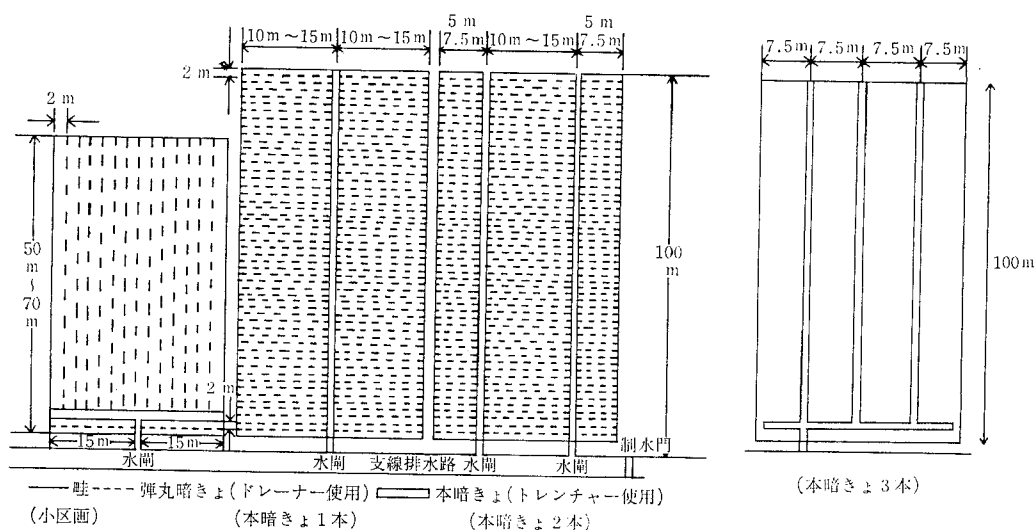


図-3 標準的作業

② 排水溝からの地表水を圃場外に排出するには、排水路の水位が低い場合や地形勾配を利用する場合は自然排水が可能であり、排水溝の水位が高く自然排水が困難な場合は圃場内に集水槽を設け、ポンプ利用による機械排水が必要となる。

(2) 地下排水の改良

地表水を排除しても、なお地下水位が高く圃場内が過湿状態になっている場合は、地下排水の改良が必要となる。

土排水事業などでは、専門家が予め調査、計画、測量、設計を行なうことになるが、農家集団などでの営農排水においては、どの位置にどの程度の深さで、どれ位の密度で暗きよを掘削するか、費用はどの位かかるといった知識の未熟な場合が多い。そのためには、共同作業か農協やオペレータ・グループへの委託などによって、調査や設計、あるいは作業法の現地指導が受け易くなり適切な作業が期待できる。暗きよの密度は高いほど効果はあるが、それに要する経費も増大してくる。したがって、効果と費用とのバランスを考えた作業計画と実施が必要となる。

① 本暗きよの掘削：本暗きよの深さは、排水路や集水槽の水位や深さを基準とするが、一般には暗きよの上流で0.6~0.7m、下流で0.7~0.8mの範囲にとどめるのが無難である。トラクターの走行による暗きよの破壊防止のためにも、0.6m以上の深さが必要である。暗きよの幅は13~15cmが多く、トレンチャーの掘削爪刃の交換によって20~25cm幅に掘削することができ、軟弱な粘質土壌では掘削した両壁の土壌が短絡して排水能力を低下させるおそれがあるので、広めに掘削す

るのがよい。ただし、掘削幅が広がれば、吸水管の埋設は容易となるが、もみがらなどの疎水材のうめこみ量が多くなり、掘削土量もふえて作業能率が低下するかトラクターの要所馬力を大きくしなければならぬ。暗きよの間隔は9~18mが標準となっており、転換畑の立地や土壌条件で設定するのが普通で、おおまかには砂質系で18m、粘質系で10mの間隔が望ましいといわれている。なお、圃場整備事業あとの集団転作では補助暗きよなしの本暗きよのみの施工を行ない、その間隔を6~8mにつめて掘削している例もある。

(図-3)

② 疎水材、吸水管の埋設：吸水管のめづまりを防ぎ集水能力をたかめるため、プラスチック系の吸水管の周りをつつむ疎水材としては、取扱いが容易で腐蝕に強いもみがらの使用が多い。埋設の作業手順は、掘削溝

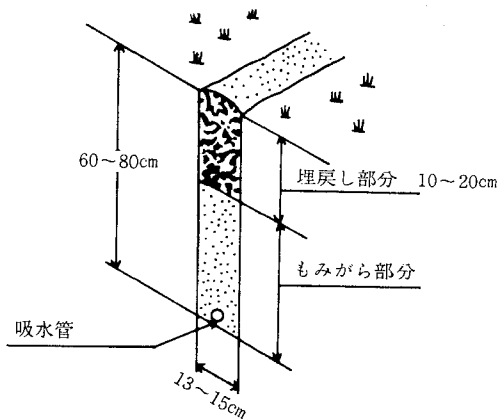


図-4 暗きよ断面

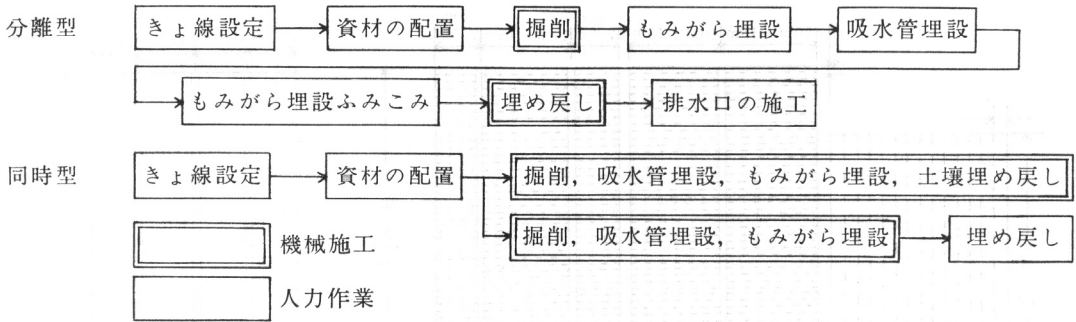


図-5 営農排水における本暗きょの作業手順

に浅くもみがらをつめて均し、接続した吸水管を下流から埋設し、その上にもみがらをつめ、よく踏み固める。土壌の埋め戻しは、上部10~20cm程度が一般的で、重粘土では表面まで疎水材をつめこむこともある。

(図-4, 5) このような方法で埋設を行なうと、m当たりのもみがらの量は12~15kgとなり、本暗きょを縦方向に2本入れ、これを集水きょで結ぶ設計では、暗きょ排水実施面積の約6~8倍の面積のもみがらを準備しなければならない。このように多量のもみがらの確保や吸水管の接続と埋設、もみがらの埋め込みなど、その作業内容からみて排水作業は共同作業に適合している。なお、トレンチャーの型式によって掘削と埋設の分離方式と、掘削と埋設の同時方式とがあり、掘削溝の崩れやすい場合を除けば、暗きょの排水効果を長時間維持させるうえから、分離方式がよい。(図-6, 7)

- ③ 掘削作業能率：同一馬力のトラクターであれば、スクリー型、バケット型、ラダー型の順に作業能率は高くなるが、土壌の種類や圃場条件と掘削溝の深さや幅が関係するので一律には決められない。標準的な作業能率を示すと、溝幅13~20cm、深さ80~140cmの掘削には1時間当たり150~180m位の作業能率となる。具体例をあげると、30psトラクターに装着したラダー型トレンチャーで幅13cm、深さ60~80cmの本暗きょを延べ378m掘削した場合の作業時間は、トレンチャーの調整時間を含めて146分となり、10a当りに換算すると約48分となる。したがって、掘削作業速度の平均は秒速0.04~0.06mとなるから、使用トラクターには超低速装置またはクリーブ速度装置の装備が必要となる。

- ④ 弾丸暗きょの切削：弾丸暗きょはもぐら暗きょとも呼び、補助暗きょの一種で18~26ps程度のトラクターを利用し、振動式ドレーナーで切削するのが多い。この弾丸暗きょの利点としては⑦機械利用経費が安いため暗きょの間隔を密にできる(2m間隔で10a当

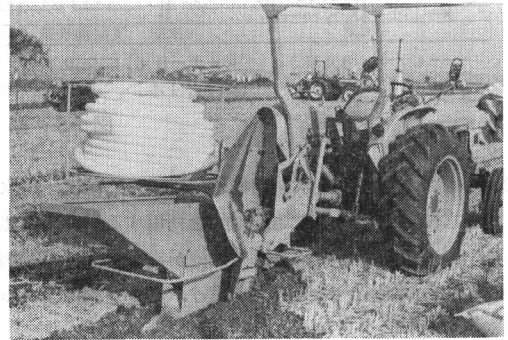


図-6 掘削、埋設同時方式トレンチャー (バケット型)

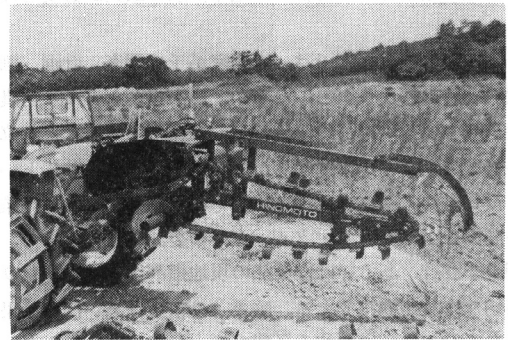


図-7 掘削専用のトレンチャー (ラダー型)

り約3,000円) ④営業用トラクターで容易に切削できる、⑤ドレーナーによる心土破碎効果があるなどになっており、欠点としては効果の持続期間が粘質土壌では約6ヶ月位と短いことである。したがって、地下水位や土壌水分などを観察しながら日常の作業のなかで0.5~1.0年ごとに弾丸暗きょをくり返し通すことが望ましい。作付けとの関係から、一定期間おいてくり返し切削できない場合は、有材暗きょにし弾丸穴に切削と同時にもみがらをm当たり1~2kg充てんとすると効果の持続年数が長くなる。転換畑では土壌の種類に

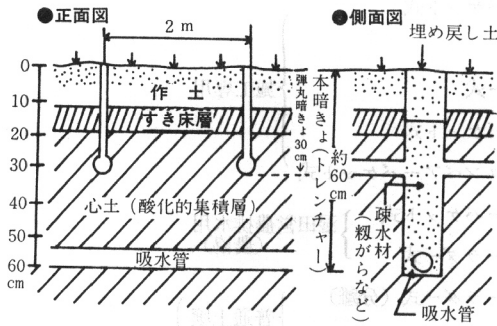


図-8 組合せ暗きょの断面

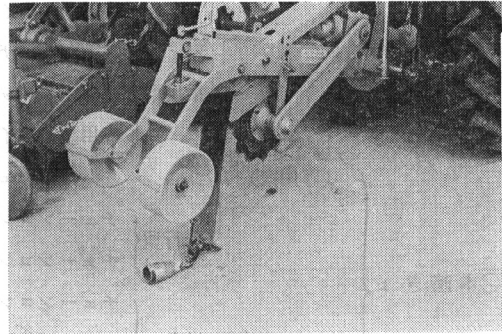


図-9 振動式ドレーナー

よって、砂質系土壌の場合は弾丸暗きょのみで地下水位を下げるができるが、粘質系の土壌や一区画の面積が大きい場合、あるいは長辺が50m以上の場合は本暗きょと弾丸暗きょの組合せが効果的である。(図-8)

- ⑤ 切削作業能率：従来、弾丸暗きょには、サブソイラーやウインチ式のモールドレーナーを使用したが、サブソイラーは牽引力が大きいためトラクターの所要馬力も大きくなり、ウインチ式は移動が面倒なため施工業者の利用にとどまっている。すき床層を破碎するためサブソイラーを30~40cmの深さで牽引するには、少なくとも40~50psのトラクターを必要とするが、手塚氏などによって開発された振動式ドレーナーを使用すると、その牽引力は $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に軽減することができ、20~30psトラクターでの作業が容易となる。ただし、チゼルの前後あるいは上下振動によって牽引力は低下するが、振動装置の構造によってトラクターの振動が増え、その反動がオペレーターに疲労をあたえることになるので、運転時間などへの配慮が必要となる。(図-9)

作業能率は、2m間隔で10a当たり1時間程度となり、トラクターの走行と圃場条件との関係、トラクタ

ーの馬力と切削深さとの関係があるが、おおむねこれと前後した時間で作業ができる。その場合の作業速度は毎秒0.15m程度となるから、トラクターの最低速度で走行すれば切削できる。

(3) 盤層破碎の方法

すき床層が硬い耕盤あるいは透水性の低い硬盤のある水田では、地表水の地下浸透が悪く、湛水状態となっている圃場が多い。このような状態は、重機械の踏圧やロータリーによる浅耕と過度の代かき、有機物の欠乏による土壌物理性の劣下などが関係しているものと思われる。その結果、秋の水稲収穫での自脱型コンバインやバインダーの走行困難が増加し、いきおい落水時期を早めることになる。このような転換畑に対し、降雨が比較的少なく土壌の乾燥する時期を選んで、心土や盤層の破碎を行なうことによって、地表水の地下浸透を改良することができる。破碎の方法は、弾丸暗きょに準じて行ない、排水の程度によって間隔を決めることになるが、土性によっては漏水が激しくなって輪換田では湛水できないという事態も生じてくる。事前に十分土性を調査してから破碎作業にとりかかることが望ましい。盤層の場合は、振動式ドレーナーやサブソイラーで充分であるが、40cm以下の心土の場合は大型のバンプローカーで破碎す

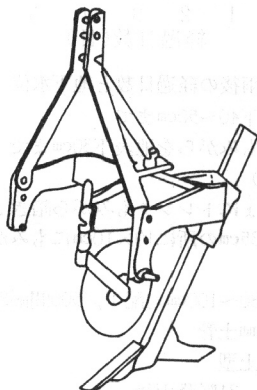
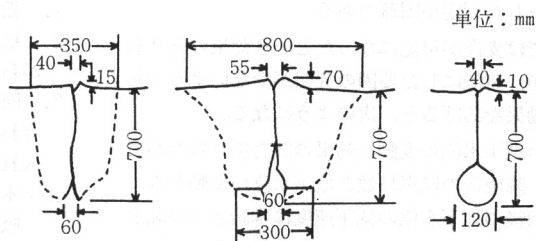


図-10 サブソイラー



(チゼルのみの場合) (ウイング装備の場合) (モールドールの場合)

図-11 破碎と暗きょの効果

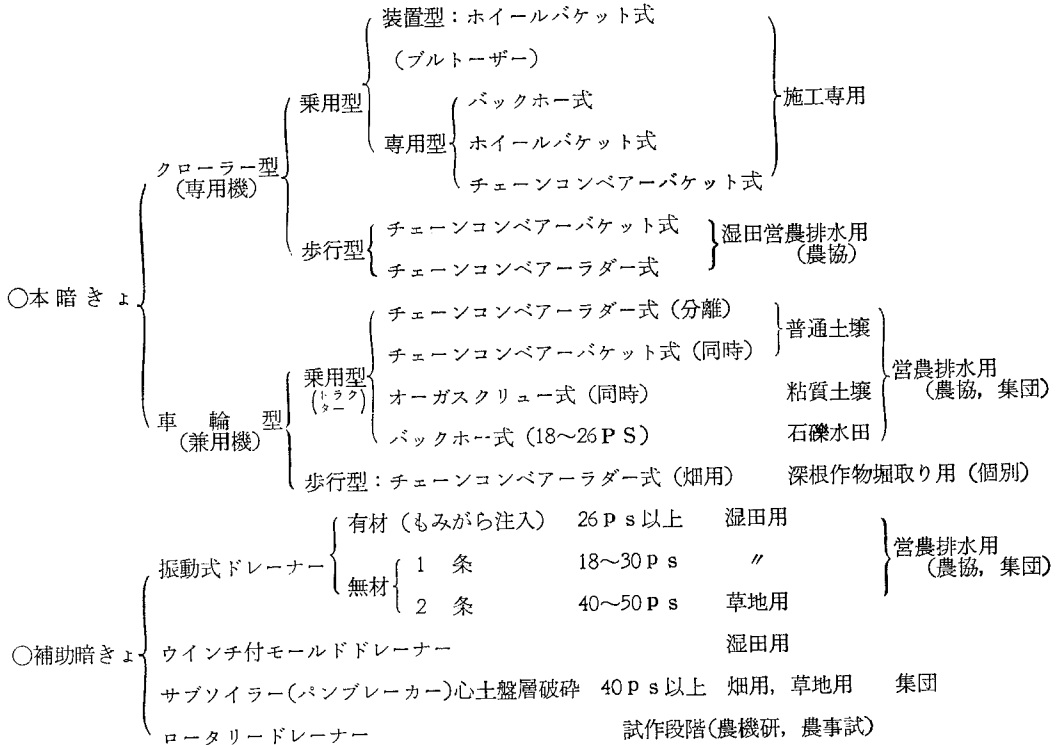


図-12 土壌排水改良機械の種類と特徴

ることになる。(図-10, 11)

なお、参考までに現在市販されている暗きょ関係の機械を整理すると図-12のようになり、トレンチャーはその大部分が農協や農家集団の所有が多く、ドレーナーは個別農家あるいは農家集団の所有が多い。

### 3. 営農排水の効果

農試で課題化されてからの年数も短かく、土壌の種類別あるいは排水方法別の効果は必ずしも明確でなく、今後の試験研究の発展に期待するところが大きい。現在、試験場内での解析的試験をベースに、現地実証試験を組んでいるところが多いが、転換畑の立地や土壌条件が複雑であることと、効果の評価が不ぞろいのため相互の比較による統一した判定が困難である。

現地試験では表作が可能になったという効果のとりあげが多いが、可能にした要因の究明が少ないようである。主なる効果をあげると、次のようになる。

- ① 降雨後の地下水水位の変動: 効果の調査項目のなかで最も多く、降雨後の経過日数と地下水水位の変動をみており、降雨後の地下水水位の低下速度は本暗きょの疎水材の充てん深さによって異なり、疎水材は少なくとも作土層の直下まで充てんする必要のあることが判る。とくに弾丸暗きょ等を組合せる場合には、作土層付近

にもみがらを十分充てんしておくことが望ましい。(図-13)

- ② 補助暗きょの効果: 強粘土の転換畑における補助暗

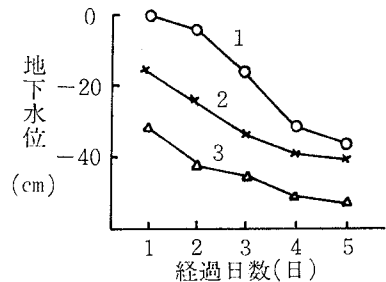


図-13 降雨後の経過日数と地下水水位

1. 松そだを地表下40~50cmまで
2. 松そだの上にもみがらを地表下30cmまで(もみがらの溝幅20cm)
3. 同上的本暗きょにトレンチもみがら暗きょを組合せた(深さ35cmの所に10×10cmにもみがらを入れた)。

注: 本暗きょ深さ80~100cm勾配1/500間隔8.5cm  
 吸水管φ 100mm土管  
 グライ土壤壤土型  
 51年6月15日 31%降雨後  
 (竜ヶ崎試験地成績)

きょの間隔を1 m, 2 m, 3 mにとり、PFで水分の動きを把握した結果、水分の減少率は1 m > 2 m > 3 m > 無暗きょの順に水分の減少がみられ、5ヶ月経過のころから暗きょ排水区と無暗きょ区との差が認められなくなる。(図-14) このことから、ち密度の高い強粘土での補助暗きょの効果は5~6ヶ月で、それ以降は土壌内の亀裂や切削部は目詰まりを起し排水効果は期待できなくなるものと思われる。したがって、このような土壌に対しては、作付け毎に切削するのが望ましい。

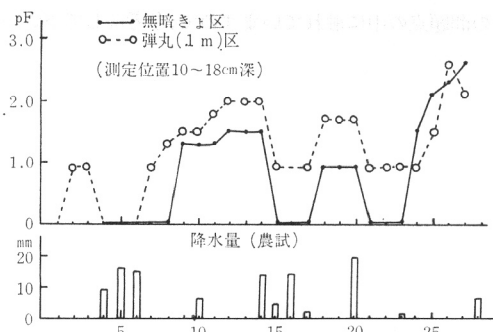


図-14 P F の推移 (黄褐色土壌) 福島県農試

③ 暗きょ排水後の土壌三相分布：暗きょ排水を行なった転換畑と隣接田の土壌調査では、隣接田での土壌はグライないし灰色であるのに対し転換畑では黄褐色となり、グライ斑は消失し30cmまで亀裂が発生している。土壌三相分布の調査でも、転換畑は2層まで液相率の減少と気相率の増大がみられ、透水量も増大し、畑地化のすすんでいることを示している。(表-1)

表-1 転換畑大豆1作後の土壌三相分布 (富山県農試)

圃場名	層位	部位(cm)	容積重 (g/100cc)	三相分布 (%)		
				固相	液相	気相
転換畑	1	0~15	87.9	33.0	33.1	33.9
	2	15~30	101.8	38.0	44.7	17.3
	5	60~80	124.6	43.9	50.4	5.7
隣接田	1	0~18	88.3	32.4	58.0	9.6
	2	18~30	109.3	41.7	55.2	3.1
	3	30~50	108.3	42.7	54.0	3.3

#### 4. 今後の問題点

前述のように佐賀県農試を中心にして組立てられ、水田再編利用で全国的に普及段階に入った新しい技術であ

るだけに、この営農排水技術を定着させるには未だ多くの問題がある。これらの問題について、とくに土壌物理性に関連の深い項目を整理すると次のようになる。

#### (1) 排水効果の評価法

現在、排水効果の評価については、

- ① 作物の生育収量からの判定
- ② 土壌硬度、三相分布、透水性などの土壌物性と、地下水位、土壌水分、排水水量などの水の動行による判定
- ③ 作業時におけるトラクターやコンバインの走行部の沈下量やスリップなど走行性による判定
- ④ 砕土性(表層から100m範囲における粒径1~2cmの土塊が占める重量分布)による判定などが利用されているが、今後、現地で利用できる簡便な指標が明らかでないので、試験成果の引用が困難である。研究会で検討して頂いて、関係機関に提案してもらいたい。

#### (2) 営農排水作業法の標準化

農家段階で実施する排水作業であるから、主要な土壌別あるいは立地条件別に排水作業法(地表排水、暗きょ排水、盤層心土破碎、深耕など)や作業機の適用範囲を明確にすることが重要である。とくに、転換畑での連作障害を回避するため水稲と転作物とを組合せた田畑輪換方式における、土壌排水改良技術の確立が強く要請されている。

#### (3) 営農排水作業経費の低減

転作関係の補助金を活用し、排水機械の有効利用をすすめるためには、共同利用や共同作業などの組織化を推進することが最も重要である。そのためには、転換畑の集団化が必須の条件となり、地域ぐるみの話し合いが重要である。さらに、関連機械は営農排水ばかりでなく、深



図-15 トレンチャーによる暗きょ掘削作業

耕や施肥溝の掘削、やさいや牧草地の排水など、その利用範囲の拡大が必要である。(図-15)

以上のほかに農業機械化の問題をあげると、

- ① 扇状地水田など石礫の多い転換畑での掘削作業法
- ② トレンチャーの爪刃とドレーナー支柱の耐摩耗性と強度
- ③ トレンチャー爪刃の土壌付着防止
- ④ もみがらの収集運搬と袋つめ法
- ⑤ 吸水管、疎水材の材料別の排水効果

#### 引用文献

- 1) 農林省：水田利用再編のための技術資料，昭和52年11月
- 2) 全国農業協同組合中央会：水田転換における営農排水技術

のてびき，昭和54年3月

- 3) 佐藤清美：営農排水技術の特徴と今後の問題点，農林水産技術，研究ジャーナル，Vol. 2, No. 10, 1979

[1980. 1. 7. 受稿]

#### 質 疑 応 答

永塚（筑波大） 資料では今後に残された問題点のところはブランクになっている。この点については、お話しの中での「排水効果の確認・評価の方法」ということが関連していると思いますが、それ以外に営農排水の問題点をお教えいただきたい。

佐藤（全農） 営農排水の問題点としては、報文で今後の問題点の中に触れていますので、参考にして下さい。