

汎用農地の用排水をめぐる諸問題

多 田 敦*

Some Problems on the Management of Irrigation and Drainage in Rotational Paddy Fields
Atsushi TADA

Institute of Agricultural and Forestry Engineering, University of Tsukuba

1. はじめに

農地を水稲作にも畑作にも自由に利用できるように準備する汎用農地化のための基盤整備の方法、また汎用化を可能にする用排水の方法、これらを裏付けする土壤物理学上の諸問題などに関する諸課題は、昭和40年代の中頃の米の生産調整、50年代初めからの水田利用再編事業が実施されるに当たって検討・整理された。本研究会でも1978年、第20回シンポジウムで田畑輪換をめぐる諸問題として検討された。その時点では、当面对処すべき方策に係わる緊急課題に関する研究成果と従来わかっていた研究成果の整理とが中心であり、走りながらの模索期であったともいえる。その後10年の実績をふみ、汎用的農地利用の実績も研究成果も一定の蓄積を持つに至ったものと考えられる。そこで、この時期にこれらを再び整理・検討し、この方面に関する土壤物理学に求められる諸問題を議論することも意義のあることと考える。

今回引用する主な材料は、筆者が数年来調査してきた茨城県稲敷郡河内村の例¹⁾、各地の地下灌漑の諸査例²⁾、農林水産省の「転換畑を主体とする高度畑作技術の確立に関する総合的開発研究」のこれまでの成果³⁾、今後の圃場整備を検討する大規模区画圃場整備モデル調査検討委員会（日本農業土木総合研究所）⁴⁾ などである。

なお、ここでとり上げる用排水に係わる課題は、流域や地域にわたる広域の問題ではなく、圃場が中心となる諸問題、せいぜい広くても農区、あるいはその集まりである数haないし数10ha程度以下の圃場や土壤を対象にしたい。また点の土壤物理より面の土壤物理として考えてみたい。

2. 転作初期に行った問題点の整理、技術の整理（昭和43年～53年頃）（表-1）

①従来の田畑輪換と最近の畑地転・輪換（水田高度利用）との相違は何か……目的・理念・ローテーションの期間・規模・面積などが違う。

②そもそも水田土壌と畑土壌とはどのように相違するのかの整理……土壌生成の機構や土壌物理性の相違、変化の可能性などの検討整理。

③田畑輪換はどのようなローテーションで行われるのか。それに応じた圃場の整備水準の確保や対応技術の整理又は開発……どのような時間間隔で水田と畑とが輪換されるのかの見通しがはっきりしなかった。最も短いもので表作水稲・裏作麦、水田・畑の1年輪作から水田水稲を考えないか状況が変われば水田に戻したいものまで、米の需給の状況変化に左右されそうで、どのような形になるのか予測不明であった。したがってそれらのどれにでも対応できる圃場の整備水準、適応技術を準備しておくことを目標にしなければならなかった。

④各専門分野のもつ知見・技術とその結合に関する輪換技術の考え方・可能性……例えば湿害にならない許容湛水深の有無と有とすればその時間、排水や作土深を大きくとるためにスキ床を破碎してよいかどうか。もしだめならウネ立てでどこまで補てんできるか。またスキ床は何年でできるのか。これらはいずれも明確な回答はできず、今後の研究が求められたが、緊急の対応策は組み立てられ、営農排水などの体系をとり、また水稲単作の日雨量日排除から4時間雨量4時間排除への排水基準の高水準化などにより緊急の対応を可能とした。

⑤汎用農地に求められる目標及び目標値の設定……排水の基準値はその主なもので、これがないと各分野の論議がかみ合わず、また事業ができない。目標値として物理的にはっきりさせ各分野の共通目標値をつくることが

* 筑波大学 農林工学系

表—1 転換対策と土壤物理学的諸問題

	水 田	畑	転 換 技 術	土壤物理学に係わる諸問題
タン水・排水の必要度	カンガイ期 タン水可能 非カンガイ期 迅速排水 地耐力早期発現	全期タン水回避 迅速排水 許容タン水なし	地表・地下排水促進 〔地下水水位低下, 降雨浸入水〕 〔排除, 土壤水分調節〕 排水路完備, 暗キョ排水 (組合せ暗キョ), 排水溝やウネタテ溝の地下排水組織への連結, 転換圃場の集団化, 横浸透防止, 地区排水, 日雨量日排除→4時間雨量4時間排除の排水能力 (段階的整備の必要がでる。農家の要望が加わる)	水分制御, 水位制御 (灌溉, 排水のみではなく, 適切な水分範囲内にコントロールする技術及理論必要) 通気性・空気間隙量の確保 成層中での水分移動の整理・測定法 スキ床の物理的役割・生成の条件・速度・位置・厚さ (強度・浸透・物質移動・植物生育への役割)
土壤の酸化還元及び地力	作土還元 耕盤酸化 下層土酸化 〔地下水水位変位層〕弱還元 〔地下水水位以下〕還元グレイ層 養分カンガイ水により補給	作土酸化 耕盤酸化 (なくてもよい) 下層土酸化 同左深い 養分溶脱により消耗	透水性・通気性増加対策, 地下水水位低下対策 排水, 耕起, 反転, 深根性牧草導入, 必土破碎 耕盤の一部又は全層及び下層土, 水田への還元には地下水水位上昇対策, ていねいな代カキ, 用水確保 有機物の投与, 施肥量の増加	土壤構造の発達・キレツ・構造の役割→透水性・通気性・大間隙の分類・評価 計量法 (限界負圧, air entry value) 植性の役割
よい圃場の土壤条件	作土深 20cm 耕盤深さ20~30cm位に支持力あり透水性をおさえる層が必要 (4 kg/cm ² 以上必要) 下層土 透水よいこと 保水力 畑に比べ問題なし	作土 (有効土層) 30cm以上大・中・微細間ゲキ混合良好, 土壤硬度が高すぎぬ。pF 1.6 以下の粗間ゲキ 5% 以上。気相は18% 以上, 有効保水量 (pF 2.0~3.0 相当水分) 50mm以下, 山中式土壤硬度計 24mm以下 保水性・通気性必要	土層改良, 耕種などの手段による間ゲキの増加, 土壤構造発達促進, 土壤の膨軟化	目標指標・目標値の検討・改訂 有効土層の意味と必要厚さ, 下層土が作土の物理的環境確保の役割
圃場の透水性	20mm / 日前後 (下方への浸透量 10~20mm / 日) 透水係数 10 ⁻⁴ ~10 ⁻⁵ cm / sec	50mm / 日以上 10 ⁻⁴ cm / sec以上	地中の水分移動の迅速化, 通気性の増大 土壤乾燥 (排水) 土層改良 (心土破碎など)	適正浸透量 (物理的内容) 還元田用水量の経年変化
区 画	用排水路, 農道に接する。圃場は平たんにしケイハンで困む。	農道, カンガイ施設に接す (転換畑なら排水路も)。傾斜 8~10° 以下	区画形状の検討 集団化, 農区ごとの転換	汎用化と均平, 田面傾斜, 点から面へ (圃場内での物理学)

必要。

⑥汎用耕地化のための技術指針のとりまとめとそれらの実施……圃場整備の視点からの課題は, ①排水……単作時より一層精度が高い。②用水……還元田の用水量は増大の傾向がある。水田面積が減少した分だけ用水量も減少すると考えてよいのか。畑作時の用水量は。非灌漑期の必要水量はどうか, など。③耕地組織……何を植付けてもほぼ合格するように。④土壌の変化及び速度……水田・畑土壌の特徴の整理と輪換による変化及びその速度の予測などである。

これらはいずれも土壤物理学と深い係わりを持ってお

り, その研究者は役割をなしてきたし, 上記課題は今後とも検討されるべき部分が多い。

3. その後の経過からみた課題

現在の政策がとられている間は目標となる転作面積は確保されてゆくと予想させる。今後は, 輪換畑として低い水準ではなく, 畑作としても高品質, 多収量の確保・向上に目をむけ, これを確保する土壤物理学が求められる。またこのような輪換によって土壌・水・微生物などがどうなってゆくのかの整理・把握も必要である。

汎用農地の用排水をめぐる諸問題

一方、水田単作よりも有利な土地利用としての田畑輪換（汎用耕地化）の成立のための技術が求められ、これにも水管理、土壌管理などを通じて土壌物理学者の力が基礎となる。ここで今後必要と考える3つの課題について述べる。

(1) 土壌水分制御技術の必要性和土壌物理

水田の輪換は、畑作導入時には水分制御、すなわち生育に適する土壌水分の上限と下限の間に水分を保つことが求められる。その手段は、暗渠排水を含めた圃場排水とウネ間灌漑や地下灌漑などの各種灌漑及び排水路水位制御などとの組合せが適用できよう。特に汎用化された圃場では地下排水組織が整備され、土壌管理も強化されるから、これらを利用した地下灌漑やウネ間灌漑方式は土壌物理学的なうらづけによってもっと実用化されてよかろう。一方、還元田の浸透量の制御も求められる。また、農区や圃区単位での集団転輪作もなかなかむずかしいことから、程度の差はあってもバラ転作が可能であることが求められる。この場合には、水稻又は畑作の単一栽培の場合に行われる灌漑・排水というどちらか一方を目的とする水操作技術とは異なる。適当な水分環境を保持する技術、土壌水分制御技術が要求される。このよう

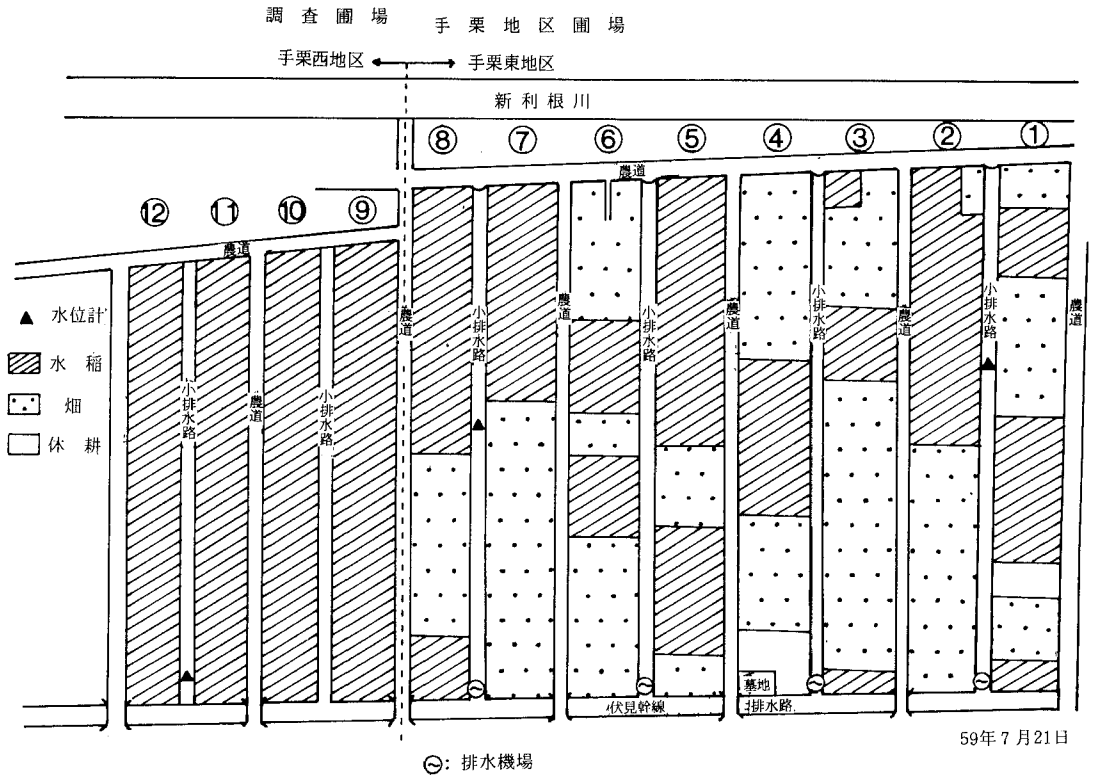
な土壌水分制御が成立するためには、①その目的……田畑混在の中での水分制御、ローテーションの長さによって土壌構造の変化も相違することを考えると輪換のローテーションに応じた水分制御など、②その目標及び目標値、項目及び数値、③土壌条件あるいは圃場条件の確保と維持管理……具体的な手段と変化させるべき方向、④用排水組織の水準向上と維持管理……施工ばかりでなく維持管理が大切、⑤用排水組織を十分利用できる圃場利用方式の開発、⑥農業者側の動向……水管理や農業に使用できる労働時間、農業者の質（専業・兼業など）、後継者の有無など、等を考慮に入れた検討が必要である。このためには、土壌水分制御のための土壌物理学、すなわち基礎理論、物理性や化学性、工学性や生物性の変化の程度とその速度の解明、その手段の開発などが求められる。

これらの水分制御が求められる実例を茨城県稲敷郡河内村手栗地区で示す（表-2）。低平地のため、ブロック排水が行われている地区であるが、これがない手栗西地区では転作畑はほとんど入っていない（図-1）。ブロック排水地区でも集団化はむずかしく、細かな水分制御が必要であることを示している（図-2）。

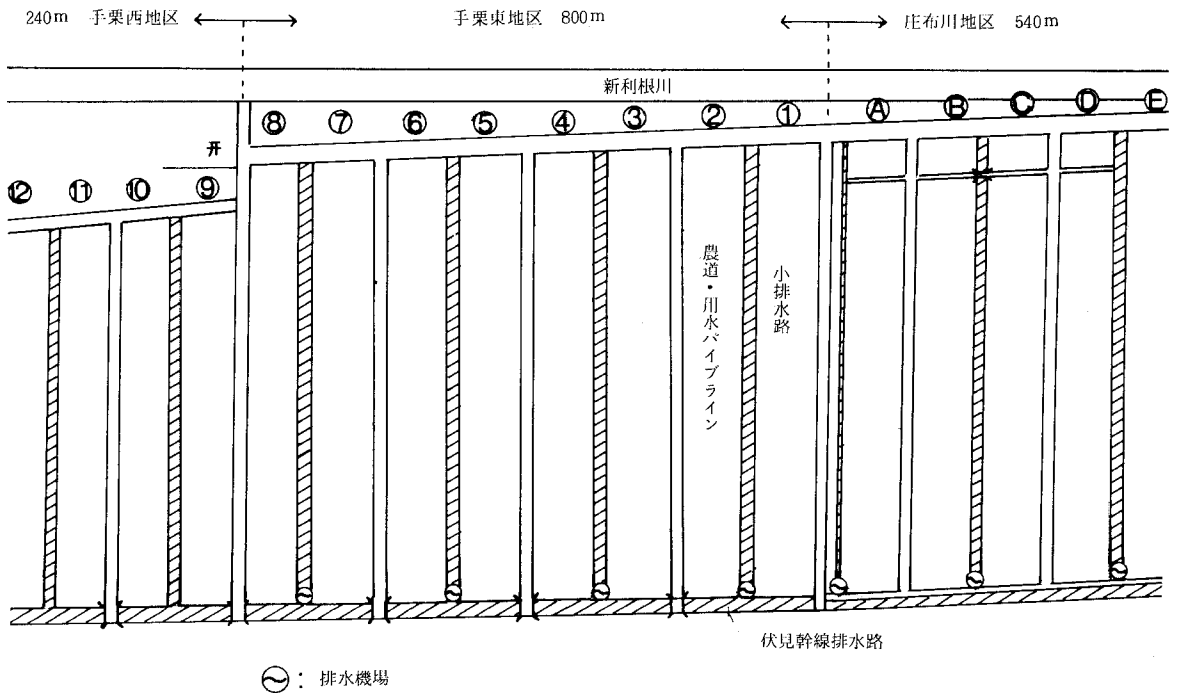
表-2 圃区ごとの転作割合経年変化（手栗地区の例）

(単位 %)

年度	月 / 日	圃区 土地利用区分	農 区		農 区		農 区		農 区		計
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
58	5 / 4	水 稲	69.2	70.5	0	14.8	71.0	17.7	11.2	53.7	39
		畑 麦	6.7	10.0	0	0	0	12.7	1.9	1.8	4
		休 耕	24.1	19.5	100	85.2	29.0	69.5	86.9	44.5	57
		休 耕	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0
58	7 / 7	水 稲	75.7	70.5	0	29.3	71.0	27.4	48.3	90.7	52
		畑 麦	17.8	29.5	100	48.4	29.0	72.6	34.5	9.3	43
		休 耕	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		休 耕	6.5	0	0	22.3	0	0	17.2	0	6
59	5 / 4	水 稲	47.7	48.2	18.1	34.7	64.0	40.2	27.1	39.5	40
		畑 麦	32.8	35.2	45.0	1.1	0	35.4	8.9	9.0	22
		休 耕	13.0	16.6	37.0	64.2	36.0	24.4	64.0	51.5	37
		休 耕	6.5	0	0	0	0	0	0	0	1
59	7 / 21	水 稲	47.7	48.2	21.5	34.7	72.6	40.2	45.4	64.5	46
		畑 麦	45.8	51.8	78.6	55.0	27.4	59.8	54.6	35.5	52
		休 耕	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		休 耕	6.5	0	0	10.3	0	0	0	0	2
60	5 / 4	水 稲	44.5	40.7	62.4	43.1	79.5	33.8	0	85.5	49
		畑 麦	35.5	29.9	10.1	21.6	0	0	9.6	0	13
		休 耕	20.0	29.4	25.8	35.3	20.5	66.2	90.4	14.5	38
		休 耕	0	0	1.7	0	0	0	0	0	0
60	7 / 19	水 稲	44.5	40.7	69.1	66.7	79.5	37.4	34.0	100	59
		畑 麦	55.5	59.3	29.2	33.3	20.5	62.6	58.2	0	40
		休 耕	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		休 耕	0	0	1.7	0	0	0	7.8	0	1



図一 各耕区の土地利用状況(手栗地区の例)

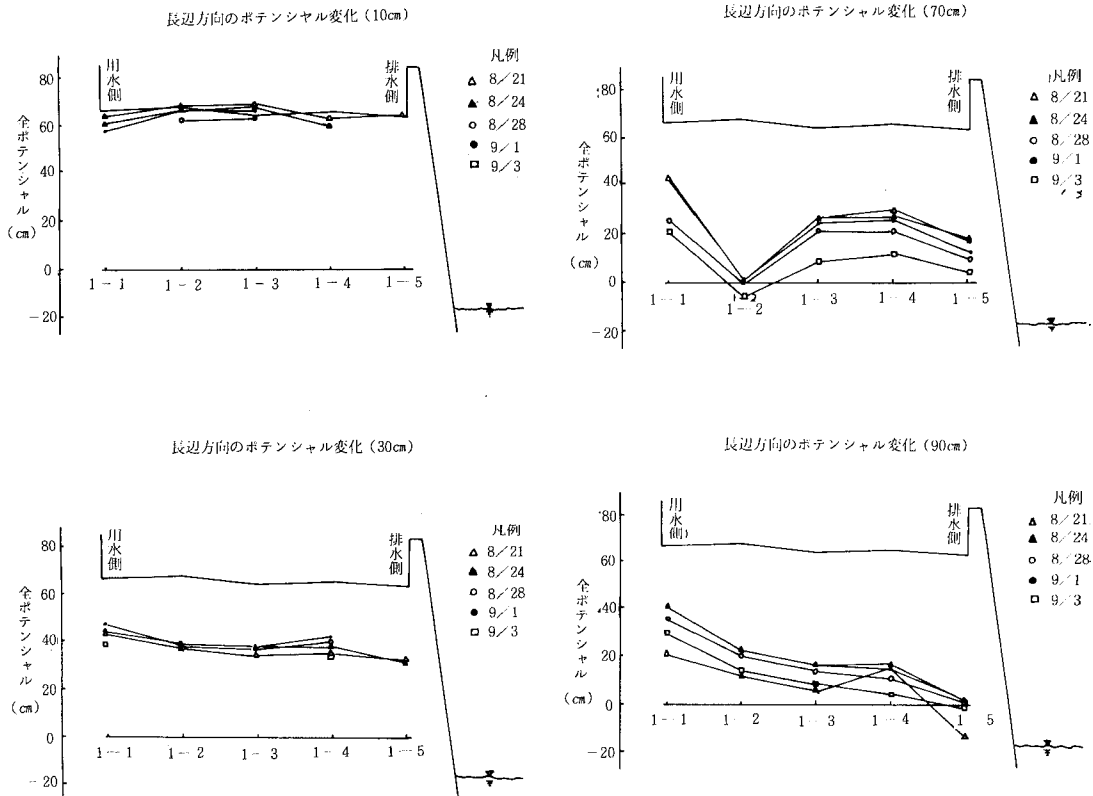


図一 2 手栗地区の用排水組織

汎用農地の用排水をめぐる諸問題

表一 3 手栗東の土壤断面と物理性の一例 (8-6) - グライ土・楢山統

層位	土性	泥礫	黒炭泥	色	構造	孔隙	斑結文核	ピリジル	ち密度	粘着性	可塑性	湿り	備考	透水係数 cm/s	仮比重 g/cm ³	固相 %
0	Apg	SL	なし	灰 5Y 4/1	角塊状		不鮮明 糸根・膜状 鮮明・鮮明	FeII -	10	弱	弱	半乾 〜 湿	客土	8×10^{-3}	0.85	31
13	Gm	CL	なし	灰 7.5 Y 4/1	弱(クラック) 大角柱状	細孔あり	鮮明 管状含 膜状含	+	21	中	強	半乾 〜 湿	沖積 又は 浚渫土	7×10^{-5} 3×10^{-4}	0.18 0.93	37 37
32	P ₁	CL	なし	泥炭層 褐 7.5 YR 4/1			なし	+	12			潤	低集積層 (コンシハ)	4×10^{-4}	0.18	9
1×10^{-4}														0.16	8	
50	P ₂	CL	なし	泥炭層 灰オリーブ 7.5 Y 4/2			なし	+	11			潤	同上	7×10^{-5}	0.28	13
70	G	LiC	なし	含泥炭層 オリーブ灰 2.5 GY 5/1	無構造	細・小孔あり	なし	+	9	強		潤	海湖層 成沼又は 成泥	6×10^{-4} (2×10^{-3}) 2×10^{-5} (4×10^{-3})	0.75 0.86	29 33



図一 3 一筆圃場の深さ別土中水圧分布 (その1)

(2) 一筆圃場，地区圃場の土壤物理学

(表-3, 図-3~5)

圃場における土壤物理学を調査するとき、一般的には用排水路や切・盛土の影響を考慮してピット位置を選択し、そのピットで知られる情報からその圃場全体にわたる物理性、物理現象を推定する。しかし、実際に排水路から用水路にむかって方眼状に調査地点をもおけて層位を代表する深さ別に土中水圧を測定したところ、図-3, 4のように作土、スキ床下部では一定傾向をもたず、ずいぶん違った現象がでた。バラツキ、測定方法を含めて一筆圃場の特徴をとらえる土壤物理学の研究が求められる。その成果は、農業土木工事、土壤管理、水管理の合理的方法を提起するものと期待できる。

数haないし数10haの広がりをもつ地区についても同じ

目的での研究が求められる。河内村の例ではかなり、狭い範囲での土壤変化がみられた(図-5)。このような土壤の分布・生成・変化の因子を整理することにより対応する手段がより適切になるものと考えており、筆者らは土壤学と工学の結合の基礎となる土壤学をEngineering Pedology, その応用による工学をPedological Engineeringと名づけている。

(3) 区画変化に伴う土壤物理学

将来の農業経営の変化を予測してみると、特に10年余り後の農業を後継者やコストの面から予測すると、今より大区画の圃場が求められるのではあるまいか。一方、従来の区画で精度のよい農業のための基盤も求められよう⁴⁾。均平精度、用排水効果、碎土性など、それぞれの区画に応じた土壤物理学による課題解決が求められる。

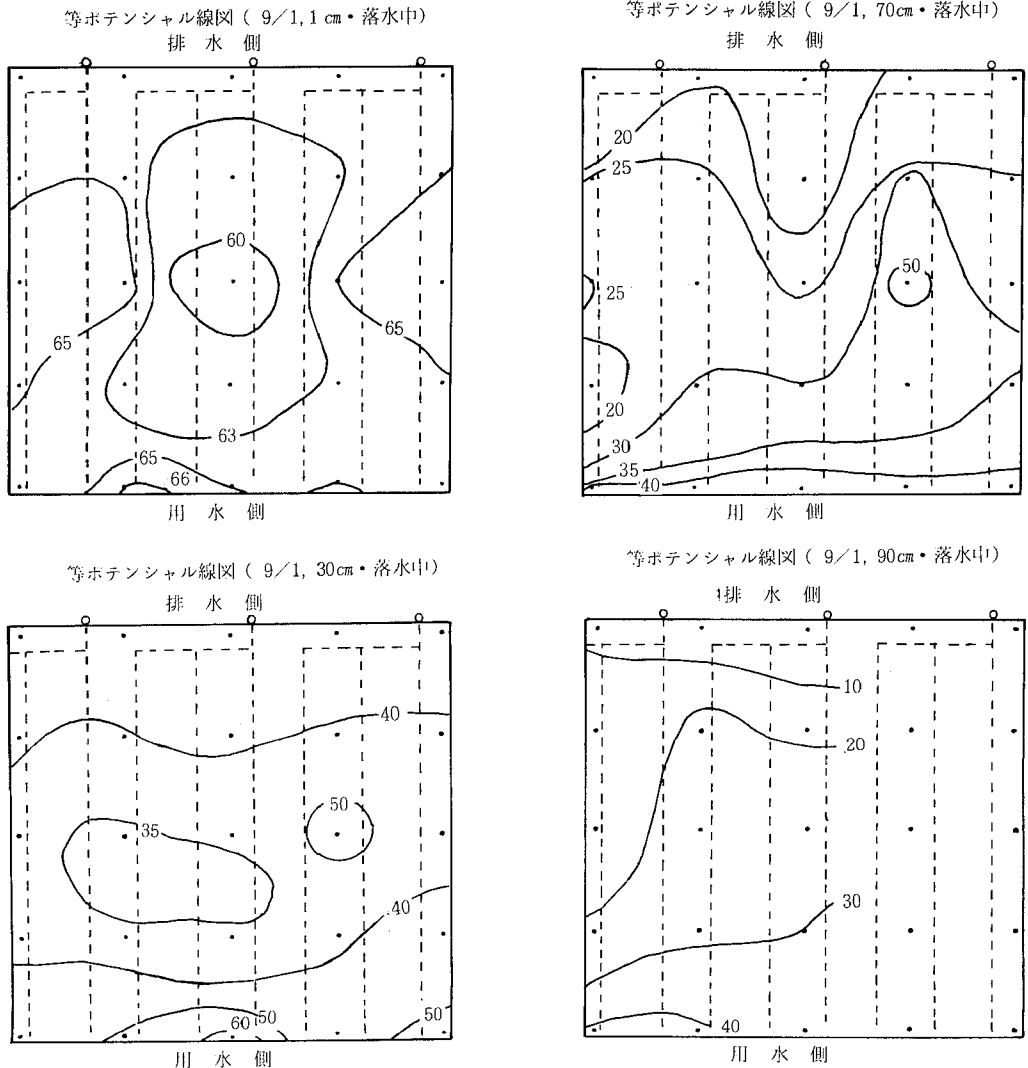
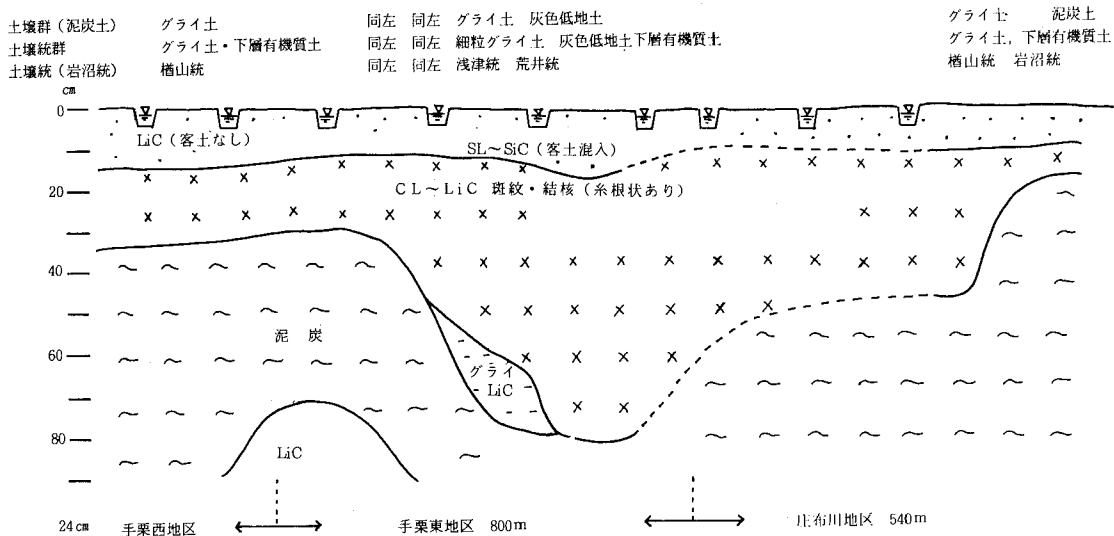


図-4 一筆圃場の深さ別土中水圧分布 (その2)

注: 図中の数字は田面下約70cmを基準とした水頭cm

汎用農地の用排水をめぐる諸問題



図—5 地区の土壤断面 (茨城県河内村)

技術の確立は急に出現するものではなく、すこし早すぎるかもしれないが、しっかりした基礎的研究が先行しなければならない。

謝 辞

本発表の内容は、筆者が参加した諸研究グループ・委員会の成果にもとづく点が多い。また調査に当っては、文部省科学研究費の補助を得、筑波大学農地工学研究室の各位の協力を得た。記して関係各位に感謝する。

- 3) 農水省農林水産技術会議事務局：転換畑を主体とする高度畑作技術の確立に関する総合的開発研究 1～619 (1984)
- 4) 大規模区画圃場整備モデル調査検討委員会：昭和59年度大規模区画圃場整備モデル調査検討業務報告書, 1～173, 日本農業土木総合研究所 (1985)
- 5) 多田敦：基盤整備と用排水, 水田転作, 45～64, 博友社 (1979)

引 用 文 献

- 1) 多田敦：ブロック排水地帯における還元田用水量の変化機構の解明, 関東農政局利根川水系農業水利調査事務所, 1～54 (1983), 1～71 (1983)
- 2) 農林水産省構造改善局資源課：営農技術確立 (地下かんがい) 報告書 那珂地区, 讚岐地区, 長尾地区, 佐賀南部地区, 神出地区, (1978～1983)