

土 壌 工 学 を 求 め て

多 田 敦*

Research for Pedological Engineering

Atsushi TADA

National Research Institute of Agricultural Engineering

1 ま え が き

ホ場の造成・整備に関する研究にたずさわる者にとって大切な研究項目の一つに「土壌に工学的働きかけ」を行ったとき、「土壌はどのように反応する」のか、また「その反応はどのような時間尺度」でとられるべきであるのかということがある。この場合にいう工学的働きかけの内容は幅広くみると、転圧、破碎、切土、盛土、表土扱いなどの力学的働きかけはいうに及ばず、ホ場内の暗キョ排水や地区の排水、連続、間断カンガイや地下カンガイなどのカンガイや排水手段に伴う物理的働きかけも含まれる。また、干拓、埋立てハウスなどの造成も土への大きな働きかけの一分野である。

その反応をみると、施工直後の変化から乾田化に伴う透水係数の経年変化などの時間尺の異なるは握が必要になる。ホ場の造成・整備という土壌面を取扱う工事においては、このような関連をは握した上で工事を行ない、施工効果を施工後の土壌の経年変化にまで及ぼすことが望ましいし、それが理想であろう。

土壌に対する働きかけは、施工の際の農地工学的働きかけのみではなく、栽培管理などの施工後に行なわれる土壌管理も大きな役割をはたすことは無論であるが、施工として当初に行なう土壌への働きかけは施工機械が大型化され、用排水組織が末端まで整備されるに当って重みが増してきている。また一方ではどこまでは土木工事でどこまでは営農作業の中で処理するのかの境界、期待すべき範囲の明確化も求められてくる。

以上の課題を解明してゆくに当っては、工学的働きかけを行う農地工学とその働きかけの対象である土壌の諸機構や分布を解明する土壌学との結合が不可欠になり、その具体的手段に土壌物理学が位置づけられると考えている。

2 汎用ホ場の造成・整備に関する諸問題

近年、米の需給状況の変化と他穀物の自給率の低下に伴って耕地の汎用化、水田ホ場の転換・輪換が求められている。水田、畑単独利用、汎用利用はその土壌物理的意味も興味深いので、上記課題の具体例を汎用ホ場にとって考えてみたい。

汎用ホ場の整備に当って出現する農業土木技術上の諸問題には(i)排水（地域・地区の排水、ホ場内の排水、地表排水、地下排水などに関するものなど）(ii)カンガイ（カンガイの方法、用水量の変化、—これは水田の用水量25mm/日が畑になれば5mm/日ですむという単純に減少の方向で処理されるものではない—、従来の非カンガイ期に用水が必要であるとするとその水利権などに関するものなど）(iii)区画の形状（導入作目の組合せによっては求められる区画の形状が変わってくるのが考えられる）などがあげられる。これらに関する工学的働きかけは土壌構造の変化をもたらし、これに水稲と畑作物両方の導入に伴う耕作法の変化や導入植物の影響、微生物の影響などが加わり、水田、畑の単用あるいは裏作利用では起こり得ない大きな土壌構造変化を想定する必要がある。これらを広く考えてみれば、貯留量や透水性の増大に伴う流出率の変化、透水性増大やイヤ地対策としてのカン水に伴う用水量変化や地力問題など水源の確保や環境保全にかかわる諸課題にも発展するし、また水田の畑利用に伴って求められる排水ポンプの容量変更や地下水カン養との関連はどうかなどの問題にも発展する。このように広範な問題を取扱うには多分野の研究者・技術者の参画が必要であるが、この場合の基礎として、水田土壌、畑土壌とは何か、水田と畑を輪換・転換することは土壌物理的に何を意味するのかという知見の整理が必要である。その上にたつてどういうスピード、時間尺度で変化が起こるのかを予想し、そのスピードをどのような方法で制御し変化させればよいのかを検討してゆくことになろう

* 農業土木試験場

表一 水田・畑の目標と転換技術

	水 田	畑	転 換 技 術
タン水・排水の必要度	カンガイ期 非カンガイ期 タン水可能 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 (地下水位低下、降雨・浸入水) 排除、土壌水分調節 ↓ 排水路完備、暗キヨ排水(組合せ暗キヨ)、排水溝やウネタネ溝の地下排水組織への連結、転換ホ場の集団化、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)
ホ場の透水性・地下水位	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 50~60cm以上	地中の水分移動の迅速化、通気性の増大 ↓ 土壌乾燥(排水) 土層改良(心土破碎など)
土壌の酸化還元及地力	作土 還元 耕盤 酸化 下層土 酸化 (地下水)弱還元 (位置層)還元 (地下水)還元 (以下)グライ層 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・地下水位低下対策 ↓ 排水、耕起、反転、深根性牧草導入、心土破碎(耕盤の一部又は全層及び下層土) 水田への還元には、地下水位上昇対策、丁寧なしろかき、用水確保、有機物の投与、施肥量の増加
よいホ場の土壌条件	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 下層土 透水好いこと 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、土壌硬度が高すぎぬ 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、土壌構造発達促進、土壌の膨軟化
区画	用排水路・農道に接する、ホ場は平坦にし、ケイハンで囲む	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

3 水田・畑の目標値と汎用ホ場の暗キヨ排水

水田・畑土壌の特徴に関しては、今回のシンポジウムで整理されよう。ここでは好ましい水田、畑の目標値(いろいろに表示された数値をごく大まかにくった)を比較し、次に転換技術のうち、まず必要となりかつ土壌変化との結びつきの深い汎用ホ場の排水に当たるとられるホ場地下排水方法をまとめ、さらに残された土壌物理学的問題点、特に農地工学と土壌学の結びつきに関連する課題を述べてみたい。

以上の目標値に近い植を時期に応じて所有する汎用ホ場とは、必要なときに水をためられ、必要なときに急速に排水できるホ場であり、水田をかえて両性質を兼備するためには、土壌構造を発達させ、土壌の透水性を上げて地表残水及び土中水の運動を迅速にするとともに、用排水組織によって水理条件を制御できることが必要になる。すなわち、土壌構造を自然的・人工的に発達させて

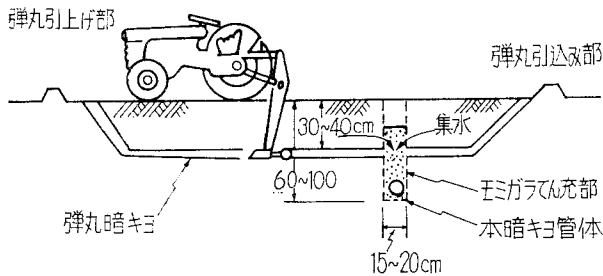
透水をあげる水みちを確保することにより、全土層としての透水性をあげ(自然力による土壌乾燥では水みちが耕盤以深に達しにくいので、心土破碎、弾丸暗キヨなど

表一 水田・畑の土壌条件(秋田県農試)

水	作土 耕土深18~20cm、肥沃度T.N.、0.25~0.30%、C/N10~12、乾土効果8~10、塩基置換容量20m.e.、塩基飽和度50~80%、磷酸吸収係数1000
田	下層土 透水性 30~40mm/日 地下水位 50~70cm 構造キ裂のあること
畑	作土 毛管より大きい間ゲキ 表土30cmに50%以上、空気量15%以上、有効保水量16%以上、30cmに35mm以上、土壌硬度(山中式)24mm以下、有効磷酸10mg以上、塩基飽和度50~80%、MgO/CaO 1/6~10
	下層土 透水性60mm/日以上滞水しない 地下水位 70cm以下 構造キ裂のあること

表一 3 重粘土水田・転換畑の排水に関する目標値（農土試）

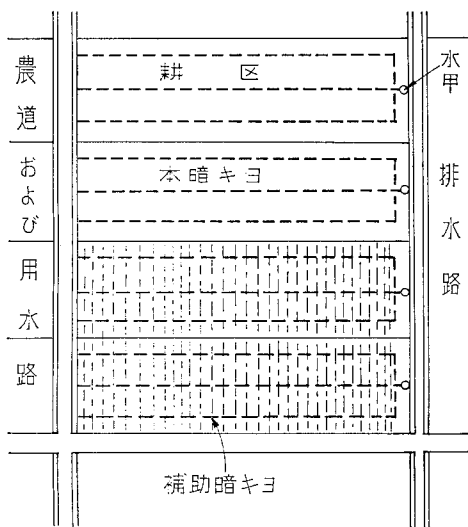
項目	時期別 タンク水 (期移植栽培中干し 期まで)	非タンク水期		参 考 (転換畑)
		湿 潤 期 (表日本 刈取り期 裏日本 秋冬期)	乾 期 (表日本 秋～春期 裏日本 春期)	
減水深	10~20mm/day	25~50mm/day	60mm/1日	50~100mm/1日
タン水(降雨)消失速度		50mm/2日	60mm/1日	50~100mm/day
降下浸透速度	5~15mm/day	25~50mm/day	50~60mm/day	50~100mm/day
土壌透水係数	10^{-6} cm/sec	5×10^{-6} cm/sec.	10^{-4} cm/sec.	10^{-4} cm/sec.<
降雨後20cm土壌水分 2日目の地下水水位		pF 0.7 30cm	pF 1.2 40cm	40cm
降雨後20cm土壌水分 7日目の地下水水位		pF 1.5 50cm	pF 1.7 60cm	60cm
表層20cmの土壌強度		S R-II型コーン 3~3.5kg/cm ²	5 kg/cm ²	



図一 1 組合せ暗キヨの断面

による人工的水みちが必要になる場合が多い), この水みちを暗キヨ排水組織の一部をなす吸水キヨに接続させる。

吸水キヨの排水管は深さ 60~120cm に布設されてお



図一 2 組合せ暗キヨの配置

り, 自然又は人工の水みちのよく確保できる深さ 30~45cmより深くなるので, 吸水暗キヨ管上に透水性のよい材料(疏水材といい, モミガラ, ソダ, 石レキなどが使用される)を厚く被覆し, 暗キヨと水みち間の接続をはかることが重要である(図一 1~3)。

吸水キヨの水は集水キヨ, 水甲, 排水口を経て排水路に排除される。このように排水管を布設した本暗キヨとこの機能を増進し水みちを確保する

弾丸暗キヨなどの補助暗キヨと直交する暗キヨ排水組織を組合せ暗キヨ排水組織という。この地下水組織の完備は地下排水, 残水排除を目的とするとともに, タン水必要時には水甲を閉じ, また要すれば末端排水路のセキ上げを可能にすることにより地下水位を制御し, 浸透を抑制できることを原則とする。この方法を図示すると図一 1~3のとおりになる。

ここで問題となるのは水みち確保の手段である。組合せ暗キヨは重粘土水田の排水手法の確立にあたって研究されたものであり, これを汎用ホ場整備にあたって応用すると上述のとおりになる。重粘土水田の本暗キヨの間隔は 9~10mと考えられているが, 汎用ホ場においても水みちを確保する手段を講ずることを前提にするとこの 9~10m間隔以下に狭める必要はないのではないかと現在のところ考えられる。すなわち, 本暗キヨの中間から本暗キヨまでの 4.5~5.0mの長さをもつ水みちを確保することが重要で, 水みちの確保には土壌の乾燥によってできるキ裂が期待できない初期には弾丸暗キヨ機や心土破碎機による人工的な水みち造成手段が適用される。この水みちの耐久性は短かいので 2 回目の施工からは営農の一貫としてくり返し施工する。またウネ立て, 排水

小溝を10m間隔の本暗キョ又はこれと直交する補助暗キョと直交させることにより排水距離を短縮する。くり返し施工による人工の水みち造成は、土壌キ裂の発達、人工キ裂の固定にしたがってその時間的、距離的な間隔を広げることができると考えられる。これら施工のくり返しは、価格的には本暗キョに比べはるかに低いが、栽培体系の中に組み込む必要もあるので、実施が不可能な場合には、補助暗キョの耐久性を求めることになる。本暗キョは現況では水甲などを含めてm当り数百円から高くなると2000円~3000円、10m間隔で反当数万円から20~30万円する。

間隔7mにすると水みちに依存する長さは3.5mと短縮されるが、水みちさえ確保できれば間隔が10m以上でもほぼ水平に水位が上昇下降することから、10m以下への高価な本暗キョ間隔の縮小よりも本暗キョと結ぶ低廉な水みち確保が主な対策となるべきであろう。

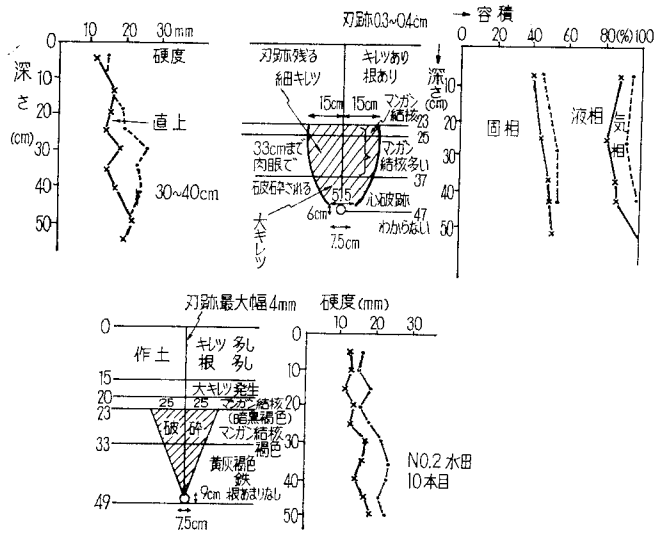
最近営農排水として浅い暗キョ（深さ50cm程度）が施工されつつある。これは地表タン水や0~50cmの土中重力水を速かに排除するためには有効であるが地下小位を50cm程度以深に下げるためには、本暗キョや小排水路など土木的手段による排水組織と確実に接続することが必要でありまた浅い暗キョの効果を上げるにもこのことが大切である。コストを含めて両者の位置づけの整理が必要でありまた排水過多対策としての組織も必要である。

土壌物理学に求められる残された問題は、土壌中の水みちであるキ裂の発生の子測と人工キ裂の耐久性及び人工キ裂が周辺土壌構造変化に及ぼす影響を推定し、水みちの確保計画に安定性を持たせることであろう。これによってどうしても当初土木工事として処理すべきものとその後の営農の中での排水手法に頼るべきものととの区分が明確にできる。

この場合に、キ裂発生機構の解明、整理とともにその土壌に働らく広い意味での土壌生成因子の土壌物理的評価が重要になり、この視点を通じて土壌分類と適応技術の選択の関連を用意し、土壌物理を面に広げるという課題にも取り組める。

4 土 壌 工 学 を 求 め て

汎用ホ場の暗キョ排水という事例で示したように、「土壌への働きかけとその反応」の子測を前提に工事が



図—3 弾丸暗キョによる水みちの造成

すすめられる必要がで、これは他の面工事ににおいても同様である。そのためには、ペドロジカルな土壌学の概念、特に土壌生成因子を農地工学的視点で評価し、これを土壌物理学的にとらえること（これには質的表現の段階と量的表現の段階があると考えられる）が大切になる。また物理的現象にかかわる化学的現象の重視（たとえばキ裂の耐久性には大きな役割をされていると考えられる）、面への拡大のための土壌分類や土壌図の活用などが必要になる。また分類された土壌も土木的働きかけによって変化するので、活用には変化の方向づけの視点からの研究も必要になる。

このように農地工学と土壌学の結びつきが強く、土壌物理学を手法とする課題を『土壌工学 Pedological Engineering』と仮称して農地工学の一部と位置づけながら研究してみてはいかかかと考えて勉強をはじめている。

参 考 文 献

- 1) 農林水産技術会議事務局 (1972) : 重粘土地帯水田の土層改良と用排水組織に関する研究, 研究成果シリーズ56
- 2) 根岸ほか (1972) : 重粘土地帯水田の土層改良と用排水組織に関する研究(I)~(IV), 農土試報告 No. 10, p. 43~206
- 3) 農林水産技術会議事務局(1974) : 飼料生産のための水田の総合的利用技術の確立に関する研究, 研究成果シリーズ80
- 4) 農業土木学会畑地転換対策調査委員会(1976) : 畑地転換の技術的諸問題とその対策, 農土誌, Vol. 44 No. 12, p. 9~41
- 5) 農業土木学会暗キョ排水調査委員会(1973) : 暗キョ排水の計画, 施工, 管理についての報告, 農土誌 Vol. 41, No. 9, p. 9~30
- 6) 多田教 (1973) : 土壌工学の必要性, 農土誌Vol. 41, No. 6, p. 2~4