

転換畑における土壌水分と土壌構造の変化

竹 中 肇*

Soil Moisture and Structure in the Paddy Field Utilized in Dry Condition

Hajime TAKENAKA

The University of Tokyo

I. はじめに

わが国の食糧需給をみると、米は昭和42年頃より生産過剰の傾向を示している反面、畑作物は全般的に不足傾向を示し、年々、穀類を主体とする輸入量は莫大な数量にのぼっている。

このような情勢を反映して昭和45年より、稲作転換促進対策がとられている。昭和49年度には28.5万ha(米116万tonに相当)の畑地転換が行なわれている。転換作物としては、飼料作物、野菜、豆類、永年生作物などが主要なものである。このような食糧需給の面から見た畑地転換の必要性は、今後も長期的に継続するものと予想される。

一方、日本農業がもつ本質的な一面として、農家の耕地面積の狭少、耕地の分散があげられよう。農家は一般に複合経営が多い。すなわち、農業内部における労働や所得の確保、また土地利用度の向上を目指す立場からみても、水田を畑として、また、畑を水田として、自由に転換して利用しうる条件を整えておくことは有利なことと考えられる。

このように畑地転換は今後とも日本農業の土地利用の中で、重要な地位を占めるものと判断される。

一方、わが国の耕地利用率(水田、畑の合計)をみると、昭和35年の134%から年々低下をつづけ、昭和48年には100%まで低下している。とくに近年の水田の耕地利用率が低く、昭和47年には93%に落ち込んでいる。これは水田の休耕面積が大きいこと、および裏作とくに麦の作付面積が少ないこと、(昭和47年では15.5万haに過ぎない)などがあげられよう。

これらは農業生産をとりまく多くの環境条件により影響をうけた結果であるが、自然的・技術的側面としても、土地利用の向上を阻害している面があることが指摘できよう。すなわち、水田を畑地として利用する場合農地工学上、まず排水対策を確立することが前提条件となることが、各地の実例で指摘されている。

水田基盤はその機能上、平坦に造成され透水性も低く、一般の畑地と比較すると降雨時の排水が不良である。また、近接する水田や用排水路よりの浸透水の影響をうけて、過湿となる場合もある。したがって、排水対策はきわめて重要であると言える。

一方、排水を良好にして畑作物を栽培すれば、必然的に土壌の乾燥は進む。したがって、水田基盤という条件下における乾燥の進行と、土壌構造の変化の関連を把握しておくことは、畑作物の栽培にとっても、また、畑を再び水田に戻す場合の用水管理上の立場からも、極めて重要な事柄であろう。

農業土木学会では昭和46年度より畑地転換対策調査委員会を発足させ、全国、13地区を選定して、畑地転換に対する技術的対策につき、調査研究を行なっている。これまでの調査成果のうちから土壌の物理性に関連ある問題につき、ご紹介したい。

II. 排水対策

1. 隣接水田よりの浸入水の影響とその処理

これには地表水として浸入する場合と、地下水として浸入する場合とがある。前者は用排水路や畦畔を溢流して浸入するものであり、これについては地区全体としての排水を完備すると共に、畦畔を十分な高さに整備する必要がある。

地下水として浸入する場合には耕盤上より浸入する場合と、耕盤下より浸入する場合に大別される。耕盤上より浸入する場合には、畦畔を補強するとか、簡単な止水策が有効である。一方、耕盤下より浸入する場合、閉鎖浸透となっていて、地下水位が高く、透水性が大きいような場合には、遮断水路、抽水暗キヨ等が必要となる。これらについて整理した結果を第1表に示しておく。

大河川下流部の低湿地帯では、地形が平坦で、地区全体としての排水が不良であり、隣接水田のみならず、排水路自体からも影響をうける場合がある。とくに下層に砂層など透水性の大きい土層が存在するときには、浸入水の影響を強く受けるので、十分な対策が必要である。

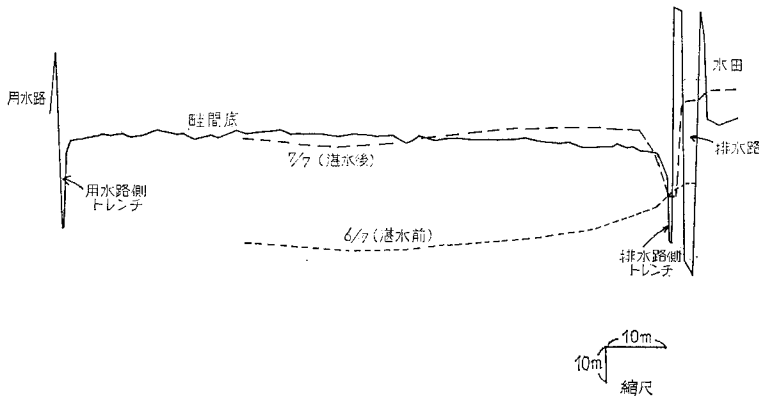
* 東京大学農学部

第1表 隣接水田からの浸入水の影響

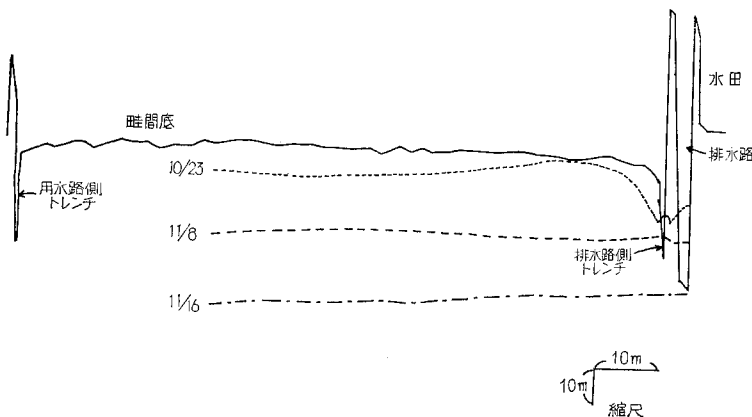
原因	対策
地表水として浸入（畦畔越流）	地区排水完備，畦畔補強
地下水として浸入 耕盤上より浸入（畦畔・作工） 耕盤下より浸入（基盤）	簡単な止水壁
開放浸透	不要
閉鎖浸透	不要
透水性小(10^{-5} cm/sec以下)	不要
透水性大(10^{-4} cm/sec以上)	不要
地下水位低（1 m以下）	不要
地下水位高（1 m以上）	遮断水路，補水暗キヨ

（京大 丸山利輔）

一例として、埼玉県騎西町（加須地区）の転換畑における地下水位の測定結果をあげておく。調査ホ場は深さ30cm付近より砂層となっていて、排水路ならびに、近接する水田の水位に影響をつよく受けているのがわかる。



第1図 地下水位の変化（加須地区昭和49年）—落水後の比較—



第2図 地下水位の変化（加須地区昭和49年）—落水後の経時変化—

（第1図）排水路に沿って、ホ場内に堀割されたトレンチも、その深さが充分でなく、周辺よりの浸入水の影響を充分に遮断する迄には到っていない。すなわち、砂層の下部にも補水暗キヨ等を併用すべきであらうと思われる。なお、落水後には、排水路水位の降下に対応し、転換畑の地下水位も、低下する傾向をうかがい知ることができる。（第2図）

一方、同一地区の近接したホ場で、下層に砂層が存在しない条件下では、一般的に地下水位は低く、浸透水の影響の仕方は弱まってくるのがわかった。

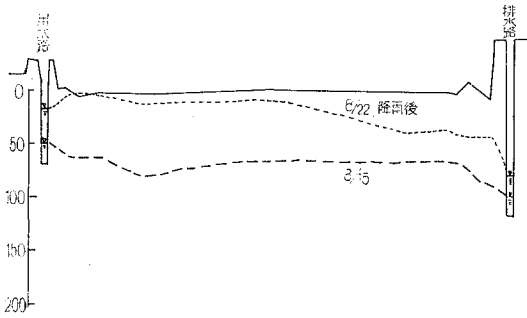
低湿地でも、排水路水位が充分な深さに管理されている場合には、地下水水面形は排水路側にむかって順調に低下する。一例として見島湾干拓地で測定された結果を第3図に示しておく。

2. 地表排水

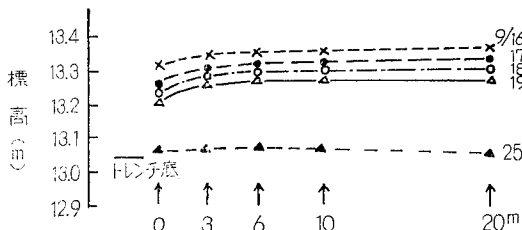
豪雨に見舞われたときは、平坦な転換畑では排水が停滞する。排水を地表における流出水としてとらえて排除することが、まず大切である。地表排水が円滑に行なわれることは、作物を湿害から守る前提条件であり、また、ホ場内での作業能率を高める上からも重要である。

地表排水を促進するために、ホ場にトレンチを掘り、たまり水を排除する方法がある。利根川沿いの低湿地の加須地区の例では、深さ30cmのトレンチの影響圏を地下水位の変化によって調べたところ、約6m程度となった。（第4図）

また、栽培上の必要から作られる畦間も、広義には一種のトレンチと解釈してもよい。豪雨のあと、排水不良の畦は、畦間の勾配が一樣でなく、凹凸や、逆勾配が存在していることが、加須地区や岐阜県糸貫町（糸貫地区）の現地調査で確かめられている。また、人力によって作畦した畦について実施した現地排水試験によると、畦の両端で排水する方が、排水所要時間が短かく有利であることが示されている（糸貫地区）。この面から考えると、水田のみの場合にくらべて、転換畑では、排水路の密度を多く要求することとな



第3図 地下水位の変化(児島湾干拓昭和47年)
(岡大 長堀金造)



第4図 トレンチの有効圏(加須地区昭和47年)
9月14~16日181.5mmの降雨があった
のちの地下水位変動

る。このほか、畦間を出来るだけ均一に、凹凸のないように仕上げることは、きわめて重要であると言える。

しかし、現実の問題としては、ほぼ平坦な転換畑において、一様な緩勾配の畦間を作りしかも、この形を維持することは、極めて困難であると言えよう。加須地区で調べたところでは、降雨後の畦間の湛水状況は、必ずしも畦間の平均勾配と明確な関連はなく、むしろ畦間の凹凸に支配されている傾向がうかがわれた。丸山らも各地の畦間の凹凸の実態と排水状況との関連を追跡し、畦間残留水量を数量的に求めることを示している。

一方、土壌構造の面から考えれば、畦間に湛水が生じても、これを迅速に排除しうる透水性を保持させることが大切である。畦間がぬかるみ易く、歩行上の支障が感ぜられる加須地区の例で、畦間にかなりの凹凸があっても、土層し透水性が良好な部分では、畦間の湛水は早期に消失し、ぬかるむ傾向はみられなかった。

3. 地下排水

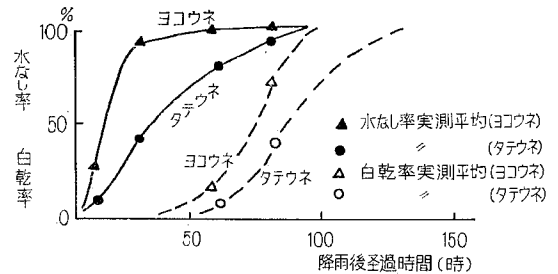
地区全体として地下水位が高く、下層に透水不良の土層が存在するような条件下では、積極的に地下排水をはかり、畑作物の栽培に適した水分環境を保つと共に、作業性の確保をはからねばならない。

土壌の透水性が不良で、従来の暗キヨ工法のみで目的が達せられない場合には、心上破砕、弾丸暗キヨなどの土層改良を組み合わせる必要がある。透水性が不良で 10^{-5} cm/sec 以下のホ場では、このような配慮が必要とな

る。

また、傾斜地でホ場整備を行なうと、水田の段差が大きくなり、上位水田に接続した法尻付近では、地下水位が高くなって過湿の害を及ぼるので、このような部分に対し、密度の高い地下排水対策がとられる必要がある。一例として、多田らによる段丘砂礫層上の城端地区の調査例をみよう。傾斜地であるため、夫々の田面差は1.5m程度であり、地表排水のみでは、転換畑は過湿であった。山側の法尻付近に礫を埋戻した暗キヨ管を敷設し、これに直交して深さ約0.4m、間隔1.5mで弾丸暗キヨを施工したところ、著しい排水効果があった。

このほか、排水を促進させるためには、暗キヨと畦の方向について検討することも大切である。畦方向を暗キヨの布設方向と直交させると(ヨコウネ)、畦方向に平行に暗キヨを布設した場合(タテウネ)にくらべて、降雨後の畦間の排水状況がいちじるしく良好で、土壤の乾燥も早いことが、滋賀県大中の干拓地で、富田らによって確認されている。(第5図)



第5図 ウネの方向と降雨後の乾燥傾向(滋賀県大
中干拓地)(滋賀短大 富田正彦)

地下排水を行なうための目標値は、作物の栽培条件、作業条件を充分勘案して設定されねばならない。このためには、地下水位と、pF の関係を、充分整理しておき、植生、作業条件との関連性を検討してゆくのが有効である。

III. 乾燥の進行と土壌構造

1. 乾燥の進行

水田を畑状態で利用した場合、乾燥が進み、土壌構造が発達してゆき、下層までキ裂が入るようになる。したがって、どの程度まで土の乾燥が進むかを明らかにすることは、転換畑における畑作物の管理上からも、また再び水田として利用する場合の用水管理上からもきわめて重要である。

一般に、乾燥の進行は、天候、土性、地形、地下水位、作物等の諸条件等により変化する。このうちでもとくに地下水位の影響は重要であり、地下水位が高い場合の乾

燥の進行はゆるやかである。

水で飽和したゆるい土は、キ裂が入り始めるときの pF 値が1.5~2.0付近にあることが確かめられているので、とりあえず pF 2 以上に乾燥した日数を、各地の土壤条件、地形条件にてらして検討した。

粘質で地下水位が高い条件下の城端地区では、深さ20cm以下は、ほとんど乾燥していないことが知られた。これに対し、砂礫質のハンラン原上に20cm程度の作土層をもち、地下水位が比較的低い和田山地区の例では、乾燥がよく進み、4~9月のうち、半数以上の日数が、pF 2.0以上を記録した(昭和47年)。なお、乾燥の進行は、同一ホ場でみると、排水路寄りの乾燥が良好であった。

また、傾斜地水田では、基盤整備を行なうに当たり、盛土部、切土部で土壤条件に差異があり、乾燥の進行状況もまた異なる。段丘上の火山灰土で、地下水位が低い波田地区の調査事例では、全般に乾燥がよく進むが、しかし盛土部の方が切土部にくらべ、深い層まで乾燥する傾向がうかがわれた。水田より転換された直後の畑の切土部では、下層上の乾燥はほとんど進行しない。

畑作経過後の経過年数のちがいによっても土壤構造の変化の程度に差異が生じ、乾燥状況にも反映する。たとえば、波田地区における昭和49年度の夏期のスイカ畑の水分張力測定値(作土層深さ10cm)を検討すると、畑地転換後、1年目の畑では、pF2.7以上に乾燥した日数は1~5日と少なく、全般に湿潤であった。これに反し、畑地転換後4年目の同一地区の近接した畑では、これが19~24日と多く、全般に乾燥し易い傾向であった。すなわち、水田土壤が乾燥経験を重ねて行く中で、畑地土壤としての構造にうつりかわり、通気性、透水性を向上させて行くことを反映したものと考えられよう。

2. 土壤構造の変化

まず、地下水位が低い波田地区を例にとり、河野らによって行なわれたキ裂の発達調査結果を中心に検討しよう。中干し時期に作土層にキ裂が入り始めるときの pF 値は、略々 pF 2.0 付近にあることが知られている。しらかきされた作土は、ゆるくかつ飽和している。このような土では、最初、団粒間の水が脱水され、脱水量と変形量が略々一致した段階を経過する。(正規収縮の段階)のち pF 2.0 付近に到り、脱水量が変形量を上回り(残留収縮の段階)土壤内に内部応力が発生し、キ裂の発生につながるものと考えられよう。

波田地区では、造成された直後の一作目の水田では土がぬかるみ、営農機械の導入に困難がみられる場合があった。作土の土壤構造の発達の程度を調査した結果を第2表に示す。すなわち、一作経過後の時点において、キ

第2表 土壤断面の発達状況(波田地区昭和46年)

部 位	調査点数	土壤断面の発達程度		
		良	中	不良
盛土部	8	3	2	3
切土部	7	7	0	0

注) 良……作土層におけるキ裂の発達が顕著に認められ、作土層の硬度が比較的大で、肉眼で判定した土湿が少ない。
 不良……作土層におけるキ裂がほとんど認められ、作土層の硬度が比較的小さく、肉眼で判定した土湿が多い。
 中……良、不良の中間段階のもの

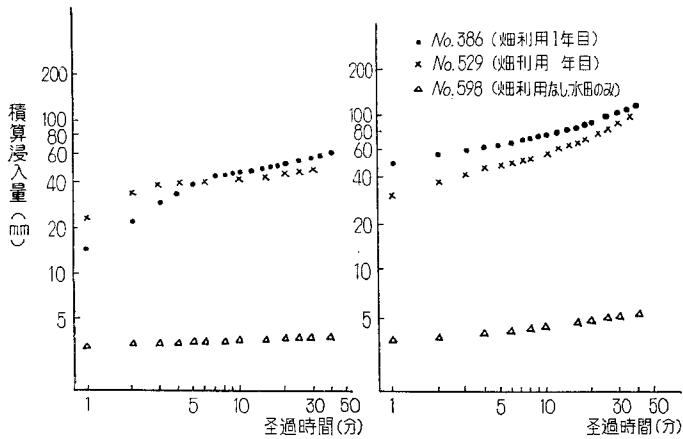
裂の発達状況、硬度の大小、土湿の多少など総合的に判断して、3段階に整理してみると、盛土部では、排水不良状態を示す土壤断面が、8例中3例認められるのに反し、切土部には7例中全部が、排水状況は良好な断面を示した。なお、盛土部、切土部のキ裂発達の様相は、地下水位の高低と密接な関係がある。同じ傾斜地水田でも、地下水位が高い谷津田で千葉県東金市の事例では、逆に切土部は過湿でキ裂は発達せず、盛土部で顕著なキ裂の発達をみた。

一作経過の段階では、キ裂の発達は、作土層が主体となっている。年月の経過と共に、土壤断面中のキ裂の発達が下層へ進んでいく傾向が、各地の調査で示されている。下層土は、作土とは土壤構造の生成条件が相異している場合が多い。例えば傾斜地の基盤造成では、大型の施工機械により不飽和状態の土が締固められるわけであるから、その時の水分状態、締固め外力によって充填状態が異なることとなる。このような土では、締固められた当初の水分状態付近で、水分が変動する範囲では、顕著な体積減少は生じないと思われる(構造収縮の段階)。水分が当初の水分状態を下回って始めて土の構造変化をとまなり収縮を生じ、キ裂の発生につながるものと考えられよう。したがって、キ裂発生時の pF 値は締固め時の水分状態さらには締固め外力により規定されることとなる。波田地区で、下層土において、キ裂が発生する時点の pF 値は作土より大で、かつ pF 2.0~2.5 の範囲で変動した。

しかし、下層上でも、湖底土のように湿潤な条件下で生成したままの場合には、キ裂発生機構は作土の場合と大差はないものと考えられよう。例えば八郎溝干拓地における干陸当初の乾燥段階におけるキ裂発生時の pF 値は略 pF 2.0 付近であることが観察されている。

3. インテクレート、水田用水量の変化

まず、地下水位が低い台地上の水田について検討してみよう。畑状態を経験することにより、土壤構造が発達し、キ裂が下層に向かって入ってゆくことは、すでに明



第6図 インテークレート（波田地区昭和49年度）

っかにしたとおりである。このとき、畑状態を経験する期間が長いほど、その傾向は顕著である。これらの事実を反映し、波田地区で測定したインテークレートは、水田の場合にくらべて大差が認められた。

転換畑を再び水田として利用すると、しろかき用水量、減水深とも顕著に増大する。この傾向は畑状態を終了した時点から、水田として利用されている経過時間も密接に関連している。すなわち、畑作経験期間が長いほど、かつ、再び水田として使用された期間が短いほど、用水量の増大は大きい。なお、畑地化したことの影響は相当期間、残存するものと思われる。少なくとも、3～4年間程度での水田再使用では、水田のみに使用した場合にくらべて、畑地化の影響はきわめて明確に残っていて、用水量は大きい。すなわち、畑地化により、一旦発達した下層土のキ裂は、かなり安定なことを示しているものと考えてよいと思われる。

一方、低湿地の条件下では、土壌構造の変化は激しくは進まず、畑状態を経過しても、水田用水量には、必ずしも明瞭な差異があらわれない場合が多いと思われる。すなわち、地区全体としての地下水位が高いため、キ裂が発生している、このために顕著な降下浸透が発生する余地が乏しいからである（加須地区昭和49年度の例）。

IV. むすび

水田を畑地として利用する場合、農地工學上、まず排水対策の確立が重要であることを明らかにした。

すなわち、隣接水田よりの浸入水の影響の仕方を、浸透経路、土壌条件の両面より整理し、その処理対策の基本を明らかにした。ついで、作物を湿害から守り、作業能率を高める立場から、地表排水工法、地下排水工法を、土壌の物理性等との関連において論じた。

ひきつづき、乾燥の進行状況を土性、地形、地下水位等の諸条件により検討し、これをキ裂の発生状況と関連づけて論議した。

また、畑地化により生じた土壌構造の変化は、長期間持続するようであり、インテークレート、水田用水量にも影響することを示した。

（謝辞）本稿を草するに当り、有益な御意見と資料を提供していただいた農業土木学会、畑地転換対策調査委員会の委員各位に厚く御礼申し上げる。また、研究逐行上、足立忠司、堤聡、河野英一の諸氏からは、とくに多くの協力を得たことを記し、謝意を表わします。

引用文献

1. 日本農業土木コンサルタンツ：畑地転換調査委員会報告書、昭和47年3月
2. 農業土木学会：畑地転換対策調査委員会報告書（昭和47年度）、昭和48年3月
3. 同上：同上（昭和48年度）、昭和49年3月
4. 同上：同上（昭和49年度）、昭和50年3月
5. 竹中肇、江崎要：ヘドロ地盤のホ場面沈下について、農土前会論文集43号、P.12～18、1973年1月
6. 河野英一：畑地転換に伴う土壌水分と土壌構造の変化——段丘上水田を例として——、農業土木学会雑誌、投稿中