

# 土壌の物理性

第 39 号

昭和54年 4 月

---

巻 頭 言	21周年を新しい飛躍の第一歩に.....	湯 村 義 男	1
シンポジウム	「田畑輪換をめぐる諸問題」		
	わが国における田畑輪換の位置づけについて.....	吉 田 武 彦	2
	田畑輪換と作物栽培について.....	本 田 太 陽	9
	田畑輪換に伴う土壌の変化.....	渡 辺 春 朗	18
	田畑輪換と還元田用水量.....	足 立 忠 司	30
	田畑輪換と排水.....	高 橋 強	35
	総 合 討 論.....		45
報 文			
	土の侵食性と物理的性質.....	内 田 勝 利	50
解 説			
	吸着熱測定法.....	葛 上 久	57
書 評			
	集約農業下の土壌環境と肥沃性.....	寺 沢 四 郎	17
会 務 報 告			61

---

土 壌 物 理 研 究 会

---



---

 卷 頭 言
 

---



---

## 21周年を新しい飛躍の第一歩に

湯 村 義 男\*

Yoshio YUMURA

土壌物理研究会は昭和33年の創立以来昨年で満20年を迎えた。人にたとえれば成人式を終えたわけで、新しい10年間への第一歩を踏み出したことになる。このような大事な時期に、非才にもかかわらず大役をお引受けすることになったが、役員、事務局各位に支えられながら、伝統をけがさぬよう努めたいと考えている。

作物は太陽エネルギーを利用して光合成を行い、それに要する水と養分を根を通じて土壌から吸収している。その点では、わが国はほぼ年間を通じて日照と降雨に恵まれており、いわゆる先進諸国の中でも、農業生産にとってもとと有利な自然条件下にあると考えられる。ただ、地質構造や地形が複雑で、乾季のない比較的温和な気候のため、土壌構造が発達せず、多湿、浅根、溶脱型の土壌が多く、これが今後さらに農業の生産性を高めようとする場合の隘路になっている。集約化、貿易自由化、水田転作などがこれからどういう動きをたどるかは予断をゆるさないが、わが国のような土地条件の下では、作物生産や労働生産性の向上に対して、その基盤をなす土壌の物理性改良に関する研究と技術の普及が特に大切なことは将来とも変わらないであろう。

すでに退官されたような先輩の方から、あい変わらず同じようなことをしているというおしかりを受けることがよくある。後輩の立場から言い分も全くないわけではないが、多くの場合大局的に見て痛いところを突かれる思いがする。同じようなことを繰り返さないためにも、できるだけ関連分野の知見や手法を取入れる努力がいる。特に研究会のように、専門を異にするものが気楽に話し合うことを身上とする集りでは、それぞれがその専門の立場から土壌物理とその周辺諸科学の知見を吸収し、自由に評価し合えるようにしたいと考えている。

もう一つ私見を述べさせていただく。90%またはそれ以上のシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) を含み非常に硬いチャートという岩石がある。この石の薄片を顕微鏡で見ると、それは極めて微細な石英の、緻密かつ均質な集合体であって、特別な構造は認められない。そのためチャート中の石英は、海水中の珪酸成分が無機化学的にゲル状珪酸として沈澱し、それが時間の経過や圧によって結晶化したものと考えられてきた。ところが、このチャートを割って、その破面をフッ酸で処理し、いくらか倍率の高い拡大鏡や実体顕微鏡でのごくと、チャートの組織がはっきり見えるようになる。それは珪酸質の殻や骨をもつ放散虫という原生動物の遺骸がびっしりと集った構造であることが分る。このような簡単な方法でチャートの正体を発見するいとぐちは、大間々高校の林氏によって与えられ、そして、それは今から僅か11年前の1968年のことであるという。以上は、「図書」という小冊子(1974年11月号岩波書店)の橋本光男氏の記事から引用したが、同氏は「物の観察には、その物の本質に適合した拡大率みたいなものがあるのであって、そこを素通りして拡大率をあげていくと、結局深い森にまよい込んでしまうことになる」と述べておられる。

土壌の物理性の研究がただ微に入り細を穿つだけでなく、種々の地形や微気象をもっている実際の耕地で、養水分や土壌空気の動きと作物生育及び作業性等にどうかかわっているか、また深さ別に採った試料の測定値が、現地の成層状態の下でどういう役割を果たしているかという点にも目を向ける必要があると思われる。言いかえると、土壌の物理性から耕地の物理性ないし土壌体 (Soil body) の物理性とでもいうような視点にも立ってみるのがないと、拡大率を上げて森に迷い込むだけの結果になることをおそれる。こういうことを考えるのは筆者がかって十数年間土壌調査に従事したためだけであろうか。

最後に当研究会の20周年記念出版について予告しておきたい。すでに会誌の会務報告で御承知のことと思われるが前々期、前期の評議員会において発議された記念刊行物「土の物理学」及び「土壌の物理性と植物生育」の2部作が初秋のころには発刊される運びになっている。既刊の15周年記念刊行物「土壌物理用語事典」と共に、今後の土壌物理研究の基礎になることを信ずる。会員はじめ広く関係各位が活用されることをお願いしたい。

\* 会長、野菜試験場

## わが国における田畑輪換の位置づけについて

吉 田 武 彦\*

Significance of Paddy-Upland Rotation in Japan

Takehiko YOSHIDA

National Institute of Agricultural Sciences

## I 日本農業における水田と畑

日本農業の著しい特徴の一つは、耕地が水田と畑にはっきり分かれていて、相互の転用がほとんどみられないことである。これほどまでに固定的な耕地分割は、輪作農業を主体とするヨーロッパ、アメリカはもちろん、稲作が農業の基幹をなす東南アジア諸国でも珍らしい。それにはわが国の自然立地条件がおおいに影響している。

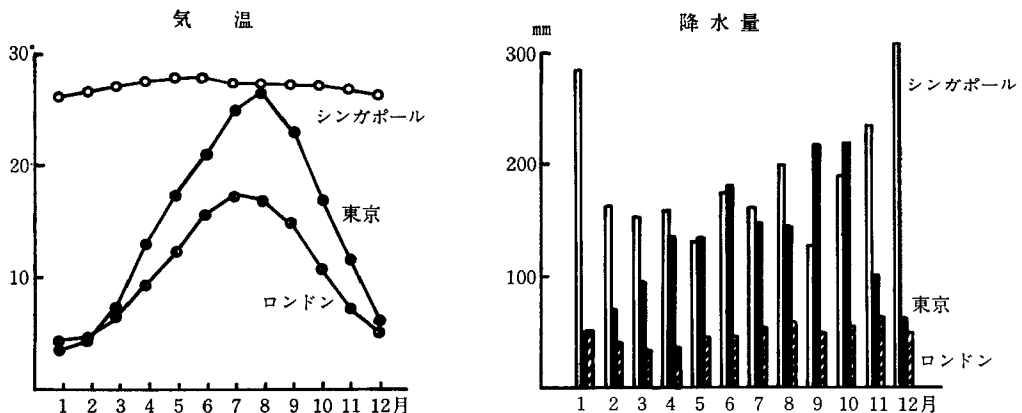
まず、日本の気候の特色を理解する意味で（北緯35°の中緯度に位置する東京の月別平均気温と月別降水量を赤道直下のシンガポール、北緯51°のロンドンと比較してみたのが図一1である。気温については、東京の8月の気温がシンガポールとほぼ同じであり、一方、1月および2月の気温がロンドンよりも低いことがわかるであろう。日本は、中緯度にある国としては、年間の気温較差が非常に大きな国である。また、降水量については、年間約1,600mmの降水があって、湿潤気候に属するほか、東京を代表とする表日本は、典型的な夏雨型の降水分布を示す。裏日本は冬期の豪雪のため、冬の降水量が多いけれども、夏雨型の特徴は保持している。そして、図一

1についてみると、東京における夏期の降水量は、最多雨月を除くシンガポールに匹敵し、他方、冬期にはロンドンなみの降水量しかない。

つまり、日本の夏は湿潤熱帯そのものであり、表日本の冬は逆に乾燥北部温帯なみであるといえる。

次に、作物生産上重要な意味をもつ、降水量と蒸発散量からみた水分収支を図一2に示した。世界有数の湿潤地域であるモンスーン・アジアにおいても、1年をつうじてどの月にも水分不足の起こらない地帯は案外少ないことがわかる。その上、インドネシア諸島の広大な地域の大部分は、未開発の熱帯多雨林であり、インド北部のそれはヒマラヤ山地であるから、耕地として意味をもつのは、北海道を除く日本、朝鮮半島、それに中国の四川・貴州および福建地方の一部だけということになる。水分収支からみれば、日本はモンスーン・アジアの中でも恵まれた地域である。

農業上、これらの気候条件はわが国に二つの特徴を与える。第一に、高温多湿で湿潤熱帯なみの夏は、稲作に絶好の環境を形成し、第二に、熱帯的な夏と乾燥冷涼温帯的な冬が交代し、しかもどの時期にも水分が不足しな



図一1 シンガポール、東京、ロンドンの月別平均気温と月別降水量

\* 農業技術研究所化学部

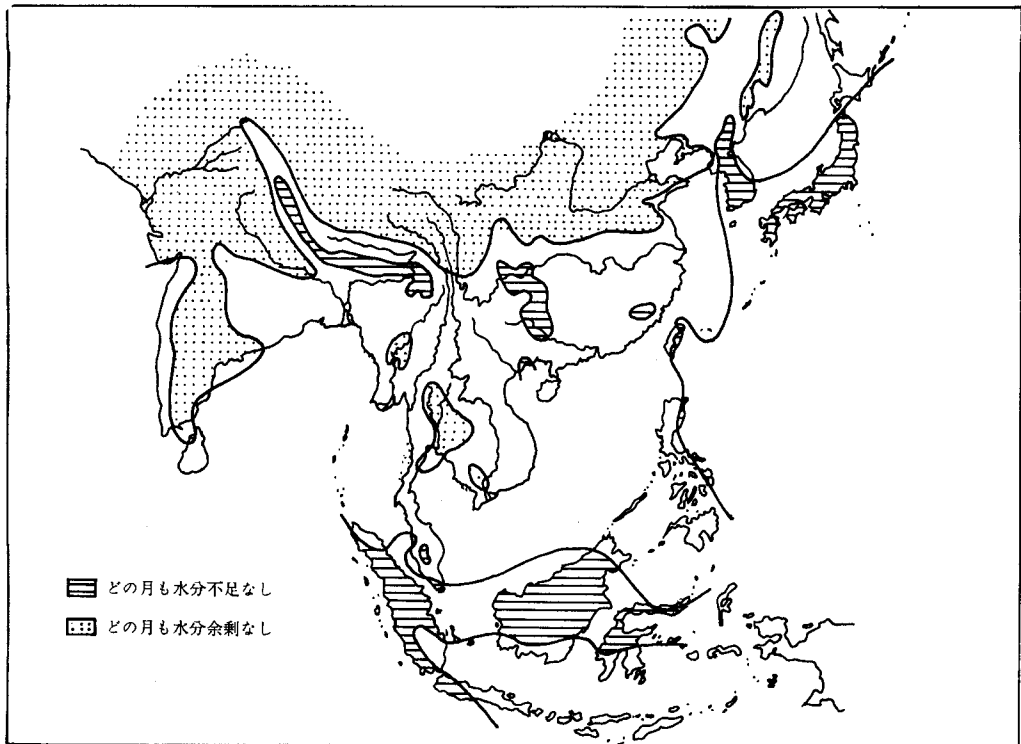


図-2 モンスーン・アジアの水収支 (I. Kayane, 1971)

い条件は、わが国に適する作物の幅を非常に広くする。

このような条件からは、わが国では稲作、畑作がともに発達してよさそうに思えるが、事実は水田が日本農業の絶対的な中心を占め、畑は水田の補完的な位置を与えられてきたにすぎない。その原因は、ジャポニカ稲とわ

が国の水田土壌のずば抜けた優秀性による。

水稲は他の畑作穀物に比べて、それ自体生産力が高く、収量の安定した作物である。このことは、明治維新直後からの後進国日本の水稲、先進国ドイツの冬小麦の収量を比較した表-1、および最近における主要穀物収量の変動係数を掲げた表-2からも明らかであろう。こうした水稲の特徴は、湛水といういわば調節された環境下で栽培されることと関連があると思われる。

湛水栽培はさらに、水稲に対して無限の連作耐性という、畑作物には見られない特性を与える。連作耐性がイネそのものの特性でなく、湛水栽培の条件によることは陸稲が激しい連作障害に見舞われることから容易に理解できる。

表-1 1880~1934における日本とドイツの主要穀物収量 (t/ha)

	ドイツ			日本		
	冬ライ麦	冬小麦	夏小麦	水稲	小麦	大麦
1880-1884	0.95	1.28	1.29	1.68*	0.87	1.05
1885-1889	1.01	1.37	1.27	2.10	1.02	1.20
1890-1894	1.20	1.60	1.49	2.23	1.03	1.22
1895-1899	1.43	1.79	1.69	2.14	1.19	1.41
1900-1904	1.55	1.88	1.85	2.40	1.07	1.43
1905-1909	1.68	1.97	1.95	2.51	1.29	1.57
1910-1914	1.79	2.13	2.05	2.63	1.39	1.75
1915-1919	1.40	1.74	1.53	2.85	1.56	1.87
1920-1924	1.38	1.74	1.60	2.88	1.53	1.83
1925-1929	1.62	1.98	1.87	2.89	1.78	2.04
1930-1934	1.74	2.16	1.91	2.93	1.81	2.16

ドイツは Landbau und Technik, 11, No.11, 1935, 日本は農林水産累年統計表, 1969による。

\* 1883~1884の2か年平均

表-2 1960~1971における各国の主要穀物収量変動係数<sup>2)</sup>

	水稲	小麦	大麦	エンバク	トウモロコシ
日本	4.2	18.5	11.0	—	—
インド	7.7	3.4	8.8	—	—
ソ連	3.6	12.4	13.7	14.3	11.4
アメリカ	3.7	7.6	4.4	7.2	6.0
カナダ	—	18.8	10.9	8.5	9.3
オーストラリア	—	17.6	14.5	17.8	12.0

土壌の面からいえば、畑の条件下では、高温多湿、熱帯なみの夏に、土壌有機物の分解・消耗が激しく進行するはずであるが、水田では湛水することによって、土壌が還元的になり、土壌有機物の分解が抑制される。また、水田が乾燥するのは亜寒帯性の冬の期間であるからここでも温度条件によって有機物の分解は激しくない。すなわち、湛水稲作は、日本の自然条件のもとで予想される土壌有機物の分解をたくみに抑制し、土壌有機物の水準を高く維持するのに役立っている。それに加えて、長い期間の綿密な肥培管理があり、日本の水田土壌の有機物水準は、全炭素、全窒素の両者とも、熱帯アジア諸国の水田土壌に比べて、著しく高くなっている<sup>3)</sup>。

塩入<sup>4)</sup>が明らかにしたように、水田土壌は湛水下で鉄が還元されるため、稲作期間中の土壌 pH はたいてい中性付近に落ち着く。これは、わが国に多い酸性土壌であっても、水田にすれば水稲は酸性の害を受けないことを意味するわけである。さらに、水田への灌漑水は塩基を補給するとともに、土壌の酸性化をも抑制する。

日本農業のもう一つの大きな課題は、雑草との闘いである。日本の自然条件、とくに高温多湿の夏の条件は、自然生態系に高い生産力を付与する。このことは、一面では作物生産にとっての有利な条件であるが、もう一面では猛烈な雑草発生をもたらす。もちろん、水田の雑草発生量もなまやさしいものではないけれども、それでも畑状態に比べて約 $\frac{1}{6}$ 、湿潤状態に比べて約 $\frac{1}{3}$ に減り、かつ雑草の種類も光合成能力の高い C<sub>4</sub> 型雑草の比率が激減する<sup>5)</sup>。水田は雑草管理の面でも相対的に有利なわけである。

わが国の地型の特徴から、傾斜地が多く、畑の条件下では土壌侵食が激しく進行するが、階段状に水田を造成すると、土壌侵食や洪水に対して強い抵抗力を備えるようになる。

これまでに述べてきたことから、わが国の自然条件下で水田と畑を比較した場合、水田の有利性は明らかであろう。しかし、それは水稲だけが日本に適しているという意味ではなく、土壌管理と栽培管理の面で水田が断然有利であるという意味からである。しかも、湛水下で水稲が無限の連作に耐える特性を獲得する以上、連作障害回避のための水田の移動は起こらない。したがって、灌漑水の得られる耕地はすべて水田化され、畑は水利条件の悪い土地にたえず追いやられる形で、わが国特有の水田と畑への耕地の二分割が固定してきたといえる。その結果、水田への灌漑排水には全力が投入され、水田の人工灌漑比率が約95%という高い水準に達する一方、畑に対する人工灌漑は、ほとんど省られないことになった。

## Ⅱ 日本の伝統農業と田畑輪換

上述のように、わが国の水田は、水稲の連作を当然の前提として固定されてきたために、そこでは休閒や夏期における作物交代はみられず、水田への畑作物の導入は冬期における裏作の形でのみ行われた。水田二毛作は一見、作物交代または輪作のように見えるけれども、夏冬それぞれに作る作物の種類が変わるわけでないので、輪作ではない。なお、冬作に麦、なたねなどを導入した水田二毛作は、湿潤熱帯的な夏と乾燥冷涼温帯的な冬が交代する日本の気候条件をフルに生かした技術で、わが国以外では、中国の四川地方、江蘇・浙江地方の一部だけでしか成立しなかった、世界でも類のない技術であることを付言しておきたい。

一方、畑作物は水稲のように無限の連作がきかないから、多毛作を基本とした一定の作物交代、輪作が行われてきた。このことは、江戸時代のいくつかの農書にも、前作を選ぶという形で強調され、農家の慣行でも実施されてきていた<sup>6)</sup>。しかし、わが国では、畑作技術も連作を当然とする稲作に引張られて、連作への指向がきわめて強く、ヨーロッパ農業におけるような体系的輪作には発展しなかった。近年、タバコ、野菜など収益性の比較的高い作物の導入や、大型機械化の進行とともに、各地で伝統的な輪作があつという間に崩壊したのは、そのためである。

こうした意味では、日本の伝統農業において、田畑輪換が例外の存在であったのは、当然といえる。

わが国では田畑輪換が最初に現われたのは、江戸時代中期、近畿地方におけるワタ作と水稲作との交代である。この田畑輪換にふれた農書の代表的な例を次に引用してみる。

宮崎安貞「農業全書」<sup>8)</sup>巻之六、木綿第一の項目に次の記述がある。「又年々相つづきて、同じ所に作る事はいむ物なり。一兩年若しは三年までは作るべし。田の地味を憂らび、木わたを作れば、一兩年は取実過分にありて、虫も付かず、其外くせも付かぬ物なり。其後又稲を作れば、地氣新にして必ず二年ばかりの取実もあるものなり。草も生へず、糞も多く入れずして利潤甚だ多し。」  
「又高田の木綿に宜きをば稲を一年作り、二三年木綿を作るべし。草悉くくさりて、土の気厚く肥て虫氣もせず、後又もとのごとく稲を作れば、初の年は実り常に一倍もある物なり。」

ここでは、田畑輪換の目的をワタの連作障害回避のためとし、田畑輪換に伴う土壌養分の有効化、雑草の減少などの利点を明確に指摘している。

また、佐藤信淵「草木六部耕種法」<sup>9)</sup>巻十八需実第七篇によると、「高田の両毛田に草綿を作るときは利潤極

めて多し、何となれば、一段の田に稲を作ては培養の精細を盡すと雖ども、米を得ること三石六斗に過ること難し、此を金一兩米九斗に売るとも代金四兩なり、此に草綿を作て豊熟せしむるときは三十貫匁の繰綿を得可し、是を金一兩綿三貫匁に売るときは代金十兩なり、且つ高田に稲を一年作り、二三年草綿を作るときは、土気厚く肥て虫気皆絶す、後又稲を作るときは米を得る事二年分に過る者也。両毛田に来年草綿を蒔んと欲するとき、麦を蒔くことを息め、其田を休めて地気を養ひ、水を灌ぎて其田に湛置き、春に至り氷渙て其水を瀉し、田の乾を待て此を耕し、正二月中二三遍も犁て耕起置き、時分に成て畦を作り種蒔付るときは、綿の豊熟して利潤の多きこと、米麦を作りたるの比すべき所にあらず、漢土にて綿を作るは大抵此法也、愚老も亦此法を用ふ、其事簡便にして甚だ宜し、然れども此法は普通の人の行ふこと能はざる所なり。」

収益計算をして田畑輪換の利を説いているが、技術的視点は「農業全書」のひき写しにすぎない。それを普通の人にはできない、と誇示するところは講壇農学者信淵の面目躍如たるものがある。

最後に、大藏永常「綿圃要務」<sup>10)</sup>乾之巻、綿を作る国所風土寒暖の辨、では次のように述べている。

「年々つづきて同じ所に作るはよろしからず。三年作らば地がへすべし、などといへる農夫あれども、手入肥しの仕様によりては幾年も同じ地に作る所もあり。」「田の湿気もれる地に作れば、一兩年は綿過分にとれて虫も付ざる也。又くせつく事も薄し。一兩年綿を作りたる跡へ稲をつくれれば、地気新にして、二年ばかりは肥し多くいれずしてよく稲実のものなり。」

大藏永常は、農業技術者として、ワタの連作障害が肥培管理で克服できることを主張し、田畑輪換の利点は認めながら、唯一の方法としていない。現代の技術者につながる発想であろう。

江戸時代に綿作と稲作の田畑輪換が発生した理由は、棉が当時の換金作物としてきわめて有利な作物であったこと、水稻と交代させることでワタの連作障害が回避できたこと、近畿地方はもともと降水量が少なく、用水の不足しがちな溜池灌漑地帯で、田畑輪換で節約した用水を稲作にまわせたこと、の三点にあった。しかし、この時代の田畑輪換が全国で行われていたわけではなく、綿取引の中心であった大阪近辺の近畿地方に限られていたことからみれば、畿内が農業の先進地であった事実を考慮しても、連作回避、増収などの技術的利点よりは、むしろワタの収益性の高さや水田用水の不足という、経済経営上の理由が大きかったといわざるをえない。

明治維新後、外国からの安価な綿が大量に輸入されるようになると、ワタ作の有利さは消失し、明治初期には全国で約10万haあったワタ作は、明治期末には壊滅してしまった。したがって、ワター水稻の田畑輪換もなくなったが、ワタがスイカ、野菜などの新しい換金作物にかわって、田畑輪換はなお存続した。図-3には比較的最近の田畑輪換の都道府県別分布を示したが、田畑輪換面積はだいたい2万ヘクタール前後で、水田全体に対してはごく僅かなものにすぎなかった。

最近まで行われていた田畑輪換のうち、近畿地方では水田用水の不足と、都市近郊地帯としての有利な換金作物の存在、富山県砺波地方では自家用、一部販売用野菜の生産のため、というのが理由であって、江戸時代とそれほど変わらない。そこで、1960年代から高度経済成長路線が採用され、基本法農政のもとに作物の選択的拡大農地基盤整備が進行して、用水工事によって水の慢性的不足が解消し、また都市近郊における野菜作の独占的優位性が失われるとともに、田畑輪換栽培は衰退し、水田稲作の単作に戻った。このように、わが国の伝統的な農業では、田畑輪換は非常に特殊な条件でしか、成立し持続することができなかつたのである。



図-3 1960年頃の都道府県別田畑輪換面積(斎藤<sup>11)</sup>)

### Ⅲ 田畑輪換の評価と展望

わが国の農業が近代化の目標としてきたヨーロッパ・アメリカの農業は、輪作を基本とした農業体系である。そして、近代ヨーロッパ農業の原型は、中世に成立した冬小麦—夏大麦—休閒の三圃式農法であり、それが18世紀イギリスにおいて、いわゆる農業革命が起こり、小麦—飼料カブ—大麦—赤クローバのノーフォーク式輪栽農法に変革されたことに出発点を持っている。

しかし、ヨーロッパ農業が最初から高い生産性をもっていたと考えるのはあたらぬ。三圃式での小麦収量は10アールあたり約20kgの種子を播いて、その4～5倍、80～100kgの収量をあげるのがせいぜいだったし、大麦収量はもっと低かった。それに、土壌耕うんは休閒地で行われという、およそ日本では考えられない方式であった。麦は厚まきで全面散播のため、生育期間は除草も中耕もできなかったからである。施肥も3年にたった1回、小麦に対してだけ、1～2トンのきゅう肥が施され、大麦は無肥料、追肥は考えられもしなかった。

したがって、問題はむしろ、このような粗放で生産性の低い農法が近代化の基礎になりえたのはなぜか、ということに存在する。問題を解かざれば、三圃式における休閒の意義にある。休閒は連作障害回避、地力回復のほか、年降水量1,000mm以下のヨーロッパの条件で、麦に対する土壌水分を確保し、あわせて宿根性雑草を除去するためのものであって、休閒地を繰返し耕うんしたのはそのためである。広い面積の耕うんは、当然畜耕によらざるをえず、それには耕地以外の広大な野草放牧地で飼養された牛馬が利用された。

ノーフォーク式輪栽農法は、三圃式の休閒地と野草放牧地をなくし、作物の条播と中耕を導入し、カブと赤クローバという優良な飼料作物を耕地に入れ、そして家畜を放牧から舎飼に移した。全体として、農業体系は飛躍的に集約化されたが、保水と雑草制御のための休閒耕は、飼料カブ作付前の夏期にきちんと残されていた。同時に大事なことは、条播と中耕のためにドリルおよびカルチベータという機械が開発され、馬に牽かせて使用したことである。その後のヨーロッパ農業の機械化は、馬力がトラクタなどの機械力に置きかわっただけだから、別にどうということでもない。家畜はすでに舎飼に移っていたので、畜産は減びず、逆に牛乳、食肉生産用に発展した。

多少前置きが長くなったが、ヨーロッパ式の近代農業は、日本とかなり対照的な自然条件下で、異なった発展をしてきたことがわかる。したがって、田畑輪換を単純にヨーロッパの近代的輪作農業と対比して、あれこれ論ずるのは当を得ていない。

しかし、日本の伝統的農業が、水田の絶対優位のもとに、水田と畑への耕地の固定的二分割の上に展開し、水田では水稲連作を疑う余地のない大前提に、精妙な手作業技術体系を築いてきたことが、現在大きな矛盾と混乱に突き当たっているのも事実である。


水稲の収量が飛躍的に増加して、米の国内生産が慢性的な過剰生産に陥っている反面で、小麦・大麦・大豆・なたねなどの伝統ある畑作物は、外国の余剰農産物の圧力で早々に潰滅し、小麦や大豆の国内自給率は5%にもみたくなくなっている。需要の増大した畜産は、ほとんど自国の農業に足をもたずに、年間の米生産量を大きく上回る輸入飼料に頼って奇型の発展をとげ、畜産廃棄物は新しい公害問題をひき起こしている。とても米の生産過剰を処理すればすむといった食糧事情ではない。

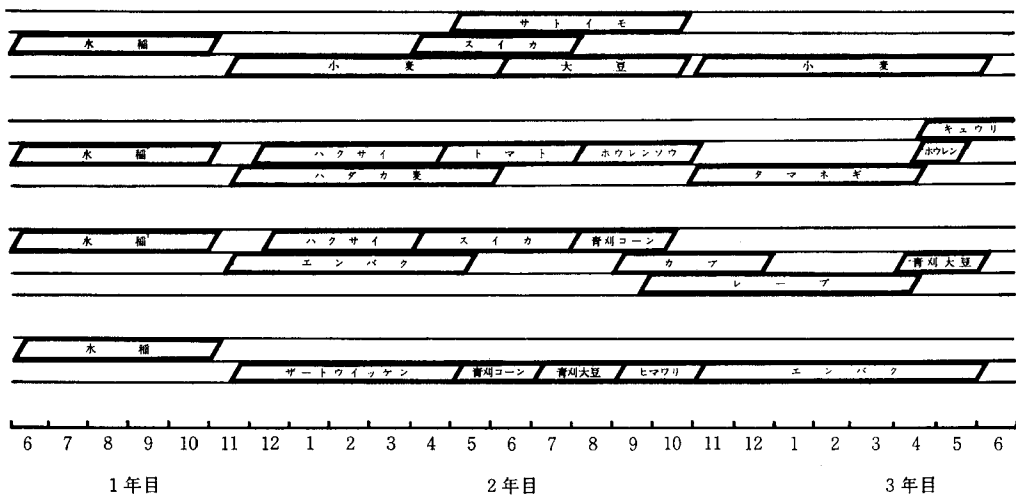
また、稲作を中心に急速に進行した機械化は、前述のヨーロッパ農業と違って、馬力を機械力にという単純なものではなく、田植など精妙な手作業の機械化を含み、しかも、人力作業を基礎にした狭い耕区にいきなり持ちこまれたため、過剰投資はもとより、土壌の性質を劣化させつつある。

一方、野菜作など比較的収益のよい畑作では、稲作の伝統技術がそっくり移って、追肥重点の極端な多肥、無限の連作の強行、精緻きわまる手作業が生きてつづけている。連作障害、土壌の悪化が深刻になるのは当然である。

こうした食糧事情、技術状況、それに畜産を根づかせる問題などから考えて、日本伝統の水田と畑の固定的二分割、連作を無条件の前提とする技術体系は、一度根本から見直してみる必要がある。水田と畑の区別をなくして耕地に統合し、輪作の思想を導入して、稲作・畑作・飼料作の輪作体系を開発するのが、日本農業に展望を開く道ではないか、というのが私の意見である。

そのさい、自然条件や社会条件のかなり異なったヨーロッパ・アメリカで発展してきた輪栽式農法、あるいは近代化の中で穀物の連作期間を延ばした超輪栽式農法をそのまま輸入しても、成功しないことは歴史上多くの経験がある。その意味で、例外の存在だったとはいえ、わが国での長い経験と研究の蓄積がある田畑輪換は重要である。

ただし、過去に行われてきた田畑輪換の作付様式は、 図—4に実例を示すように、多毛作・間作と複雑な手作業を基礎にしたものであり、同じ形での復活は無理である。その上、水田に夏期、畑作物を入れる形態で、水田の固定を前提にしている。今後の田畑輪換は、日本の耕地面積からみて、高い収量性が要求され、それには伝統的多肥集約技術を活用しなければならないし、同時に機械化適性を十分にもちながら、現在の機械化の矛盾を克



図一 4 1950年代における奈良盆地の田畑輪換の作付事例 (斉藤<sup>11)</sup>)

服するという、困難な課題を解決しなければならない。  
 したがって、これからの研究課題としては、第一に、日本の特殊な自然・歴史的条件のもとでの、水稲作を含む独自の合理的な作付順序の開発、第二に、現在の水田・畑をつうじて、稲作畑作汎用の土地基盤と用排水システムの開発と整備、第三に、輪作を安定化させる土壌管理技術、灌漑技術の開発、第四に、多肥集約的機械化を前提としながら、化学肥料・農薬への過度の依存を避ける栽培技術の確立、第五に、わが国における畜産の定着化と、耕種・畜産間での物質循環システムの整備、などがあげられよう。これらの技術的課題とともに、社会経済面での条件整備、なかんずく食糧自給政策の確立が必要なことはいままでもない。

未知と困難は多いにせよ、私は田畑輪換の地道な研究が、日本農業の展望を開く上で大きな役割を果たすと考える。

引用文献

- 1) Kayane, I.: Hydrological Regions in Monsoon Asia. Water Balance of Monsoon Asia. Ed. M.M.Yoshino, Univ. Tokyo Press (1971)
- 2) 内嶋善兵衛：農業および園芸, 53, 285 (1978)
- 3) Kawaguchi, K. and Kyuma, K.: Paddy Soils in Tropical Asia, The University Press of Hawaii, (1977)
- 4) 塩入松三郎：水田の土壌化学, 土壌肥料講話, p. 181, 朝倉書店 (1953)

- 5) Tanaka, I.: Climatic Influence on Photosynthesis and Respiration of Rice. Climate and Rice. IRRI (1977)
- 6) 早川孝太郎：村松家作物覚帳, アチックミュージアム (1936)
- 7) 農業技術協会：畑作付方式の分布と動向, 農業技術協会 (1958)
- 8) 宮崎安貞：農業全書 (1697=元禄10年), 岩波文庫または日本農書全集第13巻, 農文協 (1978)
- 9) 佐藤信淵：草木六部耕種法 (1832=天保3年), 佐藤信淵家学全集, 下, 岩波書店 (1927)
- 10) 大藏永常：綿圃要務 (1833=天保4), 日本農書全集, 第15巻, 農文協 (1978)
- 11) 斉藤光夫：田畑輪換栽培, 農文協 (1962)

質疑応答

石井 (東北農試) 水田の高度利用のための田畑輪換の意義及び将来の畑作農業をどう考えるか。また東北・北海道では冷害対策として田畑輪換が行われていると思うがどうか。

吉田 (農技研) 将来基盤整備として汎用化、すなわち畑転換しても水田に戻せるような、設備をするべきであると考えます。また北海道では牧草と水稲の田畑輪換があるが石井さんの言われるとおりの冷害対策ということが大きいと思います。



## Significance of Paddy-Upland Rotation in Japan

Takehiko YOSHIDA

*National Institute of Agricultural Sciences***Summary**

One of the outstanding characteristics of traditional agriculture in Japan is fixed division of arable land into paddy field and upland, being the former a main prop. It is derived from the advantages being presented by both Japonica rice and paddy soils under natural conditions of Japan. As a result, endless succession of rice cropping has been continued in paddy field, and the alteration of crops or rotations have been poorly developed even in upland.

Paddy-upland rotation that appeared in Yedo era as the alteration of cotton and rice culture was an exception in the traditional land use. It was, however, developed in limited circumstances including the benefit of cotton culture as a cash crop, and the shortage of irrigation water for paddy rice. After the Meiji Restoration paddy-upland rotation still survived replacing cotton by watermelon and vegetables until relatively recent times. It is quite reasonable that the paddy-upland rotation has completely disappeared as the conditions of water supply and economical situations changed, though it has a number of advantages from the technical point of view.

Now, Japan's agriculture is suffered from overproduction of rice together with increasing import of upland grains, particularly wheat, soybean and feedstuffs such as maize and sorghum. Under these situations, it is necessary to develop new rotation systems including both paddy rice and upland crops, changing the traditional fixed idea on the division of arable land into paddy field and upland. For the purpose of this, a big accumulation of experiences and studies on paddy-upland rotation in the past will be quite useful. Discussions are made on the problems to be investigated in future with respect to paddy-upland rotation system.

「土壌物理とかんがい研究におけるアイソトープと放射線技術に関する  
国際シンポジウム」について

と き : 1980年4月21~25日

と ころ : ウィーン (オーストリア)

FAOとIAEAの共催で上記の会議が開かれます。くわしくは直接下記へ  
ご連絡下さい。

International Atomic Energy Agency  
P.O.Box 590, A-1011 Vienna, Austria

## 田畑輪換と作物栽培について

本田 太陽\*

Crop Production under Paddy-Upland Rotation System  
Taiyō HONDA  
Tōhoku National Agricultural Experiment Station

## I はじめに

田畑輪換と作物栽培に関する研究は昭和初期より行われていたが、組織的に行われたのは戦後から昭和30年代の前半にかけての10余年間である。しかしその後は麦類大豆等の普通畑作物が急激に衰退したと他方、連作条件下での水稲生産技術の顕著な進展があったこともあり、農村の現場では田畑輪換が意外に普及せず、むしろ減退してしまった。このため、昭和30年代の後半から現在に至るまで研究全体としてはあまり振わなかった。ただし、昭和45年の第1次稲作転換以降、転換畑への畑作物導入に関する組織的な諸研究が国公立の試験研究機関で行われてきたが<sup>3)4)</sup>が、これらの研究は、今まで水稲栽培をずっと行ってきた水田に畑作物を栽培しようとする際に生ずる諸々の技術的諸問題を解決するために行われたものであり、水田を水稲栽培と畑作物の栽培を交互にくりかえした土地利用の条件下での作物生産を取り扱

っていない、したがって、これらの研究は田畑輪換研究の一部ではあるが、トータルとしての田畑輪換研究とは言い難く、田畑輪換の輪換効果と作物栽培との関係を述べようとすれば、戦後から昭和30年代の前半にかけて行われた試験結果を中心にせざるをえない。そこで、ここでは、高橋保夫氏が昭和初期から同34年までに全国の国公立の試験研究機関で行われた試験結果をとりまとめて「田畑輪換試験研究集録」<sup>5)</sup>として昭和38年に公表した資料のデータを中心にして述べる。

## II 作物栽培からみた田畑輪換のメリットとデメリット

## 1 輪換畑における畑作物の収量

## 1) 土壌条件と輪換畑の収量

第1表は異った土壌条件のもとにおける畑作物の輪換効果を示したものである。これによると重粘な埴土の排水不良な圃場条件のもとでは、供試されたエンバク（子

第1表 土壌条件と輪換畑の収量 (kg/10a)

土壌の種類	作物名	区分	輪換1年目	輪換2年目	輪換3年目
砂礫土・排水良好田 (北海道上川 の一農家)	エンバク (子実用)	輪換畑	412 (139)	498 (178)	
		普通畑	295 (100)	279 (100)	
	大豆	輪換畑		271 (221)	
		普通畑		120 (100)	
沖積埴壤土・排水良好田 (埼玉農試)	とうもろこし (子実用)	輪換畑	289 (102)	382 (101)	382 (116)
		普通畑	282 (100)	377 (100)	328 (100)
	大豆	輪換畑	210 (149)	182 (130)	225 (186)
		普通畑	141 (100)	140 (100)	121 (100)
埴土・重粘・排水不良 (北海道土別 経営試験農場)	エンバク (子実用)	輪換畑	178 (59)		
		普通畑	304 (100)		
	大豆	輪換畑	81 (39)		
		普通畑	207 (100)		

注) ( ) 内数値：対普通畑比率(%)

\* 東北農業試験場

実用)と大豆のいずれもが輪換初年目は湿害のために輪換畑の収量は普通畑の収量の40~60%となっており、マイナスの効果を示しているが、その他の排水良好な圃場条件のもとでは砂壤土でも沖積塩土でもいずれも輪換畑の収量が普通畑のそれを上まわっており、しかもこの輪換効果は輪換後2年目、3年目と年次の経過に伴って強まる傾向がうかがえる。すなわち、輪換畑の収量は排水状態に大きく左右され、畑期間の排水が完全に行われれば輪換畑の収量は普通畑と同等以上の収量をあげることができる。

#### 2) 導入可能な作物の種類と輪作年次の経過による輪換畑収量の変化

第1表の作物は3種類だけなので、このことが多くの作物について言えるかどうかかわからない。また輪換の経年的効果についてもこの表だけからでは必ずしもはっきり言えない。したがってこれらの点に関してはもうすこし多くの事例についてみる必要がある。第2表はより多くの作物とより多くの試験場での結果を集録、整理したものであるが、概して普通畑の収量よりも輪換畑の収量のほうが高い例が多く、導入される作物は畑化が完全であればその選択は自由であり普通畑と同様と考えて差支えない。ただし、岩手農試の馬鈴薯や奈良農試の甘藷の例にみられるように、地下部を対象とする畑作物は輪換初年目は普通畑より劣る場合が多いので、これらの作物は輪換初年目の導入は避けたほうがよい。また多くの作物は、3年間という限定づきの畑期間の場合、輪換年次の経過とともにその収量は上昇する機会が多いようにも思われるが、右の欄に示したように必ずしもそうとは

限らない場合が結構あるので、この点については圃場の排水条件、土質等を勘案したより精密な解析が必要と思う。しかし、さきに述べた馬鈴薯、甘藷等の地下部を対象とする畑作物については、輪換初年目の多湿条件では普通畑より低収となるので、輪換年次の経過に伴う対普通畑収量比率の上昇傾向がより明瞭であって、圃場の畑地化に伴う輪換効果は他の作物より大きいようである。

なお、飼料作物や野菜については第2表からはわからないが、これらの作物も普通作物と同様な傾向を示すと考えてよいようで、第3表からそのことがうかがえる。この第3表は高橋均氏が同じ集録のデータを整理したものの<sup>6)</sup>であるが、大豆、麦類と同様に飼料作物や野菜でも増収の事例が多く、かつ増収率のほうが減収した事例の減収率よりも高くあらわれている。したがって、輪換畑における輪換効果は多くの場合、普通作物、飼料作物、野菜を通じて3年くらいはプラスの方向にあらわれる場合のほうが多いということが言えよう。また第3表によれば、輪換畑の冬作物としての麦類は、普通畑のそれより増収している事例が9例であり、減収事例の5例を上まわり、かつ、増収率も22%であり、減収率の11%をしっているが、大豆等と比べると普通畑に対しては輪換効果が低くあらわれている。しかし連作水田の水田裏作麦と比較すると増収事例が減収事例を大きく上まわっており、かつ、増収率も大豆等と同じように30%を超えている。

しかし、しからばその輪換効果はどのくらい続くのかということが当然問題になるが、この集録の試験の大部分が輪換畑期間が3年未満である。したがってその限り

第2表 輪換年次の経過による各作物の収量の対普通畑比率(%)

輪換年次の経過に伴って概して比率が上昇した例					輪換年次の経過に伴って必ずしも比率が上昇しなかった例				
作物名	(実施機関)	1年目	2年目	3年目	作物名	(実施機関)	1年目	2年目	3年目
大豆	(埼玉農試)	149	130	186	大豆	(長野農試下伊那)	96	89	102
"	(島根農試)	97	102		"	(奈良農試)	96	93	92
とうもろこし	(埼玉農試)*	102	101	116	小麦	( " )**	120	110	120
小麦	(奈良農試)*	83	129		"	( " )***	133	126	122
裸麦	( " )*	105	112		"	( " )****	121	130	132
大麦	(埼玉農試)	97	98	128	"	(鴻巣試験地)**	118	115	120
"	( " )	101	107	124	"	( " )***	120	105	124
馬鈴薯	(岩手農試・遠野)	67	100	109	大麦	( " )	91	70	85
甘藷	(島根農試)	121	216		エンバク	(道立上川支場)	62	102	94
"	(奈良農試)	84	101	112					

注) \*対水田裏作比, \*\*甘藷跡小麦, \*\*\*大豆跡小麦, \*\*\*\*青刈作物跡小麦

第3表 田畑輪換による作物収量の増減

作物	増収例		減収例		合計又は平均	
	例数	収量比率	例数	収量比率	例数	収量比率
普通畑との比較						
大豆 および その他 普通作物	15	138%	9	76%	24	115%
麦 類	9	122	5	89	14	110
飼料作物	17	121	13	83	30	104
野菜その他	2	157	2	96	4	127
合計又は平均	43	129	29	83	72	110
水稲(連作田との比較)						
輪換田1年目	34	123	3	96	37	121
〃 2年目	21	116	3	98	24	114
〃 3年目	10	115	5	97	15	109
合計又は平均	65	120	11	97	76	116
麦類(水田裏作麦との比較)						
輪換畑1年目	18	137	3	94	21	131
〃 2年目	12	131	1	92	13	128
〃 3年目	9	135	0	—	9	135
合計又は平均	39	134	4	93	43	131

注) 戦前から各地で行われた試験結果のうち対照(普通畑又は連作田)との比較のあるものを取り出して分類整理した。

では3年以上はわからないということになるが、他方、高橋保夫氏はこの集録の要約のなかで、連作害、輪作による前作物の影響等は普通畑と同様であると述べているので、同一作物を輪換畑に連作した場合は、たとえ普通畑に対する相対収量は高くても絶対収量が低下することが考えられるので、このこととの関連で輪換畑期間を決める必要がある。例えば大豆について言えば、さきに述べた第1次稲作転換を契機として実施された稲作転換推進対策試験<sup>4)</sup>の北海道農試における試験結果によれば、水田転換畑の大豆作では転換後2年目が最も多収(350kg/10a以上)を示し、連作年次が増すにつれて収量が低下している。したがって輪換畑期間は2年がよいということが一応言えるが、他方、この試験では5年連作転換畑でも300kg/10a以上の収量が得られており、普通畑の250kg/10a前後の収量と比べると依然としてかなり高い。したがって対普通畑収量比や絶対収量の観点からすれば、この場合は輪換畑期間は5年でもよいということになる。これに対して、小豆の場合は、転換初年目が順調な生育経過をたどり、350kg/10a前後の高収量を得たが、3年目以降は落葉病が発生して減収している、この場合は輪換期間は2年程度ということになる。すなわち、単一作物の連作の場合、輪換畑期間は連作害によって規制を受けるが、連作害が強く出る場合はそれが最も大きな規制要因となり、他方、連作害がそれほど強くない場合

は輪換効果の持続期間が輪換畑期間の主な規制要因となる。

なお、畑輪換効果は輪換畑期間中に輪作を行ったり、堆肥等の有機物の増収等を行えば効果の持続期間は延びるものと思われるので、それらの点をも含めて輪換効果の持続期間については今後さらに検討する必要がある。

## 2 輪換田における水稲および裏作麦の収量

### 1) 輪換効果とその持続期間

第3表によると輪換田の水稲収量は連作田のそれより圧倒的に増収の事例が多く、輪換効果は輪換田のほうが輪換畑より明瞭にあらわれている。また輪換後の年次経過による水稲収量の変化の傾向も畑作物より明瞭であるが、その傾向は輪換畑の場合と逆であり、輪換初年目が対連作田比が123%と最高で、以後年数の経過とともに2年目が116%、3年目が115%と漸減の傾向をたどっている。そしてこの表には4年目以降のデータが記載されていないが、この集録のなかには4年以降のデータが2例あり、1例では5年目で101%となり、また他の1例では4年目で104%と100%に近すぎ、さらに5年目では80%とかえって連作田より減収している。したがって、輪換田における水稲収量に及ぼす輪換効果は3年で消滅してしまうとみてほぼ差支えない。

また輪換田の裏作麦の収量も連作田の裏作麦の収量よ

りも高い場合が多いが、輪換効果の持続傾向は一定の傾向がみられない。

2) 畑期間の長短や畑期間中の作物種類および土壌条件等が輪換田における輪換効果におよぼす影響

第4表は畑期間の長短と輪換田における初年目の水稲収量(対連作水田比)との関係を示したものであるが、

第4表 畑期間の長短と輪換初年目水稲収量  
(対連作水田比)

畑期間	輪換初年目の水稲収量(対連作水田比)の事例数							
	150%以上	140%~149%	130%~139%	120%~129%	110%~119%	100%~109%	90%~99%	80%~89%
1年	1	2	0	1	9	7	6	0
2年	3	0	3	9	6	7	0	1
3年	2	3	3	7	5	6	7	1
4年	2	1	0	0	1	0	0	0

畑期間の長い場合でも対連作水田比が100%以下のものがある程度みられるが、20%以上の増収を示した事例数は畑期間1年が4例、同2年が15例、同3年が15例、また30%以上の増収を示した事例数は1年が3例、2年が6例、3年が8例となっており、概して畑期間の長いほうが水田にもどした場合の輪換効果が大きい。このため、第1表に示した北海道土別経営試験農場の重粘土壌の場合でも、輪換畑の収量は思わしくなかったが、輪換畑期間が3年あり、畑化が十分にいたったので、輪換田の初年目の水稲収量は対連作水田比で130%とかなりの輪換効果をあげている。すなわち、畑期間を長くしたり、排水対策を行う等により畑期間中の畑化を十分に行えば輪換田での輪換効果は高まるが、畑化が不十分だと輪換効果は低く場合によっては連作田よりも減収する。しかしながら、畑期間の有機物の分解消費のはなはだしい土壌では畑期間を長くすると肥沃度の減少をきたし、輪換水田の収量はむしろ減少するので、このような土壌ではあまり畑期間を長くすべきではない。

また土壌によっては田畑輪換を行うと水稲の作柄が著しく不安定になる土壌がある。そのひとつに漏水の多い水田があげられ、このような水田では田畑輪換は輪換水田の漏水過多を招いて輪換効果が発揮されない場合が多く、特に寒冷地では漏水過多が冷害被害を大きくする危険性があるので、このような場合には田畑輪換はむしろ行わないほうがよい(岩手県農試遠野試験地の試験例)。これに対して輪換効果が出過ぎて水稲の作柄がかえって不安定になる場合もある。例えば泥炭地や牧草跡地水田等がそれであり、これらの土壌では輪換によってとくに初年目は有機物の分解が急激に行われるために、肥料を

控えても病害、倒伏、本田生育初期における生育障害等を招来し、作柄が著しく不安定になる。このため、これらの土壌では施肥その他の管理作業にとくに配慮する必要がある。すなわち、田畑輪換を行うと概して肥料が少ない場合に水稲の増収率が高いが、この傾向はとくに泥炭地や牧草跡地水田等でより顕著なので、このような水田では輪換初年目は無肥料でよく、年数の経過とともに肥料を与えるのが合理的である。またその他の管理法としては夏期の温度上昇効果による過繁茂や倒伏の被害を軽減するために間断灌漑を実施するとか、牧草跡地の場合には、本田生育初期の諸障害を防止するために、牧草の最終刈取と水稲移植との間にある程度の期間において、その間に耕起された跡地土壌を風化さす等の配慮を加える必要がある。

### 3 田畑輪換に伴う雑草および病害虫の発生消長

#### 1) 田畑輪換に伴う雑草の発生消長

第1図および第2図は高橋浩之氏が関東東山農業試験場(現農事試験場)で行った試験<sup>7)</sup>結果の要約であるが、第1図によれば、輪換畑における雑草の発生消長は、夏期間では、発生量は輪換後2年目が最も少なく、次いで1年目であり、3年目になると普通畑とほぼ同じになる。また、土壌水湿に対する適応性によって分類すると、1年目は連作田(コムギ作期間)の雑草の発生割合に近く、湿生雑草の発生割合が2年目、3年目よりも多いが、輪換後年次の経過とともに順次乾生雑草の割合が増加してきて、普通畑の発生割合に近づいてくる。しかし3年目になっても湿生雑草の発生割合は普通畑より多い。また、コムギ作期間では、輪換畑の雑草の発生量は輪換後3年目でも普通畑と比べて著しく少なく、かつ、夏期間よりは乾生雑草の発生割合が多い。しかし、普通畑と比べれば夏期間と同様に湿生雑草の発生割合が多い。

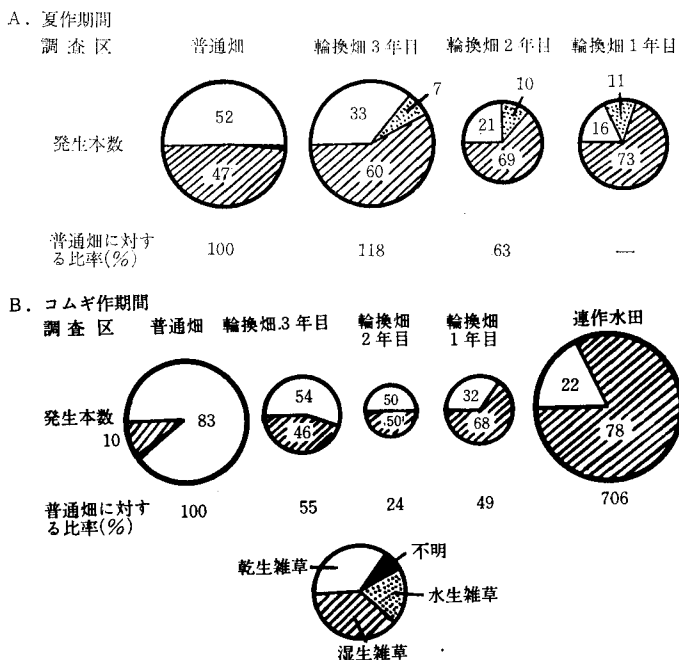
このように、輪換畑は普通畑と比べてもまた冬期間の連作田と比べても雑草の発生量が少なく、また、普通畑と比べて湿生雑草の発生割合が多い。

次に第2図によれば、輪換田における雑草の発生消長は、水稲作期間では、発生量は輪換初年目が最も少なく以後輪換後年次の経過とともに増大し、3年目になると連作田の状態に近くなる。また、雑草の種類は、輪換当初は連作田より湿生雑草が多いがこれも年次の経過とともに減少し、3年目には発生割合は連作田のそれとほぼ同じになり、大部分が水生雑草となる。一方、冬期間では、発生量が輪換初年目に連作田より著しく少ないのは水稲作期間と同じであるが、この輪換効果は水稲作期間より大きく、2年目も初年目と同じように少なく、3年目からふえはじめている。また、雑草の種類は、輪換当初は連作田より乾生雑草が多いが、年次の経過とともに

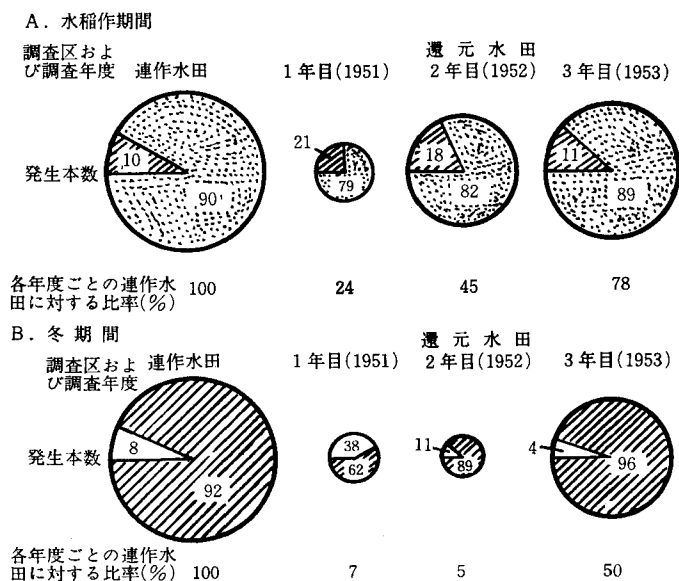
に減少し、3年目には発生割合は連作田のそれとほぼ同じになり、大部分が湿生雑草となる。

このように、輪換田は水稻作期間でも冬期間でも連作田より雑草の発生量が少なく、水稻作期間には湿生雑草、冬期間には乾生雑草の発生割合が多い。また輪換田にお

ける雑草発生に対する輪換効果は輪換畑期間の長短によって異なり、畑期間の長いほど大きく、輪換初年目には畑期間の短い場合より雑草の発生量は少なく、水稻作期間には湿生雑草、冬期間には乾生雑草の発生割合が多くなる。



第1図 畑期間における雑草の生態変化（高橋ら1955）注）円の大きさは発生本数の多少を示す。



第2図 還元後の年数経過と雑草の生態変化（畑期間2年区）  
注）1）凡例などは第1図に準ずる。（高橋ら1955）  
2）連作水田の乾生、湿生、水生雑草の割合は1951、1952、1953年度の平均。 3）還元水田＝輪換田（著者注）

以上のように、田畑輪換を行うと輪換畑においても輪換田においても普通畑や連作田と比べて、各々雑草の生態が異なり、雑草の発生量が少なくなるが、これは田畑輪換によって水田から畑へ、畑から水田へと急激に環境が変化するために、その環境に適応する雑草の種子が少なかったことに起因するものと思われ、田畑輪換は雑草抑制のためにはきわめてすぐれた耕種技術であるとさえよう。

しかしながら、問題がないわけではなく、荒井正雄氏によると田畑輪換では湿生雑草のなかでかなり問題になるものがあるようである。すなわち、土壌水湿適応性からみて、雑草は水生雑草、湿生雑草、乾生雑草と大きく分類されるが、湿生雑草の中には湛水条件のときにも生えて種子や地下茎をつくるし、また乾田状態のときにも生えて種を落したり、地下茎をつくるという土壌水分適応性で幅の広いものがあり、このような雑草は田畑輪換でもなかなか制圧できないとのことである。具体的に問題になる雑草は1年生ではノビエ、カヤツリグサ、ヒデリコ等であり、多年生ではミズガヤツリ、キンエウズメノヒエ等が問題になり、とくに多年雑草は塊茎（ミズガヤツリ）や匍匐茎（キンエウズメノヒエ）で繁殖するので輪換畑期間にかなり脅威的な雑草になる可能性があるということである。

2) 田畑輪換に伴う病害虫の発生消長

大久保隆弘氏はその著書<sup>5)</sup>のなかで田畑輪換は輪換田期間中に湛水・還元という土壌条件の変化が起こるため、畑作物の土壌病害虫がかなり軽減することを多くの人の研究成果を引用して述べている。

まず病害については、湛水することにより多くの病原菌が死滅するが、その死滅にいたる期間は病原菌によって異なり、例えばタネ菌核病、コムギ条斑病菌のように数カ月で完全に死滅するものからスィカつの割れ病菌のように死滅までに長期間を要するものがある。しかし田畑輪換では稲作期間が少なくとも3年あるので、どの病原菌も死滅またはいちじるしく少なくなるものと推定できるので、畑輪換当初においては普通畑と比べると病害の発生が少ないと述べている。

また、虫害については、田畑輪換はセンチュウの抑制に効果があり、輪換田期間の湛水により、ネコブセンチュウやネグサレセンチュウは飢餓、運動による体力消耗、酸素不足による窒息、センチュウに有害な細菌の繁殖、有害物質・ガスの発生等の推定諸原因によって、それらの死滅または密度低下が期待でき、とくに水温が高い場合にその抑制効果があがるとのことである。そしてセンチュウ防除からみた水田期間は最低2年は必要であると述べている。

このように、田畑輪換は病虫害の抑圧にもかなりの効果が期待できる耕種技術でもあるが、これも雑草と同様に問題がないわけではなく、病虫害関係の研究者によれば畑土壌の病原菌やセンチュウは、湛水によって死滅するものが多いが決して全滅はしないし、加えて、水田化した場合には畑状態にあったときの病原菌ばかりでなく、その拮抗菌も死ぬので、畑にもどした場合に病原菌、センチュウ等が再発したり、大雨や灌漑水にこれらの病原菌等が外部から入ってきた時は、普通畑以上にまんえんし、被害を激しくする恐れがあるとのことである。

#### 4 既往の研究の成果と残された研究上の諸問題

以上述べたように、田畑輪換は単に作物の生育、収量に好影響を与えるにとどまらず、耕地における雑草あるいは病虫害の制圧という観点からも有効な技術であり、作物栽培の多くの面においてメリットを有している。しかしながら、1～3の各項でも若干触れたように既往の研究のなかでもいくつかの問題点がつまみ残されており、今後の研究でなお詰めなければならないことがあるのでそれらの点について若干言及する。

その第1は、作物の耐湿性に関することである。さきにも述べたように、排水不良の重粘な土壌の条件下では、輪換畑初年目には多くの場合湿害によって収量が大きくダウンする。したがって、このような条件下では当然のことながら輪換初年目の導入作物としては耐湿性の強い作物を選ばなければならないが、作物あるいは品種の耐湿性については、現在では、主として地下水位と作物生育との関連をみた試験でその検討を行っている。しかし圃場排水性との関連からみた場合、輪換畑の作物生

育の良否を支配する基本的要因は作土層ないし根圏域の空気率の問題であり、この空気率は地下水位と土壌構造のいかんによって決まり、例えば表層腐植質多湿黒ボク土における試験では、耕起状態で土壌空気率が保証される条件であれば、大豆は地下水位20cm>40cm>60cmの順で生育収量が高いと認められているが、圧縮状態で空気率が保証されない条件では傾向が逆になることが認められている。すなわち、大豆は土壌構造さえよければ相当の高地下水水位に耐えるが、土壌構造が悪いと高地下水水位には耐ええない。したがって、一般的に大豆は耐湿性が強く、高地下水水位に耐えると言われているが、土壌構造の発達していない排水不良の重粘土壌では、果して大豆を輪換畑初年目に排水手段を講ずることなしに導入してよいかは多少疑問であるということになるので、輪換畑初年目の導入作物の適確な選定のためには、地下水位と土壌構造の2つの因子を組み合わせ、そこにおける作物生育を検討する必要があるが、そのような試験は現在ではまだ乏しいので、今後に残された研究問題であろう。

第2に、輪換畑期間、輪換田期間はこれまでの試験では3年未満のものがほとんどで4年以上の研究事例に乏しい。しかしながら、現場の営農状態によっては輪換期間を4年以上に延長したほうが都合がよい場合も当然ありうるので、作物生育、雑草ならびに病虫害の発生活長等の総合的な見地からみた輪換期間の延長の可能性の検討も今後必要である。

第3に、輪作田では一般に水稲は連作すれば増収するが、漏水田や泥炭地、牧草跡の輪換田では各種の不安定要因があり、むしろマイナスの効果をもたらすことがあるので、どこでも田畑輪換を行えばよいというものではない。したがって、田畑輪換の適地性の判定は今後極めて重要な研究問題となる。

第4に、田畑輪換と雑草や病虫害の発生活長であるがすでに述べたように、雑草ではいくつかの湿生雑草が強害雑草になりうる可能性が大きいので、田畑輪換のもとのこれらの雑草の発生活長をより詳しく研究し、その抑圧のための総合的な技術を確立する必要があるし、病虫害に関しては、輪換畑での病虫害関係の微生物の消長の時期と関与条件、微生物の質と種類等の究明はなお不十分であるので、とくに寄生性の強い微生物ばかりでなく、寄生性の弱い病原菌の消長についての研究も必要であろう。

### Ⅲ 田畑輪換を今後技術化するために必要な研究上の諸問題

以上述べたように、今までに行われた研究のなかでもなお詰めなければならない問題が多々あるが、田畑輪換を今後技術化して定着させるためには、今までとは異なる

った観点からみた新しい研究が必要と思われるので、その点に最後に触れて、結びとしたい。

### 1 輪換効果の今日の時点での再検討

私は、今まで述べた既往の研究の成果をふまえて、田畑輪換は単に米べらしのための技術としてではなく、国内自給力の低い麦や大豆等の畑作物を水田に導入して、水田の高度利用を行い、その総合生産力の向上を図るための基本的な土地利用方式として位置づけるべきであると考えている。しかしながら、当時の研究の成果が果して今日でもそのまま適用できるかどうか、それが問題である。

まず輪換畑については、当時の対照区は普通畑であった。しかし今日の対照区は永久転換畑である。輪換畑と永久転換畑は第1回目の畑輪換の時点では同じものであり、普通畑よりは生産力が高い。しかし永久転換畑はそのまま何の手だても講じなければ、地力を消耗して普通畑と変らなくなってしまい、第2回の畑輪換以降は輪換畑より生産力は低くなってしまふであろう。しかし、有機物の増投や輪作の実施等により永久転換畑の地力維持が図られた場合でも輪換畑は永久転換畑より生産力が高いかどうか。もしそれほどちがいがないとすれば、後に述べるように、田畑輪換は技術としてはかなり多く面に気をくばらなければならぬ面倒くさい技術なので永久転換畑にしたほうが農家にとってはずっと気楽である。すなわち、永久転換畑を対照とするからには、輪換畑がそのような技術的な煩わしさを補ってなお余りある決定的な何かを具備していなければならない。したがってその点の解明が必要である。

つぎに輪換田については、当時も今も対照区が連作田であることには変りがない。しかし、この連作田の生産力は当時と現在ではかなり大きな隔りがある。すなわち、我国の水稲生産は、昭和30年代以降、品種改良、育苗法、施肥法、病害虫及び雑草の防除法等の技術が格段に進歩し、その結果、水稲の連作業条件下でもかなりの高位収量水準に達している。ところで、水田に畑作物を導入して水田の高度利用を行うということは、水田総面積がふえない限り、畑作物の作付面積がふえればふえるほど水稲の作付面積はその分だけ減ることになる。したがって、水田の高度利用がこれからの我国の水田農業の基本的な発展方向だとするならば、水稲の収量増は今後ますます重要な研究課題となる。そこで、果して、現在のような高位収量水準の水稲の生産力を田畑輪換によって一段と向上させることができるかどうか。20数年前の輪換効果は水稲の収量が低かったのであのように高くでたのかもしれない。そのことをはっきりさせない限り、輪換田も連作田よりは集約な管理が必要となると思われるので、水稲の収量水準が極めて高い東北地域等では将

来とも田畑輪換は定着しないものと思う。

表現が適切でないと思うが、一部の研究者には、有機物による地力維持効果とか田畑輪換の輪換効果に対して、信仰にも近い観念的なあこがれがあるような気がする（実は私もその1人である）。しかし、農業技術は実証を伴わなければ農家の技術として定着しないのであるから、極めて大変な仕事だとは思いますが、生産力の観点からみた田畑輪換の今日的再評価は是非とも必要であると思う。

しかし、しからば生産力視点から田畑輪換が現在それほどの意義をもたない場合には、田畑輪換の今日的意義は全くないものかどうか。必ずしもそうとは思わない。多少観念的なそしりは免れないが、今日の省エネルギー化、クリーンエネルギー化への要請に対しては田畑輪換はかなりその要請にかなう技術になりうると思うからである。すなわち、水稲にしるその他の作物にしる、現在の高位生産力の水準は主として化石エネルギーの大量投入によって支えられており、このことが公害問題をも含めての農業の永続性に対する不安を呼び起こしていることは周知のとおりである。このため、農業の永続性を保持するための技術開発やかつての伝統的な技術の再評価等が盛んに論じられているが、田畑輪換は耕地の生態的制御を通してその生産力増強にアプローチしようとする技術であるから、その意味ではその再評価は極めて大きな今日的意義をもっているものと思う。

### 2 田畑輪換と機械化作業技術

さきに述べた田畑輪換に関する試験結果は、そのほとんどが試験場の中にある、水の制御がかなり自由に行える小区画圃場での試験から得られたものであり、これのデータがそのまま現在の機械化圃場に適用できるとは限らない。その理由は、現在の水田を輪換畑にする場合、輪換初年目は作物の生育、とくに発芽と初期生育が不良のために畑作物の減収を招来することが多いが、これは多湿による湿害に起因することはもちろんであるが、そのほかに普通畑よりは土壌が粘質なために、犁土が十分に行えず、そのために発芽、初期生育が不良になることが多い。また、降雨等による圃場表面の滞留水の排除が速やかに行えない場合には機械による作業が不可能になり、播種、中耕除草、収穫等の適期を逸し、このために作物の収量、品質を損うことがしばしばある。また何とか圃場に入れても、地耐力が小さいために、トラクタの走行が正常でなくなり、作業精度を低下させ、このために収量、品質を損うこともある。一方、輪換畑を水田にもどす場合も、輪換田の初年目は圃場の均平が不十分でこのためにとくに稚苗移植の場合には、苗の水没や浮苗の懸念があるので、代かき作業は連作田よりははるかに丁寧に行わなければならないが、圃場の区画が大きい場



合には、それでも一部の苗の水没や浮苗は避けられないようである。また、連作田よりは漏水量が多いので、より多くの灌漑水を必要とするし、土壌条件によっては漏水過多のためにかえって減収する。

このように、田畑輪換では畑と水田の交代の時に、とくに機械作業との関係でいろいろのトラブルが発生しやすい。しかしこれは、この交代の時には、水の環境によって全く正反対のことをやろうとするのであるから、むしろ当然のことものようにも思う。したがって、田畑輪換が水田の総合生産力を高めうる可能性をもっていることと現実に田畑輪換によって水稲も畑作物も増収がえられるということは別個の問題であり、その可能性を現実化するためには、田畑輪換にかなった圃場基盤整備技術や新しい機械の開発を含む機械化技術の確立が絶対に必要である。幸なことにこれらの点に関する研究の必要性はかなり多くの人に認識されつつあり、多くの試験研究機関においても第1次稲作転換以来、かなり研究が行われている。ただ多少問題なのは、これらの研究のほとんどが水田から畑に交代させる際に生ずる問題点の解決に集中し、逆の場合の研究は現在あまり行われていない。また、畑に転換する場合でも、それを永久転換畑にするか輪換畑にしてまた水田にもどすかということによって研究の進め方もおのずから異ってくるはずであるが、現在行っている研究ではこのことが必ずしも明確になっていない。したがって、この点を明確にして、田畑輪換の研究を行おうとする場合には輪換畑の場合はそれが水田にもどされることを、また輪換田の場合にはそれが畑にもどされることを念頭においた研究を推進する必要がある。

### 3 田畑輪換と複合農業

田畑輪換は経営的にみれば、個別経営の場合は複合経営を意味する。その理由は、個別経営の場合、田畑輪換を実施する時、ある時期は水稲ばかりを作付し、別の時期には畑作物のみを作付するということは経営の安定的継続の見地よりすればありえないことであり、現実には経営耕地の一部を毎年水稲栽培にあて、他の一部を毎年畑作物の栽培にあてて、それらの耕地を固定することなく、経年的に移動させることになる。そしてそのような個別経営はかつては現実に存在していた。しかしながら経済の高度成長期に入った昭和30年代以降は農業経営の規模拡大の指向が強まり、複合経営は漸次消滅し、作目の単一化が進行した。

これはある意味では当然のことであり、作目の単一化は、均質な商品の能率的な生産に好都合だからである。例えば水田酪農について言えば、酪農における多頭化への全般的な指向傾向、また一部の農家の機械移植による省力安定技術に依拠した大規模水稲単作経営への指向が強まる傾向のもとで、かつて少数頭飼育の場合に行われ

ていた那須地方における田畑輪換による複合経営は次第に消滅し、飼料専用圃場による多頭飼育酪農専作経営と大規模稲作専作経営に分解してしまったと聞いている。これは多頭酪農を指向する農家にとっては、多頭化のためには田畑輪換では飼料基地が足りないことと、圃場作業の省力化のためにも飼料生産と水稲生産が共存することは労力の競合、異種の作業をすることのわずらわしさを排除する必要があること、そして資本の投資効率からみても不経済である等々のためであろうと推定される。また、水稲作を指向する農家にとっても同様なことが言えよう。

しかしながら、この専作化は圃場の地力のせきはく化、家畜糞尿の処理コストの増大等の各種の諸矛盾を新たに派生させ、このことが農業の永続的継続ということにかげりを与えつつあることはすでに述べたとおりである。しかしそれではもとの少数頭飼育による田畑輪換複合経営にもどれと言ってもそれは現実的には無理なことであり、農家はますます規模拡大を行わないと経営的に成り立たない状態に置かれているのが現状ではあるまいか。したがって、この問題をどのようにして解決するかということは極めて大きな研究問題であるが、現在、多くの人によって唱えられている地域農業複合化という方向はこの問題の解決になりうるかもしれない。すなわち、この地域農業複合化の目指すところは、私が単純に理解する限りでは、例えば糞尿処理に困っている酪農専業農家と厩肥等の地力維持・増強にとって不可欠な有機質資源の確保に困っている水稲専作農家が相提携して、稲作農家はその副生産物である稲わらを飼料または敷料として酪農家に提供し、一方、酪農家はその副産物である厩肥をその見返りとして提供することによって、双方の農業の永続性を確保しようとする営み、すなわち、自己の農業の永続性を確保するために自己完結的には充足しえない部分を相互に補い合おうとすることで、このことがひいては一定の地域の農業の安定的継続にもつながることになるということのようである。したがって、この地域農業の継続をより安定化しようとするならば、単に有機物資源の相互乗入れというような消極的なものに止まらず、個々の経営は専作経営ではあっても地域としては田畑輪換等による地域内輪作的土地利用にまで発展させる必要があるのではないかと思う。しかし、そんなことが近い将来に果して可能であろうか、素人のたわごとのような気もするので、各方面からの批判を仰ぎたい。

### 引用文献

- 1) 荒井正雄：田畑輪換と農法(II)——水田利用と輪作の原理——(3)雑草の生態変化と問題点、研究ジャーナル、1

- (9), 16~19 (1978)
- 2) 本田太陽：水稻・飼料作型土地利用の技術的対策，農及園，51(1)，120~124 (1976)
  - 3) 農林水産技術会議事務局：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80 (1974)
  - 4) 農林水産技術会議事務局：稲作転換推進対策試験，研究成果108 (1978)
  - 5) 大久保隆弘：作物輪作技術論，278~283，農文協 (1976)
  - 6) 高橋均：水田転換畑の飼料作物栽培——稲作転換と食糧エネルギーの生産——農業技術，33(11)，4~16 (1978)
  - 7) 高橋浩之・飯田克実：田畑輪換栽培に関する研究 第II報，田畑輪換栽培における雑草の変移，関東東山農試研報(8)，14~46 (1955)
  - 8) 高橋保夫：田畑輪換試験研究集録，東京農地事務局計画部 (1962)

### 質 疑 応 答

久馬(京大) 田畑輪換における増収効果についてどう考えるか。

本田(東北農試) 近年，多肥条件で生産量を上げているので，従来の田畑輪換の試験結果が現在適用できるかどうかということの疑問を先ほど述べたが田畑輪換は肥料を節約しながら，生産力を上げるという契機にはなるのではないか。

寺沢(農技研) その原因は何か。

本田(東北農試) 一つは畑地を水田に戻した場合の窒素の富化を考えている。さらに一つは透水性の改良である。また長期的に田畑輪換は連作に耐える。高位生産の土壤構造を輪作田でもちうるのではないか。

石井(東北農試) 畑作収量調査では耕盤はどうしたか。耕盤がどのような影響を及ぼすか，排水からは破壊しないしは深耕するのが良い。破壊すると地耐力が問題となるが。

本田(東北農試) ワク試験等で行っているので耕盤は形成されていないと思うがその点についてはよくわからない。石井さんの言われるように，耕盤を破壊しないで田畑輪換をやっていたら一番望ましいと思う。

## 書 評

日本土壤肥料学会編

### 集約農業下の土壤環境と肥沃性

—養賢堂— 1,400円

この本は，1977年10月に東京で開かれた，日本土壤肥料学会主催の“集約農業下における土壤環境と地力管理に関する国際セミナー(SEFMIA)”において，特別講演された外国の権威ある方々の講演を日本語に翻訳したものである。ちなみに，講演テーマを列記すると次のようである。

- (1) 土壤及び土地利用の拡大と集約化による食糧増産 (N. C. Brady)
- (2) 土地利用計画における土壤の管理・改良とその必要土地条件 (L. J. Pons)
- (3) 集約管理下の土壤に対するカンガイ排水の管理 (W. R. Gardner)
- (4) 高収を得るための土壤管理とその際の有機質肥料及び有機物の役割 —実験的事実の論評— (G. W. Cooke)

(5) 環境中での土壤有機物の機能 (W. Flaig)

(6) 世界の主要土壤とその養分環境 (R. Dudal)

上記の演題からもわかるように，わが国の集約農業に対する土壤管理のあり方を，大所高所からまたそれぞれの専門分野から多彩な論議を展開している。これらの講演内容は，土壤肥料学関係者はもちろん，農業土木，作物，農業機械などの各分野の関係者にも有益な知見を与えるだけでなく，食糧，資源，環境などに関心のある方々にも，きわめて有益な本である。

とくに，わが国の土壤物理研究会とゆかりの深い，W. R. Gardner の講演が掲載されており，土壤中の養水分収支のシミュレーションに関する卓越した論議が展開されているので一読をおすすめしたい。

(寺沢 四郎)

## 田畑輪換に伴う土壌の変化

渡 辺 春 朗\*

The Change of Soil Physical and Chemical Properties with  
Alternative Land Usage System

Haruo WATANABE

CHIBA-KEN Agricultural Experiment Station

## I はじめに

田畑輪換とはローテーションの年数の違いはあるが主に水田を利用して、田→畑→田→畑と水稲および畑作物を交互に栽培する農地の利用技術、形態（栽培、水の利用技術）の一つであり、土壌の還元・畑作に伴う酸化のくり返しとみなしうる。これら栽培様式の差違、湛水の有無、還元酸化が土壌に及ぼす影響について、主に畑土壌の現地調査、試験に従事してきた者の視点に基づき、著者が関係した転換畑<sup>1)</sup>および田畑輪換の調査を中心にして検討した結果ならびに考えを述べる。

## II 畑輪換が土壌の物理性、地下水位、根群分布に及ぼす影響

## 1 調査試験の方法

千葉県代表的な5土壌型別水田とそれに隣接する水田を転換した畑（以下転換畑）を選び両者の地下水位の周年変化を測定した。そして隣接水田の湛水ならびに降雨が転換畑の地下水位に及ぼす影響について調査検討し

た。さらに水田の入水期と落水期に転換畑において試坑断面調査、根群分布調査を行い、作物根の分布状況と土壌のち密度、三相分布、孔隙径分布、地下水位の関係について調査検討した。なお調査方法および測定法は下記のとおりである。

地下水位の測定：内径2.5cmの塩ビ管を深さ100cmに埋設し、管内の水面を地下水位とみなし、4～8月は毎週9～3月は2週間ごとに測定した。

降水量：調査地点に最も近い測候所および観測所のゲージを使用した。

根群分布調査：モノリス板で試料を採取し、幅50cm、深さ50cm、厚さ5cmに整理統一し、水道水で洗浄後105℃で乾燥し根量とした。

三相分布、孔隙径分布：2000ccおよび100ccの採土管を併用し、実容積法、砂柱法、吸引法で測定した。

## 2 結果および考察

## (1) 地下水位の周年変化について

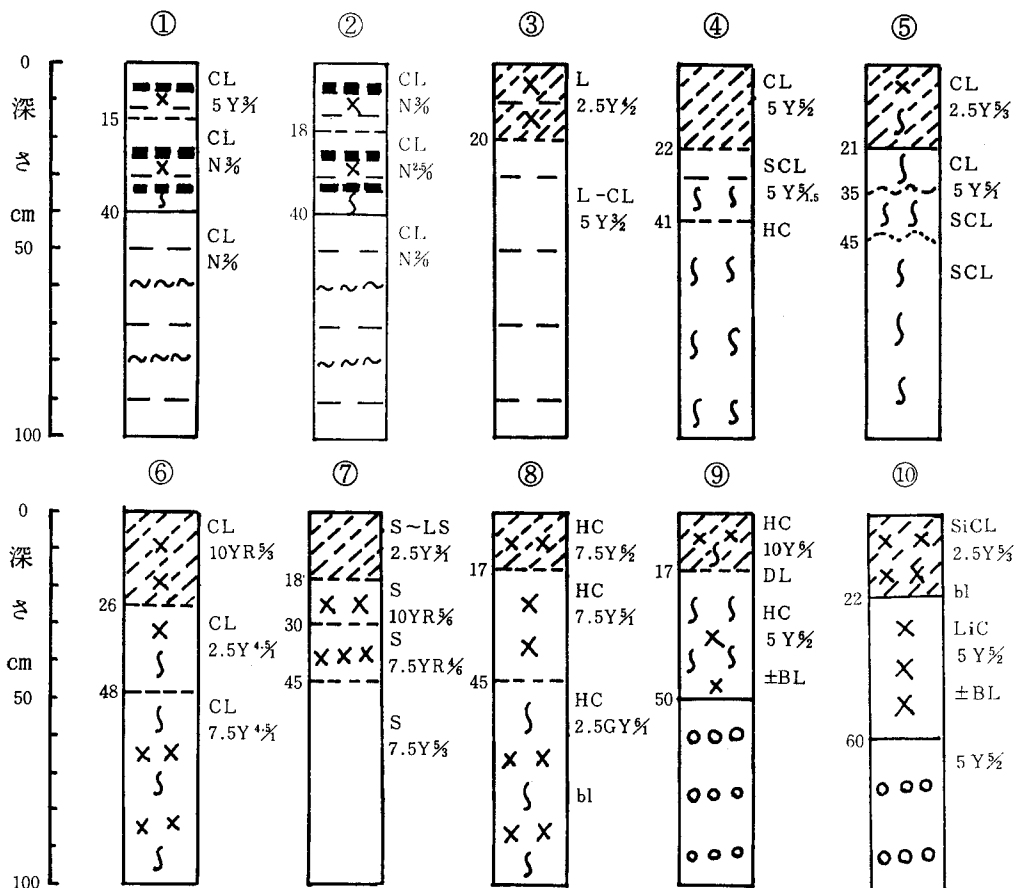
調査地点および転換後1年目の落水時における転換畑の特徴を表-1、図-1に示す。泥炭土壌から乾田型の

表-1 土壌の特徴・栽培作物

No.	土 壌 型	地形および土壌の特徴	作物名
①	泥炭土壌粘土型	平 坦 地下水位高い	キ ャ ベ ツ
②	〃	〃 〃 低い	〃
③	黒色土壌壤土腐植型	谷 津 火山灰湿田土壌	—
④	グライ土壌粘土型	ほぼ平坦 三紀半湿田土壌	トウモロコシ
⑤	灰色土壌粘土構造型	ほぼ平坦 三紀乾田土壌	牧 草 混 播
⑥	〃	平 坦 沖積乾田土壌	キ ウ リ
⑦	灰色土壌砂土型	〃 海成沖積砂質土壌	ラ ッ カ セ イ
⑧	灰褐色土壌強粘土構造型	ほぼ平坦 三紀系土壌地下水位高い	牧草混播, ヒエ
⑨	〃	〃 〃 〃 低い	〃
⑩	〃	〃 三紀系土壌溶脱型	〃

注 1) ③地点には転換畑設置しない

2) ①, ④, ⑤, ⑦, ⑧, ⑨の6地点で根群分布調査を実施した。



図一 調査転換畑土壌の断面柱状図 (③は落水期水田)  
 (記載は地力保全基本調査における土壌断面記載要綱による)

灰褐色土壌までの5土壌型、土性は砂質から強粘質に及び、千葉県代表的な土壌型がほぼ含まれる。

試坑断面調査結果から、グライ層の出現位置、構造の発達程度などの土壌断面形態には、転換による大きな変化はみとめられなかった。また半湿田型のグライ土壌より乾田型の土壌では、ち密度15~20mmのすき床層が存在し、各地点とも転換後1年目では水田土壌の本質的な性質は失われていなかった。

各地点において水田および転換畑の地下水位の周年変化と降水量の関係を調査した結果、その変化の状態からおおよそ図一2の三つの型に大別された。

- a 年間を通して変動が少なく地下水位が常時高い。  
 ……泥炭土壌①②
- b 収穫期前後を境にして急激に地下水位が低下し、以後再び上昇しない。……灰色土壌砂土型土壌⑦
- c 降雨の影響を受けやすく、時期的な変動が大きい  
 ①②⑦以外のすべての地点でこの傾向が観察され、本県の大部分の土壌型がこのタイプに属する周年化

化を示すものと思われる。

転換畑と水田の地下水位の差は土壌型によって異なるが、周年変化の状態にはほとんど違いはみとめられない。すなわち泥炭土壌①②および砂質土壌⑦では水田と転換畑の地下水位の間には差がなく10cm内外である。しかし、グライ土壌より地下水位の低い乾田型の粘質な土壌では稲作期間に差がみとめられ、転換畑の地下水位は水田のそれに比べて20~40cm程低く推移する。

降雨と地下水位の関係についてみると、図一2のように、おおよそ40mm/日以上降雨が地下水位に影響を与えるものと思われる。その影響は時期および土壌型によって異なるが入水期間中は比較的少ない。水稻栽培後の落水期もしくは用水不足期になると地下水位は急激に低下する。この時期以後になると降雨が地下水位に及ぼす影響は極めて大きくなる。40mm/日以上降雨によって砂質以外の土壌型の水田および転換畑の地下水位は上昇し、その影響は10~20日間持続している。しかし、砂質土ではその影響は殆んどない。

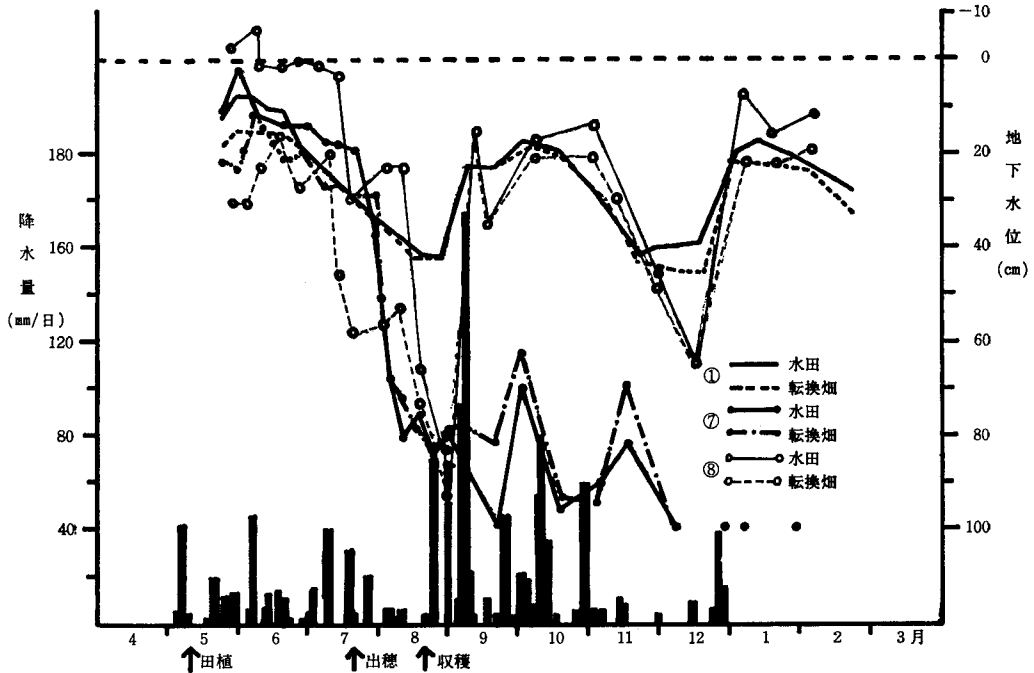


図-2 代表的な土壌型における地下水位の周年変化と降水量  
(泥炭土壌粘土型①, 灰色土壌砂土型⑦, 灰褐色土壌強粘土型⑧, 降水量は①の東金観測所)

隣接水田の湛水が転換畑の地下水位に及ぼす影響について、前記地下水位調査と並行して④, ⑦, ⑧地点において検討した。その結果、グライ土壌粘土型④および灰色土壌砂土型⑦では60~20mの範囲まで影響がみとめられた。また構造が発達した亀裂の多い灰褐色土壌強粘土構造型では約60mの範囲に影響がみとめられた。

以上の結果から、転換畑では隣接水田の湛水の影響はかなり広範囲に及び、1年目では転換畑土壌の状態は水田土壌に近いことが判明した。また作物の生育、根群の発達伸長は試坑断面調査等から、必ずしも地下水位の高低によってのみ規制されるだけでなく、耕耘の状態、栽培様式(平畦, 高畦)などの孔隙径分布を含めた物理性によって、異なることが観察された。

(2) 土壌の孔隙径分布, 三相分布, 地下水位, ち密度と根群分布について

前記の調査から作物の生育および根群の伸長発達は第一には地下水位によって規制されるが、土壌の物理性によってもかなり異なることが観察された。そこで作物根の伸長発達に及ぼす影響について、主として土壌の孔隙径分布, 三相分布等の物理性, 地下水位との関連について検討を行なった。

調査土壌型, 作物の種類は表-1および脚注のとおりであり、空気要求量の高いキャベツから低いヒエの6種類に及んでいる。

泥炭土壌における深さ別の孔隙径分布, 地下水位と圃場状態における三相分布の状態は表-2のとおりであ

表-2 泥炭土壌①の転換畑における孔隙径分布, 地下水位と三相分布の関係

深さ cm	100 cc 容中 cc				*飽水度 %	真比重	吸引圧cmH <sub>2</sub> O——水分cc				粗孔隙 cc	
	乾土重 g	水分率	固相率	空気率			全孔隙	10 (pF1.0)	32 (pF1.5)	63 (pF1.8)		100 (pF2.0)
0~5	68.4	47.0	25.2	27.8	74.8	62.8	2.72	51.9	50.2	48.3	47.1	24.6
10~15	81.2	63.2	31.6	5.2	68.4	92.4	2.60	64.4	63.4	62.3	60.3	5.0
20~25	87.0	63.3	34.7	2.0	65.3	96.9	2.51	63.9	63.5	62.7	61.3	1.8
30~35	87.2	64.0	34.2	1.8	65.8	97.3	2.55	64.6	64.4	63.7	62.4	1.4
40~45	22.8	84.7	11.2	4.1	88.8	95.4	2.02	85.6	84.5	81.5	77.6	4.3

注\* : 孔隙中水分の占める割合, 地下水位40cm, 高畦25cm

る。

深さにともなう三相分布の変化についてみると、水分率は0~5cmの深さで47%であるが、その下層は63~64%でほとんど地下水水面まで変化はない。空気率はごく表層で28%と非常に高く、15cmまでは5%以上あるが、それより下層では2%前後に低下しほとんど変化はなくその三相分布の状態は特異的である。

孔隙に関しては、全孔隙は0~5cmの深さで約75%、30~35cmで約65%存在し、両者の差は約10%であり、空気率の20%および飽水度の30%に比べて全孔隙の変化量は非常に小さい。一方孔隙径分布（吸引圧H<sub>2</sub>O cm-水分率cc）は表のように、深さ10cm以下では0~5cmの深さに比して土壌水分吸引圧（以下吸引圧）100cmH<sub>2</sub>O以下に相当する比較的大きな孔隙の占める割合が少なく、特に32H<sub>2</sub>O（pF1.5）以下の粗孔隙が減少する傾向がみとめられる。

深さ別の孔隙径分布と三相分布の関係については表で明らかのように、現地圃場における深さ別の水分率は吸引圧32cmH<sub>2</sub>O（pF1.5）時の水分率とほぼ一致している。すなわち土壌の水分率、空気率は孔隙径分布によって規制され空気率は吸引圧32cmH<sub>2</sub>O（pF1.5）以下に相当する粗孔隙の量と密接な関係があることを示唆している。

また同様な現象は、グライ土壌粘土型④、灰色土壌砂

土型⑦および灰褐色土壌強粘土構造型⑨でもみとめられた。即ち転換畑における孔隙径分布は土壌の種類に関係なく、耕耘の影響を受けることがない深さ20cm以下では吸引圧32~100cm H<sub>2</sub>O（pF1.5~2.0）間の孔隙量は2~1%と極めて少なく、粗孔隙量も少ないのが特徴である。そして深さにともなう変化もみとめられない。

土壌の通気性および透水性は粗孔隙の量と密接な関係があるとされており<sup>9,10)</sup>（図-9参照）、その分割点は32~63cmH<sub>2</sub>O（pF1.5~1.8）とする報告が多い<sup>5,6)</sup>。したがって、以後は吸引圧32cmH<sub>2</sub>O（pF1.5）以下を粗孔隙とみなし、その分布状態を主体にして検討した。

灰色土壌砂土型⑦の転換畑と隣接する普通畑（島畑）における根群分布の状態を粗孔隙量、三相分布、地下水位の観点から調査した結果は図-3に示すとおりである。

ラッカセイの生育初期は水田の入水期に相当し、普通畑においては深さ30cmまで根群はほぼ均等に分布している。しかし、転換畑ではその大部分は深さ10cmに限定され、根群の伸長は地下水位の影響を強く受け空気率の不足によって規制されている。また、収穫直前の落水期の根群の状況についてみると、普通畑では50cmまでほぼ均等に分布している。しかし、転換畑では地下水位が90cmに低下してもその大部分は深さ20cmまでであり、粗孔隙

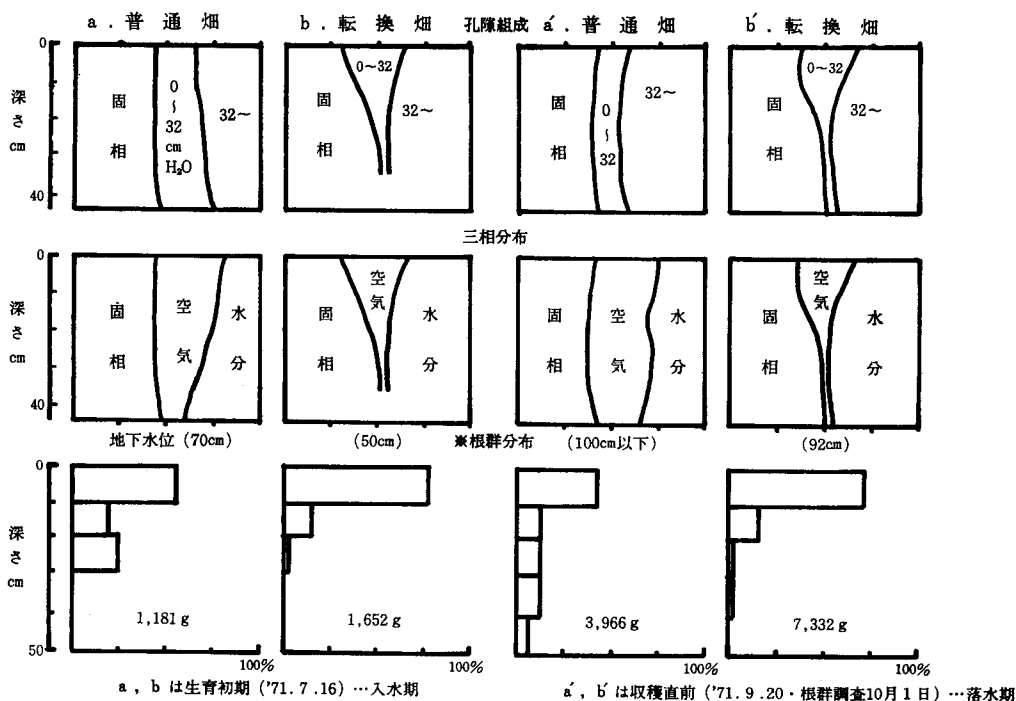


図-3 灰色土壌砂土型における孔隙径分布，三相分布，地下水位と根群分布  
 注※根群分布：数字はモノリスによる50×50×5cm<sup>3</sup>中の全重量

が少ない20cm以下にはほとんど分布しない。これらの事実より根の伸長発達に対して粗孔隙の多少が関与しているものと思われる。

孔隙分布と三相分布の関係については、転換畑では地下水位が低下した時期においても、深さ別の空気率は粗孔隙量とかなり近似し、特に地下水位の高い7月でこの傾向が強い。

これと同様な傾向がグライ土壌粘土型、灰褐色土壌強粘土型でもみとめられた。なお構造の発達した灰褐色土壌強粘土構造型では落水もしくは作物根の伸長によって粗孔隙量が増大する傾向がみとめられた。

以上の結果から、転換畑のように地下水位が比較的高く粗孔隙の少ない土壌では、土壌の空気率および根群の発達は粗孔隙の多少により規制される。そして、根群分布が良好な粗孔隙量の下限は5~10%の間に存在する(図-4)。

土壌のち密度と根群分布の状態について、根群分布調査時のち密度と根群分布の関係を調査検討した結果、グライ土壌より地下水位の低い乾田型の土壌ではち密なす

き床層において根群分布が明らかに不良になることが判明した。そのち密度は17~20mmであった。しかし、転換畑のすき床層は粗孔隙量も少なく空気率も低いため、必ずしも土壌のち密度が根群分布を不良にした直接的な要因であるか否かは明確にし得なかった。

### Ⅲ 田畑輪換にともなう土壌の断面形態、物理性、化学性の変化—粘質土における一例—

千葉県でも比較的乾田率が高く且つ酪農が盛んな安房郡三芳村の三紀系重粘土水田において、飼料作物を導入する田畑輪換が試みられた。当地区で1972年から4年間にわたり現地調査を実施する機会を得たので、土壌調査を中心にして、田畑輪換にともなう土壌の断面形態、物理性、化学性の変化について検討した。その結果は以下のとおりである。

#### 1 調査地区および調査圃場の特徴

調査地区の土壌は図-5に示す如く全て強粘質の強グライ土壌、灰色土壌および灰褐色土壌に区分された。

調査圃場の作付体系および土壌の特徴をそれぞれ表-

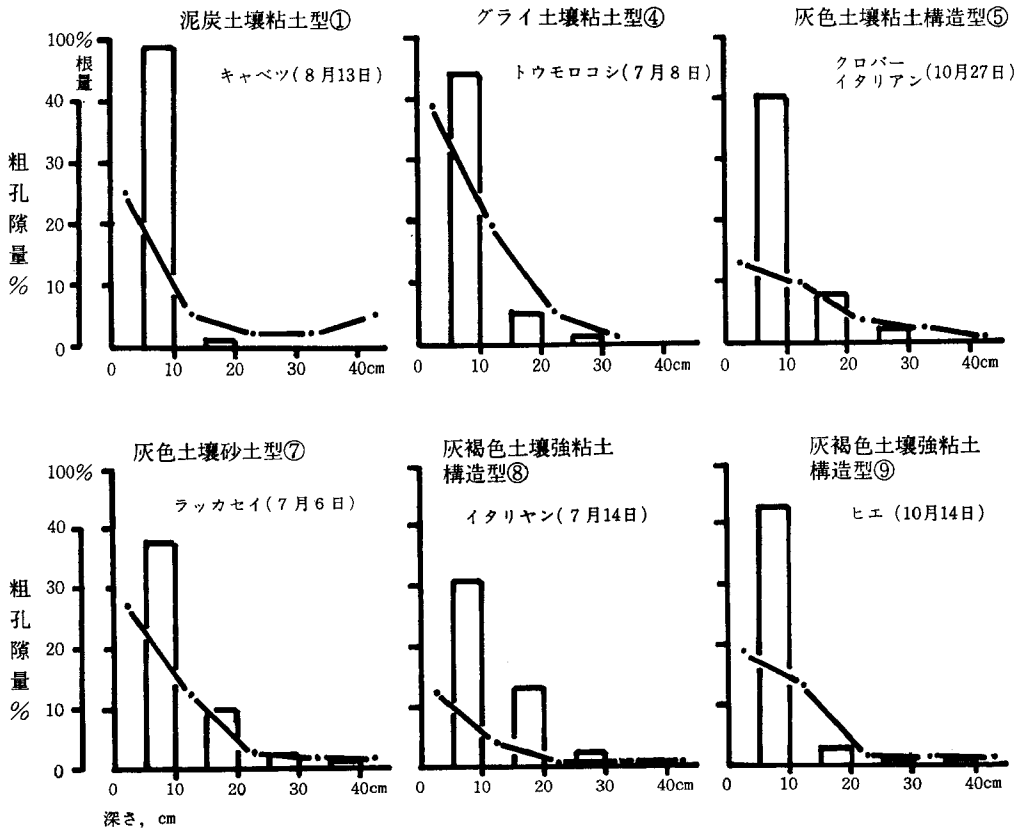


図-4 粗孔隙量(吸引圧32cmH<sub>2</sub>O—pF1.5—以下)と根群分布  
注 折線グラフは粗孔隙量, 棒グラフは根量%

3, 表-4, 図-6に示す。

調査圃場は、粘土含量65%前後塩基置換容量約45me/100gで乾燥収縮率が著しく固相率が小さく且つモンモリロナイトを主要粘土鉱物とする湿田型の強グライ土壌④, ⑤および粘土含量35~45%, 塩基置換容量25me/100g前後で乾燥収縮率が小さく固相率の大きい乾田型の灰色土壌①, ②, ③ならびに普通畑⑥からなる。

なお現地調査の性格上圃場間差や前述の粘土鉱物が異なることにより、圃場条件による影響を無視し得ないと考えられるので、ここでは主に同一土壌型における変化を中心に検討した。

2 土壌の断面形態の変化

強グライ土壌④, ⑤では転換畑として利用すると、地下水位の低下にともないグライ層は低下し、酸化沈積物はより下層まで降下し(図-7B), 亀裂の発生もみられた。一方表土では耕耘, 乾燥, 作物根の作用により発達程度弱の小粒状構造および小塊状構造の生成がみとめられた。この傾向は1年目よりも2年目において明らかであった。しかしながら, 乾田化への速度は遅く, これは主要粘土鉱物がモンモリロナイトであるた

土壌統	記号	土壌型
富貴亀		強グライ土壌 強粘土還元型
田川	×	強グライ土壌 強粘土還元型
東和	二	灰色土壌粘土 構造型
緒方	▽	灰褐色土壌 強粘土構造型

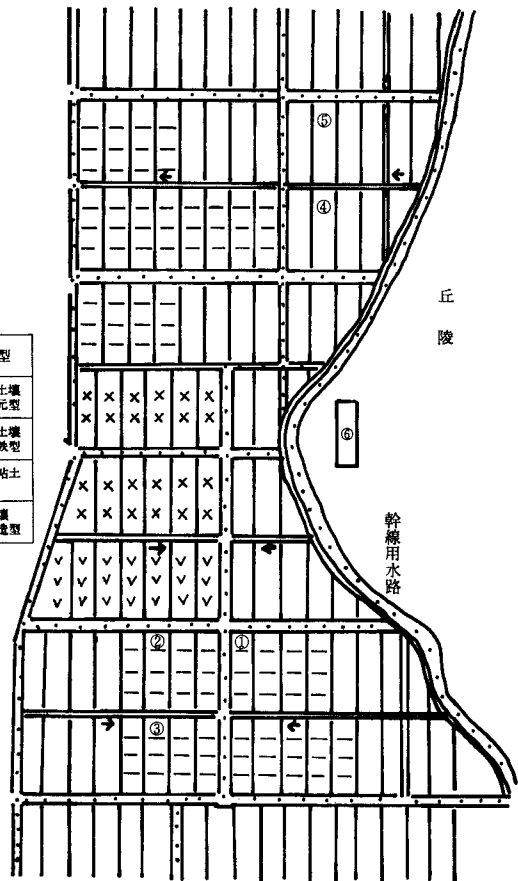


図-5 調査地区の土壌図および調査圃場 (区画100m x 30m)

表-3 調査圃場の年次別作付体系および収量

圃場No.	作物名				収量 kg/10a			
	1972	1973	1974	1975	1972	1973	1974	1975
①	水 稲	水 稲	水 稲	水 稲	430	440	435	440
②	水 稲	水 稲	ソルゴー	ソルゴー	425	435	8300	8400
③	ソルゴー	ソルゴー	水 稲	水 稲	6600	9000	445	450
④	水 稲	水 稲	ソルゴー	ソルゴー	425	425	9300	9500
⑤	ソルゴー	ソルゴー	水 稲	水 稲	7200	9600	450	445
⑥	菜 花	菜 花	菜 花	菜 花	—	—	—	—

注 1) 1971年度圃場整備施工, 地区平均収量水稲: 420kg, ソルゴー: 10000kg  
 2) 施肥量kg/10a 水 稲: 普通田N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=7:7:7 還元田5:5:5  
 ソルゴー: N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=20:20:20+牛尿5000kg  
 3) 収量調査は千葉県耕地第一課による。



表-4 調査圃場の土壌の特徴(1973.10月)

圃場 No.	層 位	深  さ cm	細土無機物中%				土性	100cc 容中				pH	T-C %	CEC me	備 考
			粗 砂	細 砂	シル ト	粘 土		乾 土 重 $g$	固 相 率	水 分 率	空 気 率				
①	1	0~21	15.0	32.2	20.3	32.5	LiC	128.4	47.2	49.0	3.8	5.90	1.22	23.6	粘土鉱物
	2	21~38	11.2	32.6	22.6	33.6	LiC	129.6	46.8	49.0	4.2	6.85	0.84	23.7	モンモリロナイト
	3	38~56	26.7	37.6	14.8	20.9	SCL	151.8	54.6	43.9	1.5	6.75	0.48	21.6	およびアロフェン
	4	56~	16.3	28.1	23.2	32.4	LiC	130.1	47.5	50.3	2.5	6.55	0.78	25.3	
②	1	0~15	7.2	38.7	21.9	32.2	LiC	123.0	44.7	51.6	3.7	5.80	1.02	22.4	
	2	15~28	6.9	36.2	22.8	34.1	LiC	137.6	50.6	48.0	1.4	6.50	0.85	22.1	
	3	28~52	5.2	35.7	25.0	34.1	LiC	136.2	50.6	48.5	0.9	6.40	0.52	21.2	
	4	52~69	7.4	40.9	20.9	30.8	LiC	128.9	47.8	49.9	2.3	6.60	0.41	19.6	
③	1	0~23	4.0	25.6	23.6	46.8	HC	119.2	43.7	55.4	0.7	6.30	1.14	28.1	
	2	23~38	3.3	36.0	22.8	37.9	LiC	133.5	49.0	50.9	0.1	6.50	0.21	24.3	
	3	38~55	4.2	40.4	22.8	32.6	LiC	134.2	49.6	49.5	0.9	6.50	0.13	25.9	
	4	55~	24.9	35.4	18.5	21.2	SCL	142.8	50.6	47.9	1.5	6.65	0.08	25.8	
④	1	0~16	0.6	7.3	27.1	65.0	HC	79.8	30.7	65.0	4.3	5.85	2.33	43.1	粘土鉱物
	2	16~39	0.7	7.5	28.7	63.1	HC	83.3	30.4	68.5	1.1	6.65	1.81	43.6	モンモリロナイト
	3	39~63	0.1	3.3	29.1	67.5	HC	73.6	27.8	71.1	1.1	5.95	2.62	46.3	風乾土の 液性限界 83.0%
	4	63~	0.1	7.6	30.8	61.1	HC	58.0	21.9	75.1	3.0	5.75	3.29	46.6	塑性限界 38.9%
⑤	1	0~10	0.4	3.0	26.2	70.4	HC	80.9	30.4	52.6	17.0	6.00	2.20	46.4	風乾土の
	2	10~37	0.3	7.5	23.7	68.5	HC	87.0	32.9	64.3	2.8	6.40	1.93	46.4	液性限界 106.9%
	3	37~68	0.1	3.2	33.3	63.4	HC	68.7	27.0	71.3	1.7	5.75	1.80	43.7	塑性限界 43.9%
	4	68~	0.3	8.9	32.7	58.1	HC	59.8	23.1	73.1	3.8	5.60	3.14	47.0	
⑥	1	0~23	16.9	40.6	25.9	16.6	CL	116.3	43.7	37.6	18.7	4.80	1.34	21.8	
	2	23~38	17.1	41.1	23.5	18.3	CL	126.3	46.8	38.5	14.7	4.95	0.70	19.7	
	3	38~66	17.6	42.8	23.4	16.2	CL	144.8	52.4	37.4	10.2	6.00	0.39	18.9	
	4	66~	21.1	31.5	24.3	23.1	CL	—	—	—	—	6.30	0.51	23.6	

注 1) 粘土鉱物の同定および考察は北川靖夫氏による。

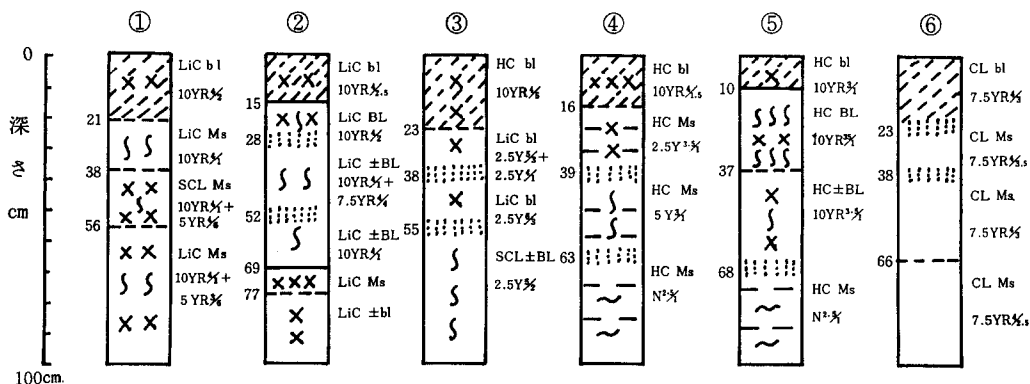


図-6 調査圃場の特徴(1973.10)

(記載は地力保全基本調査における  
断面記載要綱による)

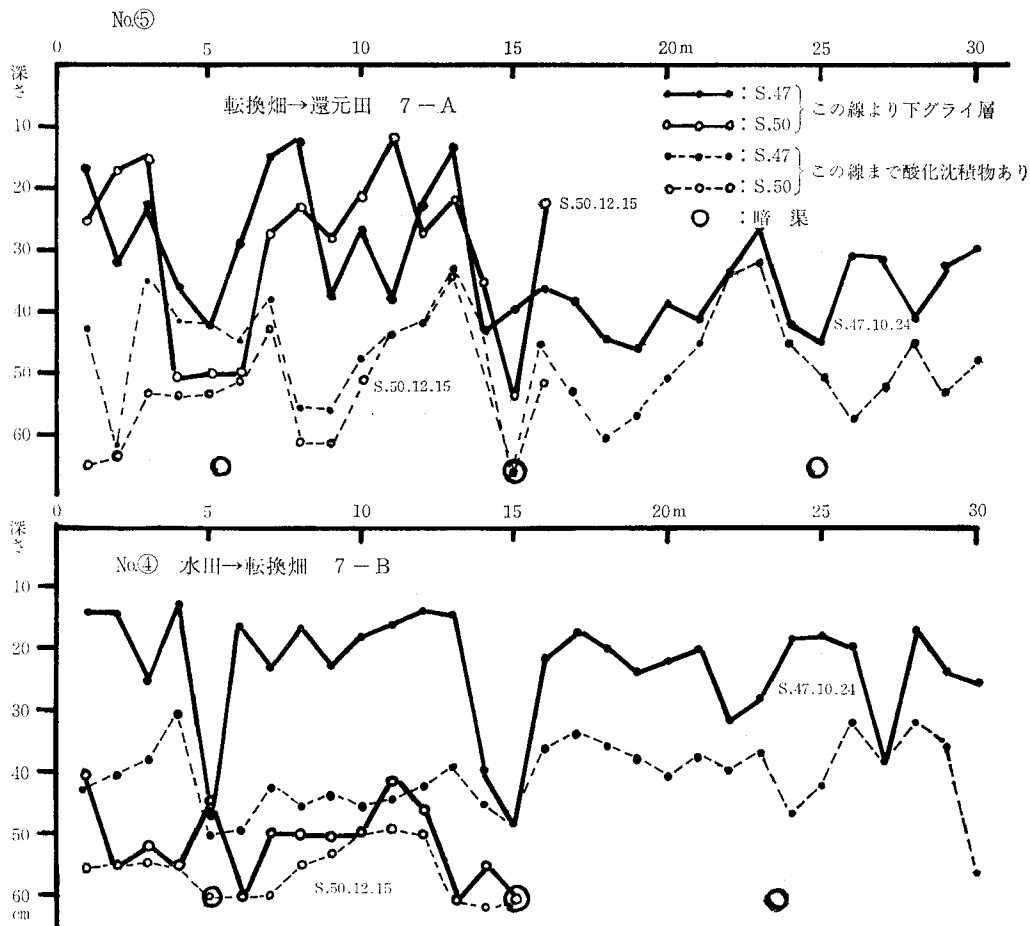


図-7 田畑輪換および暗渠施行にともなうグライ層，酸化沈積物の出現位置の変化

めと考えられた。<sup>1)</sup>

3年目に再び湛水して水田（以下還元田）にもどすとグライ層の出現位置はほぼ元の位置まで上昇し（図-7 A），表土の構造も壁状構造になるが，一旦生成された酸化沈積物は消失しないことが観察された。

暗渠の効果についてみると図-7に示す如く，グライ層および酸化沈積物の分布状態から強粘質土壌における暗渠の効果が直接及ぶ範囲は2～4 m程度である。

強グライ土壌の田畑輪換にともなう断面形態および作物根の分布状況の変化について以下のことが観察された。水稻根は青灰色のグライ層でも酸化沈積物が存在する深さまで分布する。しかし畑作物のソルゴーの主根群域は耕耘された土層に限られ，青灰色のグライ層では亀裂に沿ってのみわずかに分布するが土塊中には全くみとめられなかった。そして両作物の根群域はグライ層の低下にともない拡大された。

一方灰色土壌②，③では，強グライ土壌④，⑤に比較すると断面形態に変化は少なく，下層の酸化沈積物がや

や増加したにすぎない。

以上の如く断面形態の変化について調査検討したところ，前述のように粘土含量が極めて高い重粘な④，⑤圃場では乾田化の速度が極めて遅いこと，また同一地区内（約35ha）で強グライ土壌，灰土壌及び灰褐色土壌が大部分を占めグライ土壌はほとんど存在しない現象がみとめられた。その理由としては地形条件の他に基盤整備にともなう排水の結果，三土<sup>1)</sup>の指摘する地下水グライ土壌から停滞水型低地水田土壌へ移行する場合に起る現象が考えられる。即ち重粘で且つ透水性が極めて不良なものは依然として強グライ土壌として残り，その他のものは排水により灰色もしくは灰褐色土壌に変化したものと考えられる。

### 3 土壌の物理性的変化

1975年における各調査圃場のち密度，粗孔隙量，三相分布および測定結果は図-8に示すとおりである。これら土壌の物理性に大きな変化がみとめられる範囲は耕耘および作物根の影響を受ける深さ25cm位までであり，前

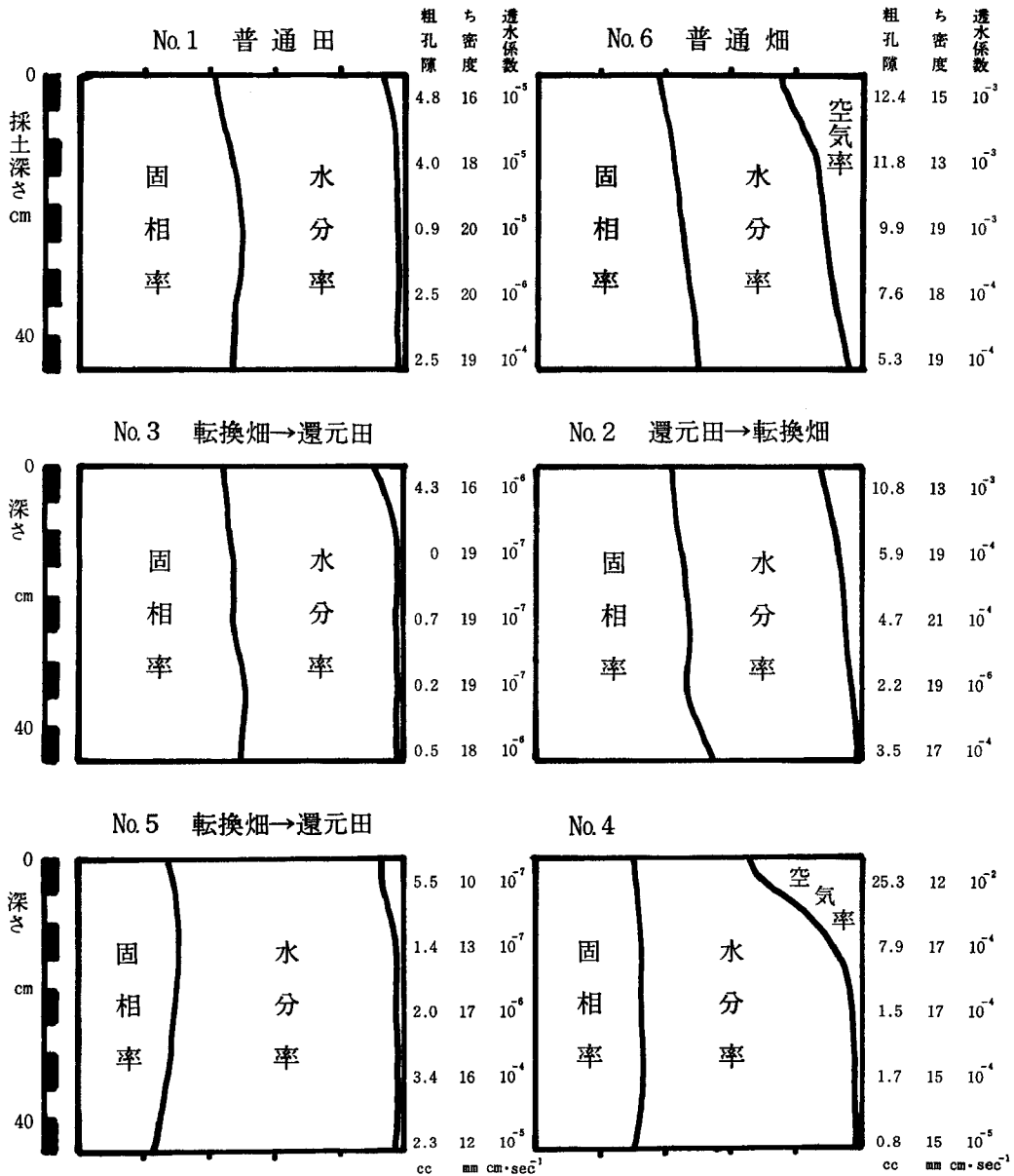


図-8 1975年三相分布, 粗孔隙量, ち密度, 透水係数

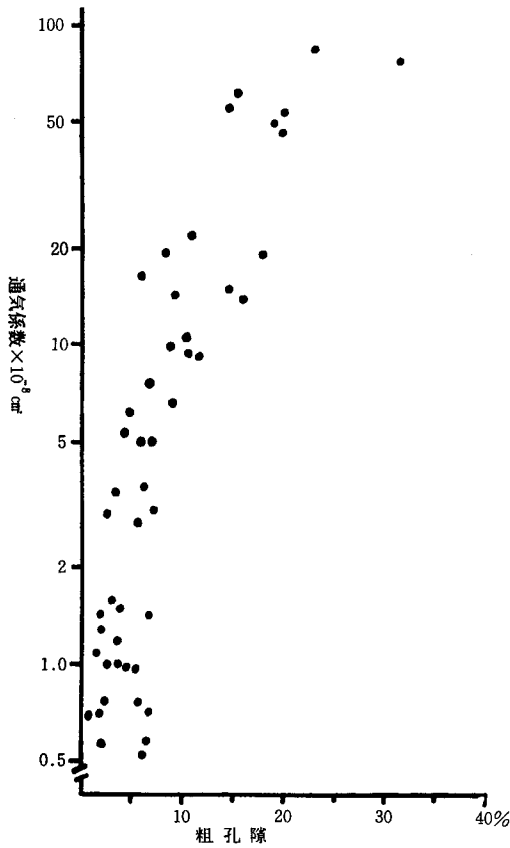
述の転換畑における傾向とほぼ同様である。

転換畑では土壌の通気性, 透水性は粗孔隙量の増加とともに増加するが, 粗孔隙量5~10%を境にして急増する(図-9)。

還元田では湛水にともなう土壌のグライ化<sup>9)</sup>および代かき等により粗孔隙量は減少し透水性も低下した。

還元田の落水期に表土から採取した未攪乱試料の透水

係数は各圃場とも1年目で10<sup>-4</sup>~10<sup>-6</sup>, 2年目で10<sup>-7</sup>cm・Sec<sup>-1</sup>のオーダーとなり当地区における値まで回復した。なお本調査と並行して千葉県耕地第一課が調査された同一圃場における水稲作付時の減水深および降下浸透量はそれぞれ約10mm, 3mm/日であり普通田①, 還元田②~⑤による違いはみとめられなかった。



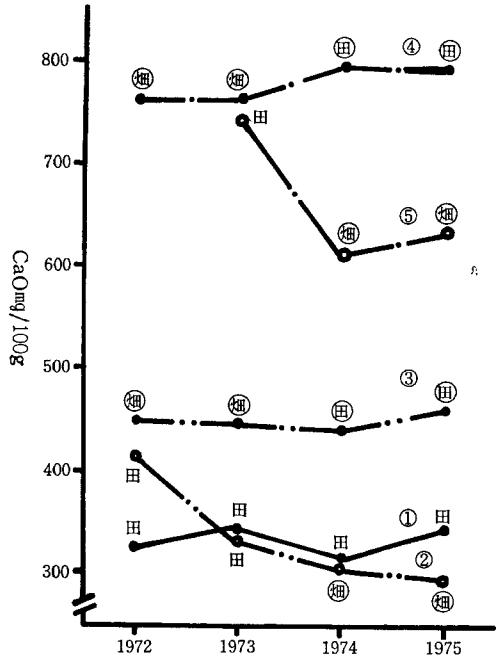
図一9 粗孔隙量と通気性  
(吸引圧32cmH<sub>2</sub>Oで平衡させた)  
(試料について測定した)

#### 4 土壌の化学性的変化

土壌中のCaO含量は畑処理により明らかに減少するが還元田および普通田では変化は少ない(図一10)。MgO含量およびpHも同様に推移する。

この要因として、土壌の落水酸化にともなう交換座におけるFe<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>の変化<sup>4,15)</sup>、作物による吸収、溶脱流出およびかんがい水による塩基の補給が指摘されている<sup>7)</sup>。本調査の場合にはソルゴーの栽培に際して、Nとして45~65kg/10aの多量な施肥がなされているため、生成された硝酸態窒素(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)の随伴イオンとして塩基特にCa<sup>2+</sup>が流亡したことがCaOを減少させた主要な原因と考えられる。また普通田および還元田における傾向はかんがい水の塩基の補給による(塩基の再編成作用<sup>7)</sup>)ものと考えられる。

その他の成分には2年毎の田畑輪換では明確な傾向はみられないが、有効態珪酸含量はやや減少する。土壌の窒素供給力は水稻の生育収量・施肥量(表一3)および転換畑における乾土効果の値から1年目でやや高く推移した。



図一10 田畑輪換にともなう土壌中の石灰含量の変化  
注 田：普通水田，⊕：還元田，⊗：転換畑

#### Ⅳ まとめおよび問題点

##### 1 まとめ

千葉県代表的な5土壌類型における1年目転換畑において、地下水位の周年変化および土壌の物理性と作物根の分布状況について検討した。さらに三紀系強粘質水田において畑状態2年の田畑輪換の現地調査を行い、土壌の断面形態、物理性および化学性的変化について調査検討した。その結果は以下に要約される。

(1) 通常の管理がなされる条件下では畑転換および田畑輪換による土壌の変化は耕土層に限定される。

(2) 転換畑の地下水位は一般に周囲の水田の湛水および降雨の影響を受けやすく変動巾も大きく水位も高い。

(3) 転換畑は普通畑に比較して粗孔隙量(土壌水分吸引圧32cmH<sub>2</sub>O (pF1.5)以下)が少ないのが特徴であり、転換後2年程度では水田土壌の本質的な性格は失われぬ。

(4) 転換畑における根群分布は土壌の通気性的変曲点に相当する粗孔隙量5~10%を境にして不良になる。また現地圃場における空気率と粗孔隙量はかなり良く近似する。

(5) 転換畑では土壌中のCaO、MgO含量が減少してpHは低下する。しかし普通田および還元田では変動は少ない。

(6) 還元田の透水性は強粘質土壌では1~2年では  
 ぼ元の水田状態となる。

これらの調査結果および既往の田畑輪換ならびに水田

土壌に関する研究などから「田畑輪換にともなう土壌の  
 変化」はおおむね下記に要約されると考えられる。

——一般的にみとめられる方向性—— (本谷ら1965より<sup>3)</sup>) 備考欄は加筆

	水 田 化	畑 地 化	備 考
物 理 性	単粒に分散	←——→団粒の形成	耕耘・構造 コンシステンシー
	親水性大	←——→小	
	下層の亀裂・透水性小	←——→大	グライ化, Fe <sup>2+</sup> の役割 <sup>8)</sup>
化 学 性	有機物の分解小	←——→大	水田土壌生成作用 <sup>7)</sup> N供給力
	塩基の集積大	←——→小	塩基の再編成 <sup>7)</sup> 交換座のFe <sup>2+</sup> , Ca <sup>+2</sup> <sup>4,15)</sup>
	磷酸の有効化大	←——→小	還元 <sup>11)</sup> , pH上昇 <sup>13)</sup>
生 物 性	雑草の発生小	←——→大	
	土 壌 線 虫 小	←——→大	

しかし上記の方向性はあくまでも原則的なものであり、水田化←→畑地化の間には湛水・落水、還元・酸化などにともなうヒステリシス現象が本来的に内在する。そしてある一定以上の条件……例えばすき床層の破壊、極度な乾燥など……を境にして両者間の可逆性が断ち切られる危険性が大きい。したがって、田畑輪換を実施するに際してはこれらの点を充分考慮する必要がある。

2 問題点

長期にわたって田畑輪換を行う場合の方向性、位置づけおよび問題点は以下に要約される。

(1) 水の問題

転換畑においては湿害の回避および耕耘、碎土など農作業にともなう機械導入上の排水、還元田では用水の確保と水の問題が最大の課題である。

(2) 土壌管理上の問題

転換畑の土壌管理対策についてみると、物理性に関しては碎土性、ち密層の有無および形成など土壌構造に関連する湿害、干害の問題ならびに構造確保と有機物の問題がある。また化学性に関しては畑地化(酸化<sup>4,15)</sup>)および多肥にともなう養分の集積、流亡による酸性害、環境汚染の問題、さらに派生する問題としてはMn過剰<sup>2)</sup>、特異酸性<sup>12)</sup>などの問題がある。

還元田(再び水田に戻す)においては水稻の還元障害が心配される。

(3) 水田土壌の現状からみた問題点—千葉県例、1965年頃と比較して—

1) 既施工の基盤整備ではいわゆる転換畑利用の乾田化は望めない。千葉県の圃場整備施工率は約65%であるが一般に用水に恵まれないために、水稻作上グライ土壌程度の排水(乾田化)が安定多収につながっている。それ故、転換畑の利用を推進して行くには、この現実、許容される範囲内で対応することが要求される。

2) 作土の理化学性は変化している…

表一5 ここ10年における耕耘方法および作土深の変化 (cm)

調査年次	聴取調査		試坑断面調査			
	1965 ~69	1975 ~77	1965 ~69	1975 ~77	1965* ~69	1975 ~77
平均	16.9	16.6	16.8	13.7	15.3	13.2
標準偏差	3.4	3.7	4.7	4.2	3.5	3.9
調査点数	51	56	51	56	22	22
ロータリー耕	6	31	6	31	0	22
ブラウ耕	45	26	45	26	22	0

注 1) 調査は全て同一農家の同一圃場で行なった。  
 2) \*はブラウ耕からロータリー耕に変わった場合

①物理性：ブラウ耕からロータリー耕の変化にともなう作土深の減少は表一5のとおりである。有効根群域の減少、粗孔隙の減少にともなう土壌の還元性が栽培管理上問題となる。

②化学性：一般にSiO<sub>2</sub>, CaOは減少し、T-Cは乾田で減少している。今後転換作物として導入される作物は珪酸植物であるイネ科の麦類、飼料作物および石灰植物であるマメ科の大豆、飼料作物が予想されるので、特にこの点に留意した土壌管理を行う必要がある。

なお①, ②は全国的に行われた土壌保全調査事業にもとづく地力実態調査の千葉県の調査結果による。

(4) 技術上、研究上の問題点

既往の水田土壌および田畑輪換に関する研究は「田畑輪換土壌の特性位置づけ」を明確化もしくは一定の方向性を定める程集積されていないように思われる。また田畑輪換に関する調査試験は長くて数年と比較的短期間に少面積で実施された例が多く、各部門内で実施されたものが多い。換言すると、それは点であり、点と点を結ぶ線もしくは面的な広がり欠けるきらいがある。今後田畑輪換を成功させるためには各部門間の情報交換ならび

に境界領域を越えた共同研究が望まれる。

#### (5) 位置づけ

現場に立脚した耕地土壌の調査試験に従事してきた者の立場からは、田畑輪換導入のメリットを理解しながらも農家の心の動揺、第一次減反時の耕地の荒廃、技術者の現地対応の困難さなどを考えると、現時点で早急に取り入れることは無理な感がある。一步譲って実施するならば、地力維持および土壌管理の観点からはクリーニングクローブおよび有機物の供給源として稲作を4～5年に1回とり入れた田畑輪換が望ましく、食糧問題および耕地の確保の面からは永久転換は望ましくない。

#### V おわりに

シンポジウムでは水田土壌の生成分類に若干言及したが、この点に関しては文献<sup>7)</sup>および各県発行、農林水産省発行の地力保全基本調査総合成績書を参照して頂きたい。

本報告の一部は千葉県農業試験場地力保全研究室前室長三好洋氏、現室長松本直治氏と共同で実施したものであり、報告とりまとめに際し両氏より適切な助言を頂いた。粘土鉱物の同定、考察は農業技術研究所北川靖夫氏の御好意によるものである。また調査および試料の採取に際し、千葉県耕地第一課、安房農業改良普及所、三芳村役場の関係各位に多大の御協力を頂いた。なお本研究費の一部は関東農政局により実施された「田畑輪換モデル地区調査」によるものである。ここに御世話になりました各位に心から感謝致します。

#### 引用文献

- 1) 阿部和雄・荒明正倫：農技研報B27, 61～127 (1975)
- 2) 深津量栄・山本公昭・山本馨：高知農試研報4, 1～27 (1964)
- 3) 本谷耕一・高和和吉・田代秀臣：東北農試研報31, 45～72 (1965)
- 4) 川口桂三郎・川地武：土肥誌40, 177～183 (1969)
- 5) 木下彰：北農37, 1～4 (1970)
- 6) KOHNKE. H : Soil physics p. 136 Mc Graw Hill Inc (1968)
- 7) 三土正則：農技研報B25, 29～115 (1974)
- 8) 本村悟：農技研報B21, 1～114 (1969)
- 9) 大崎玄佐雄：東近農試依頼研究員報告9, 1～51 (1970)
- 10) レポート著(松田宏 訳)：土壌物理, p. 72～92, 農林技術会議資料54号 (1968)
- 11) 志賀一一：北農試研報105, 31～47 (1973)
- 12) 白鳥孝治：千葉農試特別報告4, 1～48 (1972)
- 13) 田中明・渡辺紀元・石塚喜明：土肥誌40, 406～414 (1969)
- 14) 渡辺春朗・松本直治・三好洋：千葉農試研報14, 87～93 (1974)
- 15) 吉田稔・伊藤信義：土肥誌45, 525～528 (1974)

#### 質疑応答

高橋(四国農試) 地下水位の測定方法について。

渡辺(千葉県農試) 1インチのパイプを使っていたが、今はピエゾメータを使っている。

高橋(同上) 隣接田への地下水の影響が20～60cmとあるが、その距離が違うのは、土層断面によって変化があるか。

渡辺(同上) グライ土壌粘土型では余りない。構造の発達した重粘土ではある。

高橋 土性との関係は。

渡辺 思ったより強粘質(乾田型の)なところの方が影響されるようだ。

石井(東北農試) 地下水は昔はフラットだったのか。

渡辺 千葉県は用水に恵まれない為平坦地形の大部分は湿田である。乾田型のこの土壌では実際にはフラットではない。

石井 その間に農道はないのか。

渡辺 ない。

石井 作物は何か。

渡辺 塩成干拓地における圃場整備直後の転換畑の落花生です。

## 田畑輪換と還元田用水量

足 立 忠 司\*

Duty of Water for Restored Paddy Field by Changing to Dry Field

Tadashi ADACHI

Faculty of Agriculture, Gifu University

### I はじめに

現在押し進められている耕地の汎用化は、本来水田としての構造・形状を有する農地に、栽培方法、作業管理等が全く異なる畑作物を導入するものであるから、その目的を果すためには、排水対策・かんがい方式・区画形状などの畑作物の生育に適した環境が保証されねばならない。とくに、一般の畑と比べると水田基盤はその機能上平坦に造成され、かつ透水性もかなり小さいために、降雨時の排水が不良であり、また近接する水田や用排水路からの浸透水の影響を受けて、過湿となる場合が多くみられるので、転換畑（畑利用されているホ場）では、排水対策が極めて重要となる。

しかし一方、転換畑において排水を良好にして畑作物を栽培すれば、必然的に土壌は乾燥する。したがって、水田基盤という条件下における土層の乾燥の進行は、再び水田利用される場合、本来の水田としての機能を果さなくなる恐れを抱かせる。それ故、転換畑の土層の乾燥の進行、土壌構造の変化等の把握は、畑作物の栽培にとっても、また転換畑を再び水田に戻し利用する場合の用水管理上の立場からも重要なことといえる。

このような観点から、ここでは、転換畑の土層の乾燥の進行と土壌構造の変化についてふれ、ついで還元後の水田用水量の変化をホ場の利用経歴（ホ場の利用経歴とは、水田としてあるいは畑として利用されたかの区別とその並び）との関連で報告する。

なお、ここで用いている田畑輪換とは、奈良盆地などで古くから行なわれている周期的輪作のみではなく、主には米の過剰問題から端を発した耕地の汎用化政策を指している。また、還元田とは、過去1作でも畑利用された後再び本来の水田利用がなされているホ場をすべて指し、これに対し、過去1作も畑利用の経歴を有さず水稲作が継続されているホ場を連続水田として用いている。

### II 土層の乾燥の進行と土壌構造の変化

水田を畑として利用すると、一般的には土層の乾燥状態を進行させ、かんがい期間中の湛水によって形成された水田土層の特徴的な土壌構造は変化し、この変化はまず土層内に発生する乾燥き裂となってあらわれる。ついで、このき裂がさらに浸透を促進し、乾燥を進める。このように土層の乾燥とき裂の形成の相互作用がその他の土壌の物理性に影響し、土壌構造を発達させることにつながると考えられる。

受ける乾燥の度合いが大きいほど、下層まで影響をうけ、また水田を畑利用するために、地下排水組織の強化・深耕・心土破碎などの土層改良がなされた場合には、人工の水みちも増加する。すなわち、水田の用水量を左右する主な要因の土壌条件・水理条件が、還元田では、連続水田に比して著しく変化しており、これが用水量増大な要因となる。

したがって、ここでは、土壌構造を反映する土壌物理量として、用排水との関連において決定的な影響を及ぼすとみられるき裂の存在をとりあげる。

#### (1) き裂発生乾燥条件<sup>1)</sup>

水で飽和して、ゆるく詰めた土壌による実験結果によると、き裂の発生は、まず土壌構造を形成している団粒間の間ゲキから脱水が始まり、脱水量と変形量がほぼ一致する正規収縮の段階を経て、ついでpF<sub>2</sub>前後に至って、脱水量が変形量を上回る残留収縮の段階に到達し、土壌内に内部応力が発生することによって考えられる。したがって、水田土層では作土層の乾燥が進み、pF<sub>2</sub>前後でき裂が発生した後に耕盤層あるいは心土層の乾燥へと進行するものと考えられる。しかしながら、下層土は作土と土壌構造の生成条件等が相異している場合が多いので、き裂発生時の乾燥条件は異なる。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

\*岐阜大学農学部

表一 下層土のキ裂発生時の推定pF値 (波田地区<sup>1)</sup>)

ホ 場	pd - No. 420		pd - No. 238		pppd - No. 530	
	切土部 A	切土部 B	盛土部 A	盛土部 B	切土部	盛土部
土層状態	黄カッ色のち密な層	黄カッ色のち密な層	混合層で深さが50cm以下が極めてち密	黒カッ色のち密な層	黄カッ色で深さが20~50cmがきわめてち密	混合層でち密
キ裂到達深さ(cm)	37	42	55	52	ナ シ	70cm以深
キ裂発生時の推定pF	2.6	2.4	2.0	2.1	2.7以上	*
測定期日(年月日)	47. 7. 31	47. 7. 31	47. 7. 31	47. 7. 31	48. 7. 17	48. 7. 17

\* pppd-No.530盛土部はキ裂到達深さが70cm以上のためキ裂発生時のpF値の推定が不能であった。

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てん状態が異なることとなる。このような土壌では、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変化は生じないが(構造収縮の段階)、水分が当初の水分状態を下回ると初めて土壌の構造変化を伴う収縮を生じ、き裂の発生につながるものと考えられる。したがって、き裂発生時の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になり、一般には作土層のき裂発生条件のpF値より、下層土の場合は高くなる。また同様に、傾斜地水田における切土部・盛土部のき裂発生条件にも相異がみられる。

表一は、下層土にき裂が発生する場合のpF値をテンシオメータの観測と土壌断面調査から併せ推定した結果である。この調査結果によると、盛土部の方が、切土部に比べ深い層まで乾燥が進行する傾向がうかがえるとともに、そのき裂発生時のpF値は、2.0~2.1であるのに対し、切土部ではpF2.4以上の高い値にならないとき裂は発生していないことがわかる。

(2) 畑地転換後の経過年数と土壌構造

このように田畑輪換により乾燥き裂としてあらわされる土壌構造は変化するが、畑地転換後の畑作年数の相異によっても、土壌構造の変化の程度に差異が生じ、乾燥状況にも反映する。

表二は、ホ場の利用経歴とき裂の進入深さとの関係を示した結果であるが、これによると、昭和47年に畑地転換1年目のホ場(pd420, pd238)\*においてき裂の進入深さは経時的に大きくなり、下層土まで達するようになることがわかる。これに対し、昭和49年は全国的に異常低温・多雨の年であったため<sup>1)</sup>、この年畑地転換1年目のホ場(pppd386)は、き裂は30cm程度しか入っていないし、下層は乾燥していない。しかしながら、昭和49年まで連続して畑利用しているホ場(ddddd529)では、初期

段階で70~80cm以上のき裂進入深であり、10月12日時点でも60~70cm以上ものき裂が残存している。

また、テンシオメータの観測によると(表一参照)、同年7~8月2ヶ月間に、pF2.7以上の水分張力を示した日数は、転換1年目のホ場では1~5日と少ないのに対し、過去3~4作連続して畑利用しているホ場では、16~21日と著しく多くなっている。

このように、同一地区においても、畑地転換を行なった年の気象条件によって、乾燥の進行・土壌構造の変化

表二 転換畑のキ裂進入深(cm) (波田地区)

ホ場と経歴	測定月日				調査年度
	5/19	7/31	9/12	12/15	
pd No. 420 切	16	37	52	52	S. 47
pd No. 238 盛	34	55	57	42	"
	6/7	7/30	8/15	10/12	
pppd No. 386 盛	26	24	29	12	S. 49
dddd No. 529 {切盛	70	—	—	63	"
	80以上	—	—	73以上	"
pppd No. 598 {切盛	—	—	—	21	"
	—	—	—	21	"

表三 昭和49年度夏期(7~8月)

スイカ畑の深さ10cm作土層のpF2.7

以上に乾燥した日数(波田地区)<sup>1)</sup>

ホ 場	切盛区分	pF2.7以上の乾燥日数
pppd - No. 386 (転換1年目)	盛土部A	5
	盛土部B	1
dddd - No. 269 (転換4年目)	切土部	21
	盛土部	21
dddd - No. 529 (転換5年目)	切土部	16
	盛土部	17

\* ホ場の利用経歴の表示として、畑利用あるいは休耕の年度をd、水田利用の年度をpの記号を用いて、過去の利用経歴の古い順に左から右に調査ホ場番号の頭に付することとする。



の程度は大きく異なるが、また畑作利用期間が長いほどそれだけ強度の乾燥という刺激を受ける確立が高いために、土壌構造の変化は激しく、その影響はかなりの期間残存するものと考えられる。

以上のように、田畑輪換により水田基盤特有の土壌構造は、次第に畑地のそれへと変化するが、土層内に乾燥き裂の形成・発達するための水分条件としては、少なくとも pF2.0以上に到達したときと見ることができる。また、乾燥の影響は、き裂の発達とともに土壌の粗間ゲキの増大をもたらし、透水性を高めることにつながっている。

Ⅲ 還元田の用水量

還元田においては、上述したように水田用水量を左右する主な土壌条件が、連続水田に比べて著しく変化しており、このために用水量が増大する。この傾向は、畑作利用期間が長いほど、かつ還元後の水田利用期間が短いほど大きい。

ただし、低湿地の条件下では、畑状態を経過しても土壌構造の変化はそれほど激しくなく、またたとえき裂が発生しても、地区全体としての地下水水位が高いために顕著な降下浸透が発生する余地が乏しく、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。

(1) 代かき用水量

代かき用水量は、乾燥土壌への初期流入量であって、量的に大であるから、還元田ではどの程度増大するかを把握しておくことは、畑地転換計画に際して極めて重要である。

表一4は、各地の代かき用水量をホ場の利用経歴との関係で示したものである<sup>2)</sup>。この表によると、前作が畑(d)であった還元田の代かき用水量は、連続水田のそれと比べて、ほとんど差のない場合から2倍以上の場合までである。この増加の大きい例は、地下水水位が低く、下層土の透水性のよい火山灰上あるいはレキ層上の波田地区城端地区やハンラン原上にあり、排水条件がよく土壌の透水性の大きい和田山地区砂質水田にみとめられ、このような地区では、還元直後の水田では、2~2.5倍もの水量をみこむ必要がある。また、増加の少ない場合でも1.3~1.5倍程度の水量増は考えておく必要がある。

還元後どの程度水田利用を継続すると、連続水田の代かき用水量と大差なくなるかは、この例だけでは明確ではないが、還元後の水田利用年数が、畑地転換により増加した代かき用水量をかなり減少させる傾向にはある。

このように水田の利用経歴によって、その代かき用水量が異なるのは、その消費機構も同じではなく、その構成内容には前作までの利用経歴が反映しているためである。

表一4 ホ場の利用経歴と代かき用水量<sup>2)</sup>

地 区	経 歴	用水量	用水量/ 連続水田	備 考
城 端	pddp*	320mm	1.56	S49調査
	〃	283	1.38	
	ppdpp	280	1.37	
	ddppp	178	0.87	
	ppppp	205		
波 田	pdp	223	2.15	S50
	ppp	99		
糸 貫	~dp**	520	1.86(2.81)	S48 ( )内はppppの異常値を除いた場合
	ddpp	270	0.96(1.46)	
	pppp	280(185)		
寺 谷	ddp	156	1.50	S48
	dpp	128	1.23	
	ppp	104		
	ddp	93	1.06	S49
	pdp	131	1.49	
和 田 山	dpp	95	1.08	
	pppp	88		
寺 谷	~dp**	180	1.30	S48
	pp	138		
和 田 山	~dp**	132	1.04	S49 (粘質水田)
	pp	127		
	~dp**	358	2.39	S49 (砂質水田)
	pp	150		

\*浅耕土水田 \*\*~はそれ以前の経歴は無視している。

表一5 代かき用水量の構成内容(糸貫地区)<sup>3)</sup>

経 歴	Ø	D	D/Q	S	S/Q	O	O/Q	L	L/Q
pp	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm
	84	58	0.69	20	0.24	2	0.02	4	0.05
	ppp	98	54	0.55	50	0.51	—	—	—
pppp	116	78	0.67	37	0.32	—	—	1	0.01
ddp	106	53	0.50	26	0.25	4	0.04	23	0.22
	156	24	0.15	40	0.26	27	0.17	64	0.41
	123	51	0.41	34	0.28	—	—	38	0.31
pdp	127	86	0.68	32	0.25	—	—	9	0.07
	113	31	0.27	24	0.21	—	—	58	0.51

Q:代かき用水量 D:タン水量  
S:50cm深までの土湿増加量 O:ホ場外流出量  
L:降下浸透量

表一5は、糸貫地区における代かき用水量の構成内容とホ場の利用経歴との関係を示したものである<sup>3)</sup>。これによると、いずれの内容構成にもバラツキはあるが、連続水田と還元田との差は、降下浸透量にみられる。すな

わち、代かき用水量のうち、降下浸透量で失われる水量は、連続水田の場合は0~5%と小さいのに対し、還元田では7~51%と幅はあるが著しく大きくなっている。

(2) 管理用水量 (日減水深)

還元田の日減水深が連続水田に比べてどの程度増加するか、また代かき後経時につれどのような変化を示すかを把握しておくことは、きめこまかい水管理を行う上からは、必要なことである。

表一6は、各地区の日減水深測定結果を前作のみに着目し、期別ごとに比較した結果を示したものである。<sup>2)</sup> これによると、代かき用水量同様、大差ない場合から2倍以上の相異を示す場合があるが、中干し後に増大する例が多くみられる。すなわち、還元田の期別変化の一般的傾向としては、代かきを行っても日減水深はすぐには連続水田のそれには近づく( S49糸貫地区、城端地区の例では、1.6~2.4倍を示している)、土壌の水漬によって次第に減少するが、中干しを経ることによって、下層のき裂との連結などの作用で再び増大するというパターンがみとめられる。

また、還元田の減水深にも、ホ場の利用経歴が反映し、その増加程度は異なる。表一7は、同一経歴でも畑状態時の気象条件が異なれば乾燥状態も異なるために、同一分類でも同一視し難いが、経歴ごとの筆数を多くすることで、還元田の減水深の増大程度を平均的な数値としてとらえるとともに、ホ場の利用経歴と減水深との関係を検討するために、調査年数4ヶ年の調査結果を整理した波田地区の事例である<sup>4)</sup>。これによると、いくつか

表一7 ホ場の利用経歴と減水深 (波田地区)<sup>4)</sup>

ホ場の経歴	中干し前	前/p ...p	中干し後	後/p ...p	平均筆数			
					前	後		
dd...dp	mm/日 35	倍 2.1	mm/日 50	倍 1.7	11	12		
還元田 利用年数 後水田	~dp	33	1.9	49	1.7	20	27	
	~dpp	27	1.6	41	1.4	7	21	
	~dppp	32	1.9	36	1.2	4	14	
	~dp PPP	25	1.5	35	1.2	2	11	
	~dp PPPP	—	—	31	1.1	0	3	
畑の水田 利用年数 後還元	{ ~ddp	36	2.1	56	1.9	6	15	
	{ ~pdp	31	1.8	39	1.3	14	12	
	{ ~ddpp	29	1.7	44	1.5	2	12	
	{ ~pdpp	26	1.5	37	1.3	5	9	
	{ ~ddppp	33	1.9	40	1.4	3	8	
	{ ~pdppp	27	1.6	31	1.1	1	6	
	{ ~ddpppp	—	—	41	1.4	0	3	
	{ ~pdpppp	25	1.5	32	1.1	2	8	
	過去還元 一度後の 畑水田 転年 経年 経年 数	p...pdp	31	1.8	40	1.4	13	11
		p...pdpp	28	1.6	39	1.3	4	8
p...pdppp		27	1.6	31	1.1	1	6	
ppdp PPPP		17	1.0	33	1.1	3	6	
pdppppp		—	—	31	1.1	0	3	
pp...pp	17		29		13	16		

のホ場の利用経歴の影響がかなり明確にあらわれており以下個条的にその結果についてふれる。

☆ 表一7の最下段 (p...p) は、畑地転換の経歴のない水田の平均的減水深を示している。この中干し前17mm/日、中干し後29mm/日の日減水深を基にして、還元田ではどの程度日減水深が増加するかを検討する。

☆ この調査範囲のいずれの還元田も増加しているが、ホ場整備後連続して畑利用し始めて水田利用した還元田では (dd...dp)、中干し前2.1倍、中干し後1.7倍と大幅に増加している。

☆ 中干し前後の減水深を比べると、いずれの水田も中干し後が大きい値を示しているが、一方中干し前後で連続水田の減水深と比べると、中干し後よりも中干し前の方が増加割合は大である。

☆ 還元後の水田の減水深の経年変化を知るために、畑利用以前の利用経歴は無視し、分類した結果が2段目の欄である。これによると、いずれの場合も還元後の水田利用の年数が長くなるにつれて日減水深は低下する傾向がうかがえ、この低下速度は中干し後の方が大きい。

☆ この傾向をさらに詳しく検討した結果が3段目の欄である。すなわち、畑地転換の年数と還元後の水田利用

表一6 前作のみで比較した日減水深注)<sup>2)</sup>

調査地区	還元田		水田		還元田/水田		備考
	中干し前	中干し後	中干し前	中干し後	前	後	
城端	mm/日 8.4	mm/日 21.4	mm/日 7.9	mm/日 11.5	倍 1.06	倍 1.86	S48調査
	12.4	—	5.2	—	2.38	—	S49**
波田	33	—	13	—	2.54	—	S47
	39	47	21	24	1.86	1.96	S48
糸貫	34	51	33	43	1.03	1.19	S48
	66	37	41	37	1.61	1.00	S49**
寺谷	—	—	2.8	4.8	3.21	0.63	S48***
	9.0	3.0	13.0	11.3	0.69	0.27	

\* 活着期の測定値

\*\* 中干し前の測定値はシロカキ直後。

\*\*\* 漏水深である。

注) 前作のみで比較とは、前作が畑であったか水田であったかだけで、それ以前の利用経歴は無視して比較したものである。

年数との関係を見るために、還元後の同一水田利用年数ごとに、還元前連続2作畑利用した場合（～ddp）と畑利用が1年のみであった場合（～pdp）とに分け比較したものである。ただし、いずれもそれ以前の経歴は無視している。これによると、いずれの場合も畑利用1年に比べて、連続2年畑利用した還元田の減水深がかなり大きいことがわかり、後者の場合には、還元後水稲3～4作程度では、畑利用1年・還元後水稲1作の水田の減水深をうわまわっており、連続して畑利用を行うと減水深の増大も著しく、かつ、還元後の水田利用による低下速度は小さい。一方、畑利用1年の還元田をみると、連続水田に比べて、中干し前は1.8～1.5倍で、還元後4作程度水田を連続しても5割増しの状況にあるが、中干し後は1.3～1.1倍で、還元後3作程度水田利用すると大差なくなるのがわかる。

☆ ホ場整備後、水田中心の利用経歴のホ場でただ1度の畑地転換経歴が日減水深におよぼす影響とその持続性について検討したものが4段目である。

この場合は、上で述べたように、連続して畑地転換を行った場合と比べて影響は大きくないが、1作の畑地転換とその後の水田利用との関係がよく示されている。すなわち、連続水田に比べて還元後水稲1作の水田の日減水深は、中干し前1.8倍、中干し後1.4倍であったものが還元後の水田利用年数が長くなるにつれて日減水深は低下し、還元後4作程度水田を連続すると、連続水田の日減水深と大差なくなることがわかる。

以上述べたように、田畑輪換により一般には還元田の用水量は増大する。

適正減水深が20～30mm/日であること、一筆内の水管理が容易でなくなるなどを考えると、還元田ではなんらかの対策が必要となる場合が多い。そのための方策として、水甲の完備と完全な水甲管理、ていねいな代かき、あぜぬり、排水路水位のせき上げなどが考えられ、実際の調査結果でも（S50年波田地区）大型トラクターと小型耕うん機による2回の代かきにより、大型トラクターのみの時の減水深66mm/日が、30mm/日に低下した例がみられる<sup>4)</sup>。

#### Ⅳ あ と が き

田畑輪換による土壤構造の変化、その変化を反映した

還元後の用水量について、主に利用経歴との関連で報告したが、結果にもみられるように、この土層の乾燥の進行・土壌条件の変化の程度は、気象条件・地形・土性・水理条件・作物・管理作業など関与する諸条件によってかなり大きな幅をもつ。減水深の増減は、土壌条件と水理条件の2因子の組合せによりきまり、土壌の透水性が増大しても水理条件で浸透を抑制すれば減水深の増加はなく、逆に水理条件が減水深を増加する方向に働いても、土壌が水漬によりき裂を閉じ透水性を下げる性質をもち、減水深の増加は無視できよう。

また、代かきの慣行、かんがい期の水管理の方法などによっても用水量は異なる。このほか転換規模、方法や排水組織も用水量の増加と関連する。したがって定量的把握は困難であり、どの程度まで土層の乾燥が進み、還元田用水量増があるかは、各現地における調査または類似地における調査例の参照を必要とするのはいうまでもない。なお、本報告の大部分は、農業土木学会畑地転換対策調査委員会の一環で行なわれたものであり、同委員会に負うところが多い。記して謝意を表する。

#### 引用文献

- 1) 河野英一：転換畑における土壤水分の変化とキ裂の発達一段丘上水田を例として一，農土会誌，Vol.44，No.6，pp.17～24（1976）
- 2) 農業土木学会畑地転換対策調査委員会：畑地転換の技術的諸問題とその対策，農土会誌，Vol.44，No.12，pp.9～41（1976）
- 3) 長田昇・新垣雅裕：還元田のシロカキ用水量と農地工学的特性，三重大学農学部学術報告，第50号，pp.83～91（1975）
- 4) 足立忠司・堤 聰・竹中肇：畑地転換による水田用水量の変化一段丘上水田の例一，農土論集，65号，pp.20～26（1976）

#### 質 疑 応 答

安富（茨城大） 夏期の乾燥日数表示に下限のpF値をpF2.7をとった理由は何か。連続測定でテンションメータを用いる場合の測定限界値ということですか。

足立（岐阜大） はい、それもありますが、転換畑における初期しおれ点を表わすpF値としても用いています。

# 田畑輪換と排水

高橋 強\*

Underdrainage of the Rotational Field

Tsuyoshi TAKAHASHI

Faculty of Agriculture, Okayama University

## I ま え が き

水田を畑地に転換するに当ってはいろいろな技術的問題点が指摘されているが、これを農業土木的な問題点に限っても、排水不良による湿害の発生および作業性の不良が大きな問題となっている<sup>1)2)</sup>。すなわち、水田は一般に水掛りのよいタン水条件の立地にあるから、それを畑地に転換する場合には、畑作物の正常生育に適した土壌水分環境に改善することが必要である。

とくに傾斜地水田地帯にあっては上位水田との間に田面差が生ずるために、上位水田からの浸入水の影響により畑地の地下水位が上昇し、ノリ尻部において過湿状態となって畑作物の生産力低下をもたらすことになる。また低平地水田地帯にあっては、もともと地下水位が高いうえにさらに周囲の水田の影響によって地下水位はますます上昇し、湿害発生の原因となるなど普通畑に比べて生産力はかなり不安定となる。

このような隣接水田からの浸入水の影響は、個々の畑転により水田と畑が混在する（いわゆるバラ転）場合にとくに問題となる。このような問題に対処するためには隣接水田から浸入水の影響による畑地の地下水位と土壌水分の変動状況を明らかにするとともに、適切な地表および地下排水によって地下水位の低下を図らなければならない。

以上のような観点から、傾斜地および低平地水田地帯の転換畑において、地下水位と土壌水分の変動状況について現地試験を行い、隣接水田からの浸入水の影響とその対策について、地下排水の観点から検討を加えることにする。

## II 試験地区の概要と試験方法

現地試験は、傾斜地水田地帯として岡山県津山市上田邑および岡山県真庭郡八束村下福田において、低平地水田地帯として岡山県児島郡灘崎町の児島湾干拓第七区において試験ホ場を選定し、昭和47～49年度にわたって行

ったものであるが、これらをそれぞれ彼岸田地区、蒜山地区および児島地区と呼ぶことにする。

### 1 彼岸田地区

彼岸田地区は津山市の西北方に位置し起伏のはげしい山間の急傾斜地に開けた水田地帯で、ほぼ地表面下5 mまでは粘土または粘土質ロームに属する重粘土質土壌から成っており、昭和45年度にホ場整備が行われたところである。

現地試験は図-1に示したI、IIの2枚のホ場において行った。Iホ場は平均傾斜約1/5、田面差1.7 m、IIホ場は平均傾斜約1/4、田面差2.4 mの急傾斜地に位置し、その周囲はすべて水田である。

I、IIホ場とも、上位水田からの浸入水を排除するためにノリ尻直下から1 m離れた位置に80 cmの深さで暗キヨが埋設されているが、これと直角の方向に、Iホ場のa-a'断面、IIホ場のb-b'断面に地下水位測定パイプとテンシオメーターを埋設して、畑地の地下水位および土壌水分の変動状況を観測した。すなわち、地下水位測定パイプは内径2.5 cmの塩ビ製で、ノリ尻からいろいろの距離に、ケイハン部を含めてそれぞれ10本ずつ埋設した。埋設深は0.5～1.8 mの範囲内で、原則としてノリ尻部は浅く、ノリ肩へ近づくにつれて深くなるようにした。また、テンシオメーターは両断面についてそれぞれ4地点ずつ、15、25、35 cmの深さに埋設した。

### 2 蒜山地区

蒜山地区は岡山県北部の蒜山南山麓に広がる標高450 m、平均傾斜約1/100の緩傾斜水田地帯である。土壌は地表面下2.5 mまではシルト質ロームに属する火山灰土壌（クロボク）が厚く滞積しており、それ以下は粘土層となっている。本地区は昭和47年度にホ場整備が行われ、長辺100 m、短辺30 mの30 a区画に整備された。

現地試験は図-2に示すような2枚の試験ホ場を対象としたが、Aホ場は水田、Bホ場は畑であり、また、これら試験ホ場の周囲はすべて水田である。A、B両ホ場間の田面差は約25 cmであり、またBホ場と下位水田とは

\* 岡山大学農学部

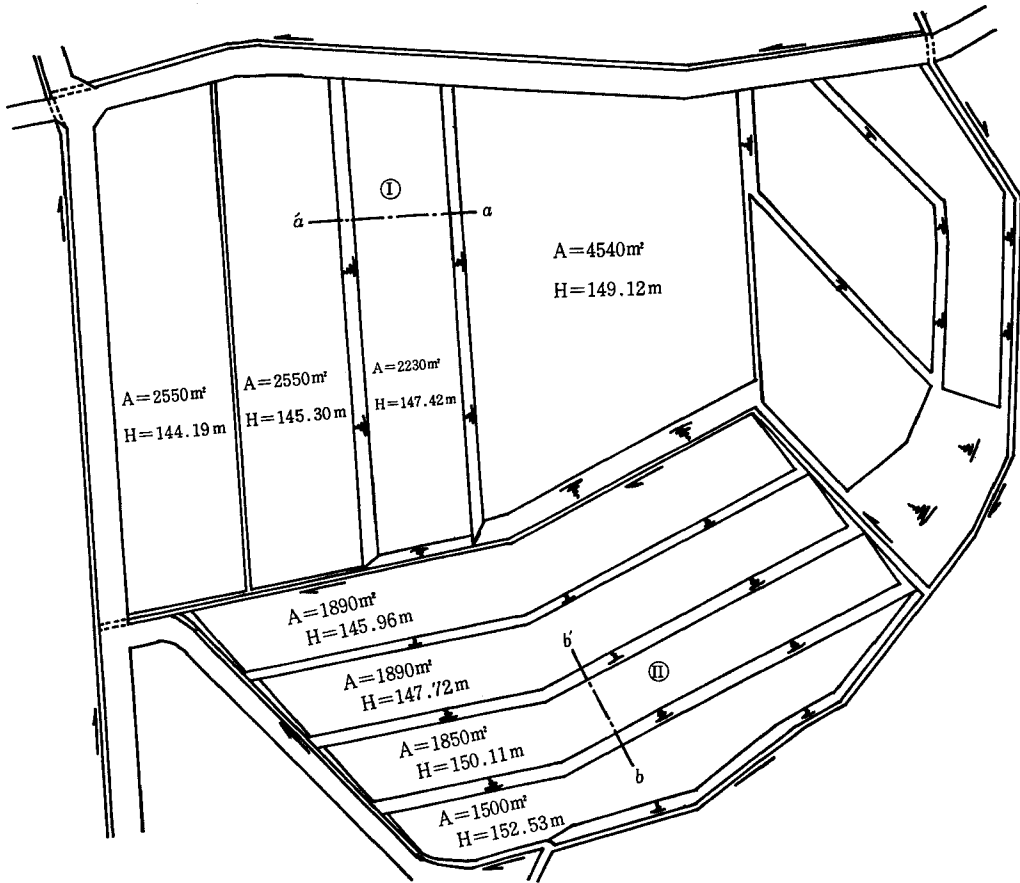


図-1 彼岸田地区試験ホ場概要図

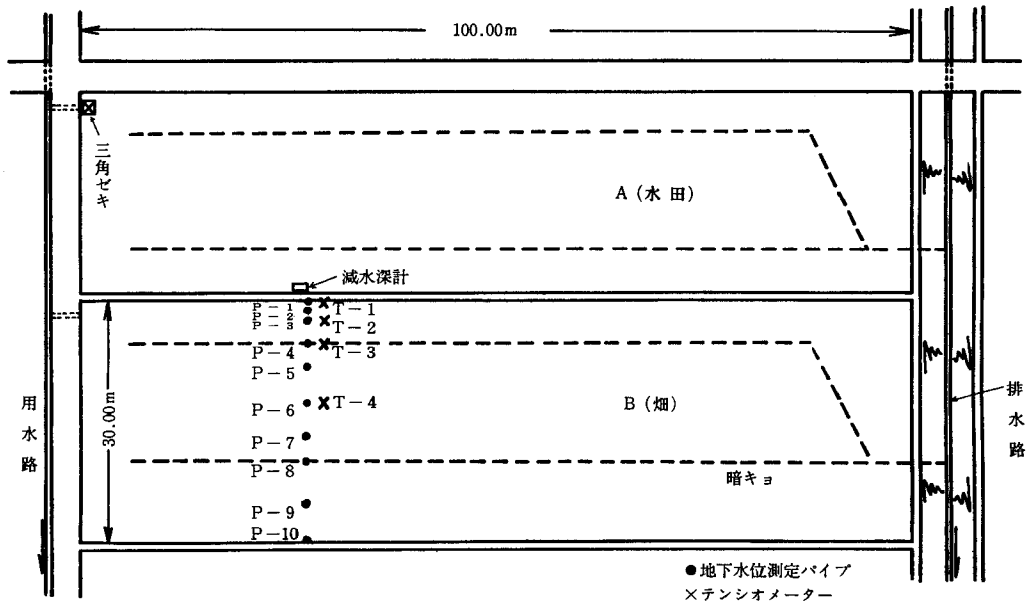


図-2 蒜山地区試験ホ場概要図

約50cmの田面差がある。

本地区ではホ場整備と同時に、長辺方向に間隔15m、深さ1mで1区画2本ずつの暗キョが埋設され、1区画ごとに1ヶ所の水甲に集められて排水路に排水されている。そこで、暗キョと直角の方向に、すなわち傾斜の方向に彼岸田地区と同様に、図-2に示されているような10本の地下水測定パイプを1.0~1.4mの深さに埋設して地下水位の測定を行った。また、図に示す4地点にテンシオメータを15、25、35cmの深さに埋設して土壌水分張力を測定した。

さらに、Aホ場の取水口に直角三角セキと自記水位計を設置して取水量を測定すると同時に、ホ場内に減水深計を設置してタン水深の変化を自記記録させた。これらの取水量とタン水深の変化量および降雨量とから日減水深を求めた。また同時に、Bホ場の暗キョ排水量を適時バケツとストップウォッチにより測定したが、Aホ場(水田)の暗キョは観測期間中水甲を閉じたままの状態であった。

### 3 児島地区

児島地区は、干拓地区内でも最も淡水湖の近くに位置しており、昭和35年に干陸し、昭和38年から作付が始められた粘質土壌の低平地水田地帯である。ホ場の区画形状は長辺100m、短辺50m、の50a区画である。

児島地区では昭和46年から備南農業協同組合および七区施設園芸組合を事業主体として水田へのソ菜園芸の導入が図られ、用水路と排水路で囲まれた1ホ区ごとに組織的な畑作転換を行い、ナスをはじめとする各種ソ菜の栽培が行われている。その中の1枚のホ場(100m×50m)を試験ホ場に選定した。したがって、図-3の用水路をはさんだ反対側は水田であるが、長辺沿いのホ場は両側とも畑となっている。

この試験ホ場では、昭和43年に長辺方向に7m間隔で70~80cmの深さに暗キョが埋設されているが、図-3に示すように長辺に沿って暗キョ間中央に深さ1mの地下水測定パイプを2列計20本埋設して毎日地下水位の定時観測を行った。同時に、地下水位と密接な関係にある

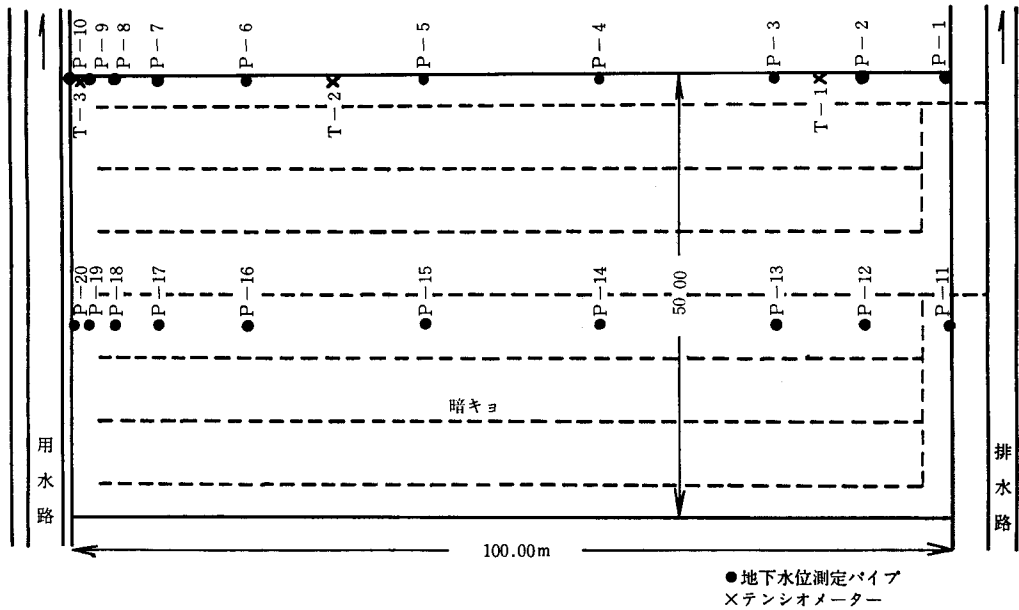


図-3 児島地区試験ホ場概要図

表-1 試験ホ場の概要

地区名	標高	傾斜	区画	田面差	土性	地下水位	転換作物	備考
彼岸田	150 <sup>m</sup>	$\frac{1}{7} \sim \frac{1}{15}$	120×11 <sup>m</sup>	2.4~1.7 <sup>m</sup>	粘土	0.5~1.5 <sup>m</sup>	ダイズ	ホ場整備後4年 畑転 2年
蒜山	450	$\frac{1}{100}$	100×30	0.3	シルトローム (クロボク)	0.8~1.0	キャベツ ダイコン	ホ場整備後2年 畑転 2年
児島	0	0	100×50	0	シルト質 粘土ローム	0.6~0.8	ナス スイカ	干陸後13年 畑転 3年

用排水路の水位も測定した。また用水路沿いのケイハンから1 m, 30 m, 85 m離れた3地点にそれぞれ15, 25, 35 cmの深さにテンシオメーターを埋設して土壌水分張力の変動状況を測定した。

Ⅲ 試験結果と検討

1 彼岸田地区

急傾斜水田地帯における上位水田からの浸入水の影響を明らかにするために、Ⅰ、Ⅱ両ホ場についてノリ尻部とホ場中央部における地下水位と土壌水分張力(pF値)の変動状況を降雨量とともに図示すると図-4のとおりとなる。この図から、地下水位およびpF値はいずれも降雨量に密接に対応して変動していることがわかるが、ノリ尻部とホ場中央部を比較すると、Ⅰ、Ⅱ両ホ場ともいずれもノリ尻の方が全

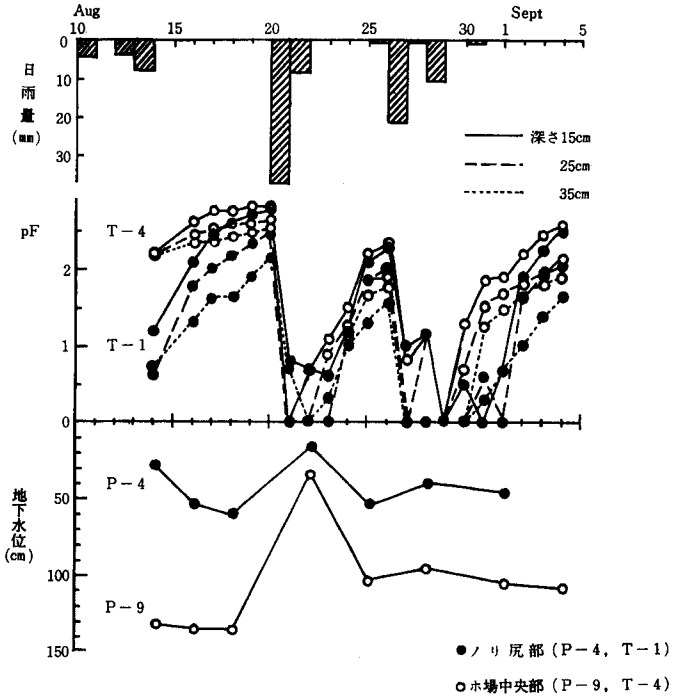


図-4(a) 彼岸田地区Ⅰホ場における地下水位とpF値の変動状況

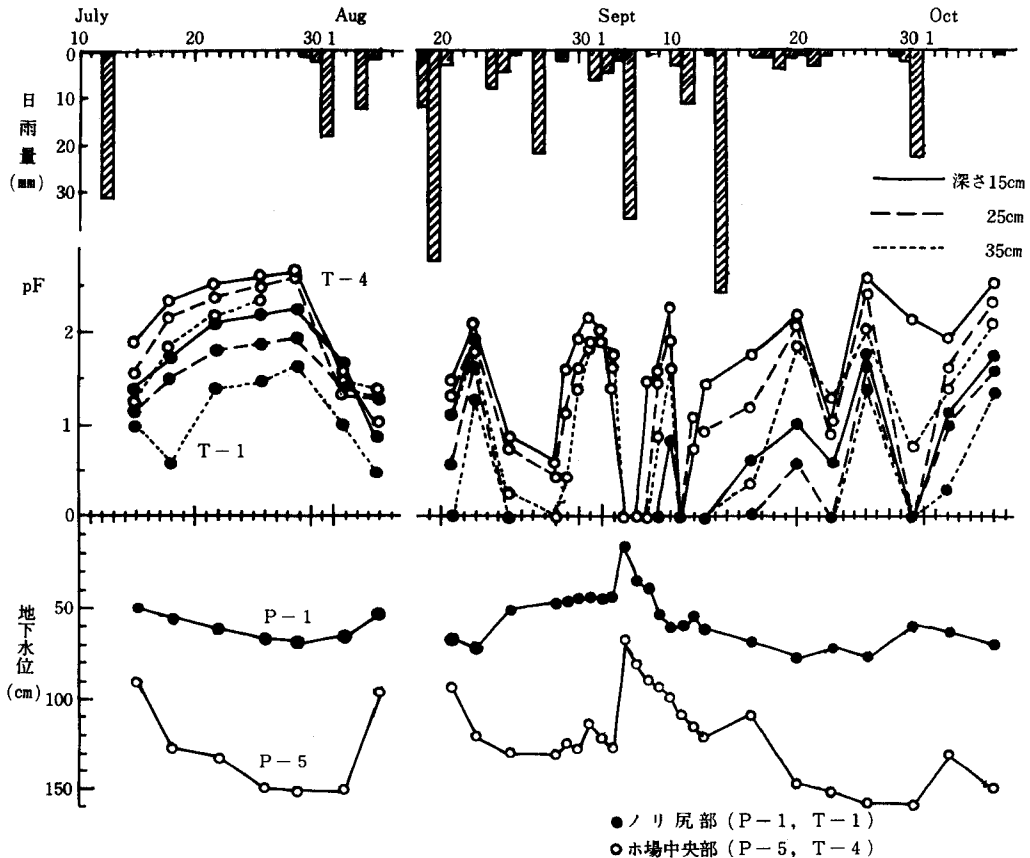


図-4(b) 彼岸田地区Ⅱホ場における地下水位とpF値の変動状況

観測期間を通じて地下水位が高く湿潤状態で推移していることが明らかである。

次に、降雨後のホ場の横断方向の地下水面形の変化状況を示すと図-5のとおりである。これによると、ノリ尻部では常に地下水位が高く、また地下水位の変動幅が

小さいのに対して、ホ場中央部およびノリ肩部では、降雨直後は一様に地下水位が高くなっているが、降雨後3～4日で1～1.5mの深さにまで低下している。そして下位水田面に向ってなだらかに傾斜した地下水面形をもって排水されている状況がうかがわれる。

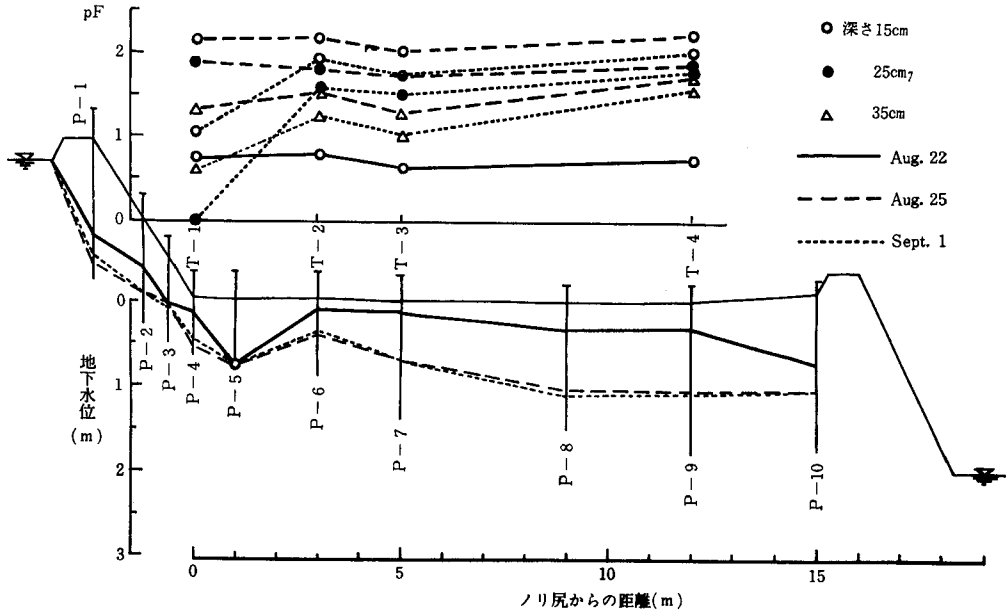


図-5(a) 彼岸田地区Ⅰホ場における地下水位とpF値の横断面形

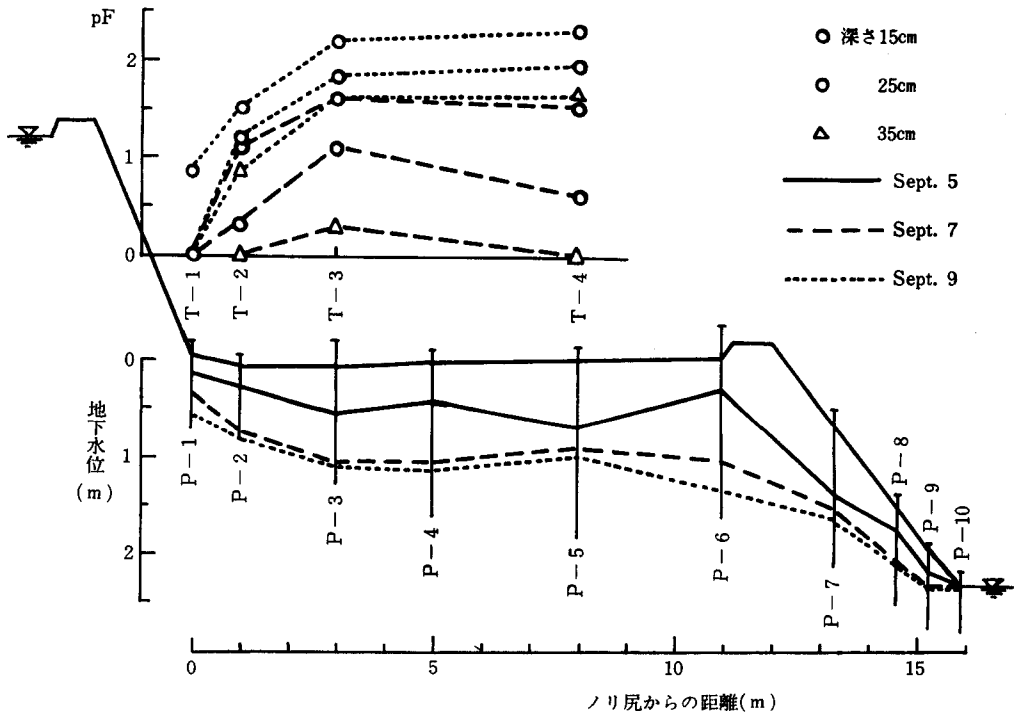


図-5(b) 彼岸田地区Ⅱホ場における地下水位とpF値の横断面形



2 蒜山地区

Aホ場（水田）の減水深とBホ場（畑）の暗キヨ排水量の測定結果を降雨量とともに示すと図-6のとおりである。これによると、Aホ場の減水深は、最初は150~200mm/dayと非常に大きな値を示したが、5月17日に水

田のアゼぬりとシロカキをした結果15~20mm/day（平均18.8mm/day）とほぼ1/10に減少し、以後はほぼ一定の値となっている。Bホ場の暗キヨ排水量についてもほぼ同様な傾向を示している。すなわち水田のシロカキ、アゼぬりによって約0.7l/secから0.05~0.1l/secに減少し、

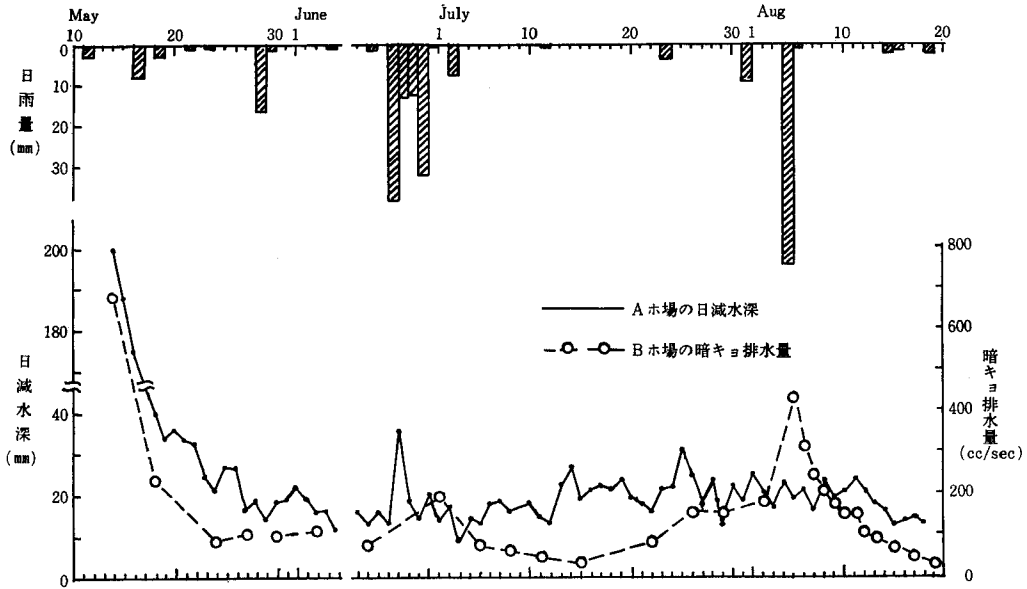


図-6 蒜山地区Aホ場の日減水深とBホ場の暗キヨ排水量の変化

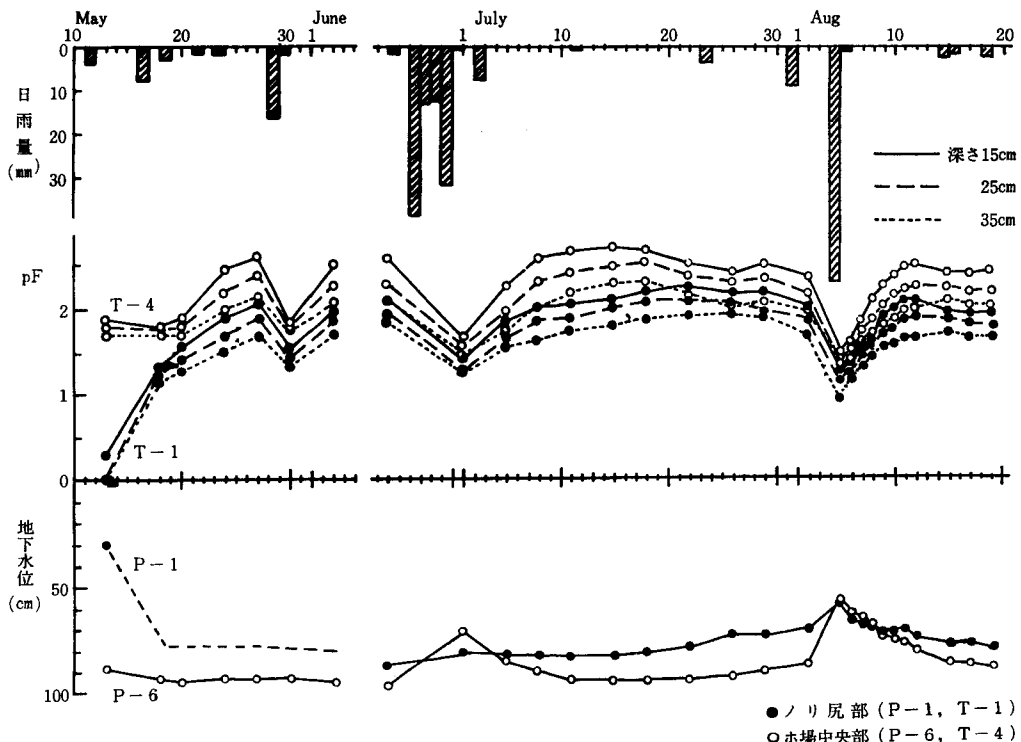


図-7 蒜山地区Bホ場における地下水位とpF値の変動状況

以後は降雨量に対応しながら変動していることがわかる  
 このように、Aホ場の減水深とBホ場の暗キョ排水量が  
 密接な対応を示しながら変化していることから、上位水  
 田からの浸入水の影響がうかがわれる。

次に、Bホ場(畑)のノリ尻部と暗キョ間中央におけ  
 る地下水位とpF値の変動状況を降雨量とともに図一七  
 に示す。この図から明らかなように、5月17日のシロカ  
 キ前ではノリ尻部では地下水位が30cmと高く、またpF  
 値もほとんど0を示しており、暗キョ間中央に比べて湿  
 潤となっている。しかしながらシロカキ後は、ノリ尻  
 部の方がやや地下水位が高い傾向がみられるが、それ  
 でも地表面下80cm程度にまで低下している。またpF値も  
 1.5~2.0程度にまで乾燥しており、地下水位とともに降  
 雨量に密接に対応しながら変動していることがわかる。

次に代表的な地下水面形を図一八に示す。7月18日の  
 ものは50mmの降雨があった直後の地下水面形で、地表面  
 下20~30cmの深さまで地下水位が上昇しているが、3日  
 後にはほぼ暗キョの深さにまで低下しており、暗キョが  
 有効に作用していることがわかる。それに対して上位水  
 田のシロカキ前では、ノリ尻部で地下水位が高くなって  
 おり、暗キョに向って一様な水面コウ配を形成している  
 という事は上位水田からの浸入水が存在することを示  
 すものである。上位水田シロカキ後はこのような水面コ  
 ウ配は小さくなっている。このことから、シロカキによ  
 り上位水田の作土層の透水性が小さくなり、いわゆる開  
 放浸透の状態となって、ノリ尻部の地下水位が低下した

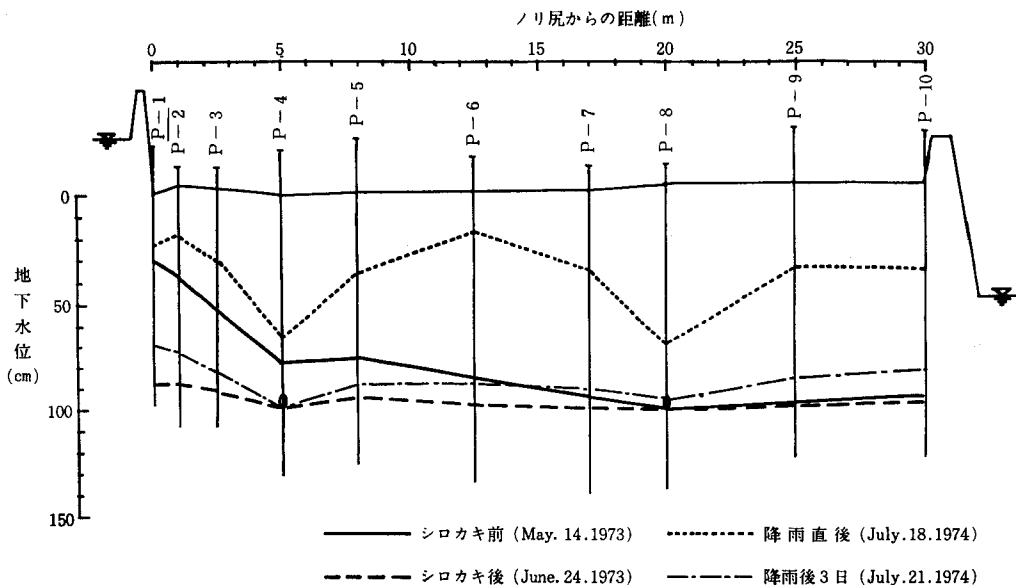
ものと推察される。

### 3 児島地区

主な測定地点における地下水位とpF値の変動状況を  
 降雨量とともに示すと図一九のとおりである。図には用  
 排水路水位の変動状況も示されているが、これによ  
 ると、用水路水位は3タン3落1排の用水慣行にしたが  
 って周期的に変動しているが、排水路水位はそれには関係  
 なく常時地表面下80~90cmの深さに維持されている。

各測定地点における地下水位はそれらの中間に位置し  
 て変動しているが、とくに用水路沿いのケイハンに接し  
 ているP-10はほとんど用水路水位と等しい変動を繰返  
 しており、用水路水位の影響を強く受けていることがわ  
 かる。用水路から遠去かるにつれてその影響は次第に小  
 さくなる。そして用水路から5m離れたP-8では用水  
 路水位には関係なく降雨のみによって変動しており、降  
 雨後2~3日で地表面下50~60cmにまで低下している。

図一十は代表的な地下水面形を示したものである。8  
 月22日はそれ以前の2日間で合計74mmの降雨があった直  
 後のものであり、8月15日と17日のものはそれぞれ排水  
 日、用水日の地下水面形である。図から明らかなように  
 降雨直後では地下水面はほぼ一様に地表面近くにまで上  
 昇するが、3日後には地表面下50cmにまで低下してい  
 る。また用水日と排水日の地下水面形を比較すると、用  
 水路水位の影響はケイハンから5m離れたP-8にまで  
 はおよばないといえるであろう。



図一八 蒜山地区Bホ場における代表的な地下水面形

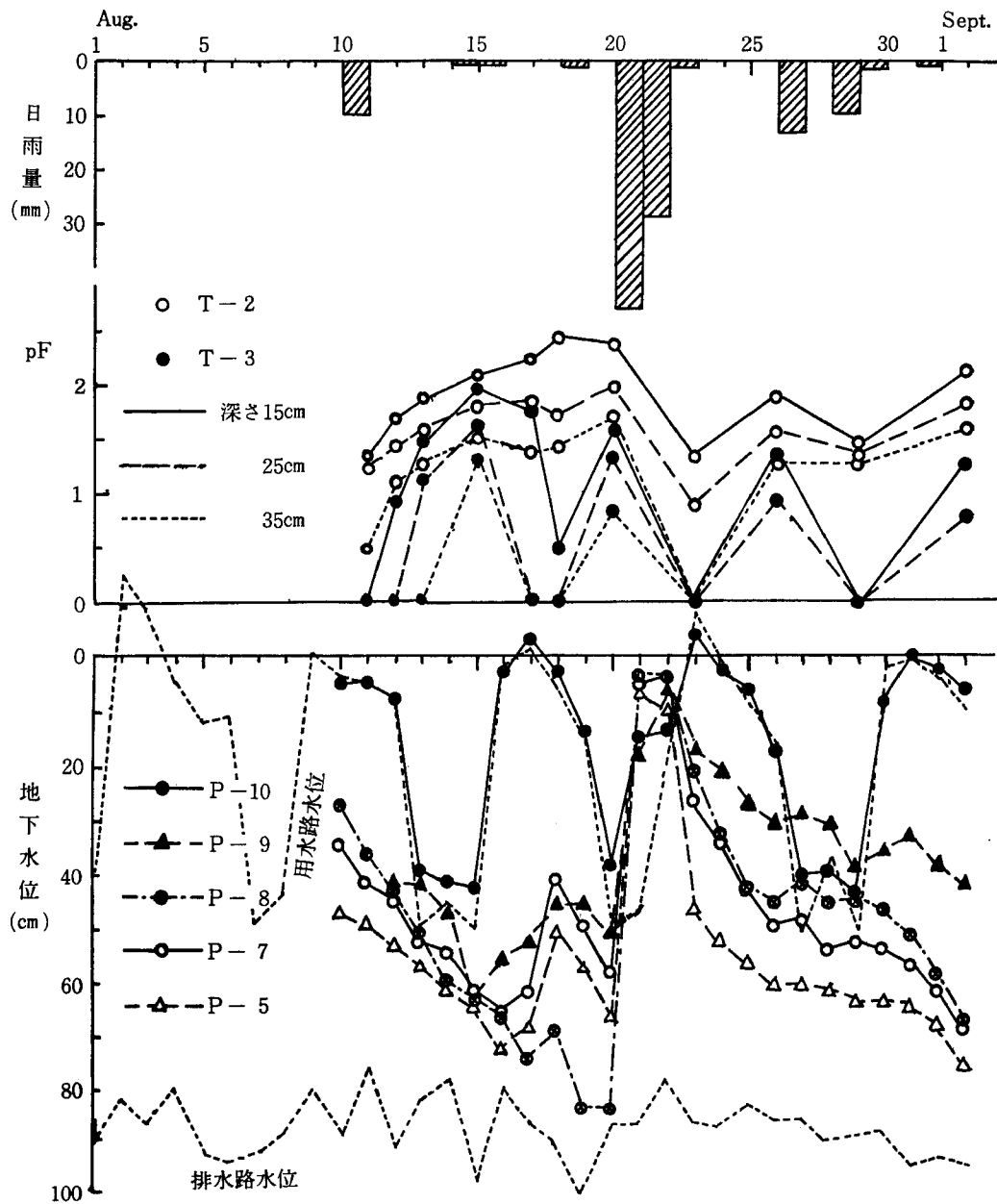


図-9 児島地区における地下水水位とpF値の変動状況

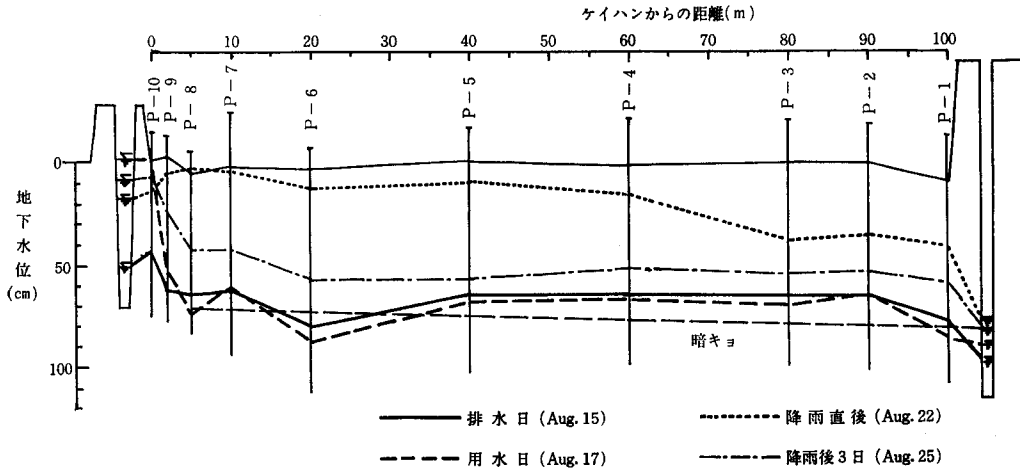


図-10 児島地区における代表的な地下水面形

IV 考察

畑作物に対する湿害の影響を除去するには、地下水位50~60cm, pF1.5を一応の目安とすれば<sup>3)4)</sup>、彼岸田地区では、ノリ尻直下ではほぼ降雨後4~5日間は過湿状態となるが、ホ場中央部では2~3日でこれ以上に乾燥することになる。これはノリ尻部に沿って設けられた暗キヨが有効に作用し、上位水田からの浸入水をシャ断しているからであると考えられる。一方、蒜山地区においても、上位水田のシロカキ、アゼぬり以後は降雨後2~3日でpF1.5以上に乾燥し、地下水位も十分に低下していた。以上のことから、傾斜地帯においてはノリ尻部に沿って暗キヨを設け、上位水田からの浸入水をシャ断することが必要かつ有効であることがわかる。

また、降雨直後のノリ尻部の乾燥を促進するためにはノリ尻に沿って排水小溝を設け、ノリ尻部のユウ水を排除することも必要であろう。また蒜山地区における試験結果から、透水性のよい傾斜地水田地帯では、入念なシロカキ、アゼぬりによって上位水田からの浸入水の影響を抑制できることが明らかになったが、このことは上位水田のケイハン浸透を抑制することにもなるものであり、ケイハンのアゼぬり、維持管理が重要であるといえる。

一方、低平地水田地帯として児島地区の試験結果では用水路水位の影響を受けるのはせいぜい5m程度までであることがわかったが、当地区では用排水路が分離され、排水路は1.2mと比較的深く、さらに各小排水路にはバーチカルポンプが設置されて、ホ区ごとの排水路水位の調節が可能であり、常時地表面下80~90cmの深さに維持されている。さらにまた、各ホ場には7m間隔で暗キヨが埋設されているが、この本暗キヨ施工までは、こ

れと直交してモグラ暗キヨが2~3年ごとに施工されたことなど、とくに排水改良に努力が払われている。降雨後2~3日で地下水位が50~60cmの深さにまで低下するという事は、これらの暗キヨをはじめとする排水施設が有効に作用しているからであろう。以上のようなことから、低平地水田地帯にあつては排水路の維持管理、とくに暗キヨが有効に作用しうるような排水路水位の低下が是非とも必要であり、そのためには組織的な畑作転換によって畑地をできるだけ集団化するとともに、ブロックごとの排水路水位の管理、調節が可能となるような組織とすべきである。

なお、干拓地のように軟弱な重粘質土壌のホ場にあつては、土壌それ自体の透水性は非常に小さく、キ裂の発生がなければ水の流動は期待し難いので、不透層の深さはそれほど深くないものと考えられる。このように不透層が比較的浅い場合には、水田との境界に排水路を設けることによって畑地の地下水位を低下できることを既に示した<sup>5)</sup>。すなわち、排水路で囲まれた1ホ区を単位として畑作転換を行う、いわゆる用水型転換を行えば、隣接水田の影響を排除することができる。あるいは水田または用水路と直接に隣接する排水型転換様式の場合でも隣接水田との境界に沿って暗キヨを埋設して捕水キヨとすることも、浸入水をシャ断し地下水位を低下させるのに有効な手段の一つであろう。

V あとがき

水田の畑作転換は、米の生産調整という特異な農政上の問題から生まれたものではあるが、食糧の自給、とりわけ国民の食生活の多様化に対応しうるような農作物の安定的供給は今後の日本農業の重要な課題である。そういう意味からも水田の畑作転換は今後ともますます重要

性を帯びてくるものであろうし、また、一つのホ場を水田にも畑にも利用できるような農地に整備することが必要であろう。それには解決すべき多くの問題が残されているが、本報がその一助ともなれば幸である。

最後に、本報は農業土木学会畑地転換対策調査委員会の調査の一環として行った成果の一部であり、すでに農業土木学会論文集に報告したもののなかから要約してとりまとめたものである<sup>5-8)</sup>。また、現地試験に当っては中国四国農政局計画部技術課、岡山県農林部耕地第一課ならびに岡山、津山、真庭の各地方振興局耕地第一課の関係各位にご協力をいただいた。記して感謝の意を表する。

#### 引用文献

- 1) 富田正彦・丸山利輔：転換畑作における農業土木の問題点の調査研究，農土論集，54，pp.32～42（1974）
- 2) 片岡文雄：香川県における稲作転換と農家の対応，農業技術，26，pp.503～506（1971）
- 3) 農業土木学会暗キヨ排水調査委員会：暗キヨ排水の計画，施工，管理についての報告，農土誌，41，pp.575～596（1973）
- 4) 渡辺春朗・松本直治・三好洋：転換畑の土壌物理性と地下水位が根群分布におよぼす影響，千葉農試研究報告，14，pp.87～93（1974）
- 5) 高橋強：排水路をへだてて水田地帯と隣接する畑地の地下水面形，農土論集，42，pp.1～6（1972）

- 6) 高橋強・長堀金造・天谷孝夫：傾斜地水田地帯における畑地の地下水面形，農土論集，58，pp.1～6（1975）
- 7) 高橋強・長堀金造・天谷孝夫：傾斜地水田地帯における畑地の暗キヨ排水，農土論集，61，pp.21～26（1976）
- 8) 長堀金造・高橋強・天谷孝夫：隣接水田からの浸入水の影響とその対策，農土論集，64，pp.7～13（1976）

#### 質 疑 応 答

湯村（野菜試） 児島湾と蒜山の例で、耕盤の性質が違ふようです。さらに30a—50aのような大区画の畑では生育ムラはないか。

高橋（岡山大） 児島の例は干拓歴も新しいので耕盤はそう密ではない。若干酸化鉄の集積はみられます。蒜山は黒ボクで、圃場整備後で、耕盤はまだ出来ていない。

寺沢（農技研） 傾斜地の棚田で地下水が表れる場合、法面に湧水面が出ないで、不連続に階段状に地下水が急に低下するのはなぜか。

高橋（同上） 法尻に深さ1m下に暗キヨが入り込んでいるのであろう。もし暗キヨがなければどうなるかは……。

寺沢（同上） 地下水が水理学的に連続だということであれば法面に自由水面が出てよいのではないか。

高橋（同上） 暗キヨで下げられます。もし暗キヨがなければ自由水面が出てくるかも知れません。

## お 知 ら せ

### 秋のシンポジウム（第21回）—予定—

11月24日（土）、東京都内で、次の話題提供を予定してシンポジウムを開きます。多数御参加下さい。

「土壌物理の境界領域と今後の方向」（仮題）

話題提供（順不同）

- |  |         |              |
|--|---------|--------------|
| 1. 土壌中のイオン移送現象への化学的接近法と物理的諸問題                  | 農技研化学部  | 三輪 睿太郎・井上 隆弘 |
| 2. 土壌微生物のすみかと物理性                               | 東北大農研   | 服 部 勉        |
| 3. 営農排水と土壌物理性                                  | 全 農     | 佐 藤 清 美      |
| 4. 土壌中の生物活性と温度                                 | 東 北 農 試 | 金 野 隆 光      |
| 5. 土の理工学性に関連する物理化学的成果の現状と今後の問題<br>（火山灰土を中心として） | 北大農学部   | 前 田 隆        |

## 総 合 討 論

司 会：湯村義男（野菜試験場）丸山利輔（京都大学）  
 講演者：吉田武彦（農 技 研） 本田太陽（東北農試）  
 渡辺春朗（千葉県農試）足立忠司（岐阜大学）  
 高橋 強（岡山大学）

司会 湯村（野菜試験場） 総合討論に入りたいと思います。本日の講演はまず、吉田さんが田畑輪換の江戸時代からの歴史をふまえて現在の問題を提供し、本田さんも戦後の田畑輪換の経緯をとりまとめながら、現在の高度集約化と水稲畑作の収量レベルの上昇等に関する技術的問題点を指摘され、渡辺さんは土壌条件の理化学性の変化について昭和40年代からの試験結果を報告されました。

続いて、足立さんは農業土木学会畑地転換対策調査委員会の共同調査から還元田における用水量の問題、高橋さんからは同じ調査の中の一部で田畑輪換における排水と、地下水の動きに関して話していただきました。田畑輪換はこれまで、どちらかと言うと、水稲中心でしたが現在行政的に問題としているのは畑作に力点がおかれています。特に行政にかかわっている者にとっては関心の強い問題であることも事実です。さて、総合的な問題である吉田さん、本田さんのテーマを前半とし湯村が司会し、後半は土壌の理化学性の変化や用排水といった技術的な問題を丸山さんの司会で進めたいと思います。

### 〔裏作について〕

長崎（新潟大） 吉田さんにお伺いします。実現可能な裏作を重視して、それを段階的に田畑輪換に進めるといのはどうでしょうか。吉田さんはわが国の田畑輪換が非常に難しい、しかし今後の食糧事情を考えると、畜産の導入を考えれば、耕地の二分割を打破して輪作の導入を展望する必要があると、いきなり輪作の導入を位置づけられているが、今日的課題として裏作の方が重要ではないか。

吉田（農技研） 裏作について考えを申し上げます。まず気象条件ですが日本は夏は熱帯的になり、冬は亜寒帯となる（本文図-1）米麦二毛作はだいたい鎌倉時代から始ったと聞いていますが、乾田化が進むにつれ、夏の熱帯的条件を水稲に、表日本では冬の亜寒帯的条件を麦作に利用するようになったわけです。こうした熱帯の作物と冷温帯の作物が同じ土地で時間をずらして作るというのは、ほとんど世界で例外的であります。ついでに申し上げますと、中国でもやはり13世紀の宋の時代から田畑米麦二毛作があるが、これは四川盆地と揚子江下流の

江蘇・浙江省の二ヶ所が中心になっている。その他は南北朝鮮の一部と表日本です。しかし最も技術的に完成度が高かったのは日本であったと思います。次にその消滅していった過程をみると、それには二つの要因があったと思います。一つは御承知のとおり小麦の輸入政策です。作れば作る程損をする一価格的にです。対米価格比が限界といわれてきた60%をずっと割ってきたのです。第二は技術的な原因です。それは水稲増収のための早植技術です。だいたい一週間位早くなったといわれています。最近の種苗技術では移植期はさらに1週間から10日早くなっています。そのため裏作の麦の収穫期ともろにかち合って、現在では麦作の復活は困難になっています。私は米麦二毛作を先行させるべきであると思いますが、米麦二毛作についても技術的困難さは以前にもまして強くなってきているのではないかと。次に、裏作とは別に田畑輪換が重要なのは畜産の定着のため、飼料作物を米麦二毛作だけでまかなえるかどうか私は疑問に思っているからです。なるほど、飼料用の大麦をとればよい、あるいは稲を飼料化すればよいと言うこともありますが、年間の飼料生産量、貯蔵の適性等を考えると、米麦二毛作だけではいかならないのではないかと、将来の展望とすれば、畑作の麦も含めて田畑輪換は研究面ではかなり力を入れるべきでないかと考えます。この点本田さんはいかがでしょうか。

### 〔行政について〕

長崎（新潟大） 次に司会者もいわれたように田畑輪換は行政的な対応ということでふりまわされているが、もっと根本的な解決に向けてわれわれも力を入れるべきではないか。

本田（東北農試） 行政的にふりまわされている問題ですが、現在行政的に推進しようとしている方策を私なりに見解を述べると、今日言う田畑輪換は言わば米べらしのための水田転作です。米が恒常的・構造的に過剰傾向にある時、行政上ある一定面積を休耕しなければならぬという状況である。この時水田の利用は永久転換ではなく、田畑輪換による方が土地利用上望ましい。そういう観点で私は田畑輪換を取り上げたい。米麦二毛作の問題と田畑輪換の対立関係としてではなく、むしろ田畑輪換の位置づけは、今行われようとしている永久転換と言った発想に対して、もっと積極的な意味で水田総合利用を考えたい。

ただ先述のように永久転換の方が技術的には簡単である。つまり転換の当初1・2年が一番トラブルが多いが

あとは概ね本質的には畑の状態と似てきて、畑作技術と  
いったことですね。ところが、3・4年を水田にしてそれ  
を畑にするという田畑サイクルは土地利用という形  
態でみると水田とか畑とかいったものを固定した状況  
で利用するのではなく、それを交互に繰返すことによっ  
て全体として耕地の生産力を高めてゆく、そういった可  
能性の追求であると思います。それこそ腰を据えてやら  
せてもらえるのであれば、技術者としてやるべきでない  
かと考えています。

**司会 湯村(野菜試験場)** 吉田さんのお答では早期  
水稲が裏作麦の作付けのネックになっているようです  
が、これは麦あるいは飼料作物(大麦)を前提として  
の話です。一方野菜ですと早期に適したような体型の野菜  
があり、それを現実に入れているところもあるわけ  
です。たとえば淡路島のタマネギは水稲と組合せて成功  
しています。

#### 〔増収技術として〕

**岩田(農技研)** 水田の増収技術の問題ですが、これ  
を飛躍的に伸ばすために、田畑輪換を行うという論旨の  
ものを読んだことがあるのですが、飛躍的な増収という  
のは連作水田では出来ないのかどうか、そのへんの事情  
を聞かせてもらいたいのですね。

**本田(東北農試)** 明快なお答えは出来ないが、東北  
農業試験場で今後の研究の基本的な課題として田畑輪換  
が議論になっている最中です。また最近諸外国で水稲の  
反収の高いところが田畑輪換地帯だという話を聞いてい  
ます。かつて昭和20年代に行われた田畑輪換の研究も、  
米麦二毛作が地力消耗型の作付体系であるという見方  
から、これを改めて地力の維持・向上をはかるという点  
から出発しています。すなわちイタリアやスペインなどの  
田畑輪換が行われている水田の収量が当時の米麦二毛  
作のもとでの日本の米の収量より高いということから触  
発されて、田畑輪換がとりあげられたのであり、それと  
吉田さんがいわれたように、飼料作物を導入した田畑輪  
換は有機物の合理的な循環が可能になるということが加  
っている。増収技術については、例えば一番米の収量が  
安定して高い山形県では平均して600kg/10aのオー  
ダになっているが、それを700kg/aのレベルにもち上  
げるのに田畑輪換といったような土地利用方式を導入  
することが、これをもう一段とジャンプさせる契機とな  
るかどうかが再度議論して、腰をすえてやってみる必要  
があるのではないかと考えています。高位収穫水田の土  
壌構造、例えば、ひとところさかんにとりあげられた  
新佐賀段階における水稲の反収増と水のたて浸透との  
関係等からみて、高位収穫田のもっている土壌構造と  
田畑輪換によって作られる土壌構造の関係についての  
検討を行い、田畑輪換が新たにもう一

段収量をジャンプさせるための技術となりうるかどう  
かを考える必要がある。しかし、実際にはそう簡単な  
ものではない。仮りにそのような可能性があると実証  
されても、現実に田畑輪換を100kg増収のための  
具体的な技術にするためには、田畑輪換にはいろい  
ろなデメリットがあるわけですから、これをつぶし  
ていかねばならない、かなりしんどいなあと感じ  
ています。しかし、研究者はそういうものに挑戦し  
てみる価値があると思います。

#### 〔物質循環として〕

**安富(茨城大学)** 吉田さんにお伺いしたいの  
ですが、土壌物理的現象として、田畑輪換は物質  
循環としてとらえられます。これは例えば塩類集積  
の用水による溶脱と地力維持の関係やいや地対策  
に関係した学問的な裏づけが必要とされているの  
ではないか、こういう研究の展望についてどう考  
えますか。

**吉田(農技研)** ヨーロッパに稲作が入った時、  
田畑輪換というようなことは意識せず、当然のこと  
として輪作の中に入る。特にフランス南部では稲  
作を始めたのは戦後だといわれていますが、これ  
は連作障害対策として入ってきた経過がありま  
す。つまり土壌微生物の変化だと説明されてい  
るようです。日本においても、例えば奈良など  
ではイチゴのハウス栽培で連作障害対策として  
灌水するとか、一作水稲を作るとかが現実に行  
われている。畑作物の連作障害対策としては大  
変有効ではないかと考えています。そういった意  
味でも今後微生物的・土壌肥料的な面でも研  
究対象として面白いテーマがあると思います。  
それから物質循環ですが、畜産を日本農業の中  
に取り込むという観点であって、現在は田畑輪  
換と少し離れますが、一方で畜産廃棄物が集積  
し、その処理に悩んでいる。他方では有機物  
が水田に入らないために地力が落ちたとさ  
わいしている。実におかしなことだと思います。  
これは組合せれば、当然有効にもっと使える  
はずなんです。そのため酸化分解と嫌気分解  
が繰り返されるような田畑輪換の体系の中  
ではこれは面白い研究ができるのではない  
かと考えています。

#### 〔土壌物理的 Index Properties〕

**佐藤(愛媛大学)** 本田さんは田畑輪換をした場合  
3～4年位で収量が落ちるという話でしたが、それ  
に関連して土壌の物理的性質ですと、足立さん  
は畑状態を2年経過すると減水深が変化する、  
高橋さんは乾燥特性の中で物理性の変化を  
検討された。そこで私は何か連作によって  
土壌の物理性の変化に対応する Index Properties  
があって、例えば1年目130のものが120、  
110、100となるといったように、ある程  
度性状がつかめれば、1年目のものが130、  
2年目133～130でも4年目ではどうして

も100にしかならない、そうするとここで水田に切りかえた方がよい。というような田畑輪換のための Index Properties があってよいのではないかと考えるのですが、このような用に使える土壌物理的・化学的データはあるのでしょうか。

**本田（東北農試）** 今の質問は大変むづかしい。田畑輪換については城下さんの業績があります。現象としては、だいたい3年位で収量が落ちていくと一般的にはいわれています。しかしその現象と土壌条件との因果関係は私にはわからないので土壌肥料関係の方から御意見を聞きたい。

**渡辺（千葉農試）** 城下さんの農事試験場報告によると水田に戻した場合、Ehの高く経過するのは確か2年位だったと記憶します。それから畑にした場合集積された窒素の供給力の差引の大きさは3年位というように使われた試料の小麦の吸収量から推定されていたと思います。従って2年位収量は増大するが、そのあとには堆肥などを入れる必要があると結論されていたと思います。

**高橋（岡山大学）** お答えになるかどうか分かりませんが、図-4, 7, 9で降雨後の経過日数と地下水面上の水分分布を測定しました。児島干拓の例ですと、降雨後4日で地表面からの蒸発散量と平衡した分布となります。彼岸田地区では10日前後でやっと平衡状態になる。蒜山の例では、その中間で一週間程度で平衡する。これを透水係数と比較してみると、透水係数の順のとおりになりまして、従って、透水性のよい圃場ほど早く平衡状態に達する、すなわち乾燥しやすいことを意味します。

もう一点、今日は発表しなかったのですが、地下水面上の土壌水分状態をダルシー法即から計算してみたのですが、これにはその土壌の透水係数と蒸発散量が関係してくるのだが蒸発散量が多くなれば早くなるし、小さければ遅くなる。そういうところで気象条件との関係もあると考えています。

**足立（岐阜大学）** 還元田の用水量という立場から考えますと、キレツの発生・消滅というようなもので現地圃場をおさえていけばよいのではないかと考えています。表で示しましたように、比較的乾燥しやすい段丘上水田の例ですと、1作の畑転換の影響は還元後3作程度続きますし、畑利用の年数が長くなるほど、還元後の影響も続きますが、この問題は気象条件、土壌条件で異なります。従って、こういう問題を扱う時はその圃場で測ってほしいと思うわけです。土壌の条件を気象データと関連して解析しておられる三重大の長田さんのお話を伺いたい。

**長田（三重大）** さきに足立さんが触れたキレツの発生条件と土壌条件との関係は重要であることはもちろんですが、私は地域的な気象条件との関係を知るために

全国の気象台で測定されている蒸発量とpF値の関係をもとに試算してみました。その結果気象的な要因が地域的に土壌面のpF値の変化に現われており、ひとつ可能性として、気象条件による土壌のキレツ発生についてpF値の変化を指標にすることができるようにと思っています。

#### 〔省資源として〕

**岩田（農技研）** 本田さんは先ほど省資源について述べられた。水田は特殊な栽培方式で、いわゆる地力の消耗が少い。一方日本の農業は大量の肥料を投入することで生産を維持してきた。そこで田畑輪換は地力の維持にどんな役割を果すのでしょうか。

**吉田（農技研）** 地力とはよくわからないので、私は地力という言葉はなるべく使わないようにしています。たとえば、地力を収量で判断する限り地力が落ちているという結果は出て来ない。水田ではどんどん収量は上って来ているのですから。収量が伸びたのは肥料、つまり追肥技術である。ただし、農業生産は収量の高さだけでなく、安定した再生産系でなければならず、その意味から土壌有機物の役割は大きいと思う。しかしこれは数字で表せないので説得力は弱いかもしれない。田畑輪換では、畑作期間は少くとも土壌有機物は消耗する方向にあり、水田に戻した時、1年目は渡辺さんが指摘するように乾土効果がきいていて、土中の有機物の分解は進む、その分が養分となる。土壌肥料の分野におけるこれまでの研究では3年畑作・3年水稲作という形が提唱されているが、機械化体系の中でさらに高い収量をねらうとすれば問題があるでしょうし、短期的な増収をねらうと安定性がおろそかになり、今後大きな研究課題であろう。

**本田（東北農試）** ここで省資源について触れたのは、たとえば現在省資源の問題と関連して根リウ菌が取り上げられているが田畑輪換もこれと同じようなカテゴリーの問題として考えている。つまり田畑輪換によって、牧草後の1・2年目は無肥料でも相当の水稲収量がある。このような田畑輪換効果が期待できるのではないかと。

**司会 湯村（野菜試験場）** 前半の議論はこの辺で打ち切りたいと思います。

**司会 丸山（京都大学）** 司会を交代します。進行の都合上問題を整理しますと、まず第1に畑転換すると土壌の物理的・化学的性質にどんな変化をもたらすか、用水量の変化や、クラックの形成の問題があります。第2には石井さんから提起された耕盤の問題、地耐力や、農地の基盤整備にも関連した問題です。

#### 〔用水量について〕

**司会 丸山（京都大学）** 黒田さんの御質問ですが、



1) クラックの発生は土壤母材によって影響されるが、母材は何か、2) 転換畑では、畑作1作の影響が還元田では3~4作まで残るようですが、1つの圃区で10%づつ転換をしたとすると、用水量は少くとも20%程度増加となる。これはかんがい施設容量の増加につながるわけである。田畑輪換と水利施設との関連についてどのような見解を持っているか。

**足立(岐阜大学)** 土壤母材についてはここに資料を用意していないのでお答えできませんので後ほどお答えさせて下さい。用水問題ですが、計算を行なう場合に、還元田の用水量一経時変化を含めた一、転換畑の用水量、さらに転換畑に隣接している水田の横浸透による用水量などの変化を考えねばなりません、ここでは還元田の用水量増加をお話したのみです。ここで試みた計算例では湿害を特に気にする必要はない地区で農家が勝手にバラ転を行っている地区のデータを基礎としたものですが、10~20%程度の転作率であれば、ほとんど施設容量に影響しません。これは還元田の用水量は増加しますが転換畑の用水量をゼロとしているからです。しかしきめの細い水管理が必要となります。

**黒田(九州大学)** 10%程度の転作率では水管理の改善によって対応できるとしても、これを越える転作率となれば水の問題で田畑輪換が行きづまる心配がある。

**足立(岐阜大学)** 現実に、先に示しましたような還元後の影響期間内にすべての水田が入ってきたり、転換畑にかなりかん水を行なう必要がある地区では、さらに年々転作率変動したりすると、用水の面から土地利用が制限されてくると考えられます。以前若干の計算を試みた事はあるのですが、田畑輪換の周期、転換方式など簡単には把握できませんが、一本の用水路掛りでは、問題が生じるかもわかりませんので、既存の水路では、きめ細い水管理を行なう必要があると思います。

**高橋(岡山大学)** 奈良の大和盆地では水稲と綿、スイカなどの田畑輪換を行っていたようですが、その理由は用水不足であったと聞いている。これを再び水田に戻した場合、用水不足は以前より大きくなりはないか。

**吉田(農技研)** 奈良の場合、水田区画は非常に小さく、小区画の転作であった。当然漏水については床締めを行っていたようです。集約的管理が前提となっていたと考えております。

#### 〔クラックについて〕

**司会 丸山(京都大学)** 用水や排水の面からみますと、クラックの発生や消滅は様々なメリット、デメリットがあるわけですが、作物の観点から御意見をいただきたい。

**湯村(野菜試験場)** 木曾川下流域にハウス園芸地帯

があって、トマト栽培をやっています、水田転換ハウスです。暗キョを入れ、高うね栽培です。グライ層は約30cmにあって、クラックのようなひび割れがあり、赤い斑点や古いヨシの根が通り、雨が降るとうね間に一時滞水するが、クラックを通して排水されているようである。排水にはこのクラックが重要な役割を果している。しかし有機物の分解には役立っていない。従ってこのクラックを通して団粒構造、管状構造に発達させ、クラック内部に根が入り、養分を利用できるような土壤条件を作ることが必要と思われる。

**司会 丸山(京都大学)** 土壤肥料関係から御意見をいただきたい。

**渡辺(千葉県農試)** 湯村さんが述べられたクラックがバンクズ状の構造になるには現地の土壤調査からみるとかなりの年月の乾燥もしくは作物根の伸長分布または風乾に近い乾燥条件が必要であると思う。先ほどのデータをみるとクラックはpF2.0で入るようですが。一般の畑状態まで乾燥することは無理だろう。

**久馬(京都大学)** 田畑輪換を稲作増収技術に結びつけることはよく理解できた。しかし物理性の改善が増収に貢献したかという疑問はいぜん解決されていないと思う。これまで多収獲日本一を生んだ水田について、物理性の改善と結びつけた説明がなされているが、実際のところよくわかっていない。つまり、クラックや孔ゲキ組織がどのように変化するかはよくわからない。もし排水の悪い水田が畑状態になって、それを水田に戻したとき用水量の不足などが大きな問題となる。またそこまで変えることが良いかどうか。物質循環、塩類の洗浄、畜産廃棄物の処理場と考えるのも、多少疑問をもっています。畑状態で窒素含量の高いものを通して、硝酸の流亡があり、水系の汚染が問題となる。水田が主体の場合に起らない問題が、畑状態では問題となるのではないか。

**市来(長崎農試)** 久馬さんの御意見に同感です。燐酸についても同様のことが兵庫県のデータにあります。蔬菜施肥管理技術にも問題があると思う。

#### 〔耕盤について〕

**司会 丸山(京都大学)** クラックに端を発して、田畑輪換した土壌中の水の動きが話の中心となって来たように思います。これと関連して水田の耕盤をどうするかに議論を進めたい。石井さんどうぞ。

**石井(東北農試)** 問題を提起する意味で発言します。耕盤が破壊されると地耐力と漏水過多の問題が発生します。耕盤を残した場合畑作物の生育を阻害するだろう。もし耕盤が必要ならばその技術、経費、耕盤形成の時間が問題です。畑地で耕盤があれば排水対策としてうね立て栽培や明渠による地表表水の処理などの問題がある。

佐藤（愛媛大学） 転換畑の土壌の易耕性と耕盤のあるなしによる土壌の乾燥と地耐力について愛媛農試の川崎さんにお伺いしたい。

川崎（愛媛県農試） 圃場整備後の排水のよくない水田で、心土破碎を行い、2年間タバコを栽培した後、水田に戻したところ、心土のクラックによって減水深は大きく、落水後の乾燥が早く、地耐力も大きくなる結果を得た。

本田（東北農試） 昭和45～50年の稲作転換栽培試験で心土破碎を行った畑作物の生育比較の例があるが、心土破碎の効果はあるという結論が得られている。もちろん作物の種類によって効果の程度は異なります。

安富（茨城大学） 耕盤の破壊と地耐力の関係はそれほど大きな問題ではないと思う。耕盤の有無より土性が問題だろう。

川崎（愛媛農試） 深耕つまり心土破碎した場合、落水後の地耐力よりも田植時の移植作業に困難が生じる。

#### 〔区画について〕

司会 丸山（京都大学） 畑地転換する場合区画の大きさ等の問題はいかがでしょうか。

湯村（野菜試験場） 兵庫県淡路島では水稲、キャベツ、玉ネギの3連作をしています。水稲は従で、野菜が主です。ここで圃場整備を行った際30aでは大きすぎ均一にできないので、15aとした。このような区画の大きさについてどう考えれば良いか。

長田（三重大学） 糸貫地区（岐阜県）の例では長辺100mを1/2～1/3に区切って、イチゴのハウス栽培、玉ネギの栽培を行っています。畑作の場合長辺100mでは排水が困難で、玉ネギ収穫時に30aは労力的に大きすぎ、長辺を30～50mに区切っているようです。

本田（東北農試） 田畑輪換をやって水田に戻す場合田面の均平化が激しく要求される。畑作を大型プラウ耕を行う場合田植機の使用がむづかしいと聞いている。埼玉県の第1次稲作転換事業での400×100mの大区画圃場

の例では、水田に戻した時落差が大きく、結局、中ケイハンを入れる必要があろうとのことであった。圃場の均平化とレベルの問題で意外な障害があった。

手島（大阪府立大学） 丸山さんにお伺いしたい。区画の大きさの決定は営農体系、用排水条件、作土の条件などの要因が作用するが、30aでは現在の畑作技術では大きすぎる。また水田に戻した時移植作業に問題がある。この30a区画は水田機械化作業体系を前提としている。田畑輪換を考慮した設計基準を設定する必要があるのではないか。

司会 丸山（京都大学） 30a区画はまず第1には日本農業の零細地所有制による。平均1ha/戸の土地を危険分散、通作・用排水の便を考慮して3区画程度に分割すると都合がよい。第2は排水、機械能率から長辺を100mと決められた。長辺・短辺比は変える余地があり、現に畑地転換委員会では近くこの問題が提起される予定です。

寺沢（農技研） 本日のシンポジウムを聞きまして、田畑輪換に関する土壌物理の役割が残念ながらよく理解できなかった。例えば、還元田にした場合収量が次第に落ちること、これは単に地力、窒素だけの問題か、土壌の物理性から透水性は適正に保たれたか、構造的にはどうかなど答はあるはずなのに出不会。特に物理性と植物生理に目を向ける必要がある。

司会 丸山（京都大学） さて十二分に御議論いただけたでしょうか。非常に高まいた世界史的な話から土地利用、用排水、省資源、物質循環等の多岐にわたり、そしていかにして日本の畑地農業を定着させるか、それを土壌物理の立場からどのように寄与するか、今後水田の総合利用をどう取り扱ってゆくかが議論されたと思います。さらに寺沢さんの御指摘のようにまだまだ議論をつくし、きちんとすべき点多多と思います。これを契機に研究を深めていただければ本日のシンポジウムは十分に価値があったのではないかと考えます。御協力ありがとうございました。

### 20周年記念出版

「土の物理学」、 「土壌の物理性と植物生育」の両書は、現在印刷中で近日出版の運びとなっています。

乞御期待

## 土の侵食性と物理的性質

内 田 勝 利\*

Relation of Soil Physical Properties to its Erodibility

Katsutoshi UCHIDA

Faculty of Agriculture, Tottori University

**Abstract** Multiple regression analyses were fitted to those soil physical parameters found to be most useful in predicting soil erodibility to particle detachment and transport by rainfall and runoff. The soil erodibility was made clear by introducing the new term of "clay ratio" and "increment of soil loss".

The results obtained are as follows :

1. The prediction equations in soil loss developed from the regression of data are :

$$e_{DV} = 5.147 + 16.695X_1 - 0.017X_{12} - 1.312X_{16}$$

or

$$e_{DV} = \frac{1}{X_{22}} (0.833 + 17.091X_1 + 0.113X_6 - 0.025X_{12} - 4.558X_{16})$$

in which  $e_{DV}$  is soil loss ( $\text{mm}^3/\text{cc}$ ),  $X_1$  is "clay ratio",  $X_{12}$  is coefficient of aggregation,  $X_{16}$  is infiltration ratio,  $X_{22}$  is bulk density ( $\text{g}/\text{cc}$ ), and  $X_6$  is silt plus fine sand (%).

2. It was found that "clay ratio" was the most important parameter to be used in soil loss by rainfall and runoff. "Clay ratio" alone explained 84 percent of the variation in soil loss.
3. Erodibility of soils can be evaluated from "clay ratio" and "increment of soil loss".

## 1. ま え が き

水による土壌侵食には、第1段階として雨滴による分離、飛散、輸送の侵食過程がある。次に、層状あるいはリル流による侵食が水食過程の第2段階である。雨滴の衝撃、飛散過程は高分離力をもつが低輸送力である。一方、層状とリル流は低分離力と高輸送力をもっている。いずれもが裸土と一緒に作用する時、侵食は重大な問題を生じる。それ故に、降雨と流出による土粒子の分離と輸送に抵抗する土の性質、すなわち土固有の侵食性は侵食予測あるいは土地利用計画等において重要な因子である。また土自身の侵食性ととも土の浸入能と透水性が土の侵食性に影響する。この土の侵食性について室内において簡単な方法により提示することは、土の侵食災害を予測するためにも重要である。従来、土の侵食性はMiddletonの分散率、侵食率によって検討されているが、火山灰土に対しては往々にして合致しない場合が多い。それ故に、火山灰土を含む土全体に対して土の侵食

性を判定するための規準となる侵食予測因子を明確にすることが切望される。

本論文は土の侵食性と物理的性質について重回帰分析を用いて解析を行い検討し、そして土の侵食性の判定規準となる一試案を提示している。

## 2. 土の侵食性に関連する研究について

水による土の侵食性に影響する土の性質は、(1)浸透速度と透水性に影響する土の性質、(2)降雨と流出による分離、飛散、摩擦、輸送する力に抵抗する土の性質の2型に分けられる<sup>1)</sup>。

Middletonは土の物理的性質に基づく土の侵食性の指数の提出を試みた最初の一人である。彼は分散率を考え、そして土の侵食性に影響する土の性質に最も関係深いものを侵食率と称した<sup>2)</sup>。

O'neal<sup>3)</sup>はホ場にて土の透水性を評価するための手懸を展開した。この手順における最初の段階は構造の型を決定することであった。それから土の透水性の分類は4

\*鳥取大学農学部

つの主因子と8つの第2因子から見積られた。

Adamsら<sup>4)</sup>は土の侵食性に影響する多くの重要な土の理工学的性質を述べるため、彼らは流出、浸透、洗掘侵食、飛散侵食、0.10mm以下の耐水性団粒、分散率、シルトと粘土、単位体積重量、60cm water tensionによって排水された間ゲキ、ホ場用水量での空気の透過性の現場、室内測定を行った。

川村ら<sup>5)</sup>は鈹質土壌の侵食性を気象条件と直接関連づけ、土の含水状態の違いにおける流亡土と土の耐水性集合体と密接な関係があることを明らかにした。また彼らは土の侵食性の判定指標として風乾率を提案している。

Epstein<sup>6)</sup>は土の侵食性へ影響をもつ降雨衝撃によって影響される土の表面状態の変化について検討している。また Bruce-okineら<sup>7)</sup>は団粒径、初期土水分、雨滴の温度の因子を取り上げ、土の構造安定への影響について実験を行っている。

土の理工学的性質は土の侵食性に影響し、影響する因子は互いに関係があると考えられる。それら因子のいくらかは過去の乾燥履歴、侵食、管理状況に影響される。土による影響のみを分離するための手段として Wischmeierら<sup>8)</sup>は、異なる降雨性質にて測定した流出土を調整するため降雨・侵食指数の使用と、異なる地形の調整のために勾配因子の使用を提出した。また Wischmeier<sup>9)</sup>は流出土予測のため、指定された勾配と斜面長でのホ場から測定された単位降雨・侵食指数あたりの流出土として土の侵食性因子(K)を定義している。K値の定量化には、Olsonら<sup>10),11)</sup>、Barnettら<sup>12)</sup>、Mcgregorら<sup>13)</sup>の研究があり、1970年代になると、Wischmeierら<sup>14)</sup>はシルト+微細砂、砂分、有機物含有量、土の構造、透水性の5因子を用いてK値を求めるのに簡単なノモグラフを提出している。Youngら<sup>15)</sup>は土の侵食性を5変数、すなわち土の団粒指数、分散率、密度、シルト+微細砂、モンモリロナイト量からK値を計算し比較検討を行っている。

本研究は火山灰土を含む19試料土を用いて、人工降雨と越流水を一定にして土の物理的性質の侵食性に対する効果を把握するため実験した。なお、土の侵食性関係は重回帰分析法の展開にて示唆した。

### 3. 実験方法

実験は人工降雨と土槽上流端越流水による土の侵食について行った。人工降雨は降雨発生部、定水位給水槽、流量制御器から構成される人工降雨発生装置を用いて作成された。なお、tubing-tipを用いた降雨発生部は266個/m<sup>2</sup>の雨滴形成部から成り、これに振動を与えることによって雨滴を形成させる。雨滴の落下高さは平均6.95

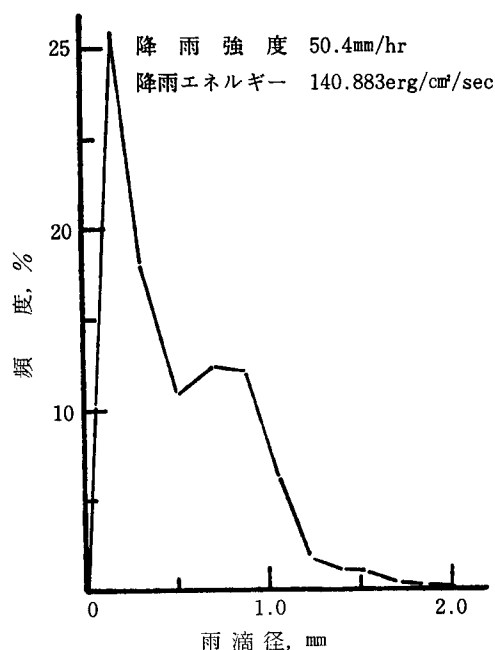


図-1 雨滴の頻度分布

mである。雨滴はウォーターブルー紙にて採取し、その紙上の雨滴痕をもとに今井ら<sup>16)</sup>の実験式から雨滴径を求めた。代表的な雨滴分布を図-1に示す。図-1より、実験に用いられた人工降雨の雨滴径は2mm以下であり、Laws<sup>17)</sup>の実験結果より、すべての雨滴はほとんど終速度に達していると考えられる。地表流は定水頭補助水槽から導びかれた水を上流端に供給することにより流された。

実験土槽は斜面長30cm、幅10cm、深さ3cmであり、下流端に排水孔を有し、その孔の開閉にて排水条件を規制した。なお、供試土は2mm目フルイ通過の風乾土を用い土槽上部2cm深に供試土を、下部1cm深に砂を均一に充填した後、下流端の排水孔より給水し、飽和させ、その後排水させて24時間後に実験を行った。

実験方法は供試土に降雨強度(降雨量)が約50mm/hr地表流量が降雨量の約2倍である水量を与え、下流端にて30分間流出土水量を採取した。なお、斜面勾配は8°であった。

供試土はシラスを除いて、いずれも鳥取県内の未耕地から採土した。関金クロボクは鳥取県東伯郡関金町から採取した大山クロボクであり、大山クロボクの平均的な性質を示している<sup>18)</sup>。その他に火山灰土として鏡成、鳥大クロボク、赤碕土を取り上げた。またシラスは鹿児島県大口市にて採土したものである。19供試土の物理試験結果を表-1に示す。

表-1 試料土の物理性

試料	粒度組成			土の分類名	比重	コンシステンシー			有機物含量
	砂	シルト	粘土			液性限界	塑性限界	塑性指数	
	%	%	%			%	%	%	
津ノ井	18.5	38.5	43.0	粘土	2.722	51.8	25.1	26.7	0.3
大栄B	30.5	39.3	30.2	粘土	2.699	53.1	42.5	10.6	0.2
高住	5.8	55.9	38.3	シルト質粘土	2.781	74.2	46.2	28.0	—
山湯山B	35.0	37.0	28.0	粘土質ローム	2.684	46.2	33.6	12.6	0.7
山湯山A	43.0	34.5	22.5	粘土質ローム	2.686	42.3	30.9	11.4	0.7
郡家C	46.0	26.5	27.5	粘土質ローム	2.643	38.9	31.0	7.9	0.3
大栄A	58.0	21.0	21.0	砂質粘土ローム	2.659	45.6	38.2	7.4	0.3
郡家D	38.0	33.5	28.5	粘土質ローム	2.696	68.2	31.0	37.2	0.7
赤崎	77.0	15.0	8.0	砂質ローム	2.674	77.6	50.5	27.1	2.1
関金クロボク	52.7	30.8	16.5	砂質ローム	2.319	91.7	75.8	15.9	25.4
牛ノ戸	35.0	43.5	21.5	粘土質ローム	2.699	34.7	21.9	12.8	0.5
鏡成クロボク	65.5	27.0	7.5	砂質ローム	2.229	124.0	100.2	23.8	45.0
シラス	65.2	24.0	10.8	砂質ローム	2.471		N.P.		0.0
郡家B	33.0	49.0	18.0	ローム	2.746	58.0	42.0	16.0	1.7
横枕	82.0	12.5	5.5	砂	2.640		N.P.		1.2
布勢	73.0	20.5	6.5	砂質ローム	2.666		N.P.		0.0
鳥大クロボク	50.0	33.0	17.0	砂質ローム	2.510	54.9	41.3	13.6	26.8
砂丘砂	98.0	2.0	0.0	砂	2.687		N.P.		0.8
郡家A	36.0	51.0	13.0	シルト質ローム	2.691	38.1	26.0	12.1	1.2

表-2 重回帰分析に用いられた説明変数

説明変数 X	
X <sub>1</sub>	粘土比
X <sub>2</sub>	粘土分, (%)
X <sub>3</sub>	粘土+シルト
X <sub>4</sub>	シルト+ (砂+粘土)
X <sub>5</sub>	砂÷ (シルト+粘土)
X <sub>6</sub>	シルト+細砂, %
X <sub>7</sub>	シルト, %
X <sub>8</sub>	log <sub>e</sub> シルト
X <sub>9</sub>	log <sub>e</sub> 細砂
X <sub>10</sub>	log <sub>e</sub> 粗砂
X <sub>11</sub>	風乾率
X <sub>12</sub>	団粒係数
X <sub>13</sub>	50μ分散率
X <sub>14</sub>	20μ分散率
X <sub>15</sub>	侵食率
X <sub>16</sub>	浸入率
X <sub>17</sub>	pF1.5, %
X <sub>18</sub>	pF3.0, %
X <sub>19</sub>	pF4.2, %
X <sub>20</sub>	コロイド÷水分当量
X <sub>21</sub>	有機物含量, %
X <sub>22</sub>	乾燥密度, g/cc
X <sub>23</sub>	液性限界, %
X <sub>24</sub>	塑性指数, %
X <sub>25</sub>	比重
X <sub>26</sub>	log <sub>e</sub> 液性限界

## 4. 実験結果と考察

土の侵食性に関する研究は前述のように多くの研究があり、数々の土の侵食性に対する判定指標が提案されている。本論文では、幾つかの土壌因子を考え、降雨と流出による分離と輸送へ関連づけるため色々な組合せにて検討した。また研究目的は有機質火山灰土を含む土全体に対する土の侵食性の判定指標となる侵食因子を示唆することにある。

## 1) 土の侵食量について

土の侵食性に影響する土の性質は2つの主要な因子に分けられる。ここでは、降雨と流出による分離、輸送力に抵抗する土の性質を3型に分け、以下のように土の侵食性に影響する26侵食因子を4グループに分別した。

- 土の粒径分の組合せ
- 土壌構造の分離度合
- 降雨と流出の影響下での浸入能
- (a) 因子以外の土の物理的性質

表-2に侵食因子として取り上げた26変数を示す。表におけるこれら説明変数(x)と土の侵食量を目的変数(y)として重回帰分析にて解析を行う。(a)因子としては、粘土分がほとんど零である砂質系の土を考慮して分母に粘土分があるのは省略し、X<sub>1</sub>~X<sub>10</sub>の10変数を選択した。(b)因子としては、風乾率<sup>10)</sup>、団粒係数、Middletonの分散率、侵食率がある。有機質火山灰土を

考慮すると分散率，侵食率は土を完全分散させるうえで問題が残る。変数としては $X_{11} \sim X_{15}$ の5変数である。

(c) 因子としては，浸入率（排水量を供給水量で割った値， $X_{16}$ ）を用いた。(d) 因子としては，土の物理的性質である $X_{17} \sim X_{28}$ の10変数を選択した。

すべてのデータを用いて4グループに分別した26変数の最良の組合わせが重回帰分析を用いて解析された。重回帰式は各グループ内で最も有意な1変数を選択し，それらの組合わせから求めた。重回帰分析は有意水準1%にて検定を行い，重回帰式の標準誤差が最小となる組合わせを選んだ。選択した変数の組合わせを表-3に示す。土の侵食量予測式は次式のように仮定した。

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n \dots (1)$$

ところで，Yは侵食量(mg/ccあるいはmm<sup>3</sup>/cc)である。 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ は重回帰分析によって決定した係数である。 $x_1, x_2, \dots, x_n$ は表-2に示す変数である。

表-3 目的変数に関して選択された予測因子

目的変数 Y	説明変数 X*	標準誤差	重相関係数	F**
$e_D$	$X_1, X_{12}, X_{16}, X_{25}$	1.442	0.966	48.115***
$e_D$	$X_1, X_6, X_{12}, X_{16}$	1.096	0.980	85.967***
$e_{DV}$	$X_1, X_{12}, X_{16}$	1.391	0.957	54.476***
$e_{DV}$	$X_1, X_{10}, X_{12}, X_{16}$	1.109	0.973	66.752***

\*変数の番号については表-2 参照

\*\* F分布検定の値

\*\*\*有意水準 1.0%で有意

各グループ内の説明変数使用による侵食量予測式としては表-3の選択された予測侵食因子を用いて次式を提出する。

$$e_D = 1.420 + 17.537 X_1 - 0.019 X_{12} - 1.876 X_{16} + 1.653 X_{25} \dots (2)$$

$$e_{DV} = 5.147 + 16.695 X_1 - 0.017 X_{12} - 1.312 X_{16} \dots (3)$$

ここに， $e_D$ は排水状態における水の単位体積あたりの流出土(mg/cc)である。 $e_{DV}$ は $e_D$ を土の乾燥密度で割った値であり，水の単位体積あたりの流出土容積(mm<sup>3</sup>/cc)である。なお，非排水状態での選択された変数が表-3に載せてないのは，有意水準1%にて有意な選択された変数の組合わせがなかったからである。(2)，

(3)式において重相関係数はそれぞれ0.966，0.957であり，これらの式は土の侵食量を予測するためには十分使用できると考える。またこれら両式において，土の侵食性の大小を予測するのに最も簡単な予測因子は粘土比

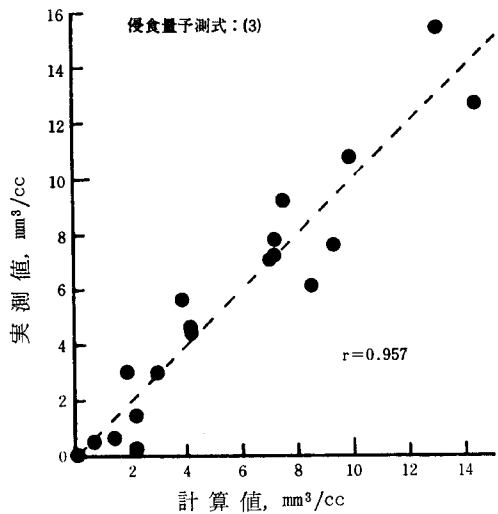


図-2 土の侵食量の計算値と実測値

(粘土/ (シルト+砂) と定義される) であり，侵食量変動のそれぞれ83，84%を占めている。(2)，(3)式を用いて計算した $e_D, e_{DV}$ 値と実測値との相関係数の比較から $e_D$ の実測値と予測値の方がより有意であるがF値と有機質火山灰土の特性を考慮すると $e_{DV}$ の方にて土相互の侵食性の比較をすることが望ましいと考える。 $e_{DV}$ の実測値と計算値を図-2に示す。また(3)式に選択された侵食因子と $e_{DV}$ との関係を図-3に示す。粘土比，浸入率は $e_{DV}$ と有意水準0.1%で有意であり，団粒係数は有意水準5%で有意である。団粒係数があまり有意でないのは，実験に供した時の土相互の風乾処理の程度等によるものと思われる。 $e_{DV}$ と粘土比(Cr)との関係における回帰式は

$$e_{DV} = 0.319 + 20.318 Cr \dots (4)$$

とあらわされる。この式の相関係数は0.916である。そして粘土比はJIS規定の粒度分析に従って求めた粒度分布からの値であり，有機質火山灰土における分散剤など考慮する必要がないという利点もある。粘土比は土の侵食性の判定指標の侵食予測因子として土全体に対して大いに使用できると考える。

今，26侵食因子から，有意水準1%，標準誤差が最小となる最良の組合わせによる $e_D, e_{DV}$ における重回帰式は，表-3の選択された予測侵食因子を用いて次式を提出する。

$$e_D = 0.833 + 17.091 X_1 + 0.113 X_6 - 0.025 X_{12} - 4.558 X_{16} \dots (5)$$

$$e_{DV} = 10.550 + 11.086 X_1 - 0.984 X_{10} - 0.018 X_{12} - 3.164 X_{16} \dots (6)$$

これら両式はそれぞれ(2)，(3)式よりかなり有意であり，(5)，(6)式による予測値はそれぞれ侵食

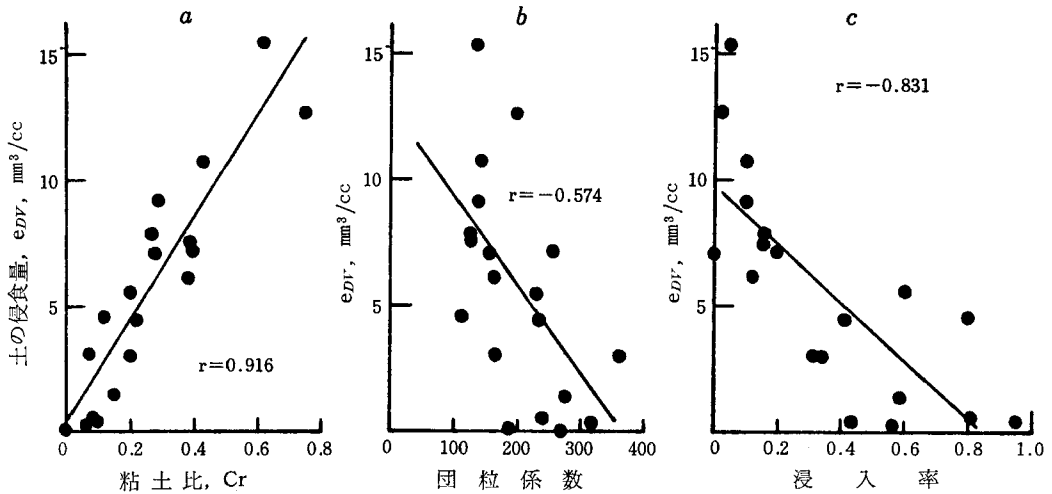


図-3 土の侵食量と土壌因子との関係

量変動の96, 95%を説明している。両式の重相関係数はそれぞれ0.980, 0.973であり, F値, 標準誤差と考え合わせると(5)式が最良の重回帰式と推測する。しかしながら, 有機質火山灰土は団粒構造が発達して, 間ゲキ比が大きく, 比重も小さい故に, 土の重量による(5)式からの侵食量予測値は有機質火山灰土を十分に説明していないと考える。そこで, 土の容積による侵食量予測値として, (5)式に土の乾燥密度( $X_{22}$ )を導入することにより(5)式を修正し次式を提出する。

$$\frac{e_D}{X_{22}} = e_{DV} = \frac{1}{X_{22}} (0.833 + 17.091X_{11} + 0.113X_6 - 0.025X_{12} - 4.558X_{16}) \dots (7)$$

(6), (7)式を用いて計算した侵食量予測値 $e_{DV}$ と実測値とを比較すると, それぞれ相関係数は0.973と0.974

であり, (7)式の方が少し良い結果を得た。 $e_{DV}$ の実測値と(7)式を用いて計算した予測値との関係を図-4に示す。(7)式において選択された4変数は粘土比, シルト+細砂, 団粒係数, 浸入率であり, (3)式よりシルト+細砂が追加されている。この侵食因子については, Wischmeier<sup>20)</sup>, Youngら<sup>21)</sup>も取り上げており, 土の侵食性に対しては重要な因子の1つであると考えられる。Mazurak<sup>22)</sup>, Farmer<sup>23)</sup>, 内田ら<sup>24)</sup>は飛散侵食の粒径fractionにおける実験から一番飛散し易い粒径分に関して興味ある結果を示している。

土の侵食性の判定指標として, 粘土比が最も重要な侵食因子であると結論づけられる。そして外的な要因, すなわち下層土の透水性などを考慮しないその土固有の侵食性を評価する場合には粘土比の大小によって土の侵食性は判定できる。今, 試料土の粒径分布における粘土分の3段階, すなわち粘土分30%以上, 30~20%, 20%以下と土の侵食性判定における安全性を考慮して, 表-4のような土固有の侵食性の判定規準が求められる。

表-4 土固有の侵食性と粘土比

土の侵食性	粘土比
大	0.4<
中	0.4 ~ 0.2
小	0.2>

2) 土の侵食量増加率について

次に, 内的要因である土固有の侵食性だけではなく, 外的要因である浸透速度と透水性に影響する土の性質を考慮した場合の土の侵食性について考える。排水, 非排

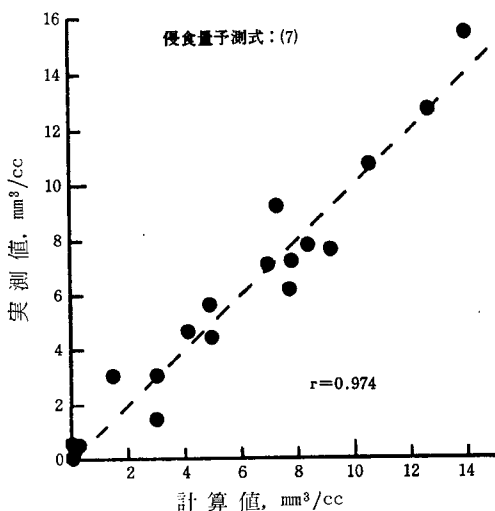


図-4 土の侵食量の計算値と実測値

水状態の実験結果からの侵食量を基にして、土の侵食量増加率( $e_r$ )を求める。土の侵食量増加率は、 $e_r = (e_{DV} - e_{DV'}) / e_{DV}$  と定義した。ここに、 $e_{DV}$  は下層土の影響を受ける状態での水の単位体積あたりの流出土容積 ( $\text{mm}^3/\text{cc}$ ) である。 $e_{DV'}$  は供試土の下層土の影響、すなわち下層土が不透水性である場合最大の侵食量の増加を示す。 $e_r$  が大きいほどその土固有の侵食性だけではなく、下層土の透水性に大きく土の侵食性が影響されることを示している。

土の総合的な侵食性を判断する場合には、前述の内的要因による  $e_{DV}$  と外的要因による  $e_r$  とから土の侵食性を判定する必要がある。今、土の侵食性 ( $e_r$ ) を  $e_r = e'_{DV} \times e_r + e'_{DV}$  と定義する。ここに、 $e'_{DV}$  は供試土の  $e_{DV}$  を、(4) 式に  $C_r = 1.0$  (粘土分を50%と仮定した) を代入した時の  $e_{DV}$  で割った値である。 $e'_{DV}$  は土自身の性質による値であるから、その土については一定である。そして、 $e_r$  は下層土の透水性の違いによって変化する。従って、 $e_r$  は  $e_r$  の増減とともに増減する。図-5 は下層土が不透水性の場合の各供試土の  $e_r$  と  $e_r$  との関係を示している。図-5 より火山灰土について侵食性を判定すると、鳥大クロボク、シラスは侵食性大であり、関金、鏡成クロボク、赤碓土は侵食性小となる。シラスは一般的にクロボクに比較して非常に侵食性は大きく、下層土の透水性にも左右され、侵食災害を受けやすい土である。またクロボクにおいて、関金、鏡成クロボクと鳥大クロボクとはその侵食量に大きな差がみられた。これはそれらの地域的な違いあるいは乾燥履歴が大きな要因をなしていると考えられる。また両者は物理的性質において大きな違いがみられる (表-1)。以上両クロボクの比較より

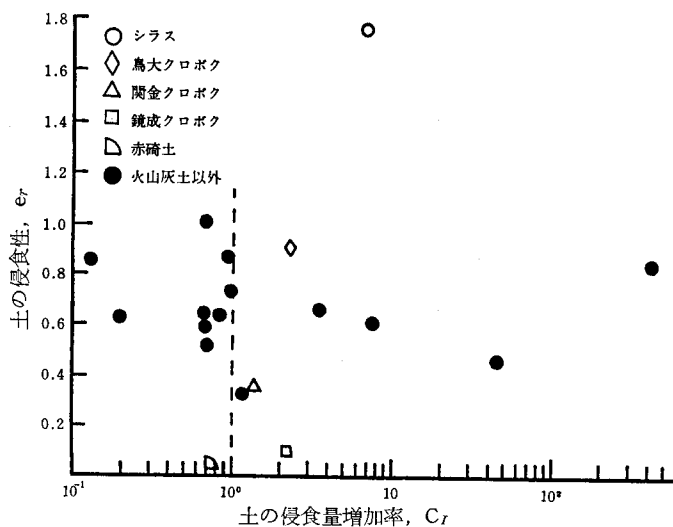


図-5  $C_r$  と  $e_r$  との関係

有機質火山灰土は気候的な影響あるいは耕作等によりその理工学的性質の変化を伴い、その侵食性は増大する。また有機質火山灰土は下層土の透水性にも左右され、その侵食災害は乾燥・湿潤の繰返し、あるいは人為的な攪乱等により増加する。

土固有の性質による侵食性の判定指標の侵食予測因子である粘土比と侵食量増加率とを使用して表-5に土の侵食性の判定規準を提示する。なお、侵食量増加率の危険度の境として  $e_{DV}$  を  $e_{DV'}$  の2倍と仮定して、 $e_r$  値は1.0

表-5 土の粘土比と侵食量増加率

粘土比	土の侵食量増加率	
	$1.0 >$	$1.0 \leq$
$0.4 <$	土固有の性質に左右され、常に多量の土が侵食されるが、急激な侵食量の増加は起らない	侵食量大で非常に危険な土
$0.4 \sim 0.2$	土固有の性質に左右され、侵食量は中程度である	下層土の透水性に左右され、やや危険な土
$0.2 >$	侵食量小で安全な土	下層土の透水性に左右され、侵食量は増加傾向を示す

表-6 土の侵食性の判定規準

土の侵食性	$e_r$
大	$0.8 <$
中	$0.8 \sim 0.4$
小	$0.4 >$

を用いた。また、表-4の粘土比、(4) 式とここでは仮に  $e_r = 1.0$  を用いて、土の侵食性  $e_r$  を数値化したものを表-6に示す。各試料土において下層土の透水性の違いにより  $e_r$  は変化する。その変化の範囲は試料土における  $e'_{DV}$  の値から、下層土が不透水性の場合の最大侵食量増加率  $e_r$  値を用いて求めた  $e_r$  値までである。

### 5. あとがき

降雨と流出による土の侵食性を評価するうえで判定指標となる侵食予測因子について、重回帰分析を用いて解析した。特に火山灰土を含む土一般に対して、土の粘土比、侵食量増加率という語を導入して土の侵食性に検討を加



えた。そして次のような結論を得た。

(1) 重回帰分析による土の侵食量予測式は、

$$e_{DPR} = 5.147 + 16.695X_1 - 0.017X_{12} - 1.312X_{16}$$

あるいは

$$e_{DPR} = \frac{1}{X_{22}} (0.833 + 17.091X_1 + 0.113X_6 \\ - 0.025X_{12} - 4.558X_{16})$$

とあらわされる。

(2) 粘土比(粘土/(シルト+砂))は降雨と流出による土の侵食において用いられる最も重要な因子である。そして粘土比は土の侵食量変動の84%に寄与していた。

(3) 土の侵食性は粘土比と侵食量増加率でもって評価できる。

最後に、本研究をまとめるに当たり、懇切なるご指導とご教示いただいた九州大学藤川武信教授に心からの謝意を表します。

#### 引用文献

- 1) Smith, D.D. and Wischmeier, W.H. : Rainfall erosion, *Advances in Agronomy* 14, pp.109~148 (1962)
- 2) 土質工学会編 : 土質工学ハンドブック, 技報堂, p.316 (1965)
- 3) O'Neal, A.M. : A key for evaluating soil permeability by means of certain field clues. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 16, pp.312~315 (1952)
- 4) Adams, J.E., Kirkham, D. and Scholtes, W.H. : Soil erodibility and other physical properties of some Iowa soils. *Iowa State Coll. J. Sci.* 32, pp.485~540 (1958)
- 5) 川村秋男・山崎清功・氏家勉 : 寡雨条件における侵蝕機作に関する研究, *四国農試報告*, 8, pp.171~184 (1963)
- 6) Epstein, E. and Grant, W.J. : Soil erodibility as affected by soil surface properties, *Trans. ASAE* 14(4), pp.647 648, 655 (1971)
- 7) Bruce-okine, E. and Lal, R. : Soil erodibility as determined by raindrop technique, *Soil Science* 119(2), pp.149~157 (1975)
- 8) Wischmeier, W.H., Smith, D.D. and Uhland, R.E. : Evaluation of factors in the soil-loss equation, *Agr. Eng.* 39 (8), pp.458~462, 474 (1958)
- 9) Wischmeier, W.H. : Cropping-management factor evaluation for a universal soil-loss equation, *Soil Sci. Soc. Proc.* 24(4), pp.322~326 (1960)
- 10) Olson, T.C., Mannerling, J.V. and Johnson, C.B. : The erodibility of some Indiana soils, *Ind. Acad. Sci. Proc.* 72, pp.319~324 (1962)
- 11) Olson, T.C. and Wischmeier, W.H. : Soil-erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations, *Soil Sci. Soc. Proc.* 27(5), pp.590~592 (1963)
- 12) Barnett, A.P., Rogers, J.S., Holladay, J.H. and Dooley, A.E. : Soil erodibility factors for selected soils in Georgia and South Carolina, *Trans. ASAE* 8(3), pp.393~395 (1965)
- 13) Mcgregor, K.C., Greer, J.D., Gurley, G.E. and Bolton, G.C. : Erodibility factors for Loring and Lexington soils, *Jour. Soil Water Conserv.* 24(6), pp.231~232 (1969)
- 14) Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. and Cross, B.V. : A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites, *Jour. Soil Water Conserv.* 26(5), pp.189~193 (1971)
- 15) Young, R.A. and Mutchler, C.K. : Erodibility of some Minnesota soils, *Jour. Soil Water Conserv.* 32(4), pp.180~182 (1977)
- 16) 今井一郎・藤原美幸・市村市太郎・吉原善次 : 雨のレーダー反射因子と粒径分布について, *研究時報*, 7(7), pp.36~47 (1955)
- 17) Laws, J.O. : Measurements of the fall-velocity of water-drops and rain-drops, *Trans. Amer. Geophys. Union.* 22, pp.709~721 (1941)
- 18) 小谷佳人・河野洋・内田勝利 : 大山, 三瓶山系有機質火山灰土の理工学性に関する研究(I), *農土論集*, 60, pp.7~13 (1975)
- 19) 前掲5)
- 20) 前掲14)
- 21) 前掲15)
- 22) Mazurak, A.P. and Mosher, P.N. : Detachment of soil particles in simulated rainfall, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32(5), pp.716~719 (1968)
- 23) Farmer, E.E. : Relative detachability of soil particles by simulated rainfall, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37(4), pp.629~633 (1973)
- 24) 内田勝利・河野洋・小谷佳人 : 水滴による土粒子の飛散について, *鳥大農研報*, 30, pp.188~193 (1978)

解 説

# 吸 着 熱 測 定 法

葛 上 久\*

Calorimetry of Absorbed Heat  
Hisashi KUZUKAMI

## ま え が き

土の物理的性質は土中水の量の多少によって大きく変る。とくに細粒土では、多量の水を保持しうるので土の物理的性質に与える影響も広範囲である。また細粒土は比表面積が大きいので界面活性の影響も無視できない。たとえば、気乾状態の土中水は土粒子表面にÅ単位で吸着されていることになる。このような水は普通水とは質的に異なる性質を呈し、ひいては土の物理性にも影響しているものと考えられる。

熱測定はこのような質的に変化した水(吸着された水)の熱力学的情報を比較的容易に測定できるとともに、種々の含水状態においても測定できる利点がある。本編は土の物理的性質を新たな方向から解析できる“熱測定法”

についてその概略をのべる。

## 1. 熱測定の原理

はじめに熱測定の対称となる熱の種類を挙げると表1のようなものである。

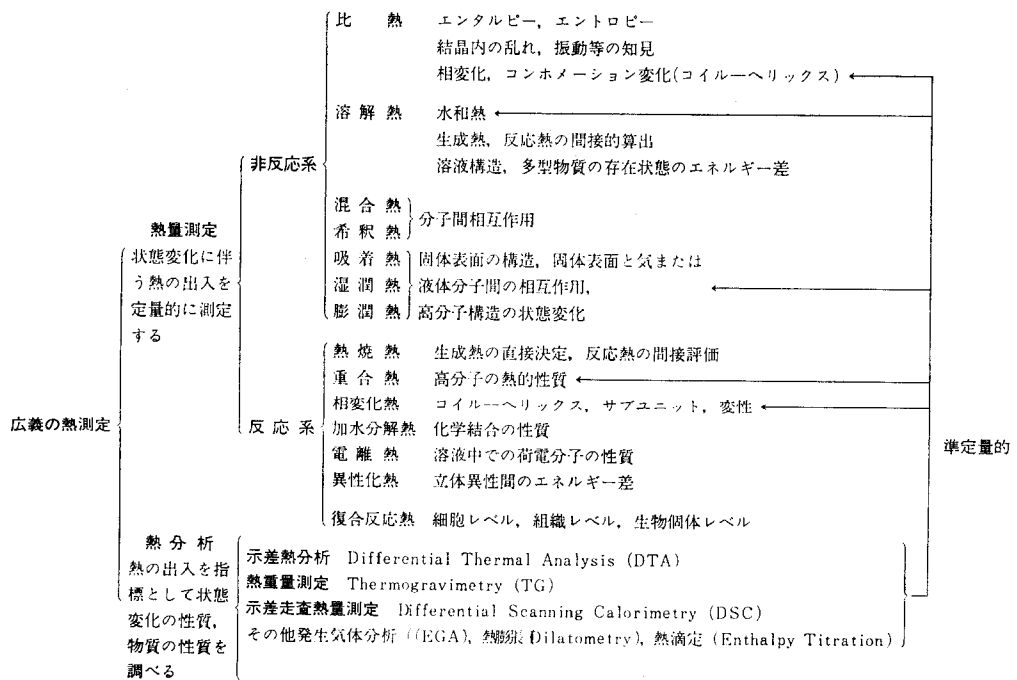
すなわち広義の熱測定とは

- 1) 熱量測定: 状態変化に伴う熱の出入を定量的に測定するもの
- 2) 熱分析: 熱の出入を指標として状態変化の性質、物質の性質を調べる

の2種類に分類できる。ここでは熱量測定について述べる。

熱測定とは、物質が状態変化するときの熱の出入を実測するものであるから、そうして得られたものは内部エ

表-1 熱 測 定 の 種 類 (文献3より転載)



エネルギー差 ( $\Delta E$ ) またはエンタルピー差 ( $\Delta H$ ) である。通常熱測定は“開かれた系”すなわち定圧で行うのでエンタルピー変化 ( $\Delta H$ ) を測定することになる。

熱力学では、変化の起り易さは、その状態の保有する全エネルギーとともに物質のとり得る微視的な状態数の大小によっても律せられることがわかっている。すなわち、エントロピー ( $S$ ) という概念であり、分子論的にとりうる状態の数  $W$  と次の関係がある。

$$S = k \ln W \quad (i)$$

物質の状態すなわち安定性あるいは変化の起り易さを記述するエネルギーの単位をもつ量 (自由エネルギー ( $G$ )) は前述の二つのパラメーター、すなわち保有する全エネルギーとそれが微視的にどのように分配されているかという状態数によって次式で与えられる。

$$G = H - TS \quad (ii)$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (iii)$$

( $T$ : 絶対温度)

エンタルピー変化 ( $\Delta H$ ) と同様エントロピーも熱測定により与えられる。

(ii) 式に他の熱力学の定義を導入して

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p = \frac{C_p}{T} \quad (iv)$$

( $C_p$ ): 定圧比熱)

が得られるので積分すると

$$S(T) - S(T_0) = \int_{T_0}^T \left(\frac{C_p}{T}\right) dT \quad (v)$$

となる。絶対零度でのエントロピーを零とおくと (第三

法則)

$$S(T) = \int_0^T \left(\frac{C_p}{T}\right) dT \quad (vi)$$

となり、定圧比熱  $C_p$  が温度の関数として既知なら、物質固有のエントロピーを求めることができる。

また、比熱の測定値から、次式

$$H(T) = \int_{T_0}^T C_p dT + H(T_0) \quad (vii)$$

により物質のエンタルピーも決定できる。

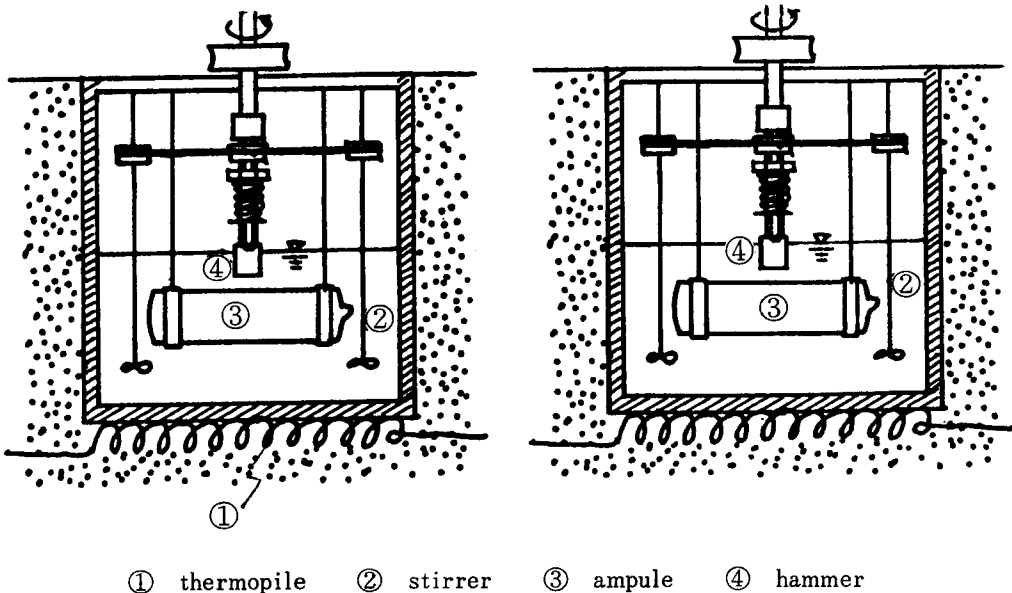
このように、比熱の測定はエントロピー、エンタルピーを与え、またそれらを組合せて (ii) 式の自由エネルギーが得られる。こうして得られた熱力学量は大変有用なものであり、任意の反応における平衡定数や反応の性質に関する熱力学的情報を導くことができる。

## 2. 実験装置および実験方法

熱測定装置はサーモモジュール型双子型熱量計 (図-1) を使用するのが便利である。本熱量計は2つの同じ熱容量の熱量計容器を使用し、熱検出端子を接続したもので、攪拌やアンプル (試料封入容器) の破壊など測定に伴う系固有の不要な熱を打ち消すとともに、周囲温度 (恒温槽の温度) の変動による熱測定結果への影響を消去するようになっている。双子型熱量計は多種市販されているので実験目的に応じた適当な機種を選択が可能である。

実験は大略次のような順序でおこなえばよい。<sup>1)</sup>

- 1) 試験しようとする土 (0.5~5 g) を正確に秤量し



① thermopile    ② stirrer    ③ ampule    ④ hammer

図-1 熱量計の模式図

註 1) 筆者が実験に供した熱量計は本学農学部生物物理化学研究室で試作されたもので市販品とは、機能および作動方法に多少の違いがある。

アンプルに封入する。湿潤土のときは含水比を測定しておく。

2) 熱量計容器中のアンプルホルダーにアンプルをセットする。比較容器にも空のアンプルをセットする。

3) 熱量計容器に水を入れるが、固-液反応か固-気反応かによって次のようにする。

a) 固-液反応の場合は一定量(例えば20ml)を2つの容器に入れる。ホルダーにセットされたアンプルは水中に浸るようにする。

b) 固-気反応の場合には熱量計容器の中につるした蒸発用小皿に水を入れ、容器内を飽和状態にしておく。

4) アンプルをセットし、水を入れた容器を双子型熱量計の恒温槽にセットする。恒温槽内に設置されている熱検出装置は容器が丁度あまり込む大きさになっている。筆者の使用した装置は熱量計容器と熱検出装置間の熱伝達を良くするために、流動パラフィンを入れて両者のすき間を満たした。

5) 熱量計容器内の攪拌装置を作用する。攪拌装置の回転はアンプル破壊用ハンマーの作用にも用いる。攪拌の場合にはある回転方向に動かし、逆回転すると攪拌はそのまま続けながらハンマーが作用してアンプルを破壊する。

6) 熱検出器を接続した記録計の動きから2つの容器が熱平衡になるのを確認後ハンマーでアンプルを破壊し試験を開始する。そして記録計のペンがベースラインに戻った時点で試験は終る。

### 3. 実験結果の解析方法

ある2つの物体に温度差がある場合には熱交換が起りその温度差は時間とともにその温度差に比例した速度で減少する。いま2つの系があって、その一つが一定温度に保たれ、もう一つの系が温度変化を起すものとする、時間 $dt$ の間に $dq$ の発熱があれば、そのときの温度上昇速度は $dq/dt$ である。しかし、観測される温度上昇速度 $dq'/dt$ は冷却効果のために冷却速度 $dQ/dt$ だけ差引いたものになる。

$$dq'/dt = dq/dt - dQ/dt \quad (\text{viii})$$

ここで冷却速度は温度差に比例するから、比例定数を $K$ とすると

$$dQ/dt = Kq' \quad (\text{ix})$$

(ix) 式を (viii) 式に代入して

$$dq'/dt = dq/dt - Kq' \quad (\text{x})$$

(x) 式を積分すると

$$\int dq' = \int dq - K \int q' dt + C$$

$$\therefore q' = q - K \int q' dt + C$$

ここで積分定数 $C$ は $t=0$ における2つの系の温度差であるから0である。

$$\therefore q' = q - K \int q' dt \quad (\text{xi})$$

(xi) 式を変形して

$$q = q' + K \int q' dt \quad (\text{xii})$$

従って真の温度変化は見かけの温度変化とその積分値に冷却定数 $K$ を掛けたものの和に等しいことになる。すなわち、観測される温度変化を $g(t)$ とすると、冷却効果を補正することにより反応に伴う真の温度変化 $f(t)$ が得られる。 $f(t)$ は反応の進行そのものを示すものであり、反応速度論的に応用できる。

a) cooling constant ( $K$ ) の求め方 (図-2, (a))

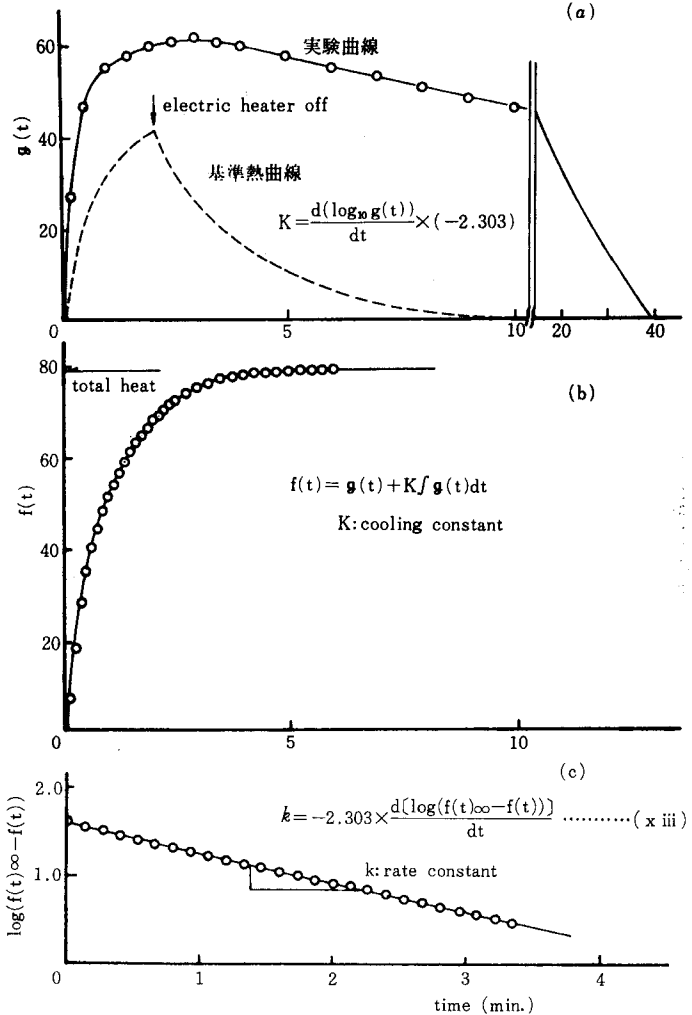


図-2 熱測定 の 解析例

2つの熱量計容器にアンプルをセットした状態で両者が温度平衡に達した後、試料用熱量計容器に一定量の熱量を熱源（電熱）より与える。熱源を切ると、記録紙上のペンは冷却効果のために、時間とともに対数減衰の曲線を描く。この曲線を standard heat curve と呼ぶ。

冷却定数  $K$  は次式より算出する。

$$K = d \log_{10} g(t) / dt \times (-2.303)$$

#### b) 発熱量の求め方 (図-2(b))

(xiii) 式から求められるが、次のようにして求めることもできる。まずヒーターで一定量の熱量 ( $Q_0$ ) を与えて  $g(t)-t$  曲線を描く。その面積を  $F_0 \text{ cm}^2$  とする。また供試土の発熱によって得られるチャート上の面積を  $F_{\text{cm}}$  とすれば、供試土の発熱量  $Q$  は次式によって直接求めることができる。

$$Q = F \times Q_0 / F_0$$

#### c) 速度定数 ( $k$ ) の求め方 (図-2(c))

(xiii) 式から次のようにして求める。

- ①  $\log\{f(t) - f(t)\}$  vs  $t$  を描く。
- ②  $d[\log\{f(t) - f(t)\}] / dt$  を求める。
- ③  $k = -2.303 \times d[\log\{f(t) - f(t)\}] / dt$
- ④ half-life period は  $0.693/k$  である。

#### 4. 熱測定の一応用例<sup>9)</sup>

いままで述べてきた熱測定結果から、土-水系の反応に関する数種の情報を得ることができる。その結果と土の物理的性質発現機構の相互関係から2, 3の知見をえている。<sup>4), 8), 9)</sup>

ここで熱測定の一応用例として、関東ロームにみられる初期含水比と工学的性質の間の特殊性（例：締固め試験における初期含水比の影響）に対する解析例を述べる。

初期含水比と発熱量の間に直線関係があるならば、Henry型吸着式 ( $v = ap$ , ここに  $v$ : 吸着量,  $p$ : 平衡圧,  $a$ : 定数) 類似の現象として解析できるが、関東ロームの初期含水比 ( $w_i$ ) と吸着熱の間には双曲線型の関係が認められるので Langmuir 吸着式と類似の解析を行なうことにし、まず次式を考える。

$$q_i = q_0 - q_{ob} = a w_i / (b + w_i) \quad (\text{xiv})$$

ここに  $q_{ob}$ :  $w_i$  に対するみかけの発熱量

$$q_0: w_i = 0 \text{ のときの } q_{ob}$$

$q_i$ :  $w_i$  に対する発熱量

$a, b$ : 定数

上式は放物線になるが、直線関係の方が解析し易いので次式に改める。

$$1/q_i = b/a \cdot 1/w_i + 1/a \quad (\text{xv})$$

(xv) 式はこう配  $b/a$ , 切片  $1/a$  の直線である。さらに, xiv 式の微分は微分吸着熱を与えるが, 炉乾土に水が吸着される際の熱量は  $(dq_i/dw_i)_{w_i=0} = a/b$  となる。

詳細は省略するが, 本解析によって関東ロームの工学的性質の不可逆性, すなわち水分履歴の特殊性に対する一つの解答を得ることができる。

#### あ と が き

本編は土, とくに細粒土の工学的性質研究のための熱測定法について概説したものである。詳しくは物理化学の成書や熱測定学会誌および引用文献<sup>1) 2) 3) 6) 7)</sup>を参照されたい。また, 土壌の物理性研究のための応用例については引用文献<sup>4) 5) 6) 8) 9)</sup>を参照されたい。

#### 引用文献

- 1) 慶伊富長: 吸着, 共立出版 (1971)
- 2) 須藤: 比表面の測定, 土壌の物理性, No. 16 (1967), pp. 39-42
- 3) 高橋: 生物化学の分野における熱測定, 生物物理12-1 (1972), pp. 27-44.
- 4) 葛上・高橋: 細粒土の工学的研究のための熱測定, 第8回熱測定討論会要旨集 (1972), pp. 66-67.
- 5) 深田・高橋: でんぶんの湿潤過程における熱的性質, 第9回熱測定討論会要旨集 (1973), pp. 148-149.
- 6) M.L. Sharma, G. Uehara and J.A. Mann, Ja: Thermodynamic properties of water adsorbed on dry soil surface, Soil sci. 107-2 (1969), pp. 86-93.
- 7) 高橋: おそい反応のためのサーミスター方式双子型熱量計について, 分析機器7-6, pp. 367-373.
- 8) 葛上: 細粒土の工学的性質研究のための熱測定について, 農土論集, 68, (1977)
- 9) 葛上: 関東ロームの水分履歴現象に対する一考察, 農土論集, 69, (1977)

# 会 務 報 告

(昭和53年9月16日～昭和54年4月4日)

## 選挙管理委員会報告

昭和53年9月30日開票 於 大府大農

### 第6回評議員選挙開票結果

有効投票	129票
無効投票	0票
白票	2票
計	131票

### 当選者(五十音順)

岩田 進午(関東)	寺沢 四郎(関東)
木下 彰(東北)	長田 昇(中部)
黒田 正治(九州)	前田 隆(北海道)
国分 欣一(中・四国)	丸山 利輔(近畿)
須藤 清次(関東)	美園 繁(関東)
竹中 肇(関東)	湯村 義男(中部)
田淵 俊雄(関東)	横井 肇(関東)
手島 三二(近畿)	以上15名

第6回評議員選挙開票の結果、新評議員は上記の通り相違ありません。

昭和53年9月30日

選挙管理委員長	駒井 豊
選挙管理委員	金木 亮一
〃	杉本 正美
〃	前川 俊清

## 第12回事務局会議 53.10.28 於：大府大農

〔出席者〕手島、岩田、荻野、葛上、村島、矢部  
事務打合せ

- 1) 会務運営現況について(庶務、会計、編集)
- 2) 新旧合同評議員会について
- 3) 第20回土壤物理研究会シンポジウムについて
- 4) 新入会員の申込みについて
- 5) その他

## 第2回シンポジウム運営委員会 53.11.1 於：大府大農

〔出席者〕荻野、上田、葛上、杉本、穂波、村島、矢部  
報告および打合せ

- 1) シンポジウム運営の任務確認および進行状況の報告
- 2) 当日の予算およびアルバイト等
- 3) 懇親会および昼食について
- 4) その他

## 第1回評議員会(新旧合同) 53.11.11 於：なにわ会館

〔出席者〕手島、岩田、久馬、黒田、寺沢、長田、前窪  
丸山、湯村、四方田(編集委員長)、高橋(会計監査)  
村島(事務局)

## 〔議題および報告〕

### 1) 報告事項

- (1) 会務運営現況の報告
- (2) 評議員選挙結果の報告
- (3) 20周年記念事業の中間報告
- (4) 第20回シンポジウム開催について
- (5) その他

### 2) 協議事項

- (1) 昭和53年度予算
- (2) 新会長、副会長および編集委員長の選出
- (3) 新入会員の承認
- (4) その他

## 第20回土壤物理研究会シンポジウム 53.11.11 於：大府大農

テーマ：田畑輪換をめぐる諸問題

座長：石井 和夫(東北農試)

黒田 正治(九州大農)

講演：1. わが国農業における田畑輪換の位置づけ

について……………農技研 吉田武彦

2. 田畑輪換と作物栽培について  
……………東北農試 本田太陽

3. 田畑輪換に伴う土壌の変化  
……………千葉県農試 渡辺春朗

4. 田畑輪換と還元田用水量  
……………岐阜大農 足立忠司

5. 田畑輪換と排水……………岡山大農 高橋 強

### 総合討論

司会：丸山利輔(京都大農)

湯村義男(野菜試)

## 昭和53年度土壤物理研究会総会 53.11.11 於：大府大農

シンポジウムの休憩時間を利用して総会が開かれた。

議長：中村忠春(愛媛大農)

### 1. 経過報告

- 1) 一般事務報告
- 2) 編集委員会報告
- 3) 会計報告
- 4) 会計監査報告
- 5) 選挙管理委員会報告
- 6) 20周年記念事業報告

### 2. 議 題

- 1) 昭和53年度予算案について
- 2) その他

### 3. 新役員紹介(昭和53年11月1日～昭和54年10月31日)

湯村新会長より新役員の紹介およびあいさつが行なわれた。

以上の経過報告および議案について承認されました。

尚、承認された決算および予算は次のとおりである。  
会計報告

## 昭和52年度決算報告 (52.11.1~53.10.31)

	項 目	決 算 額
収 入 の 部	繰 越 金	884,448
	賛 助 会 費	70,000
	講 読 会 費	130,000
	一 般 会 費	1,286,500
	広 告 料	3,000
	出 版 物 売 上	83,050
	雑 収	4,514
	合 計	2,461,512
支 出 の 部	会 誌 製 作 費	1,277,950
	総 会 費	194,886
	通 信 費	195,160
	文 具 費	20,127
	賃 金	40,200
	交 通 費	42,060
	会 議 費	8,600
	役 員 手 当	12,000
編 集 委 員 会 費	67,230	
予 備 費	60,000	
繰 越 金	543,299	
	合 計	2,461,512

## 昭和52年10月度決算

	予 算	決 算	増 減
収 入	809,500	192,949	△ 616,551
支 出	183,034	51,360	131,774

△ 484,877

## 昭和53年度予算 (53.11.1~54.10.31)

	項 目	予 算 額
収 入 の 部	繰 越 金	543,299
	賛 助 会 費	70,000
	講 読 会 費	122,500
	一 般 会 費	1,479,500
	広 告 料	40,000
	出 版 物 売 上	50,000
	雑 収	10,000
	合 計	2,315,299

	項 目	予 算 額
支 出 の 部	会 誌 製 作 費	1,700,000
	総 会 費	150,000
	通 信 費	150,000
	文 具 費	20,000
	賃 金	30,000
	交 通 費	80,000
	会 議 費	10,000
	役 員 手 当	30,000
	編 集 委 員 会 費	70,000
	予 備 費	75,299
	繰 越 金	0
	合 計	2,315,299

昭和53年度から本会の事務局は農林水産省野菜試験場  
(三重県津市一身田大古曾670)に移動し、昭和53年12月  
21日に新旧事務引継ぎを行いました。

事 務 局 三重県津市一身田大古曾670 野菜試験場  
土壌肥料研究室  
(TEL) 0592-32-3531 (内線26)  
〒 514-01

代 表 者 湯村義男

振 替 口 座 東京-5-17794

銀 行 口 座 第一勧銀津支店

(総合口座) 464-1119224

原稿送付先 津市上浜町 三重大学農学部  
農業土木学科 長田 昇  
(TEL) 0592-32-1211 (内線3591)  
〒 514

## 会費の納入と会計年度について

土壌物理研究会では、53年11月から54年10月までを53  
年度としており、歴年との間に違いがあります。刊行中  
の会誌39、40号は53年度分会誌に相当します。会費納入  
に際して、一部に混乱が生じているようですのでお知ら  
せいたします。

[新 入 会 員]

氏 名	所 属	種	〒	勤 務 先 住 所
川崎 哲郎	愛媛県農試	正学	790	松山市道後一万1-2
永井 啓一	大府大農	正学	591	堺市百舌鳥梅町4丁804 農業工学科
斉藤 公三	日本大学農獣医	正学	154	東京都世田谷区下馬3-34-1
藤井 英雄	山口県大島柑きつ試	正学	742-28	山口県大島郡橋町安下庄安高
松本 康夫	岐阜大農	正学	504	岐阜県各務原市那加門前町3-1
豊満 幸雄	筑波大・農林工学系	正学	300-31	茨城県新治郡桜村金田642-1
古谷 正	野菜試	正学	514-01	津市一身田大古曾670
富樫 千之	宮城県農短大	正学	982	仙台市山田字旗立1-16
茂垣 慶一	茨城県農試	正学	311-42	水戸市上国井町
石川 実	茨城県農試	正学	311-42	水戸市上国井町
栃木 農試		購	320	宇都宮市瓦谷町1080
ワールド精工KK		賛	617	京都府長岡京市天神1丁目17-1
丸和化学KK		賛	553	大阪市福島区海老江5丁目2-2
工藤 祐晃	宮城県農短大	正学	982	仙台市山田字旗立1-16
久保 博	大林組技術研	正学	180-04	東京都清瀬市下清戸4-640

[住所変更]

荻野 芳彦 〒591	堺市百舌鳥梅町4丁804	吉田 昭治 〒950-21	新潟市五十嵐2の町8050 新潟大学積雪地域災害研究センター
美園 繁 〒302	茨城県取手市東6-21-14(自宅)	舟戸 一勝 〒464	名古屋市千種区今池町3-77 (自宅) 若鈴コンサルタント
黒川 春一 〒069-13	北海道夕張郡長沼町東6線北15道立中央農試	鬼鞍 豊 〒100	東京都千代田区霞ヶ関1-2 農林水産省農林水産技術会議事務局
沢村 宣志 〒062	札幌市豊平区羊ヶ丘1 北海道農試	前田 乾一 〒020-01	盛岡市下厨川赤平4 東北農試
池田 孝男 〒960	福島市杉妻町2-16 福島県農林部	平島 利昭 〒062	札幌市豊平区羊ヶ丘 北海道農試
河野 郷 //	//	大城 晃 〒431-21	静岡県浜松市都田町沢上9436 静岡県柑試落葉果樹試
末永 弘 //	//	伊藤 一幸 〒365	埼玉県鴻巣市大字鴻巣1227 農事試験場
大山 信雄 〒365	埼玉県鴻巣市大字鴻巣1227 農事試験場	中田 昌卯 〒903	沖縄県那覇市首里 琉球大学農学部
小山 雄生 〒280	千葉市青葉町959 農林水産省畜産試	関谷 宏三 〒300-02	茨城県筑波郡谷田部町藤本2-1 農林水産省果樹試
権藤 昭博 //	//	松永 俊行 〒065	札幌市東区北43条東1丁目814-83 井川ハイッ302号(自宅)
山中 勇 〒154	東京都世田谷区池尻4-9-25 (自宅)	中川 義一 〒990	山形市七日町3-1-16 山形県経済運営農技術対策室 日本フェローK.K.山形連絡所
松井 健 〒162	東京都新宿区岩戸町17文英堂ビル4階 地域開発コンサルタント	第1回事務局会議 54.1.16	於三重大農 [出席者] 湯村, 西出, 吉田, 伊藤, 長田, 新垣, 新庄 [議題]
江川 友治 〒177	東京都練馬区上石神井1-32 (自宅)	1. 会誌39号の編集方針	
小山 正忠 〒187	東京都小平市津田町1526(自宅)	2. 印刷所の選定	
穴瀬 真 〒183	東京都府中市幸町3-5-8 東京農工大農学部	3. 未納会費の徴収	
白井 清恒 〒113	東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部	4. 第1回評議員会の議事	



**第2回事務局会議** 54.1.29 於野菜試  
 [出席者] 湯村, 西出, 吉田, 伊藤, 長田, 新垣, 新庄  
 [議題]

1. 会誌39号の編集, 印刷の具体化及び40号以降の編集方針
2. 印刷所の調査
3. シンポジウムの大テーマを決めるためのアンケート調査
4. 第1回評議員会の日時, 場所の決定
5. 未納会費の督促
6. 会計内規及び投稿規定の一部改正

**第3回事務局会議** 54.3.26 於三重大農  
 [出席者] 湯村, 西出, 吉田, 伊藤, 長田, 新垣, 新庄  
 [議題]

1. 第1回評議員会議事次第
2. アンケート調査の結果
3. シンポジウム大テーマ(案)  
 「土壌物理とその境界領域」を評議員会に提案することを決定
4. 会誌39号の編集状況
5. 会費納入状況

**第1回編集委員会** 54.2.7 於三重大農  
 [出席者] 湯村, 長田, 足立, 穂波, 三野, 新垣, 新庄  
 [議題]

1. 投稿規定, 執筆規定の一部改正
2. No.39編集に関する件
3. No.40以降の編集基本方針について
4. 投稿依頼について
5. 総目次 (No.21~40) の作成について

**第53年度第1回評議員会** 54.4.4  
 (12~13時) 於東京農工大

[出席者] 湯村, 伊佐, 岩田, 磯分, 高橋, 田淵, 寺沢, 長田, 吉田(幹事), 伊藤(幹事)。ほかにオブザーバーとして足立(西出副会長代理), 堤(竹中代理)。

1. 報告事項
  - 1) 会費納入状況
  - 2) 会誌39号の編集状況及び投稿状況
  - 3) 会誌39~42号の印刷発注先について
  - 4) 投稿規定, 原稿執筆規定の一部改正
  - 5) ISSNについて
  - 6) 2月26日付アンケートの集約結果
  - 7) 会計幹事の交代 [西宗昭(野菜試) 新任]
2. 協議事項
  - 1) 第21回シンポジウムについて
  - 2) 新入会員の承認
3. 報告及び議事要旨

- 1) 昭和54年3月31日現在の53年度会費の納入状況は正会員, 学生会員, 購読会員計43%。
- 2) 会誌39号は4月末ころ発行予定。
- 3) 会誌39~42号の印刷は, 津市内の業者に依頼。
- 4) 「土壌の物理性」投稿規定及び原稿執筆規定の一部を次のように改正した。

「土壌の物理性」投稿規定の一部改正(1979年2月7日)

	旧	新
第4項の前段	枚数は16枚程度 図表を含めて刷り 上がり6ページ以 内を規準とする。 ……………	原稿の枚数は, 刷り上がり6ペー ジ以内(図表を含 めて32枚程度)を 規準とする。……

原稿執筆規定の一部改正(1979年2月7日)

	旧	新
第14項に追加	……………記入す ることにとどめる。	……………記入す ることにとどめる。 図の番号は「図一 1」のようにし, 説明とともに図の 下に鉛筆で記入す る。

- 5) 表紙の右肩に ISSN (International Standard Series Number) の登録番号を付ける。国立国会図書館への手続きがすみ次第実施する。
- 6) 2月26日付で連絡委員及び評議員を通じて行ったアンケートは137通発送したうち18票が期限内に回収された(大学2, 国立試7, 公立試8, 民間1)。第21回シンポジウムの希望テーマは, 大別すれば, 水田転作関係4, 基盤整備1, 機械作業及び力学性関係2, 土壌改良及び有機物関係4, 養分移動1, 診断基準及び方法2, 境界領域または他分野関連2, 土壌物理の進歩及び今後の展望2であった。会誌への投稿予定または掲載希望のテーマは4題あった。
- 7) 第21回シンポジウムは, 前項のアンケート結果等をふまえて審議した結果, 1979年11月中下旬に東京で, 土壌物理の境界領域における諸問題(仮題)をテーマにして, 土壌化学, 微生物, 粘土科学, 農業機械, 植物生理, またはその他の分野との境界領域をめぐって行うことが決まった。至急事務局で具体化する。
- 8) 次表の28名を新入会員として承認した。なお, 退会者, 住所変更者, 会員数は次の通り。

新 入 会 員 名 簿

昭和54年4月1日現在

No.	氏 名	所 属	会 員 種 別	専 門	勤 務 先	住 所
1	堀 潤 一	道 立 中 央 農 試	正		069-13	北海道夕張郡長沼町
2	田 中 勝 行	日 販 貿 易 KK 仕 入 課	正		101	東京都千代田区猿楽町1-2-1
3	三 浦 健 志	京 大 農 学 部	学	農土	606	京都市左京区北白川追分町
4	渡 辺 実 山	山 梨 農 試	正		407-01	山梨県北巨摩郡双葉町下今井1100
5	吉 田 堯 野	野 菜 試	正	土肥	514-01	津市一身田大古曾670
6	西 宗 昭	〃	正	〃	〃	〃
7	加 藤 誠	東 京 農 工 大 学	正	農土	183	府中市幸町3-5-8 農業工学科
8	田 中 正	筑 波 大 地 球 科 学	正	地理	300-31	茨城県新治郡桜村天王寺1-1-1
9	榎 根 勇	〃	正	〃	〃	〃
10	松 倉 公 憲	〃	正	〃	〃	〃
11	開 発 一 郎	〃	正	学	〃	〃
12	古 藤 田 一 雄	〃	正	学	〃	〃
13	中 川 慎 治	〃	学	農土	〃	〃
14	安 原 正 也	〃	学	陸水	〃	〃
15	佐 倉 保 夫	筑 波 大 水 理 実 セ ン タ ー	正	〃	〃	〃
16	岡 橋 生 幸	株 式 会 社 オ オ バ 航 測 部 防 災 技 術 課	正		153	東京都目黒区青葉台4丁目12-101
17	佐々木 崇 二	株 式 会 社 日 さ く	正	地理	104	東京都中央区京橋218
18	土 方 久 恒	和 歌 山 果 樹 園 試	正	土肥	643	和歌山県有田郡吉備町奥
19	駒 村 研 三	果 樹 試	正	〃	300-21	茨城県筑波郡谷田部町藤本2-1
20	白 井 美 和	香 川 農 試	正		761	高松市仙生山町甲220
21	新 庄 彬	三 重 大 農	正	農土	514	津市上浜町1515
22	西 川 慶 二 郎	㈱ 日 販 貿 易 仕 入 課	正		465	名古屋市中区村名駅3丁目3-17
23	日 販 貿 易 仕 入 課		購		101	東京都千代田区猿楽町1-2-1
24	新 潟 県 農 試		購		950	新潟県長岡市長倉町857
25	松 兼 三 一	三 重 農 技 セ ン タ ー	正	土肥	515-22	三重県一志郡嬉野町川北
26	森 井 健 一	〃	正	〃	〃	〃
27	大 森 肇 一	〃	正	土肥	〃	〃
28	石 川 裕 一	〃	正	〃	〃	〃

住 所 変 更 者 名 簿

昭和54年4月1日現在

No.	氏 名	新 勤 務 先	住 所
1	高知大附属図書館	780	高知市曙町2丁目5番1号
2	中 田 礼 喜	244	横浜市戸塚区戸塚田
3	木 村 重 彦	300-31	茨城県新治郡桜村並木4-907-201
4	真 下 育 久	422	静岡市大谷 静大農学部
5	甲 本 達 也	840	佐賀市本庄町 佐賀大農学部
6	中 島 文 四 郎	371-02	群馬県勢多郡粕川村月田1110
7	服 部 重 明	300-12	茨城県稲敷郡基崎村松の里 林試防災部
8	松 本 久 二	〃	〃
9	平 方 康 夫	862	熊本市健軍町小峯2614 熊本茶試
10	内 田 勝 利	812	福岡市東区箱崎6-10-1 九大農学部
11	秋 山 豊	833	福岡県筑後市和泉496 九州農試
12	伊 藤 純 雄	470-23	愛知県知多郡武豊町字中根45 野菜試
13	安 田 環	082	北海道阿西郡芽室町字新生 北農試畑作部
14	吉 川 重 彦	515-22	三重県一志郡嬉野町川北 三重農技センター
15	中 田 昌 卯	903-01	沖縄県中頭郡西原村字千原 琉球大農学部
16	中 井 久	740	岩国市麻里布町3-5-7 総合庁舎内農業改良普及所
17	出 井 嘉 光	765	香川県善通寺市仙遊町 四国農試
18	徳 永 美 治	365	埼玉県北本市荒井160 農事試畑作部
19	安 藤 奨 一	100	東京都千代田区大手町1-8-3 農協ビル全農
20	安 井 秀 夫	100	東京都千代田区霞ヶ関1-2 農林水産省農林水産技術会議事務局
21	橋 元 秀 教	103	東京都中央区日本橋室町2-1 三井2号館 日本肥糧株式会社

## 退 会 者 名 簿

1	水	元	秀	彰	北 海 道
2	山	中		勇	東 京 都
3	田	上	三	夫	神 奈 川 県
4	松	永	俊	行	北 海 道
5	吉	岡	孝	雄	宮 崎 県
6	高	木	信	一	東 京 都
7	神	保	惠	志 郎	山 形 県
8	蟻	川	浩	一	神 奈 川 県
9	山	本	晴	雄	北 海 道
10	徳	永	雄	治	山 梨 県
11	日	高		伸	埼 玉 県

## 会 員 数

昭和54年4月1日現在

正 会 員				
	北	海	道	84
	東		北	83
	関		東	237
	中		部	93
	近		畿	60
	中 国	・	四 国	83
	九		州	93
	国		外	5
学 生	会		員	11
購 読	会		員	48
賛 助	会		員	7
総		計		804

9) 伊藤純雄幹事の転出に伴い、4月から会計幹事は西宗昭(野菜試)に交代。

## お知らせとお願い

## 1. 昭和53, 54年度の事務連絡先

## 1) 庶務, 会計関係

野菜試験場土壌肥料研究室

湯村義男(会長), 吉田 堯(庶務幹事), 西宗昭(会計幹事)

514-01 津市一身田大古曾(TEL0592-32-3531)

岐阜大学農学部農業工学科

西出勤(副会長)

504 各務原市那加門前町(TEL0583-82-1201)

## 2) 会誌投稿, 編集関係

三重大学農学部土地利用学研究室

長田昇(編集委員長), 新垣雅裕, 新庄彬(編集幹事)

514 津市上浜町(TEL0592-32-1211)

## 2. 年度の呼称及び会誌の号数について

当研究会の年度は、当該呼称年の11月1日から翌年10月31日までになっております。したがって暦年から見ると、1月から10月までは年度が1年遅れて呼称されることとなります。そのためか会費の納入に当って若干の混乱が見られますので、この点お含みおき下さい。昭和52年度(昨年度)には会誌37, 38号が発行され、既にお手もとに届いているはずで、今後の会誌発行予定は次の通りです。

昭和53年度(53年11月~54年10月)

会誌39号 昭和54年4月発行予定

" 40号 " 11月 "

昭和54年度(54年11月~55年10月)

会誌41号 昭和55年4月発行予定

" 42号 " 11月 "

## — 編 集 後 記 —

これから2年間、4冊の会誌を編集させていただくことになりました。その1回目から発行が遅れてご迷惑をおかけし、さきご思いやられます。会員諸兄のあと押しをお願いしながら何とか責を果たしたいと念願しています。

さて、本誌も創刊以来20年、号数にして39号を数えるほどに成長しました。この間多くのすぐれた論文、活ばつな情報交流になって啓発される恩恵に浴してきたわけですが、今後より一層本研究会の発展を期するために会誌のもつ役割をあらためて考えてみました。先日の編集委員会でも愉快地に話われた次第ですが、およそまとめてみると次のようなことでしょうか。

ひとつは、いうまでもなく学会誌として創意にあふれたすばらしい論文の発表を期待することは当然です。「報文」への積極的な投稿を大歓迎します。

次に、「土壌物理とは何か」を考えさせてくれる原稿をぜひお願いします。その意味で、「総説」をできるだけ密度高く掲載すること、他は土壌物理の周辺分野をできるだけ広く紹介してもらうことを考えています。研究の位置づけを確かめながら、新たな発展に役立つような記事を広く集めたいと意気こんでいます。

最後に、会員の消息を気軽に交流し合える広場たらしめることです。会誌を大いに活用していただくよう期待しています。御意見をお寄せ下さい。次号から編集委員が交代しながら編集後記を書くことにします。(長田 昇)