

水田転換畑の土壌管理

東北農業試験場環境部土壌肥料第2研究室長 石井和夫

Soil Amendment and Subsoil Improvement for Upland Field Newly Converted from Lowland Field

Kazuo ISHII

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 まえがき

水田土壌は一般に粘土含量が多く、代かきと湛水状態を経過するために、土壌構造の発達が劣り、透水性が悪く、又、主に低湿地に分布するので、地下水位が高い。このため、水田を畑地に転換する場合には、まず前提として基盤整備による排水対策が必要となる。しかし、基盤整備を行っても、土壌によって異なるが、転換当初から畑作物の生育に適した土壌条件を備えることは一般に困難で、作物栽培に対しては湿害が、農作業に対しては易耕性の不良など、主に土壌の物理性の不良に基づく問題が指摘される。又、畑地利用の年次の経過とともに、土壌の物理性は次第に良好になるが、塩基の流亡による土壌の酸性化、及び有機物の減耗に伴う養分供給力の低下など、土壌肥沃度の低下が問題となる。従って、転換畑地における土壌管理は、転換当初においては主に土壌物理性の改良を、年次の経過とともに土壌化学性の改良を重点とした土壌改良が必要となる。

水田の畑地転換による土地利用方式には、永久転換、及び田畑輪換で代表されるような一時転換とがある。前者は水田を半永久的に果樹園など畑地に転換して利用するものであるが、後者は土地条件の全く相反する畑地と水田を、一定期間交互に転換して利用する点において、永久転換の場合よりも技術的に困難な問題を抱えている。田畑輪換は、我が国では冷害・干害の被害が大きく、水稲栽培が不安定な所や、特殊な野菜栽培地など、一部の地方で古くから行われ、その後水田酪農の牧草栽培と結びついて全国的に普及した。しかし、全国的視野でみるならば、我が国の広い諸条件の中で、このための技術的体系はまだ十分に確立されているとはいえない。今後田畑輪換のみならず、水田の高度利用を円滑に推進するためには、複雑な気象・地形・土壌などの自然的諸条件に対応した試験研究の展開によって、総合的な技術対策の確立が望まれている。

ここでは、水田の畑地転換に伴う土壌理化学性の変化を通して、基盤整備後の転換畑の土壌改良及び耕耘整地など、土壌管理技術とその問題点について述べる。

2 土壤物理性の改良

1) 畑地転換による土壤物理性の変化

転換畑地に対する土壤物理性の改良対策を立てるためには、転換畑地における土壤物理性の改良目標を決め、次いで排水施工による土壤物理性の変化に関する知見を明らかにする必要がある。前者については、第1表に示す通り、改良目標値が定められている²⁸⁾。

第1表 土壤条件の維持すべき目標値（東北農政局）

| 項 目 | 水 田 | 畑 | 果 樹 園 | 桑 園 |
|--------------------------------------|----------------|---------------|---------|---------|
| 作 土 深 <i>cm</i> | 15~20 | 20~30 | 10以上 | 25以上 |
| 根 域 ち 密 度 (山 中 式) | 20以下 | 20以下 | 20以下 | 20以下 |
| 地 下 水 位 <i>cm</i> | 50以下 | 60以下 | 100以下 | 100以下 |
| 粗孔隙量 (pF 1.5空気量) % | — | 15~20 | 15 | 15 |
| pH (H ₂ O) | 5.5~6.0 | 6.0~6.5 | 5.5~6.0 | 6.0~6.5 |
| pH (KCl) | 5.0~5.5 | 5.5~6.0 | 5.0~5.5 | 5.5~6.0 |
| 塩 基 置 換 容 量 <i>me</i> | 20前後 (粗粒で10以上) | 20以上 (粗粒で5以上) | 20以上 | 20以上 |
| 置換性石灰 (CaO) <i>mg</i> | 200以上 | 200~300 | 100~200 | 200以上 |
| 置換性苦土 (MgO) <i>mg</i> | 25以上 | 20~40 | 25 | 25以上 |
| 置換性加里 (K ₂ O) <i>mg</i> | 15以上 | 15~30 | 15~25 | 15以上 |
| 石灰苦土比 (CaO/MgO) | 6以下 | 6以下 | 6以下 | 6以下 |
| 苦土加里比 (MgO/K ₂ O) | 2以上 | 2以上 | 2以上 | 2以上 |
| 塩 基 飽 和 度 % | 60~80 | 80 | 40~60 | 50~80 |
| 有 効 態 り ん 酸 <i>mg</i> | 10以上 | 20以上 | 20以上 | 10以上 |
| 有 効 態 珪 酸 <i>mg</i> | 15以上 | — | — | — |
| 遊 離 酸 化 鉄 % | 1.0以上 | — | — | — |
| 還 元 性 マ ン ガ ン <i>mg</i> | 5以上 | — | — | — |
| 透 水 性 <i>mm/day</i> | 20 | — | — | — |

注.1) 水田の畑利用の場合は、畑の基準値に準拠する。

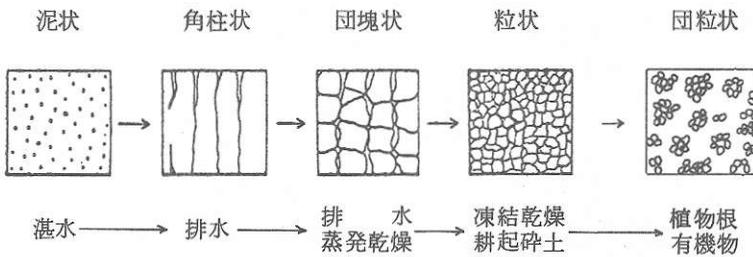
2) 土壤物理性の改良目標値としてはこの他に三好、丹原著による

“土の物理性と土壤診断”日本イリゲーションクラブ (1977) に詳しい。

ただこれらのデータは、普通畑地における畑作物に対する物理性の改良目標値を適用したものであって、転換当初からこの目標値に近づけることは極めて困難な場合が多く、いわば理想像 (条件) に終る恐れがある。当面の改良目標値として、これらの許容上限値を定めることの方が、むしろ現

実的である。しかし、そういった観点からの目標値は明らかにされているとはいえず、今後の検討により基準化する必要がある。

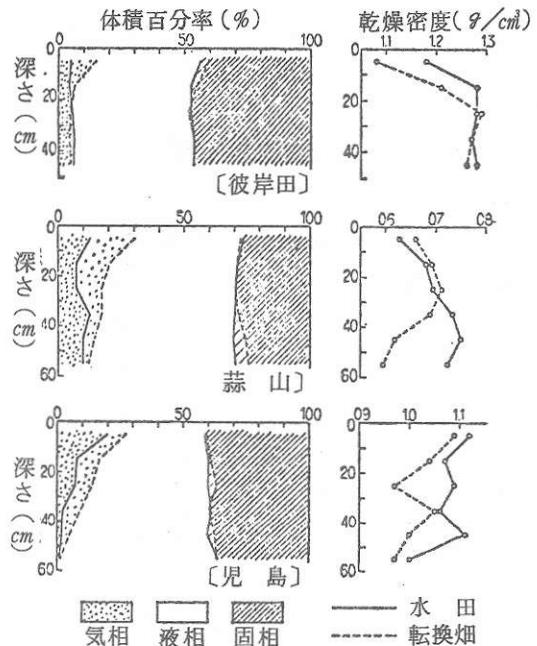
水田の畑地化に伴う土壌物理性の変化を、まず第1図に示した土壌構造の変化によってみると²⁷⁾、湛水条件下で単粒構造よりなる泥状状態から、排水により亀裂を形成して角柱状となり、形成した亀裂が排水と土面蒸発を促進して亀裂の密度を増して団塊状となる。耕耘碎土、凍結、融解、乾燥、植物根の作用、あるいは有機物の施用などによって、最終的には土壌構造として理想的な団粒構造に発達し、その結果、通気・透水・保水性の良好な土壌物理性を示すようになる。



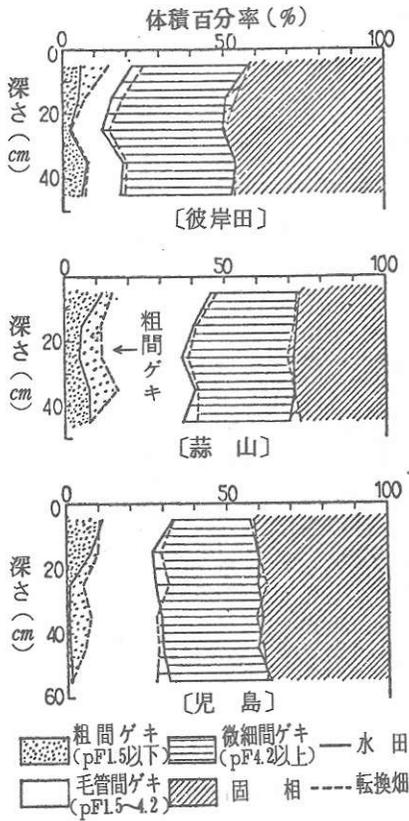
第1図 水田作土の構造変化モデル(寺沢)

地下排水の良否に影響する下層土の構造の発達には、作土層の乾燥化に伴う亀裂の形成にみられ、亀裂の密度の増加と、より深い層への発達によって、土層の乾燥化、作土層の畑地化は一層促進される⁶⁾。このような畑転換に伴う土壌構造の発達には、地下水位の低い透水性のよい乾田では比較的深層にまで達するが、強粘質な湿田程度表層に限定され、且つ、その変化も遅い。土壌の乾燥化とともに、親水性の土壌コロイドが不可逆的に脱水して疎水化し、このような土壌コロイドの質的变化が、土壌構造の発達、引いては畑地化の促進に重要な役割を果たしている。

第2図、及び第3図は、畑転換に伴う土壌三相、及び間げきの大きさ別の分布を図示したものである¹⁵⁾。これによると、畑転換により気相が増加し、その変化は重粘質の湿田である彼岸田では表層に限られ、火山灰土水田の蒜山と児島干拓地では全層に及んでいる。間げきの大きさ別の分布は、通気・透水性に最



第2図 三相分布及び乾燥密度(長堀)



第3図 間げきの大きさによる分布状態 (長堀)

排水溝の堀削 畑作物の場合には、ほ場の各耕区(一筆区画)内に生じる停滞水は、できるだけ速やかに排除する必要がある。その対策としては耕区内に小排水溝を入れ、あるいは畦立てによる方法などがある。第4図は、ほ場内に30cmの排水溝を掘ったときに、速やかに排水効果の現われる範囲(有効圏)を、停滞水位の変動によって調査した結果を示したもので²⁵⁾、その有効圏は排水溝から両側に3m以内であることが認められる。福島県農試会津支場の結果によると²⁶⁾、それが約2m以内となっており、更に心土破碎の併用によって有効圏が拡大することを認めている。これらの結果から、排水溝の間隔は4~6mの巾が適当といえる。もちろん土壌条件、導入作物の種類などによって、その間隔は異なるものと考えられる。

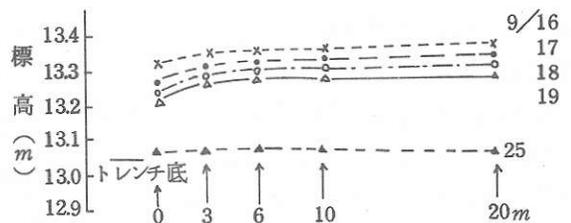
も関係の深いpF 1.5以下の粗間げきの増加が著しく、保水性の指標となる毛管孔げきは減少の傾向がみられ、液相の低下とともに、畑転換による土壌の疎水化の傾向が認められる。

以上のように、水田を畑地に転換することによる土壌物理性の変化は、土壌構造の単粒から団粒への発達と、下層土の亀裂の発達によって統一的に理解することができる。そして排水の良否が構造の発達に、又、構造発達の良否が排水の良否に影響して、これが土壌の種類によって畑地化に難易を示す要因となっている。土壌の易耕性においても、土壌構造の発達と密接な関係があり、転換当初は極めて劣り、農作業にとって取扱い難い土壌であるが、土壌構造の発達とともに次第に改善される。

2) 土壌物理性の改良対策

(1) 湿害対策

水田を畑地に転換する場合には、ほ場条件に見合った排水施工を行うが、それでもなお、とくに転換当初において作物は湿害を受けることが多い。これは、畑地化が不十分なことによる透水性の不良と、作土層以下に透水を妨げる鋤床層が存在することによって、降雨後表面停滞水が生じ易いためである。その改善のため次のような対策¹⁶⁾があげられる。



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

注. トレンチの深さ30cm

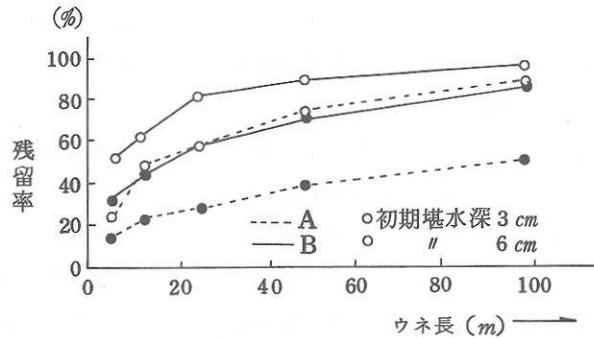
畦間排水 栽培上必然的に作られる畦間は、排水溝としても重要な役割を果たしている。畦間排水の効果は第5図に示す通り¹⁷⁾、畦間の長さが短い程高く、特に20m以下になると効果が著しい。又、畦間面の凹凸のないよう均平に作る必要があることを示している。第6図は、暗渠排水を施工したほ場における、畦立ての方向が畦間排水の効果に及ぼす影響を比較したもので¹⁷⁾、暗渠施工方向に対して直交する方向(ヨコ)に畦立てをした方が排水効果が高く、停滞水が完全なくなるまでの所要時間を、暗渠施工方向に平行する(タテ)畦と比較すると、約2昼夜の差が認められる。

高畦栽培は、古くから湿田地帯で水稻の裏作物を導入する場合に広く用いられた方法である。この栽培法は畦間の土壌を畦の上に乗せるので、畦間と畦の面積、及び体積は等しくなり、畦高は25~35cmにも及ぶ。こ

のため、豪雨時には降雨が畦間に一時的に貯溜され、畦の上まで浸水することが避けられ、地下排水組織が完備してなくとも、ほ場内で過剰の雨水を貯溜できる特徴がある。しかし、この方法は干天時に過干を助長する恐れがあり、又、土地利用率が低下するなどの問題がある。

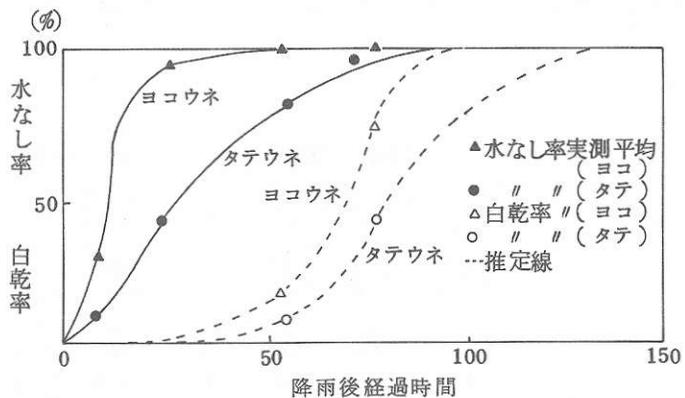
転換畑は一般に下層土の透水性が悪いので、過剰降雨を地下水として排除する方法は能率が悪い。従って、これを地表水としてできるだけ排除することが大切であり、地表水だけで排除できないものを地下水として排除することである。つまり、転換畑においては地表水排除優先の原則を通すことがより重要である。

深耕 転換畑における深耕のねらいは、基本的には普通畑地の場合と何ら変わりなく、理化学性の良好な作土層、及び有効土層(地表から連続干天によって土壌水分が変化を受ける範囲の土層を



第5図 ウネ長とウネ間残留率(畑転委)

注. A:ウネの凹凸小
B: " " 大



第6図 ウネ方向別の降雨後の乾燥(畑転委)

いう)を拡大することにある。転換畑においては、鋤床層の存在が作物根の伸長と、水の地下への浸透を抑えるので、これを破壊して排水を良好にすること、つまり湿害対策を含めて深耕が行われる。心土耕も同様のねらいで行われる。田転換のような一時転換の場合に深耕を行うと、土壌によっては水田に再転換したときに漏水過多となり、用水量が極度に増大し、又、地耐力が低下するため農作業に支障を来す恐れがある。しかし、土壌によっては深耕により鋤床層をあえて破壊しなくとも、畑地化の進行とともに亀裂が入り、これが次第に発達して鋤床層は形骸化してしまう場合があるといわれる。これらのことから、水田を畑地に永久転換する場合には、深耕か心土耕により鋤床層を破壊することが、作物生育にとって望ましいが、一時転換の場合の鋤床層の処遇については、鋤床層の状態、用排水条件、あるいは導入作物の種類などの諸条件を考慮して決定すべきであって、具体的には今後の検討により明らかにする必要がある。

心土破碎 心土破碎の施工は、単に鋤床層の破碎を目的とする場合と、地下排水の促進を図るため、パンプレカにより人為的に下層土に亀裂を作るために行う場合とがある。ここでは後者について述べる。第2表は、北海道における重粘性土壌(疑似グライ土)に対して、心土破碎と暗渠排水施工を併用したときの畑作物、及び牧草の収量に及ぼす効果を9年間にわたって比較したものである⁷⁾。

第2表 暗渠排水及び心土破碎の効果(石井) (単位 Kg/10 a)

| 試験区 | 年次 作物 | 昭和 | 34* | 35* | 36 | 37* | 38 | 39* | 40 | 41* | 平均 |
|---------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 33* | | | | | | | | | |
| 対 照 区 | ばれいしよ | 1,670 (100) | 1,722 (100) | 680 (100) | 2,153 (100) | 1,640 (100) | 1,857 (100) | 430 (100) | 1,949 (100) | 60 (100) | 1,351 (100) |
| | えん麦 | 328 (100) | 345 (100) | 218 (100) | 337 (100) | 316 (100) | 158 (100) | 274 (100) | 387 (100) | 144 (100) | 279 (100) |
| | 牧 草 | 1,336 (100) | 3,207 (100) | 1,283 (100) | 2,631 (100) | 2,908 (100) | 2,331 (100) | 655 (100) | 2,503 (100) | 1,658 (100) | 2,001 (100) |
| 暗渠排水区 | ばれいしよ | 1,845 (110) | 2,076 (121) | 1,383 (203) | 1,932 (90) | 1,791 (109) | 1,991 (107) | 1,523 (354) | 2,227 (114) | 53 (88) | 1,648 (122) |
| | えん麦 | 314 (96) | 411 (119) | 296 (136) | 350 (104) | 319 (101) | 186 (118) | 289 (105) | 391 (101) | 194 (135) | 306 (110) |
| | 牧 草 | 1,796 (134) | 4,167 (130) | 1,809 (141) | 3,227 (123) | 2,962 (102) | 3,273 (140) | 849 (130) | 2,506 (100) | 1,652 (143) | 2,471 (123) |
| 暗渠排水 心土破碎区 | ばれいしよ | 2,093 (125) | 2,245 (130) | 1,918 (282) | 1,933 (90) | 1,832 (112) | 2,174 (117) | 2,436 (567) | 2,744 (141) | 1,322 (202) | 2,007 (154) |
| | えん麦 | 342 (104) | 452 (452) | 338 (155) | 354 (105) | 296 (94) | 229 (145) | 301 (110) | 408 (105) | 210 (146) | 326 (117) |
| | 牧 草 | 1,818 (136) | 4,516 (141) | 2,142 (167) | 3,187 (121) | 2,895 (100) | 3,688 (158) | 1,372 (209) | 2,955 (118) | 1,471 (127) | 2,672 (134) |

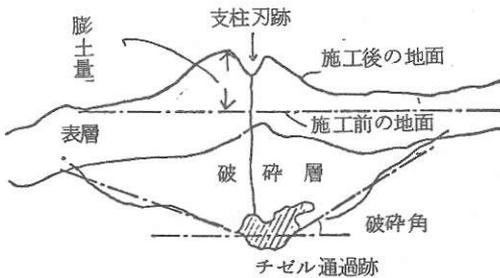
注. 1) ばれいしよ: 上いも重, えん麦, 子実重, 牧草生草重(アカクロバ)。

2) *: 5~8月の積算降雨量が300mm以上の多雨年。

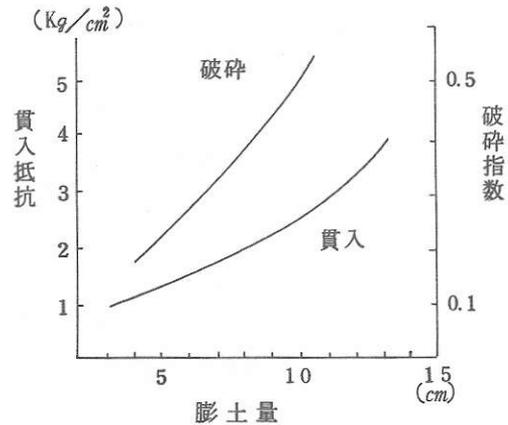
3) ()内数字: 対照区の収量を100とした収量指数。

これによると、対照の無排水区に比べ増収効果が明らかに認められ、特に*印を付した多雨年に於いて効果が大きく、効果の持続性も長期にわたって認められる。心土破碎の効果の要因は、①透水性が高まり排水がよくなる、②土壌硬度が低下し膨軟化する、③通気性が良好となる、④緻密な土壌組織をゆるめ保水力を高める、⑤間げき量が増加し、地表付近の地温が上昇する、⑥易耕性が高まることなどが挙げられ²³⁾、心土破碎は単なる透水性の改良のみならず、各種の土壌物理性改良の効果が期待できる。

心土破碎の効果に関する問題点としてよく指摘されることは、心土破碎の効果が出やすい土壌と、出難い土壌とがあり、効果の持続性も土壌によって異なるということである。これに関する研究の一例を紹介すると、心土破碎による破碎効果を第7図に示す通り⁴⁾、施工によって地表面が盛り上がった高さ(膨土量)によって評価する方法を試み、膨土量が多い程心土破碎による破碎効果が高く、従って心土破碎の効果が高いと予測し、現地試験により、膨土量と土壌の貫入抵抗、破碎指数の関係を検討した結果、第8図に示すような結果を得ている。



第7図 心土破碎後の破碎断面(千葉)



第8図 貫入抵抗、破碎指数と膨土量(千葉)

ここで、破碎指数は次式によって示すことができるので、土壌の貫入抵抗、密度、そ性指数を測定

$$\text{破碎指数} = \text{けん引抵抗} / \text{破碎抵抗} (G \cdot I_p)$$

G : チゼルまでの土壌の平均密度

I_p : そ性指数

すれば、心土破碎による膨土量とトラクタのけん引抵抗を予測することができることになる。経験的には土壌硬度が山中式硬度計による測定値が20～23以上であれば、心土破碎の効果が高いといわれている⁶⁾。従って、非常に湿潤な土壌条件のために、貫入抵抗が低い場合には、予備暗渠というような形で弾丸暗渠を縦横に入れて、ある程度土壌を乾燥させてから心土破碎を行うというような方法も必要となる。

心土破碎の持続効果は、下層土の破碎により形成された亀裂が長持ちするか、直ぐに復元してしまうかにかゝっており、ほ場における水分条件による影響が大きく、亀裂周辺の土壌のコーン指数

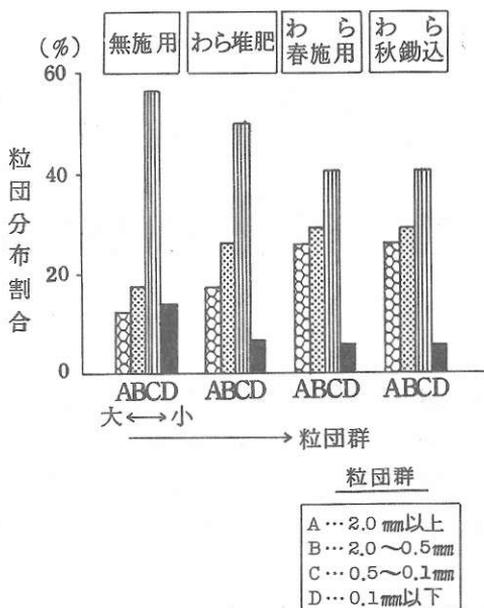
が $1.5 \sim 2.0 \text{ Kg/cm}^2$ 以上あれば比較的良好に亀裂が維持されるといわれている⁶⁾。又、亀裂復元の遅速は、土壌の種類によって異なり、コンステンシーの相違から、未固結粘土よりも古期火山碎物の場合に、より早くなるといわれている²⁾。心土破碎の持続性を高めるために、チゼル、及びチゼル支持刃の通過跡に耨がらを吹き込みながら施工する方法が開発されており、効果を上げている例もある。

有機物の施用 有機物の施用が、土壌の物理性の改良に対して効果があることは周知のとおりであるが、ここでは転換畑に対し具体的にどのような効果があるかについて述べる。第3表は、稲わら約 $500 \text{ Kg} / 10 \text{ a}$ を10年間連用した水田跡地の固相の変化をみたものであり¹³⁾、無施用区よりも固相が明らかに小さく、しかも堆肥よりも稲わらの方が土壌の膨軟化に対して効果が高い。

第3表 落水後の土壌3相分布(前田)

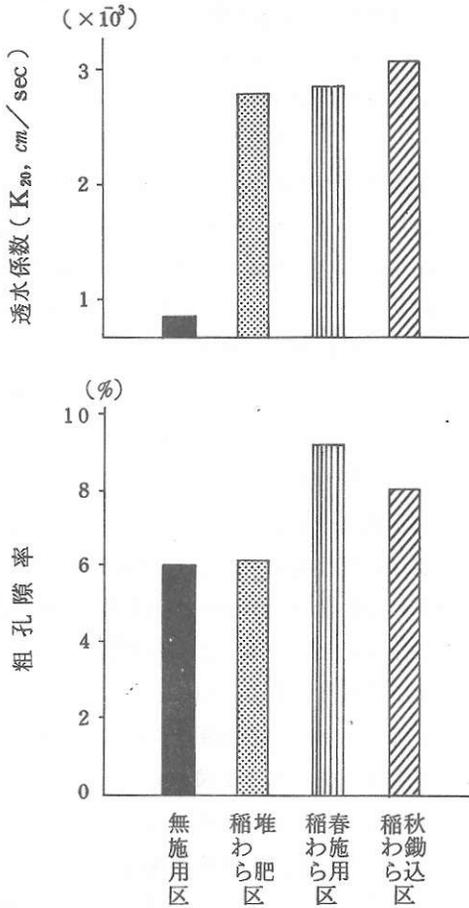
| 試験区 | 12月1日(収穫後) | | | | | |
|---------|------------|---------|------|------|--------|--------|
| | 容積重(%) | 3相組成(%) | | | 孔隙率(%) | 容気度(%) |
| | | 固相 | 液相 | 気相 | | |
| 無施用区 | 93.7 | 36.3 | 61.2 | 2.5 | 63.7 | 3.9 |
| いなわら堆肥 | 89.0 | 34.7 | 60.3 | 5.0 | 65.3 | 7.7 |
| いなわら春施用 | 67.9 | 26.1 | 54.4 | 19.5 | 73.9 | 26.4 |
| いなわら秋施用 | 85.7 | 32.6 | 57.4 | 10.0 | 67.4 | 14.8 |

第9図は粒団形成に及ぼす稲わら施用の効果を、又第10図は粗間げき、透水性の向上に及ぼす効果をみたものであり¹³⁾、いずれも有機物施用による改良効果が認められる。これらの結果から、有機物施用が土壌の物理性の改良に及ぼす効果は、土

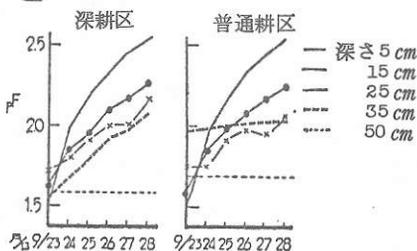


壌構造の改善が基本になり、その改善効果は腐熟したものよりも、新鮮有機物の方が高いことがわかる。稲わらの投入量は、寒冷地においては稲わらの分解に伴う土壌の還元(酸素欠乏)、あるいは窒素飢餓による作物に対する障害の恐れがあり、一時に多量施用することは好ましくなく、 $500 \text{ Kg} / 10 \text{ a}$ 程度を施用する方が安全であり効果が高いといわれている³⁰⁾。福島県農試の試験結果によると²⁶⁾、排水の促進に対して耨がら施用の効果が高く認められ、その施用量は施用に伴う窒素飢餓や過干の恐れがあるので、毎年容量パーセントで10%相当量が良いことを明らかにしている。ただ効果の要因が前述のような有機物としての改良効果なのか、難分解性のみみながら、粗粒資材として客土的な効果として働いたかについては明らかでない。

第9図 粒団分布(前田)



第10図 粗孔隙量及び飽和透水係数(前田)



第11図 転換畑における土壌水分張力の変化 (畑転委)

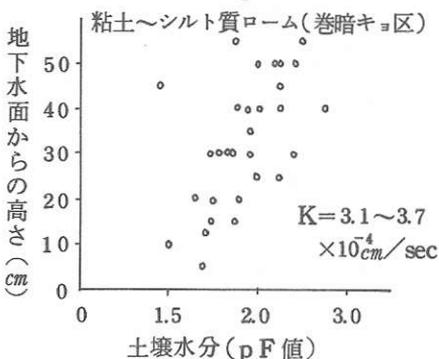
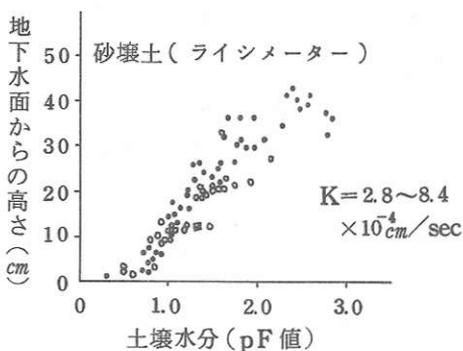
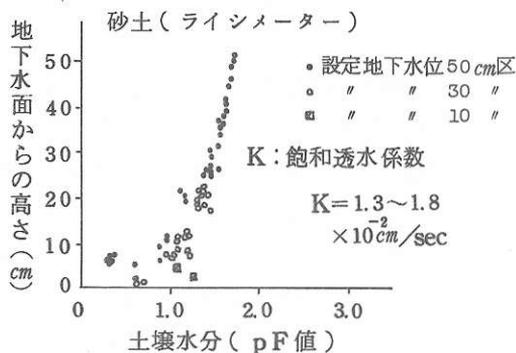
(2) 干ばつ対策

(i) かんがい

転換畑では湿害とともに干天時に干ばつの被害を受けやすく、その対策も重要である。転換畑において作物が干ばつを受けやすい理由は、作土層の土壤構造の発達が悪ることによって有効水分の保水量が少ないこと、緊密な下層土、鋤床層が浅い位置に出現し、あるいは、排水の不良によって根圏が浅いことなどが挙げられる。一般に転換畑は用排水施設に恵まれ、かんがい水として利用しやすい条件にあるので、基本的にはかんがいの実施が望ましく、かんがいに対する転換畑の有利性を有効に利用すべきである。なお、具体的な転換畑におけるかんがいの方法については本課題から外れるので省略する。

(ii) 深耕

深耕による有効土層の拡大 転換畑では鋤床層をそのまま残すか、深耕心土耕によってこれを破壊して土層改良を行うかによって、当然有効土層の値が異なると考えられる。鋤床層の存在が干天の続いたときに、土壌水分に対してどのような影響を及ぼすかを調査したデータを第11図によってみると¹⁸⁾、鋤床層が残っている普通耕区では、深さ35, 50 cmの地点とも pF 値の変化がほとんどなく、一方鋤床層を破壊した深耕区では、深さ35 cmまでの土層は経日的に pF 値が上昇するが、50 cmの地点では変化が認められない。このことから、鋤床層を破壊した深耕区の有効土層の厚さは、ほぼ50 cm付近であり、普通耕区ではその厚さが35 cm程度であることが予測でき、深耕による鋤床層の破壊は、下層まで作物根の伸長を促進し有効土層の拡大をもたらしていることが理解される。



第12図 地下水面上からの高さ と 土壌水分の関係
(古水ほか)

示している。地下水位を高く保つことは、干天時における土壌水分補給の上から当然好ましいことであるが、排水、地耐力の上では不利な条件を作ることになるので、転換畑における土壌水分環境としては、できるだけ低い地下水位で所要の水が補給できることが望ましく、そのためには、透水性がよく、且つ毛管伝導性の高い土壌であることが必要で、深層まで土壌構造を改善すること、その改善方法として深耕があり、深耕は干ばつ対策としても有効であることが理解される。

従来、地下水位は湿害対策における地下排水の目標値として用いられているが、作物に対する水

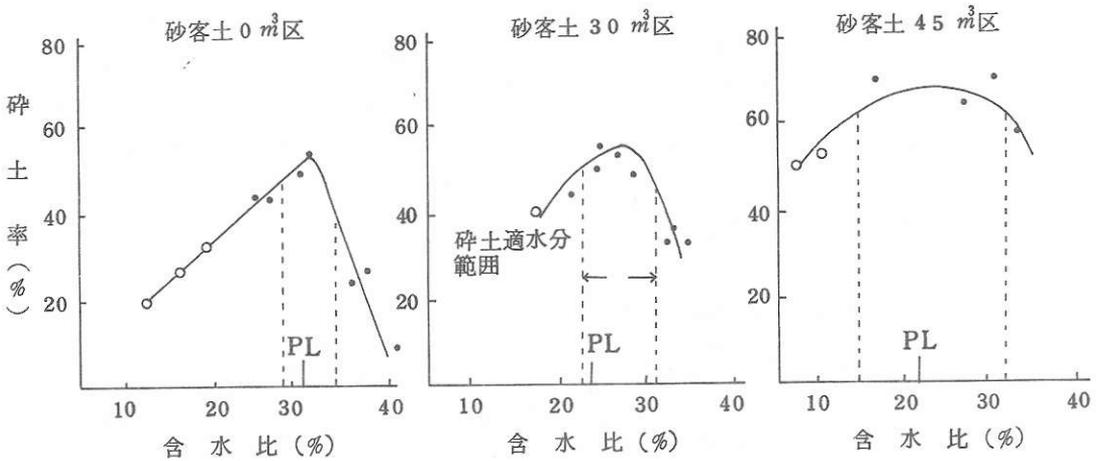
地下水位と土壌水分 転換畑地において、作物生育にとって望ましい水分環境を与えるための指標（排水のための）の一つとして、地下水位が用いられている。又、作物別に地下水位と作物収量に関する試験結果について多くの報告があり¹⁾¹⁷⁾²⁰⁾²¹⁾、作物側からみた適正な地下水位の目安は一応ついているといつてよい。しかし地下水位と作物収量との関係は、実施した場所によりバラツキがあって、同じ作物でも適正な地下水位に開きがみられる。このことは、地下水位と土壌水分とは極めて密接な関係にあるが、作物の生育収量との関係をみる場合には、地下水位と作物根圏の物理性、特に pF 値との関係を吟味する必要のあることを示している。これらの関係を知るため、土性の異なる三種の土壌について、地下水位と pF 値の関係を検討した試験結果を紹介すると第 12 図の通りとなる⁶⁾。これによると、地下水面からの高さ と pF 値の関係はそれぞれ正の直線関係で示されているが、地下水からの毛管上昇量の多い砂土では、地下水位の違いによる pF 値の変化が少なく、粘土質の土壌では逆に変動が大きく、又、同じ地下水位でも土性によって地上部の pF 値にかなりの相違がある。透水性が低く、水分の毛管伝導性が小さい粘土質土壌程、同じ pF 値を得るためには地下水位を高く保持する必要があることを

の補給の立場から、必要以上に地下水位を下げることは得策とはいえない。又、水の補給能（毛管上昇量）は土壌の種類、特に土性・有効土層によってかなり相違することが明らかである。こういった観点から、今後作物生育に対する適正な地下水位について、土壌別に明らかにする必要がある。

(3) 易耕性の改善

砕土性の向上対策

転換畑における易耕性の問題として、播種床造成時における砕土性の不良が最も大きな問題として挙げられている。土塊が形成される条件は、いうまでもなく機械力による土のせん断と、土粒子間に働らく凝集力との相互関係によって影響される。それ故、砕土の精粗に及ぼす土壌的要因は、粘土含量と砕土時の土壤水分の影響が最も大きい。土壤水分と砕土率（一般に1 cm以下の土塊の占める重量比で表示する）の関係は第13図に示す通りであって、これは重粘性土壌の畑地に砂客土を行い、ロータリ耕による砕土率と含水比の関係をみたものである⁹⁾。これによると、砂客土量にかかわらずそれぞれ砕土率が最も高くなる水分、すなわち砕土適水分があり、その水分はほぼ塑性限界（PL）に近似すること、砂客土により、適水分時における砕土率が高まり、且つ曲線がフラットになって適水分の範囲が拡大していることが認められる。



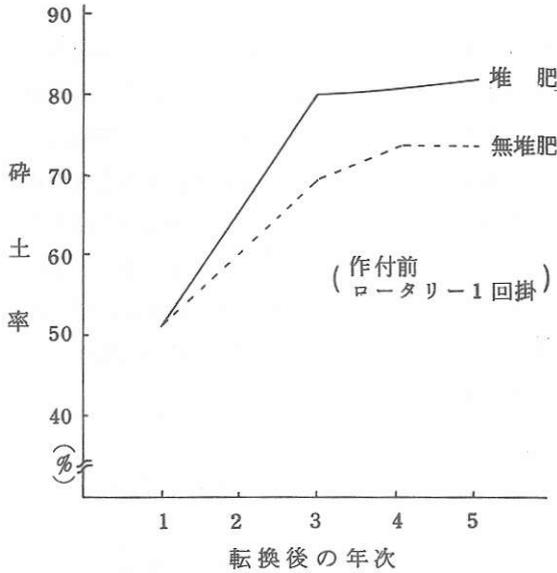
第13図 土壤水分と砕土性（岩間ほか）

注．○：耕起後放置し、乾燥させてから砕土。●：耕起直後に砕土

以上のことから、砂客土（30～45 m³/10 a）は砕土率を向上するのみならず、砕土作業時の適水分の選択を容易化する点においても極めて有効であることを示している。しかしながら、砂客土には多量の砂を必要とし、客土資材の調達に難点があるので一般に広く適用できない。砕土率を向上するための実用的な土壌の改良法について、今後更に検討の必要がある。

転換畑では一般に2～3年を経過すると、次第に砕土性が向上するといわれている。この場合の砕土性の向上する原因は、土壌の乾燥と湿潤、及び凍結と融凍の反復による土壌コロイドの疎水化、

あるいはスレーキング（沸化作用といふ、乾いた土塊を急激に水に浸したとき、土塊の外側の部分のみがいち早く飽和し、そのため内部に閉じこめられた空気の圧力が増しこれによって土塊が破壊し、くずれる現象をいう）によると考えられ、秋耕によって春耕時における碎土性が向上するの以上に述べた理由と考えられる。



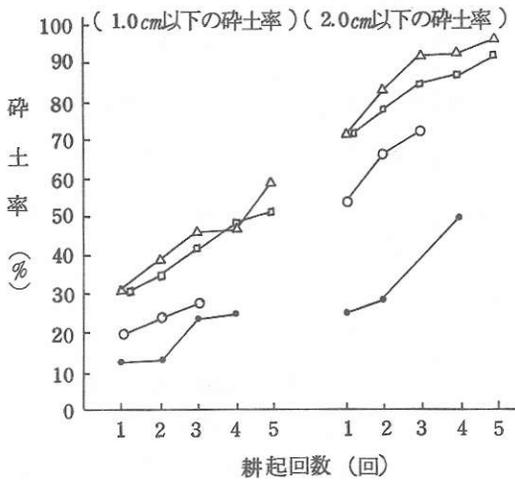
第14図 碎土率の推移 (秋田県農試)

次に第14図に示した堆肥の連用が碎土率に及ぼす効果を、転換後の年次との関連で調べた秋田県農試の結果をみると³⁾、堆肥の連用により無堆肥の場合より碎土率が約10%高まり、転換後1~2年目では大豆の発芽に必要な碎土率70%を上回ることができなかったが、3年目から堆肥施用により70%以上となり、碎土性の向上に対する堆肥施用の効果が認められる。第4表は、土壤の圧碎強度に及ぼす稲わらすき込みの効果を検討した結果を示したもので¹³⁾、これによると、圧碎強度の低下に及ぼす有機物施用の効果は、堆肥よりも稲わら（稲わら約0.5t/10aを約10年間連用）の方が大きく、稲わら施用によって土塊が砕けやすくなり、これが碎土性向上の原因となっていると推定される。

第4表 自然構造土壤の収縮常数及び圧碎強度 (前田)

| 区 分 | 8月25日 (落水後) | | | | | | 11月1日 (収穫後) | | | | | |
|-----------|-------------|----------------------------|----------|------|----------|---------|-------------|----------------------------|----------|------|----------|---------|
| | 含水比 (%) | 圧碎強度 (Kg/cm ²) | 収縮限界 (%) | 収縮比 | 体積変化 (%) | 線収縮 (%) | 含水比 (%) | 圧碎強度 (Kg/cm ²) | 収縮限界 (%) | 収縮比 | 体積変化 (%) | 線収縮 (%) |
| 無施用区 | 87.9 | 2.55 | 49.2 | 1.12 | 43.5 | 11.3 | 65.3 | 7.82 | 40.9 | 1.22 | 29.8 | 8.4 |
| 稲わら堆肥区 | 97.8 | 1.16 | 60.7 | 0.96 | 35.0 | 9.4 | 67.8 | 5.14 | 46.8 | 1.09 | 22.9 | 7.0 |
| 稲わら春施用区 | 113.1 | 0.87 | 67.2 | 0.88 | 39.5 | 10.3 | 80.1 | 1.42 | 52.9 | 0.83 | 22.6 | 7.1 |
| 稲わら秋すき込み区 | 97.2 | 0.85 | 66.5 | 0.90 | 27.5 | 7.6 | 67.0 | 4.60 | 45.4 | 1.05 | 22.7 | 7.0 |

碎土率に及ぼす耕耘条件については、まず碎土回数と碎土率との関係が挙げられる。一般に転換初年目はとくに碎土性が劣り、2~3回のロータリ耕を反復する例が多いが、第15図はロータリ耕の耕起回数と碎土率の関係を示したものであり²²⁾、碎土回数の増加によって碎土率は直線的に増



第15図 耕起回数と耕起上層碎土率の変化
(北陸農試 作3研)

加するが、耕起回数を1回増加することによる碎土率の増加は、平均5%程度に過ぎず、この結果から判断すれば、碎土率を高めるためには耕起回数を増やすことよりも、碎土適水分を選ぶことの方がより効果が高いといえる。第5表、及び第6表は、碎土率に影響を及ぼす耕起法と作物収量との関係をみた福島県農試の成績を示したものである²⁶⁾。これによると、プラウ耕後ロータリ耕3回の耕起で、にんじん以外の作物は栽培が可能であることを示している。又、水田の代かき用に使用されているドライブハロを碎土に使用した結果、碎土の状態は第16図に示す通り、碎土深は浅いが極めて碎土精能が高く、大麦の収量もドライブハロ耕によって増収している。

機械作業による碎土率向上のため、転換畑に対する高性能ロータリの必要性が提起され、ロータリの爪(刃)の数を多くし、且つ回転数を高めることによって碎土率を高めることができるが、所要馬力が大きくなること、部分耕によって播種部分のみを碎土することにより、所要馬力を軽減することが可能となるが、不耕起部分の雑草の発生、前作物(特に牧草)の再生が問題となることが指摘されている²¹⁾。

碎土の良否は、直接・間接に作物の発芽・生育収量に及ぼす影響が大きく、碎土率を高めるための各専門分野による検討が重要であるが、一方、碎土率をどの程度まで高める必要があるのか、今後その目標値を作物の種類との関連で明らかにする必要がある。

第5表 耕起法と作物の収量(福島県農試)

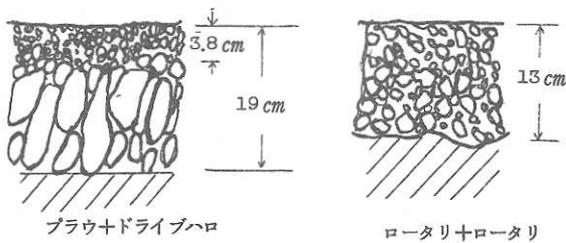
(Kg/10a)

| 区名 | 作物 | | | | | 計 | 方法 | 計 | | |
|-------------|-------|-------|-------|-----|-------|---|--------|--------|--------|---|
| | 枝豆 | レタス | にんじん | 大豆 | 計 | | | 深耕 | 普通耕 | 計 |
| 1. 秋季深耕整地区 | 1,224 | 3,603 | 1,283 | 339 | 6,449 | 秋 | 6,449 | 6,184 | 12,633 | |
| 2. 春季深耕整地区 | 1,072 | 4,319 | 1,950 | 349 | 7,690 | 春 | 7,690 | 7,254 | 14,944 | |
| 3. 秋季普通耕整地区 | 1,150 | 3,200 | 1,518 | 316 | 6,184 | 計 | 14,139 | 13,438 | | |
| 4. 春季普通耕整地区 | 1,160 | 3,888 | 1,879 | 327 | 7,254 | | | | | |

注・推定値、深耕区プラウ+ロータリ3回、普通耕区ロータリ3回

第6表 耕耘法と大麦の生育収量(福島県農試)

| 区名 | 項目 発芽苗 立率 (本/m ²) | 12月15日 | | 越冬 株数 (本/m ²) | 成熟期 (月 日) | 稈長 (cm) | 穂長 (cm) | m ² 当り 穂数 (本) | 子実重 (Kg/a) | 千粒重 (g) |
|----------------|--|------------|---------------------------|---------------------------------|--------------|------------|------------|--------------------------------|---------------|------------|
| | | 草丈 (cm) | 茎数 (本/m ²) | | | | | | | |
| プラウ+ ドライブロー | 586 | 5.6 | 586 | 446 | 6.6 | 59.1 | 3.2 | 1,145 | 50.4 | 28.1 |
| ロータリ+ ロータリ | 253 | 5.2 | 253 | 197 | 6.11 | 48.9 | 3.7 | 504 | 37.0 | 26.0 |



第16図 耕耘直後の作土の断面(福島県農試)

その他の機械作業と土壤水分の
関係 碎土作業にみられるとお
り、作業精度を上げることは、転
換当初において特に重要となるが、
その他易耕性に関連するものとし
て、機械作業による土壤圧縮、及
び練り返しによる透水性の低下、
緻密度の増加などが挙げられ、作
物の生育収量に対しても悪影響を

及ぼす。過湿条件が比較的多い転換畑における機械作業は、天候(降雨)に左右されることが多く、適期に作業を行い、且つ作業精度を上げるためには、土壤条件からみた作業可否の予知が必要である。これらに関する研究成果によると、現地土壤の物理性をSR-2型土壤抵抗測定結果から、トラクタ作業の走行可能性を予測する方法が基準化されている¹²⁾。又、土壤水分の指標としてpF値と土壤圧縮、及び耕耘作業の可否との関係が明らかにされている⁸⁾¹⁰⁾。これらの結果によると、pF 2.0~2.2以下の多湿時におけるトラクタ作業は、できるだけ回避すべきであることを教えている。作物栽培にとって、適期作業の実施は極めて重要であり、そのためにも降雨後の地表面停滞水の排除を早め、土壤の乾燥化を図ることが必要である。従って、湿害回避のための前期諸対策は、易耕性の改善にとっても極めて重要である。

3 土壤化学性の改良

1) 水田の畑転換による土壤化学性の変化

水田は一般に普通畑より肥沃度が高く、これは第7表に示す両者の養分供給力の比較によっても明らかである⁵⁾。水田を畑地に転換後1~2年間は、湛水条件下で蓄積された有機物の分解が、乾燥化による脱水・酸化作用によって急速に進み、第8表に示す通り無機態窒素の放出量が多く²⁹⁾、窒素の供給力が明らかに高い。転換後の年次の経過に伴う全炭素、全窒素、炭素率の変化を示した。第9表のデータから明らかのように¹⁴⁾、畑地化が進むに従って、全炭素、全窒素とも減少し、有機

物含量は漸減し、また炭素率が低下して有機物の質も変化していることを示している。

第7表 水田と畑地の養分天然供給力(出井)

(三要素区を100とする収量指数)

| 作物 | | 処理 | 無肥料区 | 無窒素区 | 無磷酸区 | 無加里区 |
|----|----|----|------|------|------|------|
| | | | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 水田 | 水 | 稲 | 78 | 83 | 95 | 96 |
| | 畑地 | 陸 | 稲 | 38 | 45 | 84 |
| | | 麦 | 類 | 39 | 50 | 69 |

第8表 転換畑における培養窒素量の推移(東北農試1975)

(mg/100g)

| 土壌 | | 年度 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 |
|----|---|----|------|------|------|------|
| | | | | | | |
| 転 | 換 | 畑 | 9.92 | 8.51 | 8.35 | 8.11 |
| 対 | 照 | 畑 | 6.19 | 5.10 | 4.84 | 6.47 |

注. 0~10cm間土壌, 毎年大豆収穫後採土
灰褐色土壌

第9表 畑地化に伴う全炭素・全窒素・炭素率の変化(新潟県農試)

| 土 壤 | 処 理 | T-C % | 腐 植 % | T-N % | 炭 素 率 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 大 江 山 | 対 照 区 | 4.95 | 8.53 | 0.38 | 13.0 |
| | 1 年 畑 | 6.52 | 11.24 | 0.47 | 13.9 |
| | 2 年 畑 | 4.01 | 6.91 | 0.30 | 13.4 |
| | 3 年 畑 | 4.51 | 7.78 | 0.39 | 11.6 |
| 京 ケ 瀬 | 対 照 区 | 1.96 | 3.38 | 0.20 | 16.7 |
| | 1 年 畑 | 2.07 | 3.57 | 0.19 | 16.7 |
| | 2 年 畑 | 1.86 | 3.21 | 0.17 | 16.5 |
| | 3 年 畑 | 1.66 | 2.86 | 0.16 | 15.7 |

これは湛水下のような還元的条件下と、畑地のような酸化的条件下とでは有機物の分解様式が異なり、畑状態下では有機物は好氣的分解が優越し、可分解性の有機物は速やかに分解し、且つ腐植化が進んで安定した腐植に移行することによる。更に水田ではらん藻や光合成菌などによる空中窒素

の固定が知られているが、転換畑では荳科作物を栽培しない限り空中窒素の固定量は、水田と比較してはるかに少ないという相違点がある。これらのことから、水田を畑地化した場合には、荳科作物を導入しない限り土壌の窒素供給力は経年的に低下の方向をたどることになる。畑地化に伴い鉄、アルミニウムなどの活性が大きくなり、これに伴いリン酸の固定力が高まる。リン酸の固定力の増大は、火山灰土壌水田を畑地化するときに特に大きい。転換畑では、かんがい水による塩基の供給がないばかりか、炭酸、硝酸、硫酸など酸性物質の生成が多くなるため、排水の促進に伴う塩基の溶脱によって、土壌の酸性化が急速に進む。以上に述べた化学性の変化から、転換当初の肥沃性は経年的に低下の方向をたどることがわかる。

普通畑地と同様、転換畑に野菜作の導入が次第に増加の傾向がみられるが、野菜ばかりを連作している転換畑においても、一般野菜畑と同様第10表に示すように化学肥料の多施によって土壌中の塩基特にカリの増加が著しく認められ、有効態リン酸が著しく富化し、土壌養分の過剰または塩基組成の不均衡を生じ、野菜に対する濃度障害、苦土及び鉄欠乏などの恐れが出てきているところもみられる¹¹⁾。

第10表 きゅうり連作ほ場の理化学性(岩手県農試)

| 連作年数 | 項目 | pH (H ₂ O) | 置換性塩基(mg) | | | 塩基置換容量 (me) | 塩基飽和度(%) | 塩基当量比 | | | 有効りん酸 P ₂ O ₅ (mg) | りん酸吸収係数 |
|------|----------|--------------------------|-----------|-----|------------------|----------------|----------|-----------------|------------------------------|------------------------------|---|---------|
| | | | CaO | MgO | K ₂ O | | | CaO / MgO | CaO / K ₂ O | MgO / K ₂ O | | |
| 転換畑 | 作付予定地(0) | 6.04 | 353 | 59 | 38 | 21.79 | 75.0 | 4.29 | 22.02 | 5.11 | 40 | 694 |
| | 連作—1年 | 6.18 | 415 | 105 | 87 | 21.88 | 99.95 | 2.89 | 8.44 | 3.02 | 67 | 570 |
| | —2 | 6.59 | 555 | 106 | 173 | 25.76 | 111.6 | 3.76 | 6.29 | 1.70 | 76 | 740 |
| | —3 | 6.24 | 397 | 88 | 192 | 24.70 | 91.6 | 3.71 | 3.91 | 1.21 | 89 | 667 |
| | —4 | 5.83 | 374 | 97 | 196 | 25.71 | 86.8 | 3.09 | 4.07 | 1.29 | 135 | 464 |
| | —6 | 6.08 | 482 | 121 | 223 | 27.73 | 100.7 | 2.95 | 3.65 | 1.26 | 169 | 547 |
| | —7 | 6.15 | 536 | 105 | 321 | 28.97 | 107.5 | 3.86 | 2.77 | 0.77 | 139 | 387 |

2) 土壌化学性の改良対策

土壌酸性化防止対策 畑作物は土壌反応が微酸性～中性付近を好み、酸性に弱い作物が多く、且つ水稲よりも石灰の要求量が多い作物が多い。従って、作付前に土壌の酸度検定を行い、酸性の強い場合には石灰資材の補給を行う必要がある。野菜のような多肥作物を栽培する場合、土壌の酸性化は予想以上に速やかに進み、且つ土壌塩基組成に不均衡を生じやすいので、塩基の補給に際しては、土壌中の置換性苦土と石灰の当量比が1/6～1/10で、且つ苦土とカリの当量比が2以上になるように(第1表参照)塩基組成のバランスをとることを忘れてはならない。塩基組成の不均衡の原因は苦土欠乏の場合が多いので、この場合には苦土の補給が特に重要である。

土壤養分状態の改善 水田を畑地に転換した当初においては、前述の通り肥沃度の高い水田の化学性を反映して、一般に普通畑地よりも塩基、磷酸含量が高く、転換後1～2年の間は窒素供給力も高く、肥沃度が高い。しかし畑地化の進行とともに土壤有機物の減耗、酸性化が進む。従って転換畑では水田状態で維持されてきた地力をいかにして畑作物に利用し、同時にそれを維持向上させるかが問題であり、その基本は有機物の消費をいかにして補うかにある。このためには、堆厩肥の連年施用はもちろん、作物の残渣のすき込みなど、有機物資材の土地還元を積極的に考えなければならない。また、転換畑では、磷酸の固定力が小さく、水田の場合のように土壤の還元によって土壤中の蓄積磷酸の有効化は余り期待できない。そのため土壤中における有効磷酸が常に一定水準（第1表参照）以上あることが必要となる。特に火山灰土壌の場合には施肥磷酸は固定されやすいので、熔磷など磷酸資材の施用による有効磷酸の富化が必要となる。又、鋤床層以下の土層は、作土に比べて有効磷酸に欠乏することが多く、深耕によって作土に下層土が混入する場合には同様磷酸資材の施用が望ましい。

堆厩肥や稲わらなどの有機物の施用は、土壤物理性の改良の外に、土壤化学性の改良に効果を示すことは周知の通りである。転換畑では転換後3～4年を経過すると肥沃度の低下が明らかになってくるので、いわゆる地力対策として堆厩肥の施用、収穫物残渣の還元など有機物を連年施用することが必要である。

田畑輪換 田畑輪換は、畑に水田の利点を生かし、水田に畑の利点を生かす栽培技術といえることができる。水田を畑に転換した当初は、前述の通り肥沃度が高く、又、雑草が少なく、線虫や土壤病原菌も少ないのでそれらの被害も少ない。従って、湿害を受けやすいという土壤の水分条件を湿害対策によって克服すれば、畑作物の生育収量は普通畑より勝り、土壤生産力が高いのが普通である。畑地の利用年次の経過とともに、土壤構造が発達し、土壤の物理性は次第に改善されるが、一方では土壤有機物が分解されて少なくなり、肥沃度が低下する。雑草や土壤病害の発生も多くなって来る。又、畑作物を連作した場合には、連作障害が発現するようになる。従って、畑期間の導入作物や栽培法、あるいは土壤の種類によって異なるが、転換後3～4年をピークにして畑作物の生育収量は低下の方向をたどる。このように土壤生産力の低下した畑地を再び水田に戻すと、当初は畑条件下で通気性の改善された影響が残り、湛水条件下でも土壤の還元が軽減されて、水稻根は健全な伸長を示し、施肥効果が高く、水稻の収量は連作田の場合より著しく向上する²⁴⁾。又、水田雑草や水稻の病害虫の発生も少ないといわれている。畑作物の連作障害の原因の一つとして考えられている有害微生物、あるいは線虫の減少や駆逐に対しても、水田化（湛水処理）は効果を示すことが明らかにされていることから、連作障害の回避対策としても効果が期待できる。かんがい水によって塩基が供給され、転換畑当時酸性化した土壤反応も、再び矯正されて微酸性化される。しかし水稻の収量に対して示した輪換水田の利点も、2～3年の経過で次第に薄れ、収量も連作田と余り差がみられなくなる。そこで再度水田を畑地に転換すれば、再び前述のような転換畑土壌の畑作物に対するメリットが期待できる。供試作物においても養分吸収特性の異なる水稻、及び各種畑作物を交互に作付けるようにすれば、土壤からの養分収奪量の不均衡が是正され、いわゆる輪作の有

利性が期待できる。このように、田畑輪換は水田・畑の地目の区別をなくし、土壤生産力の維持増強に対して極めて有効な土地利用技術であるといえることができる。

田畑輪換における土壤管理上の問題点としては、水田、及び畑利用期間における経年的な土壤理化学性、並びに生物性の変化を明らかにすることが挙げられる。これらの土壤学の基礎が解明されないと、輪換の期間と作物の組合せなど、田畑輪換における合理的な栽培体系を生み出すことはできない。

4 おわりに

水田の畑地転換に伴う土壤理化学性の変化、及び畑作物の生育に適した土壤条件を与えるための土壤改良対策について、既往の研究成果を基に取りまとめを行った。これによると、畑地転換当初の土壤の物理性は畑地化が不十分なために通気・透水性が悪く、作物は湿害を受けやすく、又、易耕性が悪いために機械作業の精度や能率が劣る。しかし、一般に普通畑よりも肥沃度が高く、雑草、病原菌が少なく、干天時には比較的容易にかんがいが可能な条件にあり、普通畑では得られない有利な面を持っている。それ故、畑転換における作物栽培は、普通畑にはないこれらの利点を有効に利用すべきであり、畑作物に対してこれをいかに有効に利用し、同時に有利な点を維持向上させるかゝ問題である。その基本は土地条件に見合った排水改良を中心としたほ場整備と、湿害対策をねらいとした土壤改良、及び畑地化に伴う有機物の消耗をいかに補うかにある。これらはすべて土地条件・土壤条件による影響が極めて大きいので、具体的には土壤の種類との関連で整理する必要があり、今後の検討にまつべき点が極めて多い。

引用文献

- 1) 赤石義隆：田畑輪換圃場整備，圃場と土壤，6 (11)，22-25 (1974)。
- 2) 赤沢 伝・千葉 豪・佐久間敏雄・梅田安治：北海道北部の重粘性土壤における心土破砕，土木試験所報告，63，1-50 (1978)。
- 3) 秋田県農試：水田利用再編における土壤肥料の問題点，昭和52年度重点検討課題資料，1-12 (1978)。
- 4) 千葉 豪：心土破砕の施工法と効果，土壤の物理性，No. 30，1-5 (1974)。
- 5) 出井嘉光：水田と畑地のちがいが，みどりNo. 18，6-10，三菱化成工業株式会社 (1978)。
- 6) 古水敏也・佐藤 寛・根岸久雄：基盤整備方式-排水と土壤水分制御について，農業土木試験場技報A (土地改良)，第11号 17-45 (1975)。
- 7) 石井和夫：重粘性土壤，植物栄養土壤肥料大事典 649-651，養賢堂 (1976)。
- 8) 石井和夫・徳永美治：土壤圧縮に及ぼすトラクタ走行の影響 (第3報)，土壤の種類による土壤水分と圧縮との関係，土肥誌 39 (10) 463-468. (1968)。
- 9) 岩間秀矩・石井和夫：重粘性土壤に対する砂客土の効果 (第2報)，砂客土による重粘性土壤

の易耕性改善効果, 北農試研報, 第119号 73-92 (1977).

- 10) 岩間秀矩・石井和夫: 重粘性土壌に対する砂客土の易耕性改善効果, 土壌の物理性No.30, 7-14 (1974).
- 11) 岩手県農試: 水田利用再編における土壌肥料の問題点, 昭和52年度重点検討課題資料 (1978).
- 12) 国分欣一: 水田における機械作業と土壌の物理性, 水田土壌学394-405, 講談社 (1978).
- 13) 前田 要: 粗大有機物連用水田土壌の物理特性について, 土壌の物理性, No.30, 33-38 (1974).
- 14) 本村 悟: 畑転に伴う地力の変遷, 畑地農業235号, 28-38 (1978).
- 15) 長堀金造・高橋 強: 畑作転換に伴う土壌物理性の変化, 農業土木会誌 第45巻, 第9号 605-610 (1977).
- 16) 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, II畑地転換に伴う土壌構造の変化, 農業土木学会誌, 第44巻 第12号 1022-1027 (1976).
- 17) 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, I畑地転換と排水計画, 農業土木学会誌, 第44巻 第12号 1008-1022 (1976).
- 18) 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, III畑地転換と用水計画, 農業土木学会誌, 第44巻 第12号 1027-1035 (1976).
- 19) 農業土木学会暗渠排水調査委員会: 暗渠排水の計画, 施工, 管理についての報告, 農業土木学会誌, 41(9) 9-30 (1973).
- 20) 農業土木試: 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, 1-233 (1974).
- 21) 農林省農事試験場: 水田転作をめぐる研究問題1-93 (1971).
- 22) 薦田快夫: 水田大豆作, 農業技術, 第33巻 第7号, 294-303 (1978).
- 23) 塩崎尚郎・石井和夫・池 盛重: 重粘性土壌に対する心土破碎の効果, 北農試農事試験調査資料 129 1-23 (1971).
- 24) 城下 強・石居企救男・高橋和夫・金子淳一: 田畑輪換に関する土壌肥料科学的研究, 関東東山農試研報 第16号, 50-96 (1960).
- 25) 竹中 肇: 転換畑における土壌水分と土壌構造の変化, 土壌の物理性, No.31, 24-33 (1975).
- 26) 福島県農試: 畑作物導入のための圃場条件の確立について, 東北地域稲作・水田利用再編対策 161-167 (1977).
- 27) 寺沢四郎: 水田の落水後の水分動態(第1報) 蒸発乾燥に伴う土壌水分吸引圧の変化, 土肥誌, 第41巻No.9, 383-388 (1970).
- 28) 東北農政局: 東北地域における土壌管理方針1-41 (1978).
- 29) 東北農試: 試験研究成績書(昭和46~49年度) 環境部土壌肥料第2研究室 (1971-1974).
- 30) 橋元秀教: 有機物施用の理論と応用, 136 農文協 (1977).

〔質 疑〕

座長：ただ今の御説明に対し、質問はないか。

姫田（東北農試農技部機械化栽培第1研究室長）：石井さんに伺いたい。もともと排水条件のよくない水田では、稲わらを施用したときには、稲わらは水分を含んで過湿となり、容易に麦が播種出来ないということがある。ただ今の説明のように有機物のすき込みで透水がよくなるとは一概には言えないと思う。

石井：一般的な問題としては説明した通りであるが、土壌条件によっては御指摘のような問題が起こるところがあると思う。その他にもあまり深くすき込むと土壌が還元的になって土壌構造が壊れて、一層排水不良を増すという問題なども起こることも考えられる。

座長：次の質問に移る。前宮城県農業センター所長の山崎さん（現三井東圧農業株式会社）から質問が出されている。及川さんに回答をお願いします。「透水性を改良するために、耕盤を破壊した水田を再び水田に還したときに耕盤ができるまでにどの位時間がかかるか。土壌条件によって異なると思うが植壤土の場合について」お話をしたい。

及川：手もちの数字がないので、何年で再生するかは答えかねる。お話のように土壌条件によって異なるが、畑における作土深が18 cm必要であるとすれば、そこまで起こしても耕盤は壊れない。

座長：この問題は後の田畑輪換の場合でも非常に問題があると思われるので考え方を整理しておくことが必要と思われる。

次にもう一つ、及川さんをお願いしたい。「転換初年目と数年後において、透水係数はどのように変わってくるか。作土の構造変化と下層土の変化とに分けて」お答え頂きたい。

及川：排水改良していくと、石井室長の資料にあるように、乾燥・凍結・排水の繰返しによって土壌構造が変わってくる。それから、下層まで乾燥が進むと粗孔隙が多くなってくると思われるので、当然 10^{-4} 以上の透水係数がでてくると思われるが、単年度でどの位になるかについては、下からの水の抜き方によって大きく変わると思われる。水田土壌は親水的な性質をもっている所以この親水的性質を早く無くするためには、土壌の脱水・酸化を促進する必要があるので、暗き排水の上層部に疎水材を詰めて排水し、空気をできるだけ早く土中に送り込むことが必要である。

更に粗孔隙を多くしかも早く作るため、1.5 m間隔位に弾丸暗きを施工することによって石井さんの第7図（心土破碎後の破碎断面図）のような破碎層（土壌構造）ができ、透水係数を 10^{-4} 以上にすることができると考えている。

座長：時間の関係で質疑はこれで終りあとは総合討論に回したいが御質問は、代表的なものを出して頂きたい。