

第 26 回

土壤物理研究会シンポジウム

「土壤構造の改良をめぐる諸問題」

講 演 要 旨

昭和59年11月22日(木)  
於：農業土木試験場

土 壤 物 理 研 究 会

井 中

## 第26回土壌物理研究会シンポジウム

開 会		10:00
会長挨拶		10:00~10:10
講 演		
1. 土壌空気と作物生育		10:10~10:50
阿 江 教 治(中国農試)		
2. ヒドロキシアルミニウムと粘土の相互作用		10:50~11:30
和 田 光 史(九 大)		
3. 粘質土壌の易耕性からみた土壌構造の評価方法		11:30~12:10
中 野 啓 三(四国農試)		
昼 食		12:10~13:10
総 会		13:10~13:40
講 演		
4. 力学性にもとづく土壌構造の評価法		13:40~14:20
新 垣 雅 裕(三重大)		
5. 基盤整備水田と土壌構造		14:20~15:00
上 田 弘 美(鳥取農試)		
6. 機械耕耘による土壌物理性の改良		15:00~15:40
唐 橋 需(農業機械化研)		
休 憩		15:40~15:50
総合討論		15:50~17:00
座 長	古 畑 哲(農環研)	
	長 田 昇(三重大)	
閉 会		17:00

# 土壌空気と作物生育

## —水田転換畑における大豆栽培を中心として—

阿江 教 治（中国農試）

水田再編対策の実施と共に、数多くの試験研究が報告されている。ここでの問題点は、過剰水分環境下の作物根系への酸素の供給ということになる。中国農業試験場において、1979年以降、ライシメーターによる転換畑大豆の試験栽培が行われている。その試験の結果、土壌の物理性が大豆の生育に及ぼす影響を解析するとき、単に土壌の物理的測定（粗孔隙率、 $D/D_0$ 、O.D.R.や土壌酸素濃度）だけでなく、作物の全生育期間にわたった根系の生理特性を十分に把握する必要のあることが感じられた。換言すれば、根系が生育阻害を受ける土壌の物理的限界値についての情報を整理する必要があるものと思われる。

本報告では、転換畑の土壌空気（主として酸素濃度）と大豆根系の生理特性から土壌の構造についての評価をこころみる。

### 1. 転換初年目土壌における大豆の生育

中国地域に分布する代表的な6種の水田土壌（強グライ、グライ、灰色低地土灰色系、灰色低地土灰褐色系、黄色土、および黒ボク土）を充填したライシメーターで、地下水位20cm（1979年）および40cm（1983年）で転換初年目で大豆およびソルガムを栽培した。その結果、地下水位の高低（20-40cm）に関係なく、黒ボク土での大豆収量がもっとも劣った。土壌の物理性（粗孔隙率、透水性、O.D.R.仮比重など）を測定した結果、O.D.R.と収量との間に高い相関が認められた。また、大豆の生育が登熟後期に達したとき、黒ボク土壌の $Mn^{++}$ 含量が増大し、土壌が著しく嫌氣的になった。

黒ボク土壌の通気性が劣ったことを確認する目的で、40cmの地下水位条件下での土壌空気の酸素濃度を測定した。その結果、降雨後1日を経過した黒ボク土壌の酸素濃度は、他の5種類の土壌（20%）と比較して低い値（17~18%）を示した。

### 2. 大豆根系の生理特性

多湿条件下における黒ボク土壌の通気性が不良なことは確認されたが、酸素分圧の低下が大豆根系にどのような影響を与えるものであろうか。

大豆の根系が必要とする酸素消費量について、3種（ソルガム、ハトムギ、トウモロコシ）の転換畑作物と比較した。大豆根は20~30℃において2-4.3  $\mu l O_2 / g \cdot min$  であるが、根粒は10-30  $\mu l O_2 / g \cdot min$  と著しく高い酸素要求性を持つことが明きらかになった。大豆の全根系の酸素要求量は、登熟期には11.0  $ml - O_2 / h \cdot pot$  で、一方、ソルガムは2.3  $ml - O_2 / h \cdot pot$  であった。

酸素分圧に対する影響を観察すると、根粒は酸素濃度が20%以下になれば窒素固定および呼吸が抑制され、10%で窒素固定量は無視しうる量にまで低下する。

水田に隣接する転換畑に大豆とソルガムを栽培し、主根付近の土壌空気（深さ8~15cm）を採取し、その酸素濃度を測定したところ、降雨後、大豆では約17%にまで低下したが、ソルガムの

低下は19%前後と少なく、大豆の根圏での酸素消費量は土壌への酸素の拡散量よりも、はるかに上まわっているのが認められた。

この事実から黒ボク土壌の通気性の劣ることが明きらかになったが、この黒ボク土は、非火山灰の鈣質土壌と異なり、降雨後の乾燥収縮による亀裂の発生が少ないことも、その理由の一つにあげられよう。

### 3. 作物根系の生理的多様性

土壌の構造あるいは物理性を評価する場合、上述したように具体的な作物の生理的特性を考慮すべきであるが、作物の出芽の場合にもあてはまる。出芽とO.D.R.との関係についてはStolzyらが示した $2.0 \times 10^{-8} \text{ g cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ の値が根の伸長を阻害する限界値として利用されている。しかし、Hughesらによれば、ギョウギシバや、シナダレスズメガヤの出芽には土壌のO.D.R.が $9.7 \times 10^{-8} \text{ g cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ 以下でも可能である。最近、Glinskiらは、O.D.R.は出芽の良好な指標になり、作物の種類により出芽の限界値が $4 \sim 40 \times 10^{-8} \text{ g cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ の範囲にまで広く及ぶものと報告している。

### 4. 土壌空気組成に影響を与えるその他の要因

土壌空気は土壌の物理性だけでなく、土壌養分や土壌微生物活動にも大きく影響される。土壌中の無機養分の存在状態は植物の生理的情况をも支配し、細胞内の低分子物質の含量や細胞壁の侵透性にも影響を与え、このとき根の分泌物に質的・量的変化をもたらす。Trolldenierらは、カリウム欠乏の春小麦の根系の呼吸量は増大することを報告している。その根面を殺菌した根の呼吸量は減少することから、カリ欠乏により根表面から糖が分泌し、そのため根面微生物の増殖することによって根系の呼吸量が増大したと思われる。

この事は、土壌空気組成が、土壌物理性—作物根系—土壌微生物—土壌養分との相互作用の結果であり、その複雑性を示している。

### 5. 土壌空気研究の今後

最近、土壌病害分野で抑止(型)土壌について検討が多くなされている。その中で、ダイコン萎黄病の抑止土壌である黒ボク土壌では根圏の炭酸ガス濃度が促進土壌(赤土)より高いことを駒田は確認している。黒ボク土壌で病原菌の生存を不良にする機構については未解明であるが、土壌の物理性と病原菌の生理生態を解析することによって解明できるものと思われる。

—MEMO—

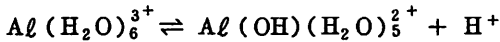
# ヒドロキシアルミニウムと粘土との相互作用

和田 光 史 (九州大学農学部)

酸化鉄が土壌の構造維持に重要な働きをしていることは、酸化鉄含量の高い土壌がしばしば良好な物理性を示すことに基づいて、古くから推論されてきた。しかし、少なくとも土壌化が進んだ赤色土、あるいは火山灰を母材とする黒ボク土では、構造の維持には酸化鉄よりは“アルミナ”、正確には粘土表面の“ヒドロキシアルミニウム基”が重要であることが明らかにされてきた。さらにわが国では最近の水田の畑転換利用に当っては重粘土田土の物理性改良の一つの補助手段として、ヒドロキシアルミニウムの施用が試みられている。この講演では、まずヒドロキシアルミニウムと粘土の相互作用の化学的側面、すなわち粘土によるヒドロキシアルミニウムイオンの吸着、つぎに、ヒドロキシアルミニウムの粘土粒子凝集剤及び集合体形成剤としての働き、最後に土壌改良剤としてのヒドロキシアルミニウムの利用について、既往の研究成果の概略を紹介し、問題点を明らかにしたい。

## 1. 粘土によるヒドロキシアルミニウムイオンの吸着

粘土表面でのアルミニウムイオンの挙動については、土壌酸性との関連で、よく研究されている。アルミニウムは、



という反応の  $pK$  値 = 5.0 にみられる様に、 $PH > 5$  の溶液中では、 $Al(H_2O)_6^{3+}$  の他にヒドロキシアルミニウムイオン、すなわち、 $Al(OH)(H_2O)_5^{2+}$ 、 $Al(OH)_2(H_2O)_4^+$ 、さらにこれらが重合したポリマーイオン（主として  $Al_2(OH)_2(H_2O)_8^{4+}$ 、 $Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}^{7+}$ ）として存在する。 $AlCl_3$  と  $NaOH$  を含む溶液では、全アルミニウムイオンに対するポリマーイオンの割合は、 $NaOH/Al$  比とともに直線的に増加し、 $NaOH/Al$  比 = 0 ではおよそ 0%、2.5 では 90% に達する。

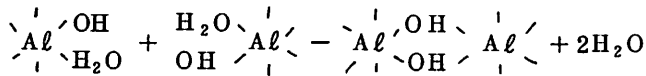
粘土によるアルミニウムイオンの吸着も溶液中のアルミニウムイオンの  $OH/Al$  比に支配され、アルカリ、アルカリ土金属イオンが共存するときには、これらのイオンに比べてアルミニウム、とくにヒドロキシアルミニウムイオンが選択的に吸着される。一般に、吸着されたヒドロキシアルミニウムイオンは、溶液中のものに比べてその加水分解が進み  $OH/Al$  比が高くなり、その大部分は陽イオン交換によっては交換されない形で粘土に保持される。粘土鉱物の中では、スメクタイトによる吸着が最もよく研究されている。1:1 型鉱物、アロフェンでは、上述の選択性、非交換態への変化割合がスメクタイトとは異なることが知られている。アルミニウムイオンを含むイオン交換平衡、アルミニウムイオンの吸着によって生ずる粘土粒子の正負荷電特性については、さらに研究が必要である。

## 2. 粘土粒子の凝集剤、集合体形成剤としてのヒドロキシアルミニウム

$Na^+$  で飽和したスメクタイト懸濁液に  $AlCl_3$  と  $NaOH$  を加えれば、生ずるヒドロキシアルミニウムイオンの大部分はスメクタイトのケイ酸塩層間に吸着され、溶液には交換性陽イオンが現れて粘土粒子は凝集する。通常土壌にヒドロキシアルミニウムを添加するときのように、その添加量

がスメクタイトのCECを上回らない範囲では、凝集をもたらす粘土粒子表面の拡散電気二重層の圧縮は、陽イオン交換によって起こる溶液中の電解質濃度の上昇と吸着されたヒドロキシアルミニウムの働きによって生ずる。スメクタイトの層間に吸着されたヒドロキシアルミニウムイオンが層間の“自由和水”を抑制していることは、層間にヒドロキシアルミニウムを加えたスメクタイトで、 $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ M NaCl}$  中でも、その巨視的膨潤が抑制ないし阻止されることから明らかである。

一方、ヒドロキシアルミニウムイオンは単に粘土粒子の凝集だけでなく、粘土粒子間の結合にも働いている。これはヒドロキシアルミニウムが上水を得るための粘土の除去に利用されていること、ヒドロキシアルミニウムを加えた土壌の透水性増加が  $\text{CaSO}_4$  を加えたものに比べて持続することなどから推則できる。ヒドロキシアルミニウムイオンによる粘土粒子の結合は、その添加前後に試料を  $\text{pF } 5$  程度まで乾燥することによって著しく促進される。ここでは、基本的には吸着されたヒドロキシアルミニウムイオンの間で



の反応が起こり、これによって粘土粒子間の結合が強化されたと考えられる。しかし、ヒドロキシアルミニウムの添加が、粘土鉱物の種類によっては、凝集ではなく逆に分散を招くこともあり、粘土粒子間結合とその安定性については、さらに研究が必要である。

### 3. 土壌改良剤としてのヒドロキシアルミニウムの利用

ヒドロキシアルミニウムを圃場、あるいは室内実験で重粘土に添加したとき、多くの場合に、耐水性土粒子集合体の形成、透水性の改善、乾燥土塊の圧砕抵抗の減少など、その物理性改良が認められている。しかし、ヒドロキシアルミニウムの添加は、交換性塩基の洗脱、土壌溶液の電解質濃度上昇、CECの減少、酸性の増加を招くので、処理後に灌水、石灰、苦土などの添加を要することが難点である。これらの処理を含めたヒドロキシアルミニウムの施用方法、効果については、現在も研究が進められている。ヒドロキシアルミニウムは腐植とも結合し易く、これによって腐植の微生物による分解を抑制する働きがあり、土壌の有機態窒素の無機化抑制をもたらすことも明らかにされている。今後、施用法では、有機物質材と組合せ、ヒドロキシアルミニウムの施用量をできるだけ低く抑えて、土壌の物理性改良効果を高めること。利用面では暗渠の埋戻し、その他の工事で重粘土下層土の透水性改良、アルカリ土壌の物理性、化学性改良などへの利用が研究課題と考えられる。

—MEMO—

# 粘質土壌の易耕性からみた土壌構造 の評価法

中野 啓三（四国農試）

畑作栽培での砕土不良は播種や作物の生育に悪影響を与える。特に、易耕性が劣る細粒グライ土水田では転換畑としての安定多収栽培に、それぞれの土壌条件に応じた対応が要求されるので、その評価が必要となる。

重粘土壌での土壌構造の安定性を示す指標として、塑性限界と圃場容水量の対比がBoekelらによって示され、久保田が圃場における耕起可能状態の安定性の推定へと発展させた。塑性限界を耕起可能な水分点、圃場容水量を圃場条件での水分安定点とすれば、塑性限界が圃場容水量に比べて大きい土壌、すなわち、塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比の大きい土壌ほど易耕性が大きいと考えられた。土壌構造の発達程度を評価する目的では、矢沢らによる不攪乱土の収縮挙動から構造発達係数が、また、前田らのグライ土を主な対象とした鋤床層の構造性孔隙・収縮性孔隙がある。転換畑土壌における畑地化の評価には、長野間らによって土壌の水中沈定容積の変化から畑地土壌化指数が提案され、久津那らは塑性限界 /  $pF1.7$  - 含水比が易耕性の判断に有効であることを認めている。

ここでは、易耕性の評価指標として塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比をとりあげ、主として細粒グライ土水田を畑に転換する場合について検討した。なお、本試験は北陸農試で実施した。

## 1. 畑転換と塑性限界 / $pF1.8$ - 含水比の推移

細粒グライ土水田の土壌は /  $pF1.8$  - 含水比が塑性限界に比べて大きい、すなわち、塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比が小さく、畑作栽培ができるまでに土壌水分を低下させるのが困難である。したがって、機械作業や土壌管理に支障を伴うことが多い。一方、畑地化の進行は塑性限界をほとんど変えないが、 $pF1.8$  - 含水比を大きく低下させるため、塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比は大きくなった。この塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比が大きくなるにしたがって、土壌は乾燥が速やかになり、また、比較的低い $pF$ 値でも耕耘できるなど、易耕性の改善がみられた。さらに、暗渠の施工が塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比を大きくするなど、同比が畑転換に際しての畑地化の程度を示すと考えられる。

## 2. 転換畑の水田還元と塑性限界 / $pF1.8$ - 含水比

転換畑に水稻一稈作小麦の二毛作栽培をした時、畑地化した作土のもどり現象は水稻栽培による進行と小麦栽培での回復を繰り返しながら、年数経過とともに次第に進んだ。塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比は水田還元前の0.98から水田還元3年目には0.77に低下し、耕耘に支障が出るようになった。

## 3. 改良資材施用と塑性限界 / $pF1.8$ - 含水比

土壌の乾燥が進んでいない畑転換初期での稲わら施用は塑性限界を増加させるが、 $pF1.8$  - 含水比も塑性限界とはほぼ等しく増加するため、塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比は大きくなる。このような転換畑での稲わら施用は土壌の乾燥を妨げ、農作業に支障を来すとともに、作物は湿害で生育が劣った。しかし、稲わらの腐植化に伴って塑性限界の増加が $pF1.8$  - 含水比の増加を上廻るようになり、作土の物理性は改善された。PAC（ヒドロキシA<sub>2</sub>）施用は稲わらと異なって塑性限界が大きくなるが、 $pF1.8$  - 含水比の増加が小さいため、塑性限界 /  $pF1.8$  - 含水比は大きくなり、易耕性の改善、土壌構造の安定化、湿害の軽減などの効果が初年目から現われた。

#### 4. 有機物施用と水田土壌の物理性

塑性限界 / pF1.8 - 含水比は有機物施用によってグライ土水田において低下する傾向を示したが、灰色低地土水田では一定の傾向が認められなかった。

#### 5. 指標としての塑性限界 / pF1.8 - 含水比

塑性限界 / pF1.8 - 含水比と畑転換のための整備法の関係を示した。

塑性限界 / pF1.8 - 含水比が、

0.90 以上       ： 畑転換容易

0.80 ~ 0.90    ： 地表排水の整備などの営農作業で畑転換が可能。

0.70 ~ 0.80    ： 暗渠などの排水施工が必要。

0.60 ~ 0.70    ： 排水施工に加えて、夏作の深根性長大飼料作物の栽培を組合せて土層の乾燥をはかる。

0.60 以下       ： 排水施工に水稻の無湛水栽培や水管理を組合せて土層改良をはかり、前記の改善法に引き継ぐ。

塑性限界 / pF1.8 - 含水比は転換畑における作土の畑地化に必須である易耕性を知る指標として有効であるとともに、作土のコンシステンシー改善のための資材施用効果の評価に適用できる。さらに、前記の基準にしたがえば、同比は水田の畑転換や汎用化に際しての土壌管理に活用が考えられる。

—MEMO—



# 力学性にもとづく土壌構造の評価法

新 垣 雅 裕 (三重大学農学部)

## 1. 力場と土壌の変形挙動

土壌は力場において種々の力学的挙動を示す。土壌の力学性は力により生起する広義の変形にかかわるものがほとんどである。降伏(強度あるいは破壊、破断)の現象は変形過程の特殊な段階である。土壌に変形を生ぜしめる要因には外的力と内的力とがある。外力(重力も含む)にかかわる基本的な変形現象としては圧縮、締固めなどの体積変形、せん断(ずり)、流動などの形状変形がある。実際の土層レベルでの土工やその他の変形の諸問題では、これらの基本的変形が複合した現象となって現われる。一方内力は土壌内部の固相・液相・気相の相互作用によって生ずる力で、有機物質などによる粒子接着作用もこれにあたる。温度・湿度の環境要素が誘因となって土壌内で生ずる力も含めれば、内力にもとづくマクロな変形現象として凝集性、収縮、膨張、凍上などが身近かなものである。

力学的現象として現われる変形挙動を土壌物性と関連づけて評価しようとする場合、力場における土壌構造の変化を把握することが必要となる。

## 2. 土壌構造と団粒

土壌構造は概念的に各種の力にもとづく粒子系の立体的組成として理解される。基本的には粒子の結合と配列による骨格形成の状態である。土壌の変形は必ず構造上の変化を伴うが、両者の関係の統一的整理はなされていない。考慮する現象によって構造モデルが異なる場合が多く、また応力・変形・時間の関係を定める構成方程式(レオロジー方程式)も相異なる。粒子の性質・結合性によって表現すれば砂質土は無孔性・硬質粒子の単独系、粘質土は無孔性・硬質粒子の複合系である。農地土壌では変形機能とともに間隙空間による物質、熱などの貯留機能も重要である。この意味で多孔性・硬質粒子の複合系である団粒構造の土壌は一般的な問題を包含する対象であろう。団粒粒子自体が有孔性であるので骨格と間隙が不可分である。従って団粒の力学性は土壌構造の変化の規定要因となる。ここでは主にこの種の土壌について考察し、必要に応じて硬質粒子系のものと比較検討する。なお単一粒子が集合して団粒構造の土層を形成する模式的過程に関しては、わが国の多湿の気候風土と高い有機物含有量のなす機能とを考慮すべきである。また土壌の構成モードの指標である団粒分布は、従来の重量表示は簡便であるが、容積表示にすれば汎用性を増し実際の意義が高まる。

土壌構造は可変性であり、その規準状態は定め難い。一般に実目的から初期状態が設定され、限られた変形過程の構造変化が調べられている。ここで扱う団粒構造の初期状態は原則として近似的自然構造のものとしている。また重力場の影響は無視し得るとする。

## 3. 主に外力による変形挙動と構造変化

(1) 一軸圧縮と変形個々の団粒の変形過程は崩壊後も含めて多様な経路をたどる。変形性と間隙特性を加味して団粒を粘土・腐植複合体にもとづく軟質の多孔性粒子から成る段階的構成物体とする。外力下の団粒内部では硬質系の土壌よりも複雑となり、小団粒の回転、滑動、接触による圧縮、部分的崩壊の各種形態の粒子相対移動が生ずるとみられる。団粒構造の土壌の変形挙動の様式は本

質的に団粒のそれに類似すると推定できる。

一軸圧縮強度の大きさは団粒，自然構造の土柱，締固め土柱の順である。自然構造が失われると強度は低下し，破壊に至る変形量は増加する。骨格部分の固定の程度が減じ粒子の相対移動が容易になるからである。

応力緩和時間は自然構造を壊すと増加する。たとえば弾丸暗渠施工後の穿孔断面の形状変化と関係する。また強度に与える応力緩和の影響は自然構造のない方が大きい。応力・歪の座標上における破壊点は含水量の減少とともに増加するが，応力緩和を経験すると破壊点の軌跡は応力の増分が正，歪の増分が負の方向へ移動する。即ち緩和によって強度は増え，延性を減ずる。

#### (2) 土壌体の圧縮変形による構造変化の推定

側方拘束下の圧縮における応力・歪曲線において部分的特異点が現われる。砂質土壌の場合は硬質粒子のかみ合いにおける不連続な変形過程であり，団粒構造の土壌では構成団粒の崩壊であることを示すことができる。変形に関する一つの曲線を評価することにより内部構造の変化を推定し得る好例であろう。反復圧縮の変形挙動は力学的エネルギーの変化特性と対応する。

#### 4. 主に内力による変形と土壌構造変化

ここでは収縮挙動をとり上げる。収縮は体積，間隙あるいは密度の変化を伴う。土壌からの水分蒸発により一般に収縮がおこる。球状試料の恒率蒸発速度は自然構造をねり返えしで消失させると減少する。これは主として間隙率の低下で蒸発が抑制されるからであろう。また水分量低下による団粒の間隙率の減少率は，間隙率が高いにもかかわらず自然構造を壊したものに比べて小さい。外力による変形挙動との対応性がみられる。

収縮による体積変化率と水分量の関係は，自然構造を有するものは突固めたものより低水分量側に位置する。また内部応力にもとづく収縮による密度増加と突き固め外力による密度を比較すると，収縮限界付近までは後者が大きい，それ以降は逆になる。

—MEMO—

# 基盤整備水田と土壤構造

上 田 弘 美 (鳥取農試)

## 1 はじめに

水田の基盤整備は、1963年以来、日本農業の近代化のために全国的に実施され、鳥取県でもすでに水田の1/2が大区画のは場整備を完了している。この間、基盤整備に伴う土壤変化について土壤調査を実施して来たので、巨視的な見地から土壤構造に関連のある事項について述べる。

また、基盤整備後の土壤の構造を発達させるために、現地において若干の改良試験を実施したので、その事例についても紹介することとする。

## 2 基盤整備に伴う土壤変化

### (1) 土壤断面形態の変化

施工前に灰褐色土壤であったものが、施工後には作土、次層ともグライ化し、灰色土壤やグライ土壤のような形態になった。また糸根状、膜状、管状斑鉄やマンガン結核等が消失し、活性2価鉄が増加し、 $\alpha \cdot \alpha'$ -ディピリジル反応が強まった。これにより、施工時の重作業機により土壤が圧縮され、施工前に発達していた土壤の構造が破壊されたことが、土壤断面調査によって観察された。

### (2) 土壤三相と水分特性及び透水係数

蔵内地区(礫質田, 土性SL)では、固相の変化が著しく、施工前→施工後の変化は33%から50%へと増加し、粗孔隙は15%から5%へと減少し、透水係数は $10^{-8} \sim 10^{-4} \text{ cm/sec}$ から $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ へと低下した。

千代地区(沖積土, 土性CL)では、施工により固相が42.5%から47%へと増加し、粗孔隙は7%から3.9%へと減少した。同時にpF2~2.7%の毛管孔隙が減少し、pF3.8以上の領域が増加した。なかには透水係数が $10^{-7} \text{ cm/sec}$ のオーダーのものも認められた。

黒色火山灰土水田である安田地区、中田地区では固相の変化は少なく、透水係数の低下は他の土壤ほど著しくなかった。

施工後の経年変化をみると、火山灰土では3年後には透水性は良好となったが、蔵内地区の礫質砂壤土では、透水係数が上昇したものの固相の低下が少なく、玉鉾地区の粘質土では、3年後の粗孔隙の増加は著しくなった。

### (3) 土壤の圧縮と水稻の生育

施工による土壤の圧縮により、土壤構造の破壊とともに、ち密な土層が形成され、水稻の根系の発達を阻害しているものと考えられる。そこで玉鉾土壤(CL)、蔵内土壤(SL)を供試し、1/2,000 a のポットに固相40%と50%の土層を人工的に突き固めて、固相の変化が水稻に及ぼす影響について検討した。

固相が50%と密になると、施肥量を増加しても生育は良好とならず、各養分吸収量は低下し、

固相が40%のものより収量が低下し、圧縮が生育の阻害要因となった。また固相の増加に伴い土壌硬度は増加し、SR II型(コーン60°, 6cm)で測定した結果、蔵内土壌では1.5Kg/cm<sup>2</sup>(山中式に換算して11mm)から8.3Kg/cm<sup>2</sup>へと急増した。

### 3 地盤整備田の土壌物理性の改良

#### (1) サブソイラによる心土破碎

千代地区(土性CL)において、犁型のチゼルにより心土破碎を間隔70cmで実施した。水稲1作後には切土部の第2層で膜状斑鉄の形成がみられ、水みちが観察された。またpF-水分分布曲線でも、pF0~3までの孔隙が増加し、水稲の収量も8%増収した。一方盛土部では、き裂の発生は少なかった。

#### (2) ウィング付きサブソイラ及びリッパーによる土層改良

鳥取県東部の第三紀系の重粘土水田である中大路地区(土性LiC)において、ウィング付きサブソイラにより間隔2m、深さ35cm、またリッパーは爪の間隔1m、深さ40cmで土層改良を実施した。

施工によるき裂の発生を白色塗料を流しこんで観察した結果、深さ30cmまでに多くのき裂の発生が認められた。水の基準浸入度( $I_B$ )をみると、無処理区0.01mm/hrに対し、リッパー区4.5mm/hr、サブソイラ区15.4mm/hrと改善され、水稲収量もリッパー区21%増、サブソイラ区13%増となった。

#### (3) 基盤整備田転換畑への作物導入による土壌改良

鳥取農試の重粘土水田の土壌構造を発達させるために、各種の作物の導入を試みた。根系調査では、ハトムギの根は深さ20~30cmの部分は根も太く、トウモロコシより根量が多かった。大豆の根は表層から20cmまでの部分に多く分布した $I_B$ はハトムギ区54.4mm/hr、トウモロコシ区32.6mm/hr、大豆18.9mm/hrで、無処理区8.1~10.9mm/hrよりも増加した。

また導入作物の組合せの相違によっても、土壌の碎土率、水中沈定容積、コンシステンシー等にも変化が認められた。作土の碎土率は、大豆・小麦>ハトムギ・イタリアン>ナス・キャベツ>水稲・小麦の順であり、水中沈定容積及び塑性指数は、大豆・小麦<ハトムギ・イタリアン<ナス・キャベツ<水稲・小麦の順となり、大豆やハトムギ跡地の方が有効であった。

このように、水田は転換畑にすることにより土壌構造の発達が助長され、また導入作物の根により土壌に孔隙をあげ、徐々にあるが着実に土壌構造が改善されていることが認められた。

### 4 おわりに

従来水田は長期にわたり土壌構造を発達させてきたが、基盤整備に伴いこれらの構造が破壊され、水稲等作物に対する悪影響が認められた。土壌構造は作物の生育にとって極めて重要であるので、土壌構造を発達させるために、各種の土壌改良法を組合せて、作物に好適な土壌環境を造成することが必要である。

—MEMO—

# 講演要旨

## 機械耕うんによる土壌物理性の改良

唐 橋 需（農業機械化研）

### 1. はじめに

播種床作りのための作業法としては、プラウで“起こす”ことを根幹とした耕起・砕土・整地システムが代表的なものであるが、我が国ではロータリーで耕起と砕土を同時にやってしまう方法が普及した。そこで、このような耕し方を“耕耘”と表現したものと理解している。ところが、世界的に見ると、近年サブソイラ等で地中に亀裂を入れる方法が重要な“起こし方”になってきている。したがって、現在では、土層を破碎したり、持上げて返したりする多様な耕起方法と種々の砕土方法の全体を、つまり、広義の意味に「耕耘」という表現を使っていいと考えている。

### 2. ロータリ

我が国では最近、浅耕化が大きな問題になっている。数県の水田作土深の調査結果によると、平均値で以前は14～16cmだったのが近年は12～14cmになっており、ロータリーだけによる耕うんの場合は耕深と作土深とはほぼ一致すると考えられるから、確かに耕深は浅くなっているようである。ただ問題はロータリーではなくて、今年のように気象条件が好転すれば大豊作になるというように、栽培技術全体、即ち、13cm農法が出来上がっていることと考える。

土壌物理性の改良に係る面からロータリーの特徴をあげると、次のとおりである。

#### 1) ロータリ

普通のロータリが地表面の硬い所を1回で起こせる深さ（有効耕深）は、13～16cmの範囲のものが多い。耕うん後の状態は、ほぼ砕土とわら・刈株等の埋没の程度で測定される。前者は耕うんピッチ（瓜の打込み間距離）と土壌条件とによってほぼ定まる。土壌条件としては土性と含水比が大きな要因となり、一般に砕土と所要動力の両面から見て塑性限界付近が耕うんに適した状態と考えられる。なお、砕土程度の表示には粒径分布の測定が必要になるが、水田の耕うんでは2cm以下の分布割合を砕土率と呼んで代表させている。耕うんピッチについては、当然小さくなるほど砕土される。この砕土は、耕土層の上から下迄ほぼ均一な分布となるが、細かい土壌が下層にやや多くなる傾向が認められる。

わら類の埋込みは、切断わらで適当な耕うんピッチでめれば、耕深を最低12cm以上とすることによって、かなり良く行なうことができる。ただし、上層から下層まで大体均一に入った状態となる。

以上のように、ロータリ耕うんは、土層の攪拌混合と膨軟化を引起す。この外、耕うん爪が上からたたく作用のため数年で耕盤が生ずることが聞かれる。

#### 2) レーキ付アップカットロータリ

普通とは耕うん爪の回転方向を逆にして、その直後に格子状のレーキを設けることによって、レーキに耕うん土を衝突させ、レーキの間隙を通らない粗い土壌や刈株を先に落とし、その上へレーキの間を通過した細かい土塊を落とすという作用を行なう。雑草やわら、刈株等の埋込み性能に優

れ、下層ほど土塊が粗い耕土層構造とすることができ、水田転換1年目の条件では種子の発芽・苗立に重要な表層砕土率を普通のロータリの2倍程度とすることができる。ただし、降雨によって土膜ができ、出芽障害を起こすことがあるという新たな問題が生じている。

耕土層が著しく膨軟化され、降雨の少ない条件では膨軟さがかなりの間持続されるが、降雨の多い条件下では耕うん後1ヶ月後の固相率は普通のロータリ区と差がなくなった。

### 3) 深耕ロータリ

最大50cm辺り迄耕うんすることができ、うまく使うと、耕深20cm前後辺りで比較的能率的な作業に使うことができそうである。

### 3. ブラウ

普通、ブラウと言えはっ土板ブラウのことで、土層をほぼ完全に反転して作物残さ等を下層に埋没させることができるが、大きなけん引力を要する等のため我が国に適する場面は少なかった。

これに対して、最近注目を集めているのが駆動ディスクハロー型ブラウである。これは、ディスクを強制回転させることでけん引力が小さくなるため、小型トラクタでも能率的な耕起作業をすることができる。ただ、堰の反転程度が90°～110°にしか過ぎず、わら等のすき込み性能は不完全である。しかし、堰が斜めに立っていることで乾燥が促進されたり、ディスク周縁の刃が立って削る作用のための耕盤を作り難いと期待される。また、ロータリとはっ土板ブラウの中間的な反転作用の故に、畑などの地力の向上に適する可能性を秘めていると思われる。

### 4. 新しい耕うんシステムの探索

多くの場合に作物の増収に対して深耕の効果が認められるのであるが、マリツェフ(1958)によれば、完全反転の耕作方法には大きな欠陥があり、数年に1回、はっ土板なしブラウで作土を反転しない深耕を行ない、毎年の収穫を終った後で浅耕しておくのが地力増進と水分保持のために最適である。千葉県農業試験場におけるブラウとロータリによる耕うんシステムが野菜の生育と収量に及ぼす影響についての連年試験の成績から推察すると、根菜類等を除くとはっ土板ブラウの連年使用は不相当と考えられ、3年目にのみブラウを入れた場合は少なくともその年は良かった。いま米国では、地表面に作物残渣を残した状態(無耕うん)で心土破砕機状のものを通しつつ、その破砕条の上に播種していくという減少耕うんシステムが、排水性等のため収量が増加する等の長所があって、かなりの地域に導入されつつあると言われる。我が国では、砕土と雑草処理の必要性から上層部をロータリ耕うんし、その下は心土破砕状に処理するシステムが適すると思うがどうであろう。

—MEMO—