

土壌構造と湿式粒団分析法（付，土質化学）

京都大学農学部 喜 田 大 三

土壌構造の一測定法として水中フルイ分けによる耐水性粒団（団粒）の分析法が広く採用されている。この方法は湿式粒団分析法のうち最も代表的なものである。

ところで、土壌構造の概念を理解した上で本分析法を採用する時にこそ、本分析法を有意義に活用することができるのである。そこで最初に土壌構造を概説する。また本分析結果は土粒子を連結している結合物質と密接に関係している。そこで、土質化学の立場から、結合物質について得た二、三の知見を併せて紹介する。

〔I〕 土 壌 構 造

（1-1） 土壌構造とその測定法

土壌学において土壌構造（Soil Structure）は研究者によつてそれぞれ異なる意味に解釈されている。著者はこれら定義を検討し、次の定義を先に提案した。^{1・2)}

「土壌構造は大きさ、形状の異なる土粒子（一次粒子および二次粒子）が各種の結合状態と配列状態にて組立てている土壌の立体的構成である。」

この定義によれば、一次粒子の集合体である二次粒子または粒団自体も土壌構造をもつ。また一次粒子あるいは二次粒子だけから成る構造もあれば、一次および二次の両粒子から成る構造もある。

この定義に基づくと、土壌構造は次の3要素から成りたつている。すなわち、構成土粒子（一次粒子、二次粒子あるいは粒団）、土粒子間の結合状態に規定される構造の安定性、土粒子の配列状態に規定される構造の孔ゲキ性。結合と配列は粒団内部と粒団間について考えねばならないが、一般に結合は前者に、配列は後者に重点がおかれている。なお、構造の安定性と孔ゲキ性とは土壌構造の本質的な物理的性質でもある。しかも、土粒子、安定性、孔ゲキ性の三者は密接に相互に関連しあつている。

さて、土壌構造を解明するには、少なくとも構成土粒子と上記の2つの本質的な物理的性質を研究対象にしなければならない。この3要素に基づいて、土壌構造の各種測定法を分類し、本研究会の第1回討論会において報告した。¹⁾ここに簡単に記載する。

（構成土粒子）

（I）乾式（空气中にて）粒団分析法：肉眼的粒団（碎塊）の粒度分布を測定する。（II）湿式（水中にて）粒団分析法：耐水性粒団の粒度分布を測定する（〔2〕に後述）。（III）機

械分析法：一次粒子の粒度分布を測定する。(IV) 構成組成分として、特に結合物質を化学分析する。結合物質の分析は構造の安定性からも必要である。([3] に後述)。

(構造の安定性)

安定性は相対的な概念であり、いかなる破壊力に対する構造の抵抗性を測定するかによつてその測定法は当然異なる。

(I) 乾式フルイ分け法：フルイ分けの際、振動を与えて機械的破壊力に対する肉眼的粒団の抵抗性を調べる。(II) 湿式(水中)粒団分析法：耐水性粒団の粒度分布を測定するだけでなく、粒団の耐水性をも測定する([2] に後述)。(III) 水中振動法：振とう瓶に粒団を入れ、水を加えたのち振とうし、水中カキマゼ作用に対する粒団の安定度を測定する。

(IV) 水滴落下法：主として降雨時の水滴に対する粒団の安定度を測定する。(V) 透水性法：浸透水に対する粒団の安定度を測定する。(VI) 化学的処理法：化学薬品を用いて粒団の安定性を研究する。(VII) コンシステンシーの各種測定法は土粒子の結合状態にもとづく構造の安定性に関する知見を与える。

(構造の孔ゲキ性)

(I) 容積重法：土壌の容積重、真比重から全孔ゲキ量を算出する。(II) 実容積法：湿润原土についてボイルの法則を応用して孔ゲキ量などを測定する。(III) 吸引法：種々の吸引圧で排出される水分の容積から、孔ゲキの粒径分布を測定する。(IV) ケロシン法、水銀法、パラフィン法などによつて、粒団内孔ゲキ、粒団間孔ゲキを測定する。(V) 顕微鏡観察法：薄片を作成して、孔ゲキさらに微細粒団を直接観察する。(VI) 透水性、保水性、通気性などの測定は間接的に孔ゲキ性を調べていることになる。

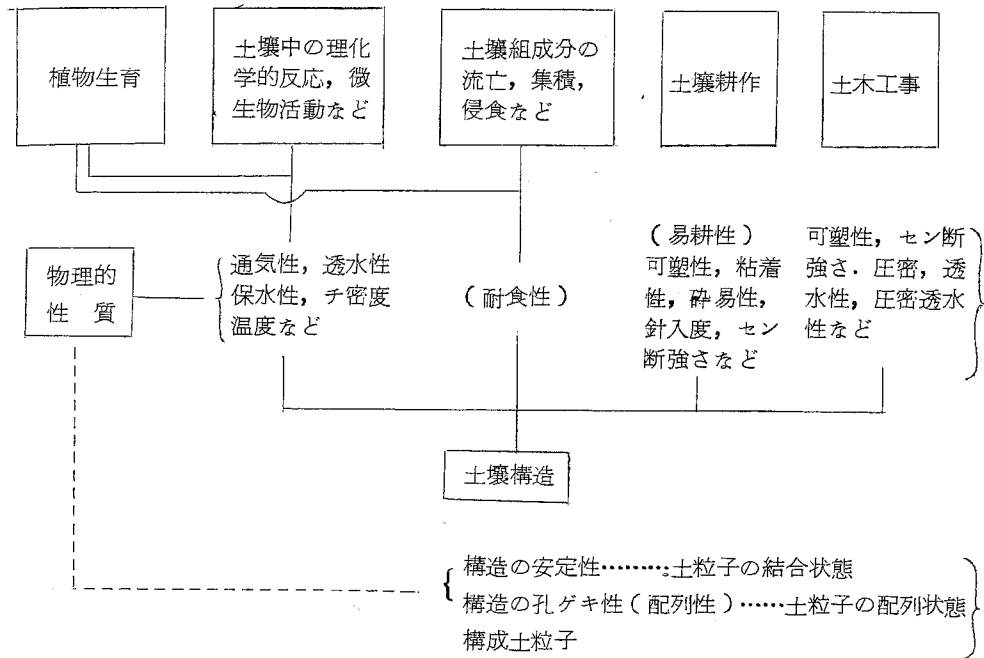
以上の分類から、湿式粒団分析法は構成土粒子と構造の安定性を測定する方法である。

(1-2) 土壌構造と土壌の物理性

土壌構造の研究は土壌物理学(力学)において基礎的に重要である。いま土壌構造を中心として土壌物理学(力学)の体系化を試みた。第1図にその大要を模式的に図示する。^{1, 2)}この場合、土壌の物理的性質(力学的性質もふくむ)は構造の本質的性質と構造により規定される物理的性質とを包含する。

応用面では、土壌構造を直接研究対象として取扱いよりも、第1図に示した各種の物理的諸性質を測定する方が、より実用的意義をもっている場合が多い。けれども、これら物理的諸性質は土壌構造に直接的に、あるいは間接的に支配されている。

たとえば、透水性は構造の孔ゲキ性に大いに影響をうけ、さらに孔ゲキ自体の変動については当然透水条件下での構造の安定性を調べる必要がある。また、傾斜地で降雨に対する土壌の耐食性を研究する場合、降雨に対する粒団の安定度を調べる。この場合、粒団の安定度は構造



第 1 図 土壤構造を中心とする土壤物理学の一体系

の本質的な物理的性質でもある。また農業耕作では土壤の凝集力を測定して易耕性を判定するが、この場合は構造の本質的な性質を間接的に調べていることになる。

したがって、土粒子、構造の安定性、構造の孔ゲキ性を研究して、土壤構造を解明することによつて、土壤の物理的諸性質（力学的性質も含む）を本質的に究明することができる。

(1-3) 土壤構造と粒団（団粒）

著者の土壤構造の定義によれば、すべての土壤は構造をもっている。しかし研究報告で無構造（Structureless）という表現が、特に調査部門でつかわれている。よく調べてみると、無構造とは肉眼的粒団〔約 0.2 (0.5) mm ~ 5 (10) mm の大きさ〕をもつ粒団状構造に対する反語であつて、無構造は無粒団状構造ともよぶべきである。

無構造という言葉をつかうのは、構造は粒団化あるいは粒団と解しているからである。たとえば、粘土質土壤において Massive な構造と肉眼的粒団をもつ粒団状構造とでは、土壤の物理的諸性質たとえば透水性、通気性、易耕性などは全く違う。一般に粒団状構造は無粒団状構造に比べて、より発達した上位の構造である。

そこで粒団（団粒）について説明する。

レキや粗砂よりなる自然条件下の土では、粒子は個々に分離しており、いわゆる単粒状構造

をもつ。だが粘土や有機質，無機質コロイドの結合物質を含む一般の土壤では，一次粒子は集合して二次粒子となつている。この二次粒子を粒団（団粒）という。

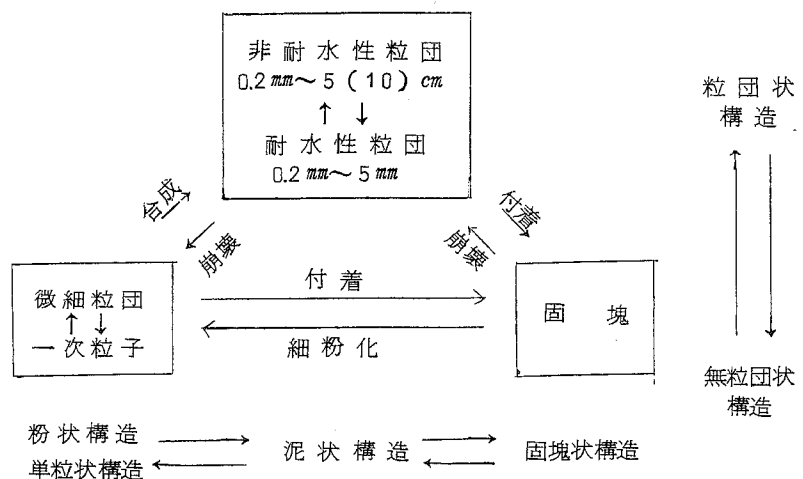
アメリカ土壌学会術語委員会³⁾は粒団を次のように定義している。

粒団（Aggregate）：一単位として機械的に行動する土粒子の集合体。構造的粒団（Structural aggregate）：構造の一般的な構成要素であり，自然状態における基本的な粒団。耐水性粒団（Water-stable aggregate）：水による破壊に対して抵抗性をもつ粒団。土塊（碎塊，Clod）：普通耕土層にみられる粒団。碎塊は耕作などの人為的作用でつくられるから構造的粒団でない。ところで，構造的粒団と土塊とをどうして区別するのであろうか。構造的粒団は未耕地で自然に生成した粒団であるが，耕地に構造的粒団がないとはいえない。たゞ耕地の粒団は未耕地の粒団に比べて，その大きさや形状などが激しく変化している。したがって，耕地では粒団を構成している基本的な単位の耐水性粒団を重要視しなければならない。

その他粒団はその成因，性状に応じて，しばしば次のような表現で区別されている。

Granule, Fragment, Blok, Lump, Columnar aggregate, Platy aggregate, Macro-aggregate, Micro-aggregate, Primary aggregate, Secondary aggregate など。ここでは，特に記さないかぎり，一般的な総称として粒団という。

さて土壤構造はダイナミックに変化している。この変動は下層土よりも表土において，未耕地よりも耕地において，より激しい。いま肉眼的な土壤構造の変化を粒団を中心として模式的に第2図に示す。



第2図 肉眼的な土壤構造の相互関係

この模式図は水田に関する著者の研究と畑地に関する多くの研究とを総括して作成した。粒団は耐水性の有無にて大別した。また粒団の大きさ限界は土壌の種類、研究者によつて多少ちがう。

図示のように、土壌構造は相互に変移し、その際粒団は生成と破壊の変動過程にある。このような変化をひきおこす要因は2つに大別される。すなわち、気候（乾燥、湿潤、凍結、融解）、人為的作用による外的要因と、土壌構成組成成分の動的性格に基づく内的要因とである。なお植生、小動物は外的・内的の両要因に関与している。外的要因は主として物理的・機械的作用であり、内的要因は主として微生物作用も含めた化学的作用である。

基本的構成単位としての耐水性粒団の変動に関して、内的要因である有機、無機コロイドの結合物質の生成・分解、溶出・沈殿などを特に重要視しなければならない。これら結合物質が土粒子を耐水性に連結するために主要な役割をしているからである（〔3〕に後述）。

〔2〕 湿式粒団分析法

（2-1）はじめに

（1-1）に述べたように、湿式（水中）粒団分析法は土壌構造の3要素のうち、構成土粒子と構造の安定性とを測定する方法である。そして水中フルイ分けによる耐水性粒団の測定法が最も広く行なわれている。本法は京大農芸化学実験書⁴⁾および続作物試験法⁵⁾に掲載されているので、その測定法の説明は省略する。

たゞ、耐水性粒団の分析結果は多数の因子によつて影響される。いま測定に関与している主要因子をあげると次のようである。

供試粒団または碎塊の大きさ、乾燥処理の有無と乾燥の度合、水に湿らせる方法及びその所要時間、水温、粒径区分、水中での測定操作、粒団量の算出法など。

これら要因についても二実験書^{4,5)}に説明されているが、要するに耐水性粒団の分析法はその測定条件や操作によつて多数の変法がある。したがつて、本法はある一定条件下において行なわれ、相対的な分析結果を与えるものである。そして研究目的に応じてより有効な結果をえるため、さらにより再現性のある値をえるため、最も適当な方法を選ばなければならない。

また粒団の分析結果は種々の方法で表示されている。^{4,5)} 従来は単一粒径（たとえば、0.25 mm）以上の粒団量で表示されてきたが、最近粒団量だけでなく粒径をも考慮した表示法が提案され、その有用性が認められている。著者は各粒径階級の粒団量と粒径とを考慮した平均重量直径（Mean Weight-diameter, MWD）による表示法を現在採用している。MWD表示法はVan Bavel⁶⁾によつて提案された。実験書⁴⁾に説明したように、粒径階

級と耐水性粒団の重量百分率の累積度数との関係曲線を描き、その面積をプランメーターで測定しなければならない。その場合製図および面積測定が不正確になるおそれがあり、しかも時間がかかる。その後、Youkerら⁷⁾は多数の土壌について、この測面法と分析値からの計算法とによる値の間にきわめて高度な一定の相互関係があるので、計算法で得た値に一定の係数を乗減してMWDとしている。しかし相互比較では計算法の値そのままを使用してさしつかえない。

(2-2) 構成土粒子と湿式粒団分析法

(1-3)に説明したように、耕地のしかも耕土層の肉眼的粒団は変動性にとみ、一時的な存在と考えるがよい。したがって、構造の基本的構成単位として耐水性粒団(Water-stable aggregate)に注目する必要がある。

それでは如何にして耐水性粒団を得るのか。著者は構造の基本的単位の耐水性粒団の分析には、もつとも強烈な水の破壊作用すなわち沸化作用(Slaking action)を応用すべきであると考ええる。

この沸化作用は一般に供試土の水分量が減るほど激しくなるので、肉眼的粒団または碎塊をいつたん風乾する。この風乾試料をすみやかに水につけると、粒団(碎塊)は種々の粒径の粒団に沸化崩壊する。この粒団は水中に長くおいても、また水中で軽くふつても安定である。

このような沸化作用をひきおこす破壊力は次のようである。多くの研究者によつて認められているように、風乾粒団(碎塊)内に向つて急速に水がしみこむとき、内部に閉じこめられた空気の圧力は高まり、ついに粒団を破壊する力となる。しかし閉じこめられた空気の効果がなくとも、粒団は不規則な加水膨潤に伴つて、くずれる場合がある。これは特に膨張格子型粘土を含有する粒団で明らかである。しかし普通の耕地では、粒団の崩壊は主として閉じこめられた空気圧によると考えられる。したがって粒団の崩壊の程度は加水時に生ずる空気圧による破壊力と土粒子間結合力の弱化とに依存している。

なお、供試粒団(碎塊)を乾燥しないとか、他の方法で水に湿めらせるとかによつて、この沸化作用による破壊力を弱めることができる。かかる弱い沸化作用に基づく測定法は上述の激しい沸化作用に基づく測定法との比較上採用するのがよい。たゞし、たん水下の水田耕土では湿潤土そのままを供試すべきである。また水分の増減のすくない下層土では試料を乾燥することによつて間違つた結果をえることがある。

さて、0.1mm以上の耐水性粒団の粒径分布は一般に水中フルイ分けによつて行なわれ、その機械的方法の基礎はYoder⁸⁾によつて確立された。約0.1mm以下の耐水性粒団は沈降法によつて測定できる。適当なシリンダーを用いて、水中に粒団を均一に分散させた後、ピペット法または比重計法によつて一定の深さの粒団量を任意の時間に測定するか、または沈積筒によつ

て一定時間後に任意の深さについて測定する。またコペツキー型淘汰器を用いて1~0.02mmの粒団量を洗浄法によつても定量できる。

(2-3) 構造の安定性と湿式粒団分析法

土壌構造の変動現象を解明するには第一に構造の安定性を究明しなければならない。構造の安定性は構造を変動させる作用に対する土粒子間連結の抵抗性と定義することができる。

(1-1)に粒団(碎塊)を供試して構造の安定性を測定する方法を列記したが、安定性という概念は相対的であり、いずれの測定法を採用するかはその目的に応じて決めなければならない。各種測定法のうち、耐水性粒団の分析法が広く採用されている。

土壌水は一般に土粒子間連結力を著しく変化させ、粒子間結合力は水にぬれると一般に弱くなる。したがつて、耕地では水分増加による構造の変化を特に重要視しなければならない。そこで、肉眼的粒団または碎塊を水につけたのち得られる耐水性粒団量を測定し、この耐水性粒団の粒径と量とから、供試粒団(碎塊)の耐水性の強弱ひいては水に対する構造の安定度を測定する。この測定法は構成土粒子としての耐水性粒団の測定法と基本的に同じである。ただし、最も強烈な沸化作用を応用して耐水性粒団を分析するだけでなく、圃場の条件に応じて弱い沸化作用(たとえば風乾試料を毛管水で湿らせるとか、下層土では湿潤原土を供試するとか)を採用するのがよいと考える。また目的に応じて、供試粒団(碎塊)は一定の大きさたとえば約10mm前後のものを使用するのもよい。

なお、ここでは湿式粒団分析法を狭義に解釈して説明した。しかし構造の安定性の立場から水以外の溶液、有機溶媒中における粒団の安定性を測定するとか、水中カキマゼ(振動)作用に対する粒団の安定性を測定するのがよい。これら方法については別の機会にゆずる。

[3] 結合物質の土質化学的研究

以上、土壌構造の基本的構成粒子、構造の安定性の見地から、水中フルイ分け法によつて耐水性粒団を分析すべきであると概説してきた。

さて、この粒団を耐水性にしている因子、特に有機、無機コロイドの結合物質の研究は構造の安定性あるいは変動性を解明し、さらに安定な粒団状構造の作成・維持の対策をたてるために基本的に重要な課題である。

そこで、土壌物理学へ化学的手段を導入するに際し、土質化学を提唱し定義づけた。この土質化学の見地から結合物質を取扱い、その研究例として水田土壌の結合物質および土質改良剤「ポパール・ベントナイト」に関する著者らの研究を簡単に紹介する。

(3-1) 土質化学

農林土壌学における土壌、土木工学における土、窯業学における粘土などを包含する土の物

理的または力学的性質は周知のように土粒子の粒径分布，形状，配列あるいは土の含水量などに大いに影響される。

しかも土，特に粘土は特有の界面化学的性質をもち，また土中には各種の化学的成分が存在し，さらに化学的諸反応（土壌では微生物作用も含めた反応）が進行し，あるいは見かけ上平衡を保っている。この場合，土の物理的，力学的諸性質はこれら化学的諸性質に当然影響をうけているはずである。

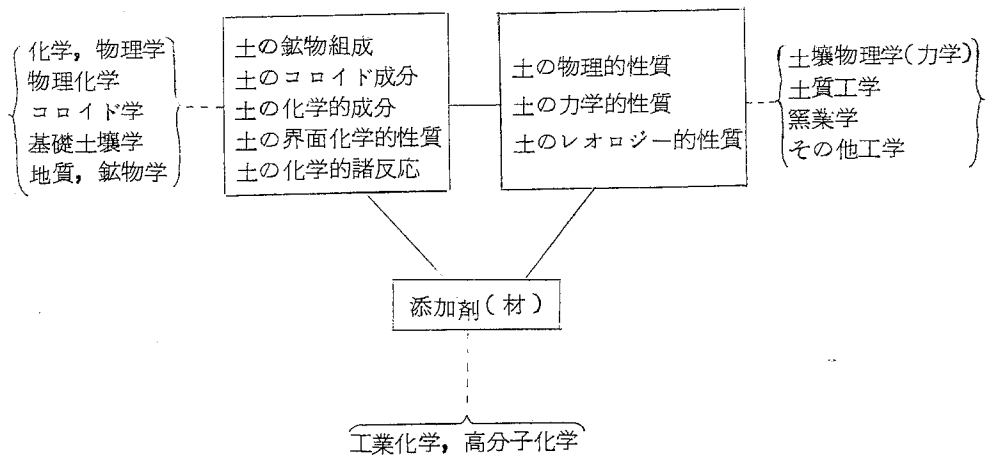
実際断片的であるが，土の物理的・力学的性質を研究対象としている各部門において，土の化学的諸性質が物理的・力学的性質におよぼす効果を研究し，基礎的にも応用的にも非常に注目させられる成果をあげている。しかしこれらの研究も系統的に行なわれておらず，そして当然のことであるが整理統合してひとつの学問体系をかたちづくるまでには至っていない。

そこで，著者はさきに下記のような工学的な土質化学という新しい科学を提案・体系化し，この領域の開拓と研究の必要性を主張した。^{2,9)} この土質化学的見地は後述の結合物質の研究の立場または指導理念でもある。

まず土質化学を次のように定義する。

“土の物理的・力学的諸性質を解明，改善するため，土の鉱物学的・コロイド学的組成，化学的成分，界面化学的性質，および化学的諸反応を研究する科学”

いま土質化学にて取扱う分野をそれと関連する他の科学と対応して模式的に図解すると第3図のようである。



第 3 図 土質化学の研究分野

ここに代表的な土質化学的項目を以下にかかげる。(1) 土の機械分析の際における化学的処理。(2) 無機および有機の分散剤、凝集剤による土粒子の分散・凝集、これら添加剤と土粒子との界面化学的反応。(3) 土のコンシステンシーあるいは流動・変形と鉱物学的・コロイド学的組成、化学成分との関係。(4) 土壌構造や土質の安定性と土中の結合物質、各種の添加安定剤(土質改良剤、土質安定剤)との関係。添加剤と土との界面化学的反応。(5) 土粒子の配列性と粘土鉱物、化学成分などとの関係。(6) 土の加水あるいは膨潤と粘土鉱物、有機物、置換性塩基などとの関係。(7) 土の透水性あるいは保水性と土中の有機、無機コロイド、客土(たとえばベントナイト)との関係。

以上の説明であきらかなように、土質化学は土の化学と土の物理学または力学との境界領域を研究対象とする学問である。

将来、土の物理的・力学的諸性質を対象とする農学、土木工学、窯業学、衛生工学などの科学分野およびこれら分野と関連している産業部門において、土質化学は基礎的にも応用的にも大いに発展させられることを期待する。

(3-2) 水田の土壌構造と結合物質

稲作期間における水田耕土の構造は、たん水下の悪条件のため調査しにくい。そこで著者らは採土器を考案し、京都市の埴壤土、壤土、砂壤土の各水田(乾田)の耕土上半層、耕土下半層、耕土下グライ層および下層土の各層位について、土壌構造の型・安定性・孔グキ性、土壌水分量、酸化還元状態などを経時的に調査した。^{2,10)} これら諸性質の経時的変動は耕土上半層で最もはげしく、下層土では殆んど起らなかった。第4図に耕土層について肉眼的な構造の模式図を示す。

典型的な構造の変化を示している耕土上半層について、構造の安定性特に耐水性を測定した。湿潤原土を孔径1mmのメッシュフルイで水中フルイ分けによつて測定し、結果を粒団化度(1mm以上)で表示した。この測定結果を酸化還元電位(Eh)および土壌水分量の函数として第5図に示した。矢印の方向に相互関係は経時的に変化している。

構造の耐水性いいかえれば土粒子間の耐水性結合力はたん水後中干し前まで低下し、中干し後増加している。このような結合力の変化は単に土壌水分量の変化のみによつて説明できない。酸化還元電位から推察される結合物質の変化が大いに関与していることを示唆している。

そこで、まず耐水性の土粒子連結に有効な結合物質を研究した。落水期の水田(乾田)土壌について、風乾粒団(碎塊)を水中で沸化崩壊させ、水中フルイ分け法によつて耐水性粒団を分析した。さらに、粒径別に耐水性粒団中の理化学的組成成分を分析し、これら組成含量が粒団の粒径別に異なるという注目すべき事象を認めた。^{2,11)} そして、粒団の粒径と共に、その含量が増すような有機、無機コロイド分は、粒団の耐水性に有効な結合物質であると認定した。

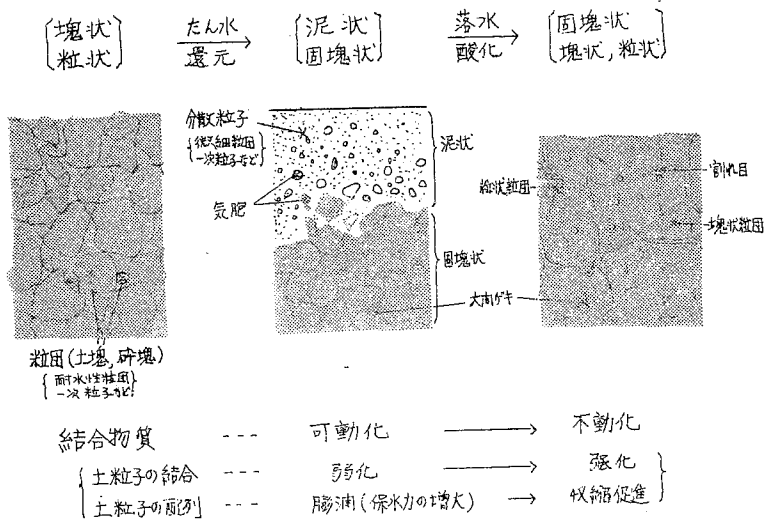


図 4 水田 (乾田) 耕土層の土壤構造の模式図

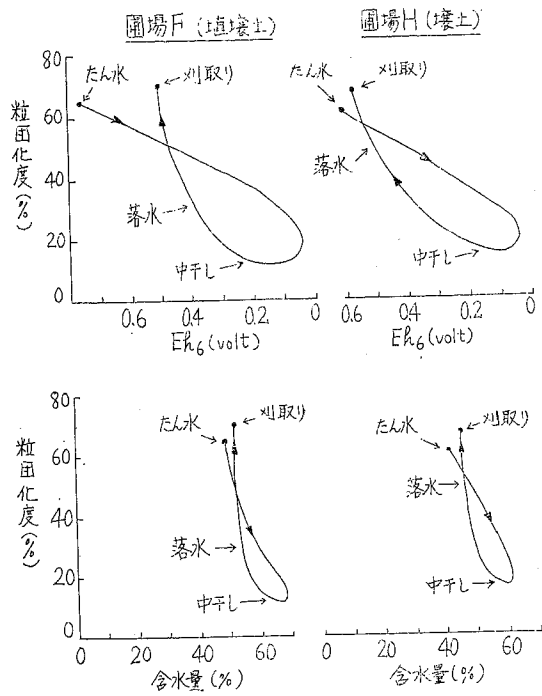
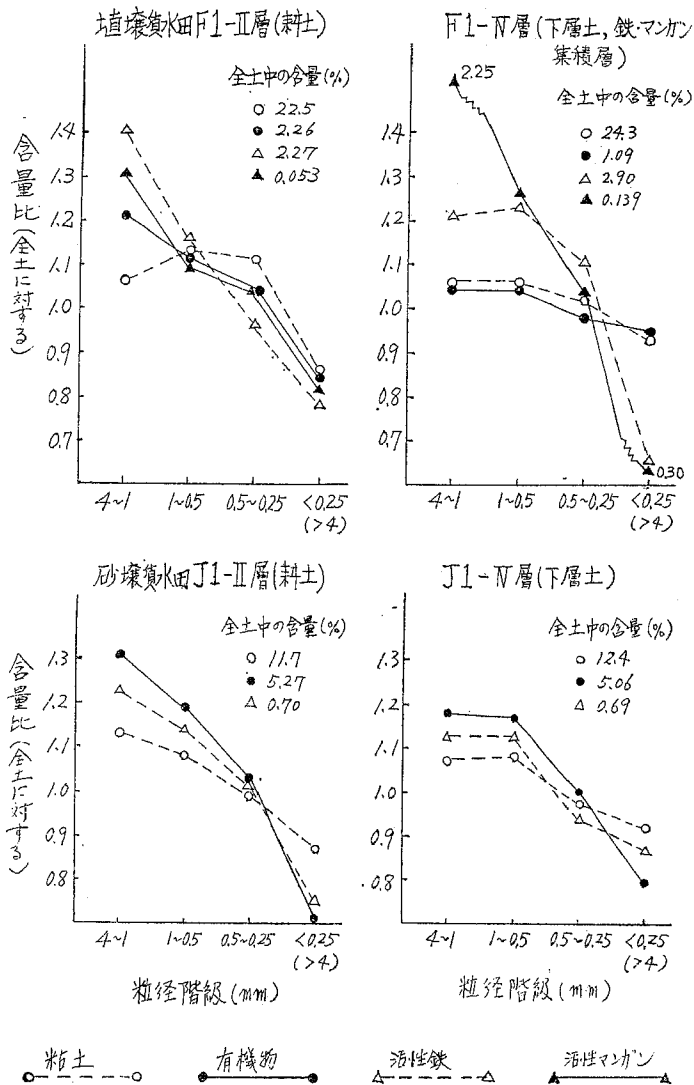


図 5 粒団化度と酸化還元電位, 含水量との関係

その結果の一部を第6図に示す。



才六図 各粒径階級の耐水性粒団中の粘土、有機物、活性酸化物の含量

図中、粒団中の組成含量は全土のそれに対する比率で示されている。なお化学分析試料としていずれも0.25mm以下の細土を供した。

さらに、これら組成成分が粒団の粒径と共に異なる状態、すなわち4mm以下の範囲で不均一に分布している状態(局所化作用)を局所化度として計算する一方法を提案した。そして局所化度の大きい組成成分は粒団の耐水性に能率的に効果的に作用していると判定した。この判定法によれば、埴壌土の耕土層では有機物、活性鉄およびマンガンであり、下層土では活性鉄特に少量であるがマンガンは顕著に作用していた。砂壌土では耕土層、下層土ともに粘土、活性酸化物特に有機物の効果が顕著に認められた。粘土は粒団構成の最も重要な基本粒子であると共に、結合物質でもあった。そして、粘土の結合物質としての効果は砂壌土では局所化作用とし

て強く表面に現われたが、埴壤土では弱く現われた。

結合物質の局部化作用と耐水性粒団の生成との相互関係から「結合物質の可動化・不動化」の概念を導き出し、更に一般的原理に発展させた。²⁾ すなわち、結合物質の可動化・不動化の変化過程は、土壌構造の変化、ここでは土粒子の結合状態（構造の安定性）および土粒子の配列状態（構造の孔ゲキ性）に影響することを究明した。なお可動化とは結合物質が水中へ溶解・解コウするだけでなく、土粒子表面に吸着した状態でも可動化しやすい状態に変化することをも含める。他方、不動化とは結合物質が水中へ再溶出、再解コウさらに再加水されにくくなる変化を意味する。

いま、水田耕土層の構造の変動にこの原理を適用すると次のようである。^{2, 12)}（第4図参照）

(I) たん水・還元化による土粒子間結合力の弱化。土壌のたん水・還元にもなつてコロイド状の有機物や活性酸化物（鉄、マンガン、ケイ素、アルミニウム）のような結合物質は分解・溶出して、粒子間結合力は弱くなる。すなわち構造の安定性は低下する。

(II) 還元一乾燥・酸化条件による土粒子間結合力の強化。還元状態で活性な可動性をおびた結合物質が生成し、脱水とそれともなり酸化過程で結合物質は不可逆的に不動化し、土粒子を強く連結する。すなわち構造の安定性は増大する。

(III) たん水・還元化による土壌の膨潤および保水力の増大。たん水・還元条件下では親水性の有機、無機コロイドが生成し、土壌は高度に膨潤し透水しにくくなる。

(IV) 還元一脱水による土壌の収縮促進。還元状態の泥しよりは酸化状態の泥しよりに比べて脱水過程で容易に塑性流動して土粒子は密に配向し、その結果土壌はち密な状態に収縮する。

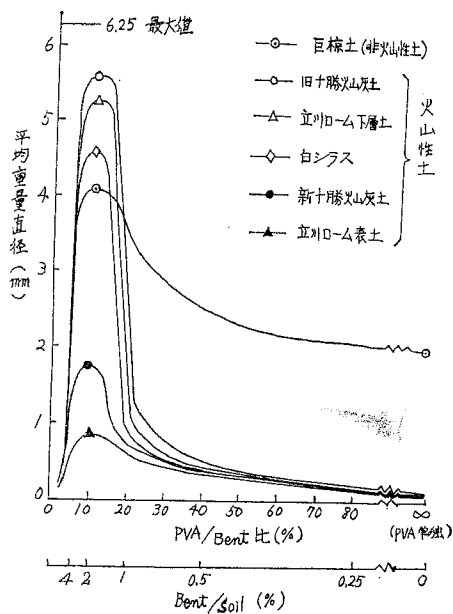
(3-3) 土質改良剤「ポバール・ベントナイト」

土壌中の有機および無機のコロイドは、土粒子間の耐水性連結にきわめて重要な結合物質である。これら結合物質のうち、有機物特に線状コロイドの Polysaccharide 主として、Polyuronide のガム物質の効果はすぐれている。また土質（土壌）改良剤とか土質安定剤といわれる合成線状有機高分子は自然界のガム物質に匹敵するか、またはそれ以上の効果を有している。

ところが、わが国に広く分布している火山灰土または火山性土（アロフェンを主要粘土鉱物とする土）に対し、これら高分子の効果は殆んどない。

著者らは、結合物質が土粒子を連結する機構を検討した結果、有機・無機コンプレックスよりなる連結橋を重要視した。そしてポバール（ポリビニルアルコール、PVA）とベントナイト（Bent）の配合物が火山性土の耐水性粒団の形成に極めて有効であることを見いだした。¹³⁾

第7図には数種の腐植質および無機質の火山性土に、PVA 0.2%を一様に添加し、これに Bent の変量を加えた場合における耐水性粒団量を平均重量直径（(2-1)参照）で表示



才 7 図 PVA 0.2% 一定添加における
PVA/Bent 比と平均重量直径との関係

PVA の使用量、土壌の性状にあまり影響されることがなくほぼ一定である。また PVA・Bent の改良剤の効果は土壌の性状と密接に関係していた。

以上の事象の作用機構は PVA・Bent の連結橋の生成、その量と質などの見地から検討された。

した。図の曲線の右端 (PVA/Bent 比の ∞) は PVA 単独処理区であり、非火山性土の巨椋土では PVA の効果が認められるが、火山性土ではすべて全然効果がない。曲線が左に向うにつれ、すなわち Bent 添加量を増して PVA/Bent 比が低下するにつれて耐水性粒団の生成量は増加し PVA/Bent 比約 10% で最大の耐水性粒団量が得られた。

この PVA と Bent の最適混合比は、供試した PVA 特に Bent の品質によつて違ってくる。しかし、使用する PVA と Bent が決まっている場合には、この混合比は

文 献

- 1) 喜田 : 土壤の物理性, 2号, pp 28~33,
(土壤構造とその測定法), (1960)
- 2) 喜田 : 土壤構造と結合物質の作用および改良剤の利用に関する研究(学位論文, 京都大学農学部土壤学研究室) 1961刊
- 3) Minutes of Twelfth Annual Business Meeting : Soil
Sci. Soc. Am., Proc., 13, 574(1949)
- 4) 京都大学農学部農芸化学教室編 : 改訂農芸化学実験書, 第3巻, pp 1027~1038
(粒団分析法 — 喜田執筆), 産業図書(1957)
- 5) 戸刈義次編 : 続作物試験法, pp 407~429,
(土壤の集合体の分析法—美園執筆), 農業技術協会(1960)
- 6) Van Bavel, C. H. M. : Soil. Sci. Soc. Am., Proc., 14, 20
(1949)
- 7) Youker, R. E, and Mc Guinoness, J. L. : Soil Sci., 83,
291(1957)
- 8) Yoder, R. E. : J. Am. Soc. Agron., 28, 337(1936)
- 9) 喜田 : ベトロジスト, 4巻, 2号, 132頁(1960)
- 10) 川口・喜田・久馬 : 土肥誌, 27, 7(1956)
- 11) 川口・喜田 : 土肥誌, 27, 262, 342(1956); 同誌, 28,
153(1957); 同誌, 29, 237, 286(1958); 土肥
講要, 第4集, 71(1958), 第5集, 104, 105(1959)
- 12) 喜田・川口 : 土肥誌, 31, 375, 495(1960)
- 13) 喜田 : 高分子, 10, 962(1961); ベントナイト, NO. 3, 12
(1962); 喜田・川口・森 : 土肥誌, 34, 7(1963)