

質疑応答と総合討論

司会 八幡敏雄(東大農) 木下 彰(北海道農試)
 講演者 有村玄洋(九州農試) 松口竜彦(農技研) 中村政詩(東大農)
 桑原 徹(名城大理工) 須藤清次(茨城大農)

(木下・北海道農試) 土壌物理研究会には自分の研究の一場面を発展させるために加入されている方が多いと思います。多分、本日の5題の講演の全部を理解された人は少ないと思いますので、気軽に御意見、御質問を受けたいと思います。なお時間と編集上の都合で、今日の講演の順序に従って進めたいと思います。

(湯村・野菜試) ①ダニ・トビムシのふんは粗しょう有機物が大部分だとすると、これら微小土壌動物の土壌構造への寄与の程度はかなり小さいと思うがどう考えられますか。②ダニ・トビムシ類とミミズ類との生息する土層の深さは一般的にはどちらが深いのか。

(有村) ①の御質問ですが、微小土壌動物の1個体の作用はミミズなどの大型土壌動物にくらべると、土壌構造に及ぼす影響は小さいと思います。しかし、自然状態の表層内には相当数($\times 10^5/m^2$ ともいわれています)のダニ・トビムシ類のような小節足動物が生息していること、これらの遺体・排泄物 \rightarrow 微生物による分解 \rightarrow 大型土壌動物による摂取・攪拌・運搬および排泄物 \dots と土壌生物系の複雑な変化を考えますと、微小土壌動物といえども、直接・間接に植物遺体の分解、土壌構造に及ぼす影響は無視できないものと思います。②の御質問ですが、一般的にはミミズ類の方が深いようです。

(佐久間・北大農) 排泄物中の団粒の安定性あるいは崩壊の状態は微細形態の方法で、どの程度明らかにできるか。

(有村) 微小土壌動物の場合は土壌中における微小土壌動物の種類と排泄物の形態との関係や、土壌中の微小動物排泄物の分離法が、まだ明確にされていないようですので、薄片観察からだけで排泄物の安定性・その崩壊過程について考察するには困難性をともなうと思います。しかし、粒径が比較的大きい排泄物、たとえばミミズ類の排泄物などは微細形態の方法その他の理化学的方法を適用し、かなりくわしくしらべられると思います。

(山口・道立中央農試) A_0 層、 A_0A 層、 A 層中の各種土壌動物をB層またはC層のような有機物の少ないところでそれぞれ繁殖させて、土壌構造の造成に役立てる

ことができないか。

(有村) ミミズ類を繁殖させてA層の土壌構造の改善をねらった試験がおこなわれていることは聞いていますが、下層土にたいしてはよく知りません。

(湯村・野菜試) ミミズのふんに無機粒子が多いのに対して、ダニ・トビムシのふんには無機粒子はないのか。

(有村) 一般にダニ・トビムシ類は腐植性のものが多いといわれています。武田氏によると、一般にリター層内に生息するある種のトビムシ類の体内は植物遺体が大部分で、そのほか菌糸破片、胞子を含んでいるとのべています。また、ダニ類のふん中には検鏡した限りでは、無機粒子はきわめて少ないと思います。

(佐久間・北大農) ①微細構造を検鏡する手法によって、既墾地を含めた土壌構造およびそれに対する地中動物の影響の dynamicsなどをどの程度追求できるか。②構造単位間の amorphous matter の効果はどのような方法でチェックするか。また、thin sectionの調整の際にこれが変化する可能性は?

(有村) ①の御質問ですが、既耕地土壌については調査していないのでわかりませんが、現在までとり扱った試料からいえることは、一般的にその土層内で活動している土壌動物の排泄物の形態と量、植物遺体の分解程度また土壌微細形態の変化などを詳細にしらべることにより、それらの影響を知ることができると思います。②の御質問ですが、現在のところ、微細形態観察結果だけから構造単位間の amorphous matter の効果を知るのは困難なような気がします。したがって、固化した試料について脱鉄処理などをして、微細構造の変化を比較したり、化学的方法によって量的に補足することにより、ある程度のことは推察することができると思います。また、現在使用している thin section 作製法ではこれら物質が変化する可能性は考えられます。

(多田・農土試) ①プレパレート作り方チェックの面積—②因子(土壌構造生成のための)をいかに区分するか。たとえば土壌動物、植物の影響はどのようにわかるか、具体的に教えてほしい。

(有村) ①の御質問ですが、土壤薄片作製法についてはペドロジスト誌(5巻1号)、土肥誌(33巻4号)を参照して戴きたいと思ひます。チェックの面積は観察した全薄片面積がほぼ100 cm²程度になるまでです。②の御質問ですが、土壤動物の影響は植物遺体内または遺体間、孔隙内における各種土壤動物排泄物の存在、それら排泄物の形態と量、植物遺体の分解程度などを観察する。また植物根の分布状態、土壤孔隙の形態と量、土壤基質のちみつさなどより、その層位における生物の活動程度および微細構造に及ぼす影響を考察しています。

(佐藤・愛媛大農) ミミズは排泄粘液?のようなもので土壤を団粒化するように考えていたところ、排泄物そのものは植物質と鉱物質の混合した団粒状をなす一方、ミミズ(遺体)の周囲の土壤はむしろ単粒化されているような写真に見えた。これは動きまわることによってむしろ土壤を単粒化するのでしょうか(写真のスケールの問題で小団粒だったのかしれません)。

(有村) ミミズ類はすみかをつくるのに自分の周囲の土壤を食っては排泄しながら、穴をほって行くといわれています。この写真の場合は微小ミミズの例ですが、この場合でもミミズの周りはその排泄物で小団粒化したものと思ひます。

(木下・北農試) 微細構造を顕鏡した結果をどのように分類するつもりか。

(有村) 現在のところ、Brewer や Kubiena の分類方法を参考にしたいと思ひています。

(久保田・農技研) 見せて頂いた写真によると、赤黄色土の表層は膨軟であるという印象をうけるが小動物の頭着などところを選んだ結果か、それとも一般に表層では海綿状構造が発達していると理解してよろしいか。

(有村) 一般的にみて、自然状態の赤黄色土の表層の微細構造は下層土のそれにくらべて海綿状構造(もちろん、植生、土壤動物の活動程度などにより、その発達程度はことなっていますが)が発達しているとみてよいと思ひます。

(木下・北農試) 細菌は液相中に棲息しているというが、液中に浮遊しているのか、あるいは土壤粒子に吸着されているのか。また細菌は荷電をもっているのか。

(松口) 細菌は液体培養においても、固体表面の存在で増殖はいちじるしく促進される。土壤孔隙中での細菌の分布をみても、土壤粒子周辺にコロニーを作っていることが観察される。その原因は、土壤粒子表面での養分濃縮による間接的なものと、細菌細胞を直接的に吸着する場合がある。細菌細胞の荷電については、イオン交換樹脂等への吸着現象として扱われているが、直接的な

知見は少ない。

(八幡・東大農) インキュベーションを終った状態の土壤についてpF水分分布曲線を改めてはかると、孔隙量が微生物増殖によってどうか変わったかを知ることにはできないものか。

(松口) 本実験では調べてないが、細菌の増殖による土壤孔隙の目づまり問題とも関連するのでおもしろい御意見と思ひます。ただ測定のための脱水過程で水分とともに微生物細胞が移動する可能性があるのでは、この点をどう解決するかが問題でしょう。

(岩田・農技研) 土壤中の空間は、微生物にとって単なる住むための空間と考えてよいのか。土壤表面に存在する諸現象が微生物にあたる影響は大きいのか。

(松口) 木下氏の御質問とも関連するが、固体表面では養分の濃縮、代謝排出物、抗生物質の濃縮、微生物細胞の物理的、電気的吸着が起こり、微生物細胞の機能に様々な影響を及ぼす。しかし一般的には、イオン交換樹脂からガラス球まで、固体表面の存在が細菌細胞の増殖を促進する効果がみられている。土壤空間(孔隙)の性質は、酸素の供給、水分、養分の供給を支配するので、単に住むための空間だけの意味ではない。

(久保田・農技研) 茨城県の赤ノッポに腐植がたまらないのは、風蝕以外にその土壤によく発達したマイクログリゲートが関係していないか。アロフエン質土壤のグリゲートは腐植の吸着や微生物活性と何か関係がないか。

(松口) 一般に黒色火山灰土壤は細菌が少なく、放線菌、糸状菌型のマイクロフロラを形成している。腐植の生成にリグニン、セルロース、特に前者の関与が大きく、また低分子のグルコース、酢酸のCが短期間のうちに腐植のCに変化することも明らかにされていることから、微生物の関与が大きいと考えられる。火山灰土壤で腐植が生成しやすい原因に、放線菌、糸状菌に富むマイクロフロラが考えられよう。石沢らは火山灰土壤にメラニン生成性放線菌が多いことを明らかにしている。一方、腐植分解菌として子のう菌、キノコなど特殊な糸状菌が報告されているが、赤ノッポに腐植が集積しにくい原因として、これらの菌の関与も考えられよう。

(吉田・新潟大農) ①土壤水分のしめる容積に対する菌体のしめる容積は、どの程度であるのか。②土壤水分の移動とともに、菌体も流されるものなのか。

(松口) ①一般に土壤孔隙が全て細菌細胞で飽和されたと仮定すれば1g土壤中約10¹²の菌数と考えてよい。実際に土壤の細菌数を検鏡すれば10⁹~10¹⁰前後であり、全孔隙量の0.1~1%しかしめていない。このことから土

壤中での微生物は飢餓状態にあると考えられる。②水田土壌の断面での細菌の分布を調べた結果では、たて浸透の水みちによって細菌数が増加している現象がとらえられている。この現象は、水分移動とともに細菌の下層への移動の可能性を示すものであろう。

(保坂・東北大農研) 土壌構造のもつ、微生物に対する影響の1つとして、吸着がある。これに対して、氏はいかなる考えをもつか。

(松口) 細菌の化学的活性に対する界面の影響については、McLaren, 服部らの考察がある。それによれば、吸着菌のpH—活性曲線や、基質濃度—活性曲線が遊離菌とちがったパターンを示すことが明らかである。

これは主に単一種の細菌での現象だが、実際の土壌では、粒子界面に数種の菌が混在する場合もあり、吸着の影響も混在する微生物間の養分競合、拮抗作用、食物連鎖の面から把握する必要がある。

(竹下・神奈川園試) 菌糸生育をおこなう微生物の中で、糸状菌よりも放線菌が高浸透圧条件によわいののは何故か。特にどのようなイオンに対してよわいか。

(松口) 糸状菌と放線菌の細胞壁の質のちがいに関係するものと思われる。放線菌の細胞壁は10~20 μ mの厚さを持ち、主として糖—アミノ酸の複合体から成っている。これに対し、糸状菌の細胞壁はprotein, 脂質とともに80~90%がセルロース, キチン等の多種類を含有する上、いちじるしく厚い放線菌の細胞壁にくらべこの性質の差が、細胞壁の浸透性に関係するのであろう。イオンの種類については、よくわからない。

(田淵・茨城大農) 微生物の生育が土壌構造にあたる影響についてどうお考えですか。

(松口) 土壌の団粒形成に対する微生物の寄与については、いくつかの報告がある。細菌類には、粘着性物質(主としてpolysaccharide)を分泌し、また、放線菌、糸状菌は菌糸の伸長により微細な土壌粒子(低次)を結合させる作用を持つことが観察されている。しかし、微生物の生育は、時間とともに変化するので、その効果も動的にとらえる必要があろう。

(岩田・農技研) ①氏の仮定によると、エレメントのスケールは大分大きく、100 cm^3 位のサンプルでは、ゆらぎの問題がでてくると思われるが、この点どうお考えになっておられるのか。②定数はどの物理量が明らかになれば、理論的に計算されるのか。

(中野) 微小要素の大きさは、私が使ったサンプルでは、砂壤土で0.075 mm, 軽石砂で0.3 mm, 砂で0.1 mmという辺長をもつ立方体です。従いまして、辺長2 cmのサンプル(体積は8 cm^3)を考えますと、砂壤土で

は10⁶個, 軽石砂で10⁴個, 砂で10⁶個の程度の微小要素を含むことになります。100 cm^3 のサンプルではこれより1オーダー大きくなるかと思えます。ところで、アボガドロ数とくらべれば、この数は非常に小さいのですが、たとえば、2種類のエレメントで考えたとき、10⁴個程度の数で最もらしい分布の状態数と状態の数との比が最もらしい分布の状態数を与える分布の附近にかなり鋭く集まってきます。

第2の御質問ですが、定数は3個使っています。いずれも土中の間隙に関するものです。間隙の大きさや形や集合状況などが土粒子の大きさや形や集合状況から計算出来るものなら、粒径分布曲線にもとづいてこの定数は算出される可能性があります。

(岩田・農技研) ①あたえられている条件はなにか、たとえばマクロに測定された密度なのか。②エレメントの孔隙の変化は連続的なのか、不連続なのか。

(中野) 間隙量の分布を求める計算のときに使われる条件は、マクロに測定された間隙量がモデル中にそのまま保存されているということであらわすもの、および、その測定値をあたえる土塊中に想定した微小要素の数がその土では特徴的な一定値を示すもの、この2つです。2番目の御質問ですが、モデル中の微小要素は各々間隙をもつことにしていますが、この微小要素を間隙の大きさの順に並べてみたときの間隙の変わるようすは、初めに不連続に考えてますが、その総和をとるとき積分演算をしますので結局は連続的なものと考えていることになると思います。

(木下・北農試) 保水機構について、新たに提案する考え方の背景または経緯は、また現在までの保水機構に関する学説と提案する案の位置づけをどう考えておられるか。

(中野) 構造の1つの表現形成では、ある間隙のようすを確率密度関数の形式で表現してみたいという意図のもとでこの研究は進められました。さらに、その背後には、土をいわゆる物性論的なみかたで、そしてその手法で把えてみたいという意図もありました。ついでですが、この際の最初の山は、土とか間隙とか不連続なようすで連続なような物体を、“集まりの物体”として把えることを最初にしなくてはならなかったのですが、それがここにあったように思います。この試みは、この分野ではこれが最初のものであると思われます。この試みによって、土ないし土中水のなにか理解しにくい内部のようすが鮮明さをもって理解出来るようになったのではないかと思います。もちろん、この試みは1つの試みにすぎないことはいうまでもありませんけれども、また純保水

機構という点では、従来の研究成果を全面的に踏えています。

(辻・大林組技術研) 土の保水性に与える因子は多々あると思います。特に土に含まれている粘土の表面活性が与える影響は大きいと思われませんが、今回は砂土についてですので、この点は考えないと思います。間隙の大小とか、その大小別の存在量の違いが保水性に与える影響は異なると思われる。この時、土塊を有限の要素に分解してその存在を考慮してしまう場合、土の保水性の再現性がどの程度あるとお考えですか。

(中野) 土の保水性の再現性は、ヒステリシスも含めて挙動するものと考えます。このモデルで、たとえば、水が1度排除されて次に再びそこに水がもどるもどり方はどうか、というようなことを考えることは、問題の性格上意味がないと思います。いまの問題は水分変化の1ループ上で水分変化が静定した1時点で水のあり方がどうなっているかということとして、このモデルはそれを表現する以外のなものでもないからです。モデルは、そのとき間隙充填水と間隙非充填水の混在のようすだけを表現しているにすぎないからです。

(高橋・岡山大農) 土壌構造自体の収縮膨脹によるヒステリシスはどうか。また、測定の際、メニスカスによるものと、収縮膨脹によるものと両方のヒステリシスが表われる場合、どのように考えられるか。

(中野) 収縮膨脹の際、土中の間隙の変化のようすがどうなるか。これを確率密度関数で表現すれば、私の場合、そのテイ減係数が変化することで表現出来ます。一方、マクロな間隙量が当然ながら変わります。最終的には、このマクロな間隙量だけが計算に関与するものとなります。従いまして、測定中つぎつぎに収縮膨脹がみられるときには、その時々々の密度のときのマクロな全水分量を求めて、これを使って計算をすることになります。ヒステリシスがある場合、そのヒステリシスがどのようなループのものかを明らかにすれば必然的にそのループの際の全水分量がわかりますから、それで計算はすすめられると思います。

討 論

(湯村・東近農試) 固結母岩の *in situ* 風化生成物の一次粒子(一次鉱物)の配列のしかたと、母岩の種類、風化条件、深さなどとの間には図-3のような一般的関係が認められるか。

(桑原) 一般に容積変化や粒子の移動が少ない深部風化などでは、母岩の一次鉱物の方位を *inheritate* して粘土鉱物化が進んでおり、巨視的な母岩の *texture* は保存されている。しかし、一次鉱物の粒子内では、必ずしも二

次鉱物の特定の配列が認められるとは限らないようだ。

長石からカオリン鉱物に変る場合、ハロイサイトの管状結晶が定方向に配列しているらしい場合もみられるが、*fan like type* のカオリナイト結晶がモザイク状に成長している場合もある。雲母等は *psuedmorph* カオリナイトになっていることが多いが容積変化があるのでその結晶周辺部はかなりみだされてしまっている。ポーキサイト化したような母岩の激しい風化条件では、物質の出入りが激しく母岩の構造はほとんどこわされ別の構造が発達したりする。

一般に *micro* な構造と生成条件との間の一般関係は現在でははっきりしていない。

(湯村・東近農試) 母岩がその場で粘土化した時、深層の土圧下で、特に二次鉱物は図-3 e, f のように緻密な配向をとることは考えられるか。

(桑原) 最初、極めて粗間隙の状態で二次鉱物の配列が形成された後、土圧の増大が生じたような場合でない限り、*micro* な構造は変りにくいと考えられる。軽石のようなものは土圧によって風化後押しつぶされている場合があるが、一般に数10 m 程度の土圧では粘土粒子のつくる *micro* な構造は、それ程簡単には折りたたまれることはない。セン断作用や *flow* したような部分では極めて効果的に平行配列が成長する。

(久保田・農技研) 示された粒子の水中堆積モデルは荷電のある粒子のモデルであるが、アロフエンの場合、または等電点堆積のモデルはどのようなものか、また、もしアロフエンの表層地質規模の水中堆積物を観察したことがあれば、それを示して欲しい。

(桑原) アロフエンが主体をなして構造を作ったような沈積物で、その後の変化(ハロイサイト化など)も受けずもとの構造を留めていると思われるものはまだみていない。アロフエンのように脱水過程で性状や形態が変りやすいものは観察技術上もむずかしい問題がのこされよう。また、等電点で電気2重層の電位が消えた点で、*eage charge* がどうなるかによって構造も変るであろう。

(久保田・農技研) 水中堆積物は圧縮により水が逃げないという条件では、その固相率・仮比重は深さによって異なるか、同じか。

(桑原) 非排水条件では圧縮しても圧密しないので固相率・仮比重は変らない。従って深さ、つまり荷重が増大しても変化しない。しかし、 H_2O が粘土鉱物中に結晶水化して固相にとりこまれるとか、溶出作用などの化学的な変化は起り得る。また、浸透圧差などによる物理化学的な排水作用は起り得る可能性があるので注意しなけ

ればならない。

また、非排水の圧縮の場合、水の弾性圧縮分の容積変化は生ずる。間隙水圧は高くなり異常間隙水圧が発生し、固相部分が支える有効応力に比してこの水圧が大きくなるような場合にはせん断、流動化現象が発生しやすくなるので、実際にはこの面での影響の考察が必要となる。

(佐久間・北大農) 構造形成における歴史性、とくに diagenesis の意義について。

(桑原) diagenesis には、圧密・せん断変形 cementation、再結晶作用など多様な物理・化学的变化が含まれている。圧密・せん断変形の場合には構造を折りたたみ平行配列にかえて行く、間隙水中のイオンが leaching されて行くような場合、電気2重層の発達度によって粒子間力がかわると考えられるとまでも、一度作られていた構造はなかなか変化し難いようだ。特に active な粘土では分散・膨潤を示すことが知られている。

弱変成作用に近い再結晶作用を伴わない限り、一般の diagenesis の範囲では、粘土鉱物の basic lattice まで変化させることはまれであるとされているので、元来の粘土鉱物の集合体を作る基本構造は、化学的な作用によってあまり変わらないと考えた方がよい。

火山ガラスのような変質しやすい一次鉱物が多く含まれている場合は別である。

(佐久間・北大農) cementing material の効果、clay 粒子表面を coating している物質がある場合の構造 model はどのようなものを考えるか。

(桑原) cementation などは一般に粘土粒子の間隙、接合部に沈殿・充填作用を行なう程度で構造を大きくかえる程のことは期待し難い。cementing material は粘土粒子接合部に link bond を形成し「構造を補強する」という説明がされている程度で、詳しいことはよくわかっていない。アロフエンのような物質が、概存の構造と結合して、特定の鉱物相の link bond を形成したり、粘土鉱物の out growth を促進したりすることも事実考えられる。

coating material の問題についてはあまりよく判っていない。有機物質などが存在すると粘土粒子間に bridge をかけたりして間隙量が大きくなるような構造ができることが示唆されている場合がある。

(岩田・農技研) 乾燥して行く過程(凝集過程)におけるメニスカスの役割をいかに考えるべきか。

(桑原) 一般に飽和した土の乾燥過程では、脱水量と土の収縮量が等しいので、粒子の接近、構造の折りたたみが効果的に行なわれていると考えられる。こうした、

脱水量と容積収縮量が対応し得るような限界点が、粘土粒子の hygrosopic layer 部分の水分量に近いところまで続くものがあり、極めて効果的に粒子の再配列と粒子接近が起っていることを示している。上記の限界点以上に乾燥すると若干の容積膨脹が認められる場合があり、これは結晶粒子をたわませていた水分が最後に失われ粒子が弾性的に回復するからと説明されている。このように、粒子間の水分は最後には粒子をたわめる程の力を発揮するようである。しかし、これが、メニスカスによるものと、吸着水膜層の作用とがどのような形で貢献しているのか明らかでない。

(佐藤・専修大) 電気2重層に与える温度の影響図で土粒子の表面電荷、イオン、水分子のどれが最も大きな影響因子となるのか、水分子の活性変化によるものだと思うが、その他は全く影響しないのか。

(桑原) 電気2重層の電気ポテンシャル ψ は、その点におけるイオンの濃度に関係する。このイオン濃度は、粘土表面の電場によってイオンが引かれる力と温度によって与えられるイオンの拡散エネルギーなどのかね合いで決まると考える(Boltzmannの式)ので、温度が上昇すると拡散力が大となってイオンは遠くまで拡散しようとするからである。

もともと、図-1は、GouyとChapmanの求めた理論式の対象項だけを変化させた場合の ψ の値の変化を解いて図示したものである。

(辻・大林組技術研) 土の物理的・工学的性質を論じる際、ゲルを骨格としたハチの巣構造中に水が存在して、その相互関係で考えていた方がいいのではないかと先生ごの提案で、私もまったく同感であります。これと関連して土のせん断圧密を論じる時、先生は土の成分として固めようとする成分と破壊しようとする成分を考えて、その成分の相対的大小で考えて行こうということでしたが、先生は以上の2成分は土中の何によると考えておられますか。

(須藤) 試料が σ の一軸圧縮を受けるとき、圧力は $\sigma/3$ 、せん断応力は $\sigma/3$ の大きさとなる。つまり等方的外力を除いては、いつも外力により2つの成分が存在する。土の膨脹、収縮のような体積変化以外の形の変形には、いつも両成分が関与し、変形は主にせん断応力によるせん断歪の合計によって起きている。

(山本・東大農) ①一次元一般化フォークトモデルを三次元の問題に適用しようとする場合、どのように考えればよいか。②今日述べられた線形連続体の理論と、土の破壊の問題とどのように関連すると考えられているか。③土の塑性をどのように考えればよいか。

(須蔵) ①三次元の粘弾性は山本三三三氏の著書で取り扱われているが、私には十分読みきれない。私の報告は三次元的実験ではあるが、三軸試験機内での例というべきものだと思う。平面歪の条件などは、いま考えに入っていないから。②破壊の力学的条件は、Mises Schleicher の条件で弾性項が切れるという考えをとり、粘弾性体ではそれに粘性抵抗が追加される。問題は強度のばらつきであるが、これは Weibull 分布で処理すればよいと思う。Weibull 分布の物理モデルも調度よくシリーズにつながっている。強度試験値の Weibull 処理して平均強度を通常的安全率で割ると強度の最低値が得られる。③工学の分野では塑性とクリープを混合して使用している場合が多い。普通は土の歪ではクリープが主であって、塑性降状の挙動は W_L 以下あたりの高水分のときに問題になると思う。

(八幡・東大農) 時間が超過して、総合討論の時間がなくなりました。最後に座長として、本日のシンポジウムを整理してみます。土壌構造は particle の arrangement という定義がありますが、中野さんは pore の面を、松口さんは solid と微生物を、有村さんは生物を介した構造の変化を述べられました。また桑原さんは、particle の orientation と organization の点から arrangement を整理され、須藤さんは構造をやや横目でにらみ、構造の連続的な breakdown を扱い、力学的取扱いの限界について考えを述べられたように思います。

最後にあと 1 人だけ発言を受けたいと思います。

(渡辺・千葉農試) 現在、土壌構造については、微細構造からかなり大きな土壌構造に対して、土壌構造という用語が用いられている。微細構造とは、どの位の大きさのものを示すのか、土壌構造の役割を力学的に担う最小粒径はどの位でしょうか。これを農業生産と関連の深いと思われる通気性、透水性との関連で考えてみて下さい。現在、ふつうに用いられている構造の定義で、日本にむくと思われる構造の分類に、コメントをつけて発表して下さい。

(木下・北海道農試) お尋ねのすべての事柄について公定的に認められたものがないので、個人的な意見にならざるをえません。この点、御諒承いただきたいのですが、しかし、学問の進歩は多くのばあい、個人的な意見で発展すると思っておりますので、あえて卒直に述べさせていただきます。

微細構造について； 一般にいう土壌構造と微細構造の区別をどのような基準とするかという問題は、これはあくまで相対的なものと受けとめて考えればよいと思う。土壌構造を macroscopic structure と考え、これは

肉眼で識別しうる構造と考え、微細構造を microscopic structure と考え、これを肉眼でなく顕微鏡に頼らなくては識別できない微細な構造と考えればよいと思う。

微細構造をどの位の大きさ、すなわち粒径のものを示すかという質問への答は、以下に述べるようにきわめてむつかしいことである。1950 年以降に土壌微細形態学 (soil micromorphology) が急速に発展し、Kubienna や Brewer によって広範で、しかも精密な体系ができ上ってきた。この学問のもっとも欠点とされる点は、これは形態を微細に解析しているが、通気とか透水のような機能の面と、直接的に結びつけるような方向で発展していないことである。この学問の影響で、土壌構造を微細に観察し、これと機能面と結びつけようとする風潮が生まれ、それから微細構造 (micro-structure) なる用語が生まれてきたような感じがする。

ご質問の通気、透水に関連の深い土壌構造の単位としての粒径の大きさは、従来からいわれている土片 (ped) の大きさとして、1~100 mm の粒径のものを考えればよいと思われる。微細構造というのは、いま述べたふつうの土壌構造の内部を構成しているより微細な構造単位をさしていると考えのが適切である。つまり、50 mm の粒径の土片でも、内部には微細構造があるとみるべきである。この微細構造は、工学的性 (コンシステンシー) に密接に関連しているものである。

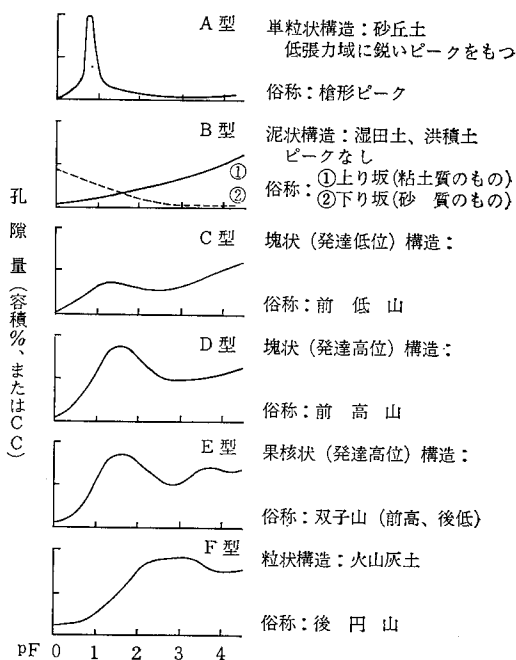
土壌構造の分類について； 一般的にいう土壌構造の分類は、土片 (clod, fragment, ped など) の大きさ、形状を基にして行なわれており、系統的な分類としてもっとも古いのは Zakharov (1924) の分類であると思われる。これ以降いくつかの分類が提案されているが、いずれも Zakharov の分類を基にして、修正した分類となっている。前にも述べたように、土壌構造は肉眼的観察をもとにして識別するものであるが、大きな違いがあるはずはない。いままでの分類の基調となっているものは、まず土片の形状で分け、ついでその大きさで分けている。

日本にむくと思われる構造分類は何か、という質問ですが、筆者がいままで提案された分類を集め (Zakharov の分類、ドクチャーエフ研究所〈ソ連〉の分類、Nikifoloff の分類、Kohnke の分類、Schefferら〈ドイツ〉の分類、アメリカ土壌調査スタッフの分類、Baver の分類、菅野の分類、近藤の分類、川口の分類、青峰の分類、林野庁による森林土壌の分類、農林省の各種事業〈施肥改善、地力保全など〉の分類、経済企画庁の土地分類調査の分類)、これを通覧・検討した結果、これらの集大成が現在提案されている FAO の第 7 次試案に盛り込

まれているように思われる。もちろん、分類法であるからこれにも日本の実状に合わない点が指摘され、日本向きに修正の必要がある。第7次試案については、農技研資料B8号(1964), pp. 543~548に記載されている。

以上のような土片による構造の分類は、あくまで形態による分類であって、土壌の機能面への結びつきが薄いものであり、これの欠陥を補う分類が必要であると考

える。筆者は、通気、透水、保水などの機能をヨリ判別できるような分類を試みたので、参考までにつぎに掲げておく。これをさらに定量的に区分けすれば、構造機能より土壌型の特長を明確にし、edaphic にみた土壌の構造機能を分類できると思われるが、どうでしょうか、ご批判下さい。



孔隙分布特性による土壌構造の分類
(木下試案)