

## 総 合 討 論

座長 多田 敦 (筑波大)・陽 捷行 (環境研)

座長 今回の講演内容の範囲は大変広いので、その整理のために書いたのが表-1である。これを陽・多田と岩田会長で整理した時の過程を簡単に説明し、論議の便に供させて頂きたい。講演の対象の範囲を場というか大きなスケールでまず考えてみる必要がある。というのは、考えている大きさ、スケール、場によって取り扱いが当然違ふし、極端に表現すると、非常に幅の広い内容を論議していると、大きい小さいということ自体の内容がちがひ、現象の取り扱いが違ふことになるので、その辺をはっきりしておかないと論議自体がわかりにくくなると思った。この表を見てわかるように、土壤物理の扱っている範囲は大変広い。そこで、議論の中でスケールを取り上げていくと、どこが足りなくて、またどこを、今、集中的に取り上げて進んでいかなければならないのかということが出てくると面白いと考えた。それをもう少し突っ込んで、あるいは独断的解釈で考えさせてもらうと、今、亀裂とか団粒内構造の話が、水田の浸透や排水の話などの具体的な形と結びついて出てきている。また、土壤構造の悪化というような形でもアプローチされている。土壤構造の悪化は、一方では、土壤構造とイオン交換という形へも結びついて出てきた。従来の基礎的な知識というか、よりベインツクな方のアプローチからは、これらの構造は構造の中での「死んだ間隙」とか「有効な間隙」とか言う形でマクロな取扱いと結びついてきつつある。このように幅広いろいろな段階の土俵というものが考えられ、このような場を扱うべき研究の流れが一つ出てきている。また、別の流れからいうと、例えば、硝酸態窒素の水田と地下水との間の動きを保存系物質として考えて見る場合があるが、これをもう少し小さなス

ケールで見ると、恐らく、硝酸態窒素量は変化しており、保存系物質というより系の外に逃げていくものということも考えていかねばならない。この辺の問題のアプローチの仕方は、今の所は、硝酸態窒素は保存系のものとして考えられているが、今後小さなスケールでの物の考え方が入ってくると、恐らく水田で扱う時には、どう考えるのか、畑ではどうなのかというようなことが、重要になってくるのではないかと思う。スケール一つとってみても、視点がかわれば異なることを問題意識として感じた。そういう意味で、どういう問題があるのか、どういうことを今後やらなければいけないかということも含めながら、論議を進めて頂くと有難いと思う。論議の進め方として、まず、団粒内外とか構造とかいうあたりが、スケールとしても中間で大きい側からも小さい側からも関連のあるものと思うので、このあたりから論議を始めていきたい。また総合討論の最後に、若干の時間をさいて、測定法等について論議をしたいと思う。

岩田 (農士試) むしろ、講演者の方々の間で若干討議していただいたらと思ひ質問する。波多野さんの扱われた問題の取り扱いをめぐって、天谷さんもやはり団粒内外の孔隙の問題を指摘しているが、そこらへんを波多野さんに話して貰えないか。それから、波多野さんは非常に地表の浅い所でしかも土としての構造が豊かな所を問題にされているので——亀裂等が問題になるのだが——藤縄さんには、地下深層の場合には、そこらへんの処をどう考えるといいのか伺いたい。中野さんには、具体的に言うと波多野さんが、塩濾過効果のようなものを含めて、色々と言われたが、こういった問題は、微視的に見れば、中野さんが扱われた水の動きとまさに結びつく問題なので、そこらへんの所を一言話してもらえればと思う。

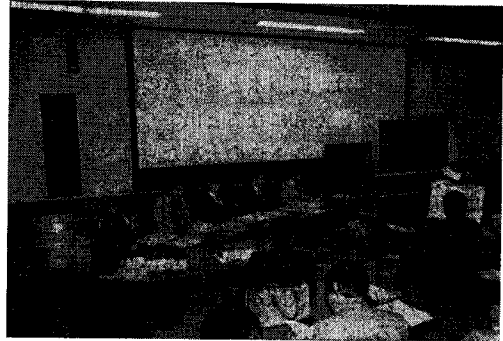
表-1

演者	対象物質	現象	スケール					
			Å	nm	μm	mm	m	km
波多野	重粘土	イオン交換, 団粒内外, 浸透, 拡散, バイパス効果, 亀裂	イオン交換		団粒内外 亀裂			
中野	粘土鉱物	粘土鉱物, 粒子移動, 不飽和, 膨潤	層間水, 膨潤					
天谷ら	干拓土壌	イオン交換, 除塩, 構造悪化	イオン交換		構造			
宮崎	斜面	不飽和流動, 浸潤, 地表水, 地下水					土層	
藤縄	地層, 地下水	物質対流, 温度勾配, 地下水					地層	

天谷(岡山大) 笠岡の土は、海面干拓地で塩が存在するというので、団粒ということも含めて、構造性というものをどのように連続的にとらえていけば良いのかということについて苦慮した。それには、構造をダイナミックにとらえていくということが基本であるので、イオン交換という問題をぬきにしては語れない、ということでこの問題に取り組んでいる。波多野さんの言われたようなメカニズムを、今後どのように我々の問題に生かしていきけるのかを考えたい。

波多野(北海道大) 物質移動に対する考えを進める上で私はまず最初に、均一な土層から、根がどのように水を吸いたいかを考えていた。重粘性土壌の圃場にテンションメーターをうめて水の張力分布を追っていくと、乾いていた土層に雨が降った時に、下の方でより早く水分吸引圧が下がってしまうという現象がぶつかった。浸潤というのは、水が上から下へと移動していくはずであるので、初めのうちは、何回もテンションメーターを入れ換えてみたが、そのうちにどうも下層土に大きな構造があって、構造と構造の間に水が流れ込んでくるのではないかと考えるようになった。そこで、色素(メチレンブルー)を流してみると色素の沈着が構造表面の一部に見られた。このことから水というものは、均一には動かないと考え、粒団と粒団間孔隙を考えなければならぬと思うようになった。今回の報告で接触面積というものを使って水の移動を計算した。しかし接触面積は、水がどの粒団間孔隙に入りやすいかで決まる訳で亀裂が地表面からできた場合とか、作土が耕起されて下層だけに亀裂が残る場合があり、さらに地表面からできている亀裂に対しては降雨強度とか地面の凹凸、作土耕起の場合には作土内にできる停滞水の問題等が、接触面積に非常に大きな影響を与えている。また、更には、中野先生のやられた膨潤とか、収縮の問題等もあるかと思う。しかし、今はそういう問題は手もついてない状態で、統計モデルをどう考えるかというような段階にある。粒団を含むカラム実験等をやって報告したように、解析したのは、あくまでも流出の実験から得られた流出曲線の形から、解析している訳で、必ずしも、物理的な正確さがあるとはいえない。構造の中の孔隙が非常に複雑怪奇で、化学の立場から塩が動いている状態で、固相との反応に孔隙がどういう役割を持っているかということをもう少しはっきりさせたいと思って最後の図は出した。

藤縄(農士試) 実験段階で homogeneous な模擬帯水層が設定できる場合には、ある程度実験結果をすっきりした理論で説明でき、またシミュレーションもできるというところまではこぎ着けてきたが、それを実際に現場でどう適用させるかということになると残念ながらシミュレーション手法の適用以前の問題が残っているよう



な気がする。例えば、広域の地下水流動に関連して、地盤沈下シミュレーションというのがある。これは地下水の流動と圧密理論から地盤沈下を予測したりするものである。近年のシミュレーション手法の開発や改良により、予測数値と観測数値とを比較すると、水位の予測の方がかなりあってきている。つまり揚水量をどのくらい減少させると、水位はどの程度回復するか、かなり正確に予測できるようになってきている。しかし、予測された水頭を圧密理論を結びつけて沈下量を計算してみると、残念ながら今のところあまり精度が高くない。何故かということだが、沈下水の流動の場合には、その水がどこを通過して来たかということとはあまり問題でない。ただ、それが水圧として反映されるだけである。それに対して、地盤沈下の場合ではその水みちが重要になる。流れてきた水が、圧密をおこしにくい帯水層(砂礫層)を通過してきたのか、あるいは圧密をおこしやすい粘土層を通過してきたのかで、沈下する量が全然違ってくる。つまり水みちというものが非常に大事になってくる。これと全く同じことが物質移動の場合にもいえるのではないかと思う。アメリカなどでは、物質移動のシミュレーション・モデルを現場に適用しようと試みられているが、室内実験で測定された分散係数のパラメータより数オーダー大きなパラメータを使わなければ、現象が説明できないという結果が出ている。これはどうも水みちに原因しているのではないかと考えている。質問は深部に構造の変化があった場合にどういう取り扱いになるかということですが、物質移動現象を定式化し精度の高いシミュレーション・モデルを開発するというは別に地質構造をいかに的確に把握するかということが重要なキーポイントになってくると考えている。今日は保存形の物質移動について話題提供を行ったが、これが粘土層などを通る時に、化学的な挙動が、無視できない場合も多いと思うので、やはり何らかの形で化学反応等を含んだものをこれからはやっつけていかなければならないと思う。

中野(東京大) はっきりさせておきたいことが1つある。それは水の動きは、水のあり方、つまりどういう状態で間隙の中にあるかということと密接な関係にある

ということだ。まず水のあり方として、間隙水と層間水というように大雑把に分けてみた。このように分けた時に不飽和の場合には、間隙水と層間水の間ではポテンシャルの差はないが、飽和になると出てくる。これが1つの大事な点である。もう1つの大事な点はマクロに土の中を通る水は、層間水の所を通るのか、間隙水の所を通るのかと問われたら、間隙水の所を通過して行くということをはっきりしておきたいと思う。水は間隙水の所を通過して、粒子は、層間水で発生した膨潤圧で動いていく。そうすると、層間の距離が広がる訳だから、それによって層間にあるイオンの分布が変わる。飽和の場合には、間隙水のポテンシャルと、層間水のポテンシャルが同じになろうとする。間隙水から層間水へのミクロな動きが当然あるだろう。それが波多野さんの言うイオン交換とのつながりになるだろうと思う。また天谷さんが言われた  $pF$  1.8 で除塩できなくなるということだが、これはまさに間隙水を通る水の動きと、間隙水から層間水へ行く水の動きのスピードのオーダーが全く違うということによると思う。つまり間隙水の水の動きの方がよっぽど速いということだと思ふ。もう1つは普通の粘土の場合、層間に働く力の中でどの力が一番大きいかというと、シートが持っている分子と水分子の間に働く van der Waals 力がオーダー的に一番大きい。従来、膨潤圧としていわれてきたもの (Warkentin) は、ペースト状態になった場合の、または、suspension (懸濁) 状態になった場合、つまり水の中にシートがあるような状態での膨潤圧ではないかと思う。あの中では浸透圧だけしか考えていない。こうした状態では、シートとシートの間の van der Waals 力がそれを補うものとして動くが溶質による浸透圧と比べるとシート間の距離が大きいので、オーダー的に非常に小さくなる。土としてある場合には、飽和になった場合でも、10分子層のオーダーで水を入れると間隙水が計算上できなくなる。飽和になって膨れてくるとイオンはシートの表面電荷で引ばられて表面付近からだんだんうすくなっていくという状態ができ、間隙水にあたる所はどこでも同じ状態になっていくと私共は考える。 $pF$  1.8 から除塩効果がなくなるということは、除塩効果が出る程粘土は、ふくれてないということだと思ふ。かなり強固に層間が縮ってついてその間が膨れないので、その間にはさまってしまったイオンは、簡単には、層間水の方へ出ていかないという土の条件ができあがっているのではないかと考える。さて、もうひとつ問題提起をすると、地層の特徴をどのように量的に把握するかということだが、波多野さんの場合には、亀裂は亀裂として、亀裂の表面を通るような状態とか、亀裂を全部満たして、水が流れるような状態を考えられたが、もっとマクロにドラム缶ぐらいの土をとつ

て、浸透実験をしたら、多分、亀裂の中を通る水を含めた透水係数がでてくると思う。そういう形で透水係数を地層に対して提示するという方法がある。これについては、亀裂の発達した水田で、水田全面について Darcy 則が成りたつという研究がある (丸山)。その中では Darcy 則が充分成りたち、使えるという結論がでていと思う。亀裂についても、もう少しミクロに言えば、モンモリロナイト系膨潤性粘土に入った亀裂だと、雨が降って水がそこまで行くと多分亀裂は周辺の土塊が膨張するので亀裂は縮んでしまう。こういう場合は、亀裂はあるけれども大きさとしては小さくなる。さて、そこに不飽和状態が起こるんだらうか。亀裂は水が通る時には、空気がなくて満流の状態を通るのではないだろうかという疑問を感じた。

**座長** 一番スケールの小さな層間水の所から一番大きな地層に至るまでのコメントを頂いたが、これを踏まえて大きい方のスケールの話を進めて行きたいと思う。大きなスケール場でのクラックの取扱いに関しては、私共でも理解できるのだが、初期に亀裂に関して研究を進められた田淵先生、丸山先生、何かコメントがあればお願いします。亀裂の扱いについて、今のような話していただきたいコンセンサスなると考えてよろしいか。

**丸山 (京都大)** 波多野さんの話についてだけコメントする。波多野さんがモデル化した所で気になっていたのだが、表層の土壌の所は Darcy 則、表層から下へ継がる所は、Bernoulli 則、つまり乱流則、(速さの2乗に比例する抵抗則)、そしてそれから下の方が Darcy 則となっていると言われたが、クラックの中の抵抗値というものを考える時、Reynolds number で考えなければならぬと思う。するとクラック (亀裂) を通る水の速さが問題になり、クラックの特徴的スケールとしては、その幅と長さが重要になる。圃場排水などの場合だと、全体の排水量が非常に小さいものだから、流速がうんと落ちる。流速が落ちると Reynolds number は速さと長さの積と動粘性係数の比なので、速さが小さいので Darcy 則は近似的に成り立つ。だいたい Reynolds number で 100 ぐらいだったと思う。普通の Darcy 則ですと 10 ぐらいだから少し曲がる所だけれども、まあ、そう気にしなくて使っていいんじゃないか。藤縄さんの話のように動水勾配が大きくて、流速が速く流れるような所は Darcy 則は具合悪いということに当然なると思う。

**座長** 亀裂の問題でもう1つ、ケミカルな点で、たとえば pH の条件等で亀裂が生成するような条件というのが、今の流れの中で、認識しておかなければならない点だと思ふ。モンモリロナイト系統で pH が変わると亀裂の形が異なる。それは当然 pH の変動によるアルミニウムの変形によるものだという点で久保田さん1つコメント

トをお願いします。

久保田 (中国農試) 先程講演中に質問したのは、石こうで置き変っていくつまり Ca 形に置き変っていく過程の前に強酸性のような場面が出てきてそれが土壌を分散系から凝集系にもっていき、水の動きを良くしてそれで置きかわっている、そういう過程があるかどうか知りたくて質問した。そのことと関連すると思うのだが、実際に化学の方から扱われた亀裂ということについては、あまり整理はしてないが、実験的には例えば、粘土鉱物を扱う時にマグネシウム形というものをつくることがある。マグネシウム形にすると非常に配向して大きなマス (mass) ができる。ところがカルシウム形にすると小さなひびが入る。またナトリウム形でしたら大きく収縮して、亀裂が入る時には大きな亀裂となる。ですから分散系の方が亀裂は大きく、凝集系の方が小さいということが一般には言われている。土壌の構造の方から考えると、一般に土壌の構造は柱状構造と、角塊状構造、亜角塊状構造などに分類することができる。例えば、海成土壌をみますと、ナトリウムが多くて、分散系で、崩落度も高いという、壁状構造的なものは、亀裂の生じ方は、常に柱状構造か、角塊状構造となる。それが非常に地耐力がついてきて、酸化鉄の被膜もできてくると、そういう構造の場合には、亜角塊状構造となる。さらにその鉄の性質が勝って荷電が減ってくる。つまり鉄が——アルミも同じだが——不可逆的に荷電をつぶしていく。そういう土壌になると、亀裂の発生の仕方は粒状構造となる。アロフェンもその1つと考えられる。亀裂といってもかっちり入る亀裂と土壌のマス (mass) のサイドから見た場合とは扱いが違う。そのように亀裂には色々と定義があり、研究しにくい面もある。

座長 亀裂には大きく mass として入っている亀裂と、団粒内外のものがある。そしてアグリゲートしている団粒とブロックとしてのクラックとは、扱いが当然違ってくると思うんですが、今、論議している対象はクラックの方の話と考えていいですね。それでは、それは反対だという考えの方、どなたか御意見を頂きたい。無いようでしたら、それでは小さいスケールの pF 1.8 よりも小さい場合、マイクロの方の話に入りたい。まず、この pF 1.8 以下というのはどういう意味を持つのか。

天谷 ここで言っている pF 1.8 というのは、いわゆる重力排水ができるかどうかということで区別している間隙である。ですから普通にいわれる圃場容水量が pF 1.8 ということであるとするならば、重力排水が可能である間隙で分けてみようという意味です。

座長 笠岡では pF 1.8 を境として、その pore (孔隙) 分布がかなり変化してくる。ゼロ空隙曲線から離れたところということ、そこで pF 1.8 の前後の性

質が違ってくるのではないかという気がしていたが、pore 分布が、どうなっているのか気になっていたのだが、その所で動きやすいということはわかったが、前後の分布も飛躍的に変わってくるのでしょうか。

天谷 この考え方は非常に模式的なもので、笠岡の土が pF 1.8 でどうなるかということまではまだ結論をつけた言い方をしていないので、ご了解いただきたい。

座長 先程の中野先生の pF 1.8 より下なら動かないかどうかという話と直接結びつくような解釈は、笠岡の土ではまだ論議できないか。

天谷 ここでとにかく除塩が可能かどうかということ、間隙内の水が移動しうるかどうかということで分けているので、中野先生の御意見と接点を持てるかどうかについては、もう少し、議論が必要ではないかと思う。

中野 例えば土の様相として52年と53年の土の単位体積当り膨潤量の違いがどのくらいでているか。もし測定していたら教えてほしい。

天谷 そのような観点で考え出してまだ日が浅く、最初、水田状態での除塩というのは、今まで問題なく過ぎてきたのでそうむずかしくは考えていなかった。土壌的にもとりたてて笠岡の土はむずかしいものではない、ということととにかく乾燥させれば次第に除塩が進んでいくだろうという観点から研究を始めた。しかしそうではないと思い至った時に、昔のことを考えた場合、膨潤度の件も考えておくべきだったと思う。そういうことでお答えできない。

三野 (岡山大学) 天谷さんとは少し考えが違うのだが、報告したことは水循環の構造の中で、水が抜ける間隙と抜けない間隙が決まってくるということだ。イオンが動きやすいということよりも、たとえ動きやすくなったとしても、水が動かなければ、塩はぬけない。笠岡の土に、fresh water を入れたとしても、間隙があいてない限り、その間隙に fresh water が近づけない。すると笠岡の干拓地の場合を見てみると、水がぬけるのは、暗渠で重力水をぬいてるのと、上から蒸発でマトリックサクションの勾配でぬく、つまり重力ポテンシャルでぬくのと、マトリックポテンシャルでぬくという2つのまったく違った方向がある。下からぬけるのは、少なくとも——pF 1.8 がいいかどうか解らないが、——ミリメートルとマイクロメートルの間のあたり、その辺りが pF 1.8 に相当するとしたら、その前後で全く除塩のメカニズムを変えて考えなければならない。しかもそれは、除塩という塩の動く土壌の中だけの話ではなくて、数キロメートルをこえた地上での大きな水の循環構造の中で、湿潤地帯の除塩は考えていかなければならないということから pF 1.8 がでてきた。間隙の大きさをうんぬんでその中でどのように水が動くかという話とは少し観点が違おうと

思う。ただし、ここでいう pF 1.8 が良いかどうかは、まだ検討していかなければならない。そういう視点からの指標として pF 1.8 をとらえたということで理解して頂きたい。

**座長** 今、だいたい小さなスケールとの境目の所の話をしているが、田淵先生何かコメントがありますか。

**田淵 (茨城大)** 水質保全の立場から、農地から出ていく窒素とリンの問題に取り組んでいる訳ですが、その観点から本日のシンポジウムの主題について考えてみると、農地から出ていく窒素、リンには、地表流出と浸透の2種類があるが、本日の主題と関連するのは浸透で出ていく窒素、リンの問題で考えてみる。これが今、大変問題になっている。リンは土壤に吸着されるという性質があるから、浸透水の中には余り見られないということになっている。しかし、窒素については、かなり浸透水の中に含まれる。浸透水の中にある窒素をいかに除去するかが非常に大きな課題である。その時に窒素がどういう形で出て来るかという、畑などだと、硝酸の形で出てくる。硝酸が、土壤に吸着されにくいので出てくるのだが、アンモニウムで、土壤に供給する実験もしてみたが、それでも、酸化状態のような畑の土だと硝酸に変わって出てくる。ここでアンモニウムが硝酸に変わるという形態変化という問題が1つ物質移動にはあるわけで、そこが大きな問題である。もう1つ、窒素について言うと、硝酸が、還元状態の土の中を通過すると、そこで脱窒という現象をおこす。気相転換ということがおきる。先程言われたようにどこを通るかが問題だということがそこに出ている。そういう訳で、気相転換と形態変化という2つの新しい課題が物質移動にはあり、どちらも、微生物が関与している現象である。または関与していると言うよりむしろ微生物が主役の問題であると思う。この問題はどうしても土壌物理、土壌化学だけではなく、それにさらに微生物学を加えた3つの学問分野が結合した領域の問題だと思う。こういう点で微生物が専門の方のコメントを頂きたい。団粒の内か外か、亀裂、水が動いているかいないか、空気があるかないか、またあってもその空気が大気とつながっているかどうか、それらがすべて微生物に関係してくる。つまり微生物の生育を決定的に決めている問題だと思う。そういうことで微生物に関するコメントを頂きたい。また、波多野さんからもそういう知見があれば教えてもらいたい。

**座長** 本日のシンポジウムの主題は chemist との境界領域であり、今後の重要な課題だという会長の話があったが、ここで田淵先生はもう1つ微生物の問題を加えられた。別の表現でいうと、物質移動については、物理、化学だけでなく Biochemical (生化学) 的な面から捉えなければならない問題だと思う。例えば、地下で

は、還元状態が発達しているので、当然脱窒菌という菌がおり、アンモニウムは硝酸に硝化され、硝酸は窒素ガスに脱窒されるという現象がある。こういうことから、どなたか Biochemical な面からコメントを頂きたい。田淵先生もう一度何か、具体的にやられている点で何かコメントを頂きたい。

**田淵** この問題は、21世紀を担う新しい土壌物理学者の方に是非ともやってもらいたい問題だ。これにかかわるのは、今日の主題の問題だけではないと思う。土壌物理学のほとんど全てが今までは「死んだ世界」の土壌物理しかやってこなかったと思うのだが、Biochemical な面との関連は深いと思う。例えば透水係数1つにしても、微生物が必ず関与していると思う。こういった意味で今後「生きた土」を扱う土壌物理学が必要じゃないか。ただ、個人でできるのか、共同研究のような形をとるのか、そこらは検討しなければいけないが、1つの新しい領域を開拓しなければならない状況にあると思う。

**座長** もう1つ抜けている問題があるように思うが、それは、物質移動の中には、水に溶存して移動する炭酸ガスとかメタンガス、あるいは  $N_2O$  ガスなどの問題がある。単にイオンの移動の問題だけでなく、こういう問題も、また田淵さんの言われる意味での Biochemical な面から残されているのではないか。その辺のコメントを頂きたい。

**中村 (愛媛大)** 古い話だが、土にオキシフルを入れたら、ガスの発生があった。それはおそらく細菌によるガスの発生かなにかだと思う。そしてこのように溶存ガスが脱出してくる時には、極く、極く、表層の1mm以下の部分を閉鎖してしまう。極端な砂の場合ですが、それによって浸透状態が非常に違ってくる。極端な成層状態になってしまうという経験がある。ただそのガスがどんなガスかはわからないが、ただ、溶存のガスであることは事実だ。脱気水を使えばガスの発生はないし、脱気水をしてゴム管でつないだら、そのつないだ間に入ってしまった。それがごく表層につかえて、成層状態の浸透に変わってしまう。溶存ガスは非常に敏感に浸透に影響する。そしてごく表層でするんじゃないか。田の土を使った場合など特にそれを殺菌すると、つまり方が、非常ににぶくなる。田んぼなどでおこる時には、微生物が関係していた。

**座長** 司会者のほうで、独断的な発言をして、どうも発言しにくかったのではと思うが、あと5分位あるので他に何か御意見はないか？

**中野** 宮崎さんに質問だが、斜面に灌漑するような場合に、今までの考え方で灌漑したら斜面ではうまくいかないとかいう意見はないか。つまり水利用や水循環等技術として人間が斜面に水問題として働きかける時のそ

の計画の基準のようなものと、講演された内容とはどのように関わりあうのか。

**岩田** 宮崎さんに伺いたいが、普通に考えると斜面では、上からきた水は、下へ行く。これを物質移動としてとらえると、下に物質が集ってくるという形でとらえてしまうが、どうも違うらしい。物質移動に関連して、斜面、あるいは、傾斜地の場合にどんな点に気をつけなければいけないか。

**宮崎 (四国農試)** 私も斜面での水の流れについて、実験の結果が意外な方向に向いてしまったので、あと追いつ的に、始めたのだが、今から現場のことを思い直してみると、たとえば暗渠排水の問題で、最近、傾斜地で必要性を強調する声が強まっていると思う。今までは、低い土地の排水不良地とか水田で、暗渠排水というものを考えてきた訳ですが、傾斜地でも、暗渠排水をしなければ、まずいとか、傾斜地でも排水不良地があるとか、土地改良事業等が進んでいくと、そういう現場に出会うことが次第に多くなってきている。問題は、地下水面より下あるいは、圧力が0以上、大気圧以上の水であれば、勿論暗渠で排水できるけれども、斜面の中では、意外に地下水面はないものだと割と多く言われている。そういう所で、水をどうやって増やしたり、ぬいたりというコントロールをするかが問題だ。特に、礫の層というの

は、ちょうど、暗渠排水の中と同じ条件だと思う。その中で水が入ってきてくれなければ、目的とする技術は成り立たない。そのことが意外と多くて、たとえば香川県に、お茶の試験場があり、そこで試験的に傾斜地の農地で、暗渠排水をやってみているが、水が出てこなかったりする。出るはずだと思って、上から水をかけても、暗渠排水から、水が出てこなかったというようなことはさきほどのようなことがあれば、当然おこりうることです。そのようなことが実験を行った後で、知った事例となるのだが、現実に困ったという話は聞いていない。ただ、灌漑についていえば、傾斜地での水の利用はかなり大変なようだ。香川用水というのがあって、香川県はどこでも水が使えるものだと考えられ勝ちだが、香川県下では山の中腹以上の高い所になると香川用水が来ないので、節水や、有効な灌漑法とかに非常に強い関心を持っている。斜面でどのように水をやったら良いかなど、傾斜地では、水への関心が、意外と乾燥地における関心に近いということがある。そういうことも関わりとして現地にはある。

**座長** 時間の都合もあり、大変短かい時間でしたが、この辺で論議を終わらせて貰いたい。どうもありがとうございました。