

第45回土壌物理学学会シンポジウム総合討論

吉迫 宏*・井上久義**

Discussion in the 45th Symposium, JSSP

Hiroshi YOSHISAKO* and Hisayoshi INOUE**

* National Institute for Rural Engineering, Kan-nondai 2-1-6, Tsukuba,
 Ibaraki, 305-8609 Japan

** National Agricultural Research Center for Western Region, Ikano-cho 2575, Zentsuji,
 Kagawa, 765-0053 Japan

2004年11月22日に岡山大学五十周年記念館において開催された「第45回土壌物理学学会シンポジウム—土壌物理における界面科学と計測—」での総合討論(座長: 溝口 勝, 取出伸夫の両氏)の概要を報告する。

はじめに

座長(溝口 勝: 東京大学大学院農学生命科学研究科):

本日のタイトル「土壌物理における界面科学と計測」に沿って、次の順に焦点をあてて議論を進めたいと思う。まずはじめは本日の発表に対する個別の質問を受け、その後に土壌物理と界面科学との関わりについて議論し、そして最後に本日のもう1つのテーマである計測について議論を進めたいと思う。

座長(取出伸夫: 佐賀大学農学部):

まず、質問票で寄せられた質問について、各講演者より回答を頂きたい。

軽部氏への質問

座長(取出):

九州大学の坪さんから軽部さんに、「アロフェンにおいて、分散するほど保水性が低くなるのはどのように説明できるか」という質問が寄せられている。

軽部重太郎(茨城大学農学部):

分散した方が保水性は下がる。分散する時には粒子同士が反発し合って膨潤するようにも思えるが、飽和しているので負圧をかけると体積が縮まろうとする。その際に分散しようとする反発力がかえって潤滑油のような役割をして体積は小さくなる。却って凝集してしまった方が弱いけれども骨格のようなものが出来て、その隙間に

水が保持されるようになる。このような説明が成り立つと思う。この現象は一般的に見られ、ふつうの粘土でも凝集した方が体積は大きくなる現象が見られる。沈降堆積などの場合でも同じことが言える。

座長(取出):

座長から1つ質問をする。今日のお話は細かいことを対象にされているのであまり関係ないことは重々承知しているが、最近、私は熊本のクロボク土の水分保持特性を測定している。クロボク土は団粒状の構造をしていて、排水時には最初大きく排水した後、基質部からゆっくりと排水するという関東ロームなどにもよく見られる2段階の保水特性を示す。熊本県内の幾つかの場所で採土した試料についてその保水特性を調べているが、排水時の特性が場所によって結構違っている。採土地点によって構造特性が異なるということはどうしてなのか、その支配要因が何なのか疑問に思っている。粒団間隙の大きさは結構大きくて0.1~0.2mmというスケールであり、アロフェンの中空構造のスケールnmオーダーとは大きく違うとは思いますが、ご意見を伺いたい。

軽部:

アロフェンやイモゴライトの保水性は自然の土とは全く違うことは私も感じている。自然では、火山灰が降り積もり堆積して風化していく中で水や動物、植物の影響を受けて構造が形成されていく。アロフェンやイモゴライトは風化の過程で生成されるものであるが、自然の構造も同じように風化の過程で形成されるものであり、アロフェンやイモゴライトが作っているものではないと思っている。

火山灰土の保水性試験をする時、火山灰土は構造を

* (独)農業工学研究所地域資源部 〒305-8609 茨城県つくば市観音台2-1-6

** (独)農業・生物系特定産業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター傾斜地基盤部 〒765-0053 香川県善通寺市生野町2575

キーワード: 土壌物理, 界面科学, 計測法



写真-1 シンポジウム会場風景

持っているため、言われるように最初大きく排水した後ゆっくりとした排水をする、つまり大きな間隙から排水した後、小さな間隙から水が抜けていくという排水特性(保水特性)を示すことが良く知られている。この特性とアロフェンやイモゴライトが示す保水特性とは間隙の大きさが違うので全く違うものになると考えている。

採土場所によって保水特性が異なってくるということは、乾いている地点と水分状態の高い地点では形成される構造がかなり異なってくることも理由としてあげられると思う。

近藤氏への質問

座長(取出):

次に近藤さんについていくつか質問が寄せられている。九州沖縄農業研究センターの久保寺さんから、「諫早湾粘土と有明干拓粘土の有機物成分の差は量的な違いのみか、あるいは質的な差があるのか。また、量的にせよ、質的にせよ、その差をもたらした原因は何か。その差が沈降速度に対し、どのような機構によって影響しているのか」という質問があった。

近藤文義(宮崎大学農学部):

有機物成分の量は諫早湾粘土が3.7%、有明干拓粘土が3.2%で量的な違いは殆どないと考えている。

久保寺秀夫(独)農業・生物系特定産業研究機構九州沖縄農業研究センター):

質の違いが沈降性に効いているということか。

近藤:

質の違いについてまで踏み込んで調べてはいないが、量的な違いが無いので質的な違いが両者の差を生じさせているのではないかと考えている。

久保寺:

そうすると、有機物の違いがどのような過程で生じたかということもこれからの課題ということか。

近藤:

そうだ。諫早湾粘土と有明干拓粘土は塩濃度やカルシウム含有量が大きく異なるが、イオン交換処理しこれらを同一条件にして沈降速度を測定しても、結果は両者とも自然状態のものと変わらなかった。これに対して有機物を除去して実験した場合には、両者の沈降速度の間に差がなくなってしまったことから、有機物成分が沈降速度の支配要因であると結論付けた。有機物成分の質の問題は、現在のところこの研究ではペンディングとなっている。

取出(座長):

次に鹿児島大学の宮本さんから、質問が寄せられている。

宮本英揮(鹿児島大学大学院連合農学研究所):

要旨の Fig. 1 で単粒子自由沈降、凝集性自由沈降、界面沈降、圧密沈降の4つの沈降形態が示されているが、Fig. 1 から溶液のイオン濃度が低くなるほど、界面沈降よりも凝集性自由沈降になり易いことが判る。一方、Fig. 2 では、低濃度つまり凝集性自由沈降が生じる場合は、界面沈降が生じる高濃度よりも短時間で沈降しているように見える。低イオン濃度でみられる凝集性自由沈降の方が急速に沈降する理由について、考えを聞かせて頂きたい。

近藤:

界面沈降は溶液濃度がある程度高い時に起きる。これに対して凝集性自由沈降は希薄状態でフロックが単独で落下していく現象なので、界面沈降のような明瞭な界面が形成されない。界面沈降は含水比でいうと1,500~4,000%の状態が生じるのに対して、凝集性自由沈降は5,000%以上の状態で観察される。界面沈降の場合はスポンジみたいなものがふわふわ落ちていくので、実験に用いるシリンダーと沈降する土粒子群との間の摩擦抵抗で凝集性自由沈降に比べて沈降速度が遅くなるものと考えている。

宮本:

Fig. 1 から土粒子濃度が高い場合に界面沈降が起きやすいということは分かるが、同じ土粒子濃度においても、イオン濃度が低い方が急速に沈降すると理解してよいのか。拡散二重層の考え方からすると、イオン濃度が低いほど沈降に時間がかかるという模式図とは逆の傾向が出ると推察されるが、その点はどのようにお考えか。

近藤:

この模式図は一般的なもので、溶液のイオン濃度が低くなれば粒子の結合力が弱くなるので、それで界面が見えにくくなるという理解で良いと思う。

宮本:

私にはイオン濃度が低い方が早く沈降するという模式

図に見える。

近藤：

溶液濃度が低いとフロック間の相互作用は少なくなる。大小様々なフロックが形成され、溶液のイオン濃度が低いとこの場合固体の量も少ないので、大きいフロックが先にどんどん落ちていく。そして小さいフロックが後から追従して落ちていくと考えると、界面が先に観察されないと考えられる。そのことをこの模式図で示したつもりだ。

宮本：

粒子間作用力の外に、粘土粒子同士の結合形態やフロック内部の透水性を考慮しなければ説明がつかない現象だと思うが、いかがお考えか。

近藤：

同じ土に関して言えば、沈降速度に影響するのはフロックの密度の違いだけではないか。ただ、諫早湾粘土と有明干拓粘土といった別の土を比較する時にはフロックの形態や構造の違いが大きな問題になると思う。

櫻井氏への質問

座長（取出）：

つぎに櫻井さんに対して東京農工大学の鈴木さんから質問が出ている。

鈴木満智子（東京農工大学大学院連合農学研究所）：

現在、カオリナイトのPZCを電位差滴定法で測定している。カオリナイトに溶液を入れた直後のpHは安定しない。安定するまで待つと、CO₂の影響が出ると言われている。どの時点のpHを測定したらいいのか、pHの測定法についてアドバイスをお願いしたい。

櫻井克年（高知大学農学部）：

土の種類にもよる、砂っぽい土、特に農業に使っていない自然状態の土はECが非常に低い、つまりイオン強度が低い状態になり、pHが不安定になる。pHを測定するというのは水素イオン濃度を測定することなので、水素イオンの強度が弱いとpHはどうしても不安定になる。例えば、火山灰土などで中性に近い、pH 6~7を示すような場合には測定が非常に難しい。

このような場合、はじめに水ではなく1 mmol とか0.1 mmol 位の薄い塩溶液を入れてpHを測定する方法がある。このようにすると、ある程度pHを安定させて測定することができ、これが一番いい方法だと思う。またほかの方法としては、攪拌回数と測定時間を決めて測定するやり方がある。例えば、20回なら20回かき混ぜて電極を入れた後、3分後に測定するというように決めて測定するというやり方で、要するに全て同じ条件で測定するということだ。ただし、この時、電極からはKCl

が出て来るので、あまり電極を長く入れておくのは良くない。どちらかのやり方で試してみたい。

座長（取出）：

もう一点、九州大学の大坪さんから質問が寄せられている。

大坪政美（九州大学大学院農学研究院）：

鉄は結晶度が高いほどPZCが低いとのことだが、これはどういう理由からか。

櫻井：

最初の非晶質の段階では、構造が定まっていない。OではなくOHが多い状態にある。この時点ではPZCが8前後と高い。表面のOHは、脱水反応が進むにつれて結晶化が進む。ついにはFe₂O₃のような形となり、殆ど鉄と酸素の原子だけという状態になる。この時点ではかなり中性の方に近づいていく。要はヒドロキシルが付いている、それも沢山付いている状態というのは、どちらかといえば負、つまり酸素に引っ張られてアルカリの方に寄る。それがヒドロキシルを失っていき、アルカリ性から中性の方に戻っていき、最終的に中性付近で落ち着くということだ。

大坪：

例えば、フェリハイドライトとゲイサイトなんかを比べるとゲイサイトの方が低いのか。そして、それは結晶度が高くなるとOHの関与する部分が少なくなるということか。

櫻井：

そうだ。OHの陰性度が高い程、荷電ゼロ点が高い。

大坪：

あらゆる荷電の部分が少なくなるということか。

櫻井：

だんだん量自体も減っていく。要は鉄はカチオンでありOHはアニオンなので、アニオンの比率が高い化合物の方がpHと荷電ゼロ点は高くなる。

土壌物理と界面科学の接点

座長（溝口）：

次に土壌物理と界面科学との関わりについて議論を進めたいと思う。議論の叩き台として、土壌物理と界面科学のそれぞれを考えてみたい。土壌物理学会の会則には、「農業技術及び環境科学の発展に貢献することを目的とする」ことが明記されており、土壌物理をさらに農学と環境科学に大別して考えてみる。土壌物理の一つの特色としては、計測があって、その結果をうまくモデリングして、また実際にフィードバックしていくというモデル論的な流れがある。その中でも特に水の動き、あるいは塩分の動きという移動論を土壌物理は得意としてき

たので、その辺と界面科学についての議論を深めたいと思う。そして最近だと環境科学ということで、先ほどのイリノイ大学のスツーカーさんの講演にもあったように、重金属の問題、それからレメディエーション、バイオレメディエーション、そういうところで界面科学がどう繋がっているのかということも議論の一つのポイントと思っている。

それから土質力学の基礎としてのソイルメカニクスと界面科学のあたりを論議していけるのではないかというのがもう一点。また、これはアプリケーションとって良いのか判らないが、スツーカーさんの講演の中で私が面白いと感じたのは、鉄酸化物が土壌中にある土壌微生物を刺激するのに非常に効いている、だからバイオレメディエーションのためにそれを研究しているんだというニュアンスがひしひしと伝わってきたという点である。我々はベーシックサイエンスとアプリケーションを分けたがるが、実はスツーカーさんの話にはベーシックな部分もあり、それを何のためにやるのかということも明確になっている。その辺をこの学会の中でも議論する必要があるのではないか。界面科学をやりながら、実はインダストリーと関わりを持ち、必ずその自分たちのベーシックサイエンスがここに繋がっているんだ、ということ強くアメリカ流にやっておられるので、この辺についてのコメントをスツーカーさんに頂けたらと思う。

それではまず土壌物理と界面科学の接点について議論していきたいと思う。質問票では、講演者全員に対する質問ということで、東京大学の宮崎さん（宮崎毅：東京大学大学院農学生命科学研究科）から「界面科学はとても重要だということは各発表を聞いて良く判った。そこで、農業や環境に関わる土壌中の水移動や物質移動と今日のお話のような界面科学の橋渡しについて、各発表者のご意見を伺いたい。私はこのような状況の下ではモデリングの研究が不可欠であり、それが界面科学を活用する一つの方法だと理解している」という質問、および意見を頂いている。もう一つ、岡山大学の石黒さんから、同じく全員に対して「土壌中の諸現象を理解し、今日の課題を解決するためには、どのような研究の取り組みが今後重要と考えるか」という質問を頂いている。まずは講演者の皆さんに、これらについてコメントをお願いしたい。

軽部：

私は学生の頃、いや子供の頃から関東ロームが目の前にあったということで、関東ローム、火山灰はどんなものなんだろうと非常に興味を持っていた。関東ローム、火山灰土は水を沢山含んでいて、乾くと性質が変わるということを学んできて、その中身は何だろうという関心が

私にとって中心だったと思う。今、私はアロフェンとかイモゴライトをやっているが、それで終わるつもりはなく、それは火山灰土の物理性を理解するための一つのステップだと認識している。最終的には、もっと自然の土を理解するように持っていきたいと思っている。とにかく、土そのものの理解を深めることによって、色んな応用の場が広がるのではないかと思う。

近藤：

私の場合もともと諫早湾干拓のフィールドを研究の対象にしていた。そして、諫早の比較対照として有明干拓の土壌についても実験をやってきた。実際の土木の現場では、沈降と自重圧密がフィールド上の問題となっていて、私は海水中の条件を中心に実験をやっていたが、初期の含水比の違いによって界面沈降と圧密沈降が今回紹介したように分けられるということが判った。圧密沈降の部分に関してはクラシックな自重圧密の理論、日本でいうと三笠の圧密理論に圧密中の粘土層厚と C_v （圧密係数）の変化を組み込んだ理論で割合良く説明できる結果が得られている。それに対して界面沈降の現象についてはコロイド科学のキンチという人の沈降理論があるが、それに当てはめようと思っても諫早湾粘土と有明干拓粘土の違いが通常の土質力学では説明出来ないという問題にぶち当たった。粒度組成も変わらない、土粒子密度も変わらない、液性限界も塑性限界も変わらない、そういった非常に似通った土なのに沈降速度が大きく異なるということでこの研究がスタートした。私としては、界面科学を本日の講演で藤井さんが言われたように土質力学の基礎として位置づけている。

櫻井：

私は本日参加させて頂いて、発表もさせて頂いて色々言いたいことがある。土壌物理のこれまでの仕事というのはベーシックサイエンスを中心としている。それも土壌物理の人は土壌肥料学会の中でもまじめな人が多いので、皆さんかっちりした仕事をされていた。また、現場は現場で試験場の方とかが沢山いて、やはり現場の問題をきっちり調査されたり、調査に対応した測定法を開発したり、実際に現場で実験されたり色んなことをされて来たと思っている。ただ、最近は環境の問題を取り扱わなければいけないような状況に追い込まれつつあると、客観的に見ている。

本日のお話の中で、先ほど取出さんとも言われていたが、同じ火山灰でも排水特性が異なるという話があった。これは極めて当たり前のことと思うし、同じはずがないと私なんかは思う。私にとっては「同じような」という発言が出るところがむしろ不思議なことだ。土壌はものすごくヘテロな集合体で、例えばアロフェンのミク

ロの話現場の土壌の話に当てはめようと思っても、それは無理だ。無理といっちはいけないが、マイクロな話とマクロの話繋ぐ色々なものがあり、何が繋いでいるかという犯人探しをもっとしないとその答えは出て来ないと思う。中でも一番大切なのが有機物で、有機物は水や養分の絡みで有機物があること自体がもの凄く影響を与えている。土壌をバルクのマテリアルとして仕事を始めると、有機物が入ってくると極めてややこしくなってしまう。今の海成粘土の話で、同じような質なのにと云われたが、本当に同じ質なのかと私は思っている。そこ自体が違うのではないかと思いつつ話を聞かせて頂いた。有機物は化学的に見て親水性の部分も疎水性の部分も両方あり、イオン特性にしても陰イオンであったり陽イオンであったりしている。また、有機物のサイズは腐植のように何十万、何百万という分子量を持っているものから、易分解性の有機物のアミノ酸のように小さいレベルのものまで様々で、この様なサイズのものが土の中に入っている。大きい有機物の粒子は特に物理的性質に対して密接に関係し、自分のサイズが大きいくことによってアロフェンの粒子の間に余分な隙間を一杯作り出す。小さい有機物はそれらアロフェン粒子をくっつける役割をしていると考えられる。有機物の果たしている役割が化学的に重要なのか、物理的に重要なのか、その見方によって全然変わってくる。そういうところを加味していかないと実際の土壌物理と界面科学の境界、まさにインタフェースの部分がなかなか解決の方向に向かって進まないのではないかと思う。

私は物理化学の仕事をしていて、根はペドロジー、すなわち土壌がどのように生成されたかという学問をベースに仕事をしている。荷電ゼロ点の仕事をしていて、知りたいことはこの土は何でこんな挙動をするのかということで、その一つの手段として荷電ゼロ点をやっているという姿勢でいた。物理化学の人から私のやっている仕事は荒っぽいとかよく言われたが、そのことは全然気にしていない。その展開形として今は9割方、熱帯の仕事をしている。土の風化も日本だけで見ても判らない。日本全国だけを見ても火山灰があるかないかで大きく違っている。まして風化の進行程度は世界中で全く異なっており、それを一つの材料と見て同じベースで考えようというのに無理があると私は思っている。

境界領域で現在やられていることについてだが、生物が入っていないというのが一番落ちている点だと思う。今日のポスター発表で一つだけ、硫酸還元菌のすみかのことを研究された発表があった。発表者の方にも言ったが、水が減少したという物理的環境の変化は判るが、で

は微生物が減少したのは構造が小さくなって生息場所が減少したためなのか、水が減少したためなのか詳細は判っていない。そういう所もはっきりさせていく必要があると思う。

現在、私が物理と界面科学の境界でやっている仕事がファイトレメディエーションだ。どういう視点でこの研究をしているかという、例えばある重金属を取り除きたいというところから研究を始める時、その重金属は土の中でどういう状態であるのかをまず知らないといけない。今の多くのファイトレメディエーションの研究というのは、植物を生やしました、あるいは微生物を入れました、入れた結果これだけ取れました、という段階で終わっている。なぜ取れたのかという視点が全くない研究が殆どだと思う。この土の物理化学性を把握して、この重金属は周りの環境条件が変わったらこのような挙動をとるとか、イオン組成がこんなに変わるとかということをやまず調べる必要がある。それが今の研究では完璧に落ちていると思う。しかも、植物は単に水と一緒に重金属を吸うだけではなくて、土中に有機酸を積極的に出している場合もあるし、根から酵素を出している場合もあるし、そういう色々な現象がいつべんに根圏で起こっている。土中では重金属を根が吸うのが勝つのか、土が引き留めるのが勝つのかという視点でファイトレメディエーションを見ていく必要があると思う。そうすると、そこに土の構造が絡んでくる。土の構造が良いから悪いから水の流れが良い悪い、イオンの移動が良い悪い、微生物のすみかとして良い悪いということが入ってくる。一人で全部するのは無理だと思うが、何人かの人で協力しながら生物のを中心にする人とか、物理をやる人、化学をやる人等とある程度役割分担をしないとたぶん出来ないと思っている。実際、私は今、大学で何人かの人と共同して仕事をしている。

座長（溝口）：

スツーカーさん、界面科学についてインダストリーの面からコメントをお願いしたい。

ジョセフ W. スツーカー（Joseph W. Stucki : College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences, University of Illinois）：

最初に、土壌物理学と鉄還元作用の接点についてコメントしたいと思う。

現在、自然界において細菌の還元作用によって生物的環境浄化などが実際にどのように行われているのかわかるにすることが強く求められている。こうした作用は、土壌基質中での還元物質や細菌の移動現象と深く関連しているが、細菌は鉱物表面との間でどのような相互作用を発現しているのか、細菌が直接的に鉱物表面と接触し

ているのか、あるいは細菌が還元物質を分泌しながら土壌中に入り込んでいるのか等不明な点が多くある。こうしたことを明らかにしていくためには、土壌化学、土壌物理学、微生物学を総動員する必要があり、また、しなければならぬ重要な分野であると思っている。例えば、純粋培養試験下では、細菌によって粘土が急激に改変されることを示す幾つかの証例が得られているが、土壌中ではこのような劇的な変化を示す例は見つかっておらず、土壌中では、細菌によるこうした作用を大きく減じるような何かが起こっていると考えられている。こうした現象において、細菌と粘土鉱物、土壌孔隙、土壌水、溶質等との間の全ての相互作用は、おそらく深く関連し合っているものと思われる。

さて、工業面での粘土界面の応用については、まず、粘土鉱物中の鉄の状態変化が、粘土のレオロジー的な特性、すなわち流動性に大きく影響を与えることが知られている。また、粘土表面の触媒特性についても注目されている。本日の講演で私は、粘土表面のpHの変化に伴って酸化還元状態やあるいは酸化還元活性が改質されることについても言及した。これらのいずれのプロセスも、他の反応を触媒する可能性がある。例えば、有機化合物の脱塩素反応は、還元状態の表面によって大いに加速され、脱塩素反応の幾つかはpHによって促進され、また、幾つかは酸化還元によって触媒される。こうした性質を利用して産業界では特定の塩素化汚染物質を改変することを試みているが、この試みは、環境中で還元状態の粘土を用いることにより、非常に良好な結果を得られるという結果が得られている。このほか、ご存知のとおり、カオリン（白土）の鉱物中には鉄が含まれており、そのことがカオリンの価値を下げている場合がある。細菌は、このカオリンを漂白するのに使用できるといわれているが、このことは、まだ十分に証明されていない。しかし我々は、細菌によってカオリンが漂白できることを示す非常に明確な、未公開の情報を持っている。

そして現在では、産業界の問題は「細菌によってカオリンを漂白できるようにしても、今度はそこから細菌をどうやって取り出すのか」ということに移っており、最近、それを実現するための特許が幾つか申請されている。このように、亜ジチオン酸や他の漂白剤を廃止して細菌を使用する産業のレベルで応用できそうな、「環」が現在構築されつつある。この「環」が現在唯一必要としていることは、これら脱塩素反応と漂白反応の2つのプロセスをともに適用できるように構築されることだ。

この辺で終わりにしようと思う。

座長（溝口）：

ただ今のスツーカーさんのお話は先ほどの櫻井さんと

同様なことを言っていると思う。我々土壌物理の分野では生物との絡みが重要であり、特にスツーカーさんの場合でいえば、ポアの中に水があって、生物がそこに住み着き、その時の水と生物の相互作用が他のインダストリーで色々と利用されている。その意味で、土壌に対する生物学的な視点がこれからの土壌物理における一つのキーになるように思う。つまり、界面科学と土壌物理の関係の重要なファクター（面白いところ）は、有機物なり生物と土壌物理の相互作用だろうと感じた。

大坪：

今のお話を含めて土壌物理学会が今後どういう風にこの分野に貢献するかということだが、はじめに座長から農学と環境科学に大別して考えようという話があった。農業土木学会は非常に大きな団体だし、農業土木は農学が基礎的な観点としてある分野でもあり、それはそれで非常に重要なものだと思っている。ただ、環境科学はひとえに農学だけでなく広い分野にわたる問題である。土壌物理の分野は必ずしも農業土木の人に限られるものではなくて、本来は土壌に関係のある、物理に関係のある色んな分野の人が参入出来る分野だと思う。そのような意味で土壌物理学会の活躍出来る場がそういった所にあるのではないかと思っている。もう一つは、土壌物理も含めて農業土木ではリメディエーションの研究はそれほどされて無かった。しかし今、地盤工学会を見ても環境の分野は企業の人が参入してリメディエーションを盛んにやっている。しかし現象論的にとらえる研究が殆どで、絶対的に欠落しているのはなぜそうなるかというベーシックな面で、殆ど、と言ってしまおうとちょっと語弊があるかも知れないが、研究されていない。例えば、リメディエーションの中で土壌物理の研究者が寄与出来るとしたら、もちろんアプリケーションの面もあるが、基本的な、なぜそういう現象になるのか、だからこういうアプリケーションが出来るんだ、ということではないか。その一連の研究の流れをこの学会で作っていただけると良いと思う。スツーカーさんの言われたことも正にその一つの流れだと思う。

石黒（岡山大学環境理工学部）：

香川大学の石田さん（石田智之：香川大学農学部）と先日話した時、彼は学部では土壌肥科学分野で大学院では土壌物理学分野を専攻していたため、どちらも詳しいのだが、土壌の仲間内だけで研究していても土壌物理の学問は発展するだろうか、他の学問分野ともっと交流してやって行くことが大切ではないかという話になった。先ほど有機物の話があったが、腐植物質学会では多様な分野の研究者が交流を深めている。土壌物理学会においてもそういう方向も大切ではないか。

座長（溝口）：

我々が出ていだけでなく間口を広くして相手を引き込むことも戦略的には良いという気がする。

計測法について**座長（溝口）：**

計測法についての議論に移りたいと思う。今日の発表には計測法に限ったものはなかったが、講演の中には各種の計測法が出てきたし、ポスター発表でも TDR の話が結構あった。また、計測法に分類すべきかどうかは迷うところだが、今回のポスター発表にはサンプリングに関するものも幾つかあり、私は結構面白いと思った。粘性土がサンプリング時に圧縮されてしまう問題は界面科学的にも見直す必要があるのではないかと思う。

計測法の研究はニーズに応じて生まれる。既存の計測手法を使って現象を明らかにする過程で、今までの手法の限界がみえ、新たな計測法のニーズが生まれ、そして新たな計測法の開発に繋がるのだと思う。

櫻井：

ちょっとお尋ねします。私は現場で水分をヒートプローブ法でよく測るのだが、いま水分計測は TDR が主流となっているが、TDRの方が他の計測法と比べて信頼度が高いのか。

座長（取出）：

一番優れている点は土にあまり依存しないであるレベルの水分量が測定出来る点にあると思う。また、センサ本体はステンレスロッドなので耐久性もあるし、縦方向にも横方向でも設置出来る。環境モニタリングには極めて有効な計測法だと思う。もちろん精度を上げようと思えば、クロボク土で違うといった報告は沢山あるので、現場の土とのキャリブレーションを取った方が良いと思うが、誘電率は水分が一番影響を受けるので、あるレベルの精度で良ければセンサ本体を土へ刺すだけで土壌水分の測定が出来る画期的な技術かと思う。

座長（溝口）：

鉄酸化物に対してはどうか。原理的には鉄分が多いと影響が無視出来ないかと思うが。

座長（取出）：

その可能性はもちろんあるのでキャリブレーションは

必要だが、センサ本体を刺すだけで水分量がある程度の精度で測定出来るというのは他に無い技術だ。もう少し値段が安ければ良いと思うが。

櫻井：

精度はそれほど必要ないのだが、耐久性はどうか。熱帯で2~3年は使用したいのだが。

座長（取出）：

大丈夫だと思う。

おわりに**座長（溝口）：**

時間もまいりましたので、最後に赤江会長をお願いします。

会長（赤江剛夫：岡山大学環境理工学部）：

本日は界面科学をシンポジウムで取り上げ色々ご議論頂いた。昔、土壌物理では保水性とか透水性は時間的に変化しないものというイメージで捉えて土壌水を考えてきた。しかしながら、それが変化するんだということ色々な事実が出てきて、それをどう理解するかということの展開方向の一つが本日取り上げた界面科学だと思う。また、応用を考えると、櫻井さんがお話されたように、有機物とか生物とかを考えるとどうしても必要となってくると思う。今日はそういう方向が色々指摘されたというところをしっかりと受け止めて、今後進んで行きたい。

私が諫早干拓地の土壌を改良するという事で取り組んでいる中で、乾燥させると土は作土としてだんだん良くなっていくことを知った。干拓土を乾燥させるということは不可逆的に脱水させることと説明されてきたのだが、土が良くなったことの説明はそれだけでは出来ない。その辺を切り開く武器になるのが界面科学や有機物に関わる研究だと思う。今日のポスター発表の中で、有機物が乾燥すると森林土壌が撥水性になるというのがあったが、私にとっても新しい発見であったし、土壌物理全体としても新しい知見だと思った。

本日はありがとうございました。

受稿年月日：2004年2月10日

受理年月日：2004年2月10日