

## 土壌物理学会シンポジウムおよびポスターセッション報告

鈴木創三\*・藤井克己\*\*・長谷川周一\*\*\*

平成12年11月18日、第42回土壌物理学会シンポジウムおよびポスターセッションが世田谷区三軒茶屋の日本大学東京校舎で開催され、会員、非会員を交えて約100名が参集した。シンポジウムでは「新世紀の土壌物理研究に向けて」のテーマに沿って、土壌の粒子・構造、水分・溶質および温度・熱の移動に関わる以下の1~4の講演の発表が、ポスターセッション:「土壌物理研究の最前線」では根圏土壌の物理性、圃場における水分・塩類・温度・熱移動等に関わる12課題の発表が行われ、いずれも熱心な討論が行われた。ここでは、シンポジウムの発表の概要および総合討論について座長の藤井および長谷川が取りまとめた分を以下に報告する。

### 1. 「土粒子と土壌構造 一火山灰土を中心として一」 軽部 重太郎 (茨城大学農学部)

土壌は自然が生み出したものであり、現場にあってこそ本来の性質が発揮されるが、われわれが現場から得る情報には限度がある。そこで、これを土粒子などの各構成成分に分けてその性質を知り、それらを総合して現場土壌と比較するという過程を繰り返すことにより、土壌本来の性質に近づくことができると考えている。土壌構造に関わりの深い構成成分としては、粘土鉱物、非晶質物、有機物、電解質および水があげられる。

本シンポジウムのテーマは「新世紀の土壌物理研究に向けて」、当方の課題は「土粒子と土壌構造」であったが、今回は火山灰土、特にアロフェンとイモゴライトの物理性に絞って報告する。

非晶質粘土鉱物アロフェンの荷電はすべてpH依存荷電で、荷電ゼロ点付近で凝集し、その両側で分散する。ただし球状の単位粒子がバラバラに分散するのではなく、100 nm程度以上の大きさに凝集した状態で分散する。一方、イモゴライトは準晶質粘土鉱物であるが、アロフェンとよく似たpH依存荷電をもち、アルカリ性(荷電ゼロ点より高いpH)で凝集するというユニークな挙動を示す。一度凝集したイモゴライトは酸性にしても容易に分散せず、逆に酸性からアルカリ性にするときには速やかに凝集する。これらの分散凝集状態は、繊維状粒子の太さの変化として現れる。

さらにアロフェンとイモゴライトは、pHを変えることによって粒子表面の荷電状態を変えることができる。荷電状態(正味荷電)を変えた場合の水分特性曲線への影響は $-100 \text{ J/kg}$ 以下(pF3以上)で現れ、荷電密度が低いほど凝集的になってパルクの密度が低くなる。アロフェンの内部間隙水は $105 \sim 110^\circ\text{C}$ の加熱では脱離しないという報告があるが、その粒子密度測定から $105^\circ\text{C}$ の炉乾でも脱離すると判断され、また $105^\circ\text{C}$ で炉乾したアロフェンやイモゴライトの間隙容積の各々96%、92%は、マイクロ孔( $\phi < 1.74 \text{ nm}$ )で占められている。

アロフェンの内部間隙の実態は、必ずしも明らかにはなっておらず、アロフェン質でない火山灰土も、活性アルミニウムを含むことで火山灰土特有の性質をもつことを指摘した。

### 2. 「土壌水分野から見た21世紀の土壌物理研究」

宮崎 毅 (東京大学大学院農学生命科学研究科)

土壌水が物理学の対象となったのは、ダルシー則の発見(1856年)からである。不飽和土の毛管ポテンシャル概念(バックingham 1907年)が提唱されて以降、今日まで土壌水のポテンシャル概念による理解がこの分野の中心課題となって20世紀前半まで続いたが、20世紀後半はこの理論では説明しきれない種々の移動現象に対して研究対象が拡大した。ただし1970年代後半から世界の土壌物理学者のターゲットは「土壌の不均一性」に一斉に向けられるようになった。これも当初、Spatial Variabilityが主流を占め、Geostatisticsがもてはやされたが、後にPreferential Flowのような現象論が主流を占め今日に至っている。今後は面的な不均一性ばかりでなく、Vadose Zoneも含めた立体的不均一性へ、視野と手法が広がるものと予想される。加えて、水分、熱、溶質などのフラックスを、簡便に系を乱すことなくリアルタイムで計測する技術が開発されることも夢ではなくなっている。さらに土壌表面近傍の情報を、nmオーダーで観察することも可能になってきており、これらの技術はコロイド科学との接点の中で、新たな研究分野を展開する可能性を秘めている。

今後は、土壌物理を研究しながら、必ずしも土壌にこ

\*: 東京農工大学農学部 〒183-8509 府中市幸町3-5-8, \*\*: 岩手大学農学部 〒020-8550 盛岡市上田3-18-8, \*\*\*: 農業環境技術研究所 〒305-8604 つくば市観音台3-1-1

だけでなく、様々な物質における共通の諸現象に向けて探求する姿勢を持つこと、つまり土壌物理の普遍性を広げることが重要である。さらに土壌における諸現象を明らかにするためには、必要な知識と情報を物理のみにこだわらず分野を越えて収集して行く、つまり土壌物理の学際化を進める必要がある。

21 世紀においては、環境と土壌水、あるいは農業と土壌水との関係に関して、土壌・地下水汚染等の現実問題が発生することにより、研究課題が増加し、とどまることはないであろう。土壌水分野の新研究は既に始まっている。日本の土壌物理研究者には、もっと発言し、もっと研究論文を出し、国際交流、異文化交流についても積極性を発揮することが求められている。この分野における研究の一層の深化と広がりを目指したい。

### 3. 「溶質移動—特に、硝酸態窒素の溶脱について—」 前田守弘（農業研究センター土壌肥料部）

硝酸態窒素による地下水や湖沼の汚染はヨーロッパや我が国で解決を迫られている大きな問題である。硝酸態窒素の土壌中での挙動・予測を難しくしている要因は、硝酸態窒素の挙動が土壌の不均質性の影響を受けプレファレンシャルフローで運ばれることがあること、窒素は土壌中で形態変化を起こすこと、土壌中の全窒素量は施肥量よりも 1 オーダー大きく、土壌溶液中の含量は全窒素量の 0.1% のオーダーと非常に小さいことが指摘できる。水移動がダルシー流に従えば、硝酸態窒素の移動は移流分散方程式で表現できるが、実際に畑で適用することは前述の要因に加え、降雨、地下水位等の境界条件が変動するため困難である。黒ボク土畑において、トウモロコシ—ハクサイ作付け体系下で、豚ふん堆肥、緩効性肥料、速効性肥料の区を設け 7 年間にわたって地下 1 m の土壌水をモニタリングした。その結果、緩効性肥料、速効性肥料区では 1 年で硝酸態窒素濃度の増大がみられたが、豚ふん堆肥区では 3 年後から上昇し、6 年後には他の処理区の濃度に近づいた。また、OECD がリスク指標として提案した土壌溶液中の硝酸態窒素の簡易推定モデルは、豚ふん堆肥には適用できなかった。プレファレンシャルフローの実態を見るために土壌モノリス（不攪乱土壌）法で硝酸態窒素等を追跡し、完全混合槽列改変モデルを適用した結果、プレファレンシャルフローの大きさを二つのパラメータで表現することが出来た。

現在の硝酸態窒素の研究を見ていると、野外試験では室内実験だけからは予測が難しい現象が生じており、フィールド研究と基礎研究の連携をはかるとともに、分析をする人とモデルを作る人との相互理解を深める必要がある。また、現象を説明するモデルも大事であるが、問題解決型のモデルの構築が必要と考えている。

### 4. 「温度と熱の流れ」

粕淵辰昭（山形大学農学部）

この 30 数年の本分野の研究において非常に変化したのは計測分野におけるめざましい技術革新であった。それは、単独の計測から始まり自動計測とデータ貯蔵へと変化し、現在では総合化した計測が行われるようになっている。地温の観測は明治時代にすでに気象庁により測定が開始され、1970 年代まで継続された。そこで、観測を終了させたことは今後の地球環境変化の研究にとっても残念である。地温の面的な分布に関する研究は 1960 年代に農業気象の分野で行われていたが、現在はこれも中断してしまっており、土壌物理分野で取り組んでいく必要がある。土壌の比熱測定は、土壌試料を入れたデュアービンの温度変化と土壌試料を入れないデュアービンの温度変化とを比較して測定する双子型測定法により、非常に高精度で測定することが可能となった。熱伝導の測定はヒートプローブ法で測定されるが、この場合も基準との比較で測定すると精度が上がることから基準となる水の温度—時間変化をパソコンに記憶させる方法を開発した。また、土壌の熱伝導率の温度依存性や気圧依存性について研究が進められており、土壌の水分状態との関係で新たな知見が得られてきている。熱フラックスの測定についても、ベルチェ素子の利用等の測定技術の向上が見られる。野外での測定例として、水田田面水中の温度が対流により深さ方向に一定になること、および対流速度が最高で 1 mm/s 程度であることを明らかにした。土壌の熱伝導のモデルはマックスウェルの電気伝導のアナロジーである de Vries モデルが現在も使われているが、熱伝導メカニズムの解明のための新しいモデルが出てくることを期待したい。

### 5. 総合討論

軽部氏は、アロフェンが水を多分子吸着出来ない理由を隣り合うアロフェン粒子間の距離で説明した。凍結乾燥を受けたアロフェンの分散性は非可逆的であること、凍結乾燥と通常の炉乾法との相違はなかつことを補足説明した。宮崎氏には不均一性との関係で代表的要素 (REV) についてさらに説明をしてもらったが、REV を決定する切り札はないようであった。前田氏は窒素の形態変化について、脱窒が室内レベルでの測定法しかなく、圃場での測定は開発されていないことを説明した。粕淵氏に対しては、現象の解明ばかりでなく、現象の予測や問題の解決のためのモデルもあるのではないかと指摘があり、「モデルとは」という議論がしばしば展開された。最後に渡辺春朗副会長が、土壌物理研究の継承性を強調し、閉会の挨拶となった。