J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 133, p.37 ～ 40 (2016)

資　料
Miscellaneous

「高分子と水・分離に関する研究会 2015 年度界面動電現象研究会」の開催報告および組織としての界面動電現象研究会の紹介

山口敦史 [1]

Report of the seminar on electrokinetic phenomena and introduction of the electrokinetic society of Japan

Atsushi YAMAGUCHI[1]

1. はじめに

本稿では，まず，歴史的な背景を踏まえながら界面動電現象と土壌物理の関係について述べる．その後，2016 年 3 月 11 日に開催された「高分子と水・分離に関する研究会および 2015 年度界面動電現象研究会 ～ 不均一な高分子・コロイド界面の物性と凝集 ～」の概要と当日の様子について報告する．さらに，もう 1 つのトピックとして，本研究会の共催団体のひとつである界面動電現象研究会について紹介する．研究会の発足の経緯や活動はユニークであり，研究会運営の 1 つの事例として紹介する価値があると思われる．本稿では，大学院生（筑波大学大学院修士課程）である筆者の視点を織り交ぜながら，以上の内容についてまとめる．

2. 界面動電現象と土壌物理

界面動電現象は，電荷をもつ表面近くの流体運動に伴う現象，と緩く表現される（Wall, 2010）．界面動電現象を測定・解析することで，実用上重要な物質の表面近傍の電位を表すゼータ電位が求められる．そのため，界面動電現象は，コロイド粒子の凝集分散や界面への物質の吸着を予測・評価する際に用いられ，環境，食品，製薬，塗料など多岐に渡る分野に応用されている．

コロイド化学と結びついて発展を遂げた界面動電現象の研究であるが，その歴史は古く，発見は 200 年以上前に遡る．1809 年ドイツ出身でロシアのモスクワ大学で研究していた Reuss は，1798 年に開発されたばかりのボルタ電堆を用いた 2 つの実験を論文にまとめた（小林ら, 2014）．論文中で Reuss は，電場にさらされた石英砂中を純水が移動すること，粘土懸濁液が電場にさらされると粘土が移動することを報告している．これは，現在でいうところの電気浸透と電気泳動の発見であり，界面動電現象の科学的な起源である．つまり，界面動電現象の研究は土を対象として始まったと言える．

さらにイオン交換現象の発見も土壌学の分野で行われた．1850 年，イギリスの農場主の Thompson は，硫酸アンモニウム水溶液が土を通過すると硫酸カルシウムが含まれるようになることを発見した（足立・岩田編, 2003）．Graham の弟子で化学相談員をしていた Way は，Thompson からこの話を聞き，追加の実験を行った．そこで，アンモニウムだけでなくナトリウムやカリウムもカルシウムに交換されることを突き止め，論文として報告した．これがイオン交換現象の発見であり，1935 年にイオン交換樹脂が開発される以前から土の科学者の間では研究されてきた．イオンの電離の概念が 1884 年に Arrhenius によって提唱され，1886 年に van't Hoff の実験により確かめられたことや，変異荷電の概念が 1920 年代になって Anderson と Mattson によって示された時代背景を鑑みると，当時 Way らの結果に懐疑的な姿勢を示す人がいたことも頷ける．ところで，Way の師匠である Graham は膜を用いた透析のパイオニアでありコロイド化学の創始者と言われる化学者である．界面科学に関わる重要な 2 つの概念が同じルーツであることは興味深い．このように歴史的な背景をたどれば，土壌学，コロイド化学，膜分離は深いつながりがあり，互いに影響を与えながら発展してきたことがわかる．

現在，土壌物理の分野においても界面動電現象が用いられている．最近，筆者の所属する研究室では，不飽和砂中のコロイド輸送をゼータ電位と結びつけた研究（Fujita and Kobayashi, 2016）や，土壌の透水性の変化と土のゼータ電位を結びつけた研究（山田ら, 2015）を報告している．また, 2015 年の界面動電現象研究会では「不均一」がキーワードであったが，土壌はまさに不均一で

[1]Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba,, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan. Corresponding author : 山口敦史，筑波大学　生命環境科学研究科
2016 年 6 月 7 日受稿　2016 年 6 月 10 日受理



Photo 1 講演中の会場の様子.



Photo 2 小林先生の講演の様子.

ある．土壌中の粘土と腐植などの複合体はもちろん，粘土や腐植単体であっても異種の荷電を有し，溶媒への親和性も異なる不均一な表面を持つ．したがって，界面動電現象を通して不均一な表面の電気的な性質を評価することは，土壌中の物質移動の予測・制御につながるため，土壌物理においても重要であろう．

3. 界面動電現象研究会（2015 年度）の開催報告

3.1 研究会の概要

「高分子と水・分離に関する研究会 2015 年度界面動電現象研究会」は 2016 年 3 月 11 日に筑波大学 東京キャンパスにて開催された（Photo 1，Photo 2）．研究会の目的は，高分子やコロイド粒子の界面の物性や凝集というミクロな現象の視点から，環境や生体などマクロな現象を把握・理解することである．6 人の講演者を迎えて開催された研究会には，アカデミック・企業の研究者，学生を合わせて約 90 名が参加した．研究会の主催は高分子学会 高分子と水・分離に関する研究会であり，土壌物理学会，界面動電現象研究会，筑波大学，筑波大学リサーチユニット生物資源コロイド工学が共催している．

2015 年度の主題は「不均一な高分子・コロイド界面の物性と凝集」であった．前年度（2014 年度）の主題が「不均一なコロイド界面の物性と移動現象」であったことを考えると，ここ 2 年間は「不均一」な界面をテーマにしている．研究会では，コロイド化学の基礎の解説から始まり，不均一な界面に対する最新の研究成果の紹介と実用的な応用例が示された．

3.2 講演内容

Table 1 に講演者と講演題目をまとめた．午前中はコロイド化学の基礎的な内容から始まり，最新の研究動向への橋渡しが行われた．具体的には，コロイド粒子の凝集分散を記述する基礎的な理論である DLVO 理論の導出から始まり，DLVO 理論の成功と限界について解説がなされた．さらに，本来 DLVO 理論が対象としない不均一な表面をもつコロイド粒子の凝集分散について，最新の研究が紹介された．午後の講演は講演者の最近の研究内容や応用に関する発表が主であった．とくに最初の 3 名の講演は研究発表の色が濃く，感温性高分子の帯電メカニズムや，ポリイオンコンプレックスの凝集分散，水和水とレオロジーといった重要かつ面白いテーマが並んでいた．最後の講演者であった武田真一先生は企業側からの視点をとり入れ，コロイドの凝集分散や測定機器について実用的な話をされた．午後の講演では，研究の主題も背景も異なる 4 名の講演の中に，「水和水の評価」など共通の話題がところどころに現れたことはこの分野の課題を浮き彫りにしているように思われ，今後研究が発展していく予感がした．

話は少し逸れるが，1 人目の講演者はもともと東京理科大学名誉教授の大島広行先生の予定であった．しかし，大島先生が Khwarizmi International Award を受賞し，その授賞式へ参加することになったため，急遽足立泰久先生が代わりを務めることになった．筆者は，有難いことに研究会の直前に大島先生の集中講義を受けており，大島先生と足立先生の両方の話を聞くことができた．同じスライドを用いたプレゼンであるにも関わらず，理論の話が中心な大島先生と実験的な研究を踏まえた足立先生の講演はそれぞれに特徴があり，2 人の研究の過程や同一の対象への視点の違いが実感を持って感じられた．

3.3 最近の研究会の流れと将来の展望

2013 年度まで界面動電現象研究会は同名の界面動電現象研究会が主催で行われてきた．2014 年度から高分子学会 高分子と水・分離に関する研究会が主催するようになり，この 2 年間は参加者の数が急激に増加している．筆者の覚えている限りでは 2013 年度は参加者が 30 人に満たず，会場も小さかった．その後，2014 年度には 50 人を超え，2015 年度には 90 人近くが参加した．とくに，2015 年度には企業からの参加者が増加したことが特徴的であった．この人数の増加には，参加費の安さなど様々な要因が考えられるが，講演内容の変化の影響が大きいように思われる．2013 年度には研究成果の発表が主であり，研究に関する議論が行われていた．それに対し，2015 年度には基礎的な内容から始まり最新の研究や応用に至るまで扱うようになり，バランスよく勉強できるようになった．加えて，実用的に重要な不均一な界

Table 1　講演者と講演題目.

題目	演者	所属
DLVO 理論とその発展：ハード界面からソフト界面へ	大島広行	東京理科大名誉教授
ゼータ電位からコロイドの凝集分散を考える：有効性と限界	小林幹佳	筑波大
感温性高分子の相分離に伴うゼータ電位発生と親水性高分子添加効果	佐藤　満	東京工業大
ポリイオンコンプレックスの凝集	小川 和義	筑波大
誘電緩和法による水溶性高分子が示す水和数の温度依存性	四方俊幸	東京農工大
セラミックス粒子濃厚分散系における高分子および溶媒分子の動的挙動とコロイド振動電流（CVI）	武田真一	武田コロイドテクノコンサルティング

面について 2 年連続で扱ったことも参加者の増加につながったものと考えられる．今後は学生の参加者，とくに筑波大学以外の学生の参加者の増加にも期待したい．

2015 年度の研究会において印象的であったこととして，武田先生が講演中に，アカデミックな研究者の方には濃厚コロイド分散系の界面動電現象に関する研究例を増やしてほしい，という内容を述べていたことである．筆者にとっては，企業の方からアカデミックの研究者に向けて，応用につなげるために必要な基礎研究を要請しているのは新鮮であった．学生の立場ではなかなか企業の方の話を聞く機会が得られない．今回の界面動電現象研究会では，アカデミックと企業どちらからも話が聞けたことは有意義だった．今後も，企業や社会的な要請の立場から見た，いま必要とされている研究についての話が聞けたら参考になる．

4. 組織としての界面動電現象研究会

4.1 研究会の概要と発足からこれまでの活動

界面動電現象研究会は，コロイド粒子の電気泳動や凝集分散，高分子の物性や吸着などの界面動電現象に関わる様々な現象を研究することで，土壌保全，海洋の物質循環の予測，生体膜の機能の解明など，多岐に渡る分野への応用を目指す研究会である．会長は大島広行先生が務め，アカデミックと企業の研究者を合わせて 100 人以上の研究者が所属している．

界面動電現象研究会発足の端緒は 2009 年 3 月に筑波大学にて開催されたシンポジウム「Electrokinetics for Nano, Bio, and Environmental Science」である．このシンポジウムは 2012 年に筑波での開催が予定されていた「The 10th International Symposium on Electrokinetic Phenomena（ELKIN）」の Pre-seminar として位置づけられる．このときの総合討論での議論を基にして界面動電現象研究会（The Electrokinetic Society of Japan）が発足した．その背景には以下の 2 つの要因があったようである．1 つ目の要因として，界面動電現象を扱う研究会として世界には ELKIN があるのに対して，当時の日本には対応する研究会が存在しなかったことが挙げられる．2 つ目の要因としては，2008 年に京都にて国際学会「5th International Conference Interfaces Against Pollution (IAP) 2008」が開催され，界面動電現象に関わる多くの研究者が集まった．しかし，学会終了後には互いの交流が希薄になってしまった．このことをもったいないと考えた参加者がいたことが挙げられる．これらの背景のもと，ELKIN 終了後も界面動電現象に関わる研究者の交流を維持し，研究を促進する目的で界面動電現象研究会が発足した．

発足後の界面動電現象研究会の主な活動は，毎年 3 月に開かれる「界面動電現象研究会」と，7 月末頃に開かれる「サマースクール」の企画・開催である．サマースクールについては筑波大の足立研が主催していた頃から合わせて 10 回，界面動電現象研究会については研究会が発足してから毎年続けられてきたことは驚くべきことである．研究室の先輩方の苦労がしのばれる．このほかに界面動電現象研究会の活動として，不定期に学術雑誌の出版も行っている．昨年には界面動電現象研究会の会員が中心となり，Advances in Colloid and Interface Science（Elsevier）に特別号が出版された．普段の活動は，年に数回，メーリングリストにて研究会などに関する情報提供を行う緩やかな繋がりである．しかし，セミナーなどには毎回研究会から 10 人程度の研究者が参加している．

4.2 これからの活動

これからの界面動電現象研究会の活動の主軸は，これまでの活動を踏襲し，毎年 2 回のセミナー・シンポジウムを継続して開催することだと思われる．ところで，サマースクールは毎年 7 月末頃に開催されるシンポジウムであり，海外の研究者の依頼講演なども行っている．例年，筑波大学リサーチユニット生物資源コロイド工学と共催している．講演内容は研究発表の割合が大きく，一般講演として毎年数名の学生が発表している．また，年によって貢献の度合いは異なるが，毎年学生も運営に携わっている．これは，サマースクールのひとつの試みであり，学生の立場からすると慣れない作業に大変なこともある反面，シンポジウムの運営を知る貴重な機会にもなっている．

直近の内容だけ見れば，基礎から応用まで扱いバランスのとれた界面動電現象研究会に対して，サマースクールの方が研究発表の側面が強い．今後この傾向が続いて

いくかどうかはわからないが，毎年特徴の異なる研究会が開催されることは，界面動電現象を様々なレベルで理解し，周辺分野へと興味を広げる機会を与えてくれる．今後は，講演後の質疑応答としてだけではなく，参加者同士の情報交換がより活発に行われるようになることを期待したい．

宣伝になるが，2016 年 7 月 29 日（日）に「界面動電現象研究会 2016 年サマースクール」が筑波大学で開催される．今年は微生物などバイオコロイドに着目しており，キーワードは界面動電現象、マイクロフルーディクス、バイオコロイド、フロキュレーション、コロイド物理学となっている．執筆時にはまだ開設されていないが，詳細は界面動電現象研究会（http://www.envr.tsukuba.ac.jp/~colloid/ELKIN.html）もしくは筑波大学リサーチユニット 生物資源コロイド工学（http://www.agbi.tsukuba.ac.jp/~colloid/research-unit/seminar.html）のホームページにて確認できるようになる予定である．

5. おわりに

界面動電現象研究会では，様々な背景を持つ研究者が集まり，界面動電現象を中心として多岐に渡る分野について議論がなされている．この研究会に参加することは，ともすると自分の研究のみにしか目が行かなくなりがちなときに，界面動電現象の可能性を再確認させ，様々な分野へと目を向ける機会を与えてくれている．また，組織としての界面動電現象研究会が関わるサマースクールと界面動電現象研究会は，研究発表を聞き勉強するだけの場ではなく，様々な分野の研究者の方と交流したり，企画や運営の進め方を学ぶ場になっている．今後も，多くの方が界面動電現象研究会に参加し，界面動電現象に関わる現象の理解や，研究者間の交流が促進されることを期待している．

最後に，大学院生でありながらこのような場に報文を書く機会を与えてくださった土壌物理学会，足立泰久教授，ならびに指導教員である小林幹佳准教授に厚く御礼申し上げます．

引用文献

足立泰久, 岩田進午編 (2003): 土のコロイド現象, pp. 1–14. 学会出版センター, 東京.

Wall, S. (2010): The history of electrokinetic phenomena. Curr. Opin. Colloid Interface Sci., 15: 119–124. doi:10.1016/j.cocis.2009.12.005.

小林幹佳, 杉本卓也, 山田健太, チエン, ダックパム, 本荘雄太 (2014): 土壌と界面電気現象 3. 界面動電現象とその利用. 日本土壌肥料学雑誌, 85: 251–258.

Fujita, Y. and Kobayashi, M. (2016): Transport of colloidal silica in unsaturated sand: Effect of charging properties of sand and silica particles. Chemosphere, 154:179–186. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.03.105.

山田健太, 小林幹佳, 藤巻晴行 (2015): 土壌コロイドの界面化学特性が表面流出に及ぼす影響. 平成 27 年度 農業農村工学会大会 講演要旨集, pp. 494–495.