



Title	土の界面と移動現象, そして土をめぐる物質循環 児島湖底土の飽和透水係数に及ぼす土壤溶液pHの影響
Author(s)	石黒, 宗秀
Citation	農業土木学会誌, 70(7), 71(655)-72(656) https://doi.org/10.11408/jjsidre1965.70.7_655
Issue Date	2002
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70689
Rights	© 社団法人 農業農村工学会
Type	journal article
File Information	70_655.pdf



論文をかたる

土の界面と移動現象，そして土をめぐる物質循環

児島湖底土の飽和透水係数に及ぼす土壤溶液 pH の影響

(農業土木学会論文集 No. 216, pp. 65~70, 岩元亮一・石田智之・赤江剛夫と共著)

岡山大学環境理工学部 石 黒 宗 秀

I. はじまり

茨城県のつくばから岡山に転勤して、何かこの地域の特徴的な土を研究対象にしたいと思っていました。そんな折、共著者の赤江剛夫氏が精力的に扱っていたのが、この論文に取上げた児島湖の底泥です。これまで関東ロームの火山灰土と沖積水田土壌を対象にしていたので、それらと異なる性質のものでしたが、土を界面科学的に捉えれば、共通性も多く認められました。

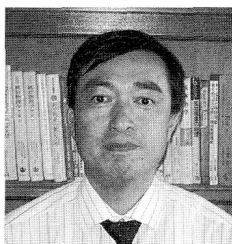
また、岡山県には、石灰岩地帯があり、石灰工業が盛んです。石灰の研究グループに参加する機会を得たのも、この研究を進める上で重要なきっかけとなりました。

ご存知のように、児島湖は日本でも指折りの汚染湖沼です。底泥は、有機物や栄養塩類を多量に含むため、湖沼の富栄養化促進物質の供給源となり、かつ水中の酸素欠乏を招く一因と見なされています。ここは、水質浄化対策として、農林水産省が浚渫事業を行っている、現代的課題を抱えたホットな場所でもあります。

II. マクロな移動現象を支配する土のミクロな界面現象

土の科学の面白さのひとつは、その表面にあります。特に大量の電荷を持っている点。電荷の多い土だと、1 m³ 当たり 1 億クーロン (C=A・s) になり、これは 1 kW の電気ストーブを 120 日間つけっぱなしにして流れる電気量に相当します¹⁾。しかし、土に触れても、電気ウナギを踏んだ時のように感電死せずに済むので安心して研究できます。

土の表面が多量の電荷を持っていても、それと反対符号の電荷を持つイオン物質が多量に吸着し、電氣的に中性となる条件を満たして感電を防いでくれるのですが、そのイオン物質の吸着の状態が、濃度やイオン物質によって異なります。そのため、その影響が土粒子構造に現れて、土の構造が異なり、透水性も異なってきます。



ミクロなイオン物質が、マクロな土の構造とその中を流れる水移動現象を決定してしまいます。土の透水性は、地域の水循環を規定しますから、イオン物質のレベルで起こっている細かい現象だからといって馬鹿にして無視していると、地域レベルの環境問題にまで発展しかねません。

よく知られているように、土は、pH によって電荷量が変わる pH 依存性の電荷を持っています。したがって、土壤溶液の pH が異なると、土の電氣的特性が変化し、それによって土粒子の構造と透水性が変化することになります。

つくばに居たころ、火山灰土中の溶質移動試験を行おうと思い、火山灰土を酸性条件にしてカラムに詰めました。ところが、溶液が全く浸透しなくなり、困り果てたことがあります。火山灰土は、粗間隙が多く、透水性が非常によいので、水田造成の時など漏水田になりやすく困るほどの土です。透水不良で実験ができなくなるとは思いもよりませんでした。

しかし、考えてみれば、火山灰土は pH 依存性の電荷を大量に持ち、酸性側では正電荷が卓越して土粒子がばらばらに分散しやすいのですから、間隙が土粒子で塞がれて水が通れなくなってしまう。後から振り返れば納得できる現象でした。しかし、その時は溶質移動の実験が目的でしたので困ってしまいました。

土は、大なり小なり pH 依存性の電荷を持つため、透水性に及ぼす pH の影響があるはずですが、あまり研究されていませんでした。そのようなことで、児島湖底泥を対象に、土壤溶液 pH とイオン種—Ca イオンと Na イオン—およびイオン濃度によって飽和透水係数がどのように異なるかを調べてみたのが、この論文です。

土の電荷が面白い現象を引起こしますが、土がイオン物質と反応する現象は、静電氣力による吸着ばかりでなく、化学反応もあり、これも土の構造と透水性に影響します。化学反応が土の構造や透水性にどのような影響を及ぼすかも興味深いテーマです。

石灰による土質安定処理は、古来より用いられていますが、これはコンクリートと同様、アルカリ性条件で土とCaが化学反応を起こす反応を利用しています。高pHでCa溶液を流した場合、このような反応が起こるはずですが、石灰は農業で土の酸性化を食い止めるためによく使われますが、果たして透水性がどうなるのか行ってみることにしました。石灰安定処理工法では、地盤を突き固めて安定化させますから、透水性も低下することになります。しかし、この実験では高含水条件下で行ったため、石灰安定処理の場合と異なり、高pHであっても透水性が低下しないことがわかりました。

土の吸着現象でもうひとつ忘れてならないのは、腐植等の有機物の存在です。無機物である土粒子への物質の結合力が最も大きいのは、先述の化学結合で、次に静電気力による吸着です。有機物は主に弱いファンデルワールス力で土粒子に吸着しますが、分子量が大きいことから個々の吸着点は弱い引力でも、多数の接触点がありますので全体として大きな引力となり、無視できない存在です。生物由来の有機物は主に負荷電を持ち、これも影響するはずですが、今日では、有機物の一種である種々の界面活性剤が垂れ流し状態ですから、正電荷を持つものも底泥に含まれているかもしれません。

III. 複雑多様な土と界面現象

土の無機成分は、その大きさにより、砂・シルト・粘土に分けられますが、粘土の種類によって、界面の性質が大きく異なるので、どんな粘土が含まれているのか知ることが重要です。底泥には、膨潤性のモンモリロナイトは検出されず、非膨潤性のパーミキュライト・カオリナイト・イライトが主であることがわかりました。実際、底泥に溶液を浸透させて低濃度に変えても、試料は膨潤せず、試料厚さは短くなりました。

Naが吸着している試料の透水試験を行ったところ、低pH (pH 5) では飽和透水係数はあまり小さくならず、pHが高くなるほど飽和透水係数は低下する傾向を示しました。これは、低pHと高pHで透水係数が低下し、中性付近で安定な結果を示す関東ロームの火山灰下層土²⁾と異なる現象でした。火山灰下層土の粘土鉱物は、アロフェンとイモゴライトですから、粘土鉱物種によって全く異なる現象となることがよくわかります。しかし、どちらもその原因はpH依存性荷電の特性が現れたものなので、基本メカニズムは同じと言えます。

底泥の有機物には、雑多なものが含まれています。川によって運搬されてきた土の中の有機物自体も複雑多様

ですが、湖底に堆積した生物の遺骸もあるでしょうし、雑廃水由来のものもあるでしょう。これらが透水性に及ぼす影響を調べてみましたが、明確な結論は得られませんでした。その物質がどんなものであるのか、あまりに雑多過ぎるのも困り者です。有機物についても、主要なものの特性をひとつずつ明らかにし、複合的作用がどうなっていくのか検討する必要があります。

IV. 土をめぐる物質循環

土は、山や草原や農地等においては、生命を育む宝物です。しかし、川に流されて児島湖にやってきた底泥は、かわいそうに厄介者扱いです。せっかく浚渫した底泥も、その利用方法が限定されてしまいます。何が含まれているか明確でない、汚いとされている底泥を、大切な農地に入れるわけにもいきません。昔のように川がきれいであれば、高品質の肥料兼土壌改良剤になっていたことでしょう。この研究の目的が、陸地あるいは湖岸で底泥を利用しようとしたときの、その透水特性の把握と改良のための知見を得ることにありましたので、そのようなことを思い浮かべます。

湖岸・海岸に昔のような干潟があれば、底泥も干潟となっていたのかも知れません。同僚の貝類研究者、福田宏氏によると、日本で最もよい干潟があるのは山口県の周防灘沿岸³⁾だそうです。もっと自然がいっぱいの辺境の地に残っているのかと思えば、案外灯台下暗しで、工業地帯もあり、河川も汚い場所にあることに驚きました。広い干潟があると生物の多様性が維持され、浄化作用を持つのだそうです。土と自然の力には驚きです。

江戸時代のような生活に戻るわけにはいきませんが、社会全体で循環型社会に転換し、清流を取戻したいものです。農業土木関係者も、自然の力を十分に生かす地域づくりに知恵を絞る、チャレンジングな時代を迎えているといえます⁴⁾。

参考文献

- 1) 岩田進午：土のはなし，大月書店，p.105(1985)
- 2) Nakagawa, T. and Ishiguro, M.: Hydraulic conductivity of an allophanic andisol as affected by solution pH, *J. Environ. Qual.*, 23, pp. 208~210(1994)
- 3) 福田 宏：内湾の貝類「最後の楽園」周防灘—そして私たちがなすべきこと，日本ベントス学会誌，56，pp.33~41(2001)
- 4) 池内 了・鷺谷いづみ：天と地と科学者の間で，科学，71(4/5)，pp.498~505(2001)

[2002. 2. 12. 受稿]