



Title	土壌中のイオン交換
Author(s)	石黒, 宗秀
Citation	農業土木学会誌, 68(4), 52(362) https://doi.org/10.11408/jjsidre1965.68.4_362
Issue Date	2000-04
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71045
Rights	© 社団法人 農業農村工学会
Type	journal article
File Information	68_362.pdf



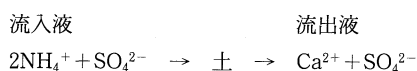
小講座

土壌中のイオン交換

Ion Exchange in Soils

I. イオン交換の発見

1850年、イギリスのヨークシャーの農場主トンプソンは、土のかたまりの上から窒素肥料の硫酸 $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ の水溶液をかけて、したたり落ちる液滴を調べてみた。おそらく、肥料がどれほど土の中にとどまるのかを調べてみようとしたのだろう。ところが、出てきた液には硫酸カルシウム (CaSO_4) が含まれていた。つまり、次のような反応が起こったことになる。



NH_4^+ が Ca^{2+} に置き換わっていたのである。手品のようなこの現象は、リービッヒのような当時活躍中の化学者にとってさえ信じられないことであった。今では、イオン交換樹脂を用いて、水の浄化や水質分析に使われている当たり前の現象であるが、それは、このようにして土壌の研究から明らかにされていったのである。

II. 土壌の荷電

このようなイオン交換現象は、土壌が荷電を持つために起こる。土壌が負荷電を持てば、正荷電を持つカチオン(陽イオン)が静電気力により吸着する。 Ca^{2+} が吸着している土壌に NH_4^+ 溶液を流し込むと、上述のように Ca^{2+} が溶液中の NH_4^+ と置き換わる。つまり、流入した NH_4^+ が土壌に吸着し、吸着していた Ca^{2+} が溶液に運び去られて流出する。

土壌の荷電と反対符号の荷電を持つイオンは、土壌表面近傍に静電気力で吸着しているが、同時にイオン自体や水分子の熱運動で拡散しようとしている。土壌と吸着イオンの正負両荷電は、全体として電気的中性条件を保っているが、そこに同符号のイオンが接近すると、熱運動で容易に入れ替わる。このイオン交換反応は土壌中の水移動の速度と比較すると、瞬時に起こる非常に速い反応である。

土壌は一般に負荷電を持ち、カチオンを吸着するが、火山灰土は正負両荷電を持つことが多く、カチオンとアニオン(陰イオン)の両方を吸着する。

土壌の荷電には、荷電量が溶液の濃度やpHに影響されない永久荷電と、溶液の濃度やpHに影響される変異荷電がある。火山灰土は多量の変異荷電を持つ。

III. 吸着イオンの選択性

イオンの吸着量は、土壌の荷電量に等しい。吸着イオンが複数存在する場合、相対的に吸着されやすいイオンと吸着されにくいイオンがあり、前者のイオンは選択性が高いという。たとえば、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等の2価のイオンは、荷電量が大きいので、一般に Na^+ 、 K^+ 等の1価のイオンより選択性が高い。同じ1価のイオンでも、選択性は、水和半径の小さな順に高い($\text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$)。これは、水和半径の小さな方が土壌の負荷電表面との静電気力が強まるためと考えられている。

NH_4^+ と K^+ はパーミキュライト(粘土鉱物の一種)表面の穴にちょうど入り込める大きさのため、中に入った NH_4^+ や K^+ は、他のイオンとなかなかイオン交換しなくなる。これを、パーミキュライトによる NH_4^+ 、 K^+ の固定とよんでいる。この固定により、作物は徐々に NH_4^+ 、 K^+ を養分として吸収することができる。

Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 等の重金属イオンは、上述した変異荷電を持つ土壌表面に強く吸着し、他のカチオンと容易にイオン交換しなくなる。土壌の表面との間に共有結合の性格を帯びた強い結合を形成しているものと推定され、これを重金属の特異吸着とよんでいる。その上、重金属は難溶性の沈殿も形成するため、重金属による汚染土壌の改良は困難で、客土するか放棄するしかない。

HPO_4^{2-} や SO_4^{2-} も、土壌の正荷電表面に共有結合的に特異吸着するが、 SO_4^{2-} は HPO_4^{2-} よりも結合は弱い。 SO_4^{2-} 吸着の一部は他のアニオンと容易にイオン交換する静電吸着と考えられている。リン酸は、結合が強く容易に離れないため、火山灰土に肥料として撒いてもそのほとんどが作物に吸収されず、土壌中に蓄積する。

参 考 文 献

- 1) 岩田進午：土のはなし，大月書店，pp.101～122 (1985)
- 2) 和田光史：土壌粘土によるイオンの交換・吸着反応，土壌の吸着現象，日本土壌肥科学会編，博友社，p. 5～57 (1981)



イオン交換，吸着，土壌，荷電，選択性
(岡山大学環境理工学部 石黒 宗秀)