

土の吸着特性について

岐阜大学工学部 学生員○棚橋 秀行

岐阜大学工学部 正 員 佐藤 健

1. はじめに

土の間隙中の水の流動についてはF E M等による解析手法がよく行われている。本研究は地下水質変化の予測を行うために必要となる土の吸着特性を室内試験により推定する方法について検討したものである。土の化学的性質については農学系の書物が詳しく、粘土鉱物への吸着メカニズムは原子レベルでかなり解明されている¹⁾。砂への吸着については電力中央研究所の研究報告²⁾に実験例が多い。電力中央研究所では室内実験から得られたデータに基づいて選択係数を吸着特性を表す一つの指標として採用することを提案している。しかしながら、吸着特性を調べるための室内実験の結果にはかなりのばらつきが見られた。そこで本研究では、こうしたばらつきを生む原因を調べるために基礎的な実験を行った。

2. 実験の概要

吸着させるものは NH_4^+ イオンで、具体的には NH_4Cl 溶液を用いた。土は豊浦砂と長良川シルト、さらに比較のために豊浦砂と粒径の等しいガラスビーズを用いた。アンモニア水はフェノール・ニトロプルシッド溶液と次亜塩素酸ナトリウムを加えると青色に発色する性質があり、アンモニア水が濃いほど濃い青になる。UV測定器を用いてこの青さの程度を数値(ABS)に直すと、アンモニア水の濃度変化とABSの関係は正比例のグラフになる(図-1)。このグラフを用いれば吸着前後のABSの変化を測定することにより、アンモニア水の濃度変化がもとまる。

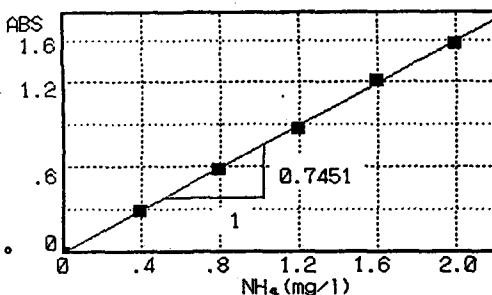


図-1 ABS-アンモニア濃度

3. 実験結果と考察

豊浦砂を用いてバッチ試験を行った結果を表-1に示す。ここでいうバッチ試験というのは液体中に土をいれて振るもので、200mlのアンモニア水に土をいれて摂氏

初期濃度 (mg/l)	吸着量 (mg/l)					
	砂の量 (g/l)	0.5	1	5	10	20
0.636 (ph=5.65)		0.118	0.11	0.071	0.042	0.044
1.126 (ph=5.32)		0.13	0.021	0.047	0.153	0.004
2.036 (ph=5.08)		0.002	0.007	0.367	0.045	0.081
5.790 (ph=4.76)		0.213	0.325	0.337	0.339	0.413

表-1 吸着量

20度の恒温室中で24時間振とうを行った。

実験結果を見ると吸着量が突然増えているところがあったりして、やはり安定したデータが得られていない(本論でいう吸着量は砂1gあたりの $q(\text{mg/g})$ ではなく、初期濃度からの濃度変化である $q(\text{mg/l})$ をさす)。初期濃度が大きくなっていくと相対的に吸着量が小さくなっていくのはphの影響であると考えられる。つまり、 NH_4Cl の初期濃度を大きくすると強酸のイオンである Cl^- のためにphが小さくなり(表-1参照)、 H^+ イオンがふえる。土への侵入力は一般的な物質の中では H^+ イオンがもっとも強いために NH_4^+ イオンの吸着が妨げられてしまうためと思われる。また、初期濃度0.636, 1.126(mg/l)では砂の量が少ないほど吸着量が多いという傾向が見られた。この原因として、まず考えられるのは豊浦砂に初めからアンモニアが付着しており、吸着を妨げているのではないかということであった。そこで、上記のバッチ試験と同じ要領で今度は蒸留水中に豊浦砂を入れて脱離してきたアンモニアの濃度を測った。その結果を表-2に示す。

砂の量5.0と10.0(g/l)で大小逆の脱離量となっている。この表は実験を4回行ったものの平均であるがお

そらくその主な原因は、砂に付着しているアンモニアが均一でないために、よく混ぜても取る量が少ないと4回行っても互いにはずれた値になってしまいこれが平均値に影響しているためであろう。

砂の量(g/l)	0.5	1	5	10	20
アンモニア(mg/l)	0.017	0.021	0.058	0.049	0.079

表-2 脱離量

だがここで、表-1の吸着量と表-2の初期付着量を重ね合わせたものが絶対吸着量だと仮定するには2つの問題点がある。

1つめの問題点：初期付着量を求める実験方法が適当でなく実際の付着量はもっと多いのではないか。

2つめの問題点：初期付着量をどの初期濃度の吸着量にも等しく加えても良いのか。

まず、1つめの問題点を解決するために次の実験を行った。非常に濃度の大きい液体（ここではNaCl）に豊浦砂を入れる。そしてその液体のイオン（Na⁺）で土粒子の表面に付着しているアンモニア（NH₄⁺）をイオン交換によってすべて脱離させるのである。その結果を表-3に示す。砂の量は10g/lである。

表2の脱離量よりは、やはり多かった。0.5から20.0(g/l)の砂の初期付着量をNaClを用いてもう一度測り

	フラスコ	1	2	3	4	
アンモニア(mg/l)	0.105	0.108	0.129	0.109		
	0.118	0.111	0.177	0.121	平均	0.122

表-3 脱離量

直す必要がある。2つめの問題点を解決するには、アンモニアの初期付着のない理想的な砂を調製し、これを用いて吸着実験を行って得た吸着量と、表-1の吸着量と表-2の初期付着量を重ね合わせて求めた吸着量（表-1についてはもっと実験を重ねて安定したデータを求め、表-2についてはNaClでやり直さねばならない）とが、どの程度近い値になるのかを比較するのがよいと思われる。しかし、ここで新たな問題点が浮かんできた。

3つめの問題点：アンモニアの初期付着をなくすために蒸留水で繰り返し洗うと、アンモニアだけでなく土粒子の表面のほかの交換性陽イオンも脱離してしまうと考えられる。すると自然状態と違ってするために、この調製後の砂の吸着量と、表-1の吸着量と表-2の初期付着量を重ね合わせて求めた吸着量を比較しても意味がないのではないか。

3つめの問題点を解決するには、調製側で自然状態を保つよりも重ね合わせ側を調製するほうがよいと思われる。そこで、蒸留水に砂をいれて振とうを行いアンモニアを脱離させ、この上澄み液を捨てて新たに蒸留水を加えて再び振とうを行うという操作を繰り返した。しかしこの方法では時間がかかるうえ、細粒分の流亡が避けられないことがわかった。この問題を解決するには、カラムに砂を入れて通水による洗浄を行い、ほかの容器に移さずに、そのまま吸着実験に移るのがよいと思われたが残念ながら装置の関係上実験はここで止まっている。

ところで、ガラスビーズにも吸着が起きるという実験結果がでた。初期濃度1.058(mg/l), pH=5.27のアンモニア200(ml)にガラスビーズ4gを入れて振とうを行った結果、20本のサンプルのデータから0.028(mg/l)の吸着がもたらされた。ちなみにガラスビーズは事前に蒸留水で洗浄を行ってから実験を行った。表面が不活性と思われるガラスビーズになぜ吸着したのであろうか。もしかするとガラスビーズの表面も活性なのかもしれないが、そうでないとなるとイオン交換反応以外の吸着要因として興味深い。

4. 今後の課題

今までの実験を通じて、試料の調製が重要であることと、いろいろなファクターがからんでデータが変わってくるのが判った。今後はカラムを用いてなるべく簡便で再現性がよい実験方法を追求していきたいと思っている。

参考文献 1) 土壌通論 (高井康雄 三好 洋)

2) 電力中央研究所報告 (研究報告U86011, U87003)