

塩分の吸着・脱着に関する実験的研究

京都大学工学部 正員 青木一男
 京都大学工学部 正員 嘉門雅史
 京都大学大学院 学生員 加藤博敏

1. はじめに

地下水汚染問題のひとつに地下水の塩水化がある。これは、海岸地帯での地下水汲み上げの増大に伴い、海水が帯水層内を内陸へ向い入り込む塩水くさび現象によるものであり、過去に数多くの実験、解析等の研究が行われてきた。しかし、そのほとんどが、土粒子への塩分の吸着・脱着現象に触れていないのが現状である。この吸着・脱着現象を地下水の塩水化に対応させて考えると次のようになる。塩水くさびの進行に伴い増加する地下水中の陽イオンが、本来負に帯電している土粒子に吸着し塩分の拡散現象が遅れる。また逆に塩水くさびが後退していく過程においては、陽イオンの脱着が生じ、地下水中の塩分濃度の低下が遅れる。本研究では、塩分濃度が増加する過程における吸着現象、減少する過程における脱着現象に着目して実験的に検討を行った。

2. 実験方法

試料は、実験の目的から考えると帯水層中の現地採取試料を用いるのが最適であると考えられるが、今回の実験では、標準砂、標準砂に淡水性粘土を5%、20%混ぜた試料を用いた。実験I(吸着実験)として、0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5%の8種類の濃度のNaCl溶液を用い、各々の濃度における土粒子への塩分吸着量を測定した。まず、実質重量で20gの試料を遠心チューブにとり、各濃度のNaCl溶液を加えてかくはん後、1時間放置する。この試料に、アルコール洗浄、遠心ろ過を2回施し、間けき

図1 実験I(吸着実験)の手順

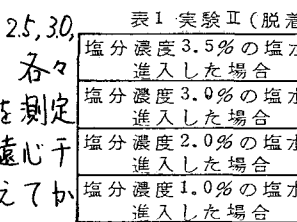


図2 実験II(脱着実験)の手順

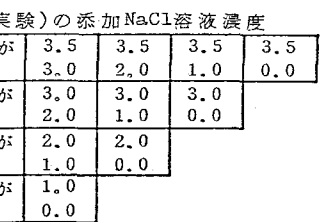


表1 実験II(脱着実験)の添加NaCl溶液濃度

塩分濃度3.5%の塩水が 進入した場合	3.5	3.5	3.5	3.5
	3.0	2.0	1.0	0.0
塩分濃度3.0%の塩水が 進入した場合	3.0	3.0	3.0	
	2.0	1.0	0.0	
塩分濃度2.0%の塩水が 進入した場合	2.0	2.0		
	1.0	0.0		
塩分濃度1.0%の塩水が 進入した場合	1.0			
	0.0			

上段
下段

第1回添加NaCl溶液濃度(%)
 第2回添加NaCl溶液濃度(%)

水中の遊離 Na^+ を除く。以上の処理を施した試料に吸着している Na^+ 量を知るため、10%酢酸アモニウム溶液を加えてかくはんし、1時間放置後遠心ろ過し、そのろ液中の Na^+ 量を原子吸光分析により調べた。(図1) 実験Ⅱ(脱着実験)として、一旦吸着した Na^+ が塩分濃度の変化に伴いどのように変化するかを調べた。表1に示す濃度の NaCl 溶液で図2の手順に従い、実験Ⅰ同様に Na^+ の吸着量を調べた。

3. 実験結果および考察

3種類の試料の内、標準砂試料と20%粘土混合試料について、各々実験Ⅰ、Ⅱの結果を1枚の図にしたものが図3、図4である。これらの結果より、吸着過程と脱着過程の吸着量の挙動は異なることがわかる。粘土混合率の異なる3種類の試料での実験Ⅰ、Ⅱの結果を1枚の図に定性的に表わしたものが図5である。この図より、試料の粘土混合率が高い程、次のことがいえる。絶対吸着量は大きく、添加 NaCl 溶液濃度の変化に対し、吸着時の吸着量変化は大きく、脱着時の吸着量変化は小さい。すなわち吸着しやすく、脱着しにくいといえる。これを地下水の塩水化に対応させていえば、粘土分の多い帯水層地盤ほど、塩水汚染を受けやすく回復しにくい。土粒子に吸着・脱着する塩分が、塩水くすびの進退の遅れに及ぼす影響は大きくなるといえる。

次に、実験結果を両対数紙上にプロットすると、添加 NaCl 溶液濃度と吸着量の間には直線関係がみられる。図6に5%粘土混合試料の場合を示す。これより、Freundlichの吸着等温式の理論が適用でき、標準砂試料、5%、20%粘土混合試料のそれぞれについて次のように定式化される。吸着時には、 $\theta = 0.401 C^{0.168}$, $\theta = 1.10 C^{0.202}$, $\theta = 3.27 C^{0.297}$ 又、第1回添加 NaCl 溶液濃度3.5%で吸着させた試料の脱着時には、 $\theta = 0.448 C^{0.0922}$, $\theta = 1.29 C^{0.0763}$, $\theta = 4.32 C^{0.0620}$ 。ここで、 θ は Na^+ 吸着量($\text{meq}/100\text{g}$ 乾土)、 C は添加 NaCl 溶液濃度(%)である。

4. おわりに

今回の実験では、粘土混合率の違いによる地下水の塩水化に伴う塩分の吸着・脱着現象について明らかにした。今後は、強制かくはん法で吸着・脱着を行ったこと、人工試料を用いたことなどの問題点を除いていく予定である。最後に、本研究に際し多大の御援助、御指導をいただいた京都大学工学部教授赤井浩一先生に深く感謝いたします。

〈参考文献〉 青木ら：地下水の塩水化に伴う吸着現象について、第38回土木学会年講、PP249~250, 1983

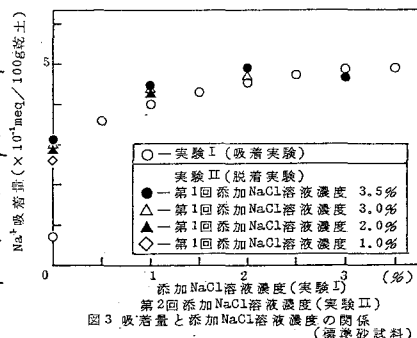


図3 吸着量と添加 NaCl 溶液濃度の関係 (標準砂試料)

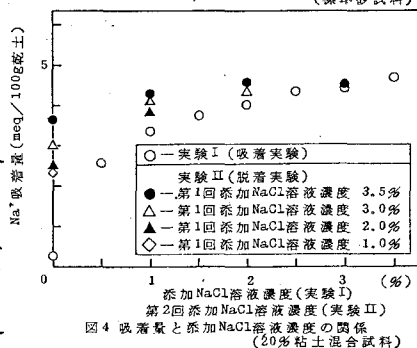


図4 吸着量と添加 NaCl 溶液濃度の関係 (20%粘土混合試料)

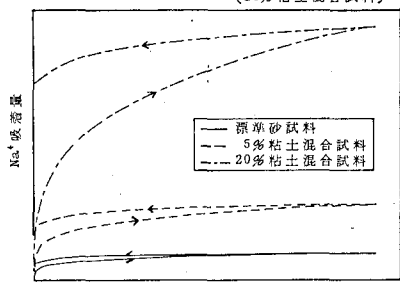


図5 吸着量と添加 NaCl 溶液濃度の関係

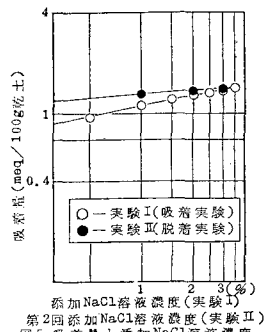


図6 吸着量と添加 NaCl 溶液濃度の関係 (5%粘土混合試料)