

汚染土中の重金属イオンの移動に関する磁気および動電作用の影響

九州大学工学部 学○田尻 雄大

九州大学大学院 F 落合 英俊

九州大学大学院 正 大嶺 聖

1. はじめに

現在土壌の汚染防止に関する法律の制定とそれに付随する対策の施行によって土壌汚染はある程度修復改善され、新たな土壌汚染の発生の報告は少なくなっている。しかし客土層の下には汚染物質がまだ存在しており汚染土が表面にもたらされる危険性もある。また、その後も不当な廃棄物の処分による土壌の汚染が判明している。特に重金属イオンは土粒子に非常に強く吸着されるので降水などの自然現象での溶脱は難しく、数十年前にもたらされた重金属汚染土が今なお土中に存在している。現在とられている土壌汚染対策は汚染物質の不拡散を目的としたものであるが、処理場の立地の問題などもあり、汚染物質そのものを土壌から除去する技術が必要である。特に透水性の悪い土盤での重金属汚染物質の除去はまだ有効な技術がなくその技術の確立が求められている。そこで本研究では地盤内に化学変化を伴わない磁気による効果を取り入れ新たな浄化技術の確立を目指す。今回は磁気力によるイオンの移動とローレンツ力によるイオンの移動についての二つの実験を行った。

2. 界面動電現象について

界面動電現象とは図1に示すような電位差を与えることによってイオンが移動する電気泳動現象と電気泳動によって水の流れが生じる電気浸透現象などがある。界面動電現象を用いた重金属汚染地盤の浄化の研究はこれまでいくつか行われてきた。界面動電現象を用いた浄化は地盤内に電極を挿入するだけで、原位置での浄化が行えるのだが現在の界面動電現象による浄化では同時に起こる水の電気分解による陰極側のアルカリ化や電極の消耗、またイオン分布の不均一により電位差が生じない領域の発生など様々な問題があり、汚染物質イオンを効果的に除去する方法が課題となっている。

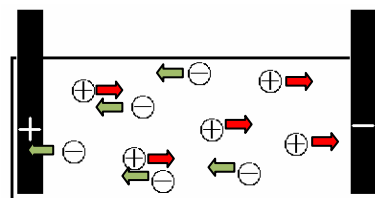


図1 電気泳動現象のモデル図

3. 試験概要

3. 1 磁気力による汚染物質イオンの移動の影響

物体の多くは磁性を持っており、外部から与えられた磁場によって引力または斥力を受ける。磁気力は、(a) 印加磁界の大きさと勾配 (b) 粒子の体積 (c) 粒子と分散媒との磁性差¹⁾で求められる。近年、水溶液中のイオンを磁気力で分離する研究がおこなわれておりその際は超伝導マグネットが用いられているが、今回は取扱いの簡便なネオジム磁石を用いた。ネオジム磁石による粘土中のイオンの移動を調べるために次の実験装置で実験を行った。図2は実験装置の概要である。磁石を配置した側から2.5mm間隔で5つのセクションに分けた。汚染物質としてカオリン粘土100gに1000mg/lの Pb^{2+} イオン溶液を50ml 加え含水比50%とし模擬汚染土とした。汚染物質の移動を評価するために、12時間、24時間後に各セクションから1g ずつ取り出した後に、蒸留

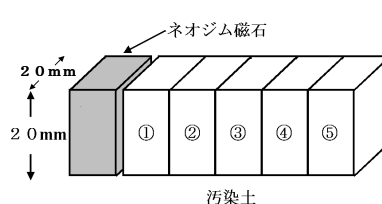


図2 磁石の配置図

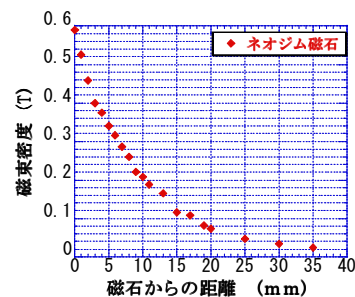
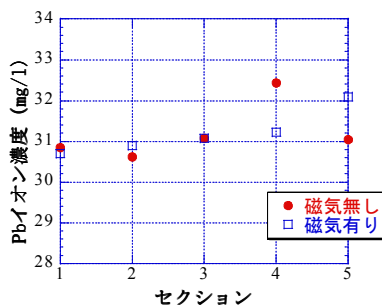
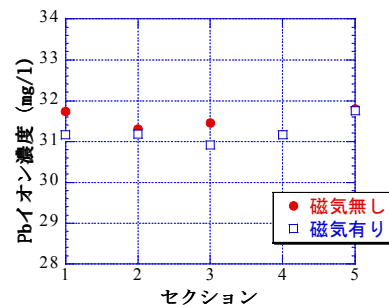


図3 ネオジム磁石による磁場勾配

図4 12時間後の Pb^{2+} イオン濃度図5 24時間後の Pb^{2+} イオン濃度

水10gを加えバッチ試験を行い間隙中の Pb^{2+} イオン濃度を測定した。ここで Pb^{2+} イオンの磁性はマイナスであり配置したネオジム磁石の磁場勾配により斥力を受けセクション1での Pb^{2+} イオン濃度は低下するのではないかと考えた。図4,5

はそれぞれ12時間後、24時間後の Pb^{2+} イオン濃度である。12 時間後、24 時間後ともにセクション 1 の Pb^{2+} イオン濃度は大きく変化は見られなかった。また初期条件を同じにするのが困難であったため両方に多少のばらつきが生じていたが大きな変化はなく、この実験ではネオジム磁石によるイオンの移動は確認できなかった。考えられる原因としては磁気分離でよく使われる超伝導マグネットは 3T 以上の磁力を持つのに対し今回使用したネオジム磁石は最大で 0.6T 程度の磁力しか発揮できないことや、セクションの取り方が大きかったことなどが挙げられる。

3. 2 ローレンツ力による汚染物質イオンの移動の影響

水溶液に電圧をかけると電流が流れる。この状態で水溶液が一定の静磁場の中にあると磁場中を移動する荷電粒子（この場合は溶液中のイオン）はローレンツ力を受ける。ローレンツ力は荷電粒子の速度ベクトルに垂直に働きその軌道を曲げることはよく知られている。しかし地盤内でローレンツ力が働くかどうかは未知であり、界面動電現象のようなイオンの移動を期待して次の実験を行った。図 6 は実験装置である。含水比50%のカオリン粘土30g と模擬汚染土として3.1と同様の汚染土 1g を図 6 のように配置し供試体とした。装置の内径は 7cm である。その後設けた電極より 10V の D.C 電圧を印加した。図 7 は図 6 での a-a'間の断面図である。汚染土の上下にネオジム磁石を配置し低面から上面に向かう磁場を与えた。汚染物質イオンの移動を調べるため供試体が対照であることより図6のように a,b,b',c,c' の 5 つに分け、さらにそれぞれの外側を①、内側を②とし、12 時間通電後各セクションよりそれぞれ 1g ずつ取り出し 0.1mol/l の塩酸を 10ml ずつ加え 6 時間振とうさせ土粒子が吸着した Pb^{2+} イオンを酸性下で溶出させ、 Pb^{2+} イオンの濃度を調べた。図8はセクション a の①、②をのぞく12時間後の各セクションでの Pb^{2+} イオンの濃度であるが、セクション b①-c①間、b②-c②での Pb^{2+} イオンの含有量がそれぞれセクション b'①-c'①、b'②-c'②のものより増加した。これは供試体に与えた電圧により流れた電流と印加した磁場によって生じたローレンツ力が間隙中のイオンに作用し軌道を変えたためと考えられる。今回の実験では電流の流れ方と磁石の配置からセクション b 側に力を受けたことになる。しかしセクション a を除いた他のセクションでは Pb^{2+} イオンの濃度の差がわずかであったことと、セクション a①では Pb^{2+} イオン濃度が 15.30mg/l と他のセクションよりかなり高い数値となったことよりローレンツ力による移動よりも界面動電現象によるイオンの移動が卓越したものと考えられる。ローレンツ力は電場と磁場により規定されることから電流を大きくしなくても、印加する磁場の値を大きくすることによってさらにイオンを移動させることが可能であると思われる。

4 おわりに

今回の実験では磁気力による重金属イオンの移動とローレンツ力によるイオンの移動について検討した。今回は両者とも界面動電現象による影響を上回るほどの結果は得られなかったが、ローレンツ力が粘土地盤内でもわずかながら作用することがわかった。今後高い磁場を作ることが可能な超伝導マグネットを用い地盤内での磁気によるイオンの移動が可能かどうかを検討していく予定である。磁気の力を利用して地盤内の浄化を行うことが可能であれば界面動電現象と併用して効率的な重金属の浄化を行うことができるものとする。

【参考文献】

1)小原健司、岡田秀彦：「磁気力を利用した分離技術の環境浄化への応用」ふえらむ、vol.10,2005

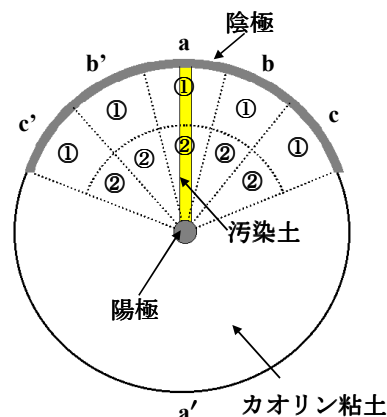


図 6 実験装置

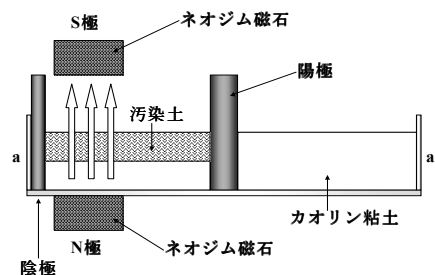


図 7 a-a'断面図

