

動電現象を用いた土壌中の重金属除去に関する基礎研究

昌子 智由*, 鈴木 雅史**, 吉村 昇**, 牧野 和孝*

(2000年8月31日受付, 2000年9月25日受理)

A Study of Remediation of Heavy Metals Contaminated Soils Using Electrokinetic Method

Tomoyoshi SHOJI,* Masafumi SUZUKI,** Noboru YOSHIMURA**
and Kazutaka MAKINO*

(Received August 31, 2000; Accepted September 25, 2000)

Recently, the environmental problems are taken notice. A soil pollution that is one of environmental pollution is taken in this paper. The soil pollution tends to increase every year. There are several methods of remediation of pollution soil, but these methods have large-scale operations. In this paper, the electrokinetic method using electrostatic that has possibility of heavy metal removing with comparatively simple operation is taken notice. As the result, the positive ions moved to cathode side and existed in flowing water. And a heavy metal is recovered as ions in drain water on this electrokinetic method. This method has possibility for remediation of pollution soil.

1. はじめに

近年、環境に関する問題がクローズアップされてきている。とくに環境破壊、環境汚染については話題となつてから久しい。本報では環境汚染のうちの土壌汚染に注目した。土壌汚染は現在も年々増加の傾向にある¹⁾。これを回復させるには汚染物質が他へ流れ出ないように封じ込め処理、不溶化など種々の方法がある²⁾が、大掛かりな作業を伴うことが多い。本報では大掛かりな作業を伴わない、比較的簡単な作業で土壌中の重金属を除去できる可能性のある静電気を利用した動電現象を用いた方法に着目した。本方法では土壌に電極を挿入し、その電極に電圧を印加することにより重金属イオンを移動させることができる。そして移動した重金属を回収することによって除去できる可能性があり、実験的に検討したので報告する。

2. 電気動電現象について

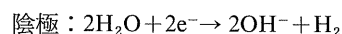
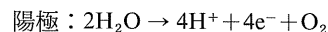
土壌の間隙水が重金属などのイオンを含む場合に、その土壌に直流電圧を印加すると電気泳動、水の電気分解、電気浸透の三つの現象が起こる。これらの現象を称して動電現象という。

2.1 電気泳動現象

電気泳動は電場において生じる電氣的な引力によって正イオンは陰極に引かれ、負イオンは陽極に引かれる。

2.2 水の電気分解

電気分解は陽極では溶液中の電子を受け取り電源へ、陰極では電源から溶液中へ電子の供給を行い、下記の反応を起こす。



陽極で発生した水素イオンは陰極側へ移動し、陰極で発生した水酸化物イオンは陽極側へ移動する。

2.3 電気浸透現象

電気浸透は土壌表面に形成される拡散2重層に対して電氣的な力が働くことによりイオンが移動し、そのために水が移動する現象である。

3. 実験方法

本報では実験試料に多種類の重金属が含まれている土壌を使用した。図1に実験装置を示す。大きさは170×70×70 mmであり、観測のための孔(陰極から20, 50, 80,

キーワード: 動電現象, 重金属除去

* 秋田大学工学資源学部環境物質工学科 (010-8502 秋田市手形学園町1-1)

Department of Materials-process Engineering and Applied Chemistry for Environments, Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, 1-1, Tegata Gakuen-machi, Akita 010-8502, Japan

** 秋田大学工学資源学部電気電子工学科 (010-8502 秋田市手形学園町1-1)

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, 1-1, Tegata Gakuen-machi, Akita 010-8502, Japan

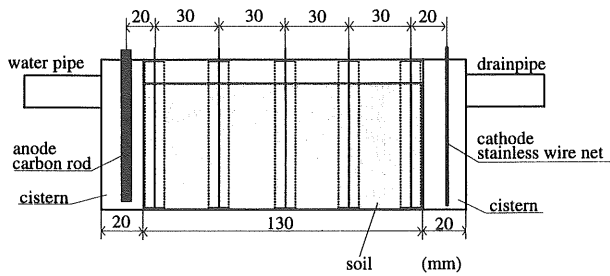


図 1 実験装置図
Fig. 1 Conceptual diagram of experimental unit.

表 1 実験条件
Table 1 Experimental condition.

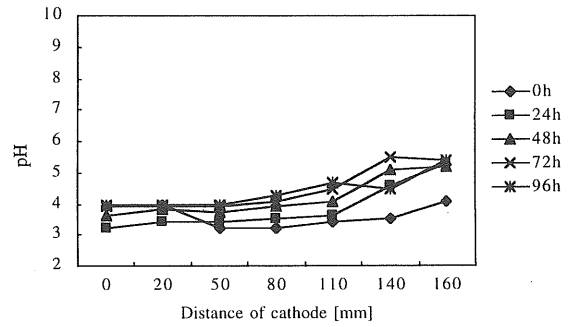
	Applied voltage [V]	Electric field [V/cm]	Rate of water supply [mL/min]
Case 1	0	0	0.7
Case 2	20	1.25	0.7
Case 3	40	2.50	0.7

110, 140 mm の位置) を設けている。また、陰極、陽極は土壤中ではなく装置両端にある土壌の入っていない水槽部に挿入した。土壌は 650 g を充填し、実験開始前には陽極側からイオン交換水を注入し、徐々に土壌にイオン交換水を供給し、さらに土壌にイオン交換水を浸透させるため 12 時間以上静置してから実験に用いた。実験時には陽極側よりチューブポンプにてイオン交換水を供給し、陰極側より自然に出てくる排水をタンクで収集した。これは本研究での対象重金属イオンが正イオンで陰極側へ集まるため、それを効率的に回収する目的で陰極側から排水した。時間の経過による違いをみるために 8 時間ごとに排水タンクは交換した。また、印加した電圧はそれぞれ 0, 20, 40 V である。

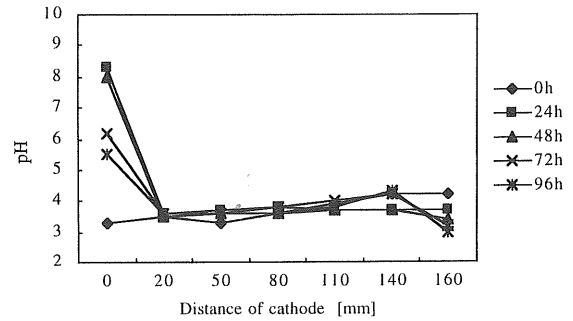
測定項目は 8 時間ごとの pH, 導電率, 電流, 排水の重金属イオンの濃度 (鉄, 銅, カドミウム, 鉛, 亜鉛) である。pH はイオンとして存在しやすい酸性状態であるのかを調べるために、導電率および電流はイオンなどの荷電粒子が存在しているのかを調べるために測定した。重金属イオンの濃度は ICP 発光分析 (セイコーインスツルメンツ (株) 製, SPS 4000) によって測定した。実験条件を表 1 に示す。

4. 実験結果

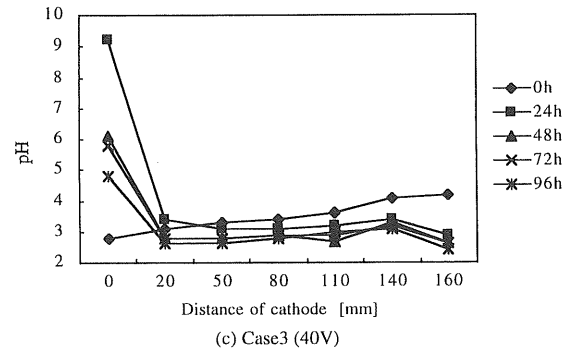
本報では排水中に存在の多かった亜鉛について報告する。実験結果を図 2 および図 3 に示す。図 2 は pH 変化, 図 3 は排水中の亜鉛イオンの濃度変化を示している。また、図 2 中で、電極と土壌との境界部で値が急激に変化しているように一部みえるのは、両電極の入っている水槽部



(a) Case 1 (0V)



(b) Case 2 (20V)



(c) Case 3 (40V)

図 2 各観測孔における pH の時間変化
Fig. 2 The time change of pH.

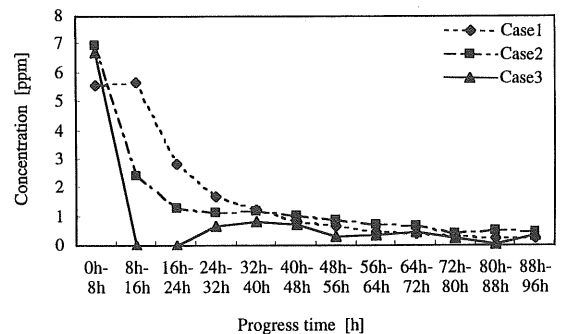


図 3 亜鉛の濃度変化
Fig. 3 The time change of Zn concentration.

と土壌の値を測定しているためである。

図 2 は各観測孔の pH の時間的変化を示している。土壌そのものは初めから酸性で、初期状態で 4 以下の値を示している。亜鉛は酸性でイオン化するので、溶液中では亜鉛

はイオンとして存在している。Case 1 (電圧 0 V) では時間の経過とともに給水側の陽極から徐々に pH の値が上がっている。これはイオン交換水の供給で陽極側から H^+ 濃度が薄くなったためである。Case 2 (電圧 20 V) では水の電気分解により陰極側で OH^- が発生するので pH の値が上昇し、陽極側では H^+ が発生し pH の値が減少している。Case 3 (電圧 40 V) でも同様の傾向がみられるが、各観測孔位置において時間の経過によってそれぞれの pH の値が減少している。これは H^+ が Case 2 に比べて Case 3 ではより多く発生しているためである。すべての実験条件において土壌中の水溶液は酸性であるので亜鉛はイオン化したまま存在し、電界により移動していると考えられる。

図 3 は排水の亜鉛濃度の時間的変化について示している。すべての実験条件で排水中の亜鉛の濃度は時間の経過とともに減少している。しかし、水のみを供給した Case 1 (電圧 0 V) より電圧を印加した Case 2 (電圧 20 V) が排水に含まれる亜鉛の濃度の減少が速くなっている。つまり、土壌中の亜鉛イオンが電圧の印加によってより速く排水に移動していることを示している。また、Case 3 (電圧 40 V) では Case 2 (電圧 20 V) よりもさらに亜鉛の濃度の減少が速くなっている。これは、電界強度が増加したためにイオンがさらに速く排水中に移動してい

ることを示している。このため、亜鉛の移動速度は電圧の増加によって加速され、より速く土壌間隙水から排水の中に移動していることがわかる。これより、亜鉛イオンは電界によって土壌間隙水中を移動し、電界強度の増大によってその移動速度が速くなることがわかった。

5. おわりに

本報では土壌から重金属を除去する方法として静電気を利用する動電現象を適用した。この方法では土壌中の電極に電圧を印加することにより土壌間隙水中の重金属イオンを移動させることが可能である。土壌に電圧を印加し、さらに陽極側より給水して重金属イオンを水とともに回収を行った結果、土壌間隙水中の重金属イオンは陰極側の排水に移動し、回収が可能であることがわかった。また、電界強度の増大によって重金属イオンの移動する速度を速めることができ、回収を短時間で行える可能性があることがわかった。

参考文献

- 1) 環境庁：環境白書（総説）（平成 11 年度版），435pp，大蔵出版印刷（1999）
- 2) 足立教好：土の環境圏，1062pp，フジ・テクノシステム（1997）