

電位勾配下における凍結土壌中のカドミウムの移動 Migration of Cadmium under Electric Potential Gradient in Frozen Soils

寺田悠祐 溝口勝 宮崎毅

Yusuke TERADA Masaru MIZOGUCHI Tsuyoshi MIYAZAKI

1. 序論

2003年2月「土壌汚染対策法」が施行され、土壌浄化技術に対する関心が高まっている。日本の農地において最も主要な重金属汚染物質は、カドミウム(^{48}Cd)である(浅見 2001)。しかし、重金属汚染に対しては効率的かつ根本的な浄化技術は未だ確立していない。

期待される技術の一つに電気的方法がある。この方法は、汚染土壌に電圧を与え、土壌中の重金属イオンを動かし除去する方法である。Mizoguchi(1997)は、NaClを含む凍結したベントナイトに電圧を与えると粘土中のNaが高濃度で流出することを確認し、土壌の凍結が電氣的浄化方法の効率を向上させる可能性を示した。しかし、実際の土壌や汚染物質となる重金属での効果は明らかではない。

2. 目的

土壌の凍結現象に着目し、電氣的土壌浄化方法の効率について実験的に検討する。具体的には、凍結の有無が土壌中のカドミウム分布の経時変化に及ぼす影響に着目する。

3. 実験

試料 純粋カオリンと、東京大学付属多摩農場3号圃から採取した黒ボク土(深さ 5~15 cm)の2 mm 篩通過分を試料として用いた。これに塩化カドミウムを添加して試料とした。

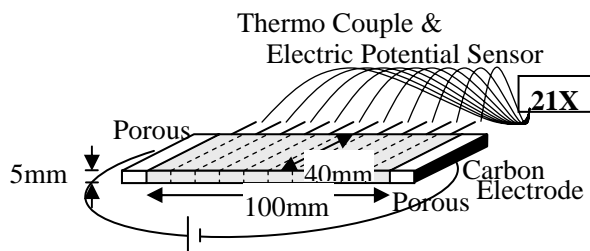


Fig. 1 Experimental Apparatus

実験方法 実験装置図を Fig.1 に示す。

100×40×5 mm の試料を厚さ 3 mm のガラスとゴムでパッキングした。凍結時の水分移動を防ぐために-30 のエチレングリコールにガラス全体を浸して、急速冷凍させ、その後徐々に温度を上げ、-2.5 に設定した。

試料の両端から 13.4 V を与えた。電極と試料の間には脱気したポラス板(孔径 1 μm)を置き、ステンレス棒(1.0 mm)を 1 cm ごとに試料中に差し込み各点の電位を測定し、回路に 1 k の抵抗をはさんで電流を測定した。電圧印加終了後に試料を 1 cm ごとに分割し(Fig.1 破線)、Cd・含水比・pH の分布を測定した。Cd は 1.0 N の KCl で抽出した後に、残留分を 0.1 N の HCl で抽出し浸出液中の濃度を原子吸光法で測定した。pH は土壌 pH 計 (IQ Scientific Instruments 社) を用いて測定した。実験条件を Table に示す。

Table Experimental Conditions

試料	カオリン	黒ボク
電圧	1 V/cm	1 V/cm
印加期間	12 ~ 144h	48 ~ 144h
温度	20, -2.5	20, -2.5
初期 Cd 濃度	50 ppm/(DW)	50 ppm/(DW)
充填乾燥密度	0.55 Mg/m ³	0.58 Mg/m ³
初期含水比	150 %	130 %

4. 結果と考察

(1)Cd 分布 20 カオリンの Cd 分布の経時変化を Fig.2 に示す。Cd が陽極(Anode)から陰極に移動していく様子が観察された。それに対して、-2.5 カオリン(Fig.3)では、Cd が試料中央部に集まるという特徴的な分布を示した。このとき

Na は陰極付近に集積した。このように Cd と Na の分布の違いは pH に対する Cd と Na の挙動の違いによると考えられる。黒ボク土(Fig.3)では Cd の移動は見られなかった。これは、黒ボク土の Cd 吸着作用によるものと考えられる。

(2)電流(Fig.4) 電流は、カオリンよりも黒ボクのほうが多く流れた。おおむね指数関数的に減少したが、-2.5 のカオリンでは指数関数的減少は見られなかった。

(3)電位分布の時間変化(Fig.5) 20 の場合は、はじめ全体の電位が上昇し、その後陰極に近い側から徐々に降下が、-2.5 の場合には、全体の変化が少なく、徐々に電位が上昇した。

(4)pH 分布(Fig.6) pH は陽極付近で低下し、陰極付近で上昇した。これは電極で水の電気分解が生じ、 H^+ や OH^- が電位勾配により移動したためと考えられる。

(5)Cd の形態 Fig.7 に-2.5 カオリンでの Cd の KCl 抽出と HCl 抽出による Cd 濃度を示す。KCl では土壤溶液に可溶性 Cd(おもに Cd^{2+})が抽出され、HCl では沈殿の Cd(おもに $Cd(OH)_2$)も含めて抽出される。pH 分布の結果と比較する

と pH が高くなるにつれて Cd の沈殿物が増加すること、Cd が集積した部位(6-7 cm)では可溶性の Cd が多いことがわかる。しかし、Na は陰極付近に集積した(Fig.2)ことから、-2.5 のカオリンにおいて Cd が試料中央部に集積したのは、pH によって Cd の形態が変化したためと考えられる。

5. 結論

塩化カドミウムを含む二つの試料に電圧を与えた結果、以下のことがわかった。

- (1) 黒ボクでは、常温・凍結ともにカドミウムはほとんど移動しなかった。
- (2) 常温のカオリンでは、電位勾配によってカドミウムが移動し、陰極付近に集積した。
- (3) 凍結のカオリンでは、カドミウムが試料中央部に集積する現象が見られた。ここに集積した Cd の多くは可溶態であった。

引用文献

Mizoguchi et al.: International Symposium on Frozen Soils, Univ. of Alaska Fairbanks 147-152 (1997);浅見輝男:日本土壌の有害金属汚染(2001) アグネ技術センター

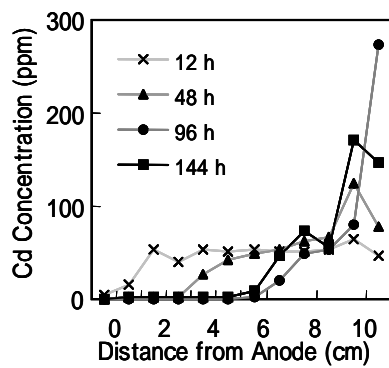


Fig.2 Cadmium Distributions at 20 Kaolin

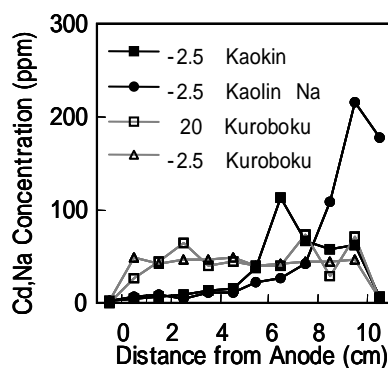


Fig.3 Cadmium Distributions

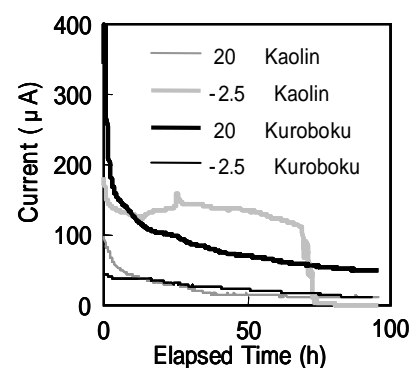


Fig.4 Electric Current as a Function of time

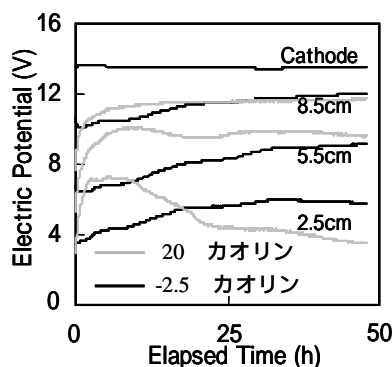


Fig.5 Electric Potential Changes at Each Points

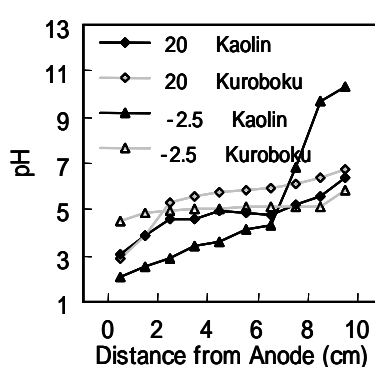


Fig.6 pH Distribution

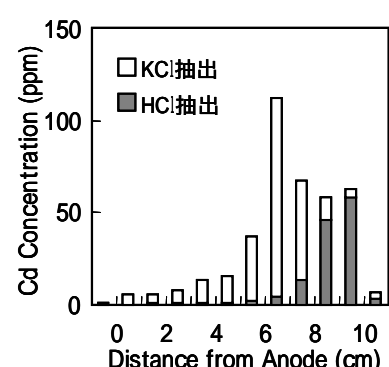


Fig.7 State of Cadmium at -2.5 Kaolin