

汚染土壌の電気化学的修復と流水式洗浄に関する実験的考察

九州大学大学院農学研究院

正会員 中川 啓

九州大学大学院生物資源環境科学府

学生員 磯山真宏

九州大学大学院農学研究院

和田信一郎

1. はじめに

汚染土壌の電気化学的修復は、対象土壌に電極を設置し、直流電流を通じることにより生じる電気泳動、電気浸透を用いて汚染物質を電極に移動させ集積除去する技術である。これは、流水式洗浄とは異なり、地下深くにある土壌や透水性の変化しやすい土壌を対象とする場合にも効果的である点や、対象土壌外に汚染物質を拡散することがない点で有効である。本研究は、粘土をほとんど含まない砂質土壌を試料として、Caを模擬汚染物質として、電気化学的修復実験と流水式洗浄実験を行い、砂質土壌での電気化学的修復の有効性を検討するとともに、Caの挙動を調べた。

2. 実験装置

実験装置を写真-1に示す。半径25mm、長さ300mmの塩化ビニル円筒の試料部と、両端に長さ30mmの電極室を設けた。試料部と電極室はナイロンメッシュで仕切り、陽極室には0.01M NaCl溶液と0.1M CaCl_2 溶液がそれぞれ入ったマリOTT管、陰極室には排水管、また両電極室に排気口を設けた。試料部は10区分に分割できるようにした。充填した試料は装置内で0.1M CaCl_2 溶液で満たした。電極には、半径22mm、厚さ5mmの炭素電極を用いた。また、充填する試料は、河川敷で採取し篩い分けした粒径0.3-0.21mm（細砂～中砂）、透水係数は $7.09 \times 10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ の砂質土壌とした。

3. 実験

(1) 実験方法

実験は電気化学的修復実験と流水式洗浄（本報では以降、通電実験および水洗浄実験とする）とも同じ試料を用い、装置内を0.1M CaCl_2 溶液で満たし水位差による流速を測定した後、この水位差により0.01M NaCl溶液を流した。この時、電気化学的修復実験では直流電圧1V/cmをかけ通電した。それぞれの累積排水量が約230mLとなる時点で実験を終了した。測定は、実験開始前に試料中のCaとNa初期濃度(1:5水抽出および酢安抽出)、充填した試料の重さ、実験系に入った CaCl_2 溶液とNaCl溶液の量、水位差のみによる流速を、実験中(通電実験のみ)に電流値と浸透流量、実験終了時に試料部の各画分の水分含量、pH、電気伝導度(以降EC)、各画分のCaとNa濃度(1:5水抽出、酢安抽出)、排水のpH、EC、排水中のCaとNa濃度をそれぞれ測定した。



写真-1 実験装置概要

(2) 結果と考察

図-1に通電実験の電流と電気浸透流速の時間変化を示す。電気浸透流速は、初期に急に増加し、10時間以降はほぼ0mL/hとなっており、これから、砂が主体の土壌でも電気浸透流が発生すること、10時間以降は電気浸透流が効かなくなることが示された。電流についても同様の低減傾向を示した。図-2に通電実験時の排水中のNaとCaの累積量の変化を示す。Naは早い時点から増加し、電流値が低下すると減

キーワード 電気化学的修復、電気浸透流、土壌汚染、
連絡先（福岡市東区箱崎 6-10-1・092-642-2845・092-642-2845）

少していることが分かる。一方 Ca は最初、緩やかに増加し、電流値が低下しても増加しつづけている。時間が経過すれば Ca の増加もやがて収束すると考えられる。Ca が Na よりも排水が遅いのは、陰極近くで沈殿したことなどのためと考えられる。ところで、対象汚染物質（ここでは Ca）の排水量が減少してしまうことは、汚染物質の移動と回収という意味からは効果的ではなく、電流値を低下させない工夫が必要であると考えられる。図-3に通電および水洗浄実験時の吸着態 Ca 濃度分布と通電実験時の pH 分布を示す（ここでは、酢安抽出で得られた Ca を全 Ca、1:5 水抽出で得られた Ca を水溶性 Ca と考え、その差を吸着態 Ca とした）。画分の吸着態 Ca は、水洗浄実験に比べ、通電実験では電気泳動、電気浸透により陽極側の画分の Ca をより多く陰極側に集積できており、電気化学的修復の有効性が示されたといえよう。また pH が大きくなるにしたがい吸着態 Ca 濃度が大きくなっている。これは、他に比べて pH の高い画分で沈殿が生じて Ca 濃度が大きくなったものと考えられる。沈殿することで回収できないという点では、流水式洗浄のほうが有利といえる。pH 分布より通電実験時の酸のフロントが陰極室まで進んだことが分かる。図-4には両実験の排水の pH 変化を示す。通電実験では 20 時間後まではアルカリ性であったが、前述のように電気泳動・電気浸透流により酸のフロントが排水側に移動し、中和したものと考えられる。

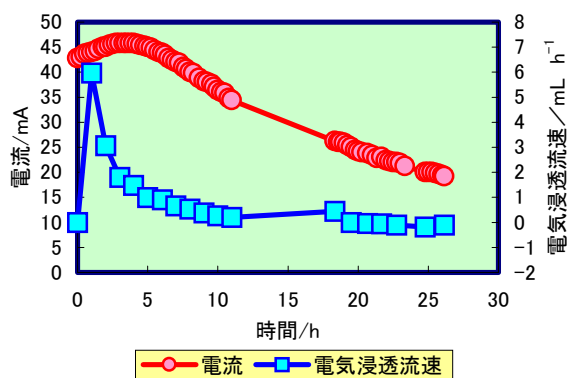


図-1 通電実験における電流と電気浸透流速

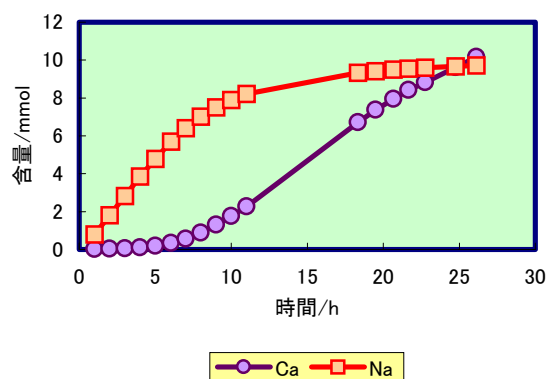


図-2 通電実験における排水の Ca、Na 含量

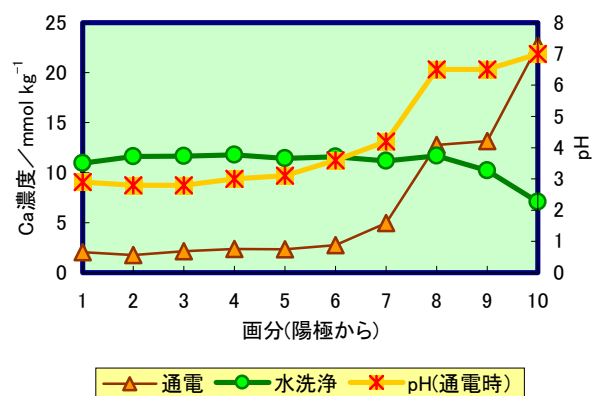


図-3 通電実験および水洗浄実験時の Ca 濃度分布と通電実験時の pH 分布

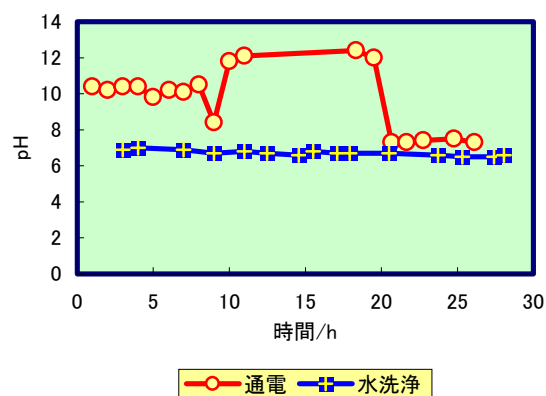


図-4 排水の pH 変化

4. おわりに

本研究では、砂質土壌における電気化学的修復と流水式洗浄の有効性を比較するため両実験を行なったが、同じ初期条件を作り出すことができず、両実験を比較することは困難であった。しかしながら、砂質土壌における流水式洗浄と電気化学的修復の汚染物質除去の特徴や、電気浸透流が電気化学的修復に及ぼす影響などを確認することができた。