

VII-13 土壤汚染シミュレーションに関する研究

四国総合研究所 正会員 ○福岡寛
香川大学工学部 正会員 井面仁志

香川大学工学部 正会員 白木渡
四国リコー(株) 非会員 岩崎賢司

1. はじめに

現在、環境汚染は、社会に非常に大きな影響を与えており、環境汚染の解決は急務となっている。ここでは、土壤汚染問題に的を絞って考える。土壤汚染の対策としては、まず汚染源の特定と汚染の原因物質の特定が求められる。その後、浄化、復元するための対策が検討される。従来、土壤汚染源の特定や汚染の拡散状況を正確に把握するために数多くのボーリング調査が行われてきたが、時間、労力、コスト等の面で問題がある。

そこで、本研究では、ソフトコンピューティングの一種であるセルオートマトン(CA)を用いて、少ない調査データで精度良く汚染状況を把握するための土壤汚染物質拡散シミュレーションシステムの開発を行う。システム開発の第一段階として、塩化物イオンを対象として、その土壤への拡散シミュレーションを CA を用いて行い、土壤汚染シミュレーションへの CA の適応可能性を検証する。

2. CA とは

CA とは、まわりとの相互の関わり合い『局所的な相互作用(局所ルール)』を積み重ねていくうちに、組織が自然に形作られる特徴を持つ自己組織化の原理に基づく計算手法である。隣り合うセル間の相互作用を系全体で繰り返すことにより複雑現象を表現できることが大きな特徴である¹⁾。

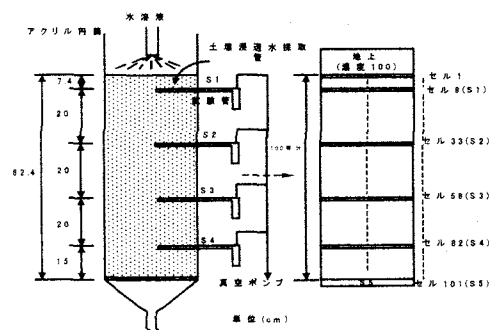
3. 実験の概要とシミュレーションモデル設定

本研究では、シミュレーションを行うにあたり、電力中央研究所²⁾で実施されている、塩化物イオンの土壤カラム実験をシミュレーションの対象とした。土壤汚染シミュレーションに CA を適応するためのモデル化と局所ルールについて、以下に概説する。

(1) 土壤カラム実験のモデル化

土壤カラム実験をモデル化するにあたり、まずカラム空間をセルに分割する。本研究では、図 1(a)に示した長さ 82.4cm のカラムを 100 等分し、さらに地上部と S5 に相当するセルを追加した合計 102

個のセルを用いて実験装置のモデル化を行った。セル分割状態を図 1(b)に示す。



(a) 実験装置 (b) セル分割

図 1 カラム実験装置のモデル化

表 1 可動水層と不動水存在層での土壤状態

	動水領域	土粒子領域	不動水領域
可動水層	○	○	×
不動水存在層	○	○	○

- ・土粒子領域：元素が吸着する土粒子部分
- ・動水領域：水の流れる部分
- ・不動水領域：実質的に動きえない水の部分
(土粒子内部に吸収、封じ込み空気の間隙)

実験における土壤には、可動水層と不動水存在層が存在しており、各層における土壤の状態は表 1 に示す。

不動水存在層の全土壤に占める割合は、カラム実験における不動水が存在しない場合の土壤浸透水の平均流速と塩化物イオンの破過曲線から求めた流速との比較より 26%と設定した。

(2) 塩化物イオンの拡散ルール

実験では、塩化物イオンを含んだ水溶液が地上から常に $Cl:100 \mu g/ml$ を流出させていることより、セル 0 番目に塩化物イオンの元素量が常に 100 存在すると設定し、塩化物イオンの元素量 100 の状態を初期濃度とする。

塩化物イオンは、上部のセルから下部のセルへ順に 1 セルずつ確率により移動するとした。元素の移動は、不動水領域では主として分子拡散により移動するため、元素の移動速度は流速に比べて著しく小さくなる。そこで、可動水層と不動水存在層におい

て移動確率に差を与えることにした。移動確率の差は、各層の容積含水率の差により生じるものとし、移動確率の比を可動水層：不動水存在層=0.629：0.463とした。

4. CAによるシミュレーション結果

(1) 塩化物イオンの移動確率

可動水層における塩化物イオンの移動確率を15%、30%、45%、60%、75%、90%、99%とした場合の最下端セル(S5)の C/C_0 (元素濃度/元素の添加[初期]濃度)が0.5となる時間が、実験により求められた塩化物イオンの破過曲線における、S5の C/C_0 が0.5となる12.5時間に近くなる各層の移動確率の組み合わせを検討した。なお、不動水存在層は均等に存在すると仮定した。移動確率の組み合わせは、図2に示す可動水層99%、不動水存在層72.27%の時、最も近い結果となった。

(2) 不動水存在層の位置の検討

(1)の設定においては、実験の破過曲線と比較すると低い位置で塩化物イオンの元素量の変化が尾を引いたように緩やかになるテーリング現象が発生している。この事は、上部に不動水存在層を配置したことにより、塩化物イオンの移動速度が遅くなっている可能性があるため、不動水存在層を下端部に集中して配置してシミュレーションを行った。紙面の都合上省略するが、(1)のシミュレーション結果より実験結果により近い結果が得られたが、まだ

テーリングが低い位置で発生している。

(3) 不動水存在層の割合の検討

(2)の設定においても、まだテーリングの位置が低いため、不動水存在層の全土壌に占める割合を26%から21%に変更した。その結果を図3に示す。まだ最下端部の値にずれが生じているが、これまでのシミュレーションの中で最も良いシミュレーション結果となった。実験結果をここまで再現できたので、本システムの有効性が確認できたものと考えられる。

5. おわりに

本研究では効率的な土壌中の汚染物質の挙動のシミュレーションを検討するため、CAによる土壌汚染シミュレーションを行った。簡単なセル間の局所的相互作用によって、土壌が汚染物質に汚染される状況を再現することができた。

今後の課題としては、さらなる精緻なパラメータの設定と効率的なパラメータの設定方法、2次元CAへの拡張などが挙げられる。

参考文献

- 1) 加藤恭義・光成友考・築山洋：セルオートマトン法 一複雑系の自己組織化と超並列処理一，森北出版株式会社(1998)。
- 2) 電力中央研究所報告 研究報告:T86096 各種元素の土壌中移行機構(その1)ー土壌中移行過程のモデル化ー，財団法人電力中央研究所(S63.3)。

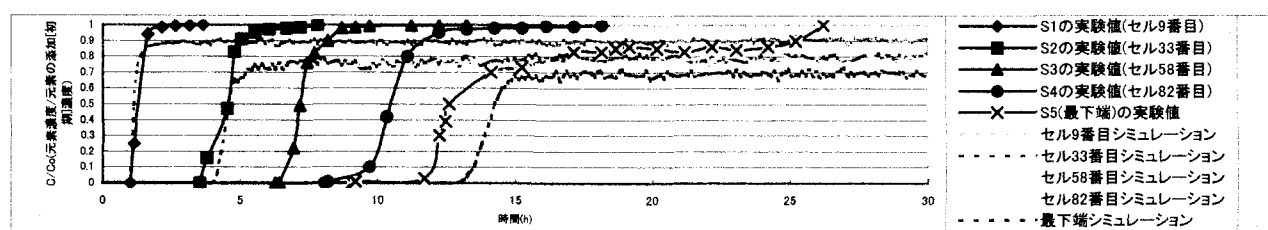


図2 塩化物イオン移動確率(可動水層99%、不動水存在層72.27%)、不動水存在層の位置が均等の場合のシミュレーション結果

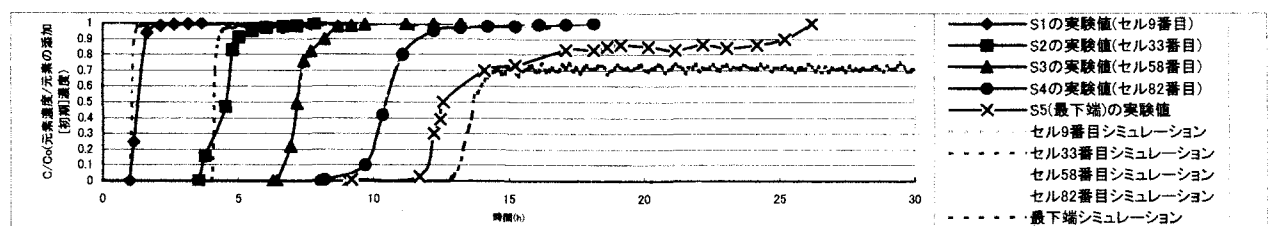


図3 塩化物イオン移動確率(可動水層99%、不動水存在層72.27%)、不動水存在層の割合21%におけるシミュレーション結果