

第Ⅲ部門

地表面における汚染濃度分布の推定手法に関する基礎的研究

立命館大学理工学部	非会員	○阿武秀一
立命館大学大学院理工学研究科	学生会員	石森洋行
株式会社大周	非会員	極川哲也
立命館大学理工学部	正会員	深川良一

1. はじめに

土壤汚染調査は、汚染対策の方向性とその土地の展望を決定付ける重要な位置付けにある。土壤汚染で問題となる汚染物質は、その特性上、地表面付近に残留する可能性が高い。そのため土壤汚染対策では、汚染土壤を直接掘削除去するケースが多い。このとき、掘削土量は浄化コストに多大な影響を及ぼすため、資料調査や汚染調査から汚染濃度分布を合理的に推定し、汚染土壤と非汚染土壤を明確に区分することが重要となる。本研究では、土壤汚染対策法に示される調査法に基づき入手される少数の離散的な実測濃度から、連続的な汚染濃度分布を推測することを目的とする。

2. 汚染濃度分布特性に及ぼす物質移動パラメータの影響

汚染濃度分布の拡がり方は、物質移動パラメータの影響を受けると考えられる。そこで、数値解析（移流分散解析）により、汚染物質の拡がり方に及ぼす物質移動パラメータの影響を検討した。移流分散解析では、数種の物質移動パラメータの影響を受けるが、土壤汚染分布、即ち地表面付近の汚染分布を考えた場合、その汚染の拡がり方は、 $D_0$ ：分子拡散係数 [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ] および  $R$ ：遅延係数 [-] に影響を受けると考えられる。そこで、分子拡散係数  $D_0$  と遅延係数  $R$  をパラメトリックに変化させて、拡散解析を行った（図-1 参照）。ここで、 $a$ ：汚染源範囲 [m]  $r$ ：距離 [m] である。図-1 に示す軸対象のモデル地盤において、所定範囲の汚染源を与え、10年後、100年後の汚染の拡がり方を移流分散解析により評価した。

図-2 は汚染の拡大距離に及ぼす拡散係数と遅延係数の影響を示したものである。 $D = 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ ,  $R = 1$  とした場合（実際上かなり拡散しやすい条件）においても、汚染範囲が拡大した距離は 10 m 以下である。また、土壤汚染で対象となる吸着性汚染物質の遅延係数は非常に高い ( $R > 100$ ) と考えられるため<sup>1)</sup>、数年の汚染期間では、汚染が 1 m も拡大しない可能性がある。したがって、土壤汚染対策法で規定されている汚染調査間隔 10 m を考えれば、汚染調査から得られる離散的な実測濃度から移流分散解析に基づき濃度分布を推定することは困難であると考えられる。

3. 統計解析による汚染濃度分布の推定

物質移動パラメータから汚染濃度分布を推定することは困難と考えられることから、本研究では統計解析（クリギング手法）により地表面の汚染濃度分布の推定を試みた。クリギング手法とは、データ間の距離に依存した確率変数（実測濃度）の分散に基づいて各データに重みを与え、加重平均を行うことで任意の位置でのデータ値を推定する方法である。汚染現場における実測濃度データには、図-3 左に示される森澤らの書籍<sup>2)</sup>に紹介されている総水銀 (T-Hg) 濃度の地表面分布データ（標本数 157）を使用した。なお、実測濃度は対数正規分布に従うものとする。

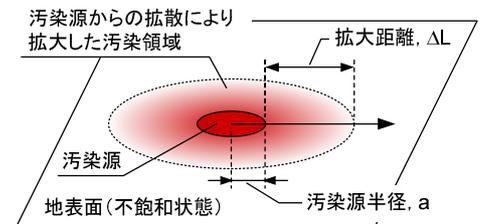


図-1 移流分散解析の説明図

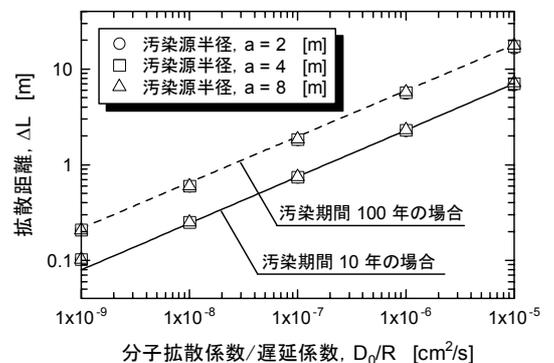


図-2 汚染拡大距離に及ぼす拡散係数と遅延係数の影響

図-3から図-6は調査位置と濃度分布推定結果である。調査点数が157と十分に多い場合(図-3参照)では、濃度分布推定結果は調査位置における濃度値と酷似している。調査点数が40と少ない場合(図-4参照)では、調査点数が157と十分に多い場合の濃度分布推定結果に比べて、濃度のバラツキが少ないことがわかる。そのため、所定濃度を超過する汚染領域を判別することが難しいと考えられる。一方、調査位置が不均一である場合(図-6参照)の濃度分布推定結果では、調査位置が均一である場合(図-4参照)に比べて、濃度のバラツキがさらに小さくなる。また、調査点数が20と非常に少ない場合(図-5参照)では、調査点数が157と十分に多い場合の推定結果と比較して、全く異なったものとなる。調査点数が少ない場合は、汚染濃度の統計的空間構造を正確に評価することが難しいため、クリギング手法の適用性は低くなる。

#### 4. 結論

地表面における汚染濃度分布特性は、移流分散特性の影響をほとんど受けないため、汚染物質特性から汚染範囲を決定することは困難であると考えられる。確率統計論をベースとするクリギング手法では、地表面における汚染濃度分布を推定することは可能である。しかし、十分な数の汚染調査を行わなければ、汚染濃度の統計的空間構造を評価することが困難になり、クリギング手法により推測される汚染濃度分布の信頼性は低下する。クリギング手法により正確な汚染濃度分布を推定するには、調査位置が格子状になるように汚染調査を行うことが望ましく、また統計的空間構造の正確な評価が行えるほどの必要最低限の調査点数は絶対不可欠である。

#### 【参考文献】

- 1) 地盤工学会 (2002) : 土壌・地下水汚染の調査・予測・対策, 地盤工学・実務シリーズ 15, pp.223.
- 2) 森澤眞輔, 米田 稔, 平田健正, 村上雅博 (2002) : 土壌圏の管理技術, コロナ社, pp.80-99.

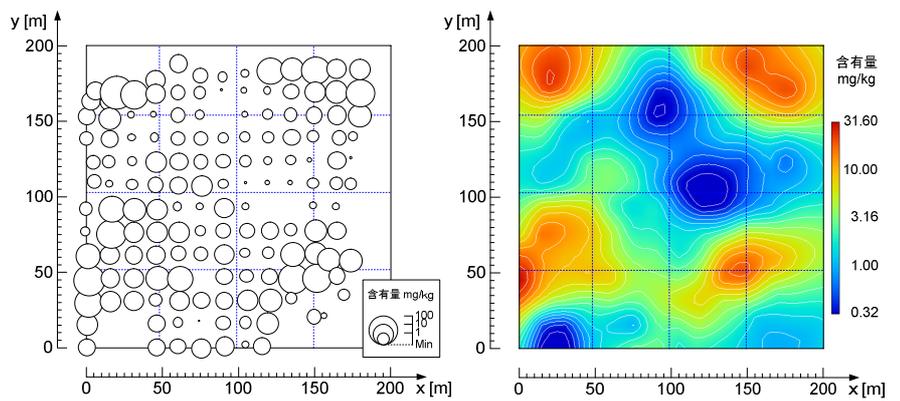


図-3 調査位置 (左) と濃度分布推定結果 (右) : 格子状-調査点数 157

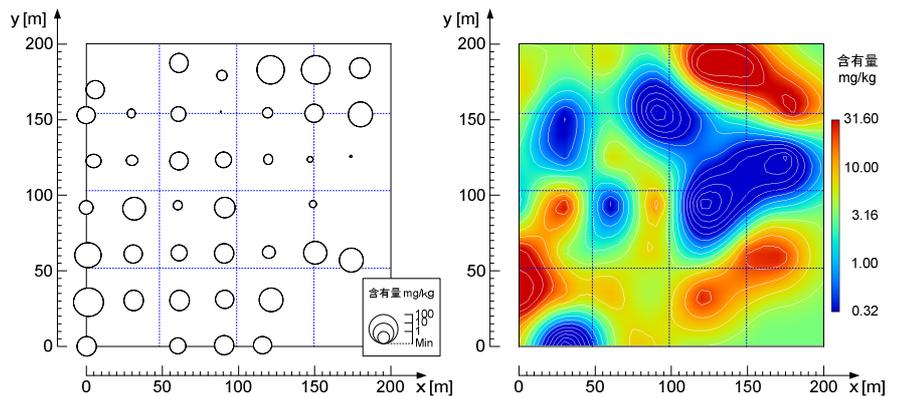


図-4 調査位置 (左) と濃度分布推定結果 (右) : 格子状-調査点数 43

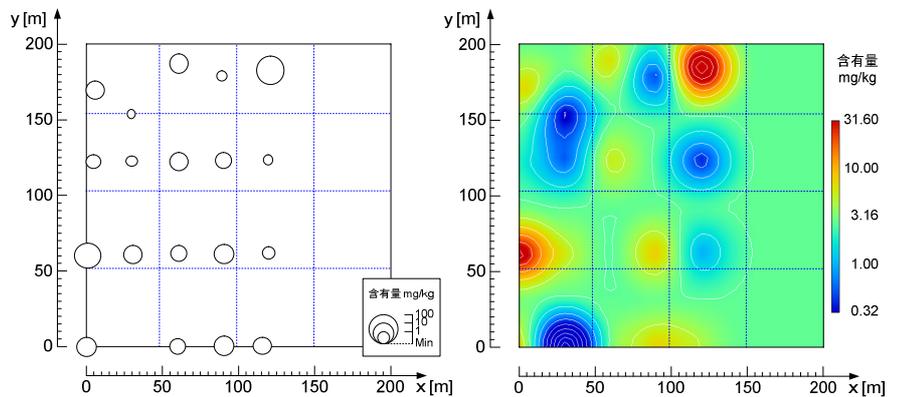


図-5 調査位置 (左) と濃度分布推定結果 (右) : 格子状-調査点数 20

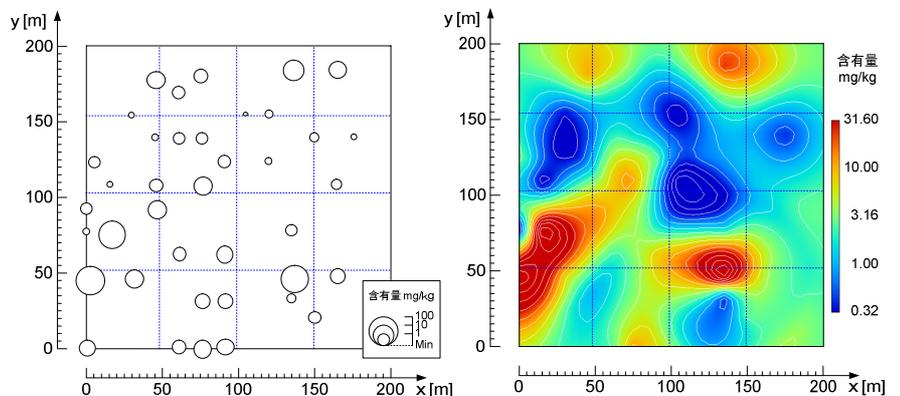


図-6 調査位置 (左) と濃度分布推定結果 (右) : 非格子状-調査点数 40