

【5-1606】機器分析と溶出特性化試験を組合せた自然・人為由来汚染土壌の判定法の開発（H28～H30）

研究代表者 橋本 洋平（東京農工大学）

1. 研究開発目的

環境省中央環境審議会によって平成 28 年 12 月に公表された「今後の土壌汚染対策の在り方について（第一次答申案）」においては、自然由来汚染土の有効活用に関する環境政策が喫緊の課題として提示されている。自然由来汚染土は、汚染のリスクが極めて低いにもかかわらず、搬出が土壌汚染対策法によって制限されており、そのため活用が難しいだけでなく、過剰な措置に伴う社会コストの増大や、盛り土構造物としての有効な活用もなされていないといった現場の意図と法律面の齟齬が指摘されている。このような問題点を解決し、自然由来汚染土の有効利用を進めるためには、自然と人為由来汚染土を合理的に判定する科学的手法の開発が必要不可欠である。

汚染起源の判定法に関しては、土壌汚染対策法の「調査及び措置に関するガイドライン」において、重金属等の含有量、濃度のサイト内の分布特性、地歴情報により自然由来汚染土の判定をする手法（以下、初期判定）が提示されている。これらの情報により判定が難しい場合には、特性化試験として、鉛に関して同位体分析の手法が示されており、階層的なフローが示されている。しかし、自然由来の重金属等の含有量は、地質や堆積環境の影響を受けるため地域において偏在性があるが、初期判定の判断指標では地域性が考慮されていない、という課題がある。また、初期判定で判定が難しい場合において適用される特性化試験についても、鉛にしか適用できない、という課題がある。

これらの課題を解決するため、本研究では、「地域性や堆積環境を考慮した初期判定の開発」、さらに鉛以外の物質にも適用でき、より客観的で確実性の高い複数の「特性化試験」を開発し、従来型の階層的な自然由来の判定フローに変わる実務的な判定フローチャートを作成・検証することを目的とする。

具体的な手法として、判定フローチャートの第一段階では、「地域性や堆積環境を考慮した初期判定」として、土壌の元素の濃縮係数を用いた試験を提案する。この試験は汚染起源判定のスクリーニングとして位置付けられ、分析が簡易で少ない費用で迅速に実施することが可能である。初期判定によって汚染が自然由来でないと判定された場合には、二次判定である「特性化試験」に移行する。二次判定では、逐次抽出法、カラム抽出試験、土壌粒子の顕微観察など、複数の試験法を単独、もしくは組合せて得られたデータから総合的に汚染の起源を判断する。本研究が、汚染起源の実務的な判定法の指針として土壌汚染対策法に基づく指定調査機関において活用されることを目指して取り組む。

2. 研究の進捗状況

本研究の目標は、確実性が高くできるだけ簡便で実務上の普及を念頭においた、各種機器分析法・溶出試験法を組合せた土壌有害元素の汚染起源の判定法を開発することにある。具体的には、汚染起源を判定するための「判定フローチャート」を構築し、簡易な診断方法から詳細な試験法へと順を追って土壌試験を実施することによって、土壌汚染対策法に基づく指定調査機関において活用される指針を提案することを最終目標としている。図 2 にヒ素を例とした、現段階における自然と人為由来汚染を判定するためのフローチャート案を示す。このような判定フローチャートの構築のためには、自然および人為由来汚染土に含まれる重金属類の特徴を詳細に明らかにし、比較するのに必要十分なデータを蓄積（データベースの構築）することに重点を置いて初年度から 2 年目の後半まで取り組んでいる。

研究開始から現在までは、科学的知見に基づく合理的な汚染起源の判定手法を開発するための基盤データとして、34 の汚染土の理化学的特性を網羅的に分析し、ヒ素を中心とした有害元素の溶出特性と統合したデータベースの構築に取り組んでいる。当初の計画で予定していたよりも多くの汚染土

壤を収集しており（50 地点）、最終的には 100 地点を超える土壌を対象とした自然由来汚染土の特徴をまとめたデータベースの構築に目途が立っている。具体的な進捗・成果は以下の 5 点である。（1）土壌の元素の「濃縮係数」を用いた指標が、自然と人為由来汚染土を迅速かつ簡易に判定する初期スクリーニング手法として適用できる可能性が極めて高い（サブテーマ 1）。（2）濃縮係数を用いた指標によって汚染起源が判定できない土壌は、逐次抽出試験を適用し汚染元素の化学形態に着目することによって、自然と人為由来の汚染を判定でき得る（サブテーマ 1、2）（3）海成堆積物を含む自然由来汚染土のヒ素は、主としてフランボイダル型黄鉄鉱の内部に存在し、この構造が物理破壊および化学溶解することによってヒ素が溶出することが判明した（サブテーマ 2）（4）土壌から溶出したヒ素の破過曲線（濃度等の経時変化）が、自然と人為由来汚染土では顕著に異なる特徴を示すことが判明したことから、カラム通水試験の結果を比較することによって汚染起源が判定できる可能性がある（サブテーマ 3）。（5）人為由来汚染土からの有害元素の溶出特性について、実現象再現溶出試験を用いて明らかにした結果を、カラム溶出試験の条件（流速、溶媒等）にフィードバックすることによって、汚染起源を判定するための最適な試験条件の構築が可能になる。引き続き各サブテーマの成果を統合する作業を進めることによって、自然および人為由来汚染土の合理的な判定法の開発が達成できる見込みが得られている。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

本研究の成果は、中央環境審議会によって平成 28 年 12 月に公表された「今後の土壌汚染対策の在り方について（第一次答申案）」において提示されている政策課題のうち、自然由来汚染土の有効活用と、土壌汚染の測定方法に関する環境政策に貢献する内容を含む。

第一次答申案において、自然由来特例区域及び埋立地特例区域から発生する基準不適合土壌（以下、自然由来汚染土）は、適正な管理の下での資源の有効利用を図ることが示されている。この中で、自然由来汚染土は、近隣の同様の自然由来汚染土が発生した区域への搬出が土壌汚染対策法によって制限されており、活用が難しいだけでなく、工事の利便性が悪いことや、盛り土構造物として活用もなされていないといった現場の意図と法律面の齟齬が指摘されている。このような問題点を解決し、自然由来汚染土の有効利用を進めるためには、本研究で取り組んでいる自然と人為由来汚染土を合理的に判定する科学的手法の開発が必要不可欠である。本研究の成果の一部は、公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団、平成 28 年度自然由来等基準不適合土壌の現場管理・活用の推進に関するワーキングにおける自然由来等基準不適合土壌のリスク評価、特に溶出源評価における根拠データとして貢献している。

同様に第一次答申案では、土壌汚染の判定試験法（環境省告示 46 号試験）をなるべく実環境に近い条件で実施し、汚染状態をより適切に分析できるよう手順の明確化を進めるべきであるとの指摘がなされている。既往の研究においても、現行の判定試験法によって得られた結果の再現性に、疑義を指摘している。このような問題点を解決して、現行の判定試験法を改良するためには、まず多くの土壌について汚染元素の溶出特性・機構を詳細に検証し、その知見を基にして判定試験の再現性に直結する重要な条件を検討していく手順で進める必要がある。本研究成果によってこれから整備される自然および人為由来汚染土からの元素の溶出特性のデータベースが活用されれば、現行の判定試験法の改善に貢献できる。

これに加えて、試験方法の国際標準化や国内規格（JIS）の制定を目指す取り組みも重要であり、本研究においても積極的に取り組んでいる。カラム試験等に基づく自然由来土壌からの重金属等の溶出挙動の把握は、自然由来土壌の適正利活用に不可欠であるが、カラム試験については、国際規格（ISO/TS 21268-3）は技術仕様に留まっており、国内規格（JIS）はまだ存在しない。現在、産業技術総合研究所等が中心となり、日本主導での国際規格化を進めているところであるが、国際規格化、その後の JIS 化においては、試験結果に基づく再現性、妥当性の評価が必要である。本研究において実施される、多種多様な自然由来土壌に対してのカラム試験の結果は、国際規格化、そしてその後の JIS

化における再現性、妥当性の評価の貴重な知見となる。すでに本研究成果の一部は、一般社団法人土壌環境センター、平成 28 年度土壌汚染に係る測定技術等に関する検討会における根拠データとして貢献している。

4. 委員の指摘及び提言概要

研究的には貴重な情報が得られていると判断できる。ただし、ここで呈示された Tier1～Tier4 の分析手法が、研究としてではなく、行政施策として指定調査機関に託されることを考えると、Tier1 のみで完結させることや、cost-benefit を考慮することも重要なアウトプットとして研究を進めていただきたい。また、ヒ素以外の重金属に適用できるかどうか、について確認頂きたい。さらに、非海成自然汚染土と人為軽汚染土との分別に留意するとともに、濃縮係数の取り扱い等に注意を払いながら研究をすすめていただきたい。

5. 評点

総合評点：A