

173 土壌溶出試験における簡易迅速分析法の検討

高橋 徹¹・三浦光通¹・窪田洋司²

¹株環境研究センター・²株東京ソイルリサーチ

1. はじめに

土壌汚染対策法の施行により全国規模において多くの土壌汚染の存在が明らかとなり大きな社会問題となっている。このような状況の下において法定の土壌汚染調査のみならず自主的に行なわれるものも含め多くの土壌汚染調査や土壌浄化工事が行なわれている。

上記のような土壌汚染調査では汚染範囲の特定、土壌汚染浄化工事においては浄化された土壌の品質管理の目的のため土壌溶出試験が行なわれる。土壌汚染対策法の対象となる成分のうち鉛、砒素、ふっ素などの成分については、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壌溶出試験において、風乾土の使用と 6 時間の振とう時間が定められており多くの時間を要する。しかし実際の土壌汚染状況調査や土壌汚染浄化工事において、多くの時間を要する土壌溶出試験の結果を確認しながら土壌汚染調査や土壌浄化工事を進めていくことはきわめて困難なことも多い。そこで環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壌溶出試験と同等の結果が得られる、より迅速な土壌溶出試験方法の開発が望まれる。

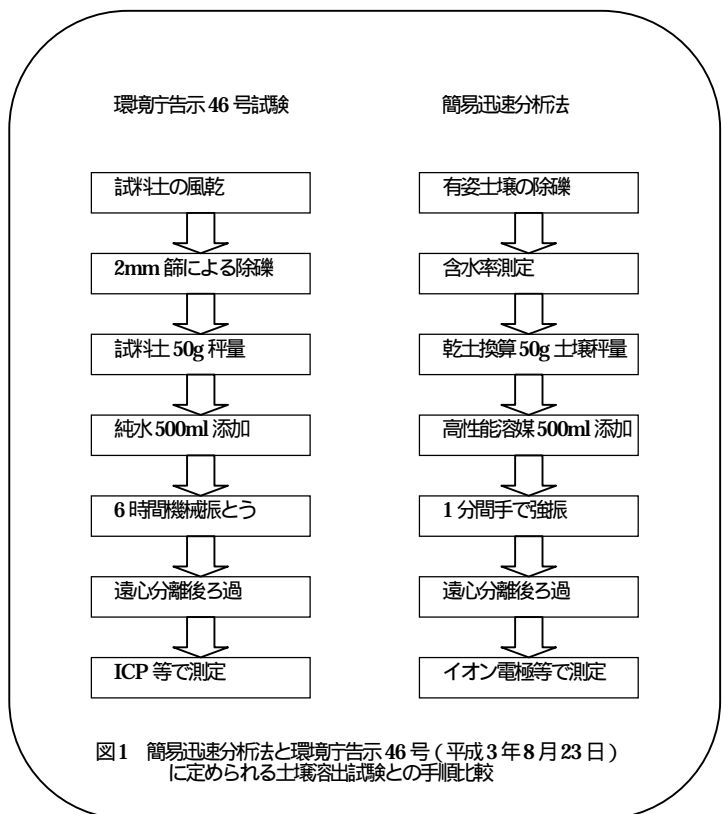
また迅速に土壌溶出試験を行なうことが可能となれば、土壌汚染調査や土壌浄化工事の現場で溶出試験を行なうことができるが、この場合オンサイトで測定可能な小型の測定器や簡易分析にも対応し大型の装置を使用しない分析法であることが望まれる。

本検討においては、鉛、砒素、ふっ素を対象にし、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壌溶出試験と同等の結果が得られる簡易迅速分析法について検討した。

2. 実験方法

2.1 抽出溶媒

土壌中に存在する鉛、砒素、ふっ素などの成分は、土壌が本来持つ機能性により様々な存在形態で存在している。従来の研究においてその名称や分別方法は異なるが、一般には水で容易に溶出し土壌粒子と強い関連性を持たずに存在している「水溶性画分」、土壌中の粘土鉱物や腐植により発現する陰荷電、陽荷電により吸着される「イオン交換性画分」、特定の成分が粘土鉱物表面に存在する活性アルミ等の物質と配位結合により強固に吸着されている「特異吸着画分」、酸化物として存在しとされる「酸化物態画分」などに分別される。環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壌溶出試験は、pH を 5.8～6.3 に調製した純水を用いて溶出を行なうが、この方法により溶出される画分は、「水溶性画分」と「イオン交換性画分」の一部



Research of the Simplicity and Rapid Extraction Method of Heavy Metals in the Soil Environment

¹Toru Takahashi, ¹Terumichi Miura, ²Yoji Kubota

(¹Environmental Research Center Co.,Ltd. ²Tokyo Soil Research Co.,Ltd.)

連絡先：〒305-0857 茨城県つくば市羽成 3-1 株環境研究センター 環境調査事業部 高橋 徹

TEL 029-839-5512 FAX 029-839-5527 E-mail takahasi@erc-net.com

といわれている。

そこで本検討においてはこの点に留意した上で抽出溶媒を考案（以下、高性能溶媒とする）し、この溶媒により短時間に溶出された鉛、砒素、ふっ素の量と、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験の結果とを比較検討することにより行なった。

2.2 実験操作

上記 2.1 で考案した高性能溶媒を用いて行なった簡易迅速分析法の実施方法について以下に記す。また本検討に用いた簡易迅速分析法と環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）による溶出試験の工程比較について図 1 に示した。

検討に用いた試料土壌は鉛についての検討では実汚染土壌 1 点、火山灰土表土及び心土に試薬硝酸鉛を添加し作成した模擬汚染土壌 8 点を用いた。砒素についての検討では実汚染土壌 5 点、火山灰土表土及び心土に試薬亜硫酸ナトリウムを添加し作成した模擬汚染土壌 8 点を用いた。ふっ素については実汚染土壌とその浄化による処理土壌 8 点を用いて検討を行なった。

本検討において行なった簡易迅速分析法において用いた試料土は、予め 2.0mm の篩を通過させ、礫画分を除去した有姿土壌を用いた。用いた試料の量は、予め含水率を測定し乾土あたり 50g に換算される量の土壌試料を用いた。これを内容積 1L のポリエチレン製の容器に入れ、予め作成してある高性能溶媒 500ml を添加した。これを 1 分間振とう機を用いずに手で強振し、その後 30 分静置した。静置後、3000rpm で 10 分程度遠心分離し上澄み液を得、減圧濾過にて 0.45 μm のメンブランフィルターを通過させた。これを試料液として鉛については ICP 発光分析法、砒素については水素化物発生 ICP 発光分析法、ふっ素については吸光光度法により定量した。

一方、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験は、本告示に従い以下のように行なった。すなわち、土壌

試料を約 5 日間十分に風乾し試料土として用いた。この試料土を 2.0mm の篩を通過させ、礫画分を除去した後に 50g 秤取り内容積 1L のポリエチレン製

の容器に入れ、予め塩酸にて pH を調整してある純水 500ml を添加した。これを振とう機を用いて 6 時間振とうし、その後 30 分静置した。静置後、3000rpm で 10 分程度遠心分離し上澄み液を得、減圧濾過にて 0.45 μm のメンブランフィルターを通過させた。これを試料液として鉛については ICP 発光分析法、砒素については水素化物発生 ICP 発光分析法、ふっ素については吸光光度法により定量した。

3. 結果

簡易迅速分析法と環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験それぞれ実施するに際して要した時間の概略を表 1 に示した。上記簡易迅速分析法ならびに環境庁告

表 1 簡易迅速法と環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験（公定法）の風乾から検液作成までの所要時間比較
風乾時間を 5 日間とした。

工 程	簡易迅速分析法	環境庁告示 46 号試験
標準所要時間	約 4 時間	6 日間

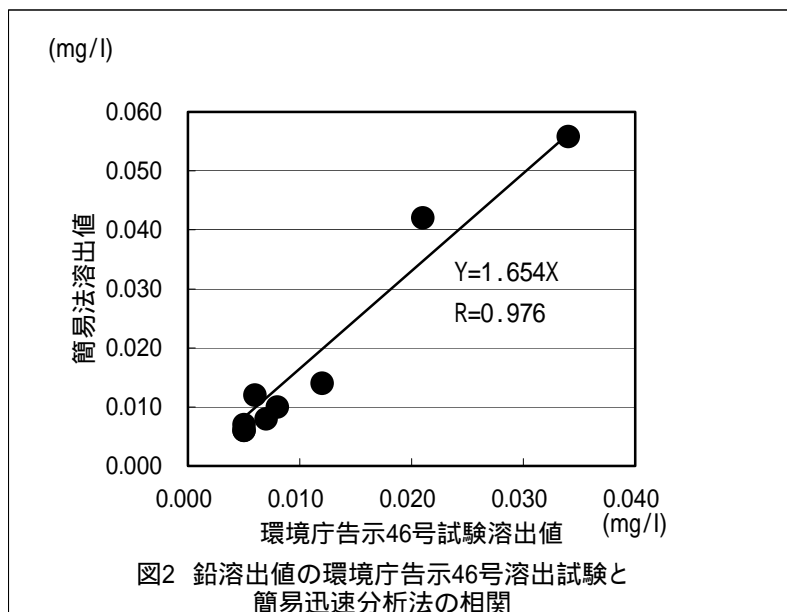


図2 鉛溶出値の環境庁告示46号溶出試験と簡易迅速分析法の相関

示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験により溶出した鉛についての結果を図 2、また同様の方法により溶出した砒素の結果について図 3、またふっ素についての結果は図 4 に示した。

鉛について検討した結果は、図 2 に示したように、簡易迅速分析法により溶出した鉛の量と、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験により溶出した鉛の量との間に、相関係数は 0.976 で強い相関が認められ統計的にも 0.1% の有意水準で有意性が認められた。それぞれの方法による鉛の溶出値の絶対値は簡易迅速分析法の方が、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験により溶出した鉛の量よりも一般に高い値を示した。

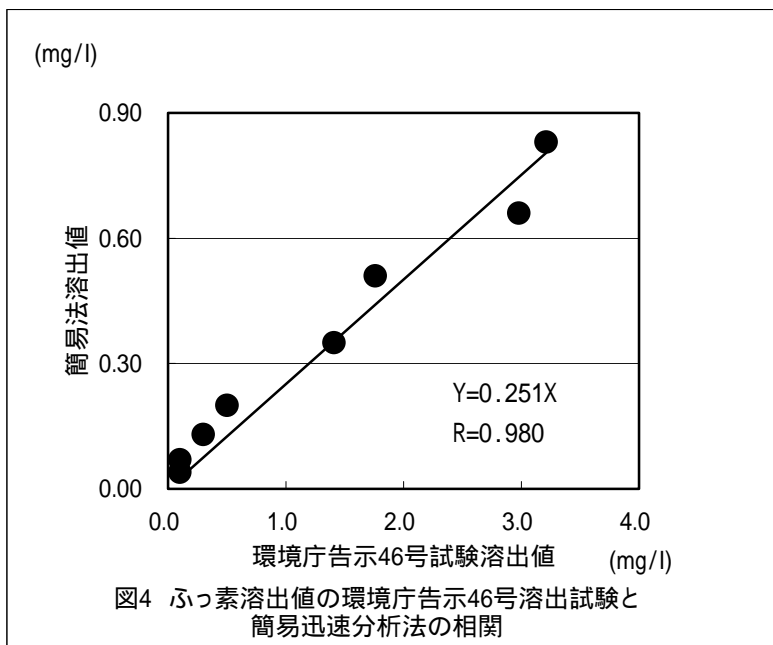
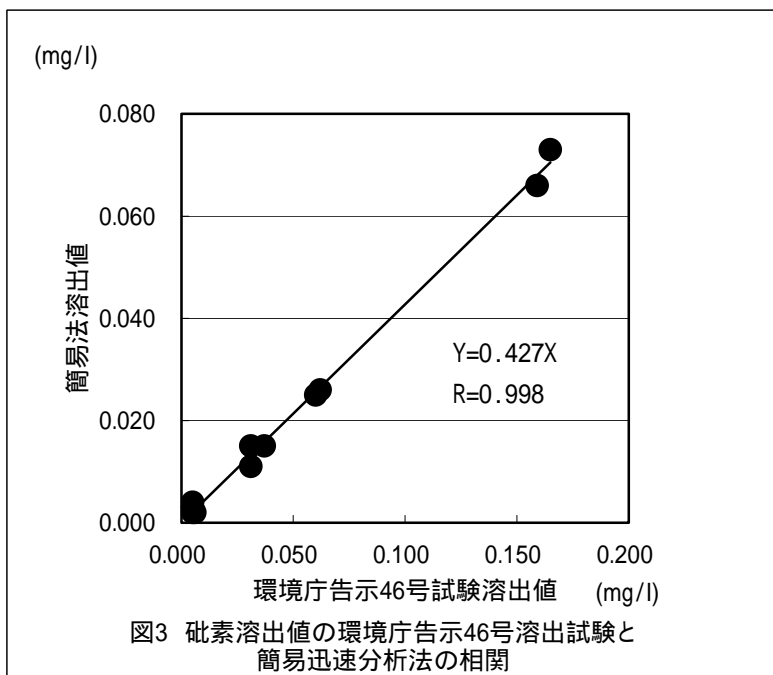
図 3 に示した砒素についての検討においても簡易迅速分析法により溶出した砒素の量と、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験により溶出した砒素の量との間に、相関係数は 0.998 で強い相関が認められ統計的にも 0.1% の有意水準で有意性が認められた。それぞれの方法による砒素の溶出値の絶対値は簡易迅速分析法の方が、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験により溶出した砒素の量よりも一般に低い値を示した。

図 4 に示したふっ素についての検討においても簡易迅速分析法により溶出したふっ素の量と、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験により溶出したふっ素の量との間に、相関係数は 0.980 で強い相関が認められ統計的にも 0.1% の有意水準で有意性が認められた。それぞれの方法によるふっ素の溶出値の絶対値は簡易迅速分析法の方が、環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験により溶出したふっ素の量よりも一般に低い値を示した。

4. 考察

本検討に用いた対象成分である鉛、砒素、ふっ素の全てにおいて、簡易迅速分析法と環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験により溶出した各成分の量の間には、全て強い相関が認められ、統計的にも有意である結果であった。この結果は本検討に用いた成分である鉛、砒素、ふっ素について簡易迅速分析法を用いて公定法である環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験の結果が迅速に推定できうることを示すものである。

表 1 に示すように環境庁告示 46 号（平成 3 年 8 月 23 日）に定められる土壤溶出試験は、風乾と 6 時間の溶



出時間により多くの時間を要する。一方本検討において用いた簡易迅速分析法によれば半日程度の時間で、公定法である環境庁告示 46 号(平成 3 年 8 月 23 日)に定められる土壤溶出試験による結果を推定することができる。先に記したように、現在では法律の対象となる範囲外の部分においての簡易迅速分析法の要求が高まっているが、本検討に用いた簡易迅速分析法はこの要求に答えうるものと思われる。

本検討においては鉛、砒素、ふっ素について検討を行なったが、土壤中においてこれら検討に用いた成分と似た挙動を示す他の重金属等の成分についても、本検討に用いた簡易迅速分析法と環境庁告示 46 号(平成 3 年 8 月 23 日)に定められる土壤溶出試験の値が良い対応を示す可能性がある。

5. 今後の課題

本検討においては鉛、砒素、ふっ素について検討を行い、本検討に用いた簡易迅速分析法を用いて環境庁告示 46 号(平成 3 年 8 月 23 日)に定められる土壤溶出試験の結果が予測できることを示した。しかし土壤汚染対策法の対象に定められ、まだ検討されていない他の成分についての検討がさらに必要であると思われる。また本検討において検討した成分のうち、鉛については環境庁告示 46 号(平成 3 年 8 月 23 日)に定められる土壤溶出試験の溶出値よりも簡易迅速分析法の溶出値のほうが高い値を示しているが、砒素とふっ素については逆の結果を示した。この結果は各成分により土壤への吸着保持される形態が異なるためと考えられるが、本来環境庁告示 46 号(平成 3 年 8 月 23 日)に定められる土壤溶出試験による溶出値に近いほうが望ましい。よって砒素、ふっ素についてはさらに効率的な抽出条件の検討が必要であると思われる

6. 参考文献

環境法令研究会編集 (2004): 環境六法, 中央法規出版

貴田晶子(2003): 土壤分析法, 第 3 回日本環境化学会土壤・底質汚染研究グループ講演会予稿集, 12-19

日本土壤肥料学会編: (1981), 土壤の吸着現象-基礎と応用-, 博友社

九馬一剛・庄子貞雄・鍬塚昭三・服部 勉・和田光史・加藤芳朗・和田秀徳・大羽 裕・岡島秀夫・高井泰雄 (1984), 新土壤学