

「平成14年度低コスト・低負荷型土壤汚染調査対策技術検討調査」  
対象技術の評価等について（お知らせ）

平成15年10月21日（火）

環境省環境管理局水環境部土壤環境課

課長：太田 進（内線 6650）

補佐：辻原 浩（内線 6652）

担当：岡野 春樹（内線 6656）

土壤汚染対策法の施行により、今後指定区域に指定された土地等において土壤汚染の浄化等が必要となる箇所が増えてくるものと考えられます。その際、無理なく速やかに汚染の除去等の措置を講じてもらい、周辺住民にとって安心・安全な環境を確保するためには、簡易で低コスト・低負荷型の土壤汚染調査手法や対策技術を実用化して普及させることが必要不可欠となります。

このため、環境省では昨年度、現在実用段階にある低コスト・低負荷型の土壤汚染調査・対策技術を選定し、現場実証試験を行うとともに学識経験者からなる検討会において当該技術の総合的な評価等を行いました。今般、その結果を公表し、今回実証試験の対象となった技術に関する知識の普及を図るとともに、土壤汚染対策の推進を図るものです。

## 1 本調査の目的

土壤汚染の状況を把握するための調査や汚染の除去等の措置のためには、かなりの費用と時間を要するケースが多く、汚染土壤に起因する環境リスクの拡大を未然に防止するための土壤汚染の実態把握や、その結果必要となる汚染の除去等の措置の促進のための障害の一つとなっています。

その一方で、土壤汚染対策法が施行されたことにより、土壤調査を実施する事例が急激に増加することが見込まれ、結果これまでに判明していなかった汚染地の顕在化例が急増するものと考えられます。

そこで、中小・零細企業等を含む汚染原因者や土地所有者等に対し、無理なく速やかに汚染の除去等の措置を講じてもらい、周辺住民にとって安心・安全な環境を確保するためには、簡易で低コスト・低負荷型の土壤汚染調査手法や対策技術を実用化して普及させることが必要不可欠となります。

本調査では、現在実用段階にある低コスト・低負荷型の土壤汚染調査・対策技術について、これまでの実績等をもとに事業者自らが行った自己評価結果等に基づき、本調査の対象となる技術を選定するとともに、選定した技術について本評価を行うために必要な事項に関して現場実証試験等を行い、その結果等も加味した当該技術の総合的な評価等を行いました。以上の評価等の結果を公表することにより、これら技術に関する知識の普及と土壤汚染対策の推進を図ります。

## 2 本調査の経緯

- ・対象技術の募集：平成14年8月23日～9月19日 応募件数31件
- ・対象技術の採択：平成14年10月21日公表 9技術を採択
- ・実証試験の実施：平成14年10月末～平成15年3月
- ・実証試験結果の取りまとめ：平成15年3月末
- ・対象技術の評価：平成15年10月 「低コスト・低負荷型土壤汚染調査対策技術検討会」  
において最終取りまとめ

## 3 本調査の結果概要

採択した9件の技術について、現場実証試験等を行い、学識経験者からなる「低コスト・低負荷型土壤汚染調査対策技術検討会」において、①技術の有効性、②技術の経済性、③周辺環境等への負荷度、④技術の実用性、⑤技術の簡便性、⑥総合的な評価の6つの観点から当該技術の総合的な評価等を実施しました。

今般、その結果を別添のとおり取りまとめたところであり、概要は別紙のとおりです。

## 4 平成14年度低コスト・低負荷型土壤汚染調査対策技術検討会検討員名簿（五十音順）

氏名	所属・職名
江種伸之	和歌山大学システム工学部環境システム学科助教授
嘉門雅史	京都大学大学院地球環境学堂教授
川本克也	独立行政法人国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター 適正処理技術研究開発室長
駒井 武	独立行政法人産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 地圏環境評価研究グループ長
中杉修身	独立行政法人国立環境研究所 化学物質環境リスク研究センター長
(座長) 平田健正	和歌山大学システム工学部環境システム学科教授
細見正明	東京農工大学工学部化学システム工学科教授
矢木修身	東京大学大学院工学系研究科附属水環境制御研究センター教授

別紙

代表機関名		技術の名称	
株式会社環境管理センター		オンサイトにおける重金属等の迅速分析法	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
調査	—	重金属等	—
技術の原理			
<p>1時間程度の溶出で得られた土壌溶液を鉛、カドミウム、砒素及びセレンについては現場で使用可能な小型のボルタンメトリー装置で測定し、その他の項目については公定法にも使われている吸光光度計及び水銀分析計により測定する。</p> <p>ボルタンメトリー装置の測定原理は、土壌溶液中の目的物質（例えば鉛等）を一旦ボルタンメトリー装置の作用電極に濃縮させた後に、再び電圧をかけて目的物質を溶出させ、その際の電流の強度を測定することによって、目的物質の定量分析を行うものである。</p> <p>土壌調査及び浄化工事において、調査範囲や汚染範囲等の絞り込みを行う際に、現場で迅速に重金属等の分析を行うことで、工期の短縮による低コスト化を図ろうとする方法である。</p>			
評価			
<p>(経済性)</p> <p>調査期間の短縮に加え公定法の分析数を減らすことが可能であるため、低コスト型技術になる可能性はあるが、ボルタンメトリー装置のコストなど、詳細を明確にする必要がある。</p> <p>(環境負荷)</p> <p>公定法に比べ、環境への負荷量、エネルギー消費量ともに少ない技術であると考えられる。ただし、ボルタンメトリー装置については、水銀を含む廃液の処理の必要性が生じるので、この点についても評価することが必要である。</p> <p>(総合評価)</p> <p>本技術は、鉛、カドミウム、砒素、セレン、六価クロム及びシアンにより汚染された土壌を対象として、溶出量基準に適合するか否かの現場での判定に、十分な精度さを有する。また、迅速な分析が現場で可能である。</p>			

代表機関名		技術の名称	
同和鉱業株式会社		現場型改良分析装置による搬出土壌の施工管理	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
調査	—	重金属等	—
技術の原理			
<p>エネルギー分散型蛍光X線分析装置は、一次X線ダイレクト励起法、フィルター法、分光結晶によるモノクロメーター法などの手法により、バックグラウンドを低くすることによる検出下限の改善、また検出器をシリコンドリフトディテクタ (SDD: Silicon Drift Detector) にすることで高計数率、高分解能を達成し、小型でありながら高精度分析を可能とした。実証試験では、さらに微量重金属の測定が可能であり、光源としてタングステン管球とパラジウム管球をそれぞれ搭載したモデルを使用した。</p> <p>重金属汚染土壌の掘削除去・搬出処理工事において、現地で本装置を使用して細かく区分した掘削土壌の重金属の土壌含有量、溶出量を推定し汚染の有無を判定することにより、必要最小限の汚染部分のみを搬出処理することで、対策費用の削減を図ろうとする方法である。</p>			

評 価	
(経済性)	溶出量値、含有量値との比較を誤判定がなく正確に行うことが確認できれば、コスト削減の可能性は高いが、誤判定の課題が残されている現時点では十分なコスト評価ができない。
(環境負荷)	公定法と比べて、環境への負荷はかなり小さいと評価できる。
(総合評価)	本技術は、技術の有効性についての課題が残されており、低コスト技術として十分実証し得たとはいえない。

代表機関名		技術の名称	
株式会社大林組		重金属等に汚染された粘性土の洗浄無害化技術	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
対策	掘削除去(浄化後埋め戻し)	重金属等	現場内
技術の原理			
<p>重金属等に汚染した粘性土を対象とした洗浄無害化技術であり、脱離工程とすすぎ工程から成る。脱離工程は、土粒子間隙水中の重金属や、土粒子表面に吸着・結合している重金属を安価で安全な脱離剤で液中に脱離させ、凝集沈殿して分離水とともに除去する工程であり、すすぎ工程は、脱離工程後、間隙水中に分離水と同濃度で残存している重金属を、きれいな水ですすぐ工程である。</p> <p>本技術により管理型処分場等へ搬出処分していた重金属汚染土壌中の粘性土を分級・回収し、埋め戻しに利用することが可能であり、これにより、低コスト・低負荷を図ろうとする方法である。</p>			
評 価			
(経済性)		粘性土の汚染土壌を場外処分する場合に比べて 70%程度に費用を軽減できると見積もられ、洗浄処理水のリサイクル、処理後土壌の再利用可能性が確認されている点からも低コスト性は優れている。しかし、本技術は大規模な現場に適用する技術であり、小規模な現場でどの程度コスト軽減できるかは、今後の実証する必要がある。	
(環境負荷)		浄化に伴う廃棄物の最終的な排出量は、全量を掘削処分した場合に比べて1/30に減少していること、二酸化炭素排出量も大幅に削減されていることから、低負荷であると評価できる。	
(総合評価)		比較的低濃度の六価クロムに汚染された粘性土の洗浄浄化に有効な技術であることが実証された。ある程度大量の粘性土を対象に浄化する技術として、低コスト・低負荷であると評価できる。	

代表機関名		技術の名称	
株式会社奥村組		浸漬処理による重金属汚染土壌の浄化技術	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
対策	掘削除去(浄化後埋め戻し)	重金属等	現場内

技術の原理	
<p>重金属で汚染された土壌を洗浄剤に漬け置きする方法を前処理として適用することで、有害物質が溶出し易い雰囲気と醸成して溶解性が比較的高い有害元素を脱離させる処理（浸漬処理）と、その後に行う洗浄分級によって難溶解性の有害元素を多く含む細粒分を分級除去する処理（分級処理）の二過程から成る。</p> <p>洗浄剤として生体活動の代謝経路生成物質としても知られているクエン酸を用いて人体ならびに環境への負荷低減を図り、また低濃度での適用により低コスト化を図ろうとする方法である。</p>	
評価	
<p>（経済性） 一定規模以上の浄化においては、掘削除去よりも低コストになる可能性が示され評価できる。</p> <p>（環境負荷） 二酸化炭素排出量については、場外搬出に係る運搬距離によるが掘削除去の90%程度に低減できることが示され評価できる。</p> <p>（総合評価） 一定の条件下で実用的であり、場外搬出処分等の既存技術と比べてコスト及び環境負荷を低減することが可能と考えられる。一方で、汚染レベルが高い土壌に対する有効性、浸漬により溶出しやすくなること、排水や汚泥の処理コストなどに多少の問題があり、適用範囲は限られたものとなる可能性がある。</p>	

代表機関名		技術の名称	
株式会社鴻池組		間接加熱式熱脱着システム	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し）	重金属等	現場内、現場外
技術の原理			
<p>汚染土壌を最大約600℃まで加熱して汚染物質を土壌から揮発・分離させる技術である。実証調査の対象としたシアン化合物、PCB、油分（炭化水素類）のほか、有機塩素化合物やダイオキシン類、農薬類、低沸点金属である水銀等に汚染された土壌、もしくはこれらの複数の物質に汚染された複合汚染土壌へ適用可能である。</p> <p>本技術は、浄化性能が高く、排ガスの発生が少量でその処理が容易でありコンパクトな可搬式設備であること、また、現地で処理して埋戻しでき汚染土壌の運搬を伴わないことにより、低コスト・低負荷に浄化を行おうとする方法である。</p>			
評価			
<p>（経済性） 他の技術と比較して低コストであることが示されており、その条件設定の根拠は概ね妥当であると思われる。ただし、PCB汚染土壌の処理コスト検討においては、比較対象とする処理工法を追加することが望ましい。</p> <p>（環境負荷） 発生する排ガス・排水中のシアン等の汚染物質は問題のない濃度レベルとされているが、排ガス中に炭化水素が検出されており、その成分を明らかにすることが望ましい。</p> <p>（総合評価） 本技術の有効性及び実用性は総合的に高いと評価できる。</p> <p>その一方で、今回の実証試験の主旨から最も優先されるべき低コスト・低負荷に関する評価のうち、低コストについてはある程度の評価がなされていたが、低負荷については粉塵、騒音、振動等に関する評価が明らかでなく、今後の検討が必要である。</p>			

代表機関名		技術の名称	
株式会社鴻池組		高性能土壌洗浄システム	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し）	重金属等	現場内、現場外
技術の原理			
<p>高性能土壌洗浄システムは、従来の土壌洗浄システム（以下、基本型土壌洗浄システム）に、細粒土洗浄・回収システムであるマイクロスクラブシステム（以下、MSS）を付加したものである。MSSは、基本型土壌洗浄システムでは脱水ケーキとして排出される細粒分を、さらに洗浄・分級し、約20<math>\mu</math>m以上の土壌をMSS洗浄土砂として回収し、再利用するものである。</p> <p>本技術は、基本型のシステムに比べ産廃発生量（脱水ケーキ量）を大幅に削減することにより、低コスト・低負荷を図ろうとする方法である。</p>			
評価			
<p>（経済性） 土質によっては20%程度のコスト削減が可能であることが評価できる。</p> <p>（環境負荷） 粉塵、騒音、振動、悪臭、汚染拡散について測定結果から、問題ないことが示されている。また廃棄物として排出する脱水ケーキも35%程度の減量ができ、低負荷であると評価できる。</p> <p>（総合評価） 最終処分量が削減され、再利用土が増加するため、既存の洗浄技術に比べても低コスト・低負荷のシステムであると評価できる。</p>			

代表機関名		技術の名称	
佐藤工業株式会社北陸支店		土壌金属回収再生システム	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し）	重金属等	現場内
技術の原理			
<p>鉛汚染土壌とEDTA溶液（エチレンジアミン四酢酸・2Na溶液）を接触させることで土壌中に存在する鉛をEDTA-Pbとして液相に移行させ、汚染土壌から鉛の除去を図り、次に、土壌洗浄後の鉛を含むEDTA-Pb溶液に特殊な電気化学的手法に基づく処理（MRUシステム：Metal Recovery Unit System）を施すことで、EDTA-PbをEDTAとPbに分離し、鉛を金属態の鉛として回収すると同時にEDTAの再生を図る。さらに、再生したEDTAによって鉛汚染土壌の洗浄が可能となるシステムである。</p> <p>鉛を土壌から抽出し金属態の鉛として回収することで汚染物質の場外搬出を極力減少させ、土壌洗浄に用いるEDTA溶液の再生・再利用を図ることにより、低コスト・低負荷に浄化を行おうとする方法である。</p>			
評価			
<p>（経済性） 分級後の土壌を産業廃棄物として処分した場合と比べ若干のコスト安となることが示されている。しかし、さらに経費の切り詰めを行わないと既存技術に比べて割高になると考えられる。</p> <p>（環境負荷） 他の洗浄技術と同様に粉塵、騒音、悪臭などへの配慮が必要であると考えられる。また、使用するEDTAを外部へ排出させないための処理等についても検討が必要である。</p>			

(総合評価)  
 実証試験では、処理土壌の溶出量値が基準をクリアできず、技術の有効性を示すことができなかった。

代表機関名		技術の名称	
株式会社ナトー研究所		非セメント系不溶化材による重金属類含有量汚染土壌の処理工法	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
対策	不溶化埋め戻し	重金属等	現場内
技術の原理			
<p>複数重金属類で汚染されている土壌の原位置に搬入した混和装置により、汚染土壌に水を介して不溶化材エコルトンを混和する混和工程、次に、混和された混和物を原位置に少なくとも 24 時間放置する養生工程の二工程からなる工法である。使用する不溶化材エコルトンは、粘土鉱物、カルシヤ、石こう、苛性ソーダを主原料にして製造され、無公害型で品質が安定している。</p> <p>複数重金属類を外部に拡散させず、省エネ型で環境に負荷を与えず低コストで不溶化埋め戻しを行おうとする方法である。</p>			
評 価			
<p>(経済性)          従来の薬剤を使用した不溶化対策技術と比較すると安価である。</p> <p>(環境負荷)          騒音、粉塵にやや高い値が出ている。とくに、自走式土壌改良、高圧噴射方式における騒音及び粉じんの飛散については留意する必要がある。エネルギー消費に関しては比較的小規模の土木機械を使用しており、他の工法と比較して少ないと考えられる。また、廃棄物の発生も不溶化処理工法であるため一切なく、周辺環境への負荷度は小さいものと判断される。</p> <p>(総合評価)          複数の種類の重金属で汚染された土壌を、特殊な不溶化材料を用いて、金属類の溶出を防止する技術であり、実証試験の結果から、有効性、実用性が高いと判断される。経済性についても比較的安価な点が評価される。</p>			

代表機関名		技術の名称	
株式会社フジタ		植物を用いた重金属汚染土壌浄化技術－ファイトレメデイエーション－	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	適用物質種別	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し） 原位置浄化	重金属等	原位置、現場内
技術の原理			
<p>本技術は、土壌中の鉛をキレート剤によって可溶化した上で、植物を栽培し可溶化した鉛を植物体に吸収・蓄積させ、最終的に鉛を吸収した植物を系外に持ち出すことを基本構成としており、低コスト・低負荷で鉛を除去しようとする方法である。</p>			

## 評 価

### (経済性)

本技術のコストは、場外搬出手法の3分の1程度であり、また、一般的な洗浄処理のコストに比べていくらか安価であると考えられる。ただし、植物の栽培、管理、雨よけ資材やキレート資材の費用が必要であり、浄化が長期間になるとモニタリング等の費用がかさんでくるおそれがある。また植物体の処理を適切に行う必要があり、その内容によってはコストが変わってくると思われる。

### (環境負荷)

土壌掘削時及び浄化中の表層土壌からの粉塵の飛散に留意が必要であり、さらに、キレート剤の使用により二次的に周辺土壌や地下水汚染を引き起こすおそれがあるため、浸出水の処理を適切に行う必要がある。

また、エネルギー消費については、収穫した植物体をオフサイトの処理施設に運搬する際に多くを消費するが、掘削土壌を場外搬出する場合と比べると輸送量に違いがあることから大幅な削減となる。

### (総合評価)

植物浄化は、本質的に維持管理がほとんどいらぬ長所を有し、長時間の対策が可能な土地では将来的に重金属の除去に有効な技術になると考えられる。

しかし、抽出剤を用いる方法は、抽出剤による溶出の促進は地下水汚染を引き起こす可能性を高め、それを防ぐために雨水よけなどの設備を設けており、これらが浄化コストを押し上げる要因となっている。むしろ、抽出剤を用いずに時間をかけて浄化する方が本技術の特性を生かせると考えられる。高濃度汚染土壌を物理化学的な方法で処理した後に残る低濃度汚染の部分をゆっくりと浄化する技術として用いるのであれば、有望な技術と言える。