

## 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	実証試験の対象物質	適用場所
調査	-	カドミウム、六価クロム、シアン、水銀、セレン、鉛、砒素、ふっ素、ほう素	-
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） 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） 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） 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壤の施工管理	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	実証試験の対象物質	適用場所
調査	-	カドミウム、水銀、鉛、砒素	-
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>重金属汚染土壤の掘削除去・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壤の重金属の土壤含有量、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			
<p>（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。</p> <p>（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。</p> <p>（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。</p>			

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	実証試験の対象物質	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し）	六価クロム	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			
<p>（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。</p> <p>（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30分の1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。</p> <p>（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。</p>			

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	実証試験の対象物質	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し）	鉛	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を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	実証試験の対象物質	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し）	シアン、PCB、油	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の適用が可能である。</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、現地で処理して埋め戻しが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、それがどのような物質であるか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。 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じん、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	実証試験の対象物質	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し）	シアン、油	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」という。）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」という。）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、基本型土壌洗浄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・低負荷化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） 粉じん、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	実証試験の対象物質	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し）	鉛	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じん、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> <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。</p>			

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含有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	実証試験の対象物質	適用場所
対策	不溶化埋め戻し	カドミウム、六価クロム、水銀、鉛、砒素	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、粉じん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 - ファイトレメディエーション -	
技術の概要			
調査/対策	対策技術の区分	実証試験の対象物質	適用場所
対策	掘削除去（浄化後埋め戻し） 原位置浄化	鉛	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			
<p>（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。</p> <p>（環境負荷）  土壌掘削時及び浄化中の表層土壌からの粉じん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。</p> <p>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。</p> <p>（総合評価）  植物浄化は、本質的に維持管理がほとんど必要ない長所を有し、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。</p> <p>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。</p>			