

○山野辺純一¹・大久保敬祐¹・ブラーツ初枝¹・山崎将義¹・早澤敬一¹・西田憲司¹・
土壌汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会(第2期)¹
¹土壌環境センター



部会HP
関連情報掲載中

1. 背景・目的

土壌汚染対策法施行規則やガイドラインでは、浄化等処理方法の適用性や試験による効果の確認が求められているが、具体的な手順や方法は示されていない。

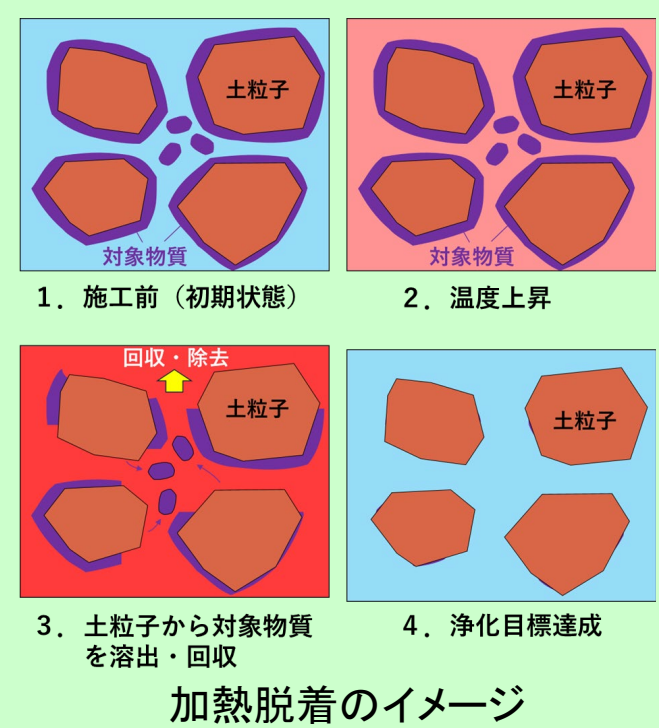
第一種特定有害物質、水銀、PCBや複合汚染に対応可能な技術として原位置加熱脱着処理に着目し、適用性試験フロー例を提示した。

2025度の研究集会での質疑・議論をふまえ、技術の詳細の追記および試験フロー例の改善を実施した。

2. 技術原理

《原位置加熱脱着処理》
土壌を加熱し浄化対象物質を土粒子から脱着させ、地上にて回収する処理技術である。

脱着の原理は、土壌中の対象物質に対し、加熱による地下水への溶出および気化・揮発の促進や水蒸気輸送等の様々な現象の効果を利用している。



3. 原位置加熱脱着処理技術と対応する対象物質

技術の種類		熱伝導加熱法	電気抵抗加熱法	加熱蒸気(スチーム)注入法
項目	イメージ図			
	加熱温度(地盤)	100℃ 以上も可能	100℃ 以下	100℃ 以下
対象地盤		砂礫、砂、シルト、粘土	砂礫、砂、シルト、粘土	透水係数が約10 ⁻⁵ m/secを超える砂や礫等の透水性の高い地層
対象物質(特定有害物質)		第一種特定有害物質、水銀、PCB	第一種特定有害物質	第一種特定有害物質
処理方法	加熱方法	ヒーターによる熱伝導加熱	電極によるジュール熱加熱	蒸気注入による加熱
	脱着の原理	温度による加熱脱着、水蒸気輸送による脱着		
	対象物質の回収方法	ガス吸引、揚水		
加熱の影響因子		地下水位や流速の大きさ	土壌の比抵抗値、地下水位や流速の大きさ	土壌の透気性、地下水位や流速の大きさ

4. 本適用可能性試験の目的

原位置加熱脱着処理を適用するに当たり、現地の土壌を用いた室内試験を行い、所定の温度で加熱処理した土壌の浄化目標達成の可否を確認し、適用可能性を評価することを目的とした。

5. 試験フロー例

1. 試験前の確認

※赤字は昨年度からの追記・改善内容

原位置加熱脱着処理が適するサイトであるか、既存の資料等により確認を行う。

- ・基準不適合物質の種類、範囲および深さや、基準不適合地点の範囲と深さ
- ・土壌溶出量と土壌含有量および浄化目標
- ・土質区分、自然含水比、湿潤密度、透水係数や、地下水位、流速、流向
- ・地下構造物(基礎、埋設管等を含む)、埋設物(廃棄物を含む)の有無
- ・土壌の比抵抗値(電気抵抗加熱法の場合)や土壌の透気性(加熱蒸気(スチーム)注入法の場合)

2. 試料採取

ボーリングマシン等により対象深度の土壌を採取する。

- ・浄化対象となる場所・深度から土壌を採取する。
- ・土壌試料は、対象物質が化学変化を起こさないように密封できる容器へ隙間なく詰め、冷暗所で保管する。



写真 土壌採取容器の例

3. 浄化対象の初期性状確認

土壌試料を用いて分析を行い、試験の初期性状を把握する。

- ・前項で採取した土壌試料における基準不適合の物質・項目(溶出量または含有量)を測定する。土壌溶出量は、環境省告示第18号「土壌溶出量調査に係る測定方法を定める件」にて、また土壌含有量は、環境省告示第19号「土壌含有量調査に係る測定方法を定める件」に従い測定する。

4. 加熱試験

土壌試料を均一化する。

- ・土壌試料中の石等を除去し、ホバートミキサー等で均一化する。また、第一種特定有害物質等揮発性の物質が含まれる場合は、揮発しないようビニール袋に入れ、手で混合する等の方法で行う場合もある。土壌試料の均一化後に対象物質の溶出量・含有量を測定し、試験の初期値とする。

対象物質の種類や土壌試料の溶出量・含有量等により、加熱温度、加熱時間を定める。

- ・加熱温度は、過去の実績や対象物質の性状(蒸気圧や沸点等)を考慮して設定する。
⇒例えば、VOCは40～100℃、水銀は90～600℃、PCBは、325～600℃等がある。
- ・加熱時間を定める。
⇒加熱時間は、土壌溶出量基準を目標とした場合では、加熱時間を3日、7日、14日とすることがある。また、浄化目標が対象物質濃度の減少傾向を確認する場合では、数時間の加熱処理で評価する場合もある。
⇒加熱条件の設定例として、右表に実汚染土壌(シルト)の40℃での加熱試験の事例を示す。

■留意点および補足説明

・対象物質の添加、含水比の調整

均一化した後、土壌試料の含水比を測定し、自然含水比と同等の水分量へ調整する。対象物質の溶出量や含有量が事前の調査結果と異なる場合は、対象物質を土壌に添加し、再分析する場合もある。

■実汚染土壌の加熱試験事例

37mlガラス瓶に土壌を30g分取、蓋に3mmの穴を空け各温度で所定の日数を養生し、分析

40℃での養生時間	初期	3日	7日	14日
TCE				
上段mg/L	0.001	ND	ND	ND
下段mg/kg	0.27	0.06	0.07	ND
cis-DCE				
上段mg/L	0.002	ND	ND	ND
下段mg/kg	0.06	0.01	ND	ND
含水率(%)	25.7	23.2	19.8	10.3

上段：溶出量試験結果
下段：含有量試験結果(底質調査法を参考)

4.3 加熱試験装置の準備

加熱処理に必要な温度・時間を維持可能な能力の加熱機器を用意する。

- ・加熱処理に必要な温度や時間を維持可能な加熱装置を用意する。
- ・土壌を入れる加熱容器には、試験の規模や内容に応じた耐熱容器を用意する。
⇒土壌中に熱電対等を設置し、随時温度を測定する。また、容器には圧力ポンプを接続した空気を取り込む為の導入管や脱着した対象物質を排気ガス処理装置等へ送る排出管を取り付ける場合がある。
- ・加熱試験時には対象物質を含んだ排気ガスが発生するため、排気ガス処理装置を用意する。

土壌試料を加熱装置に入れ、加熱処理を行う。

- ・土壌試料の中心温度が設定温度に達するまで加熱する。設定温度を維持し、所定の時間経過後、加熱を止め、自然冷却し、常温となったことを確認した後に土壌試料を取り出す。
⇒加熱処理では試験中に脱着した対象物質が土壌容器内に残存しないよう圧力ポンプにより空気を土壌容器内に導入し、排出を促す場合がある。

加熱処理後の土壌試料の分析を行う。

- ・土壌溶出量の測定は、3.と同じ方法で分析する。

試験結果から原位置加熱脱着処理の適用可能性を評価する。

- ・適用可能性の判断基準は、設定温度における加熱処理後の土壌試料の土壌溶出量および土壌含有量が浄化目標を満足していることである。

6. おわりに

本稿では、原位置加熱脱着処理に関する適用可能性試験(室内試験)の一例として、具体的な手順や留意事項を示した。センター会員企業をはじめとした皆様の汚染除去等計画作成時や適用性を確認する際の判断の参考になればと考える。

■留意点および補足説明

・ブランク試験

導入した空気で対象物質が揮発し浄化効果が過大に評価されることが無いことを確認するため、空気を導入した状態で加熱処理を行わないブランク試験も同時に実施することが望ましい。

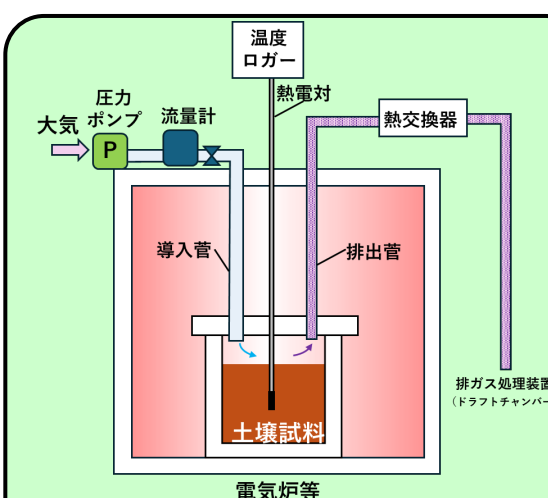


図 加熱試験装置の模式図

【参考】

- S2-18 透過性地下水浄化壁(分解)に関する適用可能性試験の検討
- S2-19 実施措置等の適用可能性試験の手引き(事例集)に関する検討
- S3-23 原位置化学処理(酸化分解)に関する適用可能性試験の検討
- S4-19 原位置化学処理(還元分解)に関する適用可能性試験の検討ー第2報ー