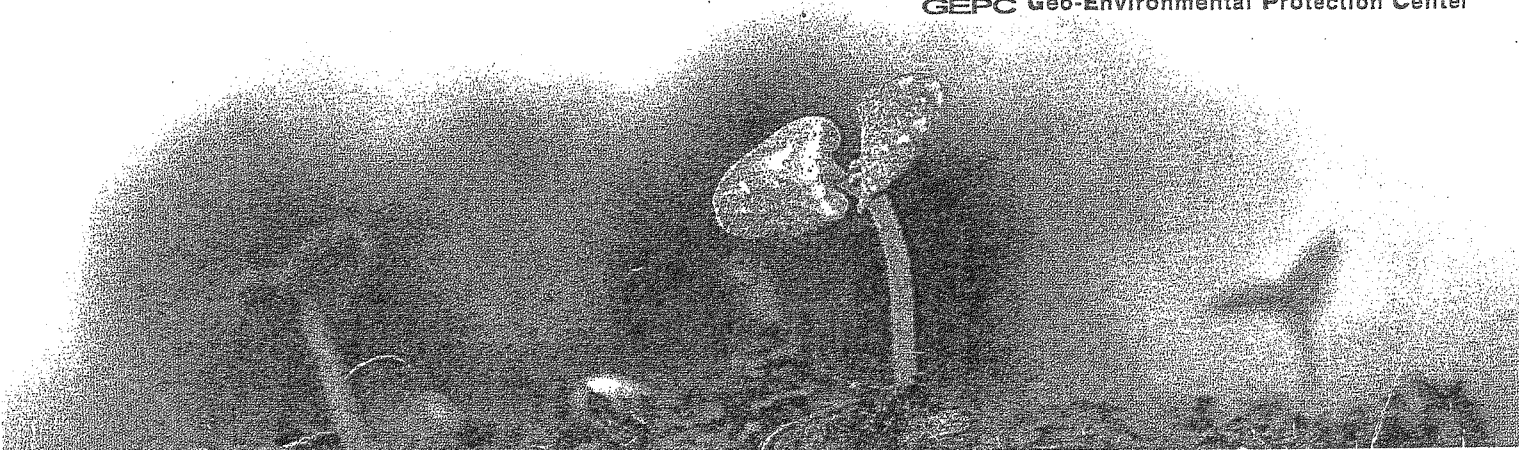


土壤汚染対策法に基づく 調査及び措置の技術的手法の解説

監修： 環境省
Ministry of the Environment

編： 財団法人 土壤環境センター
GEPC Geo-Environmental Protection Center



- ① 適用可能性試験が事前に実行され、対象となる特定有害物質についての挙動が十分に把握されていること。
- ② 浄化作業に伴う排水、特定有害物質の揮散等による水質・大気への拡散を防止することができること。
- ③ 浄化を実施する場所、及び元の汚染土壌、浄化未確認土壌、汚染濃縮土壌等を一旦仮置する場所は二次汚染を防止するための措置が講じられていること。
- ④ 場内使用の重機・車両、あるいは指定区域外への汚染土壌の搬出を行う場合の運搬車両のタイヤ、車体に付着した汚染土壌を指定区域外へ移動させないような対策がなされていること。
- ⑤ 本措置は完了後に指定区域の指定の解除を前提としているため、浄化後の土壌の品質管理が必要であり、品質を満足しなかった場合の対策も考慮されていること。
- ⑥ 浄化に際して、掘削除去後、埋め戻しを実施するまでに時間を要する場合においては、掘削場所が崩壊等することのないような安全上適切な措置が施されていること。

浄化に使用される個別技術の概論については、以下にまとめるが、これらの個別技術は指定区域外の浄化でも実施されるものである。

指定区域内での浄化措置を考えた場合、熱処理、洗浄処理に分類される方法は必ず設備設置を必要とするため、比較的大量の汚染土壌について長い期間をかけて対策を講じようとする場合でなければ経済的に検討の対象とならないことが多い。これに対して、化学処理・生物処理・抽出処理については小規模で実施可能な場合が多い。

(7) 熱処理

熱処理とは汚染土壌を加熱することにより特定有害物質を抽出又は分解するものであり、効果面からは特定有害物質を分解処理する熱分解と比較的沸点が低い物質を土壌から抽出する熱脱着・揮発に分類される。第一種特定有害物質や第三種特定有害物質、一部の第二種特定有害物質に分類されるものに広く対応できる技術である。特に複合汚染土壌に対してよく使用される。

熱処理温度は特定有害物質によって異なるが高温熱分解は 800～1000℃あるいはそれ以上(高温)で、抽出(脱着)を目的とするものでは 400～600℃程度(中温)、抽出(揮発)を目的とするものでは 150～200℃(低温)で実施されることが多い。また、特定有害物質によっては触媒や酸化剤、還元剤を用い、より効率的に処理することもある。

処理後の性状を考えると土壌としての機能面では、一般的に抽出(揮発・脱着)を意図して低温、中温で処理したものは土壌として再利用できる可能性があるが、高温処理後の土壌は大きな質的变化を伴う。

このような熱処理設備においては、分解生成物等を捕捉するため、あるいは抽出(揮発・脱着)物を分解・捕捉するため適切な排ガス処理装置が不可欠である。また効率の面からもある程度以上の規模での連続運転が望ましいことから、設備の充実した工場で実施することがほとんどである。

特に、安易な炉の転用や運転条件設定では想定しない特定有害物質の生成が起こる場合があるので、信頼される設備での処理が望まれる。

(1) 洗浄処理

洗浄処理は、汚染土壌の恒久対策技術としては、比較的歴史が長く、又、実績も

多い技術であり土壤洗浄プラントが用いられる。適用対象としては、第二種特定有害物質・第三種特定有害物質や、これらと油分が共存した場合が挙げられる。

土壤を機械的に洗浄して特定有害物質を除去する方法で、土壤を粒度により分級して、特定有害物質が吸着・濃縮している画分を抽出（分離）することと、特定有害物質を洗浄液中に溶解させることが基本となっている。洗浄の効率は、土粒子の粒径に関係し、一般に土粒子のうち粗粒分からは特定有害物質の除去はしやすく、細粒分からの除去は困難である。そのため汚染の濃縮した細粒部土壤及び特定有害物質が溶解した洗浄水は、二次処理物として発生し、この処理を別途行う必要がある。

土壤洗浄法は、いくつかの工程の組み合わせにより成り立っている。水又は他の溶媒による洗浄工程、篩分離・比重分離等による分級工程、その他に磁着物を分離する磁力分離工程、表面性状の違いで分離を行う浮上分離工程等で、これらの選択及び組み合わせは対象とする特定有害物質や土壤の土質によって異なるため事前の適用可能性試験によって決定される。

その他の特徴として、大量で安価な処理が可能であり、土壤に対して大きな質的变化を及ぼさないため浄化土壤の再利用が可能である等があるが、前述したように抽出（分離）技術であるため対象土壤中から特定油外物質の全てを取り除くことは困難で、必ず二次処理物が生じるためこれを処理する必要があること、大量の水を使用するためそれらを処理する必要があること等が留意点としてあげられる。

(ウ) 化学処理

汚染土壤に薬剤を添加し、化学的に特定有害物質の分解を行う。第三種特定有害物質や第一種特定有害物質を含む汚染土壤に対する次亜塩素酸や過マンガン酸処理、過酸化水素と鉄を使用するフェントン法等による酸化処理、第一種特定有害物質を含む汚染土壤に鉄粉を添加して分解を行う還元的な脱塩素処理、PCB 汚染土壤に対するアルカリ触媒分解等がある。PCB 汚染土壤に対するアルカリ触媒分解は、土壤にアルカリ剤を添加して比較的低温で加熱し、土壤から分解除去するとともに回収した PCB を脱ハロゲン化して無害化する熱脱着と化学的分解を合わせた一連のプロセスである。

このように、適用対象は分解が期待される第三種特定有害物質、第一種特定有害物質、シアン化合物等に限定される。他の方法と比較して、比較的強力な分解能力のため短期間での分解が可能である、特定有害物質の濃度や土質等にも比較的影響を受けにくい特徴があるが、物質ごとに適切な薬剤の検討が必要であるとともに、条件によっては想定しない有害物質の生成が起こる場合があるので、事前の適用可能性試験結果を見て判断することが必要となる。

特にこのような分解方法の検討では特定有害物質の減少のみでなく、分解経路や分解生成物が確かめられた上で、物質収支の観点から議論されているかが重要である。

(イ) 生物処理

汚染土壤に棲息する分解微生物（微生物自体を添加することもある。）を利用し、生物的に特定有害物質の分解を行う。海外では油分に対する分解では確立されており、近年は第三種特定有害物質や第一種特定有害物質を含む汚染土壤にも使用されるようになってきた。

表 対象物質と基準値

| 特定有害物質 | | 指定基準 | |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|
| | | 土壌含有量基準 (mg/kg) | 土壌溶出量基準 (mg/L) |
| 揮発性有機化合物 (第1種特定有害物質) | 四塩化炭素 | — | ≤0.002 |
| | 1,2-ジクロロエタン | — | ≤0.004 |
| | 1,1-ジクロロエチレン | — | ≤0.02 |
| | シス-1,2-ジクロロエチレン | — | ≤0.04 |
| | 1,3-ジクロロプロペン | — | ≤0.002 |
| | ジクロロメタン | — | ≤0.02 |
| | テトラクロロエチレン | — | ≤0.01 |
| | 1,1,1-トリクロロエタン | — | ≤1 |
| | 1,1,2-トリクロロエタン | — | ≤0.006 |
| | トリクロロエチレン | — | ≤0.03 |
| | ベンゼン | — | ≤0.01 |
| 重金属等 (第2種特定有害物質) | カドミウム及びその化合物 | ≤150 | ≤0.01 |
| | 六価クロム化合物 | ≤250 | ≤0.05 |
| | シアン化合物 | ≤50(遊離シアンとして) | 検出されないこと |
| | 水銀及びその化合物 (うちアルキル水銀) | ≤15 (≤15) | ≤0.0005 (検出されないこと) |
| | セレン及びその化合物 | ≤150 | ≤0.01 |
| | 鉛及びその化合物 | ≤150 | ≤0.01 |
| | 砒素及びその化合物 | ≤150 | ≤0.01 |
| | ふっ素及びその化合物 | ≤4,000 | ≤0.8 |
| | ほう素及びその化合物 | ≤4,000 | ≤1 |
| 農薬等 (第3種特定有害物質) | シマジン | — | ≤0.003 |
| | チウラム | — | ≤0.006 |
| | チオベンカルブ | — | ≤0.02 |
| | PCB | — | 検出されないこと |
| | 有機りん化合物 | — | 検出されないこと |