

操業中事業場における 地下水汚染拡大防止の原位置処理技術

第20回 東京都土壤汚染処理技術フォーラム
2026年1月27日

エコサイクル株式会社
技術研究本部
前田 信吾



エコサイクル株式会社

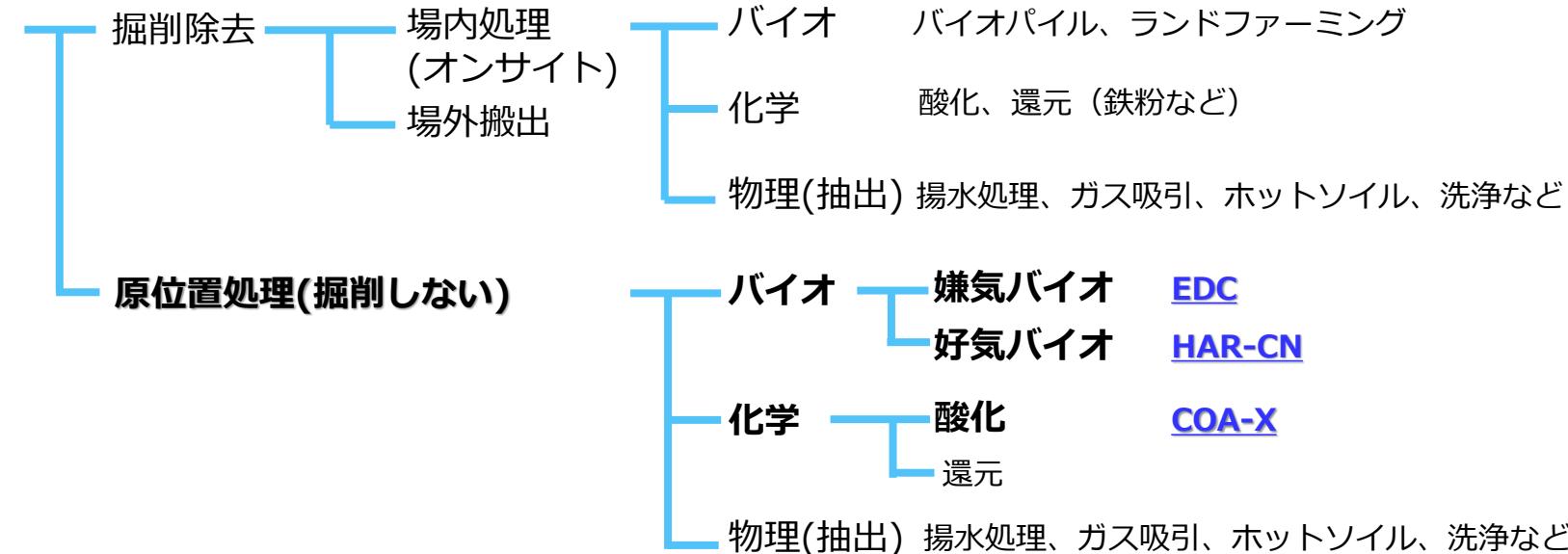
操業中事業場向けに認定された4つの原位置処理技術をご紹介します。

- ◆ バイオ栄養源**EDC**による原位置バイオ浄化法（塩素系VOC）
- ◆ バイオ栄養源**EDC-M**による原位置バイオ不溶化（六価クロム化合物）
- ◆ バイオ栄養源**HAR-CN**による原位置バイオ浄化法（シアノ化合物）
- ◆ 化学酸化剤**COA-X**による原位置化学分解法（塩素系VOC+ベンゼン）

土壤地下水汚染対策技術 ~今回認定技術の位置づけ~

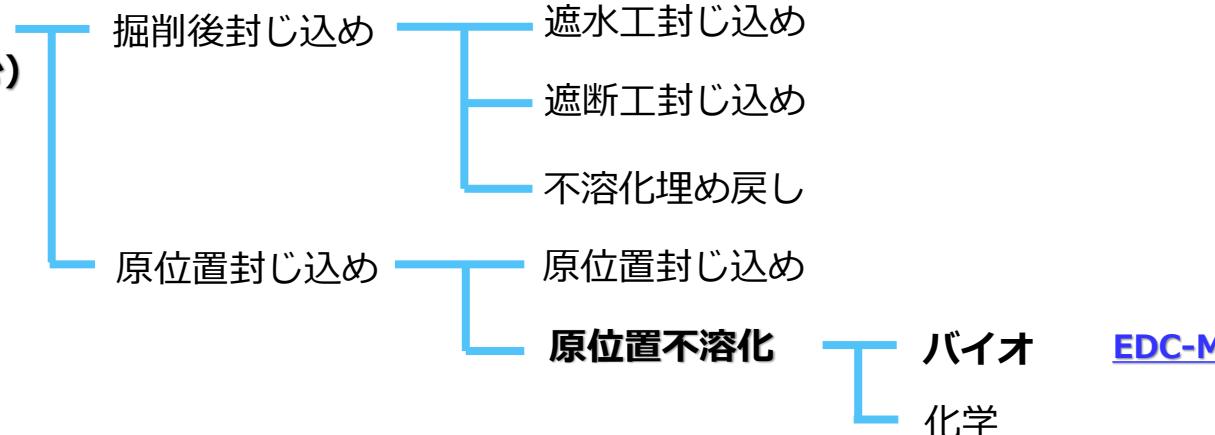
除去型

土壤汚染の除去（浄化）



管理型

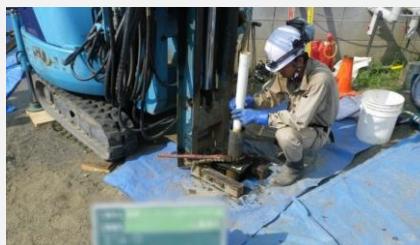
封じ込め（不溶化含む）



原位置処理とは

汚染された土壤や地下水を**その場（原位置）**で処理すること
→掘削のように現地の土を別の場所へ移さない工法

注入イメージ（小規模設備）



井戸建込



作液



注入量管理



浄化剤注入

原位置浄化のメリット

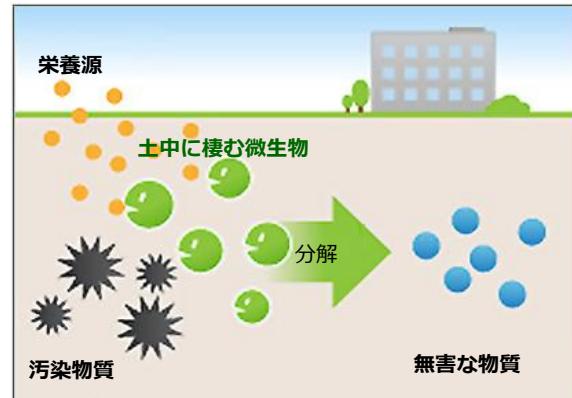
- ✓ 運搬処分がほとんど発生しないため**掘削に比べ約1/3のコスト**
- ✓ 汚染物質によっては**建物が残ったままでも**処理可能
- ✓ 稼働中の工場等の場合、処理費用を損金として経費で処理する事も可能
- ✓ 開発前後の事業活動中にも**処理**できるので計画的な不動産開発が可能
- ✓ **環境負荷の軽減**が可能。
 - 掘削除去における重機使用、汚染土の運搬・処分に要するCO₂排出量廃棄物量の削減
 - 揚水処理におけるポンプ稼働によるCO₂排出量の削減が可能

塩素系VOC浄化用 バイオ栄養源EDCの概要

バイオ浄化剤EDCを注入し、土着の微生物を活性化することで、有機塩素化合物を分解・浄化する方法です。



多様な成分により有効微生物群を活性化

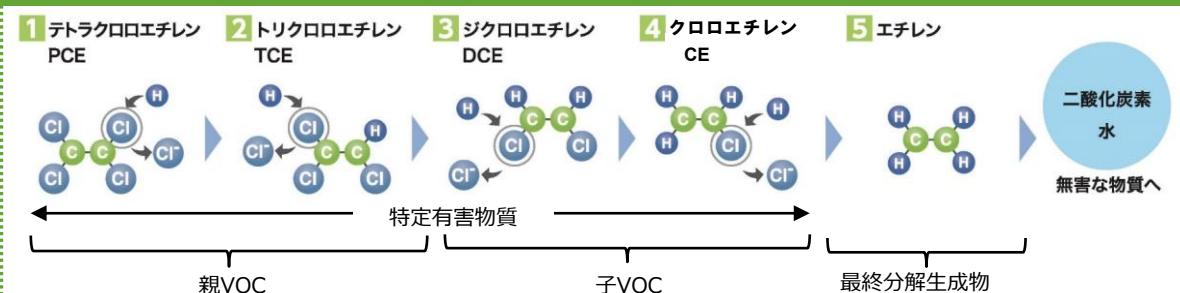


土着の有効微生物群により汚染を無害化



土壤・地下水をスピーディーに拡散

微生物による分解工程



当社技術では、天然の微生物の力で、上図のようにVOCを無害な物質まで分解

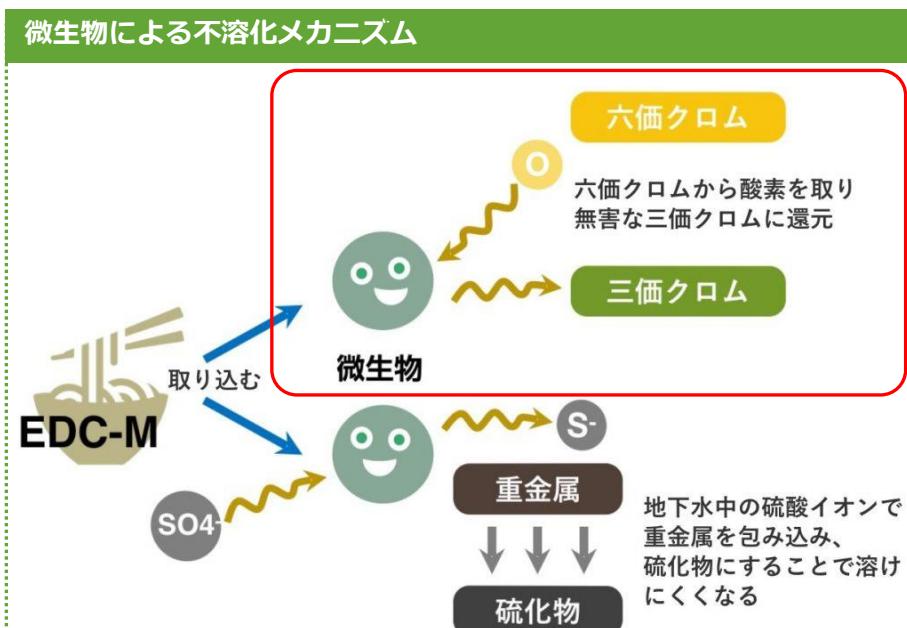
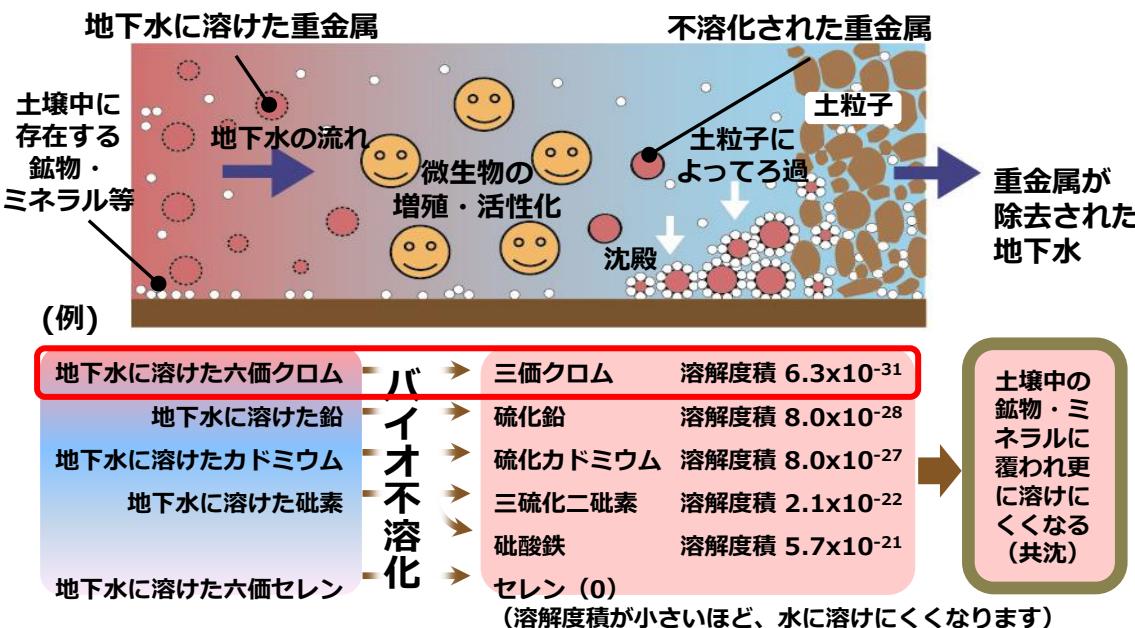
特徴

短工期	EDCは水に溶解し易く、分解・利用し易いため、スピーディに拡散し、短期間で汚染を分解・除去。
高濃度汚染も対応	EDCは高濃度汚染中に生息する微生物も活性化できます (TCE数百mg/Lの高濃度汚染を浄化した実績) 土壤に吸着した汚染溜まりを溶出・分解
高い安全性	EDC原料は食品材料で安全性が高く、使用後に残存しない。 EDCの拡散・到達状況はTOC等 (全有機炭素) により監視・コントロール可能。 副生成物 (クロロエチレン等) も含めて分解
低コスト	掘削除去に比べ1/3程度の低コスト。
簡易な設備で可能	工場・店舗操業中でも施工が可能。

六価クロム不溶化用 バイオ栄養源EDC-Mの概要



現場の土壤・地下水に棲む自然の微生物に栄養源を与え活性化させ、その力で地下水に溶けた重金属を**不溶化**します。栄養源はエコサイクル社の**EDC-M**を使用します。

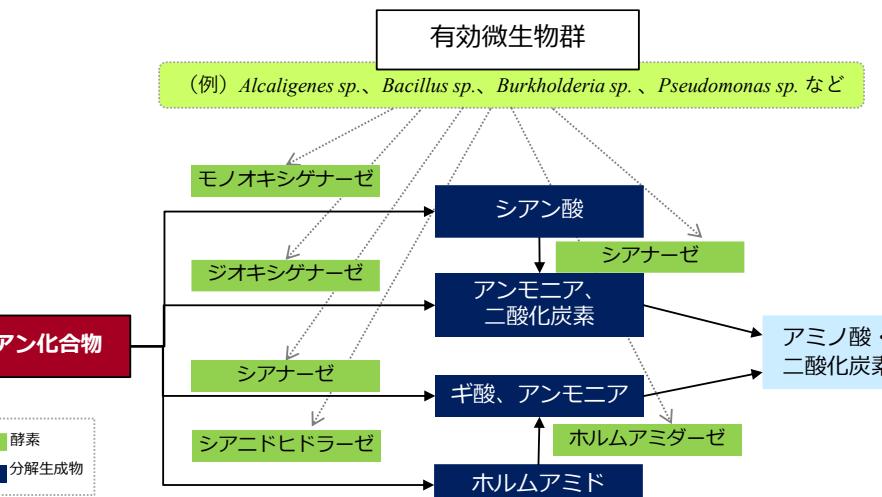
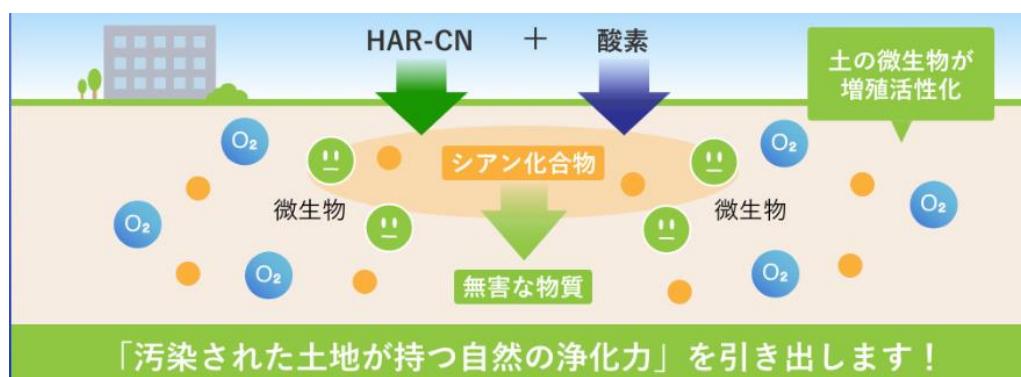


短工期	EDC-Mは 水に溶解し易く、分解・利用し易いため、スピーディに拡散し、短期間 で六価クロムを不溶化。
高濃度汚染も対応	EDC-Mは 高濃度汚染 中に生息する微生物も活性化 (数十mg/Lの地下水中六価クロムを不溶化した実績)
高い安全性	EDC-M原料は 食品材料 で安全性が高く、使用後に残存しない。EDCの拡散・到達状況はTOC等 (全有機炭素) により 監視・コントロール 可能。

- *Pseudomonas ambigua, Microbacterium*
(好気状態で酵素により Cr^{6+} を Cr^{3+} に還元)
- *Pseudomonas* sp., *Bacillus subtilis*
(嫌気状態で Cr^{6+} を最終電子受容体として利用し Cr^{6+} を Cr^{3+} に還元)

シアノ化合物浄化用 バイオ栄養源HAR-CNの概要

- HAR-CNは、土壤・地下水中に生息する微生物を活性化させ、シアノ化合物による汚染を分解させるための栄養源です。
- HAR-CNと酸素を土中に供給する事で、自然が持つ自浄作用が加速され、汚染を安全に浄化することができます。



シアノ化合物は、微生物の酵素反応を経て、二酸化炭素・アミノ酸等の無害な物質に分解されます。

HAR-CN1	微生物を増やします シアノ分解に関わる微生物群（コンソーシアム）を増殖・活性化させ、シアノ分解微生物にとって良い環境を作り出します。	
HAR-CN2	シアノの分解を促進します シアノ分解微生物がシアノを分解するための直接的な栄養源になります。	
HAR-CN3	水に溶けにくいシアノを溶解させます 土壤に吸着・結合したシアノ化合物を、地下水に溶解させます。そうすることにより、微生物が分解しやすい状態にします。	

HAR-CNの特長

微生物にとって使いやすい構成	シアノ化合物を分解する微生物に対し最適な栄養バランス、配合比で設計されています。
効果が速い	水溶性が高いため対象箇所へ広げやすく、また、到達後は微生物が浄化環境を素早く作り上げるため、速く効果を得る事ができます。 (注入後約1~6か月の短工期)
高い安全性	環境有害性がなく安全な製品です。また、外来微生物を導入する必要がなく、その土地に在来する微生物を利用して浄化するため安心です。

化学酸化剤COA-Xの概要

Chemical Oxidation Agent (化学酸化剤) を由来として名付けられています。

COA-Xは、過硫酸ナトリウムを主成分とする化学酸化剤です。適切な活性化剤との反応により強力なラジカル等の分解種が発生し、汚染物質の分解反応が進みます。



VOC
PAH TPH
など 有機汚染物質



性状	粉体	対象物質	<ul style="list-style-type: none">石油系炭化水素 (ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、鉱物油、多環芳香族化合物)有機塩素化合物 (テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ジクロロメタン、ジクロロエタン、クロロエチレン (塩化ビニル)、四塩化炭素、ジクロロベンゼン)1,4-ジオキサン 等
色	白色		
比重	2.6g/mL		
pH	6.1、1% w/w		

特長

- 一般的な酸化剤であるフェントンに比べて持続性が高いので、効果範囲が広くなります。
- 複数の分解種により様々な種類の物質に対して分解効果があります。

ダブルパッカー注入について ~深度別注入技術~

ダブルパッカー注入とは、ボーリング機でサイト地面に孔を掘り、そこに加圧注入用の二重管を設置し、深度毎に薬剤を圧力をかけて注入します。

加圧注入により透水性の低い粘性土に対応できること、深度毎に注入が可能で液が浸透しにくく汚染がたまって濃度が高くなりがちな粘性土の深度を狙って注入が可能なことから、粘性土層がある現場において有効な注入方法です。

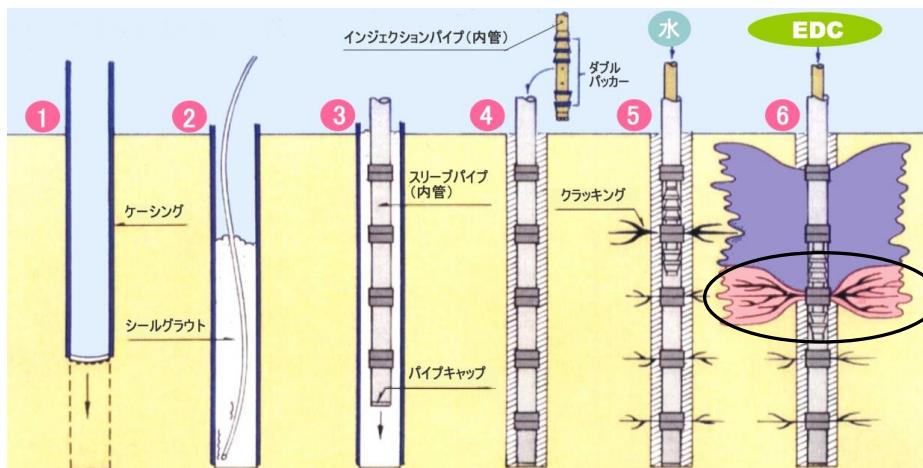


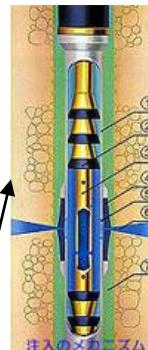
図. ダブルパッカー注入イメージ



注入外管・内管からの送水状況



注入口からの送水状況



スポットで実施する場合の小規模設備



稼働工場内の土壤浄化の注入状況



稼働工場内の注入プラント状況

加圧注入

粘性土、多少の粒子状材料も注入OK

深度ごとに注入

汚染濃度などに応じて深度方向に注入量を配分可能

+

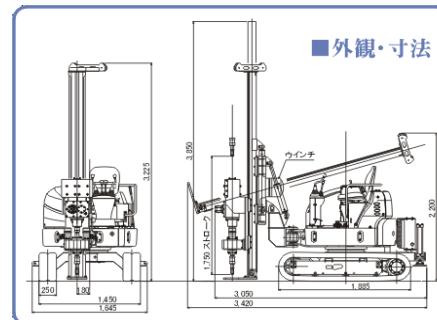
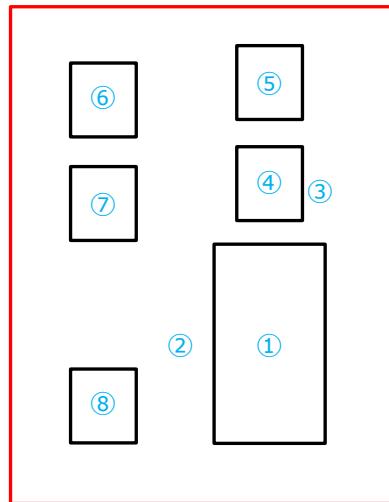
大規模な設備不要

地上部は、注入液調整タンク、送液ポンプ・ホース等面積：
数m×数m

施工機材とスペース (例)

井戸設置

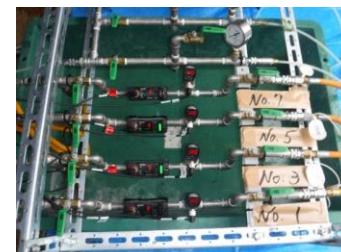
ECO-1V または同等機種



注入作業



薬液タンク等



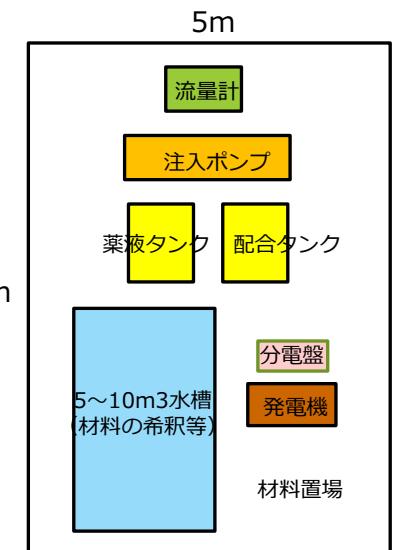
注入ポンプ・バルブ類



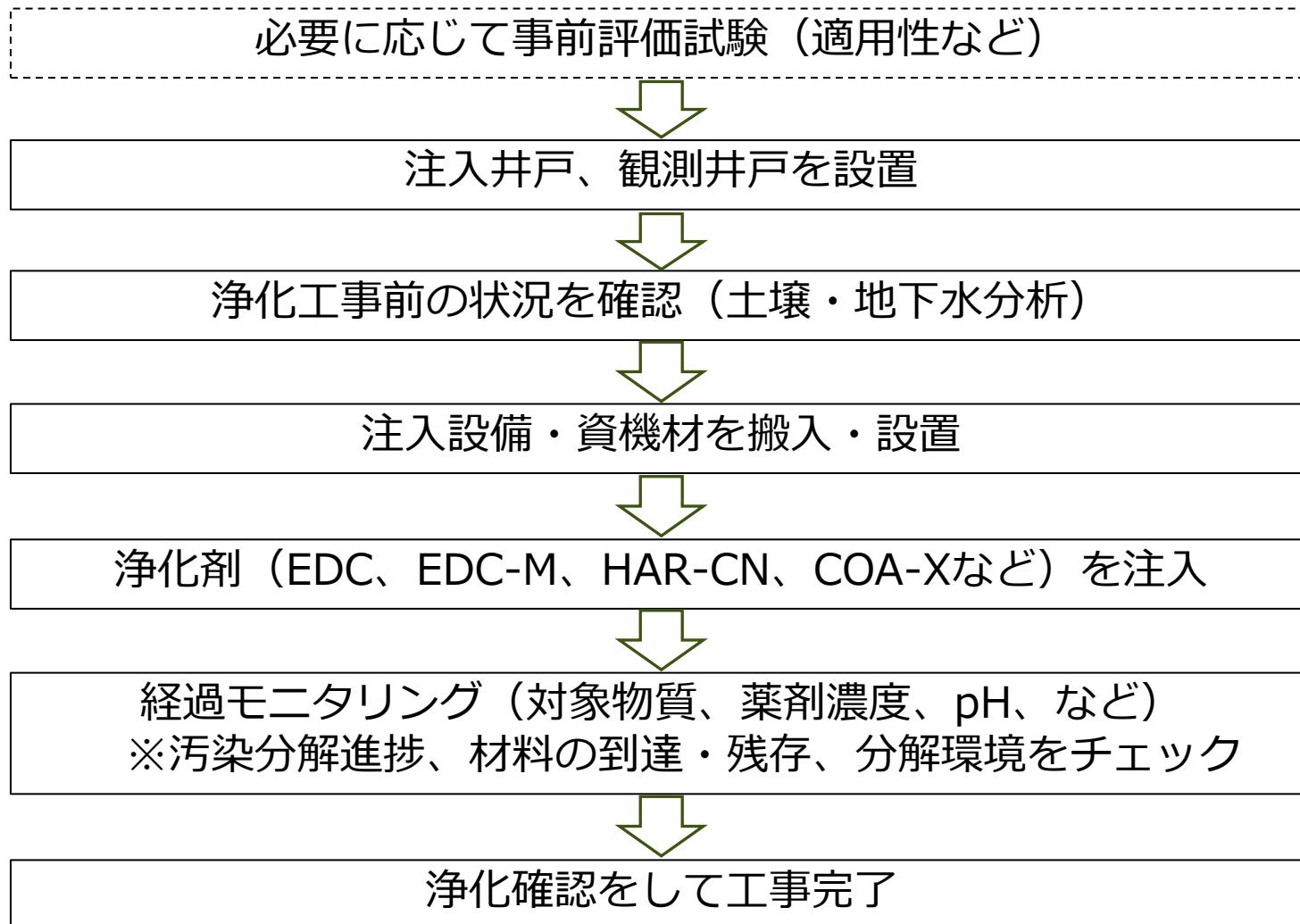
5~10m³水槽
(材料の希釀等)



注入機器



基本的な施工フロー



今回認定技術まとめ

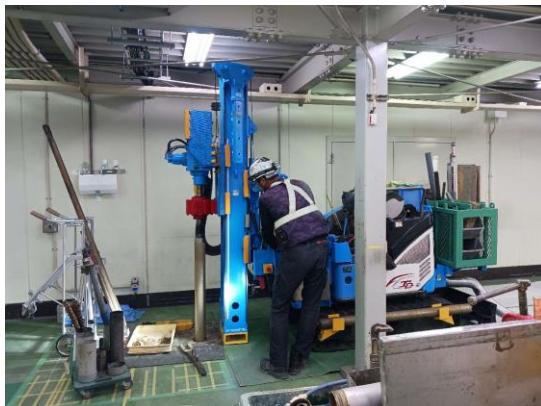
	EDC	EDC-M	HAR-CN	COA-X
対象汚染	第一種 塩素系VOC	第二種 六価クロム化合物	第二種 シアン化合物	第一種 塩素系VOC+ベンゼン
原理	バイオ (嫌気) 分解	不溶化	バイオ (好気) 分解	化学 分解
	土着微生物を活性化して分解環境を形成し、嫌気性微生物の脱塩素反応により分解	土着微生物を活性化して嫌気環境を形成し、六価クロムを三価クロムに還元・不溶化	土着の好気性微生物を活性化してシアン化合物を分解	COA-Xと活性化剤が反応して生成したラジカルによりVOC等有機物を化学的に分解
期間	3~12ヶ月	1~3ヶ月	2~4ヶ月	1~3ヶ月
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 大型の重機が不要で、注入井戸の設置に使用する機械、浄化剤を注入するための設備は、簡易・コンパクトな機材で建屋内・稼働中事業所における対応が可能です。 ✓ 対象地内に計50~60m²程度の作業ヤードを確保することができれば、施工が可能です。 ✓ 狭隘地・稼働中事業所における実績が豊富です。 			
周辺環境への影響	温和な処理	温和な処理	温和な処理	やや強い処理
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地盤変状がほとんど生じない ✓ 環境配慮タイプ[®] (低騒音) の発電機・ボーリングマシン等の施工機械を使用 ✓ 注入管理 (注入速度・圧力) により地上への漏液対策を徹底 ✓ 運搬車両は、交通法規を遵守 			
実績数	数百件	20件以上	20件以上	20件以上

操業中事業場対応①

操業中の事業場における薬液注入（原位置浄化）工事では、**生産活動への影響を最小限に抑えつつ、確実な浄化効果を得るための工夫が求められます**。以下に具体的な施工上の工夫例を挙げます。

1. 施工空間・機器の工夫

①小型・低空頭ボーリングマシンの採用
工場棟内や天井の低いエリアでも、コンパクトな機械を使用して施工します。



②プラントの仮設場所の分散と小規模化
薬液ミキシングプラント（ミキサー、ポンプ）を稼働の邪魔にならない隅や屋外に設置します。



③移動式プラント・車載型システムの活用
必要に応じてその都度設置、撤去ができる移動式の装置を活用し、スペースを有効活用します。



操業中事業場対応②

2. 環境・安全性・操業への配慮

① 低騒音・低振動型建設機械の使用

稼働中の生産設備に影響を与えないよう、国土交通省の指定する低騒音・低振動型を採用します。機械から発生する排気ガスが屋内に充満しないように、排出ルートを確保します。

② 薬液注入井戸のシールド（密閉）

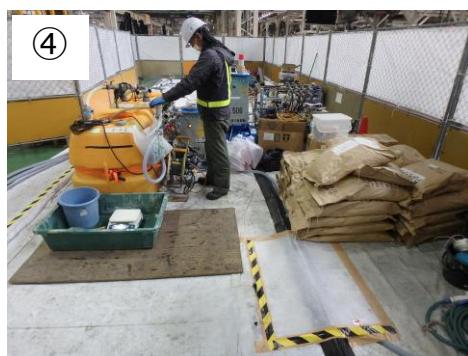
室内作業では、薬液が飛散しないよう、パッカー（井戸の封止材）を用いた閉鎖系施工で、漏液や有害物質の飛散を防ぎます。

③ 夜間または休日施工

操業のピーク時を避け、操業に影響の出ない時間帯で集中的に注入を実施します。

④ 養生パネル・防音シートの設置

作業スペースをカーテンやパネルで仕切り、粉塵や騒音が工場内に拡散するのを防止します。



3. 施工手法の工夫

① 少量多点注入の採用

一度に大量の薬液を注入すると地盤が押し上げられるリスクや床面への漏液リスクがあるため、低圧で少量ずつ細かく注入を行い、土壤への負荷を軽減します。

② 既存施設（既存井戸）の有効活用

あらかじめ汚染状況を精査し、以前設置した観測井戸があればそれを活用し、新規の掘削箇所を最小限に抑えます。

4. 運営・管理上の工夫

① モニタリング（監視）の徹底

稼働中、土壤や地下水に異常がないか、定期的なサンプリング調査で汚染拡散がないことを確認します。

② リスクコミュニケーションの実施

作業計画や有害物質の取扱いについて、事業場の管理者と作業員が事前に詳細な協議を行い、安全対策を徹底します。

これらの工夫により、操業中の工場等でも、業務に支障をきたすことなく、安全に土壤汚染の浄化を進めることができます。

ご清聴ありがとうございました

【お問い合わせ】

 〒103-0016
東京都中央区日本橋小網町17番10号 日本橋小網町スクエアビル4階

 03-6661-1875

 エコサイクル株式会社