

令和 7 年度 新たに認定した地下水汚染拡大防止技術（操業中の工場等に適用）

技術名	技術の種類	申請者	新たに認定した 適用する汚染状態	これまでに 認定済み
1 原位置浄化（原位置分解）生物処理法	透過性地下水浄化壁	株式会社大林組	ケース⑨ ケース⑬	ケース① ケース③
2 バイオメタガード工法	透過性地下水浄化壁	株式会社大林組	ケース⑪ ケース⑮ ケース④	ケース②
3 薬剤注入による汚染拡散防止壁工法	透過性地下水浄化壁	株式会社大林組	ケース⑪ ケース⑮	ケース② ケース④
4 原位置浄化工法：BioJet 工法	原位置浄化	ケミカルグラウト 株式会社	ケース⑬ ※	ケース① ケース③
5 温促バイオ®	原位置浄化	株式会社竹中工務店	ケース⑨ ケース⑫ ケース⑬ ケース⑯ ※	ケース① ケース⑥
6 バイオ栄養源 EDC による塩素系 VOC の 原位置バイオ浄化法	原位置浄化	エコサイクル株式会社	ケース⑨ ケース⑬ ※	ケース① ケース③
7 化学酸化剤 COA-X による原位置化学分解法	原位置浄化	エコサイクル株式会社	ケース⑨ ケース⑬ ※	ケース⑥
8 バイオ栄養源 HAR-CN によるシアン化合物の 原位置バイオ浄化法	原位置浄化	エコサイクル株式会社	ケース⑩ ケース⑭ ※	ケース⑤
9 バイオ栄養源 EDC-M による六価クロム化合物の 原位置バイオ不溶化法	原位置不溶化	エコサイクル株式会社	ケース⑪ ケース⑮ ※	ケース②
10 PlumeStop®・S-MicroZVI®・ATV1 株 コンソーシアを用いた地下水バリア工法	透過性地下水浄化壁	株式会社エンバイオ・ エンジニアリング	ケース⑨ ケース⑬	ケース① ケース③

※ 適用できる土地に条件あり
汚染状態 **工場操業中**；**工場廃止後**

適用する汚染状態の条件

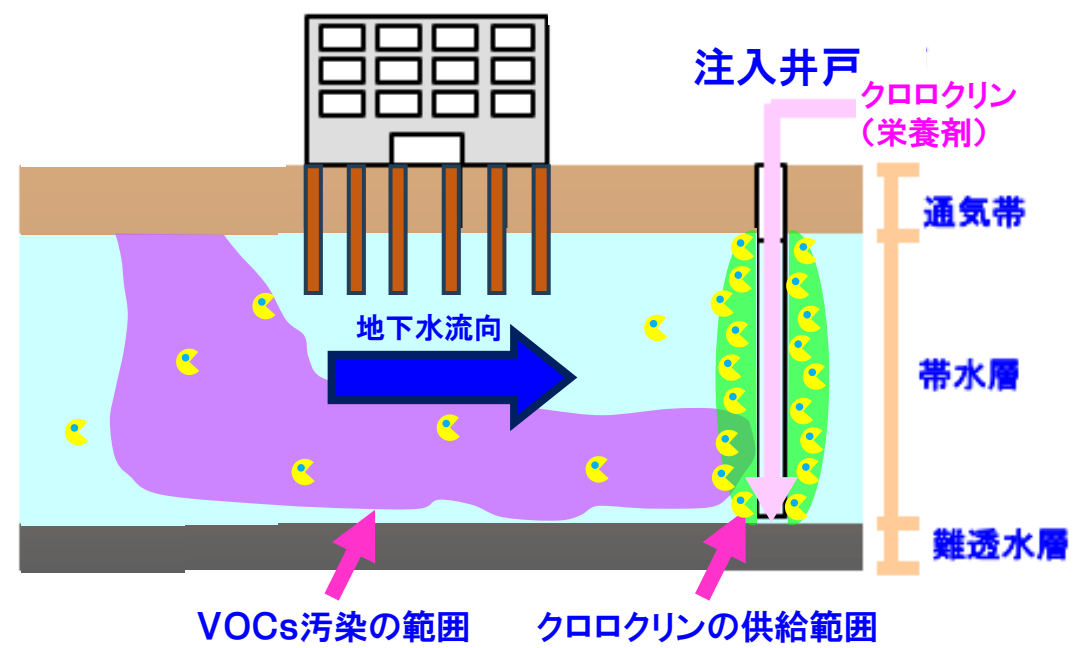
	汚染状態	地 形	
		東京低地 (砂・シルトなど)	武蔵野台地 (ローム・砂礫など)
工場廃止後の土地	VOC 汚染（主にエチレン系）	ケース①	ケース③
	重金属汚染（主に六価クロム化合物）	ケース②	ケース④
	重金属汚染（主にシアン化合物）	ケース⑤	ケース⑦
	VOC 汚染（主にベンゼン）	ケース⑥	ケース⑧
工場操業中の土地	VOC 汚染（ベンゼンを除く）	ケース⑨	ケース⑬
	重金属汚染（主にシアン化合物）	ケース⑩	ケース⑭
	重金属汚染（主に六価クロム化合物）	ケース⑪	ケース⑮
	VOC 汚染（主にベンゼン）	ケース⑫	ケース⑯

ケース⑨⑬ 技術の種類：透過性地下水浄化壁

【技術の概要】

クロロクリン工法
当社が開発した微生物栄養剤「クロロクリン」を地盤に注入し、地盤中の微生物を活性化させることにより、VOCsを微生物分解します。クロロクリンは4種類あり、汚染濃度や地盤条件に応じて適切に使用します。

対象物質	第一種特定有害物質 (ベンゼン、1,3-ジクロロプロペンを除く)
適用濃度	各物質とも第二溶出量基準、第二地下水基準への対応可能。 適用濃度の目安は、地下水基準の200倍程度となる。 上記より高濃度汚染の場合は、1回の栄養剤注入で浄化が完了しないこともあるため、栄養剤の繰り返し注入（再施工）を行うことで対応する。



クロロクリン工法のイメージ



クロロクリン注入設備例

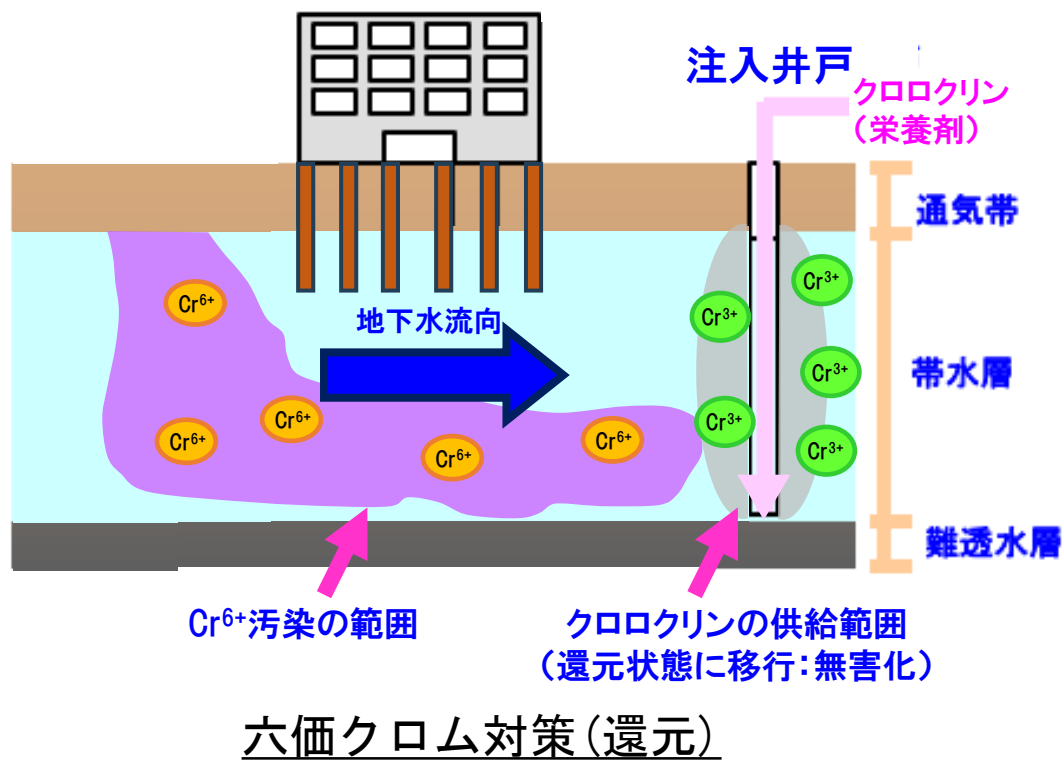
ケース⑪⑮④

技術の種類：透過性地下水浄化壁

【技術の概要】

当社が開発した微生物栄養剤「クロロクリン」を地盤に注入し、地盤中の微生物を活性化させることにより、地盤内を還元雰囲気にして六価クロムを三価クロムに変化させます。カドミウムは地盤の還元化に伴い不溶化させます。地下水流速が大きい場合は遮水壁を併用します。

対象物質	六価クロム、カドミウム
適用濃度	各物質とも第二溶出量基準不適合、第二地下水基準不適合への対応可能。



注入微生物栄養剤



井戸設置例 (未供用地)

操業中 3 技術名：薬剤注入による汚染拡散防止壁工法

申請者：株式会社大林組

ケース⑪⑮ 技術の種類：透過性地下水浄化壁

【技術の概要】

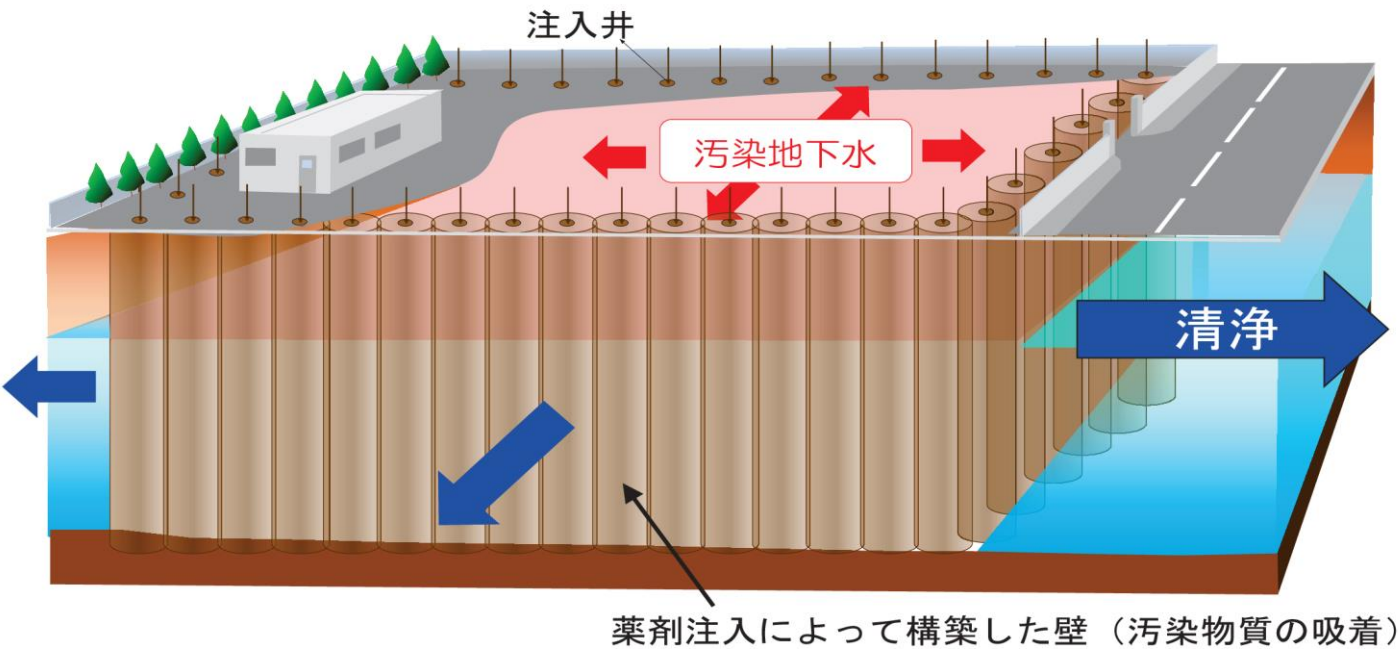
汚染範囲やその周囲、あるいは地下水下流側敷地境界部に柱列状に設けた井戸からスラリー薬剤を注入し、汚染物質を吸着する壁を構築します。汚染地下水が壁を通過する際に、地下水から汚染物質を吸着・除去し、汚染の拡散を防止します。汚染物質種類、濃度等により薬剤を選定しますが、今回は酸化鉄を主成分とする無害な薬剤を提案いたします。

対象物質

カドミウム、六価クロム、水銀、セレン、鉛、砒素、ふっ素、ほう素

適用濃度

各物質とも第二溶出量基準、第二地下水基準への対応可能。砒素は基準値の990倍の汚染地下水、六価クロムは基準値の5,000倍の汚染地下水でもそれぞれ適用可能。



透過性地下水浄化壁の概要



注入薬剤（吸着剤・酸化鉄微粒子）

施工状況（薬剤注入）

ケース⑬

技術の種類：原位置浄化

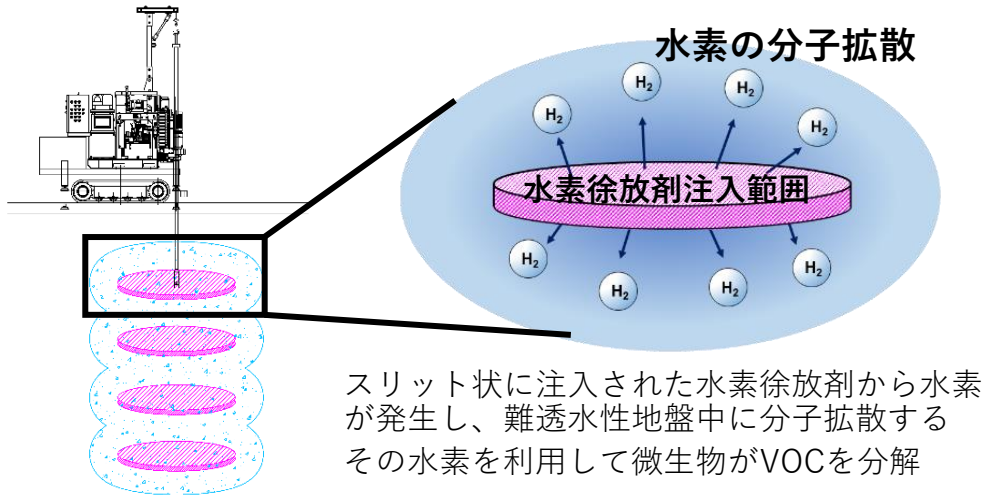
【技術の概要】

ウォータージェット技術を用いて地盤を切削し空隙を作成する。その空隙に薬剤（水素徐放剤）を注入する。この注入範囲より水素分子が発生し時間の経過により拡散する。この水素を栄養源とするVOC分解微生物が活性化することでVOCを分解浄化する技術。

対象物質	第一種特定有害物質(ベンゼンを除く)
適用濃度	原則3mg/L程度 (過去事例では40mg/Lでも適用可の事例有)
適用条件	<ul style="list-style-type: none">・ 薬剤効果の確認試験が事前に必要・ 適用濃度は事前の試験により変動する可能性がある・ プラント用地もしくは工事車両駐停車が可能であることが必要・ 不飽和帯では適用できない可能性がある・ 浄化完了まで数年を要する可能性がある・ N≧5の粘性土層では工事費・期間が大幅に増大する可能性がある

VOCで汚染された地下水・土壌の浄化技術として、微生物を利用したバイオレメディエーションが期待されている。従来の掘削除去などと比較して施工コストや環境負荷の面に優れている一方で、従来手法は注入方式が一般的であり、主に透水性の高い地盤を対象とし、難透水性地盤では適用が難しいとされてきた。難透水性地盤においては、大型機械による機械攪拌工法が用いられているが、この手法は地盤を泥濘化させ、地盤の強度低下を招き、その後の土地利用が制限されることがある。

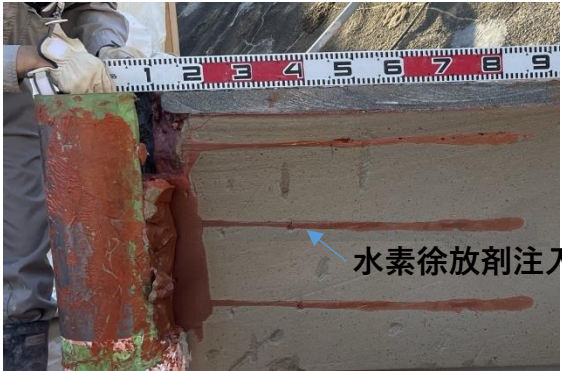
これらの課題を克服する手法として、ウォータージェット技術を用いて、水素徐放剤を地盤にスリット状に注入する技術を開発した。



独自開発ノズルで地盤をシャープに切削



噴射ノズルにより、超高压ジェット噴流をよりシャープに噴射することで地盤を乱すことなく切削



深さ方向に一定間隔でスリット状に切削・注入するため、地盤を泥濘化させない（着色水素徐放剤の地盤鉛直切り出し状況）

ケース⑨,⑫,⑬,⑯

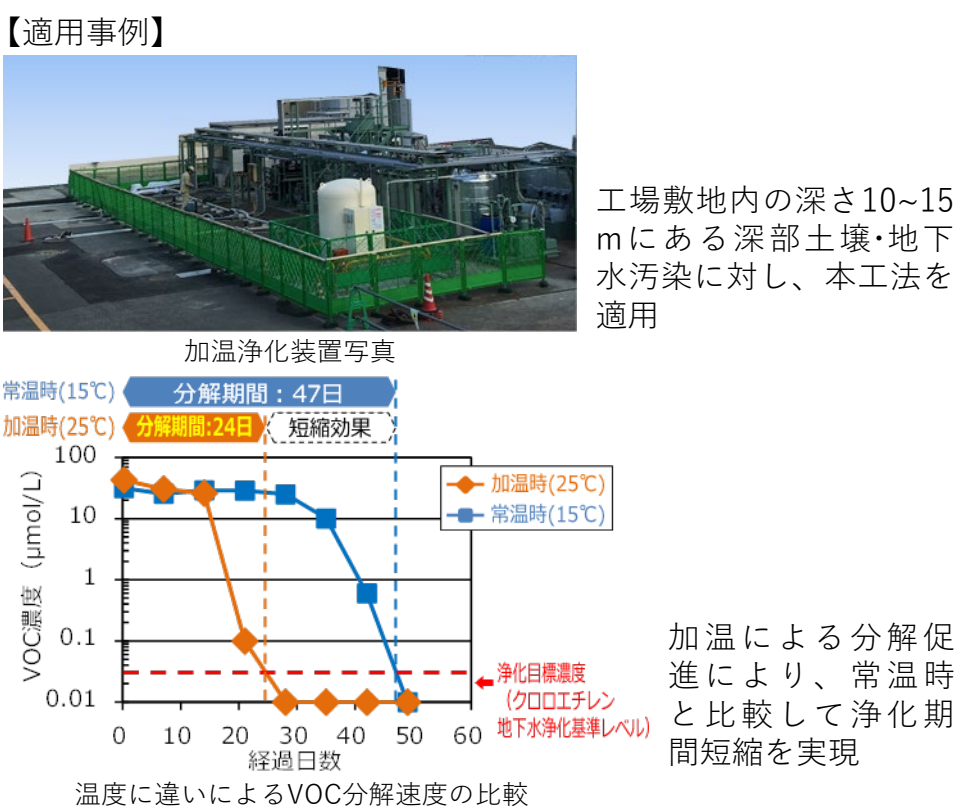
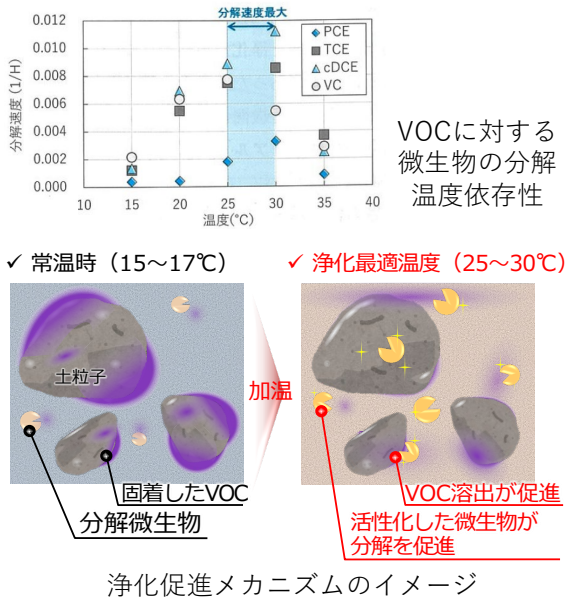
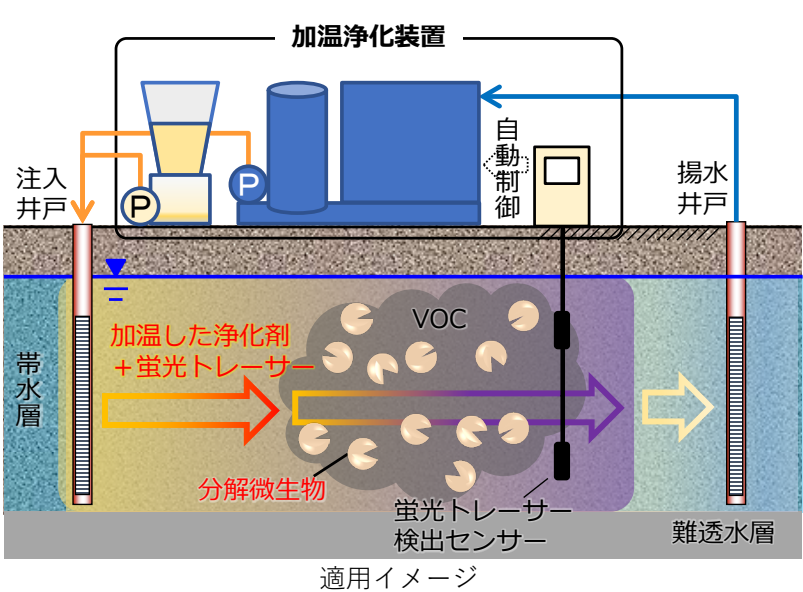
技術の種類：原位置浄化

【技術の概要】

当技術はバイオスティミュレーションの一種であるが、浄化剤を混合した温水（以下、加温浄化剤）の注入により微生物の浄化ポテンシャルを最大限に引き出し、従来のバイオスティミュレーションに比べ、短期間でかつより確実に浄化することを可能としたものである。不飽和帯にも汚染が存在する場合は、土壌ガス吸引法を組み合わせ対応する。また、蛍光トレーサーのモニタリングを用いた注入制御を行うことで、加温浄化剤の注入ムラを低減することも可能である。

対象物質	トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、1,3-ジクロロプロペン、クロロエチレン、ベンゼン
適用濃度	トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン：10mg/L程度 （事前の適用性試験結果により適用濃度が向上できる可能性） ベンゼン：10mg/L程度

- 【温促バイオにおける浄化メカニズム】
- ・地盤を25~30℃に温めて微生物を活性化し、VOCの浄化を促進。
 - ・加温することで、土粒子からのVOCの水への溶解を促し、土壌汚染の浄化を促進。
 - ・浄化剤に加えたトレーサー濃度と温度の計測により、地盤内温度と浄化剤濃度の分布を可視化。
 - ・計測と可視化の繰り返しにより、“浄化ムラ”を残さない加温浄化制御へのフィードバックを実施。



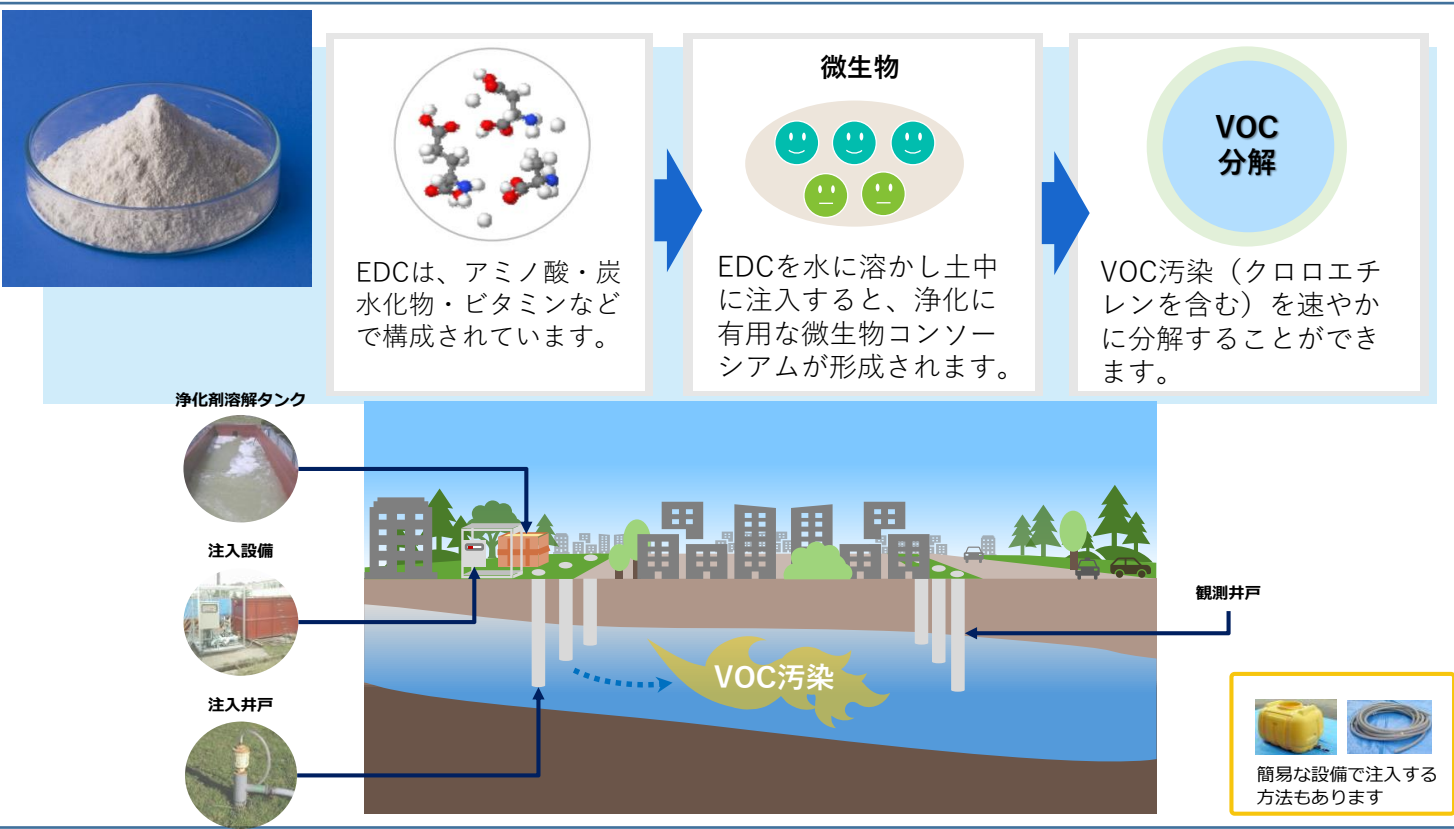
ケース⑨⑬

技術の種類： 原位置浄化

【技術の概要】

食品材料で構成される安全なバイオ栄養源EDCを地盤に注入し、現場に生息する微生物を活性化させて特定有害物質をバイオ分解することで、土壌・地下水から特定有害物質を除去する方法です。掘削除去に比べて低コスト・低環境負荷であり、狭隘地でも適用しやすいコンパクトな方法です。注入工法の採用により大型の重機を用いる必要がないため、軟弱地盤かつ狭隘地における汚染に対しても地盤変状の懸念なく対策工事が可能です。対象地の粘性土に対しては、深度別の加圧注入が可能なダブルパッカー注入法を採用します。一般的なバイオ工法では、中間生成物のクロロエチレンの基準適合が困難な場合や、浄化期間が年単位になる場合がありますが、本方法は、数ヶ月程度でクロロエチレンを含めて浄化した実績が豊富にあります。

対象物質	ベンゼンを除く第一種特定有害物質 （四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン）
適用濃度	対象物質の合計濃度 100mg/L以下



短工期	EDCは 水に溶解 し易く、土壌・地下水中に スピーディに拡散 します。 また、 分解し易い 性質のため、微生物が嫌気性雰囲気を速く形成し、 短期間で汚染を分解・除去 できます。
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。 （トリクロロエチレン数百mg/Lの高濃度汚染を浄化した実績） また土壌に吸着した汚染溜まりを溶出・分解する効果を有するため、地下水汚染だけでなく、 土壌汚染 の浄化も可能です。このことは、地下水へのリバウンド防止にも効果的です。
高い安全性	EDC原料は 食品材料 です。EDCの減少により微生物も減少し、最後はEDC自身も分解して 残りません （生分解性試験確認済）。 またEDCの拡散・到達状況はTOC等（ 全有機炭素 ）を測定することで 監視 し、バイオ処理中の周辺への影響を コントロール しながら対策を行うことが可能です。 さらに、バイオ処理時の 副生成物 （クロロエチレン等） も含めて分解 し最終的にエチレン・無機塩・二酸化炭素・水等にします。
低コスト	掘削除去に比べ1/3程度の 低コスト です。
簡易な設備で可能	工場・店舗 操業中 でも 施工が可能 です。

ケース⑨⑬

技術の種類：原位置浄化

【技術の概要】

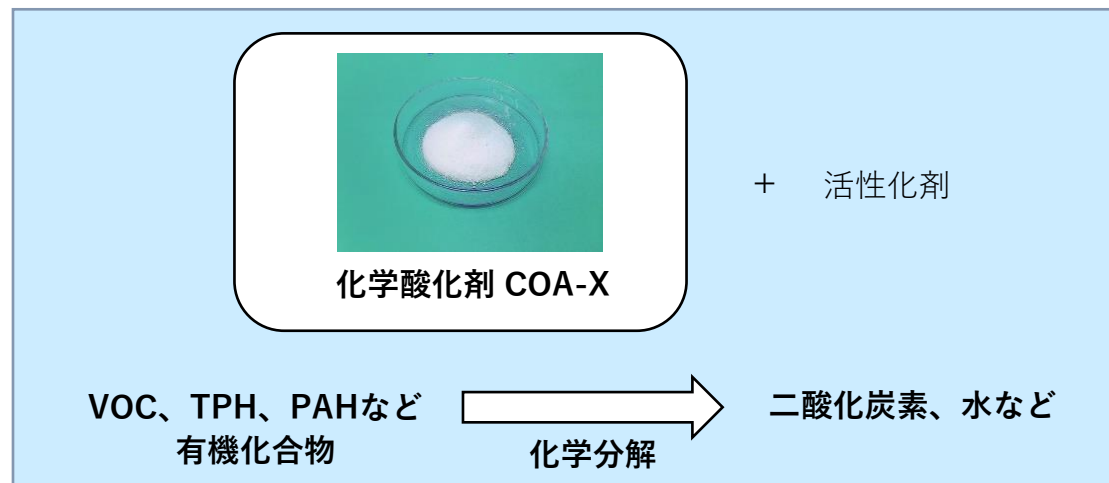
過硫酸塩ベースの化学酸化剤COA-Xを地盤に注入し、第一種特定有害物質（VOC類）を化学分解することで、土壌地下水から除去する方法です。
掘削除去に比べて低コストであり、分解スピードが速いため短工期、狭隘地でも適用しやすいコンパクトな方法です。
注入工法の採用により大型の重機を用いる必要がないため、軟弱地盤かつ狭隘地における汚染に対しても地盤変状の懸念なく対策工事が可能です。対象地の低透水性の地盤に対しては、深度別の加圧注入が可能なダブルパッカー注入法を採用します。

対象物質

第一種特定有害物質
四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,2-ジクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、ベンゼン

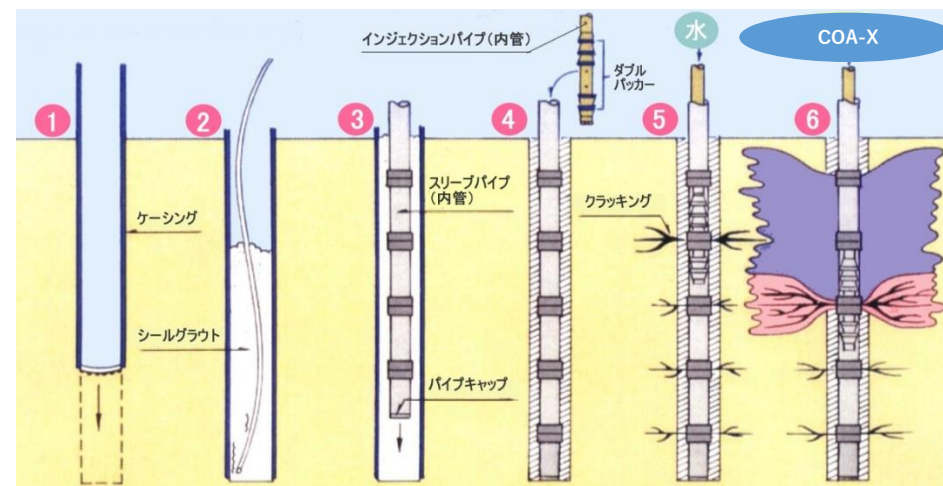
適用濃度

計 10mg/L未満 ※土壌溶出量、地下水



対象物質

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 など



適する現場

- ・工期が短い
- ・透水性が良い
- ・シルト
- ・有機物が少ない
- ・塩素系VOC及びベンゼンの複合汚染
- ・不飽和層に汚染がある

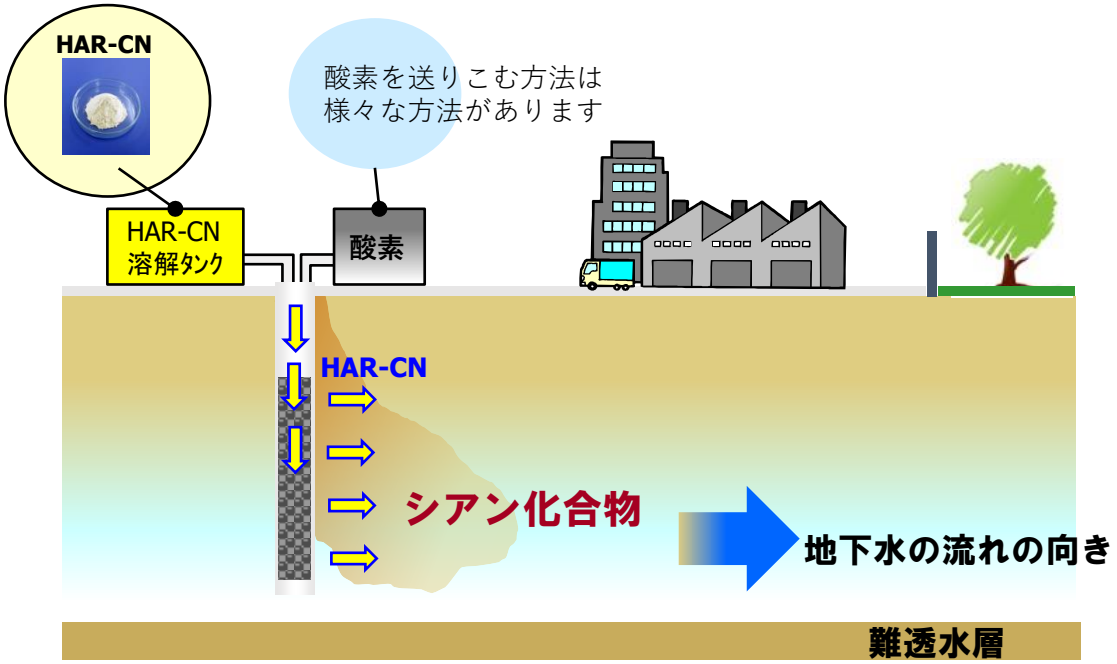
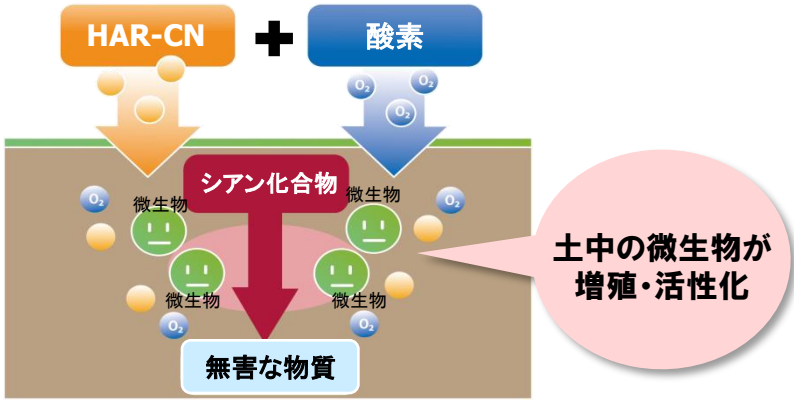
ケース⑩⑭

技術の種類：原位置浄化

【技術の概要】

食品材料で構成される安全なバイオ栄養源HAR-CNを地盤に注入し、現場に生息する微生物を活性化させてシアン化合物をバイオ分解することで、土壤地下水から除去する方法です。掘削除去に比べて低コスト・低環境負荷であり、狭隘地でも適用しやすいコンパクトな方法です。注入工法の採用により大型の重機を用いる必要がないため、軟弱地盤かつ狭隘地における汚染に対しても地盤変状の懸念なく対策工事が可能です。対象地の低透水性の地盤に対しては、深度別の加圧注入が可能なダブルパッカー注入法を採用します。シアン化合物のバイオ処理技術は、市場にあまり多くありませんが、当社技術は実績数が比較的多いものと考えています。

対象物質	第二種特定有害物質のうちシアン化合物
適用濃度	シアン化合物 2mg/L未満 ※土壌溶出量、地下水



『汚染された土地が持つ自然の浄化力』を引き出します！

短工期	注入開始から1～6ヶ月程度の短工期です。
効果範囲が広い	広く効果を得る事ができるため、飽和層に広がった汚染浄化に適しています。
大規模設備が不要	必要なユニットが小さく、建屋下の浄化、工場操業中の浄化に対応します。


ケース⑪⑮

技術の種類：原位置不溶化

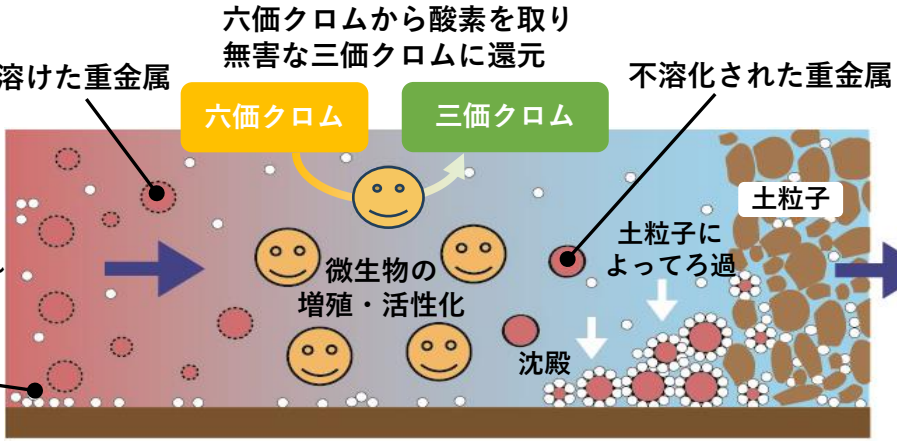
【技術の概要】

食品材料で構成される安全なバイオ栄養源EDC-Mを地盤に注入することで、現場に生息する微生物を活性化し、土壌・地下水の六価クロム化合物を三価クロム化合物に還元して不溶化することにより地下水を介した汚染拡大を防止する方法です。掘削除去に比べて低コスト・低環境負荷であり、狭隘地でも適用しやすいコンパクトな方法です。注入工法の採用により大型の重機を用いる必要がないため、軟弱地盤かつ狭隘地における汚染に対しても地盤変状の懸念なく対策工事が可能です。対象地の粘性土に対しては、深度別の加圧注入が可能なダブルパッカー注入法を採用します。浄化期間数ヶ月程度の短工期です。

対象物質	六価クロム化合物
適用濃度	100mg/L以下



EDC-Mを注入すると、微生物が増殖・活性化し、その力で地下水に溶けた重金属が不溶化されます。



短工期	EDC-Mは水に溶解し易く、土壌・地下水中にスピーディに拡散します。 また、分解しやすい性質のため、微生物が嫌気性雰囲気をつく速く形成し、短期間で六価クロムを不溶化します。
高濃度汚染も対応	EDC-Mは、例えば六価クロム数十mg/Lの高濃度汚染に生息する微生物も活性化できます。
高い安全性	EDC-M原料は食品材料です。EDC-Mの減少により微生物も減少し、最後はEDC-M自身も分解して残りません（生分解性試験確認済）。 またEDC-Mの拡散・到達状況はTOC等（全有機炭素）を測定することで監視し、バイオ処理中の周辺への影響をコントロールしながら対策を行うことが可能です。
低コスト	掘削除去に比べ1/3程度の低コストです。
簡易な設備で可能	工場・店舗操業中でも施工が可能です。

ケース⑨⑬

技術の種類：透過性地下水浄化壁

【技術の概要】

コロイド状の活性炭「PlumeStop®」及び零価鉄「S-MicroZVI®」並びにATV1株 コンソーシアを所定の割合で混合し、地下水流向の下流側敷地境界に沿って注入工法により透過性地下水浄化壁を設置します。「PlumeStop®」の高い吸着能により、地下水中の塩素化エチレン類を選択的に吸着してその拡散を阻止するとともに、多孔質構造が微生物の定着・繁殖に適した環境を提供し、吸着された汚染物質の分解を促進します。

「S-MicroZVI®」はその強い還元力により、地下水中の塩素化エチレン類を化学的に還元・分解するとともに、還元的な環境を構築します。この環境が ATV1 株コンソーシアの生物的脱塩素作用を活性化し、微生物による汚染物質の分解効率を高めます。

三種の技術の相乗効果により、敷地境界における地下水中の塩素化エチレン類濃度を、第二地下水基準超過を同基準適合にします。

対象物質	テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、クロロエチレン
適用濃度	テトラクロロエチレンを地下水濃度において基準の100倍未満を第二地下水基準適合まで適用可能。 トリクロロエチレン、1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、クロロエチレン地下水濃度において基準の500～1000倍程度までであれば第二地下水基準適合まで適用可能。

技術名	PlumeStop®・S-MicroZVI®・ATV1株コンソーシアを用いた地下水バリア工法		
対策目標	第二地下水基準未満		
使用薬剤	コロイド状活性炭【PlumeStop®】	コロイド状零価鉄【S-MicroZVI®】	ATV1株コンソーシア (Dehalococcoides属細菌)
注入地点・範囲 (想定)	下流側敷地境界		
注入方法	3種混合した薬剤を特定深度に特殊プローブを用いて注入 (※図-1参照)		
本工法の採用理由	VOCsによる地下水汚染の拡散防止対策として、コロイド状の活性炭【PlumeStop®】を敷地境界に注入し、透過性地下水浄化壁を設置する工法を提案する。本工法は、コロイド状の活性炭を地中に拡散させ、素早く有害物質 (VOCs) を吸着するとともに、土着の有害物質分解微生物の活性・分解を高める効果がある。なお、【PlumeStop®】による効果は、半永久的 (嫌気環境が維持され、分解微生物が存在する場合) となる。	【PlumeStop®】にコロイド状の零価鉄【S-MicroZVI®】を添加し注入することで、その還元作用を利用して、水中及び浄化壁に吸着された塩素化エチレンに対し脱塩素反応を促進させる。	ATV1 株コンソーシアは、環境省及び経済産業省の「微生物によるバイオレメディエーション利用指針」に適合しており、塩素化エチレン類に対する脱塩素効果が実証されている。これをコロイド状の活性炭や零価鉄【S-MicroZVI®】と同時に注入することで、ATV1 株コンソーシアに最適な還元環境が構築され、微生物による浄化能力が一層高められる。

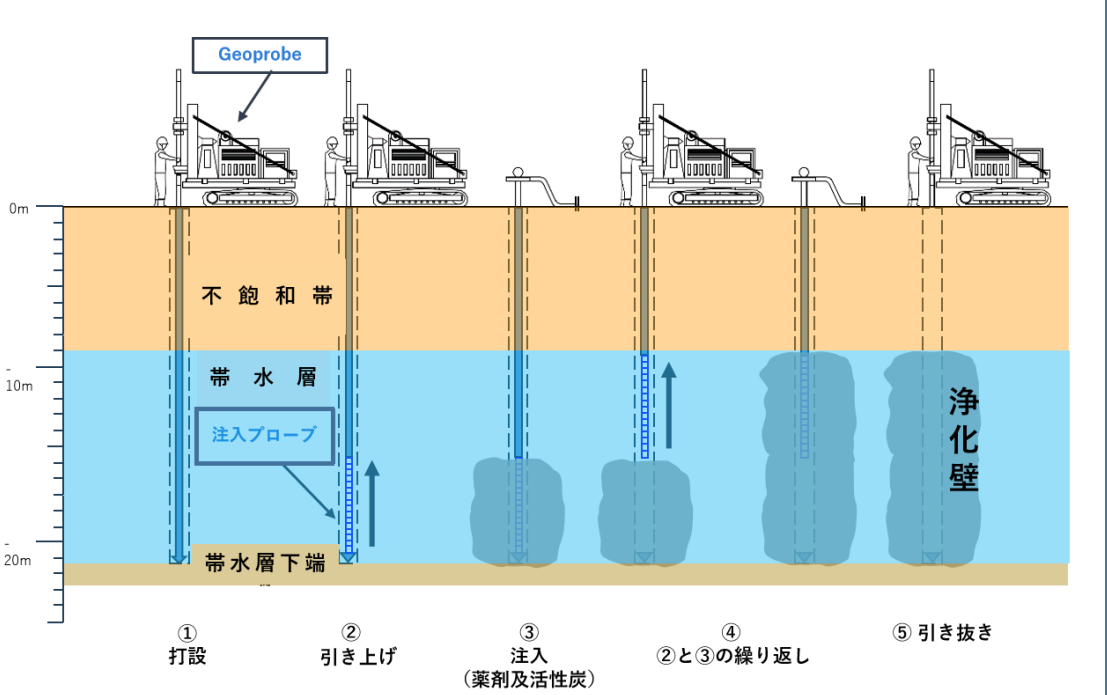


図-1 コロイド状活性炭浄化壁設置のイメージ