

PlumeStop®・S-MicroZVI®・ATV1コンソーシア を用いた地下水バリア工法

2026年1月27日

株式会社エンバイオ・エンジニアリング
○和知剛・候曹正陽



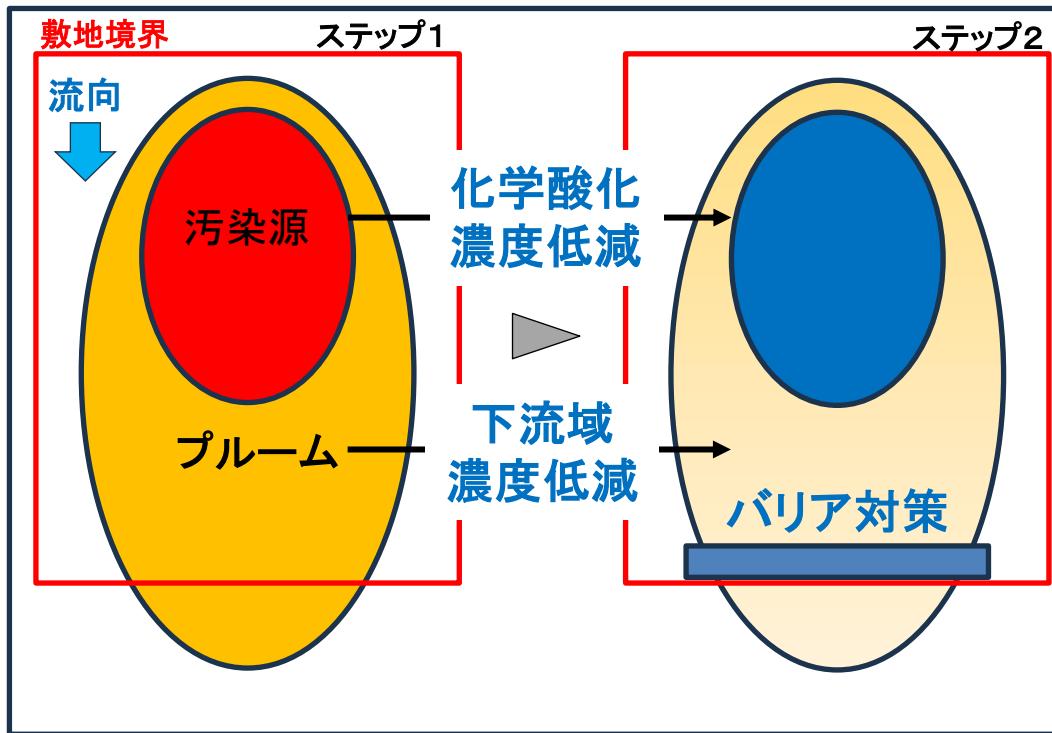
資料の構成

1. 本技術の適用条件
2. サイト状況と対策目標
3. 地下水汚染のライフサイクルの想定
4. サイトの想定・施工イメージ
5. まとめ

1. 適用条件

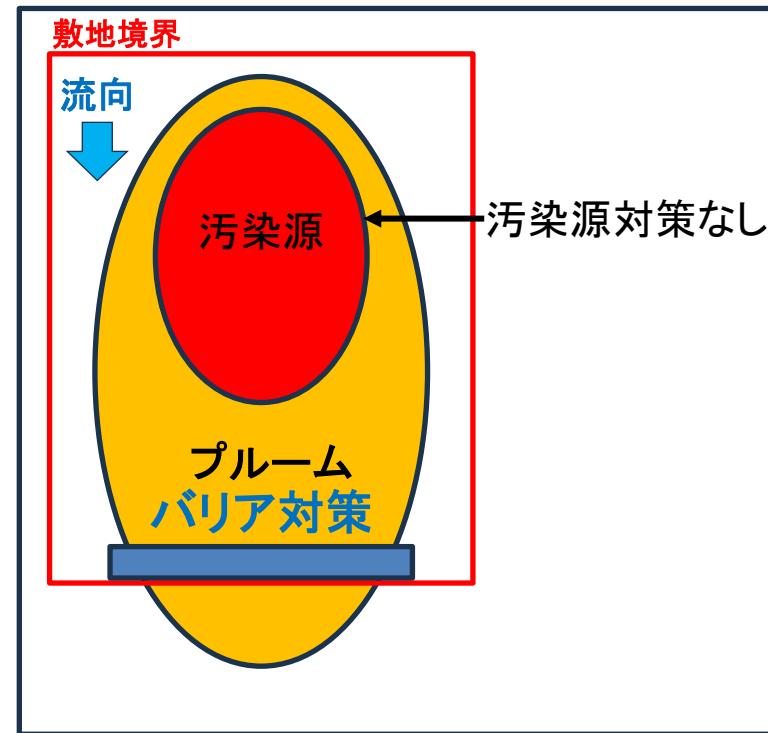
<第1回公募認定技術(2023年度)>

化学酸化剤を用いた原位置浄化と活性炭を用いた
透過性地下水浄化壁のハイブリッド工法



<第4回公募認定技術(今年度)>

PlumeStop®・S-MicroZVI®・ATV1コンソーシアを用いた地下水バリア工法

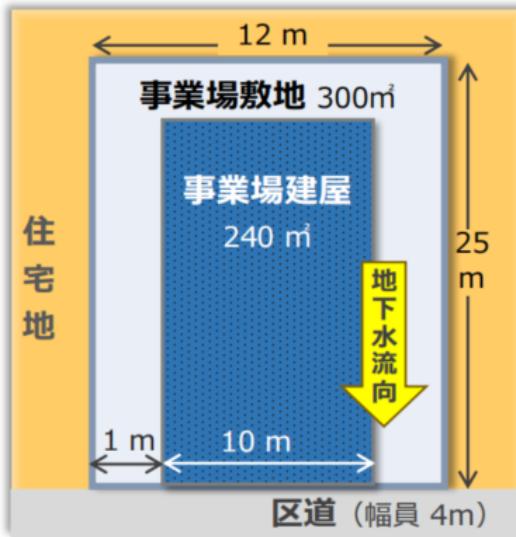


今年度の適用条件は、汚染源の対策を行わずに、地下水汚染拡大防止対策
(バリア対策)を行う必要がある。 ⇒ 高濃度地下水汚染の対応が必要

2. サイト状況と対策目標

<サイト状況>

- ・操業中である。
- ・敷地面積が300m²と狭く、大型重機の使用が困難
- ・PCEとVCによる第二溶出基準を超過する土壤汚染
- ・PCEとVCによる第二地下水基準を超過する地下水汚染



<対策目標>

地下水流向南側敷地境界にて、
2年間地下水モニタリングで
第二地下水基準適合

<東京低地>

ケース⑨		
深度	PCE (mg/L)	VC (mg/L)
表層	0.18	0.001
GL-0.5m	0.22	0.001
GL-1m	0.24	0.001
GL-2m	0.18	0.003
GL-3m	0.072	0.013
GL-4m	0.081	0.028
GL-5m	0.12	0.041
GL-6m	0.33	0.052
GL-7m	0.15	0.036
GL-8m	0.007	0.001
GL-9m	0.005	ND
GL-10m	ND	ND
地下水	0.18	0.022

地下水位

<武藏野台地>

ケース⑬		
深度	PCE (mg/L)	VC (mg/L)
表層	0.001	ND
GL-0.5m	0.002	0.001
GL-1m	ND	ND
GL-2m	0.007	ND
GL-3m	0.010	0.001
GL-4m	0.011	ND
GL-5m	0.008	0.002
GL-6m	0.022	0.002
GL-7m	0.057	0.007
GL-8m	0.18	0.015
GL-9m	0.11	0.028
GL-10m	0.065	0.013
GL-11m	0.071	0.011
GL-12m	0.050	0.008
GL-13m	0.021	0.001
GL-14m	0.012	ND
GL-15m	0.009	ND
GL-16m	0.002	ND
地下水	0.12	0.015

凡例

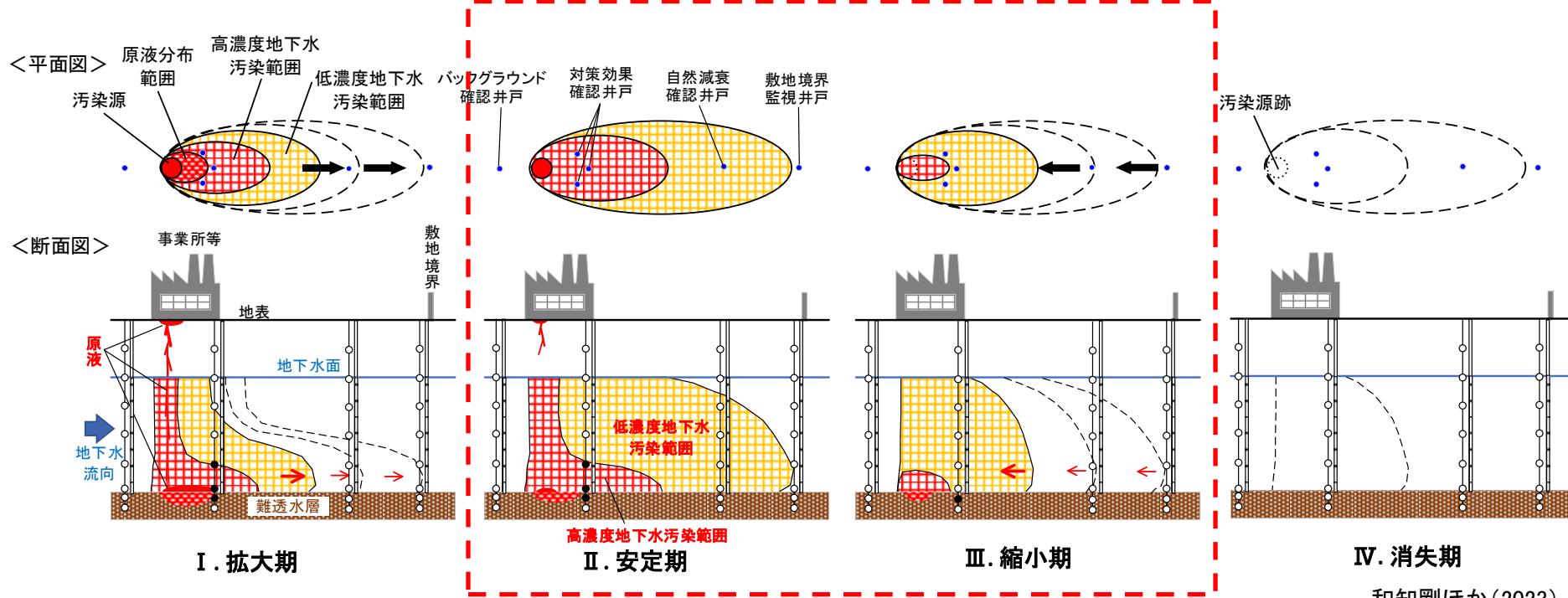
赤字: 土壌溶出基準超過
地下水基準超過
赤字下線: 第二溶出基準超過
第二地下水基準超過

3. 地下水汚染のライフサイクルの想定

io engineering 株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

TCEなどの塩素化エチレン類の原液が地盤に浸透した場合の土壤・地下水汚染の平面的な汚染プルームと断面的な汚染状況は、4つのライフサイクルステージを示す。

対象サイトは「安定期」もしくは「縮小期」にあると想定



和知剛ほか(2023)

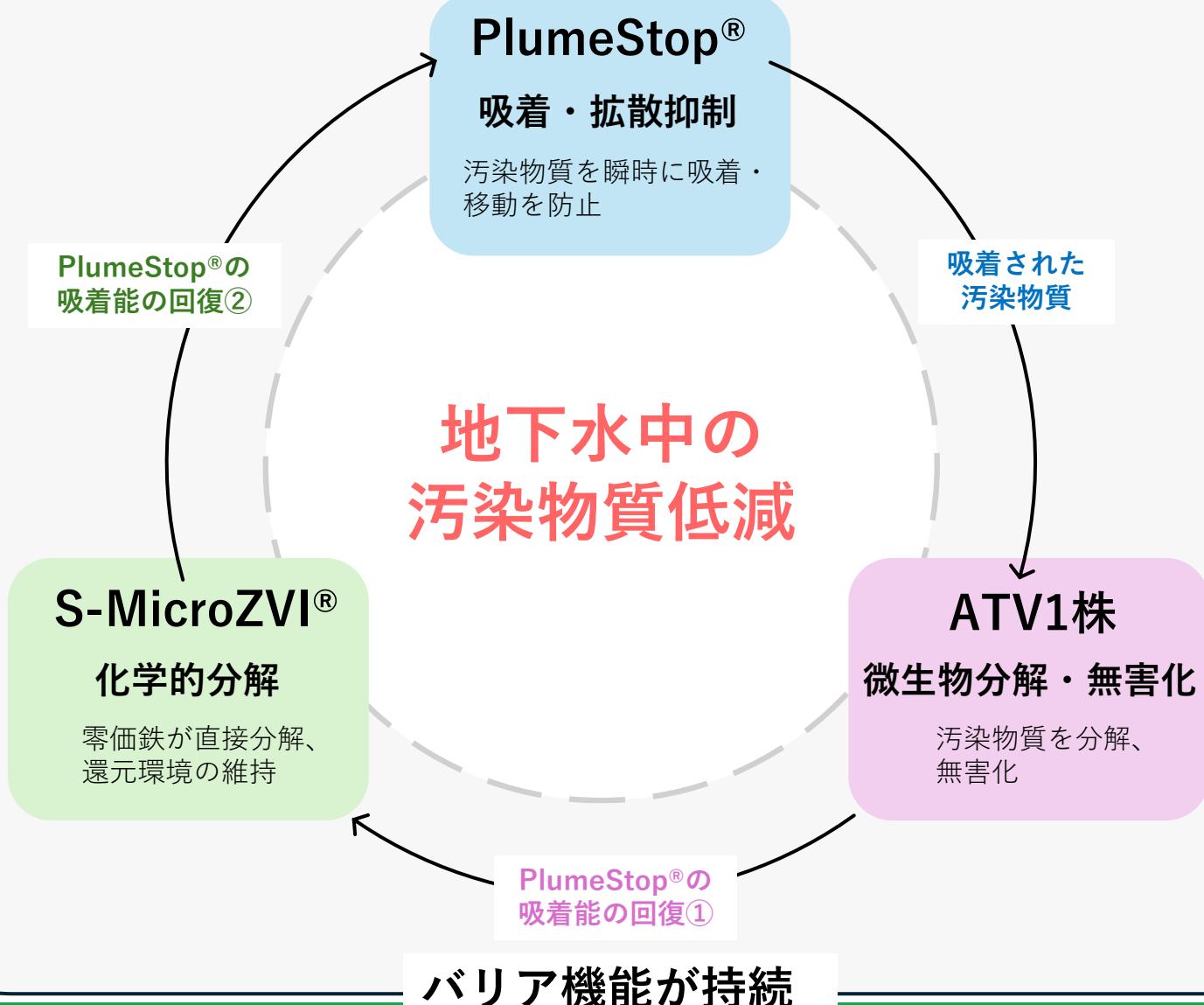
地下水のライフサイクルステージにおける地下水汚染プルームの挙動

4. 適用技術(三種の薬剤)

当社で保有する対策技術の中、下記の表に示す3つの薬剤を同時注入する工法が、今回の想定対策ケースに適用できる。

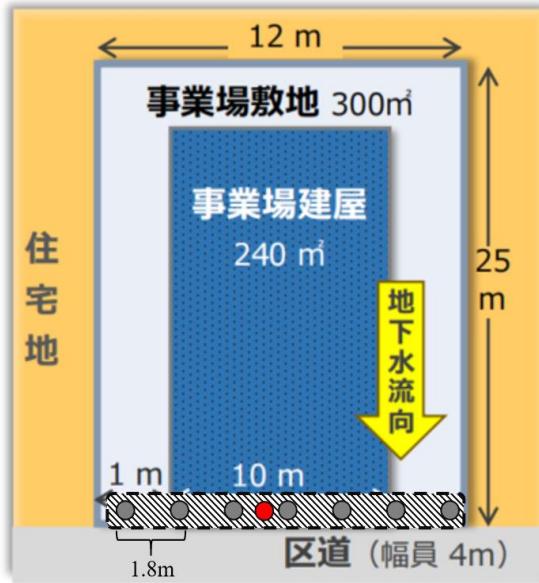
薬剤	コロイド状活性炭 【PlumeStop®】	コロイド状零価鉄 【S-MicroZVI®】	ATV1株*コンソーシア (* <i>Dehalococcoides</i> 属細菌)
特徴	VOCsによる地下水汚染の拡散防止対策として、コロイド状の活性炭【PlumeStop®】を帯水層に注入し、透過性地下水浄化壁を設置する。素早く有害物質(VOCs)を吸着するとともに、分解微生物の固定化材となり、微生物分解を高める効果がある。 	【PlumeStop®】にコロイド状の零価鉄【S-MicroZVI®】を添加し注入することで、その還元作用を利用して、浄化壁のコロイド状活性炭に吸着された塩素化工チレ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」に適合している。これをコロイド状の活性炭や零価鉄と同時に注入することで、零価鉄の脱塩素化能を補完してエチレンまでの完全な脱塩素化を達成する。  <i>D. Mccartyi UCH-ATV1の顕微鏡画像</i>
対応できる物質	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		
対応可能な濃度	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。		

4. 適用技術(3技術の役割)



5. 施工イメージ(平面配置)

<東京低地(ケース⑨)>



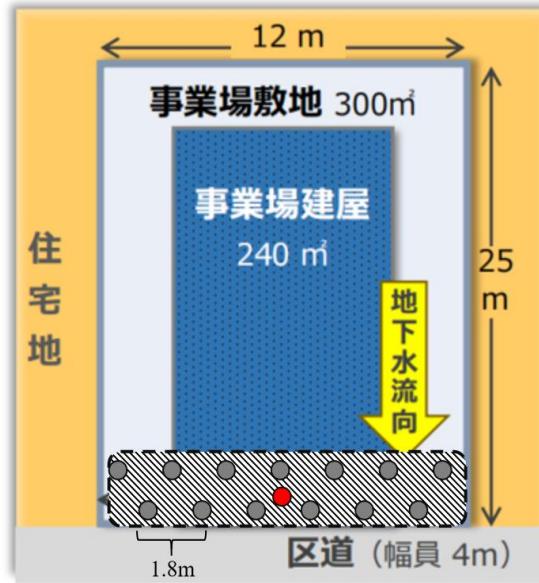
ケース⑨

● :バリア注入地点



:バリア配置位置

<武藏野台地(ケース⑬)>



ケース⑬

● :バリア注入地点



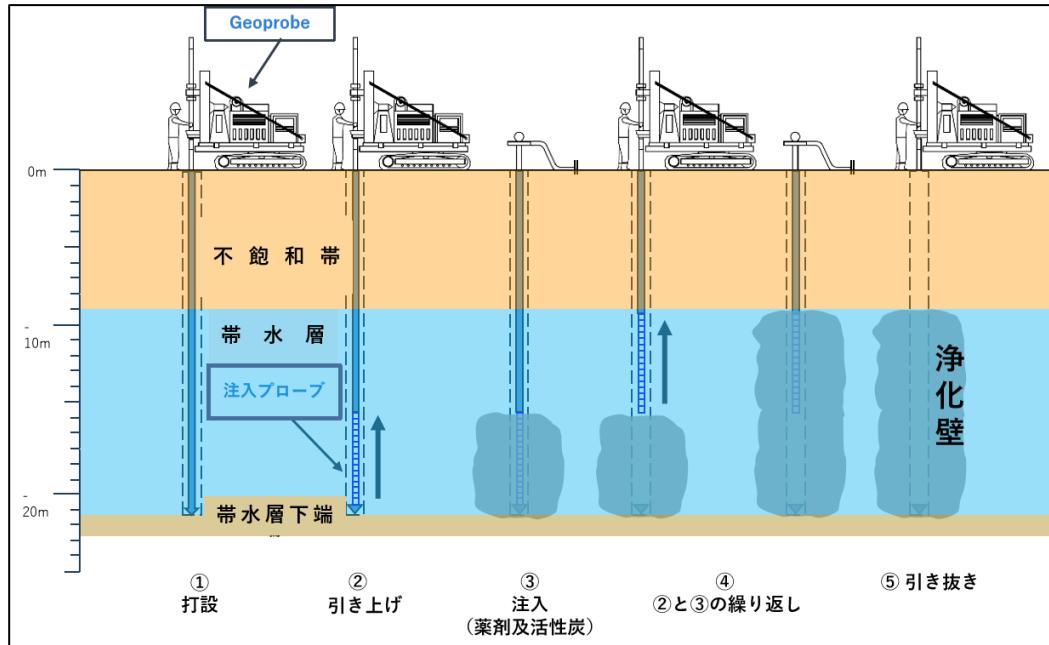
:バリア配置位置

● :観測井 (2年モニタリング)

- 地下水水流速の遅いケース⑨に対し、地下水下流境界に沿って、1.8m間隔で7つの注入地点を1列に設置し、浄化壁を構築

- 地下水水流速の速いケース⑬に対し、注入地点を13地点に増やして2列にして地下水流动方向の浄化壁の厚さを増やし、より反応時間を確保した浄化壁を構築

5. 施工イメージ(断面、ツール)



専用注入プローブ
(スクリーン部格納式)

施工断面図及びのバリア注入のイメージ

浄化壁の施工は、注入専用の走式打撃ボーリング機を用いて、混合薬剤を所定の深度に注入すること。手順は以下の1)~3)となります。

1. 注入スクリーンを鞘に納めた形で注入深度下端まで打ち込み

2. 60cm引き上げスクリーンを露出させ薬剤注入

3. 所定量を注入後に60cm引き上げ薬剤注入を計画深度まで繰り返し注入

注入地点の間隔は薬剤の注入到達範囲をもとに設定したため、一連の注入が完了した際に、地下に連續の浄化壁が構築される。

大型重機を用いた一般的なコンクリート壁や鋼矢板による壁のような地下水を遮断する壁とは異なり、薬剤を帶水層の地層の間隙を満たした薬剤が通過した汚染地下水の濃度低減を図るという地下水透過型の反応壁となる。

5. 施工イメージ(施工写真)



6. まとめ

- ・「PlumeStop[®]」という活性炭が持つ高い物理的吸着能によって、汚染物質の下流への拡大を瞬時に防止。分解微生物の固定化材としても機能。活性炭に吸着した汚染物質は、生物的、化学的に分解され、活性炭は破壊しない。
- ・「S-MicroZVI[®]」という零価鉄粉の強い還元力により、汚染物質を還元分解する。分解微生物の活性化する嫌気環境を構築。
- ・構築された還元的な環境が ATVi 株コンソーシアの生物的脱塩素作用を活性化し、微生物によるエチレンまでの完全な脱塩素化を促進。



通常分解微生物の適用前に、栄養塩等の投入を行うために、
複数回の注入作業が必要だが、1回の注入作業で済む。



本技術は、物理的、化学的および生物的な効果を有する3種の薬剤を、狭い土地でも適用可能な注入技術で施工することにより、より高濃度な地下水汚染に対して拡大防止の確実性が高まる。