株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

ガス吸引及び化学分解併用浄化工法

2026年11月18日

株式会社エンバイオ・エンジニアリング

○和知剛・侯曹正陽



© 2026 EnBio Engineering, Inc.

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. 対応技術の想定
5. 対応技術の事例紹介
6. 施工イメージ
7. まとめ

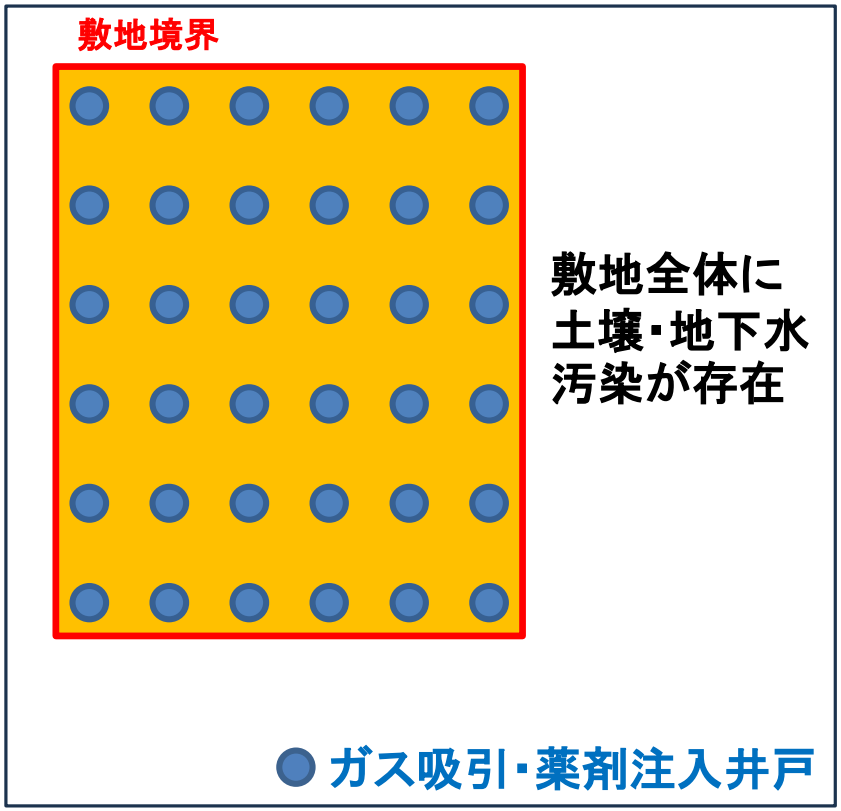
© 2026 EnBio Engineering, Inc.

1. 適用条件

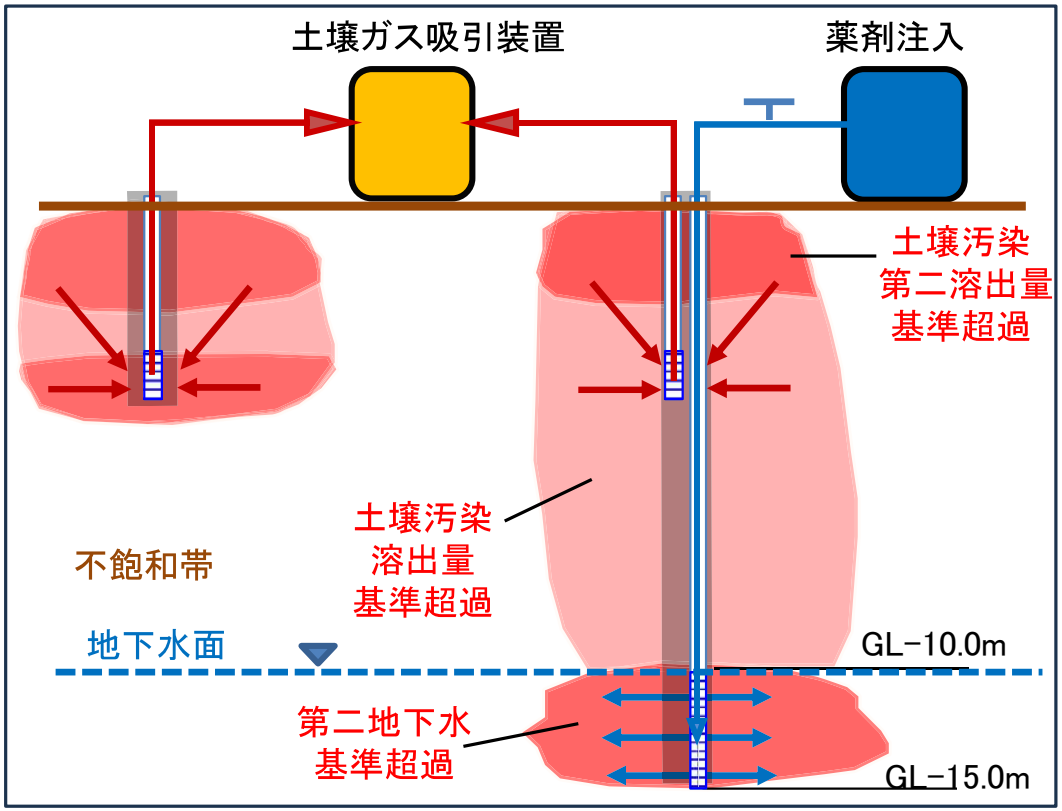
株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

＜第5回公募認定技術（今年度）＞
ガス吸引及び化学分解併用浄化工法

適用サイトイメージ



平面図



断面図

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

2. サイト状況と対策目標

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

＜サイト状況＞

- 廃業後の条件
- 武蔵野台地、敷地面積が250m^{2}と狭く、大型重機の使用が困難
- VOCによる第二溶出基準を超過する土壌汚染
- VOCによる第二溶出基準を超過する土壌汚染と第二地下水基準を超過する地下水汚染

ケース⑱	
深度	VOCs (mg/L)
表層	第二溶出量基準超過
GL-0.5m	第二溶出量基準超過
GL-1m	第二溶出量基準超過
GL-2m	溶出量基準超過
GL-3m	溶出量基準超過
GL-4m	第二溶出量基準超過
GL-5m	第二溶出量基準超過
GL-6m	溶出量基準超過
GL-7m	基準適合
GL-8m	基準適合
GL-9m	基準適合
GL-10m	ND
GL-11m	ND
GL-12m	ND
GL-13m	ND
地下水	ND

地下水位

ケース⑳	
深度	VOCsまたは第二種特定有害物質 (mg/L)
表層	第二溶出量基準超過
GL-0.5m	第二溶出量基準超過
GL-1m	第二溶出量基準超過
GL-2m	溶出量基準超過
GL-3m	溶出量基準超過
GL-4m	溶出量基準超過
GL-5m	溶出量基準超過
GL-6m	溶出量基準超過
GL-7m	溶出量基準超過
GL-8m	基準適合
GL-9m	溶出量基準超過
GL-10m	溶出量基準超過
GL-11m	基準適合
GL-12m	基準適合
地下水	第二地下水基準超過

地下水位

＜対策目標＞
土壌：第二溶出量基準適合
地下水：第二地下水基準適合

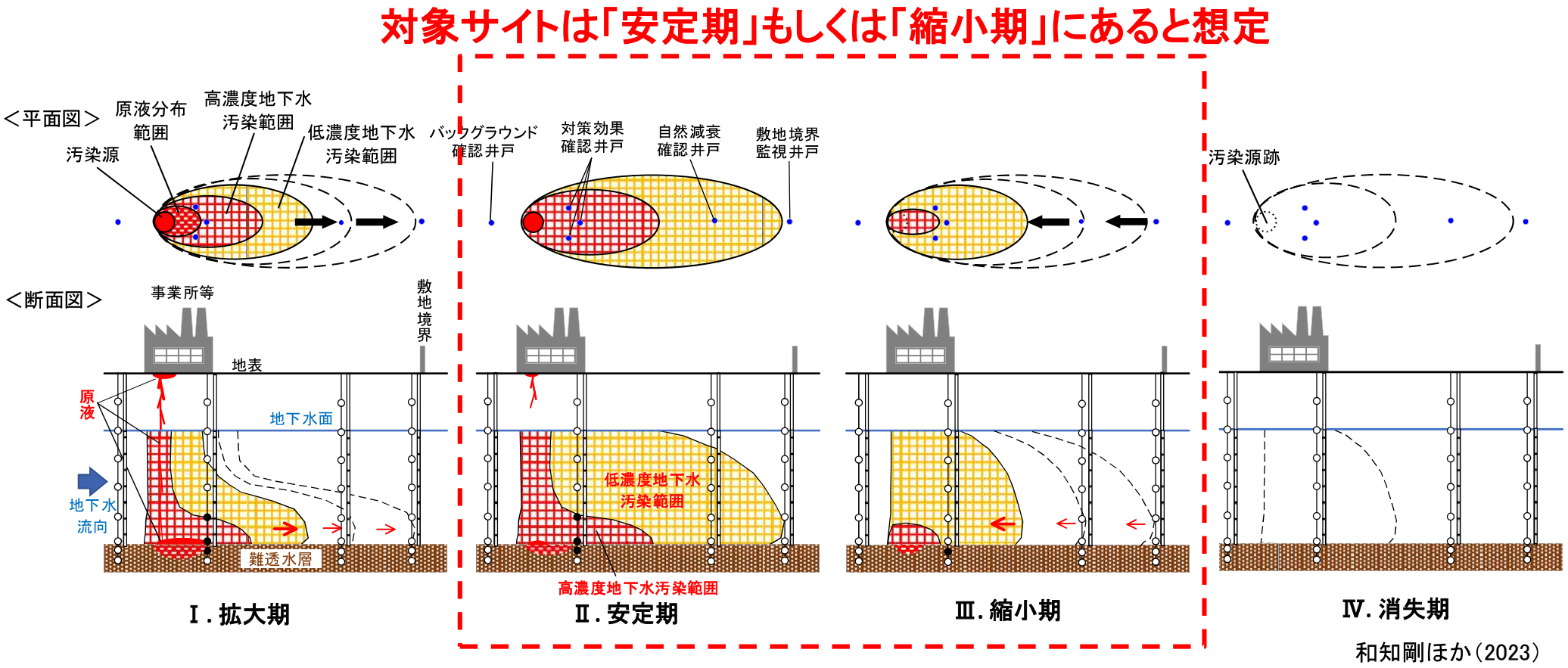
凡　例
赤字：土壌溶出基準超過
赤字下線：第二溶出基準超過
第二地下水基準超過

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

3. 地下水汚染ライフサイクル

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

トリクロロエチレン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壌・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



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

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

4. 対応技術の想定

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

下表に示す2つの技術の組み合わせが今回の想定対策ケースに適用できる。

対策方法	土壌ガス吸引（SVE）	化学酸化剤の注入による原位置浄化	
対象物質	VOC（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、ベンゼン）		
対策目標	土壌第二溶出量基準未満	第二地下水基準未満	
使用薬剤	無し	Cフェントン ≪特許第4700083号≫	過硫酸ナトリウム（SPS）
対策範囲	鉛直方向：不飽和帯	鉛直方向：飽和帯	
施工方法	吸引井戸を通じ多地点同時吸引	注入井戸を用いた多地点同時注入	
本工法の採用理由	武蔵野台地のローム層は透気性があり、吸引影響半径が比較的に大きい。 VOC 汚染に対し、低コスト・環境負荷の小さいオンサイト浄化工法である。	エチレン系 VOC に対し高い分解性能を有する。 反応継続時間が比較的に短いため、多地点同時注入で飽和帯へ効率的に浸透させ、安定した浄化効果が得られる。	反応速度が穏やかで、反応の持続性に優れる。 地質条件や汚染物質に合わせ薬剤を選定することで、より多くのサイトに適用可能

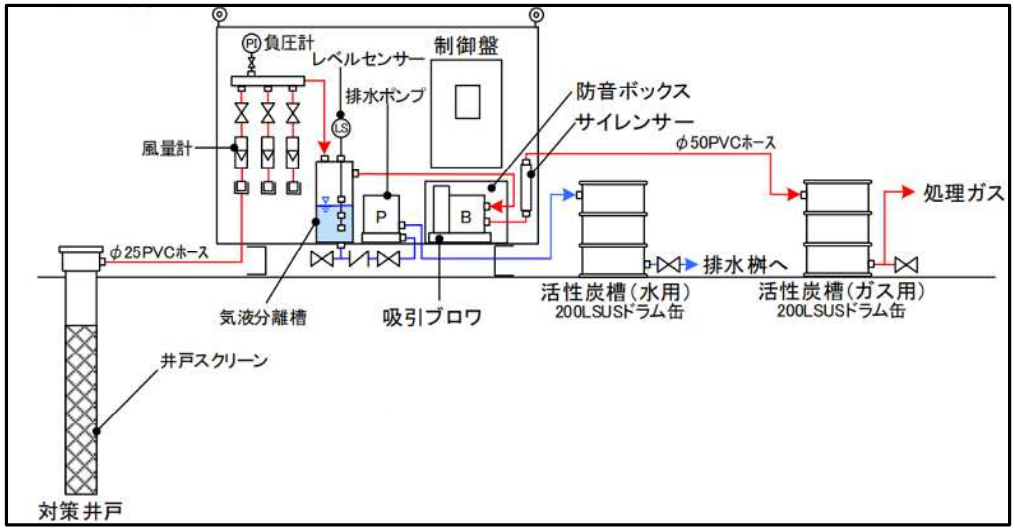
© 2026 EnBio Engineering, Inc.

4. 対応技術の想定①

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

土壌ガス吸引（SVE：Soil Vapor Extraction）





- 揮発性の高いVOCの適用が可能
- 吸引井戸を増やすことで、広範囲の汚染物質の対策が可能
- 現場の条件により、夜間や休日の装置停止など運転条件を変更可能
- 1台の装置で複数の井戸から吸引が可能であり、吸引ガスは活性炭吸着により環境中への排出がない。
- 吸引井戸から処理装置まではホースにより接続されるため、地上の作業に合わせて、処理装置を配置することが可能

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

4. 対応技術の想定②

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

化学酸化剤による原位置化学分解

1．Cフェントン≪特許第4700083号≫

クエン酸ナトリウムと硫酸第一鉄による活性化により、ヒドロキシラジカル（$OH^{\cdot}$）を生成し、VOCを分解する。

砂層などの透水性の良い帯水層向き
酸化力が持続期間が短い（１日程度）

2．過硫酸ナトリウム（SPS）

クエン酸ナトリウムと活性化剤により、硫酸ラジカル（$SO_4^{\cdot -}$）を生成し、VOCを分解する。

ローム層中の帯水層（宙水）向き
酸化力の持続期間が長い（2～4週間程度）
金属に対する腐食性が高い

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

5. 対応技術の事例紹介①

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

土壌ガス吸引及び化学分解併用浄化

＜汚染および地質状況＞

神奈川県内の有害物質の使用履歴のある事業所跡地

単位区画の5区画に第一種特定有害物質の土壌汚染が確認

うち2つ区画にて不飽和帯土壌と地下水に基準超過の汚染が確認

深度GL-20m付近までローム層、地下水位が深度GL-12m

＜対策の方針＞

施工コストと施工期間などの条件を考慮し、汚染深度が離れていた不飽和帯土壌汚染と地下水汚染を異なる工法で対策

＜工法の選定＞

同一の掘削孔内に、土壌ガス吸引井戸と薬剤注入井戸を設置する土壌ガス吸引及び酸化剤**注入**による化学分解の併用工法を選択した。

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

5. 対応技術の事例紹介②

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

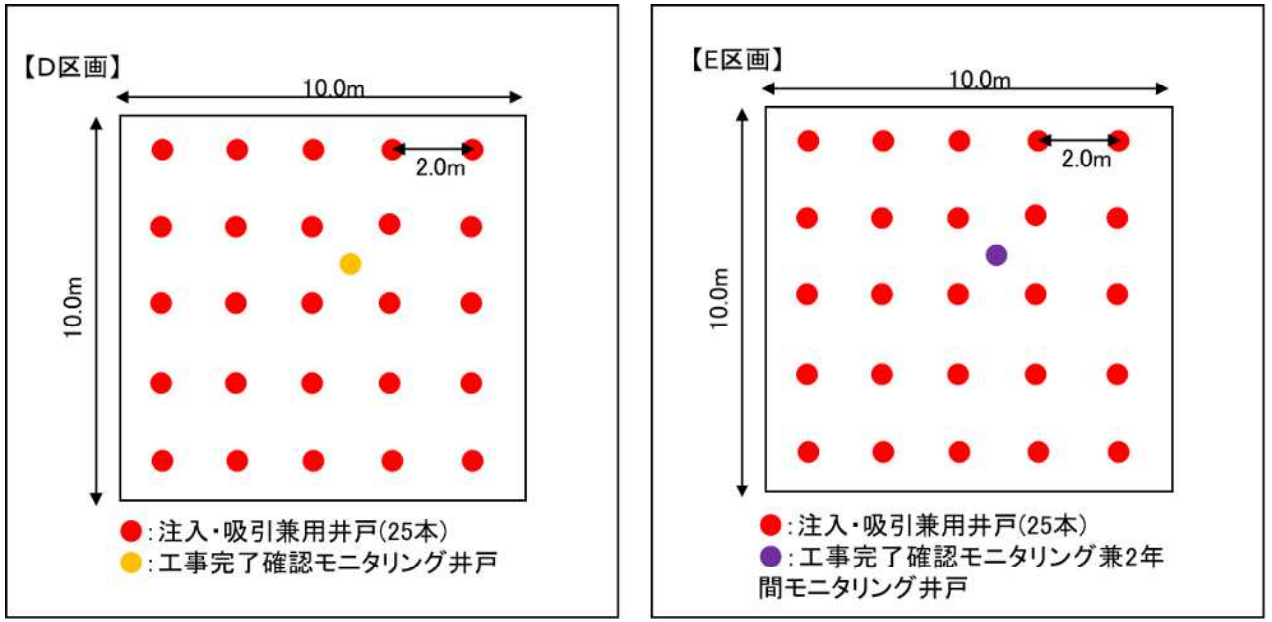
土壌ガス吸引と酸化剤注入による分解併用浄化

＜施工内容＞

- D、E区画において、土壌と地下水を溶出基準と地下水基準適合を目的とし、ガス吸引及び化学酸化剤（過硫酸）による原位置浄化を実施した。
- 井戸の仕様および配置は右の図表に示した。

注入・吸引井戸の仕様と数量一覧表

区画名	井戸の種類	井戸の設置深さ	スクリーン範囲〔スクリーン長〕	本数 設計
D	注入・吸引兼用井戸（φ25mm）	GL−20.0m	GL−3.0m～−5.0m（吸引） GL−12.0m～−20.0m（注入）	25本
E	注入・吸引兼用井戸（φ25mm）	GL−20.0m	GL−4.0m～−6.0m（吸引） GL−14.0m～−20.0m（注入）	25本



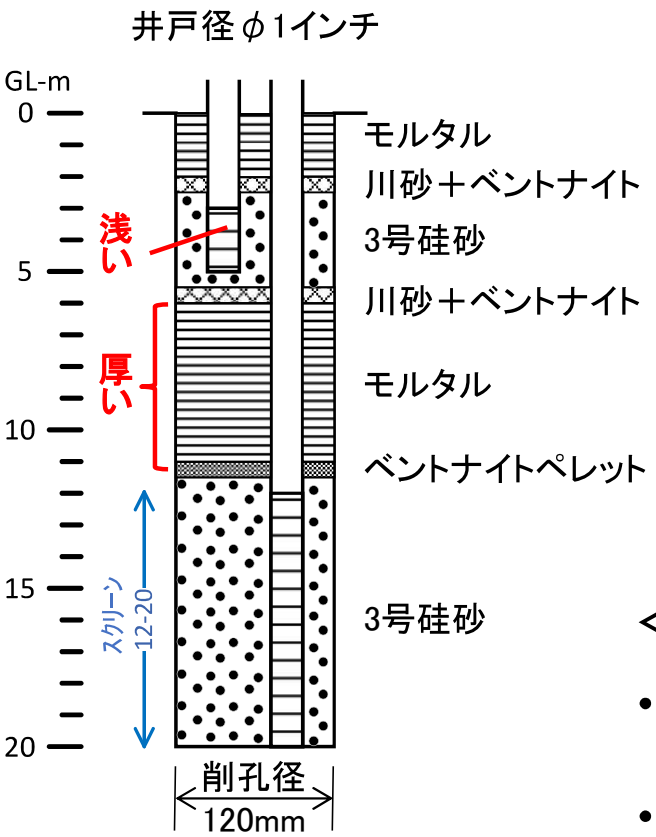
対策井戸配置図

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

5. 対応技術の事例紹介③

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

低コストのための工夫 → 単一孔に複数対策井戸設置



吸引・注入井戸構造図



単一孔内に設置された土壌ガス吸引・酸化剤注入井戸



土壌ガス吸引および酸化剤注入の同時施工状況

＜施工品質向上のための注意点＞

- ローム層に対して十分な通気性を確保するため、ボーリングに伴う孔壁の圧密を極力低減できる掘削工法を選択すること
- 1 孔内に 2 本の井戸を併設するため、吸引井戸側の気密性を十分確保すること
- 不飽和帯のガス吸引効果を十分発揮させるため、モルタルを主としたシール材を適切に充填し、十分な養生を実施すること

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

5. 対応技術の事例紹介④

浄化効果の確認

土壌ガス吸引および化学分解を併用した浄化工法は PCE、TCE、1,2-DCE の土壌・地下水汚染に極めて有効であることが明らかとなった。

浄化対象汚染物質の対策前後の分析結果

区画	対象	汚染物質	基準値	分析値	
				詳細調査時	工事完了時
D	土壌	PCE	0.01	0.023	＜0.0002
		TCE	0.01	0.031	0.0079
	地下水	PCE	0.01	0.18	0.0003
		TCE	0.01	0.081	＜0.0002
		1,2-DCE	0.04	0.068	＜0.0002
E	土壌	TCE	0.01	0.023	0.0023
	地下水	PCE	0.01	0.056	0.0027
		TCE	0.01	0.019	＜0.0002

赤字：基準不適合　　単位：mg/L

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

5. 対応技術の事例紹介⑤

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング

土壌ガス吸引法を適用することがコスト削減に大きく貢献する。
装置の設置後は無人で浄化が進む。→　事前の品質確認は手を抜かない。

☆土壌ガス吸引法の品質管理上の注意点☆

- 負圧の漏気は発見が困難。各機材の接続に注意

　　確認には限度がある･･･　　実測での確認が必要

- 単一もしくは複数の井戸で吸引し、周辺で多地点の負圧を測定し、吸引影響範囲を把握する。
- 稼働開始後も吸引量や圧力を定期的に確認する。



負圧測定状況（全景）

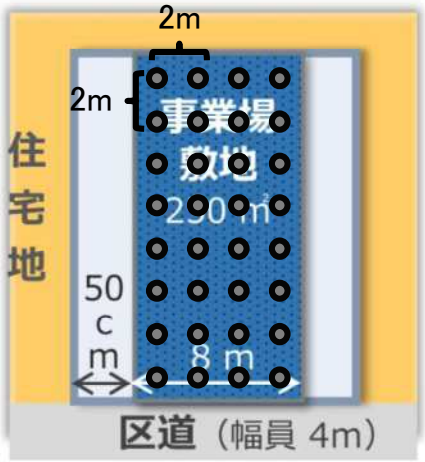


マルチチャンネルの負圧測定

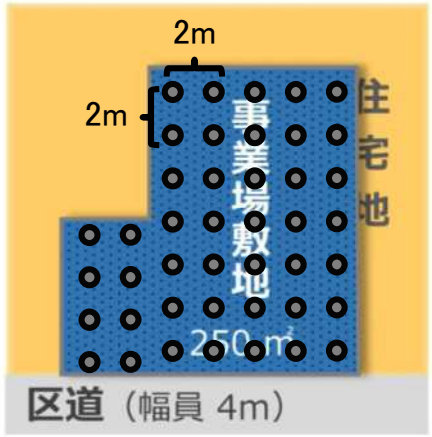
© 2026 EnBio Engineering, Inc.

6. 施工イメージ（平面配置）

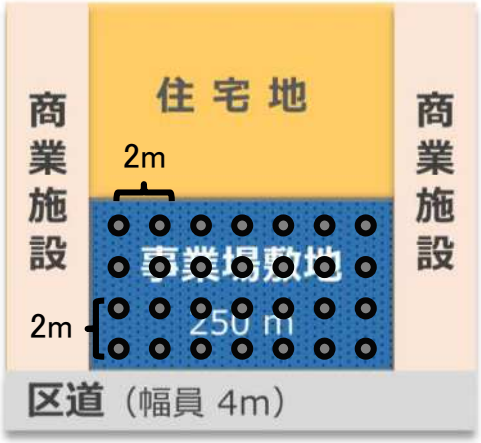
株式会社 エンバイオ・エンジニアリング



① 周辺が住宅に囲まれ、住宅との間隔は50ｃｍ程度（未舗装地）で近接する



③ 主に洗濯業のように間口より奥行が広い長方形の狭あい地



④ 周辺が住宅地や商業施設に囲まれ、幅4mの区道に接道している

注：本図には縮尺が設定されていないため、記載した注入井配置は参考イメージとなり、実際の配置を示すものではない。

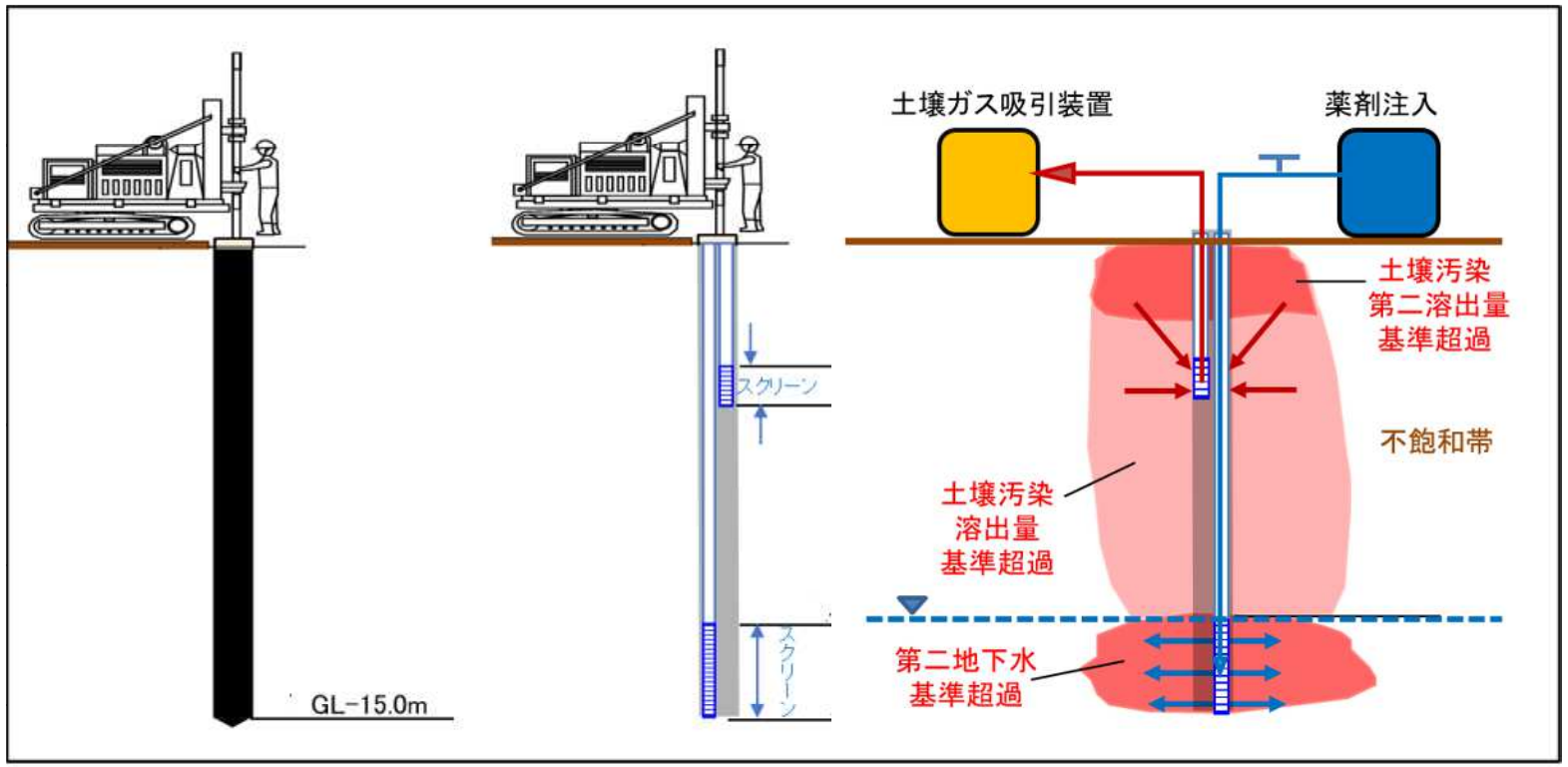
● ガス吸引・薬剤注入井

- 本施工する前に、事前調査を行い、敷地内の汚染状況（汚染源位置、プルームの形状、鉛直方向の濃度分布など）を正確に把握
- 土地形状及び事前調査の結果を踏まえ、汚染範囲内に2m間隔で格子状にガス吸引・原位置注入兼用井戸を設置
- 施工中に、適宜にVOCs濃度の現場簡易測定を行い、ガス吸引または化学分解の効果を確認し、吸引井戸または注入井戸の位置を調整

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

6. 施工イメージ（断面）

株式会社 エンバイオ・エンジニアリング



施工断面図及び施工のイメージ

手順は以下の1)～4)となります。

1. 大口径のボーリング孔を帯水層底面まで掘削し、注入井戸を設置する。
2. 注入スクリーン区間にフィルター材を充填した後、ベントナイトにてガス吸引井戸の設置底面まで充填する。
3. ガス吸引井戸を設置し、スクリーン区間をフィルター材で充填した後、地表面までベントナイトまたはセメントにて充填する。
4. 井戸設置完了後、薬剤注入設備及びガス吸引設備を各井戸に接続し、浄化工事の機材設置を完了させる。

© 2026 EnBio Engineering, Inc.

7. まとめ

- 土壌ガス吸引法の適用が低コスト化のカギとなる。浄化目標、汚染深度や濃度と地質の関係、工期等の条件を考慮し選定する。

- 土壌ガス吸引井戸と化学酸化剤注入井戸を単一掘削孔に設置する工法はより低コストにつながる。応募ケースと同様の汚染状況の実汚染サイトにおいて適用済みであり、適切な品質管理を実施する上での有効性が実証されている。

- 土壌ガス吸引井戸の設置間隔は、ガス吸引影響半径より狭く設定されている。高密度の吸引井戸は浄化中の土壌ガスのモニタリングにも活用でき、局所的に高濃度の土壌汚染が見つかった場合でも、高密度の吸引井戸で即吸引ができるメリットがある。

© 2026 EnBio Engineering, Inc.