もっといい土、もっといい水。

Land Solution
a Kurita company

第21回　土壌汚染処理技術フォーラム

狭あいな土地に適用可能な原位置浄化技術
～電気発熱法を併用した土壌ガス吸引対策～

2026年11月18日

ランドソリューション株式会社
（土壌汚染対策法指定調査機関2003-8-3025）

©Land Solution Inc.

AGENDA

アジェンダ

I. はじめに

II. 電気発熱法の概要

III. 今回認定の概要

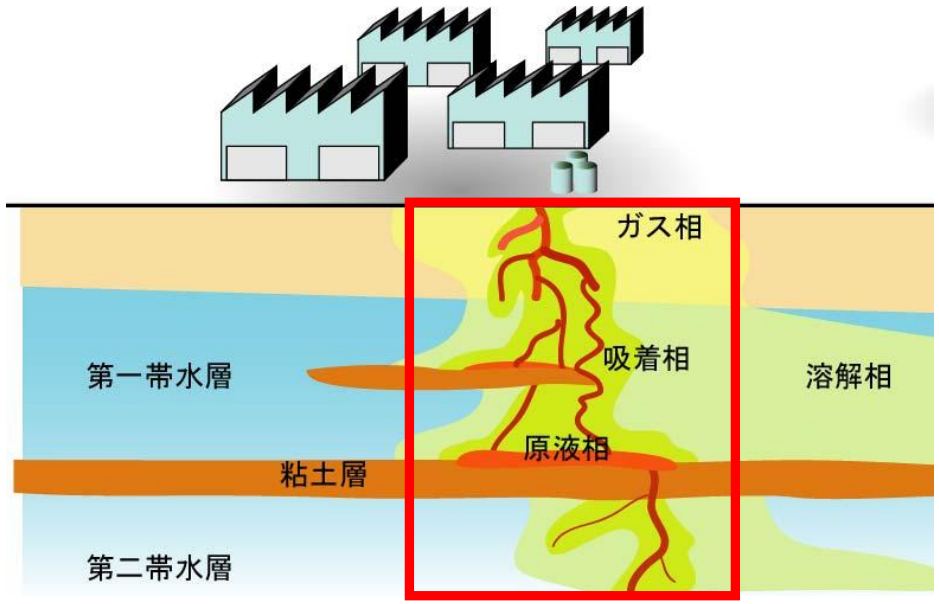
IV. 土地の条件（操業ケース②）への適用

V. 事例紹介（中小事業の稼働中工場）

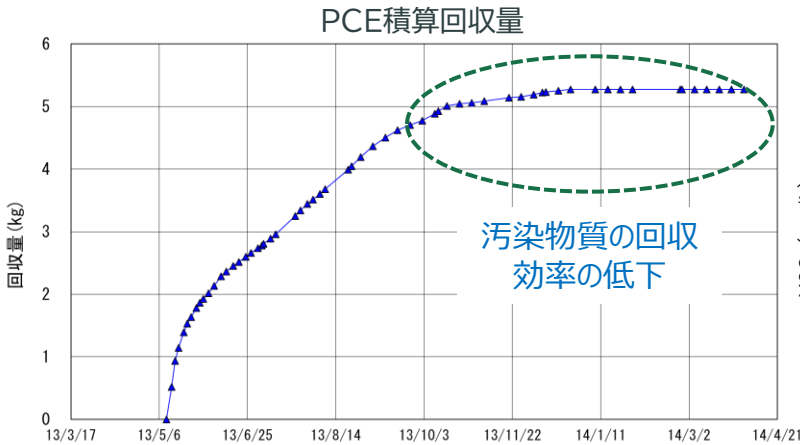
VI. まとめ

©Land Solution Inc.

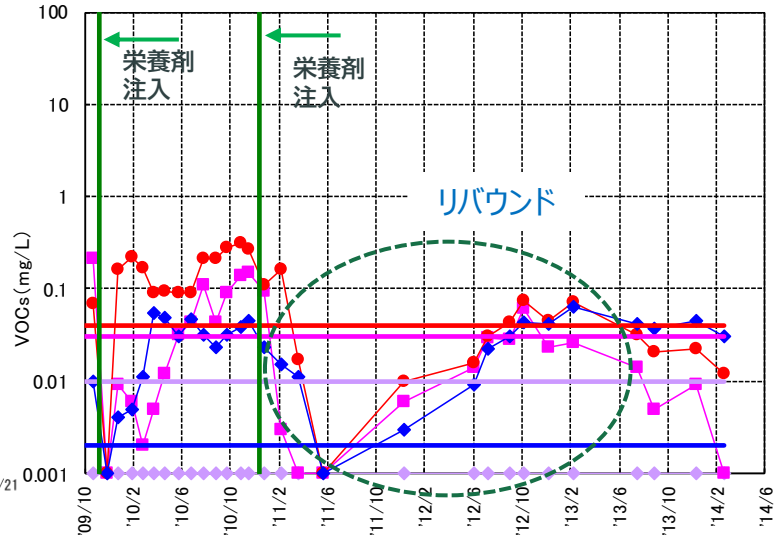
＜原位置浄化技術を進める上での問題点＞



土壌・地下水汚染の模式図



回収効率の低下：土壌ガス吸引法



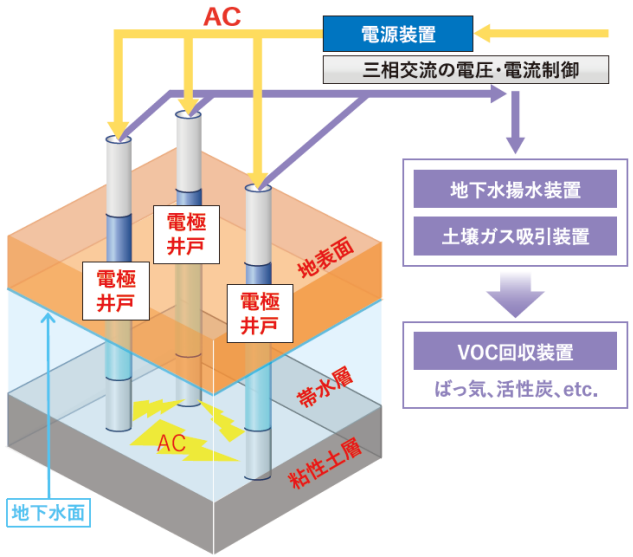
VOCs濃度の再上昇：嫌気性バイオ法

- 原液相（VOCs）の回収をしても、汚染物質が土壌（粘性土）に吸着され、回収効率が低下する。
- 溶解相の汚染物質を浄化しても粘性土などの吸着層からVOCsが再溶出し、地下水中VOCs濃度が再上昇（リバウンド）する。
- このことから、原位置浄化技術を選定しても、浄化完了や第二溶出量基準適合が見通せず、土地の有効活用に支障が生じるケースがある（中小事業者にとって影響が大きい）。

©Land Solution Inc.

2. 電気発熱法の概要

我々は、吸着相(不飽和層・粘性土層)からVOCsを揮発・脱離を促進させる電気発熱法(ERH: Electrical Resistance Heating)に着目し、浄化加速対策を進めています。



電気発熱法の実施概要



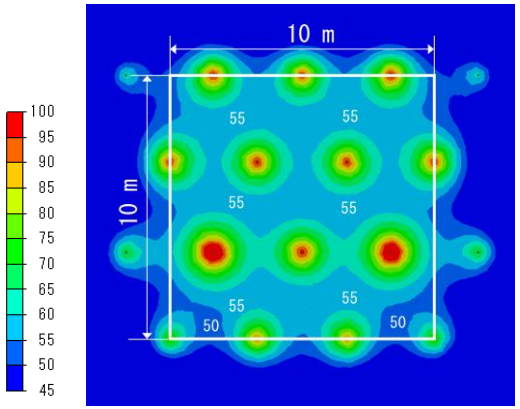
電極設置状況例

【電気発熱法の特徴】

① 地盤中に電気を流すことにより、ジュール熱を発生させる。不飽和層・粘性土層を対象に発熱(土壌温度30～80℃に昇温)
② 土粒子間に強く吸着したトリクロロエチレン等VOCsの地下水への溶出促進
③ 微生物分解・化学分解の促進
④ VOCsの気化の促進



電源装置例



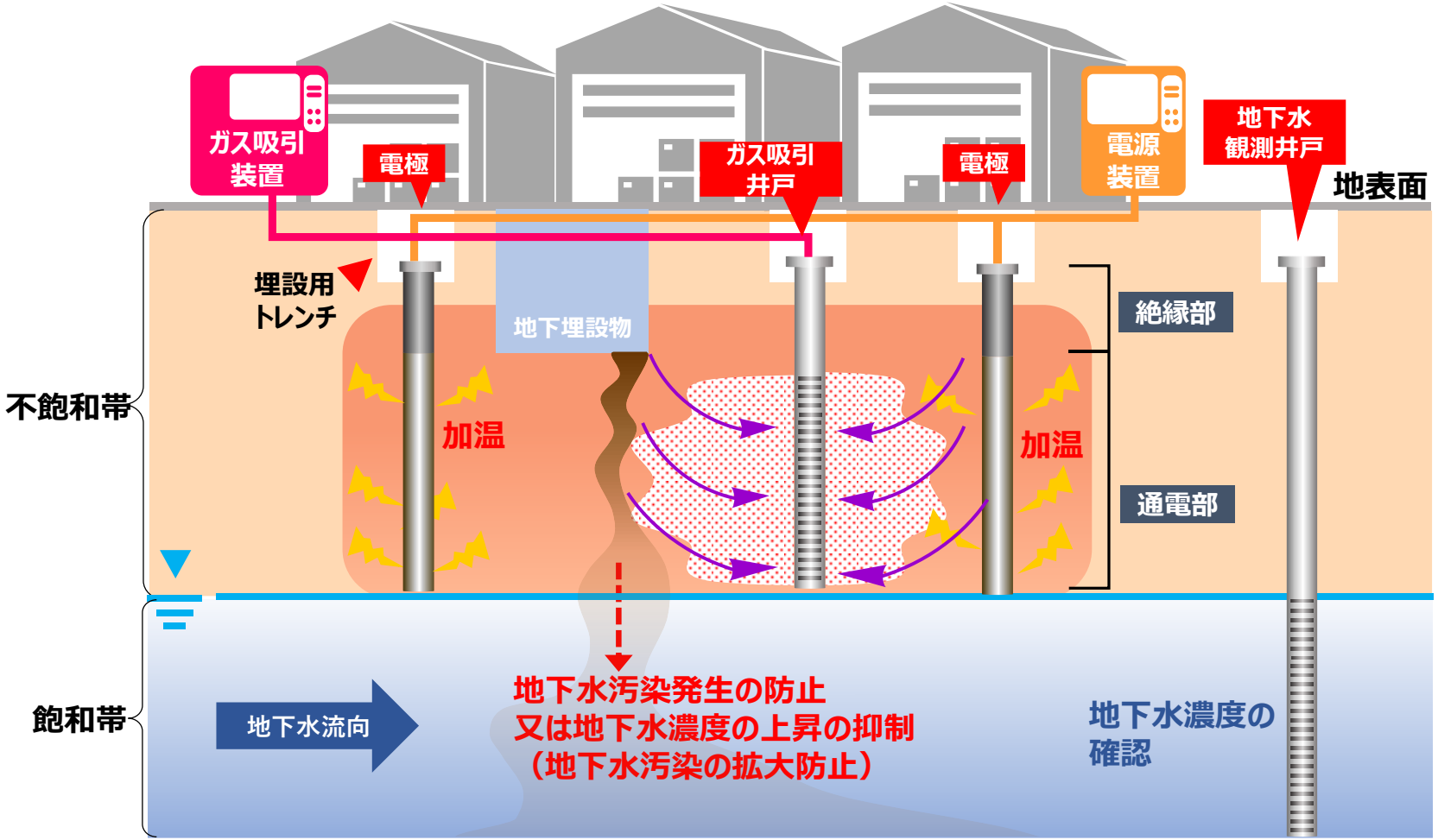
温度上昇解析結果例

様々な浄化技術と電気発熱法を併用することで浄化促進が可能。
その中で狭あいな土地にある稼働中工場にも適用可能な、土壌ガス吸引対策との併用についてご紹介します。

©Land Solution Inc.

3. 今回認定の概要：電気発熱法を併用した土壌ガス吸引対策

土壌中に電極を設置し、土壌を加温→VOCsの揮発が促進され、効率よく土壌中から有害物質を気体として回収
大型重機は必要なく、ボーリングマシン等での施工が可能



電気発熱法を併用した土壌ガス吸引対策の概要

©Land Solution Inc.

3. 今回認定の概要：想定汚染状況（ケース⑰、⑱）

	ケース ⑰	ケース ⑱
汚染物質／汚染状況	VOCs ／ 第二溶出量超過 （詳細は各ケース 汚染状況を参照）	
敷地（対策）面積	300㎡以下	
地形	東京低地	武蔵野台地
汚染が存在する地層の区分	砂層・シルト層 （有楽町層）	ローム・砂礫層
地下水位 (GL)	－4 m	－10 m
	地下水流向は任意の方向に設定できるものとする　（設定した方向は施工平面図等の資料で示すこと）	
対策目標	• 条例指針における 要管理区域相当とする • ガス吸引等に限らずこれに類する対策も可 • 第二溶出量基準に適合したことが確認されるまでの期間を対策実施期間とする（措置条件参照）	
効果検証	• 事業実施期間内に措置の目標に対する効果が客観的に把握できること • 操業中の事業場での適用も想定し、必ずしもチェックボーリングの実施を前提としない • 回収したガス量の算定、土壌ガス調査による確認等、簡易なモニタリング手法により、効果を把握する方法について合理的な提案を含めること	
土地・建物の形状	• 詳細は「公募対象地における土地の条件（簡易型技術）」を参照 **※土地・建物の形状に関する条件の変更は限定的なものと考えられる。** （例：接道の道路占用はできない（道路使用は可）、資器材仮置きのための用地が近隣にない 等） • 対策期間が長期化した場合、その間に生じる土地の改変行為と共存する	
	※ 土質やその他条件について適用が難しい場合は、「地下水汚染の拡大の防止技術応募申請書」に記載すること。	

ケース ⑰

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	第二溶出量基準超過
GL-3m	溶出量基準超過
GL-4m	基準適合
GL-5m	基準適合
GL-6m	基準適合
GL-7m	基準適合
GL-8m	基準適合
GL-9m	基準適合
GL-10m	ND
地下水	ND

ケース ⑱

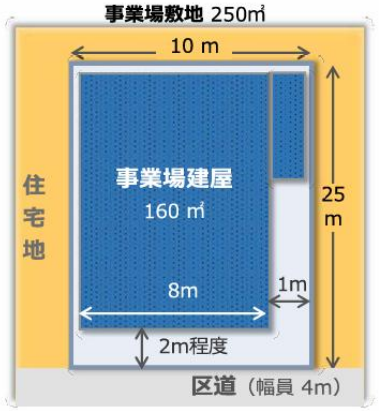
深度	VOCs (mg/L)
表層	第二溶出量基準超過
GL-0.5m	第二溶出量基準超過
GL-1m	第二溶出量基準超過
GL-2m	溶出量基準超過
GL-3m	溶出量基準超過
GL-4m	第二溶出量基準超過
GL-5m	第二溶出量基準超過
GL-6m	溶出量基準超過
GL-7m	基準適合
GL-8m	基準適合
GL-9m	基準適合
GL-10m	ND
GL-11m	ND
GL-12m	ND
GL-13m	ND
地下水	ND

東京都公募資料より

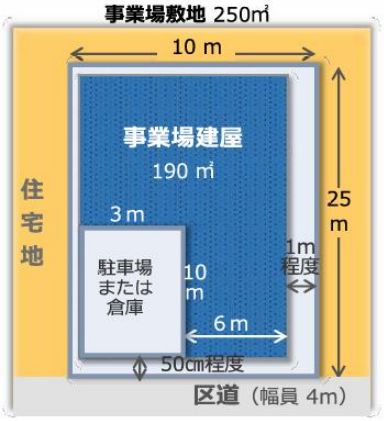
©Land Solution Inc.

3. 今回認定の概要：想定サイト状況（操業ケース①、②　廃業ケース①～④）

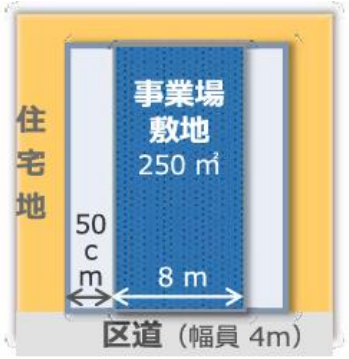
操業ケース①



操業ケース②



廃業ケース①



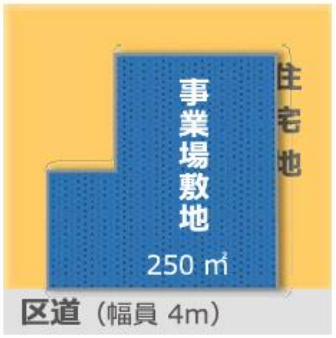
① 周辺が住宅に囲まれ、住宅との間隔は50ｃｍ程度（未舗装地）で近接する

廃業ケース②



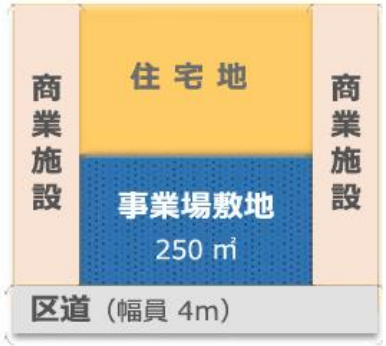
② 旗竿地のように間口が狭く、周辺建物が近接する

廃業ケース③



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

廃業ケース④



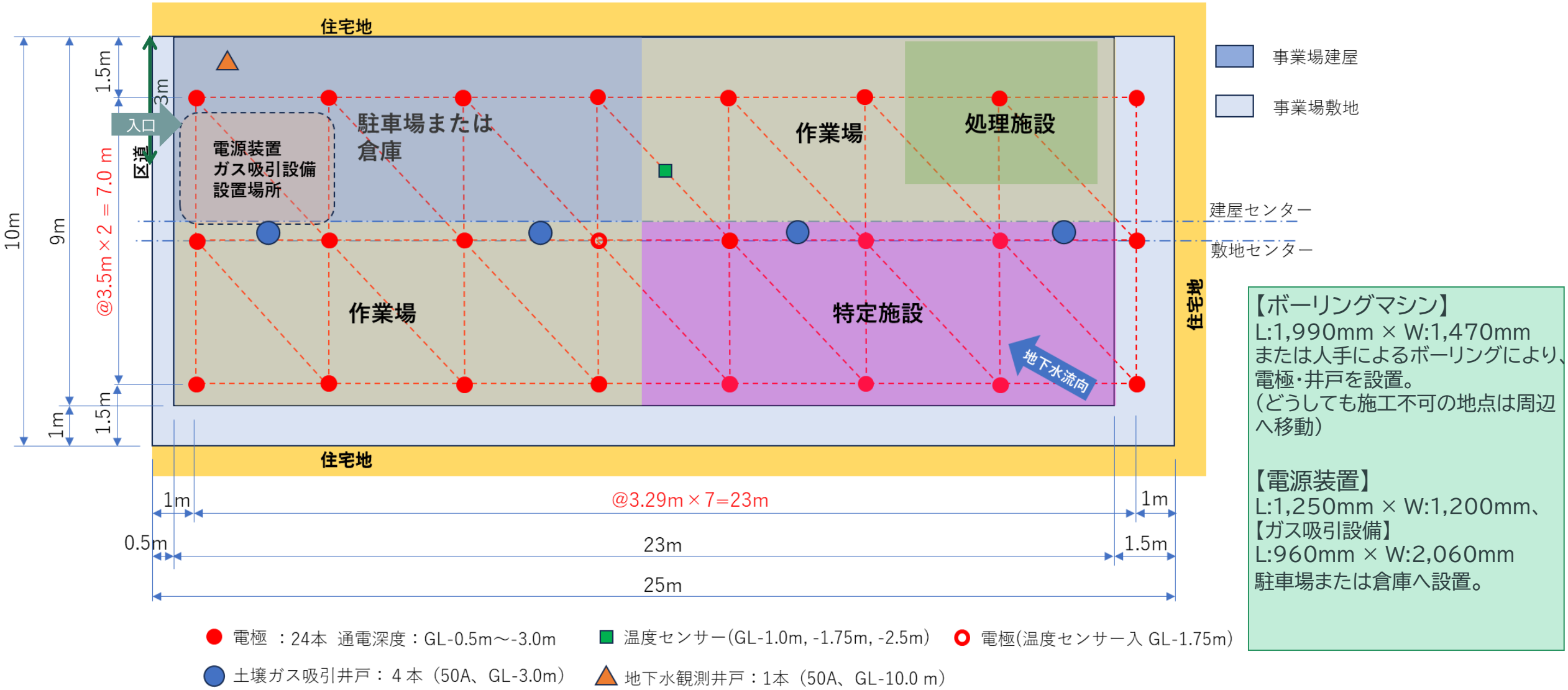
④ 周辺が住宅地や商業施設に囲まれ、幅4mの区道に接道している

東京都公募資料より

上記のような想定の操業中の工場や狭あいな土地での適用が可能

©Land Solution Inc.

4. 土地の条件(操業中②、ケース⑰)への適用:施工平面図



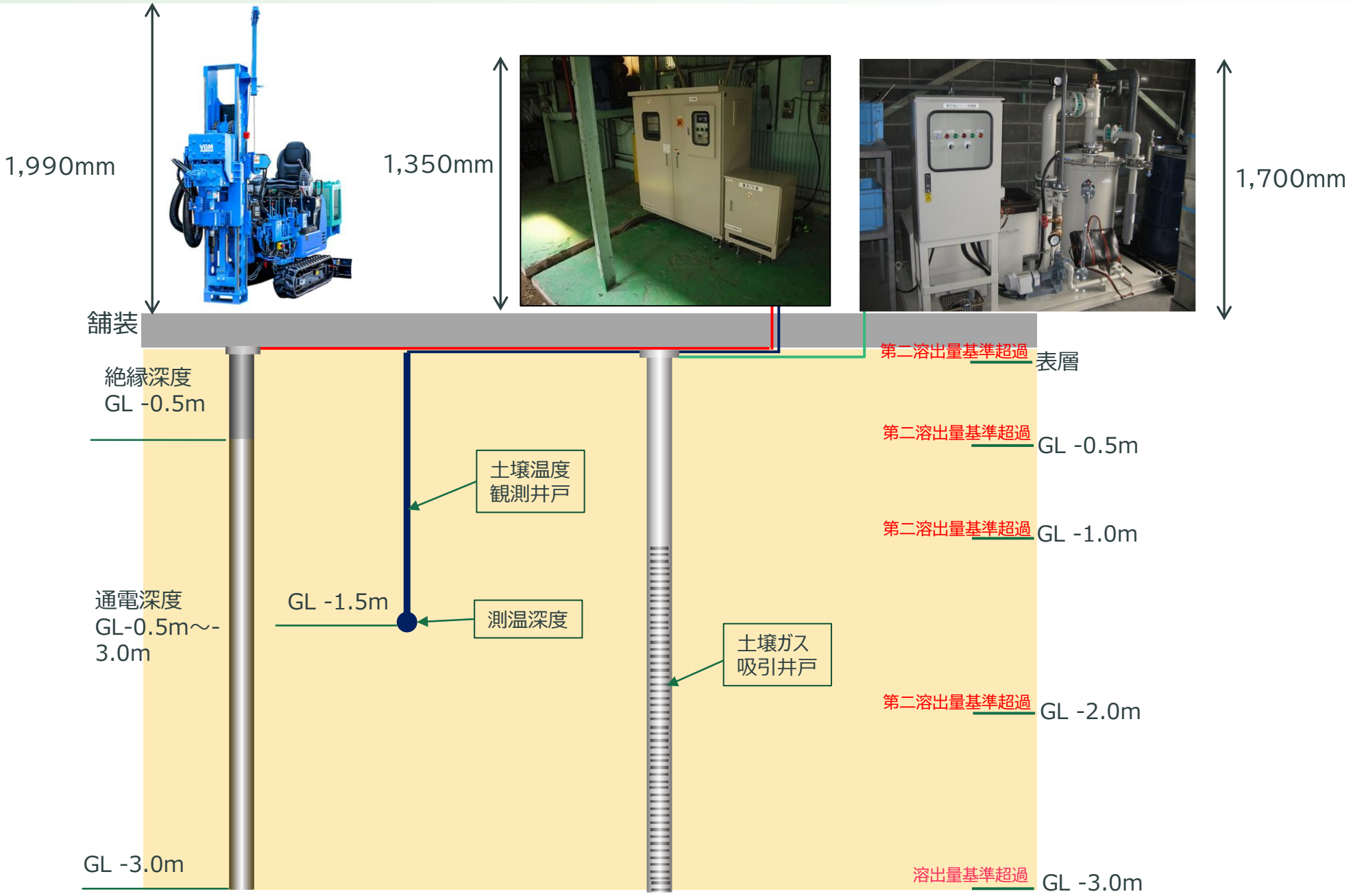
【ボーリングマシン】
L:1,990mm × W:1,470mm
または人手によるボーリングにより、電極・井戸を設置。
(どうしても施工不可の地点は周辺へ移動)

【電源装置】
L:1,250mm × W:1,200mm、
【ガス吸引設備】
L:960mm × W:2,060mm
駐車場または倉庫へ設置。

施工平面図(操業ケース②)

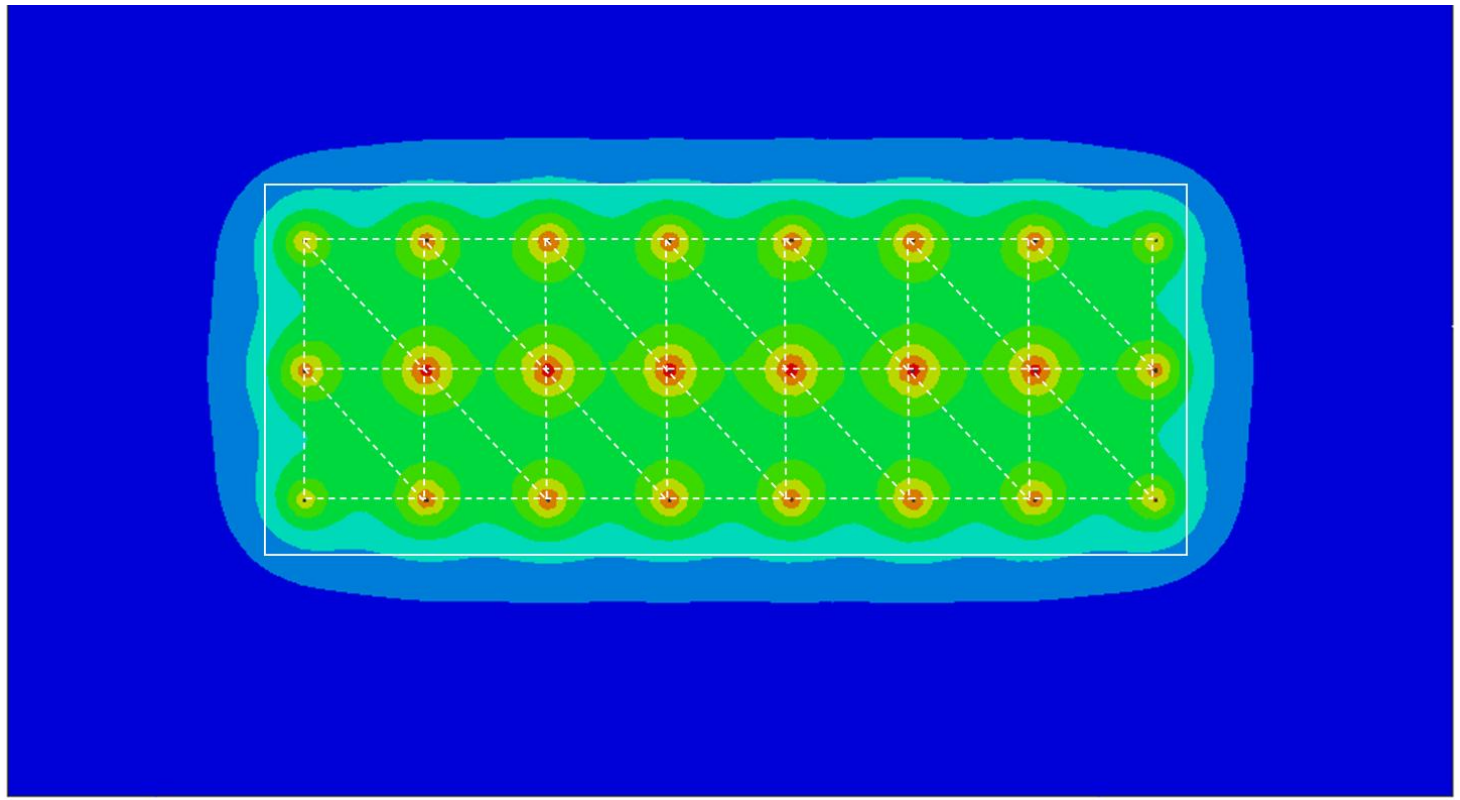
©Land Solution Inc.

4. 土地の条件(操業中②、ケース⑰)への適用:施工断面図

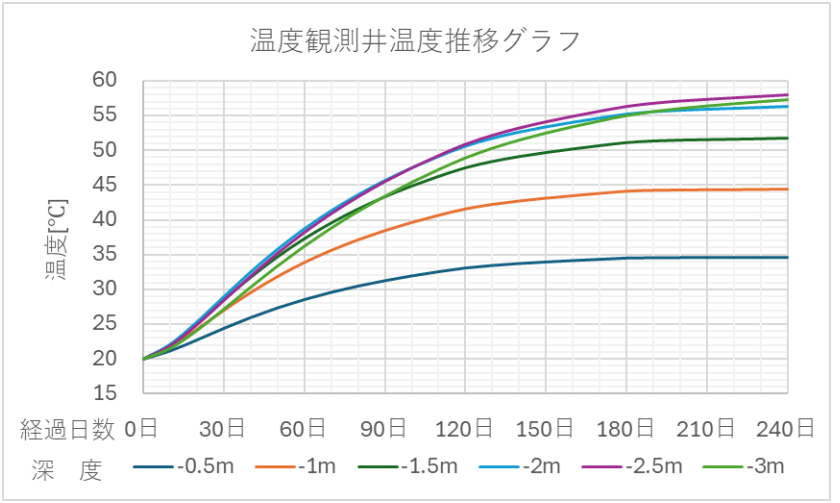


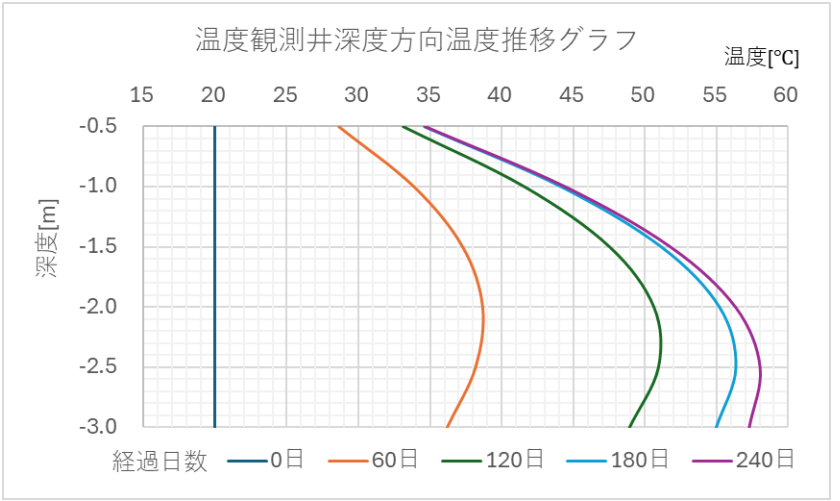
©Land Solution Inc.

4. 土地の条件(操業中②、ケース⑰)への適用:温度上昇解析結果



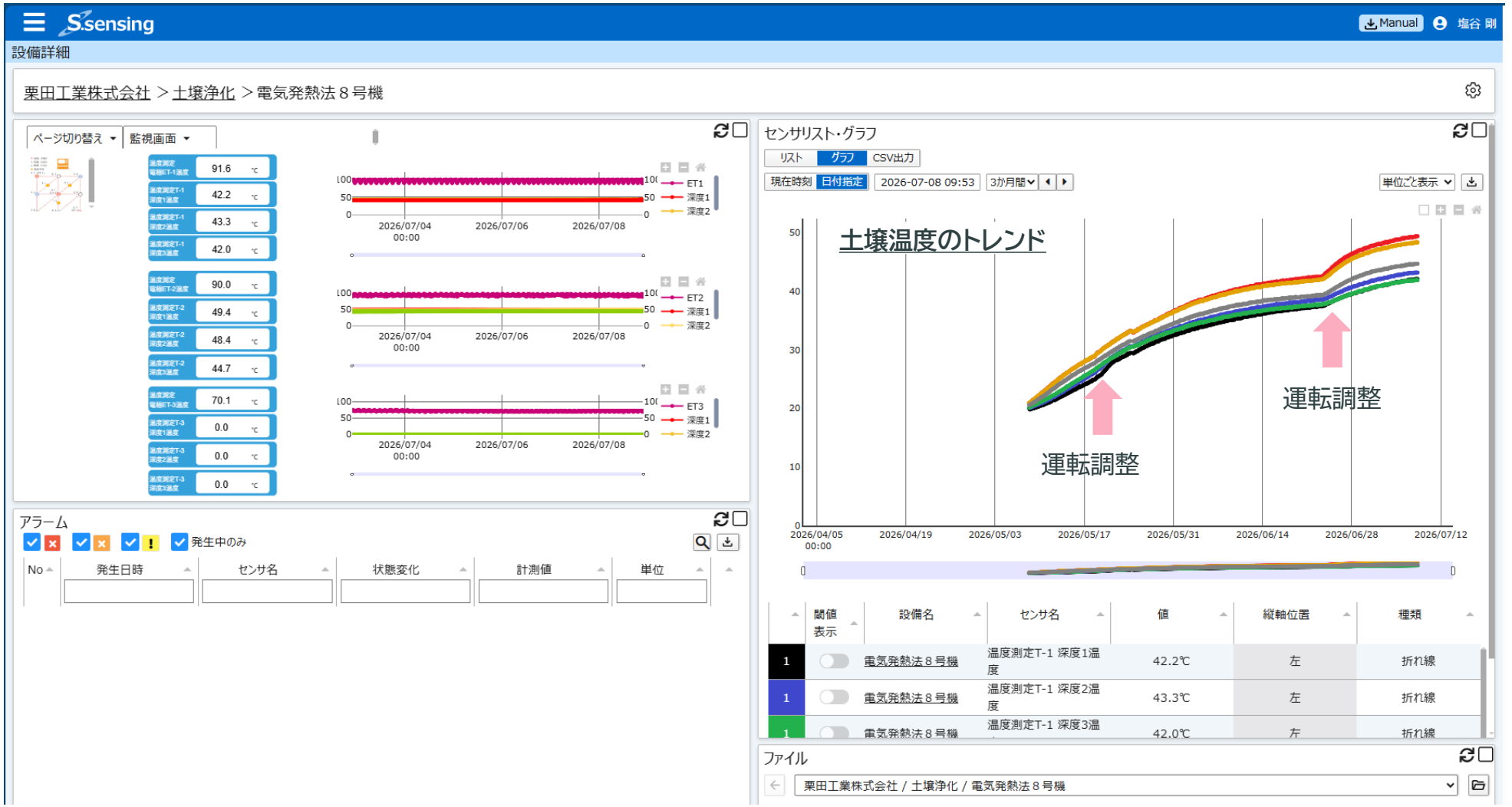
土壌温度コンタ図 180日後 -1.75m





©Land Solution Inc.

4. 土地の条件（操業中②、ケース⑰）への適用：遠隔監視による運転管理



- 加温設備の運転状況はWEB上で遠隔監視可能であり、運転管理の負担軽減をはかることが可能。
- 遠隔監視状況を見ながら、温度上昇の傾きが鈍化した時など、運転管理員が1回／月程度、現地で運転調整をおこなう。

©Land Solution Inc.

5. 事例紹介:土壌ガス吸引対策との併用_現地概要(1)


トレンチ設置(施工前)



電極打ち込み状況



電極設置状況


電極ヘッド埋設状況


電源装置


土壌ガス吸引井戸

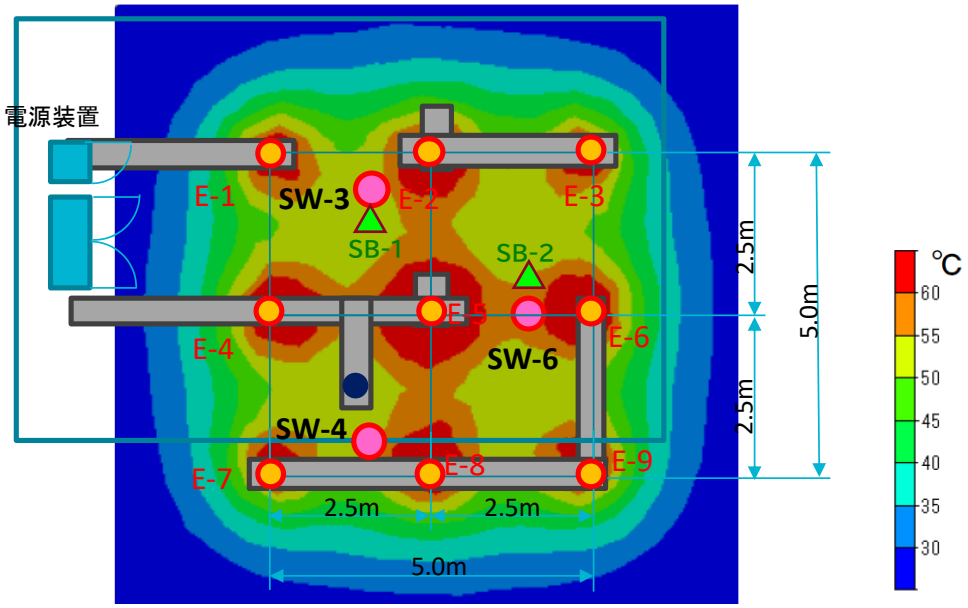

配管・桝設置


土壌ガス吸引設備

- 上記写真は中小事業者の稼働中工場での施工事例。
- 工場内には設備があり、ボーリングマシンでの施工も難しい状況であったため、人手によるボーリングにより、電極や土壌ガス吸引井戸等を設置。
- 25 m^2程度の場所に電極9本、電源装置・土壌ガス吸引設備等を設置。

©Land Solution Inc.

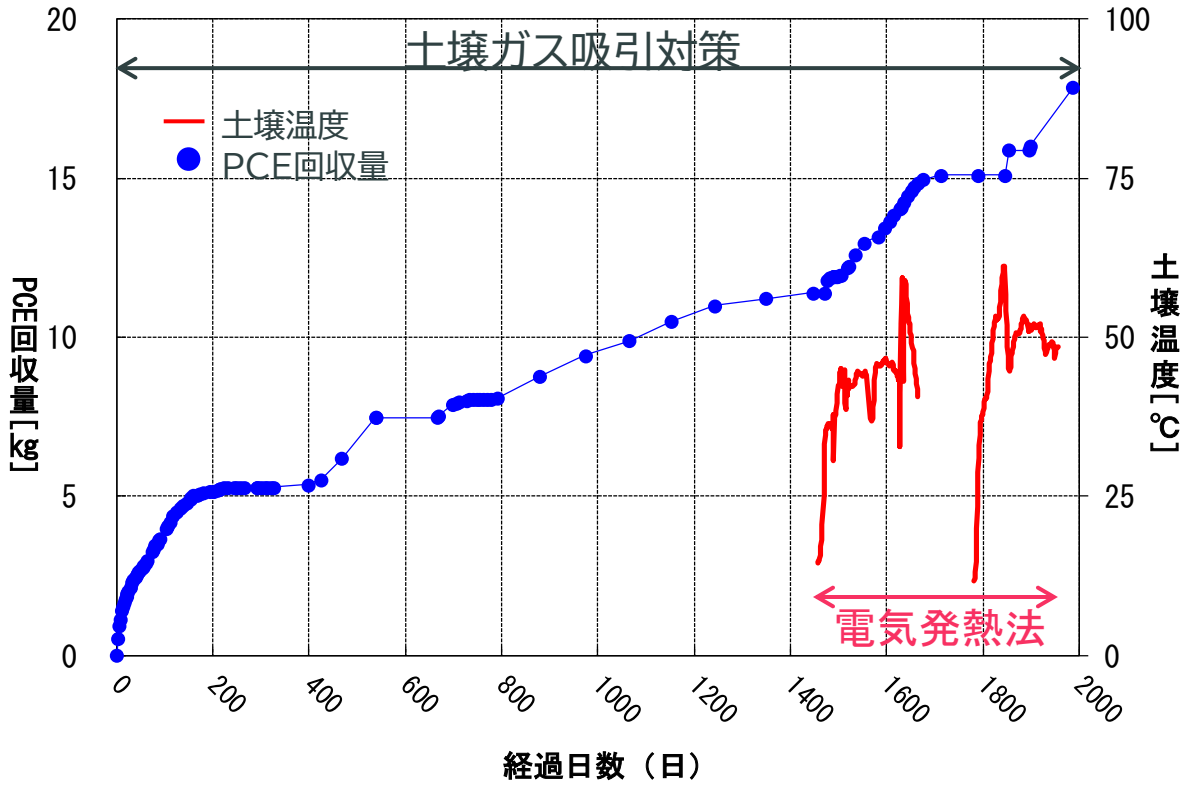
5. 事例紹介:土壌ガス吸引対策との併用_現地概要(2)



既存設備：土壌ガス吸引井戸　　電気発熱用：電極井戸(E-1～9)

電気発熱用：土壌温度観測井戸　　電気発熱用：埋設用トレンチ

ガス吸引井戸、電極、温度観測井戸配置平面図



PCE回収量の時間変化

①土壌温度

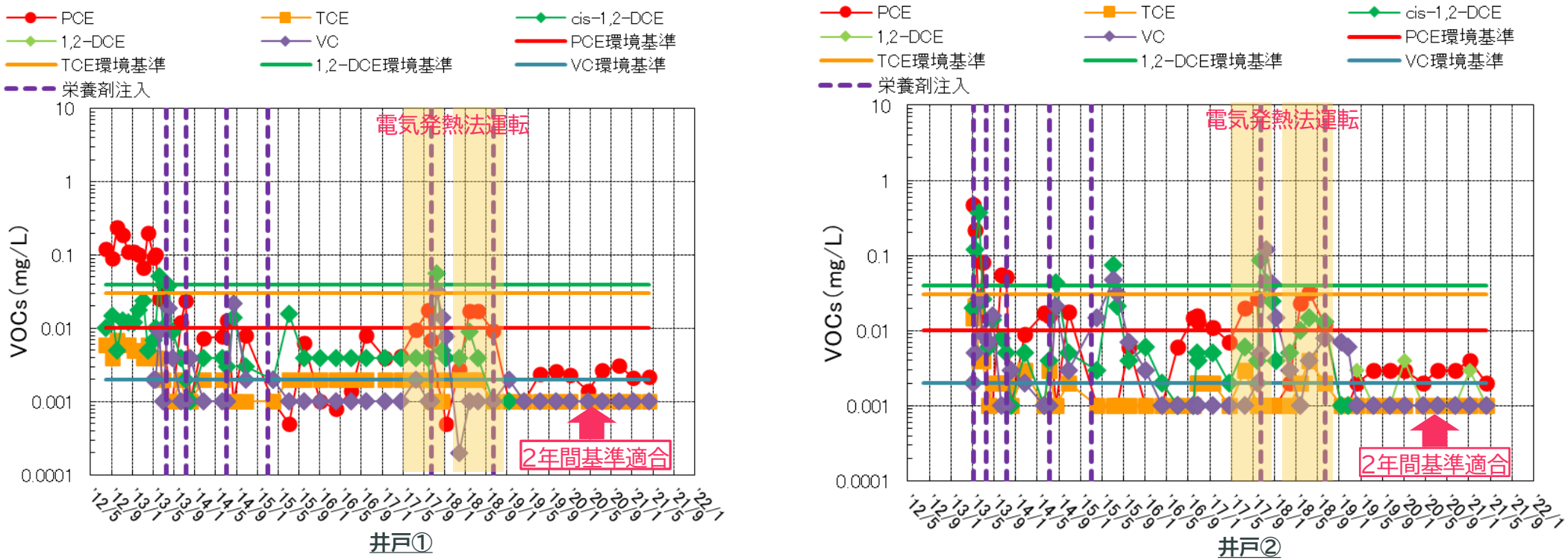
電気発熱法実施前の
11.7℃から61.1℃に上昇。

②PCE回収量

電気発熱法実施前の
11kgから17kgに増加。
（回収効率は約2．2倍に上昇）

©Land Solution Inc.

5. 土壌ガス吸引対策との併用_現地概要(3)



観測井戸における地下水中の塩素化エチレンの時間変化

- 電気発熱法を併用した土壌ガス吸引対策を実施したことで、一時的に地下水の塩素化エチレン濃度は上昇したが、その後、嫌気性バイオ法により、地下水中塩素化エチレン濃度は低下。
- さらにその後は、帯水層の上部にある不飽和層からの地下水への汚染物質の供給が低減され、VC含めて2年間連続して基準適合達成(2年間モニタリング完了)。

©Land Solution Inc.

6. まとめ

- 電気発熱法を併用した土壌ガス吸引対策は、原位置浄化の不確実性を解決する有効な手法である。
- 土地の条件②、汚染物質・汚染状況ケース⑰にて具体的に検討した結果、適用可能であることを確認。なお、コストは掘削除去と比較して、38%程度の費用で安価に施工可能。
- 中小事業の稼働中工場内（狭あいな土地）での実績があり、第一種特定有害物質（PCE）の回収量が増加し、PCEの土壌溶出量も低下。
- 上記対策により、帯水層への汚染物質の供給が低減し、VCを含めて塩素化エチレンが2年間連続して、基準適合達成（2年間モニタリング完了）。
- 加温の運転状況はWEB上で遠隔監視可能であり、維持管理の負担軽減をはかることが可能。
- 以上から、中小事業の稼働中工場（狭あいな土地）において、電気発熱法を併用した土壌ガス吸引対策は浄化完了あるいは第二溶出量基準適合を目指す上で有効な手法となる。

©Land Solution Inc.

もっといい土、もっといい水。

Land Solution

a Kurita company