

S6-17 ヒーターを用いた原位置加熱浄化工法の紹介

Introduction of In-situ Thermal Remediation using Thermal Conductive Heater

○和知 剛¹・北原 亘¹・角田真之¹・小松大祐¹



¹株式会社アイ・エス・ソリューション

Takeshi Wachi¹, Wataru Kitahara¹, Masayuki Kakuta¹, Daisuke Komatsu¹

¹In Situ Solutions



1. はじめに

土壌・地下水汚染対策において、原位置浄化を適用するサイトにおいても、汚染源対策の場面では、高濃度域は物理的除去を必要となることが多い。短期間に高濃度の汚染物質を除去するため、掘削除去を選択することが多く、弊社でも数多く実施している。

しかし、深い位置の掘削除去では、対策費用が非常に高額となることから、適用が困難となることが多い。透水性の良い地層であれば揚水や薬剤注入等の方法もあるものの、透水性の低い粘土やシルトに高濃度の揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds; 以下、VOCs)が存在する場合には浄化が困難となる。

2. 原位置加熱浄化工法の種類

これまで原位置浄化の適用が困難とされてきた粘土・シルト中の高濃度汚染、もしくは非常に深い位置での掘削除去が必要なサイトに対する技術として、原位置加熱浄化技術(In-Situ Thermal Remediation: 以下、ISTR)を米国より技術導入した。ISTR技術は、単一の技術ではなく、主に以下に示す3つの技術から構成される。それぞれの技術の特徴を図-1に示す。

2.1 ヒーターによる加熱浄化技術

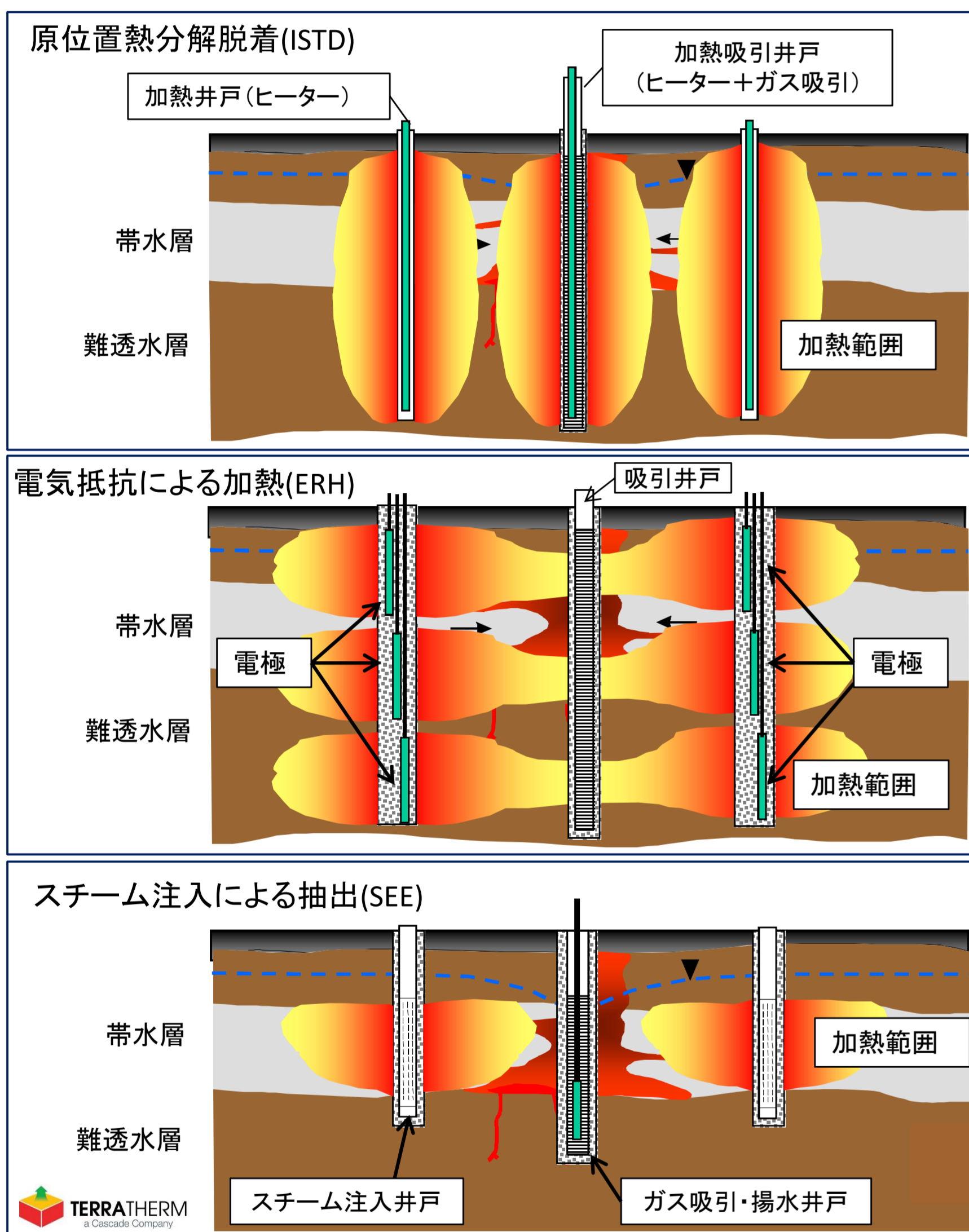


図-1 原位置加熱浄化技術(ISTR)における加熱方法の特徴

加熱温度はおよそ80℃未満で、粘土・シルトや砂などの地層に適用できる。土壌・地下水中のVOCsなどの気化を促進させ、直接井戸からVOCsを回収させる方法のほか、バイオレメディエーションと組み合わせることなどで高い分解促進効果を発揮する。

2.2 スチーム注入による抽出技術

スチーム注入による抽出技術(Steam Enhanced Extraction、以下SEE)は、設置した井戸からスチームを注入し、広く拡散させ、地盤中の温度を上昇させる技術で、VOCsの揮発や移動を促進させ、回収井戸からガス吸引と地下水によりVOCsを回収する技術である。スチームの注入にあたっては、砂や礫などの透水性が高い地層に対して適用可能である。一般には、ISTDに比べて、井戸間隔を広く設定することが可能である。加熱温度は90~100℃程度である。

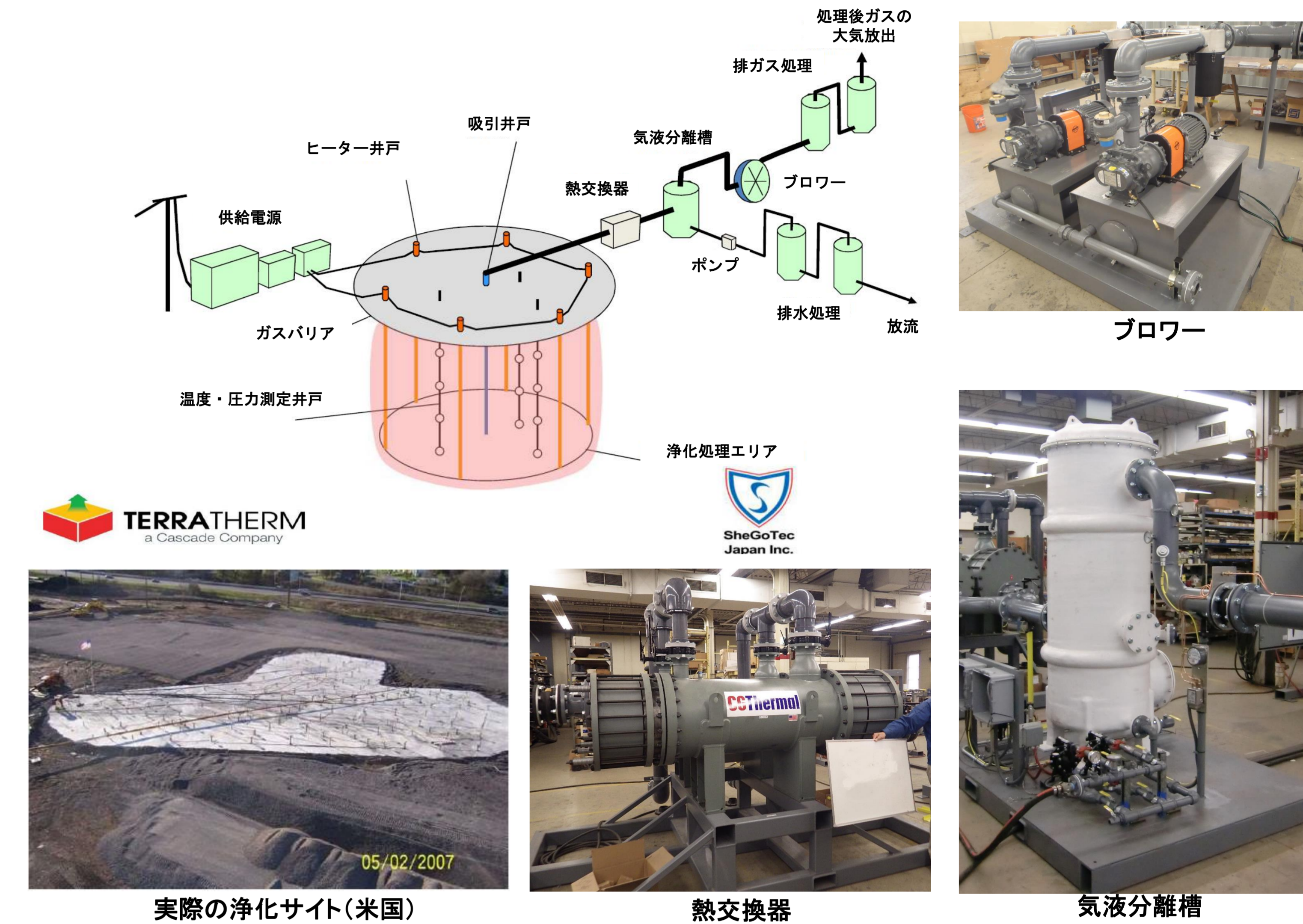
3. ヒーターによる原位置加熱浄化技術(ISTD)

3.1 浄化対象物質

- 揮発性有機化合物(飽和帯・不飽和帯)
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、ベンゼン等
- 準揮発性有機化合物(基本的に、一旦掘り上げて加熱)
ナフタレン、PCB、ダイオキシン
- 油類
灯油、軽油、ガソリン

適用できる化学物質については、ある程度、物質自身の物理化学特性により評価できるものの、複合汚染や特殊な物質については、事前にトリータビリティ試験により、評価することが望ましい。

3.2 ISTDの基本設備



実際の浄化サイト(米国)

熱交換器

気液分離槽

図-2 原位置熱分解/脱着(ISTD)装置の基本構成

4. 施工事例の紹介 ~米国テラサーモ社による実績~

(1) サイト概要

① サイト情報

米国カリフォルニア州サンフランシスコ市近郊の再開発予定地で、土壌調査を実施したところVOCsが確認された。サイトは、海沿いの鉄道貨物倉庫であり、過去のクリーニング工場の操業による漏洩と推定された。

浄化面積は836m²、浄化深度は表層~GL-6.2mで浄化土量は5,097m³であった。

② 水理地質情報

表層~約1mまでは埋土の砂、その下位は黒褐色の有機質泥層が認められた。地下水位は約GL-1mに存在している。対象泥層の透水性は非常に低く、概ね1×10⁻⁷cm/sec、間隙率は40%であった。

③ 有害物質情報

事前調査では、PCE原液が泥層中に確認された。浄化前の土壌中のPCEは最高濃度2,700mg/kgであり、平均PCE濃度は87mg/kgであった。

④ 浄化対策結果

加熱開始100日後には、PCEの平均濃度が0.012mg/kgまで低下し、浄化目標の2mg/kgに適合した。その他のVOCsも目標を達成した。井戸配置と汚染物質の熱脱着イメージを図-3に示す。

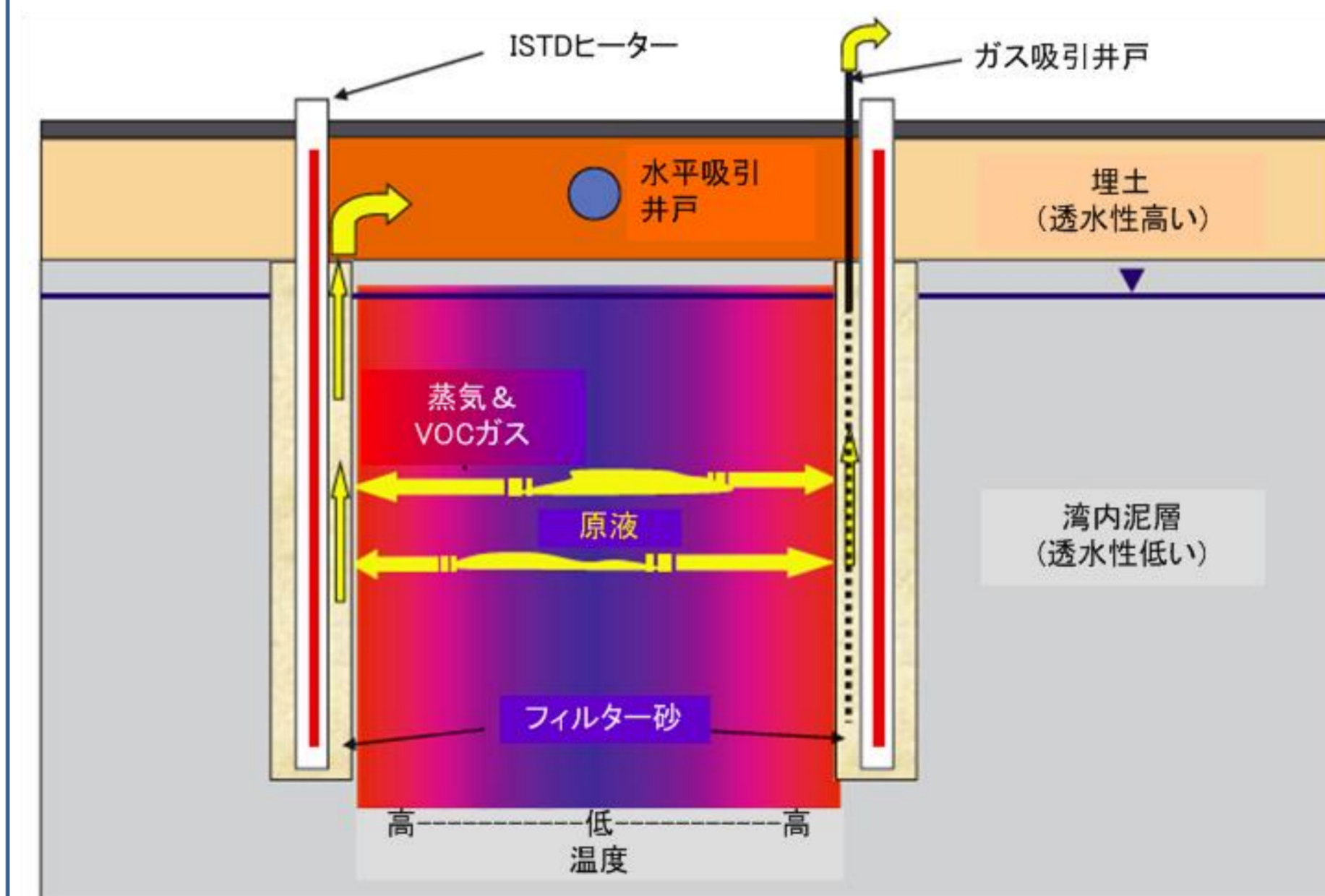


図-3 原位置熱脱着の回収イメージ図

⑤ 評価

原位置薬剤注入が困難とされる有機質泥層に存在する高濃度VOCsを浄化目標まで低下することができた。



図-4 浄化後の採取試料

5. おわりに

当該技術は、低透水性地盤中の高濃度VOCsの原位置浄化が可能であるが、規模の大きな処理設備や各種井戸を多く設置するため、施工深度が10~15m以下では、掘削除去費用よりも割高となる可能性がある。しかし、深度がおよそ15mを超える浄化では、掘削除去よりも安価に施工できるようになり、適用できるサイトが増えてくる。今後、高品質の確保に加え、費用が低減できるよう開発を進めていく計画である。

参考文献

- 和知剛・北原亘・角田真之(2016):原位置加熱浄化技術(In-Situ Thermal Remediation)の紹介, 環境浄化技術, Vo.15, No.5, pp.58~62.
- George L. Stegemeier, Harold J. Vinegar (2001):Thermal Conduction Heating for In-Situ Thermal Desorption of Soils. Hazardous & Radioactive Waste Treatment Technologies Handbook, Ch.4.6-1,Oh,Chang H. (Ed.).CRC Press LLC.
- Gorm Heron, John Lachance, and Ralph Baker (2013):Removal of PCE DNAPL from Tight Clays Using In Situ Thermal Desorption, Groundwater Monitoring & Remediation 33, No.4/ Fall, pages.31~43.