

令和3年度低コスト・低負荷型土壤汚染調査対策技術検討調査結果

実施機関：大成建設株式会社

技術名称：加熱脱着法とバイオレメディエーションを併用した難透水層及び帯水層のVOCs浄化技術

調査対策区分：対策

技術の区分：原位置浄化

実証試験の評価対象物質：トリクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、クロロエチレン

試験期間：令和3年7月～令和4年3月

1. 技術の原理及び特徴

本技術は、帯水層下部に存在する粘土層などの難透水層に存在する塩素化エチレン類を土粒子から脱離させ、帯水層中の地下水中に移行させ、その後にバイオレメディエーションにより浄化する技術である（図-1）。本技術では電気発熱法（電気抵抗加熱法）を用いて地盤を加熱する。電気発熱法は、地盤に挿入した電極から土壤に三相交流の電圧を印加し、汚染領域の土壤自体を発熱させることで、従来の原位置浄化技術で難しいとされていた難透水性土壤に吸着した揮発性有機化合物（VOCs）を短期間に脱離・揮発させて浄化を図る技術である。本技術では通電機能と浄化材の供給機能を1本に集約した電極兼用注入管を所定の深度まで打設する。帯水層の深度に位置する部分には、浄化菌（脱塩素細菌）を活性化するための浄化材を供給する開口部（スリット）が加工されている。また、地上部付近など加温が不要な地盤に電流が流れ込まないようにするため、電流を流す必要のない深度に位置する部分は鋼管の外側に塩ビ管を被せた二重管で構成されている。

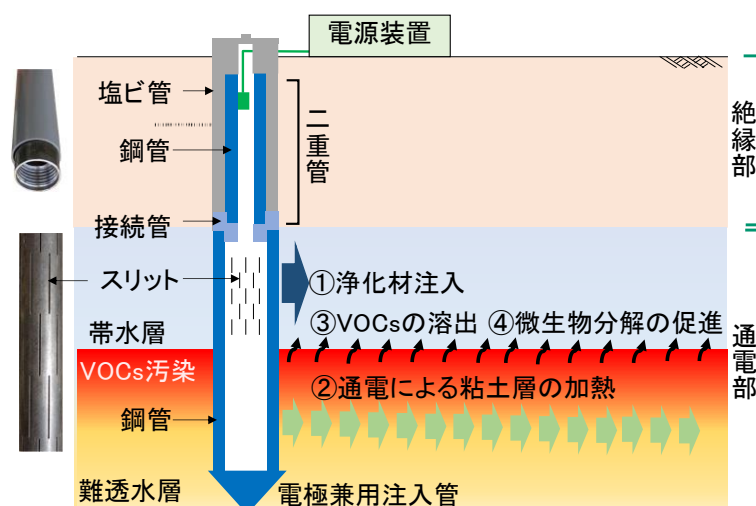


図-1 電極兼用注入管を用いる浄化技術の模式図

帯水層へ浄化材を供給することで塩素化エチレン類を浄化する脱塩素細菌が活性化すると共に、通電により難透水層及び帯水層の土壌温度を上昇させる。この際、粘土・シルトで構成される難透水層では砂等で構成される帯水層と比較して通電量が多くなるため、温度が高くなる。このため、帯水層を微生物分解に適した 30℃前後に維持した場合でも難透水層の温度はそれより高温となり、難透水層から帯水層への塩素化エチレン類の移行が促進する。微生物分解の至適温度に制御する帯水層では、溶脱した塩素化エチレン類に対して脱塩素細菌による浄化が短時間で進行する。

本技術には微生物を用いる浄化技術が含まれているため、帯水層中の地下水へ溶脱した際の VOCs 濃度が 10mg/L 以下となるような比較的中程度に汚染された地盤に適している。一方、地下水中の濃度が 10mg/L を超過するような高濃度汚染域を浄化する場合には、揚水などの抽出処理を併用することにより、本技術の効果的な適用が可能となる。

2. 技術保有会社のコスト・環境負荷低減の考え方

VOCs で汚染された帯水層の下位の地下水を通しにくい難透水層（シルト層・粘土層）が VOCs に汚染されている場合には原位置浄化が容易ではないため、掘削除去が適用されることが多い。電気発熱法は原位置浄化によって難透水層の VOCs 濃度を低減できる技術であるが、揚水処理などを用いて帯水層に溶出した VOCs を地上に抽出する方法が一般的に併用されており、浄化を行うために多くのエネルギーを必要とする課題があった。

本実証調査では、汚染地盤の加熱後に難透水層から溶出した VOCs を帯水層で微生物分解することにより、電気発熱法の中で用いられてきた抽出処理よりエネルギーの消費量やコストを低減し、掘削除去よりも低コスト・低環境負荷となる技術を目指した。

3. 調査結果の概要

(1) 実証調査方法

①実証試験装置と試験実施方法

本実証調査は図-2、図-3 に示す実証試験装置を用いた。本試験では6本の電極兼用注入管を1辺2.5mの正三角形の頂点の位置に小型のボーリングマシンを用いて設置した。また、電極兼用注入管で囲まれた三角形の中央部に温度観測井戸と地下水観測井戸を設置した。試験の全体フローを図-4に示す。ビール酵母を主成分とする浄化材「TM-BioQuick」の希釈液(16g/L)10kLを2日間で帯水層に供給後、帯水層下部(GL-5.3m)に設置した温度計の地盤温度をモニタリングしながら浄化菌(*Dehalococcoides*属細菌)が死滅しない上限である35℃を超えないように通電管理を行った。浄化開始104日目以降は、TM-3観測井戸から浄化材の希釈液(2.5g/L)を18L/hの供給速度で37日間連続供給し、帯水層下部(GL-5.3m)に設置した温度計の温度を浄化菌の至適温度である25℃～30℃となるように通電量を試験終了まで管理した。

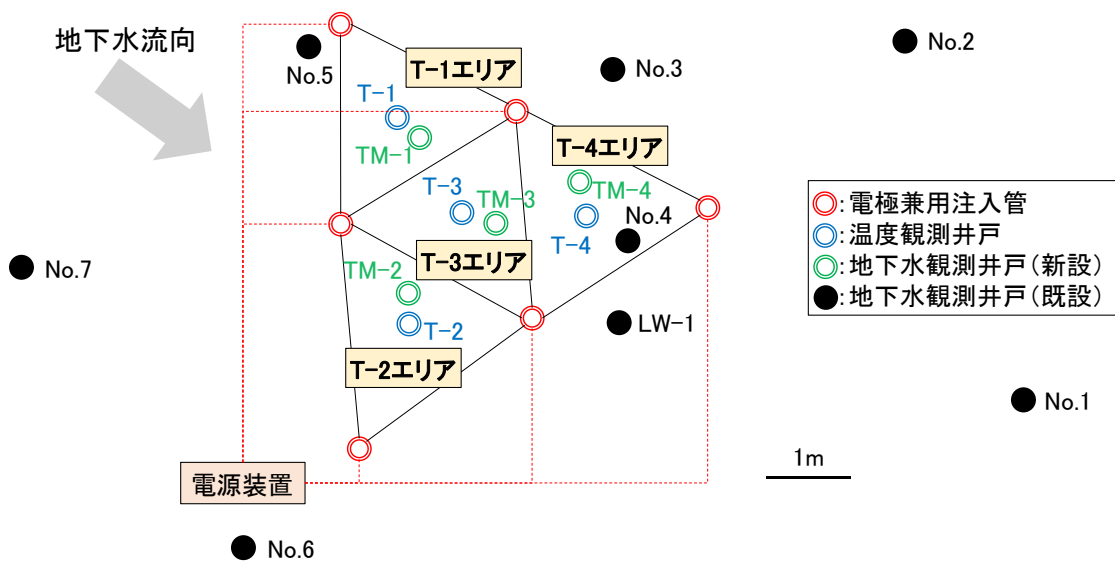


図-2 実証試験装置の平面図

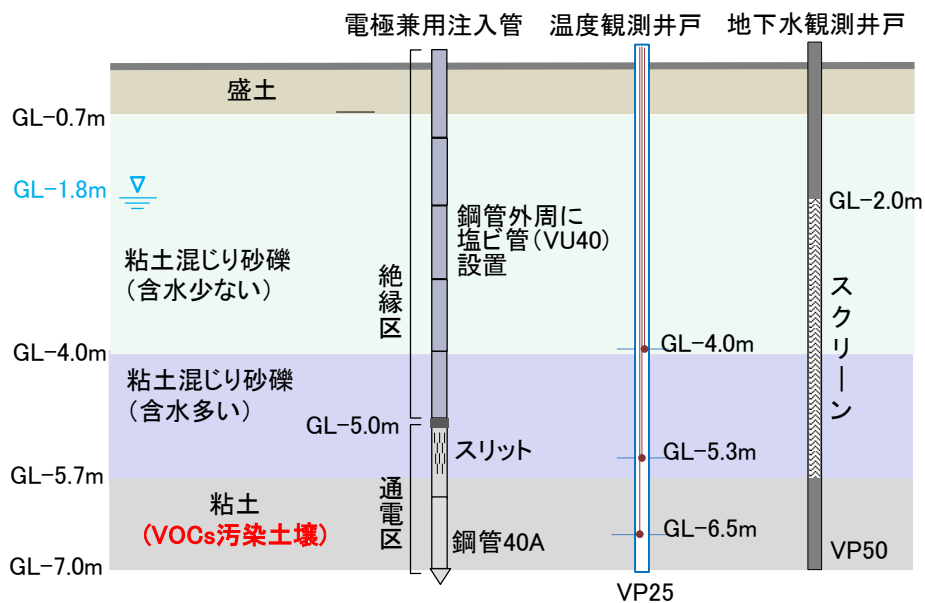


図-3 実証試験装置の断面図

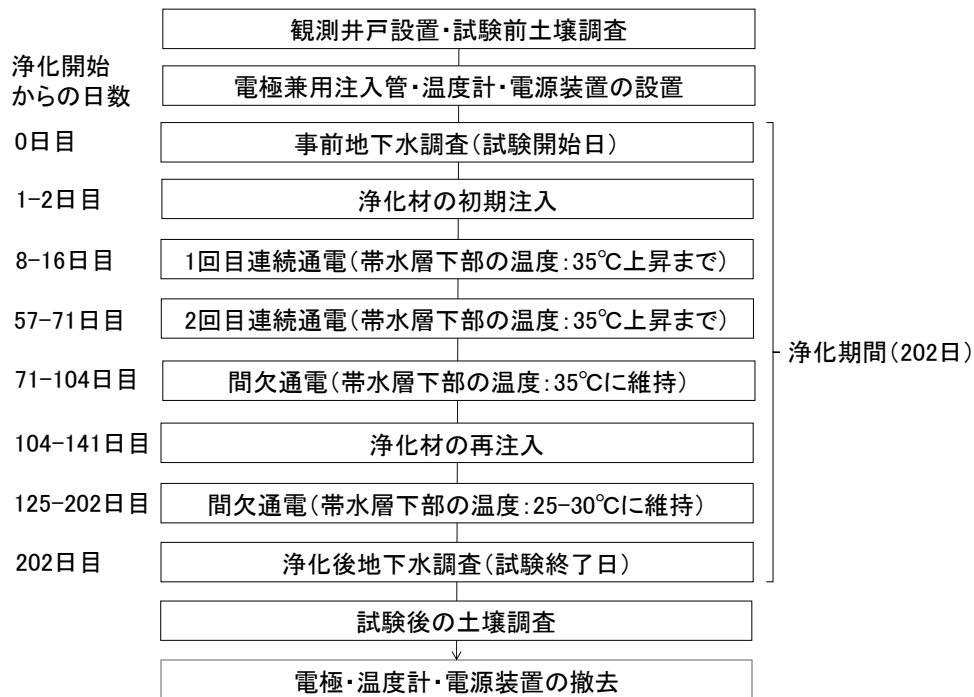


図-4 実証調査のフロー

②測定方法

測定項目、分析方法、測定検体数を表-1 に示す。各観測井戸の地下水位を測定してパーズを実施後、図-3 に示す GL-5.0m の深度から地下水を採取した。また、投げ込み式多項目測定器を用いて地下水採取深度における地下水状況を測定した。

試験実施前後の土壌試料はボーリングコアを採取し、写真-1 に示す 4 深度についてトリクロロエチレン（以下「TCE」という。）、1,2-ジクロロエチレン（以下「1,2-DCE」という。）、クロロエチレン（以下「VCM」という。）の土壌溶出量及び土壌含有量を測定した。

③浄化対象

粘土混じり砂礫層（GL-1.8m～-5.7m）が地下水の浄化対象範囲であり、その直下の粘土層（GL-5.7m～-7.0m）を土壌の浄化対象範囲とした。

表-1 測定項目及び測定数

項目	測定項目	分析方法	目的	検体数	
浄化効果	トリクロロエチレン	JIS K0125 5.3	浄化効果の確認	9回×12箇所 =108検体	
	1,2-ジクロロエチレン				
	クロロエチレン				
	全有機炭素濃度(溶存態)	JIS K0102 22.1	浄化材の存在量 嫌気環境の形成状況の確認		
	全無機炭素濃度				
	硫酸イオン濃度	JIS K0102 41.3	微生物の増殖に必要な栄養塩の 存在状況確認		
	硝酸性窒素濃度	JIS K0102 43.2.5			
	亜硝酸性窒素濃度	JIS K0102 43.1.2			
	アンモニア性窒素濃度	JIS K0102 42.5			
	オルトリン酸リン濃度	JIS K0102 46.1			
	地下水	pH	投げ込み式多項目測定器		浄化に最適な地下水環境条件の確認
	溶存酸素濃度				
	酸化還元電位				
	電気伝導率				
	地下水温				
	地下水水位	地下水水位計	注入水の拡散・希釈状況の確認		
	ナトリウムイオン濃度	JIS K0102 48.3			
	塩化物イオン濃度	JIS K0102 35.3	定量PCR法		細菌数の推移
	全菌数(バクテリア数)				
	デハロ菌数				
vcrA 遺伝子数					
土壌	トリクロロエチレン溶出量	JIS K0102 38.1, 38.3	浄化効果の確認	2回×13箇所 ×4深度 =52検体	
	1,2-ジクロロエチレン溶出量				
	クロロエチレン溶出量				
	トリクロロエチレン含有量	底質調査法			
	1,2-ジクロロエチレン含有量				
	クロロエチレン含有量				

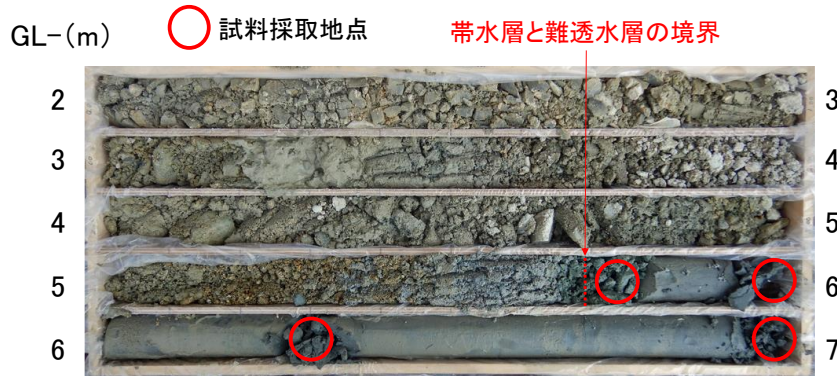


写真-1 土壌試料の採取深度

(2) 実証調査結果

①技術の有効性

1) 地下水中の塩素化エチレン類の浄化効果

T-1～T-4 エリア中央部における土壌温度の推移を図-5 に、エリア中央部の観測井戸 (TM-1～TM-4) における地下水中の塩素化エチレン類のモル濃度の推移を図-6 に、塩素化エチレン類をエチレンまで完全脱塩素化が可能な浄化菌である *Dehalococcoides* 属細菌の菌数 (以下「DHC 菌数」という。) と浄化菌を活性化するために供給した浄化材の残存状況の指標となる溶存性有機炭素濃度 (以下「DOC 濃度」という。) を図-7 に示す。

浄化開始 8 日目に通電を開始した結果、各エリアでは地盤温度は速やかに上昇し、8 日間通電後に GL-5.3m の帯水層における温度が浄化菌の生育範囲の上限温度である 35℃に達したため通電を停止した。GL-6.5m の粘土層の温度は GL-5.3m の帯水層の温度より約 5℃高く上昇し、各エリアの地下水中の塩素化エチレン類のモル濃度は浄化開始から 2 週間で 3 倍～22 倍に大きく上昇した。その後の通電を停止した状態で地盤温度が低下する過程において、TM-4 観測井戸を除いて DHC 菌数は増加し、塩素化エチレン類の濃度は減少傾向を示した。57 日目から開始した 2 回目の通電では GL-6.5m の粘土層の温度は最大で 44℃まで上昇し、その後に間欠通電によって約 50 日間にわたって GL-5.3m の帯水層における温度を 35℃に維持したが、この期間において塩素化エチレン類の濃度は上昇しなかった。この原因として、原地盤における塩素化エチレン類の微生物による分解量が、粘土層からの溶出や地下水流動による上流部からの供給量より上回っていたためと推測された。104 日目以降は地下水中の塩素化エチレン類の浄化菌による分解促進を優先するため、GL-5.3m の帯水層における温度を浄化菌の至適温度である 25℃～30℃に維持したため、浄化材の供給が少なかった TM-1 を除いて DHC 菌数は大きく増加した。また、試験終了時に地下水中にエチレン及びエタンが発生していることを自主的に測定し、塩素化エチレン類が地盤内で完全脱塩素化していることを確認した。一方で、試験サイトの中で地下水流向の上流に位置する T-1 エリアと T-2 エリアの観測井戸では 141 日目以降に地下水中の塩素化エチレン類の濃度が大きく上昇した。濃度が上昇した期間は粘土層の温度が低下傾向を示したことから、粘土層から地下水への塩素化エチレン類の溶脱が急激に進行した可能性が低いと考えられた。したがって、TM-1 及び TM-2 観測井戸での地下水中の塩素化エチレン類濃度の上昇は試験サイト上流部に存在した汚染地下水の移流による再汚染の影響によるものと推察した。

各エリアに存在する観測井戸内における塩素化エチレン類の地下水濃度の計量証明事業者による公定法に基づく分析結果を表-2 に示す。TCE については脱塩素化が進行して濃度が低下し、8 地点中のうち 6 地点の観測地点で基準値以下となった。一方、TCE の分解生成物である 1,2-DCE や VCM については上流部からの汚染地下水の流入の影響が低いと考えられる T-4 エリアにおける各観測井戸についても基準値を超過しており、基準値以下とするためには浄化期間の延長や必要に応じた浄化材の再注入を実施する必要があると考えられた。また、T-2 エリアの TM-2 観測井戸における地下水中の塩素化エチレン類濃度は浄化初期の加熱開始直後に 1,2-DCE 濃度が 100mg/L 近くまで上昇し、その後に一時的に減少したものの、浄化終了時には再び 100mg/L まで上昇した。このようなケースでは揚水処理等を併用することが適当であるが、本実証試験では相応の対策を実施することができなかったため、T-2 エリアについては本技術の評価対象からは除外した。

■: 連続通電、■: 間欠通電 (GL-5.3m地点の上限を35°C以下に管理)、■: 間欠通電 (GL-5.3m地点の上限を25-30°Cに管理)

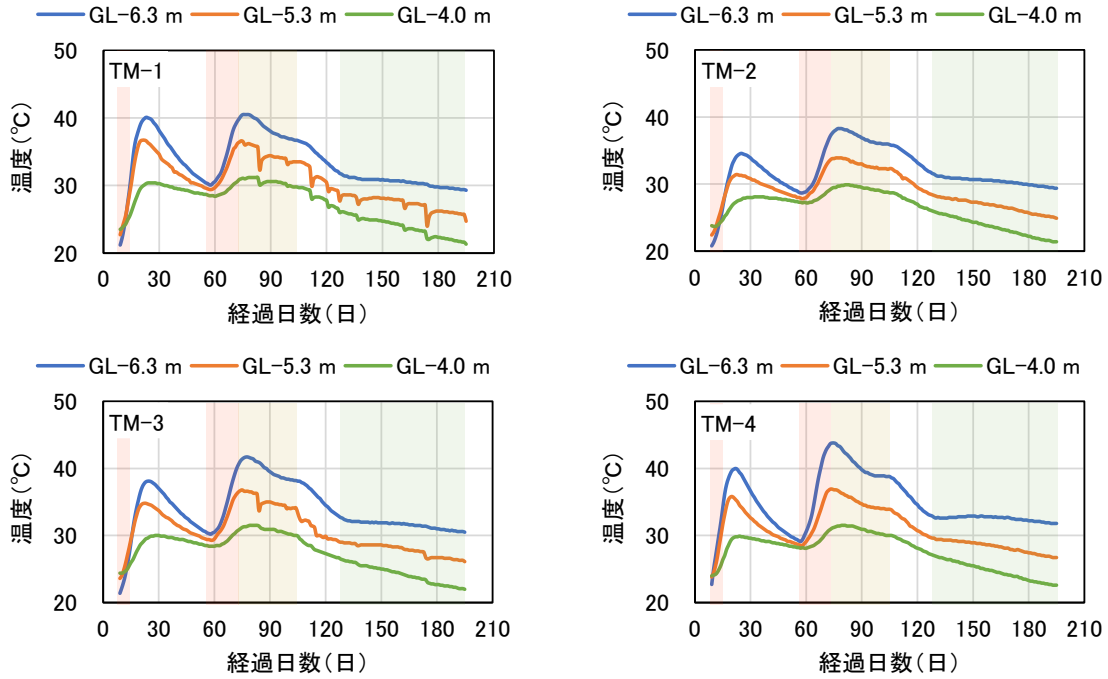


図-5 各エリア中央部の観測井戸における土壌温度の推移

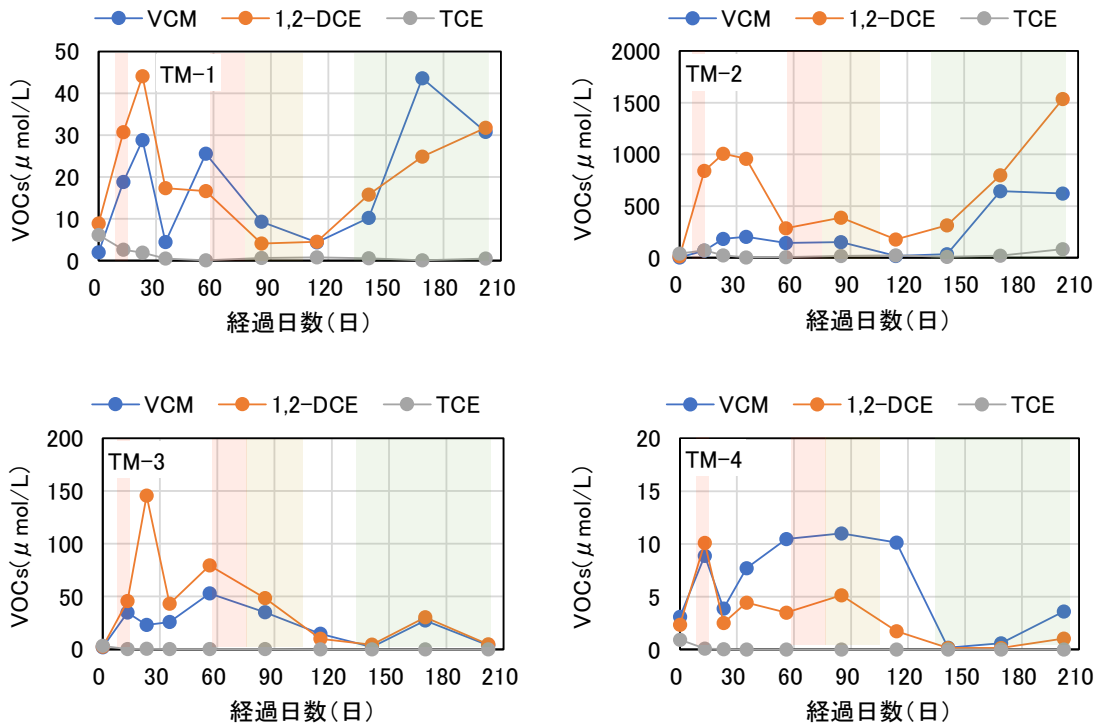


図-6 各エリア中央部の観測井戸における塩素化エチレン (モル濃度) の推移

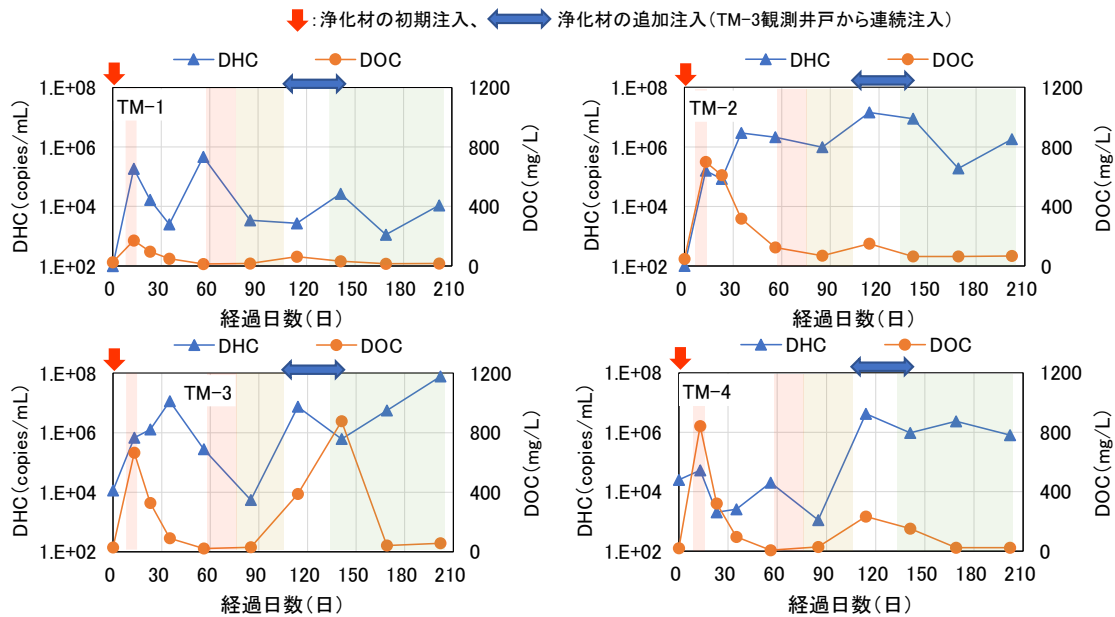


図-7 各エリア中央部の観測井戸における *Dehalococcoides* 属細菌数と溶存性有機炭素濃度の推移

表-2 浄化前後における地下水中の塩素化エチレン濃度 (公定分析)

分析項目	T-1エリア		T-2エリア	T-3エリア	T-4エリア			
	TM-1	No.5	TM-2	TM-3	TM-4	No.3	No.4	LW-1
クロロエチレン (mg/L)	0.031	<0.0002	0.20	0.028	0.020	0.016	0.0006	0.11
	1.1	0.0009	22	0.17	0.10	0.038	0.034	0.068
1,2-ジクロロエチレン (mg/L)	0.68	0.027	2.2	0.20	0.16	0.24	0.70	0.31
	2.4	<0.004	100	0.65	0.085	0.014	0.011	0.049
トリクロロエチレン (mg/L)	0.50	0.14	6.2	0.22	0.081	0.058	0.53	0.001
	0.049	<0.001	11	0.002	0.002	0.001	0.001	<0.001

上段: 試験開始前(0日目)、下段: 試験終了後(202日目)、赤字: 地下水環境基準値を超過

2) 土壌中の塩素化エチレン類の浄化効果

土壌中の塩素化エチレン類の浄化効果については、地下水の浄化効果の評価対象とした T-1 エリア、T-3 エリア、T-4 エリアに存在する図-8 に示す 9 地点について評価した。計量証明事業者による公定法に基づく塩素化エチレン類の土壌溶出量の測定結果を表-3 に示す。この結果、TB-3 地点の TCE を除いて全ての測定地点における塩素化エチレン類の土壌溶出量は分解生成物を含めて減少し、多くの分析地点で基準値以下となった。評価対象とした全ての分析試料の試験前後における土壌溶出量と土壌含有量の平均値とその減少率を表-4 に示す。VCM、1,2-DCE、TCE の土壌溶出量はそれぞれ 95%、57%、50%減少し、試験終了後の土壌溶出量の平均値は全ての塩素化エチレン類で基準値以下となった。また、VCM、1,2-DCE、TCE の土壌含有量はそれぞれ 85%、92%、73%と大きく減少し、粘土層を加熱する過程で地下水中の塩素化エチレン類濃度が増加する傾向が浄化初期に確認できたことから、土壌含有量の減少は粘土層から帯水層中の地下水へ塩素化エチレン類が溶出した結果であると推察した。

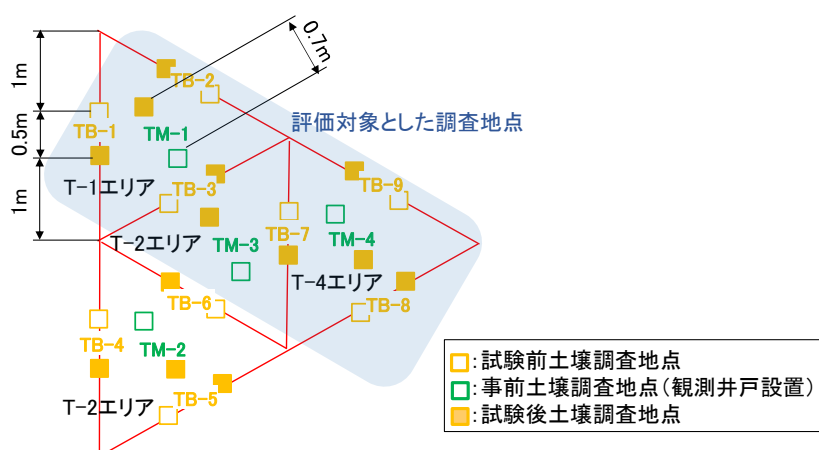


図-8 土壌調査地点及び評価地点

表-3 評価対象地点における試験前後の塩素化エチレン類の土壤溶出量（公定分析）

地点	試験開始前				試験実施後			
	深度(GL- m)	VCM	1,2-DCE	TCE	深度(GL- m)	VCM	1,2-DCE	TCE
TB-1	5.9	<0.0002	<0.004	<0.003	5.7	<0.0002	0.012	0.006
	6.0	<0.0002	<0.004	<0.003	6.0	<0.0002	0.012	0.004
	6.3	<0.0002	<0.004	0.003	6.3	<0.0002	0.014	0.005
	7.0	<0.0002	<0.004	<0.003	7.0	<0.0002	<0.004	0.001
TB-2	5.8	<0.0002	<0.004	<0.003	5.7	<0.0002	<0.004	<0.001
	6.0	0.0008	0.004	<0.003	5.9	<0.0002	<0.004	<0.001
	6.3	<0.0002	<0.004	<0.003	6.3	0.0002	<0.004	<0.001
	7.0	<0.0002	<0.004	<0.003	7.0	0.0002	<0.004	<0.001
TB-3	5.7	0.0037	0.014	0.019	5.6	0.0014	0.010	0.045
	6.0	0.0020	0.012	0.021	6.0	0.0010	0.006	0.031
	6.3	0.0011	0.010	0.019	6.3	0.0018	0.018	0.053
	7.0	0.0011	0.006	0.010	7.0	0.0008	0.015	0.079
TB-7	5.7	0.012	0.012	<0.003	5.8	0.0002	<0.004	0.010
	6.0	0.012	0.018	0.009	6.0	<0.0002	<0.004	<0.001
	6.3	0.014	0.023	0.10	6.3	<0.0002	<0.004	<0.001
	7.0	0.0054	0.013	0.021	7.0	<0.0002	<0.004	<0.001
TB-8	5.9	<0.0002	<0.004	<0.003	5.7	<0.0002	<0.004	<0.001
	6.0	<0.0002	0.004	0.001	6.0	0.0002	<0.004	<0.001
	6.3	<0.0002	<0.004	<0.003	6.3	<0.0002	<0.004	<0.001
	7.0	<0.0002	<0.004	<0.003	7.0	<0.0002	<0.004	<0.001
TB-9	5.8	0.0022	0.004	0.016	5.9	<0.0002	<0.004	<0.001
	6.0	0.0076	0.021	0.003	6.0	0.0013	<0.004	0.001
	6.3	0.0062	0.010	<0.003	6.3	0.0011	0.005	<0.001
	6.9	<0.0002	<0.004	<0.003	7.0	<0.0002	<0.004	<0.001
TM-1	5.7	<0.0002	<0.004	<0.003	5.7	0.0002	0.006	0.004
	6.0	<0.0002	0.011	0.012	6.0	0.0003	0.011	0.006
	6.3	<0.0002	0.009	0.015	6.3	<0.0002	<0.004	0.001
	7.0	<0.0002	0.015	0.017	7.0	<0.0002	<0.004	<0.001
TM-3	5.7	0.038	0.013	0.037	5.6	0.0002	<0.004	0.001
	6.0	0.061	0.044	0.156	6.0	0.0009	0.004	0.022
	6.3	0.084	0.031	0.077	6.3	0.0022	0.005	0.009
	7.0	0.016	0.036	0.031	7.0	<0.0002	<0.004	<0.001
TM-4	5.8	<0.0002	<0.004	<0.003	5.9	0.0003	<0.004	0.001
	6.0	<0.0002	<0.004	0.005	6.0	0.0003	0.006	0.002
	6.3	<0.0002	<0.004	<0.003	6.3	0.0004	0.009	0.008
	6.9	<0.0002	<0.004	<0.003	7.0	<0.0002	<0.004	0.000

赤字：土壤溶出量基準値を超過

表-4 評価対象とした全測定試料の塩素化エチレン類の土壤溶出量及び土壤含有量の平均値と減少率

塩素化エチレン	VCM		DCE		TCE	
	溶出量(mg/L)	含有量(mg/kg)	溶出量(mg/L)	含有量(mg/kg)	溶出量(mg/L)	含有量(mg/kg)
試験前	0.0074	0.365	0.009	2.841	0.016	1.327
試験後	0.0004	0.055	0.004	0.223	0.008	0.360
減少率	95	85	57	92	50	73

②技術の実用性

本技術は既に多くのサイトで実績がある電気発熱法と浄化材を用いる原位置バイオレメディエーションを組み合わせた工法であり、本実証試験で示したように地盤の温度管理は比較的容易に管理可能であるため実用性は高い。二つの工法を組み合わせることにより、従来の加熱脱着法よりエネルギーの使用量を抑えつつ、これまで浄化が難しかった難透水層に含浸した塩素化エチレン類の土壤浄化を帯水層中の地下水浄化と同時に実施できる。

本技術は地盤に電流を流すため、土壤に飽和状態に近い水分が必要であり、基本的には地下水位以下の帯水層を対象とする。本技術が適用できる土壤溶出量の濃度範囲に制限はないが、帯水層に溶脱した地下水中の塩素化エチレン類濃度が非常に高くなると脱塩素細菌が阻害を受けたり、浄化期間が長くなる場合がある。本実証試験においても一部のエリアで事前の土壤調査結果では予測できない高濃度の塩素化エチレン類が試験開始後の地下水において確認された。通常、地下水中の塩素化エチレン類の濃度が 10mg/L を超過するような場合には、揚水などの物理的な抽出工法を併用して汚染物質の濃度を下げてからバイオレメディエーションを適用する必要がある。

本技術で使用した地盤に電気と浄化材を供給する電極兼用注入管は、対策範囲を問わずに小型のボーリングマシン（パイプロドリルマシン）で設置可能である。また、地上に必要な装置は電源装置だけであるため、浄化の際に必要な地上部の専有面積も小さい。そのため、掘削除去が難しいような狭隘な土地での浄化工事も可能である。

③技術の経済性

本技術（加熱脱着法とバイオレメディエーションの併用）に対して、掘削除去を比較工法として試算を実施した。浄化対象とする汚染物質は 1,2-DCE、汚染エリアの面積は 100 m²とし、GL-2m から GL-9m までの帯水層（粘土混じり砂礫層）は地下水汚染（環境基準値の 10 倍以下）のみが存在し、GL-9m～GL-10m の粘土層には土壤溶出量基準値を約 10 倍超過する土壤汚染が存在していると想定した。本技術は帯水層下部の温度を 25℃～35℃に維持しながら浄化開始時から浄化材を 3 ヶ月毎に 3 回注入し、浄化期間は 9 ヶ月間とする設定とした。掘削除去は対策範囲をシートパイルで囲み、帯水層の土壤は掘削後ホットソイルで処理した後埋め戻しを行い、粘土層の土壤は掘削後に汚染土壤処理施設に搬出する設定とした。

実証試験の結果から得られた電力使用量などに基づいてコスト試算を実施した結果、本技術の土壤 1m³あたりの浄化コストは 70,000 円となり、従来技術（掘削除去）と比較して 18% 低減された。本試算で GL-2m～-10m の範囲に汚染が存在することを想定して試算を行ったが、本技術は浄化対象深度が深くなった場合でもコストが大きく変わらない。一方で、掘削除去はコストが大きく増加するため、本技術は浄化対象とする汚染が深部にあるほどコスト縮減効果が大きくなると考えられる。

④環境負荷度

1) 二酸化炭素排出量の削減量

「③技術の経済性」で想定した浄化工事における二酸化炭素排出量を試算した結果、土壤 1m³における二酸化炭素排出量は 39.3kg-CO₂/m³となり、掘削除去と比較して 44%低減した。本実証

試験の結果から、難透水層の土壌温度が 40℃前後でも塩素化エチレン類が帯水層中の地下水に移行することを確認し、地盤温度を適切に管理することで電気使用量を大きく削減できたことによりコスト削減効果が高くなった。

2) 技術の安全性

本技術は、施工が容易で作業従事者に対して高い熟練度を要求しないために安全性が高い。また、小型のボーリングマシンを用いて行う電極兼用注入管の設置作業は一定の騒音や振動を生じるものの、規制の範囲内で施工できることを過去の調査で確認している。電極兼用注入管の施工中には汚染土壌が発生せず、試験期間中に揚水等の処理が通常は不要であるため、施工中に汚染物質の曝露の可能性が低く、悪臭も生じない。電極兼用注入管は通電部以外には塩ビ管を外周に設置し絶縁処理を行うことで迷走電流の発生を防止できる。

4. 検討会による評価

本実証調査は、帯水層下部に存在する粘土層などの難透水層に存在する塩素化エチレン類を土粒子から脱離後、帯水層中の地下水中に移行させ、バイオレメディエーションにより浄化する提案技術の効果及び適用範囲を明らかにして、コスト面・環境面での優位性を他工法と比較し、工法としての技術の成熟と普及促進のための実証データを得ることを目的に実施された。実証試験の目標及び評価を表-5 に示す。

表-5 実証試験の目標及び評価

評価項目	技術目標	結果概要
技術の有効性	地下水中の塩素化エチレン類 (TCE、1,2-DCE、VCM) の除去評価	塩素化エチレン類の地下水濃度が基準値以下に減少 (実証試験) 実証試験後、TCE は 6 箇所の観測井戸で基準値以下となったが、2 箇所の井戸で基準値を超過した。分解生成物の 1,2-DCE と VCM についても複数の観測井戸で基準値以下まで減少せず、濃度が増加した井戸もあった。TCE 及びその分解生成物が地下水中に残存した原因として、浄化期間の不足及び地下水の上流側の未知の高濃度汚染源の存在が考えられたが明確な原因は不明であった。今後本技術を利用する際には、付加的な対策技術を準備しておく必要があると考えられた。
	土壌中の塩素化エチレン類 (TCE、1,2-DCE、VCM) の除去評価	塩素化エチレン類の土壌溶出量が基準値以下に減少 (実証試験) 上流部からの再汚染の影響が大きいと考えられた 4 地点を除いた 9 地点の帯水層下部の粘土層 (4 深度) について、実証試験後、TCE、1,2-DCE、VCM の土壌溶出量はいずれも大きく低下し、一部の試料を除いて基準値以下まで減少した。TCE、1,2-DCE、VCM の土壌含有量が 70% 以上減少していたことから、土壌溶出量の減少は本技術により粘土層内の塩素化エチレン類が帯水層に移行したためと判断した。
技術の経済性	従来技術 (掘削除去) のコスト (74 千円/m ³) 以下	本実証試験終了時点の結果を基に試算した提案技術の土壌 1 m ³ あたりの浄化コストは 70,000 円となり、従来技術 (掘削除去) と比較して 18% 安くなった。本試算では地表下 2~10m までに汚染が存在することを想定して試算を行ったが、本技術は浄化対象深度が深くなった場合でもコストが大きく変わらず、工場の操業等を止めることなく基準不適合土壌の浄化が可能であるため、土地・施設所有者の経済的負担を低減することができる。しかし、地下水中

			の塩素化エチレン類を期間内に全て浄化できず、時間的コスト（期間の延長）・金銭的成本（付加的な対策の実施）が追加でかかる可能性が懸念点として挙げられる。
環境負荷度	燃料・電気使用等による二酸化炭素排出量の削減量	従来技術（掘削除去）の二酸化炭素排出量（72kg-CO ₂ /m ³ ）以下	本実証試験終了時点の結果を基にした提案技術の土壌 1 m ³ における二酸化炭素排出量は 39.3kg-CO ₂ /m ³ となり、掘削除去と比較して 44%低減した。計画時より土壌温度が低い条件（60℃⇒40℃）でも塩素化エチレン類が難透水層から帯水層に移行することを確認し、地盤温度を低く管理することにより電気使用量が約 50%削減されたため、計画時の試算（72.0kg-CO ₂ /m ³ ）より二酸化炭素排出量を大きく削減できる結果となった。なお、本実証試験では地下水中の塩素化エチレン類を基準値以下まで浄化できていないため、完全浄化に要する二酸化炭素排出量及び電気使用量は上記試算より増加すると考えられた。