

土壌汚染対策の進捗状況等について

1 ホットソイル工について

(1) ホットソイル工の進捗状況等：詳細は資料1のとおり

ホットソイル工は、汚染エリア 2,000m²、深さ約 9m までの範囲を施工することとしており、掘削予定土量 28,550m³ に対して、10月20日現在で 20,255 m³ まで終了している。進捗率は約 70% となっている。

表1 ホットソイル施工数量

	全体数量 (m ³)	施工数量 (m ³)		進捗率
		浄化済	浄化中	
汚染土掘削	13,400	7,270	6,515	54.3%
非汚染土掘削	15,150	12,985		85.7%
掘削土総量	28,550	20,255		70.9%

現場での運用実績から、ホットソイルの添加割合が同じでも、ジクロロメタンはテトラクロロエチレンに比べて高濃度の浄化が可能であり、ホットソイル 12% 添加での浄化完了最大濃度は下表のとおりであった。テトラクロロエチレンが一番浄化困難な物質であることから、**テトラクロロエチレンの汚染濃度を基準にホットソイルの添加量を設定**して施工を行っている。

表2 DCM 及び PCE の浄化実績 (最大値)

物質名	汚染濃度 (基準比)	環境基準
ジクロロメタン	15.0 (750 倍)	0.02
テトラクロロエチレン	1.3 (130 倍)	0.01

ホットソイル工区域内において、8月~9月にかけて、合計で 337 本の VOC 等入りドラム缶が確認されている。ドラム缶投棄場所直下での VOC 汚染が非常に高濃度であり、ホットソイルでの浄化は困難を伴うことから、**当該土壌は外部搬出して処分**することとしている (区域内で VOC 含有の廃棄物 (パーク) が確認されており、同様に直下の土壌は汚染が高濃度であったことから、外部搬出して処分する予定。)

	5	6	7	8	9	10	11
b		Nb -6	Nb -7	Nb -8	Nb -9	Nb -10	Nb -11
c	Nc -5	Nc -6	Nc -7	Nc -8 ドラム	Nc -9	Nc -10	Nc -11
d	Nd -5	Nd -6	Nd -7	Nd -8	Nd -9	Nd -10	
e					Ne -10		



図1 ドラム缶の埋設場所及び撤去状況

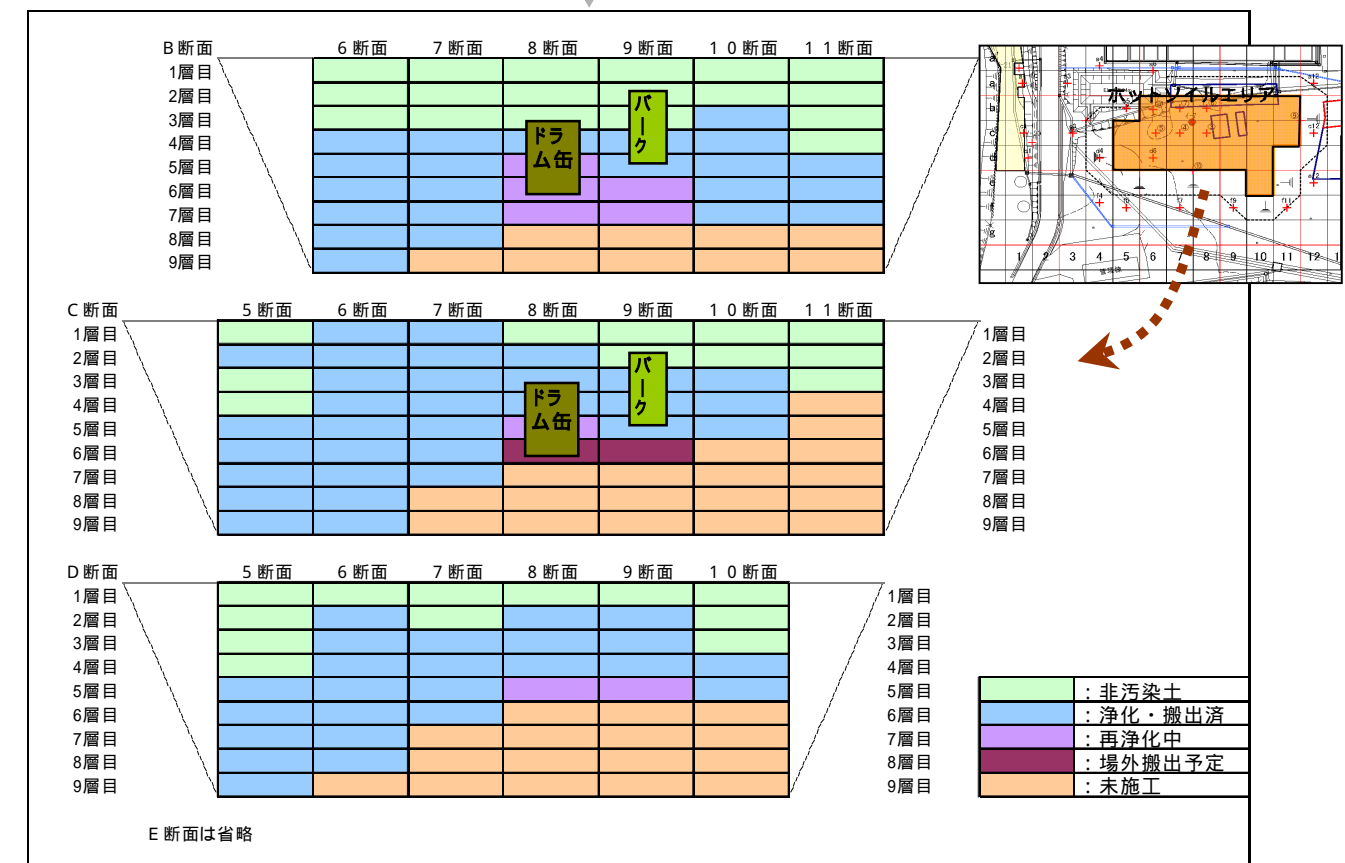
なお、これまでの実績から、ホットソイル 2 回施工で確実に浄化できる境界濃度がテトラクロロエチレンで 10mg/l 程度であることから、当該濃度を外部搬出の目安として運用している。

表3 ホットソイル 12% 添加時の PCE の浄化結果

メッシュNo	原土濃度 (mg/l)	浄化後濃度 (mg/l)	浄化率
Nc7-6	0.4	0.007	98.3%
		0.01	97.5%
Nc6-7	0.5	ND	100%
Nb7-6	0.9	ND	100%
Nc7-7	0.9	0.001	99.9%
		0.006	99.3%
Nb7-7	1.3	0.001	99.9%
Nb9-6	6	0.01	99.8%
		0.007	99.9%
Nb9-7	14	0.089	99.4%
Avg			99.4%

- ・ 原土濃度 6mg/l は、2 回のホットソイル添加及び攪拌等により、浄化完了。14mg/l は 2 回添加でも浄化が難しい。
- ・ 他の汚染サイトにおいて 10mg/l オダーの PCE 浄化実績が複数有り。

原土濃度 10mg/l 程度からは外部搬出処理として運用。



(2) ホットソイル施工後の埋め戻しについて

ホットソイル施工後、掘削エリアを含めた飽和帯の浄化工を実施するために、掘削エリアに覆土する必要がある。覆土方法については、複数の方法の中から、飽和帯浄化期間中の地下水位上昇による再汚染を考慮して、飽和の状態（水が上がっている状態）でも、不飽和の状態（水が下がって乾燥した状態）でも浄化が容易なバリア層を設けて、かつ施工が容易な方法として、**砂層で1m、非汚染土で2~4m埋め戻す計画**としている。

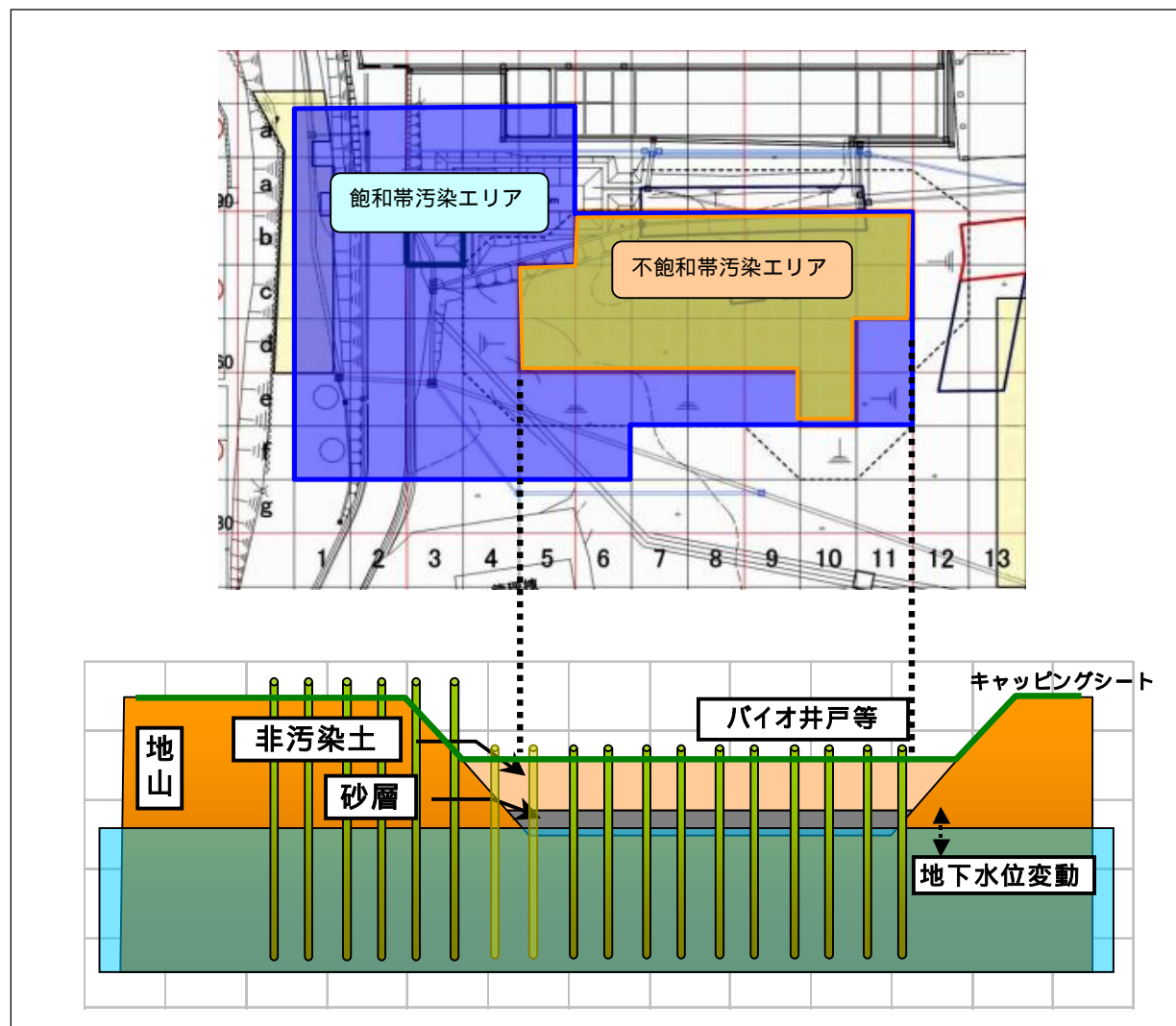


図3 埋め戻し工のイメージ

2 バイオレメディエーションに係る試験結果等について

(1) 汚染濃度での比較試験結果（中間報告）：詳細は資料2のとおり

現地採取した汚染地下水を使用し EDC による VOC の浄化効果を確認する目的で試験を実施した。汚染濃度の違いによる浄化傾向を確認するため、低濃度汚染地下水（環境基準の 0.35 ~ 405 倍の汚染）と高濃度汚染地下水（環境基準の 1.1 ~ 5,500 倍の汚染）に EDC を添加して、25 の条件化で VOC 濃度等の変化を確認した。

現在、経過日数 0 日、45 日及び 75 日分を分析終了（最終的には 105 日、135 日が追加）しており、その結果から概ね次のような傾向が確認できた。

- 汚染濃度に関わらず、EDC 添加後速やかに嫌気状態となり、かつ親 VOC の分解、分解生成物の増加傾向が見られ、**分解が進んでいる**と考えられる。
- cis-1,2-ジクロロエチレン及びジクロロメタンの残存傾向から、**低濃度に比べて高濃度汚染地下水の分解速度が遅い傾向**にある。

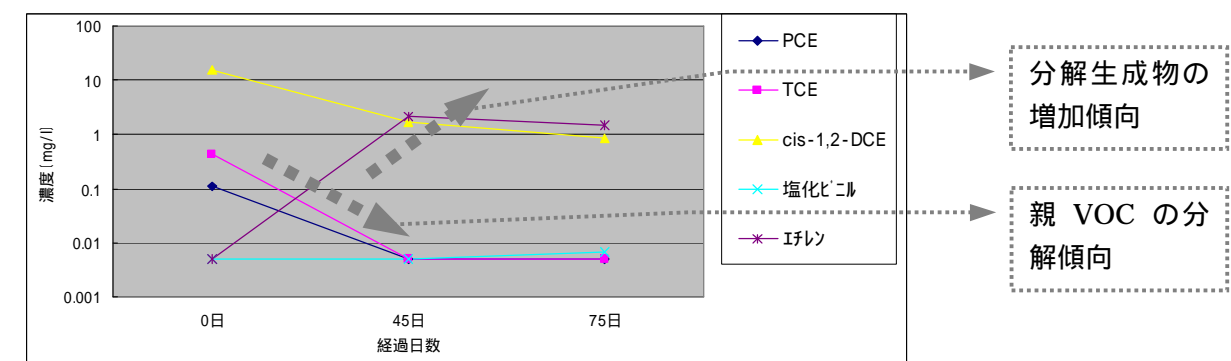


図4 エチレン系 VOC（低濃度）の分析結果（他の物質は省略）

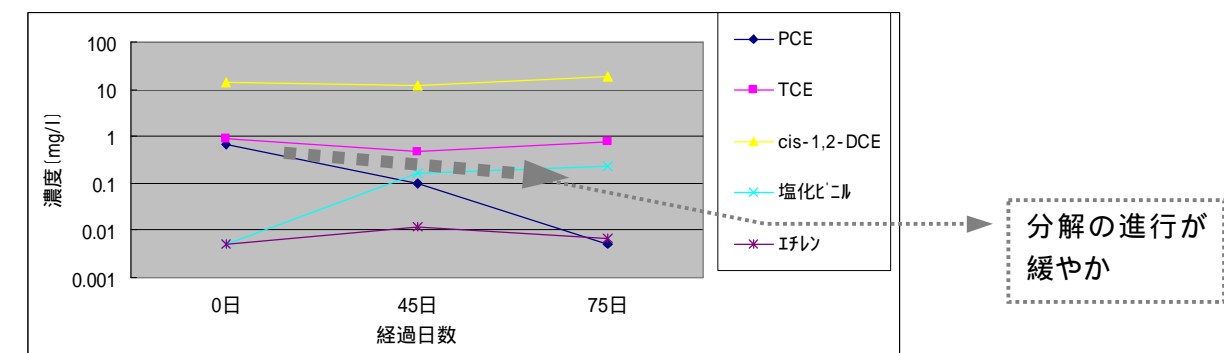


図5 エチレン系 VOC（高濃度）の分析結果（他の物質は省略）

ジクロロメタン等のメタン系、エタン系でも同様な傾向を示している。

今後、更にデータを積み重ね、他の試験結果も考慮した上で、浄化井戸の設置・運用を計画することとしている。

(2) 地下水温度での比較試験結果 (中間報告): 詳細は資料2のとおり

現場地下水の地下水温 (10 前後) を考慮し、低温 (水温 9) と常温 (水温 25) の条件化で EDC を添加して、VOC 濃度等の変化を確認した。現在、経過日数 0 日及び 63 日分を分析終了 (最終的には 123 日が追加) しており、その結果から概ね次のような傾向が確認できた。

- ・ 低温ではほとんどの VOC 濃度の変化が緩やかであり、常温に比べて分解の進行が極端に遅いと考えられる。
- ・ 低温では、ブランク (EDC 添加なし。常温条件化) に比べても分解の進行が遅く、温度による浄化速度の低下を考慮する必要がある。

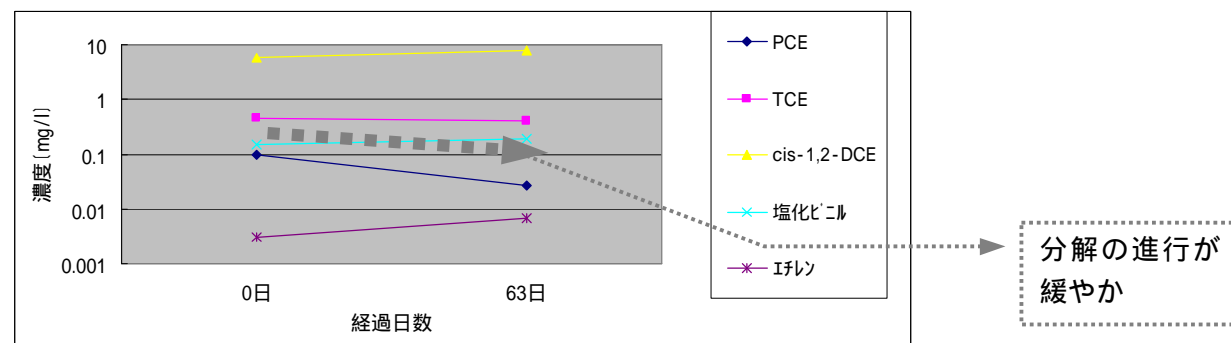


図6 低温でのエチレン系 VOC の分析結果 (他の物質は省略)

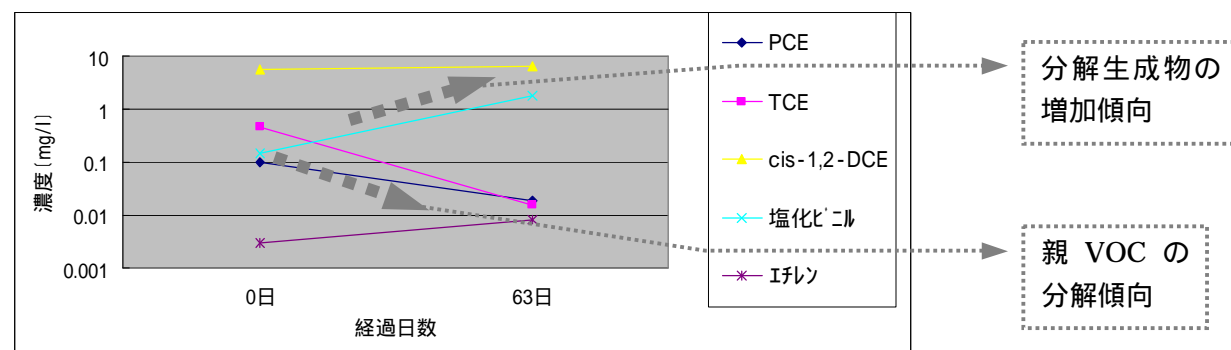


図7 常温でのエチレン系 VOC の分析結果 (他の物質は省略)

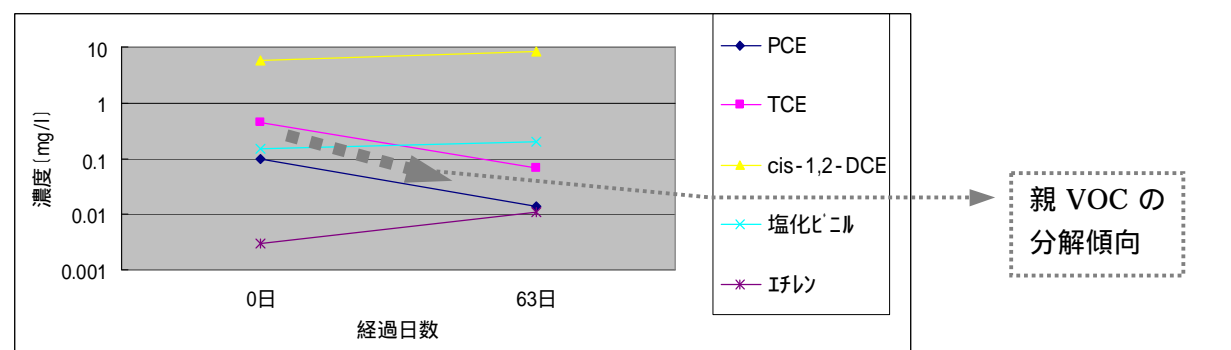


図8 常温 (EDC なし) でのエチレン系 VOC の分析結果 (他の物質は省略)

ジクロロメタン等のメタン系、エタン系でも同様な傾向を示している。

今後、更にデータを積み重ね、他の試験結果も考慮した上で、浄化井戸の設置・運用を計画することとしている。

(3) 現場適応性試験結果 (中間報告): 詳細は資料2のとおり

現場の飽和帯汚染エリアにおいて、栄養塩注入 (ダブルパッカーによる圧力注入) 井戸間隔 2m 及び 4m としたものの、栄養塩の種類を EDC と EDC-E としたものの計 4 パターンにより、汚染地下水の VOC 濃度等の変化を確認した (最終的な浄化のチェックは土壌ボーリングにより実施)。

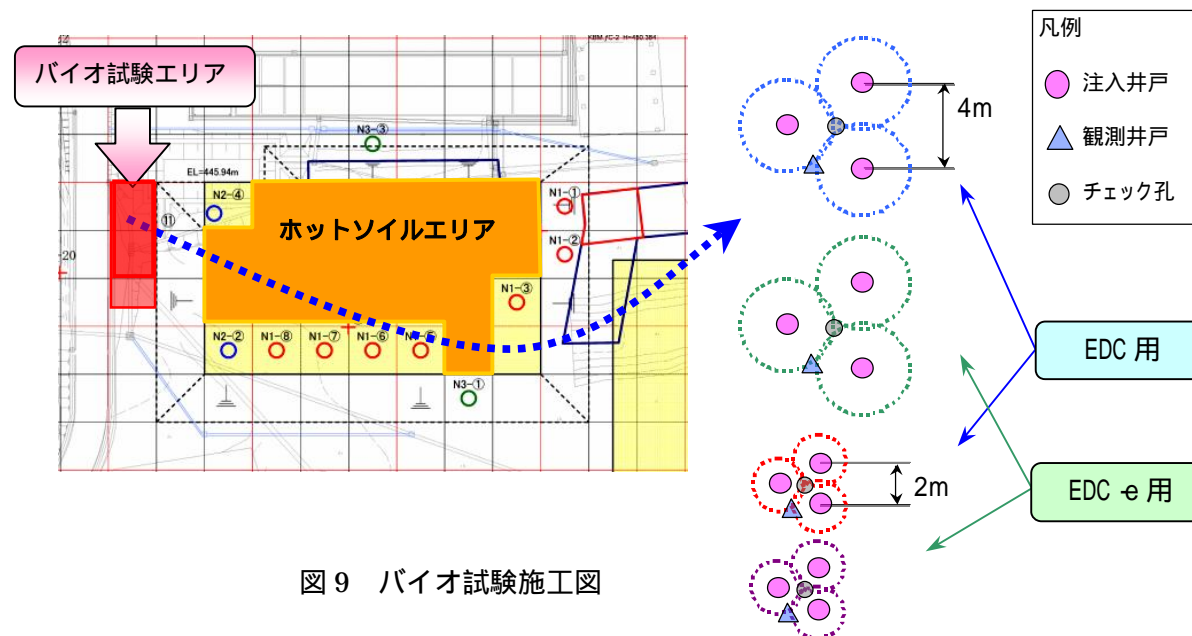


図9 バイオ試験施工図

現在、経過日数 0 日、14 日、29 日及び 35 日分を分析終了 (最終的には 65 日、95 日が追加。更にその間で 7 日毎に分析予定。) しており、その結果から概ね次のような傾向が確認できた。

- ・ 4m ピッチに比べて 2m ピッチの方が、また、EDC より EDC-E の方が浄化が促進している傾向にあると考えられる。
- ・ EDC より EDC-E の方が長期的に地下土壌内部を嫌気状態に保つことが可能であると考えられる。

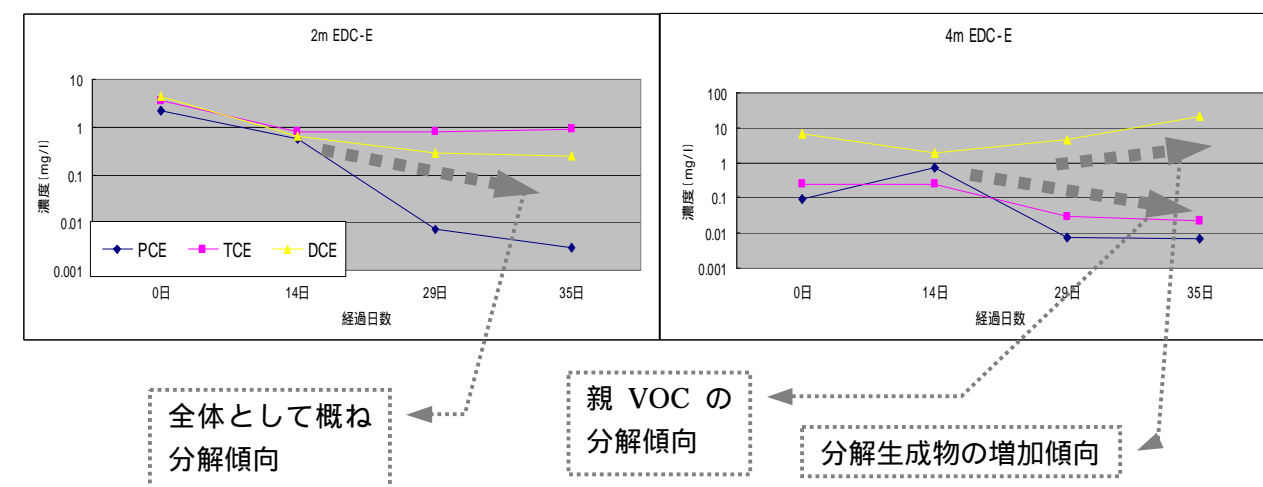


図10 2m (EDC-E) と 4m (EDC-E) のエチレン系 VOC の分析結果

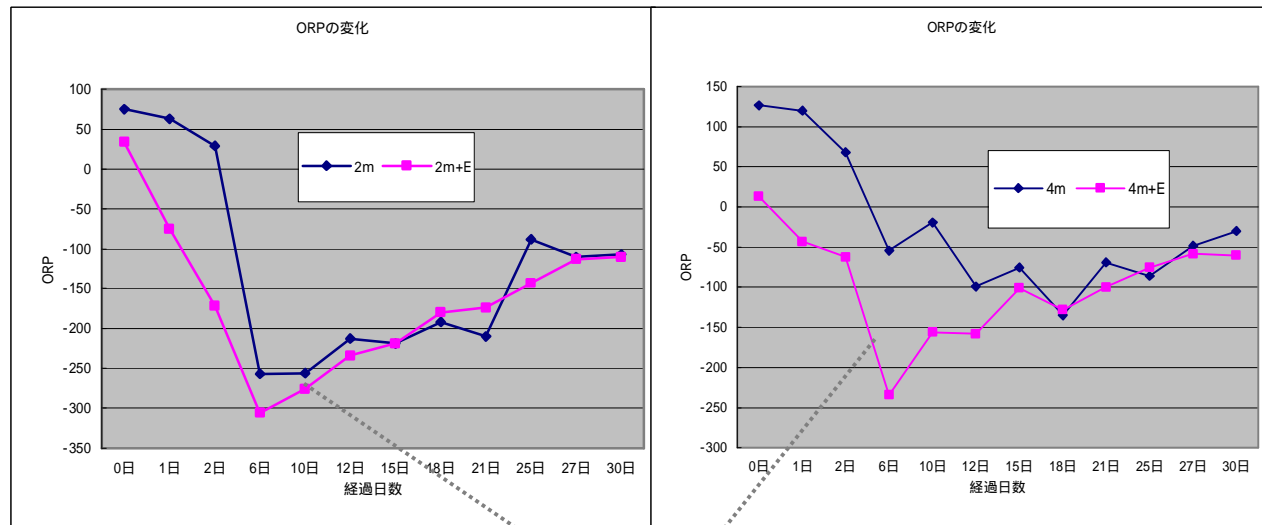


図11 各井戸のORPの変化

2m、4mともに EDC-Eの方がORP値が低い傾向

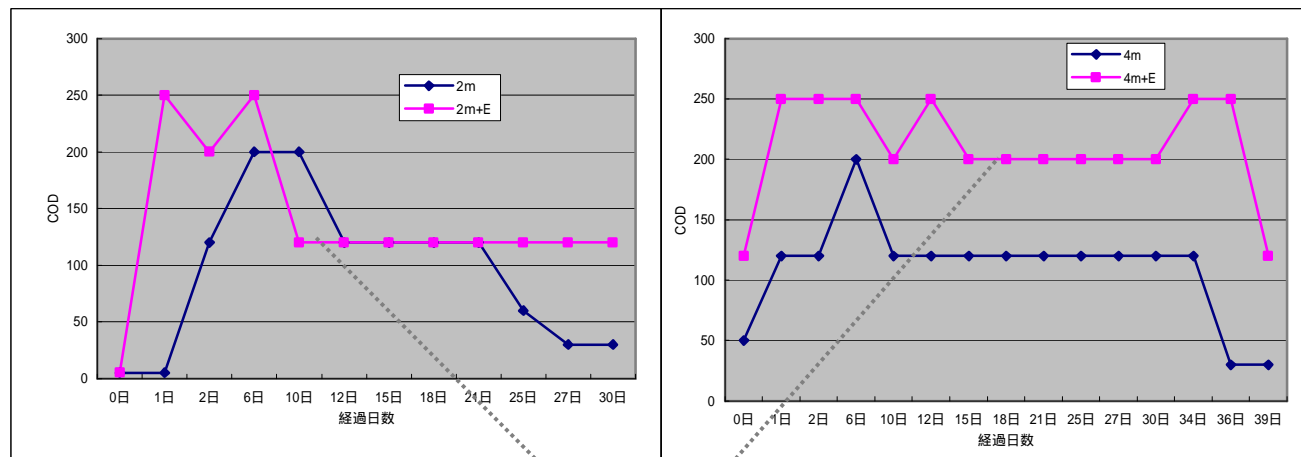


図12 EDCとEDC-EでのCODの変化

2m、4mともに EDC-Eの方がCOD値が高い

今後、更にデータを積み重ね、他の試験結果も考慮した上で、栄養塩の種類を選定、浄化井戸の設置・運用を計画することとしている。

3 揚水曝気に係る現場適応性試験について

現場の飽和帯汚染エリアにおいて、注入井戸間隔2m及び4mとしたもの（揚水井戸はその中心）で、注入、揚水試験を行い、VOCの浄化効果の違い等を確認した。

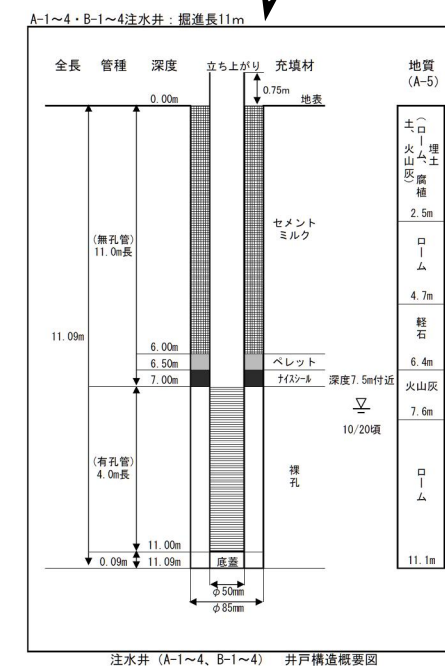
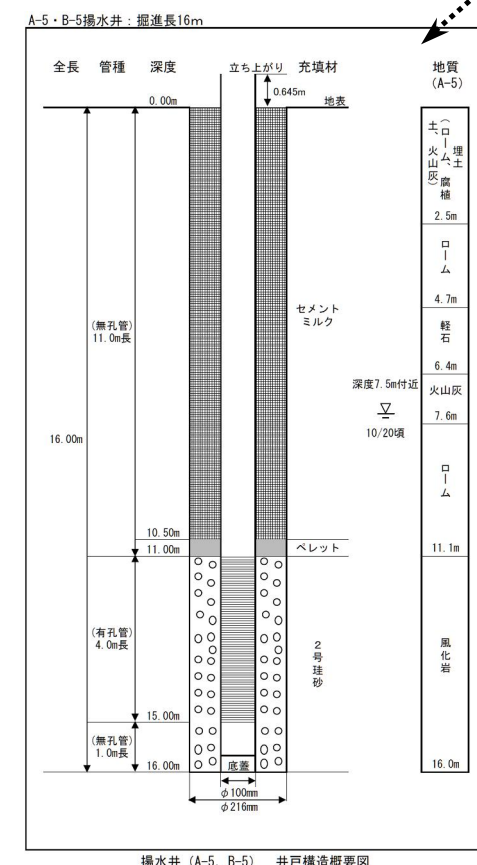
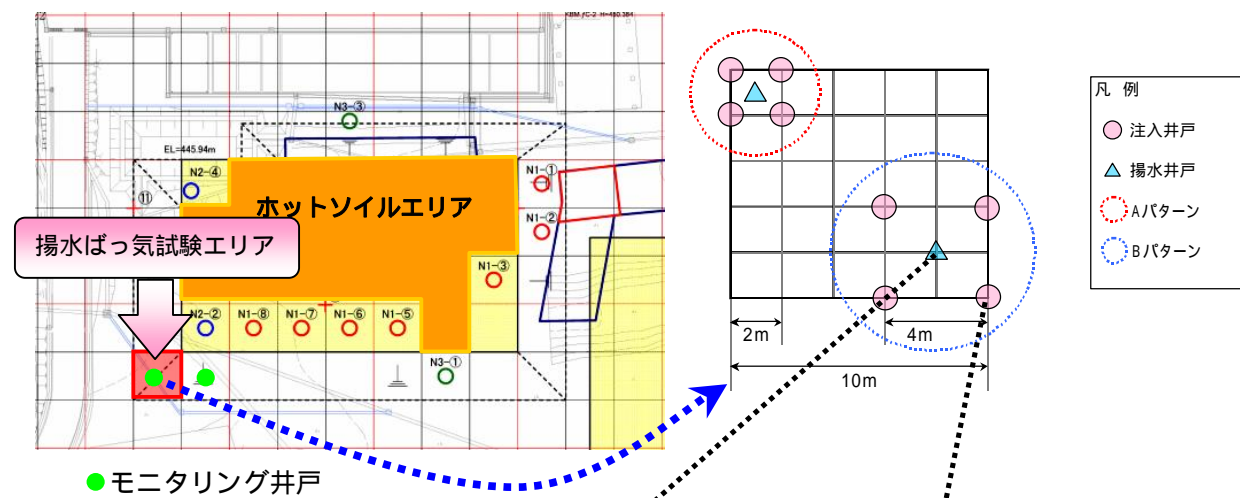


図13 揚水曝気試験施工図、井戸構造図及び地質図

(1) 揚水量及び注入量：詳細は資料3のとおり

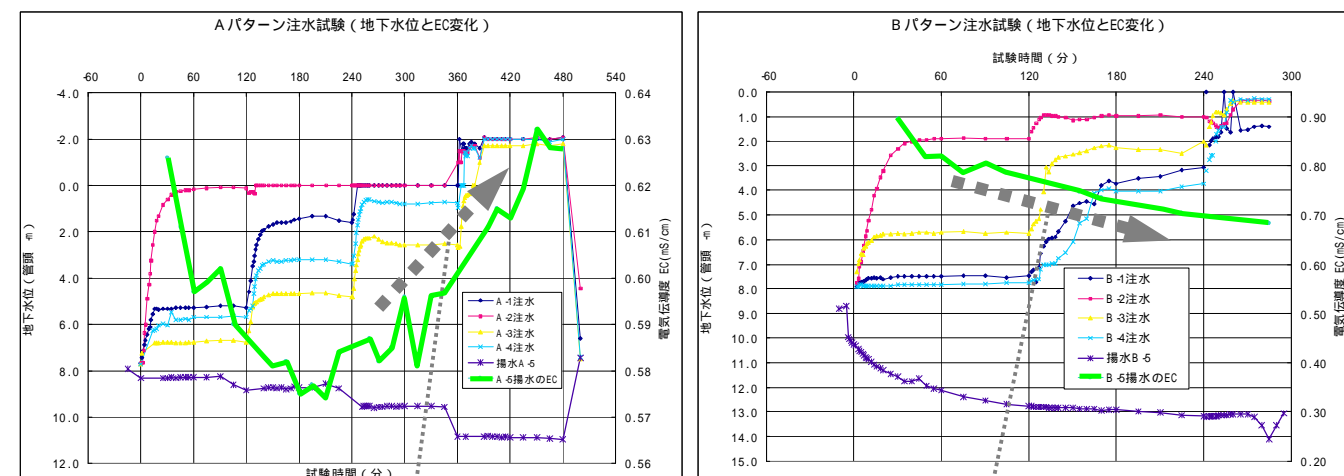
井戸毎の揚水量、注入量は下表のとおりであり、同じ地層分布の井戸であっても、揚水量（それに見合う注入量）に大きな違いが見られた。

表4 各井戸の揚水量及び注入量

対象箇所	揚水量	注入量	
		合計	内訳
Aパターン (2m)	毎分 9 ㍓	毎分 9 ㍓以下	A-1 : 2.0 ㍓ A-2 : 0.8 ㍓ A-3 : 3.5 ㍓ A-4 : 2.0 ㍓
Bパターン (4m)	毎分 2 ㍓	毎分 2 ㍓以下	B-1 : 0.5 ㍓ B-2 : 0.5 ㍓ B-3 : 0.5 ㍓ B-4 : 0.5 ㍓

現在、揚水井戸の限界揚水量、限界揚水量に対応する注入水量の確認を終了しており、その結果から概ね次のような傾向が確認できた。

- 揚水量にかなりの違いが見られるものの、両パターンとも限界揚水量に対応する注入が可能であり、本現場の特徴でもある透水係数が低い地質であっても、注入・揚水曝気工を進めることが可能と考えられる。
- 2m 井戸は揚水量が多く、注入・揚水の井戸間隔も狭いことから、試験開始から 4 時間後に注入孔からの水が揚水井に届いていることが確認されている。一方、4m 井戸は揚水量が少なく、注入・揚水の井戸間隔も広いことから、試験開始から 5 時間経過しても注入孔からの水が揚水井に届いていないことが確認できなかった。ただし、4m 井戸でも帯水層として連続していると判断できるデータが確認されていることから、揚水を継続すれば注入・揚水が行えるものと考えられる。



EC が上昇しており、注入孔からの水が揚水井に到達

EC の上昇は確認できず、注入孔からの水は揚水井に未到達

図14 パターン毎の地下水位と電気伝導度の変化

(2) 地下水の汚染濃度の变化：詳細は資料3のとおり

揚水している地下水の水質は下表のとおりである。注入・揚水を開始して経過日数が少ないためデータの解析にはいたらないが、今後は、地下水汚染濃度の低下傾向等も確認しながら、浄化井戸の設置・運用を計画することとしている。

表5 地下水水質結果一覧

地下水 (A-5 地点)：水質簡易分析結果

(単位:mg/L)

経過日数	採水日	COD	ジクロロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン	シス-1,2-ジクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン	1,1,2-トリクロロエタン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	1,3-ジクロロプロパン	ベンゼン
井戸完成後	10/11	-	34	ND	2	0.07	5.1	1	0.019	3.1	2	ND	9.2
試験開始前	10/24	6.9	74	ND	1.9	0.069	3.7	0.63	0.018	2	2	ND	4.2
2	10/25	6.3	86	ND	2.7	0.1	18	1.7	0.023	5	3.9	ND	4.2
3	10/28	5.1	73	ND	1.2	0.034	4.1	0.7	ND	3.4	2.5	ND	2.6
4	10/29	4.6	80	ND	1.4	0.068	2.8	0.75	0.02	2.2	1.7	ND	2.1
5	10/30	4.0	52	ND	1	0.044	3.2	0.84	0.01	2.5	2.5	ND	2.2
6	10/31	3.1	57	ND	0.43	0.01	0.93	0.27	ND	0.72	0.54	ND	0.64
7	11/1	3.5	13	ND	0.6	0.009	1.5	0.4	ND	1.1	0.93	0.001	0.69
基準値		30 以下	0.02 以下	0.002 以下	0.004 以下	0.02 以下	0.04 以下	1 以下	0.006 以下	0.03 以下	0.01 以下	0.002 以下	0.01 以下

地下水 (B-5 地点)：水質簡易分析結果

(単位:mg/L)

経過日数	採水日	COD	ジクロロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン	シス-1,2-ジクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン	1,1,2-トリクロロエタン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	1,3-ジクロロプロパン	ベンゼン
井戸完成後	10/11	-	0.061	ND	0.011	ND	0.018	0.002	ND	0.016	0.012	ND	0.031
試験開始前	10/30	4.0	67	ND	0.97	0.048	2.2	0.69	0.014	3.8	4.3	ND	1.7
1	10/31	3.8	14	ND	0.23	0.013	1	0.24	0.009	2.3	1.8	ND	0.73
2	11/1	2.7	4.3	ND	0.52	0.007	1.20	0.34	ND	1.4	1.3	ND	0.53
基準値		30 以下	0.02 以下	0.002 以下	0.004 以下	0.02 以下	0.04 以下	1 以下	0.006 以下	0.03 以下	0.01 以下	0.002 以下	0.01 以下


4 水処理施設について：詳細は資料4のとおり

県境部に設置したバリア井戸からの汚染水や、今後の飽和帯浄化工に伴い発生する汚染水を処理するために、9月に設備を設置し、機器等の調整を行ってきた水処理施設について、**十分な処理が行えることが確認されたことから、10月8日から処理水の放流を開始したところである。**

放流開始から異常値を示すことなく適正な運用が行えていることから、現在日中のみの運転としているものを、処理水分析データを蓄積し、数値の安定を十分に確認できた時点で、24時間の常時運転に切りかえていきたいと考えている。

表6 原水水質及び処理水質一覧 (単位：mg/)

物質名	原水水質 (汚染濃度)		処理水質	環境基準
	最大値	平均値		
ジクロロメタン	5.4	0.414	<0.001 ¹	0.02
四塩化炭素	<0.001	<0.001	<0.001	0.002
1,2-ジクロロエタン	0.19	0.026	<0.001	0.004
1,1-ジクロロエチレン	0.005	<0.001	<0.001	0.02
トリス(1,2-ジクロロエチレン)	0.42	0.062	<0.001	0.04
1,1,1-トリクロロエタン	0.051	0.009	<0.001	1
1,1,2-トリクロロエタン	0.003	<0.001	<0.001	0.006
トリクロロエチレン	0.24	0.064	<0.001	0.03
テトラクロロエチレン	0.18	0.054	<0.001	0.01
ベンゼン	0.69	0.092	<0.001	0.01
pH	6.3 ~ 8.0		6.9 ~ 9.0 ²	5.8 ~ 8.6
SS	110	24	0 ~ 4	50
COD	79	11	2 ~ 5	30

 : 基準超過

1 : 0.001 mg/ を1回確認。

2 : pH9.0については、翌日再処理を実施し、基準値内に処理