

## 岩手・青森県境不法投棄現場

### 第 23 回汚染土壌対策技術検討委員会

平成 28 年 2 月 3 日

岩手県環境生活部  
廃棄物特別対策室

～目 次～

1. 土壌・地下水汚染の現状と対応方針	-----	1
2. N 地区 VOC 汚染対策	-----	2
2.1 N 地区で実施した浄化対策工の整理	-----	2
2.2 平成 27 年度に実施した対策	-----	3
2.3 N 地区汚染残留状況の確認	-----	4
2.4 N 地区の地形・地質と汚染の移動	-----	5
2.5 汚染残留区画の土壌調査	-----	8
2.6 N 地区浄化完了に向けた追加対策	-----	11
3. 1,4-ジオキサン地下水汚染対策	-----	13
3.1 1,4-ジオキサン地下水モニタリング状況	-----	13
3.2 1,4-ジオキサン地下水モニタリング結果	-----	14
3.3 平成 27 年度に実施した対策(地下水揚水量促進)	---	18
3.4 平成 27 年度に実施した対策(AB 地区境界部)	----	20
3.5 平成 27 年度に実施した対策(A 地区西側県境部)		26
4. 今後の事業工程	-----	30

< Appendix >

---

Appendix.1 N 地区 VOC：地下水モニタリング結果

1 土壌・地下水汚染の現状と対応方針

岩手・青森県境不法投棄現場の岩手県側原状回復事業における土壌・地下水汚染の現状と今後の対応方針に関するフローを図-1 に示す。

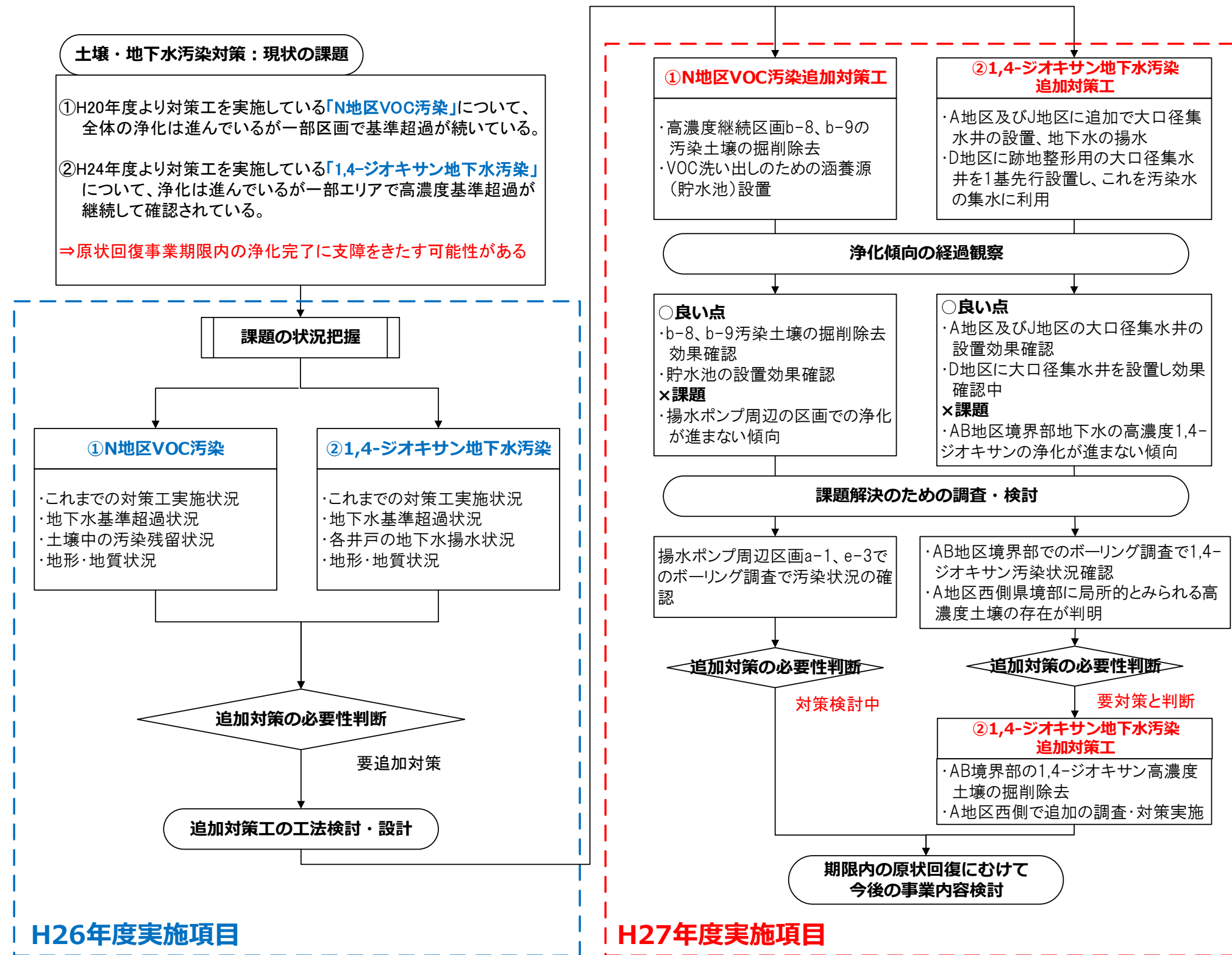


図-1 土壌・地下水汚染：現状と今後の対応方針フロー図

2.1 N地区で実施した浄化対策工の整理

原状回復事業開始時点から最も高濃度かつ広範囲のVOC汚染が存在したN地区では、H20年度以降様々な浄化対策を実施してきた。これまでN地区において実施された対策工と実績を表2-1に示す。

N地区のVOC汚染は、対策工の実施により浄化の進行が確認されている。平成27年12月時点のモニタリングでは、地下水中のVOC基準超過区画が7箇所まで減少している。

表 2-1 N地区での浄化実績一覧表

	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
不飽和帯対策工	生石灰混合工法 高濃度区画：掘削除去・場外処分							
飽和帯対策工		バイオレメディエーション工 高濃度区画：地下水揚水曝気処理工		地下水揚水処理	N地区掘削部 原位置フェントン工 パワーブレンダー	N地区掘削部 キャッピングシート撤去、地下水涵養 大口径揚水井戸設置・揚水処理	土留め支保工	b-8、b-9掘削・フェントン工 地下水涵養の貯水池設置 a-1、e-3追加調査
モニタリングVOC結果	浄化開始前(H21.4-6月) 基準超過：87/87区画	H23.3月 基準超過：20/87区画	H23.8月 基準超過：11/87区画	H24.6月 基準超過：15/87区画	H25.12月 基準超過：14/82区画	H26.12月 基準超過：11/44区画	H27.12月 基準超過：7/38区画	
対策工効果	不飽和帯は掘削除去により浄化完了。	バイオレメディエーション工・地下水揚水曝気処理工により、地下水の基準超過区画は大幅に減少した。 当初に高濃度であった中央部(掘削箇所)周辺に基準超過が残った。	基準超過箇所において、既往井戸を使用した地下水揚水を実施し、確実に汚染水を揚水処理したが、基準超過箇所は増減を繰り返した。		対象箇所の東側について、継続して基準適合しリバウンドが確認されないため、浄化完了と判断。 原位置フェントン工実施箇所は浄化完了。 地下水涵養及び大口径井戸による揚水の効果と考えられる基準超過箇所の西方向への移動が見られる。 b-8、d-5では、基準超過が対策工開始から継続して確認されている。		全体的に基準超過区画は減少。 揚水井戸のある区画の近傍で基準超過が継続している。	

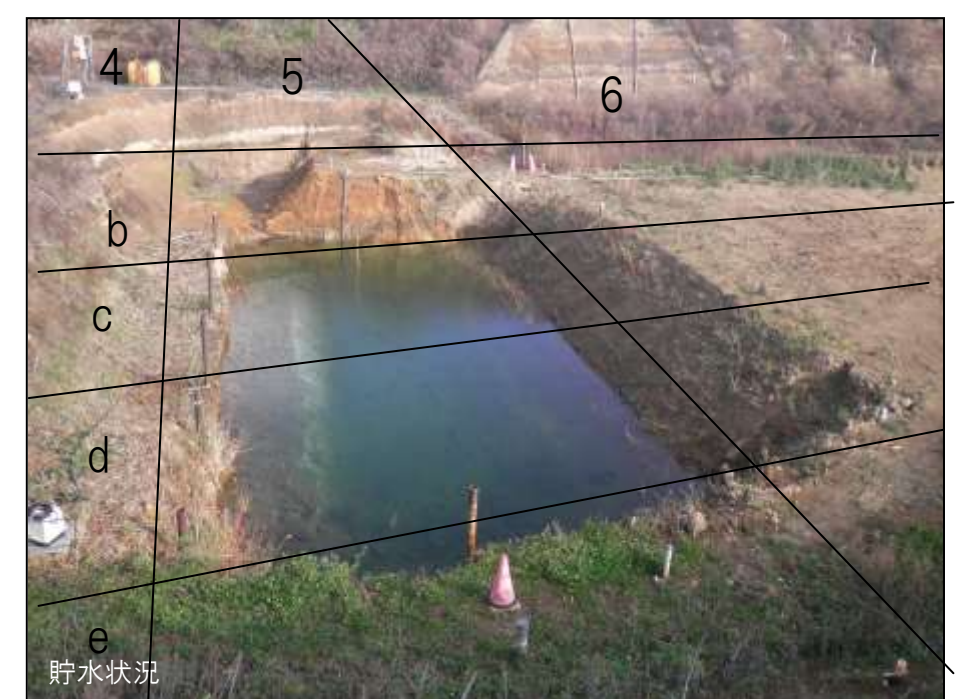
## 2.2 平成 27 年度に実施した対策

N 地区に残留する VOC 汚染の浄化を促進するための対策工を、第 22 回汚染土壌対策技術検討委員会におけるご意見に基づき実施した。

### H27 年度実施追加対策工

- ①高濃度汚染残留区画の掘削除去、現地でのフェントン工による浄化(H27 年 5 月実施)
- ②地下水涵養のための新規貯水池設置(H27 年 7 月実施)

高濃度汚染残留区画(b-8、b-9)は、ボーリング調査に基づき凝灰角礫岩の上部(風化部)まで掘削除去を行い、掘削後の底盤で試料採取・分析を行い汚染の残留が無いことを確認した。掘削した汚染土は、現地のヤードでフェントン工(薬品による化学的処理)を行い浄化を確認した。また、N 地区において透水性の良い地層が露出するまで掘削を行い貯水池を設置した。この新規貯水池では、貯留水の浸透が確認されており地下水涵養の効果を表している。



### 2.3 N 地区汚染残留状況の確認

N 地区地下水 VOC(11 項目)モニタリングの主な結果を図 2-1 に示す。この図では、モニタリング結果における基準超過項目が、基準比で最大の超過率を示した物質について示したものである。

基準超過が確認されている物質は、1,2-ジクロロエタン、1,2-ジクロロエチレン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ベンゼンであり、その濃度は測定時期により変動が見られる。

浄化開始前から H24 年度までは、主に中央部に VOC 高濃度区画が存在した。H25 年度に a'-1 と e-1 に大口径井戸を設置し、揚水を開始してからは県境部鋼矢板周辺への高濃度区画の移動が見られる。近年は大口径井戸の近傍区画で VOC 高濃度区画が見られる。VOC 入廃ドラム缶が埋設されていた箇所、特に高濃度の汚染が存在した区画においては、原位置フェントン工と掘削除去工による対策を行い浄化が確認された。

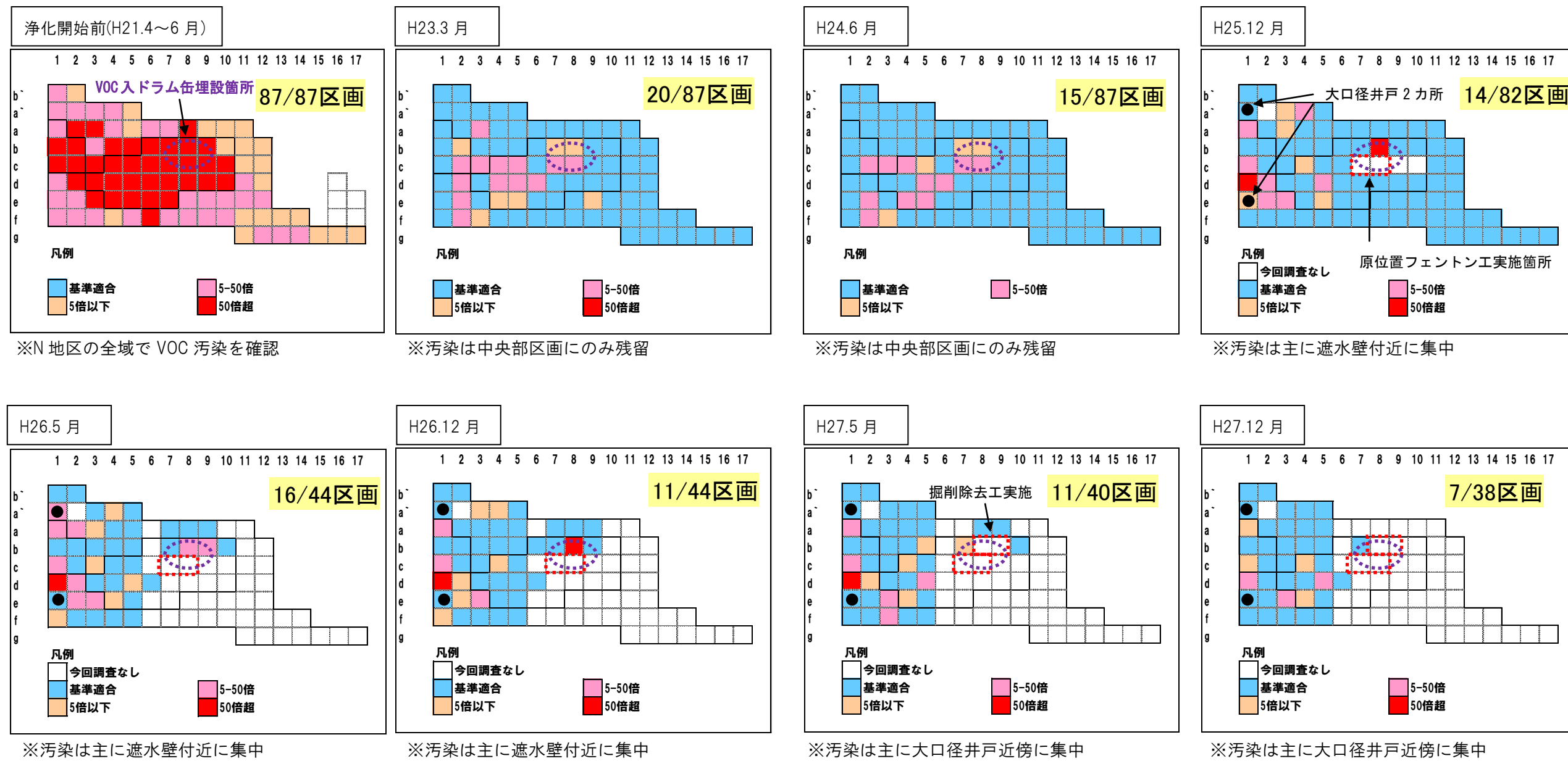


図 2-1 N 地区地下水 VOC モニタリング結果の変遷

## 2.4 N 地区の地形・地質と汚染の移動

これまでの調査やモニタリング結果から、N 地区の汚染分布範囲が移動していることが確認されている。これは N 地区の地形・地質の影響を大きく受けていると考えられる。

N 地区の旧地形図と地質断面模式図を図 2-2 に示す(平成 19 年に県境に鋼矢板を設置する前)。N 地区は、もともとは沢地形であったが、不法投棄に伴い沢部が埋立てられ現在の地形となった。地下水の本来の流向は、旧地形の沢筋に沿って北東から南西側に流下していたと考えられる。

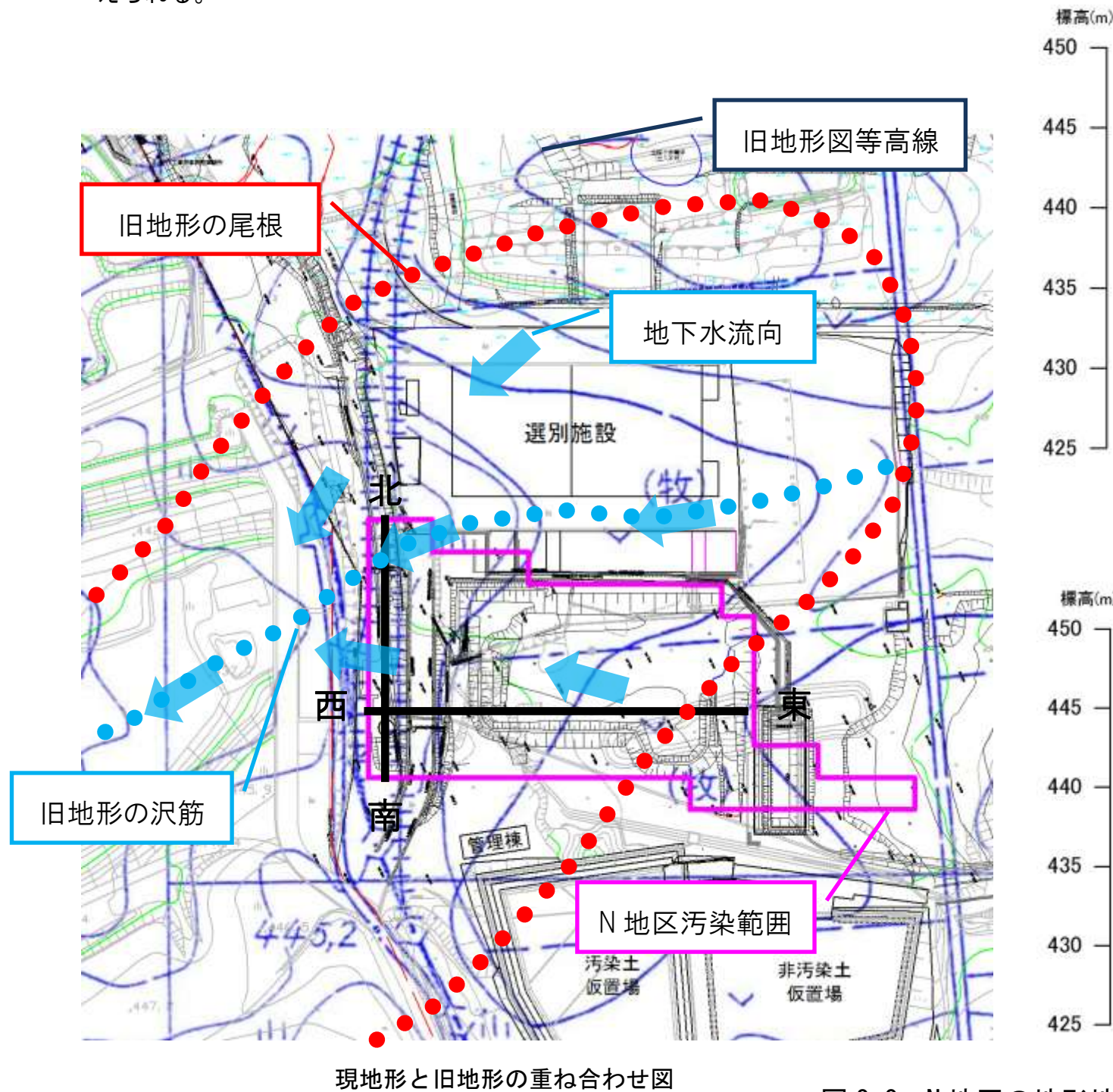
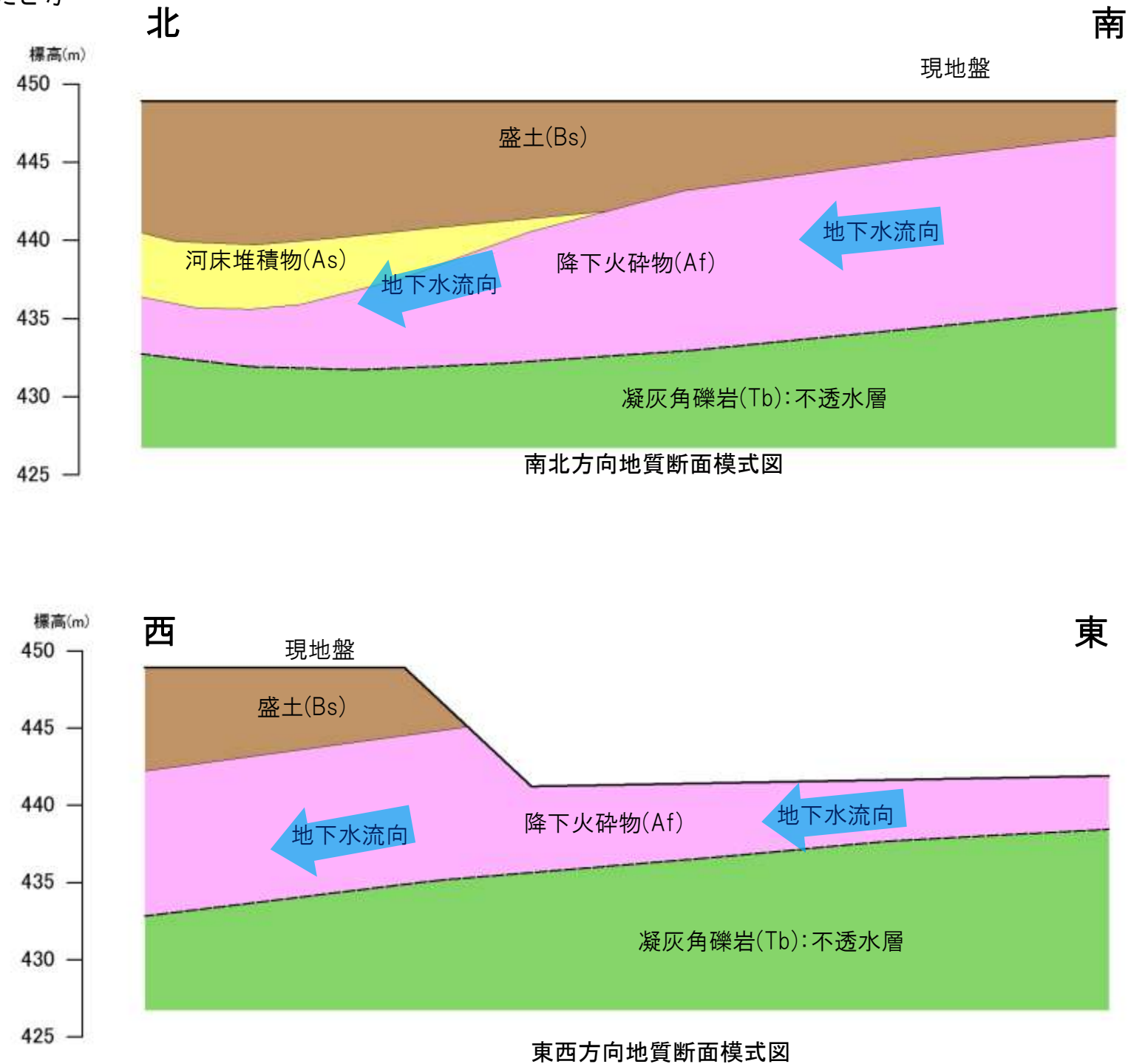


図 2-2 N 地区の地形地質状況 (鋼矢板設置前)

汚染拡散防止のために県境部に鋼矢板が設置されてからは、地下水の流向が変わり、図 2-3(次ページ)に示すように沢の中心部に集まっていると推察される。鋼矢板設置後の地下水は、揚水により集められ水処理後、放流されている。



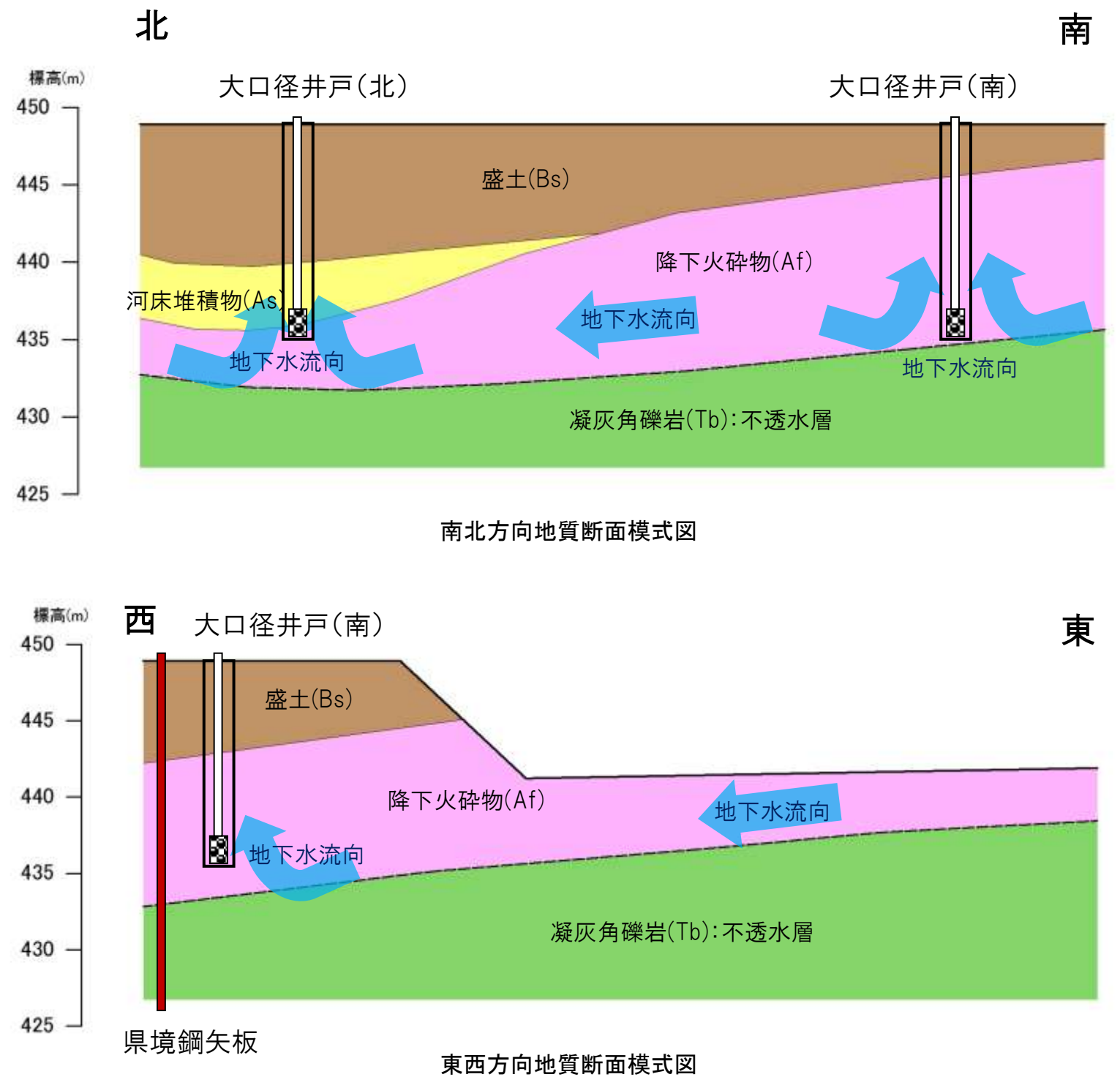
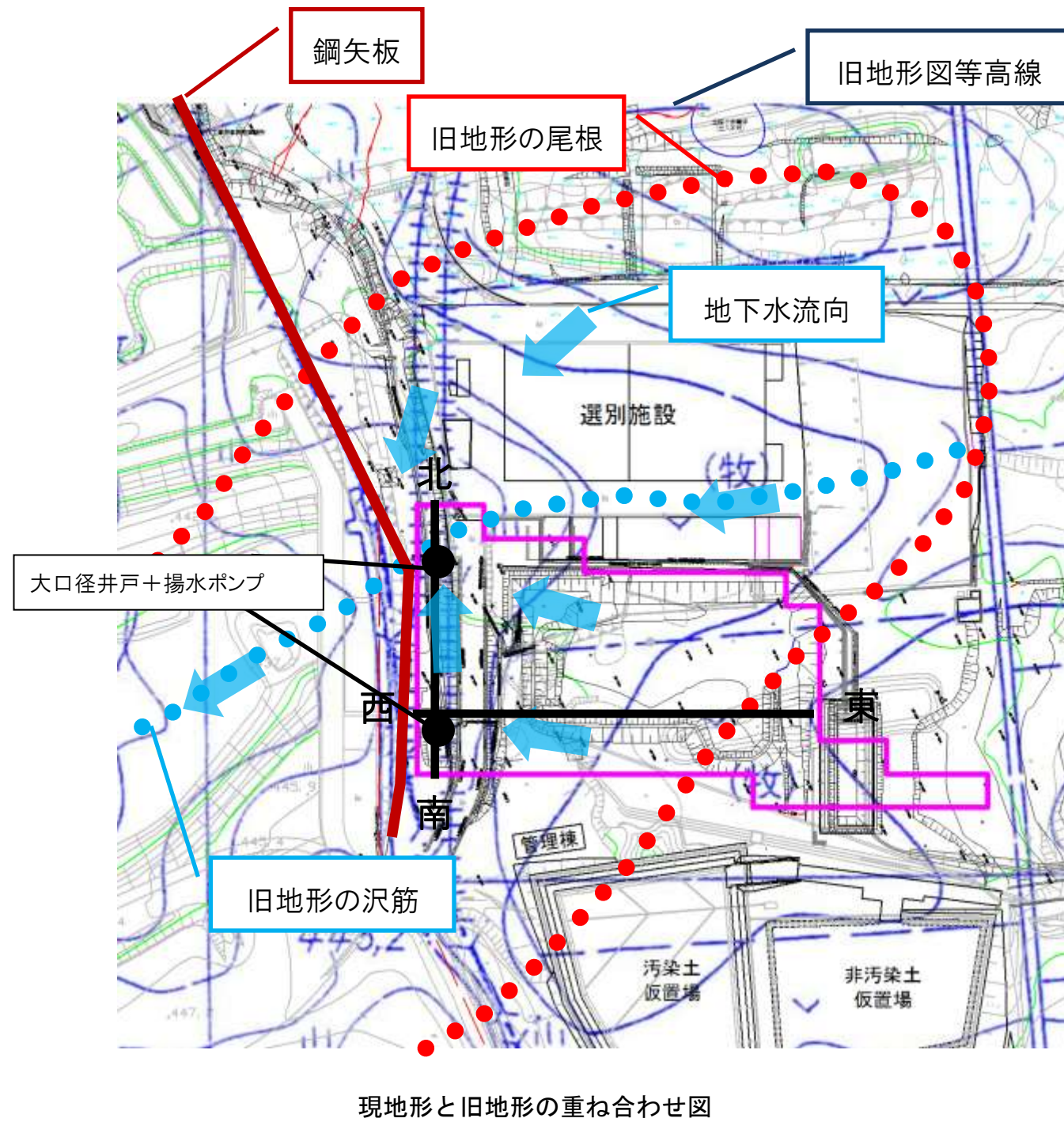


図 2-3 N 地区の地形地質状況 (鋼矢板設置後)



モニタリング時期ごとの地下水流向と汚染範囲の重ね合わせ図を図 2-4 に示す。汚染範囲は、地下水の流向の変化に併せて移動しており、また浄化は地下水の流れの上流側から進行している様子が見られる。H27 年 12 月時点では、最下流の大口徑井戸近傍に汚染が集積していると考えられる。

今後も大口徑井戸での地下水揚水処理を継続することで、現在の基準超過箇所の浄化も進行すると考えられるが、事業期間内の浄化完了のためには、早期に追加対策を行うことが必要である。

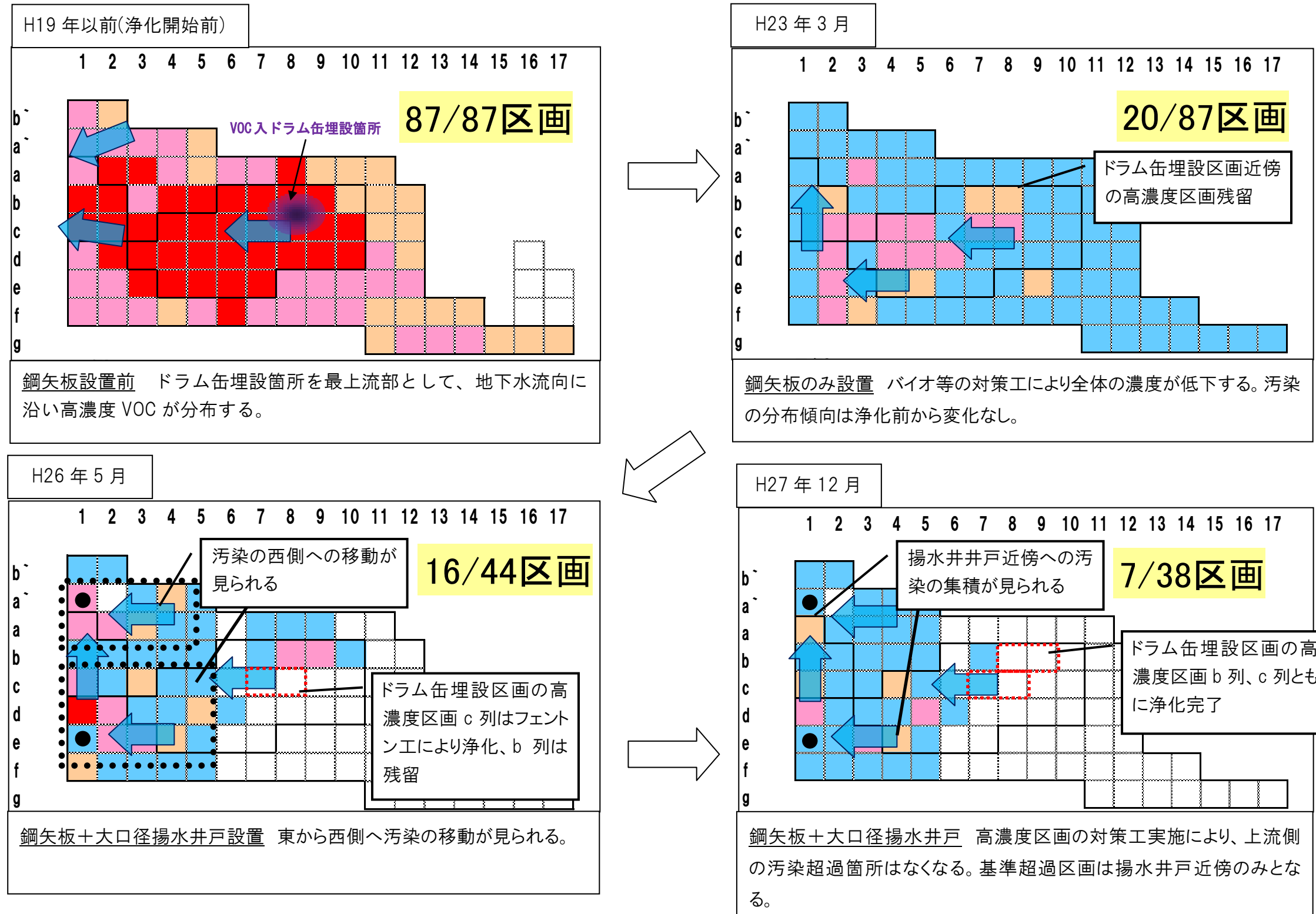


図 2-4 地下水流向と汚染区画の重ね合わせ図

## 2.5 汚染残留区画の土壌調査

地下水モニタリングで基準を超過している区画において、ボーリング調査を行い土壌中の VOC 残留状況を確認した。

調査箇所は a-1、d-1、d-5、e-3 の 4 箇所、いずれも地下水分析結果の VOC の基準比が 5 倍超の汚染がある区画である(図 2-5)。調査箇所の地下水モニタリング結果を表 2-2 に示す。

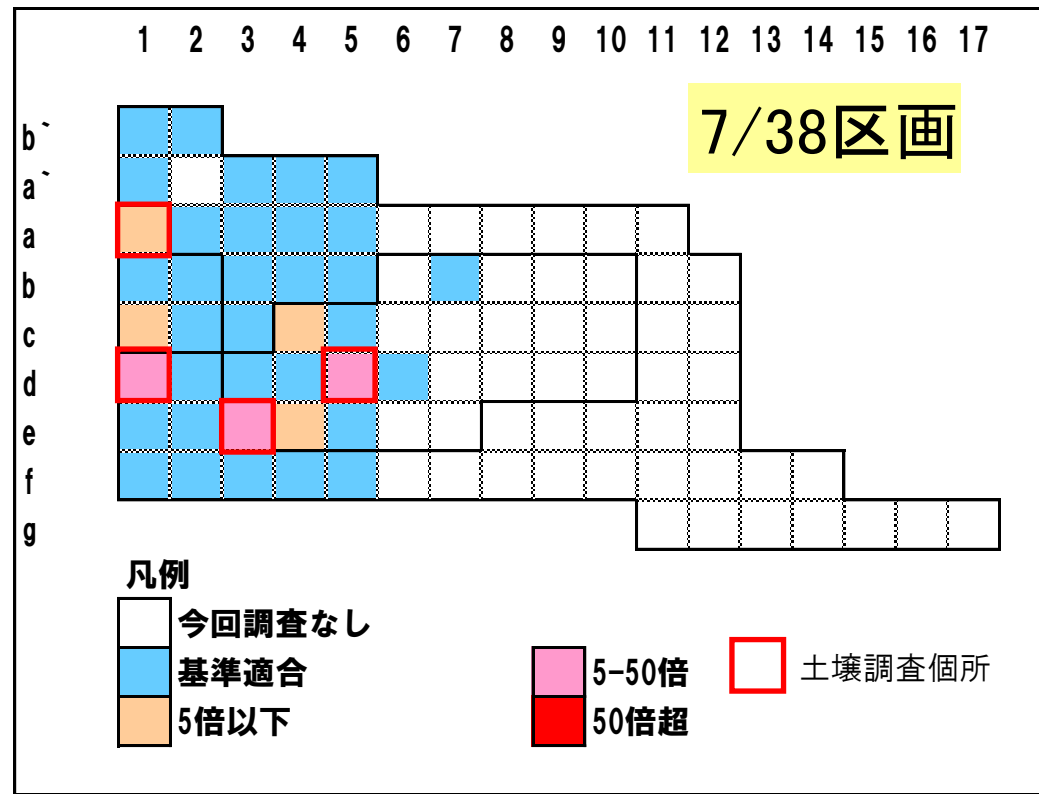


図 2-5 N 地区基準超過箇所

表 2-2 N 地区 VOC 地下水モニタリング結果 (H27 年 12 月)

項目	a-1 (イ-21)	c-1	c-4	d-1 (イ-20)	d-1 (新規井戸)	d-5	e-2	e-3	e-4	環境基準
ジクロロメタン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.003	<0.002	<0.002	0.017	<0.002	0.02
四塩化炭素	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.002
1,2-ジクロロエタン	0.012	0.012	0.0053	0.0029	0.069	0.013	0.0026	0.012	0.0063	0.004
1,1-ジクロロエチレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.004	0.003	<0.002	<0.002	<0.002	0.1
1,2-ジクロロエチレン	0.094	0.045	0.041	0.009	0.32	0.31	0.017	0.046	<0.004	0.04
1,1,1-トリクロロエタン	0.0063	0.0044	0.0019	<0.0005	0.013	0.010	0.0013	<0.0005	<0.0005	1
1,1,2-トリクロロエタン	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.006
トリクロロエチレン	0.049	0.023	0.016	0.001	0.19	0.14	0.005	0.021	<0.001	0.01
テトラクロロエチレン	0.023	0.0080	0.016	<0.0005	0.067	0.12	0.0042	0.019	<0.0005	0.01
1,3-ジクロロプロペン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.002
ベンゼン	0.032	0.002	0.013	0.005	0.46	0.006	<0.001	0.11	<0.001	0.01

ボーリングコアの土壌分析結果と該当箇所の地質断面図を次ページ以降に示す。

調査を行った 4 か所のうち、VOC の土壌溶出量基準超過が確認されたのは d-1 区画のみであり、その他の区画では土壌溶出量基準超過は確認されなかった。

深度方向の分析結果を確認すると、その多くは、降下火砕物と凝灰角礫岩強風化部の境界部付近に多くの VOC が検出されている。これは、「2.3 N 地区の地形・地質と汚染の移動」で示したように、汚染の移動に伴い難透水層の上部に汚染が集積しているためと考えられる。平成 27 年度に掘削除去を行った高濃度区画の b-8 と b-9 も、同様に降下火砕物と凝灰角礫岩強風化部の境界部付近に汚染の残留が確認されている。

平成 21 年度から、様々な対策工が長期にわたり実施され、N 地区の VOC 汚染は浄化完了まであと少しの所まで進んでおり、現在の基準超過区画は浄化の進行に伴い発生した最後の汚染残留区画と考えられる。**これらの汚染残留区画に対し更なる追加対策を行い、確実な浄化完了の達成を目指す。**

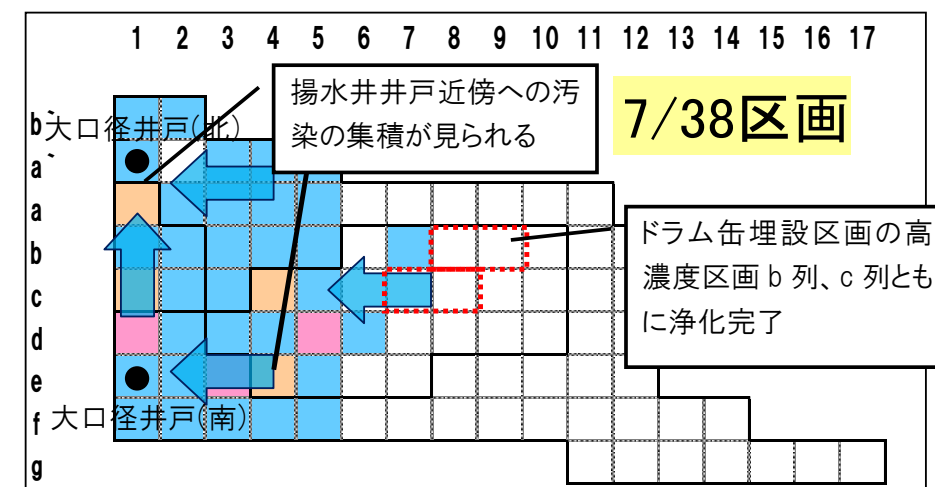
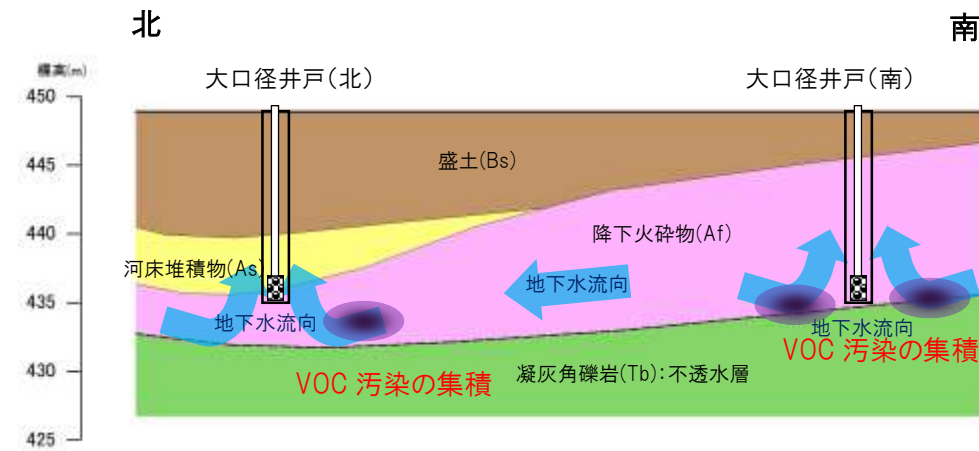


図 2-6 大口径井戸周辺への汚染蓄積のイメージ

a-1：土壌分析結果

EL(m)	地質	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-ジクロロプロペン	ベンゼン
448												
447	埋土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
446		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
446		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
445		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
444		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002
441	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
440	河床堆積物	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
439		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	0.002
438		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
437	ND	ND	0.0008	ND	0.004	ND	ND	ND	0.0005	ND	0.002	0.002
436	降下火砕物	ND	ND	0.0007	ND	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	0.002
435	凝灰角礫岩強風化部	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
434	基準値	0.02	0.002	0.004	0.1	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01

d-1：土壌分析結果

EL(m)	地質	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-ジクロロプロペン	ベンゼン	
447													
446	埋土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
445		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
444		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
441		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
440		降下火砕物	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
439	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
438	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0068	ND	0.001	
437	ND		ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	
436	ND		ND	0.0009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003	
435	ND		ND	0.0011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.007	
434	ND		ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	
433	ND		ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.006	
432	凝灰角礫岩強風化部		ND	ND	0.0025	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.018
431			ND	ND	0.0015	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.019
430		ND	ND	0.0007	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	
429	凝灰角礫岩	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	基準値	0.02	0.002	0.004	0.1	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01	

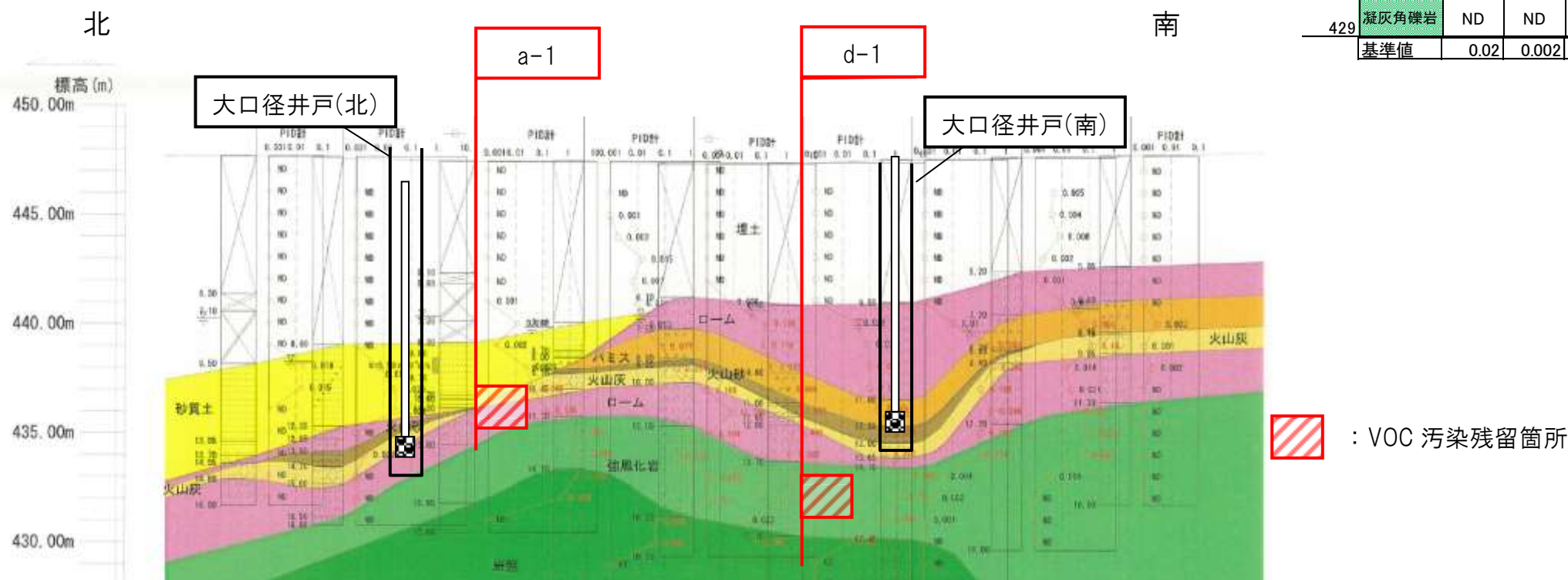


図 2-7 土壌調査結果(a-1、d-1)

**d-5 : 土壌分析結果**

EL(m)	地質	ジクロロ 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 プロペ ン	ベンゼ ン
445		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
444	砂 (埋土)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
441	ローム	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
440		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
439		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
438	凝灰 角礫岩 強風化部	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	
437		ND	ND	0.0004	ND	0.004	ND	ND	0.0006	ND	0.002	
436		ND	ND	0.0022	ND	0.027	0.0017	ND	0.008	0.0081	ND	0.004
435		ND	ND	ND	ND	0.004	ND	ND	0.0005	ND	ND	
	基準値	0.02	0.002	0.004	0.1	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01

**e-3 : 土壌分析結果**

EL(m)	地質	ジクロロ 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 プロペ ン	ベンゼ ン
449		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
448	埋土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
447		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
446		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
445	降下 火砕物	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
444		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
442		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
441		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002
440		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
439		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
438		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003
437		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003
436		凝灰 角礫岩 強風化部	ND	ND	0.0015	ND	0.013	ND	ND	0.002	0.001	ND
	基準値	0.02	0.002	0.004	0.1	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01

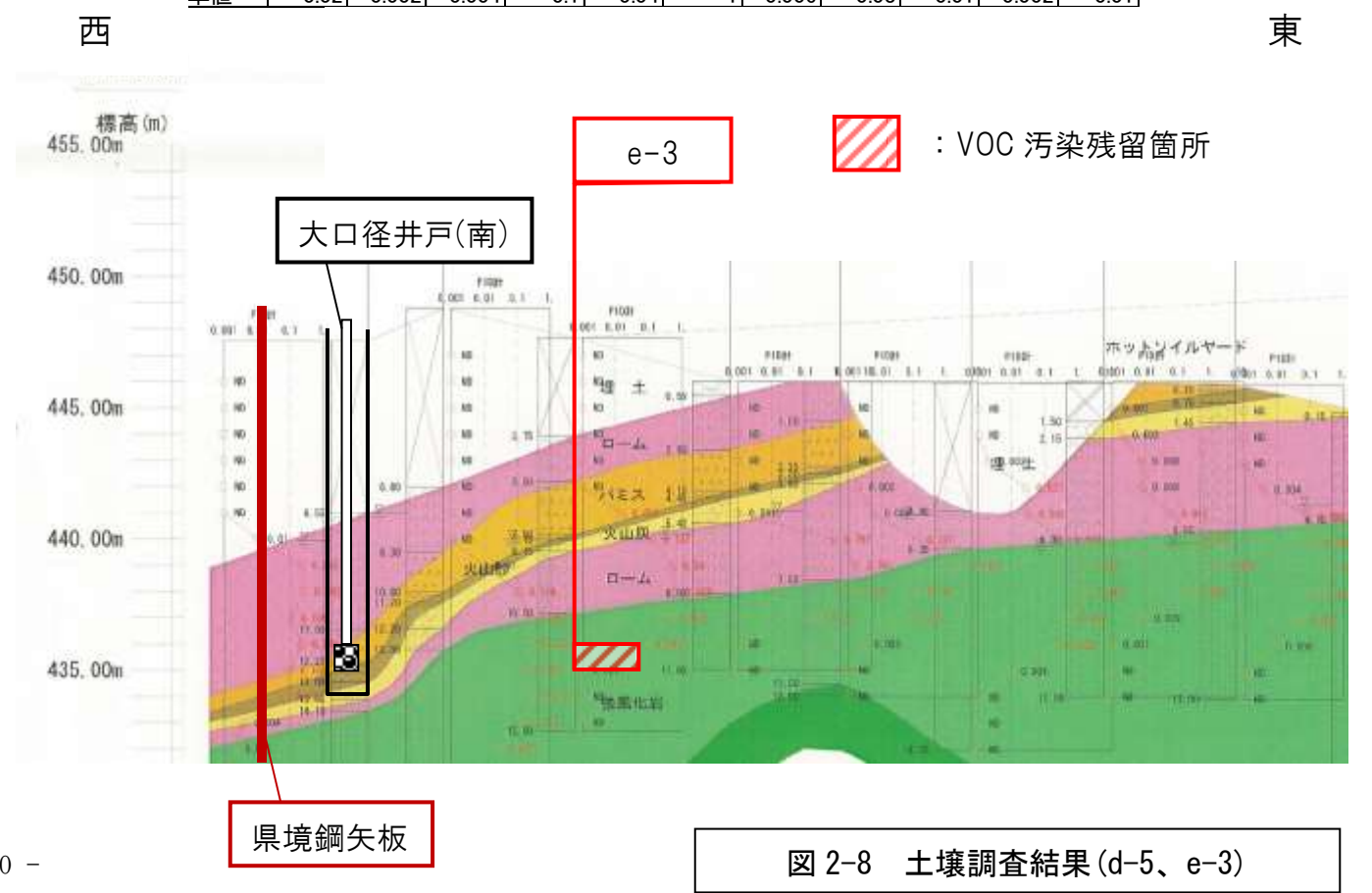
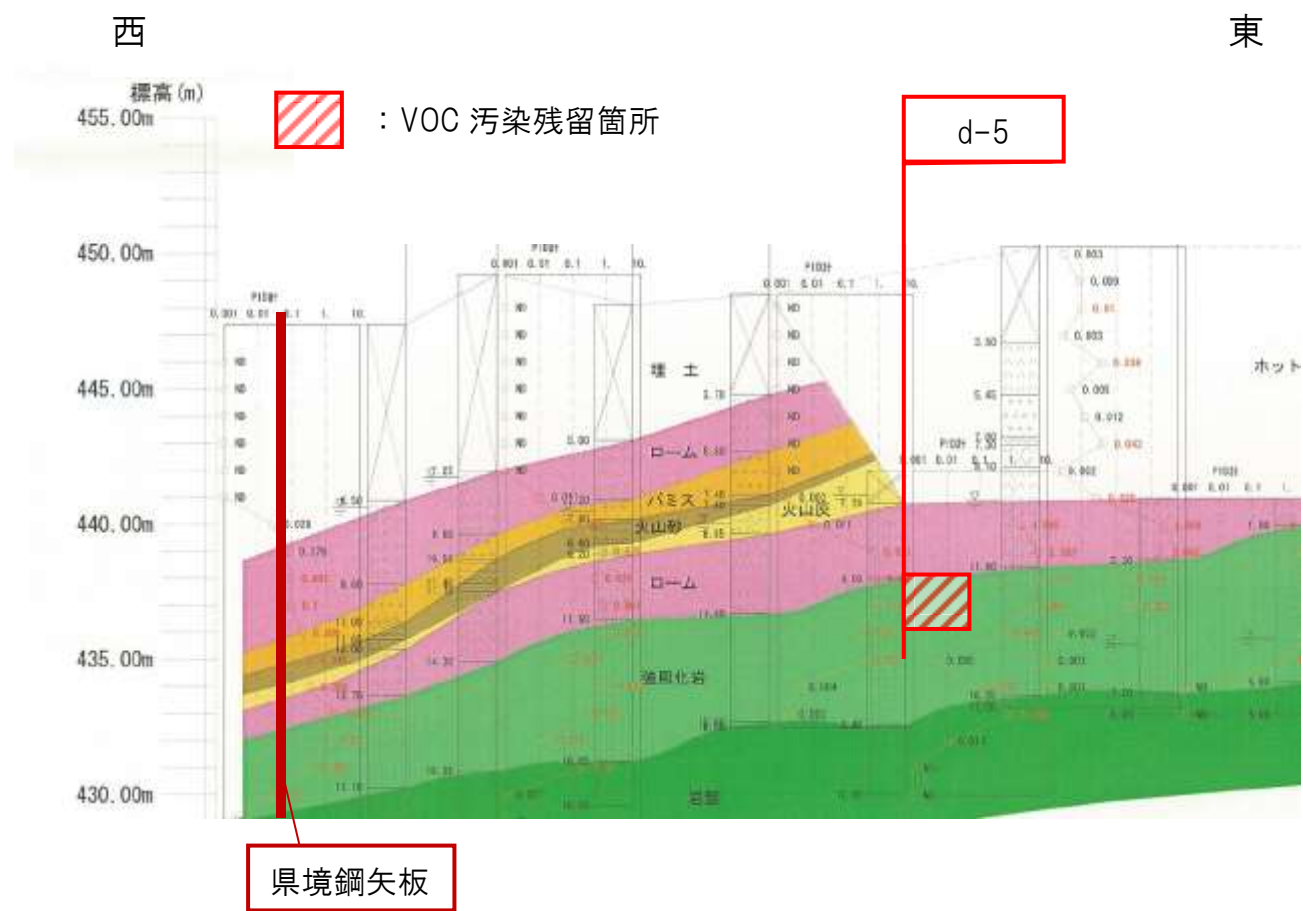


図 2-8 土壌調査結果(d-5、e-3)

## 2.6 N 地区浄化完了に向けた追加対策

基準超過が継続する区画のうち比較的高濃度の「a-1、d-1、d-5、e-3」に対して、追加の対策工を実施する。この対策工の施工にあたっては、その他の「c-1、c-4、e-4」は今後のモニタリング状況を注視し、必要に応じて対応を検討する。追加対策の工法は、これまで当現場における VOC 対策工として実績のある方法とする。実績のある汚染土壌の処理方法のうち、**フェントン工による VOC 汚染土壌浄化**は、今回のように少量の土壌処理を行う場合には経済的に優位な工法である。

掘削汚染土壌の処理方法比較表を表 2-4 に示す。またフェントン工による VOC の分解反応の概要を図 2-9 に示す。

表 2-3 掘削汚染土壌の処理方法比較表

処理法		現場での実績	処理コスト	備考	総合評価
場外処理	場外搬出・外部処理	○	×	運搬費と処分費が発生するため、処理コストが非常に高額となる。	×
場内処理	生石灰混合工	○	△	拡散防止工(テント)設置が必要となる。処理量が多い場合は低コストとなるが、処理量が少ない今回の場合は比較的高コストとなる。	△
	フェントン工	○	○	表2-4 対策工法の特徴のとおり	○

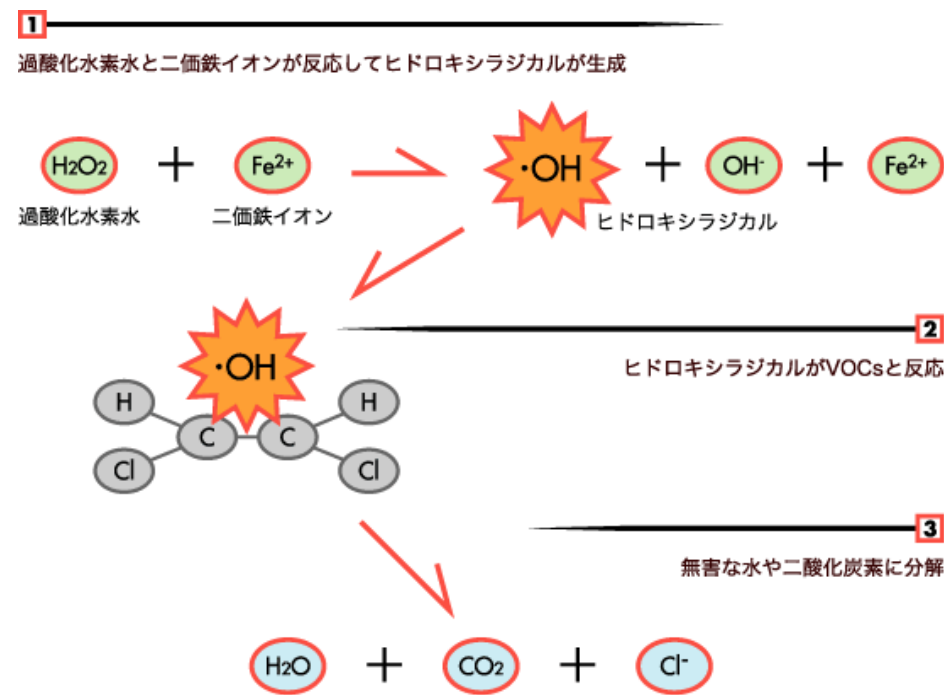


図 2-9 フェントン工(ヒドロキシラジカル反応)概要

追加対策の施工は、現場での実績、早期効果の確実性及び該当箇所での施工性等を考慮し、「**パワーブレンダーによるフェントン工**」または「**土留め支保工による掘削除去+フェントン工**」から現地の地形地質状況を考慮し適切な工法を選択する。

表 2-4 対策工法の特徴

工法	長所	短所
パワーブレンダーによる 原位置フェントン工	原位置での浄化が可能であり、低コストでの施工が可能である。	施工可能な地形や深度に制約がある。
土留め支保工による掘削除去 +フェントン工	施工可能な地形や深度に制約が少ない。	パワーブレンダーによるフェントン工に比べ高コストとなる場合がある。



図 2-10 パワーブレンダーによる  
原位置フェントン工

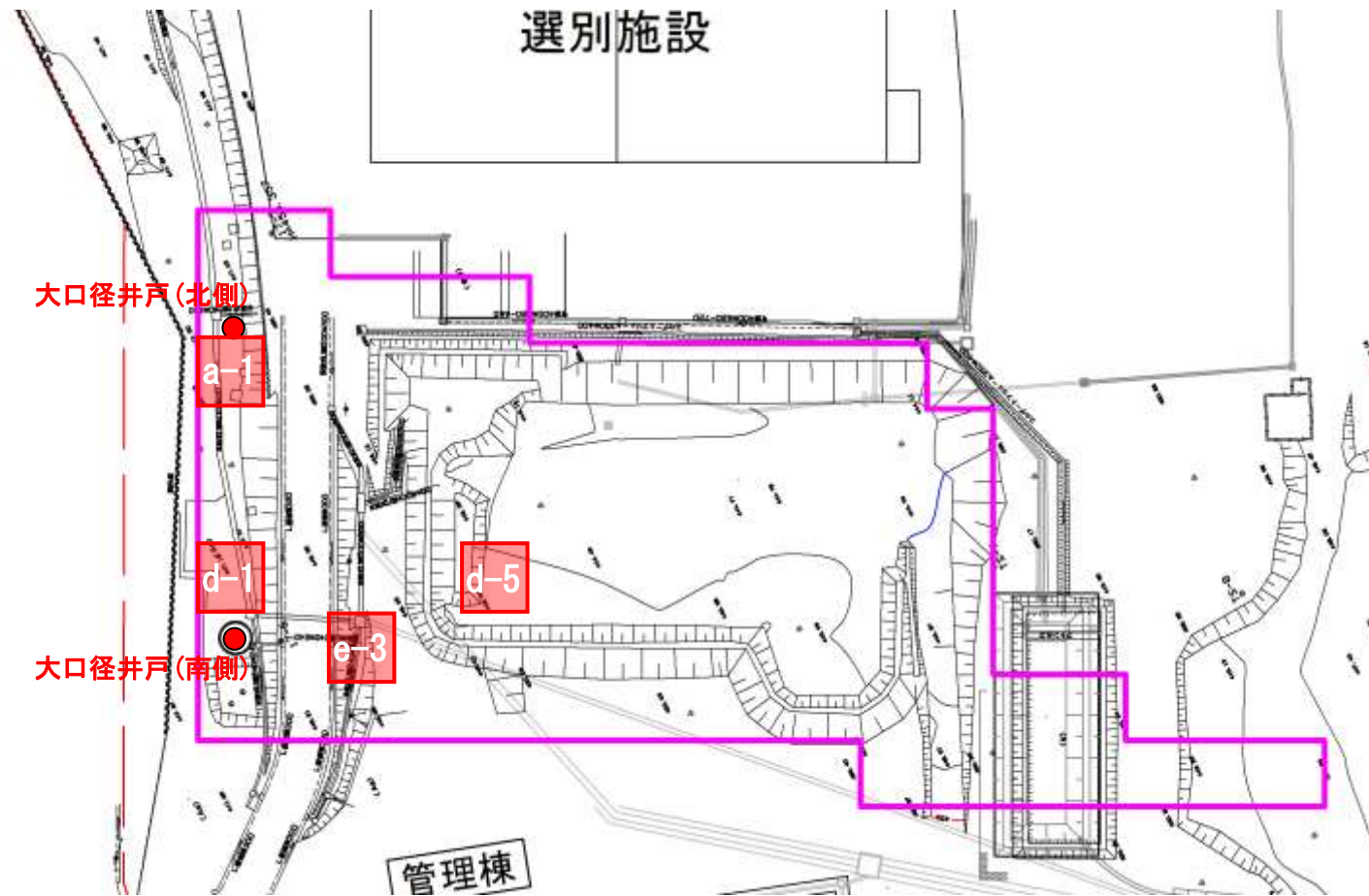


図 2-11 土留め支保工による掘削除去  
+フェントン工

N 地区 VOC 汚染残留箇所に対する追加対策工のまとめを図 2-12 に示す。

なお、今後の地下水モニタリングで汚染状況に変化が生じた場合は、状況に応じて対策箇所の追加や変更を行う。

【対策を検討する事項】



○対策箇所

a-1 : 深度 : EL436~438m

d-1 : 深度 : EL431~432m

d-5 : 深度 : EL436~438m

e-3 : 深度 : EL435~437m

c-1、c-4、e-4 については今後のモニタリング結果を踏まえ検討

○対策工法

パワーブレンダーによるフェントン工

または

土留め支保工を用いた掘削除去+フェントン工

○掘削深度

a-1 : 深度 : GL-13m

d-1 : 深度 : GL-16m

d-5 : 深度 : GL-9m

e-3 : 深度 : GL-14m

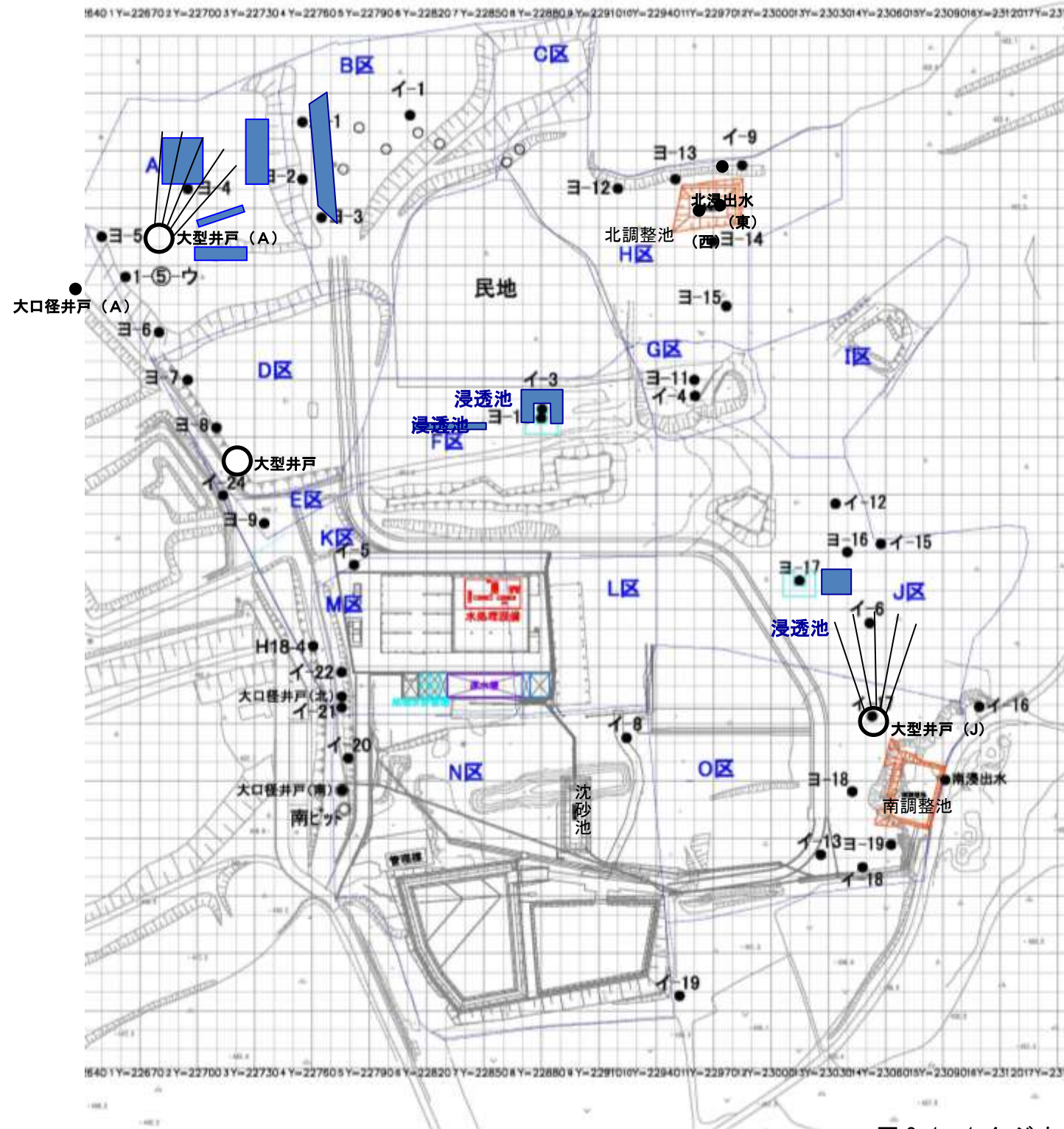
現地盤から 3m 程度下げてから対策を講ずる

図 2-12 N 地区追加対策工まとめ

### 3 1,4-ジオキサン地下水汚染対策

#### 3.1 1,4-ジオキサン地下水モニタリング状況

モニタリング井戸及び揚水井戸における 1,4-ジオキサン地下水モニタリング地点を  
 図 3-1 に示す。



現在の現場(H27年10月6日撮影)

図 3-1 1,4-ジオキサン地下水モニタリング地点

### 3.2 1,4-ジオキサン地下水モニタリング結果

平成 25 年 4 月～平成 27 年 12 月のモニタリング井戸及び揚水井戸における 1,4-ジオキサンの地下水モニタリング結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 1,4-ジオキサン地下水モニタリング結果

地区名	井戸名	平成25年												平成26年												平成27年												平成28年	井戸名	地区名			
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月								
A	ヨ-4	0.13	0.13	0.11	0.15	0.12	0.48	0.17	0.18	0.12	休止	休止	休止	休止	0.095	0.10	0.11	0.12	0.077	0.12	0.15	0.14	休止	休止	休止	0.15	0.14	0.18	0.18	0.18	0.16	0.17	0.15	0.16	0.16	0.042	ヨ-4	A					
	ヨ-5	0.074	0.089	0.10	0.082	0.023	0.014	0.064	0.064	0.13					0.16	0.20	0.22	0.24	0.26	0.29	0.30	0.085				0.11	0.34	-	-	0.33	0.29	0.30	0.34	0.098	0.22	ヨ-5							
	ヨ-6	0.23	<0.005	0.097	0.025	<0.005	<0.005	0.022	0.034	0.017					0.022	0.025	0.028	0.014	<0.005	0.020	0.029	0.020				<0.005	0.030	0.026	0.019	0.031	0.028	0.029	0.028	0.016	-	ヨ-6							
	1-5-ウ	0.11	0.56	0.62	0.59	0.62	0.59	0.65	0.63	0.76					0.83	0.72	0.68	0.61	0.72	0.59	0.65	0.60				0.59	0.65	0.78	0.67	0.52	0.53	0.45	0.49	0.50	0.56	1-5-ウ							
	大型井戸	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-	-	0.053	0.061	0.072	0.078	0.092	0.069	大型井戸							
B	ヨ-1	7.1	7.8	6.8	0.82	0.10	0.41	0.15	6.5	5.1	休止	休止	休止	休止	4.8	0.70	1.7	0.064	0.53	5.6	0.12	4.8	休止	休止	休止	0.009	5.4	4.9	4.6	2.7	0.22	0.11	0.57	0.11	0.46	ヨ-1	B						
	ヨ-2	1.9	1.6	8.2	2.0	0.64	0.38	3.0	6.0	3.2					4.0	2.6	0.82	0.50	0.57	2.8	0.71	0.97				0.14	0.41	3.3	1.8	3.4	2.9	2.8	-	-	ヨ-2								
	ヨ-3	0.38	0.82	0.40	0.38	0.80	0.33	0.84	1.2	0.58					0.83	0.22	0.13	0.54	0.47	1.1	0.75	0.39				0.049	0.80	1.2	0.27	0.47	0.11	0.16	0.25	0.16	0.33	ヨ-3							
D	ヨ-7	0.007	0.009	0.006	0.005	0.013	0.010	0.013	<0.005	0.009	休止	休止	休止	休止	0.008	0.007	0.005	0.007	<0.005	<0.005	0.005	<0.005	休止	休止	休止	<0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	-	ヨ-7							
	ヨ-8	0.28	0.39	0.17	0.64	0.68	0.96	0.22	1.2	0.35					0.71	0.34	0.91	0.70	0.37	0.47	0.006	0.047				0.031	0.028	0.035	0.087	0.024	0.066	0.064	0.15	0.051	0.17	ヨ-8							
	大型井戸	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	大型井戸							
E	ヨ-9	0.18	0.17	0.22	0.16	0.15	0.17	0.014	<0.005	<0.005	休止	休止	休止	休止	0.070	0.061	0.065	0.042	<0.005	0.052	0.054	<0.005	休止	休止	休止	0.045	0.036	0.046	0.043	0.050	0.048	0.046	0.034	0.050	-	ヨ-9	E						
G	ヨ-11	0.053	0.062	0.072	0.051	0.037	0.035	0.049	0.041	0.039					0.073	0.17	0.090	0.093	0.089	0.012	<0.005	<0.005				<0.005	<0.005	<0.005	0.011	0.020	0.020	0.017	0.018	0.014	-	ヨ-11	G						
H	ヨ-12	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-					-	-	-	-	-	-	-	-				-	-	0.008	0.006	-	-	-	-	-	-	ヨ-12							
	ヨ-13	0.046	0.033	0.050	0.030	<0.005	0.037	0.042	0.049	0.062					0.099	0.096	0.098	0.019	0.013	0.098	0.096	0.090				0.084	0.082	0.090	0.082	0.054	0.065	0.045	0.085	0.088	0.062	ヨ-13							
	ヨ-14	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-					-	-	-	-	-	-	-	-				-	-	<0.005	<0.005	-	-	-	-	-	-	ヨ-14							
	ヨ-15	<0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.063	0.006	-	-	-	-	-	-	ヨ-15														
	北調整池集水井(東)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.013	0.061	0.040	0.034	-	北調整池集水井(東)														
北調整池集水井(西)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.019	0.025	0.018	0.016	0.020	-	北調整池集水井(西)															
J	ヨ-16	0.041	0.013	0.012	0.009	0.043	0.030	0.024	0.032	0.020	休止	休止	休止	休止	0.019	0.025	0.016	0.006	0.026	0.020	0.011	0.008	休止	休止	休止	<0.005	0.012	0.013	0.026	0.018	0.019	0.014	0.014	0.009	-	ヨ-16	J						
	ヨ-17	0.012	0.019	0.040	0.035	0.073	0.051	0.043	0.024	0.028					0.021	0.027	0.016	0.013	0.007	0.012	0.007	0.008				<0.005	<0.005	0.005	0.005	<0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	-	ヨ-17							
	大型井戸	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-	-	0.11	0.090	0.097	0.097	0.11	0.080	大型井戸							
K	H18-4	0.81	-	0.22	0.33	0.12	0.089	0.012	0.050	0.008	休止	休止	休止	休止	0.070	0.048	-	0.046	0.010	0.013	0.012	0.012	休止	休止	休止	0.010	0.011	0.015	0.016	0.015	0.017	0.019	0.022	0.015	-	H18-4	K						
N	大口徑北	-	0.28	0.27	0.31	0.17	0.27	0.019	0.069	0.014					0.097	0.090	0.092	0.008	0.070	0.074	0.097	0.085				0.077	0.079	0.085	0.082	0.082	0.080	0.071	0.026	0.062	0.079	0.075	0.052	0.043	0.040	0.052	0.054	0.049	大口徑北
	大口徑南	-	0.11	0.097	0.13	0.094	0.065	0.064	0.029	0.018					0.015	0.022	0.020	0.013	0.013	0.015	0.018	0.018				0.013	0.01	0.011	0.011	0.011	0.010	0.009	0.007	0.009	0.010	0.013	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	大口徑南
O	ヨ-18	0.045	0.056	0.063	0.043	0.050	0.045	0.057	0.008	0.020					0.021	0.044	0.047	0.043	<0.005	0.039	0.030	0.027				0.007	0.022	0.036	0.032	0.029	0.021	0.020	0.041	0.044	-	ヨ-18							
	ヨ-19	0.037	0.033	0.039	0.029	0.024	0.035	0.045	0.024	0.021					0.014	0.013	0.015	0.016	0.020	0.016	0.016	0.017				0.026	0.015	0.012	0.008	0.012	0.014	0.019	0.022	0.022	-	ヨ-19							
地区外A西側	大口徑A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.018	0.077	0.14	0.11	0.093	0.13	0.15	0.057	0.061	0.18	0.23	0.14	0.19	0.14	0.20	0.23	0.12	0.20	大口徑A	地区外A西側						

地区名	井戸名	平成25年												平成26年												平成27年												平成28年	井戸名	地区名
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月					
B	イ-1	2.3	0.80	0.48	0.58	0.17	0.98	0.88	0.64	0.44	0.61	休止	休止	休止	休止	0.82	0.54	0.53	0.46	0.26	0.55	0.54	<0.005	<0.005	0.088	休止	休止	休止	0.008	<0.005	<0.005	0.006	<0.005	0.014	<0.005	<0.005	0.016	0.012	イ-1	B
F	イ-3	0.32	0.39	0.44	0.35	0.10	0.16	0.12	0.74	0.32	0.28					<0.005	0.026	0.076	0.071	0.068	<0.005	0.094	0.014	0.066	<0.005				<0.005	<0.005	0.039	0.032	0.023	0.019	0.026	0.028	0.014	<0.005	イ-3	F
G	イ-4	0.016	0.071	0.034	0.052	0.12	0.10	0.11	0.065	0.080	0.092					0.088	0.075	0.065	0.069	0.091	0.072	0.056	0.041	0.033	0.020				0.017	0.022	0.014	0.013	0.006	0.015	<0.005	0.008	0.005	<0.005	イ-4	G
H	イ-9	0.047	0.056	0.060	0.056	0.050	0.068	0.049	0.061	0.051	0.051					0.088	0.051	0.055	0.050	0.055	0.057	0.051	0.057	0.052	0.052				0.054	0.052	0.058	0.057	0.057	0.056	0.053	0.057	0.053	0.051	イ-9	H
J	イ-6-1	0.42	0.37	0.29	0.088	0.47	0.49	0.46	0.67	0.80	0.48					0.53	0.64	0.58	0.48	0.51	0.29	0.72	<0.005	0.062	0.58				<0.005	<0.005	<0.005	0.34	0.009	0.18	<0.005	0.027	<0.005	<0.005	イ-6-1	
	イ-12	0.042	0.045	0.061	-	0.017	0.011	0.025	0.027	0.037	0.019	<0.005	0.037	0.044	0.053	0.022	<0.005	0.036	<0.005	<0.005	0.012	<0.005	0.016	0.029	0.013	0.029	0.012	0.038	0.051	0.016	0.032	イ-12								
	イ-15	0.31	0.56	0.63	0.12	0.54	0.68	0.20	0.48	0.45	0.45	<0.005	0.20	0.38	0.33	0.32	0.31	0.30	0.33	0.32	0.28	<0.005	0.22	0.24	0.22	0.18	0.21	0.14	0.22	0.19	0.16	イ-15								
K	イ-5	0.012	0.006	0.005	<0.005	0.008	0.013	0.021	0.014	0.010	0.006	0.006	0.007	0.010	0.007	0.007	<0.005	0.008	0.005	0.005	0.006	<0.005	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	イ-5								
	イ-24	0.23	0.26	0.19	0.18	0.48	0.40	0.21	0.22	0.21	0.19	0.19	0.15	0.19	0.22	0.16	0.12	0.14	0.13	0.064	0.095	0.10	0.090	0.071	0.10	0.040	0.051	0.073	0.078	0.095	0.16	イ-24								
N	イ-8	0.025	0.028	0.035	0.023	0.029	0.041	0.032	0.022	0.026	0.021	0.008	0.028	0.015	0.018	0.034	<0.005	0.027	0.005	0.027	0.022	0.005	0.026	0.035	0.037	0.041	0.022													



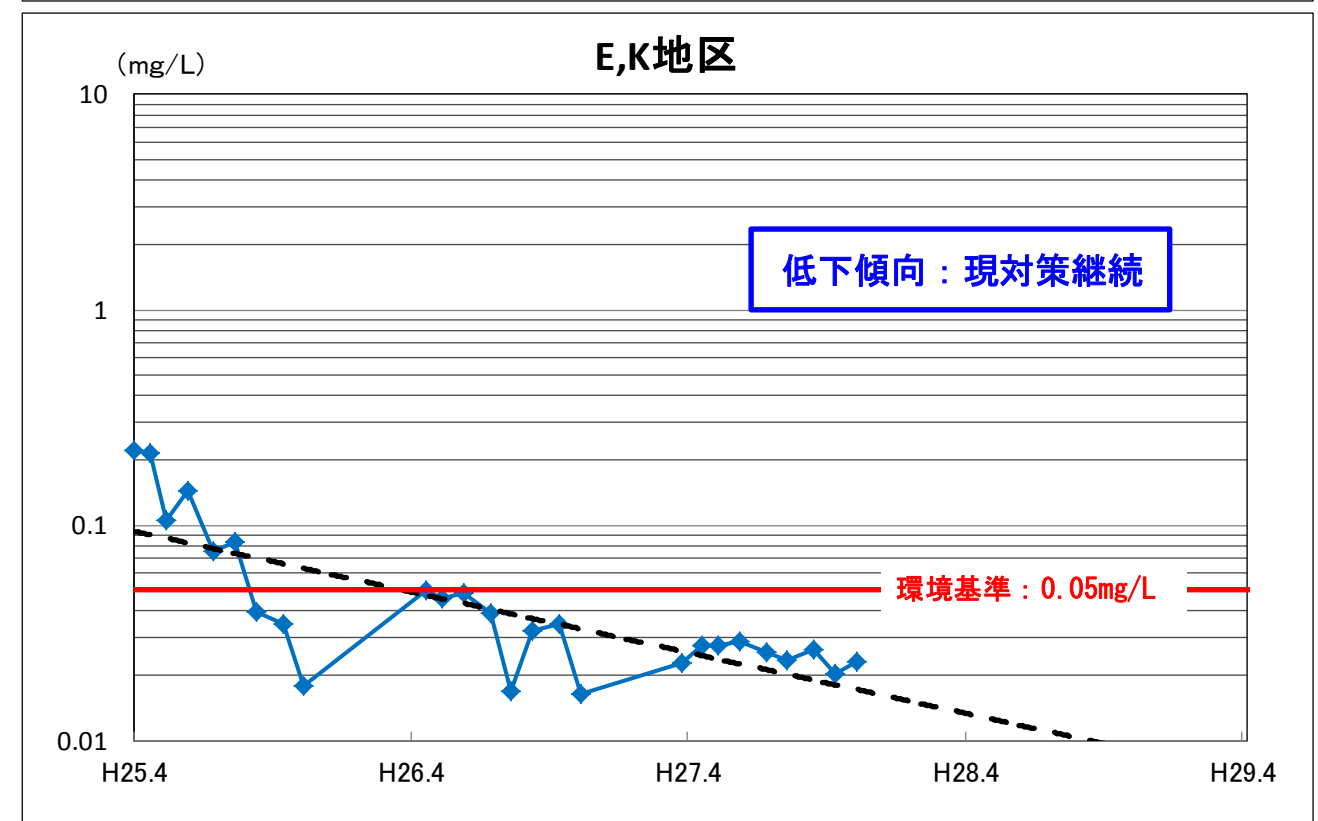
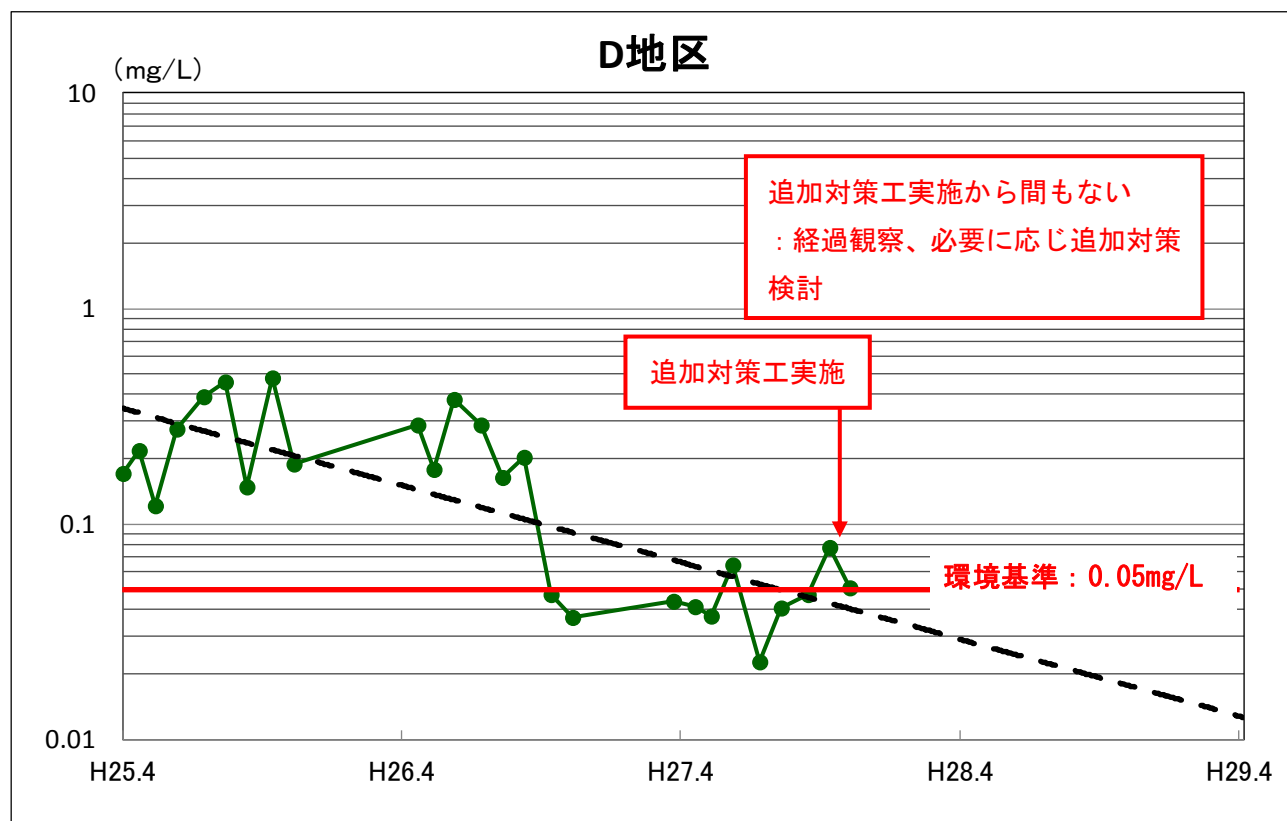
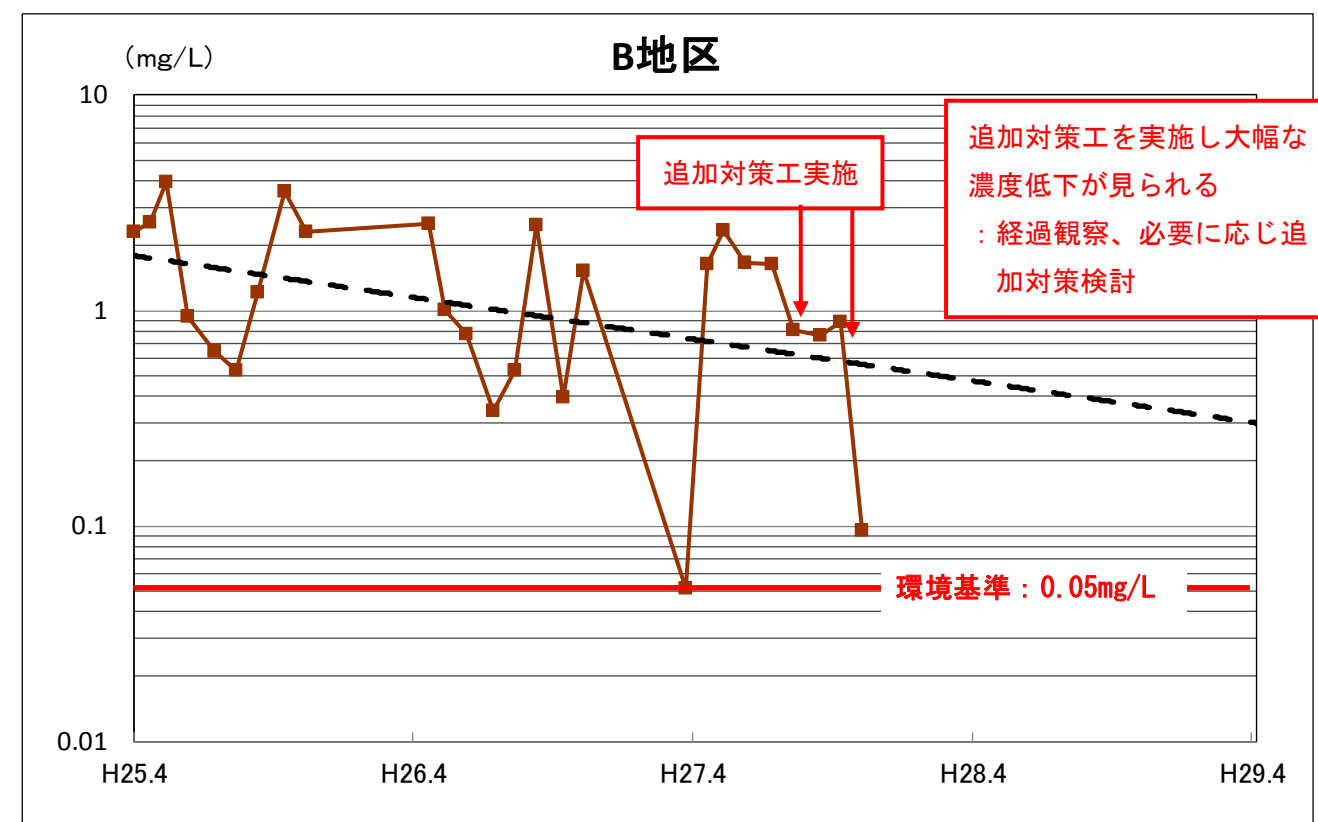
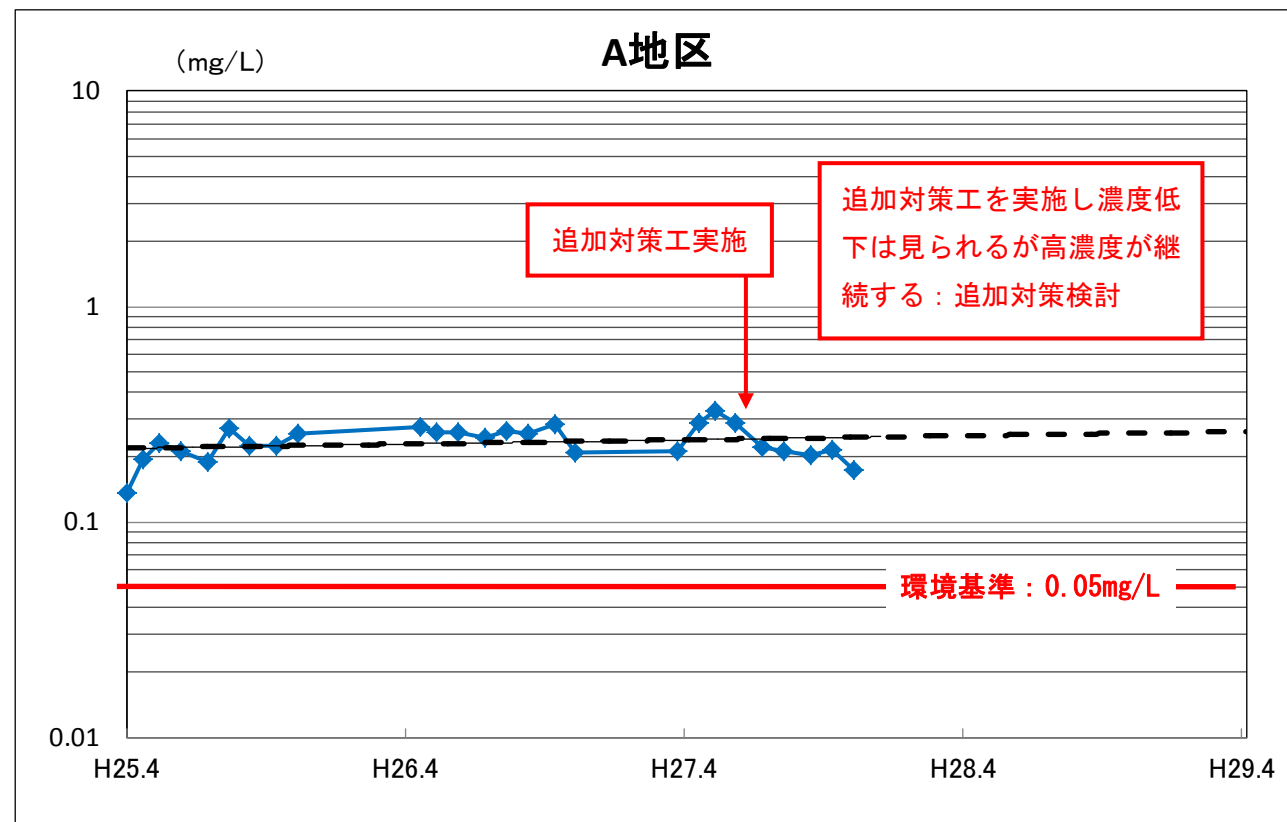


図 3-2(1) 各地区の平均 1,4-ジオキサン濃度経時変化

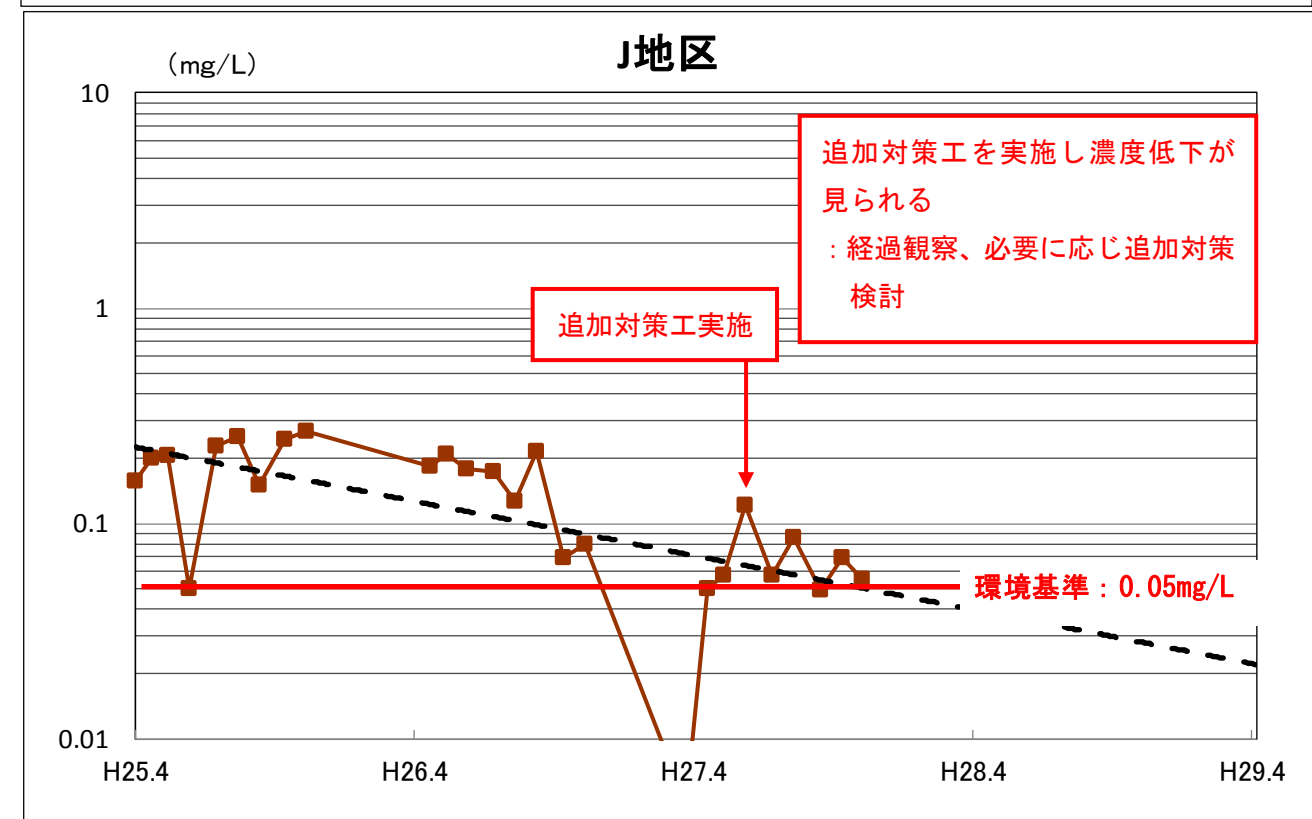
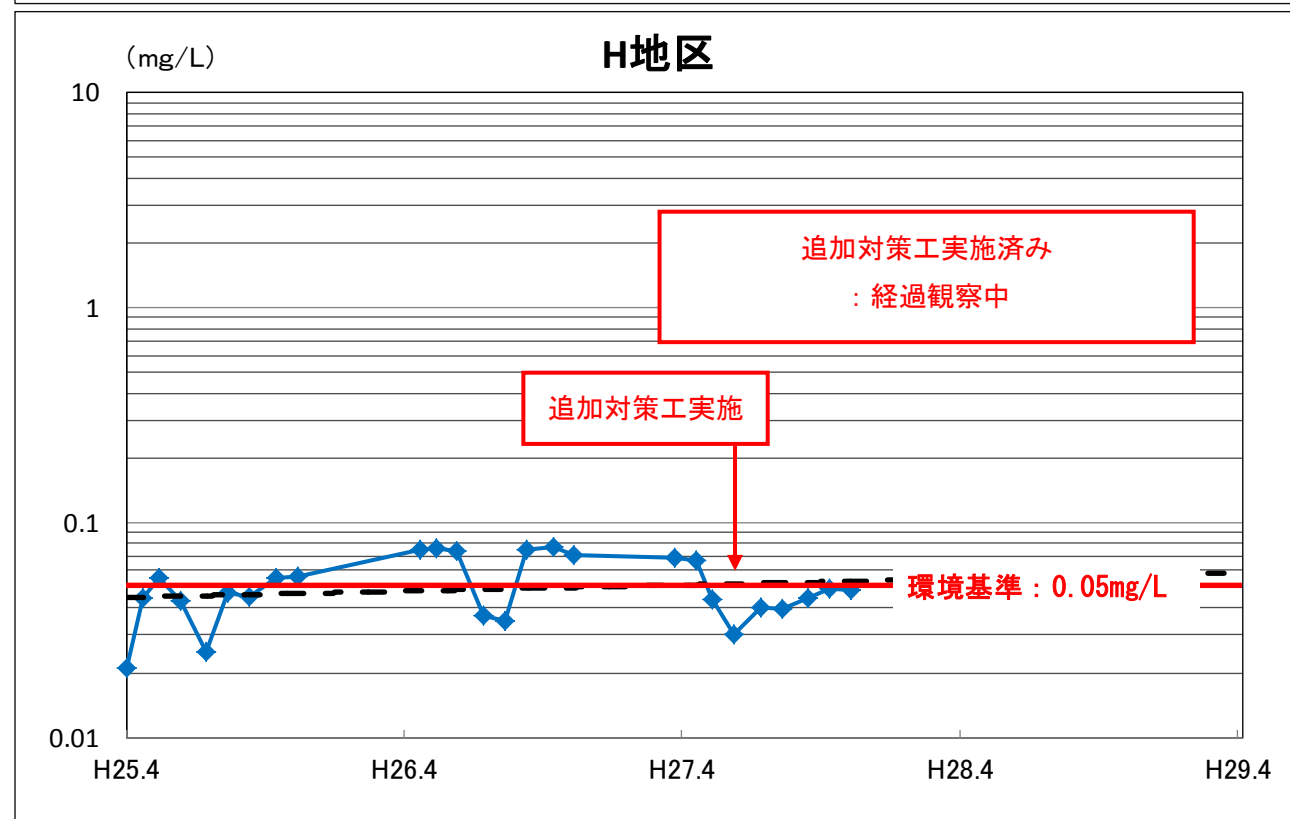
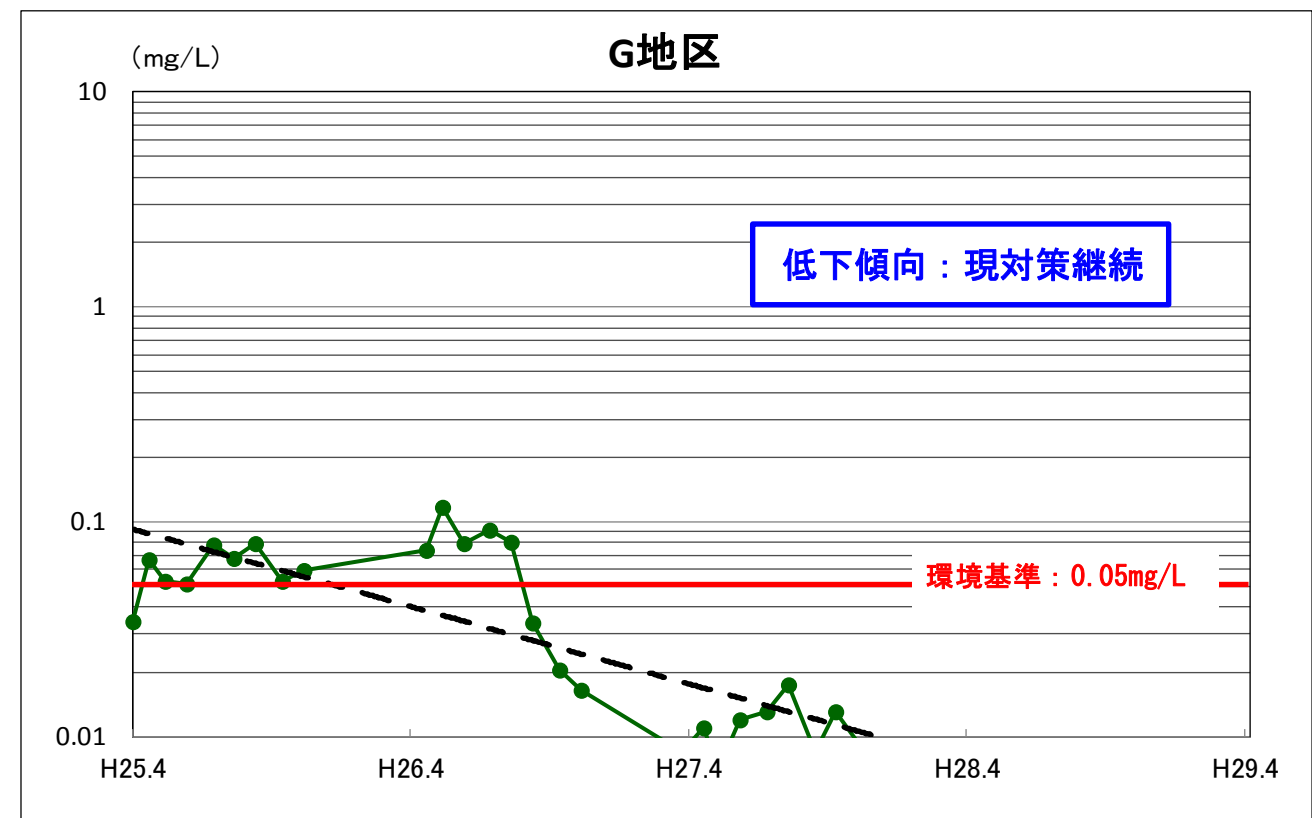
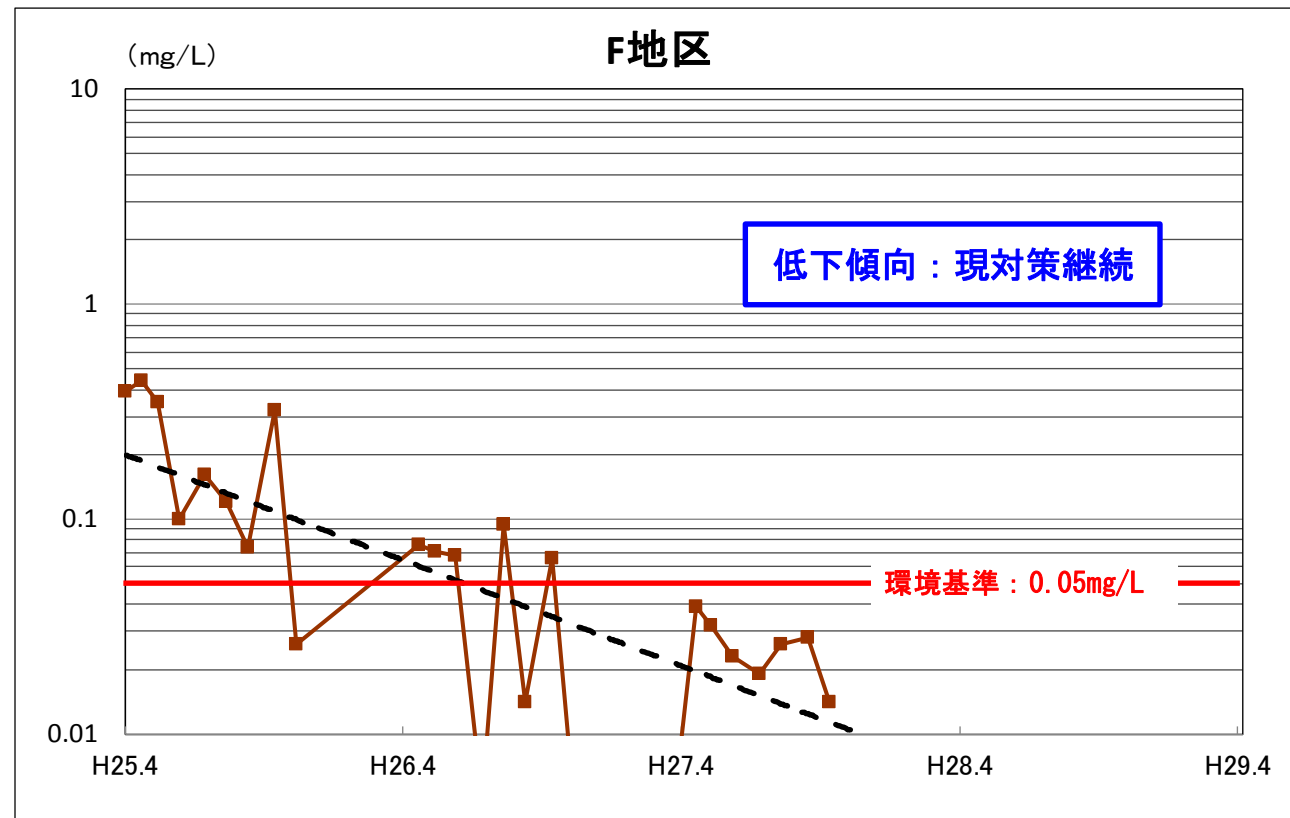


図 3-2(2) 各地区の平均 1,4-ジオキサン濃度経時変化

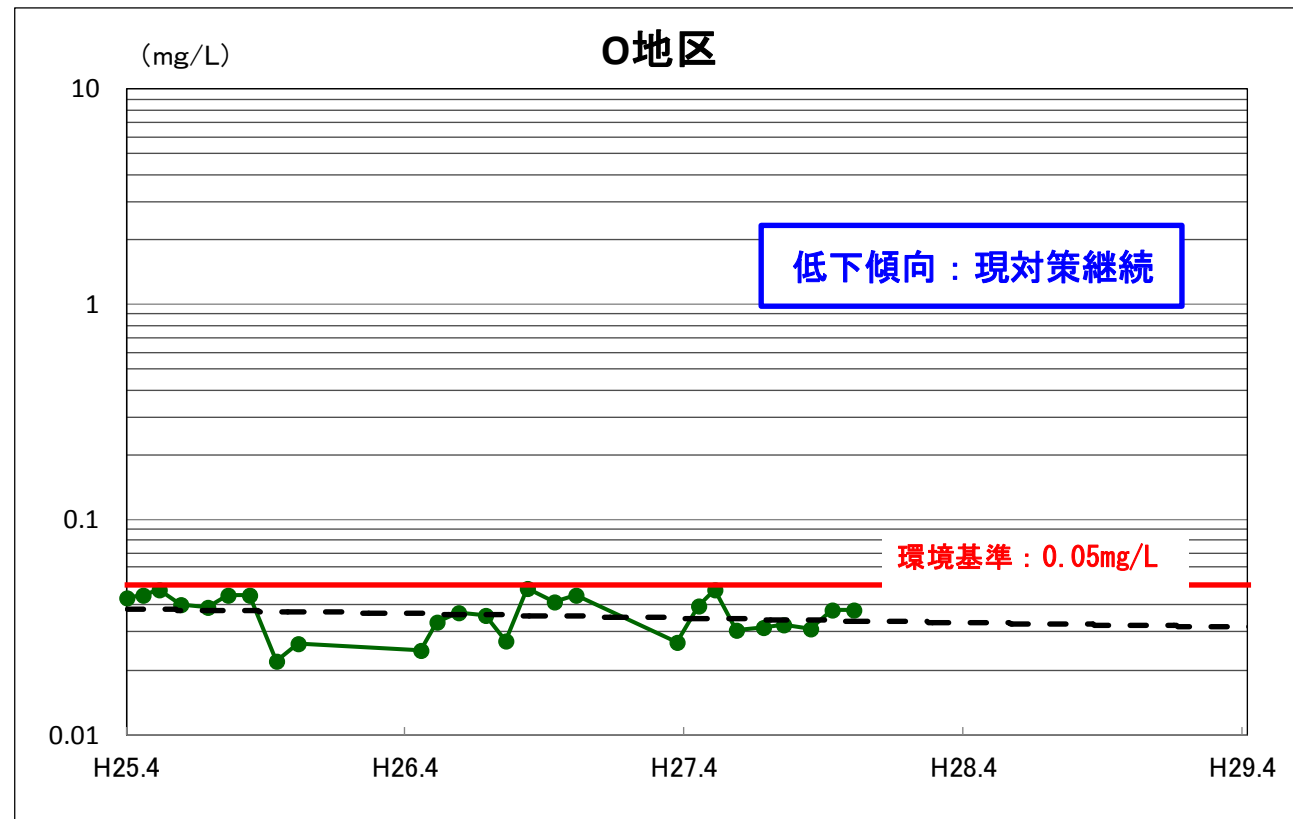


図 3-2(3) 各地区の平均 1,4-ジオキサン濃度経時変化

【地下水モニタリング結果のまとめと今後の対策の必要性】

地下水中の 1,4-ジオキサンについて、p14 の表 3-1 に示すように平成 25 年 4 月から場内各地区の複数の井戸でモニタリングを実施している。

平成 25 年 4 月のモニタリング開始直後は、多くの井戸で 1,4-ジオキサンの基準超過が確認されていたが、地下水揚水処理の実施に伴い場内全体で濃度が低下し、平成 27 年 12 月時点では多くの井戸で基準適合が確認された。

しかしながら、A、B、D、J 地区では基準超過の継続や高濃度汚染が確認されたため、平成 27 年度に追加対策を実施した（第 22 回汚染土壌対策技術検討委員会諮問事項）。追加対策の結果は表 3-2 に示すとおりであり、一定の対策効果は確認された。今後、経過観察を行い、必要に応じ更なる追加対策を実施し早期の浄化完了を目指す。

表 3-2 追加対策工実施結果

地区	追加対策工	対策効果と今後の対策の必要性
A	集水井＋横ボーリング	地下水揚水量増加に伴い、濃度低下が見られるが、依然高濃度が継続している。今後追加対策を行う。
B	汚染範囲の掘削除去	追加対策工を実施し大幅な濃度低下が見られる。経過観察し、必要に応じ追加対策を行う。
D	集水井	対策工実施から間もないため、効果の有無を確認中。今後経過観察し、対策の必要性を検討する。
J	集水井＋横ボーリング	地下水揚水量増加に伴い、濃度低下が見られるが、依然 0.2(mg/l)程度の箇所があるため追加対策を行う。

### 3.3 平成 27 年度に実施した対策(地下水揚水量促進)

高濃度 1,4-ジオキサンの継続検出が確認された地区について、地下水揚水量を増加の為の対策工を、第 22 回汚染土壌対策技術検討委員会結果に基づき実施した(図 3-3)。

集水井等の対策工実施により、表 3-3 に示すように地下水揚水量が増加しており、地下水中の 1,4-ジオキサン対策を促進できた。

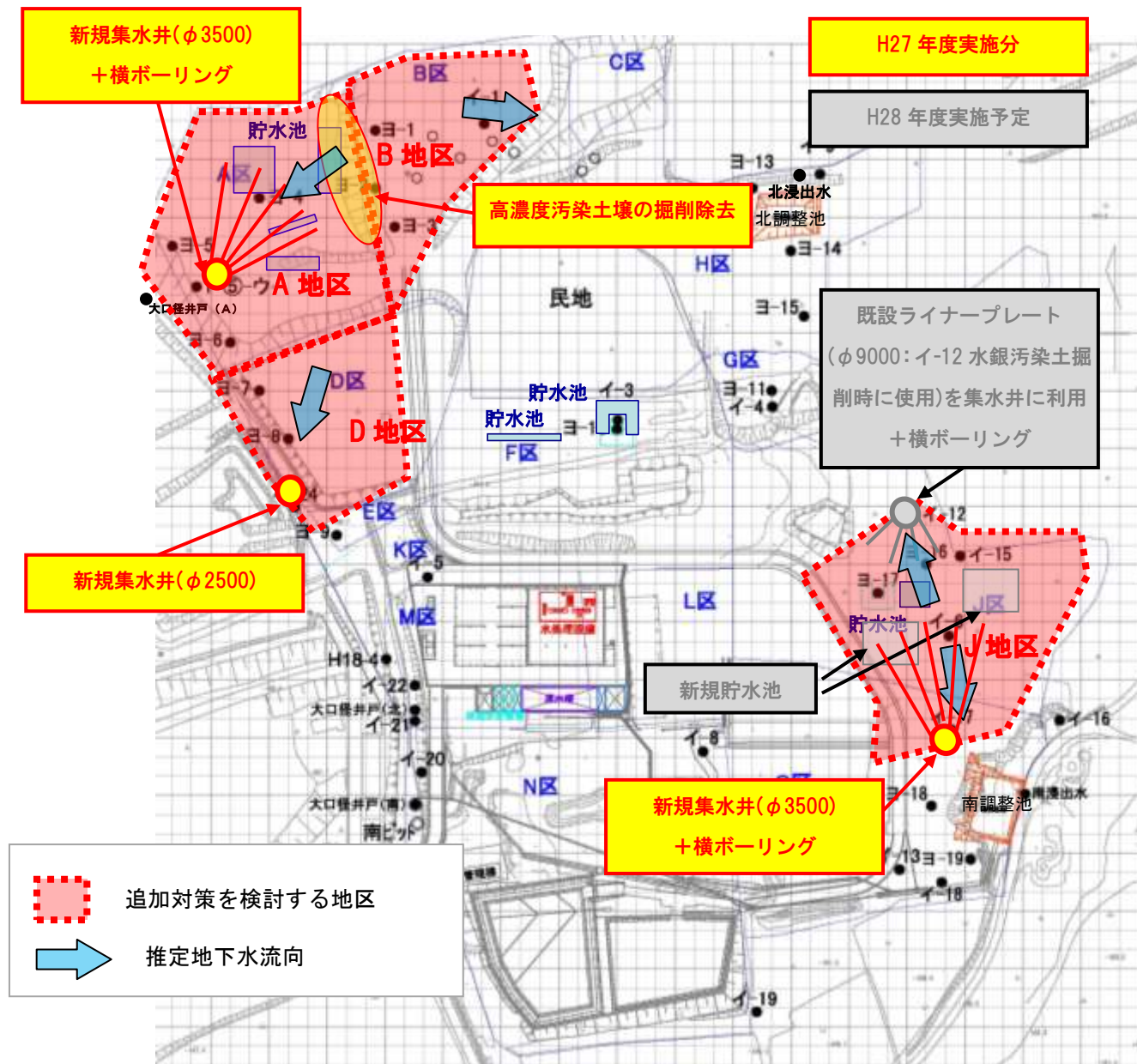


図 3-3 1,4-ジオキサン追加対策計画図

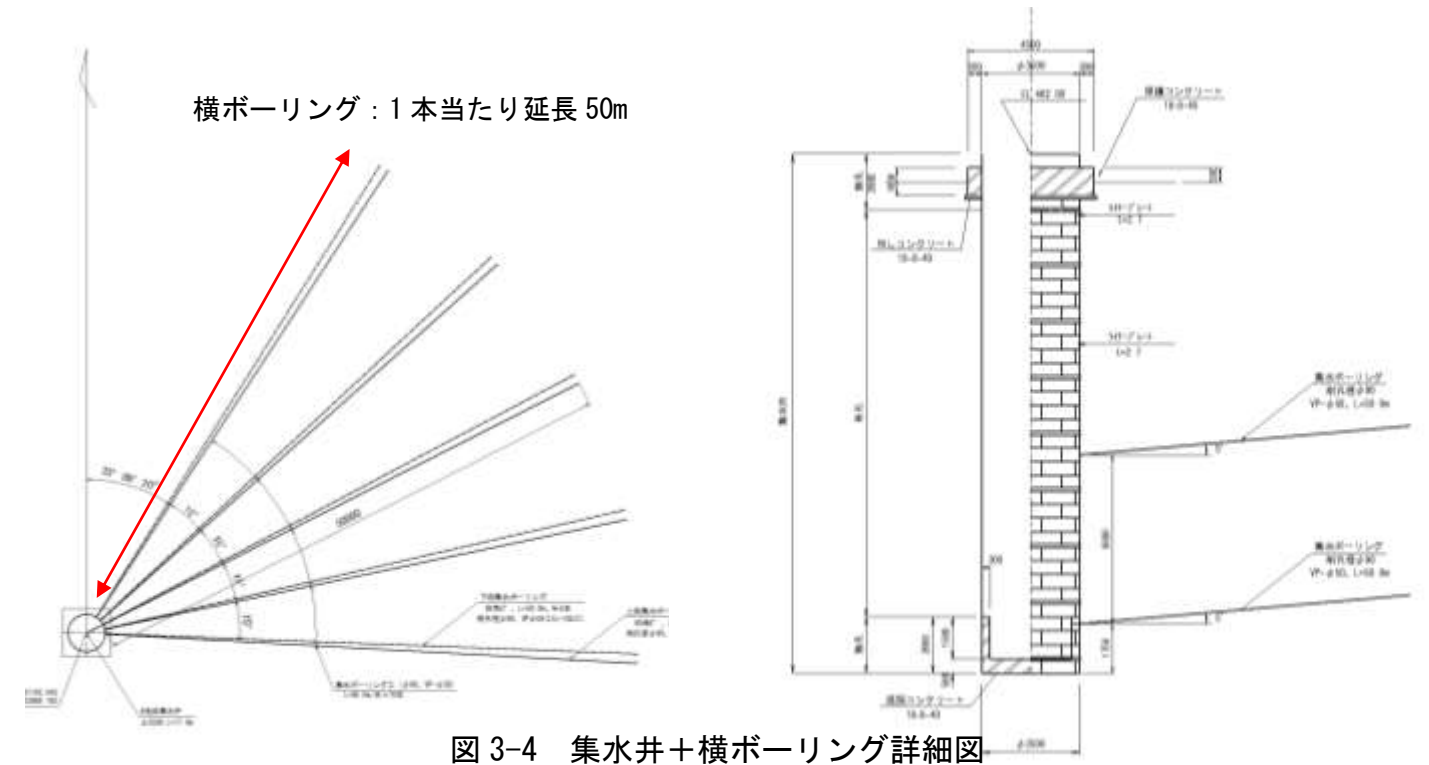


図 3-4 集水井+横ボーリング詳細図



図 3-5 集水井+横ボーリング設置状況

表 3-3 新規集水井の計画・実績揚水量

地区	設置前の揚水量 Q'(t/日: 平均値)	新規設置集水井 計画揚水量 Q(t/日)	新規設置集水井 実績揚水量 q(t/日)		地下水中の1,4-ジ オキサン最大濃度 (mg/l)	対策効果
			平均	最大		
A地区	0.6	10	3.1	29.5	0.092	一定濃度の1,4-ジオキサンが集水井に集まってきており、浄化促進の効果が期待できる。
D地区	4.6	65	16.3	34.4	0.059	
J地区	1.5	7	7.9	23.8	0.11	

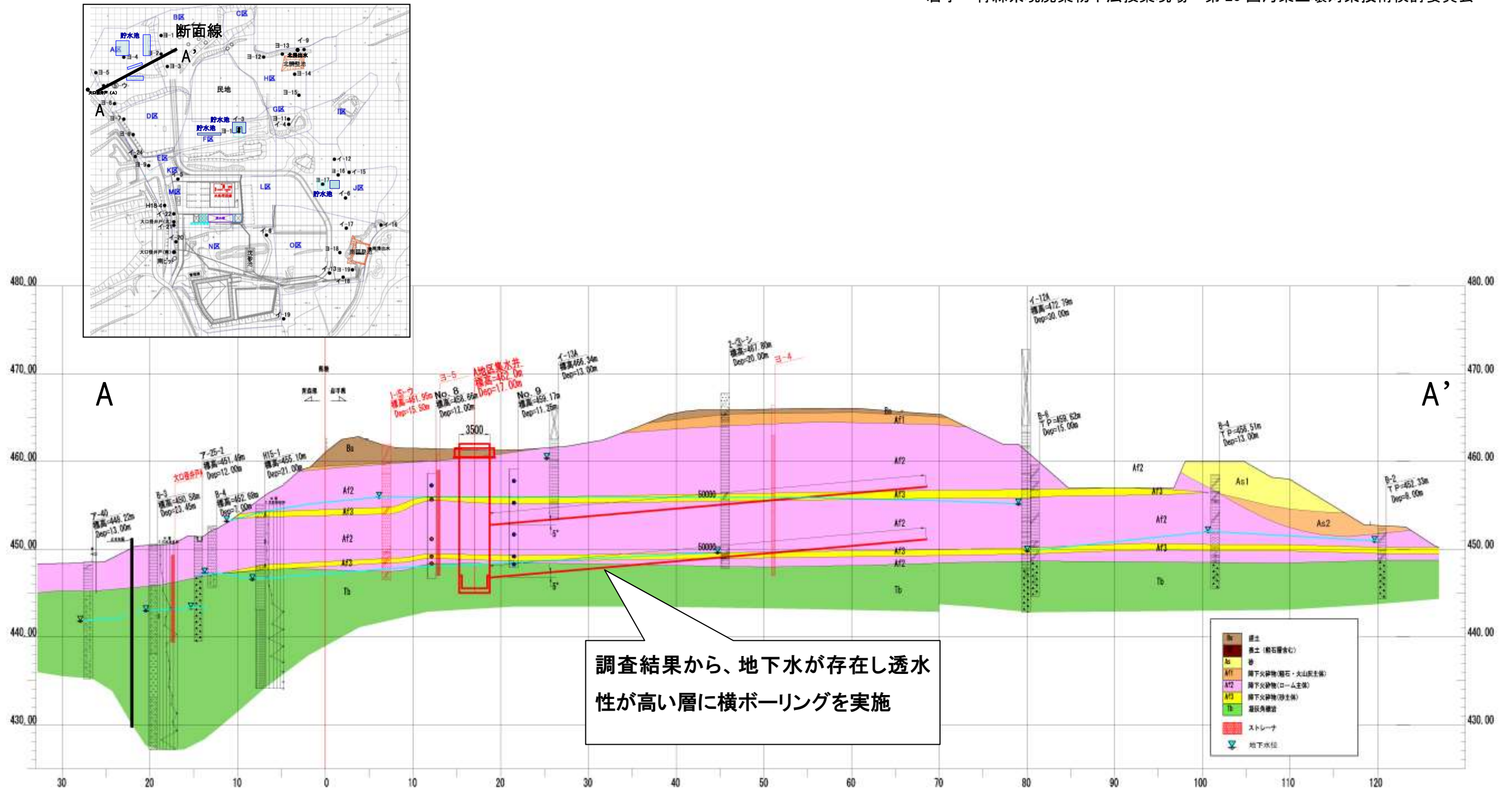


図 3-6 集水井+横ボーリング工断面図

### 3.4 平成 27 年度に実施した対策(AB 地区境界部)

地下水モニタリングにおいて、AB 地区境界部の揚水井戸ヨ-1、ヨ-2、ヨ-3 で特に高濃度の 1,4-ジオキサンが平成 27 年度も検出され続けた。これらは揚水だけでは計画期間内に浄化が終了しないと考えられたことから、ボーリング調査(B-1~B-6)や現地踏査等を行い地形・地質や汚染の状況を確認し、追加対策を検討した。(図 3-7 参照)

調査の結果、AB 地区境界部の B-2 及び B-4 周辺に砂層が局所的に堆積しており、これらの砂層が高濃度の 1,4-ジオキサンを含有していることが確認された。また高濃度砂層の影響を受け、その下部のローム層等も高濃度の 1,4-ジオキサンが確認された。これら高濃度 1,4-ジオキサン含有土の影響を受けヨ-1、ヨ-2、ヨ-3 の地下水で高濃度の 1,4-ジオキサンが検出されたと考えられる。

地質平面図と状況写真を図 3-7 に、地質断面図と 1,4-ジオキサン土壌溶出量分析結果を図 3-8 に示す。

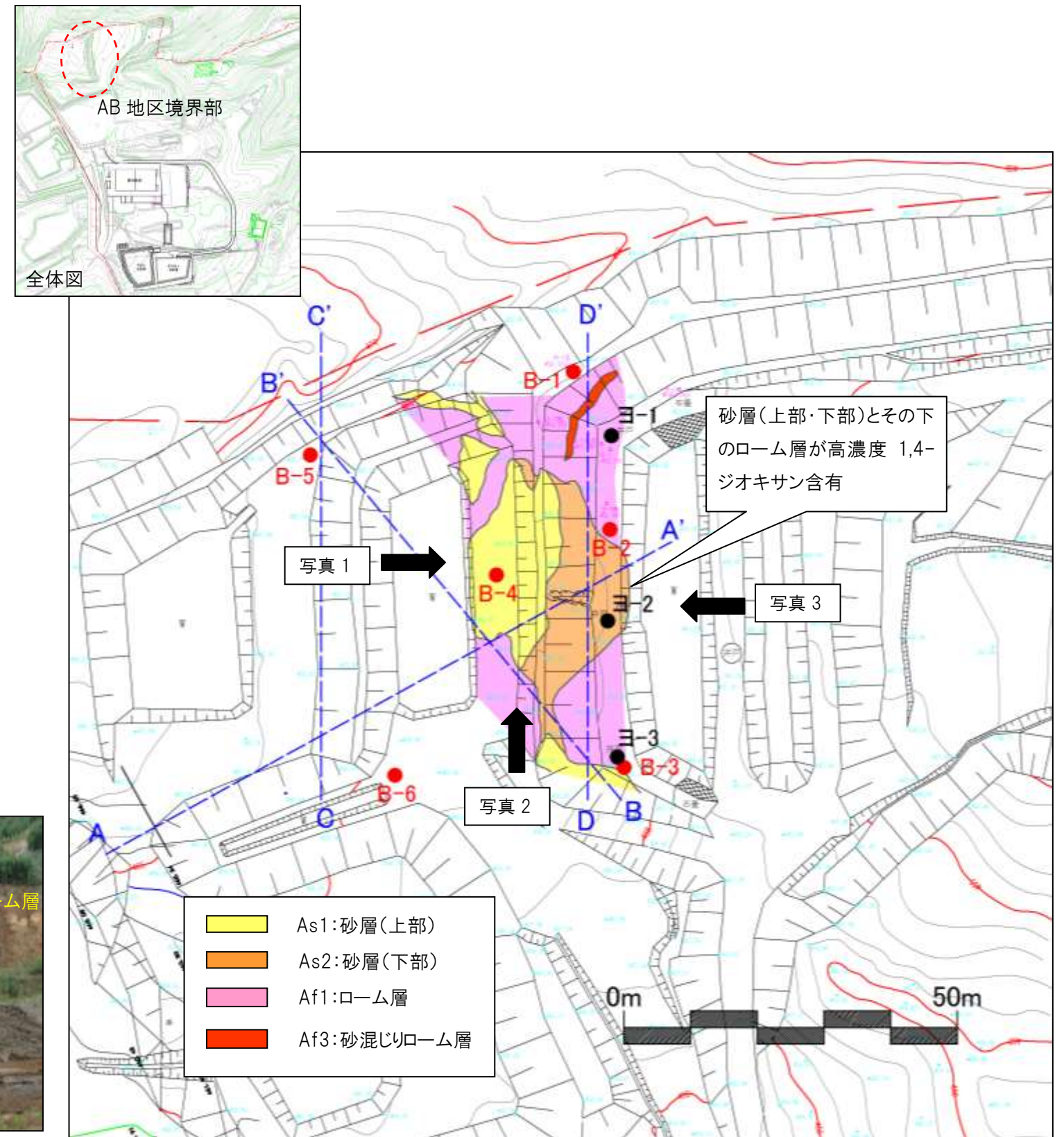
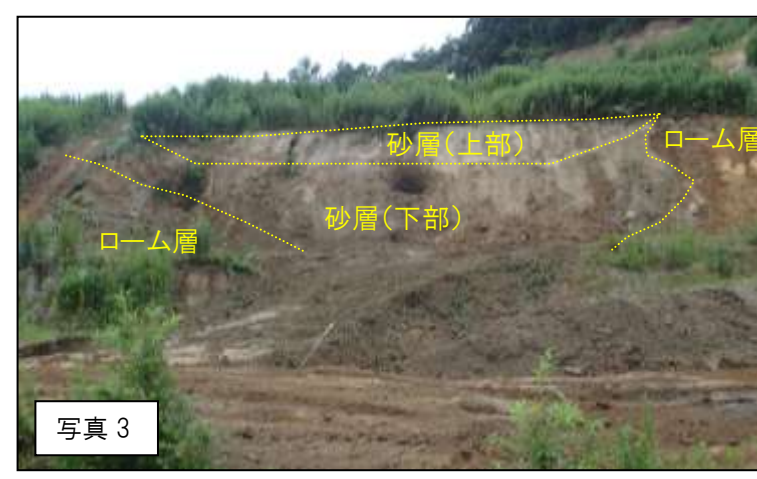
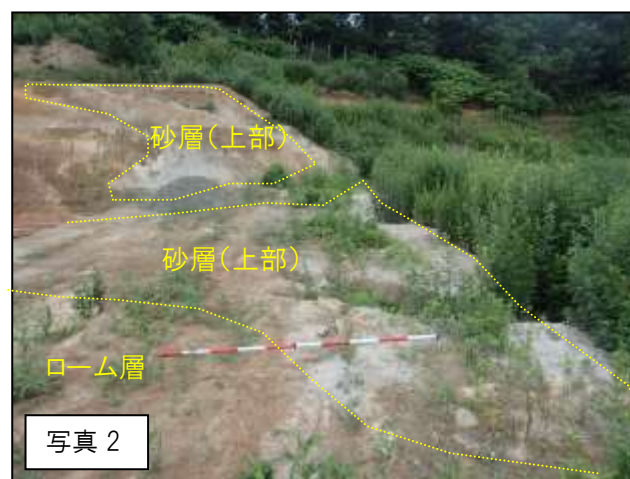
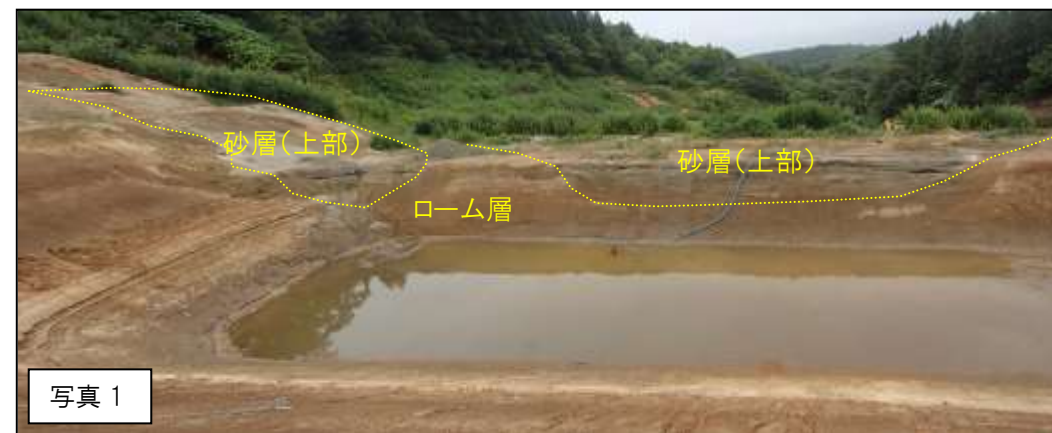


図 3-7 AB 地区境界部の地質平面図と状況写真

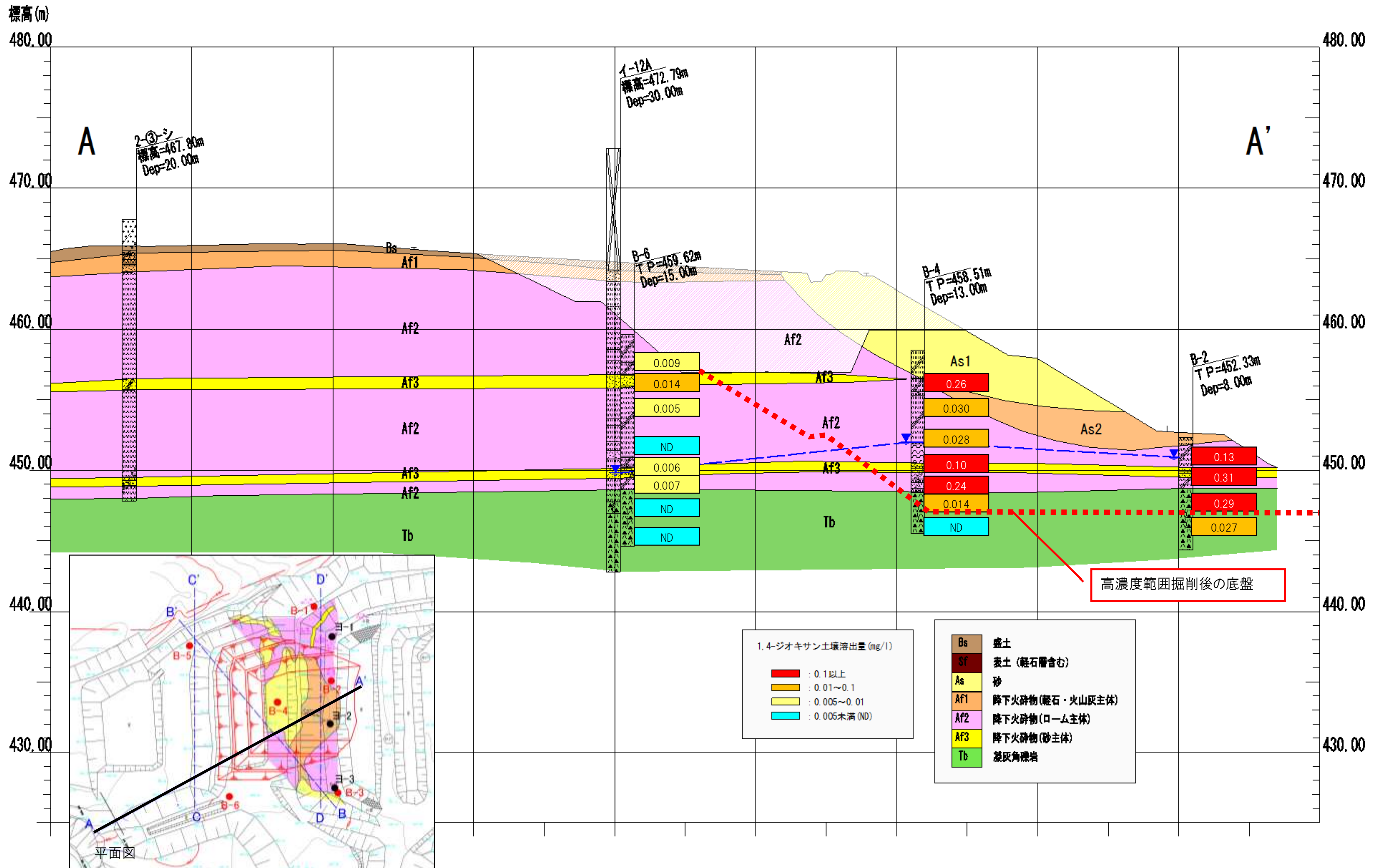


図 3-8(1) AB 地区地質断面図と 1,4-ジオキサン分析結果(A-A' 断面)

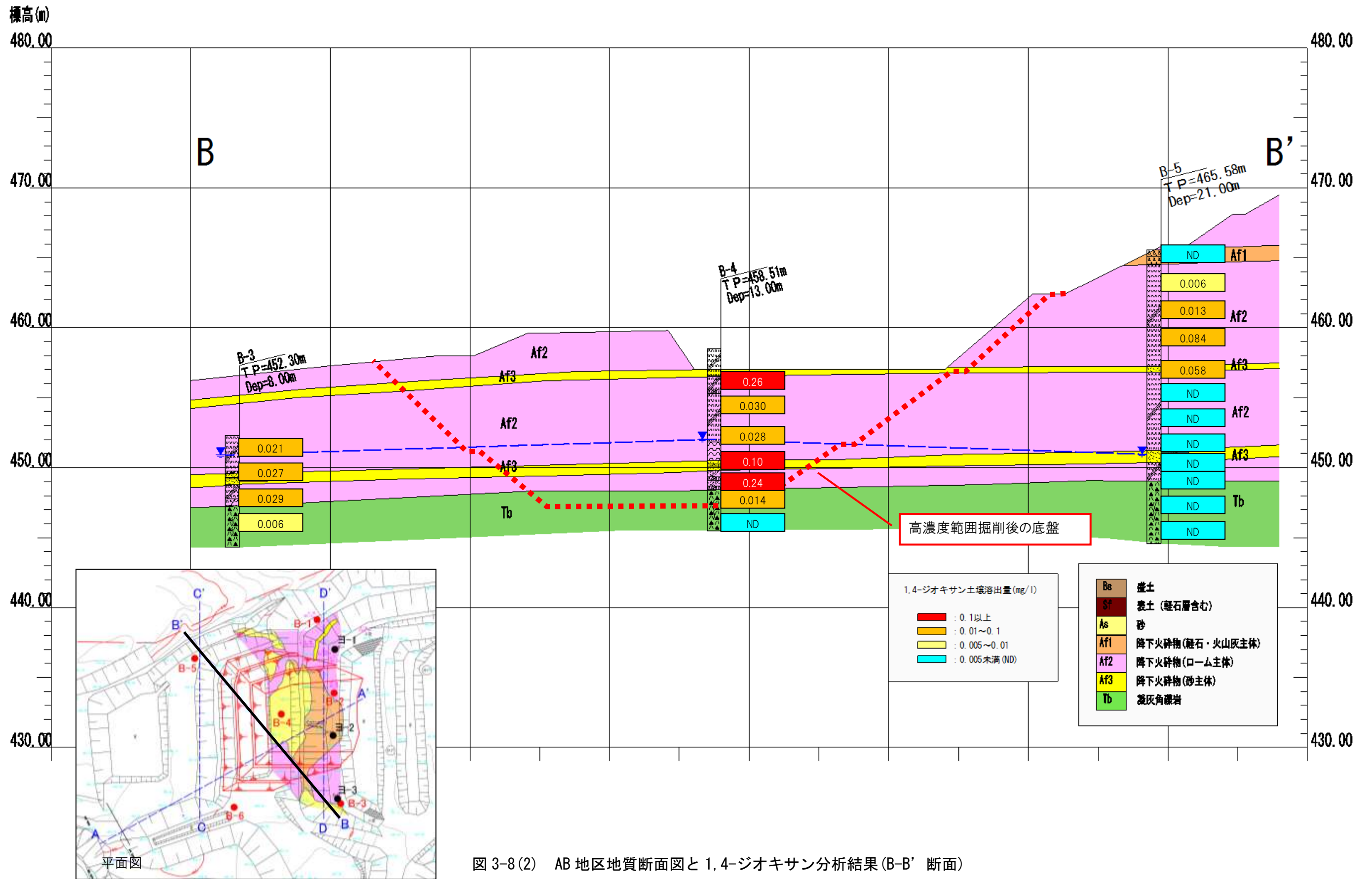


図 3-8(2) AB 地区地質断面図と 1,4-ジオキサン分析結果 (B-B' 断面)



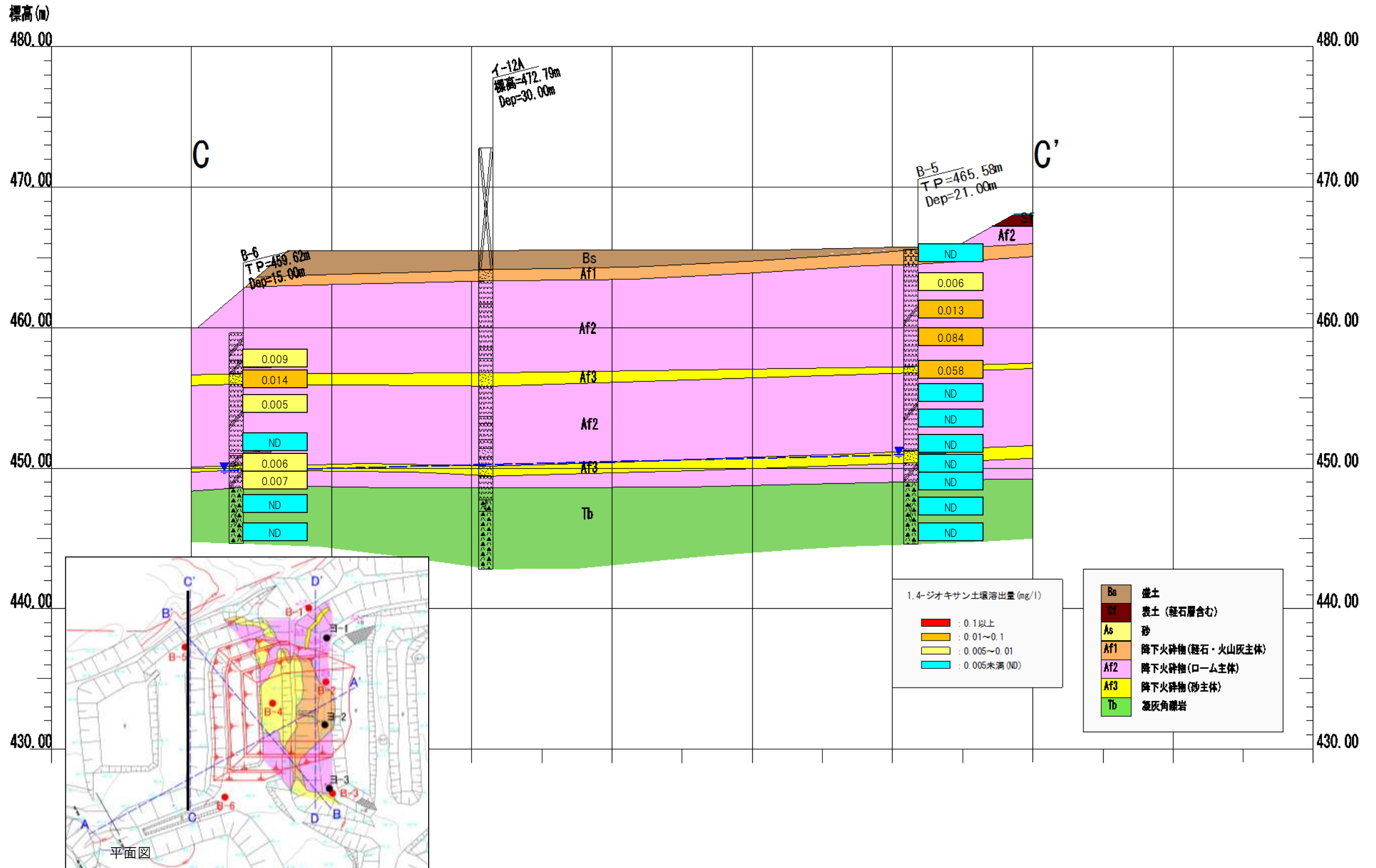


図 3-8(3) AB 地区地質断面図と 1,4-ジオキサン分析結果 (C-C' 断面)

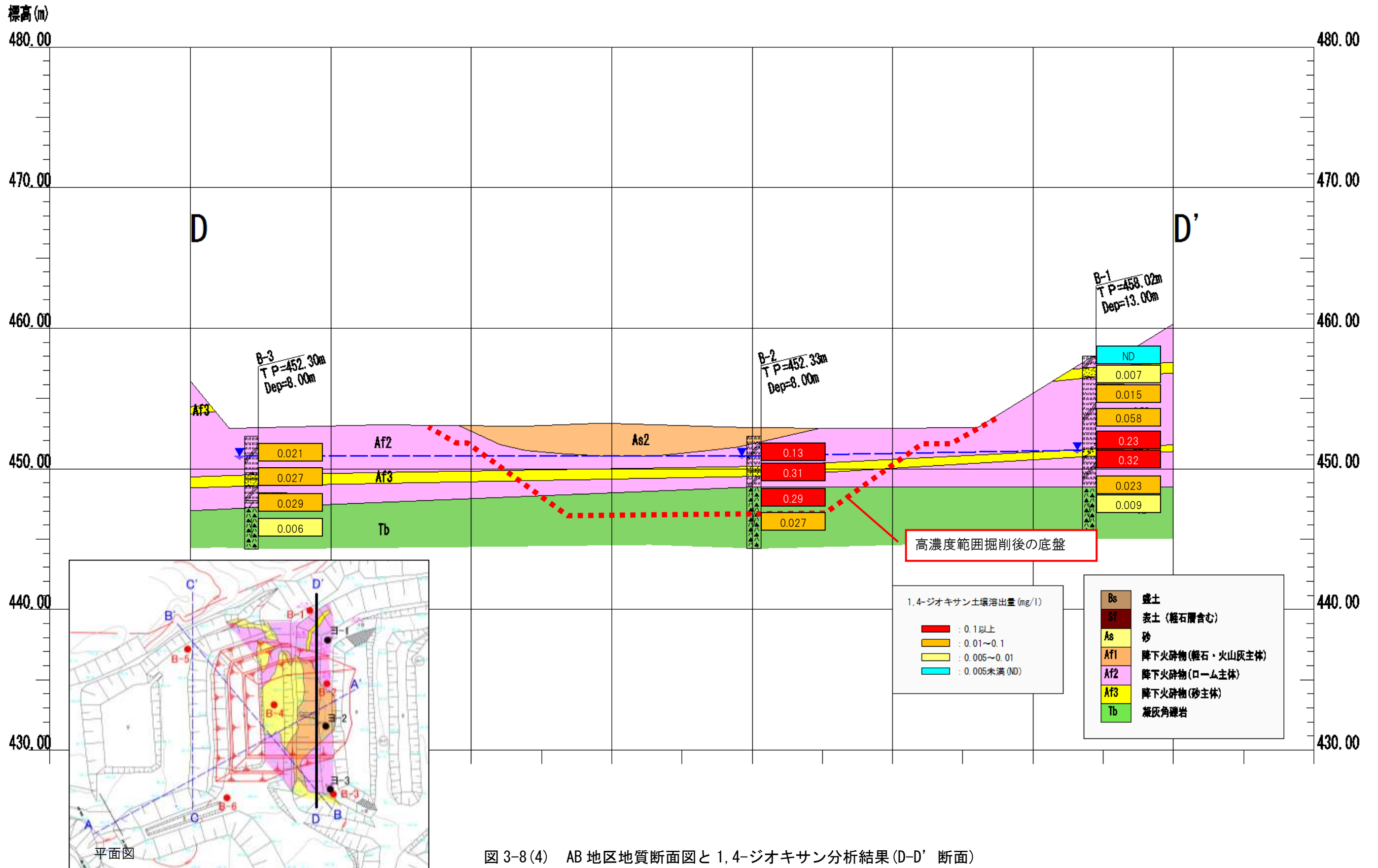


図 3-8(4) AB 地区地質断面図と 1,4-ジオキサン分析結果(D-D' 断面)

調査結果を踏まえ、高濃度の 1,4-ジオキサン含有土の掘削除去を行った。掘削は特に高濃度を示した、B-2 と B-4 を主たる掘削範囲として現地形を考慮し計画し、最も深い箇所まで岩盤層上部の強風化部まで掘削を行った。掘削した高濃度 1,4-ジオキサン含有土は、アスファルトが敷設されている場内のストックヤードに仮置きし、雨水による洗い出しを行っている。その洗い出された水（写真下）から最高で 0.27mg/l の 1,4-ジオキサンが検出されており、掘削除去の効果が確認されている。

また、高濃度の 1,4-ジオキサン含有土の掘削除去を行った法面から雨水等で洗いだされた 1,4-ジオキサン含有水（写真右上：1.0mg/L (H28.1)）は、B 地区の池から排水工に誘導され水処理施設で処理が行われている。

周辺井戸については、掘削除去により、1,4-ジオキサン濃度の低下が確認されている。掘削範囲平面図、施工前後と汚染土洗い出しの状況写真を図 3-9 に示す。



高濃度範囲掘削前

高濃度範囲掘削後



掘削土の洗い出し状況

図 3-9 高濃度掘削土対応状況写真

【今後の対応策】

今後モニタリングの結果を見ながら、必要に応じ掘削除去や排水の横ボーリング工設置等の追加対策を行う。具体的な対策としては、掘削除去範囲の追加や、横ボーリングの設置による地下水排水の促進等を検討する。

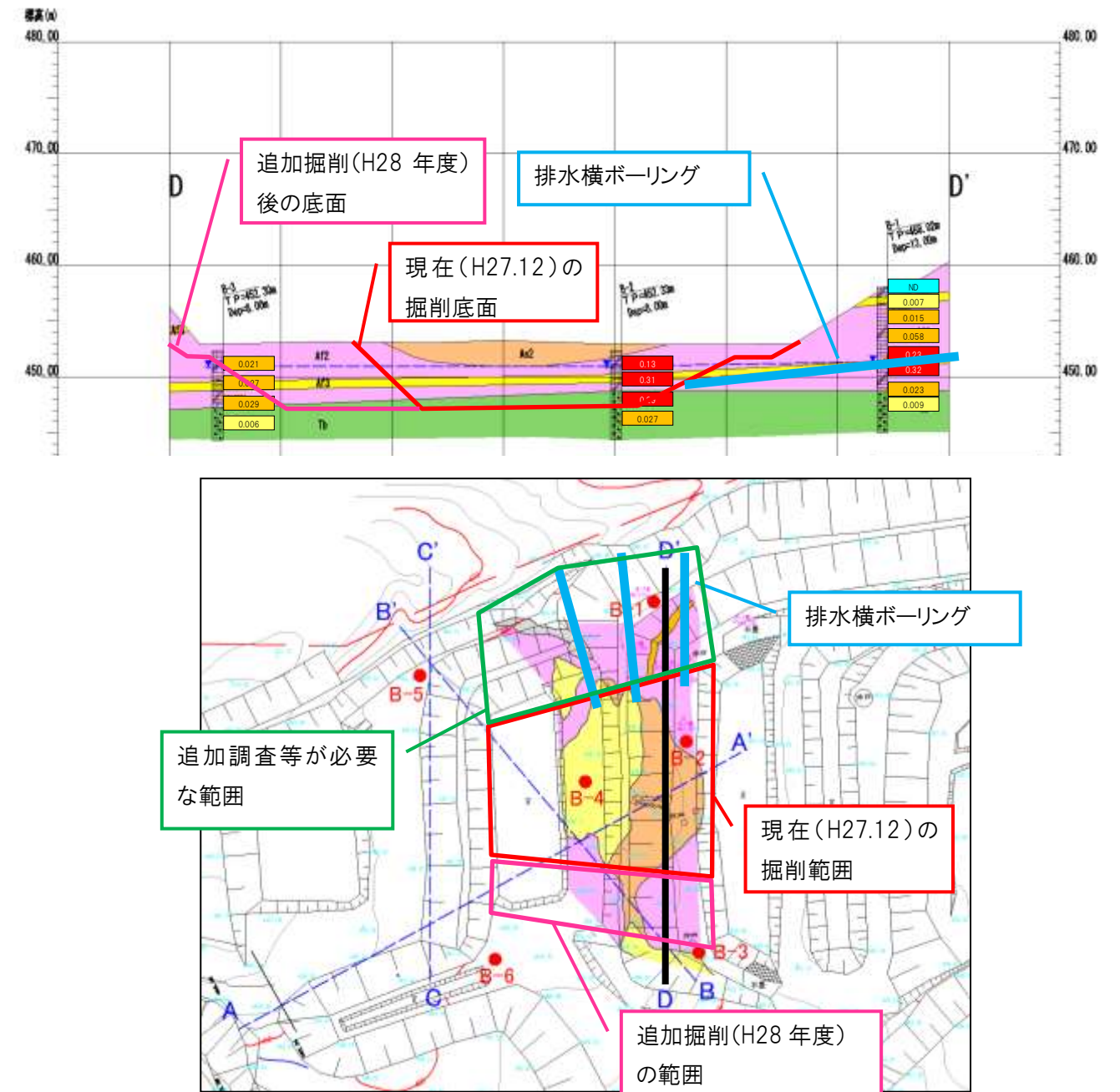


図 3-10 追加対策検討案

### 3.5 平成 27 年度に実施した対策(A 地区西側県境部)

A 地区では、集水井と横ボーリングの追加対策工により地下水揚水量が増加し、全体としては 1,4-ジオキサン濃度の低下が見られた。しかし、1-⑤-ウでは追加対策工の影響が見られず継続して高濃度が確認されている。このため、1-⑤-ウ周辺で汚染源の有無を確認するために、表層部 (GL-1~2m 程度) の土壌の 1,4-ジオキサン調査を行った。調査地点位置と分析結果を図 3-11、表 3-4 に示す。

表層部調査の結果、No. 9 で 0.054(mg/l) の 1,4-ジオキサンが確認されたため、No. 9 とその下流側の No. 8 においてボーリングを行い深度方向の調査を行った。なお、No. 7 と No. 9 以外の表層土では 1,4-ジオキサンは不検出であった。ボーリング調査結果は図 3-12 (次ページ) に示すとおりであり、No. 9 では全ての深度で 1,4-ジオキサンは不検出であった。一方、No. 8 では、深部のローム層と砂層で、比較的高濃度の 1,4-ジオキサンが検出された。定期的なモニタリング調査の結果、A 地区では表 3-5 (p28) のとおり基準の超過が確認されており、No. 8 が 1-⑤-ウと大口径 A の汚染源であることが推定される。

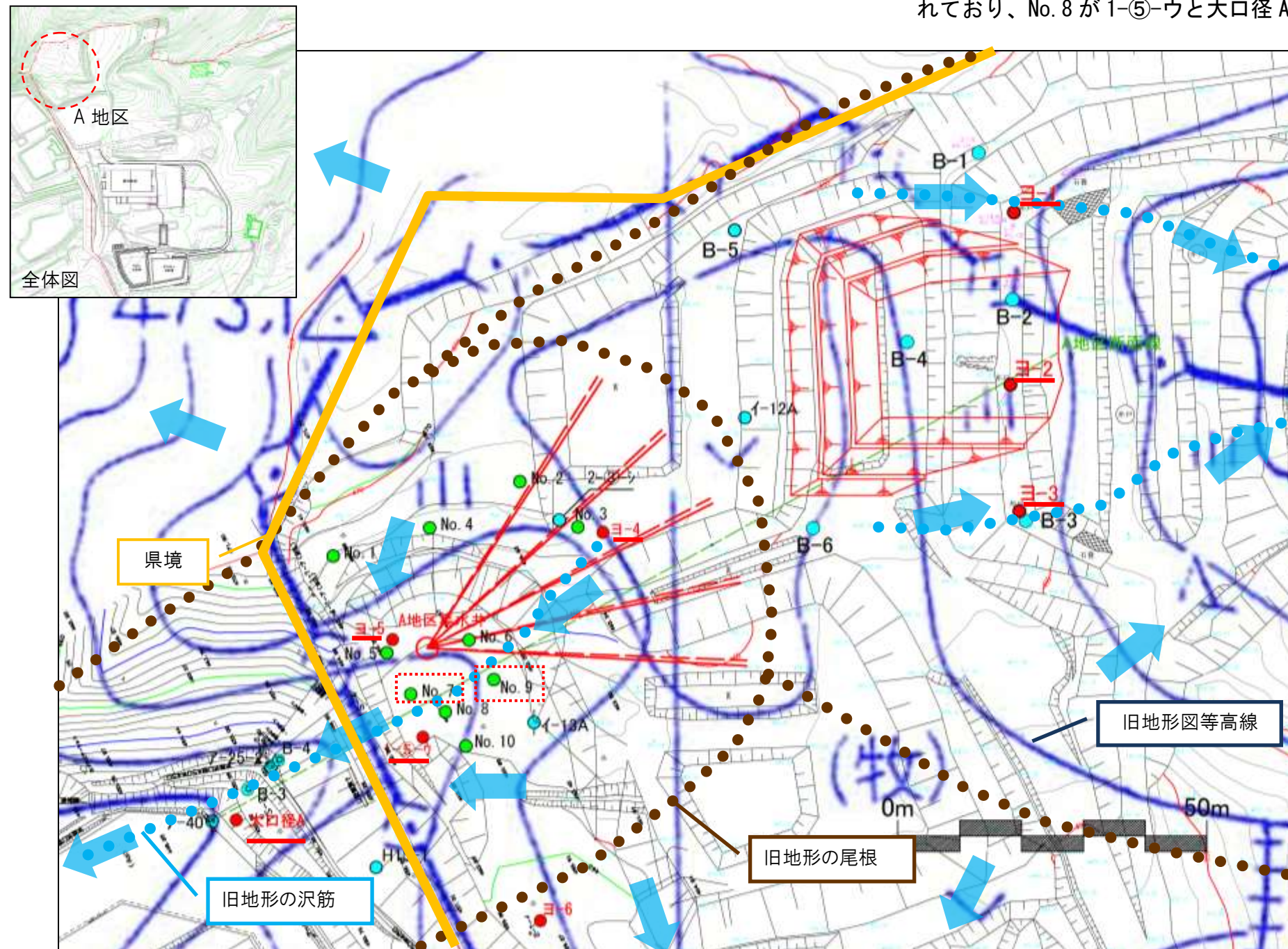


表 3-4 表層土壌 1,4-ジオキサン土壌分析結果

地点名	1,4-ジオキサン 土壌溶出量分析結果 (mg/l)
No.1	ND
No.2	ND
No.3	ND
No.4	ND
No.5	ND
No.6	ND
No.7	0.007
No.8	ND
No.9	0.054
No.10	ND

※土壌溶出量の基準なし  
 (地下水の基準 : 0.05mg/L)

- 揚水井戸
- 1,4-ジオキサン表層土壌調査箇所
- 地質調査箇所(断面図に使用)
- 揚水井戸 1,4-ジオキサン基準超過箇所
- ⋯ 表層土壌 1,4-ジオキサン検出箇所
- 浅部の推定地下水流向

図 3-11 A 地区集水井周辺表層土壌調査結果

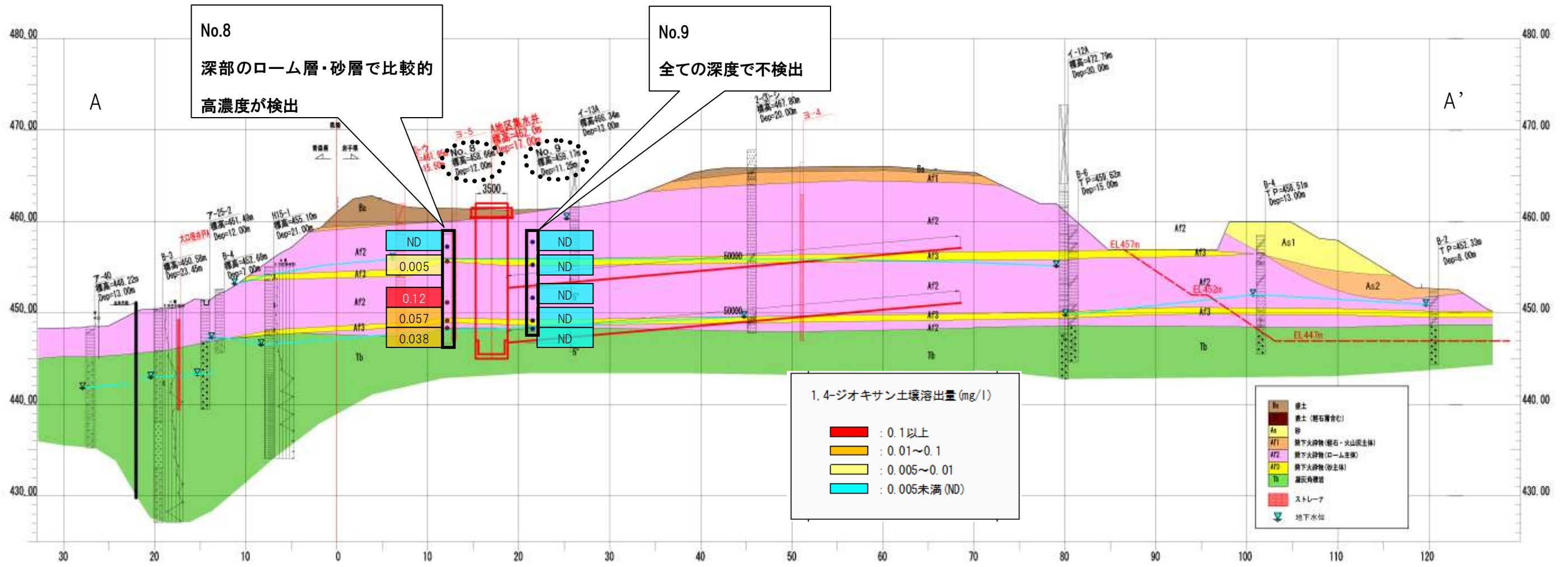
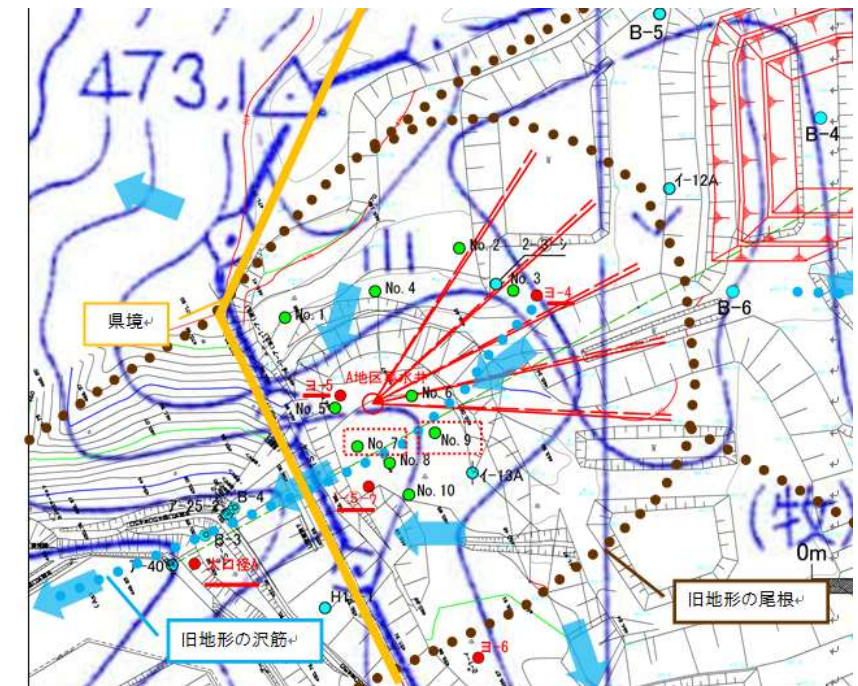


図 3-12 A 地区集水井周辺ボーリング調査結果

表 3-5 調査結果に基づく A 地区モニタリング井戸の汚染原因の推定と対策の方向性

井戸名	H28.1 結果 (mg/l)	これまでの地下水検査結果の傾向(表 3-1、p.14 参照)	当該井戸の汚染原因の推定	汚染原因の推定理由と対策の方向性 図 3-11、図 3-12 参照
ヨ-4	0.042	H25.4 以降、概ね 0.1 mg/l程度で推移	・AB 境界汚染	・AB 境界に最も近くその影響が大きいと考えられ、今後のモニタリング結果を注視する。
ヨ-5	0.22	H25.4 以降、概ね 0.1~0.3 mg/lで推移	・AB 境界汚染 ・過去に近傍・上部にあった廃棄物の影響	・AB 境界の影響が考えられ、今後のモニタリング結果を注視する。 ・ヨ-5 の地下水流向上流側にも汚染源が存在する可能性があり、当該地区を調査し必要に応じ対策。
ヨ-6	0.016 (H27.12)	H25.4 以降、概ね 0.01~0.02mg/lで推移	・AB 境界汚染	・旧地形尾根部にあり、大口径 A に流れる地下水と異なる水脈と考えられる。 ・常に基準を下回っている現状にあり、モニタリングを継続する。
1-⑤-ウ	0.56	H25.4 以降、概ね 0.5~0.7 mg/lで推移	・AB 境界汚染 ・ <b>No.8 の汚染</b> (過去に近傍・上部にあった廃棄物の影響?)	・AB 境界の影響が考えられる。 ・高濃度 1,4-ジオキサンが確認された No.8 の地下水下流側に位置し、同じ砂層あり。 ・横ボーリング等の対策を実施し、今後のモニタリング結果を注視する。
A 地区大型集水井	0.069	H27.8 以降、概ね 0.05~0.09mg/lで推移	・AB 境界汚染 ・過去に近傍・上部にあった廃棄物の影響	・AB 境界の影響が考えられ、今後のモニタリング結果を注視する。
大口径 A	0.20	H26.8 以降、概ね 0.1~0.2 mg/lで推移	・AB 境界汚染 ・ <b>No.8 の汚染</b> ・過去に近傍・上部にあった廃棄物の影響	・A 地区、B地区北側の地下水下流側に位置し、複数の汚染原因が影響していると考えられる。 ・県境直近~青森県側の状況が不明、必要に応じ調査を実施する。
基準値	0.05			



井戸名	平成25年												平成26年												平成27年												平成28年	井戸名
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月				
ヨ-4	0.13	0.13	0.11	0.15	0.12	0.48	0.17	0.18	0.12					0.095	0.10	0.11	0.12	0.077	0.12	0.15	0.14					0.15	0.14	0.18	0.18	0.18	0.16	0.17	0.15	0.16	0.042	ヨ-4		
ヨ-5	0.074	0.089	0.10	0.082	0.023	0.014	0.064	0.064	0.13					0.16	0.20	0.22	0.24	0.26	0.29	0.30	0.085					0.11	0.34	-	-	0.33	0.29	0.30	0.34	0.098	0.22	ヨ-5		
ヨ-6	0.23	< 0.005	0.097	0.025	< 0.005	< 0.005	0.022	0.034	0.017	休止	休止	休止	休止	0.022	0.025	0.028	0.014	< 0.005	0.020	0.029	0.020	休止	休止	休止		< 0.005	0.030	0.026	0.019	0.031	0.028	0.029	0.028	0.016	-	ヨ-6		
1-⑤-ウ	0.11	0.56	0.62	0.59	0.62	0.59	0.65	0.63	0.76					0.83	0.72	0.68	0.61	0.72	0.59	0.65	0.60					0.59	0.65	0.78	0.67	0.52	0.53	0.45	0.49	0.50	0.56	1-⑤-ウ		
大型井戸	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-	-	-	-	-	-	-	-					-	-	-	-	0.053	0.081	0.072	0.078	0.092	0.069	大型井戸		
大口径A	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-	-	-	0.018	0.077	0.14	0.11	0.093	0.13	0.15	0.057		0.061	0.18	0.23	0.14	0.19	0.14	0.20	0.23	0.12	0.20	大口径A		

表の凡例  基準5倍以下  基準50倍以下  基準50倍超

【今後の対応について】

A 地区で確認された 1,4-ジオキサン高濃度箇所に対して、汚染範囲特定の調査を行った後、追加の対策を行う。

追加の対策として次の 2 案が考えられる。

- ・ A 案：設置済みの A 地区大型集水井から高濃度が確認された南西部にむけて排水の横ボーリングを実施
  - ・ B 案：高濃度箇所の掘削除去
- 両案の工法比較表を表 3-6 に、追加対策検討範囲を図 3-13 に示す。

表 3-6 工法比較表

工法	A案 既設集水井横ボーリング工増設案	B案 掘削除去案
工法説明	高濃度分布箇所周辺に向けて横ボーリングを増設し、地下水排出により浄化を促進する。必要に応じ、地表水の涵養を併用する。	高濃度分布箇所の土壌を掘削除去する。
メリット	既設集水井を利用するので、着手しやすい。 排水に対する新たな流末処理施設が不要。	汚染源を除去できるので、確実な浄化効果が期待できる。
デメリット	事前に集水範囲を特定する必要がある。 B案に比べて浄化に時間を要すると考えられる。	事前に除去範囲を特定する必要がある。 高コストとなる。

追加対策検討範囲において、追加のボーリング調査等を実施し、その結果により A 案、B 案（またはその併用）を選定して、追加対策を実施する。

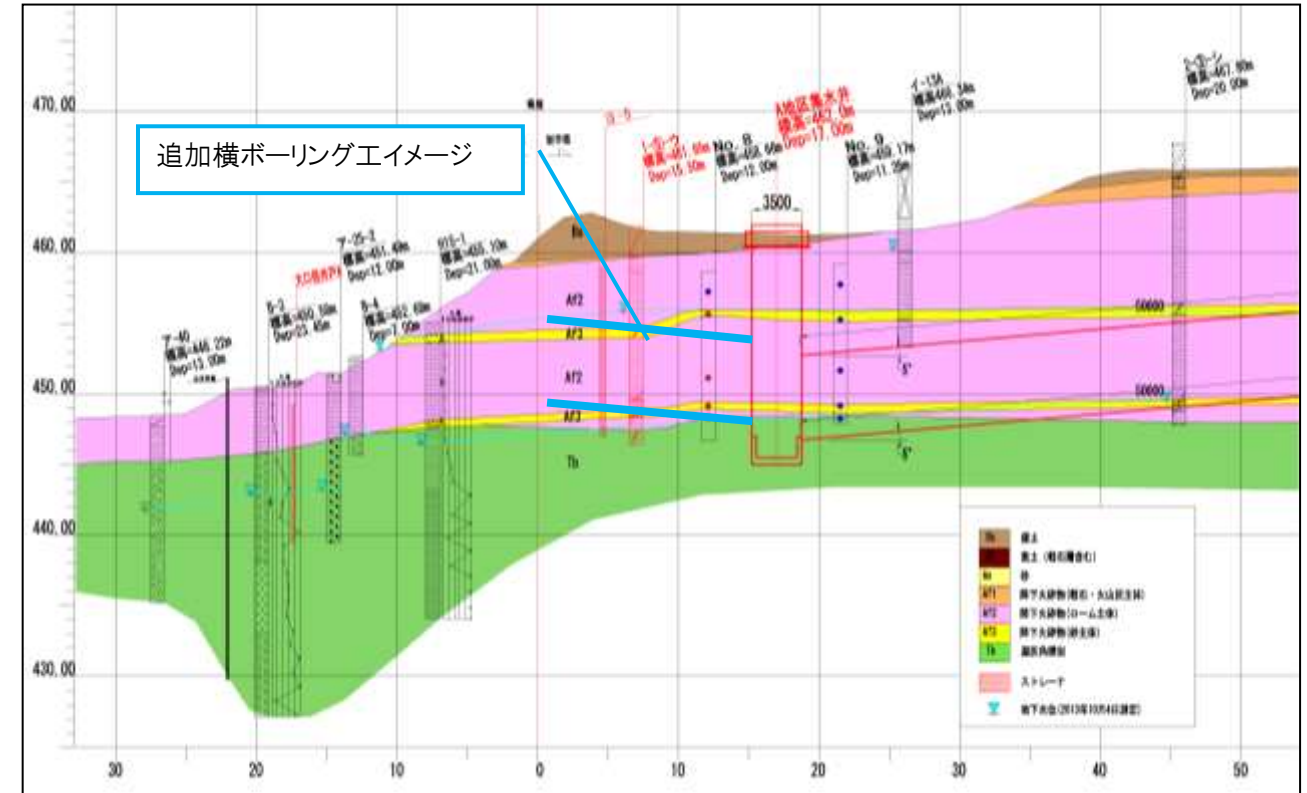
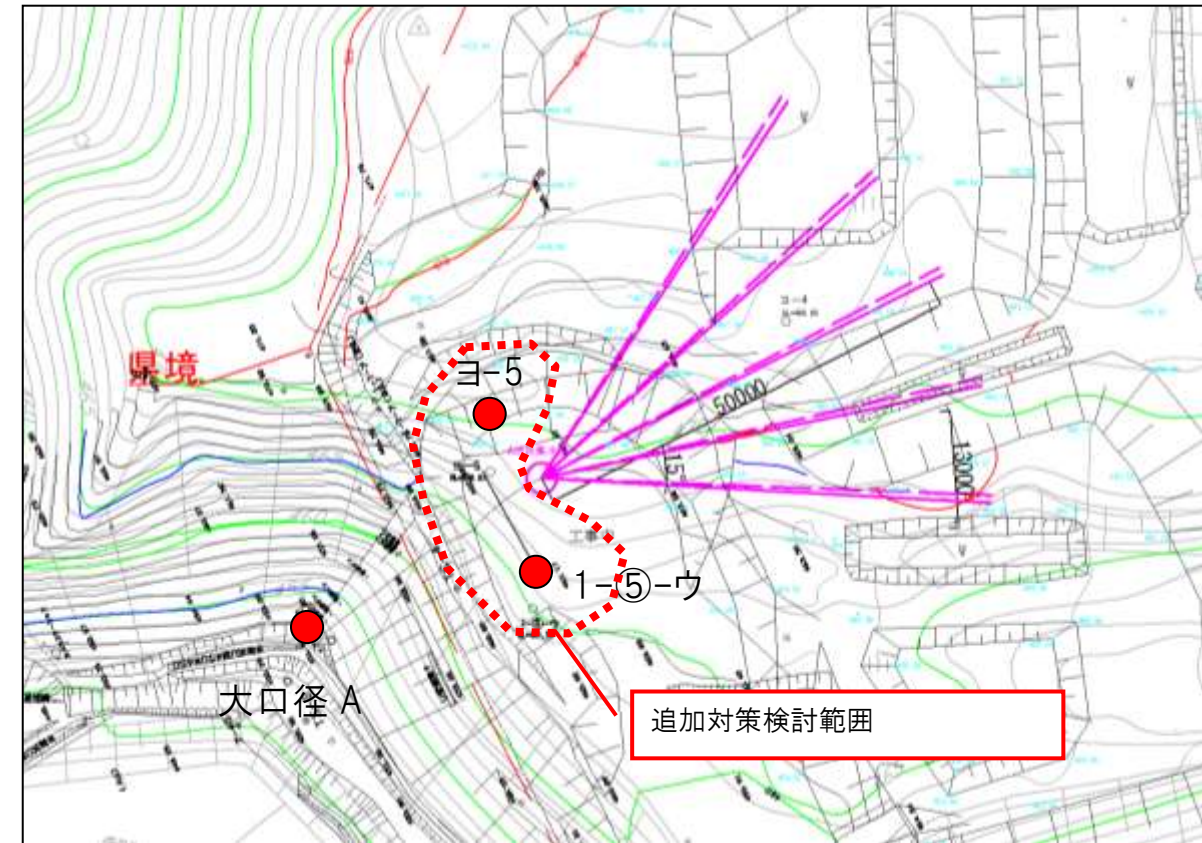


図 3-13 A 地区集水井周辺横ボーリング追加対策イメージ

