

### 第3節 土壌・地下水汚染対策（平成16（2004）～令和4（2022）年度）

#### 1 平成16（2004）年度の対応

土壌・地下水汚染対策として、汚染物質に対応した処理方式とする「施工システム基本設計」を策定した。

##### (1) 原状回復に係る施工システム基本設計

土壌・地下水汚染については、平成11（1999）年の事案発覚当時に原因者への調査等から、現場のいわゆるN地区付近に廃油（VOC）の入ったドラム缶の投棄が確認されていた。平成12（2000）年のドラム缶掘削・撤去やその後の汚染概況調査等から、N地区の土壌・地下水が環境基準の設定されている複数の化学物質により高濃度に汚染されていることが確認された。

土壌・地下水汚染対策も含めた廃棄物の撤去等の事業を実施していくにあたり、平成15（2003）年度に長期的なビジョンとして廃棄物撤去等の基本方針を定めたが、加えて当該方針に基づき実際に現場作業を行うため、「岩手・青森県境不法投棄現場の原状回復に係る施工システム基本設計」を策定した。当該基本設計では、汚染状況等を踏まえ、土壌・地下水の浄化対策を次のとおり規定した（表1参照）。

なお、N地区以外は廃棄物がまだ埋まった状態であり、廃棄物を撤去した後に改めて土壌や地下水の汚染の有無や汚染濃度等を確認する必要があるため、それらも踏まえた規定とした。

「岩手・青森県境不法投棄現場の原状回復に係る施工システム基本設計」（抜粋）

#### 7. 汚染土壌対策

廃棄物撤去完了直後に調査を実施することにより土壌汚染状況を把握し、撤去と浄化の比較考量を踏まえて対応を図る。

表1 想定される汚染土壌対策

汚染物質	地下水	
	浄化対象深度に地下水あり	浄化対象深度に地下水なし
複合汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ソイルフラッシング法</li> <li>・高圧曝気洗浄法</li> <li>・撤去（外部委託処理）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撤去（外部委託処理）</li> </ul>
重金属等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撤去（外部委託処理）</li> </ul>	
VOC	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水揚水法</li> <li>・ソイルフラッシング法</li> <li>・高圧曝気洗浄法</li> <li>・撤去（外部委託処理）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削・石灰石混合法</li> <li>・撤去（外部委託処理）</li> </ul>
上部：複合 下部：VOC	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下水揚水法</li> <li>・ソイルフラッシング法</li> <li>・高圧曝気洗浄法</li> <li>・後に上部撤去（外部委託処理）</li> <li>・撤去（外部委託処理）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上部:撤去（外部委託処理）</li> <li>・下部:掘削・石灰石混合法</li> <li>・撤去（外部委託処理）</li> </ul>

また、工区ごとの廃棄物の分布や汚染土壌の量も当該指針で示した。廃棄物分布欄に「ドラム缶の存在が想定される」とある工区（表2参照）については、汚染土壌の量が示されて

いない場合でも、土壌・地下水が汚染されている可能性があった。

なお、廃棄物が埋まった状態のままでは、土壌汚染の状況や範囲の確認が困難であるため、汚染土壌対策に早期に着手するためにも、現場では廃棄物の撤去作業を優先的に実施することとした。

表2 工区ごと・廃棄物の分布特性と汚染土壌の有無等

工区 (地区)	面積 (ha)	埋立て (t)	野積み (t)	廃棄物分布特性	汚染土壌 (t)
A地区	0.79	16,900	—	標高474m（地表面）～458m（県界道路+約7m）に分布する。地表面が傾斜するため、浅い漏斗状にたとえられる。	—
B地区	0.67	76,500	—	466m（地表面）～441m（県界道路-約10m）に分布し、広く・深く分布することが特徴。沢寄りの帯状分布域は厚さ2～3mの覆土で覆われている。アスファルトドラム缶が存在。	24,500
D地区	0.41	25,000	—	457m～442m（県界道路-約9m）に分布し、そのうち449m以浅は広範囲に分布する。ドラム缶が存在。	—
E地区	0.21	300	—	452m～445mに点在する。ドラム缶が存在。	—
F地区	0.62	12,600	8,000	2箇所に野積み廃棄物埋立て廃棄物は北側と南側とに分かれ、両域ともに461m～449mに断続的に分布する。ドラム缶が存在。	4,100
G地区	0.18	—	—	埋立て及び野積み廃棄物無し。	11,200
H地区	0.01	200	—	沢沿いの低地（433m～430m）にスポット的に分布する。	—
I地区	—	—	11,300	野積み廃棄物のみ。	—
J地区	0.29	7,800	—	454m～445mに分布するが、面的にも、深さ的にも連続性に乏しく、地表部が厚さ1～2mの覆土で覆われる部分が多い。	6,900
K地区	0.05	900	—	450m～443mに分布するが、スポット的に分布し、地表部が厚さ0.5～2mの覆土で覆われる部分が多い。ドラム缶が存在。	7,400

L地区	-	-	5,300	3箇所に野積み廃棄物	-
M地区	0.26	3,800	400	野積み産業廃棄物1箇所埋立て廃棄物はスポット的に、450m～445mに分布するが、一部を除き、地表部は厚さ1～2m以上の覆土で覆われている。	-
N地区	0.23	7,000	3,000	野積み廃棄物1箇所埋立て廃棄物はスポット的に451m～441mに分布し、一部を除き、地表部は厚さ1～2m以上の覆土で覆われている。ドラムが存在。	29,700
O地区	0.35	9,000	-	450m～440mにスポット的に分布し、地表部は厚さ0.5～2mの覆土で覆われている。	-
合計		160,000	28,000		83,800

※1 工区位置図は14ページ参照。

※2 C地区は廃棄物なしのため記載なし。

## (2) 場内観測井戸によるモニタリング結果

現場のN地区に設置している観測井戸（イ-7）において、平成12（2000）年度以降定期的に水質をモニタリングしているが、不法投棄現場特有の複合汚染が継続して確認されてきた。

一般的には、化学薬品等を使用する工場の敷地内において、工場で使用される特定の化学物質（多くの場合1～2種類）の漏洩等により土壌汚染が見られる場合はあるが、不法投棄の場合、様々な由来の廃棄物が仕分けられることなく投棄されることから、複数の化学物質に汚染される結果となることが多い。特に本現場では、環境基準が定められている重金属やVOCが十数種類確認され、特にジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンの濃度が非常に高い状況にあった。中でもジクロロメタンの測定値は110～570mg/Lで、環境基準（0.02mg/L）の数千から数万倍であった（表3参照のこと）。

一般に、化学物質にはそれぞれ特徴があり、それらの特徴を踏まえた浄化方法が必要となることから、複数の化学物質が同一場所にある場合の浄化は非常に困難であると考えられた。

なお、表中記載のカドミウムからアルキル水銀まではいわゆる「重金属」、ジクロロメタンから1,3-ジクロロプロペンとベンゼンがいわゆる「VOC」に分類される。

表3 N地区設置井戸(イ-7)のモニタリング結果(平成13(2001)年1月~平成16(2004)年12月)

井戸No.	イ-7(No.7)													環境基準
	回数	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	第9回	第10回	第11回	第12回	
調査年月日	H13.1.15	H13.11.10	H14.5.8	H14.7.15	H14.11.21	H15.4.24	H15.8.5	H15.10.22	H15.12.4	H16.5.26	H16.8.4	H16.10.19	H16.12.1	
1 カドミウム	<0.001	0.001	<0.001	-	<0.01	<0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
2 シアン	<0.01	<0.01	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	検出されないこと
3 鉛又はその化合物	<0.001	<0.001	-	-	<0.01	0.013	0.036	0.017	0.033	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.01
4 六価クロム	<0.005	<0.005	-	-	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.05
5 砒素	<0.001	<0.001	<0.001	-	<0.001	0.002	0.004	0.006	0.019	0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.01
6 総水銀	0.0002	<0.0005	<0.0005	-	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005
7 アルキル水銀	<0.0005	<0.0005	-	-	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	検出されないこと
8 PCB	<0.0005	<0.0005	-	-	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	検出されないこと
9 ジクロロメタン	110	336	386	436	213	480	470	570	340	330	190	120	190	0.02
10 四塩化炭素	<0.0002	0.0021	0.0234	<0.0002	<0.001	0.060	0.052	0.16	0.08	0.12	0.050	0.017	0.0049	0.002
11 1,2-ジクロロエタン	0.17	0.191	0.954	0.347	0.319	0.32	1.2	1.1	1.2	1.3	1.1	0.89	1.7	0.004
12 1,1-ジクロロエチレン	0.0015	0.102	0.431	0.668	<0.02	0.023	0.039	0.036	0.041	0.045	0.033	0.025	0.026	0.02
13 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.042	0.271	1.68	1.08	0.86	0.59	2.9	3.8	3.4	4.1	5.0	3.5	4.7	0.04
14 1,1,1-トリクロロエタン	0.22	0.730	2.96	0.662	0.290	0.18	0.95	0.81	0.81	1.1	0.85	0.83	1.6	1
15 1,1,2-トリクロロエタン	0.0056	0.411	1.19	1.09	0.008	0.016	0.013	0.021	0.017	0.014	0.0089	0.0051	0.0077	0.006
16 トリクロロエチレン	0.74	3.41	11.8	27.7	5.26	16	3.5	9.8	4.8	5.4	5.7	6.3	11	0.03
17 テトラクロロエチレン	6.4	18.4	24.8	30.5	9.61	13	8.7	14	9	9.5	6.5	4.4	4.4	0.01
18 1,3-ジクロロプロペン	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.002
19 テラウム	<0.0006	<0.0006	-	-	<0.006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.006
20 シマジン	<0.0003	<0.0003	-	-	<0.003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.003
21 チオベンガルブ	<0.002	<0.002	-	-	<0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.02
22 ベンゼン	0.68	2.38	13.4	3.83	0.97	2.2	10	13	10	8.8	11	7.9	11	0.01
23 セレン	<0.001	<0.001	-	-	<0.001	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.01
24 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	<1	<1	-	-	<1	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	10
25 ふっ素	<0.08	<0.2	-	-	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8
26 ほう素	<0.1	<0.1	-	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1
27 ダイオキシン類(pg-TEQ/l)	24	0.00040	-	-	1.9	0.74	7.1	5.4	9.3	0.047	0.046	0.047	0.052	1
32 pH(単位なし)	7.2	7.2	6.2	5.9	6.8	5.6	6.0	6.1	6.1	5.9	5.9	6.0	6.2	(A類型 6.5~8.5)
33 BOD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(A類型 2)
34 COD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(A類型 3)
35 SS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	16	2	5	(A類型 25)
36 全窒素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(湖沼類型 II 0.2)
37 有機磷	<0.01	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(検出されないこと)
38 電気伝導度(mS/m)	10	22.4	23.9	30.3	28.8	68	34	39	46.3	52	53	51	54	通常河川 10程度
39 塩素イオン	9	22	26	34	36	140	60	74	65	100	110	110	110	飲料水水質基準200
検査機関	三栄委託						岩手県委託							
	単位は特に記載がない限り、mg/l						環境基準を超過した観測値							
							環境基準、要監視項目指針値設定項目で、定量下限値を超えて検出された観測値							

※ 観測井戸イ-7はN地区のドラム缶投棄場所近傍に設置されている。

## 2 平成17(2005)年度の対応

汚染土壌・地下水を効率的に浄化するため、汚染状況把握の基礎調査を実施した。

### (1) VOC対策基礎調査

現場内のベンゼン等のVOCに汚染された土壌及び地下水対策に当たり、処理方針等を定めるための基礎調査を行うこととした。

調査の目的は、一つは、低汚染地域(イ-13付近)及び高汚染地域(イ-7~H15-3付近)での地下水浄化のための水量及び水質等の把握、また高汚染地域での土壌汚染濃度分布の把握等、土壌汚染浄化のための基礎調査である。

また、汚染物質の広がり等を把握し、対策を検討するため、イ-7周辺及びイ-18周辺で、地下水の流向、流速、汚染状況(土壌、地下水)の調査を実施し、併せて、現有施設での汚染地下水浄化実験を行った。

更に、平成16(2004)年1月に国の承認を得た岩手・青森県境不法投棄事案(岩手県エリア)における特定産業廃棄物に起因する支障の除去等の実施に関する計画(実施計画)では、汚染土壌は「撤去又は現地浄化」することとしていることから、汚染状況に応じた「撤去又は現地浄化」の方法を検討するため、高濃度VOC汚染が認められるイ-7周辺を対象に土壌中のVOC濃度を測定した。

## 1) 調査内容等

		調査箇所	調査内容
ベンゼン及び有機塩素化合物による土壤汚染		イ-7 周辺 (イ-③~⑪)	土壤汚染の広がり(水平方向、深度方向、濃度分布)を明らかにするため、9箇所新規ボーリング、コア採取、VOC濃度測定実施。
ベンゼン及び有機塩素化合物による地下水汚染	高濃度汚染	イ-7 周辺から西側県境 (イ-③~⑪+H15-3+イ-7)	水質汚染の状況を把握するため、 ①11箇所採水・検査実施。 ②H15-3の地下水について、現行排水処理施設で処理し、水質検査実施。 ③3箇所で流向、流速測定。
	低濃度汚染	イ-18 周辺 (イ-①~②+イ-13+イ-18)	水質汚染の状況を把握するため、 ①2箇所新規ボーリング、コア採取、VOC濃度測定。 ②4箇所採水・検査実施。 ③イ-18の地下水について、現行排水処理施設で処理。 2箇所で流向、流速測定。

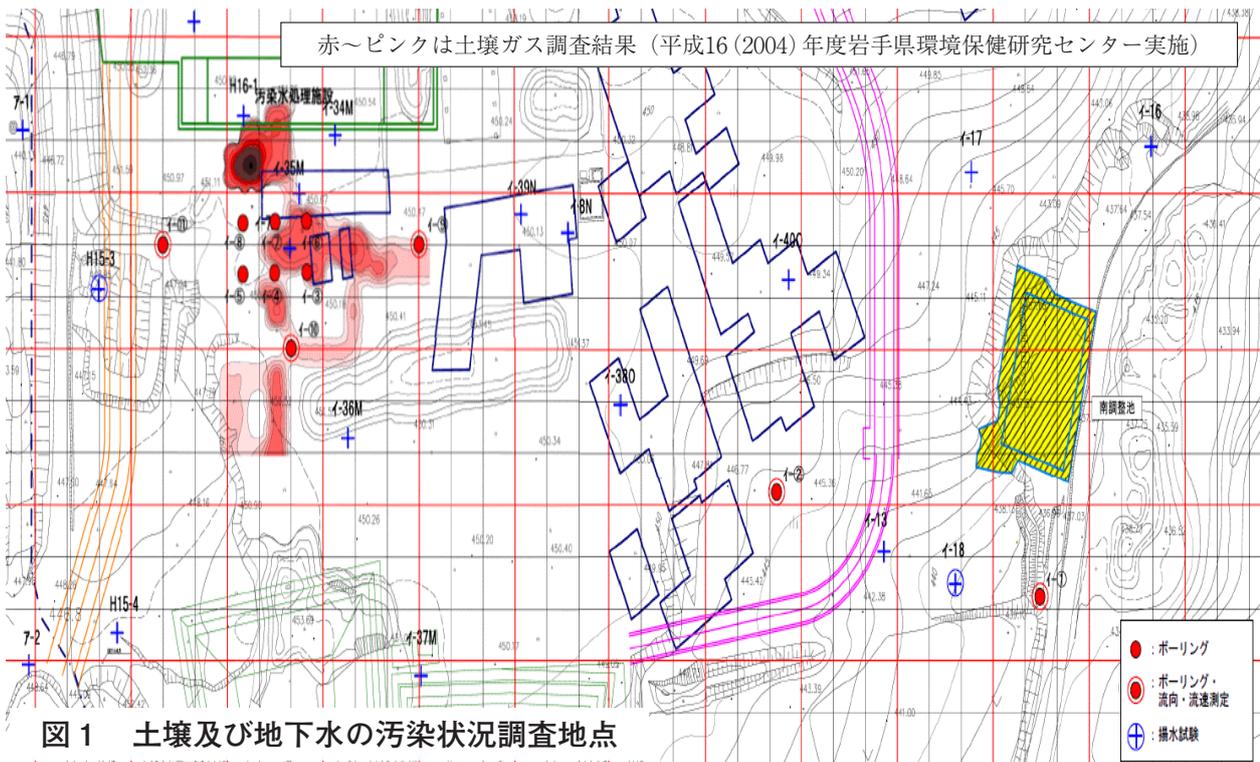


図1 土壤及び地下水の汚染状況調査地点

## 2) 調査結果

県境不法投棄現場におけるVOC対策基礎調査の結果の概要は次のとおりであった。

- ① 汚染拡散の経路については、地下水の流れによるものと、汚染水の自由沈降(浸透)によるものと考えられる。
- ② 確認した平面的広がり(8単位区画)と平均的な深さとして15mを掛けた汚染土壌の量は10,000m<sup>3</sup>以上であり、実態としてはこれを上回る可能性が高い。
- ③ 地下水位はGL-8m~-9m付近にあり、汚染土壌は地下水面上と地下水面下に区分される。

- ④ 汚染の濃度、特にジクロロメタンの濃度が相当に高い。また、深部のロームの透水係数は $10^{-7}$  cm/sec以下であり、極めて不透水性である。このことは、地下水揚水法等、原位置のままで浄化する方法が長期間を要することを示唆している。これらの条件及び県境現場の特殊性（用水、排水先の確保が困難、浄化期間が限られる）を考慮して、適切な浄化対策を検討する必要があるが、主に次の対応を採るよう検討がなされている。

ア 早期に必要な浄化範囲を把握する。

イ 早期に揚水曝気を実施する。

(ア) 浄化法の基本は、掘削した汚染土壌に熱を加えてVOCを気散させる方法（ホットソイル等）を主体とする。

(イ) 掘削が困難な場合及び深度があることを予想して早期に原位置浄化法を検討し、可能性試験（トリタビリティテスト）を実施する。

(ウ) MNA（Monitored Natural Attenuation：科学的自然減衰）の適用性について検討する。

### 3 平成18（2006）年度の対応

汚染土壌・地下水対策の基本方針を定め、技術的検討を行う「土壌汚染対策技術検討委員会」を設置した。

#### (1) 汚染土壌対策の方針決定

本事案発生からこれまでに実施してきた廃棄物の分布調査や土壌・地下水の汚染調査結果などを踏まえ、現場での汚染土壌対策の基本的な方針を次のとおりとした。

##### 1) 汚染土壌対策の概要

実施計画において、基本的な方針を「撤去又は原位置による浄化」と定め、平成19-20（2007-2008）年度にN地区（有害物ドラム缶撤去済み地区）、平成21-22（2009-2010年度）にB地区、平成23（2011）年度に残りの地区で対策を実施した。

平成14（2002）年土壌汚染対策法制定以来、各手法の現時点での技術的検討評価の必要性、協議会で最終的・総合的な評価の実施、技術的検討と評価の必要性が検討され、技術的検討を行うため、協議会の附属組織として、「土壌汚染対策技術検討委員会」を設置し、当該委員会を次のとおり開催することとした。なお、土壌汚染対策技術検討委員会の報告・提案を受け、協議会で効果・工期・コスト等の比較、現場への適用性等を検討するものとした。

##### 2) 土壌汚染対策技術検討委員会の概要

- ① 目的：上記課題に係る関係資料等の収集及び技術的な検討を行う。
- ② 構成：原状回復対策協議会委員等を含む10名以下の委員で構成する。
- ③ 事務局：産業廃棄物不法投棄緊急特別対策室とする。

#### (2) 汚染土壌対策技術検討委員会の開催

汚染土壌対策の基本的な方針にも示した「汚染土壌対策技術検討委員会」を平成18（2006）年度に設置し、当年度内に2回開催した。

##### 1) 第1回委員会

- ① 開催日時：平成19（2007）年2月1日（木）午前10時から12時まで
- ② 開催場所：岩手県東京事務所2階大会議室

③ 出席者

(委員※平成19(2007)年2月時点)(五十音順)

氏名	所属等
江種 伸之	和歌山大学システム工学部環境システム学科助 教授
川本 克也【委員長】	国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター 資源化・処理処分技術研究室 室長
今野 正春	岩手県土木技術振興協会 理事長
颯田 尚哉	岩手大学農学部農林環境科学科 助教授
築田 幸【副委員長】	岩手県環境保健研究センター所長

(オブザーバー※平成19(2007)年2月時点)

氏名	所属等
山脇 敦	財団法人産業廃棄物処理事業振興財団 適正処理推進部 次長

④ 会議概要

委員長の選任については、川本委員を選任。副委員長は築田委員に決定。

当面N地区の汚染土壌対策技術を検討することとし、N地区の状況説明の後、浄化の目標・達成期間・費用・施工方法などの評価項目について協議。委員が持ち帰り検討し、次回委員会において整理することとされた。

なお、N地区対策の検討については、同年秋を目標とすることで同意を得た。

2) 第2回汚染土壌対策技術検討委員会

① 開催日時：平成19(2007)年3月27日(火)午前11時から

② 開催場所：県境不法投棄現場及び二戸市浄法寺総合支所

③ 出席者：第1回出席委員と同じ(オブザーバーのみ変更)

④ 会議概要

ア 断面図や水質検査結果等を確認しながら、委員全員による現地調査を実施。

※N地区の観測井戸イ-7、県境部の観測井戸イ-20の水質は表4及び表5のとおり。

表4 水質測定結果一覧 (イ-7)

測定値の変動: 場内観測井 イ-7 (No.7)										
調査年月日		H17.5.25	H17.8.3	H17.10.5	H17.12.7	H18.5.10	H18.8.2	H18.10.4	H18.12.13	環境基準
井戸No.	回数	イ-7 (No.8)	イ-7 (No.7)	環境基準						
1	カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
2	全シアン	ND	検出されないこと							
3	鉛又はその化合物	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.002	<0.002	<0.002	0.01
4	六価クロム	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.05
5	砒素	0.007	0.012	0.009	0.002	0.007	0.005	0.005	0.007	0.01
6	総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005
7	アルキル水銀	ND	検出されないこと							
8	PCB	ND	検出されないこと							
9	ジクロロメタン	320	260	160	120	170	150	92	150	0.02
10	四塩化炭素	0.0048	0.13	0.12	0.011	0.0032	0.0014	0.0006		0.002
11	1, 2-ジクロロエタン	5.0	5.5	3.0	0.88	1.9	1.4	1.3	0.88	0.004
12	1, 1-ジクロロエチレン	0.077	0.066	0.048	0.054	0.041	0.036	0.037	0.033	0.02
13	シス-1, 2-ジクロロエチレン	7.7	14	11	14	13	24	23	17	0.04
14	1, 1, 1-トリクロロエタン	4.2	6.2	3.0	3.5	2.7	2.2	2.4	1.3	1
15	1, 1, 2-トリクロロエタン	0.028	0.025	0.016	0.018	0.022	0.018	0.016	0.015	0.006
16	トリクロロエチレン	24	23	13	13	17	9.5	7.6	7.5	0.03
17	テトラクロロエチレン	8.8	7.9	4.7	2.5	2.7	0.95	1.2	0.91	0.01
18	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	0.002
19	チラウム	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.006
20	シマジン	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.003
21	チオベンガルブ	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.02
22	ベンゼン	21	25	17	16	12	16	14	9.9	0.01
23	セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.01
24	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	10
25	ふっ素	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.8
26	ほう素	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1
27	ダイオキシン類 (pg-TEQ/l)	0.051	0.058	0.064	0.14	0.091	0.065	0.065		1
28	トルエン	4.1	5.5	2.9	3.1	3.6	2.8	2.2	2.4	(指針値)0.6
29	キシレン	1.2	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	2.0	1.5	(指針値)0.4
30	エチルベンゼン	0.57	0.68	0.79	0.71	0.76	0.79	0.80	0.67	-
35	亜鉛									-
36	pH (単位なし)	6.1	6.1	6.2	6.4	6.4	6.4	6.5	6.5	(A類型 6.5~8.5)
37	BOD									(A類型 2)
38	COD									(A類型 3)
39	SS	<1	3	1	3	<1	1	4	3	(A類型 25)
40	全窒素									(湖沼類型 II 0.2)
41	有機燐									(検出されないこと)
42	電気伝導度 (mS/m)	84	85	81	76	78	78	77	79	通常河川 10程度
43	塩素イオン	150	130	110	110	110	93	95	110	飲料水水質基準200

表5 水質測定結果一覧 (イ-20)

測定値の変動: 場内観測井 イ-20 (H15-3)												
調査年月日		H18.4.24	H18.5.10	H18.6.7	H18.7.26	H18.8.2	H18.9.6	H18.10.4	H18.11.1	H18.12.13	H19.1.10	環境基準
井戸No.	回数	イ-20	イ-20	イ-20	イ-20	イ-20	イ-20	イ-20	イ-20	イ-20	イ-20	環境基準
1	カドミウム		<0.001			<0.001			<0.001			0.01
2	全シアン		ND			ND		ND		ND		検出されないこと
3	鉛又はその化合物		<0.002			<0.002		<0.002		<0.002		0.01
4	六価クロム		<0.02			<0.02		<0.02		<0.02		0.05
5	砒素		<0.001			0.002		0.001		<0.001		0.01
6	総水銀		<0.0005			<0.0005		<0.0005		<0.0005		0.0005
7	アルキル水銀		ND			ND		ND		ND		検出されないこと
8	PCB		ND			ND		ND		ND		検出されないこと
9	ジクロロメタン	92	160	120	120	130	110	130	94	75	85	0.02
10	四塩化炭素	0.0005	0.006	0.0003	0.0007	<0.0002	0.0002	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.002
11	1, 2-ジクロロエタン	1.6	1.5	1.1	1.3	1.2	1.5	1.6	1.3	1.1	1.2	0.004
12	1, 1-ジクロロエチレン	0.047	0.039	0.037	0.035	0.035	0.039	0.046	0.036	0.029	0.029	0.02
13	シス-1, 2-ジクロロエチレン	4.9	4.2	3.0	3.6	4.0	4.4	4.8	4.1	4.5	3.9	0.04
14	1, 1, 1-トリクロロエタン	0.73	0.69	0.56	0.63	0.58	0.67	0.77	0.58	0.41	0.39	1
15	1, 1, 2-トリクロロエタン	0.013	0.010	0.0099	0.0094	0.0087	0.010	0.0098	0.0086	0.0057	0.0059	0.006
16	トリクロロエチレン	7.0	5.2	4.5	5.4	4.5	6.2	6.4	5.3	3.3	4.0	0.03
17	テトラクロロエチレン	4.3	2.9	3.0	3.4	2.7	3.9	3.7	3.3	1.7	2.0	0.01
18	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	<0.0002	0.002
19	チラウム		<0.0006			<0.0006		<0.0006		<0.0006		0.006
20	シマジン		<0.0003			<0.0003		<0.0003		<0.0003		0.003
21	チオベンガルブ		<0.002			<0.002		<0.002		<0.002		0.02
22	ベンゼン	7.9	5.7	5.9	6.1	5.2	7.1	7.1	6.5	5.8	4.6	0.01
23	セレン		<0.002			<0.002		<0.002		<0.002		0.01
24	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素		<1			<1		<1		<1		10
25	ふっ素		<0.1			0.1		0.1		<0.1		0.8
26	ほう素		<0.1			<0.1		<0.1		<0.1		1
27	ダイオキシン類 (pg-TEQ/l)		0.44			0.55		0.21				1
28	トルエン	0.94	0.63	0.61	0.50	0.46	0.53	0.49	0.47	0.48	0.36	(指針値)0.6
29	キシレン	0.39	0.25	0.32	0.26	0.21	0.27	0.23	0.24	0.20	0.11	(指針値)0.4
30	エチルベンゼン	0.15	0.13	0.13	0.11	0.096	0.11	0.11	0.092	0.072	0.048	-
36	pH (単位なし)	6.7	6.7	6.6	6.7	6.6	6.6	6.6	6.5	6.6	6.6	(A類型 6.5~8.5)
37	BOD											(A類型 2)
38	COD											(A類型 3)
39	SS		42			170		370		22		(A類型 25)
40	全窒素											(湖沼類型 II 0.2)
41	有機燐											(検出されないこと)
42	電気伝導度 (mS/m)	65	81	70	71	69	72	75	74	64	55	通常河川 10程度
43	塩素イオン		150			120		130		120		飲料水水質基準200

#### 4 平成19（2007）年度の対応

不法投棄現場中、最も汚染濃度が高く、汚染範囲が広いN地区の浄化対策を集中的に検討し、汚染土壌対策工事を発注した。

##### (1) 岩手・青森県境不法投棄現場（N地区）における汚染土壌対策

N地区における汚染土壌対策を検討するため、年度内に4回委員会を開催した。検討の概要は下記のとおりである。

##### 1) 経過

- 6月9日 第3回委員会 ・技術提案、ヒアリング実施にあたっての対応方針の検討
- 7月18日～8月31日 ・技術提案募集（提案数17社）
- 9月14日 第4回委員会 ・提案検討、ヒアリング対象決定
- 9月29日 第5回委員会 ・ヒアリング実施 ・ヒアリング数9社
- 10月20日 第6回委員会 ・検討、とりまとめ

##### 2) 技術提案に係る検討結果

17社から技術提案があり、重複する技術を除いて9社からヒアリングを行った。

なお、掘削・場外処理については提案がなく、土壌の再利用、処理期間、安全性、経済性等を課題としてあげていた。

また、汚染を見逃さないため、各社とも、土壌汚染対策法（環境基準）に準拠して、対象場所及び周辺の調査を実施し、必要に応じて対象地域を追加して対策を実施する提案があった。

##### ① 前提

- ア 対象技術：安全、確実に除去することができ、かつ、低コストである技術
- イ 対象場所：N地区で土壌汚染状況調査済みの約1,800㎡
- ウ 施工期間：平成20（2008）年度まで
- エ 浄化完了期間：平成24（2012）年度まで
- オ 特徴

- (ア) 対象物質は、ベンゼン及びジクロロメタン等多種類の有機塩素化合物を含むVOC
- (イ) 汚染深度は、地下水面より上（以下、「不飽和帯」という。）及び地下水面より下（以下、「飽和帯」という。）を含み最大17m程度に至る。
- (ウ) 主たる地層はローム層で、透水係数 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ cm/secと透水性が低い。
- (エ) 周辺の条件として、貯水槽、道路等が隣接している。

##### ② 評価

##### ア 総合評価（組合せ技術としての評価）

他に比較して著しく高い評価を得た提案はなかった。

多種類のVOCによる汚染が、透水性の低い地層で、飽和帯深部まで広がった特異な事例のため、単一の提案、技術で対応するより、複数の技術を組み合わせて対応するほうが適切と考えられた。

##### イ 個別評価（個別技術の評価）

- (ア) 掘削・場内施設処理は確実性の点で高く評価されたが、地下水位がGL-8m程度と汚染範囲の中間部にあり、これ以下の掘削作業における仮設工事（矢板土留工等）、作業性、地下水処理等に課題がある。
- (イ) 原位置浄化（分解）は比較的経済性が高い。しかし、汚染物質によって処理の有効性に違いがあり、またジクロロメタンに関する実績が少ないことから、本格実施

前に現場適用性の調査が必要である。

微生物等の働きを利用した分解（以下、「バイオレメディエーション」という。）は、中長期的には一定の効果が期待できるが、迅速性・確実性に課題がある。

(ウ) 原位置浄化（抽出）は、物質の揮発性を利用した方法として一定の効果を期待できるが、迅速性・確実性は掘削・現地処理に比較してやや劣り、ジクロロメタンへの適用例が少ないことは（イ）と同様である。ただし、物理化学的原理に基づくことからバイオレメディエーションよりは確実性が高いと考えられる。

#### ウ 委員会からの提言

VOC汚染が地下17m程度に達していることから、地下水位（8m程度）より上の不飽和帯と下の飽和帯に分けて処理技術を適用することを提言する。

不飽和帯、特に高濃度汚染については、掘削・除去し、ホットソイル工法等で場内処理することが適切である。

飽和帯については、原位置において、揚水等による汚染の抽出処理とバイオレメディエーション等による原位置分解処理を併用することが適切である。

### ③ 県の方針

県は、以下の内容で汚染土壌対策工事を発注した。

ア 調査済み地域約1,800㎡及び隣接する場所について、ボーリングにより10mメッシュ単位で深度1mごとに汚染状況を調査し、土壌汚染対策法（環境基準）に基づき工事区域を確定する。あわせて、現場適用性を調査し、また、ボーリング後、揚水等による汚染の抽出処理、バイオレメディエーション等処理用井戸及びバリア井戸に活用する。必要に応じて、周辺部にバリア井戸を、西側県境部等下流部に揚水井戸を設置する。

イ 不飽和帯の汚染域（図2参照）は、必要に応じて鋼矢板を打設して汚染土壌を掘削・除去し、ホットソイル工法で場内処理し、環境基準以下であることを確認後、埋め戻しに活用する。

ウ 飽和帯の汚染域（図2参照）は、原位置において、揚水等による汚染の抽出処理とバイオレメディエーション等による分解処理を併用する。

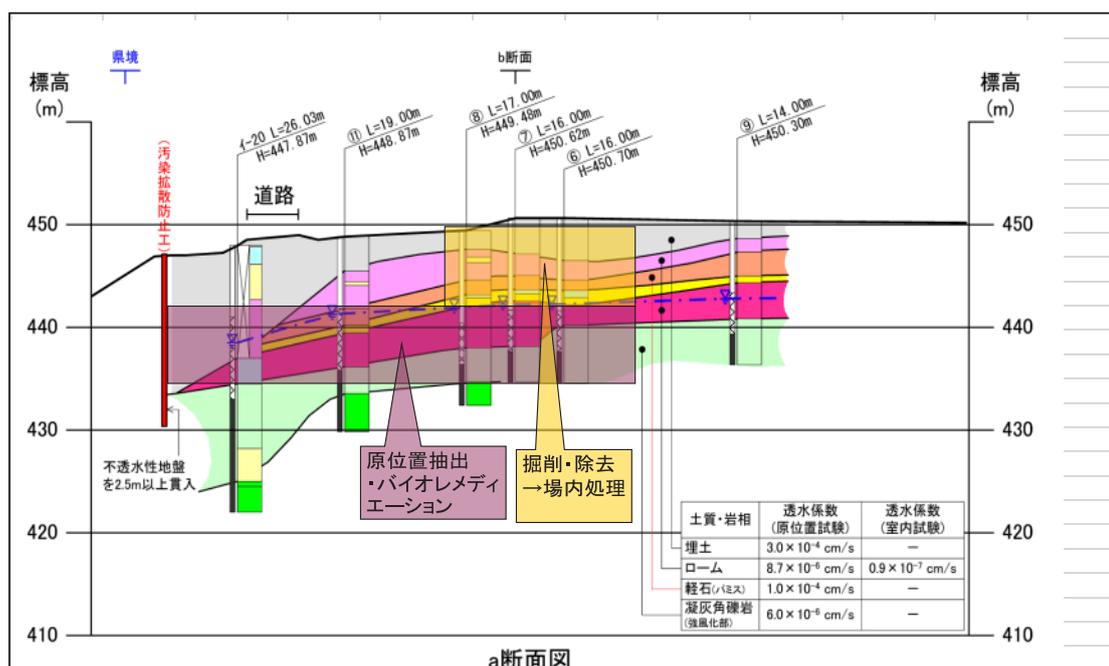
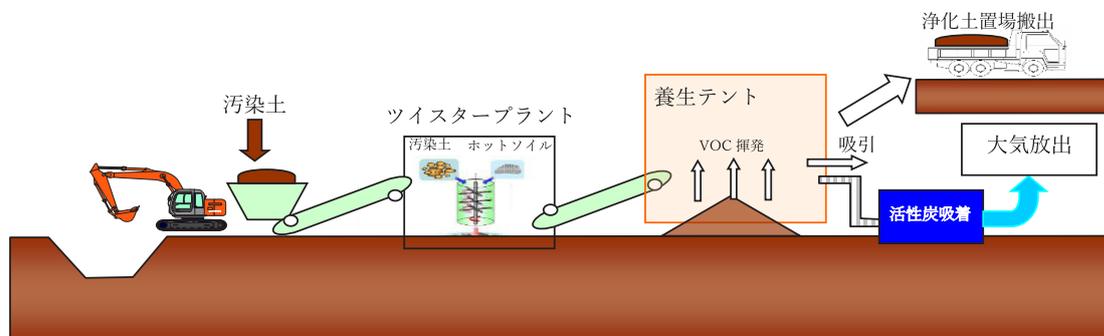


図2 現場断面図

### <参考1>不飽和帯の浄化工法について

ホットソイル工法：地下水より上の土壌と薬剤の反応により、VOCを揮発させて浄化。

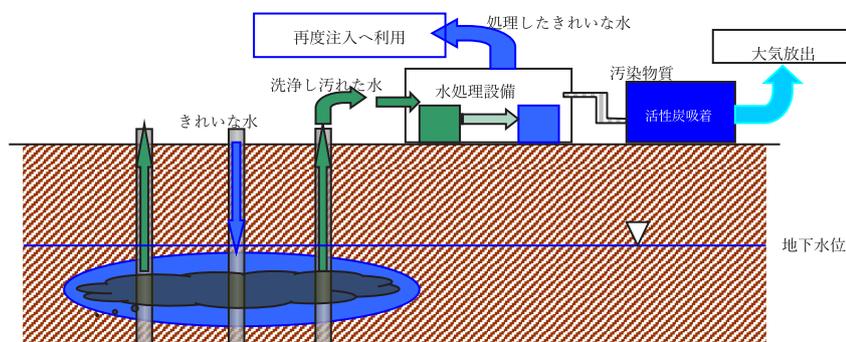
- (1) 掘削した汚染土をツイスタープラントに投入しホットソイル（生石灰）と混合する。
- (2) 混合したホットソイルの反応熱により土壌に付着したVOCを揮発させる。
- (3) 揮発したVOCは換気設備にて活性炭に吸着し、きれいな空気を大気に放出する。



### <参考2>飽和帯の浄化工法について

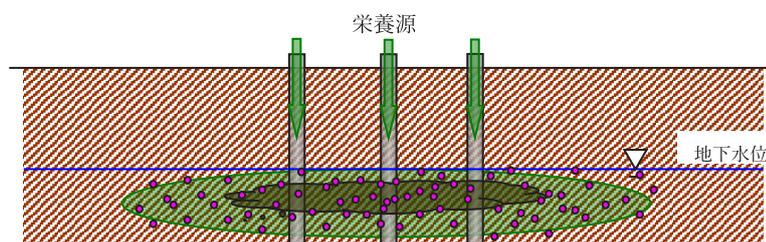
(1) 揚水曝気法：地下水以下の高濃度汚染の低減、バイオレメディエーションにより浄化の困難な物質を浄化させる。

- 1) きれいな水を汚染された土壌の中に注入する。
- 2) 土壌の中の汚染物質を水に溶かし汚れた水をくみ上げる。
- 3) 汚れた水を処理設備で浄化し、汚染物質は活性炭吸着しきれいな空気を大気に放出する。
- 4) 処理後の水は再度注入へ利用する。



(2) バイオレメディエーション：栄養源を土壌内に注入し現地由来の土壌微生物を活性化させ汚染物質を分解・浄化させる。

- 1) 栄養源を水に溶かし汚染された土壌に注入する。
- 2) 土壌に染みこんだ栄養源が土中内にある微生物を活性化させる。
- 3) 活性化した微生物群が汚染物質を分解し浄化する。
- 4) 汚染土壌、地下水質をモニタリングし浄化の進行を随時確認。



(3) 浄化工施工前の適応性等試験（汚染濃度による浄化工法の適用の検討）

土壌の浄化に当たり、VOCの種類及び汚染濃度の違いによって、適用する浄化工法が違ってくるが、当サイトにおいて適用することとしている「揚水曝気」及び「バイオレメディエーション」の特徴は概ね表6のとおりであり、これらの特徴及び適応性試験を踏まえて、揚水ばっ気のエリアやバイオのエリアを決定していくこととした。

表6 浄化工法による特徴等

浄化工法	VOCの種類	適用汚染濃度		浄化効果等
		高濃度	低濃度	
揚水曝気	概ね全てに適用可	○	△	高濃度→低濃度 ※低濃度になると浄化が進みにくくなり、環境基準までの浄化は長期間を要する。
バイオレメディエーション	嫌気分解と好気分解で対象となるVOCが違う	×	○	低濃度→環境基準 ※高濃度汚染の場合、土壌中の微生物が十分作用できない。

## 5 平成20（2008）年度の対応

最も汚染濃度が高いN地区の浄化に着手した。効果的な浄化のため、地下水上部と下部で工法を分けて実施した。また、浄化作業のため掘削した箇所から、新たに不法投棄廃棄物（VOC入りドラム缶）が発見された。

### (1) N地区の汚染土壌対策

#### 1) ホットソイル工法の進め方

##### ① 汚染土壌、非汚染土壌の区分

N地区不飽和帯（地下水面より上の部分）の汚染除去は、ホットソイル工法により実施することとした。浄化エリアは、平成17（2005）年と平成19（2007）年に調査を行った不飽和帯の汚染状況調査で確定させた図3の赤色の網かけした範囲とした。

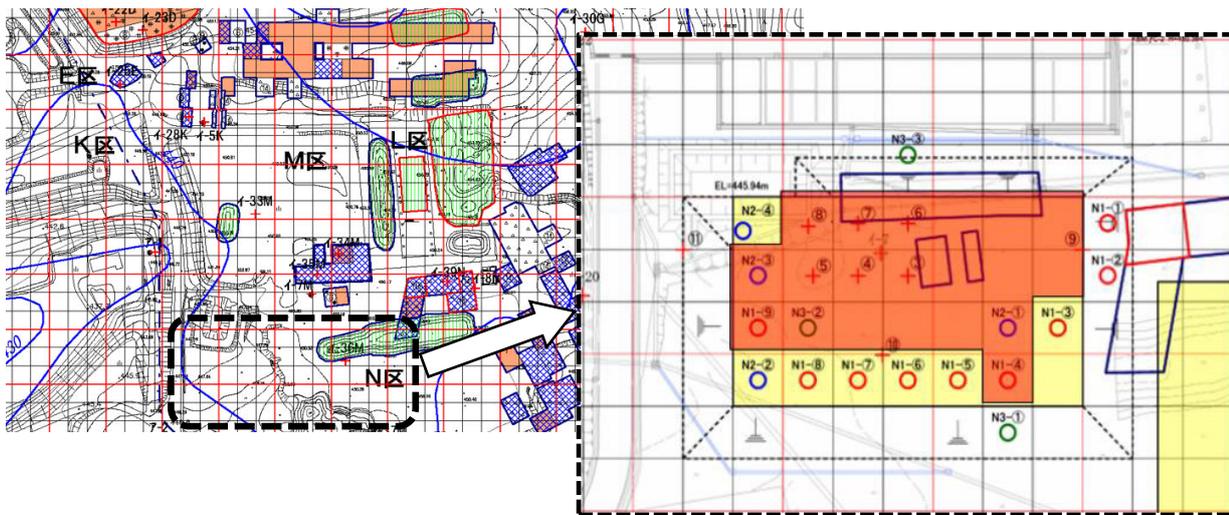


図3 N地区不飽和帯の浄化対象エリア

N地区には覆土などの非汚染土壌も存在することから、汚染土壌と非汚染土壌とに区分し、汚染土壌に対してホットソイル工法を実施した。

なお、土壌汚染対策法に示される「エリア全体に10mメッシュの網掛け」を行い、メッシュ単位で現場を管理した（現場のメッシュ管理は全てこれに倣う）。縦横10mの1メッシュ、厚さ1mの100㎡の土壌をひとつの単位として現場試験室にて分析して、土壌環境基準を超過しているものを「汚染土壌」として施工した。



写真1 ホットソイルプラント



写真2 ホットソイル養生テント

② 生石灰添加量等試験

ホットソイルの実施に先立ち、ホットソイル工法で使用する生石灰の量及び養生時間の現地試験を行った。生石灰の過剰使用を防ぐために添加量を精査するとともに、VOCを揮発させるために必要となる養生時間を確認して、確実に浄化できるよう対応した。

③ 浄化処理の完了確認

ホットソイル工法により浄化した土壌100m<sup>3</sup>ごとに、改めて簡易土壌溶出量分析を実施して土壌環境基準の達成を確認することとした。

2) 飽和帯の汚染調査及び現場適応性試験

飽和帯（地下水水面より下の部分）については、揚水ばっ気及びバイオレメディエーションにて浄化を行うこととしたが、浄化を効果的、効率的に行うために、浄化工に先立ち現地の調査や現場の適応性を確認する試験を行うこととして、内容等は、汚染土壌対策検討委員会に諮った。

飽和帯の汚染分布や濃度の調査、地下水の動きなどの調査を行い、合わせて当該地の土壌が、水が通りやすい性質か、通りにくい性質かなどを確認した結果、水の通りにくい性質であり、浄化が難しいことが分かった。

浄化効果を事前に確認するためにN地区の一部のエリアに、実際に運用する井戸と同じものを設置し、揚水ばっ気用の井戸間隔の検証や、バイオレメディエーションの井戸間隔の検証、栄養剤の種類による効果の差を確認して、現場での適応性を試験する現場適応性試験も実施した。

(2) N地区でのドラム缶337本の確認

ホットソイルのために掘削した範囲から、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンなどの入ったドラム缶を新たに337本確認した。内容物の詳細は表7のとおりであった。

平成12（2000）年に218本のドラム缶を撤去した場所の近くであり、掘り出されたドラム缶にはVOCが含まれる液体が入ったものが多かった。平成12（2000）年と平成20（2008）年で合計555本のドラム缶を確認したことになった。

ドラム缶の撤去に当たっては、液体が極力漏れ出ないように、1本ずつ慎重に撤去を行ったが、そもそも漏れ出ているものも多く、高濃度汚染の原因そのものであった。ドラム缶撤去により汚染源の大元を除去することはできたと考えられることから、これ以上の汚染は生じないということになるが、不法投棄現場の予想できない展開と浄化の困難さが改めて浮き彫りとなった。

表7 N地区で新たに確認したドラム缶の内容物

ドラム缶内容物の分析結果	○：検出 ×：不検出																特管基準 (mg/l)		
	検体No 色	No1 茶	No2 薄黄	No3 茶	No4 茶	No5 茶	No6 茶	No7 茶	No8 薄黄	No9 薄白	No10 茶	No11 黒緑赤	No12 茶	No13 茶	No14 茶	No15 薄黄		No16 薄白	
ジクロロメタン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.2以下
四塩化炭素	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	0.02以下
1,2-ジクロロエタン	×	×	○	○	○	○	○	×	×	×	×	○	×	×	○	×	×	×	0.04以下
1,1-ジクロロエチレン	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×	0.2以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	○	×	○	○	○	○	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×	0.4以下
1,1,1-トリクロロエタン	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	3以下
1,1,2-トリクロロエタン	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×	0.06以下
トリクロロエチレン	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.3以下
テトラクロロエチレン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0.1以下
ベンゼン	○	×	○	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	×	○	×	○	○	0.1以下
アルキル水銀化合物	分析不能	—	—	—	—	—	—	—	分析不能	分析不能	—	分析不能	—	—	—	—	—	—	不検出
水銀	分析中	—	—	—	—	—	—	—	分析中	分析中	—	分析中	—	—	—	—	—	—	0.005以下
カドミウム	分析中	—	—	—	—	—	—	—	<0.001	<0.001	—	<0.001	—	—	—	—	—	—	0.3以下
鉛	分析中	—	—	—	—	—	—	—	0.012	0.009	—	0.15	—	—	—	—	—	—	0.3以下
有機燐化合物	分析不能	—	—	—	—	—	—	—	分析不能	分析不能	—	分析不能	—	—	—	—	—	—	1以下
六価クロム	分析中	—	—	—	—	—	—	—	<0.02	<0.02	—	<0.02	—	—	—	—	—	—	1.5以下
砒素	分析中	—	—	—	—	—	—	—	分析中	分析中	—	分析中	—	—	—	—	—	—	0.3以下
シアン化合物	分析中	—	—	—	—	—	—	—	<0.1	<0.1	—	<0.1	—	—	—	—	—	—	1以下
ホリ塩化ビフェニル	分析中	—	—	—	—	—	—	—	分析中	分析中	—	分析中	—	—	—	—	—	—	0.003以下
チウラム	分析不能	—	—	—	—	—	—	—	分析不能	分析不能	—	分析不能	—	—	—	—	—	—	0.06以下
シマジン	分析不能	—	—	—	—	—	—	—	分析不能	分析不能	—	分析不能	—	—	—	—	—	—	0.03以下
チオベンカルブ	分析不能	—	—	—	—	—	—	—	分析不能	分析不能	—	分析不能	—	—	—	—	—	—	0.2以下
セレン	分析中	—	—	—	—	—	—	—	分析中	分析中	—	分析中	—	—	—	—	—	—	0.3以下

(3) 平成20（2008）年度の事業実績

1) 汚染エリアの確定

平成17（2005）年度及び平成19（2007）年度に実施した既往調査に追加する形で、汚染区域と非汚染区域の境界を確認するために、10mメッシュに1本ボーリングして水質調査を行い、更に1m深度ごとに土壤のVOC等の分析を実施した。

分析の結果、いずれの検体も土壤環境基準を超過していない場合は、当該メッシュの内側を汚染区域とし、土壤環境基準を超過した場合は、更に1メッシュ外側のメッシュをボーリングして同様に分析を行い、非汚染区域の境界を確認するまで調査を行うことにより汚染区域を特定した。その結果、飽和帯の汚染エリアは6,000㎡となった。

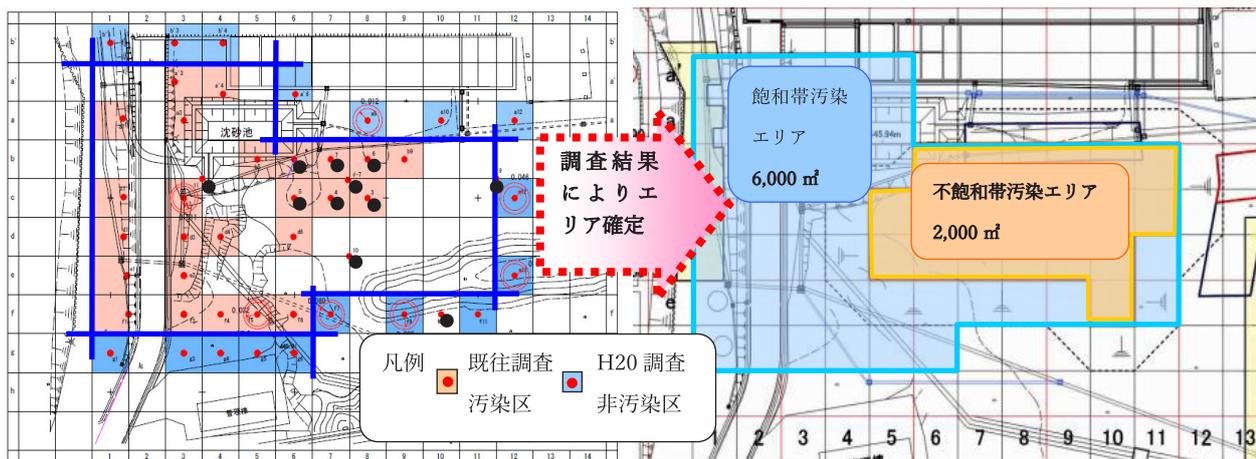


図4 調査地点、汚染境界線及び汚染エリア

表8 飽和帯地下水の汚染状況（代表となる4物質を掲載）

物質名	最大値（環境基準比）	平均（環境基準比）	環境基準
ジクロロメタン	200（10,000倍）	38.1（1,905倍）	0.02
テトラクロロエチレン	4.3（430倍）	0.6（60倍）	0.01
シス-1,2ジクロロエチレン	18（450倍）	3.6（90倍）	0.04
ベンゼン	5.6（560倍）	1.4（140倍）	0.01

（単位：mg/L）

2) 不飽和帯に係る対策

① 外部搬出処分

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等入りドラム缶を確認したが、ドラム缶投棄場所直下の土壤ではVOC汚染が高濃度であり、ホットソイルでの浄化は困難であったことから、当該土壤は外部搬出して処分した。

② ホットソイル工

土壤汚染除去のうち不飽和帯のホットソイル工は11月末に完了し、12月末までに混合プラント等の仮設設備の解体撤去を終了した。

N地区不飽和帯での最終的な浄化土量は12,958㎡となった。

ドラム缶の撤去を含め、不飽和帯の汚染土壤を掘削・浄化したことにより、VOC汚染の最大の供給源を絶つことできた（写真3参照）。



写真3 不飽和帯の掘削状況

③ 浄化できる最大濃度

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%添加で浄化ができる最大濃度は表9のとおりであった。ホットソイル工ではテトラクロロエチレンが一番浄化困難な物質であったことから、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た。

表9 VOCの浄化実績（最大汚染濃度）

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	6.0（600倍）	0.01

（単位：mg/L）

3) 飽和帯に係る対策

実際の浄化工に先立ち、室内や現地で各種試験を実施し、予定している浄化工法が有効であるかを確認した。

① バイオレメディエーションに係る適応性試験

ア 現地での試験に先立ち、室内試験を実施したが、現場地下水中にVOC分解菌の存在を示唆するデータを確認した。

イ 低濃度汚染地下水と高濃度汚染地下水のVOC分解傾向を比較すると、低濃度汚染の方が分解が促進している傾向であった。

ウ 低温（水温9℃）と常温（水温25℃）の条件下でのVOC分解傾向を比較すると、低温では分解が非常に緩やかな傾向であった。

エ 現地での適応性試験は、栄養剤を注入する井戸間隔を2.5mと4.0mで実施したが、いずれの井戸間隔でもVOCの分解傾向が確認できた。

② 揚水ばっ気に係る適応性試験

現地にて揚水する井戸間隔を2.5mと4.0mで試験したが、いずれの井戸間隔でも揚水及び注水が順調に行われることが確認されたため、揚水ばっ気による浄化が可能と考えられた。

③ 対応方針

バイオレメディエーション及び揚水ばっ気による浄化が共に可能と考えられるデータが得られており、今後も更にデータを積み重ねて、平成20（2008）年度中を目処に浄化井戸の設置・運用を開始することとした。

#### 4) 不飽和帯の埋め戻し

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、掘削エリアを一定程度埋め戻す必要がある。ホットソイルでは、地下水面ぎりぎりまで掘削して浄化したが、地下水面より下の土壌・地下水の浄化のためには、地下水面より上まで土壌を埋め戻し、そこに浄化用の井戸を設置する必要がある。また、地下水位は一定の幅で上下することから、埋め戻す際の工夫として、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、浄化が容易なバリア層（砂層）を設けて埋め戻しを行うこととし、砂層で1～1.5m、非汚染土で2 m程度埋め戻しを行った。

なお、不飽和帯の再汚染を防止するため、N地区の地下水位を一定に保つ必要があるため、埋め戻しに当たり揚水して地下水位をコントロールするための大型井戸も6本設置するなどして、単に埋め戻すだけでなく、浄化が容易となるような工夫を重ねた。

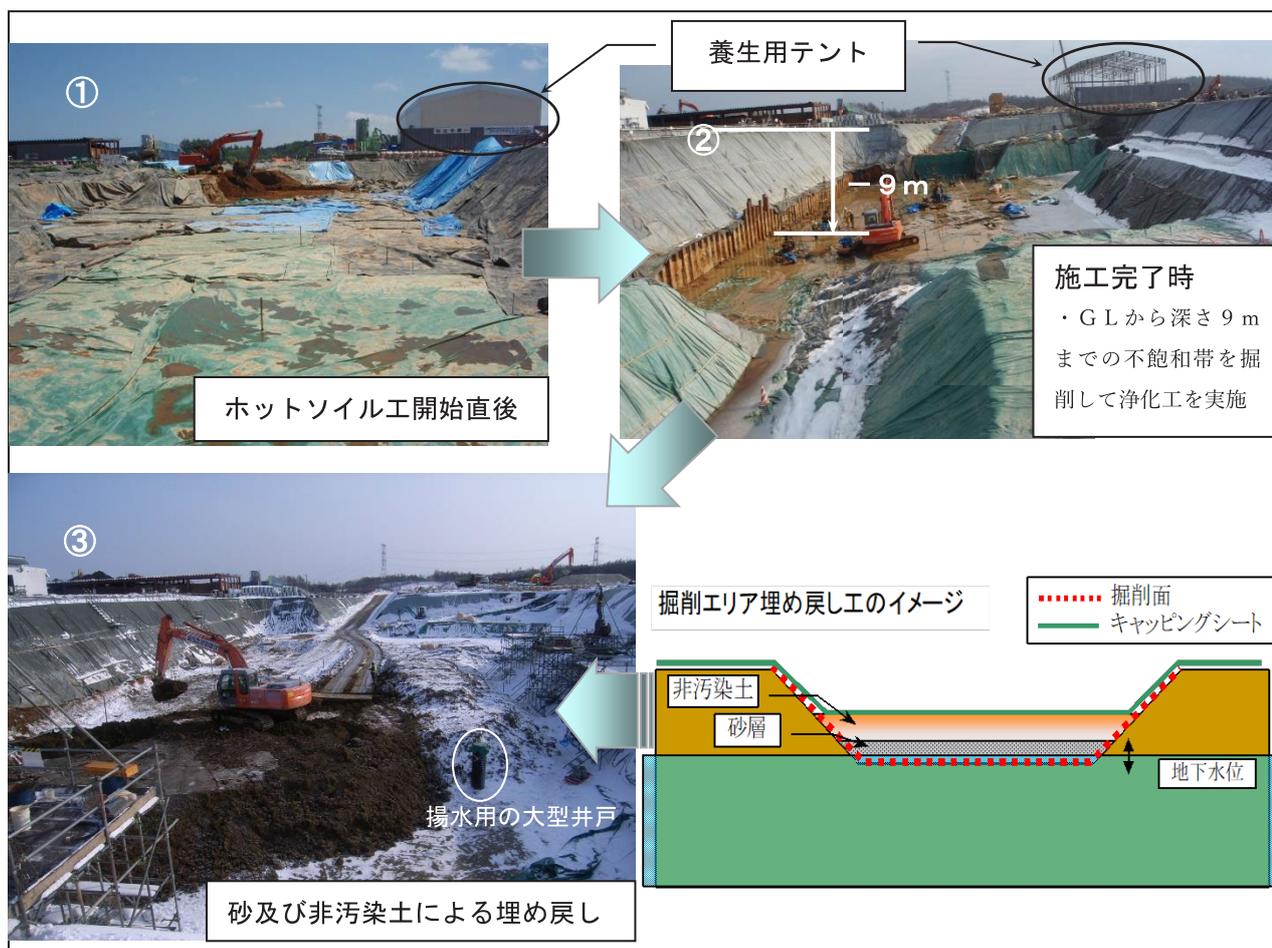


図5 N地区の掘削及び埋め戻しの状況

#### (4) 汚染濃度による浄化工法エリア分け

##### 1) 現場の運用方針

第8回汚染土壌対策技術検討委員会の協議を踏まえ、現場の運用は次のとおりとすることとした。

- ① 高濃度汚染エリアは、揚水ばっ気によって、バイオレメディエーションで浄化可能な濃度まで汚染を低下させる。
- ② 「揚水ばっ気+バイオレメディエーション併用エリア」と「バイオレメディエーション単独エリア」を区分して、並行運用することにより、効率的な浄化を図る。

<エリア区分>

揚水ばっ気+バイオレメディエーションエリア	地下水の汚染濃度が基準値の300倍以上、または土壌の汚染濃度が基準値の100倍以上の区画 ※揚水ばっ気で300倍又は100倍未満になったらバイオに移行
バイオレメディエーション単独エリア	上記以外の区画

<井戸間隔等>

揚水ばっ気	井戸ピッチ 4 m
バイオレメディエーション	井戸ピッチ 4 m、栄養剤 E D C - E

③ 土壌の高濃度汚染エリア、地下水の高濃度汚染エリア、土壌汚染エリア、地下水汚染エリアをすべて勘案した浄化対策エリア区分は図6のとおり。

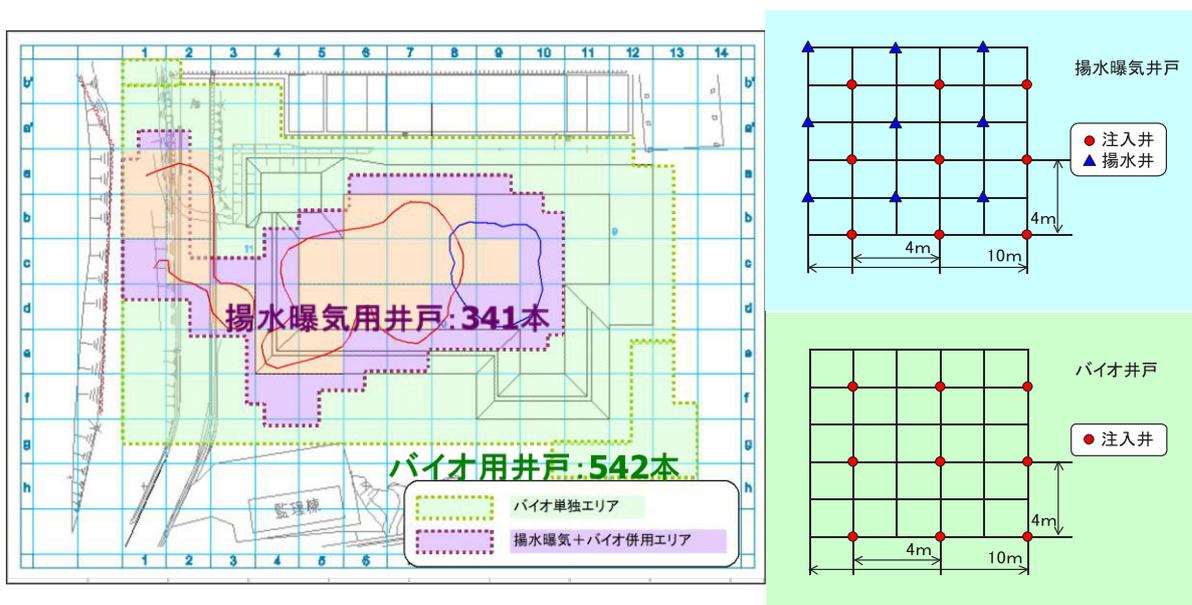


図6 揚水ばっ気及びバイオの運用概念図

④ N地区全体で運用区域を2つに分け、地下水の上流側を東エリア、下流側を西エリアに分けて、東エリアから運用を開始することとした。

なお、詳細な運用計画は、原状回復対策協議会及び汚染土壌対策技術検討委員会に諮りながら、また、井戸の施工状況、浄化モニタリング結果などを見ながら柔軟に対応することとした。

2) 浄化用井戸の設置実績

N地区飽和帯の土壌汚染除去業務は2月12日の汚染土壌技術検討委員会において井戸間隔等の上承を得たこと等を踏まえ、速やかに浄化井戸の掘削に着手した。平成20(2008)年度末における井戸設置の進捗状況は表10のとおりとなった。

表10 浄化用井戸設置の進捗状況

井戸種別	設計井戸本数	設置済井戸本数	進捗率
バリア井戸（拡散防止）	4本	4本	100%
揚水井戸（揚水ばっ気）	141本	83本	58.9%
注入井戸（揚水ばっ気）	200本	40本	20.0%
加圧注入井戸 （バイオレメディエーション）	542本	15本	2.8%
モニタリング井戸	16本	0本	0%
合 計	929本	142本	15.2%

## 6 平成21（2009）年度の対応

汚染土壌・地下水浄化を本格的に実施した。なお、浄化方法は、バイオレメディエーションと揚水ばっ気をエリア分けして実施した。また、浄化作業のため掘削した箇所から、新たに不法投棄廃棄物（VOC入りドラム缶）が発見された。

### (1) 飽和帯浄化工事等の状況

浄化用井戸の設置は平成21（2009）年2月下旬から開始し、平成21（2009）年度も継続して井戸の設置を行った。

なお、施工業者と随時協議し、スピーディーな井戸設置や効果的な運用に資するための設備等の工夫を重ねながら施工した。

#### <ボーリングマシン>

井戸の設置については、地形等様々な作業条件が異なることから、様々なボーリングマシンを準備した。作業効率、コスト等、様々な面を考慮しつつ、なるべく早く作業が進むように工夫して作業を行った。



写真4 各種ボーリングマシン

### <特殊な井戸管>

写真5は揚水ばっ気用の注水管と揚水管であるが、注水用の管、揚水用の管とそれぞれの特徴に合わせたものを準備した。この管を地中に埋めることとなるが、スリット加工することにより効率的に注水・揚水できるように工夫した。

なお、注水ではそれほど圧力がかからないためコストを重視して樹脂製の管とした一方で、揚水では一定の力がかかることから運用面を考慮した金属製の管とした。

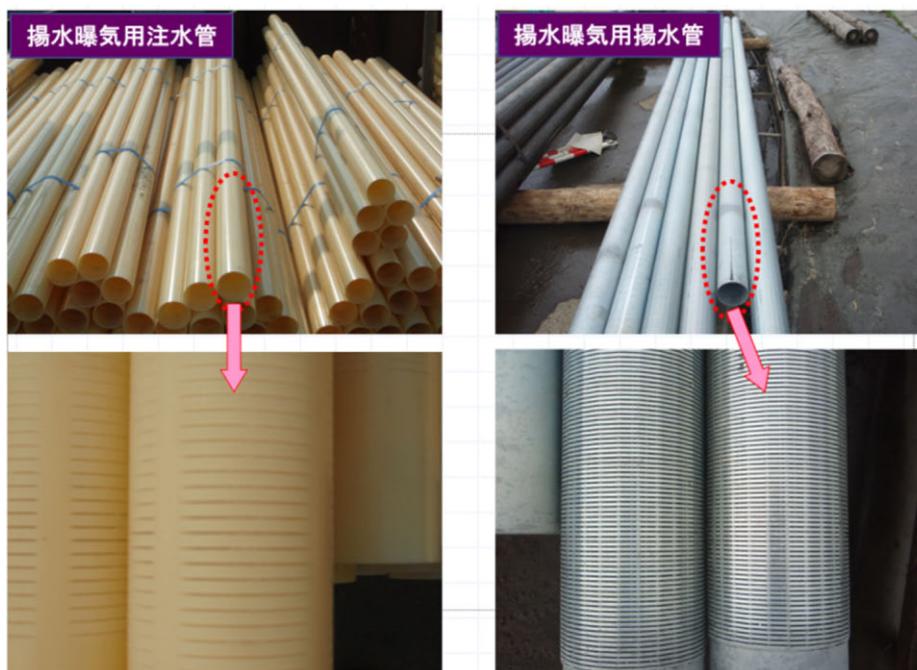


写真5 スリット（細い切れ目）加工した注水管及び揚水管

### <N地区全面への井戸設置>

写真6が井戸設置の状況であるが、右側がバイオレメディエーションの井戸（微生物による分解を進めるための井戸）、左側が揚水ばっ気用の井戸（汚染水をくみ上げて分解させるための井戸）である。バイオレメディエーション用の井戸は4 m四方の角（赤丸で囲っているところ）に井戸を設置した。揚水ばっ気用の井戸は、4 m四方の角に注水井戸（黄色く見えるもの）、その真ん中に揚水井戸を配置した。このように、N地区一面に900本を超える井戸が設置され、その浄化の規模感は圧巻であった。

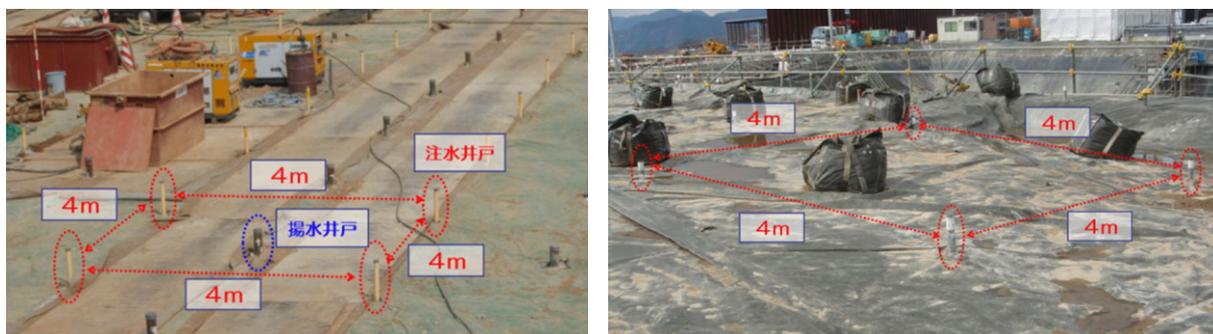


写真6 揚水ばっ気用の井戸及びバイオ用井戸の設置の状況

バイオレメディエーション井戸への栄養剤は4月下旬から開始した。栄養剤の土量当たりの標準注入量に沿って、1セット当たり毎分4Lの注入を12セット（1度に3区画分）

準備して、少しでも早く浄化が開始されるよう、1日13時間程作業して注入を進めた。



写真7 バイオレメディエーション栄養剤  
(乳白色の液体)

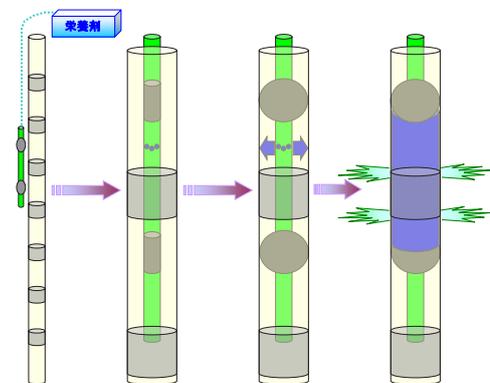


写真8 栄養剤注入用の流量計(12系統)

#### <工夫された井戸：ダブルパッカー井戸>

バイオの井戸について、その原理を説明する。右図の一番左側が地中に埋まっている管で、その中に栄養剤を注入する管を入れる。この細い管やその周りの管の黒い部分がゴムになっている。

細い管のゴム部分を「ぷっ」と膨らませて、上と下に栓をしたような状態にする。その間に小さな穴が空いていて、穴から栄養剤を出し、栄養剤がゴムとゴムの間を充填して、更に圧力をかけるとゴムの部分から栄養剤が勢いをもって噴き出すことによって土の中に栄養剤を注入する、という原理となっている。



#### <モニタリング>

モニタリングについては、区域内に1メッシュに1本モニタリング井戸を設置し、バイオレメディエーションエリアでは15日に1回、揚水ばっ気エリアでは週に1回水質を分析して、汚染の変化を確認することとした。

#### <バイオレメディエーションでの浄化イメージ>

バイオレメディエーションでVOCを分解するイメージは次のとおりである。

ステップ1：栄養剤を地中に注入し、酸素を好む微生物を活性化する。

ステップ2：空気が好きな微生物が活性化することで、土壌中の酸素が大量に消費され、酸素の少ない環境に変化していく。そして、酸素が欠乏してくると酸素の好きな微生物の元気がなくなる。

ステップ3：酸素のない状態が好きな菌、それが嫌気性の微生物だが、それが元気に活動するようになり、さらに活性化してくると、VOCを呼吸などで使って、分解を始める。

ステップ4：VOCの分解が進んでいく。

という流れで浄化が進んでいく。

## (2) 水処理施設の設置及び井戸運用

揚水ばっ気の運用は、6月下旬から開始し、水処理施設も、同時期に本格的な運用を開始した。揚水井戸から一斉に揚水して、水処理施設にポンプアップして汚染された水を処理した。水処理施設は高い位置にあることから、処理後の浄化水は自然流下の原理も利用しながら全量注水のための水として利用した。水処理が適切に行われていることを水質分析で確認しながら、徐々に運用時間を長くして、最終的には24時間で運用した。

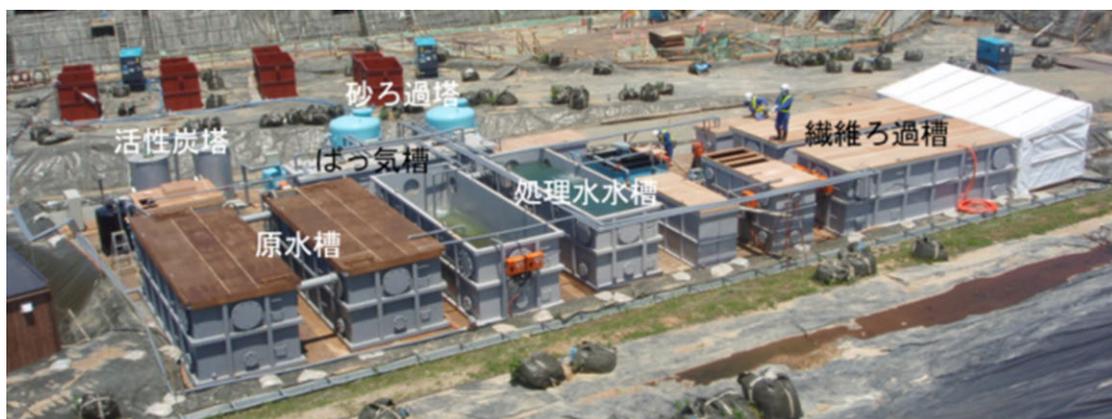


写真9 水処理施設の全景（経費削減のため建屋なし）

水処理施設の能力ということでは、エリア全体でジクロロメタンが高いが、原水のジクロロメタンが54mg/L（基準の2,700倍）という高い値が検出されている状況でも、ばっ気、砂ろ過等の処理を行い、最終的な処理水では、0.002mg/L以下（環境基準の10分の1）まで処理することができた。

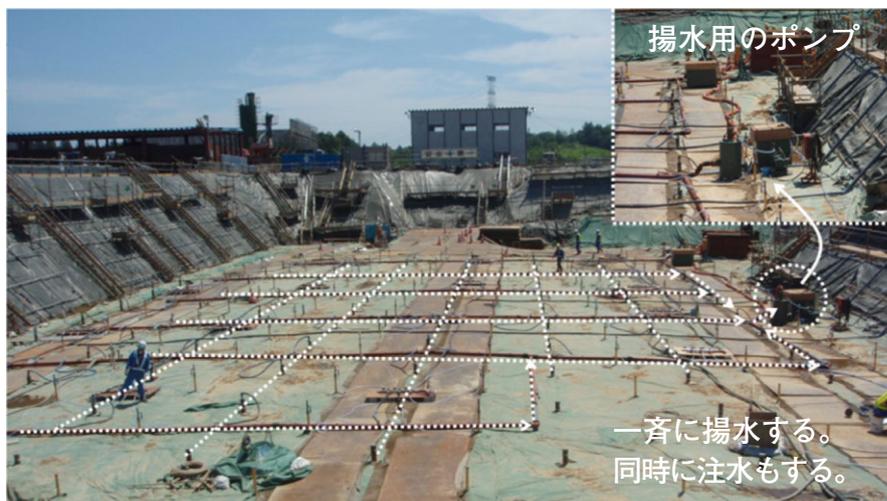


写真10 一面の揚水井戸からポンプアップしている様子

揚水量は、平均とすると136m<sup>3</sup>/日、注水は平均すると140m<sup>3</sup>/日といったデータとなっており、バランスが取れた運用ができていた。

揚水ばっ気でも計画どおり週1回を目途にモニタリングを実施しデータを蓄積して、浄化の評価を行った。

## (3) N地区東端部での新たなドラム缶の確認

廃棄物の撤去に伴い、N地区東端部でVOC等の入ったドラム缶が確認され、最終的に455本となった。液体入りが354本、固形物が詰まったものが80本、空のものが21本であった。

ドラム缶の撤去に当たっては、液体が極力漏れ出ないように、1本ずつ慎重に撤去を行ったが、そもそも漏れ出ているものもあった。ドラム缶撤去により汚染源を除去することはできたと考えられることから、これ以上の汚染は生じないが、N地区の中心部同様に、当該東側エリアにも高濃度汚染部分が確認されたため、浄化作業の工夫が必要となった。これまでN地区で実施してきた浄化実績も踏まえ対策を講じていくこととなるが、平成24（2012）年度までの事業期間も残り少なくなってきたことを考慮して、これまで以上に速やかに浄化作業に着手する必要に迫られた。

#### (4) N地区の土壤汚染エリアの拡大

前記(3)に記載した新たなドラム缶の確認や、浄化に合わせて実施しているモニタリングの結果、追加調査の結果から、N地区の飽和帯の汚染エリアが東側に拡大していることが判明した。浄化開始当初は6,000㎡と想定していたが、最終的に1.5倍の9,300㎡となった。

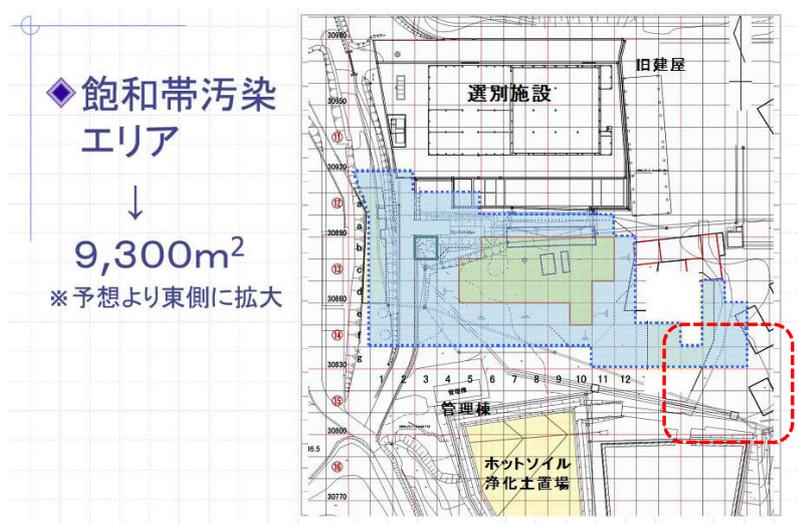


図7 N地区飽和帯の汚染エリア

#### (5) 浄化期間の延長

ドラム缶が新たに発見されたことなどもあり、飽和帯の汚染エリアが当初考えていたよりも面積で約1.5倍、容積も約2.8倍に拡大した。バイオの栄養剤を注入すること自体にも一定の時間がかかること、また注入してから効果が出るまでにも時間がかかることから、バイオの浄化の期間が当初計画より延長する可能性が高くなった。それらを勘案すると、N地区の浄化期間については、当初平成22（2010）年度中を予定していたが、浄化期間を1年延長して対応することとした。

#### (6) D地区での新たなドラム缶の確認

D地区で廃棄物の撤去過程で、新たにドラム缶を確認した。12月までに固形塗料・アスファルト系、廃ウエス等が入ったドラム缶134本及び、有機溶剤様物が入ったドラム缶148本の計282本を撤去した。

冬期間の作業は困難と判断し、平成21（2009）年度の撤去作業は一旦休止として、平成22（2010）年度早々に撤去を再開することとした。

ドラム缶を含む廃棄物の撤去が終了した次のステップとして汚染土壌のエリア確認や浄化工法の検討を行うこととなるが、高濃度のVOC汚染が予想されることから、どのような工

法を採用しても難しい対応となることを見込まれた。

#### (7) 新たな浄化方法による浄化試験

N地区で実施したホットソイル工法、現在実施中の揚水ばっ気、バイオの3つの方法以外で、平成24（2012）年度までの本現場での土壌汚染の浄化完了を考慮して、浄化工法のバリエーションを増やすことを目的に、比較的短時間で浄化できる「減圧土壌ガス吸引」による浄化試験を実施することとした。

浄化のフローは次のとおり。

- 1) 矢板で汚染区画を区切り、エリアの中心部に特殊な構造をしている井戸を設置。
- 2) 特殊な井戸で地下水を一気に引き抜いて、地下水位を汚染のある深度まで下げる。
- 3) 地下水を下げたことで、まずは地下水の汚染を除去。
- 4) その後も継続して、特殊な井戸で引き続けることと合わせて、井戸の両脇に設置した吸引パイプで土壌中の空気も強い力で引き上げ、ガスを引くことで汚染物質も回収。
- 5) ポンプが特殊な形状をしているので、矢板で仕切られている中の真空度が相当程度高くなることを利用し、その力で浄化を進めていくというもの。

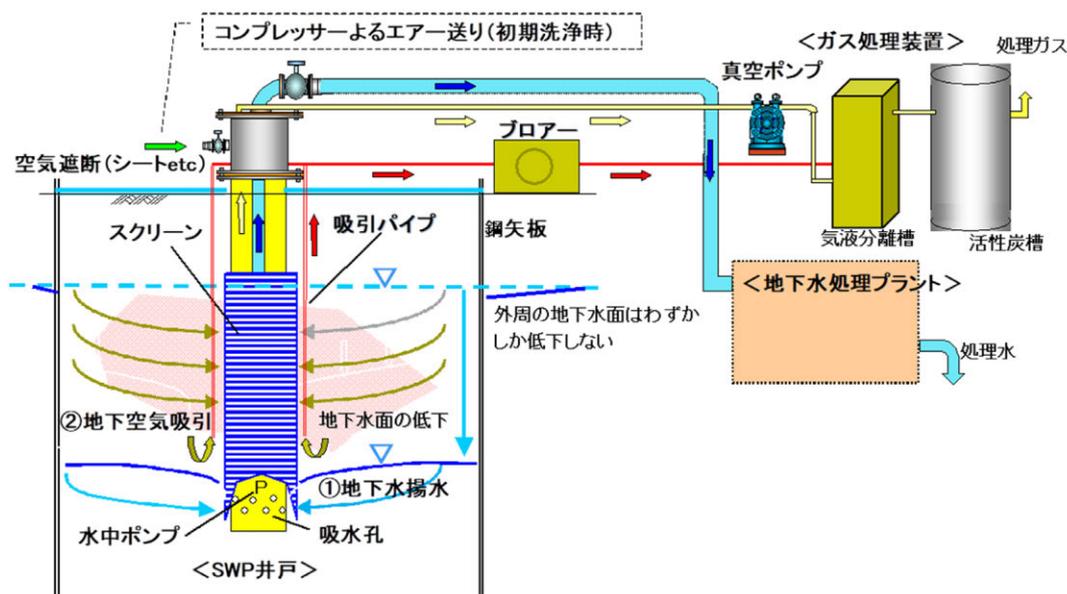


図8 土壌ガス吸引の概念図

なお、浄化の効果を試すために比較的汚染濃度の高い場所を試験エリアとして選定することとして、新たにドラム缶が確認されたN地区の東端部にて実施することとした。

#### (8) 水質汚濁法の改正による汚染物質の追加

##### 1) 環境基準改正の概要

平成21（2009）年11月30日をもって、環境基本法に基づく水質汚濁に係る環境基準のうち、「公共用水域の水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準」及び「地下水の水質汚濁に係る環境基準」に、1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーが追加された。

##### 2) 1,4-ジオキサンに関する対応

###### ① 現場内及び周辺環境での汚染状況

本現場内及び周辺環境での汚染状況を確認したところ、B地区を中心として複数地点から1,4-ジオキサンが環境基準を超過して検出された（図9参照）。

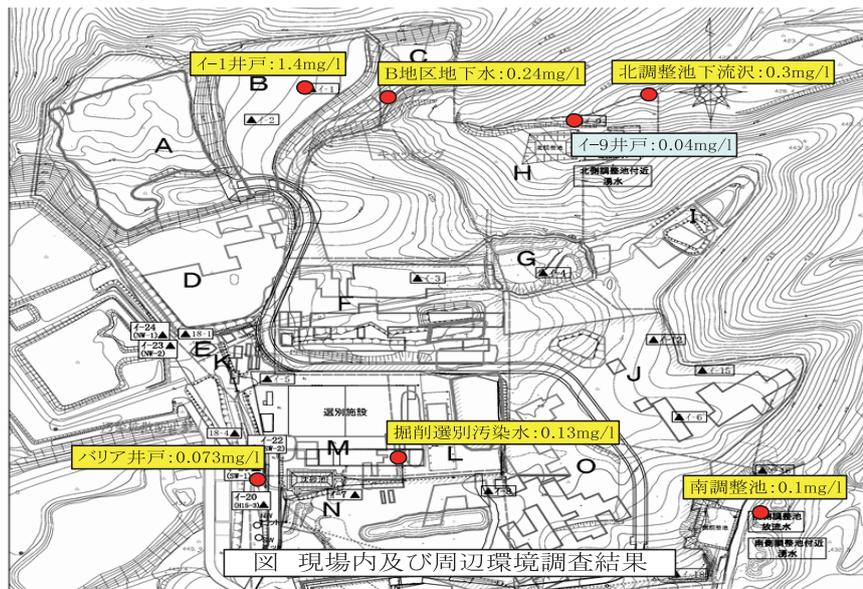


図9 現場内及び周辺環境における1,4-ジオキサンの検出状況

② 対応方針（主にB地区由来の汚染対策）

ア 汚染拡散防止対策として、B地区東端部に地下水等の集水柵を設置

(ア) 柵に溜まった汚染水（1,4-ジオキサン濃度が1.0mg/L程度（基準の20倍））は外部搬出処分

(イ) B地区の廃棄物を12月中にすべて撤去したことから、汚染は低減するものと考えられる。

イ 水処理

(ア) 場内発生汚染水及びバリア井戸汚染水は、水処理施設で処理できることから、水処理後放流

(イ) 水処理に使用する活性炭の破過（使用できなくなる）までの期間を確認し、適切な運用を確保

ウ その他地区は、今後、場内の汚染状況等を確認して検討

3) 塩化ビニルモノマーに関する対応

① 現場内での汚染状況

N地区のバイオレメディエーションエリアにおいて、浄化進捗の指標として塩化ビニルモノマーの分析を実施しており、19/42地点で基準値を超えて検出（基準比2～70倍）された。

② 対応方針

ア 県境現場における検出は、テトラクロロエチレン等の分解によるものと考えられる。

イ N地区では、バイオレメディエーションによりVOC分解を行っており、塩化ビニルモノマーも、最終的に分解することを目標に浄化。

ウ その他の地区は、平成22（2010）年1月の定期モニタリングにて、場内の汚染状況などを確認して検討。

(9) 平成21（2009）年度の事業実績

年度末におけるN地区の揚水ばっ気の進捗状況は次のとおりであった（図10のとおり）。

1) 6月から揚水ばっ気による浄化を開始。

- 2) 平成22（2010）年2月末現在、浄化対象30区画のうち、27区画で目標濃度まで汚染濃度低下。
- 3) 残りの3区画はいずれも県境部にあり、継続して揚水を実施。
- 4) 27区画は「バイオレメディエーション浄化」に移行。

年度末におけるN地区のバイオレメディエーションの進捗状況は次のとおりであった（概要は図11のとおり）。

- 1) 4月からバイオレメディエーションによる浄化を開始。
- 2) 平成22（2010）年2月末現在、浄化対象58区画のうち、24区画で環境基準クリア（浄化傾向ありを含めると40区画）。
- 3) 分解が停滞している区画においては、揚水ばっ気エリアのバイオレメディエーション移行に併せて栄養剤の追加注入により対応。

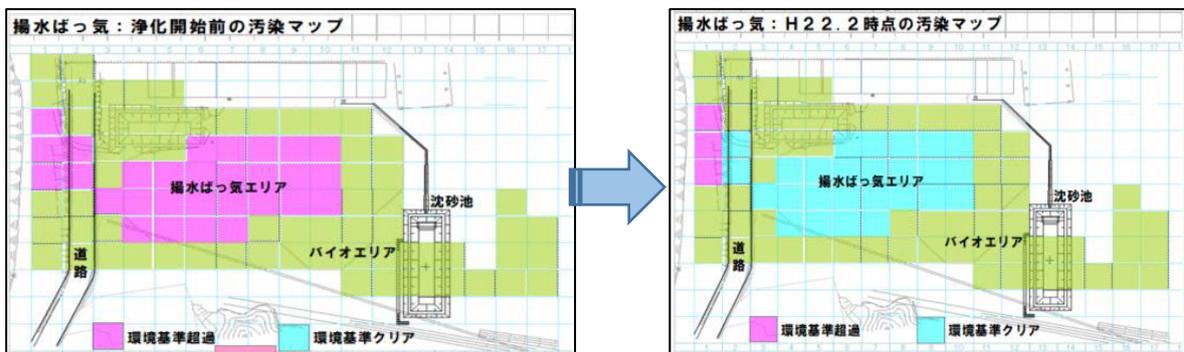


図10 揚水ばっ気による浄化進捗状況

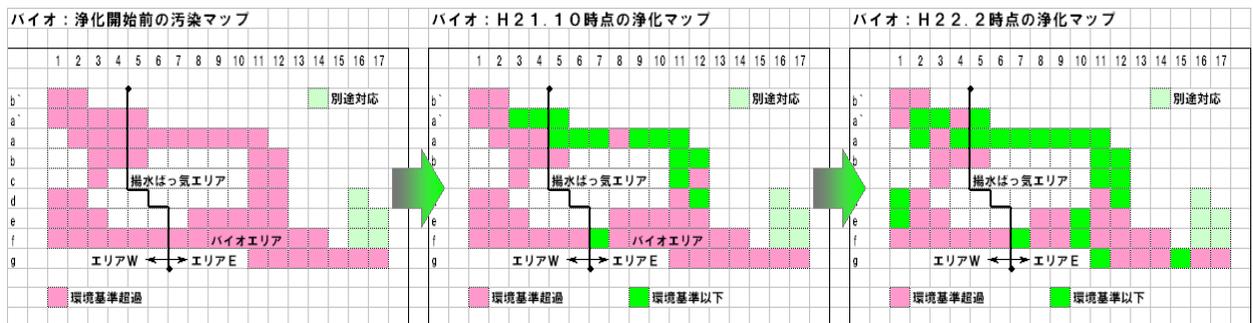


図11 バイオレメディエーションによる浄化進捗状況

## 7 平成22（2010）年度の対応

最も汚染濃度の高いN地区において、浄化効果が不十分な箇所に追加対策を実施した。また、N地区の取組実績を基に浄化工法を整理し、N地区以外の地区の浄化工事を発注した。

### (1) N地区への追加対策

N地区は平成21（2009）年度末から西側3区画を除いて全面でバイオによる浄化を実施しているが、一部エリア（東側4区画）において、汚染濃度低下傾向が半年以上確認できていないことから、栄養剤を追加注入することとした。残りの汚染濃度の低下傾向が弱い区画については、栄養剤注入からの経過時間が短い区画があることなどから、モニタリング結果を注視しながら、今後の対応を検討することとした。

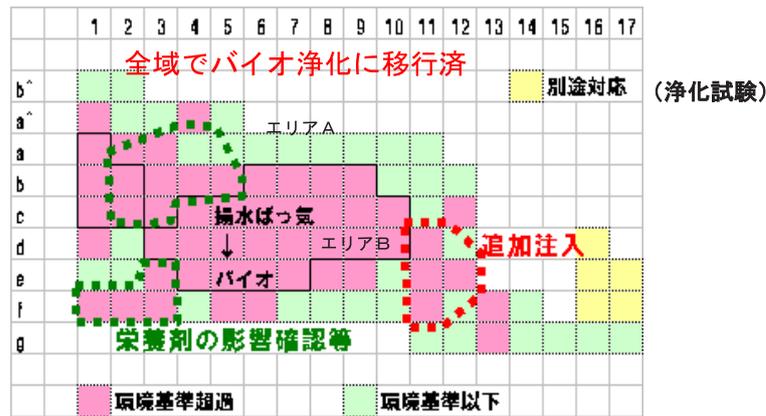


図12 N地区への追加対策実施エリア

(2) 浄化試験（減圧土壤ガス吸引工法）

1) 試験概要

平成22（2010）年5月からN地区の東端部において実施していた浄化試験は、8月中旬で終了した。1回の期間を45日間（1クール）として、2回の計90日間（後半の45日間：2クール）浄化して、それぞれの時点で土壌、地下水及び地下空気の汚染濃度、負圧、地下水位、揚水量及び風量などを測定して浄化の状況を確認した。最終的には試験対象地の土壌を採取して、浄化効果を確認した。

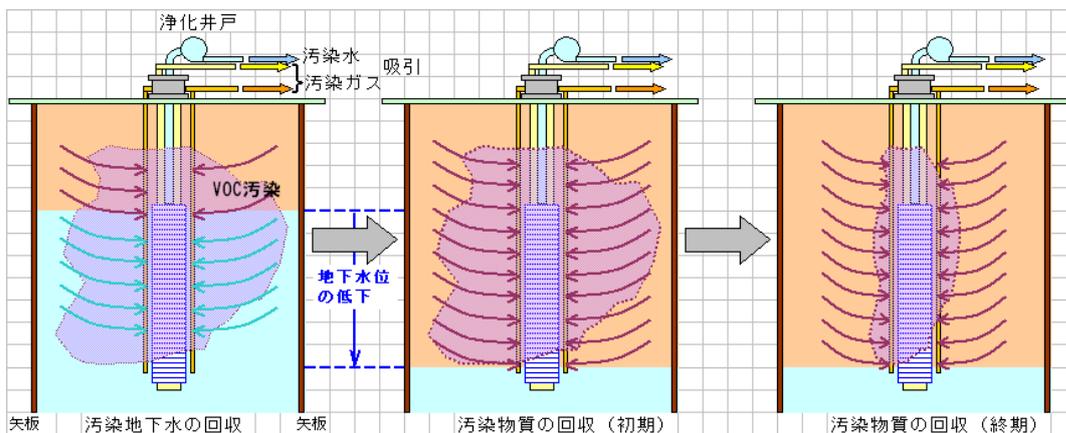


図13 減圧土壤ガス吸引工法による浄化概念

2) モニタリング及び土壌分析結果

地下水は、1クール目では、汚染濃度が横ばいで推移していたが、2クール目では汚染の低減傾向が確認できることから、区画全域で浄化が促進していた。

地下空気は、地下水同様に、2クール目では汚染の低減傾向が確認できることから、浄化が促進していると考えられた。

土壌は、いずれの結果でも、1クール後から汚染の低下が確認されており、2クール後ではほとんど汚染が確認できないレベルにまで浄化が進んでおり、効果があることが確認できた。

(3) N地区以外の7地区への対応

1) 汚染状況調査

平成21（2009）年度から平成22（2010）年度にかけて、N地区以外の汚染土壌対策エリア7地区の汚染状況調査を実施し、各地区の概ねの汚染状況が判明した。汚染状況は表11

及び図14のとおりであり、B地区の一部で重金属等の汚染を確認している他は、VOC汚染であった。概ねN地区より低濃度汚染で、かつ範囲も狭いことが確認された。

表11 汚染状況の詳細一覧

地区名	汚染範囲	汚染深度	VOC									重金属等		
			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	1,1,2-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	ベンゼン	鉛	砒素	ほう素
B地区	56区画	7m	11	—	—	—	0.6	—	0.16	0.05	0.83	0.06	0.06	1.4
D地区	40区画	15m	620	—	2	0.4	0.3	0.008	150	130	0.05	—	—	—
F地区	6区画	2m	0.002	—	0.001	—	0.008	—	0.002	0.007	0.004	—	—	—
G地区	21区画	8m	1.8	—	0.15	0.025	0.08	0.02	0.25	0.5	3.4	—	—	—
J地区	10区画	7m	0.17	—	0.007	—	0.12	—	—	0.04	0.07	—	—	—
K地区	35区画	2m	—	—	—	—	—	—	—	—	0.034	—	—	—
O地区	35区画	7m	70	0.06	0.8	—	5	—	2.3	0.1	1.6	—	—	—
N地区(※)	92区画	20m	1,500	0.025	0.2	—	4	—	8	120	7.1	—	—	—
環境基準値			0.02以下	0.002以下	0.004以下	0.02以下	0.04以下	0.006以下	0.03以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下	1以下

※ 参考値 凡例: 基準値の1-9倍 基準値の10-99倍 基準値の100-999倍 基準値の1,000倍以上 基準値の10,000倍以上 (単位: mg/l)

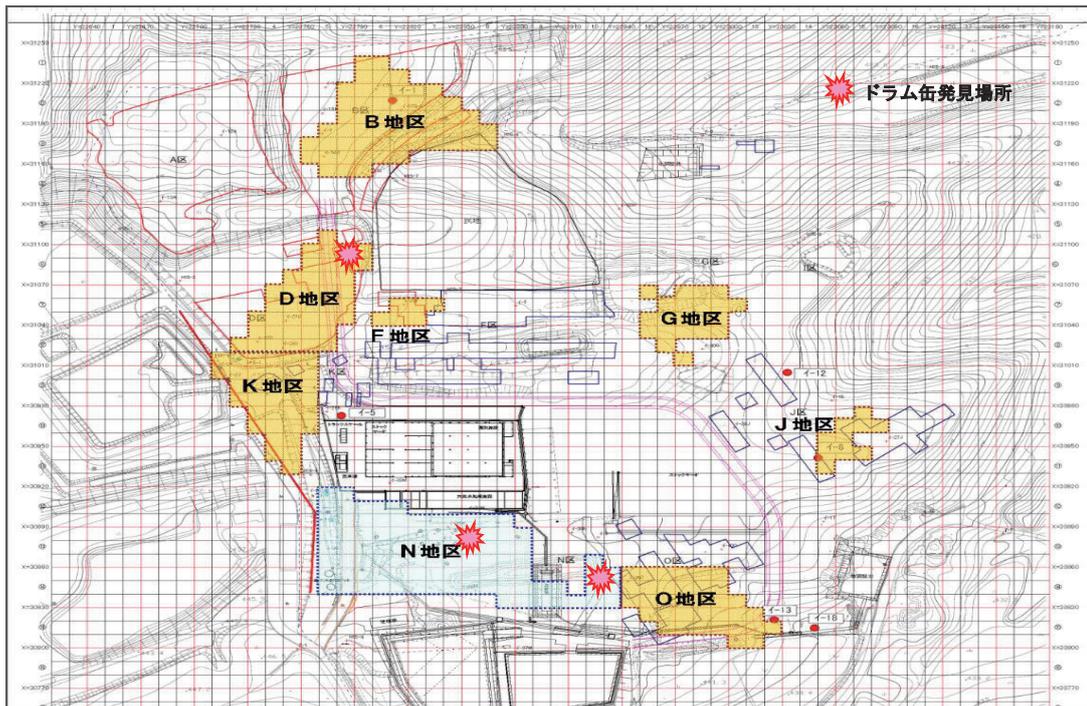


図14 7地区の汚染範囲

2) N地区での浄化実績に基づく工法の特徴等の整理

N地区では、これまでに掘削除去法、ホットソイル工法、揚水ばっ気法の施工が終了し、浄化の完了等を確認した。また、バイオレメディエーションは浄化が進行していることが確認できており、汚染土壌対策として活用できると言えた。減圧土壌ガス吸引工法についても、相当量の汚染物質が回収できることが確認できてきていることから、同じく汚染土壌対策工法として活用できる可能性が高かった。

これらの結果等を踏まえ、N地区での浄化実績を整理すると表12のとおりとなった。

表12 N地区での浄化実績一覧

分類	場外処分	場内浄化	現位置抽出		現位置分解	
工法名	掘削除去法	ホットソイル工法	揚水バッキ法	減圧土壌ガス吸引法	バイオレメディエーション	
工法概要	適用範囲	不飽和帯	不飽和帯	飽和帯	不飽和帯・飽和帯	飽和帯
	概要	・汚染土壌を掘削搬出し、外部処理	・掘削した汚染土壌に生石灰を混合し、反応熱により揮発処理	・汚染地下水を揚水し、水処理	・初期で飽和帯の汚染地下水を吸引、不飽和帯とした後、減圧下でガス吸引	・土壌中の微生物を活性化させることによりVOCを分解除去
	利点	・確実かつ短期間処理が可能	・汚染土を搬出しない。	・高濃度汚染に対応	・高濃度汚染に対応	・環境負荷が少ない。
	問題点	・処分費用大 ・高濃度汚染の場合は条件によりセメント資源化が困難	・飽和帯汚染ばある場合は、別途対策が必要	・他と比較して長期化 ・不飽和帯は不可 ・別途水処理が必要	・別途水処理が必要 ・周囲に矢板打設必要	・他と比較して長期化 ・不飽和帯は困難
浄化実績	施工期間	H20年7月-11月	H20年7月-11月	H21年6月-12月	H22年4月～	H21年4月～
	施工状況	浄化完了	浄化完了	浄化完了	試験施工中	施工中
	適用限界濃度	上限なし	環境基準値の1,000倍 (PCE濃度10mg/l以下)	上限なし	上限なし	環境基準値の100倍
	浄化目標	—	環境基準値以下	環境基準値の概ね50倍	環境基準値以下	環境基準値以下
	初期汚染濃度	環境基準値の1,000倍以上	DCM: 15mg/l TCE: 1.2mg/l PCE: 6mg/l ベンゼン: 0.4mg/l	DCM: 200mg/l TCE: 3.9mg/l PCE: 4.3mg/l ベンゼン: 5.6mg/l	DCM: 5.3mg/l TCE: 10mg/l PCE: 3.2mg/l ベンゼン: 0.66mg/l	DCM: 6.8mg/l TCE: 2.8mg/l PCE: 0.55mg/l ベンゼン: 2.8mg/l

※DCM：ジクロロメタン、TCE：トリクロロエチレン、PCE：テトラクロロエチレン

### 3) 発注等

N地区での発注方法や特措法の期限を考慮し、かつ事業者の技術力を最大限発揮させるために、設計・施工一括方式により、平成22（2010）年度からの3か年事業として7地区を一括発注することとした。

### (4) 浄化完了の見通しについて

#### 1) 浄化完了時期の予測

N地区の浄化について、平成22（2010）年度末の目標は「平成24（2012）年度末までに浄化の完了が見込まれること」である。浄化の完了時期については、汚染土壌対策技術検討委員会からの助言等も踏まえて、これまでの浄化傾向から近似式（汚染濃度の低下傾向から予測される右下がり直線を引いた）から浄化時期を導き出した。その結果、ベンゼンを除く汚染物質は平成23（2011）年度末までに、ベンゼンは平成24（2012）年度中に環境基準値レベルに到達する結果となった。

県境3区画は、10月からバイオレメディエーション浄化に移行したところであるが、揚水ばっ気からバイオレメディエーションに移行した区画は浄化の進捗が速い傾向があること、また、汚染の残留濃度が比較的高い区画は栄養剤の追加注入などの対応を行っていることから、浄化期間の短縮が見込まれた。

#### 2) 汚染源の除去状況

N地区においては、次のとおり様々な浄化対策によって汚染源を除去してきており、再汚染のおそれはないと見込まれた。

- ① 汚染源となっていた廃油（VOC）入りドラム缶を撤去
- ② ドラム缶投棄場所周辺の高濃度汚染土壌を含めて、不飽和帯の汚染土壌を除去（ホットソイルにて浄化）
- ③ 揚水ばっ気により、飽和帯のVOCによる汚染を大幅に低減

### 3) 対応方針

#### ① 浄化状況の評価

今後の地下水質モニタリング結果において、上記の浄化傾向予測の範囲内で汚染濃度が減少した場合、平成24（2012）年度末までに浄化完了の概ねの目処が立つものと考えられた。

土壤に関して、深度ごとでは一部に汚染の残留は懸念されるが、地下水の汚染物質の減少傾向と概ね同様の傾向が確認できると考えられることから、浄化確認ボーリングの結果を確認しながら、評価していくこととした。

#### ② 土壤の調査

長期間地下水モニタリングにて環境基準値をクリアしている区画については、12月を目処に土壤の浄化確認ボーリングを実施することとした。

その他の区画にあっても、ある程度汚染濃度が低下した段階（平成23（2011）年1月を目処）で、土壤の浄化確認ボーリングを実施し、浄化傾向を確認することとした。

### (5) N地区の「汚染土壌対策」の進捗状況

これまで高濃度の汚染が残っていた県境の3区画を含め、浄化対象の全87区画のうち67区画（77%）で地下水が環境基準値以下となった（図15のとおり）。

基準値を超過した20区画においても、汚染濃度が基準値の20倍以下まで低下し、11区画が5倍以下となるなど、汚染物質の99.7%を分解・除去できた状況となった。（図16のとおり）。

このペースで浄化が進捗すると、平成24（2012）年度末までに全区画で環境基準値以下への浄化が見込まれた。

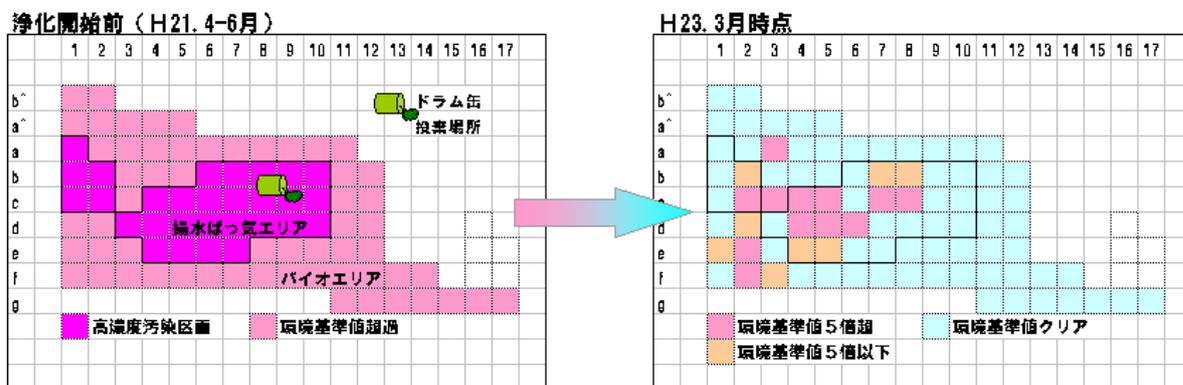


図15 N地区の浄化進捗状況

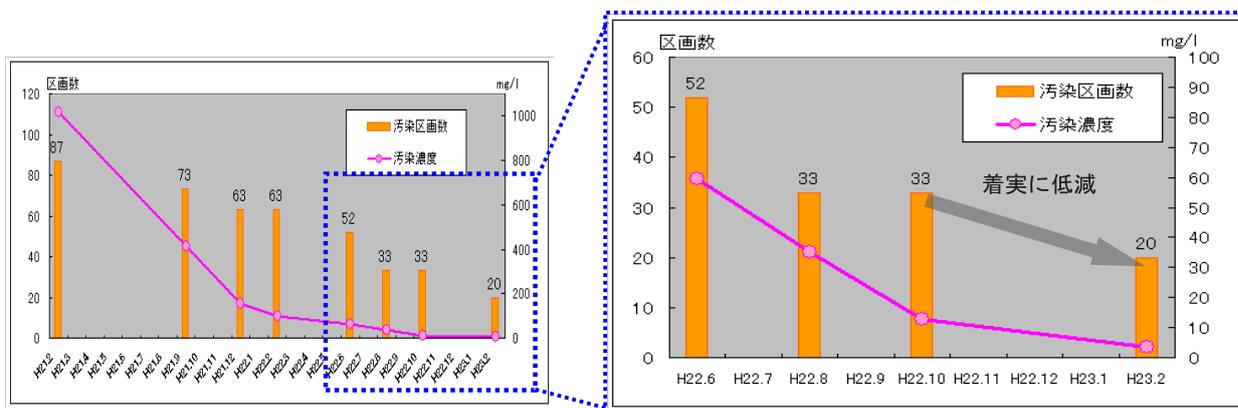


図16 汚染区画数と汚染濃度の変化

(6) 東日本大震災津波の発生について

平成23（2011）年3月11日、東日本大震災津波が発生し、平成22（2010）年度末は現場作業の全てを一旦休止した。（41ページ参照）

(7) N地区以外の7地区の浄化業務等契約

平成22（2010）年12月に汚染土壌対策業務契約を締結し、4月以降の浄化作業に向けて、汚染状況の詳細調査や浄化工事の準備を開始した。

なお、速やかに作業に着手し、平成23（2011）年5月中を目途に詳細設計（浄化計画）を取りまとめるとともに、平成23（2011）年度の早い時期から本格的な浄化作業に着手できるよう、冬期間ではあるが、現場でのボーリング作業等を進めることとした。



写真11 冬期間作業の様子

## 8 平成23（2011）年度の対応

最も汚染濃度の高いN地区の浄化作業を進めるとともに、他7地区の汚染範囲、汚染濃度を調査し、水処理設備を設置して浄化作業を開始した。

(1) 7地区（B,D,F,G,J,K及びO地区）の汚染土壌対策業務の進捗状況

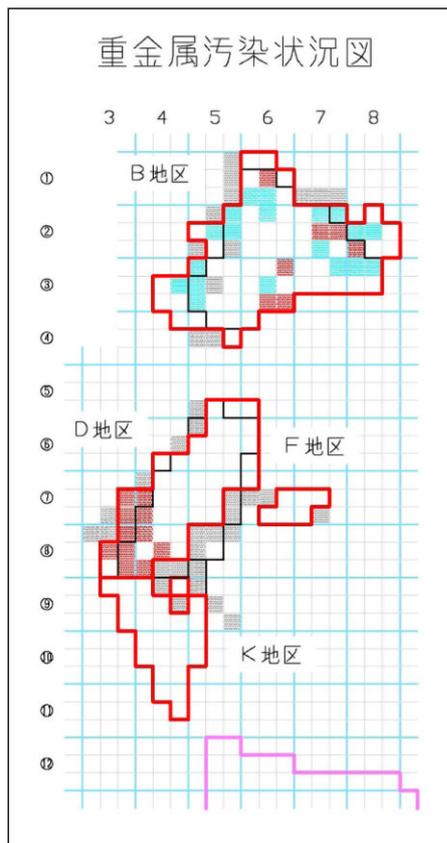
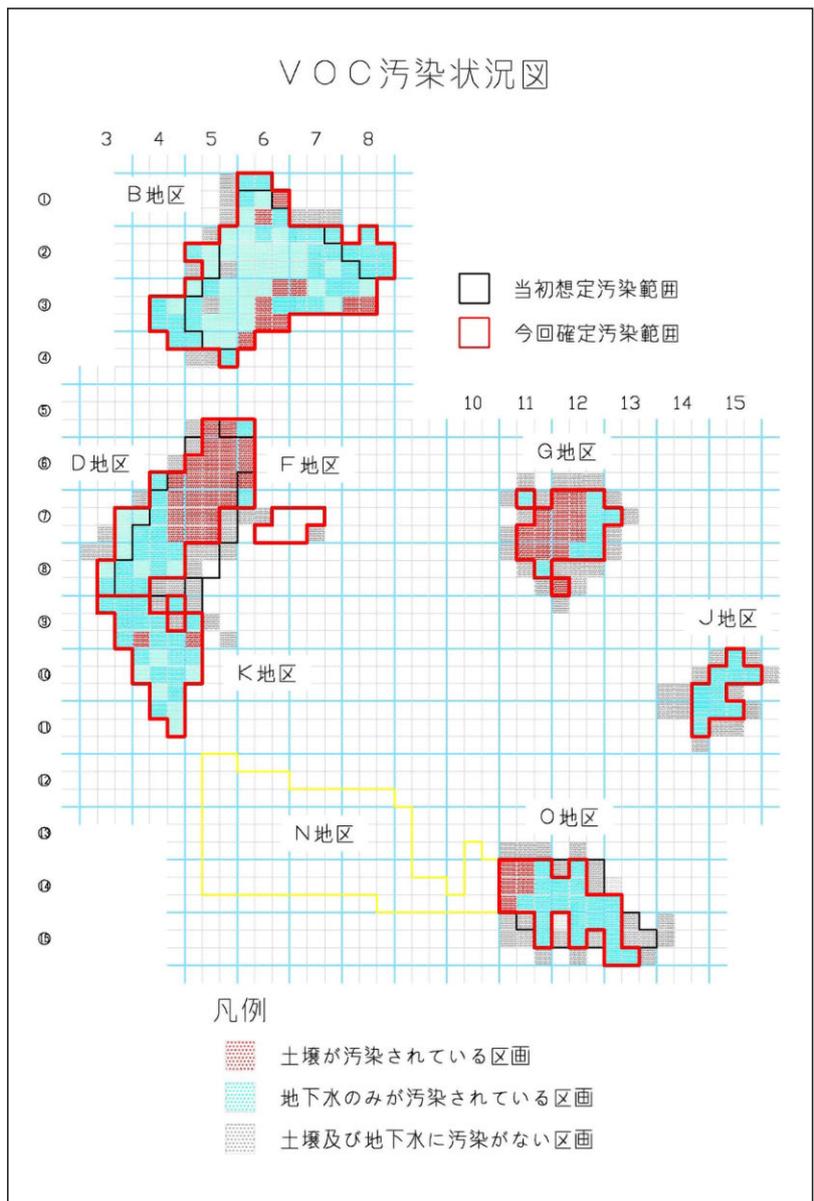
1) 汚染状況

平成23（2011）年1月から汚染状況の詳細調査を開始し、汚染範囲及び汚染濃度が概ね確定した。

汚染範囲については、平成22（2010）年度に想定していたエリアに比べ、B及びD地区で増加、K及びO地区で減少した（**図17**のとおり）。

汚染物質については、当初B地区だけで確認していた重金属汚染をD地区でも確認した。

汚染濃度については、D地区のドラム缶埋設場所付近で非常に高く、土壌及び地下水のそれぞれにおいて環境基準値の1～10万倍のVOC汚染を確認。その他、B、G及びO地区で環境基準値の100倍～1,000倍の汚染が確認された（**表13**のとおり）。



	汚染範囲区画数		
	当初想定	今回調査	増減
B地区	56	77	+ 21
D地区	44	46	+ 2
F地区	6	6	0
G地区	21	21	0
J地区	10	10	0
K地区	30	26	- 4
O地区	35	25	- 10
合計	202	211	+ 9

図17 7地区の汚染状況

表13 各地区の汚染濃度（最大値抜粋）

B地区	土壌		地下水	基準値
	不飽和帯	飽和帯		
ジクロロメタン	0.80	0.40	11	0.02
四塩化炭素	ND	ND	ND	0.002
1,2-ジクロロエタン	0.007	ND	0.067	0.004
1,1-ジクロロイソブレン	ND	ND	0.002	0.1
シス-1,2-ジクロロイソブレン	0.030	0.004	0.60	0.04
1,1,1-トリクロロイソブレン	ND	ND	0.002	1
1,1,2-トリクロロイソブレン	ND	ND	ND	0.006
トリクロロイソブレン	0.006	0.003	0.26	0.03
テトラクロロイソブレン	0.008	ND	0.54	0.01
ベンゼン	0.011	0.039	0.83	0.01
カドミウム	ND	ND	ND	0.01
鉛	0.10	0.04	0.07	0.01
六価クロム	ND	ND	0.19	0.05
砒素	0.06	0.03	0.04	0.01
フッ素	1.8	ND	1.7	0.8
セシウム	1.5	ND	2.9	1

D地区	土壌		地下水	基準値
	不飽和帯	飽和帯		
ジクロロメタン	270	270	3000	0.02
四塩化炭素	ND	0.001	0.024	0.002
1,2-ジクロロエタン	0.042	0.083	5.9	0.004
1,1-ジクロロイソブレン	0.62	0.30	0.50	0.1
シス-1,2-ジクロロイソブレン	0.67	10	83	0.04
1,1,1-トリクロロイソブレン	0.10	0.032	2.6	1
1,1,2-トリクロロイソブレン	0.001	0.002	0.066	0.006
トリクロロイソブレン	50	46	400	0.03
テトラクロロイソブレン	85	97	260	0.01
ベンゼン	0.30	0.10	2.1	0.01
カドミウム	ND	ND	ND	0.01
鉛	ND	ND	ND	0.01
六価クロム	ND	ND	ND	0.05
砒素	0.16	0.08	0.50	0.01
フッ素	5.7	2.8	1.1	0.8
セシウム	1.7	1.1	1.4	1

F地区	土壌		地下水	基準値
	不飽和帯	飽和帯		
ジクロロメタン	ND	ND	ND	0.02
四塩化炭素	ND	ND	ND	0.002
1,2-ジクロロエタン	ND	ND	0.001	0.004
1,1-ジクロロイソブレン	ND	ND	ND	0.1
シス-1,2-ジクロロイソブレン	ND	ND	ND	0.04
1,1,1-トリクロロイソブレン	ND	ND	ND	1
1,1,2-トリクロロイソブレン	ND	ND	ND	0.006
トリクロロイソブレン	ND	ND	0.002	0.03
テトラクロロイソブレン	ND	ND	0.007	0.01
ベンゼン	ND	ND	0.004	0.01

G地区	土壌		地下水	基準値
	不飽和帯	飽和帯		
ジクロロメタン	4.5	0.050	1.8	0.02
四塩化炭素	ND	ND	ND	0.002
1,2-ジクロロエタン	0.40	ND	0.15	0.004
1,1-ジクロロイソブレン	0.019	0.003	0.025	0.1
シス-1,2-ジクロロイソブレン	0.17	0.008	0.080	0.04
1,1,1-トリクロロイソブレン	0.007	ND	0.003	1
1,1,2-トリクロロイソブレン	0.014	0.001	0.020	0.006
トリクロロイソブレン	0.80	0.020	0.25	0.03
テトラクロロイソブレン	1.0	0.10	0.30	0.01
ベンゼン	0.30	0.008	3.4	0.01

J地区	土壌		地下水	基準値
	不飽和帯	飽和帯		
ジクロロメタン			0.17	0.02
四塩化炭素			ND	0.002
1,2-ジクロロエタン			0.007	0.004
1,1-ジクロロイソブレン			0.001	0.1
シス-1,2-ジクロロイソブレン			0.12	0.04
1,1,1-トリクロロイソブレン			0.011	1
1,1,2-トリクロロイソブレン			ND	0.006
トリクロロイソブレン			0.030	0.03
テトラクロロイソブレン			0.040	0.01
ベンゼン			0.070	0.01

K地区	土壌		地下水	基準値
	不飽和帯	飽和帯		
ジクロロメタン	0.077	0.014	1.0	0.02
四塩化炭素	ND	ND	ND	0.002
1,2-ジクロロエタン	0.002	0.002	0.013	0.004
1,1-ジクロロイソブレン	ND	ND	ND	0.1
シス-1,2-ジクロロイソブレン	0.080	0.021	0.34	0.04
1,1,1-トリクロロイソブレン	ND	ND	0.007	1
1,1,2-トリクロロイソブレン	0.001	ND	ND	0.006
トリクロロイソブレン	0.019	0.011	0.10	0.03
テトラクロロイソブレン	0.37	0.010	0.10	0.01
ベンゼン	0.020	0.002	0.062	0.01

※汚染土壌は撤去仮置き済

O地区	土壌		地下水	基準値
	不飽和帯	飽和帯		
ジクロロメタン	1.7	2.2	80	0.02
四塩化炭素	ND	ND	0.060	0.002
1,2-ジクロロエタン	0.013	0.030	0.80	0.004
1,1-ジクロロイソブレン	0.10	ND	0.013	0.1
シス-1,2-ジクロロイソブレン	0.30	0.26	5.0	0.04
1,1,1-トリクロロイソブレン	0.029	0.007	0.032	1
1,1,2-トリクロロイソブレン	0.001	ND	0.003	0.006
トリクロロイソブレン	0.71	0.030	2.3	0.03
テトラクロロイソブレン	0.74	0.012	0.10	0.01
ベンゼン	0.11	0.10	1.6	0.01

(数値は例)

溶出量	0.01
第二溶出量	0.1
100倍超過	1.0
1000倍超過	10.0
(表中数値の単位は mg/L)	

2) 7地区の浄化工法

7地区の浄化工法に関しては、第42回原状回復対策協議会（第11回汚染土壌対策技術検討委員会）にて、N地区の浄化実績等を踏まえて基本方針及び浄化工法を確認していたが、最新の汚染状況等を踏まえて整理したものについても、基本的な考え方は変えずに対応できると見込まれた。

最終的な対応方針として表14に記載のとおり整理し、対応することとした。

<基本方針>

- ・VOC汚染対策は原則として不飽和帯と飽和帯に区分した対策とし、不飽和帯は「生石灰混合法」、飽和帯は「バイオレメディエーション」とする。
- ・重金属汚染土壌対策は「掘削除去」、重金属汚染地下水対策は「揚水法（立坑を利用した釜場揚水）」とする。
- ・VOC高濃度汚染土壌対策は「掘削除去」とする。
- ・VOC高濃度汚染範囲周辺部は「揚水法（立坑を利用した釜場揚水）」、「バイオレメディエーション」を併用する。
- ・廃棄物が残存するF、K及びO地区のうち、F及びK地区は廃棄物除去後に施工開始し、O地区は廃棄物除去前に先行施工とする。

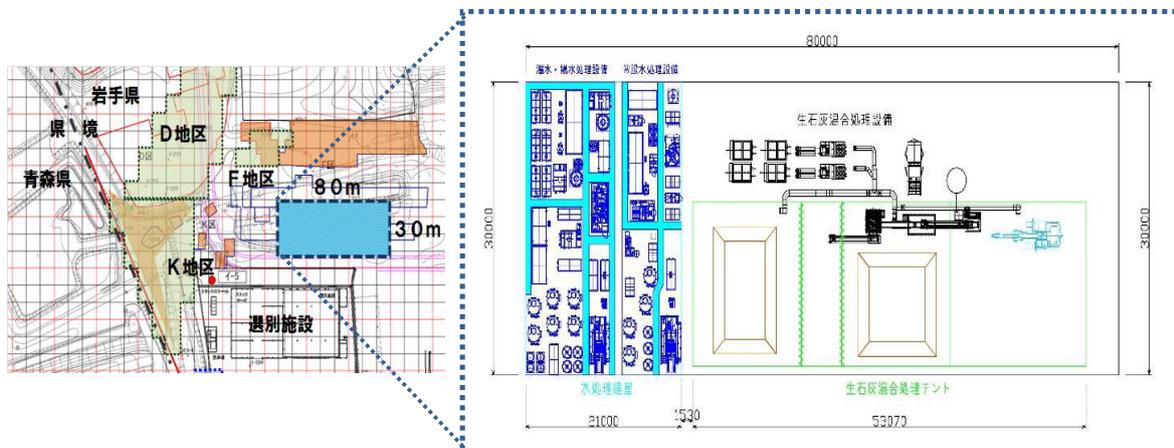
表14 地区ごとの浄化工法一覧（以前に示したものと比較）

	第11回技術検討委員会（H22.7.10）	最新の対策方針
B地区	汚染土壌 : 掘削除去 地下水（重金属） : 地下水揚水処理 （VOC） : バイオレメディエーション	汚染土壌（重金属） : 掘削除去（場外搬出） （VOC） : 生石灰混合処理 汚染地下水 : 注水併用揚水（立坑による釜場揚水）
D地区	高濃度汚染土壌 : 掘削除去 不飽和帯 : 生石灰混合処理 飽和帯（先行） : 揚水ばっき or S K K工法 （後処理） : バイオレメディエーション	汚染土壌（重金属） : 掘削除去（場外搬出） （VOC高濃度） : 掘削除去（場外搬出） （VOC中濃度） : 生石灰混合処理 （VOC低濃度） : バイオレメディエーション 汚染地下水 : 揚水（立坑による釜場揚水）
F地区	不飽和帯 : 生石灰混合処理 飽和帯 : バイオレメディエーション	※ドラム缶除去後に詳細調査
G地区	不飽和帯 : 生石灰混合処理 飽和帯 : バイオレメディエーション	不飽和帯（後施工） : 生石灰混合処理 飽和帯（先行） : バイオレメディエーション
J地区	不飽和帯 : 生石灰混合処理 飽和帯 : バイオレメディエーション	汚染土壌（仮置済） : 生石灰混合処理 汚染地下水 : バイオレメディエーション
K地区	不飽和帯 : 生石灰混合処理 飽和帯 : バイオレメディエーション	※廃棄物除去後に汚染状況再確認 不飽和帯 : 生石灰混合処理 飽和帯 : バイオレメディエーション
O地区	不飽和帯 : 生石灰混合処理 飽和帯 : バイオレメディエーション	NO隣接区画 : S K K工法 or 生石灰混合処理 汚染地下水 : バイオレメディエーション

※S K K工法：減圧ガス吸引工法の別名称。

3) 浄化関連施設の設置

浄化工事に併せて、浄化工に必要となる①県境域水処理設備、②濁水・揚水水処理設備、③生石灰混合設備をF地区に設置した。設置終了後は速やかに運用を開始した。



① 県境域水処理設備

県境域の汚染地下水の処理とともに地区内の地下水位を制御するための水処理施設。揚水原水に濁度はほとんどないものの、D地区揚水はVOC濃度が高いため、促進酸化処理を付加した処理設備とする。

【処理能力：8 t / h】

② 濁水・揚水水処理設備

地下水位面以下の掘削による汚染を伴った濁水、掘削面への降雨によって発生する濁水、掘削立坑からの釜場揚水にて揚水する汚染地下水等を処理する水処理施設。

重金属・VOC・濁度を調整する処理設備とする。【処理能力：20 t / h】



写真12 7地区浄化のための水処理施設2系統

(3) N地区の震災影響等（地下水位と汚染濃度変化）

平成23（2011）年3月及び4月実施のモニタリングにおいて、実施区画の多くで1,2-ジクロロエタン及びベンゼンの濃度上昇が確認された。

N地区では平成23（2011）年1月～2月の厳冬期に地下水位が低下したが、3月に入り気

温の上昇とともに水位が上昇し、併せて3月11日に発生した東日本大震災津波の影響により西側県境部の地下水の揚水が停止したため、3月末にかけて大きく地下水位が上昇した。それと連動するように、1,2-ジクロロエタン及びベンゼンの地下水濃度が上昇した。

この変化は環境基準の1.5倍ほどのものであったため、地下水位が変動する範囲に存在する汚染の痕跡が影響したものと考えられた。

なお、1,2-ジクロロエタン及びベンゼン以外の物質の顕著な増加は見られなかった。これは、ほとんどの汚染がすでに存在せず、汚染物質の濃度がエリア全体として非常に低いレベルにあるためと考えられた。

8月にも降雨等の影響によりN地区の水位上昇が確認されたが、この時にはいずれの物質も汚染濃度の上昇はなく、汚染物質のほとんど確認できない低いレベルとなっていることを表していると考えられた。

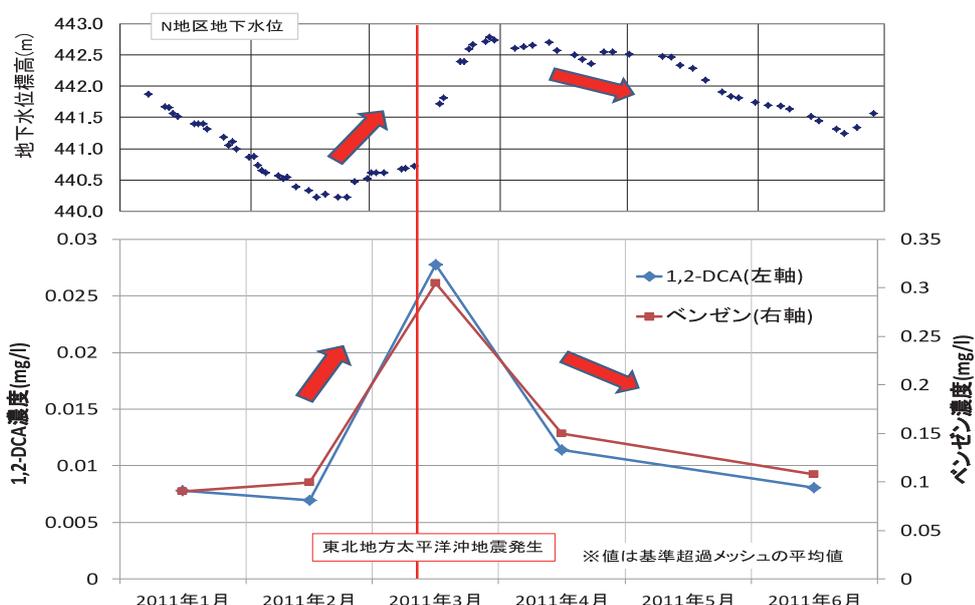


図18 平成23（2011）年3-4月前後の地下水位変動と汚染濃度の変化

(4) N地区の汚染土壌対策の進捗状況等

1) 汚染残留区画の状況

N地区の平成20（2008）年度から平成23（2011）年1月までの汚染濃度の経時変化を基にして、浄化傾向予測を行った結果において、平成23（2011）年10月時点での汚染残留区画数は15区画と推定していたが、実際の10月のモニタリング結果では汚染区画数は9区画であり、予測を上回る浄化進捗となり、概ね順調に浄化が進んでいることが確認できた。

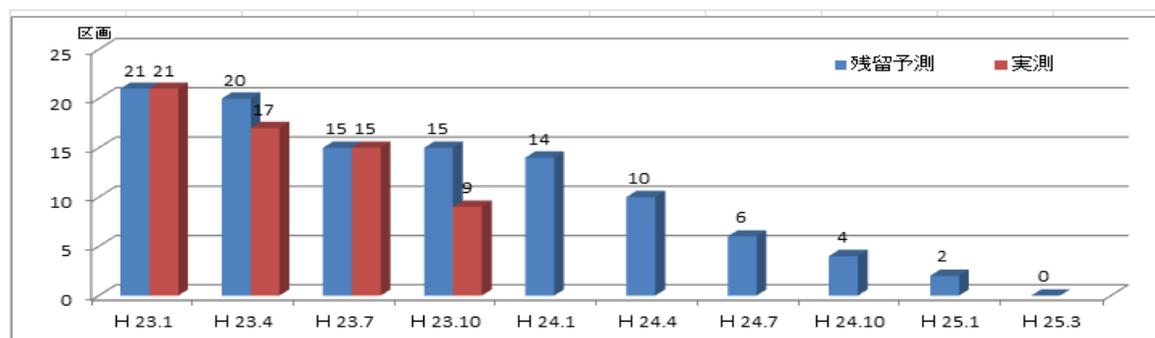


図19 汚染残留区画数の減少予測及び実測

2) 汚染の残った区画に対する対応

汚染の残った区画については、主にベンゼン（一般的には好気性環境下で分解）及び1,2-ジクロロエタンでバイオレメディエーション浄化による分解が進行しにくい傾向であった。これまでバイオレメディエーションによる浄化を実施してきたが、汚染残留区画の多くで濃度が低下しにくい状態にあることが確認され、地下水のORPの上昇（嫌気性バイオによる浄化に適さない状態）などもみられることから、バイオレメディエーション浄化以外で汚染物質の積極的な低減を図るために、現場設備にて速やかに対応できる地下水揚水を実施することとした。併せて2か月に1回実施していたモニタリングを、当面半月に1回実施し、地下水揚水による濃度低減効果の確認を行い、並行して地下水揚水以外の対応方法（好気性環境下でのバイオレメディエーションや化学的処理など）についても検討することとした。

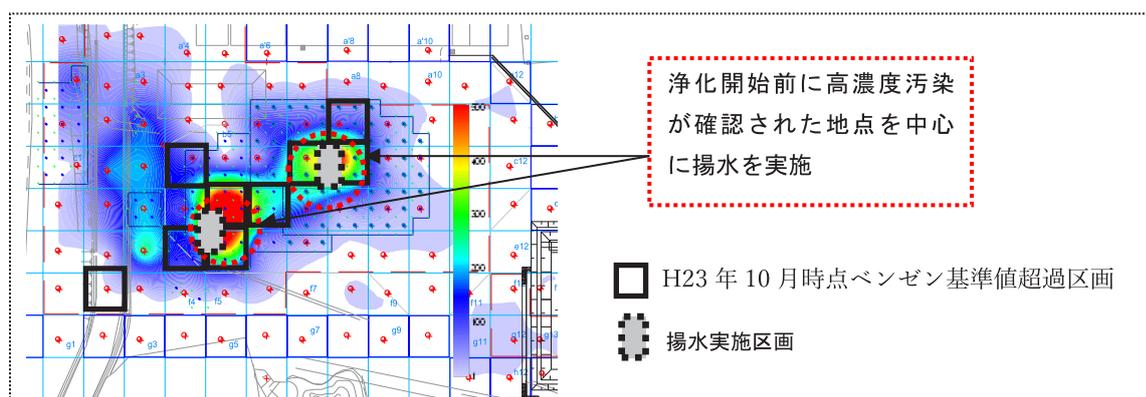


図20 揚水浄化実施図

(5) フェントン工法

D地区の高濃度VOC汚染範囲において、掘削が難しくなるGL-14m以深にも飽和帯汚染が存在するため、それらに速やかに対応できる対策工を検討することとした（当初はバイオレメディエーションの計画）。

結果として、下表のとおりフェントン工法を採用することとして、現場土壌でも浄化可能であるか試験し、浄化可能であることを確認した。GL-14m程度まで掘削した後、汚染状況を再確認のうえフェントン工法にて浄化することとした。

（汚染土壌対策技術検討委員会協議事項）

工法	掘削除去	バイオ	鉄粉	フェントン
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・確実な汚染除去</li> <li>・安価（既設生石灰混合処理施設利用）</li> <li>・施工期間最短</li> <li>・短期浄化完了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場内実績あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工期間短い</li> <li>・浄化完了短い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工期間短い</li> <li>・浄化完了短い</li> <li>・ベンゼン対応可</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土留め不足</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工期間長い</li> <li>・浄化期間長い</li> <li>・ベンゼン対応難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ベンゼン対応難</li> <li>・現場内実績なし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場内実績なし</li> </ul>
工期	○	×	○	○
施工可能性	×(○)	○	○	○
費用	○	△	△	△
ベンゼン対応	○	△(×)	×	○
現場内実績	○	○	×	×
判定	×(○)	×	×	◎

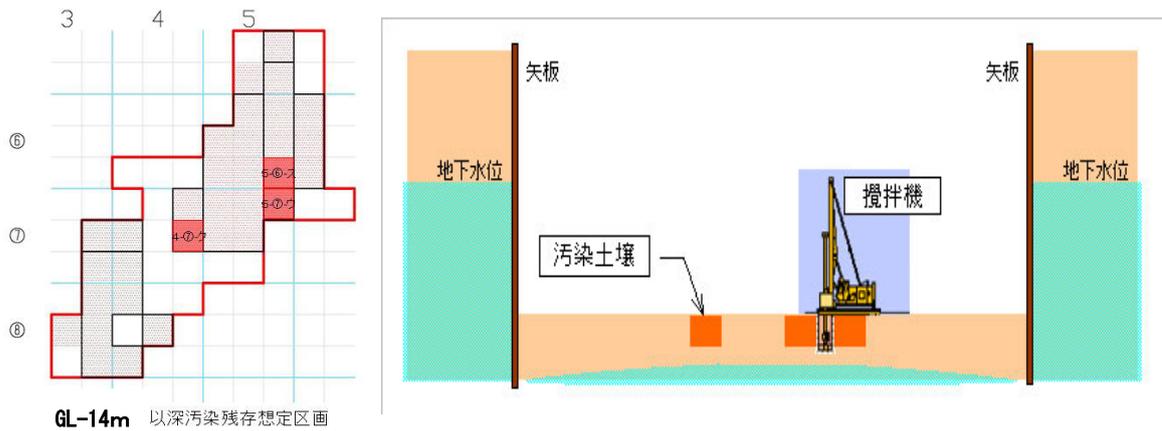


図21 D地区でのフェントン工法適用概念図

(6) 平成23 (2011) 年度の事業実績

1) N地区の「汚染土壌対策」の進捗状況

最新のモニタリング結果は12月末時点（以降は厳冬期のため実施できず）のものとなるが、浄化対象87区画中78区画（89.7%）で地下水が環境基準値以下の状況となった。

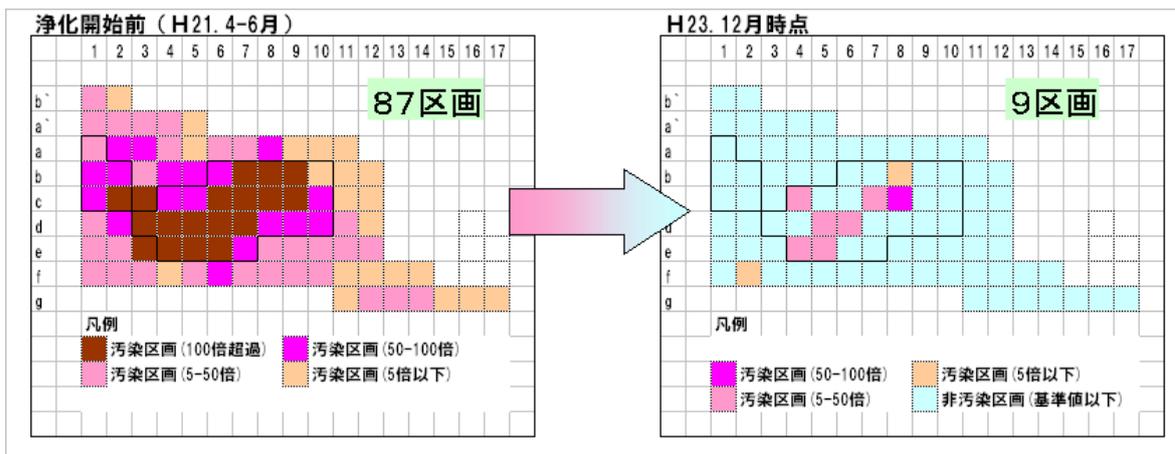


図22 汚染濃度の変化（基準値超過区画）

N地区においては、これまでバイオレメディエーションによる浄化を実施してきたが、汚染が残留している9区画の多くでベンゼン等の濃度が低下しにくい状態であったことから、汚染物質の積極的な低減を図るために地下水揚水を実施した（厳冬期前の11月～12月までの1か月間）。

1か月で24m<sup>3</sup>揚水した結果、揚水前に比べて約15%汚染が減少したことを確認した。

冬期間のため、一旦揚水を休止したが、平成24 (2012) 年度早々に再開し、当面揚水による浄化を実施することとした。また、地下水揚水以外の対応方法（好気的環境下でのバイオレメディエーションや化学的処理など）についても継続検討することとした。

2) N地区以外の7地区「汚染土壌対策」の進捗状況

平成23 (2011) 年度に入り、本格的な浄化工に着手してきたが、4地区の不飽和帯で浄化完了するなど、概ねスケジュールに沿って浄化対策が実施できた。

汚染区画数も不飽和帯を中心に順調に減少しており、不飽和帯で88区画中61区画（69%）、飽和帯で215区画中37区画（17%）の浄化を完了した。

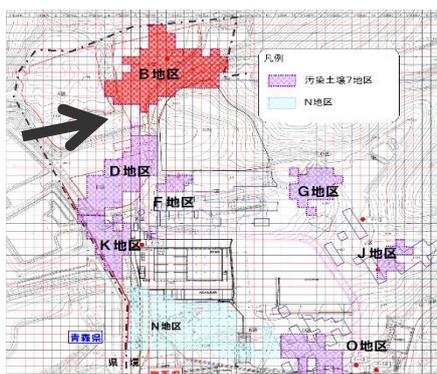
表15 各地区の浄化進捗状況

		浄化開始前	H24.2末時点(減数)	進捗状況
B地区	不飽和帯	20	0(Δ20)	浄化完了
82区画	飽和帯	82	82	揚水処理中
D地区	不飽和帯	38	9(Δ29)	浄化進捗74%
50区画	飽和帯	50	50	不飽和帯対策後着手
F地区	不飽和帯	6	0	浄化完了
6区画	飽和帯	2	2	汚染調査実施中
G地区	不飽和帯	13	13	今年度中に着手(土壌置場確保の関係)
21区画	飽和帯	20	9(Δ11)	浄化進捗55%
J地区	不飽和帯	4	0(Δ4)	浄化完了
10区画	飽和帯	10	2(Δ8)	浄化進捗80%
K地区	不飽和帯	2	0(Δ2)	浄化完了
26区画	飽和帯	26	20(Δ6)	揚水浄化準備中
O地区	不飽和帯	5	5	今年度中に着手
25区画	飽和帯	25	13(Δ12)	浄化進捗48%
合計	不飽和帯	88	27(Δ61)	浄化進捗69%
220区画	飽和帯	215	178(Δ37)	浄化進捗17%
		(単位:区画)	(単位:区画)	

主な地区の作業状況等は次のとおり。

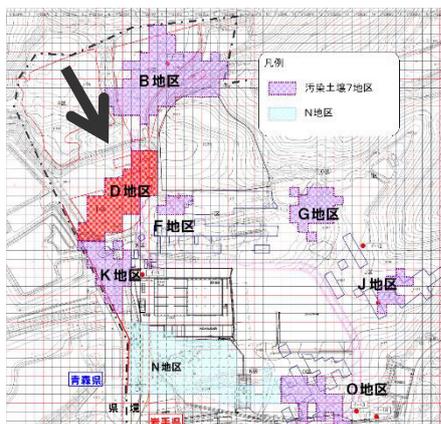
<B地区>

- ① 不飽和帯の浄化完了(写真は重金属汚染箇所を掘削除去している状況)。
- ② 飽和帯浄化のために地形整形を行い、集水井を設置(掘削除去した立て坑も活用)して汚染水を集めて浄化を実施。



### <D地区>

- ① 高濃度VOC汚染及び重金属汚染区画は掘削除去（外部搬出又はホットソイル）の作業に着手。
- ② 写真は掘削除去のための鋼矢板打設中の様子。

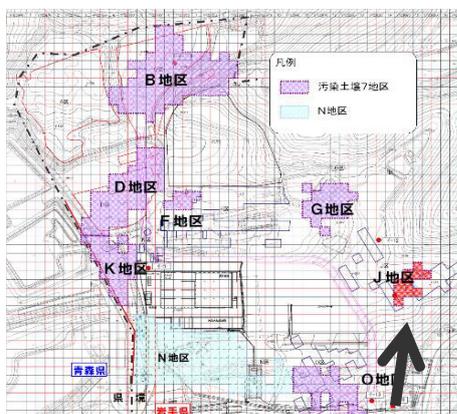


### <G地区>

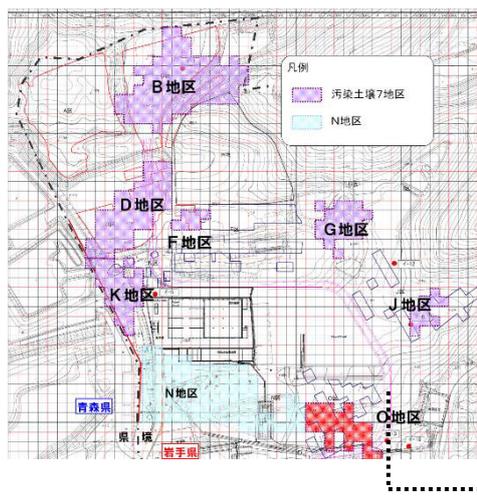
飽和帯のバイオレメディエーション用の井戸設置・栄養剤の注入を終了しモニタリングを実施。

### <J地区>

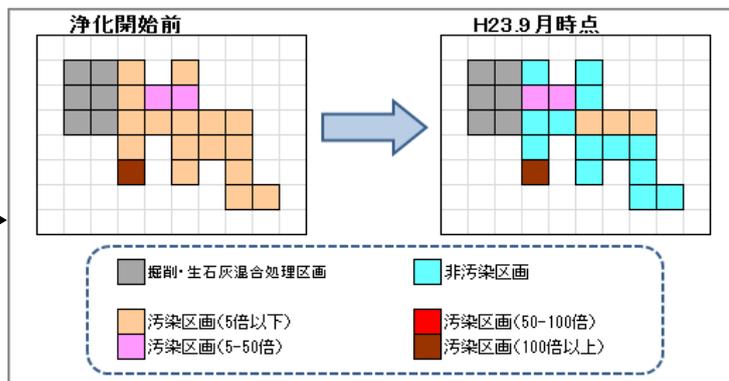
- ① 不飽和帯の浄化が完了。
- ② 飽和帯のバイオレメディエーション用の井戸設置・栄養剤の注入を終了しモニタリングを実施。
- ③ 写真は井戸設置の様子。



<O地区>



- ① 飽和帯のバイオレメディエーション用の井戸設置・栄養剤の注入が終了しモニタリングを実施。
- ② 9月の1回目のモニタリングでは、浄化対象19区画のうち、13区画で地下水が環境基準値以下となった。
- ③ 平成24（2012）年3月から不飽和帯浄化のために掘削してホットソイルを実施。



(7) 県境北部地区における1,4-ジオキサンの汚染範囲確認

県境北部の鋼矢板が設置されていない地区の青森県側のモニタリング井戸（ア-25-2）において、1,4-ジオキサンが地下水環境基準値を超過して検出された。

県境部周辺（A地区）の既存井戸等を活用して汚染状況調査を実施したが、今後の対応のためにも詳細な汚染範囲の確認が必要であることから、青森県と共同して詳細な調査等を実施することとした。

汚染土壌委員会委員などからの助言等により、ボーリング位置、分析項目などを両県で調整しながら進めることとして、平成24（2012）年度に調査を実施することとした

## 9 平成24（2012）年度の対応

汚染土壌・地下水の浄化作業を進めたが、処理困難物質（1,4-ジオキサン）があるため、新水処理施設を設置した。併せて、事業期間の延長、処理困難物質（1,4-ジオキサン）の浄化等に関する実施計画を変更した。

### (1) N地区の汚染土壌対策

汚染残留区画においてボーリング調査を実施し、高濃度スポットの範囲・深度を確認した結果、GL-6～-10m付近の深度において基準値を超過している土壌を確認した（図23、24参照）。

特に汚染濃度が高いc-7は、GL-8～-9m付近で、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、ベンゼンが基準値を5倍以上超過していた。

汚染濃度が高く透水性の低い2区画（c-7、c-8）は、GL-6m以下に位置しており、飽和帯（地下水位より下）であることから掘削除去という工法は適さなかった。

そのため、フェントン工（化学的処理）による浄化とし、一方、比較的汚染濃度が低く透水性の高い、その他の5区画（c-4、d-5、d-6、e-4、e-5）は、引き続き揚水工による浄化を行った。

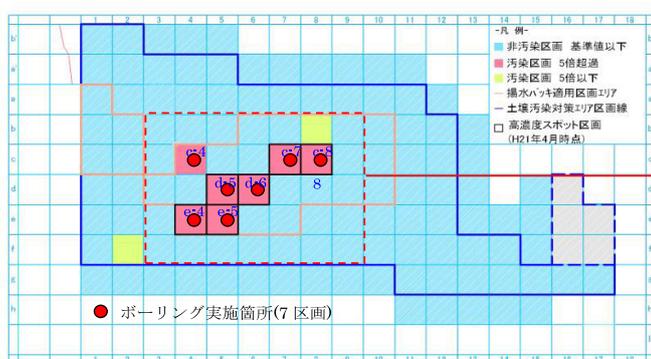


図23 高濃度スポットボーリング調査実施箇所

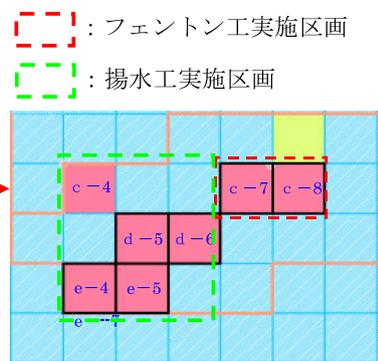


図24 対策工実施拡大図

フェントン工施工後、浄化完了確認検査を実施した結果、施工箇所の2区画（c-7、c-8）が基準値以下となったことを確認した。

汚染残留区画（d-6、e-5）の2区画については、ボーリング調査によりGL-9m付近まで汚染が認められたことから、その深さまで揚水が可能となるよう揚水用ボーリング孔を新設した。

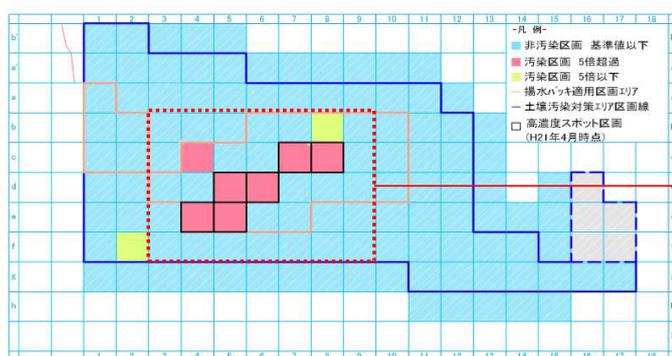


図25 対策工実施箇所

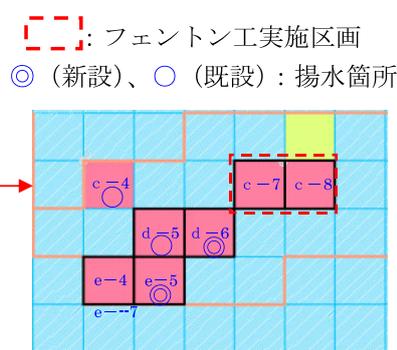


図26 対策工実施拡大図

### (2) 7地区（B、D、F、G、J、K及びO地区）の汚染土壌対策

#### <B地区>

不飽和帯の浄化が完了し、飽和帯浄化のための地形整形、立坑釜場及び集水井戸の設置が完了したことから、釜場等からの揚水による浄化処理を開始した。

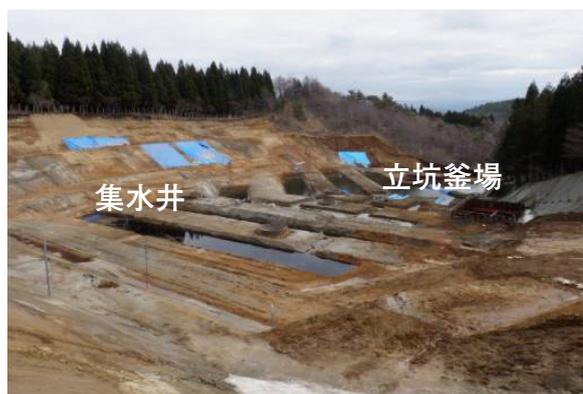


写真13 立坑釜場及び集水井戸の設置状況

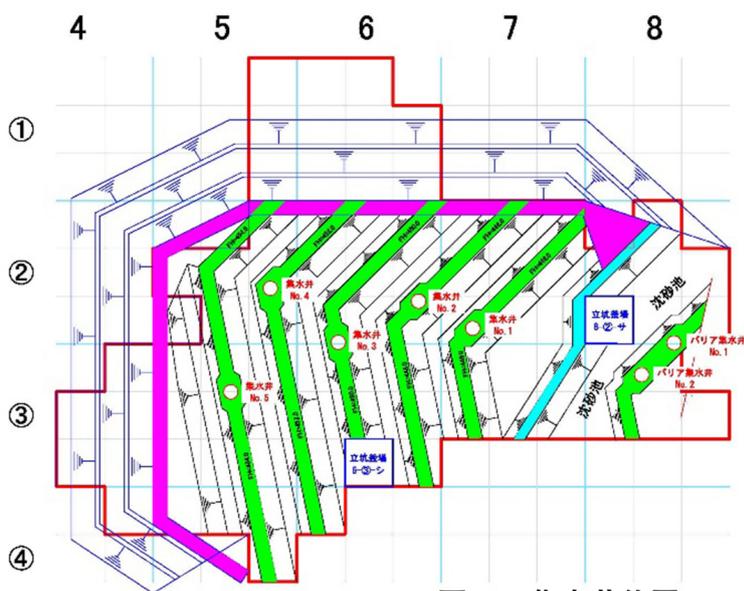


図27 集水井位置

<D地区>

VOC高濃度汚染部、重金属部では土留工の設置が完了し、汚染土壌の掘削除去を進めた。掘削が完了した立坑を利用し、釜場揚水による浄化を開始した。



写真14 D地区施工状況  
(VOC高濃度汚染範囲)



写真15 D地区施工状況  
(重金属汚染範囲)

<F地区>

浅い深度のVOC汚染土壌は掘削除去し、生石灰混合処理設備にて浄化処理した。VOC汚染土壌及びVOC汚染地下水は、掘削影響範囲に水処理設備及び生石灰混合処理設備が存在するため、フェントン工にて浄化処理した。



写真16 F地区施工状況

< K地区 >

廃棄物除去後にモニタリングを実施した結果、VOC汚染土壌は廃棄物とともに全て除去され、VOC地下水汚染のみとなった。

VOC汚染地下水対策として循環揚水工を実施することとし、循環揚水設備として、吸引井戸と注入井戸を4m千鳥配置にて設置した。その他、K地区内にVOC水処理設備を設置した。

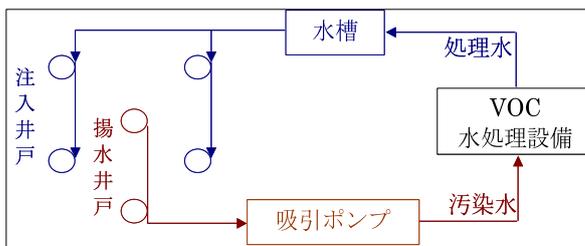


図28 循環揚水設備模式図



写真17 K地区施工状況

< G地区 >

バイオレメディエーション栄養剤注入作業は平成23（2011）年9月下旬に完了し、飽和帯の浄化が確認できたことから、平成24（2012）年3月より生石灰混合処理のための掘削作業を開始した。

< J地区 >

VOC汚染土壌の生石灰混合処理、バイオレメディエーション栄養剤注入作業は平成23（2011）年8月に完了した。

< O地区 >

バイオレメディエーション栄養剤注入作業は平成23（2011）年7月上旬に完了、平成24（2012）年3月よりNO地区隣接部で掘削除去を開始した。またNO地区隣接部でフェント工を実施した。

平成22（2010）年度から7地区（B、D、F、G、J、K及びO地区）の浄化対策を実施してきたが、N地区での経験や汚染土壌委員会での助言等を踏まえて鋭意対応したことにより、平成24（2012）年12月末までに下表のとおりすべての浄化対策工を完了することができた。

表16 浄化対策の内容

	土壌	地下水
B地区	汚染土壌（重金属）：掘削除去（場外搬出） （VOC）：生石灰混合処理	汚染地下水：揚水（立坑による釜場揚水） + 場内整形（湛水）
D地区	汚染土壌（重金属）：掘削除去（場外搬出） （VOC高濃度）：掘削除去（場外搬出） （VOC低濃度）：生石灰混合処理 （高濃度周辺部）：バイオレメディエーション	汚染地下水：揚水（立坑による釜場揚水）
F地区	浅層汚染部：掘削除去（生石灰混合処理・場外搬出） 深層汚染部：機械攪拌によるフェントン工	深層汚染部：機械攪拌によるフェントン工
G地区	不飽和帯：生石灰混合処理 飽和帯：バイオレメディエーション	飽和帯：バイオレメディエーション
J地区	汚染土壌：掘削除去（生石灰混合処理）	汚染地下水：バイオレメディエーション
K地区	汚染土壌：掘削除去（生石灰混合処理）	汚染地下水：循環揚水工による揚水
O地区	NO隣接区画：機械攪拌によるフェントン工	汚染地下水：バイオレメディエーション

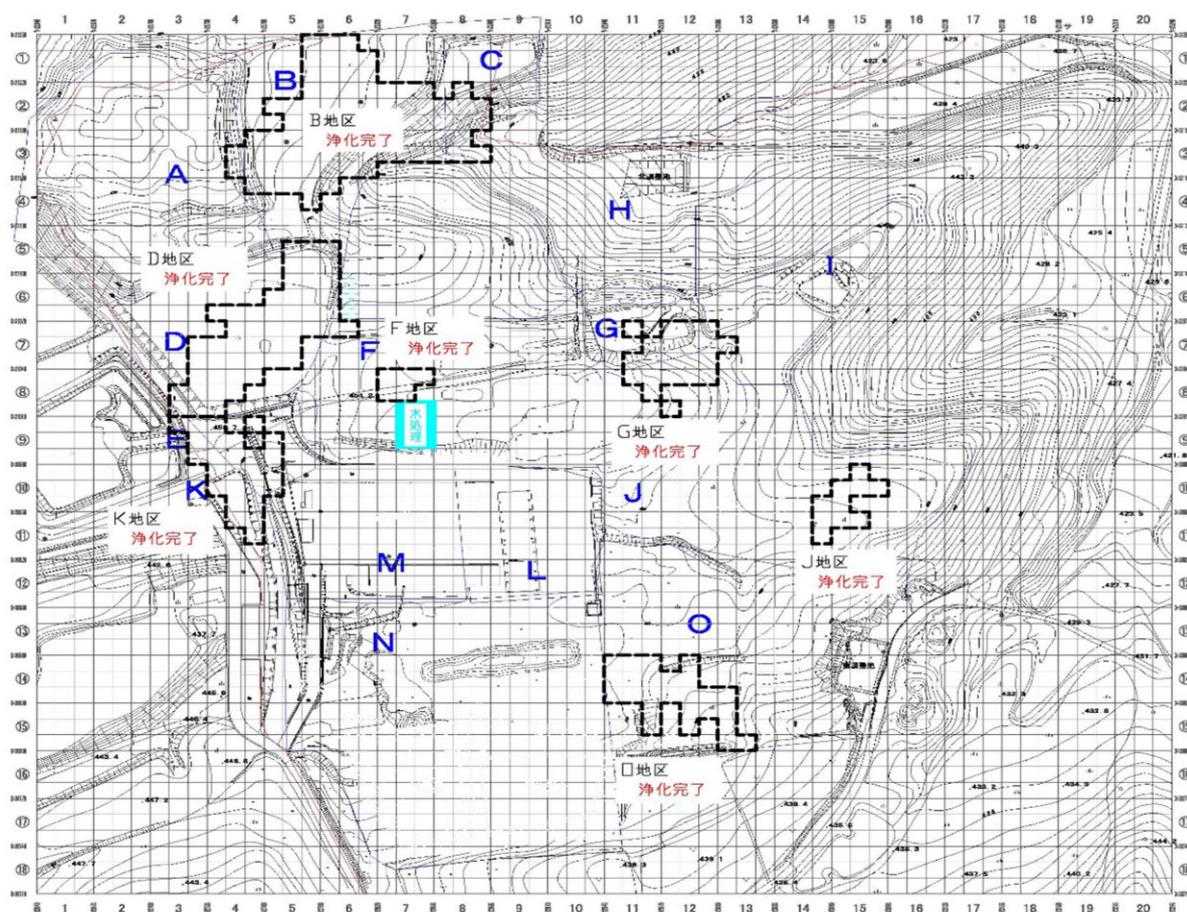


図29 現場平面図（施工状況）

<参考1>完了確認分析の方法

- ① 1つの浄化対策が完了するごとに、「浄化対策完了確認（地下水）」を実施して、対策の効果を確認した。
- ② 全ての浄化対策について「浄化対策完了確認（地下水）」が完了した地区から、最終浄化確認として「完了確認分析」を行った。
- ③ 「完了確認分析」は、浄化対策地区ごとに、原則として不法投棄対策現場全体を900㎡ごとに区分している区画について1箇所ずつ、新たにボーリングして土壌及び地下水を

分析確認した。

- ④ 土壌試料は深度1 mごとに現場分析、地下水試料は公定法分析を用いて、分析確認した。

<参考2>各地区の完了確認分析の状況

土壌及び地下水を分析した結果、すべて環境基準値以下となった。

(3) 新水処理施設の設置

B地区の集水井戸や場内の複数のモニタリング井戸から1,4-ジオキサンが継続して検出されている状況を踏まえ、平成25(2013)年3月22日不法投棄現場の選別ヤード建屋内に1,4-ジオキサンの浄化を目的とした新水処理施設を設置した。

計画処理量は、10m<sup>3</sup>/hr (=240m<sup>3</sup>/日)、24時間連続運転で処理を行うものとした。

1,4-ジオキサンは環境基準に追加された間もない物質のため、水処理方法の知見が少なかつたが、最新の情報やこれまでの現場処理の経験等から、処理方式は次のとおりとした。

1) 酸性ばっ気処理

原水に硫酸を添加して酸性(概ねpH4)とし、酸性下において主として原水に残存する有機分の分解を行うとともに、さらにばっ気することで、原水に残存する揮散ガス成分の脱気及び有機分の酸化分解を促進する。

2) 凝集沈殿処理

酸性ばっ気後に塩化第二鉄及び苛性ソーダを添加して弱酸性下(概ねpH5~6)で水酸化鉄を析出させた後、高分子凝集剤を添加して凝集汚泥とすることで、原水中のSS分、COD成分等を除去する。

3) 砂ろ過処理

後段の促進酸化処理で1,4-ジオキサンを有効に分解するため、沈殿槽で固液分離後の上澄水を砂ろ過設備でろ過する。

4) 促進酸化処理

オゾン+過酸化水素により1,4-ジオキサンの酸化分解処理を行う。

5) 活性炭吸着処理

促進酸化処理の後に残存するCOD成分を基準値以下とするため、活性炭を用いてCOD成分の吸着処理を行う。

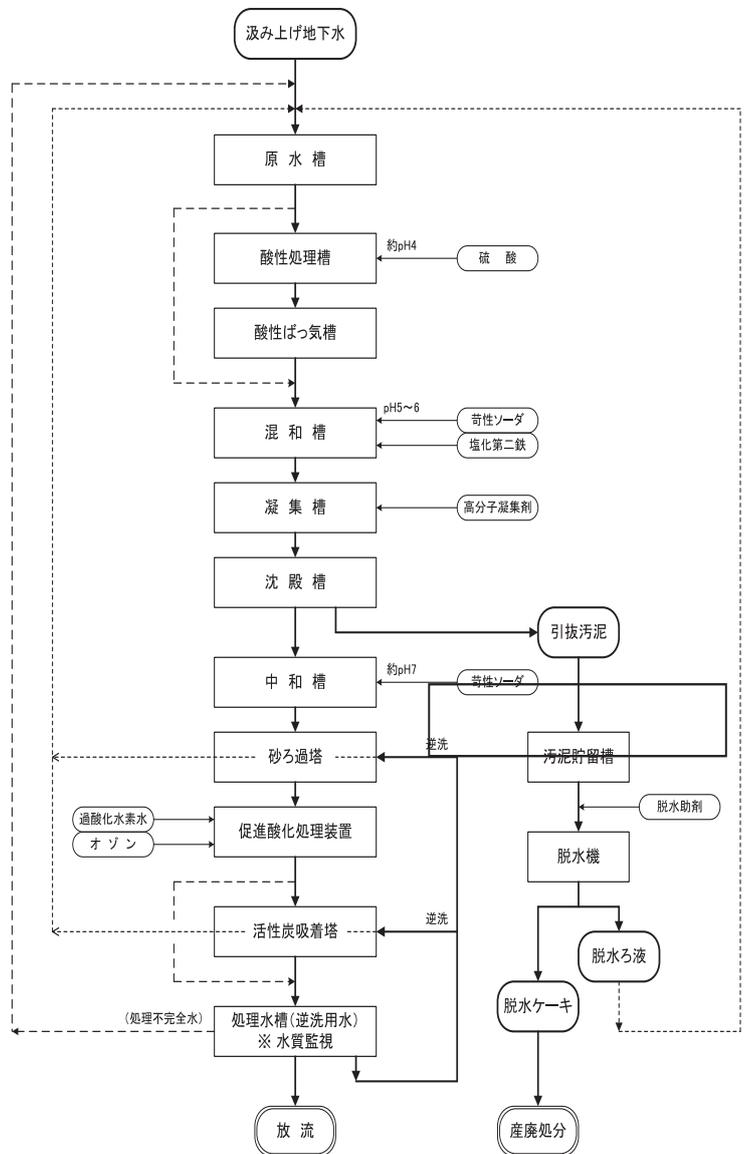


図30 水処理フロー図



写真18 水処理施設の配置状況

#### (4) 実施計画の変更

##### 1) 事業期間

「岩手・青森県境不法投棄事案（岩手県エリア）における特定産業廃棄物に起因する支障の除去等の実施に関する計画」については、下記の変更に伴い、平成25（2013）年3月21日付け廃第825号により環境大臣に対し協議を行い、平成25（2013）年3月26日付けで同意が得られた。

##### 2) 主な変更点

###### ① 事業期間

ア 当初（前回）：平成15（2003）年度から平成24（2012）年度まで

イ 変更（今回）：平成15（2003）年度から平成29（2017）年度まで ※5年間の延長

###### ② 地下水汚染対策

1, 4-ジオキサソを含む汚染地下水の揚水・浄化の実施

###### ③ 工作物撤去及び跡地整形

東日本大震災津波の影響により、工作物撤去や跡地整形を平成25（2013）年度以降に延伸

###### ④ 汚染地下水流出防止対策

青森県側への汚染地下水流出防止対策として平成25（2013）年度に遮水壁を設置

## 10 平成25（2013）年度の対応

汚染土壌の浄化促進のため、地下水位を上下させることによる洗い出しを実施した。また、汚染地下水の青森県側への流出防止のため、県境部に鋼矢板を追加設置した。

### (1) N地区の汚染土壌対策

汚染残留区画の地下水量を増加（地下水位の上昇）させ、地下水位の変化による土壌からの汚染の洗い出しを目的として、敷設していたキャッピングシートを開放した。一時的に揚水を止め、水位を回復させた後、再度揚水を行い水位を上下させることにより浄化を促した。

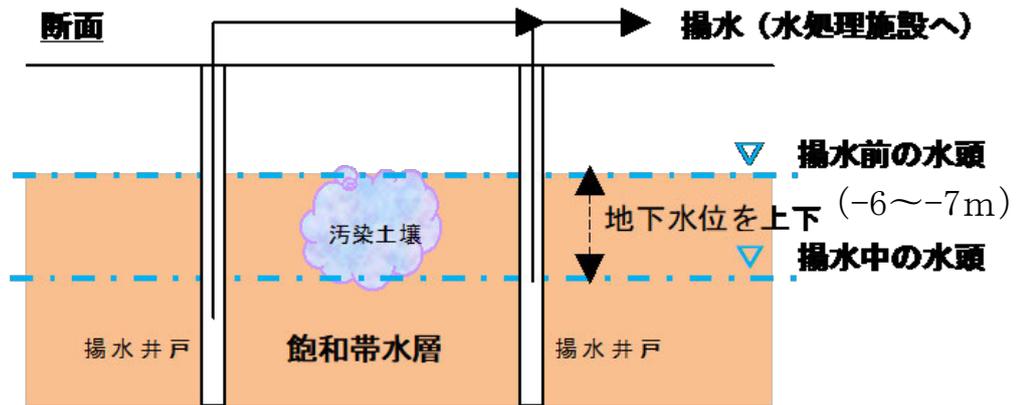


図31 間欠揚水イメージ

N地区では、4箇所約20m<sup>3</sup>/日の揚水を行った。その他、平成25（2013）年2月には地下水位を下げることを目的として、県境部にφ700mmの大型井戸を2本設置し、約100m<sup>3</sup>/日の揚水を行った。

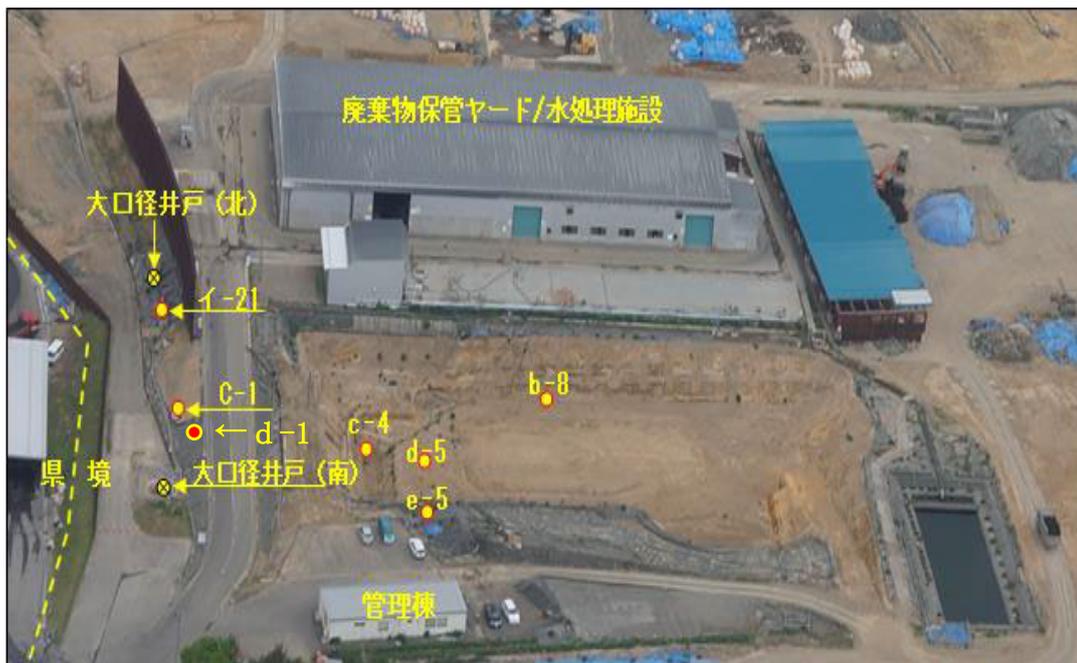


写真19 N地区揚水井位置図

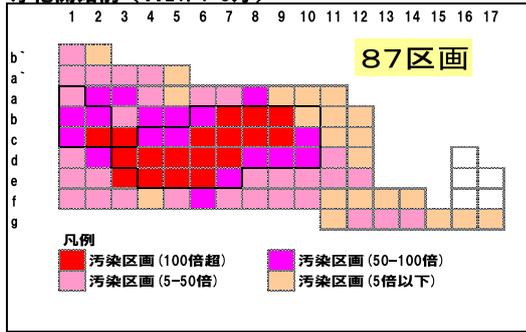
(2) VOC汚染の推移

N地区におけるVOC測定濃度経過及び汚染状況の推移は、以下のとおり。

平成25（2013）年9月以降、N地区汚染残留区画において、VOC濃度が上昇する現象が見られた。

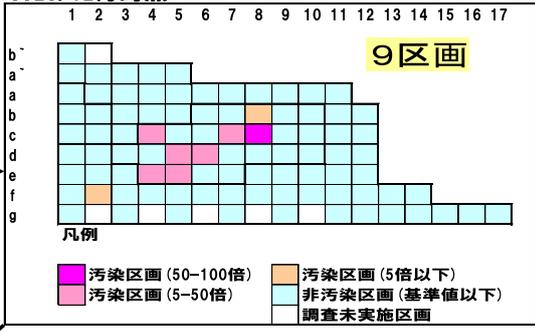
この原因については、東側の区画では濃度上昇が認められないこと、地下水涵養が促進される状況であったこと、他の地区でシート撤去や土壌掘削により一時的に汚染物質濃度が上昇した例が過去にあったことなどから判断して、大口径井戸による揚水等、汚染土壌の急激な洗い出しにより、汚染物質が西側に集積し、環境基準の超過に至ったものと推定された。

浄化開始前（H21. 4-6月）



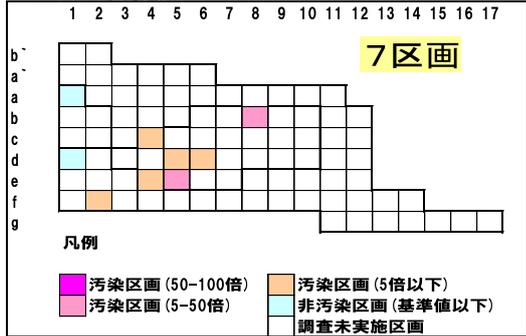
N地区の全域でVOC汚染を確認。

H23. 12月時点

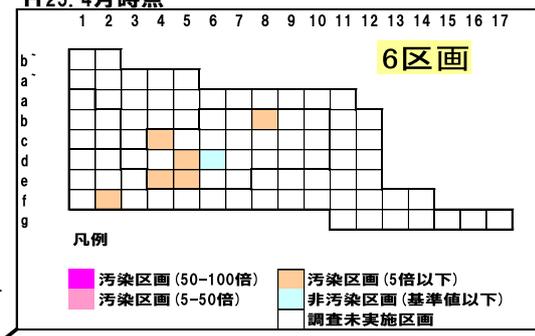


全区画でVOC汚染確認を調査。  
※この時点では、中央部区画にのみ残留。

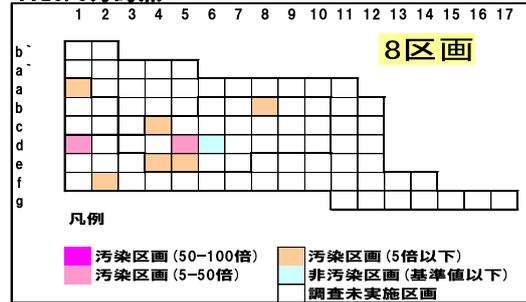
H24. 12月時点



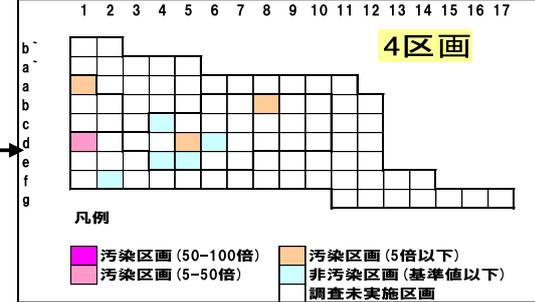
H25. 4月時点



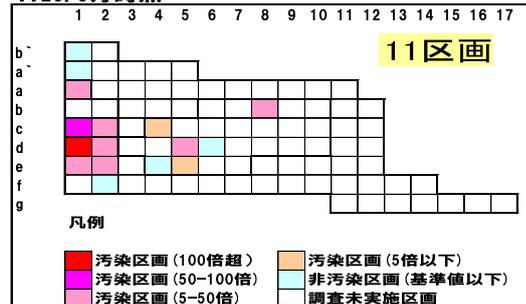
H25. 5月時点



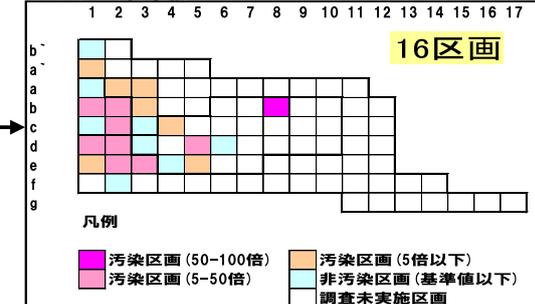
H25. 8月時点



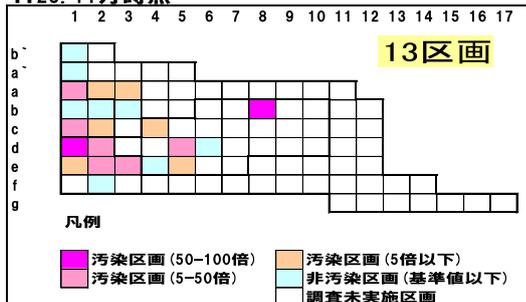
H25. 9月時点



H25. 10月時点



H25. 11月時点



H26. 1月時点

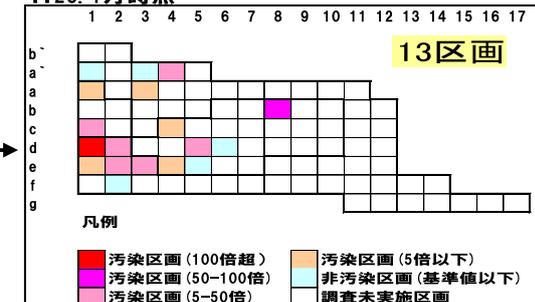


図32 汚染区画の変遷

(3) 地下水涵養の状況



写真20 N地区遮水シート敷設状況 (左: 4月3日撮影、右: 6月7日撮影)



写真21 N地区冠水状況 (左: 9月17日撮影、右: 10月17日撮影)

(4) イ-20及びイ-21周辺の状況

平成25 (2013) 年3月から大口径井戸2基による揚水 (日量 100~200m<sup>3</sup>) を開始したこと、5月に遮水シートを撤去したことなどから判断して、汚染物質の集積により基準超過に至ったものと推定された。



写真22 イ-20周辺部の遮水シート撤去 (□部分)



写真23 大口径井戸 (北)

(5) 地下水の水質

平成25 (2013) 年12月時点で、定期調査を実施している井戸のうち、採水可能であった井戸の1,4-ジオキサンを調査した結果、環境基準値の超過は17井戸であった。

B地区の濃度が比較的、高い状態で推移していた。

平成25 (2013) 年12月時点の全井戸の1,4-ジオキサン濃度平均値は、約0.38mg/Lであり、

濃度の推移は漸減傾向となった。

(6) A-B地区の1,4-ジオキサン対策

A-B地区の境界法面の中ほどの砂質土層において、褐色の浸出水から1,4-ジオキサンが検出されており、当該層が高濃度帯になっていると考えられた。汚染源対策として、A-B地区の境界にある法面部分を含む砂質土層全体を掘削除去するとともに、B地区で実績のある洗出方式による浄化をA地区で実施した。

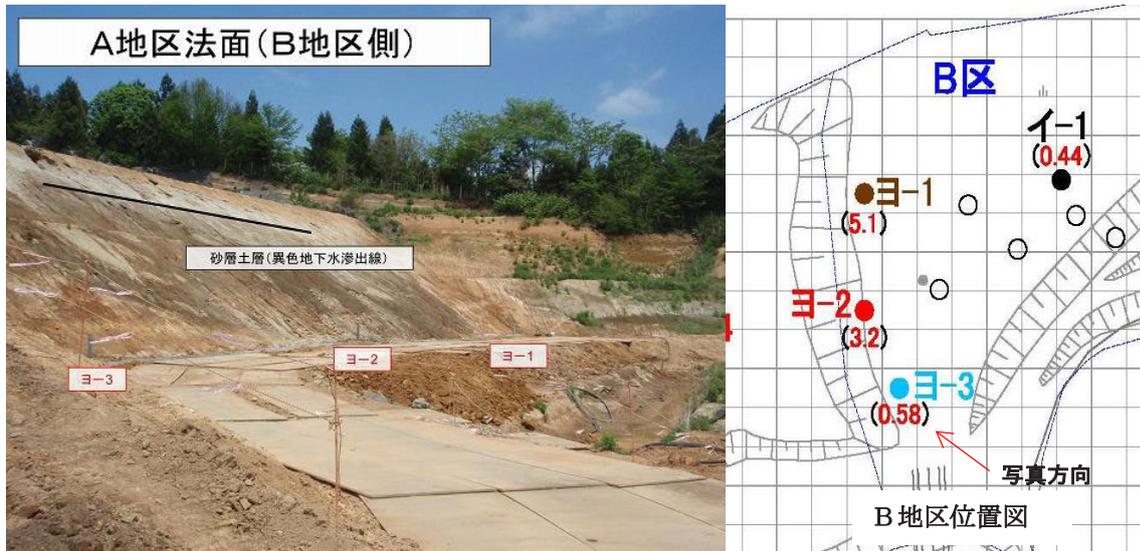


写真23 B地区現況 (平成25 (2013) 年6月3日)

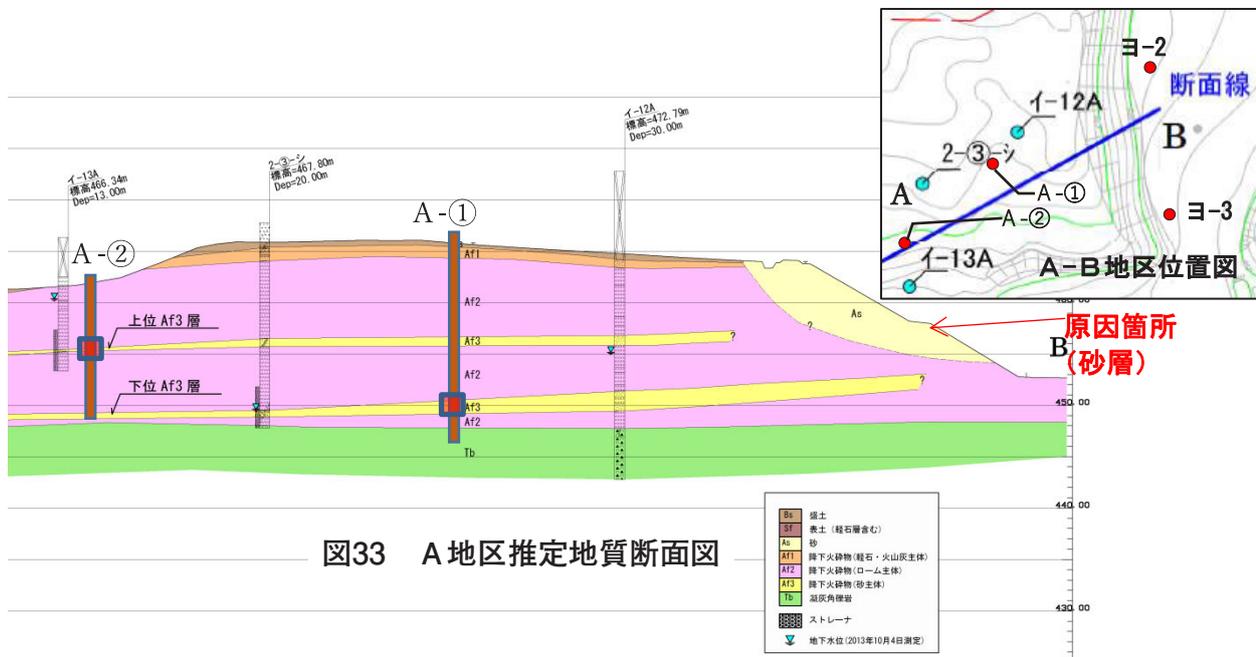


図33 A地区推定地質断面図

平成26 (2014) 年1月、A地区の2箇所で見層から1mごとの深度で土壌中に含まれる1,4-ジオキサン濃度分析(溶出試験)を実施した結果、主に砂質混じりローム層の深度において当該物質が検出された。

A-① 深度: 448m付近 濃度: 0.009mg/L-0.025mg/L

A-② 深度: 456m付近 濃度: 0.006mg/L-0.031mg/L

※上記深度以外では、すべて0.005mg/L未満（定量下限値）。



写真25 浄化対策施工イメージ図

(7) 汚染地下水流出防止対策

県境部の遮水工については、平成26（2014）年3月4日より鋼矢板の設置工事に着手した。  
【事業費：約1億8千万円、鋼矢板設置延長：121.2m、設置深度平均：約20m】

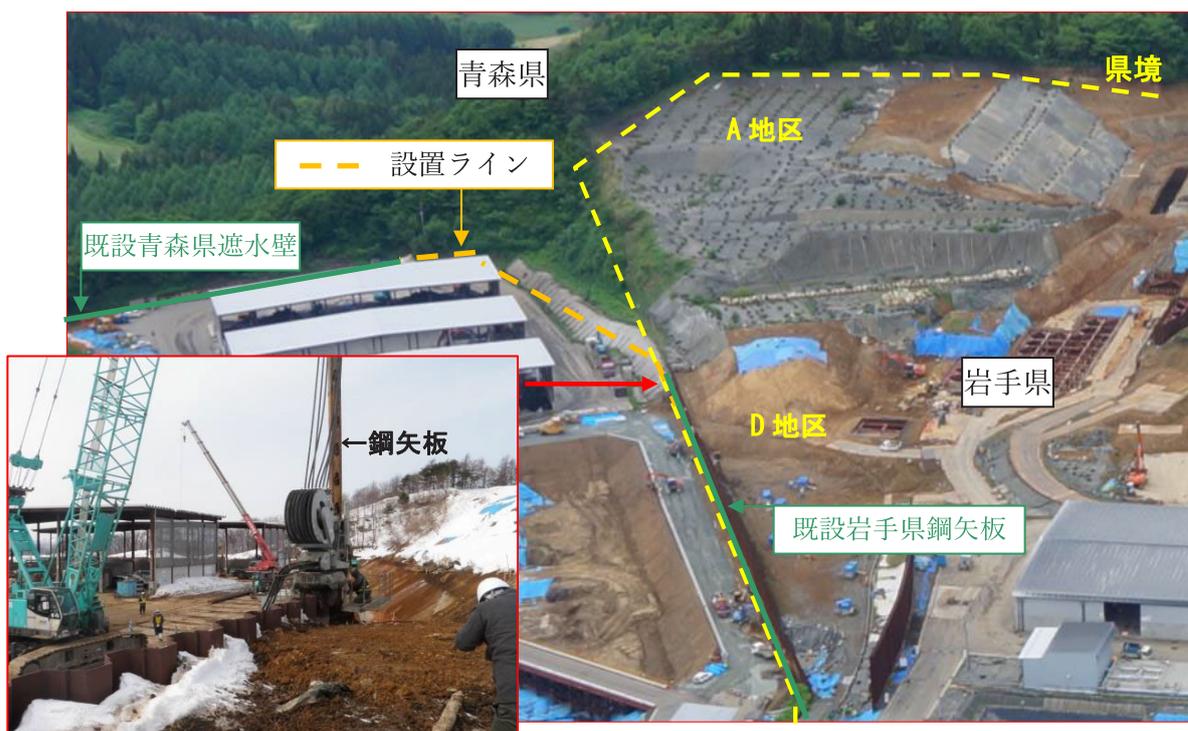


写真26 遮水工現況（平成26（2014）年3月4日）

## 11 平成26（2014）年度の対応

汚染土壌の浄化促進の追加対策として、汚染物質が残留しているN地区に貯水池を設置して、汚染物質の洗い出しを強化した。また、汚染残留区画を把握する調査を行った。さらに、重点対策として、浄化着手が遅れていたA区画の汚染土壌を掘削除去した。

### (1) N地区のVOC土壌汚染対策

#### 1) 貯水池の設置

西側の2列の区画において、洗出処理を強化するため、平成26（2014）年11月に道路舗装を除去し、貯水池を設置した。

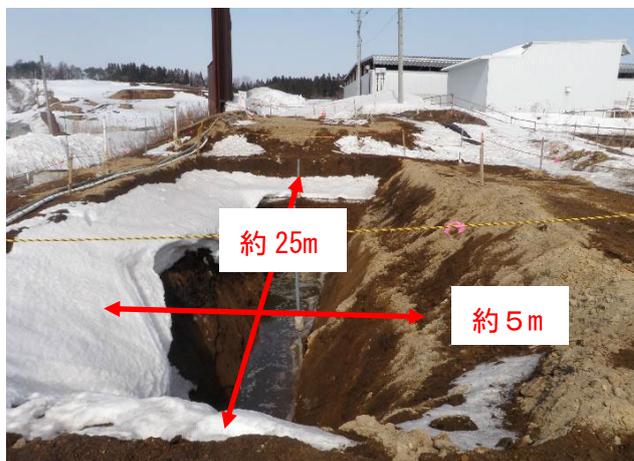
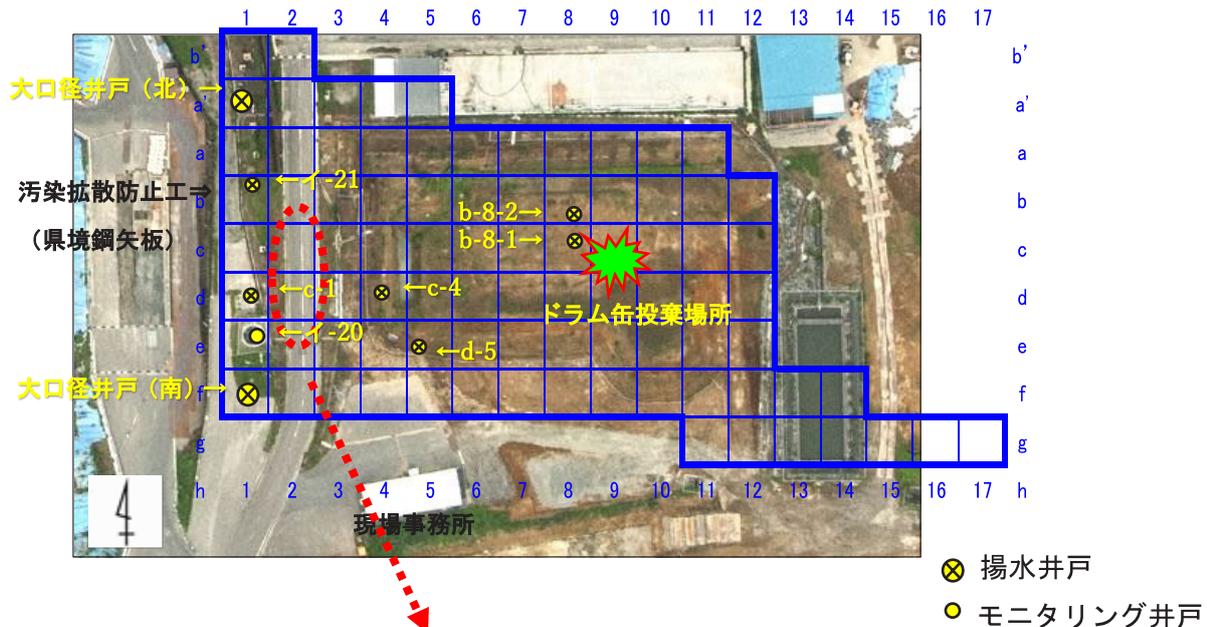


写真27 N地区の道路舗装除去、貯水池設置状況（平成27（2015）年2月）

#### 2) 地下水の調査結果

平成26（2014）年12月に中央部から西側部分の区画において、詳細調査を実施した。その他の月は汚染残留区画を中心に追跡調査を実施した。

- ① 詳細調査の基準超過は44区画のうち11区画であった。
- ② キャッピングシートを除去した平成25（2013）年度以降、県境から遠い区画から順次、一時上昇後に低下傾向。N地区の地下水が東側から西側に流れていることから、雨水浸透で涵養された地下水により汚染物質が県境周辺に移動している状況と推定。

- ③ 西側の a - 1 区画、c - 1 区画及び d - 1 区画の濃度は横ばいで推移していたが、平成26（2014）年11月～平成27（2015）年1月にかけて上昇。
- ④ 中央部において、b - 8 区画が基準超過、d - 5 区画が12月から基準適合。

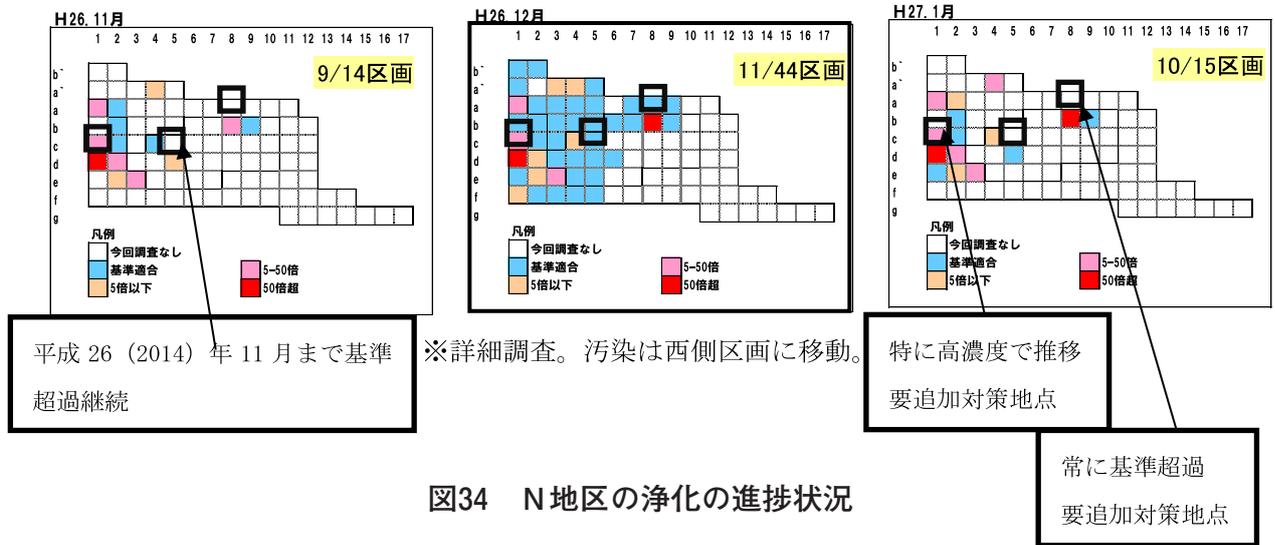


図34 N地区の浄化の進捗状況

3) 土壌調査結果

平成26（2014）年7月に中央部の b - 8 区画及び b - 9 区画において、ボーリング調査を行った。その結果、b - 9 区画の標高438～439mにおいて、テトラクロロエチレン等5物質の環境基準超過が確認されたことから、対策範囲として設定した。b - 8 区画は、土壌汚染は確認されなかったが、地下水の汚染が継続していることから同等の扱いとした。

対策方法としては、中央部の b - 8 区画及び b - 9 区画において、土留め支保工を用いた汚染土壌の掘削除去を実施。掘削深度は汚染範囲 + 1 m として、掘削した汚染土壌は場内でフェントン処理することとした。

中央部の d - 5 区画において土壌調査を実施したところ、基準に適合しているものの、一定の汚染の残留が確認されていることから、追加対策の可否を検討することとした。

表17 b - 8 区画の土壌溶出試験結果

標高	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
445m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
444m	砂(埋土)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
441m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
440m	ローム	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
439m		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
438m		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
437m	凝灰角礫岩 強風化岩	ND	ND	0.0007	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
436m		ND	0.0003	0.0011	ND	ND	ND	ND	0.0006	ND	ND	ND
435m		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
環境基準		0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03※	0.01	0.002	0.01

(単位 mg/L)

表18 b - 9 区画の土壌溶出試験結果

標高	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
445m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
444m	砂(埋土)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
441m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
440m	ローム	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
439m		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
438m		0.004	0.0066	0.0038	ND	0.13	0.0067	ND	0.074	0.96	ND	0.028
437m	凝灰角礫岩 強風化岩	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0006	ND	ND
436m		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
435m		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
環境基準		0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03※	0.01	0.002	0.01

(単位 mg/L)

■ 基準適合 ■ 5倍以下 ■ 5-50倍 ■ 50倍超

表19 d-5区画の土壤溶出試験結果 (単位 mg/L)

標高	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
445m												
444m	砂 (埋土)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
441m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
440m	ローム	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
439m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
438m		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001
437m	凝灰 角礫岩 強風化岩	ND	ND	0.0004	ND	0.004	ND	ND	ND	0.0006	ND	0.002
436m		ND	ND	0.0022	ND	0.027	0.0017	ND	0.008	0.0081	ND	0.004
435m		ND	ND	ND	ND	0.004	ND	ND	ND	0.0005	ND	ND
環境基準		0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03※	0.01	0.002	0.01

※地下水基準は0.01

基準適合

(2) 1,4-ジオキサン対策

1) 基本的対策

平成21年に環境基準が設定され、場内広範囲の地下水で検出されていた1,4-ジオキサンは水によく溶けることから、土壌の空隙にある水に含まれており、また、地中での原位置浄化は非常に難しいため、汚染地下水を揚水し、地下水質を環境基準値以下に浄化し、放流することとした。

揚水した汚染地下水を処理するため場内中央の建屋内に水処理施設を設置して平成25(2013)年4月から稼働した。設備の運転・維持管理及び処理の経済的效果、本現場での実績を考慮して、「オゾン+過酸化水素」を採用した。

2) 県境遮水壁(汚染拡散防止)の延長

青森・岩手両県の調査結果、岩手県側から青森県側へのジオキサン汚染地下水の流下の可能性を踏まえ、平成25(2013)年12月から岩手県が次の工事を施工した。

- ① 場内県境部北側で鋼矢板未設置の区間(約120m)に鋼矢板を設置。
- ② 鋼矢板の北側沿いに集水される地下水の揚水井戸(大口径A)を設置。

平成26(2014)年7月に延長部の県境鋼矢板が完成して、青森県の現場内に汚染水が流下するおそれなくなったことから、A地区を被覆していたキャッピングシートを撤去した。

表20 県境遮水壁(汚染拡散防止)の概要

区分	工期	構造	長さ	平均深度
既存部	平成18(2006)~19(2007)年度	鋼矢板	225m	約20m
延長部	平成25(2013)~26(2014)年度	鋼矢板	121m	約20m



図35 県境遮水壁の設置位置

3) A地区での汚染土壌の掘削除去

キャッピングシートを撤去して、次のような重点対策を実施することとした。

- ① A-B地区境界部において、高濃度の砂質土層を掘削・除去。
- ② A地区において、新たに設置する貯水池から地区全体に給水して、洗出処理。

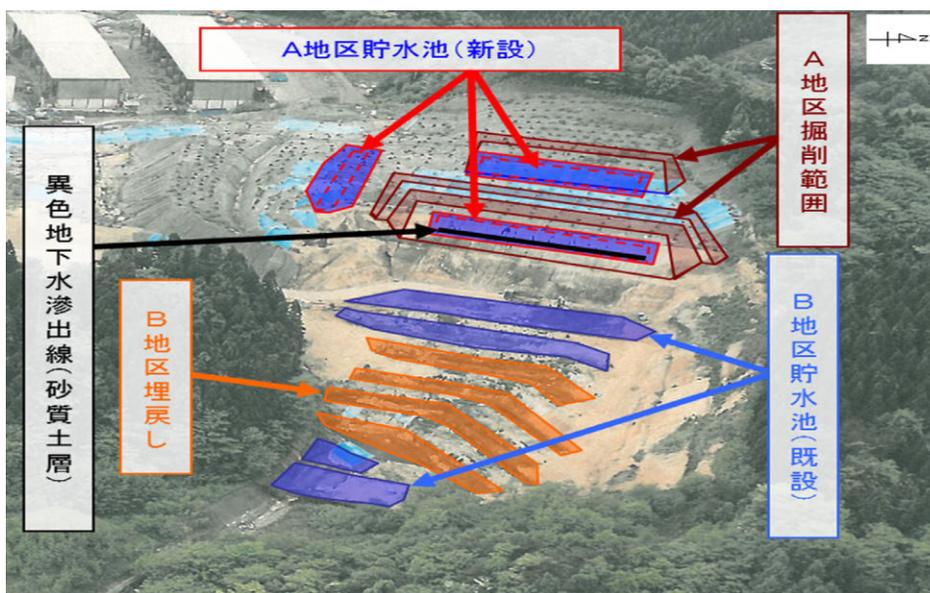


図36 A地区浄化対策の施工イメージ

4) A-B地区境界部から掘削除去した砂質土等の1,4-ジオキサン濃度

平成26(2014)年8月～9月にA-B地区境界部から掘削除去した高濃度の砂質土層(図37中の①、②)の1,4-ジオキサンを分析(溶出試験)したところ、0.052mg/L、0.16mg/Lの汚染が確認された。

また、貯水池の設置に伴い土壌掘削等を行った地点(図37中の③～⑩)について、概ね900m<sup>3</sup>(30m×30m)ごとに分析を行ったが、0.05mg/Lを超える汚染は確認されなかった。

なお、掘削除去した砂質土等は場内L地区に仮置きして、浸出水は回収して水処理施設で処理した。

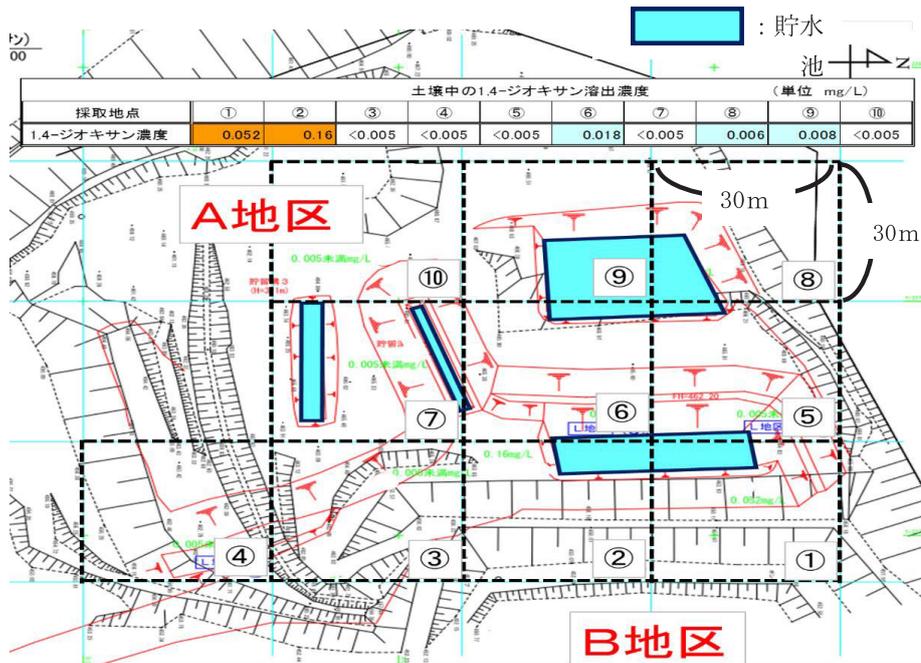


図37 砂質土等の1,4-ジオキサン濃度

## 12 平成27 (2015) 年度の対応

汚染土壌の浄化促進のさらなる追加対策として、汚染残留土壌の掘削除去の処理、揚水井戸の設置、汚染箇所への薬剤混合（パワーブレンダーによるフェントン工）を実施した。

### (1) N地区のVOC土壌汚染対策

#### 1) 高濃度区画への追加対策

中央部で汚染が残留していたb-8、b-9区画において、平成27 (2015) 年4～5月に汚染土壌を掘削除去し、場内でフェントン処理を実施した。

また、西側で高濃度汚染が確認されていたd-1区画において、新たに井戸を設置して平成27 (2015) 年5月から揚水を開始した。

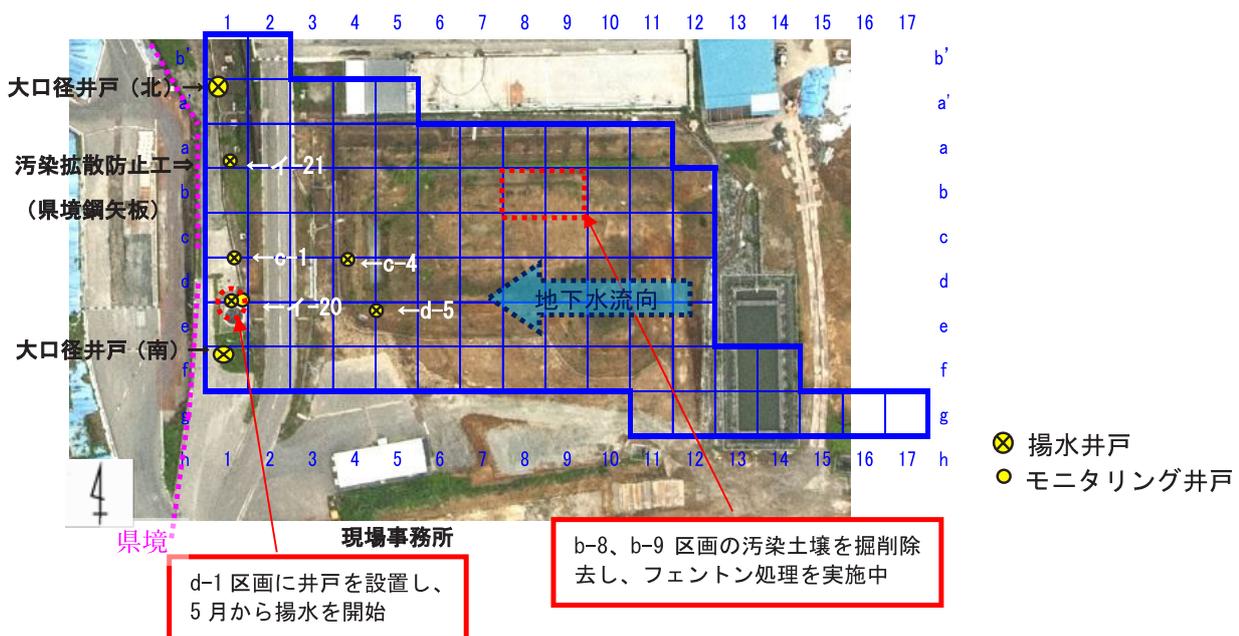


図38 N地区の対策位置

西側高濃度区画の洗出しを強化するため、新たに貯水池を設置して平成27（2015）年7月から注水を開始した。



図39 N地区の対策位置

2) 追加調査と対策の計画

地下水調査結果で概ね基準の5倍以上で推移していた a-1 及び e-3 区画において、ボーリング調査を行い、複数の物質の汚染が土壤中に残留していることを確認した。

更に、7区画（a-1、c-1、c-4、d-1、d-5、e-3、e-4）の地下水で基準超過が継続していることから、パワーブレンダーによるフェントン工により土壌浄化を実施することとした。

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	埋土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
447		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
446		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
445		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
444		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
441	河床堆積物	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
440		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002
439		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002
438		ND	ND	0.0008	ND	0.004	ND	ND	ND	0.0005	ND	0.002
437	降下火砕物	ND	ND	0.0007	ND	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	0.002
436		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
435	凝灰角礫岩 礫風化部	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
434		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40 a-1区画の土壌溶出量（単位mg/L）

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
449	埋土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
448		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
447		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
446		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
445		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
444		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442	降下火砕物	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
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	ND
437	凝灰角礫岩 礫風化部	ND	ND	0.0015	ND	0.013	ND	ND	0.002	0.001	ND	0.005
436		ND	ND	0.004	0.1	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01
	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41 e-3区画の土壌溶出量（単位mg/L）

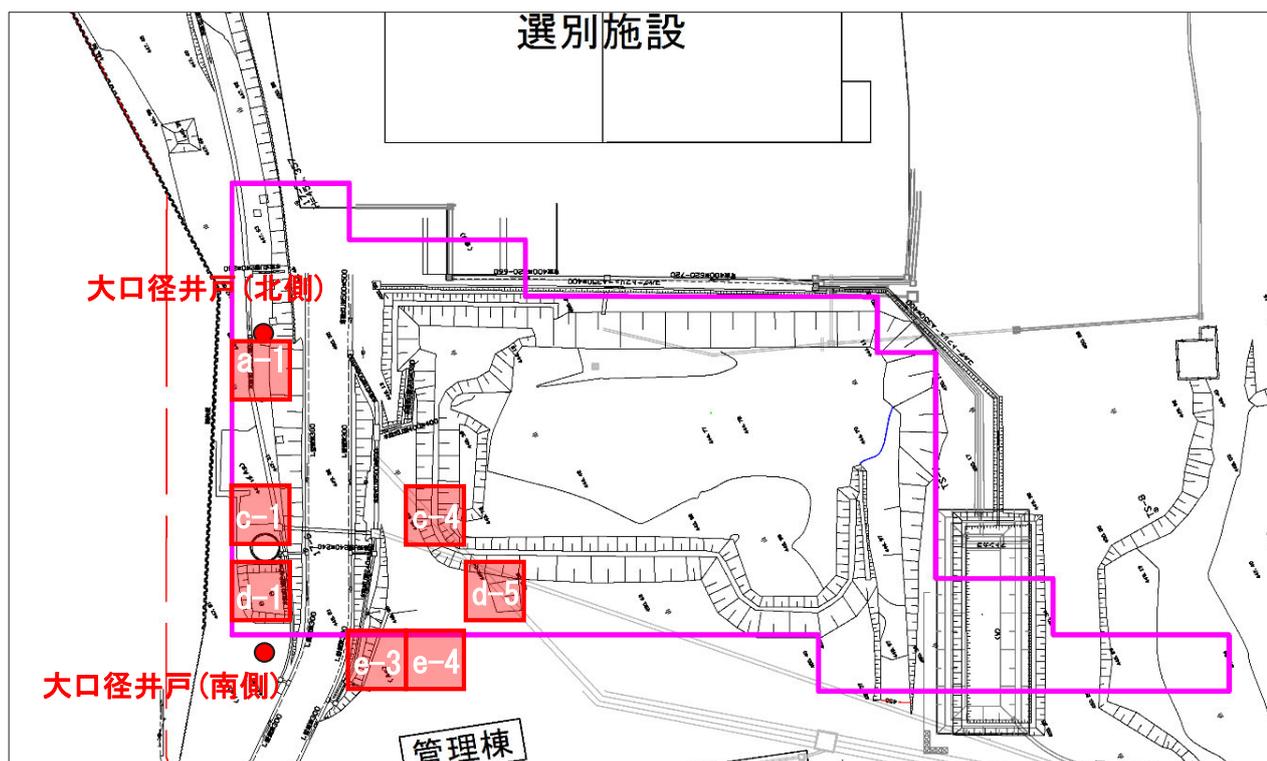


図42 N地区の追加対策区画



写真28 パワーブレンダーによる原位置フェントン工

(2) 1, 4-ジオキサン対策

1) 地下水揚水量促進対策

高濃度1, 4-ジオキサンの継続検出が確認された地区において地下水揚水量を増加させるための対策工を実施した。

集水井等の対策工実施により、地下水揚水量が大幅に増加しており、洗い出しの効果等により地下水中の1, 4-ジオキサン対策を促進することができた。



表21 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	-	
J地区	1.5	7	7.9	23.8	0.11	

2) A - B 地区境界部の土壌の掘削除去

- ① A - B 地区境界部の井戸の地下水において、高濃度が継続していたことから、土壌調査を実施した結果、砂層を中心に高濃度汚染が確認されたため、平成26（2014）年度にその土壌の掘削除去を行った。
- ② 掘削後の法面から高濃度の浸出水（最大24mg/L（平成28（2016）年2月））が検出された。
- ③ これは、除去されずに残った高濃度含有土壌の層が法面に露出したため、高濃度地下水が浸出水となって排出されやすくなっているためと考えられる。
- ④ また、掘削除去した土壌はアスファルト舗装されたストックヤード（L地区）に仮置きし、雨水による洗出しを行っており、その浸出水（最大0.27mg/L）は、水処理施設で処理された。

3) A 地区西側の土壌調査

- ① A 地区に大型集水井を設置（平成27（2015）年8月から稼動）後、全体としては濃度低下が見られているが、当該地区西側の井戸（1-⑤-ウ等）においては濃度が低下せず、高濃度が継続していることから、周辺の汚染源の有無を確認するため調査を実施した。
- ② 表層土壌（深さ1～2m）の調査結果、10地点のうち2地点（No. 7：0.007 mg/L、No. 9：0.054mg/L）の汚染が確認された。
- ③ そこで、表層で最も高濃度の汚染が確認されたNo. 9 地点及びその下流側の地点（No. 8）でボーリング調査を実施。その調査結果、No. 9 地点では汚染は確認されなかったが、下流側のNo. 8 地点では深部のローム層・砂層で比較的高濃度の汚染が確認された。

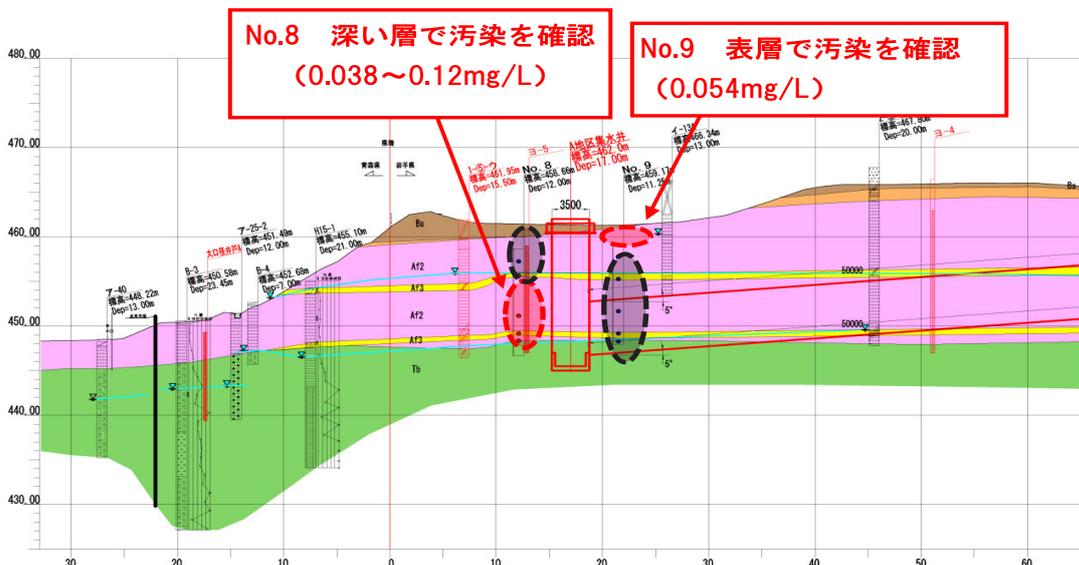


図45 A 地区西側の汚染源調査結果の概要

#### 4) 追加対策

調査結果を踏まえ、平成28（2016）年度に以下の追加対策を講じることとした。

- ① J 地区（北側）において、大型集水井（横方向の集水管を設置）及び貯水池を設置。
- ② A - B 地区境界部において、高濃度含有土壌の掘削除去後、周辺井戸の地下水濃度は低下傾向であるが、浸出水を含め基準超過が継続していることから、南側では高濃度土壌掘削除去、北側では汚染範囲特定のための調査を行い、集水管（横ボーリング）設置の追加対策を実施。
- ③ A 地区西側において、汚染範囲特定のための調査を行い、掘削除去、集水管設置等の追加対策を実施。

### 13 平成28（2016）年度の対応

汚染土壌の浄化対策効果を確認し、汚染濃度が最も高かったN地区のVOCの浄化完了とした。一方、他地区には汚染残留箇所が残っているため、掘削除去等を行った。また、場内広範囲の土壌・地下水が、1,4-ジオキサンで汚染されているため、汚染箇所の掘削・除去・洗浄、地下水揚水処理は継続した。

#### (1) N地区のVOC土壌汚染対策

地下水で基準超過が継続していた5区画（a-1、c-1、d-1、d-5、e-3）において、土壌浄化（パワーブレンダーによるフェントン工等）の対策を実施し、平成28（2016）年7月に土壌の浄化を完了した。5区画全てにおいて、施工後は土壌中のVOC濃度の低下が確認された。

また、地区全体の浄化確認のため、大口径井戸（北）及び大口径井戸（南）で地下水の検査を実施し、基準を下回っていることを確認した。

表22 フェントン施工前後の対象区画の土壌調査結果(1)

#### a1区画のボーリング結果

標高	施工前(H27.12)											施工後(H28.6)											
	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	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	
442m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
441m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
440m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
439m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
438m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
437m	ND	ND	0.0008	ND	0.004	ND	ND	ND	0.0005	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
436m	ND	ND	0.0007	ND	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005	ND	ND
環境基準	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01	

     基準適合(検出)
      基準超過
      要対策範囲

表23 フェントン施工前後の対象区画の土壌調査結果(2)

c1区画のボーリング結果

標高	施工前(H28.4)											施工後(H28.6)										
	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	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
442m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005	ND	ND
441m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
440m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
439m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
438m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
437m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
436m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
435m	ND	ND	0.0011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
434m	ND	ND	0.0010	ND	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
433m	ND	ND	0.0008	ND	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
432m	ND	ND	0.0013	ND	0.004	ND	ND	0.002	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
431m	0.004	ND	0.0024	ND	0.005	ND	ND	0.006	0.0028	ND	0.010	0.004	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
環境基準	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01

d1区画のボーリング結果

標高	施工前(H27.4)											施工後(H28.6)										
	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	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
442m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
441m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.006	ND	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	0.0007	ND	ND
440m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	ND	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005	ND	ND
439m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	ND	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	0.0006	ND	ND
438m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0068	ND	0.001	0.002	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
437m	ND	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	0.003	ND	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
436m	ND	ND	0.0009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003	0.003	ND	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	0.0006	ND	ND	ND
435m	ND	ND	0.0011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.007	0.002	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005	ND	ND	ND
434m	ND	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
433m	ND	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.006	0.003	ND	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	0.0006	ND	0.001	ND
432m	ND	ND	0.0025	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.018	0.002	ND	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005	ND	ND	ND
431m	ND	ND	0.0015	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.019	0.002	ND	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	0.0006	ND	0.001	ND
環境基準	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03※	0.01	0.002	0.01	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03※	0.01	0.002	0.01

d5区画のボーリング結果

標高	施工前(H26.12)											施工後(H28.6)										
	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	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
444m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
441m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
440m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
439m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
438m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
437m	ND	ND	0.0004	ND	0.004	ND	ND	0.0006	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
436m	ND	ND	0.0022	ND	0.027	0.0017	ND	0.008	0.0081	ND	0.004	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
435m	ND	ND	ND	ND	0.004	ND	ND	ND	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005	ND	ND	ND
環境基準	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01

e3区画のボーリング結果

標高	施工前(H27.12)											施工後(H28.6)										
	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	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
444m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
442m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
441m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
440m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
439m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
438m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
437m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
436m	ND	ND	0.0015	ND	0.013	ND	ND	0.002	0.001	ND	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
環境基準	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01	0.02	0.002	0.004	0.02	0.04	1	0.006	0.03	0.01	0.002	0.01

■ 基準適合(検出) ■ 基準超過 □ 要対策範囲

対策実施後の大口径井戸北及び南での地下水モニタリングの結果を表24に示す。フェントン工実施後は地下水中のVOC濃度は低下し基準に適合しており、地下水の浄化が確認できたことから、5区画の原位置フェントン工完了をもってN地区でのVOC汚染対策工を完了したと判断した。汚染対策工が完了するまでの浄化実績は表25のとおりである。

今後も大口径井戸（北及び南）での地下水のモニタリングを継続するとともに、地下水排水対策で今年度、地下水排水対策のために設置した大型集水井でも今後モニタリングを実施し、地下水が環境基準に適合しているか確認することとした。

表24 5区画でのフェントン工実施後の大口径井戸での地下水モニタリング結果

項目	7月		8月		9月		10月		環境基準
	大口径北	大口径南	大口径北	大口径南	大口径北	大口径南	大口径北	大口径南	
ジクロロメタン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<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	0.002
1,2-ジクロロエタン	<0.0004	0.0015	<0.0004	0.0016	<0.0004	0.0005	<0.0004	0.0007	0.004
1,1-ジクロロエチレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.1
1,2-ジクロロエチレン	<0.004	0.011	<0.004	0.009	<0.004	<0.004	<0.004	0.005	0.04
1,1,1-トリクロロエタン	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	1
1,1,2-トリクロロエタン	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0.006
トリクロロエチレン	<0.001	0.009	<0.001	0.006	<0.001	0.001	<0.001	0.002	0.01
テトラクロロエチレン	<0.0005	0.0068	0.0005	0.0060	<0.0005	0.0011	<0.0005	0.0030	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	0.002
ベンゼン	<0.001	0.0002	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01

基準適合（検出）

基準超過

表25 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	H28年度
不飽和帯対策工事		生石灰混合工法 高濃度区画：掘削除去・場外処分							浄化対策工の完了
飽和帯対策工	浄化対策工の開始	バイオレメディエーション 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 原位置フエントン工	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		b-8、b-9掘削・フエントン工 地下水涵養の貯水池設置 a-1、e-3追加調査	地下水モニタリングの実施 5区画でフエントン工実施
モニタリング結果	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	H28.7月 基準超過：0区画	
対策工効果	不飽和帯は掘削除去により浄化完了。 ・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。	・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。	・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。 ・原位置フエ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。	・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。 ・原位置フエ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。	・基準超過が継続するはa-1、c-1、d-1、d-5、e-3の5区画のみとなる。 ・上記5区画において、ハーフレグラーを用いたフエントン工を実施。 ・周辺井戸による地下水モニタリングで基準適合の継続を確認。	

(2) 1,4-ジオキサン汚染地下水対策

1) 基本的対策

平成21（2009）年に環境基準が設定され、場内広範囲の地下水で検出されていた1,4-ジオキサンについては、汚染地下水を揚水し、水処理により環境基準値以下に浄化したうえで、放流することとして対策を継続していた。

2) 1,4-ジオキサン対策

① A地区西側県境部の1,4-ジオキサン汚染土壌調査・対策工設計

A地区西側県境部のモニタリング井戸1-⑤-ウや大口径井戸Aの地下水で、比較的高濃度の1,4-ジオキサンが継続して検出されたため、平成27（2015）年12月にボーリング調査を実施したところ、A地区大型井戸の下流側の深部の土壌中に1,4-ジオキサンの汚染溜りが確認された。

対策工計画の前に、汚染範囲の絞り込み・確定のための追加のボーリング調査を行った。調査の結果、No.8、No.11、No.12の深部（主にローム層）において、1,4-ジオキサンの土壌溶出量が最大で0.22mg/L（基準値0.05 mg/L）の土壌を確認した。

調査結果を踏まえ対策工を検討し、施工性や経済性を考慮した結果、直径14mのライナープレートを用いた掘削除去工法を選定した。対策工の施工範囲は、図48に示すとおりであり、標高460～447mの範囲を掘削除去することとした。

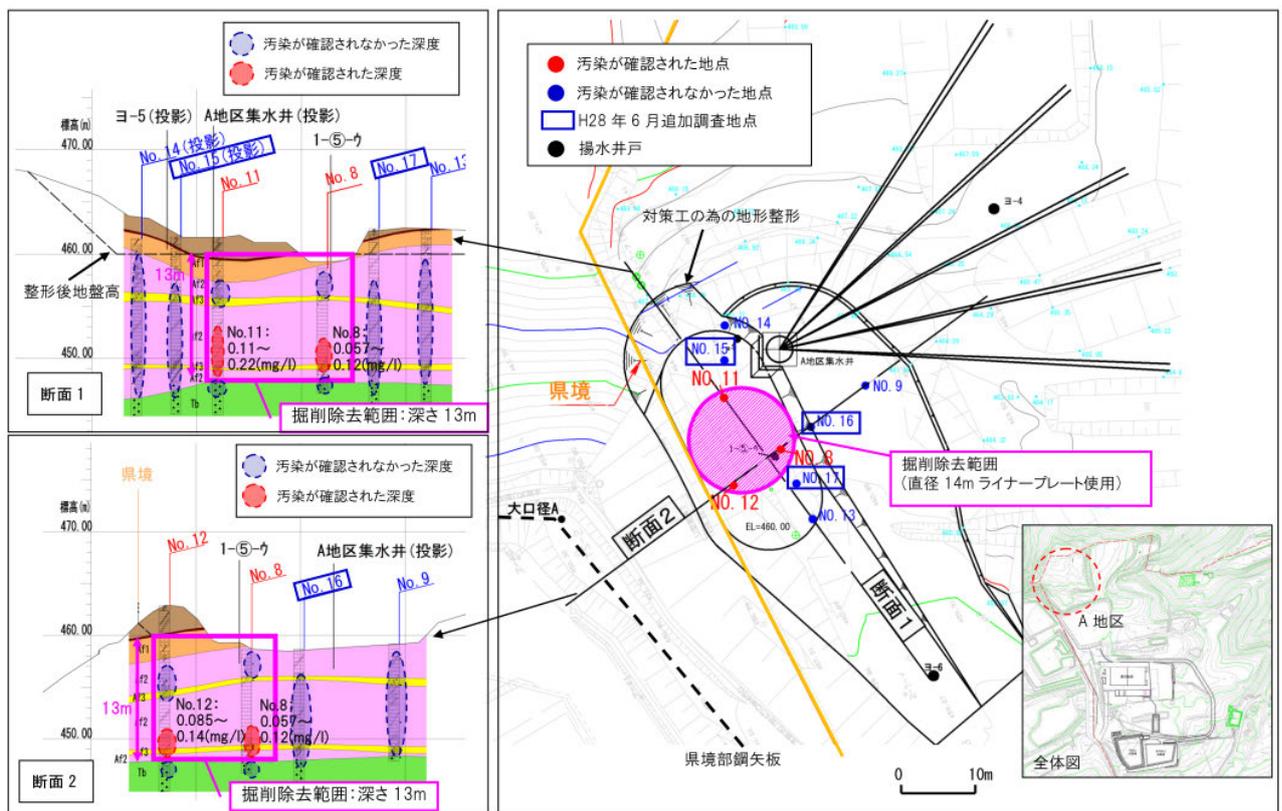


図46 A地区西側土壌の1,4-ジオキサン追加調査結果と対策工

- ② A地区西側県境部の1,4-ジオキサン汚染土掘削除去工  
 調査・設計に基づき、直径14mのライナープレートを用いた1,4-ジオキサン汚染溜りの掘削除去を平成28（2016）年11月より実施し、12月に完了した。



写真29 A地区西側の汚染土掘削除去工状況

- ③ A B地区境界部の1,4-ジオキサン汚染土掘削除去工  
 地下水中に1 mg/L程度を超える1,4-ジオキサンが継続して確認されていたA B地区境界部は、平成26（2014）～28（2016）年度に段階的に掘削除去を実施し、施工可能な汚染範囲は全て完了した。汚染土の掘削除去により周辺地下水の1,4-ジオキサン濃度は低下傾向が確認された。

なお、B-1 調査孔付近は県境付近で施工後の法面について安定勾配を確保できず、一部汚染溜りが残っている。（14ページ参照）

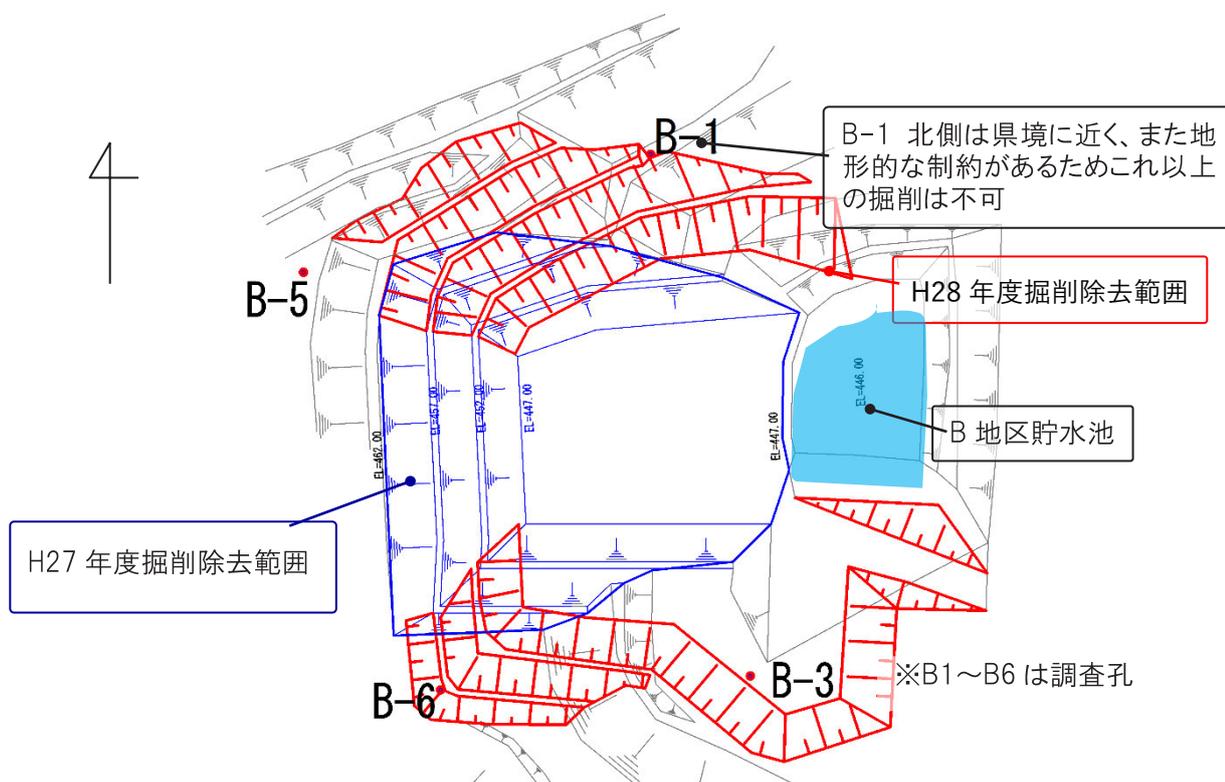


図47 A B地区境界部汚染土掘削除去範囲

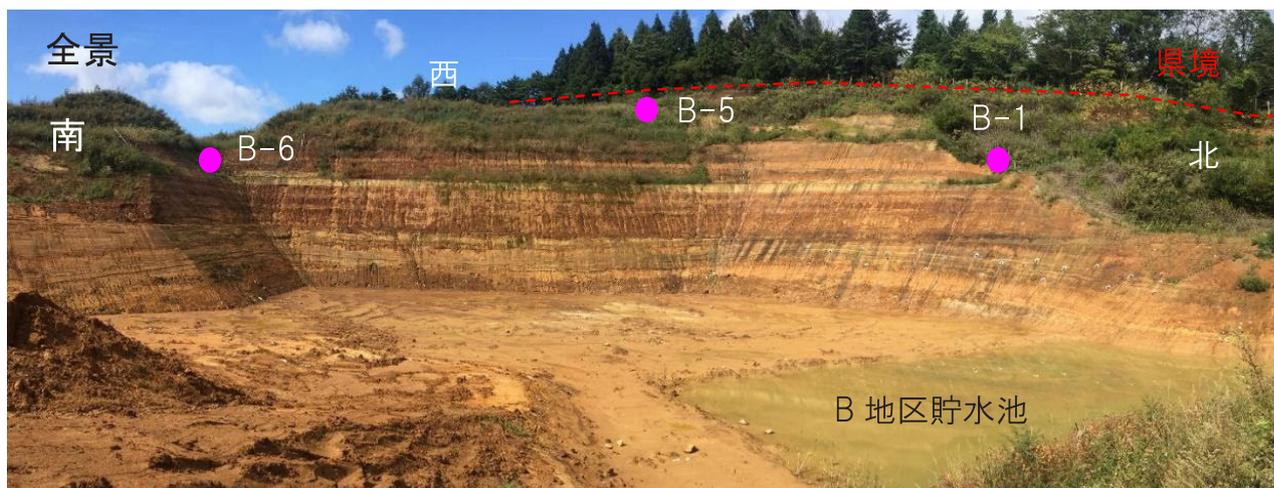


写真30 AB地区境界部汚染土掘削除去状況

④ AB地区境界部の北側法面の横ボーリングの設置

③に記載したように、AB地区境界部の1,4-ジオキサン汚染溜りについて、可能な範囲で掘削除去を行ったが、北側の法面は地形的な制約から掘削範囲に制限が生じた。未掘削箇所においても、1,4-ジオキサンを含有する地下水が賦存している可能性があるため、この地下水を排除することを目的として横ボーリング工を実施した。横ボーリングは、水平方向へ削孔を行い有孔管の塩ビ管を挿入し地下水の排水を促すものである。

横ボーリングは、地質調査の結果を踏まえ、透水性が比較的高く地下水が賦存していると推定される下部Af3層を対象とし、Af3層の上部（赤色）と下部（緑色）及び、Af3層を貫くもの（青色）の3パターンの配置で実施した。写真31のように、地下水の集水が確認されており、今後設置箇所の地下水の1,4-ジオキサン濃度が低下することが期待された。



写真31 AB地区境界部北側法面横ボーリング設置状況

⑤ J地区既設のライナープレートを用いた大型集水井戸+横ボーリングの設置

J地区の南側では1,4-ジオキサン対策工として、平成27(2015)年に大型井戸(南)を設置し、地下水の揚水・浄化を実施した。一方で、J地区の北側では1,4-ジオキサン対策工は実施していなかった。J地区北側のイ-12では、かつて土壤の深部に水銀汚染が存在したため、平成24(2012)年度にφ9mのライナープレートを使用した掘削除

去が実施された。施工後のライナープレートは残置され内部は現地発生土で埋め戻されていたが、このライナープレートを再掘削して集水井戸とし、内部から横ボーリングを施工し地下水排水を促す1,4-ジオキサン対策工を実施した。地下水の集水（30t/日程度）が確認されており、設置箇所地下水の1,4-ジオキサン濃度が低下することが期待された。

⑥ D地区大型集水井戸の設置

D地区では、1,4-ジオキサン対策と青森県境に設置した鋼矢板による地下水位管理を目的として集水井戸を設置した。集水井戸は地下水集水量、影響半径及び地質条件等の項目を考慮し、φ2500mmの鋼製ケーシングを5基設置し、集水の為にケーシングに千鳥格子状に穴をあけストレーナとした。集水した地下水は、ポンプアップし水処理施設で処理した。

集水井戸配置は図48のとおり。図各井戸で地下水の集水が確認されており、この5基の井戸によって、周辺地下水の1,4-ジオキサン濃度が低下することが期待された。

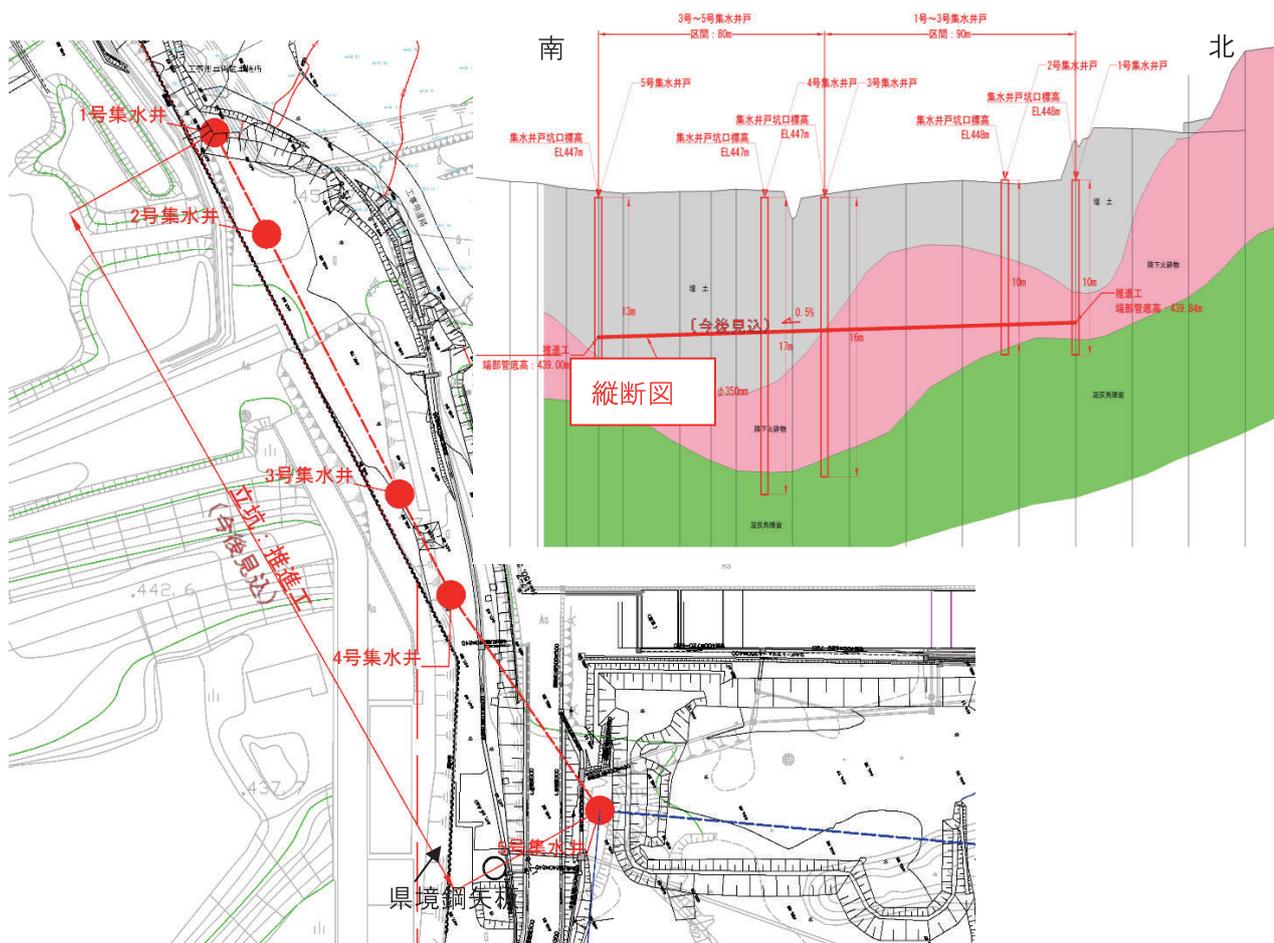


図48 D地区大型集水井戸（1～5号）配置図

⑦ ジオキサンによる汚染土壌の洗出し（掘削・洗出し・埋戻し）

現場から掘削除去した土壌環境基準を超過した土壌についてジオキサン濃度の低減化を図る必要があり、現場において土壌の洗出しについてテストを試行した。

ア A地区西側、AB地区境界部から掘削除去した高濃度汚染土壌は場内の不浸透地盤の箇所（L地区）に仮置きし、雨水が浸透してジオキサンが溶け出した浸出水は水処理施設（促進酸化法）に誘導され処理。

イ しかし、仮置き土（全体23,000m<sup>3</sup>）の積上げ高さが5mになるため、雨水の浸透のみでは浄化されない又は均一に浄化されずに汚染が残留することが懸念された。

ウ そこで、仮置き土に重機でジオキサン処理後の処理水を混合しながら攪拌する洗出しを数回行い、浄化した土壌を場内の埋戻しに活用することを計画した。

エ なお、現場内で洗出しを行うことにより、汚染土壌を外部搬出して処分する場合の1/3程度の費用となるため、費用対効果の観点でも有効な手段と考えられた。

（2015.10.6撮影 航空写真）



写真32 汚染土壌対策実施場所

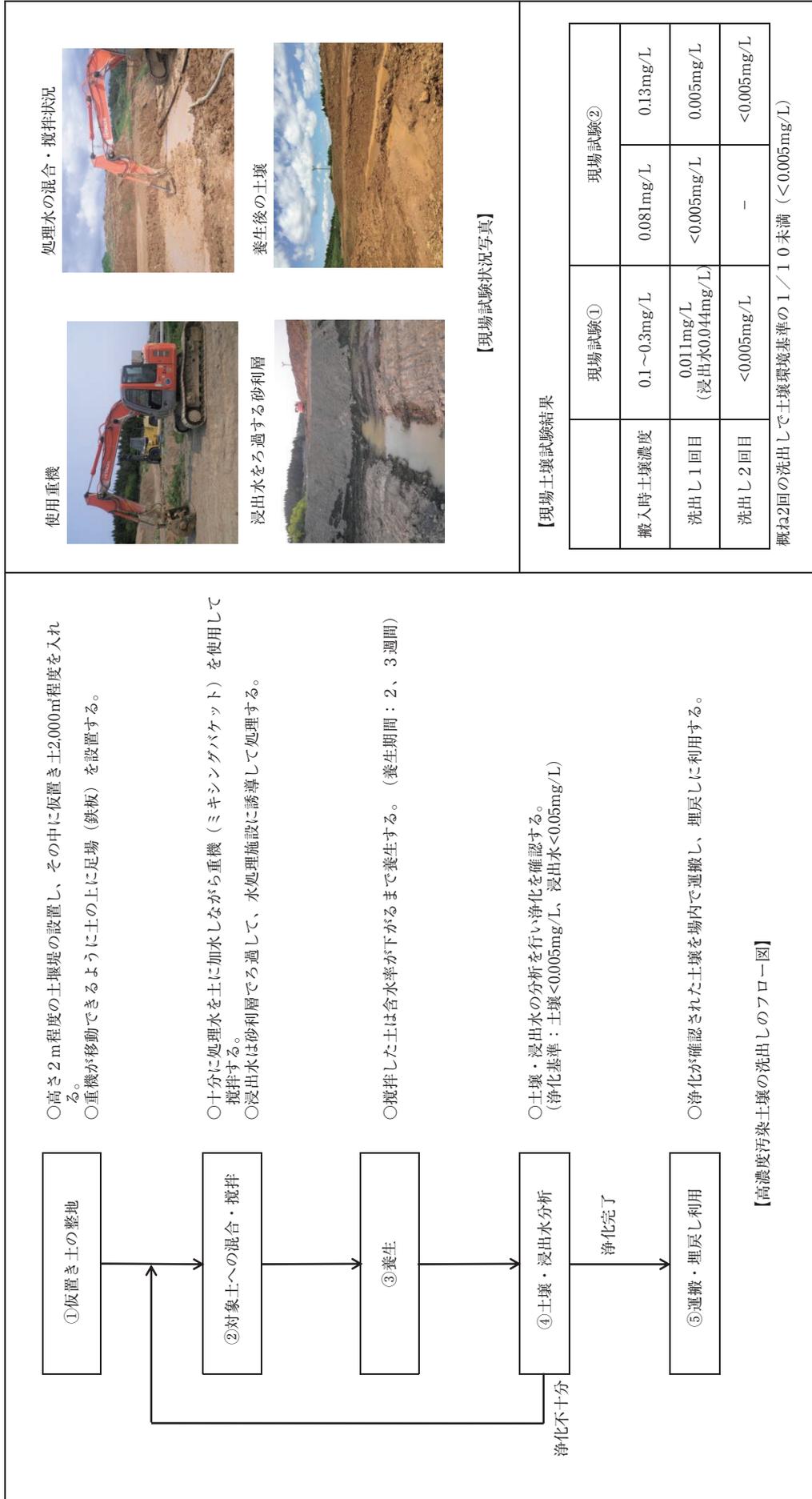


図49 高濃度汚染土壌の洗い出し

## 14 平成29（2017）年度の対応

汚染土壌・地下水の浄化を進めている中で、汚染物質のうちの1,4-ジオキサン対策が重要課題となり、浄化効率向上のため処理水散水等を実施した。しかしながら、浄化が遅れている箇所があることから、実施計画の終期を平成29年度から令和4年度に変更した。

### (1) 1,4-ジオキサン対策

#### 1) A B地区境界部の集水管（横ボーリング）の調査結果

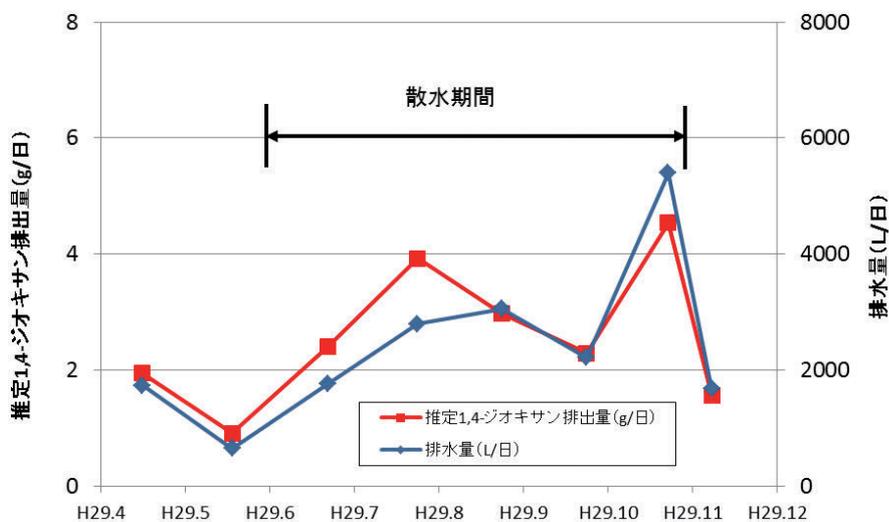
A B地区境界部（B-1）では、汚染土壌の掘削除去後の北側斜面に21本の集水管（横ボーリング）を設置して、汚染地下水を集水した。また、その対策効果を高めるため、平成29（2017）年6月から10月まで処理水を散水した（18 t /日）。

対策効果を確認するため、横ボーリングから排出される水量と1,4-ジオキサン濃度の調査を実施した。濃度は全調査地点で環境基準（0.05mg/L）を上回っており、中心部の濃度が高く、周辺部の濃度が低い傾向であった。また、散水を開始した6月以降、濃度は緩やかな低下傾向となった。散水を実施した6月から10月の間、排水量及び推定1,4-ジオキサン排出量が増加しており、対策の効果が確認された。

表26 A B地区境界部の横ボーリングから排出される1,4-ジオキサン濃度

No.	測定場所	散水期間					
		4月	5月	6月	8月	10月	11月
1	上段①	0.60	0.57	0.54	0.51	0.28	0.37
2	下段①	0.46	0.86	0.37	0.27	0.24	0.26
3	下段②	3.0	3.1	2.8	2.4	2.1	2.1
4	中段③	2.0	1.7	2.6	2.0	1.4	1.6
5	下段③	1.7	1.5	2.0	1.5	1.3	1.3
6	中段④	1.5	1.4	2.0	1.5	1.3	1.0
7	下段④	2.0	2.0	2.0	1.5	1.3	1.7
8	上段⑤	1.4	1.2	1.2	1.2	1.0	0.83
9	下段⑤	2.6	2.7	3.0	2.1	1.6	2.1
10	下段⑥	0.86	0.60	1.0	0.84	0.87	0.74
11	上段⑦	0.40	0.39	0.54	0.45	0.43	0.41
12	中段⑦	0.22	0.19	0.22	0.23	0.21	0.19
13	下段⑦	0.65	0.37	0.67	0.69	0.59	0.58
平均		1.34	1.28	1.46	1.17	0.97	1.01

（単位：mg/L）



※推定1,4-ジオキサン排出量は各横ボーリングからの排水量と濃度から算出

図50 横ボーリングからの排水量と1,4-ジオキサン排出量

## 2) 高濃度地点周辺の土壌等調査結果

汚染土壌の掘削除去を行ったA B地区境界部に汚染土壌の取り残しがないか、地下水で高濃度が継続しているD地区イ-24の上流に汚染源がないかを確認するため、A地区、D地区においてボーリング調査を実施した。

調査の結果、ボーリングを行った新規調査地点3地点の土壌には環境基準を超える高濃度の汚染が残っていないことが確認された。

地下水の調査を行った5地点のうち2地点（H29A-1、B-6）で0.091~0.25mg/l（基準の1.8~5倍程度）の地下水が残留していることが確認された。

調査後の対策として、D地区のイ-24については、上流部に汚染源がなく狭い範囲に汚染が滞留していると推測されることから、洗出しを促進するため浸透池を設置した。

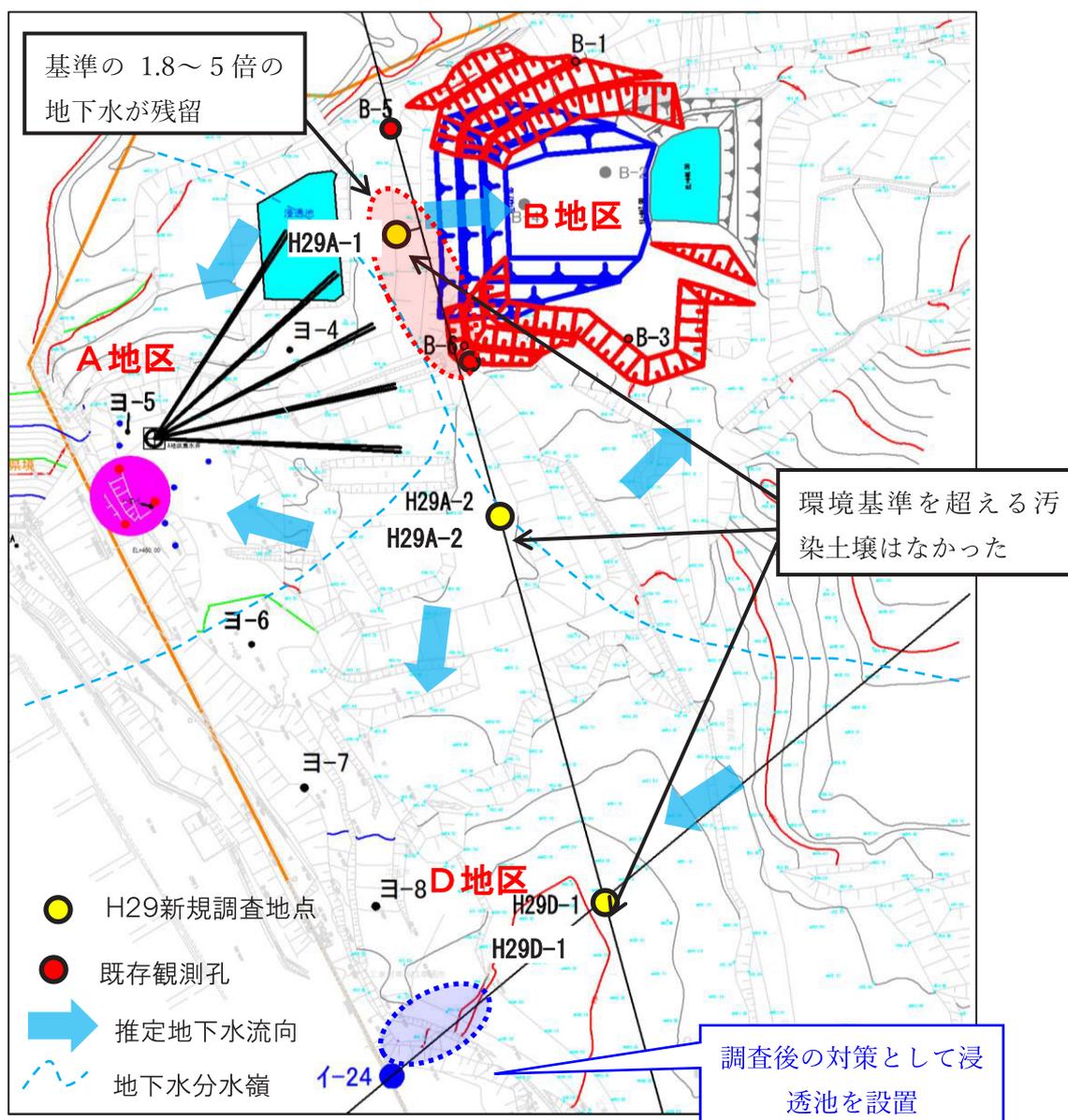


図51 高濃度地点周辺の土壌等調査地点図

## 3) 水処理・揚水の効率化

水処理施設の原水における1,4-ジオキサン濃度が5月から8月まで継続して環境基準

を下回っており、基準に適合している水を相当量揚水して処理していた。また、処理水量は施設の最大能力（約240 t / 日）に近い量となっていた。

そのため、1年間継続して環境基準に適合している井戸については、揚水を停止するまたは揚水して沈砂池を経由して放流することにより効率化を図ることを検討した。なお、水処理をしない井戸において、毎月実施している地下水モニタリングで1物質でも基準超過が確認された場合は、直ちに揚水して水処理を行うこととした。

#### 4) 追加対策のまとめ

平成25（2013）年度から平成29（2017）年度までに実施した主な対策を図52に示した。平成25（2013）年4月から対策をスタートさせ、平成29（2017）年6月までに現場全体では17回に及ぶ対策工を実施した。1,4-ジオキサン対策は、試行錯誤の連続であったが、平成29（2017）年度までの対策では一定の成果をあげることができた。

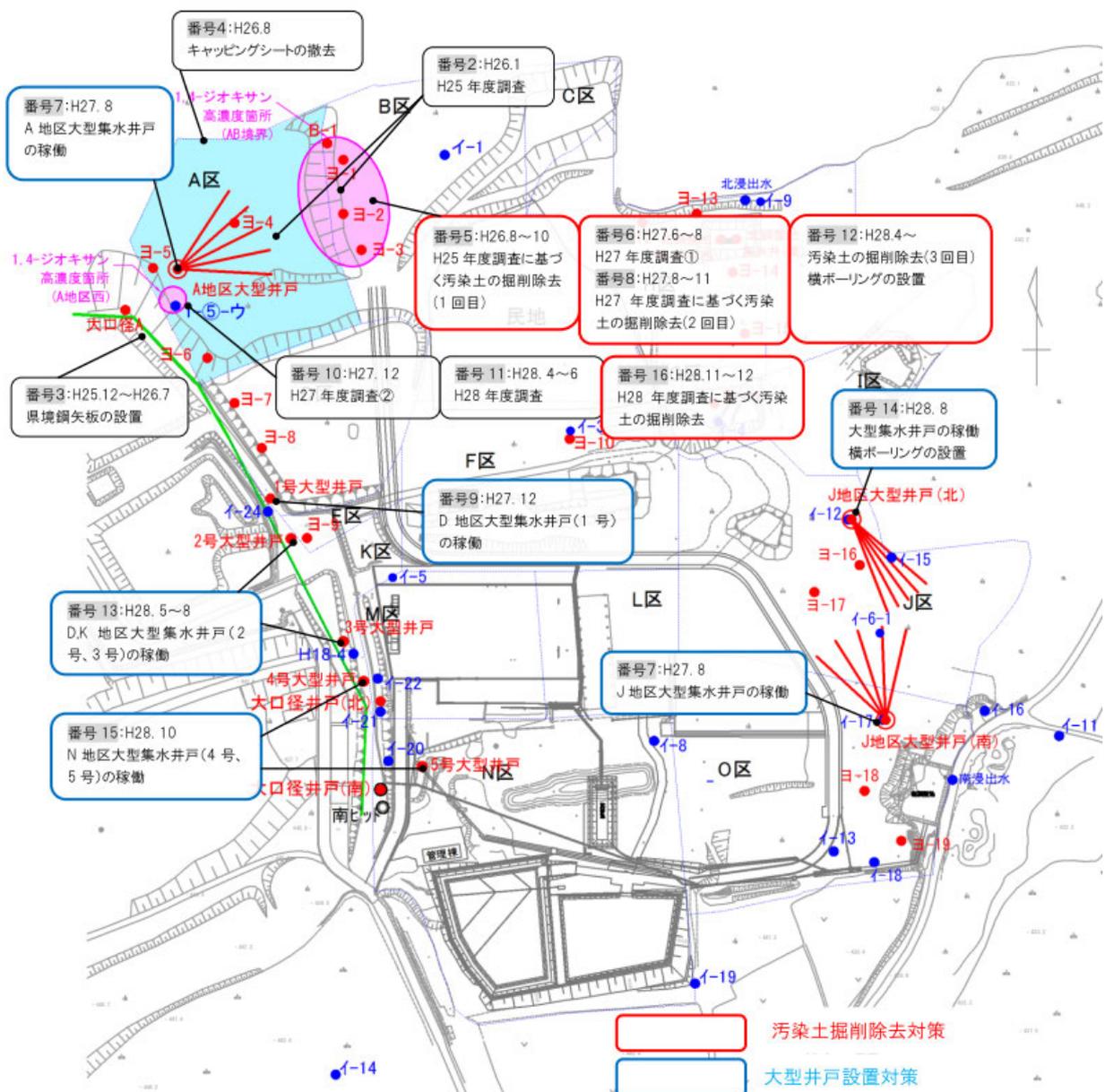


図52 平成25（2013）年度から平成29（2017）年度に実施した1,4-ジオキサン対策

## (2) 水銀汚染対策

### 1) 調査概要

平成15（2003）年からモニタリングしているH地区の井戸（イ-9）で、平成26（2014）年末から環境基準を超える水銀が検出されたため、揚水による低減対策を継続してきたが、濃度は下がらず、徐々に上昇する傾向にあった。このことから、イ-9周辺に水銀の汚染源があると疑われたため、平成29（2017）年6月と8月にボーリング調査を実施した。

### 2) イ-9直近調査

イ-9周辺の土壌地下水中の水銀の存在状況を確認するために、ボーリング調査を平成29（2017）年6月に実施した。調査は、最初にイ-9直近（1m程度離れ）で1箇所（H29H-1）実施した。掘進中地下水はいずれも基準に適合していたが、土壌溶出試験ではGL-9～10m（標高421.93～420.93m）において基準超過が確認された。

### 3) イ-9周辺調査

H29H-1の調査結果とイ-9のモニタリング結果から、イ-9近傍には水銀汚染の汚染源が存在する可能性が高いと考えられた。これを踏まえて、イ-9周辺にどの程度水銀汚染が存在するか確認するための追加調査（2回目調査）を平成29（2017）年8月に実施した。

調査地点位置図は図53に示すとおりであり、イ-9から15m離れた点で5箇所、30m離れた地点で2箇所の合計7箇所とした。

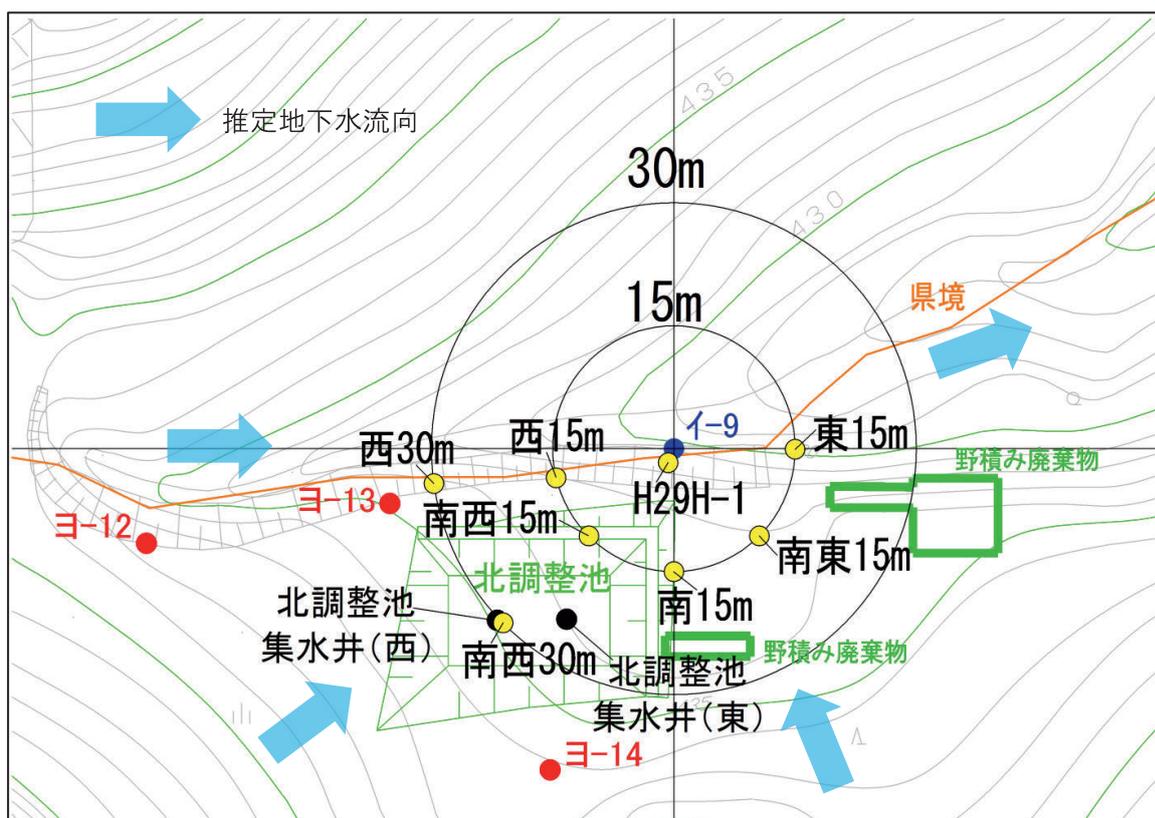


図53 イ-9周辺ボーリング調査地点位置図

各調査地点ボーリングコアによる水銀土壌溶出量試験結果は、西30mのGL-8.4～8.5m及び10.4～10.5mで基準を超過した。その他は、全ての試料で定量下限値未満であった。底質調査方法の全含有量では、深部の凝灰角礫岩強風化部で高い値であった。

イ-9周辺の調査結果より、イ-9（H29H-1）を中心とする直径15mの範囲のGL-9～10m程度の凝灰角礫岩強風化部で土壤中の水銀基準超過が確認されその範囲を特定できた。また、西30mのGL-8～11mの凝灰角礫岩強風化部でも土壤中の水銀基準超過が確認されたが、こちらは基準超過の境界を確認できていないため、範囲特定の追加調査が必要であった。

### (3) 実施計画の延長

平成25（2013）年事業計画変更時点での1,4-ジオキサン対策の考え方は、場内に存在する汚染された地下水を揚水処理することであり、場内の地下水は揚水により4年程度で全体が入れ替わると推定し対策を実施してきた。

しかしながら、1,4-ジオキサン地下水汚染の浄化が進行した箇所と、浄化が進まなかった箇所が存在した。地下水汚染の浄化が進まなかった箇所が存在する理由は以下の事項が考えられた。

- 1) 廃棄物撤去後の土壤中の高濃度1,4-ジオキサン含有土（汚染溜り）の存在とその特定に時間を要したこと
- 2) 高濃度の汚染（汚染溜り）が確認されたA、B地区の特異な地形・地質と汚染拡散状況。
- 3) 地下水の揚水量が想定よりも少ない箇所・井戸の存在。

このような状況から、実施計画の終期を平成29（2017）年度から平成34年度（令和4年）に変更することとして、平成30（2018）年2月28日に環境大臣に協議をし、同年3月26日付で大臣同意を得た。

## 15 平成30 (2018) 年度の対応

汚染土壌・地下水における1,4-ジオキサン対策を実施するも浄化が遅れている箇所があるため、根本的な追加対策を検討することとした。

### (1) 1,4-ジオキサンによる汚染箇所への対応

#### 1) 水処理の継続

1,4-ジオキサンにより汚染された地下水を揚水し、水処理施設において処理して放流する基本的対策を過年度から継続して実施した。

#### 2) 場内全体のボーリング調査及び結果

過年度までは1,4-ジオキサンによる汚染が確認された都度詳細調査を行い、その箇所にもふさわしい対策を講じてきた。しかしながら、汚染状況の改善が芳しくない箇所があったことや、事業終了まで約5年という期限を考慮した結果、汚染状況調査を実施していなかった地点においてボーリング調査を行い、土壌及び地下水の汚染状況を確認した。

調査地点及び調査結果は図54及び表26のとおりで、土壌溶出基準を超える土壌は確認されなかったものの、地下水環境基準を超える箇所が確認された。過年度から対策を継続していた箇所については、ボーリング調査結果を踏まえて対策方針を再検討し、新たに確認された汚染箇所については、翌年度に対策工事が実施できるよう工法設計を行った。

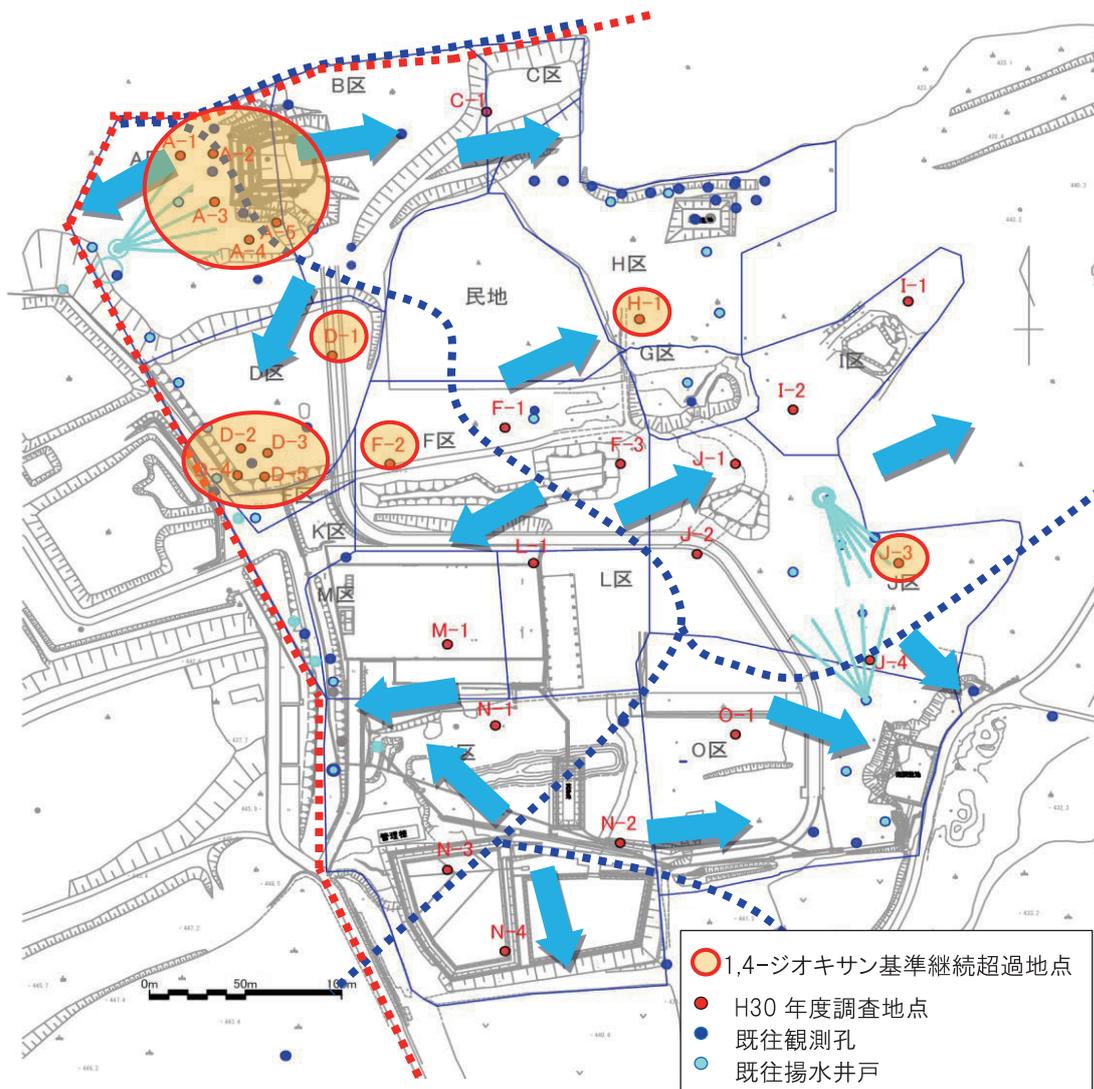


図54 平成30 (2018) 年度ボーリング調査地点

表27 平成30年度ボーリング調査地点における土壌のジオキサン溶出量最大値及び1,4-ジオキサンの地下水濃度

BorNo.	土壌		地下水		BorNo.	土壌		地下水	
	ジオキサン溶出量 最大値[mg/L]	採水日	1,4-ジオキサン [mg/L]			ジオキサン溶出量 最大値[mg/L]	採水日	1,4-ジオキサン [mg/L]	
H30_A-1	<0.005				H30_H-1	0.006	7/3	0.13	
		9/27	0.095				9/26	0.12	
		11/28	0.10				11/29	0.11	
H30_A-2	0.026				H30_I-1	<0.005	7/3	N.D	
		9/27	0.25				9/26	0.010	
		11/28	0.34				11/29	N.D	
H30_A-3	0.029				H30_I-2	<0.005	7/3	0.037	
		9/27	0.039				9/26	0.017	
		11/28	0.052				11/29	0.031	
H30_A-4	<0.005				H30_J-1	0.007	7/2	0.014	
		9/27	0.062				9/26	0.011	
		11/28	0.064				11/29	N.D	
H30_A-5	0.014				H30_J-2	<0.005	7/2	0.015	
		9/27	0.39				9/26	N.D	
		11/28	0.46				11/29	0.023	
H30_C-1	0.047				H30_J-3	0.021	7/2	0.12	
		9/27	地下水無				9/26	0.12	
		11/28					11/29	0.16	
H30_D-1	0.019				H30_J-4	0.009	7/2	0.012	
		9/27	0.099				9/26	0.014	
		11/28	0.10				11/29	0.016	
H30_D-2	0.016				H30_L-1	<0.005	7/2	N.D	
		9/27	0.047				9/26	N.D	
		11/28	0.006				11/27	N.D	
H30_D-3	0.029				H30_M-1	<0.005	7/2	N.D	
		9/27	0.030				9/26	N.D	
		11/28	0.029				11/27	N.D	
H30_D-4	0.015				H30_N-1	<0.005	7/2	N.D	
		9/27	0.10				9/26	0.005	
		11/28	0.019				11/27	N.D	
H30_D-5	0.019				H30_N-2	<0.005	7/2	N.D	
		9/27	0.075				9/26	N.D	
		11/28	0.051				11/27	N.D	
H30_F-1	0.007				H30_N-3	<0.005	7/2	N.D	
		9/26	N.D				9/26	N.D	
		11/28	N.D				11/27	N.D	
H30_F-2	<0.005				H30_N-4	0.014	7/2	0.044	
		9/27	0.12				9/26	0.041	
		11/28	0.11				11/27	0.061	
H30_F-3	<0.005				H30_O-1	<0.005	7/2	N.D	
		9/27	N.D				9/26	0.048	
		11/28	N.D				11/27	0.071	

赤字 : 環境基準超過

3) 主な箇所の対策概要

過年度から対策を継続していた箇所における対策概要は次のとおりである。

① A地区東側 (B-6)

A地区東側のB-6井戸においては、ボーリング調査の結果から、周辺には汚染源がなかったため、貯水池の貯留水が西側へ流下し汚染拡散していることが原因と考えられたことから、貯水池の底面を掘削した。この状態で翌年度まで様子を見ることとした。

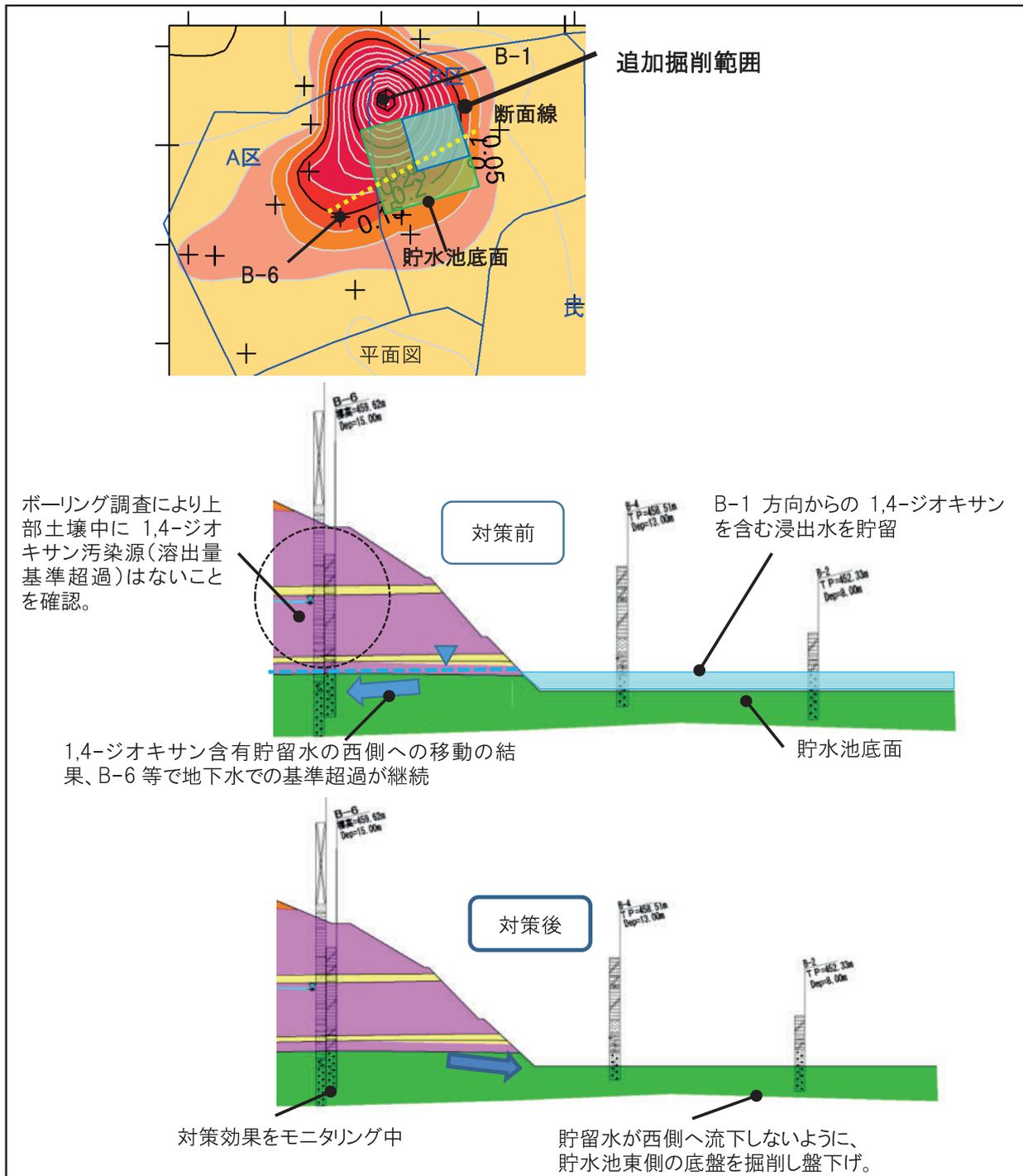


図55 A地区東側における対策の概念図

② D地区 (H29D-2)

平成29 (2017) 年度にボーリング調査を実施した地点H29D-2において、スポット的に地下水環境基準超過がみられたことから、平成30 (2018) 年度に当該井戸を中心とした四方5mの地点においてボーリング調査を実施した。その結果、土壤溶出基準を超える土壤は確認されなかったため、H29D-2の局所に汚染が存在していることが判明した。このことから、調査後の平成30 (2018) 年10月に清浄水注入孔を設置し、下流側井戸において揚水を行う地下水涵養を実施したところ、地下水濃度が低下したため、モニタリングを継続することとした。

③ B地区北側（B-1）

A B地区境界部の高濃度1,4-ジオキサン含有汚染土は、過年度までに可能な範囲で掘削したが、B-1周辺の県境に接する法面部分は掘削除去が困難な状況であったため、平成28（2016）年度に横ボーリング排水工を設置し、平成29（2017）年度には地表面へ清浄水を散水することで地下水涵養を促した。平成30（2018）年度も散水を継続する予定だったが、大雨により一部法面が崩れたことを考慮し、散水を断念した。これにより横ボーリングから排出される1,4-ジオキサンの除去量が鈍化し、このままでは事業終了期限である令和4（2022）年度までに浄化完了が困難であることが考えられたため、抜本的な追加対策が必要な状況であった。

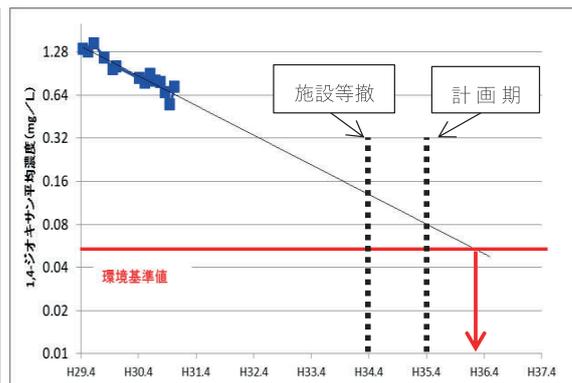
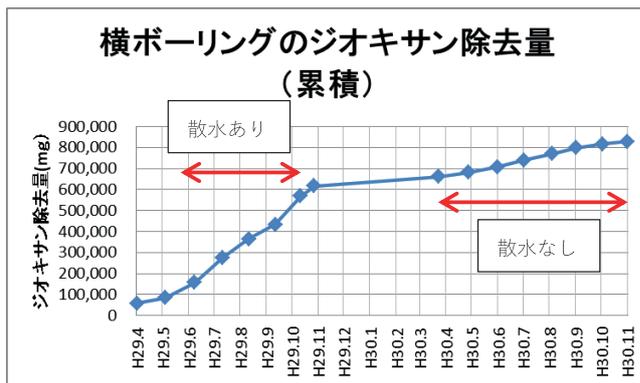


図56 横ボーリングによる1,4-ジオキサン除去量

図57 横ボーリングによる1,4-ジオキサン浄化予測

4) 重機による汚染土壌の洗出し

過年度にA B地区から掘削した汚染土壌を運び出し、処理水と混合して1,4-ジオキサン濃度を低減させる作業を平成29（2017）年8月から実施してきた。この際に生じた1,4-ジオキサン含有水は水処理施設に導水し処理した。

平成30（2018）年度は平成29（2017）年度に比べて開始時期を早めるとともに、汚染土壌の下に砕石及び不織布を敷くことにより水はけを改善する等、工法を見直して実施した。これにより汚染土壌の洗出し量を増加させることが可能となり、前述のB地区北側の掘削除去に伴って発生する汚染土壌の浄化も事業期間内に終了させることができる見込みが立った。

(2) 水銀（ボーリング調査及び結果～中間報告、H地区だけ高濃度であることの説明）

平成29（2017）年度にH地区の井戸イ-9の地下水において水銀が環境基準を超えて検出されたことから、原因調査のためにボーリング調査を行ってきた。平成29（2017）年度はH地区の調査を実施したが、平成30（2018）年度はH地区以外の事業場全体20箇所と場外3箇所のボーリング調査を行った。

各調査地点のボーリングコアを分析したところ、調査対象地の多くの箇所で水銀が検出され、一部箇所では一般的な水銀全含有量である0.3mg/kgを超える高濃度含有箇所も確認された。また、不法投棄現場から150～200m離れた場外-2、場外-3の深部においても0.3mg/kg以上の水銀を含む地層が確認されたことから、不法投棄廃棄物による汚染ではないことが示唆された。

しかしながら、H地区については特にも水銀濃度が高く、土壌だけでなく地下水からも水銀が検出されていることから、引き続き調査を行うこととした。

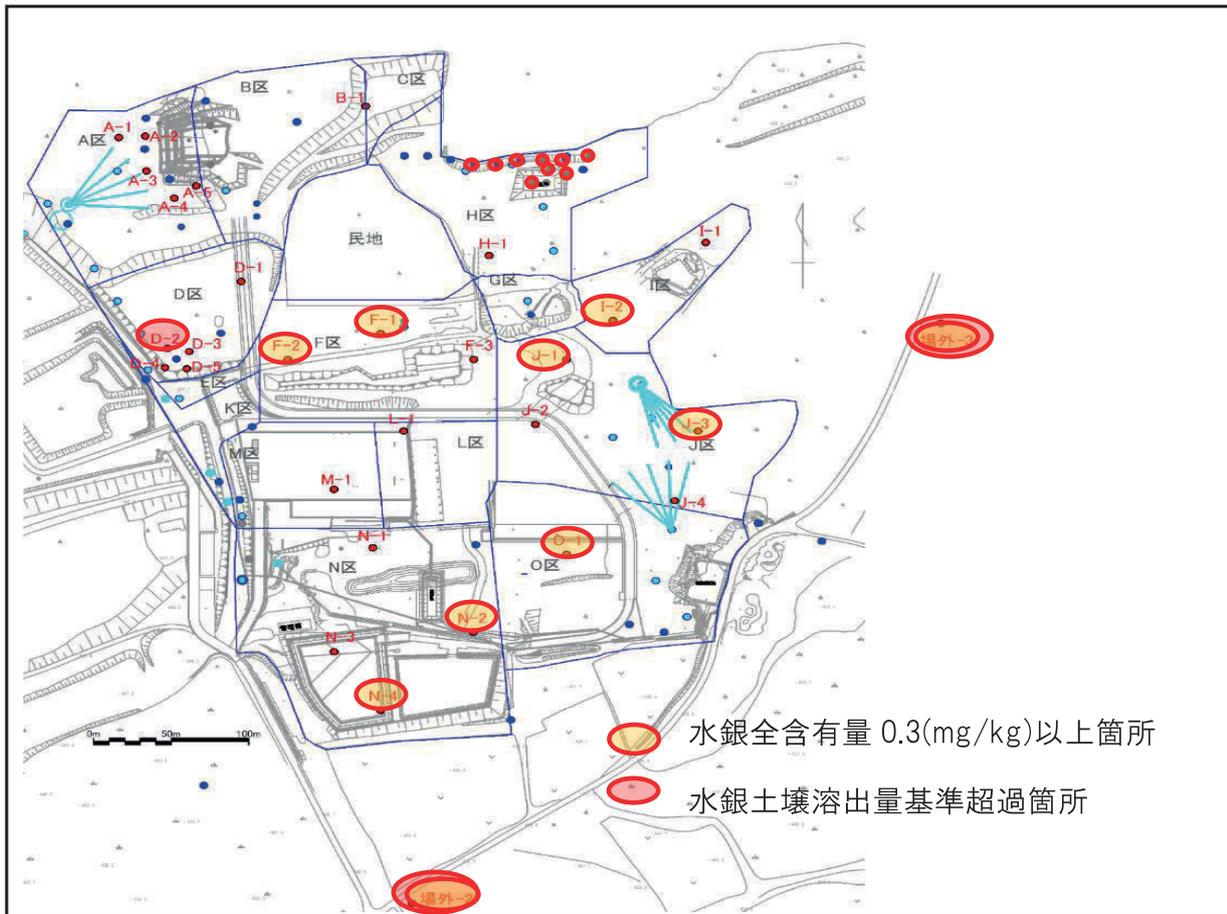


図58 平成30（2018）年度ボーリング調査結果による水銀検出結果

## 16 平成31（令和元）（2019）年度の対応

汚染土壌・地下水における1,4-ジオキサン対策について、汚染源の特徴と対策工法の効果を整理した。また、追加対策として薬剤処理工を検討した。他方、場内地下水で水銀が検出されていたが、調査の結果、全て自然由来と判断した。

### (1) 1,4-ジオキサンによる汚染箇所への対応

#### 1) 水処理の継続

1,4-ジオキサンにより汚染された地下水を揚水し、水処理施設において処理して放流する基本的対策を過年度から継続して実施した。

その結果、1,4-ジオキサンによる汚染範囲は着実に縮小し、水処理施設の原水についてもたびたび環境基準を下回っている状況となった（図59参照のこと）。また汚染地下水の水量についても、汚染土壌対策技術検討委員会に諮りながら揚水の効率化を行ってきたことで処理水量が減少した。

残っている汚染箇所は、揚水浄化の効果が期待しにくいA地区の尾根部に位置する地点が相対的に多くなってきていた。効率的な対策のため、薬剤注入等の新たな工法による対策が望まれていた。

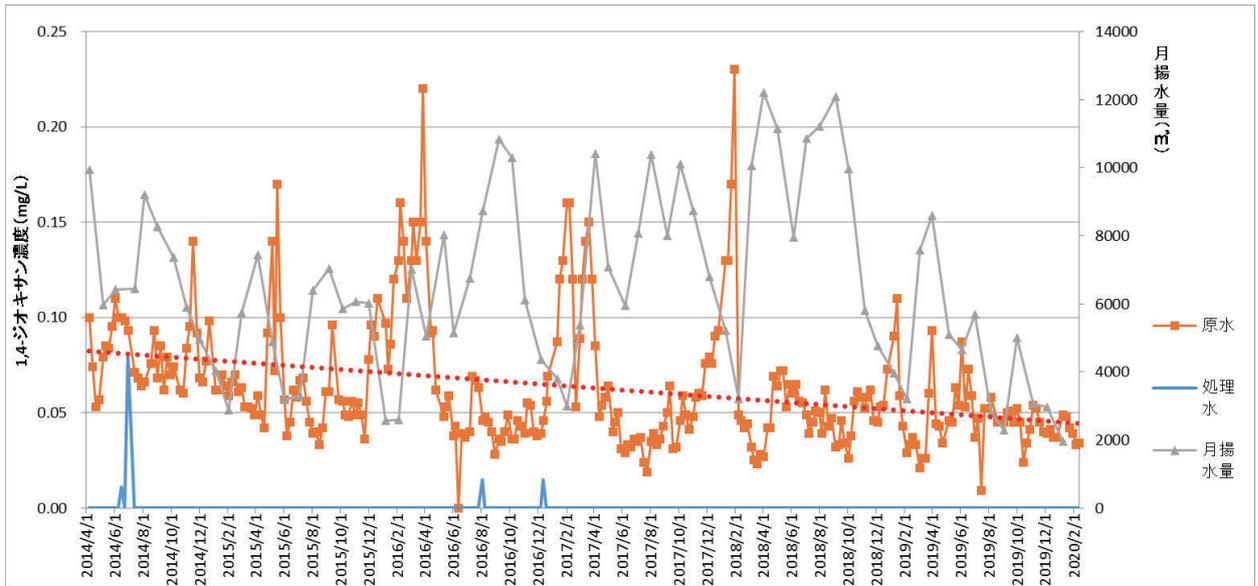


図59 原水の1,4-ジオキサン濃度及び月揚水量の推移

2) 主な箇所の対策概要

① A地区西側（大口径井戸A）

大口径井戸Aは比較的高濃度の1,4-ジオキサン汚染が継続していたことから、周辺の既設観測孔の1,4-ジオキサン濃度を測定したところ、環境基準値を上回る濃度の1,4-ジオキサンが検出された。

これまで、A地区に掘削したライナープレートに注水を行うことでこれらの地点を洗い出す浄化を行い、一定の効果が出ている。この浄化機能を増強するため、令和元（2019）年12月にライナープレートから南西方向に向かう横ボーリングを施工し、注水管として用いることとした。

横ボーリングは9本施工したが、地下水の動きが一律ではない可能性もあったことから、横ボーリングの向き及び角度はそれぞれ異なるよう施工した。

② D地区（H29D-2）周辺

D地区でスポット的に1,4-ジオキサンの地下水基準超過が確認されたH29D-2周辺（右図）について、対策のための浸透工（井戸）を平成30（2018）年10月下旬に設置した。

その後の推移は表27のとおりであり、1,4-ジオキサン地下水濃度の低下が見られ、対策の効果が確認された。

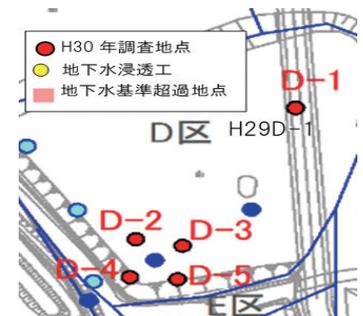


表28 H29 (2017) D-2における1,4-ジオキサン濃度 (単位: mg/L)

対策前	地点	平成29年		平成30年									
		11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
	H29D-1	<0.005	<0.005	0.007	<0.005	0.005	<0.005	0.008	0.005	0.10	0.014	<0.005	<0.005
	H29D-2	-	-	1.6	0.32	1.4	0.68	0.65	0.80	0.61	0.46	0.42	0.34
	H30D-2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.047	-	0.006	-
	H30D-3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.030	-	0.21	-
	H30D-4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-	0.019	-
	H30D-5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.075	-	0.051	-
	(参考)イ-24	0.064	0.036	0.040	-	-	0.053	0.015	0.020	0.007	0.014	0.016	0.055

対策後	地点	平成30年		平成31年				令和元年		
		11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
	H29D-1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	H29D-2	0.084	0.093	0.13	<0.005	<0.005	0.005	0.009	<0.005	0.082
	H30D-2	0.080	-	-	-	-	-	0.022	-	0.022
	H30D-3	0.029	-	-	-	-	-	0.056	-	0.054
	H30D-4	0.057	-	-	-	-	-	<0.005	-	<0.005
	H30D-5	0.050	-	-	-	-	-	0.005	-	<0.005
	(参考)イ-24	0.020	0.045	0.051	-	-	0.021	0.028	0.024	0.054

③ F地区 (イ-3 (ヨ-10))

平成30 (2018) 年11月に浸透井戸を設置したものの、令和元 (2019) 年5月まではあまり汚染濃度の低減傾向が見られなかった。しかし平成30 (2018) 年度に、より浸透しやすいと考えられた場所を実施した地下水浸透工により令和元 (2019) 年6月以降は大きく改善し、対策後の平均は環境基準値を下回ったことから、更なる追加対策は不要と判断された。

④ B地区北側

環境省や関係自治体等の了解が得られたことから、最も経済性及び対策効果に優れるオープンカットによる土壌掘削を行うこととし、令和元 (2019) 年5月中旬から10月末にかけて、B地区北側法面の地下に存在していた汚染土壌4,796m<sup>3</sup>、非汚染土壌57,537m<sup>3</sup>を掘削除去した。掘削に当たっては、深度1mごとに汚染濃度の検査を行いながら作業を行った。その結果、掘削範囲内に高濃度汚染は認められず、予定していた対象範囲をもって掘削を完了した。

掘削した汚染土壌は重機による洗出しを行うこととした。また、掘削後の法面は、崩落や地下水の流向変化を防止するため、種子吹付を行ったほか一部を埋め戻した。



令和元 (2019) 年7月10日撮影 令和元 (2019) 年10月30日撮影  
写真33 B地区北側における掘削状況

3) 掘削後土壌の洗出しの進捗

洗出しが必要な汚染土壌は、平成30（2018）年度までに掘削した汚染土壌の残り7,900 m<sup>3</sup>に、B地区北側からの汚染土壌掘削見込み量5,400m<sup>3</sup>を加えた13,300m<sup>3</sup>であり、平成31（2019）年度はそのうち6,400m<sup>3</sup>を浄化する計画としていた。

掘削中にサンプリングを行い、汚染土壌発生量を精査した結果、洗出しが必要な汚染土壌の総量は12,696m<sup>3</sup>となった。また、作業工程の見直しや作業区画の拡大等の効率化を図った結果、平成31（2019）年度の処理実績量は8,515m<sup>3</sup>となった。

これにより、令和2（2020）年度への繰越量は4,181m<sup>3</sup>となり、令和2（2020）年度中には汚染土壌の処理が完了することが見通せる状況となった。

表29 洗出しが必要な汚染土壌の残量（単位：m<sup>3</sup>）

期間	洗出し対象土量	R1年度	R1年度	R1年度		R1年度		R1年度	合計	R2年度	R2年度	R2年度
		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	1回目		2回目	3回目	
新規投入量		1,500	800		1,500	600	1,700			1,300	1,700	781
洗出し土砂量		1,500	1,700		1,700	1,700	1,700		1,700	1,700	1,700	781
浄化完了		600	1,500	404	600	1,700	1,700	711	1,300	1,700	1,700	781
浄化未完		900	200		1,100	0	0		400	0	0	0
浄化完了土砂量（累積）		600	2,100	2,504	3,104	4,804	6,504	7,215	8,515	10,215	11,915	12,696
残り汚染土砂量	12,696	12,096	10,596	10,192	9,592	7,892	6,192	5,481	4,181	2,481	781	0

※R2年度1回目以降は見込み

4) 更なる対策の必要性

令和元（2019）年12月時点で、1,4-ジオキサン濃度が環境基準を上回っており、かつ既存対策工による効果が十分でないと考えられる地点が17か所あった。

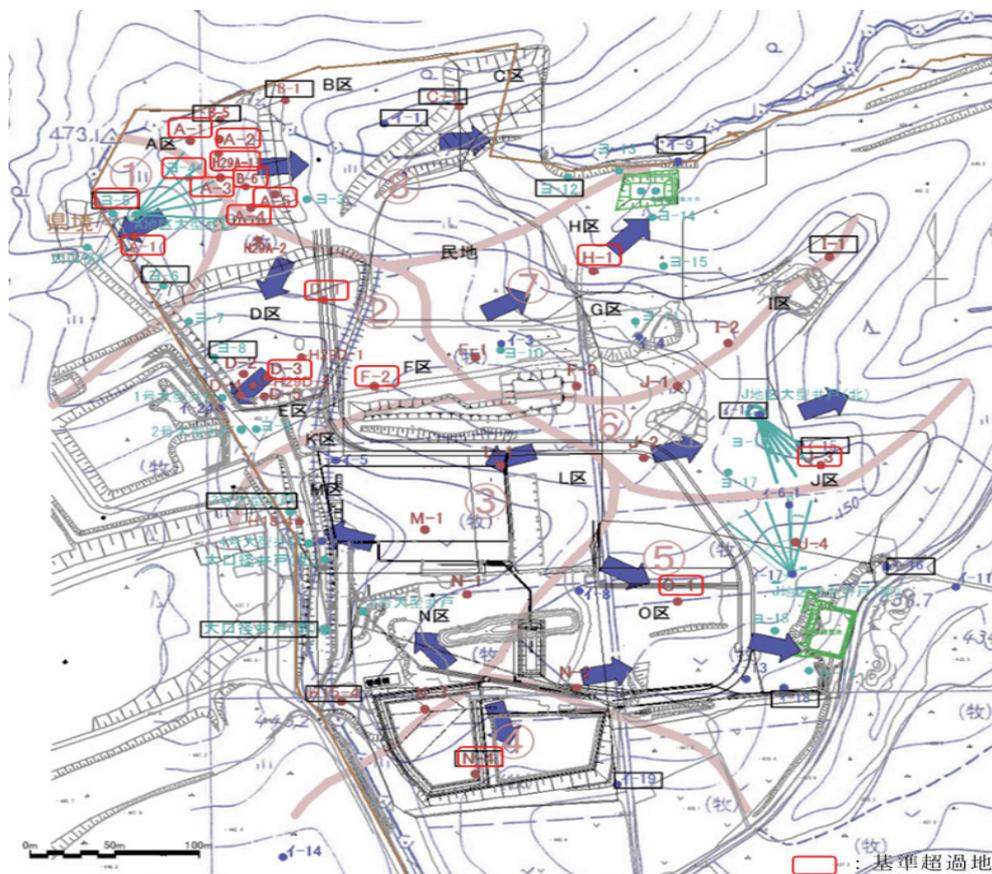
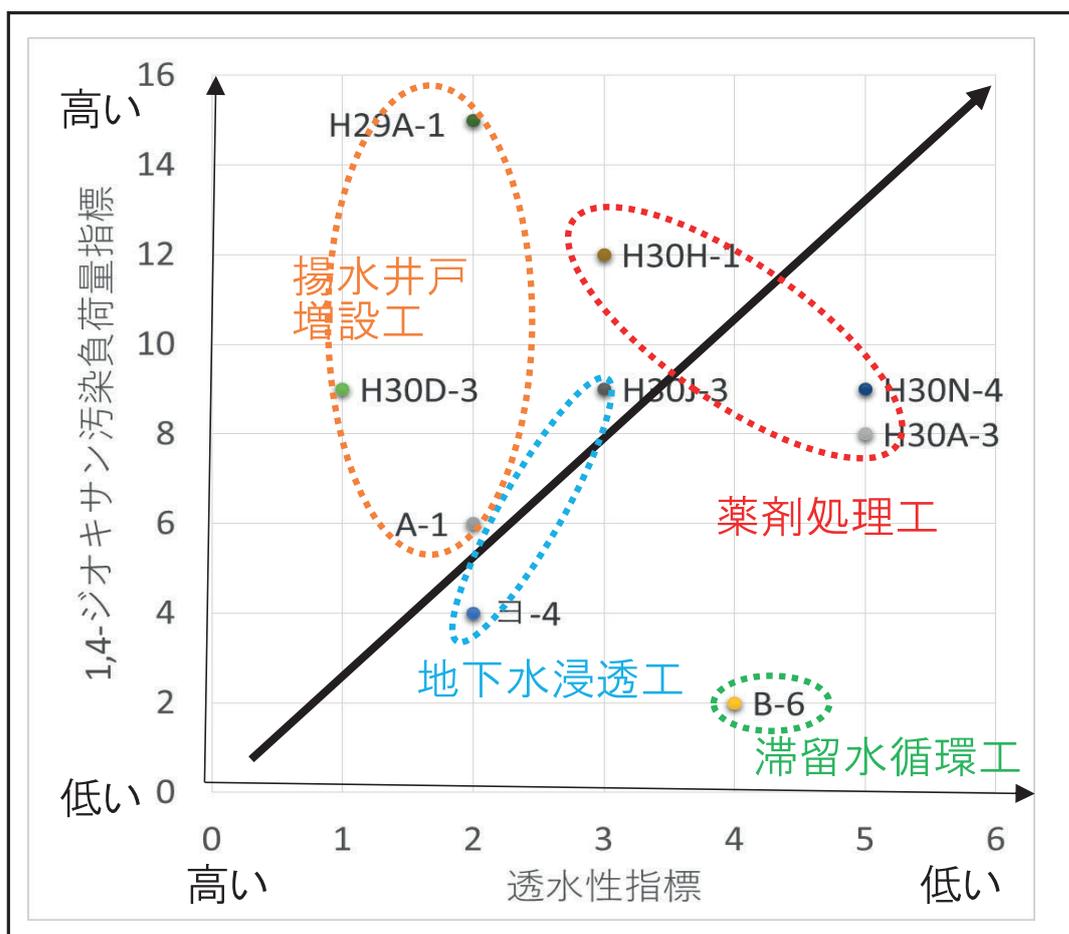


図60 令和元（2019）年12月時点で1,4-ジオキサン濃度が環境基準を上回っていた地点

17か所の汚染地点ごとの汚染状況及び性質を明らかにするため、令和元（2019）年12月下旬に井戸洗浄及び透水試験を実施したところ、8か所については井戸洗浄により汚染が低減したが、9か所は汚染が継続していた。それぞれの地点の状況及び相対的な汚染度合い（汚染負荷量指標）を整理し、その状況に応じた対策工を検討した。

汚染が環境基準を超過していた9地点については、早急に対策を行う必要があると判断し、取るべき対策について整理を行った。各地点の1,4-ジオキサンによる汚染負荷量及び土壌の透水性の比較検討を行った上で、対策工法については、これまで実績のある地下水浸透工、揚水井戸増設工及び滞留水循環工に加え、研究・試験レベルで浄化が確認されている薬剤処理工を対象とし、次年度の対策工法を検討した。

図61 透水性及び汚染負荷量の指標相関図



(2) 場内の地下水で確認された水銀

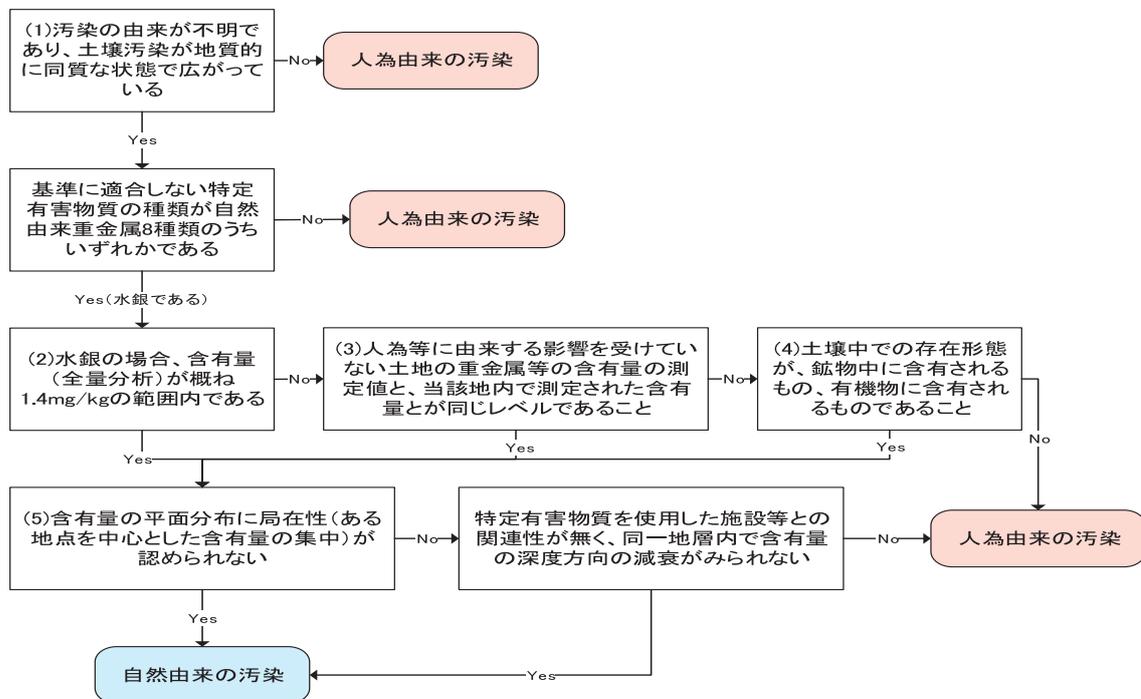
H地区で検出された水銀は他地区よりも濃度が高いため、これまでの調査で自然由来と判断された場外や他地区との違いがないか調査を行った。併せて、土壌汚染対策法に基づき環境省が示しているガイドラインに従い、H地区の土壌中に存在する水銀が自然由来か人為由来（廃棄物由来）であるかを判定した。判定フローは次のとおりであり、H地区についても水銀は自然由来という結果となった。

判定を行う過程で、他地区や場外において検出された自然由来水銀との相違の有無を確認したが、水銀が廃棄物由来であることを示す結果は出なかった。

以上のことから、場内の土壌中に存在する水銀は全て自然由来と判断された。

## 【判定フロー】

- ① ボーリング調査の結果から、現場周辺の深部地層（ローム層及び凝灰角礫岩層）において水銀含有が認められることから、土壤汚染が地質的に同質な状態で広がっていると考えられる。(Yes)
- ② 自然由来の汚染と判断する際の含有量（全量分析）の上限値の目安である1.4mg/kgを超える地点は、H地区の3地点で確認されている。(No)  
なお、H地区以外は上限値を下回っている。
- ③ 人為等に由来する影響を受けていない地点である場外-3における水銀の含有量（全量分析）は0.41mg/kgであり、H地区の含有量はそれを上回っている。(No)  
なお、場内のH地区以外の地区においては場外-3と同等かそれ以下のレベルである。
- ④ 自然界における土壤中水銀の一般的な形態は、自然水銀や硫化水銀である。分析の結果、場内・場外ともに硫化水銀及び残留水銀（形態別分析において自然水銀はこれに含まれる）が検出されており、それ以外の形態では検出されていない。(Yes)
- ⑤ H地区においては複数の箇所水銀が存在しており、特定地点を中心とした含有量の集中は認められない。(Yes)



## 17 令和2（2020）年度の対応

原状回復事業の完了に向け、汚染土壌・地下水における1,4-ジオキサンの浄化終了判断基準を定めた。また、現場に設置されている工作物の解体撤去等の方針を示した。

### (1) 1,4-ジオキサンによる汚染箇所への対応

#### 1) 主な箇所の対策概要

##### ① 薬剤処理工

透水性が低く汚染負荷量が高い箇所に対して、ダブルパッカー法による薬剤処理工を行うこととし、その薬剤として室内試験で1,4-ジオキサン分解効果が確認されている過硫酸ナトリウムを使用することとした。

令和2（2020）年度はH30A-3、H30H-1及びH30N-4の計3か所において薬剤処理工を実施した。なお、H30N-4においては、注入前の1,4-ジオキサン濃度が比

較的低かったことから、注入薬剤量を3分の1にして施工した。

この結果、注入開始後に1,4-ジオキサン濃度の低下（環境基準未満）がみられ、その後、1,4-ジオキサン濃度の増加はなく、効果が確認された。これを踏まえ、他の汚染箇所に対しても薬剤処理工が有効であると考えられた。

表30 薬剤注入工対象箇所における1,4-ジオキサン及びpHの分析結果

井戸	項目	注入前	注入中	注入中	注入後 1W	注入後 2W	注入後 3W	注入後 4W	注入後 5W
H30A-3	日付	5/7	5/14	5/21	5/28	6/4	6/11	6/18	6/25
	1,4-ジオキサン (mg/L)	0.056	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
	pH	6.6	12.6	12.4	12.4	12.1	12.3	12.0	12.3
H30H-1	日付	7/2	-	8/5	-	8/19	8/26	9/2	9/9
	1,4-ジオキサン (mg/L)	0.097	-	< 0.005	-	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
	pH	6.2	-	12.4	-	12.4	12.4	12.3	12.5
H30N-4 薬剤量 1/3	日付	7/16	8/28	-	9/4	9/11	9/18	9/25	10/2
	1,4-ジオキサン (mg/L)	0.040	0.024	-	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
	pH	6.1	6.9	-	11.4	12.5	12.4	12.1	11.8

② 地下水浸透工

透水性が高く汚染負荷量が高い箇所に対して、水を注入して汚染の洗い出しを積極的に行うため、地下水浸透工を行った。対象箇所であるH30J-3及びヨ-4において、令和2（2020）年7月上旬に地下水浸透工を設置し、同年8月中旬から清浄水注水を開始した。

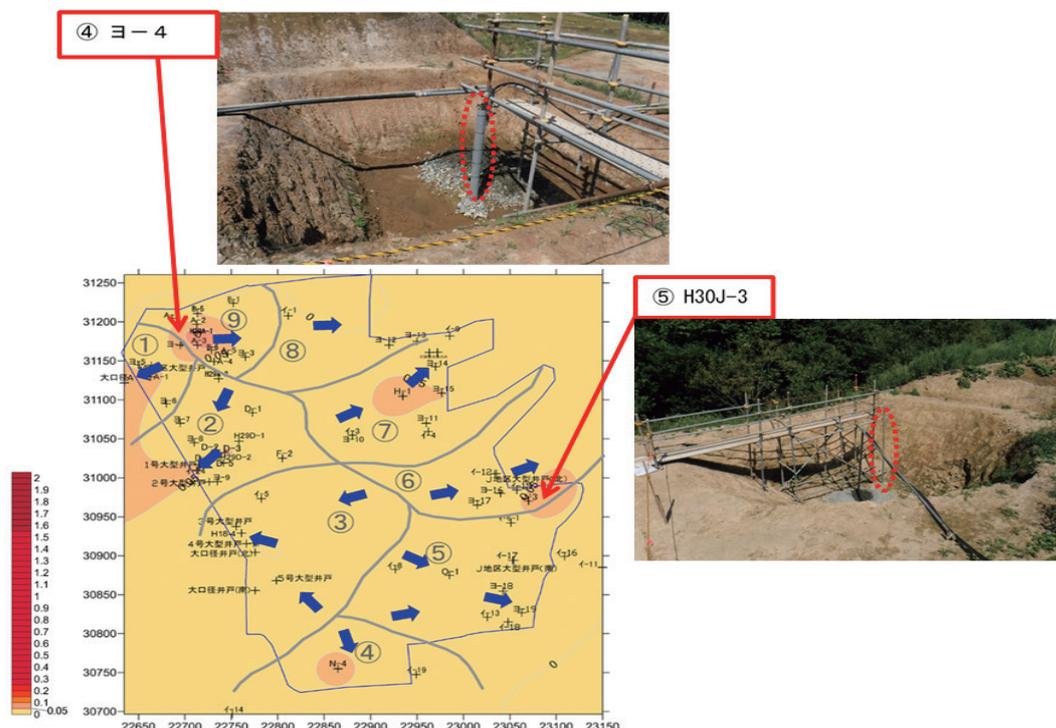


図62 令和2（2020）年度 地下水浸透工施工箇所、1,4-ジオキサン濃度分布図及び事業場全体平面図

地下水浸透工の施工後、1,4-ジオキサン濃度は環境基準を下回った。

また、平成30(2018)年10月に地下水浸透工を施工したH29D-2及びイ-3において、施工後から継続して環境基準を下回った。施工から7～9か月経過後に一時的に環境基準を超過したものの、ほとんどは環境基準未満であり、継続して低下傾向がみられた。

## (2) 1,4-ジオキサンの浄化終了判断基準

県境不法投棄現場の原状回復事業については、「岩手・青森県境不法投棄事案における特定産業廃棄物に起因する支障の除去等の実施に関する計画（平成30(2018)年3月環境大臣変更同意）」に即して実施してきた。現場では、平成26(2014)年3月に特定産業廃棄物の撤去完了により、残る主な課題は「地下水質における1,4-ジオキサンの環境基準(0.05mg/L)への適合」となっていた。

前記実施計画においては、対策終了の目標としての「支障の除去の目標及び完了確認手法」を「各種環境基準への適合、その他の物理的手法等により特定産業廃棄物等が存在しないこと」と定めており、この基準に適合しているか否かを判断するための考え方を明確にする必要があったことから、原状回復対策協議会において協議を重ね、第80回原状回復対策協議会(令和2(2020)年9月12日)において浄化終了判断基準を定めた。

### <1,4-ジオキサンに係る浄化終了判断基準>

- 1 対象井戸は場内にある全ての井戸(揚水用、観測用)とすること。
- 2 環境基準以下となった時点(以下「環境基準適合点」という。)を起点として浄化継続期間を設け、その期間は基本的に6か月間とすること。
- 3 浄化継続期間終了後にモニタリング期間を設け、その期間は基本的に1年間とすること。
- 4 2及び3においては、その地下水の1,4-ジオキサン濃度は0.05mg/L以下であること(地下水の環境基準値適合)。
- 5 その他、協議等が必要な事項については、協議会及び土壌委員会に諮ったうえで対策等を進めること。

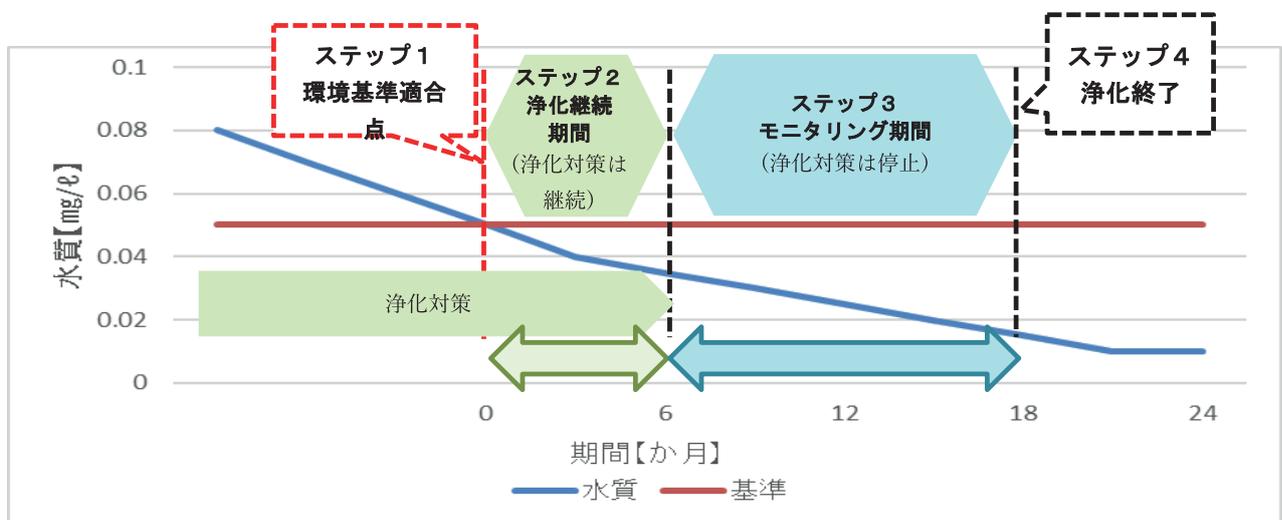


図63 1,4-ジオキサンに係る浄化終了判断基準

ステップ	ステップ1 環境基準適合点 (図1：- - - ●)	ステップ2 浄化継続期間 (図1：●)	ステップ3 モニタリング期間 (図1：●)	ステップ4 浄化終了 (図1：- - - ●)	ステップ5 浄化完了
内容	井戸における地下水の1,4-ジオキサン濃度が0.05mg/L以下（環境基準適合）となること。	基本的に6か月間、揚水等の浄化対策を継続（※）しつつ、環境基準に適合していることを確認する。 ※薬剤処理工については、薬剤注入後、環境基準適合が確認された時点までとする。	基本的に1年間、揚水等の浄化対策を停止し、環境基準に適合していることを確認する。	モニタリング期間中に継続して環境基準を達成した場合、当該井戸（地下水）は浄化終了と判断	全ての井戸で浄化終了と判断
備考	浄化継続期間中に環境基準を超過した場合には、その後、対策を講じる等により、再度環境基準に適合した時点で改めて環境基準適合点を設定する。	対策等により、当該期間中に明らかな濃度低下がある場合などは、浄化継続期間を変更（短縮）する場合がある。	・モニタリング期間中に環境基準を超過した場合は、揚水等の浄化対策を再開する。 ・原状回復確認のためには、揚水等の浄化対策を止めてから十分な期間、自然状態（1年程度）におくことが望ましい。（土壌委員会意見）	モニタリング期間中の個々の井戸において、当該井戸のモニタリング期間の変動が見込まれる場合には、原状回復対策協議会及び土壌委員会に諮り決定する。（メール等により諮ることを含む。）	
浄化対策 ○：実施 —：終了	○ 揚水、浸透工、 浄化	○	— 揚水、浸透工、 浄化終了	—	—
モニタリング ○：実施 —：終了	○	○	○	○	○

### (3) 場内地下水における硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の対応方針について

場内一部の揚水井戸において硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が環境基準を超えて検出される状況であった。高濃度地点その取扱いについて第81回原状回復対策協議会（令和2（2020）年12月19日開催）で協議した結果、表30の理由により対策工事は実施しないが、モニタリングを継続することとした。

表31 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る考察

区分	項目	内容
由来	処理水の場内循環利用（促進酸化処理等）	1,4-ジオキサン対策を早期に終了させることで、硝酸・亜硝酸は低下すると考えられる。
	過去の施肥由来	時間経過により硝酸・亜硝酸が低下すると考えられる。
周辺環境及び県内における検出	周辺表流水において環境基準値未滿	周辺環境への影響は確認されていない。
	一般環境でも検出されることがある	岩手県が平成30（2018）年に実施した一般環境地下水調査の結果、98本中15本の井戸で環境基準超過（基準の2倍）しており、一般環境においても一定割合の基準超過が認められることから、きわめて特殊な事象ではないこと。
対策方法	一般的対策は汚染負荷軽減	一般的な汚染源と言われる施肥については、現在は行われていない。また、廃棄物はすべて撤去されている。
	原位置浄化や地下水浄化が困難	地下水の硝酸・亜硝酸に対する原位置浄化法は、ほとんどが肥料成分中の窒素を固定するものであり、当現場に適用することが出来ない。なお、地下水の浄化方式はイオン交換膜等を用いたものである。

(4) 工作物の解体撤去等の方針

原状回復事業は実施計画終了期限が令和4（2022）年度であり、それまでに汚染地下水の浄化を終了させ、水処理施設等（以下「工作物」という。）の解体撤去及び現場内の地形整形も完了する必要があった。

工作物の中には、残置の有効性があるものや撤去が技術的に著しく困難なもの等があったため、「撤去するもの」と「残置を検討するもの」に分類する等の方針を定めることとした。また地形整形については、実施計画の長期的対策に加え跡地の安全性や周辺環境への影響を考慮しつつ、必要最小限のものとするという方針とした。

具体的な内容は令和3（2021）年度の原状回復対策協議会において協議することとした。

18 令和3（2021）年度の対応

汚染土壌・地下水の浄化において、残留汚染物質は1,4-ジオキサンのみとなり、協力に浄化を進めるための追加対策として、薬剤を汚染箇所へ混合する方法（パワーブレンダー工法による薬剤処理工）を実施した。また、現場に設置されている工作物の解体撤去等方針に基づき、一部を残置し地形整形することとした。

(1) 1,4-ジオキサンによる汚染箇所への対応

令和3（2021）年度に追加対策工を実施した地点等の一覧は下表のとおりである。

1) 薬剤処理工

令和2（2020）年度に実施した調査結果や薬剤処理工の効果を踏まえ、令和3（2021）年度は9箇所（10井戸、B-4及びア-25-2については近接しているため1箇所として施工）においてダブルパッカー法による薬剤処理工を実施した。うち3箇所（H30D-1、イ-6-1及びヨ-15）については効果が十分得られなかったことから、令和4（2022）年度に追加対策を実施するよう再検討した。

2) 掘削除去

D地区イ-24及び1号集水井においては従前から揚水を継続してきたが、環境基準超過が継続していた。当該井戸周辺の地質構造は地下水が集まりやすい構造であり、注入薬剤が拡散し効果不十分となるおそれがあったため、令和3（2021）年8～10月に掘削除去を行い、同年12月までに埋戻しを行った。

3) なお残る汚染箇所への対応

ダブルパッカー法による薬剤処理工の効果が十分に表れなかった井戸があったことから、最終年度となる令和4（2022）年度に確実に浄化させるための追加対策として、パワーブレンダー工法による薬剤処理工を行うことが第84回原状回復対策協議会（令和3（2021）年12月18日開催）において承認された。

表32 令和3（2021）年度に追加対策を実施した地点の状況及び1,4-ジオキサン濃度

分類	井戸名	区域	R2.11	R2.12	R3.1	R3.2	R3.3	R3.4	R3.5	R3.6	R3.7	R3.8	R3.9	R3.10
R3 薬剤処理工	C B-4	1	0.25	0.26	0.25	0.26	0.11	0.10	0.090	0.066	0.18	0.003	0.005	-
	C ア-25-2	1	0.063	0.093	0.099	0.11	0.13	0.064	0.062	0.11	0.22	0.003	0.028	0.006
	A H30 D-1	2	0.082	0.057	0.047	0.056	0.046	0.096	0.095	0.093	0.092	0.12	0.10	0.089
	C H30 F-2	2	0.045	0.043	0.061	0.050	0.048	0.046	0.047	0.054	0.044	0.049	0.068	0.049
	A イ-6-1	5	0.20	0.006	0.080	-	0.17	0.19	0.20	0.13	0.003	0.068	0.011	0.12
	C イ-13	5	0.066	0.052	0.058	-	0.038	0.012	0.018	0.035	0.051	0.054	0.034	0.003
	A ヨ-15	7	0.068	0.072	0.079	0.096	0.010	0.018	0.003	0.043	0.083	0.005	0.019	0.055
	C H29 A-1	9	0.29	0.28	0.27	0.32	0.29	0.26	0.27	0.30	0.003	0.003	0.003	0.003
	C H30 A-1	9	0.028	0.015	0.062	0.020	0.022	0.055	0.050	0.062	0.015	0.063	0.039	0.003
	C H30 A-5	9	0.039	0.045	0.10	0.083	0.078	0.13	0.14	0.13	0.10	0.022	0.003	0.003
掘削	D 1号集水井	2	0.057	0.043	0.045	0.051	0.050	0.058	0.049	0.057	0.010	-	-	-
	D イ-24	2	0.086	0.011	0.009	0.096	0.095	0.007	0.086	0.047	0.011	掘削除去により廃止		
	D H30 D-4	2	0.039	0.003	0.013	0.042	0.026	0.053	0.036	0.047	0.10	-	-	-
注視	B H30 D-3	2	0.033	0.030	0.036	0.046	0.017	0.010	0.031	0.026	0.032	0.070	0.071	0.031
	A H30 J-4	5	0.033	0.042	0.040	0.037	0.048	0.041	0.041	0.038	0.045	0.045	0.059	0.055
R2 薬剤処理工	D H30 N-4	4	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.006	0.012	0.016	0.018	0.016	-	-	-
	D H30 H-1	7	0.006	0.006	0.014	0.026	0.022	0.025	0.025	0.029	0.033	浄化終了により廃止		
	D H30A-3	9	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	-	-	-	-

<凡例>  
 ・「分類」のA～C（浄化終了判断基準(図1)の分類区分)  
 A：環境基準超過 B：浄化継続期間 C：モニタリング期間 D：浄化終了（廃止）  
 ・表中の数値  
 赤字：環境基準超過 黒字：環境基準値以下  
 ・表中の着色  
 赤枠：薬剤処理工後に基準超過 青枠：薬剤処理工後、基準超過なし

(2) 工作物の解体撤去及び残置

令和2（2020）年度に承認された工作物の残置に係る考え方を踏まえて残置する工作物について整理し、それ以外の工作物については撤去することが承認され、令和4（2022）年度に実施することが原状回復対策協議会において承認された。

表33 工作物の残置に係る考え方

項目	内容
撤去又は残置の考え方	工作物の中には、残置の有効性等があるものがあり、「撤去するもの」と「残置を検討するもの」に分類。 なお、残置物には合理的な理由が必要。
残置理由	①撤去することにより地形、地盤に悪影響を及ぼす ②撤去が技術的に不可能又は著しく困難 ③残置することによる有効性が認められる ④周辺への影響が認められない

表34 残置工作物一覧

残置する工作物	北側調整池	南側調整池	鋼矢板	建屋下の基礎杭	大型井戸 (ライナープレート工法により設置)
外観					
構造等	A=1,518㎡ 遮水性シート	A=1,342㎡ 遮水性シート	①IIIw型 (w)600 (t)13.4 L=12.5~21.5m 234枚 (重量) 323.8t  ②IVw型 (w)600 (t)18.0 L=16.0~22.0m 240枚 (重量) 463.8t	超高強度コンクリート製バイル製杭 ①φ350(L)17~28m 102本 ②φ400(L)17~28m 84本 ③φ450(L)20~27m 5本 ④φ500(L)21m 1本	①A地区 大型井戸A 径3.50m・(H)18.2m ②A地区 14mライナープレート 径14.0m・(H)13.0m ③J地区 大型井戸(北) 径9.00m・(H)14.5m ④J地区 大型井戸(南) 径3.50m・(H)16.2m ※ライナープレート (t) 2.7mm
残置理由	③・④	③・④	①・②・③・④	①・②・④	①・②・④
	○防災機能があり、残置の有効性及び周辺への影響がない	○防災機能があり、残置の有効性及び周辺への影響がない	○撤去による地盤の不安定化 ○青森県の浄化対策に寄与	○撤去による地盤の不安定化	○撤去による地盤の不安定化 ○撤去作業に危険が伴う
参考事項			・地下埋設部は残置 ・地上露出部は原則切断	地表面から深さ1m程度までの範囲は切断すること等も考慮	転落防止のため、内部を土砂等により埋戻す

(3) 地形整形

実施計画に記載した「汚染拡散防止の長期的対策として、表流水が東側に流下するよう、県境を概ねの頂点として東側に次第に低くなるよう地形整形する」を満足し、かつ廃棄物が不法投棄される前の原状に近づけるような地形整形の方法として、下記の基本的考え方に基づいて施工することが、原状回復対策協議会で承認された。

- 1) 表流水処理を確保しつつ、県境鋼矢板付近を頂点とした地形となるよう、撤去が困難なものを除き工作物は撤去し、切土量と盛土量を均衡させながら最小限での整形案とする。
- 2) 県境鋼矢板の地上露出部は撤去し、地中部分は埋設残置をする。
- 3) 県境鋼矢板付近に集まる表流水は、一度南方向に自然流下させ、県境鋼矢板南端部付近からは東方向に場内東端の南調整池まで自然流下させることとする。
- 4) 場内北部の区域⑨等の切土斜面は、崩落防止のため斜面勾配が緩くなるよう、土盛りにより再整形する。(一部、法面保護のため種子散布し植生する。)
- 5) 原状のくぼ地は、埋立て整形する。(場内4箇所の大口径井戸は埋設残置)
- 6) 県境部盛土箇所及び区域⑨斜面の再整形箇所以外にも、崩落等災害の恐れがある箇所には種子散布(植生等)を施す。

地形整形 最終形イメージ I

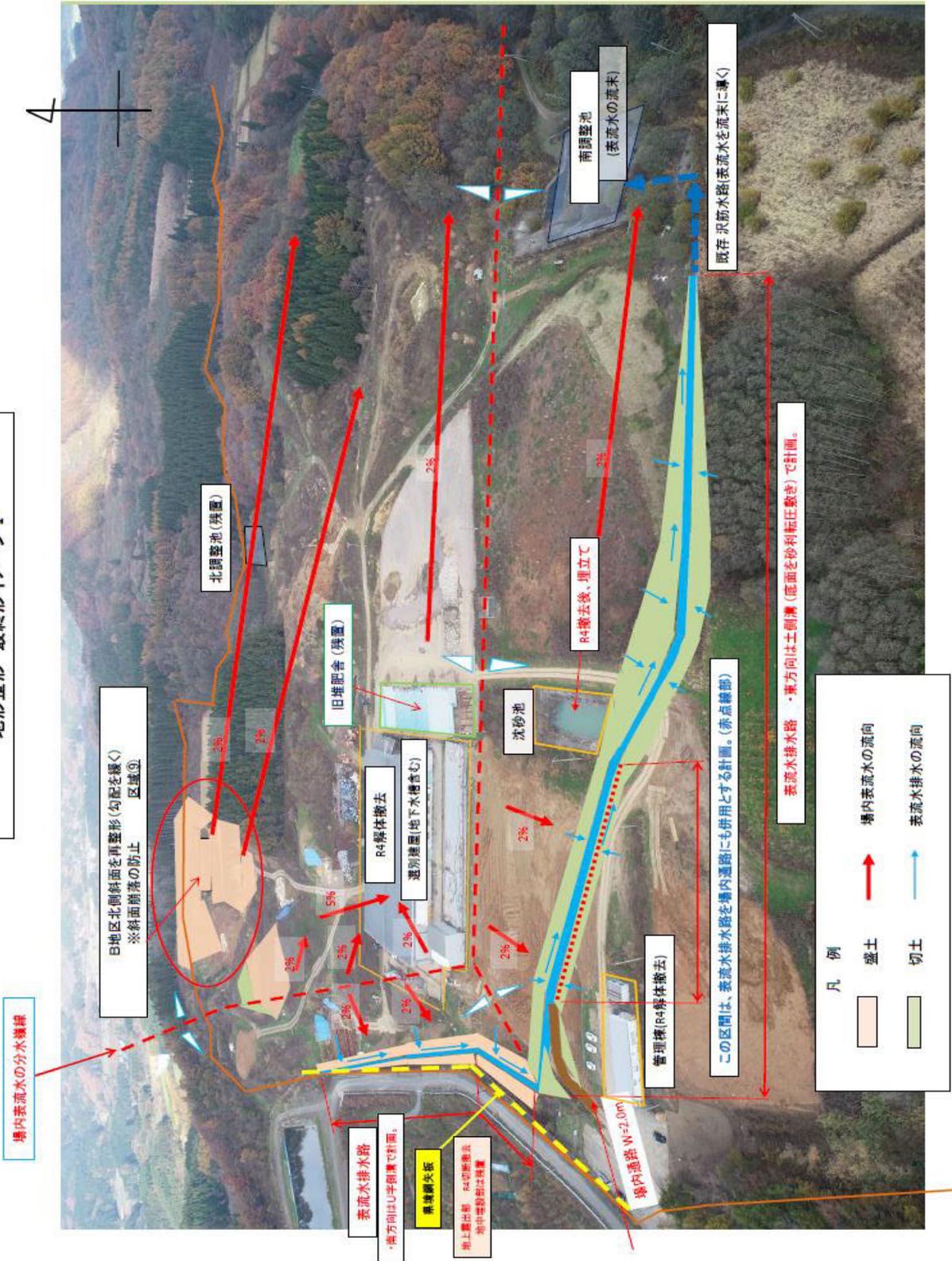


図64 地形整形のイメージ図

## 19 令和4（2022）年度の対応

汚染土壌・地下水の浄化を完了（浄化終了判断基準達成）した。また、現場に設置されている工作物の解体撤去等を完了した。このことから、原状回復事業が終了となり、原状回復宣言を行った。

### (1) 1,4-ジオキサンによる汚染箇所への対応

地下水環境基準超過またはその恐れがある計6井戸において、パワーブレンダー工法による薬剤処理工を実施した。パワーブレンダー工法は、対象範囲内にある地下水と土壌に薬剤を攪拌させながら混合させる工法であり、確実に浄化される手法である。

現場での施工に当たっては、深度確認により混合対象土量を計算し、室内試験で確認した薬剤濃度になるよう薬剤を調製し、土壌に混合した。その際、薬剤pHが最適値（pH12付近）となるよう都度確認した。また、確実な混合のために、パワーブレンダー工法協会で設定する指標を満足するよう、攪拌混合した。



写真34 パワーブレンダー工法で使用する重機

効果確認に当たっては、施工後の土壌を25㎡あたり1検体採取し、乾燥や揮発防止のうえペール缶に保管したうえで、土壌溶出量試験を実施した。その結果、施工2週間後及び施工1か月後の1,4-ジオキサン濃度は土壌環境基準を満足することを確認した。また、施工1か月後も1,4-ジオキサン濃度は再上昇していなかった。

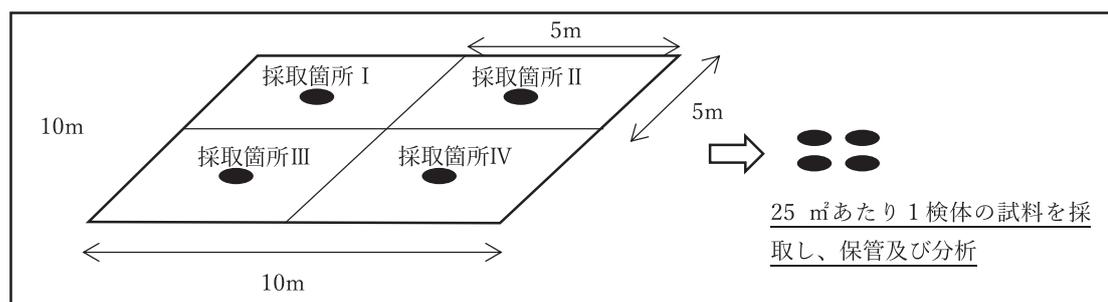


図65 土壌採取方法



図66 パワーブレンダー工法施工箇所配置図

施工箇所周辺への汚染拡散の有無を確認するため、施工箇所の地下水流向下流側にある井戸において地下水モニタリングを実施し、汚染拡散がない事を確認した。これらのことから、確実に浄化が行われたことを確認した。

表35 パワーブレンダー工法施工箇所下流部における地下水質（1,4-ジオキサン）（単位：mg/L）

井戸名	区域	R4.1	R4.2	R4.3	R4.4	R4.5	R4.6
大口径北(イ-21)	2	-	-	-	0.006	0.008	0.008
H15-4	3	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
イ-16	5	<0.005	<0.005	0.005	0.006	<0.005	<0.005
ヨ-14	7	-	-	-	0.005	0.007	<0.005

(2) 浄化終了判断基準の全達成

令和4（2022）年8月に実施した水質測定結果において、全ての井戸について1,4-ジオキサンの環境基準を満足したことをもって、場内83か所全ての井戸について浄化終了判断基準を満足した。

このことについて、令和4（2022）年11月7日に開催した第37回汚染土壌対策技術検討委員会に諮ったところ、実施計画に規定する特定産業廃棄物等である汚染土壌・地下水対策に係る技術的評価を終了（同委員会の設置目的を達成）したとの見解に至り、令和4（2022）年11月19日に開催した第86回原状回復対策協議会においても承認され、現場内の汚染対策は完了した。

(3) 工作物の解体撤去及び地形整形

令和3（2021）年度に承認された方針に基づき、工作物の解体撤去や地形整形を実施し、令和4（2022）年11月19日に開催した第86回原状回復対策協議会において現地視察を行い、適切に終了したことを確認した。



写真35 地形整形及び原状回復の様子（令和4（2022）年11月22日撮影）

#### (4) 原状回復宣言

岩手県側における全ての原状回復事業が終了したことから、岩手県側現場において周辺環境に生活環境保全上の支障が生じることがなくなったことを広く宣言するため、第87回原状回復対策協議会（令和5（2023）年2月4日開催）において、以下のとおり岩手県側の原状回復宣言が行われた。

また、原状回復対策協議会委員長として、長年本事案に携わってきた齋藤徳美氏により、「委員長の想い」が語られた。

平成11（1999）年11月、青森県田子町と二戸市にまたがる広大な原野で大規模な不法投棄が発覚しました。岩手県側にも大量の廃棄物が投棄され、有害な廃油による地下水や土の汚染が広範囲にあること、加えて不法投棄の原因者に原状回復に要する資金がないことが分かりました。

このような状況の下、岩手県は、平成14（2002）年10月から行政代執行として現場の原状回復に取り組んできました。

代執行から20年の道のりは、困難の連続でした。当協議会ではその下に「汚染土壌対策技術検討委員会」を設置し、委員各位等からの意見等を踏まえ、岩手県が適正かつ創意工夫しながら原状回復事業を実施してきたところです。

その結果、このたび岩手県側現場において、不法投棄された廃棄物の全量撤去、汚染された地下水と土の浄化など、すべての原状回復事業を終え、生活環境保全上の支障が生じることがない状態を確保することができ、原状回復が達成されたことを、ここに宣言します。

当協議会では、広く県民に当事案について情報を公開するとともに、二戸市民など関係者との合意形成を図りながら、原状回復事業を進めていくことができました。また、その下に「県境不法投棄事案の教訓を後世に伝えるための検討ワーキング」を設置し、このような事案が二度と起こらない、起こさないための教訓を語り伝える取り組みをしてまいりました。

結びに、この20年の間、原状回復事業に御尽力をいただきました関係各位の皆様へ御礼を申し上げますとともに、事業の実施に当たって御理解をいただきました地元の皆様へ心から感謝を申し上げます。

令和5年2月4日  
青森・岩手県境不法投棄現場の原状回復対策協議会  
委員長 齋藤 徳美

## 「委員長の想い」

1998年に岩手県警の強制捜査が入り、2003年に原状回復協議会が発足、そして2023年原状回復宣言が出されました。その間、いくつかの大きなステップがあったと痛感しています。

最初のステップですが、青森県と岩手県で初めに「合同会議」を、次に「合同検討委員会」を立ち上げました。そして、その下に「技術部会」が設置されたのですが、当初から、遮水壁を作って廃棄物を封じ込めるという案が既成事実のようにした技術論が展開され、不法に投棄されたものは有害であろうと無害であろうと全面撤去が当然という感覚を持っていた小生は強い違和感を抱かざるを得ませんでした。

この封じ込めというのは、後で話しますが、当時日本最大規模の不法投棄とされていた四国の豊島で提案された対策7つの案のうち7番目のもので、底抜け案と称されていたものです。それがなぜ青森・岩手でメインに提示されるのか解せなかったものです。今だからこそ話しますが、豊島でできなかったから是非青森・岩手でという話を小耳にはさみ、私も地元岩手県民の一人であり、研究者の端くれとしても、この地をゆめゆめ学術的なテストフィールドにされるのは許せないという思いがつのった記憶があります。そんな思いが、20年余原状回復に向けてひたすら頑張っただけでこれが暗いエネルギー源の一つであったかもと、今振り返って考えているところです。

当時、増田寛也知事にもお会いしましたが、記憶が定かではありませんが、全面撤去ですよ、当然そうです、といった会話をしたように思います。地元の人間からしたら、有害であろうと無害であろうと不法に捨てられたものは全面撤去するのは至極当然のこと、この方針を岩手県は堅持し今日まで貫いてきた、この事案への対応の原点であったと考えています。全面撤去の方針は、封じ込めを基本とする青森県と合意が得られず、廃棄物の投棄状況が両県で異なることを理由の一つとして、両県が別々に対策を行うことになりました。現場は一つなのですから、青森県も紆余曲折を経て、全面撤去に向かうことになったことにほっとしています。

次のステップは「原状回復協議会」の設置です。四国の豊島では当事者の香川県庁が一切の責任を認めず、住民が25年にわたってまさに血みどろの戦いを挑み続けてきたことを見聞していました。岩手では、絶対にそのようなことを繰り返してはいけないとの思いが強くありました。できるだけ地元自治体、住民の意向を反映した形で、県と一体で取り組む、そのためにはこのような、二戸市および田子町の両首長、複数の住民代表を構成員に含む協議会の立ち上げが絶対に必要と思いました。(小原豊明二戸市長、中村隆一田子町長、生田弘子カシオペア環境研究会会長、工藤勝雄二戸の自然と環境を守る会副会長、中村忠允田子の声100人委員会会長らが当初のメンバー)

専門的な知見を踏まえた検討も必要ですので、学識者の方にも加わって戴きましたが、この事案の性質上、地元岩手県に関係する方々を中心に構成しました。土壌浄化など専門的助言を戴くために、川本先生をはじめ県外の専門家にも支援をお願いしましたが、事業の進め方を協議する協議会のメンバーには、研究者という立場の他に、岩手県民の一人として、自分の庭に捨てられたごみをどうするのかという視点に立って参加していただきたい、そのような思いが強くありました。(橋本良二岩手大農学部教授、颯田尚哉岩手大農学部助教授、笹尾俊明岩手大人文社会科学部講師、板井一好岩手医科大医学部教授、佐藤

きよ子一関高専助教授、中澤廣岩手大工学部教授、築田幸岩手県環境保健研究センター長などが初期の学識者メンバー)

当初の両県の合同会議は東京で開催することもありましたが、本協議会はすべて二戸市、地元で開催するという点に重きを置きました。県のご理解も得て、そのような形で協議会は進められてきました。

当初見積もられた費用は約250億円、代執行を行う県費、すなわち私たちの税金です。不法投棄されたごみの大半は首都圏からのものです。私達も便利な暮らしの恩恵を被った責任の一端がないとは言えませんが、多くが首都圏由来である以上、国に支援を求めるのは当然であると思いました。当時鈴木俊一財務大臣が環境大臣であり、ご尽力いただいた成果でしょう、特別措置法が成立して、多くの費用が国から補助されることになりました。このことも事業を進めていく上で、大きなステップでした。

次に、地下水、土壌の浄化ですが、岩手県は汚染土壌の調査を細部にまで行い、スポット的な汚染であっても存在する汚染はすべて浄化することを基本方針にしました。考えようによっては場内全域をトータルに見て、地下水を全部薄めてしまえば環境基準を達成するといったやり方もあるのかもしれませんが、しかし、岩手県では汚染ポイントは全て潰す方針で進めたため時間は要しましたものの、ベンゼンなど揮発性有機化合物（VOC）の浄化は特措法の期限内に目途をつけました。

最後の大きなステップは、1,4-ジオキサンでした。浄化作業の途中から環境基準の物質に指定され、正直、後だしじゃんけんではないかと腹立たしく思いました。浄化方法の研究もなされておらず、岩手県で独自に手法を模索しなければならない困難な課題でした。唯一、水に溶けるということから注水、揚水など様々な工夫をしたのですが土壌浄化は容易ではなく、二度も特措法の期限を延期していただき、さらに10年の年月を要することになったのです。

これらのプロセスを経て、どうにか今日を迎えることが出来ました。協議会の委員の皆様には、毎年少なくとも1回は現地に行っておりましたから、20回以上現地調査、視察に足を運んでいただき、87回という膨大な回数の協議会の中で、まさにわが庭に捨てられたごみとの視点で、使命感をもってご尽力いただきました。途中で亡くなられた方も、また体調を崩されて委員をやめられた方もおられましたが、それらの方々も含めて委員全員のご尽力の成果であると思えます。

地元自治体や住民代表の方々には、様々ご理解をお願いすることもございました。当初私が危惧していたのは、例えば土壌浄化で、もともとゼロであったのだからゼロに戻せという意見が強くあれば、それは否定しきれないと考えていました。様々な意見交換の中で、当然ゼロを目指すとしても、現実的には環境基準という一つの指針を基に、これで良とせざるを得ないのご理解をいただいたことなどありがたかったという思いです。

振り返ってみますと、当時、田子町の住民代表として参加されていた中村忠允さん、いつも結構厳しいご意見いただいております、この方が納得していただければ概ね了解してもらえと思ったものですが、ある時に、「中村さん、こんな基準でご理解いただけませんか」という問いかけに、「私は技術的な部分はプロではないのでわかりませんが、委員長が大丈夫というなら、私は信用します」との言葉をいただきました。その時は涙が出るほど嬉しかったです。ようやく信用してもらえたという思いが込み上げました。体調を崩されて

途中で委員は退かれましたが、お元気であれば原状回復が成し遂げられたことを直接ご報告したいと思います。

それから、岩手県の廃棄物特別対策室をはじめ関係者の方々、この事案は専門的知識がなければ対応し得ないもので、随分ご苦勞をされたことでしょう。協議会からも、無理難題とは言いませんが、結構厳しい要望を出させていただきましたが、すべて協議会の全体方針に沿う形で対応を図っていただきました。県には、この事業は継続性と専門性がなければ対応しがたい、県職員として20年間そのまま継続勤務は無理、異動は避けられないが、また立場が変わったら再登板ということもお願いし、有能な職員を産廃対策に送り込んでいただいたのだと私は理解しております。ご高配に感謝し、御礼申し上げます。

佐々木健司室長は、この事案が発覚したときの担当者でもあります。そして何度かこの対策に関わっていただき、今は実質の責任者ともいえる廃棄物特別対策室長で、そしてこの3月で停年退職、県庁職員としての人生の大半をこの事業のために尽くしていただいたのではないかと、先ほどのお願いに対する象徴的な事例ではないかと思えます。委員を代表して、本当にご苦勞様でした、ありがとうございますと勞をねぎらわせていただきます。

それから、申し上げたいのは、この事業を遂行していたのは民間企業の方々です。民間企業は仕事によって利益を上げることが目的ですが、この事業はある意味では社会的貢献、企業が社会においてどのような責任を果たすか、企業の存在価値、レゾナードルを問われるものでもあります。適正な報酬を得ることは当然として、我々ももてる情報はすべて開示しますから、皆さん方も連携してぜひ新しい技術の創生に頑張ってもらいたいということをお願いしました。これだけの前例のない規模の不法投棄の原状回復に、掘削、選別、運搬、水処理、そして再生、無害化など多くの取組をしていただきました。特に、土壌浄化に関しては新たな技術開発にも尽力していただきました。現場での厳しい労働環境の中で作業に当たっていただいた皆さん方にも心から勞をねぎらわせていただきます。

特措法で財政的支援を戴いた国には改めて感謝し、また毎回会議に出席いただき貴重な助言を戴いた産業廃棄物処理事業振興財団の藤田正実部長さんにも、厚く御礼申し上げます。

言うまでもなく、原状回復がこの事案の最終結果ではありません。当初から我々が考えていたことは、不法投棄の本質は豊かな暮らしのツケであり、飽食、大量消費の社会のなれの果てであるということです。持続可能な社会、新たな地域創生に生かさなければ、県費と国費、私たちの税金はどぶに捨てたことになってしまいます。新しい地域づくりにこの教訓を如何に生かしていくか、原状回復はその新たなスタートであると考えます。

跡地の活用、教訓の伝承、そして新たな地域づくりの模索、これからの課題は山積ですが、20年余の取組の結果として、今日、原状回復の宣言を行うことができたことは一つの区切りとして、関係者の皆様に改めて厚く御礼申し上げます。本当にありがとうございます。