

第5章.高濃度汚染対策の実施

5.1. DPAA 地下水処理施設の概要

5.1.1. DPAA 地下水処理施設の概要

DPAA 地下水処理施設は、茨城県神栖市田畑の約 6,400m²の敷地に整備され、処理棟、貯留槽、管理棟の 3 つから構成される施設である。本施設は 1 日当たり約 300m³の汚染地下水をくみ上げ、吸着処理及び凝集沈殿処理による水処理システムにより、汚染地下水中の有機ヒ素化合物を除去・回収することを目的として整備された施設である。

水処理能力：300m³/日

水処理方式：粉末活性炭＋凝集沈殿処理

処理水水質：DPAA 濃度 0.01mg-As/L、総ヒ素濃度 0.01mg/L

他項目は、茨城県との協議により決定した下水道の受入れ水質（以下、「下水道排除基準値」という。）

放流方式：バッチ放流（放流前に処理水の総ヒ素濃度を確認して放流する。）

放流先：下水道放流

(1) 水処理方式

表 5.1.1①②③は、DPAA 地下水処理施設における水処理の流れである。本施設で採用した「粉末活性炭＋凝集沈殿処理」方式は、大きく吸着処理と凝集沈殿処理の 2 つの工程で有機ヒ素化合物の除去・回収が行われる。

汲み上げられた汚染地下水は、原水槽に集められた後、活性炭反応槽へ送水し、そこで有機ヒ素化合物を粉末活性炭に吸着させる。その後、凝集沈殿処理工程において、凝集剤等の薬剤を添加し、有機ヒ素化合物が吸着した粉末活性炭（以下、「汚泥」という。）を沈下させ、汚泥と上澄み液に分離する。ここで、有機ヒ素化合物の約 99%が除去される。

上澄み液は、砂ろ過塔を通水した後、吸着処理工程の活性炭吸着塔（3 塔）、ヒ素吸着塔（1 塔）を通水させ、地下水中の僅かな有機ヒ素化合物も吸着処理して除去・回収される。

貯留槽に溜まった処理水は、管理棟内に設けられた分析室で毎日水質分析を行い、処理水が下水道排除管理基準値を満たしていることを確認した上で、下水道へ放流した。


表 5.1.1① DPAA 地下水処理施設における水処理の流れ

<p>①揚水井戸</p> 	<p>揚水井戸から汚染地下水を汲み上げ、処理棟へ送水する。</p>
<p>②原水槽</p> 	<p>揚水井戸から汲み上げた汚染地下水を貯め、流入する汚染地下水の水量及び水質の変動を緩和する水槽。</p>
<p>③活性炭反応槽</p> 	<p>粉末活性炭を添加し、汚染地下水に含まれる有機ヒ素化合物の約 99%を粉末活性炭に吸着させる。</p>
<p>④pH 調整槽</p> 	<p>薬剤を添加し、処理水中に細かい凝集物を作りだす。</p>

表 5.1.1② DPAA 地下水処理施設における地下水処理の流れ

<p>⑤沈降分離槽</p> 	<p>薬剤を添加し、更に大きな凝集物をつくり、沈殿物と上澄み液に分離する。</p>
<p>⑥砂ろ過塔</p> 	<p>沈降分離槽からの上澄み液をろ過し、処理水中の微細な粒子を取り除く。</p>
<p>⑦活性炭吸着塔</p> 	<p>処理水中に僅かに残存している有機ヒ素化合物を活性炭に吸着させる。 吸着塔は4塔設け、ローテーションを行って安定した処理ができる設備としている。</p>
<p>⑧ヒ素吸着塔</p> 	<p>処理水中から完全に有機ヒ素化合物を除去するため、さらにヒ素を吸着させる吸着剤に通水させる。</p>



表 5.1.1③ DPAA 地下水処理施設における地下水処理の流れ

<p>⑨貯留槽</p> 	<p>処理水中に有機ヒ素化合物が残存していない（下水道排除管理基準値以下）ことを確認できるまで処理水を貯留しておく。</p>
<p>⑩放流槽</p> 	<p>処理水の pH、濁度を連続監視し、一定の水量で下水道へ放流する。</p>

(2) 汚泥処理

表 5.1.2 は、汚泥処理の流れである。沈降分離槽で沈降させた汚泥は、スラリー槽に集められ、その後フィルタープレスで脱水される。脱水した汚泥は、密閉容器及びドラム缶に入れ、有機ヒ素化合物を含んだ廃棄物を安全に処理できることが確認された産業廃棄物処理施設に運び処分した。

表 5.1.2 DPAA 地下水処理施設における汚泥処理の流れ

<p>①スラリー槽</p> 	<p>沈降分離槽に沈殿した汚泥を貯留する。</p>
<p>②フィルタープレス</p> 	<p>スラリー槽に貯留された汚泥を脱水し固形化（脱水ケーキ）する。 脱水により生じた汚水は、原水槽に返送され、処理が繰り返される。</p>
<p>③汚泥の貯留・保管</p>	<p>搬出先の条件にあわせた容器（密閉型容器、ドラム缶）に保管する。</p>
<p>④搬出</p>	<p>有機ヒ素化合物を含んだ廃棄物を安全に処理できることが確認された産業廃棄物処理施設に運搬し、処分する。</p>

(3) その他

DPAA 地下水処理施設は、周辺へ影響を及ぼさない施設とするため、処理棟は、防音構造とし、また、災害時などの緊急時に、施設内の汚染地下水が周囲に漏水することがないように防液堤を設けた。

また、管理棟には分析室を設けて、処理水中等の総ヒ素濃度を計測できる分析装置（マイクロ波前処理装置、IPC 発光分光分析装置）を配置し、処理水の確認を現場で実施できるようにした。

(4) 処理水水質

処理水水質は、DPAA 濃度 0.01mg-As/L、総ヒ素濃度 0.01mg/L（水質汚濁に係る環境基準相当）の下水道

排除基準値（表 5.1.3）を下回るようにした。なお、DPAA 地下水処理施設の水処理方式は、有機ヒ素化合物濃度 0.001mg-As/L 未満、総ヒ素濃度 0.005mg/L 未満（定量下限値）まで、安定して処理可能であると確認された方式である。

表 5.1.3 DPAA 地下水処理施設における下水道排除基準値

温度	45℃未満	油脂類含有量	20 mg/L 未満
水素イオン濃度指数	5 を超え 9 未満	アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素	380 mg/L 未満
生物化学的酸素要求量	600 mg/L 未満	下水道法施行令第 9 条第 4 項各号に掲げる事項	
化学的酸素要求量 ^{※)}	300 mg/L 未満	塩化物イオン濃度 ^{※)}	20,000mg/L 未満
浮遊物質 (SS)	600 mg/L 未満		

※) 指導による流入基準: 終末処理場が活性汚泥法による生物処理のため、除去効率の限界、生物や施設への影響を考慮し設定した値。

フェノール類 ^{※)}	10 mg/L 以下	トリクロロエチレン	0.3 mg/L 以下
銅及びその化合物	3 mg/L 以下	テトラクロロエチレン	0.1 mg/L 以下
亜鉛及びその化合物	2 mg/L 以下	ジクロロメタン	0.2 mg/L 以下
鉄及びその化合物（溶解性）	10 mg/L 以下	四塩化炭素	0.02 mg/L 以下
マンガン及びその化合物（溶解性）	10 mg/L 以下	1・2-ジクロロエタン	0.04 mg/L 以下
クロム及びその化合物	2 mg/L 以下	1・1-ジクロロエチレン	0.2 mg/L 以下
フッ素及びその化合物	15 mg/L 以下	シス-1・2-ジクロロエチレン	0.4 mg/L 以下
ホウ素及びその化合物	230 mg/L 以下	1・1・1-トリクロロエタン	3 mg/L 以下
カドミウム及びその化合物	0.1 mg/L 以下	1・1・2-トリクロロエタン	0.06 mg/L 以下
シアン化合物	1 mg/L 以下	1・3-ジクロロプロペン	0.02 mg/L 以下
有機燐化合物	1 mg/L 以下	チウラム	0.06 mg/L 以下
鉛及びその化合物	0.1 mg/L 以下	シマジン	0.03 mg/L 以下
六価クロム化合物	0.5 mg/L 以下	チオベンカルブ	0.2 mg/L 以下
総水銀化合物	0.005 mg/L 以下	ベンゼン ^{※)}	15 mg/L 以下
アルキル水銀化合物	検出されないこと	セレン及びその化合物	0.1 mg/L 以下
ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L 以下	ダイオキシン類	10 pg/L 以下

※) 茨城県告示より、フェノール類 (5mg/L)、ベンゼン (0.1mg/L) については、下水道法施行令第 9 条の 4 の基準値を緩和した値

(5) モニタリング

DPAA 地下水処理施設の運転に当たり、以下のモニタリングを実施した。なお、水質分析は、管理棟分析室に備えられている ICP 発光分光分析装置を使用する現場分析とともに、定期的に外部機関でのクロスチェックを行い、安全性と信頼性を高めた。

以下に、モニタリングの頻度、内容について示す。

○処理水水質分析

水質分析項目は、総ヒ素、DPAA、その他有機ヒ素化合物（PAA、PMAA）、総ヒ素以外の下水道排除基準項目とし、水質分析頻度は、以下に示す頻度を原則としたが、処理前の原水の状態に応じて適時判断を行って決定した。

①総ヒ素

処理水中の総ヒ素分析は、下水道放流を行う前、1検体×2箇所（貯留槽毎）、1回/日とした。

②総ヒ素以外の項目

DPAA、その他有機ヒ素化合物等（PAA、PMAA）、総ヒ素以外の下水道排除基準項目の水質分析頻度は、以下のとおりとした。

DPAA	: (1検体) 1回/2週
その他の有機ヒ素化合物（PAA、PMAA）	: (1検体) 1回/3ヶ月
総ヒ素以外の下水道排除基準項目	: (1検体) 1回/3ヶ月

・総ヒ素の測定方法

総ヒ素は、ジフェニルアルシン酸等が含まれることを考慮し、「ジフェニルアルシン酸等のスクリーニングを中心とした水中の総ヒ素測定について」（平成17年環境省環境管理局水環境部企画課）及び「水質基準に関する省令の規定に基づき厚生労働大臣が定める方法」（平成15年厚生労働省告示第261号）に準拠した方法とした。

・総ヒ素以外の項目

DPAA、その他の有機ヒ素化合物（PAA、PMAA）、下水道排除基準項目の分析は、計量証明事業者による分析とした。

○処理プロセス中での分析

原水槽、砂ろ過塔通水後、活性炭吸着塔通水後（1～3段目の各段）の水質分析は総ヒ素分析（5検体）を1回/月行うこととした。また、分析は、原則として、計量証明事業者による分析とした。

脱水ケーキの性状を把握するため、以下の分析を行った。分析は、計量証明事業者による分析とした。

総ヒ素（含有量試験）	: (1検体) 1回/3ヶ月
金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準項目	: (1検体) 1回/3ヶ月

○汚染を拡散させていないことを確認するモニタリング

DPAA 地下水処理施設での揚水処理によって、汚染を拡散させていないことを確認するためのモニタリングを実施した。モニタリングの採水箇所、測定項目、頻度については、その時点で実施している対策の状況や地下水濃度等を踏まえて設定した。

5.1.2. DPAA 地下水処理施設の整備

DPAA 地下水処理施設は、2008年9月30日から2009年3月31日の工期で、茨城県より工事発注されて施工された。施設整備は、環境省、茨城県、神栖市、施工監理者、施工業者が月1回集まる定例会議を開催し、施工方法、工事工程、課題・問題点、住民への情報提供等について関係機関で協議しながら進めていった。

また、工事は、現場の進捗状況及び今後の作業予定を周辺住民に連絡するビラや、現場作業の詳細を伝えるおしらせ文章を配布するとともに、作業時間や工事車両の通行ルートや時間などを周辺住民に配慮しながら施工した。

図5.1.1は、DPAA 地下水処理施設の全体配置図である。

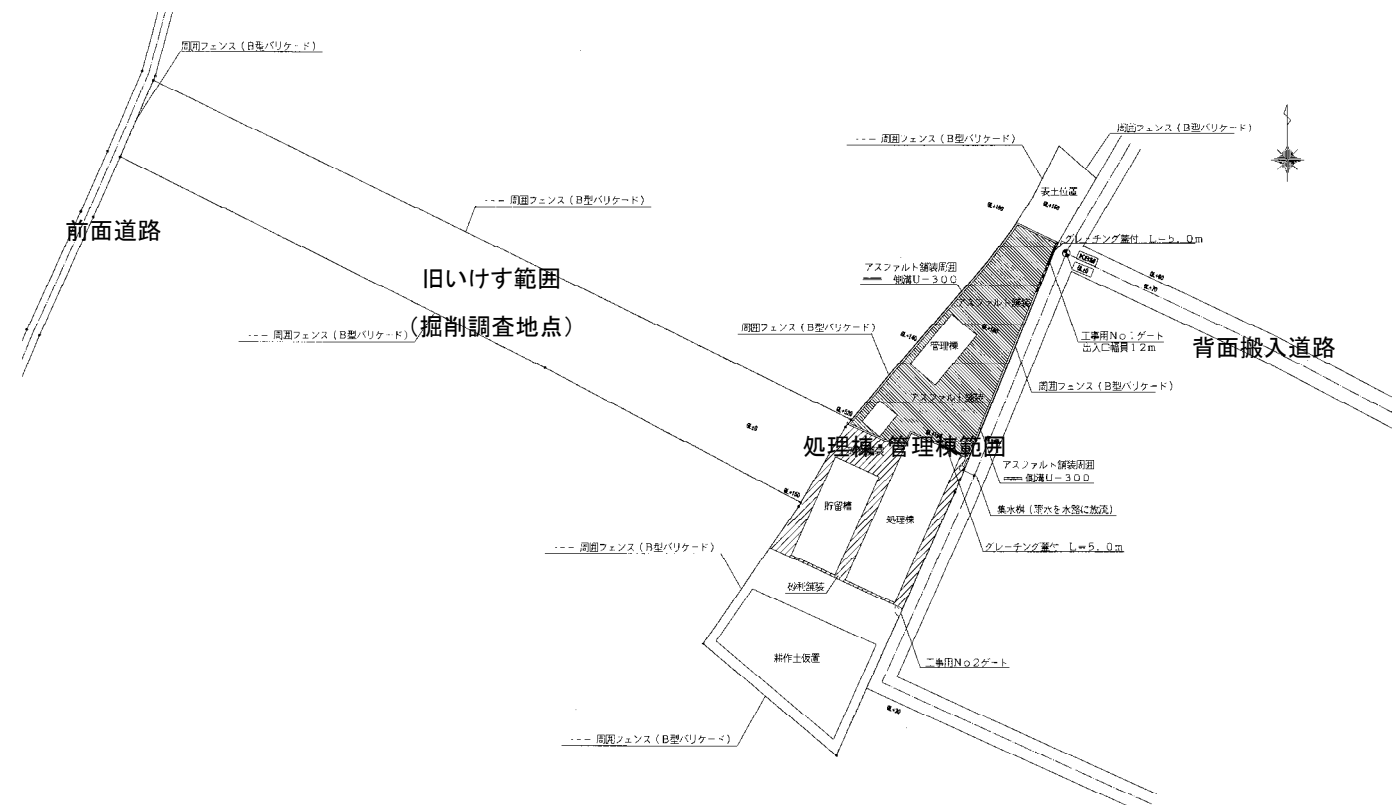


図 5.1.1 DPAA 地下水処理施設の全体配置図

図5.1.2は、DPAA 地下水処理施設の施設整備前と整備後の状況写真である。



図 5.1.2 DPAA 地下水処理施設の施設整備前と整備後の状況写真

5.2. 運転概要

2009～2011 年度の 3 年間の対策において、揚水井戸の汚染地下水の濃度や揚水量等の状況を踏まえて、より効率的に汚染地下水の除去が行えるよう、適宜、揚水量や揚水箇所、運転日数等を変更させて運転を行った。

以下に、DPAA 地下水処理施設の運転状況について示す。なお、掘削調査地点には、コンクリート様の塊の掘削調査のために設置した土留め矢板が残置してあったが、2011 年 11 月～2012 年 1 月に撤去した。この撤去作業は土地を原状回復する観点から行ったものであるが、内部の汚染が周囲に拡散することのないよう、土留め矢板内と外の濃度に有意な差がないことを確認した上で実施するとともに、撤去した土留め矢板を洗浄する必要から、地下水処理施設が稼働している間に実施することとした。

2009 年度

4 月 30 日	予備運転開始
4 月 30 日～ 5 月 27 日	予備運転期間（日稼動約 8 時間）
6 月 1 日	本格運転開始（日稼動 24 時間、300m ³ /日運転）
8 月 1 日～	揚水量増加運転開始（日稼動 24 時間、310m ³ /日運転）
11 月～	月間点検のために運転中止していた第 4 金曜日についても運転
11 月 12 日～	F-15 井戸の揚水量を 90 m ³ /日から 100 m ³ /日、F-1 井戸の揚水量を 15 m ³ /日から 5 m ³ /日に変更
1 月 28 日～	揚水と注水の入れ替えのため、F-22 井戸の揚水、F-19 井戸の注水を停止。 ※F-22 井戸の揚水停止中は、F-22 井戸分を F-15 井戸に増加（100 m ³ /日から 110 m ³ /日）
3 月 16 日～	F-19 井戸揚水開始（15 m ³ /日）。F-15 井戸の揚水量を 110 m ³ /日から 100 m ³ /日に変更。

2010 年度

4 月 2 日～	掘削調査地点内の注水停止。
4 月 9 日～	F-1 井戸の揚水停止。F-15 井戸の揚水量を 100 m ³ /日から 105 m ³ /日に変更。
5 月 1 日～	施設稼働を週 5 日運転（土日祝日運転停止）から、週 6 日運転（日祝日運転停止）に変更。
6 月 1 日～	C-1 井戸の揚水開始（75 m ³ /日）。B-1 井戸の揚水量を 160m ³ /日から 75 m ³ /日に変更。
6 月 1 日～7 月 31 日	F-29、F-30 井戸で少量揚水を開始（2 週間毎交互）。
8 月 2 日～	C-1 井戸揚水量増加（75→150 m ³ /日）。B-1 井戸揚水停止。F-10 井戸で少量揚水開始。
10 月 8 日～	C-1 井戸揚水量変更（150→110 m ³ /日）、掘削調査地点内、F-6 井戸、F-19 井戸揚水量変更（15→30 m ³ /日）、F-10 井戸揚水量変更（10→20 m ³ /日）。
10 月 21 日～	F-19、F-10 井戸の揚水量低下のため、F-6 井戸の揚水量を段階的に増加。（10 月 21 日～：30→35 m ³ /日）、（11 月 6 日～：35→40 m ³ /日）、（11 月 16 日～：

12月13日～	40→45 m ³ /日)。 掘削調査地点内の揚水量変更。F-5 井戸 (20→10 m ³ /日)、F-6 井戸 (45→30 m ³ /日)、F-19 井戸 (30→20 m ³ /日)、F-10 井戸 (20→35 m ³ /日)。
1月26日～	掘削調査地点内 F-31 井戸、F-32 井戸の揚水を開始。揚水量は F-31 井戸: 30 m ³ /日、F-32 井戸: 15m ³ /日に設定。総量調整のため、C-1 井戸 (110 →95 m ³ /日)、F-15 井戸 (105 日→95 m ³ /日)、F-10 井戸 (35 →15 m ³ /日) に変更。
2月17日～	掘削調査地点内の揚水量変更。F-15 井戸 (95→85 m ³ /日)、F-5 井戸 (10→0 m ³ /日)、F-6 井戸 (30→45 m ³ /日)、F-31 井戸 (30→35 m ³ /日)。
3月12日～31日	東日本大震災に伴い運転停止。

2011年度

4月1日～5月8日	東日本大震災に伴い運転停止。
5月9日～	予備運転開始 (日稼動8時間)
5月16日～	本格運転開始 (日稼動24時間)
5月19、20日	F-18、F-22 の揚水量が少なかったため、未利用井戸も含め簡易揚水試験を実施し、揚水時に想定される各井戸のヒ素除去量を検討。結果として揚水井戸の変更はなし。
5月31日～	総ヒ素分析の頻度が月2回であった掘削調査地点内のモニタリング孔について、分析回数を週1回に変更。さらに、F-17 をモニタリング孔に追加。
7月5日～	F-18 の揚水量が減少したため、F-18 よりもヒ素除去量が多いと想定される F-1 へ揚水井戸を変更。
9月2日～	施設の有効利用の観点から F-15 井戸からの揚水を再開し、310m ³ /日を確保。
10月17日～	掘削調査地点外縁の F-26 の濃度が高止まり状況であったため、F-2 から F-26 にポンプを移設し揚水を開始。
10月24日～	F-24 で総ヒ素濃度が 1.1～1.7mg/L を示したことから、F-26 から F-24 にポンプを移設し F-24 から揚水を開始。同週から掘削調査地点外縁のモニタリングを強化し、週1回頻度 (それまでは月2回) とした。
10月29日～	F-24 では砂を吸い上げる状況となったため、揚水を停止。
11月4日～	F-24 から F-23 にポンプを移設し、F-23 からの揚水を開始。
11月13日～	土留め矢板撤去作業に伴い、掘削調査地点内の揚水を停止。その後は F-15、F-23 でのみ揚水を実施。
12月28日～	土留め矢板撤去作業に伴い、F-23 の揚水を停止。その後は F-15 でのみ揚水を実施。
1月10日～	土留め矢板撤去作業開始。F-15 井戸は稼働。
1月25日～	土留め矢板撤去作業終了。
2月2日～	F-5、F-6、F-10、F-22、F-32、F-23 にポンプ設置し、揚水再開。
2月3日～	F-29 にポンプ設置し、揚水再開。
2月7日～	F-22、F-32 の揚水量が減少したため揚水を停止。揚水量不足分は F-15、F-5、F-29 に割り振ることで、揚水量 310m ³ を確保。

3月27日 揚水処理終了

5.3. DPAA 地下水処理施設稼働実績

5.3.1. 施設稼働日数

表 5.3.1 は、施設稼働日数、稼働時間である。

2009 年度は、原則として土曜日は週間点検、日曜日、祝日は休止、月の最終週の金曜日及び土曜日の 2 日間で月間点検を行う運転を行い 205 日間稼働させた。

2010 年度は、5 月から原則として平日 5 日間と土曜日で処理を行い、日曜日は週間点検、祝日は休止、月の最終週の土曜日及び日曜日の 2 日間で月間点検を行う運転に変更し、253 日間稼働させた。

2011 年度は、前年度と同様の運転を行って 244 日間稼働させた。

なお、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、地震発生から 2011 年 5 月 8 日までは施設の稼働を停止した。

表 5.3.1 施設稼働日数、稼働時間

項目	2009年												2010年			年度合計
	4・5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月		
処理日数(d)	18	21	21	16	18	18	19	18	18	19	19	18	19	19	205	
処理時間(h)	151.75	504.00	504.00	384.00	432.00	432.00	456.00	432.00	432.00	456.00	456.00	456.00	456.00	4,639.75		
項目	2010年												2011年			年度合計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
処理日数(d)	20	21	25	25	21	21	24	23	20	20	23	10	253			
処理時間(h)	480.00	504.00	600.00	600.00	504.00	504.00	576.00	552.00	480.00	456.00	528.00	222.83	6006.83			
項目	2011年												2012年			年度合計
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
処理日数(d)	-	18	25	24	22	19	24	24	22	22	23	21	244			
処理時間(h)	-	352.00	600.00	576.00	528.00	456.00	576.00	576.00	528.00	528.00	552.00	504.00	5,776.00			
												全体合計	処理日数	702		
													処理時間	16,422.58		

5.3.2. 施設稼働内容

(1) 汚染地下水揚水量

表 5.3.2 は、月平均汚染地下水揚水量である。2009～2010 年度は、B-1 井戸、F-15 井戸、C-1 井戸及び掘削調査地点内とその周辺の井戸から最大 310m³/日となるよう揚水を行った。2011 年度は 10 月までは F-15 井戸及び掘削調査地点内とその周辺の井戸で最大 310m³/日となるよう揚水した。11 月 13 日以降は土留め矢板撤去準備作業に伴い、掘削調査地点内の揚水井戸を停止し F-15 のみ稼働。2012 年 2 月以降、F-15 に加え、掘削調査地点付近井戸からの揚水を再開している。

対策開始時から 2012 年 3 月末までの総揚水量は 194,894.1m³ である。

表 5.3.5 原水、放流水の水質分析の結果

項目	2009年4・5月		2009年6月		2009年7月		2009年8月		2009年9月	
総ヒ素濃度	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]
原水 (mg/L)	5.3	5.7	4.2	4.1	2.9	3.0	2.2	2.7	1.9	2.1
放流水 (mg/L)	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001
除去率 (%)	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.8%	99.8%	99.8%	99.8%	99.7%	99.8%
項目	2009年10月		2009年11月		2009年12月		2010年1月		2010年2月	
総ヒ素濃度	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]
原水 (mg/L)	1.5	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1	1	0.9	0.9	1.1
放流水 (mg/L)	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001
除去率 (%)	99.7%	99.6%	99.6%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.4%	99.5%
項目	2010年3月		2010年4月		2010年5月		2010年6月		2010年7月	
総ヒ素濃度	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]
原水 (mg/L)	0.8	1.0	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7
放流水 (mg/L)	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001
除去率 (%)	99.3%	99.8%	99.3%	99.8%	99.3%	99.8%	99.3%	99.8%	99.1%	99.8%
項目	2010年8月		2010年9月		2010年10月		2010年11月		2010年12月	
総ヒ素濃度	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]
原水 (mg/L)	0.6	0.8	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
放流水 (mg/L)	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001
除去率 (%)	99.1%	99.8%	99.1%	99.8%	99.3%	99.8%	99.2%	99.8%	99.1%	99.8%
項目	2011年1月		2011年2月		2011年3月		2011年4月		2011年5月	
総ヒ素濃度	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]
原水 (mg/L)	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5	-	-	-	0.7	0.8
放流水 (mg/L)	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	-	-	-	<0.005	<0.001
除去率 (%)	99.1%	99.8%	99.0%	99.7%	99.0%	-	-	-	99.2%	99.8%
項目	2011年6月		2011年7月		2011年8月		2011年9月		2011年10月	
総ヒ素濃度	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]
原水 (mg/L)	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.73	0.73
放流水 (mg/L)	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001	<0.005	<0.001
除去率 (%)	98.5%	99.7%	98.3%	99.6%	98.2%	99.6%	98.1%	99.6%	99.3%	99.8%
項目	2011年11月		2011年12月		2012年1月		2012年2月		2012年3月	
総ヒ素濃度	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]	[現場分析]	[分析機関]
原水 (mg/L)	0.20	0.19	0.20	0.20	0.15	0.24	0.25	0.24	0.17	0.17
放流水 (mg/L)	<0.005	0.001	<0.005	<0.001	<0.005	0.001	<0.005	0.001	<0.005	0.001
除去率 (%)	97.5%	99.4%	97.5%	99.5%	96.6%	99.5%	98.0%	99.5%	97.0%	99.4%

※各濃度の[現場分析]は月平均値

5.4. 現状復旧

5.4.1. DPAA 地下水処理施設の解体

揚水処理終了後、DPAA 地下水処理施設は解体撤去し、後敷地の原状復旧を行った。

解体撤去工事は、近隣住民の生活や通行等の安全を損なうことのないように十分に安全に配慮して実施した。

図 5.4.1 は DPAA 地下水処理施設の土木・建築設備解体撤去状況、図 5.4.2 は DPAA 地下水処理施設の機械設備解体撤去状況である。



図 5.4.1 DPAA 地下水処理施設の土木・建築設備解体撤去状況

【機械設備解体撤去状況】



【配管設備解体撤去工事】



【電気計装設備解体撤去、その他状況】

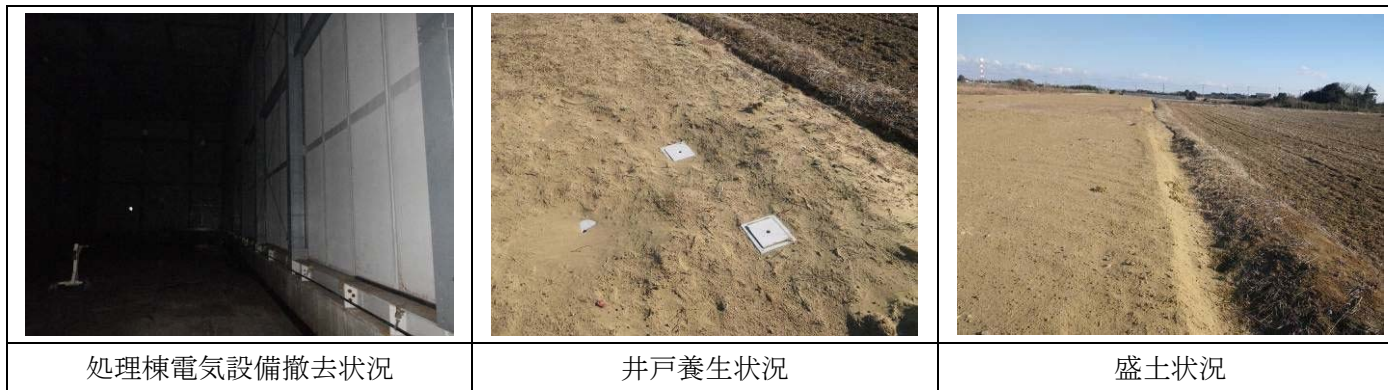


図 5.4.2 DPAA 地下水処理施設の機械設備解体撤去状況

(以下、ガイドラインと言う。)に基づき実施した。

- 調査の対象とした土地は、第4条に基づく調査命令の対象となる掘削部分（処理棟、管理棟、揚水配管、抜管対象井戸、アスファルト撤去部、）とした（図 5.4.3）。
- さらに、過去「いけす」として利用された土地（図 5.4.4）については、配管等の撤去を行わない部分については、第4条の対象外となるが、元々の投棄に関連した汚染が否定できないため、念のため、表層の汚染の有無を確認することに加え、土地の引き渡しに際し、整地に伴う掘削の可能性もあったため、表層 50cm までを対象に調査を行った。

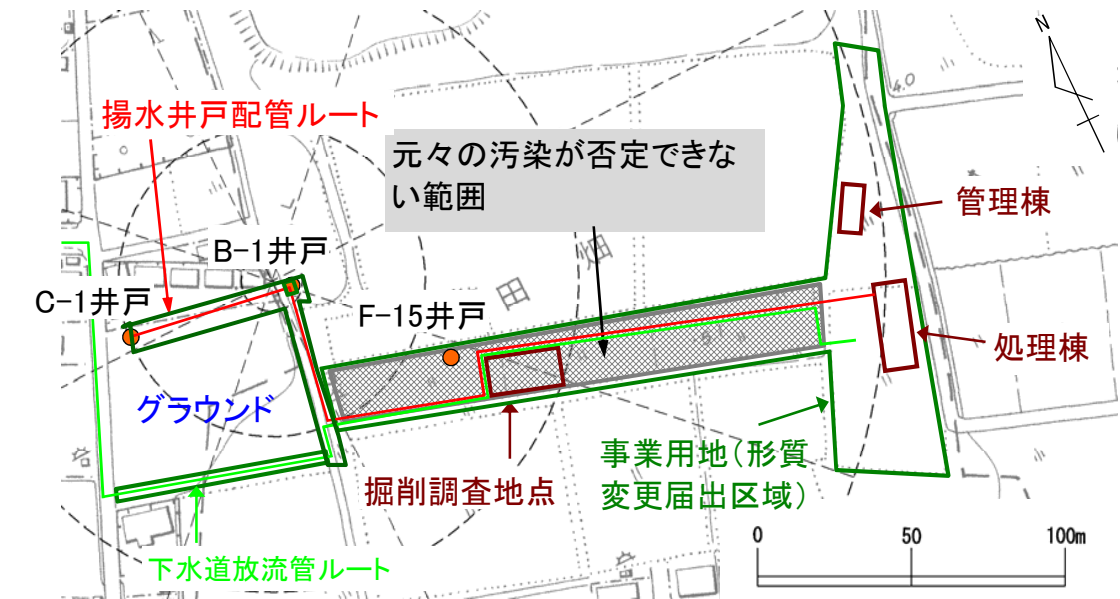


図 5.4.3 高濃度汚染対策施設撤去に伴う形質変更範囲の概要図



図 5.4.4 1991年3月15日撮影の旧いけすが確認できる写真

5.4.2. 土壌汚染状況調査

高濃度汚染対策終了後、DPAA 地下水処理施設、揚水配管、不要となった井戸を撤去するとともに、東日本大震災等によって生じた凹凸を整地することとした。DPAA 地下水処理施設の撤去工事に際し、土地の形質変更の規模が 3,000m² を超えるため、土壌汚染対策法に基づく 4 条申請を行うとともに土壌汚染状況調査を行った。なお、土壌汚染状況調査は、4 条申請に基づく調査命令が発令される前に実施した。

(1) 土壌汚染状況調査の実施方針

- 土壌汚染状況調査は、「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン改訂版 2011 年」

(2) 対象物質及び汚染の有無の判断基準

1) 対象物質

ヒ素及びその化合物

2) 汚染の有無の判断基準

汚染の有無の判断基準は、土壌含有量（150mg/kg）及び土壌溶出量（0.01mg/L）である。さらに、汚染が確認された場合に有機ヒ素化合物由来であるか否かを明確にするために、有機ヒ素化合物の分析も行った。

(3) 土壌汚染のおそれの区分

土壌汚染対策法では、土壌汚染のおそれの区分に応じて、調査密度を変えているため、本調査も、おそれの区分に応じた調査内容とした（表 5.4.1）。

なお、旧いけす範囲については、配管部以外は、第4条に基づく調査の対象外となるが、汚染のおそれが多いと認められる部分と同等の調査とした。

表 5.4.1 汚染のおそれの程度区分に基づく調査メッシュの区分

区分	当該地での区分	調査メッシュ
汚染のおそれが多いと認められる部分	<ul style="list-style-type: none"> 揚水配管ルート 処理棟・管理棟 旧いけす範囲 	10m メッシュ
汚染のおそれが少ないと認められる部分	<ul style="list-style-type: none"> 駐車場 	30m メッシュで5点混合
汚染のおそれがないと認められる部分	<ul style="list-style-type: none"> 表土仮置場 耕作土仮置場 下水道放流管 貯留槽 電気配管 	なし

(4) 調査内容

1) 区画（メッシュ）の選定

土地の形質変更箇所の最北端となる C-1 井戸を起点に、単位区画が最も少なくなるよう、旧いけす範囲の北側境界に並行になるように回転させた位置を調査対象区画（メッシュ）とした（図 5.4.6）。

2) 試料の採取

i) 揚水配管ルート、処理棟・管理棟、旧いけす範囲

揚水配管ルートは、揚水配管の下端を基準に 50cm の土壌採取を行った。配管埋設深度は GL-0.9m であるため、試料採取は GL-0.9~1.4m までとした。ただ、現地の配管深度に合わせ現場では適宜変更した（図 5.4.5 の右図）。

処理棟・管理棟部については、基礎コンクリート、舗装・砕石が敷設されているため、それらを掘削後、舗装等の下端を地表面として 50cm までの土壌採取を行った。この時、GL-0~0.05m までと 0.05~0.5m までの土壌を採取し、この 2 種類の深さの土壌の重量が均等になる様に混合して、1 試料とした（図 5.4.5 の中図）。

旧いけす範囲については、汚染のおそれが生じた位置が明らかでないため、GL-0~0.05m までと 0.05~0.5m までの土壌を採取し、この 2 種類の深さの土壌の重量が均等になる様に混合して、1 試料とした（図 5.4.5 の左図）。

10m メッシュ内での具体的な位置は、汚染のおそれがより多いと考えられる位置を選定する必要があるため、処理棟・管理棟部においては、10m メッシュの内、処理棟・管理棟が存在する直下、配管部は 10m メッシュ内で配管脇の任意の地点とした。旧いけす範囲についてはメッシュ中央部とした。

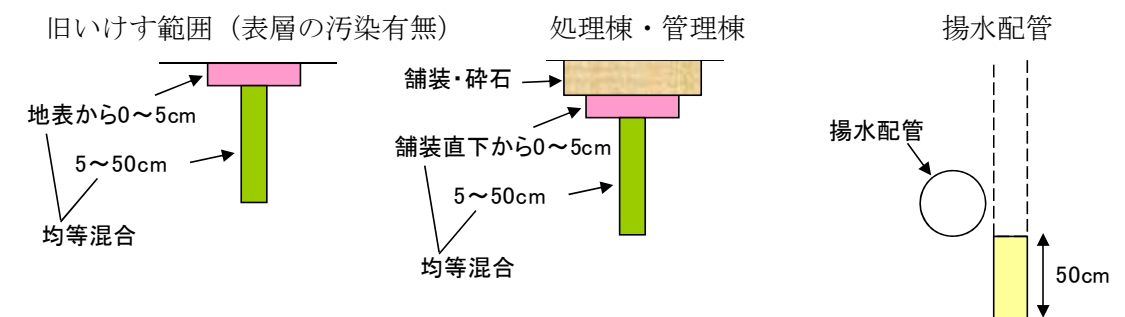


図 5.4.5 土壌汚染状況調査における試料の採取深度について

ii) 駐車場部

駐車場部は、汚染のおそれが少ない地域に相当するため、30m 格子単位での調査を行った。具体的には、30m 格子の中の複数の地点から採取した土壌を等量ずつ混合して、30m 格子を代表する土壌試料とした。

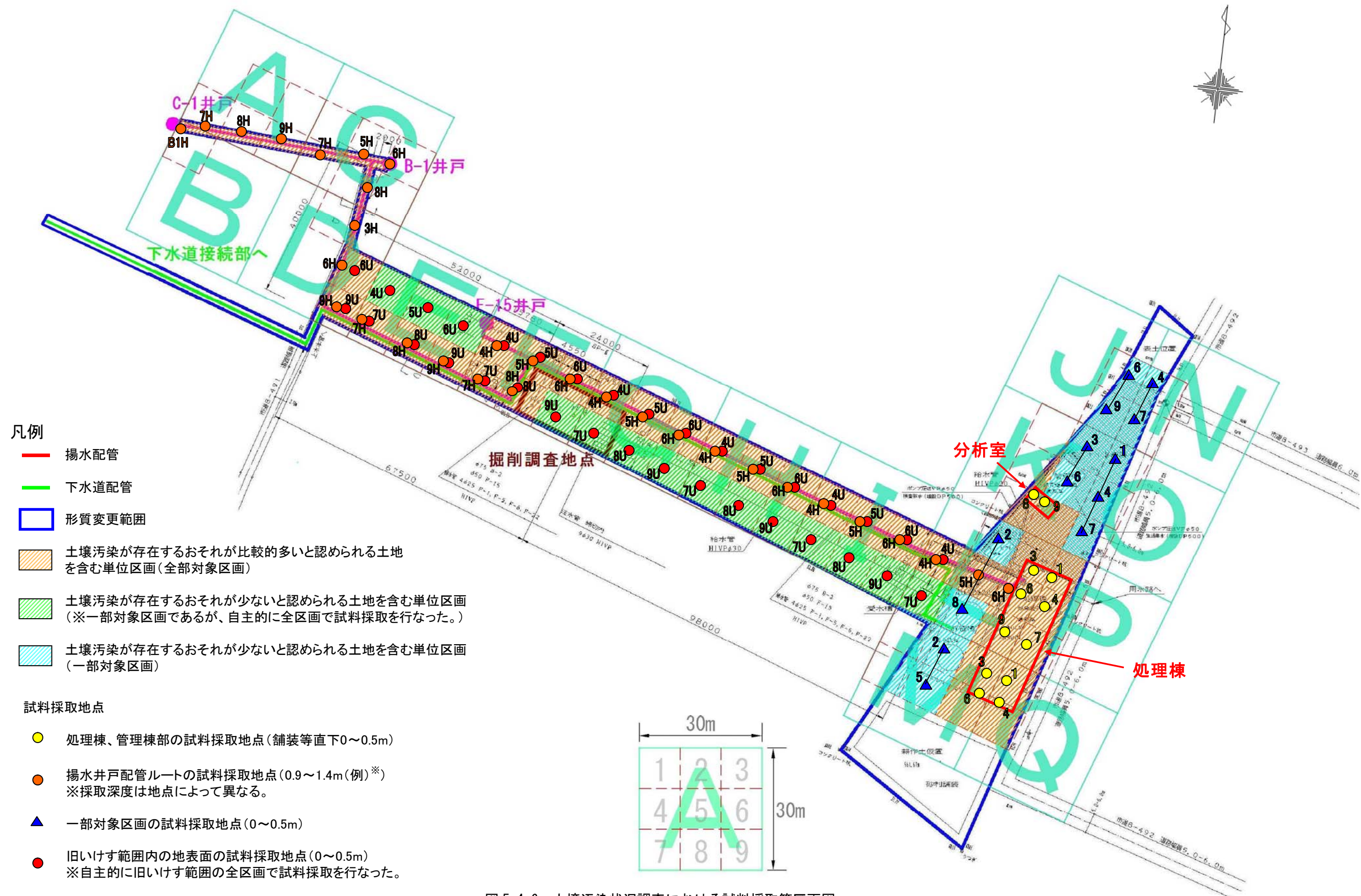


図 5.4.6 土壤汚染状況調査における試料採取等区画图

(5) 結果

表 5.4.2①②は土壌含有量、土壌溶出量及び有機ヒ素化合物の分析結果、図 5.4.7 は土壌溶出量試験結果平面図（揚水配管下及び地表面の重ね合わせ）である。

1) 総ヒ素

i) 土壌含有量

総ヒ素の土壌含有量は、すべてヒ素の含有量基準値 150mg/kg 以下であり、最大は D-9H の 36mg/kg であった。その他はほとんどが定量下限値（5mg/kg）未満であった。

ii) 土壌溶出量

総ヒ素の土壌溶出量は、揚水配管の下で 5 試料、地表付近（50cm まで）で 8 試料、計 13 試料（11 区画）が基準不適合となった。

最大値は旧いけす内の最も西寄りの区画の配管下の D-9H の 0.058 mg/L であった。溶出量が基準不適合となった区画は、ある箇所に限定されるのではなく、旧いけす内にバラつきを持って分布していた。

2) 有機ヒ素化合物

i) 土壌含有量

有機ヒ素化合物は、含有量試験では 7 試料で含有が確認された。このうち DPAA が 1 試料、PAA が 3 試料、PMAA が 6 試料確認された。最も濃度が高いのは、旧いけす東端の L-5U（表層）で PMAA が 0.038mg-As/kg であった。

有機ヒ素化合物の含有量の基準値はないが、総ヒ素の含有量基準値である 150mg/kg と比較すると、最大でも 1,000 分の 1 以下と極めて低濃度であった。

ii) 土壌溶出量

有機ヒ素化合物の溶出量試験では 8 試料で溶出が確認された。このうち DPAA が 1 試料、PAA が 3 試料、PMAA が 7 試料確認された。最も濃度が高いのは、旧いけす東端の L-5U（表層）の PMAA の 0.004mg-As/L であった。同地点では PAA も 0.0037 mg-As/L 検出された。

有機ヒ素化合物の溶出量の基準値はないが、総ヒ素の溶出量基準値（0.01mg/L）と比較すると、有機ヒ素化合物分をすべて合算しても 0.0077mg-As/L であり、基準値以下である。

なお、有機ヒ素化合物の溶出については、含有量試験からの換算値であるため、含有が確認された箇所において溶出も確認されることになる（溶出の検出数が含有よりも 1 試料多いが定量下限値の違いによる。）。

3) 汚染原因についての考察

土壌汚染状況調査では、13 試料において、ヒ素及びその化合物溶出量が基準不適合となった。

当該地においては、以下の理由から、高濃度汚染対策以前からある元々旧いけす範囲内に存在していたも

のが原因であると考えられる。

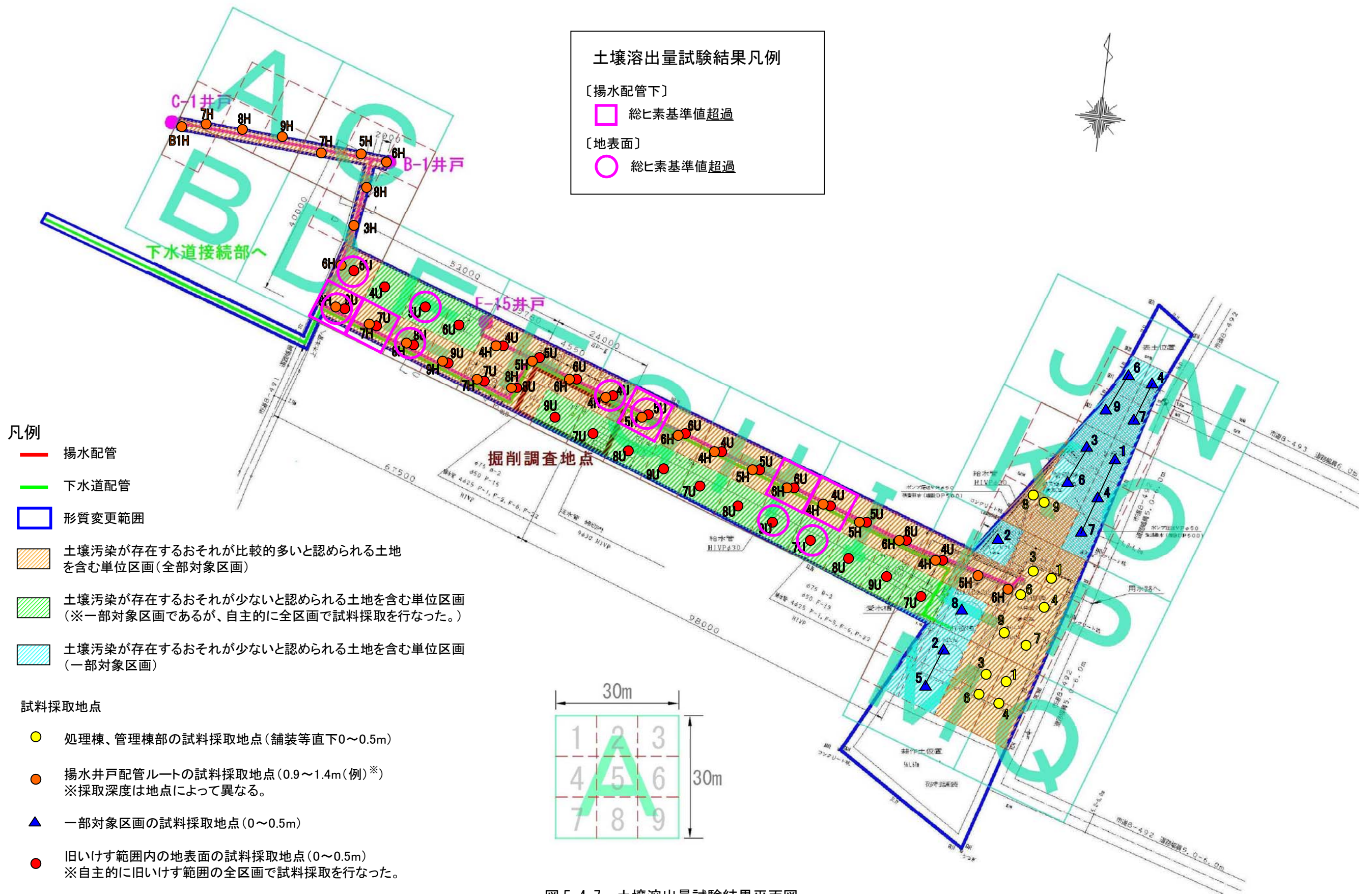
- ・ 総ヒ素の溶出量が基準不適合となったのは何れも旧いけす範囲のみであり、旧いけす外（グラウンド部や市道部）ではすべて基準値内であったこと。
- ・ 汚染は、配管に関連しない表層部からも確認され、配管のあるなしに関わらず確認されたこと。
- ・ 汚染は、旧いけす内のある限られた場所に偏って確認されるのではなく、旧いけす内全域にバラつきを持って確認されたこと。
- ・ 揚水配管内の汚染地下水は有機ヒ素化合物を含んでいるが、基準値を超過した配管下の試料に有機ヒ素化合物が含まれない箇所も存在したこと。
- ・ 高濃度汚染対策の実施中及びその後の撤去の期間において、DPAA 地下水処理施設等に異常は発生せず、明らかな漏れは認められていないこと。

表 5.4.2① 土壤含有量、土壤溶出量及び有機ヒ素化合物の分析結果

区画名	試料名	ヒ素及びその化合物(総ヒ素)				有機ヒ素化合物					
		0-0.5m(U)		配管下(H)		含有量(mg-As/kg)【湿重量当】			溶出量(mg-As/L)		
		溶出量(mg/l) 基準値 0.01	含有量(mg/kg) 基準値 150	溶出量(mg/l) 基準値 0.01	含有量(mg/kg) 基準値 150	DPAA	PAA	PMAA	DPAA	PAA	PMAA
A	A-7H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	A-8H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	A-9H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
B	B-1H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
C	C-5H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C-6H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C-7H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C-8H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
D	D-3H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	D-6H			0.001未満	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	D-6U	0.011	7			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	D-9U	0.032	9			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	D-9H			0.058	36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
E	E-4U	0.009	13			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	E-5U	0.012	7			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	E-6U	0.007	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	E-7U	0.009	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	E-7H			0.012	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	E-8U	0.012	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	E-8H			0.008	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	E-9U	0.004	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	E-9H			0.008	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
F	F-4U	0.004	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-4H			0.005	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-5U	0.008	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-5H			0.007	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-6U	0.003	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-6H			0.004	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-7U	0.003	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-7H			0.002	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-8U	0.008	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	F-8H			0.002	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
F-9U	0.004	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
G	G-4U	0.011	5			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	G-4H			0.003	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	G-5U	0.013	5			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	G-5H			0.050	5	0.036	0.021	N.D.	0.0036	0.0021	N.D.
	G-6U	0.003	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	G-6H			0.003	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	G-7U	0.001	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	G-8U	0.002	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
H	H-4U	0.004	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	H-4H			0.002	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	H-5U	0.003	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	H-5H			0.002	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	H-6U	0.006	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	H-6H			0.014	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	H-7U	0.002	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	H-8U	0.002	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	H-9U	0.016	5未満			N.D.	N.D.	0.02	N.D.	N.D.	0.0022
I	I-4U	0.005	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	I-4H			0.012	5未満	N.D.	N.D.	0.011	N.D.	N.D.	0.0012
	I-5U	0.005	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	I-5H			0.006	5未満	N.D.	N.D.	0.013	N.D.	N.D.	0.0014
	I-6U	0.007	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	I-6H			0.009	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	I-7U	0.018	5未満			N.D.	0.01	0.023	N.D.	0.0011	0.0026
	I-8U	0.009	5未満			N.D.	N.D.	0.015	N.D.	N.D.	0.0015
	I-9U	0.005	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

表 5.4.2② 土壤含有量、土壤溶出量及び有機ヒ素化合物の分析結果

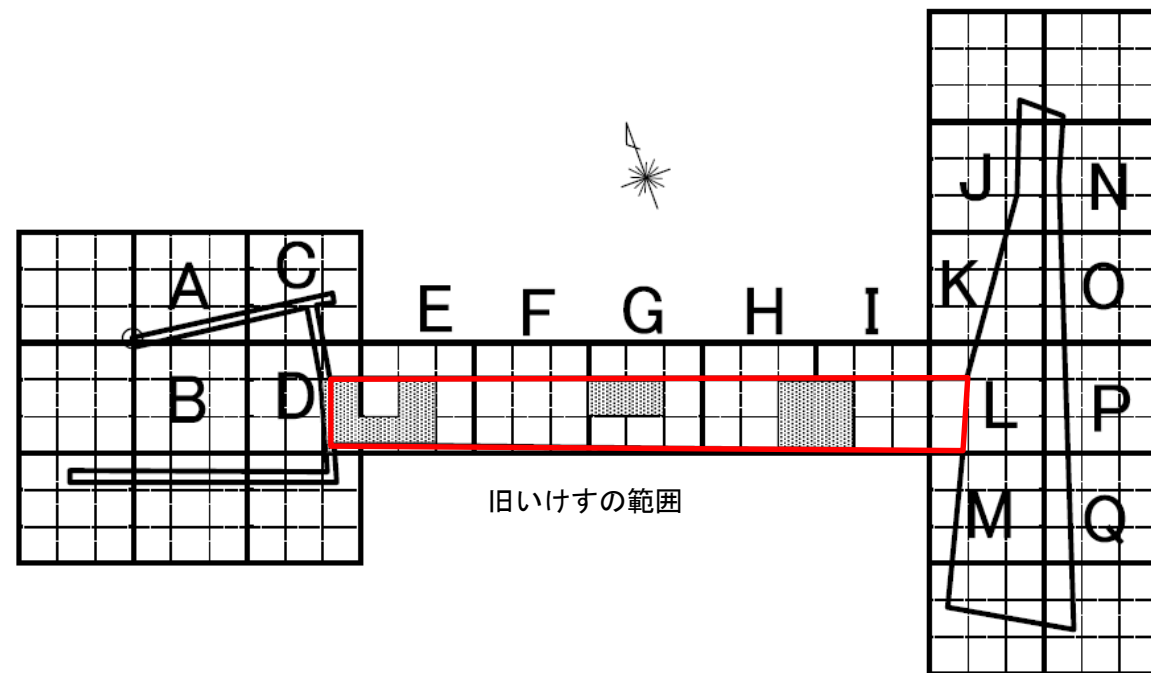
区画名	試料名	ヒ素及びその化合物(総ヒ素)				有機ヒ素化合物					
		0-0.5m(U)		配管下(H)		含有量(mg-As/kg)【湿重量当】			溶出量(mg-As/L)		
		溶出量(mg/l) 基準値 0.01	含有量(mg/kg) 基準値 150	溶出量(mg/l) 基準値 0.01	含有量(mg/kg) 基準値 150	DPAA	PAA	PMAA	DPAA	PAA	PMAA
J	J-6	0.001	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	J-9					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
K	K-3	分析中	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	K-6	0.005	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	K-8	0.001未満	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	K-9	0.001未満	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
L	L-2					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	L-8	0.004	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	L-3	0.002	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	L-4U	0.007	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.001
	L-4H			0.006	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	L-5U	分析中	5未満			N.D.	0.035	0.038	N.D.	0.0037	0.004
	L-5H			0.002	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	L-6	0.002	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	L-6H			0.002	5未満	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
M	L-7U	0.009	6			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	L-9	0.001未満	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	M-2					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	M-5	0.001	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
N	M-3	0.001	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	M-6	0.002	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
O	N-4					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	N-7	0.009	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
P	O-1					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	O-4	0.003	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	O-7					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Q	P-1	0.003	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	P-4	0.001未満	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	P-7	0.001未満	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Q	Q-1	0.001未満	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Q-4	0.001	5未満			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.



(6) 土壌調査結果に基づく区域の指定

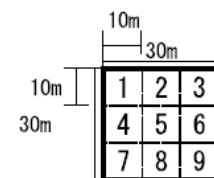
基準不適合となった区画は、茨城県により 2012 年 10 月 11 日に土壌汚染対策法に基づく形質変更時
要届出区域に指定された。同法が定める要措置区域に指定されなかったのは、土壌溶出量が 11 区画で
基準値を超過したものの、対象地周辺は、地下水の飲用自粛範囲となっているため、住民が地下水を飲
用し、健康被害が生ずるおそれはないためであると考えられる (図 5.4.8)。

※ 形質変更時要届出区域とは、特定有害物質 (ヒ素) により汚染されているが、土壌汚染の摂取経
路がなく健康被害が生ずるおそれがないため、直ちに汚染の除去等の措置を講ずる必要がない区
画である。土壌の掘削など、土地の形質変更をする際に、届出が必要となる区画のことである。



※ [Red Outline] : 区域指定の範囲 : 1,035.4m²

※メッシュ番号の枝番号は、右図のとおり



※調査対象地の敷地境界の北端を起点として、
東西方向及び南北方向に10m間隔で引いた線
を、更に起点を支点として右に20° 00′ 回転
させ調査対象地を区画した。

図 5.4.8 形質変更時要届出区域の範囲図 (茨城県報に加筆)

5.4.3. 現状復旧

(1) 旧いけす範囲

旧いけす範囲は、東日本大震災の影響により、敷地に沈下が起こっていたこと、また、汚染源の掘削・除去の際、掘削調査地点が盛土されているなどの状況が生じていたため、現況を測量調査して原状復旧のための盛土を行った。図 5.4.9 は盛土実施範囲図である。

現況を確認した結果、A-A から E-E 断面での範囲は、現況地盤が高いため、盛土を行なう必要がなかったため、F-F 断面から U-U 断面にかけて盛土を行った。また、敷地から雨水等が流出することがないように、両サイドの境界（畦道）から 30cm 離して盛土を行うことを基本とした（図 5.4.10）。

盛土に使用した土砂は、事前に特定有害物質全項目について分析を行い、有害物質が含まれていないことを確認したものである。

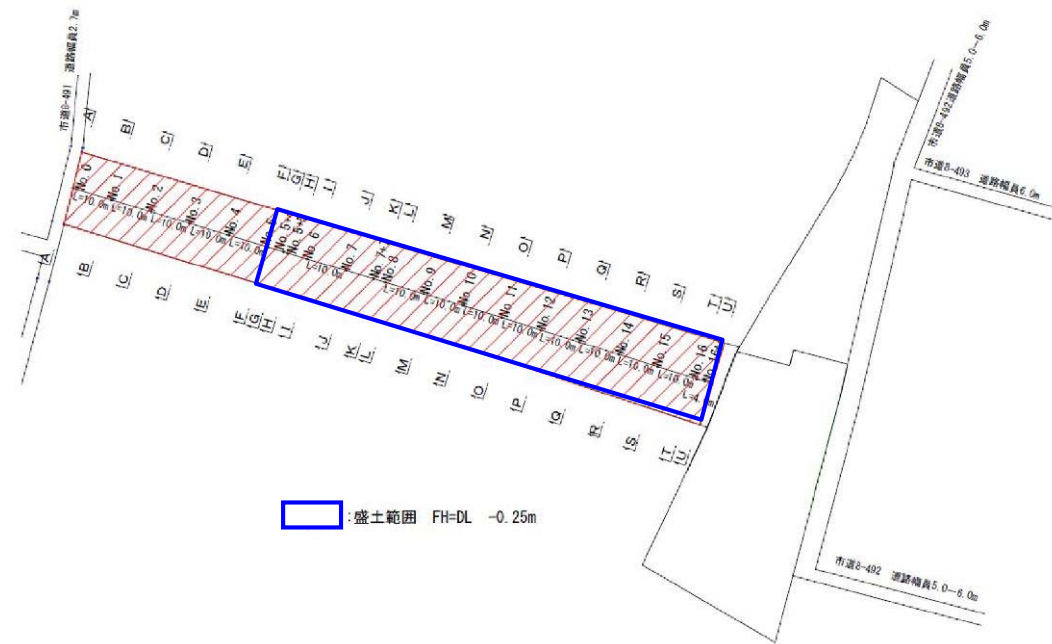


図 5.4.9 盛土実施範囲図



図 5.4.10 旧いけす範囲部における現状復旧前状況と現状復旧後状況

(2) 処理棟・管理棟範囲

処理棟・管理棟が建てられていた敷地は、地権者と協議の上、原状復旧を実施した（図 5.4.11）。



図 5.4.11 処理棟・管理棟部における現状復旧後状況