

岩手・青森県境廃棄物不法投棄現場

第9回汚染土壌対策技術検討委員会

2009年8月3日

～ 目次 ～

1.浄化対策計画	1
1.1 浄化対策範囲	1
1.2 浄化対策フロー	1
1.3 浄化対策数量	1
1.4 浄化対策工程	2
2.浄化対策	3
2.1 加圧注入・揚水バッキ	3
2.2 バイオレメディエーション	9
3.環境保全対策	15
4.汚染地下水の追跡	16
4.1 汚染地下水の追跡	16
4.2 土壌・地下水汚染の結果	16
5.浄化対策に関する課題と今後の方針	17
5.1 加圧注入・揚水バッキ	17
5.2 バイオレメディエーション	18

< Appendix >

Appendix.1	揚水バッキ処理プラント計画書
Appendix.2	揚水バッキ地下水汚染分析結果
Appendix.3	バイオレメディエーション地下水汚染分析結果
Appendix.4	追加土壌汚染分析結果一覧表 追加地下水汚染分析結果一覧表

1. 浄化対策計画

1.1 浄化対策範囲

第8回汚染土壌対策技術検討委員会時に決定した事項をふまえ、H21年2月より浄化井戸の設置、運用を行っている。浄化施工に伴い判明した地下水汚染は南東へ広がっていることが確認され、O地区に近接した区画に高濃度汚染区画が確認された。

この汚染区画を含め前回委員会時に決定した図-1.2の浄化対策フローに則った浄化対策を選定し、その概要を図-1.1、表-1.1に示す。

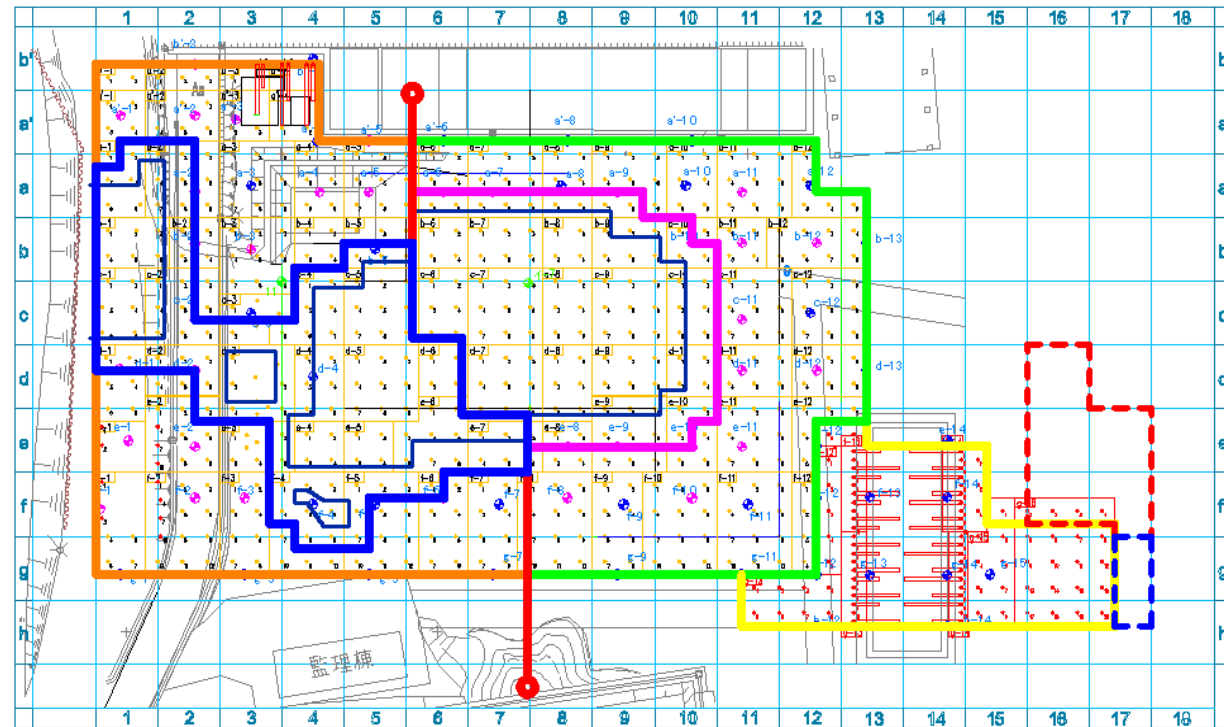


図-1.1 浄化対策概要図

表-1.1 浄化対策概要

浄化対策概要

	エリア名	設定条件	備考
	エリアE	高濃度汚染土壌、地下水エリアバイオ適用範囲外のため揚水バッキにて濃度低減	地下水以下のホットスポットと思われる。また、地下水 上流側に位置することより早期に着手する。
	エリアW	土壌溶出濃度: 基準比100倍以上 地下水濃度: 基準比300倍以上	下流側に位置し工事用道路等支障物が有り運用まで 作業間調整が必要である。
	エリア東	バイオ適応濃度であるためバイオ注入の着手	地下水の上流側に位置することより早期に着手する。
	エリア西		下流側に位置し工事用道路等支障物が有り運用まで 作業間調整が必要である。
	N地区東端	バイオ適応濃度であるためバイオ注入の着手	井戸施工時に判明
	N-O区画(高濃度部)	不飽和帯深度でかつ、バイオ適応範囲外の汚染濃度であるため対策を検討・協議中	井戸施工時に判明
	N地区東端 (O地区近接部)	バイオ適応濃度であるためバイオ注入の予定	井戸施工時に判明 O地区に近接し今年度の廃棄物掘削の支障となる ため着手調整中

1.2 浄化対策フロー

飽和帯の浄化対策フローを図-1.2に示す。

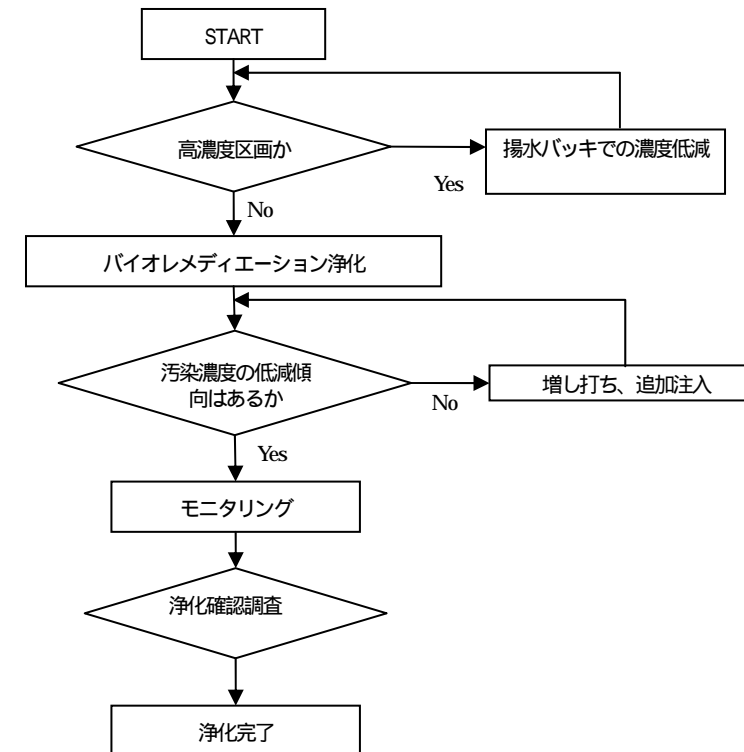


図-1.2 浄化対策フロー図

1.3 浄化対策数量

飽和帯浄化対策数量を表-1.2に示す。

表-1.2 浄化対策数量表

種別	エリア名	細別・規格	計画数量	施工実績	備考
揚水バッキ	エリアE	揚水井 100mm	77本	77本	揚水井合計 141本
		注水孔 50mm	97本	97本	
	エリアW	揚水井 100mm	64本	64本	注水孔合計 199本
		注水孔 50mm	102本	99本	
バイオレメディエーション	エリアE	注入井戸 40mm	105本	25本	バイオ注入孔 合計 631本
	エリアW		125本	43本	
	エリア東		155本	155本	
	エリア西		156本	143本	
	N地区東端		89本	89本	

1.4 浄化対策工程表

表 - 1.4 に浄化対策計画工程表、図 - 1.4 に浄化工施工順序図を示す。

工種	数量	単位	平成20年度												平成21年度												平成22年度											
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
不飽和帯の浄化																																						
ホットソイル (混合数量)	16,973	m ³	埋戻し																																			
飽和帯の浄化																																						
浄化井戸設置																																						
揚水バッキ井戸設置 エリアE	揚水井 77 注水孔 97	本	[施工実績]																																			
揚水バッキ井戸設置 エリアW	揚水井 64 注水孔 102	本	[計画工程]																																			
バイオ井戸設置 エリア東、エリア西、N地区東端	400	本	[計画工程]																																			
バイオ井戸設置 エリアE、エリアW	231	本	[計画工程]																																			
浄化井戸運用																																						
揚水バッキ運用 エリアE	180	日	[計画工程]																																			
揚水バッキ運用 エリアW			[計画工程]																																			
揚水バッキ処理 プラント運用	180	日	[計画工程]																																			
バイオ井戸運用 エリア東、エリア西、N地区東端	6,087,600	L	[計画工程]																																			
バイオ井戸運用 エリアE、エリアW	4,645,800	L	[計画工程]																																			
水処理設備運用																																						
県境水処理プラント運用		日	[計画工程]																																			

表 - 1.4 浄化対策計画工程表

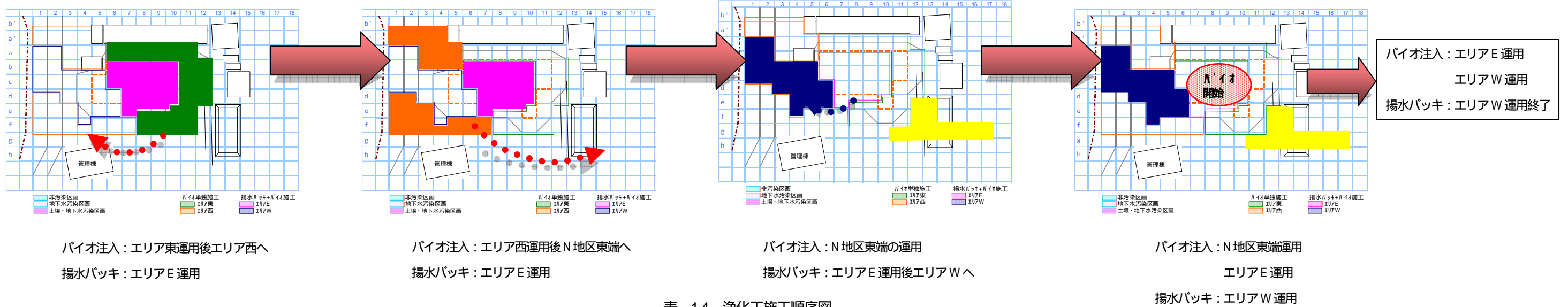


表 - 1.4 浄化工施工順序図

2. 浄化対策

2.1 加圧注入・揚水バッキ

(1) 目的

高濃度汚染部の汚染地下水を揚水、バッキ処理を行い、浄化した水を水位のヘッド差圧で加圧注入し、高濃度汚染をバイオ適応範囲以下まで低減させる目的としておこなう。

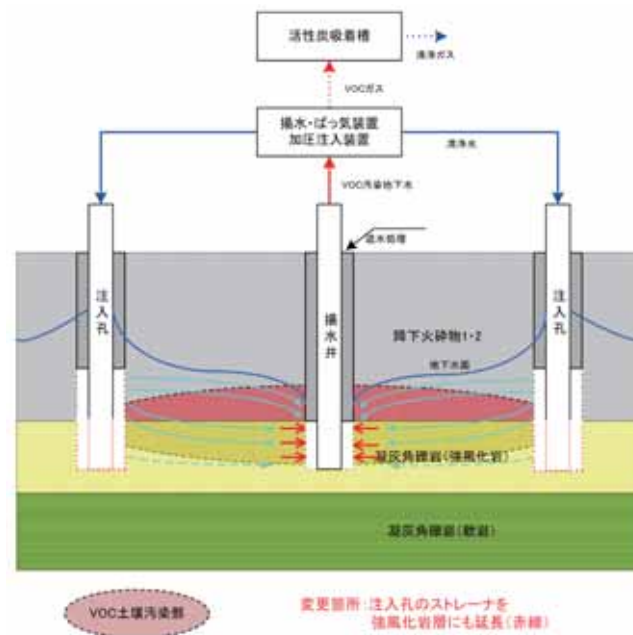


図 - 2.1.1 加圧注入・揚水バッキによる浄化概要図

(2) 揚水バッキ

1) 揚水方法の選定

揚水方法を選定する際、井戸ポンプを使用した揚水法とウェルポイントによる揚水法の2通りが考えられたが、十分な揚水量の得られない井戸での揚水時、井戸ポンプでは揚水を制御する機械のON、OFFが頻繁になり機械的負荷が多くなり故障の頻度が高いと考えられた。

一方、ウェルポイントによる揚水法は通常の土木工事にも用いられる真空ポンプを使用した故障の少ない信頼性の高い工法である。

また、井戸ポンプの場合1つの井戸に対し1台のポンプと運転制御する制御板が必要であるのに対し、ウェルポイントでは同時に複数の井戸からの揚水が可能である。

しかし、ウェルポイントでは“井戸毎の詳細な揚水量の把握が出来ない”というデメリットがあるが、運用前に行った揚水・注水試験の結果、揚水量が多い区画の汚染濃度が特に高い傾向がみられた。これは、揚水によって良好な水ミチが地層に介在しているエリアは、その水ミチにより地下水を介して超高濃度汚染が



写真 - 2.1.1 加圧注入・揚水バッキ配管状況

広がったと推測される。揚水バッキ運用ではb-6、b-7、c-6、c-7区画のような揚水量の多い区画の高濃度汚染水を積極的に回収すること、複数の井戸を同時に運用することが揚水バッキエリア全体の濃度低下を進める有効な運用と判断し、ウェルポイントでの揚水法を採用した。

2) 揚水システム概念

揚水システム概念図を図 - 2.1.1 に示す。

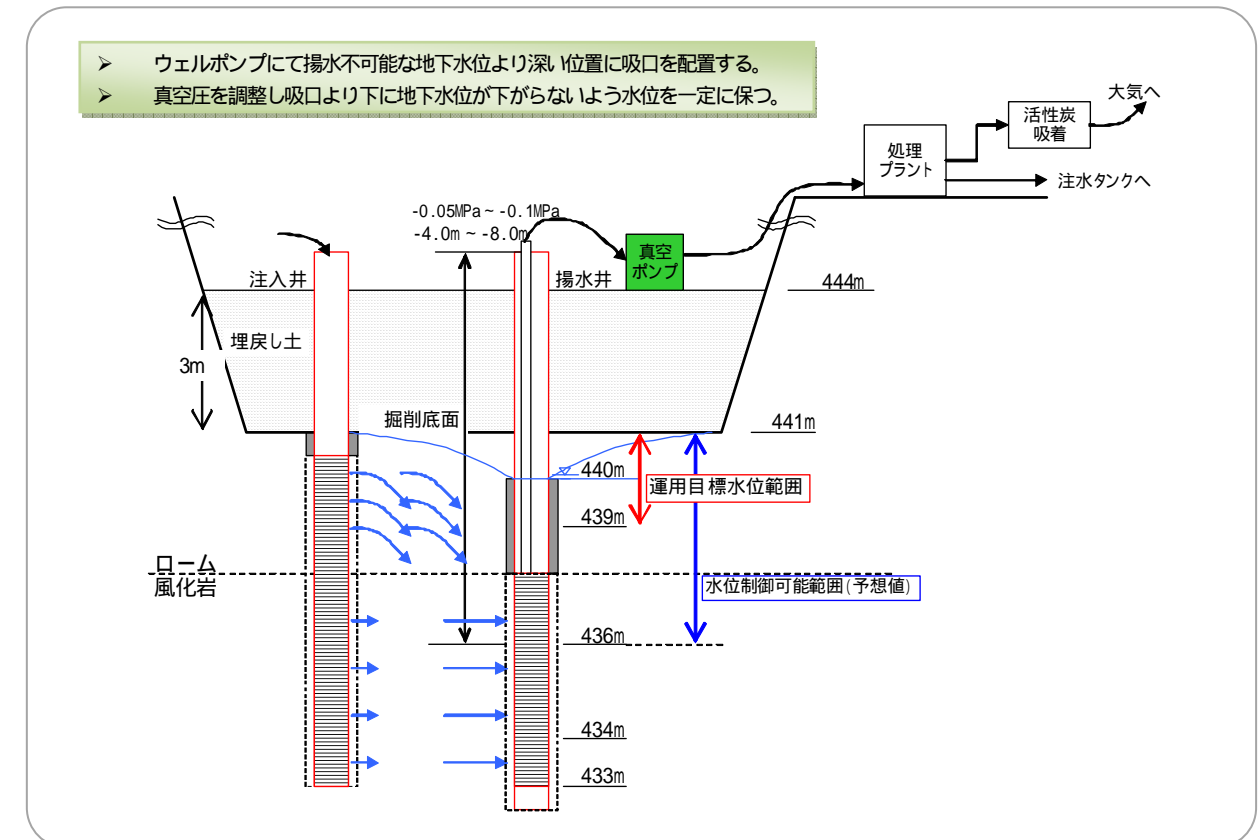


図 - 2.1.1 揚水バッキ概念図



写真 - 2.1.2 揚水バッキ状況(真空ポンプ・中継タンク)

(3) 加圧注入

1) 加圧注入システム概念

加圧注入は適応性試験と同様に、井戸の間詰め材と地盤の境目からの噴き出しによる注入井戸の加圧障害を防ぐ目的で最高圧力を 0.2MPa 程度以下とするよう設定し、揚水井戸に合わせ複数の井戸を同時に運用可能とするシステムとした。加圧注入システム概念図を図 - 2.1.3 に示す。

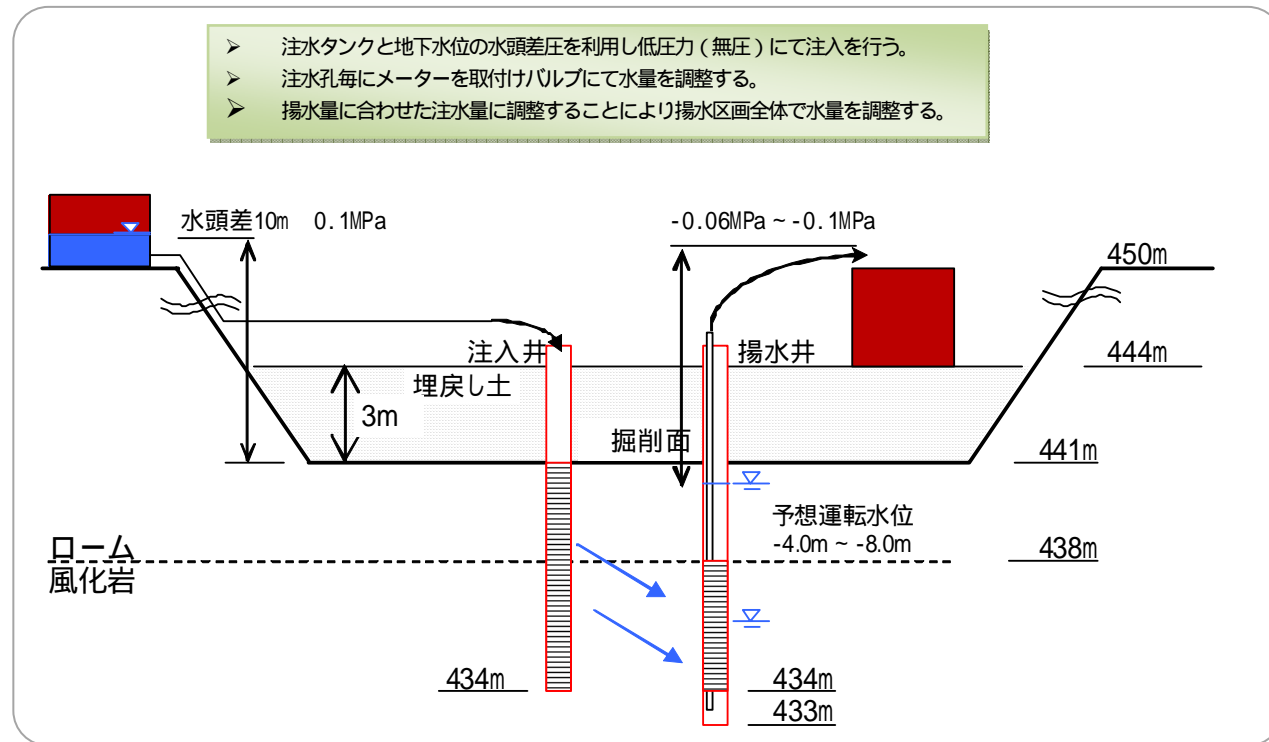


図 - 2.1.3 加圧注入概念図

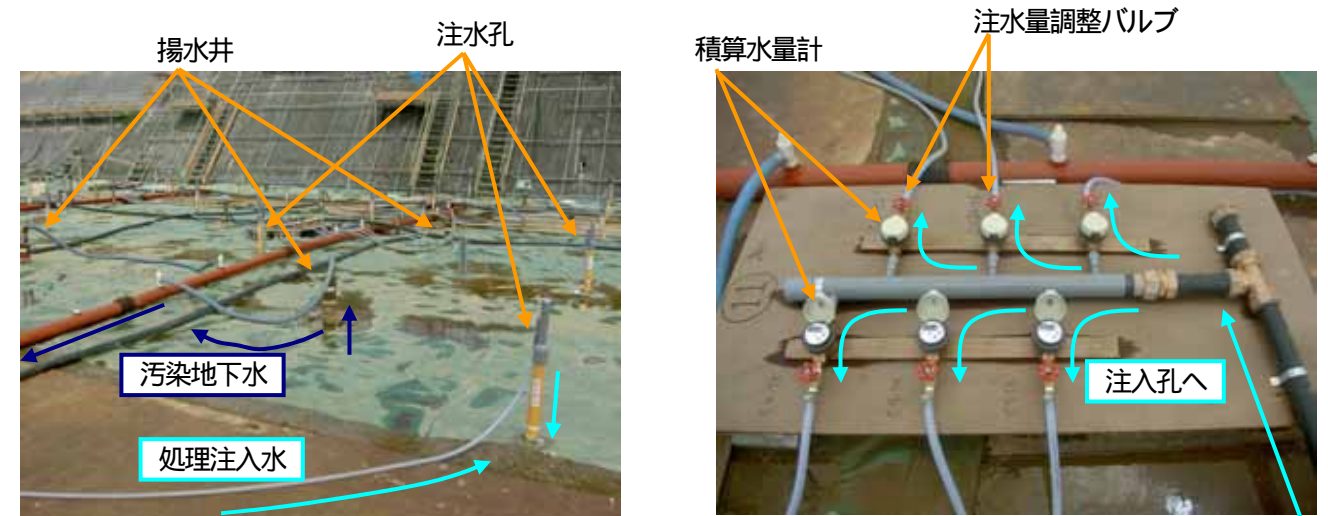


写真 - 2.1.4 配管状況

写真 - 2.1.5 配管状況

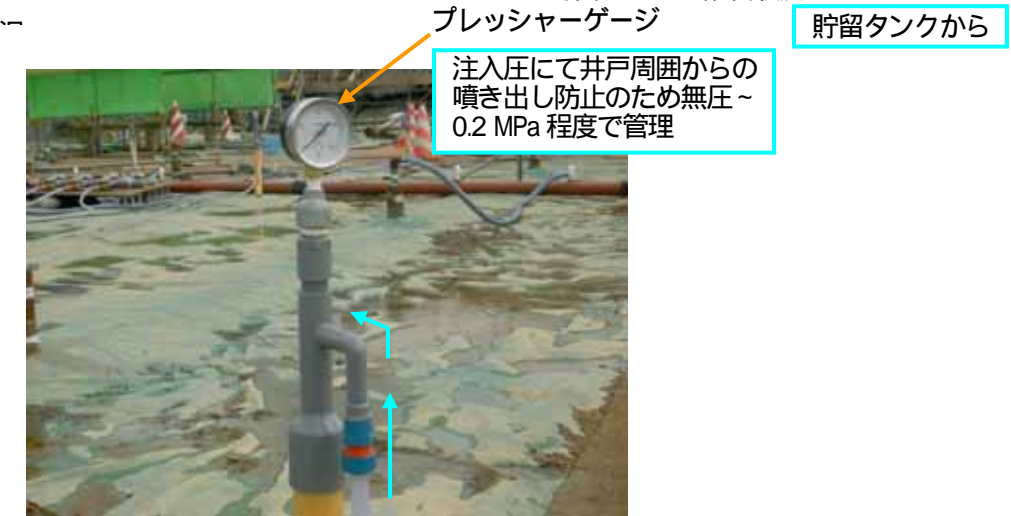


写真 - 2.1.6 注水孔先端部

2) 運用中の地下水位

運用中の地下水位は、適応性試験時に運用していた地下水位を参考に目標とした、441m ~ 438m の間で管理し運用されている。

運用中の地下水位状況を図 - 2.1.4 に示す。

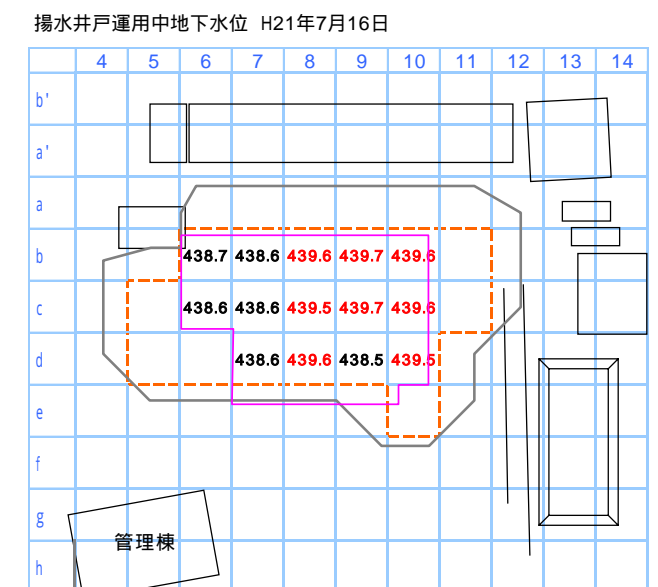


図 - 2.1.4 揚水バッキ運用中の地下水位状況

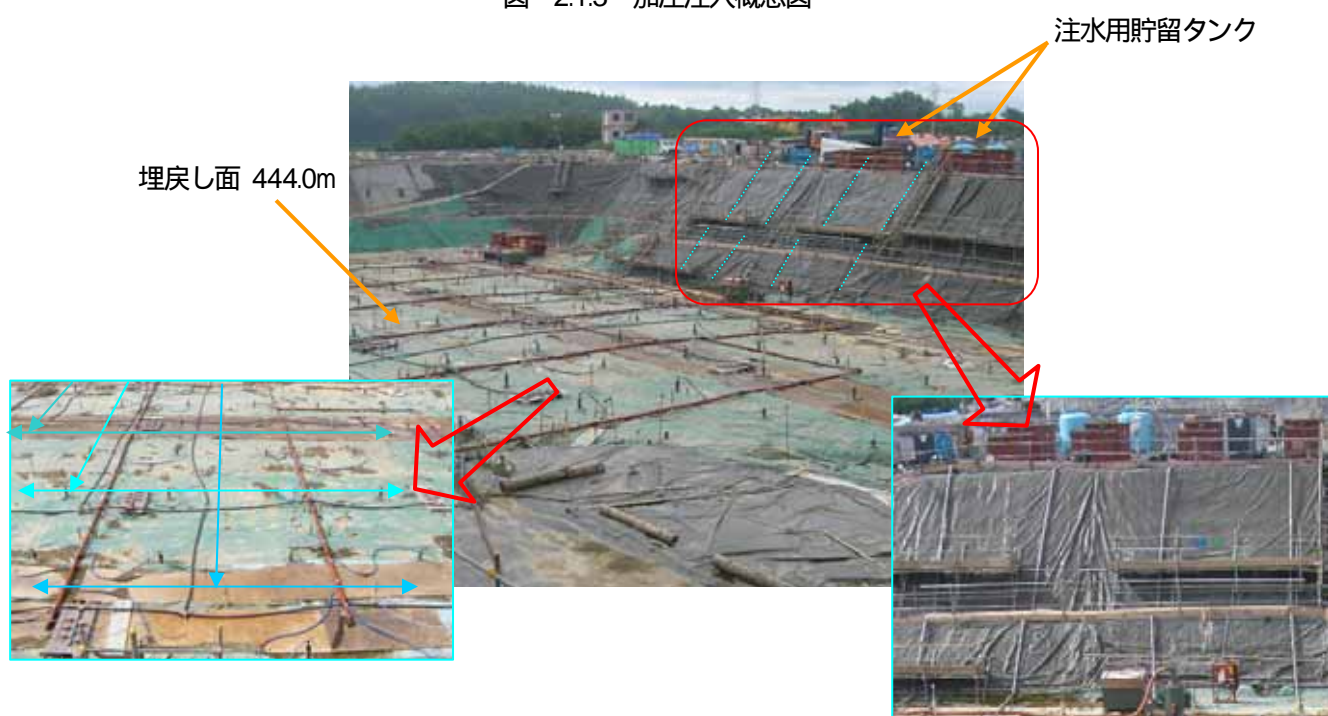


写真 - 2.1.3 注入タンク配置、配管状況

(4) 水処理プラント

注水孔のスリット幅が0.5mm以下と狭間のため処理水のSSは1以下を目標とした。地下水分析結果より多くの区画で全鉄が検出されているため、鉄分による注水孔の目詰まりによるメンテナンス頻度を減らすため、酸化剤による鉄分除去工程をバッキ前段に設置することとした。

また、処理水を注入水に利用することから薬剤の使用を極力控えSS処理はろ過工程のみとし、砂ろ過、アクリル系繊維ろ過の二段ろ過工程とした。

ろ過後に残ったVOC、COD等の最終除去として県境地下水処理プラントと同様に水用活性炭を最終工程に設置した。

<参照資料>

Appendix.1 揚水バッキ処理プラント計画書

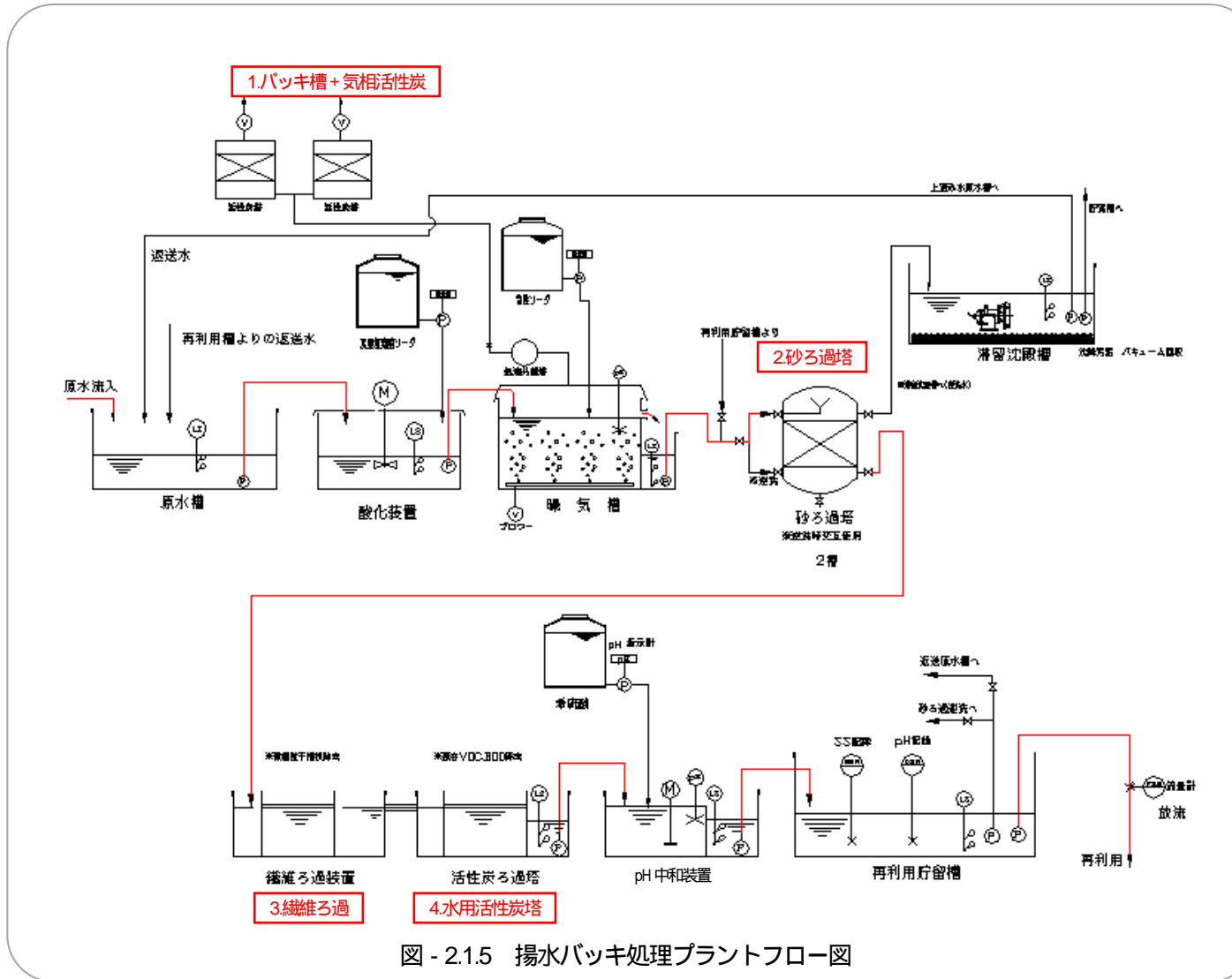
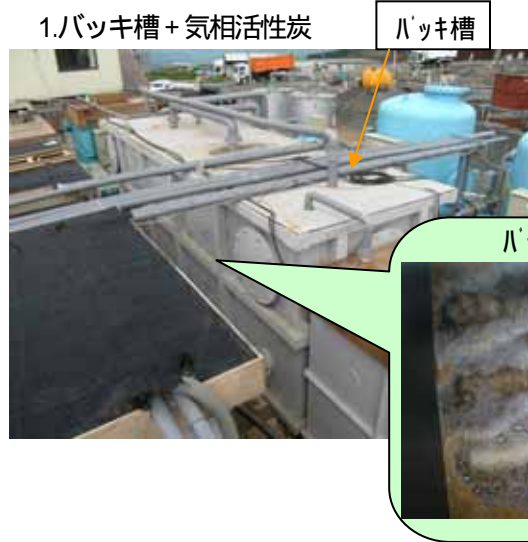


図 - 2.1.5 揚水バッキ処理プラントフロー図

3.繊維ろ過



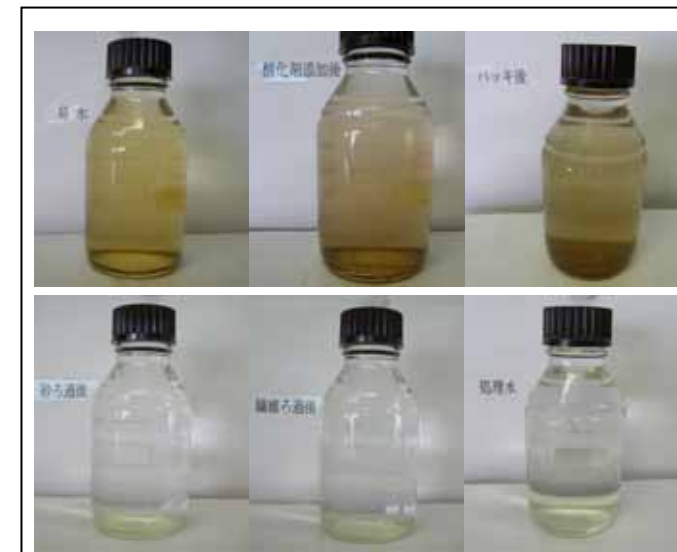
4.水用活性炭



揚水バッキ処理プラント 全景



各工程後の水



(5) モニタリング計画

1) 分析項目

分析は揚水井戸からペーラーによるくみ上げ水を表-2.1.1分析項目の項目で分析する。

表-2.1.1 分析項目

項目	目的	備考
有機塩素化合物	汚染濃度低減傾向の把握	PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、 ₁ VC、四塩化炭素、 ₂ CF、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,1-DCA、 ₃ エチレン
全鉄、 ₄ 硫酸イオン、硝酸イオン、DO	バイオ浄化阻害物質の把握、揚水バッキ運用による増加、低減の変化	バイオ標準設計許容値 硫酸イオン<50mg/L 硝酸イオン=0~10mg/L
TOC	バイオ浄化阻害物質の把握、揚水バッキ運用による増加、低減の変化	DO<8mg/L TOC<5,000mg/kg
COD、ORP、pH	揚水バッキ運用による増加、低減の変化	
地下水、地下水温	運用時の地下水状況の把握	

2) モニタリング位置

モニタリング位置はモニタリング内容を3種類のパターンに分類し図-2.1.6の位置とした。

パターン：運用開始後3日毎に汚染物質の初期変化を測定し汚染低減の効果を確認する。また、15日目以降は6~7日毎に濃度変化を測定し(28日、56日目は公定法で実施)汚染濃度により浄化経過を確認する。パターン の区画の一つをパターン とする。

パターン：近接する4~5区画に1箇所7日毎の汚染物質の濃度変化を測定し浄化経過を確認する。

パターン：14日毎に汚染物質の濃度変化を計測しパターン、と比較し浄化の状況を確認する。計測間の7日毎に検知管にて浄化傾向の変化を簡易的に計測する

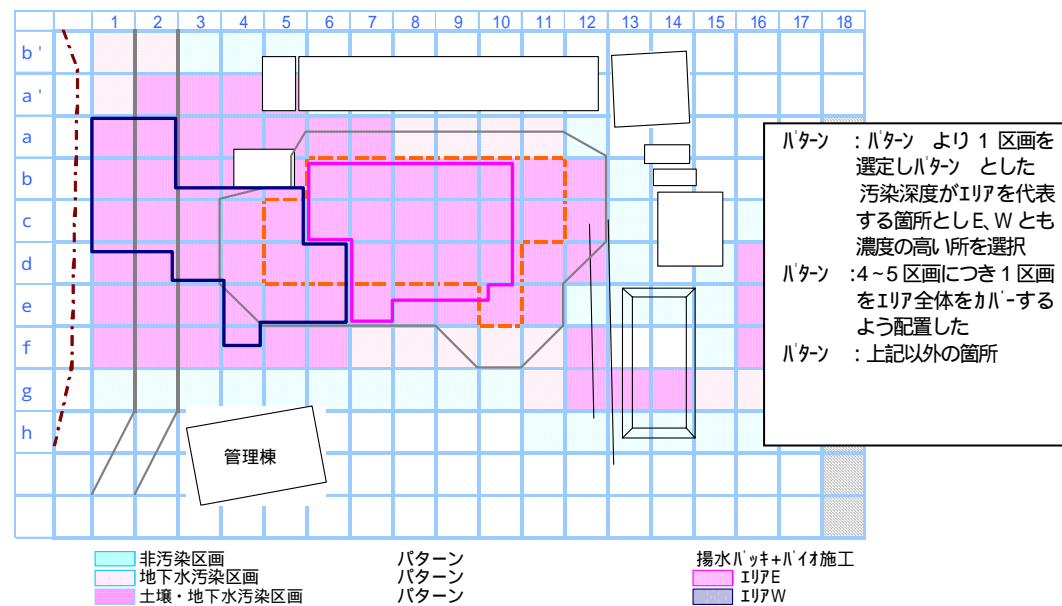


図-2.1.6 加圧注入・揚水バッキ モニタリング位置図

モニタリング項目の一覧を表-2.1.2に、モニタリング工程を次項、表-2.1.3に示す。

表-2.1.2 加圧注入・揚水バッキ モニタリング項目

	パターン	分析項目	サンプリング井戸
運用開始前	共通	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、塩化ビニル、四塩化炭素、CF、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、TOC、硫酸イオン、硝酸イオン、地下水水位、地下水温	全観測井戸 (公定法分析)
運用開始直後(0日後)	共通	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、四塩化炭素、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、ORP、DO、TOC、地下水水位、地下水温、COD(簡易分析)	全観測井戸 (運用区画対象)
運用中	パターン 3,6,9,12,15,21日目 以降7日毎	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、四塩化炭素、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、ORP、DO、地下水水位、地下水温、COD(簡易分析)	パターン 観測井戸 (運用区画対象)
	パターン 上記の28,56日目	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、塩化ビニル、四塩化炭素、CF、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、TOC、硫酸イオン、硝酸イオン、地下水水位、地下水温	(公定法分析)
	パターン 運用開始後7日毎	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、四塩化炭素、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、地下水水位、地下水温	パターン 観測井戸 (運用区画対象)
	パターン 検知管計測 7日目 以降14日毎	有機塩素化合物(PCE、TCE、DCM)ベンゼン pH、ORP、DO、地下水水位、地下水温	パターン 観測井戸 (運用区画対象)
運用終了後	共通	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、塩化ビニル、四塩化炭素、CF、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、TOC、硫酸イオン、硝酸イオン、地下水水位、地下水温	全観測井戸 (公定法分析)

- 1.分解生成物である塩化ビニルは毒性が高く、塩化ビニルの状況確認のため公定法分析項目とした。
- 2.クロロフォルムは地下水以下の汚染濃度が高い物質であるジクロロメタンの親物質であり、試験施工中にも確認されている。ジクロロメタン濃度の増減にはクロロフォルムの分解傾向が影響してくると推測される。よって、四塩化炭素 ジクロロメタンの分解過程であるクロロフォルムを確認する必要があると判断し公定法分析項目とした。
- 3.エチレン分析は分析手法が確立されていないこと、また計量下限値が高く物質収支の比較検討に使用するには精度が悪いことなどより、現場全体の運用区画(エリアEW東西の4区画について1検体ずつ程度の初期濃度と浄化完了後の濃度の8検体とする。e-1,d-6,c-8,d-11)
- 4.硫酸イオン、硝酸イオンについてはバイオ浄化での阻害要因物質であり初期濃度と浄化速度、分解傾向を把握する目的にて初期分析項目とした。また、バイオ浄化の硫酸イオン、硝酸イオン分析は初期濃度の高い区画、浄化傾向の追跡等必要な区画については追加で実施

(6) モニタリング結果

エリアEにおける運用開始0日(6/24)と21日経過後(7/15まで、うち3日停止)のb-7区画パターン分析結果を表-2.1.4、図-2.1.8、2.1.9に示す。

表-2.1.4 b-7区画 地下水VOC濃度分析結果表

	シクロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン	シス-1,2-ジクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン	1,1,2-トリクロロエタン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	1,3-ジクロロプロパン	ベンゼン	
初期値	6/17	0.072	ND	0.017	0.002	0.42	0.02	ND	0.72	0.9	ND	0.1
0日経過	6/24	0.26	0.002	0.004	ND	0.52	0.045	ND	4.7	6.6	ND	0.086
21日経過	7/15	37	ND	0.27	0.01	1	0.054	0.002	1	0.96	ND	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	1以下	0.006以下	0.03以下	0.01以下	0.002以下	0.01以下	

<参照資料>

Appendix.2 揚水バッキ地下水汚染分析結果

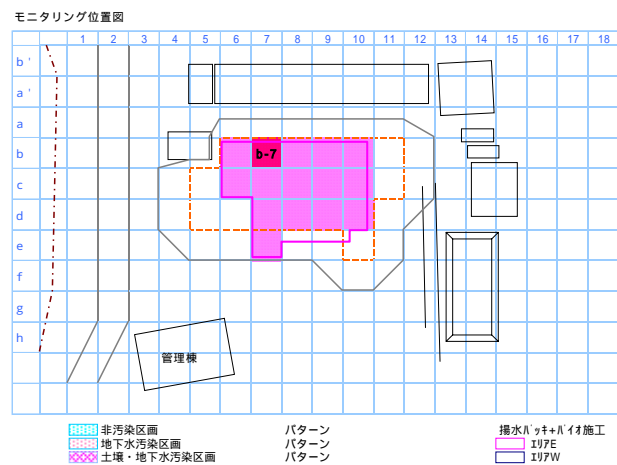


図-2.1.7 b-7モニタリング位置

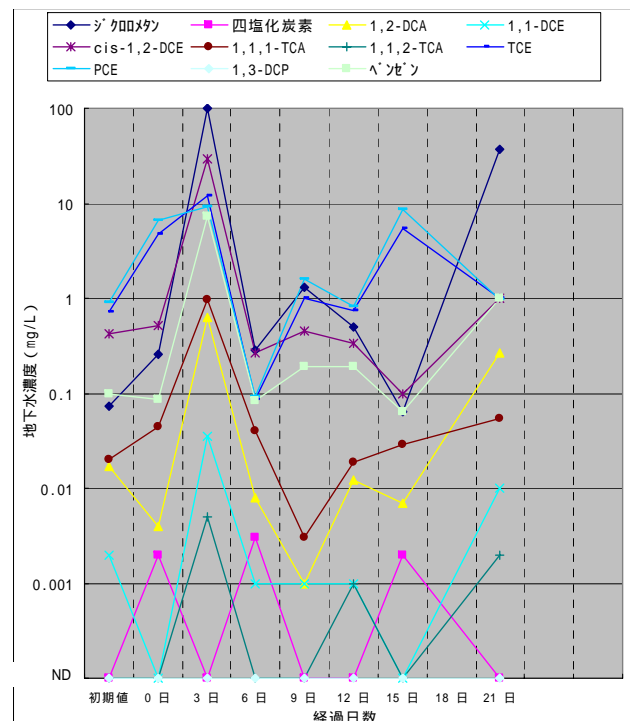


図-2.1.8 b-7地下水濃度 VOC11項目

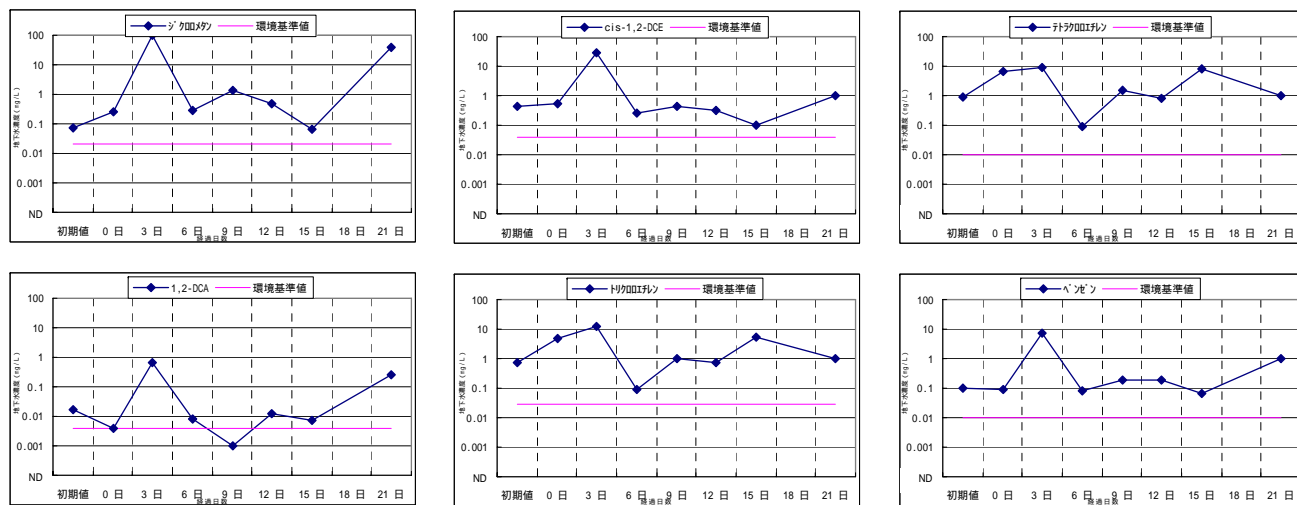


図-2.1.9 b-7地下水濃度 VOC各項目

運用開始から21日経過までの地下水濃度は値の上下をくり返し低下傾向を示す動きには見えない。昨年実施した試験施工時汚染濃度の推移と比較すると今回のモニタリング結果と同様、21日経過時点では汚染濃度が上下をくり返し減少傾向を示していない状況であった。試験施工では、その後運用を継続し35日目を経過した以降から濃度の減少傾向が大きくなってきている。

そのため、今回の21日経過時の測定結果は試験施工と同様、運用初期段階の挙動を示していると思われる。試験施工時のBパターンにおける21日経過時のデータを表-2.1.5、図-2.1.10に示す。また、Bパターンの地下水濃度推移グラフを図-2.1.11に示す。

表-2.1.5 試験施工Bパターン(4m×4m) 地下水VOC濃度分析結果表

	シクロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン	シス-1,2-ジクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン	1,1,2-トリクロロエタン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	1,3-ジクロロプロパン	ベンゼン	
0日経過	10/16	4.3	ND	0.3	0.006	0.8	0.27	0.008	0.96	0.82	ND	1
21日経過	11/6	4.5	ND	0.46	0.007	0.56	0.28	0.005	1.3	1.3	ND	0.49

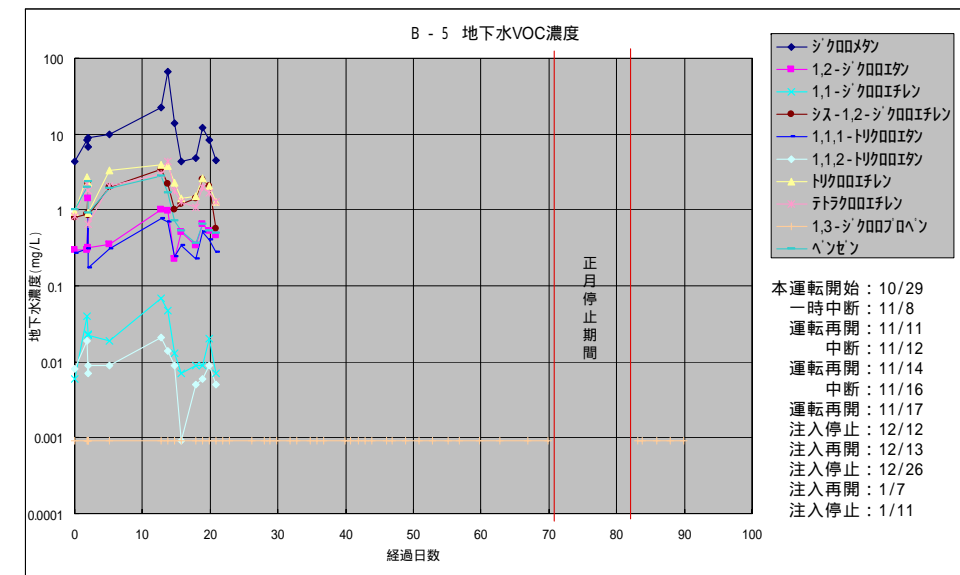


図-2.1.10 試験施工Bパターン(4m×4m) 地下水VOC濃度21日経過時点

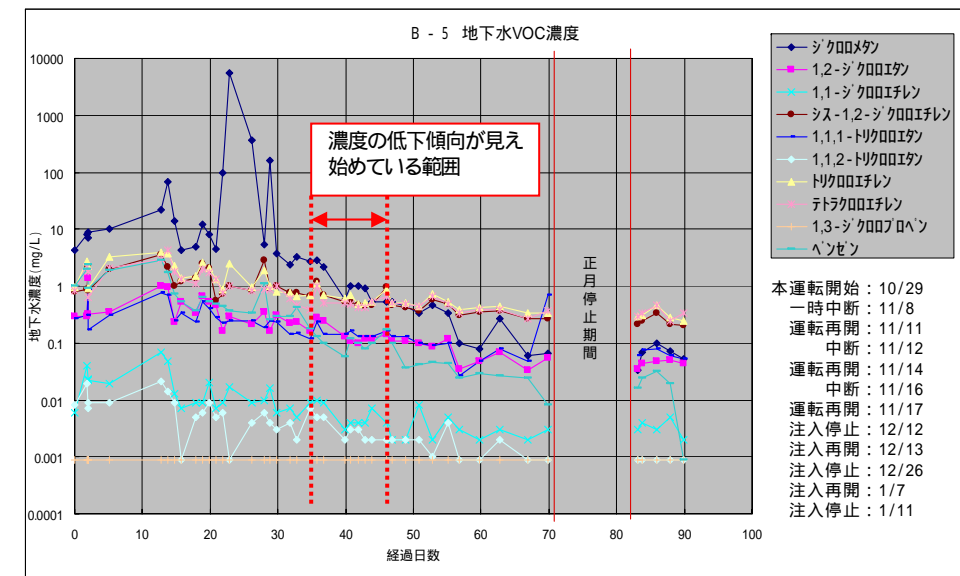


図-2.1.11 試験施工Bパターン(4m×4m) 地下水VOC濃度変化

2.2 バイオレメディエーション

(1) 目的

現場内に生息する嫌気性微生物を活性化・増殖させて有機塩素化合物を浄化することを目的に栄養剤を二重管ダブルパッカー工法にて原位置での注入を行う。

(2) 施工区画、施工数量

バイオレメディエーション施工区画と施工数量を図-2.2.1、表-2.2.1に示す。

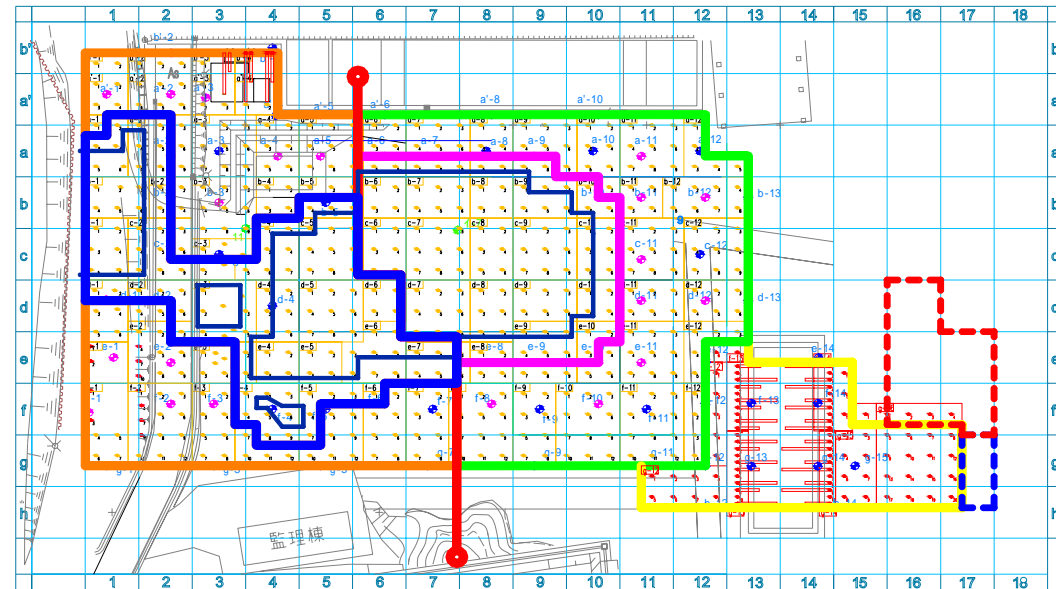


図-2.2.1 施工区画平面図

表-2.2.1 バイオ注入施工数量表

【バイオ注入数量表】

施工エリア	本数 (孔)	注入長 (m)	単位浄化剤数量 (kg/m ³)	希釈倍率	注入量 (L)	7/20現在注入量 (L)	進捗率 (%)	
バイオ単独施工区画	エリア東	155	490	1.0	200	1,569,960	1,570,000	100.0%
	エリア西	156	1,070	1.0	200	3,428,280	1,165,000	34.0%
揚水ハック併用区画	エリアE	105	550	1.0	200	1,762,200	-	0.0%
	エリアW	126	900	1.0	200	2,883,600	-	0.0%
バイオ単独施工区画	N地区東端	89	340	1.0	200	1,089,360	-	0.0%
計	631	3,350			10,733,400	2,735,000	25.5%	

単位浄化剤数量は汚染濃度、透水係数、標準設計条件より算出されるエコサイクル社提供資料数量にて算出。
標準設計条件
濃度(地下水に溶存した分+土壌に吸着した分)
溶存酸素 0~8 mg/L *1 硝酸イオン 0~10 mg/L *1
硫酸イオン 0~50 mg/L 有機炭素分(foc) 0.005 (TOC として 5,000 mg/kg)
*1 溶存酸素と硝酸イオンについては、当社の実績においてほとんどの場合にこの範囲内。
* 第二鉄(Fe³⁺)及びマンガンについては、濃度が高い条件が少ないため、標準設計条件からは割愛。
ただし、高濃度が確認された場合には考慮の上で再設計。
透水係数が低いほど、EDC 拡散に時間がかかる、EDC が土壌に吸着しやすい、VOC が土壌に吸着しやすいので、必要なEDC 量が増える。
油・天然の有機物(腐植など)がある場合、土壌に吸着するVOC が多くなり、必要なEDC 量が増える。
硫酸イオンが50~100mg/L の場合、1.2 倍のEDC が必要。100mg/L 以上の場合には、EDC-E を併用する。
資料提供: (株)エコサイクル社

(2) 施工手順

二重管ダブルパッカーの施工手順を図-2.2.2に現場施工状況を写真2.2.1~2.2.3に示す。

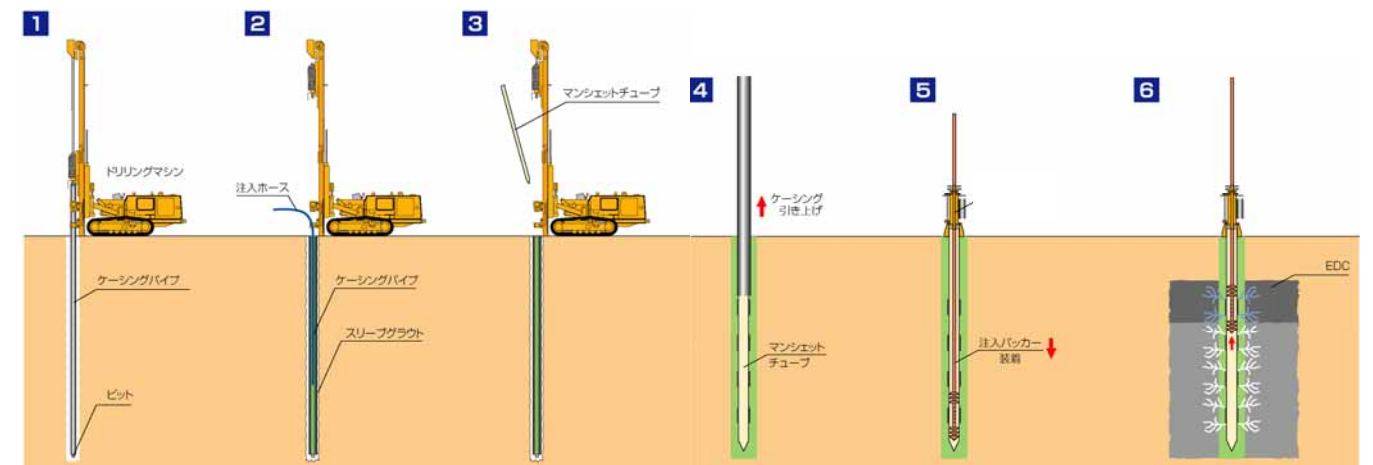


図-2.2.2 二重管ダブルパッカーによる注入手順

マンシットチューブ建込み状況

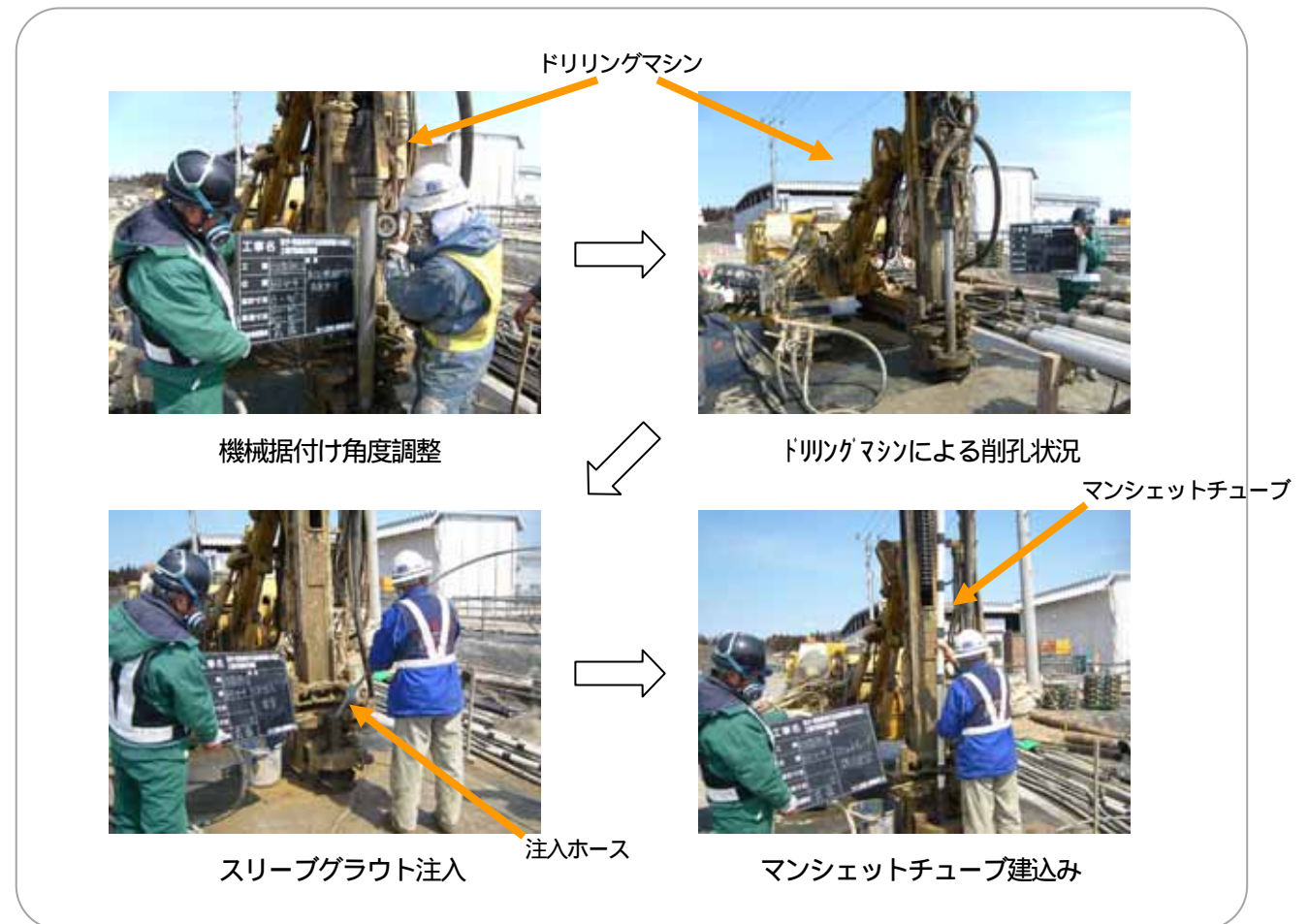


写真-2.2.1 マンシットチューブ建込み状況

EDC作液状況写真

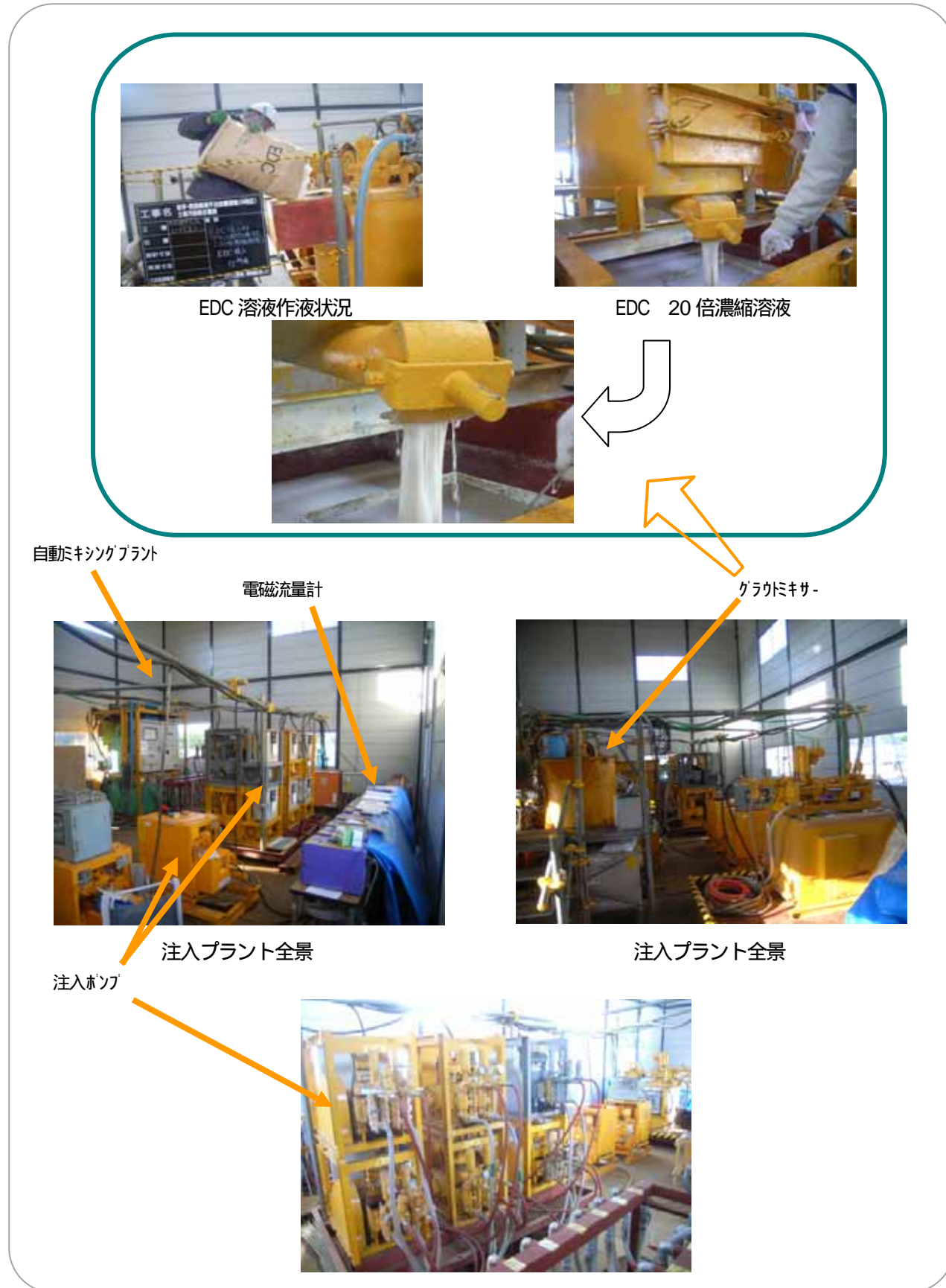


写真 - 2.22 EDC 作液状況

二重管ダブルパッカー地上確認試験写真

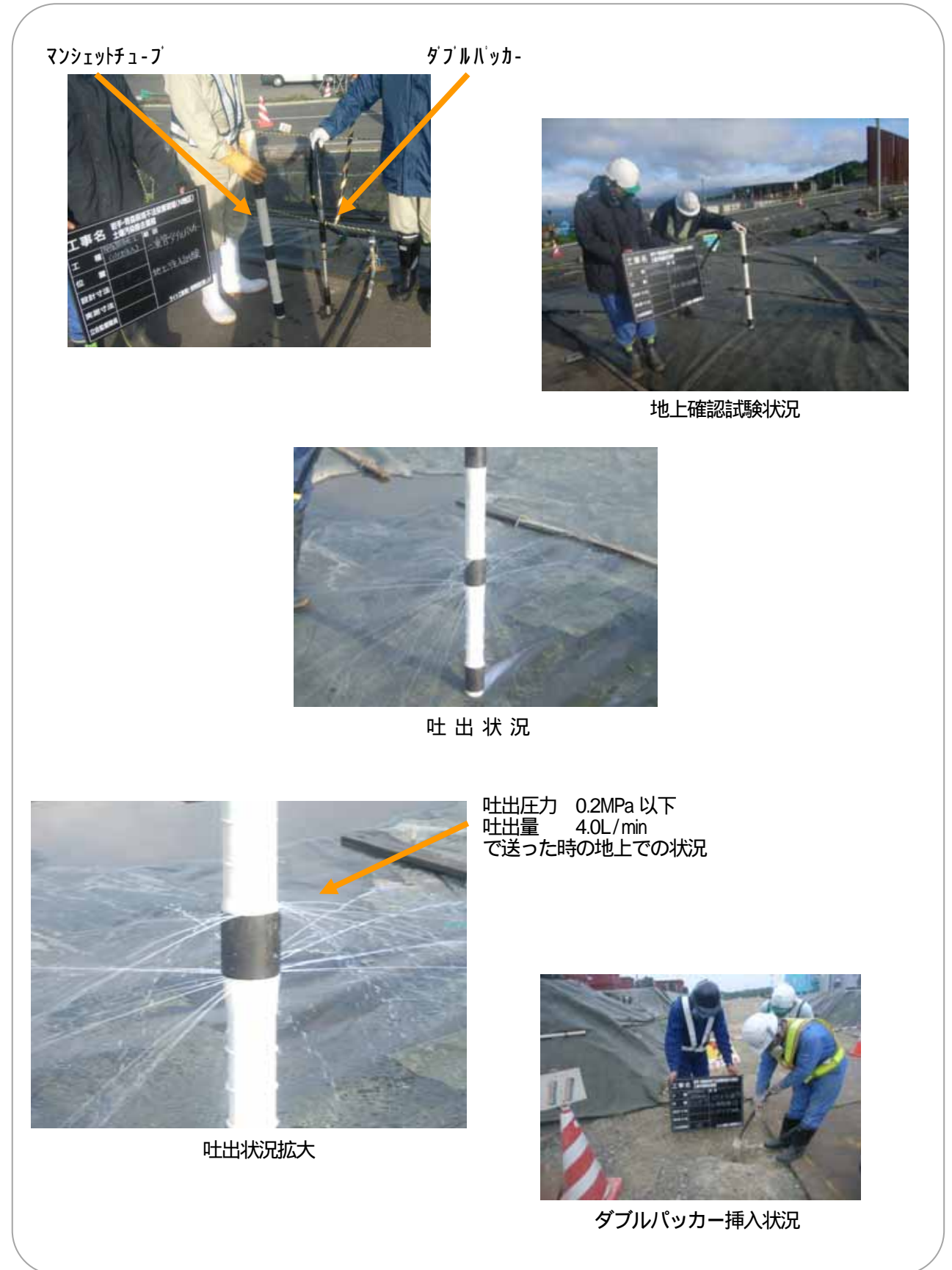


写真 - 2.23 地上注入試験状況

(4) モニタリング計画

1) 分析項目

分析はモニタリング井戸よりベラーで採水した地下水を表-2.2.2分析項目の項目で分析する。

表-2.2.2 分析項目

項目	目的	備考
有機塩素化合物	汚染濃度低減傾向の把握	PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、VC、四塩化炭素、CF、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,1-DCA、Iフロン
全鉄、硫酸イオン 硝酸イオン、DO	浄化阻害物質の把握、阻害物質の浄化速度に及ぼす傾向の把握	バイオ標準設計許容値 硫酸イオン<50mg/L 硝酸イオン=0~10mg/L DO<8mg/L
TOC	バイオ追加注入の目安	TOC<5,000mg/kg 注入後、地下水 TOC 値 150~190 の範囲を下回った場合は追加注入を推奨
COD、ORP	TOC 分析間の地下水 EDC 量の目安の指標	
pH	pH 調整剤量の調整および追加注入の目安の指標	
地下水、地下水温	注入時の地下水状況の把握	

2) モニタリング位置

モニタリング位置はモニタリング内容を3種類のパターンに分類し図-2.2.3の位置とした。

パターン：浄化剤注入後の汚染物質の初期変化を測定し汚染低減の傾向を確認する。また、15日毎の濃度変化を測定し(30日、60日目は公定法で実施)汚染濃度により浄化経過を確認する。

パターン の区画の一つをパターン とする。

パターン：近接する4~5区画に1箇所毎15日毎の汚染物質の濃度変化を測定し浄化経過を確認する。

パターン：30日毎に汚染物質の濃度変化を計測しパターン、と比較し浄化の状況を確認する。

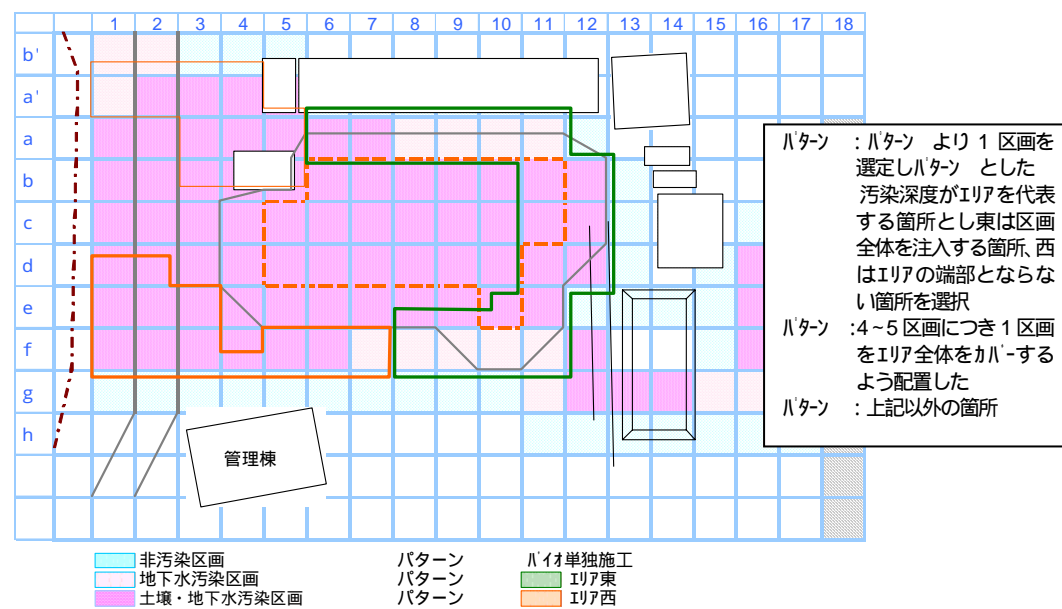


図-2.2.3 バイオレメディエーション モニタリング位置図

モニタリング項目の一覧を下表-2.2.3に、モニタリング工程を次項、表-2.2.4に示す。

表-2.2.3 バイオレメディエーション モニタリング項目

日	パターン	分析項目	サンプリング井戸
注入前	共通	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、塩化ビニル、四塩化炭素、CF、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、TOC、硫酸イオン、硝酸イオン、地下水位、地下水温	全観測井戸 (公定法分析)
注入中	共通	地下水位、地下水温、pH ORP、DO、COD(PACテスト)、	2回/日 1回/日
区画注入完了直後(0日後)	共通	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、四塩化炭素、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、ORP、DO、TOC、地下水位、地下水温、COD(簡易分析)	全観測井戸 (運用区画対象)
区画注入完了後	パターン 3,9,15日後	pH、COD(簡易分析)、DO、ORP、地下水位、地下水温	パターン 観測井戸 (運用区画対象)
	パターン 30日まで6日毎 以降15日毎	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、四塩化炭素、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、地下水位、地下水温	
	パターン 3,6,9,12,18日後	pH、COD(簡易分析)、DO、ORP、地下水位、地下水温	パターン 観測井戸 (運用区画対象)
	パターン 15日毎	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、四塩化炭素、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、地下水位、地下水温	
注入完了後 30日毎	パターン の30,60日目	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、塩化ビニル、四塩化炭素、CF、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、TOC、硫酸イオン、硝酸イオン、地下水位、地下水温	パターン 観測井戸 (運用区画対象) (公定法分析)
	パターン、 の30,60日目	有機塩素化合物(PCE、TCE、c-DCE、1,1-DCE、四塩化炭素、DCM、1,1,1-TCA、1,1,2-TCA、1,2-DCA)、ベンゼン、ORP、DO、TOC、地下水位、地下水温、COD(簡易分析)	パターン、 観測井戸 (運用区画対象)

(5) モニタリング結果

バイオ注入は4/26より当初予定通り地下水の上流部であるエリア東側からの注入を実施している。注入は積算電磁流量計で注入量と注入圧力を管理し、各区画で汚染の深度に合わせ設定した注入深度1m当り1,068L×3ステップ=3,204Lの注入を行っている。1回の注入量は表-2で述べた単位浄化材量を100%とすると50%・100%・150%と50%ずつの注入にて実施予定（現在150%注入は試験的に2区画のみ実施中）

これは、バイオ浄化でよく用いられる手法で浄化効果の高いエリアの浄化材を浄化効果の低いエリアへ配分する目的で実施されている施工方法である。

7/15現在で経過日数が30日以上経過しているエリア東で、採水パターン、の環境基準値を超過している項目について分析結果データを図-2.25に示す。

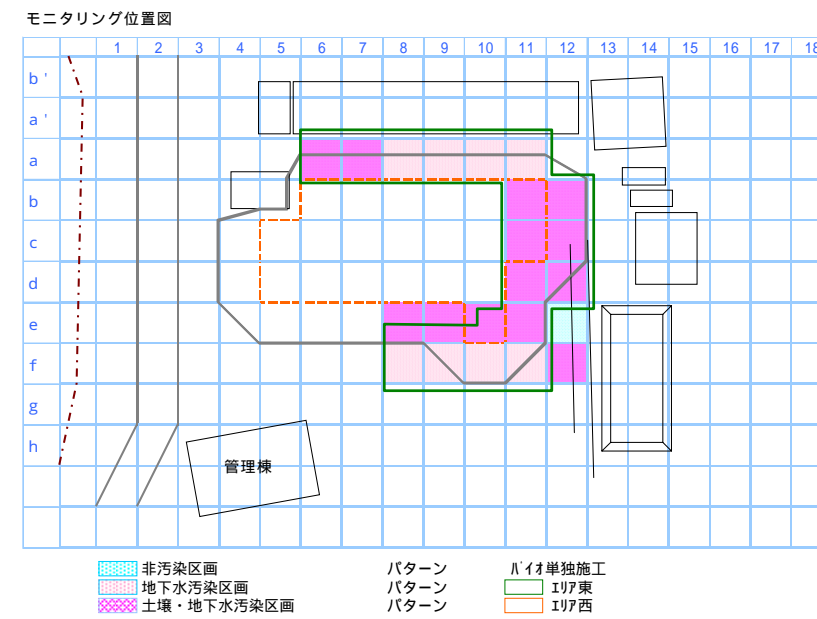
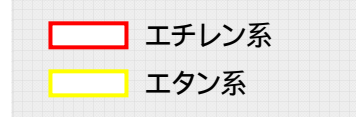
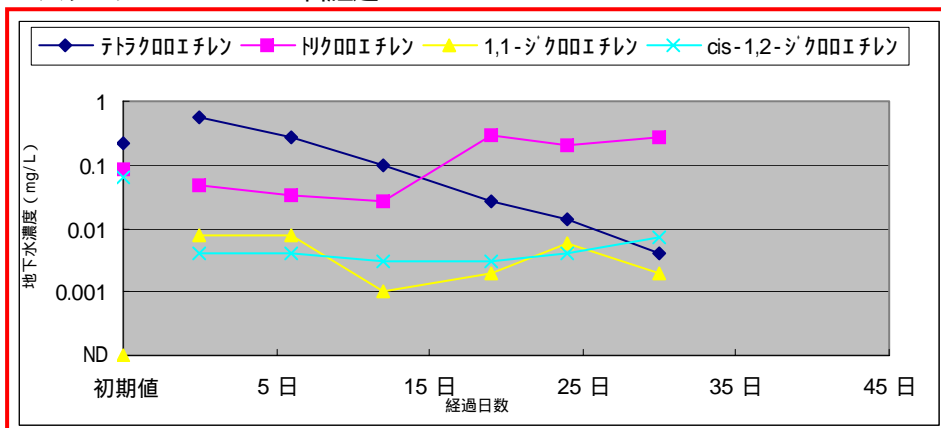


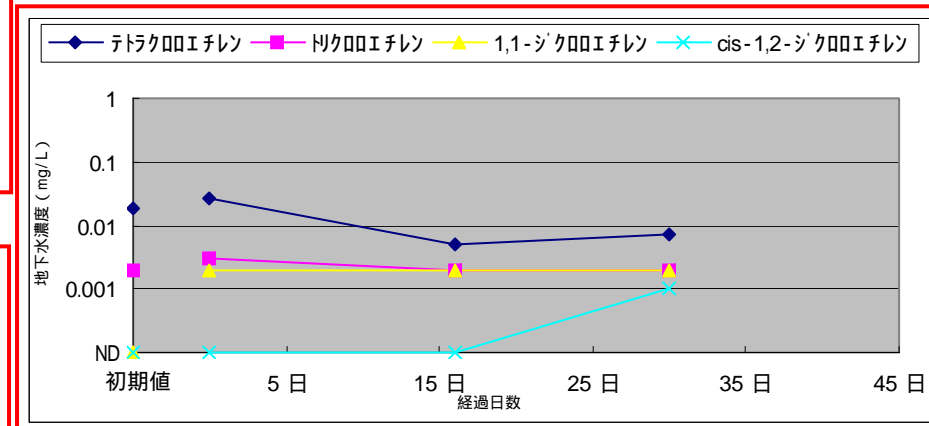
図-2.24 モニタリング位置

パターン f-12 30日経過

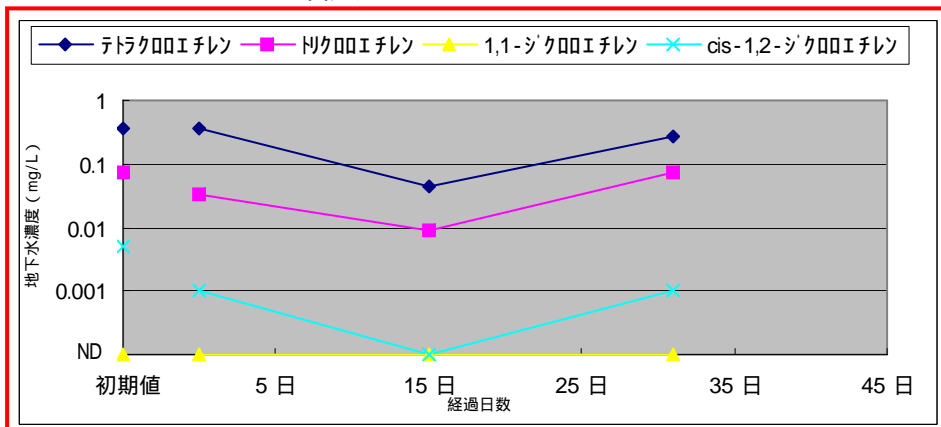
パターン f-9 30日経過



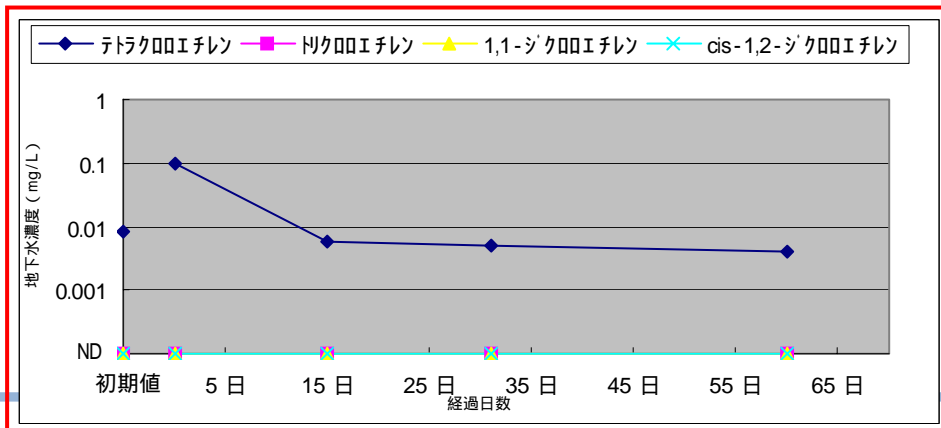
パターン c-11 30日経過



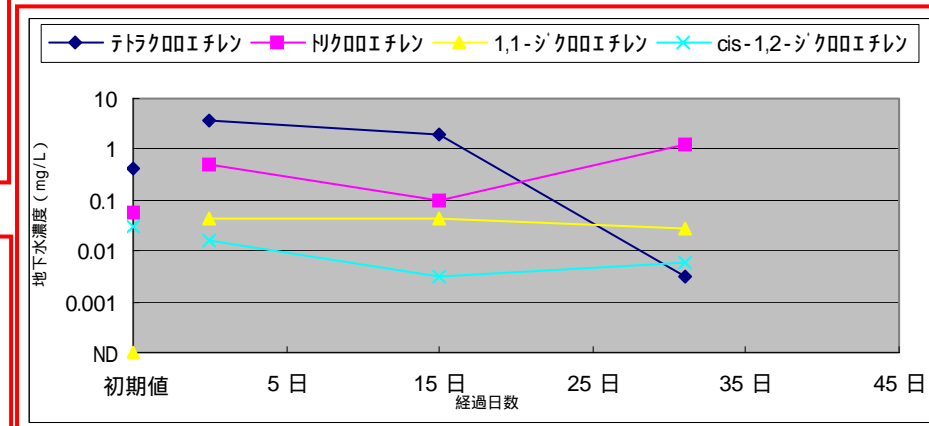
パターン a-7 30日経過



パターン a-10 60日経過



パターン e-10 30日経過



パターン e-10 30日経過

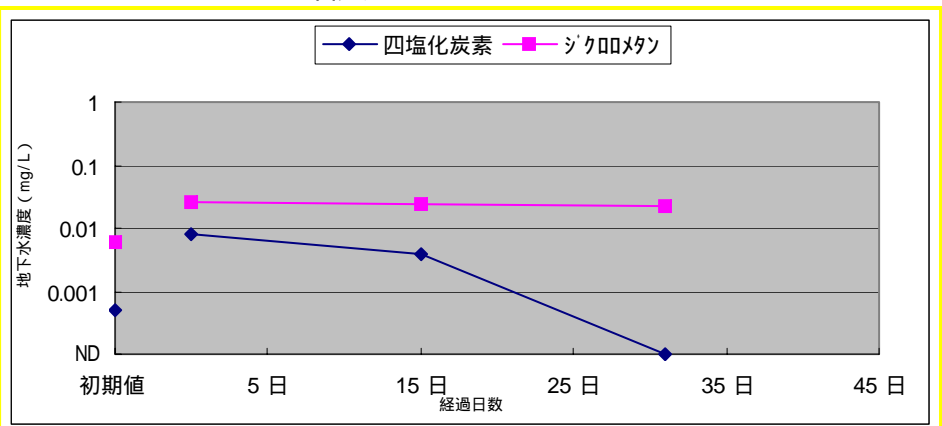


図-2.25 エリア東 地下水濃度変化

モニタリングは区画毎の50%注入完了後を0日とし経過日数毎に採水分析を実施している。2回目以降の注入を行った際に、経過日数を変更すると経過日数が重複し複雑化するため経過日数は50%注入完了後からの日数のみとしている。

モニタリング分析結果ではa-7区画以外はテトラクロロエチレンが減少傾向であると思われる。また、c-11、e-10、f-9、f-12では、分解生成物質であるトリクロロエチレン、cis-1,2-ジクロロエチレンが増加傾向にあるため分解が進んでいると示唆される。

試験施工時のEDC-Eを使用したBパターン、Dパターンと比較してみるとBパターンでは40日経過以降は減少傾向がみられず濃度は横ばいとなっているがDパターンは40日以降も継続し減少しているように試験時にも区画により減少傾向にバラツキを生じていた。

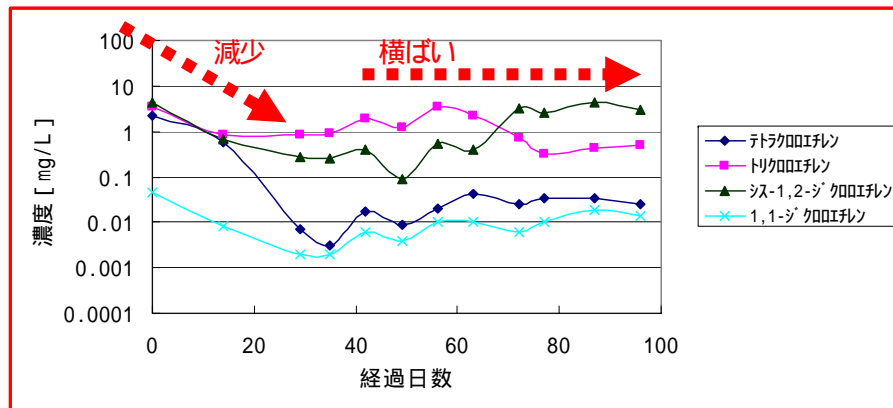
エリア東は全体的に汚染濃度が低く、また50%注入完了後から10日~20日後に100%注入を完了している。100%注入後からの経過日数ではまだ約10日~40日となるため追加注入を行うより汚染濃度をふまえ経過のモニタリングを引き続き実施していく予定である。

適応性試験時のエチレン系の地下水濃度変化を図-2.26に示す。

<参照資料>

Appendix.3 バイオレメディエーション地下水汚染分析結果

Bパターン 2m×2m EDC+EDC-E



Dパターン 4m×4m EDC+EDC-E

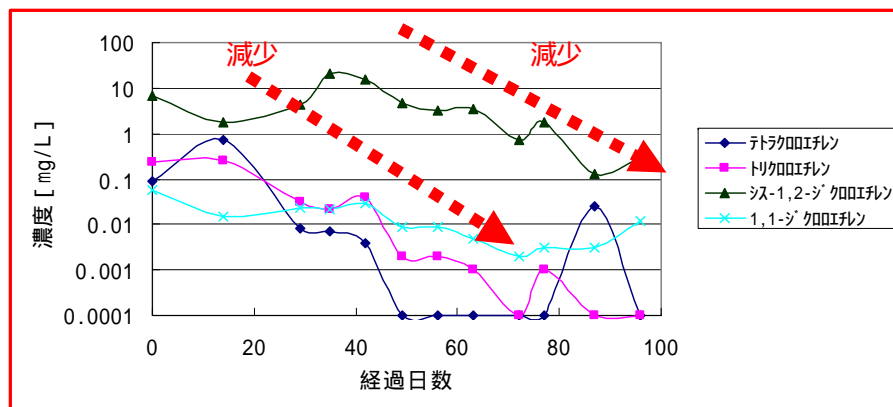


図-2.26 試験施工時の濃度変化

3. 環境保全対策

(1) 排水処理設備作業環境測定

活性炭の破過測定と作業環境測定を兼ねて、環境基本法、第16条第1項の規定による大気汚染に係わる環境基準、大気汚染防止法に基づく指定物質抑制基準、および作業環境基準を参考とし、管理値（超過時点で活性炭交換）要監視値（要監視値が3日連続であれば活性炭交換）を設けて実施している。日々の測定で環境基準値を超えた値は検知されておらず、活性炭吸着後の排気は適正に処理されている。

測定項目4項目（ジクロロメタン、ベンゼン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン）



測定項目	検知管種類	測定範囲 (ppm)	検知限度 (ppm)	管理値 (ppm)	要監視値 (ppm)
ジクロロメタン	ガステック 138L	4 ~ 150	0.4	50	25
ベンゼン	ガステック 121L	0.1 ~ 65	0.05	1	0.5
テトラクロロエチレン	ガステック 133L	1 ~ 75	0.4	50	25
トリクロロエチレン	ガステック 132L	1 ~ 70	0.4	25	12



測定日	測定時間	ジクロロメタン	ベンゼン	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン
平成21年7月13日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月14日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月15日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月16日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月17日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月18日	13:00	ND	ND	ND	ND

計測データは全て直近データのみ掲載

(2) 排水処理設備処理水分析

処理水の分析は放流前に採水し現場PIDにて日々分析結果を測定、環境基準値以下に保っている。



処理水採水状況



処理水採水状況



処理水分析状況

試料名	採水日	採水時間	pH	SS	COD	導電率 (mS/m)	ORP (mV)	ジクロロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエタン	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	ジクロロメタン	ベンゼン	
水処理プラント(処理水)	7/13	9:05	7.3	1	1.4	119.6	243.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
水処理プラント(処理水)	7/14	8:35	7.3	1	1.1	115.6	141.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
水処理プラント(処理水)	7/15	8:40	6.8	1	1.2	111.8	268.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
水処理プラント(処理水)	7/16	8:50	7.4	1未満	2.3	108	200.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
水処理プラント(処理水)	7/17	8:50	6.8	1	1.6	100	223.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
水処理プラント(処理水)	7/18	8:50	7.1	1未満	1.5	75	171.2	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
基準値			5.8 -8.6	50 以下	30 以下	-	-	0.02 以下	0.002 以下	0.004 以下	0.02 以下	0.04 以下	1 以下	0.006 以下	0.03 以下	0.01 以下	0.002 以下	0.01 以下

(3) 揚水バッキ（掘削ヤード内）

高濃度汚染水の揚水を行っているため掘削ヤード内の揚水中継タンク周辺にて検知管を使用し日々測定管理を行っている。測定値については濃度検知されておらず、日々の作業について異常はない。

測定項目4項目（写真左からジクロロメタン、ベンゼン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン）



測定項目	検知管種類	測定範囲 (ppm)	検知限度 (ppm)	作業環境基準 (ppm)
ジクロロメタン	ガステック 138L	4 ~ 150	0.4	50
ベンゼン	ガステック 121L	0.1 ~ 65	0.05	1
テトラクロロエチレン	ガステック 133L	1 ~ 75	0.4	50
トリクロロエチレン	ガステック 132L	1 ~ 70	0.4	25

測定日	測定時間	ジクロロメタン	ベンゼン	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン
平成21年7月13日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月14日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月15日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月16日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月17日	13:00	ND	ND	ND	ND
平成21年7月18日	13:00	ND	ND	ND	ND

(4) 揚水バッキ（排水処理プラント）

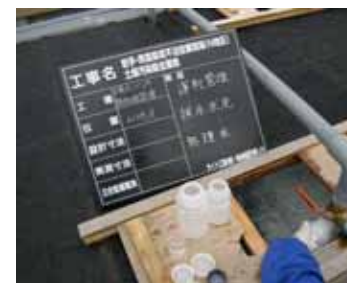
県境排水処理施設と同様、処理毎日に活性炭の破過測定を検知管にて行い管理、記録している。高濃度汚染水を処理している為、活性炭破過測定値が要監視値に短期間で達する事から迅速に管理値以下の活性炭交換を行い日常管理に努めている。

測定項目4項目（写真左からジクロロメタン、ベンゼン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン）



測定日	測定時間	ジクロロメタン	ベンゼン	テトラクロロエチレン	トリクロロエチレン	備考
平成21年7月13日	13:00	30	ND	ND	ND	
平成21年7月14日	13:00	34	ND	ND	ND	
平成21年7月15日	-	-	-	-	-	活性炭破過の為プラント処理停止
平成21年7月16日	13:00	ND	ND	ND	ND	
平成21年7月17日	13:00	ND	ND	ND	ND	
平成21年7月18日	13:00	ND	ND	ND	ND	

県境排水処理施設と同様、処理水を採水、分析を行う。処理水は外部へ放流ではなく揚水バッキ注水用に再利用する為環境基準値以下を管理値とし、基準値超過の場合は再処理を行う。



処理水採水状況

試料名	採水日	採水時間	pH	SS	COD	導電率 (mS/m)	ORP (mV)	ジクロロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエタン	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	ジクロロメタン	ベンゼン	
バッキプラント(処理水)	7/13	8:55	7.8	1	0.5	101	293.1	0.014	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
バッキプラント(処理水)	7/14	8:55	7.9	1未満	0.5	101.3	120	0.083	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
バッキプラント(処理水)	7/16	14:35	7.9	1未満	1.5	103.6	194.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
バッキプラント(処理水)	7/17	10:30	8.0	1未満	1.5	100	281.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
バッキプラント(処理水)	7/18	9:00	7.9	1未満	1.4	89.9	191.8	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
基準値			5.8 -8.6	50 以下	30 以下	-	-	0.02 以下	0.002 以下	0.004 以下	0.02 以下	0.04 以下	1 以下	0.006 以下	0.03 以下	0.01 以下	0.002 以下	0.01 以下

再処理後は翌日データ

また、県で定期的実施されている放流水、および周辺大気測定では管理値を超えた処理水、大気は計測されていないため十分適切に処理が行われていると判断される。

4. 汚染地下水の追跡

4.1 汚染地下水の追跡

図-4.1に新たに汚染の有無を確認した区画を示す。

モニタリング井戸、バイオ井戸施工時に採取したサンプリングデータをもとに、汚染範囲（地下水）の追跡を実施した。コアの採取は、調査時同様ビニールパック内蔵のオープンチューブサンプラーを使用し、孔壁崩壊の防止及び汚染地下水の拡散防止のため 86mm のケーシングパイプを逐次挿入した。

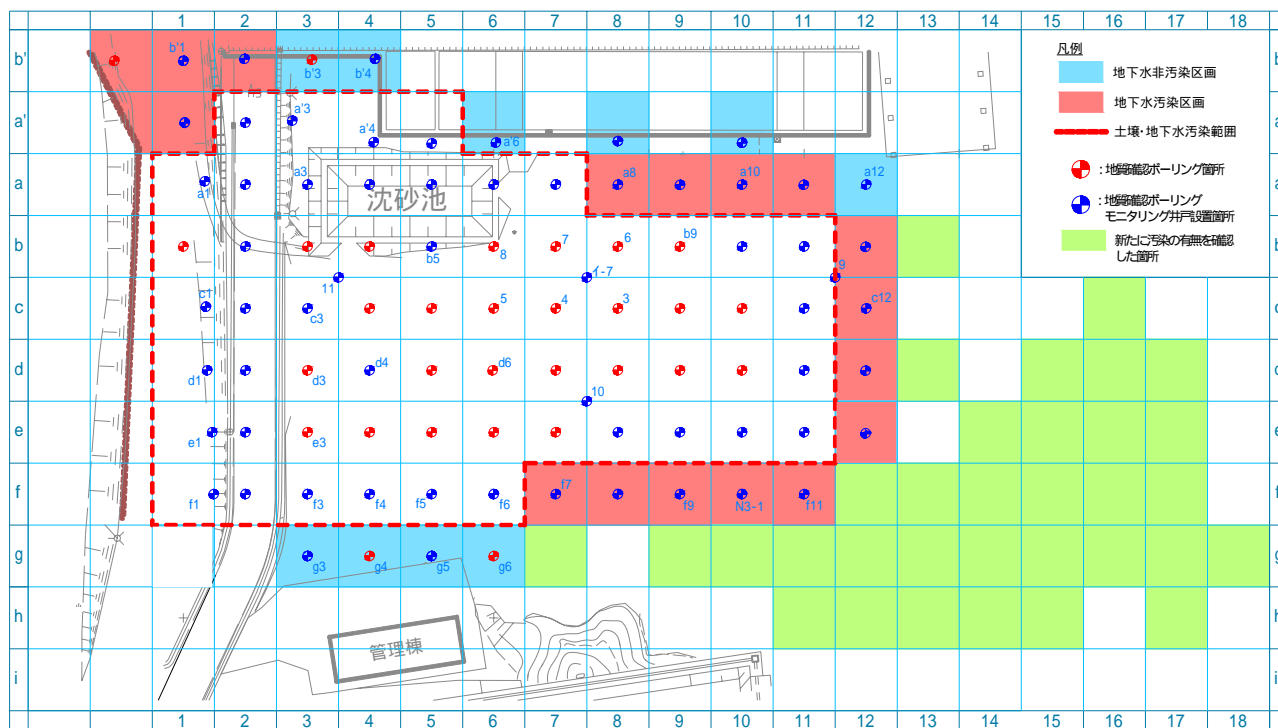


図 - 4.1 汚染の有無を確認した区画

4.2 土壌・地下水汚染の結果

図-4.2に土壌・地下水汚染結果を示す。

採取データの結果、地下水汚染がN地区南東へ広がっていることが判明し、さらに、土壌汚染区画の存在が確認された。

特にO地区に達していた汚染については、この汚染が不飽和層に存在することより、O地区の不法投棄廃棄物がまだ除去されていないことを考慮すれば、N地区の中心に存在した溶剤入りドラムに起因したものでなく、N-O地区境界における汚染原に起因したものであることが推測される。

< 参照資料 >

Appendix.4 追加土壌汚染分析結果一覧表、追加地下水分析結果一覧表

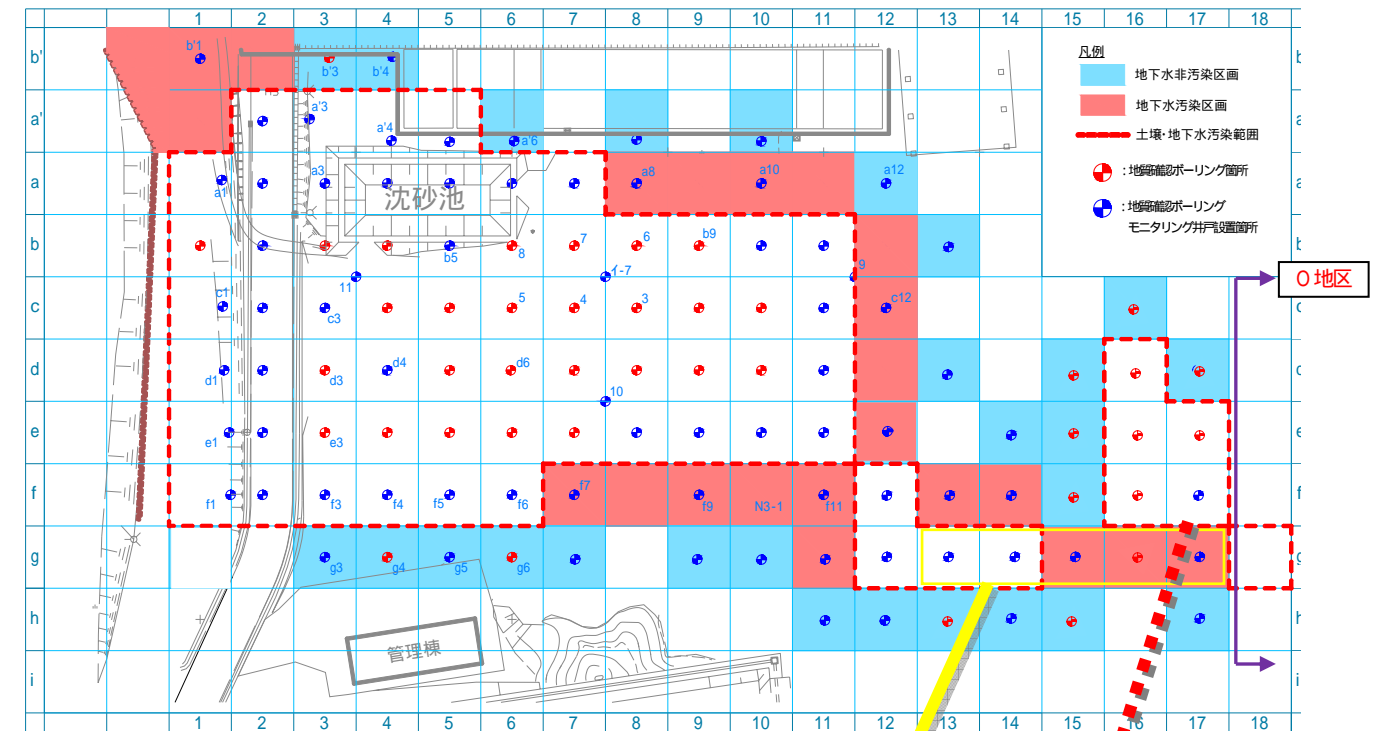


図 - 4.2 土壌地下水汚染結果

今回、N地区東端、N-O区画としたブロックのジクロロメタン、ベンゼンの分析結果を表-4.1、4.2にまとめた。

このデータより、ドラム缶を起因としたN地区東端の汚染は、地下水により拡散したと推測されるため441m付近より深い位置で、テトラクロロエチレンしか確認されていないのに対し、N-O区画では覆土の下448m付近の不飽和帯より複数物質での汚染が確認されている。

また、ジクロロメタン、ベンゼンはN地区東端では検出されていないがN-O区画では非常に高濃度で検出されている。よってこの二つの汚染の起元は別であると推測される。

標高 (m)	e-16		e-17		f-16		f-17	
	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	
450.2 - 450.0	ND		ND		ND		ND	
449.2 - 449.0	0.004		ND		ND		ND	
448.2 - 448.0	0.004	0.001	0.045	0.001	ND	0.13	ND	
447.2 - 447.0	0.004	0.004	0.018	0.01	ND	0.23	ND	
446.2 - 446.0	0.043	0.05	0.029	0.004	ND	0.56	ND	
445.2 - 445.0	0.1	0.086	0.48	0.003	ND	0.77	0.004	
444.2 - 444.0	0.064	0.005	0.26	0.007	2.6	ND	8.3	
443.2 - 443.0	0.005	0.037	0.7	0.01	0.07	1	10.0	
442.2 - 442.0	0.67	0.022	0.4	0.17	6.3	8.1	7.3	
441.2 - 441.0	1.4	0.041	6.2	0.007	4.7	5.2	24.0	
440.2 - 440.0	2.2	0.045	0.53	0.29	6.7	8.4	4.1	
439.2 - 439.0	0.018	0.026	0.7	0.034	0.003	2.3	0.92	
438.2 - 438.0	ND	ND	ND	0.016	ND	ND	0.036	
437.2 - 437.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
436.2 - 436.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
435.2 - 435.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下		0.02以下	0.02以下	

標高 (m)	g-13		g-14		g-15		g-16		g-17	
	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン	ベンゼン		
450.2 - 450.0			ND	ND	ND		ND			
449.2 - 449.0	ND		ND	ND	ND		ND			
448.2 - 448.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
447.2 - 447.0	ND	ND	ND	0.001	ND		ND			
446.2 - 446.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
445.2 - 445.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
444.2 - 444.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
443.2 - 443.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
442.2 - 442.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
441.2 - 441.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
440.2 - 440.0	0.001	ND	ND	ND	ND		ND			
439.2 - 439.0	0.001	ND	ND	ND	ND		ND			
438.2 - 438.0	0.001	ND	ND	ND	ND		ND			
437.2 - 437.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
436.2 - 436.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
435.2 - 435.0	ND	ND	ND	ND	ND		ND			
	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下		0.01以下	0.01以下		

表 - 4.1 N地区東端分析結果
ジクロロメタン、ベンゼン

表 - 4.2 N-O区画分析結果
ジクロロメタン、ベンゼン

5. 浄化対策に関する課題と今後の方針

5.1 加圧注入・揚水バッキ

(1) 揚水状況と濃度低下

揚水バッキは、複数孔の同時運用による揚水量を確保することに主体を置きウェルポイントで揚水している。現時点ではエリア内の地下水が高濃度であるため、揚水量主体の現在の運用で進めていく予定であるが、この先、区画毎に濃度低下の差が大きく生じてきた場合に水量の少ない井戸に対し井戸ポンプを設置するなどして対応することを検討している。

現時点では濃度にバラツキが有り減少傾向がないため、揚水の良好な区画と、濃度低下に規則的な変化が確認できない。今後も、揚水量・注水量のバランスをとり運用を続け、水量を含めた汚染の低下傾向も考慮しながら運用をおこなう。

揚水・注水試験結果を図-5.1.1、5.1.2に代表汚染物質の地下水濃度の状態を図-5.1.3、5.1.4に示す。

また、濃度低下に差が生じた場合の対応フローを図-5.1.4に示す。

揚水試験の結果ではb-6、b-7、c-6区画が良好な結果が得られた。

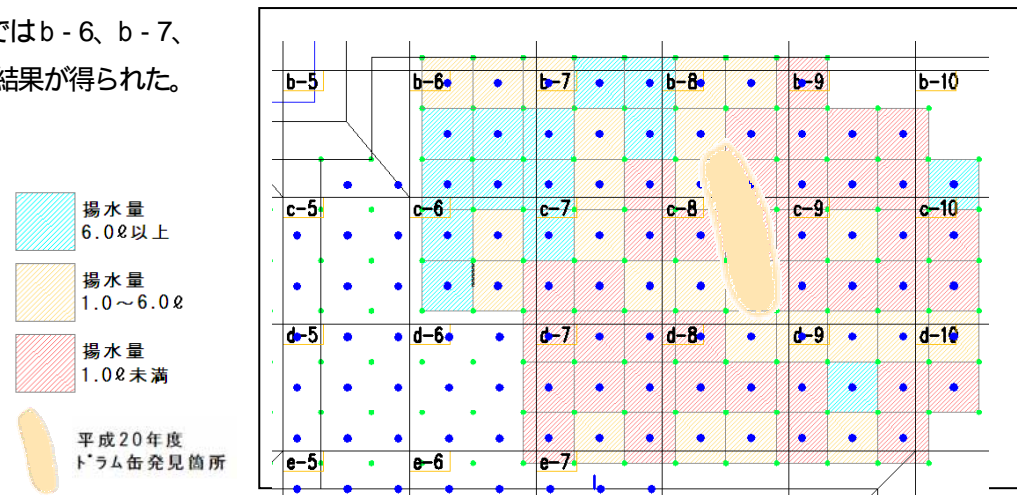


図-5.1.1 揚水試験結果

注水試験では、揚水試験と同様にb-6、b-7、c-6区画が、さらにc-7、c-8区画が良好な結果であった。

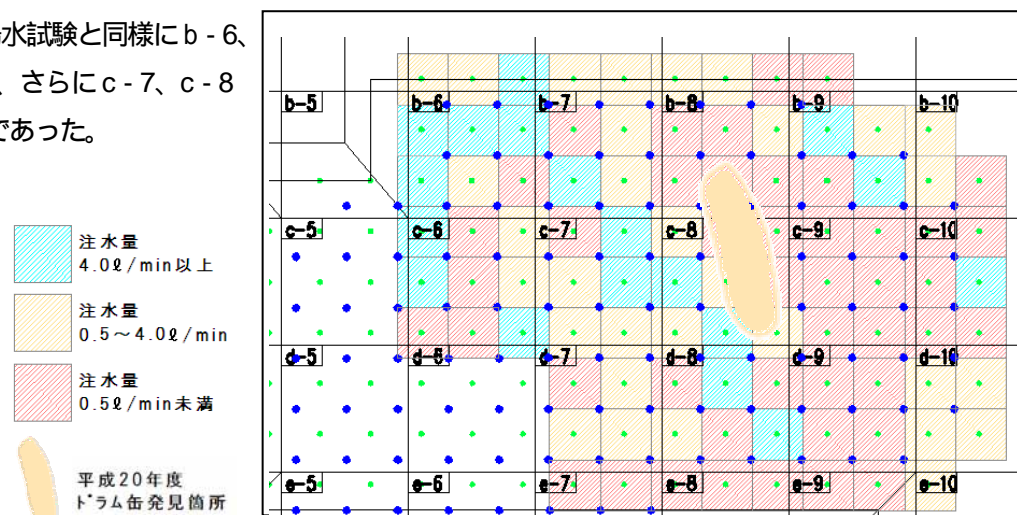


図-5.1.2 注水試験結果

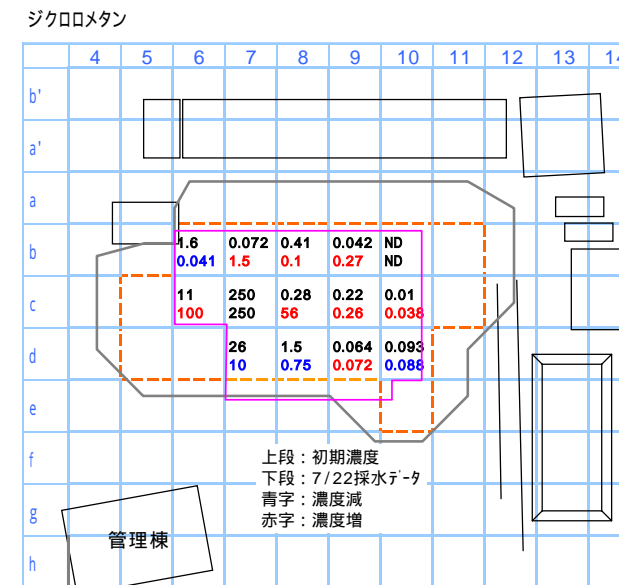


図-5.1.3 ジクロロメタン濃度変化

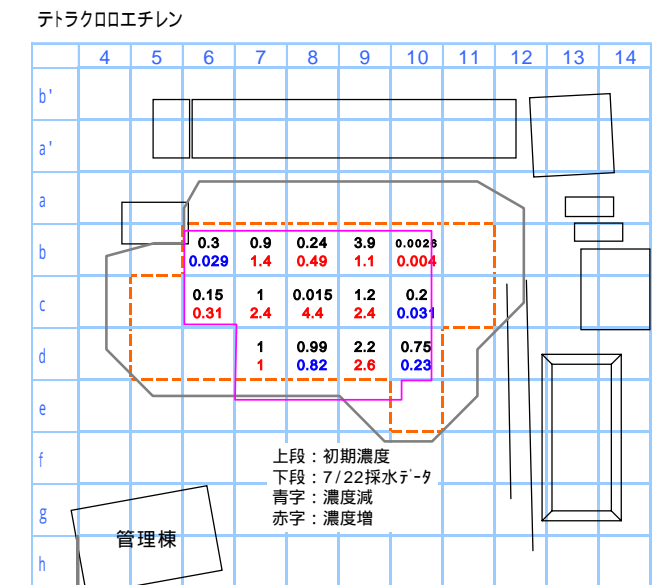


図-5.1.4 テトラクロロエチレン濃度変化

(2) 濃度低下に大きく差が生じた場合の対応フロー

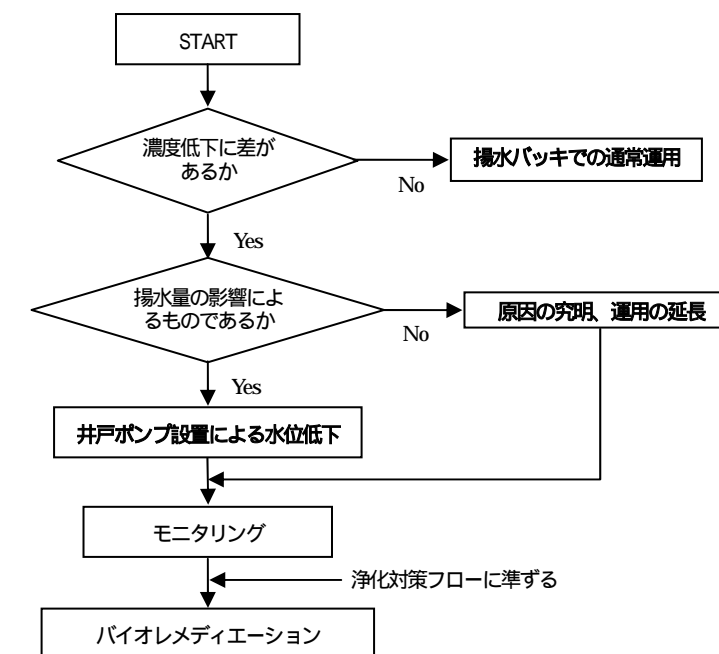


図-5.1.4 濃度低下に差が生じた場合の対応フロー

5.2 バイオレメディエーション

(1) ORP、TOC の状態

ORP 値、TOC 値の測定結果一覧表を表 - 5.2.1、5.2.2 に示す。

VOC データでは分解傾向が確認されたが、ORP 値の傾向から嫌気状態となるのに時間がかかり、目標としている ORP 値を維持できていない。なお、TOC の値は嫌気状態を示す ORP 値がマイナス区画で高い傾向にある。

表 - 5.2.1 ORP 結果一覧表

	初期値	30日経過	直近値 7/10前後
a-6	315.5	125.1	181.0
a-7	311.0	68.2	74.2
a-8	71.9	-92.3	-58.0
a-9	223.3	-164.0	7.0
a-10	174.1	260.4	57.0
a-11	328.1	305.9	231.0
b-11	331.8	91.5	167.0
b-12	223.4	57.1	290.0
c-11	310.0	23.9	-25.0
c-12	320.8	-37.2	-9.0
d-11	331.0	82.3	5.0
d-12	262.9	-47.6	0.0
e-8	243.0	194.2	185.0
e-9	237.0	36.3	14.5
e-10	162.8	-190.0	-32.0
e-11	225.8	193.5	200.0
f-7	165.3	-	-85.0
f-8	55.2	-142.3	7.0
f-9	120.3	-52.3	-41.0
f-10	268.2	18.5	-46.0
f-11	251.4	-38.0	-60.0
f-12	268.7	87.4	-60.0

表 - 5.2.2 TOC 結果一覧表

	初期値	注入中	30日経過
a-6	4.3	8.7	20.0
a-7	4.1	63.0	6.4
a-8	6.0	53.0	210.0
a-9	2.7	8.7	63.0
a-10	7.0	6.8	5.2
a-11	4.1	5.1	4.5
b-11	23.0	34.0	8.5
b-12	3.2	5.2	4.2
c-11	4.1	120.0	4.5
c-12	8.0	6.1	7.3
d-11	8.4	9.0	-
d-12	4.4	7.2	52.0
e-8	2.7	4.4	2.9
e-9	2.8	16.0	3.4
e-10	3.9	4.3	32.0
e-11	3.7	3.2	3.1
f-7	1.4	150.0	-
f-8	4.1	7.1	180.0
f-9	4.3	10.0	190.0
f-10	5.7	29.0	39.0
f-11	5.1	240.0	290.0
f-12	4.0	35.0	110.0

(2) 硝酸イオン、硫酸イオン

嫌気状態へ移行する上での阻害要因とし、当初より懸念されていた硝酸イオン、硫酸イオンの初期数値を元に N 地区内のコンター図を作成した。硝酸イオンを図 - 5.2.1 に硫酸イオンを図 - 5.2.2 に示す。

硝酸イオン：N 地区北側、東側、南側に広がっており a - 10、N 地区東端に高濃度で分布している。

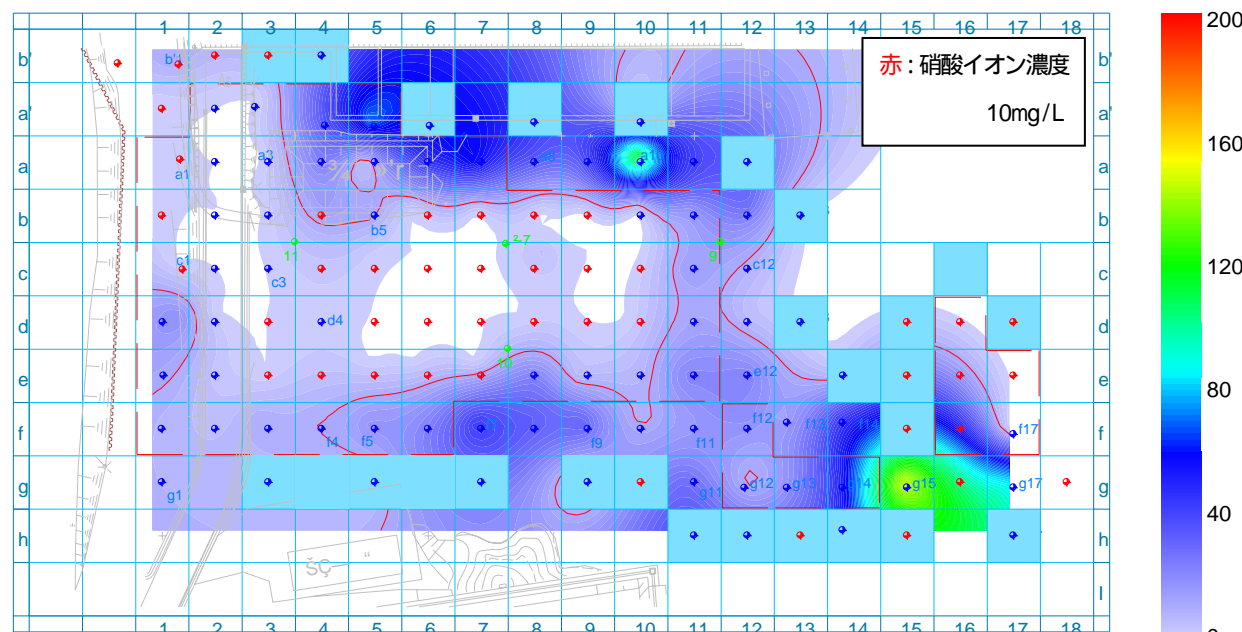


図 - 5.2.1 硝酸イオンコンター図 (初期濃度)

硫酸イオン：全体に低濃度で分布しており、a - 2、c - 6、c - 8、d - 11、g - 10 に高濃度が点在している。

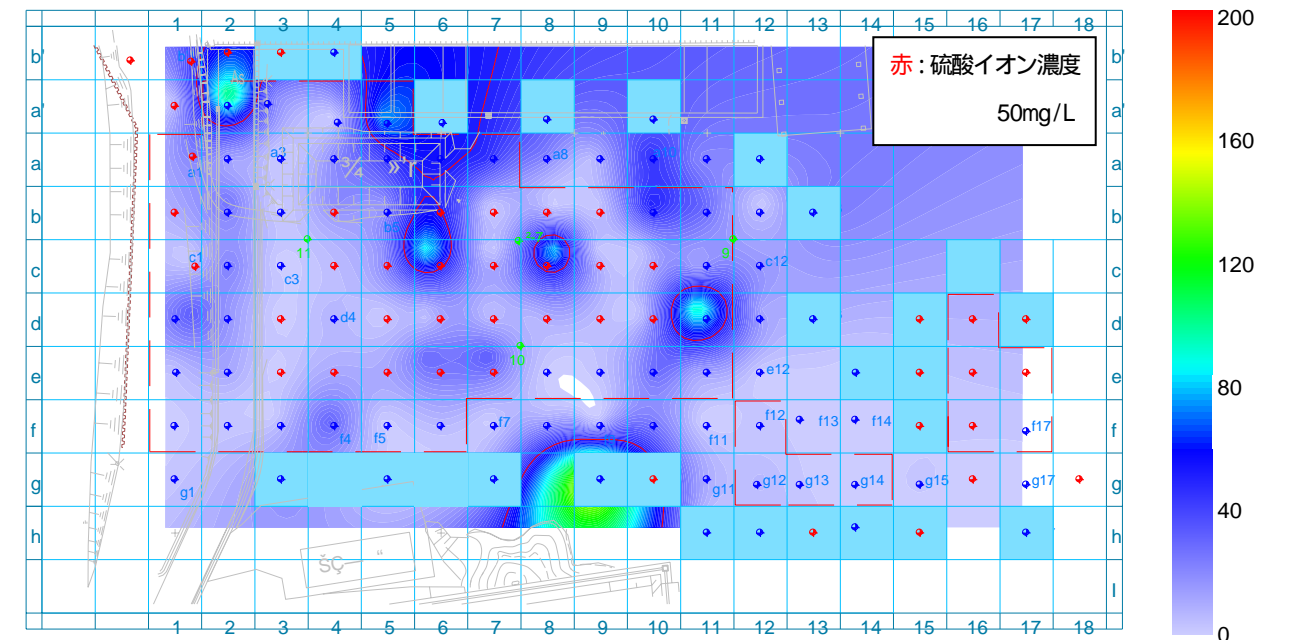


図 - 5.2.2 硫酸イオンコンター図 (初期濃度)

硝酸イオン、硫酸イオンの注入前、注入後の濃度を図 - 5.2.3、5.2.4 に示す。

硝酸イオン、硫酸イオンともに初期の濃度と比べ減少している結果となっている。これらは硝酸還元菌を始めとする還元菌群が活発に活動している結果であると推測される。

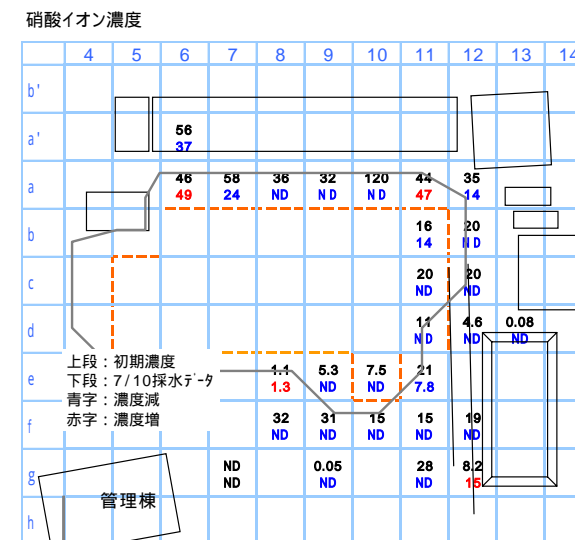


図 - 5.2.3 硝酸イオン濃度変化

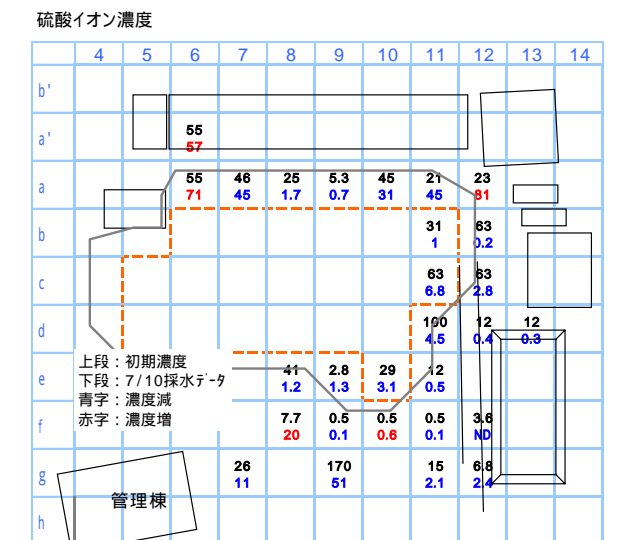


図 - 5.2.4 硫酸イオン濃度変化

(3) 今後の対応

(1)、(2)より、VOC 分解菌より先に活発化する硝酸還元菌などの菌群に EDC が消費されていることが、嫌気状態の維持が継続しない理由ではないかと推測する。しかし、第 2 章のモニタリング結果で述べたように、エリア東は汚染濃度も比較的低く VOC 分解傾向もみられることより、VOC 濃度も含めてもう少し傾向を観察してから対応を検討していきたい。