

岩手・青森県境廃棄物不法投棄現場

第 10 回汚染土壌対策技術検討委員会

2009 年 10 月 30 日

～ 目次 ～

1.浄化対策工程および進捗状況 .....	1
1.1 浄化計画数量および実績数量 .....	1
1.2 浄化対策工程 .....	2
1.3N 地区全体の浄化進行状況 .....	4
1.4 浄化対策工程 .....	2
2.浄化対策モニタリング結果 .....	6
2.1 加圧注入・揚水バッキ .....	6
2.2 バイオレメディエーション .....	9
3.浄化対策に関する今後の方針 .....	11

< Appendix >

---

Appendix.1	加圧注入・揚水バッキ バイオレメディエーション モニタリング工程
Appendix.2	揚水バッキ地下水汚染分析結果
Appendix.3	加圧注入・揚水バッキ 井戸配置図
Appendix.4	バイオレメディエーション地下水汚染分析結果
Appendix.5	自然注入試験地下水汚染分析結果

## 1. 浄化対策工程および進捗状況

### 1.1 浄化計画数量および実績数量

#### (1) 浄化井戸設置状況

H21年2月から浄化井戸の設置を開始している。第9回土壌汚染対策技術検討委員会(以降土壌委員会とする)時では、揚水バッキ・加圧注入工のエリアWの西側(県境水処理プラント処理水槽にかかる部分の注水孔)5本が未施工であったが8月に井戸設置を完了した。また、バイオレメディエーションのマンシェットチューブ(二重管注入井戸)は、概ね全ての井戸の設置が完了し、浄化井戸設置はほぼ終了した。浄化対策工としては揚水による汚染物質の回収と栄養材注入となっている。浄化井戸設置実績数量表を表-1.1 浄化井戸設置実績表に記す。

表-1.1 浄化井戸設置実績数量表

種別	エリア名	細別・規格	計画数量	変更計画	施工実績	備考
揚水バッキ	エリアE	揚水井 100mm	77本	77本	77本	揚水井合計 141本
		注水孔 50mm	97本	97本	97本	
	エリアW	揚水井 100mm	64本	64本	64本	注水孔合計 200本
		注水孔 50mm	103本	103本	103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	25本	バイオ注入 孔合計 631本
	エリアW		126本	43本	43本	
	エリア東		155本	155本	155本	
	エリア西		156本	156本	143本	
	N地区東端		89本	89本	89本	

エリアE、エリアWにおける注入方法の変更による数量の減 詳細は第3章に記載

#### (2) 浄化対策工運用状況

加圧注入・揚水バッキは、H21年6月18日にエリアEより運転を開始、バイオレメディエーションはH21年4月26日にエリア東より栄養材の注入を開始している。各エリアの9月30日現在の運用状況を、表-1.2 浄化対策工運用状況に記す。

表-1.2 浄化対策工運用状況

種別	エリア名	計画数量	施工実績	備考
揚水バッキ	エリアE	90日	88日	運用延長については第2章に記載
	エリアW	90日	37日	8/24より37孔先行運用
バイオレメディエーション	エリアE	1,762,200 L	0 L	
	エリアW	2,883,660 L	0 L	
	エリア東	1,569,960 L	1,569,960 L	モニタリング中 注入100%
	エリア西	3,428,280 L	3,138,474 L	モニタリング中 注入91.5%
	N地区東端	1,089,360 L	266,418 L	モニタリング中 注入24.5%

計画注入量は第8回土壌委員会時の地下水VOC量と透水係数より求められた平均値1kg/m<sup>3</sup>より算出、阻害要因補正は含まず。

#### (3) N地区内その他の対策状況

エリアE、W、東、西およびN地区東端についてはこれまでの土壌委員会報告の対策工計画に準じ運用を行っている。前回土壌委員会に高濃度汚染部として報告したN-O区画(高濃度部)は、簡易ボーリングを実施し廃ドラム缶が確認されたため、現在廃ドラム缶の撤去作業中である。廃ドラム缶の総本数は不明であるが10月20日現在で28本の撤去が完了している。N地区の浄化対策工のエリア平面図を図-1.1 浄化対策概要図に浄化対策概要を表-1.3に記す。

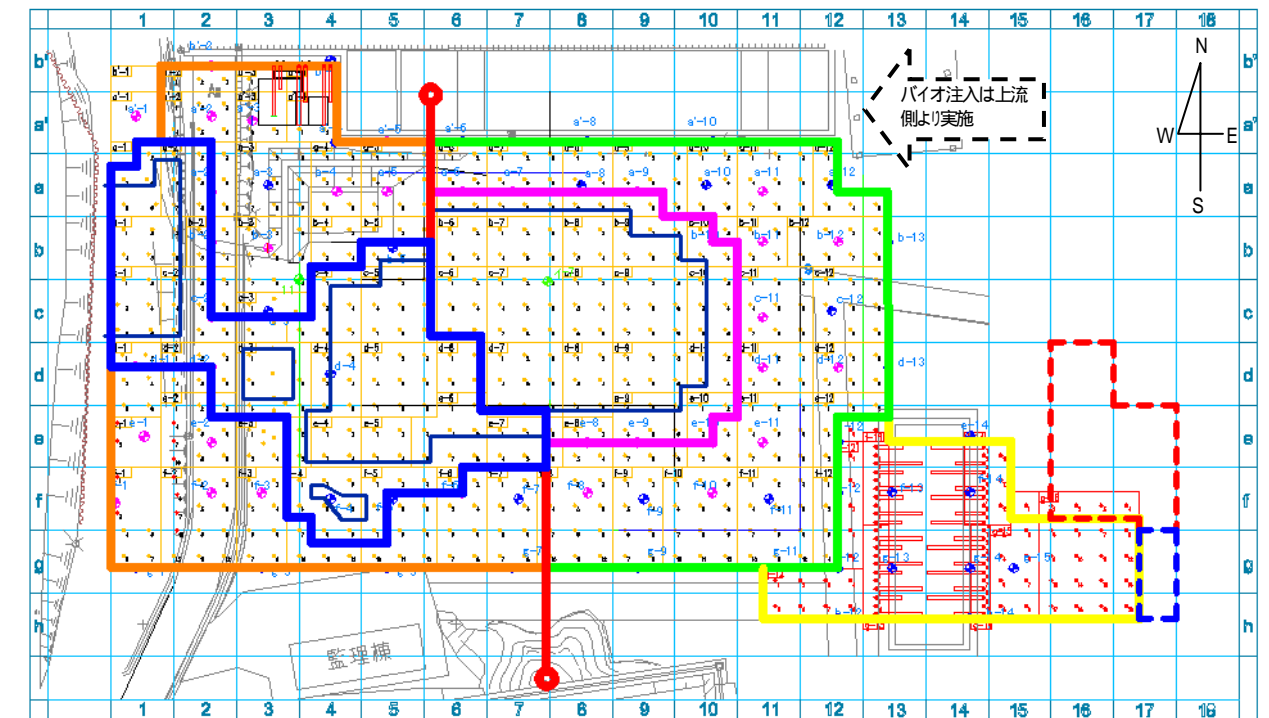


図-1.1 浄化対策概要図

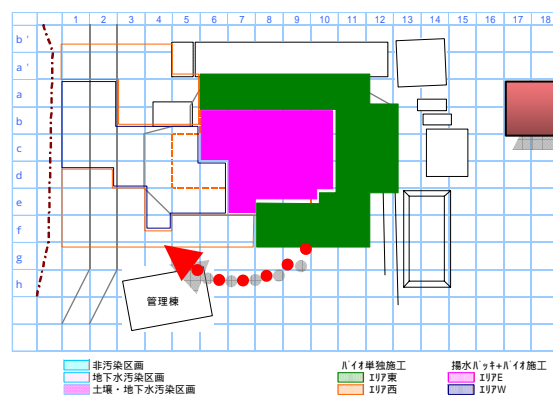
表-1.3 浄化対策概要

	エリア名	浄化対策	備考
	エリアE	加圧注入・揚水バッキによる濃度低減後バイオレメディエーションによる微生物分解浄化	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
	エリアW		
	エリア東	バイオレメディエーション単独による微生物分解浄化	
	エリア西		
	N地区東端		
	N-O区画(高濃度部)	高濃度汚染部	監理JVによる調査にて廃棄物確認。現在撤去作業中
	N地区東端(O地区近接部)	O地区廃棄物撤去後の施工	

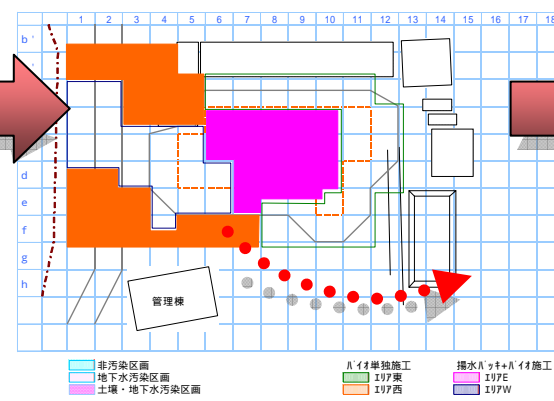


計画施工順序と現在の状況

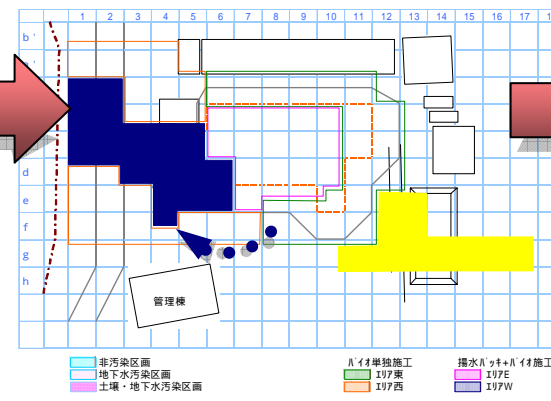
計画施工順序



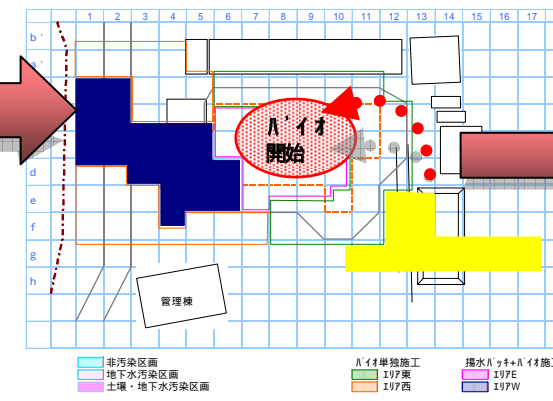
バイオ注入：エリア東運用後エリア西へ  
揚水バッキ：エリアE運用



バイオ注入：エリア西運用後N地区東端へ  
揚水バッキ：エリアE運用



バイオ注入：N地区東端の運用  
揚水バッキ：エリアE運用後エリアWへ

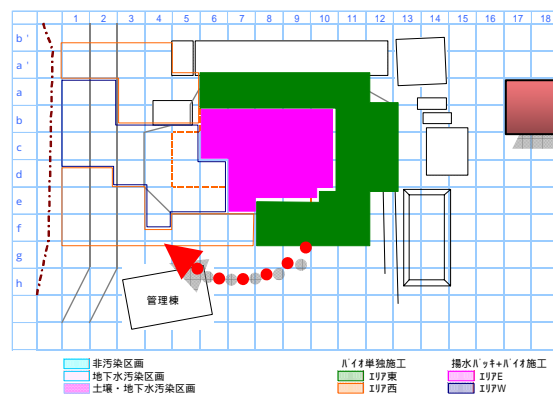


バイオ注入：N地区東端運用  
エリアE運用  
揚水バッキ：エリアW運用

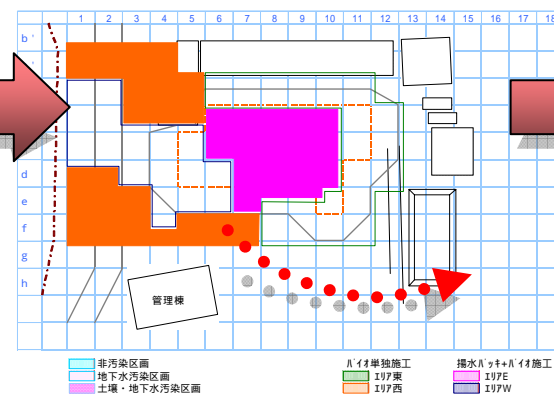
バイオ注入：エリアE運用  
エリアW運用  
揚水バッキ：エリアW運用終了

図-1.2 浄化工計画施工順

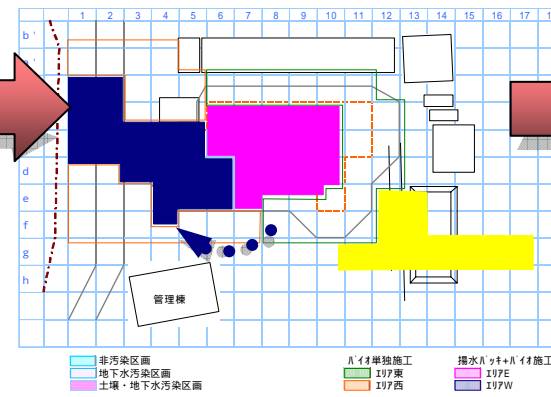
現時点の現場状況



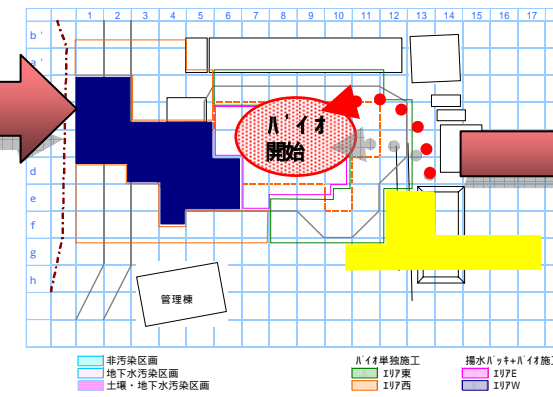
バイオ注入：エリア東運用後エリア西へ  
揚水バッキ：エリアE運用



バイオ注入：エリア西運用後N地区東端へ  
揚水バッキ：エリアE運用



バイオ注入：N地区東端の運用  
揚水バッキ：エリアE運用後エリアWへ移動予定で  
あったが濃度が高いため運用を延長  
エリアWと同時運用



バイオ注入：揚水バッキ運用後  
エリアEおよびエリアWのバイオ注入

バイオ注入：エリアE運用  
エリアW運用  
追加注入

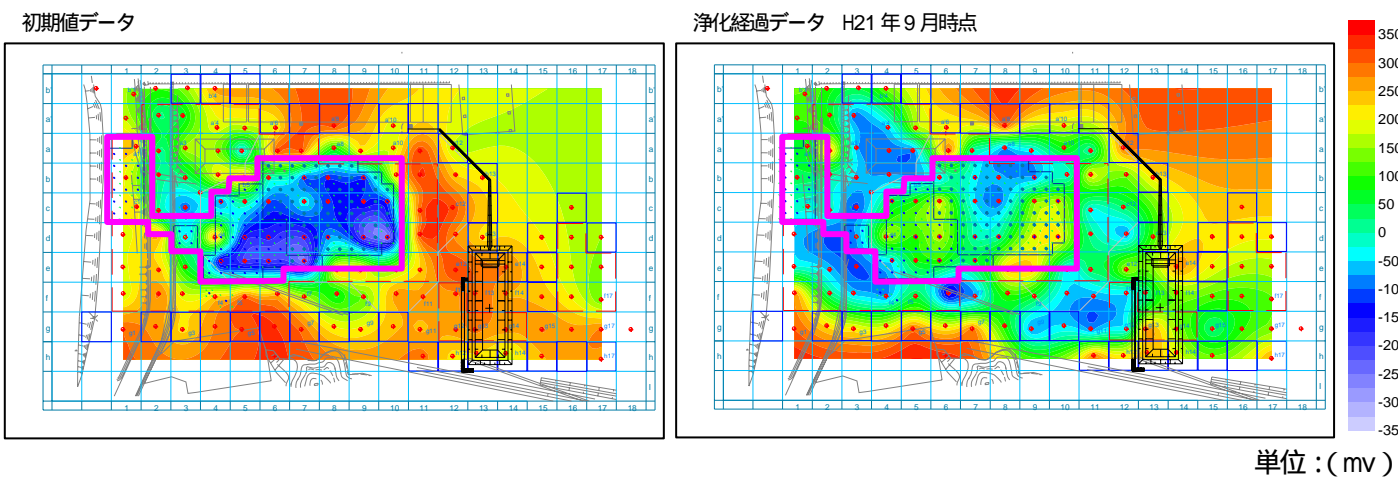
図-1.3 浄化工変更計画施工順序図

### 1.3 N地区全体の浄化進行状況

H21年2月～5月のモニタリング井戸初期データ(左図)と運用開始から0日～100日経過(運用期間は区画、対策工により異なる)時点である9月に測定したモニタリングデータ(右図)より酸化還元電位(以下、ORP)と飽和帯での汚染濃度の高いDCM、1,2-DCA、cis-1,2-DCE、TCE、PCE、ベンゼンのVOC6物質のコンター図を比較することにより、浄化が進行していることが確認できる。

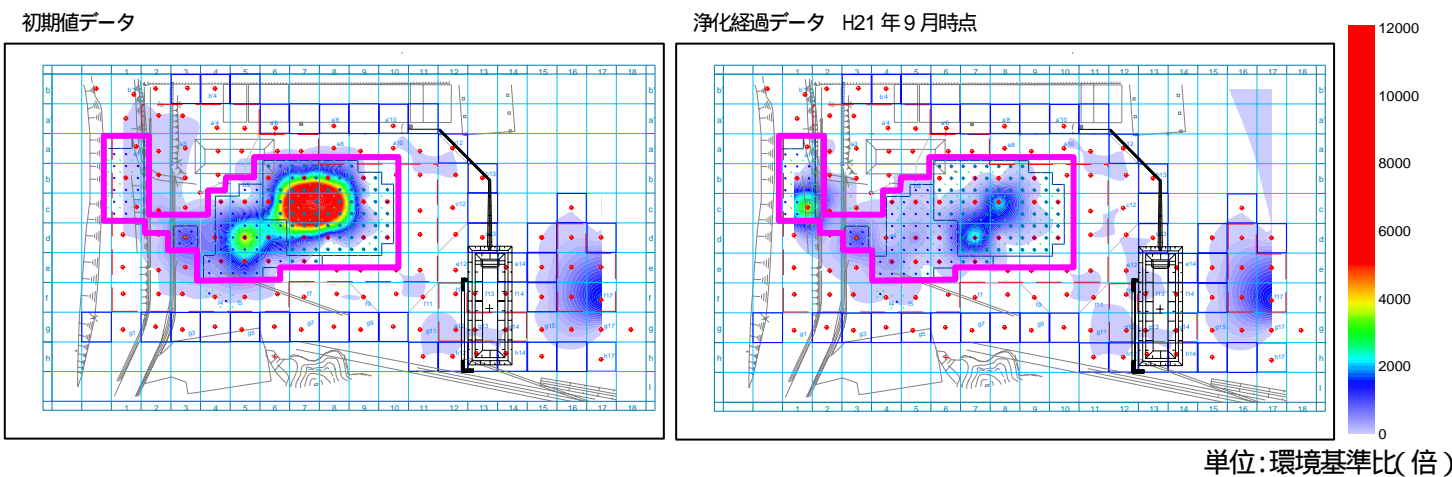
#### (1) ORP

バイオ単独施工であるN地区内の外側でORP値が低下し嫌気状態へ移行している傾向が見られる。それとは逆にN地区内中央部の掘削エリア内では加圧注入・揚水バッキの水の循環によるものと考えられるORP値の上昇が確認される。



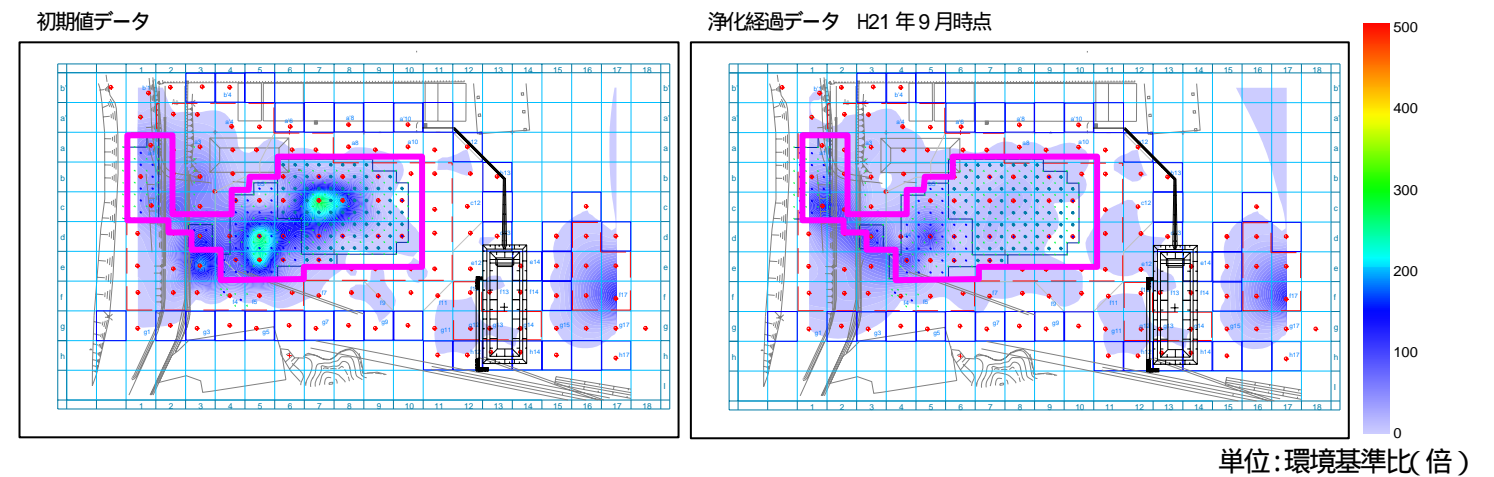
#### (2) ジクロロメタン

揚水バッキエリアでのホットスポットが縮小し濃度も全体的に減少傾向にある。県境側のc-1区画で地下水濃度が上昇している。県境側a-1、b-1、c-1区間は工法選定時、土壌溶出量濃度100倍以上で選出された区画であり、今年度は例年に比べ7、8月の降雨量が多かったこと、また同時期にバイオ栄養材の注入を実施していることにより、土壌より地下水に溶出してきたものではないかと推測される。



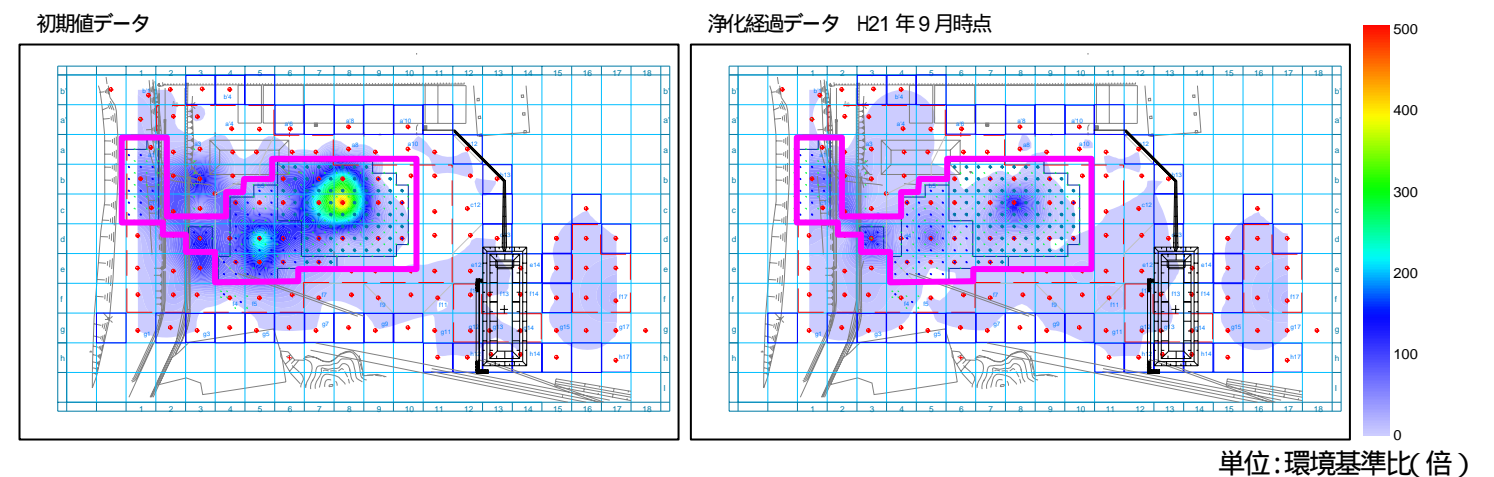
#### (3) 1,2-ジクロロエタン

揚水バッキエリアでの2つのホットスポットが消滅し濃度も減少傾向にある。c-11,12、d-11,12で出てきた広がりはd-11で環境基準の0.25倍の濃度が検出されたデータがコンターに反映されたためであり、地下水による拡散などの影響では無いと推測される。



#### (4) cis-1,2-ジクロロエチレン

揚水バッキエリアでのホットスポットが縮小し濃度も全体的に減少傾向にある。N地区内の外側となるバイオ単独運用エリアの汚染区画では、PCE、TCEの分解の影響で濃度が上昇傾向である。

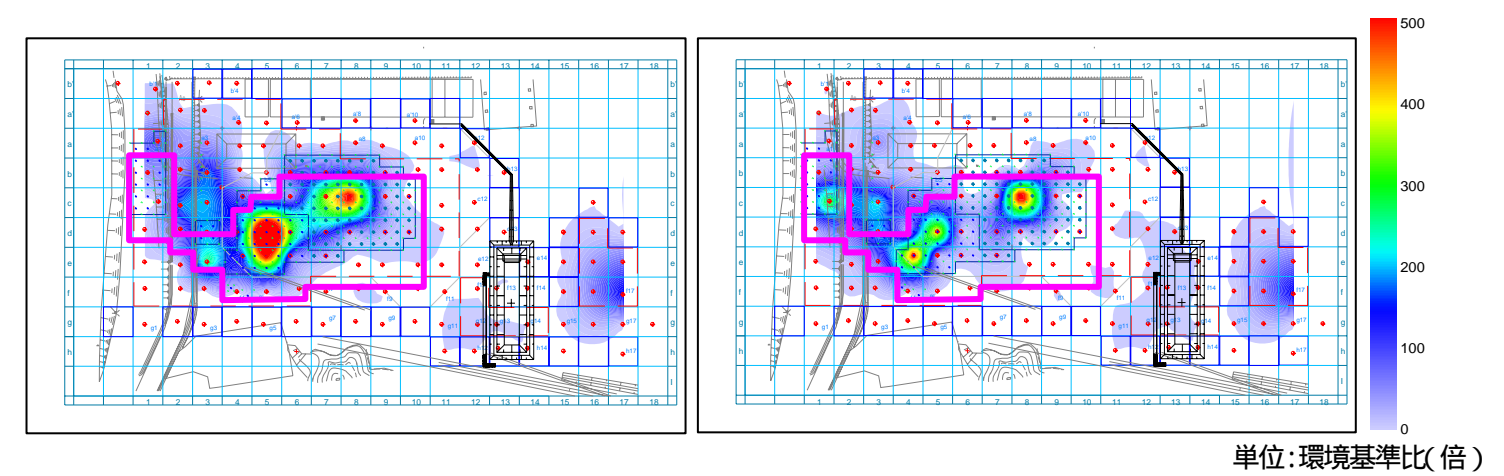
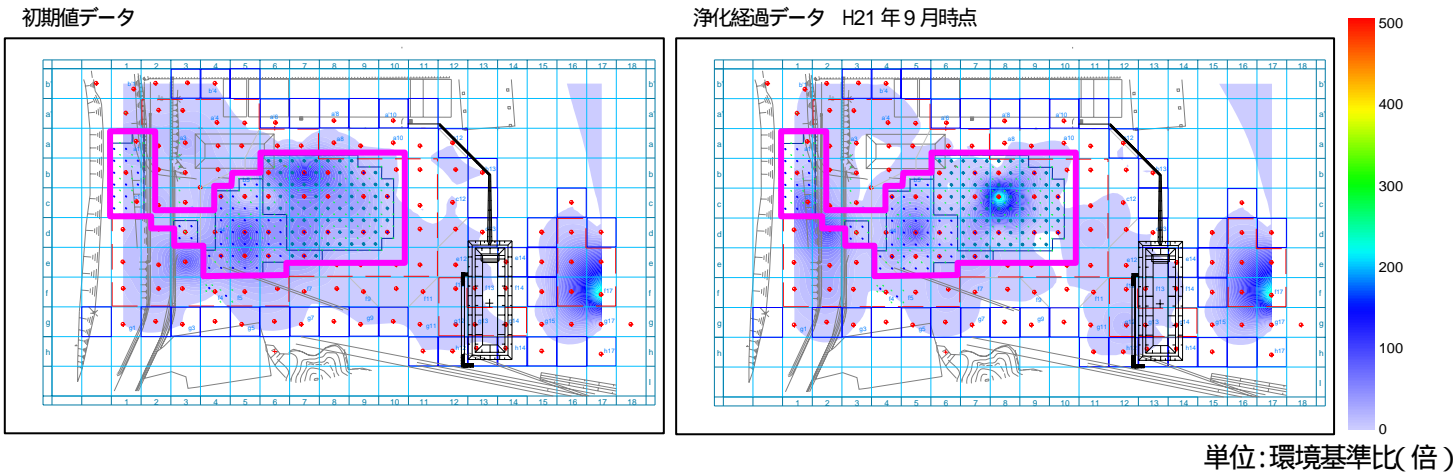


(5) トリクロロエチレン

初期に確認されたb-7区画の高濃度部分は揚水バッキの運用により減少しているが、逆にc-8区画に揚水による土壌からの溶出と思われる高濃度のホットスポットが確認される。全体的には濃度が減少傾向でコンター図でも空白による浄化の傾向が確認される。

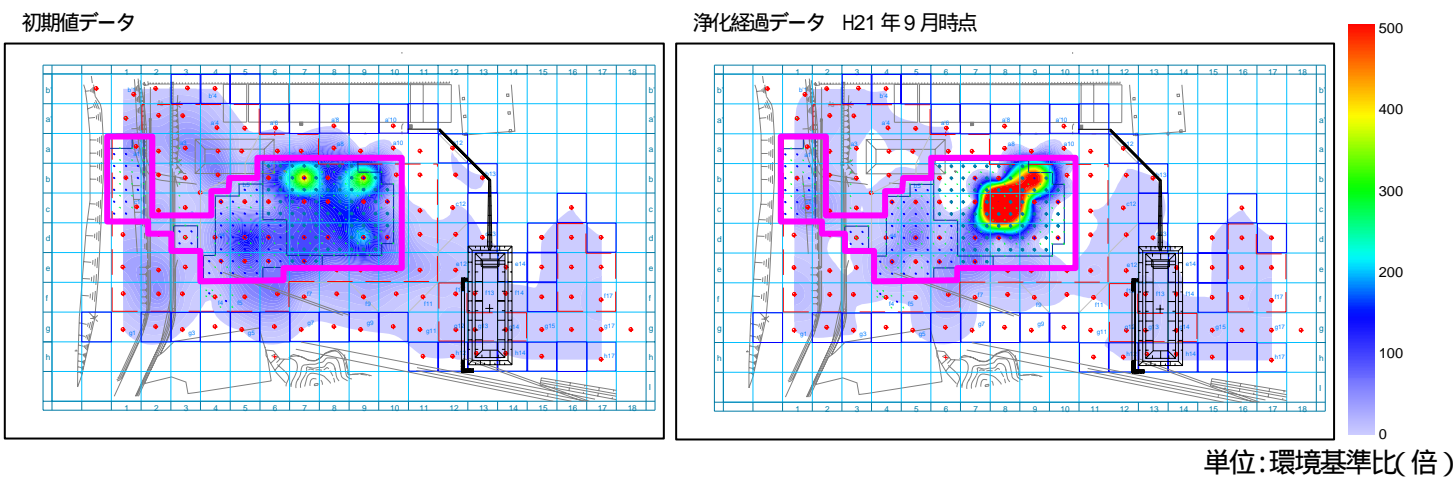
(7) ベンゼン

ホットスポットが縮小し濃度が減少している傾向にある。汚染範囲も全体的に縮小傾向にあると思われる。特に先行で運用している揚水バッキエリアのエリアEが顕著で空白となる部分も出てきている。DCMと同様、県境側で土壌からの溶出と思われる濃度の上昇が確認される。



(6) テトラクロロエチレン

揚水バッキエリアb-7区画のホットスポットは消滅したがb-8、c-7区画のホットスポットは濃度が上昇し拡大している。DCMと同様 b-7,8、c-7,8区画はPCEの土壌溶出量濃度100倍以上で選出された区画であり、加圧注入・揚水バッキ運用の影響で土壌から溶出してきたもではないかと推測される。



## 2. 浄化対策モニタリング結果

### 2.1 加圧注入・揚水バッキ

#### (1) モニタリング項目

モニタリングの採水状況を図-2.1.1に示す。  
採水は揚水井戸からペーラーを使用し直接採水を行っている。採水した水は簡易分析の場合現場の分析棟で、公定法分析は外部分析機関に搬送し項目毎に分析を実施している。  
分析項目、頻度を表-2.1.1 加圧注入・揚水バッキ モニタリング項目に記す。



図-2.1.1 採水状況

#### <参照資料>

Appendix.1 加圧注入・揚水バッキ、バイオレメディエーション  
モニタリング工程

表-2.1.1 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、ベンゼン、CF、塩化ビニル、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 赤字-公定法分析
運用開始直後(0日後)	共通	有機塩素化合物、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)
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、ベンゼン、ORP、DO、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)
	パターン 上記の28,56日目	有機塩素化合物、ベンゼン、CF、塩化ビニル、全鉄、pH、ORP、DO、TOC、硫酸イオン、硝酸イオン、地下水位、地下水温	赤字-公定法分析
	パターン 運用開始後7日毎	有機塩素化合物、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、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 検知管計測 7日目で以降14日毎	有機塩素化合物の内PCE、TCE、DCM、ベンゼン pH、ORP、DO、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 14日毎	有機塩素化合物、ベンゼン、全鉄、pH、ORP、DO、地下水位、地下水温	
運用終了後	共通	有機塩素化合物、ベンゼン、CF、塩化ビニル、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 赤字-公定法分析

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、1,3-DCP)

#### (2) モニタリング位置

図-2.1.2に加圧注入・揚水バッキ モニタリング位置図をしめす。

モニタリングは :パターン :パターン :パターン とし実施している。

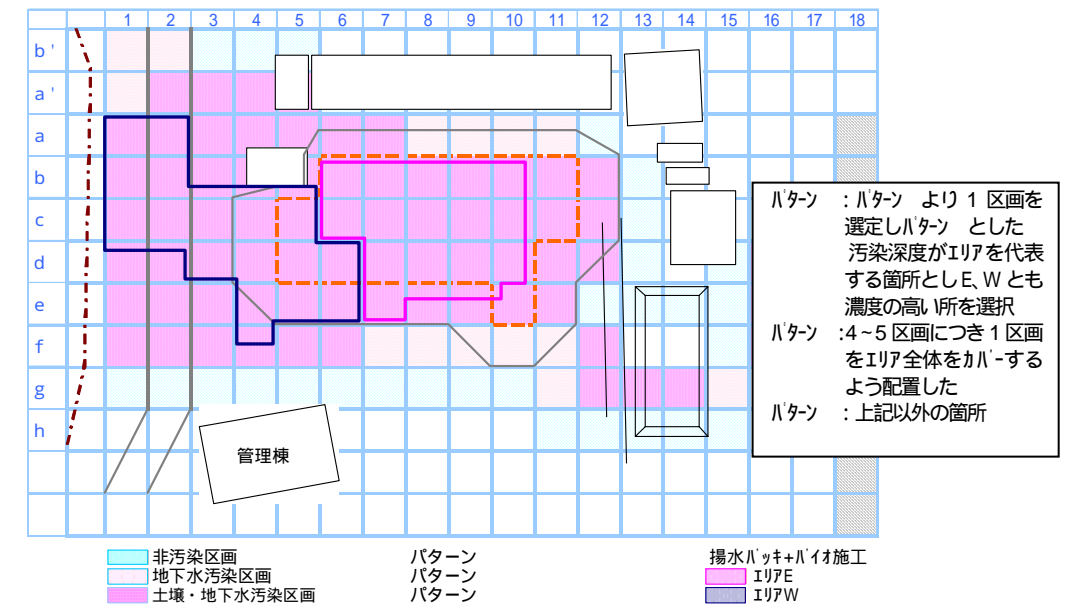


図-2.1.2 加圧注入・揚水バッキ モニタリング位置図

#### (3) モニタリング結果

##### 1) 揚水・加圧注入における処理水量

図-2.2.3に加圧注入・揚水バッキにおける処理水量の総量と処理原水の総VOC濃度の経時変化を示す。  
加圧注入・揚水バッキによる処理水は最大250~300m<sup>3</sup>/稼働日で調整し運用を実施している。  
運用開始0日(6/24)から日経過後(9/28まで)の累計処理水量は約15,500m<sup>3</sup>である。  
また、累計処理水量から算出した各汚染物質の回収量を表-2.1.2に示す。

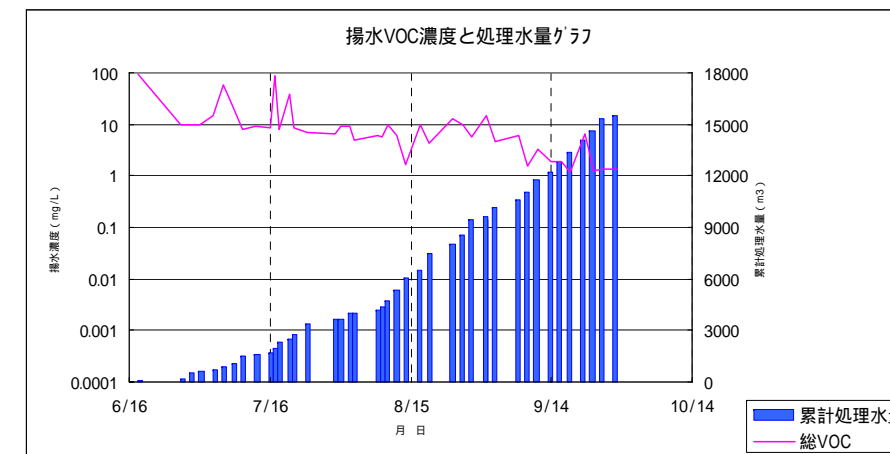


図-2.1.3 処理原水中の総VOC濃度と累計処理量

表-2.1.2 加圧注入・揚水バッキにおける汚染物質回収量

汚染物質	総回収量(kg)
ジクロロメタン	106.42
四塩化炭素	0
1,2-ジクロロエタン	0.85
1,1-ジクロロエチレン	0.03
シス-1,2-ジクロロエチレン	8.06
1,1,1-トリクロロエタン	0.51
1,1,2-トリクロロエタン	0.01
トリクロロエチレン	4.67
テトラクロロエチレン	4.13
1,3-ジクロロプロパン	0
ベンゼン	5.8
合計	130.47



2) 各区画のモニタリング結果

エリアEのb-7区画 パターン の運用開始0日と21日経過、96日経過時点のモニタリング結果を表-2.1.4に、b-7の96日経過までの濃度経時変化グラフを図-2.1.4、2.1.5に示す。

表-2.1.4 b-7区画 地下水 VOC 濃度分析結果表

項目	シクロロメタン	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-ジクロロベンゼン	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
96日経過	9/30	0.019	ND	0.01	ND	0.083	0.007	ND	0.33	0.3	ND	0.052
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

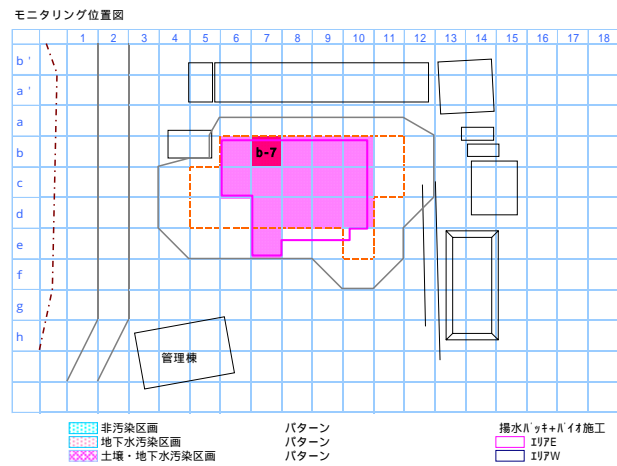


図-2.1.7 b-7モニタリング位置

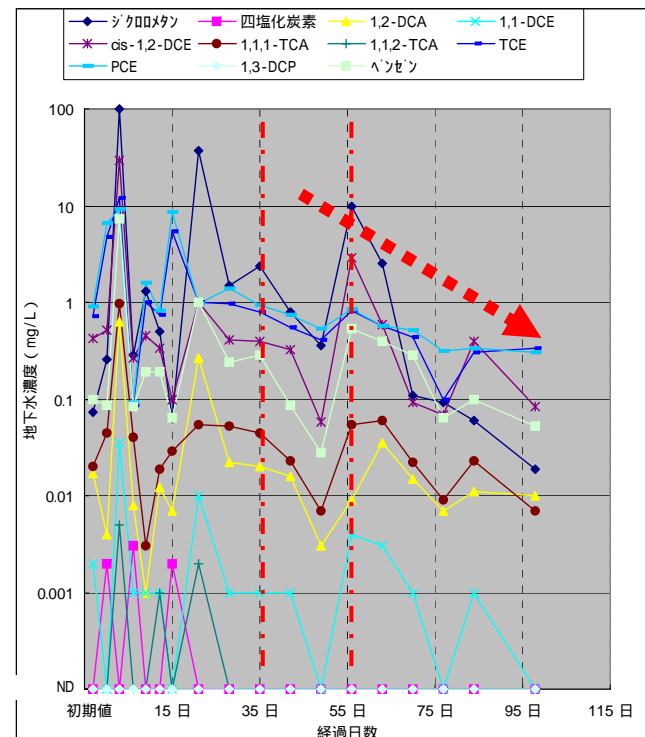


図-2.1.4 b-7地下水濃度経時変化 VOC11項目

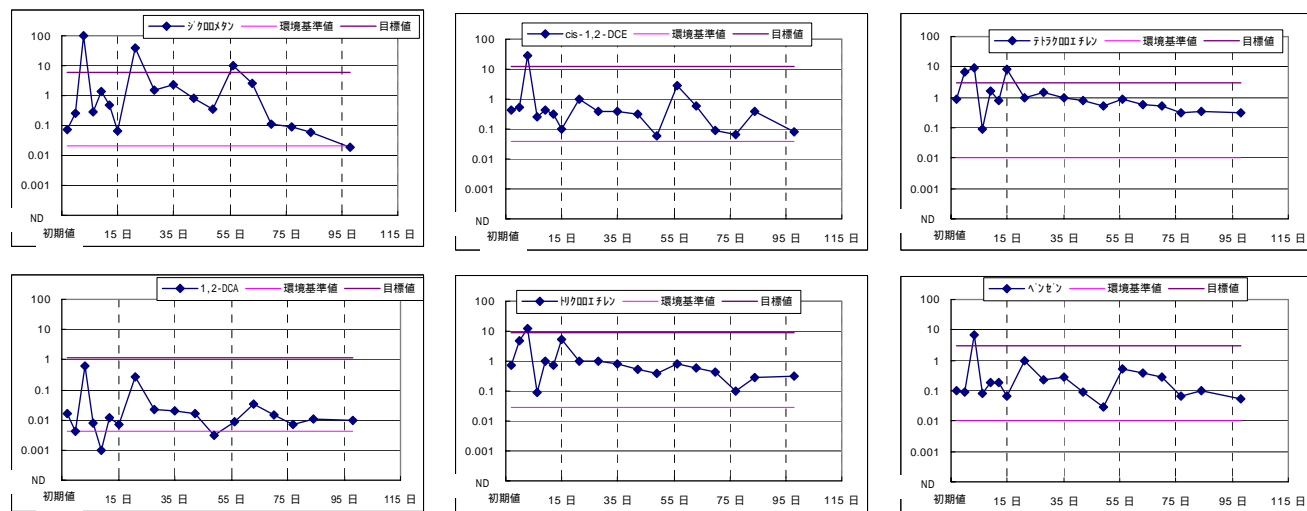


図-2.1.5 b-7地下水濃度 VOC各項目

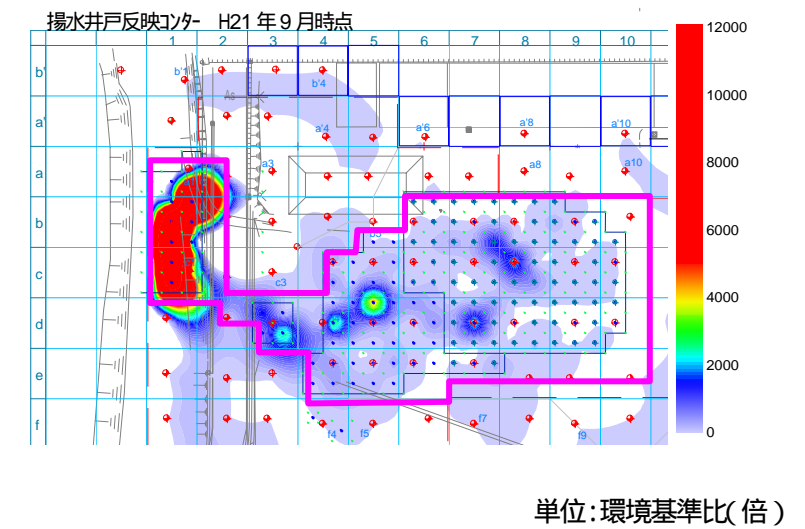
第9回土壌委員会時には運用開始から21日経過までの地下水濃度は値の上下をくり返し低下傾向を示す動きには見えていなかった。その後、運用を継続し35日~55日目以降から濃度の減少が確認される。概ねエリアE全ての区画において、モニタリング井戸で同様の濃度低減傾向が確認できている。

3) 揚水バッキエリア内の濃度のバラツキ

N地区のエリア全体のモニタリング井戸による濃度コンターでの浄化傾向は、1.3N地区全体の浄化進行状況で示したが、モニタリング井戸での揚水・注水量と濃度低減効果に相関が得られなかったため、モニタリング井戸以外の各揚水井戸の地下水を採水し分析を実施した結果、DCM、1,2-DCA、PCE、ベンゼンの4項目で局所的な高濃度地下水を検出した。4物質の揚水井戸の高濃度地下水濃度データをふまえた揚水バッキエリアの濃度コンター図を以下に記す。

・ジクロロメタン

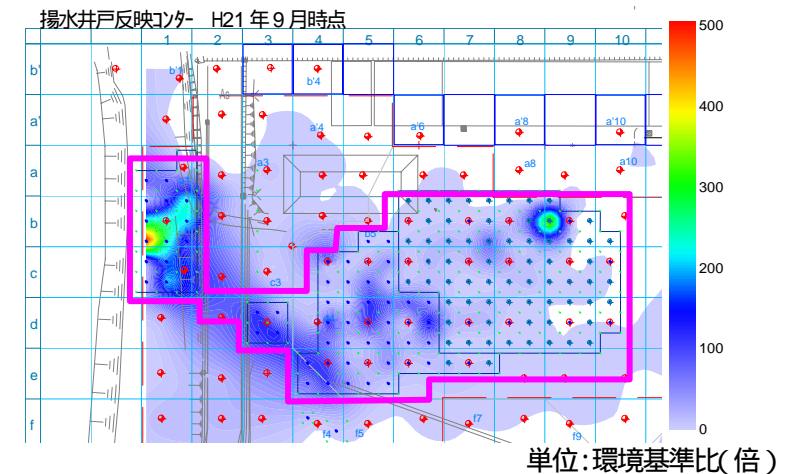
県境側で3本の井戸から地下水環境基準値の25,000倍を検出したため、a-1、b-1、c-1の区画全体が高濃度状態となった。また、中央部の所々に高濃度の点が発生した。



単位:環境基準比(倍)

・1,2-ジクロロエタン

b-1、b-8区画に高濃度の点が発生した。



単位:環境基準比(倍)

・テトラクロロエチレン

b-1、d-5 で高濃度が検出された。巨大な中央右側のホットスポットが分割し細分化された。

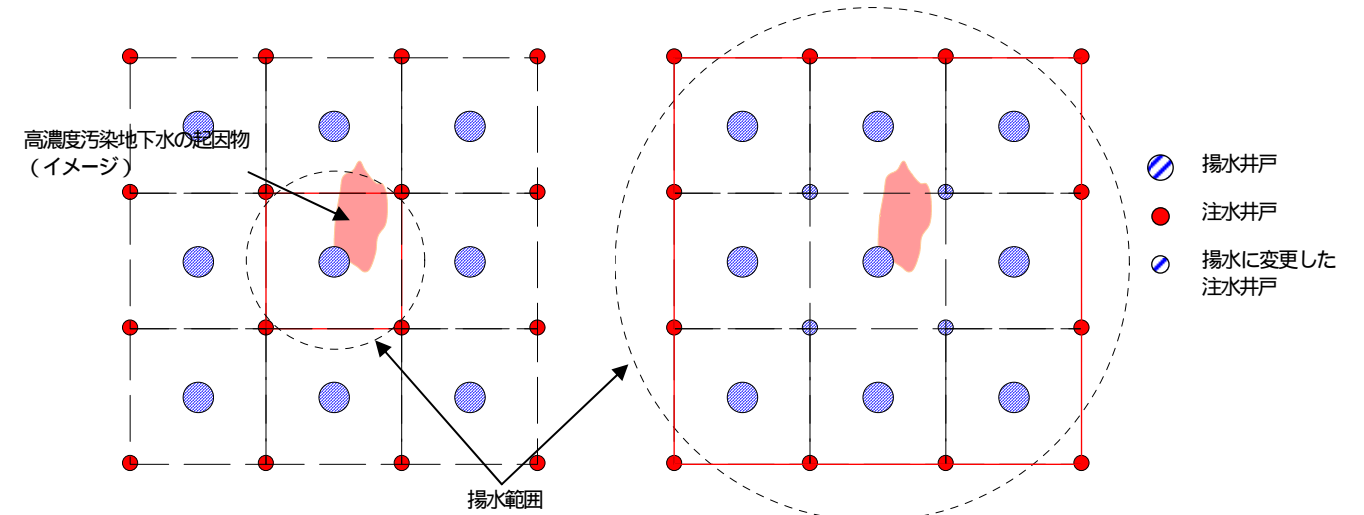
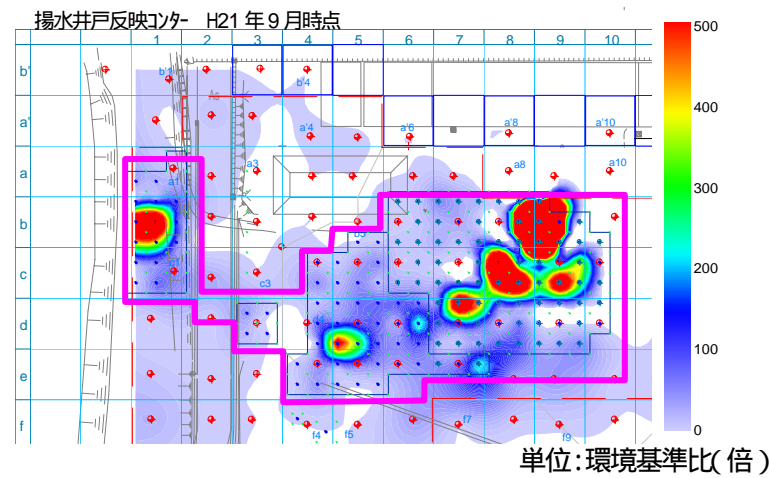
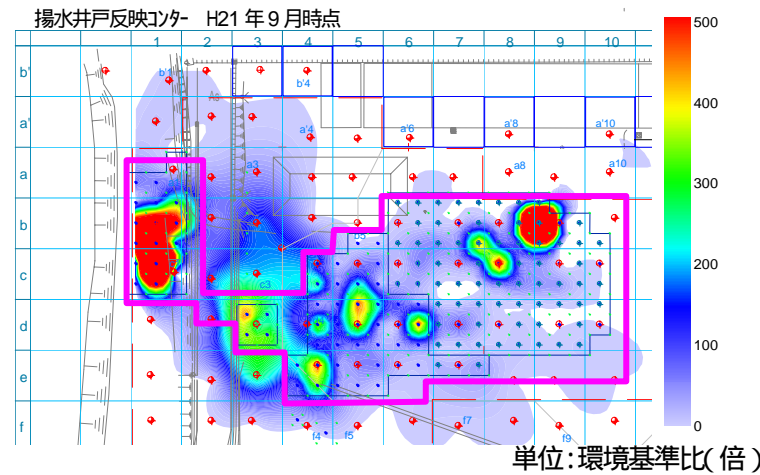


図 - 2.1.6 揚水範囲拡大イメージ図

・ベンゼン

b-1、b-9 で高濃度が検出、1ライン、3ラインでホットスポットの濃度が上昇したためエリアが拡大して反映された。



(4) 揚水バッキ運用停止の判断基準

バイオ適応濃度として地下水環境基準の300倍、土壌溶出量が環境基準の100倍として、揚水バッキの運用区画を設定したが、運用切替の判断で全ての区画深度で土壌溶出量分析を実施するのは困難である。表-2.1.5に示す昨年度実施した加圧注入・揚水バッキ現場適応性試験時のチェックボーリング時の土壌の汚染濃度と運用停止時に採水した地下水汚染濃度を比較した結果、パターンBのベンゼンを除く検出された全ての物質において、地下水汚染濃度より土壌溶出量値が低かった。このことから地下水濃度で環境基準の100倍以下まで濃度を低減すれば土壌溶出量値で環境基準の100倍以下になっていると判断される。

運用停止基準はパターンBでのリバウンドが概ね2倍以下であるため、安全率を2倍とし、地下水濃度で環境基準値の概ね50倍以下とする。

唯一地下水濃度の低かったベンゼンは、地下水濃度が環境基準値の1/10以下で運用を停止しており、そのチェックボーリングで環境基準の8倍程度の濃度を検出している。これは、揚水バッキが環境基準値近くまでは濃度低減するがその後の低下に時間を要すると言われている結果と一致するといえるであろう。

この結果より、モニタリング井戸以外の井戸で環境基準が300倍以上の地下水が確認されたため、当初予定の90日から延長し現在も運用を行っている。これらの揚水井戸は高濃度井戸とし、各区画の運用停止をモニタリング井戸と高濃度井戸と両方の地下水濃度で判断することが必要であると考えている。さらに、特に高濃度で確認された、b-7-Y-9、b-9-Y-2、C-8-Y-1、D-7-Y-5の井戸4本に対して、周辺注水孔を揚水井戸とし揚水エリアを拡大し集中的に揚水が可能となるよう対応している。図-2.1.6に揚水範囲拡大イメージ図を示す。

エリアEの運用延長に伴いエリアWの運用は、当初300m<sup>3</sup>で見込んでいたエリアEの

揚水量が250~270m<sup>3</sup>であったため、ポンプを増設して運用を開始している。低濃度だった井戸16本を運用停止できていることから、さらに揚水量を全体的に調整することによってエリアWの運用範囲を拡大させている。

<参照資料> Appendix.3 加圧注入・揚水バッキ井戸配置図

パターンA				パターンB				
物質名	土壌溶出量値合計 (mg/L)	地下水濃度 (mg/L)		土壌/地下水	運用停止後の 地下水濃度変化	地下水濃度 (mg/L)		運用停止後の 地下水濃度変化
		運用停止時	(運用停止時濃度)			運用停止時	20日後	
ジクロロメタン	0.033	0.68	0.05	0.018	0.053	0.054	0.34	1.02
四塩化炭素	ND	ND		ND	ND	ND		
1,2-ジクロロエタン	0.02	0.16	0.13	0.022	0.043	0.032	0.51	0.74
1,1-ジクロロエチレン	ND	0.006		ND	0.002	0.004		2.00
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.081	0.5	0.16	0.13	0.2	0.2	0.65	1.00
1,1,1-トリクロロエタン	0.029	0.1	0.29	0.037	0.053	0.056	0.70	1.06
1,1,2-トリクロロエタン	ND	0.002		ND	ND	ND		
トリクロロエチレン	0.106	0.53	0.20	0.205	0.25	0.2	0.82	0.80
テトラクロロエチレン	0.128	0.41	0.31	0.236	0.33	0.23	0.72	0.70
1,3-ジクロロプロパン	ND	ND		ND	ND	ND		
ベンゼン	0.066	0.15	0.44	0.082	0.0009	0.006	91.11	6.67

表 - 2.1.5 適応性試験時の土壌溶出量と地下水汚染濃度

## 2.2 バイオレメディエーション

### (1) モニタリング項目

モニタリング採水は区画毎に設置したモニタリング井戸からペーラーを使用し直接採水を行っている。採水した水は加圧注入・揚水バッキ同様、項目毎に分析を実施している。分析項目、頻度を表-2.2.1 バイオレメディエーション モニタリング項目に示す。

表-2.2.1 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、ベンゼン、塩化ビニル、CF、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 赤字-公定法分析
注入中	共通	地下水位、地下水温、pH	2回/日
		ORP、DO、COD (PACテスト)、	1回/日
区画注入完了直後(0日後)	共通	有機塩素化合物、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、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、ベンゼン、塩化ビニル、CF、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) 赤字-公定法分析
	パターン , の30,60日目	有機塩素化合物、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)

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、1,3-DCP)

### (2) モニタリング位置

図-2.2.1 にモニタリング位置図を示す。

モニタリングは :パターン :パターン :パターン とし実施している。

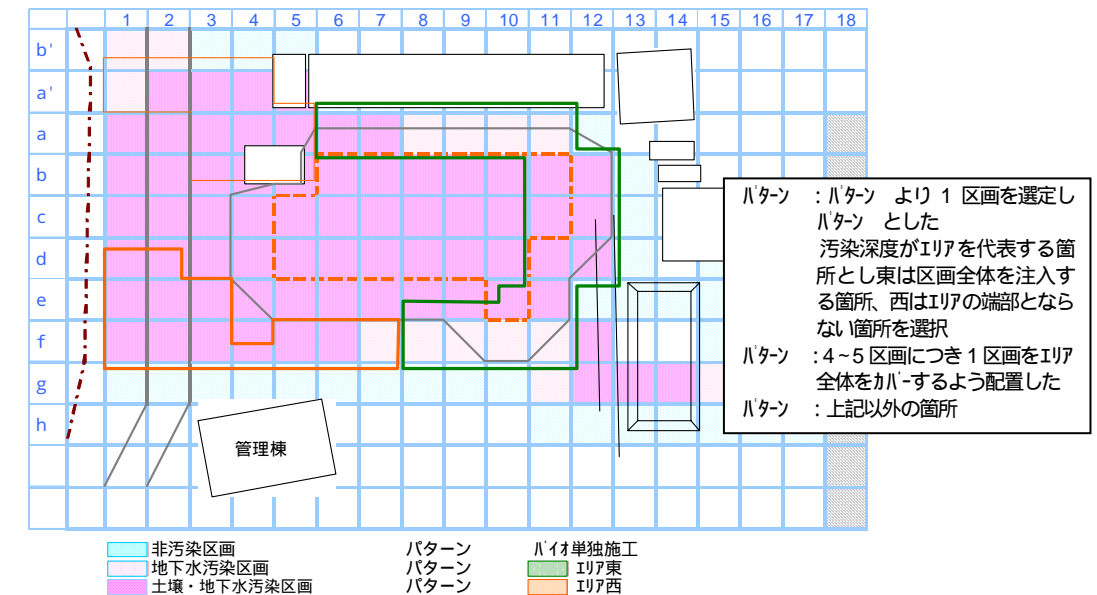


図-2.2.1 バイオレメディエーション モニタリング位置図

### (3) モニタリング結果

#### 1) 汚染マップによる浄化傾向

浄化対策開始前のN地区汚染マップと9月~10月のモニタリングデータにより作成した汚染マップを比較すると、現在バイオでの評価区画が56区画あるがそのうち14区画が全ての物質で地下水の環境基準値を下回っている。また、PCE、TCEの比較的分解傾向の速い物質の分解が終了している区画が18区画ある。その他の環境基準超過区画でもORPの低下、PCE、TCEの濃度の減少などが確認できていることから、分解傾向の第一段階までは進んでいると判断される。

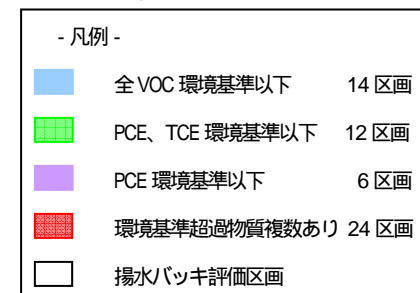


図-2.2.2 汚染物質による浄化傾向の変化

2) モニタリング結果

栄養材の注入作業は地下水の上流部であるエリア東からおこない、エリア西、N地区東端と順次注入を実施している。浄化材の注入率が50%時点でのCOD、TOC、ORPなどの状況から注入率100%までの実施や、注入の時期を判断することとしていたが、50%注入時点ではCOD、TOCの値の増加傾向があまりみられず、ORPの低下傾向も試験施工時に比べて少なかったため100%注入を行ったことから、エリア西では早期に100%の注入を実施し、N地区全体の嫌気状態への移行に努めた。その結果1.3で記載したコンター図で示されるようN地区のバイオ単独注入エリア全体が嫌気状態へ移行しきっている傾向が見られる。

10月5日現在のエリア東、エリア西の複合汚染が確認されている区画 e-10、a-4 の分析結果データを図-2.24 e-10、a-4 地下水濃度経時変化に示す。

<参照資料>

Appendix.4 バイオレメディエーション地下水汚染分析結果

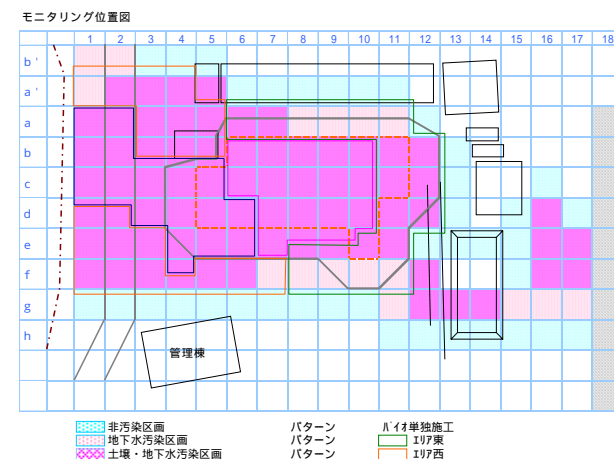
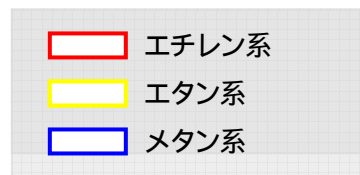


図-2.23 モニタリング位置

注入後35日目以降から各物質の低減傾向が確認できる。PCE、TCEの低減、cis-1,2-DCEの増加が確認できることから、微生物の分解による濃度減少であると判断される。この期間に同様に減少している他のエタン系物質、メタン系物質の減少も微生物による分解であると考えられるため、メタン系物質、エタン系物質においても微生物分解による浄化が進んでいると示唆される。

引き続きモニタリングを実施していくが、cis-1,2-DCEについては図-2.25に示すように環境基準値以下に達していない区画が多く、PCE、TCEの分解により増加していく可能性が高い物質であるため注視していく必要があると考えている。井戸の増し打ちや追加注入の判断していく必要がととなる。

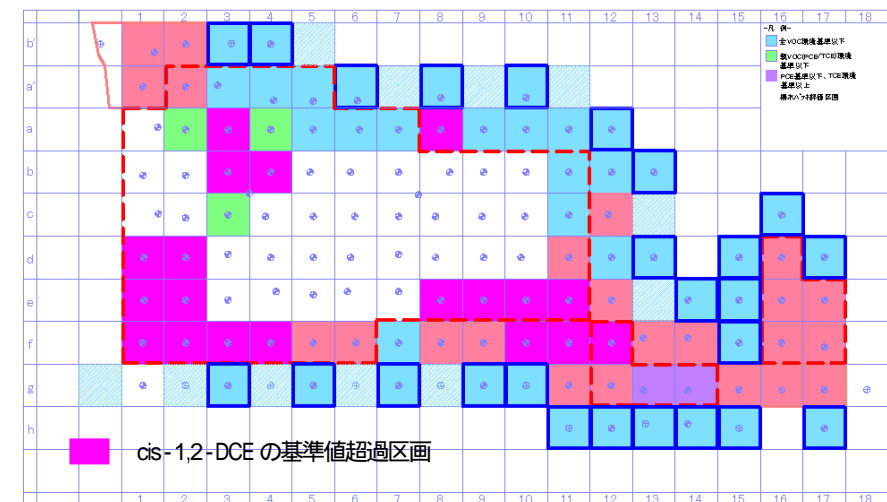


図-2.25 cis-1,2-DCE 汚染マップ

パターン e-10 135日経過

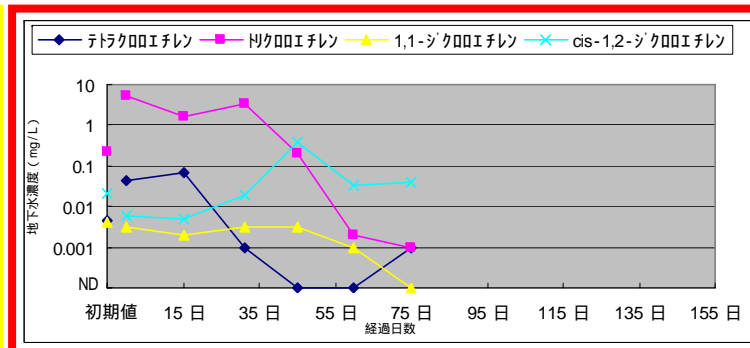
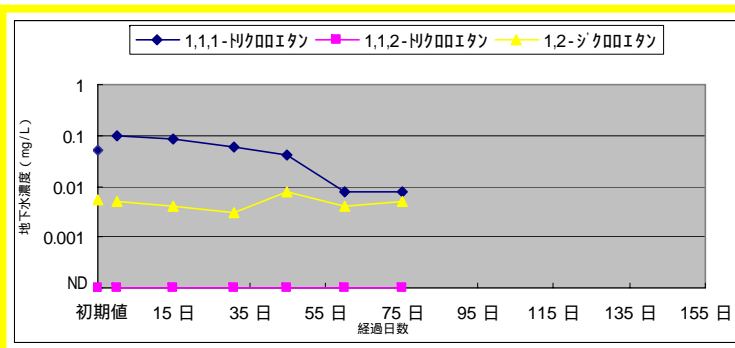
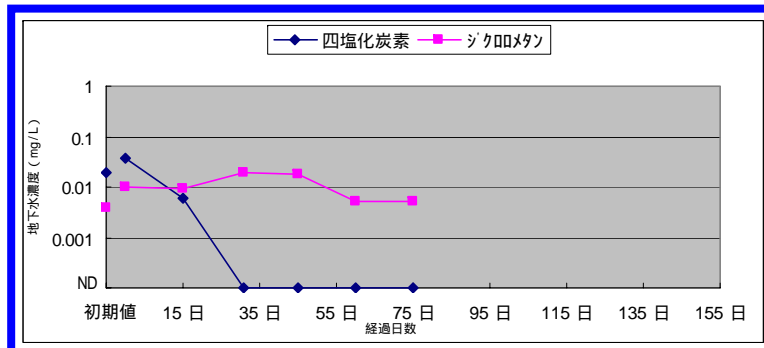
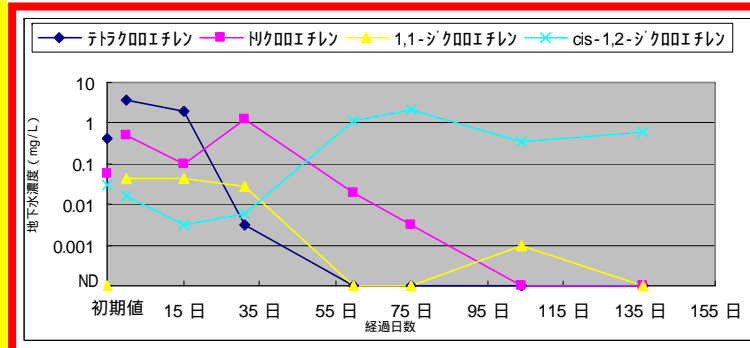
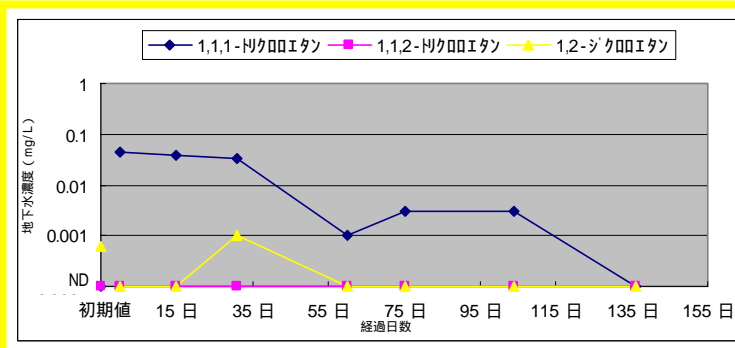
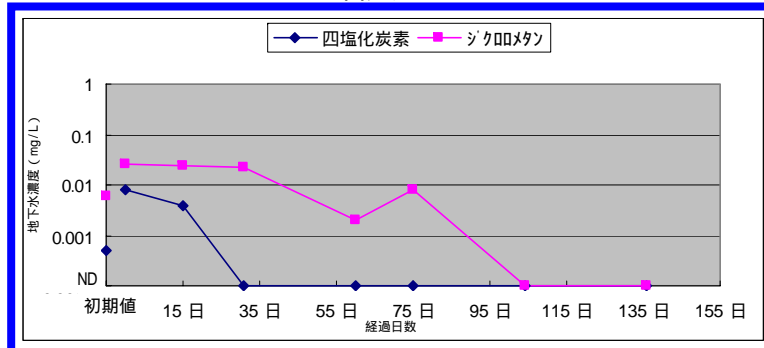


図-2.24 e-10、a-4 地下水濃度経時変化

### 3. 浄化対策に対する今後の方針

#### (1) 揚水バッキエリアのバイオ栄養材注入方法の代替案（自然注入）

##### 注入方法変更の目的

加圧注入・揚水バッキにて濃度低減後に施工予定の揚水バッキエリア内のバイオ栄養材注入は、現時点ではバイオ単独運用エリア同様、マンシットチューブを設置し二重管ダブルパッカー工法にて実施する計画としていたが、施工順序として現在の揚水井・注入孔を閉塞したうえで新たに二重管注入井戸を設置することとなる。しかし、揚水バッキに使用している両井戸は、バイオ注入井戸より狭い間隔 4.0m の千鳥で配置されており、この井戸を使用し注入が可能であれば、井戸閉塞、二重管注入井戸設置の工程を短縮できるとともに現在運用している注水配管の再利用が可能となり注入機械設備の効率化が図れる。そこで、昨年度実施した加圧注入・揚水バッキ現場適応性試験で使用した f-4 区画の注水孔、揚水井を使用し栄養材の自然注入が可能であるか試験を実施した。現時点での揚水バッキエリアの注入施工フローと自然注入案の施工フローを図 - 4.1.1 に示す。

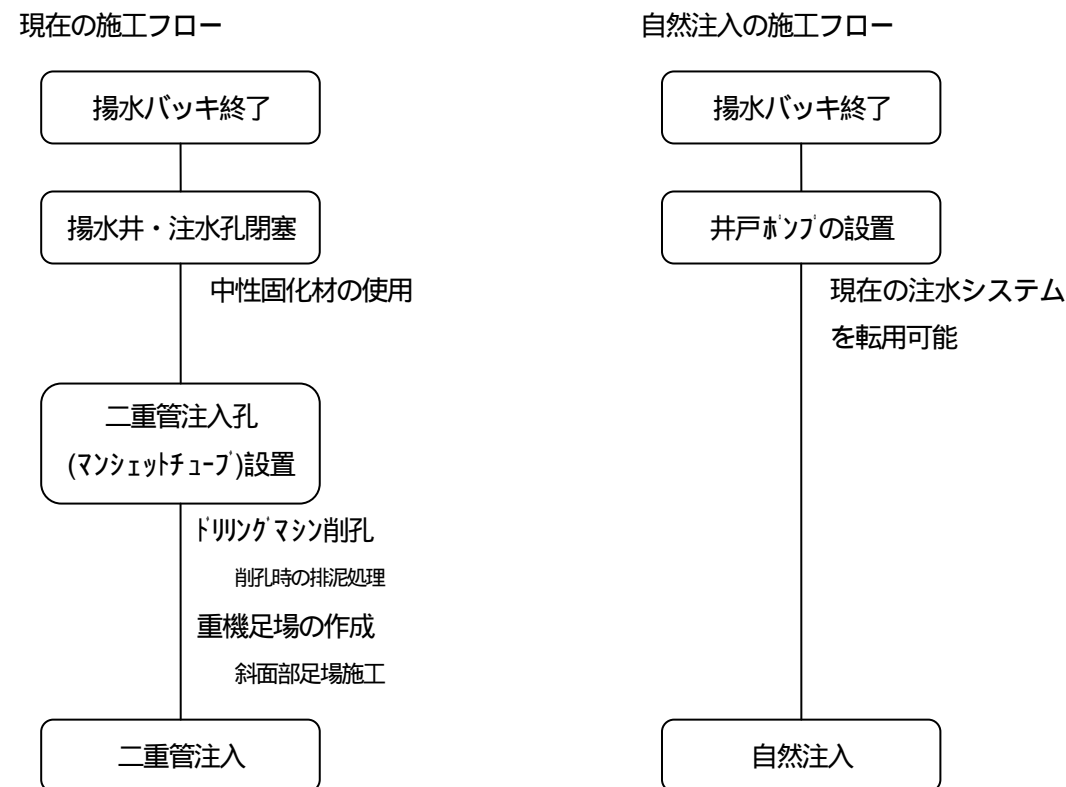


図 - 3.1.1 二重管注入と自然注入の施工フロー

#### (2) 試験施工での自然注入方法

N 地区の地下水以下の汚染土層は大きくローム層（透水係数  $10^{-4}$ cm/sec 程度）、強風化岩層（透水係数  $10^{-6}$ cm/sec 程度）と透水係数が大きく違う地層にまたがっているため、通常の加圧注入や自然注入ではローム層に栄養材がかたよって注入されると考えられた。そのため、二重管ダブルパッカー工法を使用し注入深度を確実に細分化すること、かつ低圧力で注入することにより透水係数の悪い強風化岩層にも栄養材が極力行き届くような計画とした。

通常このような土質で自然注入を実施した場合には、栄養材の偏りが発生する可能性は高いが、今回揚水バ

ッキに使用した注水孔は汚染深度に合わせストレーナーを設置しており、揚水井は強風化岩層からの揚水を行う目的でストレーナーを強風化岩層にあわせ設置しているため、その特徴を生かし揚水井で揚水及び水位低下を行うことで強風化岩層への栄養材浸透を促しながら自然注入を行うこととした。

試験は、揚水バッキ同様、注水孔よりヘッド差圧を利用し 1.0L ~ 1.5L/min の注入量で栄養材を送り、同時に揚水井より注水と同量の揚水を行った。揚水は栄養材到達の確認のため PAC テストで COD を日々計測し、COD が 100mg/L 以上で計測された場合、栄養材が到達したと判断して揚水をやめ残りは自然注入のみで注入した。

また近傍の二重管ダブルパッカー注入は、試験に影響を及ぼさないよう試験エリアから 4.0m 以上離れている井戸でのみ注入を行った。図 - 4.2.1 に自然注入イメージ図を示す。

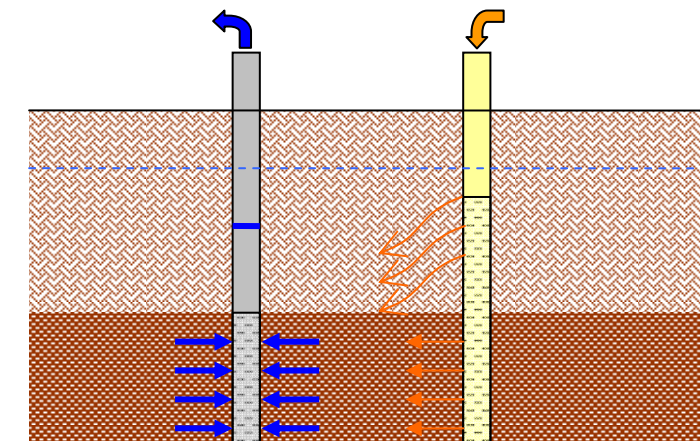


図 - 3.2.1 自然注入イメージ図

#### (3) 試験結果と考察

##### 1) 自然注入時の結果

A パターンは開始 2 日目で COD が 100mg/L を超えたが継続して揚水を実施した。その後、注入開始後 9 日目で再度 100mg/L を超えたため揚水を中止し、自然注入のみとした。注入日数は 10 日であった

B パターンは注入開始後 17 日目で 100mg/L を超え揚水を停止し注入のみとした。注入日数は 19 日であった。注入量は 1 本当たり 1.0 ~ 1.5L/min でおこない、ダブルパッカー注入の約 2 ~ 3 倍時間がかかる結果となった。

表 - 3.3.1 に注入時の経時変化を示す。

表 - 3.3.1 注入時の注入量、pH、COD、ORP の経時変化

Aパターン 2.0m x 2.0m						Bパターン 4.0m x 4.0m					
月日	記事	注入量 L (揚水量)	pH	COD	ORP	月日	記事	注入量 L (揚水量)	pH	COD	ORP
6/8						6/8	自然注入開始	1024	6.2	0	112.3
6/9	自然注入開始	1137	6.2	30	124.6	6/9	自然注入中	5429	6.2	0	219.4
6/10	自然注入中	2772	6.2	120	133.4	6/10	自然注入中	5490	6.1	30	226.5
6/11	自然注入中	2672	6.8	30	-106	6/11	自然注入中	5457	6.1	0	223
6/12	自然注入中	1900	6.0	60	-127.4	6/12	自然注入中	4851	6.0	30	23.3
6/13	自然注入中	1523	6.2	60	-192.3	6/13	自然注入中	1758	6.2	30	-14.7
6/15	自然注入中	1008	6.2	60	-56.1	6/15	自然注入中	3293	6.0	30	47.5
6/16	自然注入中	1754	6.4	60	-323.1	6/16	自然注入中	5276	5.9	30	-123.4
6/17	自然注入中(揚水停止)	1497	6.6	120	-164.6	6/17	自然注入中	4764	5.9	30	162.3
						6/18	自然注入中	5010	5.9	30	-19.1
						6/19	自然注入中	5069	6.0	30	-145.3
						6/20	自然注入中	4809	6.0	30	-46.2
						6/22	自然注入中	1562	6.6	60	-260.9
						6/23	自然注入中	2522	6.0	60	-378.9
						6/24	自然注入中	2266	6.0	60	-37.8
						6/25	自然注入中(揚水停止)	1885	6.4	120	-306.1
						6/26	自然注入中	1191	6.6	60	-305.2

2) 注入後の汚染濃度変化

注入後のVOC濃度をバイオ注入モニタリングのパターンの分析頻度に応じて(分析は全て簡易分析)注水井より採水し分析を実施した。VOC濃度変化グラフを図-4.3.1、4.3.2に示す。

<参照資料> Appendix.5 自然注入試験地下水汚染分析結果

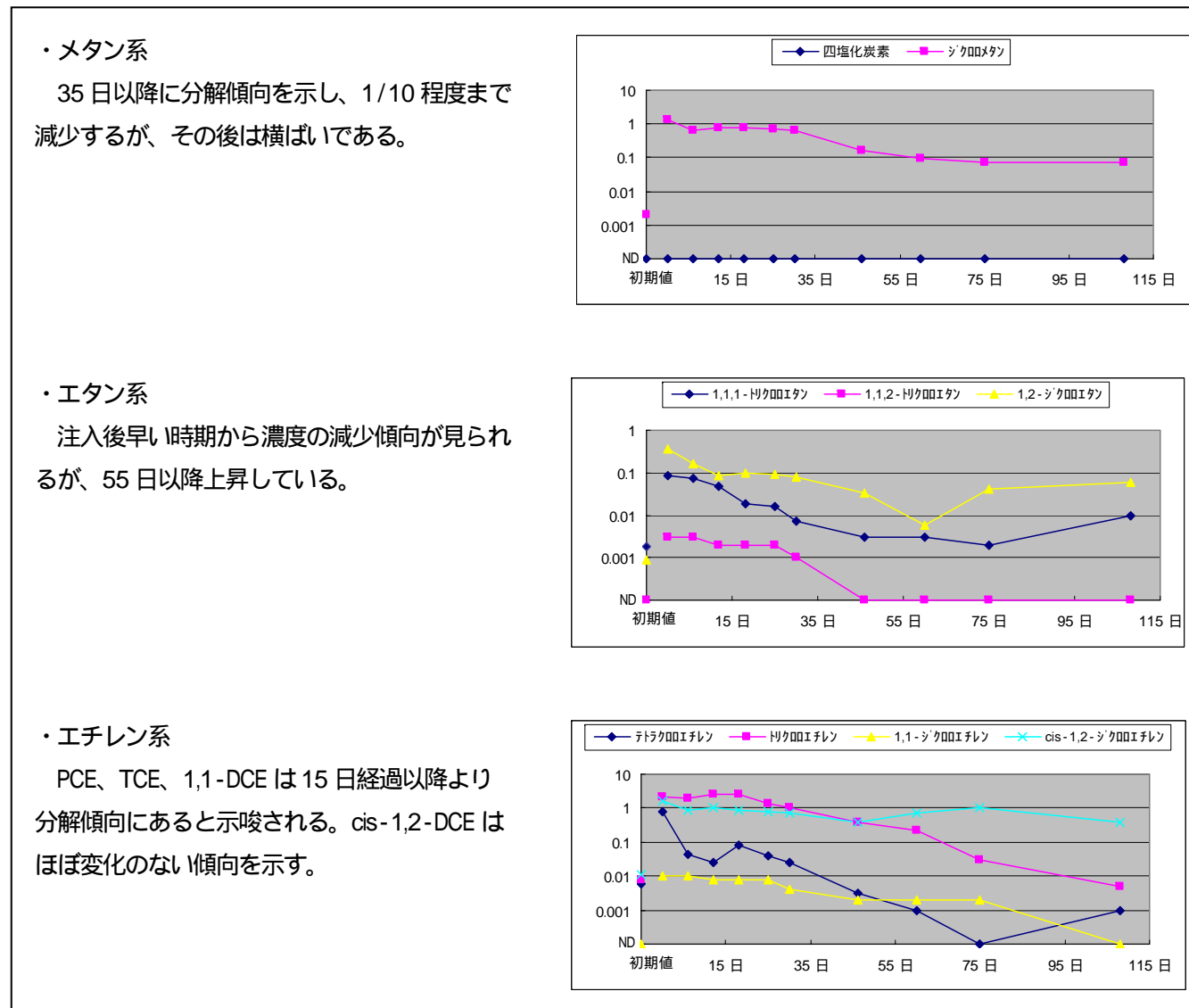


図-3.3.1 Aパターン VOC濃度変化グラフ

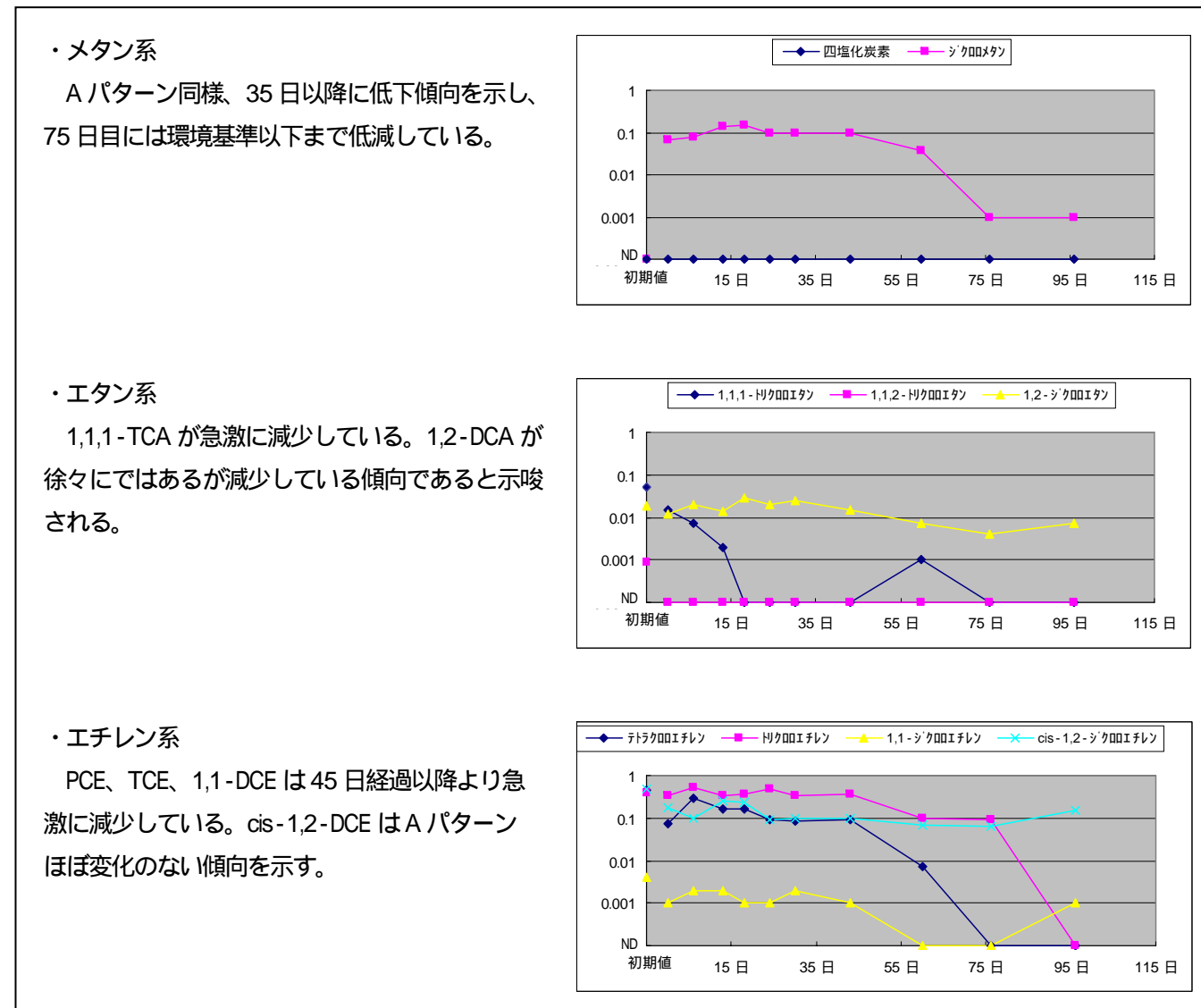


図-3.3.2 Bパターン VOC濃度変化グラフ

A、BパターンともPCE、TCEが分解傾向にあると示唆される。メタン系、エタン系もグラフでは明確には現れないが、開始時の値に比べ1オーダー以上の減少は見られており、二重管ダブルパッカー注入時とほぼ変わりのない結果であり、栄養材の注入効果によりVOCが分解され濃度が低減されていると判断される。

3) 結論

今回の試験の結果、**強風化岩層のみストレーナーを配置している**という当サイトの揚水井の仕様であれば、**揚水をおこないながらの注入**することにより、低透水層への栄養材の注入を促すことができ、自然注入での栄養材注入が可能ではないかと判断し、二重管ダブルパッカーによる注入から自然注入に計画を変更し施工したいと考えている。

(4) 運用日数の算出

二重管ダブルパッカーの場合

現在の12セットを7.5h作業で運用を実施した場合

$$3 \sim 5L/min \quad 4L/min \text{とし} \quad 4L \times 60min \times 7.5h \times 12 \text{セット} = 21,600L/日 = 21.6m^3/日$$

自然注入の場合

注入量を試験時平均の1.25L/min、作業時間を7.5hと設定し注入日数を算出。

$$1 \text{日当りの注入量} = 1.25 \times 60 \times 7.5 = 562.5L/日$$

二重管ダブルパッカーが21,600L/日であるため、同等以上の注入量を確保するためには

$$21,600L / 562.5L = 38.4 \text{本} \text{の同時注入が必要である。}$$

揚水バッキエリアE、Wを2分割し4区画程度に分割(算出上の計画)注入を行うと

$$192 \text{本} / 4 \text{区画} = 48 \text{本} > 38.4 \text{本となる。}$$

また、このときの注入量は

$$48 \text{本} \times 562.5L = 27,000L/日 \text{となり。}$$

同時に揚水を実施する場合、井戸ポンプは

$$139 \text{本} / 4 \text{区画} = 35 \text{基} \text{必要である。}$$

各エリアの注入量をまとめると

エリア名	全体注入量	注入井戸本数	1本当りの注入量	1本当りの注入日数
エリアE	1,762,200 L	94 本	18,746.8 L	33.3 日
エリアW	2,883,660 L	98 本	29,425.1 L	52.3 日

来年1月より エリアE エリアE エリアW エリアWと運用を実施した場合

$$33.3 \text{日} \times 2 \text{回} + 52.3 \text{日} \times 2 \text{回} = 171.2 \text{日}$$

冬季の不稼働を1.35、通常期不稼働を1.25とすると

$$1 \text{月} \sim 3 \text{月の運用日数は} 90 \text{日} / 1.35 = 66.6 \text{日}$$

$$171.2 \text{日} - 66.67 = 104.5 \text{日} \times 1.25 = 130.6 \text{日}$$

よって、90日 + 130.6日 = 220.6日 7.35ヶ月

各区画への配管準備(ポンプ設置)を1週間とすると(現場内実績よりおおよその日数)

$$7.35 \text{ヶ月} + 1 \text{ヶ月} = 8.35 \text{ヶ月} \quad 8.5 \text{ヶ月}$$

(5) 運用工程とモニタリング日数

各区画の運用終了は概ね以下の工程表の時期で計画する

	運用日数	運用本数	平成21年度			平成22年度												
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
エリアE	52日	48本	注入実施		モニタリング													
エリアE	50日	50本			注入実施	モニタリング												
エリアW	59日	53本					注入実施	モニタリング										
エリアW	59日	54本							注入実施	モニタリング								

注入作業は二重管注入同様N地区上流側より実施するものとする。

