

岩手・青森県境廃棄物不法投棄現場

第 13 回 汚染土壌対策技術検討委員会
(N地区の汚染土壌対策)

2011 年 3 月 18 日

～目次～

1.N 地区の状況	1
1.1 全体の浄化進捗状況	1
2.土壌分析結果と傾向の評価	13
2.1 浄化確認ボーリング結果	13
2.2 浄化傾向の推測	15

< Appendix >

Appendix.1 浄化確認ボーリング 分析結果

略称

VOC : 揮発性有機化合物
ORP : 酸化還元電位
DCM : シクロメタン
PCM : 四塩化炭素
1,2-DCA : 1,2-ジクロロエタン
1,1-DCE : 1,1-ジクロロエチレン
cis-1,2-DCE : シス-1,2-ジクロロエチレン
1,1,1-TCA : 1,1,1-トリクロロエタン
1,1,2-TCA : 1,1,2-トリクロロエタン
TCE : トリクロロエチレン
PCE : テトラクロロエチレン
1,3-DCP : 1,3-ジクロロプロパン
Benzene : ベンゼン
COD : 化学的酸素要求量
DO : 溶存酸素量

1 N地区の状況

1.1 全体の浄化進捗状況

1.1.1 土壌・地下水の汚染状況

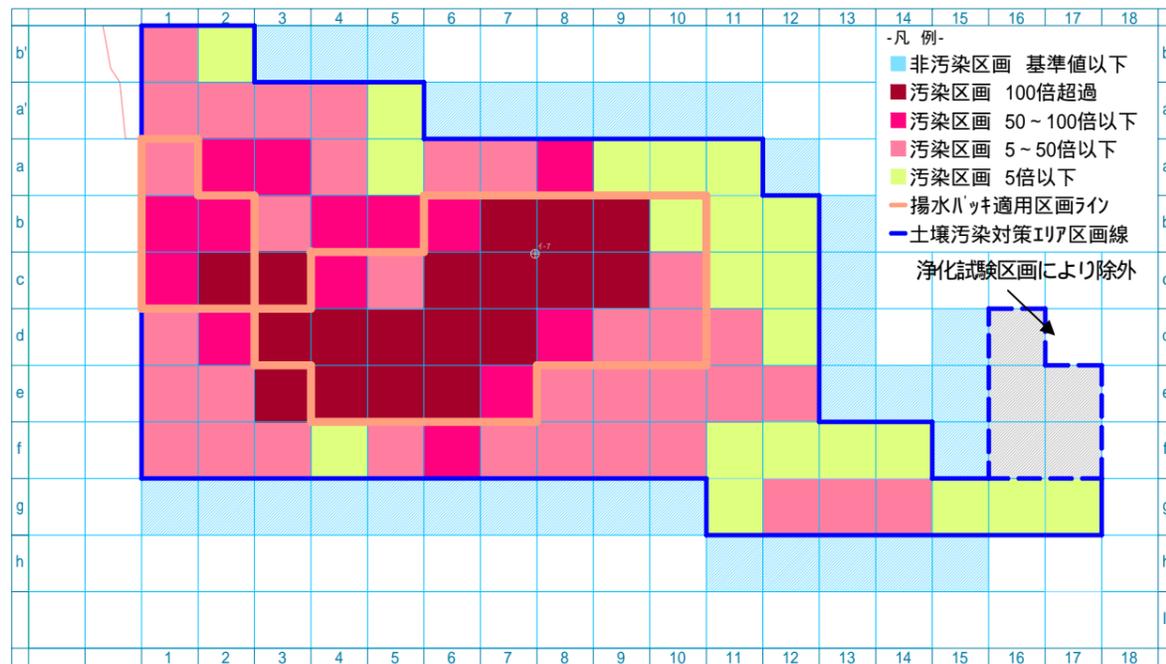
第12回 汚染土壌対策技術検討委員会以降の浄化進捗状況を下表に示す。

	基準値適合区画	基準値超過区画
調査時		87 区画
H22年10月時点	54 区画	33 区画 (21 区画)
H23年3月時点	67 区画	20 区画 (13 区画)

()内は基準値5倍以下の区画数

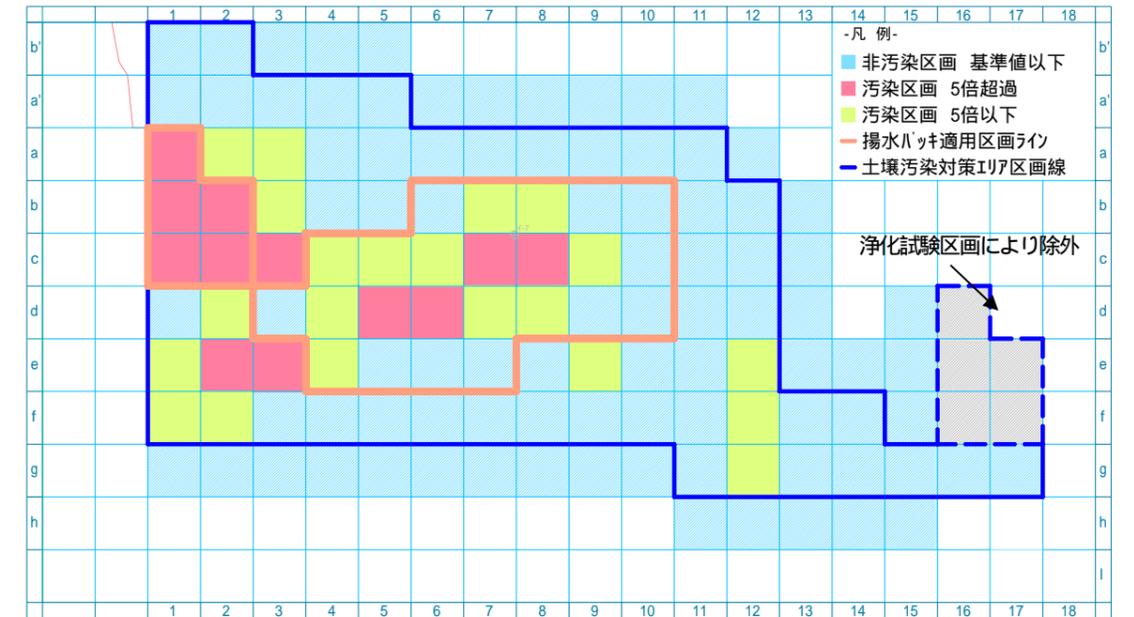
浄化開始前の汚染対策範囲 H21年4~6月

調査時



H22年10月時点での地下水環境基準超過範囲

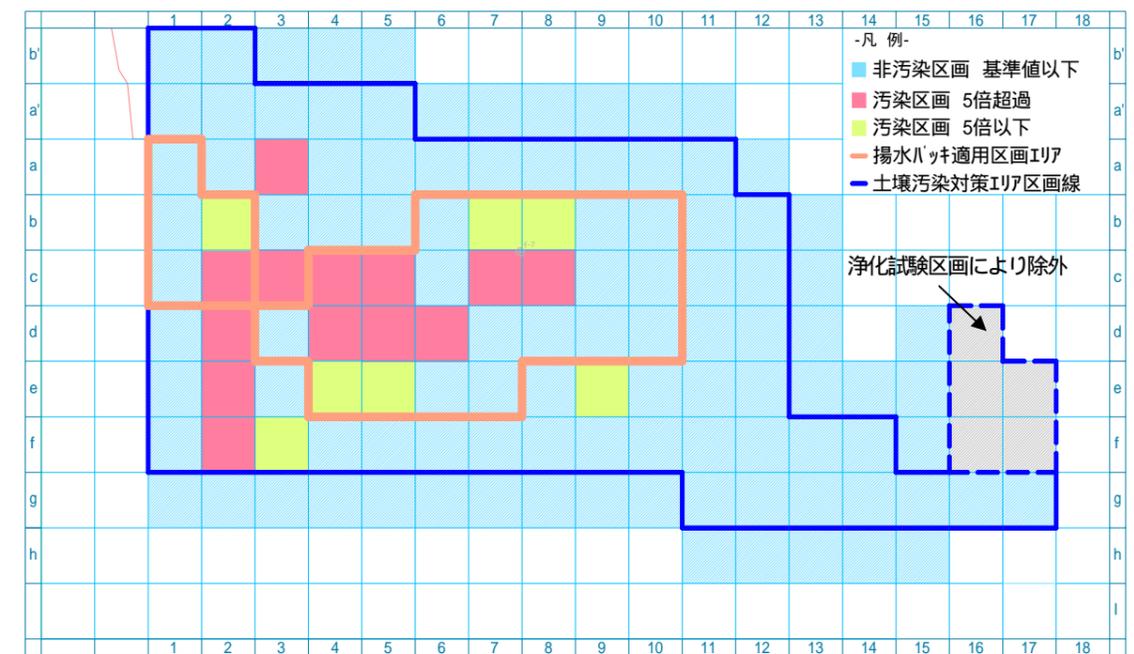
前回



基準値超過36区画を環境基準値倍率5倍以上と5倍以下に色分けすると

H23年3月時点での地下水環境基準超過範囲

今回



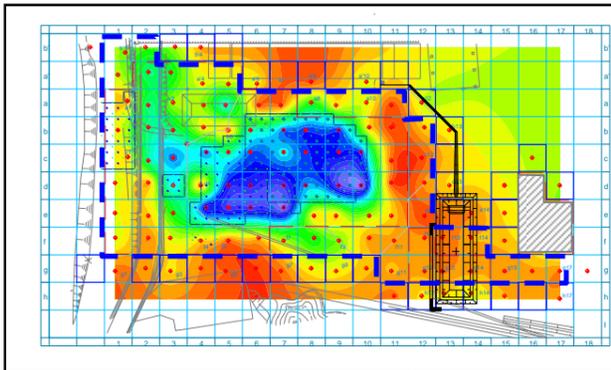
1.1.2 各汚染物質の地下水コンター

(1) ORP

H21年4月時点においてマイナス状態となっていた掘削エリアのORPは、その後実施した揚水バッキの影響によってプラス状態に変化したが、H22年5月より開始した栄養材の自然注入によって再びORPの低下が見られた。H22年1~2月はf-1、f-2区画で、H22年6月は自然注入実施の掘削エリア内で、H22年10月では掘削エリア、N地区東側および南側でORPが低下している。これらはいずれも栄養材の注入を実施した区画であり、その効果が確認でき、H23年1月時点においても良好な嫌気状態を示している。

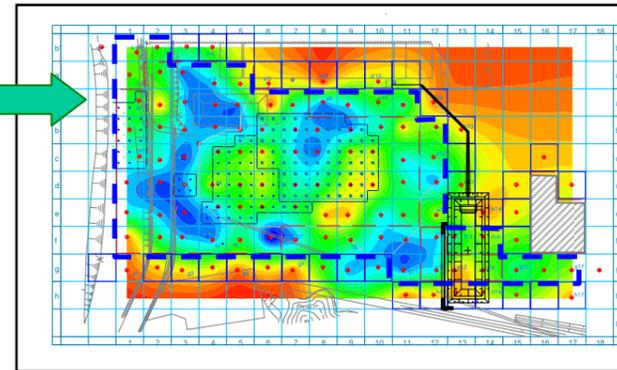
初期値データ H21年4月時点

バイオ注入、揚水バッキ開始前



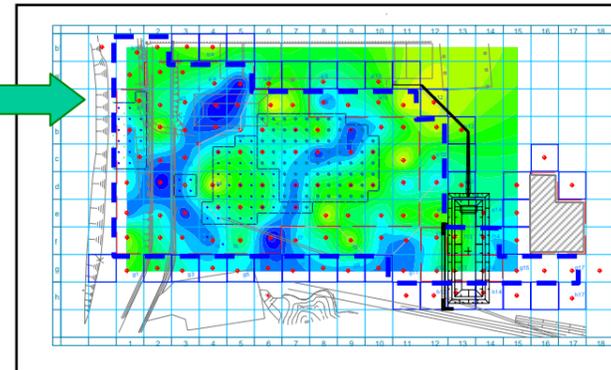
浄化経過データ H21年9月時点

バイオ注入中、掘削エリア揚水バッキ運用中



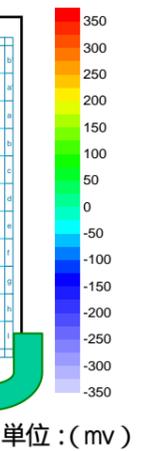
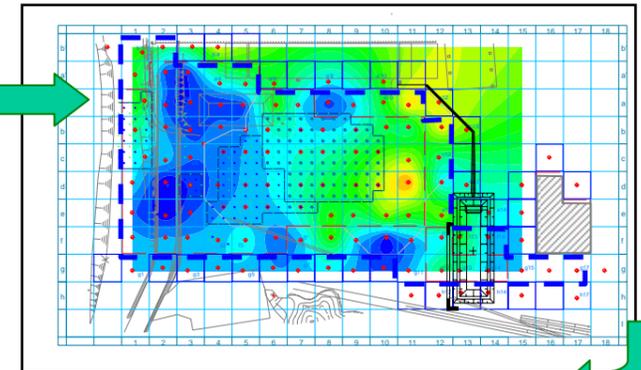
浄化経過データ H21年12月時点

バイオ注入中、県境部、掘削エリア揚水バッキ運用中



浄化経過データ H22年1~2月時点

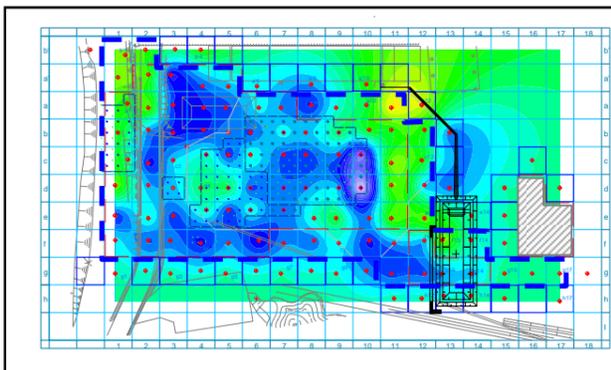
バイオ注入中、県境部、掘削エリア一部地区揚水バッキ運用中



単位:(mv)

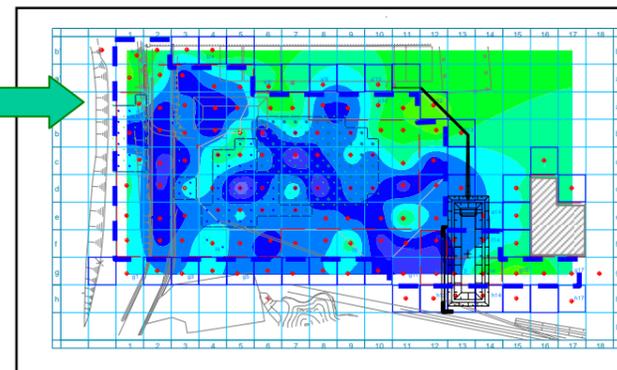
浄化経過データ H22年6月時点

バイオ追加注入、掘削エリア自然注入開始、県境部揚水バッキ運用中



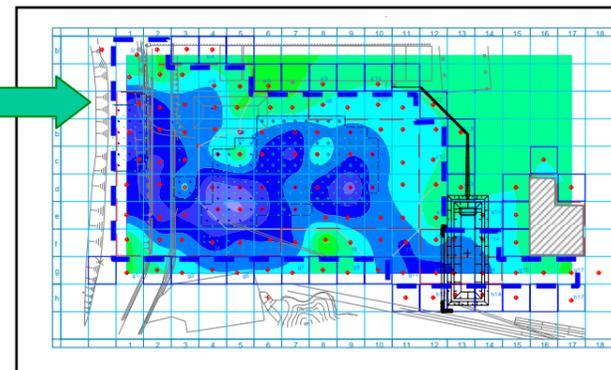
浄化経過データ H22年10月時点

バイオ追加注入、掘削エリア追加注入、県境部自然注入開始



浄化経過データ H23年1月時点

注入作業終了、モニタリング

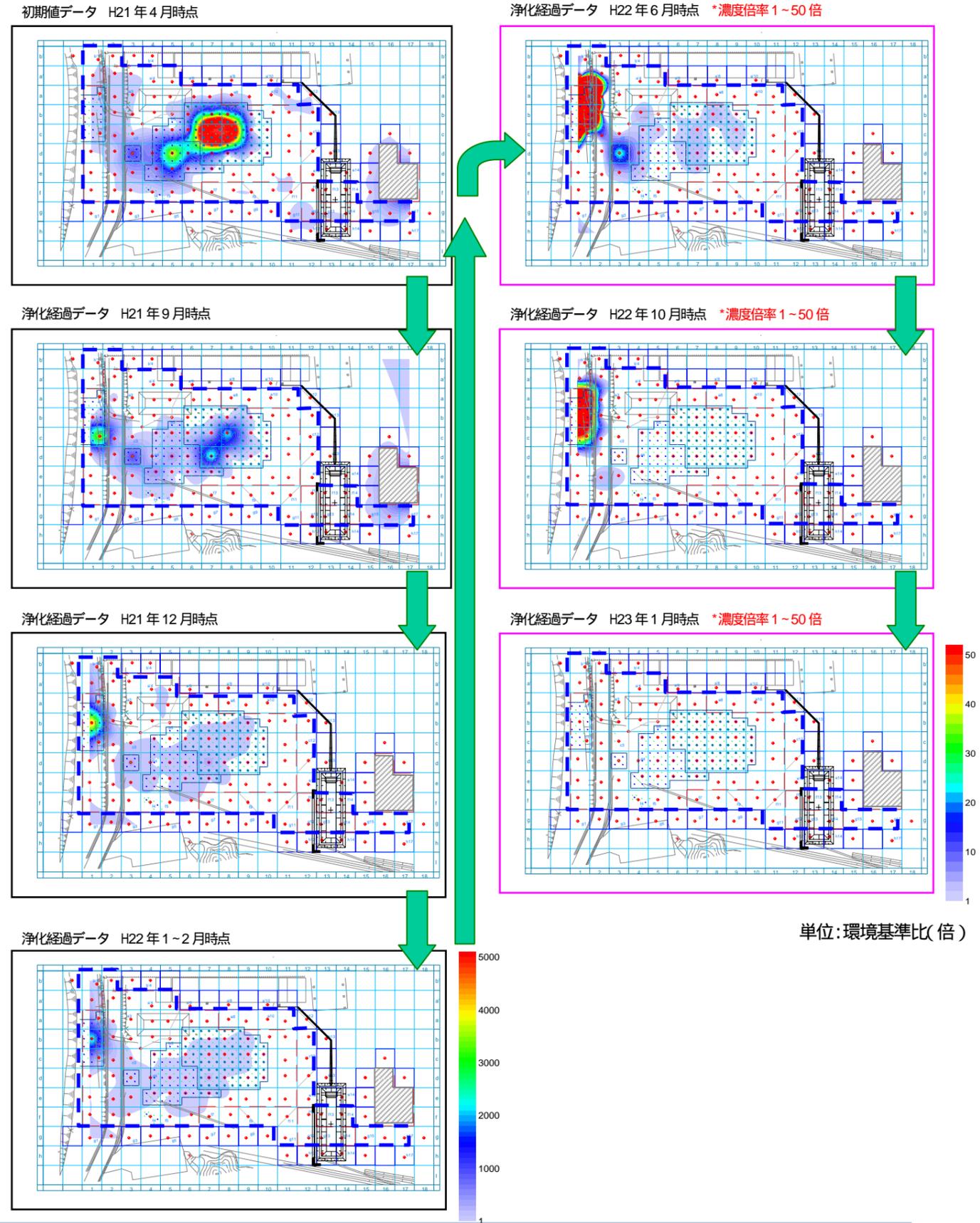
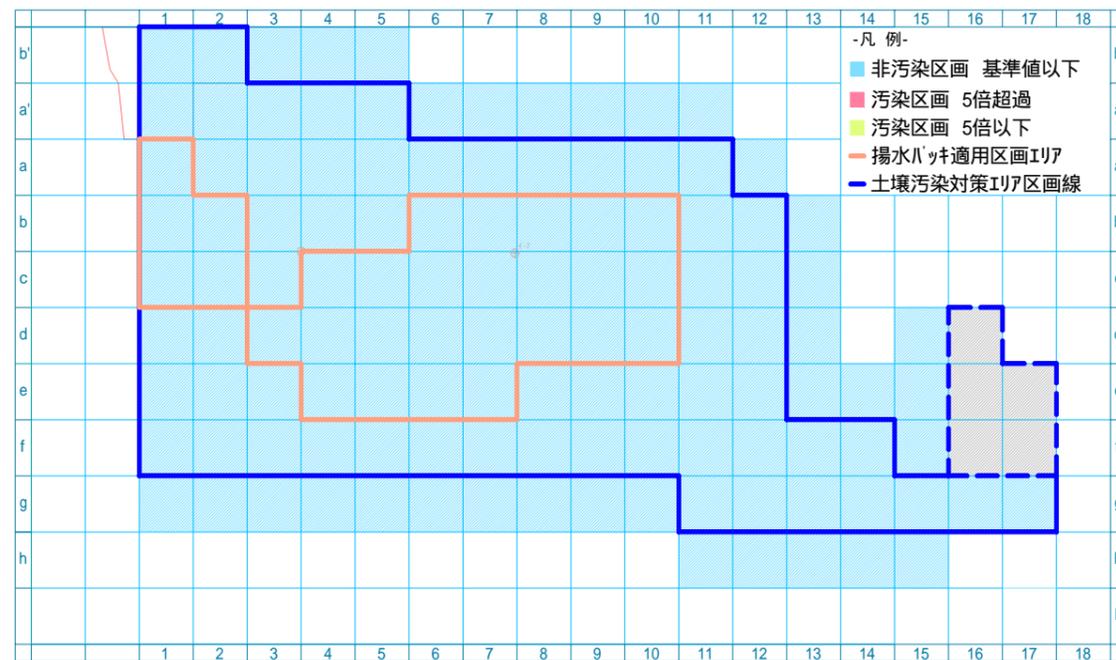


(2) DCM

H23年3月までの地下水基準値超過区画図を以下に、浄化開始からH22年1月までの各時期でのN地区全域の濃度コンター図を右図に示す。

コンター図より、県境側であるN地区西側に確認されていた高濃度汚染部分は、H22年6月以降もバリアー井戸および揚水バッキの継続運転により、濃度、範囲ともに効果的に減少した。このエリアについては10月12日より揚水を停止し、栄養材の注入を12月まで実施した。その結果、現在では県境側においても環境基準値を超過する区画はなくなった。また、揚水バッキにより濃度減少傾向が顕著であった掘削エリア内についてはH22年10月時点でそのほとんどが環境基準値を下回っていたがその後リバウンド等することなく現在も基準値以下である。これによりDCMでの地下水汚染は全て基準値適合となった。

H22年3月時点でのDCM 基準値超過区画図



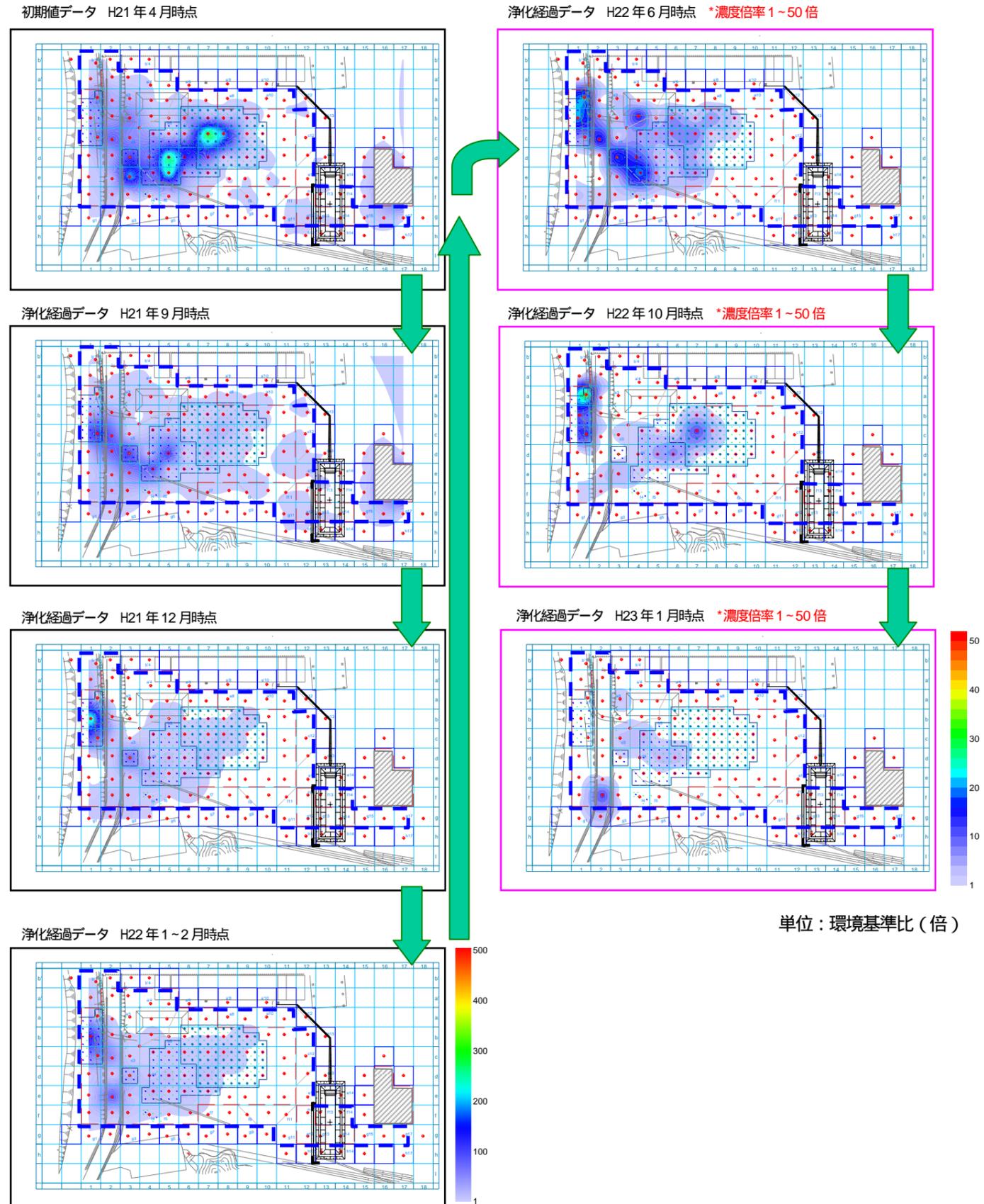
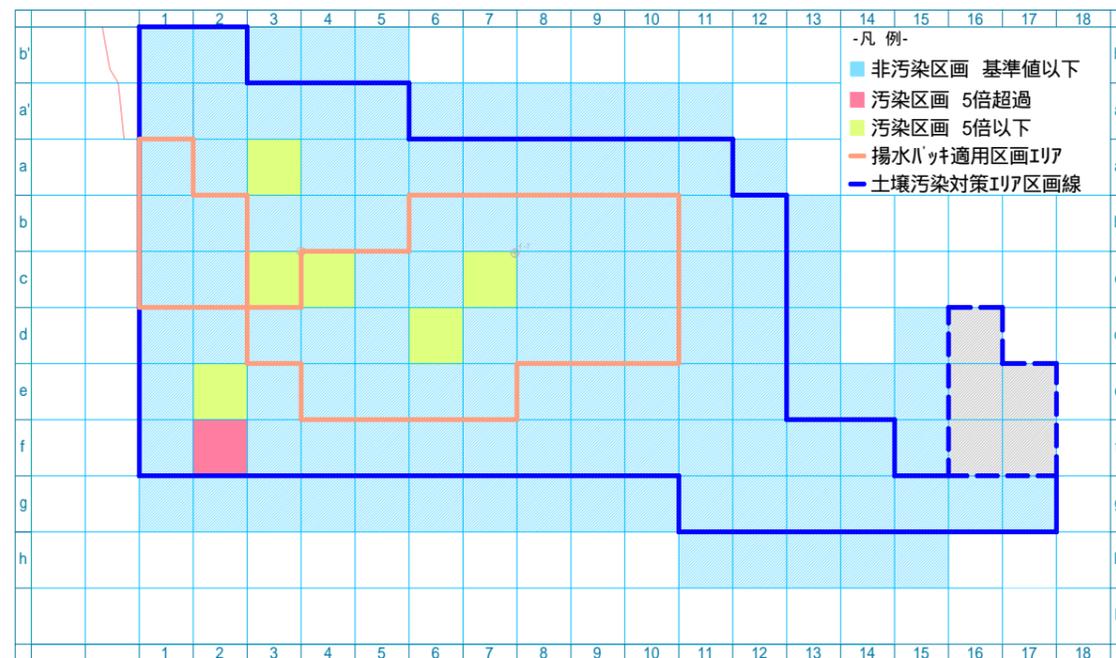
単位:環境基準比(倍)

(3) 1,2-DCA

コンター図より、バリアー井戸および揚水バッキの継続運転により、濃度、範囲ともに効果的に減少したものの、バイオレメディエーションによる浄化の効果はエチレン系物質に比べ少なく、H22年10月においては自然注入範囲では多くの区画において未だ環境基準値を超過している。DCM同様県境側では自然注入の効果により基準値を超える区画はなくなり掘削エリア、道路部の一部区画で基準値の5倍程度で検出されるのみとなり良好に減少している。

下図の基準値超過区画図では現在基準値超過区画数は7区画まで減少しており、その内6区画では基準値の5倍以下まで減少しており良好な傾向がうかがえる。

H23年3月時点での1,2-DCA 基準値超過区画図



単位：環境基準比（倍）

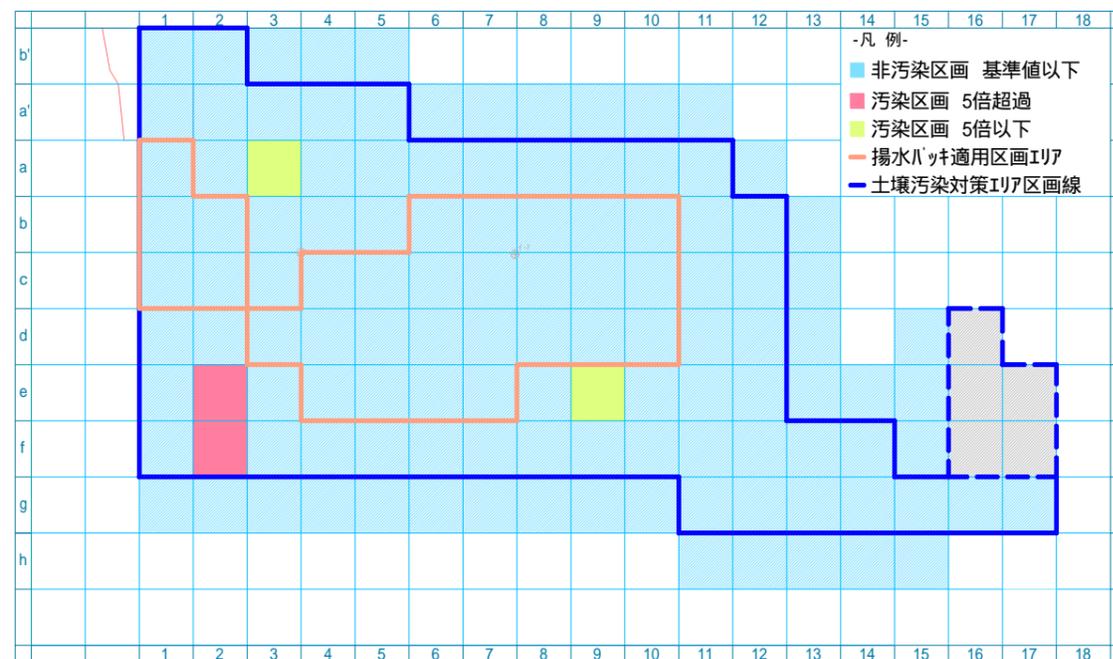
単位：環境基準比（倍）

(4) cis-1,2-DCE

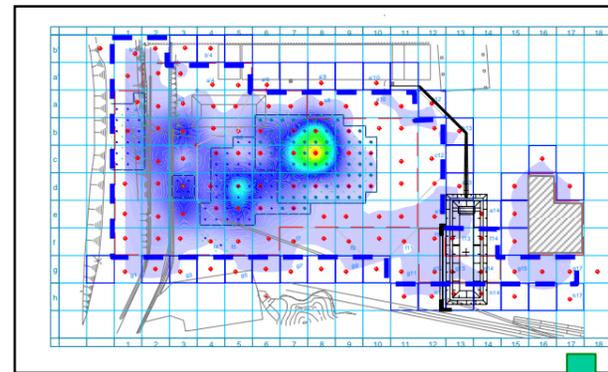
コンター図より、掘削エリア内における高濃度汚染部分は、揚水バッキの実施により効果的に減少し、その後の、バイオ浄化により顕著な濃度減少が見られた。H22年10月においては県境側および局所的な環境基準値超過区画が確認されたが、今回、県境側の注入により減少が確認できた。一部区画で基準値超過がまだ確認できるが、N地区南西部はH22年末に実施した追加注入による分解過程による一時的なものであると推測され、また点状汚染区画についてはいずれも基準値の5倍以下でありその範囲、濃度は前回より減少しているのが確認できる。

基準値超過区画図では最新の値でコンター図で1月時点で確認できる東側の基準値超過区画も適合となりさらに浄化が進んでおり、残った区画に対しても継続し浄化が進んでいくものと推測する。

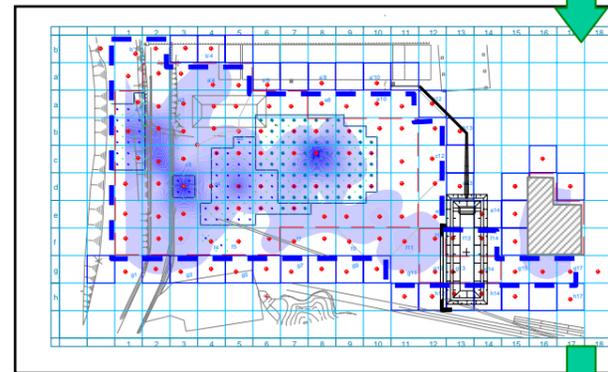
H23年3月時点での cis-1,2-DCE 基準値超過区画



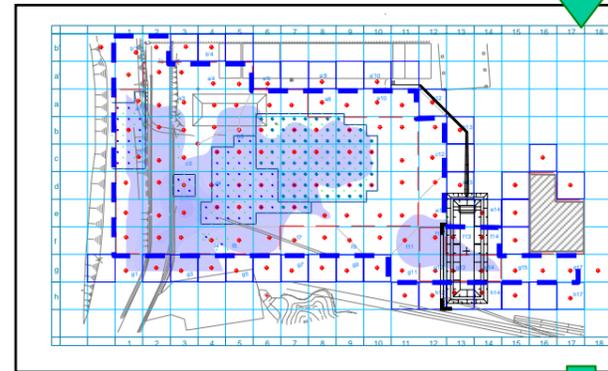
初期値データ H21年4月時点



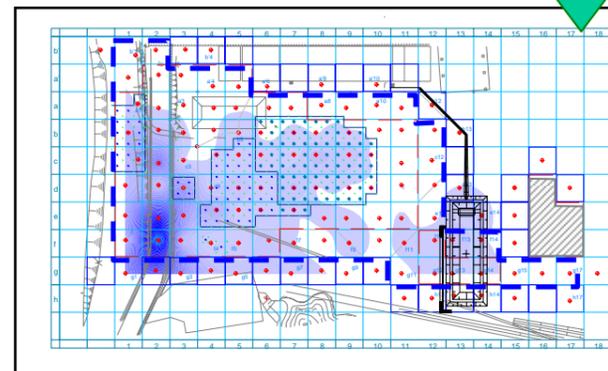
浄化経過データ H21年9月時点



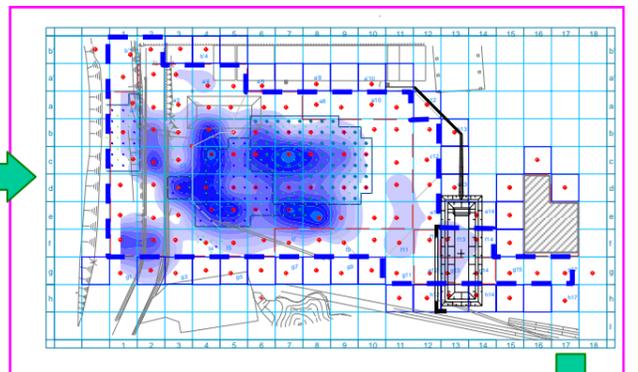
浄化経過データ H21年12月時点



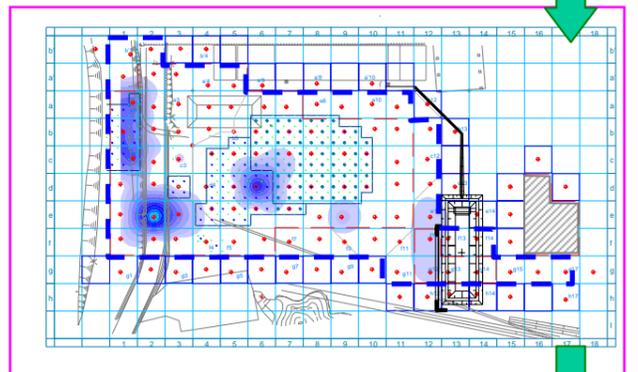
浄化経過データ H22年1~2月時点



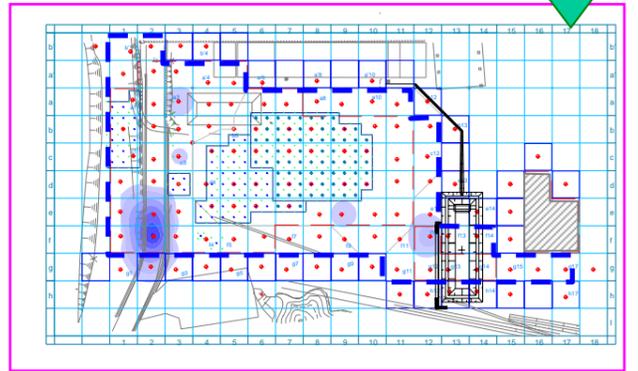
浄化経過データ H22年6月時点 *濃度倍率1~50倍



浄化経過データ H22年10月時点 *濃度倍率1~50倍



浄化経過データ H23年1月時点 *濃度倍率1~50倍



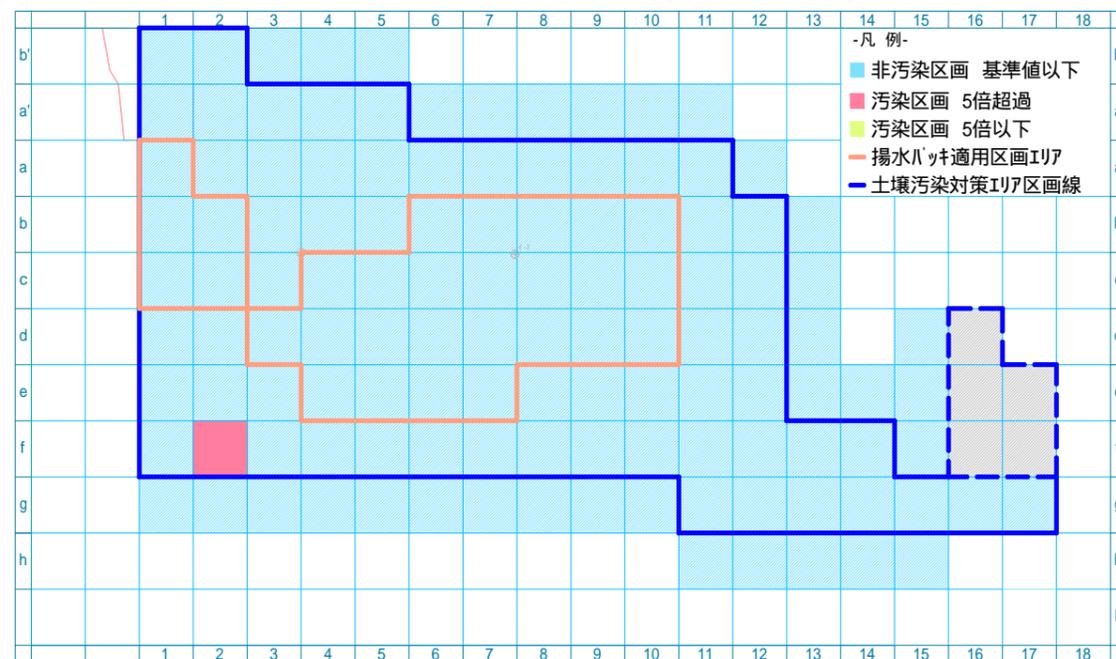
単位：環境基準比(倍)

単位：環境基準比(倍)

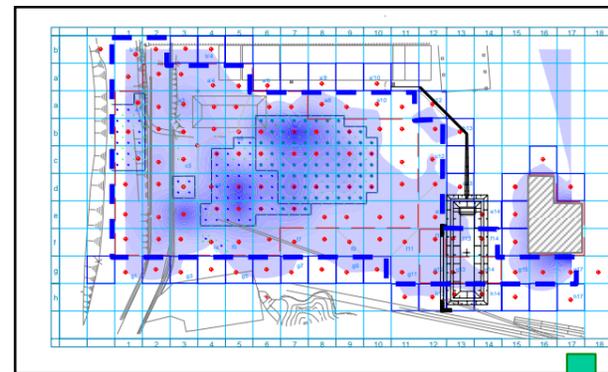
(5) TCE

コンター図より、自然注入を実施した掘削エリアの減少傾向が顕著であり、N地区のほとんどで環境基準値以下となった。県境側も同様に自然注入の効果により環境基準値以下となりN地区のほぼ全域で基準値以下となっている。基準値超過区画図でH23年3月時点において基準値を超える区画数は1区画となった。この区画はcis-1,2-DCE同様、H22年末に実施しており、注入による一時的な上昇であると推測される。この一時的な上昇はこれまでのN地区の傾向を見る限り、今後は減少傾向に転じ基準値以下にまで低減していくと考える。TCEはH23年度中に全ての区画で基準値適合となる可能性が非常に高いと判断する。

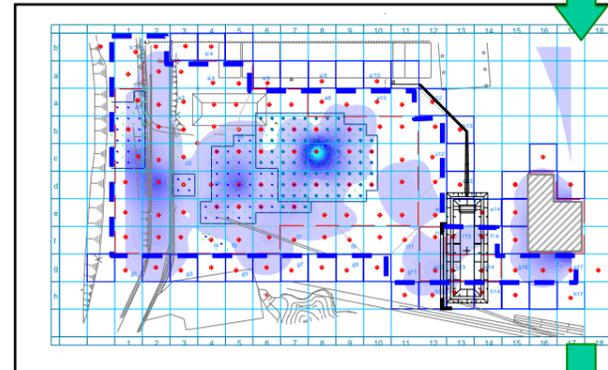
H23年3月時点でのTCE 基準値超過区画図



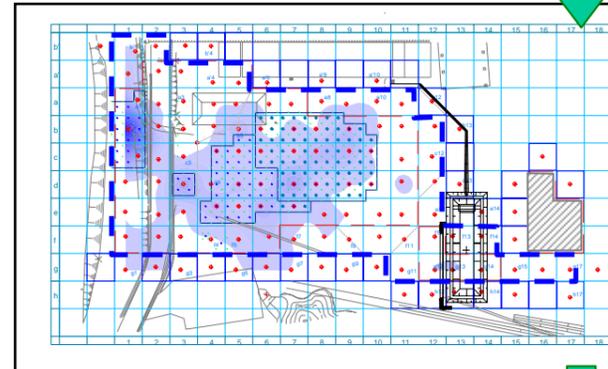
初期値データ H21年4月時点



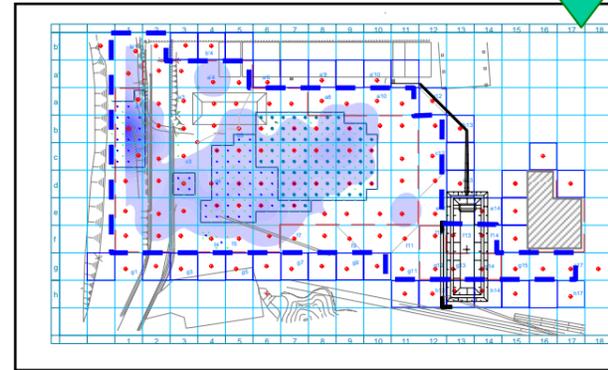
浄化経過データ H21年9月時点



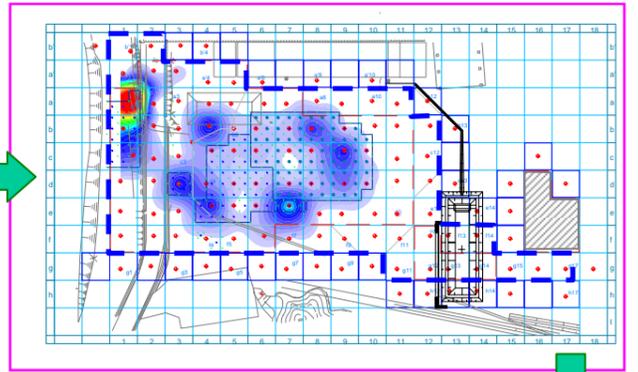
浄化経過データ H21年12月時点



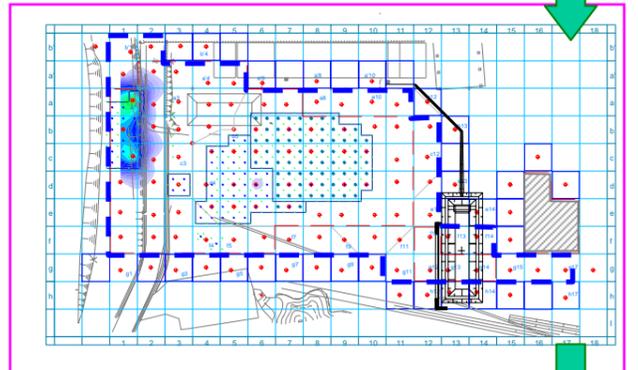
浄化経過データ H22年1~2月時点



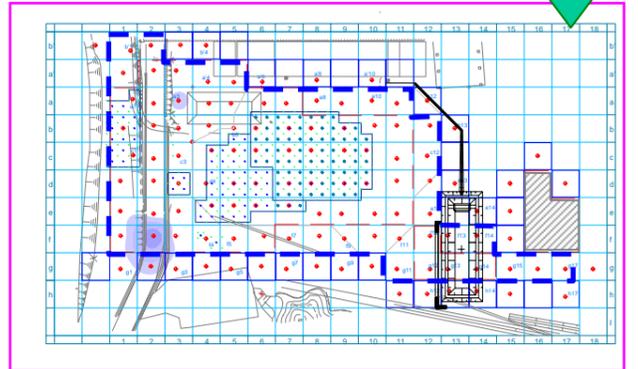
浄化経過データ H22年6月時点 *濃度倍率1~50倍



浄化経過データ H22年10月時点 *濃度倍率1~50倍



浄化経過データ H23年1月時点 *濃度倍率1~50倍



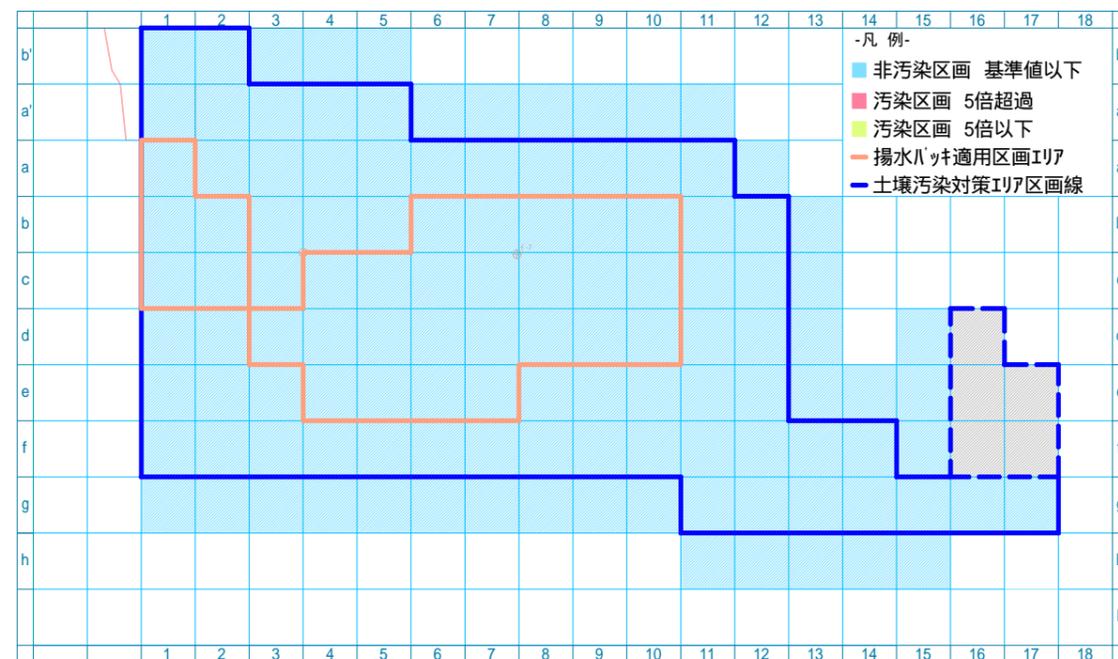
単位：環境基準比(倍)

単位：環境基準比(倍)

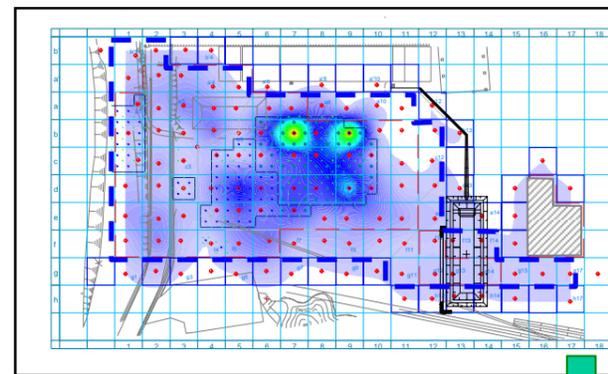
(6) PCE

コンター図よりTCE同様、ダブルパッカー、自然注入でのバイオ浄化による濃度減少が明らかに確認できる。県境側を含むN地区内ではほとんど基準値超過する濃度が検出されないまで浄化が進んでいる。H23年1月時点では基準値の数倍程の濃度で1区画のみ超過していたが、下図の基準値超過区画図では、その2ヶ月後の3月時点で基準値以下となり、地下水汚染で全ての区画で基準値に適合した。

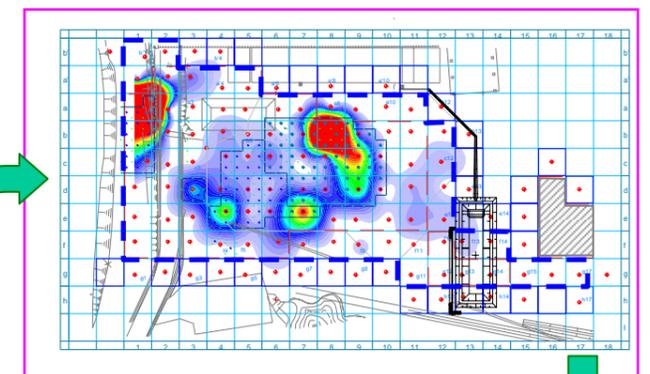
H23年3月時点でのPCE 基準値超過区画図



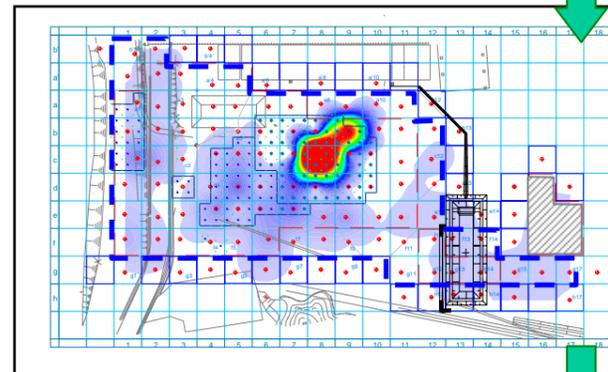
初期値データ H21年4月時点



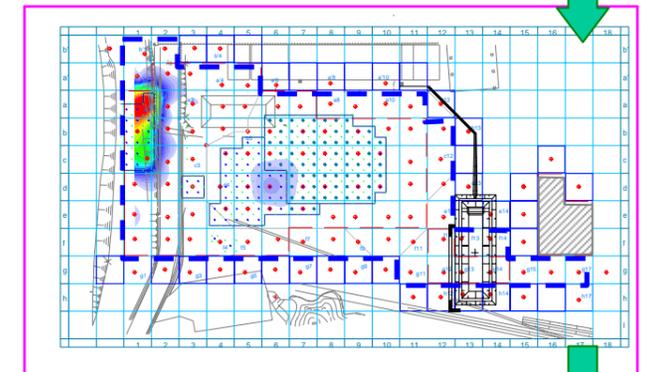
浄化経過データ H22年6月時点 *濃度倍率1~50倍



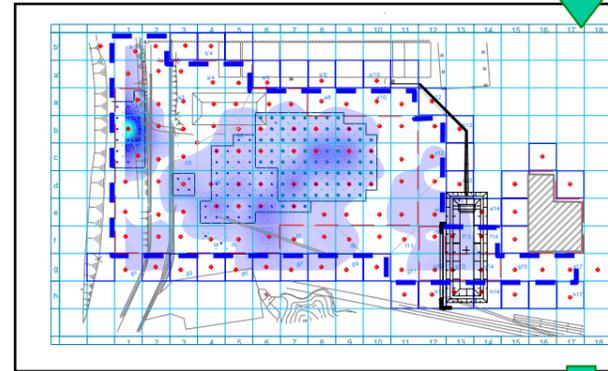
浄化経過データ H21年9月時点



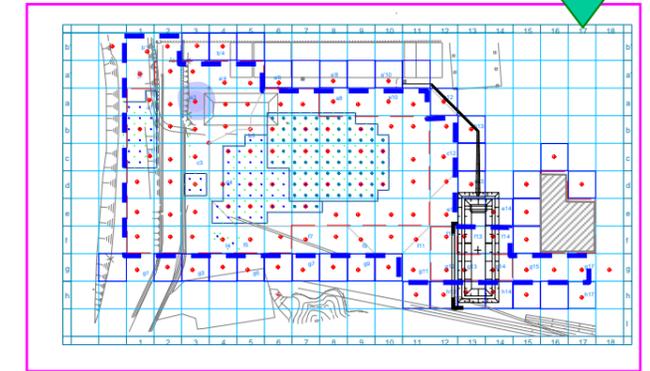
浄化経過データ H22年10月時点 *濃度倍率1~50倍



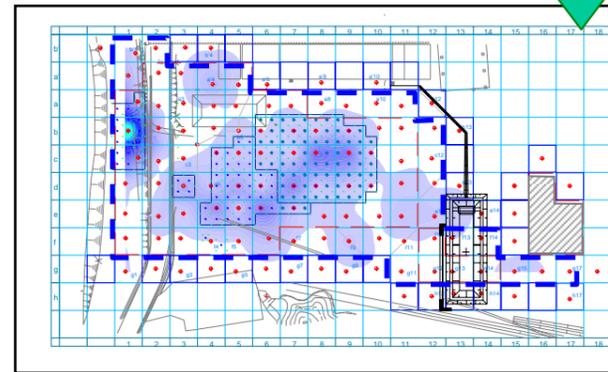
浄化経過データ H21年12月時点



浄化経過データ H23年1月時点 *濃度倍率1~50倍



浄化経過データ H22年1~2月時点



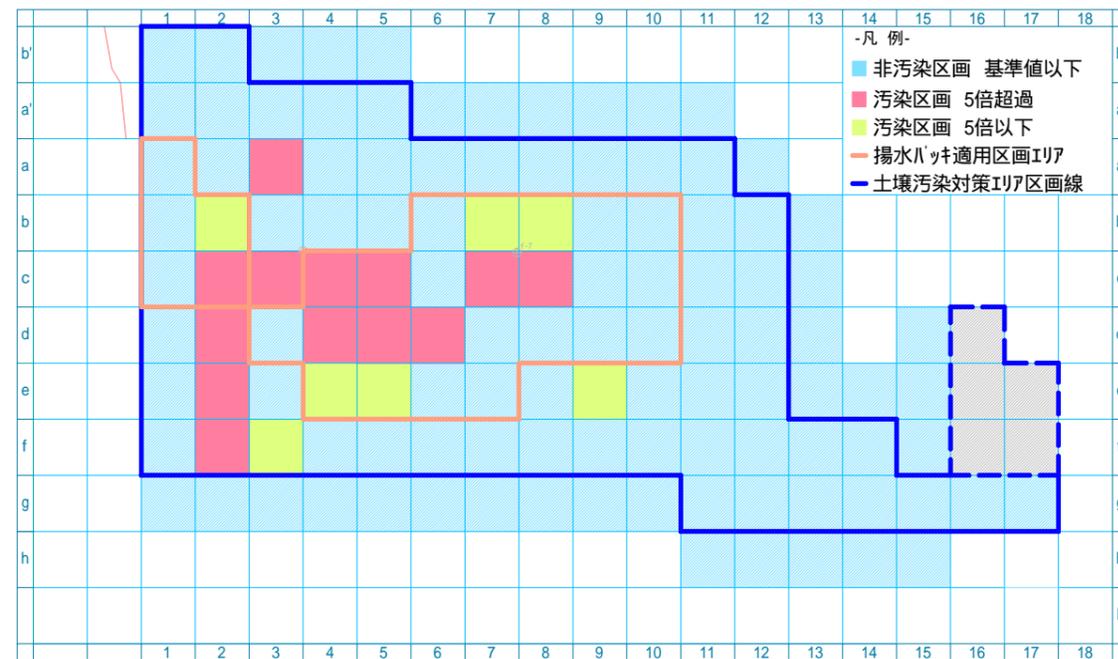
単位：環境基準比(倍)

単位：環境基準比(倍)

(7) Benzene

コンター図より、揚水バッキエリアでの濃度減少傾向が著しく確認できる。また、嫌気バイオ対象物質ではないものの、バイオ単独浄化エリアである南西県境部の汚染範囲の縮小など全域で濃度の減少傾向が確認できる。減少傾向は他物質より緩やかであるが時期ごとに確実に濃度レベルが減少しているのが確認できる。基準値超過区画図のH23年3月時点においては基準値超過区画数がさらに減少し20区画となっている。基準値超過区画数が減少することにより5倍を超える区画の占める割合が多く見えてはくるが、コンター図で濃度減少が確認できるのと同様にこれらの区画でも基準値の5倍超の濃度の中で濃度は減少しており減少傾向は継続している。

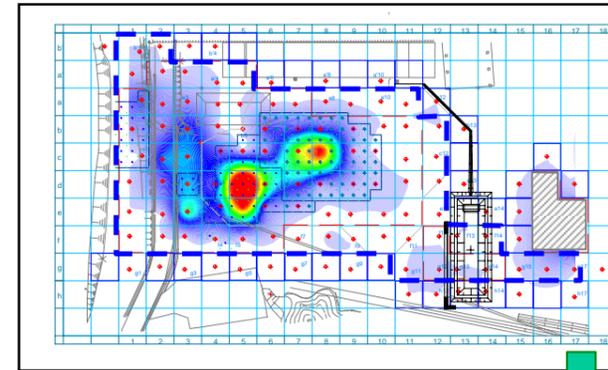
H23年3月時点でのBenzene 基準値超過区画図



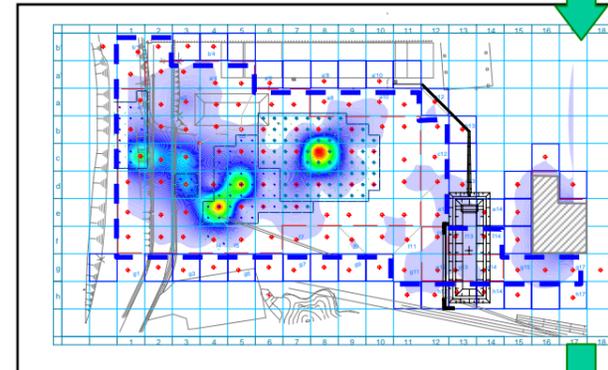
(8)まとめ

H23年3月の結果より浄化開始時より基準値超過が確認されたVOC10物質(1,3-DCPを除く10物質)の内DCM(ジクロロメタン)PCM(四塩化炭素)1,1-DCE(1,1-ジクロロエチレン)1,1,1-DCA(1,1,1-トリクロロエタン)1,1,2-DCA(1,1,2-ジクロロエタン)PCE(テトラクロロエチレン)の6物質で全ての区画で地下水環境基準値に適合した。また、1,2-DCA(1,2-ジクロロエタン)cis-1,2-DCE(シス-1,2-ジクロロエチレン)TCE(トリクロロエチレン)Benzene(ベンゼン)では、全ての区画で基準値適合とはなっていないが、現在でも良好な減少傾向が確認でき浄化が進捗している

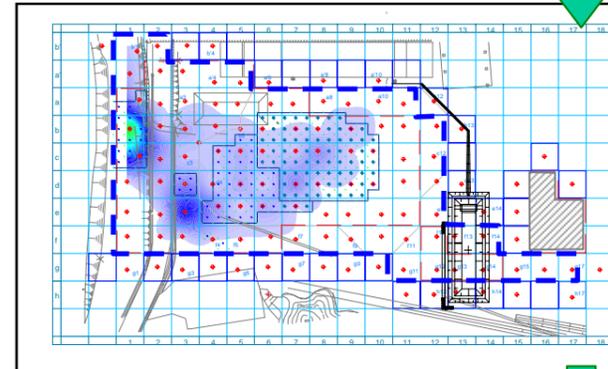
初期値データ H21年4月時点



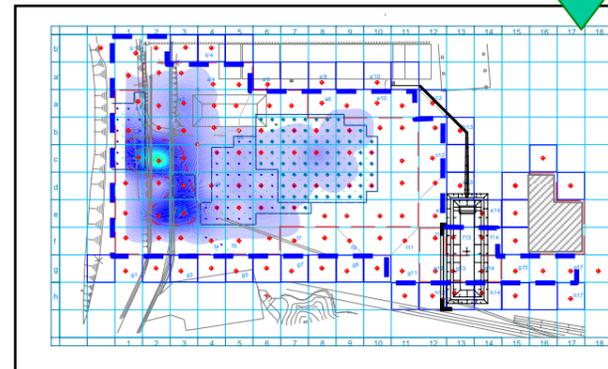
浄化経過データ H21年9月時点



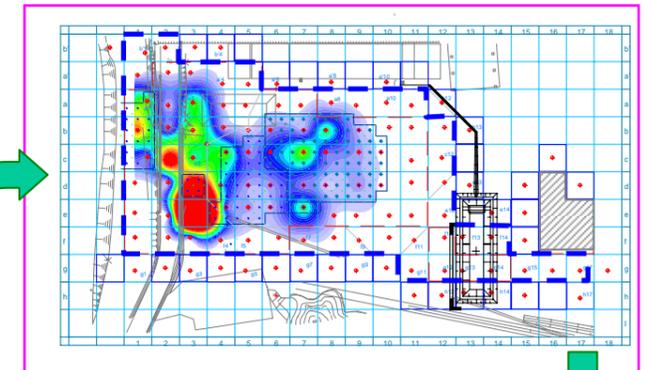
浄化経過データ H21年12月時点



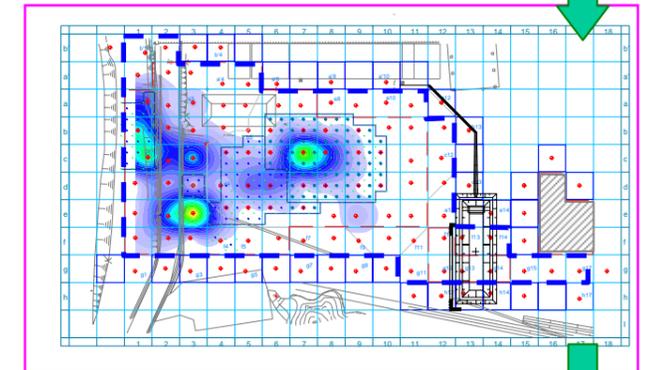
浄化経過データ H22年1~2月時点



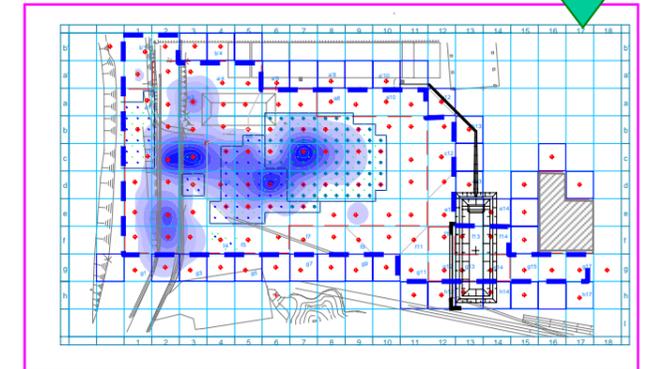
浄化経過データ H22年6月時点 *濃度倍率1~50倍



浄化経過データ H22年10月時点 *濃度倍率1~50倍



浄化経過データ H23年1月時点 *濃度倍率1~50倍



単位：環境基準比(倍)

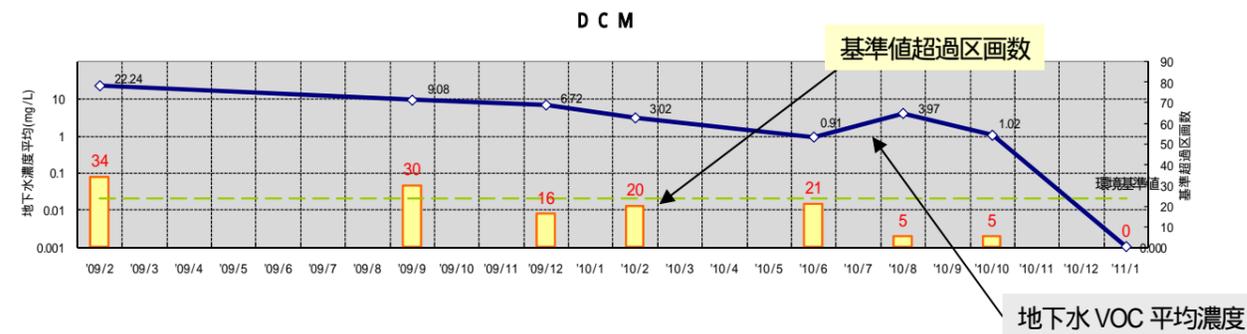
単位：環境基準比(倍)

1.1.3 地下水 VOC 濃度での浄化傾向

基準値超過区画に対する地下水汚染濃度の減少傾向を表すため、飽和帯浄化開始（ホットソイル終了後）以降の地下水環境基準値を超過した区画の VOC 濃度の平均値とその数値の減少率を表に、濃度の減少傾向と基準値超過区画の推移をグラフに示す。

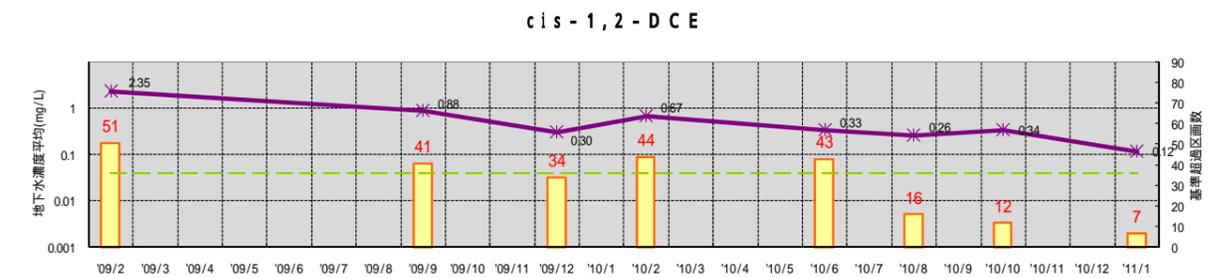
1) DCM

	09年2月	09年9月	09年12月	10年2月	10年6月	10年8月	10年10月	11年1月
基準値超過区画数	34	30	16	20	21	5	5	0
平均濃度	22	9.1	6.7	3.0	0.91	4.0	1.0	0.0
濃度減少率		59%	70%	86%	96%	82%	95%	100%



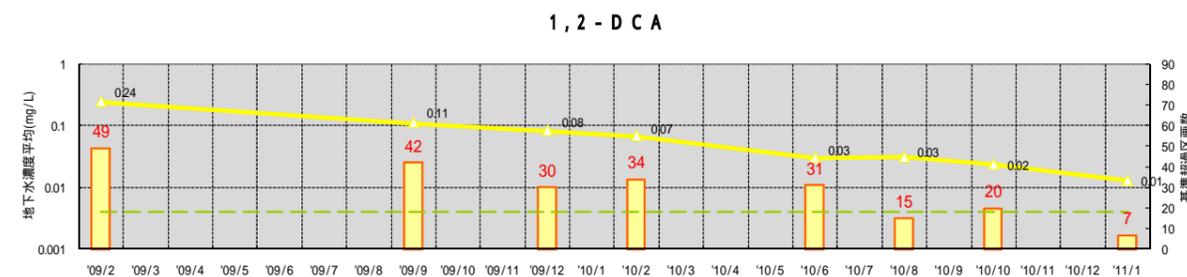
3) cis-1,2-DCE

	09年2月	09年9月	09年12月	10年2月	10年6月	10年8月	10年10月	11年1月
基準値超過区画数	51	41	34	44	43	15	12	7
平均濃度	2.3	0.88	0.30	0.67	0.33	0.26	0.34	0.12
濃度減少率		62%	87%	71%	86%	89%	86%	95%



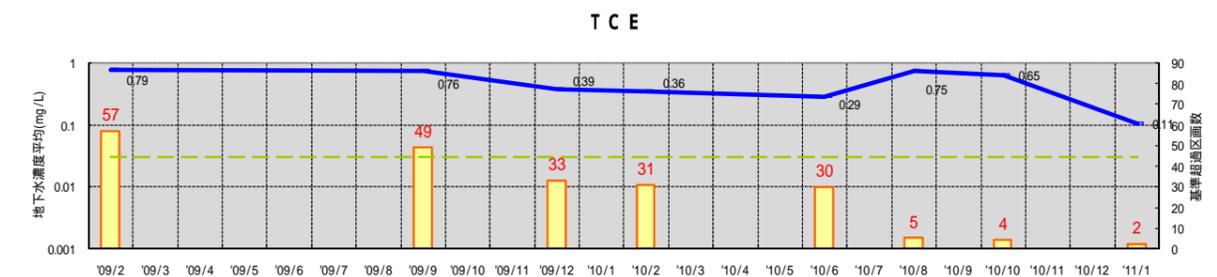
2) 1,2-DCA

	09年2月	09年9月	09年12月	10年2月	10年6月	10年8月	10年10月	11年1月
基準値超過区画数	49	42	30	34	31	15	20	7
平均濃度	0.24	0.11	0.082	0.068	0.030	0.030	0.023	0.013
濃度減少率		55%	66%	72%	88%	87%	90%	95%



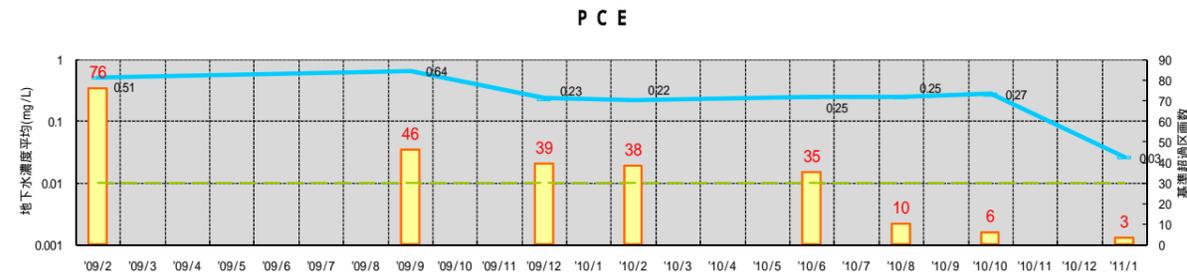
4) TCE

	09年2月	09年9月	09年12月	10年2月	10年6月	10年8月	10年10月	11年1月
基準値超過区画数	57	49	33	31	30	5	4	2
平均濃度	0.79	0.76	0.39	0.36	0.29	0.75	0.65	0.11
濃度減少率		4%	51%	55%	63%	4%	17%	86%



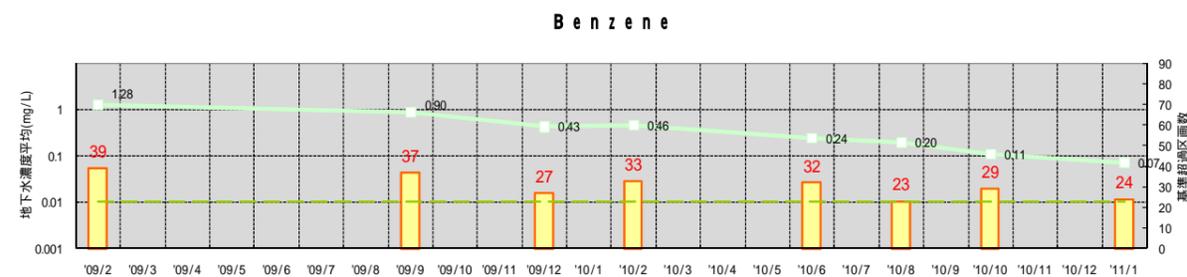
5) PCE

	09年2月	09年9月	09年12月	10年2月	10年6月	10年8月	10年10月	11年1月
基準値超過区画数	76	46	39	38	35	10	6	3
平均濃度	0.51	0.64	0.23	0.22	0.25	0.25	0.27	0.026
濃度減少率		-26%	55%	57%	52%	51%	46%	95%



6) Benzene

	09年2月	09年9月	09年12月	10年2月	10年6月	10年8月	10年10月	11年1月
基準値超過区画数	39	37	27	33	32	23	29	24
平均濃度	1.3	0.90	0.43	0.46	0.24	0.20	0.11	0.071
濃度減少率		30%	66%	64%	81%	85%	92%	94%



各物質ともH21年度(09年9月~12月)とH22年8月(10年8月)に基準値超過区画数が大幅に減少している。cis-1,2-DCE、Benzeneは減少傾向が緩やかではあるが現在も継続しているのが確認できる。速報となるがH23年3月時点で基準値超過区画が適合区画となったり、濃度減少している区画が確認できるなど、減少傾向が進んでいることが確認できている。

これらの傾向よりN地区では現在でも微生物分解による浄化が継続中であると推測される。

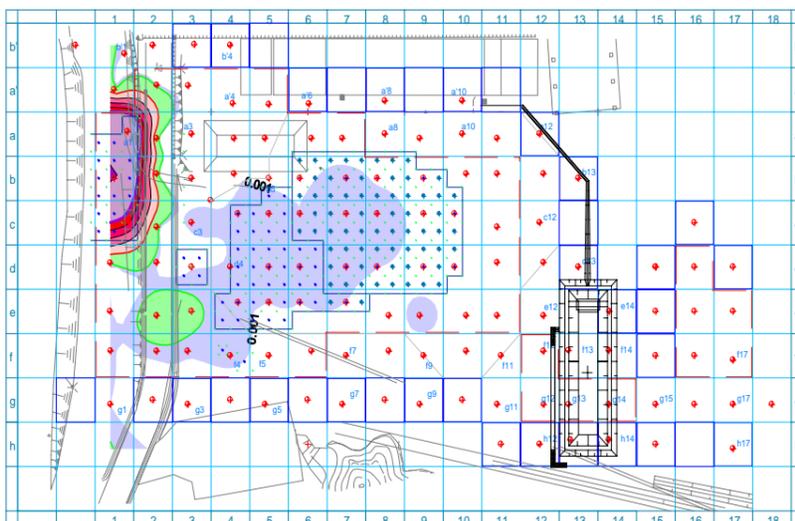
(7) 各汚染物質コンター図 (H22年10月時点とH23年1月時点)

下図にH22年10月時点とH23年1月時点における各汚染物質のモニタリング結果を示す。各汚染物質のコンター図は、前出したコンター図の濃度スケールを変え、低濃度部分における汚染状況を明確にしたものである。結果より、サイト全体において各汚染物質の濃度減少が継続しているのが確認された。特に県境側に残っていた汚染が大幅に減少し、DCM、TCE および PCE は、N 地区内のほとんどの区画において環境基準値を満足している。cis-1,2-DCE については点在していた局所的な汚染が減少している。また、1,2-DCA の減少傾向は緩やかであるが確実に縮小しているのが確認できる。Benzene についても前回同様、濃度の減少傾向が継続しており N 地区内で微生物分解が起きている可能性が高いと示唆される。前回の濃度スケールでホットスポットとなっていた環境基準の10倍以上の濃度が確認できる区画は、1,2-DCA で1箇所減り、無くなった。cis-1,2-DCE では1箇所減り1箇所となった。また、Benzene では前回と同じ3箇所であるが濃度や汚染範囲が減少しているのが確認できた。

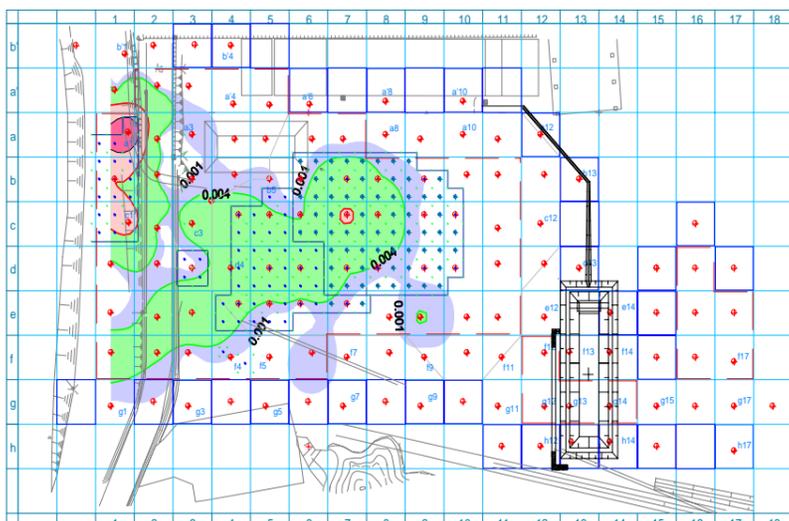
- 凡例 -

- | | | |
|------------------------|-----------|-----------|
| □ 検出限界以下 (0.01mg/L 以下) | □ 環境基準値以下 | □ 10倍未満 |
| □ 10倍~20倍 | □ 20倍~30倍 | □ 30倍~40倍 |
| □ 50倍~100倍 | □ 100倍以上 | □ 40倍~50倍 |

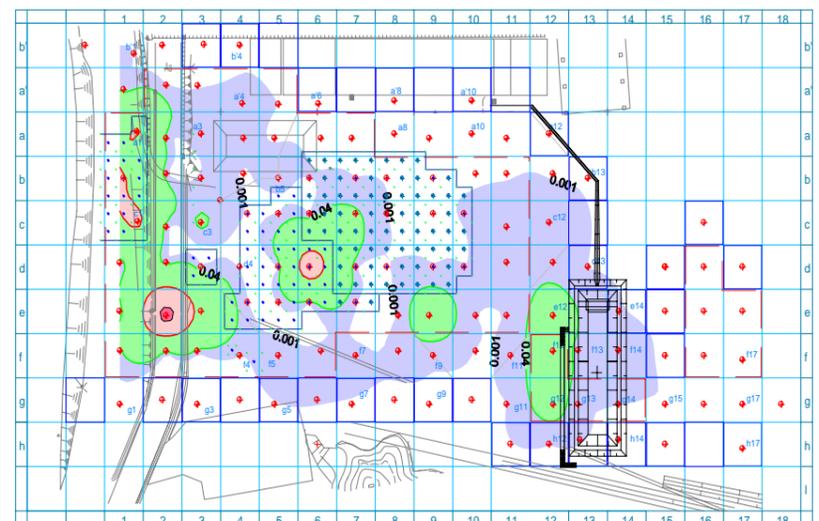
DCM H22年10月



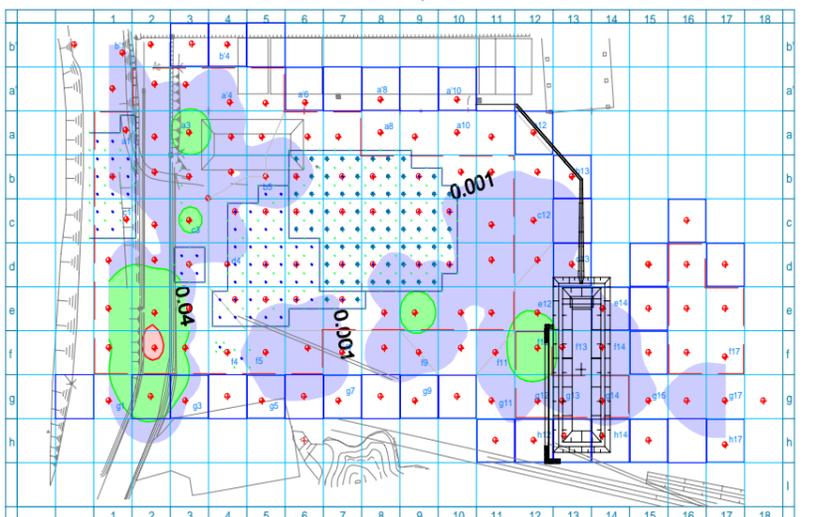
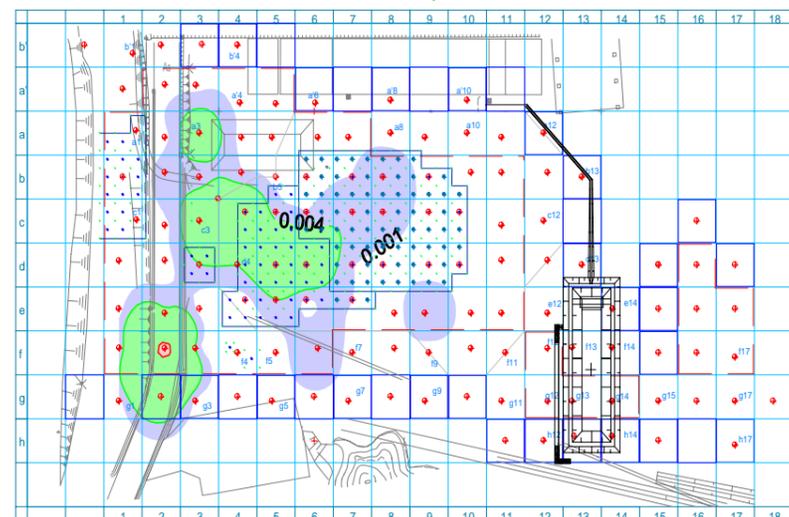
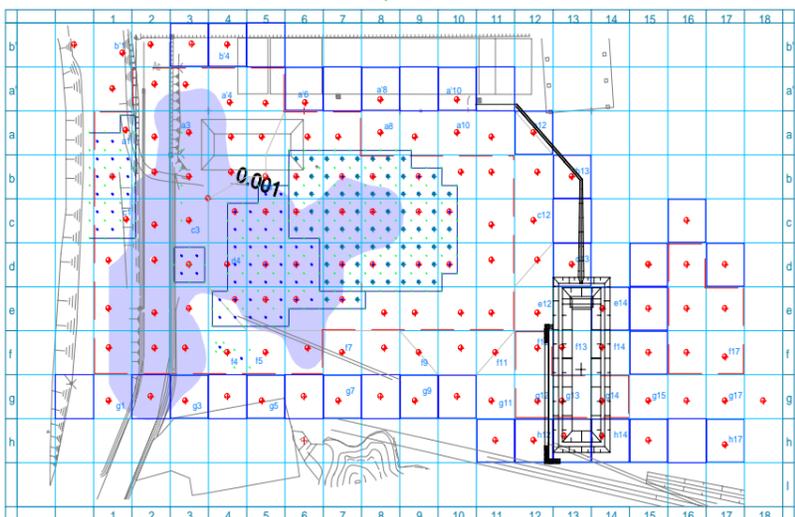
1,2-DCA

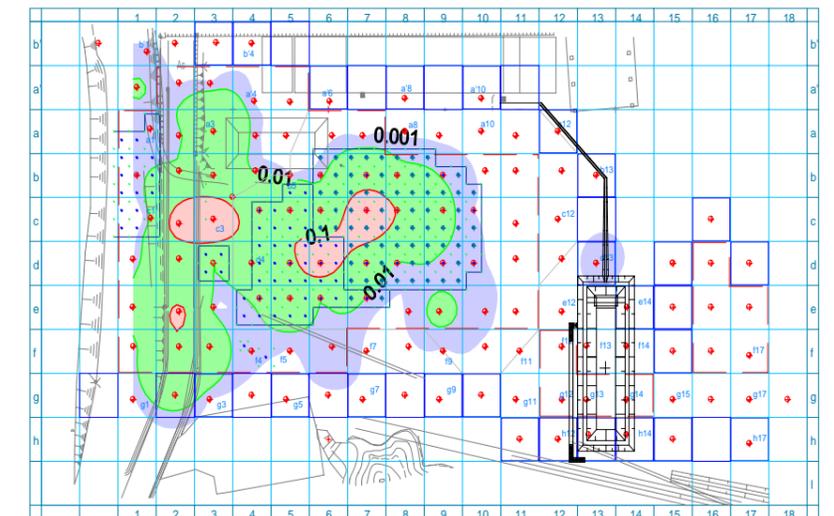
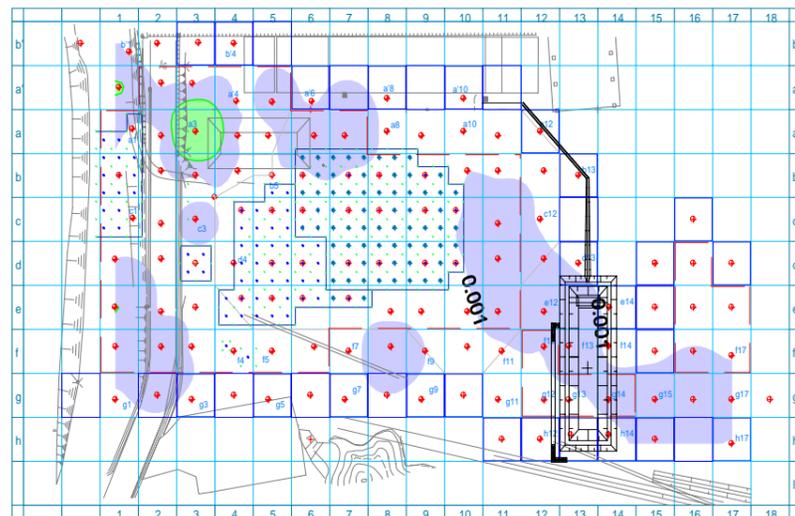
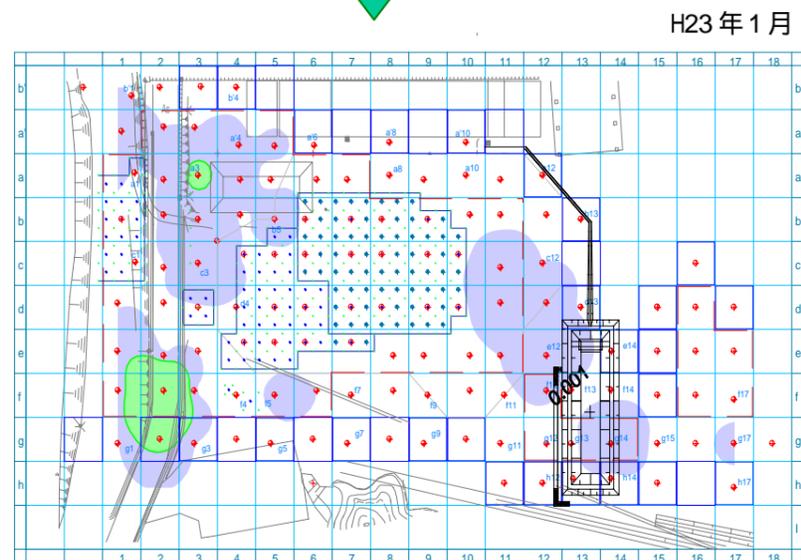
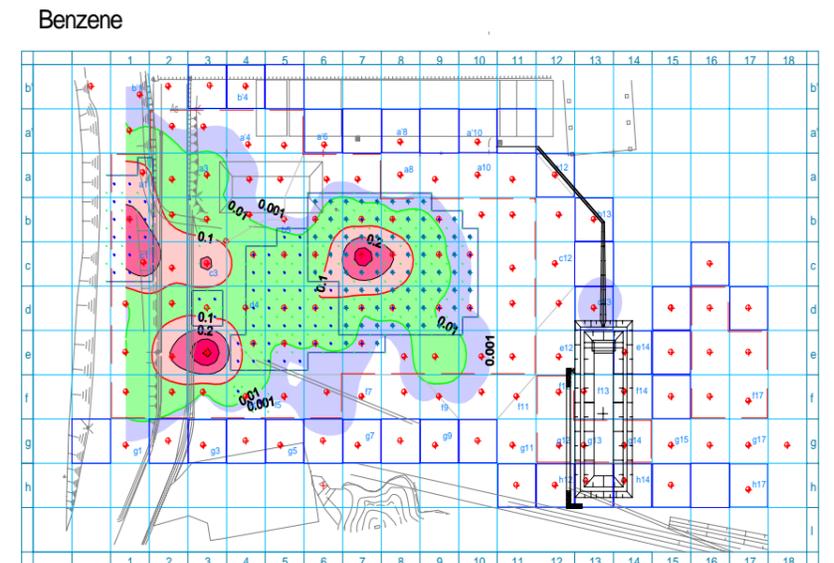
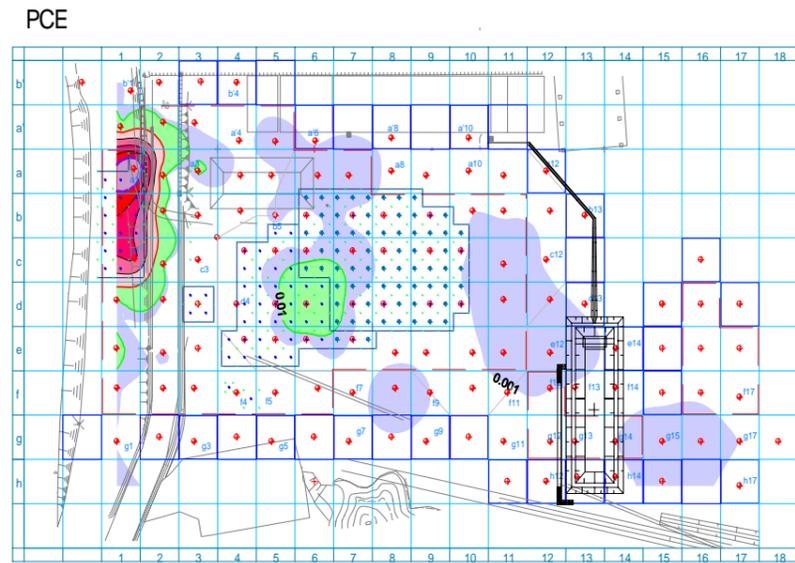
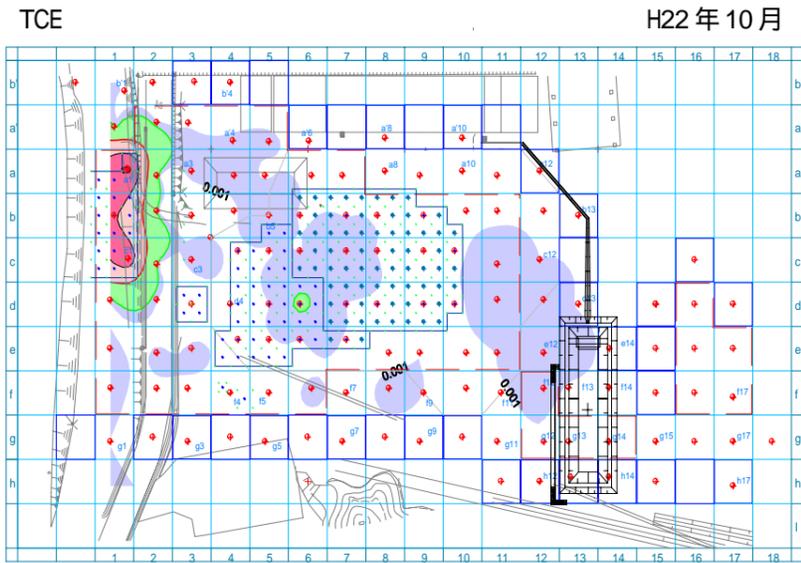


cis-1,2-DCE



H23年1月





2 土壌分析結果と傾向の評価

2.1 浄化確認ボーリング結果

2.1.1 ボーリング実施区画

浄化確認ボーリングについては900m²に1箇所1本のボーリング(N地区土壌汚染除去業務 特記仕様書に基づき)による土壌確認ボーリングを実施した。第12回土壌委員会で決定したボーリング実施箇所である30mメッシュを図-2.1.1に示す。

ボーリングは地下水のみ汚染が確認された10mメッシュ区画(調査時より土壌溶出量が基準値以下であった区画)を除外した30mメッシュの全12区画で実施した。土壌採取深度は調査時汚染土判定となった深度+2.0mとした。

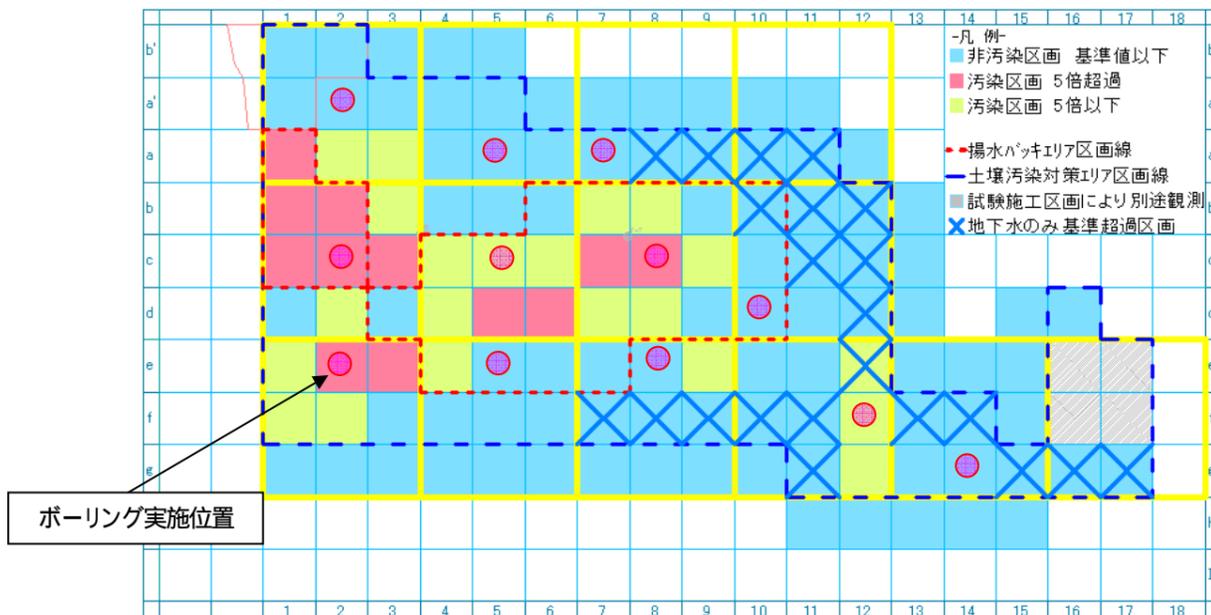


図 - 2.1.1 ボーリング実施区画配置図

2.1.2 ボーリング緒言

ボーリングは油圧式ロータリーボーリングマシンとエコプローブを用い、孔径66mmで打撃貫入法によるオールコアボーリングを行った。コアの採取はビニールバ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、もしくは96mmのケーシングパイプを逐次挿入した。

土壌溶出量分析は、現場分析設備での簡易分析で実施し合わせて適宜 環告18号による公定法分析も実施した。

図-2.1.2にボーリング装置概略図を、表-2.1.1にボーリング数量表を示す。

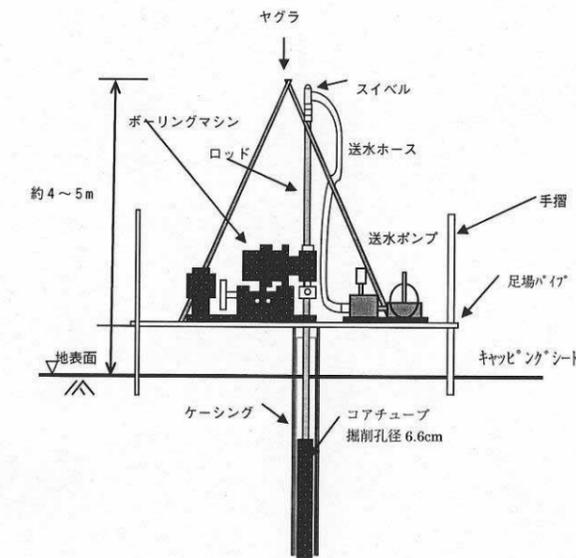


図 - 2.1.2 ボーリング装置概略図

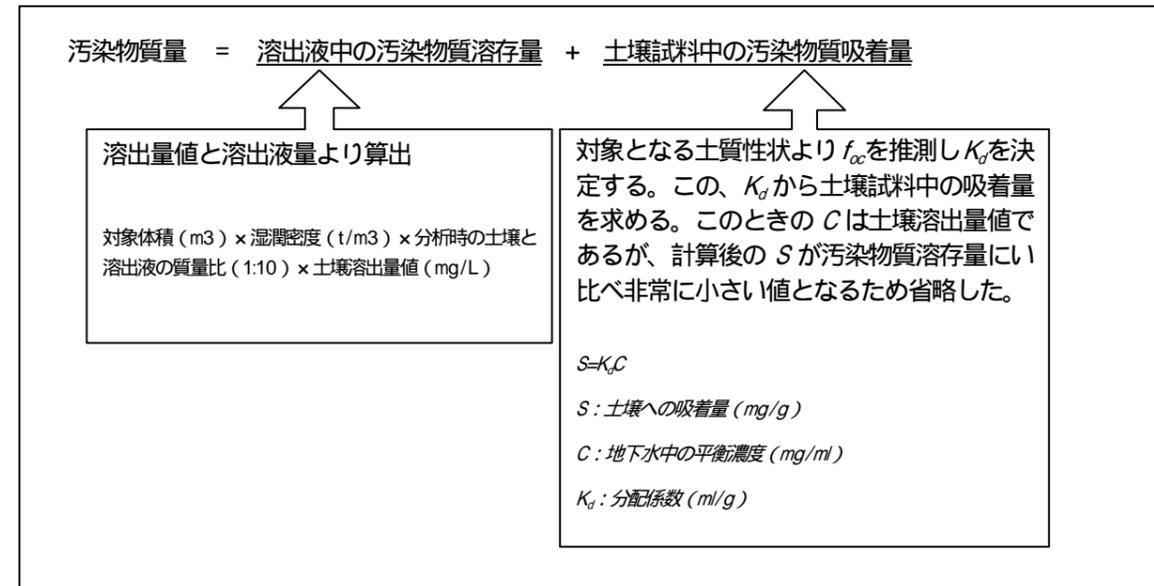
表 - 2.1.1 ボーリング数量表

孔番号	掘進長			計 (m)
	粘性土 (m)	軽石パミス (m)	風化凝灰岩 (m)	
S-1(a'-2)	18.00	1.10	0.32	19.42
S-2(a-5)	8.95	1.45	5.57	15.97
S-3(a-7)	7.40	1.40	4.02	12.82
T-1(c-2)	12.05	1.60	5.96	19.61
T-2(c-5)	5.00	0.00	7.96	12.96
T-3(c-8)	4.75	0.00	5.42	10.17
T-4(d-10)	3.45	0.00	4.61	8.06
U-1(e-2)	11.30	1.70	6.70	19.70
U-2(e-5)	4.45	1.55	3.22	9.22
U-3(e-8)	4.50	0.00	5.38	9.88
U-4(f-12)	9.75	1.25	1.30	12.30
U-5(g-14)	12.82	1.50	0.00	14.32
合計	114.47	13.15	56.40	184.02

2.1.3 土壌溶出量分析結果

地盤中の土壌汚染物質については第9回土壌委員会時に、地盤中の不確定要素やVOCの吸着メカニズムが明確にされていない実情など不明瞭な点が多いため参考資料とし報告したが、調査時の土壌汚染データとの比較のためその時の算出式を利用し浄化前であるH20年12月時点とH22年12月に実施した浄化確認ボーリング結果の汚染物質の比較を表-2.1.2に示す。算出式は湿潤密度などを一律としているため、増減を判断するための参考データにとどまるが、ボーリング時の土壌溶出量値を区画の代表する値と仮定し、各深度での汚染物質を算出し合計した値を区画の汚染物質質量とした。また、区画ごとで浄化前と浄化確認ボーリング時の物質の低減率 = 1 - (浄化前物質) / (浄化確認ボーリング時物質) (%) とその平均値を示した。

算出式



データでは地下水と同様に各物質とも汚染物質総量は大幅に減少しており浄化が継続していると判断する。これらは前回委員会で報告した“N地区のVOC汚染は、主たる汚染源は除去され、汚染の供給源を絶ったため、地下水、土壌とも減少傾向に転じている”ことを示した結果といえる。特に、DCM、TCE、PCEでは土壌汚染が基準値を超過する深度が確認されたにも関わらず地下水ではほとんど検出されておらず、分解速度が溶出速度に勝っている状況を示していると推測する。また、物質毎に注目すると、分解生成物ではないPCM、1,1,1-TCA、PCE、Benzeneでは全ての区画で総量が減少しているが、cis-1,2-DCEやTCE等の親物質の分解により増加する物質では区画により増加が確認できた。

表-2.1.2 土壌汚染物質の傾向

	DCM			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0	0	0	
a-5	0.017	0	-0.017	100.0%
a-7	0	0.001	0.001	-
c-2	13.718	0.155	-13.563	98.9%
c-5	21.057	0.073	-20.984	99.7%
c-8	36.181	0.009	-36.172	100.0%
d-10	0.014	0	-0.014	100.0%
e-2	0.029	0.038	0.009	-31.0%
e-5	3.656	0.025	-3.631	99.3%
e-8	0.395	0.014	-0.381	96.5%
i-12	0	0	0	
g-14	0	0	0	
合計	75.067	0.315	-74.752	
平均				82.9%

	1,1-DCE			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0	0	0	
a-5	0	0	0	
a-7	0	0.001	0.001	-
c-2	0.012	0	-0.012	100.0%
c-5	0.012	0.001	-0.011	91.7%
c-8	0.021	0.001	-0.02	95.2%
d-10	0.014	0	-0.014	100.0%
e-2	0.003	0.001	-0.002	66.7%
e-5	0.003	0.001	-0.002	66.7%
e-8	0	0	0	
i-12	0	0	0	
g-14	0	0	0	
合計	0.065	0.005	-0.060	
平均				86.7%

	TCE			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0.062	0.009	-0.053	85.5%
a-5	0.211	0.043	-0.168	79.6%
a-7	0.074	0.029	-0.045	60.8%
c-2	1.173	0.02	-1.153	98.3%
c-5	0.904	0.16	-0.744	82.3%
c-8	0.391	0.111	-0.280	71.6%
d-10	0.027	0.002	-0.025	92.6%
e-2	0.564	0.214	-0.350	62.1%
e-5	0.217	0.07	-0.147	67.7%
e-8	0.205	0.066	-0.139	67.8%
i-12	0	0.008	0.008	-
g-14	0.003	0	-0.003	100.0%
合計	3.831	0.732	-3.099	
平均				78.9%

	PCM			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0.017	0	-0.017	100.0%
a-5	0.026	0.003	-0.023	88.5%
a-7	0.026	0.002	-0.024	92.3%
c-2	0	0	0	
c-5	0	0	0	
c-8	0	0	0	
d-10	0	0	0	
e-2	0	0	0	
e-5	0	0	0	
e-8	0	0	0	
i-12	0	0	0	
g-14	0	0	0	
合計	0.069	0.005	-0.064	
平均				93.6%

	cis-1,2-DCE			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0.003	0.003	0	0.0%
a-5	0	0.016	0.016	-
a-7	0	0.08	0.08	-
c-2	1.465	0.033	-1.432	97.7%
c-5	1.833	0.274	-1.559	85.1%
c-8	1.564	0.181	-1.383	88.4%
d-10	0.002	0.002	0	0.0%
e-2	0.135	0.216	0.081	-60.0%
e-5	0.476	0.178	-0.298	62.6%
e-8	0.125	0.048	-0.077	61.6%
i-12	0	0.012	0.012	-
g-14	0	0	0	
合計	5.603	1.043	-4.560	
平均				41.9%

	PCE			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0.16	0.013	-0.147	91.9%
a-5	0.313	0.059	-0.254	81.2%
a-7	0.272	0.035	-0.237	87.1%
c-2	0.654	0.011	-0.643	98.3%
c-5	0.702	0.217	-0.485	69.1%
c-8	2.088	0.734	-1.354	64.8%
d-10	0.298	0.02	-0.278	93.3%
e-2	1.151	0.14	-1.011	87.8%
e-5	0.213	0.094	-0.119	55.9%
e-8	0.52	0.223	-0.297	57.1%
i-12	0.068	0.012	-0.056	82.4%
g-14	0.064	0.003	-0.061	95.3%
合計	6.503	1.561	-4.942	
平均				80.3%

	1,2-DCA			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0	0	0	
a-5	0	0	0	
a-7	0	0.001	0.001	-
c-2	0.412	0.008	-0.404	98.1%
c-5	0.210	0.031	-0.179	85.2%
c-8	0.796	0.012	-0.784	98.5%
d-10	0	0	0	
e-2	0.041	0.037	-0.004	9.8%
e-5	0.094	0.020	-0.074	78.7%
e-8	0.008	0	-0.008	100.0%
i-12	0	0	0	
g-14	0	0	0	
合計	1.561	0.109	-1.452	
平均				78.4%

	1,1,1-TCA			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0.033	0.001	-0.032	97.0%
a-5	0.043	0.004	-0.038	90.7%
a-7	0.026	0.004	-0.022	84.6%
c-2	0.199	0.002	-0.198	99.0%
c-5	0.254	0.015	-0.239	94.1%
c-8	0.258	0.007	-0.251	97.3%
d-10	0.015	0.001	-0.014	93.3%
e-2	0.056	0.018	-0.038	67.9%
e-5	0.096	0.021	-0.075	78.1%
e-8	0.024	0.005	-0.019	79.2%
i-12	0	0	0	
g-14	0	0	0	
合計	1.004	0.078	-0.926	
平均				88.1%

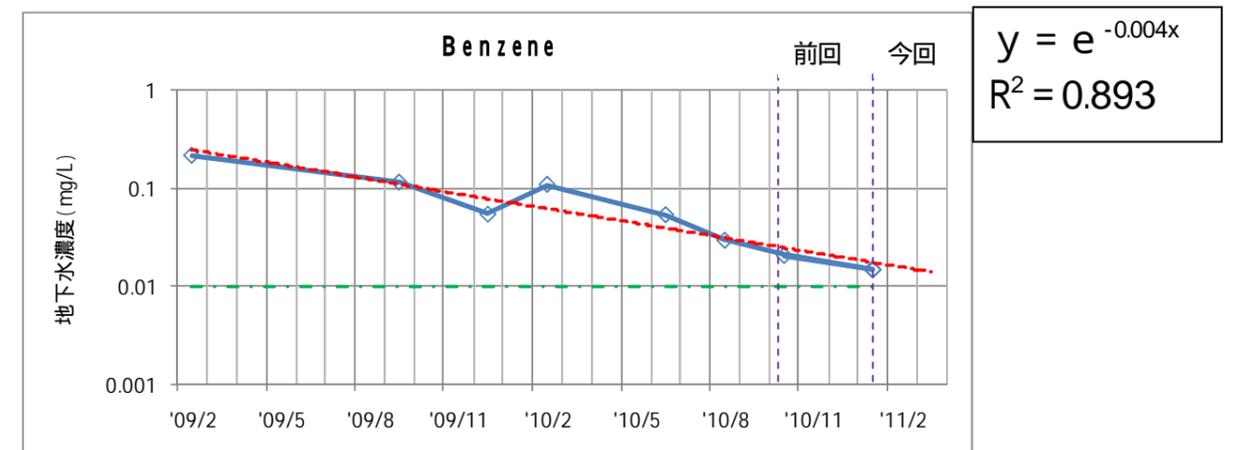
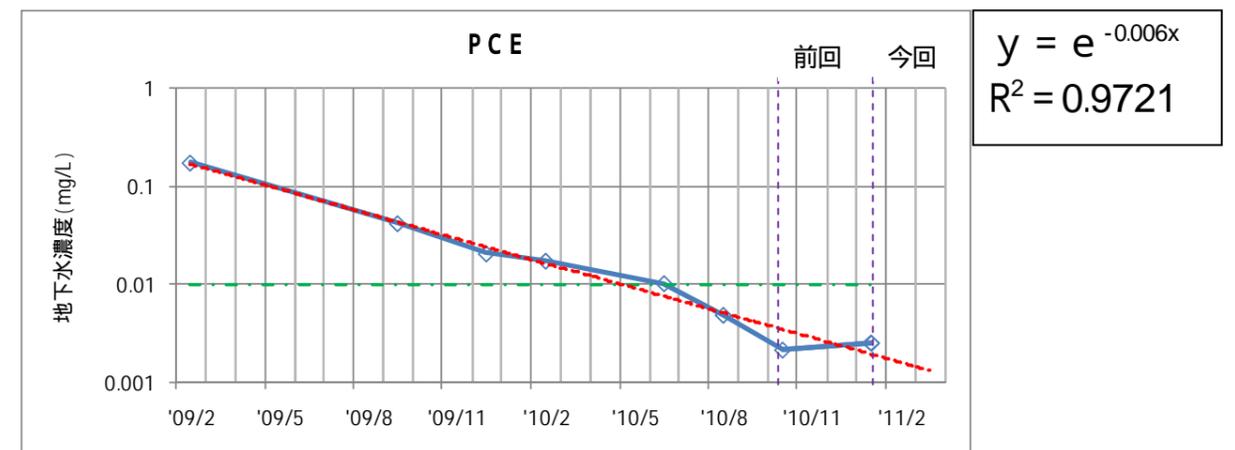
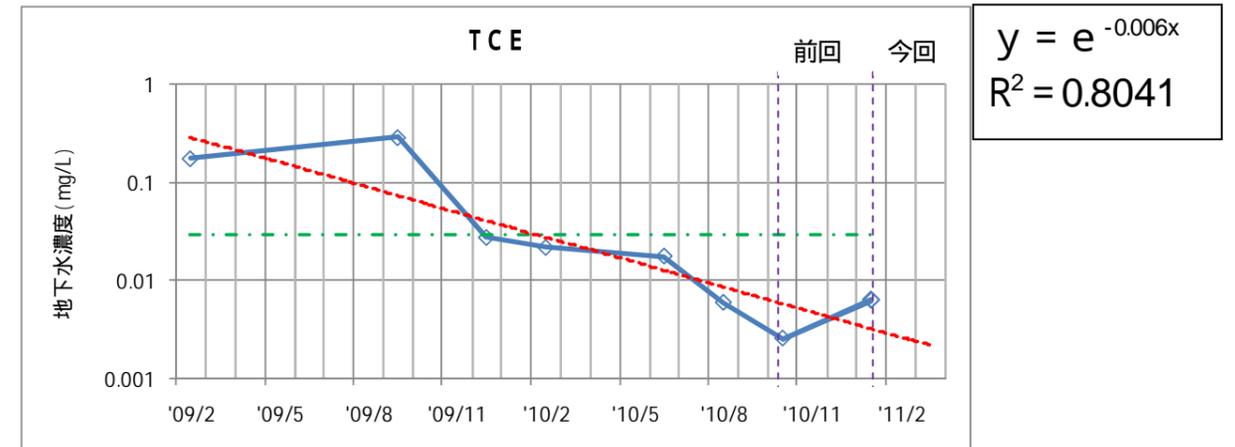
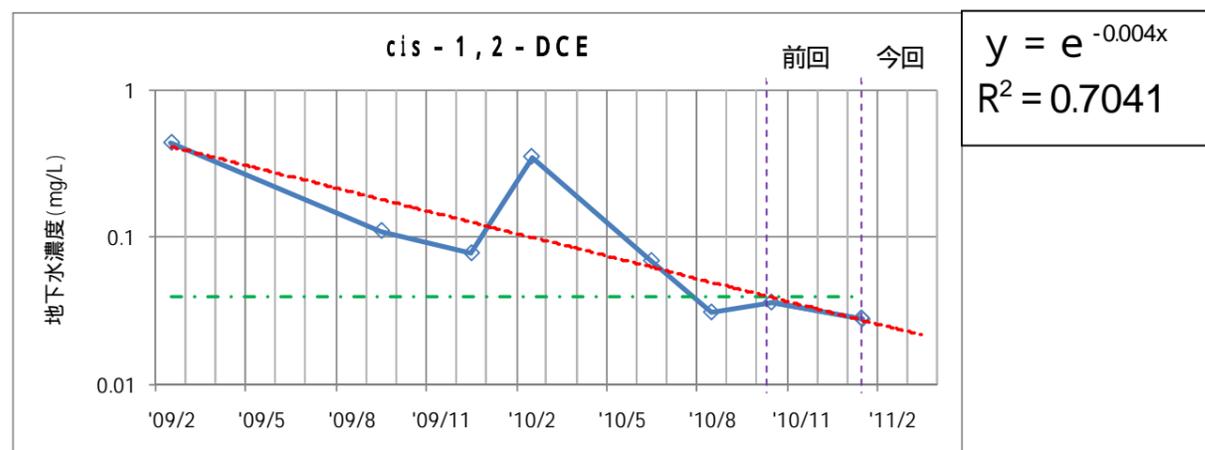
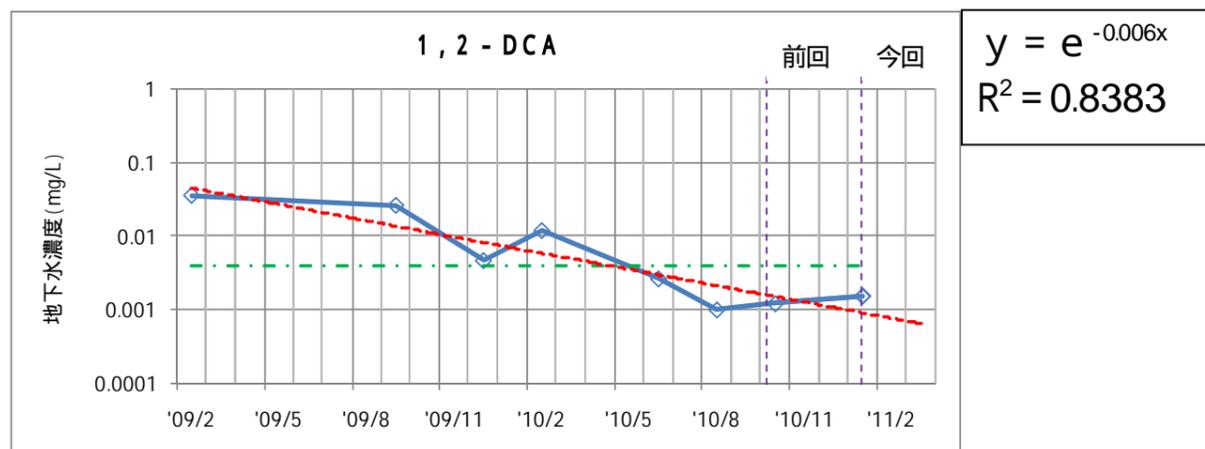
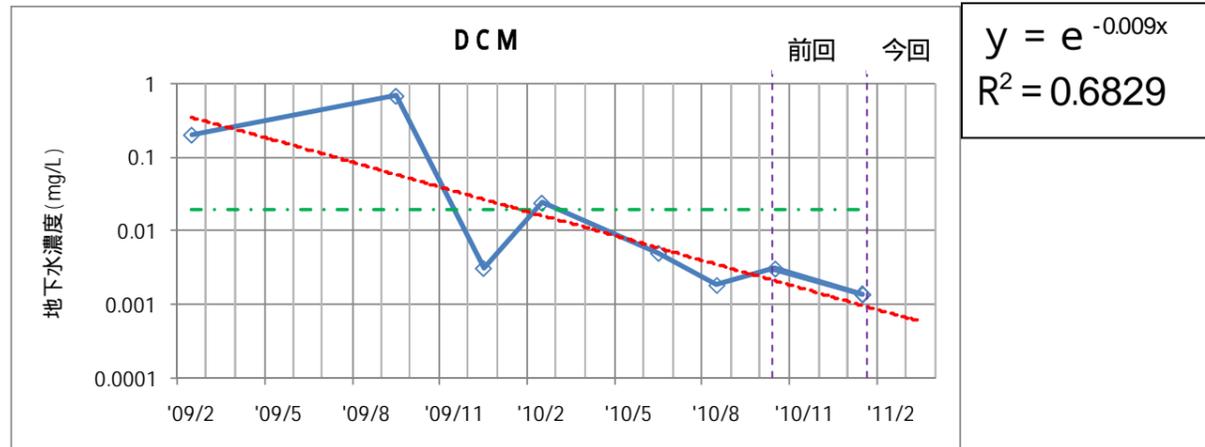
	Bz			
	H20.12 (kg)	H22.12 (kg)	増減 (kg)	減少率 (%)
a'-2	0.047	0	-0.047	100.0%
a-5	0.081	0	-0.081	100.0%
a-7	0.003	0	-0.003	100.0%
c-2	1.622	0.149	-1.473	90.8%
c-5	1.479	0.143	-1.336	90.3%
c-8	1.379	0.119	-1.260	91.4%
d-10	0.052	0	-0.052	100.0%
e-2	0.091	0.081	-0.010	11.0%
e-5	0.482	0.058	-0.424	88.0%
e-8	0.134	0.025	-0.109	81.3%
i-12	0	0	0	
g-14	0	0	0	
合計	5.370	0.575	-4.795	
平均				85.3%

: H20.12時点より増加となった区画

2.2 浄化傾向の推測

2.2.1 N地区汚染状況の推測

第12回土壌委員会で示したパイオ単独エリアでの浄化傾向から、同区画でのH23年1月時点のデータを加えた汚染濃度の経時変化グラフを以下に示す。前回に比べると DCM, cis-1,2-DCE, Benzene は傾向通り減少し、1,2-DCA、PCE ではほぼ横ばい、TCE ではやや上昇という結果であったが傾向としてはほぼ予測値で推移した。



2.2.2 指標区画の計時変化

第12回土壌委員会で示した基準値超過物質の浄化日数予測を行った区画に対してのH23年1月の実測値および、その実測値からの予測値の算出表を 表-2.2.1~2.2.6に示す。

表-2.2.1 DCM 地下水濃度の減少予想

DCM 環境基準値:0.02 単位:mg/L

区画	初期値	実測値	予測値											
		H23.1	H23.4	H23.7	H23.10	H24.1	H24.4	H24.7	H24.10	H25.1				
		-	3ヶ月後	6ヶ月後	9ヶ月後	12ヶ月後	15ヶ月後	18ヶ月後	21ヶ月後	24ヶ月後				
a1	1.9	ND												
b1	5.1	0.001												
c1	0.87	ND												
e2	0.007	0.013												
e3	0.85	ND												

青ハッチング：実測地で基準値クリアとなった区画
 赤文字：基準値超過
 青文字：基準値以下

表-2.2.2 1,2-DCA 地下水濃度の減少予想

1,2-DCA 環境基準値:0.004 単位:mg/L

区画	初期値	実測値	予測値											
		H23.1	H23.4	H23.7	H23.10	H24.1	H24.4	H24.7	H24.10	H25.1				
		-	3ヶ月後	6ヶ月後	9ヶ月後	12ヶ月後	15ヶ月後	18ヶ月後	21ヶ月後	24ヶ月後				
a1	0.13	ND												
b1	0.039	ND												
b7	0.008	0.001												
b8	0.001	0.004												
c1	0.06	ND												
c3	0.19	0.01	0.006	0.003										
c4	0.02	0.013	0.008	0.004	0.003									
c5	0.033	0.006	0.003											
c7	0.035	0.004												
c8	0.021	0.007	0.004	0.002										
d4	0.024	0.004												
d5	0.01	0.01	0.006	0.003										
d6	0.003	0.013	0.008	0.004	0.003									
d7	0.016	0.001												
e2	0.083	0.005	0.003											
e3	0.21	ND												
e4	0.063	ND												
e9	0.006	0.004												
f1	0.012	ND												
f2	0.083	0.046	0.027	0.016	0.009	0.005	0.003							

表-2.2.3 cis-1,2-DCE 地下水濃度の減少予想

cis-1,2-DCE 環境基準値:0.04 単位:mg/L

区画	初期値	実測値	予測値											
		H23.1	H23.4	H23.7	H23.10	H24.1	H24.4	H24.7	H24.10	H25.1				
		-	3ヶ月後	6ヶ月後	9ヶ月後	12ヶ月後	15ヶ月後	18ヶ月後	21ヶ月後	24ヶ月後				
a1	0.43	0.01												
b1	0.41	0.01												
c1	0.48	ND												
c3	0.55	0.065	0.045	0.032										
c7	0.49	ND												
d6	0.04	ND												
e2	0.89	0.17	0.119	0.083	0.058	0.040	0.028							
e3	0.62	ND												
e9	0.63	0.086	0.060	0.042	0.029									
e12	0.008	0.038												
f12	ND	0.14	0.098	0.068	0.048	0.033								
g12	0.004	ND												

表-2.2.4 TCE 地下水濃度の減少予想

TCE 環境基準値:0.03 単位:mg/L

区画	初期値	実測値	予測値											
		H23.1	H23.4	H23.7	H23.10	H24.1	H24.4	H24.7	H24.10	H25.1				
		-	3ヶ月後	6ヶ月後	9ヶ月後	12ヶ月後	15ヶ月後	18ヶ月後	21ヶ月後	24ヶ月後				
a1	1	ND												
b1	0.61	ND												
c1	0.79	ND												
d6	0.056	ND												

表-2.2.5 PCE 地下水濃度の減少予想

PCE 環境基準値:0.01 単位:mg/L

区画	初期値	実測値	予測値											
		H23.1	H23.4	H23.7	H23.10	H24.1	H24.4	H24.7	H24.10	H25.1				
		-	3ヶ月後	6ヶ月後	9ヶ月後	12ヶ月後	15ヶ月後	18ヶ月後	21ヶ月後	24ヶ月後				
a1	0.71	ND												
a3	0.55	0.037	0.020	0.010	0.006									
b1	0.39	ND												
c1	0.33	ND												
d6	0.071	ND												
e1	0.31	0.011	0.006											

表 - 2.2.6 Benzene 地下水濃度の減少予想

Benzene		環境基準値:0.01 単位:mg/L									
区画	初期値	実測値	予測値								
		H23.1	H23.4	H23.7	H23.10	H24.1	H24.4	H24.7	H24.10	H25.1	H25.3
		-	3ヶ月後	6ヶ月後	9ヶ月後	12ヶ月後	15ヶ月後	18ヶ月後	21ヶ月後	24ヶ月後	26ヶ月後
a1	0.13	0.003									
a2	0.35	0.005									
a3	0.41	0.078	0.054	0.038	0.026	0.018	0.013	0.009			
b1	0.24	0.007									
b2	0.034	0.015	0.010	0.007							
b3	1.2	0.008									
b7	0.022	0.048	0.033	0.023	0.016	0.011	0.008				
b8	0.017	0.02	0.014	0.010							
c1	0.3	0.005									
c2	0.55	0.16	0.112	0.078	0.054	0.038	0.026	0.018	0.013	0.009	
c3	2	0.19	0.133	0.092	0.065	0.045	0.031	0.022	0.015	0.011	0.008
c4	0.35	0.064	0.045	0.031	0.022	0.015	0.011	0.007			
c5	0.34	0.1	0.070	0.049	0.034	0.024	0.017	0.012	0.008		
c6	0.27	0.01									
c7	0.23	0.19	0.133	0.092	0.065	0.045	0.031	0.022	0.015	0.011	0.008
c8	0.36	0.1	0.070	0.049	0.034	0.024	0.017	0.012	0.008		
c9	0.02	0.018	0.013	0.009							
d2	0.81	0.032	0.022	0.016	0.011	0.008					
d4	0.008	0.053	0.037	0.026	0.018	0.013	0.009				
d5	0.041	0.086	0.060	0.042	0.029	0.020	0.014	0.010			
d6	0.012	0.16	0.112	0.078	0.054	0.038	0.026	0.018	0.013	0.009	
d7	0.05	0.048	0.033	0.023	0.016	0.011	0.008				
d8	0.01	0.005									
e2	0.093	0.057	0.040	0.028	0.019	0.014	0.009				
e3	0.68	0.001									
e4	0.18	0.016	0.011	0.008							
e9	0.1	0.018	0.013	0.009							
f1	ND	ND									
f2	ND	0.07	0.049	0.034	0.024	0.017	0.012	0.008			

Benzene 以外の5物質においては前回の傾向に比べ同等もしくはそれ以上の傾向で減少しており早ければH23年度内に基準値を下回る状況となっている。一方 Benzene はb-7、b-8、c-9、d-4、d-5、d-6、d-7で濃度数値での変化があまり見られないが、図 - 2.2.2 のコンター図を見るとこれらの区画の中心部にやや濃度レベルの高い汚染範囲があり、濃度が引っ張られている可能性が考えられる。しかし、この汚染範囲も図 - 2.2.1 のH22年10月時点から比べても明らかに濃度が減少しており、濃度減少とともにその周辺区画も今後徐々に減少していくと推測する。

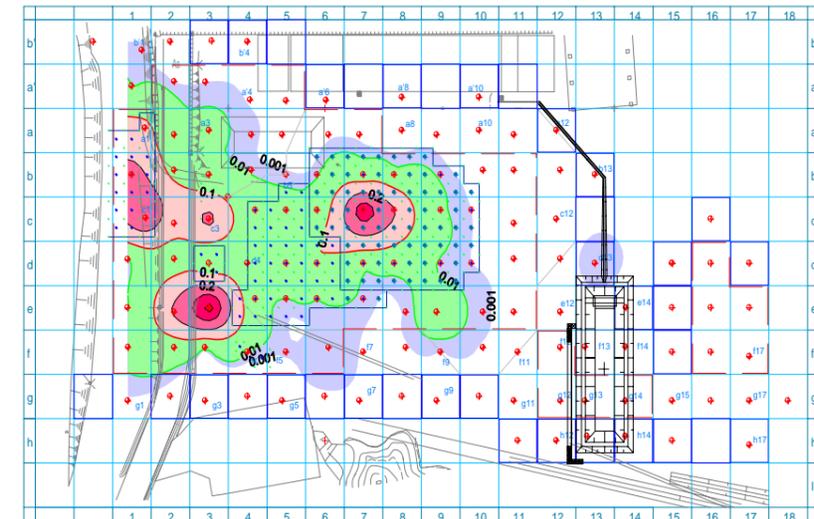


図 - 2.2.1 ベンゼンの濃度コンター図 (H22年10月時点)

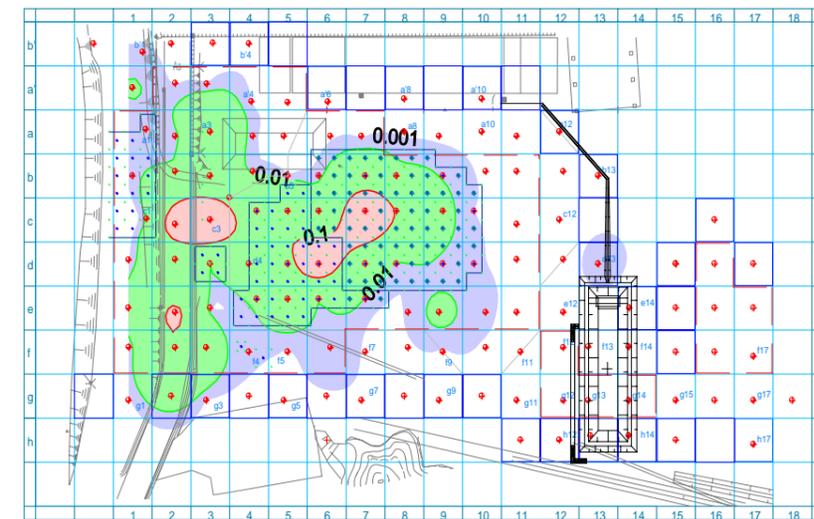


図 - 2.2.2 ベンゼンの濃度コンター図 (H23年1月時点)

2.3 Benzene の濃度減少の推察

2.3.1 Benzene の濃度減少の推察

N 地区における Benzene の減少傾向は嫌気性微生物の生育環境を整えるバイオスティミュレーション中の事象である。現在、嫌気状態で Benzene の分解は非常に困難とされているが、一方で分解可能な嫌気微生物の存在が確認されていることも確かである。そこで嫌気分解中である N 地区の地下水に Benzene を分解する可能性のある微生物が存在するか、PCR を用いて分析した。地下水から抽出した DNA 試料を用い、Benzene を分解すると知られているか又はその可能性が高いとされている微生物の *Azoarcus* sp. DN11, *Desulfitobacterium* spp., *Desulfobacteraceae* および *Desulfobacterium* spp. の PCR 定性分析を行った。図 - 2.3.1 に *Desulfobacterium* spp. に関する PCR 反応物の電気泳動結果を示す。図 - 2.3.1 の結果からは、電気泳動で 707bp 近傍に DNA バンドが確認され、地下水中に *Desulfobacterium* spp. が存在すると考えられる結果となった。

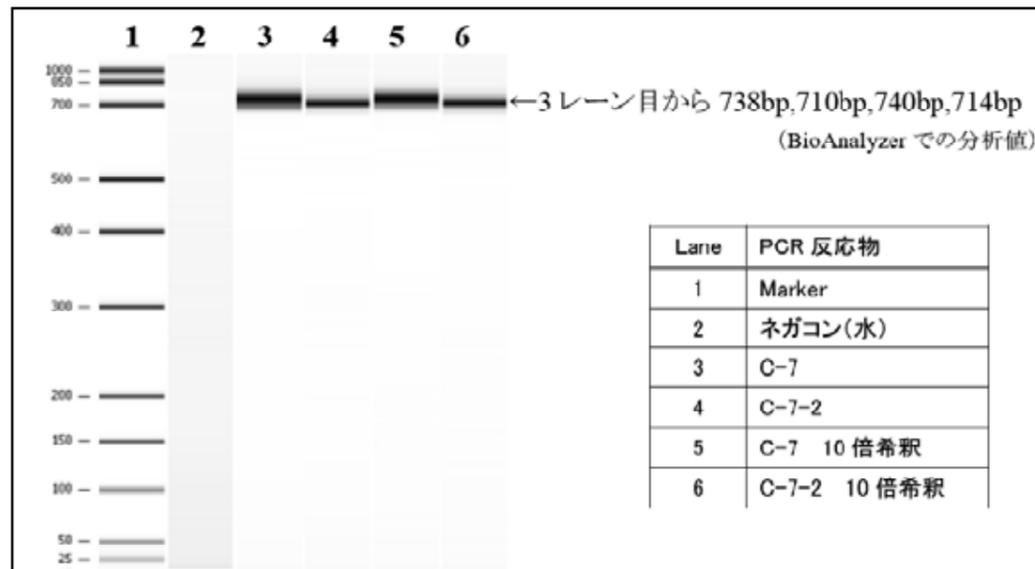


図 - 2.3.1 *Desulfobacterium* spp.に関する PCR 反応物の電気泳動結果

PCR 定性分析の結果、嫌気微生物で Benzene を分解することが確認されている *Azoarcus* sp. DN11 は確認されなかった。しかし、Benzene を分解する可能性が高い生物群である *Desulfitobacterium* spp., *Desulfobacteraceae* および *Desulfobacterium* spp. が確認された。バイオ浄化を行った N 地区の地下水には、鉄還元菌の一種であるこれらの微生物が存在し、Benzene の分解を行っている可能性が示された。

表 - 2.3.1 ベンゼン分解の可能性が高い細菌分類

ベンゼン分機能がある可能性が高い生物

界 (Kingdom)	門 (Phylum)	綱 (Class)	目 (Order)	科 (family)	属 (genus)	種 (species)
細菌界 (Bacteria)	プロテオバクテリア門 (Proteobacteria)	ベータプロテオバクテリア綱 (Betaproteobacteria)	ロドサイクラールス (Rhodocyclales)	ロドサイクラセアエ (Rhodocyclaceae)	アゾアルカス (<i>Azoarcus</i>) デクロモナス (<i>Dechloromonas</i>)	<i>Azoarcus</i> sp. DN11
		デルタプロテオバクテリア綱 (Deltaproteobacteria)	デスルホバクテラールス (Desulfobacterales)	デスルファルキュラセアエ (<i>Desulfobulbaceae</i>) デスルホバクテラセアエ (<i>Desulfobacteraceae</i>)	デスルホバクテリウム (<i>Desulfobacterium</i>)	<i>Desulfobacterium</i> spp.
	グラム陽性細菌門 (Firmicutes)	クロストリディウム綱 (Clostridia)	クロストリジウム目 (Clostridiales)	ペプトコッカス科 (<i>Peptococcaceae</i>)	デスルフイトバクテリウム (<i>Desulfitobacterium</i>)	<i>Desulfitobacterium</i> spp.
	放線菌 (Actinobacteria)	(Actinobacteria)				

赤字
赤太字
ベンゼン資化機能を持つと考えられる菌
今回検出された菌
今回の分析で、確認できた可能性がある範囲

3 H23年度 浄化傾向の確認

3.1 モニタリング計画

N地区は2.2章で想定した傾向でH22年10月以降浄化が進んでおり、H23年度は浄化傾向の継続を確認する目的で地下水のモニタリング中心に実施していく。モニタリングは30mメッシュモニタリング区画12箇所(図中●)と現在基準値超過している区画15箇所(図中■)の合計27箇所で行う。モニタリング時期はH23年〇月より〇ヶ月毎とし、分析結果より浄化傾向の確認を行っていく。

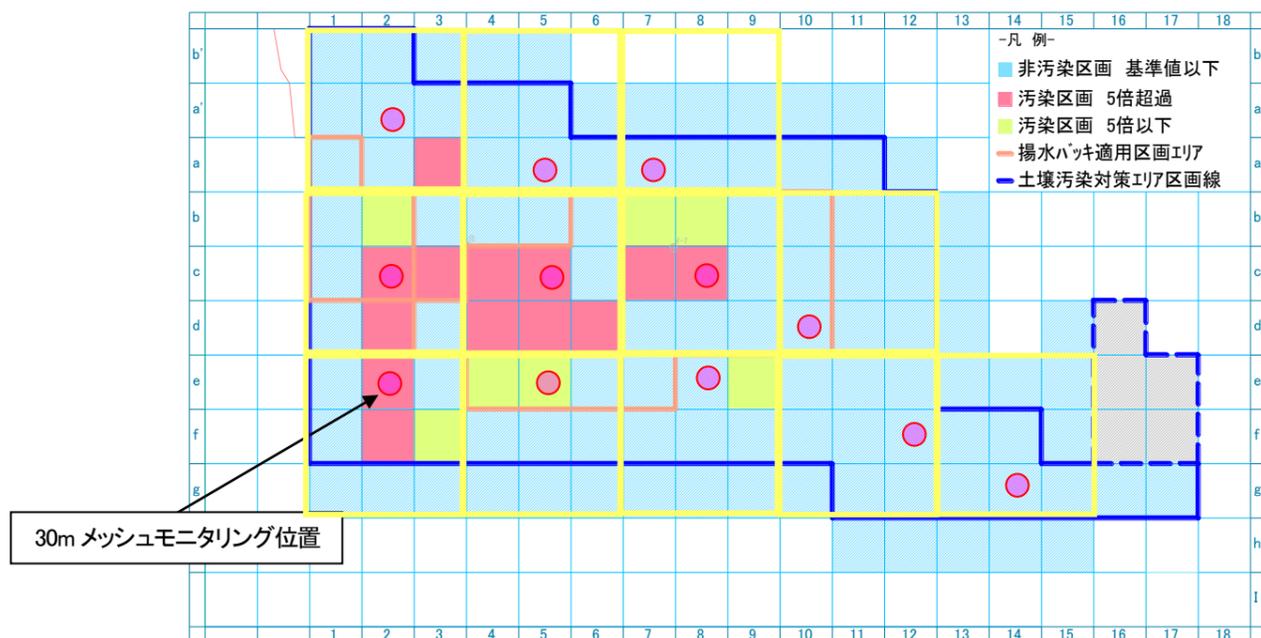


図-3.1.1 モニタリング位置図

実施工程表

実施時期	H23年度												H24
	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
現場分析	○				○		○		○				○
公定法分析			○								○		