

桑名市五反田事案 支障除去対策事業
令和元年度の井戸設置計画および今後の進め方

令和元年6月
廃棄物適正処理プロジェクトチーム

1 揚水浄化対策の概要

(1) 目標と判断指標

<目標と判断指標>

目 標	特定産業廃棄物からの 1,4-ジオキサンによる地下水汚染の防止が図られ、不法投棄地周辺地下水は環境基準が達成された状態で保たれている。	
判断指標	内 容	目指す状態
	不法投棄地周辺(遮水壁外) 地下水質	環境基準値以下

<具体的な判断指標>

遮水壁外 : 環境基準値 (0.05mg/L) 以下 ※実施計画上の指標

各井戸ごとに判断

調査結果の濃度レベルが3回連続で環境基準以下であり、かつ上昇傾向でない場合に達成されていると評価

遮水壁内 : 管理値として排水基準値 (0.5mg/L) 以下 ※効果検証委員会です承(H29.1月)

各井戸の濃度を加重平均し判断

1 揚水浄化対策の概要

(2) 浄化対策区域

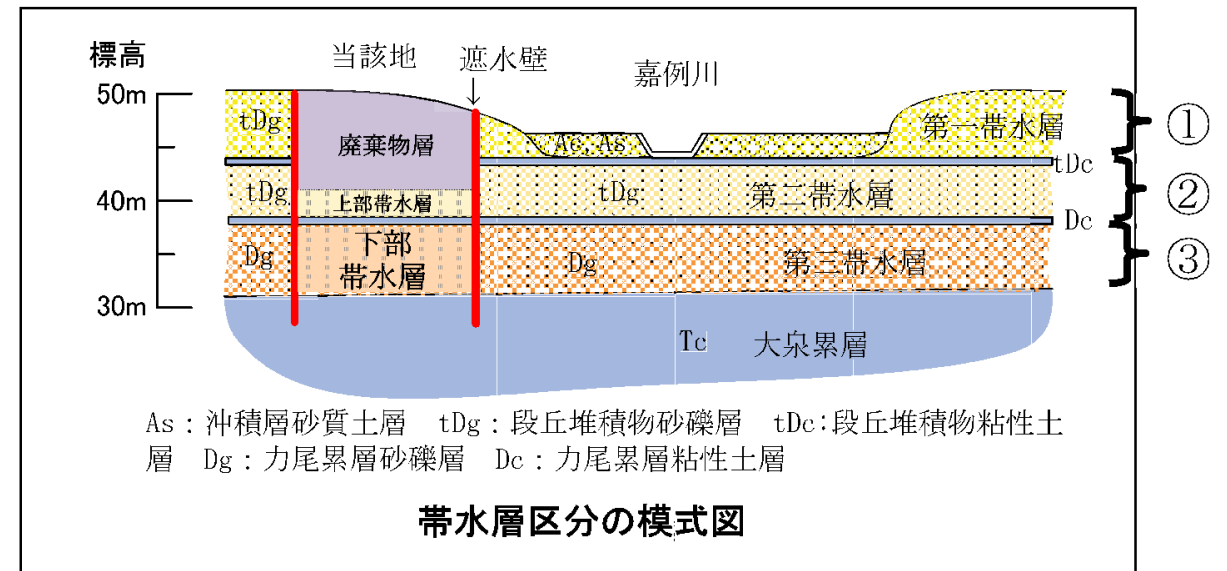
遮水壁外：第二帯水層及び

第三帯水層の地下水環境基準超過範囲

遮水壁内：撤去エリアの下部帯水層

残置エリアの廃棄物層・上部帯水層

及び下部帯水層



- ①概ね標高 45~50m に確認される段丘堆積物砂礫層(tDg 層)及び沖積層(As)により構成
- ②概ね標高 40~45m に確認される段丘堆積物砂礫層(tDg 層)の下位層で構成
- ③概ね標高 30~40m に確認される力尾累層砂礫層(Dg 層)により構成

現場概略図及び帯水層区分

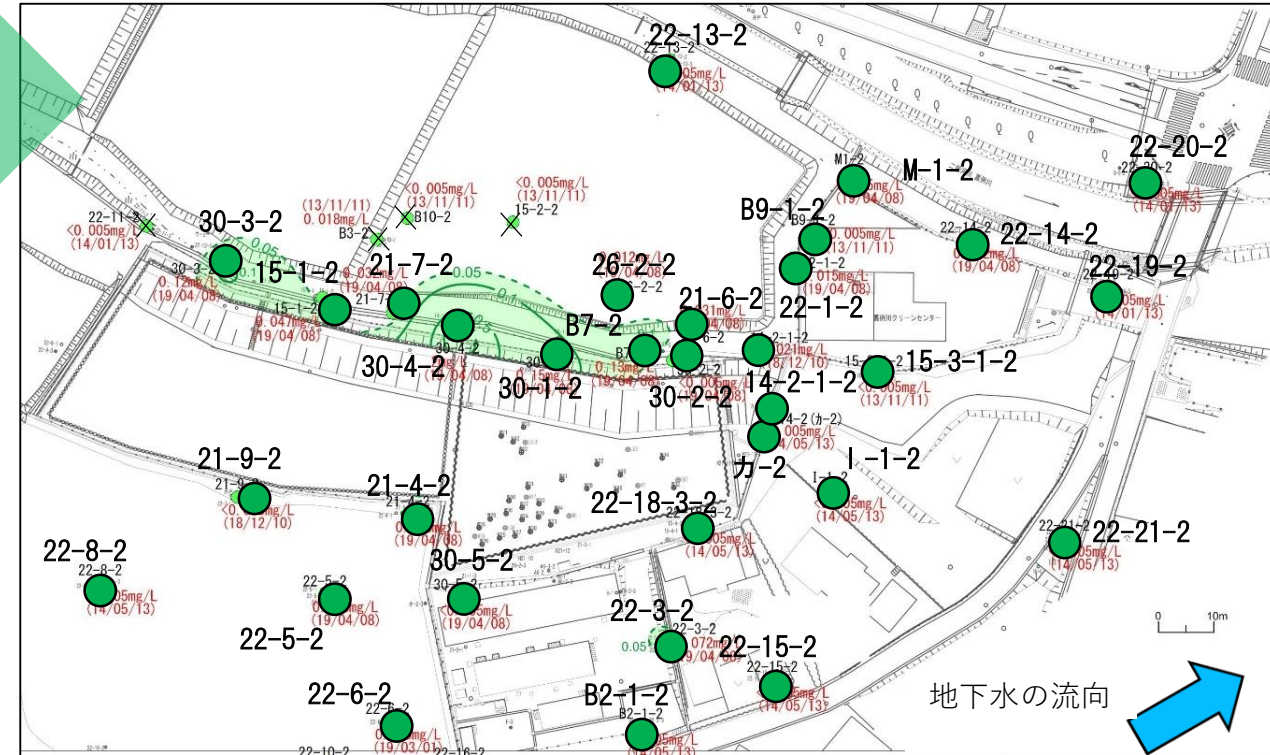
2. これまでの揚水浄化に係る検証

(1) 1,4-ジオキサン濃度の推移

＜遮水壁外 第2帯水層＞



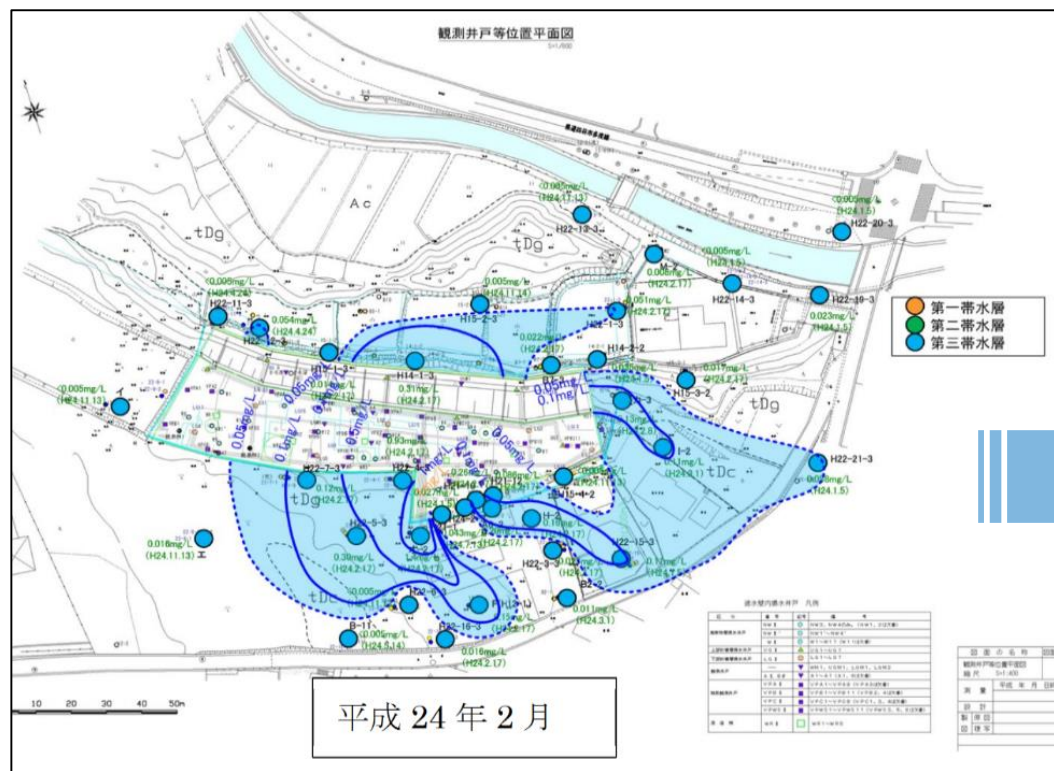
H24年2月



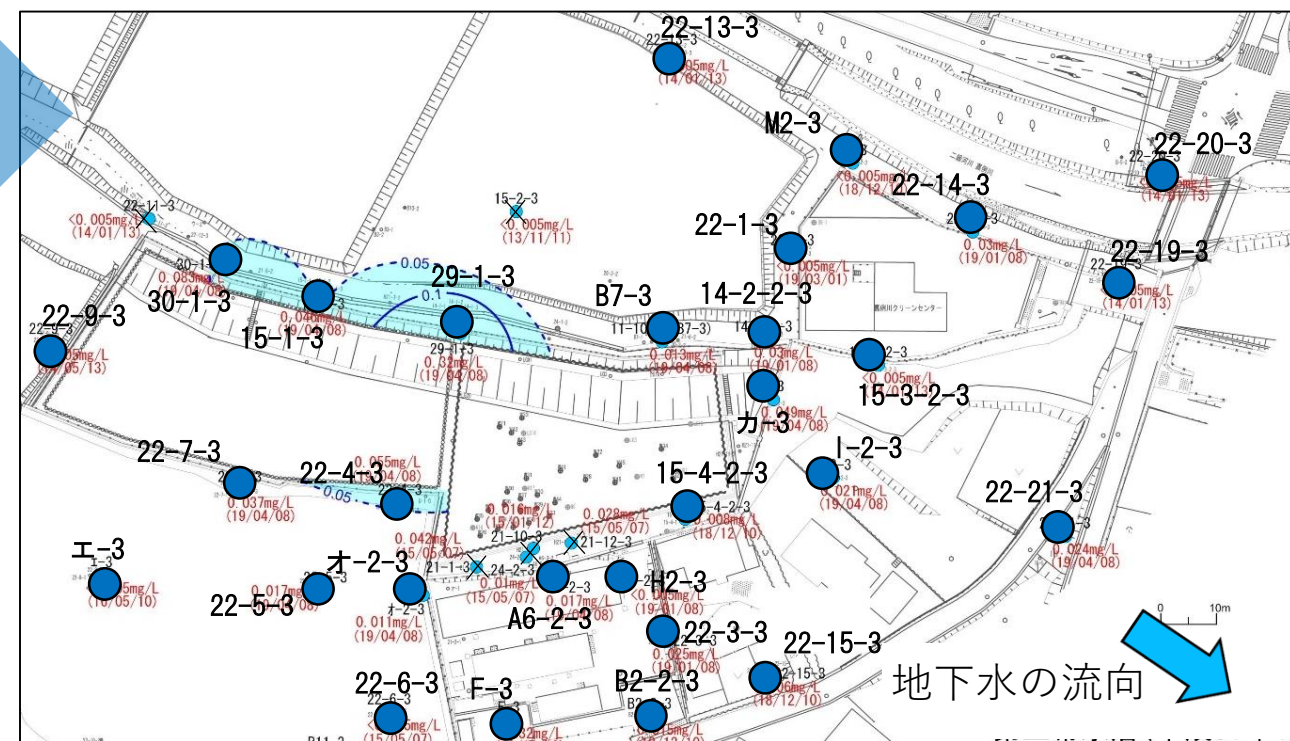
2. これまでの揚水浄化に係る検証

(1) 1,4-ジオキサン濃度の推移

＜遮水壁外 第3帯水層＞



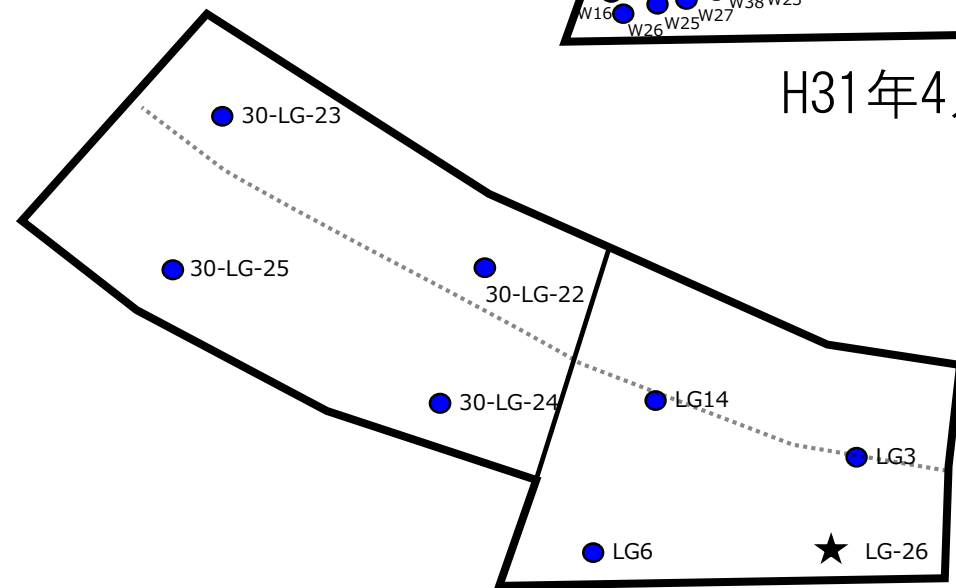
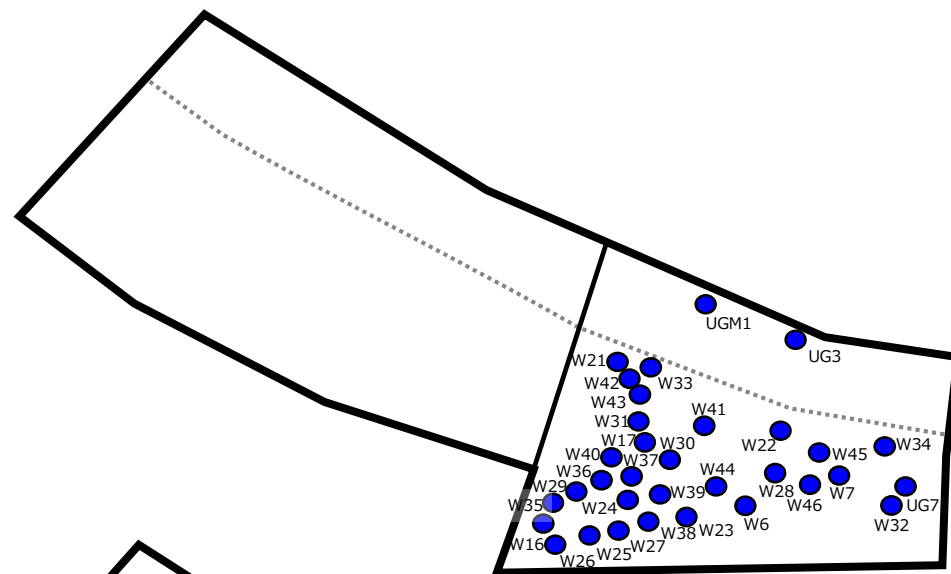
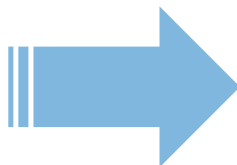
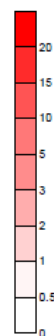
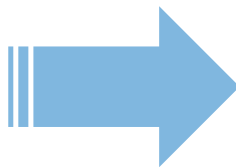
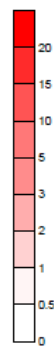
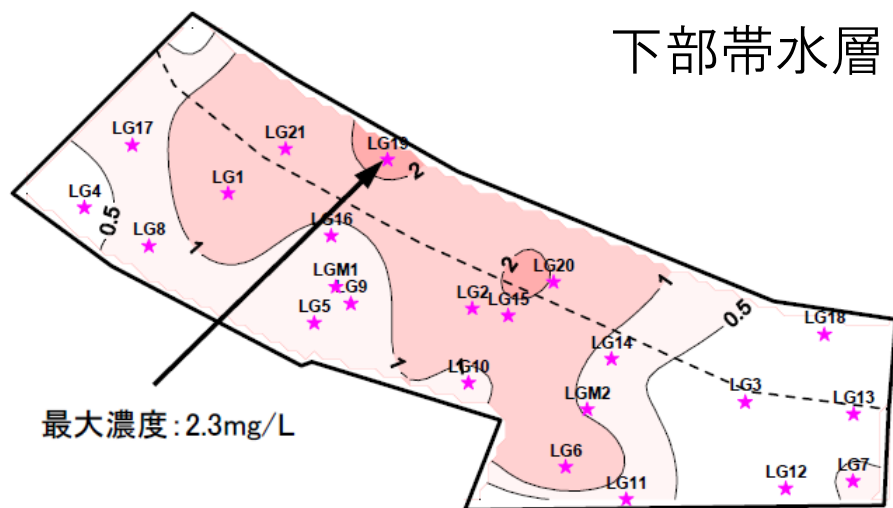
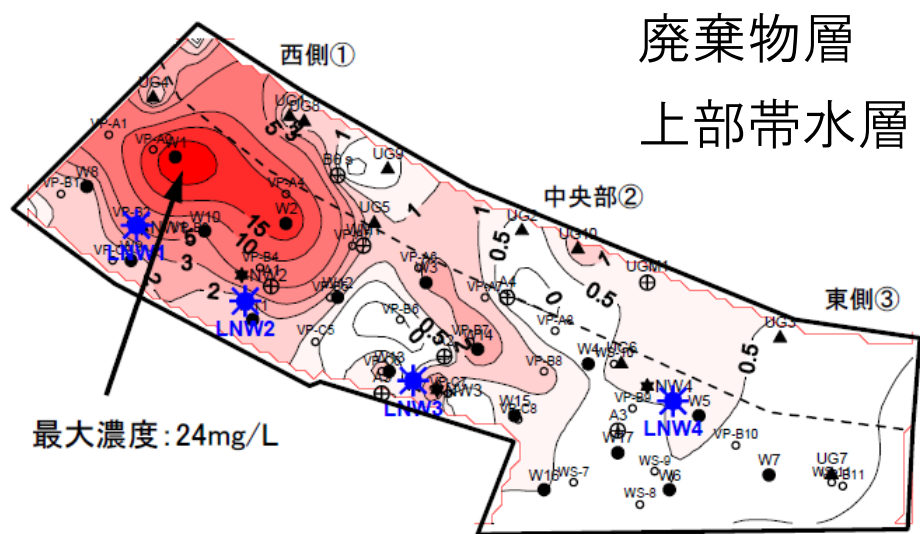
H24年2月



2. これまでの揚水浄化に係る検証

(1) 1,4-ジオキサン濃度の推移

<遮水壁内>



各井戸の濃度が管理値 (0.5mg/L) 以下となった。

2. これまでの揚水浄化に係る検証

(2) 地下水浄化の予測

揚水による地下水汚染濃度の低減効果は、下記の計算式により算出する。

揚水を行うと、理論上は揚水に含まれる1,4-ジオキサンが除去されるが、地下水の移流拡散による希釈の影響を受けることから、浄化予測にあたっては除去できる1,4-ジオキサン量を「揚水効率(α)」で補正している。

1,4-ジオキサン濃度(C_n)は、「揚水量(Q)」と「揚水効率(α)」の影響を強く受け、両変数とも現場の状況により変動することから、前回検討時(平成28年度)以降の実績値を用いて、前回検討時(H28.9)と現在(H31.4)の状況を比較・検証した。

【揚水による低減効果の計算式】

揚水開始n日後の1,4-ジオキサン平均濃度は、下式より算出する。

$$C_n = (v \times C_{n-1} - Q \times C_{n-1} \times \alpha) / v$$
$$= (v - Q \times \alpha) \times C_{n-1} / v$$

C_n : 揚水開始後のn日後の1,4-ジオキサン濃度 (mg/L)

v : 地下水量 (m³) (=帯水層量×間隙率 θ (0.3))

Q : 揚水量 (m³/日)

C_{n-1} : 揚水開始(n-1)日後の1,4-ジオキサン濃度 (mg/L)

α : 揚水浄化による1,4-ジオキサンの除去効率 (=揚水効率)

2. これまでの揚水浄化に係る検証

(2) 地下水浄化の予測

<検証> 第2帯水層遮水壁北側

【初期条件 (H28.9)】

環境基準超過面積	1,195㎡
地下水賦存量	1,279.8㎡
加重平均濃度	0.293mg/L
1,4-ジオキサン賦存量	375.00g



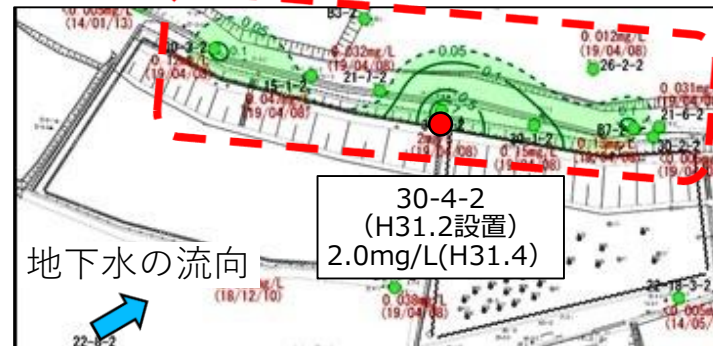
<設定値>

必要日揚水量	2.1㎡
揚水効率 (設定値)	0.73

※帯水層平均厚さ：3.57m、間隙率0.30
 ※浄化期間は2.5年としてエリアごとの必要揚水量を設定した。
 (H28設計時は浄化開始をH31.4に設定)
 ※揚水効率 (設定値) はH24.2とH28.9の実績であり、1,4-ジオキサン加重平均濃度とその期間における実績揚水量から算出した。

【現在 (H31.4)】

環境基準超過面積	759.1㎡
地下水賦存量	813.0㎡
加重平均濃度	0.215mg/L
1,4-ジオキサン賦存量	175.02g



<検証結果>

実績日揚水量	4.2㎡
揚水効率	0.24

※揚水効率はH28.9とH31.4の1,4-ジオキサン加重平均濃度とその期間における実績揚水量から算出した。
 ※実績日揚水量は期間中のエリア内総揚水量を日数で除して算出した。

環境基準超過エリアの面積	36%縮小
1,4-ジオキサン賦存量	53%減少
日揚水量	目標の200%
揚水効率	0.49低下

・必要日揚水量に対して2倍の揚水量を確保できた。

・環境基準値超過エリアの面積の縮小と1,4-ジオキサン賦存量の減少から、エリア全体の浄化が進んでいることがわかる。

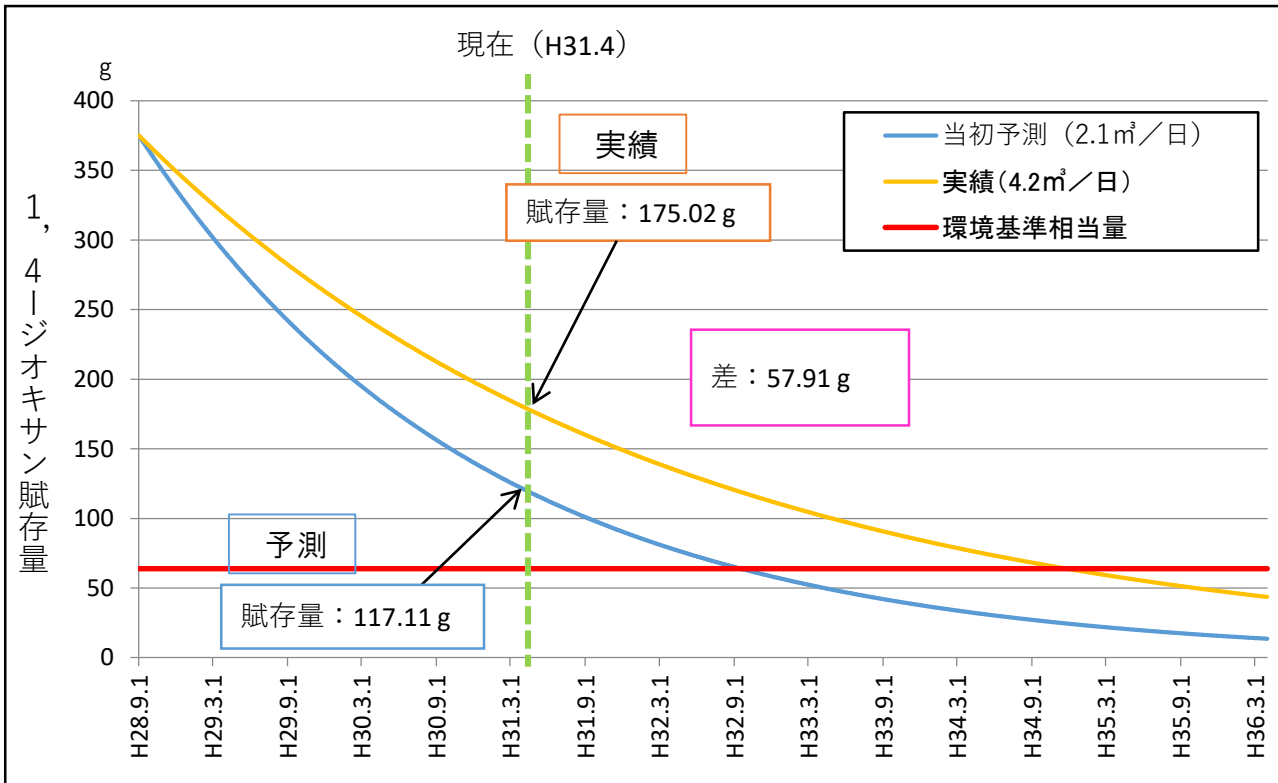
・H31.2に新設した井戸 (30-4-2) において1,4-ジオキサン濃度 2.0mg/Lが検出され、新たな汚染が確認された。

2. これまでの揚水浄化に係る検証

(2) 地下水浄化の予測

<検証> 第2帯水層遮水壁北側

【1,4-ジオキサン賦存量の減少予測と実績】



<結果>

平成28年9月の予測に対して、平成31年4月時点の実績値を算出した結果、予測よりも浄化が進まず、揚水効率を過大に設定していたと考えられる。

揚水効率は、揚水浄化の条件によって変化すると考えられる。



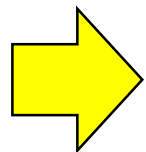
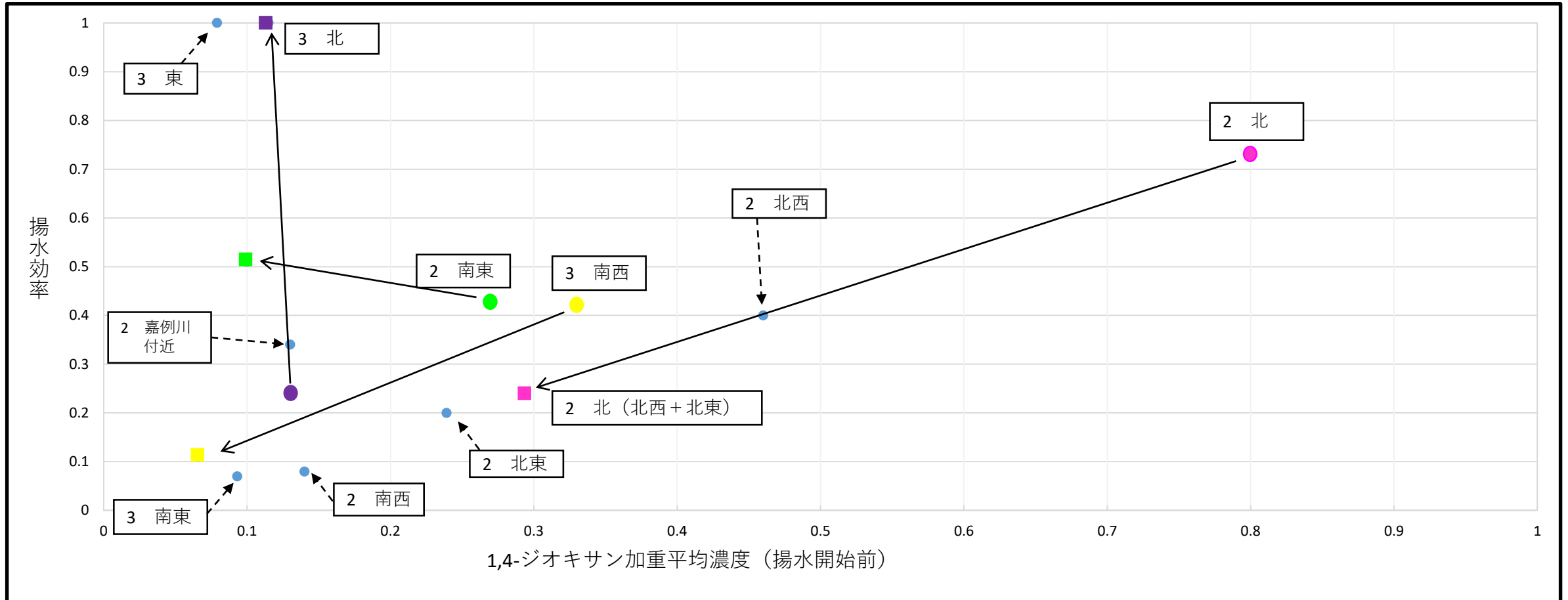
個々のエリアごとに揚水効率を算出し、それらの傾向を把握した。

2. これまでの揚水浄化に係る検証

(3) 1,4-ジオキサン濃度と揚水効率の関係

H24. 2~H28. 9とH28. 9~H31. 4の2期分のデータを基に検証した。

<検証結果>



1,4-ジオキサン濃度と揚水効率について、全体的な相関性は認められなかったが、エリアによっては濃度の低下に伴い揚水効率が低下する傾向が確認でき、エリアごとの特性に応じた検討が必要。

2. これまでの揚水浄化に係る検証

(3) 1, 4-ジオキサン濃度と揚水効率の関係

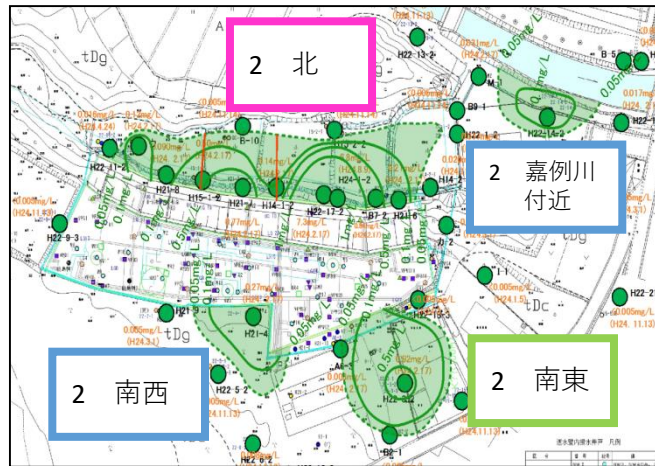
<凡例>

○ : H24. 2-H28. 9の揚水効率

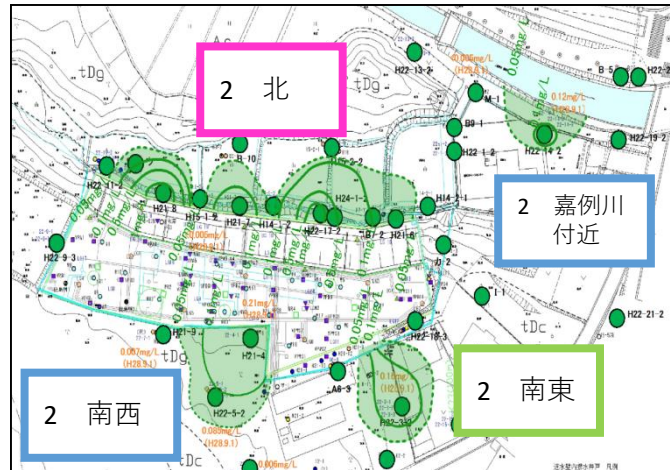
□ : H28. 9-H31. 4の揚水効率

第2帯水層

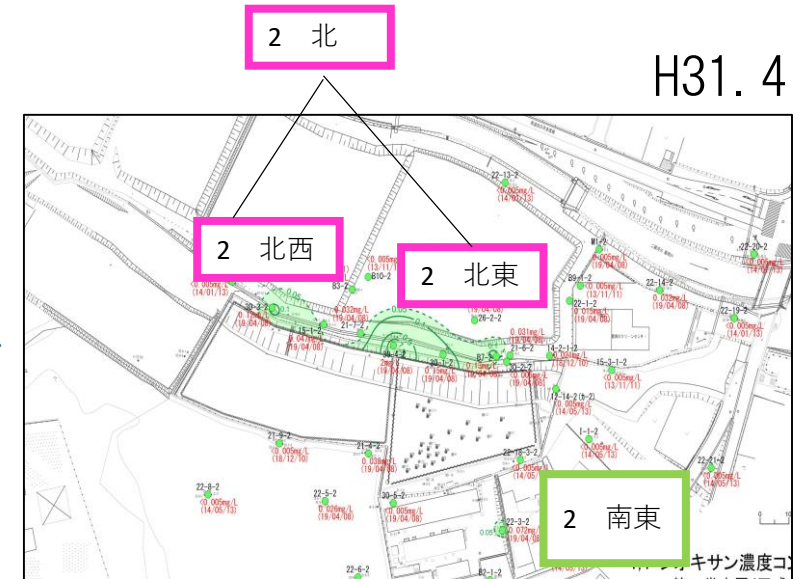
H24. 2



H28. 9



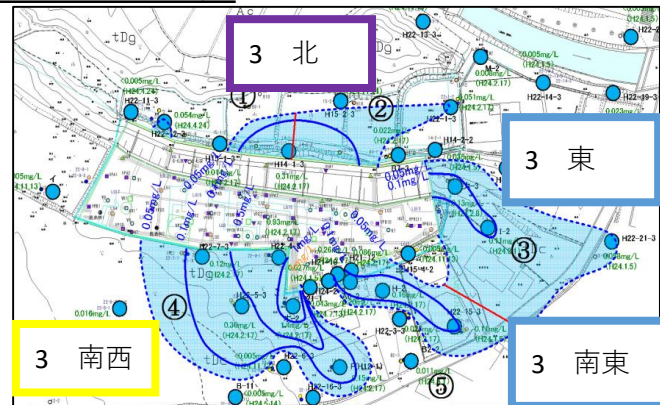
H31. 4



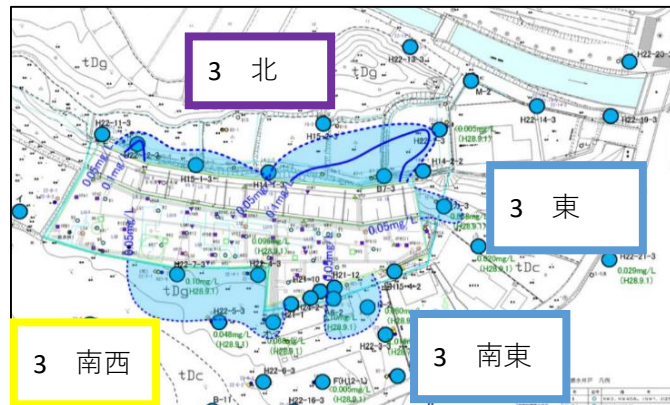
※嘉例川付近及び南西側は、環境基準を満足

第3帯水層

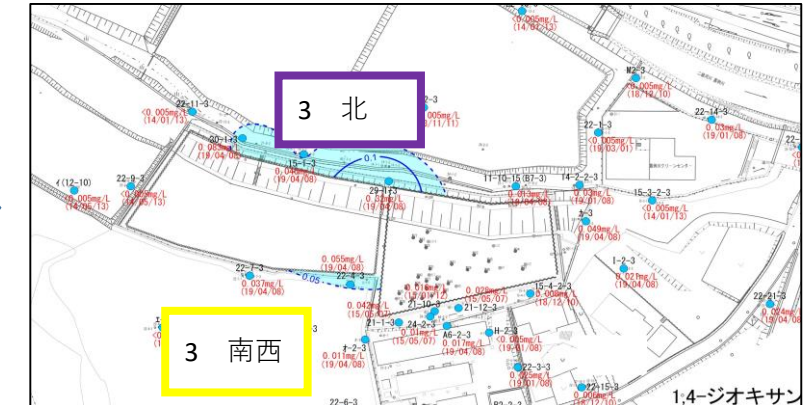
H24. 2



H28. 9



H31. 4



※東及び南東側は、環境基準を満足

2. これまでの揚水浄化に係る検証

<各エリアにおける今後の揚水効率の設定>

2（3）において、各エリアごとに得られたデータから、今後の揚水浄化に係る揚水効率について以下のとおり設定した。

区域		H24-H28の揚水効率	H28-H31の揚水効率	設定した揚水効率	考え方
第2帯水層	北西	0.130→0.460	0.460→0.077	0.08	局所的に高濃度値が検出されたことから、1,4-ジオキサンの加重平均濃度が上昇した期間がある。今後の揚水効率は安全側で設定し、第2帯水層の最低実績値である0.08と設定する。
		—	0.40		
	北～北東	0.958→0.239	0.239→0.264	0.08	
		0.73	0.12		
南西	0.140→0.120	-	-	環境基準値超過エリアは消滅した。	
	0.08				
南東	0.270→0.100	0.100→0.072	0.01	井戸（22-3-2）の濃度が0.2～0.3mg/Lの間で推移していたが、H31年4月の測定で0.072mg/Lに低下したことにより揚水効率が上昇したものと考えられる。この区域の特徴として、遮水壁外南側に存在していた廃棄物による汚染が残留しており、揚水で除去した以上の汚染が流入しているものと考えられるため、ここでは揚水効率を0.01と設定する。（詳細はP18に記載）	
	0.43	0.51			
第3帯水層	北	0.221→0.115	0.115→0.110	0.07	北側では、移流拡散等により濃度が低下し、H28からH31の揚水効率が1になったものと考えられる。今後の揚水効率は安全側で設定し、第3帯水層の最低実績値である0.07と設定する。
		0.24	1		
	南西	0.330→0.066	0.066→0.055	0.07	
0.42		0.11			
南東	0.093→0.075	-	-	環境基準値超過エリアは消滅した。	
	0.07				

3. 追加井戸設置計画

<新規設置井戸の役割>

- ・ 汚染区域浄化用の揚水井戸 (6本)
- ・ 汚染の拡散状況確認用のモニタリング井戸 (5本) ※揚水も可。

<各井戸における揚水可能量>

- ・ 揚水実績のある井戸
 - 直近2年間 (H29~H30) の平均値を採用。
- ・ H30年度に掘削した井戸
 - 揚水実績が少ないため、直近の揚水実績の1/2の値を採用。
- ・ R元年度に掘削する新規井戸
 - 同一汚染源にある井戸における揚水量 (実績値) を参考に設定。

<浄化目標時期>

令和4年度末が産廃特措法の期限となっており、水処理施設の撤去等に約1年間要することから、令和4年4月に設定した。

3. 追加井戸設置計画

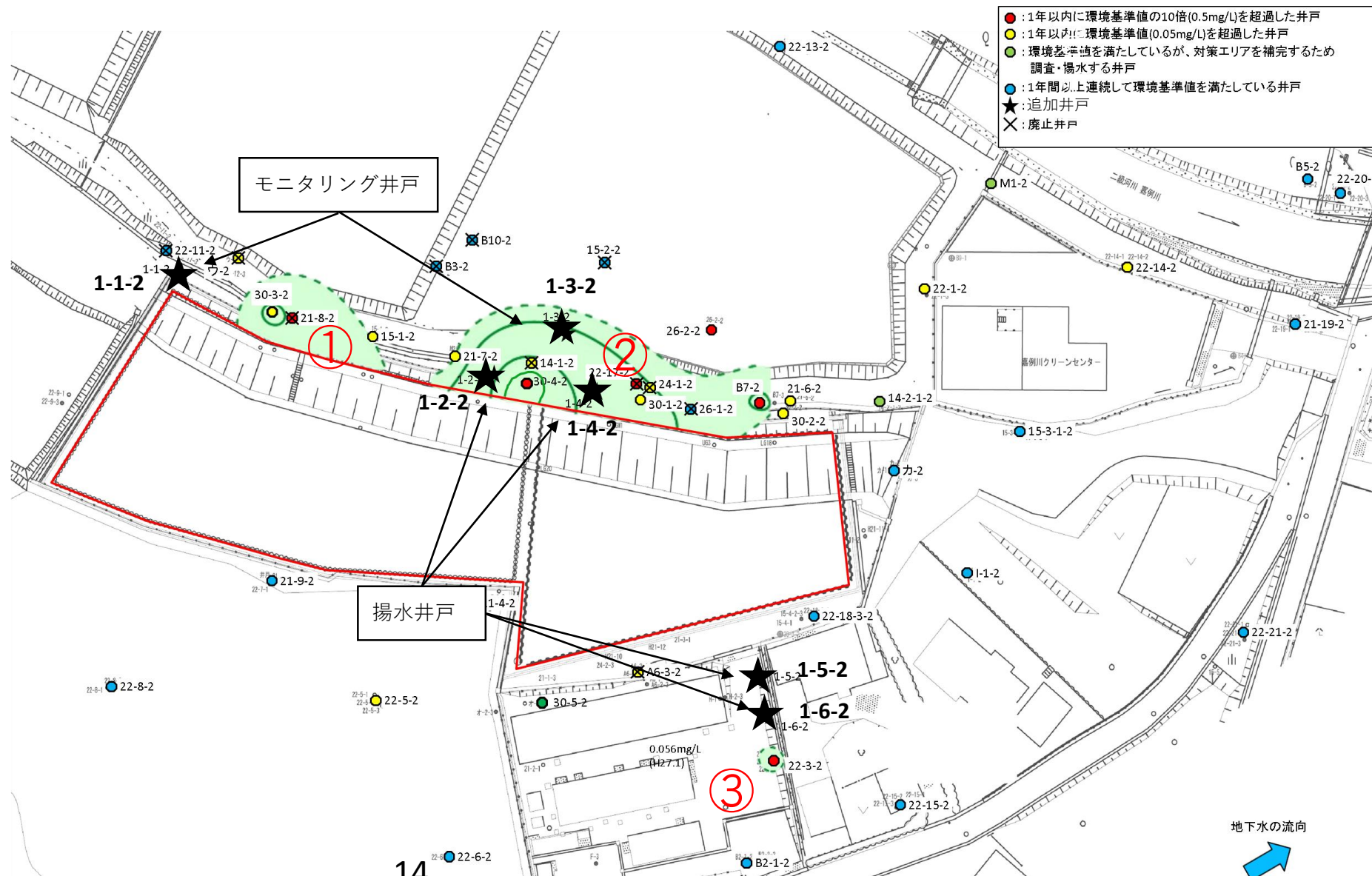
(1) 遮水壁外

ア) 第2帯水層

第2帯水層は、遮水壁北側に2か所、南東側に1か所、計3か所に汚染区域がある。



遮水壁北西側の端に1本、
②の汚染区域に3本、
③の汚染区域に2本、
計6本の井戸を新規に掘削する。



3. 追加井戸設置計画

(1) 遮水壁外

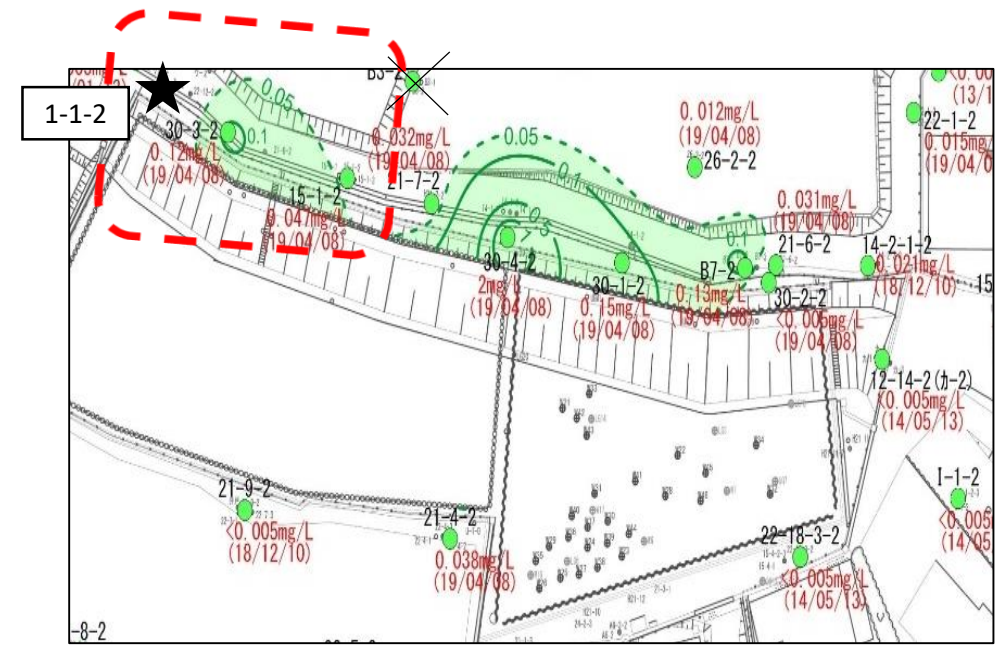
ア) 第2帯水層

① 遮水壁北西側

<現状 (H31.4) に基づく今後の浄化予測>

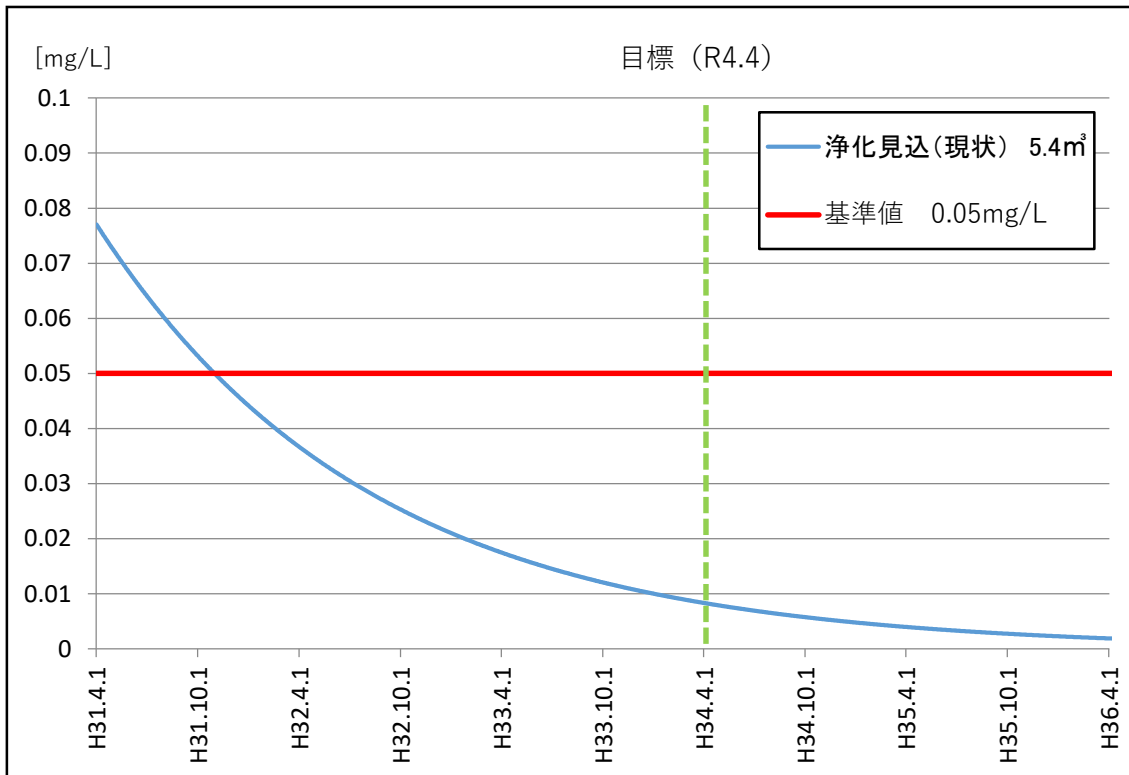
設定した揚水効率：0.08

井戸名	日揚水可能量 (m ³)
15-1-2	2.6
30-3-2	2.8
合計	5.4



★ 新規井戸

地下水の流向



<状況>

- ・現状の揚水浄化で浄化達成できる見通し。
- ・平成31年2月に設置した代替井戸（30-3-2）で環境基準値以上の値が検出されたことから、さらに西側の状況確認が必要と考える。

<対策>

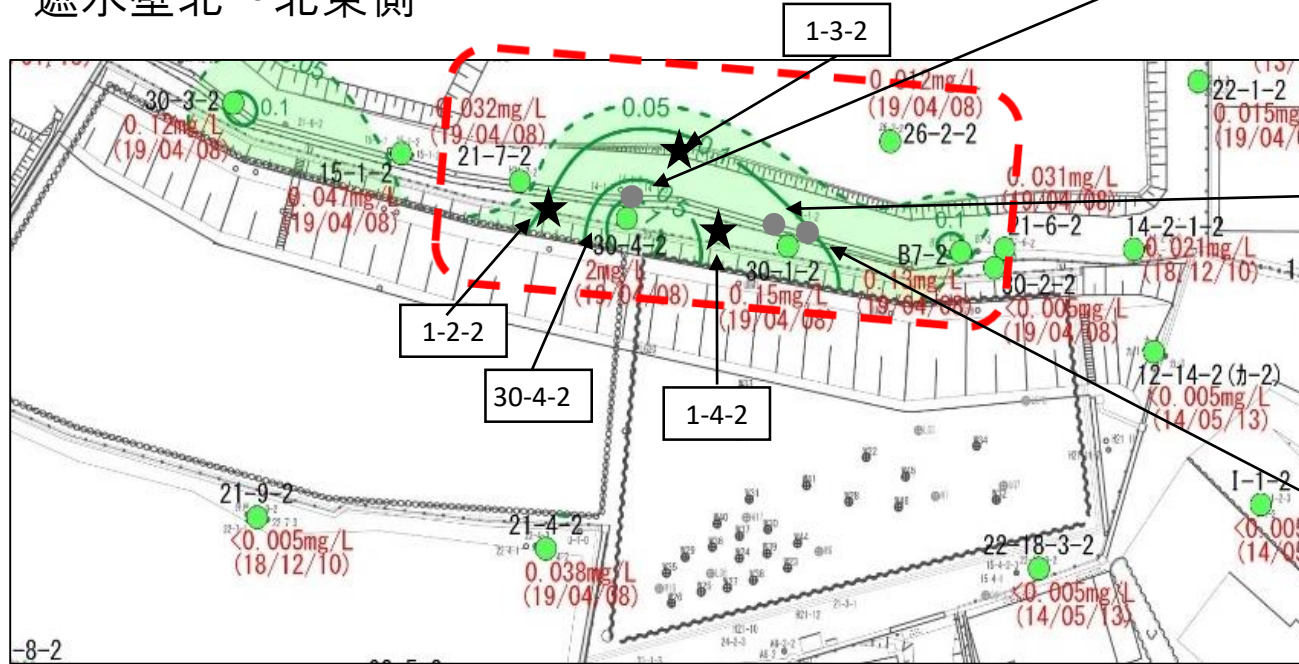
- ・引き続き、区域内の井戸で揚水浄化を継続する。
- ・井戸（30-3-2）の西側にモニタリング井戸（1-1-2）を設置して遮水壁北西側への拡散状況を確認するとともに、汚染の状況に応じて揚水浄化対策を実施する。

3. 追加井戸設置計画

(1) 遮水壁外

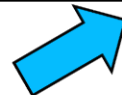
ア) 第2帯水層

② 遮水壁北～北東側

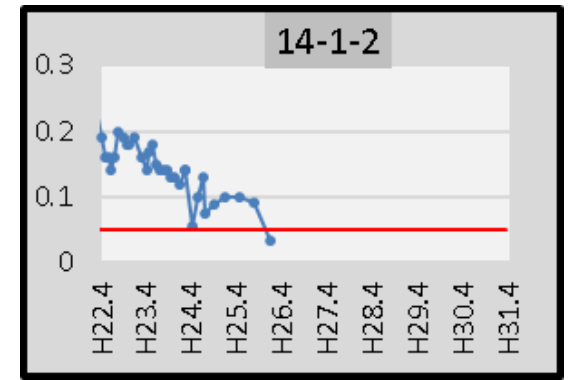


★ 新規井戸

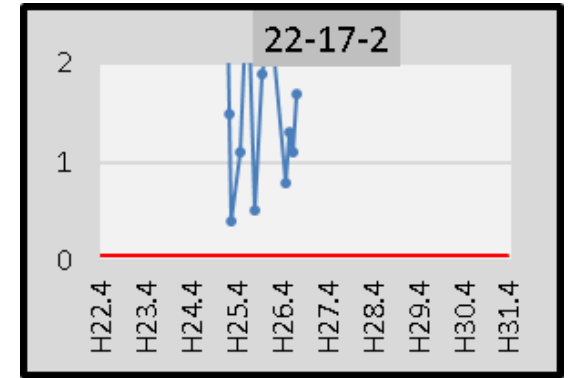
地下水の流向



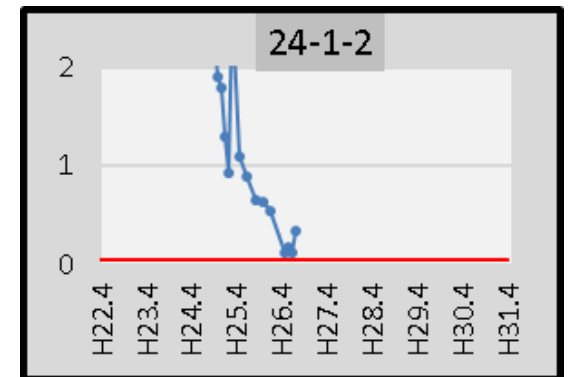
廃止井戸
14-1-2



廃止井戸
22-17-2



廃止井戸
24-1-2



<状況>

- ・北側遮水壁中央に新設した井戸（30-4-2）で高い濃度(2.0mg/L)が検出された。以前設置した井戸（24-1-2、22-17-2）においても、高い濃度が検出されており、重点的に揚水対策が必要なエリアと考える。
- ・濃度コンターの北端に井戸がなく、北方向への汚染の広がりをもより正確に把握する必要がある。
- ・現在の揚水可能量（10.5m³/日）では目標期間内の浄化が困難なため、追加の揚水井戸の設置が必要である。※次ページに詳細を記載

3. 追加井戸設置計画

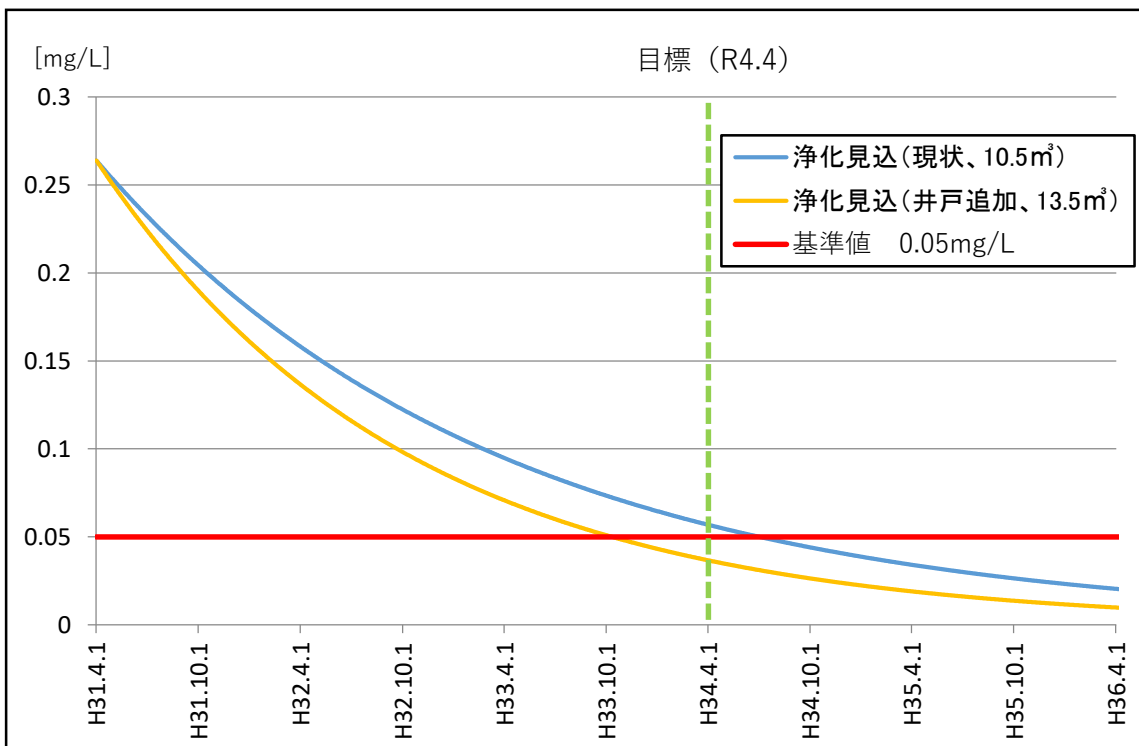
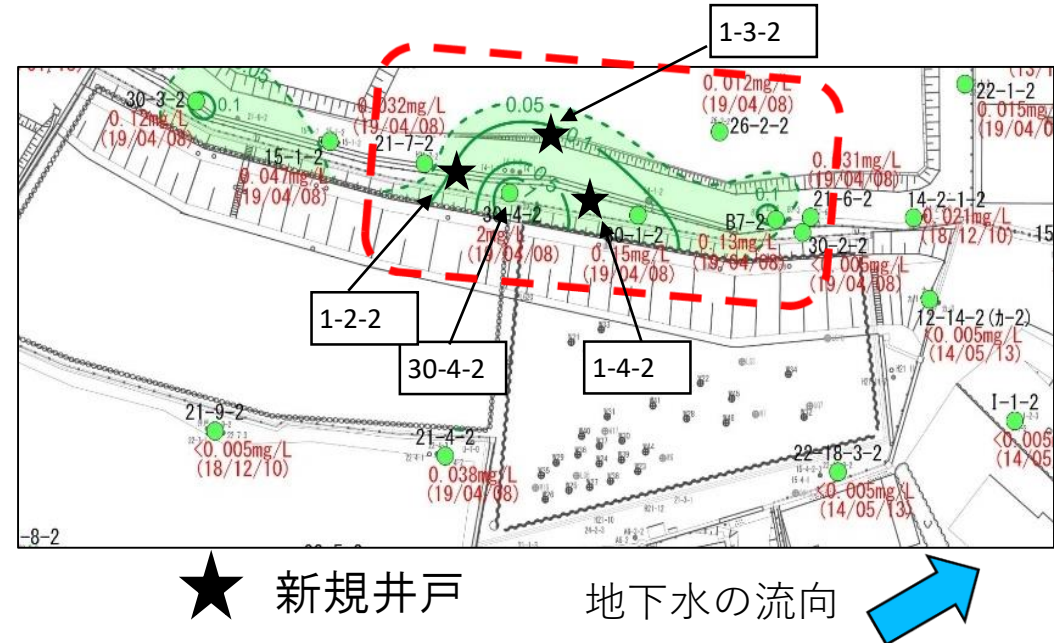
(1) 遮水壁外

ア) 第2帯水層

② 遮水壁北～北東側

<現状 (H31.4) に基づく今後の浄化予測>

設定した揚水効率：0.08



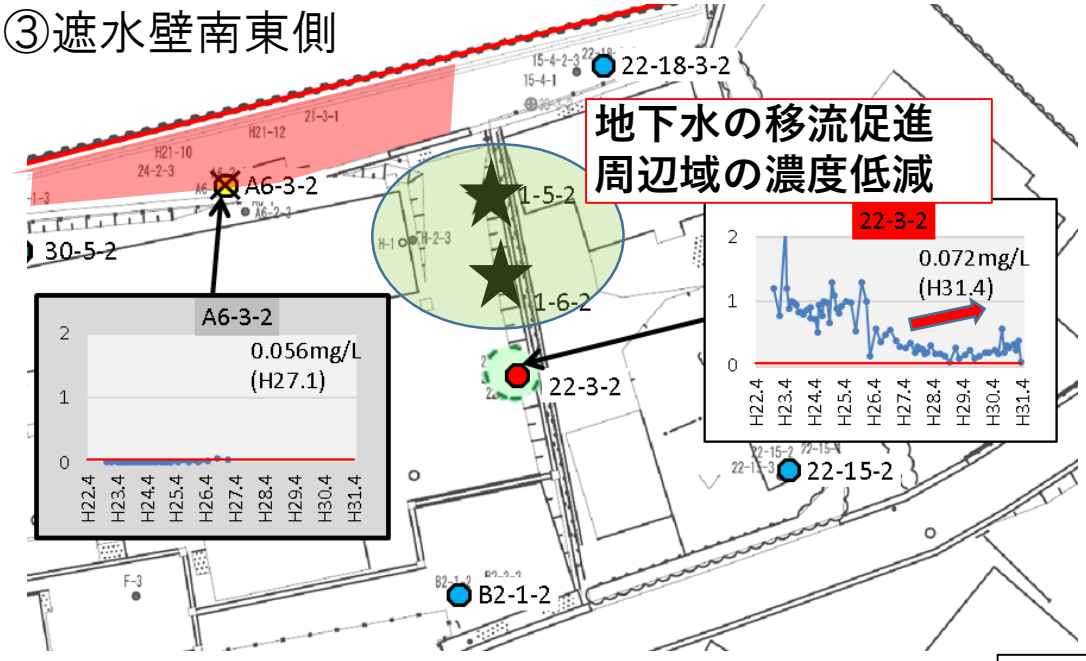
<対策>

- 北方向への汚染の広がりを確認するため、井戸 (1-3-2) を設置する。
 なお、濃度が高い場合は現在の想定より汚染範囲が広がり、目標年度までの浄化完了が困難となる可能性があるため、必要に応じて揚水井戸を追加設置する。
- 井戸 (30-4-2) の浄化を促進するため、その西側 (1-2-2) と東側 (1-4-2) に揚水井戸を設置する。

井戸名	日揚水可能量 (m³)	1,4-ジオキサン濃度 (mg/L) (H31.4)
21-7-2	3.0	0.032
26-2-2 (揚水不可)	-	-
30-1-2	1.9	0.15
30-2-2	2.4	<0.005
B7-2	1.5	0.13
21-6-2	1.6	0.031
26-1-2 (廃止)	-	-
30-4-2	0.1	2.0
新規①(1-2-2)	1.5	-
新規②(1-4-2)	1.5	-
合計	13.5	-

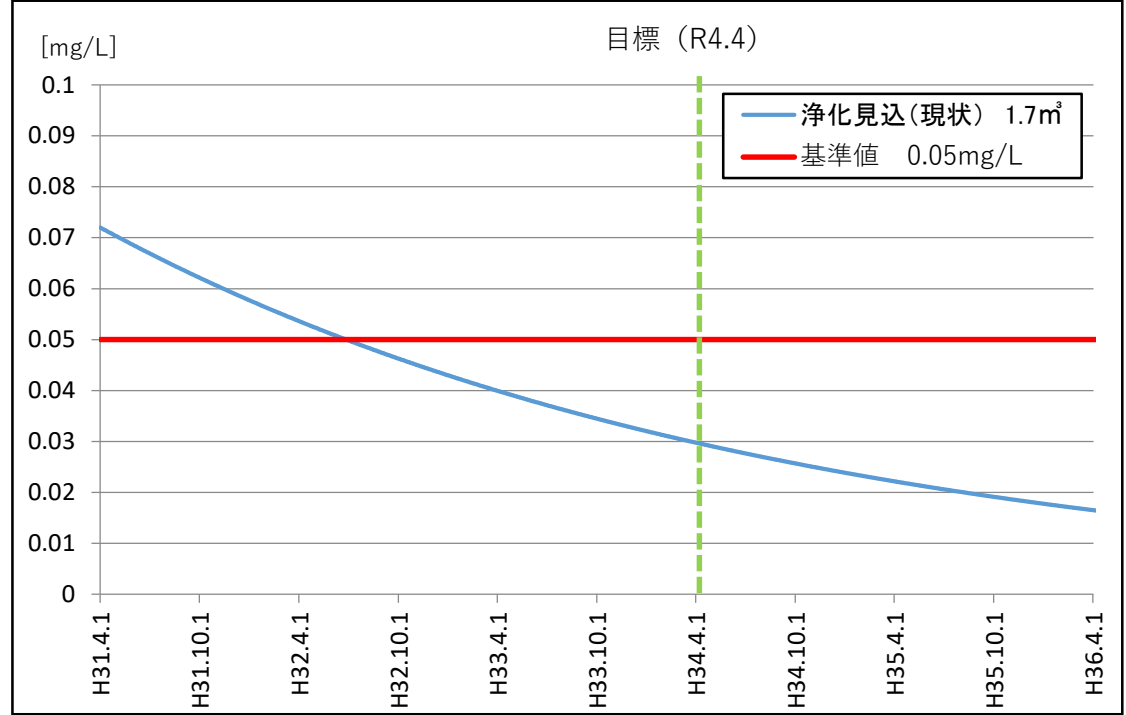
3. 追加井戸設置計画

- (1) 遮水壁外
- ア) 第2帯水層
- ③ 遮水壁南東側



地下水の移流促進
周辺域の濃度低減

<現状 (H31.4) に基づく今後の浄化予測>
設定した揚水効率：0.01



凡例

- 遮水壁外廃棄物撤去範囲
- 新規井戸

地下水の流向

井戸名	日揚水可能量 (m³)
22-3-2	1.7

<状況>
井戸 (22-3-2) ではH26.4以降揚水浄化を継続しているが、H29.4頃から再び濃度が上昇してきている。これは、遮水壁外の廃棄物を撤去するまでに周辺に広がった汚染が井戸 (22-3-2) の北側に残留しており、揚水により除去した以上の汚染が流入していると考えられる。

<対策>
井戸 (22-3-2) の北側に汚染が残留している可能性があるため、揚水対策井戸を2本 (北側から1-5-2、1-6-2) 設置し周辺からの流入濃度を低減させるとともに、地下水の移流による浄化促進を図る。また、新たに設置する井戸の濃度を踏まえ、再度浄化予測を行い、追加対策の必要性を検討する。
(揚水効率は第2帯水層の最低値の0.08を大きく下回ると考えられる。揚水に含まれる1,4-ジオキサン濃度0.072mg/Lに対し、これまでの浄化の状況を踏まえ、周辺地下水から新たに0.071mg/Lの1,4-ジオキサンを含む地下水が供給されると仮定し、揚水効率を0.01として設定する。)

3. 追加井戸設置計画

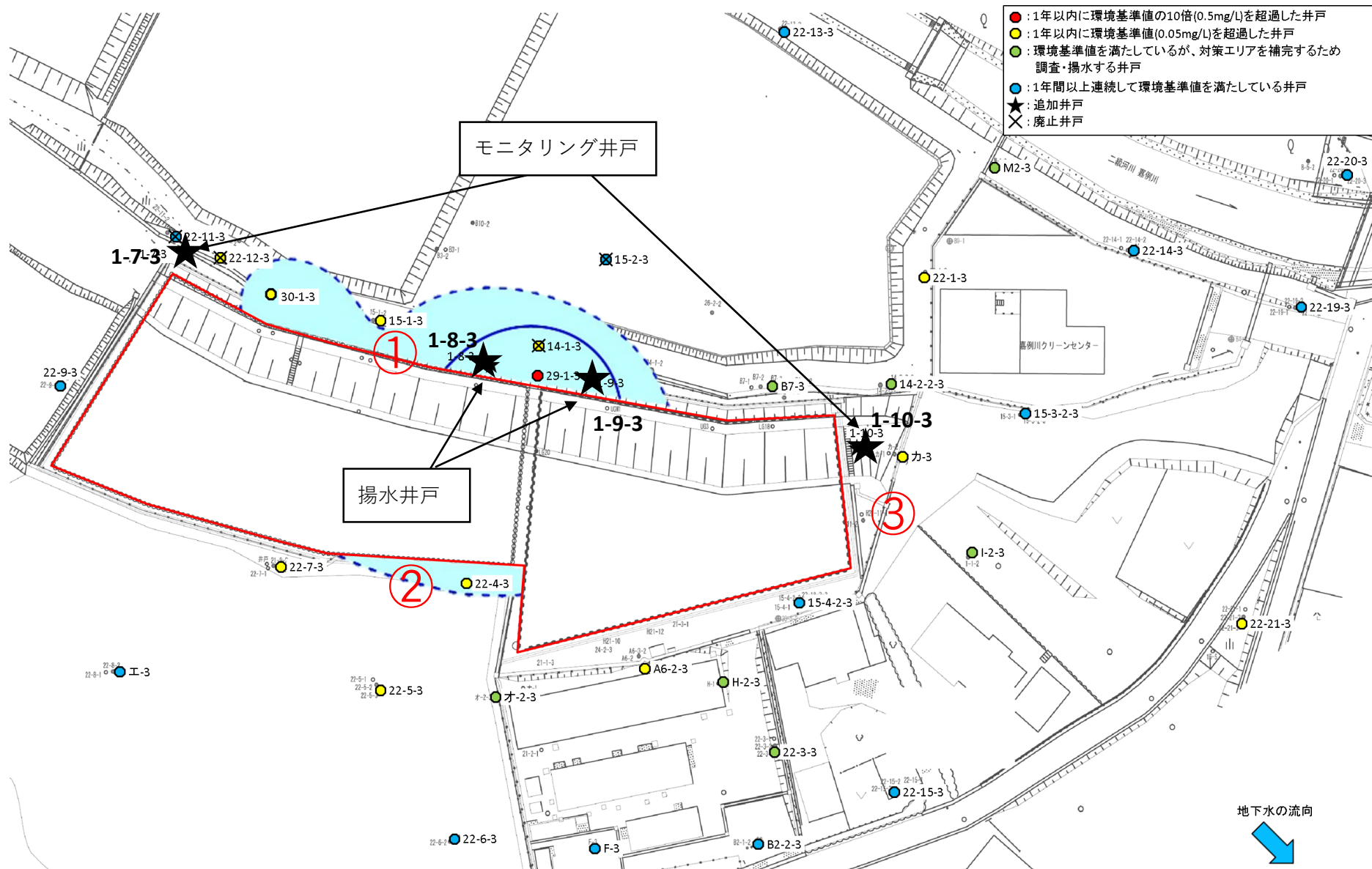
(1) 遮水壁外

イ) 第3帯水層

第3帯水層は、遮水壁北側、南西側、東側の計3か所に汚染区域がある。



遮水壁北西側の端に1本、
①の汚染区域に2本、
③の汚染区域に1本、
計4本の井戸を新規に掘削する。



3. 追加井戸設置計画

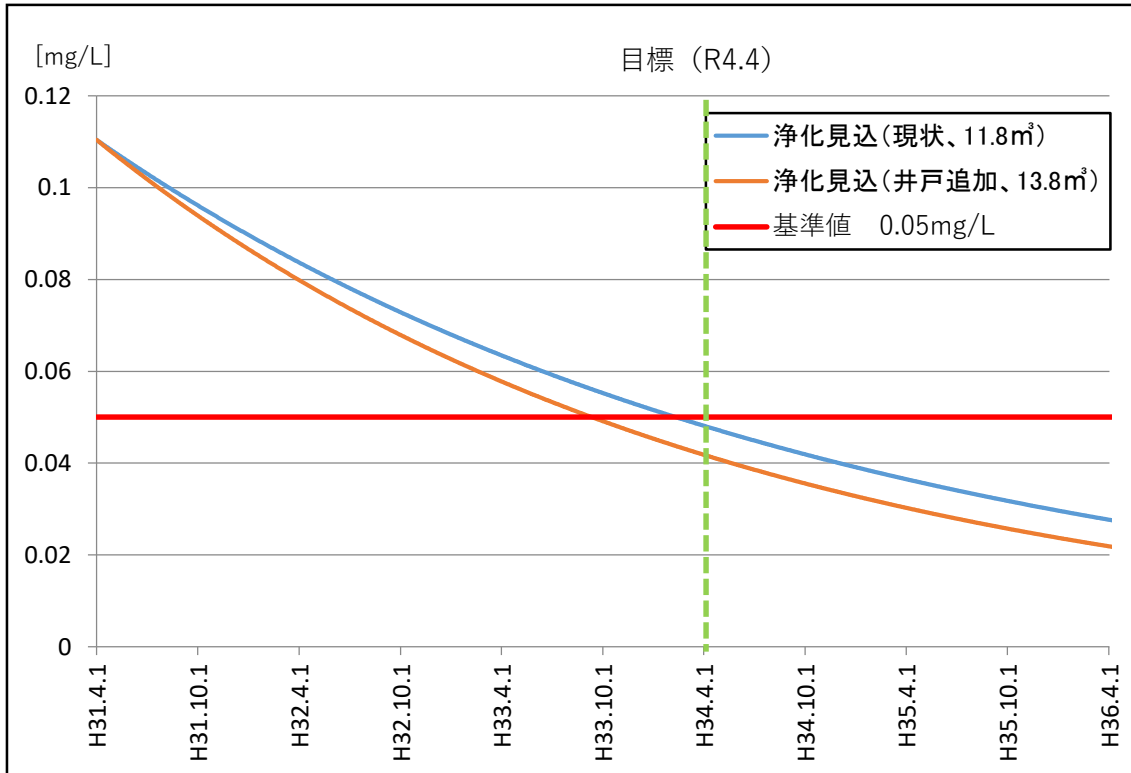
(1) 遮水壁外

イ) 第3帯水層

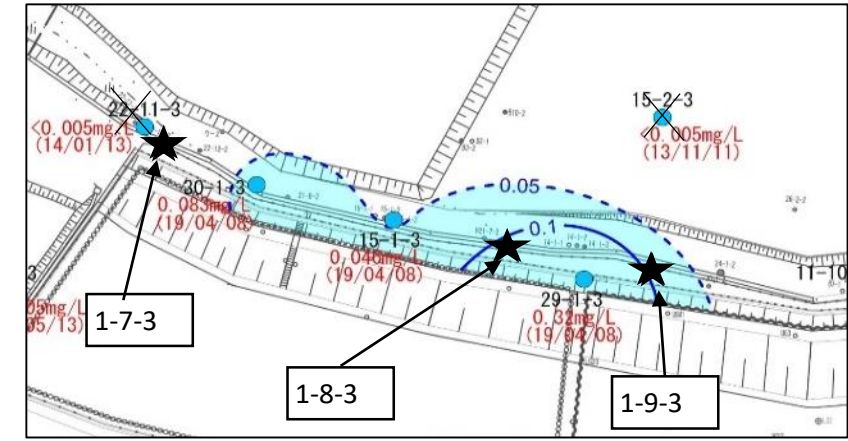
① 遮水壁北側

<現状 (H31.4) に基づく今後の浄化予測>

設定した揚水効率：0.07



井戸名	日揚水可能量 (m³)
22-11-3 (廃止)	-
22-12-3 (廃止)	-
15-1-3	6.5
14-1-3 (廃止)	-
15-2-3 (廃止)	-
29-1-3	1.0
30-1-3	4.3
新規①(1-8-3)	1.0
新規②(1-9-3)	1.0
合計	13.8



★ 新規井戸

地下水の流向



<状況>

- ・現状の揚水浄化により浄化達成できる見通しであるが、目標時期の濃度は0.048mg/Lであり、環境基準値をわずかに下回る程度である。
- ・平成31年2月に設置した代替井戸 (30-1-3) で環境基準値以上の値が検出されたことから、さらに西側の状況確認が必要と考える。
- ・29-1-3の北側については、第2帯水層と異なり地下水流向が南東向きのため、北側への広がりはないもの考えられる。

<対策>

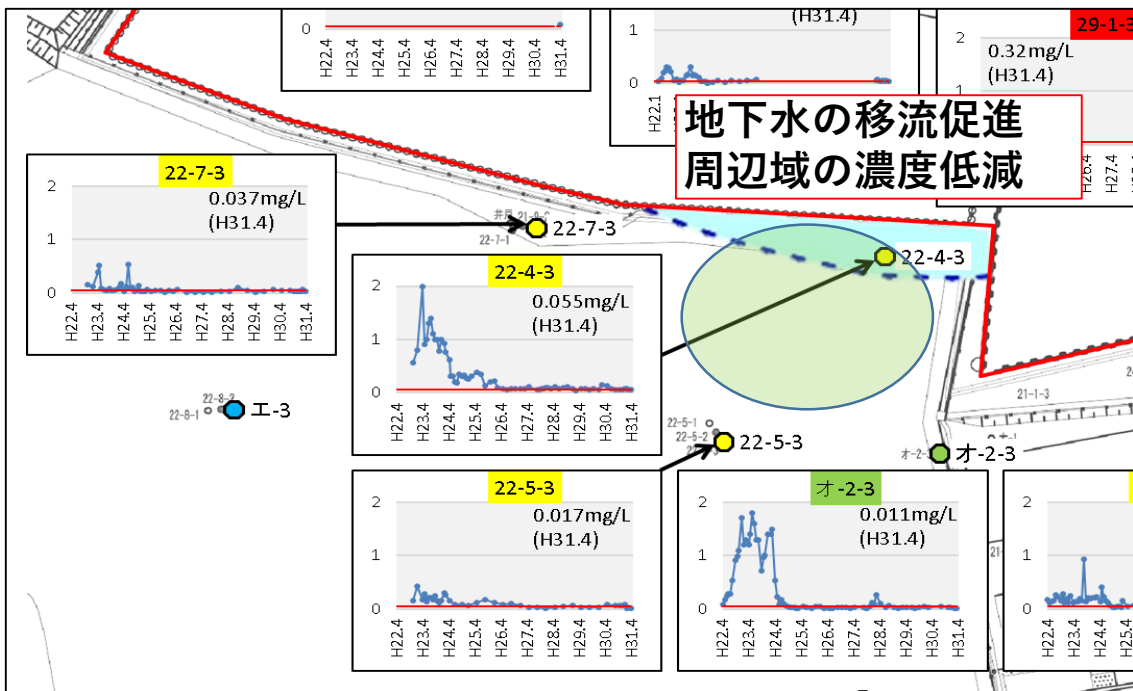
- ・井戸 (29-1-3) の西側 (1-8-3) 及び東側 (1-9-3) に揚水対策井戸を設置し、揚水による浄化を促進する。
- ・井戸 (30-1-3) の西側にモニタリング井戸 (1-7-3) を設置して遮水壁北西側への拡散状況を確認するとともに、汚染の状況に応じて揚水浄化対策を実施していく。

3. 追加井戸設置計画

(1) 遮水壁外

イ) 第3帯水層

② 遮水壁南西側



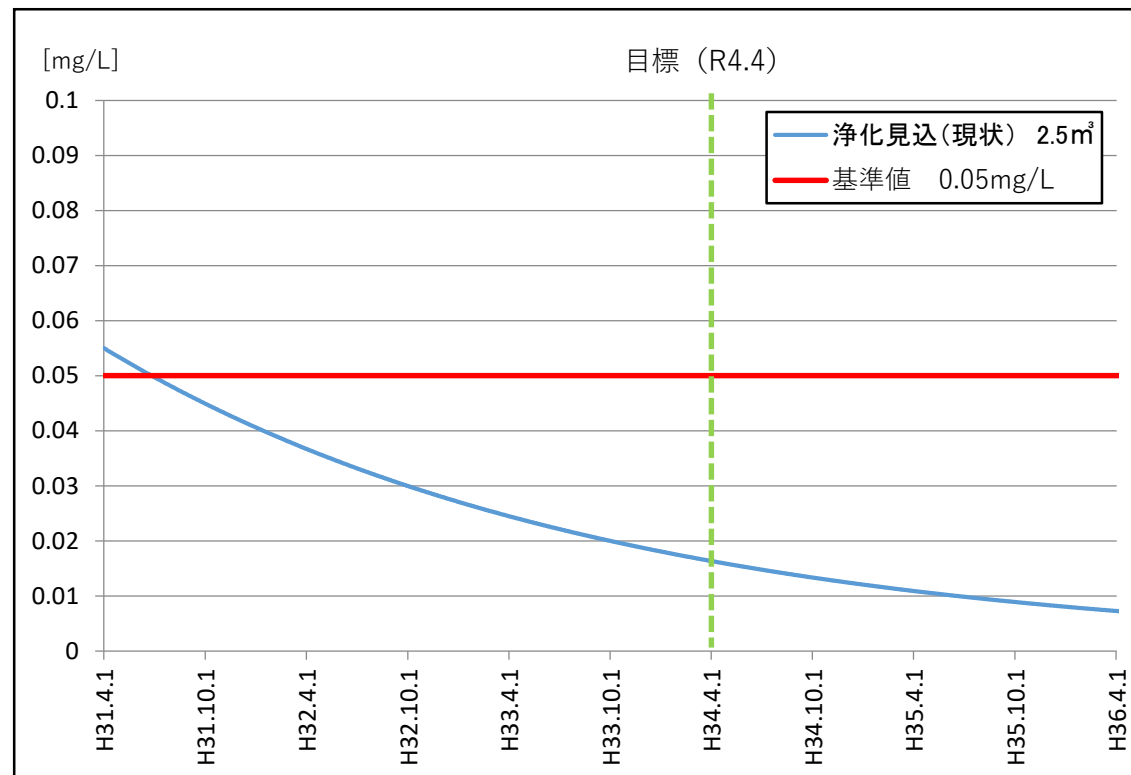
地下水の流向



井戸	日揚水可能量 (m ³)
22-4-3	2.5

<現状 (H31.4) に基づく今後の浄化予測>

設定した揚水効率：0.07



<状況>

・北、東の2方を遮水壁に囲まれ地下水が滞留しやすい位置にある井戸 (22-4-3) 付近に汚染が存在する。


<対策>

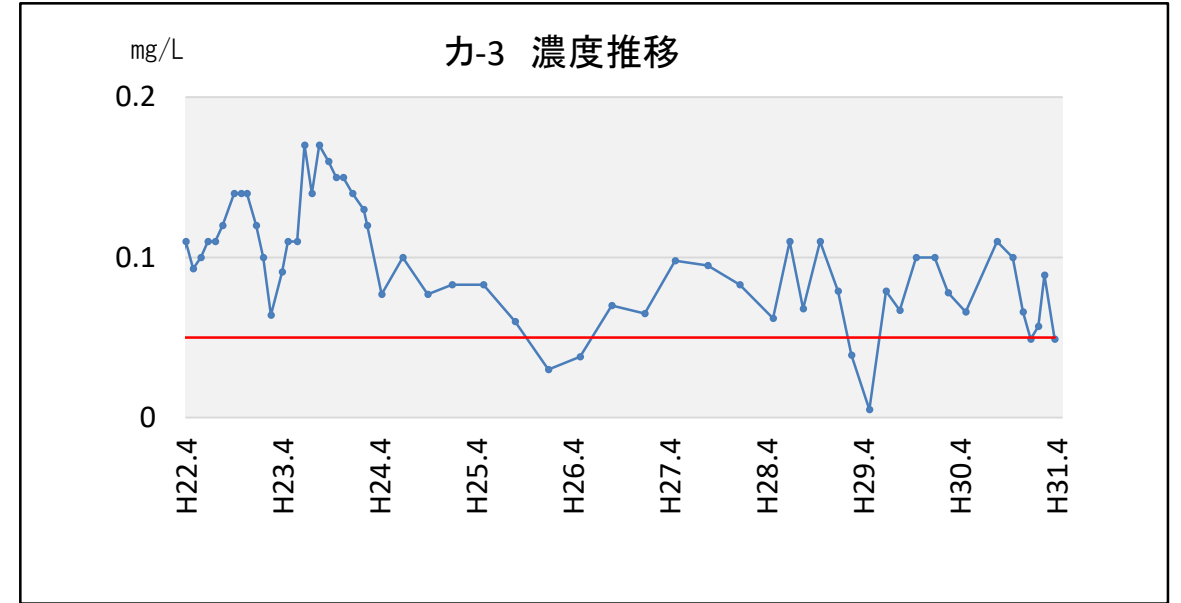
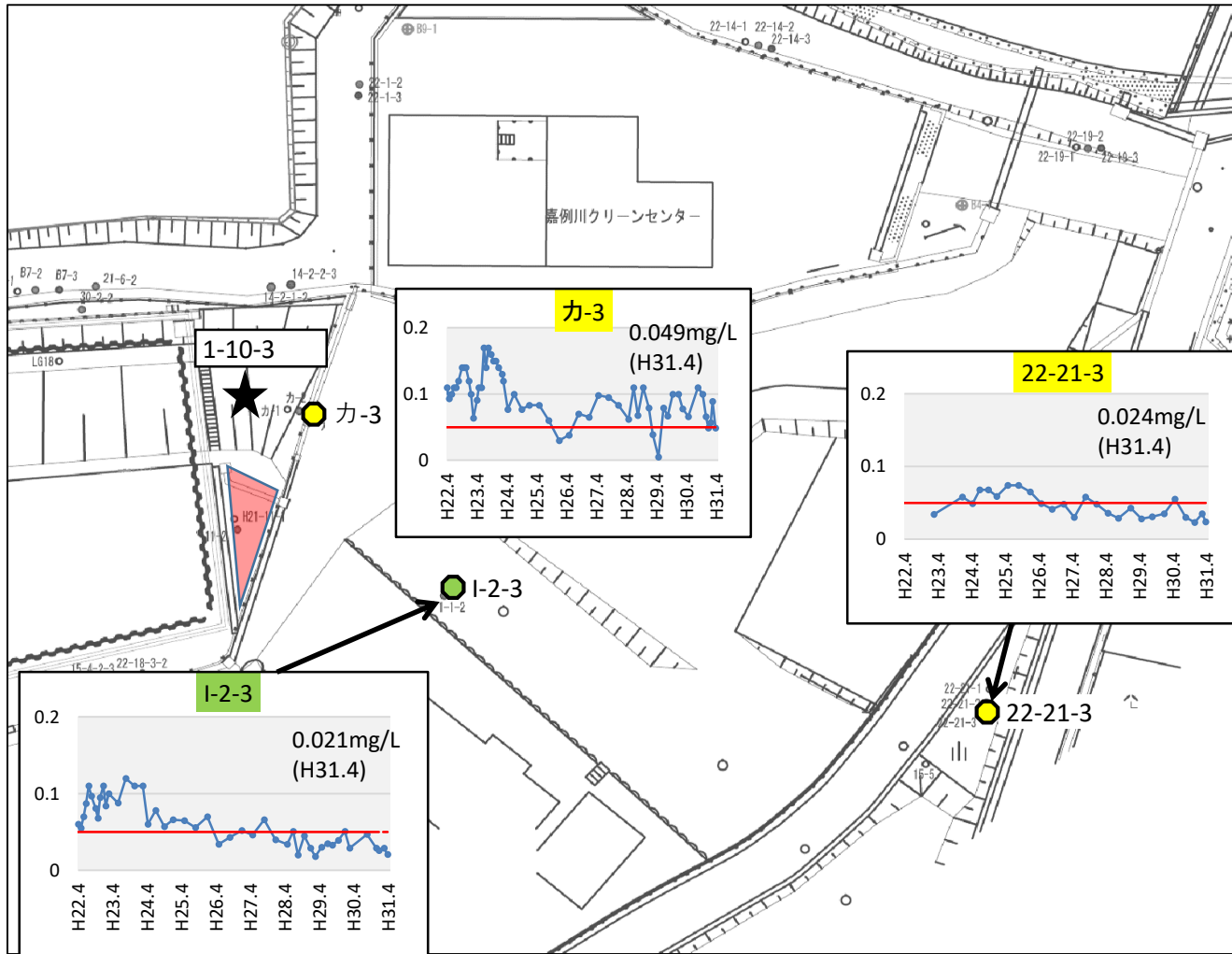
・揚水効率の低下を防ぐため、周辺域の井戸 (22-7-3、22-4-3、オ-2-3) で揚水浄化を行い、地下水の移流を促進する。

3. 追加井戸設置計画

- (1) 遮水壁外
 - イ) 第3帯水層
 - ③ 遮水壁東側

井戸名	日揚水可能量 (m ³)
カ-3	1.5
合計	1.5

地下水の流向 



<状況>

- H27に南側の遮水壁外廃棄物を撤去している。
- 廃棄物撤去後から揚水浄化を継続しているが、濃度は環境基準値付近で横ばいの状態である。この原因として、撤去した廃棄物由来の汚染の残留もしくは北側からの汚染の流入が考えられる。

<対策>

- 井戸 (1-10-3) を設置し濃度を確認する。
- 井戸 (カ-3) 及びモニタリング井戸 (1-10-3) の濃度を確認し、新規井戸による揚水について検討する。

凡例
 遮水壁外廃棄物撤去範囲
 新規井戸

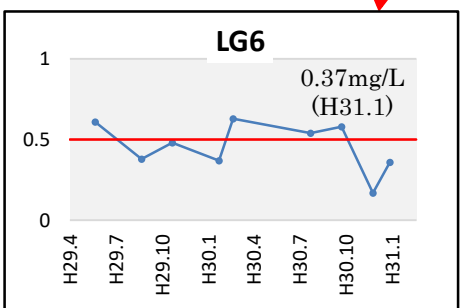
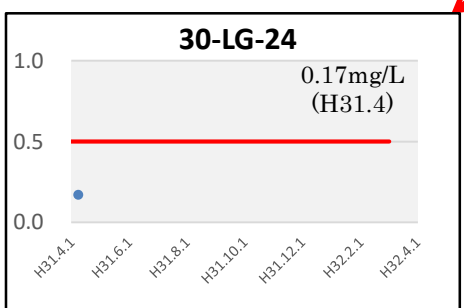
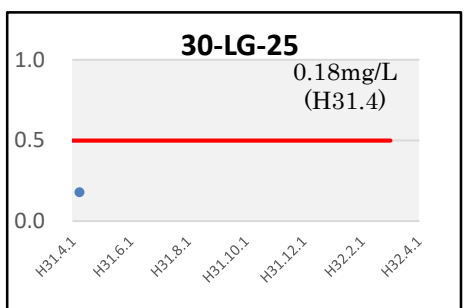
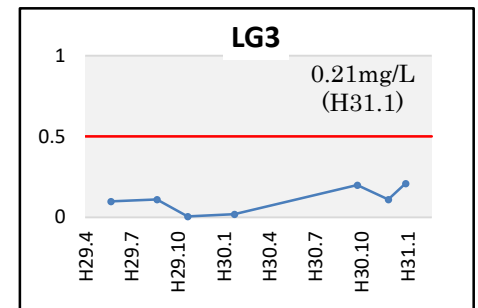
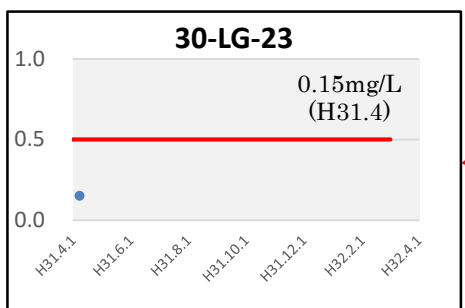
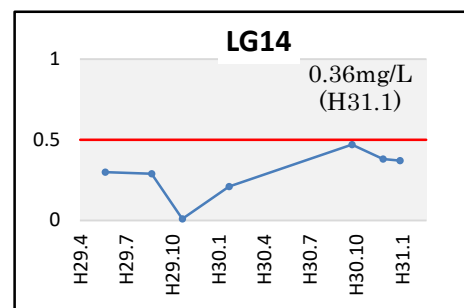
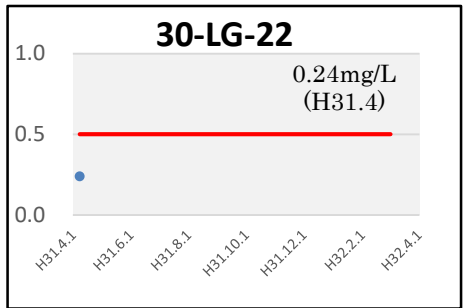
3. 追加井戸設置計画

(2) 遮水壁内
下部帯水層

すべての井戸において、管理値 (0.5mg/L) 以下。
(R元.4時点)

凡例

- モニタリング井戸
- ★ 新規井戸



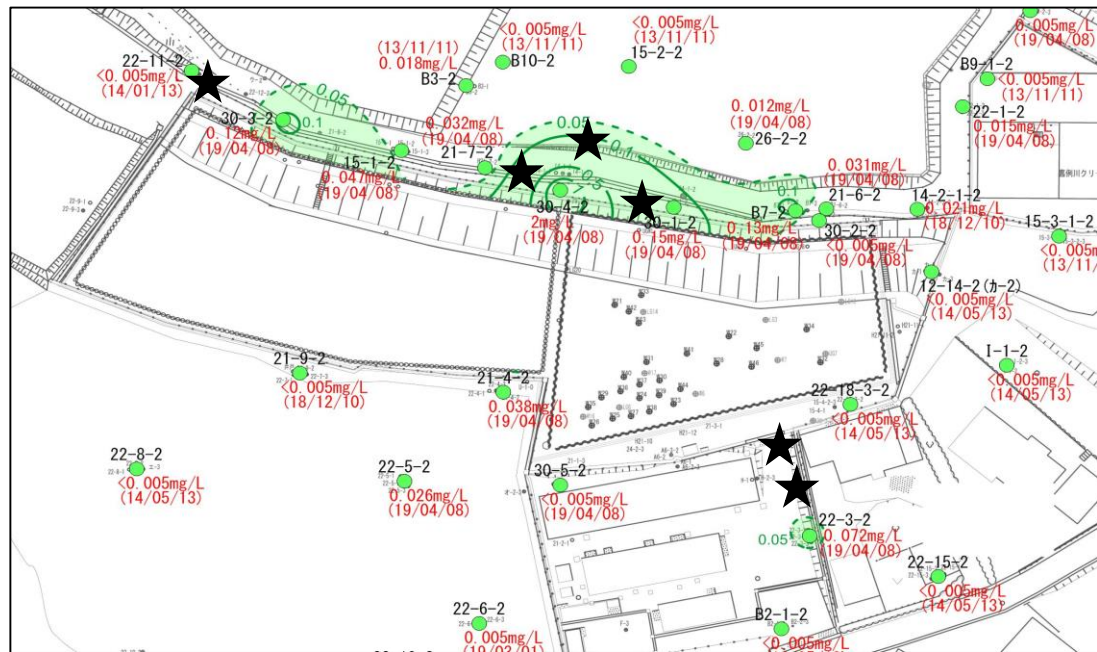
＜廃棄物掘削エリア (緑枠)＞
 ・H30に井戸4本を復旧し、H31.4から濃度を確認。
 (30-LG-22、23、24、25)

＜廃棄物残置エリア (赤枠)＞
 ・LG3, LG6, LG14が存在。
 ・濃度確認用の井戸 (LG-26) を新設する。(R元予定)

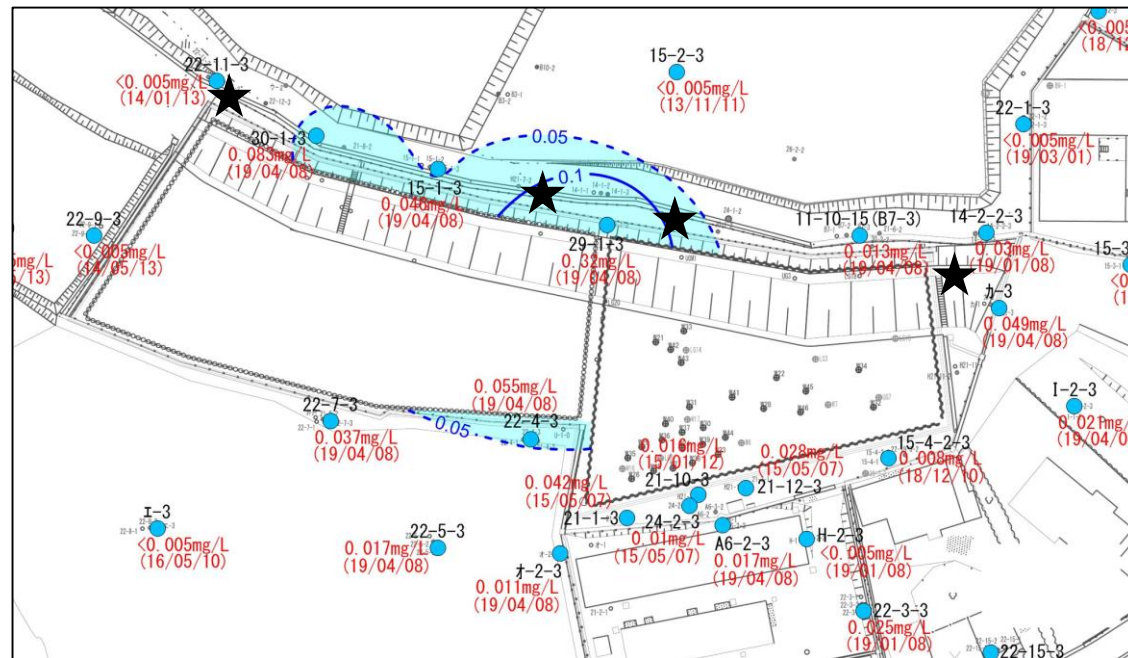
3. 追加井戸設置計画

(3) まとめ

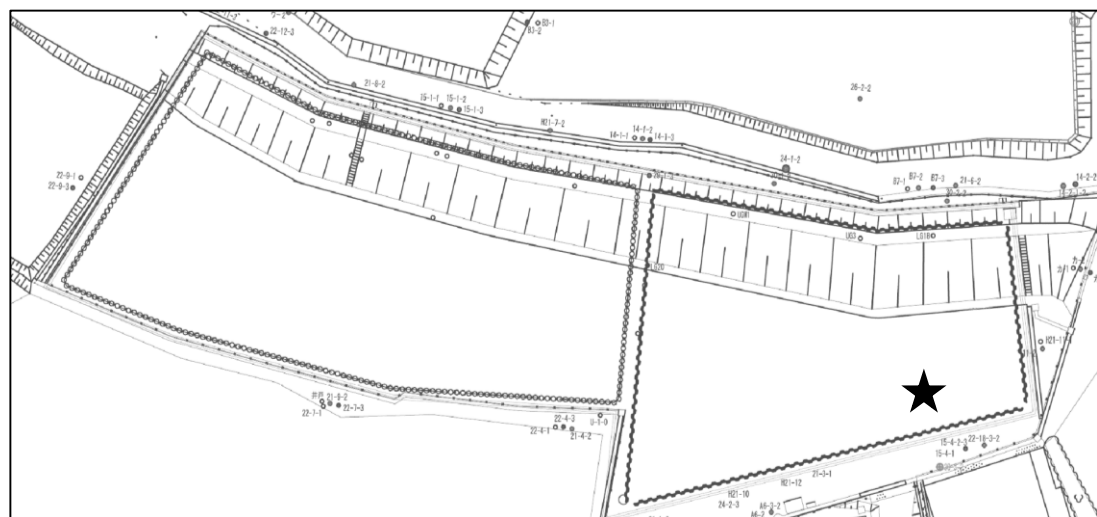
追加井戸 第2帯水層 6本



追加井戸 第3帯水層 4本



追加井戸 下部帯水層 1本



<今後の浄化対策の考え方>

- 遮水壁外第2帯水層、第3帯水層、遮水壁内廃棄物残置区域に井戸を11本追加し、揚水対策を強化する。
- 今年度末を目途に濃度推移を検証し、対策の効果を確認する。

4. 今後のスケジュール

桑名市五反田事案 今後のスケジュール

対策内容	詳細	工事期間【年次／年度】			
		R元年度	R2年度	R3年度	R4年度
		揚水浄化			浄化施設撤去目標
揚水浄化 (既設水処理施設)	60m ³ /日	運転管理・揚水浄化 			施設撤去 
揚水浄化 (新規水処理施設)	19m ³ /日	運転開始・揚水浄化 			施設撤去 
土工事 仮橋工事等	施設撤去後の整備等	農地復旧工 			借地復旧  仮橋撤去 
井戸設置	遮水壁内	残置エリア・1本 			
	遮水壁外	 北側8本・南側2本			
効果検証委員会		★ ★	★	★ ★	★