

能代産業廃棄物処理センターに係る  
特定支障除去等事業実施計画の変更について

平成25年1月18日

秋田県生活環境部環境整備課

## 支障除去等事業実施計画（平成25年度～平成34年度）

### 1 今後の課題

#### (1) 汚水処理等の維持管理対策

現行計画（平成17年度～24年度）に基づく水処理施設の改良、揚水井戸の設置に関しては、平成24年度までに全て終了している。これにより、センター周辺の沢の滲出水や地下水の汚染状況は改善されてきており、一定の成果が得られている。

しかし、平成21年11月に環境基準項目に追加された1,4-ジオキサンが、センター周辺の地下水等において環境基準値を超過して検出されている。特に高濃度で検出された遮水壁外の地点については、新たな揚水井戸を設置するなどの緊急対策を実施しているが、回収した1,4-ジオキサンを処理するための水処理施設の整備など、新たな対策をとる必要がある。

#### (2) 汚染拡散防止対策

遮水壁及び揚水井戸の設置に関しては、平成20年度までに終了し、有効に機能していることが確認されており、引き続き汚染地下水の汲み上げ処理とモニタリングを継続するとともに、揚水井戸の整備（増設、洗浄等）など、さらに揚水量の増加に向けた措置をとる必要がある。

特に1,4-ジオキサン対策については、第2帯水層における浄化促進のため、揚水井戸の新たな設置などを検討する必要がある。

#### (3) 場内雨水対策

処分場上部や法面へのキャッピングの実施、雨水排水路の整備に関しては、平成20年度までに終了し、水処理施設における処理水量の減量が可能となったが、汚染地下水回収の強化により処理水量が増加するため、追加的な雨水対策を講じる必要がある。

なお、雨水対策を検討する場合には、地中に浸透する雨水による浄化（洗い出し効果）に影響を与えることのないよう配慮するとともに、必要に応じて注水井戸等の設置も併せて検討する必要がある。

さらに、住民の理解を得た上で調整池から公共用水域に放流している雨水については、水質の常時監視を継続して実施していく必要がある。

#### (4) 環境モニタリング

汚染地下水の汲み上げ強化や維持管理の継続によって、周辺の沢の滲出水や地下水の汚染状況は改善されているが、周辺環境の状況を把握するため引き続き環境モニタリングを継続する必要がある。

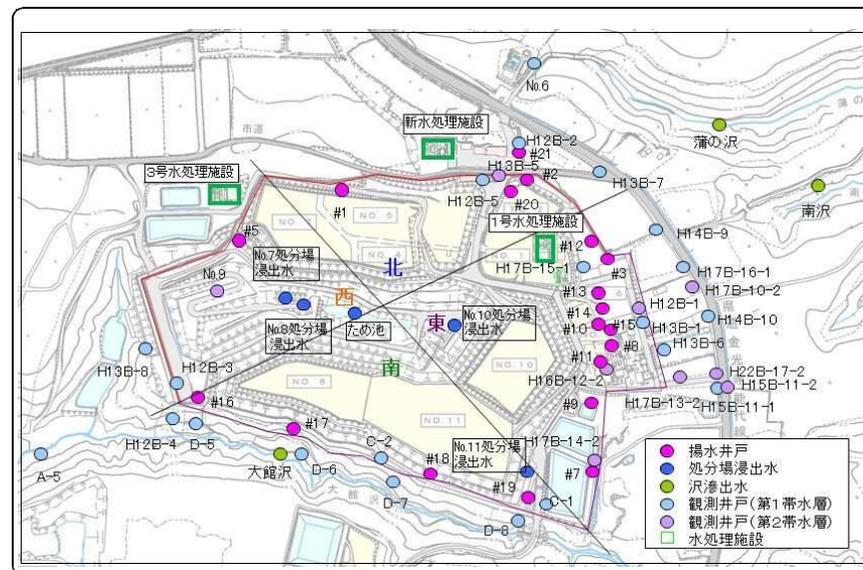


図1 水質調査地点位置図

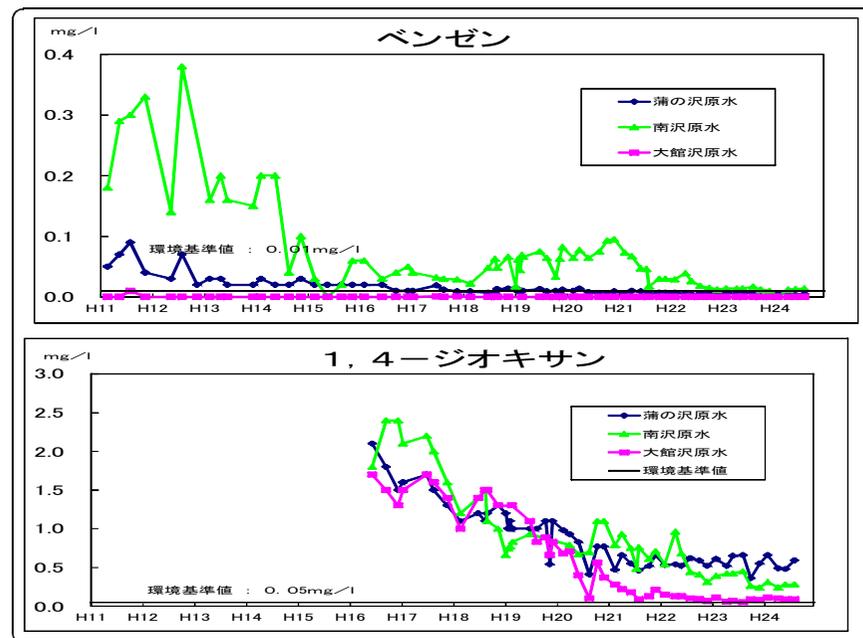


図2 蒲の沢、南沢及び大館沢の滲出水の主なVOCの経年変化

## 2 環境保全対策の方向

初期の処分場などに起因すると思われる「VOC」によって汚染された地下水が周辺に拡散し、公共用水域を汚染するおそれがあるため、周辺域の水質を保全することを目的とした環境保全対策を継続する。

こうした措置を講ずることにより、蒲の沢（南沢を含む。）や大館沢で滲出する地下水の「VOC」について環境基準値を下回るレベルにすることを目標とする。

特に、これまでの成果を踏まえ、遮水壁内外で環境基準値を超えて検出されている1, 4-ジオキサンについて、対策の強化を図ることとする。

### (1) 汚染地下水の浄化対策の強化

これまでの環境保全対策によりセンター周辺の沢の滲出水の1, 4-ジオキサンを除くVOCの汚染状況は、環境基準値を下回るレベルまで改善している。

しかし、遮水壁内の揚水井戸から回収される地下水や最終処分場の浸出水には、依然として高濃度の1, 4-ジオキサンが含まれていることや、蒲の沢の滲出水中の1, 4-ジオキサン濃度の減少が鈍化傾向にあることから、汚染地下水の汲み上げ処理を強化することなどにより浄化の促進を図る。

また、現在、浄化対策を行っていない第2帯水層から、1, 4-ジオキサンを含むVOCが環境基準を超えて検出されていることから、今後は、第2帯水層の地下水も浄化の対象とする。

### (2) 水処理施設の高度化

回収した汚染地下水等は、既存水処理施設（1号、3号及び新水処理施設）にて処理を行っており、1号及び3号水処理施設の生物処理工程で1, 4-ジオキサンの処理が可能となっている。一方、新水処理施設の排水中からは、排水基準を超過する1, 4-ジオキサンが検出されており、1, 4-ジオキサンが処理出来ていない。

なお、一般にオゾン等を用いた促進酸化処理でなければ1, 4-ジオキサンの除去は困難であるとされており、生物処理のみで除去されている例は殆ど報告されていない。生物処理による1, 4-ジオキサンの除去は、一定の条件下で可能になっていると考えられるが、現在のところ水温以外の条件については確認されていないことから、負荷量や水質の変動など、何らかの条件変化により除去効率が低下することも考えられる。

このことから、1, 4-ジオキサンを処理するための施設として、高度な浄化施設（促進酸化処理施設）の導入を図る。

### (3) 雨水排除対策等の強化

汚染地下水の浄化対策を促進するため、第1帯水層、第2帯水層ともに揚水井戸を増設し、汚染された地下水を回収する必要があるが、その場合、水処理を必要とする汚染水は大幅に増加する。

この増加する汚水量に見合う水処理を可能にするためには、地下に浸透せずに水処理系統に混入している雨水を分離して、水処理施設の処理水量の負荷の軽減を図る「雨水・汚水の分離対策」を引き続き実施していく必要がある。

一方、汚染地下水の浄化対策を促進するうえで洗い出し効果が求められる処分場の区域については、浸透トレンチや注水井戸等を利用した雨水等の浸透対策を図る。

### (4) 環境モニタリングの継続

周辺環境の状況を把握するため、引き続き環境モニタリングを継続する。

なお、調査地点や調査項目については、有害物質の検出状況等を精査し、適宜見直しを行うこととする。

### 3 各対策の内容

#### (1) 汚染地下水の浄化対策（第1帯水層）

1, 4-ジオオキサンが高濃度で検出されている処分場北側（No. 1、2、4、5処分場付近）及び北側遮水壁外側（21号揚水井戸付近）に、注水井戸、揚水井戸を配置し、洗い出し効果による浄化の促進を図る。

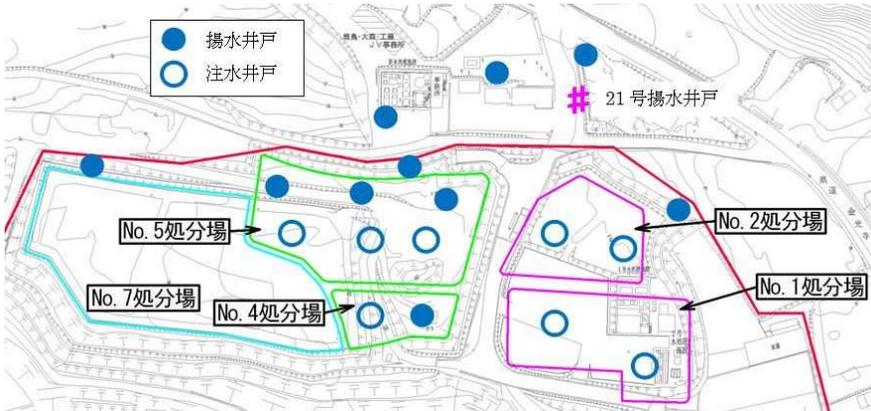


図3 第1帯水層を対象とした井戸の位置図

##### ① 遮水壁内北側及び北側遮水壁外側の浄化対策

- 遮水壁内北側の揚水井戸は、地下水位を下げることを目的として、遮水壁に沿って配置する。
- 井戸配置間隔は、既存揚水井戸の影響範囲等を考慮し、約50m間隔として3箇所に配置する。
- 北側遮水壁外の揚水井戸の配置は、高濃度で検出された21号揚水井戸の周辺3箇所に配置する。
- 注水井戸は、浄化促進を目的として1, 4-ジオオキサンの濃度が高いNo. 1、2処分場内の4箇所に配置する。

##### ② No. 4、5処分場の浄化対策

- 1, 4-ジオオキサンが高濃度で検出されている北側処分場（No. 1、2、4、5処分場付近）のうち、No. 4、5処分場については、浸出水を集水する設備が確認されていないことから、処分場内に揚水井戸4本及び注水井戸4本を設置し、浄化の促進を図る。
- 井戸の掘削に当たっては、既存資料を精査して掘削深度を決定するなど、遮水水に配慮する。

#### (2) 汚染地下水の浄化対策（第2帯水層）

##### ① 揚水井戸

- 1, 4-ジオオキサンが全ての地点で環境基準値を超過していることから、揚水井戸を対象区域外周部（遮水壁沿い）に約100m間隔で11箇所に配置する。

##### 【配置の考え方】

- 達成目標期間である10年以内に、1, 4-ジオオキサン濃度が環境基準値以下に浄化されるために必要な導水勾配（地下水流速）を設定し、井戸の配置を計画した。
- 計画揚水量は、平成24年3月～7月までの第2帯水層の揚水量実績（H22B-17-2）から、 $8.5 \text{ m}^3/\text{日}$ とした（1本あたり  $8.5 \text{ m}^3/\text{日} \times 13 \text{ 本} = 111 \text{ m}^3/\text{日}$ ：既存井戸2本、新設井戸11本）。
- シミュレーションの結果、約100m間隔、13本の配置（内2本は、平成24年度設置）で計画期間内での環境基準の達成が可能となった。

##### ② 観測井戸

- 濃度がやや高い北側～北東側地域で対策の効果を把握するため、観測井戸を3箇所に配置する。

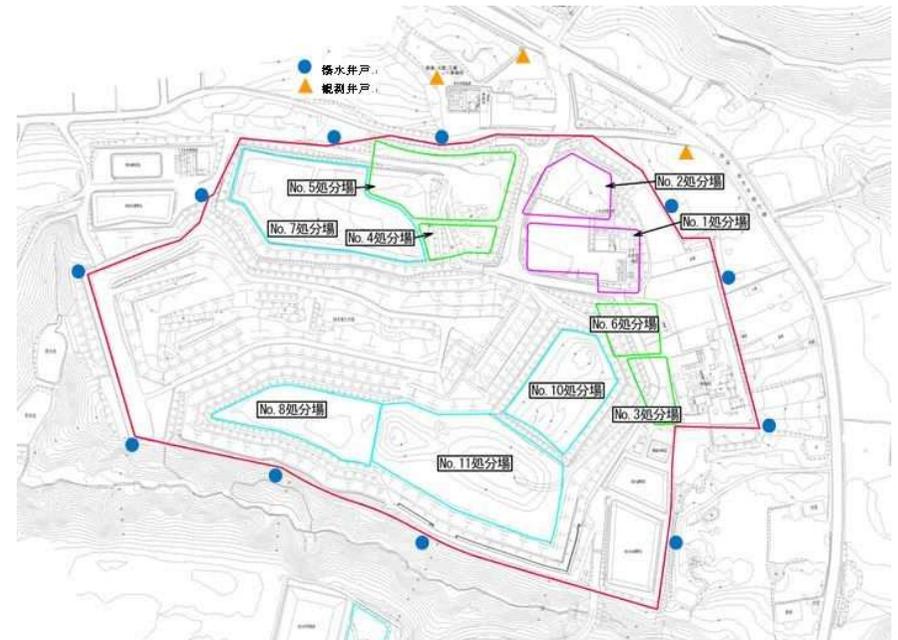


図4 第2帯水層を対象とした井戸の位置図

### (3) 促進酸化処理施設の設置

生物処理による1, 4-ジオキサンの除去は、負荷量や水質の変動により除去効率が低下する可能性があり、今後、処理しなければならない汚水量が増えることや将来に渡って確実な浄化対策を講じるために、オゾンを用いた促進酸化処理施設を導入する。

#### ① 対象処理水

- ・ 第2帯水層からの揚水 (111m<sup>3</sup>/日)
- ・ 新水処理施設処理水 (172m<sup>3</sup>/日)

#### ② 処理能力

新水処理施設を経由した処理水を対象とすることから、処理能力は新水処理施設と同規模 (300m<sup>3</sup>/日) とする。

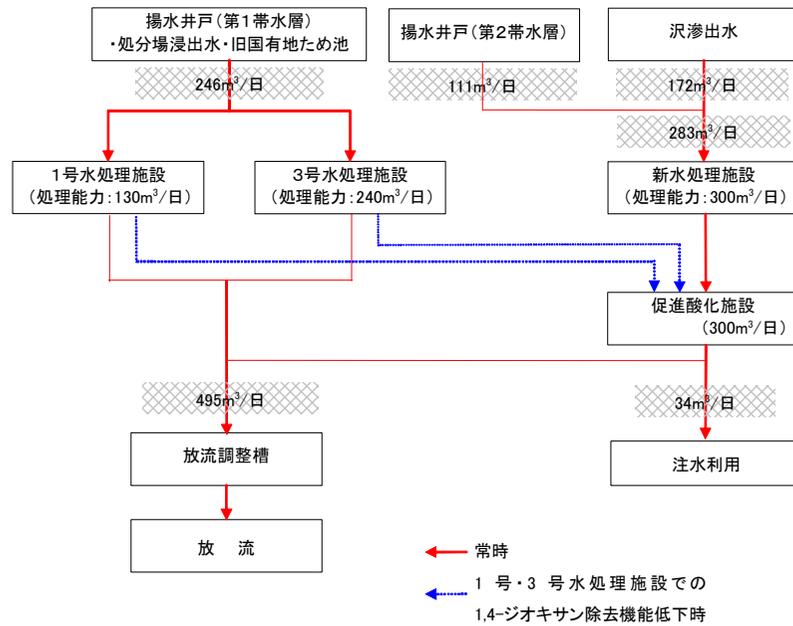


図5 水処理フローと計画処理水量

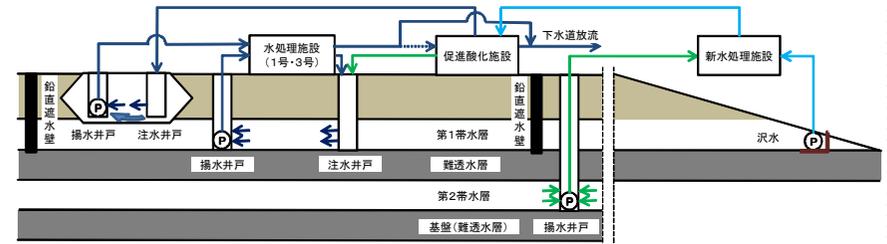


図6 地下水浄化対策模式図

### (4) 場内雨水対策等

#### ① 場内雨水対策

処理水量の削減を目的とし、場内雨水対策を追加して実施する。

- 旧国有地北側法面は、現況では新水処理施設で処理している。法面部にモルタル吹付け等によるキャッピングを行い、法尻部に設置する雨水排水路で集水し場外排水を行う。
- 遮水壁外側の沢部 (蒲の沢・大館沢・南沢) の滲出水は、低濃度汚水として新水処理施設に送水しているが、現状では、大雨が降った際には表流水も流入して処理されている。当分の間滲出水の回収の必要性が見込まれる蒲の沢・南沢の法面部からの雨水表流水を分離して排除するため、滲出水流出部の上部に雨水排水路を設置する。

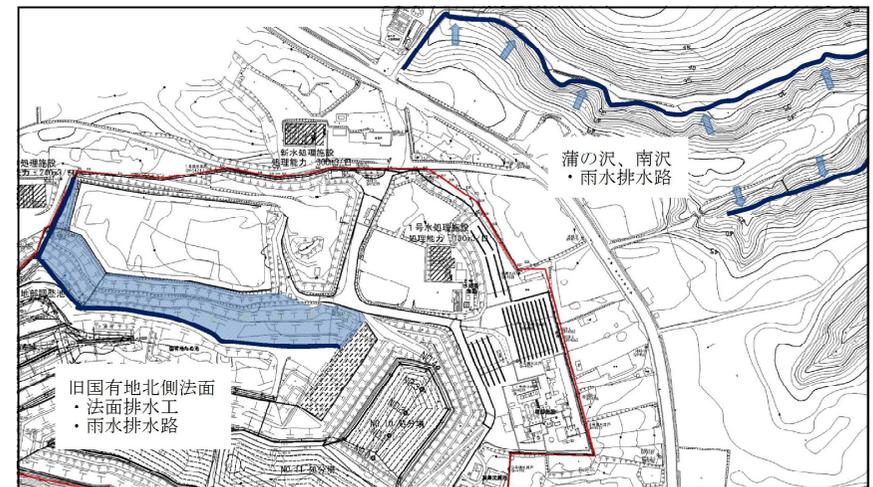


図7 雨水排除対策位置図

## ② 処分場雨水浸透対策

処分場内の浄化促進を目的として、雨水浸透対策を実施する。

- No. 7、8、10、11 処分場を対象とする。
- 処分場上部から水を浸透させ洗出しによる浄化を想定していることから、処分場天端に浸透トレンチを敷設し雨水浸透量の増加を図る。

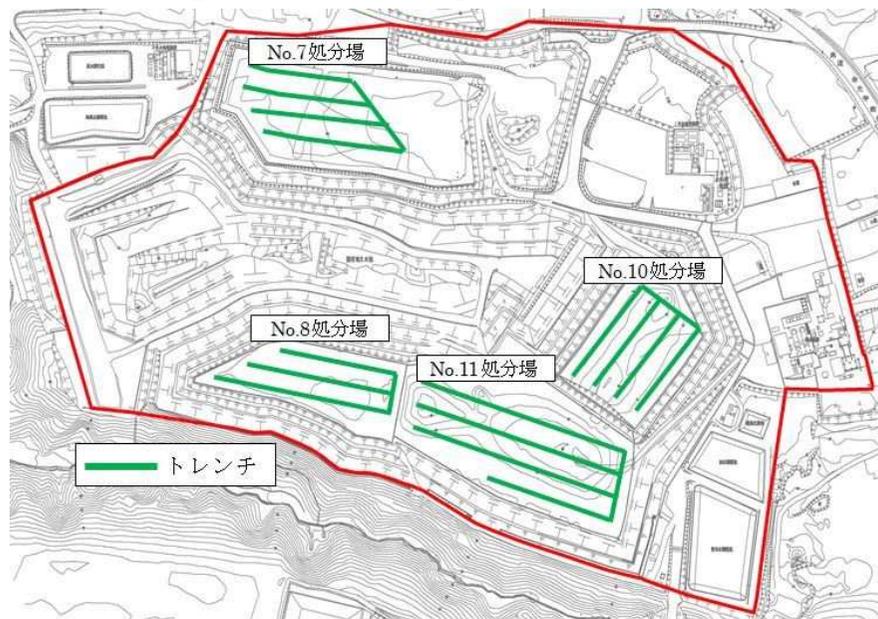


図8 雨水浸透対策（浸透トレンチ）位置図

## (5) 環境モニタリング

周辺環境の状況を把握するため、引き続き環境モニタリングを継続する必要がある。

- なお、調査地点や調査項目については、有害物質の検出状況等を精査し、適宜見直しを行うこととする。
- これまで実施しているモニタリング回数や調査項目を基本とするが、濁水状態あるいは回収量の低い揚水井戸や、VOCの不検出の状態が続いている観測井戸については、調査頻度の見直しを行うなど、効率的な環境モニタリングに努める。
  - 新設する揚水井戸及び観測井戸については、状況に応じて年2～4回の調査を行う。

#### 4 現行対策の評価

生活環境保全上達成すべき目標としている沢の滲出水のベンゼン等のVOCの濃度については、現在までにほぼ環境基準値以下に改善されている。しかし、新たに環境基準項目に追加された1, 4-ジオキサンについては、現在も環境基準値を超過している。

これまでの環境保全対策を継続した場合の1, 4-ジオキサンの濃度を予測することにより現行の対策を評価し、変更計画における追加対策の必要性を判断することとした。

##### (1) 評価方法

現行計画に基づく対策工が完了した平成20年度以降の水質測定データにより、現行の環境保全対策による汚染物質低下傾向を把握し、これに基づいて沢の滲出水や地下水中の1, 4-ジオキサン濃度の予測を行う。

予測に用いる水質データは、測定頻度・日時が箇所により異なるため、月平均値に統一した。

各エリアによって汚染物質濃度等が異なることから、沢の滲出水、遮水壁内及び遮水壁外の第1帯水層地下水、第2帯水層地下水毎に行う(図1)。また、No. 4、5処分場については、この周囲にある揚水井戸から1, 4-ジオキサンが高濃度で検出していることから、No. 4、5処分場を一つのエリアとして検討した。

検討結果については、環境基準値と比較して評価を実施した。なお、遮水壁内の第1帯水層地下水及びNo. 4、5処分場は、排水基準値と比較して評価を実施した。

##### ① 沢の滲出水

過去の測定結果から、各沢の滲出水の濃度予測を行った。

##### ② 遮水壁内北側エリア

1, 4-ジオキサンが高濃度で検出されている遮水壁内の北側から平成24年度に設置した旧国有地ため池の揚水井戸までの範囲を高濃度エリアとして、第1帯水層地下水の濃度予測を行った。

##### ③ No. 4、5処分場

遮水壁内北側エリアに位置するNo. 4、5処分場は、当該エリアの汚染源となっている可能性があることから、処分場内の廃棄物を対象とした浄化対策を実施することで汚染の拡散防止を図る。No. 4、5処分場エリアとして、保有水の濃度予測を行った。

##### ④ 遮水壁外北側エリア

遮水壁外の北側に設置している揚水・観測井戸で1, 4-ジオキサンが環境基準値を超えているため、その周辺の遮水壁外北側について、第1帯水層地下水の濃度予測を行った。

##### ⑤ 遮水壁内南側エリア

遮水壁内の南側を低濃度エリアとして、第1帯水層地下水の濃度予測を行った。

##### ⑥ 第2帯水層

第2帯水層地下水については、これまで浄化対策を実施していないことから、1, 4-ジオキサンの濃度は、将来も変化がないとした。



(2) 評価結果

① 沢の滲出水

「蒲の沢」：10年後の平成34年度においても環境基準値を超過している。

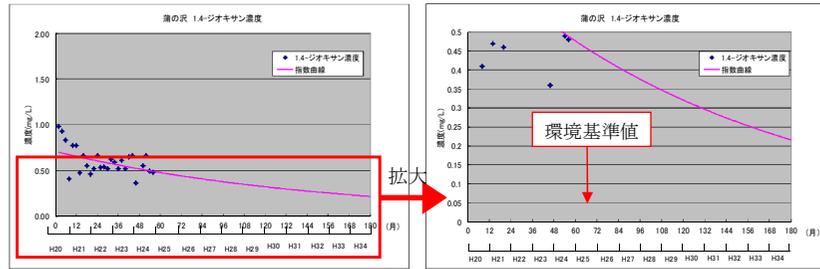


図2 蒲の沢の濃度低下曲線

「大館沢」：平成25年度で環境基準値以下となる。

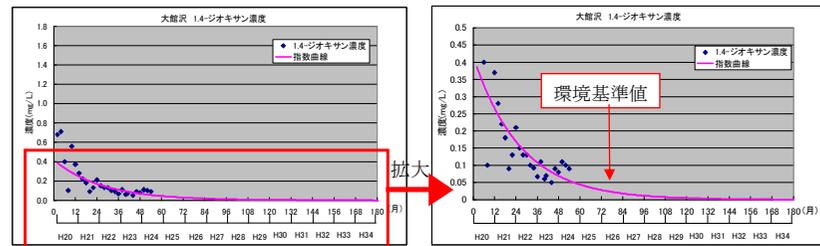


図3 大館沢の濃度低下曲線

「南沢」：平成30年度で環境基準値以下となる。

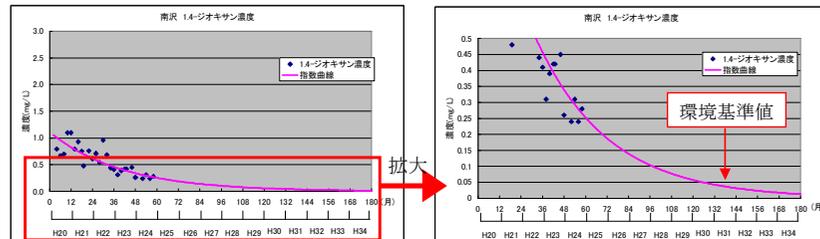


図4 南沢の濃度低下曲線

以上より、蒲の沢では、現行の浄化対策を継続した場合における10年後（平成34年度）の1,4-ジオキサン濃度は、依然として環境基準値を超過していると予測される。なお、蒲の沢には、処分場方向から地下水が流れていると考えられるため、上流側

での追加対策が必要である。

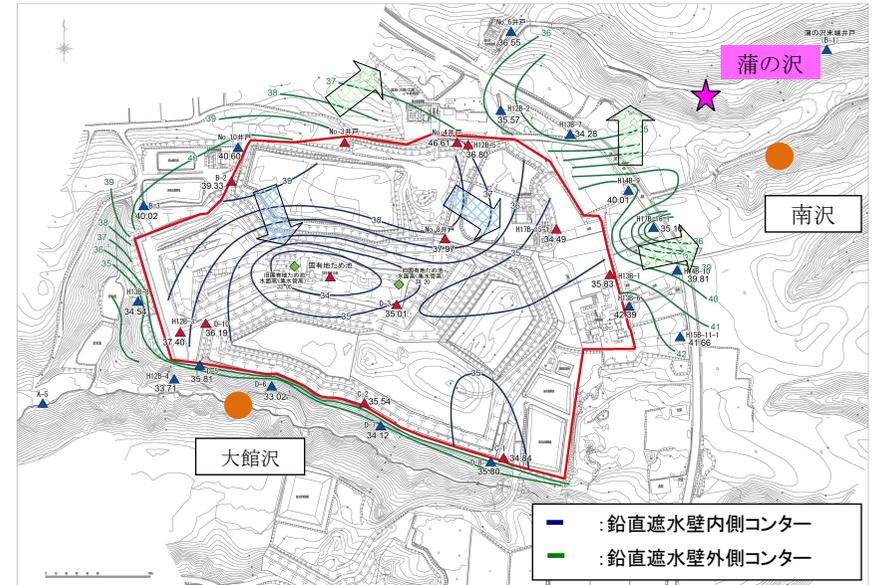


図5 第1帯水層地下水コンター

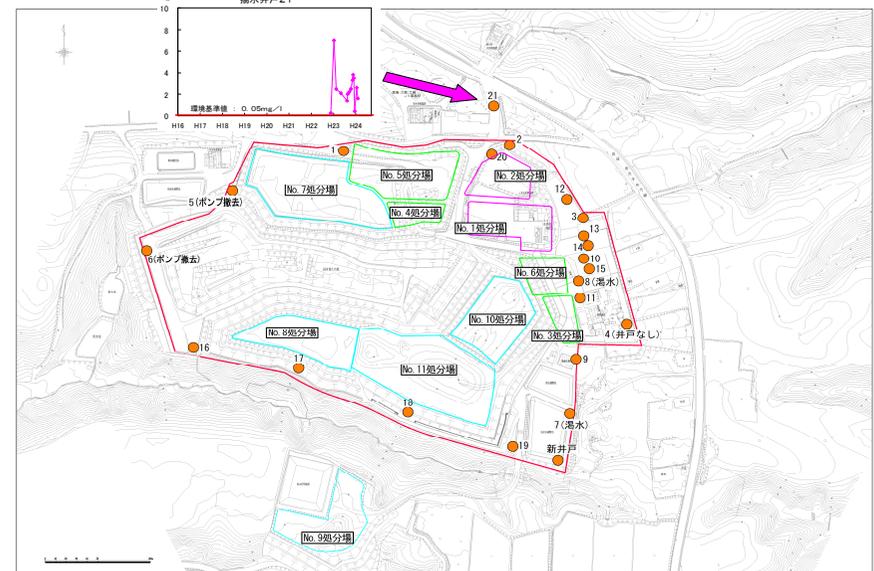


図6 遮水壁外北側の1,4-ジオキサン濃度

② 遮水壁内北側

遮水壁内北側では、1, 4-ジオキサンが特に高濃度で検出されている1号、2号、20号揚水井戸の平成20年度以降の月平均の測定結果を基に、濃度予測を実施した。

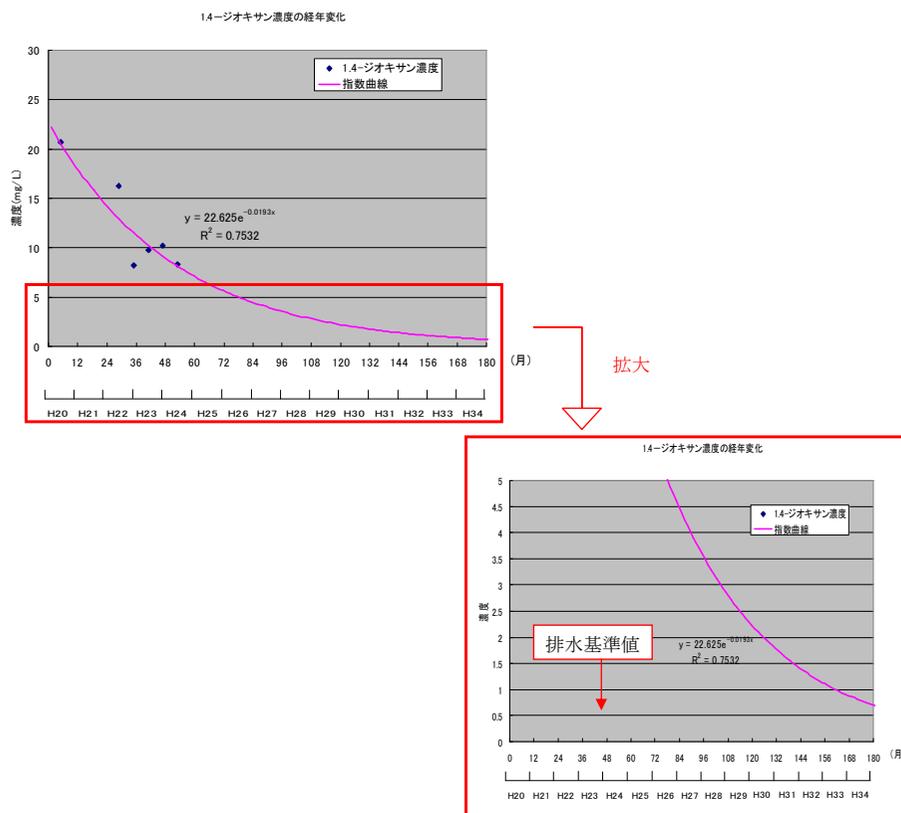


図7 遮水壁内北側エリアの濃度低下曲線

以上より、遮水壁内北側では、現況の対策を継続した場合における10年後（平成34年度）の1, 4-ジオキサン濃度は依然として排水基準値を上回る予測となったことから、追加対策が必要である。

③ No. 4、5 処分場

No. 4、5 処分場の周囲にある揚水井戸から高濃度の1, 4-ジオキサンが検出されており、これは処分場の保有水の影響と考えられる。保有水の1, 4-ジオキサン濃度は、集水設備がないことから、直接確認できないが、周辺揚水井戸の水

質から高濃度と推測される。現在、No. 4、5 処分場を直接の対象とした対策が行われていないことから、10年後についても排水基準を上回っていると予測される。No. 4、5 処分場については、遮水壁内北側へのリスクを抑えるために、追加対策が必要である。

④ 遮水壁外北側

遮水壁外北側エリアには、21号揚水井戸が設置されており、設置後の平成23年2月以降の1, 4-ジオキサン濃度の経年変化を図8に示す。

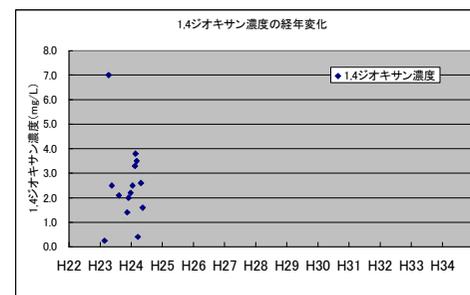


図8 遮水壁外北側エリア（21号揚水井戸）の濃度変化

図8に示すように、当該井戸での水質調査期間が1年程度と短いため、これまでの濃度変化状況からの将来予測は困難である。

当該エリアの地層構造は、遮水壁内と同じであると考えられることから、1, 4-ジオキサンの濃度予測についても、「②第1帯水層 遮水壁内高濃度エリア」と同等の浄化速度になると予測される。

予測指数関数： $y = 1.6 \text{ (H24.5の21号揚水井戸濃度)} \times \exp(-0.0193x)$

試算予測の結果、遮水壁外北側エリア（21号揚水井戸）では、10年後（平成34年度）の1, 4-ジオキサン濃度は依然として環境基準値を上回る予測となり、追加対策が必要である。

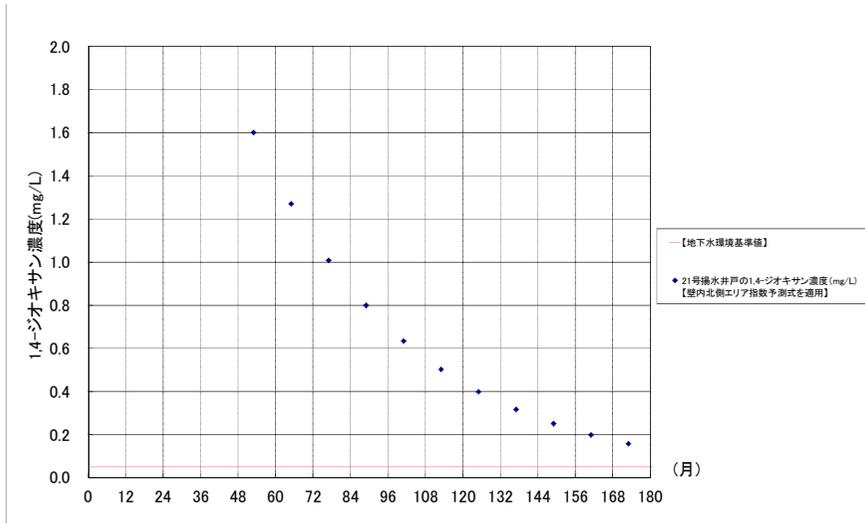


図 9 遮水壁外北側エリアの1, 4-ジオキサン濃度予測

⑤ 遮水壁内南側エリア

遮水壁内南側エリアでは、既設の揚水井戸9、10、11、13、14、15、17、18、19号の計9本における平成20年度以降の1, 4-ジオキサン濃度の月平均を基に、濃度予測を実施した。

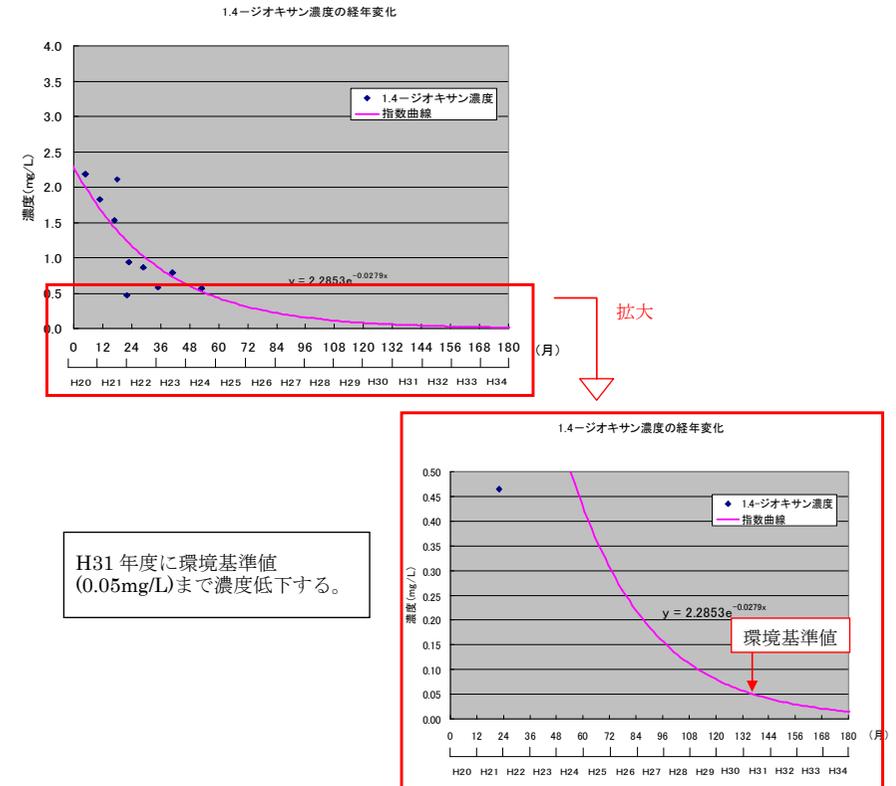


図 10 遮水壁内南側エリアの濃度低下曲線

遮水壁内南側エリアは、6年後の平成31年度に1, 4-ジオキサン濃度が環境基準値まで低下する結果となった。なお、遮水壁内南側エリアでは、既存井戸による浄化効果及び平成24年度のため池改修工事による効果も期待できるため、追加対策は不要である。

⑥ 第2帯水層

環境基準値を超過して1, 4-ジオキサンが検出されている第2帯水層については、現在、環境保全対策を行っていないことから、10年後についても、濃度に変化がないと予測されるため、追加対策が必要である。

○ 現行の環境保全対策を継続した場合、蒲の沢の滲出水については、10年後（平成34年度）も環境基準値を超過しており、遮水壁内外の第1帯水層地下水や第2帯水層地下水についても、環境基準値や排水基準値を超過していると予測される。

表1 現状対策による将来の濃度予測結果一覧表

		1,4-ジオキサン濃度が目標値に達する年度 (H25年度より開始)	実施計画の目標	対策の評価※	
① 沢の滲出水	蒲の沢	蒲の沢：H34年度以降	環境基準値		10年後においても目標値を達しないと予測されるため、追加対策を必要とする
	南沢	南沢：H30年度			現行の環境保全対策を継続することで、目標値を達成すると予測されるため、追加対策は不要である
	大館沢	大館沢：H25年度			
第1帯水層	遮水壁内側	②北側エリア (高濃度)	H34年度以降(H36年度)	排水基準値	10年後においても排水基準値を達しないと予測されるため、追加対策を必要とする
		③No. 4、 5 処分場	(現状水質不明のため予測検証は実施しない)		遮水壁内北側エリアとあわせて追加対策を必要とする
		⑤南側エリア (低濃度)	H31年度	環境基準値	現行の環境保全対策を継続することで、10年以内に環境基準値を達成すると予測されるため、追加対策は不要である
	④遮水壁外北側	H34年度以降(H39年度)	10年後においても環境基準値を達しないと予測されるため、追加対策を必要とする		
第2帯水層		(現状で対策を行っていないため、予測は実施しない)			対策を必要とする

※対策の効果を判断するための基準値

## 5 追加対策による水質予測

### (1) 第1帯水層

#### 1) 基本的な考え方

計画期間内に沢の滲出水及び遮水壁外の1,4-ジオキサン濃度を環境基準値以下とすること、また、遮水壁内北側及びNo. 4、5処分場の1,4-ジオキサン濃度を排水基準値以下とする。

#### 2) 揚水井戸配置計画

目標を達成するために必要な揚水量を考慮し、各エリアに揚水井戸を設置する。新設の揚水井戸配置図を図11に示す。

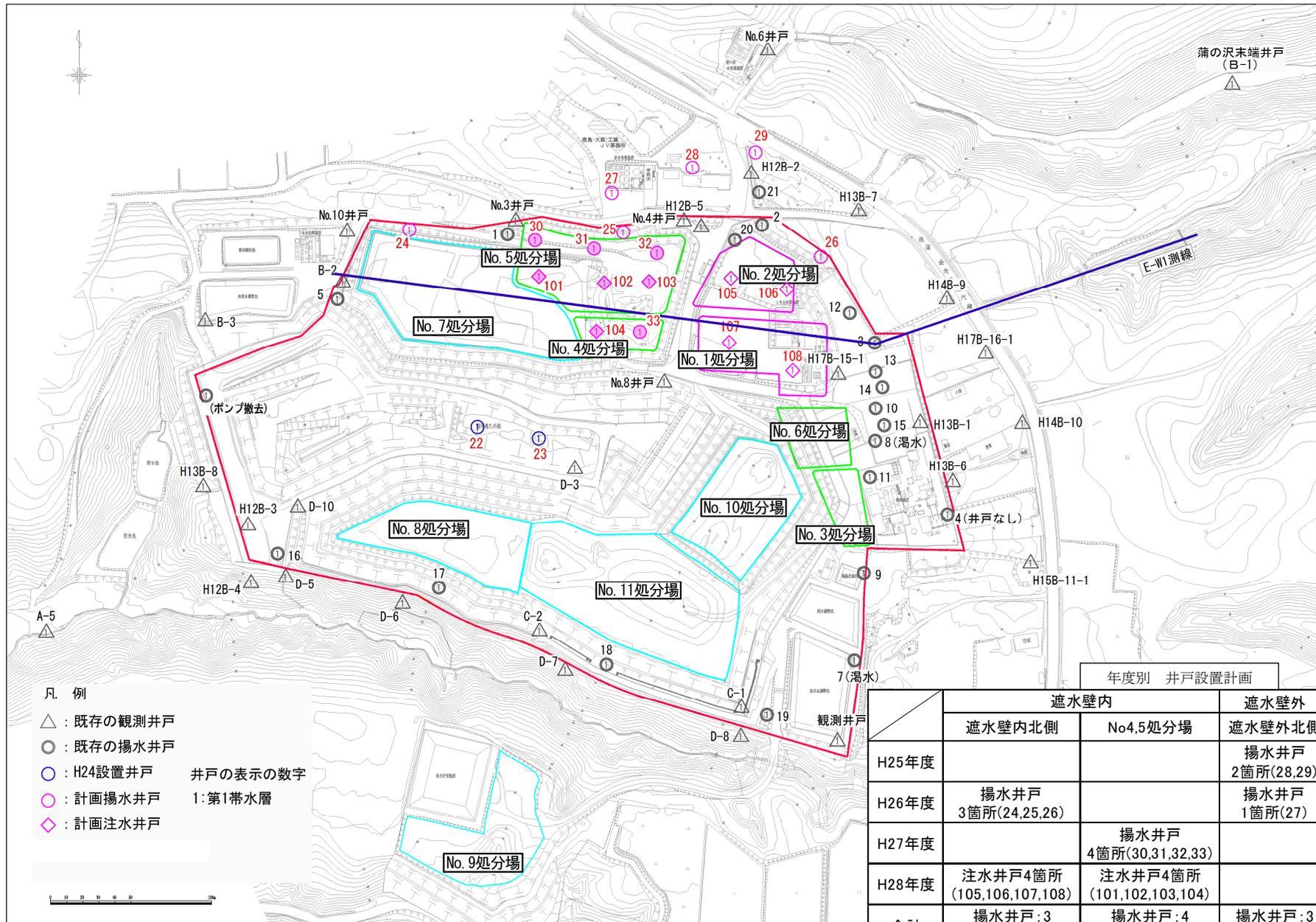


図 1 1 【第 1 帯水層及び No. 4、5 処分場】井戸配置計画図

### 3) 各エリアの水質予測

#### ① 沢の滲出水（蒲の沢）

追加対策が必要な蒲の沢では、処分場方向から地下水が流れ、滲出していると考えられることから、上流側で追加の浄化促進対策を実施することにより、蒲の沢の滲出水の1, 4-ジオキサン濃度が低下すると予測される。

このことから、遮水壁外北側エリア第1帯水層地下水と蒲の沢の滲出水の関係を以下に整理し、濃度予測を行う。

#### i) 予測方法

##### ア 物質の移動速度計算

遮水壁外北側エリア第1帯水層地下水の1, 4-ジオキサンが、蒲の沢へ到達するまでの年数を算定した。

##### イ 物質が到達するまでの平面的分散による希釈割合設定

1, 4-ジオキサンが、蒲の沢へ到達した時点での希釈割合を推定した。

##### ウ 追加対策後の蒲の沢の濃度変化予測

遮水壁外北側エリア第1帯水層地下水の1, 4-ジオキサン濃度の浄化状況が、蒲の沢の滲出水に効果として発現する時系列状況を予測し、濃度予測を実施した。

#### ii) 予測結果

##### ア 物質の移動速度計算

遮水壁外北側エリアの1, 4-ジオキサン濃度の移動速度を算定した。

#### [計算条件]

- ・透水係数  $k$  :  $3.3E-5$ m/s(既往地質調査結果)
- ・有効間隙率  $n$  : 0.15 (「砂質土」一般値)
- ・動水勾配  $I$  : 以下の条件より設定した。

$$I = (H_a - H_b) / L = (35 - 30) / 150 = 0.033$$

$I$  : 動水勾配

$H_a$  : A地点(鉛直遮水壁外側(北側))の地下水位 = 標高 35m

$H_b$  : B地点(蒲の沢原水 湧出地点)の地下水位 = 標高 30m

※ 湧出点のため、地盤標高を地下水位相当とみなした。

$L$  : A地点とB地点の距離 = 150m

- ・流速  $v$  : 実流速  $v = u / n$

: ダルシー流速  $u = kI$

$$\begin{aligned} \text{実流速} &= \text{透水係数} \times \text{動水勾配} \div \text{有効間隙率} \\ &= 3.3E-5 \text{ (m/s)} \times 0.033 \div 0.15 \\ &= 7.26E-6 \text{ (m/s)} \\ &= 0.627 \text{ (m/日)} \end{aligned}$$

蒲の沢に達するまでの年数は、以下の計算式により求めた。

$$\begin{aligned} 150 \text{ (m)} \div 0.627 \text{ (m/日)} &= 239 \text{ (日)} \\ &= 0.67 \text{ (年)} \end{aligned}$$

計算の結果、遮水壁外北側エリア第1帯水層地下水の1, 4-ジオキサンは、1年程度で蒲の沢へ到達すると予測される。

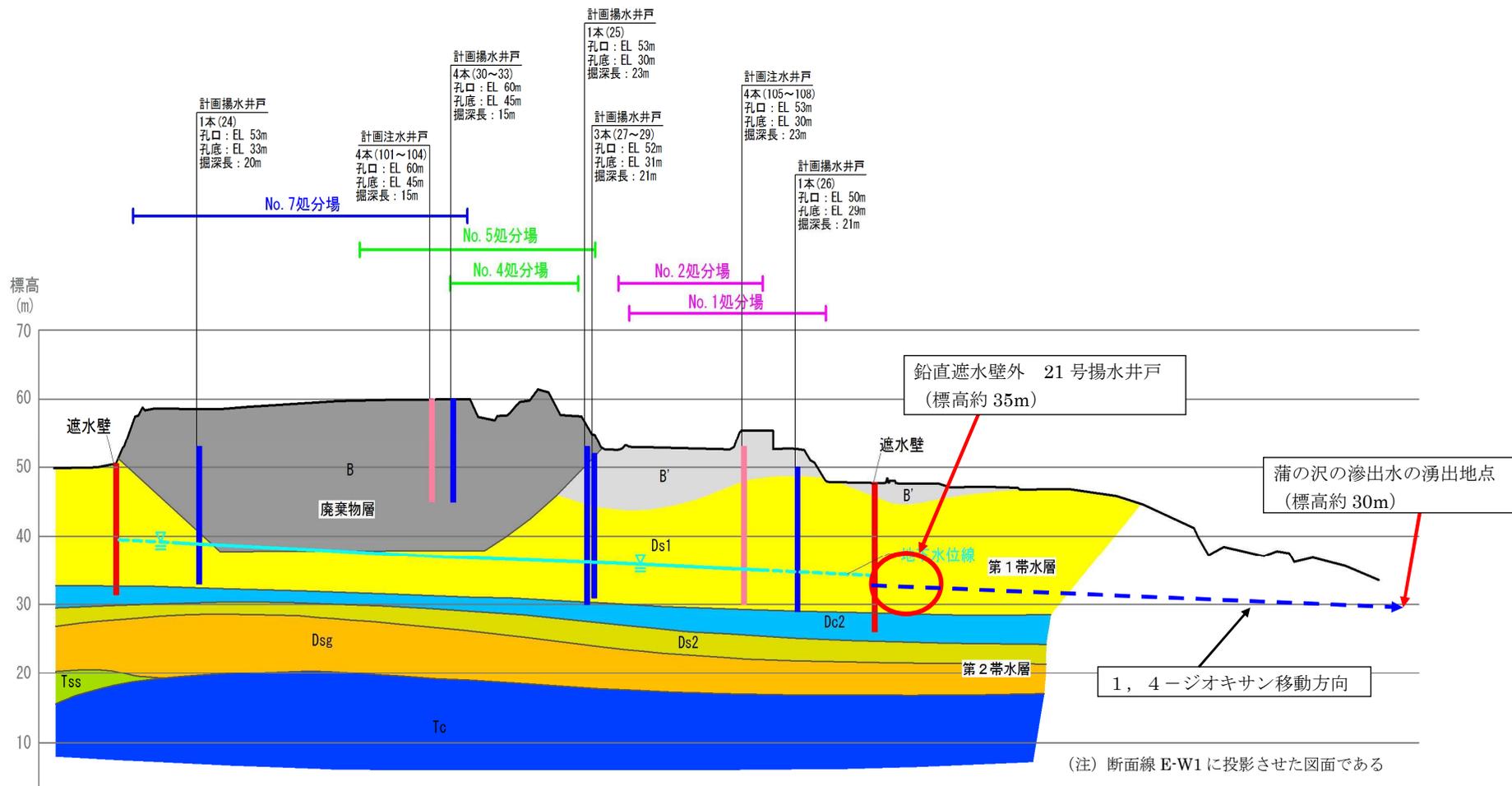


図 1 2 検討位置平面図・断面図

イ 物質が到達するまでの平面的分散による希釈割合設定

遮水壁外の1, 4-ジオキサンは、おおむね1年後に蒲の沢に到達することから、平成23年度の遮水壁外北側エリアと平成24年度の蒲の沢の1, 4-ジオキサン濃度の測定値比率により希釈割合を設定した。結果を表3に示す。

表3 遮水壁外北側エリアと蒲の沢の1, 4-ジオキサン濃度の測定値比率

	21号揚水井戸 (A地点)	蒲の沢の滲出水 (B地点)	A地点とB地点の濃度比 (B/A)	A地点とB地点の濃度比 (B/A) の平均
	1年前 (H23年度)のおおよその濃度範囲	H24年度のおおよその濃度		
1, 4-ジオキサン濃度 (mg/L)	1.50 ～ 2.50	0.5	0.33 ～ 0.20	0.27

遮水壁外北側エリア第1帯水層地下水の1, 4-ジオキサンは、蒲の沢へ到達する時点では、0.2～0.33倍程度(平均0.27倍)に希釈されている結果となった。

ウ 追加対策後の蒲の沢の滲出水の濃度変化予測

追加対策後の蒲の沢の滲出水の濃度変化については、遮水壁外北側エリアでの浄化効果が、1年後に蒲の沢の滲出水に発現するとして予測する。このため、まず初めに、遮水壁外北側エリアの濃度変化を予測する。なお、遮水壁外北側の揚水井戸は、平成25年度及び平成26年度に設置することから、平成26年度までは、現状までの濃度変化実績をベースに予測し、平成27年度以降については、追加対策により浄化が促進されるとして予測する。

a. 遮水壁外北側での濃度予測

○ 平成25年度から平成26年度までの予測 (遮水壁外北側)

遮水壁外北側エリアの1, 4-ジオキサン濃度について、現状までの水質測定データから、予測する。遮水壁外北側エリアの1, 4-ジオキサン濃度は、平成24年5月現在で1.6mg/Lである。また、遮水壁内北側エリアと地層構造が同じであることから、遮水壁内北側エリアと同じ浄化速度になるとした。これにより、遮水壁外北側エリアの濃度予測を行うと、平成24年5月で1.6mg/L、1年後(平成25年度)で1.27mg/L、2年後(平成26年度)で1.01mg/Lとなる。

○ 平成27年度以降の予測

平成27年度以降の追加揚水井戸設置後の浄化効果を見込むと、

$$y = (\text{初期濃度}) \times (0.63 : \text{年あたり残存率})^{(\text{経過年数})}$$

初期濃度：井戸設置後の平成26年度における21号揚水井戸濃度(上記より)

1. 0.1mg/L)

本予測式によれば、平成27年度の1, 4-ジオキサン濃度は0.63mg/Lとなり、平成34年度には0.02mg/Lになると予測される。

b. 蒲の沢の滲出水の濃度予測

遮水壁外北側エリアの揚水井戸の施工を平成25、26年度に実施し平成27年度より効果が発現した場合、蒲の沢へは、さらに1年後の平成28年度より効果が発現することとなる。なお、蒲の沢の滲出水の濃度は、遮水壁外北側エリアの濃度の0.27倍になるとした。この条件によれば、蒲の沢の1, 4-ジオキサン濃度は、平成28年度には、0.17mg/Lとなり、平成31年度に環境基準値(0.05mg/L)以下の0.04mg/Lになると予測される。

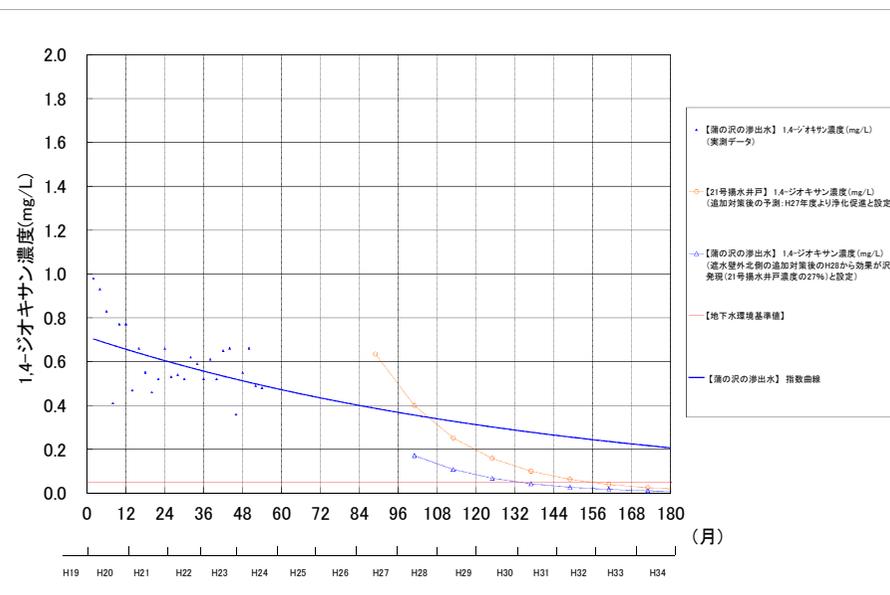


図1.3 蒲の沢への滲出水 1, 4-ジオキサン濃度予測図

② 北側遮水壁内外及びNo. 4、5処分場

各エリアについて、対策の実施による、1, 4-ジオキサン濃度の低下予測を行った。

i) 予測方法

これまでの揚水井戸の対策により、濃度が指数的に減少している傾向が確認されている。これは、対象エリアの保有水（遮水壁で囲われている範囲の地下水）が、井戸による揚水と雨水の地下浸透によって循環されていることによる効果と考えられる。

そこで、ここでは、対象エリアの保有水について、注水・揚水井戸を追加することによって循環頻度を増やすことによる、濃度低減への時間的効果を予測する。

まず、現状での濃度低下について評価し、それを基に、追加対策実施後による濃度評価について評価する。

ii) 予測結果

ア. 保有水の循環による1, 4-ジオキサンの残存率

現状における検証結果による濃度予測指数曲線の1年間の濃度残存率より、保有水を1回循環させるごとの濃度の残存率を算出した。

表4 残存率の算出条件及び結果

項目		①	②	③
		遮水壁内北側エリア	No.4,5処分場	遮水壁外北側エリア
A	面積A(m <sup>2</sup> )	38,902	5,583	16,229
B	水位高h(m)	5.23	5.23	5.4
C	有効間隙率ne	0.15	0.3	0.15
D	保有地下水量(m <sup>3</sup> )	D=A×B×C		
		30,519	8,760	13,145
E	現況の年間揚水量(m <sup>3</sup> )	実績値	なし (5,153)	7,403
F	1回循環するために要する年数	F=D/E		
		1.70	1.70	1.78
G	1年後の濃度の残存率	現状までの濃度低下状況より作成した指数関数による設定(③は水質データなし、④は水質データ期間が短いことから、それぞれ②の割合適用)		
		79%	79%	79%
H	1循環における濃度の残存率	H=G <sup>F</sup>		
		67%	67%	66%

各項目の算出条件は以下のとおりである。

○A：面積

CAD図上で面積を算出した。

○B：水位高さ

a 「①遮水壁内北側エリア」

(第1帯水層平均水位標高 36.36m) - (第1帯水層底面平均標高 31.13m) = 5.23m  
第1帯水層平均水位標高は、平成19年1月～平成23年12月の5ヵ年平均値(1回/月の観測データ)とした。

第1帯水層底面平均標高は、観測井戸9孔(H12B-3、H12B-5、H13B-1、H17B-15-1、D-10、B-2、C-1、C-2、D-3)の孔底標高平均値とした。

b 「②No. 4、5処分場内保有水」

測定データがないため、①遮水壁内北側エリアの第1帯水層と同じ水位高さとした。

c 「③遮水壁外北側エリア」

(第1帯水層平均水位標高 35.46m) - (第1帯水層底面標高 30.06m) = 5.40m  
第1帯水層平均水位標高は、平成19年1月～平成23年12月の5ヵ年平均値(1回/月の観測データ)とした。

第1帯水層底面標高は、北側エリア中央部の観測井戸(H12B-2)の孔底標高とした。

○C：有効間隙率

第1帯水層(①③エリア)：0.15(「細砂」の一般値とした。「水理公式集、1974」  
廃棄物層(②エリア)：0.30(埋立物の実態不詳であるため、混入物を考慮し「砂礫層」相当の一般値とした「水理公式集、1974」

表5 有効間隙率(未固結地盤)

地層	間隙率(%)	有効間隙率(%)	地層	間隙率(%)	有効間隙率(%)
沖積礫層	35	15	洪積砂礫層	30	15~20
細砂	35	15	砂層	30~40	30
砂丘砂層	30~35	20	ローム層	50~70	20
泥粘土質層	45~50	15~20	泥層粘土層	50~70	5~10

○D：保有地下水量

上記A×B×Cにより算出

○E：年間揚水量

各エリア年間揚水量実績値

a 「①遮水壁内北側エリア」

揚水井戸が現在の配置となった平成20年度以降の揚水実績により、以下の合計量とした。

- 遮水壁内北側エリアの1号、2号、3号、20号揚水井戸は、平成20～23年度の年間揚水量平均値とした。
- 遮水壁内北側と南側の境界付近に位置し、揚水量を一括計量している12～15号の揚水井戸4本については、平成20～23年度の年間揚水量平均値の1/2とした。
- 遮水壁内北側と南側の境界付近に位置するため池は、面積比率によって計上した。なお、ため池からの揚水は、平成23年7月に開始したため、同年8月から1年間のデータとした。

$$\begin{aligned} & \text{ため池の年間揚水量 (H23.8-H24.7) } \times \text{面積比率 (遮水壁内高濃度エリア/遮} \\ & \text{水壁内全体=38,902m}^2 \text{ /105,443m}^2) = \\ & (16+1,381+4,823+1,940) + (5,250/2) + (19,318 \times 38,902/10,5443) \\ & = 17,912\text{m}^3 \end{aligned}$$

表6 遮水壁内北側エリアの揚水量実績

井戸位置 エリア	①北側						北側と南側の境界部		ため池		④壁内北 側エリア合 計 ①+②+③
	井戸1号	井戸2号	井戸3号	井戸20 号	井戸12～ 15号	②(井戸12 ～15号)/2	ため池	ため池(H 23.8-H 24.7)	③ため池(H 23.8-H24.7) ×面積比率 (壁内高濃度 /壁内全体= 38902/1054 43)	北側エリア +境界部 /2+ため池 (左記デー タ)	
H20年度	0	0	0	4,230	11,581	5,791	0				
H21年度	0	293	8,828	1,897	6,478	3,239	0				
H22年度	0	673	8,124	1,634	89	45	0				
H23年度	65	4,559	2,339	0	2,851	1,426	12,036	19,318			
H20-23年 度平均	16	1,381	4,823	1,940	5,250	2,625	3,009		7,127	17,912	

b 「②No. 4、5処分場内」

現況揚水なし

c 「③遮水壁外北側エリア」

井戸設置以降の実績月平均値×12ヶ月の7,403m<sup>3</sup>

表7 21号井戸揚水実績

	21号井戸 揚水実績(m <sup>3</sup> )
H23年4月	398.5
H23年5月	839.5
H23年6月	426.0
H23年7月	637.0
H23年8月	437.0
H23年9月	927.0
H23年10月	751.0
H23年11月	477.0
H23年12月	659.0
月平均	616.9
月平均×12月	7403

○F：1回循環あたりの必要年数

$$F = D/E$$

○G・H：各エリアの1年あたり・循環1回あたりの残存率の算出

a 「①遮水壁内北側エリア」

1年後の濃度の残存率：79%

$$\begin{aligned} & \text{循環1回あたりに要する年数：保有地下水量/年間揚水量} \\ & = 30,519/17,912 = 1.70 \text{年} \end{aligned}$$

$$\text{循環1回あたりの濃度の残存率：}(0.79)^{1.70} \times 100 \approx 67\%$$

b 「②No. 4、5処分場」

現状では井戸を設置しておらず、濃度の低下状況が不明なため、「②遮水壁内北側エリア」と同じ値とした。

1年後の濃度の残存率：79%

循環1回あたりに要する年数：1.70年

$$\begin{aligned} & \text{年間揚水量：保有地下水量 (8,760m}^3) \text{ / 循環1回あたりに要する年数 (1.70年)} \\ & = 5,153\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{循環1回あたりの濃度の残存率：} 67\%$$

c 「③遮水壁外北側エリア」

1年後の濃度の残存率：79%

これまでの水質データ取得期間が短く、濃度の低下状況の評価が困難なため、「②遮水壁内北側エリア」と同じ値とした。

$$\text{循環1回あたりに要する年数：保有地下水量/年間揚水量}$$

$$=13,145/7,403=1.78 \text{ 年}$$

$$\text{循環 1 回あたりの濃度の残存率} : (0.79)^{1.78} \times 100 \approx 66\%$$

イ 追加対策後の1, 4-ジオキサン濃度予測

追加井戸も含めた揚水量と保有地下水量の関係から地下水の循環回数を計上する手法とした。1回の循環により、1, 4-ジオキサンが残存する割合は、実績値から算出した。

これより、揚水・注水対策後の循環回数と合わせて初期濃度から排水基準値および環境基準値までに必要な年数を求めた。各エリアの濃度予測結果については、表8に示す。

「①遮水壁内北側エリア」は、浄化促進対策を実施することで、平成34年度に排水基準値以下になると予測される。

「②No. 4、5処分場」は、浄化促進対策を実施することで、平成33年度に排水基準値以下になると予測される。

「③遮水壁外北側エリア」は、浄化促進対策を実施することで、平成33年度に環境基準値以下になると予測される。

表8 追加対策後の1, 4-ジオキサン濃度予測結果

項目		①	②	③		
		遮水壁内北側 エリア	No.4,5処分場	遮水壁外北側 エリア		
A	面積A(m <sup>2</sup> )	38,902	5,583	16,229		
B	水位高h(m)	5.23	5.23	5.4		
C	有効間隙率ne	0.15	0.3	0.15		
D	保有地下水量(m <sup>3</sup> ) D=A×B×C	30,519	8,760	13,145		
E	揚水量	現況の年間揚水量(m <sup>3</sup> /年) 実績値	17,912	なし	7,403	
		追加対策	井戸設置本数(本)	3	4	3
			揚水量(m <sup>3</sup> /年)	6,570	8,760	6,570
		合計揚水量(m <sup>3</sup> /年)	24,482	8,760	13,973	
F	1回循環するために要する年数 F=D/E	1.25	1.00	0.94		
H	1回循環における濃度の残存率 H=G <sup>F</sup>	67%	67%	66%		
揚水井戸設置年度		H27	H27	H26		
揚水井戸設置年度の1, 4-ジオキサン濃度(mg/L)		4.1	4.1	1.01		
基準濃度	排水基準(mg/L)	0.5	0.5	-		
	環境基準(mg/L)	-	-	0.05		
循環回数(回/年)		0.80	1.00	1.06		
必要循環回数	排水基準	5.3	5.3	-		
	環境基準	-	-	7.3		
必要循環年数	排水基準	6.7	5.3	-		
	環境基準	-	-	6.9		

ウ「②遮水壁内北側エリア」における年ごとの地下水位の低下予測

「②遮水壁内北側エリア」について、地下水位の予測結果を表9に示す。

追加対策を実施することで、平成32年度には、遮水壁内の地下水位を遮水壁外北側（35.57m）よりも低くすることができると予測される。

表9 「②遮水壁内北側エリア」における年ごとの地下水位の低下予測

項目			①
			遮水壁内北側 エリア
A		遮水壁内北側エリア	38,902
B	面積A(m <sup>2</sup> )	エリア内の処分場	12,378
C		遮水壁内北側エリア - 処分場	26,524
D	有効間隙率ne		0.15
E	降水量(mm/年)		能代1981～2010年の 年間降水量平均値
F	浸透率		0.41
G	流入量	降雨浸透量(m <sup>3</sup> /年)	C×E×F/1,000
		追加対策	注水井戸本数(本)
			注水量(m <sup>3</sup> /年)
		合計流入量(m <sup>3</sup> /年)	
F	流出量	現況の年間揚水量(m <sup>3</sup> /年)	実績値
		追加対策	井戸設置本数(本)
			揚水量(m <sup>3</sup> /年)
		合計流出量(m <sup>3</sup> /年)	
G	流出量－流入量(m <sup>3</sup> /年)		
H	水位低下(m/年)		G/A/D
I	標高水位(m)	H27	揚水井戸設置年度
		H28	
		H29	
		H30	
		H31	
		H32	
		H33	
		H34	

## (2) 第2帯水層

### 1) 基本的な考え方

既設のH22B-17-2観測井戸（鉛直遮水壁より約50m地点）の1, 4-ジ  
オキサン濃度を環境基準値以下とする。これにより、周辺環境への汚染の拡散防止を  
図る。

### 2) 揚水井戸配置計画

揚水井戸の配置は平成28年度で完了することから、平成29年度から事業期間の  
平成34年度までの6年間で、環境基準値以下とするために必要な揚水量を考慮し、  
鉛直遮水壁沿いに100m程度のピッチで揚水井戸を配置（13本：内2本は平成2  
4年度設置済み）する。

また、図14に示す第2帯水層地下水コンターから、地下水は北東側方向に流れて  
いると予測されることから、北東側に観測井戸を3箇所追加し、水質監視を強化する。

新設の揚水井戸配置図を図15に示す。

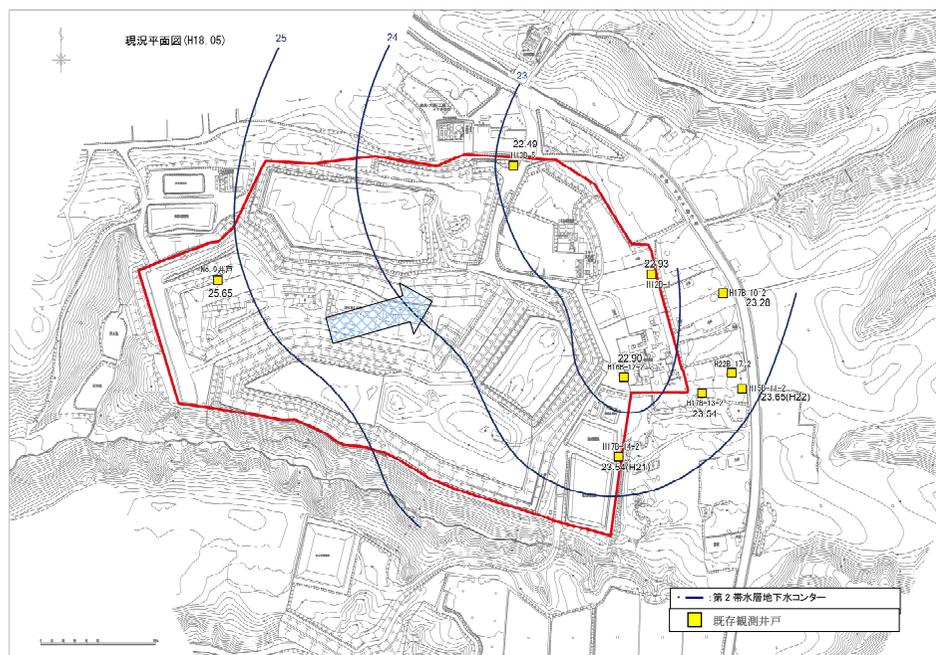


図14 地下水コンター（第2帯水層）H24.7.17 観測水位

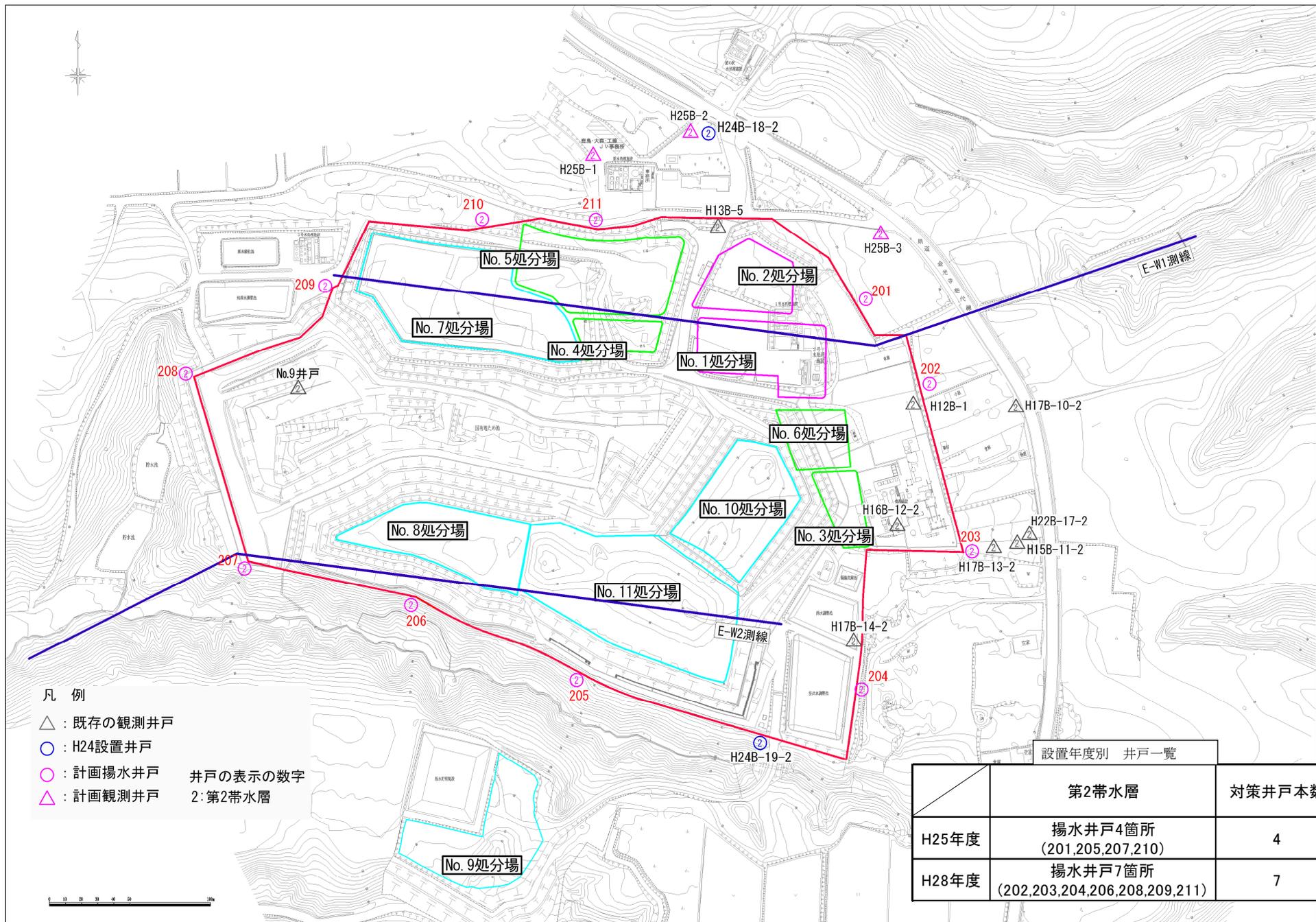
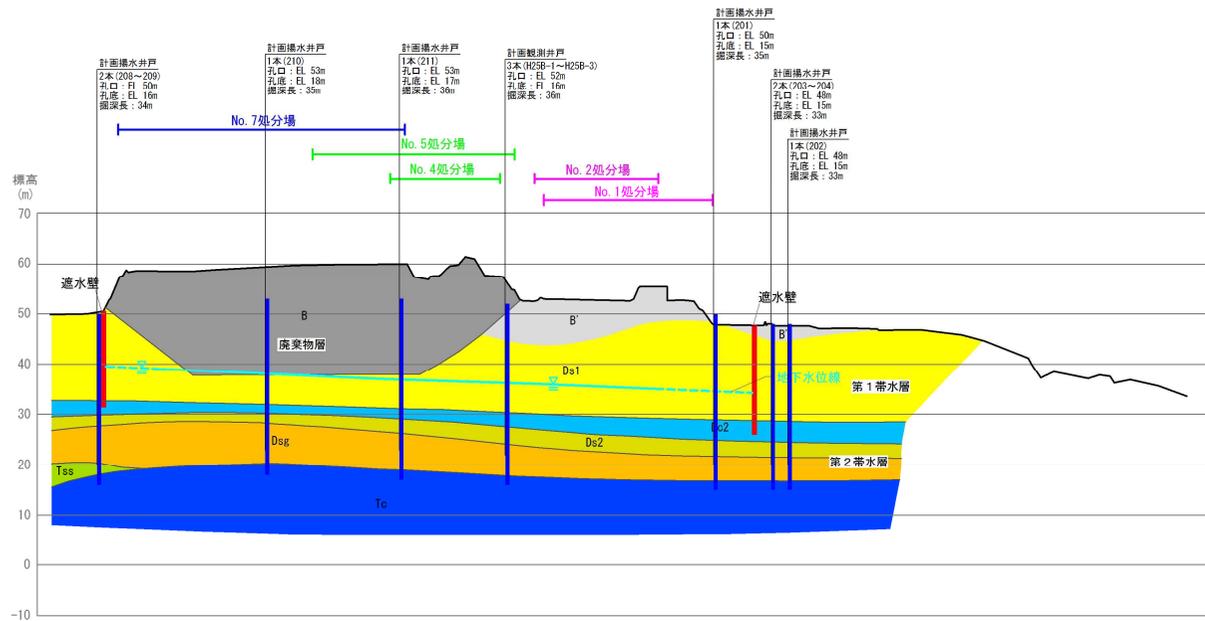
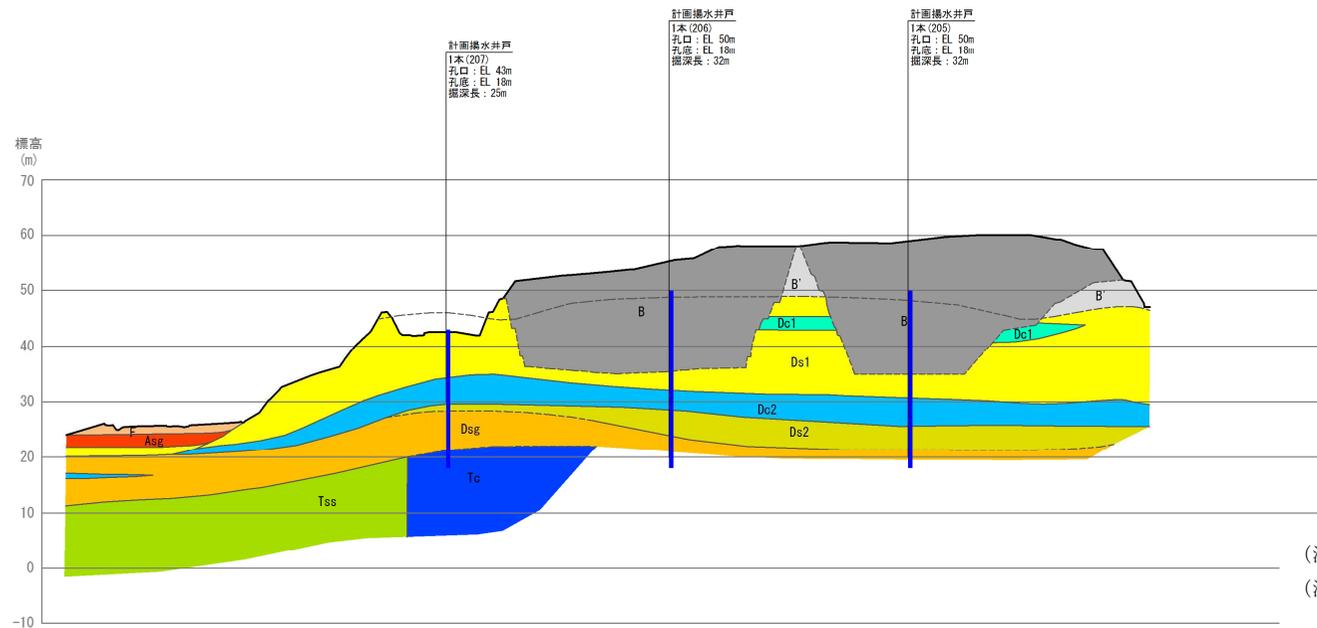


図15 【第2帯水層】井戸配置計画図



(注) 断面線 E-W1 に投影させた図面である



(注) 断面線 E-W2 に投影させた図面である

(注) 206 と 205 の掘削深度は、207 の下端深度を参考に設定した。

図 16 【第2帯水層】配置計画 模式断面図

### 3) 第2帯水層の水質予測

#### ① 検討内容

第2帯水層では、全ての観測井戸から環境基準値を超える1,4-ジオキサンが検出されていることから、処分場を囲い込む形で揚水井戸を配置し、地下水を汲み上げるにより、1,4-ジオキサンの濃度が低下すると予測される。

このことから、揚水対策による導水勾配（地下水流速）の算定及び発生する流速による物質移流分散と揚水による希釈効果を考慮し、濃度予測を行う。

#### ② 予備解析（暫定の井戸本数）

1年に1回、保有地下水を入れ替えると仮定して、暫定的に23本を遮水壁外周に網羅的に配置した場合の地下水低下量（平面2次元解析）及び濃度予測（代表断面での移流分散予測）を実施した。

- ・保有水量：遮水壁で囲まれる範囲の第2帯水層保有地下水量（面積 $106,146\text{m}^2 \times$  平均層厚 $8.33\text{m} \times$  間隙率 $0.15 = 132,640\text{m}^3$ ）
- ・揚水量：井戸公式から $63.18\text{m}^3/\text{日} \cdot \text{基}$ 、実働時間を25%と見て $63.18 \times 0.25 = 15.8\text{m}^3/\text{日} \cdot \text{基}$
- ・井戸本数： $132,640\text{m}^3/\text{日} \div 365\text{日} \div 15.8\text{m}^3/\text{日} = 22.99 \approx 23$ 本

予備解析の結果、外周部で地下水位が2～3m低下し、3年～4年で濃度が1/10に低減する予測となった。

#### ③ 井戸配置等の検討

予備解析により、1,4-ジオキサン濃度を環境基準値以下（おおむね現況の1/10の濃度）に低減するためには、遮水壁沿いに揚水井戸を100m間隔程度で配置することにより、達成出来ると予測されたことから、計13本（内2本は平成24年度設置済み）の揚水井戸を配置することとした。

井戸設置による第1帯水層の汚染地下水の漏洩リスクを極力回避するため、第1帯水層まで設置済みの遮水壁の外部への設置とした。

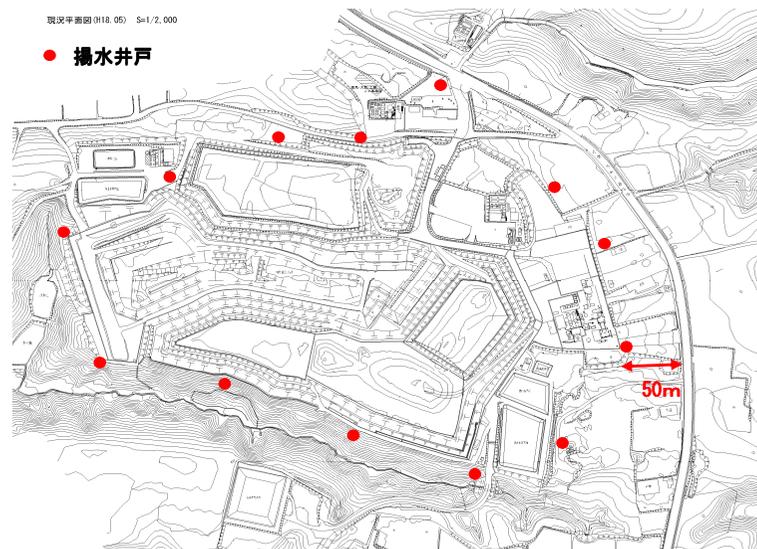


図1-7 解析に用いた井戸配置

#### ④ 解析条件

##### a) 浸透流解析

- ・帯水層厚さ：浸透流解析は8m(平均厚さ)、移流分散解析は1m(単位幅)で飽和領域のみ対象。
- ・水位高：水位高は4m。
- ・解析領域：浸透流解析は $1450\text{m} \times 1600\text{m}$ の範囲。移流分散解析は長さ200m。
- ・揚水量：揚水井戸 H22B-17-2 の実績値 $8.5\text{m}^3/\text{日}$ 。
- ・透水係数： $3.3\text{E}-5\text{m/s}$ (既往地質調査結果)
- ・比貯留係数： $1\text{E}-4$  1/m(河川堤防の構造検討の手引き, p. 70)
- ・有効間隙率：0.15 (表2参照)
- ・メッシュ数：総節点数：5005、総要素数：4864

##### b) 移流分散解析

- ・初期比濃度：モデル全体が1。境界に固定等の供給境界はなし
- ・動水勾配：a)の浸透解析で得られた動水勾配より算出した。
- ・分散長：縦10.0m 横1.0m(縦の10分の1)
- ・遅延係数：1,4-ジオキサン 1.0  
遅延係数の参考：土壌・地下水汚染リスク評価のための情報統合化に関する検討委託(第3次)報告書、2006
- ・減衰定数：0.0
- ・メッシュ数：総節点数：603、総要素数：400

表 1 0 有効間隙率 (未固結地盤)

地層	間隙率 (%)	有効間隙率 (%)	地層	間隙率 (%)	有効間隙率 (%)
沖積礫層	35	15	洪積砂礫層	30	15~20
細砂	35	15	砂層	30~40	30
砂丘砂層	30~35	20	ローム層	50~70	20
泥粘土質層	45~50	15~20	泥層粘土層	50~70	5~10

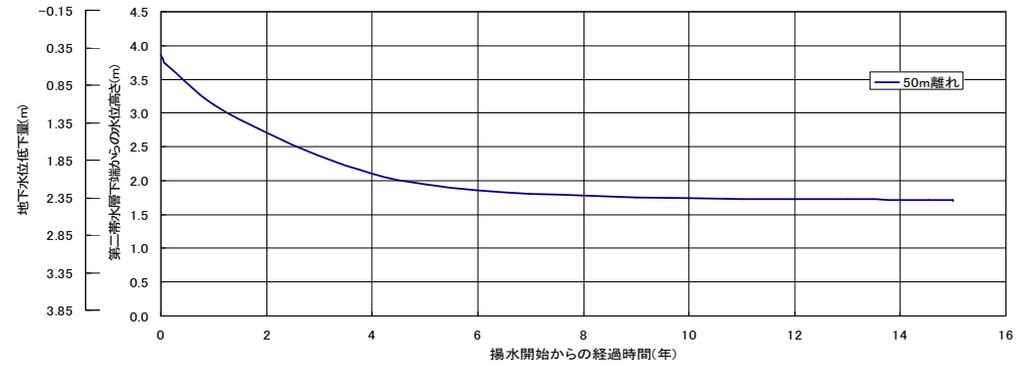
水理公式集 (1974)

⑤ 地下水位低下量・揚水後の導水勾配予測

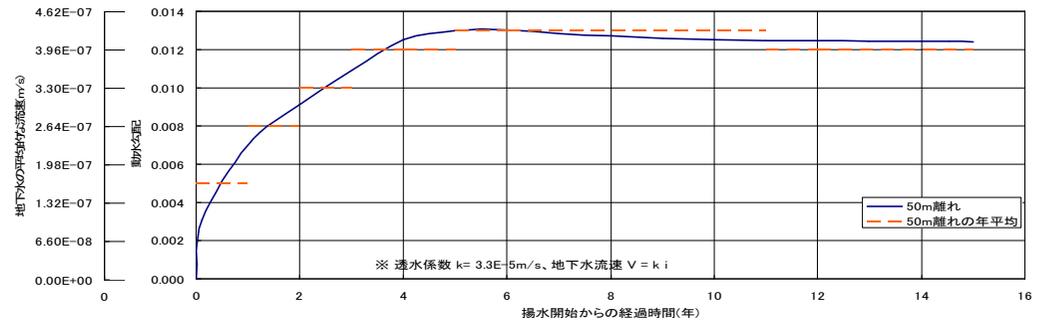
図 1 8 に、揚水経過時間と地下水位低下量・導水勾配 (流速) の変化を示す。

図 1 9 及び 2 0 に 5 年後の地下水位低下量コンター図を示す。

- 揚水井戸配置位置の地下水位は、5 年程度で平衡に達し、地下水位低下量は、井戸設置位置で 3 m 程度、井戸設置位置から 50m 離れの箇所 (北東側ではおおむね道路位置) で約 2.1m、100m 離れの箇所では約 1.6m と予測される。
- 揚水井戸位置と 50m 離れの箇所との間の導水勾配は、約 3.8 年後に 0.012 で概ね定常状態になった。なお、導水勾配の揚水開始後平衡に達する間の変化は以下の状況となった。
  - ・ 0~1 年後平均 : 0.005
  - ・ 1~2 年後平均 : 0.008
  - ・ 2~3 年後平均 : 0.010
  - ・ 3~5 年後平均 : 0.012
  - ・ 5~11 年後平均 : 0.013
  - ・ 11~15 年後平均 : 0.012



(1) 揚水経過時間と地下水位低下量(水位高さ)の変化



(2) 揚水経過時間と導水勾配 (流速) の変化

図 1 8 地下水位と地下水流速の変化(揚水地点)

動水勾配の計算値	0.005	0.008	0.010	0.012	0.013	0.012
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

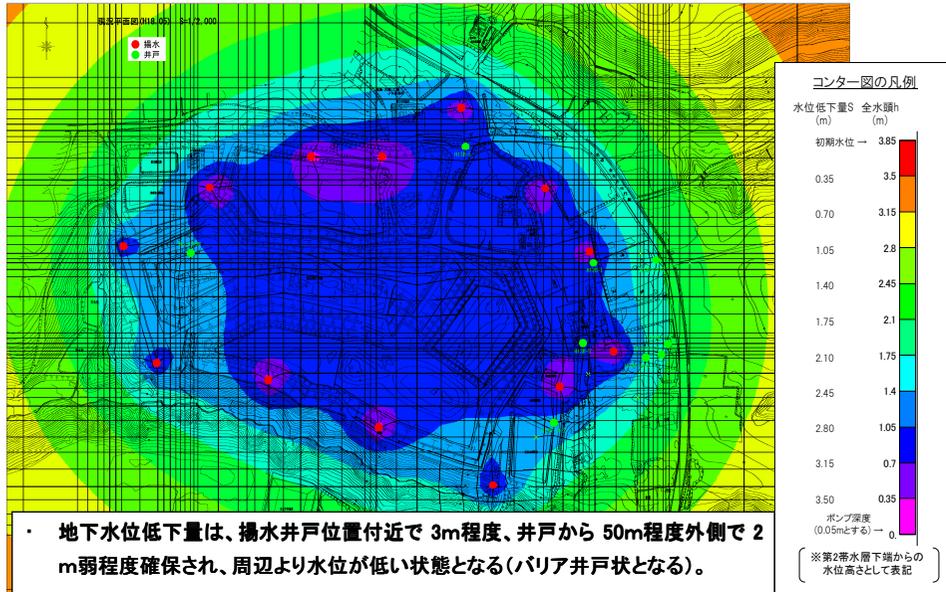


図 19 地下水水位低下量コンター図 (揚水開始 5 年後)

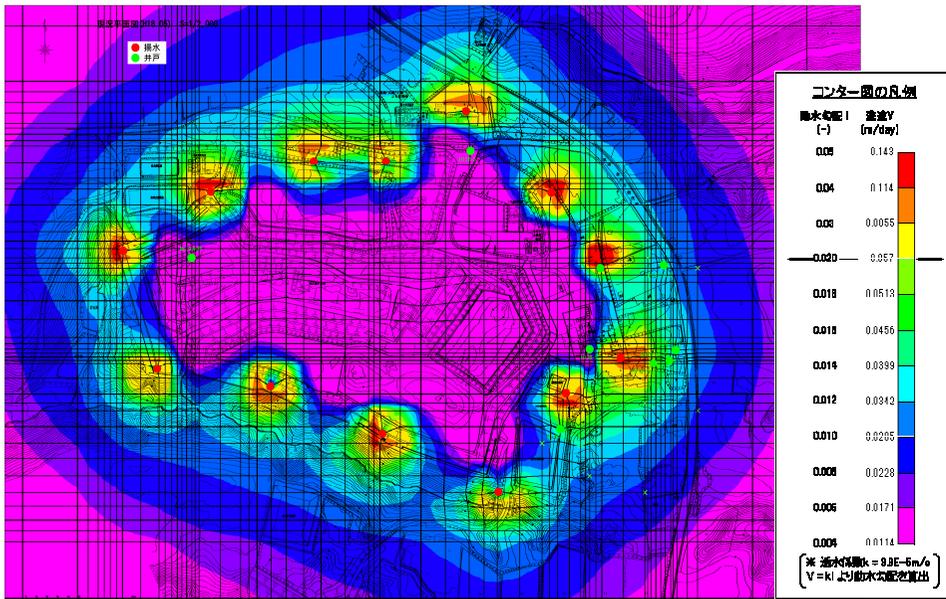


図 20 地下水流速コンター図 (揚水開始 5 年後)

⑦ 敷地境界 (揚水井戸地点より 50 m 離れた地点) における濃度予測結果

【揚水井戸計画位置 (鉛直遮水壁位置付近) から外側 50m 地点における予測結果】  
 環境基準値 0.05mg/L 未満となる比濃度  $C/C_0$   
 = 基準値 0.05 / 現況平均濃度 0.7  $\approx$  0.07  
 ⇒ 揚水井戸設置完了後 約 5 年後

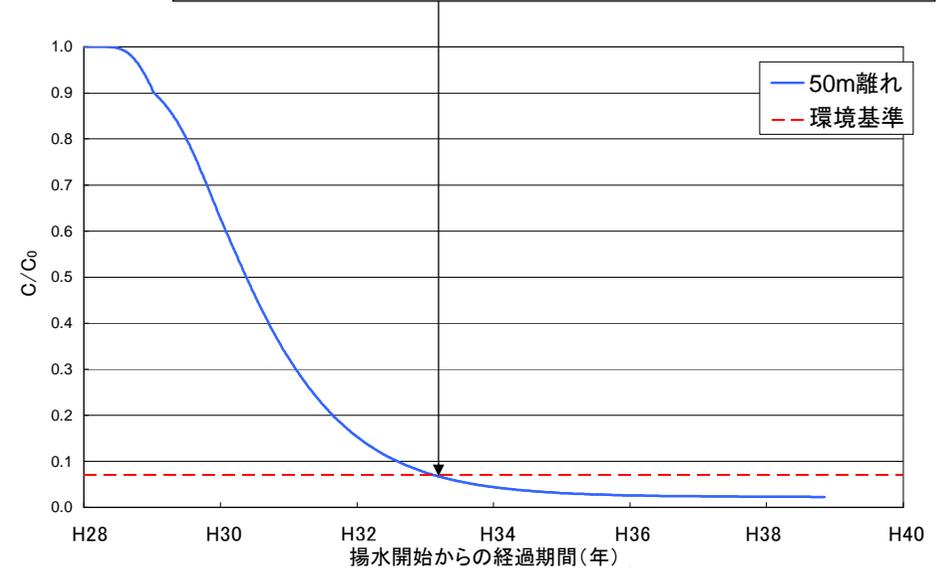


図 21 比濃度の変化予測結果

第 2 帯水層地下水は、浄化促進対策を実施することで、平成 33 年度に環境基準値以下となると予測される。