

## 高度排水処理施設等における運転管理状況

### 1. 概要

第 12 回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会（R2.7.4 開催）において「高度排水処理施設等における運転管理状況及び処理量アップ対策の状況」（④第 12 回 II / 4）で報告したとおり、高度排水処理施設の処理能力アップを目的として高度排水処理施設の改造工事を行った結果、130 m<sup>3</sup>/日の処理が可能となったので報告する。

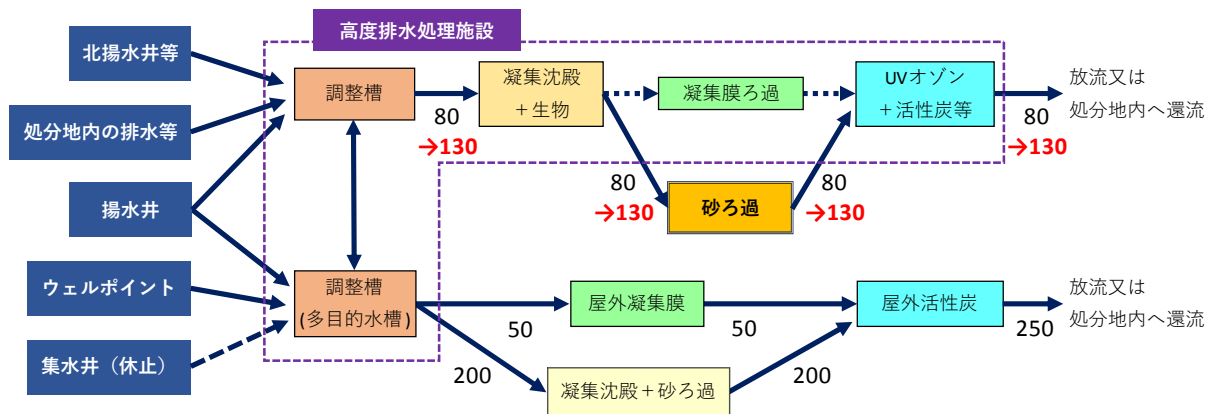


図 1 高度排水処理施設等の処理フロー及び処理能力

### 2. 改造工事の内容及び結果

#### (1) 改造工事の内容

高度排水処理施設の処理能力アップを目的として、令和 2 年 7 月 6 日から 11 日にかけて改造工事を実施した。主な工事内容は以下のとおりである。

##### ① 放流ライン周辺

放流ラインは高度排水処理施設から北海岸まで処理水を送水しており、距離が長いいため負荷がかかりやすい部分である。また、流量計の接続のために周辺配管の口径が小さくなっていたため、流量が最大 110 m<sup>3</sup>/日程度にとどまる状態であった。このため、流量計を更新し、周辺配管の口径を大きくすることにより、130 m<sup>3</sup>/日の処理量に対応可能とした。（図 2 参照）

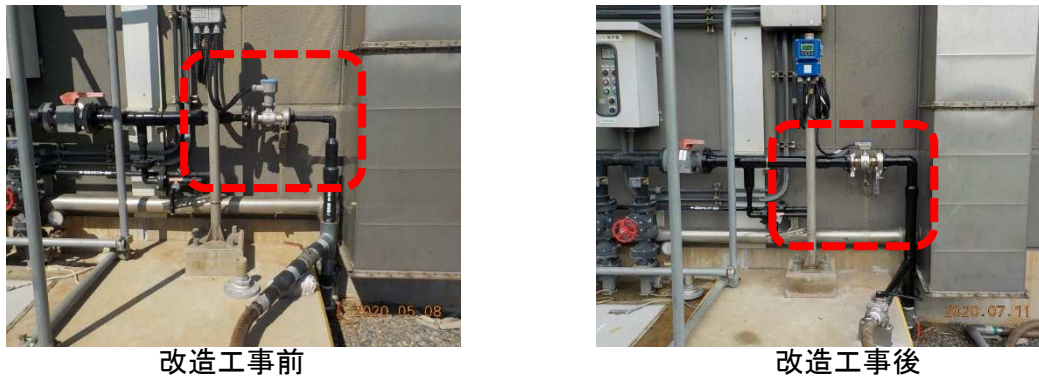


図2 放流ライン周辺の工事の状況

② ポリマー溶解槽

凝集沈殿処理設備に設置されているポリマー溶解槽（凝集助剤を溶解・濃度調整する装置）は容量が小さく、130 m<sup>3</sup>/日処理の場合は薬品の調整頻度が高くなる状態であった。今回、容量を3倍の300Lに更新することで、作業効率を改善した。



図3 ポリマー溶解槽の工事の状況

(2) 放流水の水質の確認

改造工事の実施後、高度排水処理施設の処理量を100 m<sup>3</sup>/日から130 m<sup>3</sup>/日に増加させた際の水質の状況を確認した。その結果、放流水のCOD及び1,4-ジオキサン濃度に大幅な上昇は確認されず、良好な処理を確認できた。

表1 高度排水処理施設の放流水の水質

検体	測定項目	検査結果(mg/L)				管理基準
		R2.7.9	R2.7.13	R2.7.15	R2.7.21	
放流水	化学的酸素要求量(COD)	11	8.1	8.6	8.8	30
	1,4-ジオキサン	0.23	0.17	0.14	0.15	0.5
処理量(m <sup>3</sup> /日)		100	100	130	130	-

3. 今後の運転管理方法

130 m<sup>3</sup>/日の処理が可能となった高度排水処理施設において、原水及び処理水の水質について注視しながら、最大限の処理を継続していく。

### 処分地の水収支モデルの構築の状況（その3）

#### 1 概要

処分地の水収支モデルの構築については、第9回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会において、地下水浄化対策を実施している地点別及び処分地全体の水収支や地下水の流向及び流量を把握することで、揚水井稼働の優先順位を決める際のデータとするなど、より一層迅速かつ効果的な地下水浄化対策を実施するとともに、併せて遮水機能の解除に関するデータも収集することを目的とし、水収支モデルを構築してシミュレーション解析を行うことで審議・了承を得ている。

第12回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会「処分地の水収支モデルの構築の状況（その2）」（水第12回Ⅱ／5）の審議結果を踏まえ、説明が不十分となっていた事項について、補足資料を整理したので、その内容について報告する。

なお、前回資料については、別添「参考資料」を参照のこと。

#### 2 第12回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会における指摘事項等

第12回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会における指摘事項及び補足説明が必要な事項を表1に示す。

なお、詳細については、後述する「3 指摘事項とその対応」を参照のこと。

表1 指摘事項及び補足説明が必要な事項

項目	対応（検討）状況
(1) 水収支モデルの適用範囲について整理すること	事業計画上の制約等も考慮し、処分地全体の地下水挙動にモデルの適用範囲を絞っていること等を整理した。
(2) 干満時の地下水の出入りについて	想定される地下水流動距離が大きくないこと、干満は繰り返り生じることから、平均化して扱った。
(3) 鋼矢板の透水係数について	文献値を採用した。 （「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」）
(4) 水収支モデルの検証方法について整理すること	検証に使用可能なデータに限られるため、平均値だけでなく、実測値の幅や度数分布等とも比較した。
(5) 塩水クサビの設定方法について分かりやすく説明すること	処分地の淡水地下水の挙動に焦点を絞ることとし、塩水クサビの範囲は難透水層とした。

### 3 指摘事項とその対応

#### (1) 水収支モデルの適用範囲について

地下水浄化対策を実施している地点別及び処分地全体の水収支や地下水の流向及び流量を把握することで、より一層迅速かつ効果的な地下水浄化対策を実施するとともに、併せて遮水機能の解除に関するデータも収集することを目的として、水収支モデルを構築した。

水収支モデルの構築にあたっては、過去に得られているデータが少ないこと、現在ウエルポイントや揚水井を複雑にコントロールした浄化対策を実施中であることから新たなデータ取得のための調査は難しいこと、調査や解析に要する時間の制約があることから、処分地全体の地下水挙動に解析の焦点を絞っている。そのために、水収支モデルの適用範囲は表2に示すように限定したものとした。

表2 水収支モデルの適用範囲

項目	適用性	概要
地下水位、地下水の流向、水収支	○	処分地及び背後地に降った雨が地下に浸透し、地下水として海側に流動している。概ね地形に沿った地下水の流れであり、地下水位や地下水の流向、水収支を水収支モデルで解析することは十分に可能と考える。 なお、検証データとして、地下水位や北揚水井・集水井等の既存データが活用可能である。
遮水機能の解除による地下水流動の変化	○	遮水機能解除後の地下水流動（地下水の交換）は長期的な挙動であり、水収支モデルによる定常解析で移動量を解析することは十分に可能と考える。
塩淡境界	△～×	塩淡境界の変化や塩水と淡水の混合をモデル化することは難しく、且つ、処分地内の観測井等において、地下水の塩水化に関するデータは取得していないことから、塩淡境界位置は移動しないものとして扱った。
地下水中の汚染物質の濃度	×	汚染物質の挙動に関わるデータを新たに取得することが必要となるため、濃度は解析しない。なお、地下水の流動を解析することで遮水機能の解除による効果の検討は可能と考える。
日単位・時間単位の計算（非定常計算）	×	解析に要する時間を縮減し、遮水解除の効果について複数条件の検討が可能となるよう定常計算とした。なお、潮汐変化は、その間の地下水流動距離が4.3～12.1cmと短く※、干満の繰り返しであることから、平均化して扱うことができると考える。

※ 潮汐変化による地下水の移動距離については（2）を参照

## (2) 干満時の地下水の出入りについて

干満の潮位変化に伴う影響を把握するため、地下水の移動距離を試算した。

処分地北海岸の満潮位は、水ヶ浦海岸（北海岸）保全区域台帳より、+1.95 TPm とされている。処分地内の地下水位を、トレンチドレーン位置の計画地下水位+0.00 TPm として、満潮時の海岸線から遮水壁間の地下水の実流速を求めると、 $2.00 \times 10^{-6} \sim 5.59 \times 10^{-6}$  m/sec となる。1日2回の潮汐（干潮、満潮）で、塩水クサビが陸側に侵入する満潮の潮位が仮に6時間継続するとした時、海域から処分地への地下水の移動量は4.3～12.1cm となった。一方、干潮時には、潮位が低くなるので、塩水クサビは同程度の距離を海側に移動すると考えられる。

これらのことから、干満の潮位変化に伴う地下水の移動距離の変化は小さく、処分地の水収支の観点からは影響は小さいと考えられるため、水収支モデルでは考慮しないものとした。

表3 海岸線・遮水壁間の満潮時地下水移動距離の試算

満潮位※1 (TPm)	トレンチドレーン 計画地下水位※2 (TPm)	海岸線から 遮水壁までの 距離※1 (m)	水頭勾配 (-)	透水係数 (m/sec)	有効 間隙率 (-)	地下水の 実流速 (m/sec)	左記の水頭勾配が 6時間※3継続した としたときの 地下水の移動距離 (m/6hr)	地層
1.95	0.0	14.5	0.134	$6.56 \times 10^{-6}$	0.25	$3.53 \times 10^{-6}$	0.076	埋立土層
				$3.71 \times 10^{-6}$	0.25	$2.00 \times 10^{-6}$	0.043	沖積層
				$6.24 \times 10^{-6}$	0.15	$5.59 \times 10^{-6}$	0.121	強風化花崗岩
				$2.10 \times 10^{-6}$	0.08	$3.53 \times 10^{-6}$	0.076	風化花崗岩

※1 豊島廃棄物等対策事業 暫定的な環境保全措置工事 北海岸部標準断面図より

※2 豊島廃棄物等対策調査「暫定的な環境保全措置に関する事項」報告書より

※3 1日2回潮としたときの潮位>地下水位となる見込み時間

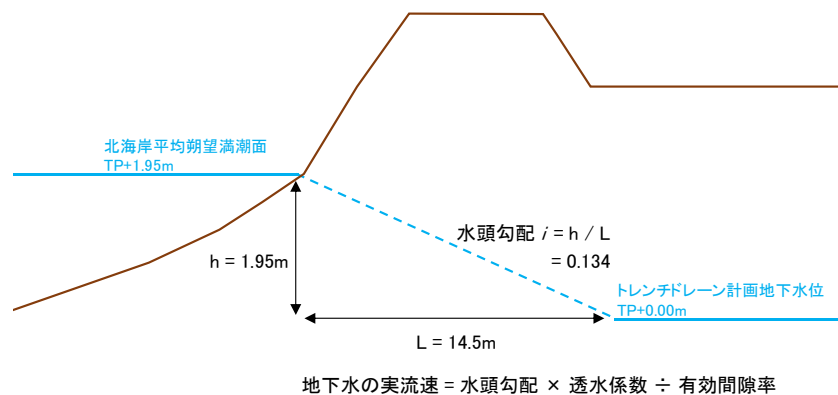


図1 地下水移動距離の試算の考え方

### (3) 鋼矢板の透水係数について

水収支モデルでは、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）（財団法人 国土技術研究センター（平成 24 年 2 月）」を参考に、遮水壁鋼矢板の透水係数として、 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$  ( $1.0 \times 10^{-9} \text{ m/sec}$ ) を採用した。なお、豊島廃棄物等対策調査「暫定的な環境保全措置に関する事項」報告書（H10.8）（以下、H10.8 報告書という。）では、遮水壁設置後の海域への地下水流出抑制のための施設の検討として、断面二次元浸透流解析を用いて、遮水壁の深度・透水係数や、揚水工の有無等の条件を変えて検討しており、「Fs 層（Ac 層上面）までの根入れと透水係数  $1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$  ( $1 \times 10^{-7} \text{ m/sec}$ ) 以上（注：より遮水性の高い、すなわち透水係数が小さいの意）の遮水材料を使用した鉛直遮水壁工に加え揚水工の併用を対策として併用する」と結論づけている。したがって、水収支モデルによる採用値は、H10.8 報告書で検討した透水性を満たす値となっている。

強化工法に用いる材料の土質定数の目安値

材 料		浸透流計算に必要な定数		安定計算に必要な定数		
		飽和透水係数 $k_s$ (cm/sec)	比貯留係数 $S_s$ (l/m)	密度 $\rho_t$ (t/m <sup>3</sup> )	粘着力 $c$ (tf/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)
土質 材料	砂質土	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$	実際に用いる材料に応じて設定する。		
	粘性土	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-3}$			
砕 石		$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-4}$	2.0	0.1	40
アスファルト		$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-3}$	安定計算では考慮しない(強度を見込まない)		
遮水シート		$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-3}$			
鋼 矢 板		$1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-3}$			

出典：「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」（財団法人 国土技術研究センター（平成 24 年 2 月））に加筆



#### (4) モデルの検証について

水収支モデルの検証は、気象条件が異なる 2015 年と 2019 年を対象とした。

処分地では、掘削除去・埋戻し等の地形改変を含む浄化対策が進められてきた経緯もあり、モデル検証に使用したデータは表 4 に示すように、地下水位観測井とトレンチドレーンのみである。検証データが少ない点からも、水収支モデルの適用範囲に限界があることに留意が必要である。

検証作業の再整理を行い、地下水位については実測値の幅や、トレンチドレーン排水量については度数分布等とも比較した。

表 4 水収支モデルの検証対象年と検証データ

対象年	降水量（涵養量）	検証データ		その他
		地下水位観測井	トレンチドレーン	
2015 年	過去 10 年で平均的な降水量 (1,210 mm)	9 箇所	1 ヶ所 (北揚水井揚水量)	トレンチドレーンのみ稼働
2019 年	過去 10 年で少ない降水量 (1,040 mm)	31 箇所	1 ヶ所 (北揚水井揚水量)	集水井、揚水井、トレンチドレーンが稼働

表5 実測地下水位と試算地下水位の比較

集水井・観測井	2015年			
	観測値			計算値
	平均	最低	最高	
遮水壁外(F1外)	1.00	0.77	1.39	0.95
遮水壁内(北揚水井)	0.16	0.11	0.22	0.68
C1北	0.84	0.59	1.18	1.01
C1南	0.81	0.26	1.16	1.04
DE1	0.86	0.51	1.20	0.82
F1東	1.29	0.94	2.18	0.94
F1	0.67	0.49	1.55	0.67
HI1	1.70	1.16	2.29	1.48
D4-B0	3.30	3.17	3.37	3.18

集水井・観測井	2019年			
	観測値			計算値
	平均	最低	最高	
遮水壁外(F1外)	0.61	0.14	1.15	0.32
遮水壁内(北揚水井)	0.10	0.00	0.20	0.12
⑨-5	1.52	-	-	1.36
②-5	0.83	-	-	1.46
⑩-5	0.23	0.04	0.42	-0.29
⑥	0.47	-	-	1.00
⑪	-0.06	-0.36	0.24	0.69
⑫	0.24	0.02	0.45	0.71
⑬	0.05	-0.12	0.25	0.80
⑬	0.15	-0.04	0.36	0.31
⑰	-0.13	-0.47	0.22	0.23
⑱	0.07	-0.13	0.26	0.18
⑳	1.11	0.98	1.41	0.55
㉑	-0.02	-0.26	0.23	-0.09
㉒	0.07	-0.04	0.27	-0.63
㉓	-0.25	-0.49	0.06	-0.70
㉔	-0.74	-0.97	-0.46	-0.29
㉕	0.39	0.15	0.63	-0.10
㉖	-0.08	-0.25	0.10	-0.40
㉗	-0.23	-0.75	0.35	-1.04
㉘	-0.48	-1.01	0.16	-1.25
㉙	-0.51	-0.94	-0.06	-0.94
㉚	-0.29	-0.54	0.00	-0.56
㉛	-0.34	-0.81	0.37	-1.19
㉜	-0.61	-1.18	0.00	-1.41
㉝	-0.91	-1.51	-0.19	-0.91
㉞	-0.60	-0.89	0.22	-0.56
㉟	-0.16	-0.35	0.17	-0.60
㊱	-0.44	-0.78	0.00	-0.93
㊲	-0.83	-1.53	0.00	-1.20
㊳	-0.47	-1.04	-0.12	-0.74

※遮水壁外(F1外)、遮水壁内(北揚水井)は  
自記水位計による連続観測。  
他の観測井は手計による観測。

表6 トレンチドレーンの実績値と試算値の比較

年	北揚水井の水量(実績)	水収支モデルでの試算
2015	59.7m <sup>3</sup> /日 (21,801 m <sup>3</sup> /年)	58.0m <sup>3</sup> /日 (21,185 m <sup>3</sup> /年)
2019	2.4m <sup>3</sup> /日 (864 m <sup>3</sup> /年)	1.8m <sup>3</sup> /日 (665 m <sup>3</sup> /年)



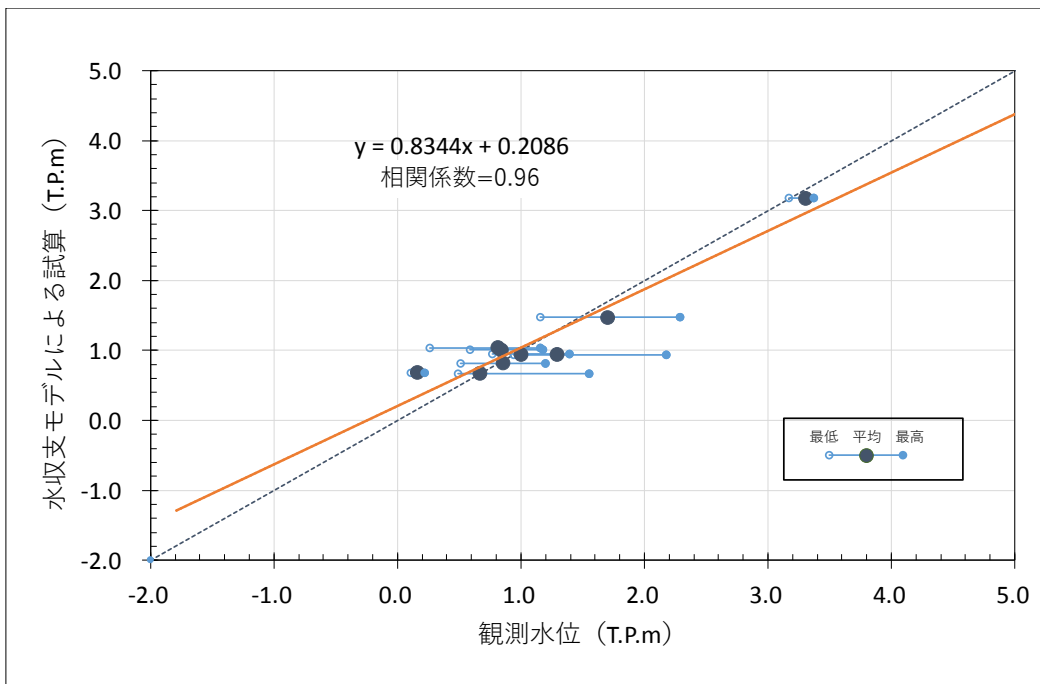


図2 観測水位と試算水位との相関 (2015年)

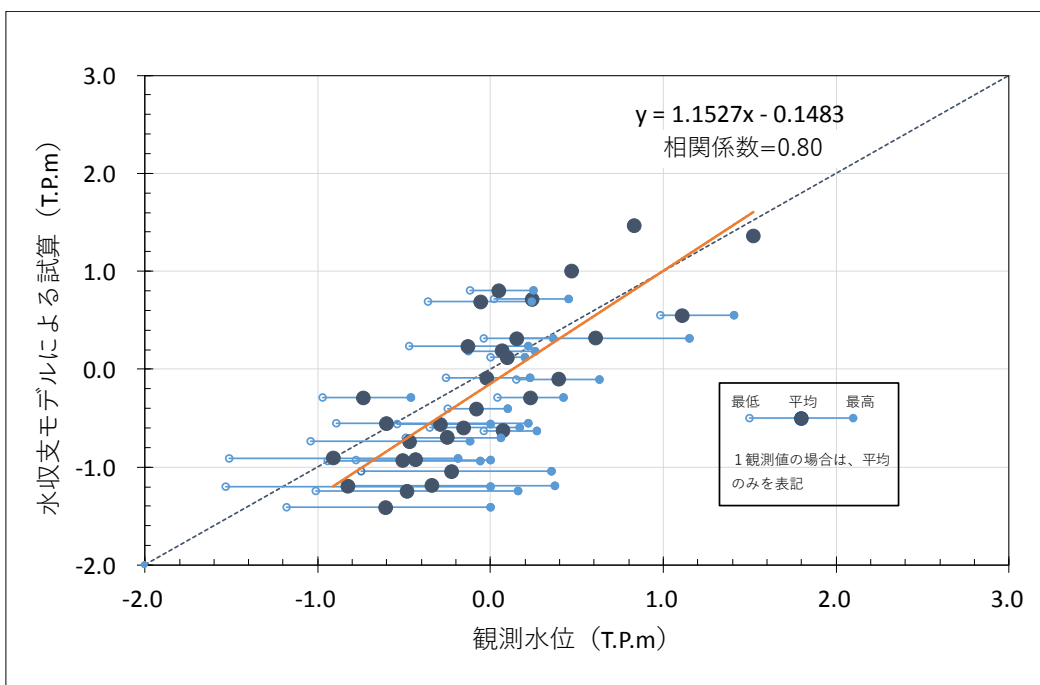


図3 観測水位と試算水位との相関 (2019年)

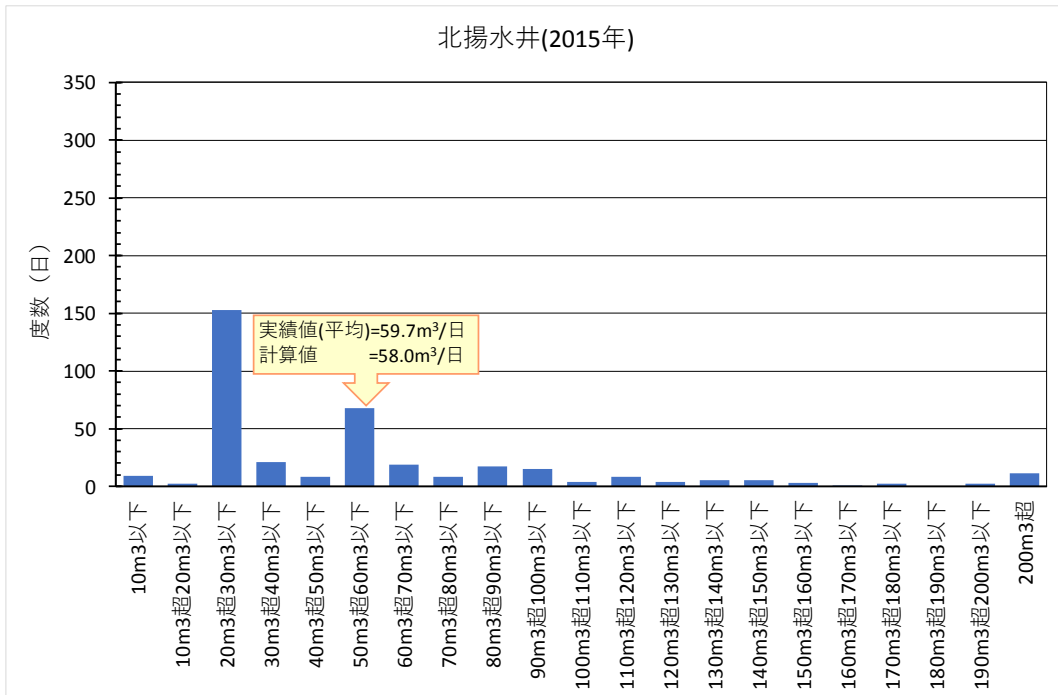


図4 トレンチドレーンの日排水量の度数分布 (2015年)

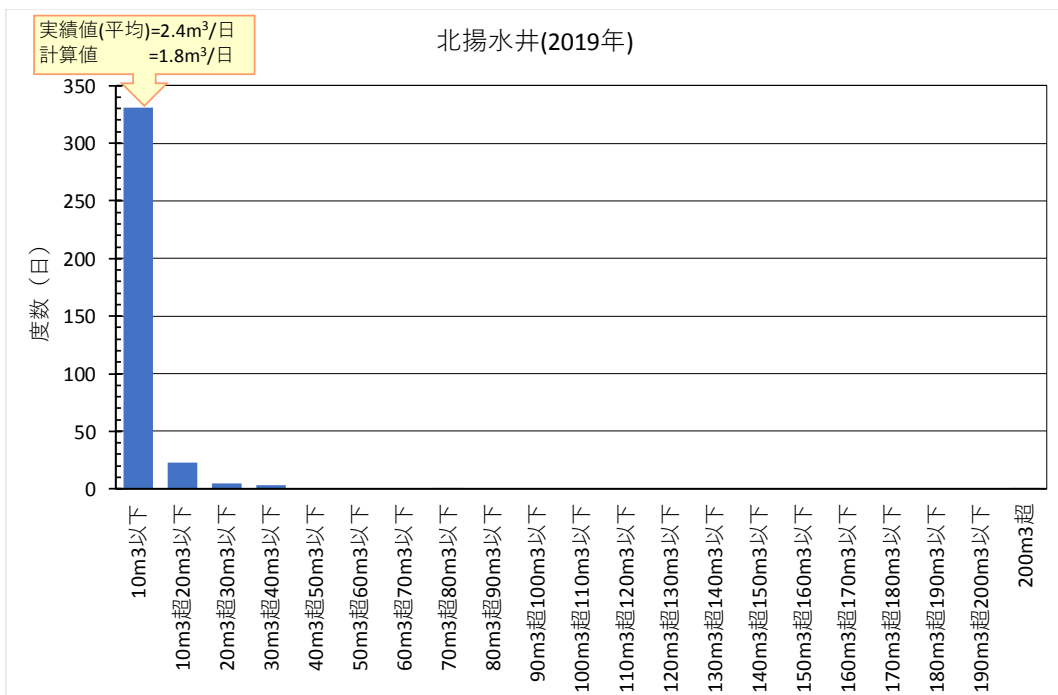


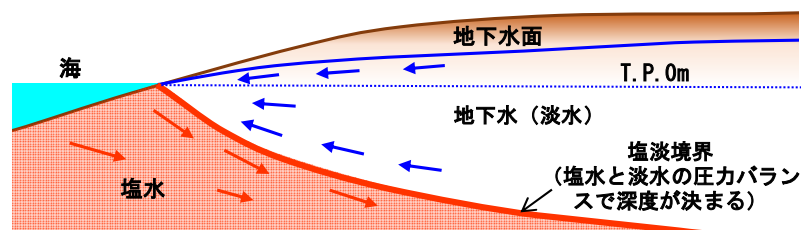
図5 トレンチドレーンの日排水量の度数分布 (2019年)

### (5) 塩水クサビの設定方法について

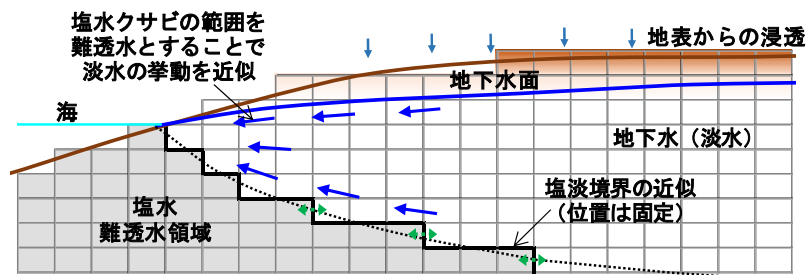
海岸部では、密度の重い塩水がクサビ状に内陸側に侵入し、密度の軽い淡水がその上に載るように分布する。淡水と塩水は容易に混じり合わないため、淡水地下水が海方向へ流動する範囲（深度）は塩水クサビに制約される。

水収支モデルでは、塩水クサビの範囲を難透水層とすることで、処分地内の淡水地下水の挙動を近似した。塩淡境界の位置については、現地で確認されたデータがないため、遮水壁設置前後で変化がないものとして扱った。

なお、難透水領域となる塩水クサビの範囲の透水係数は、モデル検証を通じて、淡水領域より1桁小さい値に設定しており、淡水と塩水の間である程度の地下水の移動は扱っている。



(海岸部における地下水流動の模式図)



(塩水クサビを難透水領域とすることで淡水・塩水の挙動を近似的に表現)

図6 モデルにおける塩水侵入（塩水クサビの扱い）

## 処分地の水収支モデルの構築の状況（その2）

### 1. 概要

処分地の水収支モデルの構築については、第9回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会において、地下水浄化対策を実施している地点別及び処分地全体の水収支や地下水の流向及び流量を把握することで、揚水の優先順位を決める際のデータとするなど、より一層迅速かつ効果的な地下水浄化対策を実施するとともに、併せて遮水機能の解除に関するデータも収集することを目的とし、水収支モデルを構築してシミュレーション解析を行うことで審議・了承を得ている。

第11回豊島処分地地下水・雨水等対策検討会「処分地の水収支モデルの構築の状況」（第11回Ⅱ/4）の審議結果を踏まえ、解析手法や解析条件等を整理した上で、水収支モデルによる現況の再現を行ったのでその結果について報告する。

### 2. 処分地のデータの整理

#### ①使用データ

以下の資料を収集した。

**表2-1 収集資料一覧表**  
(水第11回Ⅱ/4 表2-1の再掲 一部追加)

概要	資料名
事業全体	豊島廃棄物等対策調査「暫定的な環境保全措置に関する事項」報告書（1998年） （香川県豊島廃棄物等処理技術検討委員会）
	豊島廃棄物等技術委員会報告書第Ⅰ編（施設整備編）（豊島廃棄物等処理技術委員会）（2003年）
地表面情報	H27年度レーザー測量業務
	H28年度豊島処分地内整地測量設計業務委託
地質情報、 井戸情報	豊島産業廃棄物水質汚濁被害等に係る実態調査（1994年）
	豊島廃棄物等処理事業 豊島処分地地下水揚水井戸掘削等工事（2013年、2019年）
	豊島廃棄物等処理事業 地下水概況及び詳細調査業務委託（2015年～2017年）
	豊島廃棄物等処理事業 地下水詳細調査業務委託（その2）（2017年）、〃（その4）（2017年）
	豊島廃棄物等処理施設撤去等事業 地下水集水井掘削等工事（2018年）
地下水汚染 情報	地下水汚染領域の把握のための調査結果（2018年～2019年）
	D測線西側における地下水調査結果（2014年～2019年）
	観測孔の水質調査結果（2019年）
地下水位	観測井戸における調査結果（2015年4月12日～2016年3月26日の内の24回）【追加】
	観測井戸における一斉調査結果（2019年4月19日、5月9日、6月28日、7月8日）
	豊島廃棄物等処理施設撤去等事業情報 自動測定情報 地下水位：時間単位（2019年）、日単位（2009年～2019年）
	処分地内自記計：時間単位（2019年6月19日～7月8日）
気象	高松（気象庁）：時間単位、日単位（2010年～2019年）
雨量	豊島（香川県）：時間単位（2010年～2019年）
潮位	土庄東港（小豆島）：時間単位（2010年～2019年）

## ②整理結果

整理したデータを水収支モデルの構築に用いた。整理結果の一部として、地下水位観測井の位置図※を図 2-1、図 2-2 に、その観測データ※を図 2-3 に、地下水位の変動状況及び分布※を図 2-4～7 に示す。

※水収支モデルの検証時期とした 2015 年及び 2019 年について表記

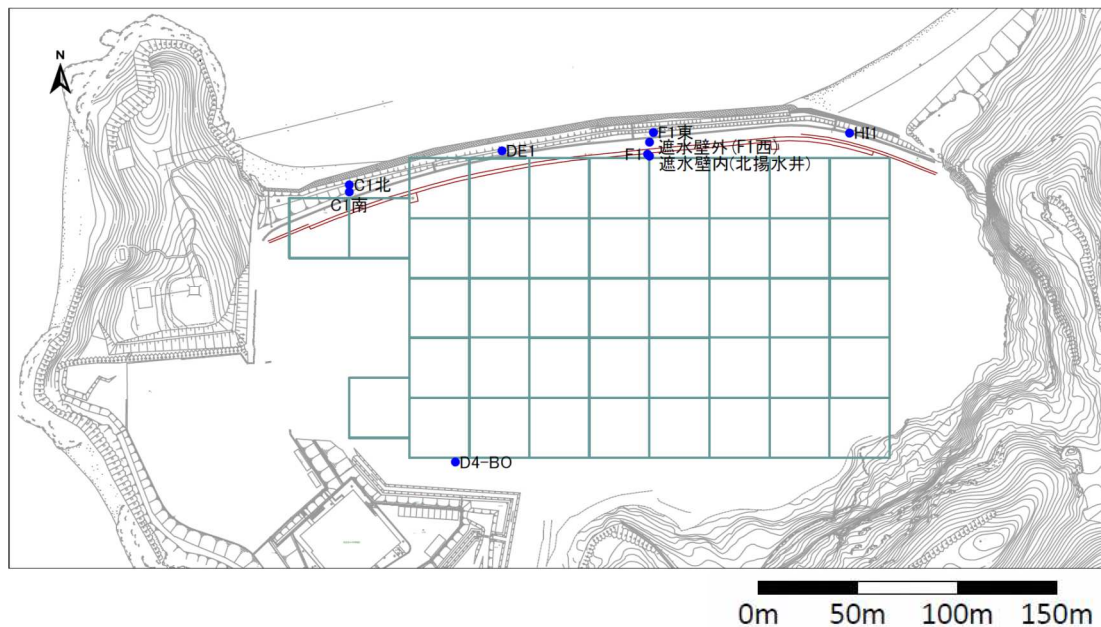
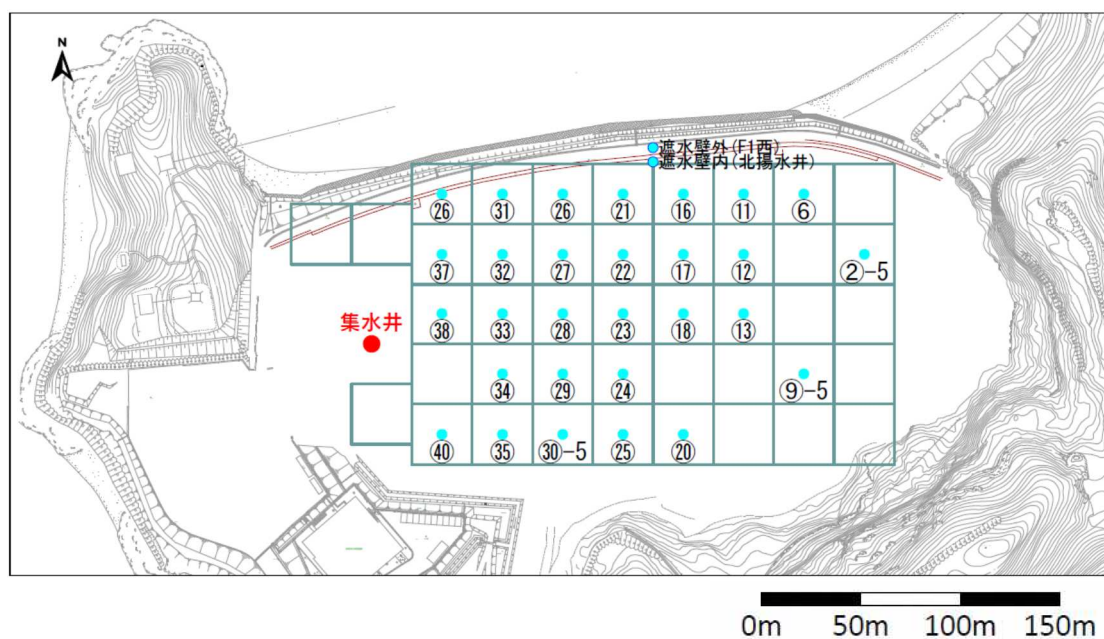


図 2-1 観測施設位置 (2015 年)



※煩雑を避けるため区画内に複数の観測井がある場合は区画中心のもののみ表記した。

図 2-2 観測施設位置 (2019 年)

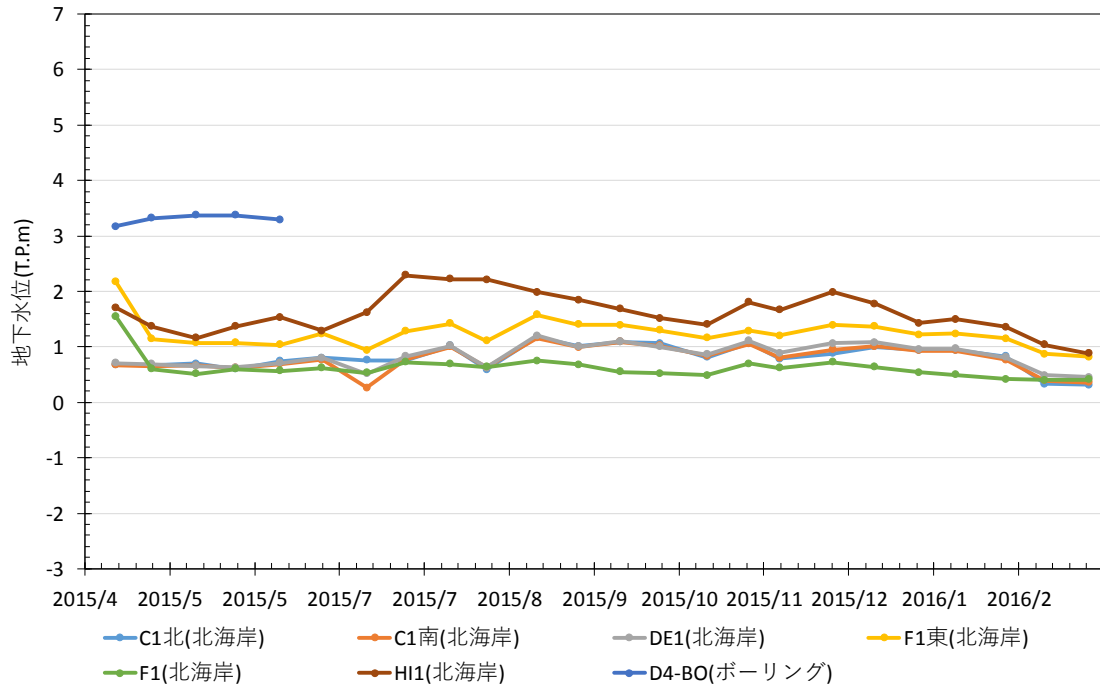


図 2-3 地下水位の変化 (2015 年)

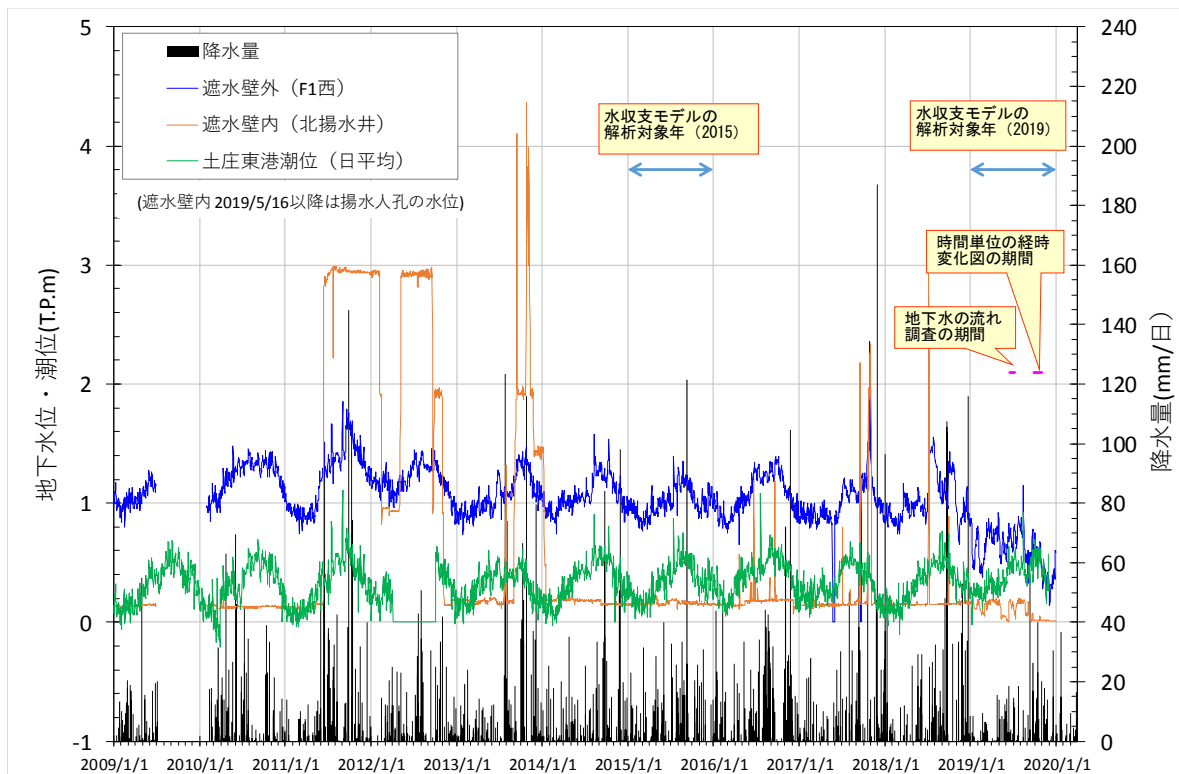


図 2-4 地下水位及び潮位の経時変化図 (日平均)

(水第 11 回 II / 4 図 2-1 の再掲)

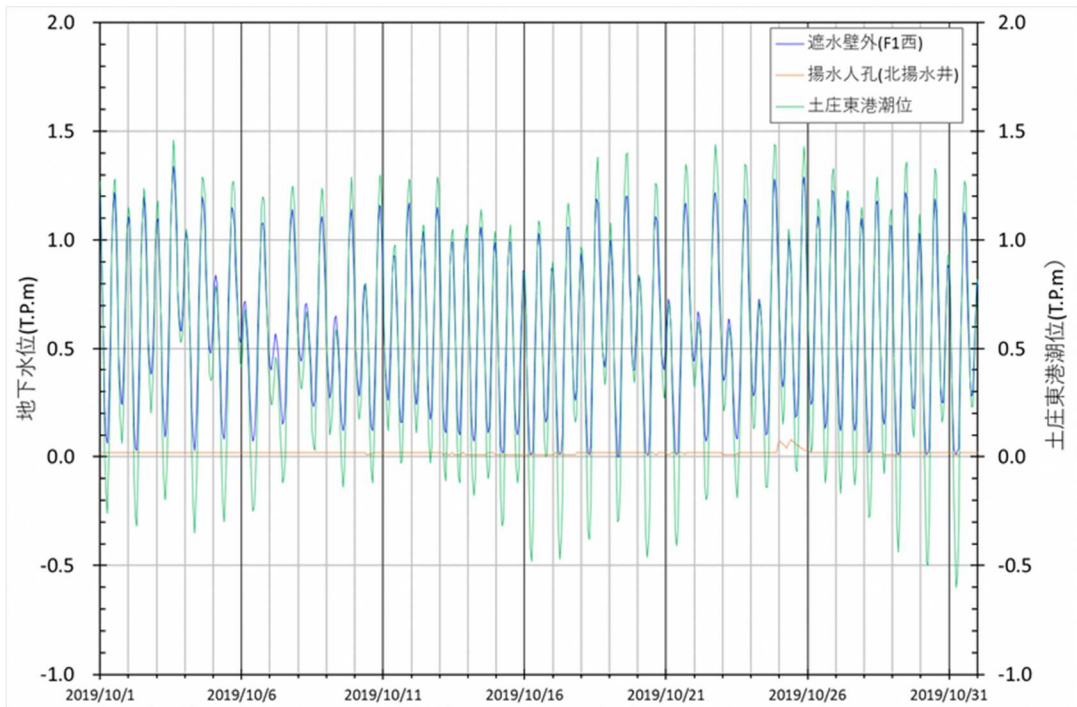


図 2-5 地下水水位及び潮位の経時変化図（時間単位）  
（水第 11 回 II / 4 図 2-2 の再掲）

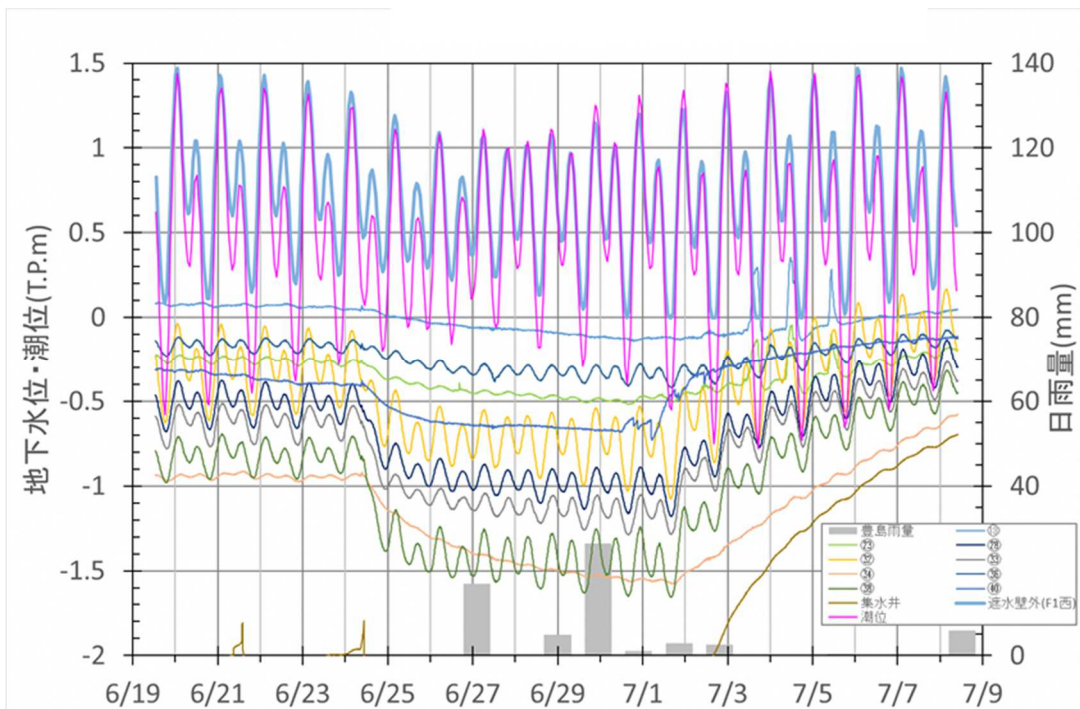
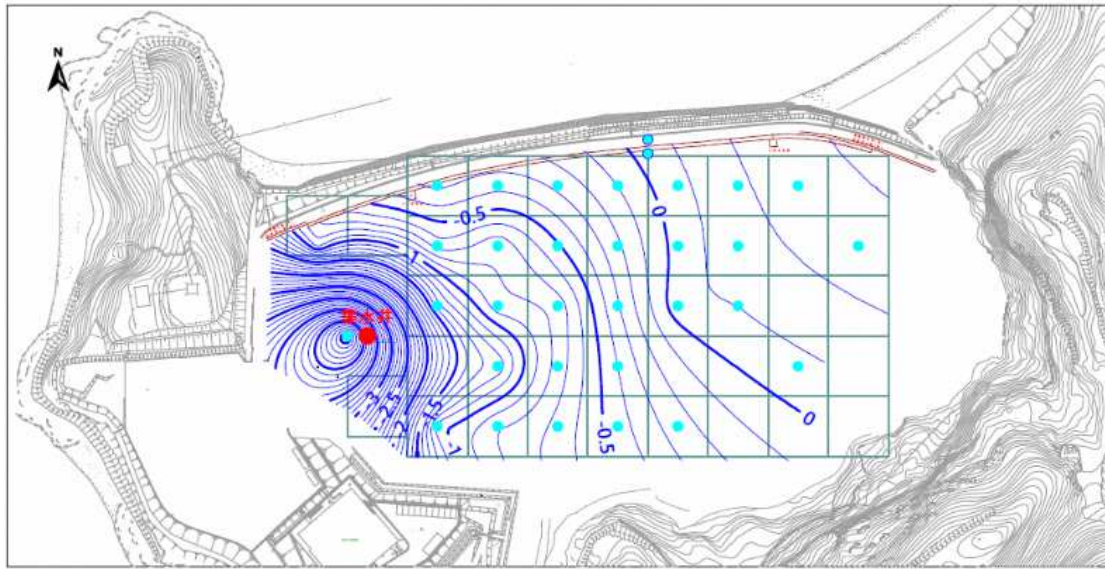


図 2-6 地下水の流れ調査（2019 年 6 月 19 日～7 月 8 日）時の  
地下水水位及び潮位の経時変化図（時間単位）  
（令和元年 8 月 3 日検討会資料にデータを追加）  
（水第 11 回 II / 4 図 2-3 の再掲）





[単位：T.P.m]

0m 50m 100m 150m

図 2-7 地下水位等高線図 (2019 年 5 月 9 日)  
 (水第 11 回 II/4 図 2-4 の再掲)

### 3. 水収支モデルの解析手法や解析条件等

#### 3-1. モデル構築方針

処分地の地下水の解析にあたっての主な課題として、以下の事項が挙げられる。

- ・ 精度の高い地下水解析には、**水理特性等を詳細に把握**することが必要である。処分地において、地下水が流動する地層は、人為的に改変された沖積層や花崗岩であり、**場所や深度方向によってその性状は複雑**となっている。
- ・ 地下水中の濃度変化には、地下水の流速が大きく関わり、**精度の高い濃度の解析では地盤に関わる多くの情報が必要\***である。また、情報が無ければ、精度は期待できない。
- ・ 海側から塩水クサビが処分地の内陸側に侵入していることが想定され、**塩水クサビの挙動を扱うには密度を考慮**した解析手法を用いる必要がある。密度を考慮した解析では計算が不安定化することを避けるため、非常に短い時間間隔（通常、秒単位以下）での計算が必要となり、**解析結果が得られるまで多くの時間\***を要する。

地盤の詳細な調査や長時間を要する計算は、事業スケジュールに支障を招くおそれがあることから、高い解析精度に重点を置くのではなく、処分地の地下水の挙動を概略的に把握することを目的とし、様々なケースでの地下水の挙動の検討に重点を置くことをモデルの構築方針とした。

解析手法及び解析条件の考え方について、表 3-1 に示す。また、解析手法や解析条件等を表 3-2 にまとめた。

#### ※作業量について：

- ・ 掘削等により人為的に改変された地盤状況を把握するためには、少なくとも単位区画（10m 四方）に1本以上のボーリング調査が必要である。処分地を包含する範囲として東西方向 300m、南北方向 150m とすると、ボーリング本数は計 450 本となる。1本の深度を 20m、所要日数を 6 日とし、仮に 10 班体制で行ったとしても所要日数は 270 日となる。また、ボーリングに加えて、地下水位観測や水質分析も必要であり、ボーリング調査と合わせて一連の調査には 550 日程度が見込まれる。
- ・ 水収支モデルのためのデータ取得の後に、水収支モデルの計算に係る作業を行うことになる。濃度分布等を加味したモデルを構築した場合、1 ケース・1 年間の計算に約 5 日を見込む。解析では通常、5 年間以上について 10 ケース程度の計算を行うため、解析作業には単純計算で 250 日を要する。
- ・ 詳細な地盤状況を調査と、濃度の解析に係る作業日数の合計は 800 日である。さらに、準備作業や結果のとりまとめを勘案すると、3 年以上を要することが想定される。

表 3-1 解析手法及び解析条件の考え方

項目	留意点	対応案
解析手法	過年度調査では断面二次元地下水流動モデルを用いている。断面二次元モデルでは断面を斜交する地下水の流れは無いものと仮定するが、遮水壁の有無によって地下水流動方向が変化する可能性がある。	サイトの地下水流動状況を踏まえ、 <b>三次元地下水流動モデル</b> を適用する。
解析対象	地下水位・地下水流動に比べて、濃度に関わるパラメータは多く、濃度の解析精度の向上には多くの作業量が必要である。	遮水壁の有無による <b>地下水位・地下水流動への影響解析に主眼</b> を置く。 <b>濃度は解析しない</b> 。
解析範囲	当該地の地下水は、地表からの浸透と、背後地からの浸透・流動によるものと考えられる。	地形を踏まえ、 <b>背後地を含めた範囲を解析対象範囲</b> とする。
地質構造	地質は沖積層（粘性土層、砂質土層、礫混り砂質土層、礫質土層）と風化花崗岩層、（強風化花崗岩、風化花崗岩）に区分される。さらに沖積層は各所で掘削され、その中に廃棄物等が投棄されていた。現在、廃棄物は除去され健全土で埋め戻されているが、投棄跡も考慮すると沖積層の地盤構成は非常に複雑となる。	人工地盤が多く含まれる沖積層中で、地下水は複雑に挙動すると考えられるが、一括して1つの地層として扱う。したがって、当該地は盛土層・埋立土層以下の層を、沖積層、強風化花崗岩、風化花崗岩の3層とした。
不飽和部の扱い	地下水面よりも上の不飽和部での地下水の挙動の解析には不飽和特性に関わるデータが必要。また、不飽和の解析に関わる作業量が大い。	地下水位が浅い（不飽和部が薄い）ことから、 <b>飽和部のみを解析対象</b> とする。
塩水クサビ	地下水（淡水）が海方向に流動する範囲（深度方向の幅）は塩水クサビに制約される。一方、塩水クサビの解析に関わる作業量が非常に大きい。	<b>塩水クサビの範囲を仮定の難透水層</b> とし、淡水は塩水クサビの上の深度で流動しやすいものとする。 今後、必要に応じて、現地調査により塩淡境界の位置を把握し、解析に反映する。
密度	地下水中に溶解している物質が多いと、淡水よりも密度が大きくなり、地下水流動に影響する可能性がある。ただし、密度を考慮する解析に関わる作業が大い。	浄化対策が進んでおり、高い濃度の範囲はないことから、 <b>密度を考慮せず</b> 、淡水（密度 $1.0\text{g/cm}^3$ ）として解析する。今後、必要に応じて、現地調査等により密度を把握し、例えば <b>淡水密度と実測密度の比で換算した地下水位でモデルを検証</b> する等の方策を講じる。
時間変化	地下水位の時間変化（気象や潮汐等による影響）を解析するためには非定常解析が必要であるが、解析に関わる作業量が大い。	遮水壁の有無による地下水状況の解析が主であることから、外的要因は平年値あるいは平均値とし、 <b>定常計算（気象や潮汐の時間変化を考慮しない）</b> により解析を行う。水収支は、潮位、降水量など、地下水流動に大きく影響する複数ケースの外部要件を与えて、遮水壁の有無による地下水位及び流動量を解析する。

**表 3-2 解析の概要**  
(水第 11 回 II / 4 P4 表の再掲)

項目		内容
解析手法	解析手法	三次元地下水流動モデル
	時間の取り扱い	定常計算
	解析対象	水収支、地下水位
	解析コード	MODFLOW
解析条件	解析範囲	陸域（処分地、背後地：約 151,000m <sup>2</sup> ） 海域（約 171,000m <sup>2</sup> ）
	計算格子	縦・横・高さ 5m の立方体を基本とした。遮水壁周辺では横を 1m に、地下水の主要な流動深度では高さ方向を 0.2m～2m とした。計算格子数は約 254 万個。
入力条件	地形	レーザー測量成果（陸上地形）及び海底地形図を接合した。
	地質	既往の地質調査結果をもとに、盛土層・埋立土層、沖積層、花崗岩層（強風化花崗岩、風化花崗岩、新鮮花崗岩）に区分。各地層の境界の等高線図を作成。
	地表水・涵養	豊島降水量及び高松地方気象台のデータより涵養量を算定。蒸発散量は Penman 法による。
	塩水侵入	地下水位に対し、塩淡境界の深度は 1:33 とし、塩水は難透水領域と仮定。塩分濃度は既往文献による。
	地下構造物	遮水壁、集水井、揚水井、トレンチドレーン、山側排水路を考慮。
	水理定数	透水係数は既往地質調査時の原位置透水試験及び文献資料に、有効間隙率は文献資料による。

### 3-2. 解析手法及び解析コード

#### (水第11回II/4 3-1. 解析手法及び解析コードの再掲)

##### ①解析手法

処分地の地下水流動状況を踏まえ、三次元地下水流動モデルを適用する。

##### ②時間の取り扱い

定常計算とし時間変化は取り扱わない。満潮・干潮、降水量の平年・豊水など、地下水流動に大きく影響する複数ケースの外部要件のもとでの水収支を解析する。

##### ③解析対象

地下水流動（水収支）及び地下水位とする。新たなデータ取得が必要となる濃度や密度は解析対象外とし、海水（塩水）と地下水（淡水）の境界を入力条件の中で取り扱うことで簡易的に塩水クサビを表現する（3-6. 節にて説明）。

##### ④解析コード（プログラム）

水収支モデルの目的及び処分地の地盤状況を踏まえ、複数の解析コードの比較よりMODFLOWを使用する。

**表 3-3 解析コードの比較**  
(水第11回II/4 表3-1の再掲)

	MODFLOW	UNSAF	GETFLOWS
開発者	アメリカ地質調査所(USGS)	岡山地下水研究会（岡山大学）	(株)地圏環境テクノロジー
ソースコード	公開	公開	非公開
空間次元	3次元	3次元	3次元
数値解法	有限差分法 解析対象の地盤を直方体の格子で表現する。	有限要素法 解析対象の地盤を三角柱（五面体）格子で表現する。	有限差分法 解析対象の地盤を六面体の格子で表現する。
不飽和部の扱い	飽和のみ（疑似的に不飽和） 処分地の不飽和部が薄いため、飽和部のみを扱うことでも本検討の目的の達成は可能。	飽和・不飽和 不飽和部の水理定数等の詳細な情報がなく、不飽和部を扱う意義は大きくない。	飽和・不飽和 同左
その他留意点	作業量が比較的小さい。	作業量が多い。	作業量が多い。
本検討での適否	◎	○	△

### 3-3. 解析範囲及び計算格子

#### (水第11回II/4 3-2. 解析範囲及び計算骨子の再掲)

解析範囲は、地形や地下水流動を考慮し背後地と海域を含めた範囲とした。海域については、水理基盤である新鮮花崗岩の上面について見ると、谷状の地形が海域から処分地方向に延びており、遮水壁付近で最も深い深度はT.P. -33mであった（図 3-1）。地下水はT.P. -33mよりも浅い深度で流動すると考えられることから、T.P. -33mを下回るT.P. -38mの新鮮花崗岩上面の範囲を解析範囲とする。

水収支モデルでは、解析範囲を三次元の格子に細分し、格子単位で地下水位や地下水の流動を計算する。図 3-1に解析格子を示す。



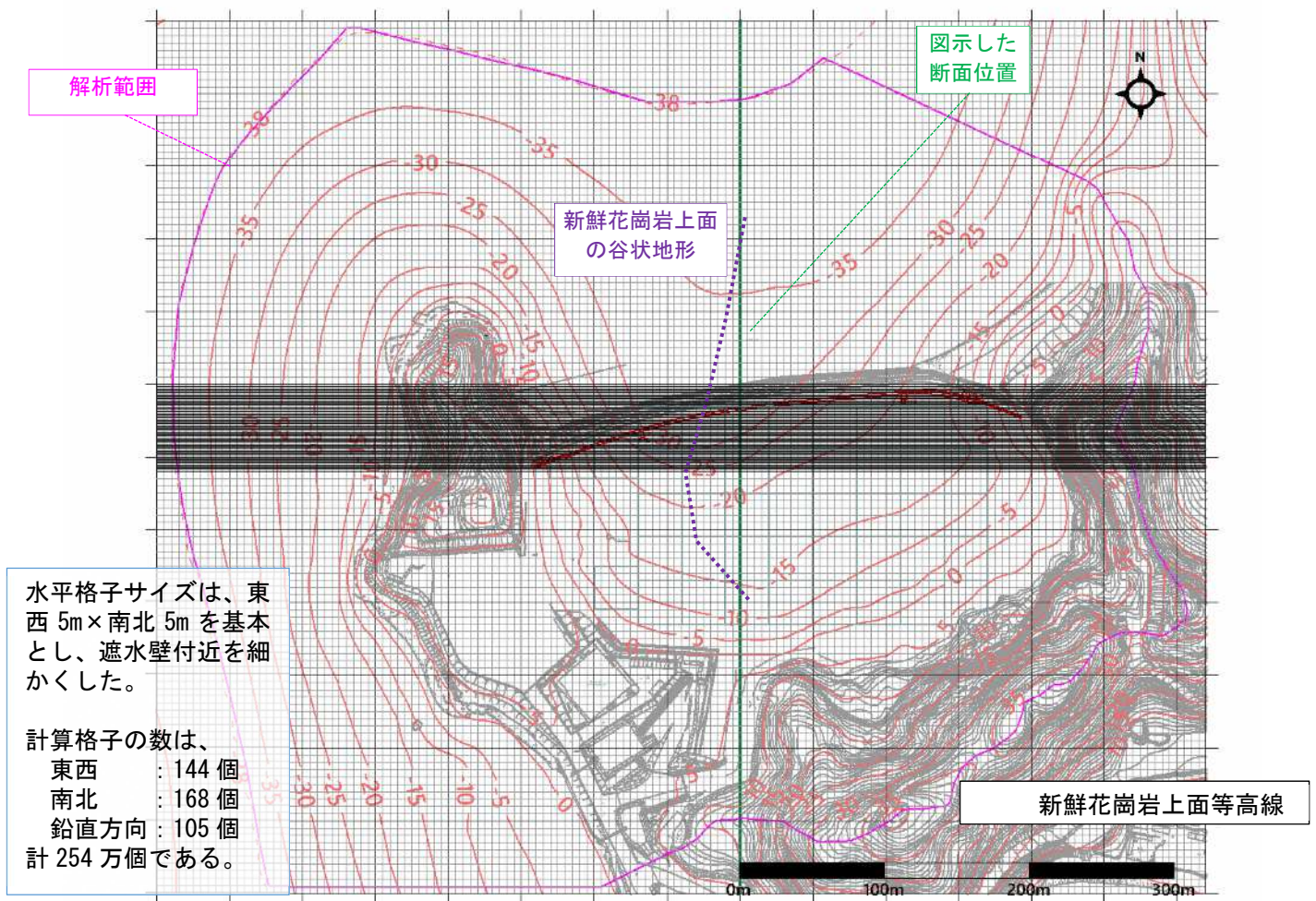
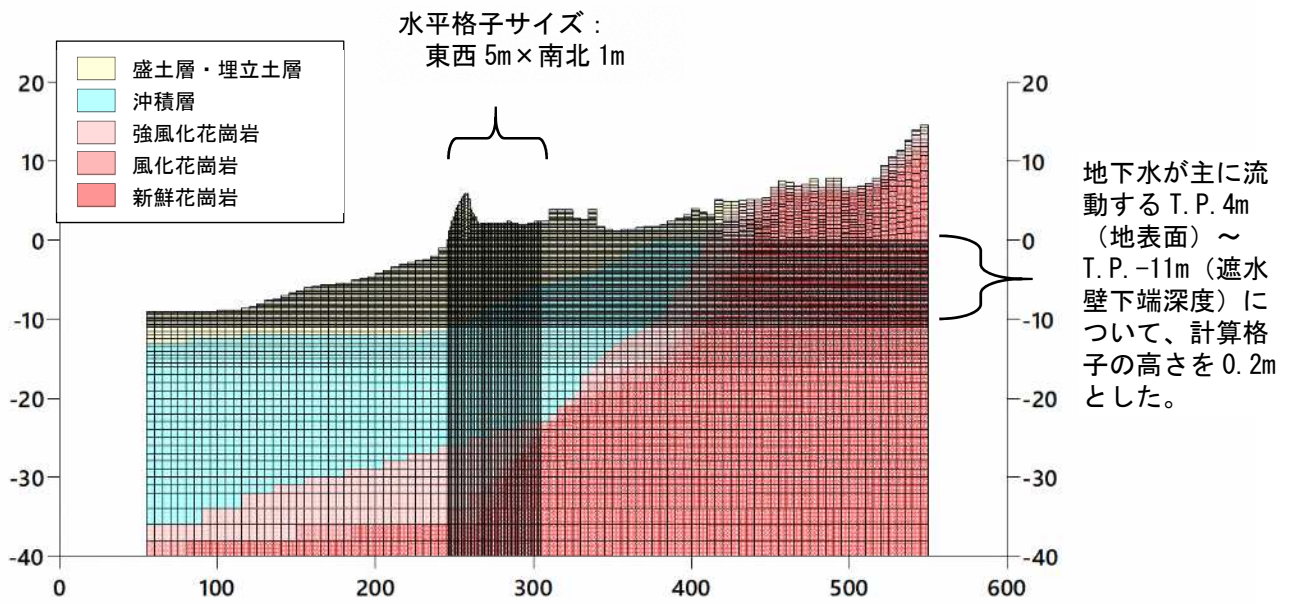


図 3-1 (1) 解析範囲・解析格子と地形・地質  
(水第 11 回 II / 4 図 3-1 の再掲)

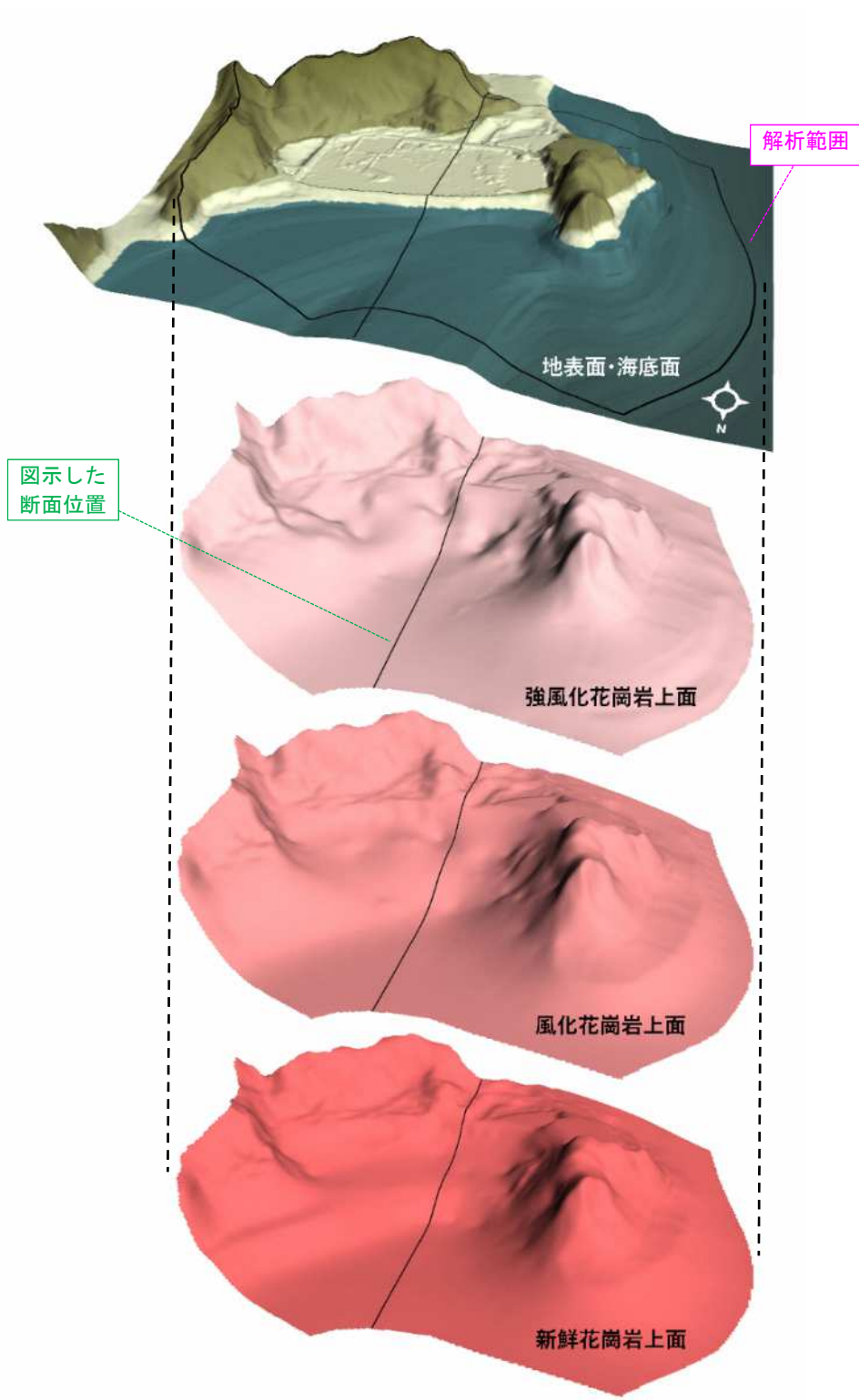


図 3-1 (2) 解析範囲・解析格子と地形・地質  
 (水第 11 回Ⅱ/4 図3-1の再掲)



### 3-4. 地形・地質条件

#### (水第11回Ⅱ/4 3-3. 地形・地質条件の再掲)

##### (1) 地形

地形図及び海底地形図(表3-4)より、解析範囲の地形図を編集した結果を図3-2に示す。図より計算格子(図3-1)地点の標高値を求め、モデルに入力する。

表 3-4 地形及び海底地形に関する資料

(水第11回Ⅱ/4 表3-2の再掲)

項目	資料名	縮尺	調査・刊行者	刊行年月	備考
陸上地形	レーザー測量成果	-	香川県	(H28.4)	処分地内の現状に合わせて凹凸を平坦化
海底地形	1:25,000 沿岸海域地形図高松	1/25,000	国土地理院	1979/10	
	備讃瀬戸東部(海底地形図)	1/50,000	海上保安庁	1989/2	
	備讃瀬戸東部(航海用海図)	1/45,000	海上保安庁	2013/8	

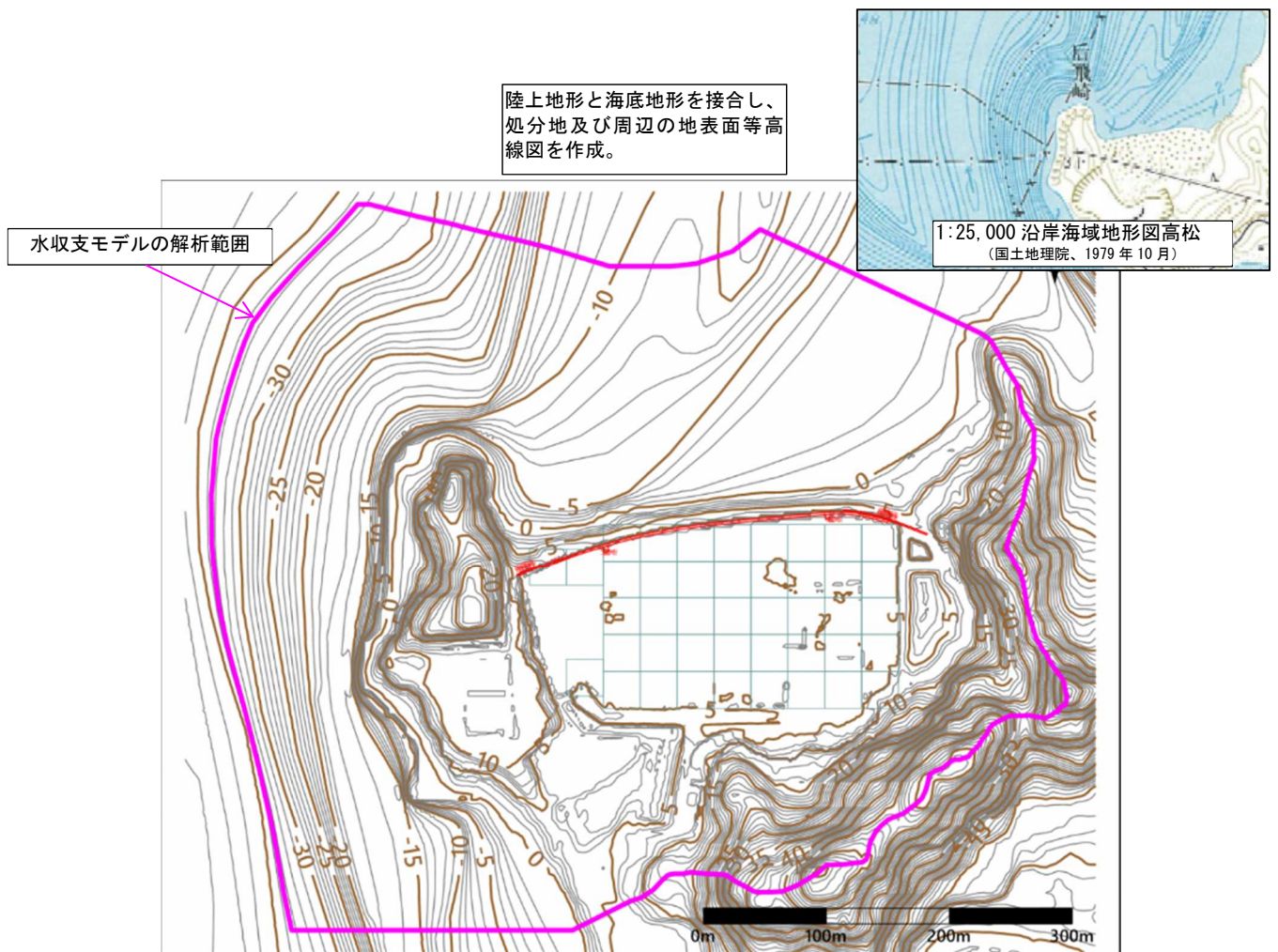


図 3-2 地表面等高線 (T. P. m)

(水第11回Ⅱ/4 図3-2の再掲)

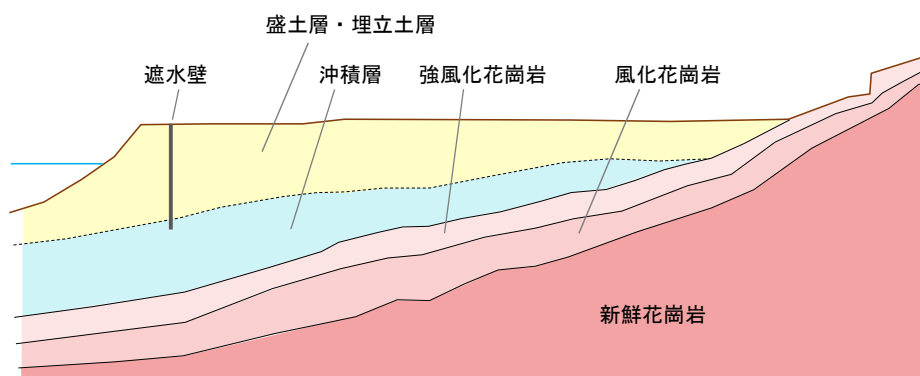
## (2) 地質

処分地及びその周辺の本来の地質は、沖積層と花崗岩よりなる。このうち、沖積層の上部は処分地内の各所で掘削され、盛土層・埋立土層となり、その上部に廃棄物等が投棄されていた。現在、盛土層・埋立土層は廃棄物等を撤去し健全土で埋め戻されており、地質は、盛土層・埋立土層、沖積層及び花崗岩層（強風化花崗岩、風化花崗岩、新鮮花崗岩）に区分される（表 3-5、図 3-3）。なお、遮水壁は、盛土層・埋立土層の地下水流動を遮蔽し、下位の沖積層（場所によっては花崗岩）に貫入する深度まで設置されている（「豊廃棄物等技術委員会報告書第 I 編（施設整備編）」）。

水収支モデルの構築でも、既往調査で区分された各地層の上面等高線図を作成した（図 3-4～図 3-8）。図より計算格子（図 3-1）地点の地層の標高値を求め、モデルに入力する。

**表 3-5 処分地の地層区分**  
(水第 11 回 II/4 表 3-3 の再掲)

地層	地質	水理特性等
盛土層・埋立土層	粘性土・砂質土・砂礫	帯水層、人為的改変が著しい
沖積層	粘性土・砂質土	帯水層だが比較的難透水とみられる
花崗岩層	強風化花崗岩	風化部に地下水を胚胎する
	風化花崗岩	同上
	新鮮花崗岩	当該地の水理基盤をなす



**図 3-3 地層区分の模式図**  
(水第 11 回 II/4 図 3-3 の再掲)

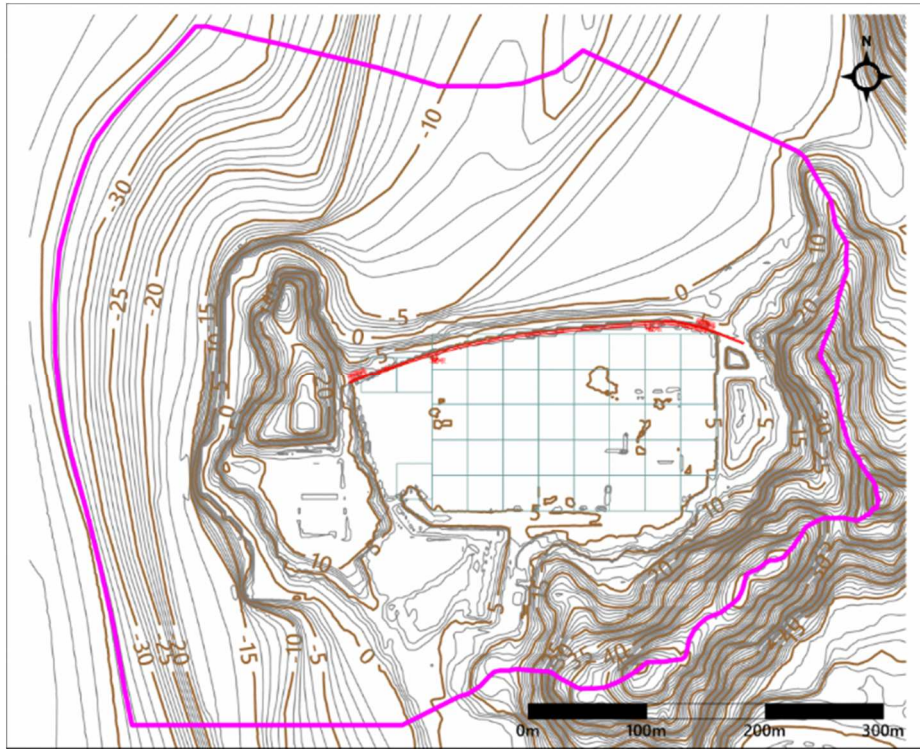


図 3-4 地表面（盛土層・埋立土層上面）等高線  
 (水第11回Ⅱ/4 図3-4の再掲)

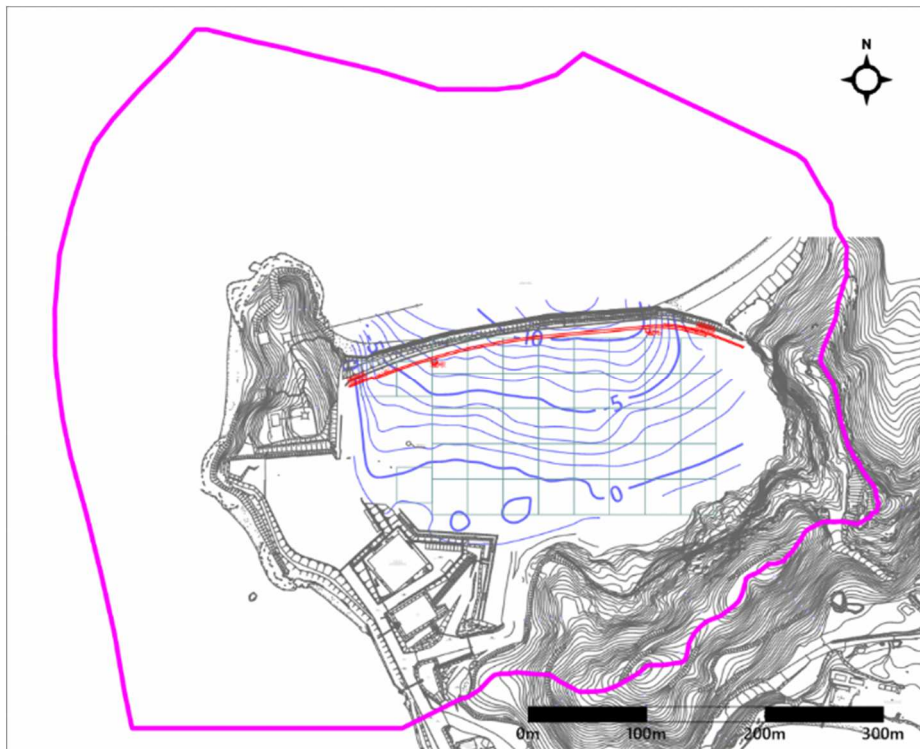


図 3-5 沖積層上面等高線  
 (水第11回Ⅱ/4 図3-5の再掲)



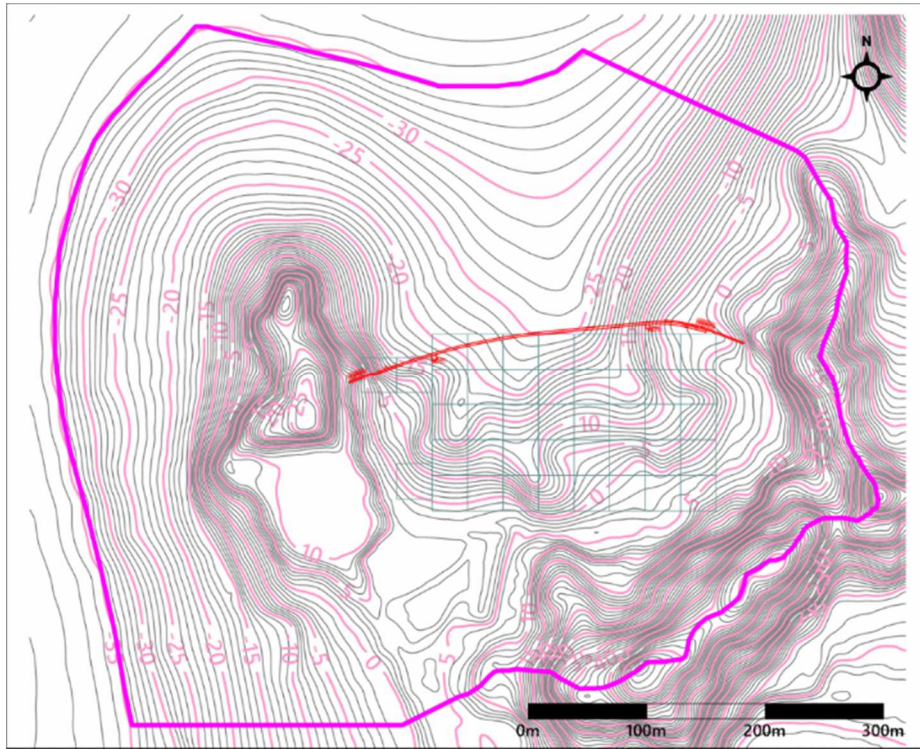


図 3-6 強風化花崗岩上面等高線  
 (水第11回Ⅱ/4 図3-6の再掲)

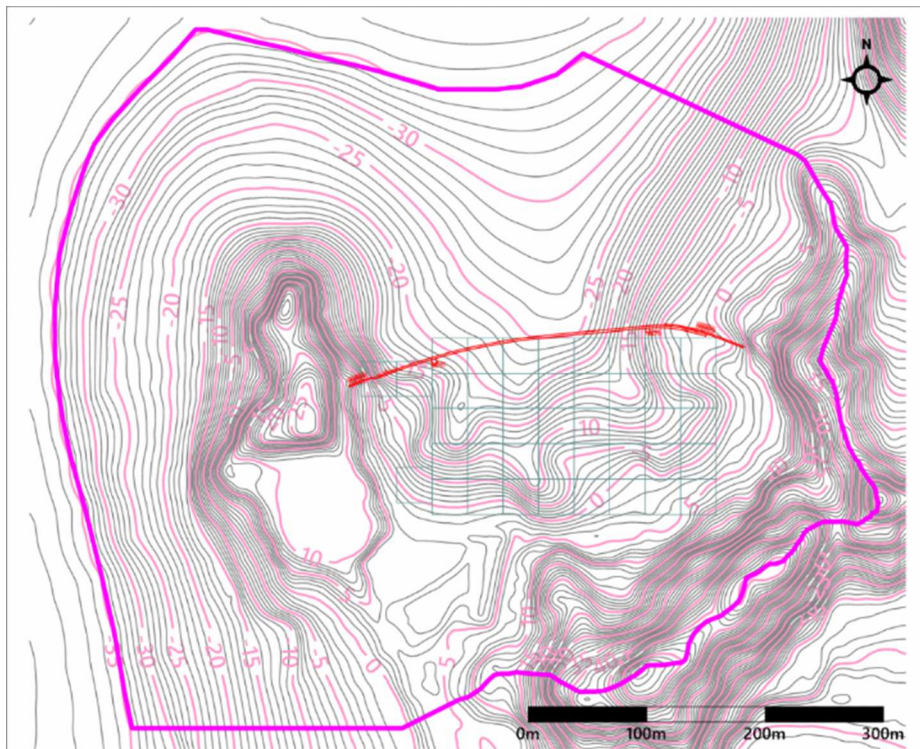


図 3-7 風化花崗岩上面等高線  
 (水第11回Ⅱ/4 図3-7の再掲)

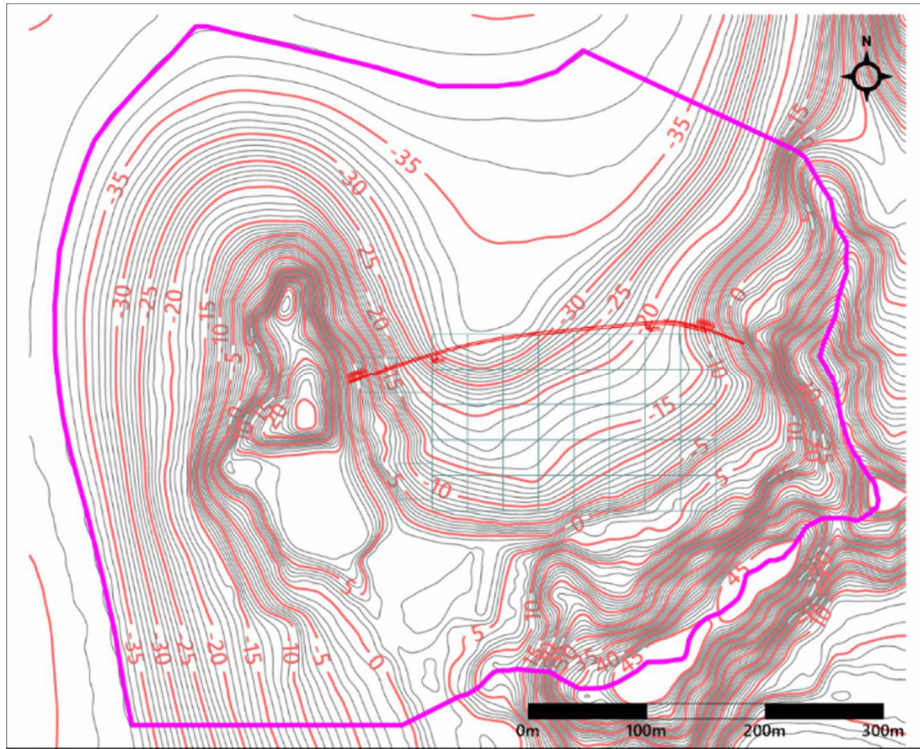


図 3-8 新鮮花崗岩上面等高線  
(水第11回Ⅱ/4 図3-8の再掲)

### 3-5. 気象条件

過年度の検討と同様の推定方法を基本とし、最新の気象観測資料を用いて涵養量を推定した（表 3-6、図 3-9、10）。2010 年～2019 年の最近 10 年間の平均降水量（1,279.2mm）に近い値である 2015 年と、データの揃っている直近の 2019 年を、水収支モデルの検証対象年とした（なお、水収支モデルを用いた予測解析に用いる気象条件は、渇水年など、予測が必要と考えられる条件を検討し、別途設定する）。

2015 年について見ると、調査地域における涵養量（地下浸透量）は年間 422mm、1 日あたり 1.2mm と推計された。一方、2019 年は少雨を反映し、涵養量（地下浸透量）は年間 268mm、1 日あたり 0.7mm と、2019 年の約 60%であった。地下水位は 2019 年に低下しており、揚水量の増加に加え、涵養量の減少も影響したものと考えられる。

なお、地下水位が地表面よりも高くなる場合は、地表流出するものとした。

表 3-6 涵養量の推定方法及び推定結果

項目	考え方等	本調査での推定		既往調査での推定
		2015 年 1 月～ 12 月	2019 年 1 月～ 12 月	1989 年 4 月～ 1995 年 12 月
気象データ	高松地方気象台資料	2015 年 1 月～ 12 月	2019 年 1 月～ 12 月	1989 年 4 月～ 1995 年 12 月
降水量	年平均値	1,210mm/年	1,040mm/年	1,200mm/年
可能蒸発散量	Penman 法	910mm/年	940mm/年	1,000mm/年
実蒸発散量	可能蒸発散量の 0.6 倍	546mm/年	564mm/年	600mm/年
表面流出量	降水量に対する流出率 0.2	242mm/年	208mm/年	240mm/年
涵養量（地下 浸透量）	降水量－実蒸発散量－ 表面流出量	422mm/年 (1.2mm/日)	268mm/年 (0.7mm/日)	360mm/年 (1mm/日)

※降水量及び蒸発散量は既往調査に倣い 10mm 単位とした。

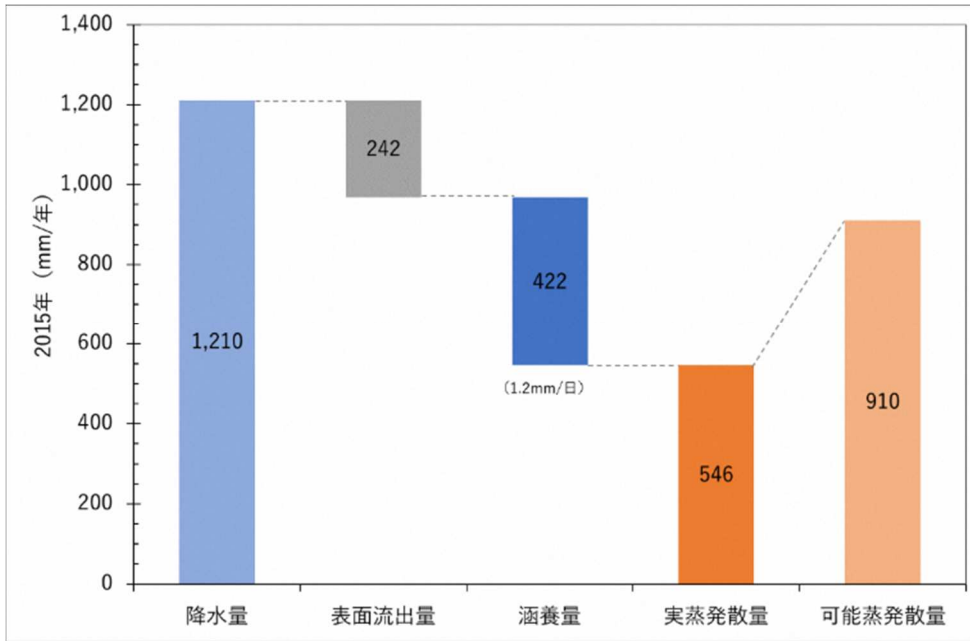


図 3-9 地下浸透量（涵養量）と蒸発散量、表面流出量の関係（2015年）

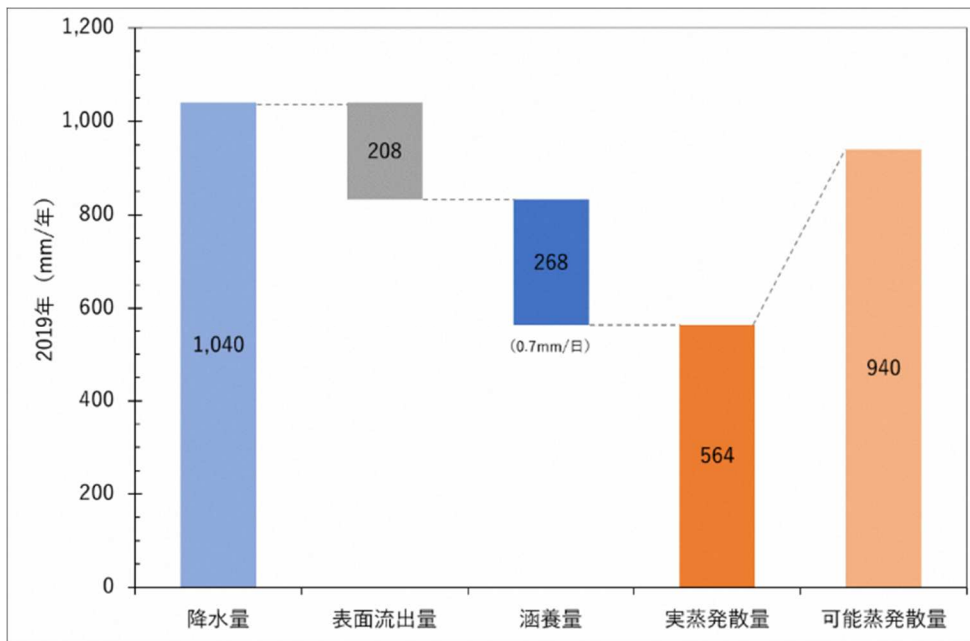


図 3-10 地下浸透量（涵養量）と蒸発散量、表面流出量の関係（2019年）

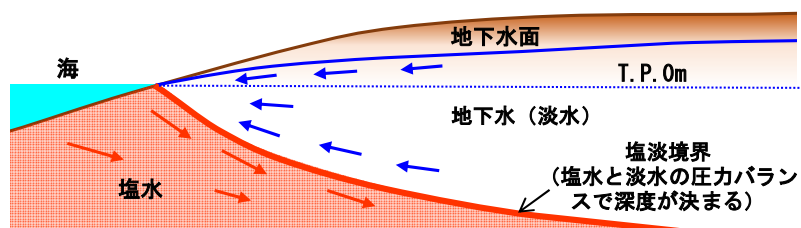


### 3-6. 塩水侵入条件

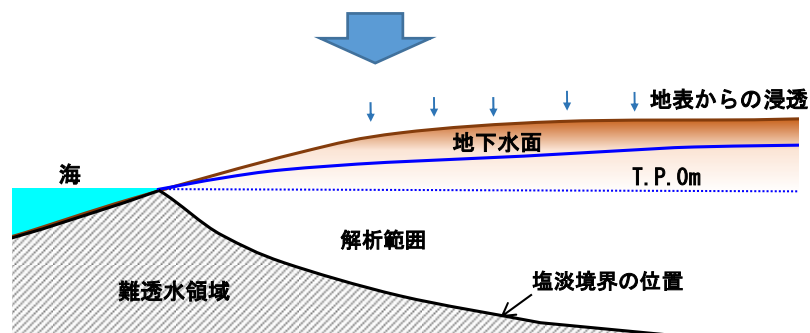
#### (1) 考え方

(水第11回II/4 3-6.(1) 考え方の再掲)

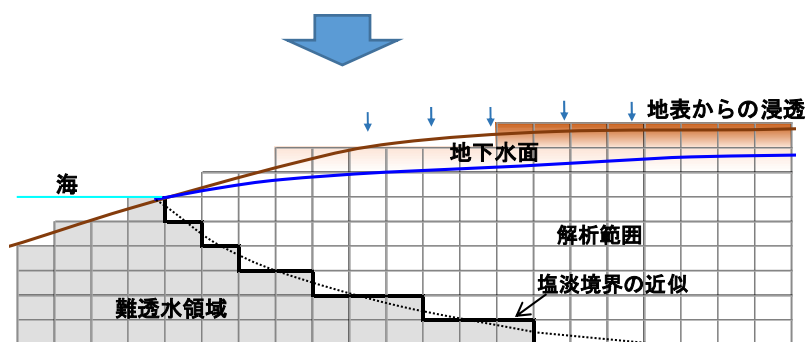
当該地では塩淡境界の解析に必要なデータが少なく、また、解析に係る作業量が非常に大きい。そこで、本検討では、塩水クサビの範囲を難透水層として扱い、淡水は主に塩水クサビより上の深度で海側に流動するものとする。すなわち、本解析では淡水の流動のみを扱うことし、海からの塩水の供給については考慮していない。



(海岸部における地下水流動の模式図)



(塩水クサビを難透水とし海岸部の淡水流動範囲を狭くすることで近似的に表現)



(水収支モデルでは解析格子単位で難透水領域を設定)

図 3-11 モデルにおける塩水侵入 (塩水クサビ) の扱い  
(水第11回II/4 図3-10の再掲)

(2) 遮水壁設置前の塩淡水境界

(水第11回Ⅱ/4 3-6. (2) 遮水壁設置前の塩淡水境界の再掲)

海岸付近の塩水と淡水の分布の模式図を図3-12に示す。

淡水の密度よりも塩水(海水)の密度は重いため、クサビ状に塩水が内陸側に侵入し、その上に淡水(地下水)が載るように分布する。塩水と淡水の境界(塩淡水境界)の深度は、地下水位とのバランスで決まり、ガイベン・ヘルツベルグの法則(次式)で表される。

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h_f$$

式で、 $z$  : 海面高を基準とした場合の塩淡水境界の深度

$\rho_f$  : 淡水(地下水)の密度 (=1,000kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_s$  : 塩水(海水)の密度

$h_f$  : 海面高を基準とした場合の地下水位

瀬戸内海の塩分濃度は30‰とすると(図3-13)、地下水位と塩淡水境界の関係は、 $z = 33h_f$ となる。例えば、地下水位が1mとすると、塩淡水境界の位置はT.P. -33mと推定される。

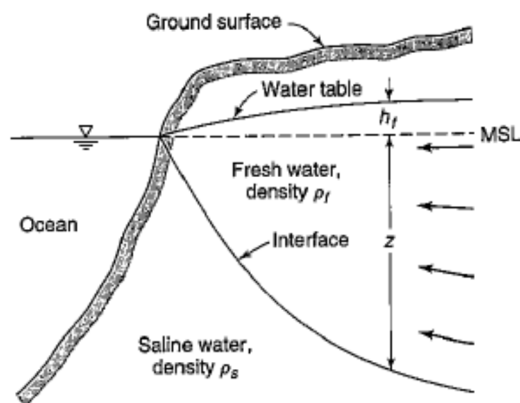


図3-12 海岸付近の塩水と淡水の分布の模式図 (D. K. Todd, et al (2005) Groundwater Hydrology)

(水第11回Ⅱ/4 図3-11の再掲)

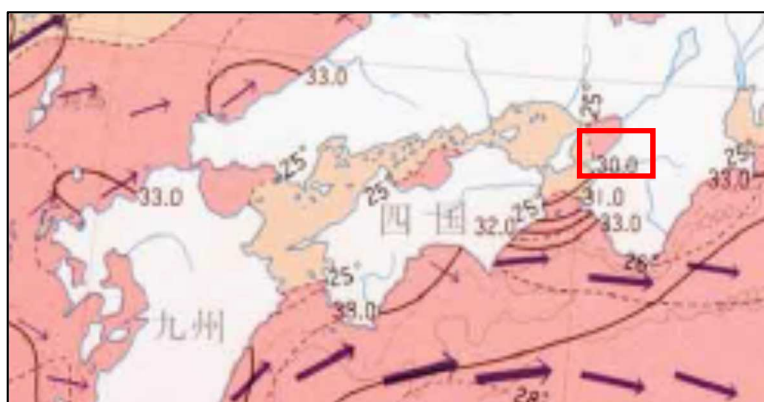


図3-13 塩分濃度(夏期) (国土地理院(1990)新版日本国勢地図)

(水第11回Ⅱ/4 図3-12の再掲)

遮水壁設置前の塩淡水境界に関わるデータは無いが、ガイベン・ヘルツベルグの法則にしたがって塩淡水境界が形成されていたと考える（図 3-1 4）。

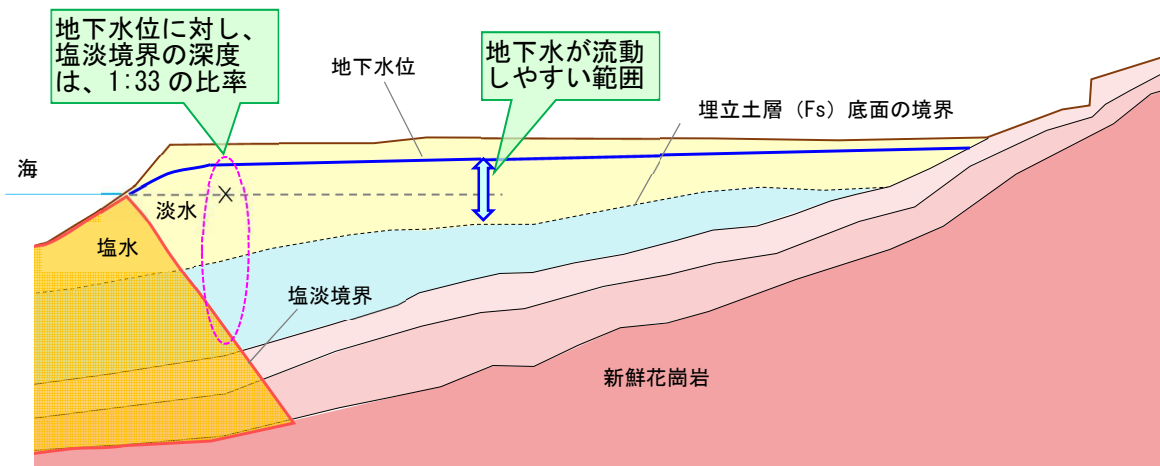


図 3-1 4 遮水壁設置前の塩淡水境界（想定）  
（水第 11 回Ⅱ/4 図 3-1 3 の再掲）

(3) 地下水の状況

(水第 11 回Ⅱ/4 3-6. (3) 地下水の状況の再掲)

① 地下水の流動

過年度の調査で地層別の流量が算定されている（図 3-1 5）。それによれば、主に地下水は盛土層 (Bg) 及び埋立層 (Fs) より流出するとし、遮水壁の設置深度を設定する理由となっている。すなわち、埋立層 (Fs) よりも下位の地層では、全般的に透水性が小さく、地下水の流動量は少ないことが前提となっている。

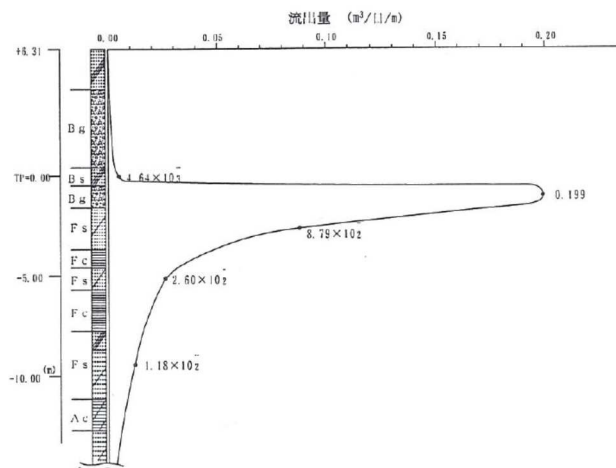


図 3-1 5 地層別の海域方向への流量（豊島廃棄物等対策調査「暫定的な環境保全措置に関する事項」報告書、平成 10 年 8 月）  
（水第 11 回Ⅱ/4 図 3-1 4 の再掲）

地下水流動量の算定は、遮水壁設置前の、処分地から海域に向かう地下水流動について検討したものであるが、遮水壁設置後の現状においても、埋立層 (Fs) よりも下位の地層は、遮水壁設置前と同様、上位の地層よりも透水性が小さく、処分地内の地下水を保持しているものと思われる。

## ②観測孔の水質

現在、処分地内の地下水位は、地下水の揚水により概ね T.P. 0m 以下に維持されている (図 2-7)。ガイベン・ヘルツベルグの法則に従えば、地下水位が T.P. 0m 以下では淡水から塩水に置き換わることになる。しかしながら、処分地内の地下水観測孔や揚水施設では、これまで高濃度の塩水は確認されておらず、深部での塩水侵入の有無は不明であるが、少なくとも観測孔や揚水施設の設置深度までは淡水が保持されていると考えられる。

### (4) 現状 (遮水壁設置後) の塩淡境界

#### (水第 11 回 II/4 3-6. (4) 現状 (遮水壁設置後) の塩淡境界の再掲)

地下水位が T.P. 0m 以下の現状で、観測孔等の設置深度まで塩水化していないことは、遮水壁と、透水性の小さな地層 (埋立層 (Fs) よりも下位の地層) で、海側からの塩水の侵入が遮られていることを示すものとする。地層による地下水流動の差異と、観測孔等で塩水が確認されていない状況を踏まえ、図 3-16 には、想定した遮水壁設置後の現状の塩淡境界を示す。

図で、埋立層 (Fs) 以上の地層中の地下水には、遮水壁と埋立層 (Fs) 底面より下位の透水性の小さい地層により塩水は浸入しないと考えた。また、透水性の小さな地層 (埋立層 (Fs) よりも下位の地層) では、遮水壁設置前の塩淡境界が残存しているものと仮定した。

なお、処分地内の地下水位は潮位の影響を受けていることから、埋立層 (Fs) よりも下位の地層を伝って潮位変化が伝播していると考えられる。そこで、塩水クサビは、淡水に対しては難透水層の役割を成すものとし、若干の地下水の流動があるものとした。

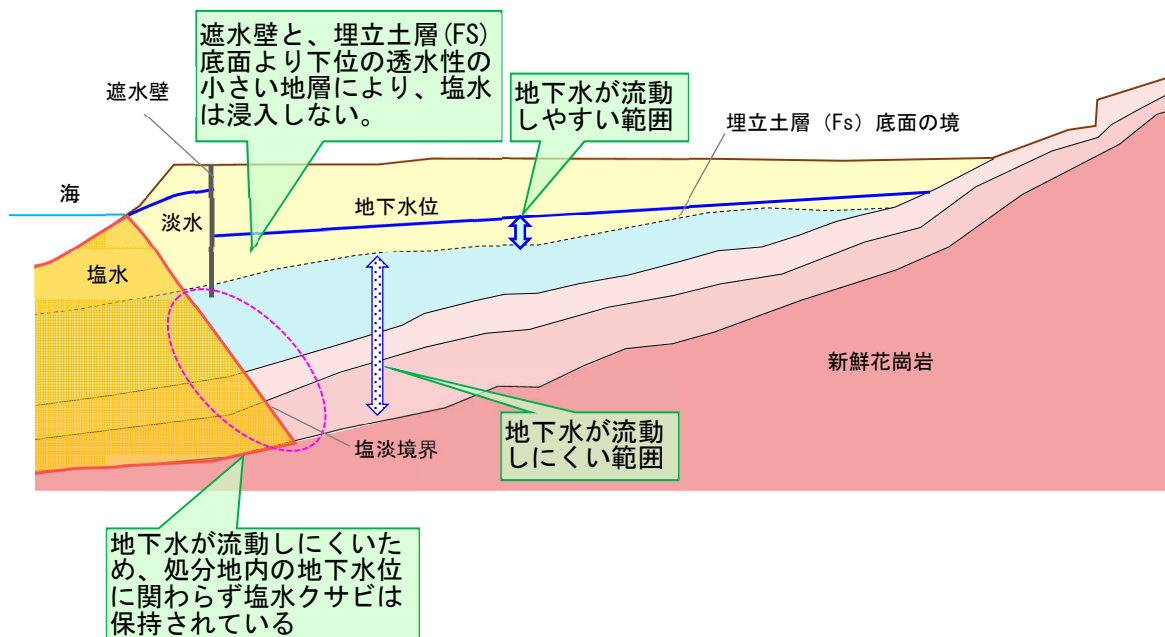
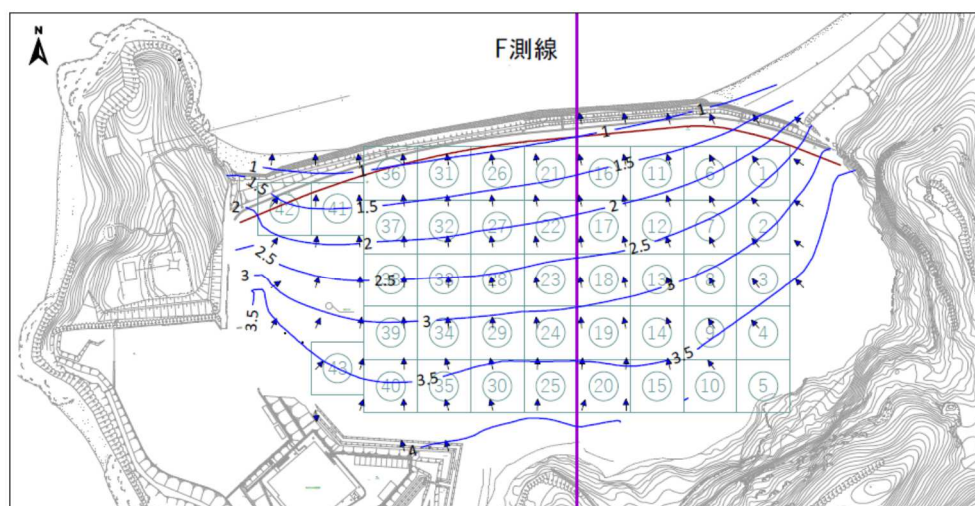


図 3-16 遮水壁設置後の塩淡境界  
(水第 11 回 II/4 図 3-15 の再掲)

(5) 入力条件

塩水クサビの上面（淡水の範囲）を流動する地下水の挙動を検討するために、遮水壁設置前の地下水位を水収支モデルで算出し、ガイベン・ヘルツベルグ式により塩淡境界の位置を推定した。なお、水収支モデルは海側からの塩水の供給を解析するものではなく、塩水クサビの形状は気象や処分地内の地下水位に関わらず保持されるものと仮定している。

図 3-1 7 には、水収支モデルで得た地下水位分布を示す。図中に示した断面位置の地下水位及び塩淡境界を図 3-1 8 に示す。陸側で地下水位は地形に沿って高くなるため、塩水クサビの位置は陸側ほど深くなる。水収支モデルでは、塩水クサビの範囲は難透水層として扱うため、塩水クサビは陸側からの地下水流動に対し流動を抑える壁のような役割をしていると考えられる。



[単位：T.P.m]

0m 50m 100m 150m

図 3-1 7 遮水壁無しの地下水位（気象条件は 2015 年時）

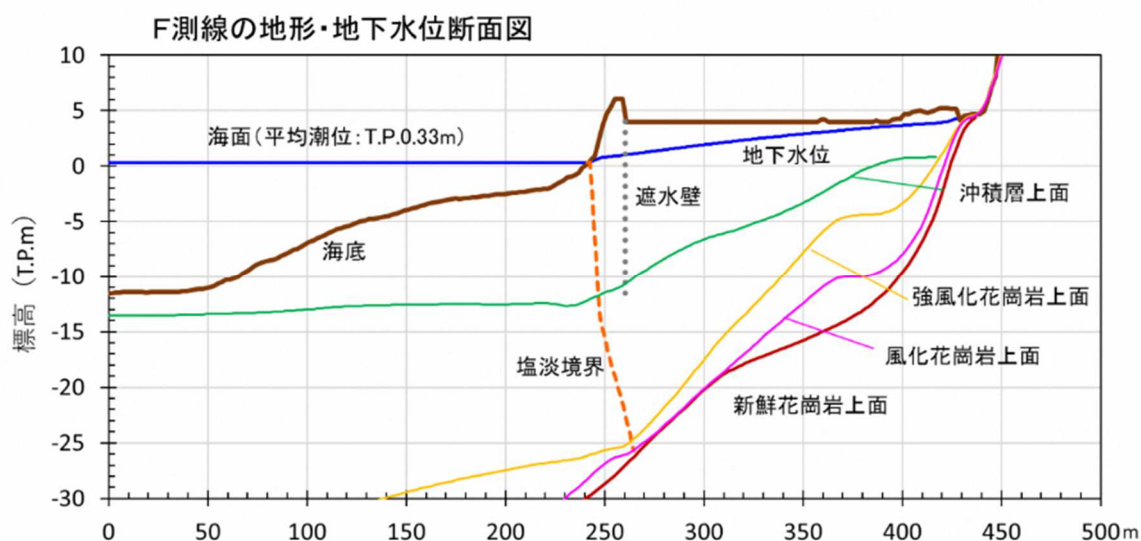


図 3-1 8 地下水位及び塩淡境界（気象条件は 2015 年時、潮位は 2015 年の平均）



### 3-7. 地下構造物条件

#### (1) 水収支に関わる地下構造物

地下水位や地下水の流動に影響する地下構造物として表 3-7 及び図 3-19 が挙げられる。これらの諸元を整理し水収支モデルに反映した。

表 3-7 地下構造物と水収支解析での取り扱い

地下構造物	概要	水収支解析	
		2015年時点	2019年時点
遮水壁 (図 3-20、図 3-21)	海域への地下水流動が大きい盛土層・埋立土層に貫入するように設置	○	○
集水井、7層計45本の集水横ボーリングにより集水	揚水能力は 200m <sup>3</sup> /日	—	○
揚水井 (22 23 25 27 28 29 32 33 の8本)	揚水能力は計 280m <sup>3</sup> /日	—	○
トレンチドレーン (図 3-22)	φ500 有孔ポリエチレン管、底面高 T.P. 0.0m	○	○
山側排水路	山側からの地表流出を処分地外に配水	○	○

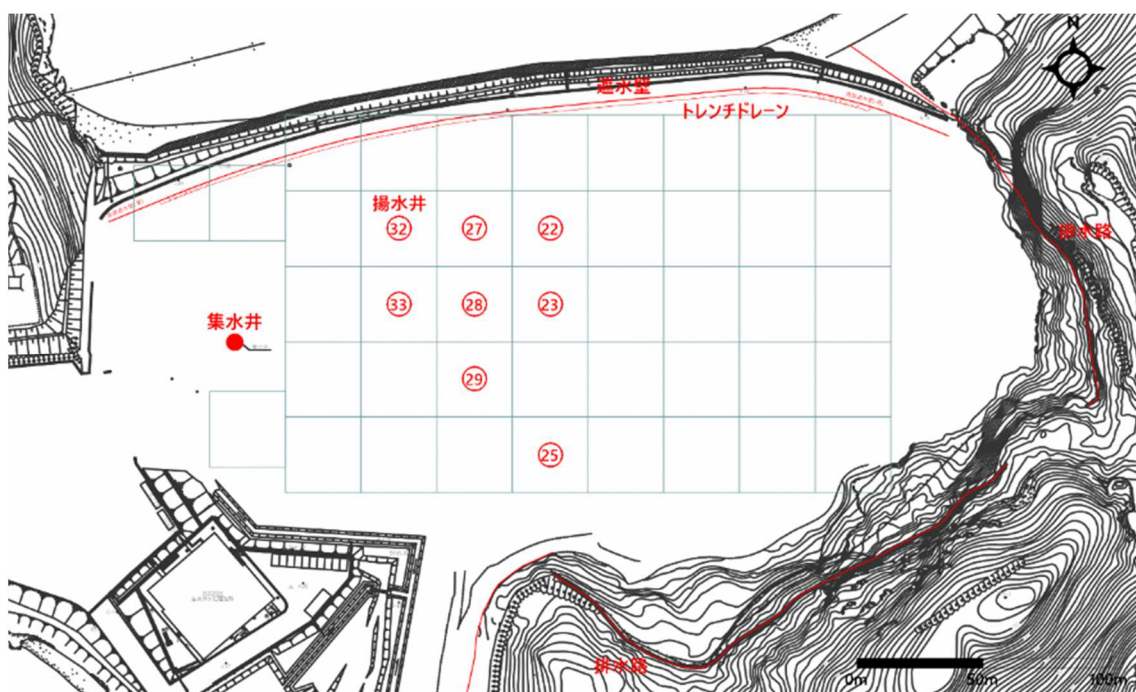
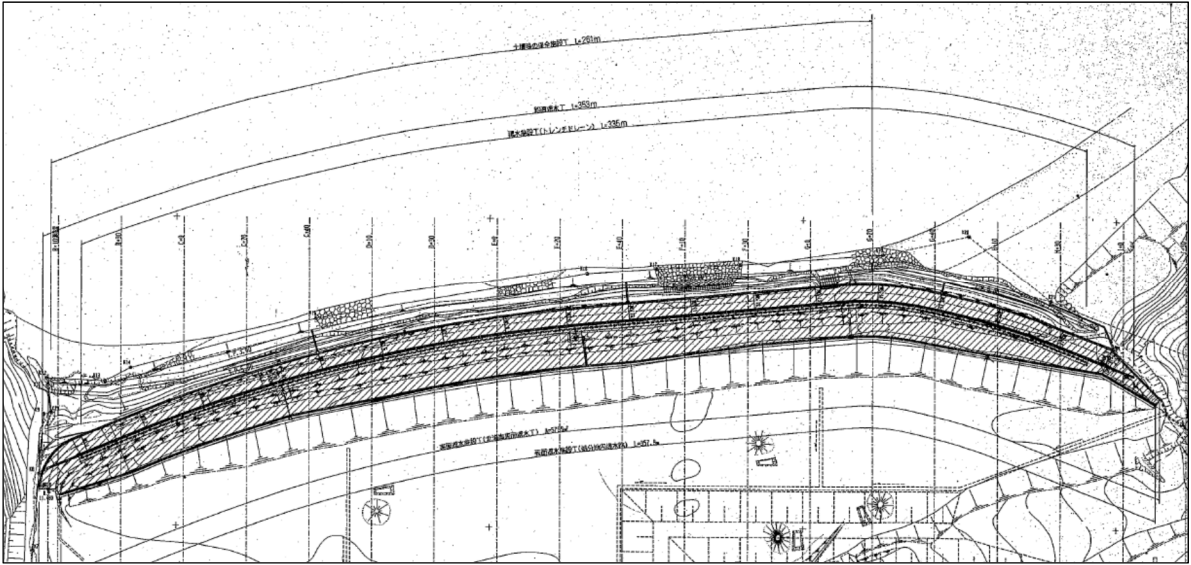


図 3-19 主な地下構造部



(工事図書(村上組)を抜粋)

図 3-20 遮水壁平面図

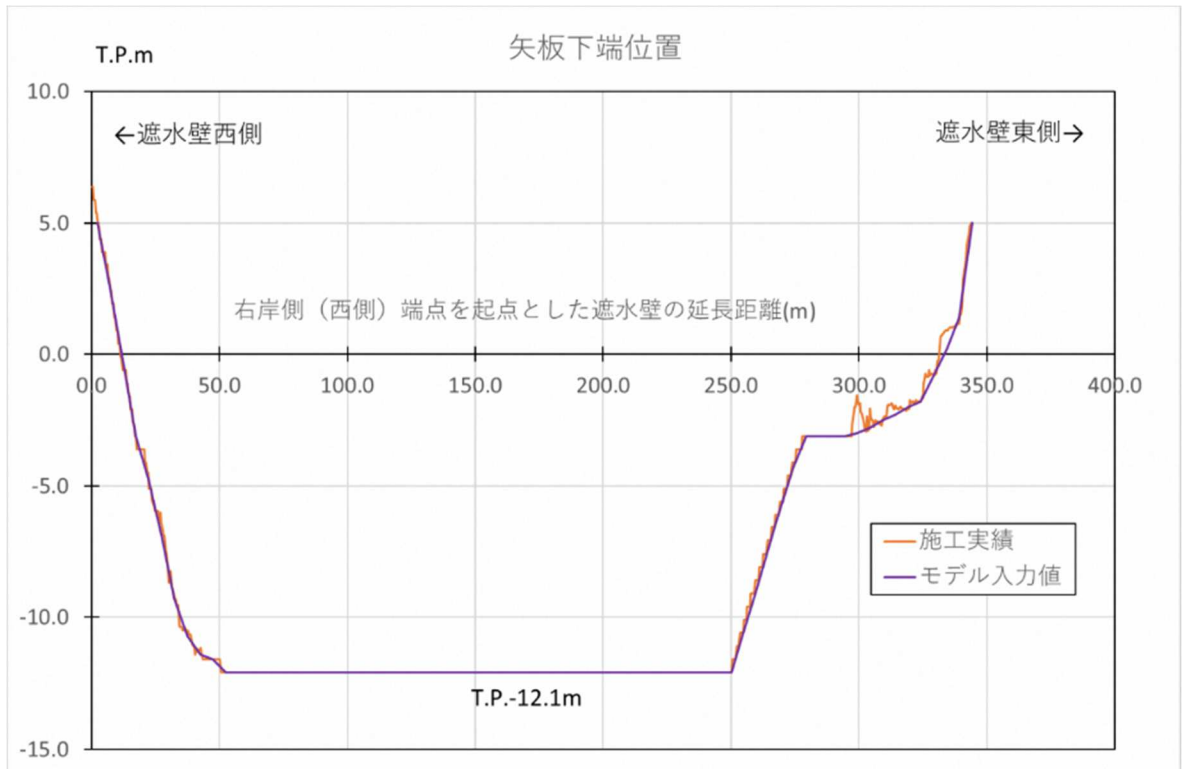
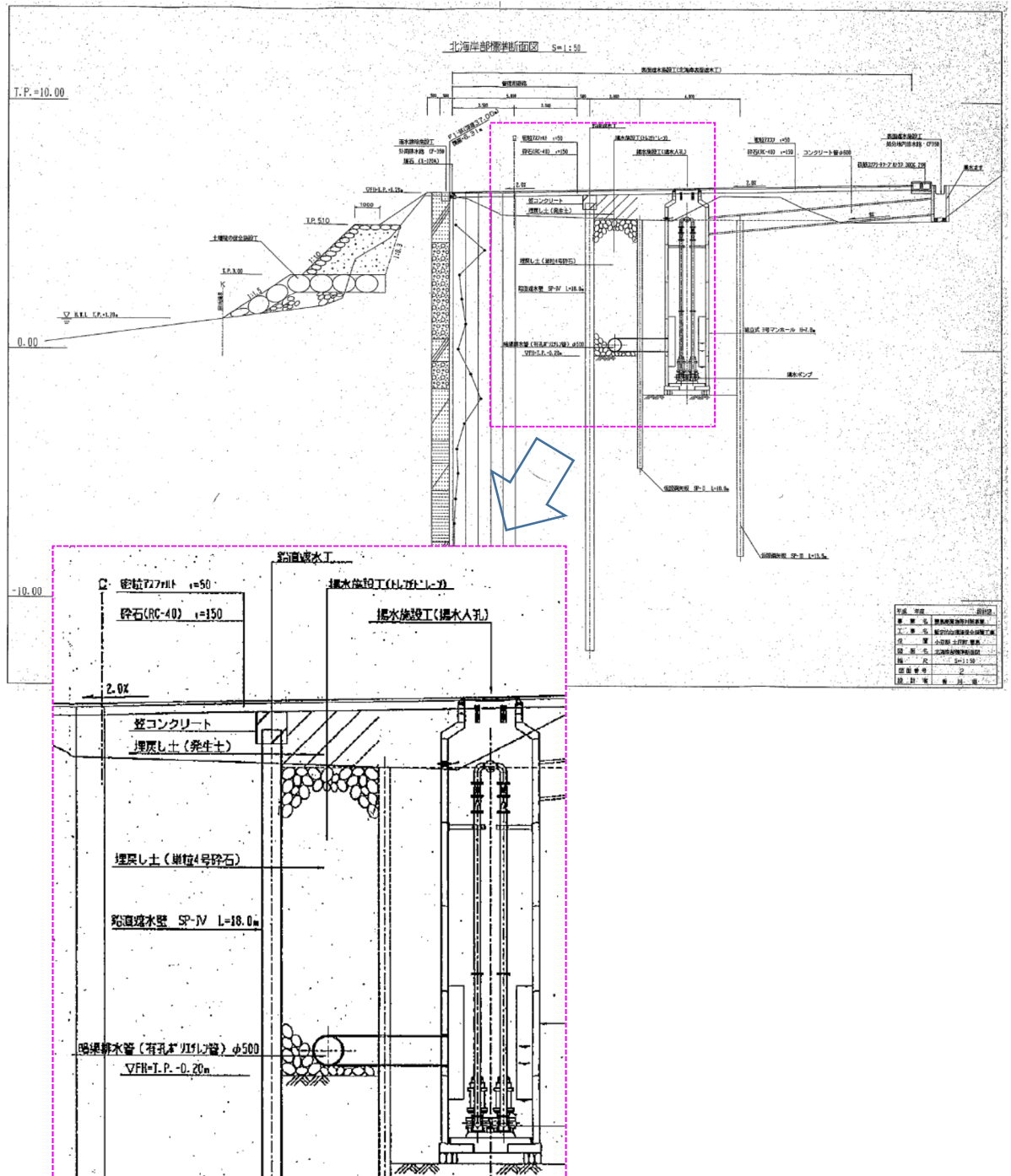


図 3-21 遮水壁の縦断形状





(工事図書 (村上組) による)  
**図 3-22 標準断面図**

(2) 地下水揚水量

集水井及び揚水井の2019年(H31及びR1)の稼働状況は表3-8に示すとおりである。さらに、揚水した水は処理され、最終的には高度排水放流量として処分地外に排出される(図3-23、表3-9)。水収支モデルには実績値を入力した。

(3) トレンチドレーンによる排水量

遮水壁沿いにはT.P.-0.2mにトレンチドレーンが設置されており、集水した地下水は北揚水井で処分地外に排水している。北揚水井の水量を図3-24及び表3-10に示す。水収支モデルでトレンチドレーンから排水される水量を算出し、実績値と比較することで再現性を確認した。

表 3-8 集水井及び揚水井の稼働状況

	集水井 <sup>※1</sup>	揚水井 <sup>※2</sup> (R1.10月から揚水を開始)								合計
		揚水井 ⑳	揚水井 ㉑	揚水井 ㉒	揚水井 ㉓	揚水井 ㉔	揚水井 ㉕	揚水井 ㉖	揚水井 ㉗	
H31.1月	4,346	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H31.2月	5,147	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H31.3月	3,359	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H31.4月	3,256	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1.5月	4,017	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1.6月	4,548	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1.7月	3,174	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1.8月	5,354	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1.9月	4,566	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1.10月	4,810	27	176	78	-	-	-	-	-	281
R1.11月	3,907	301	745	182	138	135	218	145	141	2,005
R1.12月(18日まで)	-	574	675	272	422	601	754	0	0	3,298
年間累計	46,484	902	1,596	532	560	736	972	145	141	5,584
日平均 <sup>※3</sup>	139	33	38	13	39	38	31	41	40	273
高度排水量 (73.5m <sup>3</sup> )を案分 (処分地外に排水される量)	24.8									48.7
日平均量-高度 排水量(処分地 内に戻る量)	114.4									224.3

※1：「水第10回Ⅱ／3-1」資料による

※2：「水第10回Ⅱ／3-3」資料による

※3：集水井は年間累計を334日(12月を除く日数)、揚水井は「水第10回Ⅱ／3-3」資料による

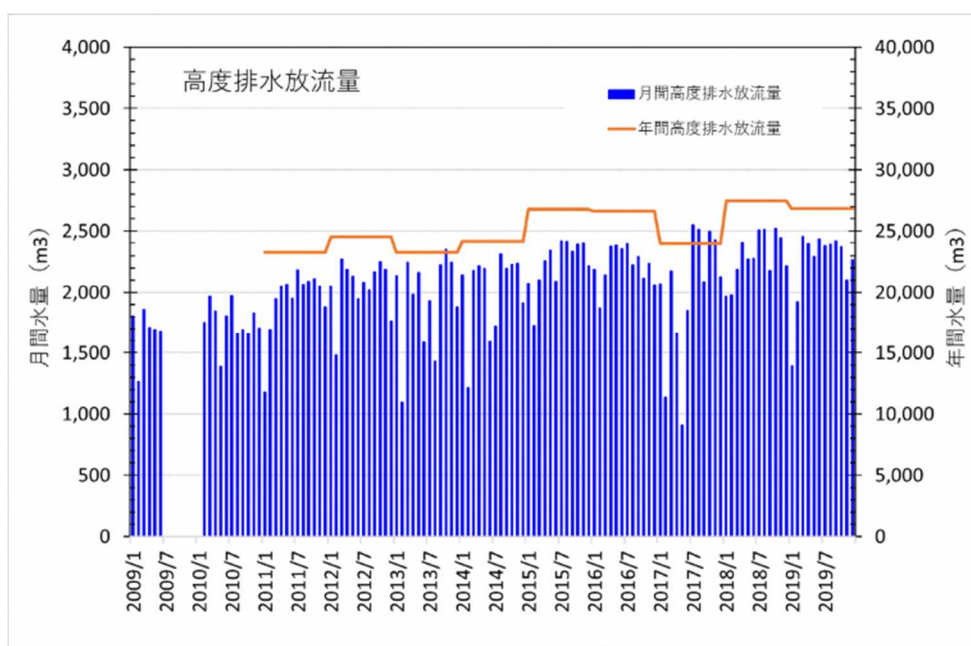


図 3-23 高度排水放流量の変化

表 3-9 高度排水放流量（実績値）

年	月	月間高度排水放流量 m <sup>3</sup>	年間高度排水放流量 m <sup>3</sup>	年	月	月間高度排水放流量 m <sup>3</sup>	年間高度排水放流量 m <sup>3</sup>	年	月	月間高度排水放流量 m <sup>3</sup>	年間高度排水放流量 m <sup>3</sup>	年	月	月間高度排水放流量 m <sup>3</sup>	年間高度排水放流量 m <sup>3</sup>
2009	1	1,805	24,534	2012	1	2,051	26,753	2015	1	2,072	27,464	2018	1	1,966	27,464
2009	2	1,268		2012	2	1,480		2015	2	1,725		2018	2	1,977	
2009	3	1,856		2012	3	2,272		2015	3	2,099		2018	3	2,187	
2009	4	1,714		2012	4	2,188		2015	4	2,255		2018	4	2,410	
2009	5	1,697		2012	5	2,129		2015	5	2,344		2018	5	2,271	
2009	6	1,682		2012	6	1,946		2015	6	2,087		2018	6	2,279	
2009	7	0		2012	7	2,080		2015	7	2,417		2018	7	2,508	
2009	8	0		2012	8	2,022		2015	8	2,413		2018	8	2,511	
2009	9	0		2012	9	2,166		2015	9	2,336		2018	9	2,176	
2009	10	0		2012	10	2,249		2015	10	2,390		2018	10	2,521	
2009	11	0		2012	11	2,188		2015	11	2,400		2018	11	2,442	
2009	12	0		2012	12	1,763		2015	12	2,215		2018	12	2,216	
2010	1	0	23,262	2013	1	2,135	26,640	2016	1	2,187	26,823	2019	1	1,393	26,823
2010	2	1,751		2013	2	1,092		2016	2	1,875		2019	2	1,919	
2010	3	1,966		2013	3	2,247		2016	3	2,140		2019	3	2,455	
2010	4	1,848		2013	4	1,986		2016	4	2,375		2019	4	2,397	
2010	5	1,385		2013	5	2,163		2016	5	2,389		2019	5	2,291	
2010	6	1,805		2013	6	1,584		2016	6	2,355		2019	6	2,436	
2010	7	1,972		2013	7	1,931		2016	7	2,399		2019	7	2,384	
2010	8	1,658		2013	8	1,430		2016	8	2,223		2019	8	2,391	
2010	9	1,696		2013	9	2,223		2016	9	2,291		2019	9	2,419	
2010	10	1,659		2013	10	2,348		2016	10	2,115		2019	10	2,371	
2010	11	1,832		2013	11	2,244		2016	11	2,234		2019	11	2,101	
2010	12	1,706		2013	12	1,879		2016	12	2,057		2019	12	2,266	
2011	1	1,178	23,268	2014	1	2,142	24,142	2017	1	2,065	23,992				
2011	2	1,698		2014	2	1,216		2017	2	1,134					
2011	3	1,949		2014	3	2,176		2017	3	2,170					
2011	4	2,051		2014	4	2,216		2017	4	1,666					
2011	5	2,063		2014	5	2,195		2017	5	911					
2011	6	1,950		2014	6	1,591		2017	6	1,853					
2011	7	2,185		2014	7	1,723		2017	7	2,550					
2011	8	2,061		2014	8	2,312		2017	8	2,511					
2011	9	2,087		2014	9	2,195		2017	9	2,084					
2011	10	2,112		2014	10	2,228		2017	10	2,495					
2011	11	2,053		2014	11	2,233		2017	11	2,428					
2011	12	1,881		2014	12	1,915		2017	12	2,125					

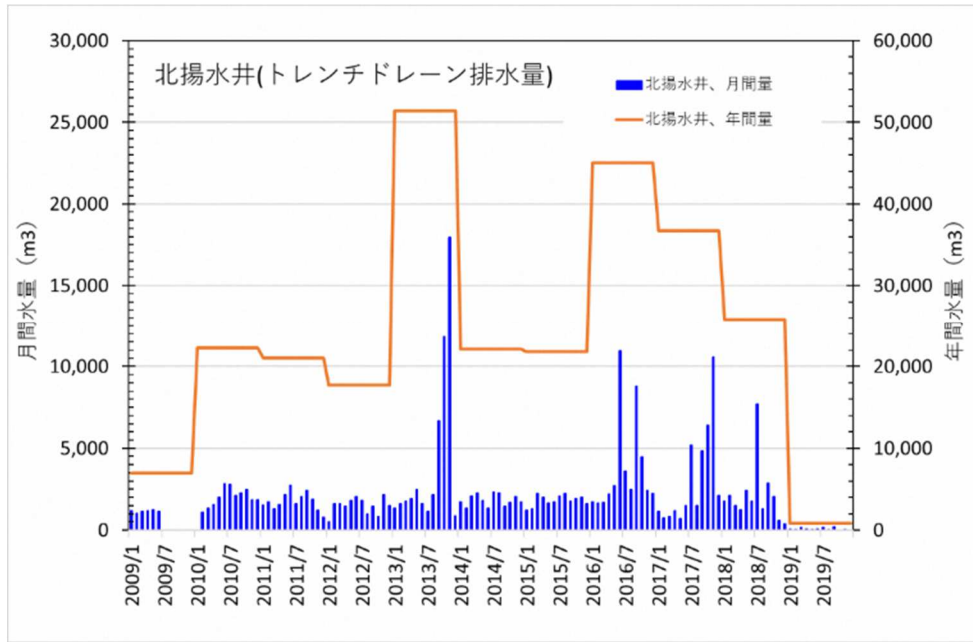


図 3-24 北揚水井の水量の変化

表 3-10 北揚水井の水量（実績値）

年	月	北揚水井、月間量	北揚水井、年間量	年	月	北揚水井、月間量	北揚水井、年間量	年	月	北揚水井、月間量	北揚水井、年間量	年	月	北揚水井、月間量	北揚水井、年間量					
		m3	m3			m3	m3			m3	m3			m3	m3					
2009	1	1,184	17,748	2012	1	520	21,801	2018	1	1,782	25,765	2009	2	1,031	2012	2	1,596	2018	2	2,141
2009	3	1,144		2012	3	1,602		2015	3	2,231		2018	3	1,506						
2009	4	1,171		2012	4	1,450		2015	4	2,021		2018	4	1,256						
2009	5	1,246		2012	5	1,814		2015	5	1,666		2018	5	2,427						
2009	6	1,159		2012	6	2,036		2015	6	1,732		2018	6	1,775						
2009	7	0		2012	7	1,801		2015	7	2,068		2018	7	7,699						
2009	8	0		2012	8	991		2015	8	2,259		2018	8	1,303						
2009	9	0		2012	9	1,445		2015	9	1,772		2018	9	2,851						
2009	10	0		2012	10	821		2015	10	1,918		2018	10	2,050						
2009	11	0		2012	11	2,169		2015	11	2,021		2018	11	575						
2009	12	0		2012	12	1,503		2015	12	1,612		2018	12	400						
2010	1	0		51,371	2013	1		1,324	45,017	2019		1	84	864	2010	2	1,104	2013	2	1,619
2010	3	1,355	2013		3	1,783	2016	3		1,674	2019	3	158							
2010	4	1,564	2013		4	1,922	2016	4		2,222	2019	4	65							
2010	5	2,018	2013		5	2,475	2016	5		2,727	2019	5	35							
2010	6	2,819	2013		6	1,608	2016	6		10,959	2019	6	89							
2010	7	2,795	2013		7	1,126	2016	7		3,629	2019	7	149							
2010	8	2,134	2013		8	2,178	2016	8		2,474	2019	8	50							
2010	9	2,281	2013		9	6,685	2016	9		8,803	2019	9	212							
2010	10	2,497	2013		10	11,824	2016	10		4,481	2019	10	0							
2010	11	1,831	2013		11	17,964	2016	11		2,448	2019	11	1							
2010	12	1,863	2013		12	863	2016	12		2,229	2019	12	0							
2011	1	1,522	21,024		2014	1	1,718	22,151		2017	1	1,151	36,750		2011	2	1,713	2017	2	768
2011	3	1,289		2014	3	2,093	2017		3	823	2011	3		1,289						
2011	4	1,576		2014	4	2,284	2017		4	1,180	2011	4		1,576						
2011	5	2,152		2014	5	1,808	2017		5	713	2011	5		2,152						
2011	6	2,771		2014	6	1,358	2017		6	1,491	2011	6		2,771						
2011	7	1,623		2014	7	2,329	2017		7	5,195	2011	7		1,623						
2011	8	2,041		2014	8	2,278	2017		8	1,510	2011	8		2,041						
2011	9	2,427		2014	9	1,460	2017		9	4,846	2011	9		2,427						
2011	10	1,895		2014	10	1,700	2017		10	6,387	2011	10		1,895						
2011	11	1,241		2014	11	2,033	2017		11	10,552	2011	11		1,241						
2011	12	774		2014	12	1,739	2017		12	2,135	2011	12		774						

### 3-8. 水理定数等

#### (1) 透水係数

モデルに設定する透水係数は、処分地内での既往調査結果（原位置試験）及び文献値を参考に設定する。

表 3-11 処分地の透水係数（原位置試験値）

地層	地質	透水係数の範囲 (m/sec)	過年度解析での採用値 (m/sec)
盛土層・埋立土層	-	$7.18 \times 10^{-9} \sim 5.71 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^{-8} \sim 5.71 \times 10^{-5}$
沖積層	-	$4.54 \times 10^{-9} \sim 4.24 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^{-8} \sim 2.17 \times 10^{-5}$
花崗岩層	強風化花崗岩	$1.94 \times 10^{-8} \sim 6.09 \times 10^{-5}$	$2.23 \times 10^{-5}$
	風化花崗岩	$1.19 \times 10^{-6} \sim 2.45 \times 10^{-6}$	$1.82 \times 10^{-6}$
	新鮮花崗岩	$2.10 \times 10^{-8} \sim 2.56 \times 10^{-6}$	-

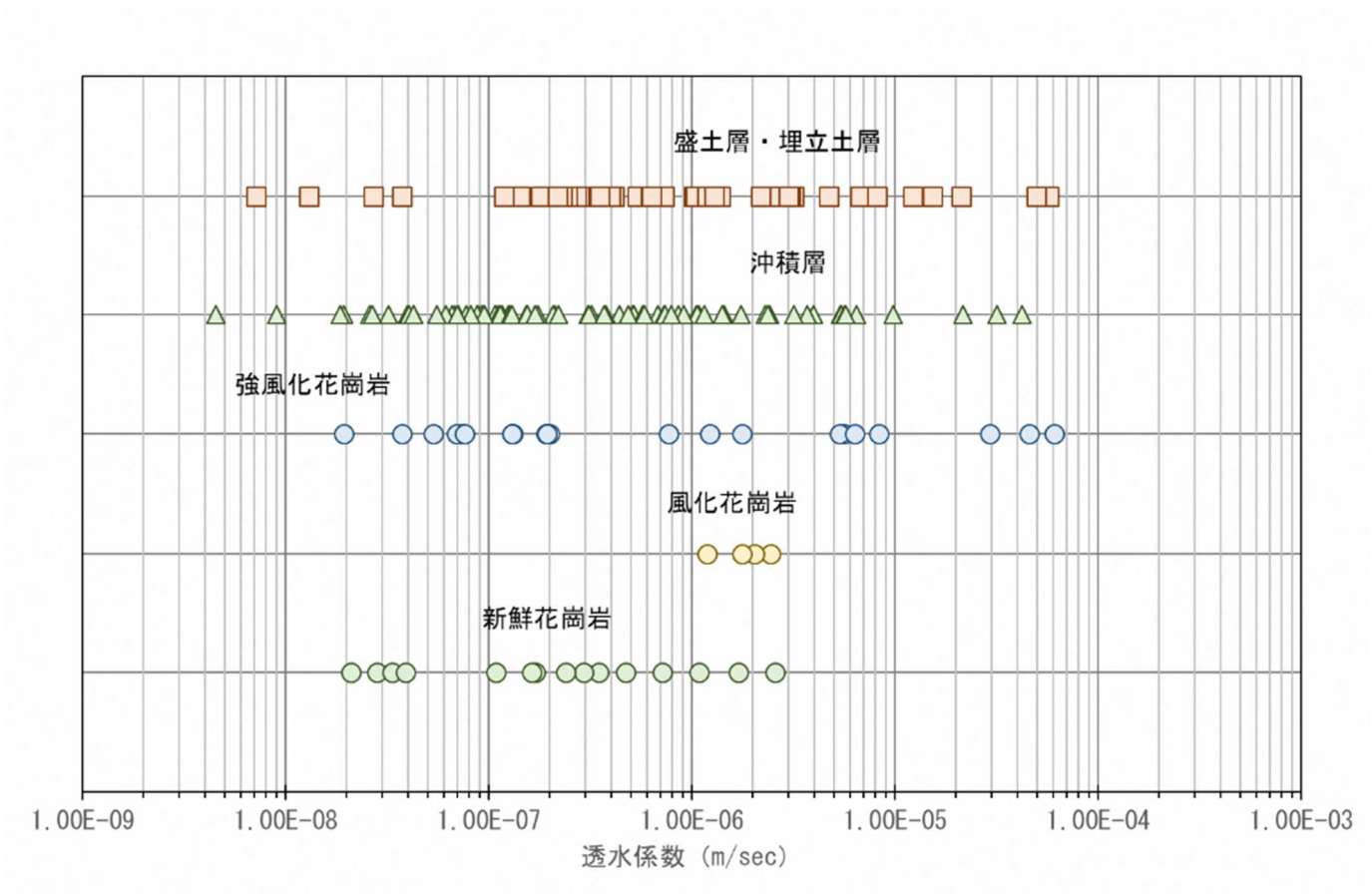


図 3-25 透水係数の範囲

表 3-12 文献資料による透水係数

対象	透水係数	出典
礫及び砂	$10^{-5}$ m/sec 以上	地盤環境工学ハンドブック、表 3.4.1
微細砂、シルト、砂・シルト、粘土混合土	$10^{-9} \sim 10^{-5}$ m/sec	
粘性土	$10^{-11} \sim 10^{-9}$ m/sec	
細礫	1.80m/sec	地盤環境工学ハンドブック、表 3.4.2 (クルーガー法による推定) を地盤材料別に集約
砂	$4.60 \times 10^{-6} \sim 3.6 \times 10^{-3}$ m/sec	
シルト	$1.05 \times 10^{-7} \sim 2.80 \times 10^{-6}$ m/sec	
粗粒粘土	$3.00 \times 10^{-8}$ m/sec	
粘土	$5.0 \times 10^{-7}$ m/sec	地下水シミュレーション、表 3.15
砂	$4.0 \times 10^{-4}$ m/sec	
礫	$2.5 \times 10^{-3}$ m/sec	
砂礫	$1.0 \times 10^{-3}$ m/sec	
砂岩	$3.5 \times 10^{-4}$ m/sec	
石灰岩・頁岩	$5.0 \times 10^{-7}$ m/sec	
チャート・花崗岩	$5.0 \times 10^{-8}$ m/sec	

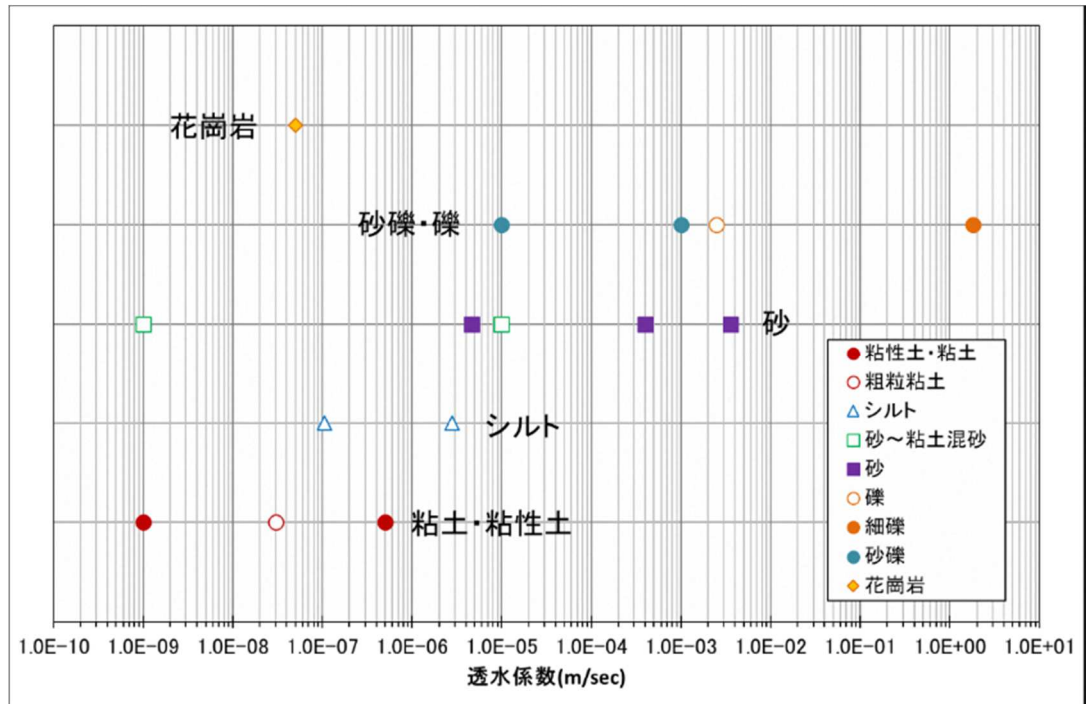


図 3-26 文献資料による透水係数の範囲



(2) 有効間隙率

文献資料より有効間隙率を設定する。

表 3-13 文献資料による有効間隙率

対象	有効間隙率※1	出典
粘性土	0.01~0.18	地盤環境工学ハンドブック、表 3.4.3 を地盤材料別に集約
シルト	0.01~0.39	
礫	0.13~0.43	
砂	0.01~0.43	
砂岩	0.02~0.41	
片岩	0.06~0.33	
凝灰岩	0.02~0.47	
砂礫層、礫層	15~20%	地下水シミュレーション、表 3.12 を地層別に抜粋・集約
砂層	15~30%	
粘土層	5~20%	
花崗岩 (新鮮)	0.3~5%※2	
花崗岩 (風化)	10~25%※2	地下水シミュレーション、表 3.13 を抜粋
花崗岩	1.11%	

※1：単位無しの場合は、比率

※2：間隙率

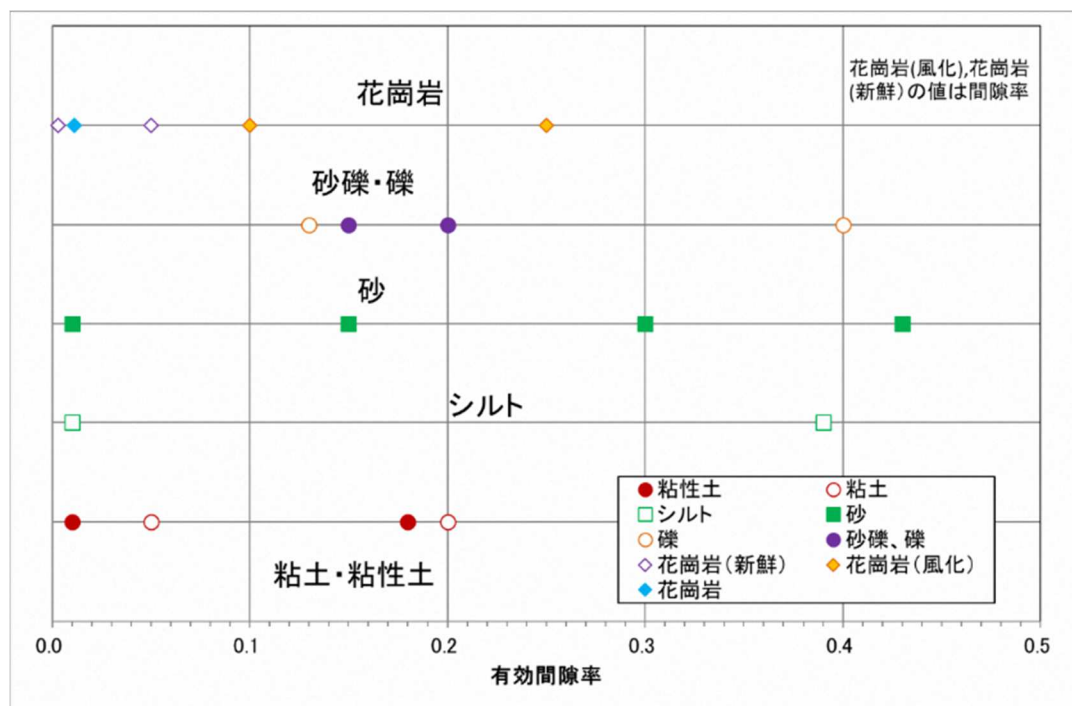


図 3-27 文献資料による有効間隙率の範囲

### (3) モデル入力値

実測値と計算値との比較検証し、最終的な透水係数については、既往調査最大値と最小値の間で、且つ、最大値にやや近い値とした（表 3-14、図 3-28）。なお、一般に堆積物では、土粒子が横方向に向くために垂直方向の透水係数が小さくなる場合が多く、その比率は 1:10 程度とされている。そこで、沖積層の鉛直方向の透水係数は水平方向の 1/10 とした。人工的な改変のある表土層及び埋立土層、堆積物ではない花崗岩の透水係数は、水平方向、鉛直方向とも同じ値とした。

「3-1. モデルの構築方針」で示したとおり、塩水クサビは内陸側から海側に向かう地下水の流動を抑える役割を果たしているとし透水係数を小さくした。試行錯誤的に透水係数を設定したところ、各地層の 1/10 とすると、地下水位やトレンチドレーン排水量の再現性が良い結果となった。そこで、本解析では塩水クサビの範囲について透水係数を各地層の 1/10 とした。また、有効空隙率は、文献調査を踏まえ、平均的な値とした（表 3-14）。

表 3-14 モデルに設定した透水係数・有効空隙率

地層	地質	透水係数 (m/sec)		有効空隙率 (-)
		水平方向	鉛直方向	
盛土層	砂質土	$6.56 \times 10^{-6}$	$6.56 \times 10^{-6}$	0.25
埋立土層	砂質土	$6.56 \times 10^{-6}$	$6.56 \times 10^{-6}$	0.25
沖積層	砂質土	$3.71 \times 10^{-6}$	$3.71 \times 10^{-7}$	0.25
花崗岩	強風化花崗岩	$6.24 \times 10^{-6}$	$6.24 \times 10^{-6}$	0.15
	風化花崗岩	$2.10 \times 10^{-6}$	$2.10 \times 10^{-6}$	0.08
	花崗岩	$7.40 \times 10^{-7}$	$7.40 \times 10^{-7}$	0.02
遮水壁	人工構造物	$1.00 \times 10^{-8}$	-	-

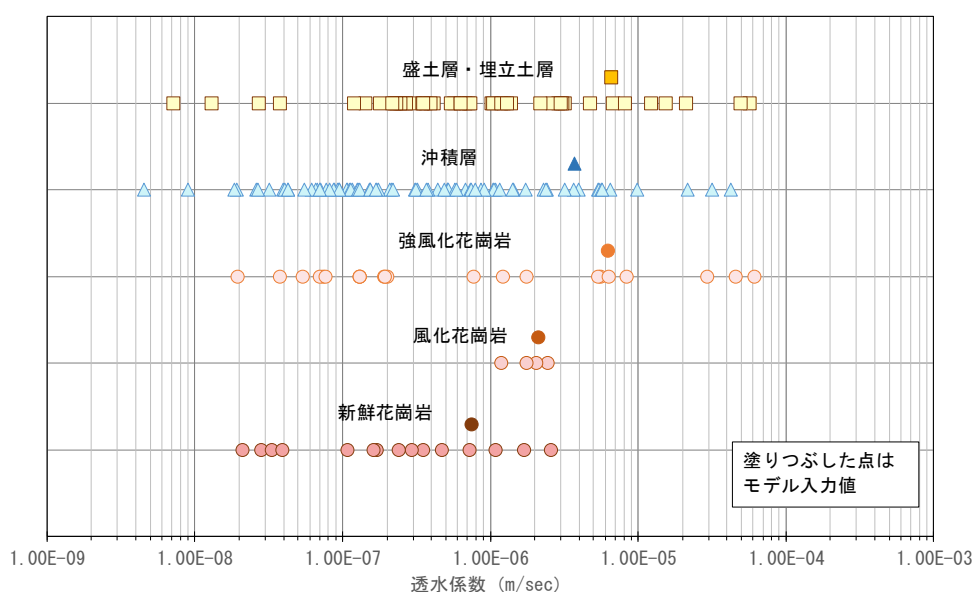


図 3-28 透水係数の範囲とモデルに設定した値

#### 4. 水収支モデルを用いたシミュレーション解析による試算

水収支モデルを用いてシミュレーション解析を実施し、地下水位等を試算した。

##### 4-1. 解析ケース

以下の条件とし、表 4-1 に示すケースについて解析を行った。

- ・対象年：2015 年及び 2019 年
- ・潮位：土庄東港の観測データを用いた（表 4-2）。
- ・塩水クサビ：2010 年～2019 年の平均降水量（1,280mm）に近い 2015 年（1,210mm）の地下水位（遮水壁無し、揚水・排水無し）を水収支モデルで算出し、ガイベン・ヘルツベルグの法則により塩淡水境界の深度を算出した。

表 4-1 解析ケース一覧

ケース名	対象年	考え方	条件				
			塩水クサビ	潮位	遮水壁	集水井・揚水井	トレンチドレーン
2015 年検証	2015	モデル検証	有	2015 平均	全面締切	無	有
2019 年検証	2019	モデル検証	有	2019 平均	全面締切	有	有

表 4-2 潮位条件

土庄東港		2015	2019
最大	T.P.m	1.77	1.77
	日時	2015/7/17 1:00	2019/8/16 0:00
最小	T.P.m	-1.02	-0.98
	日時	2015/1/21 5:00	2019/1/21 4:00
平均	T.P.m	0.33	0.38

#### 4-2. 地下水位の試算

解析ケースに基づき試算した地下水位の平面分布について、図4-1に2015年検証ケースを、図4-2に2019年検証ケースを示す。

また、表4-3に集水井及び観測井の実測地下水位と試算値を、表4-4にトレンチドレーンの排水量について実績値と試算値を対比して示す。

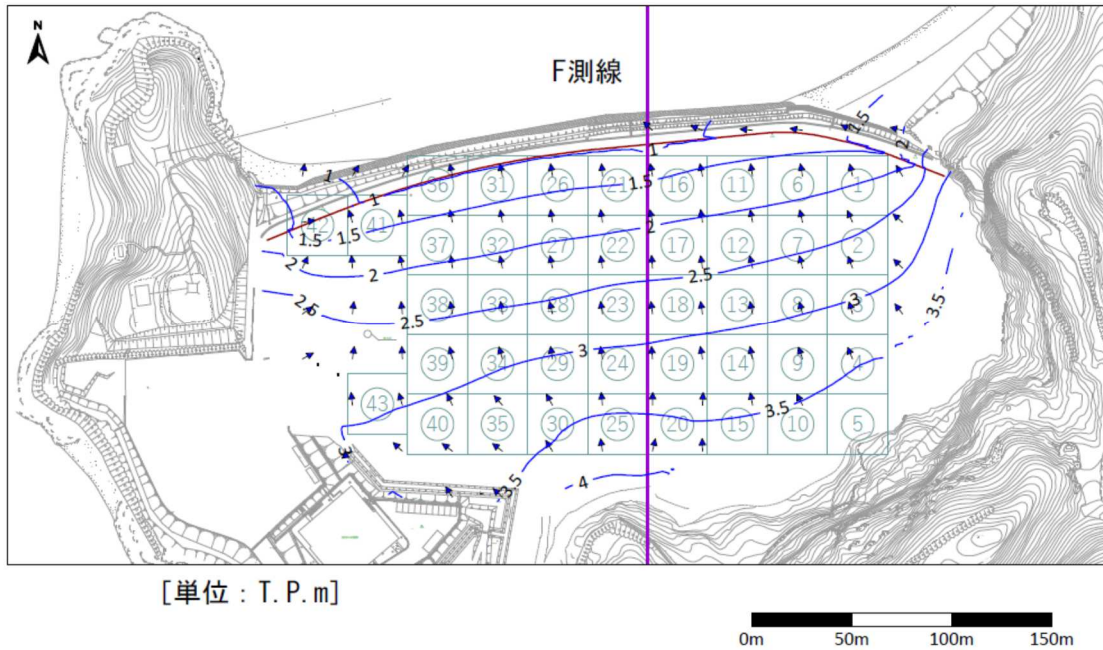


図 4-1 試算した地下水位分布 (2015年)

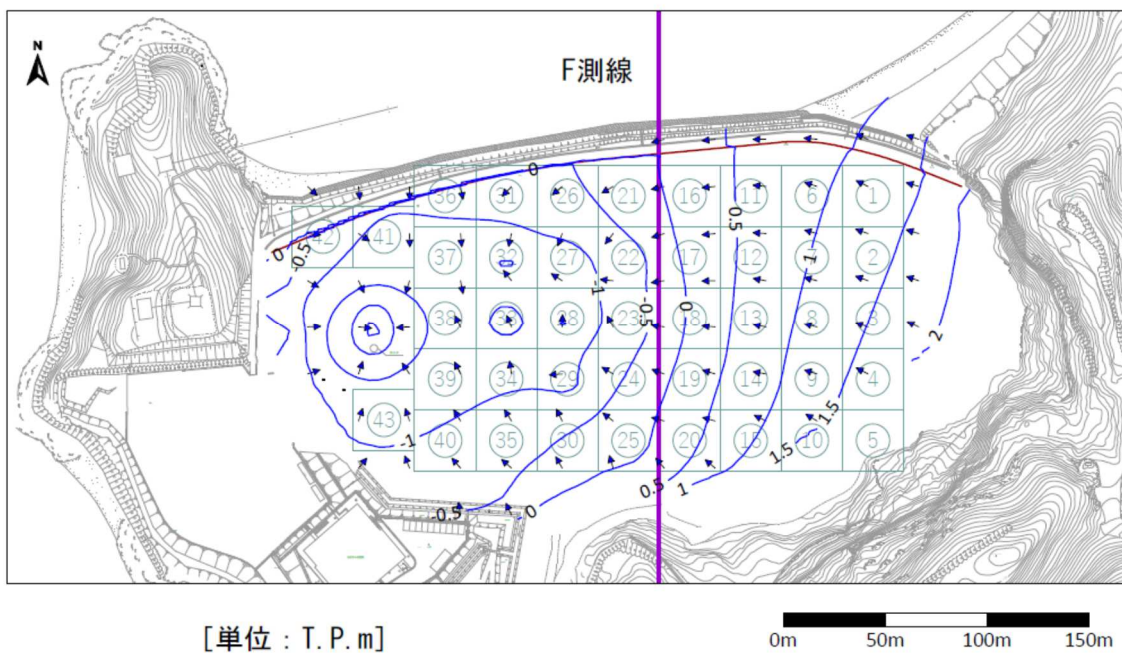


図 4-2 試算した地下水位分布 (2019年)

表 4-3 実測地下水位と試算地下水位の比較

集水井・観測井	2015年				
	観測値				計算値
	平均	最低	最高	手計り	
遮水壁外	1.00	0.77	1.39	-	0.91
遮水壁内	0.16	0.11	0.22	-	0.69
C1北	0.84	0.59	1.18	-	0.99
C1南	0.81	0.26	1.16	-	1.02
DE1	0.86	0.51	1.20	-	0.76
F1東	1.29	0.94	2.18	-	0.91
F1	0.67	0.49	1.55	-	0.68
HI1	1.70	1.16	2.29	-	1.49
D4-B0	3.30	3.17	3.37	-	3.20

集水井・観測井	2019年				
	観測値				計算値
	平均	最低	最高	手計り	
遮水壁外	0.61	0.14	1.15	-	0.32
遮水壁内	0.10	0.00	0.20	-	-0.01
⑨-5	-	-	-	1.52	1.25
②-5	-	-	-	0.83	1.38
⑩-5	-	-	-	0.23	-0.46
⑥	-	-	-	0.47	0.92
⑪	-	-	-	-0.06	0.59
⑫	-	-	-	0.24	0.60
⑬	-	-	-	0.05	0.68
⑬	-	-	-	0.15	0.19
⑬	-	-	-	-0.13	0.10
⑬	-	-	-	0.07	0.05
⑬	-	-	-	1.11	0.40
⑬	-	-	-	-0.02	-0.26
⑬	-	-	-	0.07	-0.79
⑬	-	-	-	-0.25	-0.85
⑬	-	-	-	-0.74	-0.45
⑬	-	-	-	0.39	-0.26
⑬	-	-	-	-0.08	-0.63
⑬	-	-	-	-0.23	-1.24
⑬	-	-	-	-0.48	-1.43
⑬	-	-	-	-0.51	-1.11
⑬	-	-	-	-0.29	-0.85
⑬	-	-	-	-0.34	-1.42
⑬	-	-	-	-0.61	-1.62
⑬	-	-	-	-0.91	-1.10
⑬	-	-	-	-0.60	-0.73
⑬	-	-	-	-0.16	-0.94
⑬	-	-	-	-0.44	-1.18
⑬	-	-	-	-0.83	-1.41
⑬	-	-	-	-0.47	-0.93

表 4-4 トレンチドレーンの実績値と試算値との比較

年	北揚水井の水量（実績）	水収支モデルでの試算
2015	59.7m <sup>3</sup> /日 (21,801 m <sup>3</sup> /年)	59.0m <sup>3</sup> /日
2019	2.4m <sup>3</sup> /日 (864 m <sup>3</sup> /年)	1.5m <sup>3</sup> /日

### 4-3. 構築した水収支モデルの評価

#### (1) 2015 年検証ケース

観測井地点の地下水位を対比すると、相関係数は 0.96 であった（図 4-2）。また、トレンチドレーンの実績値 59.7m<sup>3</sup>/日に対し試算値は 59.0m<sup>3</sup>/日であった。地下水位及びトレンチドレーンの排水量とも、概ね実際に近い値が算出されていると考える。

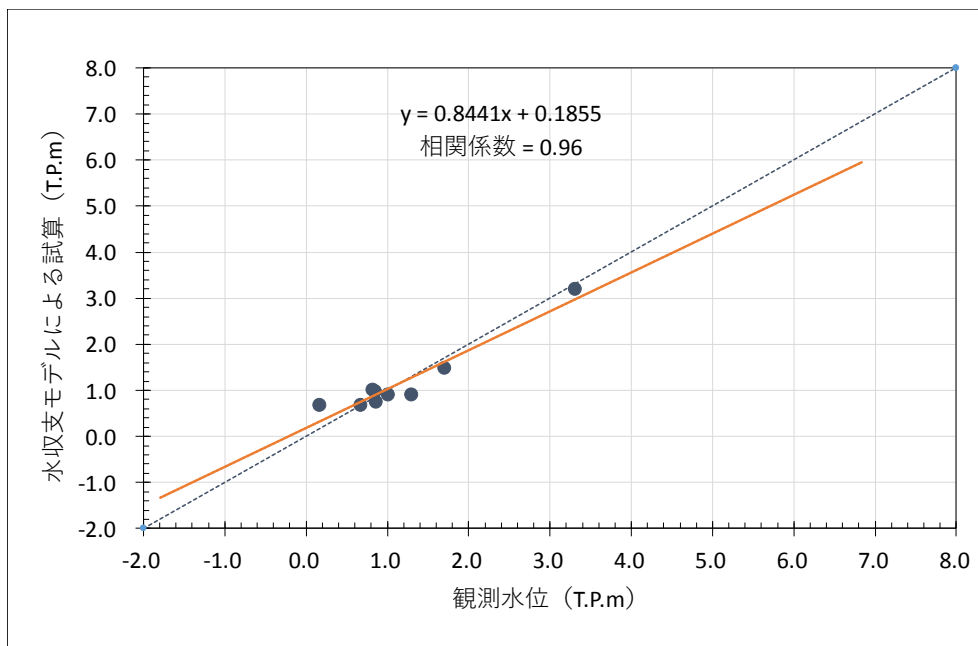


図 4-2 観測水位と試算水位との相関（2015 年）



## (2) 2019年検証ケース

観測井地点の地下水位を対比すると、相関係数は0.80であった(図4-3)。また、トレンチドレーンの実績値  $2.4\text{m}^3/\text{日}$  に対し試算値は  $1.5\text{m}^3/\text{日}$  であった。地下水位及びトレンチドレーンの排水量とも、概ね実際に近い値が算出されていると考える。

以上の結果より、構築した水収支モデルを用いることにより、概ね実際に近い値が算出できると考える。

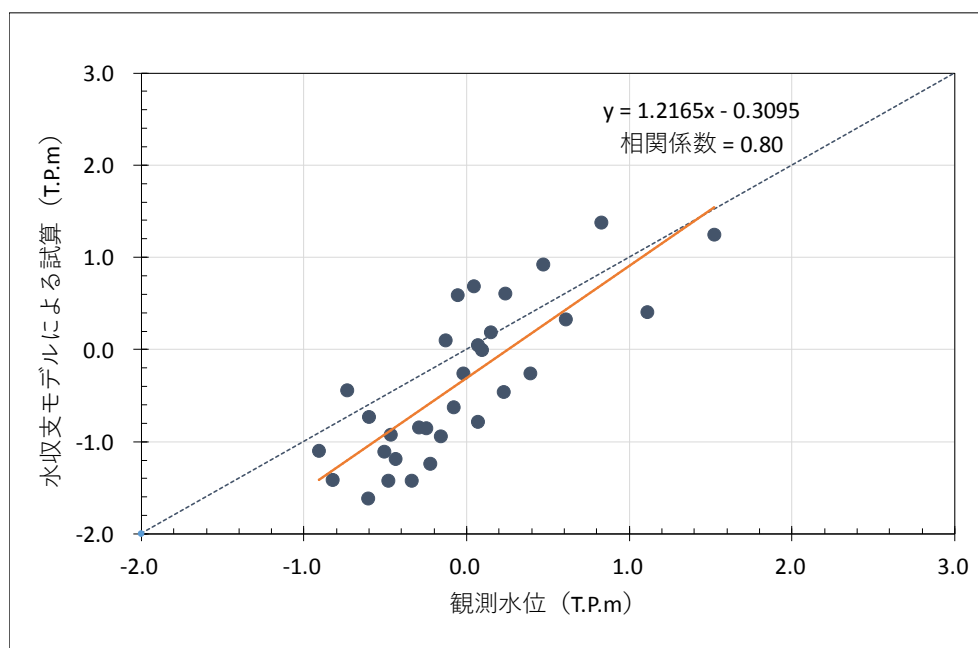


図 4-3 観測水位と試算水位との相関 (2019年)

## 5. 今後の予定

今後、構築した水収支モデルについては、注水・揚水対策による地下水の変動をシミュレーション解析により分析し、揚水の優先順位を決める際のデータとするなど、地下水浄化対策で活用する。

また、シミュレーション解析を行うことにより、遮水機能の解除に関するデータ収集を進め、遮水機能の解除の方法や効果等について検討を行う。