

廃棄物埋設施設における
許可基準規則への適合性について

第十条第四号 廃棄物埋設地

(廃止措置の開始後の評価)

線量評価パラメータ

-埋設設備からの流出水量-

2020年1月

日本原燃株式会社

目 次

1. はじめに.....	1
2. 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算方法.....	3
(1) 計算モデル設定の考え方と計算の流れ.....	3
(2) 2次元地下水浸透流解析のコード.....	6
(3) 埋設設備からの流出水量の計算(要素単位).....	6
(4) 埋設設備からの流出水量の計算(埋設設備単位).....	9
(5) 埋設設備からの流出水量の計算(廃棄物埋設地単位).....	11
(6) 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算.....	11
(7) 動水勾配比率による埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算.....	12
3. 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算に必要な条件設定及び計算結果.....	13
(1) 廃棄物埋設地付近の水理場.....	13
(2) 解析断面及び解析領域の設定.....	14
(3) 境界条件の設定.....	19
(4) 透水係数の設定.....	22
(5) 2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性について.....	25
(6) 動水勾配の設定について.....	25
(7) 計算ケース.....	25
(8) 計算方法.....	26
(9) 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算結果.....	26
4. 参考文献.....	28

添付資料 1 3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について
添付資料 2 3号廃棄物埋設地の2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性について
添付資料 3 2次元地下水浸透流解析結果

参考資料 1 水理特性を試験スケールから評価スケールに巨視化する方法
参考資料 2 難透水性覆土内の地下水中の物質移行状況
参考資料 3 既申請と2次元地下水浸透流解析による埋設設備からの流出水量について
参考資料 4 2次元地下水浸透流解析による現況再現解析の老部川の境界条件について

1. はじめに

本資料は、「第十条第四号 廃棄物埋設地(廃止措置の開始後の評価)」のうち線量評価パラメータである埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の設定について補足説明するものである。

埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量は、影響事象の状態変化の評価及び状態設定並びに廃棄物埋設地付近で取得した試験データ等に基づいた計算モデルから以下のように設定する。

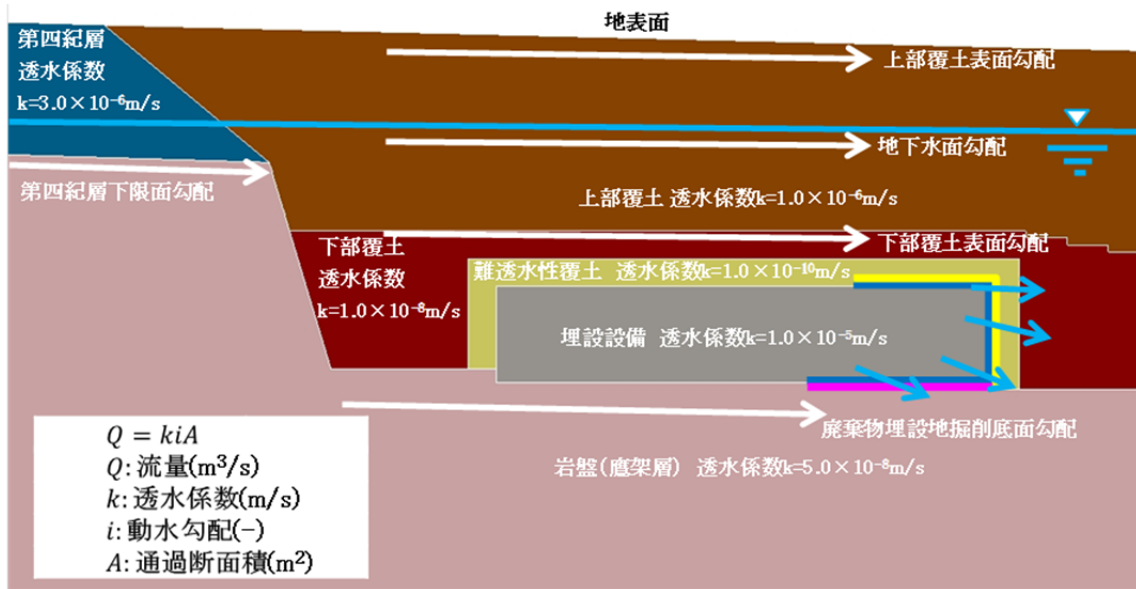
埋設設備からの流出水量は、埋設設備、覆土及び地盤（第四紀層及び鷹架層）の透水係数と埋設設備付近の動水勾配を用い計算により求める（第1図参照）。

まず、計算に用いる透水係数について整理する。埋設設備や覆土の透水係数は、施工時の初期性能及び長期状態設定に基づき設定する。一方、地盤の透水係数は、測定結果に基づき設定し、長期においても変わらないものとする。

次に、計算に用いる動水勾配について整理する。

計算に用いる動水勾配は、数値解析において原位置での間隙水圧測定結果の再現性が良い境界条件を用いることが一般的であるが、数値解析の再現性に不確実性があること、原位置での実測の間隙水圧から想定される動水勾配の方が数値解析から求まる動水勾配より大きくなり、埋設設備からの流出水量が大きくなることから、原位置での実測の間隙水圧から想定される動水勾配を用いることとした。

上記で設定した透水係数と動水勾配を用いて、2次元鉛直断面の有限要素法による地下水浸透流解析より、覆土後の将来の埋設設備からの流出水量を求めることとする。



第 1 図 廃棄物埋設地付近の地下水面位置の概要

2. 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算方法

埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算モデル設定の考え方と計算の流れ及び計算方法について説明する(1号及び2号廃棄物埋設地も同様)。

(1) 計算モデル設定の考え方と計算の流れ

埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量は、将来1,000年後までの状態を想定した線量評価に利用する。よって、埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算モデルは、覆土後の廃棄物埋設地付近の地下水流動を前提として設定する。

廃棄物埋設地付近は、現在事業所敷地造成により、平坦になっているが、廃棄物埋設地を原地形及び原水理地質構造に近くなるよう覆土すること及び1,000年程度の侵食による地形の変化は少ないことから、覆土後1,000年程度までの間の埋設地全体の地下水流動は、原地形の地下水流動と変わらないと仮定した。したがって、事業所敷地造成前(1986年)の地下水流動に近似すると考えて、計算モデルを設定する。

事業所敷地造成前(1986年)の廃棄物埋設地付近の地下水面の勾配は地形面勾配と調和的であり、大局的な地下水の流向は、添付資料1「3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について、1.(2)事業所敷地の地下水の流動状況」に示すとおり、おおむね北から南の方向である。

埋設設備設置地盤付近(標高約20m~25m)の地下水の流向は、添付資料1「3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について、1.(3)3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流動状況」に示すように水平断面内では地下水面と同様におおむね北から南の方向を示し、鉛直断面内では下方成分を含む。

事業所敷地造成前(1986年)の3号廃棄物埋設地付近の地下水面は、第四紀層の中に地下水面が分布するという観測事実が得られている。第四紀層の中に地下水面が分布する理由は、鷹架層と第四紀層の透水係数が2オーダー程度異なり、地表から浸透した地下水が容易に鷹架層に浸透していかないためであると考えられる。

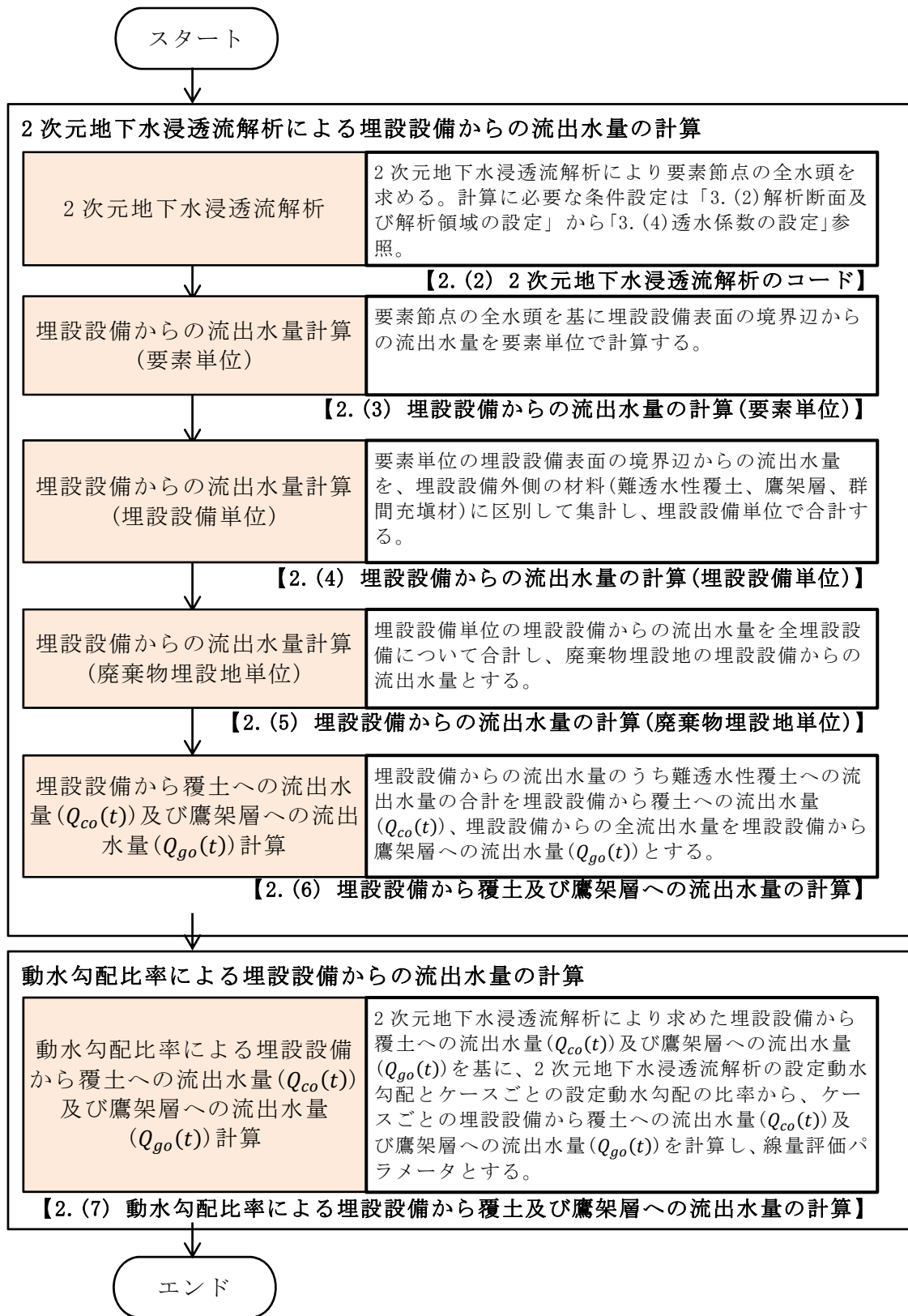
以上より、埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算モデルは、廃棄物埋設地付近の水平面内の大局的な地下水の流れがおおむね北から南の1方向が主であること、埋設設備設置地盤付近(標高約20m~25m)の鉛直断面内では下向き成分を含む2方向成分となることから、廃棄物埋設地の南北方向の2次元鉛直断面とする。

また、埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算には、廃棄物埋設地の状態を細かく設定できるように有限要素法による鉛直断面2次元地下水浸透流解析を利用

する。

数値解析には、実測の間隙水圧の再現性を確認するための広域のモデルと、埋設設備からの流出流量を求めるための狭い範囲のモデルの2種類を用いた。埋設設備からの流出流量を求めるためのモデルでは、埋設設備設置位置近傍の動水勾配を3%とした場合の流量を求めた上で、確からしい設定、厳しい設定それぞれにおける動水勾配と3%の比率を3%の際の流量に乗じて求めた。間隙水圧の再現性を確認するための広域のモデルから求めた埋設設備設置位置近傍の動水勾配は、実測の動水勾配よりも小さかったため、埋設設備からの流出流量を求める際には、実測の動水勾配を用いた。

以上を踏まえ、埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量計算の流れを第2図に示す。



第2図 計算の流れ

(2) 2次元地下水浸透流解析のコード

2次元地下水浸透流解析の解析コードは、「オイラリアン・ラグランジアン飽和・不飽和浸透流－移流・分散解析プログラム(以下「Dtransu2D・EL」という。)*¹を使用する。

Dtransu2D・ELは、鉛直2次元、平面2次元及び軸対称モデルにおける密度勾配を考慮した飽和・不飽和浸透流及び移流・分散問題を対象とした解析コードである。

埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算に鉛直断面2次元地下水浸透流解析を利用することから、これらの機能のうち飽和・不飽和浸透流解析部分を利用する。

また、計算は定常解析とする。

(3) 埋設設備からの流出水量の計算(要素単位)

Dtransu2D・ELにおける要素単位の流出水量は、Dtransu2D・ELのアウトプットである要素中心平均流速に通過断面積を乗じることで求められる。

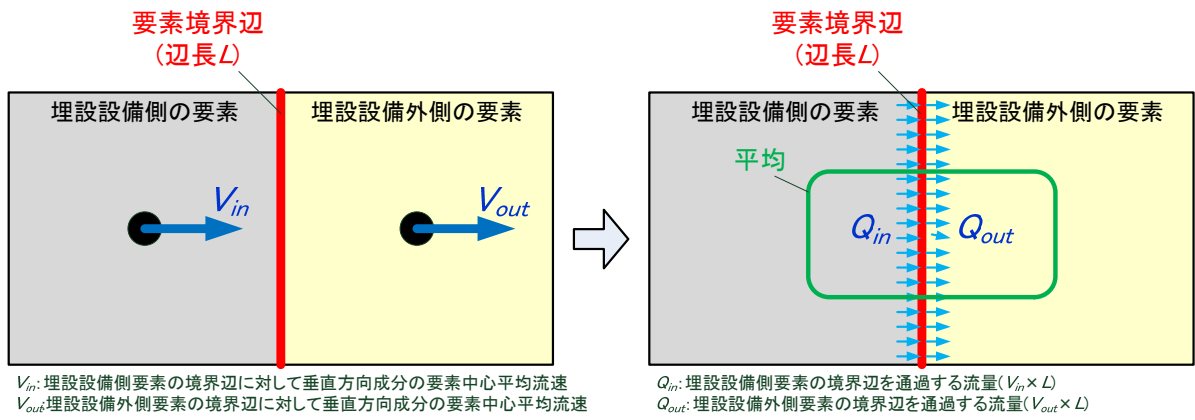
埋設設備からの流出水量は、埋設設備表面の辺を含む要素から流出する流量であり、埋設設備表面の境界辺を介した埋設設備側と埋設設備外側の2つの要素が関係する。

これらの2つの要素の境界辺を通過する流量を求める場合は、これら2つの要素で求めた流量の平均とすることが一般的である(第3図参照)。

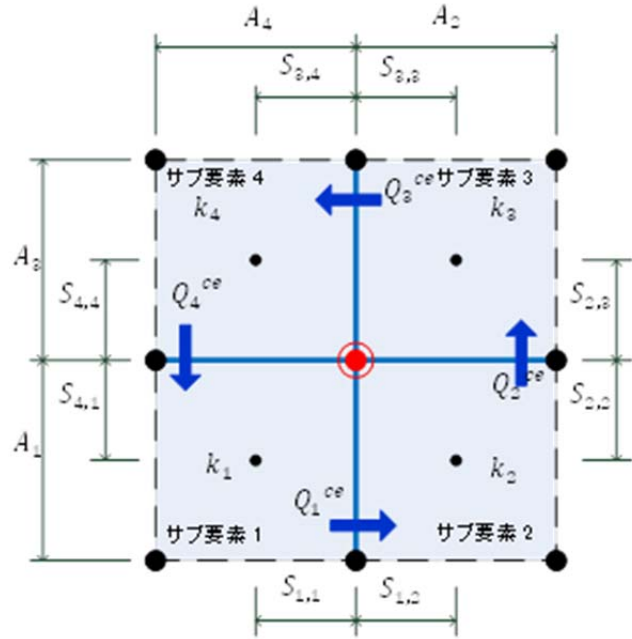
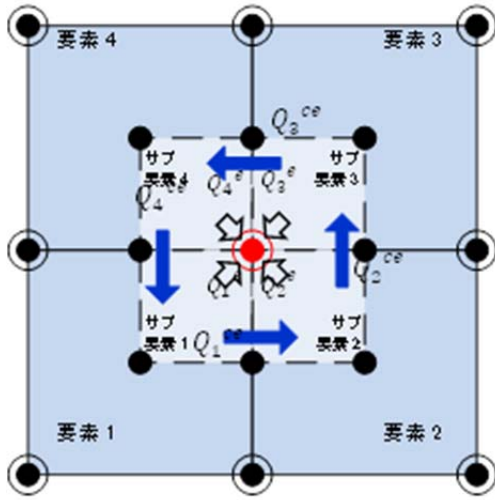
しかし、埋設設備とそれを覆う難透水性覆土やそれに接する鷹架層の透水係数にオーダー単位の大きな差がある場合は、誤差が大きくなる。

以上から、埋設設備や難透水性覆土などの透水係数の設定に幅が生じても誤差が小さくなるように、Dtransu2D・ELのアウトプットである節点全水頭を用い、節点周りの要素境界辺の流量を未知数として、節点周りの流量の収支関係から計算する方法(Cordes and Kinzelbach, 1992: 以下「CK法」という。)を適用する(第4図参照)。

*1: 岡山大学、三菱マテリアル(株)、(株)ダイヤコンサルタント: 著作権登録番号P第4135号-1



第3図 要素境界辺を介した2つ要素から要素単位の流量を求めるイメージ



$$\begin{cases} Q_4^{ce} - Q_1^{ce} = Q_1^e \\ Q_1^{ce} - Q_2^{ce} = Q_2^e \\ Q_2^{ce} - Q_3^{ce} = Q_3^e \\ Q_3^{ce} - Q_4^{ce} = Q_4^e \end{cases}$$

着目する節点周りのサブ要素の連続式

$$\sum_{i=1}^4 \left[\left(\frac{\Delta S_{i,i}}{k_i A_i} \right) + \left(\frac{\Delta S_{i,i+1}}{k_{i+1} A_i} \right) \right] Q_i^{ce} = 0$$

渦なし流れ条件

Q_i^{ce} : サブ要素間の境界辺を通過する流量 (m^3/s) (計算して求める未知数)

Q_i^e : 着目する節点に流入するサブ要素の流量 (m^3/s)

(要素単位で要素透水マトリックスに節点全水頭ベクトルを乗じることで得られる)

k_i : サブ要素 i の透水係数 (m/s)

A_i : サブ要素 i とサブ要素 $i+1$ の間の面積 (m^2)

$S_{i,i}$: サブ要素 i とサブ要素 $i+1$ の間の境界辺とサブ要素 i の中心との離隔距離 (m)

$S_{i,i+1}$: サブ要素 i とサブ要素 $i+1$ の間の境界辺とサブ要素 $i+1$ の中心との離隔距離 (m)

i : サブ要素番号 (-) ($i+1 > 4$ の場合は $i+1=1$ とする)

●: 着目する節点 ●: 要素節点 ●: サブ要素の節点 ●: サブ要素中心

第 4 図 要素境界辺の流量を未知数として計算する方法のイメージ (CK 法)*1

*1: 参考文献 (1) を参考に作成

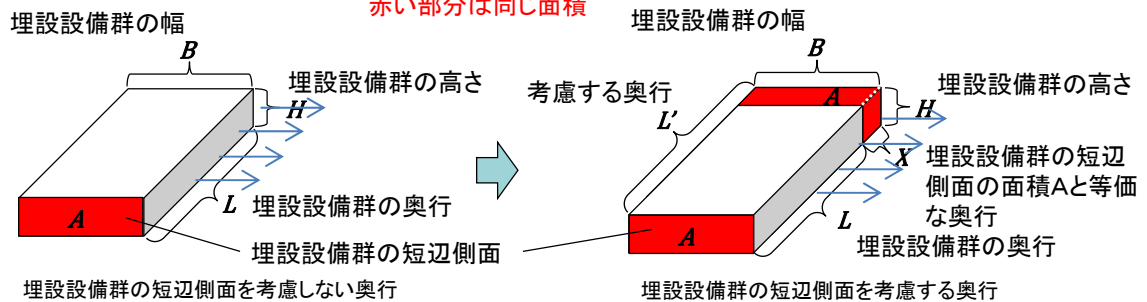
(4) 埋設設備からの流出水量の計算(埋設設備単位)

埋設設備(群)単位の流出水量は、埋設設備表面の地下水が流出する要素境界辺の外側要素の材料区分ごとに要素単位の境界辺を通る流量の合計を求め、考慮する奥行き(第5図参照)を乗じて求める。第1表には考慮する奥行きを示す。

第6図には、埋設設備からの流出水量の集計イメージを示す。要素単位の埋設設備表面の境界辺からの流出水量を、埋設設備外側の材料(難透水性覆土、鷹架層及び群間充填材)に区別して集計し、埋設設備単位で合計する。

$$\text{考慮する奥行き}(L) = \text{埋設設備群の奥行き}(L) + \text{埋設設備群の短辺側面の面積}A\text{と等価な奥行き}(X) \\ \times \text{奥行き方向の埋設設備の数}(N)$$

赤い部分は同じ面積



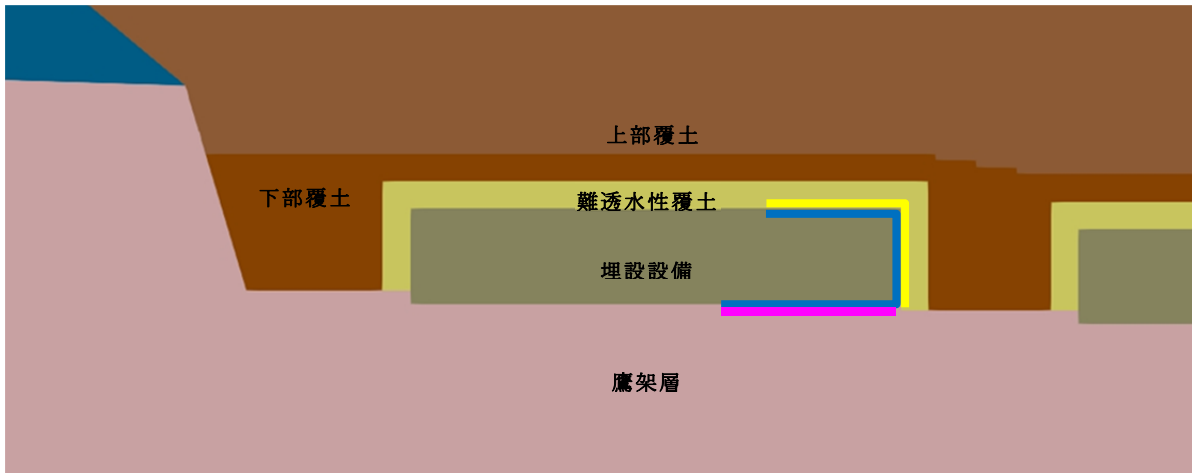
第5図 考慮する奥行きの考え方*1

*1:「群」の表記については、3号廃棄物埋設地の場合は「基」と読み替えるものとする。

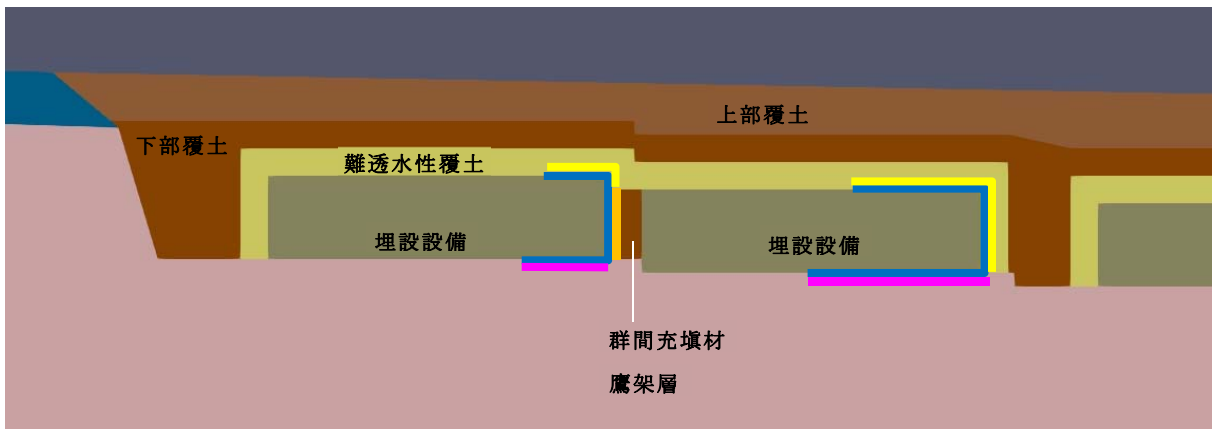
第1表 考慮する奥行き*1

項目		3号廃棄物埋設地	1号廃棄物埋設地	2号廃棄物埋設地
<i>B</i>	埋設設備群の幅(m)	36.0	24.5	37.0
<i>L</i>	埋設設備群の奥行(m)	$64.1 \times 2 + 2.5$ $= 130.7 \Rightarrow 131.0$	$24.5 \times 5 + 2.5 \times 4$ $= 132.5 \Rightarrow 132.0$	$36.0 \times 4 + 2.5 \times 3$ $= 151.5 \Rightarrow 151.5$
<i>H</i>	埋設設備群の高さ(m)	7.0	6.0	7.0
<i>A</i>	埋設設備群の短辺側面の面積(m ²): $B \times H$	$36.0 \times 7.0 = 252.0$	$24.5 \times 6.0 = 147.0$	$37.0 \times 7.0 = 259.0$
<i>N</i>	奥行き方向の埋設設備の数	2	5	4
<i>X</i>	埋設設備群の短辺側面の面積と等価な奥行(m): $A \times N / (B+H)$	$252.0 \times 2 / (36.0 + 7.0)$ $= 11.72 \Rightarrow 11.7$	$147.0 \times 5 / (24.5 + 6.0)$ $= 24.09 \Rightarrow 24.1$	$259.0 \times 4 / (37.0 + 7.0)$ $= 23.54 \Rightarrow 23.5$
<i>L</i> ,	考慮する奥行(m): $L+X$	$131.0 + 11.7 = 142.7$ \Rightarrow 150	$132.0 + 24.1 = 156.1$ \Rightarrow 160	$151.5 + 23.5 = 175.0$ \Rightarrow 180

*1:「群」の表記については、3号廃棄物埋設地の場合は「基」と読み替えるものとする。



(a) 3号廃棄物埋設地の場合(2号廃棄物埋設地も同様)



(b) 1号廃棄物埋設地の場合

凡 例	
	: ①埋設設備から難透水性覆土へ地下水が流出する範囲
	: ②埋設設備から鷹架層へ地下水が流出する範囲
	: ③埋設設備から群間充填材へ地下水が流出する範囲
	: ①～③の合計(埋設設備から地下水が流出する範囲)

第6図 埋設設備からの流出水量の集計イメージ

(5) 埋設設備からの流出水量の計算(廃棄物埋設地単位)

廃棄物埋設地単位の流出水量は、埋設設備単位の流出水量の合計とする。

(6) 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算

埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量は、線量評価における線量が大きくなる

ように求める。埋設設備から覆土への流出水量は、埋設設備から難透水性覆土へ流出する地下水の全水量とし、埋設設備から鷹架層への流出水量は、埋設設備から流出する地下水の全水量とする。

(7) 動水勾配比率による埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算

計算ケースごとで動水勾配が異なるため、埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量は、ダルシーの法則に基づいて計算する。確からしい設定における2次元地下水浸透流解析により求めた埋設設備から覆土への流出水量($Q_{co}(t)$)及び鷹架層への流出水量($Q_{go}(t)$)と、2次元地下水浸透流解析の境界条件として設定する動水勾配と計算ケースごとの設定する動水勾配の比率を用いて計算する。

$$Q = kiA \quad \text{-----} \quad (1-1)$$

Q : 流量 (m^3/s)

k : 透水係数 (m/s)

i : 動水勾配 (-)

A : 通過断面積 (m^2)

$$Q_{case}(t) = Q_{base}(t) \frac{i_{case}}{i_{base}} \quad \text{-----} \quad (1-2)$$

$Q_{case}(t)$: 計算ケースにおける埋設設備からの流出水量 (m^3/y)

$Q_{base}(t)$: 2次元地下水浸透流解析で求めた動水勾配 3%のときの流出水量 (m^3/y)

i_{case} : 計算ケースにおける動水勾配の設定値 (%)

i_{base} : 2次元地下水浸透流解析の動水勾配の設定値 (%) : 3%

3. 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算に必要な条件設定及び計算結果

埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算に必要な条件設定は、解析領域の設定、境界条件の設定及び材料の透水係数の設定である。

以下に、これらの条件設定の前提となる廃棄物埋設地付近の水理場及び条件設定の考え方を説明し、計算した結果を示す(1号及び2号廃棄物埋設地も同様)。

(1) 廃棄物埋設地付近の水理場

事業所敷地内の地下水位は、添付資料1「3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について、1.(2)事業所敷地の地下水の流動状況」に示すとおり、地形と調和的であり、地下水の流向は、地形面標高の傾斜方向とおおむね一致する。

廃棄物埋設地の北～北東側には、東－西方向～西北西－東南東方向の台地の尾根線が分布し、基本的にはこの尾根線よりも北側では主に北へ、南側では主に南へ地下水が流れている。

廃棄物埋設地及びその付近の間隙水圧測定孔における全水頭は、添付資料1「3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について、1.(3)3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流動状況」に示すとおり、埋設設備設置地盤標高付近(標高約20m～25m)では測定深度が深くなると全水頭が若干小さくなることから、鉛直下方成分を含む地下水流れが生じていると考える。

また、事業所敷地造成前(1986年)の地下水面の勾配の平均が2.6%、第四紀層と鷹架層の境界ラインの勾配の平均が2.0%である。事業所敷地造成後(2017年)の3号廃棄物埋設地予定地の埋設設備設置地盤付近(標高約20m～25m)の間隙水圧測定データから求めた動水勾配の平均が4.7%(2.7%～7.5%)、間隙水圧測定データ取得時期(2017年)の地下水面の勾配の平均が4.6%(3.4%～5.9%)であった。これは、一時的に置かれている仮置土の影響で局所的に大きくなっていると考えられるが、地下水面の勾配と埋設設備設置地盤付近(標高約20m～25m)の動水勾配はほぼ同じである。

また、軽石質砂岩と砂岩を境に全水頭が小さくなり、この付近では鉛直下方成分を含む地下水流れが生じていると考える。

以上の廃棄物埋設地付近の水理場を踏まえ、以下に有限要素モデル作成及び境界条件の考え方について説明する。

(2) 解析断面及び解析領域の設定

鉛直断面 2 次元地下水浸透流解析の解析断面は、埋設設備設置地盤付近(標高約 20m ~25m)の地下水の流れが大局的に鉛直下方成分を含む北から南向きであることから、廃棄物埋設地の南北方向の鉛直断面とする。

なお、3号廃棄物埋設地において、支配核種である C-14 及び Pu-239 に関する被ばくは、埋設設備からこれらの核種が地下水を媒体に分水界の北あるいは南どちらに流れた場合でも、半減期の長さから線量値はほぼ同じ傾向となることから北から南向きの流れを代表して検討する(添付資料 1「3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れと線量評価について、2. 放射性物質を含む地下水が分水界の北側へ移行した場合の線量評価について」参照)。

解析領域の設定は、解析領域範囲の設定及び解析領域を構成する材料分布の設定からなる。以下に、それぞれについて説明する。

(i) 解析領域範囲の設定

解析領域範囲のうち上端となる地表面の形状は、廃棄物埋設地の設置位置が台地上にあり、埋設地を原地形及び原水理地質構造に近くなるよう覆土すること及び 1,000 年程度の侵食による地形の変化は少ないことから、確からしい設定及び厳しい設定ともに現在と変わらない設定とする。

解析領域範囲の水平方向の範囲は、廃棄物埋設地付近の地下水の流動状況(鉛直下方成分を含む水平流れ)を表現することに着目し、解析領域両端の水位固定境界が有意に影響しないように廃棄物埋設地掘削範囲両端から外側へ 300m 程度(廃棄物埋設地掘削範囲の 1.5 倍程度)の範囲とする。

解析領域の底部境界は、事業所敷地内の水質分析結果から地下深部(標高-300m 付近)の鷹架層下部層分布域に対応して化石塩水が分布していることから標高-300m の位置とする。

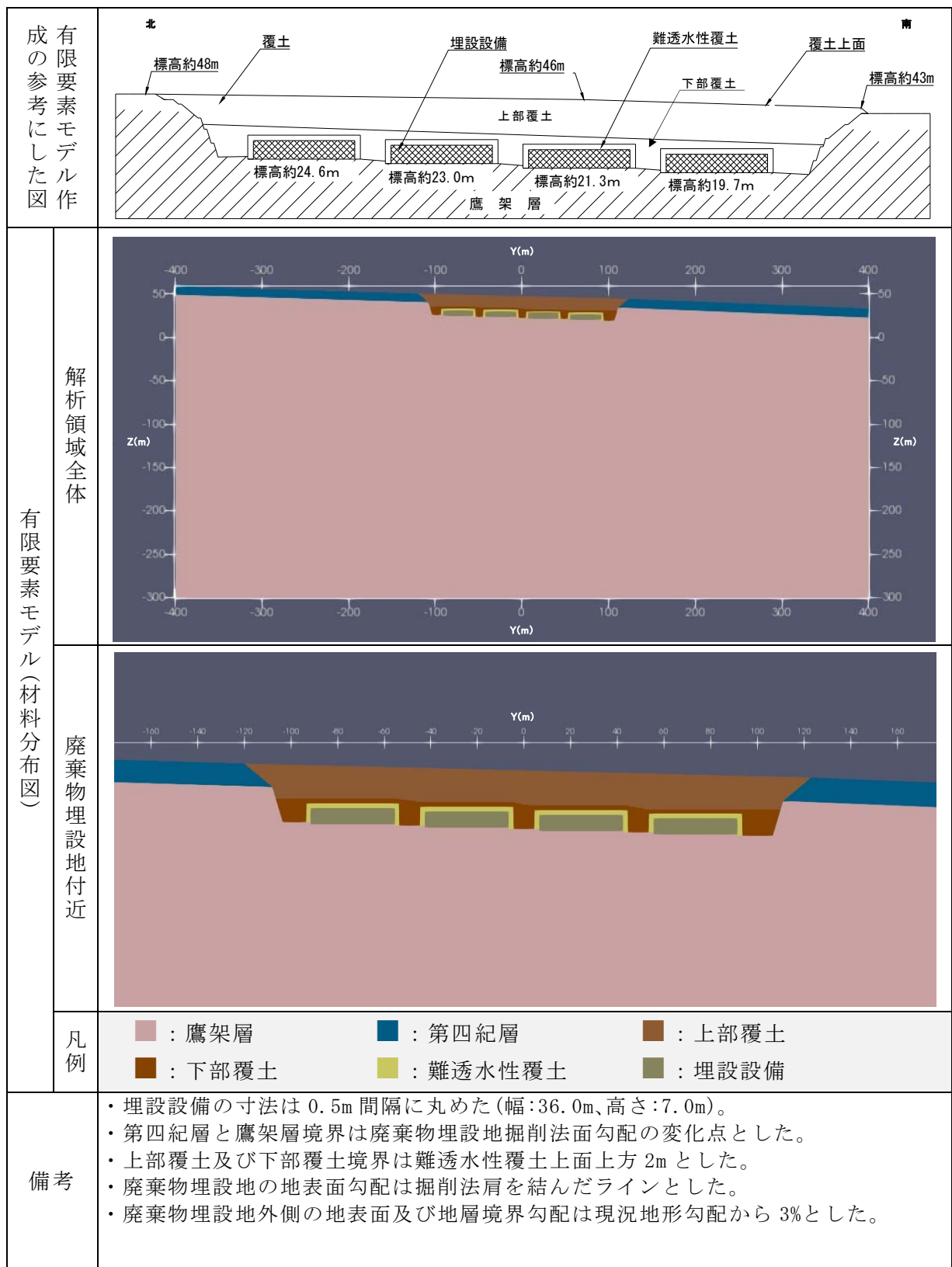
(ii) 材料分布の設定

廃棄物埋設地の周辺地盤の材料分布の設定は、2次元地下水浸透流解析を利用する目的が埋設設備からの流出水量を求めることにあることから、表層部の土砂地盤である第四紀層及び埋設設備の設置地盤(岩盤)である N 値 50 以上の鷹架層中部層の 2 区分に単純化する。また、N 値 50 未満の鷹架層中部層については風化の影響を考慮して第四紀層と同じ扱いとし、第四紀層と鷹架層の境界は、廃棄物埋設地の掘削法

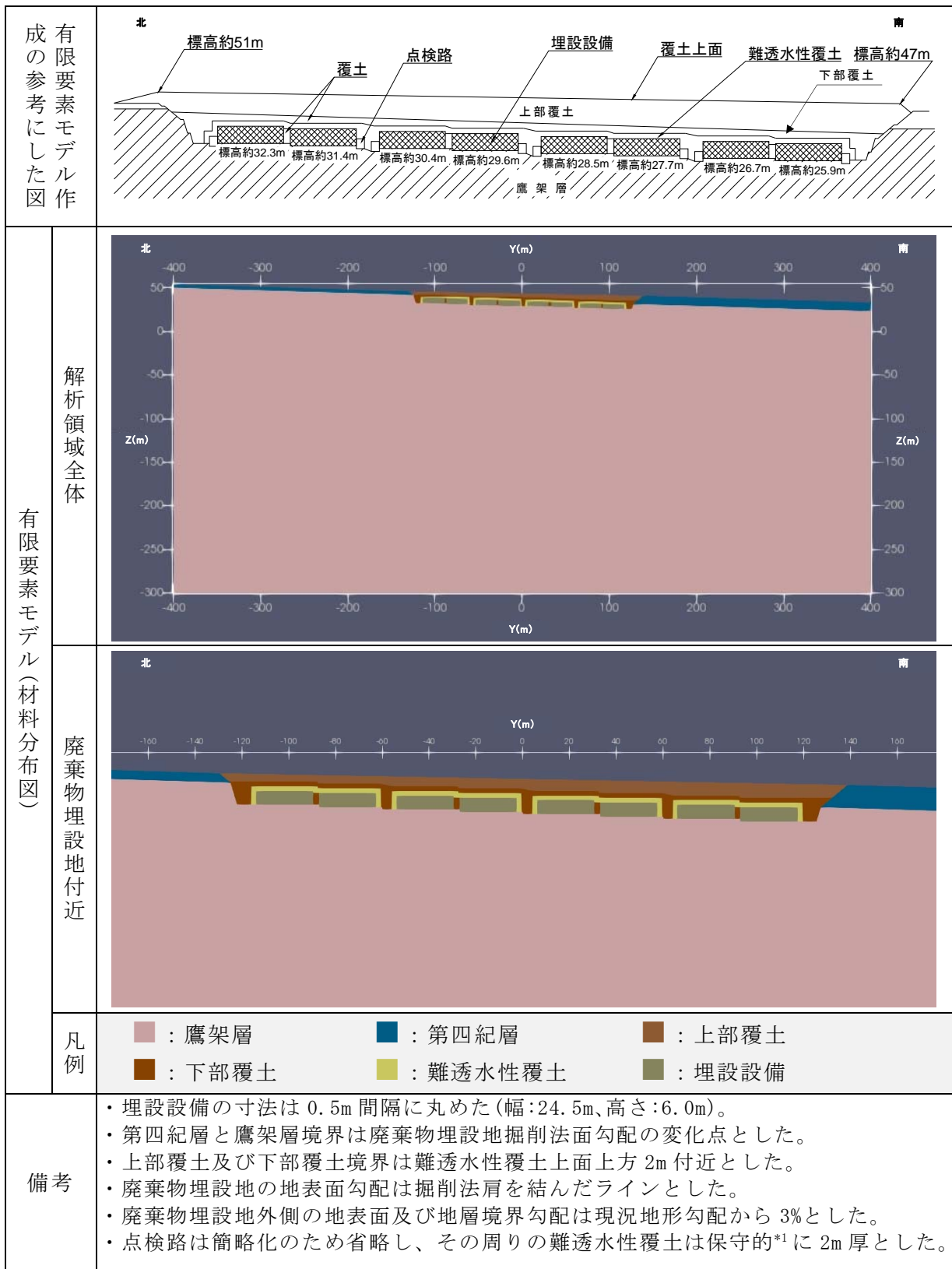
面勾配の急勾配部と緩勾配部分の境界とする。

廃棄物埋設地の材料分布の設定は、上部覆土、下部覆土、難透水性覆土及び埋設設備の4区分とする。廃棄物埋設地の材料分布は、「第十条 廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号、第4図 覆土断面図」を基に設定し、上部覆土と下部覆土の境界については難透水性覆土上面の上方2mとする。

以上を踏まえて作成した有限要素モデルを第7図に示す。

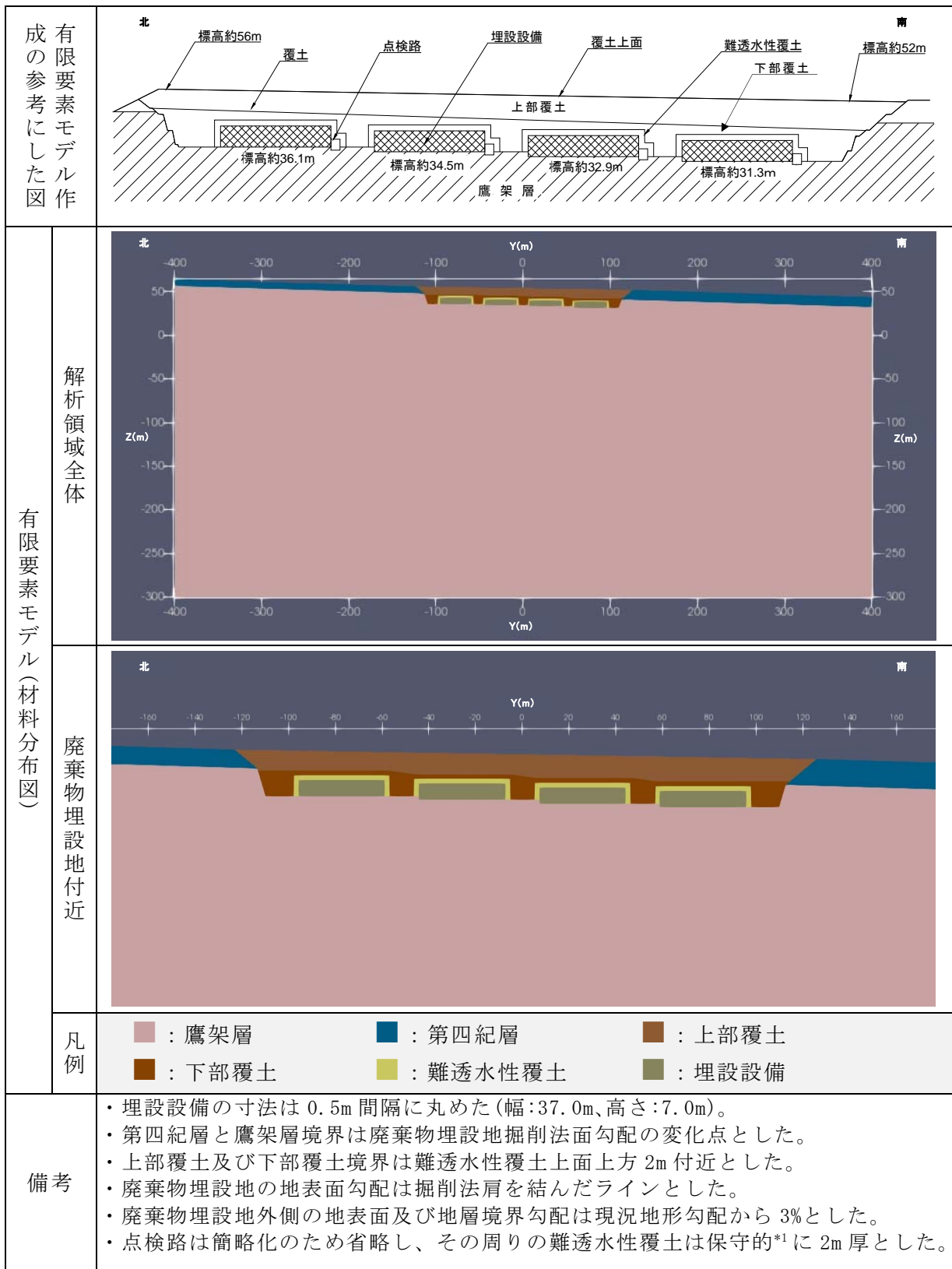


第7図 有限要素モデル(材料分布図) (1/3) 【3号廃棄物埋設地】



第7図 有限要素モデル(材料分布図) (2/3) 【1号廃棄物埋設地】

*1: 難透水性覆土内の地下水の移行時間が短くなる側



第7図 有限要素モデル(材料分布図) (3/3) 【2号廃棄物埋設地】

*1: 難透水性覆土内の地下水の移行時間が短くなる側

(3) 境界条件の設定

境界条件には、側方境界、上部境界及び底部境界がある。以下にこれらの条件設定について説明する。第8図には、3号廃棄物埋設地を例とした境界条件の設定位置を示す(1号及び2号廃棄物埋設地も同様)。

(i) 解析領域の側方境界

廃棄物埋設地付近の地下水の流れは北から南に流れていることを踏まえ、側方境界として解析領域の側部には水位固定境界を設定する。

水位固定境界は、解析領域両端に設定した。解析領域側部両端間の動水勾配が3%になるように解析領域側部両端に水位固定境界を設定する。なお、埋設設備からの流出水量の設定に当たっては、広域モデルによる解析モデルの妥当性の検証や、実測の間隙水圧測定結果から求まる動水勾配を踏まえ、設備からの流出水量が大きくなるよう動水勾配を保守的に設定し、3%の動水勾配との比率を3%の動水勾配で求めた流出水量に乗じて求めた。

(ii) 解析領域の上部境界

解析領域の上部には降雨浸透境界を設定する。

降雨浸透境界に入力する降雨浸透量は、実測に基づいて設定し、補足説明資料1「地質環境に係る長期変動事象、3.(2)(v)かん養量」の考えに基づいて、年平均降水量の20%とする。

埋設設備からの流出水量は、降雨浸透量(かん養量)が増えると大きくなる傾向があることから、降雨浸透量を求めるための年平均降水量は、地下水シナリオの線量評価における線量が大きくなるように設定する。また、降雨浸透量を大きくすることによって、計算ケースにあわせて透水係数を変更しても解析領域の地下水面分布が変化し難くなり、解析領域内の全体的な水理場を安定させることもできる*1。

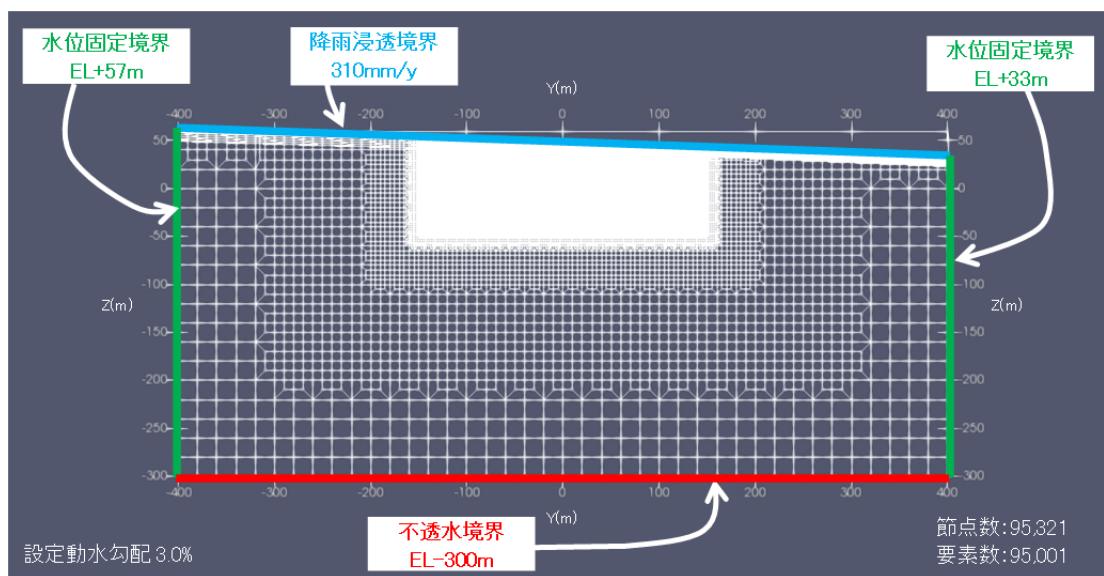
*1:埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析は、地下水面動水勾配が地形面勾配と同程度かつ地下水の流向に鉛直下方成分を含む水理場であることを前提としている。求める流出水量はこの水理場に将来の廃棄物埋設地の状態(材料の分布形状及び透水係数)をはめ込んだときの埋設設備からの流出する地下水の水量である。将来の廃棄物埋設地の状態をはめ込んだ結果、地下水面が変動して動水勾配が変化する場合があり、これを防ぐために降雨浸透量(かん養量)を大きくすることによって地下水面を地表面に張り付け、地下水面の傾斜を地表面勾配程度に保っている。なお、Dtransu2D・ELにおいて降雨浸透境界に与える降雨浸透量は、解析領域に入る最大値であり、必ずしも設定した降雨浸透量が全量解析領域に入らない。特に地表面に地下水面を張り付けさせる場合はその度合いが顕著である(実際の計算では設定値の降雨浸透量310mm/yに対して解析領域への流入量(解析領域上端の全節点の節点流量の合計を基に計算)は78mm/y~100mm/yである)。

年平均降水量は、実測値に基づいた補足説明資料1「地質環境に係る長期変動事象、3.(2) 気候変動に起因する事象」を参考に、温暖期継続ケースの確からしい設定の値 1,300mm/y 及び厳しい設定の値 1,050mm/y (ばらつきの小さい側) を用いて、年平均降水量のばらつきの大きい側の値 1,550mm/y ($=1,300 + (1,300 - 1,050)$) とする。

以上から、降雨浸透量を 310mm/y (年平均降水量 1,550mm/y の 20%) と設定する。

(iii) 解析領域の底部境界

解析領域の底部境界は、実測値に基づいて設定する。事業所敷地内の既往水質分析結果から地下深部(標高-300m 付近)の鷹架層下部層分布域に対応して化石塩水が分布して底部境界をなしていることから、標高-300m 付近の解析領域の底部を不透水境界に設定する。



第 8 図 メッシュ図及び境界条件 (3 号廃棄物埋設地の場合)

第 2 表 降水量の設定値*1

ケース		モデル化時期*2	気温(℃)	降水量(mm/年)
確からしい設定	温暖期継続ケース	1,000 年後	12	1,300
厳しい設定	温暖期継続ケース	1,000 年後	12	1,050

*1:補足説明資料 1「地質環境に係る長期変動事象」参照。

*2:1,000 年後までの状態は 1,000 年後と同じ状態に設定する。

(4) 透水係数の設定

2次元地下水浸透流解析に用いる解析領域内の材料の透水係数の設定の考え方について説明する。

廃棄物埋設地周辺地盤の透水係数は、実測データに基づいて全体的に平均化した値を用いるものとし、第四紀層及び鷹架層の2区分とする。

廃棄物埋設地の透水係数は、廃棄物埋設地を構成する上部覆土、下部覆土、難透水性覆土及び埋設設備ごとに設定する。

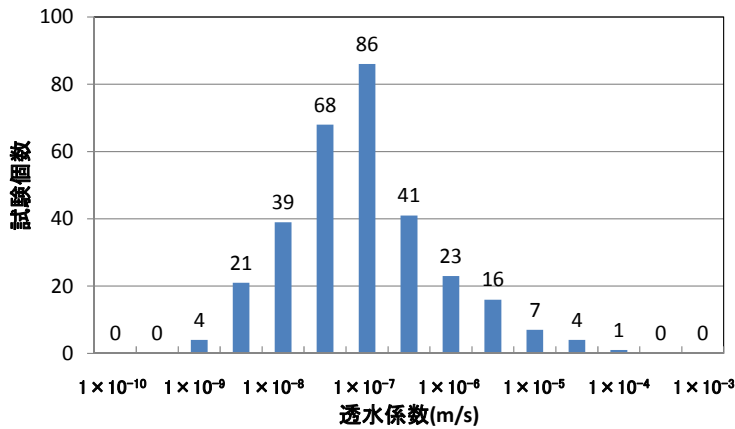
第3表には、2次元地下水浸透流解析に入力する材料の透水係数とその設定の考え方を示す。

第3表 2次元地下水浸透流解析に入力する材料の透水係数と設定の考え方

材料	計算ケース	透水係数(m/s)			設定の考え方	
		3号廃棄物埋設地	1号廃棄物埋設地	2号廃棄物埋設地		
廃棄物埋設地周辺地盤	鷹架層	確からしい設定	5.0×10^{-8}	1.1×10^{-7}	7.8×10^{-8}	廃棄物埋設地付近で取得したN値50以上の鷹架層中部層の透水係数の対数平均値*1(第9図参照)とする。
		厳しい設定	5.0×10^{-8}	1.1×10^{-7}	7.8×10^{-8}	
	第四紀層	確からしい設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	廃棄物埋設地付近で取得した盛土、第四紀層及びN値50未満の風化した鷹架層中部層の透水係数の対数平均値(第10図参照)とする。
		厳しい設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	
廃棄物埋設地	上部覆土	確からしい設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	周辺土壌と同程度とする(第四紀層の透水係数と同じ値とする)。
		厳しい設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	
	下部覆土	確からしい設定	1.0×10^{-8}			周辺岩盤*2よりも若干小さい透水係数とする。
		厳しい設定	1.0×10^{-8}			
	難透水性覆土	確からしい設定	2.0×10^{-10}	2.5×10^{-9}	2.0×10^{-10}	将来1,000年後の力学及び化学影響を考慮した等価透水係数とする(補足説明資料6「廃棄物埋設地の状態設定-透水係数の設定-」参照)。
		厳しい設定	1.5×10^{-8}	3.0×10^{-9}	1.5×10^{-8}	
	埋設設備	確からしい設定	1.0×10^{-5}			砂程度に劣化した状態の透水係数とする(補足説明資料6「廃棄物埋設地の状態設定-透水係数の設定-」参照)。
		厳しい設定	1.0×10^{-5}			

*1: 原位置試験の対数平均値と巨視的透水係数(割目と基質部における原位置透水試験の透水係数とボーリングや掘削面等の地質観察で得た割目のデータから算出)が同程度であることから、簡単に求められる原位置試験の対数平均値を採用した。なお、これらの透水係数を用いて敷地の調査坑道の空洞からの湧水量を3次元地下水浸透流解析で計算し、実測値とおおむね一致していることを確認している(参考資料1参照)。また、3号廃棄物埋設地については現況再現解析によって鷹架層の透水係数の妥当性を確認している(添付資料2参照)。

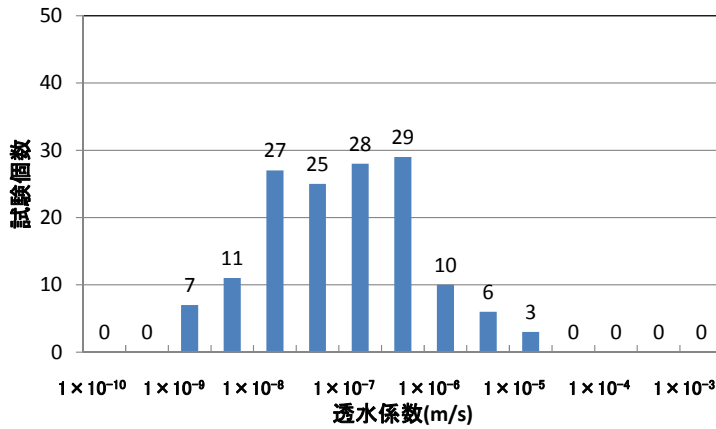
*2: 想定した周辺岩盤はN値50以上の鷹架層とした(透水係数： $5.0 \times 10^{-8} \sim 1.1 \times 10^{-7}$ (m/s))。



データ個数	310
対数平均値	5.0×10^{-8}
最小値	7.2×10^{-10}
最大値	3.8×10^{-5}
対数の標準偏差	0.9

データの分布は対数正規分布に従うと考える。

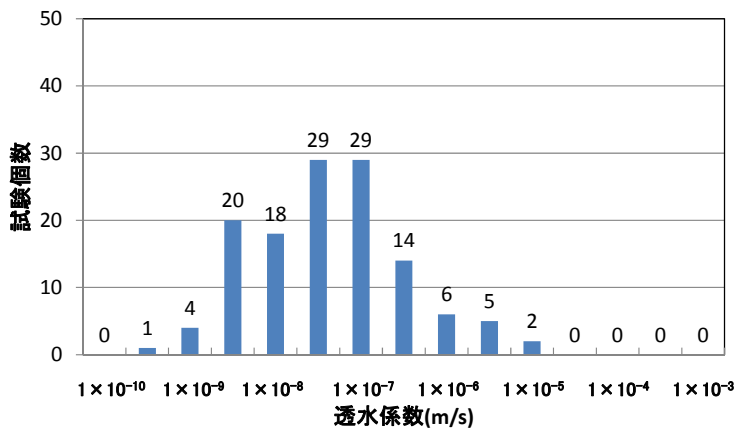
(a) 3号廃棄物埋設地



データ個数	146
対数平均値	1.1×10^{-7}
最小値	1.1×10^{-9}
最大値	1.6×10^{-5}
対数の標準偏差	0.9

データの分布は対数正規分布に従うと考える。

(b) 1号廃棄物埋設地

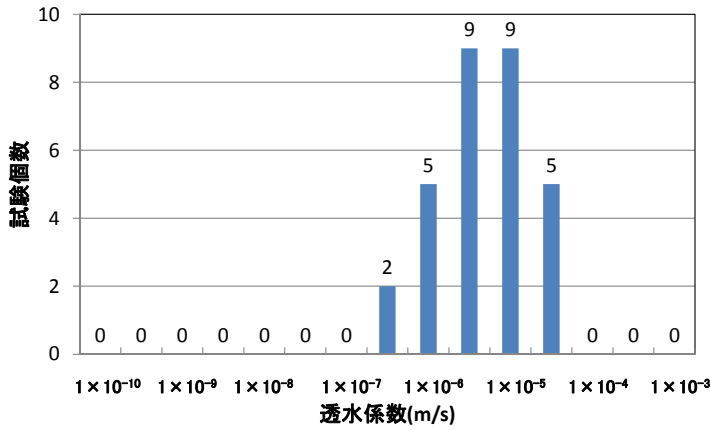


データ個数	128
対数平均値	7.8×10^{-8}
最小値	6.9×10^{-10}
最大値	1.9×10^{-5}
対数の標準偏差	0.9

データの分布は対数正規分布に従うと考える。

(c) 2号廃棄物埋設地

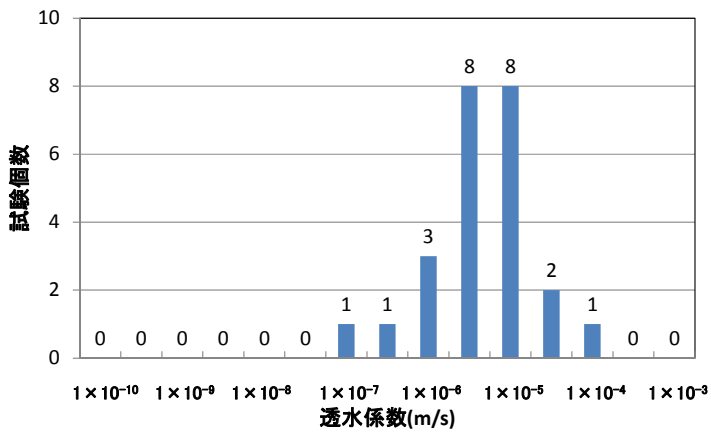
第9図 N値50以上の鷹架層中部層の透水係数の分布



データ個数	30
対数平均値	3.0×10^{-6}
最小値	2.6×10^{-7}
最大値	2.4×10^{-5}
対数の標準偏差	0.6

データの分布は対数正規分布に従うと考える。

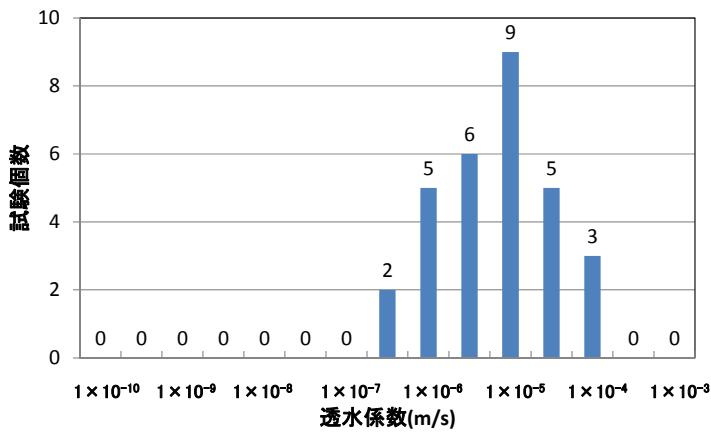
(a) 3号廃棄物埋設地



データ個数	24
対数平均値	2.5×10^{-6}
最小値	5.2×10^{-8}
最大値	5.2×10^{-5}
対数の標準偏差	0.7

データの分布は対数正規分布に従うと考える。

(b) 1号廃棄物埋設地



データ個数	30
対数平均値	3.6×10^{-6}
最小値	1.5×10^{-7}
最大値	5.2×10^{-5}
対数の標準偏差	0.7

データの分布は対数正規分布に従うと考える。

(c) 2号廃棄物埋設地

第 10 図 盛土、第四紀層及び N 値 50 未満の風化した鷹架層中部層の透水係数の分布

(5) 2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性について

3号廃棄物埋設地において鷹架層中の間隙水圧測定データがある事業所敷地造成後(2017年)に対して広域の解析モデルを用い現況再現性についての確認を行った。解析条件は、側方境界以外は流出流量を求める際のモデルと同じである。

事業所敷地造成後(2017年)の全水頭標高分布について、実測値と解析値を比較した結果、おおむね一致することを確認した(添付資料2第11図参照)。

(6) 動水勾配の設定について

原位置での実測の間隙水圧から想定される動水勾配の方が数値解析から求まる動水勾配より大きくなった。そこで、埋設設備からの流出水量が大きくなり、線量評価結果が保守的となるよう、埋設設備からの流出推量を求める際、原位置での実測の間隙水圧から想定される動水勾配を考慮することとした。

また、間隙水圧測定を実施した時期によっては、地下水の動水勾配が原地形より大きくなっていると考えられるケースがある。この理由は、間隙水圧測定位置の近傍における建設工場の影響で地表面の形状が原地形から変化したためと考えられる。地下水浸透流解析の境界条件に用いる動水勾配は、解析モデルの検証結果も考慮し、建設工場の影響を受けた原地形の動水勾配より大きめと考えられる間隙水圧測定結果から設定した。確からしい設定の動水勾配では実測に基づいて求めた動水勾配の平均を、厳しい設定の動水勾配では実測に基づいて求めた動水勾配の最大値を元に、それぞれ埋設設備からの流出水量が大きくなる側に余裕を見込んだ値とした。

1号及び2号廃棄物埋設地においても同様に実測の間隙水圧測定結果から求まる動水勾配より保守的になるよう動水勾配を設定した。

(7) 計算ケース

確からしい設定及び厳しい設定について各々のケースについて計算を実施した。各計算ケースの透水係数については第4表、動水勾配については第5表に示す。透水係数の設定方法は、第3表の設定の考え方に示したとおりである。

第4表 2次元地下水浸透流解析による計算ケース

計算ケース	モデル化 時期	難透水性覆土の透水係数の設定値(m/s)*1		
		3号廃棄物 埋設地	1号廃棄物 埋設地	2号廃棄物 埋設地
確からしい設定	1,000年後	2.0×10^{-10}	2.5×10^{-9}	2.0×10^{-10}
厳しい設定	1,000年後	1.5×10^{-8}	3.0×10^{-9}	1.5×10^{-8}

*1:補足説明資料6「廃棄物埋設地の状態設定-透水係数の設定-」参照。

第5表 動水勾配比率による計算ケース

計算ケース	モデル化 時期	動水勾配の設定値(%)*1		
		3号廃棄物 埋設地	1号廃棄物 埋設地	2号廃棄物 埋設地
確からしい設定	1,000年後	5.0	3.5	5.5
厳しい設定	1,000年後	8.0	5.0	5.5

*1:廃棄物埋設地付近で実施した間隙水圧測定データから求めた埋設設備設置地盤付近の地下水の動水勾配(補足説明資料1「地質環境に係る長期変動事象3.(2)(vi)地下水位」参照)、及び将来の地形変化を考慮した埋設地付近の地形勾配に基づいて設定した動水勾配(補足説明資料1「地質環境に係る長期変動事象3.(2)(vi)地下水位」参照)を基に設定した。

(8) 計算方法

埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量は、2次元地下水浸透流解析及び動水勾配比率から求められる。

2次元地下水浸透流解析では、まず、第4表に示す計算ケース及びモデル化の時期における難透水性覆土の透水係数を用い、動水勾配3%のときの埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量を計算する。

次に動水勾配比率からの計算では、第5表に示すケース及びモデル化の時期における動水勾配について、ダルシーの法則((1-1)式参照)に基づいて、2次元地下水浸透流解析で求めた動水勾配3%のときの流出水量を基に、該当ケースとモデル化時期の動水勾配との比率を乗じてそれぞれのケースの流量を計算する((1-2)式参照)。

第5表に示すケースについて求めた動水勾配比率から計算した埋設設備からの覆土への流出水量($Q_{co}(t)$)及び鷹架層への流出水量($Q_{go}(t)$)が、線量評価パラメータとなる。

(9) 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算結果

埋設設備からの流出水量を第7表に示す。添付資料3に2次元地下水浸透流解析結果の詳細を示す。

第6表 2次元地下水浸透流解析から求めた埋設設備からの流出水量

計算ケース	モデル化 時期*1	3号廃棄物埋設地		1号廃棄物埋設地		2号廃棄物埋設地	
		$Q_{co}(t)$ *2	$Q_{go}(t)$ *3	$Q_{co}(t)$ *2	$Q_{go}(t)$ *3	$Q_{co}(t)$ *2	$Q_{go}(t)$ *3
確からしい設定	1,000年後	10	630	130	2,200	20	920
厳しい設定	1,000年後	380	1,100	150	2,200	350	1,300

*1:1,000年後までの状態は1,000年後と同じ状態に設定する。

*2:埋設設備から覆土への流出水量(m³/y)

*3:埋設設備から鷹架層への流出水量(m³/y)

第7表 線量評価パラメータとして設定する埋設設備からの流出水量

計算ケース	モデル化 時期*1	3号廃棄物埋設地		1号廃棄物埋設地		2号廃棄物埋設地	
		$Q_{co}(t)$ *2	$Q_{go}(t)$ *3	$Q_{co}(t)$ *2	$Q_{go}(t)$ *3	$Q_{co}(t)$ *2	$Q_{go}(t)$ *3
確からしい設定	1,000年後	10	1,100	160	2,500	40	1,700
厳しい設定	1,000年後	990	2,800	250	3,600	630	2,300

*1:1,000年後までの状態は1,000年後と同じ状態に設定する。

*2:埋設設備から覆土への流出水量(m³/y)

*3:埋設設備から鷹架層への流出水量(m³/y)

4. 参考文献

- (1) 菱谷智幸・鹿島浩之・桜井英行・白石知成:有限要素法による地下水流動解析における流れの局所連続性に関する考察,地下水学会誌(2015年),第57巻第3号,319-334.

3号埋設設備設置地盤付近の
地下水の流れと線量評価について

目 次

1. 3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れ.....	1
(1) 事業所敷地周辺の地形と水系及びかん養.....	1
(2) 事業所敷地の地下水の流動状況.....	2
(3) 3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流動状況.....	10
2. 放射性物質を含む地下水が分水界の北側へ移行した場合の線量評価について.....	19
(1) 地下水が北側へ移行した場合に想定される被ばく経路.....	19
(2) 評価パラメータの比較.....	19
(3) 線量評価結果への影響.....	19

添付資料 1-1 地下水位測定方法

添付資料 1-2 間隙水圧測定方法

添付資料 1-3 間隙水圧測定結果

添付資料 1-4 水質試験結果

1. 3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れ

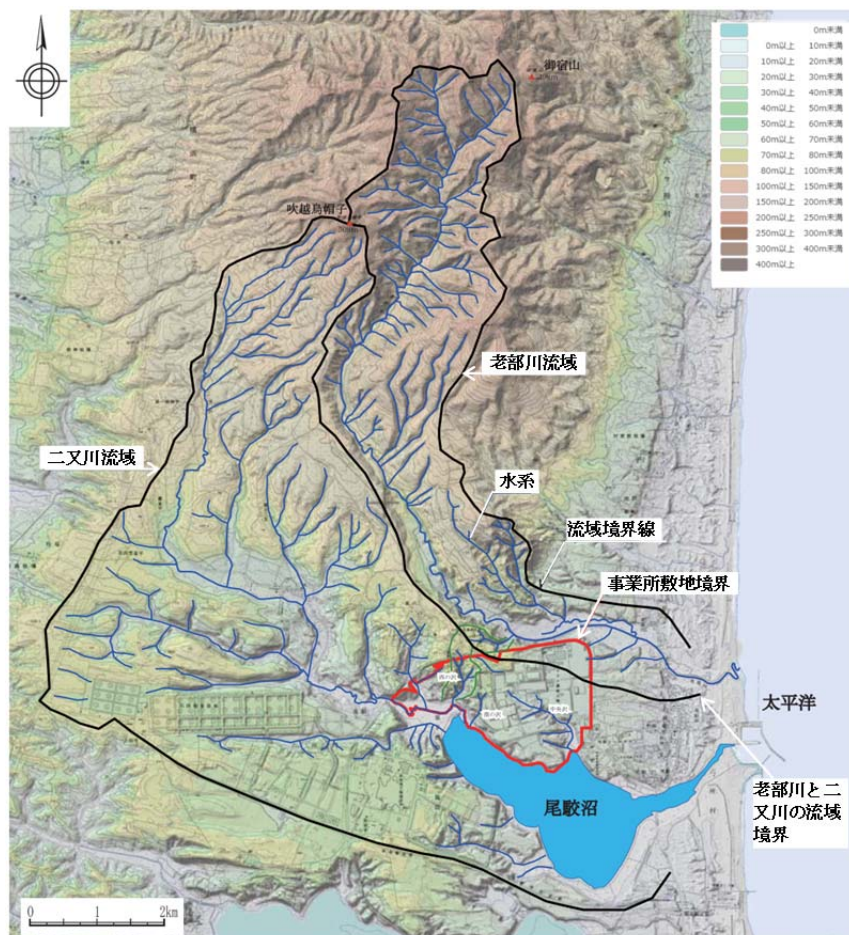
3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れを説明するに当たり、事業所敷地周辺の地形と水系及びかん養、事業所敷地の地下水の流動状況、3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流動状況について説明する。

(1) 事業所敷地周辺の地形と水系及びかん養

事業所敷地付近には、第1図に示すように、老部川及び二又川が流れている。老部川は、事業所敷地の北側の標高約5m～20mの谷間を西から東に向かって流れ、太平洋に流入している。二又川は事業所敷地の南西側の標高約1m～5mの低地を事業所敷地境界に沿って西から東に向かって流れ、事業所敷地南側の尾駈沼に流入している。

廃棄物埋設地は、事業所敷地内の標高30m以上の台地上に位置することから、老部川及び二又川は、廃棄物埋設地の標高よりも低い位置を流れている。

廃棄物埋設地及びその付近は、北西から南東に緩く傾斜する台地からなり、西側及び北側は沢地形で後背丘陵地と区分されており、地下水は主に降水によってかん養されている。



第1図 事業所敷地周辺の地形と水系*1

*1 国土地理院のウェブ地図「地理院地図」(<https://maps.gsi.go.jp/>) で作成。

(2) 事業所敷地の地下水の流動状況

地下水位及び地下水流向を調査するため、事業所敷地内における 250m グリッド間隔程度のボーリング孔を用いて地下水位観測を行った。地下水位観測位置を第 2 図に示す。

地下水位観測は、圧力センサを設置し連続的に自動計測する方法^{*1}、触針式水位計の巻尺の先についている地下水面を検出する触針器を孔内に下ろして孔口から地下水面までの深さを計測する手動式の方法^{*1}の 2 種類を用いた。

手動式の計測は、年間の平均的な水位を示す 6 月に計測を行った。

事業所敷地造成前(1986 年)の地下水位観測結果を第 3 図に、地下水位面標高等高線を第 4 図にそれぞれ示す。

地下水面標高等高線の作製については、隣接する観測地点の測定値の差を等配分(傾き一定)し、地形(地表位置)を考慮した。

事業所敷地内の地下水位は、第 3 図に示すように、主に第四紀層内にあり、融雪や降雨等に対応して変動している。また、第 4 図に示すように、地形と調和的であり、地下水の流向は、地表面の傾斜方向とおおむね一致する。

廃棄物埋設地の北～北東側には、東－西方向～西北西－東南東方向の台地の尾根線が分布し、基本的にはこの尾根線よりも北側では主に北へ、南側では主に南へ地下水が流れていると考える。

廃棄物埋設地は、台地の尾根線の南に位置することから、廃棄物埋設地を通過した地下水は、主に南へ流下し、中央沢、南の沢及び西の沢を経て尾駮沼に流入すると考える。

また、一般的に均質等方媒体を通る広域流動系へ及ぼす地下水面の起伏は、第 5 図に示すように局所的な起伏がない場合には広域流動系だけが発達し、浅い地下水の全水頭等高線は地表面と直交し、浅い地下水の動水勾配は地表面勾配と同じになる。

廃棄物埋設地付近の台地を構成する地質は、鷹架層を基盤とし、その上部に第四紀層が覆っている。地下水面が第四紀層内に分布する理由は、鷹架層の透水係数が $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ ～ $1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ 程度、第四紀層の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ～ $1 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 程度であり、2 オーダー程度異なり、地表から浸透した地下水が容易に鷹架層に浸透していかないためであると考えられる。

第 6 図に、地表面、地下水面及び第四紀層下限面の関係を示す。

地下水面は、事業所敷地全体の傾向として、台地(段丘面)部では比較的広い範囲で第四紀層内に分布する。地下水位が第四紀層にない(鷹架層となる)地点は細尾根部(沢発達部)、段丘崖及び中央沢の近傍等の段丘縁辺部に当たる地点が多い。しかし、比較的台地の中央部の段丘面上にある地点においても第四紀層よりも深い位置に地下水が分布している地点がある。これらの地点は細尾根部(沢発達部)の延長線付近にあるものが多く、地下水面が下がりやすい環境にあると考える。

*1 自動計測及び手動式による地下水位測定方法を添付資料 1-1. に示す。

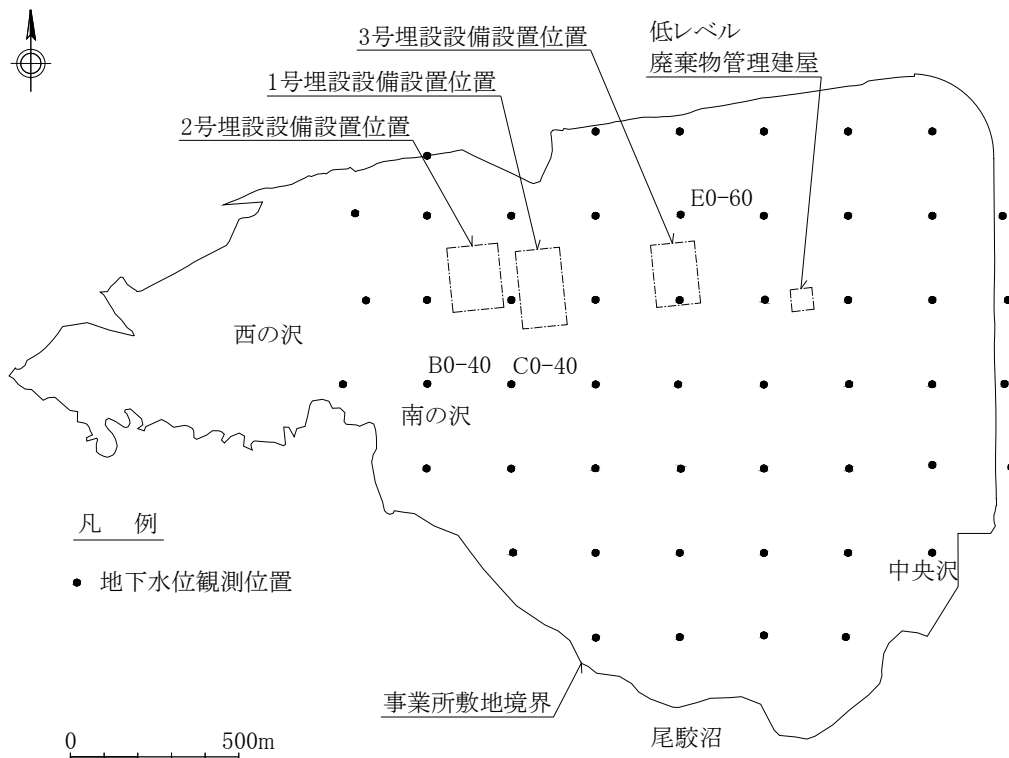
地下水面の動水勾配については、台地中央の尾根線から南側の台地端部付近間では2.3%、3号廃棄物埋設地の掘削範囲両端間では2.6%である。

沢等の急崖部付近を除く台地上において第四紀層内に地下水面が形成される場合、台地中央の尾根線から南側の台地端部付近間の地下水面の動水勾配は最大で3%程度になる(台地中央の尾根線から南側の台地端部付近間の地下水面の動水勾配が4%になると、沢等の急崖部付近を除く台地上の第四紀層内に地下水面を形成できない)。

台地上(台地中央の尾根線から南側の台地端部付近間)の地下水面勾配、地表面勾配及び第四紀層下限面勾配は2.0%~3.2%である。

3号廃棄物埋設地の掘削範囲の地表面勾配の平均は2.3%、地下水面勾配の平均は2.3%、第四紀層下限面勾配の平均は1.7%であり、第四紀層下限面勾配の平均は地表面勾配よりも小さい。

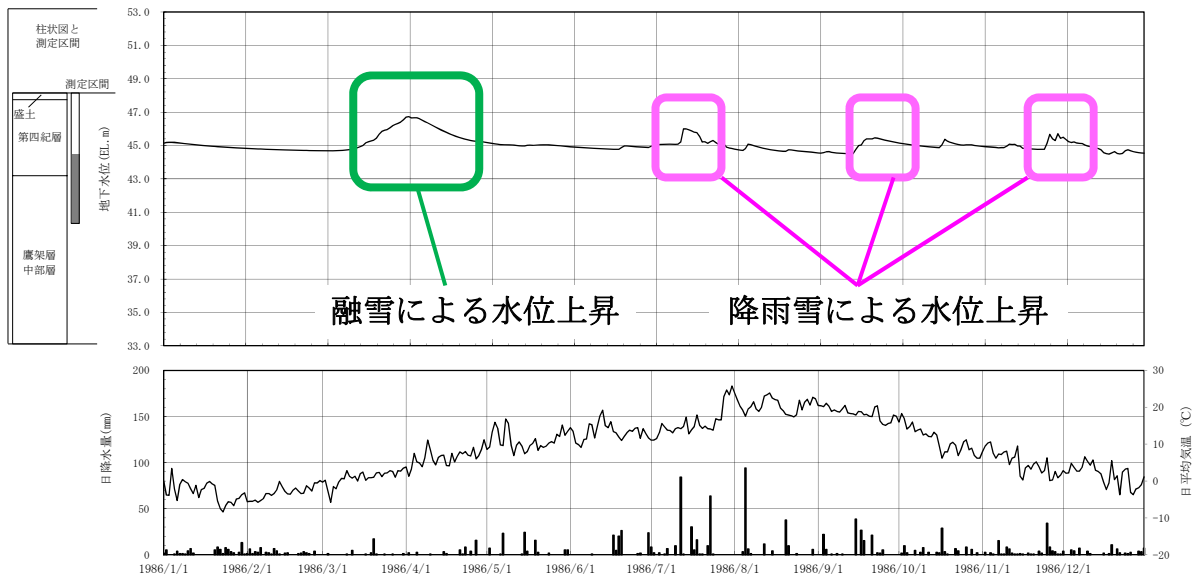
以上から、地下水面勾配の大きさは、地表面勾配と第四紀層下限面勾配の大きさの間にあると考えられる。



第2図 地下水位観測位置図(1986年)



地下水位観測位置

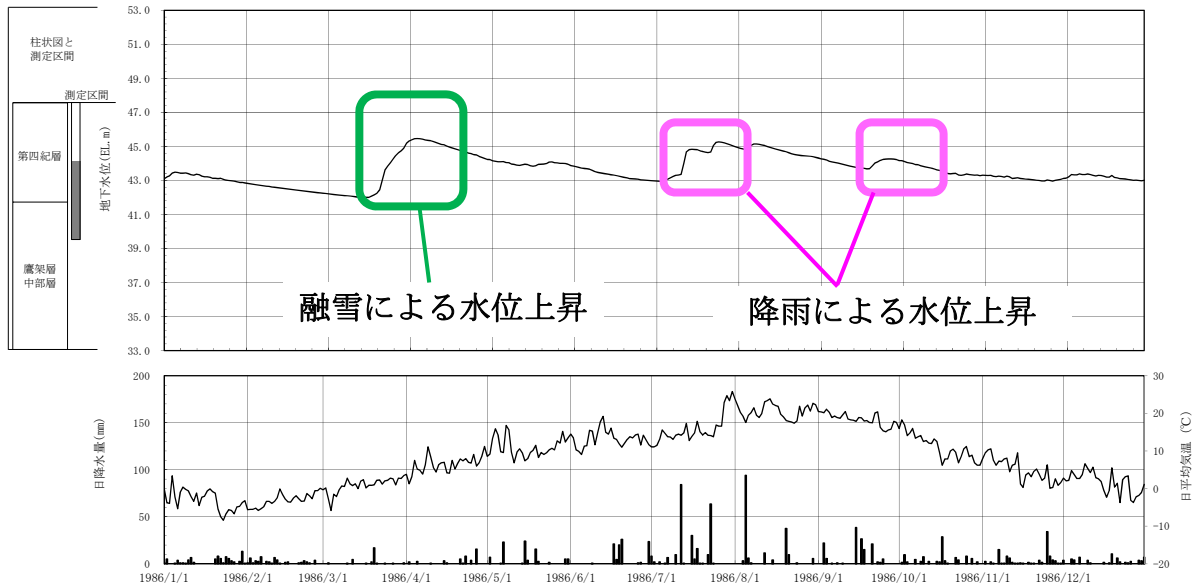


地下水位、日降水量及び日平均気温の時系列データ

第3図 地下水位観測結果(1/3)
(1986年1月1日～1986年12月31日：E0-60孔)



地下水位観測位置

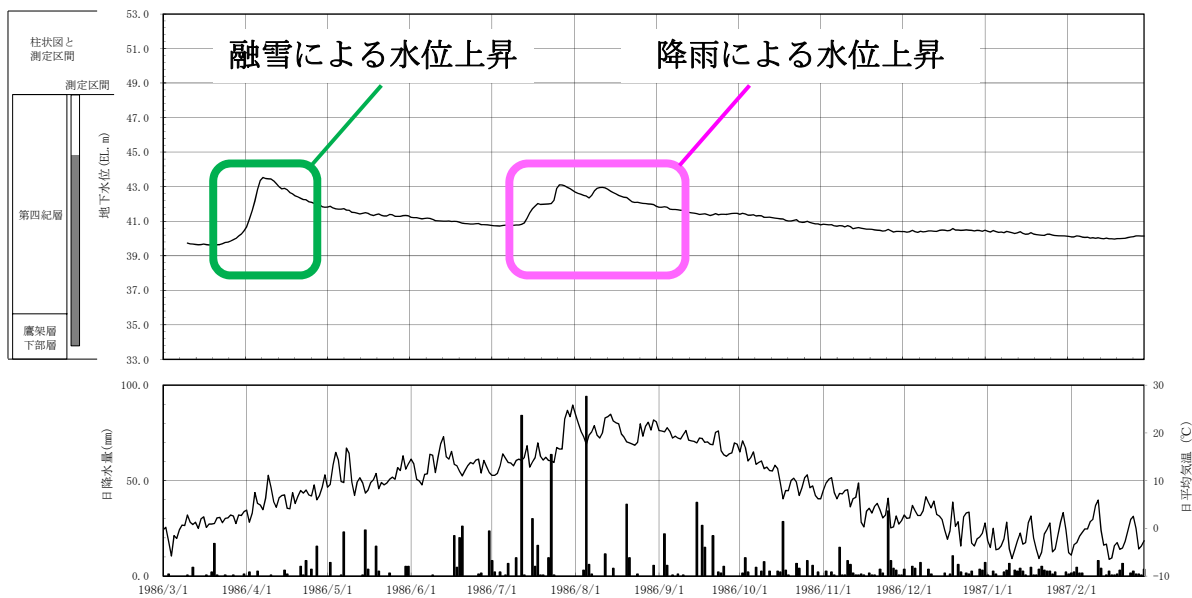


地下水位、日降水量及び日平均気温の時系列データ

第3図 地下水位観測結果(2/3)
(1986年1月1日～1986年12月31日：C0-40孔)

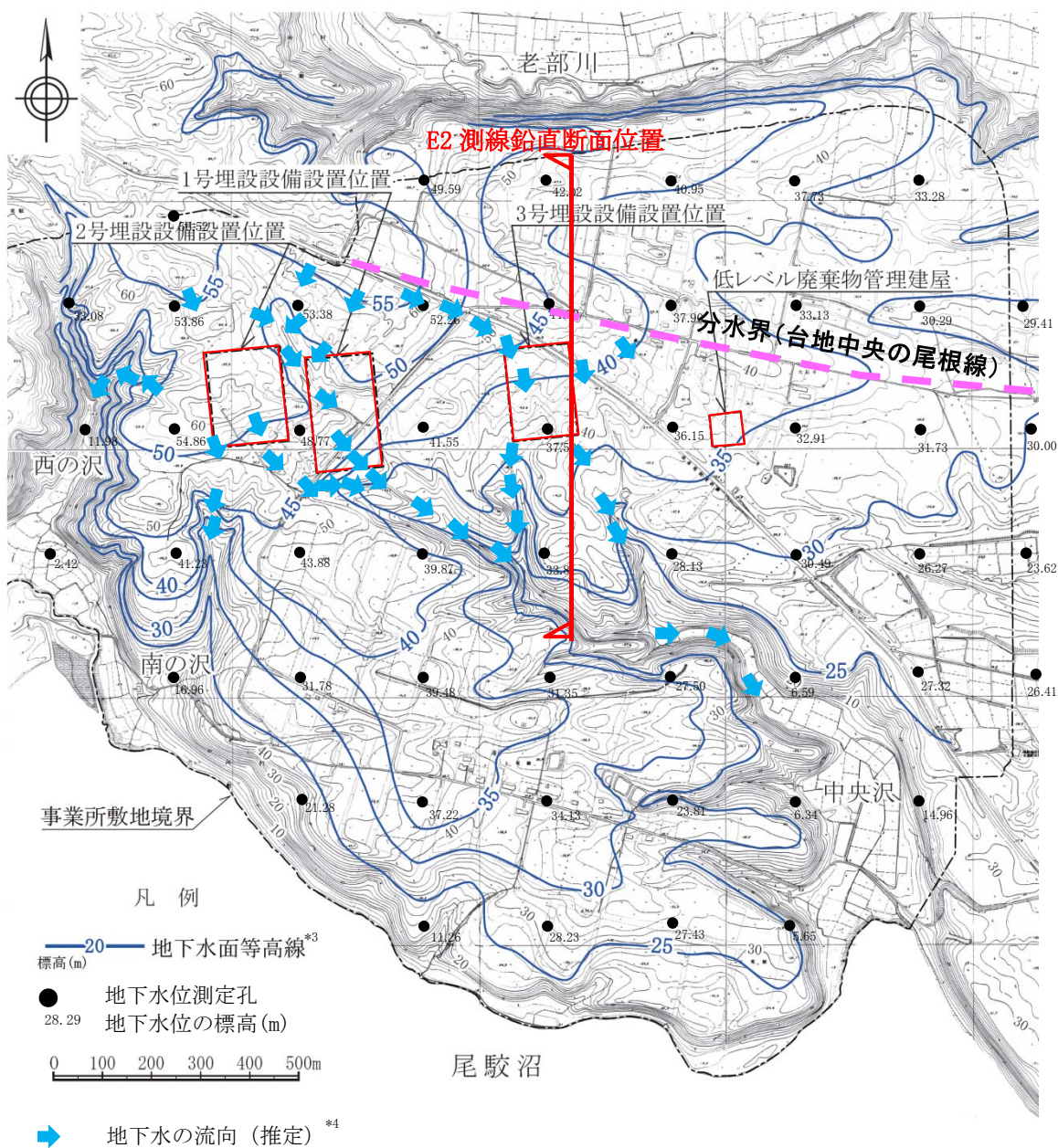


地下水位観測位置



地下水位、日降水量及び日平均気温の時系列データ

第3図 地下水位観測結果(3/3)
(1986年3月1日～1987年2月28日：B0-40孔)



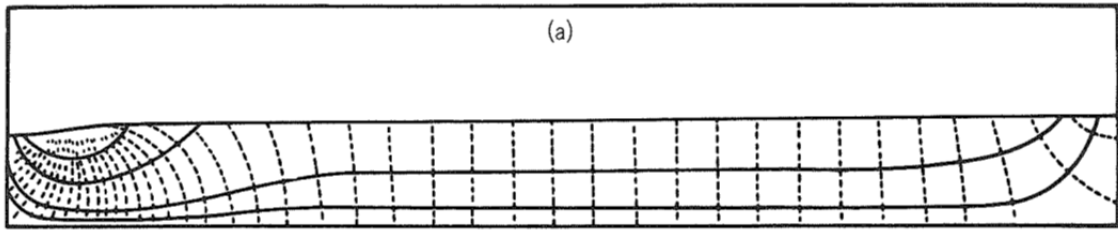
第4図 地下水面標高等高線(1986年)*1*2

*1 事業所敷地造成前の1986年6月の地下水位測定データを基に地形形状を勘案して作成した。

*2 地下水面標高の測定データである地下水位の測定精度は、添付資料1-1より $\pm 0.05\text{m}$ である。

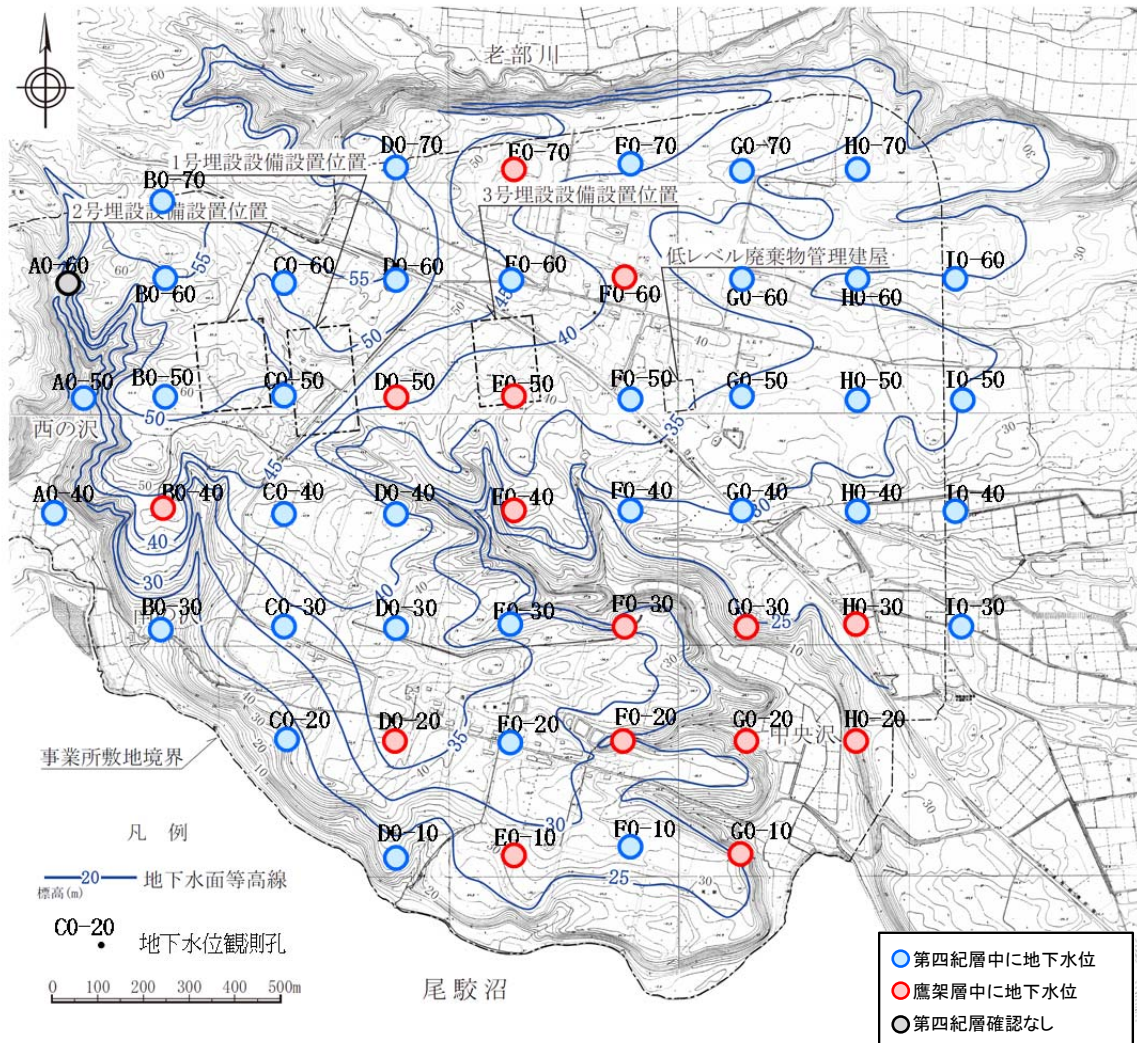
*3 地下水面標高等高線の精度は、250mグリット間隔程度の場合、一般的に地下水面と地表面分布が調和的であることから、地下水面勾配が地表面勾配に等しいと仮定し、事業所敷地内の地形勾配を2%とすると、地下水位測定孔間(孔間距離250m)の地下水位の差は5mとなり、孔間に5m間隔の地下水面等高線が引ける程度の精度となる。

*4 地下水の流向は、地下水面標高等高線と直角の方向に地下水面標高が大きい方から小さい方の向きに矢印を引いた。



(a)は、局所的な起伏がない場合には広域流動系だけが発達することを示している。
 図中の破線は全水頭等高線、実線(上端)は地表面、実線(上端でない)は流線を示す。

第5図 均質等方媒体を通る広域流動系へ及ぼす地下水面の起伏の影響*1



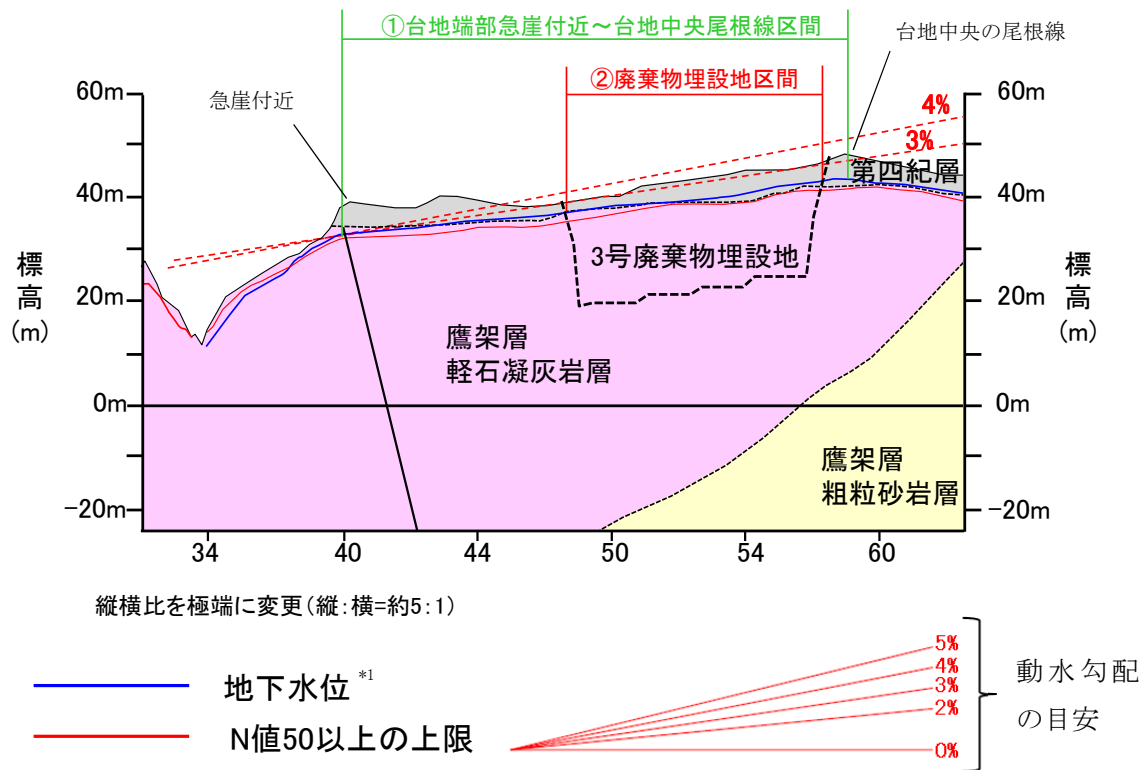
・事業所敷地全体の傾向としては、台地(段丘面)部では比較的広い範囲で第四紀層内に地下水面が分布する。
 ・地下水位が第四紀層にない(鷹架層となる)地点は細尾根部(沢発達部)、段丘崖及び中央沢の近傍等の段丘縁辺部に当たる地点が多い。
 ・比較的台地の中央部の段丘面上にある地点においても第四紀層よりも深い位置に地下水が分布している地点がある。これらの地点は細尾根部(沢発達部)の延長線付近にあるものが多く、地下水面が下がりやすい環境にあると考える。

第6図 地表面、地下水面及び第四紀層下限面の関係 (1/2)

事業所敷地における第四紀層と地下水位との関係

*1 ㈱土木工学社、地下水の科学Ⅲ、p41より引用。

	地表面勾配 (%)	地下水面勾配 (%)	第四紀層下限面勾配 (%)
①台地端部急崖付近～ 台地中央尾根線区間	3.2	2.6	2.0
②廃棄物埋設地区間	2.3	2.3	1.7



第6図 地表面、地下水面及び第四紀層下限面の関係 (2/2)

E2 測線鉛直断面内の地下水位分布と地下水面の動水勾配

台地上の地下水面は、沢等の急崖部付近を除き、第四紀層内に分布する。台地中央の尾根線から南側の台地端部付近間における地下水面の動水勾配は2.3%、3号廃棄物埋設地の掘削範囲両端間で2.6%である。沢等の急崖部付近を除く台地上において第四紀層内に地下水面が形成される場合、台地中央の尾根線から南側の台地端部付近間における地下水面の動水勾配は最大3%程度である(4%になると、沢等の急崖部付近を除く台地上の第四紀層内に地下水面を形成できない。)

*1 第4図の地下水位測定データ(1986年6月)及び地下水面標高等高線を基に作成

(3) 3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流動状況

1号、2号及び3号廃棄物埋設地及びその付近の地下水は、第4図に示すように、廃棄物埋設地が台地の尾根線(地形から考えられる分水界)の南側に位置することから、基本的にこの尾根線よりも南側の標高の低い沢や尾駁沼へ向かって流れる。

1号及び2号埋設設備が150m程度以上南側に位置していることに比べ、3号埋設設備は台地の尾根線から距離が50m程度であり、台地の尾根線に近い。

以上のように3号埋設設備設置位置が台地尾根線に近いことから、3号廃棄物埋設地及びその付近のボーリング孔を利用して、3号埋設設備の設置地盤標高付近に分布する鷹架層を対象に実施した間隙水圧測定結果に基づいて、3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流動状況を説明する。間隙水圧測定位置を第7図に示す。

計測方法は、各区間から立ち上げたパイプ内に圧力センサを設置し連続的に自動計測する方法のPIEZO方式*1と各区間に圧力センサを下ろして計測する方法のMP方式*1の2種類を用いた。

間隙水圧測定結果を第8図に、埋設設備設置地盤標高付近の全水頭等高線図を第9図に、南北方向鉛直断面図を第10図に示す。

3号廃棄物埋設地及びその付近の間隙水圧測定孔における全水頭は、第8図に示すように、埋設設備設置地盤標高付近では測定深度が深くなると全水頭が若干小さくなることから、鉛直下方成分を含む地下水流れが生じていると考えられる。また、軽石質砂岩と砂岩を境に全水頭が小さくなることから、この付近では鉛直下方成分を含む地下水流れが生じていると考えられる。

3号廃棄物埋設地及びその付近の埋設設備設置地盤標高付近の水平断面における地下水の流向は、第9図に示すように、おおむね北から南の方向である。標高換算全水頭等高線の形状は事業所敷地の地下水水面標高等高線(第4図)と調和的であることから、地表面分布とも調和的である。

3号廃棄物埋設地及びその付近の南北方向鉛直断面における全水頭等高線は、第10図に示すようにおおむね地形に対応した分布を示し、北側で大きく、南側の中央沢付近で小さい。標高-50m付近までの全水頭の値は、水平方向の全水頭の値が北側よりも南側の方が小さいことから、北から南に向かう水平方向の流れが卓越していると考えられる。

さらに3号埋設設備設置地盤付近の地下水が主に南向きであることを3号廃棄物埋設地付近の南北方向E2測線沿いの間隙水圧測定孔(E2-54孔、E2-56孔及びE2-57.5孔)のデータを用いて説明する。

第8図に示すE2-54孔、E2-56孔及びE2-57.5孔の間隙水圧測定結果(2017年6月)には、深度方向の間隙水圧測定区間において測定した間隙水圧(標高換算した全水頭表示)の値を測定区間中心深度にプロットするとともに、3号埋設設備設置地盤標高(標高約20m~25m)位置、埋設設備設置地盤標高に該当する測定区間及びその測定区間の間隙水圧(標高換算全水頭)の値を示した(赤枠)。

*1 PIEZO方式及びMP方式による間隙水圧測定方法を添付資料1-2.示す。

岩盤中の地下水は、基本的に全水頭が高いところから低いところに向かって流れる。E2-54 孔、E2-56 孔及び E2-57.5 孔の 3 号埋設設備設置地盤標高(標高約 20m～25m)における全水頭は、それぞれ標高 42.1m、標高 44.5m 及び標高 44.6m であり、北側の間隙水圧測定孔ほど大きい(標高換算した全水頭が高い)。

また、E2-54 孔、E2-56 孔及び E2-57.5 孔の 3 号埋設設備設置地盤標高(標高約 20m～25m)における 2011 年 10 月～2017 年 6 月までの全水頭の値を第 12 図に示す。

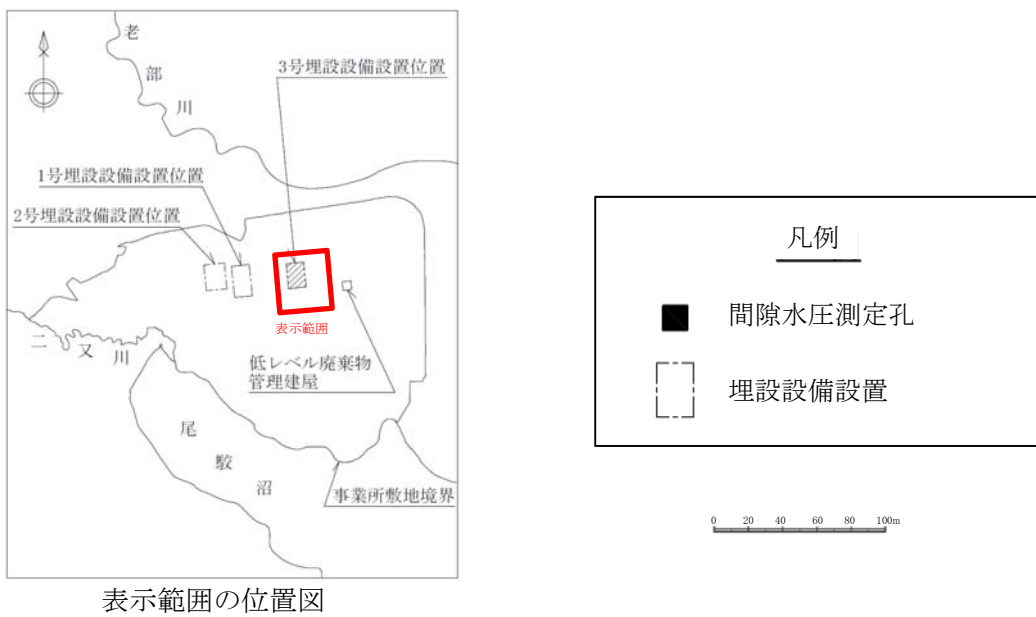
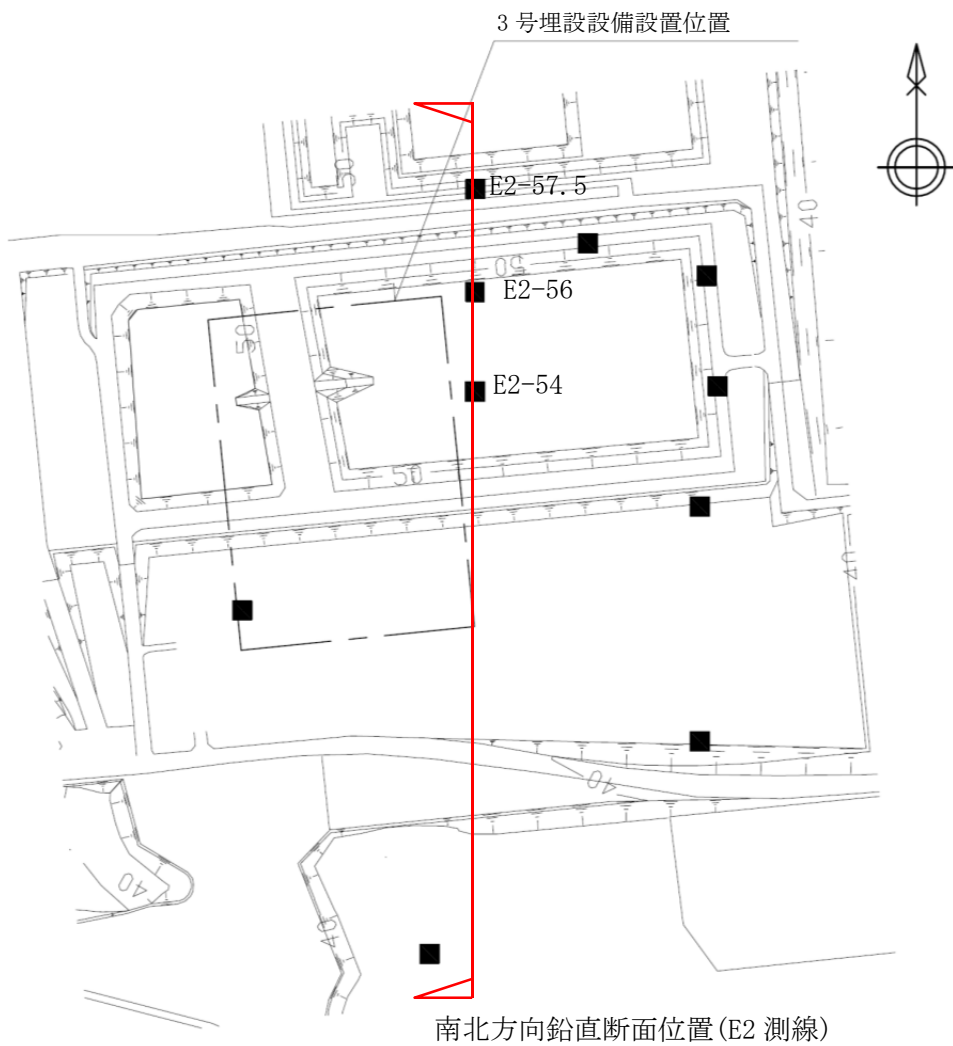
2011 年 10 月～2016 年 6 月の全水頭の値は、第 12 図に示すように、2017 年 6 月の場合と同様に、E2-54 孔、E2-56 孔及び E2-57.5 孔の順に北側の間隙水圧測定孔ほど大きい。

したがって、南北方向 E2 測線沿いの間隙水圧測定孔 E2-54 孔～E2-57.5 孔の区間における地下水の流れは、北側ではなく、主に南側へ向かって流れていると考える。

また、第 9 図に示す 3 号埋設設備設置地盤標高付近(標高 20m)水平断面内の間隙水圧測定位置の標高 20m 付近の全水頭の値の分布から、南北方向 E6 測線についても E2 測線と同様に全水頭が南から北に向かって高くなっていることから、E6-40 孔～E6-56 孔の区間における地下水の流れは、主に南側へ向かっていると考える。

以上から、第 8 図に示すように、3 号埋設設備設置地盤標高付近(標高 20m)の水平断面内における地下水の流れが北側若しくは南側へ向かうかの境界(標高 20m 水平断面内の全水頭の分布から考えられる分水界)は、E2-57.5 孔及び E6-56 孔を結んだ線よりも北側に位置すると考える。よって、間隙水圧測定結果に基づいても 3 号埋設設備設置地盤標高付近を流れる地下水は主に南に向かって流れていると考える。

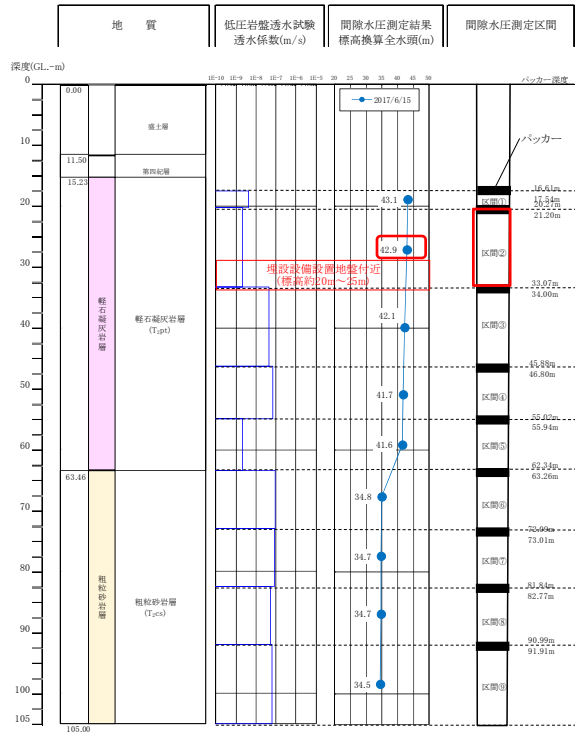
第 10 図に示すように測定から推定した動水勾配は、平均 4.7%(2.7%～7.5%)であり、一部大きな値を含むが、これは仮置土や造成盛土の地形形状の複雑さによる影響で局所的なものであり、一時的なものとする。



第7図 3号廃棄物埋設地及びその付近の間隙水圧測定位置(2017年6月)

南

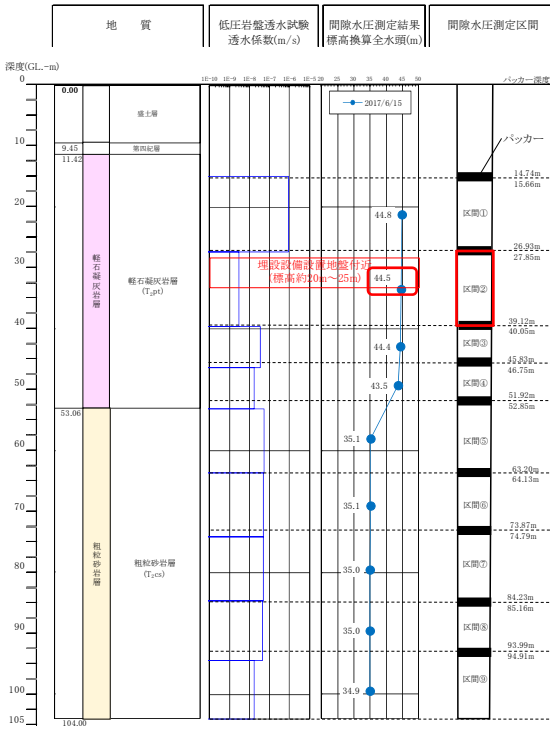
測定孔地表面標高: 54.11 m



(E2-54 孔)

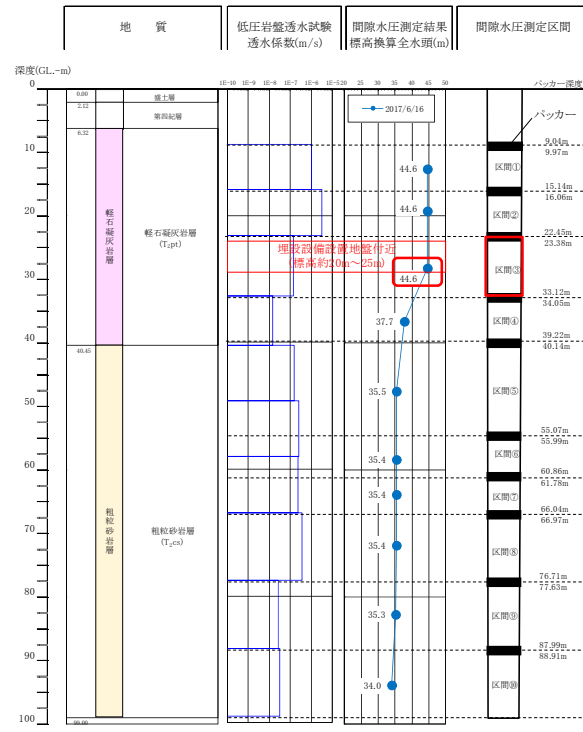
北

測定孔地表面標高: 53.03 m



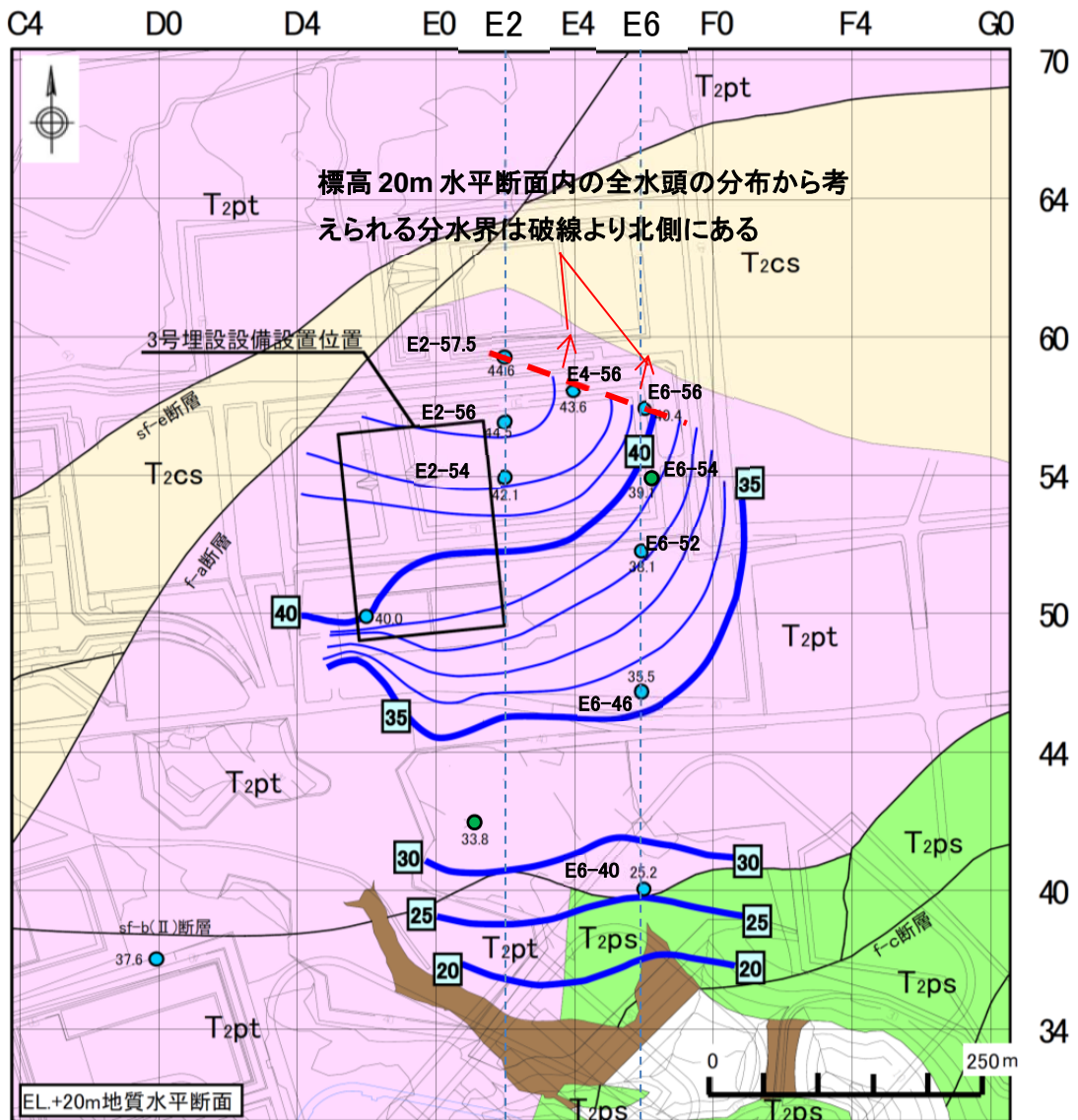
(E2-56 孔)

測定孔地表面標高: 48.35 m



(E2-57.5 孔)

第 8 図 3 号埋設設備設置地盤標高付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(標高換算全水頭値)
(南北方向 E2 測線沿い: 2017 年 6 月)



- 凡例
- fl 盛土
 - T2ps 砂質軽石凝灰岩層
 - T2pt 軽石凝灰岩層
 - T2cs 粗粒砂岩層
 - 断層
 - 地質境界線
 - MP 間隙水圧測定孔 *1
 - PNEZ 標高20m付近の全水頭値
 - 33.6 孔番号
 - 5m等高線
 - 1m等高線
 - 全水頭等高線 *2
〔標高表示(m)〕

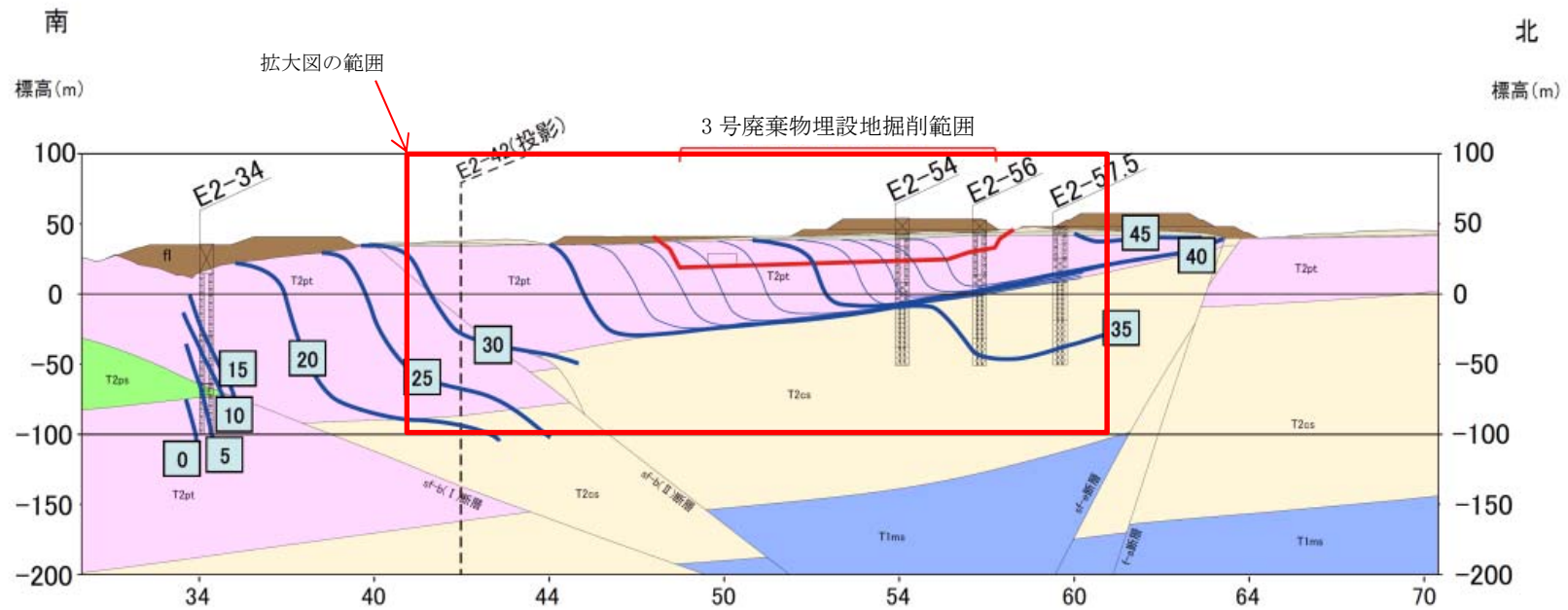
*1 間隙水圧測定孔は、地盤を削孔した孔に間隙水圧を測定する区間を設けた設備である。この間隙水圧測定孔の測定データを基に全水頭等高線を作成した。なお、図中に示した標高 20m 付近の全水頭の測定精度は±0.04m^{*1}である。

*2 全水頭等高線は、間隙水圧測定孔^{*1}の各測定区間で測定した間隙水圧^{*3}と位置関係から内挿補間により求めた標高 20m の全水頭を基に一般的な知見及び地形を勘案して作成したものである。

*3 2号廃棄物埋設地掘削後(2017年6月)の測定データを利用した。

*4 添付資料 1-2 の GL-50m 以浅の深度における圧力測定器の測定誤差による。

第 9 図 3号埋設設備設置地盤標高付近の全水頭等高線図
(標高 20m 水平断面:2017年6月)



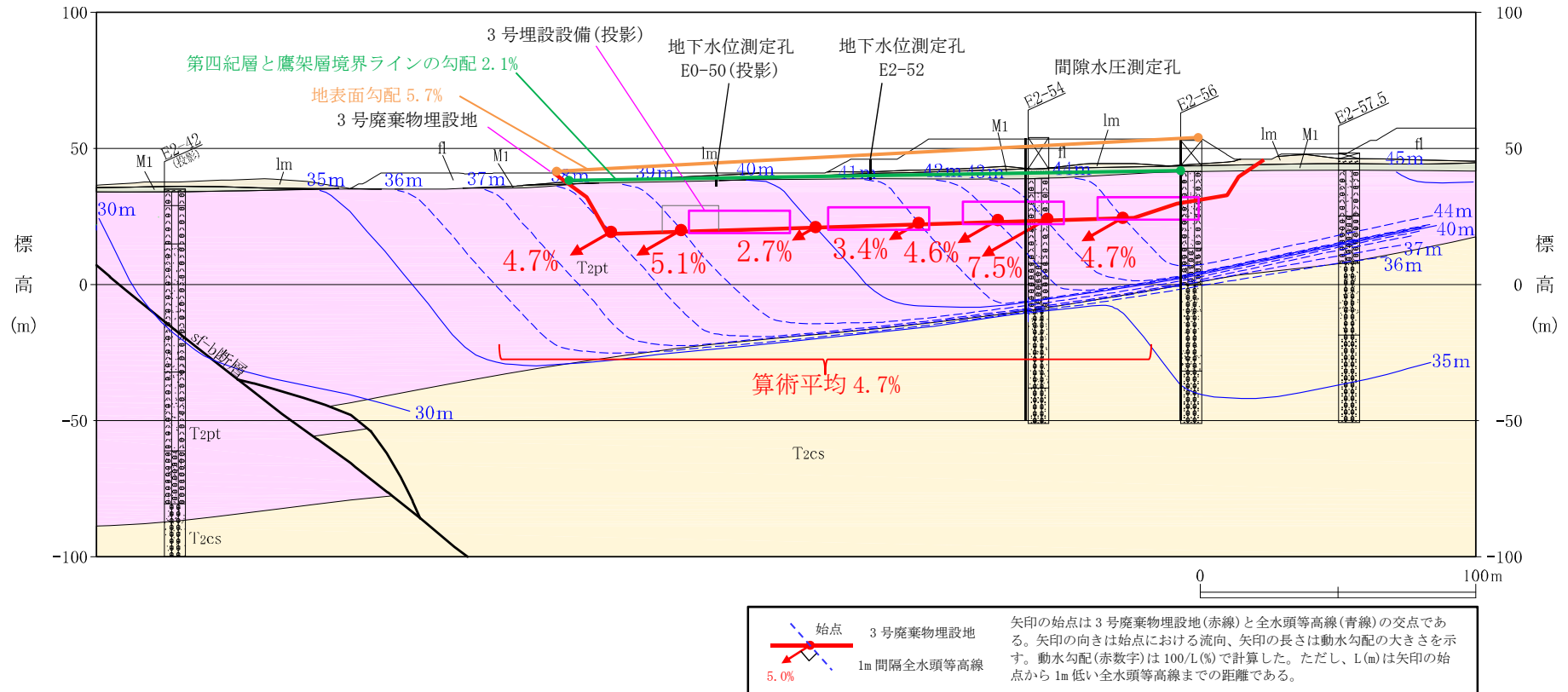
- *1 全水頭等高線は、間隙水圧測定孔^{*2}の各測定区間で測定した間隙水圧^{*4}及び位置関係から各測定深度の全水頭を基に一般的な知見^{*3}及び地形を勘案して作成したものである。
- *2 間隙水圧測定孔は、地盤を削孔した孔に間隙水圧を測定する区間を設けた設備である。この間隙水圧測定孔の測定データを基に全水頭等高線を作成した。なお、図中に示した標高20m付近の全水頭の測定精度は±0.04m^{*5}である。
- *3 第11図参照。
- *4 2号廃棄物埋設地掘削後(2017年6月)の測定データを利用した。
- *5 添付資料1-2.別紙のGL-50m以浅の深度における圧力測定器の測定誤差による。

第10図 3号廃棄物埋設地付近の全水頭分布図(南北方向E2測線鉛直断面:2017年6月)(1/2)

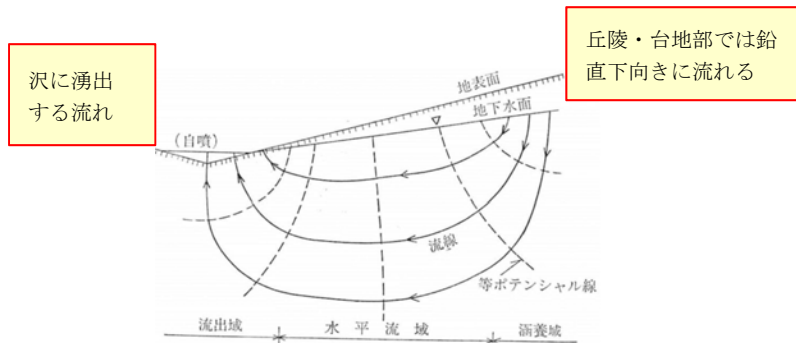
地下水面の動水勾配

孔番	E0-50(投影)	E2-52	E2-54	E2-56
地下水面標高(m)*1	38.8	42.8	44.8	43.9
孔間距離(m)	-	67.5	59.5	55.5
地下水面の動水勾配(%)	-	5.9	3.4	1.6
	平均	4.6		

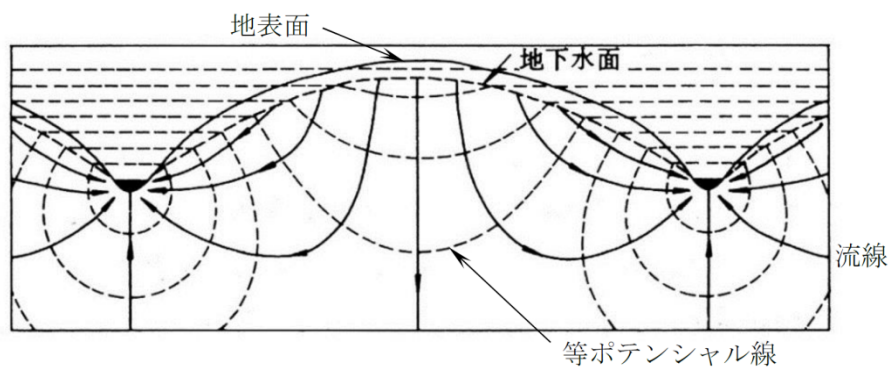
*1 2017年6月1日の地下水位測定データである。



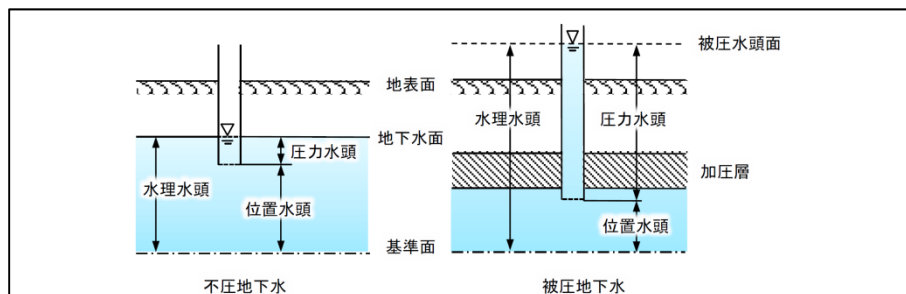
第10図 3号廃棄物埋設地付近の全水頭分布図(南北方向E2測線鉛直断面:2017年6月)(2/2)



(a) 水理ポテンシャルと地下水流動系^{*1}



(b) 均質な帯水層の流線^{*1}



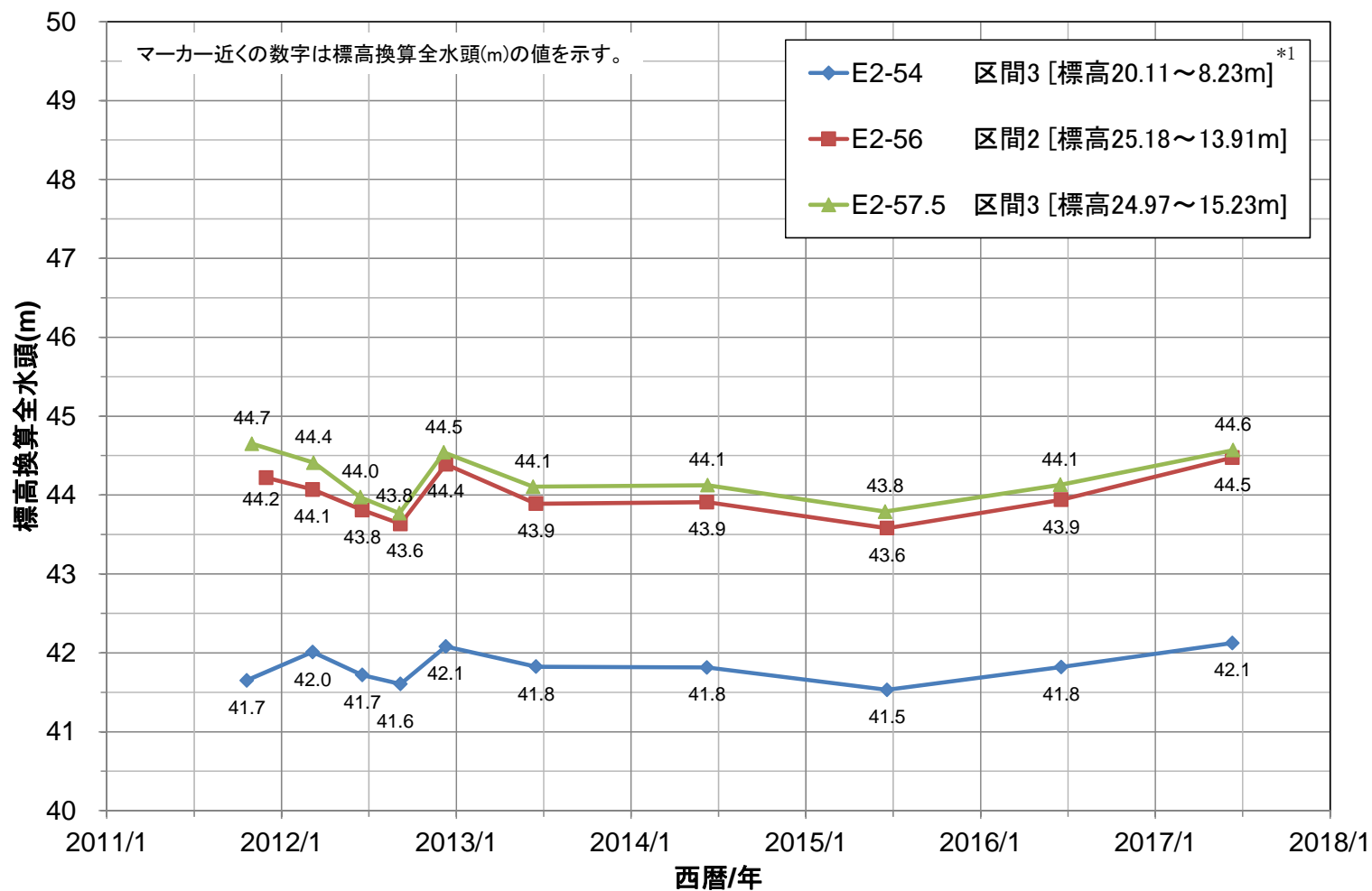
(c) 地下水位と水頭の物理的意味^{*1}

【用語】

- **水理ポテンシャル**：流体のエネルギー状態を表すもので、流れはこの値の高い方から低い方に生じる。地下水などの間隙流体の水理ポテンシャルは、位置ポテンシャルと圧力ポテンシャルの和として表される。
- **全水頭**：任意の地点の水のエネルギーの状態(水理ポテンシャル・・・(c)では水理水頭と表記)を水柱の高さに換算して、例えばメートル単位で表したものを。位置ポテンシャル、圧力ポテンシャルのそれぞれに対応するものとして位置水頭、圧力水頭がある。
- **位置水頭**：水的位置水頭のこと。重力ポテンシャルともいう。
- **圧力水頭**：水の圧力エネルギーのこと。

*1 内閣官房水循環政策本部事務局、地下水マネジメント導入のススメ 技術資料編 地下水用語集p19～p20より引用。

第 11 図 地下水流動系と水理ポテンシャルに係る一般的な知見



第 12 図 3号埋設設備設置地盤標高付近の間隙水圧測定孔における全水頭の時系列データ(南北方向 E2 測線沿い:2011年10月~2017年6月)

*1 区間は第8図の間隙水圧測定区間を示す。

2. 放射性物質を含む地下水が分水界の北側へ移行した場合の線量評価について

(1) 地下水が北側へ移行した場合に想定される被ばく経路

廃棄物埋設地を通過する地下水は、事業所敷地中央部の沢を経て尾駸沼に流出し太平洋に至るとしているが、仮に廃棄物埋設地を通過する地下水が北部の老部川に流入する場合には、老部川付近に人が住んでいることを踏まえて適切に評価を行う必要がある。河川水を生活用水等に利用することによる被ばくとしては、河川水の飲用による被ばく、河川中の水産物の摂取による被ばく、河川水を利用して生産される農畜産物の摂取及び灌漑作業による被ばくが想定される。

したがって、本評価では河川の利用に伴う被ばく経路として考慮する人間活動は以下として以下を設定する。

- ① 河川水の飲用
- ② 漁業従事者による河川水中の水産物の摂取
- ③ 農業従事者による河川水を利用して生産される灌漑農産物の摂取
- ④ 畜産従事者による河川水を利用して生産される畜産物の摂取
- ⑤ 農業従事者による河川水を利用する灌漑作業

これらは廃棄物埋設地を通過する地下水が南側の尾駸沼に移行し、尾駸沼が河川化した後の被ばく経路と同様である。

(2) 評価パラメータの比較

老部川の利用に伴う被ばく経路と廃棄物埋設地の南の尾駸沼又は尾駸沼が河川化した後の河川利用による被ばく経路におけるパラメータの比較を第1表に示す。その他のパラメータについては共通とした。

なお、今回は放射性物質を含む地下水が分水界の北側へ移行した場合の線量評価を行うために、廃棄物埋設地を通過した地下水が全て北側に流れると仮定して評価を行った。

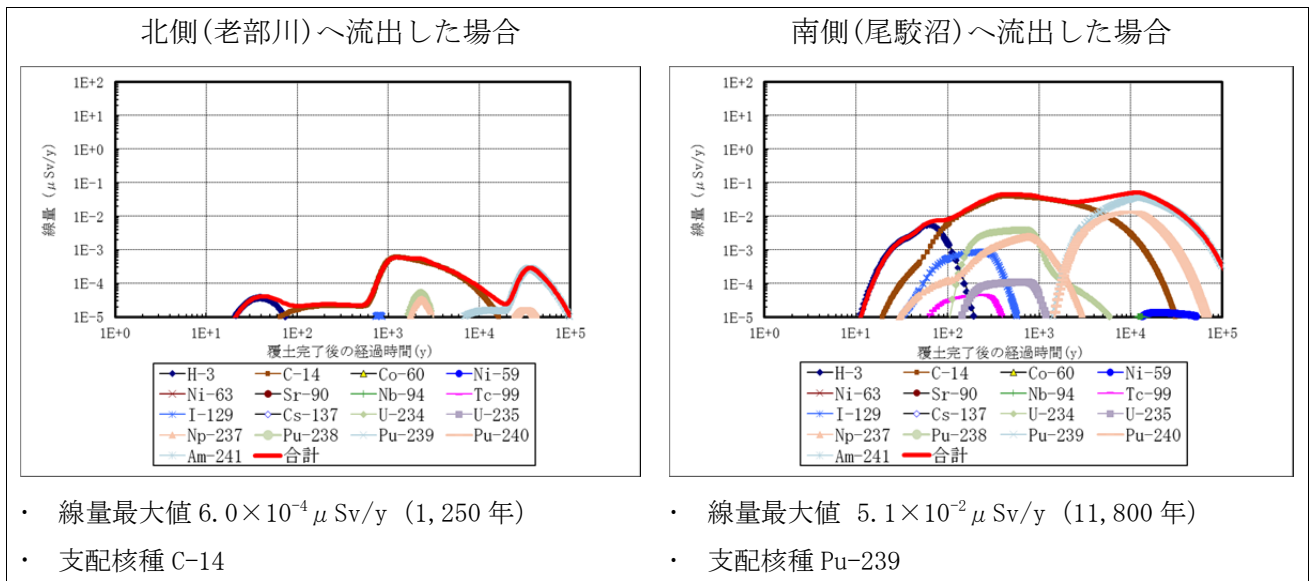
第1表 評価パラメータの比較

	河川化後の尾駸沼	老部川	備考
交換水量 (m^3/y)	$\sim 1.3 \times 10^7$	1.4×10^7	老部川の交換水量に関しては、尾駸沼及び老部川の平水流量 $\times 365$ 日より設定。
河川までの 移行距離 (m)	1号：20 2号：20 3号：30	1号：190 2号：200 3号：350	埋設設備から最短の直線距離。 老部川への移行距離は事業所敷地境界までの距離を参考に設定。

(3) 線量評価結果への影響

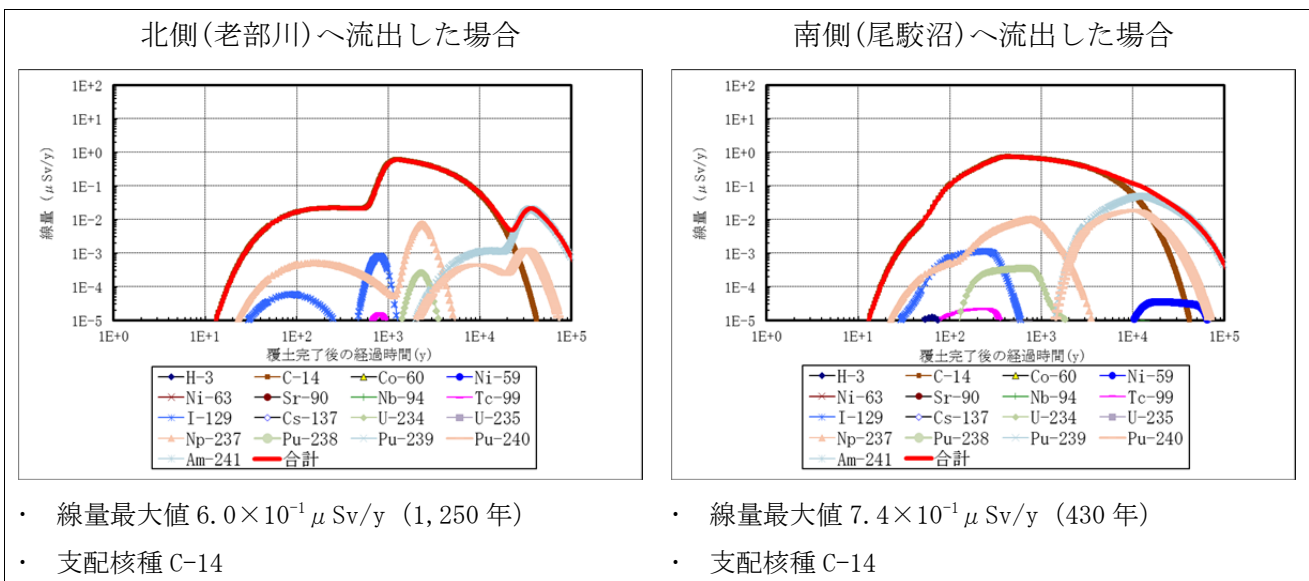
線量評価結果への影響を比較するため、3号廃棄物埋設施設の確からしい自然事象シナリオにおける寒冷化ケースの河川の利用に伴う被ばく経路として考慮する人間活動における線量評価結果を第13図から第17図に示す。

① 河川水の飲用



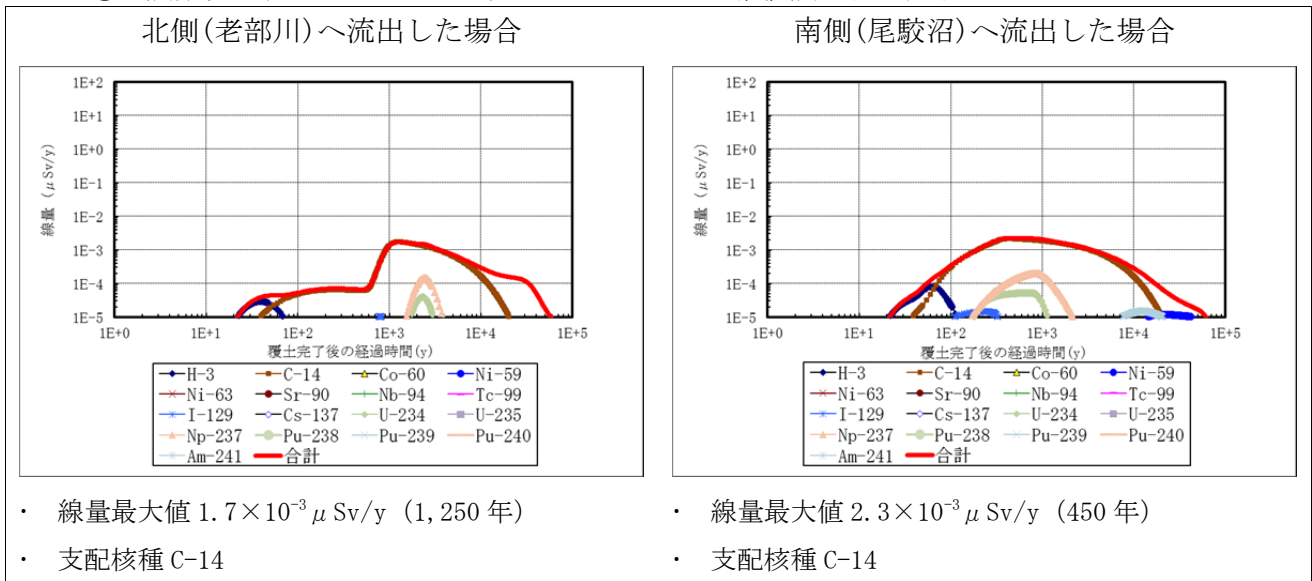
第13図 河川水の飲用の線量評価

② 漁業従事者による河川水中の水産物の摂取



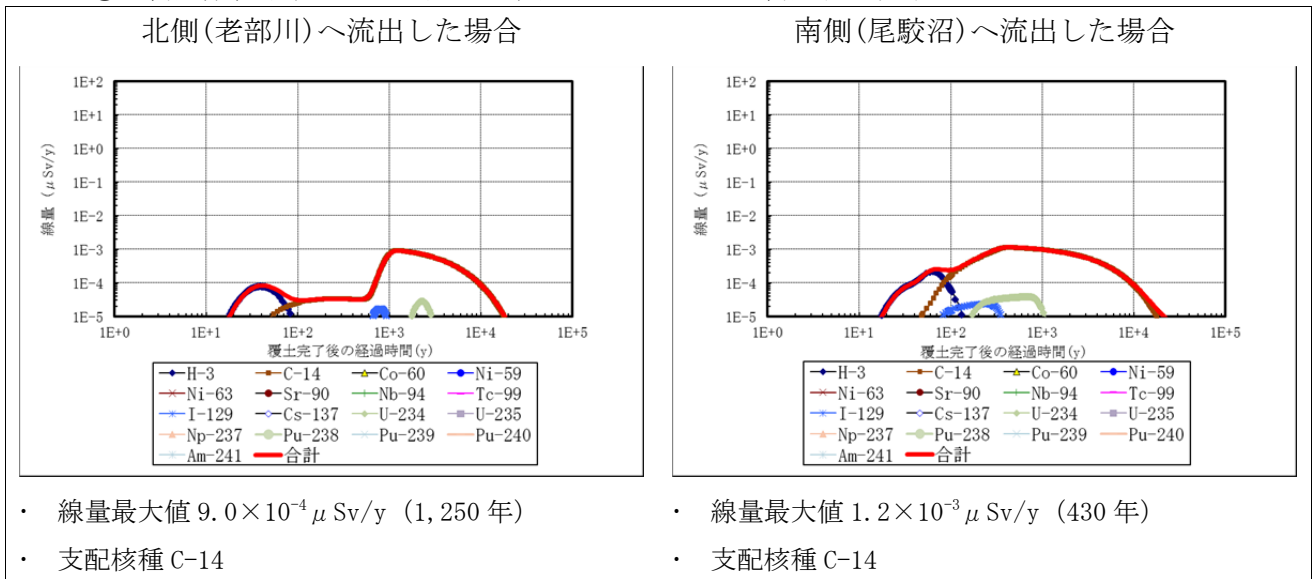
第14図 河川水中の水産物の摂取の線量評価

③ 農業従事者による河川水を利用して生産される灌漑農産物の摂取



第 15 図 河川水を利用して生産される灌漑農産物の摂取の線量評価

④ 畜産業従事者による河川水を利用して生産される畜産物の摂取

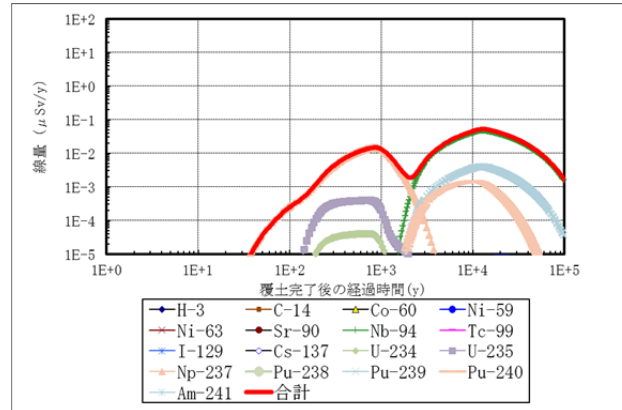
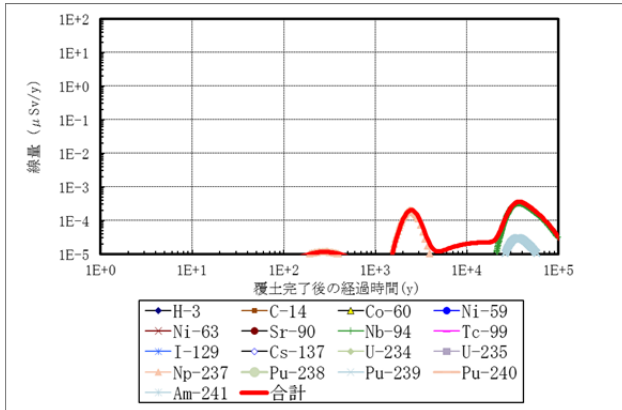


第 16 図 河川水を利用して生産される畜産物の摂取の線量評価

⑤ 農業従事者による河川水を利用する灌漑作業

北側(老部川)へ流出した場合

南側(尾駁沼)へ流出した場合



- 線量最大値 $3.6 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/y}$ (37,200年)
- 支配核種 Nb-94

- 線量最大値 $5.3 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/y}$ (12,800年)
- 支配核種 Nb-94

第 17 図 河川水を利用する灌漑作業の線量評価

これらの結果から、北側(老部川)へ流出した場合と南側(尾駁沼)へ流出した場合を比較すると、放射性核種の移行距離の差による生活圏へ漏出したときの減衰差及び事業所敷地中央部の沢を含む評価対象地点の交換水量による希釈差により、南側(尾駁沼)へ流出した場合の方が線量が高くなる。

また、本評価においては廃棄物埋設地を通過した地下水が全て北側に流れるとして設定しているが、北側に流れる地下水量を適切に設定することにより、更に線量値は小さくなる。

地下水位測定方法

地下水位及び地下水流向を調査するため、事業所敷地内において地下水位測定を行った。地下水位測定は、地盤工学会基準 JGS 1312-2012「観測井による砂質・礫質地盤の地下水位測定方法」*1に準じて行った。

地下水位測定の装置及び測定の概要を第1図に、自動計測装置の仕様を第1表に示す。

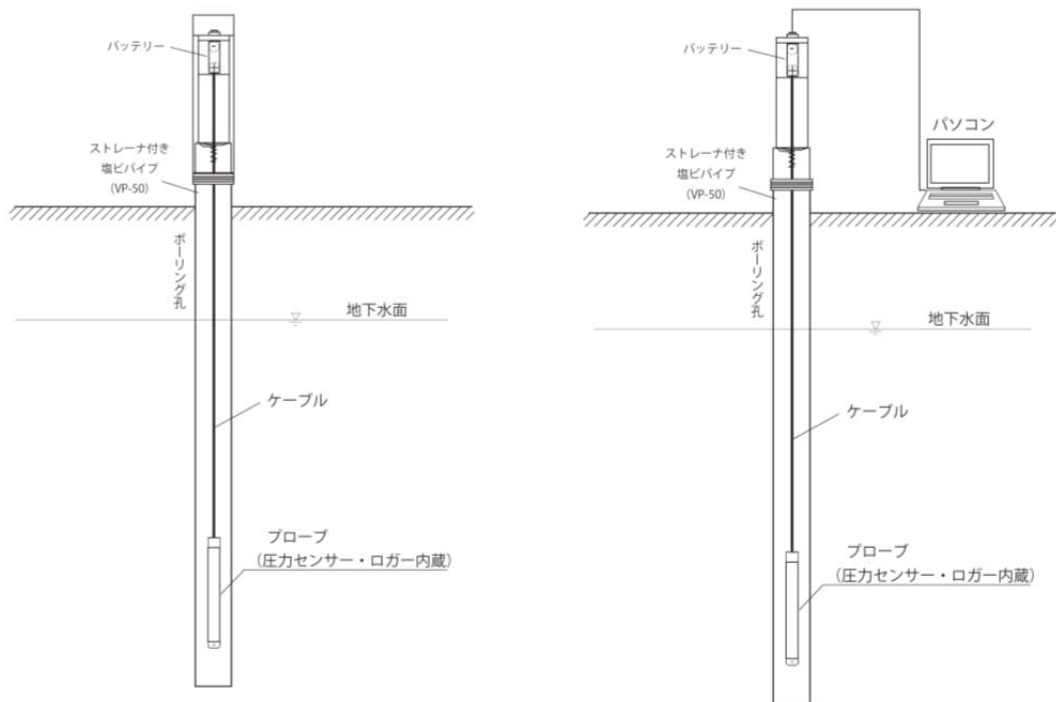
地下水位測定は、圧力センサを設置して連続的に自動計測する方法、触針式水位計の巻尺の先についている地下水面を検出する触針器を孔内に下ろして孔口から地下水面までの深さを計測する手動式の方法の2種類を用いた。

自動計測装置は、SDL(1996年以降)及びDSC(2004年以前)を用いた(1996年～2004年はSDL及びDSCが混在)。

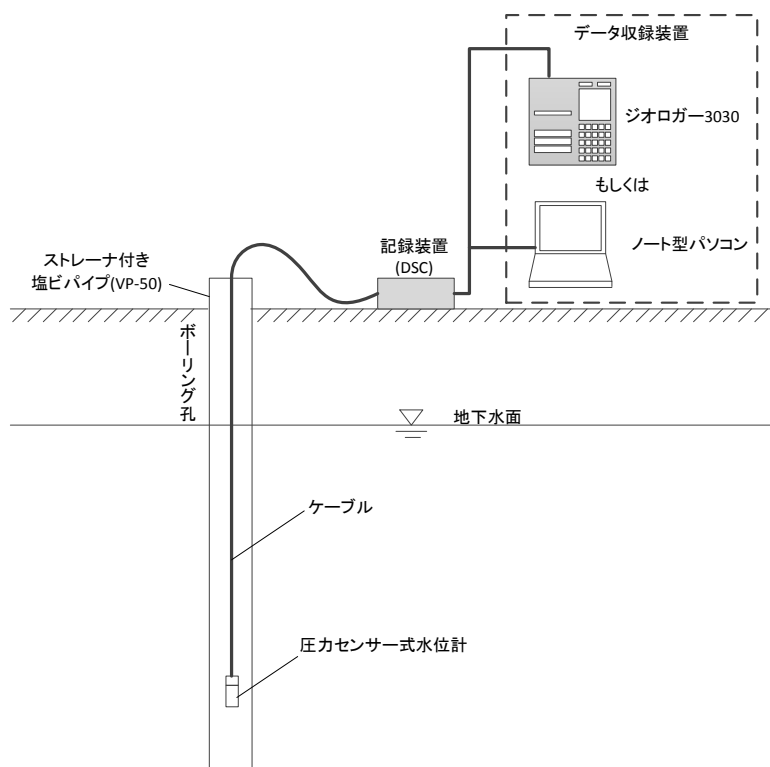
自動計測装置からのデータ収録は、SDLの場合は、専用のソフトを備えたパソコンをロガーから連続する地上部のコネクタに接続して行った。また、DSCの場合は、記録装置(DSC)と収録装置(ジオロガー3030若しくは専用ソフトを備えたノート型パソコン)を接続して行った。

自動計測装置の測定精度は、第1表の水位測定範囲と圧力センサ精度から水頭換算で $\pm 0.01\text{m}$ ～ $\pm 0.05\text{m}$ 、手動式(触針式)の測定精度は触針式水位計の目盛が 0.01m 間隔であることから $\pm 0.01\text{m}$ である。地下水位測定孔の管頭標高及び圧力センサ設置深度については 0.01m 間隔目盛の標尺を基に標高や深度を求めている。また、地下水面標高は、これらの自動計測装置から得られる水頭値(圧力センサより上方の水柱の高さ)、地下水位測定孔の管頭標高、圧力センサの管頭から設置深度を用いて加算・減算から求められる。よって、地下水位測定から求められる地下水面標高の精度は、これらの水頭値、管頭標高及び設置深度の精度のうち最も悪い場合と同じ $\pm 0.05\text{m}$ となる。

*1 表記した地盤工学会基準の制定(改訂)前の測定についても、学会基準の測定方法に準拠していることから、学会基準名及び番号の最新版を用いて表記した。

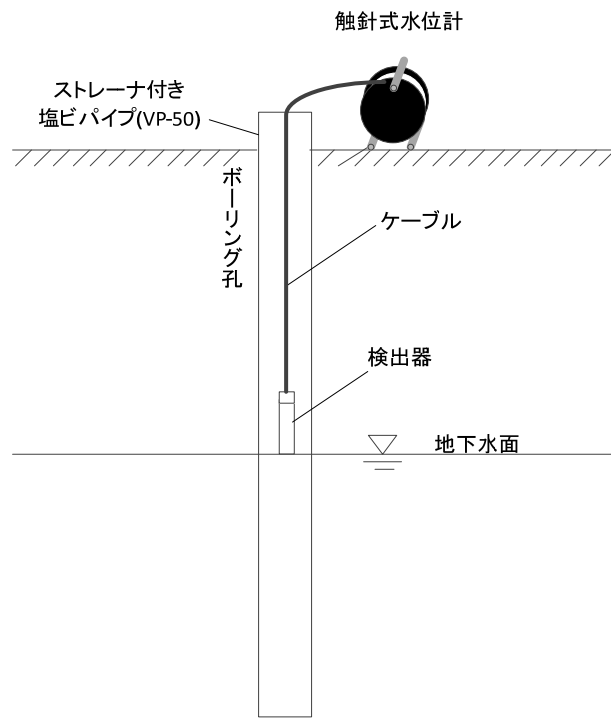


(a) 自動計測(SDL) (左：観測状況、右：データ収録状況)



(b) 自動計測(DSC)

第 1 図 地下水位測定装置及び測定の概要(1/2)



(c) 触針式水位計による測定

第1図 地下水位測定装置及び測定概要(2/2)

第1表 自動計測水位計 (SDL) の仕様 (1/2)

水位測定範囲 (FS)	10m、20m	<p>外観・構造</p>  <p>RS-232C</p> <p>乾電池</p> <p>プローブ (センサー & データロガー)</p>
圧力センサ精度	±0.1%FS	
記憶容量	57,000 データ	
測定間隔	1分～10日 (1分間隔で設定可能)	
電源	単一アルカリ電池×3本 (又は専用リチウム電池 6V、9V)	
プローブ外径寸法	φ25mm×290mm	

第1表 自動計測水位計 (DSC) の仕様 (2/2)

圧力センサ 式水位計	水位測定範囲 (FS)	4m、10m
	圧力センサ精度	±0.5%FS
	寸法	φ26mm×175mm
デジタルス トレージレ コーダ (DSC)	チャンネル数	2
	記憶容量	2,560 データ
	測定間隔	10, 20, 30, 60 秒
		2, 3, 6, 10, 20, 30 分
		1, 2, 3, 6, 12, 24 時間
電源	UM-1×8 個	
寸法	φ108mm×400mm	

間隙水圧測定方法

間隙水圧の測定は、地盤工学会基準 JGS 1312-2012「観測井による砂質・礫質地盤の地下水水位測定方法」*1に準じて行った。

間隙水圧測定は、PIEZO 方式と MP 方式により行った。

装置及び測定の概要を第 1 図に、間隙水圧測定装置の仕様を第 2 表に示す。以下に PIEZO 方式及び MP 方式による間隙水圧測定方法について説明する。

(1) 間隙水圧測定(PIEZO 方式)

PIEZO 方式は、第 1 図(a)に示すように、パッカーで区切られた各測定区間から連続するスタンドパイプ(内径 16.5mm)内に立ち上がった水柱の水位(間隙水圧)を圧力センサ(外径 14mm)によって自動計測するシステムである。自動計測の測定間隔は 1 時間とした。

自動計測された間隙水圧データの収録は、測定データが蓄積されたデータロガーに専用のソフトを備えたパソコンを接続することによって行った。

PIEZO 方式による間隙水圧の測定精度は、第 1 表(1/2)の水位測定範囲と圧力センサ精度から水頭換算で $\pm 0.08\text{m}$ である。間隙水圧測定孔の管頭標高及び圧力センサ設置深度については 0.01m 目盛間隔の標尺を基に標高や深度を求めている。また、測定区間の標高換算全水頭は、これらの自動計測装置から得られる水頭値(圧力センサより上方の水柱の高さ)、間隙水圧測定孔の管頭標高、圧力センサの管頭から設置深度を用いて加算・減算から求められる。よって、PIEZO 方式による間隙水圧測定から求められる標高換算全水頭の精度は、これらの水頭値、管頭標高及び設置深度の精度のうち最も悪い場合と同じ $\pm 0.08\text{m}$ となる。

(2) 間隙水圧測定(MP 方式)

MP 方式は、第 1 図(b)に示すように、長さ 47cm 程度、直径 3cm 程度の円筒状の圧力測定器(プローブ)をケーシング内に挿入し、測定区間ごとに設置された測定ポートにこれをセットすることによって、ケーシングの内側から測定ポートを通して外側の間隙水圧を計測する装置である。

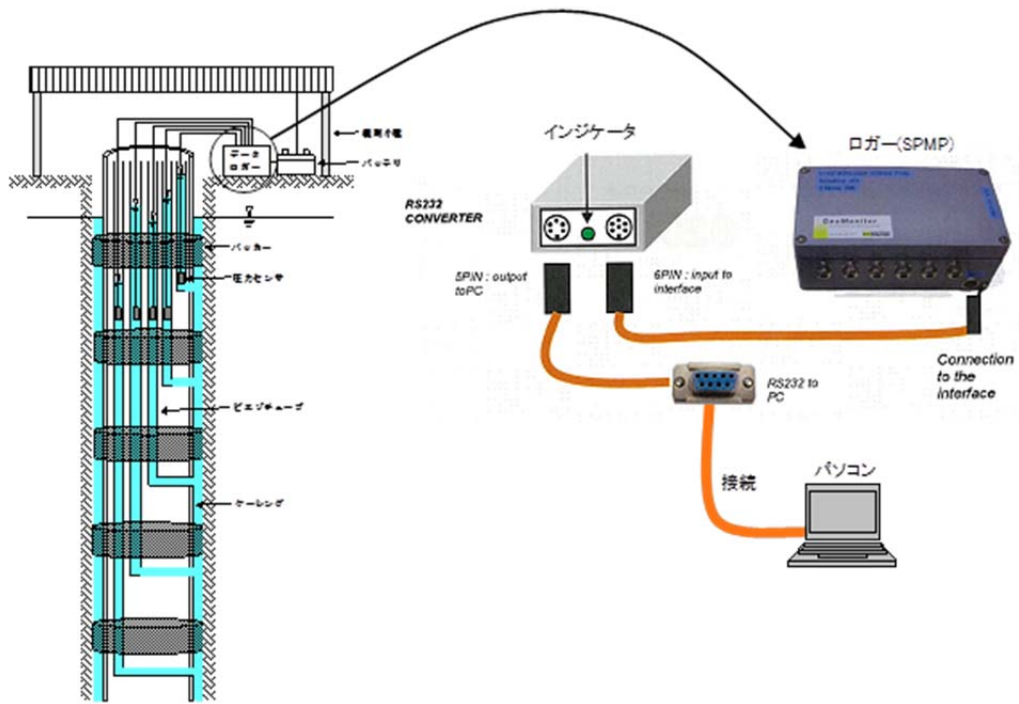
MP 方式による測定は、測定中の漏水確認のため孔内を満水にし、制御装置(MAGI)によってウィンチを制御することにより圧力測定器(プローブ)を孔内に降ろし、基本的に最下部の測定区間から開始し、順次上方の測定区間の水圧を測定及び記録をした。水圧の記録については、水圧値が安定した状態あるいは水圧の安定が遅い場合にはおおむね 10 分後の値を記録した。また、各区間の測定の前前後で大気圧、水温の測定を実施した。

MP 方式による間隙水圧の測定精度は、第 1 表(2/2)の水位測定範囲と圧力センサ精度から水頭換算で $\pm 0.35\text{m}$ である。間隙水圧測定孔の管頭標高、測定区間及び測点の深度については 0.01m 目盛間隔の標尺を基に標高や深度を求めている。また、測定区間の標高換算全水頭は、これらの自動計測装置から得られる水頭値(測定区間の水圧を大気圧補正して水頭に換算)、間隙水圧測定孔の管頭標高、測点の深度を用いて加算・減算から求

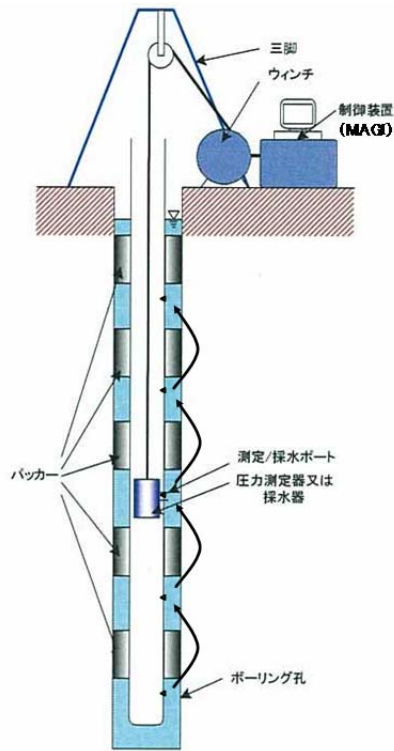
*1 表記した地盤工学会基準の制定(改訂)前の測定についても、学会基準の測定方法に準拠していることから、学会基準名及び番号の最新版を用いて表記した。

められる。よって、MP 方式による間隙水圧測定から求められる標高換算全水頭の精度は、これらの水頭値、管頭標高及び測点深度の精度のうち最も悪い場合と同じ $\pm 0.35\text{m}$ となる。

一方、圧力測定器の点検のために、MP ケーシング管頭まで満水にした状態で各測点深度における MP ケーシング内の水頭と圧力測定器により求めた水頭を比較した。地表面から 50m までの深さまでのその差の大きさは 0.04m よりも小さい*1 ことから、地表面から 50m までの深さまでの圧力測定器の精度は $\pm 0.04\text{m}$ であるといえる。



(a) PIEZO 方式



(b) MP 方式

第 1 図 間隙水圧測定装置及び測定概要

*1 別紙の MP 圧力センサ点検記録による。

第1表 間隙水圧測定装置の仕様(PIEZO方式) (1/2)

圧力センサ	水位測定範囲(FS)	30.59m
	圧力センサ精度	±0.25%FS
	寸法	外径14mm、全長300mm(錘250mm:300g)
データロガー	接続可能センサ数	16
	記憶容量	E6-40:56,992個、E6-54:53,440個
	測定間隔	1分~10日(1分間隔で設定可能)
	電源	単一アルカリ電池×4本又は12Vバッテリー

第1表 間隙水圧測定装置の仕様(MP方式) (2/2)

圧力測定器	水位測定範囲(FS)	351.6m
	圧力センサ精度	±0.1%FS
	寸法	φ28.5mm×466mm

MP圧力センサ点検記録^{*1}

校正地点名 : D0-36

測定年月日 : 2017/6/12~6/13

センサ種類 : EM-3264 Module1567 (精度:フルスケールの±0.1%)

測定レンジ : 500PSI(約3.45Mpa)

記録者 :

大気圧 : 100.2 kPa

GL-50m 以浅の深度の圧力測定器の測定誤差

測定点 No.	(A) 測定ポート深度 GL-m	MPケーシング内 水圧測定値 kPa	(B) MPケーシング内 水圧換算値 GL-m	(C) MPケーシング 立ち上がり m	測定誤差 (A-B+C)	
					m	%FS
1	17.61	278.3	18.16	0.55	0.00	0.00%
2	25.11	352.0	25.68	0.55	-0.02	-0.01%
3	32.61	425.7	33.20	0.55	-0.04	-0.01%
4	40.11	499.3	40.70	0.55	-0.04	-0.01%
5	49.11	587.6	49.70	0.55	-0.04	-0.01%
6	58.11	675.9	58.71	0.55	-0.05	-0.01%
7	67.11	764.1	67.71	0.55	-0.04	-0.01%
8	77.61	867.1	78.21	0.55	-0.05	-0.01%
9	85.11	940.8	85.72	0.55	-0.06	-0.02%
10	95.61	1043.6	96.21	0.55	-0.04	-0.01%
11	103.11	1117.2	103.71	0.55	-0.04	-0.01%
12	112.11	1205.3	112.70	0.55	-0.04	-0.01%
13	121.11	1293.5	121.69	0.55	-0.03	-0.01%
14	131.61	1396.4	132.18	0.55	-0.02	-0.01%
15	142.11	1499.2	142.67	0.55	-0.01	0.00%
16	152.61	1602.0	153.15	0.55	0.02	0.00%
17	163.11	1704.7	163.62	0.55	0.04	0.01%
18	170.61	1778.2	171.12	0.55	0.04	0.01%
19	181.11	1881.0	181.59	0.55	0.07	0.02%
20	191.61	1984.2	192.12	0.55	0.04	0.01%
21	202.11	2087.1	202.61	0.55	0.05	0.01%
22	212.61	2189.9	213.10	0.55	0.06	0.02%
23	223.11	2292.6	223.57	0.55	0.09	0.03%
24	230.61	2366.1	231.07	0.55	0.09	0.03%
25	241.11	2469.0	241.55	0.55	0.11	0.03%
26	251.61	2572.0	252.06	0.55	0.10	0.03%
27	262.11	2675.0	262.56	0.55	0.10	0.03%
28	272.61	2777.5	273.01	0.55	0.15	0.04%
29	280.11	2851.3	280.54	0.55	0.12	0.03%
30	287.61	2925.7	288.12	0.55	0.04	0.01%

点検結果: **合格** ・ 不合格

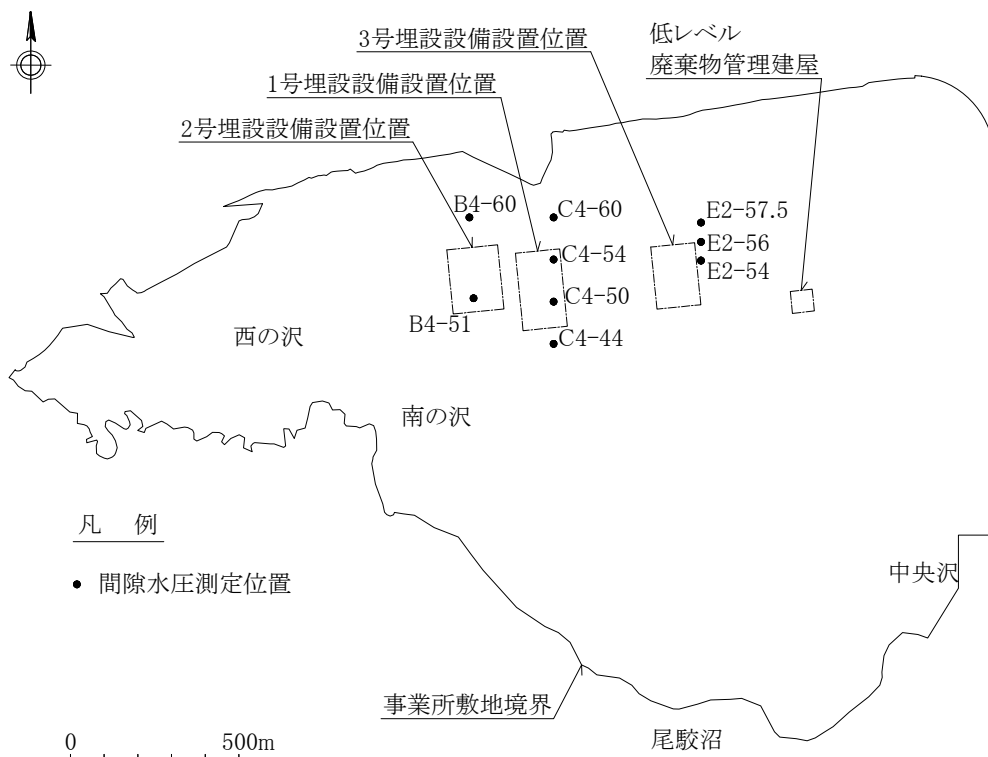
*1 3号埋設施の水文観測調査(2017年度分)のMP方式の間隙水圧測定孔のうち最も深い孔を用いて圧力センサを点検した。点検方法はMPケーシング管頭まで満水にした状態で各測定深度(測定ポート深度)におけるMPケーシング内の水頭と圧力測定器により求めた水頭を比較することによって行った。

間隙水圧測定結果

第1図に埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定位置、第2図に埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果、第1表に廃棄物埋設地付近で実施した間隙水圧測定孔における埋設設備設置地盤標高付近の間隙水圧測定値(標高換算全水頭)と間隙水圧測定孔の孔間距離から求めた間隙水圧測定孔間の地下水の動水勾配、第3図に埋設設備設置地盤標高付近の水平断面及び南北方向鉛直断面内の全水頭等高線、第2表に第3図で求めた廃棄物埋設地ごとの埋設設備設置地盤地付近の地下水の動水勾配を示す。

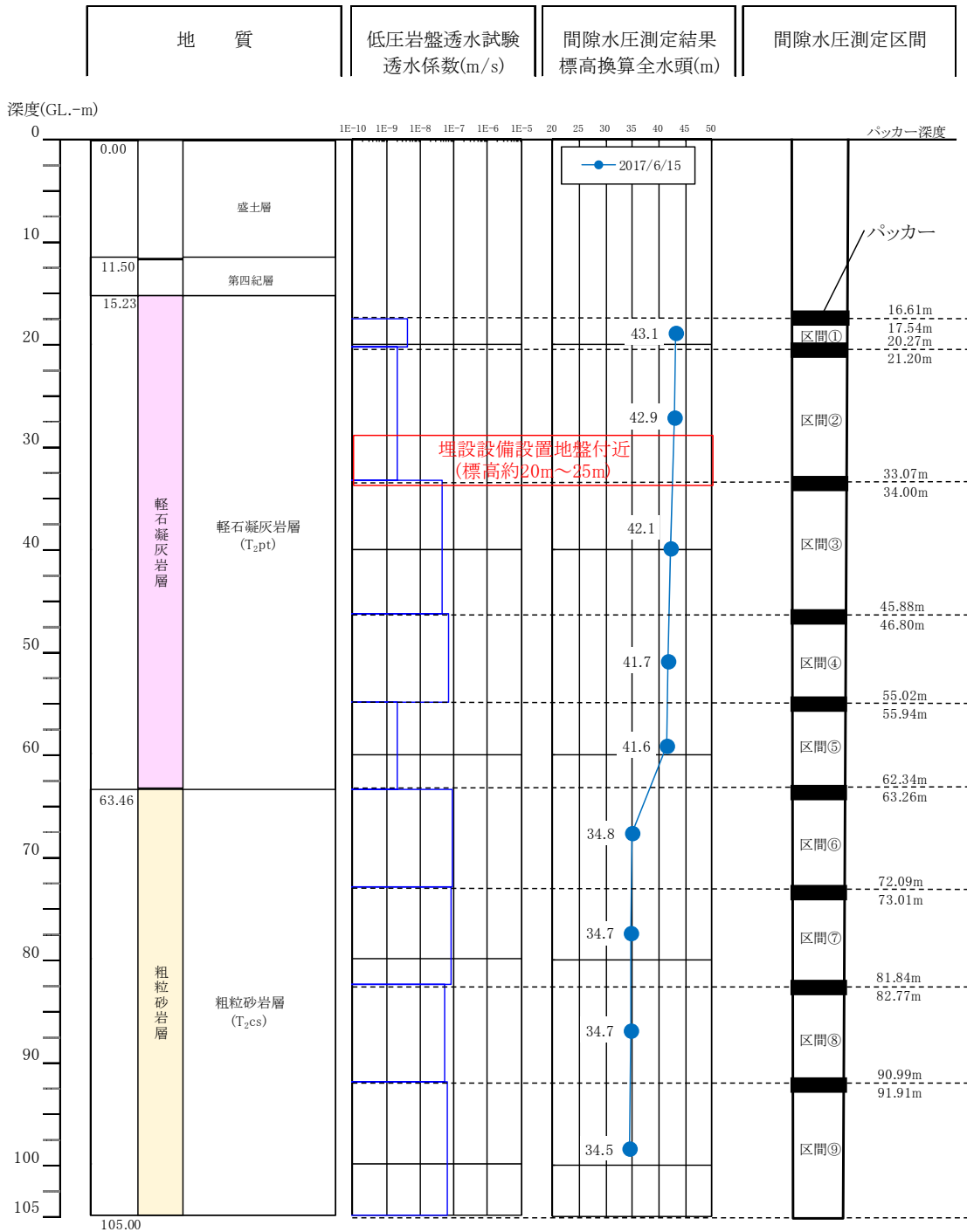
なお、間隙水圧測定データは、以下に示す各廃棄物埋設地の掘削前の時期に測定したデータを用いた。

- ・ 3号廃棄物埋設地：2017年6月
- ・ 1号廃棄物埋設地：1990年6月
- ・ 2号廃棄物埋設地：1995年5月



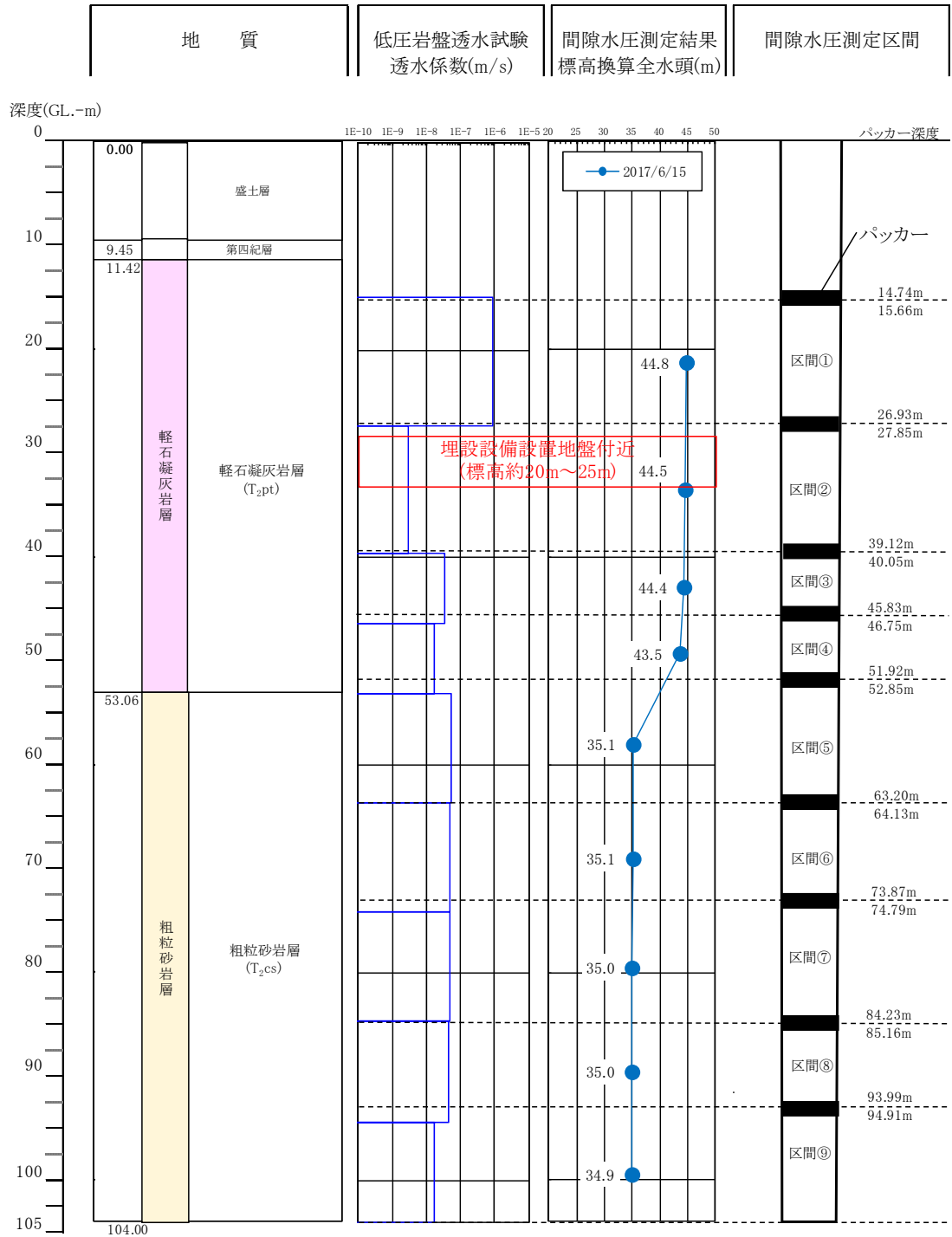
第1図 間隙水圧測定位置図

測定孔地表面標高: 54.11 m



第2図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(1/9)
(3号廃棄物埋設地付近、E2-54孔、2017年6月測定)*1

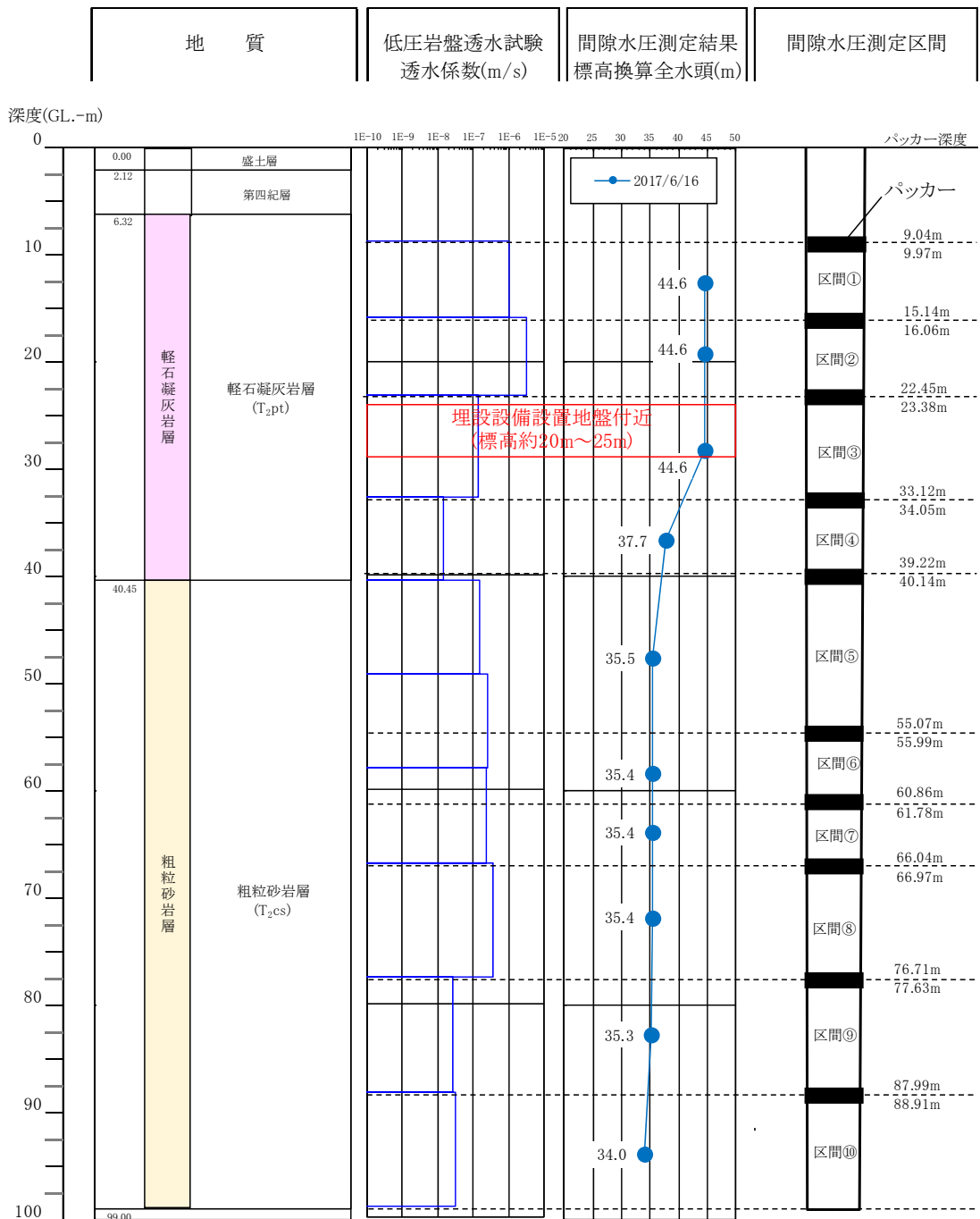
測定孔地表面標高: 53.03 m



第 2 図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果 (2/9)

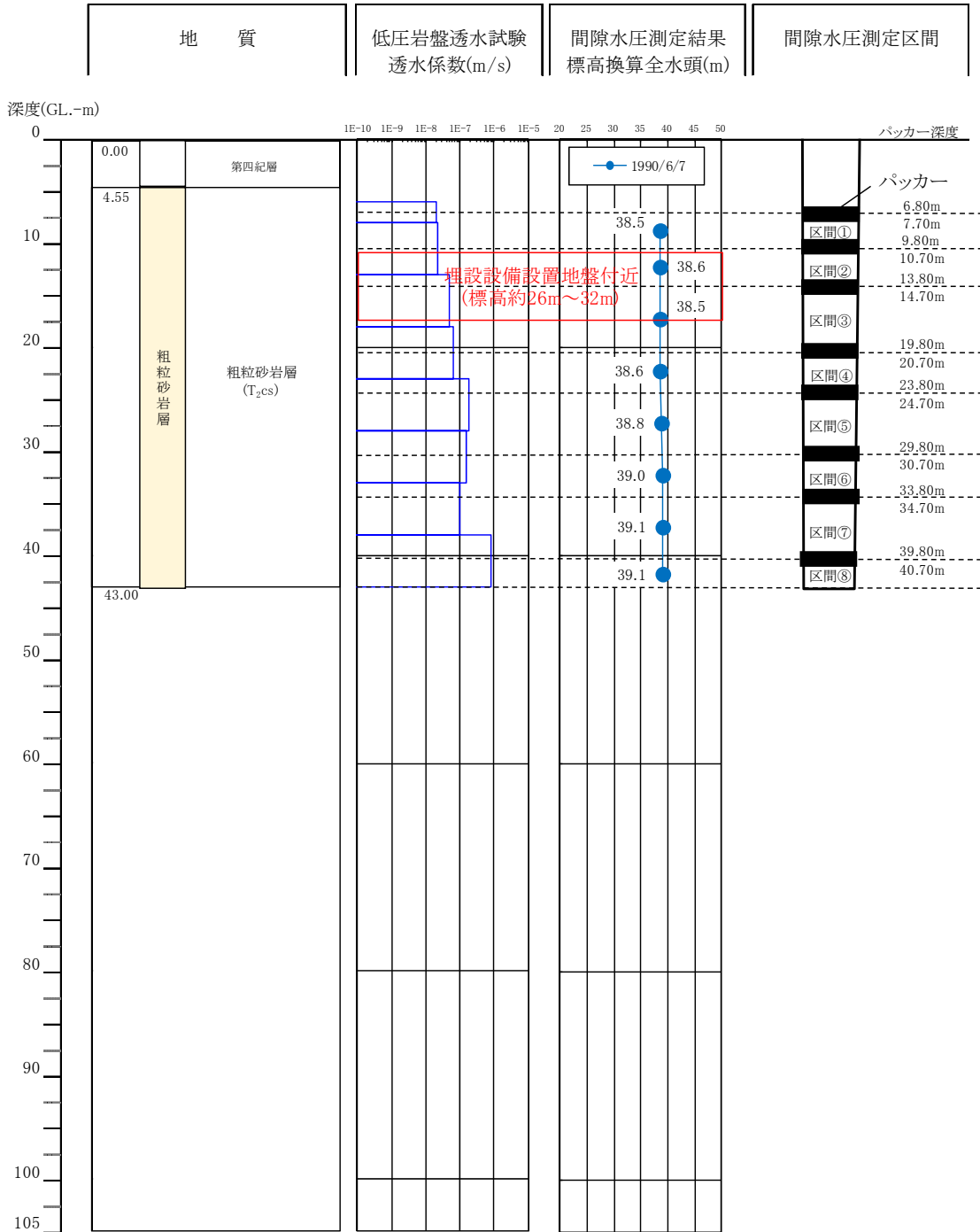
(3号廃棄物埋設地付近、E2-56孔、2017年6月測定) *1

測定孔地表面標高: 48.35 m



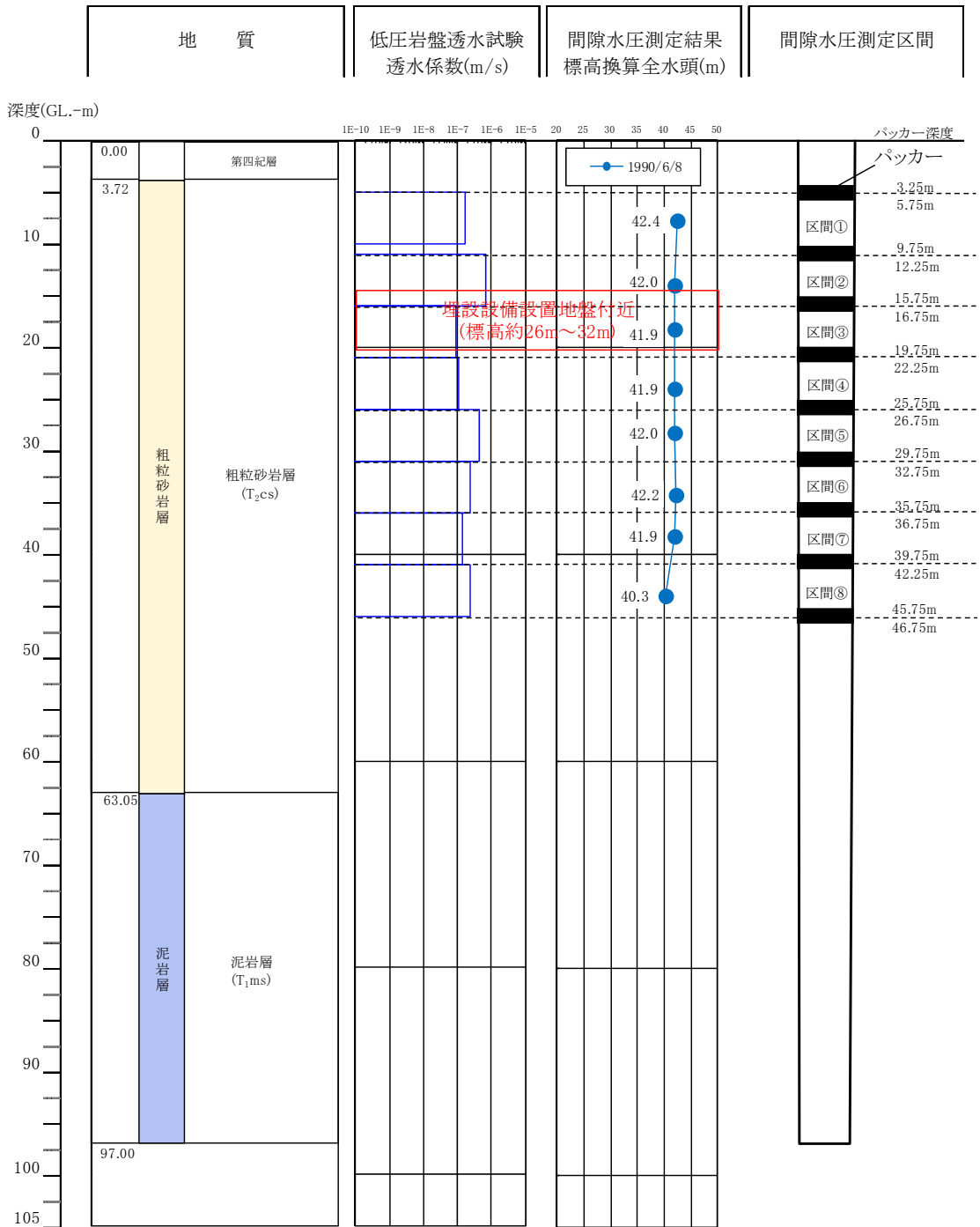
第2図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(3/9)
(3号廃棄物埋設地付近、E2-57.5孔、2017年6月測定)*1

測定孔地表面標高: 43.44 m



第2図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(4/9)
(1号廃棄物埋設地付近、C4-44孔、1990年6月測定)*1

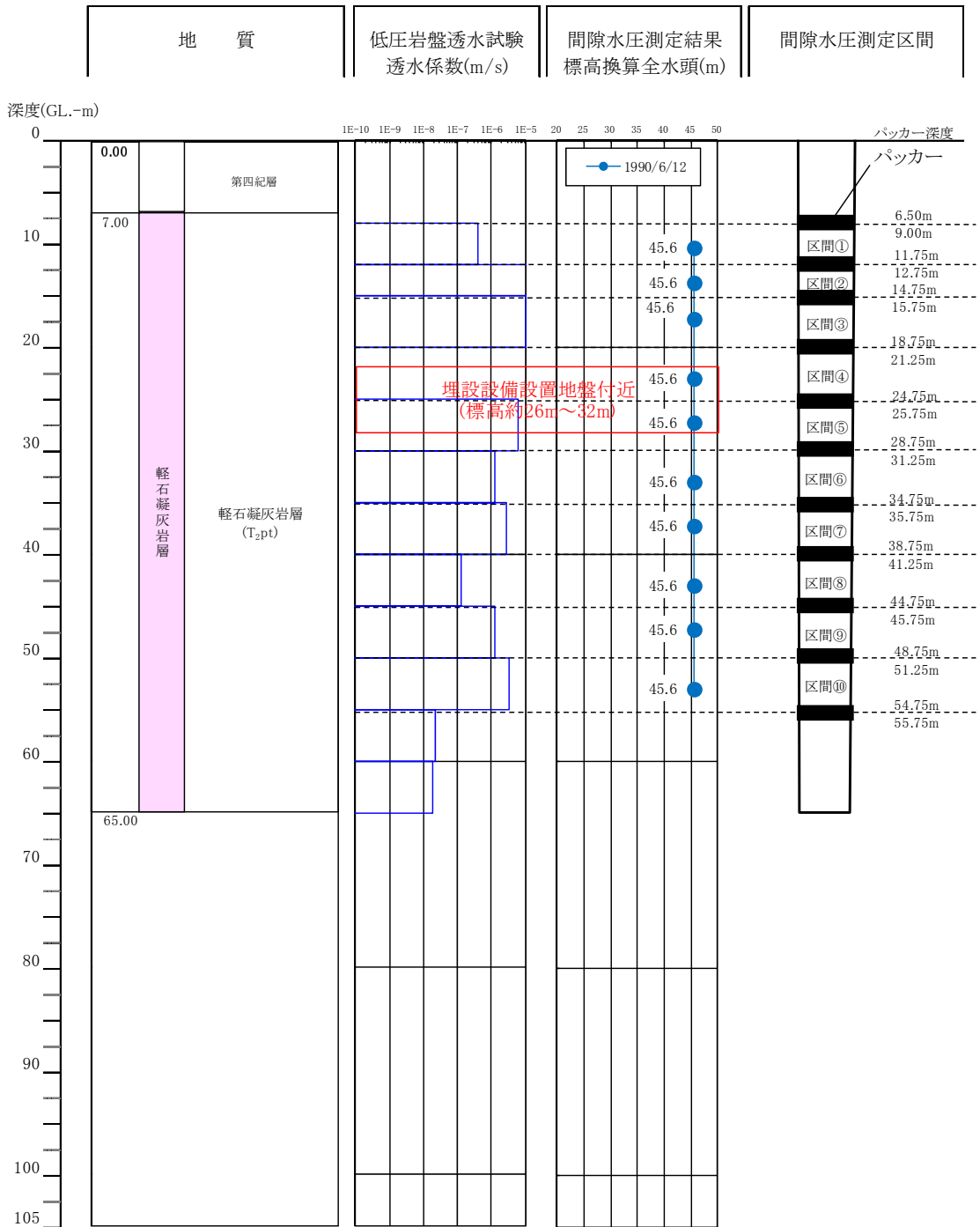
測定孔地表面標高: 46.14 m



第2図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(5/9)

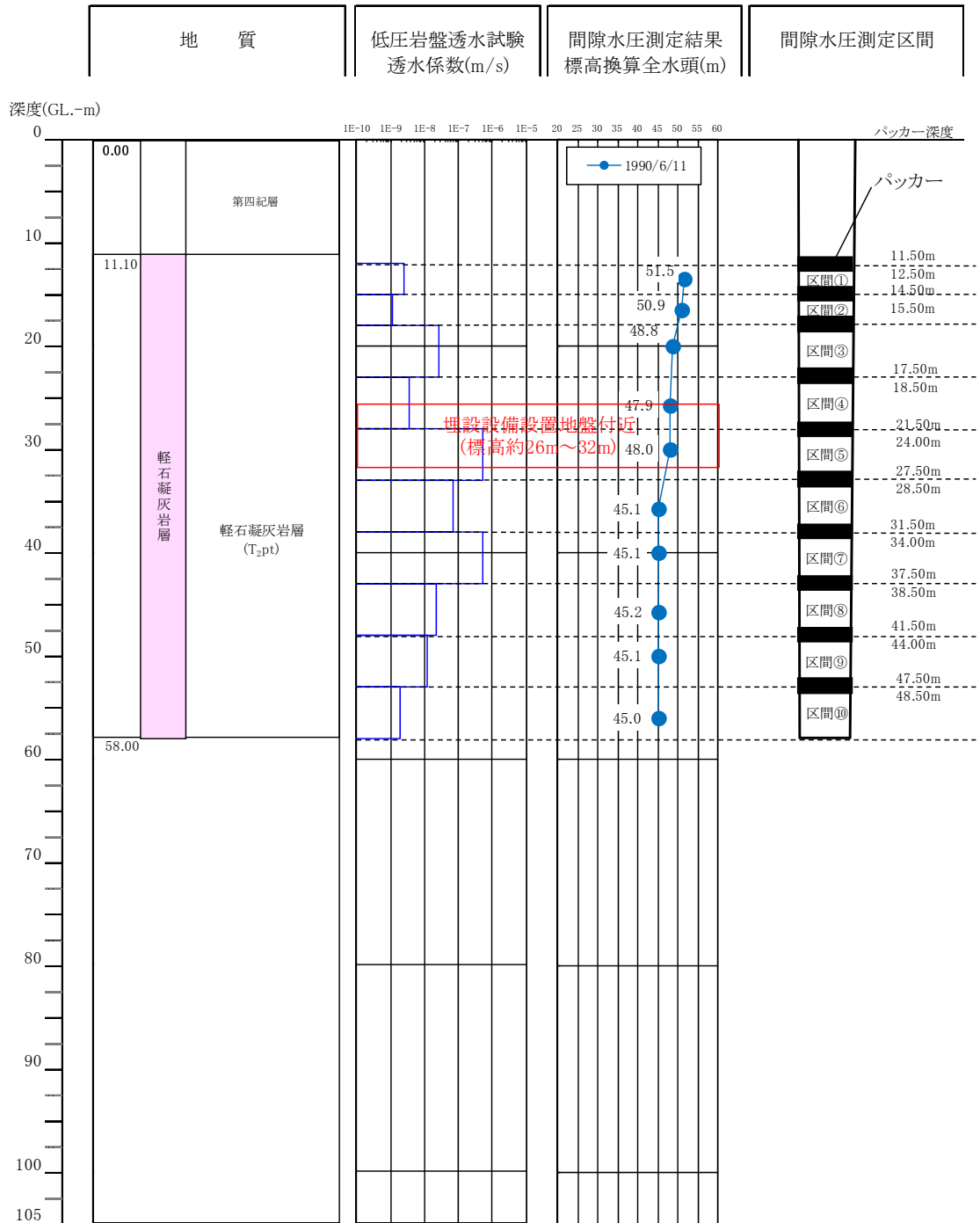
(1号廃棄物埋設地付近、C4-50孔、1990年6月測定) *1

測定孔地表面標高: 54.52 m



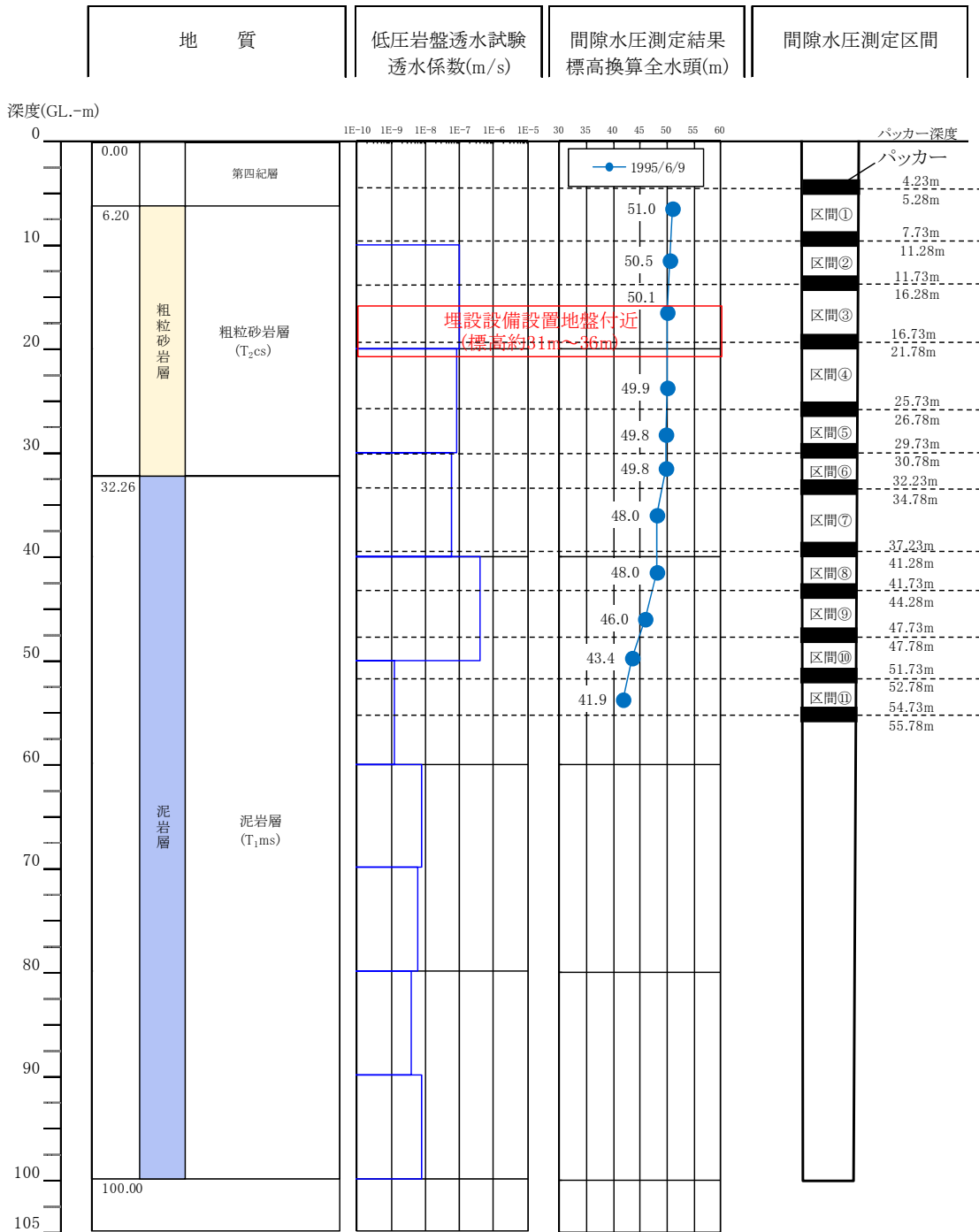
第2図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(6/9)
 (1号廃棄物埋設地付近、C4-54孔、1990年6月測定)*1

測定孔地表面標高: 57.87 m



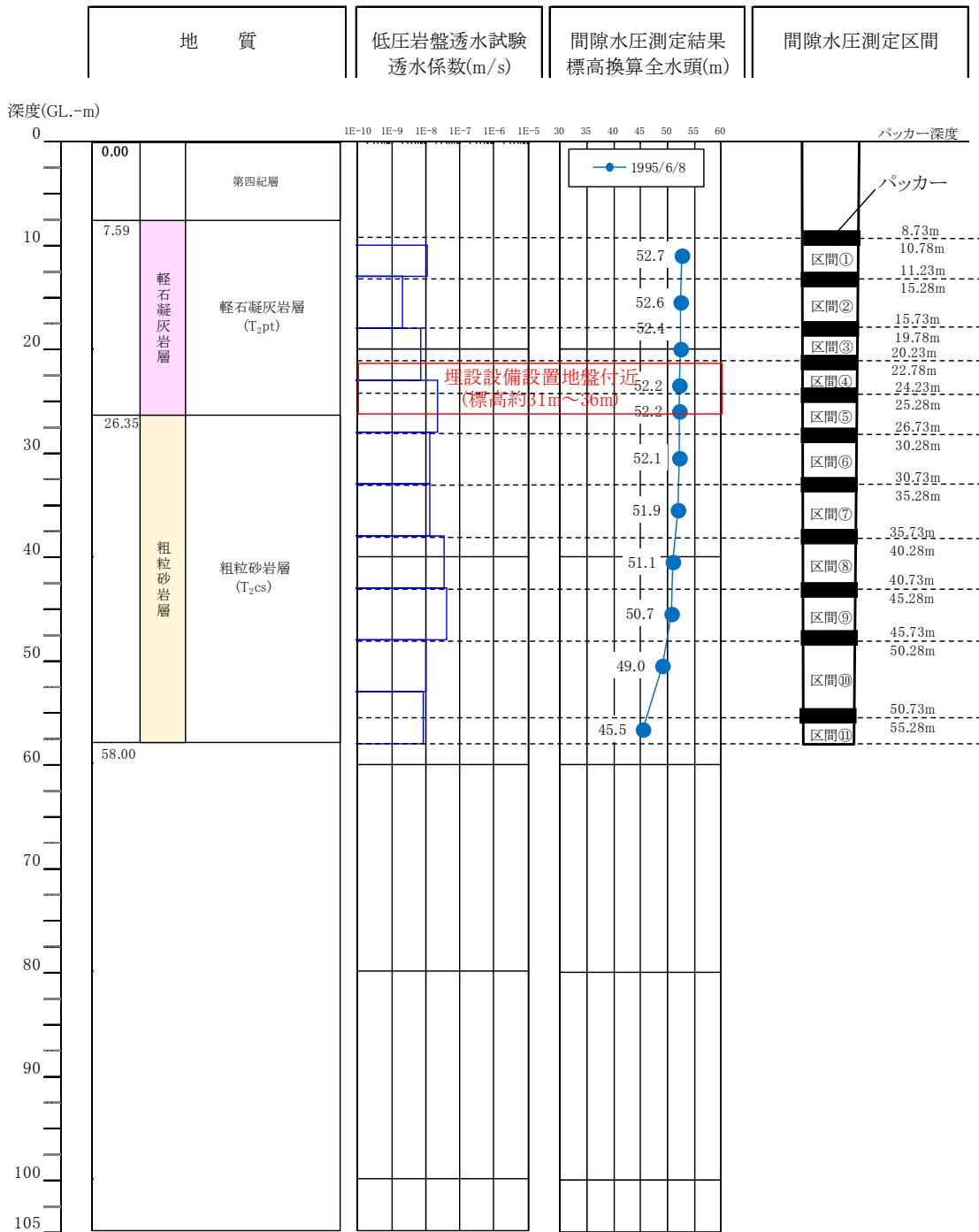
第2図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(7/9)
(1号廃棄物埋設地付近、C4-60孔、1990年6月測定)*¹

測定孔地表面標高: 52.35 m



第2図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(8/9)
(2号廃棄物埋設地付近、B4-51孔、1995年6月測定)*1

測定孔地表面標高: 57.38 m



第2図 埋設設備設置地盤付近の間隙水圧測定孔における間隙水圧測定結果(9/9)
(2号廃棄物埋設地付近、B4-60孔、1995年6月測定)*1

第1表 埋設設備設置地盤付近の地下水の動水勾配(1/3) 3号廃棄物埋設地

間隙水圧測定孔の地点名	E2-54	E2-56	E2-57.5
埋設設備設置地盤付近(標高約20m~25m)の標高換算全水頭 h (m)	42.1	44.5	44.6
間隙水圧測定孔間の全水頭差の大きさ $ \Delta h $ (m)	3.4		0.1
孔間距離 L (m)	55.5		57.3
埋設設備設置地盤付近(標高約20m~25m)の間隙水圧測定孔間の地下水の動水勾配 $100 \Delta h /L$ (%)	6.1		0.2
地下水の動水勾配の平均(%)	3.2 ^{*1}		

*1 E2-54・E2-56 孔間の地下水の動水勾配 6.1(%)と E2-56・E2-57.5 孔間の動水勾配 0.2(%)の算術平均である。

第1表 埋設設備設置地盤付近の地下水の動水勾配(2/3) 1号廃棄物埋設地

間隙水圧測定孔の地点名	C4-44	C4-50	C4-54	C4-60
埋設設備設置地盤付近(標高約26m~32m)の標高換算全水頭 h (m)	38.5	41.9	45.6	48.0
間隙水圧測定孔間の全水頭差の大きさ $ \Delta h $ (m)	3.4	3.7	2.4	
孔間距離 L (m)	125.0	125.0	125.0	
埋設設備設置地盤付近(標高約20m~25m)の間隙水圧測定孔間の地下水の動水勾配 $100 \Delta h /L$ (%)	2.7	3.0	2.0	
地下水の動水勾配の平均(%)	2.6 ^{*1}			

*1 C4-44・C4-50 孔間の地下水の動水勾配 2.7(%)と C4-50・C4-54 孔間の動水勾配 3.0(%)と C4-54・C4-60 孔間の動水勾配 2.0(%)の算術平均である。

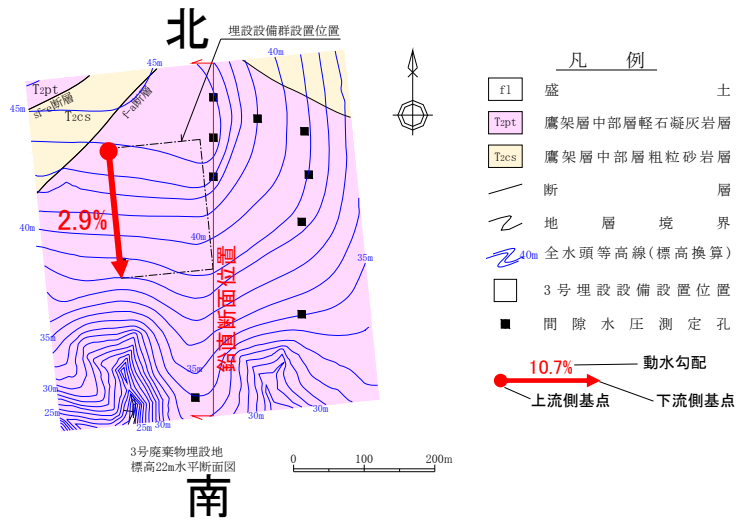
第1表 埋設設備設置地盤付近の地下水の動水勾配(3/3) 2号廃棄物埋設地

間隙水圧測定孔の地点名	B4-51	B4-60	B4-51(鉛直方向) ^{*1}	
			標高46.2m	標高21.0m
埋設設備設置地盤付近(標高約31m~36m)の標高換算全水頭 h (m)	50.1	52.2	51.0	49.8
間隙水圧測定孔間の全水頭差の大きさ $ \Delta h $ (m)	2.1		1.2 ^{*2}	
孔間距離 L (m)	239.6		25.0 ^{*2}	
埋設設備設置地盤付近(標高約20m~25m)の間隙水圧測定孔間の地下水の動水勾配 $100 \Delta h /L$ (%)	0.7		4.8 ^{*2}	
地下水の動水勾配の平均(%)	2.8 ^{*3}			

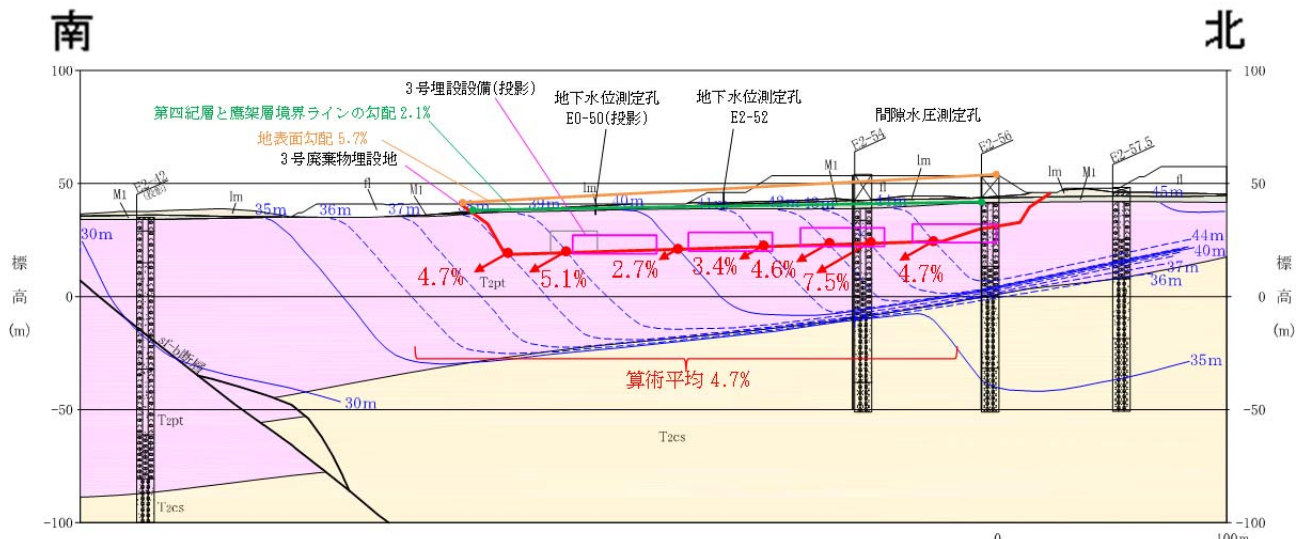
*1 鉛直下方成分の地下水流れが強いため、廃棄物埋設地範囲のB4-51で鉛直方向の地下水の動水勾配を求めた。

*2 同孔の測定区間中心標高間の動水勾配を求めるため、「孔間」を「間隙水圧測定区間中心標高間」に読み替える。

*3 B4-51・B4-60 孔間の地下水の動水勾配 0.7(%)と B4-60 孔の間隙水圧測定区間中心標高間(標高46.2m・21.0m)の動水勾配 4.8(%)の算術平均である。



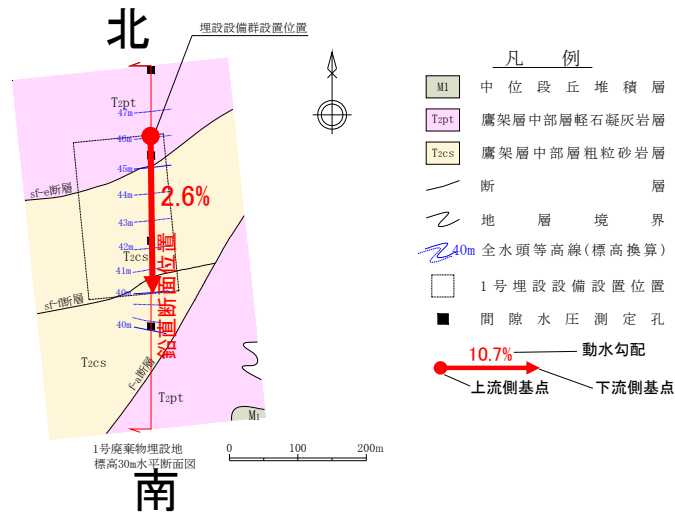
標高+22m 水平断面



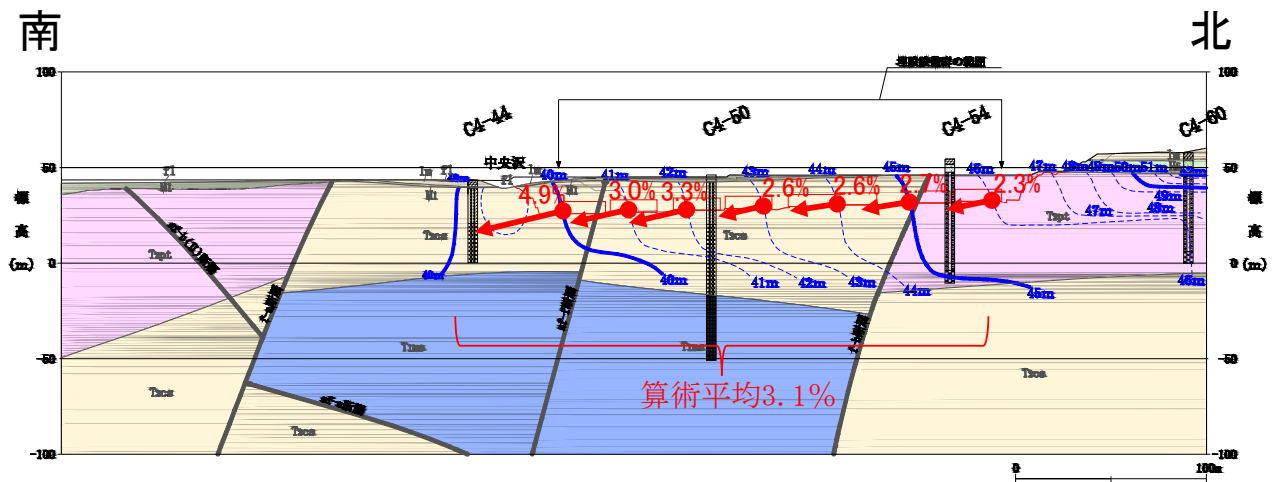
南北方向 E2 測線鉛直断面

第3図 廃棄物埋設地付近の全水頭分布図(1/3)

(3号廃棄物埋設地付近、2017年6月)



標高+30m 水平断面



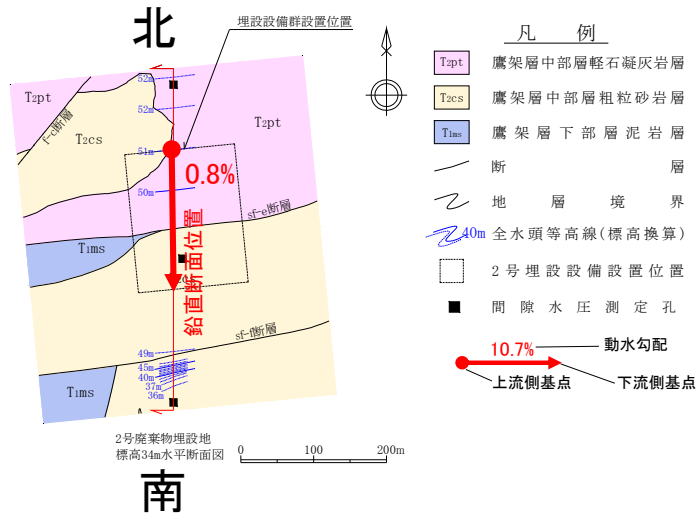
- 凡例
- f1 盛土
 - 1m 火山灰層
 - M1 中位段丘堆積層
 - H5 高位段丘堆積層
 - Tapt 鷹架層中部層軽石凝灰岩層
 - Tacs 鷹架層中部層粗粒砂岩層
 - Tams 鷹架層下部層泥岩層
 - 断層
 - 地層境界
 - 40m 全水頭等高線 (標高換算)
 - ボーリング孔
 - 柱状図凡例は、別途地質柱状図の凡例を参照

矢印の始点は1号廃棄物埋設地(赤線)と全水頭等高線(青線)の交点である。矢印の向きは始点における流向、矢印の長さは動水勾配の大きさを示す。動水勾配(赤数字)は100/L(%)で計算した。ただし、L(m)は矢印の始点から1m低い全水頭等高線までの距離である。

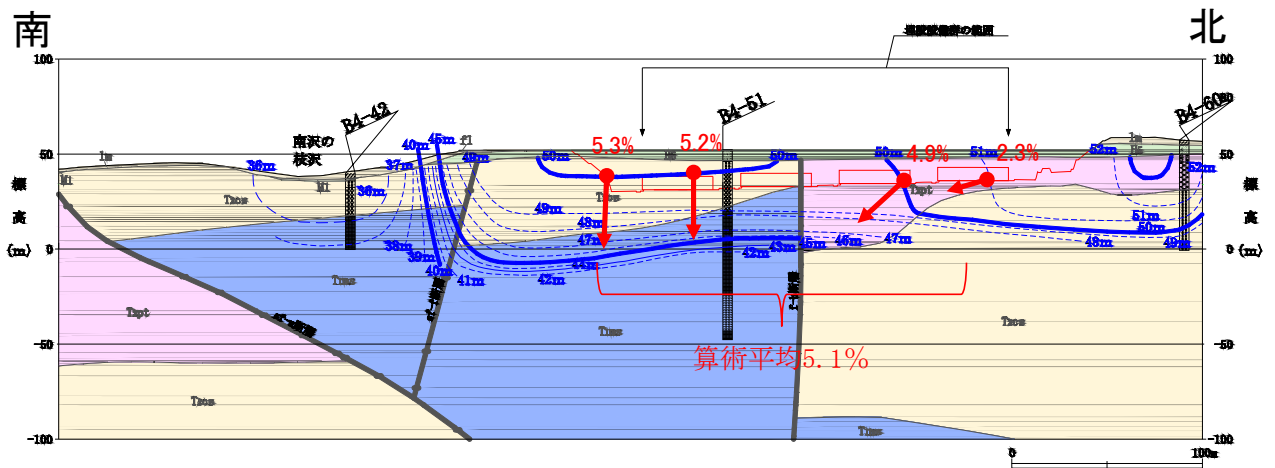
南北方向 C4 測線鉛直断面

第3図 廃棄物埋設地付近の全水頭分布図(2/3)

(1号廃棄物埋設地付近、1990年6月)



標高+34m 水平断面



- 凡 例
- f1 盛 土
 - 1m 火 山 灰 層
 - M1 中 位 段 丘 堆 積 層
 - Hs 高 位 段 丘 堆 積 層
 - T2pt 鷹架層中部層軽石凝灰岩層
 - T2cs 鷹架層中部層粗粒砂岩層
 - T1ms 鷹架層下部層泥岩層
 - 断 層
 - 地 層 境 界
 - 40m 全水頭等高線 (標高換算)
 - B4-50 ボーリング孔
 - 柱状図凡例は、別途地質柱状図の凡例を参照

始点 2号廃棄物埋設地 矢印の始点は2号廃棄物埋設地(赤線)と全水頭等高線(青線)の交点である。矢印の向きは始点における流向、矢印の長さは動水勾配の大きさを示す。動水勾配(赤数字)は100/L(%)で計算した。ただし、L(m)は矢印の始点から1m低い全水頭等高線までの距離である。

5.0%

1m 間隔全水頭等高線

南北方向 B4 測線鉛直断面

第3図 廃棄物埋設地付近の全水頭分布図(3/3)

(2号廃棄物埋設地付近、1995年6月)

第2表 埋設設備設置地盤付近の地下水の動水勾配

廃棄物埋設地	埋設設備設置地盤付近の地下水の動水勾配(%)	
	平均*1	範囲
3号廃棄物埋設地	4.7	2.7～7.5
1号廃棄物埋設地	3.1	2.3～4.9
2号廃棄物埋設地	5.1	2.3～5.3

*1 個々の値の算術平均とした。

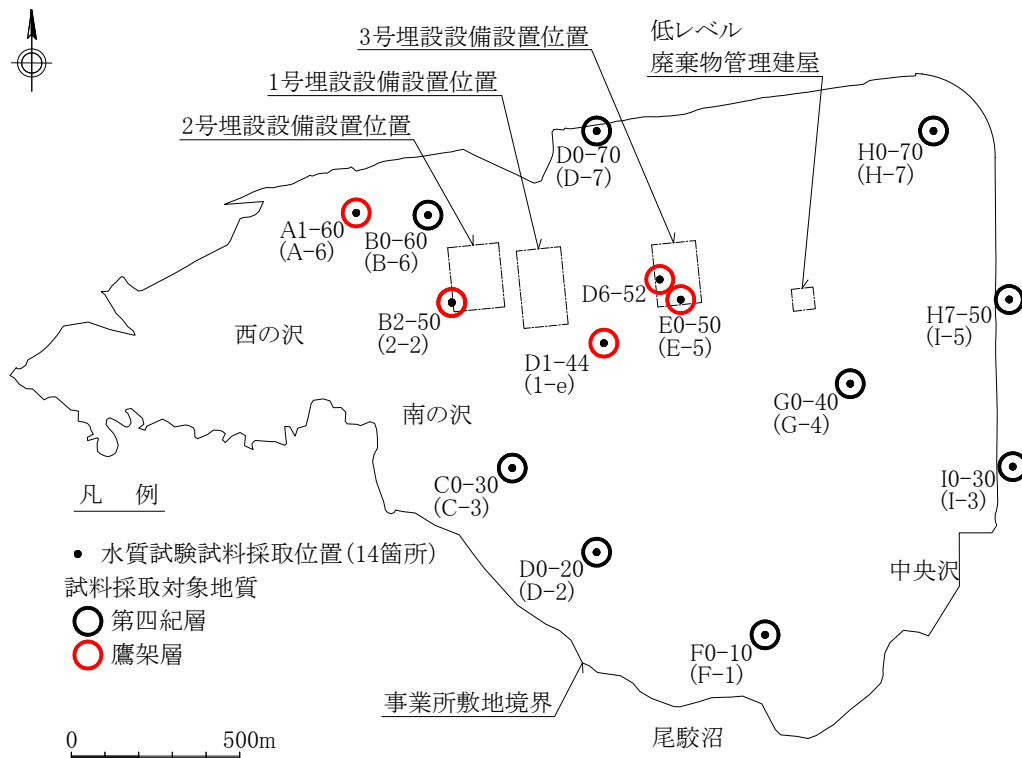
水質試験結果

鷹架層及び第四紀層の地下水を対象に 1986 年 1 月から 1987 年 10 月、1995 年 10 月及び 2011 年 10 月から 11 月に水質試験を実施した。

水質試験試料の採取は、地盤工学会基準 JGS 1931-2012 「観測井からの環境化学分析のための地下水試料の採取」*1 に準じて行った。

水質試験試料採取位置を第 1 図に、水質試験項目と測定方法を第 1 表に、水質試験結果を第 2 表に、ヘキサダイアグラムを第 2 図に示す。

第四紀層の地下水の水質はおおむね Na-Cl 型であり海水由来の水が混入し、地下水が動いていると考えられる。また、鷹架層の地下水の水質は Na-HCO₃ 型であり、第四紀層と比較して地下水が地中に長く停滞していると考えられる。



第 1 図 水質試験試料採取位置図

*1 表記した地盤工学会基準の制定(改訂)前の試料採取についても、学会基準の採取方法に準拠していることから、学会基準名及び番号の最新版を用いて表記した。

第1表 水質試験項目と測定方法

項目	測定方法
ナトリウムイオン(Na ⁺)	JIS K 0102-2008 48.3 イオンクロマトグラフ法
カリウムイオン(K ⁺)	JIS K 0102-2008 49.3 イオンクロマトグラフ法
カルシウムイオン(Ca ²⁺)	JIS K 0102-2008 50.3 イオンクロマトグラフ法
マグネシウムイオン(Mg ²⁺)	JIS K 0102-2008 51.4 イオンクロマトグラフ法
塩化物イオン(Cl ⁻)	JIS K 0102-2008 32.5 イオンクロマトグラフ法
硫酸イオン(SO ₄ ²⁻)	JIS K 0102-2008 42.4 イオンクロマトグラフ法
炭酸水素イオン(HCO ₃ ⁻)* ¹	JIS K 0101-1998 25.2 滴定法
鉄(Ⅱ)(Fe ²⁺)	JIS K 0101-1998 60.1 フェナントロリン吸光光度法
鉄(Ⅲ)(Fe ³⁺)* ²	JIS K 0101-1998 60.1 フェナントロリン吸光光度法

*1 室内試験から求まる炭酸水素イオンの値は参考値とし、現地測定によるアルカリ度から求めた値を採用する。

*2 全鉄の分析を行い計算にて3価鉄を算出する。

第2表 水質試験結果(1/3) 事業所敷地全体

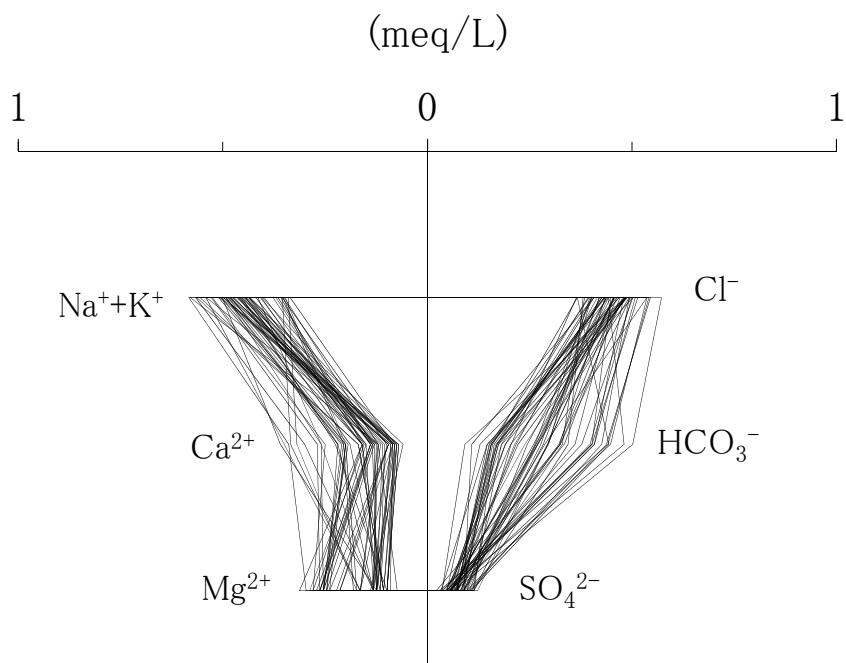
項目	単位	測定結果			
		範囲	平均	標準偏差	個数
マグネシウムイオン (Mg ²⁺)	mg/L	0.1~3.8	2.2	0.9	73
カルシウムイオン (Ca ²⁺)	mg/L	0.1未満~7.2	3.2	1.6	73
ナトリウムイオン (Na ⁺)	mg/L	7.2~31.5	11.7	5.1	73
カリウムイオン (K ⁺)	mg/L	0.5~5.6	1.1	0.87	73
硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1.0~21.7	5.0	4.6	73
炭酸水素イオン (HCO ₃ ⁻)	mg/L	5.6~51.9	19.2	9.7	73
塩化物イオン (Cl ⁻)	mg/L	12.9~20.3	16.3	1.7	73
溶存鉄 (Fe)	mg/L	0.05未満~21.0	2.1	3.9	72
pH	—	5.3~8.3	6.3	0.61	73
電気伝導度	mS/m	7.2~18.9	10.1	2.6	73

第2表 水質試験結果(2/3) 第四紀層

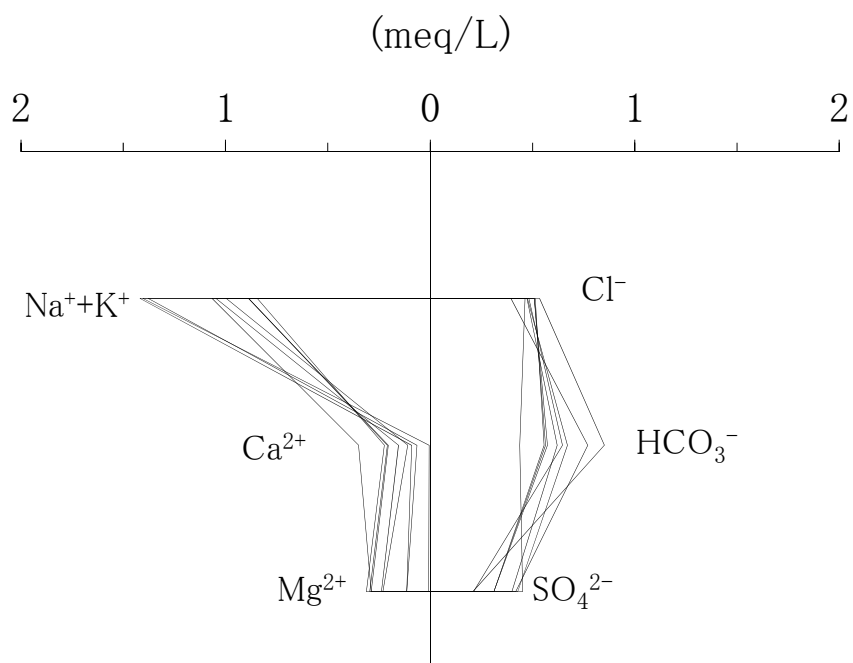
項目	単位	測定結果			
		範囲	平均	標準偏差	個数
マグネシウムイオン (Mg ²⁺)	mg/L	0.9~3.8	2.1	0.83	64
カルシウムイオン (Ca ²⁺)	mg/L	1.2~7.2	3.2	1.6	64
ナトリウムイオン (Na ⁺)	mg/L	7.2~12.8	10.0	1.4	64
カリウムイオン (K ⁺)	mg/L	0.50~2.1	0.84	0.28	64
硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1.0~5.9	3.4	1.1	64
炭酸水素イオン (HCO ₃ ⁻)	mg/L	5.6~30.6	16.4	6.3	64
塩化物イオン (Cl ⁻)	mg/L	12.9~20.3	16.2	1.7	64
溶存鉄 (Fe)	mg/L	0.05 未満~21.0	2.3	4.0	64
pH	—	5.3~7.2	6.2	0.41	64
電気伝導度	mS/m	7.2~14.0	9.3	1.4	64

第2表 水質試験結果(3/3) 鷹架層

項目	単位	測定結果			
		範囲	平均	標準偏差	個数
マグネシウムイオン (Mg ²⁺)	mg/L	0.1~3.8	2.6	1.3	9
カルシウムイオン (Ca ²⁺)	mg/L	0.1 未満~7.0	3.5	1.8	9
ナトリウムイオン (Na ⁺)	mg/L	18.0~31.5	23.7	5.7	9
カリウムイオン (K ⁺)	mg/L	1.7~5.6	2.9	1.5	9
硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	mg/L	10.0~21.7	16.3	4.4	9
炭酸水素イオン (HCO ₃ ⁻)	mg/L	26.7~51.9	38.6	7.5	9
塩化物イオン (Cl ⁻)	mg/L	14.0~19.0	17.2	1.4	9
溶存鉄 (Fe)	mg/L	0.06~1.1	0.23	0.36	8
pH	—	6.5~8.3	7.5	0.58	9
電気伝導度	mS/m	14.0~18.9	15.9	1.5	9



第2図 ヘキサダイヤグラム(1/2) 第四紀層



第2図 ヘキサダイヤグラム(2/2) 鷹架層

3 号廃棄物埋設地の 2 次元地下水浸透流解析
モデルの妥当性について

目 次

1. はじめに.....	1
2. 2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性の確認方法.....	1
(1) 解析モデルの現況再現性を確認する目的.....	1
(2) 現況再現解析の前提となるデータと現況再現性の確認方法.....	1
(3) 解析コード.....	2
3. 2次元地下水浸透流解析の条件設定.....	3
(1) 解析断面及び解析領域の設定.....	3
(2) 境界条件の設定.....	3
(3) 透水係数の設定.....	3
4. 現況再現解析結果及び現況再現性の確認結果.....	6
(1) 埋設設備設置地盤(標高約 20m～25m)付近の実測と解析結果から求めた地下水の流向.....	6
(2) 埋設設備設置地盤(標高約 20m～25m)付近の実測と解析結果から求めた動水勾配.....	6
(3) 埋設設備設置地盤(標高約 20m～25m)付近の実測と解析結果の全水頭標高分布.....	6
5. 透水係数の妥当性の確認.....	10
(1) 第四紀層の透水係数を実測値の2倍に設定した場合の計算結果.....	10
(2) 埋設設備からの流出水量の比較及び透水係数の妥当性の確認.....	15
6. まとめ.....	16
別紙 1 現況再現解析結果(仮置土有・無) 【流出水量計算モデルと同じ透水係数設定】	
別紙 2 現況再現解析結果(仮置土有・無) 【第四紀層の透水係数を 6.0×10^{-6} (m/s) に設定した場合】	

1. はじめに

本資料は、事業所敷地内で取得した間隙水圧測定から求めた全水頭と取得時の地盤状況をモデル化して2次元地下水浸透流解析により求めた全水頭を比較することにより、3号廃棄物埋設地の埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性について説明するものである。

2. 2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性の確認方法

3号廃棄物埋設地の埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルにおいて設定した境界条件及び入力パラメータの妥当性を確認するため、埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルの現況再現性を確認(以下「現況再現解析」という。)する。以下に現況再現性を確認する目的、現況再現解析の前提となるデータと現況再現性の確認方法及び解析コードについて説明する。

(1) 解析モデルの現況再現性を確認する目的

廃棄物埋設地付近の地下水の流れは、おおむね北から南に向かって流れており、2次元モデルで表現できる。この2次元モデルにおいて、埋設設備からの流出水量を求めることから、廃棄物埋設地付近の地下水の流れが再現できていることが重要である。

埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルの現況再現性を確認する目的は、廃棄物埋設地周辺地盤(鷹架層及び第四紀層)の透水係数と現在の状態(実測データを取得したときの状態)をモデル化して計算し、埋設設備付近の動水勾配を再現できているかを確認することである。

(2) 現況再現解析の前提となるデータと現況再現性の確認方法

以下に、現況再現解析の前提となるデータ及び現況再現性の確認方法を説明する。

(i) 現況再現解析の前提となるデータ

以下に現況再現解析の前提となるデータを示す。

- a. 実測データとして3号廃棄物埋設地付近で実施した間隙水圧測定結果(標高換算全水頭値)及び3号廃棄物埋設地付近の全水頭分布図を用いる(添付資料1第8図及び第10図)。
- b. 廃棄物埋設地周辺地盤(鷹架層及び第四紀層)の透水係数は、埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルの透水係数とする。
- c. 地形面形状、降雨浸透境界の降雨浸透量及び水位固定境界の水位は、実測データ取得時(2017年6月頃)の状態を基に設定する。

(ii) 現況再現性の確認方法

以下に現況再現性の確認方法を示す。これらのパラメータや状態を比較することによって現況再現性を確認し、現況再現性が確認できた場合は、埋設設備から

の流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルにおいて、現況再現解析で用いた廃棄物埋設地付近の自然地盤の透水係数の設定方法を適用できるものと判断する。

- ① 埋設設備設置地盤(標高 20m~25m)付近の実測と解析結果から求めた地下水の流向
- ② 埋設設備設置地盤(標高 20m~25m)付近の実測と解析結果から求めた動水勾配
- ③ 埋設設備設置地盤(標高 20m~25m)付近の実測と解析結果の全水頭深度分布

(3) 解析コード

解析コードは、埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析と同じとし、「オイラリアン・ラグランジアン飽和・不飽和浸透流-移流・分散解析プログラム(以下「Dtransu2D・EL」という。)」を利用する。また、計算は定常解析とする。

3. 2次元地下水浸透流解析の条件設定

現況再現解析を実施するための2次元地下水浸透流解析の条件設定(解析断面及び解析領域の設定、境界条件の設定及び透水係数の設定)について説明する。

(1) 解析断面及び解析領域の設定

現況再現解析の2次元地下水浸透流解析モデルの断面位置及びその範囲は、第1図に示す間隙水圧測定孔(実測データ取得位置)を通る南北方向測線とし、南側は尾駮沼、北側は老部川の低地までとする。

解析領域の深さ方向の範囲は、埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルと同様に標高-300mまでとする。

材料分布は、埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルと同様に単純化のため、鷹架層(単層)及び第四紀層(盛土・仮置土含む)の2層に区分する。

第2図に現況再現解析の有限要素モデル(材料分布)を示す。

(2) 境界条件の設定

境界条件には、水位固定境界、降雨浸透境界及び不透水境界がある。以下にこれらの条件設定について説明する。第3図に解析領域の境界条件設定位置*1を示す。

(i) 水位固定境界

水位固定境界は、解析領域両端と尾駮沼に該当する範囲の解析領域上端に設定した。

水固定境界の全水頭(標高換算)は、尾駮沼が分布する解析領域左側(南側)において標高±0m(海水準相当)、老部川の低地が分布する解析領域右側(北側)において標高+10m(解析断面における老部川の地表面標高程度)*2とした。

(ii) 降雨浸透境界

降雨浸透境界は、尾駮沼の範囲に該当しない解析領域上端に設定した。

降雨浸透境界に入力する降雨浸透量(かん養量)は、埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルと同様に310mm/yとした。

(iii) 不透水境界

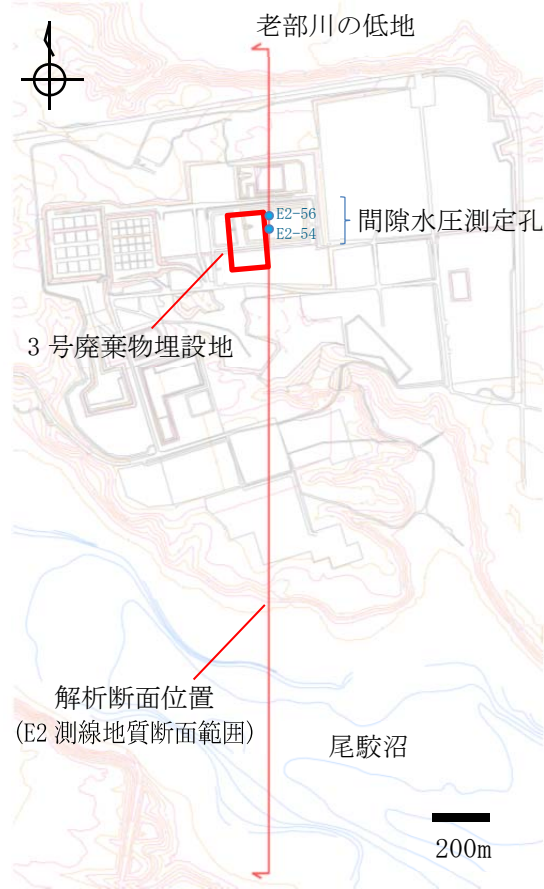
不透水境界は、解析領域下辺に設定した(Dtransu2D・ELでは解析領域下辺が不透水境界として扱われる)。

(3) 透水係数の設定

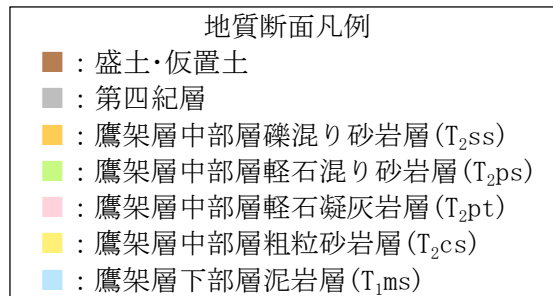
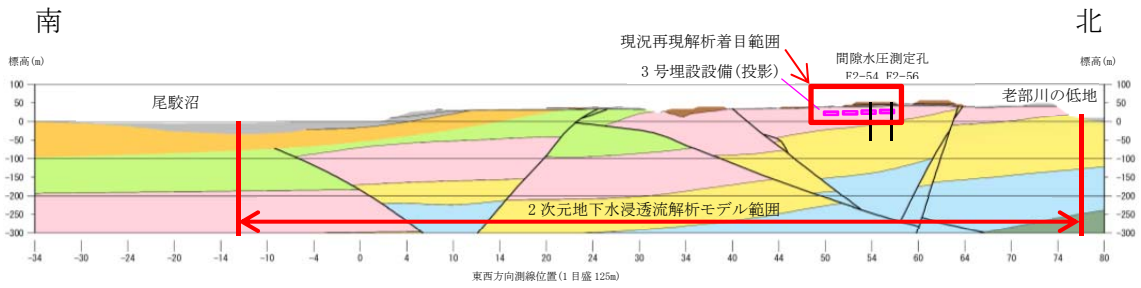
現況再現解析のための2次元地下水浸透流解析に用いる解析領域内の材料の透水係数は、埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデル(3号廃棄物埋設地)と同様に鷹架層で $5.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 、第四紀層で $3.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$ とする。

*1 廃棄物埋設地及び埋設設備は予定位置を示したものであり、本資料における現況再現性確認のための2次元地下水浸透流解析では廃棄物埋設地及び埋設設備のモデル化はしていない。

*2 国土地理院のウェブ地図「地理院地図」(<http://maps.gsi.go.jp>)において、解析断面位置における老部川の標高が10m程度であることを確認した。

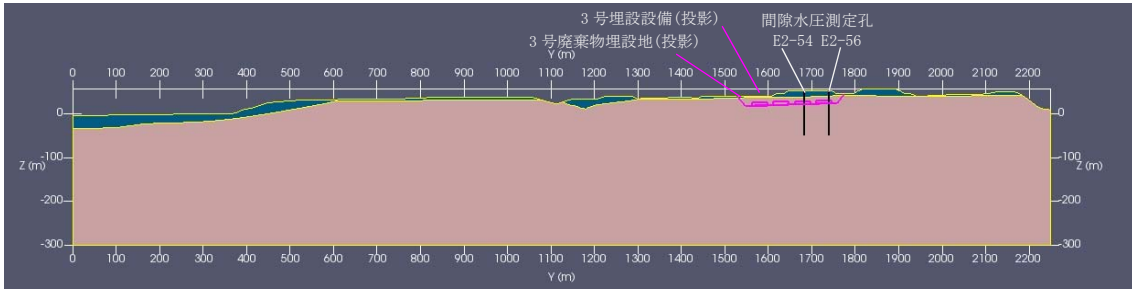


(a) 解析断面位置

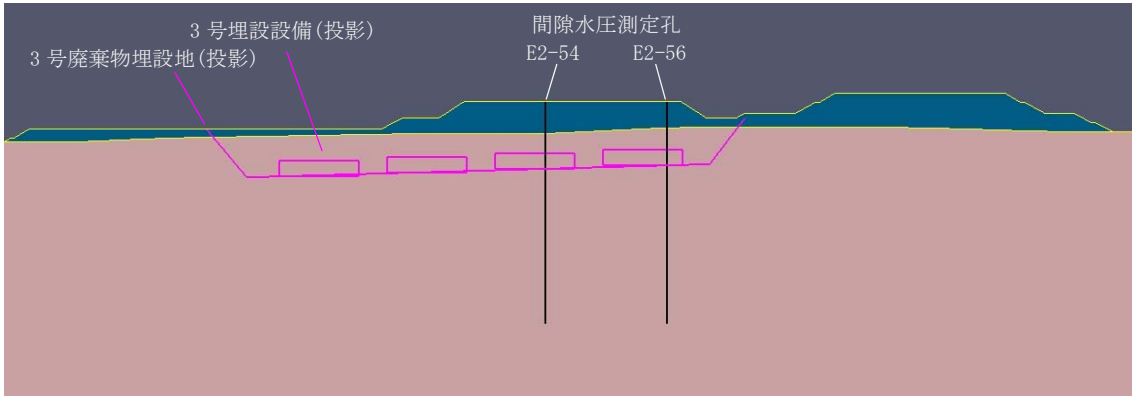


(b) E2 測線地質断面

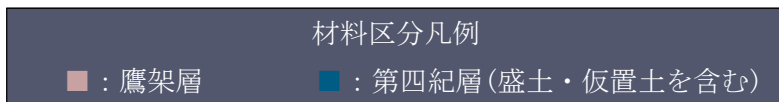
第1図 解析断面位置及び有限要素モデル作成の参考にした図



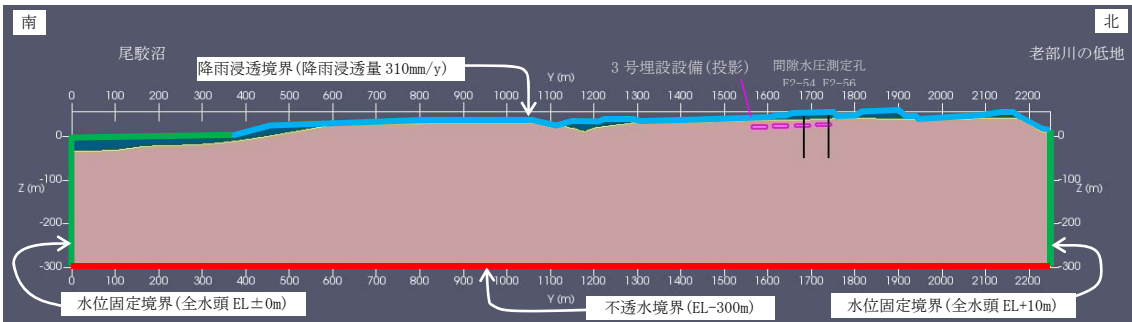
(a) 解析領域全体



(b) 3号廃棄物埋設地付近



第2図 有限要素モデル(材料分布図)



第3図 解析領域と境界条件の設定位置

4. 現況再現解析結果及び現況再現性の確認結果

- (1) 埋設設備設置地盤(標高約 20m~25m)付近の実測と解析結果から求めた地下水の流向

第 4 図に現況再現解析結果の全水頭等高線を示す。

現況再現解析結果における解析領域全体の地下水の流れは、3号廃棄物埋設地北側付近を境に大きく南側と北側へ向かう流れに分かれる(分水界)。また、局所的には沢及び盛土や斜面の法尻に向かう流れもみられる。

3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れは、鉛直下方成分を含む水平流れとなっており、現況を再現できていると判断する。

- (2) 埋設設備設置地盤(標高約 20m~25m)付近の実測と解析結果から求めた動水勾配
第 5 図に動水勾配分布を示す。

3号埋設設備設置地盤付近の動水勾配は、埋設設備を設置する第四紀層下限面勾配の影響を受ける。埋設設備を設置する第四紀層下限面勾配は、廃棄物埋設地の南側の勾配が緩い範囲で 1.0%、北側の急な範囲で 4.9%である(第 5 図(d)参照)。

3号埋設設備設置地盤付近の動水勾配は、埋設設備を設置する第四紀層下限面勾配の影響を受ける。

現況再現解析における 3号埋設設備設置地盤付近の動水勾配は 1%~6%(第 5 図(c)参照)を示し、廃棄物埋設地範囲の第四紀層下限面勾配(1%~5%程度)におおむね一致する。

一方、実測データ取得時(2017年)には仮置土があり、覆土後の将来の地表面勾配(2%程度)と状況が異なる。そのため、仮置土がない場合について 2次元地下水浸透流解析(地表面形状を除く条件は現況再現解析と同じ)を実施し、埋設設備設置地盤付近の動水勾配への影響を確認した。その結果、仮置土がない場合の現況再現解析における 3号埋設設備設置地盤付近の動水勾配は 2%~5%(第 5 図(d)参照)を示し、廃棄物埋設地範囲の第四紀層下限面勾配 1%~4.9%(第 5 図(d)参照)におおむね整合することから、おおむね現況を再現できていると判断する。

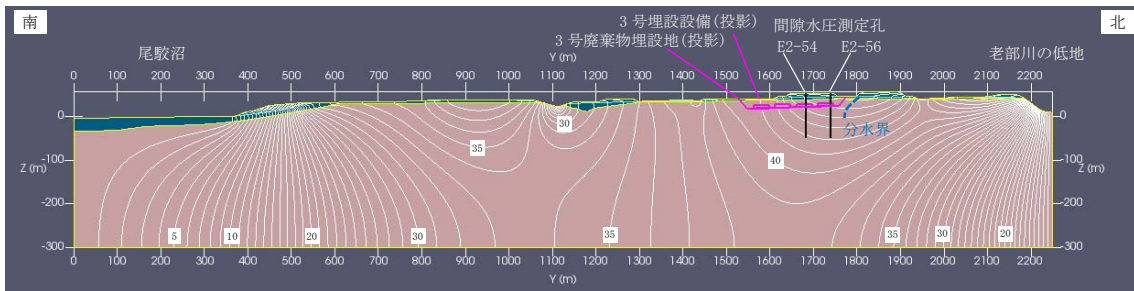
第 6 図に現況再現解析結果と実測値の全水頭等高線と動水勾配を示す。

動水勾配については、廃棄物埋設地設置地盤付近の実測値から求めた動水勾配の平均が 4.7%(2.7%~7.5%)に対して、現況再現解析結果の動水勾配の平均が 4.1%(0.8%~5.9%)と現況再現解析結果の方が若干小さいが、おおむね現況を再現できていると判断する。

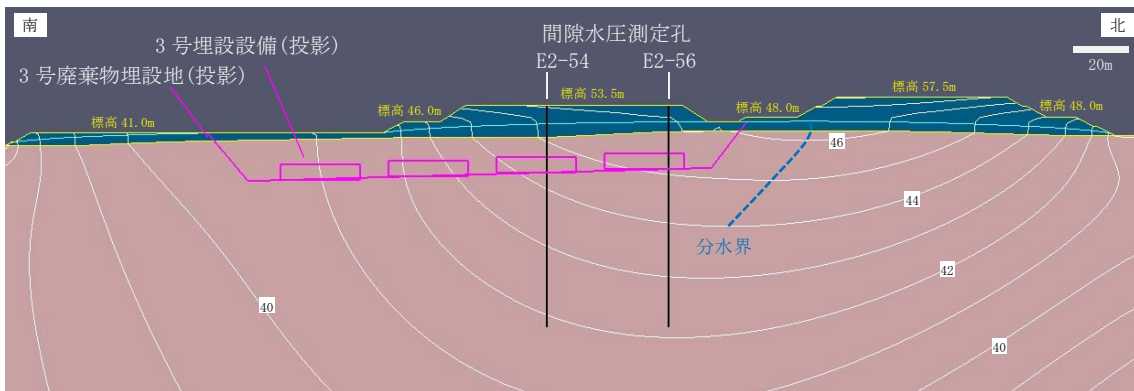
- (3) 埋設設備設置地盤(標高約 20m~25m)付近の実測と解析結果の全水頭標高分布
第 7 図に全水頭標高分布(地下水水面標高も含む)を示す。

3号埋設設備設置地盤(標高約 20m~25m)付近の全水頭標高分布の実測値と現況再現解析結果の差は最大 2m 程度(地下水水面標高の差も同様)であること、及び全水頭標高分布の勾配がおおむね同程度であることから現況を再現できていると判断する。

以上より、3号廃棄物埋設地における埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析のモデルにおいて、現況再現解析で入力した鷹架層及び第四紀層の透水係数(鷹架層： $5.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 、第四紀層： $3.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$)を適用できると判断する。



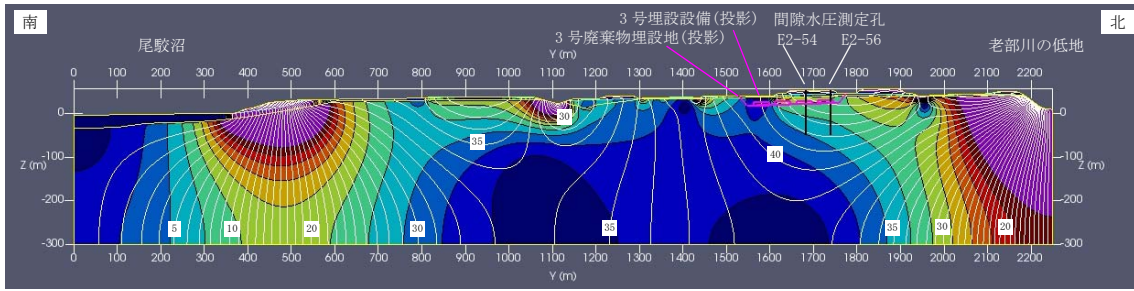
(a) 解析領域全体



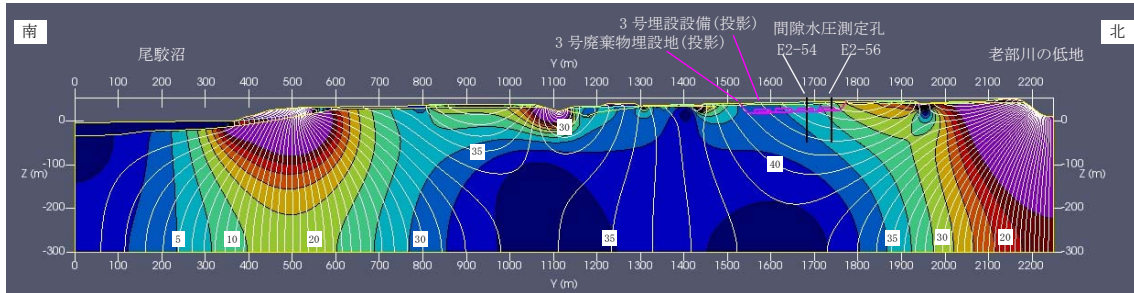
(b) 3号廃棄物埋設地付近



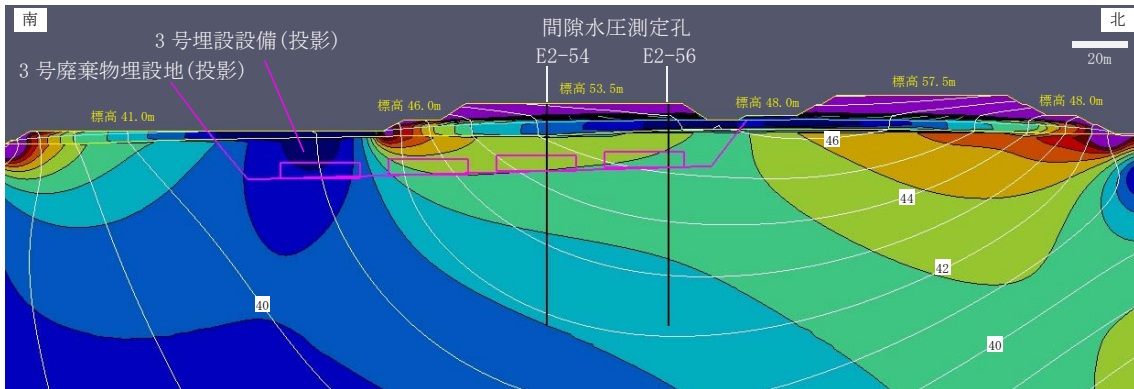
第4図 全水頭等高線(仮置土あり)



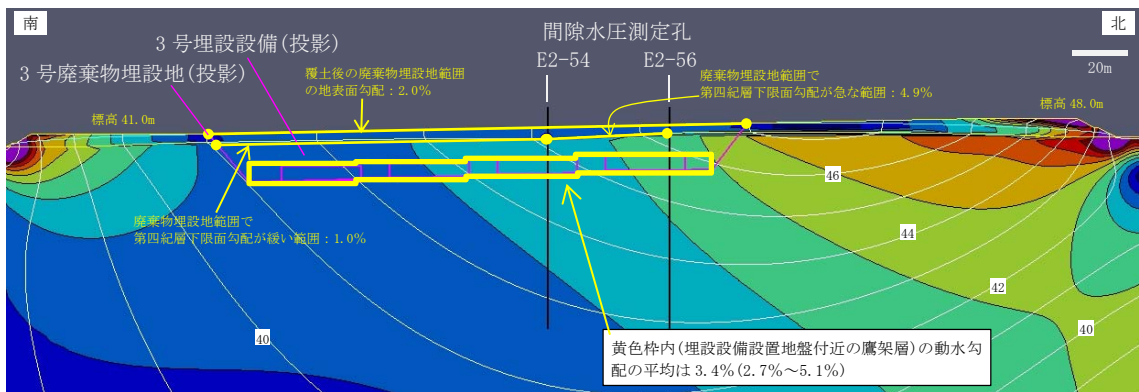
(a) 解析領域全体(仮置土あり)



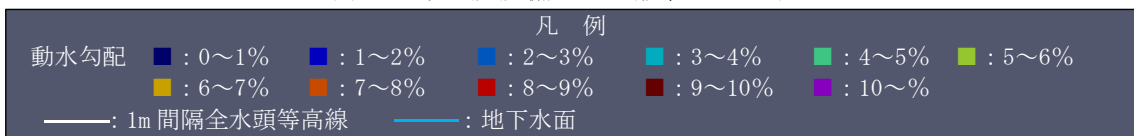
(b) 解析領域全体(仮置土なし)*1



(c) 3号埋設設備付近(仮置土あり)

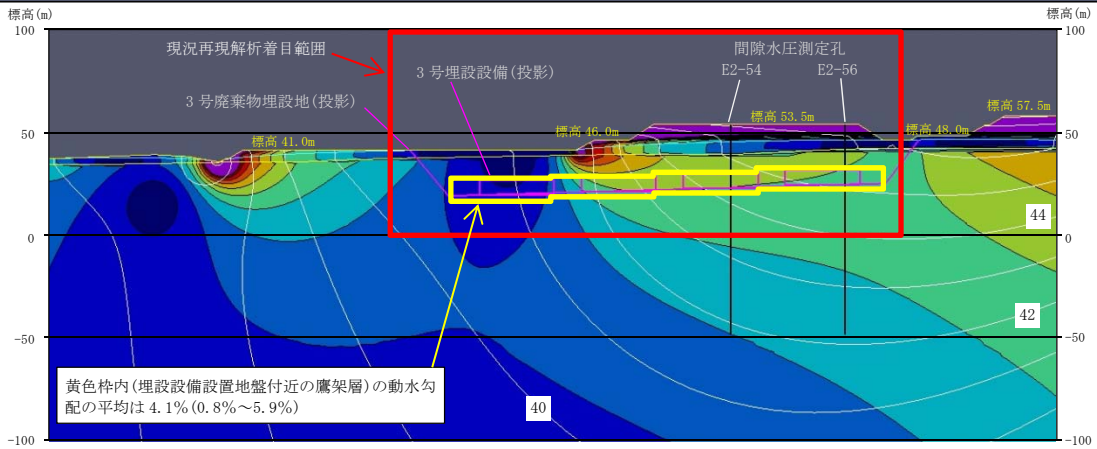
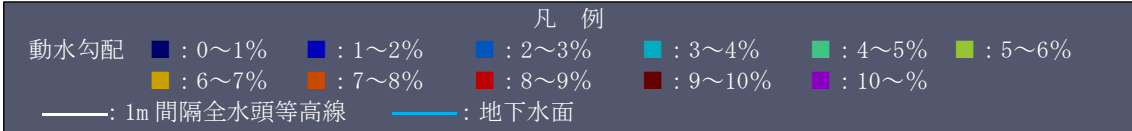


(d) 3号埋設設備付近(仮置土なし)*1

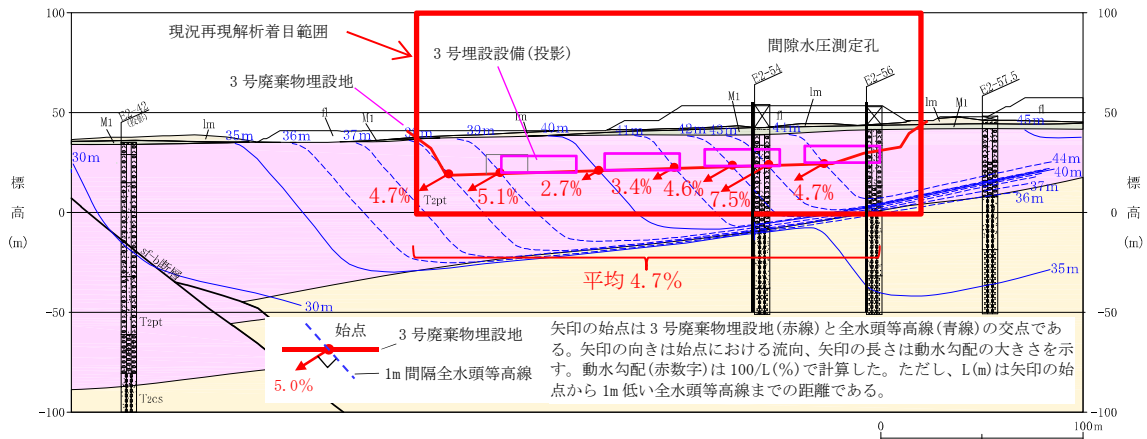


第5図 動水勾配分布(全水頭等高線含む)

*1 別紙1に詳細を示す。

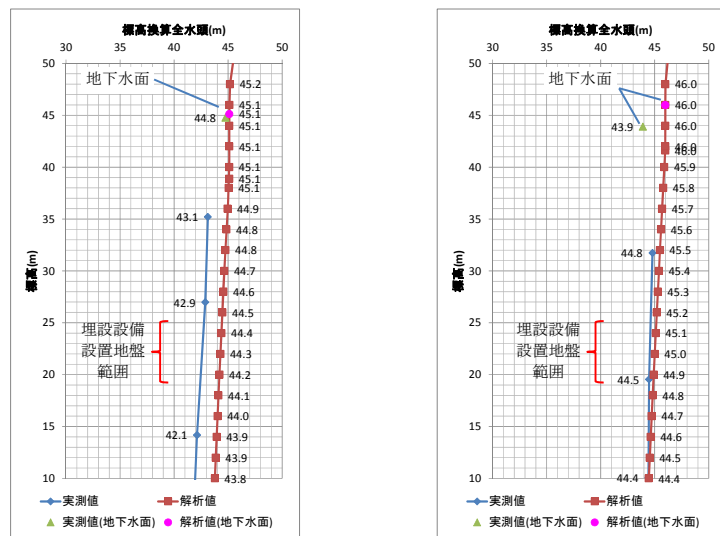


(a) 現況再現解析結果による 1m 間隔全水頭等高線と動水勾配分布



(b) 実測データから作成した全水頭等高線(青線)*1

第6図 全水頭等高線と動水勾配の実測値との比較



(a) E2-54 孔

(b) E2-56 孔

第7図 全水頭標高分布の実測値との比較*2

*1 全水頭等高線は、間隙水圧測定孔で測定した間隙水圧及び位置関係から各測定深度の全水頭を基に一般的な見解及び地形を勘案して作成した(詳細は添付資料1第10図参照)。

*2 全水頭標高の実測値は、添付資料1第8図から引用した。地下水面の実測値は2017年6月1日の地下水位測定データを記載した。

5. 透水係数の妥当性の確認

「4. 現況再現解析結果及び現況再現性の確認結果」までの検討では、実測に基づいた透水係数を用いて解析を行い、地下水位及び間隙水圧測定結果と解析値を比較した。一方で、第四紀層の透水係数を実測値の2倍の $6 \times 10^{-6} \text{m/s}$ とした場合、実測に基づいた透水係数を用いた場合よりも、地下水位及び間隙水圧測定結果の全水頭深度分布の実測値と解析値が一致する結果が得られた。

また、この場合において埋設設備からの流出水量を計算し、添付資料3第1表の埋設設備からの流出水量と比較することによって透水係数の流出水量への感度を確認した。

(1) 第四紀層の透水係数を実測値の2倍に設定した場合の計算結果

(i) 埋設設備設置地盤(標高 20m~25m)付近の実測と解析結果から求めた地下水の流向

第8図に現況再現解析結果の全水頭等高線を示す。

現況再現解析結果における解析領域全体の地下水の流れは、3号廃棄物埋設地北側付近を境に大きく南側と北側へ向かう流れに分かれる(分水界)。また、局所的には沢及び盛土や斜面の法尻に向かう流れもみられる。

3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れは、鉛直下方成分を含む水平流れとなっており、現況を再現できていると判断する。

(ii) 埋設設備設置地盤(標高 20m~25m)付近の実測と解析結果から求めた動水勾配

第9図に動水勾配分布を示す。

3号埋設設備設置地盤付近の動水勾配は、埋設設備を設置する第四紀層下限面勾配の影響を受ける。埋設設備を設置する第四紀層下限面勾配は、廃棄物埋設地の南側の勾配が緩い範囲で1.0%、北側の急な範囲で4.9%である(第9図(d)参照)。

現況再現解析における3号埋設設備設置地盤付近の動水勾配は1%~6%(第9図(c)参照)を示し、廃棄物埋設地範囲の第四紀層下限面勾配1%~5%程度(第9図(c)参照)におおむね一致する。

一方、実測データ取得時(2017年)には仮置土があり、覆土後の将来の地表面勾配(2%程度)と状況が異なる。そのため、仮置土がない場合について2次元地下水浸透流解析(地表面形状を除く条件は現況再現解析と同じ)を実施し、埋設設備設置地盤付近の動水勾配への影響を確認した。その結果、仮置土がない場合の現況再現解析における3号埋設設備設置地盤付近の動水勾配は2%~6%(第9図(d)参照)を示し、廃棄物埋設地範囲の第四紀層下限面勾配1%~5%程度(第9図(d)参照)におおむね一致する。

第10図に現況再現解析結果と実測値の全水頭等高線と動水勾配を示す。

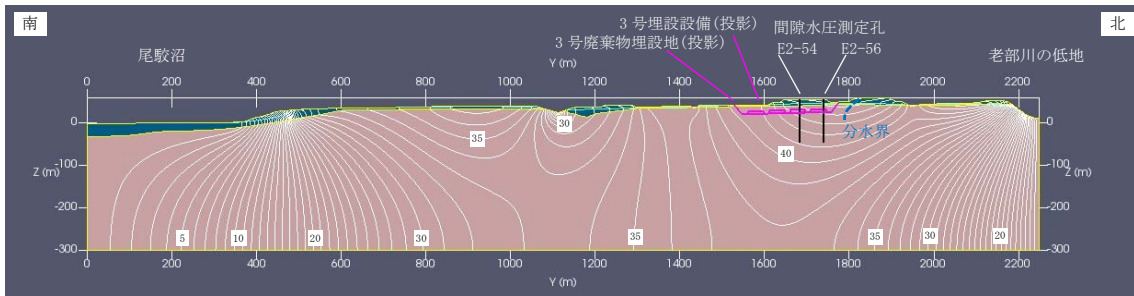
動水勾配については、廃棄物埋設地設置地盤付近の実測値から求めた動水勾配の平均が4.7%(2.7%~7.5%)に対して、現況再現解析結果の動水勾配の平均が3.7%(1.3%~5.2%)と現況再現解析結果の方が若干小さい。これは廃棄物埋設

地の南側において、現況再現解析結果の地下水面が地表面に貼り付き、現地状況と異なっており、地下水面について現況を再現できていない影響と考える。地下水面が地表面に貼り付いていない廃棄物埋設地北側の現況再現解析結果における埋設設備設置地盤付近の動水勾配の平均は4.4%(2.7%~5.2%)であることから、おおむね現況を再現できていると判断する。

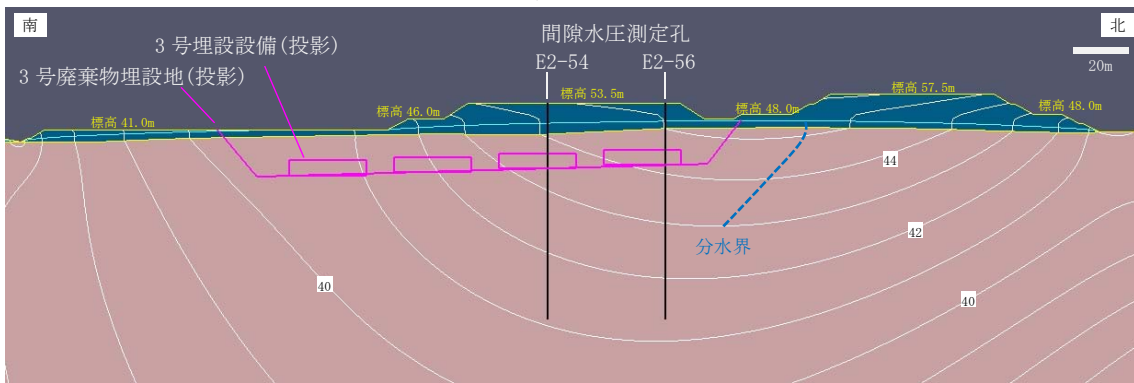
(iii) 埋設設備設置地盤(標高20m~25m)付近の実測と解析結果の全水頭標高分布
第11図に全水頭標高分布(地下水面標高も含む)を示す。

3号埋設設備設置地盤(標高20m~25m)付近の全水頭標高分布の実測値と現況再現解析結果の差は最大1m程度(地下水面標高の差も同様)であること及び全水頭標高分布の勾配がおおむね同程度であることから現況を再現できていると判断する。

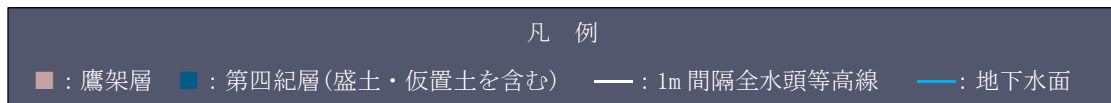
以上より、3号廃棄物埋設地における埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析のモデルで設定した第四紀層の透水係数($3.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$)の場合よりも第四紀層の透水係数を $6.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$ に設定した場合の方が、現況再現性は良い結果となった。



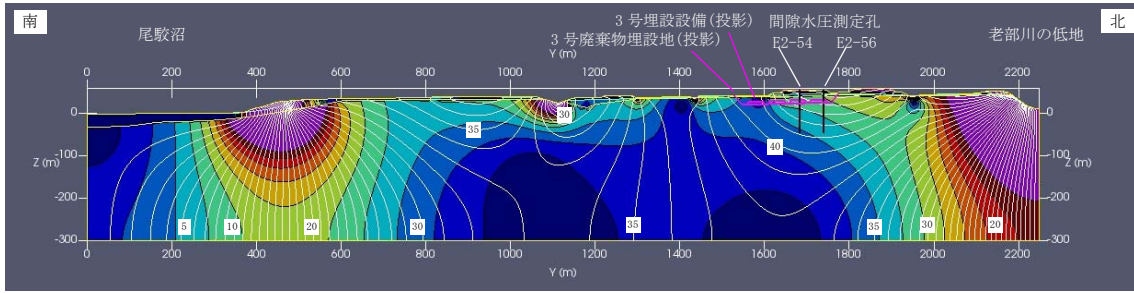
(a) 解析領域全体



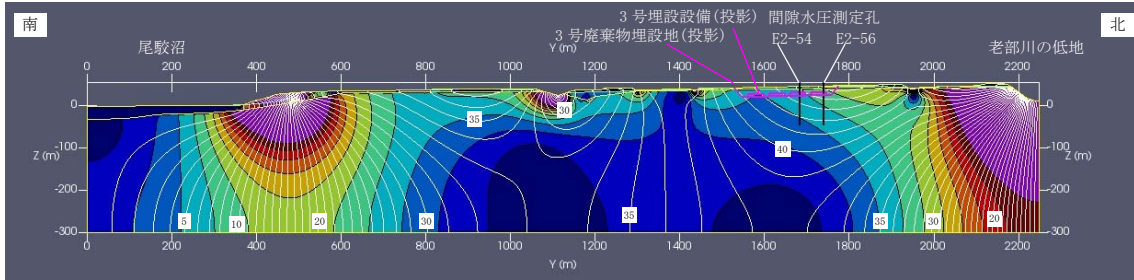
(b) 3号廃棄物埋設地付近



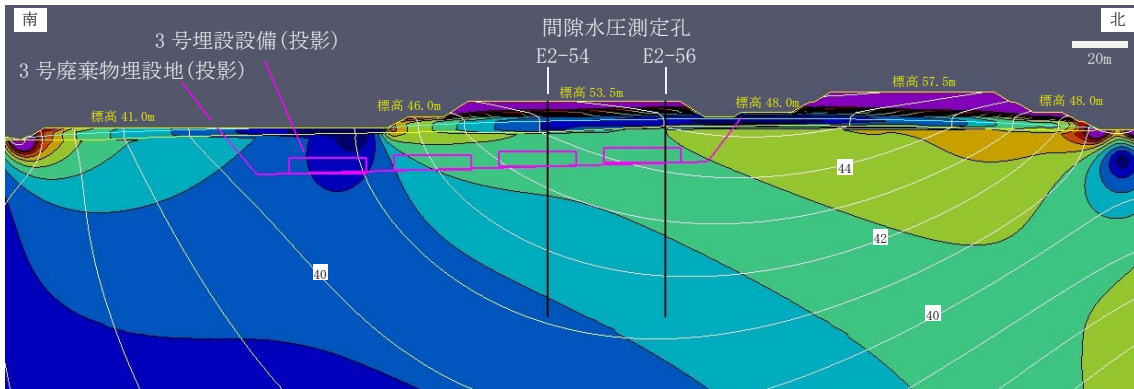
第8図 全水頭等高線(仮置土あり)



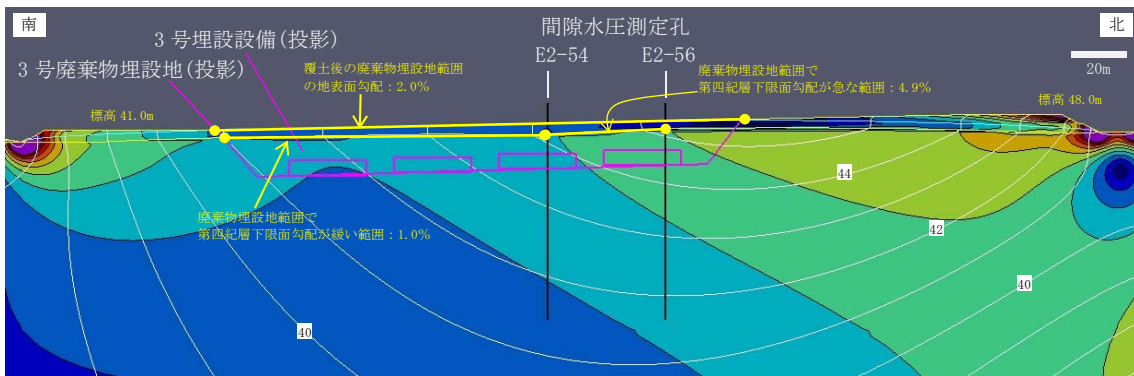
(a) 解析領域全体(仮置土あり)



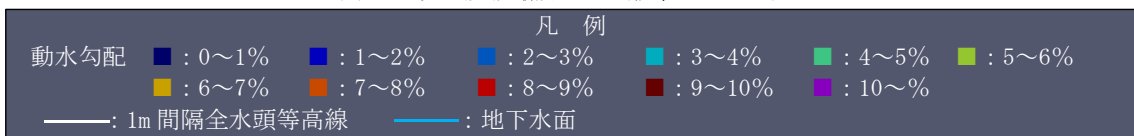
(b) 解析領域全体(仮置土なし)*1



(c) 3号埋設設備付近(仮置土あり)

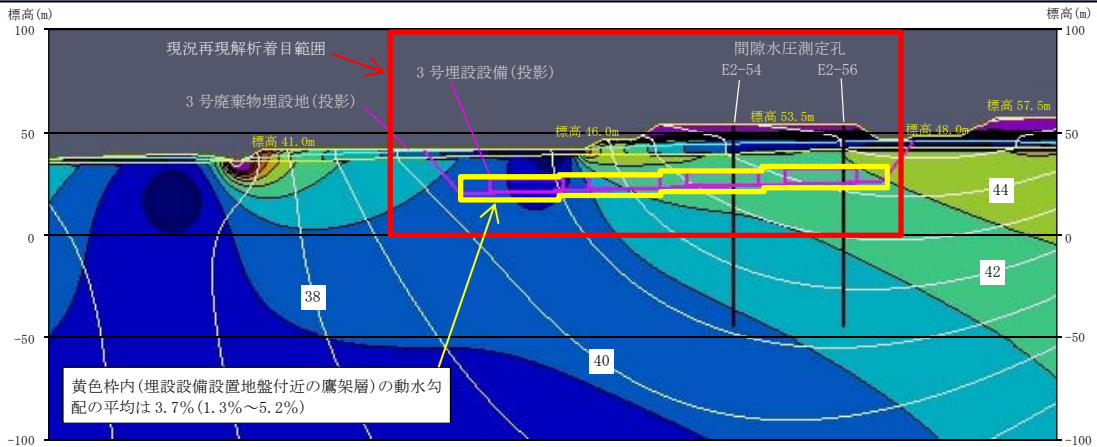
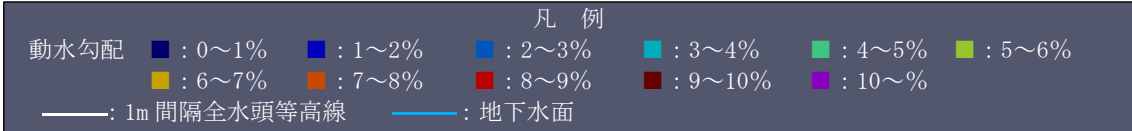


(d) 3号埋設設備付近(仮置土なし)*1

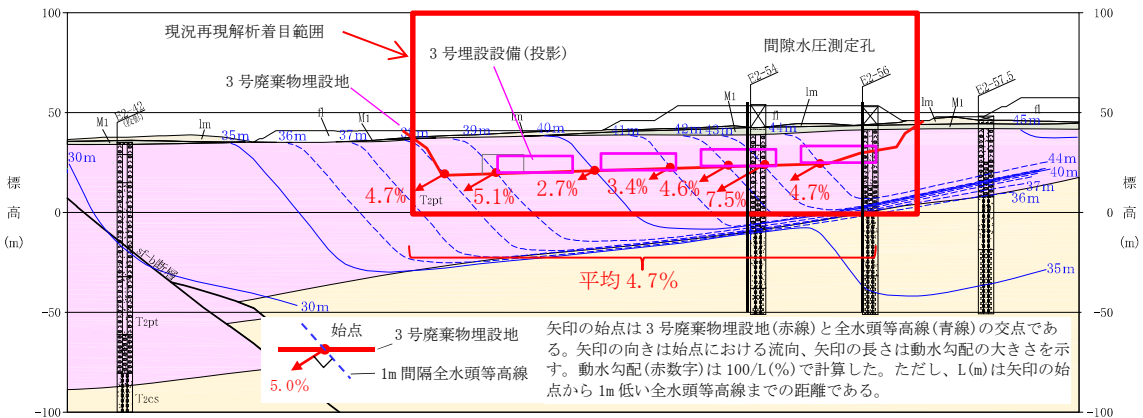


第9図 動水勾配分布(全水頭等高線含む)

*1 別紙2に詳細を示す。

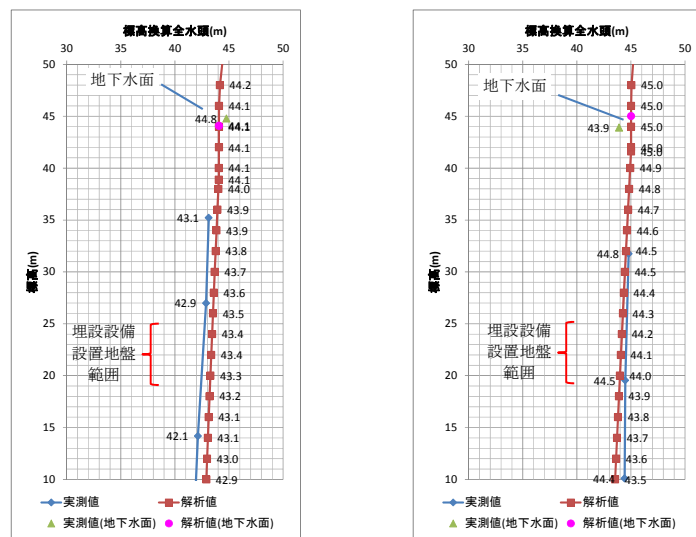


(a) 現況再現解析結果による 1m 間隔全水頭等高線と動水勾配分布



(b) 実測データから作成した全水頭等高線(青線)*1

第10図 全水頭等高線と動水勾配の実測値との比較



(a) E2-54 孔

(b) E2-56 孔

第11図 全水頭標高分布の実測値との比較*2

*1 全水頭等高線は、間隙水圧測定孔で測定した間隙水圧及び位置関係から各測定深度の全水頭を基に一般的な知見及び地形を勘案して作成した(詳細は添付資料1第10図参照)。

*2 全水頭標高の実測値は、添付資料1第9図から引用した。地下水面の実測値は2017年6月1日の地下水位測定データを記載した。

(2) 埋設設備からの流出水量の比較及び透水係数の妥当性の確認

第四紀層の透水係数を実測の2倍($6.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$)とした場合に対し、流出水量が大きくなるように、第四紀層の透水係数を $1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$ とした場合の埋設設備からの流出水量を計算し、添付資料3第1表の流出水量と比較した(第1表参照)。

実測の第四紀層の透水係数($3.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$)と今回の第四紀層の透水係数($1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$)では、透水係数の比率($1.0 \times 10^{-5} / 3.0 \times 10^{-6} = 3.3$ 倍)に対して、流出水量の比率は1.0倍程度であり、第四紀層の透水係数に対して埋設設備への流出水量への感度はない。

以上から、埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水解析で設定している第四紀層の透水係数($3.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$)及び現況再現性の高い第四紀層の透水係数のどちらを用いて埋設設備からの流出水量を計算しても計算結果はほぼ変わらないことから、実測値に基づいた第四紀層の透水係数($3.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$)を用いることにする。

第1表 埋設設備からの流出水量の比較

計算ケース		第四紀層の透水係数(m/s)	埋設設備から各材料への流出水量(m^3/y)		
			難透水性覆土*1	鷹架層	合計*2
確からしい設定	①埋設設備からの流出水量を求めるための第四紀層の透水係数	3.0×10^{-6}	6	624	630
	②現況再現性の高い第四紀層の透水係数(切上げ)	1.0×10^{-5}	6	625	631
	②/①	3.3	1.0	1.0	1.0
厳しい設定	①埋設設備からの流出水量を求めるための第四紀層の透水係数	3.0×10^{-6}	371	653	1,024
	②現況再現性の高い第四紀層の透水係数(切上げ)	1.0×10^{-5}	366	659	1,025
	②/①	3.3	0.99	1.0	1.0

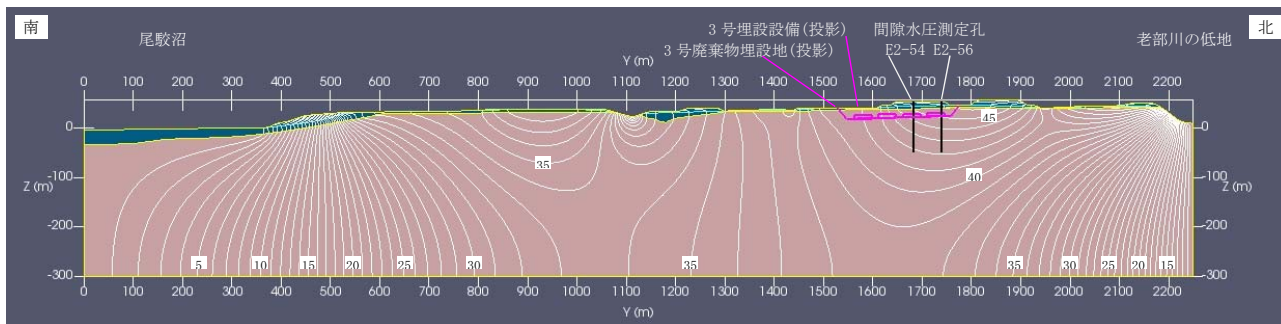
6. まとめ

事業所敷地内で取得した間隙水圧測定から求めた全水頭と、2次元地下水浸透流解析により求めた全水頭を比較することにより、3号廃棄物埋設地の埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性について確認した。

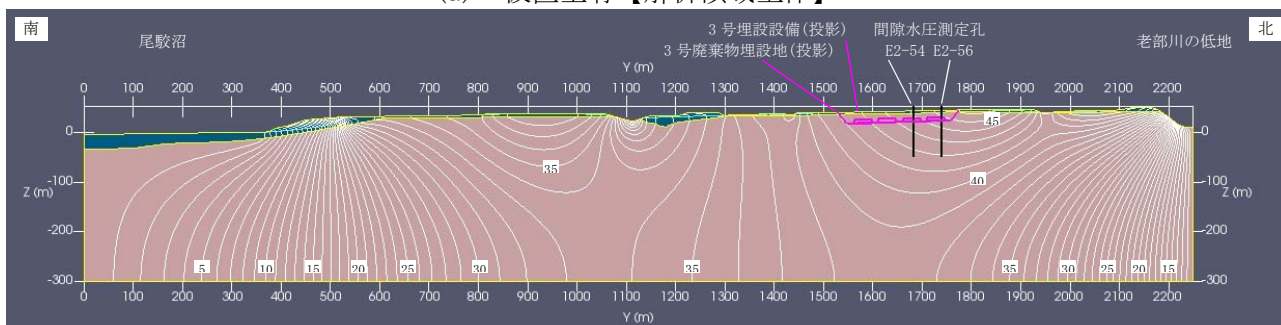
地盤の透水係数を実測に基づき設定したモデルでは、おおむね実測の全水頭分布を再現できた。

また、第四紀層の透水係数を実測の2倍とした場合についても現況再現解析を実施した結果、第四紀層の透水係数が実測の場合よりも実測の全水頭分布の再現性が高くなったが、埋設設備からの流出水量は変わらなかった。

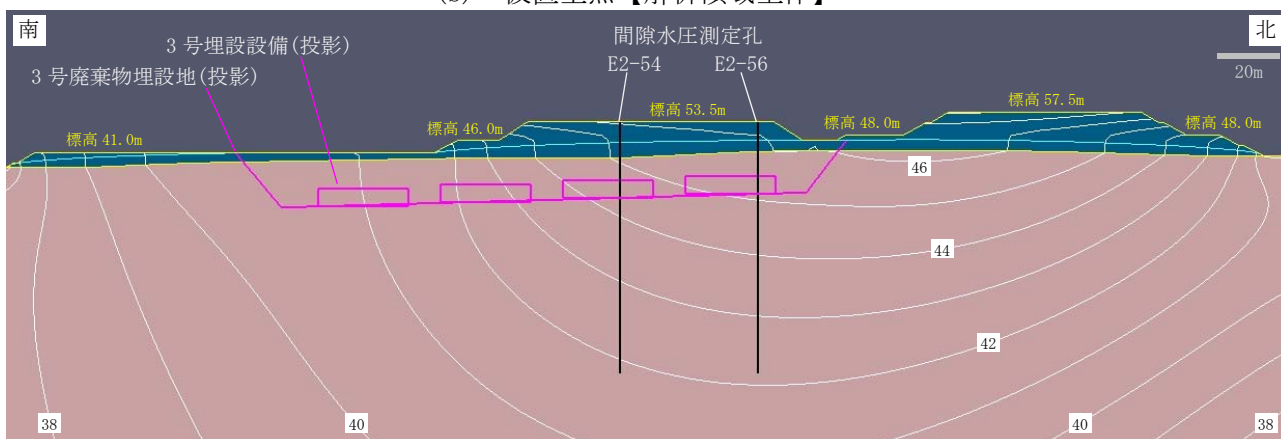
現況再現解析結果(仮置土有・無)【流出水量計算モデルと同じ透水係数設定】



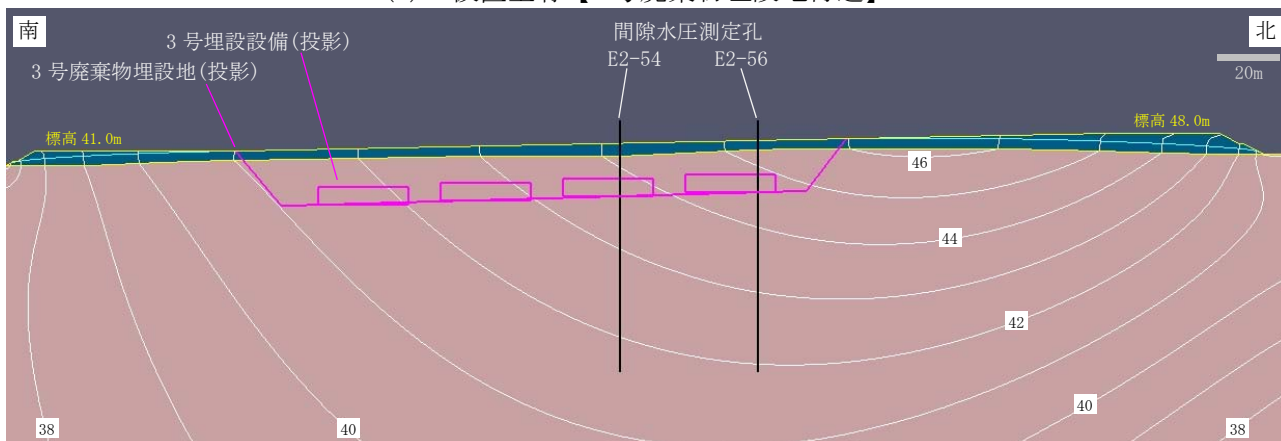
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】

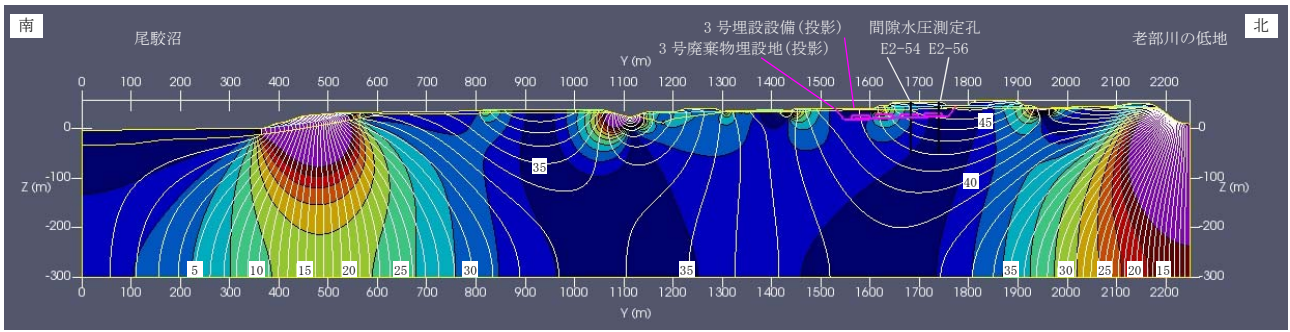


(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】

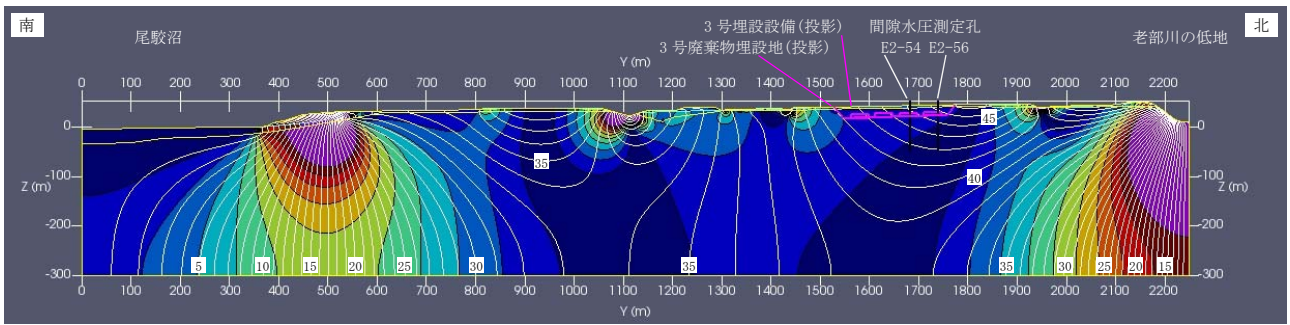
凡 例

■ : 鷹架層 ■ : 第四紀層(盛土・仮置土を含む) — : 1m 間隔全水頭等高線 — : 地下水面

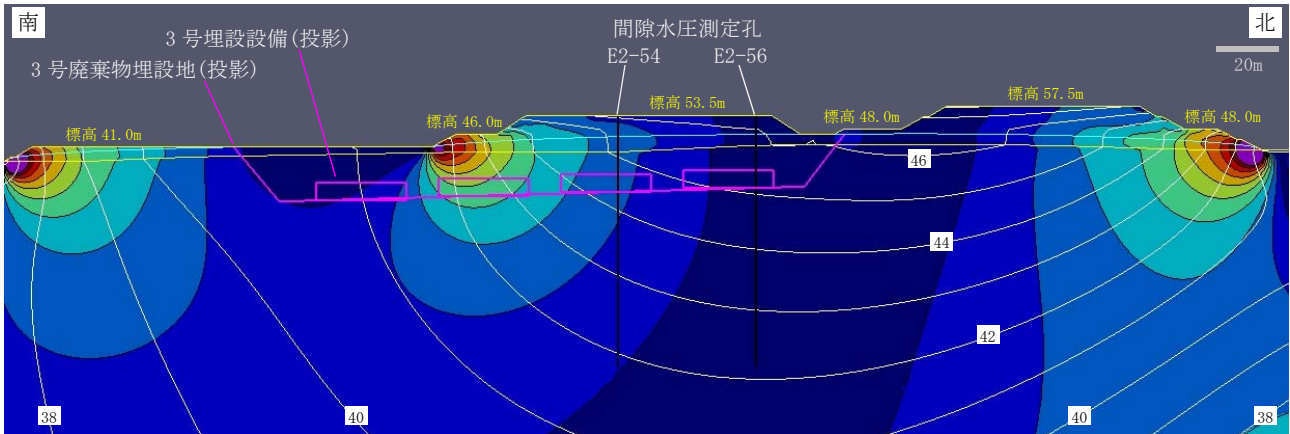
第 1 図 全水頭等高線



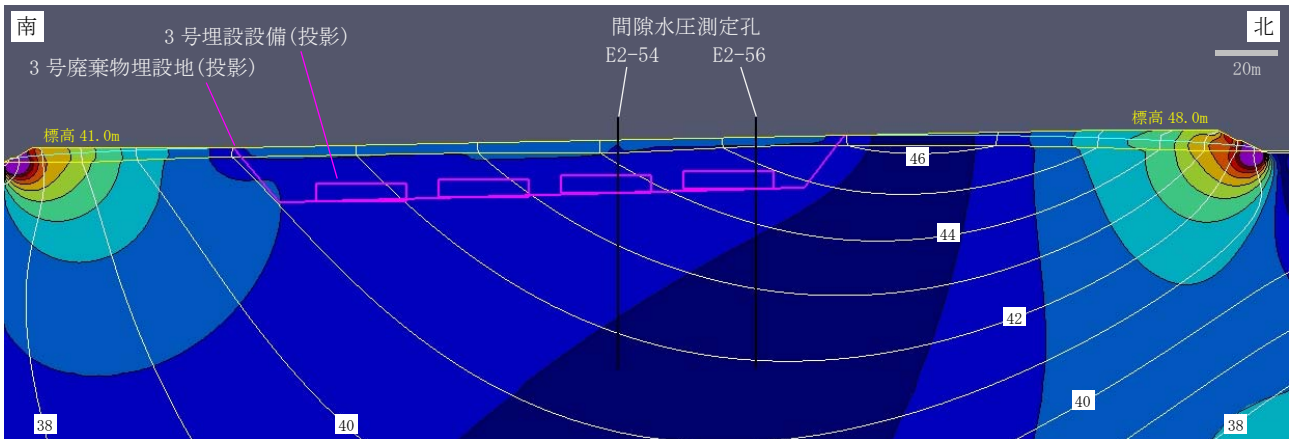
(a) 仮置土有【解析領域全体】



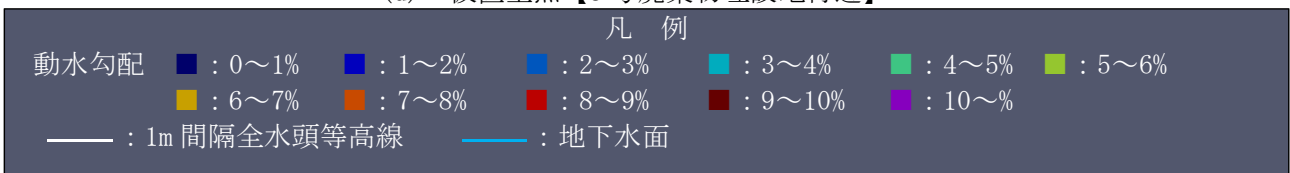
(b) 仮置土無【解析領域全体】



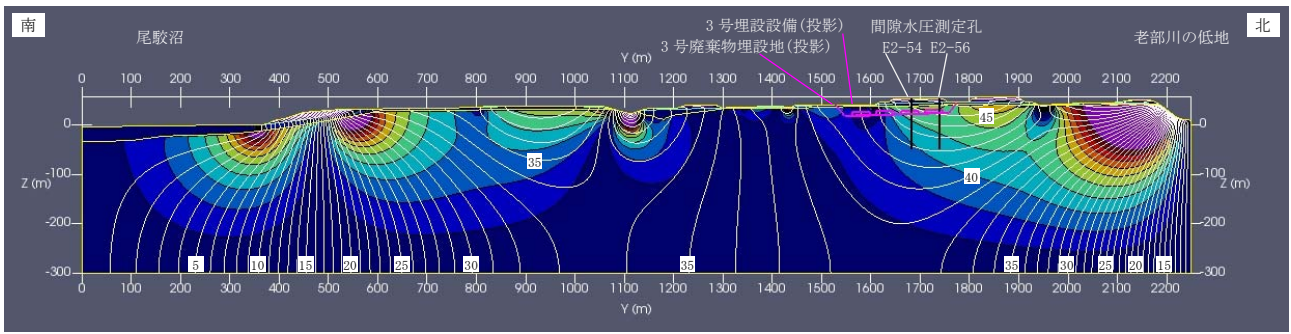
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



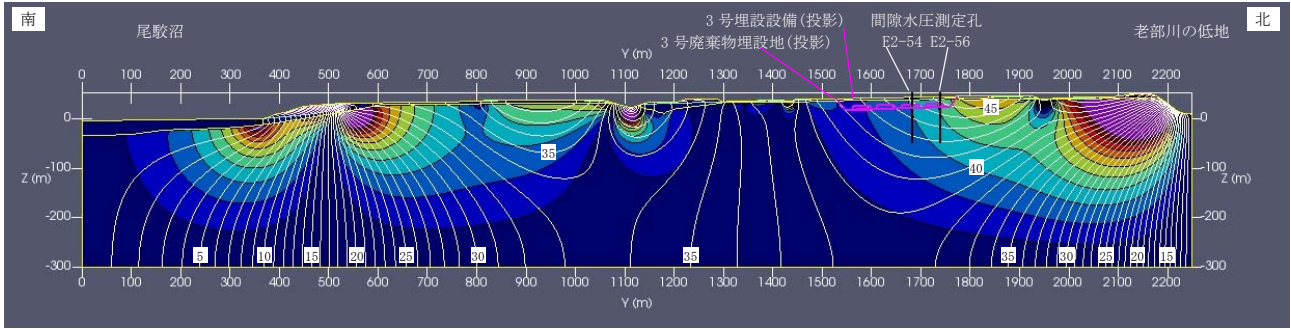
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



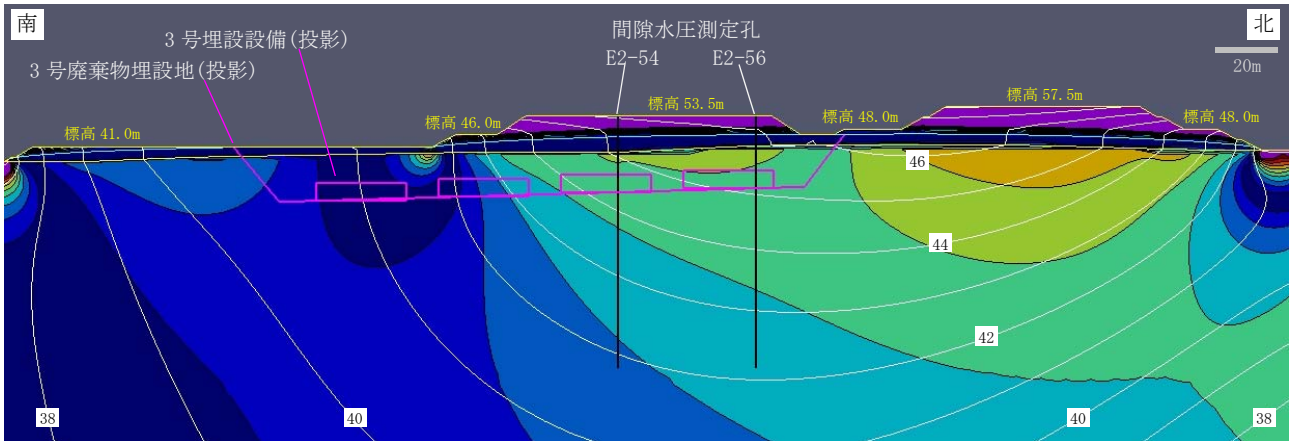
第2図 動水勾配分布 (1/3) 【Y軸方向成分の大きさ】



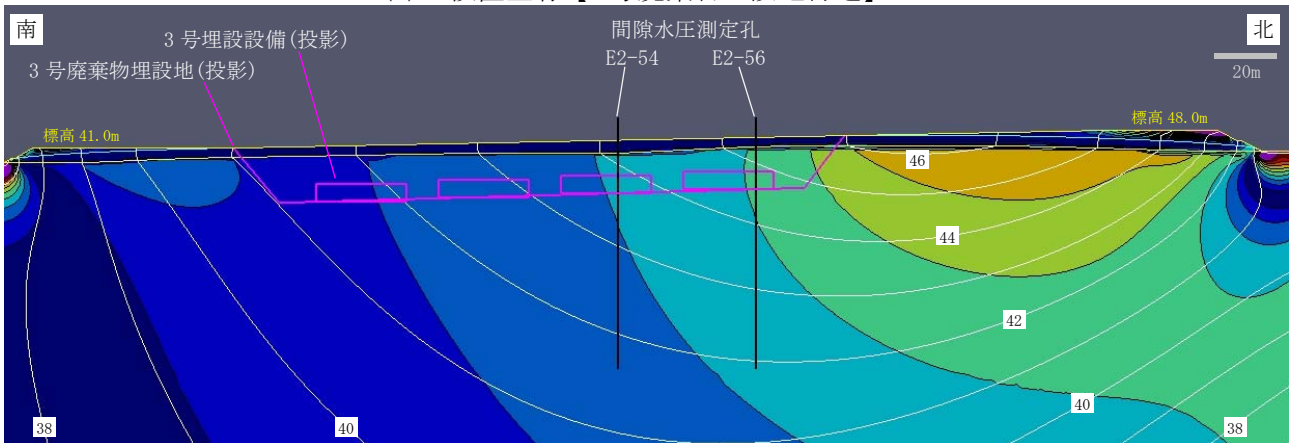
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



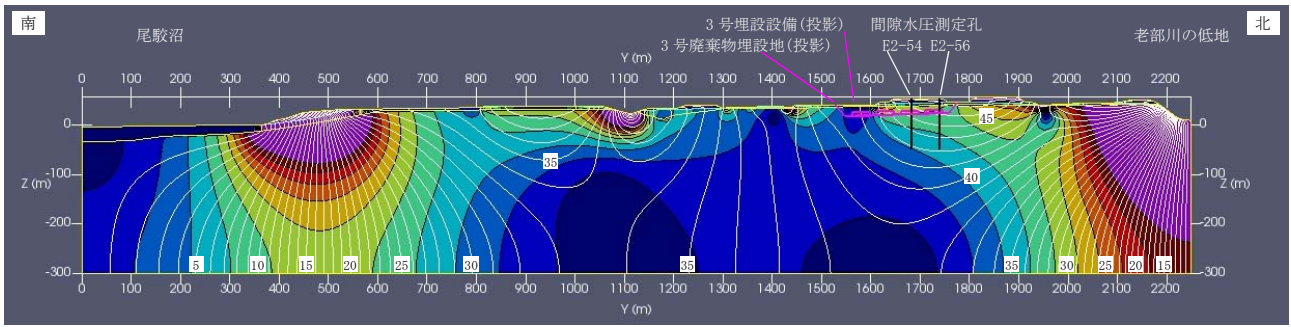
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



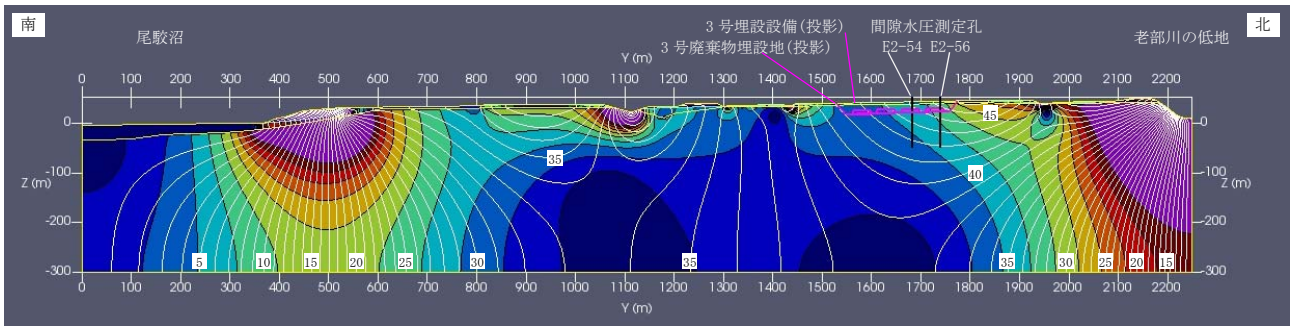
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



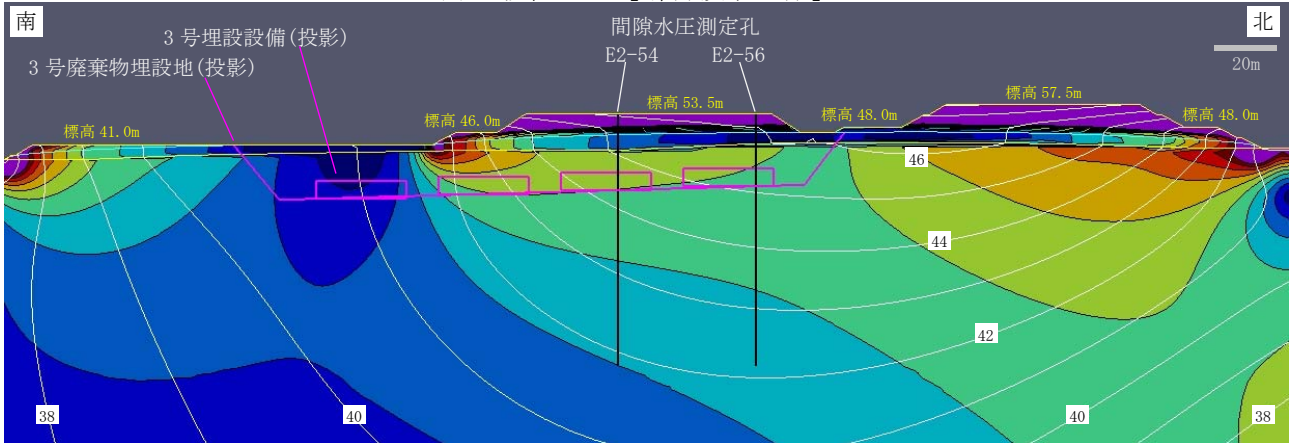
第2図 動水勾配分布 (2/3) 【Z軸方向成分の大きさ】



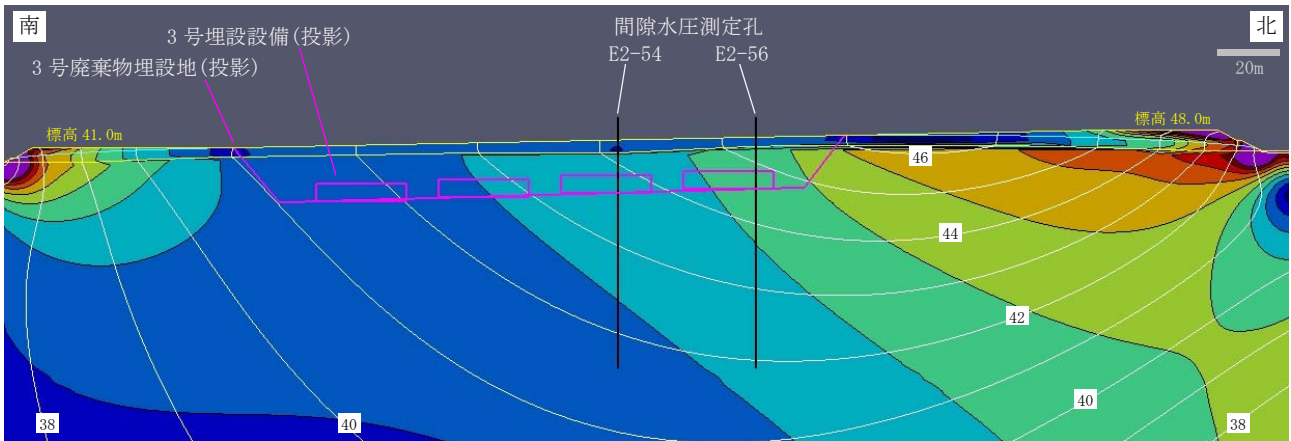
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】

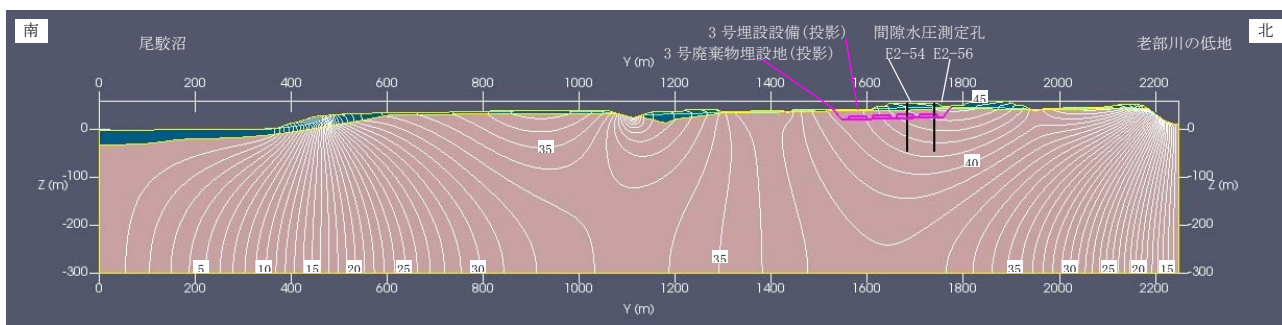


(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】

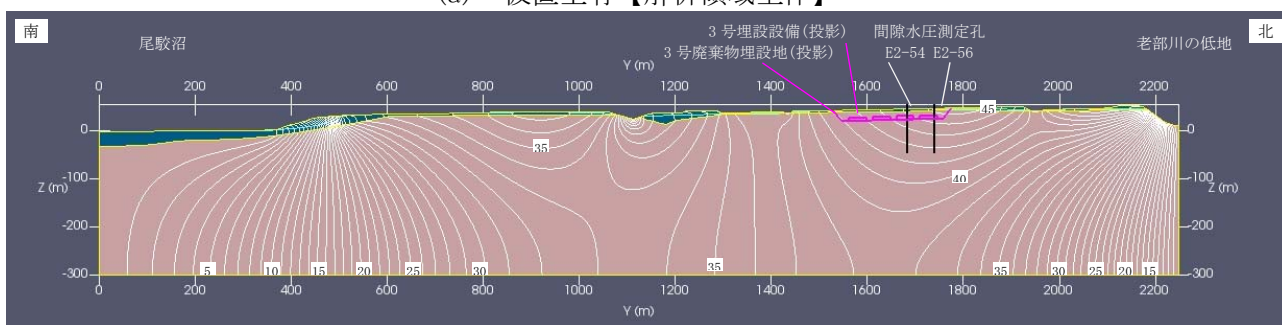


第2図 動水勾配分布 (3/3) 【Y軸及びZ軸成分の合成動水勾配の大きさ】

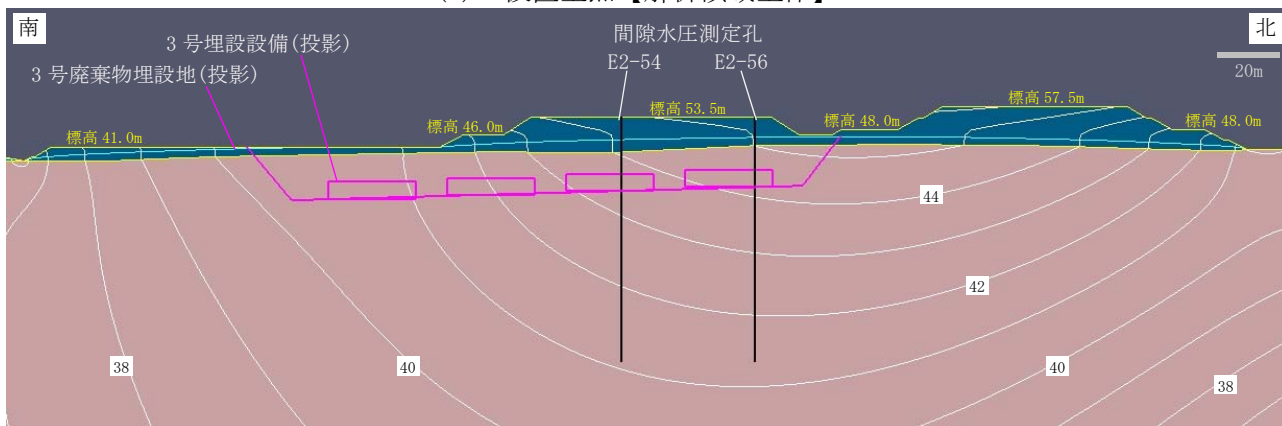
現況再現解析結果(仮置土有・無)【第四紀層の透水係数を 6.0×10^{-6} (m/s) に設定した場合】



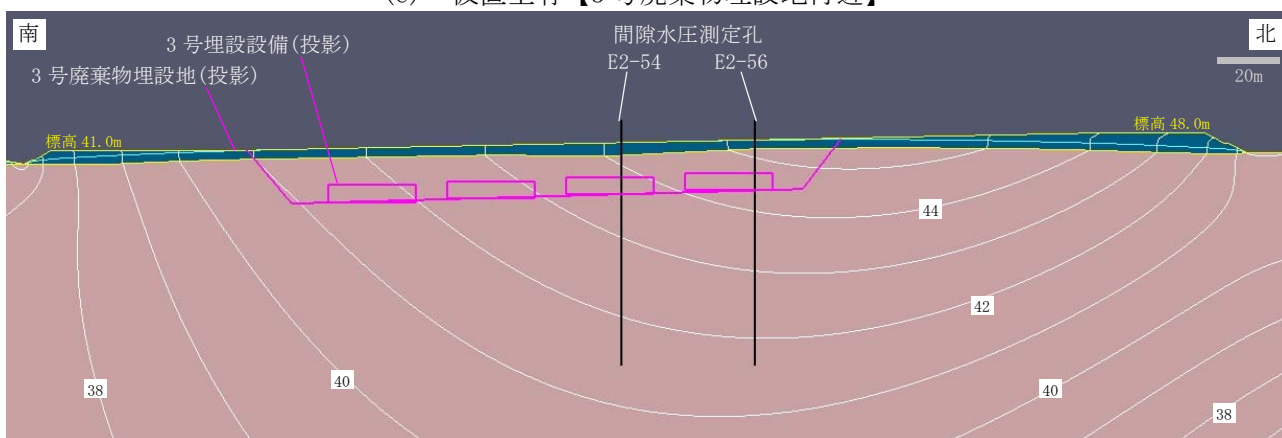
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】

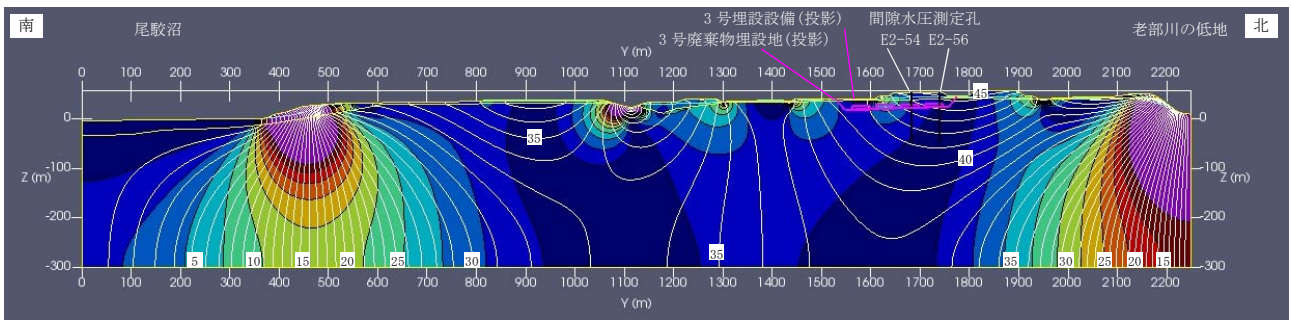


(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】

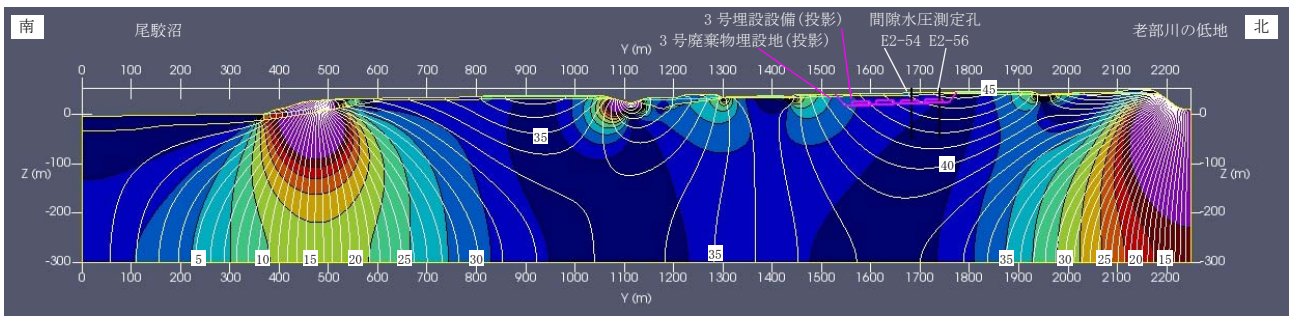
凡 例

■ : 鷹架層 ■ : 第四紀層 (盛土・仮置土を含む) — : 1m 間隔全水頭等高線 — : 地下水面

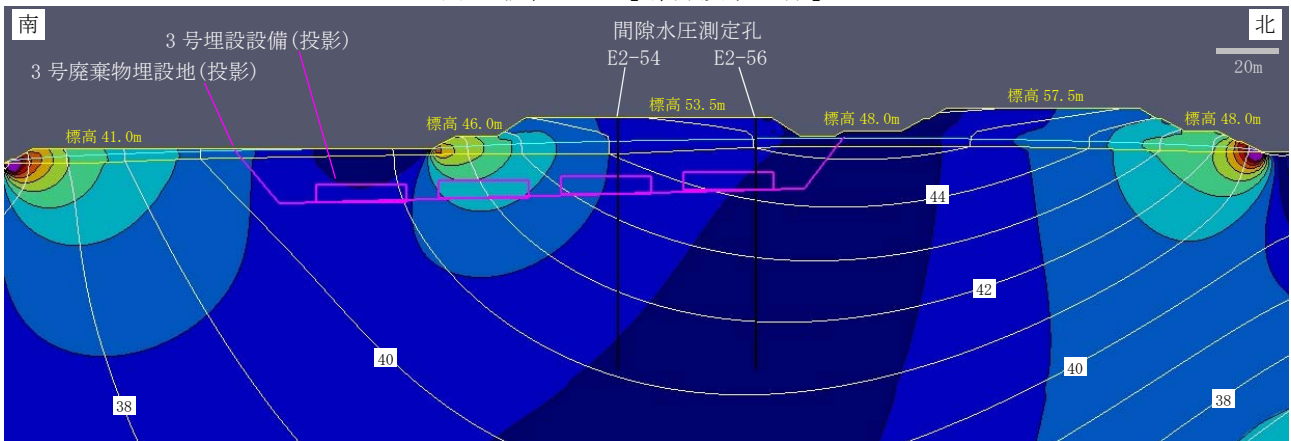
第 1 図 全水頭等高線



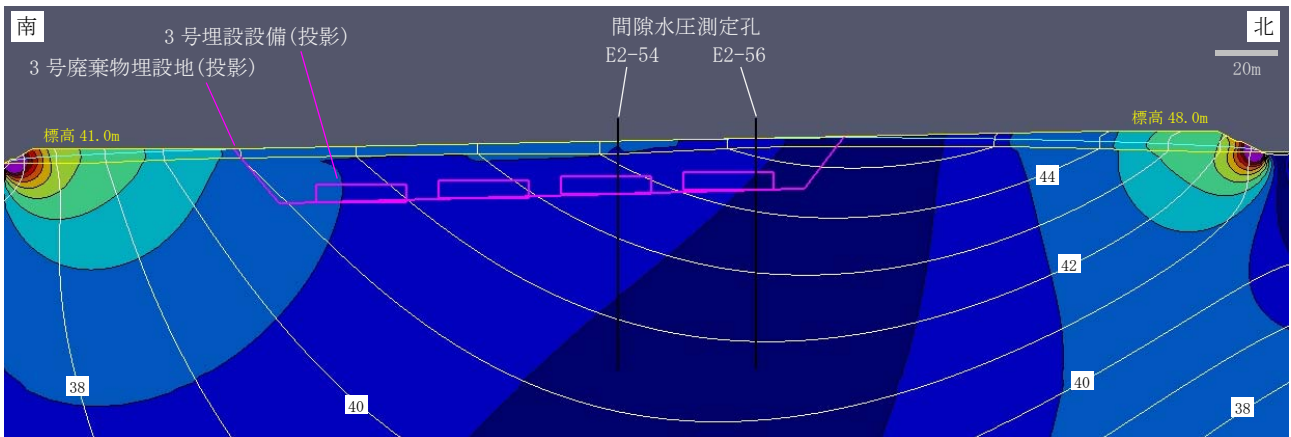
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



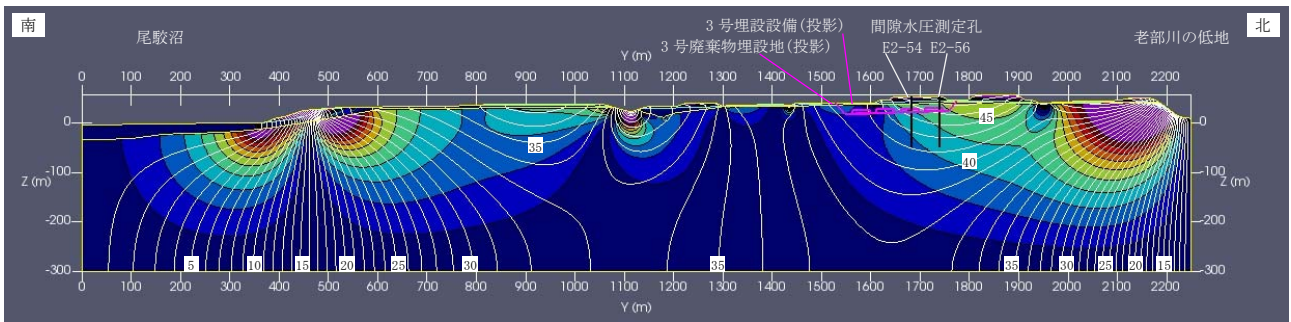
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



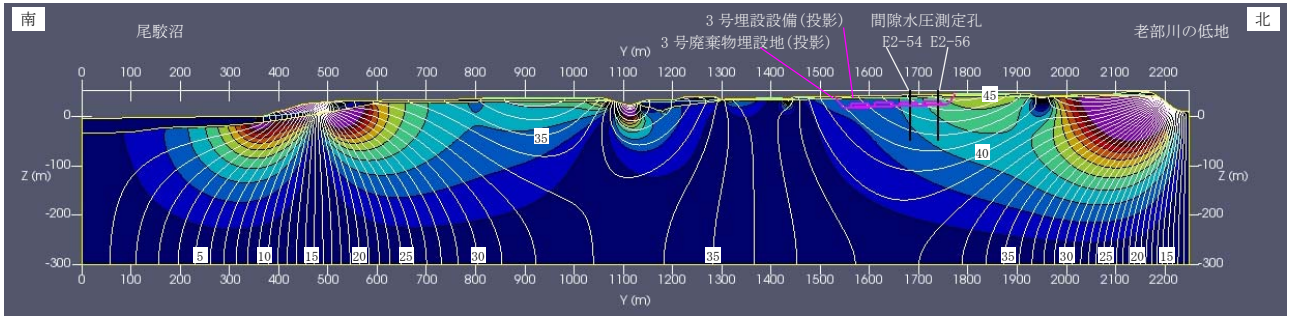
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



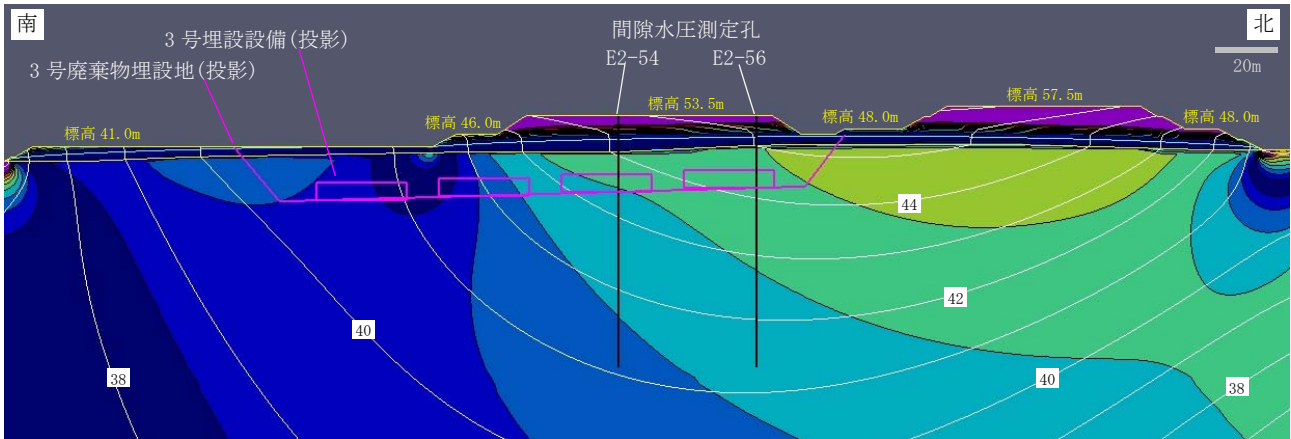
第2図 動水勾配分布 (1/3) 【Y軸方向成分の大きさ】



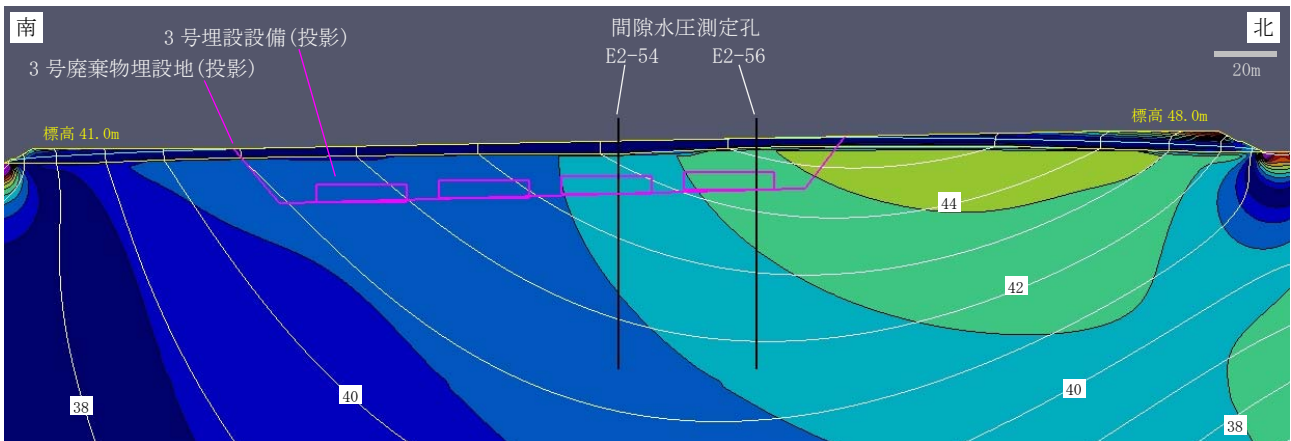
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



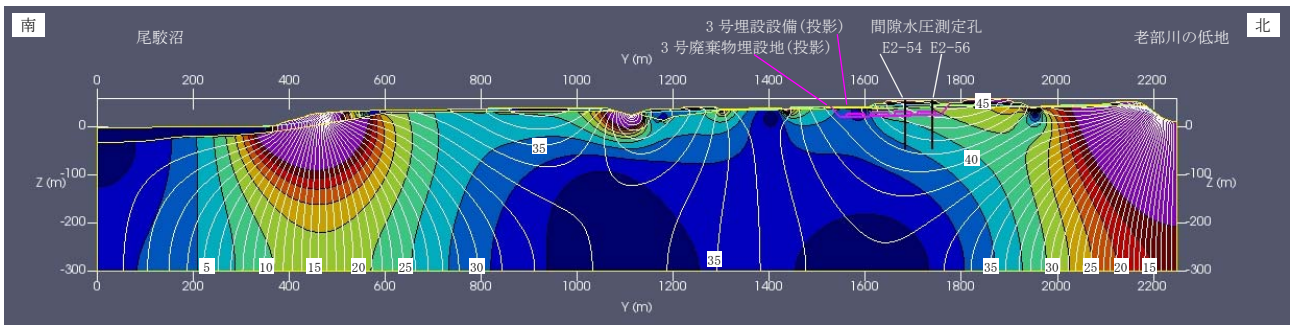
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



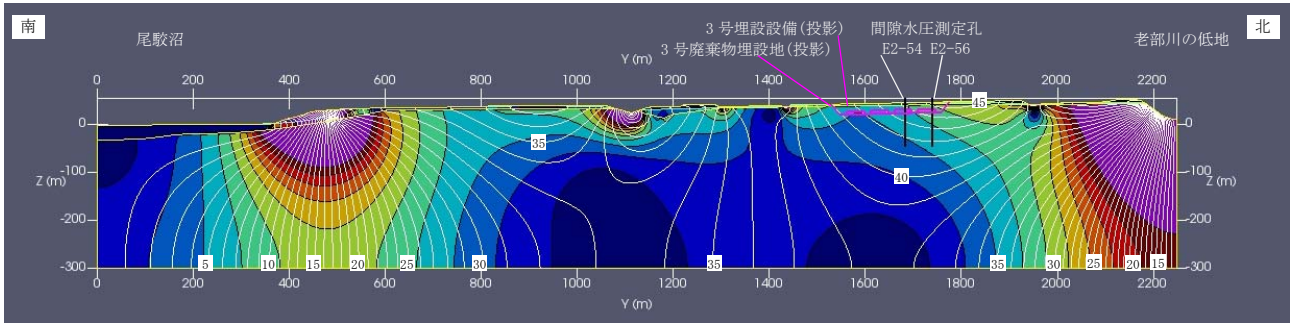
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



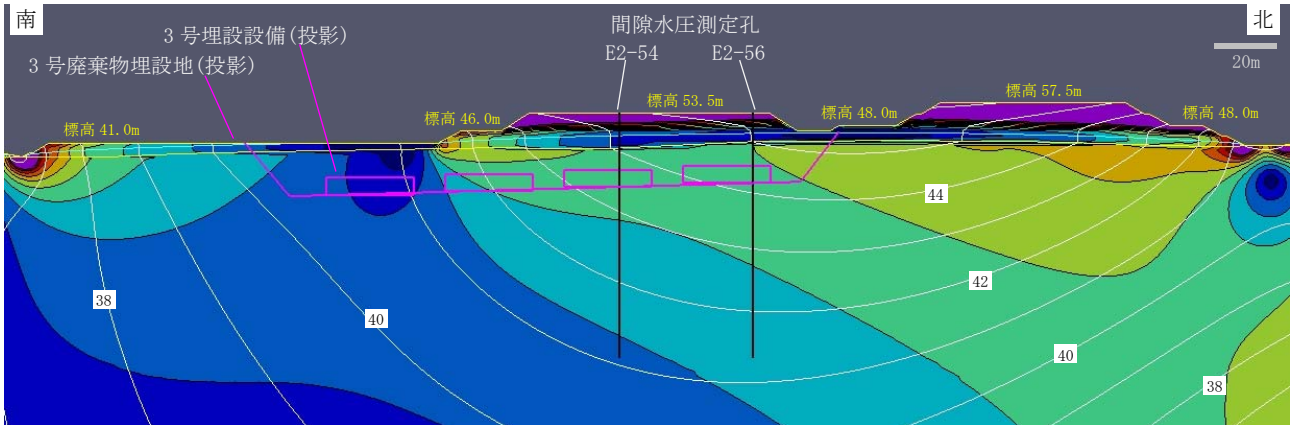
第2図 動水勾配分布 (2/3) 【Z軸方向成分の大きさ】



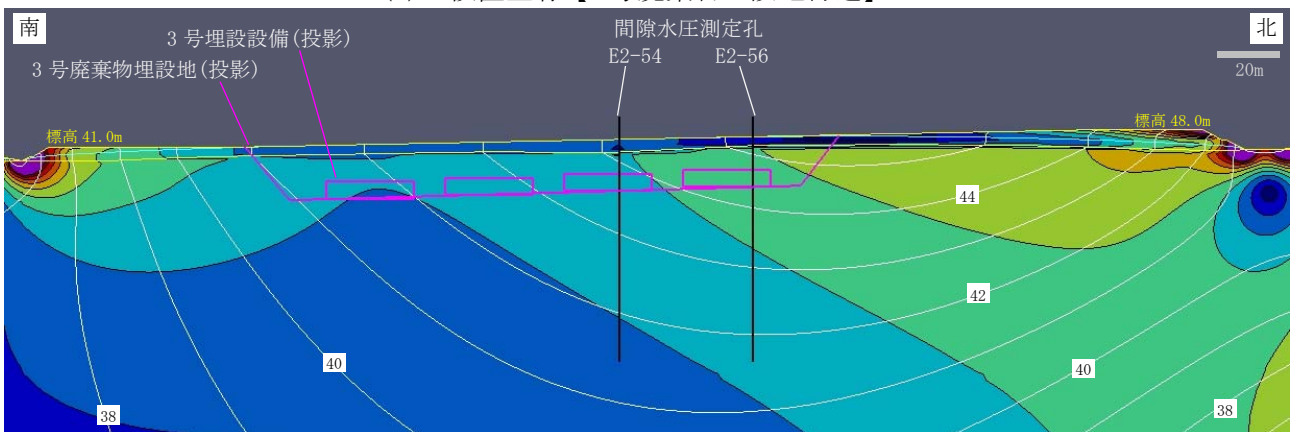
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



第2図 動水勾配分布 (3/3) 【Y軸及びZ軸成分の合成動水勾配の大きさ】