

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

第九条第二号 異常時の放射線障害の防止等
(廃止措置開始以後の評価)

補足説明資料 7

線量評価パラメータ

-埋設設備からの流出水量-

2019年12月18日

日本原燃株式会社

審査会合における本資料に関連するコメントと反映箇所

No.	コメント	反映箇所
155	<p>第 317 回審査会合（2019/11/27）資料 1-2-2 資料 1-2-2（廃止措置開始以後の線量評価に関する補足説明資料集）のうち、補足説明資料 7 の埋設設備からの流出水量について、現況再現解析結果は、実測よりも地下水面が高い地点や動水勾配が小さい地点があり、実測と整合していない。施設通過水量の設定について、解析に基づき設定するのであれば水理モデルの検証を行うこと。逆に、動水勾配が数年後どうなるか分からないが、3%でも 7%でも線量評価の結果にほとんど効いてこない（基準の桁落ちぐらい）というのであれば、その両方を示して大丈夫であることを説明することも一案として考えられる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・補足説明資料 7 「1. はじめに」、「2.1 計算モデル設定の考え方と計算の流れ」、「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」 ・補足説明資料 7 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」 ・補足説明資料 7 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」

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	5
2.1. 計算モデル設定の考え方と計算の流れ	5
2.2. 2次元地下水浸透流解析のコード	8
2.3. 埋設設備からの流出水量の計算(要素単位)	8
2.4. 埋設設備からの流出水量の計算(埋設設備単位)	10
2.5. 埋設設備からの流出水量の計算(廃棄物埋設地単位)	11
2.6. 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算	11
2.7. 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
3.1. 廃棄物埋設地付近の水理場	13
3.2. 解析断面及び解析領域の設定	13
3.3. 境界条件の設定	19
3.4. 透水係数の設定	22
3.5. 2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性について	25
3.6. 計算ケース	25
3.7. 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

 : 補正に伴い変更する箇所 (コメント対応含む)

 : 上記以外の審査会合コメント反映箇所

赤字 : 第317回審査会合(2019/11/27)からの変更箇所

1. はじめに

本資料は、第 317 回審査会合(2019/11/27)資料 1-2-1「第九条第二号 異常時の放射線障害の防止等(廃止措置開始以後の評価)」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。

一般に、地下水面の勾配が緩い場合には、地表付近の地下の動水勾配は地下水面の勾配とおおむね一致することから、埋設設備設置位置の動水勾配は地下水面の勾配に等しいといえる。

事業所敷地内では、緩く傾斜した台地の表層付近の厚さ数 m~10m の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、第 1 図に示すように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。

また、埋設設備は岩盤（鷹架層）を掘り込んで設置し、岩盤部分は岩盤の透水係数より小さくなるよう、難透水性覆土及び下部覆土により埋め戻し、その上には第四紀層相当の透水係数の上部覆土で覆う設計としていることから、覆土完了後の廃棄物埋設地内の地下水面は第四紀層に相当する上部覆土の中にあると想定できる(第 1 図参照)。このため、埋設設備からの流出水量を求める際の地下水面は、おおむね第四紀層下限面と地表面の間にあることになる。

原地形(1986 年時点の事業所敷地造成前の地形)の台地上の地下水面勾配の大きさは、第 2 図に示すように地表面勾配と第四紀層下限面勾配の大きさの間の値になる。また、台地上の第四紀層の中に地下水面が形成されるには、台地上の地下水面勾配が 3%よりも小さい必要がある(第 2 図参照)。

したがって、台地上の地下水面勾配が最大 3%であることから、台地上の地下水面勾配（地下水面の動水勾配）を 3%に設定する。

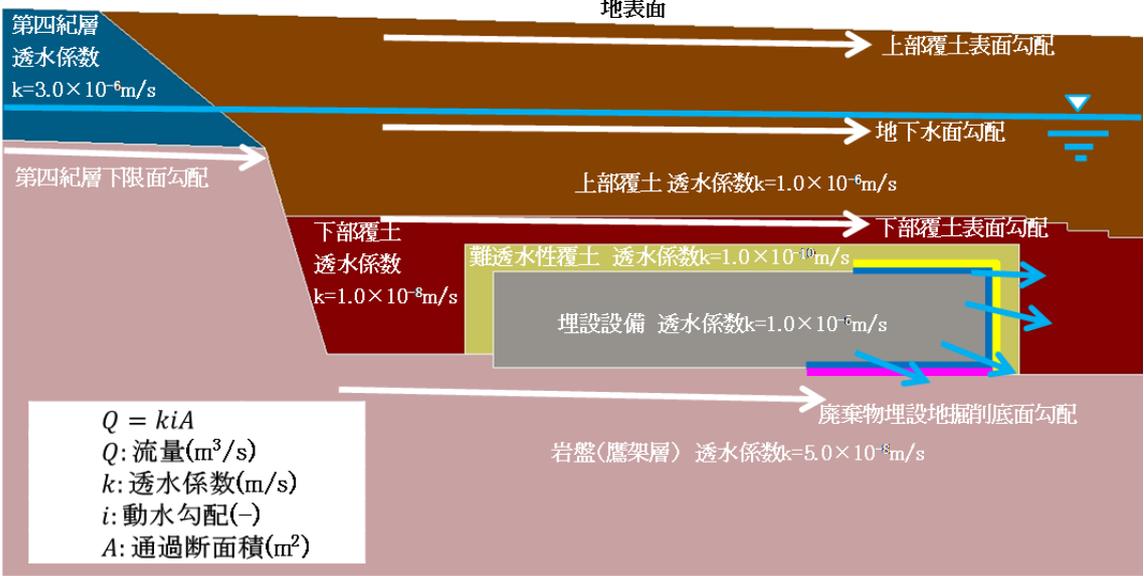
上記で設定した透水係数と動水勾配を用いて、2次元鉛直断面の有限要素法による地下水浸透流解析より、覆土後の将来の埋設設備からの流出水量を求めることとする。

流出水量を求める前に、まず 3号廃棄物埋設地予定位置付近の現況の2次元鉛直断面の有限要素法による地下水浸透流解析（以下「現況再現解析」という。）を行い、地下水面及び岩盤中の間隙水圧の測定データと解析結果を比較することにより、両者がおおむね一致していることを確認した。

現況再現解析から求まる 3号廃棄物埋設地予定位置付近の動水勾配は、3.4%となり、3%より若干大きくなった（第3図参照）。

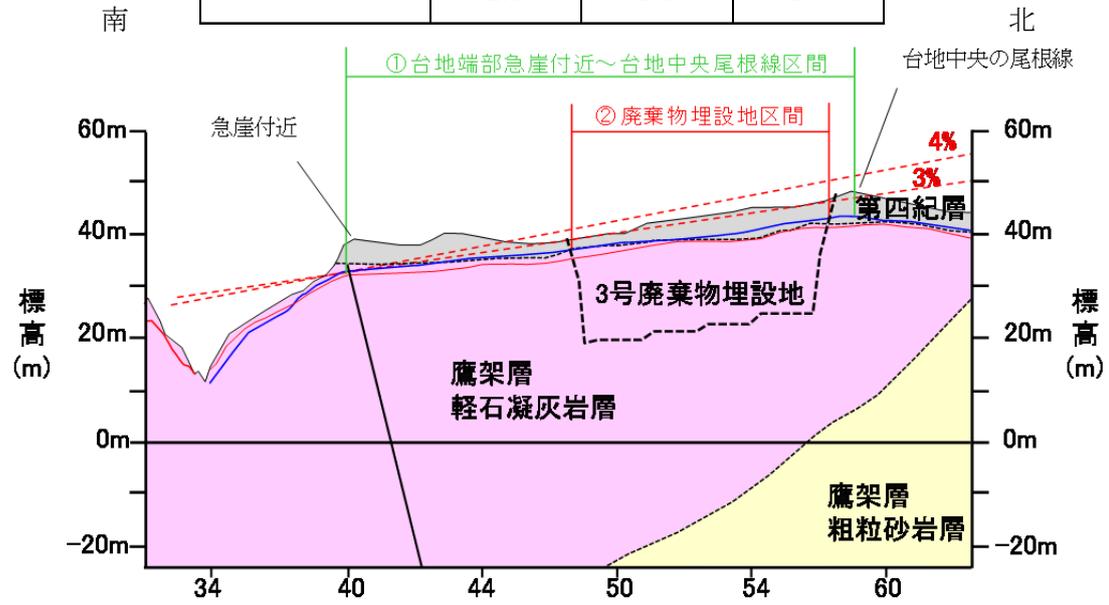
しかしながら、埋設設備からの流出水量を求める計算モデルの境界条件である動水勾配の設定に当たっては、解析にも不確実性がある上に、将来の地形変化の影響を受けるなど、必ずしも現状の再現性の良い境界条件が将来に渡って続くとは限らないことを考慮して、動水勾配の長期状態設定は、長い期間を経て自然に形成された原地形（1986年時点の事業所敷地造成前の地形）の平均的地下水面位置に基づき設定する方法（動水勾配 3%）を選択した（第2図参照）。

なお、動水勾配を 3.4%に設定すると、動水勾配を 3%に設定した場合より埋設設備からの流出水量は約 3.4/3 倍になり、線量評価への影響も比例するが、動水勾配を 3%に設定した場合の基本設定の被ばく線量結果が $0.46 \mu\text{Sv/y}$ であることから、動水勾配を 3.4%に設定したとしても基準線量 $10 \mu\text{Sv/y}$ に対しては十分余裕がある。



第 1 図 廃棄物埋設地付近の地下水面位置の概要

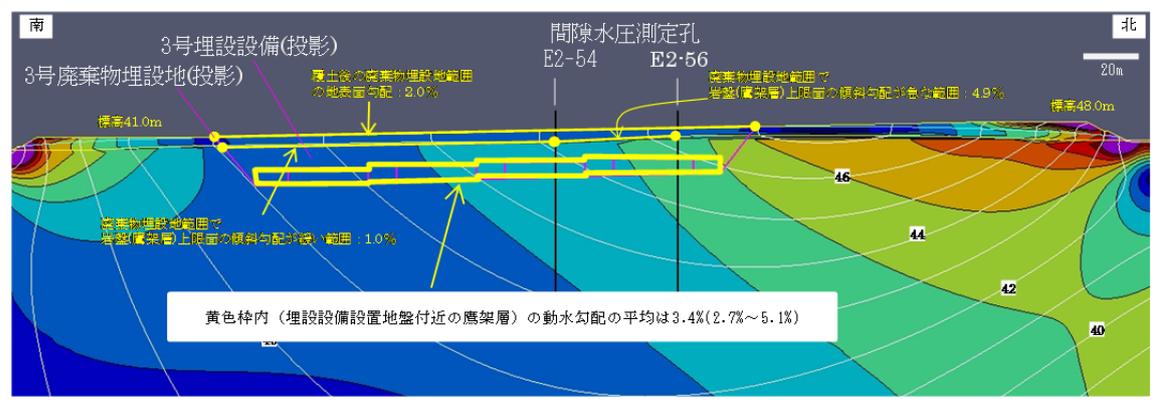
	地表面勾配 (%)	地下水面勾配 (%)	第四紀層下限面勾配 (%)
①台地端部急崖付近～台地中央尾根線区間	3.2	2.6	2.0
②廃棄物埋設地区区間	2.3	2.3	1.7



縦横比を極端に変更(縦:横=約5:1)



第2図 台地上の地表面、地下水面、第四紀層下限面の関係の模式図
【事業所敷地造成前(1986年)】



第3図 仮置土がない場合の廃棄物埋設地付近の動水勾配分布

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。

2.1. 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の流れ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、施設を設置し、覆土は現造成面又はそれ以上にすることから、覆土した後は事業所敷地造成前の原地形に水理地質状況が近くなる。したがって、事業所敷地造成前(1986年)の地下水の流れ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 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 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。

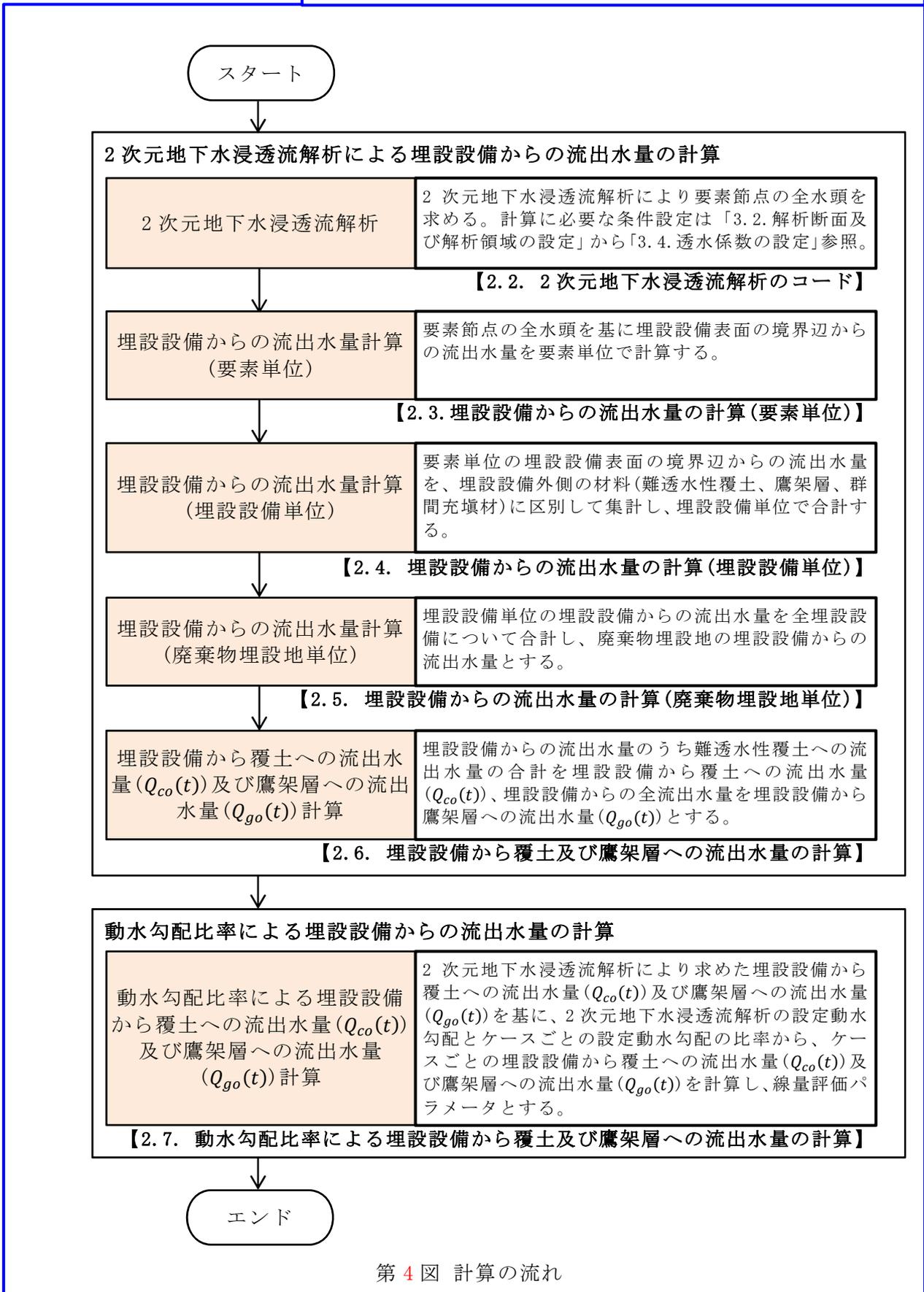
覆土後の将来の3号廃棄物埋設地は事業所敷地造成前(1986年)の原地形に近い状態に

することから、地下水面勾配の大きさは第四紀層下限面の勾配と上部覆土表面の勾配の大きさの間にあることになる。したがって、第四紀層下限面の勾配と上部覆土表面の勾配より 3 号廃棄物埋設地予定位置付近の平均動水勾配を 3%とする。

なお、将来の地形変化を考慮した場合は、3%の動水勾配で計算された流出水量に対し、将来の地形変化時の動水勾配と 3%の比率を用いて、ダルシーの法則に基づいて求めるものとする。

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 4 図に示す。

コメント No. 65 及び No. 66 を踏まえ、想定される埋設設備付近の地下水流れの状況及び計算モデルの考え方を説明



第4図 計算の流れ

2.2. 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。

2.3. 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。

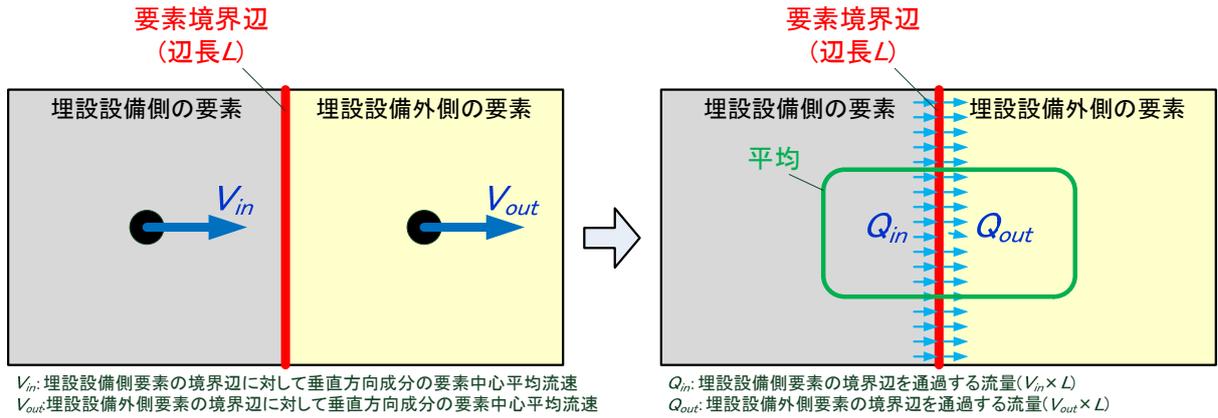
埋設設備からの流出水量は、埋設設備表面の辺を含む要素から流出する流量であり、埋設設備表面の境界辺を介した埋設設備側と埋設設備外側の2つの要素が関係する。

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5図参照)。

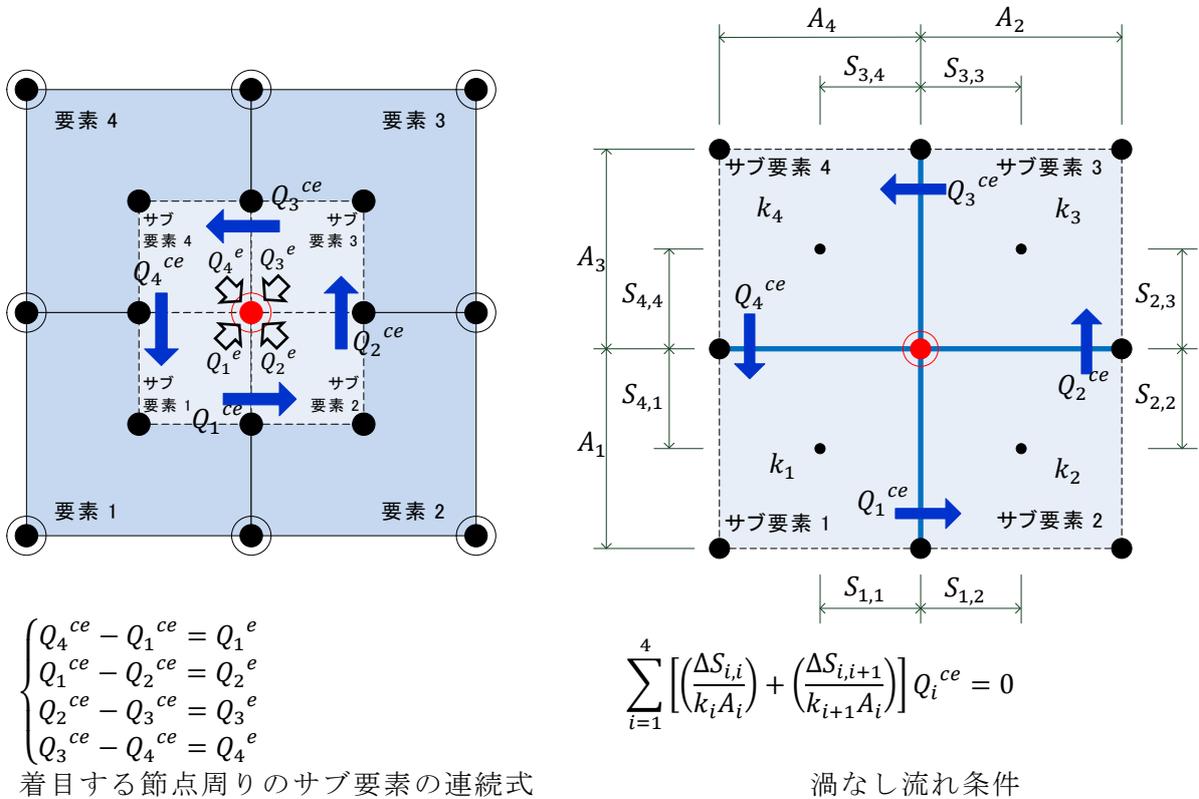
しかし、埋設設備とそれを覆う難透水性覆土やそれに接する鷹架層の透水係数にオーダー単位の大きな差がある場合は、誤差が大きくなる。

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6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 5 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



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 6 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

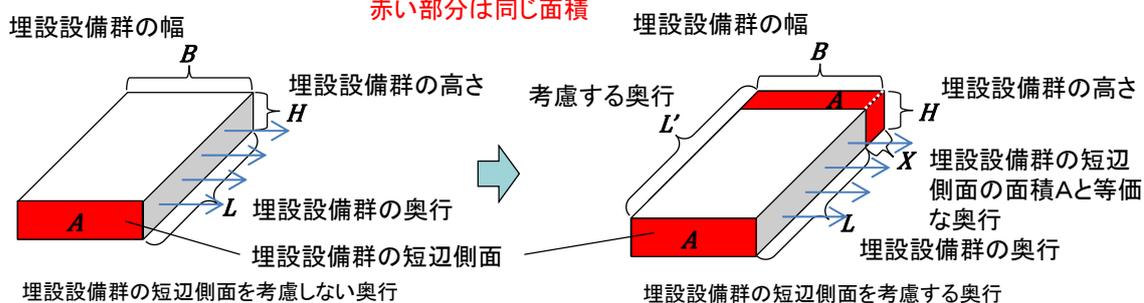
2.4. 埋設設備からの流出水量の計算(埋設設備単位)

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7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8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



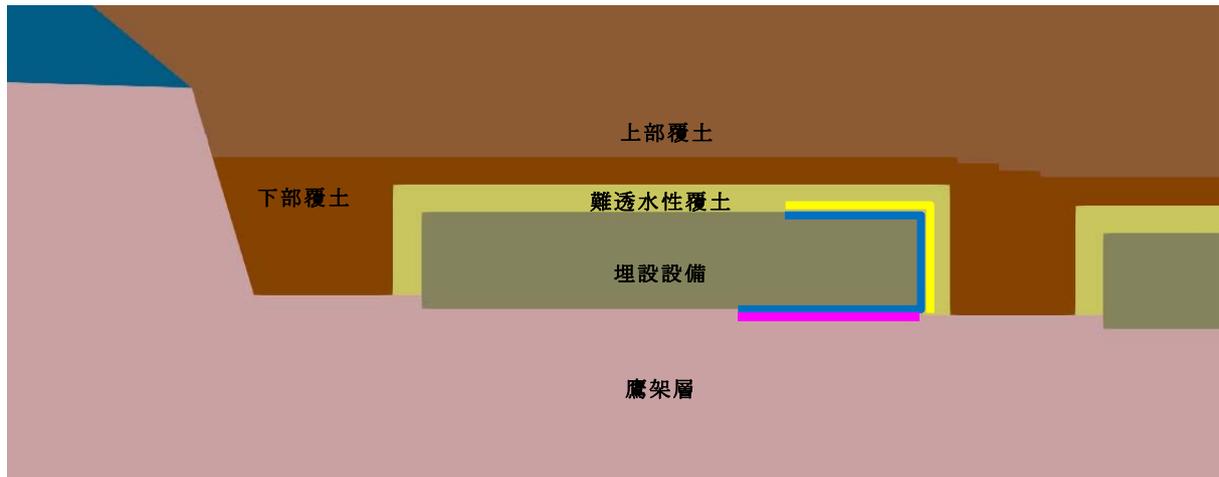
第7図 考慮する奥行きの考え方^{*1}

^{*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。

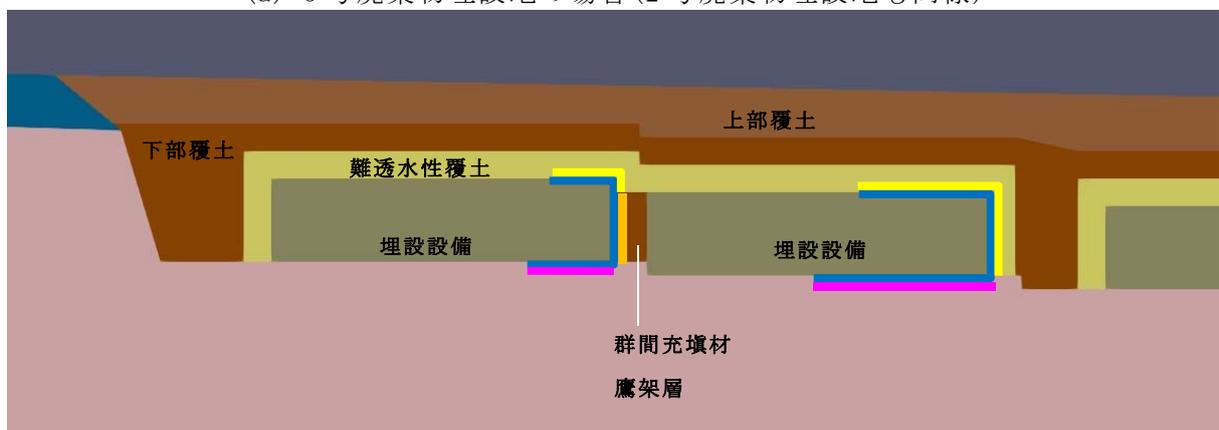
第1表 考慮する奥行き^{*1}

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>	埋設設備群の奥行き(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き(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>	考慮する奥行き(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 8 図 埋設設備からの流出水量の集計イメージ

2.5. 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。

2.6. 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。

2.7. 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

計算ケースごとに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。基本設定における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。

$$Q = kiA \quad \text{-----} \quad (2-1)$$

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)

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

$Q_{case}(t)$: 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。

3.1. 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 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 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 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。

3.2. 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 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の2つに分かれる。以下に、それぞれについて説明する。

(1) 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、将来1,000年後程度までの間に沢などの侵食によって廃棄物埋設地が削剥されたとしても局所的であるため、基本設定及び変動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。

(2) 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、申請書の添付書類5ニ-第3図を基に設

コメント No. 65 及び No. 66 を踏まえ、想定される埋設設備付近の地下水流れの状況及び計算モデルの考え方を説明

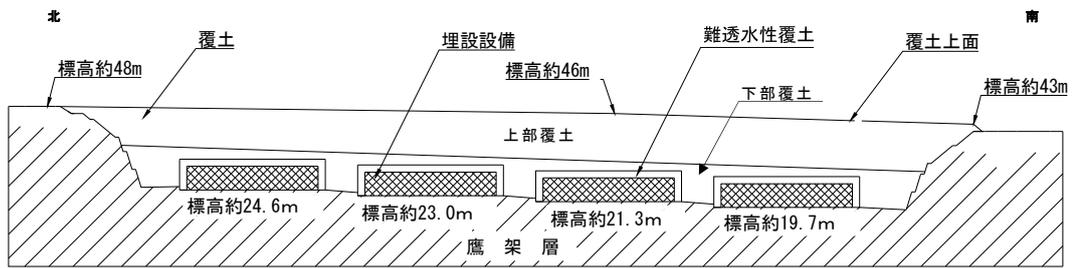
定し、上部覆土と下部覆土の境界については難透水性覆土上面の上方 2m とする。

以上を踏まえて作成した有限要素モデルを第 9 図に示す。

廃棄物埋設地の南北鉛直断面に上部覆土及び下部覆土境界を追記

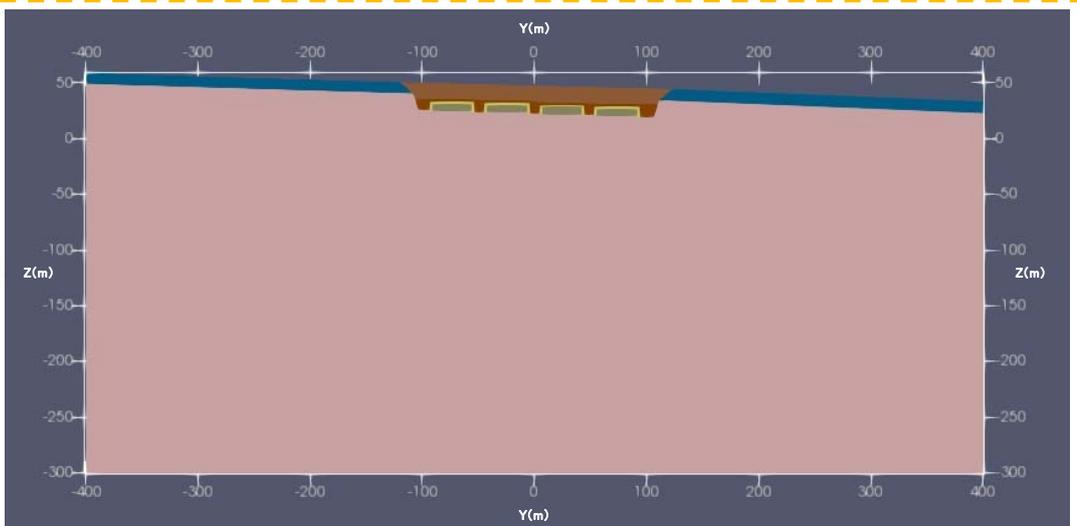
コメント No. 65 及び No. 66 を踏まえ、想定される埋設設備付近の地下水流れの状況及び計算モデルの考え方を説明

有限要素モデルの参考にした図

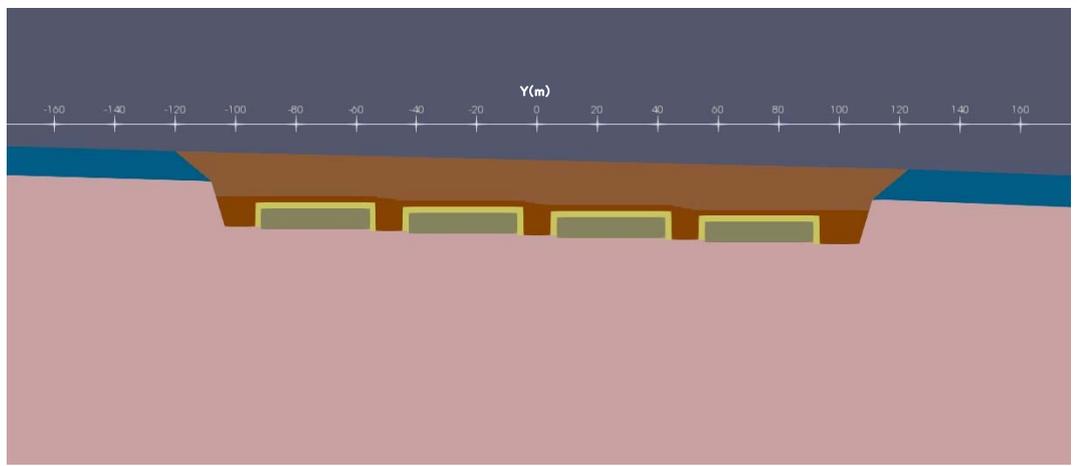


有限要素モデル(材料分布図)

解析領域全体



廃棄物埋設地付近



凡例

- : 鷹架層
- : 第四紀層
- : 上部覆土
- : 下部覆土
- : 難透水性覆土
- : 埋設設備

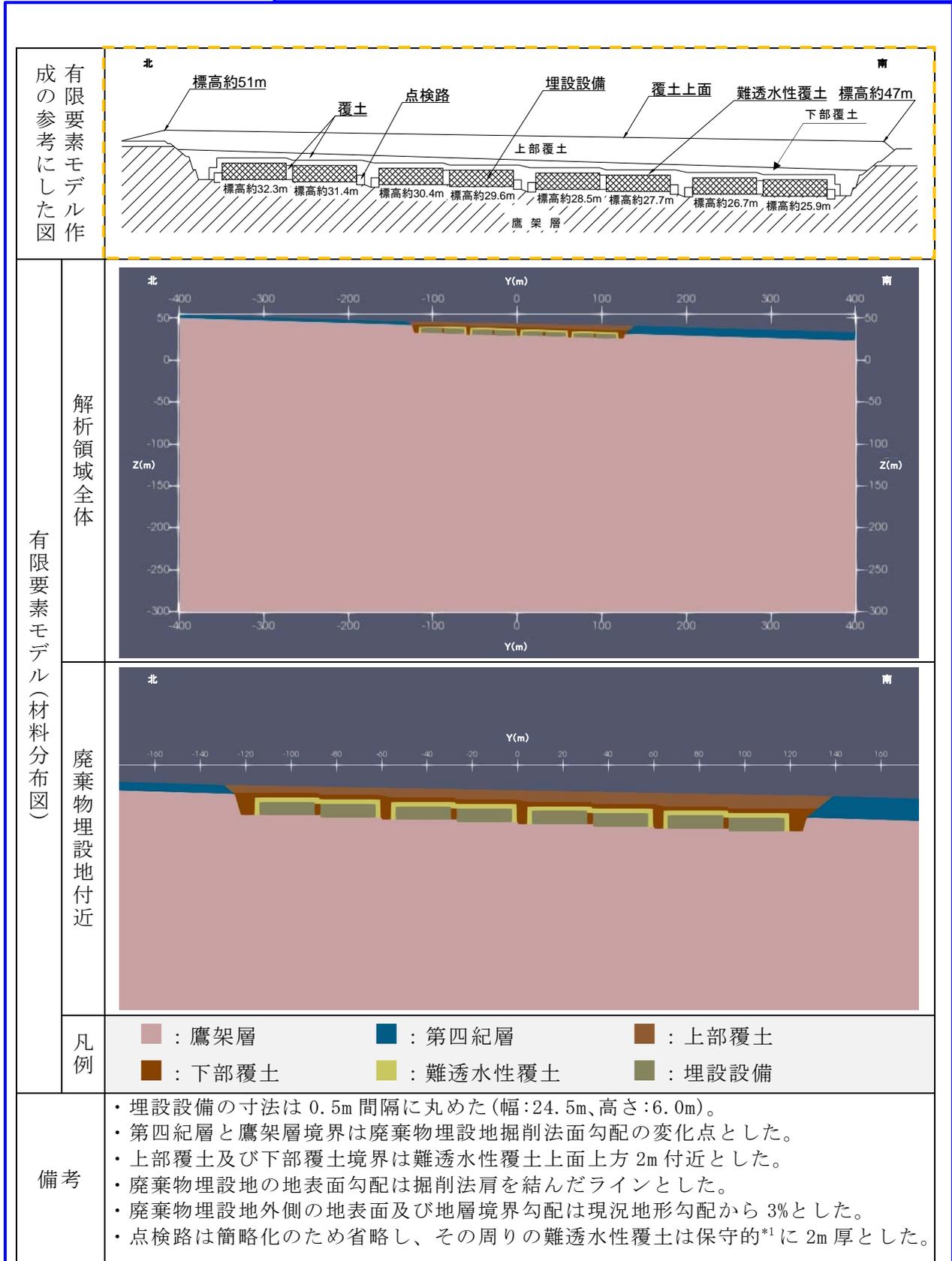
備考

- 埋設設備の寸法は 0.5m 間隔に丸めた(幅:36.0m、高さ:7.0m)。
- 第四紀層と鷹架層境界は廃棄物埋設地掘削法面勾配の変化点とした。
- 上部覆土及び下部覆土境界は難透水性覆土上面上方 2m とした。
- 廃棄物埋設地の地表面勾配は掘削法肩を結んだラインとした。
- 廃棄物埋設地外側の地表面及び地層境界勾配は現況地形勾配から 3% とした。

第 9 図 有限要素モデル(材料分布図) (1/3) 【3号廃棄物埋設地】

廃棄物埋設地の南北鉛直断面に上部覆土及び下部覆土境界を追記
誤植の修正

コメント No. 65 及び No. 66 を踏まえ、想定される埋設設備付近
の地下水流れの状況及び計算モデルの考え方を説明

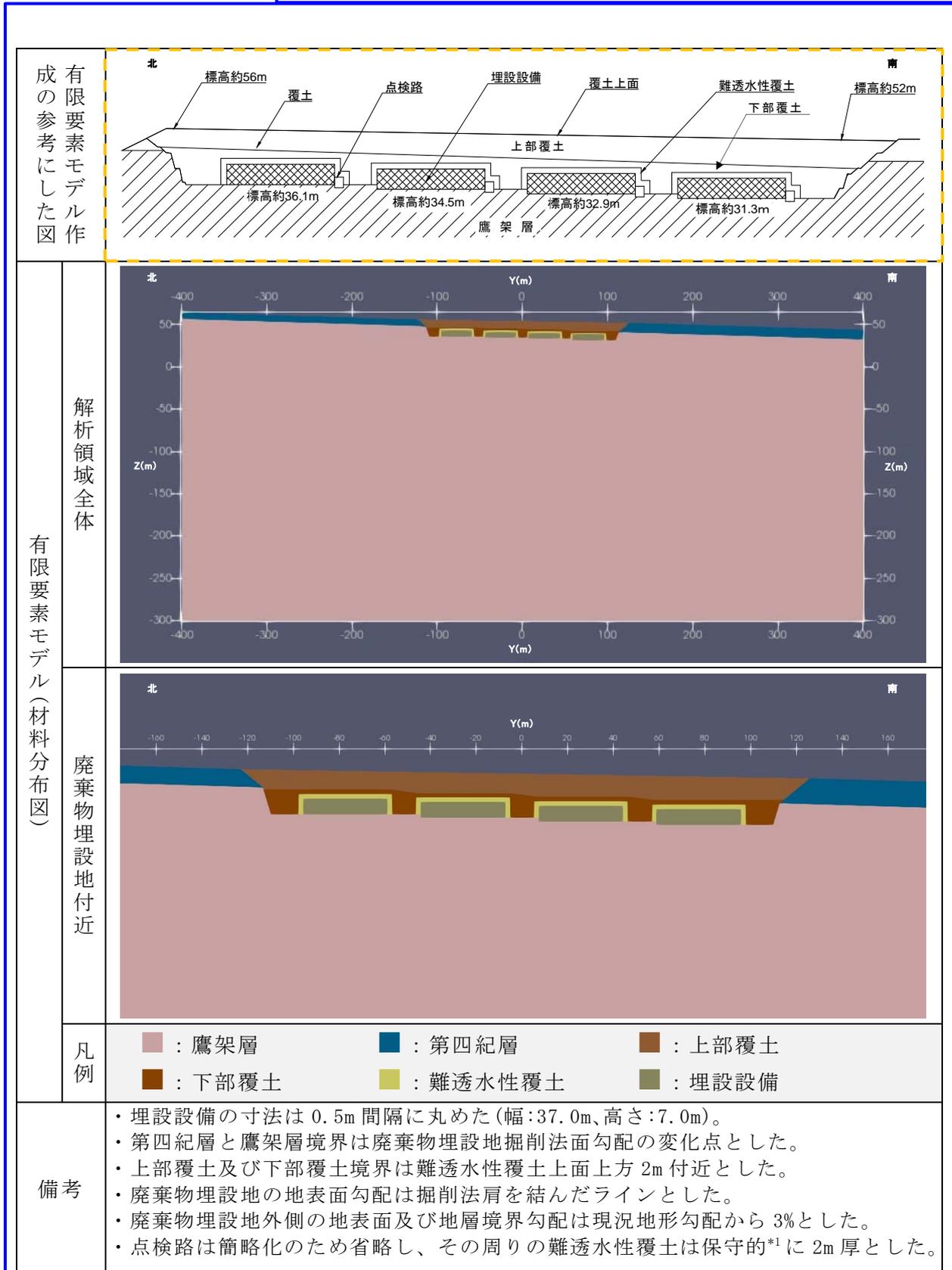


第9図 有限要素モデル(材料分布図) (2/3) 【1号廃棄物埋設地】

*1 難透水性覆土内の地下水の移行時間が短くなる側

廃棄物埋設地の南北鉛直断面に上部覆土及び下部覆土境界を追記

コメント No. 65 及び No. 66 を踏まえ、想定される埋設設備付近の地下水流れの状況及び計算モデルの考え方を説明



第9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

3.3. 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 10 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)。

(1) 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。水位固定境界の全水頭(標高換算)は、覆土後の解析領域両端間の動水勾配を基に設定する。

覆土後の将来の廃棄物埋設地付近の地下水の動水勾配は、廃棄物埋設地の掘削底盤勾配、上部覆土と下部覆土の境界の勾配、覆土後の地表面勾配の影響及び将来の地形変化の影響を受ける。

埋設設備設置地盤付近(標高 20m~25m)の動水勾配は、地下水面の勾配とほぼ同じであることを事業所敷地造成後(2017 年)の間隙水圧測定データから求めた全水頭分布によって確認している(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、1. (3) 3 号埋設設備設置地盤付近の地下水の流動状況」参照)。

事業所敷地造成前(1986 年)における実測値に基づいた地下水面の勾配は、最大 3%になることがわかっている(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、1. (2) 事業所敷地の地下水の流動状況」参照)。覆土後の将来の 3 号廃棄物埋設地は事業所敷地造成前(1986 年)の原地形に近い状態にすることから、地下水面勾配の大きさは第四紀層下限面の勾配と上部覆土表面の勾配の大きさの間にあることになる。したがって、第四紀層下限面の勾配と上部覆土表面の勾配より 3 号廃棄物埋設地予定位置付近の平均動水勾配を 3%とする。これを踏まえ、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。

(2) 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、第 317 回審査会合(2019/11/27)資料 1-2-2 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、(5)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

コメント No. 65 及び No. 66 を踏まえ、想定される埋設設備付近の地下水流れの状況及び計算モデルの考え方を説明

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。

年平均降水量は、**実測値に基づいた第 317 回審査会合(2019/11/27)資料 1-2-2 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、(3)降水量」**の年平均降水量(第 2 表参照)を参考に、温暖期継続ケースの基本設定の値 1,300mm/y 及び変動設定の値 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 $1,550\text{mm/y} (=1,300 + (1,300 - 1,050))$ 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。

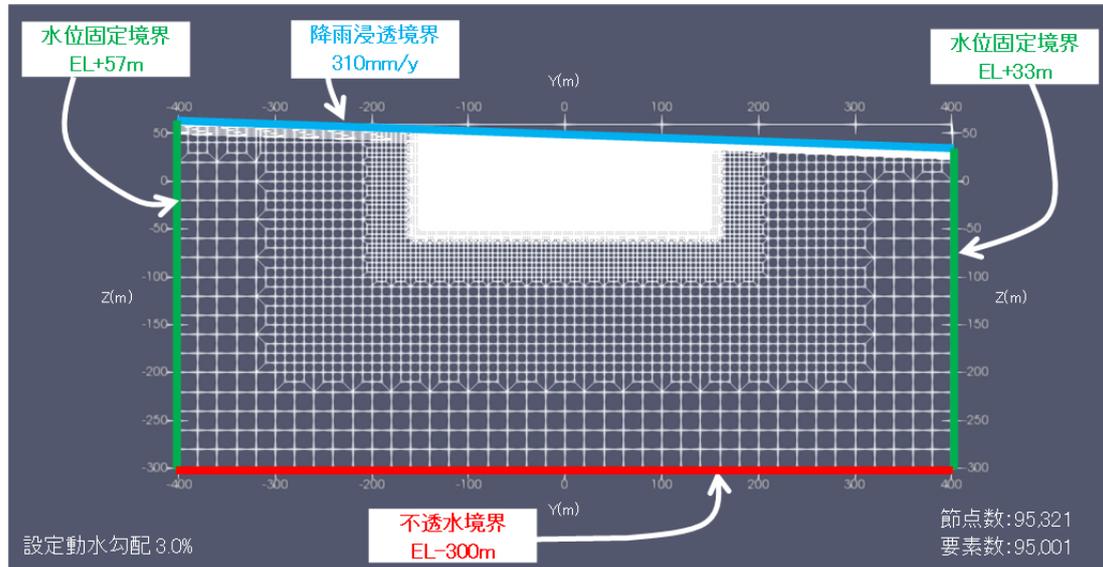
(3) 解析領域の底部境界

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。

*1 埋設設備からの流出量を求めるための 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)。

コメント No. 56 を踏まえ、モデル化
時期を 1,000 年後に変更

コメント No. 65 及び No. 66 を踏まえ、想定される埋設設備付
近の地下水流れの状況及び計算モデルの考え方を説明



第 10 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)
基本 設定	温暖期継続ケース	1,000 年後	12	1,300
変動 設定	温暖期継続ケース	1,000 年後	12	1,050

*1 第 317 回審査会合(2019/11/27)資料 1-2-2 補足説明資料 1「地質環境に係る長期変動事象」参照。

*2 0~1,000 年後の状態は 1,000 年後と同じ状態に設定する。

3.4. 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。

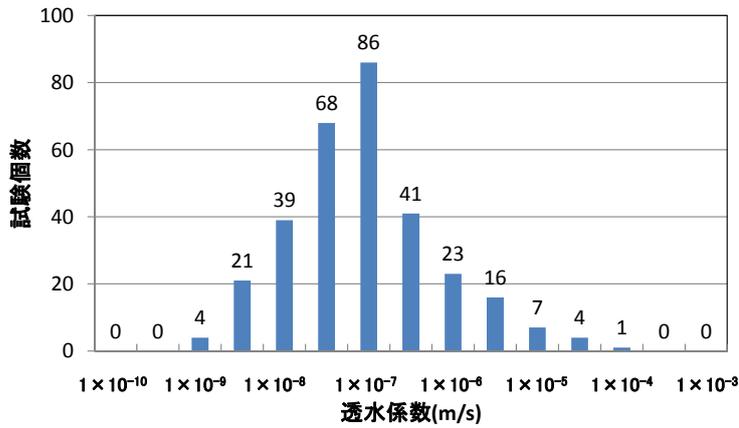
第3表には、2次元地下水浸透流解析に入力する材料の透水係数とその設定の考え方を示す。

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	基本設定	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11図参照)とする。
		変動設定	5.0×10^{-8}	1.1×10^{-7}	7.8×10^{-8}	
	第四紀層	基本設定	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12図参照)とする。
		変動設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	
廃棄物埋設地	上部覆土	基本設定	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)。
		変動設定	3.0×10^{-6}	2.5×10^{-6}	3.6×10^{-6}	
	下部覆土	基本設定	1.0×10^{-8}			周辺岩盤*2よりも若干小さい透水係数とする。
		変動設定	1.0×10^{-8}			
	難透水性覆土	基本設定	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(第317回審査会合(2019/11/27)資料1-2-2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)。
		変動設定	1.5×10^{-8}	3.0×10^{-9}	1.5×10^{-8}	
	埋設設備	基本設定	1.0×10^{-5}			砂程度に劣化した状態の透水係数とする(第317回審査会合(2019/11/27)資料1-2-2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)。
		変動設定	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)。

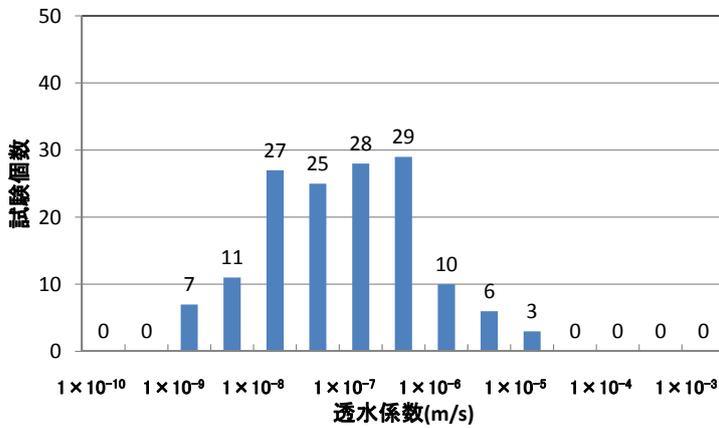
*2 想定した周辺岩盤はN値50以上の鷹架層とした(透水係数： $5.0 \times 10^{-8} \sim 1.1 \times 10^{-7}$ (m/s))。



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。

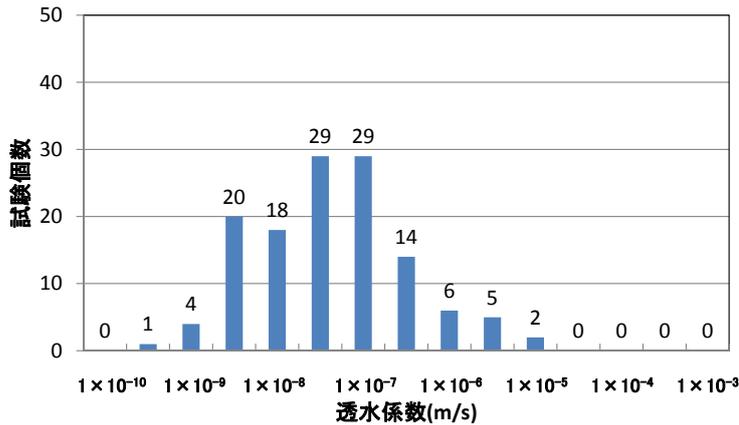
(a) 3号廃棄物埋設地



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

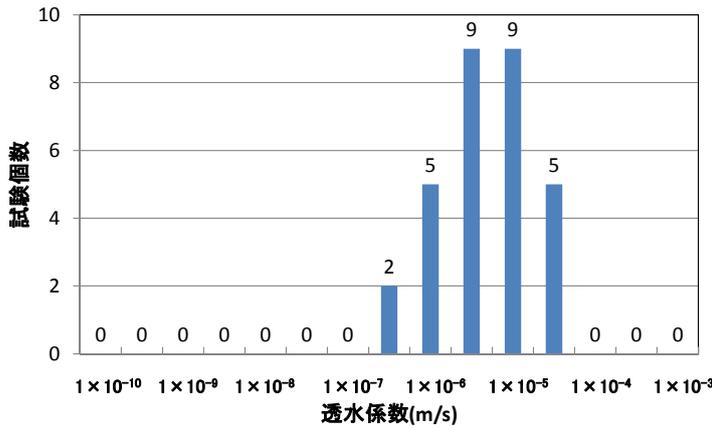


データ個数	128
対数平均値	7.8×10^{-8}
最小値	6.9×10^{-10}
最大値	1.9×10^{-5}
対数の標準偏差	0.9

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

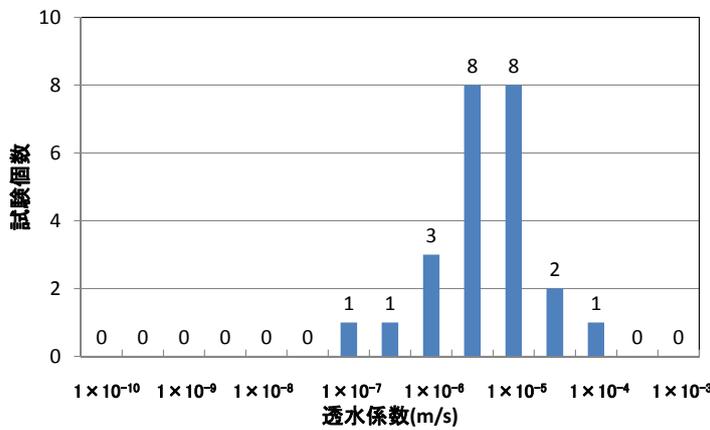
第 11 図 N 値 50 以上の鷹架層中部層の透水係数の分布



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從うと考える。

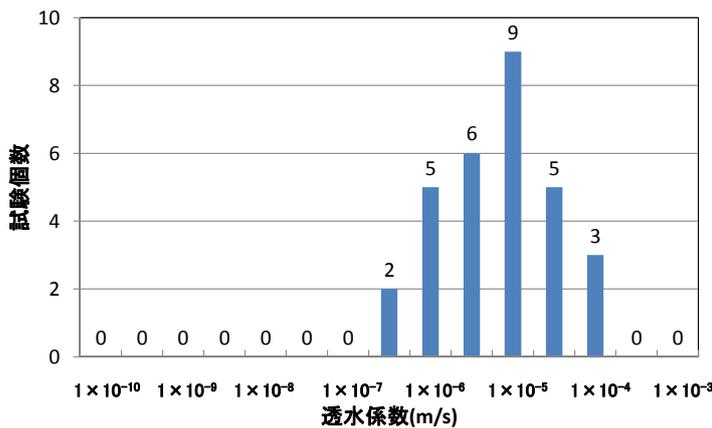
(a) 3号廃棄物埋設地



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從うと考える。

(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從うと考える。

(c) 2号廃棄物埋設地

第 12 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

コメント No. 56 を踏まえ、モデル化時期を 1,000 年後に変更

3.5. 2次元地下水浸透流解析モデルの妥当性について

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)に対して解析モデルの現況再現性についての確認を行った。

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)。

事業所敷地造成後(2017年)の動水勾配は、事業所敷地造成前(1986年)の動水勾配よりも大きい、これは仮置土や造成盛土の影響で一時的なものとする。

3.6. 計算ケース

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、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設定し、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。

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((2-1)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計算する((2-2)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。

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
基本設定	1,000年後	2.0×10^{-10}	2.5×10^{-9}	2.0×10^{-10}
変動設定	1,000年後	1.5×10^{-8}	3.0×10^{-9}	1.5×10^{-8}

*1 第317回審査会合(2019/11/27)資料1-2-2 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。

コメント No. 56 を踏まえ、モデル化時期を 1,000 年後に変更
埋設設備からの流出水量の計算モデルの変更に伴い、流出水量を変更

コメント No. 155 の対応箇所

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
基本設定	1,000 年後	3	3	3
変動設定	1,000 年後	4	3	3

*1 第 317 回審査会合(2019/11/27)資料 1-2-2 補足説明資料 1「地質環境に係る長期変動事象」参照。

3.7. 埋設設備から覆土及び鷹架層への流出水量の計算結果

2次元地下水浸透流解析による動水勾配 3%の場合の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 ($Q_{go}(t)$)の計算結果を第 6 表に、第 6 表の流出水量を基に動水勾配比率から計算した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
基本設定	1,000 年後	10	630	130	2,200	20	920
変動設定	1,000 年後	380	1,100	150	2,200	350	1,300

*1 0~1,000 年後の状態は 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
基本設定	1,000 年後	10	630	130	2,200	20	920
変動設定	1,000 年後	510	1,500	150	2,200	350	1,300

*1 0~1,000 年後の状態は 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)

なお、事業所敷地造成後(2017年)の間隙水圧測定データから求めた3号埋設設備設置地盤付近(標高 20m~25m)の動水勾配は、地盤中の層相の不均質性や地層境界位置の不確実性に起因する透水性のばらつき及び実測データを取得した事業所敷地造成後(2017年)の造成盛土や仮置土による地形形状の複雑さから、局所的に地下水の動水勾配が変化し

ており、覆土後の将来の地形変化を考慮した設定値よりも大きい値(平均 4.7%、最大 7.5%)であった。大きな値となった要因である実測データを取得した事業所敷地造成後(2017年)にあった造成盛土や仮置土は、廃棄物埋設地の覆土後には撤去されることから一時的な状況であり、撤去後の 3 号埋設設備設置地盤付近(標高 20m~25m)の動水勾配の平均は、実測データを取得した事業所敷地造成後(2017 年)よりも小さくなるを考える。また、局部的に動水勾配の大きい部分があっても、局部的に動水勾配の小さい部分が生じることから、埋設設備からの流出水量の計算では埋設設備付近の平均的な動水勾配を用いることが適切である。

念のため、動水勾配が 4.7%及び 7.5%の場合について、線量が最も大きくなる漁業従事者の被ばく線量を計算し、その結果を第 8 表に示した。

基本設定における漁業従事者の被ばく線量は、動水勾配 3.0%での漁業従事者の被ばく線量に対し、動水勾配が 4.7%の場合 1.6 倍、動水勾配が 7.5%の場合 2.6 倍であり、評価基準値である $10 \mu\text{Sv/y}$ に対して影響は小さい。

変動設定における漁業従事者の被ばく線量は、動水勾配 4.0%での漁業従事者の被ばく線量に対し、動水勾配が 4.7%の場合 1.2 倍、動水勾配が 7.5%の場合 1.9 倍であり、評価基準値である $300 \mu\text{Sv/y}$ に対して影響は小さい。

また、埋設設備からの流出水量は、廃棄物埋設地付近の地下水の動水勾配、埋設設備の透水係数、難透水性覆土の透水係数が主要な影響因子となる中で、埋設設備の透水係数は、流出水量が多く算出できるよう覆土直後より砂程度として極めて保守的な設定をしており、動水勾配の不確実性はこの中に包含されると考える。

第 8 表 動水勾配に着目した被ばく線量計算結果(3号廃棄物埋設地)

計算ケース	動水勾配 (%)	埋設設備からの流出水量(m^3/y)		漁業従事者の被ばく線量 ($\mu\text{Sv/y}$)
		埋設設備から覆土への流出水量 $Q_{co}(t)$	埋設設備から鷹架層への流出水量 $Q_{go}(t)$	
基本設定	3.0%*1	10	630	0.46*2
	4.7%	16	990	0.72*3
	7.5%	25	1,600	1.2*3
変動設定	4.0%*1	510	1,500	19*2
	4.7%	600	1,800	23*3
	7.5%	960	2,900	36*3

*1 覆土後の将来の地形変化を考慮した動水勾配。

*2 第 317 回審査会合(2019/11/27)資料 1-2-1「第九条第二号 異常時の放射線障害の防止等(廃止措置開始以後の評価)」参照。

*3 動水勾配の比率から計算した。

埋設設備からの流出水量の計算モデルの変更に伴い、参考文献を追記

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.

添付資料

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

2019年12月18日

日本原燃株式会社

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
3. 分水界周辺の地下水の流れに関する監視について	23
(1) 対象データ	23
(2) 監視時期	23
(3) 監視頻度	24
(4) 測定精度	24
(5) 監視位置	24
4. 参考文献	26

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

	: 補正に伴い変更する箇所 (コメント対応含む)
	: 上記以外の審査会合コメント反映箇所
赤字	: 第 317 回審査会合(2019/11/27)からの変更箇所

1. 3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れ

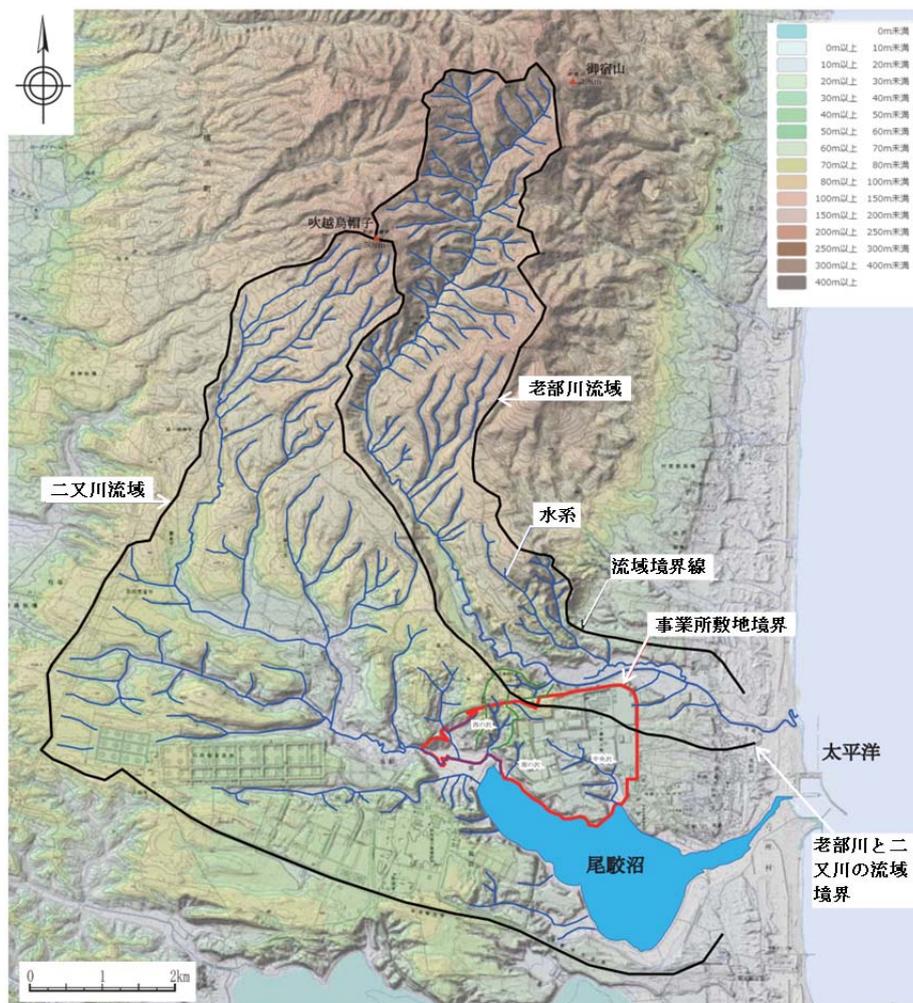
3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流れを説明するに当たり、事業所敷地周辺の地形と水系及びかん養、事業所敷地の地下水の流動状況、3号埋設設備設置地盤付近の地下水の流動状況について説明する。

(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駁沼に流入している。

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、廃棄物埋設地及び低レベル廃棄物管理建屋設置位置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 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、巻尺の先に地下水面を検出する触針器を下ろし、孔口から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整合する。

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水は、主に南へ流下し、中央沢、南の沢及び西の沢を経て尾駸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 $1 \times 10^{-8} \text{m/s} \sim 1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ 程度、第四紀層の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{m/s} \sim 1 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 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、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。

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。

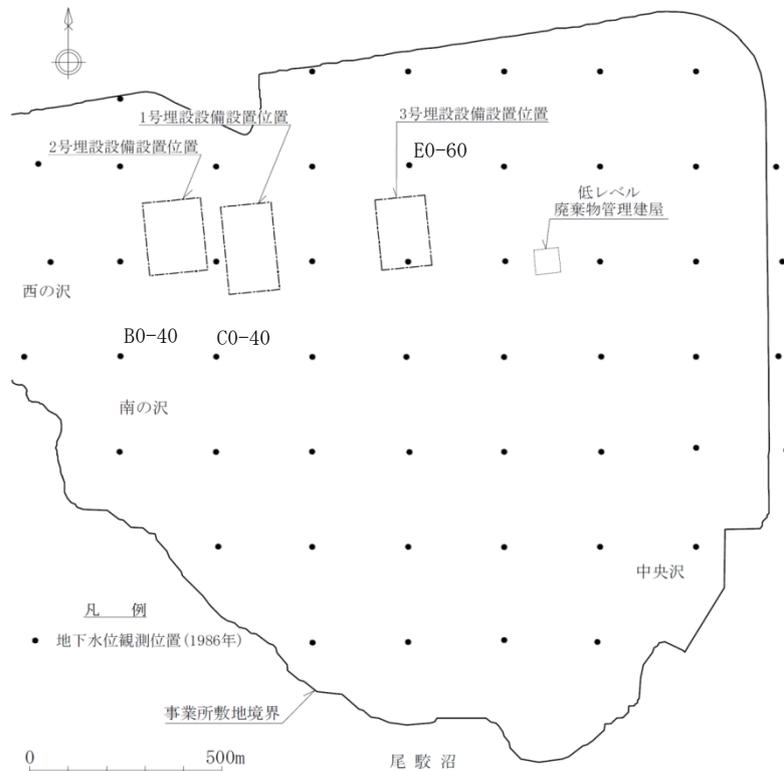
*1 自動計測及び手動式による地下水位測定方法を添付資料 1-1. に示す。

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。

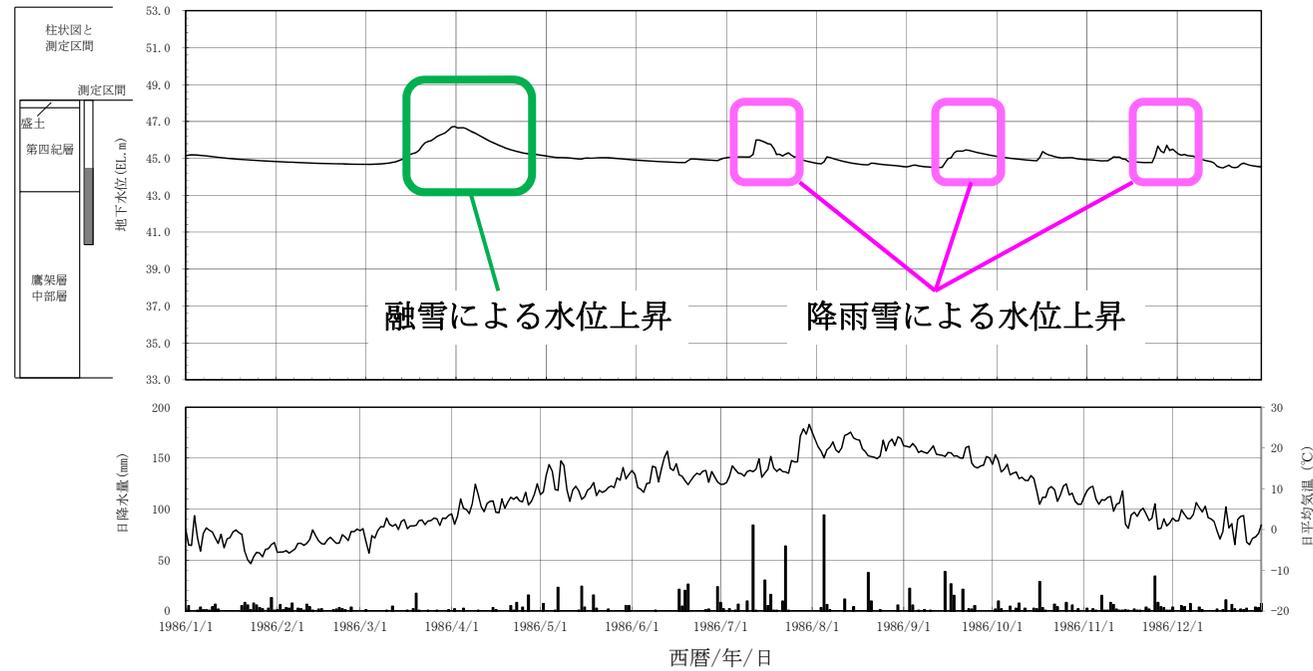
3号廃棄物埋設地の掘削範囲の地表面勾配の平均は2.3%、地下水面勾配の平均は2.3%、第四紀層下限面勾配の平均は1.7%であり、第四紀層下限面勾配の平均は地表面勾配よりも小さい。

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。



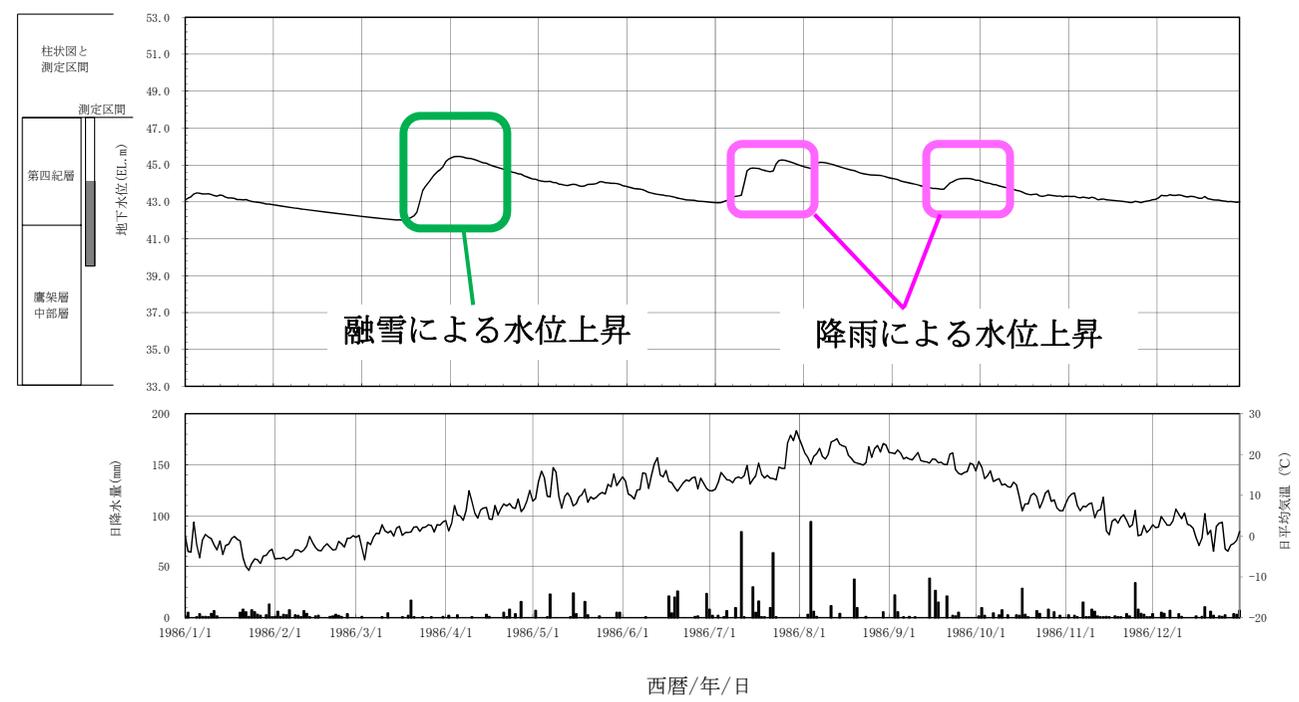
第2図 地下水位観測位置図(1986年)

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明



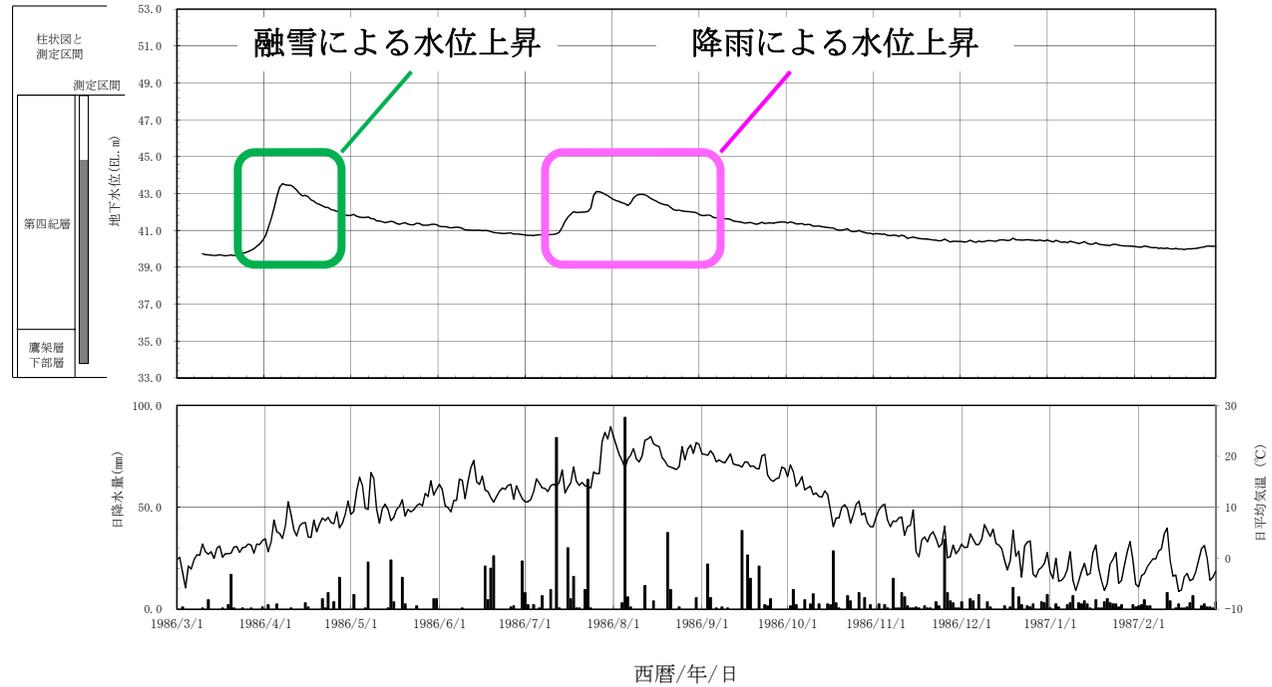
第 3 図 地下水位観測結果(1/3) (1986 年 1 月 1 日～1986 年 12 月 31 日 : E0-60 孔)

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明



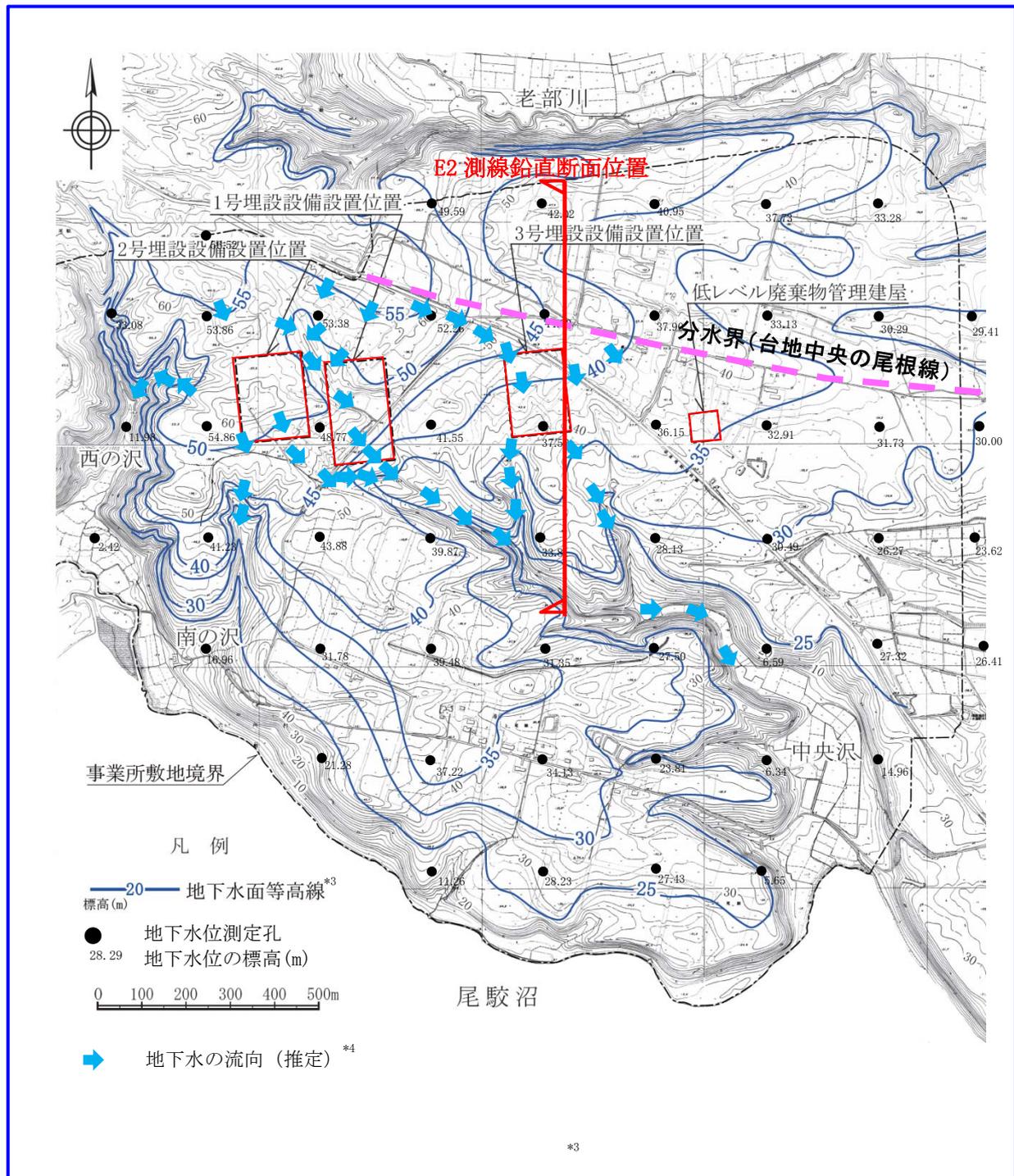
第3図 地下水位観測結果(2/3) (1986年1月1日～1986年12月31日 : C0-40孔)

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明



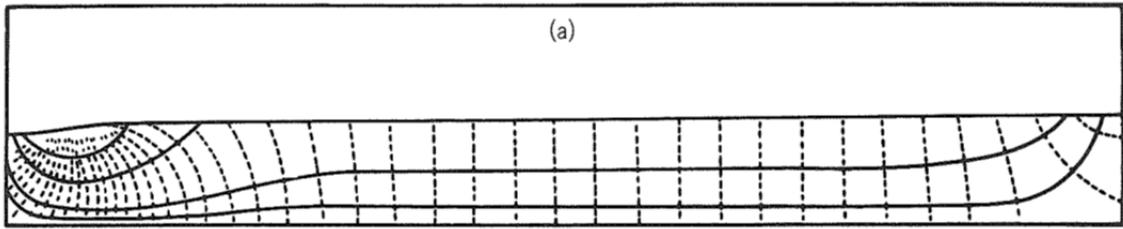
第3図 地下水位観測結果(3/3) (1986年3月1日～1987年2月28日 : B0-40 孔)

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明



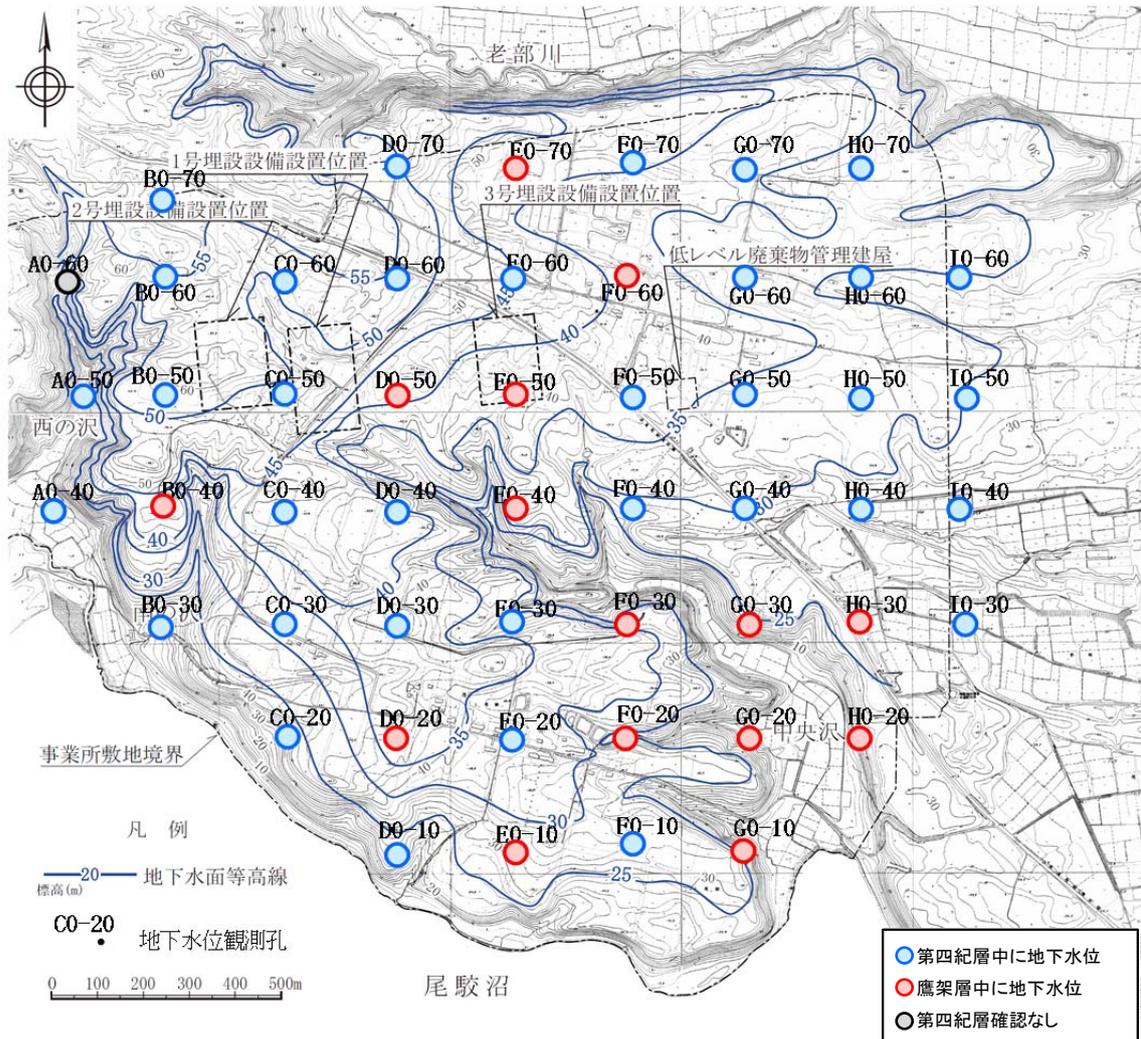
第4図 地下水面標高等高線(1986年)*1*2

*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±0.05mである。
 *3 地下水面標高等高線の精度は、250mグリッド間隔程度の場合、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

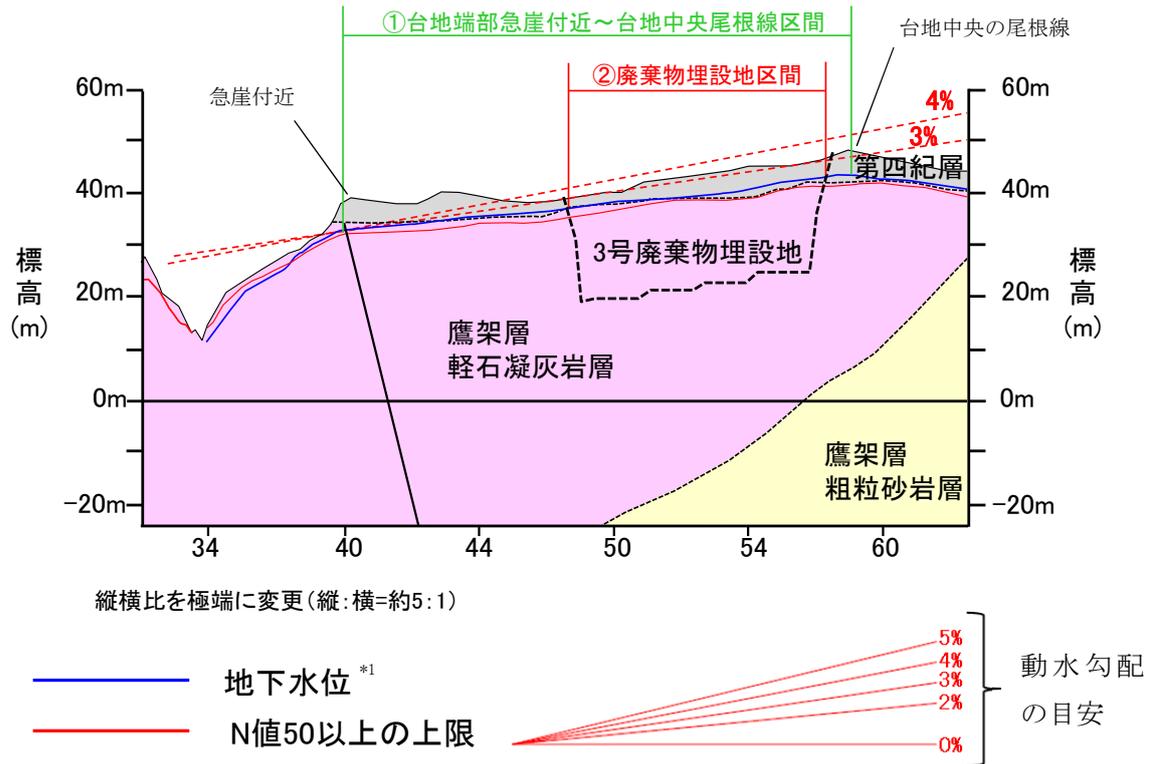


・敷地全体の傾向としては、台地(段丘面)部では比較的広い範囲で第四紀層内に地下水面が分布する。
 ・地下水位が第四紀層にない(鷹架層となる)地点は細尾根部(沢発達部)、段丘崖及び中央沢の近傍等の段丘縁辺部に当たる地点が多い。
 ・比較的台地の中央部の段丘面上にある地点においても第四紀層よりも深い位置に地下水が分布している地点がある。これらの地点は細尾根部(沢発達部)の延長線付近にあるものが多く、地下水面が下がりやすい環境にあると考える。

第6図 地表面、地下水面及び第四紀層下限面の関係 (1/2)
 敷地における第四紀層と地下水位との関係

*1 株式会社工学社、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20m)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(赤線、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 20m)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 20m)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。

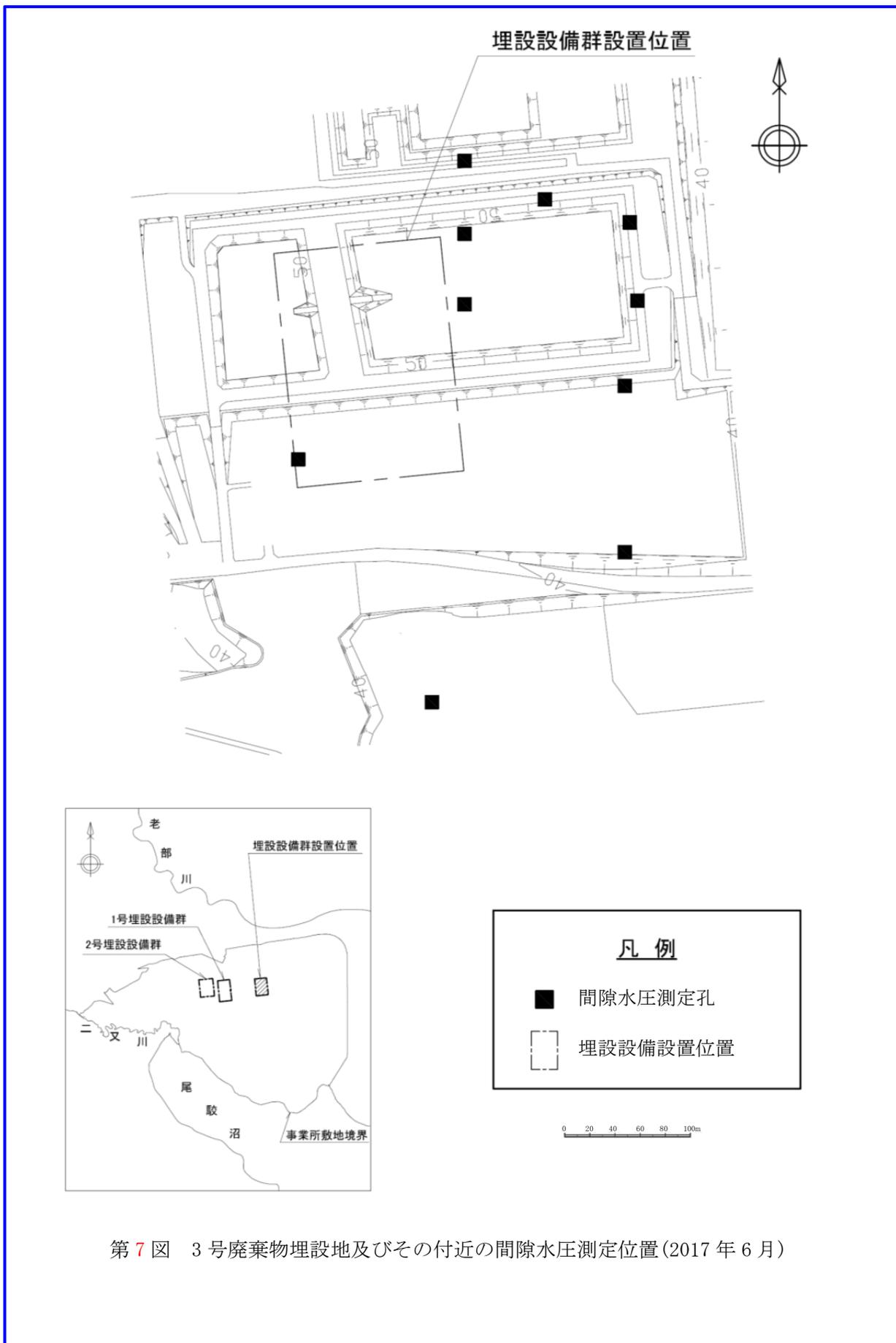
したがって、南北方向 E2 測線沿いの間隙水圧測定孔 E2-54 孔～E2-57.5 孔の区間における地下水の流れは、北側ではなく、主に南側へ向かって流れていると考える。

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。

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明

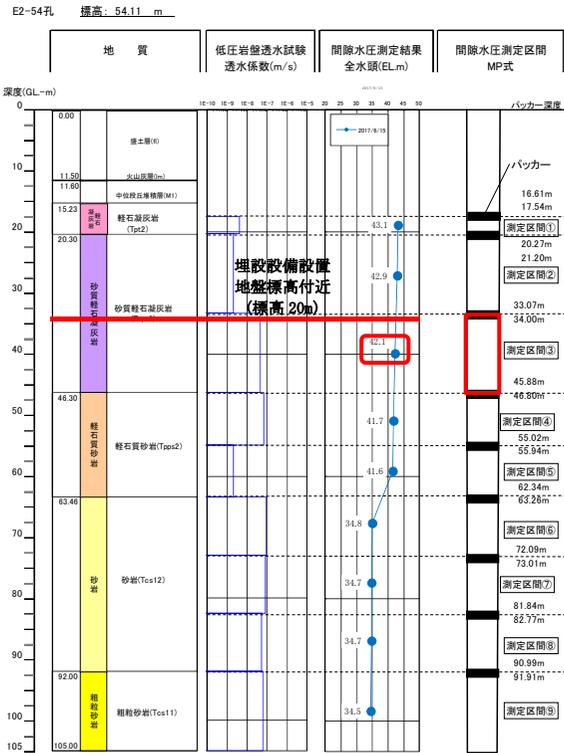


第 7 図 3 号廃棄物埋設地及びその付近の間隙水圧測定位置 (2017 年 6 月)

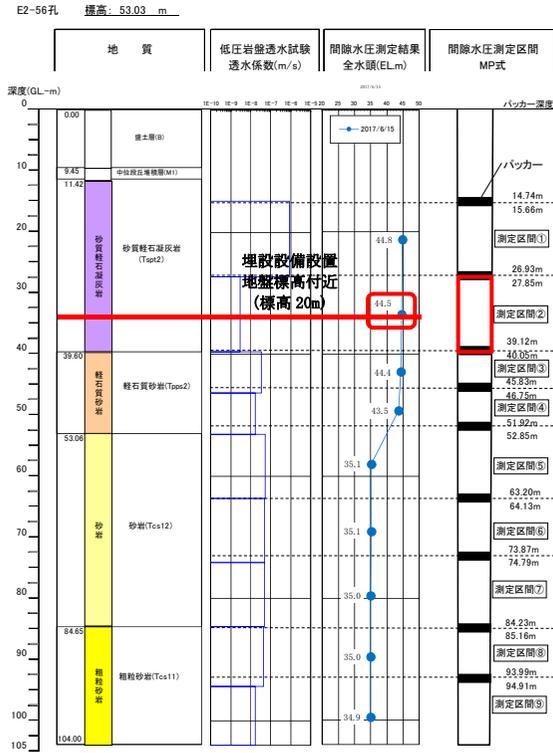
コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明

南

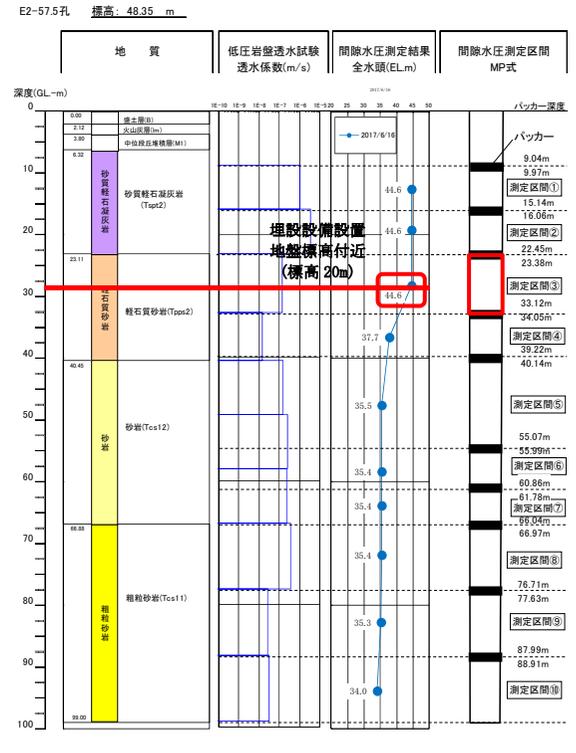
北



(E2-54 孔)



(E2-56 孔)

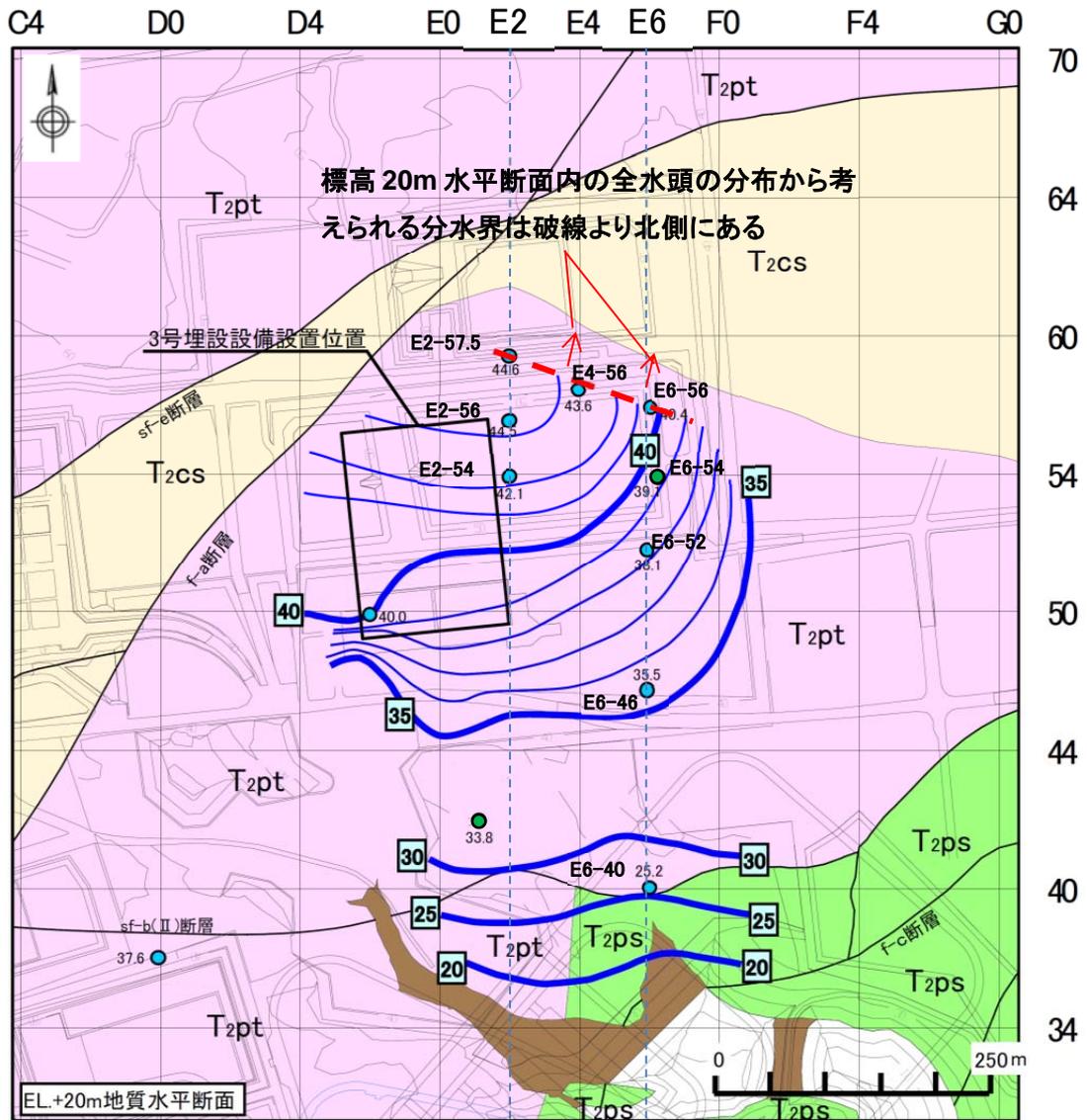


(E2-57.5 孔)

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)

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明

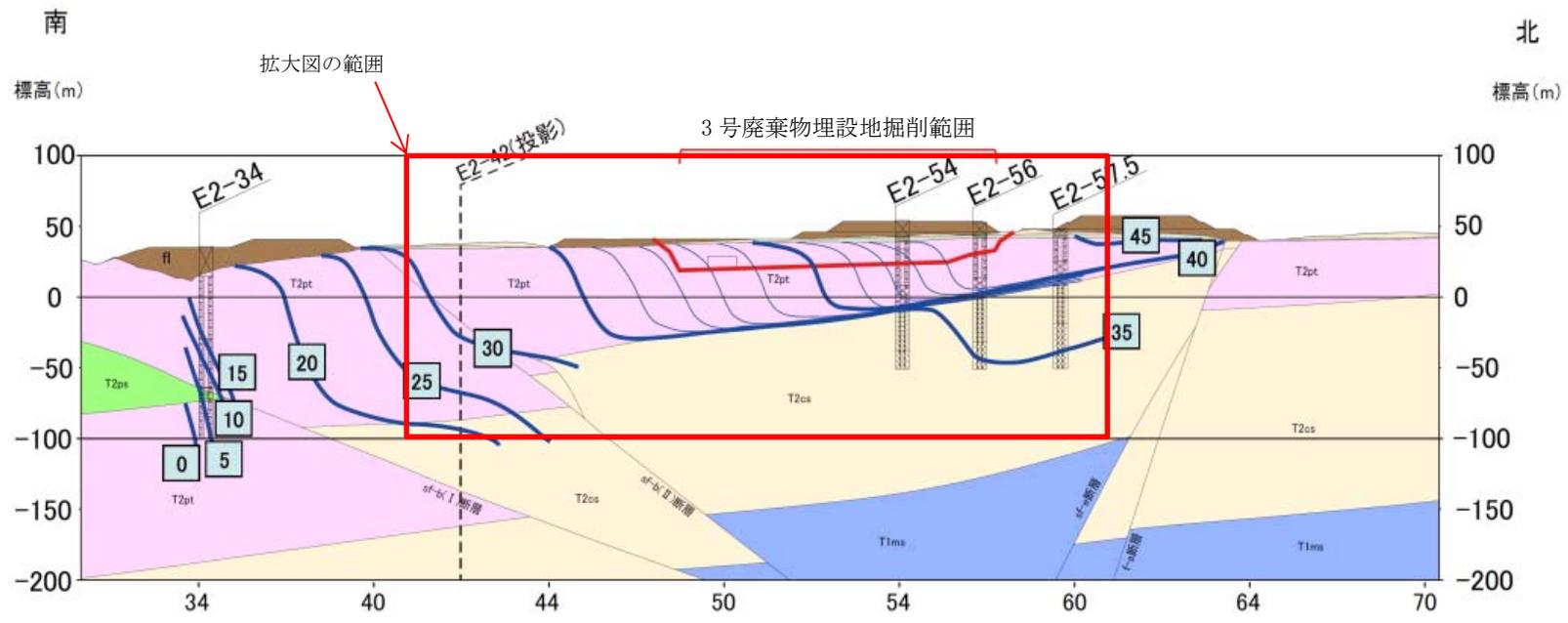


- 凡例
- 盛土
 - T2ps 砂質軽石凝灰岩層
 - T2pt 軽石凝灰岩層
 - T2cs 粗粒砂岩層
 - 断層
 - 地質境界線
 - MP 間隙水圧測定孔※1
 - PIEZO 標高20m付近の全水頭値
 - 33.6 孔番号
 - 5m等高線
 - 1m等高線
 - 全水頭等高線※2 [標高表示(m)]

- *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^{*4}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)

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明



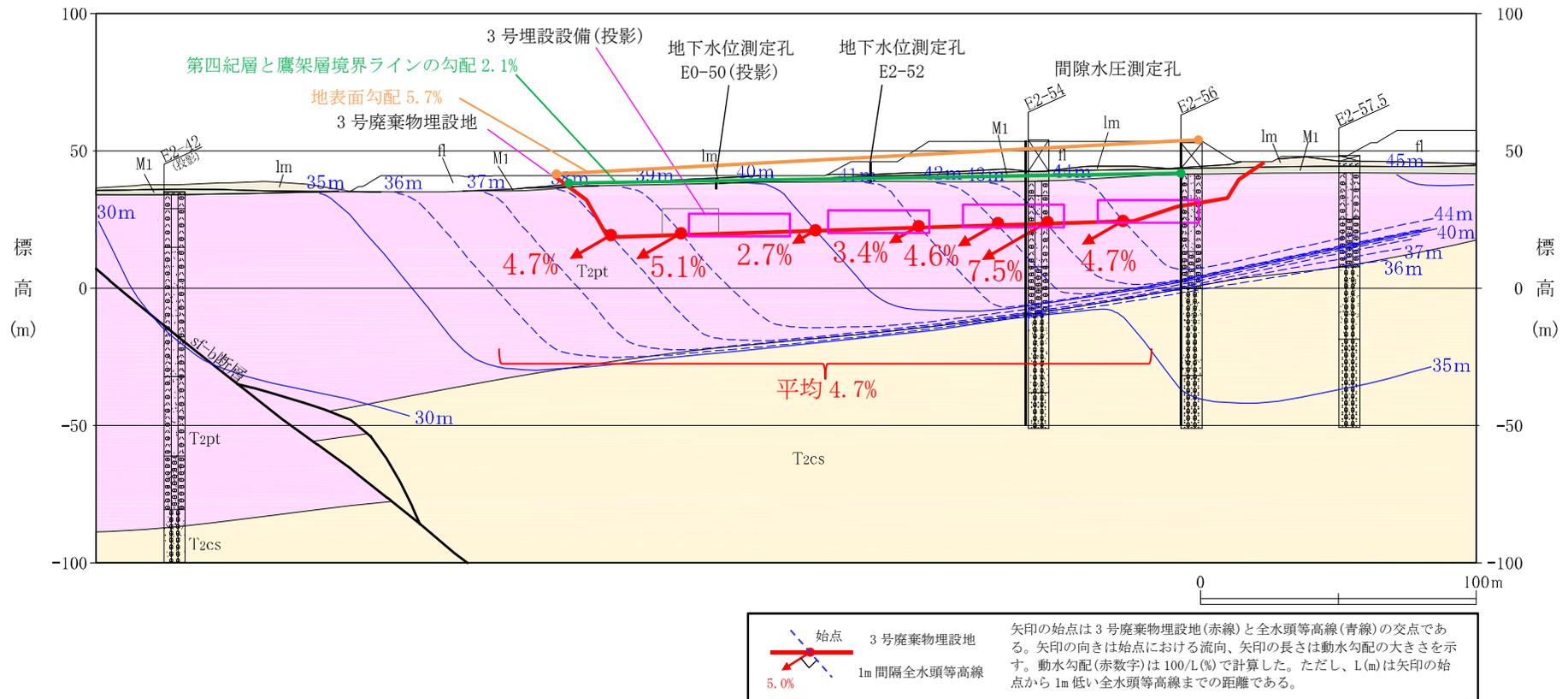
- *1 全水頭等高線は、間隙水圧測定孔^{*2}の各測定区間で測定した間隙水圧^{*4}及び位置関係から各測定深度の全水頭を基に一般的な知見^{*3}及び地形を勘案して作成したものである。
- *2 間隙水圧測定孔は、地盤を削孔した孔に間隙水圧を測定する区間を設けた設備である。この間隙水圧測定孔の測定データを基に全水頭等高線を作成した。なお、図中に示した標高20m付近の全水頭の測定精度は±0.04m^{*5}である。
- *3 第11図参照。
- *4 2号廃棄物埋設地掘削後(2017年6月)の測定データを利用した。
- *5 添付資料1-2.別紙のGL-50m以浅の深度における圧力測定器の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

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)

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明

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		

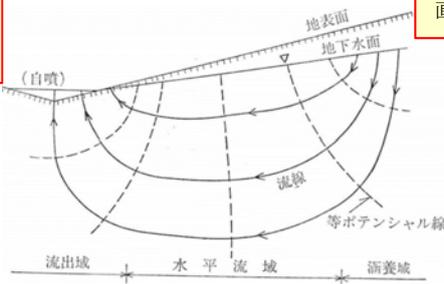
*1 2017年6月1日の地下水位測定データである。



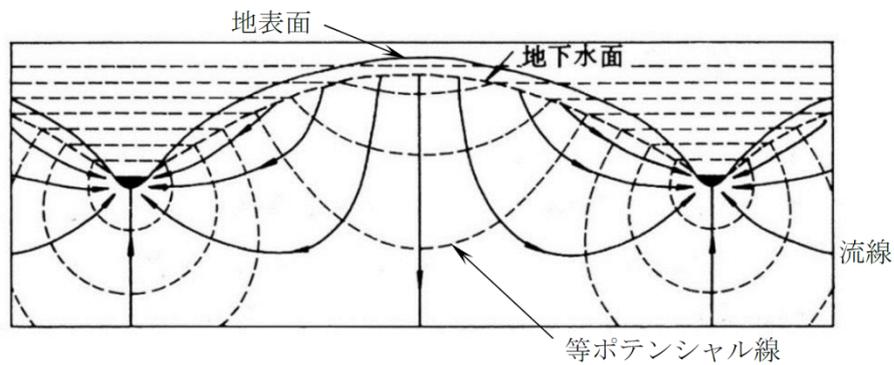
第 10 図 3号廃棄物埋設地付近の全水頭分布図(南北方向 E2 測線鉛直断面:2017 年 6 月) (2/2)

沢に湧出
する流れ

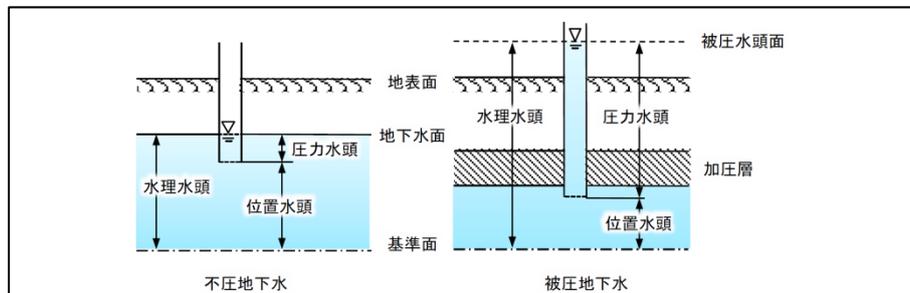
丘陵・台地部では鉛
直下向きに流れる



(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}

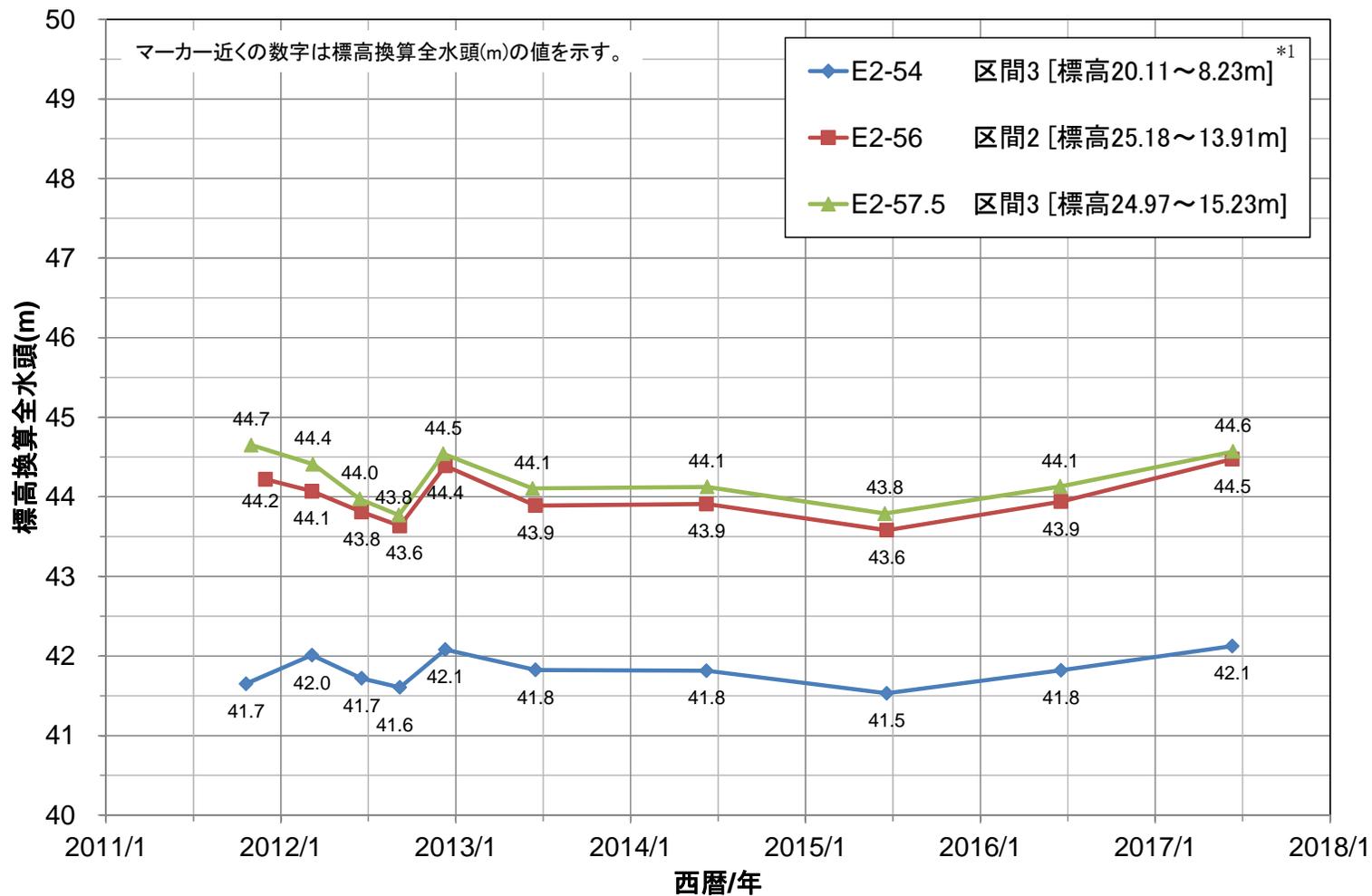
【用語】

- **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

コメント No. 121 を踏まえ、埋設設備付近の地下水流れについて説明



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駮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駮沼に移行し、尾駮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尾駮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。

また、評価に用いる放射エネルギーについては、全 α の放射エネルギー(2.3×10^{11} Bq)を基に線量評価に用いる α 核種組成を過度に保守的^{*1}にならないよう極力現実的に設定した値を用いた。

第1表 評価パラメータの比較

	河川化後の尾駮沼	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、尾駮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

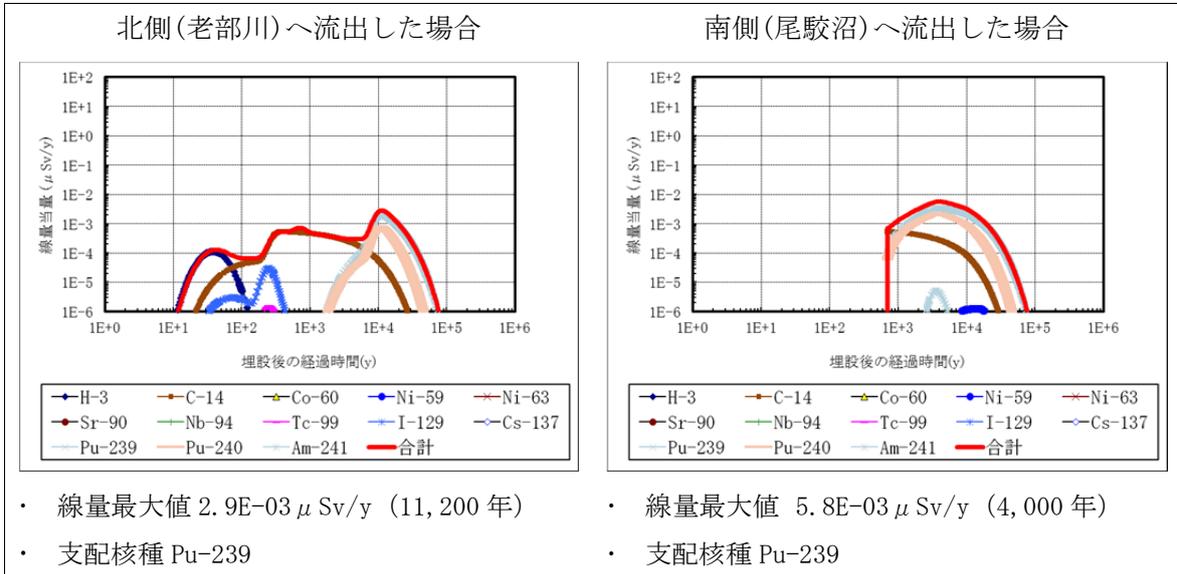
線量評価結果への影響を比較するため、3号廃棄物埋設施設の基本シナリオにおける寒冷化ケースの河川の利用に伴う被ばく経路として考慮する人間活動における線量評価

*1 線量が大きくなる側。

結果を第 13 図から第 17 図に示す。

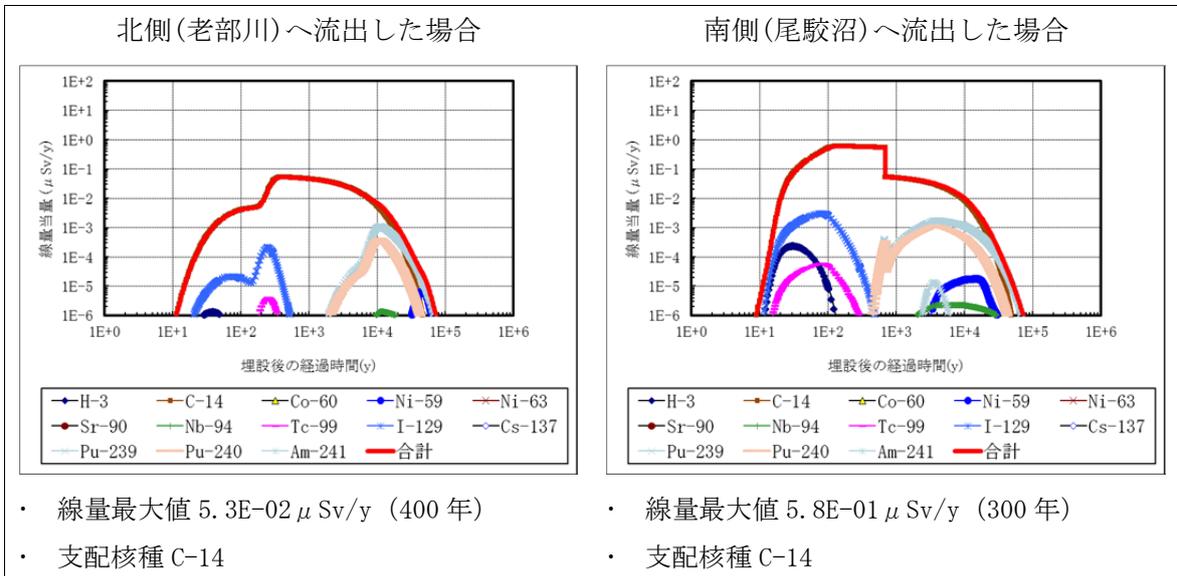
なお、変動シナリオ及び温暖期継続ケースにおける河川化時期及び水産物摂取に伴うパラメータの変更については、次回以降の審査会合にて説明を行う。

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*1



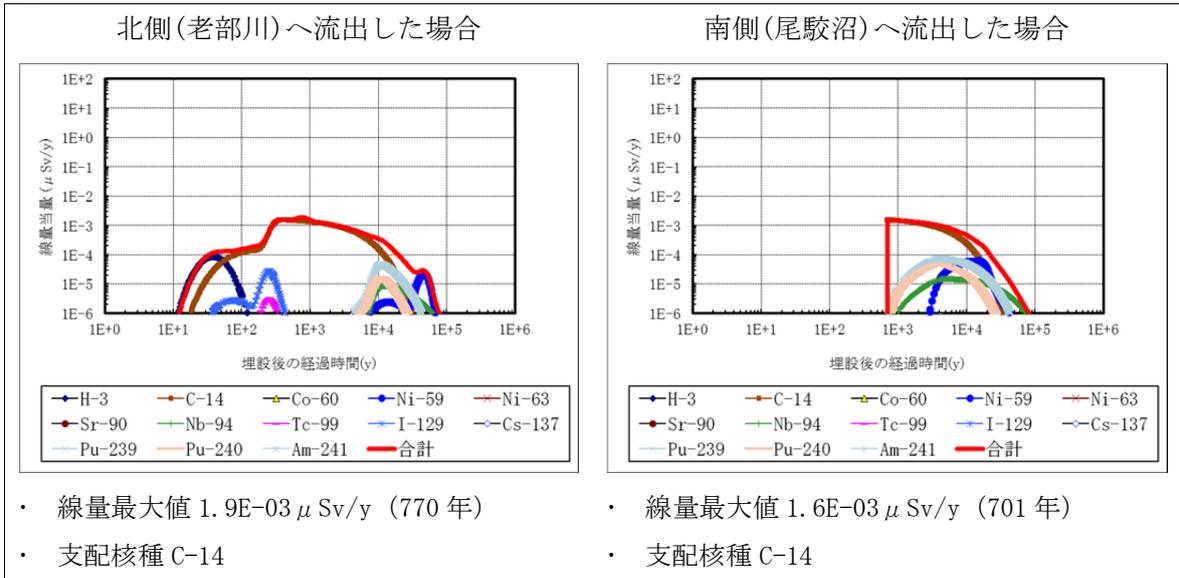
第 14 図 河川水中の水産物の摂取の線量評価

*1 α核種組成の見直しに伴い、淡水魚類及び淡水無脊椎動物の濃縮係数を、文献(1)における保守的*2な値から、文献(2)におけるより確からしい値に変更し、濃縮係数全体の見直しを行った。詳細については第 317 回審査会合(2019 年 11 月 27 日)資料 1-2-2「第九条第二号：異常時の放射線障害の防止等 廃止措置開始以後の評価(線量評価パラメータ)」に記載する。

*2 線量が大きくなる側。

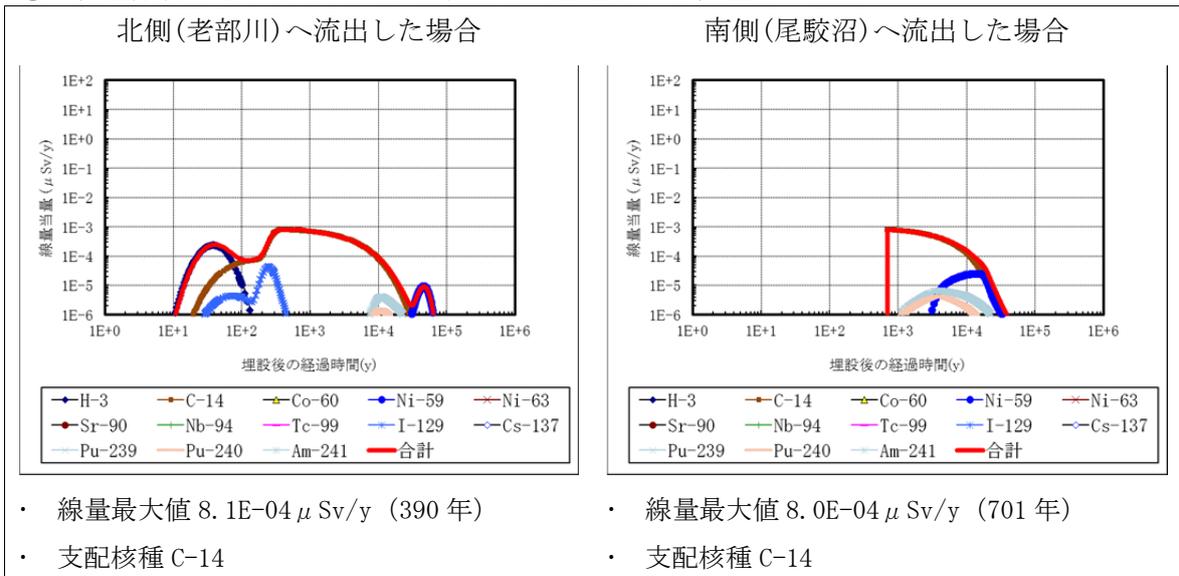
コメント No. 121 及び No. 122 を踏まえ、放射性物質を含む地下水が分水界の北側へ移行した場合の線量評価について説明

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



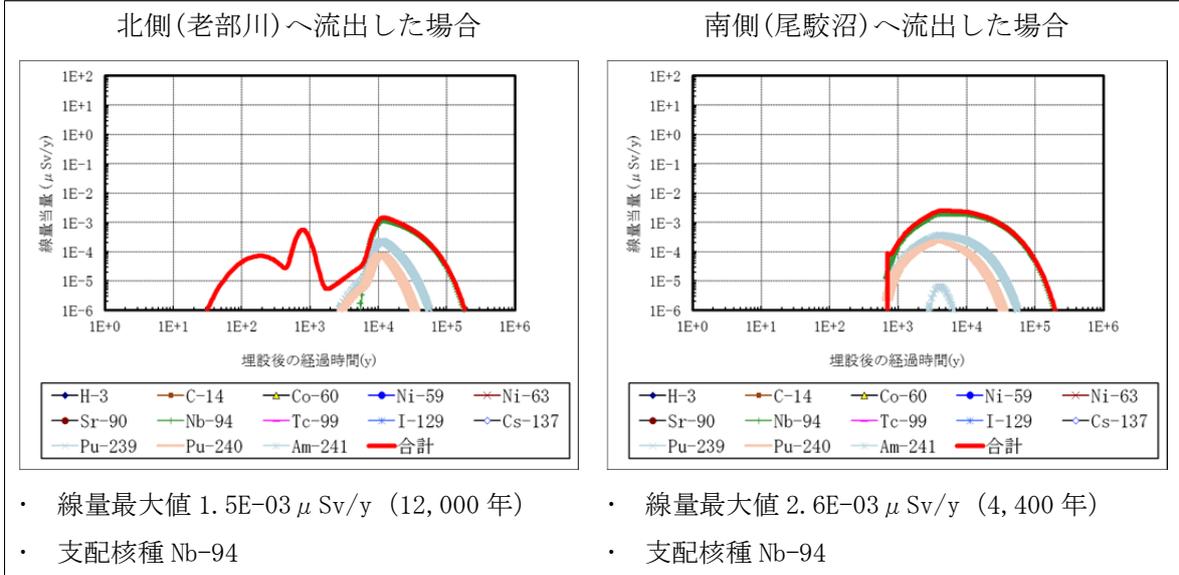
第 15 図 河川水を利用して生産される灌漑農産物の摂取の線量評価

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



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、支配核種である C-14 及び Pu-239 に関する被ばくは北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(尾駁沼の希釈よりも北側の老部川の方が交換水量は多いため、その分は差となって現れる)。ただし支配核種と比べて比較的半減期の短い核種に関しては、各廃棄物埋設施設から老部川へ流れる移行距離が、各廃棄物埋設施設から尾駁沼まで流れる移行距離よりも評価上長いため、その影響を大きく受け、評価上の影響が小さくなる。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、さらに線量値は小さくなる。

3. 分水界周辺の地下水の流れに関する監視について

3号廃棄物埋設地は、台地尾根線に近く、その南側に位置する。3号廃棄物埋設地北側で計測した地下水の間隙水圧測定値は孔間の全水頭の差が少ない箇所もあるが、地下水は主に南に向かっていることを確認した(第9図参照)。

しかしながら、第12図に示すように全水頭の時系列データの変動も認められ、分水界位置が変動することも否定できないことから、念のため、分水界の位置を監視する。

現在の廃棄物埋設地や事業所敷地内における将来の事業計画を前提とした場合の3号廃棄物埋設地北側の分水界周辺の地下水の流れに関する監視について、対象データ、監視時期、監視頻度、測定精度及び監視位置設定の考え方を説明する。

本資料で説明する分水界位置の監視計画の概要は一例であり、定期的な評価等のタイミングで見直すものとする。

(1) 対象データ

埋設設備から放射性物質が地下水を媒体に移行するシナリオを考える上で3号廃棄物埋設地付近における分水界の位置の変化を監視するため、現在の分水界位置付近において以下のデータを取得する。

- ① 3号埋設設備付近の地下水位
- ② 3号埋設設備設置地盤標高付近の全水頭

なお、地盤中の地下水の流れは、2点以上の地点において地下水位(若しくは全水頭)の大きさを比較することで確認できる。

(2) 監視時期

監視時期は、廃止措置後の埋設設備から放射性物質が地下水を媒体に移行するシナリオについて線量評価を行っていることから、廃棄物埋設地掘削及び操業中の地下水の汲み上げによる人為的な廃棄物埋設地周辺の地下水位(若しくは全水頭)の低下が解消した後の3号埋設設備付近の地下水位及び埋設設備設置地盤標高付近の全水頭を取得する必要がある。

したがって、3号埋設設備付近の地下水位及び3号埋設設備設置地盤標高付近における全水頭の測定は、廃止措置開始よりも前において今後人為的な地下水位(若しくは全水頭)の低下を引き起こさない時期から廃止措置の開始までの間とする。

(3) 監視頻度

監視頻度は、3号埋設設備付近の地下水位及び3号埋設設備設置地盤標高付近の全水頭の時間変化と地下水の流向の傾向を把握できるように設定する。

また、3号埋設設備付近の地下水位及び3号埋設設備設置地盤標高付近の全水頭は、事業所敷地内の降雨や融雪によってかん養される水量の影響を受けている。よって、監視頻度は、気象観測の降水量や積雪深の最小観測頻度と同じ1時間当たり1回とする。

(4) 測定精度

3号埋設設備設置地盤標高付近の全水頭の測定精度は、第9図に示すように孔間の全水頭差が0.1m単位で有意な差として扱える精度とする。

したがって、分水界位置を監視するための3号埋設設備付近の地下水位及び3号埋設設備の設置地盤標高付近における全水頭の測定精度は±0.04mとする。

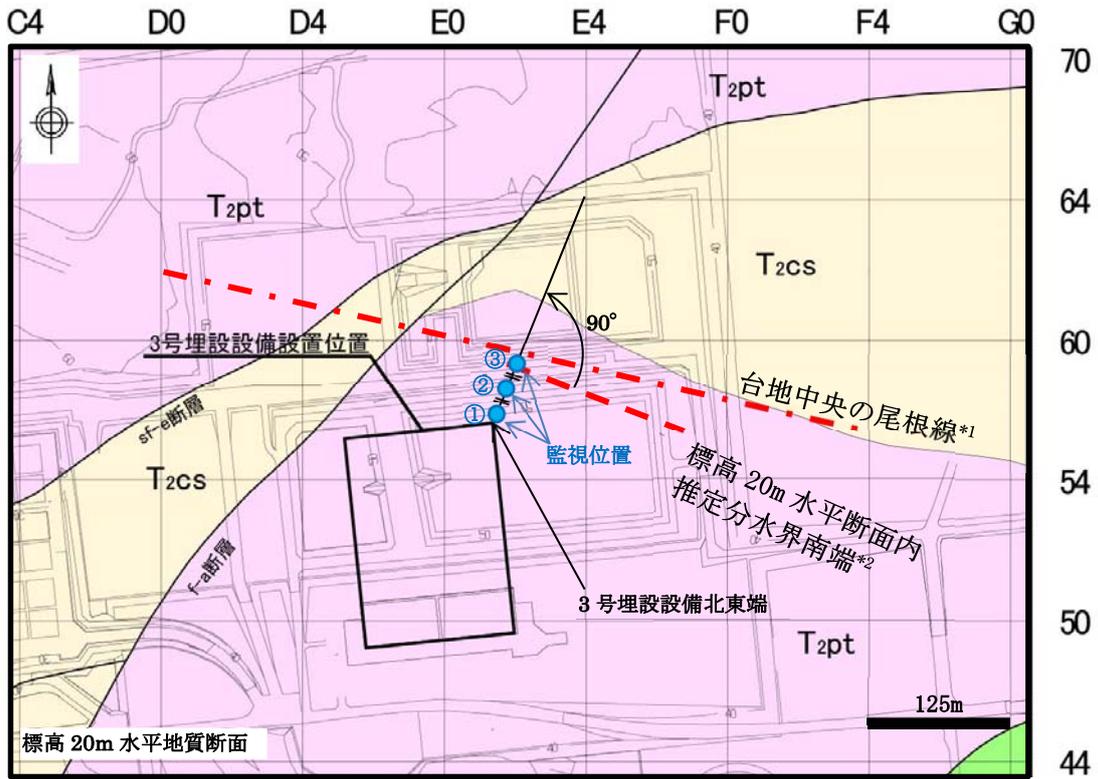
(5) 監視位置

分水界位置の監視位置の考え方を第18図に示す。

3号埋設設備設置地盤標高付近の地下水の流れは、最低2地点の3号埋設設備設置地盤標高付近の全水頭があれば、その2地点間の地下水の流向がわかり、3号埋設設備設置地盤標高付近の水平断面内における分水界の位置は、全水頭が高い側にあることがわかる。このため、監視位置は、第18図(a)に示すような位置に設定する。また、3号埋設設備設置地盤標高付近の水平断面内の分水界位置が変動する場合は、第18図(b)に示すように、監視位置を3地点とすると、3号埋設設備設置地盤標高付近の水平断面内の分水界位置の変化をより捉えやすくなる。

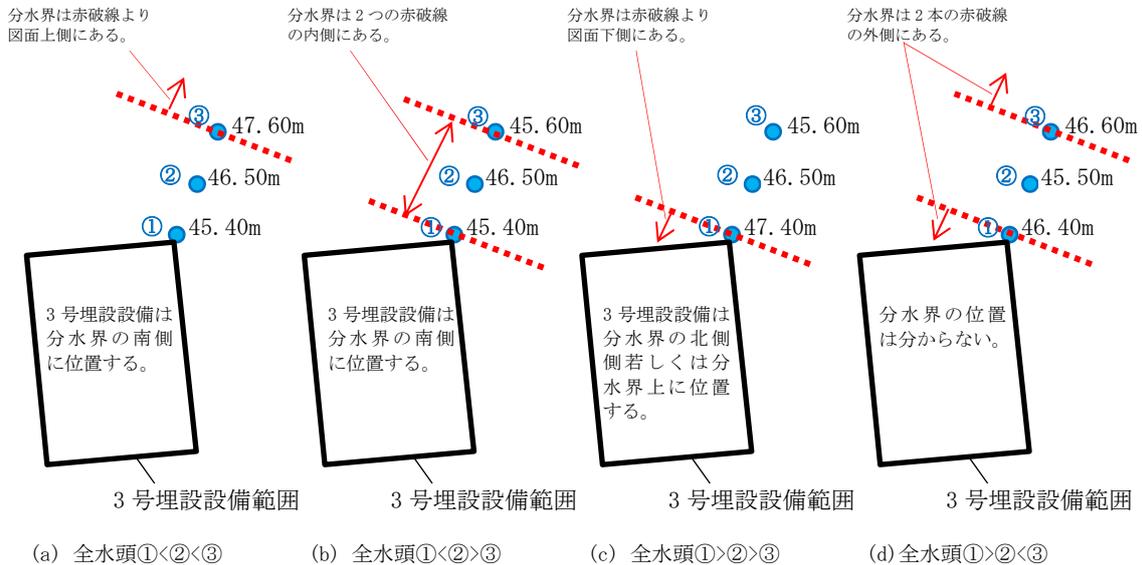
以上から、3号廃棄物埋設地付近の分水界位置の監視位置は3号埋設設備の北側に3地点とし、これらの地点において、地下水位及び3号埋設設備設置地盤標高付近の全水頭を測定するものとする。

コメント No. 121 を踏まえ、分水界周辺の地下水の流れに関する監視について説明



- 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

(a) 監視位置の例



- 凡例
- 46.50m : 監視位置
 - 全水頭 (標高表示)
 - 推定分水界端

(b) 監視位置を3点とした場合の全水頭と分水界位置の関係

第18図 分水界位置の監視位置の考え方*3

*1 第4図の台地中央の尾根線(分水界)をトレースした。
 *2 第9図の赤破線(標高20m水平断面内の全水頭から考えられる分水界の南端ライン)をトレースした。
 *3 全水頭を地下水面標高に置き換えることにより、地下水面の分水界にも適用できる。

4. 参考文献

- (1) International Atomic Energy Agency(2010) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments, Technical Reports Series No.472
- (2) International Atomic Energy Agency(2001) : Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Reports Series No.19

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、圧力センサを設置し連続的に自動計測する方法、巻尺の先に地下水面を検出する触針器を下ろし、孔口からの深さを計測する手動式の方法の2種類を用いた。地下水位測定装置及び測定概要を第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、自動計測装置に蓄積された地下水位のデータの収録・点検及び手測り測定からなる。

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)。

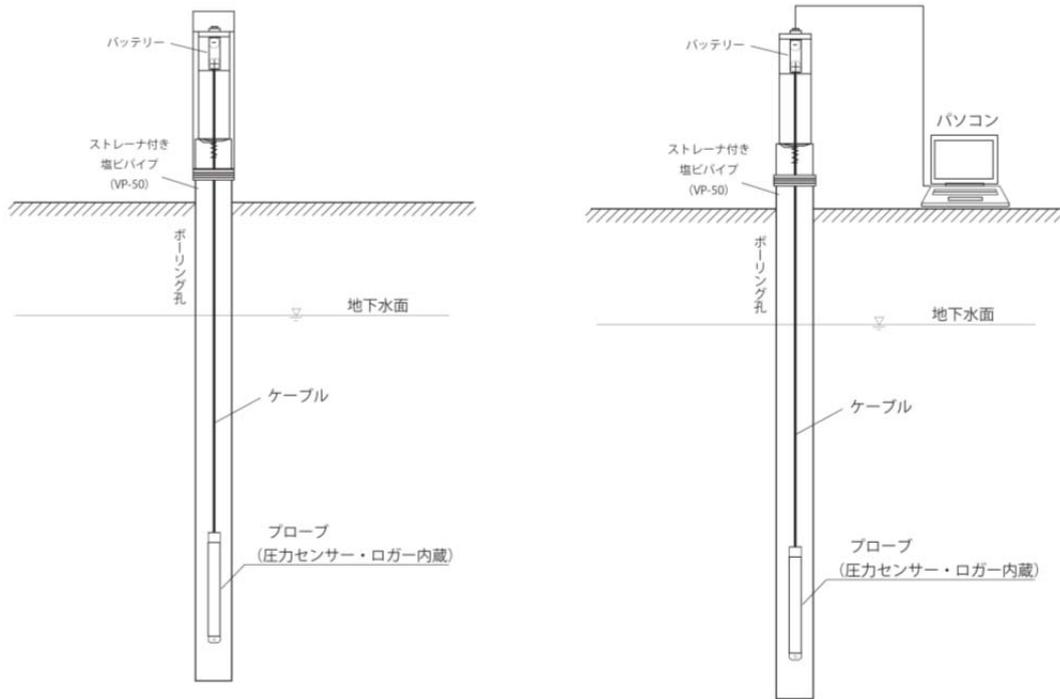
自動計測装置からのデータ収録は、SDLの場合は、専用のソフトを備えたパソコンをロガーから連続する地上部のコネクタに接続して行った。また、DSCの場合は、記録装置(DSC)と収録装置(ジオロガー3030若しくは専用ソフトを備えたノート型パソコン)を接続して行った。

手動式の測定は、触針式水位計を用い、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。

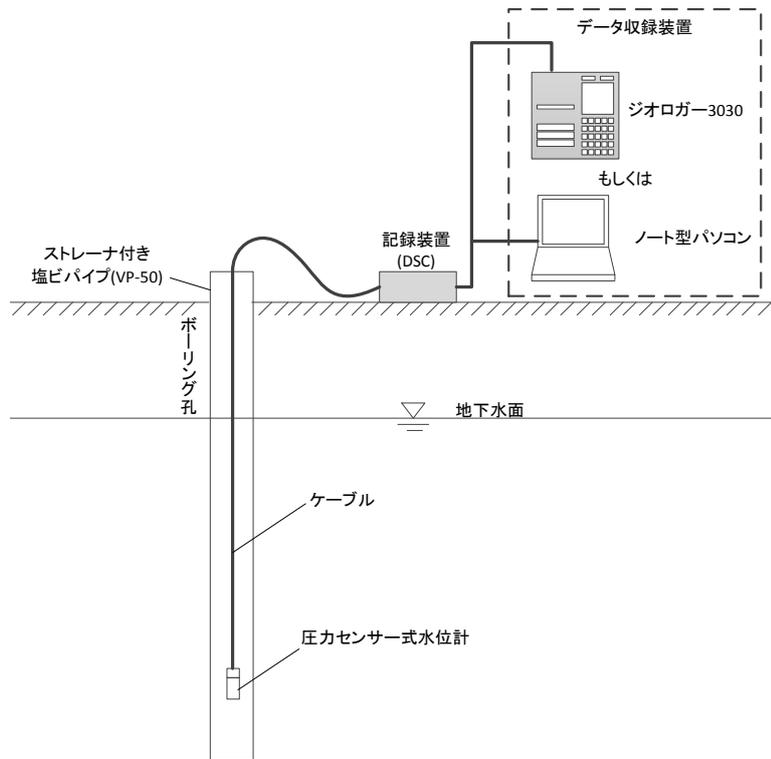
自動計測装置の測定精度は、第1表の水位測定範囲と圧力センサ精度から水頭換算で $\pm 0.01\text{m}$ ～ $\pm 0.05\text{m}$ 、手動式(触針式)の測定精度は触針式水位計の目盛が 0.01m 間隔であることから $\pm 0.01\text{m}$ である。地下水位測定孔の管頭標高及び圧力センサ設置深度については 0.01m 間隔目盛の標尺をもとに標高や深度を求めている。また、地下水面標高は、これらの自動計測装置から得られる水頭値(圧力センサより上方の水柱の高さ)、地下水位測定孔の管頭標高、圧力センサの管頭から設置深度を用いて加算・減算から求められる。よって、地下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

コメント No. 128 を踏まえ、地下水位測定の方法及び測定精度について説明



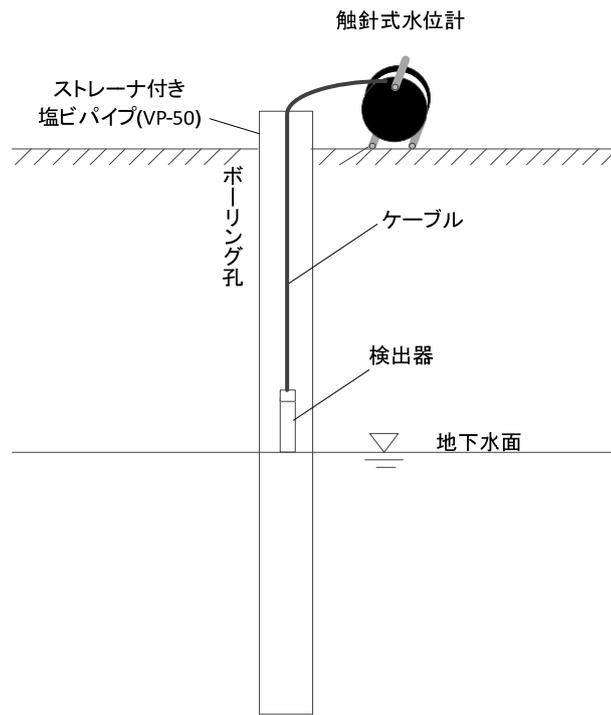
(a) 自動計測 (SDL) (左：観測状況、右：データ収録状況)



(b) 自動計測 (DSC)

第 1 図 地下水位測定装置及び測定概要 (1/2)

コメント No. 128 を踏まえ、地下水位測定の方法及び測定精度について説明



(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>
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 (また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 2 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 2 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 2 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 2 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。

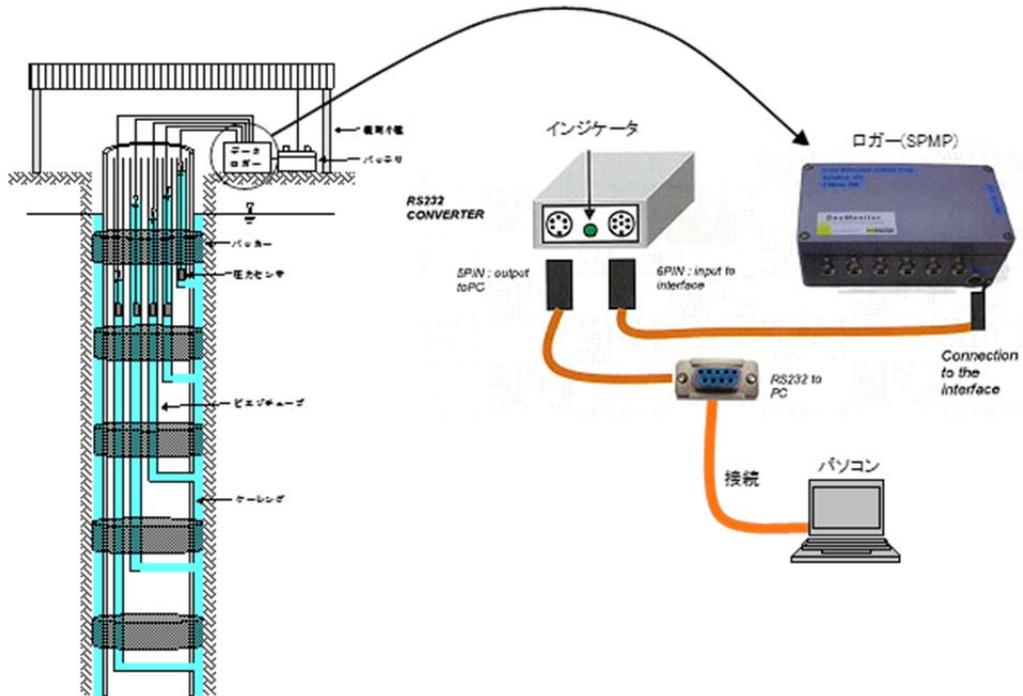
MP 方式による測定は、測定中の漏水確認のため孔内を満水にし、制御装置 (MAGI) によってウィンチを制御することにより圧力測定器 (プローブ) を孔内に降ろし、基本的に最下部の測定区間から開始し、順次上方の測定区間の水圧を測定及び記録をした。水圧の記録については、水圧値が安定した状態あるいは水圧の安定が遅い場合にはおおむね 10 分後の値を記録した。また、各区間の測定の前後で大気圧、水温の測定を実施した。

MP 方式による間隙水圧の測定精度は、第 2 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。

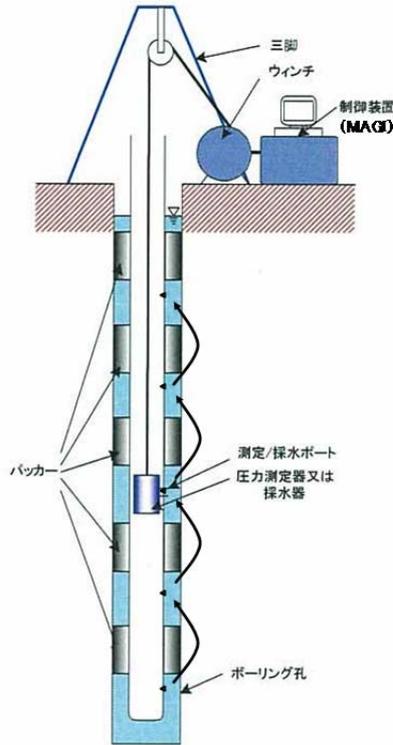
一方、圧力測定器の点検のために、MP ケーシング管頭まで満水にした状態で各測点深度における MP ケーシング内の水頭と圧力測定器により求めた水頭を比較した。地表面から

コメント No. 128 を踏まえ、間隙水圧測定の方法及び測定精度について説明

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±0.04m であるといえる。



(a) PIEZO 方式



(b) MP 方式

第 2 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。

コメント No. 128 を踏まえ、間隙水圧測定の方法及び測定精度について説明

第 2 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

第 2 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	φ 28.5mm×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号埋設施設の水文観測調査(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点深度(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。

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

2019 年 12 月 18 日

日本原燃株式会社

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
2.1. 解析モデルの現況再現性を確認する目的	1
2.2. 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
2.3. 解析コード	2
3. 2次元地下水浸透流解析の条件設定	3
3.1. 解析断面及び解析領域の設定	3
3.2. 境界条件の設定	3
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
5. 透水係数の妥当性の確認	10
5.1. 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
5.2. 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】	

	: 補正に伴い変更する箇所 (コメント対応含む)
	: 上記以外の審査会合コメント反映箇所
赤字	: 第 317 回審査会合 (2019/11/27) からの変更箇所

1. はじめに

本資料は、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。

2.1. 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。

2.2. 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。

(1) 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。

- ①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)。
- ②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。
- ③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。

(2) 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

コメント No. 151 を踏まえ、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現況再現性及び妥当性を説明

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

2.3. 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。

コメント No. 151 を踏まえ、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現況再現性及び妥当性を説明

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。

3.1. 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、南側は尾駸沼、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。

3.2. 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。

(1) 水位固定境界

水位固定境界は、解析領域両端と尾駸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、尾駸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。

(2) 降雨浸透境界

降雨浸透境界は、尾駸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。

(3) 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)。

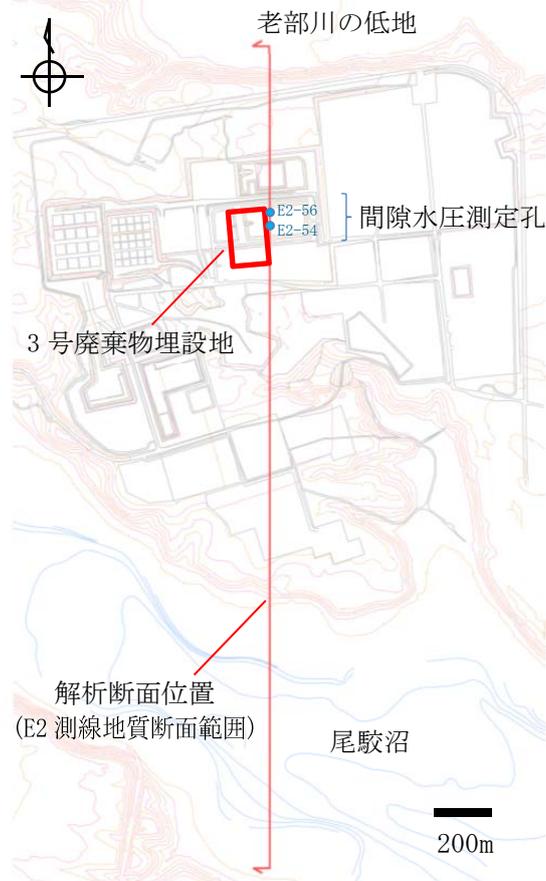
3.3. 透水係数の設定

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。

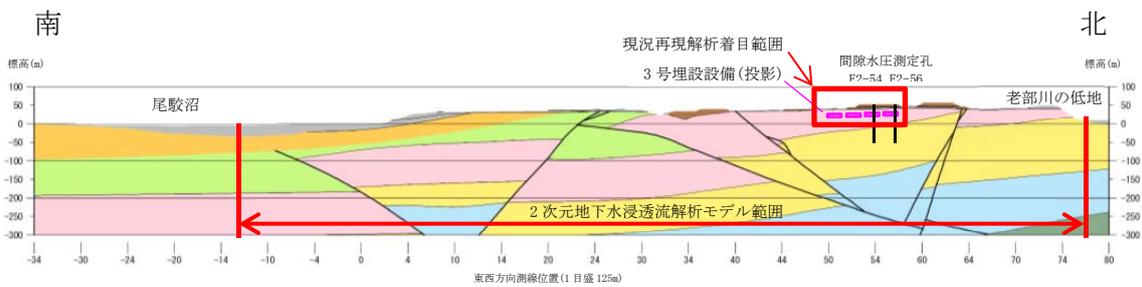
*1 廃棄物埋設地及び埋設設備は予定位置を示したものであり、本資料における現況再現性確認のための2次元地下水浸透流解析では廃棄物埋設地及び埋設設備のモデル化はしていない。

*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。

コメント No. 151 を踏まえ、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現況再現性及び妥当性を説明



(a) 解析断面位置



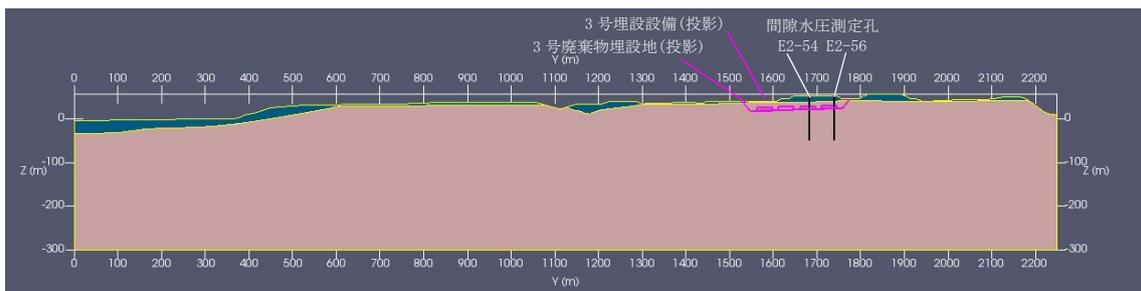
地質断面凡例

■	: 盛土・仮置土
■	: 第四紀層
■	: 鷹架層中部層礫混り砂岩層 (T ₂ ss)
■	: 鷹架層中部層軽石混り砂岩層 (T ₂ ps)
■	: 鷹架層中部層軽石凝灰岩層 (T ₂ pt)
■	: 鷹架層中部層粗粒砂岩層 (T ₂ cs)
■	: 鷹架層下部層泥岩層 (T ₁ ms)

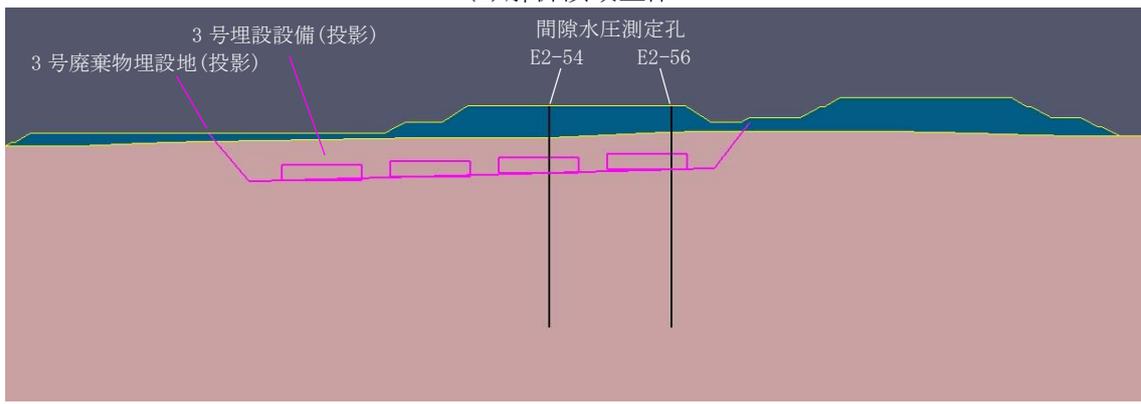
(b) E2 測線地質断面

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

コメント No. 151 を踏まえ、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現況再現性及び妥当性を説明



(a) 解析領域全体

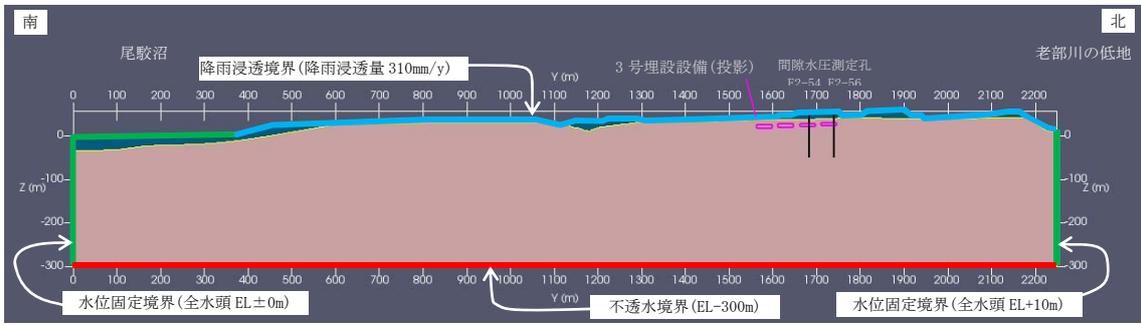


(b) 3号廃棄物埋設地付近

材料区分凡例

■ : 鷹架層	■ : 第四紀層 (盛土・仮置土を含む)
---------	----------------------

第2図 有限要素モデル(材料分布図)



材料区分凡例

■ : 鷹架層	■ : 第四紀層 (盛土・仮置土を含む)
---------	----------------------

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 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 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。

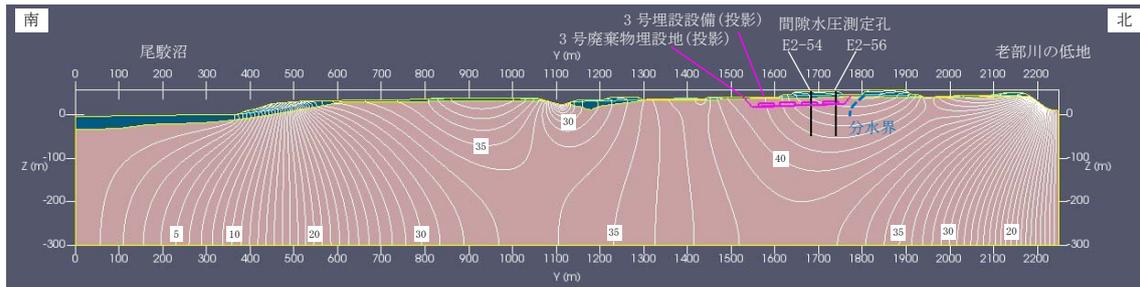
③埋設設備設置地盤(標高 20m~25m)付近の実測と解析結果の全水頭標高分布

第7図に全水頭標高分布(地下水面標高も含む)を示す。

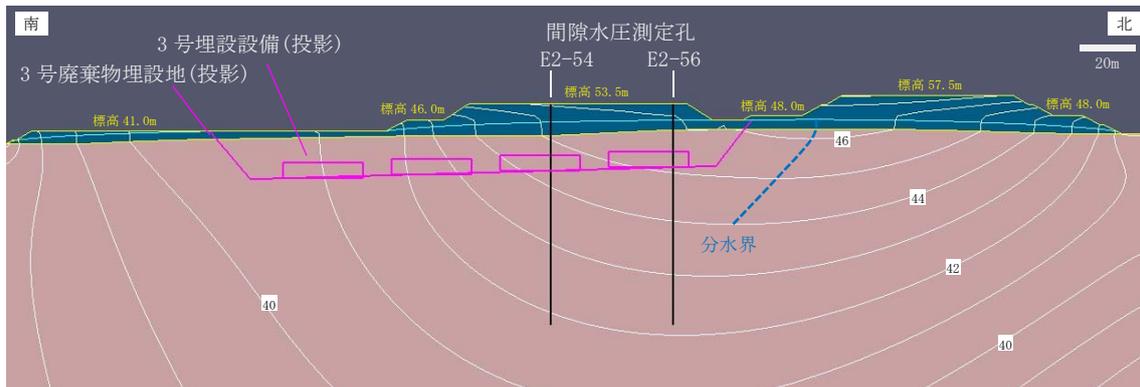
3号埋設設備設置地盤(標高 20m~25m)付近の全水頭標高分布の実測値と現況再現解析結果の差は最大2m程度(地下水面標高の差も同様)であること、及び全水頭標高分布の勾配がおおむね同程度であることから現況を再現できていると判断する。

コメント No. 151 を踏まえ、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現況再現性及び妥当性を説明

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



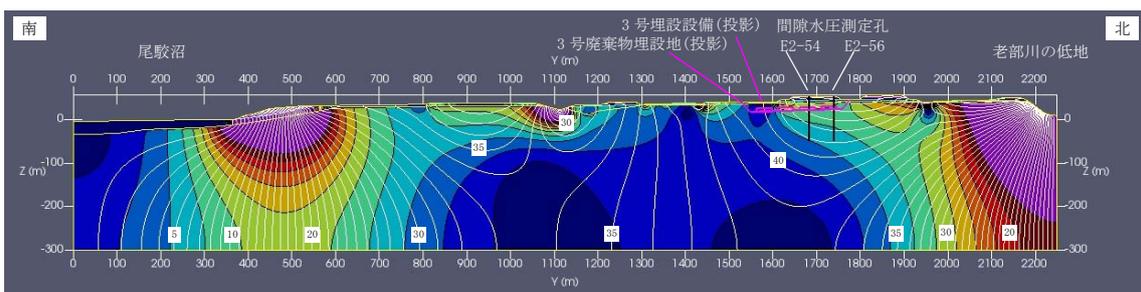
(b) 3号廃棄物埋設地付近

凡 例

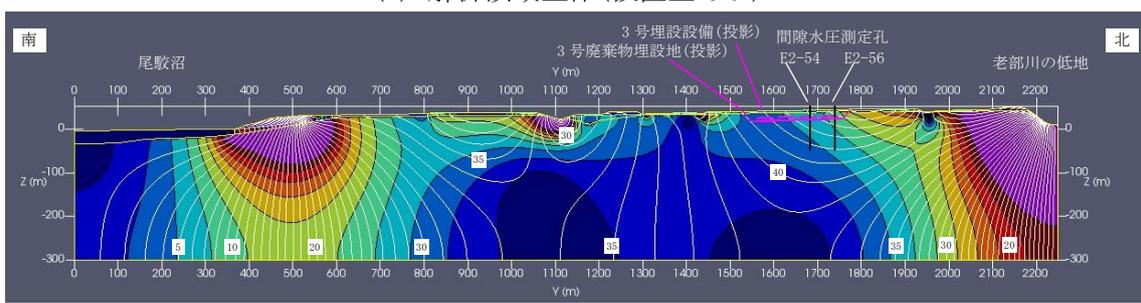
■：鷹架層 ■：第四紀層(盛土・仮置土を含む) —：1m 間隔全水頭等高線 —：地下水面

第4図 全水頭等高線(仮置土あり)

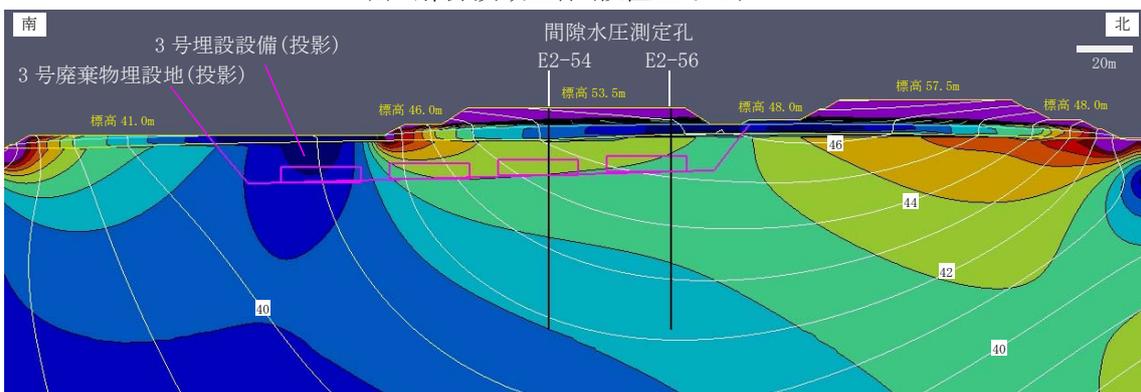
コメント No. 151 を踏まえ、3号廃棄物埋設地の埋設設備からの流出水量を求めるための2次元地下水浸透流解析モデルの現況再現性及び妥当性を説明



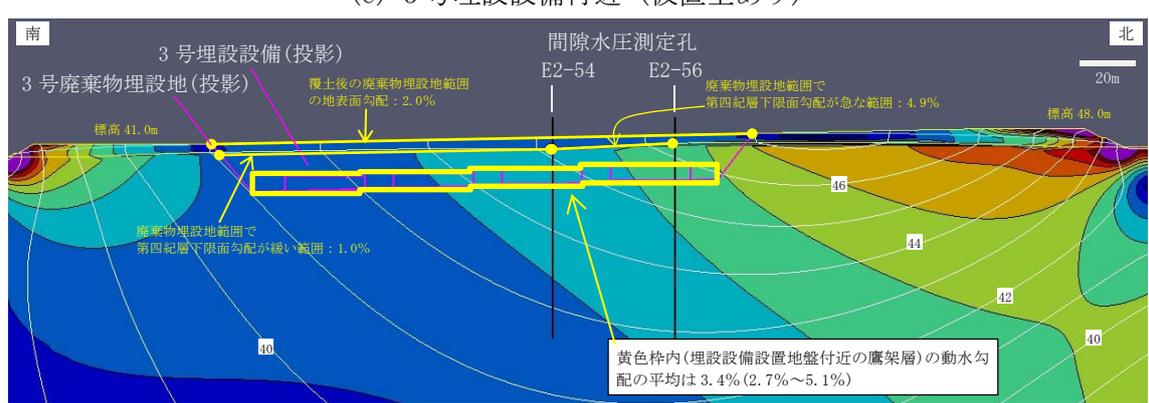
(a) 解析領域全体(仮置土あり)



(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)



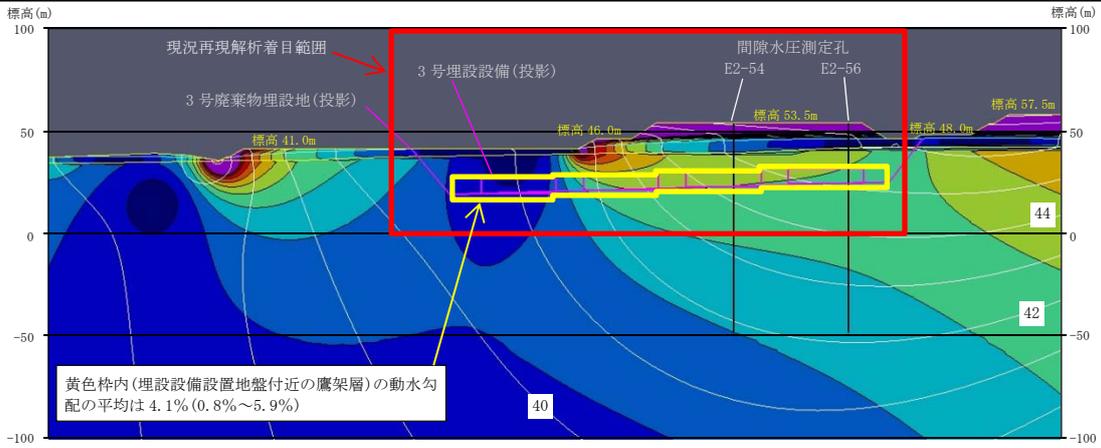
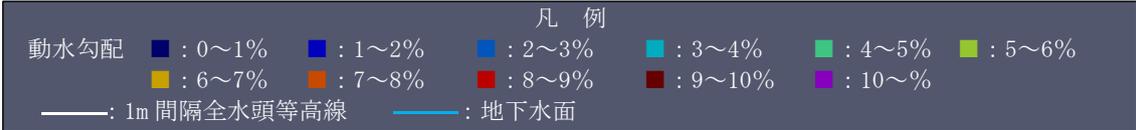
(d) 3号埋設設備付近(仮置土なし)*1

凡例					
動水勾配	■ : 0~1%	■ : 1~2%	■ : 2~3%	■ : 3~4%	■ : 4~5%
	■ : 5~6%	■ : 6~7%	■ : 7~8%	■ : 8~9%	■ : 9~10%
	— : 1m 間隔全水頭等高線	— : 地下水面			

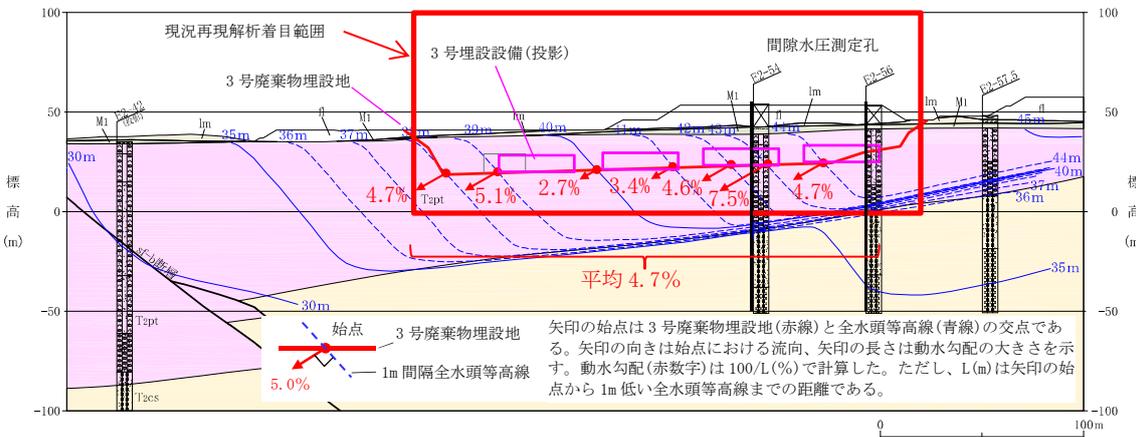
第5図 動水勾配分布(全水頭等高線含む)

*1 別紙1に詳細を示す。

コメント No. 151 を踏まえ、3 号廃棄物埋設地の埋設設備からの流出水量を求め
 ための 2 次元地下水浸透流解析モデルの現況再現性及び妥当性を説明

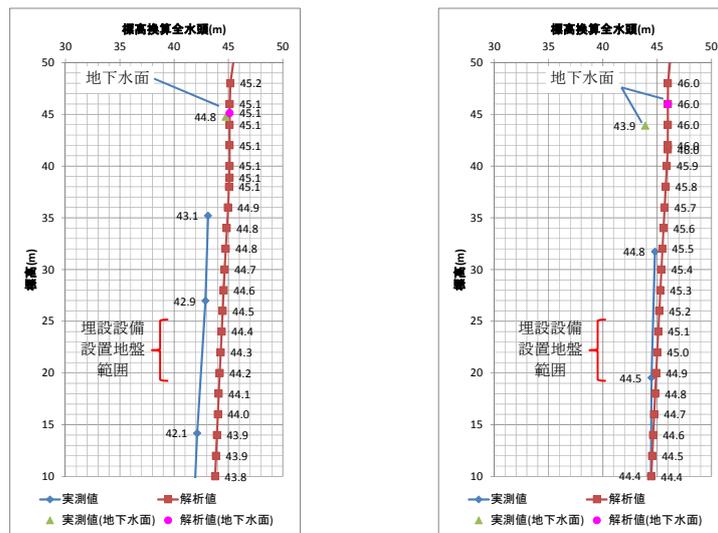


(a) 現況再現解析結果による 1m 間隔全水頭等高線と動水勾配分布



(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。

5.1. 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

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

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。

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

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

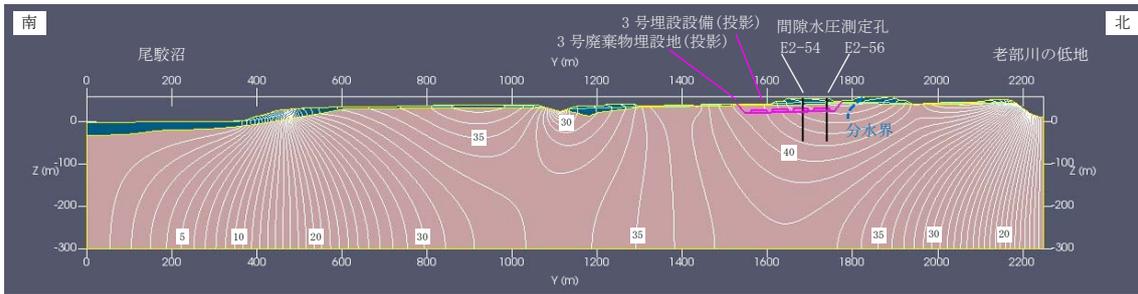
棄物埋設地北側の現況再現解析結果における埋設設備設置地盤付近の動水勾配の平均は 4.4% (2.7%~5.2%) であることから、おおむね現況を再現できていると判断する。

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

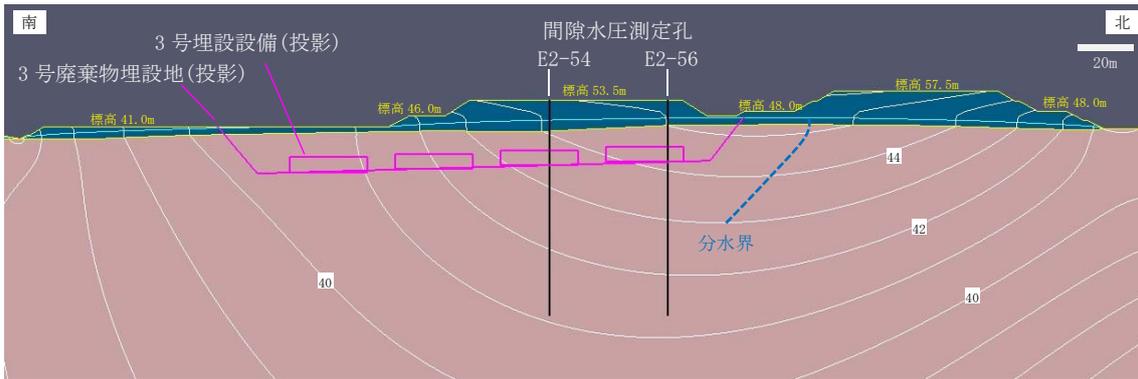
第 11 図に全水頭標高分布(地下水面標高も含む)を示す。

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。



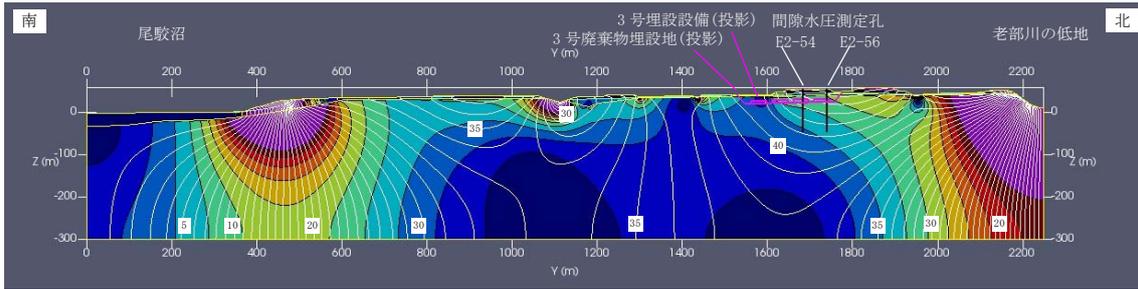
(a) 解析領域全体



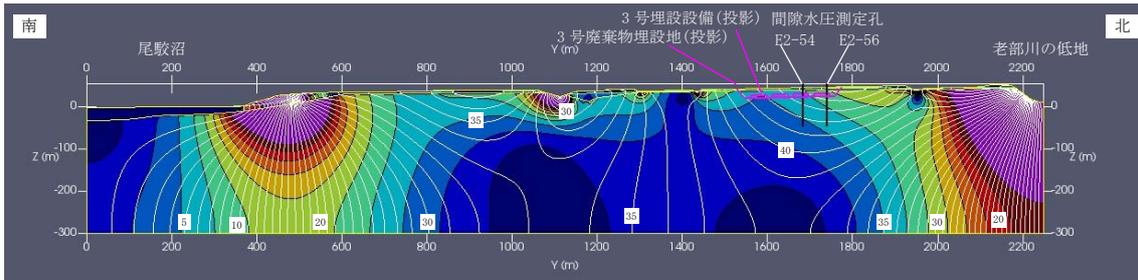
(b) 3号廃棄物埋設地付近



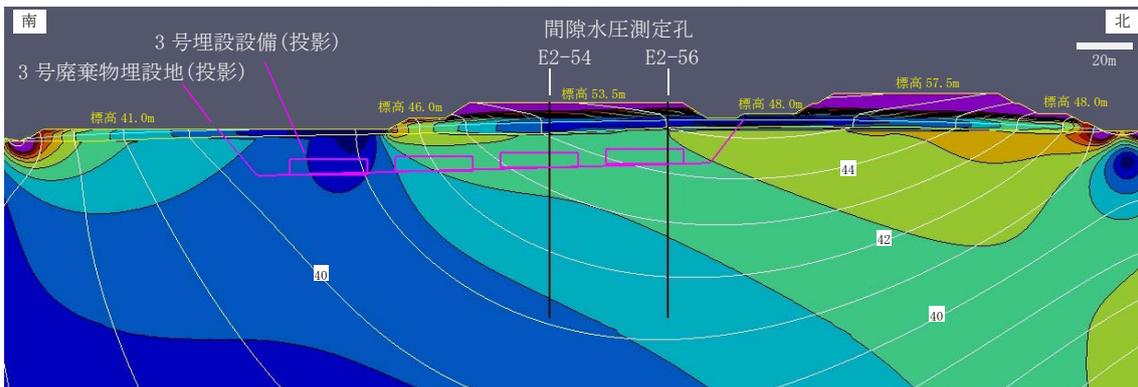
第 8 図 全水頭等高線(仮置土あり)



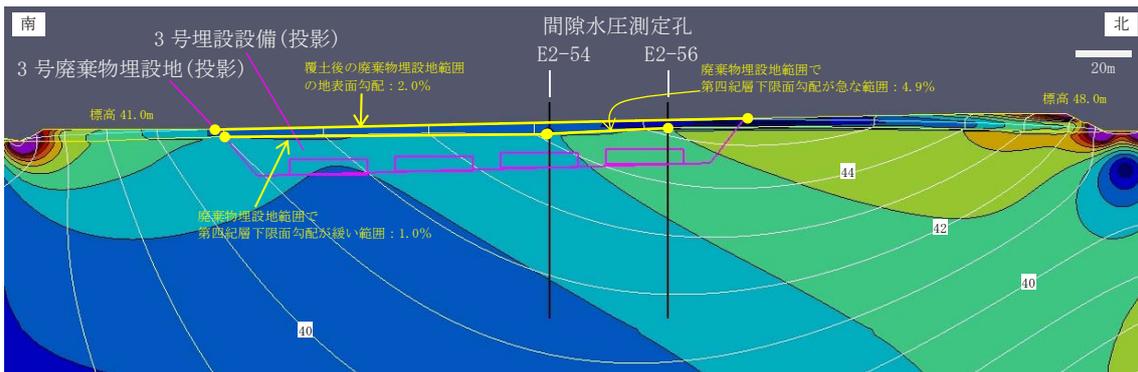
(a) 解析領域全体(仮置土あり)



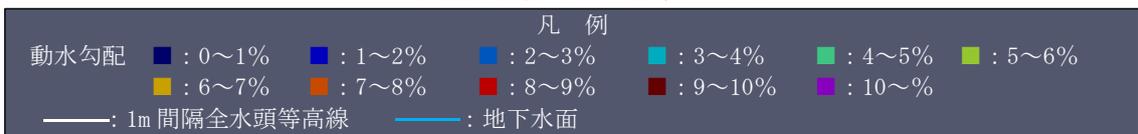
(b) 解析領域全体(仮置土なし)*1



(c) 3号埋設設備付近(仮置土あり)

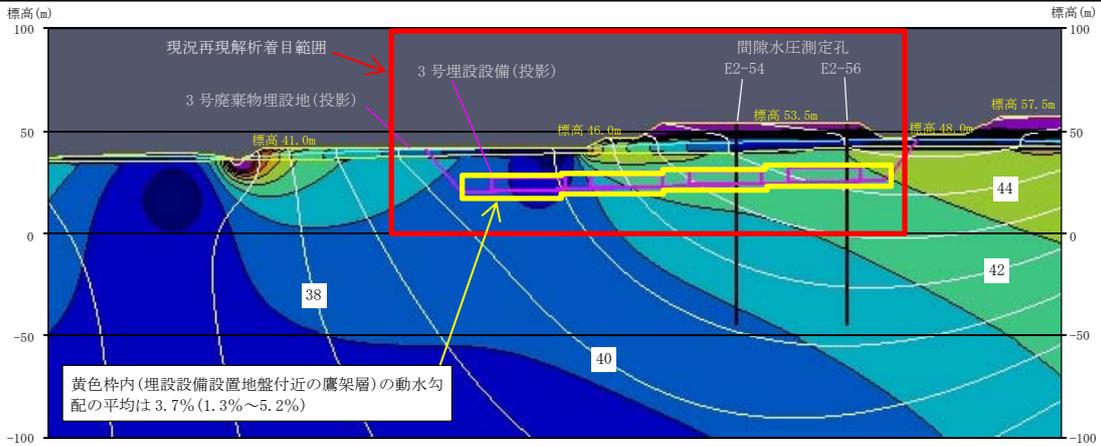
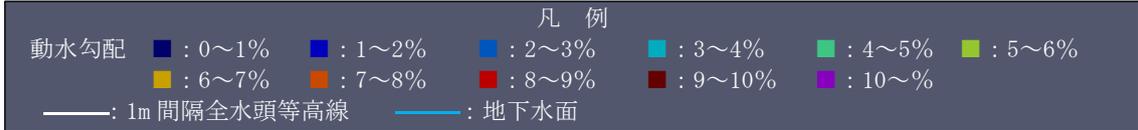


(d) 3号埋設設備付近(仮置土なし)*1

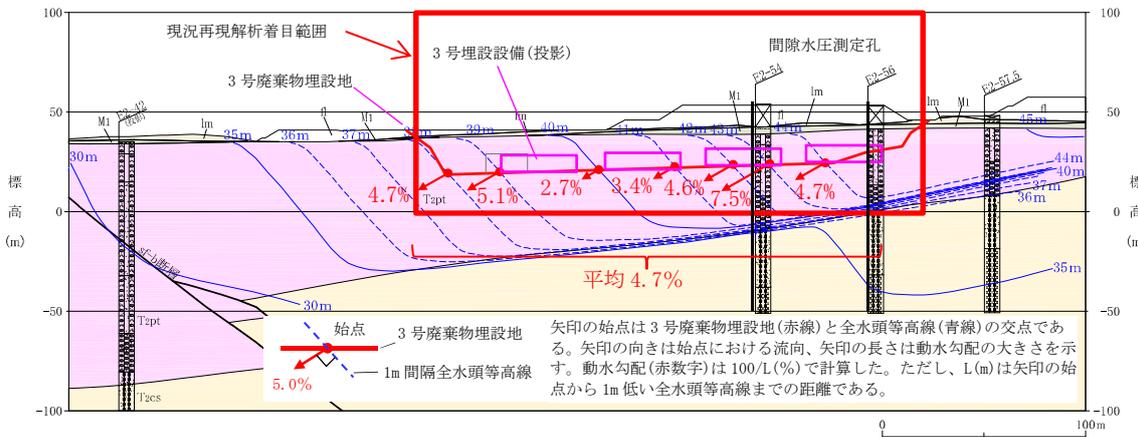


第9図 動水勾配分布(全水頭等高線含む)

*1 別紙2に詳細を示す。

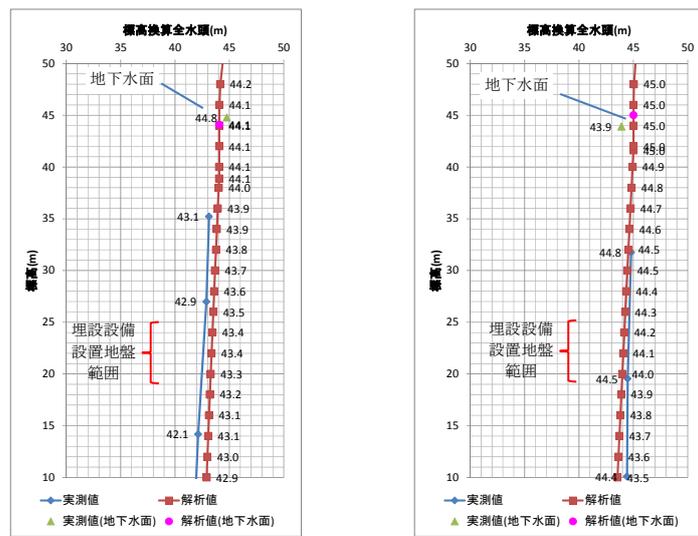


(a) 現況再現解析結果による 1m 間隔全水頭等高線と動水勾配分布



(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 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。

5.2. 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}
基本設定	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
変動設定	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

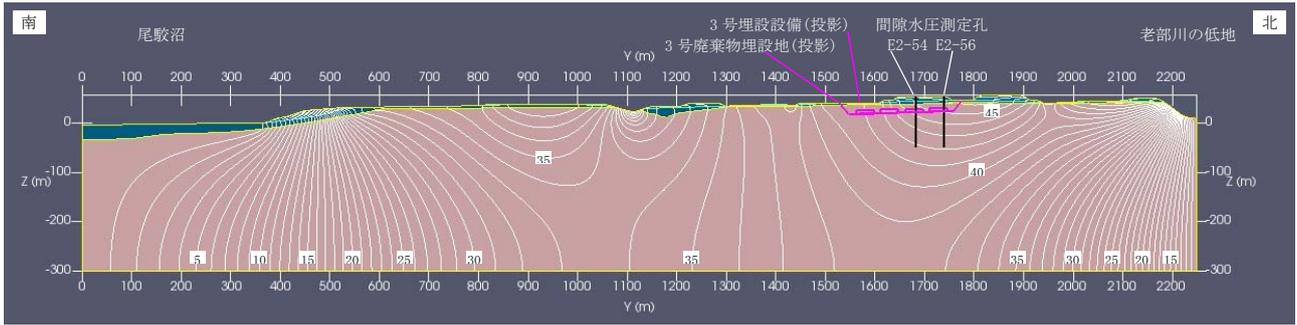
6. まとめ

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。

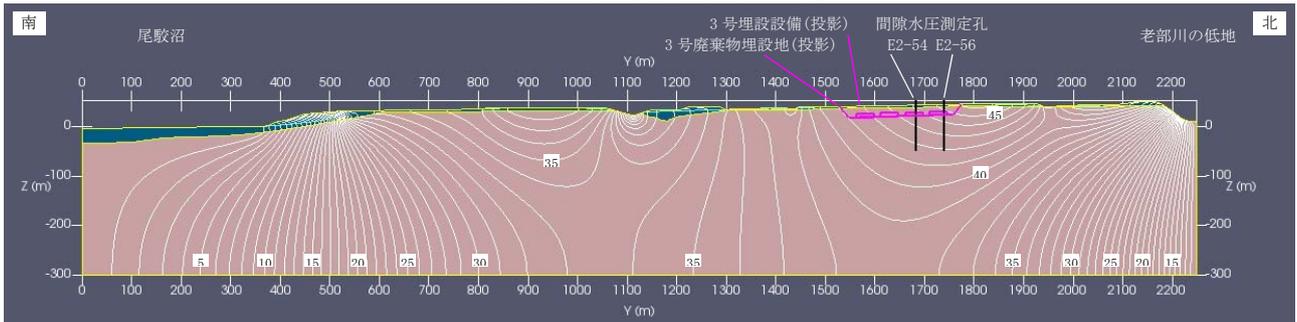
地盤の透水係数を実測に基づき設定したモデルでは、おおむね実測の全水頭分布を再現できた。

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。

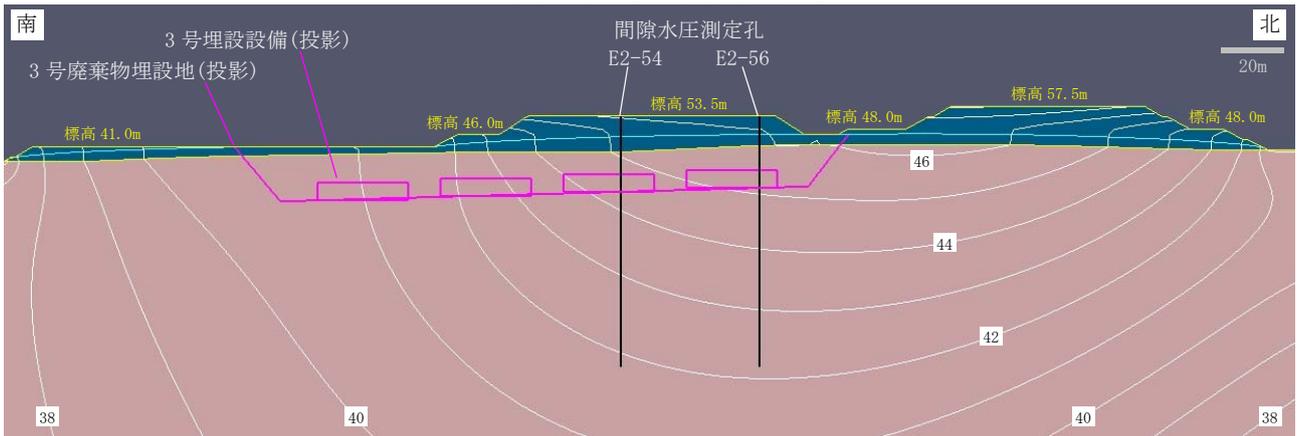
現況再現解析結果(仮置土有・無) 【流出水量計算モデルと同じ透水係数設定】



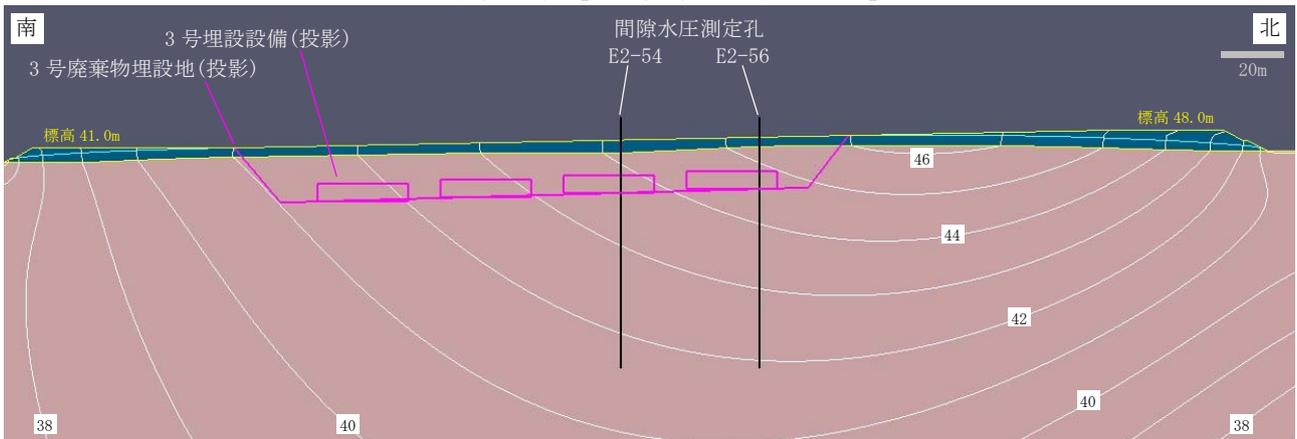
(a) 仮置土有【解析領域全体】



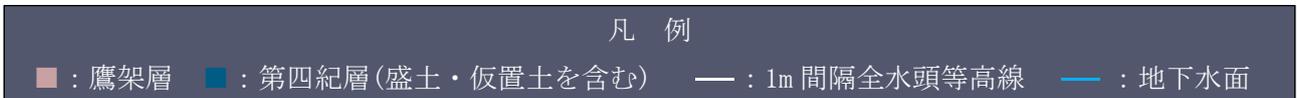
(b) 仮置土無【解析領域全体】



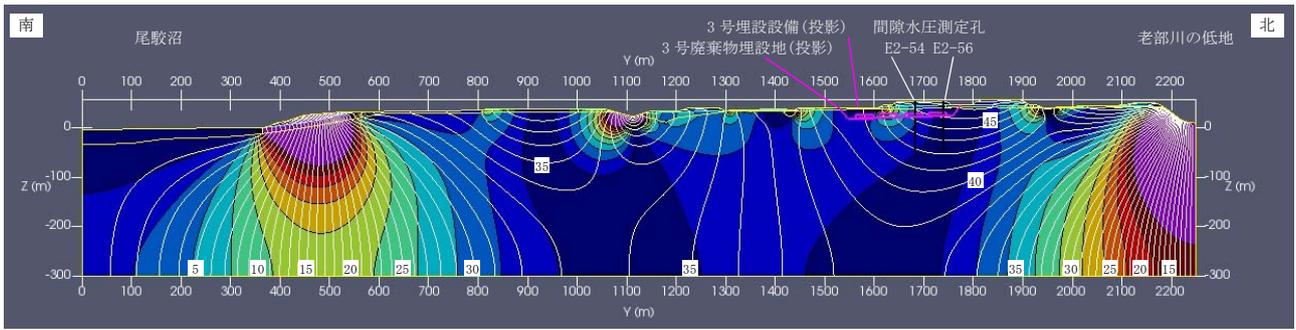
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



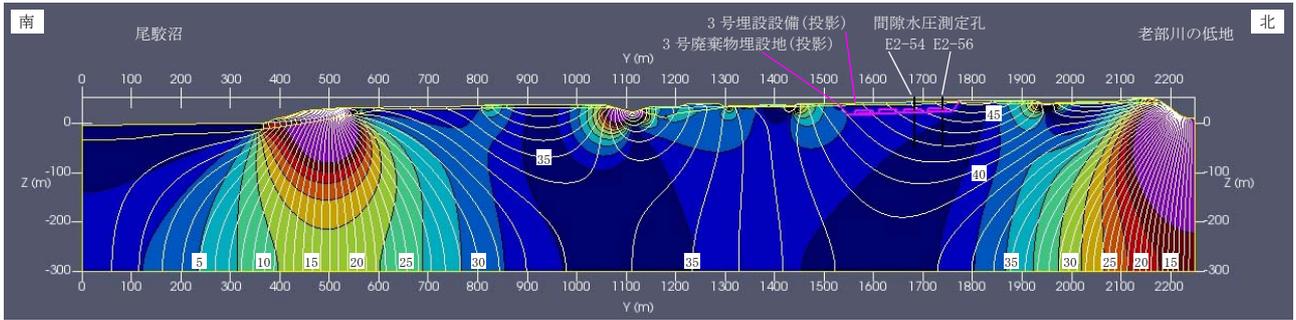
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



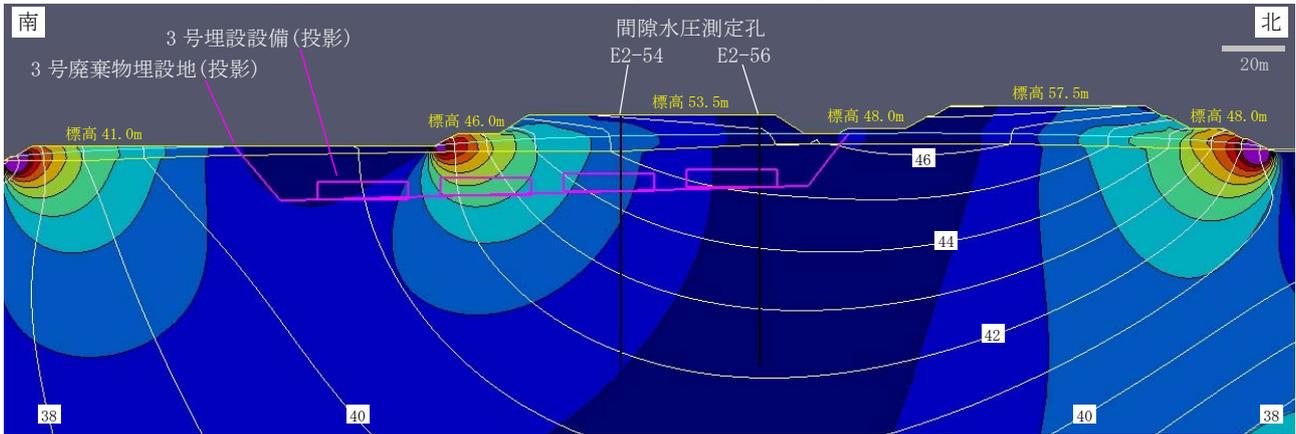
第 1 図 全水頭等高線



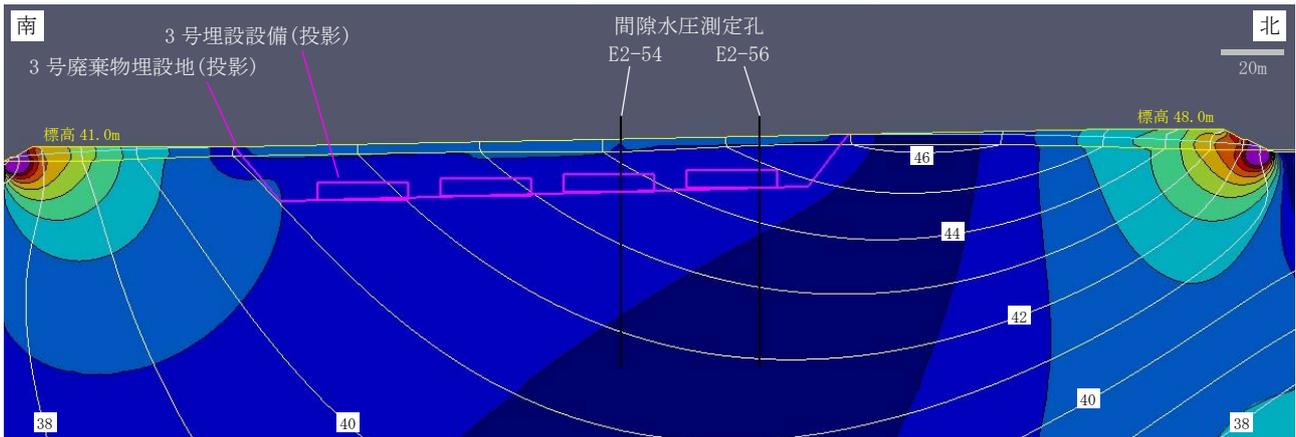
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



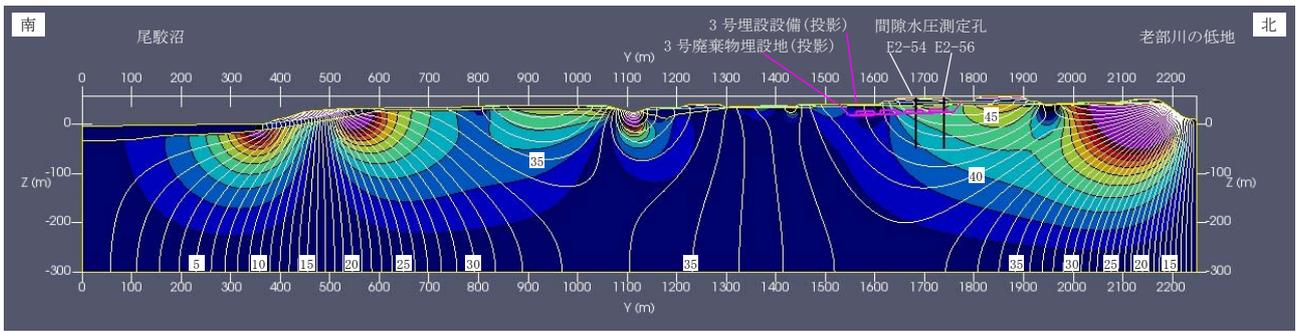
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



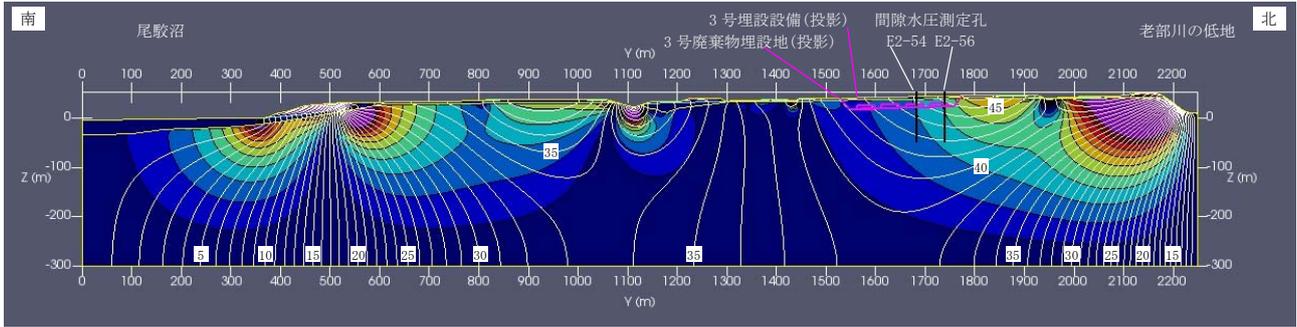
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



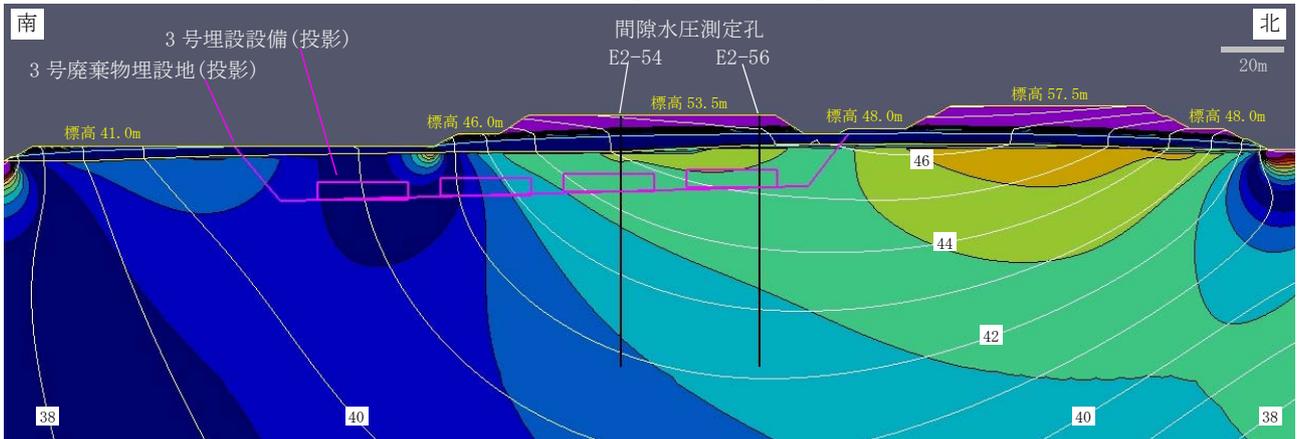
第2図 動水勾配分布 (1/3) 【Y軸方向成分の大きさ】



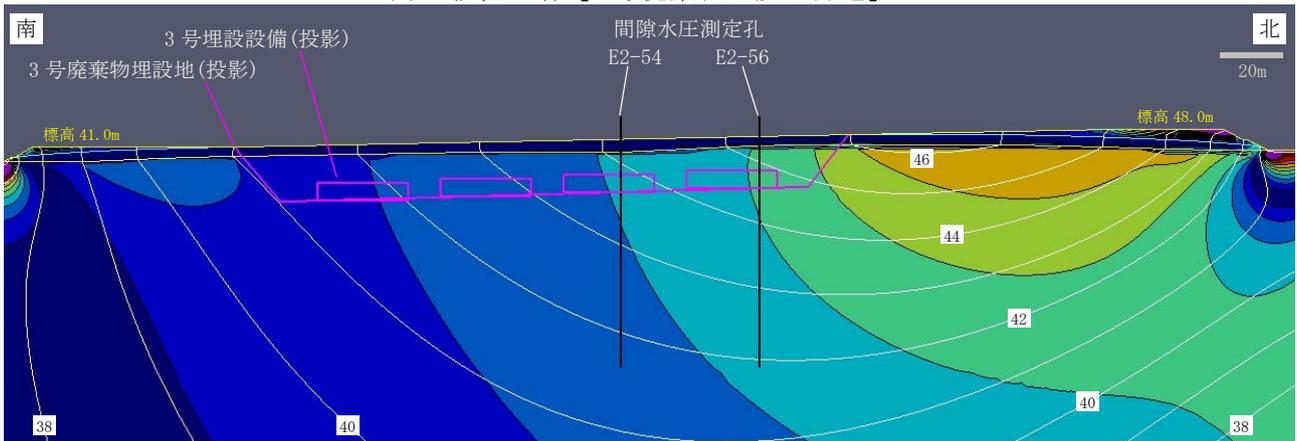
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



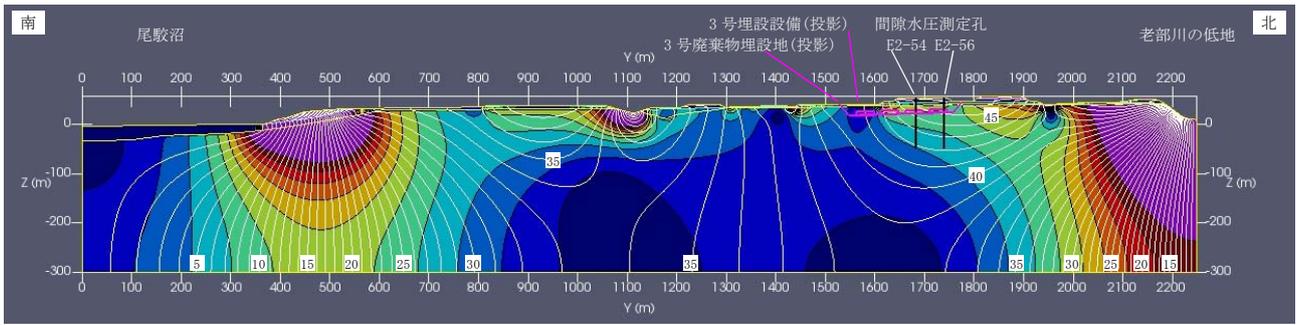
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



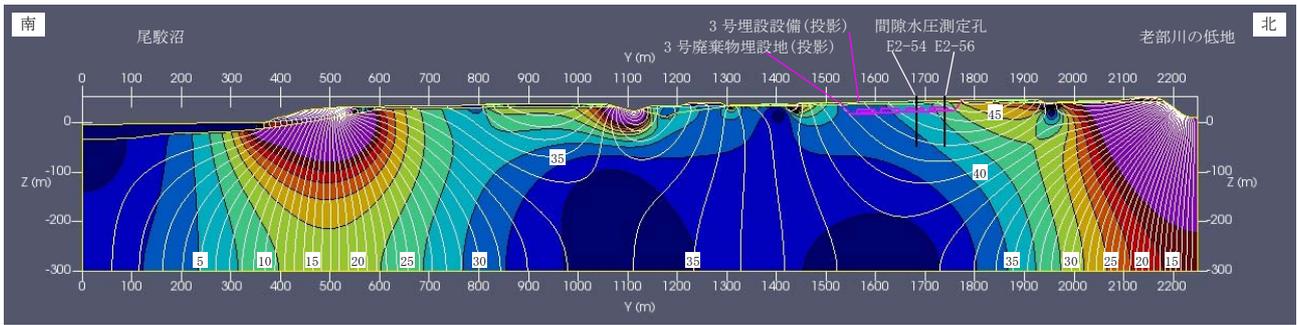
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



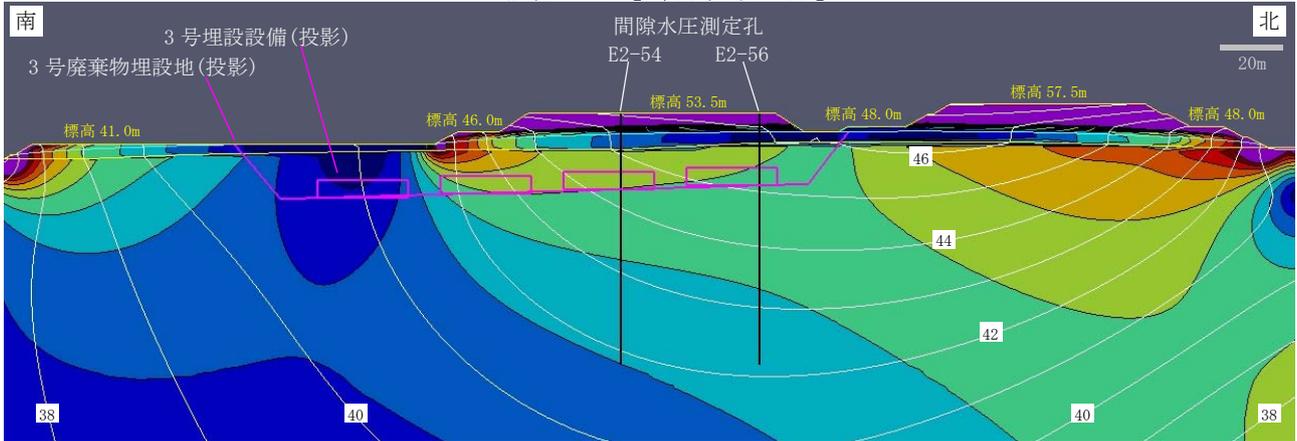
第2図 動水勾配分布 (2/3) 【Z軸方向成分の大きさ】



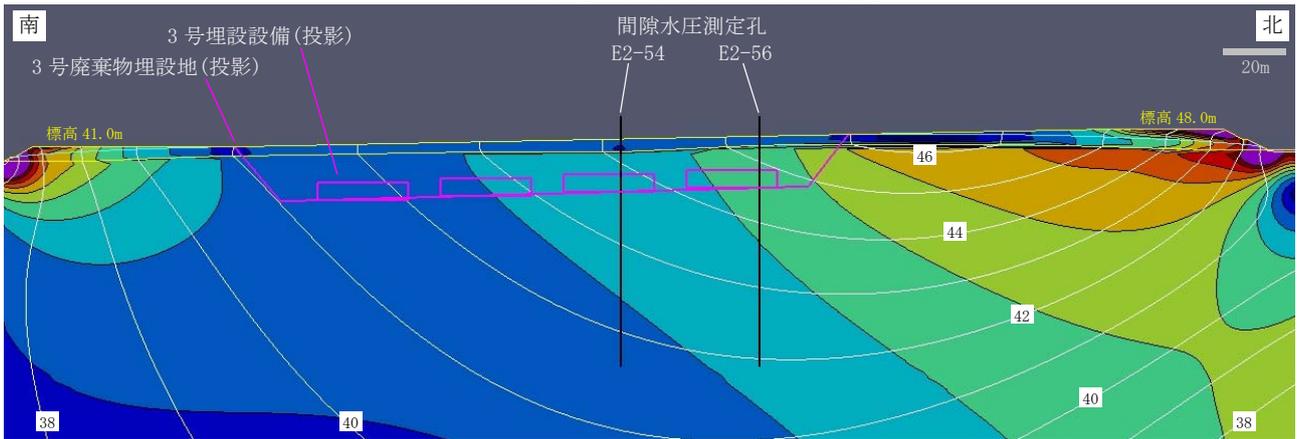
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(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】

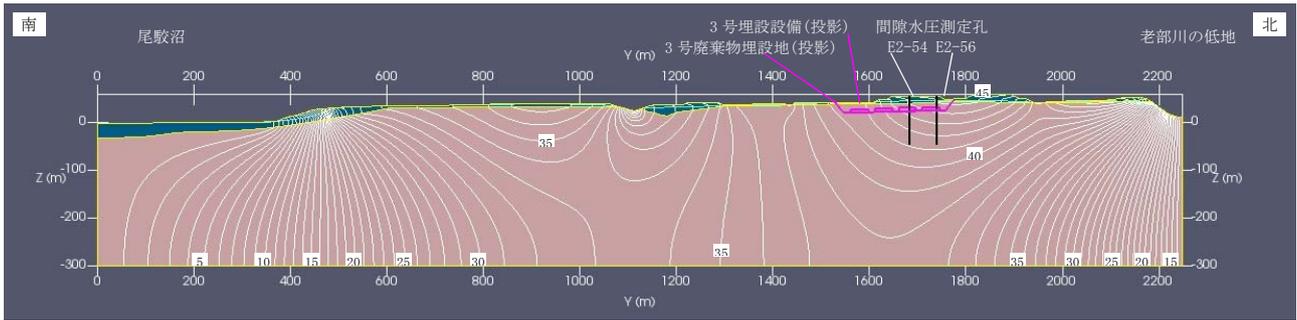


(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】

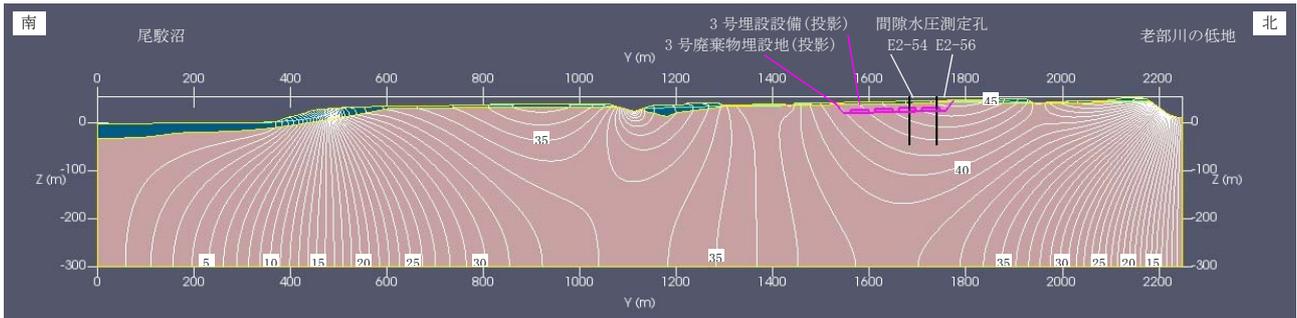


第2図 動水勾配分布 (3/3) 【Y軸及びZ軸成分の合成動水勾配の大きさ】

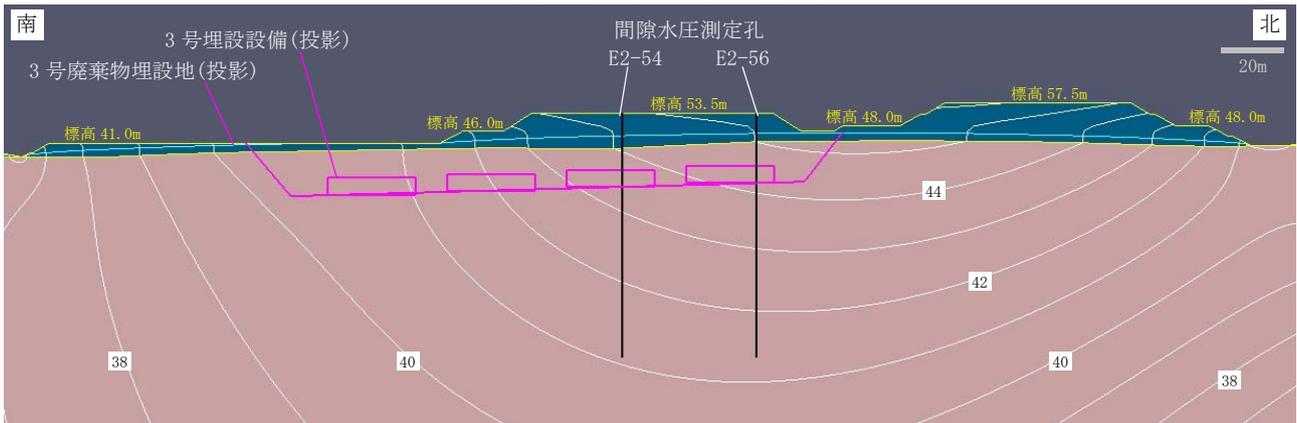
現況再現解析結果(仮置土有・無)【第四紀層の透水係数を 6.0×10^{-6} (m/s) に設定した場合】



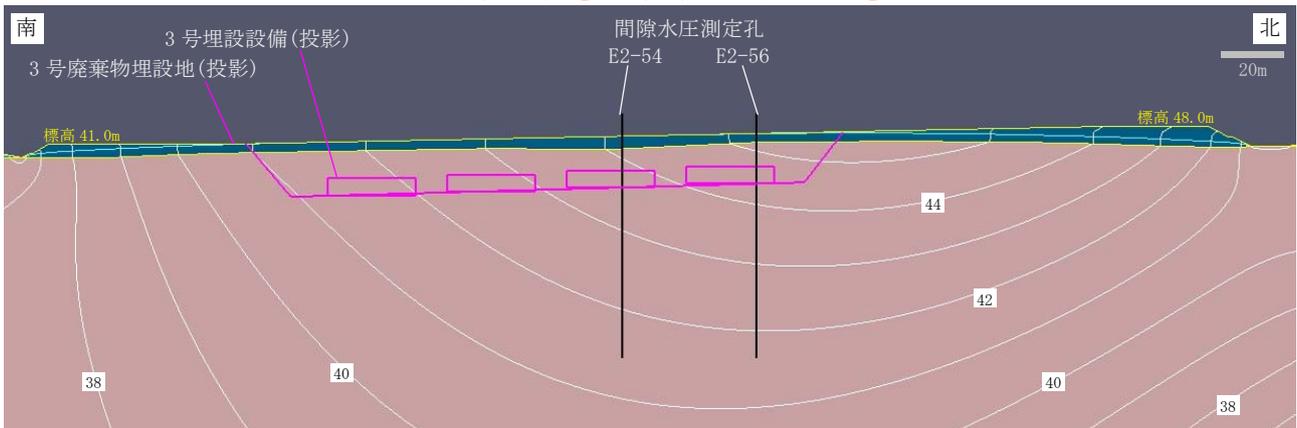
(a) 仮置土有【解析領域全体】



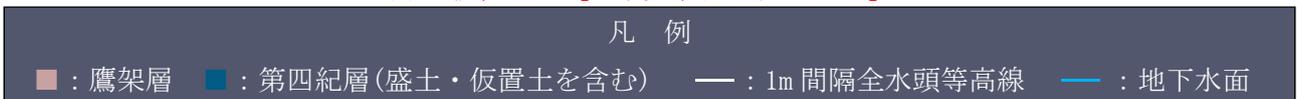
(b) 仮置土無【解析領域全体】



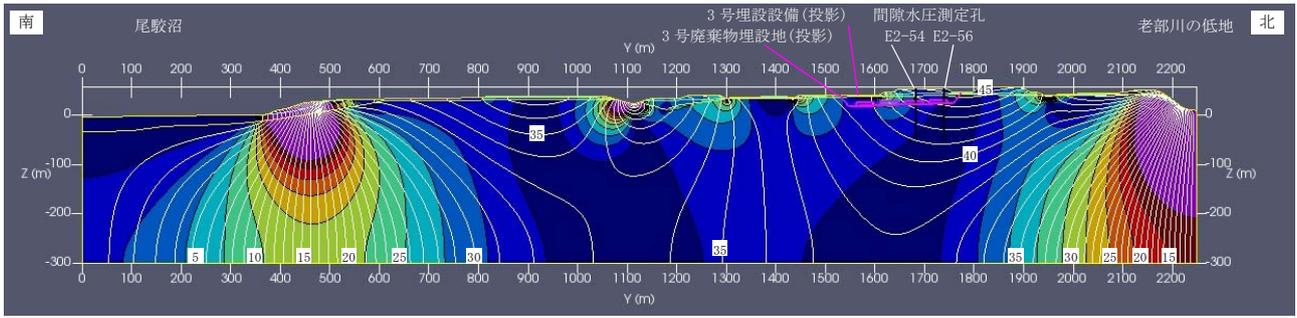
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



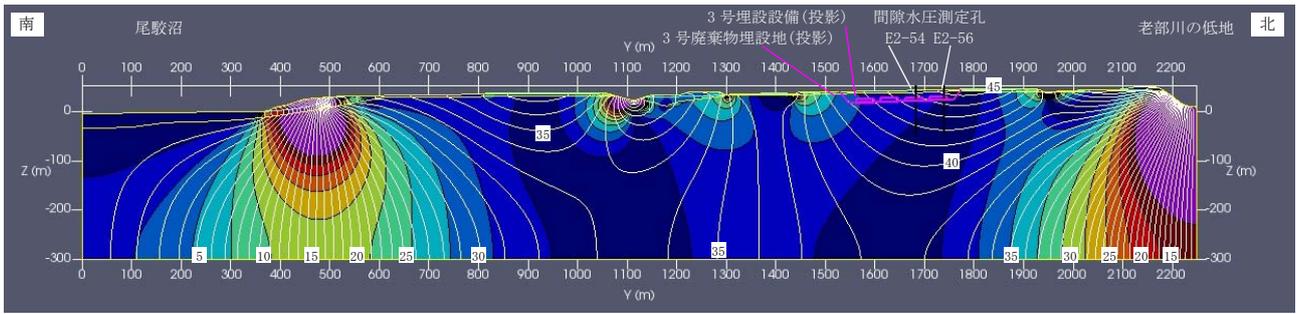
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



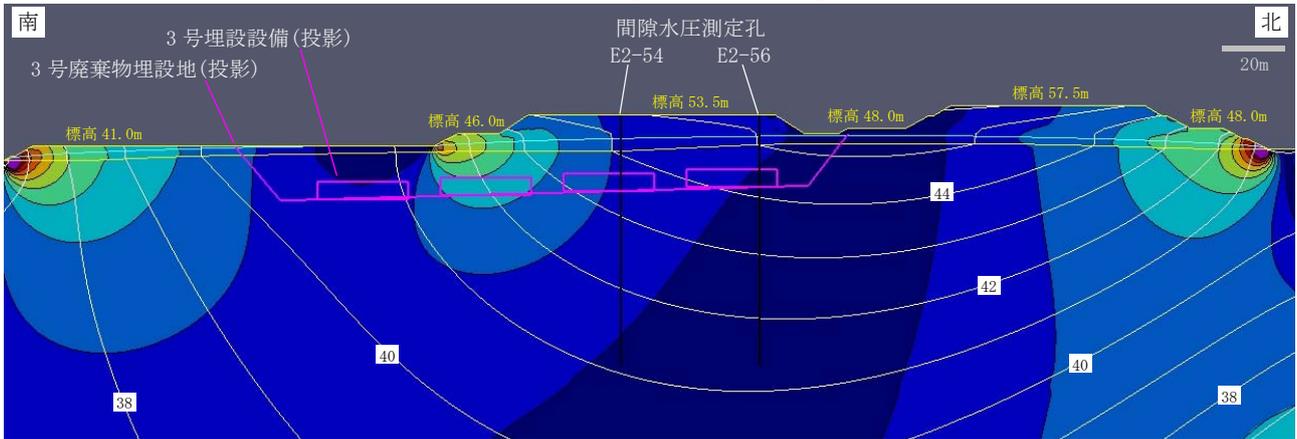
第 1 図 全水頭等高線



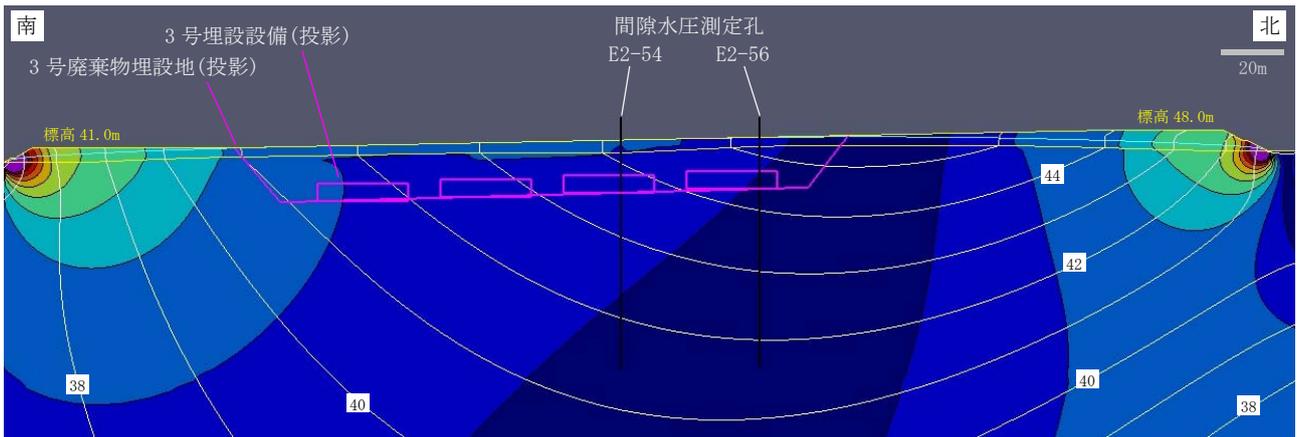
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(b) 仮置土無【解析領域全体】



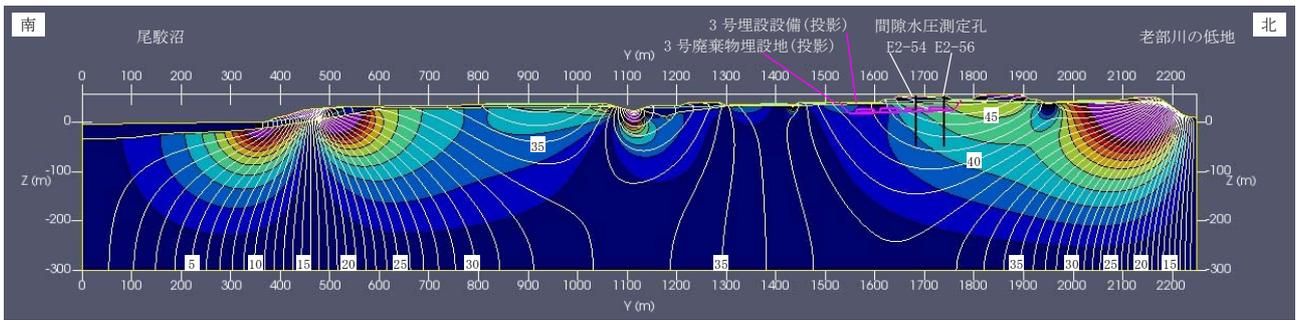
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



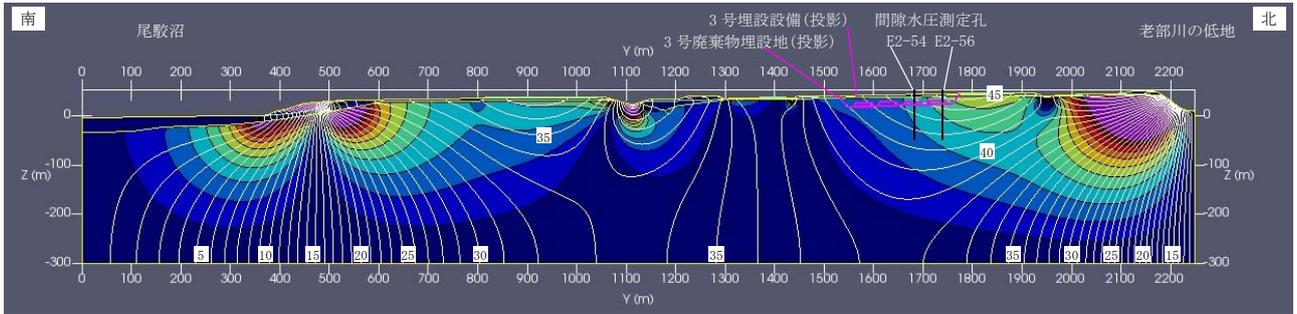
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



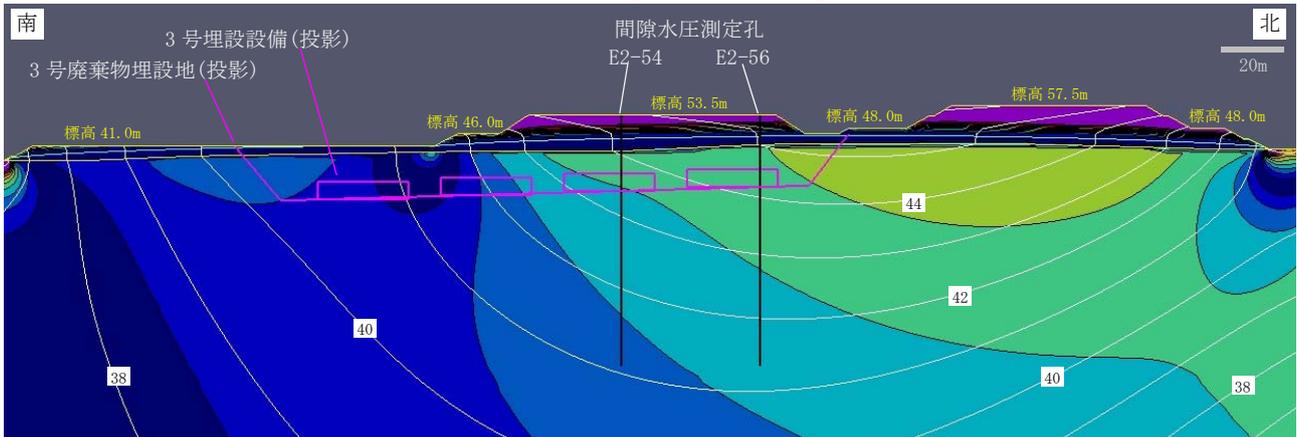
第2図 動水勾配分布 (1/3) 【Y軸方向成分の大きさ】



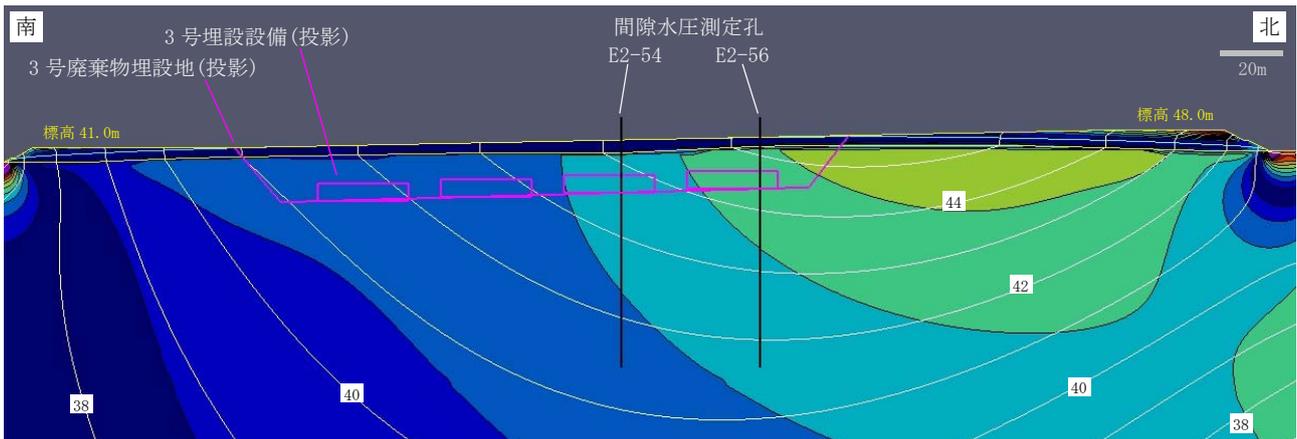
(a) 仮置土有【解析領域全体】



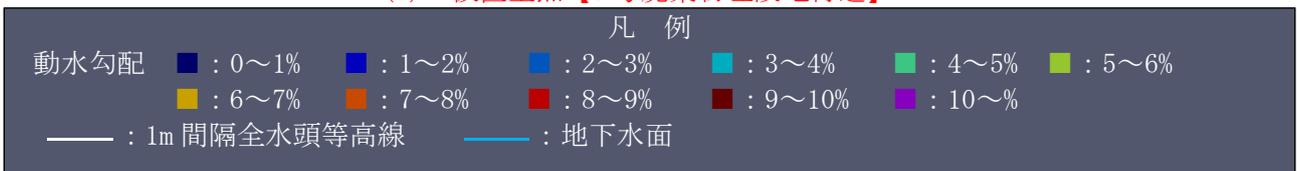
(b) 仮置土無【解析領域全体】



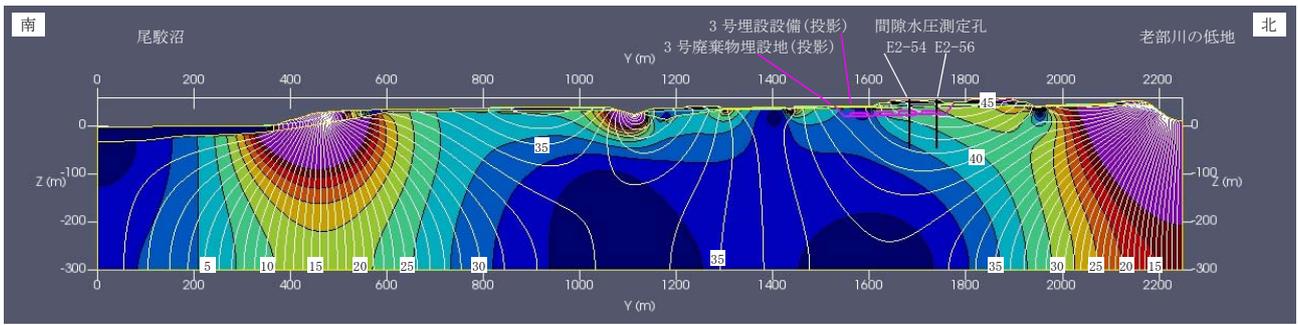
(c) 仮置土有【3号廃棄物埋設地付近】



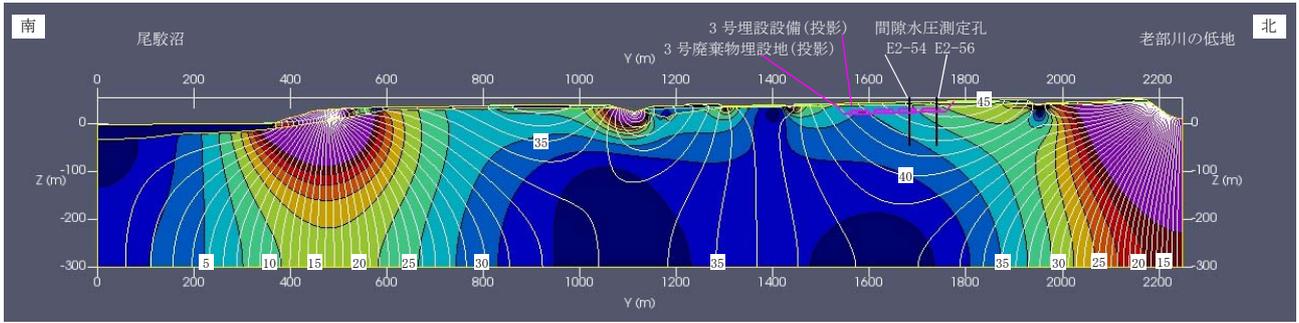
(d) 仮置土無【3号廃棄物埋設地付近】



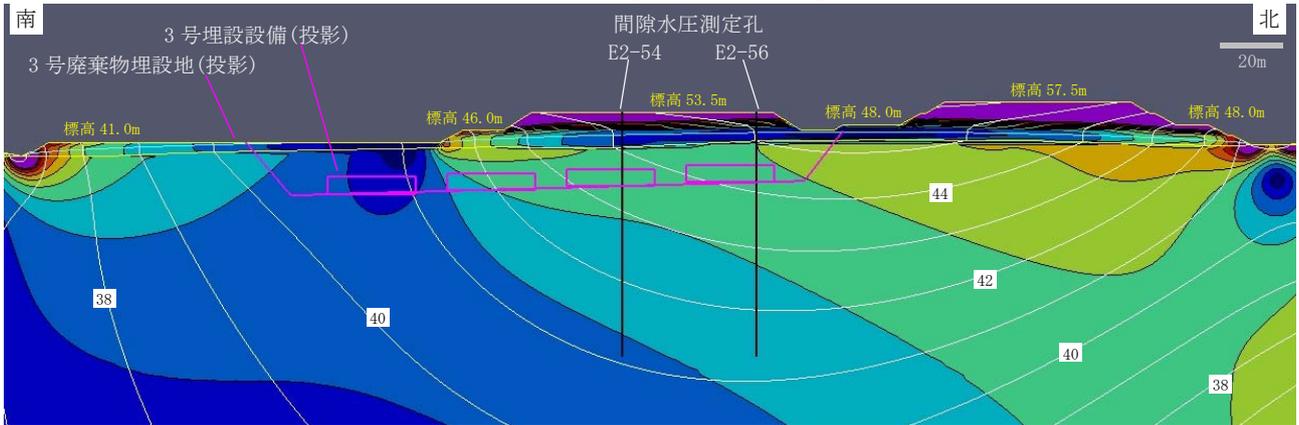
第2図 動水勾配分布 (2/3) 【Z軸方向成分の大きさ】



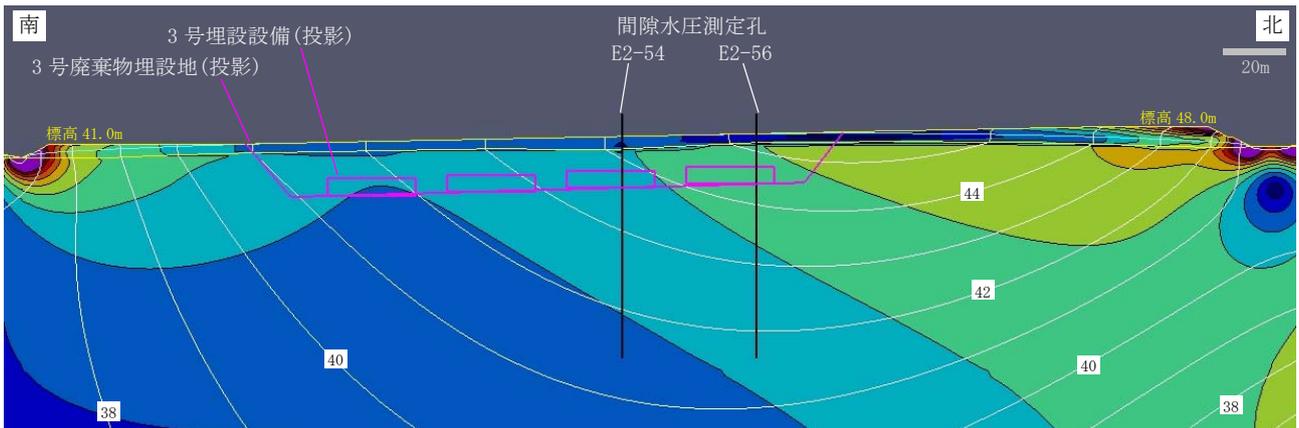
(a) 仮置土有【解析領域全体】



(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】