



# 東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の 基準に関する規則への適合性について

## 審査会合における指摘事項への回答

---

2023年 4月10日

日本原子力発電株式会社



## 審査会合における指摘事項一覧(1/3)

No.	審査日	資料指摘箇所	指摘事項	指摘事項 対応箇所	回答内容
1	2022/11/14	資料2-2 添1-4	難透水性覆土の透水係数の設定について、室内試験(A法相当の締固め)を踏まえ、施工試験(C法相当)を行った結果から十分に達成できることを追記すること。	資料1-2 添1-5~6, 添1-8	ベントナイト混合率、密度及び初期含水比をパラメータスタディした透水試験の結果を踏まえ設定した、施工試験を行う際のベントナイト混合土の製造時及び施工時の設計値(ベントナイト混合率等)について、施工試験(混合土の製造及び施工)により、設計値が確保でき、かつ、設計透水係数を達成できる見込みであることの説明を追記しました。これに伴い、ベントナイト混合率15%、締固め度95%(A法)及び90%(C法)で得られる密度で実施した透水試験結果も追記しました。
2	2022/11/14	資料2-2 添3-7	ベントナイト混合率について、ベントナイト混合土を製造した際の計量結果から15%付近での混合率が得られたことを追記すること。	資料1-2 添3-4	材料の投入は、ベントナイト混合率が15%になるように事前にベントナイトと母材(久慈川砂)の投入重量を計算しておき、その重量をバッチ毎に計量して投入したことを追記しました。
3	2022/11/14	資料2-2 添1別紙	透水試験に関する蒸発の影響について、給水側及び排水側の蒸発対策を追記すること。	資料1-2 添3別-2	給水側については二重管ビュレットを用いること、排水側については排水口に小さな穴を開けた養生テープを張り付けることにより、蒸発による測定値への影響を低減する措置を講じたことを追記しました。
4	2022/11/14	資料2-2 添別-7 ~	透水試験の動水勾配について、目詰まりの可能性も否定できない。それをどのように確認したのかを説明すること。	資料1-2 添3別-2~ 3	試験動水勾配は供試体の乱れ(粒子移動等)が試験結果に影響しないようにするため、透水係数 $10^{-9}$ m/s 未満の場合においては、動水勾配を最大30 までと推奨しているASTM <sup>※1</sup> 、及び一度の測定時間は想定される透水係数、動水勾配、ビュレットの容量を勘案し、3日以内となることが望ましいとしている地盤工学会基準 <sup>※2</sup> を参考に試験を実施しました。

※1: American Society for Testing and Materials D5084(米国材料試験協会の設定する試験法規格)

※2: JGS 0312-2018(低透水性材料の透水試験方法)



## 審査会合における指摘事項一覧(2/3)

No.	審査日	資料指摘箇所	指摘事項	指摘事項 対応箇所	回答内容
5	2022/11/14	資料2-2 添付 資料3	<p>ベントナイトと例えば珪砂みたいな混合土だと比較的均質だと考えられる場合は、部分密度(この場合、有効モンモリナイト乾燥密度)で整理することは、非常に有効だと過去言われてきた。</p> <p>久慈川産出の砂を用いた場合、ベントナイトの粒径とかそういうものに比べて非常に大きな砂(礫等)が入ってくることが想定されるため、均質と言えるかどうかというのが非常に大きな観点になる。また、ベントナイトの混合率が低い場合、広い範囲では均質に混合されていると言えても、非常に狭い範囲では均質に混合されているとは言えない場合があると考えられる。</p> <p>これらを踏まえ、有効モンモリナイト乾燥密度によって整理(品質管理等)ができることを説明すること。</p>	資料1-2 添3-4~8, 添3-15~22	<p>施工試験に使用したベントナイト混合土の母材(久慈川砂)には、非常に大きな砂(礫)が含まれておらず、施工試験で製造したベントナイト混合土(ベントナイト混合率15%)の均質性は高いと考えています。</p> <p>また、有効モンモリナイト乾燥密度を透水係数の代替指標として用いて管理(品質管理)することにより、製造時や施工時のばらつきを包含した管理(品質管理)が可能であると考えています。</p> <p>それらに係る説明等を審査資料に記載しました。</p>
6	2022/11/14	資料2-2 添2- 28, 29	<p>流線図を描いているが、理解しがたい流れになっているため、解析の方法及び妥当性判断を説明すること。</p>	資料1-2 添付資料2	<p>浸透流解析における入力条件及び解析モデルの見直しを行い、再度解析を行いました。</p>



## 審査会合における指摘事項一覧(3/3)

No.	審査日	資料指摘箇所	指摘事項	指摘事項 対応箇所	回答内容
7	2022/12/22	資料1-1 P22	米国のEPAでは覆土に関するガイドを示しているがそれと比較すると原電が今示している設計ではかなり異なる材料、それから層ごとの特性・役割が異なるものを用いていると考えられる。原電の今の設計において考慮された事象がどのように回避されているのかが十分に論証される必要があるため、次回以降の廃棄物埋設地の状態設定の中で説明すること。	資料1-2 P42～44  資料2-2 補3-12～23 補3添1-1～51	本施設の設計の考え方を示すために、最終覆土の各層の役割について記載しました。  なお、覆土への影響については、「廃棄物埋設地の状態設定」に係る審査資料に記載します。
8	2022/12/22	資料1-1 P22	新たに追加した吸出し防止材の設置場所、機能について施設設計の中で説明すること。	資料2-2 補3-17 補3添1-20～ 51	保護工(じゃかご等)と保護土層の間に、保護土層の流出軽減を目的に施工上吸出し防止材を設置する計画ですが、長期的な健全性については期待しない方針としました(第472回:2023年2月14日審査会合にて説明)。 よって、吸出し防止材は存在しないものとして、最終覆土に与える影響について評価し、その結果を「廃棄物埋設地の状態設定」に係る審査資料に記載します。
9	2022/12/22	資料1-1 P22	吸出し防止材を根拠として線的侵食(リル・ガリ)を除外しているが、吸出し防止材の機能及び評価期間中における健全性などについて説明すること。		



## 指摘事項No.5 代替指標による管理(品質管理) (1/9)

### 1. 覆土に対する要求性能(低透水性)の実現性

計画している材料を用いたベントナイト混合土において、目標とする性能(透水係数:  $1.0 \times 10^{-10}$  m/s以下)を確保できることの見通しを得るために、施工試験(「ベントナイト混合土の製造」及び「ベントナイト混合土の施工」試験)を実施

#### (1) ベントナイト混合土製造時及び施工時の設計値

- ✓ 室内試験の結果から、施工試験として行うベントナイト混合土製造時及び施工時の設計値を設定
- ✓ 施工(材料製造, 設置工)における不均質性を考慮し、 $1.0 \times 10^{-11}$  m/s程度の透水係数が得られるように設計値を設定。設定した設計値を以下に示す。

第1表 ベントナイト混合土製造時の設計値

項目	設計値	備考
ベントナイト混合率	15%	—
初期含水比	$W_{opt}^{*} + 2\%$	$W_{opt} + 2\% = 11\%$

※：最適含水比

第2表 ベントナイト混合土施工時の設計値

項目	設計値	備考
乾燥密度	$1.82 \text{ Mg/m}^3$ (C法締固め試験の最大乾燥密度 $\rho_{dmax} \times 90\%$ )	—

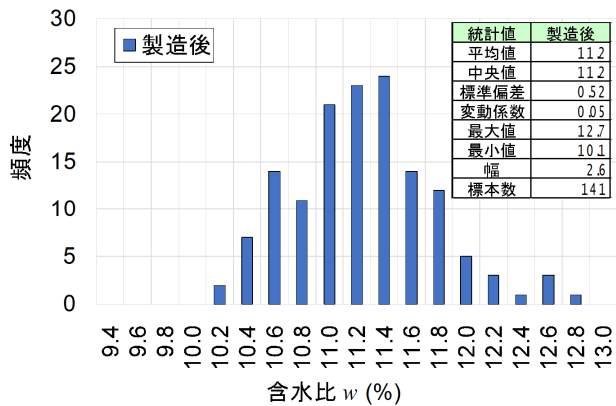
### (2) ベントナイト混合土の製造

- ✓ ミキサー(容量5 m<sup>3</sup>)を用いたバッチ式によりベントナイト混合土を製造
  - ✓ 材料の投入は、ベントナイト混合率が15%になるように事前にベントナイトと母材(久慈川砂)の投入重量を計算しておき、その重量をバッチごとに計量して投入
  - ✓ ベントナイト混合土製造後のサンプリングにより、ベントナイト混合率(ここでは代替指標として細粒分含有率)及び含水比の品質を確認
    - 含水比：平均値・中央値ともに設計値である11%に近い値である11.2%であり、10.1%～12.7%の間に分布し、ばらつきが11%±2%程度(第1図参照)
    - 細粒分含有率：平均値・中央値ともに17.4%である。これは、細粒分含有率が、ベントナイト混合率の15%よりも大きい、母材(久慈川砂)の細粒分の影響と考えられる。(第2図、第3図及び第3表参照)
      - 平均値が15%になるように横軸をずらして、想定されるベントナイト混合土のヒストグラムを第4図に示す。
- ばらつきは平均±1%以内と小さく混合土の均質性は高い。

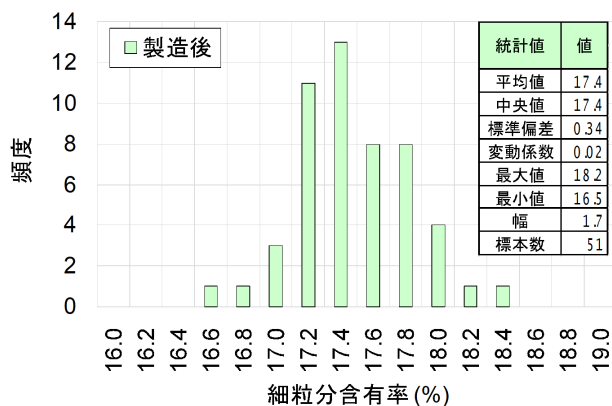


- ✓ ベントナイト混合率が15%±1%以内、含水比は $W_{opt} + 2\% \pm 2\%$ 程度であり、設計値を確保できた状態で混合できていると考えられる。

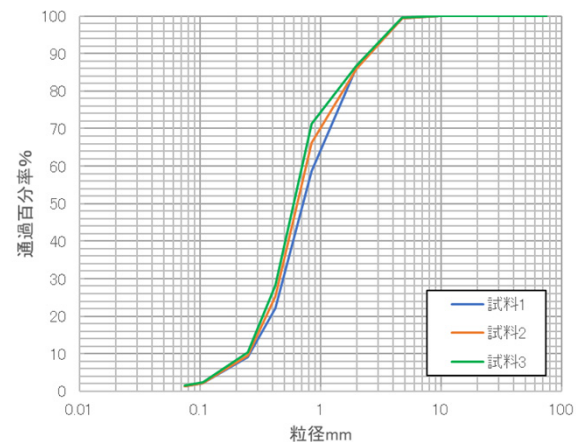
# 指摘事項No.5 代替指標による管理(品質管理) (3/9)



第1図 製造後の含水比

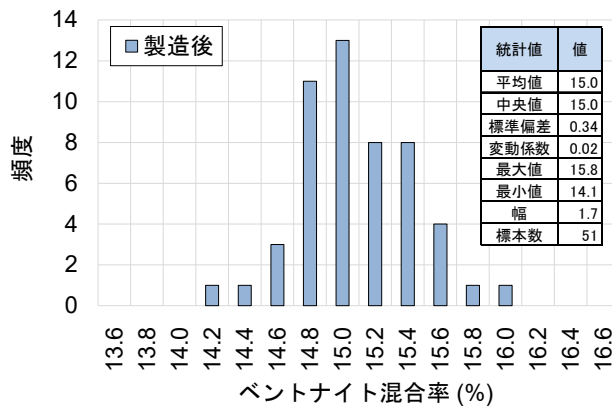


第2図 製造後の細粒分含有率



第3図 母材(久慈川砂)の粒度分布

平均値が15%になるように横軸をずらす



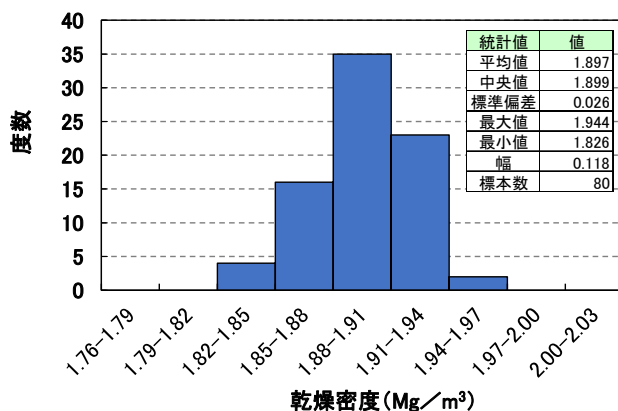
第4図 製造後のベントナイト混合率のイメージ(想定)

第3表 母材(久慈川砂)の細粒分含有率

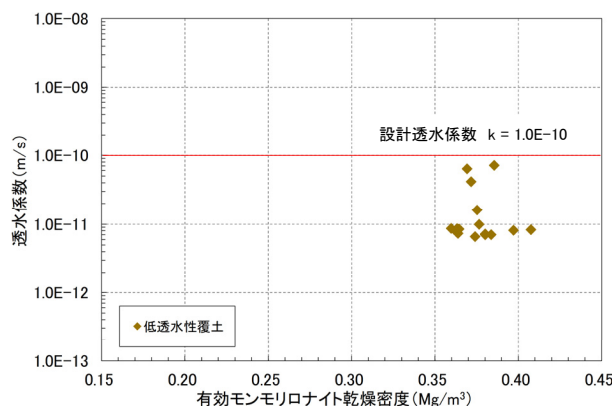
項目	細粒分含有率 Fc (%)			
	試料 1	試料 2	試料 3	平均
母材	1.3	1.3	1.2	1.3

## (3) ベントナイト混合土の施工

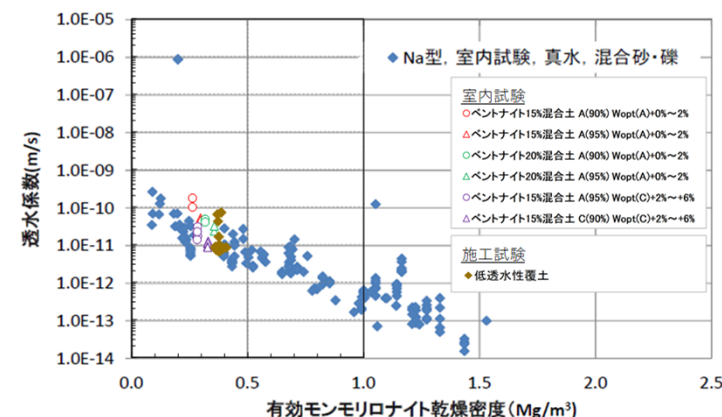
- ✓ 実施設に近い施設構造において施工試験を実施
- ✓ ベントナイト混合土施工後のサンプリングにより、乾燥密度の品質を確認
  - 乾燥密度: 設計値である $1.82\text{Mg}/\text{m}^3$ に対して最小値 $1.826\text{Mg}/\text{m}^3$ と設計値を確保した状態で施工できている。(第5図参照)
- ✓ 透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度の関係を整理
  - 透水係数は、施工時における目標である $1.0 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ 程度をおおむね満足し、かつ、ベントナイト混合土(低透水性覆土)の設計透水係数 $1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ 以下を確保している。(第6図参照)
  - 既往の知見と同じような結果が得られている。(第7図参照)



第5図 乾燥密度の頻度分布  
(全8層・80点)



第6図 有効モンモリロナイト乾燥密度  
と透水係数の関係



第7図 有効モンモリロナイト乾燥密度  
と透水係数の関係



## (4) ベントナイト混合率等のばらつきが透水係数に与える影響

- ✓ 有効モンモリロナイト乾燥密度を透水係数の代替指標として品質管理を行うことから、ベントナイト混合土製造時及び施工時の設計値を設定する項目(ベントナイト混合率, 含水比及び乾燥密度)のばらつきが、有効モンモリロナイト乾燥密度に与える影響を確認することにより、透水係数に与える影響を確認
- ✓ 具体的には、ばらつきの範囲内で施工後の透水係数が大きくなる側に(保守側の評価となるように)ベントナイト混合率を変化させることにより、施工後の透水係数に与える影響を確認し、その影響が小さいことを確認

### a. 有効モンモリロナイト乾燥密度の算定方法

- ✓ 有効モンモリロナイト乾燥密度は、下式で示される。なお、下式に示す項目のうち、骨材混合率( $R_s$ )には、ベントナイト混合率が反映され、乾燥密度( $\rho_d$ )は、ベントナイト混合率及び初期含水比により変化する。



- ✓ 有効モンモリロナイト乾燥密度は、設計項目(設計値を設定する項目)を加味した指標であると言える。

$$\rho_{em} = \frac{C_m \cdot \rho_b}{100 - (100 - C_m) \frac{\rho_b}{\rho_{nm}}}$$

ここに、

$$\rho_b = \frac{\rho_d(100 - R_s)}{100 - \frac{R_s \cdot \rho_d}{\rho_s}}$$

$\rho_{em}$  : 有効モンモリロナイト乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)

$\rho_b$  : 有効粘土乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)

$C_m$  : モンモリロナイト含有率 (%)

$\rho_{nm}$  : 随伴鉱物の土粒子密度 (Mg/m<sup>3</sup>)

$\rho_d$  : 乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)

$\rho_s$  : 骨材の土粒子密度 (Mg/m<sup>3</sup>)

$R_s$  : 骨材混合率 (%)

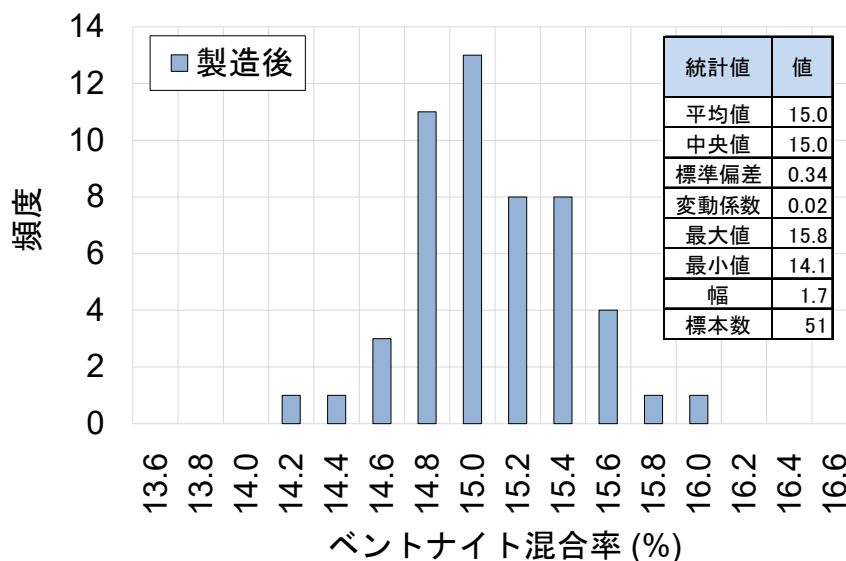
# 指摘事項No.5 代替指標による管理(品質管理) (6/9)

## b. ベントナイト混合率のばらつき

✓ ベントナイト混合率は、15%±1%で製造できていることから、ばらつきを保守的に±2%と仮定



✓ ベントナイト混合土の透水係数がより大きくなる側の混合率を、前述したばらつきの範囲内で考えると、混合率は-2%とした13%を想定し、その際の透水係数に与える影響を確認



第8図 製造後のベントナイト混合率のイメージ(想定)(再掲)

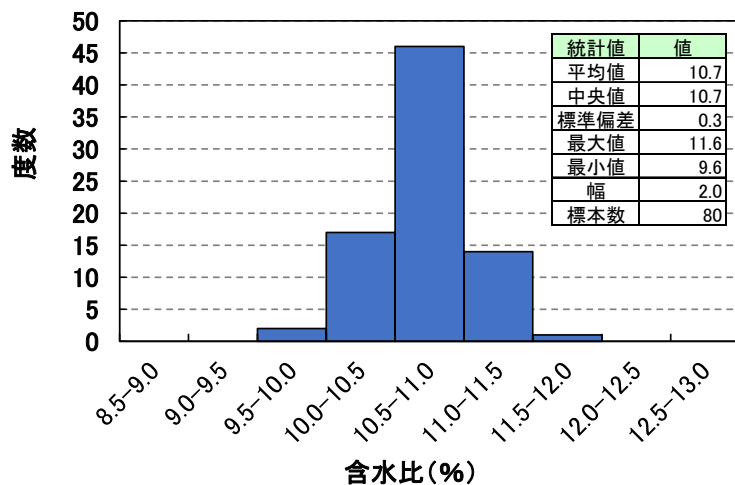
# 指摘事項No.5 代替指標による管理(品質管理) (7/9)

## c. 含水比及び密度のばらつき

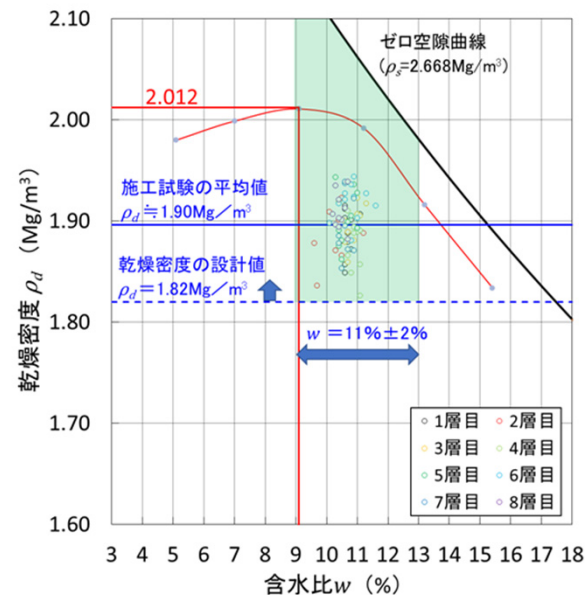
- ✓ 含水比は,  $11\% \pm 2\%$ 程度( $W_{opt} + 2\% \pm 2\%$ 程度)で製造できていることから, ばらつきを $\pm 2\%$ と仮定
- ✓ 乾燥密度は, 全8層・80点において $1.82\text{Mg}/\text{m}^3$ 以上



- ✓ 初期含水比が $11\% \pm 2\%$ 程度( $W_{opt} + 2\% \pm 2\%$ 程度)の範囲内でばらつきが生じても, ベントナイト混合土の施工時の設計値である密度 $1.82\text{Mg}/\text{m}^3$ (C法締固め試験の最大乾燥密度 $\rho_{dmax} \times 90\%$ )を確保できると考えられる。



第9図 含水比の頻度分布(全8層・80点)



第10図 締固め試験結果と施工試験結果(全8層・80点)

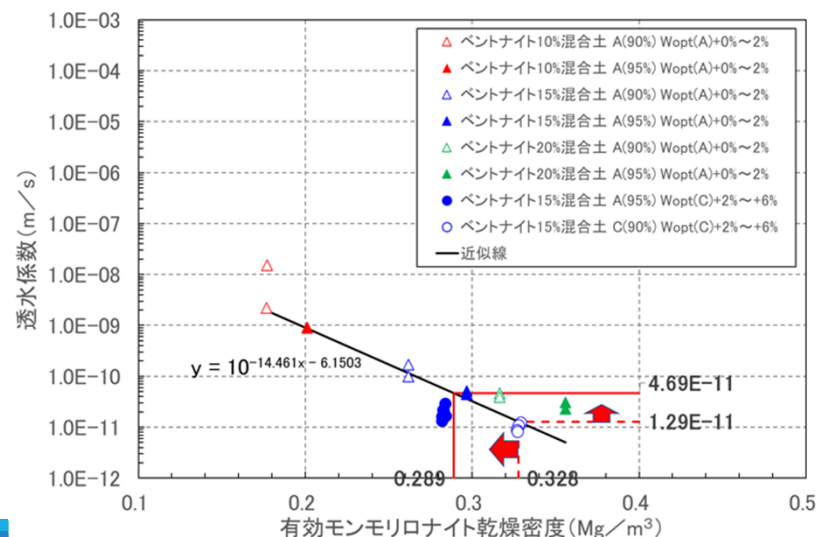
# 指摘事項No.5 代替指標による管理(品質管理) (8/9)

## d. ばらつきが透水係数に与える影響

- ✓ 1. (4)b. 及びc. の結果から、ばらつきとして、ベントナイト混合土の混合率13%を想定し、そのばらつきが透水係数に与える影響を確認
- ↓
- ✓ ベントナイト混合土の混合率13%を想定した時に算定される有効モンモリロナイト乾燥密度と、施工試験で用いた材料と同じものを使用した透水係数の結果を有効モンモリロナイト乾燥密度と透水係数の関係を整理した結果から得られる近似式を用いて透水係数を推定
- ↓
- ✓ 製造時のばらつき(ベントナイト混合土の混合率のばらつき)を考慮しても、透水係数に与える影響は半オーダー程度であり、低透水性覆土の設計透水係数 $1.0 \times 10^{-10} \text{m/s}$ 以下を確保できる。

第4表 ばらつきを考慮した場合の透水係数の換算結果

	設計値	ばらつきを考慮した値
混合率	15%	13%
初期含水比	11%	11% ± 2%
乾燥密度	1.82Mg/m <sup>3</sup>	1.82Mg/m <sup>3</sup>
有効モンモリロナイト乾燥密度	0.328Mg/m <sup>3</sup>	0.289Mg/m <sup>3</sup>
透水係数	$1.29 \times 10^{-11} \text{ m/s}$	$4.69 \times 10^{-11} \text{ m/s}$



第11図 ばらつきを考慮した場合の透水係数の変化

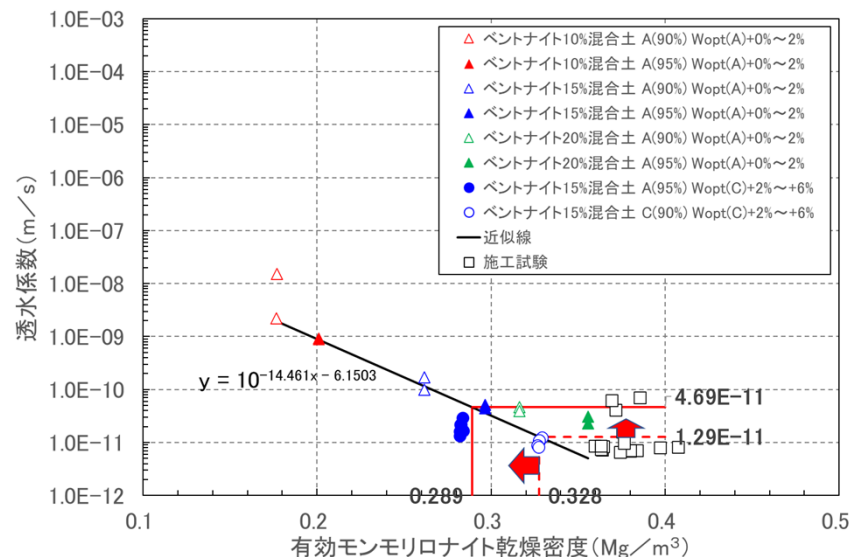
# 指摘事項No.5 代替指標による管理(品質管理) (9/9)

## (5) 代替指標による低透水性覆土の管理(品質管理)の適用性

- ✓ 有効モンモリロナイト乾燥密度は, 全点で設計値から算定される値である $0.328\text{Mg}/\text{m}^3$ よりも大きくなった。
- ✓ 透水係数は, 16点中13点で設計値より算定される透水係数 $1.29 \times 10^{-11}\text{m}/\text{s}$ よりも低く, 残り3点は, ばらつきを考慮した場合の透水係数付近に分布した。



- ✓ 施工試験の結果は, 代替指標を用いてばらつきを想定した範囲に分布していることから, 有効モンモリロナイト乾燥密度を透水係数の代替指標として用いて管理(品質管理)することにより, 製造時や施工時のばらつきを包含した管理(品質管理)が可能であると考える。



第12図 ばらつきを考慮した場合の透水係数の変化と施工試験結果

## 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(1/18)

➤ 埋設トレンチ内への雨水等の浸入を抑制する設計となっていることを、以下のとおり確認する。

### (1) 確認方法

- ✓ 低透水性土層及び側部低透水性覆土により、埋設トレンチ内への雨水等の浸入が抑制されることを、浸透流解析により確認

### (2) 解析コード

- ✓ オイラリアン・ラグランジアン法による飽和・不飽和浸透流—移流・分散解析プログラム Dtransu3D-EL Ver.2.0b

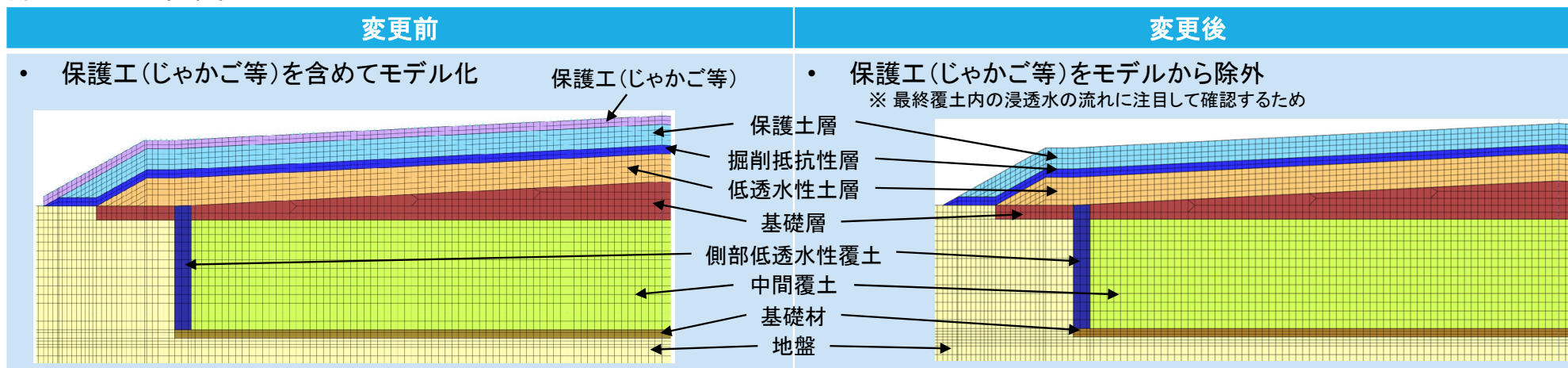
### (3) 解析モデル

- ✓ 二次元で東西方向の廃棄物埋設地断面をモデル化(降雨の流出方向は東西方向が支配的となるため。)
- ✓ 東側埋設トレンチをモデル化(東側埋設トレンチの方が東西方向が長くなるため。)
- ✓ 埋設トレンチ内は、埋設した放射性廃棄物をモデル化せずに土砂としてモデル化(埋設トレンチ内への雨水等の浸入抑制効果を確認するものであるため。)
- ✓ 最終覆土の法尻から解析モデルの両端までの長さは、最終覆土の東西方向長さと同じ長さ(境界条件により埋設トレンチ内への浸透水量が変化しないように。)
- ✓ 廃棄物埋設地周辺の地盤はdu層
- ✓ 解析モデル下端は地下水面、地下水面の高さはT.P.+2 m
- ✓ 最終覆土は、保護土層、掘削抵抗性層、低透水性土層及び基礎層に分けてモデル化

# 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(2/18)

➤ 審査会合での指摘を踏まえ、以下の内容を変更した。

## (1) 評価モデルの変更



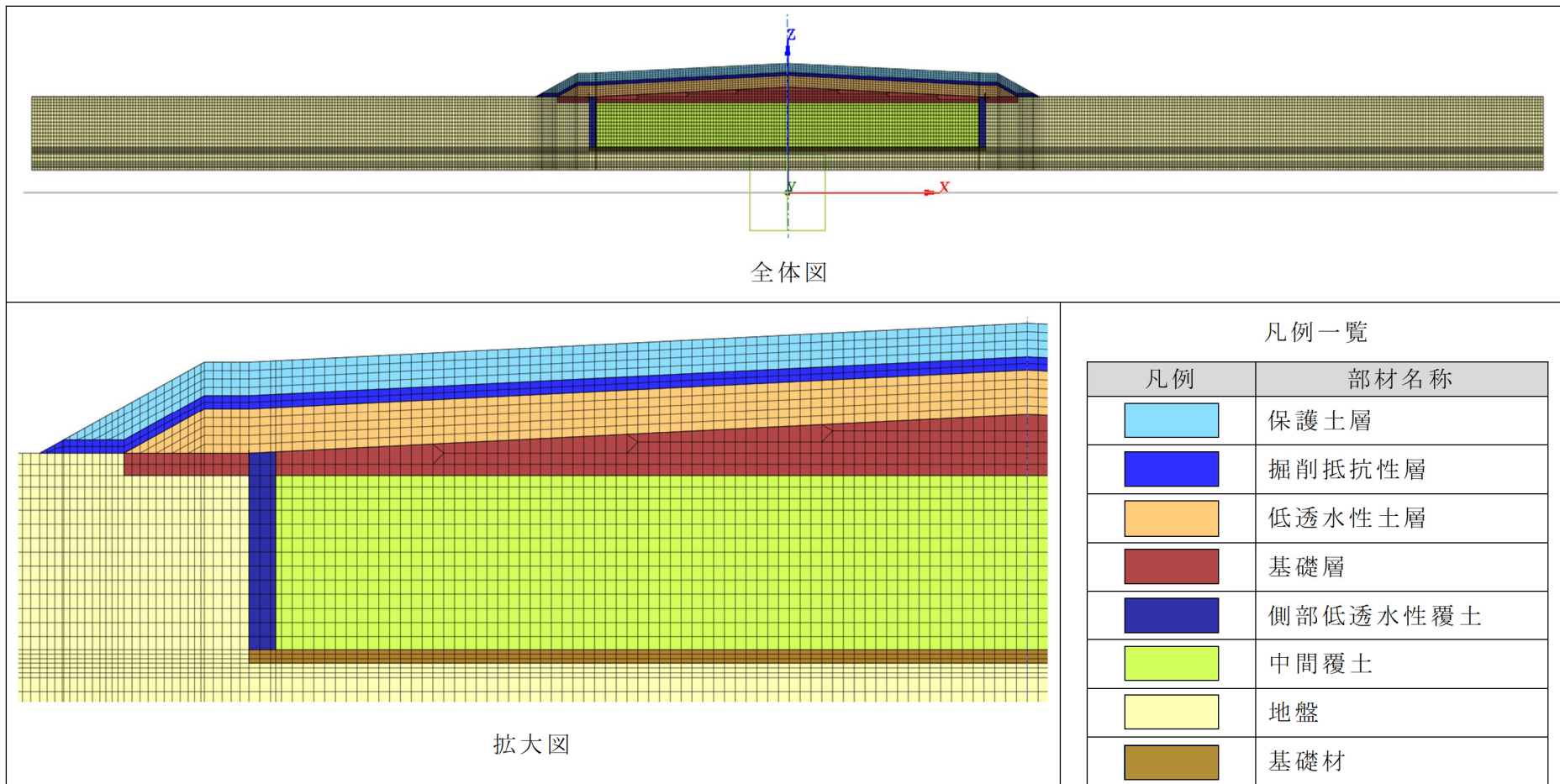
## (2) 上面の境界条件の変更

変更前	変更後
<ul style="list-style-type: none"> <li>地質環境等の状態設定における周辺土壌のかん養量の設定値である510 mm/yと設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤領域と覆土領域で分けて設定</li> <li>地盤領域は、510 mm/yと設定(変更なし)</li> <li>覆土領域は、温暖期継続ケースの1,000年後の降水量である2,080 mm/yの30%を境界条件として設定(16頁参照)</li> </ul>

## (3) 掘削抵抗性層の飽和透水係数の変更

変更前	変更後
<ul style="list-style-type: none"> <li>飽和透水係数を保護土層と同等と設定</li> <li>設定値: <math>1.04 \times 10^{-4} \text{ m/s}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>飽和透水係数を割栗石と洗砂を用いた透水試験結果より設定</li> <li>設定値: <math>1.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}</math> (18,19頁参照)</li> </ul>

# 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(3/18)



第13図 解析モデル



### (4)境界条件

#### 【上面境界】

- ✓ 解析モデル上面境界には、降雨境界を設定
- ✓ 降雨境界で設定する降雨浸透量(かん養量)を以下で設定

- 地盤領域:510 mm/y<sup>※1</sup>を設定

※1 将来の気温に対する降水量に応じた降雨浸透量(かん養量)を想定

- 最終覆土の領域:温暖期継続ケースにおける降水量である2,080mm/yの30%<sup>※2</sup>と設定

※2 道路土工要綱によると、路面、のり面の流出係数については、0.7~1.0程度の値が用いられる例が多いと示されていること、覆土領域の流出係数が小さい方が、解析においては埋設トレンチ内への浸透水量は多くなること、本施設の最終覆土の領域はのり面の構造であることから、最終覆土の領域の流出係数の設定は、0.7~1.0の下限值である0.7と設定。

#### 【側部境界】

- ✓ 解析モデル側部境界には、不透水境界を設定

#### 【下面境界】

- ✓ 解析モデル下面部境界には、地下水位相当の固定水頭境界を設定



# 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(5/18)

## (5) 解析物性値

### a. 飽和透水係数

✓ 飽和透水係数の設定値を以下のとおり設定

第5表 飽和透水係数の設定値一覧

対象	飽和透水係数の設定値	設定根拠
保護土層	$1.04 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	✓ 現地発生土を用いることを想定し、現地発生土を用いた透水試験結果を基に設定
掘削抵抗性層	$1.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$	✓ 割栗石と洗砂を用いた透水試験結果を基に設定(詳細は18,19頁参照)
低透水性土層	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	✓ 廃棄物埋設地の状態設定※1を踏まえて最も可能性が高い状態を用いて設定
基礎層	$3.88 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	✓ 粒調碎石(M-30)の使用を想定し、粒調碎石(M-30)を用いた透水試験結果を基に設定
側部低透水性覆土	$5.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	✓ 廃棄物埋設地の状態設定※1を踏まえて最も可能性が高い状態を用いて設定
中間覆土	$4.73 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	✓ 購入砂(洗砂)の使用を想定し、購入砂(洗砂)を用いた透水試験結果を基に設定
地盤	$3.23 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	✓ 廃棄物埋設地設置予定場所近傍で実施したdu層の揚水試験※2で求めた透水係数を基に設定
基礎材	$1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$	✓ 割栗石( $\phi 5 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm}$ )を使用することを想定し、土質工学会※3で示される土質分類ごとの透水係数のうち、最も割栗石( $\phi 5 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm}$ )に性質が近いと考えられる清浄な礫(GW, GP)の透水係数から設定

※1 「東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十三条(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)第1項第三号及び第四号への適合性について 廃棄物埋設地の状態設定(影響事象分析)」及び「東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十三条(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)第1項第三号及び第四号への適合性について 廃棄物埋設地の状態設定(状態変化の評価)」参照

※2 「東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十三条(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)第1項第三号及び第四号への適合性について 地質環境等の状態設定 添付資料1 水理」参照

※3 土質工学会(1984):土質試験法

# 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(6/18)

## 掘削抵抗性層

- ✓ 掘削抵抗性層は、主材料として碎石又は石(割栗石等の粒径が大きなもの)及び砂又は砂質土により構成
- ✓ 割栗石と洗砂を用いた透水試験結果を基に $1.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ と設定

### 【試験方法】

- 土の透水試験方法(JIS A 1218:2009)を参考に、定水位透水試験を実施
- 掘削抵抗性層は、碎石又は石(栗石等の粒径が大きなもの)を設置した際に生じる間隙に砂又は砂質土が充填された状態を想定することから、第14図に示す透水試験の試験装置にて透水試験を実施

### 【試験手順】

- 本体容器に割栗石及び洗砂を充填する。(砂の流出を防ぐために、本体容器の底部に不織布を敷設)
- 本体容器及び外部容器に水を注入し、外部容器の越流口より水を越流させる。
- 外部容器の越流口より排出される水量が安定するまで静置し、本体容器の越流口及び外部容器の越流口の水位差を計測する。
- 外部容器の越流口から排出される水量及び水の温度を計測する。
- 算出式を用いて透水係数を算出する。

$$k_T = \frac{L}{h} * \frac{Q}{A * \Delta t} * \frac{1}{100} \quad \dots (1)$$

$k_T$  : 温度  $T^\circ\text{C}$  における透水係数 (m/s)

$L$  : 試料の高さ (cm)

$h$  : 水位差 (cm)

$A$  : 試料充填部分の断面積 ( $\text{cm}^2$ )

$Q$  : 流出水量 ( $\text{cm}^3$ )

$\Delta t$  : 測定時間 (s)

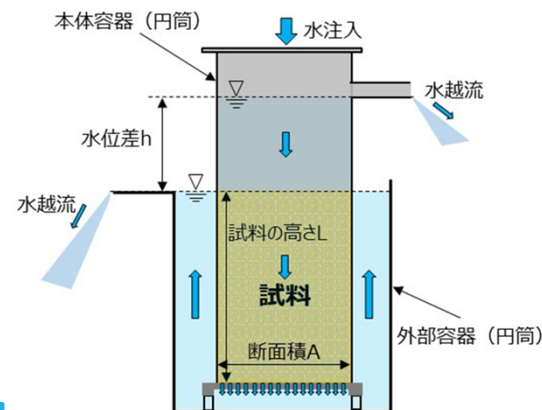
$$k_{15} = k_T * \frac{\eta_T}{\eta_{15}} \quad \dots (2)$$

$k_{15}$  : 温度  $15^\circ\text{C}$  における透水係数 (m/s)

$k_T$  : 温度  $T^\circ\text{C}$  における透水係数 (m/s)

$\eta_T$  : 温度  $T^\circ\text{C}$  の水の粘性係数 ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ )

$\eta_{15}$  : 温度  $15^\circ\text{C}$  の水の粘性係数 ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ )



第14図 試験装置の概略図

# 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(7/18)

## 【試験結果】

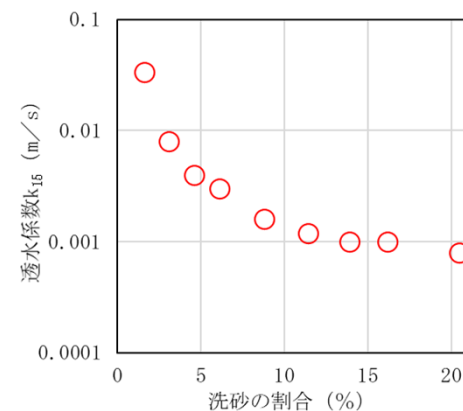
➤ 洗砂の投入割合が増加するにつれて透水係数が0.001 m/sに収束する傾向であった。

第6表 透水試験結果

割栗石 投入量 (kg)	洗砂 投入量 (kg)	試料の 高さ L (cm)	試料充填部 断面積 A (cm <sup>2</sup> )	流出水量 Q/Δt (m <sup>3</sup> /s)	水位差 h (cm)	透水係数 k <sub>T</sub> (m/s)	透水係数 k <sub>15</sub> (m/s)
650	10.5	100	3795.9	0.00262	21.0	0.033	0.034
650	21.0	100	3795.9	0.00152	50.0	0.008	0.008
650	31.5	100	3795.9	0.00079	53.0	0.004	0.004
650	42.0	100	3795.9	0.00061	53.5	0.003	0.003
650	63.0	100	3795.9	0.00033	55.0	0.0016	0.0016
650	84.0	100	3795.9	0.00025	55.0	0.0012	0.0012
650	105	100	3795.9	0.00022	55.5	0.0010	0.0010
650	126	100	3795.9	0.00020	55.5	0.0010	0.0010
650	168	100	3795.9	0.00016	55.5	0.0008	0.0008

注1：水温の計測結果は14℃であり、水の粘性係数比は1.027である。

注2：水温14℃の水の密度は0.999 g/cm<sup>3</sup>とした。



第15図 洗砂の割合と透水係数の関係



# 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(8/18)

## b. 不飽和特性

- ✓ 不飽和特性は、多数の適用実績を有するVan-Genughtenの関係式(以下「VG式」という。)を適用して設定
- ✓ 不飽和特性の設定値を以下のとおり設定

第7表 不飽和特性の設定値一覧

対象	設定値	根拠
保護土層	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクション(MPa) : 飽和度に応じた値	V G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 3.7894(1/m), $\lambda$ : 8.5731(-)
掘削抵抗性層	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクション(MPa) : 飽和度に応じた値	保護土層と同一に設定
低透水性土層	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクション(MPa) : 飽和度に応じた値	V G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 0.040794(1/m), $\lambda$ : 1.4769(-)
基礎層	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクション(MPa) : 飽和度に応じた値	V G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 31.094(1/m), $\lambda$ : 1.743(-)
側部低透水性覆土	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクション(MPa) : 飽和度に応じた値	低透水性土層と同一に設定
中間覆土	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクション(MPa) : 飽和度に応じた値	V G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 4.6154(1/m), $\lambda$ : 5.7182(-)
地盤	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクション(MPa) : 飽和度に応じた値	不飽和透水試験及びV G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 5.1757(1/m), $\lambda$ : 4.0776(-)
基礎材	比透水係数(-) : 一定 (1) サクション(MPa) : -	文献より設定

### (6)解析結果

#### a. 全水頭コンター図

- ✓ 第16図から第18図に、全水頭コンター図を示す。
- ✓ 浸透水は、全水頭の大きい値の領域から小さい値の領域に向かって浸透する。全水頭コンターラインの間隔が狭い場所ほど動水勾配が大きいことを示している。
- ✓ 第16図より、廃棄物埋設地から離れた領域は、全水頭コンターラインがおおむね水平であり、降雨等が地面に垂直に浸透していることを示している。また、掘削抵抗性層と地盤の境界部から地盤に向かって波紋状にコンターラインが形成されており、そこから降雨等が地盤に浸透していることを示している。
- ✓ 第17図では、廃棄物埋設地周辺に着目した全水頭の表示レンジとしている。この図より、廃棄物埋設地内部は廃棄物埋設地の上方及び側方に比べて全水頭が相対的に小さくなっており、廃棄物埋設地内部への水の浸透を抑制できていることを示している。
- ✓ また、第18図では、廃棄物埋設地内に着目した全水頭の表示レンジとしている。この図より、廃棄物埋設地内部の全水頭分布は廃棄物埋設地内の上方及び側方から廃棄物埋設地中央付近へ水が浸透していることを示している。

#### b. 流速コンター図

- ✓ 第19図に、ダルシー流速の絶対値を用いた流速コンター図を示す。
- ✓ 掘削抵抗性層の流速が他の領域に比べて大きく、浸透した降雨は保護土層を通過した後、掘削抵抗性層を選択的に流れて掘削抵抗性層と地盤の境界部から地盤に浸透していくことを示している。



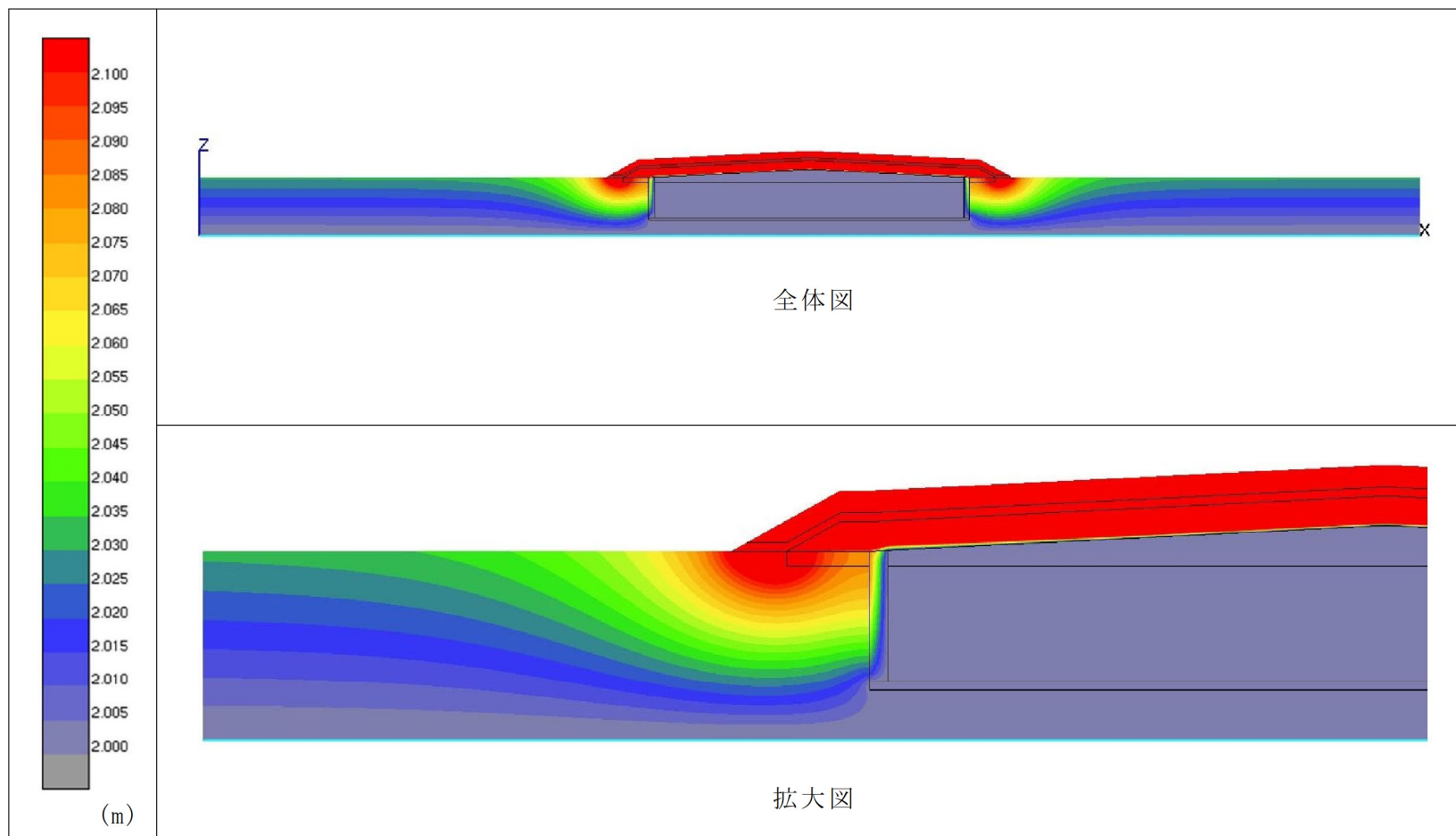
## 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(10/18)

### c. 飽和コンター図

- ✓ 第20図に、飽和度コンター図を示す。
- ✓ 低透水性土層及び側部低透水性覆土は飽和度が高くなっており、低透水性土層及び側部低透水性覆土の保水性が他の領域に比べて高いことを示している。

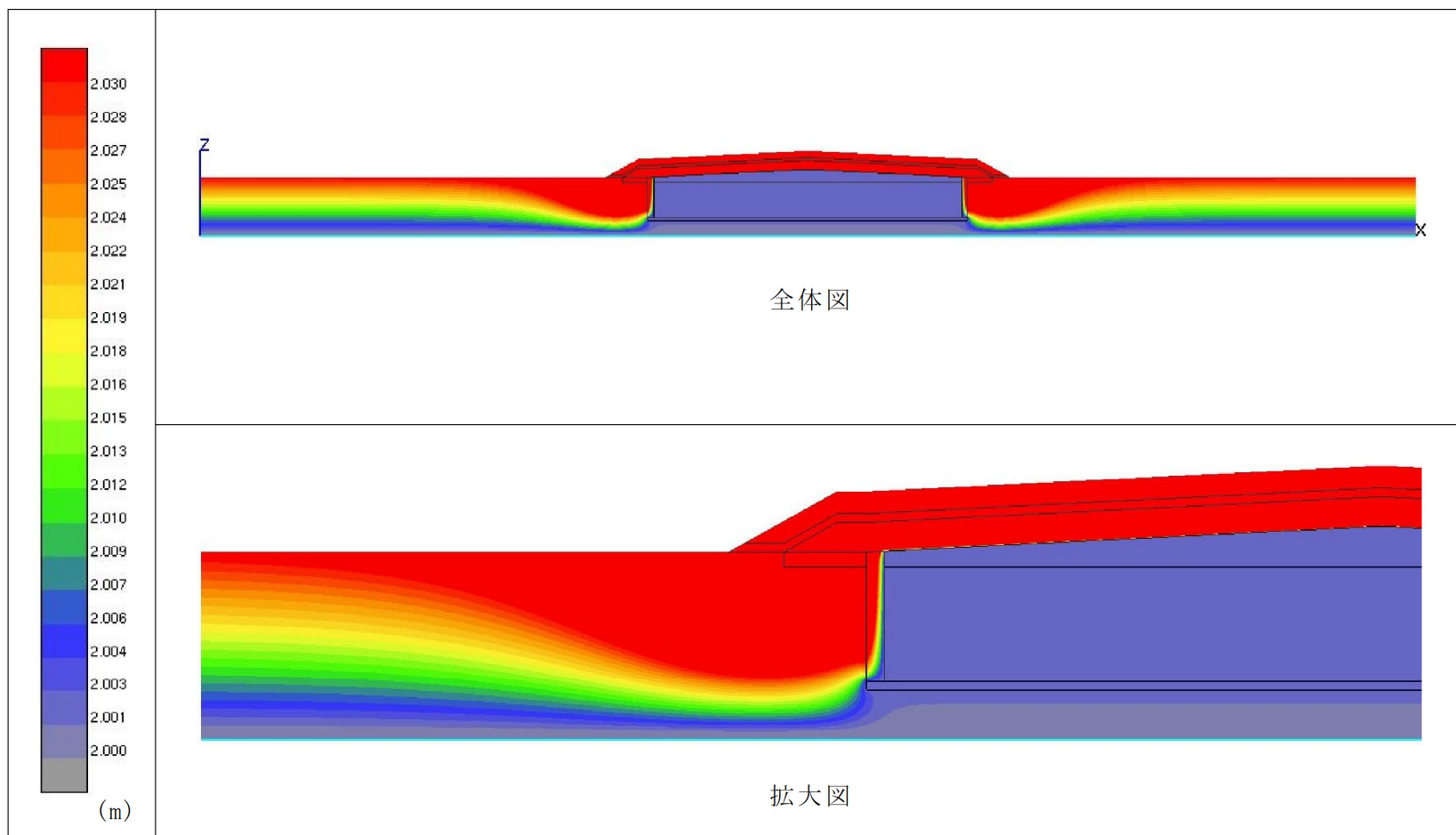
### d. 流線図

- ✓ 第21図に、流線図を示す。
- ✓ 最終覆土に浸透した降雨は、主に低透水性土層の上面である掘削抵抗性層を選択的に流れて、その後地盤に浸透する流れとなる。

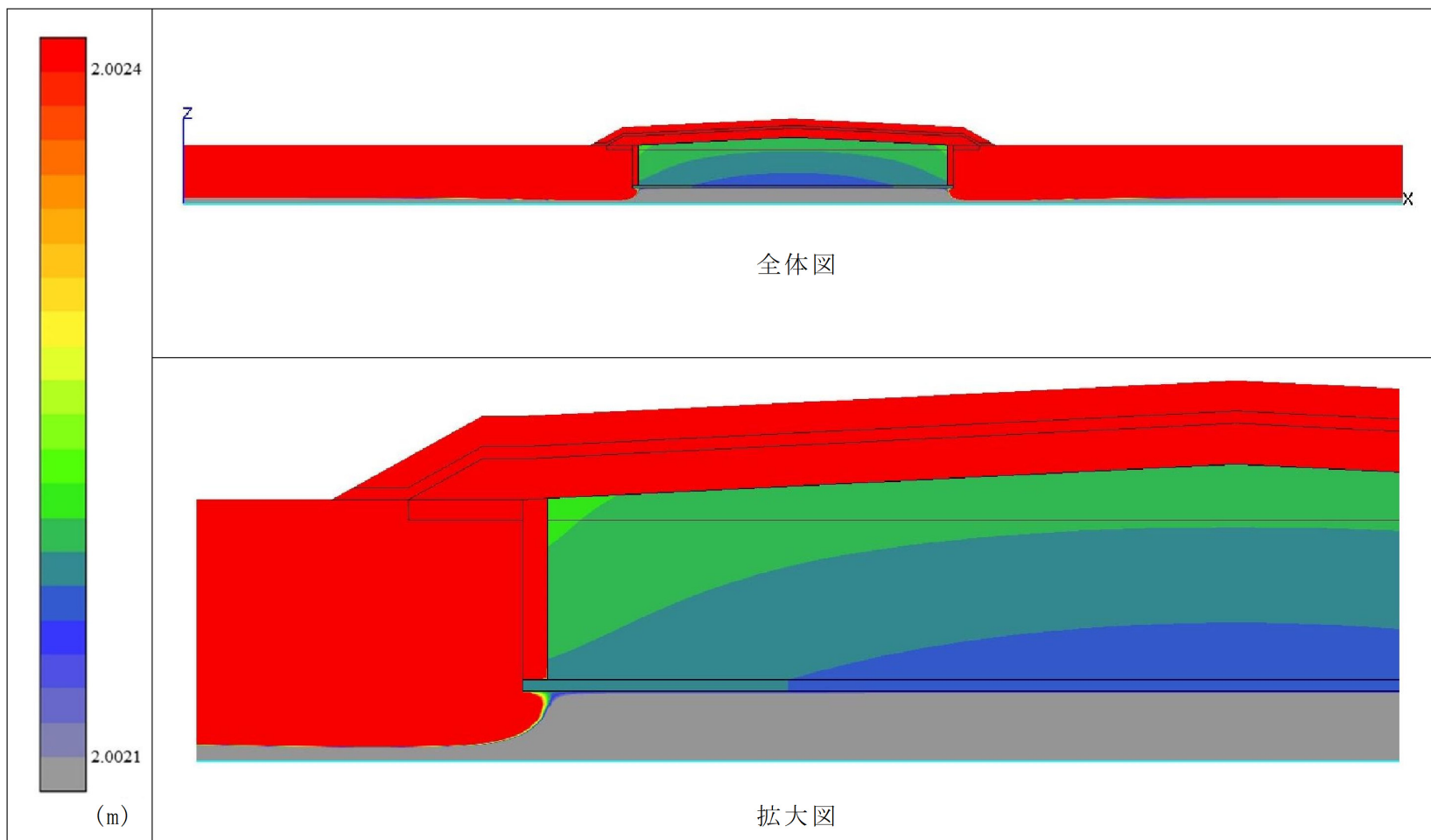


第16図 解析結果(全水頭コンター図)

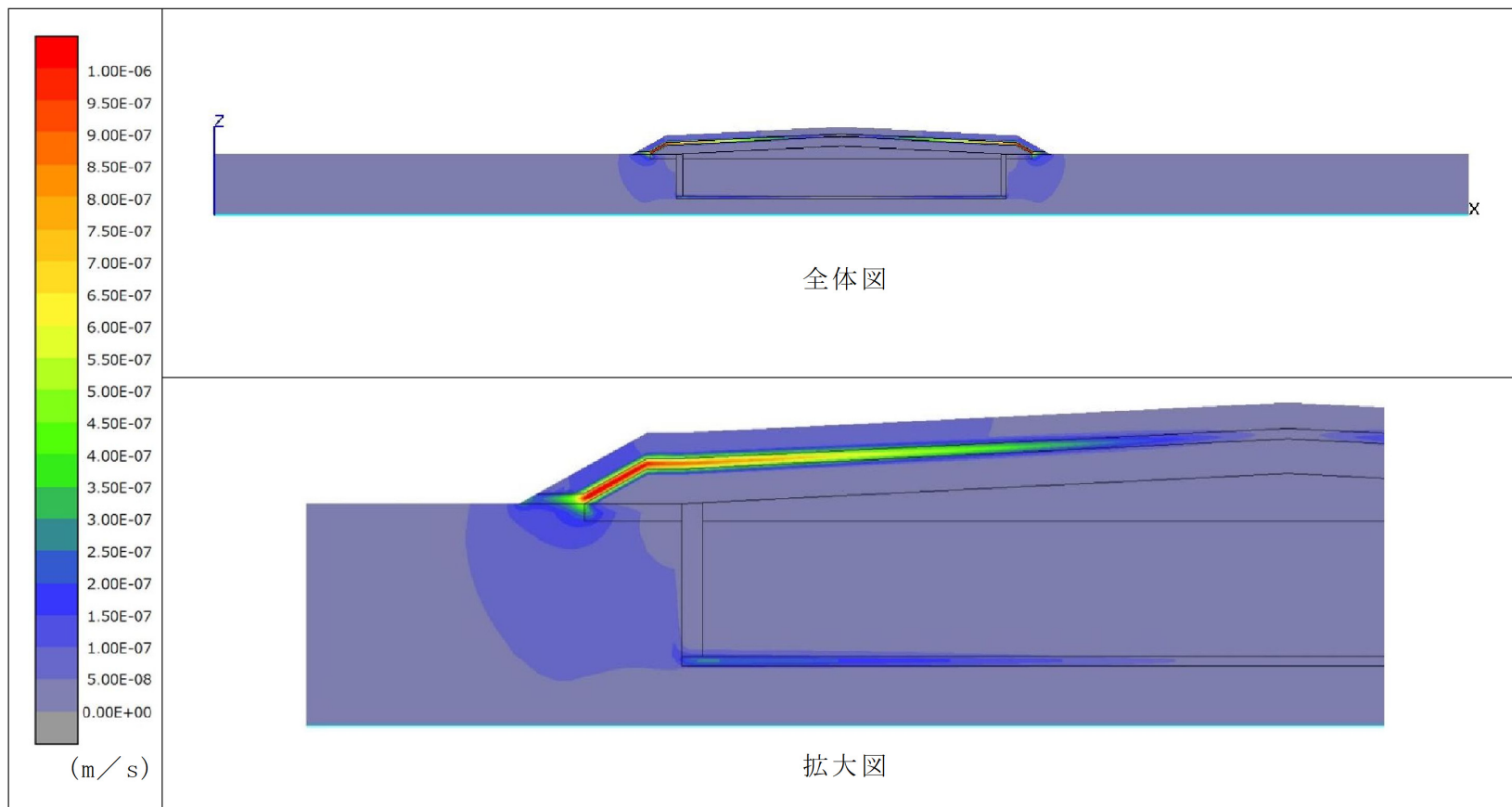




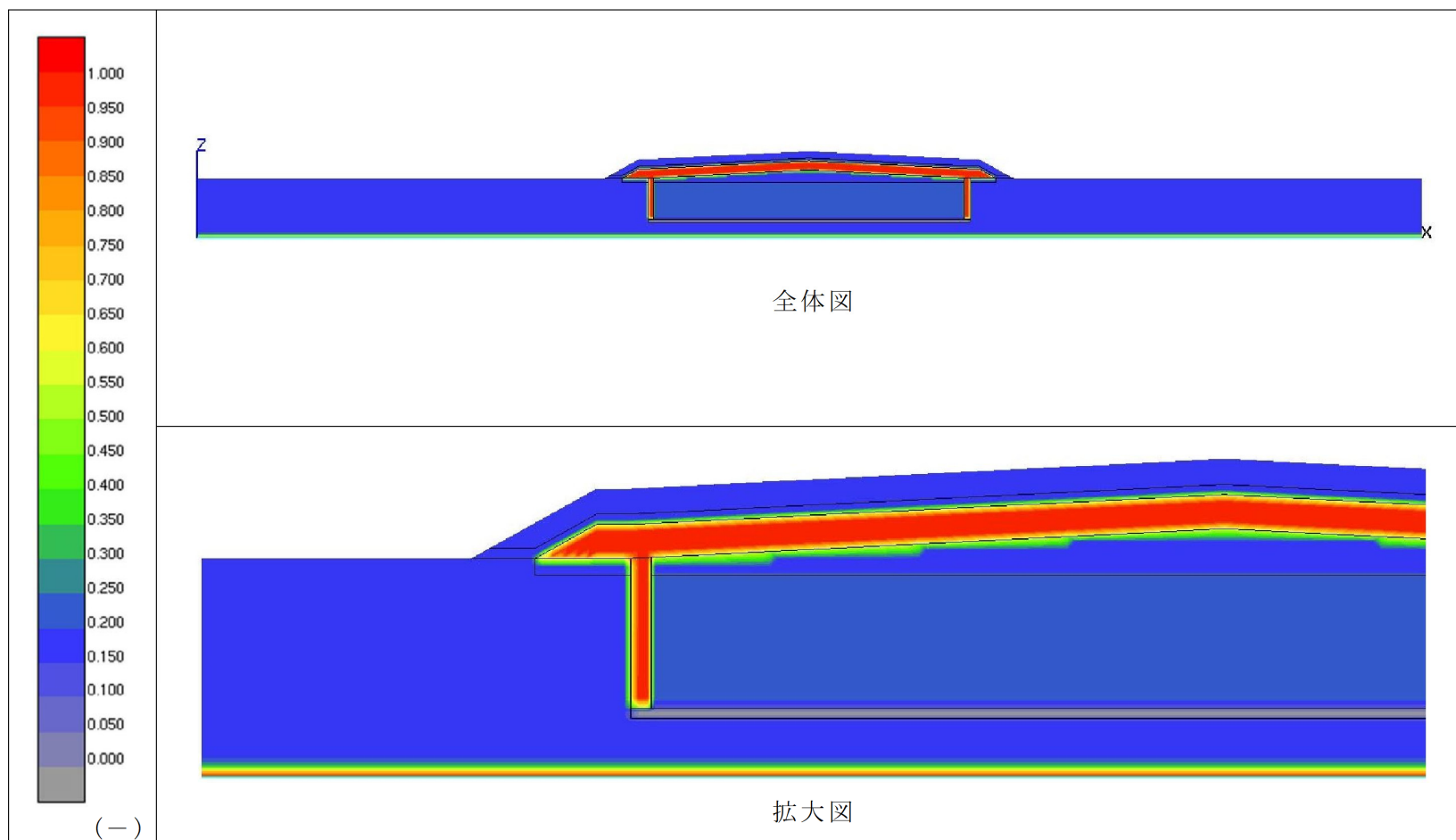
第17図 解析結果(廃棄物埋設地周辺に着目した全水頭コンター図)



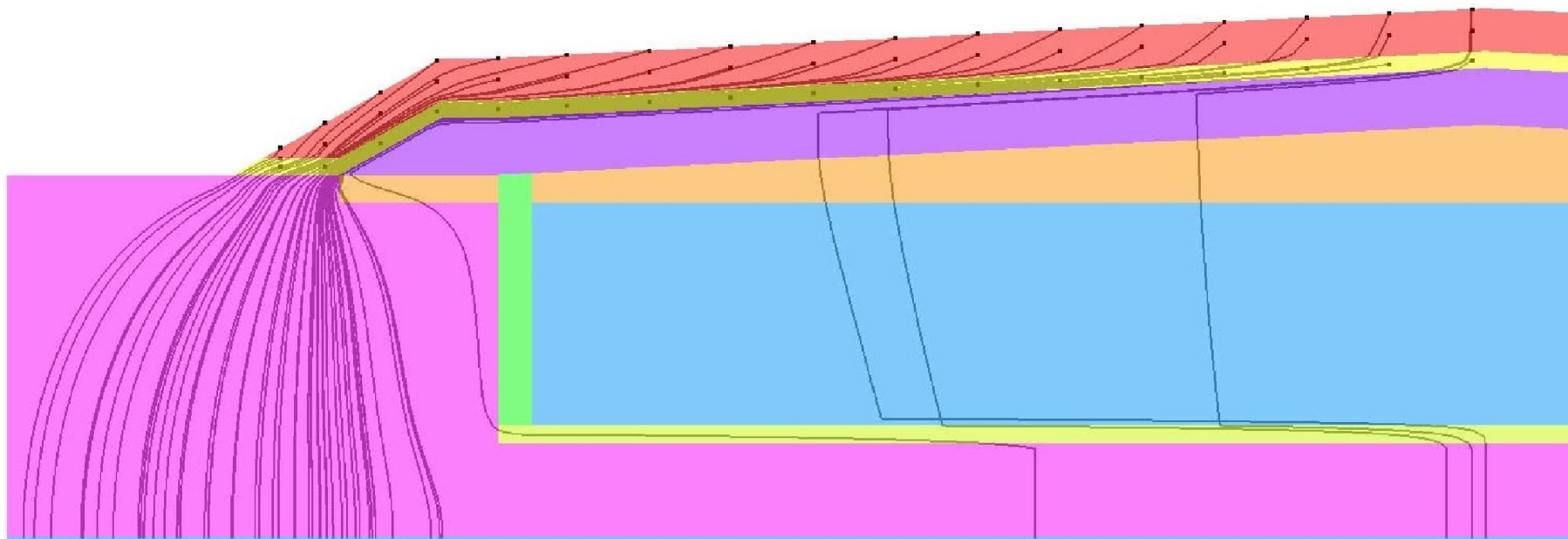
第18図 解析結果(廃棄物埋設地内に着目した全水頭コンター図)



第19図 解析結果(流速コンター図)



第20図 解析結果(飽和度コンター図)

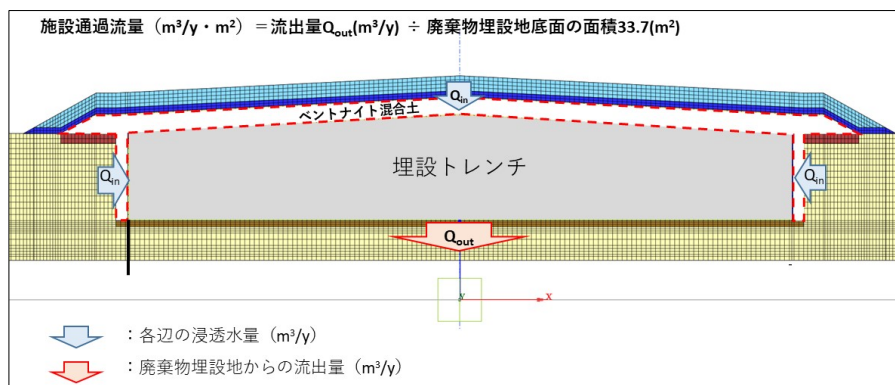


第21図 解析結果(流線図)

# 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(17/18)

## e. 施設通過流量

- ✓ 低透水性土層及び側部低透水性覆土により、埋設トレンチ内への雨水等の浸透を十分に低減することができる結果となっている。
- ✓ この場合の施設通過流量は、 $0.0009 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$ となる。



第22図 施設通過流量算出概要図

第8表 施設通過流量の計算結果

	施設への流入量 <sup>※1</sup> ( $\text{m}^3 / \text{y}$ )	施設からの流出量 <sup>※1</sup> ( $\text{m}^3 / \text{y}$ )
上部	0.02579	0
底部	0	0.03
側部 (右)	0.00205	0
側部 (左)	0.00205	0
計	0.02989	0.03
施設通過流量 <sup>※1, ※2</sup>	$0.0009 (\text{m}^3 / \text{y} / \text{m}^2)$	

※1 : 端数処理 (小数第六位を切り上げ) 後の値

※2 : 施設通過流量は、埋設トレンチ底部からの流出量を埋設トレンチ底部の面積 ( $33.7 \text{ m}^2$ ) で除した流量

## 指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量(18/18)

### (7)まとめ

- ✓ 埋設トレンチ内への浸透水を低減するための覆土形状について設計を行い、その結果として浸透水低減量について解析を用いて評価した。



- ✓ 解析評価の結果、将来の気温に対応する降水量に応じた降雨浸透量(かん養量)を想定しても、年当たりの施設通過流量が $0.001 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$ 以下まで低減できることが確認できた。



## 参考：覆土表層での流出割合（1／18）

➤ 覆土領域での表面流出割合を、以下のとおり評価する。

### （1）評価方法

✓ 保護工（じゃかご等）を考慮した解析モデルを用いて評価を実施

### （2）解析コード

✓ オイリアン・ラグランジアン法による飽和・不飽和浸透流—移流・分散解析プログラム Dtransu3D-EL Ver.2.0b

### （3）解析モデル

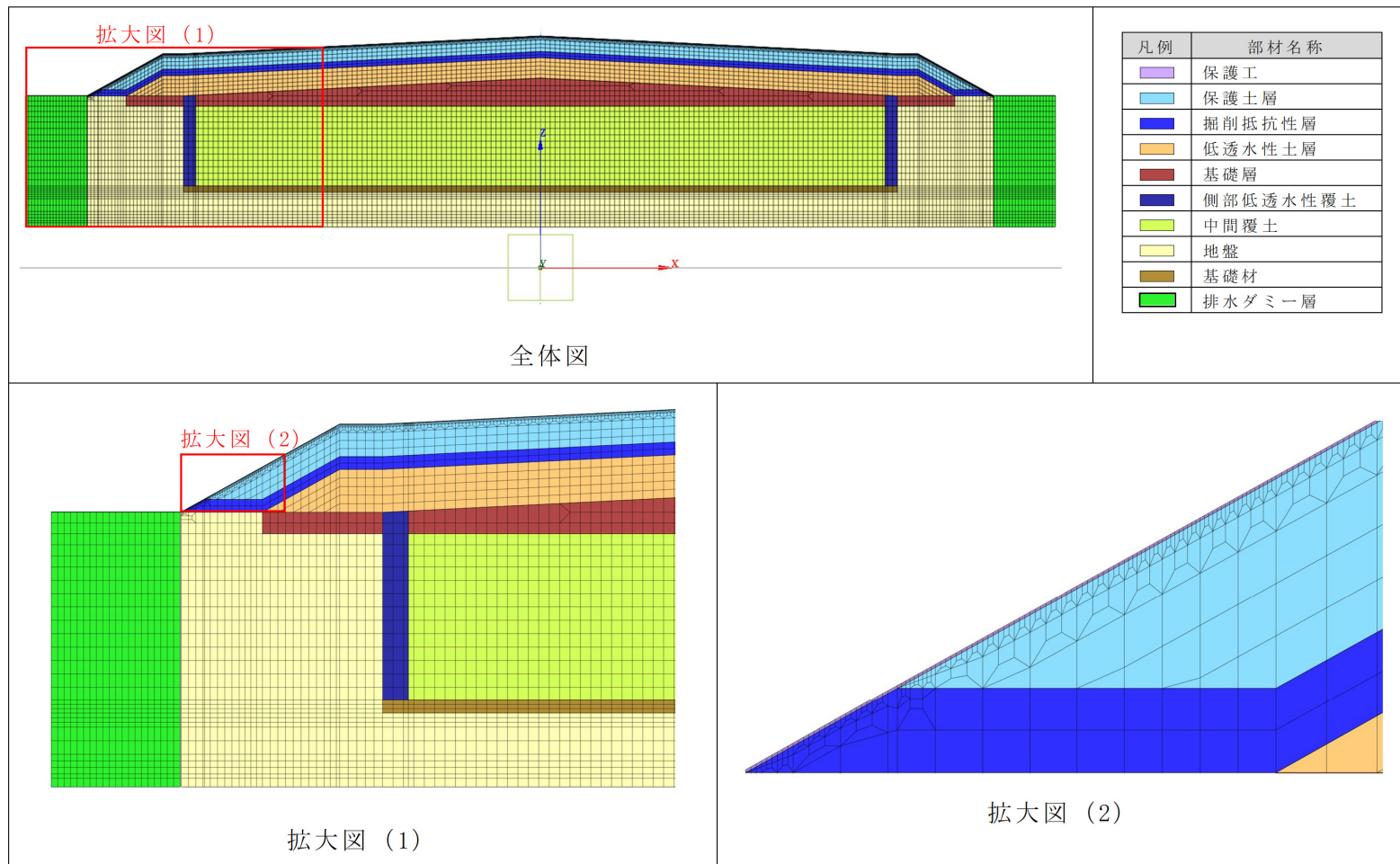
✓ 埋設トレンチ内への雨水等の浸入を抑制する設計となっていることを確認した解析モデルについて、最上面となる保護工（じゃかご等）についてもモデル化

✓ 保護工（じゃかご等）のモデル化に際し、以下の内容を考慮してモデル化

- 保護工（じゃかご等）の厚さの設定
- 水の流れの水深の設定
- 等価透水係数の設定
- 排水ダミー層の設定



# 参考：覆土表層での流出割合(2/18)



第23図 解析モデル



## 参考：覆土表層での流出割合(3/18)

---

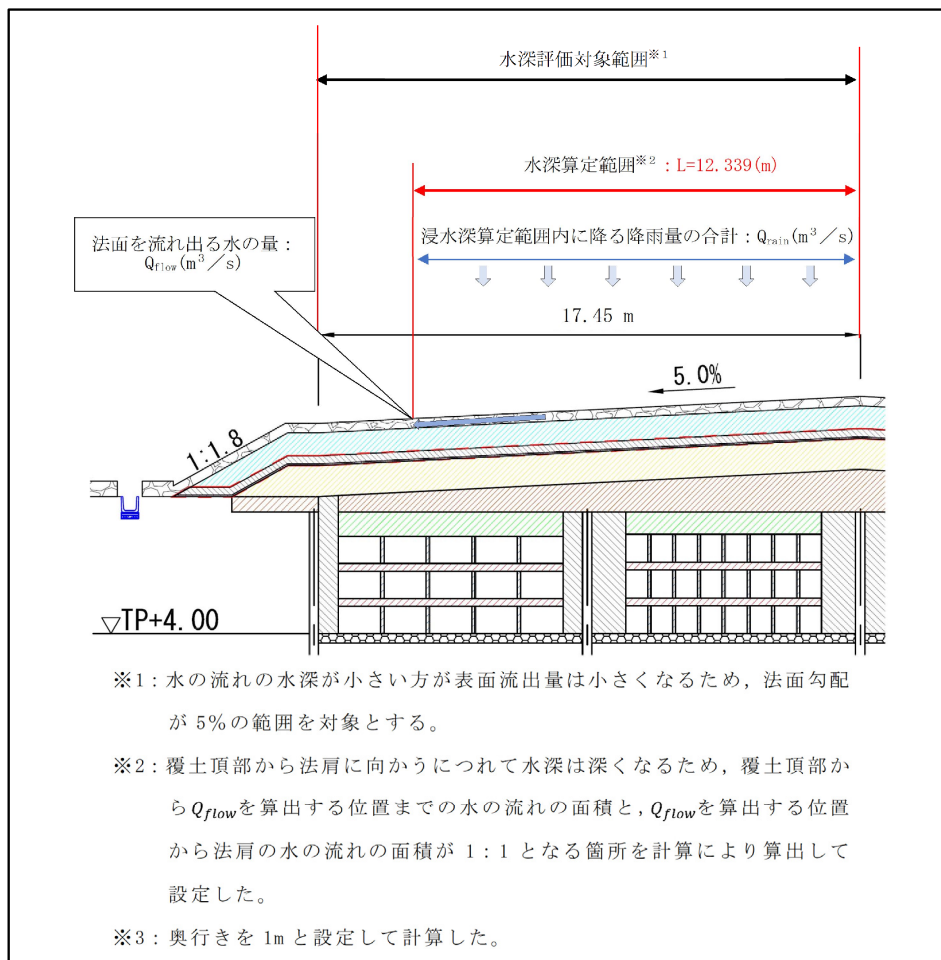
### a. 保護工(じゃかご等)の厚さの設定

- ✓ 保護工(じゃかご等)に浸透した降雨は、保護土層との境界部まで浸透し、その後、境界部をつたって覆土法尻に流れていくと考えられ、その際の水深は保護工(じゃかご等)厚さの30 cmに比べて薄くなる。
- ✓ そのため、モデル化においては、保護工(じゃかご等)の厚さを1 cmと設定

### b. 水の流れの水深の設定

- ✓ 保護工(じゃかご等)と保護土層の境界部を流れる降雨時の水深については、降水量2,080 mm/y及び施設形状より水深を0.16 mmと設定(水深の算出の考え方、第24図を参照)

# 参考：覆土表層での流出割合(4/18)



第24図 水深の設定の考え方

## 【水深の算出過程】

$$Q_{rain} = \text{降雨範囲 (m)} * \text{奥行 (m)} * \text{降雨強度 (m/s)}$$

$$= 12.339(m) * 1(m) * 6.6 \times 10^{-8}(m/s)$$

$$= 8.1 \times 10^{-7}(m^3/s)$$

$$Q_{flow} = \text{水の流れる断面積 (m}^2\text{)} * \text{流速 (m/s)}$$

$$= \text{奥行 (m)} * \text{水深 (m)} * \text{透水係数 (m/s)} * \text{動水勾配 (-)}$$

$$= 1(m) * h(m) * 1.0 \times 10^{-1}(m/s) * 0.05(-)$$

$$= 5.0 \times 10^{-3}h(m^3/s)$$

$Q_{rain}(m^3/s) = Q_{flow}(m^3/s)$  が成り立つと仮定して水深を算出。

$$8.1 \times 10^{-7}(m^3/s) = 5.0 \times 10^{-3}h(m^3/s)$$

$$h = 1.62 \times 10^{-4}(m)$$

$$h = 0.16(mm)$$

ここで各記号は以下の意味となる。

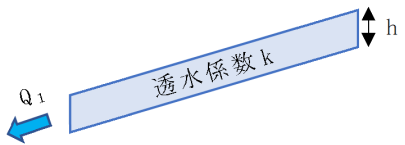
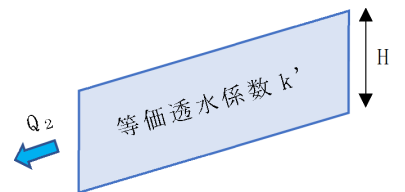
$Q_{rain}$ ：浸水深算定範囲内に降る降雨量の合計( $m^3/s$ )

$Q_{flow}$ ：法面を流れ出る水の量( $m^3/s$ )

# 参考：覆土表層での流出割合(5/18)

## c. 等価透水係数の設定

- ✓ 水深の算出結果はモデル化した保護工(じゃかご等)の厚さに比べて薄いため、等価透水係数を  $1.6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  と設定(等価透水係数算出のイメージ, 第25図を参照)

想定する水深	解析で模擬する保護工の厚さ
 <p><math>Q_1</math> : 流れ出る水の量 (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</p> <p><math>k</math> : 透水係数 (<math>\text{m/s}</math>)</p> <p><math>1.0 \times 10^{-1}</math> (<math>\text{m/s}</math>)</p> <p><math>h</math> : 算出した水深 <math>1.6 \times 10^{-4}</math> (m)</p>	 <p><math>Q_2</math> : 流れ出る水の量 (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</p> <p><math>k'</math> : 等価透水係数 (<math>\text{m/s}</math>)</p> <p><math>H</math> : 解析モデルの保護工厚さ</p> <p><math>1.0 \times 10^{-2}</math> (m)</p>

第25図 等価透水係数の算出イメージ

### 【水深の算出過程】

- ・ダルシーの法則より  $Q_1$  は、以下の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= k * A_1 * i \\
 &= 1.0 \times 10^{-1} * 1.6 \times 10^{-4} * 0.05 \\
 &= 8.0 \times 10^{-7} (\text{m}^3/\text{s})
 \end{aligned}$$

ここで各記号は以下の意味となる。

$k$  : 保護工の透水係数 ( $\text{m/s}$ )

$A_1$  : 水の流れの断面積 ( $\text{m}^2$ )

= 単位奥行当たりとして水深  $h = 1.6 \times 10^{-4}$  m が該当

$i$  : 動水勾配 (-)

- ・ダルシーの法則より  $Q_2$  は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= k' * A_2 * i \\
 &= 5.0 \times 10^{-4} * k' (\text{m}^3/\text{s})
 \end{aligned}$$

ここで各記号は以下の意味となる。

$k'$  : 保護工の等価透水係数 ( $\text{m/s}$ )

$A_2$  : 水の流れの断面積 ( $\text{m}^2$ )

単位奥行当たりとして解析で模擬する保護工の厚さ 0.01 m が該当

$i$  : 動水勾配 (-)

- ・  $Q_1 = Q_2$  より  $k'$  は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 k' &= 8.0 \times 10^{-7} \div 5.0 \times 10^{-4} \\
 &= 1.6 \times 10^{-3} (\text{m/s})
 \end{aligned}$$



## 参考：覆土表層での流出割合（6／18）

---

### d. 排水ダミー層の設定

- ✓ 保護工（じゃかご等）端部からの排水は，自由排水となるように地下水面に直接接続する排水ダミー層を設定
- ✓ 排水ダミー層は，保護工（じゃかご等）の物性と同一に設定



## 参考：覆土表層での流出割合（7／18）

### （4）境界条件

#### 【 上面境界 】

- ✓ 解析モデル上面境界には，降雨境界を設定
- ✓ 降雨境界で設定する降水量は2,080 mm／y<sup>※1</sup>で設定

※1 1,000年後の温暖期継続ケースにおける降水量

#### 【 側部境界 】

- ✓ 解析モデル側部境界には，不透水境界を設定

#### 【 下面境界 】

- ✓ 解析モデル下面部境界には，地下水位相当の固定水頭境界を設定

## (5)解析物性値

### a. 飽和透水係数

- ✓ 保護土層, 掘削抵抗性層, 基礎層, 中間覆土, 地盤及び基礎材の飽和透水係数については, 本資料の「指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量」で示す「(5)解析物性値」と同様の設定
- ✓ 低透水性土層及び側部低透水性覆土は設計値を用いて設定
- ✓ 保護工(じゃかご等)及び排水ダミー層の飽和透水係数については, 第9表のとおり設定

第9表 飽和透水係数の設定値一覧

対象	飽和透水係数の設定値	根拠
保護工(じゃかご等)	$1.6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$	等価透水係数
排水ダミー層	$1.6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$	保護工(じゃかご等)同一と設定
保護土層	$1.04 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	透水試験結果より設定
掘削抵抗性層	$1.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$	透水試験結果より設定
低透水性土層	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	設計値
基礎層	$3.88 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	透水試験結果より設定
側部低透水性覆土	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	設計値
中間覆土	$4.73 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	透水試験結果より設定
地盤	$3.23 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	透水試験結果より設定
基礎材	$1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$	文献より設定

# 参考：覆土表層での流出割合(9/18)

## b. 不飽和特性

- ✓ 保護土層，掘削抵抗性層，低透水性土層，基礎層，側部低透水性覆土，中間覆土，地盤及び基礎材の不飽和特性については，本資料の「指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量」で示す「(5)解析物性値」と同様の設定
- ✓ 保護工(じゃかご等)及び排水ダミー層の不飽和特性については，第10表のとおり設定

第10表 不飽和特性の設定値一覧

対象	設定値	根拠
保護工(じゃかご等)	比透水係数(-) : 一定(1) サクシヨン(MPa) : -	文献より設定
排水ダミー層	比透水係数(-) : 一定(1) サクシヨン(MPa) : -	保護工(じゃかご等)と同一に設定
保護土層	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa) : 飽和度に応じた値	V G式を適用して設定 ※V G式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 3.7894(1/m), $\lambda$ : 8.5731(-)
掘削抵抗性層	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa) : 飽和度に応じた値	保護土層と同一に設定
低透水性土層	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa) : 飽和度に応じた値	V G式を適用して設定 ※V G式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 0.040794(1/m), $\lambda$ : 1.4769(-)
基礎層	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa) : 飽和度に応じた値	V G式を適用して設定 ※V G式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 31.094(1/m), $\lambda$ : 1.743(-)
側部低透水性覆土	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa) : 飽和度に応じた値	低透水性土層と同一に設定
中間覆土	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa) : 飽和度に応じた値	V G式を適用して設定 ※V G式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 4.6154(1/m), $\lambda$ : 5.7182(-)
地盤	比透水係数(-) : 飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa) : 飽和度に応じた値	不飽和透水試験及びV G式を適用して設定 ※V G式のフィッティングパラメータ ・ $\alpha$ : 5.1757(1/m), $\lambda$ : 4.0776(-)
基礎材	比透水係数(-) : 一定(1) サクシヨン(MPa) : -	文献より設定



## 参考：覆土表層での流出割合（10／18）

### (a) 保護工（じゃかご等）

- ✓ 保護工（じゃかご等）については，割栗石（ $\phi 5 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm}$ ）を使用することを想定
- ✓ 不飽和時に透水係数が飽和透水係数よりも小さい値を示すメカニズムは，不飽和時にメニスカスにより粒子に固定された間隙水が存在し，間隙水が移動できる空間が狭くなるためである。
- ✓ 割栗石（ $\phi 5 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm}$ ）は，間隙径が非常に大きい。梅田<sup>※3</sup>では，高透水性物質では不飽和状態での圧力水頭がほぼ0であると述べられており，不飽和時に透水性が低下する事象は生じないと考えられることから，保護工（じゃかご等）の不飽和特性は，飽和度に寄らず比透水係数1で設定する。

※3：梅田美彦（1993）：地盤浅層部における土中水の移動の定量的評価とその制御手法に関する研究

### (b) 排水ダミー層

- ✓ 保護工（じゃかご等）については，割栗石（ $\phi 5 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm}$ ）を使用することを想定
- ✓ 保護工（じゃかご等）と同様に設定

### （6）解析結果

#### a. 全水頭コンター図

- ✓ 第26図に、全水頭コンター図を示す。
- ✓ 浸透水は、全水頭の大きい値の領域から小さい値の領域に向かって浸透する。全水頭コンターラインの間隔が狭い場所ほど動水勾配が大きいことを示している。
- ✓ 掘削抵抗性層と地盤の境界部から地盤に向かって波紋状にコンターラインが形成されており、そこから降雨等が浸透していることを示している。これは、本資料の「指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量」のうち「（6）解析結果」と同様の傾向である。

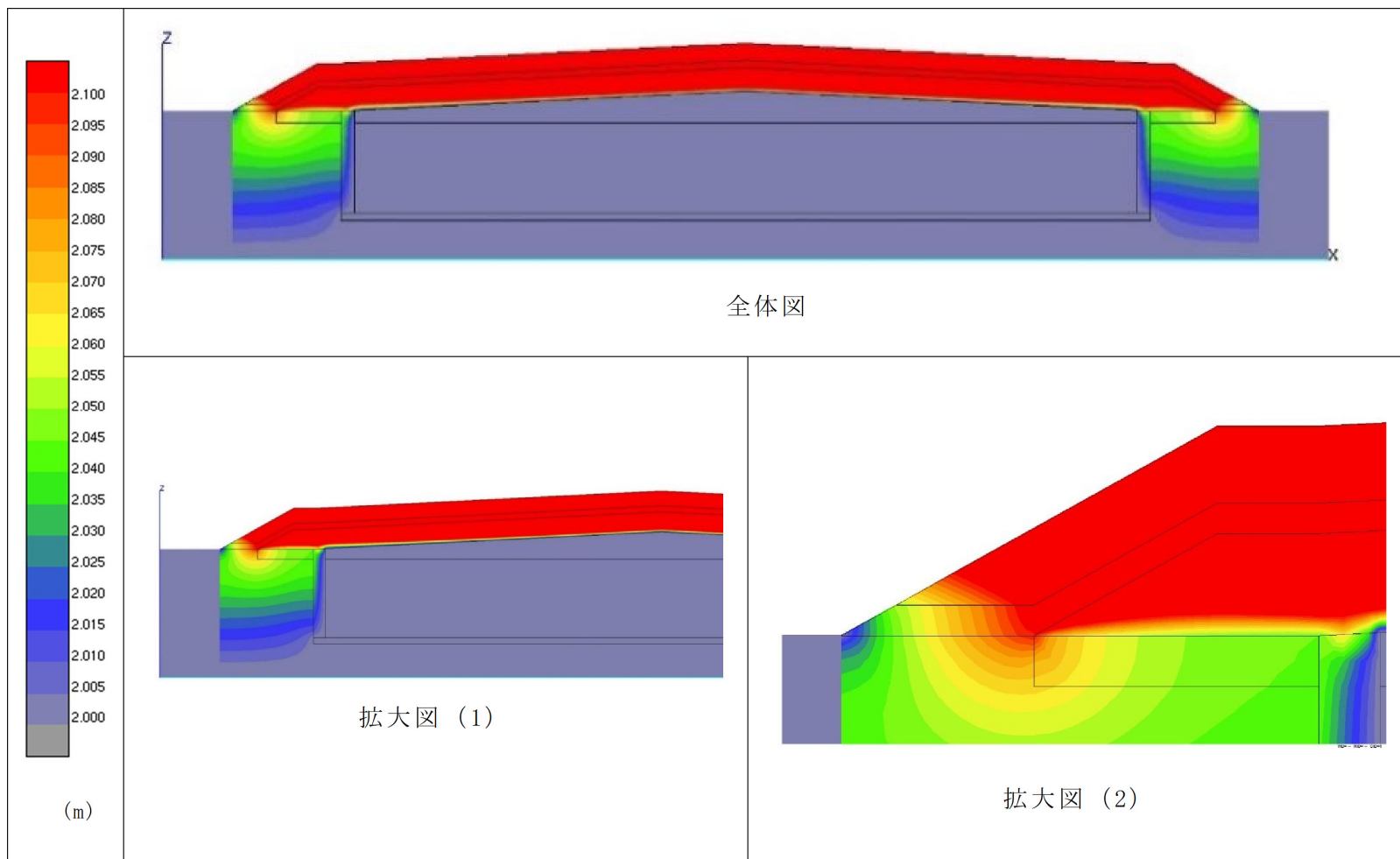
#### b. 流速コンター図

- ✓ 第27図に、ダルシー流速の絶対値を用いた流速コンター図を示す。
- ✓ 保護工（じゃかご等）の流速が大きく、大部分が保護工（じゃかご等）を流下することが分かる。
- ✓ 保護土層を浸透した降雨等は掘削抵抗性層を通過して地盤に浸透していることを示しており、本資料の「指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量」のうち「（6）解析結果」と同様の傾向である。

### c. 流線図

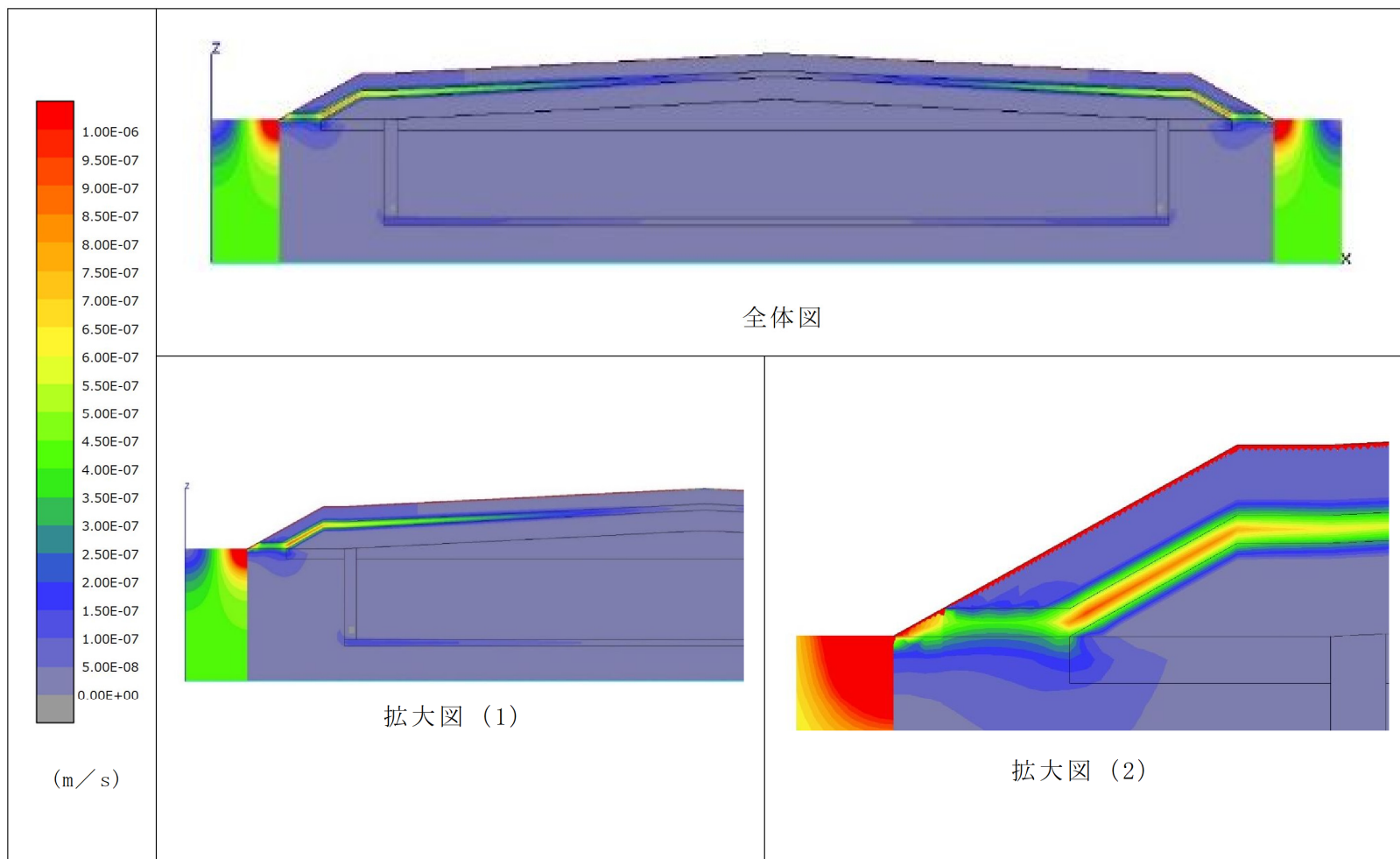
- ✓ 第28図に、流線図を示す。
- ✓ 保護工（じゃかご等）に浸透した降雨等は、主に保護工（じゃかご等）内を選択的に流れて、排水ダミー層に流れ出ることが分かる。
- ✓ 保護土層に浸透した降雨等は、主に低透水性土層の上面である掘削抵抗性層を選択的に流れ、その後地盤に浸透する流れとなっており、本資料の「指摘事項No.6 埋設トレンチへの浸透水量」のうち「(6)解析結果」と同様の傾向である。

# 参考：覆土表層での流出割合(13/18)



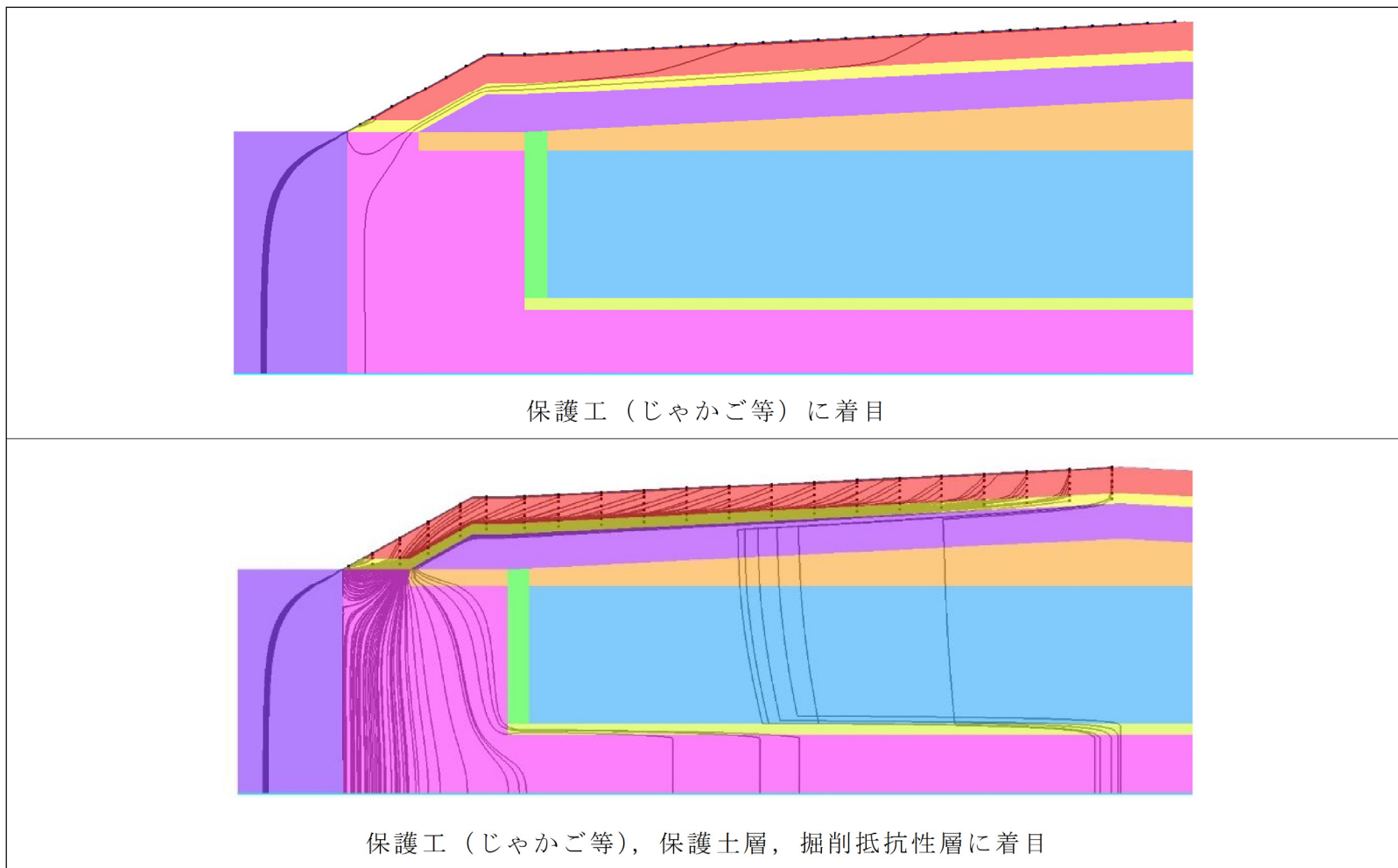
第26図 解析結果(全水頭コンター図)

# 参考：覆土表層での流出割合(14/18)



第27図 解析結果(流速コンター図)

# 参考：覆土表層での流出割合(15/18)



第28図 解析結果(流線図)

## d. 流出割合の算出

- ✓ 保護工(じゃかご等)の解析モデルの要素流速と降雨量を用いて、以下の方法にて流出割合を算出した結果、流出割合は73.4%となる。
- ✓ 第29図に流出割合の算出方法の概要を示す。

### 【表面流出率の算出過程】

- ① 覆土の頂部から流出割合を算出する要素(解析モデルの要素)までの範囲に降る時間当たりの降雨量を以下により算出

$$\begin{aligned} Q_{rain}(m^3/s) &= \text{降雨範囲}(m) * \text{奥行}(m) * \text{降雨強度}(m/s) \\ &= 21.585(m) * 1(m) * 6.6 \times 10^{-8}(m/s) \\ &= 1.424 \times 10^{-6}(m^3/s) \end{aligned}$$

- ② 解析モデルの要素流速を用いて、要素からの流出量を以下により算出

$$\begin{aligned} Q_{out}(m^3/s) &= \text{要素1からの流出量}(m^3/s) + \text{要素2からの流出量}(m^3/s) \\ &= \text{奥行}(m) * A_1(m) * V_1(m/s) + \text{奥行}(m) * A_2(m) * V_2(m/s) \end{aligned}$$

$V_1(m/s)$ 及び $V_2(m/s)$ は以下により算出する。

$$V_1 = V_{x1} * \cos \theta + V_{y1} * \sin \theta$$

$$V_2 = V_{x2} * \cos \theta + V_{y2} * \sin \theta$$

- ③ 頂部から流出割合を算出する要素(解析モデルの要素)までの範囲に降る時間当たりの降雨量と要素からの流出量の比により流出割合を算出

$$Q_{out}(m^3/s) \div Q_{rain}(m^3/s)$$

ここで各記号は以下の意味となる。

$Q_{rain}$  : 覆土の頂部から保護工端部の範囲に降る時間当たりの降雨量( $m^3/s$ )

$Q_{out}$  : 保護工(じゃかご等)の要素流速より算出する排水量( $m^3/s$ )

$A_1, A_2$  : 要素1, 要素2の法面に対して垂直方向の厚さ( $m$ )

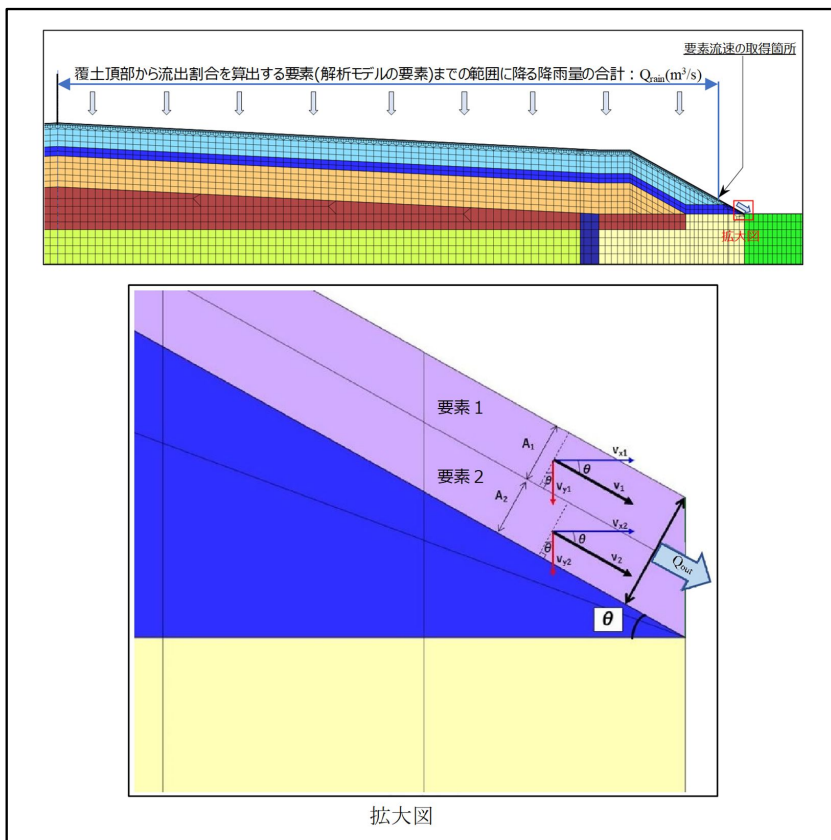
$V_1, V_2$  : 要素1, 要素2の法面に対して平行方向の要素流速( $m$ )

$V_{x1}, V_{x2}$  : 要素1, 要素2の水平方向要素流速( $m$ )

$V_{y1}, V_{y2}$  : 要素1, 要素2の鉛直方向要素流速( $m$ )

$V_{y1}, V_{y2}$  : 保護工(じゃかご等)の水平方向に対する角度( $^\circ$ )

# 参考：覆土表層での流出割合(17/18)



第29図 表面流出率の算出方法の概要

第11表 流出割合の算出に使用したパラメータ

	角度 ( $^{\circ}$ )	要素 断面積 ( $m^2$ )	水平方向 要素流速 ( $m/s$ )	鉛直方向 要素流速 ( $m/s$ )	要素流速 ( $m/s$ )	要素からの 流出量 ( $m^3/s$ )	流出量 ( $m^3/s$ )	降雨量 ( $m^3/s$ )
記号	$\theta$	$A_1, A_2$	$V_{x1}, V_{x2}$	$V_{y1}, V_{y2}$	$V_1, V_2$	$Q_1, Q_2$	$Q_{out}$ ( $Q_1 + Q_2$ )	$Q_{rain}$
要素 1	29.0546	0.004371	$1.044 \times 10^{-4}$	$5.831 \times 10^{-5}$	$1.196 \times 10^{-4}$	$5.228 \times 10^{-7}$	$1.046 \times 10^{-6}$	$1.424 \times 10^{-6}$
要素 2		0.004371	$1.044 \times 10^{-4}$	$5.828 \times 10^{-5}$	$1.196 \times 10^{-4}$	$5.227 \times 10^{-7}$		





## 参考：覆土表層での流出割合（18／18）

---

### （7）まとめ

- ✓ 覆土領域の流出係数の設定の妥当性を確認するために、保護工（じゃかご等）を考慮した解析モデルを用いて評価した。



- ✓ 解析評価の結果、流出割合は73.4%となり、覆土領域の流出係数設定値である0.7と同程度の結果となった。