

河川本流の流量減少の推定について

＜本資料に記載の項目＞

「今後の主な対話項目」（2024年2月5日 静岡県）抜粋

Ⅱ 生物多様性編

3 回避・低減措置及び代償措置

(2) 椴島より上流（本流河川）の流量減少に対する具体的な保全措置、モニタリング計画

2025年8月
東海旅客鉄道株式会社

目 次

(1) はじめに.....	1
(2) 放流されるトンネル湧水の量とトンネル掘削の影響を考慮した河川流量の推定..	4
1) JR 東海モデル、静岡市モデルの解析条件について.....	4
2) 薬液注入の効果を考慮した解析について	5
3) 放流されるトンネル湧水の量とトンネル掘削の影響を考慮した河川流量の推定方法.	8
4) 放流されるトンネル湧水の量とトンネル掘削の影響を考慮した河川流量の推定結果.	8
(巻末資料1) JR 東海モデル、静岡市モデルの解析条件等	1 3

(1) はじめに

- ・河川本流の流量減少の推定については、2025 年 2 月の第 15 回生物多様性専門部会において整理した、実際に観測した河川流量から、解析上の流量変化（JR 東海モデルと静岡市モデル）¹を考慮した基底流量の減少量を差し引く方法で実施しました。
- ・今回は、第 15 回生物多様性専門部会において今後実施するとしていた、薬液注入の効果を検討した解析を実施しましたので、その結果を報告します。

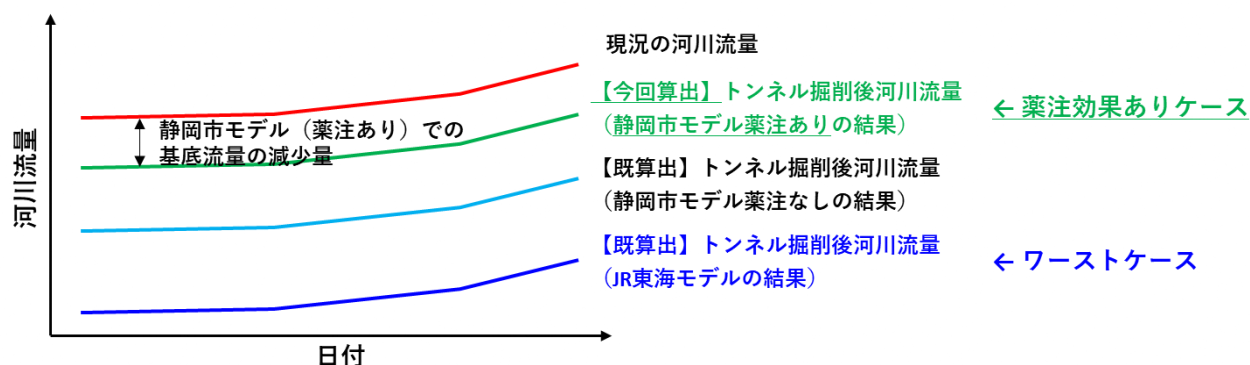


図 1 薬液注入の効果を検討した解析の位置づけ（イメージ）

- ・なお、今回の推定結果は、対話項目 5 大井川本流の水質・水温の変化による底生生物等への影響のうち、大井川本流の水温変化の推定に活用するため²、推定する対象は、トンネル湧水を河川へ放流する箇所やその量が最大となる時期に着目し、表 1 に示す 4 つの場面、場所としました。

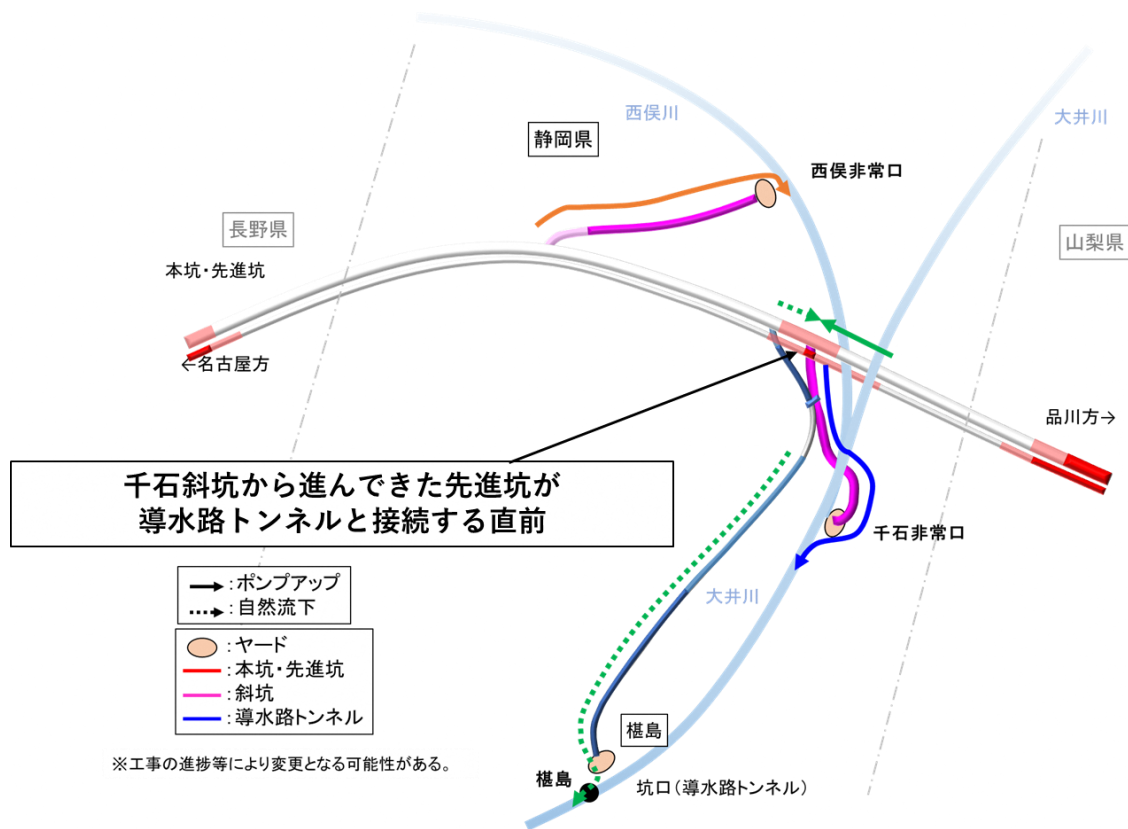
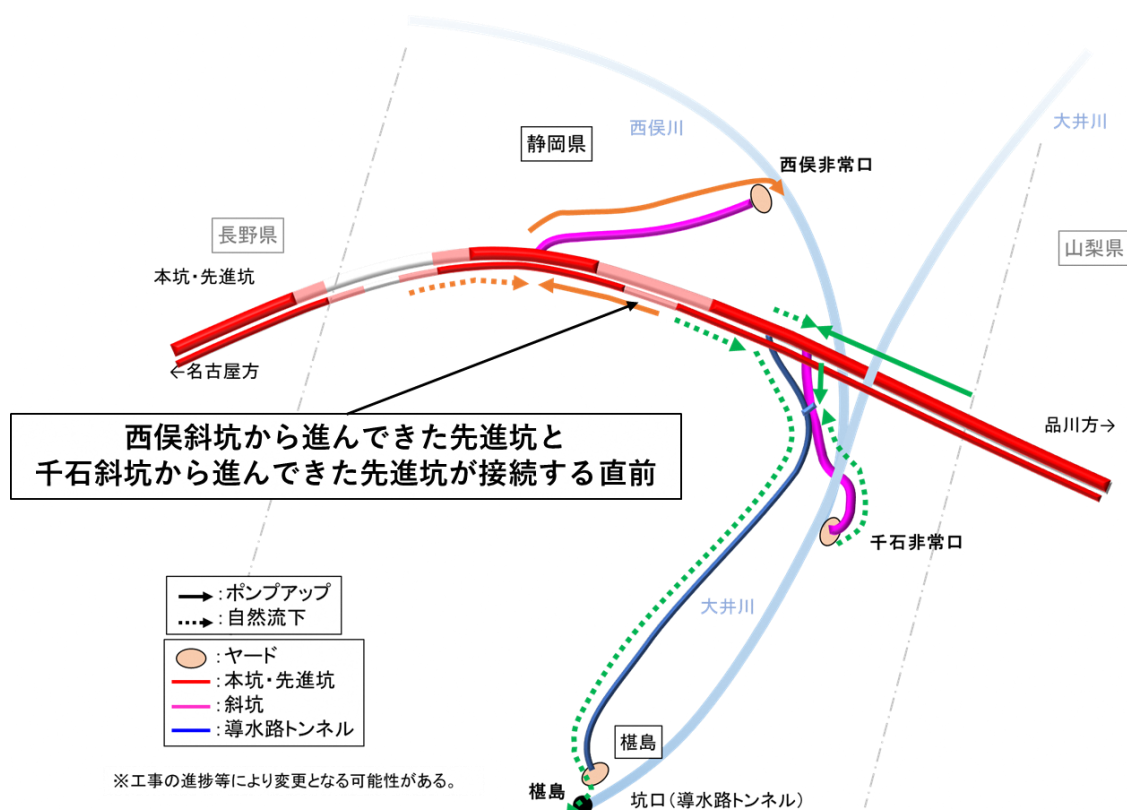
表 1 河川本流の流量減少を推定する対象

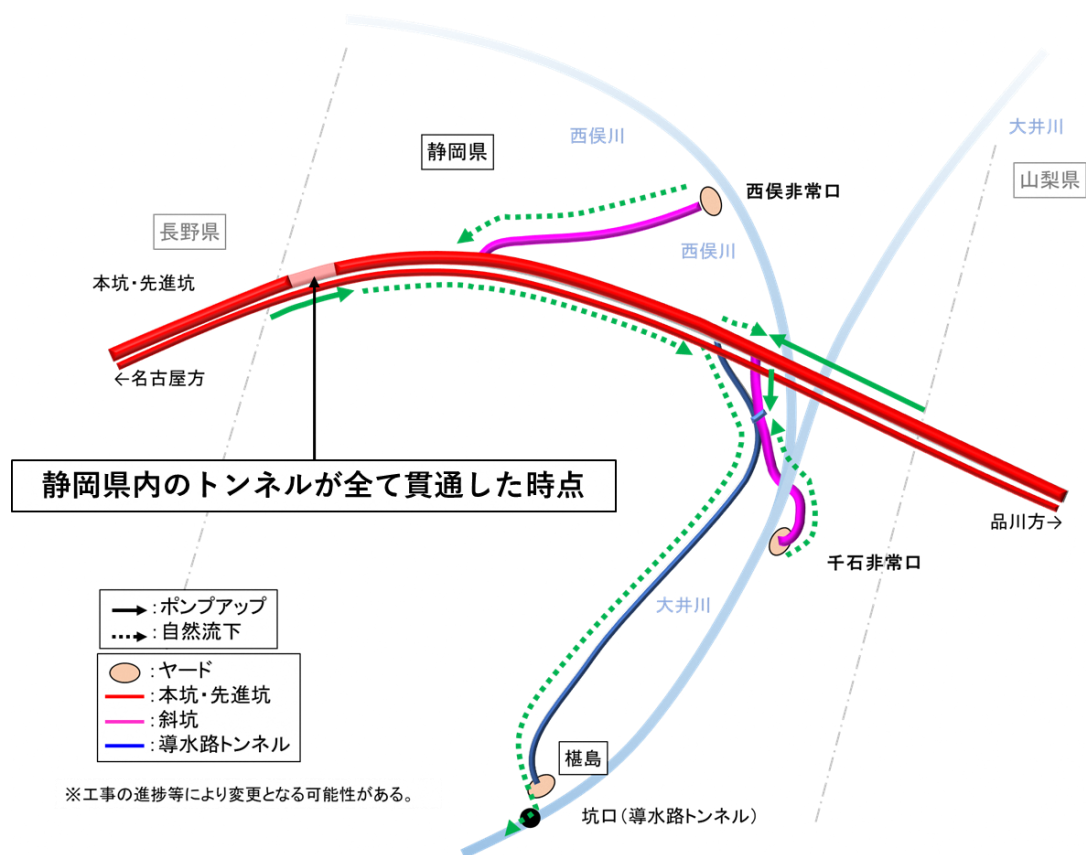
	対象	備考
①	トンネル掘削完了後恒常時の榎島での推定	トンネル掘削完了後恒常的にトンネル湧水を河川へ放流することになるため
②	西俣からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における西俣ヤード下流での推定	当該ヤード下流でのワーストケースであるため
③	千石からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における千石ヤード下流での推定	当該ヤード下流でのワーストケースであるため
④	榎島からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における榎島ヤード下流での推定	当該ヤード下流でのワーストケースであるため

¹ トンネル掘削に伴う河川本流の流量変化の予測では、静岡県環境保全連絡会議地質構造・水資源部会専門部会やリニア中央新幹線静岡工区有識者会議（水資源）（以下、有識者会議（水資源）という）において、トンネル工事による水資源に対する環境保全措置（導水路トンネル等施設の規模等）の検討を目的としたトンネル水収支モデル（解析コード：TOWNBY）（以下、「JR 東海モデル」という）と南アルプスにおける自然環境の保全を目的として静岡市が実施した統合型水循環解析モデル（GETFLOWS）（以下、「静岡市モデル」という）の 2 つの解析モデルを活用してきました（解析モデルにおける透水係数等の水理定数は、現地周辺での試験結果や文献値等を参考に設定）

² トンネル内に生じたトンネル湧水を河川へ放流する際、トンネル湧水と放流先の河川の水温が異なることが想定されることから、河川水温の変化に伴う生物への影響が懸念されています。

(参考) 各ヤードからのトンネル湧水放流量が最大となる時期のトンネル掘削状況





(2) トンネル掘削の影響を考慮した河川流量と放流されるトンネル湧水量の推定

- ・ JR 東海モデル、静岡市モデルを用いて、トンネル掘削の影響を考慮した河川流量と放流されるトンネル湧水量³を推定しました。
- ・ また、2025 年 2 月の第 15 回生物多様性専門部会において整理したとおり、薬液注入の効果を考慮した解析も実施し、推定にあたっては、その結果も使用しました。
- ・ なお、JR 東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも 10 倍以上大きく設定しています。今後、トンネル掘削前、掘削中に実施する高速長尺先進ボーリング等の地質調査の結果を踏まえ、断層の位置が異なる、幅が広い、透水係数が解析の前提条件より大きい等の場合には、解析の見直しを行います。見直しにあたっては、沢の流量減少への影響予測で活用しているトンネルサイズが適正化された上流域モデル⁴を用いて実施することを考えています。

1) JR 東海モデル、静岡市モデルの解析条件について

- ・ 両モデルの解析条件は、巻末資料 1 に示します。

³ 対話項目 5 大井川本流の水質・水温の変化による底生生物等への影響のうち、大井川本流の水温変化の推定に活用するため

⁴ 国土交通省 リニア中央新幹線静岡工区有識者会議（環境保全）において、大井川上流域の沢の影響分析という目的のもと、新たに作成した GETFLOWS による解析モデル

2) 薬液注入の効果を考慮した解析について

- ・薬液注入の効果を考慮した解析については、静岡市モデルを活用し⁵、表 2 に示す解析条件にて、実施しました。

表 2 薬液注入の効果を考慮した解析の条件設定⁶

項目	概要
注入箇所	トンネルと主要な断層が交差する箇所
注入範囲	トンネル外周にトンネル直径分（トンネル半径（R）の 2 倍（2R）） ⁷
改良後の透水係数	1.0E-7(m/s) ⁸ （参考）改良前の静岡市モデル透水係数：主要な断層 1.0E-5（m/s）

- ・なお、トンネルに隣接する格子幅はトンネル直径（2R）と異なるため、トンネルに隣接する 2R の範囲が透水係数 1.0E-7(m/s) 相当に改良されたことと同等の効果を検証できるよう、調和平均をとりトンネルに隣接する格子の透水係数を設定しました。

- ⁵ 薬液注入なしの場合の河川本流の流量減少予測では、JR 東海モデルよりも静岡市モデルの方が流量減少量が小さいことから、薬液注入の効果を考慮した流量減少量が最も少ない場合の最善ケースとしては、静岡市モデルで薬液注入の効果を考慮した結果を示すこととしました。なお、JR 東海モデルでは、モデルの特性上、静岡市モデルのようにトンネル隣接格子の透水係数を変更することで薬液注入の効果を表現することができないため、薬液注入の効果を考慮した解析を実施することが困難です。
- ⁶ 国土交通省リニア中央新幹線静岡工区有識者会議（環境保全）においてトンネル掘削に伴う沢の流量減少に関する予測を実施した際に設定した、解析上の薬液注入の条件と同様としました。
- ⁷ 「（青函トンネルでは）注入範囲はトンネル半径の 2～3 倍（10～15m）程度を標準とし、不良地山区間では 4～6 倍（20～30m）程度としている。」、注入の設計施工マニュアル、公益財団法人鉄道総合技術研究所、平成 23 年 10 月
- ⁸ 青函トンネルでは、“注入による岩盤の止水効果の実測”を目的のひとつとし、先進導坑と並行する試験坑（水深約 20m、土被り 244m）において、薬液注入前後の岩盤の透水性を評価している。具体的にはまず、5 本の試験孔を設けて注入前の自然地山の透水性を調査し、その後、同地山に対して薬液注入を実施、同じ地山に対して新たに 3 本のチェック坑を設け、薬液注入後の透水性を調査している。その結果、薬液注入前に 5 本の試験孔で計測した透水係数 k_m は、 $k_m=2.142 \times 10^{-6}(\text{m/s})$ 、 $k_m=6.291 \times 10^{-7}(\text{m/s})$ 、 $k_m=5.459 \times 10^{-7}(\text{m/s})$ 、 $k_m=9.336 \times 10^{-6}(\text{m/s})$ 、 $k_m=1.753 \times 10^{-6}(\text{m/s})$ であったことに対し、薬液注入後に新たに設けた 3 本のチェック坑では $k_m=3.212 \times 10^{-8}(\text{m/s})$ 、 $k_m=2.227 \times 10^{-8}(\text{m/s})$ 、 $k_m=4.406 \times 10^{-8}(\text{m/s})$ となり、「注入の効果は明らかで、注入によって地山の透水係数は $10^{-1} \sim 10^{-2}(\text{cm/s})$ 程度小さくなっていることがわかる」（青函トンネル土圧研究調査報告書 p218 引用）とされている（青函トンネル土圧研究調査報告書、社団法人土木学会、昭和 52 年 3 月より）。

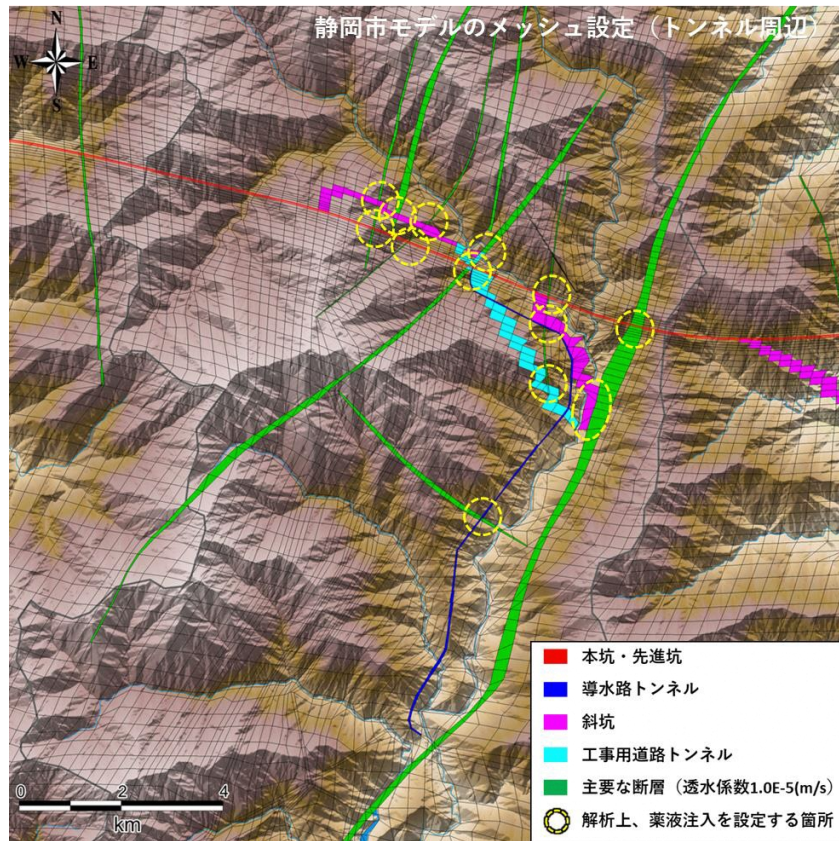
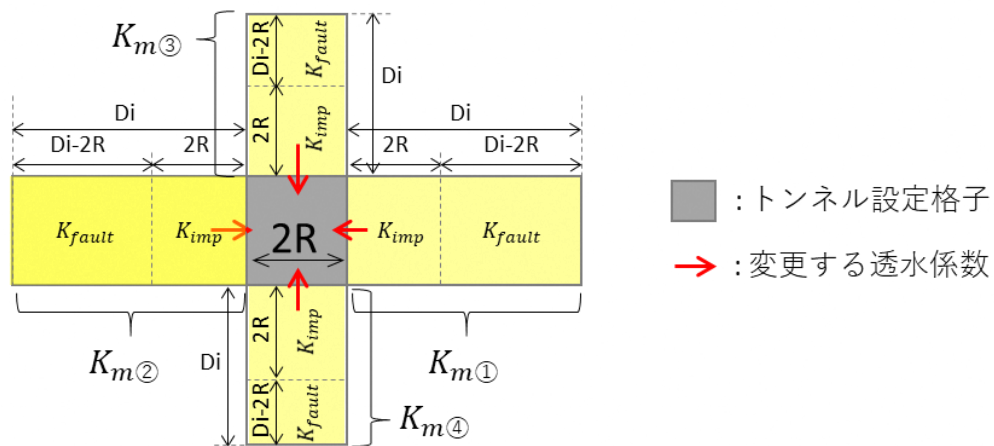


図 5 解析上設定する薬液注入箇所



変更後の透水係数： K_m

$$K_m = \frac{D_i}{\left[\frac{2R}{K_{imp}} + \frac{(D_i - 2R)}{K_{fault}} \right]}$$

K_m : 変更後の透水係数 (m/s)

K_{imp} : トンネル改良工の透水係数 = 1.0E-7 (m/s)

K_{fault} : 変更前の断層透水係数 = 1.0E-5 (m/s)

D_i : トンネルに隣接する格子の幅 (m)

$2R$: トンネルの直径 (m)

図 6 調和平均の概要

- ・また、静岡市モデルでは、西俣・千石斜坑、工事用道路トンネルのトンネル直径は、実際のトンネル直径より大きくなっています（図 7）。
- ・これらのトンネルについて、トンネル隣接格子に薬液注入を設定する幅を実際のトンネル直径としてしまうと、解析上のトンネル直径に対して薬液注入を設定する幅が小さく、薬液注入の効果を表すことができないと考えられます。
- ・そこで、今回の解析目的が薬液注入の効果を考慮することであることを踏まえ、トンネル隣接格子に薬液注入を設定する幅は、実際のトンネル直径ではなく解析上のトンネル直径としました。



図 7 解析上の西俣・千石斜坑、工事用道路トンネルの大きさについて

3) トンネル掘削の影響を考慮した河川流量と放流されるトンネル湧水の量の推定方法

- ・トンネル掘削を考慮した河川流量の推定は、2025 年 2 月 13 日の第 15 回生物多様性専門部会にて整理した通り、以下の考え方にに基づき、推定します。
- ートンネル掘削に伴い、地下深部のトンネル周辺の地下水がトンネル内に湧出し、トンネル周辺の地下水位が低下することにより、河川の基底流量が減少する可能性があります。
- ー基底流量が減少する要因であるトンネル湧水量は、地下深部の地下水水頭（圧力）に起因するため、日別降水量の変化によって、河川流量のような変動をすることはないと考えられます。
- ーよって、基底流量の減少量についても、日別降水量の変化如何に関わらず、概ね一定であると考えられます。
- ー次に、解析上、基底流量の減少状況を示しているのは、解析条件において無降雨の状態を継続させた後の時期であり、河川流量が主に深部地下水からの流出によって形成されている 2 月の結果であると考えられます（JR 東海モデルにおける無降雨期間（木賊地点）は、12 月 24 日～2 月 21 日、静岡市モデルにおける無降雨期間（木賊地点）は、12 月 19 日～2 月 23 日。両モデルともに解析上、毎年同じ降水量を入力している）。
- ーそこで、解析上の 2 月のトンネル掘削に伴う流量減少率を活用し、時期区分① 1 月～3 月（渇水期・積雪期）の河川流量の実測データのうち、降雨イベント前の基底流量と考えられる流量が小さい日の値に、解析上の 2 月のトンネル掘削に伴う流量減少率を乗じることで、基底流量の減少量を算出します。
- ー先述のとおり、基底流量の減少量は日別降水量の変化如何に関わらず、概ね一定であると考えられるため、この減少量が、その他の降水パターンに着目した時期区分においても減少すると考え、河川流量減少の推定を行いました。
- ・また、放流されるトンネル湧水の量は、JR 東海モデル、静岡市モデル（薬液注入なし）、静岡市モデル（薬液注入あり）によって推定しました。

4) 放流されるトンネル湧水の量とトンネル掘削の影響を考慮した河川流量の推定結果

- ・2)、3) を踏まえ推定した結果を、検討対象別（①トンネル掘削完了後恒常時の榎島、②西俣からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における西俣ヤード下流、③千石からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における千石ヤード下流、④榎島からのトンネル湧水放流量が最大になる時期における榎島ヤード下流）、モデル別（JR 東海モデル、静岡市モデル（薬液注入なし）、静岡市モデル（薬液注入あり））に、表 3～表 6 に示します。

表 3 放流されるトンネル湧水量とトンネル掘削を考慮した河川流量の推定結果【トンネル掘削完了後恒常時／推定地点：榎島】

【トンネル掘削完了後恒常時の 榎島での推定結果】		時期区分① 1月～3月 (渇水期・積雪期)	時期区分② 4月～6月上旬 (雪解け期)	時期区分③ 6月中旬～7月中旬 (梅雨期)	時期区分④ 7月下旬～8月下旬 (夏季小降水期)	時期区分⑤ 9月～10月 (台風時期)	時期区分⑥ 11月～12月 (冬季乾燥期)
JR 東海 モデル (薬注なし)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.8	4.3	4.4	2.5	2.1	2.4
	流量減少量 (m3/s)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.0	3.5	3.6	1.7	1.3	1.6
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	3.1	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2
静岡市モ デル (薬注なし)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.8	4.3	4.4	2.5	2.1	2.4
	流量減少量 (m3/s)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.3	3.8	3.9	2.1	1.6	1.9
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9
静岡市モ デル (薬注あり)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.8	4.3	4.4	2.5	2.1	2.4
	流量減少量 (m3/s)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.7	4.2	4.2	2.4	1.9	2.3
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6

※1： 榎島地点で計測した河川流量の実測値を時期区分毎に平均した値

※2： 3）に従い推定した結果を時期区分毎に平均した値（時期区分①、②、④、⑤、⑥は2023年、時期区分③は2024年の日毎の実測河川流量から基底流量の減少量を差し引いた値を時期区分毎に平均した値）

※3： 解析上のトンネル湧水量を時期区分毎に平均した値

※4： JR 東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも10倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR 東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が大きいのは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

表 4 放流されるトンネル湧水量とトンネル掘削を考慮した河川流量の推定結果【西俣からの放流量最大／推定地点：西俣】

【西俣での放流量が最大となる時期における西俣での推定結果】		時期区分① 1月～3月 (渇水期・積雪期)	時期区分② 4月～6月上旬 (雪解け期)	時期区分③ 6月中旬～7月中旬 (梅雨期)	時期区分④ 7月下旬～8月下旬 (夏季小降水期)	時期区分⑤ 9月～10月 (台風時期)	時期区分⑥ 11月～12月 (冬季乾燥期)
JR 東海 モデル (薬注なし)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.3	3.9	6.3	1.0	1.2	1.2
	流量減少量 (m3/s)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.2	3.8	6.2	0.9	1.1	1.2
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
静岡市モ デル (薬注なし)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.3	3.9	6.3	1.0	1.2	1.2
	流量減少量 (m3/s)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.2	3.8	6.2	0.9	1.1	1.1
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
静岡市モ デル (薬注あり)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.3	3.9	6.3	1.0	1.2	1.2
	流量減少量 (m3/s)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.3	3.9	6.3	1.0	1.2	1.2
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

※1：西俣地点で計測した河川流量の実測値を時期区分毎に平均した値

※2：3）に従い推定した結果を時期区分毎に平均した値（時期区分⑥は2023年、時期区分①、②、③、④、⑤は2024年の日毎の実測河川流量から基底流量の減少量を差し引いた値を時期区分毎に平均した値）

※3：解析上のトンネル湧水量を時期区分毎に平均した値

※4：JR 東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも10倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR 東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が多いのは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

表 5 放流されるトンネル湧水量とトンネル掘削を考慮した河川流量の推定結果【千石からの放流量最大／推定地点：千石】

【千石での放流量が最大となる時期における千石での推定結果】		時期区分① 1月～3月 (渇水期・積雪期)	時期区分② 4月～6月上旬 (雪解け期)	時期区分③ 6月中旬～7月中旬 (梅雨期)	時期区分④ 7月下旬～8月下旬 (夏季小降水期)	時期区分⑤ 9月～10月 (台風時期)	時期区分⑥ 11月～12月 (冬季乾燥期)
JR 東海 モデル (薬注なし)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.9	5.1	13.3	6.3	4.3	3.1
	流量減少量 (m3/s)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.5	4.7	13.0	5.9	3.9	2.7
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
静岡市モ デル (薬注なし)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.9	5.1	13.3	6.3	4.3	3.1
	流量減少量 (m3/s)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.5	4.7	12.9	5.9	3.9	2.7
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
静岡市モ デル (薬注あり)	【掘削前（実測）】 河川流量 (m3/s) ※1	1.9	5.1	13.3	6.3	4.3	3.1
	流量減少量 (m3/s)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	【掘削後（推定）】 河川流量 (m3/s) ※2	1.8	5.0	13.2	6.2	4.2	3.0
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

※1：千石地点で計測した河川流量の実測値を時期区分毎に平均した値

※2：3）に従い推定した結果を時期区分毎に平均した値（時期区分②、⑤は2022年、時期区分①、⑥は2023年、時期区分③、④は2024年の日毎の実測河川流量から基底流量の減少量を差し引いた値を時期区分毎に平均した値）

※3：解析上のトンネル湧水量を時期区分毎に平均した値

※4：JR 東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも10倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR 東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が大きいののは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

表 6 放流されるトンネル湧水量とトンネル掘削を考慮した河川流量の推定結果【榎島からの放流量最大／推定地点：榎島】

【榎島での放流量が最大となる時期 における榎島での推定結果】		時期区分① 1月～3月 (渇水期・積雪期)	時期区分② 4月～6月上旬 (雪解け期)	時期区分③ 6月中旬～7月中旬 (梅雨期)	時期区分④ 7月下旬～8月下旬 (夏季小降水期)	時期区分⑤ 9月～10月 (台風時期)	時期区分⑥ 11月～12月 (冬季乾燥期)
JR 東海 モデル (薬注なし)	【掘削前 (実測)】 河川流量 (m3/s) ※1	1.8	4.3	4.4	2.5	2.1	2.4
	流量減少量 (m3/s)	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
	【掘削後 (推定)】 河川流量 (m3/s) ※2	1.0	3.5	3.6	1.7	1.3	1.6
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
静岡市モ デル (薬注なし)	【掘削前 (実測)】 河川流量 (m3/s) ※1	1.8	4.3	4.4	2.5	2.1	2.4
	流量減少量 (m3/s)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
	【掘削後 (推定)】 河川流量 (m3/s) ※2	1.4	3.8	3.9	2.1	1.6	1.9
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9
静岡市モ デル (薬注あり)	【掘削前 (実測)】 河川流量 (m3/s) ※1	1.8	4.3	4.4	2.5	2.1	2.4
	流量減少量 (m3/s)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
	【掘削後 (推定)】 河川流量 (m3/s) ※2	1.7	4.2	4.2	2.4	1.9	2.3
	トンネル湧水量 (m3/s) ※3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

※1： 榎島地点で計測した河川流量の実測値を時期区分毎に平均した値

※2： 3) に従い推定した結果を時期区分毎に平均した値（時期区分①、②、④、⑤、⑥は 2023 年、時期区分③は 2024 年の日毎の実測河川流量から基底流量の減少量を差し引いた値を時期区分毎に平均した値）

※3： 解析上のトンネル湧水量を時期区分毎に平均した値

※4： JR 東海モデルは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しており、また静岡市モデルは斜坑や工事用道路トンネルが実際のトンネルサイズよりも 10 倍以上大きく設定している。静岡市モデルと比較し、JR 東海モデルの方がトンネル湧水量や河川流量の減少量が多いのは、断層が存在すると考えられるブロックを一括りに大きな透水係数に設定しているためであると考えられる。今後、予測の見直しを実施する際には、トンネルサイズを適正化したモデルを活用し、高速長尺先進ボーリング等により把握した断層に関する情報を反映させることを考えている。

（巻末資料１）JR 東海モデル、静岡市モデルの解析条件等

（１） JR東海モデルの概要

１） モデルの概要

- ・環境影響評価では、トンネル工事による水資源への影響の程度を把握し、水資源の環境保全措置を検討するため、南アルプストンネル全域を対象に、工事開始から工事完了後２０年間の期間において水収支解析による予測を行いました。
- ・水収支⁹解析にあたっては、トンネル工事実施前において現地の地形上、ボーリング等の十分な調査ができないことから、解析ブロックは１００m×１００m×２５mと大きなサイズを用いました。また、トンネル湧水量は大きめにして、施設計画上、安全側の見積もりとなるように、条件設定を行い実施しました。
- ・解析はトンネル水収支モデル（解析コード：TOWNBY）を用いて算出しました。このモデルは鉄道技術研究所（現鉄道総合技術研究所）で１９８３年に開発され、その後も改良が加えられ、鉄道をはじめ道路、水路など多数の山岳トンネルに適用されてきた実績のある手法です。
- ・主な適用事例は、筑紫^{つくし}トンネル（福岡県・佐賀県：九州新幹線）、新田原坂^{しんたばるざか}トンネル（熊本県：九州新幹線）、小鳥^{おどり}トンネル（岐阜県：高山清見道路）、青崩^{あおくずれ}トンネル（静岡県・長野県：三遠南信自動車道）などです。
- ・トンネル水収支モデルは、①地形・地盤モデル、②水循環¹⁰モデル、③トンネルモデルの３つのサブモデルで構成されます。

⁹ 水収支：水循環を構成するいろいろな水文領域における水の流入・流出関係を定量的に表したもの。

¹⁰ 水循環：気圏、岩石圏、水圏の自然界の三圏にわたる水の循環のことで、水文循環ともいう。

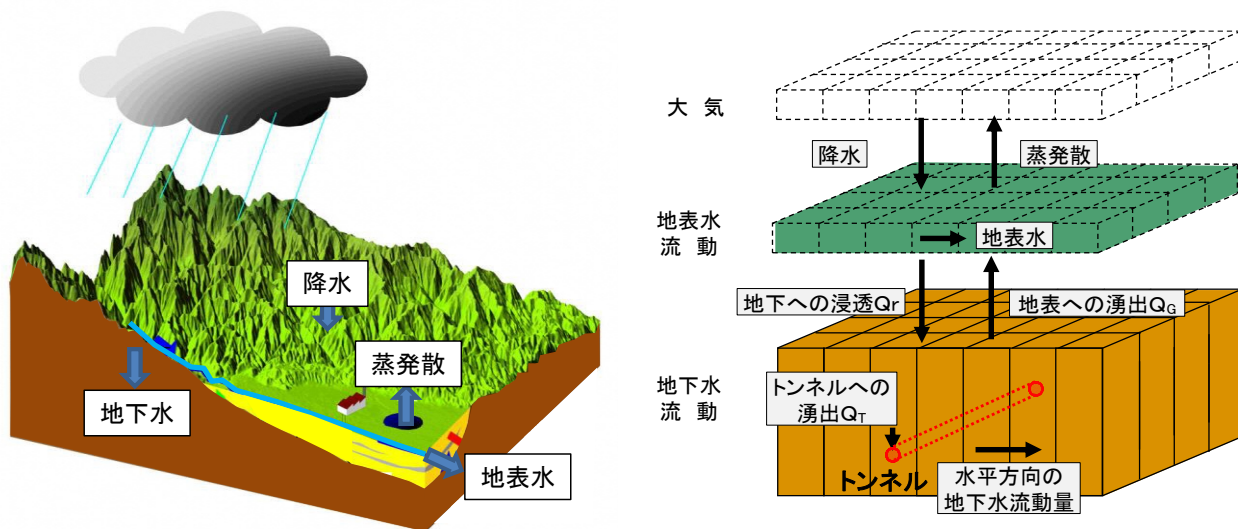


図 8 トンネル水収支モデル（イメージ）

①地形・地盤モデル

- ・地表水および地下水の流動の場である地形起伏と地下地質構造を表現するモデルです。

○地形・地盤モデル

- ・地形・地盤を三次元直方体ブロックの集合体として表現しました。

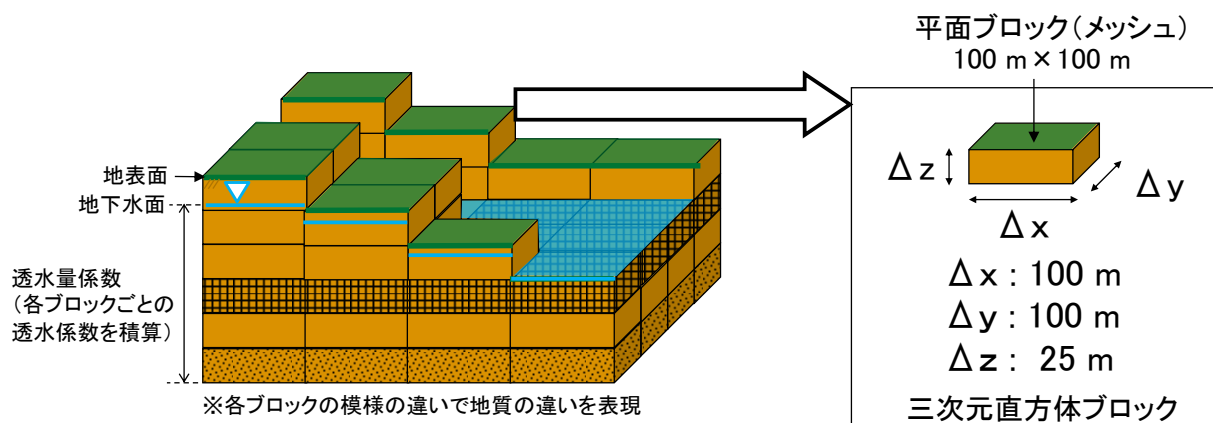


図 9 モデルの構造（イメージ）

○透水量係数

- ・深度方向に透水係数¹¹を積算した透水量係数を算出しました。

$$\text{透水量係数 } k' = (k_A \times h_A) + (k_B \times h_B) + (k_C \times h_C) + (k_D \times h_D)$$

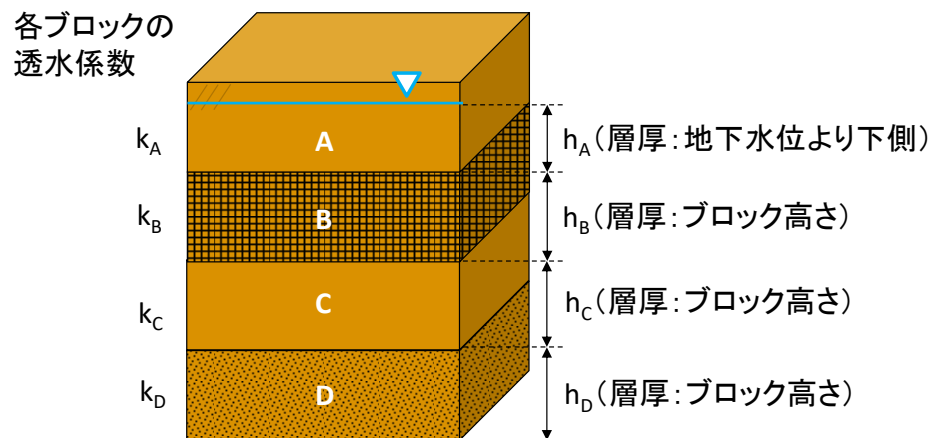


図 10 透水量係数の算出（イメージ）

②水循環モデル

- ・降水—地表水—土壌水—地下水—地表水として循環する水の挙動を表現するモデルです。

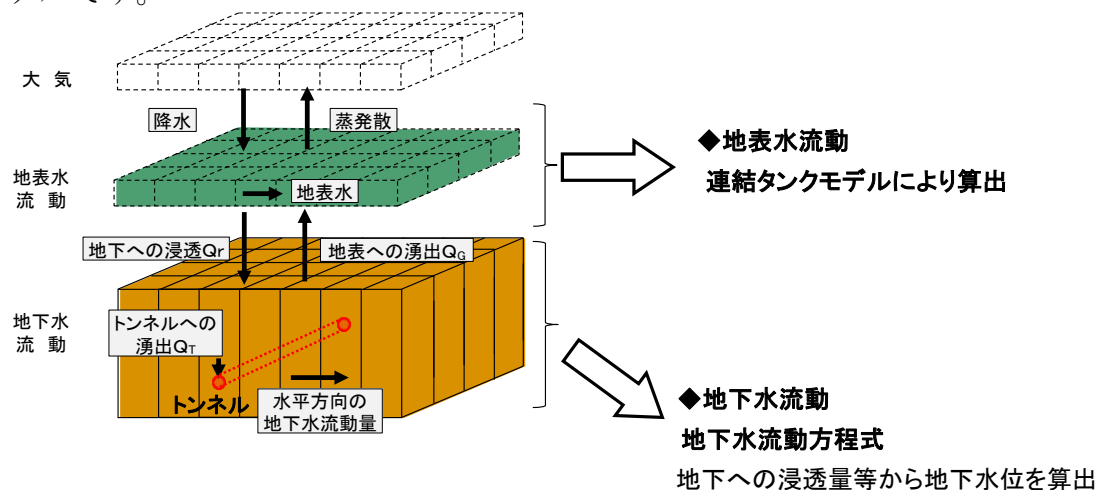


図 11 水循環モデル（イメージ）

¹¹ 透水係数：土層の中を単位時間に流れる水の流量。

○地表水流動：タンクモデル

- ・地表水流動は連結タンクモデルによりモデル化しました。タンクモデルはメッシュごとに設定し地表高に基づき地表水の流出方向を設定しました。
- ・タンクモデルは2段とし、上段タンクに2個、下段タンクに1個の横孔と、下底に1個の孔を設けました。上段タンクの横孔は、降水時の流出の早さの相違を表すために2個設けました。
- ・各孔の高さと孔径は地表被覆区分ごとに設定しました。
- ・高さや孔径は、河川流量観測データを再現できるように、各数値をトライアル計算して設定しました。
- ・タンクモデルにより算出した地下への浸透量 q_r は、地下水流動方程式へ入力しました。

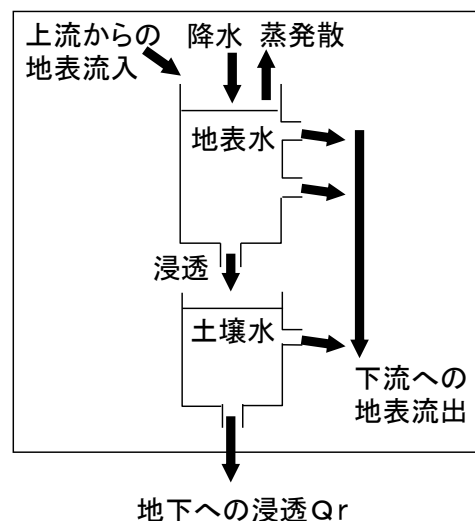


図 1 2 連結タンクモデル模式図

○地下水流動：地下水流動方程式

- ・地下水流動は以下に示す方程式を用いました。
- ・本解析では、地下水は浅層と深層の区分ができないため、浅層から深層までを1つの帯水層と仮定しました（1メッシュあたり地下水位は1つとしました）。

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial x} \left(k' \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k' \frac{\partial h}{\partial y} \right)}_{\text{水平方向の流動量変化}} + \underbrace{Q_r - (Q_G + Q_T)}_{\substack{\text{鉛直方向の流動量変化} \\ \text{※別途計算}}} = \underbrace{s \frac{\partial h}{\partial t}}_{\text{地下水貯留量の変化}}$$

h : 地下水位 (m)

t : 時間 (日)

k' : 透水量係数 ($\text{m}^2/\text{日}$)

s : 有効間隙率

Qr : 地下への浸透量 ($\text{m}^3/\text{日}$) (1 メッシュあたり)

Q_G : 地表への湧出量 ($\text{m}^3/\text{日}$) (1 メッシュあたり)

Q_T : トンネル湧水量 ($\text{m}^3/\text{日}$) (1 メッシュあたり)

○地下水流動：地表への湧出量 Q_G

- ・地下水流動方程式により算出した地下水位が、地表面より高い場合、地表面より上部の水量を、地表への湧出量 Q_G として算出しました。

$$Q_G = \Delta h \cdot s$$

Q_G : 地表への湧出量 ($\text{m}^3/\text{日}$) (1 メッシュあたり)

Δh : 地表面上の地下水位変化 ($\text{m}/\text{日}$)

s : 地盤の有効間隙率

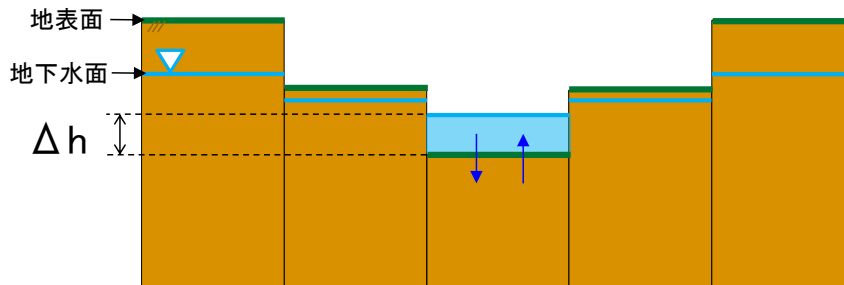


図 1 3 地表への湧出量の算出方法

③トンネルモデル

- ・トンネル掘削状況（切羽¹²位置、延長、トンネル径など）を表現するモデルです。

○地下水流動：トンネルへの湧出量 Q_T

- ・トンネルへの湧出量 Q_T を順次別途算出し、地下水流動方程式から差し引きました（非定常計算¹³）。
- ・トンネルへの湧出量 Q_T は、トンネル構造物としての吹付けコンクリート、防水シ

¹² 切羽：トンネル工事の掘削の先端部、現に掘削している場所。

¹³ 非定常計算：非定常状態（時間の経過により状態が変化すること）を仮定した計算。

ート、覆工コンクリート等がない状態と仮定し算出しました。

$$Q_T = \frac{2\pi kHL}{\ln(2H/r)}$$

※覆工コンクリート等はない状態と仮定

Q_T : トンネルへの湧出量 (m³/日) (1 メッシュあたり)

k : 地盤の透水係数 (m/日)

H : トンネルから地下水面までの高さ (m)

L : トンネルの延長 (m) (1 メッシュあたり)

r : トンネル径 (m)

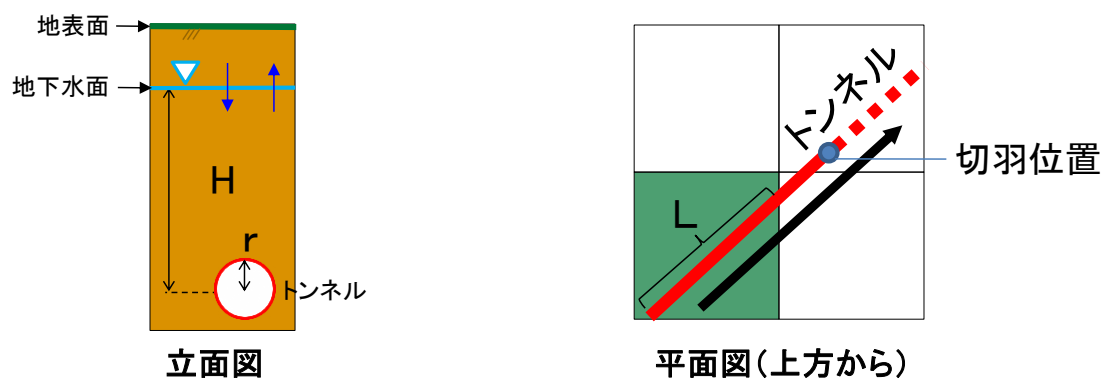


図 14 トンネル湧出量の算出方法

2) 各種条件設定

①解析範囲

- ・南アルプス地域（長野県・山梨県を含む）を包括し、河川等の深い谷地形に沿った範囲としました。
- ・高橋の方法による予測検討範囲（トンネル工事に伴い地下水位が低下する可能性がある範囲）の外方に設定しました。

【解析領域】

東西41.1 km、南北25.2 km
面積 545.4 km²
鉛直方向 標高100～3,225 m

【ブロック】

平面ブロック数：54, 540個

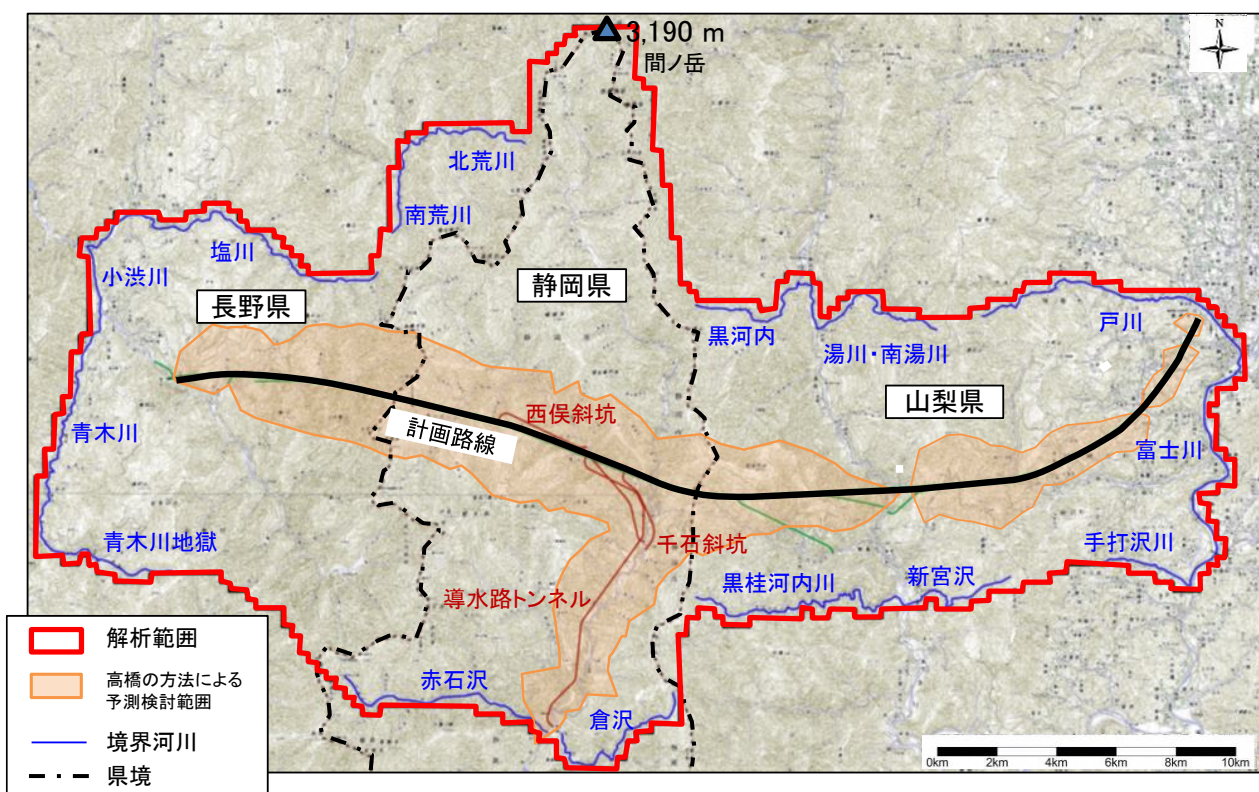


図 15 解析範囲

②境界条件

- ・モデル外周（側面）および底面の地下水は閉鎖条件（域外への流出なし）としました。
- ・地表部は地下水位が地表面よりも高くなった場合に、その部分の地下水を地表水として流出させました。（図 13）
- ・モデル外周（側面）の地表水は域外へ流出させました。

③地質条件

○地表被覆区分

- ・地表の被覆条件に基づいて地表被覆区分を設定しました。タンクモデルにおける各孔の高さと孔径は地表被覆区分ごとに設定しました。

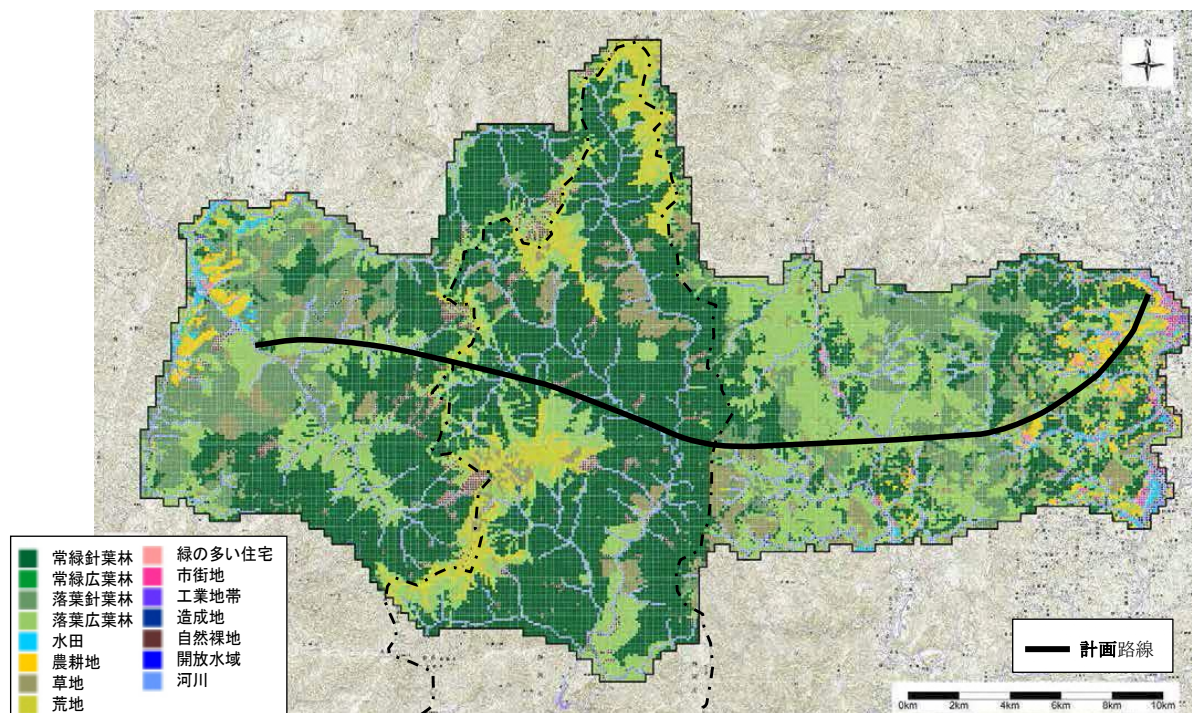


図 16 地表被覆区分の設定

○地盤区分

- ・地盤区分は、平成24年以前に実施した地質調査結果に基づき設定しました。

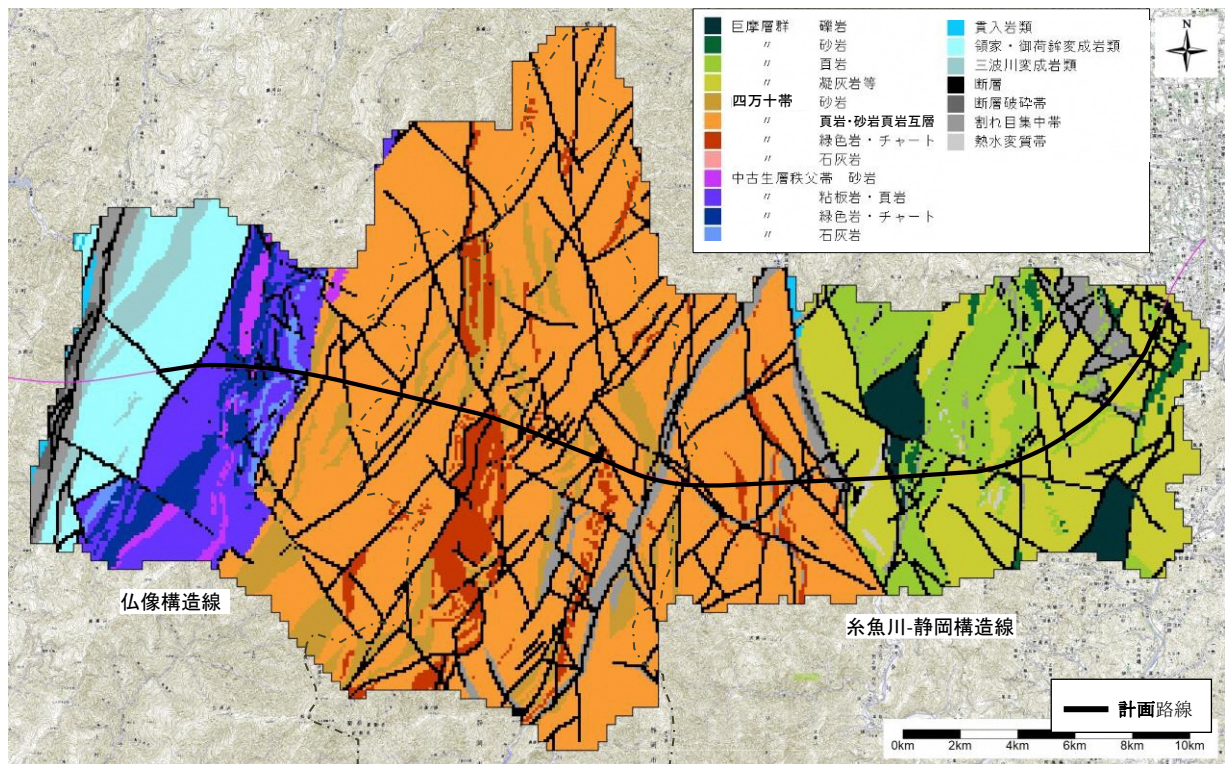


図 17 地盤区分の設定

- ・断層部において、通常、不透水層の存在や地層の硬軟が繰り返し出現し、その性状（透水係数等）はばらつきを示すことが考えられますが、解析上においては、断層部が存在すると考えられるブロックは一括りに大きな透水係数を設定しました。

- ・トンネル構造物としての吹き付けコンクリート、防水シート、覆工コンクリート等がない状態と仮定しました。

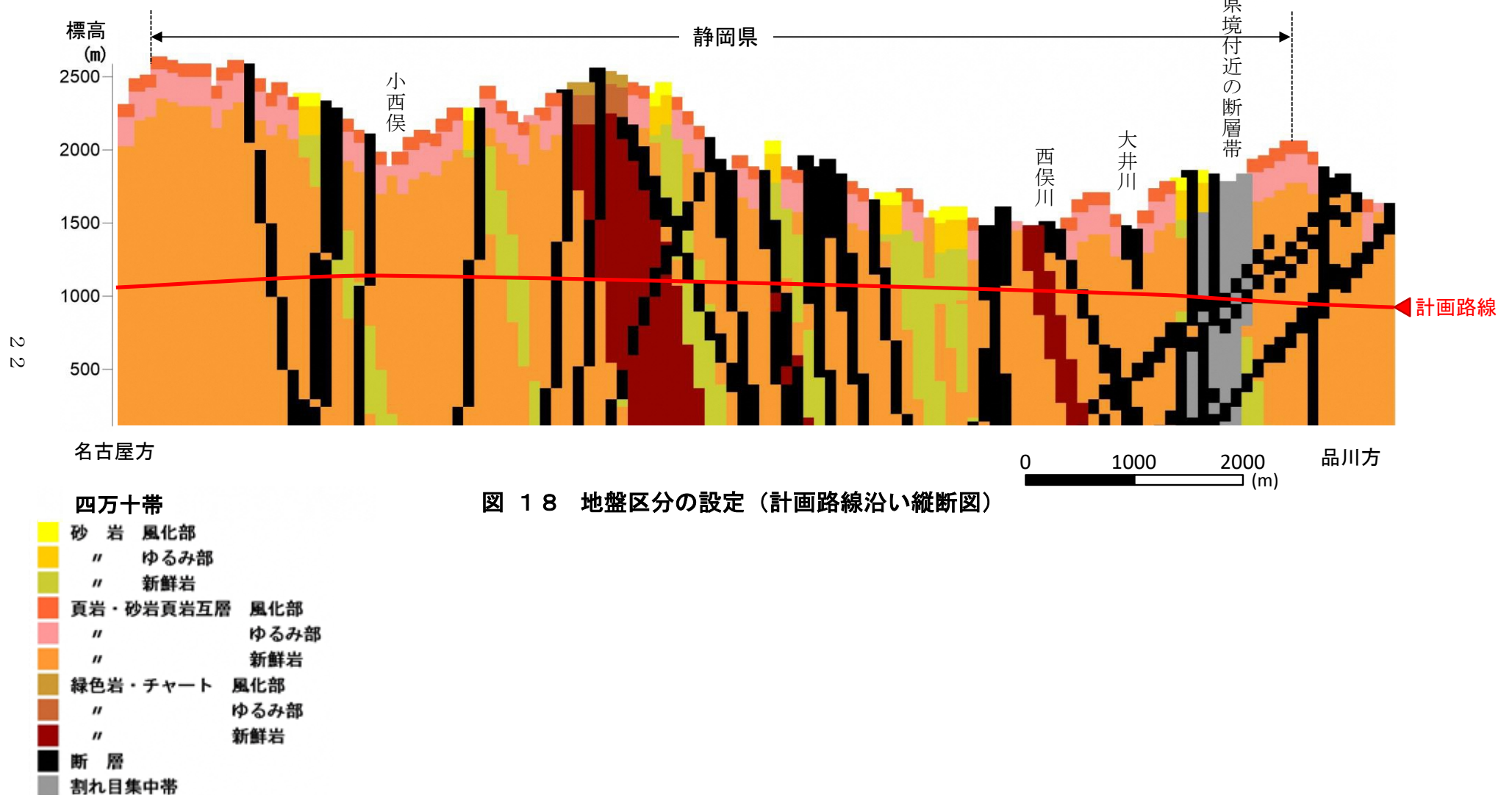


図 18 地盤区分の設定（計画路線沿い縦断図）

既存文献や地表踏査等から、地盤区分や地層の傾斜を設定し、弾性波探査等から鉛直方向の風化部、ゆるみ部、新鮮岩の設定を行った。

④水理定数

- ・計画路線沿いで実施したボーリング調査において、湧水圧試験及び有効間隙率試験を実施しました。このうち四万十帯では3箇所において、各箇所複数深度で実施しました。
- ・透水係数や有効間隙率¹⁴の初期値は、現地試験結果をもとに設定しました。なお、最終的なモデルへの入力値は、河川流量の実測値と予測値との再現性の検証において最も再現性が良かった組み合わせから設定しました。

表 7 湧水圧試験及び有効間隙率試験実施箇所

調査地点	掘削方向	標高(m)	掘削長(m)	湧水圧試験(箇所)	有効間隙率試験(箇所)	主な地層名
① 山梨県早川町 あらくら (新倉付近)	鉛直	1,590	837	9	10	四万十帯瀬戸川層群
② 静岡市葵区 つばくろさわ (燕沢付近)	斜め	1,279	1,200	－	12	四万十帯白根層群、 すまた 寸又川層群
③ 静岡市葵区 (東俣付近)	斜め	1,419	900	－	10	四万十帯白根層群

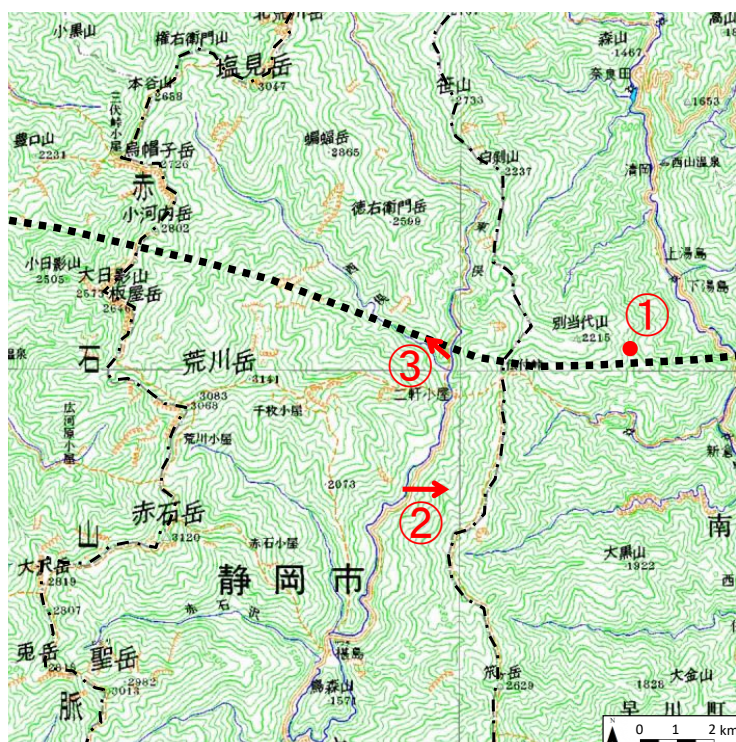


図 19 ボーリング実施箇所位置図

¹⁴ 有効間隙率：地層や土壌中の間隙のうち、水の伝送に利用できる間隙あるいは流動に参与している水の占めている間隙の体積を、地層や土壌の実質部分を含めた全体積で除した値。

○透水係数

- ・湧水圧試験は、山梨県内での鉛直ボーリング箇所1箇所において複数の深度で実施しました。湧水圧試験により求められた透水係数は、浅層の風化部、深度600m付近で確認した破碎質な箇所を除くと、おおむね $1.0 \times 10^{-6} \text{ m/秒} \sim 1.0 \times 10^{-7} \text{ m/秒}$ のオーダーで分布しています（図20の赤枠内）。

表 8 湧水圧試験結果（新鮮岩）

調査地点	掘削長 (m)	試験深度 (GL -m)	透水係数 (m/秒)	地質名	地層名
山梨県早川町 (新倉付近)	837	80.5 ~ 88.1	1.83×10^{-5}	ねんぱん 粘板岩	四万十帯 瀬戸川層群
		186.2 ~ 200.3	1.01×10^{-5}	粘板岩	
		300.0 ~ 307.9	1.16×10^{-6}	砂質粘板岩	
		390.0 ~ 400.1	2.49×10^{-7}	粘板岩、砂質粘板岩	
		486.7 ~ 506.0	1.08×10^{-6}	砂岩、緑色岩、砂質粘板岩	
		588.6 ~ 600.6	2.23×10^{-5}	緑色岩、砂質粘板岩	
		598.2 ~ 606.0	6.77×10^{-8}	砂質粘板岩	
		691.6 ~ 709.1	1.66×10^{-7}	緑色岩	
		765.6 ~ 794.0	7.68×10^{-7}	緑色岩、粘板岩	

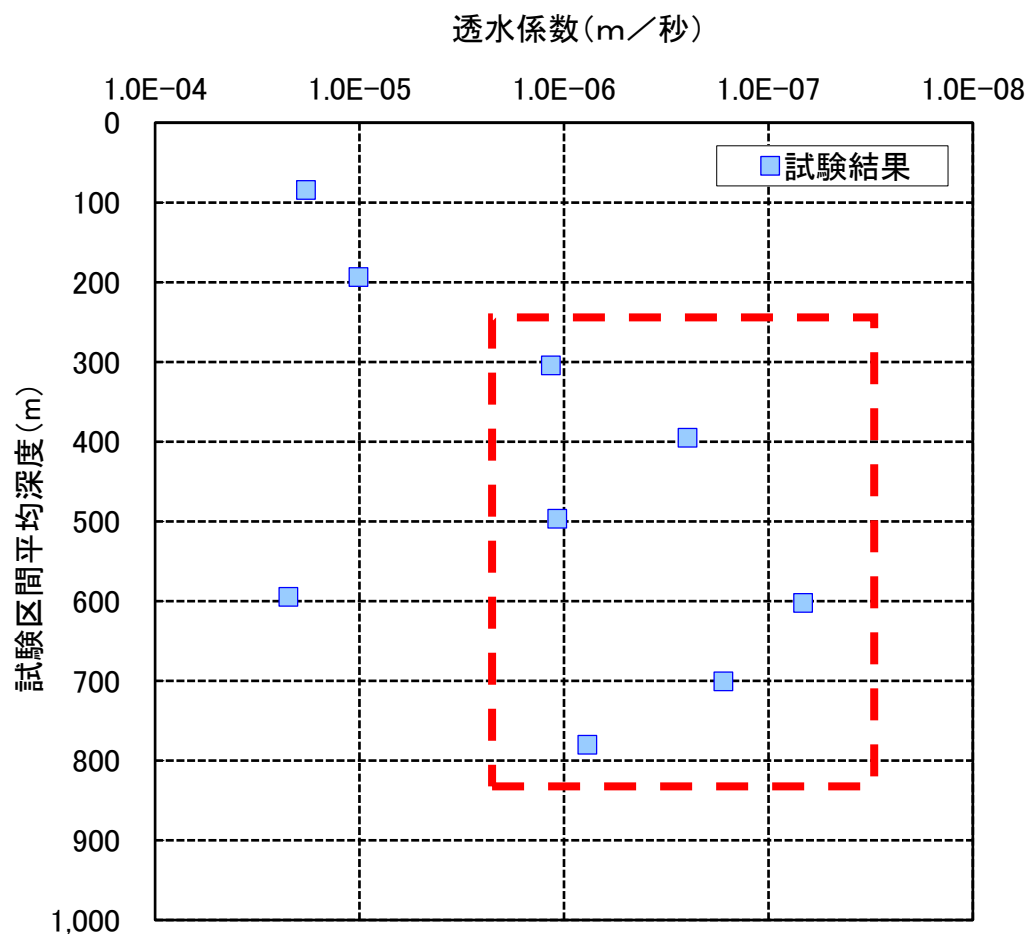


図 20 湧水圧試験深度と透水係数の関係

- ・湧水圧試験の結果をもとに、頁岩、砂岩頁岩互層の新鮮岩の透水係数の初期値を $1.0 \times 10^{-7} \text{ m/秒}$ としました。また、砂岩及び緑色岩、チャートは頁岩、砂岩頁岩互層の2倍とし、ゆるみ部は新鮮岩の10倍、風化部及び断層、割れ目集中帯は新鮮岩の20倍としました。

表 9 透水係数の初期値

×20 倍

×10 倍

単位：m/秒

地盤区分		風化部	ゆるみ部	新鮮岩	
四万十帯	砂岩	4.0×10^{-6}	2.0×10^{-6}	2.0×10^{-7}	$\times 2$ 倍
	頁岩、砂岩頁岩互層	2.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-7}	
	緑色岩、チャート	4.0×10^{-6}	2.0×10^{-6}	2.0×10^{-7}	$\times 20$ 倍
断層		2.0×10^{-6}			
割れ目集中帯					

※黄色箇所：湧水圧試験結果をもとに初期値を設定した項目

- ・最終的にモデルへ入力する透水係数の値は、河川流量の実測値と予測値との再現性の検証において、前述した初期値を段階的に変更し、最も再現性が良かった組み合わせから設定しました。

表 10 透水係数の最終値（入力値）

単位：m/秒

地盤区分		風化部	ゆるみ部	新鮮岩
四万十帯	砂岩	4.0×10^{-7}	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-8}
	頁岩、砂岩頁岩互層	2.0×10^{-7}	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-8}
	緑色岩、チャート	4.0×10^{-7}	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-8}
断層		1.2×10^{-6}		
割れ目集中帯		7.0×10^{-7}		

○有効間隙率

- ・有効間隙率試験は、静岡県内での斜めボーリング箇所2箇所と山梨県内での鉛直ボーリング箇所1箇所の計3箇所において、それぞれ複数の深度で実施しました。有効間隙率試験により求められた有効間隙率は、浅層の風化部を除いて、0.3～2.3%の範囲に分布しており、大半が1%未満となっています（図 21 の赤枠内）。

表 1 1 有効間隙率試験結果

調査地点	掘削長 (m)	試験深度 (GL -m)	有効間隙率 (%)	地質名	地層名
①山梨県早川町 (新倉付近)	837	238.40 ～ 240.00	0.70	砂岩	四万十帯 瀬戸川層群
		272.00 ～ 273.00	2.30	粘板岩	
		438.00 ～ 440.50	1.30	緑色岩	
		522.00 ～ 523.00	0.30	粘板岩	
		568.30 ～ 568.90	0.50	緑色岩	
		649.50 ～ 650.80	0.60	緑色岩	
		738.70 ～ 739.90	0.60	粘板岩	
		756.10 ～ 758.80	0.40	粘板岩	
		796.10 ～ 797.60	0.80	粘板岩	
		828.10 ～ 828.70	0.50	粘板岩	
②静岡市葵区 (燕沢付近)	1,200	197.70 ～ 198.80	0.80	砂岩粘板岩互層	四万十帯 白根層群、 寸又川層群
		205.10 ～ 206.30	0.30	砂岩	
		396.00 ～ 398.90	0.30	砂岩	
		414.20 ～ 416.70	0.50	砂岩粘板岩互層	
		525.40 ～ 563.80	0.40	砂岩	
		560.30 ～ 562.20	0.60	粘板岩	
		750.10 ～ 759.90	0.70	砂岩	
		753.10 ～ 757.60	0.60	粘板岩	
		1035.4 ～ 1039.1	0.30	砂岩粘板岩互層	
		1090.1 ～ 1091.0	0.70	砂岩	
		1152.1 ～ 1152.6	0.80	砂岩粘板岩互層	
		1190.0 ～ 1190.7	0.70	粘板岩	
③静岡市葵区 (東俣付近)	900	85.20 ～ 87.00	0.50	砂質粘板岩	四万十帯 白根層群
		195.80 ～ 200.90	0.40	砂岩	
		270.30 ～ 274.90	0.50	砂質粘板岩	
		294.30 ～ 299.10	0.30	砂岩	
		360.00 ～ 360.90	0.70	砂質粘板岩	
		369.00 ～ 369.90	0.50	砂質粘板岩	
		457.60 ～ 463.00	0.70	砂質粘板岩	
		661.30 ～ 664.00	0.90	砂質粘板岩	
		716.00 ～ 716.90	0.70	砂岩粘板岩互層	
		808.00 ～ 808.60	0.60	砂岩粘板岩互層	

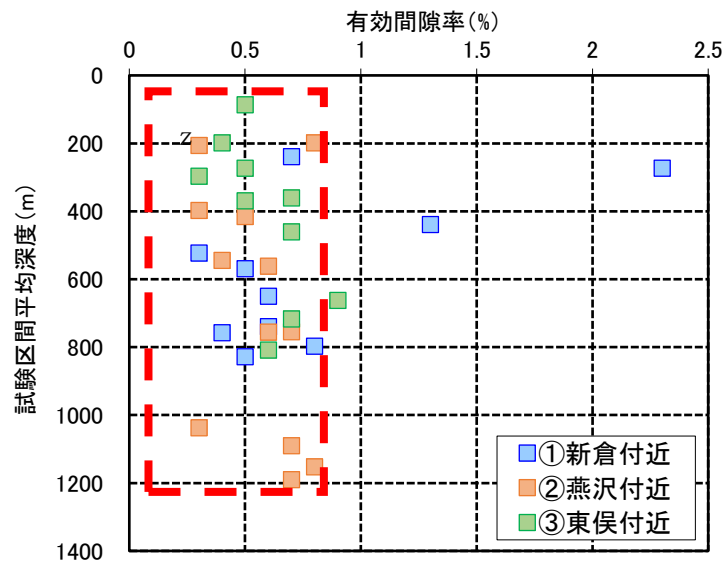


図 2 1 有効間隙率試験深度と有効間隙率の関係

- ・有効間隙率試験の結果をもとに、各岩種の新鮮岩の有効間隙率の初期値を1%としました。また、ゆるみ部は新鮮岩の2倍、風化部は新鮮岩の4倍、断層・割れ目集中帯は10倍としました。

表 1 2 有効間隙率の初期値

地盤区分		風化部	ゆるみ部	新鮮岩
四万十帯	砂岩	4.0	2.0	1.0
	頁岩、砂岩頁岩互層	4.0	2.0	1.0
	緑色岩、チャート	4.0	2.0	1.0
断層、割れ目集中帯		10.0		

※黄色箇所：有効間隙率試験結果をもとに初期値を設定した項目

- ・最終的にモデルへ入力する有効間隙率の値は、河川流量の実測値と予測値との再現性の検証において、前述した初期値を段階的に変更し、最も再現性が良かった組み合わせから設定しました。

表 1 3 有効間隙率の最終値（入力値）

地盤区分		風化部	ゆるみ部	新鮮岩
四万十帯	砂岩	4.0	2.0	1.0
	頁岩、砂岩頁岩互層	4.0	2.0	1.0
	緑色岩、チャート	4.0	2.0	1.0
断層		10.0		
割れ目集中帯		6.0		

⑤気象条件

○降水量

- ・木賊観測所（標高：1, 175 m）の観測データ（1997～2012年）から日別に平均した値を作成しました。
- ・メッシュ平年値¹⁵に基づいて、木賊観測所が位置するメッシュとその他の各メッシュの降水量比を算出しました。
- ・各メッシュの降水量は、木賊観測所の日別平均値に各メッシュの降水量比を乗じて、推定しました。

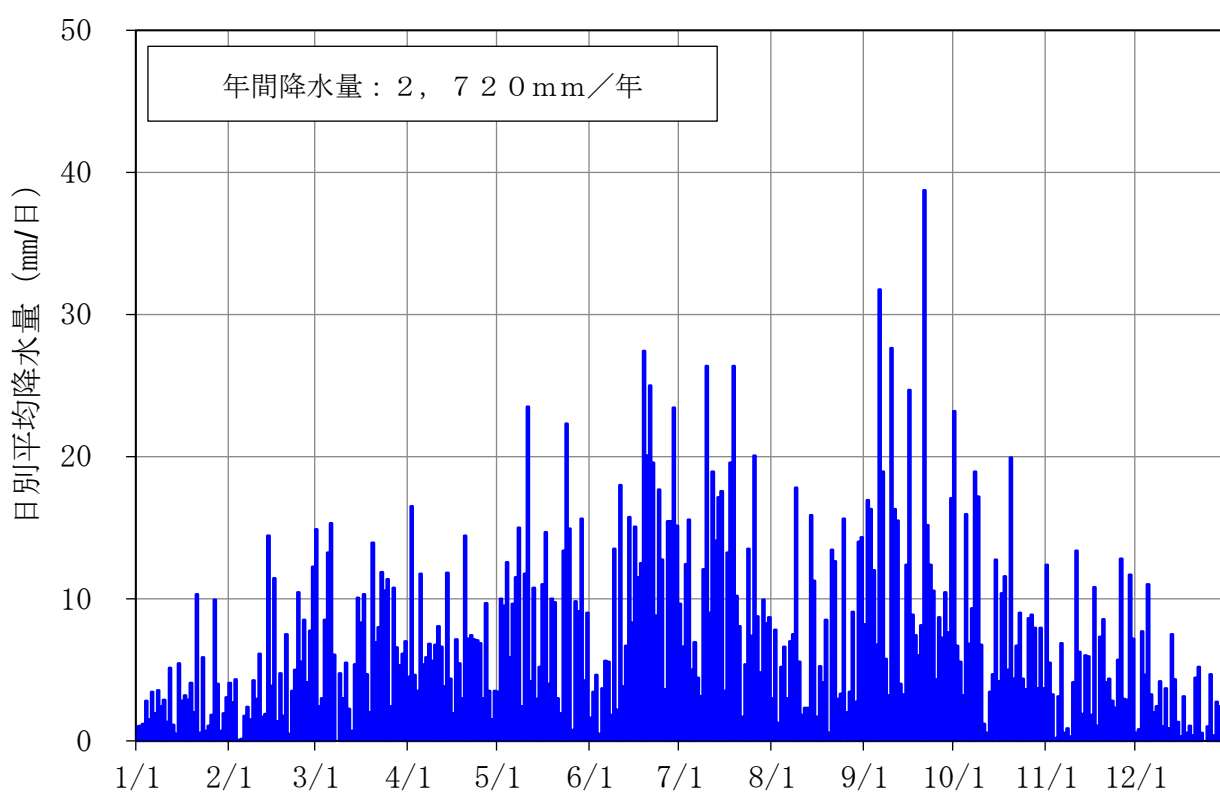


図 2 2 木賊観測所 日別平均降水量実測値（1997～2012年）

¹⁵ メッシュ平年値：気象庁の1 kmメッシュ降水量。気象台やアメダス観測所の無いところの平年値（30年間（1981～2010年）の観測値の平均）を地形等の影響を考慮して推定したもの。

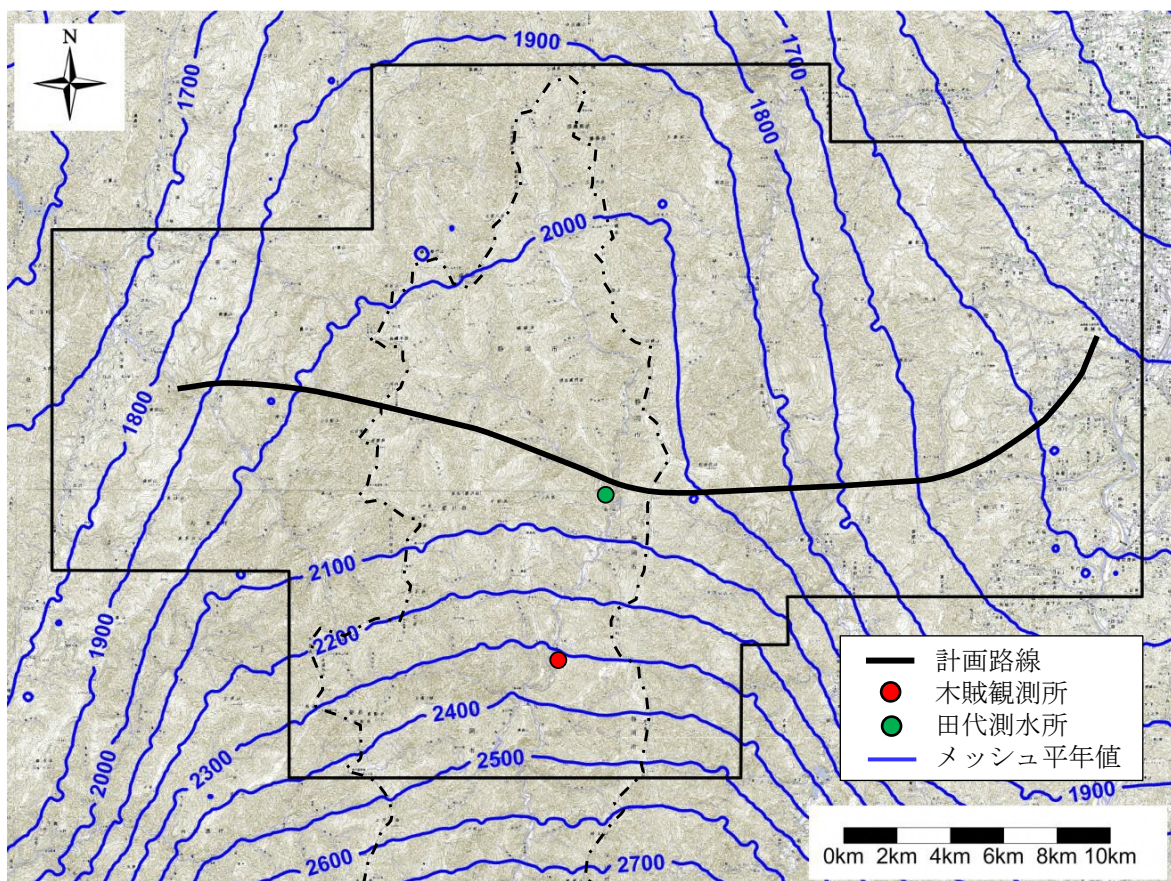


図 2 3 降水量メッシュ平年値分布図

- ・モデル入力データの作成段階での検証として、推定した各メッシュの降水量を用いて、大井川上流域（田代測水所よりも上流の流域）の年間総降水量（計算値）を年別（1997～2010年）に算出し、田代測水所での年間総流量（実測値）と比較しました。その結果、年間総降水量（計算値）が年間総流量（実測値）よりも少ない結果となりました。
- ・この結果から、大井川上流域の各メッシュの降水量の設定は過小な推定であると考えられたため、年間総流量（実測値）と合うように各メッシュの降水量を補正する（大きくする）こととしました。
- ・最終的にモデルへ入力する各メッシュの降水量は、降水量＝流量＋蒸発散量＋地下浸透量であることから、地下浸透量相当分も考慮すると、大井川上流域（田代測水所よりも上流の流域）で、計算上約4,200mmの降水量と推測しました。

○蒸発散量

- ・気象庁井川観測所（標高：770m）の気温観測データ（1997～2012年）から日別に平均した気温データを作成しました。
- ・各メッシュの気温は、気温上昇率（ $0.54^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ）を用いて、井川観測所の日別平均値を補正し、標高区分別（500mごと）の推定気温データを作成しました。
- ・標高区分別の推定気温データを用いてソーンスウェイト法¹⁶により、標高区分別（500mごと）の月平均蒸発散量を算出しました。
- ・各メッシュの標高から、該当する標高区分別の蒸発散量を入力しました。

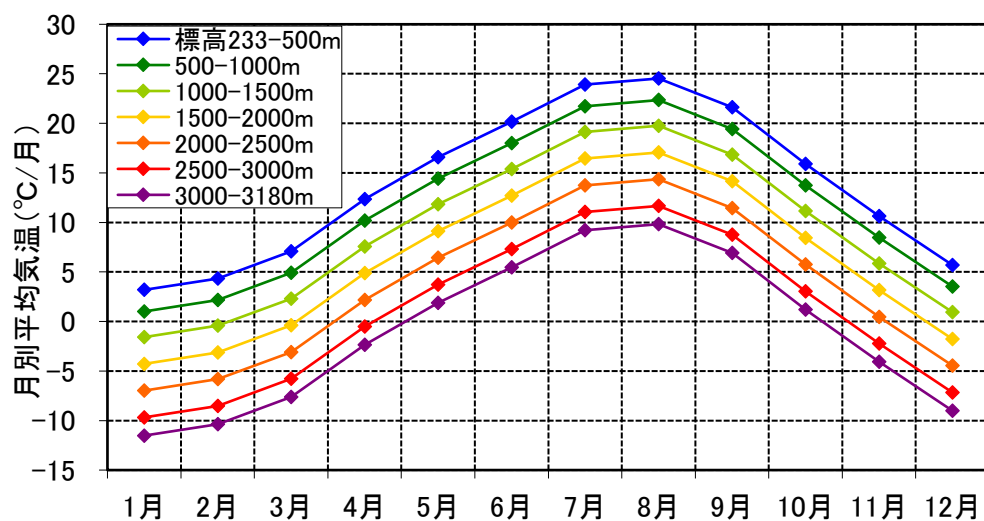


図 24 標高区分ごとの月別気温計算値

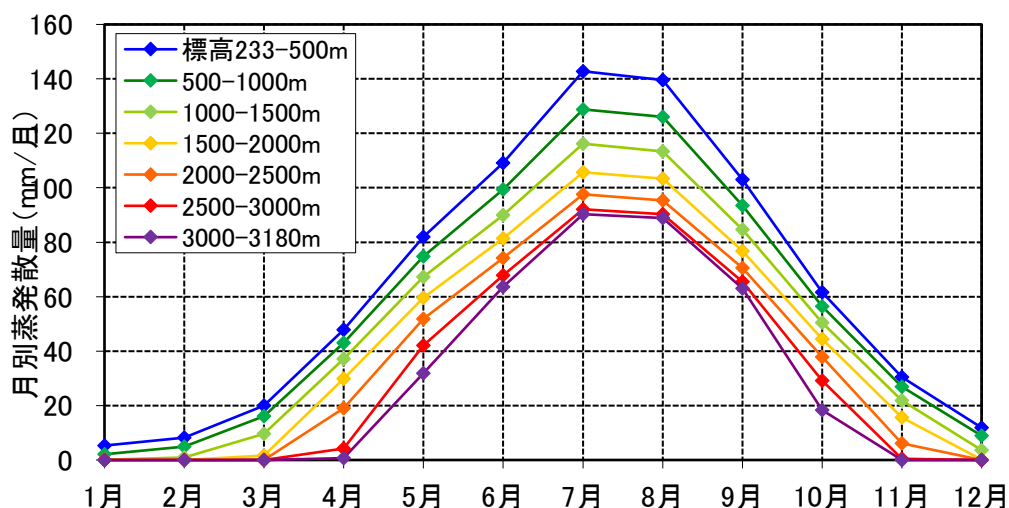


図 25 標高区分ごとの月別蒸発散量計算値

¹⁶ ソーンスウェイト法：『丈の低い緑草で密に覆われた地表面から、水不足の起こらないように給水した場合に失われる蒸発散量』と定義された最大可能蒸発散量を算出する方法

○取水条件

- ・大井川上流域には電力会社の取水堰¹⁷があるため、各取水堰で取水・放水を考慮しています。
- ・東俣堰堤、西俣堰堤、田代ダム、木賊堰堤、滝見堰堤、奥西河内堰堤^{おくにしごうち}の取水実績データ（１９９７～２０１２年）から日別に平均した値を作成し、各取水地点で取水するよう与えました。
- ・トンネルがある場合の予測では、河川維持流量を下回らないよう取水量を与えました。
- ・なお、モデル検証では実績データ（１９９７～２０１２年）を用いました。

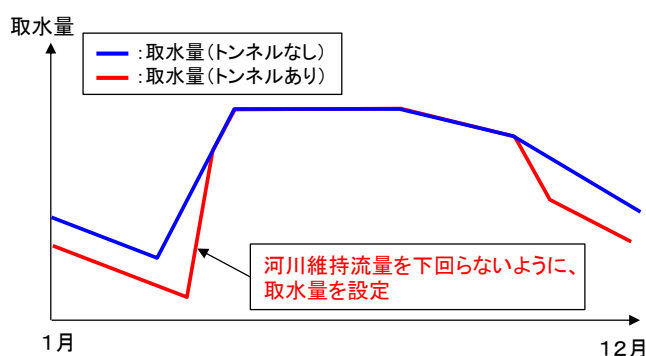


図 26 取水量の設定（イメージ）

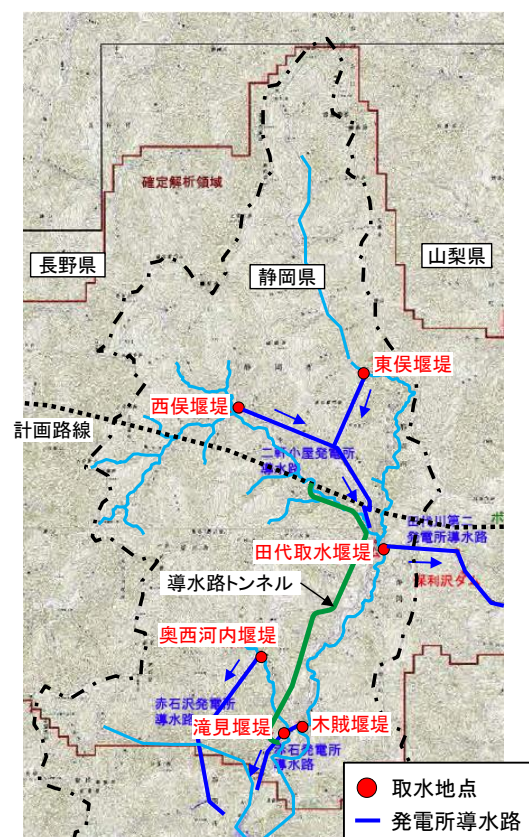


図 27 既設導水路トンネル・取水地点

¹⁷ 取水堰：取水を目的として、川水を堰上げるため河川を横断してつくられる工作物。

表 1 4 取水堰と河川維持流量

発電所	取水堰	河川維持流量 (m ³ /秒)
二軒小屋	東俣堰堤	0. 1 1
	西俣堰堤	0. 1 2
田代第二	田代ダム	0. 4 3 ~ 1. 4 9
赤石	木賊堰堤	0. 3 7
	滝見堰堤	0. 0 7
赤石沢	奥西河内堰堤	0. 0 5

(2) 静岡市モデル

1) モデルの概要

- ・解析の概要及びモデルの概念図を表 1 5 及び図 2 8 にお示しします。

表 1 5 静岡市が実施した水収支解析の概要

解析手法	統合型水循環解析モデルGETFLOWS (ゲットフローズ)
解析の 特徴	降水から地下への浸透、地表面流動、河川への流出を一連のシステムとして一体的に捉え解析するものである。具体的には、流域の地表・地下を三次元で分割し、地表水と地下水の流れを統一的な数学モデルの下で連成して解いている。
解析事例	・秦野市の水資源管理のための水循環モデル作成および情報公開化支援 (2018年2月) ・東京の水循環を描き出す武蔵野台地モデル (2018年7月) ・九州北部豪雨災害へのGETFLOWSによるアプローチ その1 斜面表層崩壊 (2018年9月) ・九州北部豪雨災害へのGETFLOWSによるアプローチ その2 小野地地区地すべり (2018年9月)

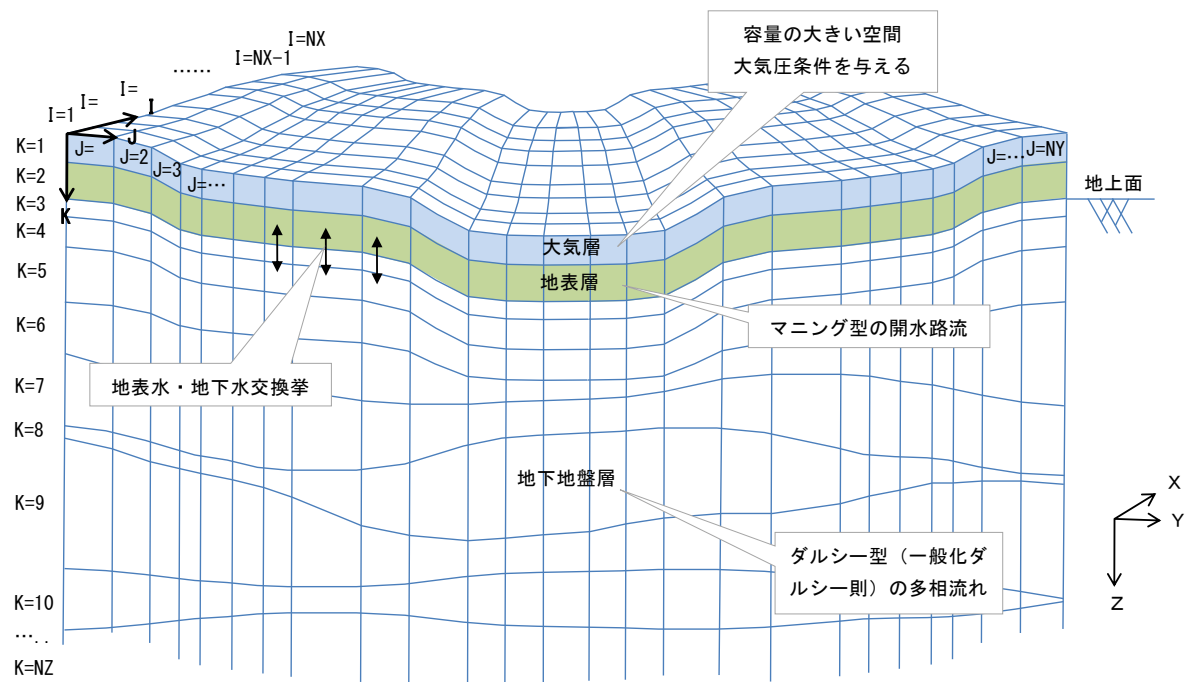


図 28 静岡市モデル 概念図

出典：静岡市提供資料「平成 26 年度環総委第 6 号静岡市南アルプス地域水循環モデル構築業務報告書」
及び静岡市による解析の受託者である株式会社地圏環境テクノロジーHPをもとに記載

2) 解析の流れ

- ・ 解析の流れを図 29 にお示しします。

※①～⑥の各項目については、次ページに詳細をお示しします。

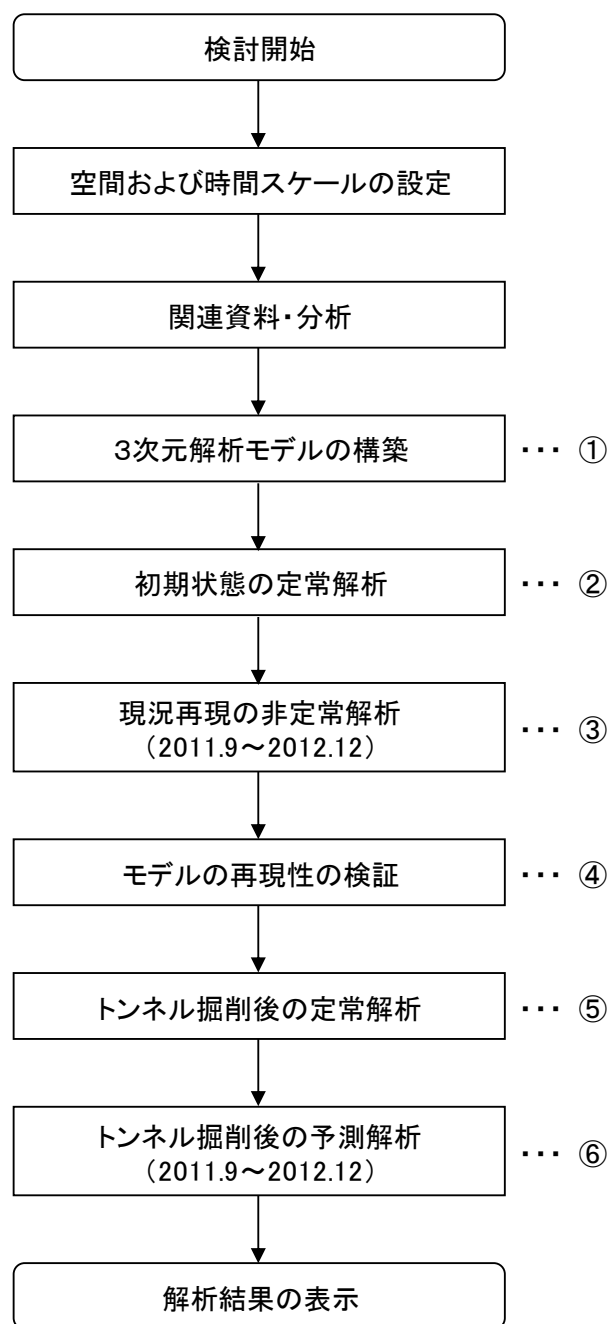


図 29 静岡市モデル 解析の流れ ※静岡市による解析作業

出典：静岡市提供資料「平成 26 年度環総委第 6 号静岡市南アルプス地域水循環モデル構築業務報告書」及び静岡市による解析の受託者である株式会社地圏環境テクノロジーへのヒアリングをもとに作成

①3次元解析モデルの構築

- ・地形、地質、気象、ダムなどに関する情報を収集・整理し、3次元解析モデルを構築します。

【現況再現解析】

②初期状態の定常解析

- ・現況の平均的な地下水分布を再現するため、平均の日降水量を継続的に与え続けて平衡場（安定状態）を作成しています。なお、平均の日降水量は、気象庁が提供する国土数値情報平年値メッシュデータ（降水量）のうち1981～2010年までの平年値を使用しています。

③現況再現の非定常解析

- ・定常解析に続いて、2011.9～2012.12の間の日別のレーダー・アメダス解析雨量による実績降水量びダムの実績取水量等を入力し、非定常解析を実施し、現況再現状況を作成しています。

④モデルの再現性の検証

- ・現況再現結果に対して、赤石ダムや畑薙第一ダムにおいて解析流量と観測流量との比較等を行い、モデルの再現性を確認し、現況モデル（トンネル掘削前のモデル）を作成しています。

【予測解析】

⑤トンネル掘削後の定常解析

- ・トンネル掘削の影響を把握するため、トンネル掘削前のモデルにトンネルを格子の一つとして組み込み、トンネル掘削後のモデルを作成して、②と同様の解析を行い平衡場（安定状態）を作成しています。

⑥トンネル掘削後の予測解析

- ・トンネル掘削後の定常解析に続いて、③と同様の条件（気象条件、取水条件）を入力して実施しています。
- ・解析期間は、工事による環境変化をより端的に予測するため、降水量の比較的小さい2012年としています。ただし、助走解析として、2011年9月以降から解析を行っており、2011年10月以降は解析結果として取り扱っています。

（３）各種条件設定表（ＪＲ東海モデル及び静岡市モデル）

- ・ ＪＲ東海と静岡市における解析上の各種条件設定をお示しします。
- ・ 左側にＪＲ東海、右側に静岡市の条件を記載しています。

<

JR 東海モデル

2) 地質構造

以下のとおり設定しています。

図 3 2 及び図 3 3 に示すとおり、

- ・断層部において、通常、不透水層の存在や地層の硬軟が繰り返し出現し、その性状（透水係数等）はばらつきを示すことが考えられますが、解析上においては、断層部が存在すると考えられるブロックは一括りに大きな透水係数を設定
- ・トンネル構造物としての吹き付けコンクリート、防水シート、覆工コンクリート等がない状態と仮定

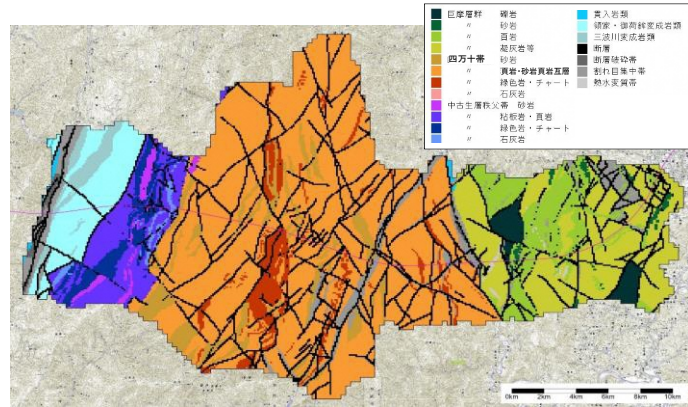


図 3 3 JR 東海モデル 地質平面図

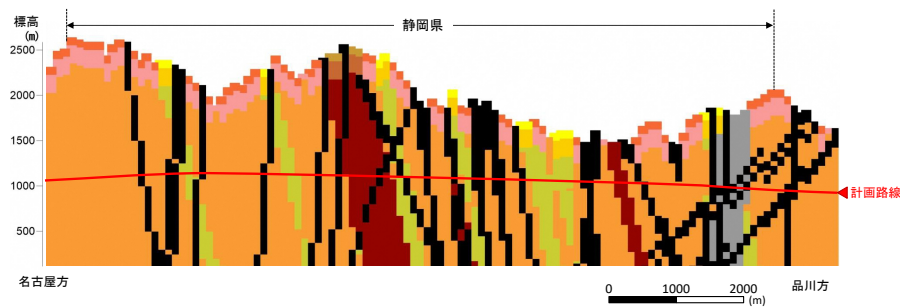


図 3 2 JR 東海モデル 地質断面図(静岡県付近)

静岡市モデル

以下のとおり設定しています。

- ・図 3 4 及び図 3 5 に示すとおり、断層部は、山梨県境付近の断層帯及びその他のいくつかの断層を「主要な断層」(図 3 4 の緑色)、それ以外を「重要でない断層」(図 3 4 の黄緑色)に区分
- ・断層を解析モデルに組み込むにあたっては、「主要な断層」については、平面格子を沿わせ推定した破碎幅を反映して平面格子を作成。「重要でない断層」については、「主要な断層」のように破碎幅等を考慮して平面格子を作成することはせず、透水係数等の水理物性を修正することで対応
- ・図 3 5 に示すとおり、透水係数は「主要な断層」では 1×10^{-5} (m/秒)、「重要でない断層」については、周辺地山の 2 倍で設定。なお、トンネル直上の「主要な断層」の設定幅は、約 20 m ～ 250 m としている

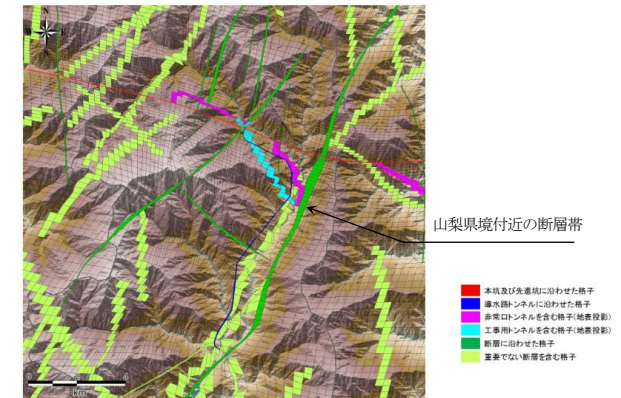


図 3 4 静岡市モデル 地質平面図(トンネル付近)

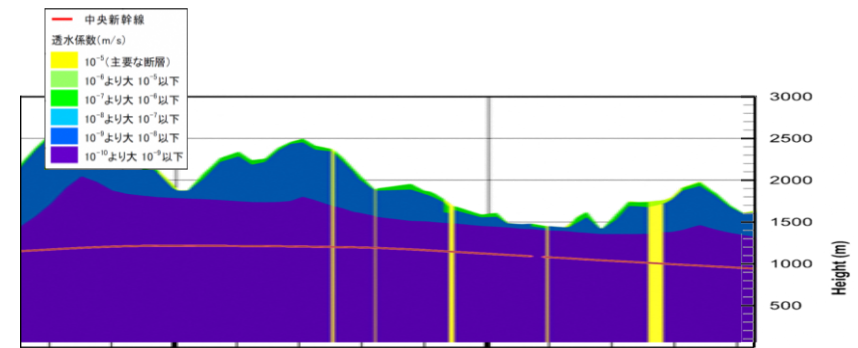


図 3 5 静岡市モデル 地質断面図(静岡県付近)

出典：静岡市提供資料「平成 28 年度環境創委第 19 号 静岡市南アルプス地域水循環モデル構築業務成果報告書」及び静岡市による解析の受託者である株式会社地圏環境テクノロジーへのヒアリングをもとに作成

	JR 東海モデル	静岡市モデル																																																																		
3) 水理定数	【透水係数】 以下のとおり設定しています。 表 16 に示すとおり、 - 断層部が存在すると考えられるブロックは一括りに大きな透水係数を設定 - 湧水圧試験の結果をもとに、頁岩、砂岩頁岩互層の新鮮岩を基準に初期値を設定 - 最終的にモデルへ入力する値は、河川流量の実測値と予測値との再現性の検証において、初期値を段階的に変更し、最も再現性の良かった組合せから設定 表 16 JR東海モデル 透水係数 単位：m/秒 <table><tr><th colspan="2">地盤区分</th><th>風化部</th><th>ゆるみ部</th><th>新鮮岩</th></tr><tr><td rowspan="3">四万十帯</td><td>砂岩</td><td>4.0×10^{-7}</td><td>2.0×10^{-7}</td><td>2.0×10^{-8}</td></tr><tr><td>頁岩、砂岩頁岩互層</td><td>2.0×10^{-7}</td><td>1.0×10^{-7}</td><td>1.0×10^{-8}</td></tr><tr><td>緑色岩、チャート</td><td>4.0×10^{-7}</td><td>2.0×10^{-7}</td><td>2.0×10^{-8}</td></tr><tr><td colspan="2">断層</td><td colspan="3">1.2×10^{-6}</td></tr><tr><td colspan="2">割れ目集中帯</td><td colspan="3">7.0×10^{-7}</td></tr></table>	地盤区分		風化部	ゆるみ部	新鮮岩	四万十帯	砂岩	4.0×10^{-7}	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-8}	頁岩、砂岩頁岩互層	2.0×10^{-7}	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-8}	緑色岩、チャート	4.0×10^{-7}	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-8}	断層		1.2×10^{-6}			割れ目集中帯		7.0×10^{-7}			【透水係数、有効間隙率】 以下のとおり設定しています。 表 17 に示すとおり、 「主要な断層」は $k = 1.0 \times 10^{-5}$ m/秒で設定 「重要でない断層」は、地山の2倍で設定。有効間隙率は周辺地山と同じ - 初期パラメータを適用して計算したところ、検証地点で計算値と観測値との間に良好な同定結果が得られたので、初期パラメータを最終同定値とした 表 17 静岡市モデル 透水係数及び有効間隙率 <table><tr><th colspan="2">地層区分</th><th>透水係数(m/秒)</th><th>有効間隙率(%)</th></tr><tr><td rowspan="2">表土層</td><td>H</td><td>1×10^{-3}</td><td rowspan="2">40</td></tr><tr><td>V</td><td>1×10^{-4}</td></tr><tr><td colspan="2">沖積層</td><td>1×10^{-4}</td><td>30</td></tr><tr><td colspan="2">地すべり</td><td>1×10^{-5}</td><td>20</td></tr><tr><td rowspan="4">水理基盤 岩類</td><td>風化緩み部（区分Ⅰ）</td><td>$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-6}$</td><td>10</td></tr><tr><td>風化緩み部（区分Ⅱ）</td><td>$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-8}$</td><td>5～10</td></tr><tr><td>風化緩み部（区分Ⅲ）</td><td>$1 \times 10^{-7} \sim 10^{-8}$</td><td>2～5</td></tr><tr><td>新鮮岩</td><td>1×10^{-9}</td><td>1</td></tr><tr><td rowspan="2">断層</td><td>主要な断層</td><td>1×10^{-5}</td><td>10</td></tr><tr><td>重要でない断層</td><td>周辺地山の2倍</td><td>周辺地山と同じ</td></tr></table>	地層区分		透水係数(m/秒)	有効間隙率(%)	表土層	H	1×10^{-3}	40	V	1×10^{-4}	沖積層		1×10^{-4}	30	地すべり		1×10^{-5}	20	水理基盤 岩類	風化緩み部（区分Ⅰ）	$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-6}$	10	風化緩み部（区分Ⅱ）	$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-8}$	5～10	風化緩み部（区分Ⅲ）	$1 \times 10^{-7} \sim 10^{-8}$	2～5	新鮮岩	1×10^{-9}	1	断層	主要な断層	1×10^{-5}	10	重要でない断層	周辺地山の2倍	周辺地山と同じ
地盤区分		風化部	ゆるみ部	新鮮岩																																																																
四万十帯	砂岩	4.0×10^{-7}	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-8}																																																																
	頁岩、砂岩頁岩互層	2.0×10^{-7}	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-8}																																																																
	緑色岩、チャート	4.0×10^{-7}	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-8}																																																																
断層		1.2×10^{-6}																																																																		
割れ目集中帯		7.0×10^{-7}																																																																		
地層区分		透水係数(m/秒)	有効間隙率(%)																																																																	
表土層	H	1×10^{-3}	40																																																																	
	V	1×10^{-4}																																																																		
沖積層		1×10^{-4}	30																																																																	
地すべり		1×10^{-5}	20																																																																	
水理基盤 岩類	風化緩み部（区分Ⅰ）	$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-6}$	10																																																																	
	風化緩み部（区分Ⅱ）	$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-8}$	5～10																																																																	
	風化緩み部（区分Ⅲ）	$1 \times 10^{-7} \sim 10^{-8}$	2～5																																																																	
	新鮮岩	1×10^{-9}	1																																																																	
断層	主要な断層	1×10^{-5}	10																																																																	
	重要でない断層	周辺地山の2倍	周辺地山と同じ																																																																	

	JR 東海モデル	静岡市モデル
4) 気象条件	【降水量】 以下のとおり設定しています。 ・木賊（とくさ）観測所（標高：1, 175m）の観測データ（1997～2012 年）から日別に平均した値を作成 ・メッシュ平年値に基づいて、木賊観測所が位置するメッシュとその他の各メッシュの降水量比を算出 ・各メッシュの降水量は、木賊観測所の日別平均値に各メッシュの降水量比を乗じて推定 ・モデル入力データの作成段階での検証において、各メッシュの降水量の設定は過小な推定であると考えられたため、年間総流量（実測値）とあうように各メッシュの降水量を補正する（大きくする）こととした。最終的にモデルへ入力する各メッシュの降水量は、大井川上流域（田代測水所よりも上流の流域）で、計算上約4, 200mmの降水量と推測 【蒸発散量】 以下のとおり設定しています。 ・気象庁井川観測所（標高：770m）の気温観測データ（1997～2012年）から日別に平均した気温データを作成 ・各メッシュの気温は、気温上昇率（0.54℃/100m）を用いて、井川観測所の日別平均値を補正し、標高区分別（500mごと）の推定気温データを作成 ・標高区分別の推定気温データを用いてゾンスウェイト法により、標高区分（500mごと）の月平均蒸発散量を算出 ・各メッシュの標高から、該当する標高区分別の蒸発散量を入力 ゾンスウェイト法：『丈の低い緑草で密に覆われた地表面から、水不足の起こらないように給水した場合に失われる蒸発散量』と定義された最大可能蒸発散量を算出する方法	【降水量】 以下のとおり設定しています。 （初期状態の定常解析）※静岡市による解析作業 ・現況の平均的な地下水分布を再現するため、平均の日降水量を継続的に与え続けて平衡場（安定状態）を作成しています。なお、平均の日降水量は、気象庁が提供する国土数値情報平年値メッシュデータ（降水量）のうち1981～2010年までの平年値を使用しています。 （現況再現の非定常解析及びトンネル掘削後の予測解析）※静岡市による解析作業 ・定常解析に続いて、2011. 9～2012. 12の間の日別のレーダー・アメダス解析雨量による実績降水量及びダムの実績取水量等を入力し、非定常解析を実施し、現況再現状況を作成しています。非定常解析においては解析領域で平均すると年間約2, 500mmの降水量を入力しています。 （静岡市モデルの解析条件を一部変更して実施した静岡市モデルによる検討）※JR東海による解析作業 ・トンネル掘削に伴うトンネル湧水量や河川流量の変化及び工事期間中の県外流出湧水の影響評価等のため、JR東海により、静岡市モデルにトンネル掘削工程を反映させ、降水量の入力値を変更する等、静岡市モデルの解析条件を一部変更させて追加の検討を行いました。追加の検討においては、以下のア、イの降水量条件のもと予測解析を実施しました。 ア. 降水量の季節変動による影響を除いて工事による長い期間の変化を予測するため、気象庁が提供するメッシュ平年値データを使用して、解析期間中、各格子に平均の日降水量を継続的に与えて予測しました。田代上流付近において、年間約2, 100mmの降水量を入力しています。 イ. 降水量の季節変動による影響を考慮して予測するため、2012. 1～2012. 12の間（静岡市による解析の対象期間である2010年、2011年、2012年の内、最も降水量が少ない年）の日別レーダー・アメダス解析雨量による実績降水量を入力して予測しました。 【蒸発散量】 以下のとおり設定しています。 （以下の一連の計算を解析において自動的に算出している） ・標高により気温補正を行ったハーモン法により、可能蒸発散量を算出 ・土壌水分の飽和度を算出するとともに地表の植生等の各種条件を考慮して、実蒸発散量を算出する ハーモン法：『経験則から導かれたもので、日平均気温と緯度に応じた可照時間から可能蒸発散量を推定する手法』