５、水収支解析による検討の詳細

（１）解析モデルの考え方

１）ＪＲ東海モデル

ア．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[1]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、「イ．各種条件設定」のとおり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[2]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。

[1] 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。
[2] 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。

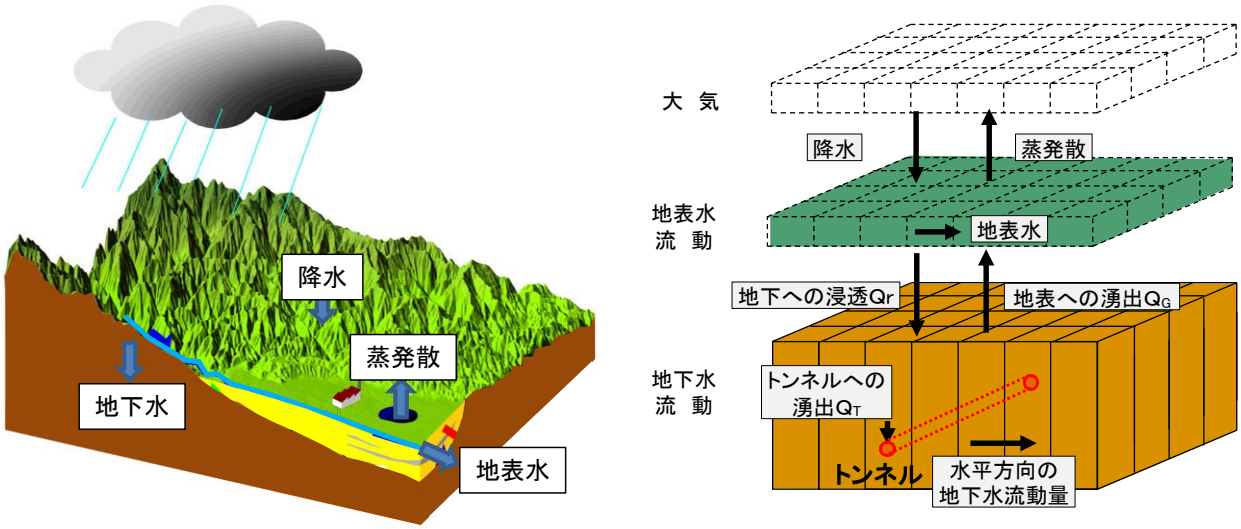


図 5－1　トンネル水収支モデル（イメージ）

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。

a) 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。

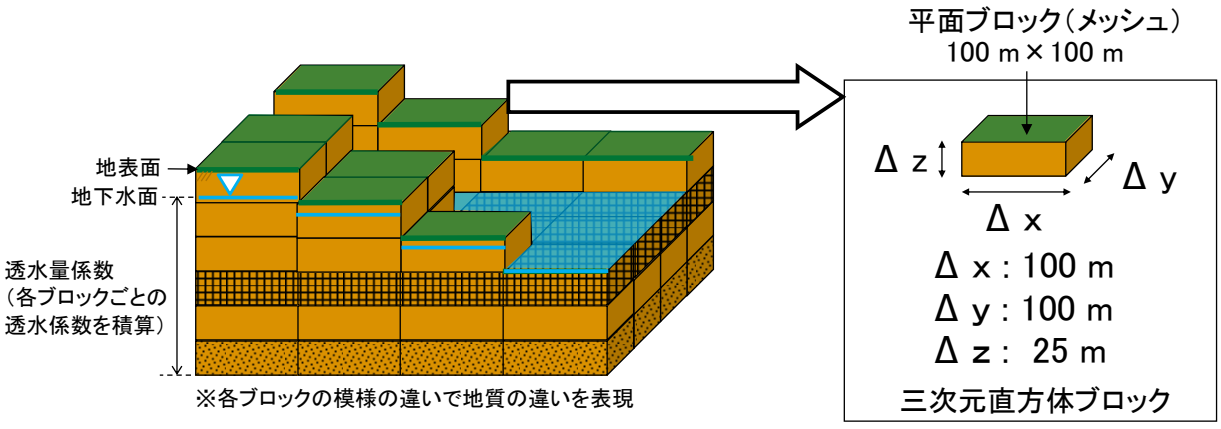


図 5－2　モデルの構造（イメージ）

b) 透水量係数

・深度方向に透水係数[3]を積算した透水量係数を算出しました。

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

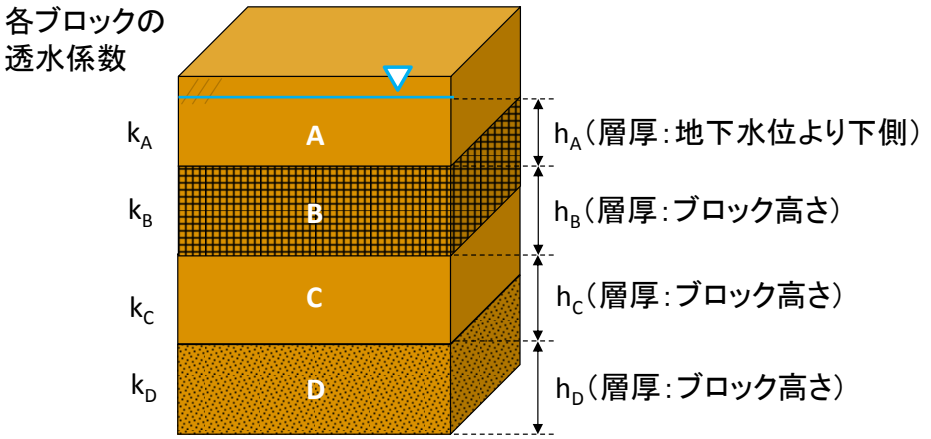


図　5－3　透水量係数の算出（イメージ）

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。

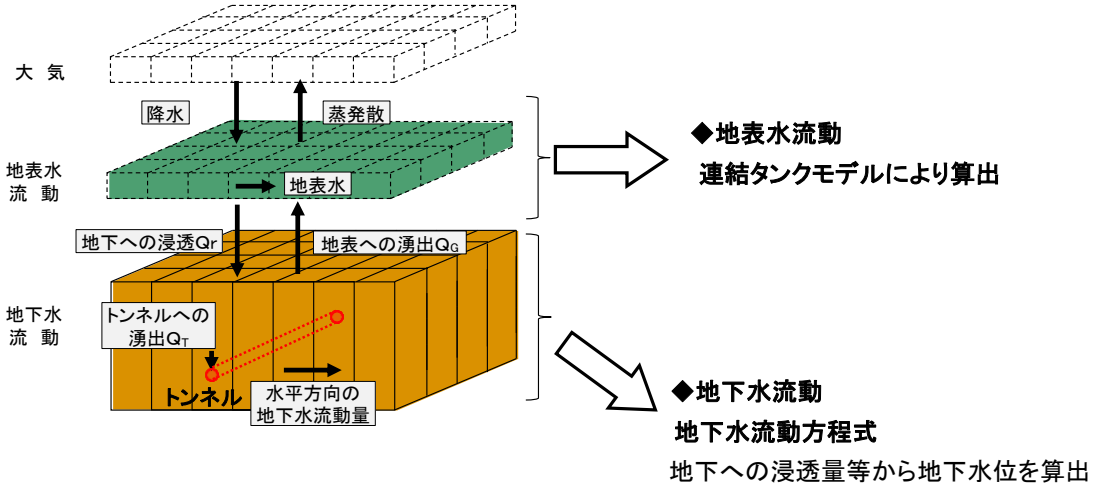


図　5－4　水循環モデル（イメージ）

[3] 透水係数：土層の中を単位時間に流れる水の流量。

a）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。

・高さと孔径は、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$\boldsymbol{Q_r}$は、地下水流動方程式へ入力しました。

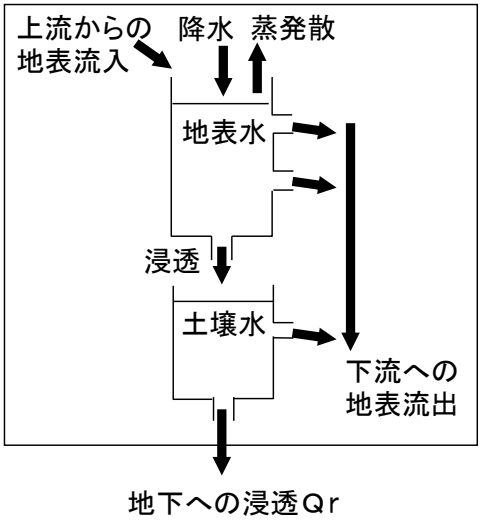


図 5-5　連結タンクモデル模式図

b）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)。

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k'\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k'\frac{\partial h}{\partial y}\right)+Qr-(Q_G+Q_T)=s\frac{\partial h}{\partial t}$$

水平方向の流動量変化　　鉛直方向の流動量変化　　地下水貯留量の変化

※別途計算

h　：地下水位（m）

t　：時間（日）

k'　：透水量係数（m^2／日）

s　：有効間隙率

Qr　：地下への浸透量（m^3／日）（１メッシュあたり）

Q_G　：地表への湧出量（m^3／日）（１メッシュあたり）

Q_T　：トンネル湧水量（m^3／日）（１メッシュあたり）

c）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（m^3／日）（１メッシュあたり）

Δh：地表面上の地下水位変化（m／日）

s：地盤の有効間隙率

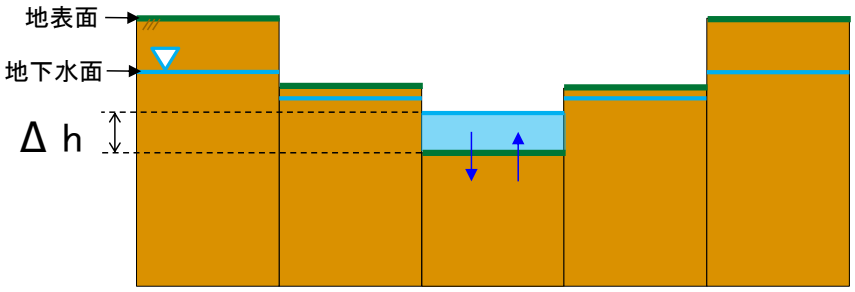


図　５－６　地表への湧出量の算出方法

③ トンネルモデル

・トンネル掘削状況（切羽[4]位置、延長、トンネル径など）を表現するモデルです。

a）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[5]）。

[4] 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。

[5] 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。

・トンネルへの湧出量$\boldsymbol{Q_T}$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（m^3／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）

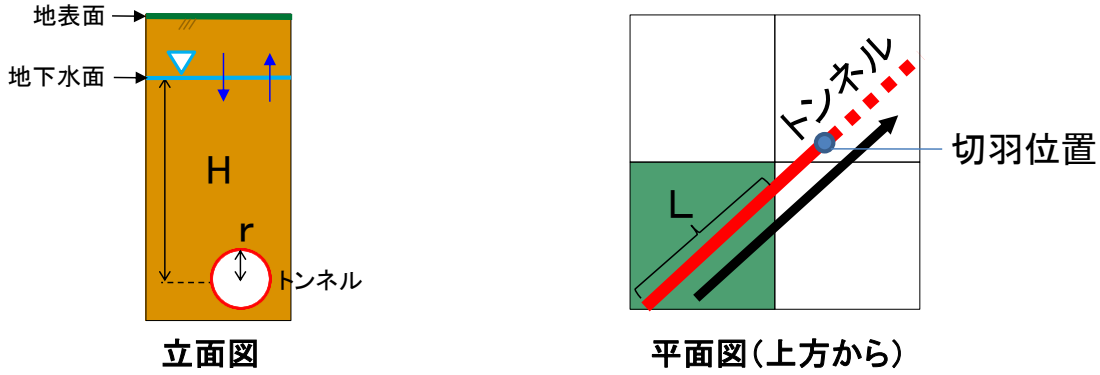


図　５－７　トンネル湧出量の算出方法

イ．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４１．１ｋｍ、南北２５．２ｋｍ
面積　５４５．４ｋｍ^2
鉛直方向 標高１００～３，２２５ｍ

【ブロック】
平面ブロック数：５４，５４０個

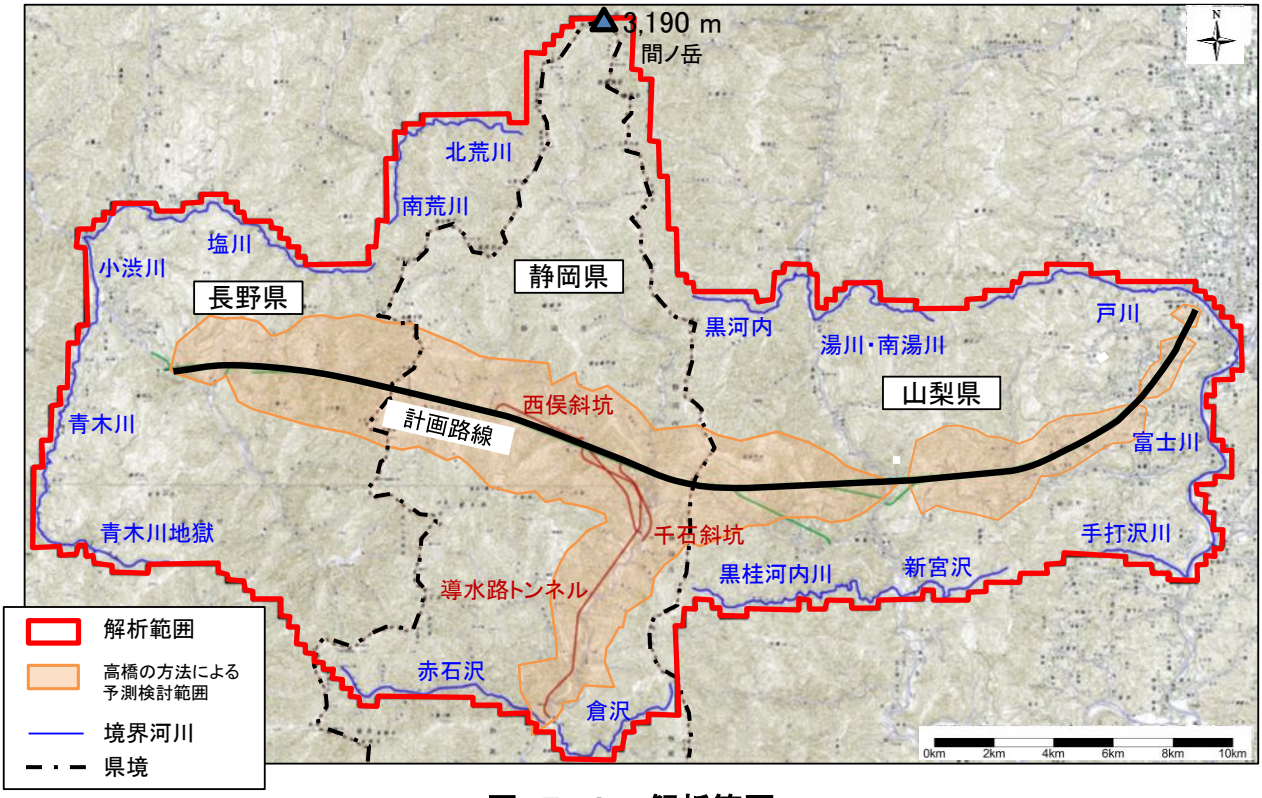


図　５－８　解析範囲

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　５－６参照）

・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

a) 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。

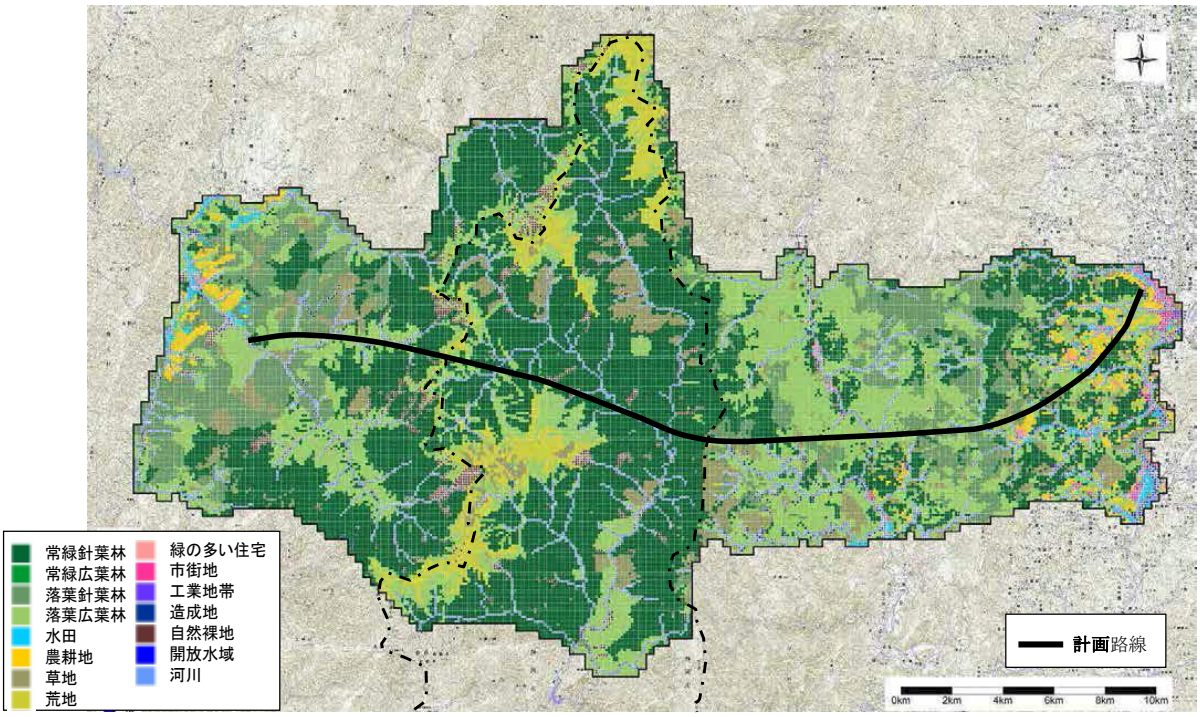


図 5－9　地表被覆区分の設定

b）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。

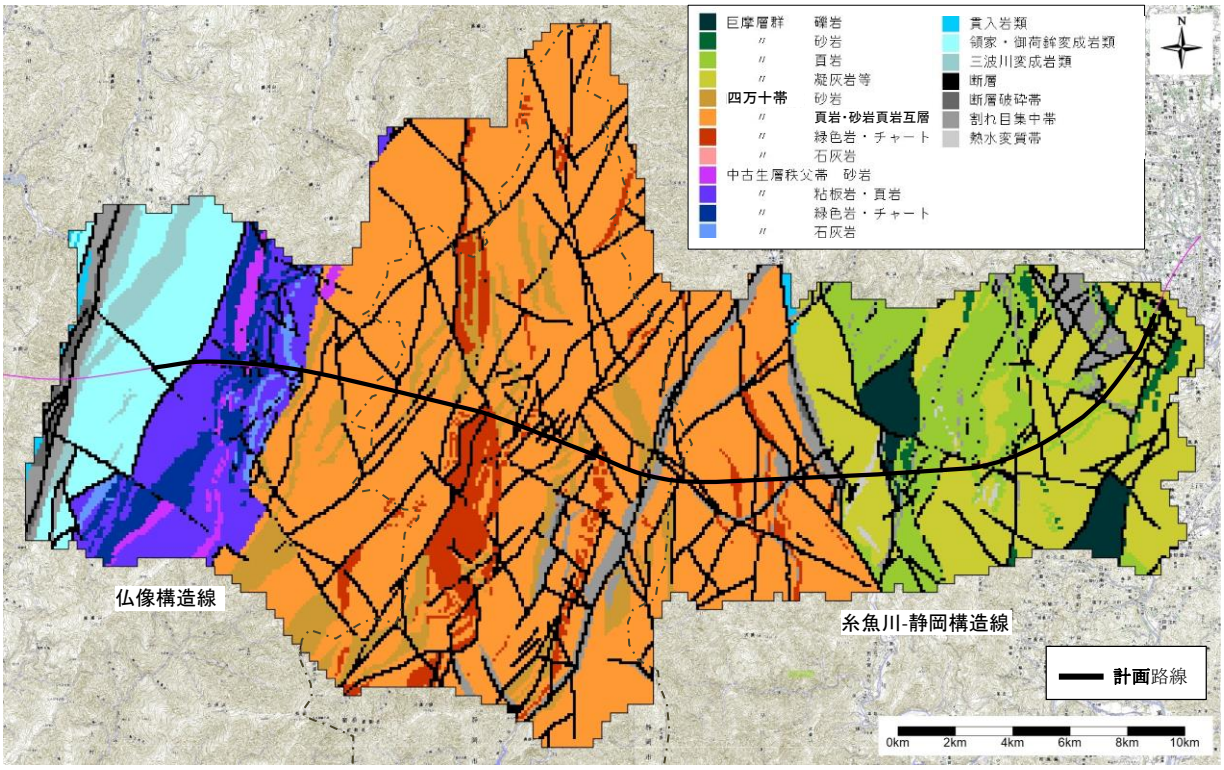


図　５－１０　地盤区分の設定

・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。

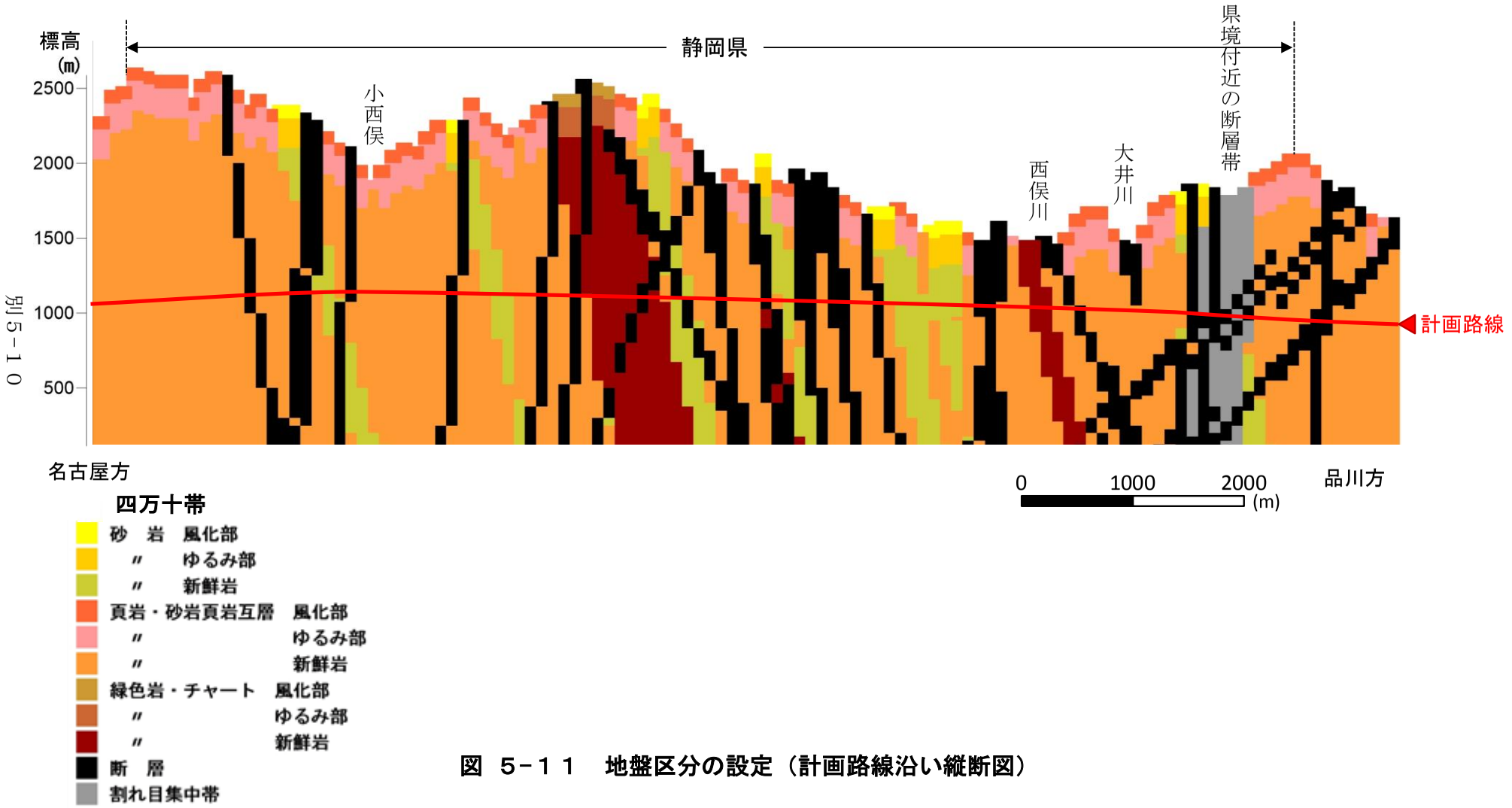


図　5－11　地盤区分の設定（計画路線沿い縦断図）

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[6]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　５－１　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（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（燕沢付近）	斜め	1,279	1,200	－	12	四万十帯白根層群、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

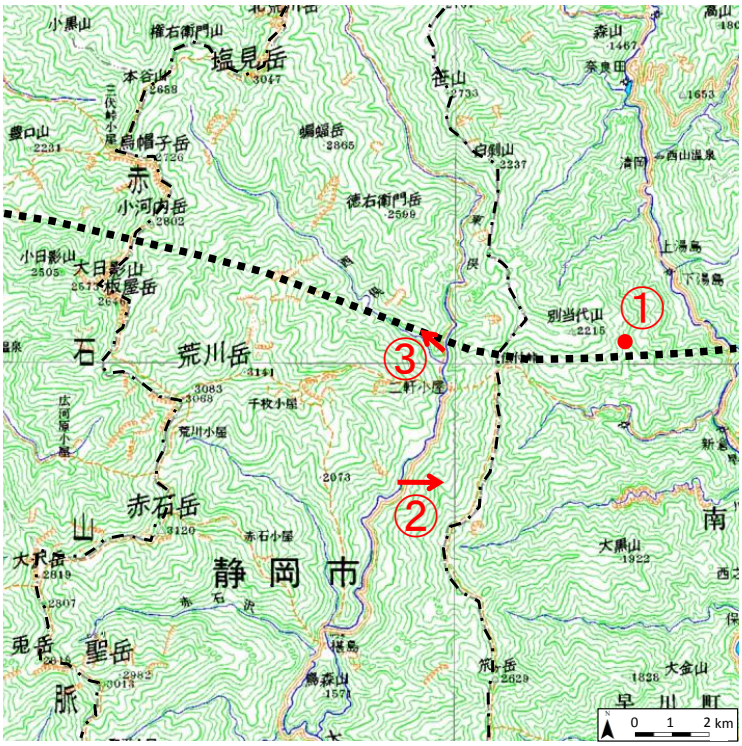


図　５－１２　ボーリング実施箇所位置図

[6] 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関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。

a）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付近で確認した破砕質な箇所を除くと、おおむね１０$^{-6}$ｍ／秒～１０$^{-7}$ｍ／秒のオーダーで分布しています（図　5-１３の赤枠内）。

表　5－2　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}	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	

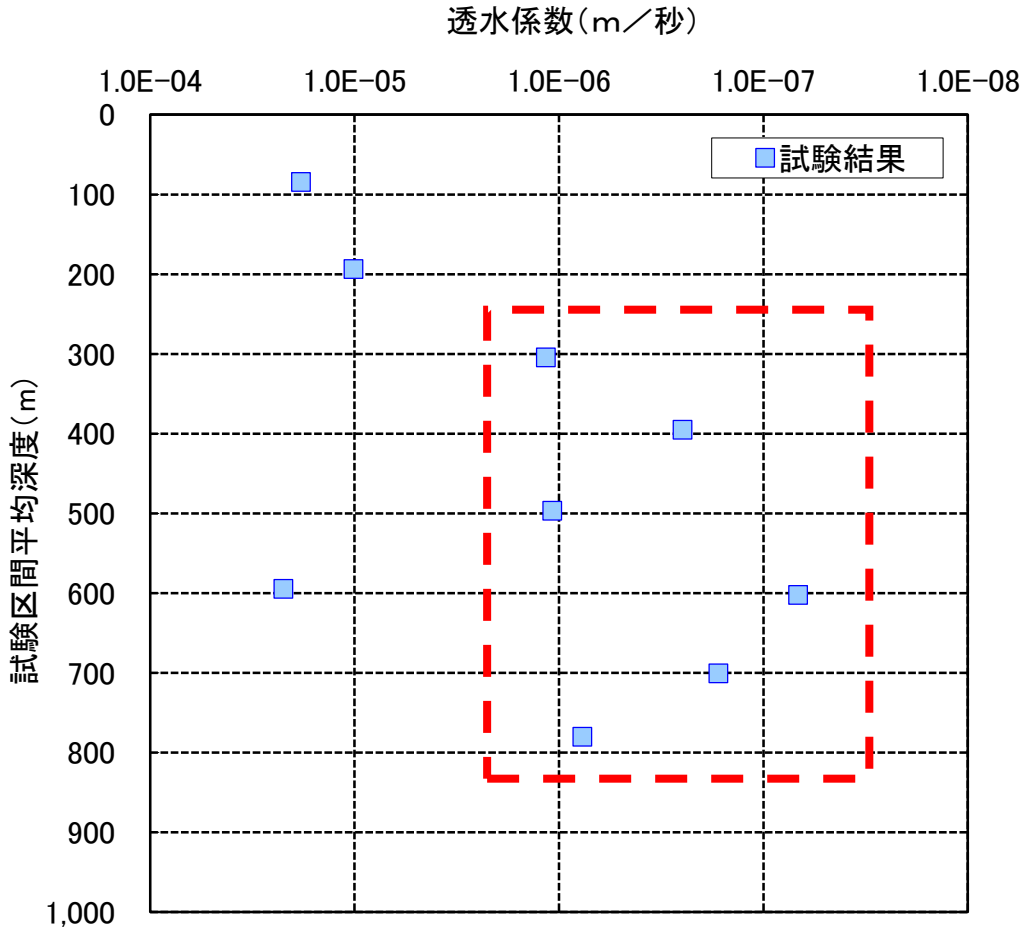


図　5－１３　湧水圧試験深度と透水係数の関係

・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１．０×１０$^{-7}$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 5-3　透水係数の初期値

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$^{-6}$	２．０×１０$^{-6}$	２．０×１０$^{-7}$
	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$^{-7}$
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 5-4　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$^{-7}$		

b）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 5-14 の赤枠内）。

表 5-5　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	

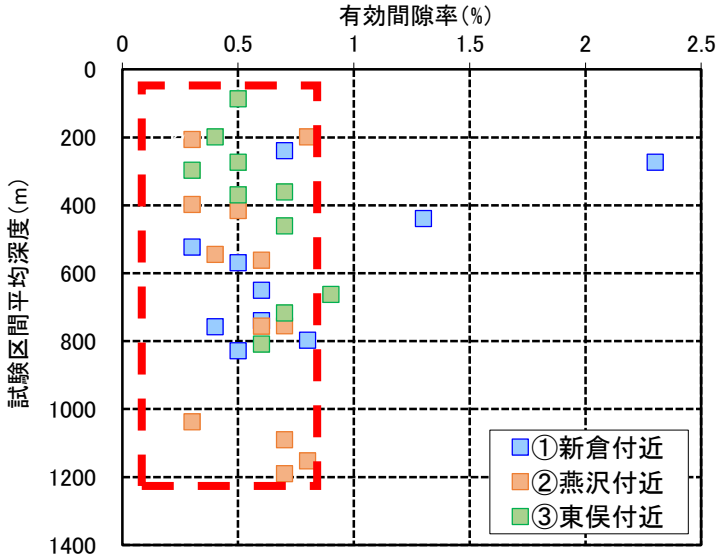


図　５－１４　有効間隙率試験深度と有効間隙率の関係

・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　５－６　有効間隙率の初期値

×4 倍　×2 倍　単位：％

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		

×10 倍

※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　５－７　有効間隙率の最終値（入力値）

単位：％

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

a) 降水量

・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しました。

・メッシュ平年値[7]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。

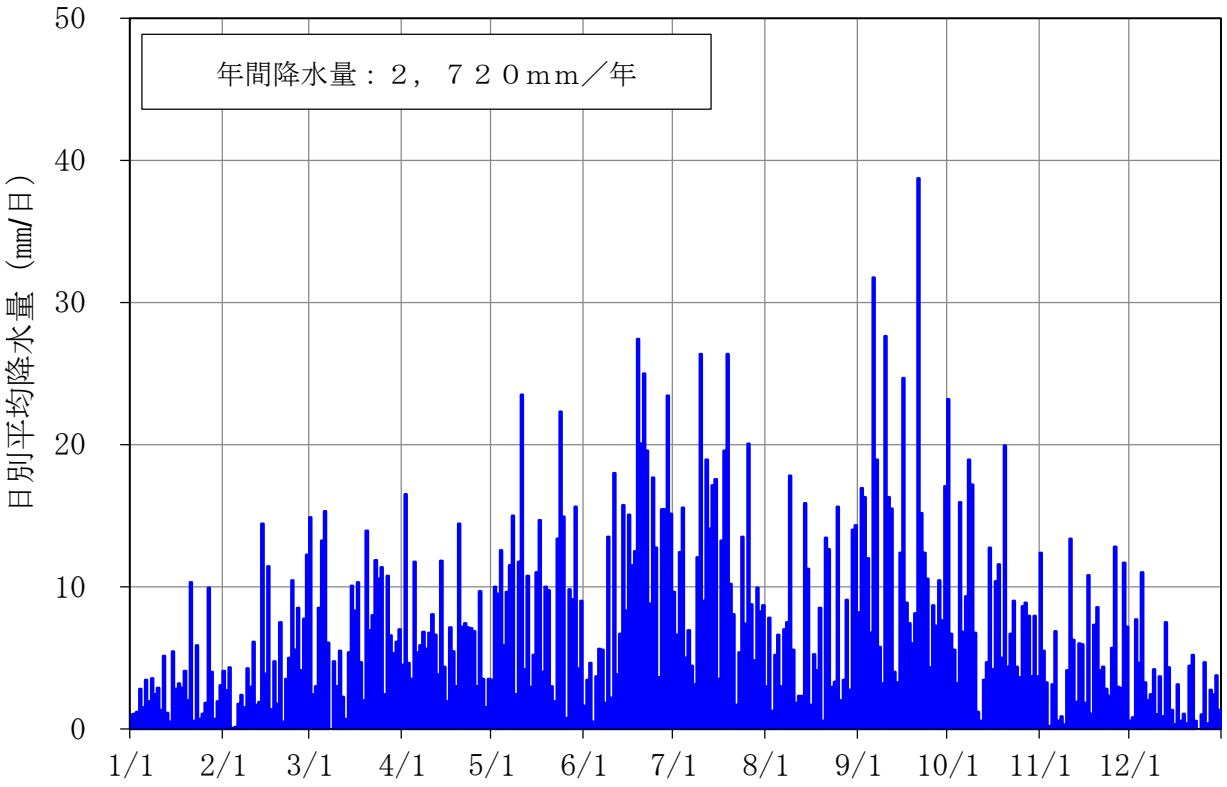


図 5-１５　木賊観測所 日別平均降水量実測値（１９９７～２０１２年）

[7] メッシュ平年値：気象庁の１ｋｍ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。

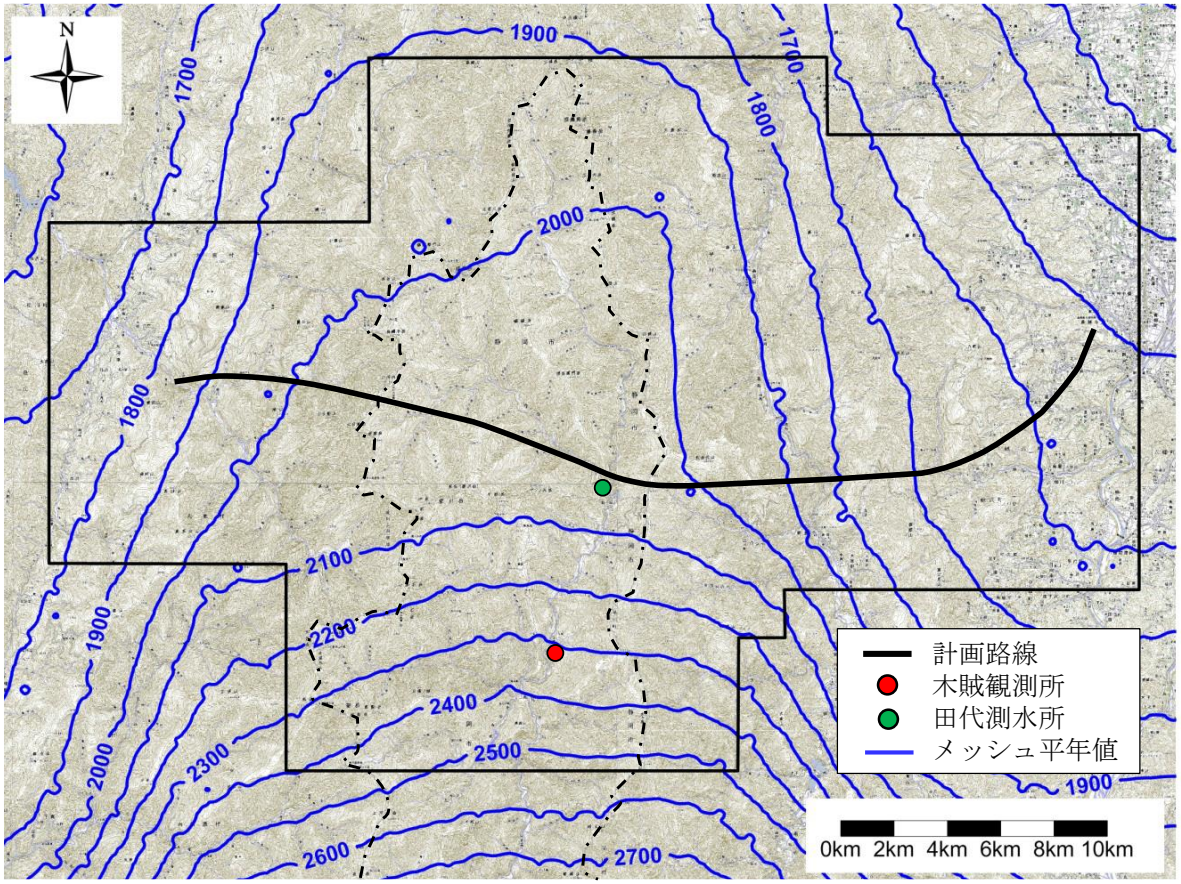


図　５－１６　降水量メッシュ平年値分布図

・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。

b）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℃／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[8]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。

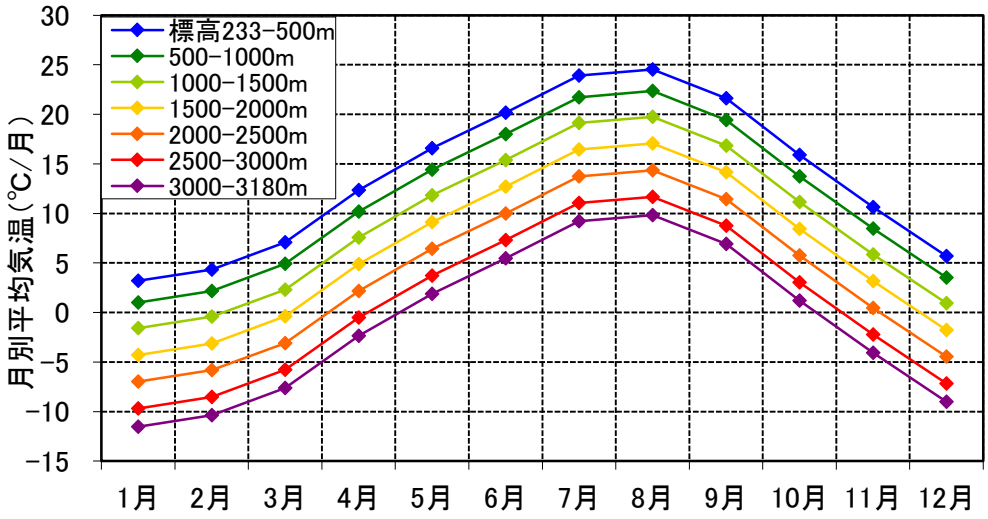


図　５－１７　標高区分ごとの月別気温計算値

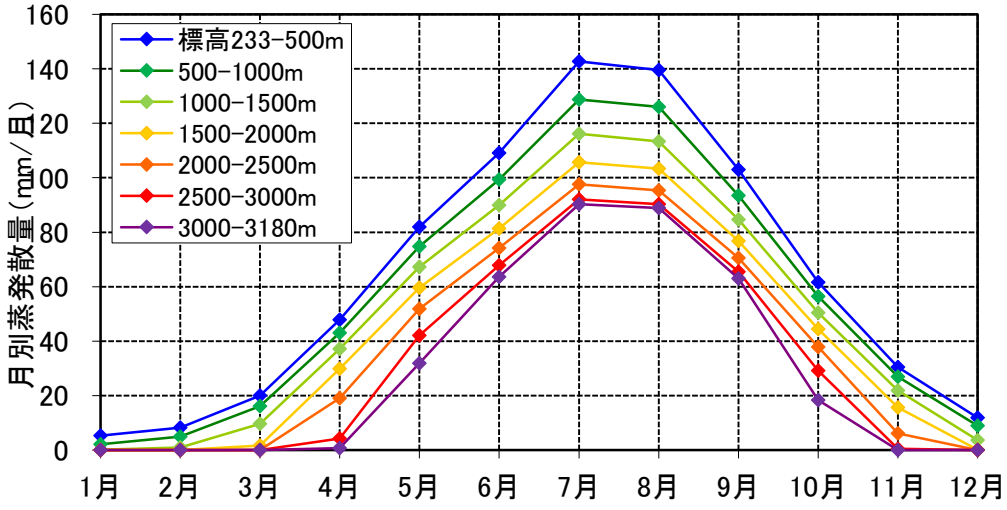


図　５－１８　標高区分ごとの月別蒸発散量計算値

[8] 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

⑥ 取水条件

・大井川上流域には電力会社の取水堰[9]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（おくにしごうち）堰堤の取水実績データ（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。

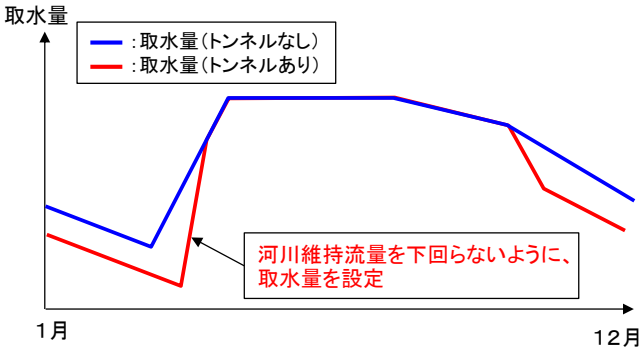


図　５−１９　取水量の設定（イメージ）

図　５−２０　既設導水路トンネル・取水地点

[9] 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 5－8　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	０．１１
	西俣堰堤	０．１２
田代第二	田代ダム	０．４３～１．４９
赤石	木賊堰堤	０．３７
	滝見堰堤	０．０７
赤石沢	奥西河内堰堤	０．０５

ウ．モデルの再現性検証

① 検証データ

・降水量等の入力データをもとに算出した河川流量等の予測値と、下表に示す河川流量等の実測値を用いてモデル検証を行いました。

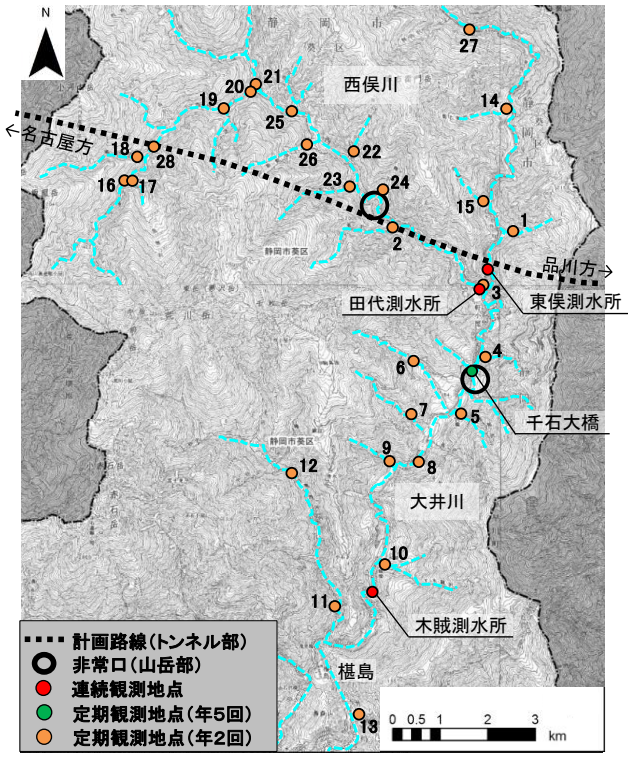
・なお、検証では、河川流量等の実測値との比較により行うことから、入力する降水量は、木賊観測所における観測データに基づきｐ５－１６及びｐ５－１７の内容で推定、補正を行った値としています。

・河川流量等の実測値は、大井川上流部で水資源利用のある取水堰堤の上流地点の測水所（東俣第１測水所、田代測水所、木賊測水所）のほか、計２８か所の沢等の流量の定期観測地点（豊水期・渇水期）のデータを用いました。

・各地点での予測値と実測値の全体のばらつきが小さくなるようモデルで使用する各種定数の組み合わせを決定し、解析範囲全体でのモデルの再現性を確認しました。

表 5－9　モデル検証で用いた既往の流量観測データ

対象地域	観測概要	データ期間	地点数
沢等	定期観測（年 2 回（豊渇水期)）	H18～H24 年	28 地点
東俣第１測水所（東俣）	連続観測（日データ）	H9～H23 年	1 地点
田代測水所（大井川）	連続観測（日データ）	H9～H23 年	1 地点
千石大橋（大井川）	定期観測（年 5 回）	H18～H22 年	1 地点
木賊測水所（大井川）	連続観測（日データ）	H9～H23 年	1 地点



定期観測地点（年２回）

地点番号	観測地点	平成18 豊水期	平成18 渇水期	平成19 中間期	平成19 豊水期	平成19 渇水期	平成20 豊水期	平成20 渇水期	平成21 豊水期	平成21 渇水期	平成22 豊水期	平成22 渇水期	平成23 豊水期	平成23 渇水期	平成24 豊水期	平成24 渇水期
1	ジャガ沢	○	◎	○	○	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	○	◎	◎
2	悪沢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	大井川※	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	大井川支流	◎	◎	◎	◎									◎	◎	◎
5	車屋沢	◎	◎											◎	◎	◎
6	上千枚沢	○	○	○	○	○								○	○	○
7	下千枚沢	◎	◎											◎	◎	◎
8	大尻沢	◎	◎											◎	◎	◎
9	蛇沢	◎	◎											○	○	◎
10	下木賊沢	○	○											○	○	◎
11	奥西河内※	○	○											○	○	○
12	奥西河内※	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
13	倉沢	○	○											○	○	○
14	徳右衛門沢			○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎
15	曲輪沢			○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎
16	内無沢			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	魚無沢			○	○	○					○	○	○	○	○	○
18	瀬戸沢			○	○	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	○	○	○
19	西小石沢			○	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○	◎	○	◎	◎
20	小西俣			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
21	中俣			○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎
22	柾小屋沢			○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
23	蛇抜沢			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
24	柳沢			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
25	上四郎作沢			○	◎	◎	◎	◎	○	◎	○	○	○	◎	◎	◎
26	新蛇抜沢				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎
27	東俣※						◎	○	○	○	○	○	◎	◎	○	○
28	小西俣										○	◎	◎	◎	◎	◎

概ねの時期：中間期（5～6月）、豊水期（7～9月）、渇水期（11月～1月）
※は河川
◎ 印は0.1m³/s未満の流量

図　５－２１　モデル検証で用いた観測地点

② 検証結果

・木賊測水所（連続観測）での検証結果です。

・相関係数は０．７７です。

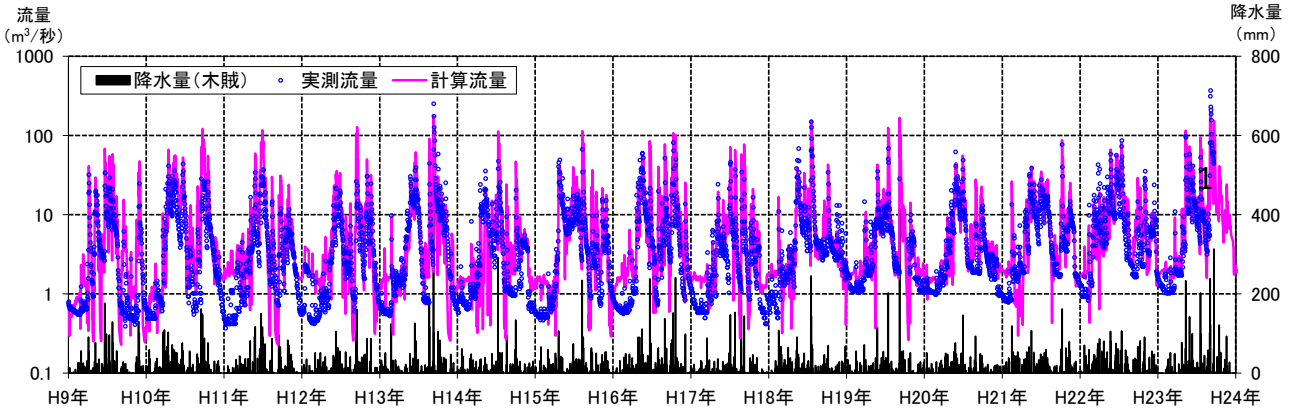


図　５－２２　連続観測地点（木賊測水所）のモデルの再現性確認結果

・沢等の流量の定期観測地点（豊水期・渇水期）との検証結果です。

・相関係数は０．９２です。

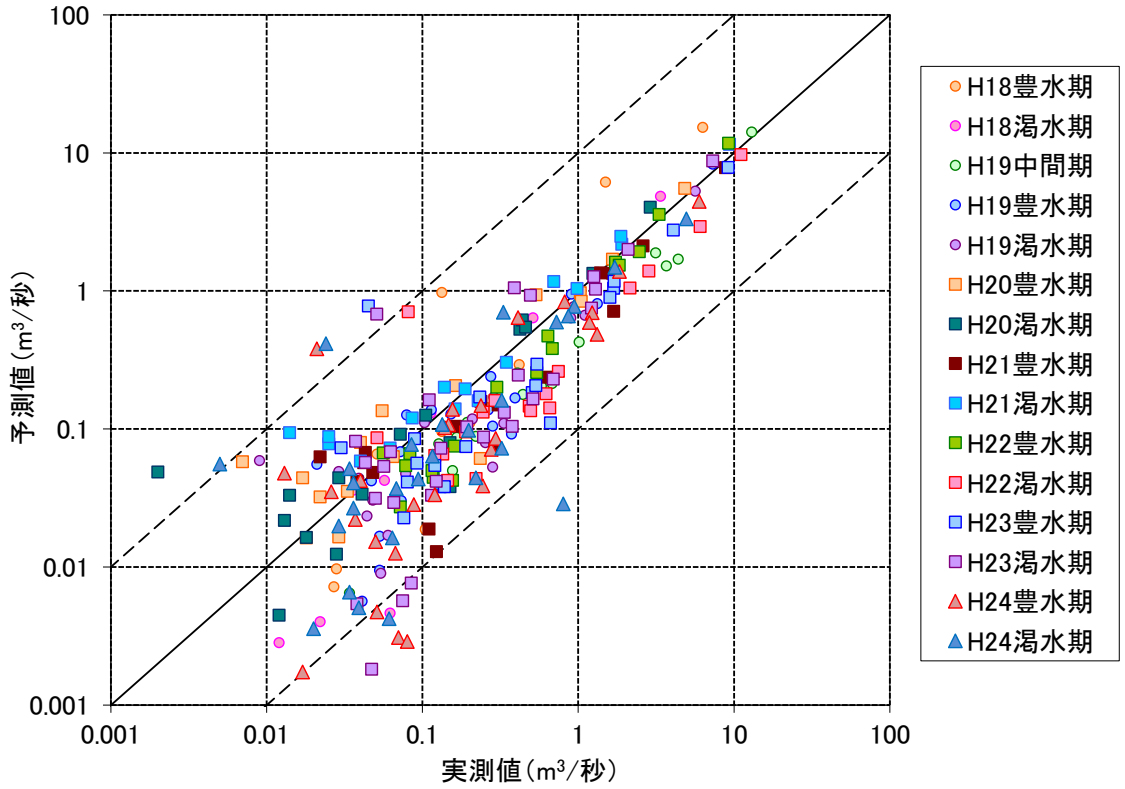


図　５－２３　定期観測地点（年２回）のモデルの再現性確認結果

（豊水期・渇水期）

・沢等の流量の定期観測地点のうち、渇水期のデータのみを取り出した検証結果です。

・相関係数は０．９６です。

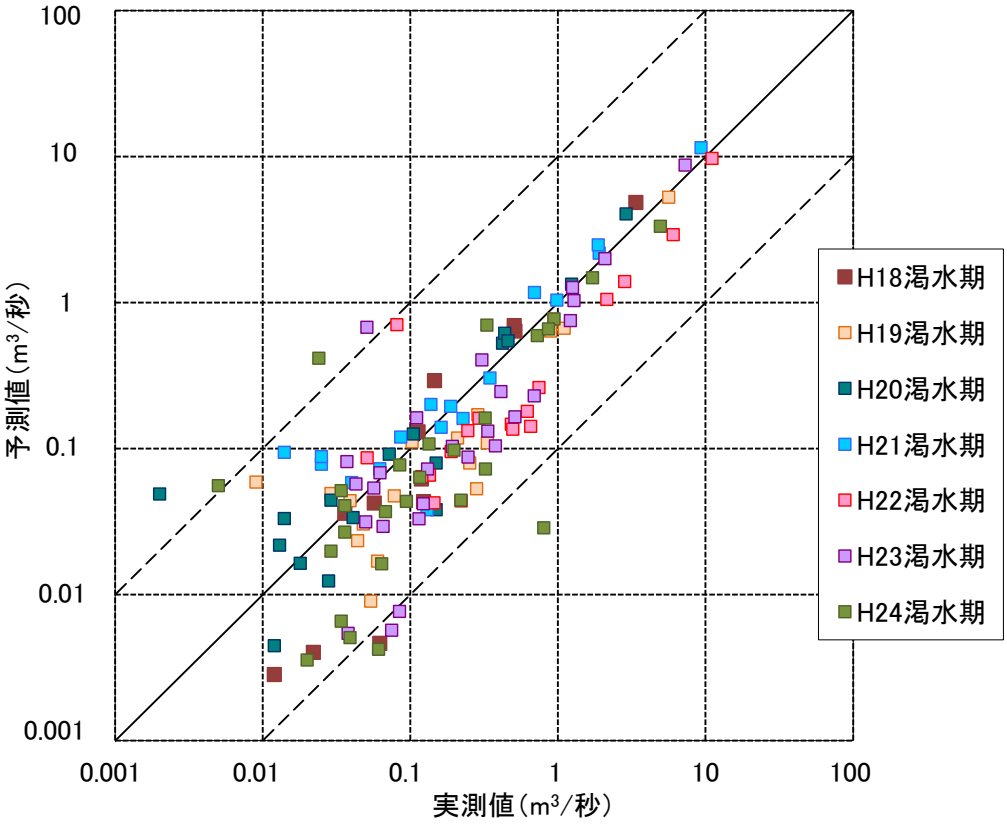


図　５－２４　定期観測地点（年２回）のモデルの再現性確認結果（渇水期のみ）

・沢等の流量の定期観測（豊水期・渇水期）において、流量が０．１ｍ³／秒未満の少ない沢（図　５－２１の定期観測地点（年２回）赤丸印）のみを取り出した場合は、予測値と実測値のばらつきが大きくなります。

・一方、流量が多い河川や沢を含めた解析範囲全体では、予測値と実測値のばらつきは小さくなります。

・本解析モデルは、トンネル工事による水資源利用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ことを目的としており、流量が少ない沢だけでなく、水資源への影響度が大きい流量が多い河川や沢を含めた解析範囲全体において再現性を有することが重要であると考えています。

２）静岡市モデル

ア．モデルの概要

・解析の概要及びモデルの概念図を表　５－１０及び図　５－２５にお示しします。

表　５－１０　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）

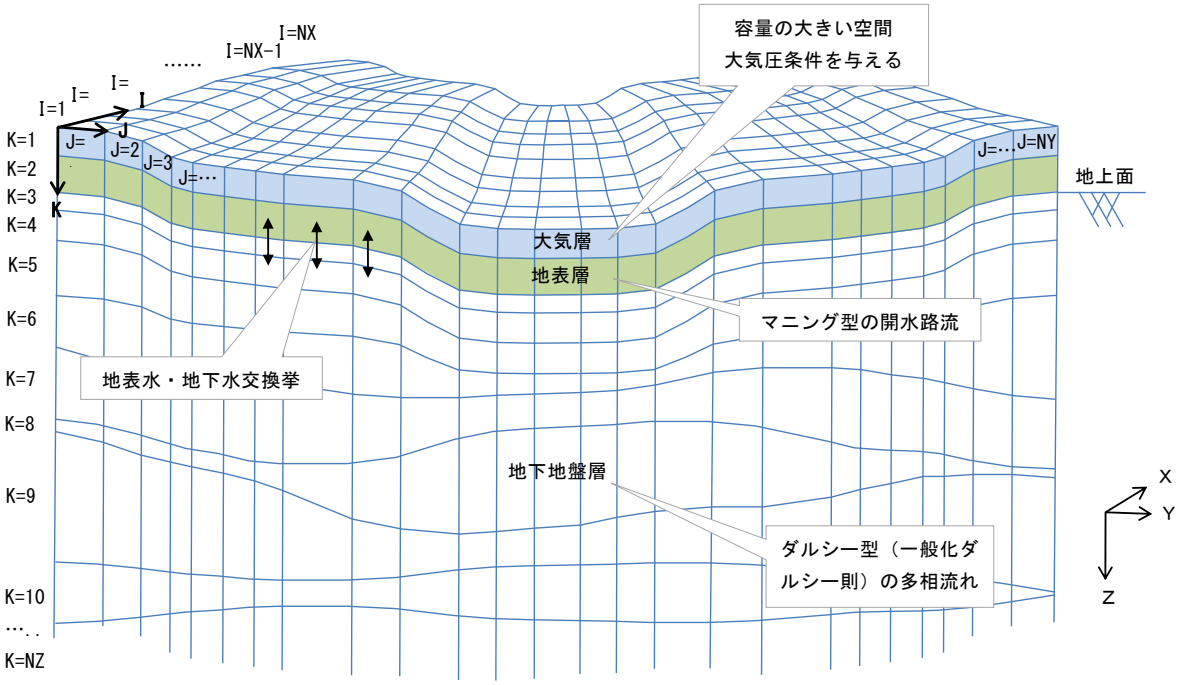


図　５－２５　静岡市モデル　概念図

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

イ．解析の流れ

・解析の流れを図 ５−２６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。

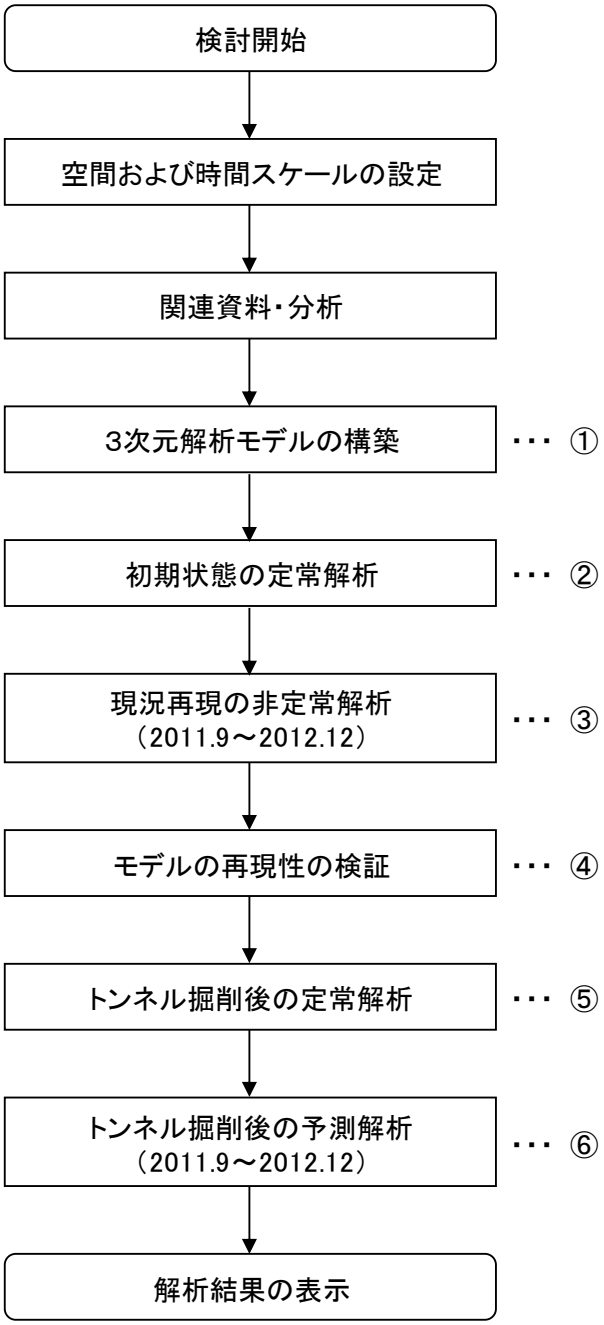


図 ５−２６ 静岡市モデル 解析の流れ ※静岡市による解析作業

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、降水量の比較的少ない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。

（２）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。

・解析範囲については、ＪＲ東海モデルで 榛島（さわらじま）付近までの範囲を設定している一方で、静岡市モデルでは長島ダム付近までのより広い範囲を設定しています。

・境界条件については、どちらのモデルも側面及び底面に水の流入出のない閉境界を設定しており、地表部の河川水は流出を許しています。

・また、境界条件（閉境界）の設定による解析結果への影響を確認するため、静岡市モデルを用いて検討を行いました。詳細は、「【参考】境界条件（閉境界）の設定による解析結果への影響について（静岡市モデルによる検討)」に示します。

・地質構造及び水理定数のうち、断層部について、ＪＲ東海モデルでは断層帯が存在すると考えられるブロックを一括りにして大きな透水係数を設定している一方、静岡市モデルでは主要な断層を設定したうえで、ＪＲ東海モデルよりさらに大きな透水係数を設定しています。また、断層部以外については、静岡市モデルの方が全体的に小さい透水係数を設定しています。

・気象条件については、どちらのモデルも実測結果に基づいて入力する降水量を決定していますが、ＪＲ東海モデルの方がより多い降水量を設定しています。

<table>
<tr><th></th><th>ＪＲ東海</th><th>静岡市</th></tr>
<tr><td>１）解析領域</td><td>【解析範囲】
以下のとおり設定しています。
図　5-２７のとおり、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

（解析領域）
面積　５４５．４ｋｍ^2
（東西４１．１ｋｍ､南北２５．２ｋｍ）
鉛直方向 標高１００～３，２２５ｍ

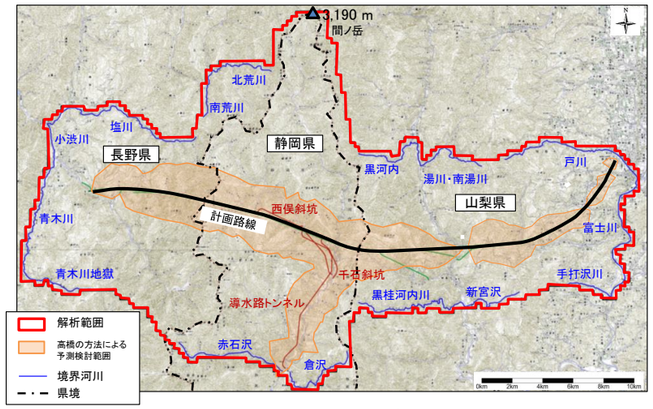
（ブロック設定）
平面ブロック数：５４，５４０個
ブロックの大きさ：１００×１００×２５ｍ
 

図　5-２７　ＪＲ東海モデル　解析領域</td><td>【解析範囲】
以下のとおり設定しています。
図　5-２８のとおり、南アルプスの大半（大井川水系上流部）を包含し、流域の分水界の外側を囲む範囲

※赤線：JR 東海の解析領域重ね合わせ

（解析領域）
面積　約２，３００ｋｍ２
深さ方向 標高-３，０００ｍ（モデル化深度）

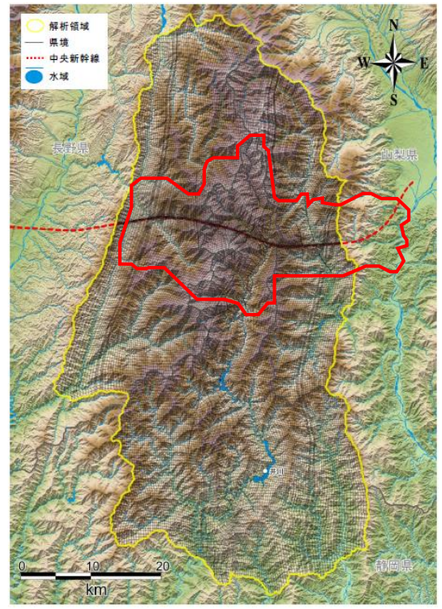
（格子設定）
平面格子数：約３１，０００個
深度分割数：２９分割
全体　　：約９００，０００格子
格子の大きさ：幅２５０ｍを目安とする
 

図　5-２８　静岡市モデル　解析領域

出典：静岡市公表資料「平成 28 年度南アルプス環境調査 結果報告書 VI 水資源調査」をもとに作成</td></tr>
<tr><td></td><td>【境界条件】
以下のとおり設定しています。
・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）
・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
・モデル外周（側面）の地表水は域外へ流出</td><td>【境界条件】
以下のとおり設定しています。
※以下はＪＲ東海と同じ設定
・モデルの側面及び底面は閉境界（非流入出境界）
・境界部の河川は水の流出のみを許す境界（流出境界）

表　5-１１　静岡市モデル　境界条件
<table><tr><th colspan="2">境界の種類</th><th>境界条件</th><th>備　　考</th></tr><tr><td colspan="2">上面（大気層）境界</td><td>大気圧境界</td><td>・モデル上面の大気層の大気圧力を層内全域で標準大気圧（1atm）に固定。</td></tr><tr><td colspan="2">底面境界</td><td>非流入出境界</td><td>・モデル底面は水の出入りがない閉境界。</td></tr><tr><td>陸域
側面境界</td><td>山地嶺線境界</td><td>非流入出境界</td><td>・嶺線を横断する水（表流水・地下水）の出入りがない閉境界（不透壁境界）。</td></tr><tr><td>河川の解析領域境界横断部</td><td>流量境界</td><td>流出境界</td><td>・解析領域境界から水の流出のみを許す境界。標準大気圧下で計算される河川流量を放流。</td></tr></table>
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」をもとに作成</td></tr>
</table>

	ＪＲ東海	静岡市
２）地質構造	以下のとおり設定しています。 図　5-２９及び図　5-３０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	以下のとおり設定しています。 ・図　5-３１及び図　5-３２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　5-３１の緑色）、それ以外を「重要でない断層」（図　5-３１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砕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」のように破砕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　5-３２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２０m～２５０mとしている

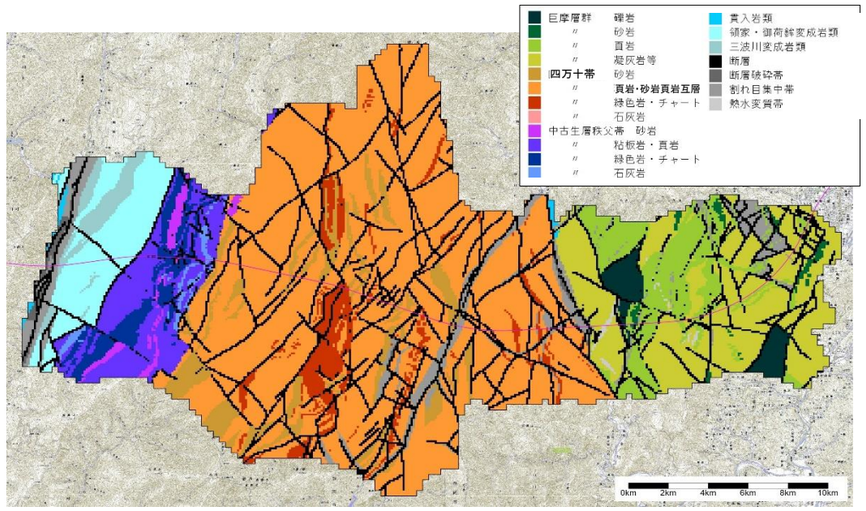


図　5-２９　ＪＲ東海モデル　地質平面図

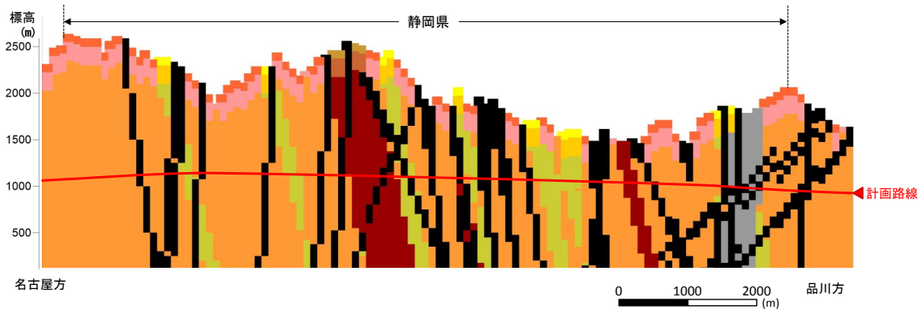


図　5-３０　ＪＲ東海モデル　地質断面図（静岡県付近）

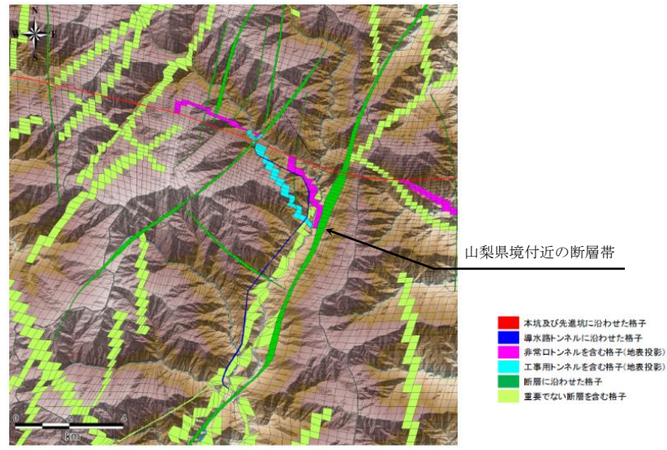


図　5-３１　静岡市モデル　地質平面図（トンネル付近）

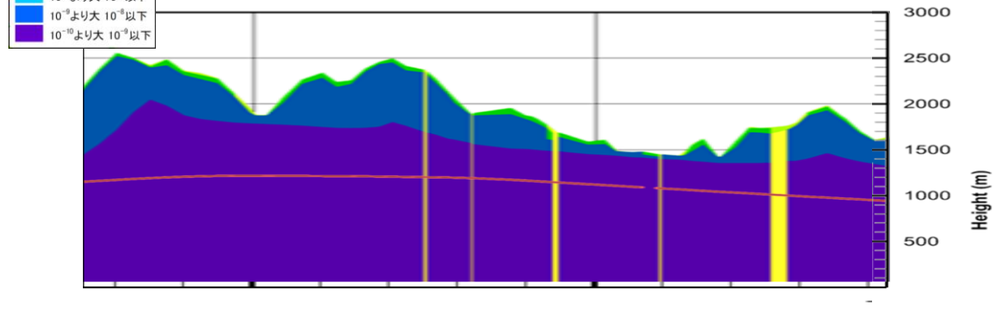


図　5-３２　静岡市モデル　地質断面図（静岡県付近）

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

<table>
<tr><th></th><th>ＪＲ東海</th><th>静岡市</th></tr>
<tr><td>３）水理定数</td><td>
【透水係数】
以下のとおり設定しています。
表　５−１２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　５−１２　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>

【有効間隙率】
以下のとおり設定しています。
表　５−１４に示すとおり、
・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、最も再現性が良かった組合せから設定

表　５−１４　ＪＲ東海モデル　有効間隙率
単位：％
<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</td><td>2.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td>頁岩、砂岩頁岩互層</td><td>4.0</td><td>2.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td>緑色岩、チャート</td><td>4.0</td><td>2.0</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">断層</td><td colspan="3">10.0</td></tr>
<tr><td colspan="2">割れ目集中帯</td><td colspan="3">6.0</td></tr>
</table>
</td><td>
【透水係数、有効間隙率】
以下のとおり設定しています。
表　５−１３に示すとおり、
・「主要な断層」はｋ＝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　５−１３　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 colspan="2" rowspan="2">表土層</td><td>H：1×10^{-3}</td><td rowspan="2">40</td></tr>
<tr><td>V：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>1×10^{-4}〜10^{-6}</td><td>10</td></tr>
<tr><td>風化緩み部（区分Ⅱ）</td><td>1×10^{-4}〜10^{-8}</td><td>5〜10</td></tr>
<tr><td>風化緩み部（区分Ⅲ）</td><td>1×10^{-7}〜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>
</td></tr>
</table>

	ＪＲ東海	静岡市
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	【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。（予測結果は、「４．工事着手前段階における取組み」４－９２～９５ｐに記載） 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。なお、降水量が少なかった場合の検討のため、過去最低降水量（気象庁井川観測所で年間約１８００mm）を記録した１９８４年相当の降水量と同等となるように、２０１２年の日別降水量を半分にして入力した予測も参考として行いました。（予測結果は、「４．工事着手前段階における取組み」４－９６～１０８ｐに記載 ）
	【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ソー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 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	【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』

【参考】境界条件（閉境界）の設定による解析結果への影響について
（静岡市モデルによる検討）

＜１．境界条件（閉境界）の設定の考え方＞

・境界条件として設定した閉境界では、境界部での地下水位は変動するものとして、地下水位が地表面よりも高くなると地表に湧出し、河川水として境界外に流出する設定となっています。

・閉境界に設定したことが解析結果に影響を及ぼさないようにするため、解析領域は、図 5-３３のとおり東西方向においては、大井川支流の寸又川と大井川流域の分水界の外側を囲む主要な河川の流域までを、南側においては本線トンネル付近から約５０ｋｍ下流の長島ダム付近までの範囲で設定しています。

＜２．トンネル掘削による地下水位低下範囲の経年変化について＞

・図 5-３４～図 5-３７に、工事着手１、５、１０年後及び工事完了後２０年後における地下水位低下量平面図をお示します。

・解析条件は、トンネル掘削がある条件で、平均の日降水量を継続的に与え続けて実施しました。平均の日降水量は、メッシュ平年値を使用しました。

・その結果、トンネル掘削に伴って、工事着手後は地下水位低下範囲は本線トンネル付近から徐々に拡大しますが、工事完了２０年後においては、本線トンネル付近から南側に約１０ｋｍ程度の距離で収束しています。

・降水浸透が全くない極端な条件で解析を行えば、地下水位低下範囲は時間の経過とともに拡大し続けますが、今回の検討では降水浸透がある条件で解析を行っているため、地下水位の低下量と降水浸透量はいずれバランスするということが結果として示されています。

・これらのことから、長島ダム付近に閉境界を設定した静岡市モデルの解析による検討結果の妥当性は担保されていると考えています。

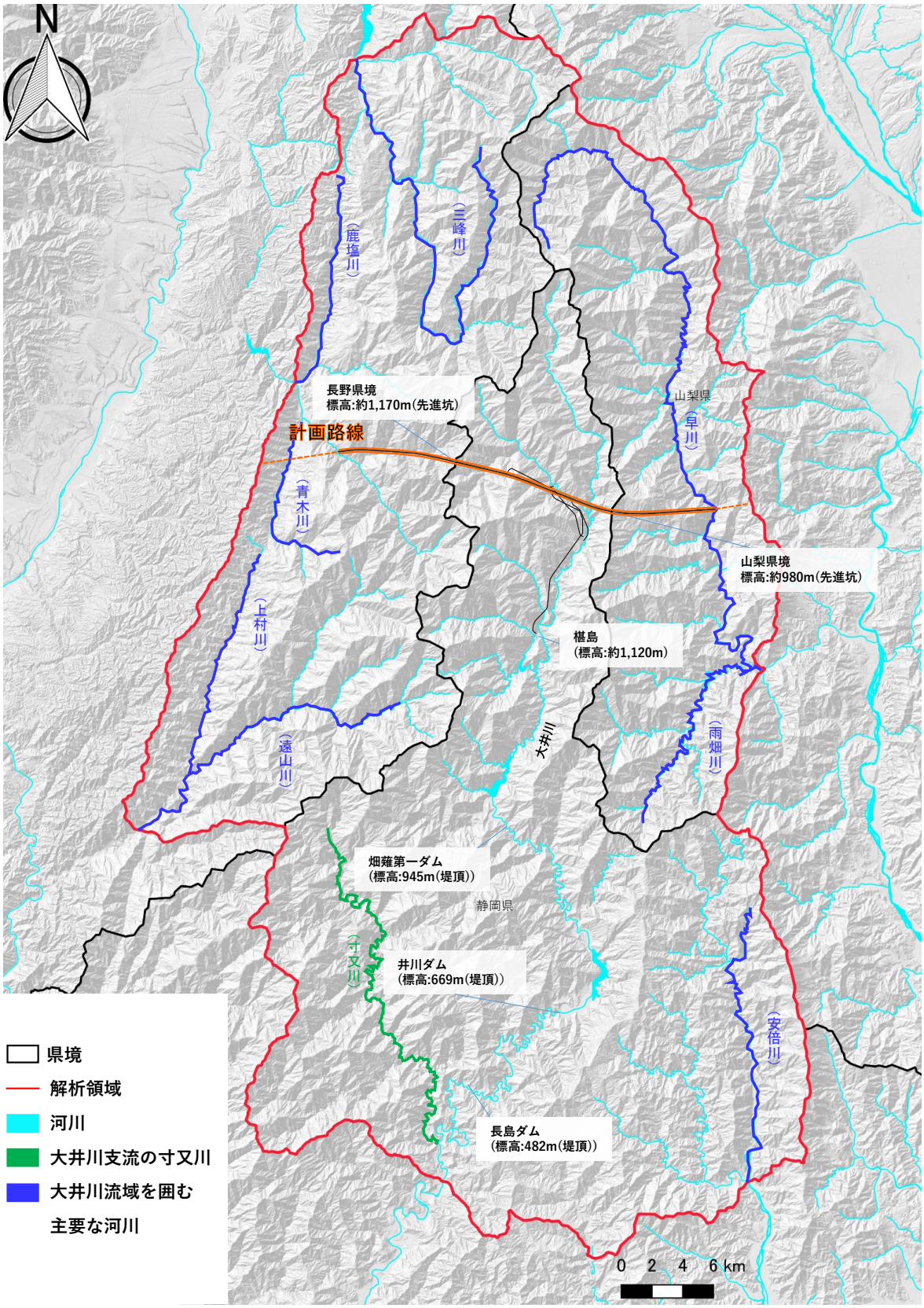


図　5－３３　静岡市モデル　解析領域全体図（大井川流域を囲む主要な河川等）

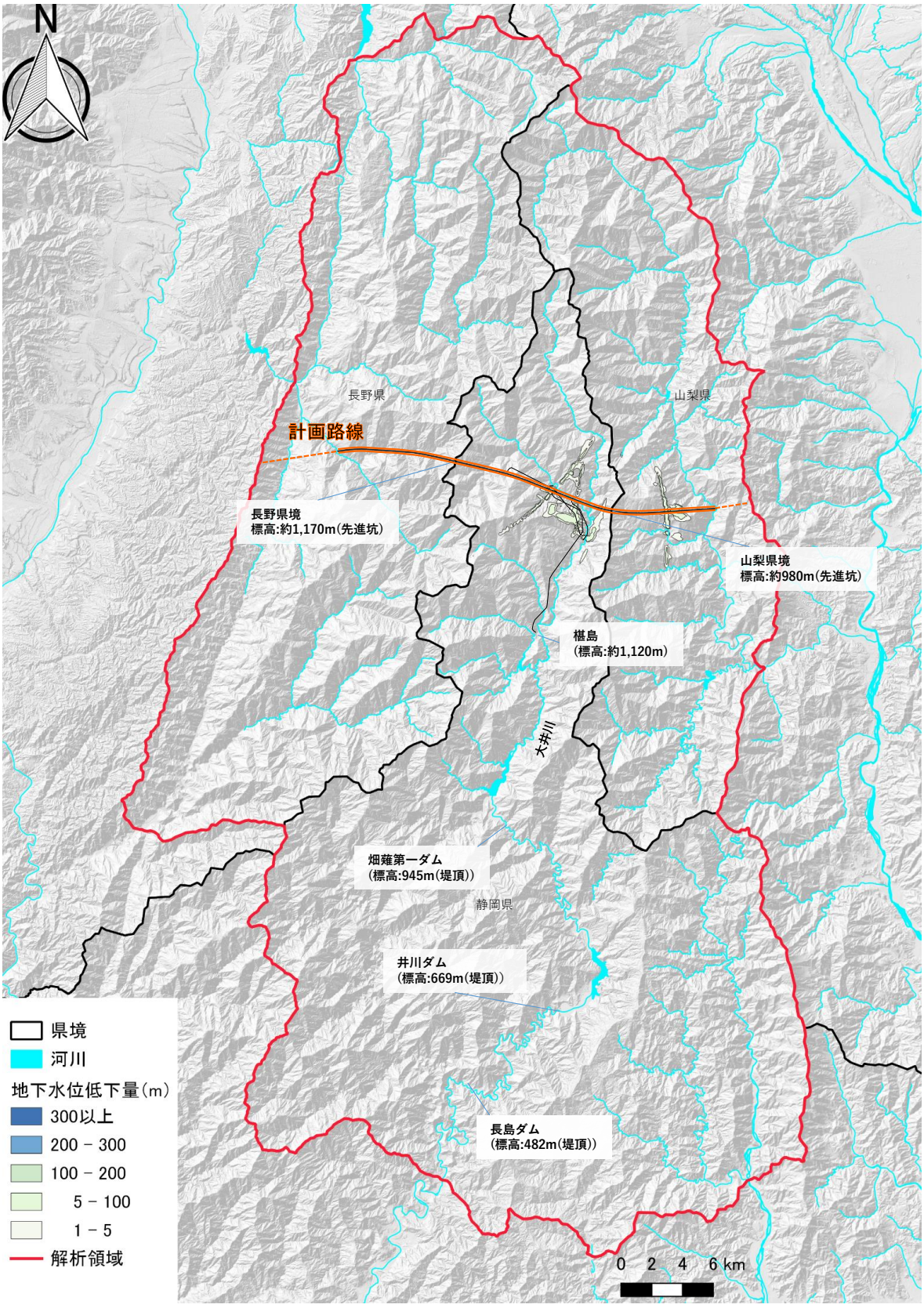


図　5－３４　静岡市モデル　地下水位低下量平面図（工事着手１年後）

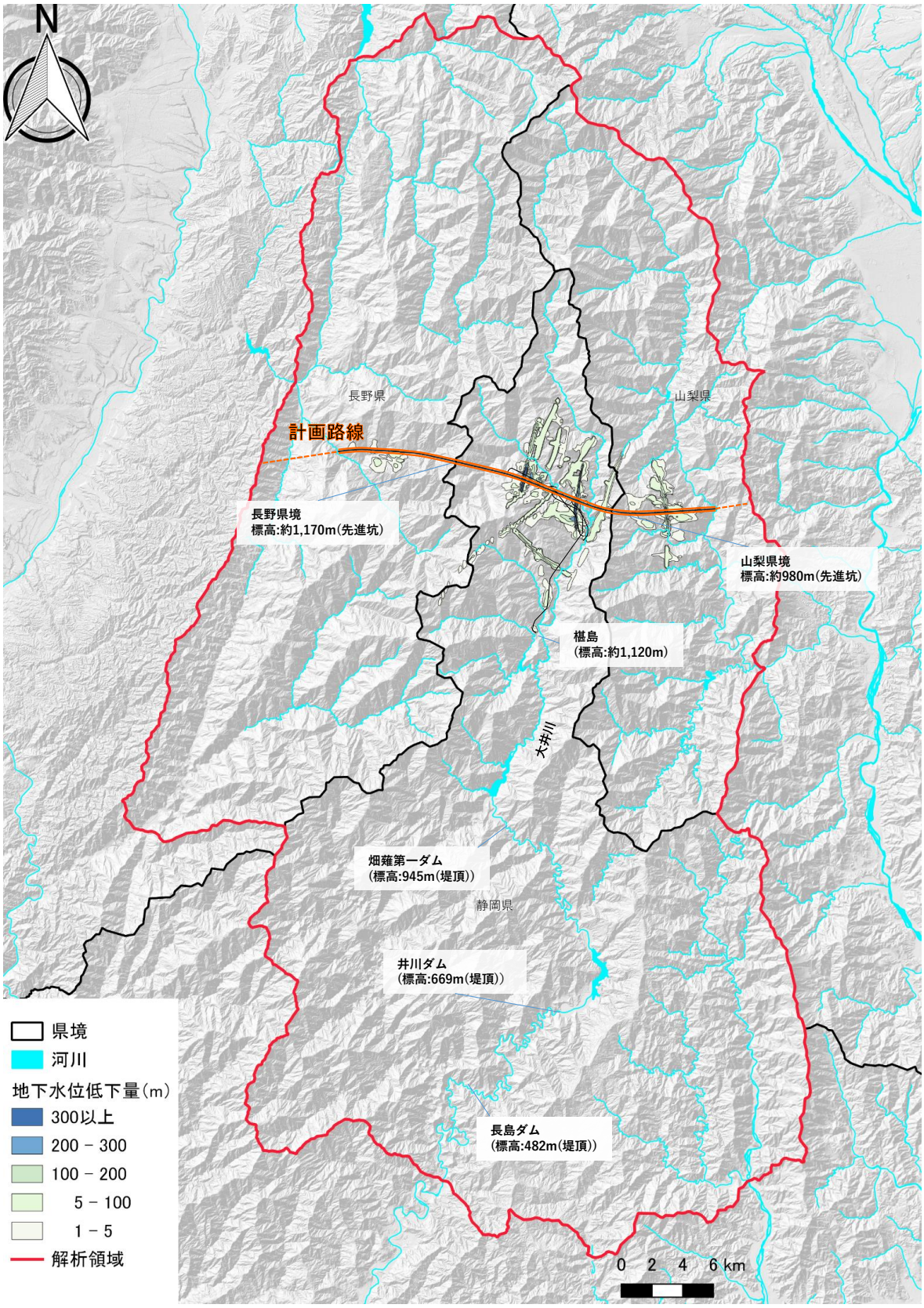


図　5－３５　静岡市モデル　地下水位低下量平面図（工事着手５年後）

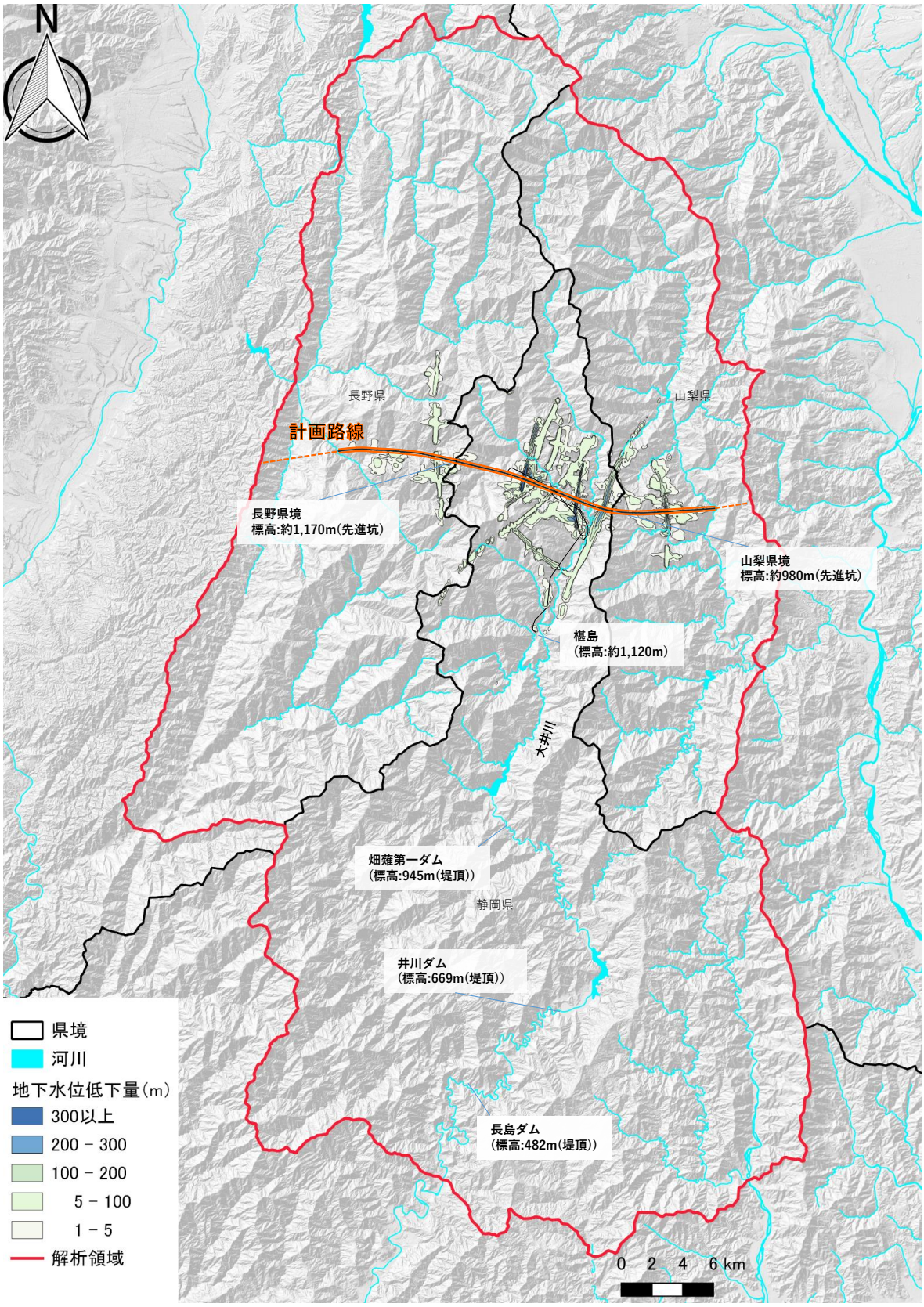


図 5-３６　静岡市モデル　地下水位低下量平面図（工事着手１０年後）

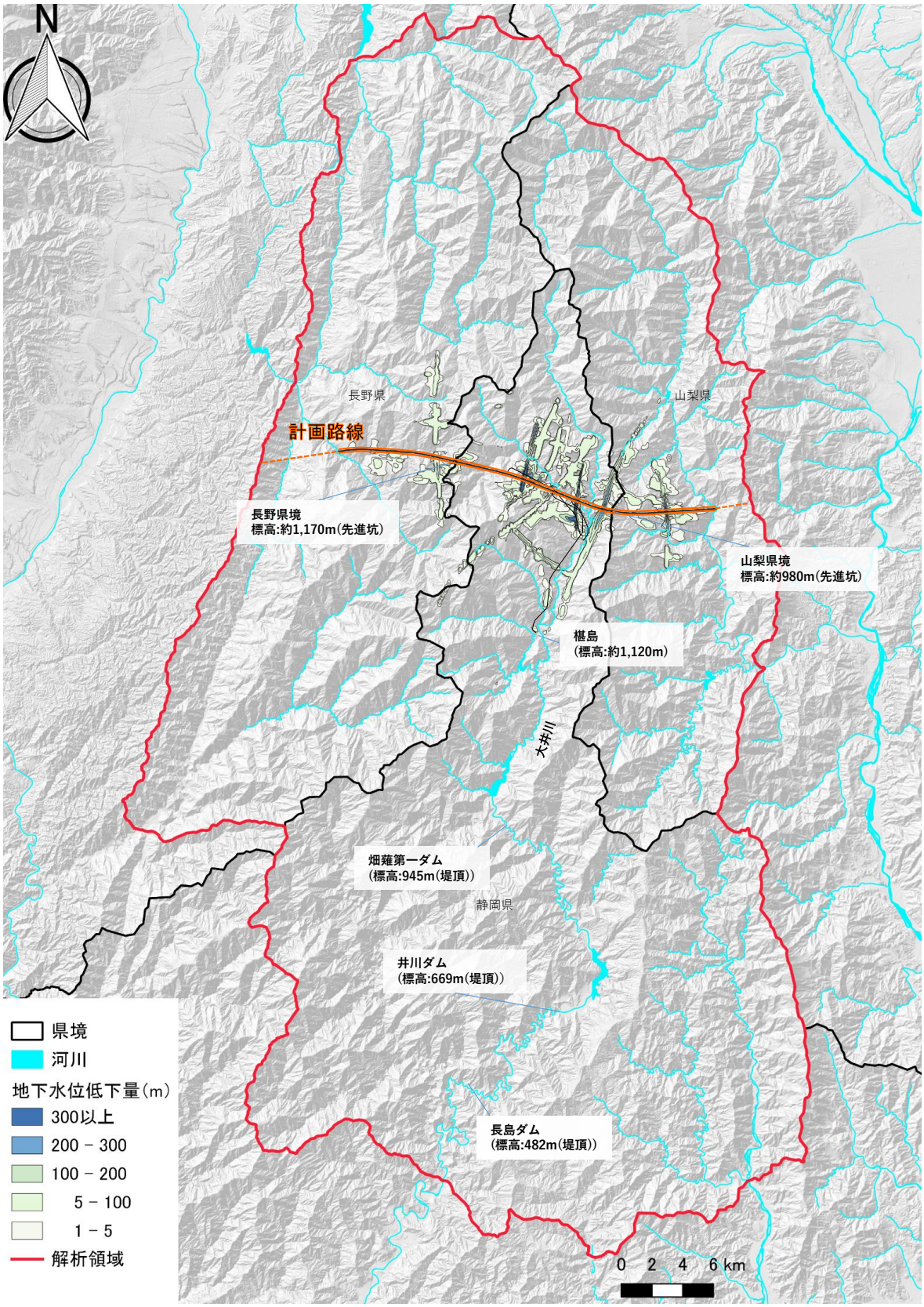


図 5-３７　静岡市モデル　地下水位低下量平面図（トンネル掘削完了２０年後）

＜３．解析境界（閉境界）位置を変更した検討＞

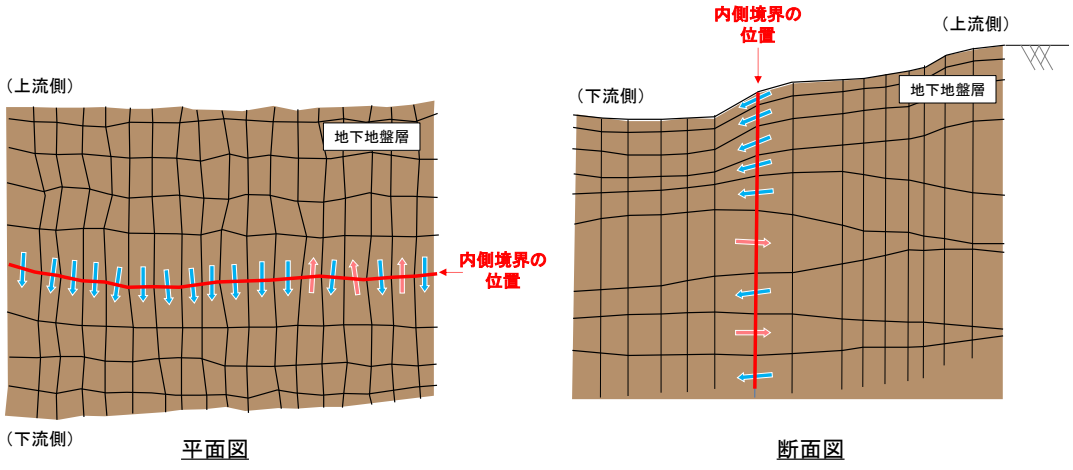
・有識者会議委員から、「水収支解析シミュレーションでは有限範囲内の解析を行うため、境界条件を設定する必要があるが、この解析範囲の端における地下水流動量を評価することで有効な解析範囲を確認することができると考えられる。」、「境界条件（閉境界）と実際の自然環境の境界条件（開境界）の差異が解析結果へ与える影響を評価するための検討が必要である。」とのご意見を頂きました。

・そこで、検討方法として、静岡市モデルの解析領域内に閉境界（以下、内側境界という）を設定して新たに解析計算を行い、この内側境界の位置において開境界とした場合の地下水流動量や閉・開両条件における定常状態での地下水位の差分が生じる範囲を評価しました。

・解析条件は、トンネル掘削がない条件で、平均の日降水量を継続的に与え続けて実施しました。平均の日降水量は、メッシュ平年値を使用しました。

【地下水流動量の算出】

・具体的な算出方法は、内側境界の位置の断面において、その両側に接している格子間の地下水流動量をすべて算出しました。（図　5-３８）



水色矢印：上流側から下流側へ流動する地下水量
桃色矢印：下流側から上流側へ流動する地下水量

図　5-３８　地下水流動量の算出（イメージ）

・その結果、図　5-３９のとおり、内側境界の位置の断面を上流側から下流側へ流動する地下水量は約０．０７億m^3/年、下流側から上流側へ流動する地下水量も局地的な標高の高低関係などにより一部に見られ、その量は約０．０３億m^3/年と推定しました。なお、参考として、同位置付近の解析上の河川流量は約１０．４億m^3/年となりました。

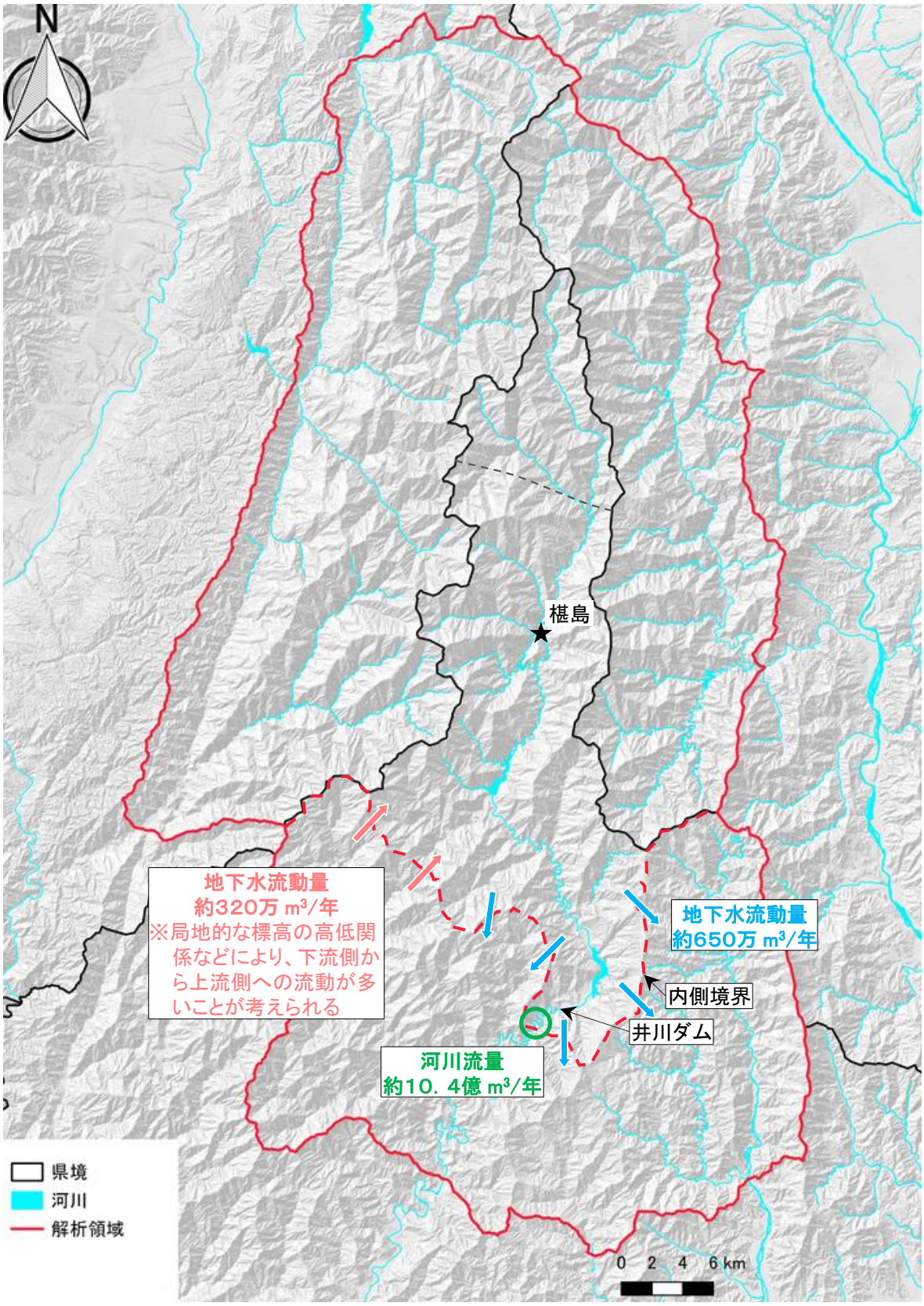


図　５－３９　内側境界の位置での地下水流動量及び河川流量

【地下水位差分量の算出】

・水位変動については、１ｍ以上の地下水位の差異が生じる範囲は内側境界の位置から約２ｋｍに留まっており（ 図　5-４０の着色部)、これよりさらに内側では閉境界の位置変更に伴う差異はほとんど見られませんでした。

・また、主要な断層に沿った箇所では、より内側の僅かな範囲において地下水位の差分が生じていますが、こうした箇所では透水係数を大きく設定しており、地下水位の変化による影響が伝搬しやすいことによるものです。

・なお、計算開始後６年程度で閉境界の位置変更に伴う地下水位の変動は収まっており、 図　5-４０ではその時点の結果をお示ししています。

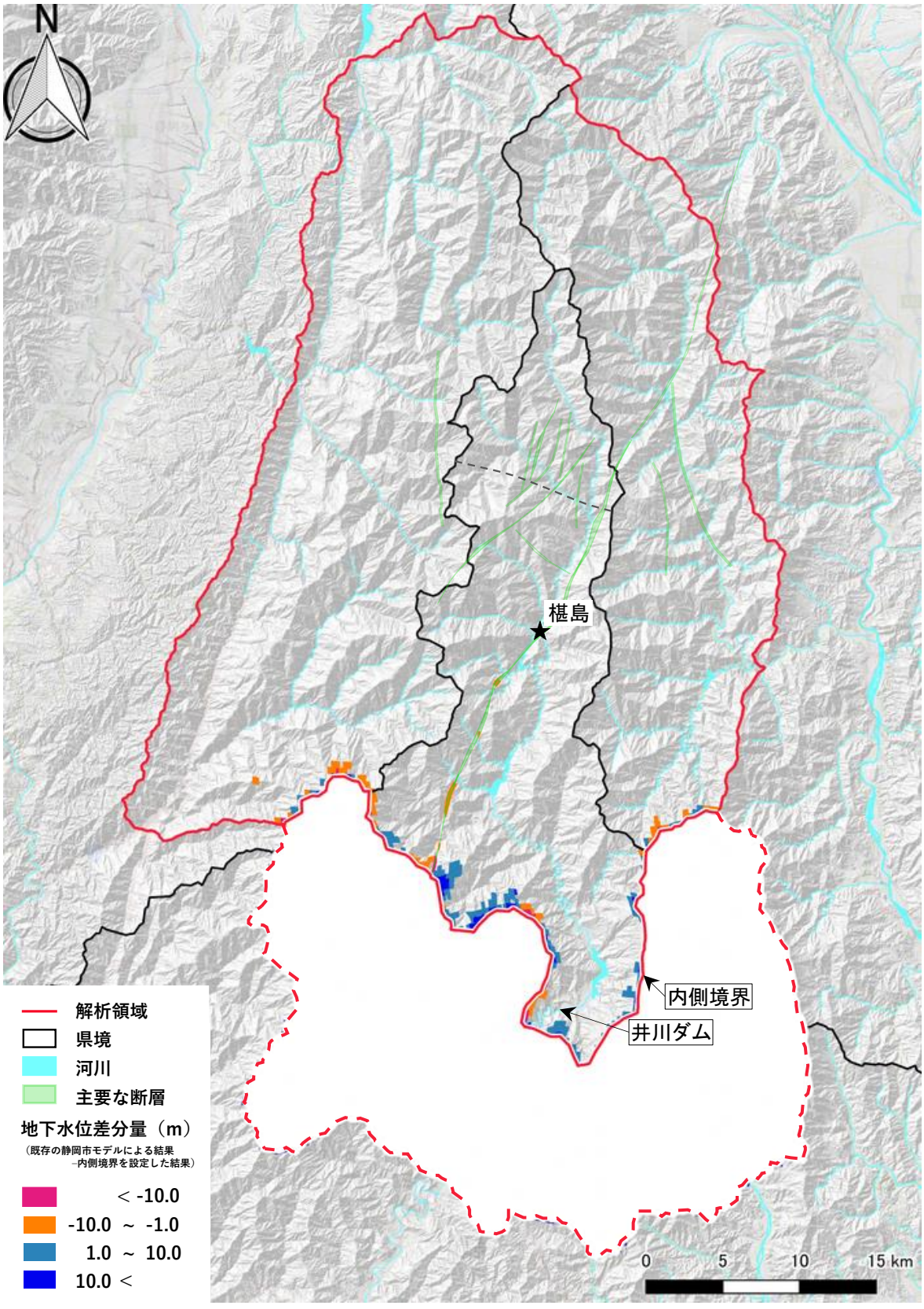


図　５－４０　地下水位の差分が生じる範囲

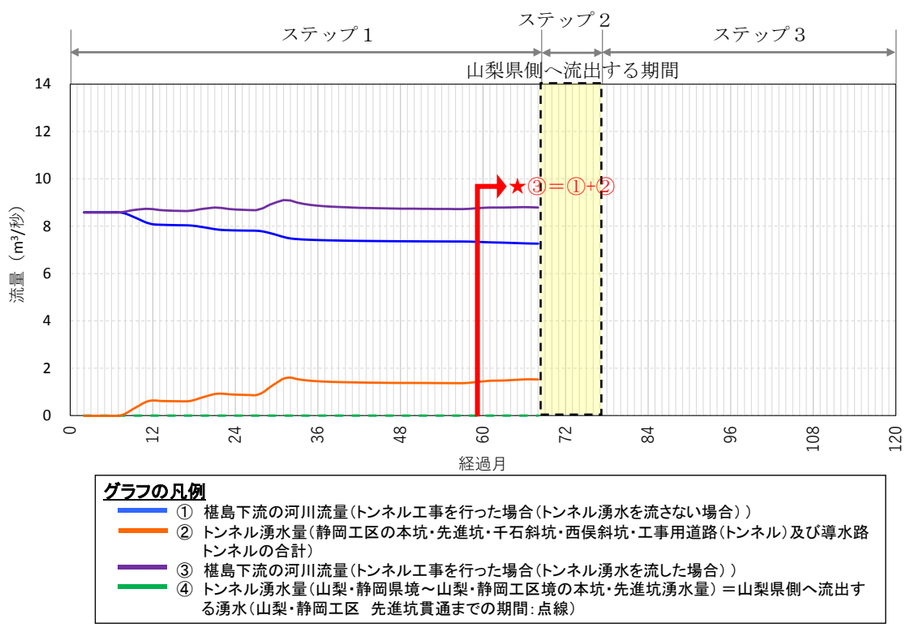
（３）工事開始後の各段階における椹島（さわらじま）下流地点の河川流量の経時変化

・工事開始後の各段階において、トンネル湧水量及び椹島（さわらじま）下流地点の河川流量の経時変化の状況を視覚的に分かりやすくするために、ステップ毎に分けて図 ５－４１～図 ５－４３にお示しします。

・なお、グラフは静岡市モデルによる解析結果をお示ししています。

1）ステップ１（山梨工区からの先進坑掘削が静岡県境に到達する以前）

・トンネル掘削において、椹島（さわらじま）下流の河川流量（トンネル工事を行った場合（トンネル湧水を流さない場合））（グラフ中の青色線）は減少し続けますが、静岡工区が掘削する静岡県内のトンネル湧水（グラフ中の橙色線）を導水路トンネル等により大井川に流すため、椹島（さわらじま）下流地点での河川流量（グラフ中の紫色線）は掘削前の流量を維持する結果になります。



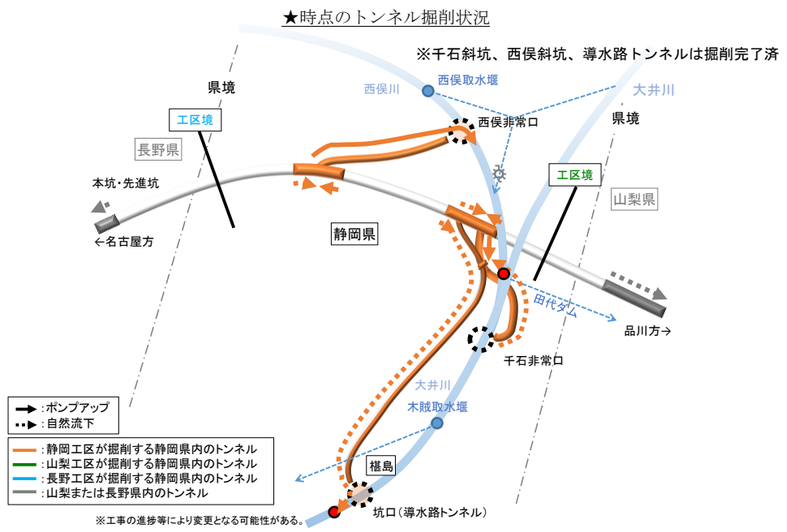
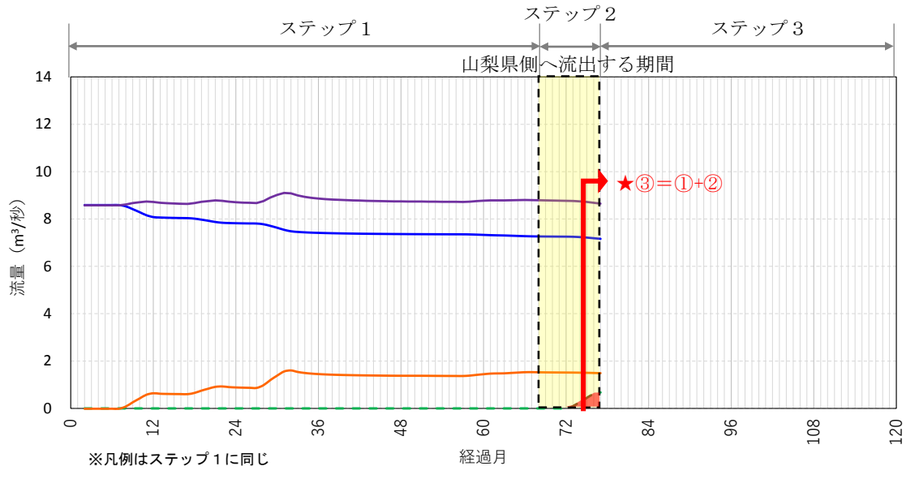


図　５−４１　工事開始後の各段階におけるトンネル湧水量及び椹島（さわらじま）下流地点の河川流量の状況（ステップ１）

2）ステップ２（山梨工区からの先進坑掘削が静岡県境に到達してから、静岡・山梨工区境までを掘削している期間＝山梨県側へ流出する期間）

・山梨工区からの先進坑掘削が静岡県境に到達してから、静岡・山梨工区境までを掘削している期間は、トンネル湧水を大井川に流せない期間となります。しかしながら、この期間でもステップ１と同様に、静岡工区が掘削する静岡県内のトンネル湧水（グラフ中の橙色線）を導水路トンネル等により大井川に流すことで、椹島（さわらじま）下流地点の河川流量（グラフ中の紫色線）は掘削前の流量を維持する結果になります。

・なお、山梨県側に流出する流量の総量は、ＪＲ東海モデルで約３００万ｍ^3、静岡市モデルで約５００万ｍ^{3}となります（グラフ中の緑色点線の「山梨県側へ流出する期間」の積算量であり赤色着色部）。



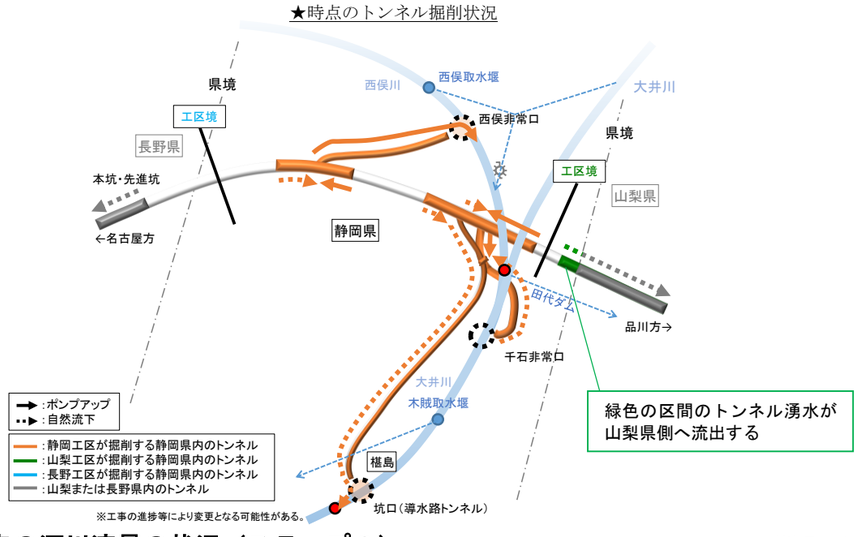


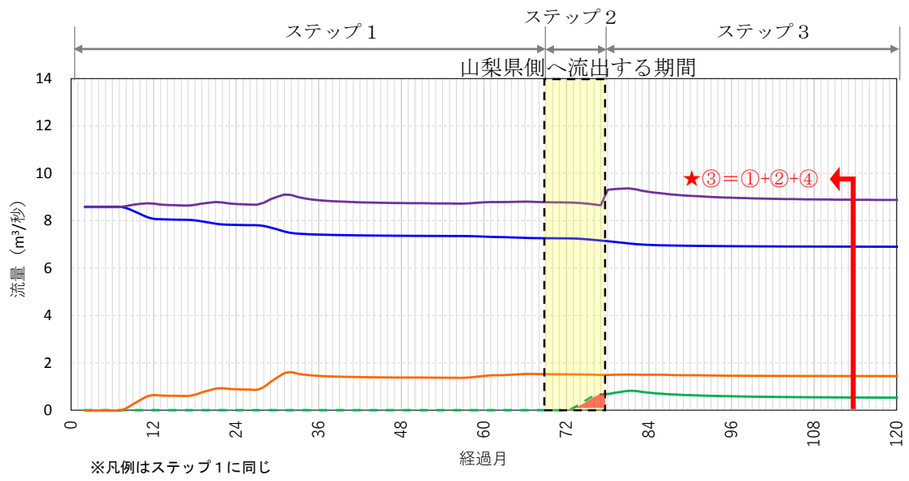
図　５−４２　工事開始後の各段階におけるトンネル湧水量及び椹島（さわらじま）下流地点の河川流量の状況（ステップ２）

３）ステップ３（山梨工区からの先進坑掘削が静岡・山梨工区境に到達して以降）

・静岡・山梨工区の先進坑が貫通することで、貫通以前は山梨県側に流出していた静岡県内のトンネル湧水を、ポンプアップにより導水路トンネル等を通じて大井川に流すことができるようになります。

・グラフ上では、ステップ２「山梨県側へ流出する期間」を経過すると、緑色線の湧水も紫色線の河川流量に加算できるようになるため、紫色線は貫通以前に比べて大きく増加します。

・最終的に、南アルプストンネルが貫通した時点で、静岡県内のトンネル湧水は導水路トンネル等によりすべて大井川に流すことができるようになります。



※凡例はステップ１に同じ

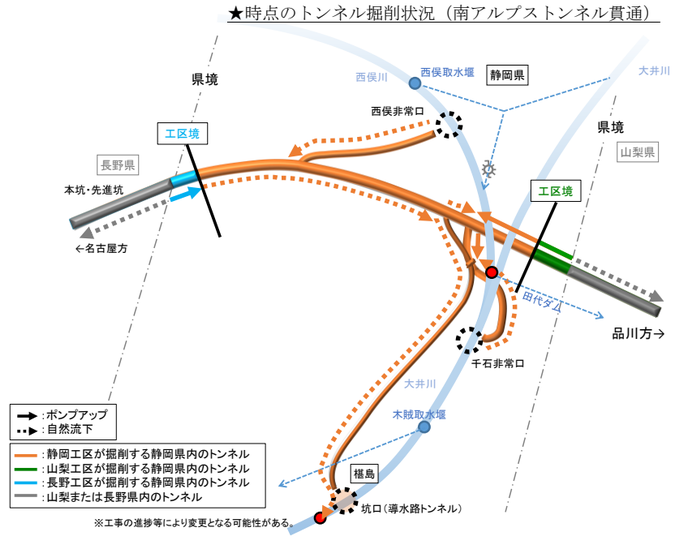


図　５−４３　工事開始後の各段階におけるトンネル湧水量及び椹島（さわらじま）下流地点の河川流量の状況（ステップ３）