

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

環境局環境創造課

平成 29 年 3 月 (令和 3 年 1 月修正)

目次

1. 調査の概要	1
1.1 調査の内容	1
1.2. 解析の流れ	1
1.3. 解析結果の整理	2
2. 調査で用いた情報	2
2.1. 平成 26 年度の解析で収集された情報	2
2.2. 今回の調査で付け加えられた情報	3
3. 解析モデルと解析手法の概要	3
4. 解析結果	13
5. 水収支	23
6. 解析結果の検証	25

表目次

表 1	水循環モデルを構築した基本情報	2
表 2	新たに加わった情報	3
表 3	解析領域に分布する地質	6
表 4	水理地質構造構成員の水理物性	7
表 5	田代ダムの取水基準（第 13 回大井川水利流量調整協議会資料より編纂）	12
表 6	統合型水循環シミュレータ GETFLOWS の機能	12
表 7	樺島地点の累積河川流量（2012 年の気象条件による）	23
表 8	大井川上流部の地表面水収支とトンネル掘削の影響	23
表 9	大井川上流部の地下水水収支とトンネル掘削の影響	24
表 10	本坑・先進坑・非常口斜坑・導水路トンネル内水収支（工事用トンネルは除外）	24

図目次

図 1	解析領域と地形	4
図 2	解析領域の地質分布（地質の詳細は表 3 参照）	5
図 3	南アルプストンネル沿いの水理構造（透水係数分布）	8
図 4	本坑トンネルに併設される先進坑の参考となる青函トンネルの例	8
図 5	本坑の工事に伴う非常口（斜坑）と工事用道路の配置図	9
図 6	非常口（斜坑）トンネルと工事用トンネルの断面形状	9
図 7	トンネル湧水を大井川に戻すため計画されている導水路トンネルのルート	10
図 8	大井川最上流部における水路式発電所の配置	11
図 9	2012 年 1 月 1 日（低水期）の地表面に粒子を配置した時の流動経路（現況モデル）	13
図 10	地下水位の低下量分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）	14
図 11	湧出量減少量の分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）	15
図 12	湧出量減少量の分布（低水期：導水路トンネルは掘削しない）	15
図 13	表層土壌水分の減少量分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）	16
図 14	表層土壌水分の減少量分布（低水期：導水路トンネルは掘削しない）	16
図 15	田代ダム地点における河川流量	17
図 16	榎島地点の河川流量	18
図 17	トンネル湧水量の経時変化（静岡市内：本坑+先進坑+非常口斜坑）	18
図 18	トンネル工事前後の年間平均河川流量比較（田代ダムなどの発電所取水は考慮していない）	20
図 19	トンネル工事前後の低水期（2012 年 1 月 1 日）における河川流量比較（田代ダムなどの発電所取水は考慮していない）	21
図 20	トンネルへの地下水湧水量分布	22
図 21	赤石ダムの流入量（観測結果と解析結果の比較）	25
図 22	赤石ダムの累積流入量（観測結果と解析結果の比較）	25
図 23	畑薙第一ダムの流入量（観測結果と解析結果の比較）	26
図 24	畑薙第一ダムの累積流入量（観測結果と解析結果の比較）	26
図 25	解析結果による現況の田代ダム流入量（2011 年 9 月～2012 年 12 月）	27
図 26	田代ダム地点の流況の例（2018 年：第 13 回大井川水利流量調整協議会資料）	27

1. 調査の概要

1.1 調査の内容

平成 26 年 6 月にユネスコエコパークに登録された南アルプス地域で、東海旅客鉄道株式会社（以下略称 JR 東海）は中央新幹線の建設を進めている。中心となる南アルプストンネルは延長約 25km、最大土被り約 1,300m の長大トンネルである。

本市は南アルプスの自然環境などの保全を目的に、「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」で水循環モデルを構築し検討を進めてきたが、その後、JR 東海から、関連する非常口斜坑、導水路トンネル、現地の河川調査結果などに関する情報が得られたため、これらを踏まえて解析モデルを修正し、改めて解析・検討を行った。

JR 東海は大井川の水資源に対する影響の回避・低減を図るため、本坑・先進坑から樫島地点に導水路トンネルを掘削して、トンネル湧水を大井川に戻す計画を進めており、今回の解析ではその導水路トンネルの水環境への影響と効果を予測することが、目的の一つである。

解析を行ったモデルは次の 3 種である。

現況モデル : 対象領域の水循環の現況再現を行うモデル（トンネル掘削前）

工事後モデル（A） : 導水路トンネルを含め関連トンネルをすべて組込んだ場合

工事後モデル（B） : 導水路トンネルを除き関連トンネルを組込んだ場合

解析期間（気象条件）は、降雨量の比較的少ない平成 24 年（2012 年）とした。ただし、助走解析として、平成 23 年 9 月 1 日以降の気象データを入力して解析を行っており、10 月以降は解析結果として取り扱うことが可能である。

・調査実施者

調査実施者は次のとおりである。

業務名：平成 28 年度 環環創委第 19 号 静岡市南アルプス地域水循環モデル構築業務

受託者：株式会社地圏環境テクノロジー

（〒101-0063 東京都千代田区神田淡路町 2-1 NCO 神田淡路町 3 階）

実施期間：平成 28 年 7 月 21 日～平成 29 年 3 月 24 日

1.2 解析の流れ

(1) 現況再現解析

（国研）産業技術総合研究所が公表している地質図などに基づき、JR 東海が公表した地質図を参考に、大井川上流部の水理地質構造モデル（3 次元格子解析モデル：H26 年モデルを改変）を作成し、気象庁による気象情報を入力して、水循環解析による現況再現を行った。

このモデルは、JR 東海の現地の地質状況に対する認識に沿ったもので、解析結果は JR 東海が公表している検討結果と大きく外れるものではない。

(2) 現況再現結果の検証

現況再現解析結果を現地での河川流量・ダム流入量など観測結果と比較して、解析モデルによって妥当な結果が得られることを確認した。

(3) トンネル掘削後の予測解析

JR 東海に示されたトンネル掘削計画に関する情報を、現況再現モデルに組み込み、解析モデル（A：導水路トンネルあり）、および解析モデル（B：導水路トンネルなし）を作成した。このモデルに、現況再現と同じ気象条件を入力した解析を実施し、トンネル掘削による領域の地表に対する水環境の変化と、トンネル湧水量を予測した。

1.3. 解析結果の整理

以上の解析結果を、特にトンネルが配置される大井川最上流部について、次のような観点から、整理・検討した。

- 現地の河川流量調査結果（JR 東海による）を検証対象とした、モデルの信頼性の検討。
- 田代ダムの連続流量観測データを検証対象とした、モデルの信頼性の検討。
- トンネル掘削による、地表の湧水分布、地下水深度、土壌水分量などへの影響。
- トンネル掘削に伴う、河川流量の変化。特に、影響範囲下流端の榎島地点の流量。
- 掘削されるトンネルの湧水量の分布。自然流下で導水路トンネルに流入する流量と、本坑・先進坑内でポンプアップを行う場合の対象となる流量の区分。

2. 調査で用いた情報

2.1. 平成 26 年度の解析で収集された情報

平成 26 年度の調査で、対象領域の水循環モデルを構築するために収集・整理された情報の概要を表 1 に示す。

表 1 水循環モデルを構築した基本情報

No.	分類	収集項目	情報の名称（発行機関）など
1	気象	降水量・降雪量、気温、風速、日照時間、相対湿度	レーダアメダス解析雨量・メッシュ平年値など（気象庁）
2	地形	陸域：メッシュ標高データ	50mDEM 10mDEM（国土地理院）
		河道形状、河川構造物等 ダム湖湖底地形	河川整備基本方針 大井川 H18 （国土交通省・静岡県）
		ダム湖地形	赤石ダム、畑薙第一ダム・第二ダム、井川ダム 奥泉ダム（中部電力）
3	地質	表層地質、地質構造、地すべり分布等	シームレス地質図（産業技術総合研究所） トンネル沿い透水係数モデル入力値（JR 東海） 地すべり地形分布図（防災科学技術研究所）
4	地表条件	土地利用・植生	国土数値情報土地利用細分メッシュ（国交省） 自然環境保全基礎調査植生図（環境省）
5	水文	ダム流入量・地下水位	赤石ダム、畑薙第一ダム・第二ダム、井川ダム 奥泉ダム、各ダム流入量（中部電力） 二軒小屋・榎島井戸水位観測結果（JR 東海）
6	水利用	ダム運用、河川取水量、 地下水取水量、取排水系統	赤石ダムなど運用実績（中部電力） 取排水系統図（静岡県）
7	その他 構造物	既設発電所導水路 計画トンネル構造物	発電所導水路情報（中部電力） トンネル平面線形・従断・標準断面（JR 東海）

2.2. 今回の調査で付け加えられた情報

今回の調査では、新たに表 2 に示す情報が加わったため、水理構造モデルを修正し、計画されているトンネルをより詳細にモデルに組み込んだ。

表 2 新たに加わった情報

資料の名称	主催・作成	情報の内容	備考
第 1 回～第 4 回 大井川水資源検討委員会	JR 東海	事業概要 工事概要 トンネル沿い地質 水収支解析結果 既設発電所導水路工事中の湧水状況 環境保全処置方策の比較検討 樺島への導水路トンネル計画概要・調査計画 導水路トンネル沿い地質状況 水収支解析による河川流量 環境調査計画	平成 26 年 12 月 ～ 平成 27 年 11 月
工事实施計画認可申請 (計画関連図面類)	JR 東海	平面線形 縦断線形	
南アルプストンネル新設 (山梨工区) 工事－工事 説明会資料	JR 東海	山梨県内 非常口ルート 非常口坑口設備概要	平成 27 年 10 月 27 日
中央新幹線品川・名古屋 間 事業説明会 (大鹿 村) 資料	JR 東海	長野県内 非常口ルート 非常口坑口設備概要	平成 26 年 10 月 10 日
第 6 回 静岡県中央新幹 線環境保全連絡会議説明 資料	JR 東海	発生土置き場計画 工事用道路計画 河川流量に関する環境保全処置 環境影響評価書 意見書 静岡県 環境保全に関する今後の予定	平成 28 年 3 月 28 日
(静岡県) 第 13 回大井川 水利流量調整協議会資料	県 交通基 盤部砂防局	田代ダム河川維持流量 田代ダム放流実績 (平成 18 年～22 年)	平成 24 年 2 月 22 日
平成 27 年度における環境 調査の結果等について 【静岡県】	JR 東海	地下水 (2 箇所) 水質・水位調査結果 河川流量・水質調査結果 (月 1 回) 河川流量常時計測結果 (西俣地点) 河川流量・水質調査結果 (豊水期・低 水期の年 2 回 本川、支沢 39 か所)	平成 28 年 6 月

3. 解析モデルと解析手法の概要

解析モデルに組み込んだ主要な情報を以下の図に示す。

- 解析モデルを構築した領域と地形・・・図 1
- モデル化した地質・・・図 2
- 分布地質の一覧・・・表 3
- モデル構成地質の水理物性・・・表 4
- 南アルプストンネル沿いの水理構造 (透水係数分布)・・・図 3
- 本坑トンネルに併設される先進坑の参考となる青函トンネルの例・・・図 4
- 本坑の工事に伴う非常口 (斜坑) と工事用道路の配置・・・図 5
- 非常口 (斜坑) トンネルと工事用トンネルの断面形状・・・図 6
- トンネル湧水を大井川に戻すため計画されている導水路トンネルのルート・・・図 7
- 大井川最上流部における水路式発電所の配置・・・図 8

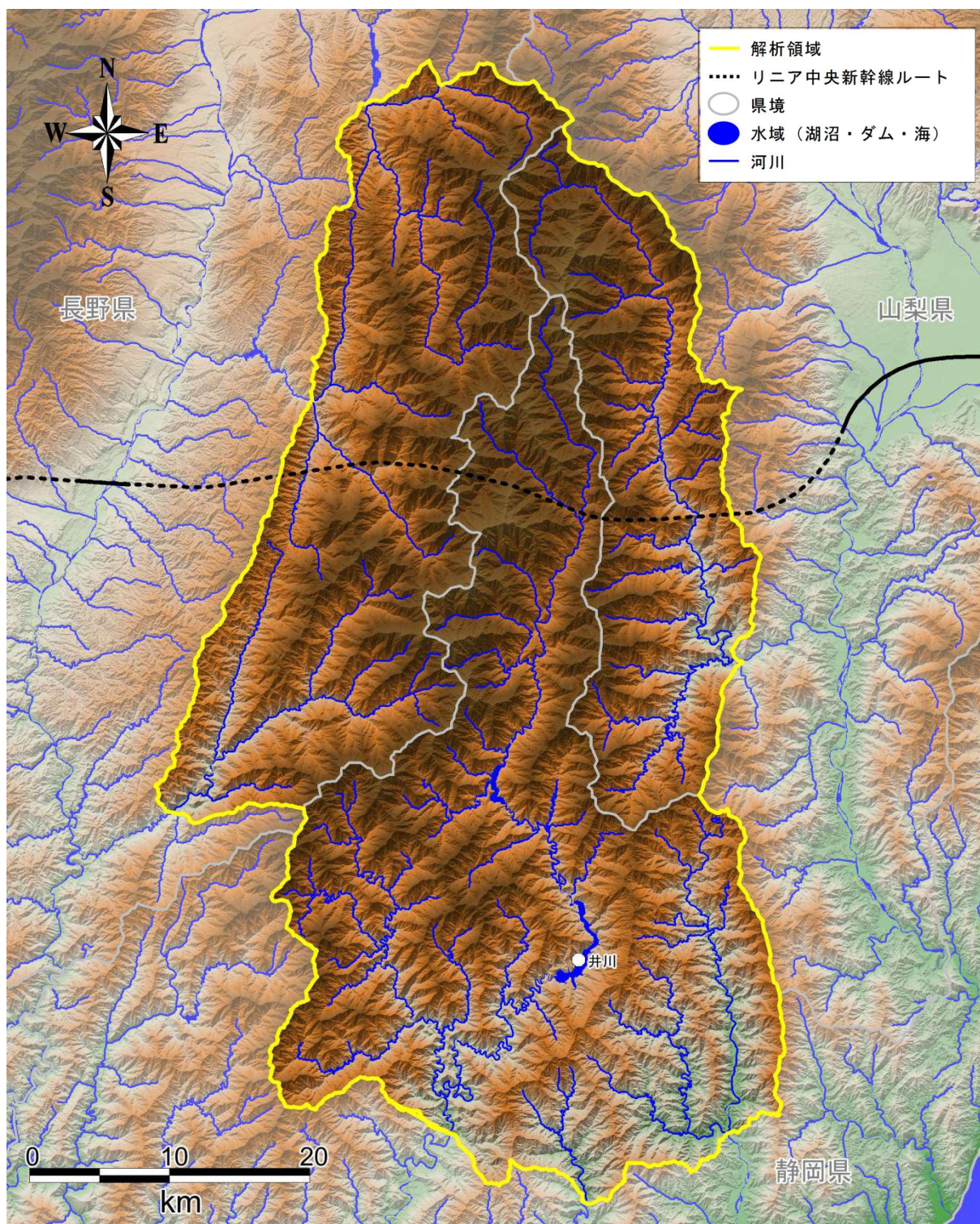


図1 解析領域と地形
 (南アルプスの大半を包含した、面積約 2,300km² の範囲)

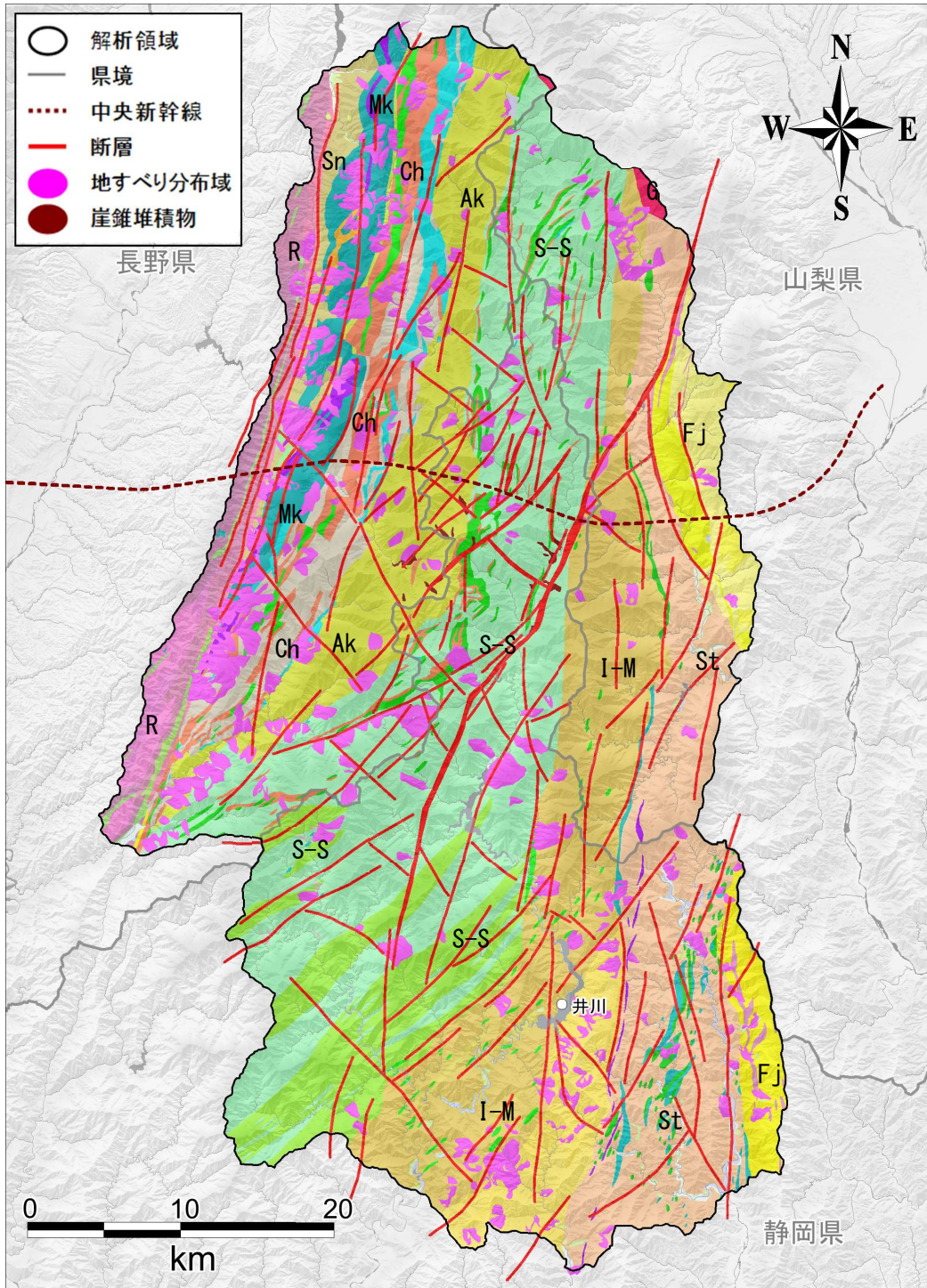


図2 解析領域の地質分布（地質の詳細は表3参照）

（20万分の1シームレス地質図・地すべり地形分布図・JR東海資料などによる。地質は主に付加体と呼ばれる複雑な構造をした粘板岩、砂岩等の堆積岩類で、岩種と堆積時代によって構造帯、層群に区分され、色分けがなされている。構造帯・層群の記号、名称、特性は表3参照。断層はJR東海によるトンネル付近の地質図を参考に地形を判読し、全域に展開した。）

表3 解析領域に分布する地質

時代・岩体分類	記号	地層名	地質の概要・分布岩種・特徴
中新世花崗岩	G	花崗岩体	解析領域北東縁辺部に分布する甲斐駒ヶ岳花崗岩体（赤色）
中新世 堆積岩類	Fj	富士川層群	前期中新世～中期中新世の苦鉄質火山岩類（黄色）。一部に中～後期中新世～鮮新世の珪長質貫入岩（薄紫色）を含む。
白亜紀～ 前期中新世 付加体 (四万十帯)	St	瀬戸川層群	後期始新世～前期中新世の付加コンプレックス。泥岩優勢の基質（肌色）に玄武岩類（緑色）、石灰岩（青色）を挟む。
	I-M	犬居層群 三倉層群	後期白亜紀～前期漸新世の付加コンプレックス。泥岩優勢の基質・砂岩優勢互層(黄土色)に、玄武岩（緑色）を挟む。
	S-S	白根層群 寸又層群	後期白亜紀の付加コンプレックス。泥岩優勢の基質（薄緑色）に砂岩優勢互層（薄黄緑色）玄武岩類（緑色）、石灰岩（青色）、チャート（赤茶色）を挟む。
	Ak	赤石層群	前期～後期白亜紀の付加コンプレックス。泥優勢の基質・砂岩優勢互層（黄緑色）に、チャート（赤茶色）を挟む。
ジュラ紀 付加体	Ch	秩父帯	前期～後期ジュラ紀の付加コンプレックス。泥岩優勢の基質（薄灰茶色）に、玄武岩類（緑色）、石灰岩（青色）、チャート（赤茶色）を挟む。
ジュラ紀 緑色岩類	Mk	御荷鉢 緑色岩体	苦鉄質火山岩類（青緑色）。三波川帯の秩父帯側にあり、三波川帯と同様に高圧変成作用（結晶片岩化）を受けている。一部にチャート（オレンジ色）を含む。
中生代結晶片岩	Sn	三波川帯	泥質片岩（灰緑色）主体で、一部緑色片岩（薄緑色）を含む。
中生代変成岩 花崗岩類	R	領家変成岩 花崗岩類	白亜紀の珪長質深成岩類（花崗岩類：赤紫色）主体で、一部に熱変成作用を受けた前期白亜紀の海成堆積岩類（薄緑色）を伴う。
上記以外の水理地質構成員： 全域の表層の表土層（厚さ 1m）、河川沿いおよび湖底に分布する沖積砂礫層（厚さ 5m）、地すべり堆積物、断層（主要な断層とその他の断層を区別）			

表 4 水理地質構造構成員の水理物性

地質	風化・弛み区分Ⅰ		風化・弛み区分Ⅱ		風化・弛み区分Ⅲ		新鮮部・全層共通	
	透水係数 (m/sec)	有効 空隙率	透水係数 (m/sec)	有効 空隙率	透水係数 (m/sec)	有効 空隙率	透水係数 (m/sec)	有効 空隙率
表土層	—	—	—	—	—	—	H : 1×10^{-3} V : 1×10^{-4}	0.4
沖積砂礫層	—	—	—	—	—	—	1×10^{-4}	0.3
崖錐堆積物	—	—	—	—	—	—	1×10^{-4}	0.3
地すべり土塊	—	—	—	—	—	—	1×10^{-5}	0.2
富士川層群中 珪長質貫入岩	1×10^{-6}	0.1	1×10^{-7}	0.05	1×10^{-7}	0.05	1×10^{-8}	0.05
富士川層群 火山岩類	1×10^{-5}	0.1	H : 1×10^{-7} V : 1×10^{-8}	0.05	H : 1×10^{-7} V : 1×10^{-8}	0.05	1×10^{-9}	0.02
付加体中の 石灰岩	1×10^{-4}	0.1	1×10^{-4}	0.1	1×10^{-7}	0.05	1×10^{-9}	0.01
付加体中の チャート	1×10^{-5}	0.1	1×10^{-7}	0.05	1×10^{-8}	0.02	1×10^{-9}	0.01
付加体中の 玄武岩	1×10^{-6}	0.1	1×10^{-8}	0.05	1×10^{-8}	0.02	1×10^{-9}	0.01
付加体砂岩・ 砂岩優勢互層	1×10^{-6}	0.1	1×10^{-7}	0.05	1×10^{-7}	0.05	1×10^{-9}	0.01
付加体基質・ 泥岩優勢互層	1×10^{-6}	0.1	1×10^{-8}	0.05	1×10^{-8}	0.02	1×10^{-9}	0.01
御荷鉢緑色岩	1×10^{-6}	0.1	1×10^{-9}	0.02	1×10^{-10}	0.005	1×10^{-10}	0.005
三波川 結晶片岩	1×10^{-6}	0.1	1×10^{-8}	0.05	1×10^{-9}	0.01	1×10^{-10}	0.005
花崗岩類	1×10^{-5}	0.	1×10^{-8}	0.05	1×10^{-9}	0.01	1×10^{-10}	0.005
主要な断層	—	—	—	—	—	—	1×10^{-5}	0.1
一般の断層	透水係数は、周辺地山の 2 倍。有効空隙率は周辺地山と同じ。							

透水係数で H は水平方向、V は鉛直方向の係数を示す。両者が異なる場合は、透水性に異方性を見込む。

表土層の異方性は、土壌～表土層の鉛直構造の変化を考慮している。

風化・弛み区分Ⅰ：表層最大厚さ 50m 程度 風化・弛み区分Ⅱ：その下、最大厚さ 200m 程度、

風化・弛み区分Ⅲ：その下、最大厚さ 300m 程度 風化・弛み区分Ⅳ（新鮮部）：その下

このほか、水理物性としては、地表流に対するマンニングの粗度係数、飽和・不飽和 2 相流特性などがあるが、解析結果に及ぼす効果が僅少なので、ここでは省略する。詳細は本報告書を参照されたい。

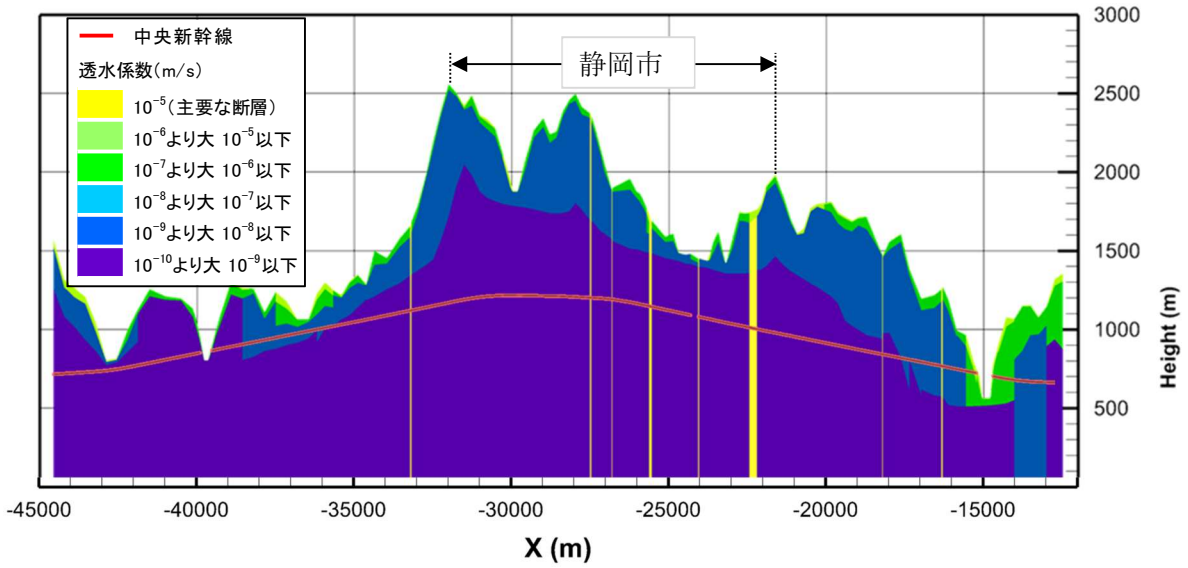


図3 南アルプストンネル沿いの水理構造（透水係数分布）

（解析モデルでは、表層部は透水性が高く深部ほど透水性は低く、断層は深部まで高透水性。）

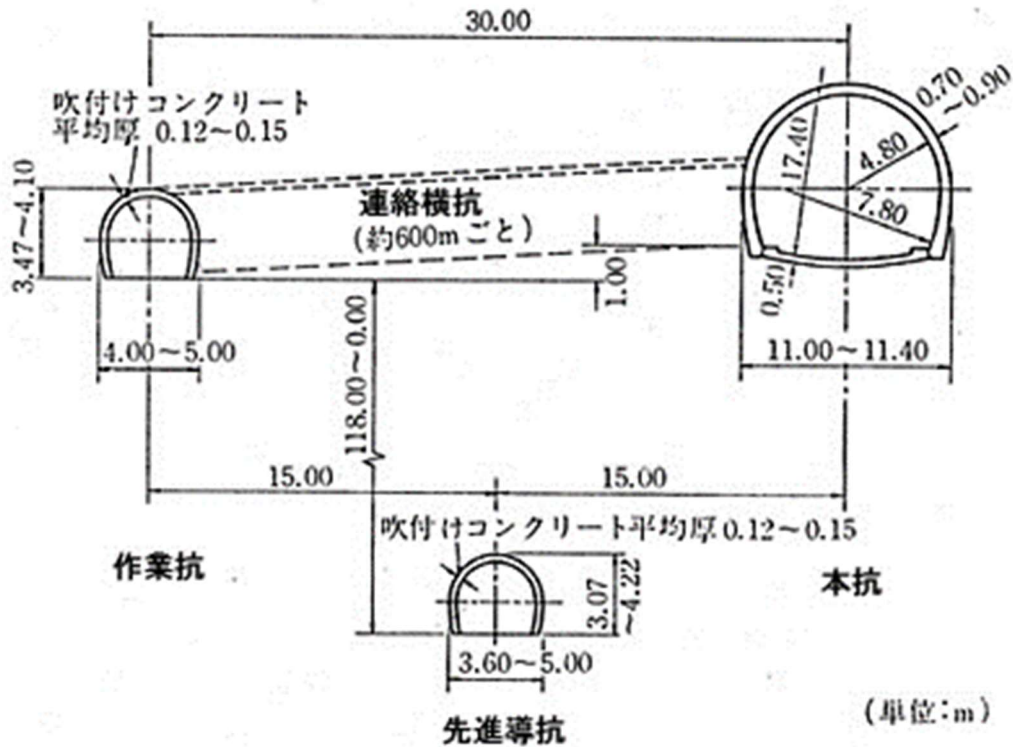


図4 本坑トンネルに併設される先進坑の参考となる青函トンネルの例

（南アルプストンネルでは、作業坑・排水坑として作業坑位置に先進坑が設けられる見込み）

出典：仁杉巖の青函トンネルについて（長大鉄道トンネルの建設 2）鉄道建設公団 仁杉巖
 総裁 昭和 58 年 5 月 技術同友会での講演

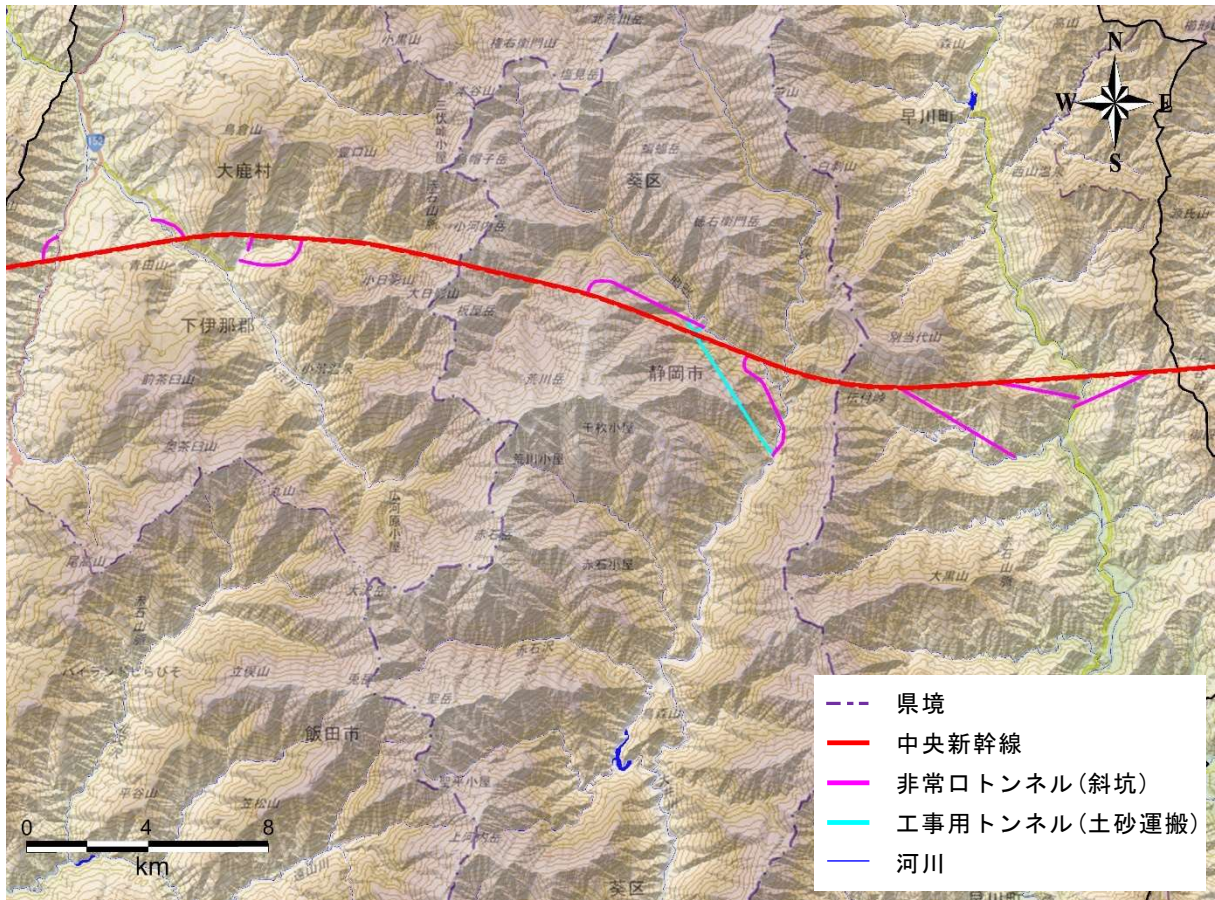


図5 本坑の工事に伴う非常口（斜坑）と工事用道路の配置図

（静岡市内の非常口は「第4回大井川水資源検討委員会資料」

山梨県内非常口は「南アルプストンネル（山梨工区）工事－工事説明資料」

長野県内非常口は中央新幹線 品川・名古屋間「事業説明会（大鹿村）資料」

工事用トンネルのルートは「第6回静岡県中央新幹線環境保全連絡会議説明資料」より転記）

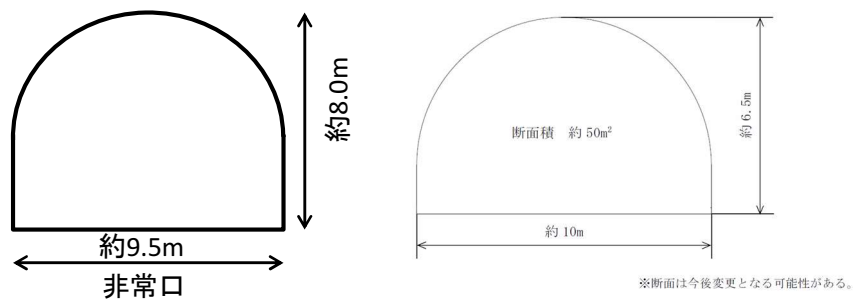


図6 非常口（斜坑）トンネルと工事用トンネルの断面形状
（JR 東海提供資料より）

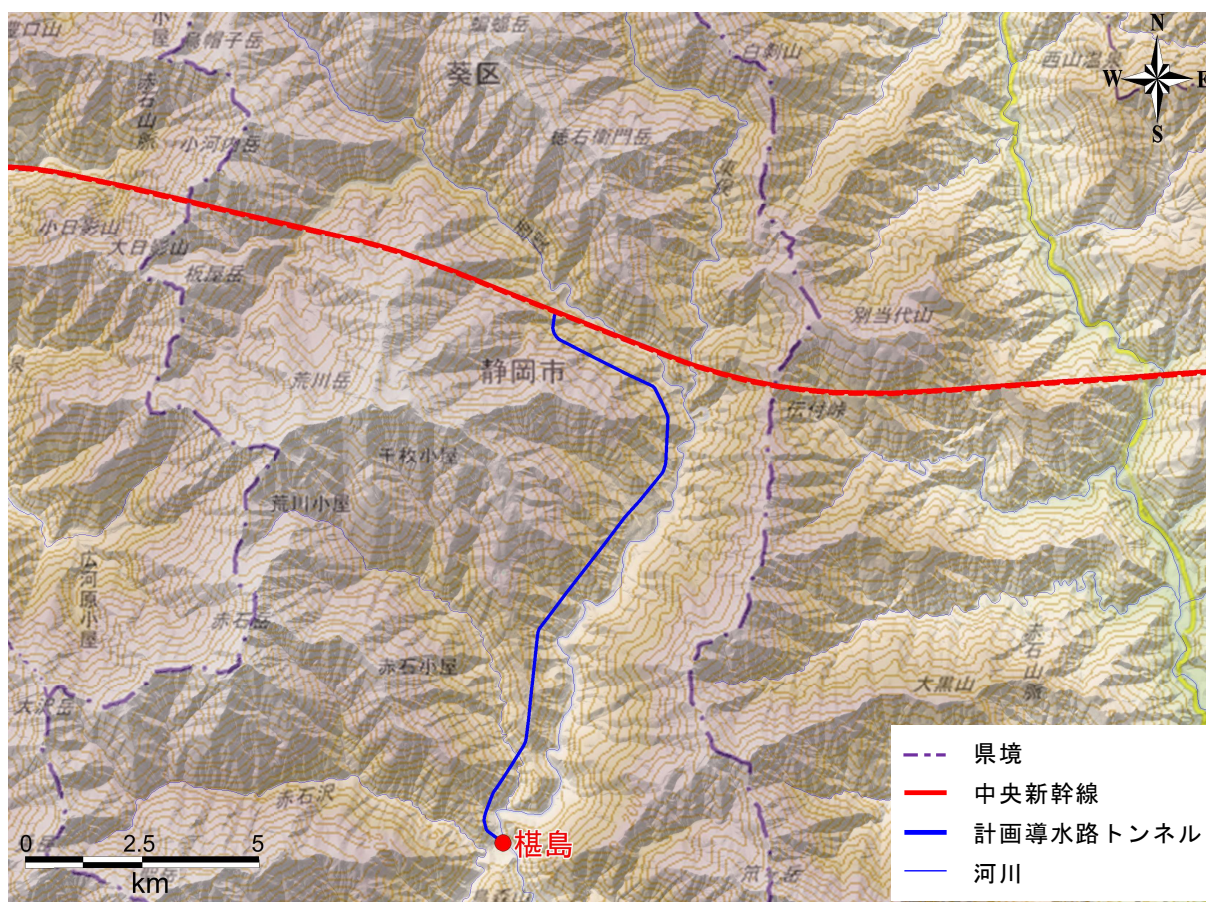


図7 トンネル湧水を大井川に戻すため計画されている導水路トンネルのルート
(第4回 大井川水資源検討委員会 資料より転記)

(導水路トンネルは、本坑等のトンネル湧水を大井川に戻すことを目的として計画されている。導水路のルートは、正式には公表されていないが、委員会資料に示された地質図に記入されているルートを転記した。導水路分岐点から榎島の排水口までの延長は11.4kmとみられる。

トンネルの断面 榎島から掘削する大部分の区間 : 径3.5mの円形断面 (TBMで掘削)
本坑側から掘削する区間 : 幅5.1mの馬蹄形断面 (NATMで掘削)

JR 東海の検討では、静岡市区間の大井川(榎島付近)での河川流量減少量 $2.03\text{m}^3/\text{sec}$ の内、導水路トンネルの設置により自然流下で大井川に戻す量は $1.33\text{m}^3/\text{sec}$ で、残りの $0.7\text{m}^3/\text{sec}$ は、必要に応じて導水路トンネル取付位置までのポンプアップも検討するとしている。)

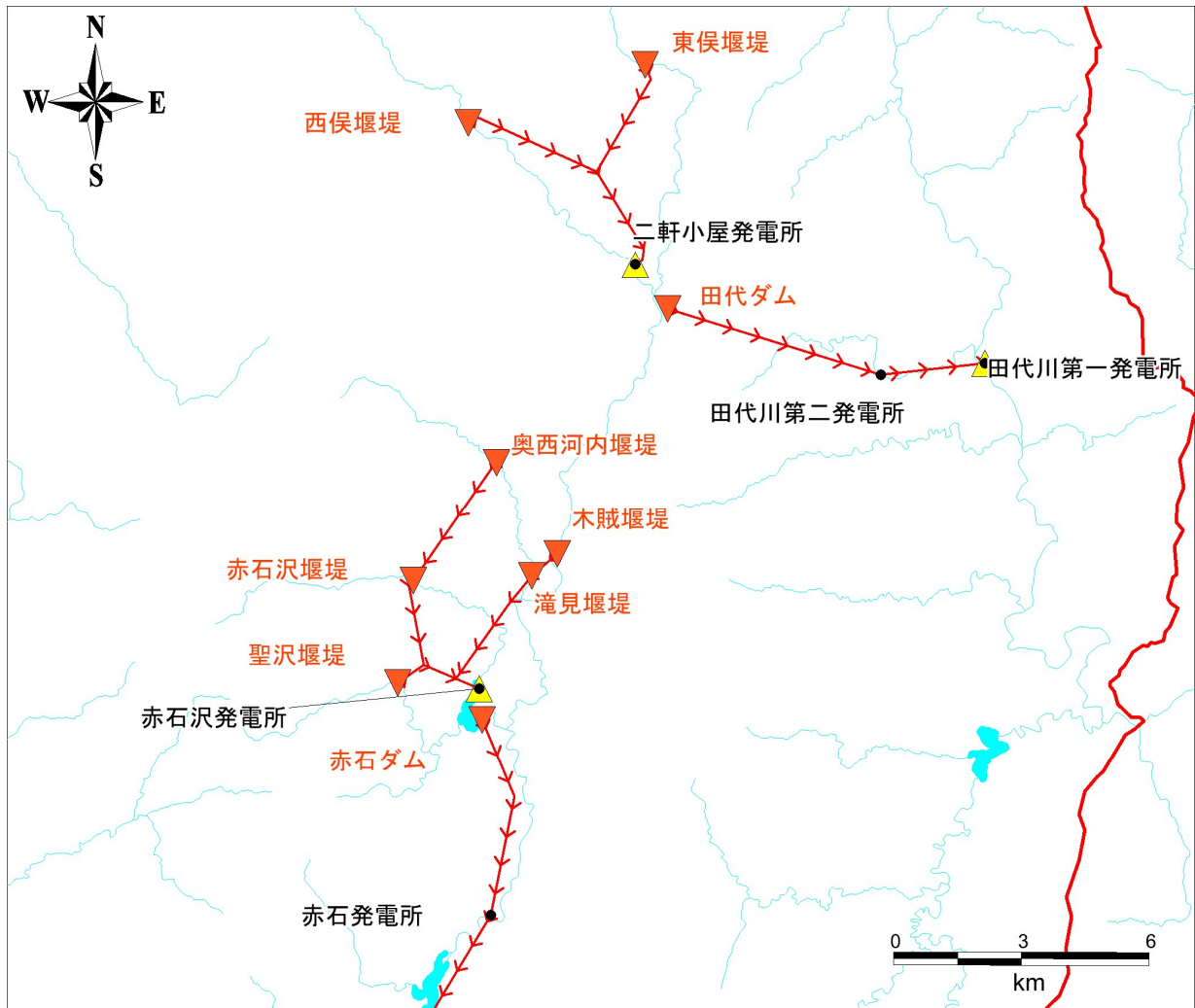


図8 大井川最上流部における水路式発電所の配置

(中部電力の二軒小屋発電所、赤石沢発電所、赤石発電所は水路式で、発電後の放水は大井川に戻されており、流域の水循環にほとんど影響を与えていない。東京電力の田代ダムは、許可最大取水量 $4.99 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、流域外の田代川第二発電所に導水して最終的には、富士川水系早川に放水されている。)

図8の発電所の内、東京電力の田代ダムは、南アルプストンネルが掘削される地域のすぐ下流側に位置しており、トンネル掘削に伴う河川流量減少の影響を大きく受ける位置にある。

田代ダムへの流入量が少ない冬季などでも、従来、東京電力は許可量までの最大限の取水を行っていたため、田代ダムの下流側では、河川水が全く涸れてしまう事態が頻発していた。これに対し、河川管理者と企業者が「大井川水利流量調整協議会」を設けて協議し、河川維持流量を田代ダムより放流することで合意し、平成18(2006年)より実施されている。現行の田代ダムの取水基準を表5に示す。

平成18年(2006年)から22年(2010年)の実績(第13回 大井川水利流量調整協議会資料)では、田代ダムへの流入量が最も少ない時期で $2 \text{ m}^3/\text{sec}$ 前後であり、維持放流をしながらなお $1.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度の取水が可能であった。

表 5 田代ダムの取水基準（第 13 回大井川水利流量調整協議会資料より編纂）

許可最大取水量 : 4.99m ³ /sec		
維持放流量	期間	維持放流量
取水できるのは、河川流量の維持放流量を超える分に対、最大許可水量まで。	1月1日～3月19日	0.43
	3月20日～4月30日	0.98
	5月1日～8月31日	1.49
	9月1日～12月5日	1.08
	12月6日～12月31日	0.43

(ただし、冬季において0.1 m³/secの河川流量が確保できれば、発電設備の維持のため、最大1.62 m³/secまでの取水ができるものとする。)

この調査では、これらの情報に基づいて構築した3次元格子を組み合わせたモデルに組み込み、気象条件を入力して表流水および地下水の流れを解析した。解析底面標高はTP-3,000mである。

解析は、表流水と地下水を合わせて解析できる「統合型水循環シミュレータ GETFLOWS」によって行った。GETFLOWSの主な機能（設定データ、入力データ、出力データ）は表6に示すとおりである。

表 6 統合型水循環シミュレータ GETFLOWS の機能

設定データ	表流水の流れに対する抵抗定数である地表面のマニング粗度係数 間隙流体の透過性を流体の粘性との関係で決定する絶対浸透率（一般には透水係数に換算して表示する場合が多い） および 有効空隙率 不飽和ゾーンの水の存在状況を規制する 飽和・不飽和2相流特性。 境界条件（閉境界、もしくは水圧固定）
入力データ	降雨・気温・相対湿度・日照時間など気象データ（蒸発散の算定式によって、使用するデータが異なる） 人工系の地下水揚水、河川水取水、河川への放流、ダム貯水量など
出力データ	解析格子毎に、蒸発散量 地表水流動量・貯留量、地下水涵養量、地下水流動量、地下水湧出量、地下水飽和度、地下水ポテンシャル（圧力水頭）
追加可能な解析機能	地下水の溶存物質移行解析、雨滴浸食、表流水の浮遊砂流動解析、走流砂流動解析、熱量流動量、塩水・淡水境界問題

4. 解析結果

図 9 に現況再現解析結果の表流水（青線）および地下水（赤線）の流動経路を示す。

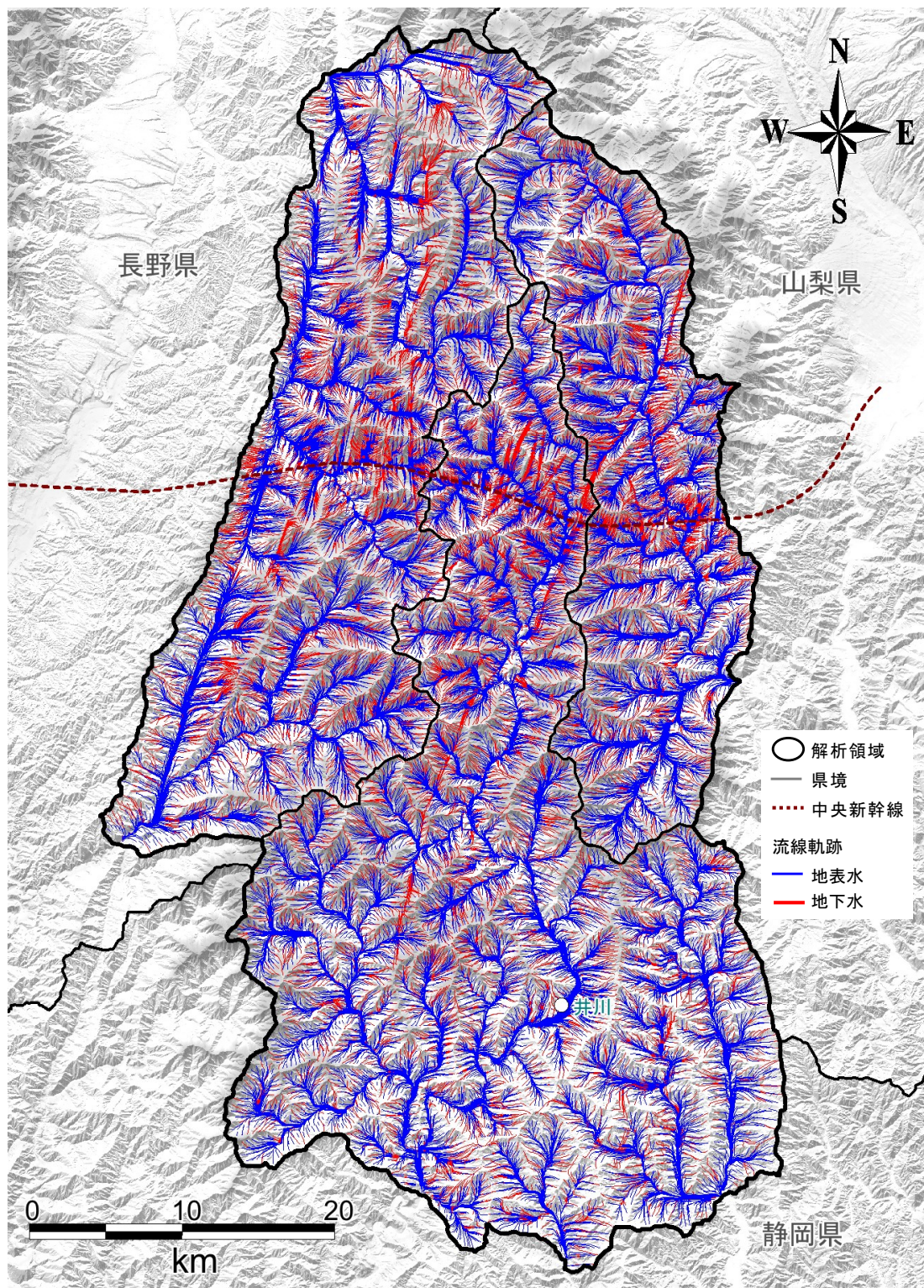


図 9 2012 年 1 月 1 日（低水期）の地表面に粒子を配置した時の流動経路（現況モデル）

この図は、山地の頂稜部から近傍の河川に向かって地下水が流動し、谷頭部や河川に湧出した水が下流に向かって合流しながら流れている様子をしめしている。一部に、南北方向もしくは北北東-南南西方向に、地下水（赤線）が集まって東になっている箇所が見られるが、これは、断層に沿った地下水の流れを示している。

掘削されるトンネル周辺地域における、地表の水文環境に対するトンネル掘削の影響を評価する資料として、現況再現とトンネル掘削後の解析結果の差（減少量）以下の図を示す。ここで、低水期として採用したのは、2012年1月1日の気象条件に対する解析結果である。

- 地下水位の低下量分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）・・・図 10
- 湧出量減少量の分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）・・・図 11
- 湧出量減少量の分布（低水期：導水路トンネルは掘削しない）・・・図 12
- 表層土壌水分の減少量分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）・・・図 13
- 表層土壌水分の減少量分布（低水期：導水路トンネルは掘削しない）・・・図 14

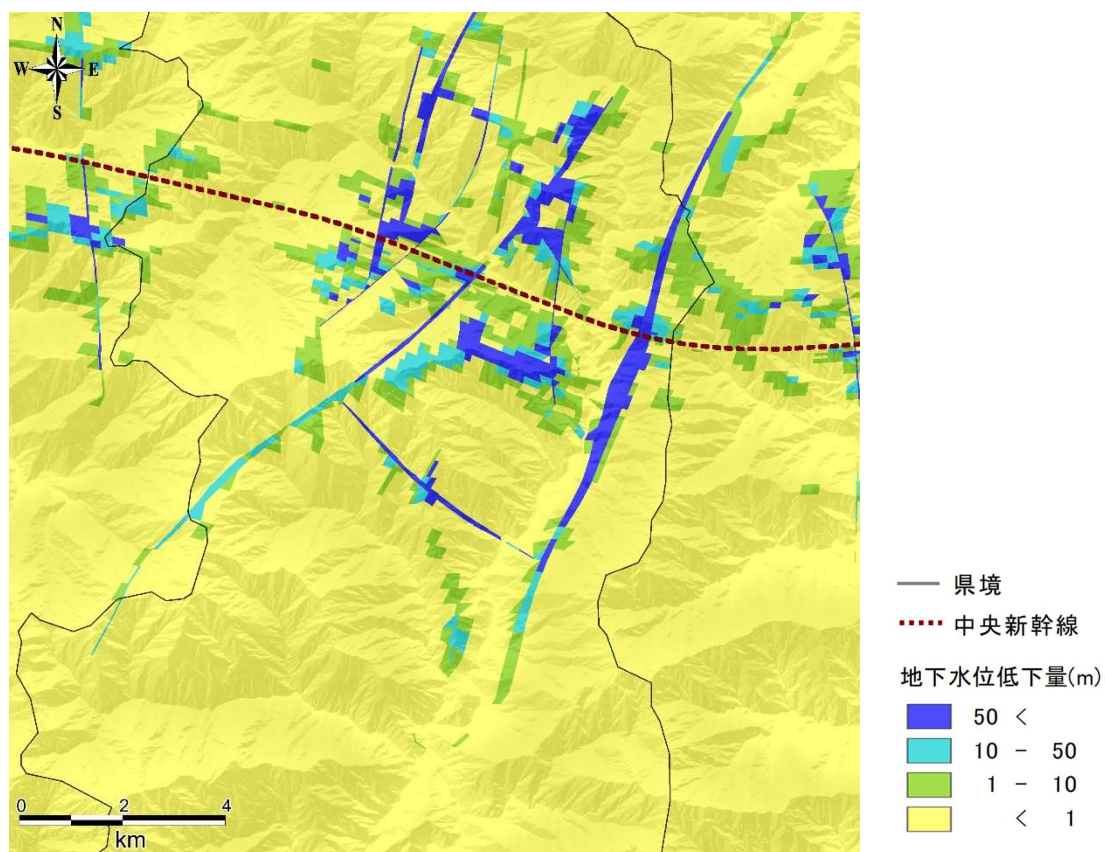
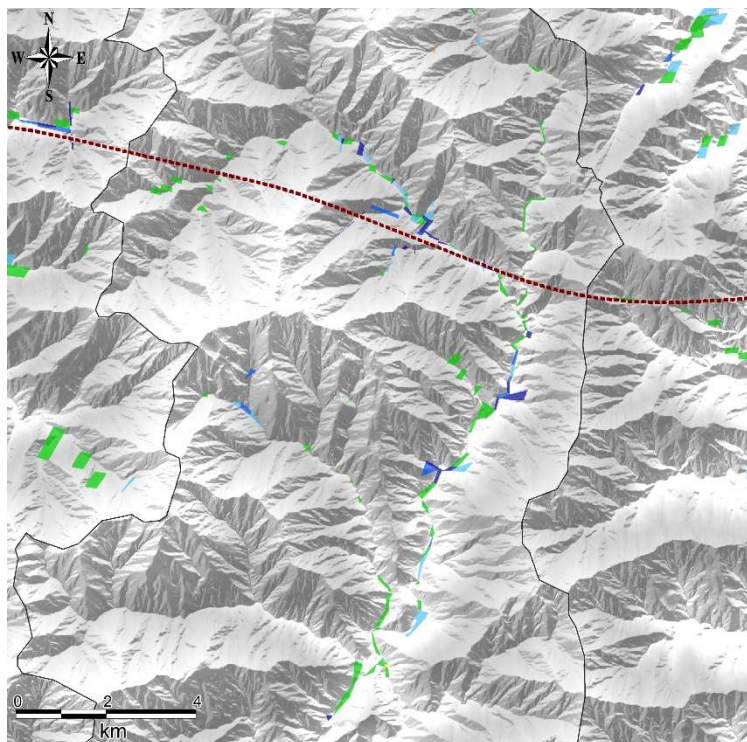


図 10 地下水位の低下量分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）

（本坑トンネル、導水路トンネル付近のみの拡大図。現況との差を示す。断層沿いに地下水位の低下が生じている。）



減少量は、面積当たりの量
(mm/day) で表示。

10mm/day、格子面積 1 ha で
100m³/day、1 分間約 70 リットル
に相当。

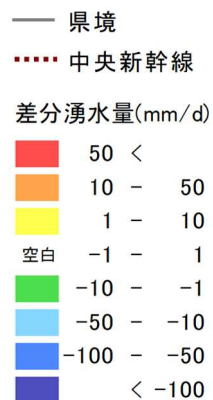


図 11 湧出量減少量の分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）
（本坑トンネル、導水路トンネル付近：現況との差分）

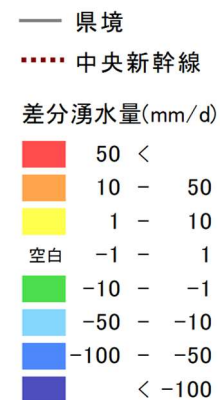
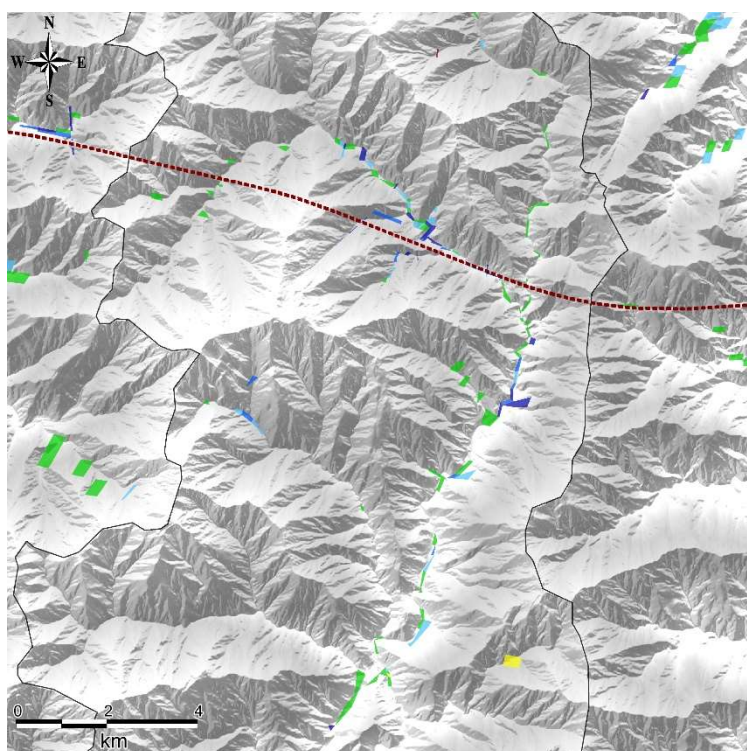


図 12 湧出量減少量の分布（低水期：導水路トンネルは掘削しない）
（本坑トンネル付近：現況との差分）

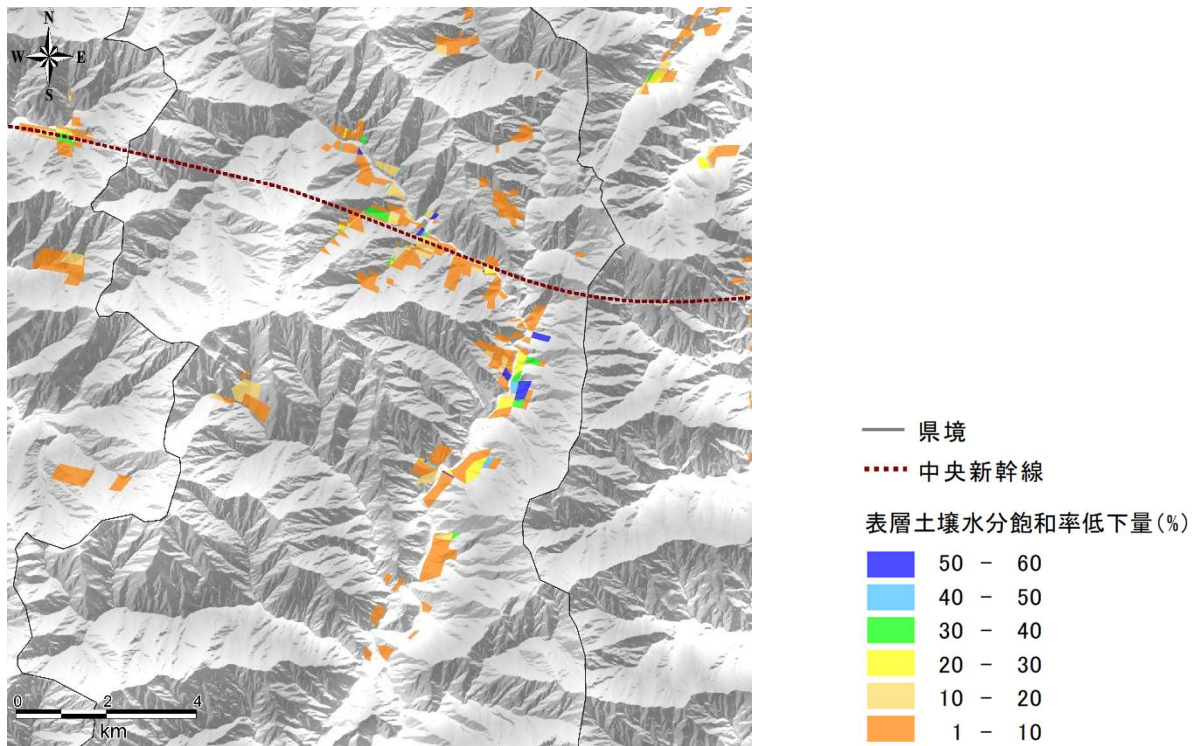


図 13 表層土壌水分の減少量分布（低水期：導水路トンネルまで掘削）
 （本坑トンネル、導水路トンネル付近：現況との差分）

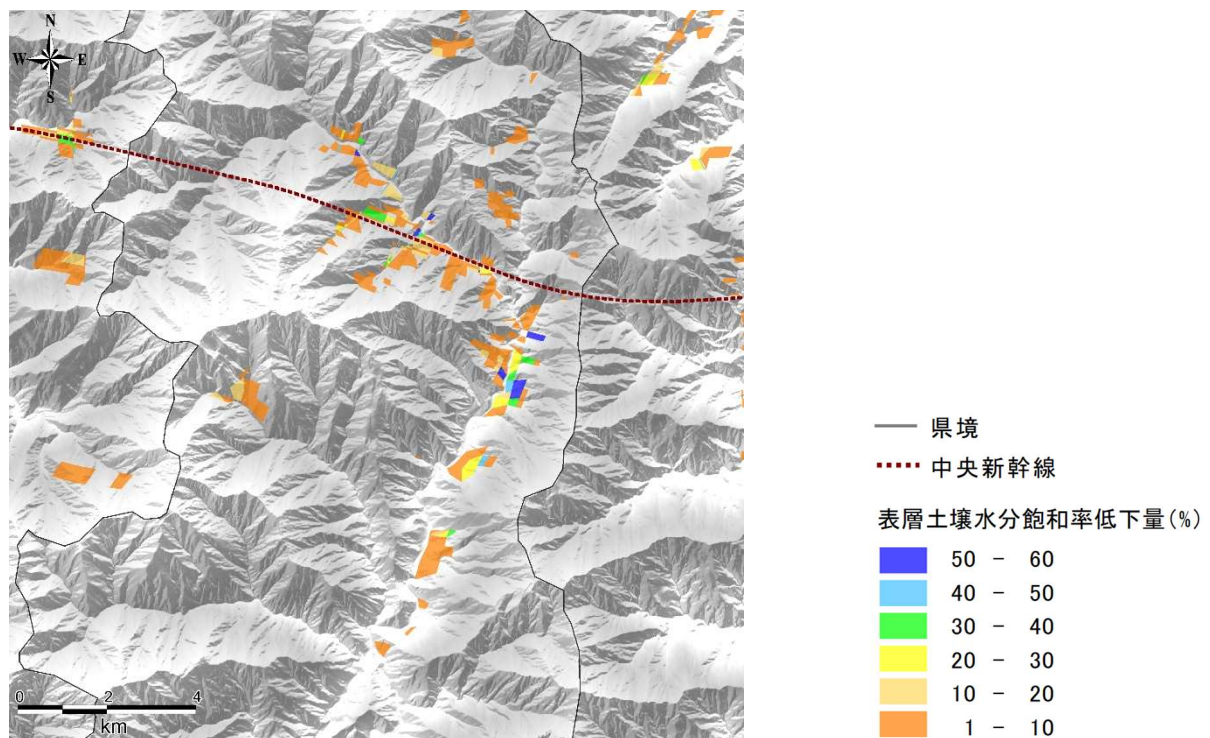


図 14 表層土壌水分の減少量分布（低水期：導水路トンネルは掘削しない）
 （本坑トンネル付近：現況との差分）

図 10 では、断層沿いなどに大きく地下水位が低下する箇所が見られるが、その多くは、現況でも地下水位の深く、地表における水文環境の変化（湧水の枯渇や土壌の乾燥化）が進んでいるとは限らない。

図 11、図 12 は湧水量の減少量を示すが、減少が生じる箇所の多くは河床部で、河川流量が枯渇するようなことにならない限り、水文環境が大きく変化したとは見られない。大きな格子で 100mm/d（1ha 当たり 700L/分）以上の減少がある箇所では、湧水の減少が目に見える形で現れる可能性がある。

図 13、図 14 は表層土壌の水分飽和度率の低下量を示している。飽和率が 10%程度低下しても、気象変化に伴う日常の変動の範囲で、土壌の乾燥化が進んだとは見られない。飽和率の減少量が 30%もしくは 50%を超えた場合は、現況では湿地に近いような状態であるものが乾燥化することになり、植生などにも影響を及ぼす可能性があるが、そのような箇所は限られている。

図 15 に田代ダム地点における、河川流量の現況とトンネル掘削後の比較を示す。

特に水量の少ない時期に着目した場合、河川流量は現況より大幅に減少する。ただし、完全に枯渇するには至らない。減少量は約 $1\text{m}^3/\text{sec}$ で、この時期の現況河川流量 $2\sim 3\text{m}^3/\text{sec}$ の 30%～50%に達する。

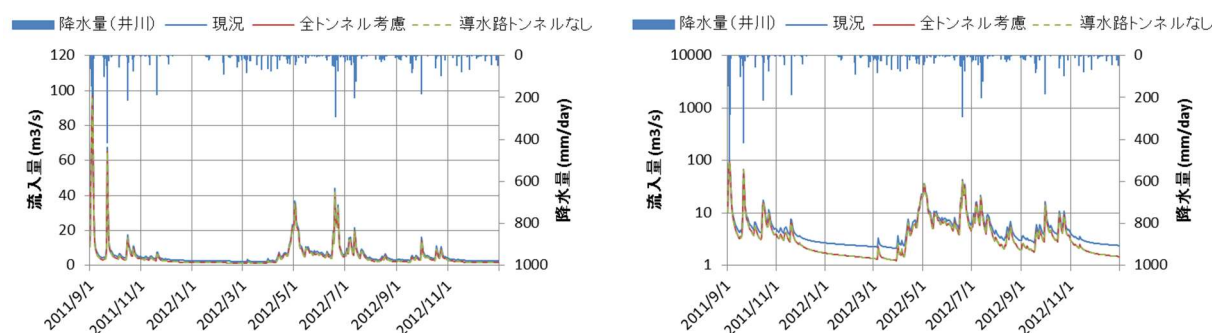


図 15 田代ダム地点における河川流量
(現況とトンネル掘削後の比較。右側は流量が対数で示されている。)

図 16 に、榎島地点の現況とトンネル掘削後の河川流量について、導水路トンネルの有無を含めて、比較して示す。

河川流量は、東京電力の田代ダムからの取水、中部電力の木賊堰堤、滝見堰堤などからの取水を無視している。流量の少ない時期の榎島の河川流量は、導水路トンネルを設けない場合、現況より約 $1\sim 1.5\text{m}^3/\text{sec}$ 程度減少する。導水路トンネルを設けても、本坑内でのポンプアップを行わない場合は $0.3\sim 0.4\text{m}^3/\text{sec}$ 程度の流量の減少が生じ、現況を維持することはできない。

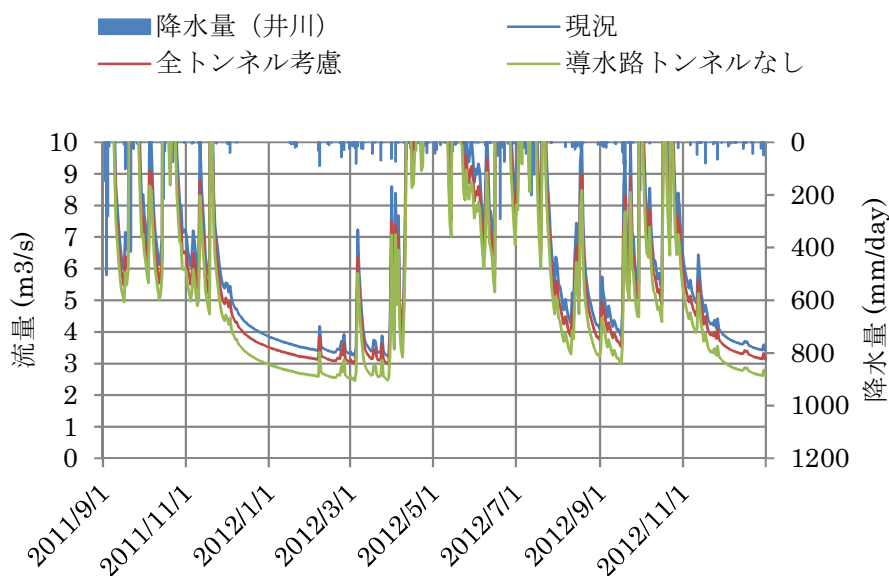


図 16 榎島地点の河川流量

(田代ダム、木賊堰堤などの取水のない本来の流量。本坑内のポンプアップを行わない場合。)

図 17 には、解析結果のトンネル湧水量の経時変化を示す。湧水量は、静岡市内区間の本坑と先進坑および非常口斜坑の合計で、工専用トンネルと導水路トンネルが掘削された場合である。このグラフには、工専用トンネルと導水路トンネルの湧水量は含まない。なお、工専用トンネルの湧水量は約 $0.4\text{m}^3/\text{sec}$ である。

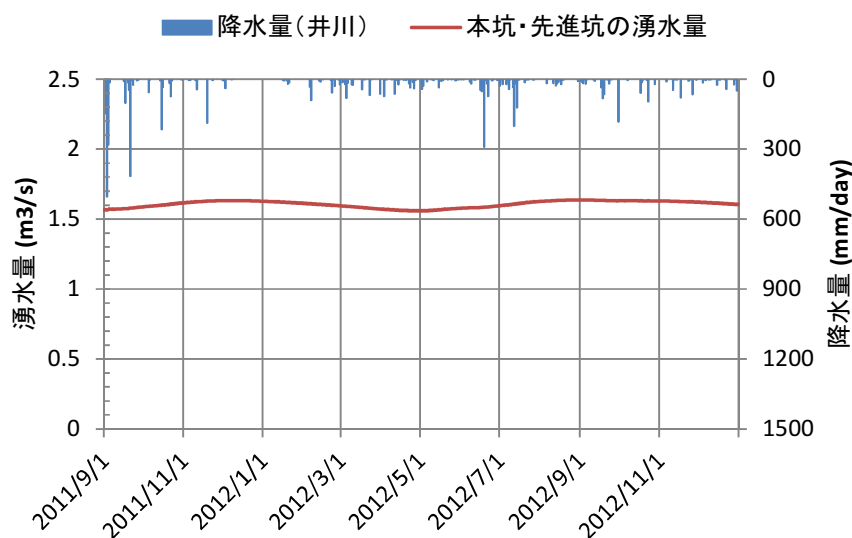


図 17 トンネル湧水量の経時変化（静岡市内：本坑+先進坑+非常口斜坑）

図 17 に依れば、トンネル湧水量は年間を通じてほとんど変化しない。これは、トンネルが地

表から離れて深い位置に掘削されるため、地表への降雨の直接的な影響は受けにくいと考えられる。詳細に見れば、湧水量は秋から冬に向かってわずかに増えており、降雨の変化に比べて半年ほど遅れて変化しているとみられる。

トンネル掘削の河川流量への影響、併せてトンネル内の湧水状況を取りまとめた次の図に示す。

- トンネル工事前後の年間平均河川流量比較・・・図 18
- トンネル工事前後の渇水期における河川流量比較・・・図 19
- トンネルへの地下水湧水量分布・・・図 20

これらの図に示した流量は、東京電力の田代ダムからの取水、中部電力の木賊堰堤などからの取水は考慮しない本来の河川流量である。また、導水路トンネルからの排水は、本坑内でのポンプアップを行わない場合である。

図 18 の年平均河川流量は、田代ダム地点で約 $1\text{m}^3/\text{sec}$ (約 19%) 減少する。田代ダムの下流側では減少量が約 $1.4\text{m}^3/\text{sec}$ (約 23%) とより大きな影響を受けている。これは本川左岸側の畑薙断層沿いに本坑に水が引かれ、支沢からの流入量が大きく減少する結果である。

木賊堰堤地点の流量は、導水路トンネルを設けた場合、設けない場合より $0.2\text{m}^3/\text{sec}$ 程度少なくなる。これは、導水路トンネルを掘削することで、その上の本川右岸側の支沢の流量が減少する結果である。この減少分は導水路トンネル中に湧出して、榎島地点で本川に戻される。

河川流量の少ない時期のある時点 (2012 年 1 月 1 日の気象条件) では、図 19 に示すように、田代ダム地点の流量は枯渇しないものの、約 $1\text{m}^3/\text{sec}$ (36%) の流量減少が生じることになる。榎島の河川流量の減少は導水路トンネルを設けない場合 $0.9\text{m}^3/\text{sec}$ (23%) の減少で、導水路トンネルを設けても $0.34\text{m}^3/\text{sec}$ (9%) 減少する。

図 20 に示すようにトンネル内の湧水量の内、 $0.5\text{m}^3/\text{sec}$ は非常口斜坑の湧水量で、本坑・先進坑の静岡市内区間の湧水量は $1.1\text{m}^3/\text{sec}$ 程度である。その内、導水路トンネルに自然流入するのは、西俣非常口斜坑と本坑の最高点から導水路分岐点までの合計で $0.5\text{m}^3/\text{sec}$ 程度、全体湧水量の約 30% である。

JR 東海の地質断面図 (第 1 回大井川水資源検討委員会資料 p29) にも示されているように、導水路トンネルの分岐点と山梨県県境との間には断層が発達している。この区間の湧水量は $0.9\text{m}^3/\text{sec}$ 以上であるが、トンネルの縦断勾配との関係で、導水路には自然流入できない結果になっている。

ここに示した湧水量は、JR 東海の検討モデルがかなり透水性の高い岩盤を予想していることに依った結果で、実際の湧水量はこれより少なくなる可能性がある。ただし、導水路トンネル分岐点より起点側については、断層が発達することから、これに近い湧水が生じる可能性が高い。

本坑・先進坑だけの湧水量が、平成 26 年の解析結果や、JR 東海の検討結果よりかなり少なくなっているのは、近傍～上方に非常口斜坑や工事用トンネルをモデルに組み込んだ効果であり、それらを考慮しなければ、本坑・先進坑の湧水量は、全体の合計に近いものとなる見込みである。

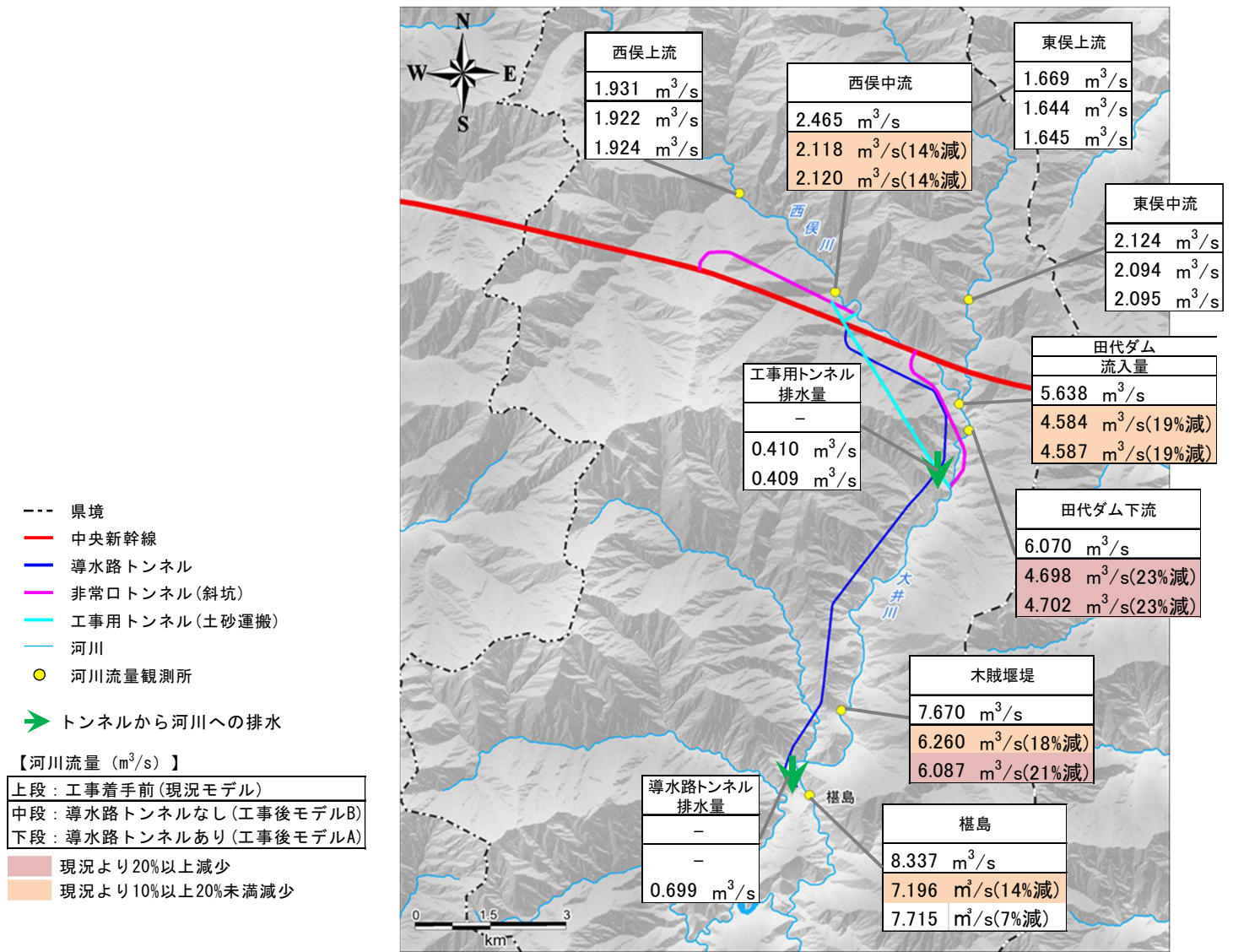


図 18 トンネル工事前後の年間平均河川流量比較(田代ダムなどの発電所取水は考慮していない)

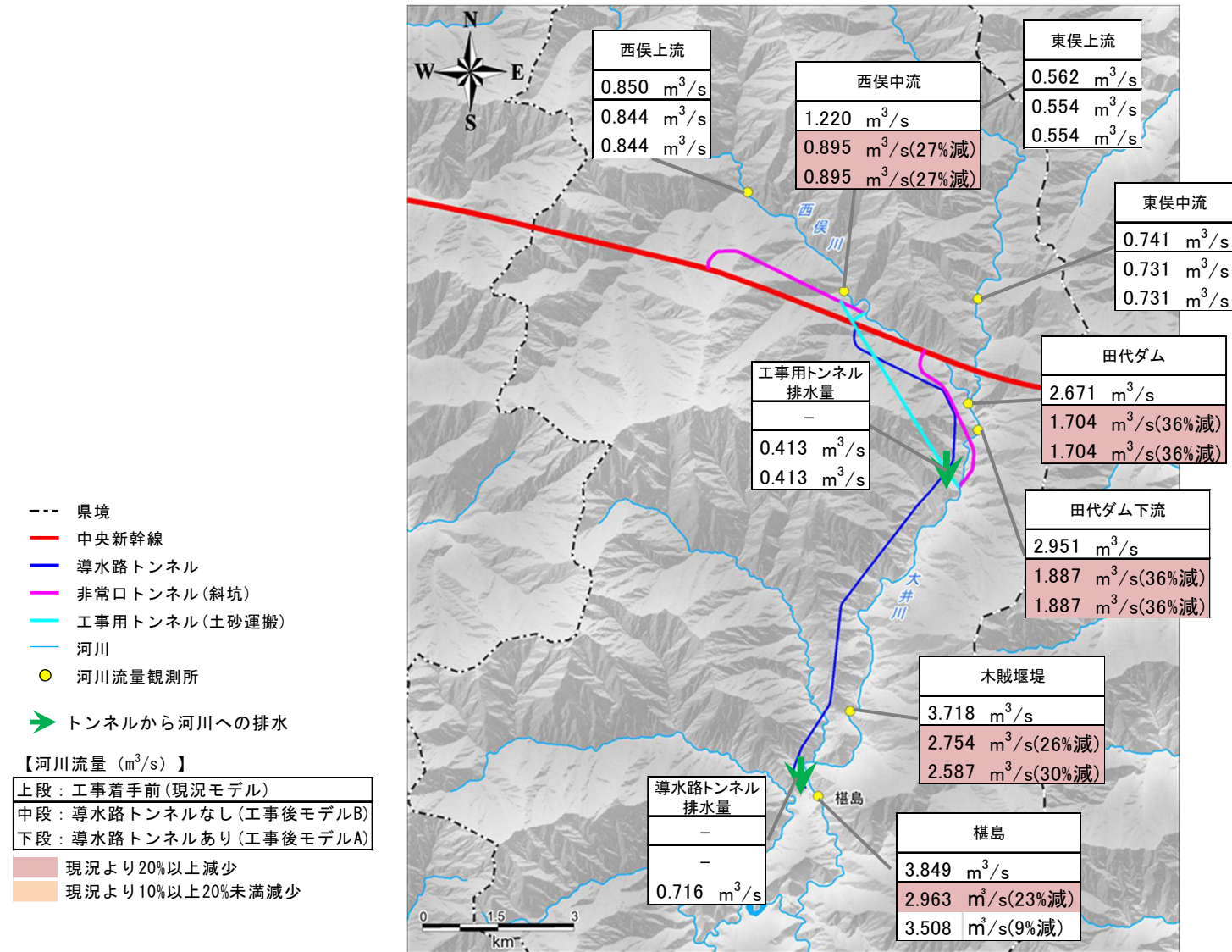


図 19 トンネル工事前後の低水期(2012年1月1日)における河川流量比較(田代ダムなどの発電所取水は考慮していない)

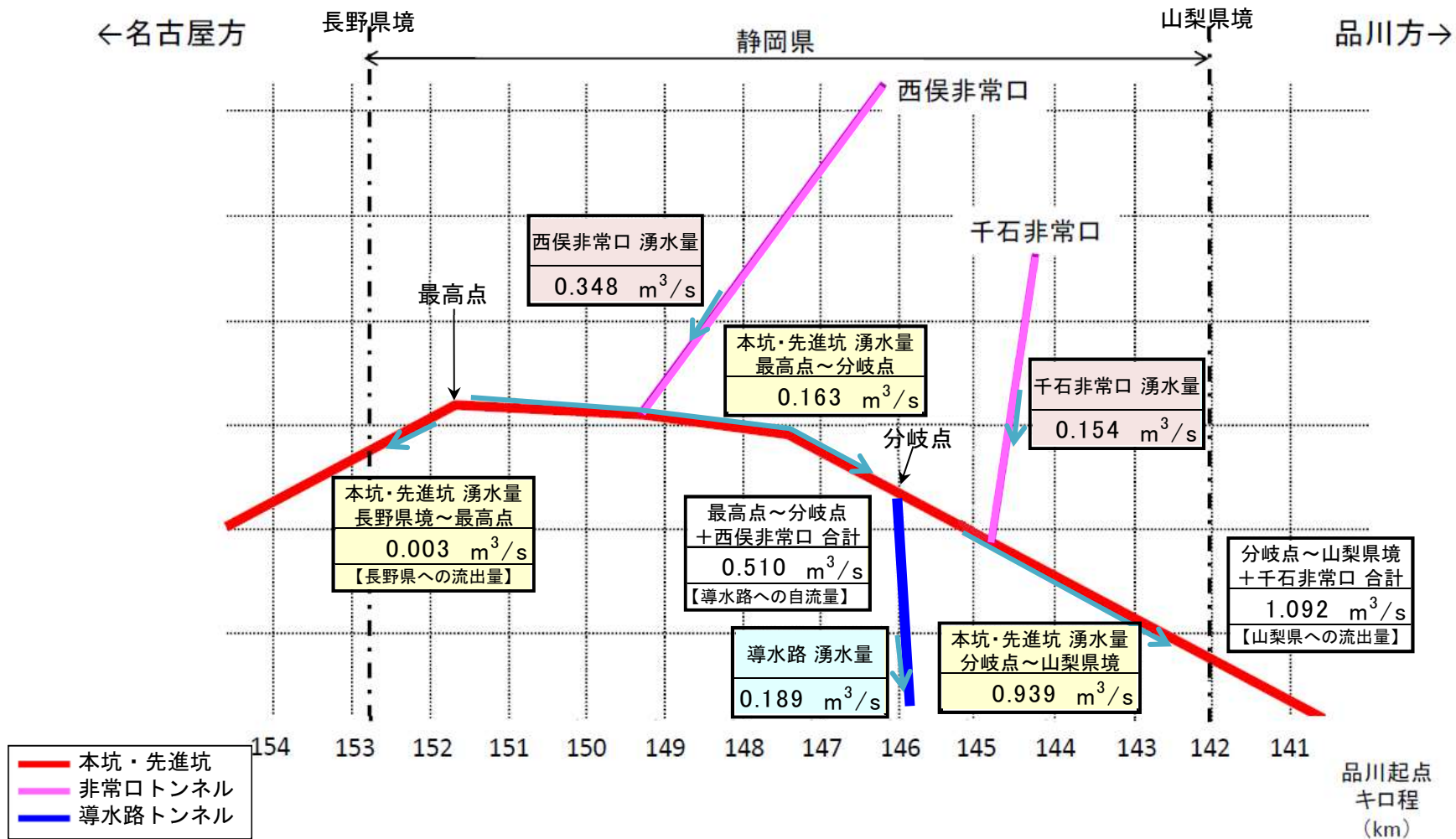


図 20 トンネルへの地下水湧水量分布

(静岡市区間の本坑・先進坑と非常口の湧水量の内、導水路への自然流入量は約 30%。湧水量は予想される範囲で最大値に近い値。)

※図 20 は、第 2 回大井川水資源検討委員会資料 P25-26 を参考に、静岡市独自でトンネル内の湧水量及び流水方向を予測して作成したものである。

5. 水収支

表7には、樫島地点を通過する年間累積河川流量を示す。導水路トンネルを設けた場合でも、累積流量の減少量は、長島ダムの有効貯水容量（68百万m³）の4分の1以上である。

表7 樫島地点の累積河川流量（2012年の気象条件による）

樫島地点年間累積河川流量（1,000,000m ³ ）			トンネル完成による 河川流量減少量 （1,000,000m ³ ）
現況 （トンネル掘削前）	導水路トンネルの 設定	トンネル完成後	
262.9	設けた場合	244.9（7%減）	18.0
	設けない場合	217.1（17%減）	45.8

大井川上流域（静岡市内）における水収支を、地表、地下水、トンネル内（工事中トンネルを除く）に分けて、表8、表9、表10に示す。

地表では、降雨が地下にしみこむ段階と、地下水が湧出して河川を通じて下流側に流出する段階で、2度通過することになるため、年間水収支量は地下水の水収支の約2倍になっている。

トンネル掘削後に水収支量が減少するのは、本坑沿いに県境を越えて流出する水が、領域の地表には湧出しなくなる効果、河川流量の減少が河川からの涵養量を減少させる効果などによる。

表8 大井川上流部の地表面水収支とトンネル掘削の影響

区分	項目	記号	2012年における収支水量（百万m ³ ）		
			トンネル掘削前 （現況モデル）	全トンネル 掘削した場合 （工事後モデルA）	導水路以外を 掘削した場合 （工事後モデルB）
流入	降雨量	P	2359	2359	2359
	地表水流入量	Ri	1	0	1
	地下水湧出量	Qs	2182	2080	2106
	貯留量減少量	$\Delta Ss(-)$	9	9	9
	工事用T排水量	Tto	—	13	13
	導水路T排水量	Tmo	—	22	—
	流入合計		4551	4483	4488
流出	地表水蒸発散量	Es	233	233	233
	地表水流出量 （東京電力の取水 量を含む）	Ro	2018	1987	1971
	地下水涵養量	Qr	2300	2263	2284
	貯留量増加量	$\Delta Ss(+)$	—	—	—
	流出合計		4551	4483	4488

表 9 大井川上流部の地下水水収支とトンネル掘削の影響

区分	項目	記号	2012年における収支水量 (百万 m ³)		
			トンネル掘削前 (現況モデル)	全トンネル 掘削した場合 (工事後モデル A)	導水路以外を 掘削した場合 (工事後モデル B)
流入	地下水涵養量	Qr	2300	2263	2284
	地下水流入量	Gi	10	11	11
	貯留量減少量	$\Delta Sg(-)$	39	39	39
	流入合計		2349	2313	2334
流出	土壌水蒸発散量	Eg	133	133	133
	地表への湧出量	Qs	2182	2080	2106
	地下水流出量	Go	33	30	31
	工事中 T 湧水量	Ttf	—	13	13
	本坑・非常口・ 導水路 T 湧水量	Tmf	—	57	52
	貯留量増加量	$\Delta Sg(+)$	—	—	—
	流出合計		2349	2313	2334

表 10 本坑・先進坑・非常口斜坑・導水路トンネル内水収支 (工事中トンネルは除外)

区分	項目	記号	2012年における収支水量 (百万 m ³)	
			全トンネル掘削した場合 (工事後モデル A)	導水路以外を掘削した場合 (工事後モデル B)
流入 (湧水)	本坑・先進坑	T1f	34.9	35.0
	西俣非常口斜坑	T2f	11.0	11.0
	千石非常口斜坑	T3f	4.9	5.5
	導水路トンネル	T4f	6.0	—
	湧水量合計		56.8	51.5
流出	導水路 T 排水量	Tmo	22.1	—
	トンネル内流出量 (山梨県側)	Tyo	34.5	51.4
	トンネル内流出量 (長野県側)	Tno	0.1	0.1
	流出量合計		56.8	51.5

6. 解析結果の検証

解析モデルの検証

図 21 に赤石ダムの流入量を、図 22 にその累積を、現況再現結果と観測値を比較して示す。流量の変動傾向はおおむね一致しているとみられるが、3月から7月の融雪期から多雨期にかけて観測流量は多めに推移し、累積量の勾配が観測結果では解析結果より急になっている。これは、実際の降水量が解析への入力データ（レーダアメダス）より多かったためとみられる。秋から冬にかけては、累積値が平行になっており、この期間は適切な再現ができています。

同様に、畑薙第一ダムについて、図 23（流入量）、図 24（累積量）に示す。こちらでも多雨期で観測値が解析結果を上回っている。

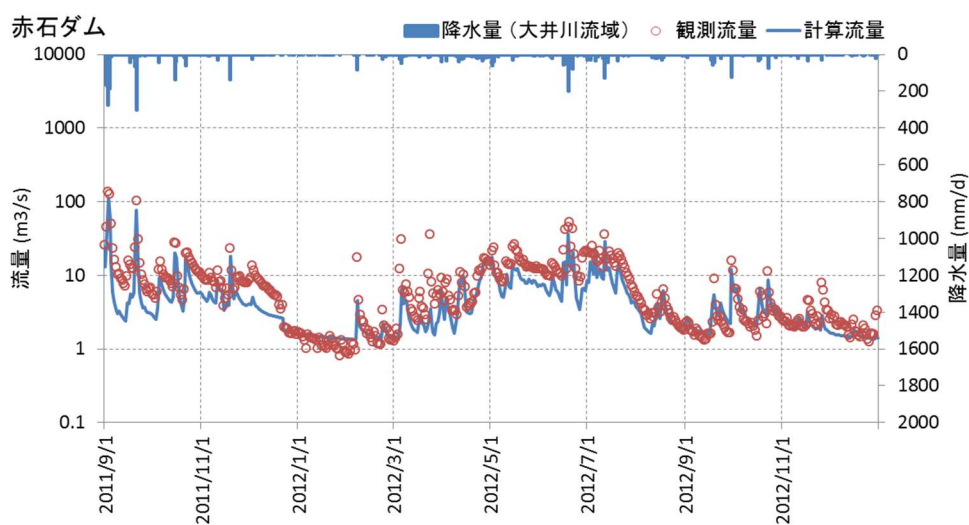


図 21 赤石ダムの流入量（観測結果と解析結果の比較）

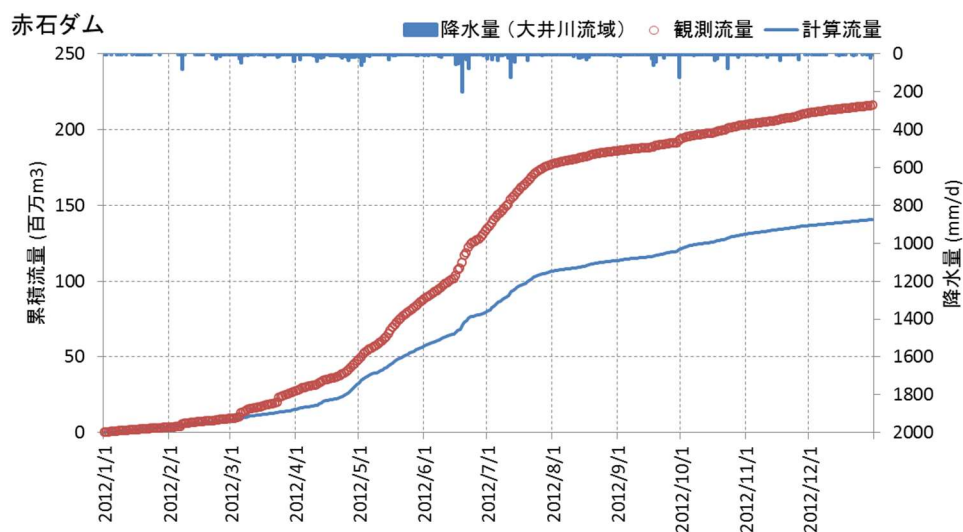


図 22 赤石ダムの累積流入量（観測結果と解析結果の比較）

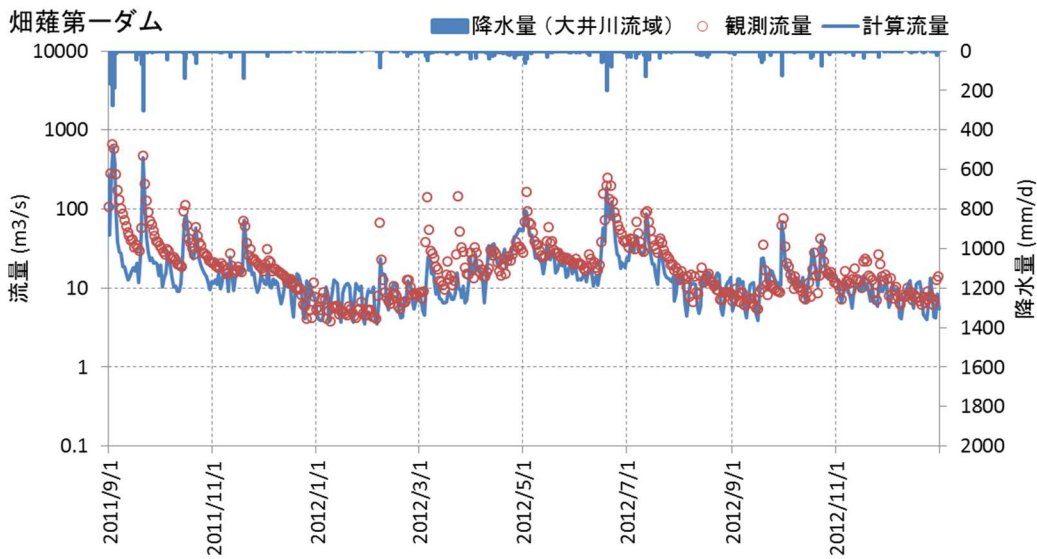


図 23 畑薙第一ダムの流入量（観測結果と解析結果の比較）

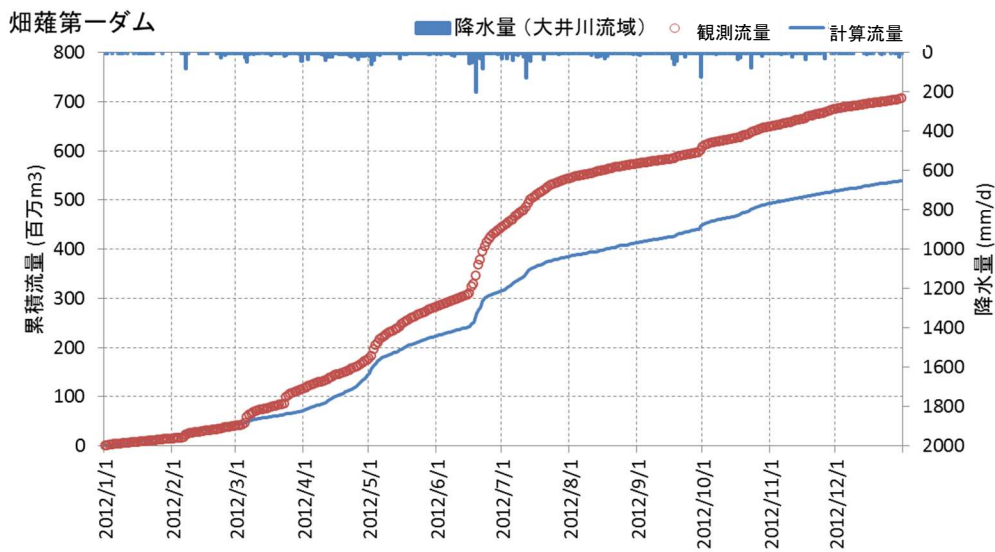


図 24 畑薙第一ダムの累積流入量（観測結果と解析結果の比較）

ぜ

融雪期～多雨期における解析結果の河川流量が観測結果に比較して少ないのは、標高の高い山岳地帯における、気象庁のレーダアメダスの降雨量情報の精度が原因であるとみられる。このことから、中央新幹線が通過する大井川最上流部では、今回の解析で融雪期～多雨期において、河川流量が実際より少なく解析されている可能性が高いことを示している。

一方、秋から冬季の低水期・渇水期については、概ね現状が再現できているとみられる。

図 25 と図 26 に田代ダムの流入量の現況再現結果（2011～2012 年）と平成 20 年（2008 年）の観測結果を比較して示す。年次が異なるが、河川流量が減少する冬季の低減傾向と流量は、ほ

ば一致し、この時期の解析結果は信頼性が高いと評価できる。

一方、4月から11月までの融雪期から多雨期の流量については、解析結果は観測結果に比較して、かなり少なくなっている。年次が異なることから単純に比較できないが、年平均で解析流量は実際の70%程度と見込まれる。

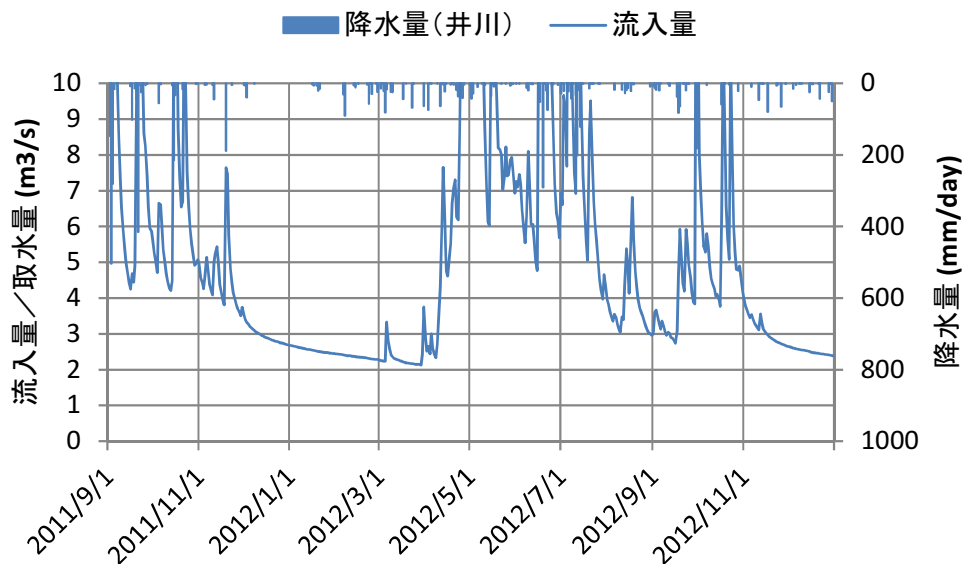


図 25 解析結果による現況の田代ダム流入量（2011年9月～2012年12月）

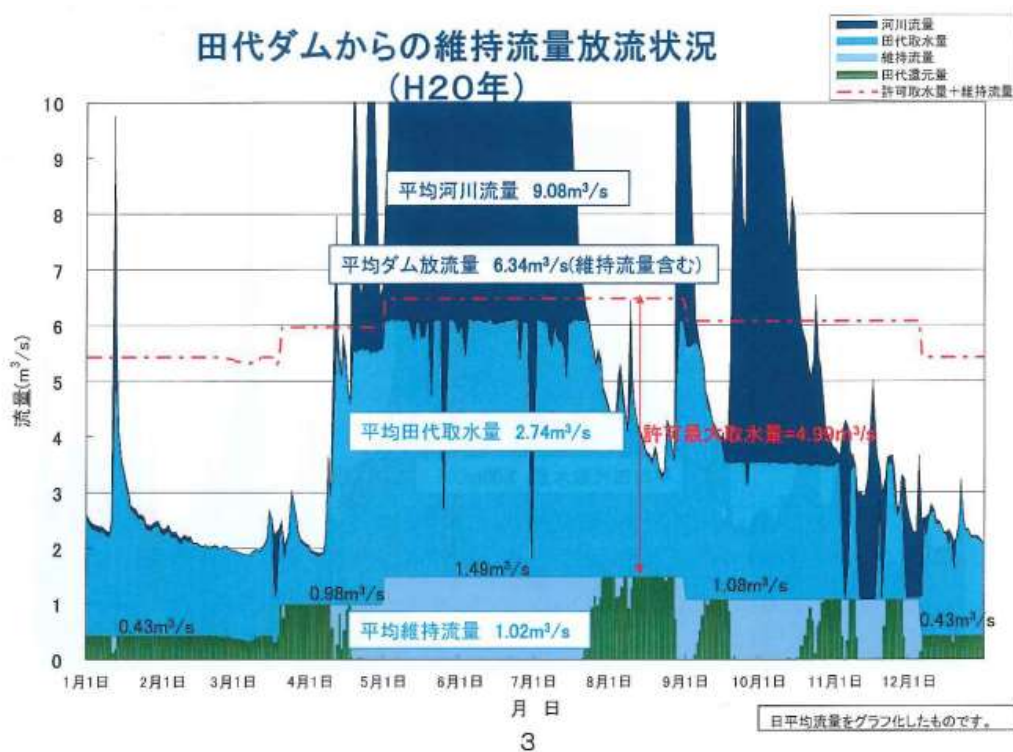


図 26 田代ダム地点の流況の例（2008年：第13回大井川水利流量調整協議会資料）

トンネル掘削の地表の水文環境への影響を検討する上では流量の少なくなる時期の再現性が重要であるが、その点は確保されているとみられ、河川流量の少ない時期についての議論は可能と考える。また、トンネル湧水量とそれに伴う河川流量の減少量については、JR 東海の検討結果と大きくは変わらない解析結果が得られているとみられることから、トンネル湧水の配分や、低水・渇水期における地表の水文環境に対する影響については、検討の基礎資料として使用することは問題ないと判断する。

なお、JR 東海の検討では田代ダム地点の河川流量の年間平均は観測データに近い値になっている。これは現地の「木賊測水所」の気象観測データを用いた結果と考えられる。この調査ではその気象データは入手できていない。

JR 東海は、「河川流量調査結果（平成 27 年度における環境調査の結果等について 【静岡県】）」として、豊水期（2015 年 8 月 3～7 日）および低水期（2015 年 11 月 3～6 日）における、トンネル周辺の河川および支沢の流量を報告している。

観測と解析対象期間が異なるため、一概に比較できないが、本坑と導水路トンネル分岐点の上方の悪沢（西俣右岸）と、導水路トンネルが直下を通過する蛇沢（本川右岸）の実測流量は、解析が示す流量よりかなり多くなっている。解析期間を 2015 年としても、その違いは解消しないとみられる。これは、沢を縦断方向に通過する、それぞれ「悪沢断層」、「蛇沢断層」について、解析モデルでは透水性（特に低標高部）を大きく設定（透水係数 1×10^{-5} m/sec）した結果である可能性が高い。断層の透水性を小さくして解析することで、両沢の流量は増加し観測結果に近づく事は確認できている。

実際にどの程度の透水性であるかについては検討が必要であるが、断層を通じたトンネルへの湧水量は減少する可能性がある。ただし、導水路トンネルの分岐点より山梨県側で幅広い破碎帯を持つと考えられている畑薙断層については、断層の位置や支沢の流量に関しより詳細な現地情報により検討する必要がある、現段階では解析結果に近い湧水が生じることを前提に対応を検討することが適切と考える。