

4. 工事着手前段階における取組み

(1) 工事着手前に実施した調査

- ・ 工事に伴う環境の保全を適切に実施するため、静岡県内における地質の状況や河川・地下水の状況について、これまでも継続的に、そして現在に至るまで各種調査を行っております。
- ・ これらのデータや想定するリスクの内容等をもとに、工事の各段階におけるモニタリングの着眼点を整理したうえで、詳細なモニタリングの計画を策定し、専門家や静岡県等と共有します。

1) 地質調査

- ・ 静岡県内の地層は、山梨県側から長野県側に向かって古い地層となりますが、古い地層へ向かうほど、現地は急峻な地形となってアプローチしにくいことに加え、冬季は積雪により人を寄せ付けない非常に厳しい自然状況となっており、地上からの調査が限定されます。
- ・ そのような現地状況の中で、中央新幹線事業を進めるあたり、トンネル掘削箇所である大井川上流域の地質を把握するために、これまでに地表踏査、弾性波探査、ボーリング調査を実施してきております。
- ・ 静岡県内における工事着手前の地質調査の状況について、図 4.1 に示します。
- ・ 静岡県内における地質調査は、現在実施中のものを含め、鉛直ボーリング 6 箇所、延長約 1,391 m、斜めボーリング 6 箇所、延長約 4,512 m、弾性波探査 11 箇所、延長約 27,100 m を行っています。

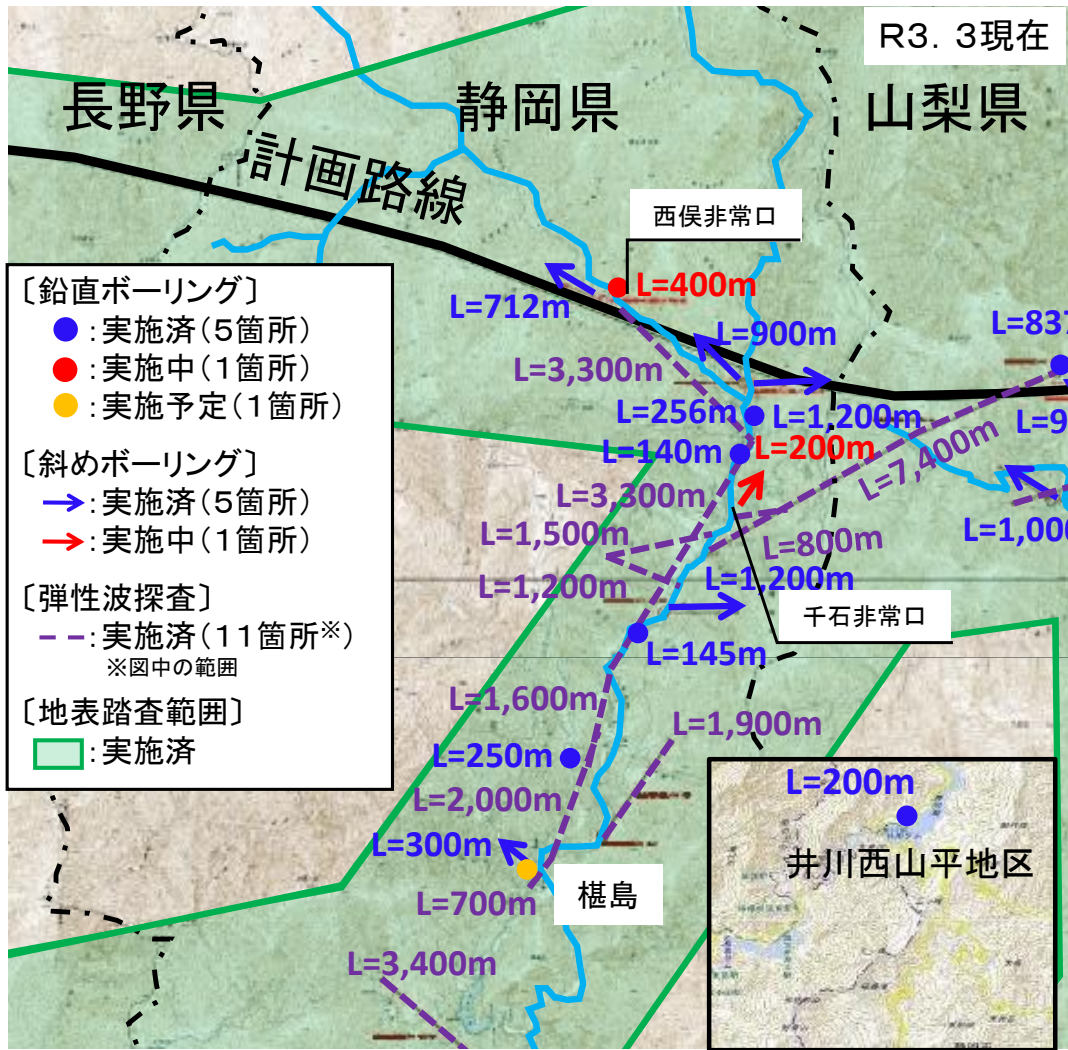


図 4.1 静岡県内の地質調査位置図

【西俣非常口付近】

- ・西俣斜坑の計画線上に沿うように実施した斜め下向きボーリング調査（延長約712m）により、西俣斜坑計画線付近の地質状況を確認しました。
- ・さらに、現在、追加で実施している西俣斜坑付近での鉛直ボーリング（延長約400m）により、本線トンネルの高さ付近の地質状況を確認し、ボーリング完了後は、ボーリング孔を観測井として活用します。

【千石非常口付近】

- ・山梨県境付近の断層帯を横断方向で確認する弾性波探査（延長約800m）により、坑口付近の地質状況と断層破碎帯の規模を確認しました。
- ・さらに、現在、追加で実施している千石斜坑口から北東側に向かって斜め下向きボーリング調査（延長約200m予定）により、坑口付近の地質状況や斜坑計画

線付近における山梨県境付近の断層帯の影響を確認いたします。

- ・大井川近傍の鉛直ボーリング（延長約140m）と弾性波探査（延長約3,300m）により、千石斜坑と大井川の交差部の地質状況を確認しました。

【導水路トンネル付近】

- ・導水路トンネルの計画線上に沿うように実施した弾性波探査と、計画線を横断する方向で実施した弾性波探査及び計画線近傍実施した鉛直ボーリング（延長約145m、延長約250m）により、計画線上の地質構造、状況を確認しました。
- ・導水路トンネル坑口から北西側に向かって実施した斜め上向きボーリング調査（延長約300m）により、導水路トンネルルート付近で想定される断層の状況を確認しました。

【本坑・先進坑付近】

- ・大井川（東俣）から東に向かって実施した斜め下向きボーリング（延長約1,200m）により、静岡県と山梨県の県境付近の断層帯を確認しました。
- ・大井川（東俣）から西側に向かって実施した斜め下向きボーリング調査（延長約900m）により、西俣川付近の地質状況を確認しました。
- ・西俣斜坑付近および千石斜坑付近にて行ったボーリングや弾性波探査および地表踏査にて、地質状況を確認しました。

【参考】 高速長尺先進ボーリングの詳細

- ・南アルプスの現地は急峻な地形であることに加え、冬季は積雪により人を寄せ付けない非常に厳しい自然状況であり、地上からのボーリング調査が限定されることから、トンネルを掘削しつつ前方の地質を確認することを目的に、高速長尺先進ボーリングを行います。
- ・高速長尺先進ボーリングは、南アルプストンネルの掘削のために、トンネル施工や地質に関する専門家のご意見を伺いながら、長い年月をかけ、JR東海とメーカーで共同開発した最新の工法です。

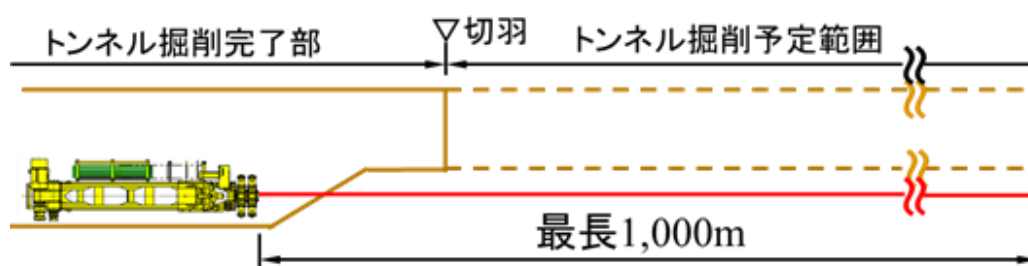


図 4.2 高速長尺先進ボーリング平面イメージ図



図 4.3 高速長尺先進ボーリング施工写真（山梨工区）

- ・本工法は、長距離を、早く、正確に掘ることを目的として、海洋石油探査の技術を参考に、トンネルのボーリングに技術応用しました（図 4.2、図 4.3）。
- ・高圧水をウォーターポンプにより、ダウンホールモーターと呼ぶ先端駆動装置へ向かって一気に送水し、同装置を介してボーリング先端のビットを高速で回転さ

せ、エネルギーロスなくボーリング掘削できることで、飛躍的に高速かつ長距離の掘削が可能です。

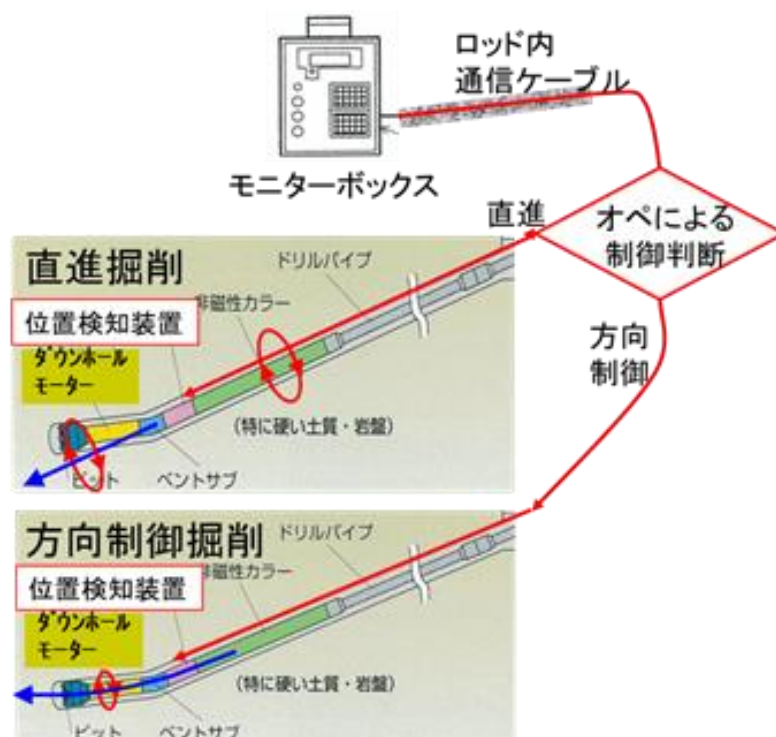


図 4.4 コントロールボーリングの方向制御イメージ

- また、傾斜計と磁気コンパスが内蔵された位置検知装置を兼ね備えることにより、掘削している段階でもボーリングの先端位置を常に的確に把握することができ、精度よく前方の状況を把握することができます。
- さらに、掘進方向の制御として、ベントサブと呼ぶ孔曲り装置により、鉛直方向及び水平方向の掘削方向をコントロールしながら掘進することができるなどの特徴があります（図 4.4）。
- 例えば、大井川（東俣）から県境付近の断層帯に向かって実施した斜め下向き的高速長尺先進ボーリング（調査 D）（資料 2 4 章（7）4）および別冊 9（3）4）参照）では、水平方向、鉛直方向ともに、全長 1, 200 m の掘削延長全ての範囲において、計画線より離れ 5 m 以内の精度を維持しました。
- 一方、コアボーリングを含む一般的なボーリングは、ボーリング孔を曲げることなく掘進することは不可能に近い*、とされています。
- ボーリング孔が曲がる原因は、地質条件や機械的条件などが組み合わさっておこ

るものですが、地質条件としては、割れ目が発達した地盤、硬軟の差の著しい互層、崩壊層、破砕帯などがあげられます*。

- ・山梨県境付近の断層帯のように破砕質な地質でコアボーリングを行うと仮定した場合は、前述のように想定するボーリングがさらに大きく曲がることなどにより、トンネル掘削箇所の地質を採取することが困難であると考えられます。

※ボーリングポケットブック 社団法人全国地質調査業協会連合会 編 を一部加筆修正。孔曲がりの大きさは、一般に鉛直ボーリングでは100m当たり30'～1°、水平ボーリングでは1～4°の範囲。

- ・例えば、大井川（東俣）から西側に向かって実施した斜め下向きのコアボーリング調査（調査B）（資料2 4章（7）5）および別冊9（3）2）参照）では、掘削延長および深度が進むにつれ曲がりが増大しました。
- ・掘削延長350m付近から水平方向、鉛直方向ともに曲がりはじめ、掘削最終延長の900m付近では、水平方向で約20度、鉛直方向で約22度（水平距離および深度にしてそれぞれ約200mの曲がり）となりました。
- ・これまでも述べていますが、現地は急峻な地形でありアプローチしにくいことに加え、冬季は積雪により人を寄せ付けない非常に厳しい自然状況となっていることから、地上からのボーリング調査が限定されてしまいます（P4-2の図4.1参照）。
- ・そのような中で、中央新幹線事業を進めるあたり、トンネル掘削箇所である大井川上流域の地質を把握するために、これまでにできる限りのボーリング調査を実施してきております。

2) 河川水、地下水の調査

- ・ 工事着手前の河川の流量・水質や地下水の水位・水質などの状況については、環境影響評価を開始した平成24年度から、継続的に測定を進めてきました。
- ・ また、それより以前の測定結果についても、静岡県や電力会社のご協力を頂き、調査しました。
- ・ さらに、専門家のご意見も頂く中で、必要な場合は新たに測水所を設置し、常時計測を実施しました。
- ・ 既存の調査内容を表 4.1 に、調査地点を図 4.5、図 4.6 にお示しします。実測結果の一部は、別冊「2、工事着手前の実測結果」にお示ししています。

表 4.1 (1) 工事着手前実施した調査項目等 (河川、沢等の流量・水質)

分類	調査項目	調査地点	調査頻度	調査時期
大井川 上流域	流量、水温、水素イオン濃度 (pH)、電気伝導率	・西俣測水所 ・東俣測水所 ・木賊測水所	<流量> 常時計測 <水温、pH、電気伝導率> 毎月1回を基本	<流量> ・西俣：平成27年7月～令和2年3月 ・東俣、木賊：平成20年4月～平成30年12月 ¹⁾ <水温、pH、電気伝導率> 平成26年5月～令和2年3月
		河川 (計7地点)	毎月1回を基本	平成26年5月～令和2年3月 ²⁾
		沢等 (計39地点)	毎年2回 (豊水期、渇水期)を基本	平成26年度～令和元年度 ²⁾
	流入量	畑薙第一ダム貯水池	常時計測 ³⁾	平成21年4月～令和元年12月 ⁴⁾
	流量、水温、pH、浮遊物質 量(SS)、溶存酸素量(DO)、 自然由来の重金属等 ^{5) 6)}	工事排水放流箇所下流 (トンネル工事施工ヤード、 発生土置き場：計7地点)	<工事前> ・平成24年度調査：2回 (豊水期、渇水期) ⁷⁾ ・平成26、27年度調査：1回 (渇水期)	
流量、水温、生物化学的酸 素要求量(BOD)、大腸菌群 数、pH、SS、DO ⁵⁾	生活排水放流箇所下流 (宿舎等：計3地点)	<工事前> ・平成24年度調査：2回 (豊水期、渇水期) ・平成26、27年度調査：1回 (渇水期) <工事中：放流開始後1年間> ・令和2年1月～3月 (月1回) ⁸⁾		
大井川 中下流域	流量、水温、pH、SS、BOD、 DO、大腸菌群数	・下泉橋付近 (川根本町) ・神座付近 (島田市) ・富士見橋付近 (吉田町)	毎月1回を基本	平成21年4月～平成31年3月
	自然由来の重金属等		毎年1～6回を基本	

注1：令和2年度までに実施した項目を記載。現在も継続して調査を実施している。

注2：東俣測水所、木賊測水所の流量及び畑薙第一ダム貯水池の流入量については、電力会社による計測結果を使用。

注3：大井川中下流域の計測結果は、「静岡県公共用水域及び地下水の水質測定結果」(静岡県くらし・環境部環境局生活環境課)をもとに記載。

- 1) 電力会社から経済産業省へ報告済みの計測結果について記載。
- 2) 一部の地点については、大井川水資源検討委員会での確認等を踏まえ、途中から追加等を行っている。
- 3) 上流部の発電所からの放流による人為的な変動が生じるため、月平均流量に換算した値を参考値として記載。
- 4) 電力会社から国土交通省へ報告済みの計測結果について記載。
- 5) 工事前での調査について、DO、大腸菌群数は平成24年度調査時のみ実施。自然由来の重金属等は平成26、27年度調査時のみ実施。
- 6) DOは、トンネル工事施工ヤード(計3地点)において実施。
- 7) 荊石付近発生土置き場については、平成27年度に2回(豊水期、渇水期)調査を実施。
- 8) 千石宿舎、榎島宿舎について、生活排水の放流開始後から調査を実施。

表 4.1 (2) 工事着手前実施した調査項目等（地下水の水位）

分類	調査項目	調査地点	調査頻度	調査時期
大井川 上流域	水位	<ul style="list-style-type: none"> ・ 民間井戸（二軒小屋ロッヂ） ・ 民間井戸（<small>きわらじま</small> 榎島ロッヂ） ・ 井戸（<small>きわらじま</small> 榎島宿舎） 	毎月 1 回を基本	平成 26 年 5 月～令和 2 年 3 月 ¹⁾
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 観測井戸（東俣付近（浅井戸）） ・ 観測井戸（田代ダム付近（深井戸、浅井戸）） ・ 観測井戸（二軒小屋付近（浅井戸）） 	常時計測	平成 29 年 12 月～令和 2 年 3 月
大井川 中下流域	水位	観測井戸（島田市・焼津市・藤枝市・牧之原市・吉田町内の計 15 地点）	毎月 1 回を基本	平成 20 年～平成 30 年

注 1：令和 2 年度までに実施した項目を記載。現在も継続して調査を実施している。

注 2：大井川中下流域の計測結果は、「地下水調査報告書（平成 30 年度版）」（静岡県くらし・環境部環境局水利用課）をもとに記載。

1) 民間井戸（榎島ロッヂ）は、平成 30 年 9 月の台風に伴い井戸が流出し、平成 30 年 9 月～令和元年 6 月は計測をしていない。令和元年 7 月以降は、当社が榎島宿舎における生活用水を確保するために設置した井戸において計測を行っている。

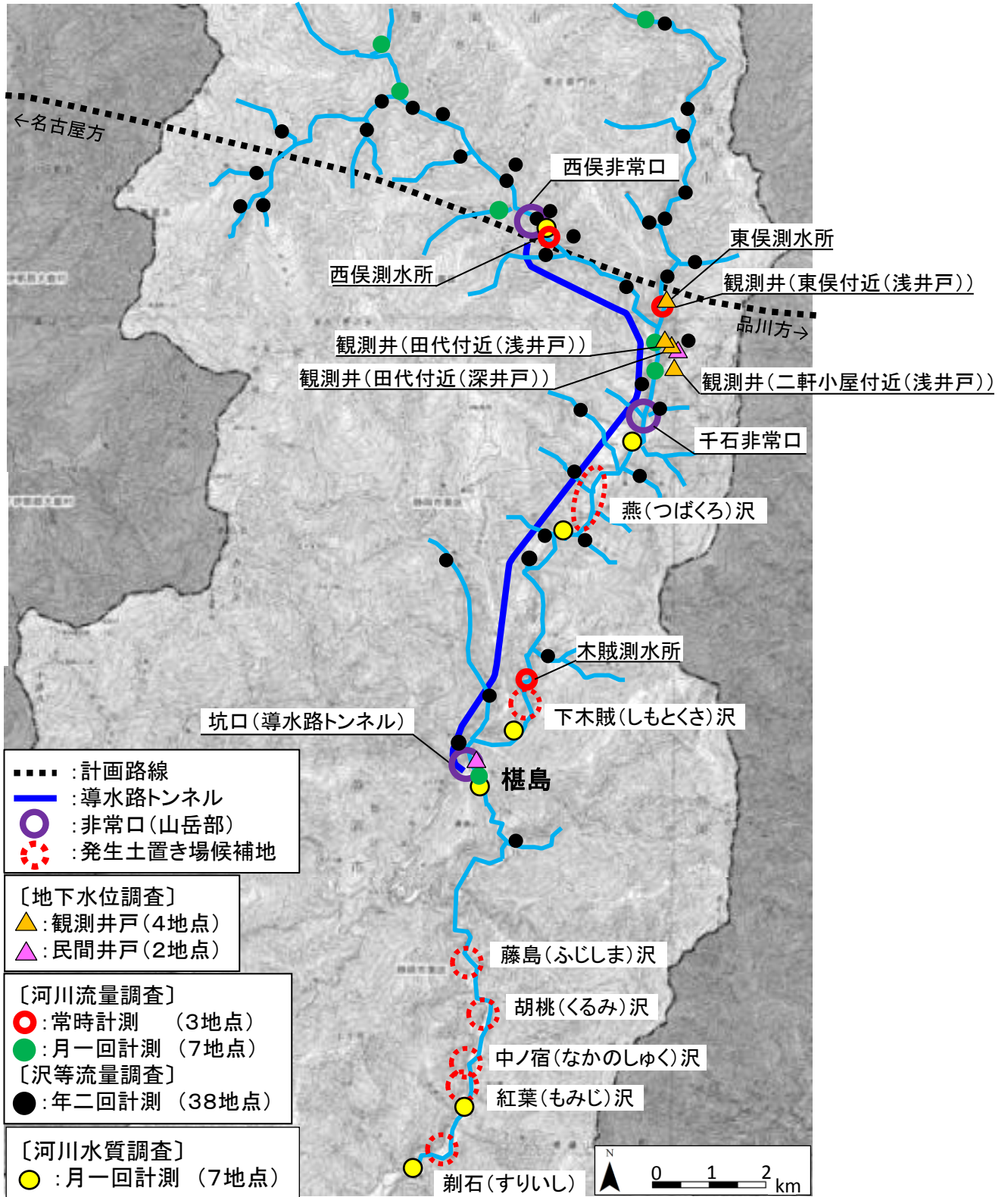


図 4.5 工事着手前に実施した調査地点図(上流域)



図 4.6 工事着手前に実施した調査地点図（中下流域）

(2) 大井川中下流域の水資源利用への影響の検討（河川流量）

1) トンネル掘削に伴う河川流量等への影響

- ・ 工事期間中（山梨県側からの先進坑が県境付近の断層帯を貫通するまで）にトンネル湧水が山梨県側へ流出することについての影響評価に先立ち、トンネル掘削に伴う山体内の地下水貯留量や河川流量等の変化の状況についてご説明します。
- ・ 一般的に、トンネル掘削により、トンネル周辺の山体内の地下水の一部がトンネル内に湧出し、地下水位が徐々に低下し、地下水貯留量は減少します。地下水貯留量が減少している間、トンネル湧水量は、河川流量の減少量より多くなりますが、トンネル掘削完了後に時間が経過し、定常状態となった時点で、地下水貯留量の減少は収まり、トンネル湧水と河川流量の減少量は一致するものと考えられます。
- ・ 南アルプストンネル（静岡工区）では、トンネル湧水は導水路トンネル等により河川に流します。ア．トンネル掘削前、イ．トンネル掘削完了時、ウ．トンネル掘削完了後の恒常時における河川流量、地下水貯留量、地下浸透量等がどのように変化するかについて、以下に示します。

ア. トンネル掘削前

- ・トンネル掘削前の状況について、図 4.7 にお示しします。
- ・降水は、河川を流れる「①河川表流」と地下へ浸透する「②地下浸透」に分かれ、「①河川表流」の一部は「③蒸発散」します。
- ・「②地下浸透」は、いずれかの時期に最終的には「④地表湧出」するなどし、山体内の「⑤地下水貯留」は一定となります。
- ・「①河川表流」と「④地表湧出」は中下流域に流れる河川（表流水）となります。

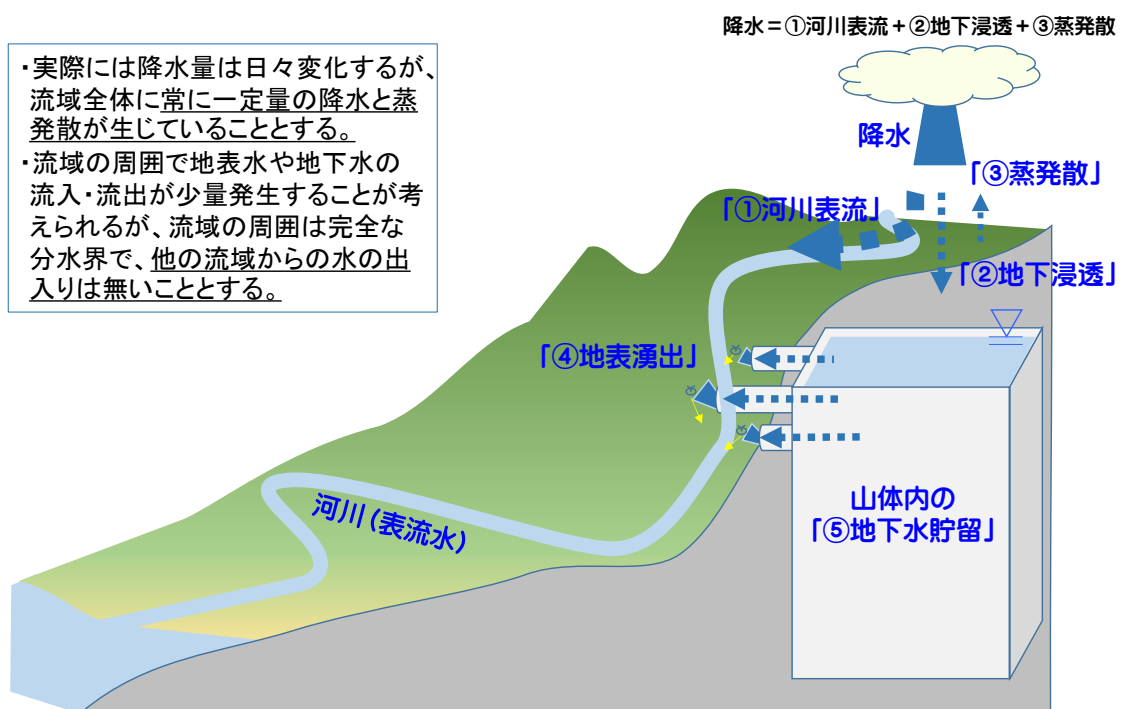


図 4.7 トンネル掘削前

イ. トンネル掘削完了時

- ・トンネル掘削完了時の状況について、図 4.8 にお示しします。
- ・トンネル掘削により、トンネル周辺の山体内の地下水の一部がトンネル内に湧出し、地下水位が徐々に低下し、山体内の「⑤地下水貯留」が減少します。
- ・導水路トンネル吐出口より上流側（以下、^{さわらじま} 榎島上流側という。）では、地下水位の低下に伴い、降水が「①河川表流」と「②地下浸透」に振り分けられる割合が変化し、「①河川表流」に比べて「②地下浸透」の割合が大きくなります。その結果、^{さわらじま} 榎島上流側では「①河川表流」が減少すること、また、地下水位の低下に伴い、「④地表湧出」が減少することにより、河川流量は減少します。
- ・トンネル湧水は、^{さわらじま} 榎島上流側の「⑤地下水貯留」の減少分と「①河川表流」の減少分と「④地表湧出」の減少分を合わせた量となり、これを全て導水路トンネル（掘削中は非常口を含む）から吐出することにより、「⑤地下水貯留」の減少分だけ、導水路トンネル吐出口より下流側（以下、^{さわらじま} 榎島下流側という。）の河川流量は増加します。

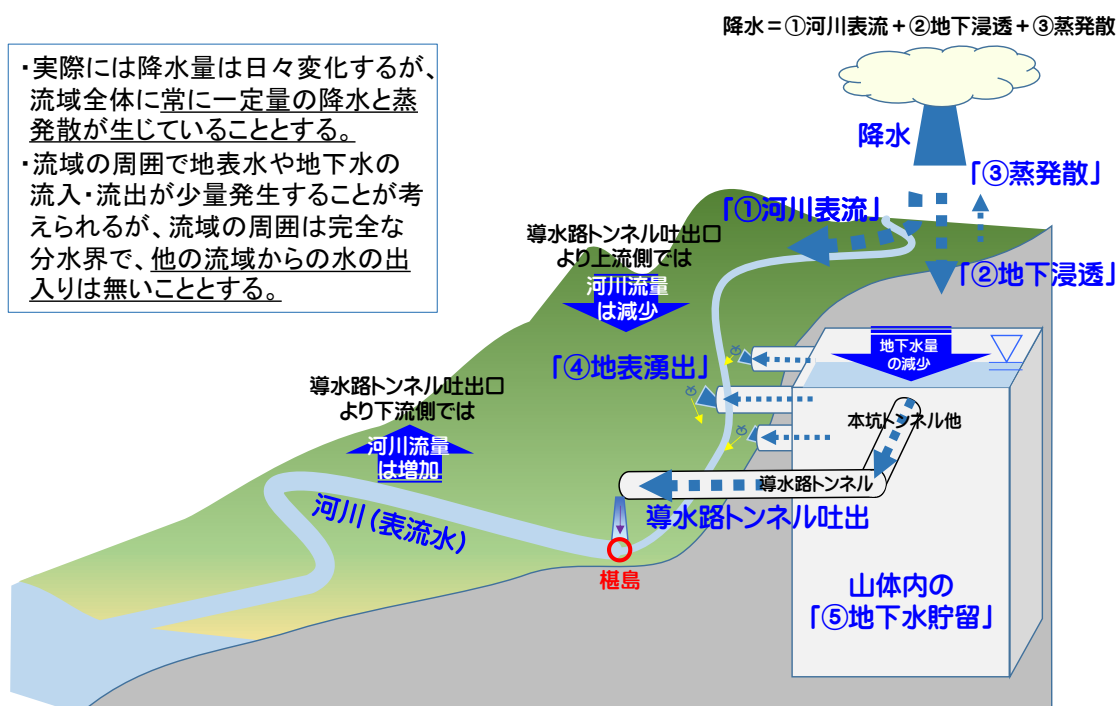
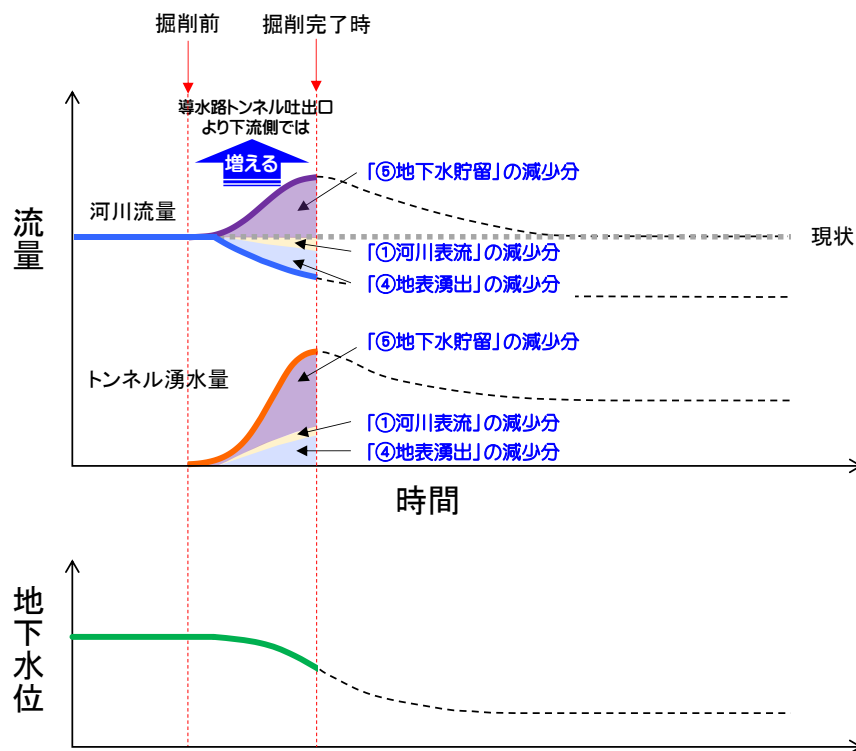


図 4.8 トンネル掘削完了時

- さわらじま
 ・ 榎島上流側及び下流側（図 4.8 の赤丸印）の河川流量の変化とトンネル湧水量の変化を図 4.9 にお示しします。
- さわらじま
 ・ 榎島下流側の河川流量（図中の□）は、トンネル湧水を導水路トンネル等により河川に流すことで、トンネル掘削前より山体内の「⑤地下水貯留」の減少分（図中の□）だけ多くなります。
- ・ トンネル湧水量（図中の□）は、「⑤地下水貯留」の減少分（図中の□）と「①河川表流」の減少分（図中の□）と「④地表湧出」の減少分（図中の□）を合わせたものとなります。



グラフの凡例	
— (purple)	榎島下流側の河川流量(榎島上流側の河川流量(—) + トンネル湧水量(—))
— (blue)	榎島上流側の河川流量(トンネル掘削前より「①河川表流」と「④地表湧出」が減少)
— (orange)	トンネル湧水量(「①河川表流」の減少分 + 「④地表湧出」の減少分 + 「⑤地下水貯留」の減少分)
— (green)	トンネル本坑付近の地下水位

**図 4.9 榎島上流側・下流側の河川流量とトンネル湧水の変化
(トンネル掘削完了時)**

※掘削完了時までの一定期間において山梨県側へ流出する湧水による影響については、p 4-9 1 以降で詳細を説明

ウ. トンネル掘削完了後の恒常時

- トンネル掘削完了後の恒常時の状況について、図 4.10 にお示しします。トンネル掘削完了後も地下水位は低下しますが、それに伴ってトンネル内への湧水の湧き出しも弱まり、やがて地下水位の低下が止まって安定します。このとき、「②地下浸透」は、「④地表湧出」と導水路トンネル吐出を合わせたものと等しくなり、山体内の「⑤地下水貯留」は減り止まり、一定に保たれています。

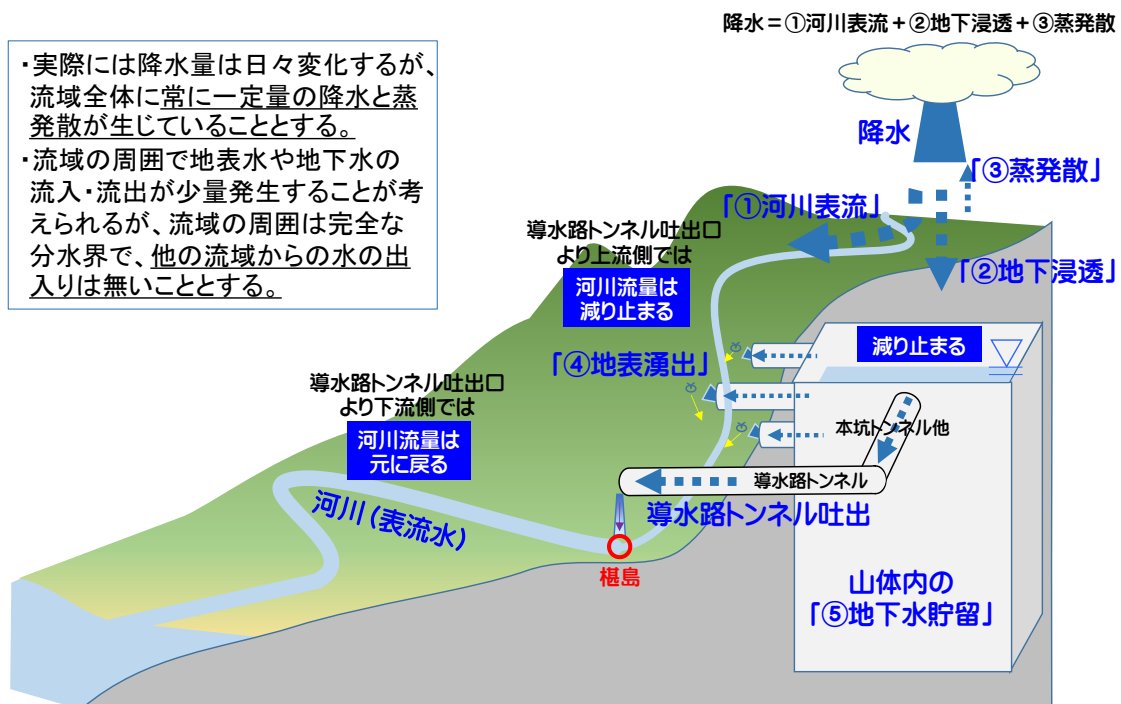
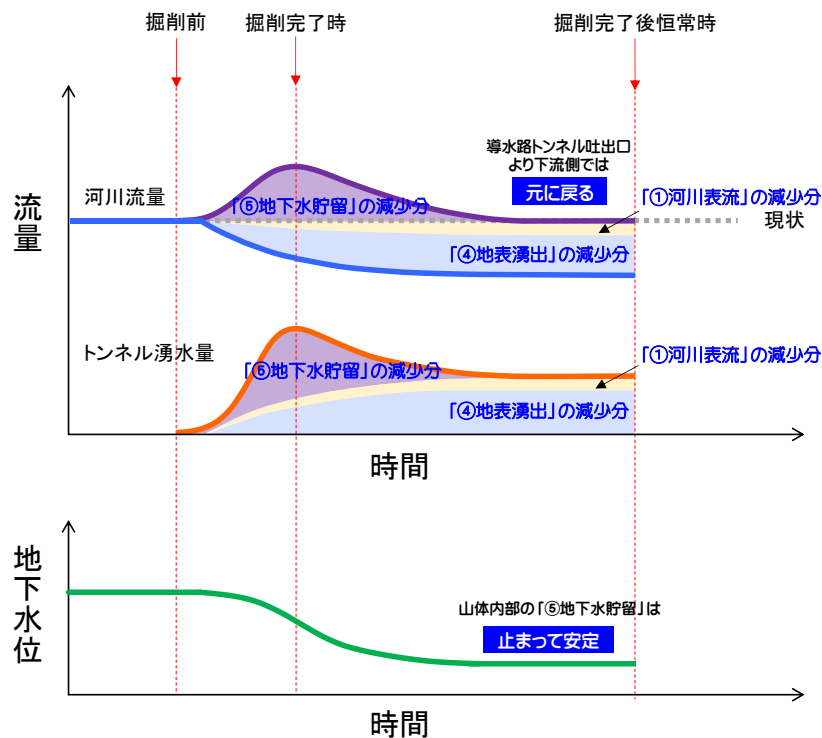


図 4.10 トンネル掘削完了後恒常時

- さわらじま
 ・ 榎島上流側及び下流側（図 4.10 の赤丸印）の河川流量の変化とトンネル内に湧出するトンネル湧水量の変化を図 4.11 にお示しします。
- さわらじま
 ・ 榎島下流側の河川流量（図中の \square ）は、山体内の「⑤地下水貯留」が減り止まり、導水路トンネルから 榎島上流側の河川流量の減少分と等しい量のトンネル湧水を放流することから、トンネル掘削前の元の流量に戻ります。
- ・ トンネル湧水量（図中の \square ）は、「①河川表流」の減少分（図中の \square ）と「④地表湧出」の減少分（図中の \square ）を合わせたものとなります。



グラフの凡例	
—	榎島下流側の河川流量(榎島上流側の河川流量(—)+トンネル湧水量(—))
—	榎島上流側の河川流量(トンネル掘削前より「①河川表流」と「④地表湧出」が減少)
—	トンネル湧水量(「①河川表流」の減少分+「④地表湧出」の減少分+「⑤地下水貯留」の減少分)
—	トンネル本坑付近の地下水位

**図 4.11 榎島上流側・下流側の河川流量とトンネル湧水の変化
 (トンネル掘削後恒常時)**

2) 水収支解析による検討

ア. 検討手法の概要

① J R 東海による解析の概要

- ・環境アセスメントでは、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
- ・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（現鉄道技術総合研究所）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、筑紫トンネル（福岡県・佐賀県：九州新幹線）、新田原坂トンネル（熊本県：九州新幹線）、小鳥トンネル（岐阜県：高山清見道路）、青崩トンネル（静岡県・長野県：三遠南信自動車道）などです。
- ・以降、「TOWNBY」による解析モデルをJR東海モデルと呼称します。

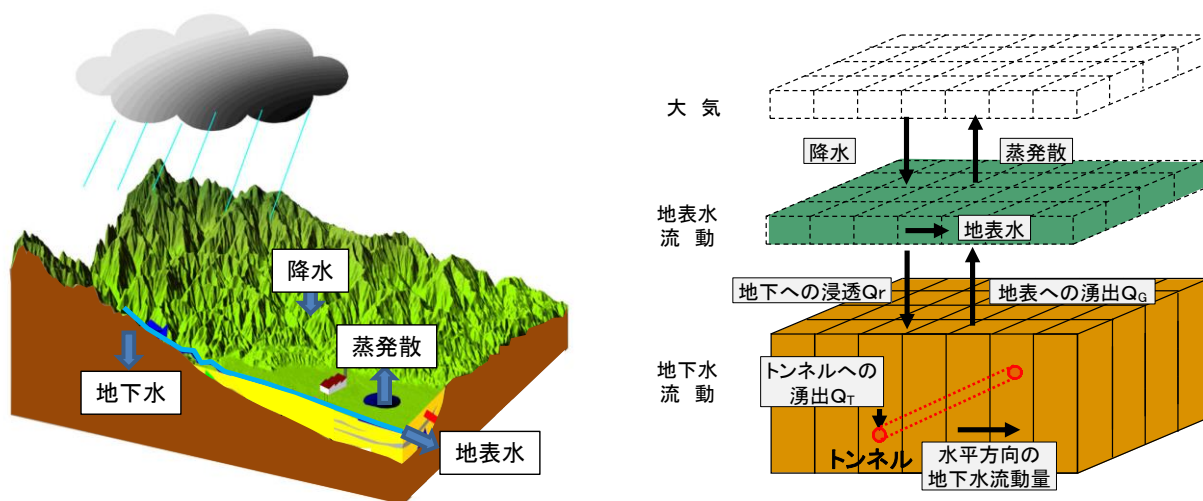


図 4.12 JR東海モデルのイメージ

② 静岡市による解析の概要

- ・一方で、静岡市では、南アルプスの自然環境の保全に資するべく、地上の植生に影響する表層土壌水分を含めた、地表水及び地下水の影響の把握を目的に、平成26年度と28年度に水収支解析を行っています。
- ・以下に各年度で実施された調査の概要をお示しします。

【平成26年度】

- ・将来にわたり南アルプスの自然環境を保全していくための基礎資料となる水循環解析モデルを構築した。

【平成28年度】

- ・平成26年度で構築した水循環解析モデルについて関連する導水路トンネル等に関する情報を加えて解析モデルを修正し、改めて解析・検討を行った。

出典：「平成26年度南アルプス環境調査 結果概要（1）水資源影響調査（静岡市 平成27年6月）」及び「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）」をもとに記載

- ・解析は統合型水循環解析モデル：GETFLOWSを用いて算出しています。このモデルは、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す。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くことができる手法です。
- ・主な適用事例は、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）などです。
- ・以降、「GETFLOWS」による解析モデルを静岡市モデルと呼称します。

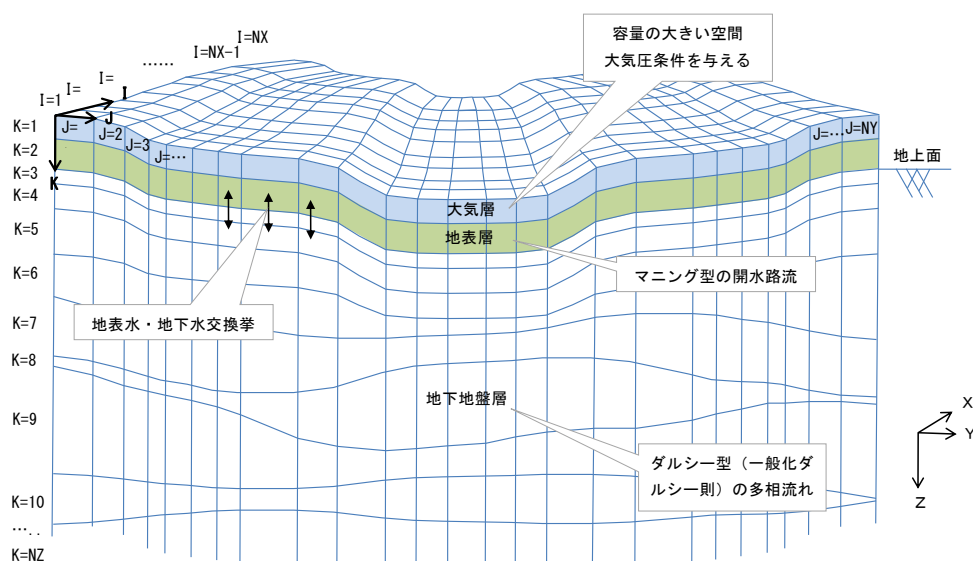


図 4.13 静岡市モデルのイメージ

③ J R 東海と静岡市が実施した解析の目的及び出力項目

- ・ J R 東海及び静岡市が実施した解析の目的と出力している項目の違いについて、表 4.2 にお示しします。
- ・ また、静岡市の解析では、地表から深度約 1 m までにおける表層土壌中の水分量（飽和度）の平均値を算出しています。

表 4.2 J R 東海と静岡市が実施した解析の目的及び出力項目の違い

項目	J R 東海	静岡市
解析の目的	トンネル工事における水資源に対する環境保全措置（施設の規模等）の検討	南アルプスにおける自然環境の保全のため
出力の時期	掘削開始～掘削完了 20 年後（恒常時）	掘削完了後恒常時
地下水位	○	○
河川流量	○	○
トンネル湧水量	○	○
表層土壌水分量	—	○

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「平成 28 年度環創委第 19 号静岡市南アルプス地域水循環モデル構築業務成果報告書」をもとに作成

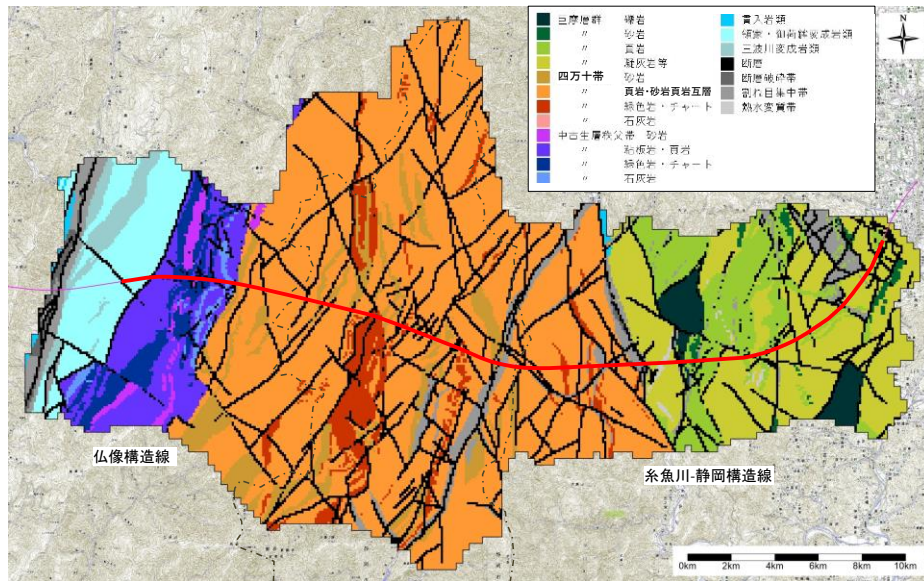
④ J R 東海と静岡市が実施した解析の入力条件の概要

- ・ J R 東海及び静岡市が実施した解析について、入力条件の概要をお示しすると、表 4.3、図 4.14 及び図 4.15 のとおりとなります。検討手法及び各種解析条件等の詳細は、別冊「5. 水収支解析の手法及び予測条件の詳細」にお示ししています。
- ・ 静岡市モデルについては、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、今回、③でお示しした掘削完了後恒常時に加え、新たにトンネル掘削工事の工程を反映した検討を行いましたので、その際の入力条件をお示ししています。
- ・ なお、静岡市モデルでは日平均雨量を継続的に与えて予測を行いましたが、第 8 回有識者会議において、「降水量の年変動の影響等を含めて更なるデータを提示

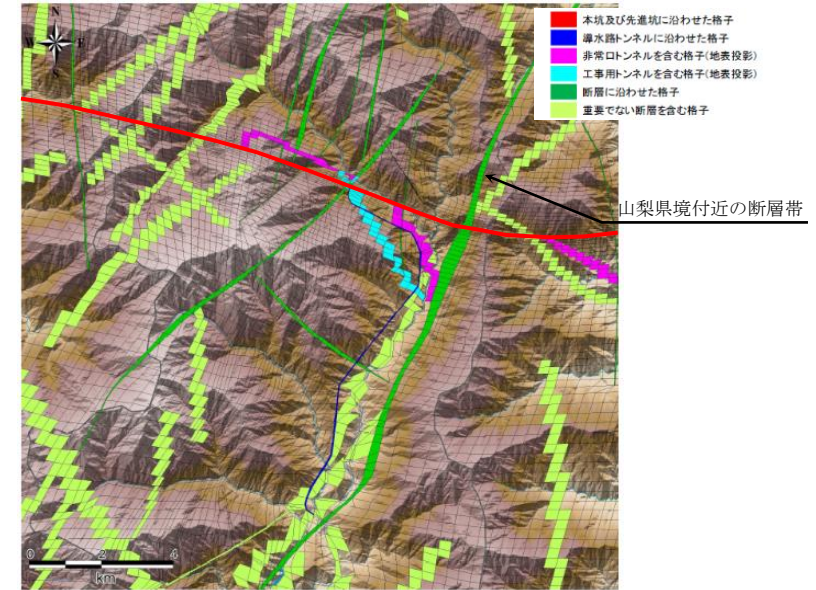
すべき」とのご意見を頂き、2012年のレーダー・アメダス解析雨量（日別の雨量：田代上流付近で約2,000mm／年相当）を用いて、追加で解析を実施しました。この解析結果については、「(6) 山梨県境付近の断層帯におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応 3) 工事期間中に山梨県側に流出するトンネル湧水の影響評価」に記載しています。

表 4.3 JR東海モデルと静岡市モデルによる各種解析条件の概要

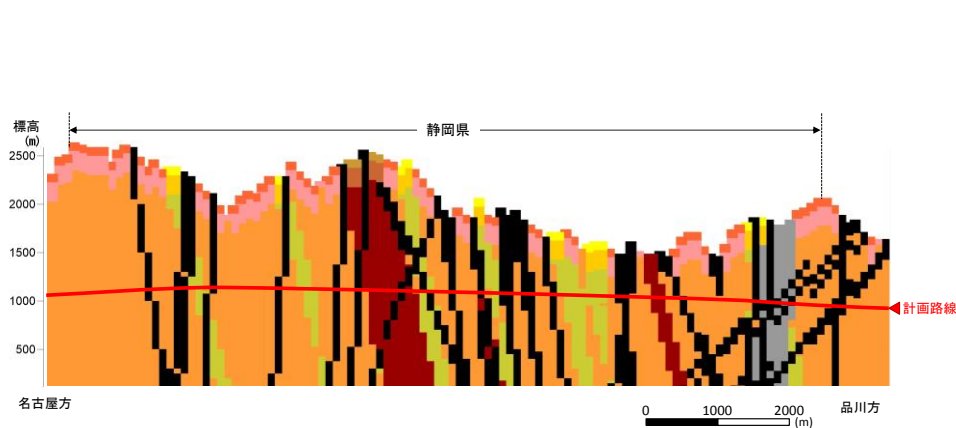
項目	JR東海	静岡市
地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 平成24年以前に実施した地質調査結果に基づき設定 断層部において、通常、不透水層の存在や地層の硬軟が繰り返して出現し、その性状（透水係数等）はばらつきを示すことが考えられますが、解析上においては、断層部が存在すると考えられるブロックは一括りに大きな透水係数を設定 	<ul style="list-style-type: none"> 断層部は、山梨県境付近の断層帯及びその他のいくつかの断層を「主要な断層」、それ以外を「重要でない断層」に区分 断層を解析モデルに組み込むにあたっては、「主要な断層」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
水理定数 (透水係数)	<p>1. 2×10^{-6} (m/秒) (断層)</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 	<p>1×10^{-5} (m/秒) (主要な断層)</p> <ul style="list-style-type: none"> 「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
気象条件 (降水量)	<p>約4, 200 mm/年 (田代上流付近)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1997～2012年の木賊観測所の実績降水量データを日別に平均した値を作成し、河川流量の実測値と合うように補正したうえで入力して予測 	<p>今回実施した解析・・・日平均雨量による検討 約2, 100 mm/年 (田代上流付近) (メッシュ平年値 (1981～2010年))</p> <p>追加実施した解析・・・降水量の変動を考慮した検討 約2, 000 mm/年 (田代上流付近) (レーダー・アメダス解析雨量 (2012年))</p>



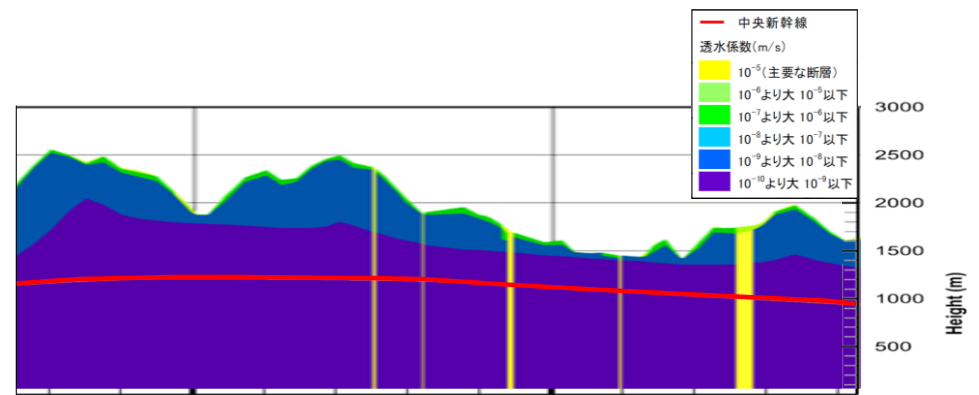
(JR東海モデル)



(静岡市モデル)



(JR東海モデル)



(静岡市モデル)

図 4.14 JR東海モデル及び静岡市モデルの地質構造等の設定 (平面図・断面図)

注：トンネルの位置関係は図 4.15 参照

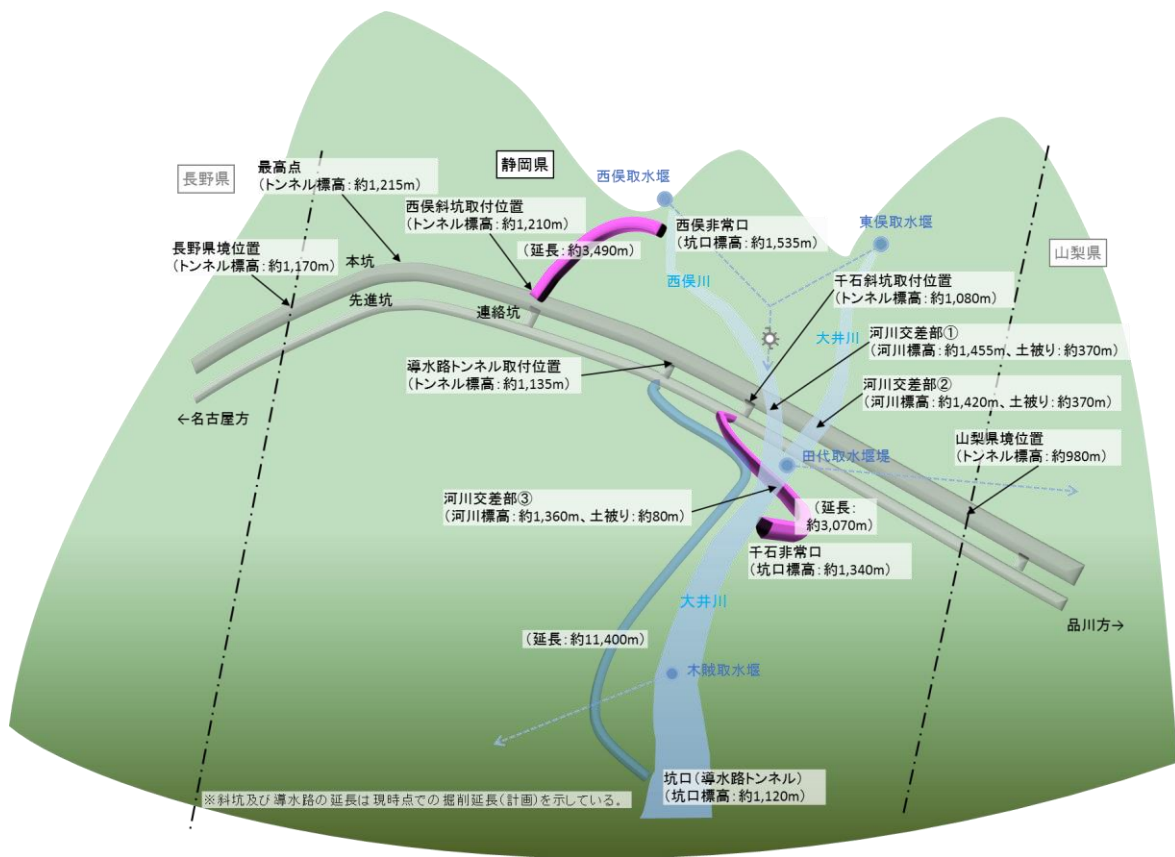


図 4.15 【参考】トンネルの位置関係図

イ. 河川流量の検討結果

- ・ 工事開始後の各段階における水資源利用への影響を定量的に評価するため、トンネル掘削中、及び完成後のトンネル湧水量、河川流量が掘削の進捗とともにどのように変化していくかについて、J R 東海モデルでの経時変化の把握に加え、静岡市が実施した水収支解析で構築されたモデルを用いて、新たに解析を実施しました。
- ・ 河川流量の予測については、^{さわらじま} 榎島より上流側（田代ダム上流の地点）と、^{さわらじま} 榎島より下流側（^{さわらじま} 榎島下流の地点）の2地点での流量を予測しました。
- ・ 工事期間中、工事完了後の各段階における掘削状況、湧水の流し方、トンネル湧水量、河川流量、及び予測結果に対する説明について図 4.16～図 4.21 にお示しします。
- ・ 各時点について、J R 東海モデルでは、以下 a) ～ f) にお示しする当該時点での年平均値としました。

- ・静岡市モデルでは、a)～f)にお示しする当該時点での月平均値としました。

【各時点】

- a) トンネル掘削前
- b) 千石非常口～導水路トンネル間が貫通する時期
- c) 山梨県側からの先進坑が県境付近の断層帯を貫通する時期
- d) 西俣非常口～導水路トンネル間が貫通する直前の時期
- e) トンネル掘削完了時
- f) トンネル掘削完了後恒常時

- ・JR東海モデルにおいて、トンネル掘削前には約 $12.1 \text{ m}^3/\text{秒}$ であった田代ダム上流の河川流量はトンネルの掘削とともに減少し、流量が最も少なくなるトンネル掘削完了後恒常時には約 $10.0 \text{ m}^3/\text{秒}$ となります。この差から、環境影響評価において大井川の河川流量は約 $2 \text{ m}^3/\text{秒}$ 減少すると述べたものです。なお、覆工コンクリート、防水シート及び薬液注入等を実施しない条件で予測を行っています。また、静岡市モデルにおいては、トンネル掘削前には約 $5.7 \text{ m}^3/\text{秒}$ であった田代ダム上流の河川流量は、トンネル掘削完了後恒常時には約 $4.7 \text{ m}^3/\text{秒}$ に減少し、その差は約 $1 \text{ m}^3/\text{秒}$ です。
- ・これに対し、導水路トンネルを設置するとともに県境付近までのトンネル湧水についてポンプアップを行い、^{さわらじま}榎島でトンネル湧水を流すことにより、^{さわらじま}榎島下流側での河川流量は、JR東海モデルにおいてトンネル掘削前の約 $10.9 \text{ m}^3/\text{秒}$ からトンネルの掘削とともに増加し、トンネル掘削完了後には約 $11.9 \text{ m}^3/\text{秒}$ に増加すると予測されます。掘削完了後にはトンネル湧水量は減少しますが、恒常時の状態で約 $11.4 \text{ m}^3/\text{秒}$ とトンネル掘削前からは増加すると予測されます。また、静岡市モデルにおいては、^{さわらじま}榎島下流側での河川流量は、トンネル掘削前の約 $8.6 \text{ m}^3/\text{秒}$ から掘削完了後恒常時には約 $8.9 \text{ m}^3/\text{秒}$ に増加すると予測され、どちらのモデルでも掘削前より掘削完了後の流量が大きいという同一の傾向が確認されます。

a) トンネル掘削前

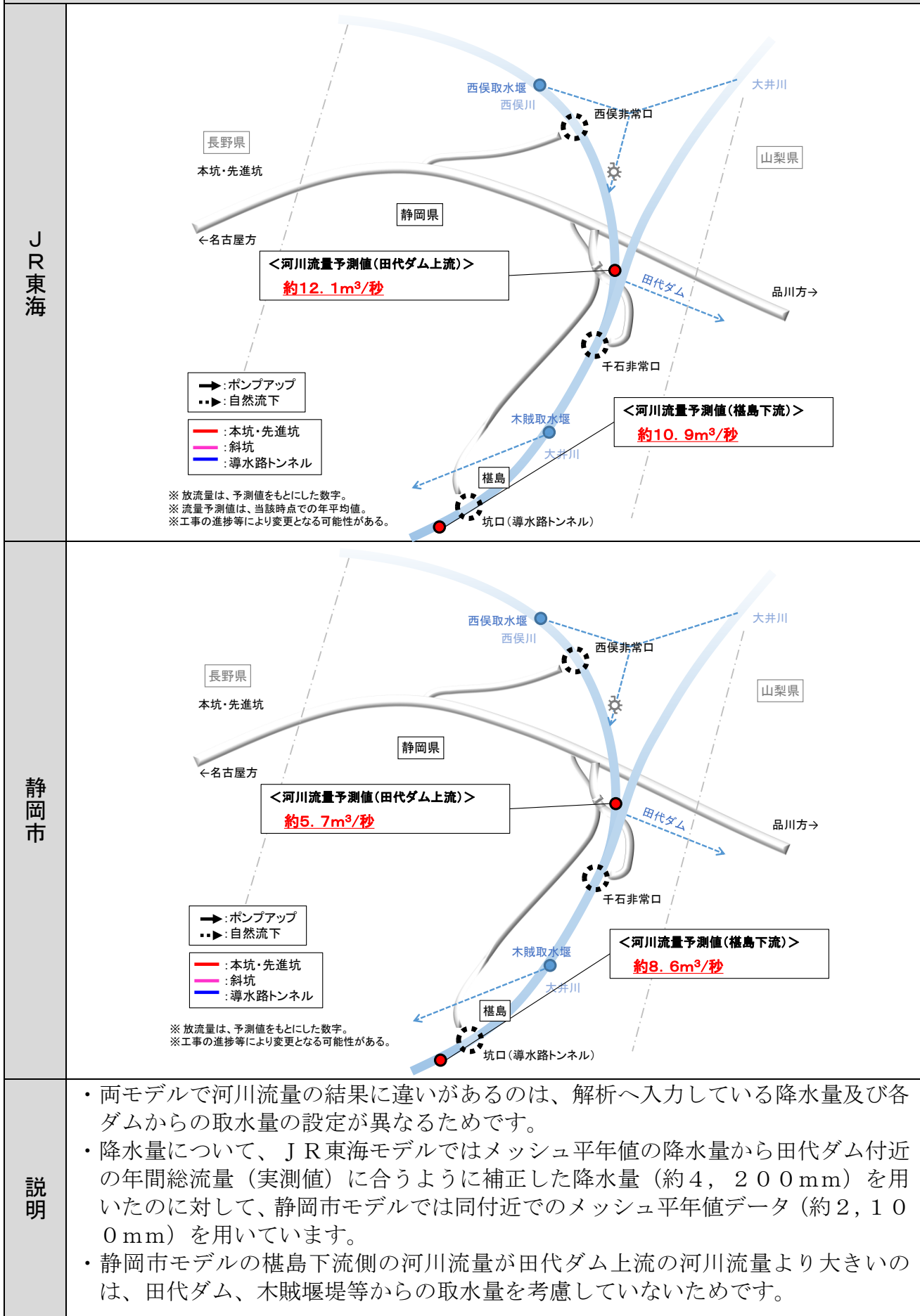


図 4.16 トンネル掘削前の予測結果

b) 千石非常口～導水路トンネル間が貫通する時期

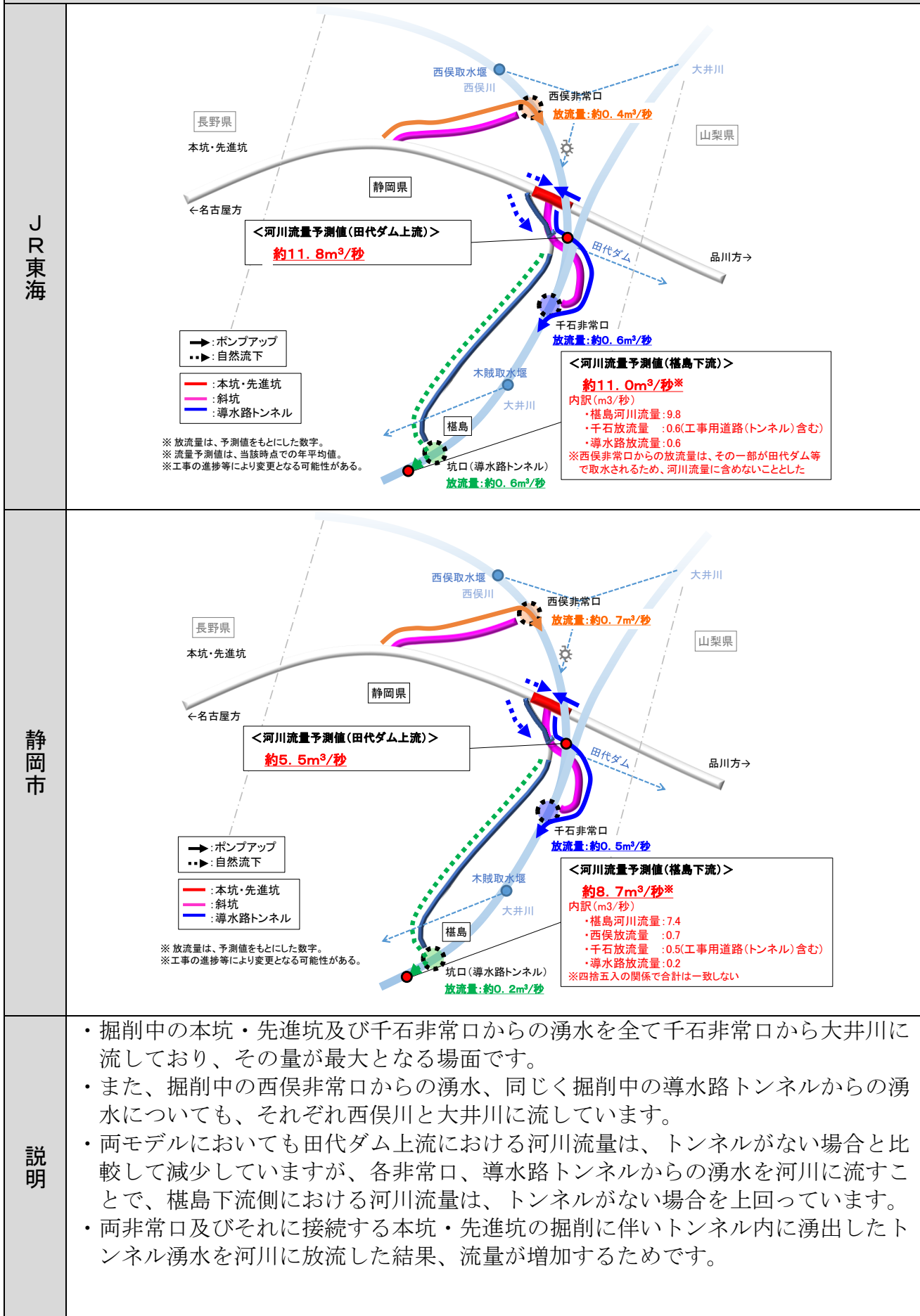


図 4.17 千石非常口～導水路トンネル間が貫通する時期の予測結果

c) 山梨県側からの先進坑が県境付近の断層帯を貫通する時期

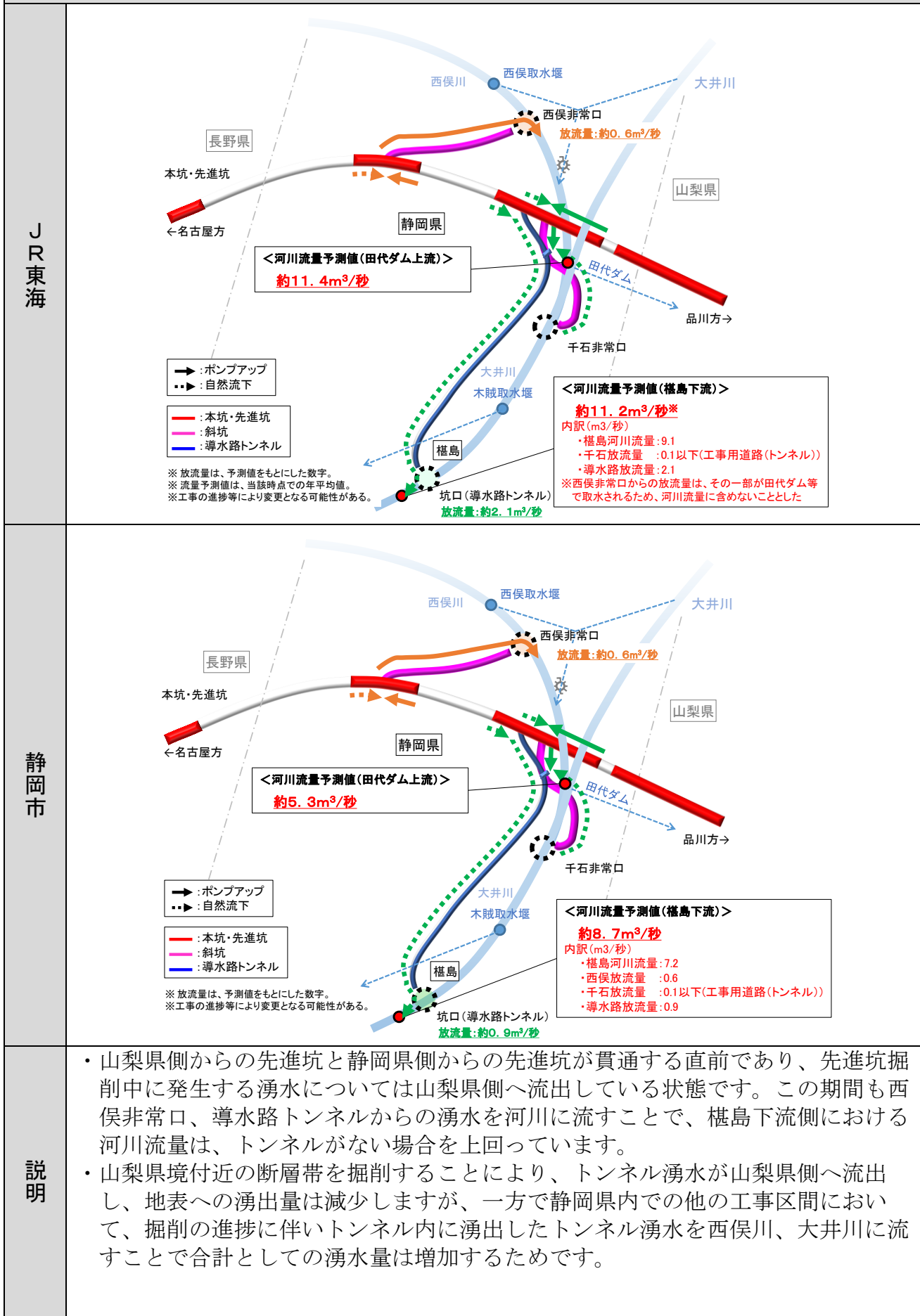


図 4.18 山梨県側先進坑が貫通する時期の予測結果

d) 西俣非常口～導水路トンネル間が貫通する直前の時期

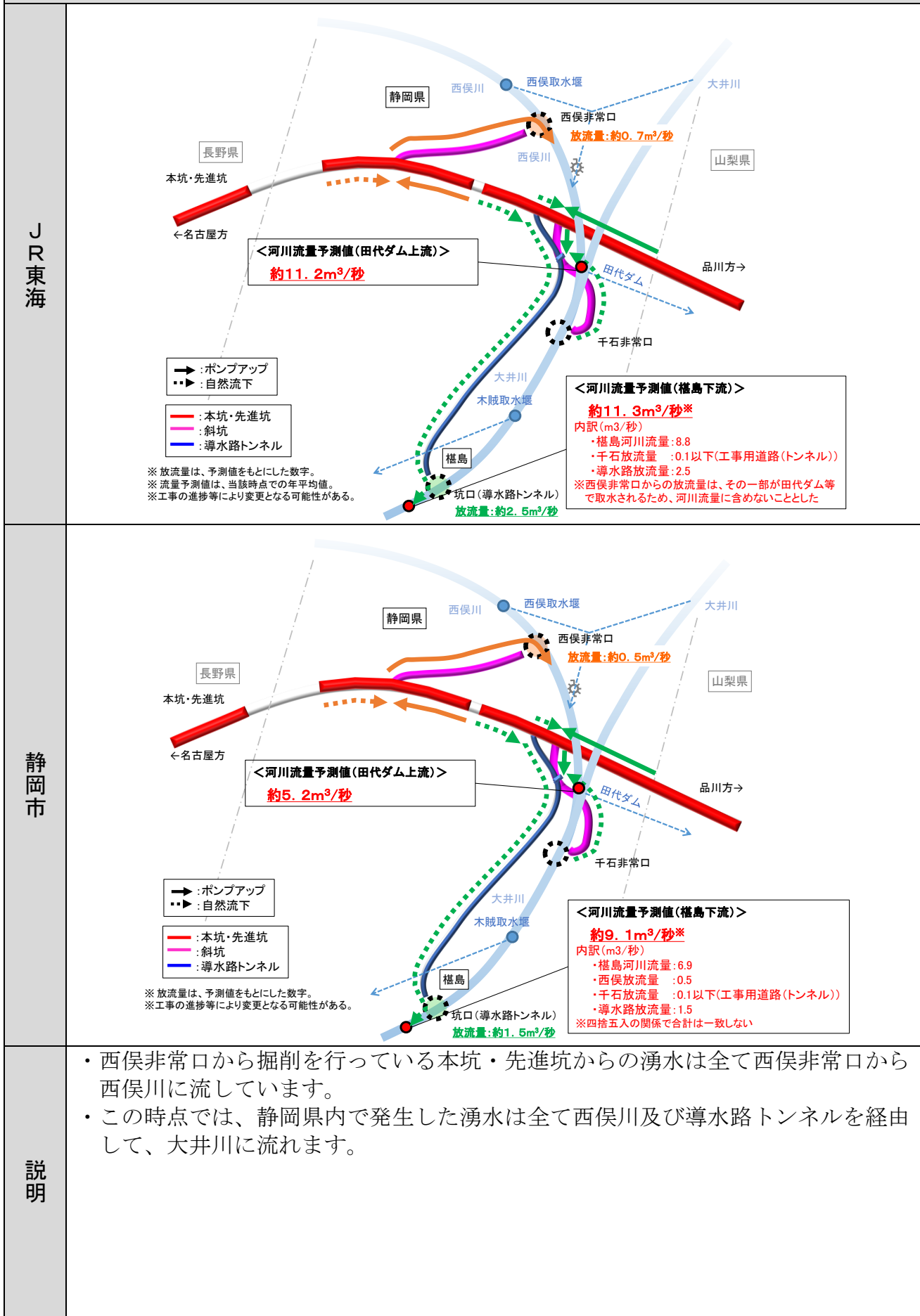


図 4.19 西俣非常口～導水路トンネル間が貫通する時期の予測結果

e) トンネル掘削完了時

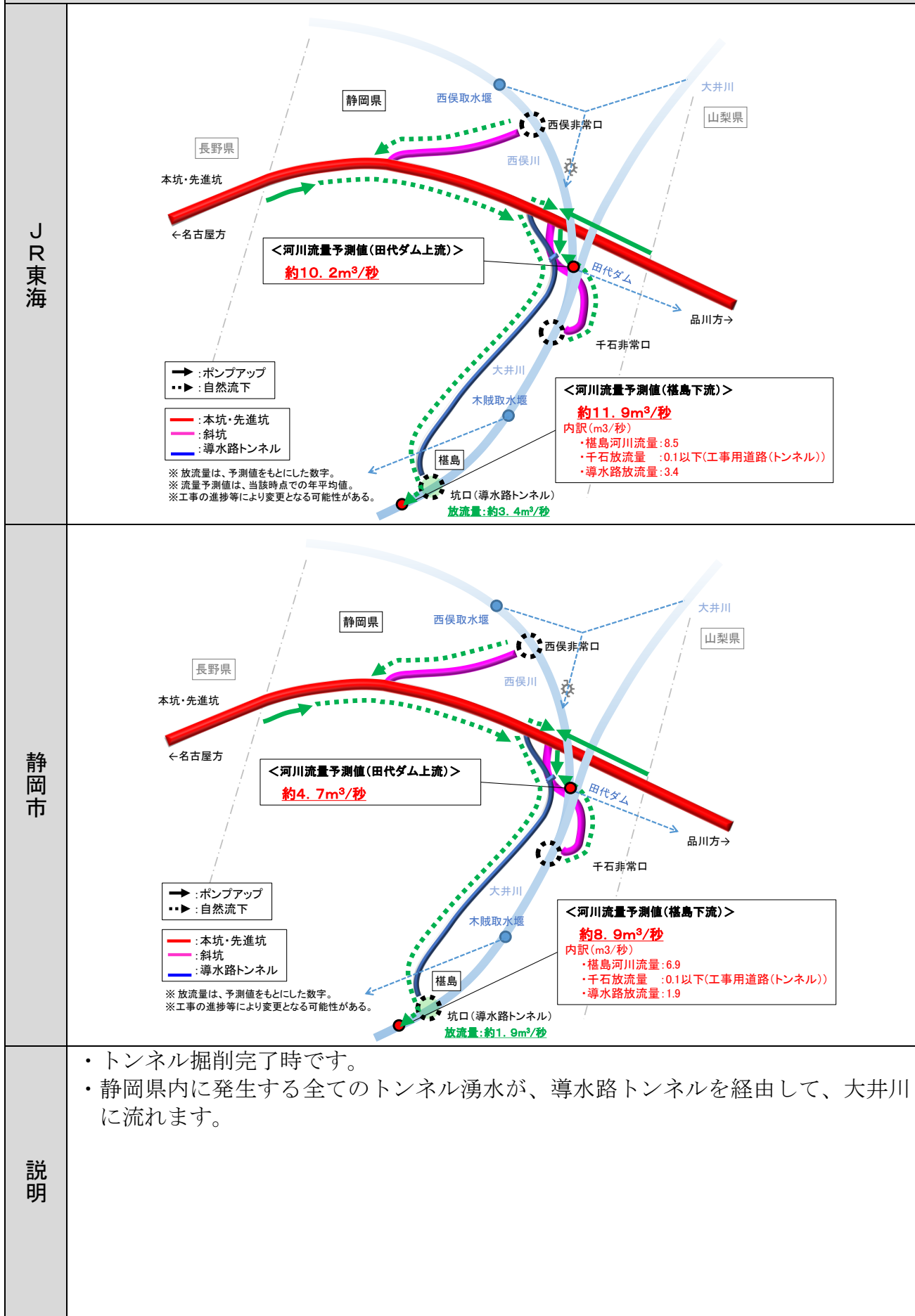


図 4.20 トンネル掘削完了時点の予測結果

f) トンネル掘削完了後恒常時

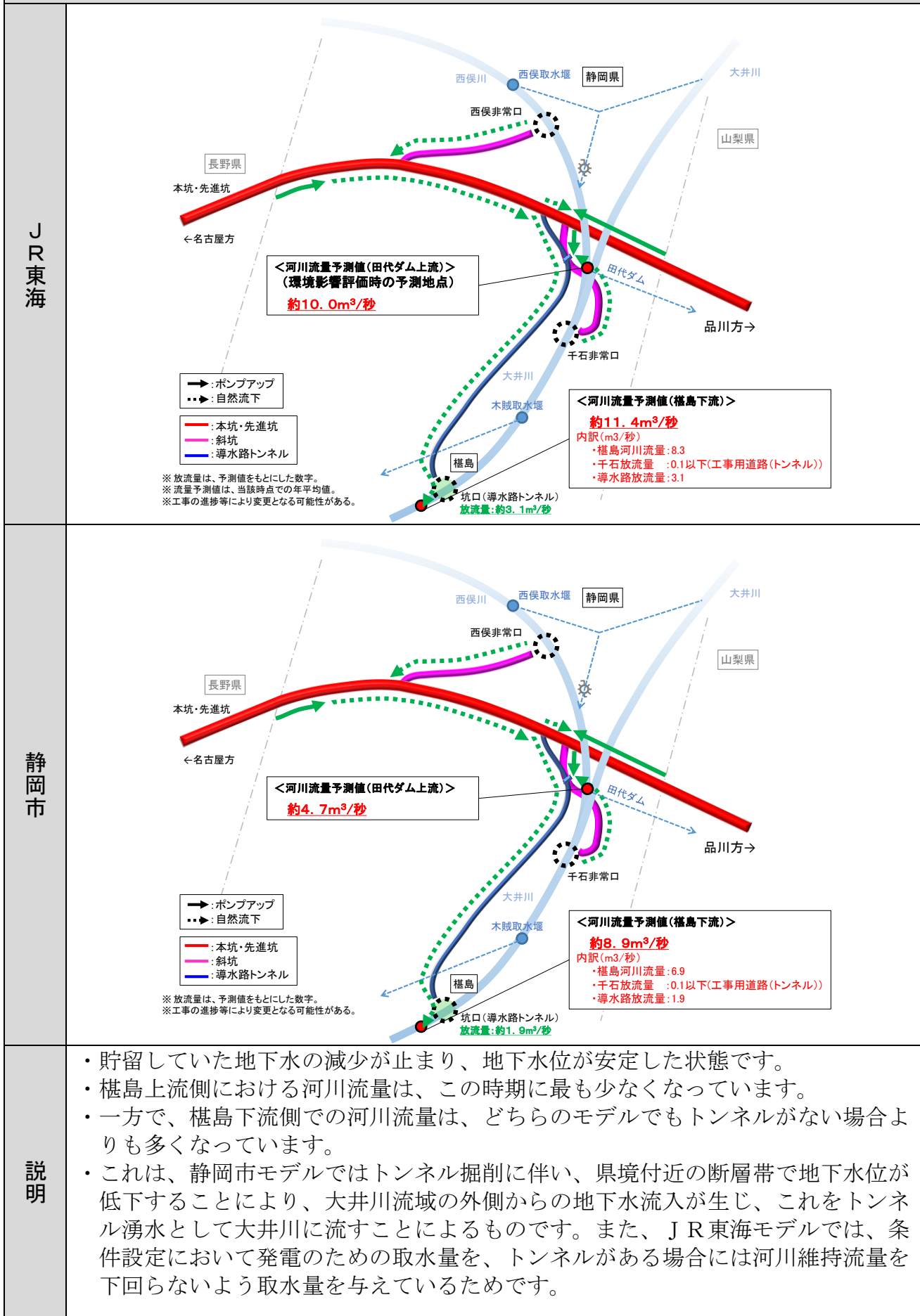


図 4.21 トンネル掘削完了後恒常時の予測結果

(3) 大井川中下流域の水資源利用への影響の検討（地下水位）

トンネル掘削による大井川中下流域の水資源利用（地下水位）への影響について、考察します。

1) 大井川下流域(扇状地)の地下水位と降水量や河川流量との関係(実測データ)からの考察

- ・「2. 大井川流域の現状 (4) 大井川下流域(扇状地)の地下水と河川流量等の関係」に記載のとおり、大井川下流域の上流部(扇頂部付近～富士見橋付近)の地下水位については、降水量や河川流量の影響が見受けられますが、大井川下流域全体としては、長期間にわたり安定した状態が続いています。よって、下流域の河川流量が確保されていれば、大井川下流域内の地下水位は、今後も安定した状態が続くものと考えられます。

2) 水収支解析の結果からの考察

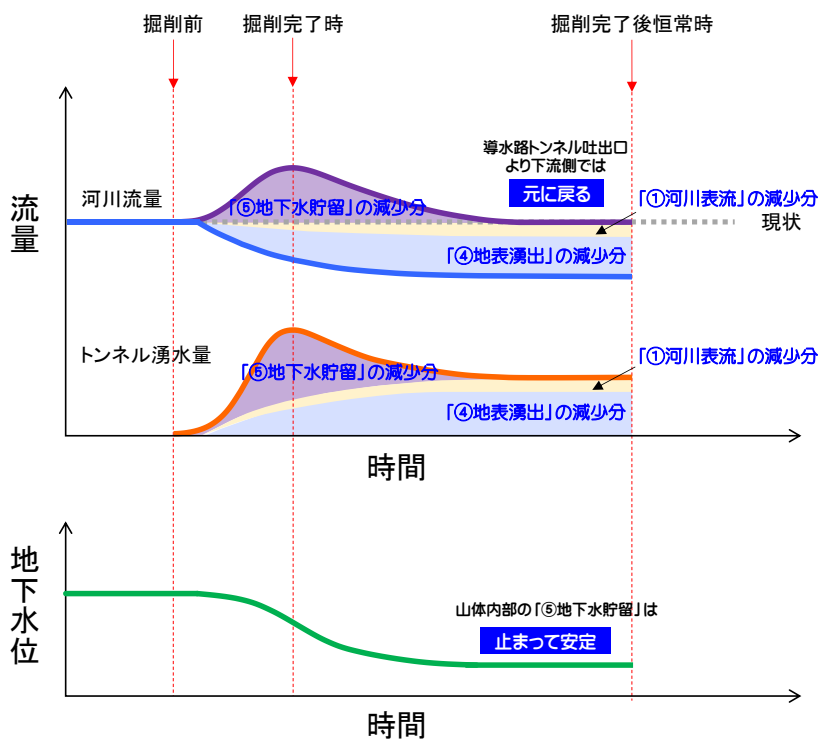
- ・静岡市モデルによるトンネル掘削前と掘削後の解析結果から、工事前後における地下水位の差分を把握し、地下水位の低下域の分布を確認しました。
- ・J R 東海及び静岡市の解析による地下水位の低下量平面図及び南北方向(榎島付近)の断面の縦断図を図 4.2.2～図 4.2.6 にお示しします。左側に J R 東海、右側に静岡市の結果を記載しています。なお、地下水位の低下量平面図及び縦断図は、J R 東海の結果と比較するために、縮尺や位置等を揃えています。
- ・静岡市の結果では、「主要な断層」に沿って、地下水位の低下が見られます。これは、「主要な断層」では J R 東海の設定より大きな透水係数を設定し、それ以外では、逆に小さな透水係数を設定したためと考えられます。
- ・地下水位について、主にトンネル施設の規模等を定める目的で作成した J R 東海の水収支解析モデルにおいて、解析の過程で算出される地下水位の変化を検証した結果、トンネル掘削が行われる榎島付近では、トンネル掘削前の地下水位との差が小さくなっています。また、静岡市の実施した水収支解析モデルにおいても、J R 東海の解析結果同様、榎島付近でトンネル掘削前の地下水位との差が小さくなっています。
- ・河川流量の予測地点については、両モデルでの地下水低下の影響範囲を踏まえて、「(2) 大井川中下流域の水資源利用への影響の検討(河川流量)」に記載のと

おり、導水路トンネル吐出口である^{さわらじま}榎島下流の地点としています。

- これについては、静岡県から国土交通省鉄道局へ発信された「「リニア中央新幹線静岡工区 有識者会議」における今後の議論に関する意見等への対応について」（令和3年3月31日）の文書において、「導水路トンネル出口（榎島）の河川流量の評価をもって、榎島付近より下流側の河川流量の評価をすることは、科学的・工学的に正確性を欠いている」との記述がありました。
- この理由として、「トンネル掘削完了後の恒常時には、トンネルがないときは下流に地下水として流れ地表流出していた地下水の全量を、トンネル湧水として上流の地中深くで集め、それをポンプアップして導水路で大井川に流すため、導水路トンネル出口（榎島）では河川流量は工事前よりも少し増える。その下流では、地下水の地表流出量が少し減少し、河川流量の増分が相殺される。」との記述がありました。
- これらの静岡県のご見解に対して、榎島付近より下流側でのトンネル掘削による影響を確認するため、大井川中流域の長島ダム付近までを解析領域（別冊資料5 図5-28参照）としている静岡市モデルの結果から、解析領域全体でのトンネル掘削による地下水位の低下について確認しました。（図4.24 静岡市モデル 地下水位低下量平面図（トンネル掘削完了後の定常状態）（解析領域全体））
- 図4.24にお示しするとおり、トンネル掘削による地下水位の低下は、南北方向では^{さわらじま}榎島付近で収束しており、さらには^{さわらじま}榎島付近から長島ダム付近（解析領域南端）まではトンネル掘削による地下水位の低下は極めて小さくなっています。
- また、静岡市モデルにより計算される地下から地表への湧出量についても、トンネル掘削による影響を確認するため、解析領域全体でのトンネル掘削による湧出量の変化について確認しました。（トンネル掘削前：図4.27、トンネル掘削完了後恒常時：図4.28、掘削前後の差分：図4.29）
- 図4.29にお示しするとおり、トンネル掘削による湧出量の変化は、^{さわらじま}榎島付近より上流側では谷部など一部で減少していますが、^{さわらじま}榎島付近から長島ダム付近（解析領域南端）までは、湧出量の減少分は小さくなっています。
- なお、解析において、^{さわらじま}榎島より下流側で地下水の湧出量の僅かな減少が確認され

たことから、^{さわらじま}榎島の約15km下流にある畑薙第一ダムにおける河川流量を確認しました。畑薙第一ダムへの流入量の予測結果は、トンネル掘削前は、19.7m³/秒、トンネル湧水を導水路トンネルから大井川表流水として流すことで、トンネル掘削完了後恒常時では20.0m³/秒となり、^{さわらじま}榎島下流地点と同様に流入量は維持される結果となっています。

- これらの解析結果から、^{さわらじま}榎島付近より下流側の湧出量の減少が、^{さわらじま}榎島付近より下流側の河川流量に及ぼす影響は極めて小さいと考えられます。
- さらに、トンネル掘削完了後恒常時の、河川流量については、「(2) 大井川中下流域の水資源利用への影響の検討(河川流量)」の図4.11(次頁再掲)にお示しするとおり、^{さわらじま}榎島下流側の河川流量は、山体内の「地下水貯留」が減り止まり、導水路トンネルから^{さわらじま}榎島上流側の河川流量の減少分と等しい量のトンネル湧水を放流することから、トンネル掘削前の元の流量に戻ります。水収支解析での予測結果でも、両モデルとも地下水位の低下は掘削完了後の15年後にはほぼ収束した状態となっており、「(6) 山梨県境付近の断層帯におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応 (3) 工事期間中に山梨県側に流出するトンネル湧水の影響評価 ア. 予測結果 P4-93の図4.70」に後述のとおり、掘削完了後の15年後以降には流量は減少せず、トンネル湧水を導水路トンネルから大井川表流水として流すことで、榎島下流地点での河川流量は維持される結果となっています。



- グラフの凡例**
- 椹島下流側の河川流量(椹島上流側の河川流量(—) + トンネル湧水量(—))
 - 椹島上流側の河川流量(トンネル掘削前より「①河川表流」と「④地表湧出」が減少)
 - トンネル湧水量(「①河川表流」の減少分 + 「④地表湧出」の減少分 + 「⑤地下水貯留」の減少分)
 - トンネル本坑付近の地下水水位

図 4.11 【再掲】 椹島上流側・下流側の河川流量とトンネル湧水の変化 (トンネル掘削後恒常時)

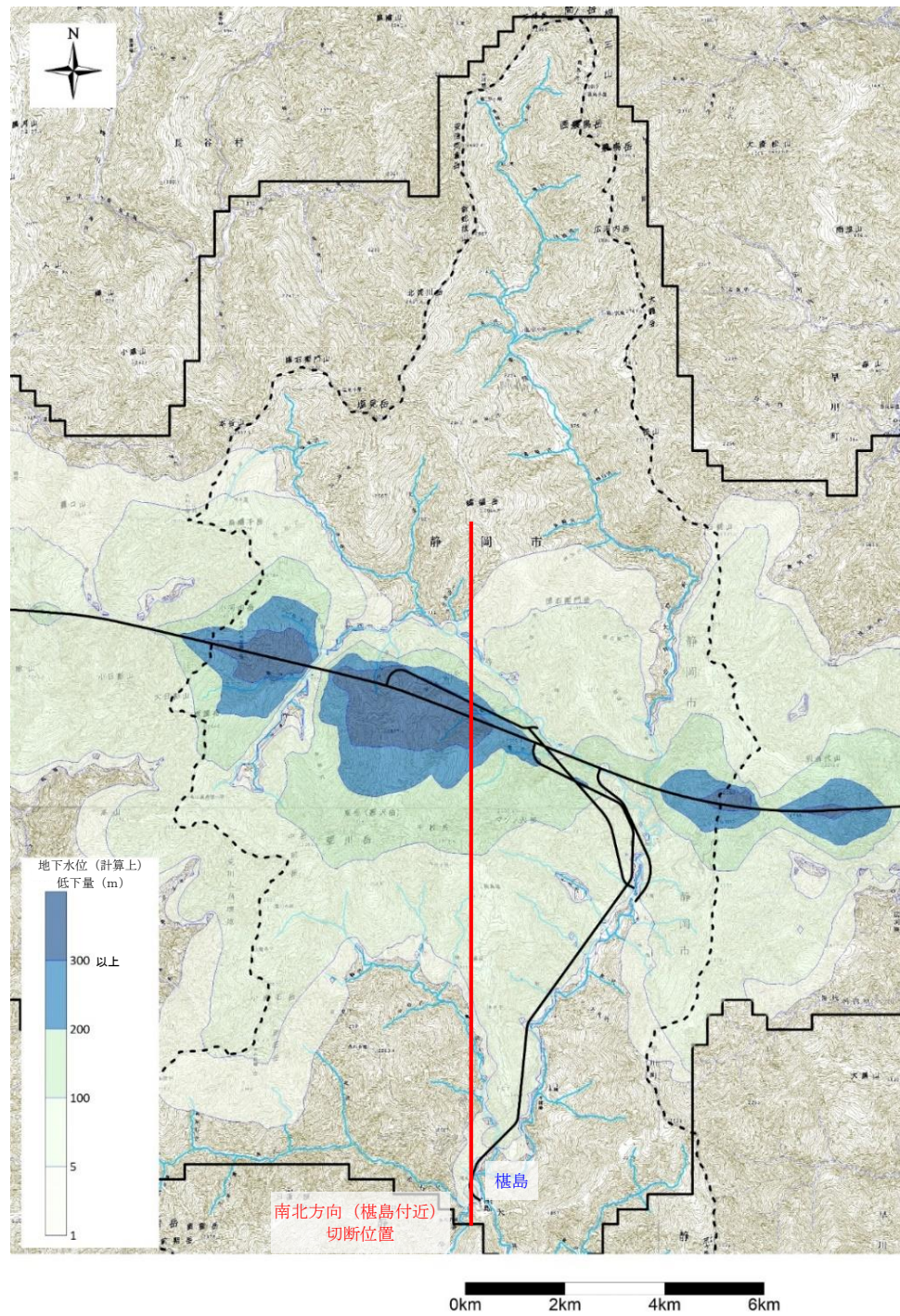


図 4.22 J R 東海モデル 地下水位（計算上）予測値低下量図
（トンネル掘削完了20年後）

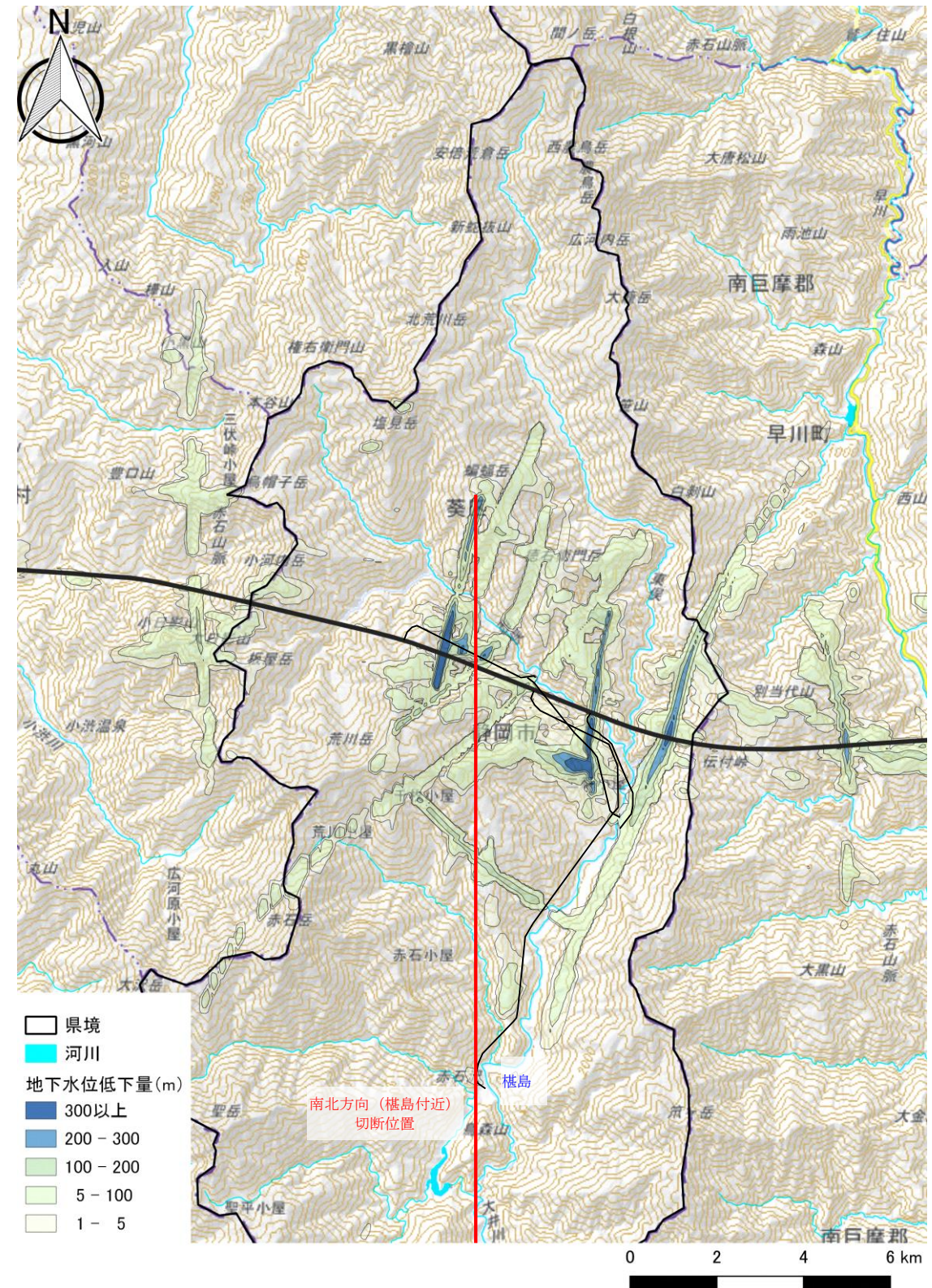


図 4.23 静岡市モデル 地下水位低下量平面図（トンネル掘削完了後の定常状態）

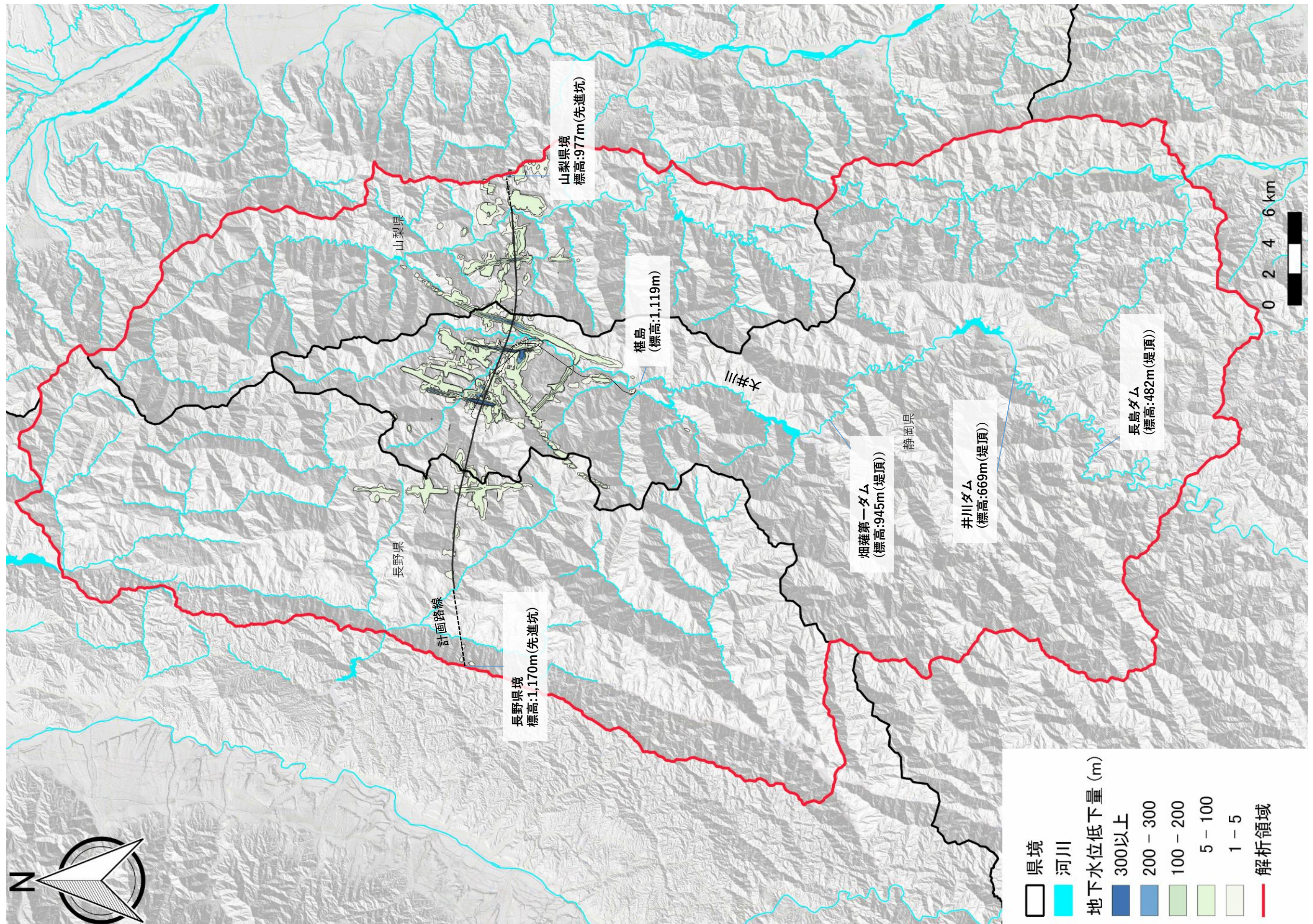


図 4.24 静岡市モデル 地下水位低下量平面図 (トンネル掘削完了後の定常状態) (解析領域全体)

J R 東海

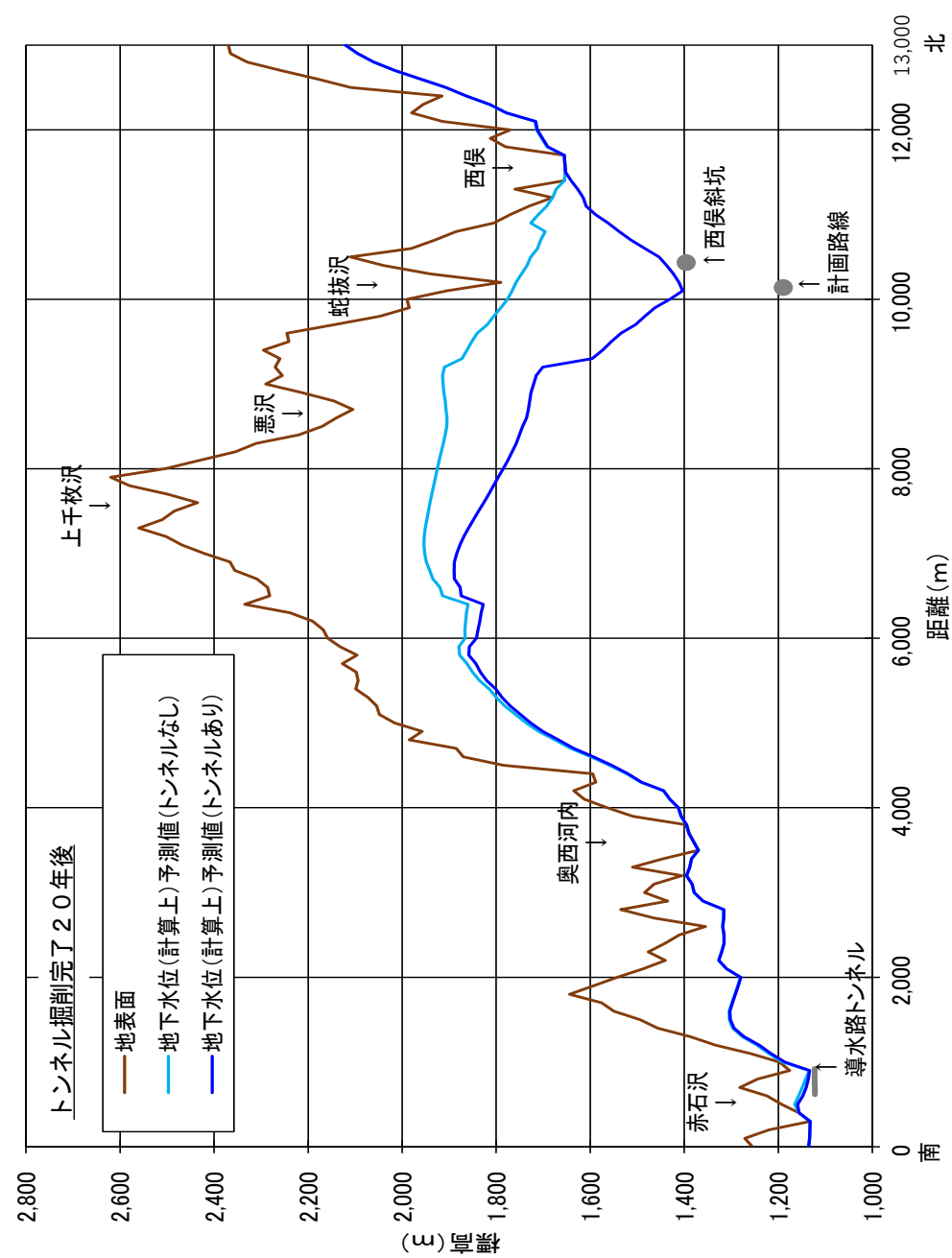


図 4.25 J R 東海モデル 地下水位 (計算上) 予測値縦断図 (南北方向 (榎島付近))
(トンネル掘削完了20年後)

静岡市

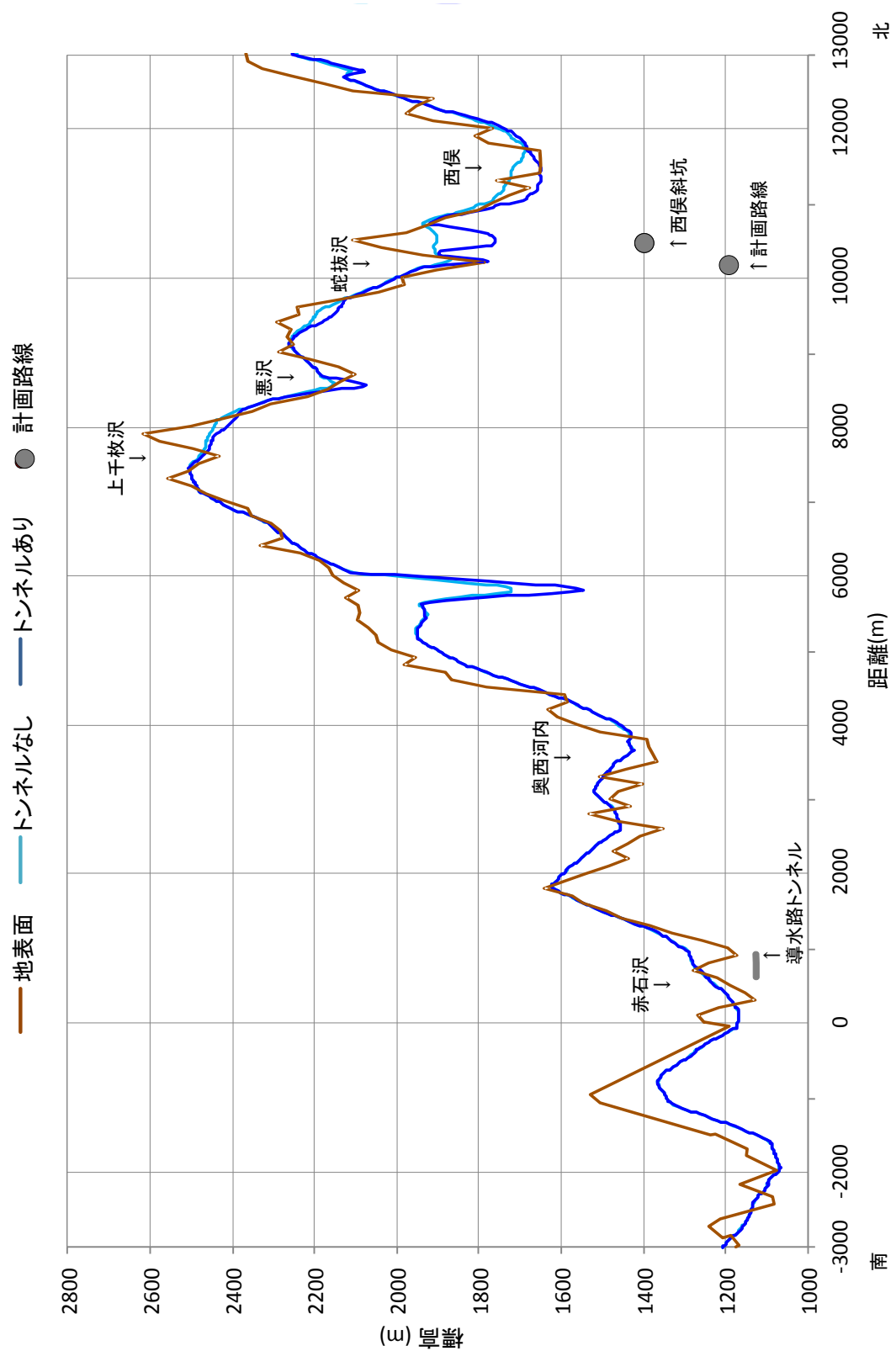


図 4.26 静岡市モデル 地下水位低下量縦断図
(トンネル掘削完了後の定常状態)

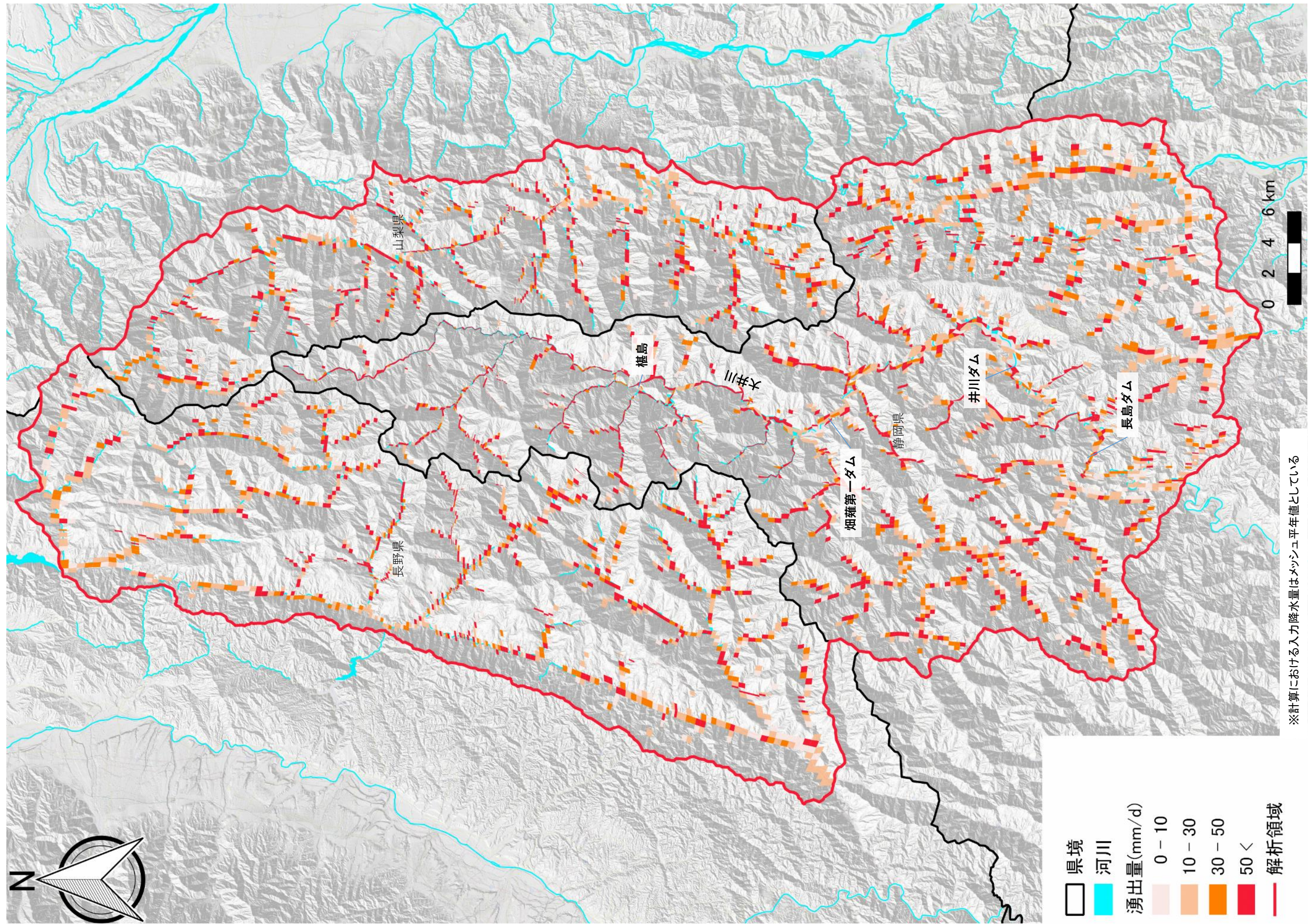


図 4.27 静岡市モデル 地下水位湧出量図 (トンネル掘削前)

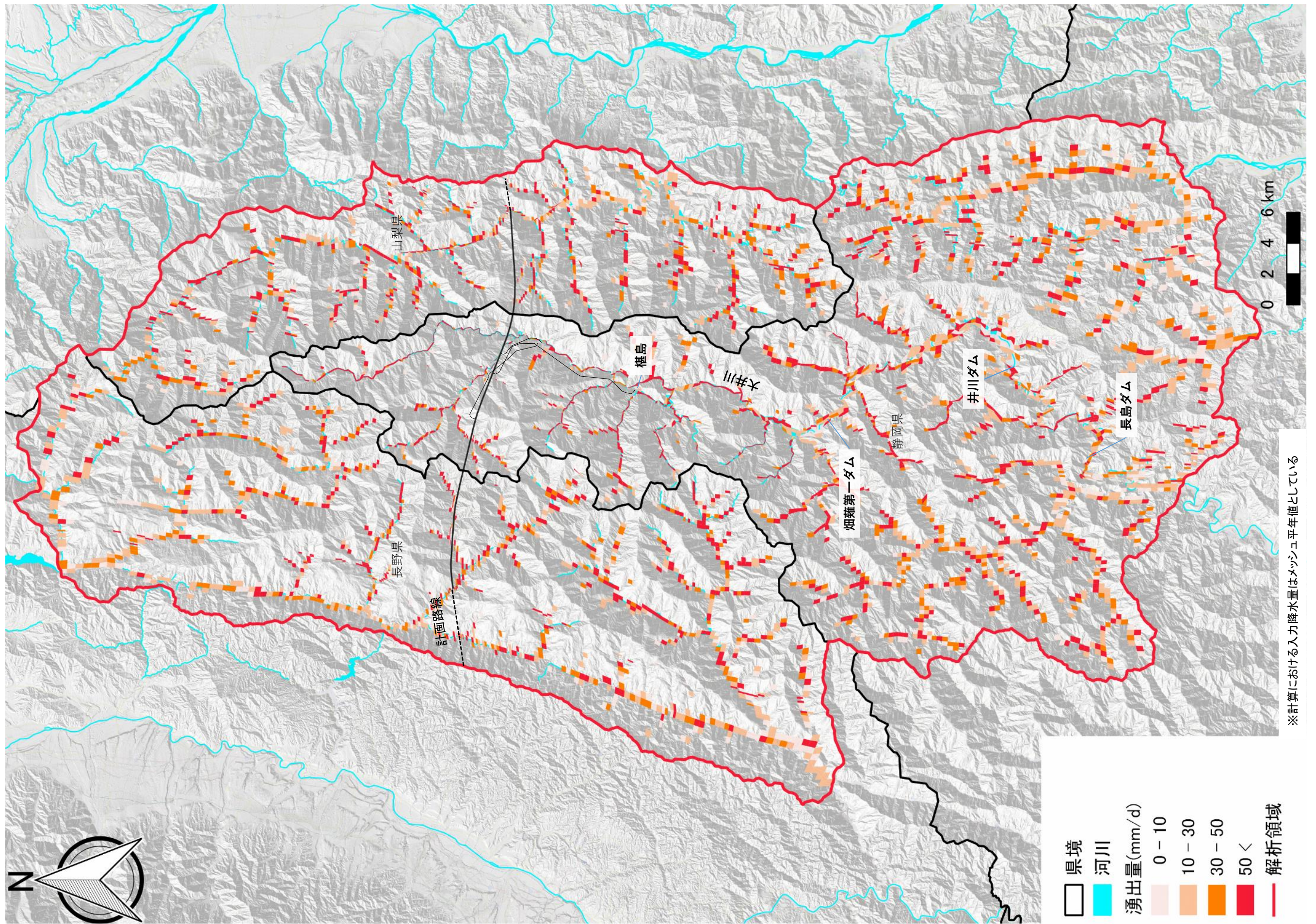


図 4.28 静岡市モデル 地下水湧出量図（トンネル掘削完了後の定常状態）

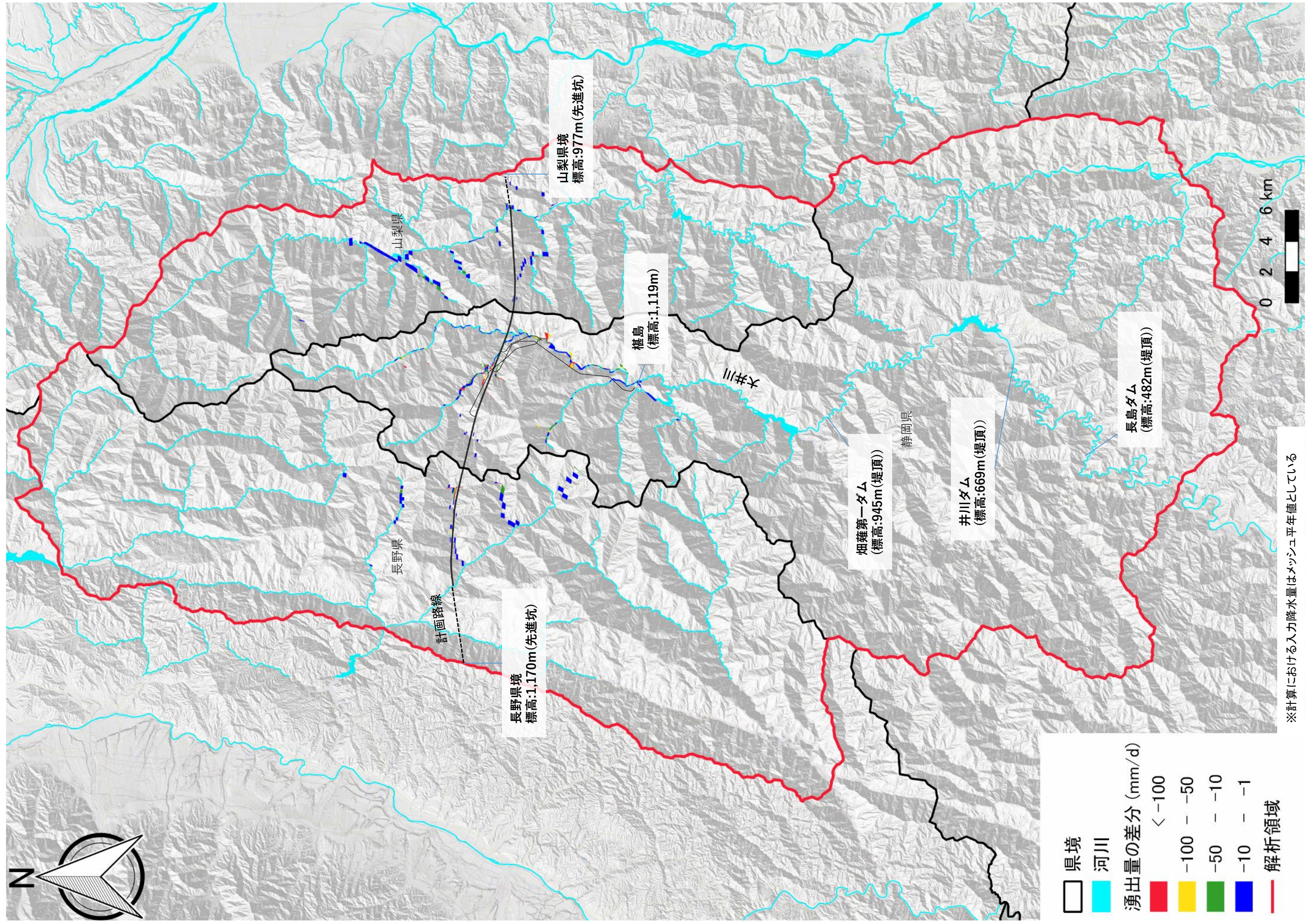


図 4.29 静岡市モデル 地下水湧出量差分図 (トンネル掘削前と掘削完了後恒常時の差分)

3) 大井川地下水等の成分分析等からの考察

- ・「2. 大井川流域の現状 (5) 大井川地下水等の成分分析」に記載のとおり、トンネル掘削による下流域の地下水への影響について、確認するために実施した化学的な成分分析の結果より、下流域の地下水は、上流域（^{さわらじま} 榎島より上流側）の地下水によって直接供給されているわけではなく、上流域、中流域からの河川水と、下流域における降水が主要な涵養源となっていることが考えられます。
- ・以上、1)～3) より、下流域の地下水の主要な涵養源は、上流域、中流域からの河川水と、下流域における降水と考えられ、トンネル湧水を大井川表流水として流すことで、下流域の河川流量が維持されることから、トンネル掘削による大井川下流域の地下水への影響は極めて小さいと考えられます。
- ・なお、予測は不確実性を伴う前提に基づいていることから、「7 トンネル掘削に伴う水資源利用へのリスクと対応」にお示しするとおり、リスク要因を評価した上で、対応について検討を進めてまいります。

(4) 大井川流域の水循環の概念図（掘削完了時・掘削完了後恒常時）

- ・(2)、(3)の内容をわかりやすく図示したものととして、図 4.30、図 4.31 に、掘削完了時と掘削完了後恒常時における大井川流域の水循環の概念図をお示しします。
- ・なお、水循環量の算定方法は、「2. 大井川流域の現状 (6) 大井川流域の水循環の概念図（現況）」に記載のとおりです。

(5) トンネル湧水を大井川に流すための施設計画

- ・(3) で述べたように、トンネル湧水を大井川表流水として流すことで、下流域の河川流量が維持されることから、トンネル掘削による大井川下流域の地下水への影響は極めて小さいと考えられます。ここでは、想定する量のトンネル湧水を確実に大井川へ流すための具体的な施設計画についてお示しするとともに、トンネル湧水等の水質・水温の管理についての計画、発生土置き場から河川に流入する水の水質の管理についての計画をお示しします。

1) トンネル湧水の大井川への流し方

ア. トンネル湧水の具体的な流し方

① 工事完了後の流し方

- ・南アルプストンネルの静岡県内におけるトンネル湧水は、導水路トンネルを経由した自然流下とポンプ設備による揚水(以後、ポンプアップと称します)により、将来にわたり、安定的かつ恒久的に大井川へ流します。
- ・本坑・先進坑、西俣斜坑及び千石斜坑のトンネル湧水を、導水路トンネル経由にて大井川へ流します。
- ・本坑・先進坑・斜坑のトンネル湧水量の上限値を $3 \text{ m}^3/\text{秒}$ と想定しています。この湧水量の上限値は、J R 東海モデルの水収支解析上、本坑・先進坑・斜坑のトンネル湧水量の合計値が最大となる解析値 $2.67 \text{ m}^3/\text{秒}$ と過去最大級のトンネル湧水量の実績などから設定しています。
- ・湧水量の上限値の $3 \text{ m}^3/\text{秒}$ に対応可能なポンプと釜場を設置します。釜場とは、トンネル湧水をポンプアップするための一時的な貯水場所(プール)のことです。図 4.32 に工事完了後のポンプ配置図を示します。本坑・先進坑の一部及び千石斜坑の一部(図 4.32 の矢印付実線)は、ポンプアップにより導水路トンネルに導水のうえ、大井川へ流します。

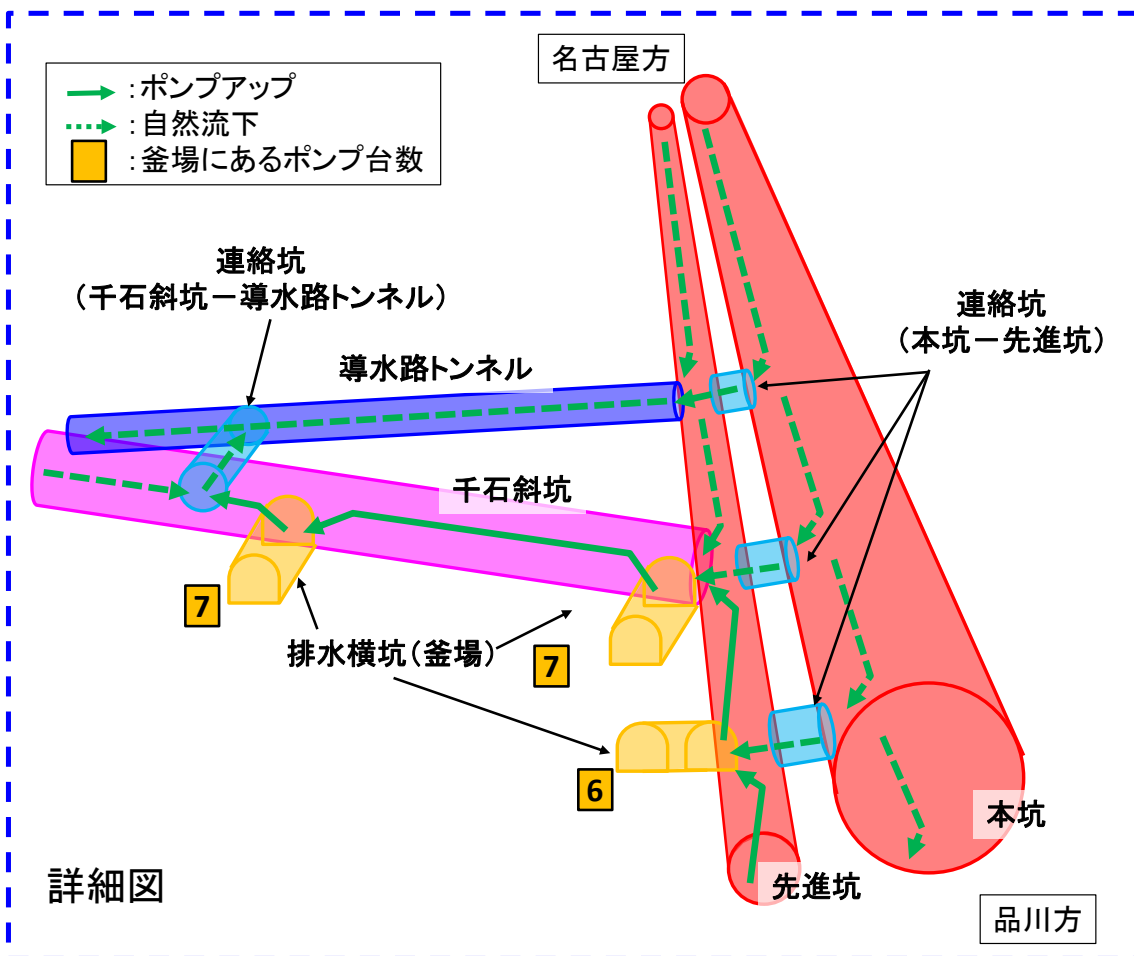
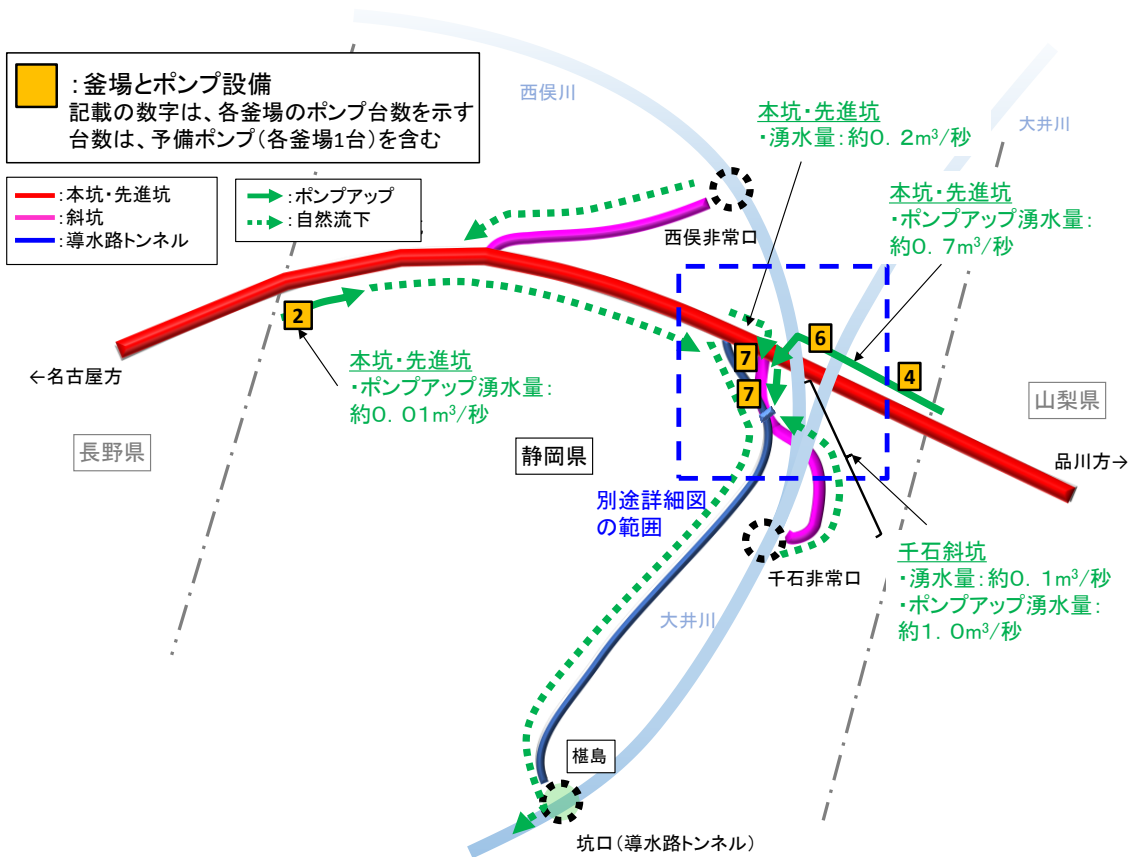


図 4.32 ポンプ配置図 (トンネル工事完了後)

② 工事中の流し方

- ・ 導水路トンネル完成までの間、本坑・先進坑、西俣斜坑及び千石斜坑のトンネル湧水を、斜坑や先進坑内に釜場を建設し、その中にポンプを設置して揚水し、西俣非常口から西俣川へ、千石非常口から大井川へ流します。
- ・ 必要な釜場とポンプを準備することにより、トンネル湧水を確実に大井川へ流します。
- ・ 導水路トンネル完成後は、千石斜坑から掘り進める区間のトンネル湧水は導水路トンネルに流れます。西俣斜坑から掘り進める先進坑と千石斜坑から掘り進める先進坑が繋がるまでは、西俣側の湧水は西俣非常口から西俣川へ流します（図 4.33）。

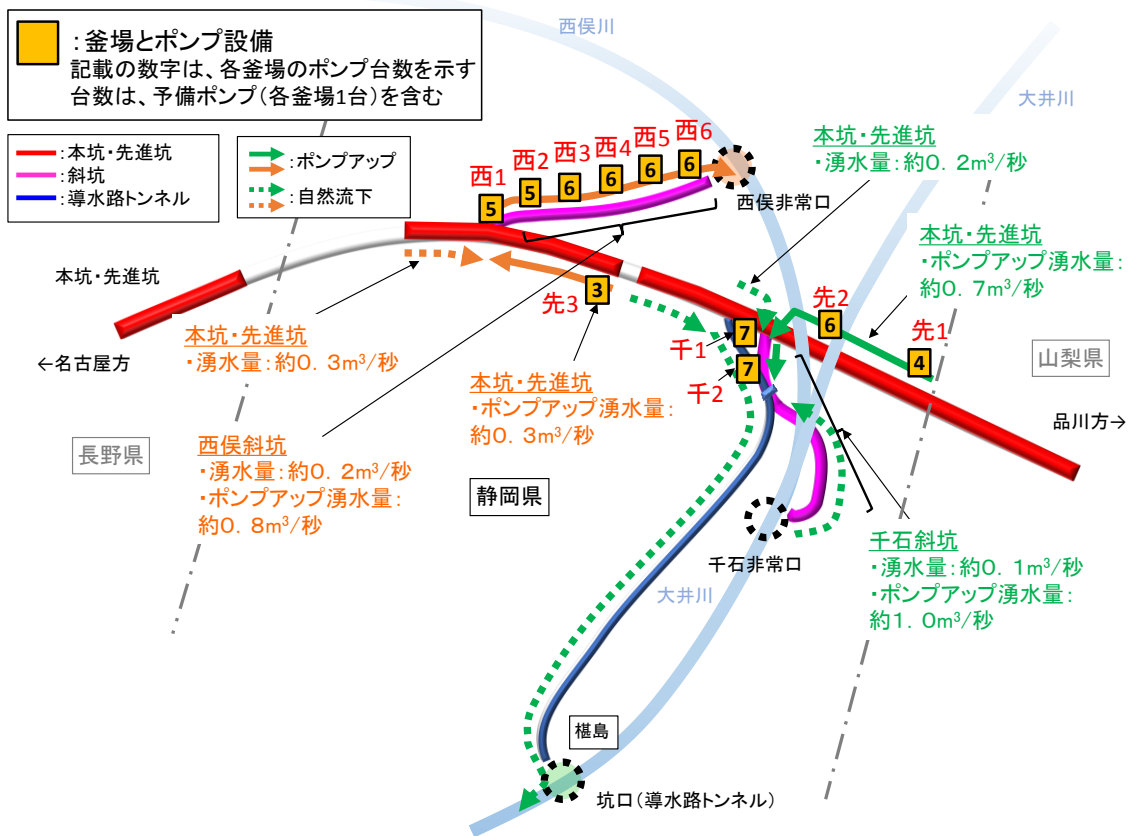


図 4.33 ポンプ配置図（西俣非常口～導水路トンネル間の貫通直前）

イ. 各設備の概要

① 導水路トンネル

- ・トンネル湧水を大井川へ流すため、^{さわらじま}榎島付近を出口として、大井川右岸に沿うルートで導水路トンネルを設置します。
- ・導水路トンネルのルートは土被りを500m以下とし、導水路トンネルと先進坑の接続位置を出来る限り山梨側とすること、また導水の勾配を0.1%以上確保すること、などの条件により決定しました。
- ・導水路トンネルは、NATM区間では断面積は約20m²、TBM[※]区間では直径（内空）は約4mで内空断面積は約10m²、総延長は約11.4kmです。坑口部と土被りが大きい区間は、NATM区間としています。

※NATMとは、トンネル周囲の地盤がトンネルを支えようとする保持力を利用し、吹付けコンクリートやロックボルト打設等により、地盤の安定を確保しながらトンネルを掘進する工法である。

※TBMとは、トンネルボーリングマシンの略称であり、NATMの発破方式に対し、機械制御によるトンネル掘削方式である。

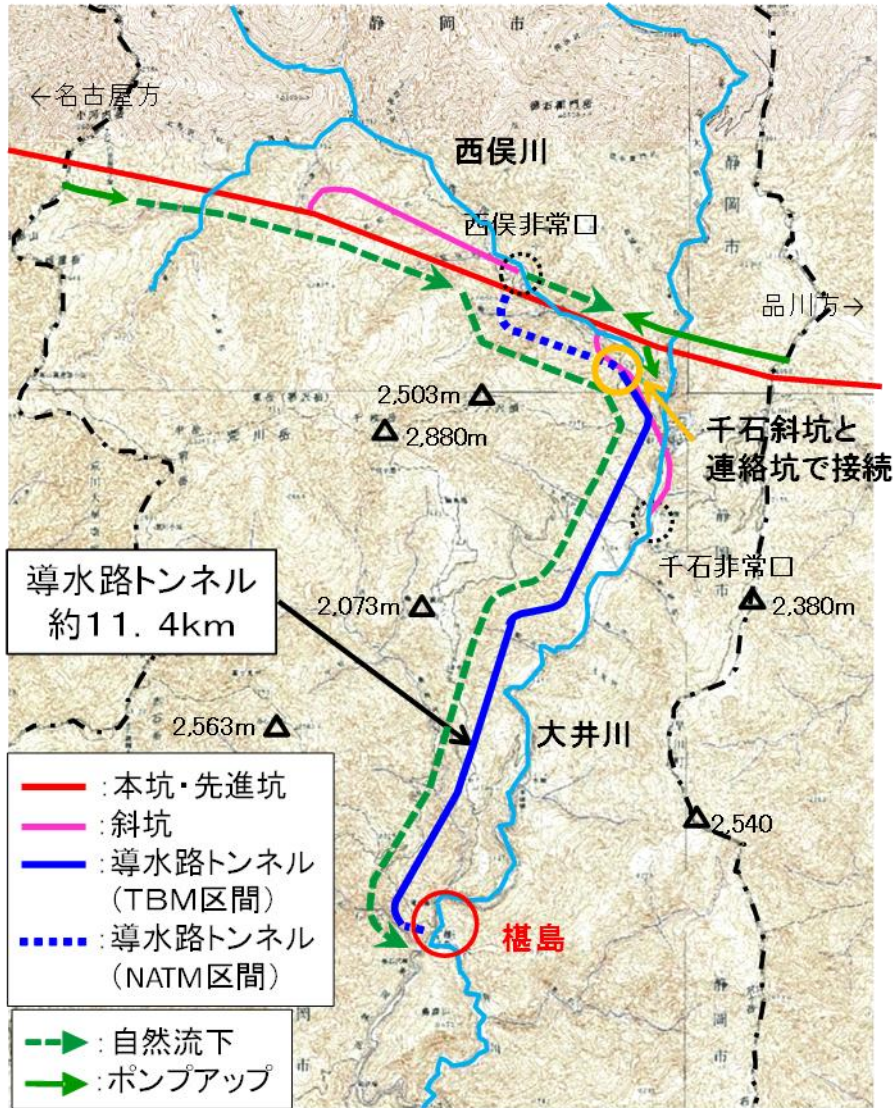


図 4.34 導水路トンネルの概要

② 斜坑や先進坑に設置する釜場及びポンプ

- ・斜坑や先進坑の工事中及びトンネル完成後の一部区間では、トンネル湧水を大井川へ流すため、大型ポンプが必要となります。
- ・トンネル湧水を集め、大型ポンプでポンプアップを行うため、斜坑や先進坑内には、一定間隔で横坑を掘り、釜場を設置する計画です。

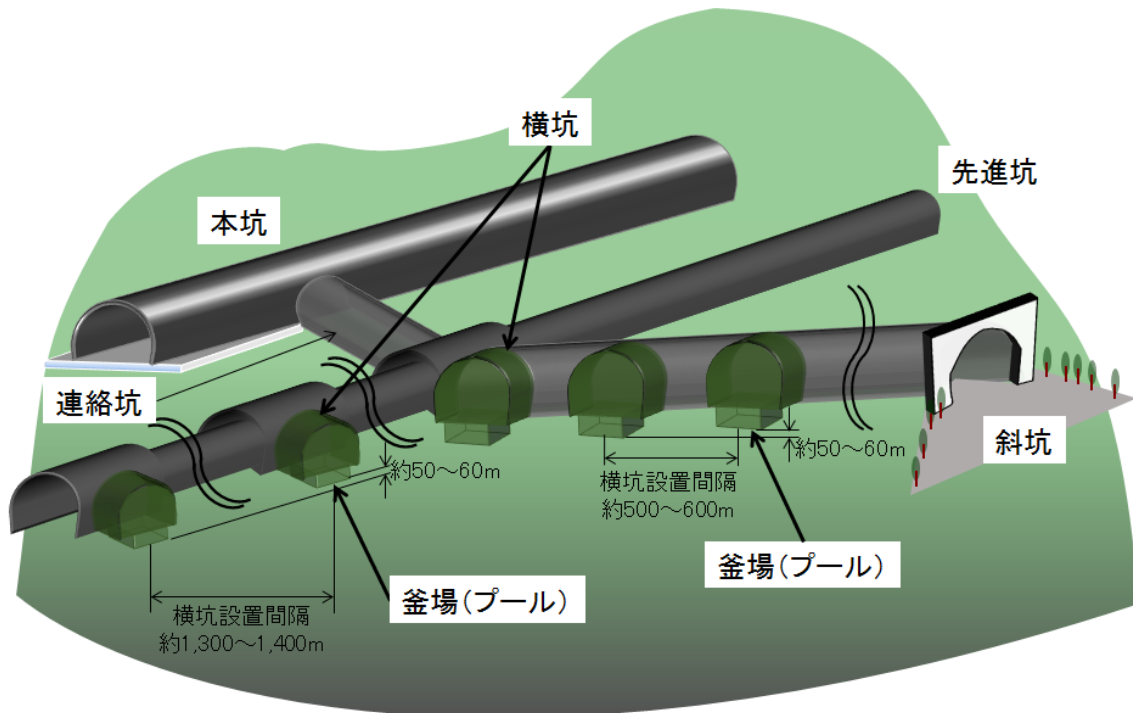


図 4.35 横坑と釜場（プール）の設置イメージ図

※「中央新幹線建設工事における大井川水系の水資源の確保及び自然環境の保全等に関する引き続き対話を要する事項」に対する再見解（その1、その2）令和2年1月より一部加筆

- ・釜場の設置イメージを図 4.35 に示します。
- ・釜場は、大型ポンプ（全揚程70m）を設置することを前提として、釜場間の高低差50～60m程度で配置する計画です。これらにより、釜場の設置間隔は、斜坑（勾配約10%）においては約500～600m、先進坑（勾配約4%）においては約1,300～1,400mとなります。
- ・下り勾配での掘削延長に基づき、先進坑では5か所、千石斜坑では5か所、西俣斜坑では6か所の計16か所の釜場を設置する計画となります。
なお釜場で使用する大型ポンプは、吐出量 $10\text{ m}^3/\text{分}$ 、出力 185 kW 、重さ約 2.3 t の規模を計画しており、多くの台数が必要となりますが、国内で十分調達できるものです。
- ・大型ポンプを使用してトンネル湧水をポンプアップしているトンネルは、青函トンネルや関門トンネルなど、国内に複数ございます。一例としまして、青函トンネルでは、吐出量 $12\text{ m}^3/\text{分}$ 、出力 990 kW 、揚程約 300 m の大型ポンプ等を使用しています。（図 4.36）
- ・工事中、工事完了後において、ポンプは定期的にメンテナンスを実施します。
- ・ポンプの点検・修理や交換に備えて、各釜場には予備のポンプを設置します。



出典：青函トンネル物語(吉井書店)より引用、一部当社で加筆

※()内は予備台数

	ポンプ スペック	台数	揚程
P1	0.17m ³ /秒 460kW	2 (1)※	188m
P2	0.15m ³ /秒 720kW	1 (2)※	316m
P3	0.2m ³ /秒 990kW	2 (4)※	321m

出典：津軽海峡線工事誌より引用



出典：鉄道運輸機構HPより引用

図 4.36 青函トンネルの排水設備

ウ. 各設備の容量の検討

- ・各設備容量については、水収支解析によりトンネル湧水量を算出し、工事中から工事完了後までを含め、必要な容量が最も大きくなるケースに対応できるように設備容量を決定します。
- ・設備容量の算出の結果、各設備において最も容量の大きくなるケースは工事中となるため、各設備の容量の検討は工事中のトンネル湧水量で決めています。

① 導水路トンネル

- ・導水路トンネルの設備容量（内空断面積）については、本坑・先進坑・斜坑のトンネル湧水量を計 3 m³/秒、導水路トンネルのトンネル湧水量を 1 m³/秒とし、合計 4 m³/秒を導水路トンネルにて流す場合において、必要な内空断面積が確保できるかについて検討しました。

(ここでは、より断面積の小さいTBM区間の断面について検討します)

- ・ Manning公式に基づき、上記の流量が導水路トンネルを流れる場合の流速と流水の断面積を算出します。以下に流量算出式を示します。

$$Q=A \times V$$

$$V=\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

$$R=\frac{A}{P}$$

ここで、各記号は次のことを示しています。なお、各記号の () 内に数値があるものは、流量 $4 \text{ m}^3/\text{秒}$ を流す計算で設定した値です。

Q : 流量 ($\text{m}^3/\text{秒}$)

A : 流水の断面積 (m^2)

V : 流速 ($\text{m}/\text{秒}$)

n : 粗度係数 (0.016 : 管内部の円滑性を示す係数)

R : 径深 (0.6 m : 流水断面の平均的な水深)

P : 流水の潤辺長 (5.0 m : 流水が壁面に接し摩擦を受ける延長)

i : 勾配 (0.1%)

- ・ 計算の結果、流速Vは約 $1.4 \text{ m}/\text{秒}$ 、流水の断面積Aは約 2.9 m^2 となり、合計 $4 \text{ m}^3/\text{秒}$ の湧水を導水路トンネルに流した際に、水の流れる範囲は図 4.37 に青色のハッチングで示す部分となることが確認できます。

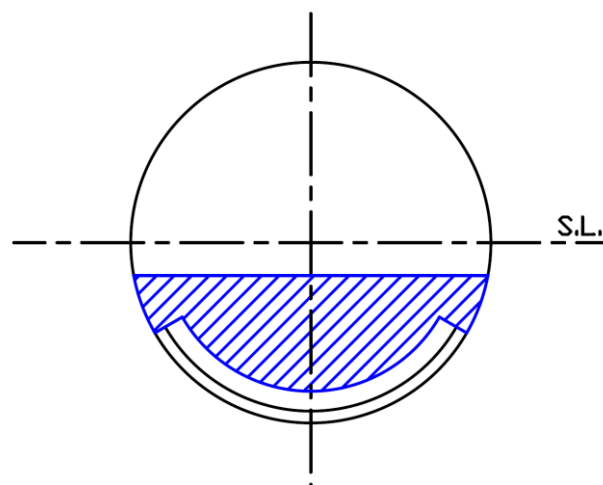


図 4.37 導水路トンネルの断面イメージ図 (TBM区間)

② 釜場に設置するポンプ

- ・ポンプの設備容量については、各釜場において流入するトンネル湧水を確実にポンプアップすることができるものとします。
- ・斜坑や先進坑が導水路トンネルと接続された後は、それまでの間、両非常口を通じて河川に流すためのポンプが不要になるなど、工事の段階に応じて各釜場の設備容量は変化します。
- ・大型ポンプの台数を決定するための計算例を以下に示します。

(ポンプ台数の計算例)

- ・西俣斜坑と本坑・先進坑接続部に位置する釜場（図 4.3.3 の西 1 の箇所、以降「西俣斜坑と本坑接続部の釜場」という）を例として示します。
- ・西俣非常口～導水路トンネル間の貫通直前の場合、西俣斜坑と本坑接続部の釜場には、本坑・先進坑の長野方で発生し自然流下する湧水：約 $0.3 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、本坑・先進坑の山梨方で発生しポンプアップされる湧水：約 $0.3 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、西俣斜坑で発生する湧水：約 $0.2 \text{ m}^3/\text{秒}$ の $\frac{1}{6}$ （西俣斜坑の釜場は 6 ヶ所あるため、この釜場が受け持つ湧水量は西俣斜坑全体の $\frac{1}{6}$ となる）が流れ込むこととなり、吐出量 $10 \text{ m}^3/\text{分}$ のポンプの必要台数は

$$(0.3 + 0.3 + 0.2 \times 1/6) \times 60 \text{秒} \div 10 \text{m}^3/\text{分} \cdot \text{台} = 3.8 \text{台} \Rightarrow 4 \text{台}$$

(予備ポンプを含めて設備基数は 5 台)

となります。

- ・このような計算を工事段階毎に各釜場において行い、必要な設備容量を決定します。
- ・なお、各釜場には、必要な設備容量に加えて予備のポンプを 1 台設置する計画としております。

③ 斜坑や先進坑に設置する釜場

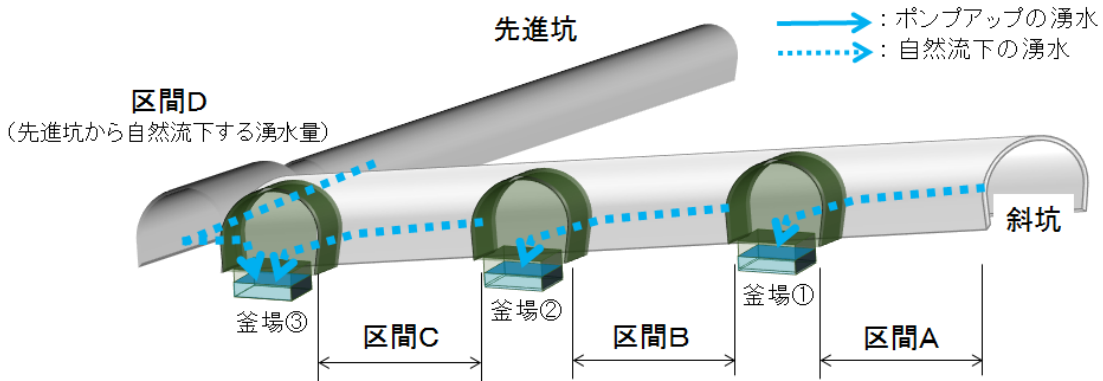
- ・②でお示ししたポンプを配置することにより、釜場の貯水量は増えることなく確実に排水することができます。
- ・ただし、ポンプが一時的に停止すれば、釜場の貯水量が増加することになります。ポンプが一時的に停止する場面として、停電時を想定し、停電時においてもトンネル湧水が釜場から溢れ出ないように計画しました。

- ・なお、ポンプの定期点検時には、予備のポンプを稼働させながら順次点検を行っていくので、ポンプの揚水能力が低下することはありません。
- ・停電時においては、全ての釜場内のポンプが30分間停止※したとしても、どの釜場からも水が溢れないことを計算の条件としました。

実際に停電が発生した場合には、10分以内に予備電源（非常用発電機）に切り替わり、ポンプが再稼働しますが、容量の計算上は停電によりポンプが30分間停止する条件としました。

※トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説（2016年土木学会）に、停電時に備え30分程度の想定湧水量を貯水できる容量とすることが望ましいと記載されているため、その値を採用。

- ・図 4.38 に停電時のトンネル湧水の流れをお示しします。図 4.38 に示す釜場③のように、先進坑や斜坑の最下点の釜場では、周囲から湧水が自然流下してくる中で停電時はポンプアップされないため、大きな設備容量が必要となります。



- 釜場①: 区間Aの湧水量(点線)30分間分の貯水容量を設定
- 釜場②: 区間Bの湧水量(点線)30分間分の貯水容量を設定
- 釜場③: 区間C、Dの湧水量(点線)30分間分の貯水容量を設定

図 4.38 釜場の容量計算（停電時）にあたっての前提条件

- ・釜場の設備容量を決定するための計算について、西俣斜坑と本坑接続部の釜場を例として示します。
- ・なお、計算にあたっては、西俣斜坑と本坑接続部の釜場に集まるトンネル湧水が最大となる場面として、西俣非常口から掘削した品川方への先進坑が千石側と貫通する直前を想定します。
- ・西俣斜坑と本坑接続部の釜場には、本坑・先進坑の長野方で発生する湧水：約

0.3 m³/秒、西俣斜坑で発生する湧水：約0.2 m³/秒の6分の1（西俣斜坑の釜場は6ヶ所あるため、西俣斜坑と本坑接続部の釜場が受け持つ湧水量は西俣斜坑全体の6分の1となる）が流れ込むこととなり、30分間における総量は

$$(0.3 + 0.2 \times 1/6) \times 1,800 \text{秒} = 600 \text{m}^3$$

となります。各工事段階の容量を上記の計算で算出した結果、この600 m³が、当該釜場における停電時の最大の容量となります。

- ・約600 m³の容量を持つ釜場とは、例えば奥行約30 m×幅約7 m×深さ約3 mの規模であり、釜場を設置するトンネル断面は、高さ約8 m、幅約11 mの規模を計画しています。
- ・このような計算を各釜場において行い、必要な設備容量を決定します。図 4.3.3にお示しした各釜場の必要な設備容量を表 4.4にお示しします。

表 4.4 各釜場に必要な設備容量

西俣斜坑

	西1	西2	西3	西4	西5	西6
必要な設備容量(m ³)	600	120	120	120	120	120

千石斜坑

	千1	千2
必要な設備容量(m ³)	396	306

本坑・先進坑

	先1	先2	先3
必要な設備容量(m ³)	630	720	540

※西1、西2・・・西6は、各釜場の名称としてp 4-47の図 4.3.2から引用している
(千、先についても同様)

④ ポンプを稼働するための電力確保

- ・トンネル湧水を確実に大井川へ流すために、複数の大型ポンプを使用しますが、このポンプアップに必要な電力は、工事中には最大約7千kWを見込んでいます。
- ・工事中の電力については、既存の電力会社の電気線から工事用の電気線を引き込むことで、供給可能であることを確認しており、トンネル湧水を確実に大井川へ流します。
- ・工事完了後のポンプアップに必要な電力は、沿線に設置する変電所から供給する予定であり、トンネル湧水を確実に大井川へ流します。

エ. 異常時の対応

① 想定を超えるトンネル湧水への対応（工事中の対応）

- ・設備容量を決定するために水収支解析の値を参考に検討しました。トンネル掘削においては、必要により薬液注入などの補助工法を用いることにより、湧水量の低減対策を行います。水収支解析の値には不確実性があり、掘削段階において想定を上回るトンネル湧水が発生する可能性があります。

a) 想定する湧水量が上回る場合

- ・まず、トンネルの施工においては、掘削開始前に高速長尺先進ボーリング等により前方の湧水の状況を確認いたします。その結果により、水収支解析を超えるようなトンネル湧水が想定される場合は、予備の大型ポンプに加えて、想定される湧水量に応じてポンプを増備します。
- ・先進ボーリングで湧水の状況を確認してから、斜坑または先進坑を掘削するまでには最短でも半月程度の時間差があります。予備の大型ポンプは予め資材ヤード等にストックしており、この間に増備することが可能です。
- ・図 4.39のように、西俣斜坑と本坑接続部の釜場で、例えば水収支解析の1.5倍の湧水が想定された場合は、当初の台数5台（4台+予備1台）に加えて、予め2台を増備することで、トンネル湧水にしっかりと対応していきます。

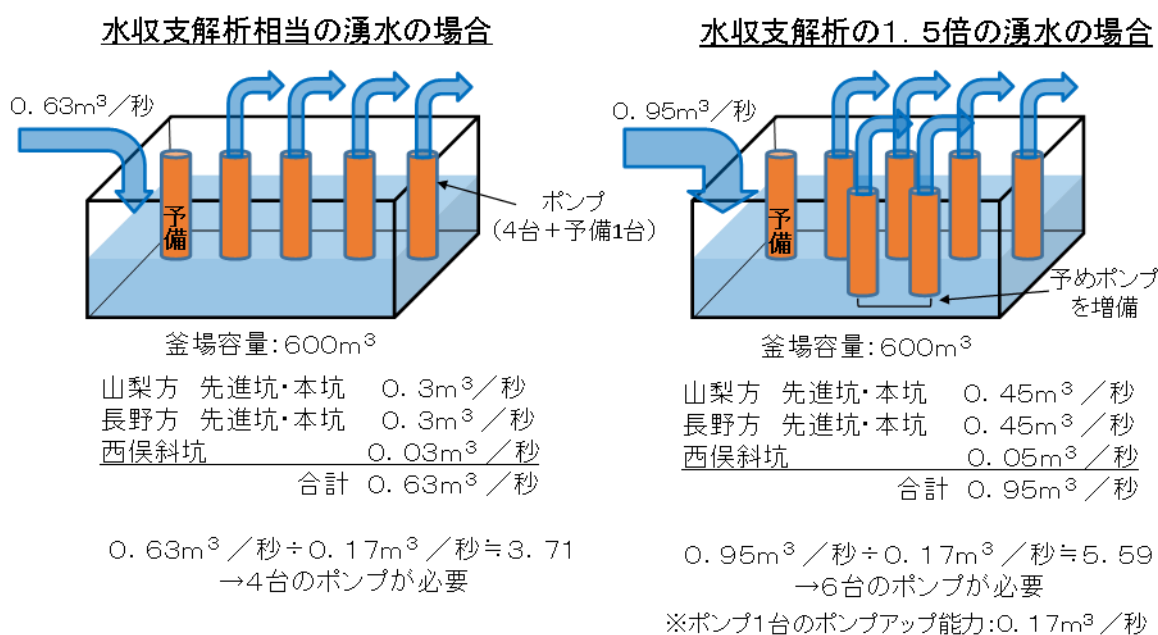


図 4.39 水収支解析より多い湧水が想定される場合

b) 停電が併発した場合

- ・次に、先述した a) の状況時に、停電が併発してポンプアップ機能を一時的に失った場合を考えます。
- ・ウ. ③ で述べたように、実際の停止時間は、工事ヤードに設置する予備電源（非常用発電機）への切替え時間として10分間を想定しております。
- ・図 4.40のように、安全側の想定として釜場に半分程度の水が溜まっている場合を考慮したとしても、水収支解析の1.5倍のトンネル湧水が発生しても、予備電源（非常用発電機）の切り替えに必要な10分間は釜場に貯水することができます。10分後に予備電源に切り替わったあとは、a) と同様の対応となります。

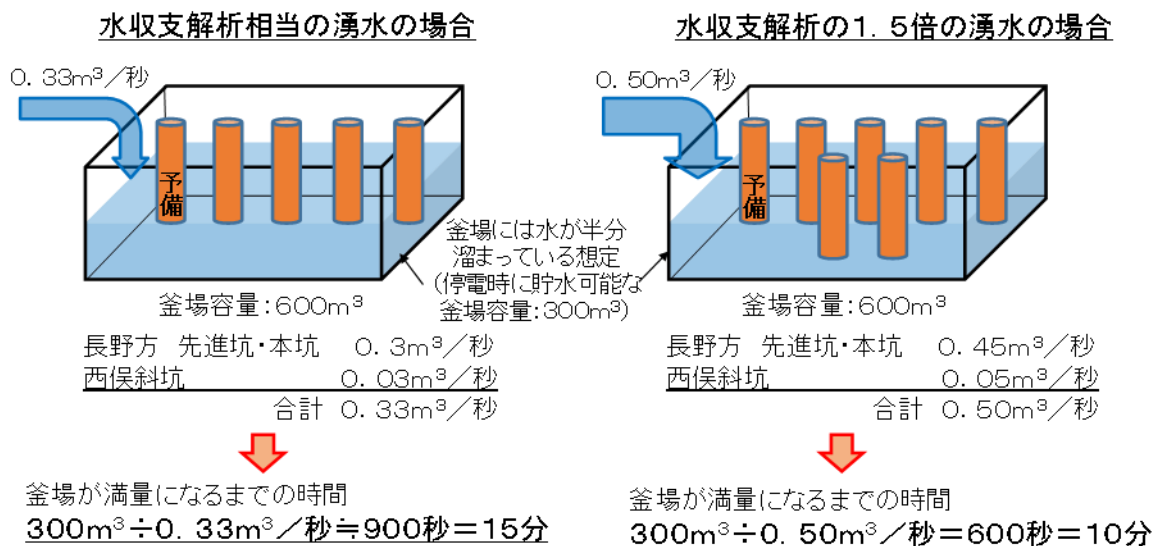


図 4.40 水収支解析より多い湧水が想定される場合（停電時）

※図は「中央新幹線工事における大井川水系の水資源の確保及び自然環境の保全等に関する引き続き対話を要する事項」に対する再見解（その1、その2）より、一部加筆修正

- ・各ケースで検討したように、想定を上回るトンネル湧水量が発生した場合、停電を併発した場合のそれぞれの異常時において、対応が可能です。

② 停電時の電力供給について

- ・ 工事中に停電した場合は、10分以内に予備電源（非常用発電機）の電源に切り替わります。
- ・ 工事完了後に停電した場合は、10分以内にバックアップの電源に切り替わります。
- ・ 工事完了後は、列車運行用で使用するJR東海の変電所からポンプに電力を安定的に供給します。変電所の受電は二重系であり停電が起きにくいようになっています。万が一変電所が停電になった場合でも隣の変電所から電力を供給できます。

2) トンネル湧水等の水質・水温の管理

- ・前述のとおり、トンネル湧水は導水路トンネルとポンプアップにより、河川へ流すこととしております。
- ・これに対し、大井川流域の方々からは、トンネル湧水（清水）やトンネル排水（濁水）（以下、合わせて「トンネル湧水等」という。）を河川へ流すことにより、河川の水質や水温が変化し、水資源利用に影響が及ぶのではないかとのご懸念の声を頂いております。
- ・トンネル湧水等の水質や水温については、発生源側で対策を実施し、トンネル湧水等を河川へ放流する前に管理していく計画としております。以降に、トンネル湧水等の水質や水温の管理方法等についてお示しします。

ア. 水質管理

① 工事中の対応

- ・トンネル掘削工事に伴い発生するトンネル排水（濁水）は、pH、SS、自然由来の重金属等の処理設備を設置し、適切に処理したうえで、河川へ放流します。処理設備の点検・整備を確実に実施するとともに、処理後の水質を継続的に計測することで、河川放流前の水質管理を徹底していきます。
- ・トンネル湧水等の処理の流れを図 4.41 に、処理設備における処理のフローを図 4.42 にお示しします。
- ・自然由来の重金属等の処理については、排水処理剤による処理、膜ろ過式や砂ろ過式などいくつかの方法がありますが、今回は、過去のトンネル工事の実績のある排水処理剤により排水基準以下に処理する方法を採用することを考えております。
- ・自然由来の重金属等は、排水処理剤により不溶化処理（重金属等が水に溶け出すことのないような物質に変えること）等を行い、沈殿、脱水のうえ建設汚泥として、適切に処理を行います。設備については処理を行う水量に合わせて必要な追加等を行います。計測は月 1 回の実施を基本としますが、1 回／日を基本に実施する掘削土の重金属等の確認の結果、基準値の超過が確認された場合等には、1 回／日に頻度を増やして実施いたします。
- ・トンネル工事の中で、吹付けコンクリート施工後の区間の湧水は濁りがなくなってくることから、図 4.43 のとおり、トンネル掘削工事においては、トンネル切羽付近から離れた箇所において区分を行い、切羽からの濁水区間とそれ

より後方の清水区間に分離し、濁水量の低減を図っていきます。トンネル湧水（清水）は濁水と混合しないように送水し、河川に放流する計画ですが、アルカリ排水等が含まれる可能性があるため原水槽で水質調査を実施し、基準値を超過していた場合には、処理設備にて処理して河川へ放流することとします。掘削が進捗して湧水が清水となり、取扱いを濁水から切り替える際には自然由来の重金属等について確認を行い、基準値を超過する場合には他の清水とは別系統で送水し、処理することも検討してまいります。

- ・なおトンネル掘削に際し薬液注入工法を施工する際は、「薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定施工指針」（昭和49年7月、建設省）に基づき実施していきます。使用する材料は、水ガラス系を基本に計画しておりますが、地質や湧水の状況に合わせた適切な材料を選定してまいります。

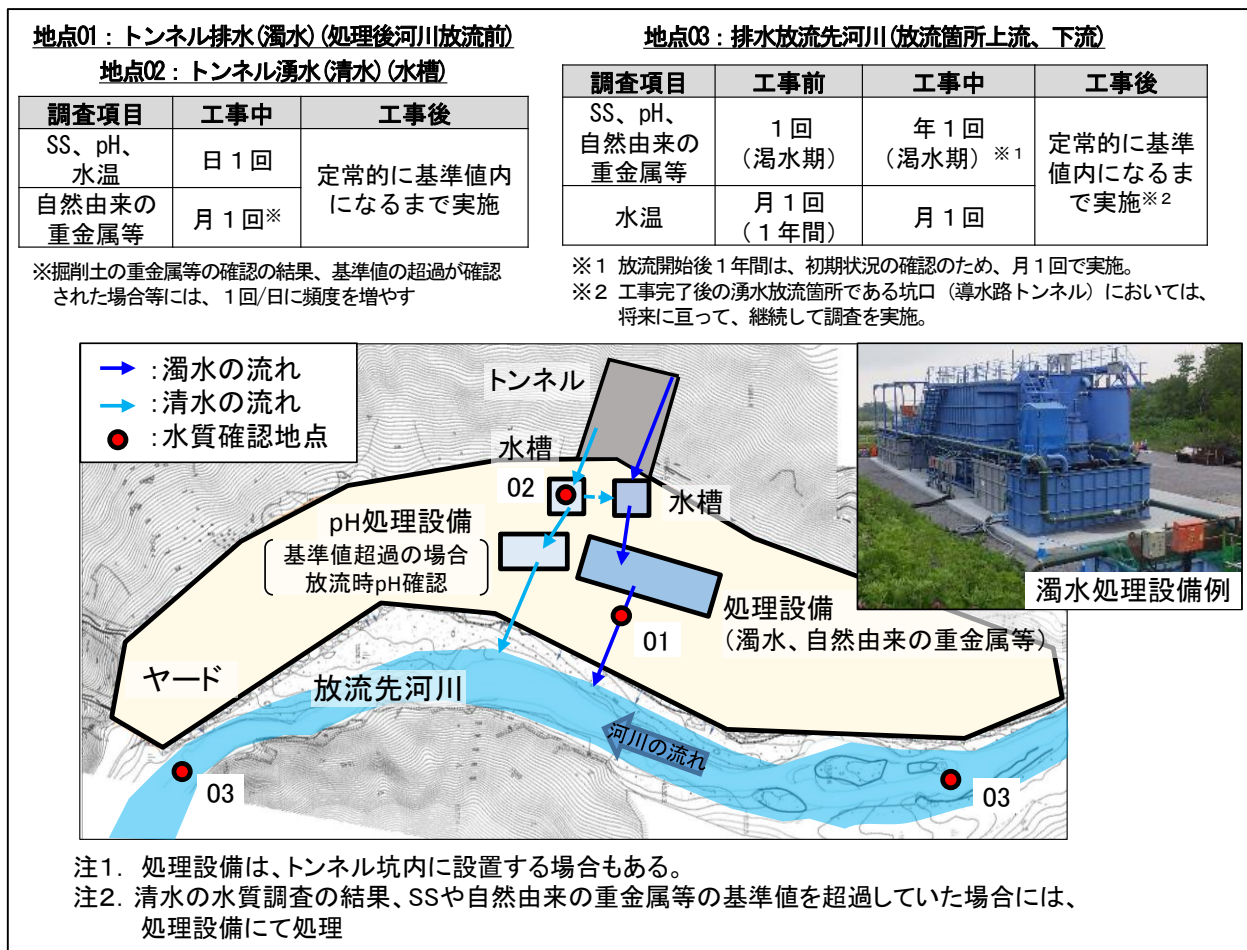


図 4.41 施工ヤードにおけるトンネル湧水等の処理の流れ（イメージ）

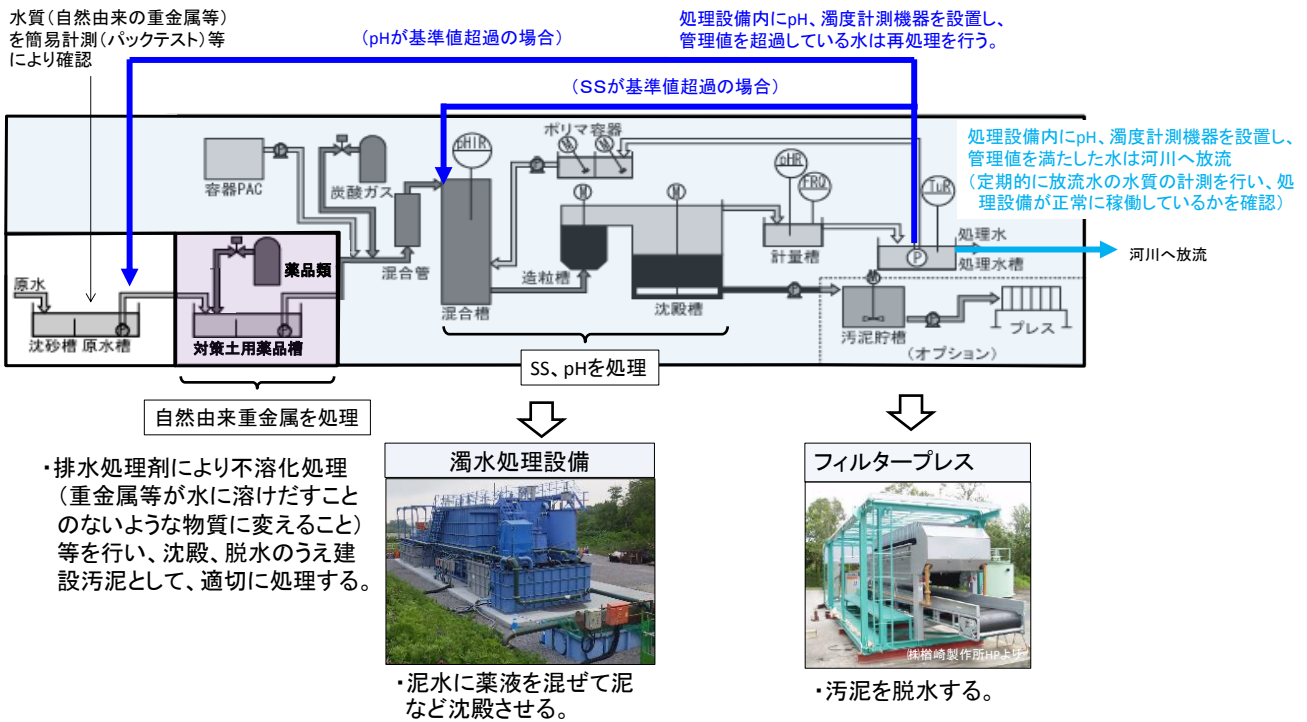


図 4.42 処理設備における処理のフロー (イメージ)

※「(前略) 引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2)より一部加筆

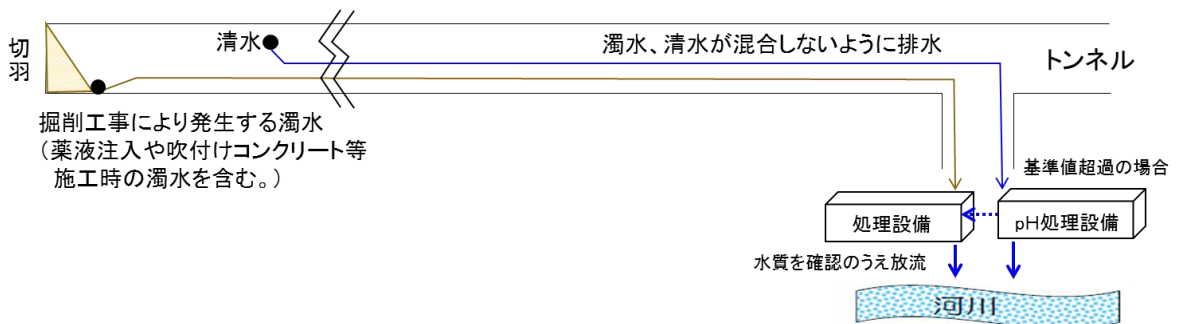


図 4.43 トンネル湧水の清濁分離 (イメージ)

※「(前略) 引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2)より抜粋

- ・放流時における各水質項目(水素イオン濃度(pH)、浮遊物質質量(SS)、自然由来の重金属等)の管理基準は表4.5のとおり計画しています。最終的には、生態系の観点も考慮のうえで決定してまいります。

表 4.5 (1) 水質管理基準 (pH、SS)

項目	管理基準
pH	6.5以上8.5以下
SS	25mg/L以下

水質汚濁防止法等に基づく排水基準として、現在大井川水域ではpHは5.8以上8.6位下、SSは最大40mg/L以下、日間平均30mg/L以下が定められていますが、今回管理基準値を環境基準の水域類型のなかで最も厳しいAA型の値と同等になるよう設定しました。

表 4.5 (2) 水質管理基準 (自然由来の重金属等)

項目	管理基準
カドミウム	0.03mg/L以下
六価クロム	0.5mg/L以下
水銀	0.005mg/L以下
セレン	0.1mg/L以下
鉛	0.1mg/L以下
ひ素	0.1mg/L以下
ふっ素	8mg/L以下
ほう素	10mg/L以下

水質 (自然由来の重金属等) について、水質汚濁防止法等に基づく排水基準を水質管理基準として設定しています。

- ・水質汚濁防止法は、公共用水域及び地下水の水質汚濁の防止を図り、国民の健康を保護するとともに生活環境を保全すること等を目的としており、工場及び事業場から公共用水域に排出される水について、同法に定める一律排水基準以下の濃度で排水することを義務づけています。さらに、大井川水域では、自然的、社会的条件から判断して、一律排水基準だけでは水質汚濁の防止が不十分な地域において、都道府県が条例によって定めるより厳しい基準 (上乘せ排水基準) が定められています。
- ・排水基準の主旨を踏まえて、トンネル湧水等を一律排水基準及び大井川水域の上

乗せ排水基準より厳しい値で設定した管理基準で管理し、河川へ放流することで、大井川流域の方々の水資源利用に影響を与えないよう適切に管理していきます。

- ・一方で、静岡県等からは、トンネル湧水全量を処理して河川へ放流できる計画になっているのかどうかについては、ご懸念を頂いておりますので、次頁以降に処理設備の配置計画をお示しします。

② 工事完了後の対応

- ・トンネル工事完了後も当面の間は、濁水やコンクリート構造物からのアルカリ排水が湧出することが考えられるため、トンネル湧水等の水質が定常的に基準値内の状態になるまでの間は、必要な処理設備を設置し、処理をして河川へ放流します。
- ・排出する湧水において定常的に排水基準を超過する重金属等が検出される場合は、工事中の対応と同様に排水処理剤により排水基準以下に処理して河川へ放流します。重金属等の濃度が高い区間の湧水は、別系統で集水し、処理することも方法として検討していきます。

③ 処理設備の配置計画

- ・トンネル湧水が $3 \text{ m}^3/\text{秒}$ 発生し、湧水の全てが濁水とした条件では、濁水処理設備 ($300 \text{ m}^3/\text{時}$) は36基必要となります。処理設備は、工事施工ヤードに設置するほか、トンネル坑内を利用して分散して配置することにより、必要な設備を設置することが可能です。
- ・図 4.44 は全ての水を導水路トンネル経由で流すようになった時の例であり、全ての設備をトンネル坑内に配置しています。
- ・トンネル掘削時においては、前述のとおり、湧水量低減対策を実施するとともに、トンネル湧水の清濁分離を行うことで、濁水処理の量を低減させながら工事を進めていきます。

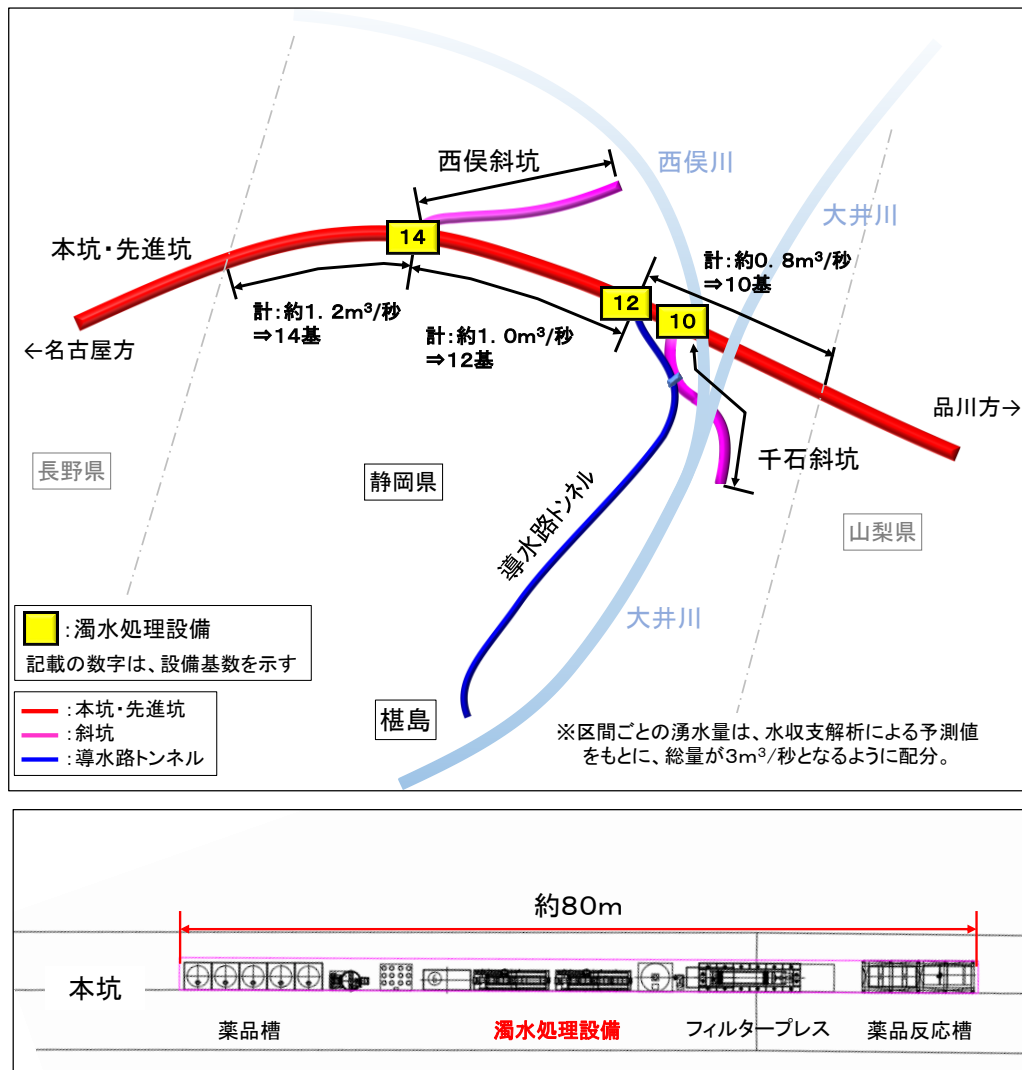


図 4.4.4 濁水処理設備の配置計画 (仮に3m³/秒の濁水が発生した場合)

- ・上記で述べた濁水処理設備は、先進ボーリングで前方の湧水の状況を把握しながら事前に設備配置を行ってまいります。

イ. 水温管理

- ・一般的に、地下水は地熱によって深度が深いところほど、水温が高いとされていることから、冬季などにおいてトンネル湧水を河川へ放流することによって、放流箇所近傍の河川水温が上昇する可能性が考えられます。
- ・一方、トンネル湧水の放流箇所と大井川中下流域の間には、大井川本流には複数のダムや取水堰が設置されており一定期間貯留される他、降水や支流等からの水が混入しています。
- ・以上のことから、大井川の上流域で放流したトンネル湧水は、中下流域に到達するまでの間に外気に曝されることや支流等から水が混入される等により、自然状態の水温に馴らされると考えられることから、中下流域の水資源利用に及ぼす影響は小さいと考えられます。
- ・なお、河川の水温管理については上流域の生態系に対する観点でご意見をいただいております。現在、トンネル湧水をできる限り外気に曝したうえで河川に放流することや、放流箇所を分散させるなどの対策について検討を進めています。

ウ. 水質・水温のモニタリング

- ・以上のことから、水資源利用への影響という観点で考えると、トンネル湧水の放流による河川の水質、水温への影響は小さいと考えられますが、大井川流域の方々によりご安心頂けるように、トンネル湧水の水質、水温の状況や、大井川上流域から中下流域にかけての河川の水質、水温の状況について、工事中及び工事完了後の将来に亘り、責任を持って確認してまいります。(モニタリング計画は、「8. モニタリングの計画と管理体制 (2) モニタリングの計画」に記載。)
- ・これらの計測結果については、静岡県等へ報告するとともに、公表してまいります。

3) 発生土置き場の水質管理

ア. 全体計画

- ・発生土置き場の候補地を図 4.45 にお示しします。
- ・発生土置き場として2種類のケースを考えており、トンネル掘削土について1回／日を基本に自然由来の重金属等の試験を行い、基準値を満たした土は発生土置き場（通常土）、基準値を超過した土（以下、「対策土」という。）は発生土置き場（遮水型）に運搬し、造成を行います。
- ・発生土置き場（通常土）は、候補地のうち ^{つばくろ} 燕沢付近、^{すりいし} 荊石付近を中心に検討を進めています。また、発生土置き場（遮水型）は、^{ふじしま} 藤島沢付近の候補地に設置することを計画しています。（燕沢付近、藤島沢付近の発生土置き場の詳細な計画は別冊「6、発生土置き場の計画」に記載。）
- ・それぞれの発生土置き場における水質管理の計画を以降にお示しします。
- ・なお、それぞれの発生土置き場の維持管理は、工事完了後も将来に亘って J R 東海が責任を持って行っていきます。

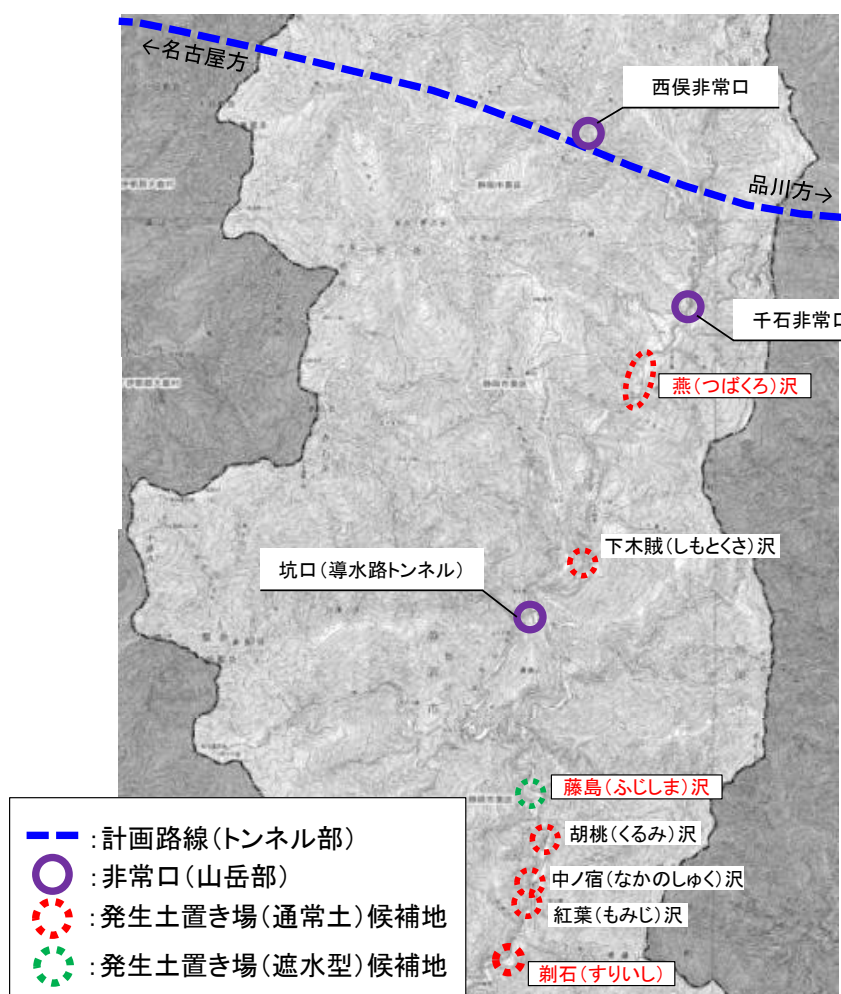


図 4.45 発生土置き場計画位置図

イ. 発生土置き場（通常土）における管理

- ・降雨時等において発生土置き場から発生する雨水等の排水は、沈砂池等により適切に処理したうえで、河川へ放流します。
- ・発生土置き場（通常土）については、盛土を行う際、一定の高さごとに小段を設けて盛土していきませんが、小段毎に排水溝や集水枡を設置するほか、縦排水により雨水等が発生土に浸透する前に沈砂池に集め、降雨時等における濁水の発生自体を抑制してきます。また、盛土内の排水計画について、現地盤に地下排水工を設置するとともに、降雨等が盛土内に湛水して盛土が崩れないよう、小段部分に水平方向へ水を排水できるような設備を設置するなど、設計を進めていきます。
- ・なお、沈砂池や排水設備については、「静岡県林地開発許可審査基準及び一般的事項」では、10年確率における降雨強度（100mm/時程度）で設計することが定められていますが、南アルプスの地域特性を考慮し、さらに安全側な100年確率における降雨強度（180mm/時程度）により、設計を進めています。
- ・発生土置き場の造成完了後は、土砂流出防止に有効な面緑化を早期に実施します。緑化されるまでの期間においても沈砂池を設置すること等により、濁水等の流出防止を図っていきます。
- ・以上のとおり、河川放流前に発生源側で対策を進めることを前提としていますが、工事中から工事完了後の将来に亘って、大規模な降雨があった場合などに現地を確認するとともに、放流先河川において、水質のモニタリングを実施します。（モニタリング計画は、「8. モニタリングの計画と管理体制 （2）モニタリングの計画」に記載。）

ウ. 発生土置き場（遮水型）における管理

- ・発生土置き場（遮水型）については、「建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック」（平成27年3月 独立行政法人土木研究所）（以下、「ハンドブック」という。）の内容を踏まえ、他事業（一例を図4.46に示す）でも実績のある確立された方法で、専門家の意見も踏まえて遮水型の置き場として計画します。
- ・「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第3版）」（環境省 水・大気環境局 土壌環境課、平成31年3月）では、対策土に対する対策の一つとして、遮水工封じ込めが挙げられており、遮水構造として二重遮水シート工法を基本としています。^{ふじしま}藤島沢付近の発生土置き場（遮水型）は、対策土の周囲に二重遮水シートを敷設し、外部からの流水を遮断する構造とし、発生土からの重金属等の溶出を防止する計画としています。また、搬入中は、日々の施工終了時に対策土上部を遮水シート等で覆うことで雨水等による対策土及び対策土からの排水の流出を防止します。今後、専門家のご意見を伺いながら、詳細な設計を進めてまいります。

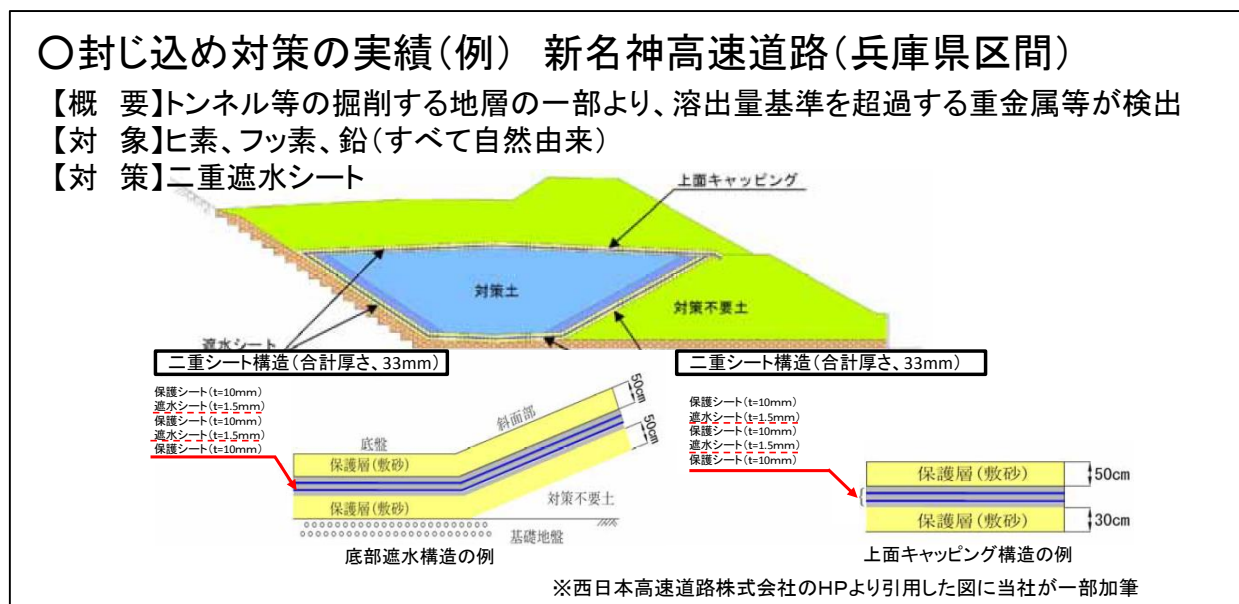


図 4.46 封じ込め対策の実績例

- ・対策土の浸潤水の処理については、図4.47のとおり、排水路を敷設し、盛土下流側へ設置する集水設備へ集水する計画です。集水設備で集水した水は水質を調査し、必要な場合は処理を行い、水質汚濁防止法等に基づく排水基準を満たし

ていることを確認したうえで、河川へ放流する計画です。また、遮水シートの上
部を流れる水などについては沈砂池等で適切に処理したうえで河川へ放流する
計画です。

- また、工事中から工事完了後の将来に亘って、放流先河川や観測井（発生土置き
場を挟み込むように設置）においても調査を行い、封じ込め対策が確実に実施さ
れているか確認をします。

地点01：対策土の浸潤水（集水設備等）

調査項目	調査頻度
SS、pH、電気伝導率、 自然由来の重金属等、 水温、水量	搬入中：排水前にその都度

地点02：その他排水（沈砂池等）

調査項目	調査頻度
SS	搬入中：年1回（降雨時等の排水時）
pH、電気伝導率、 自然由来の重金属等、 水温、流量	搬入中：年1回（降雨時等の排水時） 搬入完了後：1回（降雨時等の排水時）

地点03：放流先河川（放流箇所下流地点）

調査項目	調査頻度
SS	搬入前：1回 搬入中：年1回（濁水期）
pH、電気伝導率、 自然由来の重金属等、 水温、流量	搬入前：四半期に1回を基本 搬入中：月1回 搬入完了後：月1回 （水質が定常するまで）※

地点04：地下水（観測井）

調査項目	調査頻度
pH、電気伝導率、 自然由来の重金属等、 水温、水位	搬入前：四半期に1回を基本 搬入中：月1回 搬入完了後：月1回 （水質が定常するまで）※

※水質定常後も、将来に亘って継続的に調査を実施。（頻度は状況を踏まえて検討）

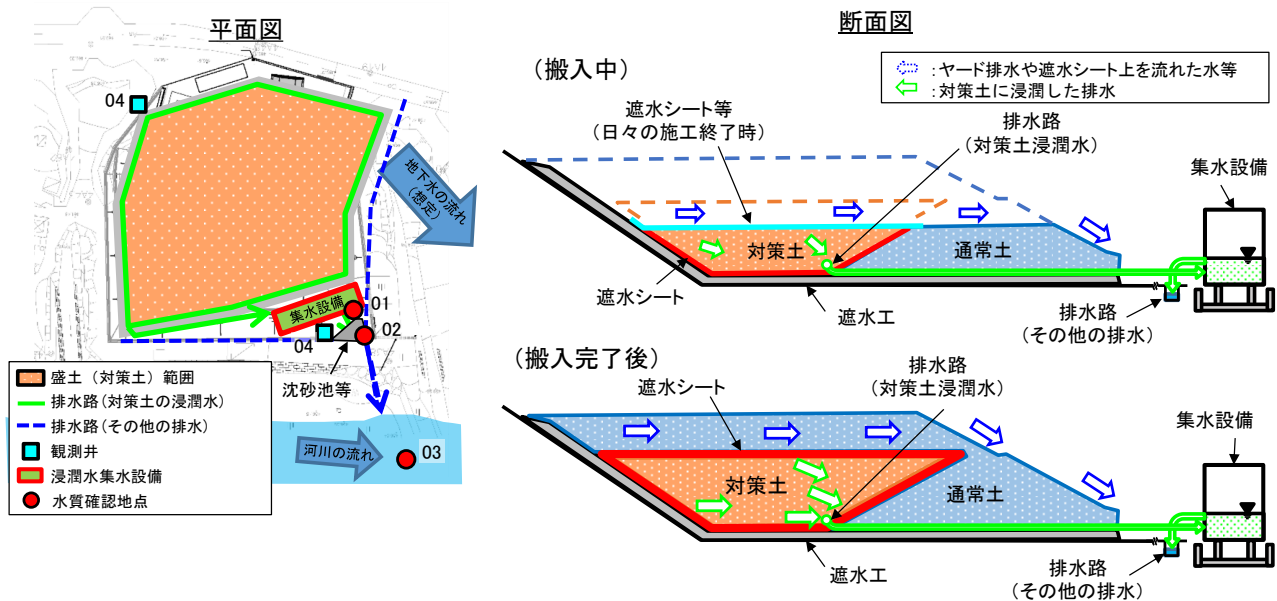


図 4.47 排水処理計画及び水質観測（イメージ）

(6) 山梨県境付近の断層帯におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応

1) 山梨県境付近の断層帯におけるトンネル掘削方法の検討

- ・山岳トンネルの掘削において、トンネル湧水は自然流下により処理することが基本です。
- ・行政界をまたぎ山岳トンネルを計画する場合は、可能な限り行政界を頂点とする山形（凸型）に設定し、掘削においては、トンネル中間部の頂点に向かって上向きにNATM¹で掘ることが一般的です。
- ・南アルプストンネルは前述のとおり、3県にまたがる長大トンネルで、静岡県と長野県の県境付近にトンネルの頂点があります。
- ・よって、山岳トンネルの掘削における一般的な考え方に基つくと、山梨県境付近の断層帯は、山梨県側から静岡県側に向かって上向きに掘削することが一般的です。
- ・しかしながら、山梨県側から上向きに掘削する場合、トンネル湧水が工事の一定期間、山梨県側へ流出することになります。
- ・静岡県と山梨県境付近に中央新幹線と交差する南北方向に伸長する断層があります。この断層は、産業技術総合研究所のシームレス地質図（図 4.48）では、井川－大唐松山断層として明記されています。
- ・一方、当社は、これまで文献調査、地表踏査による現地確認や航空写真による地形判読、「新編 日本の活断層」（図 4.49）による文献調査、及び弾性波探査や大井川（東俣）からのボーリング調査を行い、約 800m の範囲において、破碎質な地質が繰り返し出現していることを確認しています。
- ・いずれにしても、山梨県境付近には大きな幅をもった断層帯の存在が考えられます。
- ・なお、お示した地質平面図及び地質縦断図の破碎質な地質の東端ですが、当社が実施した地質調査の調査限界に達したため、これ以上東側の地質の状態について、確認できておりません。よって、図示した位置より更に東側へ破碎質な区間が延長されている可能性はあります。（図 4.50、図 4.51）
- ・山梨県境付近の断層帯におけるトンネル土被りは約 800m と大きいため、断層や

¹ NATM：トンネル周囲の地盤がトンネルを支えようとする保持力を利用し、吹付けコンクリートやロックボルト打設等により、地盤の安定を確保しながらトンネルを掘進する工法

破砕帯に遭遇した際には、高圧突発湧水や大きな土圧の作用がトンネル掘削に大きな影響を与える可能性があります。

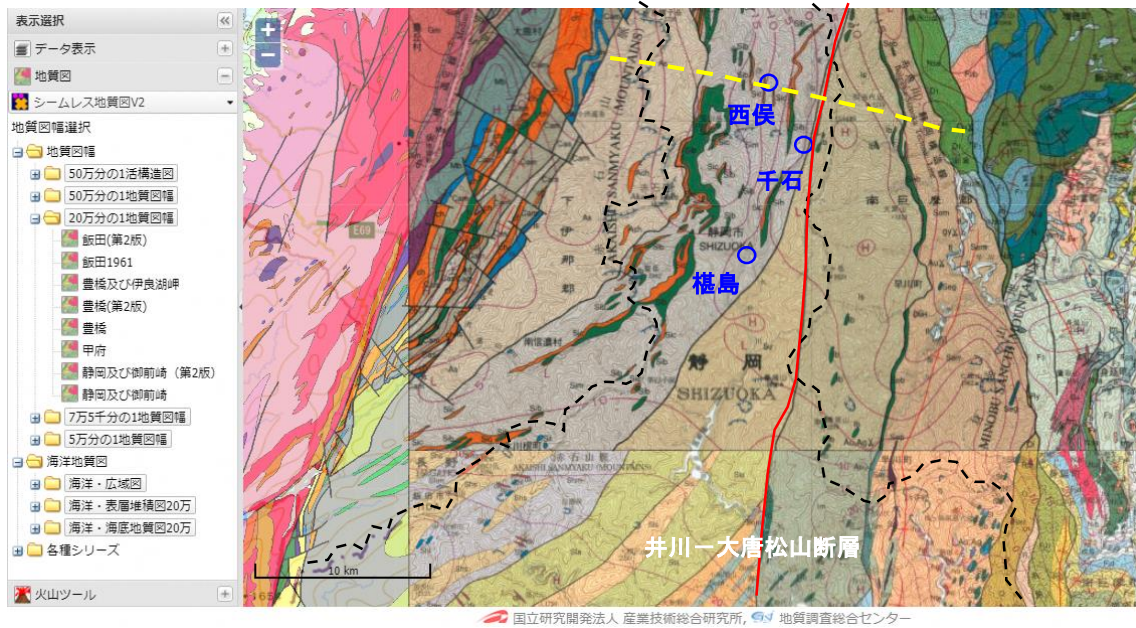


図 4.48 シームレス地質図（20万分の1）

※産業技術総合研究所 地質調査総合センター地質図NAVIより抜粋、一部加筆

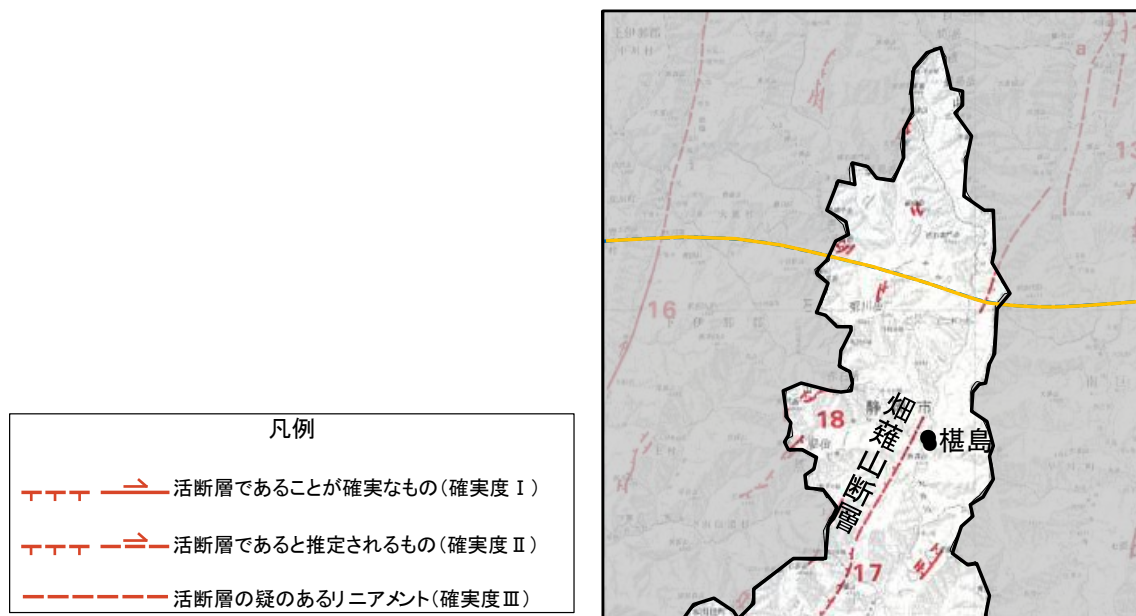


図 4.49 「新編 日本の活断層」(活断層研究会、1991) ※一部加筆

※「(前略) 引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2) P46より抜粋

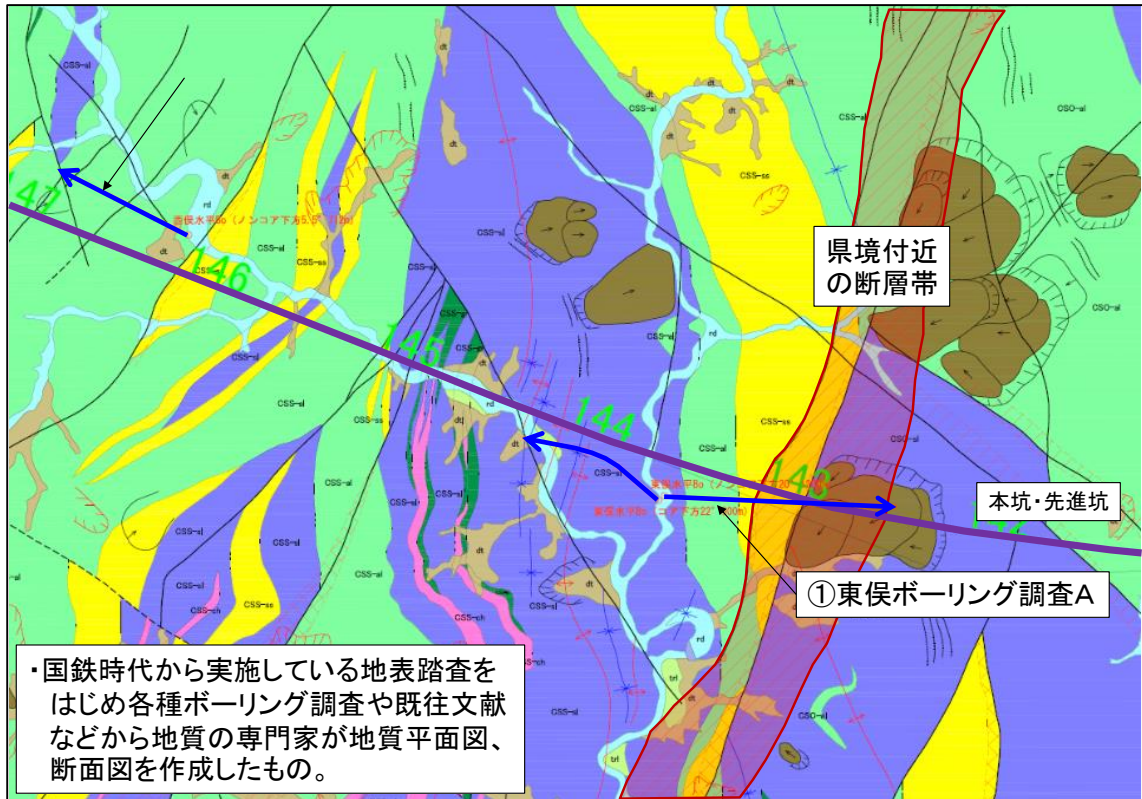


図 4.50 山梨県境付近の断層帯付近の地質平面図

※「(前略)引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2)P47より抜粋、一部修正

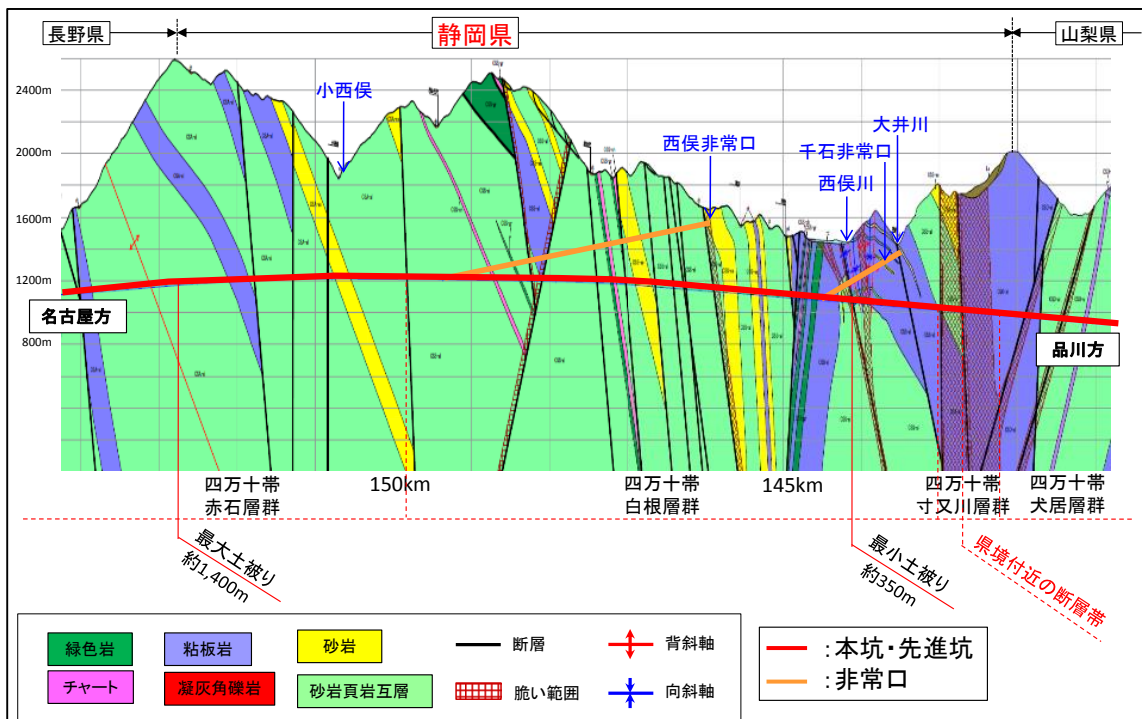


図 4.51 山梨県境付近の断層帯付近の地質縦断図

※「(前略)引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2)P48より抜粋、一部修正

・「ゼロリスクは達成できないことを認識しつつ、「トンネル湧水の全量を戻す」ことを前提に、設計する」という静岡県のご提案を踏まえ、まずは、山梨県境付近の断層帯を掘削する工事期間中において、トンネル湧水を山梨県側に流出させない工法として、

①静岡県側から標準工法であるNATMで下向きに掘削する工法(図 4.5 2)

②静岡県側からTBM工法²、シールド工法³による機械掘削を用いて下向きに掘削する工法(図 4.5 3、図 4.5 4)

を検討しました。また、検討した工法について、安全性や自然環境への影響等の課題や問題点を抽出し、評価しました(詳細は、別冊「7、工事期間中のトンネル湧水の山梨県側への流出を抑えたトンネル掘削方法」参照)。

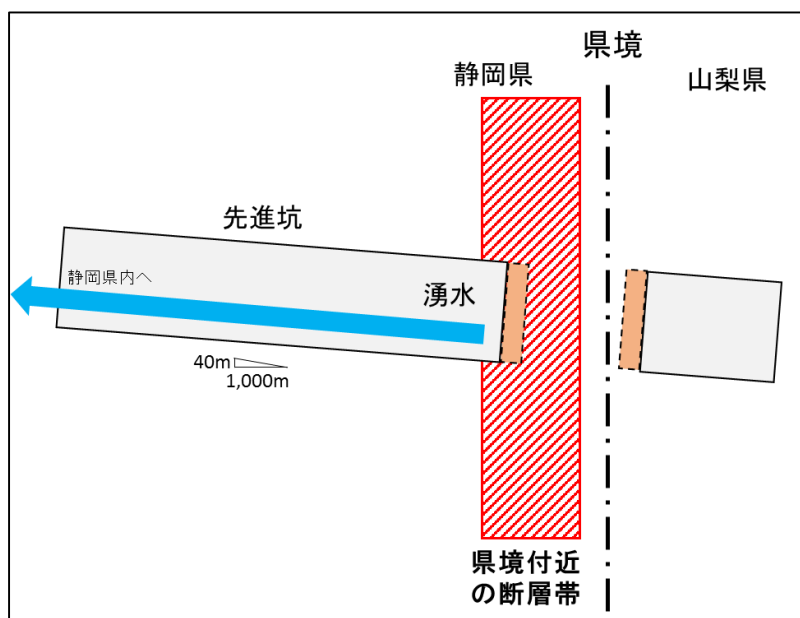


図 4.5 2 静岡県側からNATMで下向きに掘削する工法

² TBM工法：TBM（トンネルボーリングマシン）と呼ばれる機械を使用し、岩盤など堅い地盤にトンネルを造る工法

³ シールド工法：都市部での施工に活用されている工法であり。シールドマシン前面で地山からの土圧や水圧を受け止めながら掘削を行い、掘削した後に、大きな圧力（土圧や水圧）に耐えられるトンネル構造物としてのコンクリートセグメントを構築して掘削を進めていく工法

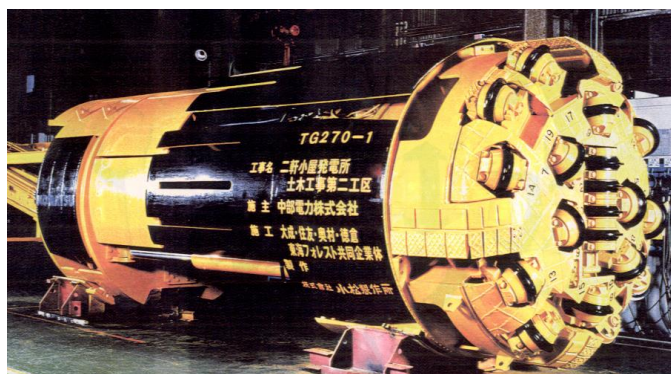


図 4.53 二軒小屋発電所のTBM (φ2.6m)



図 4.54 コンクリートセグメント

※日本シールドセグメント技術協会公式HPより引用

・検討の結果をまとめると表 4.6 の通りです。

表 4.6 各案の評価のまとめ*

工法	安全性	経済性	環境負荷
①静岡県側から標準工法であるNATMで下向きに掘削する工法	×	△	○
②静岡県側からTBM工法、シールド工法による機械掘削を用いて下向きに掘削する工法	技術的な実現可能性に大きな課題あり		

※評価は、山梨県側から上向きで掘削する場合と比較し行っています。経済性の評価については、費用と工期の評価を勘案しています。

費用については、数十億円規模の増額を△、数百億円規模の増額を×としています。工期の評価については、1年未満の延伸を△、複数年に及ぶ延伸を×としています。

①の検討案は、費用が△、工期が△であることから、経済性の評価を△としています。

・①については、図 4.55 のように、突発湧水により切羽周辺が水没することになり、工事の安全を確保するという観点で課題があります。(検討の条件について

は別冊「7、工事期間中のトンネル湧水の山梨県側への流出を抑えたトンネル掘削方法」に記載)

- ・繰り返すとなりますが、本坑・先進坑・斜坑を合わせたトンネル湧水量の上限値を $3 \text{ m}^3/\text{秒}$ と想定しています。この湧水量の上限値は、JR東海モデルの水収支解析上、本坑・先進坑・斜坑のトンネル湧水量の合計値が最大となるトンネル掘削工事完了時の解析値 $2.67 \text{ m}^3/\text{秒}$ と過去最大級のトンネル湧水量の実績などから設定しています。
- ・トンネル湧水量は、斜坑、先進坑、本坑と掘削が進むにつれ、全体の湧水量は増加していくものと考えられ、増加する湧水量に応じて適切に処理してまいります。
- ・一方、山梨県境付近の断層帯におけるトンネルの掘り方の安全性を検討するうえで想定した突発湧水量は、1つの切羽において瞬間的に発生する湧水量であり、この瞬間的に発生する湧水量を管理することは困難であると考えています。

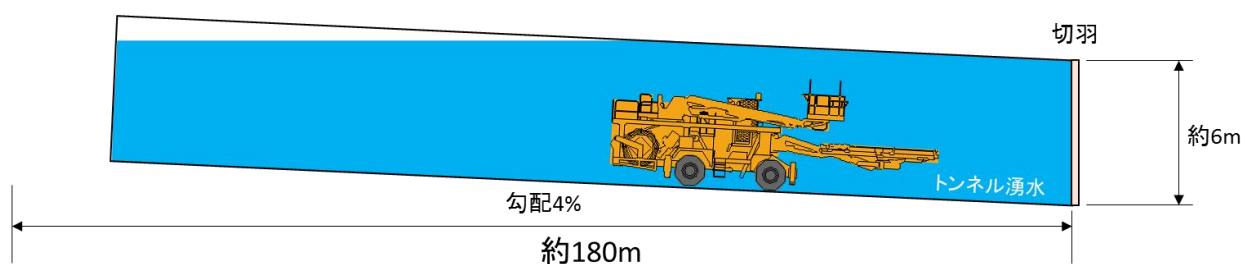


図 4.55 突発湧水発生1時間後のトンネル坑内の状況

- ・また、突発湧水に備えて、短い間隔で順次、横坑の中に釜場を設置しながら掘り進めるという方法についても検討しましたが、湧水が発生している破碎帯において大きな排水横坑を掘削することは難しいこと、地質の不良な箇所での先進坑から直交する位置に多数の横坑を掘削することは、先進坑の構造安定上、問題が多いこと、さらに排水横坑から離れた切羽で突発湧水が発生すれば、切羽周辺は水没するリスクがあることから、安全性の確保に課題があります。(検討の詳細は、別冊「7、工事期間中のトンネル湧水の山梨県側への流出を抑えたトンネル掘削方法」に記載)
- ・②について、TBMを活用した事例を調査しましたが、高圧突発湧水が発生した場合にTBMは水没してしまい、安全上の問題が生じるだけでなく、機器類が故障し、掘進不能に陥る可能性が高くなると考えられます。またシールド工法では私用するセグメントに防水構造として水圧に耐えられる強度が求められますが、

最大でも 1 MP a 程度が限界であり、山梨県境付近の断層帯では、土被りが約 800 m あり、想定される最大水圧は単純計算で 8 MP a（水深 800 m 相当）となります。そのため、それぞれ技術的な実現可能性に大きな課題があります。

- ・以上のことから、山梨県境付近の断層帯については、突発湧水が発生した場合であっても湧水が切羽周辺に溜まることなく（自然流下させ）、工事の安全をより確実に確保することのできる山梨県側からの上向き掘削とすることが、最善の工法であると考えます。

2) 安全を確保しつつ工事期間中のトンネル湧水量の山梨県側への流出を抑えた トンネル掘削方法

- ・山梨県境付近の断層帯の掘削方法について、工事期間中もトンネル湧水を山梨県側に流出させない工法を検討しましたが、安全性、経済性、技術的な実現可能性の観点から課題があります。
- ・特に安全性の観点では、最善の案であるとは言い難いと考えられます。
- ・よって、山梨県境付近の断層帯については、突発湧水が発生した場合であっても湧水が切羽周辺に溜まることなく（自然流下させ）、工事の安全をより確実に確保することのできる山梨県側からの上向き掘削とすることが、最善の工法であると考えます。
- ・しかし、本工法では、先進坑が貫通するまでの間、トンネル湧水が山梨県側に流出することになるため、先進坑を掘削する際、以下の対策をとることで、作業員の安全を確保しつつ、出来る限り山梨県側へ流出する湧水の総量を低減します。

ア. トンネル内における安全対策

- ・立入禁止範囲を設定し、切羽付近で作業に従事する作業員を明確にします。
- ・突発湧水により、トンネル坑内に置いている資材が後方へ流下することで、他の機器類や、近辺で作業している作業員と衝突するなど、安全性が低下する可能性があるため、架台等で地盤面と切り離し流出防止対策を行います。
- ・トンネル坑内の電気設備は湧水により電気ショートすると、大規模な停電が生じ、作業員の避難に支障をきたす恐れがあるため、同様に架台等で地盤面と切り離して対策を行います。

イ. 前方調査による薬液注入

- ・切羽周辺からボーリングによる前方探査を実施したのち、破碎帯等に向けて薬液注入を行いトンネル湧水の低減を図ります（図 4.56）。

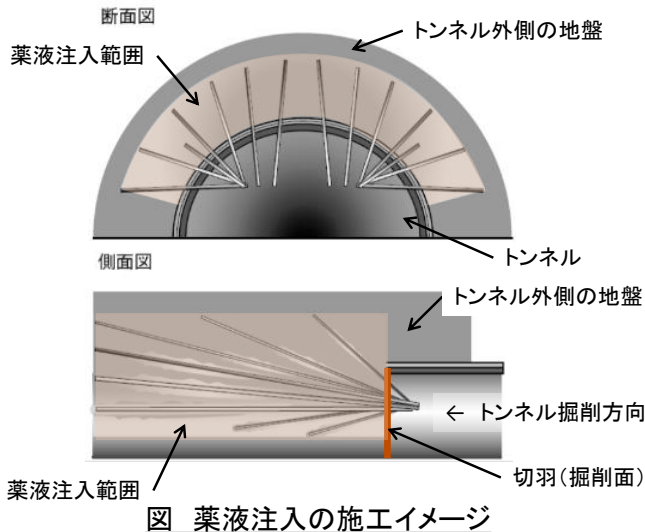


図 薬液注入の施工イメージ

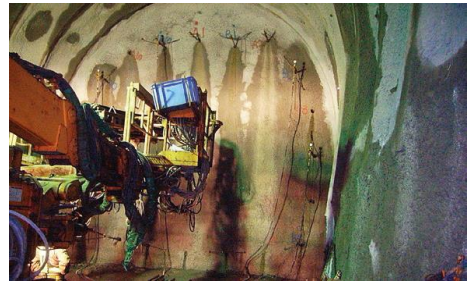


写真 薬液注入工の施工例

※ライト工業㈱、「トンネル工事の補助工法」
(平成25年4月)より抜粋

図 4.56 トンネル切羽からの薬液注入イメージ

※「(前略) 引き続き対話を要する事項」に対する再見解 (その1、その2) P68 より抜粋

ウ. 静岡県側先進坑からのボーリングで湧出する地下水の大井川への揚水

- ・静岡県側から掘削を進める先進坑では、県境付近の断層帯に向けて先進ボーリングを行い、ボーリングの口元から湧出する県境付近の断層帯の地下水をポンプアップして大井川に流すことを計画します (図 4.57)。
- ・先進坑から実施するボーリングは、先進坑の断面よりもはるかに小さい (外径約 120 mm 程度) ため、トンネルのごく周辺の地下水頭を下げることはできませんが、県境付近の断層帯を山梨県側から掘削する際のトンネル湧水全量の全てを集めることはできません。
- ・しかし、ボーリングにより得られた県境付近の断層帯の地下水を大井川に流すことで、山梨県側から県外に流出するトンネル湧水量を低減することができます。
- ・その低減量を予測することは難しいですが、過去に大井川 (東俣) から実施した斜めボーリングで県境付近の断層帯を確認した時のボーリング終了時の口元湧水量として約 $0.02 \text{ m}^3/\text{秒}$ という実績があります (「別冊「10、山梨県境付近並びに長野県境付近等の地形及び地質等調査結果に係る資料」の図 10-11 参照)。

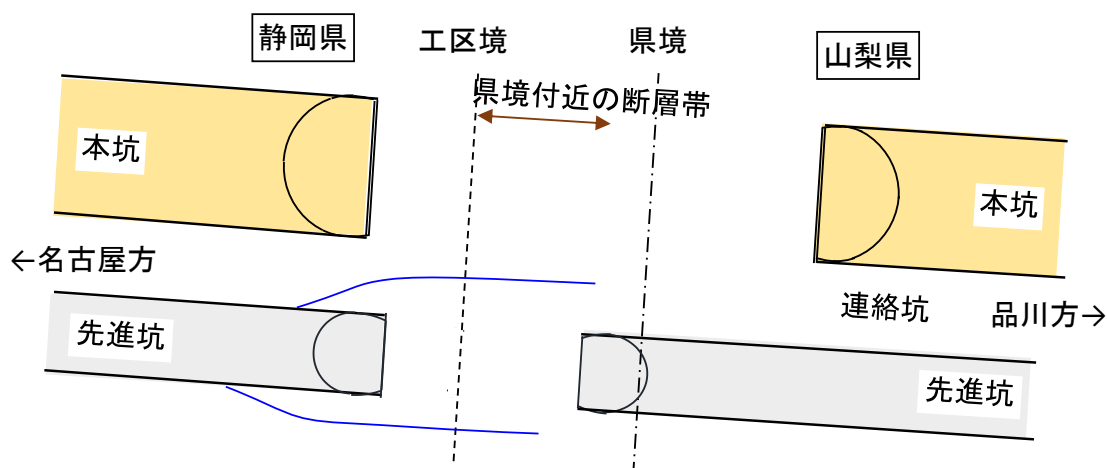


図 4.57 静岡県側先進坑からのポンプアップ

エ. 高圧突発湧水発生時

- ・高圧突発湧水発生時には、先進坑内の複数箇所にバルクヘッドという防御壁を構築し、作業員の安全性を確保しながら高圧突発湧水の早期収束を図ります。（写真 4-1）

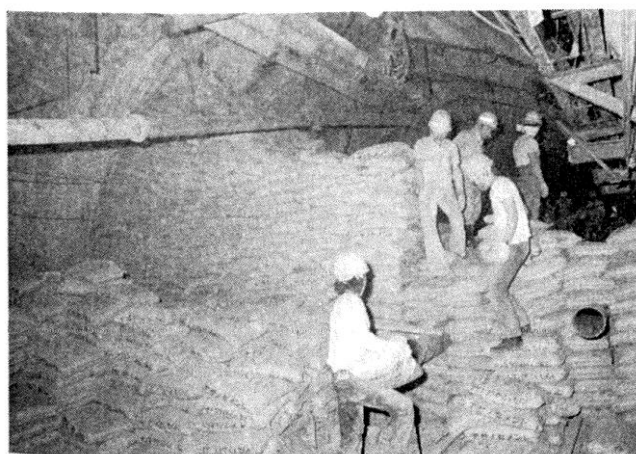


写真 4-1 青函トンネル作業坑におけるバルクヘッド構築状況

※「(前略) 引き続き対話を要する事項」に対する再見解 (その1、その2) P5

- ・高圧突発湧水が落ち着いたところで、トンネル湧水をポンプで排水を行いつつ、先進坑から別の迂回坑を掘削して周辺の水圧を下げ、また、先進坑や迂回坑の切羽周辺から追加のボーリングを行うほか、薬液注入等を行い、トンネル湧水を低減することで先進坑の早期貫通を目指します。

オ. 先進坑貫通後のポンプアップ

- 山梨県側から先進坑が貫通した後は、県境付近の断層帯を避ける位置に設置する横坑の貯水プール（釜場）を活用して、トンネル湧水を静岡県側にポンプアップいたします。これにより、県境付近の断層帯の本坑のトンネル湧水は、先進坑を通じて全て静岡県側にポンプアップすることができます（図 4.58）。

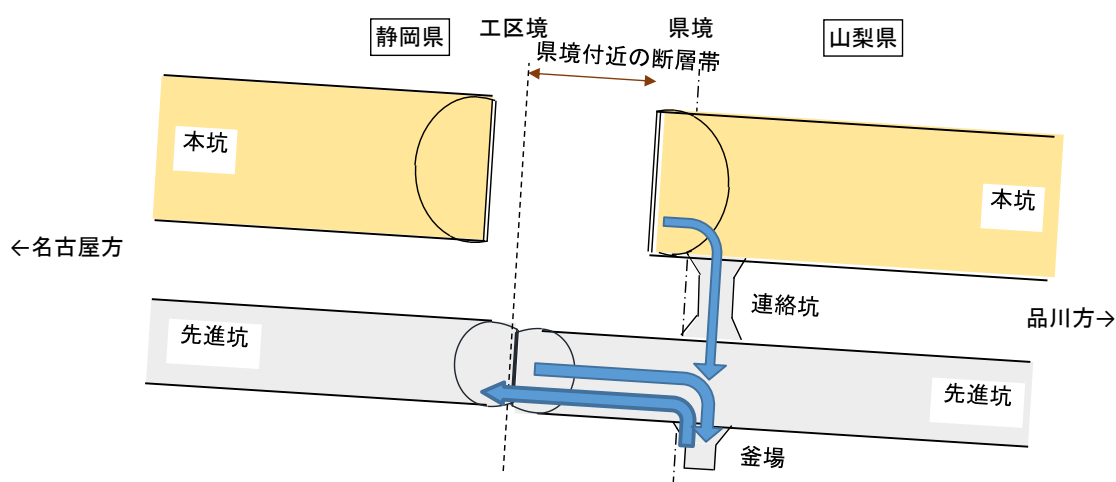


図 4.58 先進坑貫通後のトンネル湧水ポンプアップ

※「(前略)引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2) P67より抜粋、一部修正

【参考】高速長尺先進ボーリングの詳細（一部再掲）

- 高速長尺先進ボーリングは、南アルプストンネルの掘削のために、トンネル施工や地質に関する専門家のご意見を伺いながら、長い年月をかけ、JR東海とメーカーで共同開発した最新の工法です。
- ボーリングマシンは、大型化することで大きな力を生み出すことはできますが、トンネルという狭く限られた空間では大型マシンは重量も重くなり、取扱うことができず制約となります。長距離のボーリングを行うために必要なパフォーマンスを落とさず、かつマシンの小型化に取り組み、本マシン（FSC-100）が完成しました。

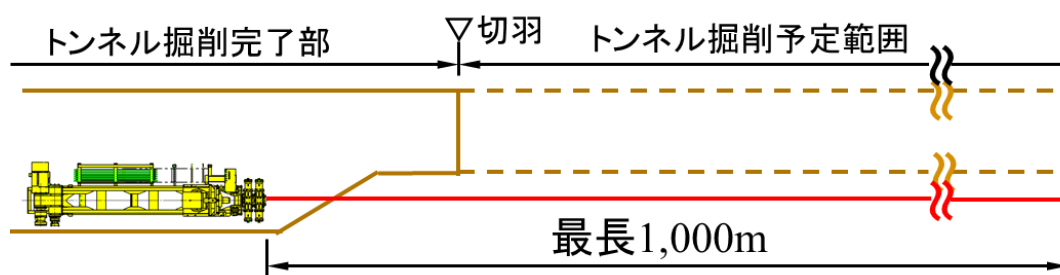


図 4.59 高速長尺先進ボーリング平面イメージ図

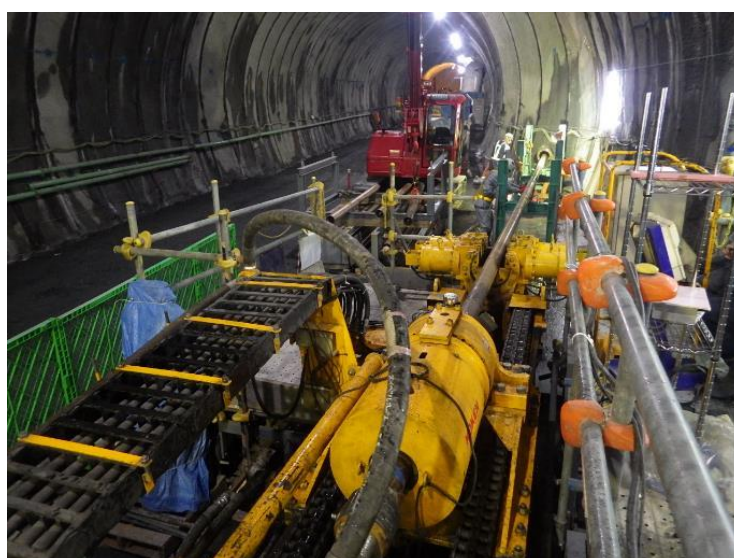


図 4.60 高速長尺先進ボーリング施工写真（山梨工区）

- ・ 本工法は、長距離を、早く、正確に掘ることを目的として、海洋石油探査の技術を参考に、トンネル水平ボーリングに技術応用しました（図 4.59、図 4.60）。高圧水をウォーターポンプにより、ダウンホールモーターと呼ぶ先端駆動装置へ向かって一気に送水し、同装置を介してボーリング先端のビットを高速で回転させ、エネルギーロスなくボーリング掘削できることで、飛躍的に高速かつ長距離の掘削が可能です。

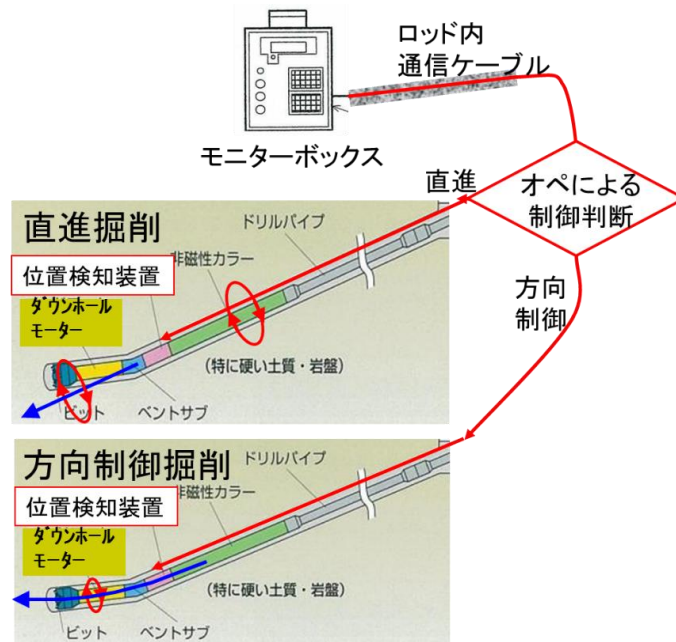
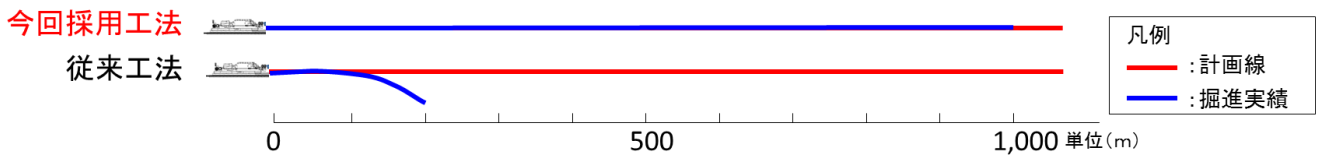


図 4.61 コントロールボーリングの方向制御イメージ

- また、傾斜計と磁気コンパスが内蔵された位置検知装置を兼ね備えることにより、掘削している段階でもボーリングの先端位置を常に的確に把握することができ、精度よく前方の状況を把握することができます。
- さらに、掘進方向の制御として、ベントサブと呼ぶ孔曲り装置により、鉛直方向及び水平方向の掘削方向をコントロールしながら掘進することができるなどの特徴があります（図 4.61、図 4.62）。



項目	今回採用工法		従来の工法 (ワイライン工法等)	
	水平掘削の 方向制御	約1,000m可	○	約100mまで
施工速度	約20m/日	○	約6m/日	×
不良地山への 適応範囲	比較的広い	△	比較的狭い	×
地質情報	掘削土等	△※	コア採取	○

※掘削土(スライム)や機械の削孔エネルギーなどから地質情報の把握が可能

図 4.62 先進ボーリングの特徴の比較 (今回採用と従来工法)

※静岡県中央新幹線環境保全連絡会議 (地質構造・水資源専門部会) (生物多様性専門部会) 合同会議 (令和元年9月) より抜粋

- ・本工法では、コアの採取を行うことはできませんが、掘削時に排出されるスライム (ボーリング時に細かく破碎された岩石片) の観察により地質の変化を確認できます (図 4.63)。

(碎かれた岩石試料の観察)

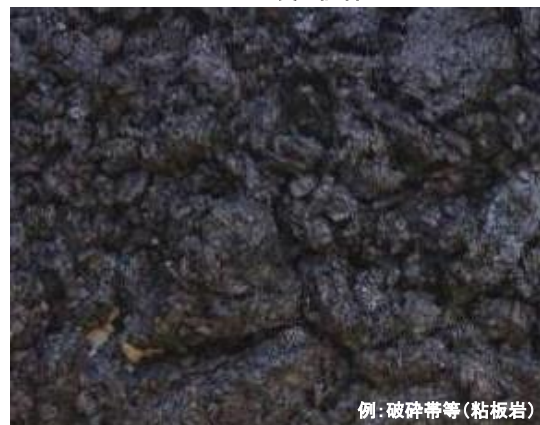
- ・良好な地質であれば、細粒な岩石が確認できます。
- ・悪い地質であれば、粘土化したものや大きい角礫が確認されたりすることがあります。

良い地質の試料



例:健全部(粘板岩)

悪い地質の試料



例:破碎帯等(粘板岩)

※平成25年度に西俣ヤードから実施した斜めボーリング調査での試料写真

図 4.63 ボーリング試料

※静岡県中央新幹線環境保全連絡会議 (地質構造・水資源専門部会) (生物多様性専門部会) 合同会議 (令和元年9月) より抜粋

- ・またボーリング掘削時の湧水量や各種エネルギーデータを計測することで、トンネル前方の地質の良否を判定することができます（図 4.64、図 4.65）。その結果、より安全なトンネル掘削の計画を検討することが可能な工法です。

	測定項目	記事
ボーリングマシン	削孔深度	<ul style="list-style-type: none"> ・速度の乱れや標準偏差から割れ目発達状況を評価 ・マシン推進力やロッド回転トルクなどから岩の硬さを評価
	削孔速度	
	ロッド回転トルク	
	ロッド回転数	
	マシン推進力	
湧水測定	湧水量	

- ・構成岩種、割れ目発達状況、岩の硬さから岩盤の地山分類を評価

図 4.64 先進ボーリングで得られるデータ

※静岡県中央新幹線環境保全連絡会議（地質構造・水資源専門部会）（生物多様性専門部会）合同会議（令和元年9月）より抜粋

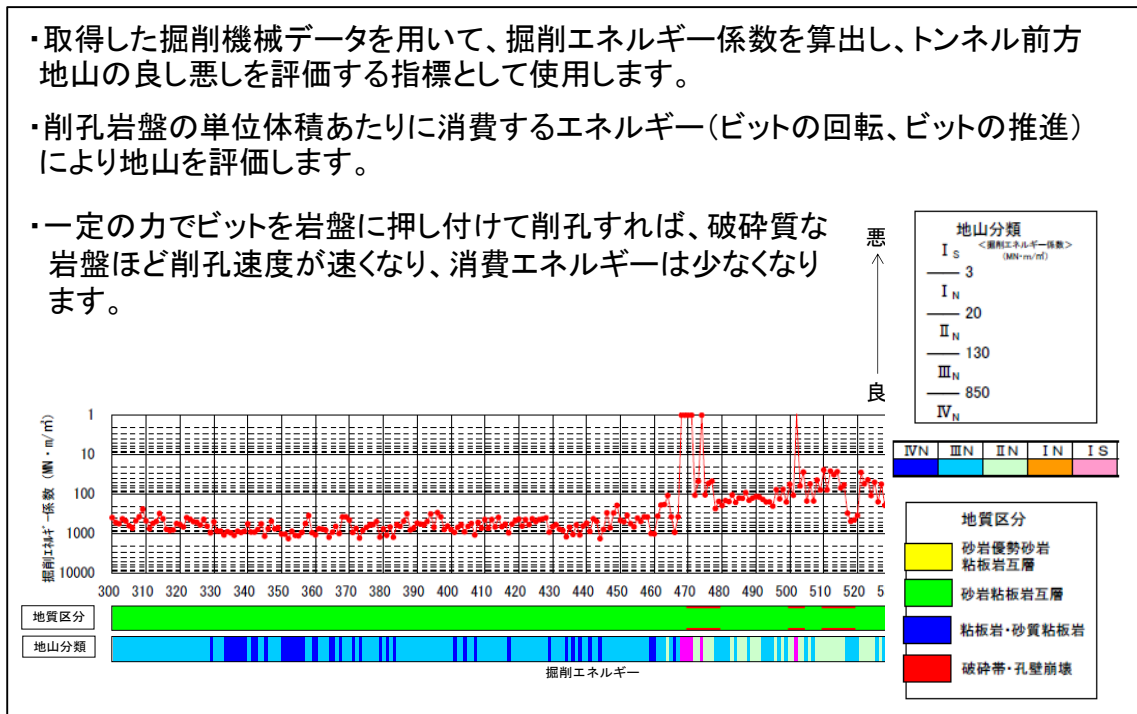


図 4.65 掘削エネルギー係数による地山評価

※静岡県中央新幹線環境保全連絡会議（地質構造・水資源専門部会）（生物多様性専門部会）合同会議（令和元年9月）より抜粋

- ・前述のとおり、山梨県境付近の断層帯の掘削においては、山梨県側へ流出するトンネル湧水を極力低減しながら掘削しますが、加えて、流出する湧水を静岡県側へ戻す等の対策を検討しました。

- ・具体的には、

- ①山梨県側に流出した湧水の県境の稜線を越えた配管による静岡県側への送水
- ②山梨県境付近への導水路トンネルの取付け
- ③静岡県側からの長尺ボーリングとケーシングパイプによる揚水
- ④山梨県境稜線部からの深井戸による揚水の検討

について、検討しました（詳細は、別冊「8、工事期間中のトンネル湧水を静岡県側に戻す等の対策の検討」参照）。

- ・①については、山梨県から静岡県にかけて整備されている登山道を活用する計画とし、地形図や現地踏査の写真を用いて地表の勾配や状況を考慮し、詳細に検討しました。

- ・その結果、幅員が狭く急峻な登山道において、約5.3kmの区間を人力により資機材運搬する必要がある（図4.66）ため、配管の敷設は容易ではなく、施工上技術的な課題があります。また途中にはポンプアップのための揚程設備も必要であり、設置のため新たな改変が伴うこととなります。

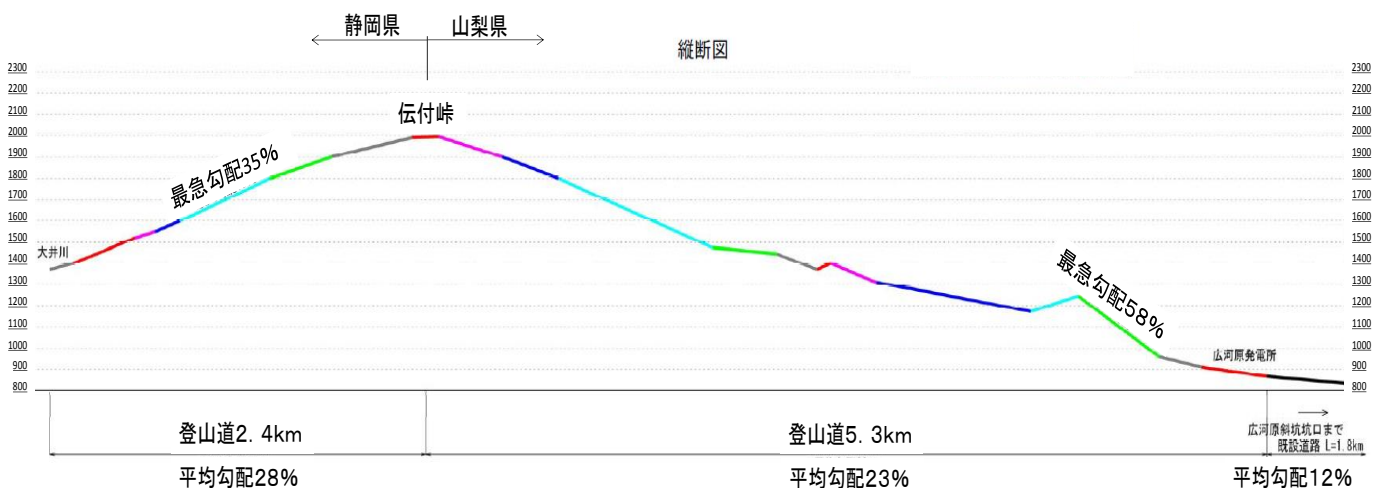


図 4.66 計画縦断面図

- ・②で山梨県境付近に導水路トンネルを取り付けるためには、山梨県境付近の断層帯に沿ってトンネルを建設するか（図 4.67）、断層を避け山梨県境直下にトンネルを建設する必要があります。
- ・前者は高圧突発湧水の発生や大きな土圧が作用する可能性が高いほか、完成後の維持管理の際に要注意箇所となります。また後者は土被りが1,300m～1400mと極めて大きくなる区間が5km連続します。

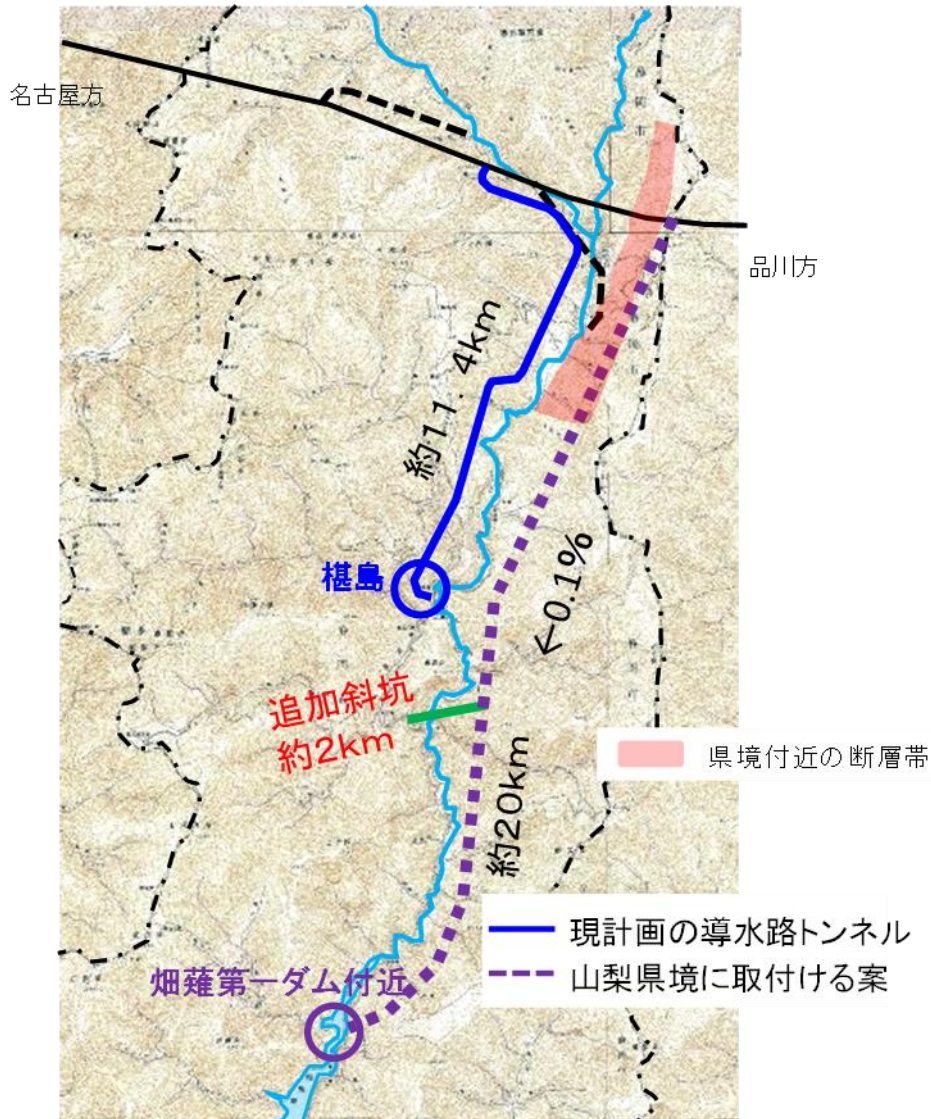


図 4.67 山梨県境付近へ導水路トンネルを取付ける計画

※「(前略)引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2) P73より抜粋、一部修正

- ・③としては、静岡県から掘削する先進坑から、山梨県側の先進坑へ貫通させる長尺ボーリングを複数本掘削し、掘削したボーリング孔とケーシングパイプを利用して、トンネル湧水を静岡県側へ戻すことを検討しました（図 4.68）。

- ・ボーリング孔1本を使って、トンネル湧水を理論上揚水できる湧水量は約0.84 m³/分（約0.014 m³/秒）であり、県境付近の断層帯から山梨県側へ流出すると想定される量約0.21 m³/秒を戻すためには、約15本のボーリングが必要です。
- ・静岡工区で採用する先進ボーリングは、南アルプストンネルの掘削のために長い年月をかけ、JR東海とメーカーで共同開発した最新の工法ですが、断層帯のように地質が脆い箇所において、これだけの数の長距離のボーリングを、静岡県側の先進坑から山梨県側の先進坑に向けて精度良く行うことは、技術的に課題があります。

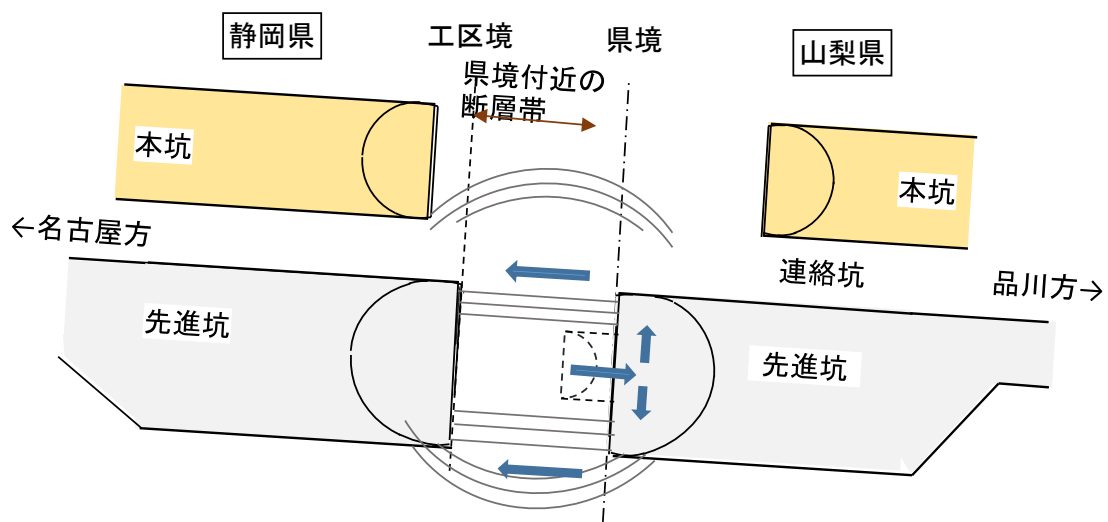


図 4.68 長尺ボーリングからの揚水検討図

※静岡県中央新幹線環境保全連絡会議（地質構造・水資源専門部会）令和元年10月より抜粋

- ・④として、地表部から深井戸で地下水をくみ上げ、静岡県側へ戻すことを検討しました（図 4.69）。本来、トンネル内に湧き出さずの湧水を予め極めて少なくしておくという対策です。
- ・しかしながら、山梨県境付近の断層帯に多数の深井戸を確実に掘削することが技術的に困難であること、現地に設置可能で地下800mから揚水することが可能なポンプが存在しないこと、新たな自然改変が生じることから、本検討案は現実的ではないと考えられます。

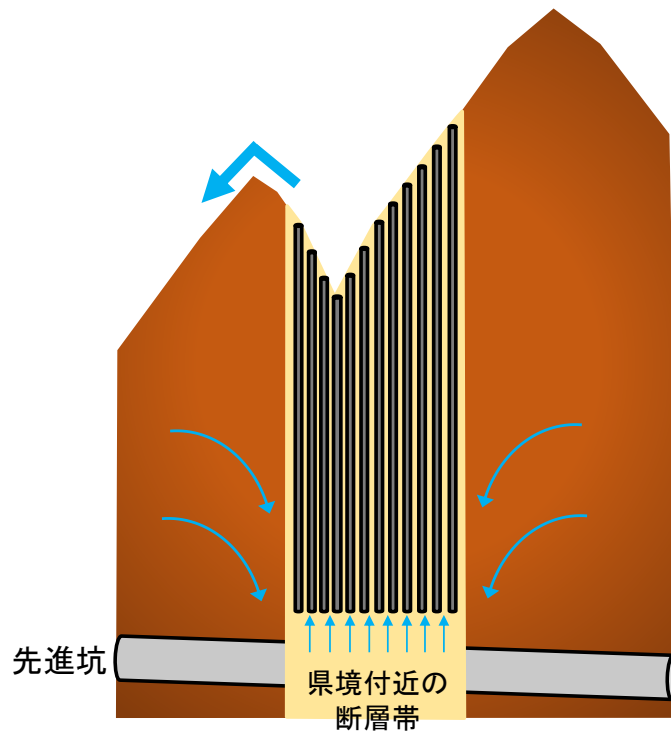


図 4.69 深井戸のイメージ

※「(前略)引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2) P76より抜粋、一部修正

- ・上記の通り①～④の検討を行いました。いずれの方法についても、技術面、自然環境への影響等の観点から困難であると考えられます。
- ・なお、トンネルの掘り方を検討するにあたっての参考資料は別冊「8、工事期間中のトンネル湧水を静岡県側に戻す等の対策の検討」へ記載いたします。

3) 工事期間中に山梨県側に流出するトンネル湧水の影響評価

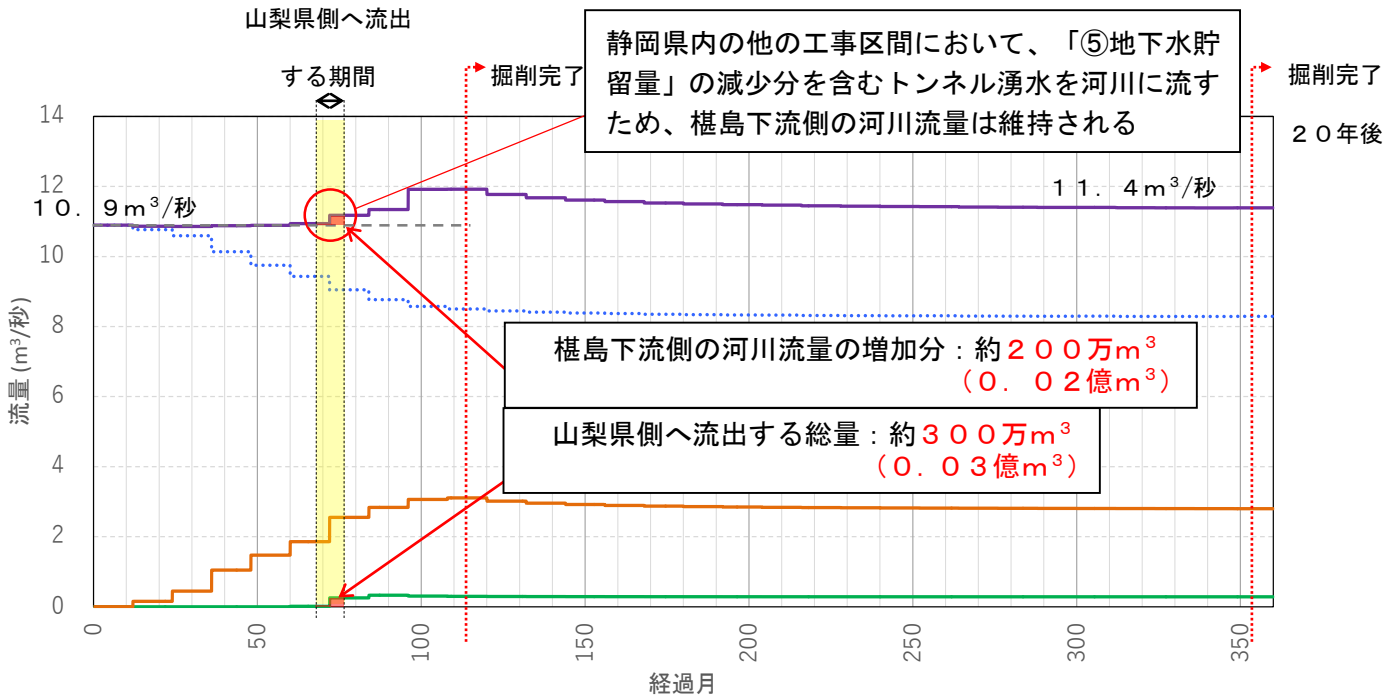
ア. 予測結果

- 掘削開始から掘削完了後20年間でのトンネル湧水量と河川流量の推移を、図4.70(上段:JR東海モデル、下段:静岡市モデル)にお示しします。
- 予測に際しては、解析領域、地質構造、水理定数、気象条件について、JR東海モデル、静岡市モデルで異なった条件を与えていますが、中でも降雨量の条件が大きく異なっています。JR東海モデルではメッシュ平年値の降水量から田代ダム付近の年間総流量(実測値)に合うように補正した降水量(約4,200mm)を用いています。一方、静岡市モデルでは同付近でのメッシュ平年値データ(約2,100mm)をそのまま用いており、その分、流量の予測値はJR東海モデルの方が大きくなります。
- 一方で、JR東海モデルでは田代ダム、木賊堰堤等からの取水を考慮して予測をしているため、その分、^{さわらじま}榎島下流側の河川流量の予測値は小さくなります。
- このように異なる条件のもとで、掘削前の^{さわらじま}榎島下流側における河川流量は、JR東海モデルで約10.9m³/秒、静岡市モデルで約8.6m³/秒と予測しています。
- 掘削開始後は、図4.70の紫色線にお示しするとおり、両モデルとも、トンネル掘削前の河川流量に対して、掘削期間中、掘削完了時ともに、地下水貯留量の減少分を含むトンネル湧水(図4.70の橙色線)を河川に流すため、河川流量は維持される結果となります。
- また、山梨県側へ流出する期間(山梨・静岡県境から先進坑貫通までの掘削期間)は、図4.70の黄色部分にお示しした掘削開始後6~7年目の一定期間となりますが、この期間中においても静岡県内の他の工事区間において、地下水貯留量の減少分を含むトンネル湧水(図4.70の橙色線)を河川に流すため河川流量は維持される結果となります。
- 掘削完了後は地下水位の低下が徐々に止まって安定し、トンネル湧水量や河川流量は一定となります。
- トンネル掘削完了後の20年後の河川流量は、どちらのモデルでもトンネル掘削前よりも多くなっています。これは、図4.71にお示しする地下水位低下量図において、静岡市モデルでは、JR東海モデルに比べて、山梨県境付近の断層帯に沿って地下水位が山梨県境付近(図中の赤丸印)で大きく低下することにより、大井川流域の外側からの地下水流入が生じ、これをトンネル湧水として大井川に

流すことによるものです。一方、J R 東海モデルでは、山梨県境付近（図中の赤丸印）で地下水位は僅かながら低下するものの、主な要因は、別冊「5、水収支解析の手法及び予測条件の詳細」に記載のとおり、解析の条件設定において、トンネルがある場合には河川維持流量を下回らないように発電のための取水量に制限を与えているためです。

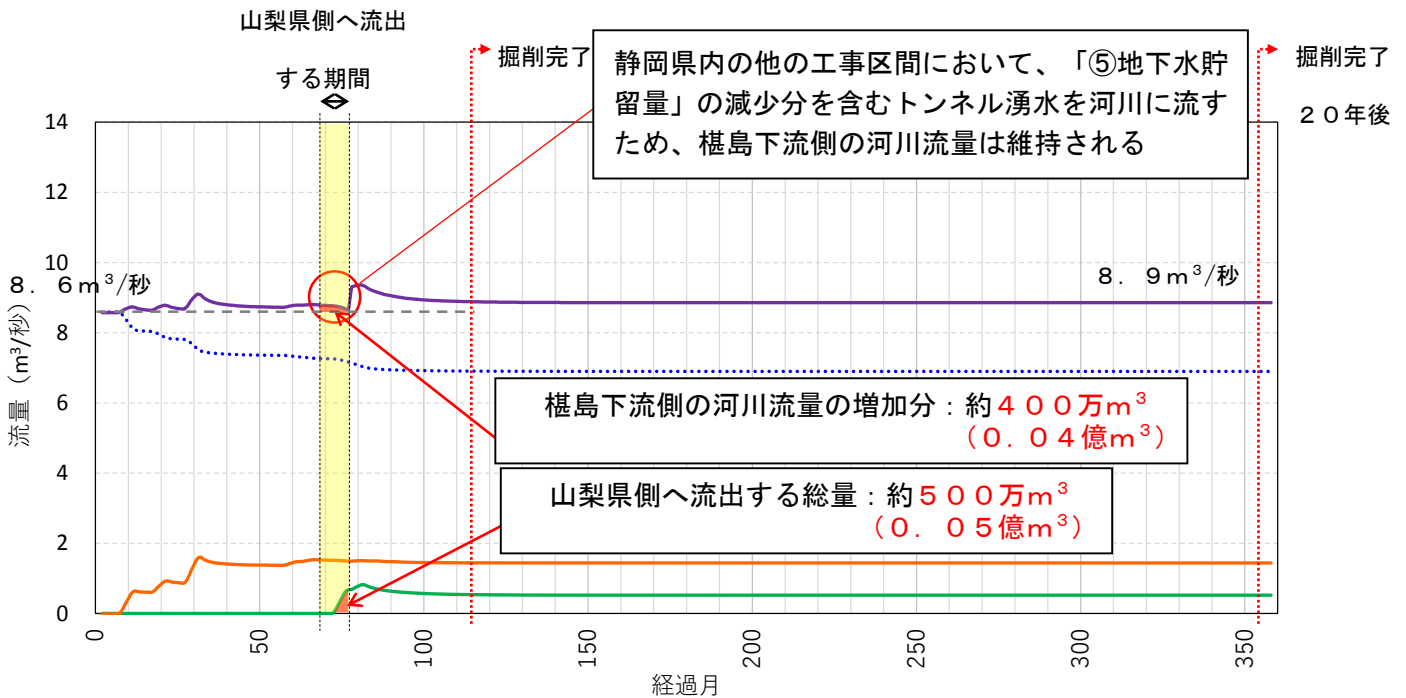
グラフの凡例

- 榎島下流の河川流量(導水路トンネル等により湧水を流す場合)
- ⋯ 榎島下流の河川流量(導水路トンネル等により湧水を流さない場合)
- トンネル湧水量(静岡工区の本坑・先進坑・千石斜坑・西俣斜坑・工用道路(トンネル)及び導水路トンネルの合計)
- トンネル湧水量(山梨・静岡県境～山梨・静岡工区境の本坑・先進坑湧水量)



※河川流量及び湧水量の日別流量は変動が大きく影響の把握が困難なため、年間平均とした

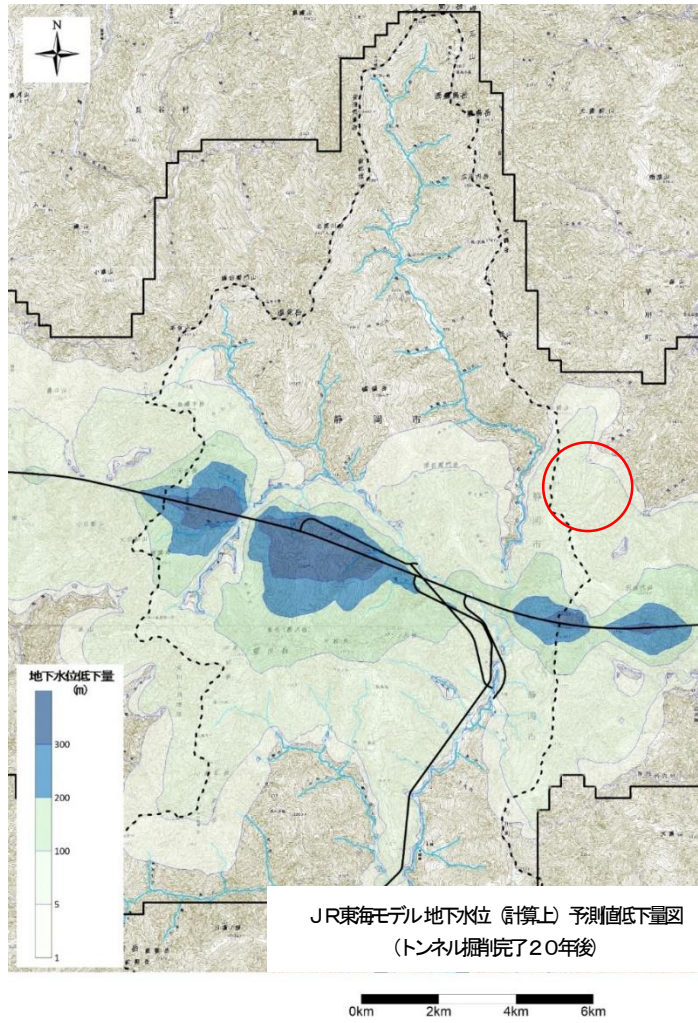
(JR東海モデル)



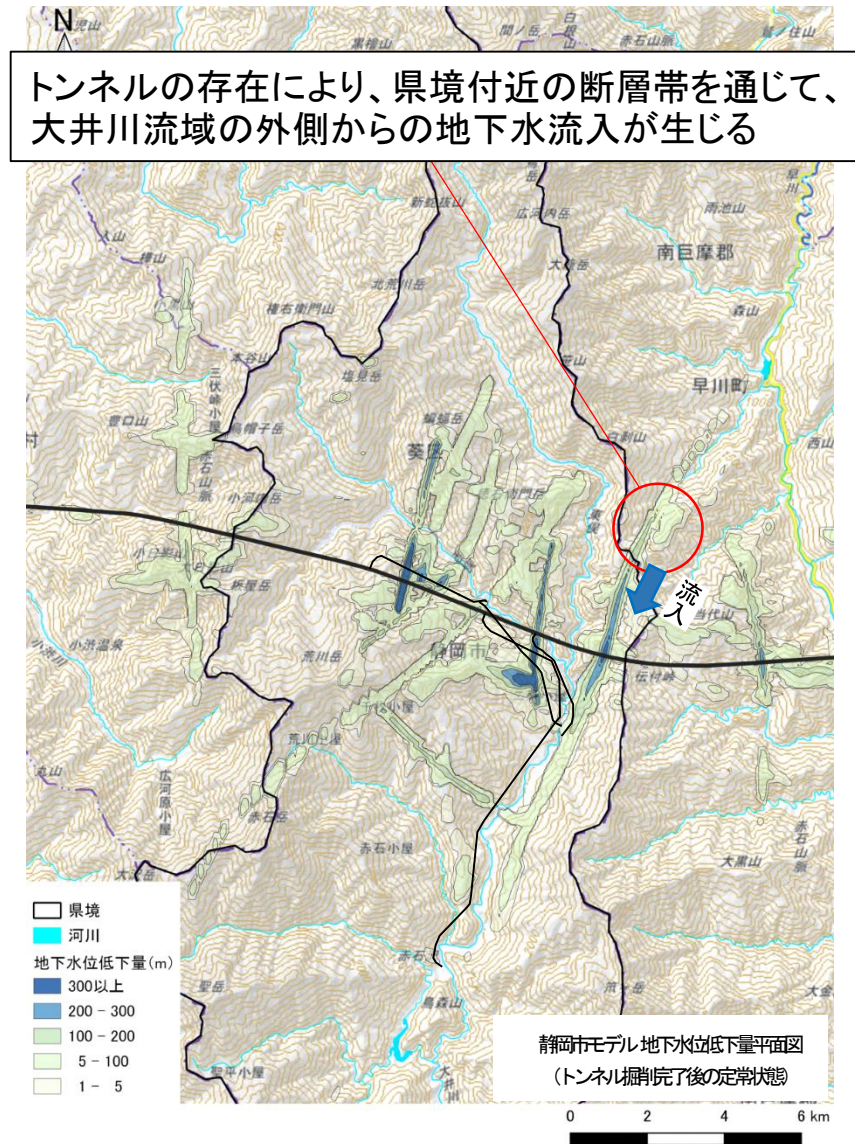
※河川流量及び湧水量は、予測結果の月別流量を移動平均した

(静岡市モデル)

図 4.70 工事開始後の各段階におけるトンネル湧水量及び河川流量の予測
(上段：JR東海モデル、下段：静岡市モデル)



(JR東海モデル)



(静岡市モデル)

図 4.71 大井川流域の外側からの地下水流入 (イメージ)
(左側: JR東海モデル、右側: 静岡市モデル)

イ. 工事期間中（先進坑貫通まで）の県外流出湧水の影響評価

- ・工事期間中（山梨県側からの先進坑が県境付近の断層帯を貫通するまで）に山梨県側へ流出するトンネル湧水量については、J R 東海モデルによるもの
他、解析手法、条件設定が異なるモデルでの傾向を確認するため、静岡市モデルでも算出しました。
- ・山梨県側へ流出する湧水（先進坑）は、図 4.72 の先進坑貫通までの赤矢印の部分であり、湧水量の平均値は、J R 東海モデルでは $0.12 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、静岡市モデルでは $0.21 \text{ m}^3/\text{秒}$ となります。これは、図 4.70（次々頁再掲）において緑色線でお示ししたトンネル湧水量（山梨・静岡県境～山梨・静岡工区境の本坑・先進坑湧水量）のうち、黄色部分でお示しした山梨県側へ流出する期間における流出量を平均したものになります。
- ・静岡市モデルの湧水量の方が大きな値となっている理由は、別冊「5、水収支解析の手法及び予測条件の詳細」に記載のとおり、静岡市モデルでは山梨県境付近の断層帯など「主要な断層部」の透水係数を J R 東海モデルより大きく設定していることによると考えられます。静岡市モデルでは断層部の透水係数として、 $1 \times 10^{-5} \text{ m}/\text{秒}$ を設定しており、河川流量との再現性を確認のうえ予測を行っています。
- ・図 4.70（次々頁再掲）に示す通り、山梨県側へ流出する期間（黄色の帯の部分）において導水路トンネル等により湧水を流すことができる量は、静岡工区のトンネル湧水量（橙色の線）です。この量は、p 4-17 の図 4.11 「^{さわらじま}榎島上流側・下流側の河川流量とトンネル湧水の変化（トンネル掘削後恒常時）」においてトンネル湧水量として表しているものであり、静岡工区での「①河川表流」「④地表湧出」「⑤地下水貯留」の各減少分を合わせたものとなります。
- ・これを大井川に流すことによって、^{さわらじま}榎島下流側の河川流量は、図 4.70（次々頁再掲）において青色の破線で示した流量から、紫色の線で示す流量となります。解析の結果としては、工事の一定期間にトンネル湧水が山梨県側へ流出した場合でも、静岡工区での「⑤地下水貯留」の減少分を含むトンネル湧水量を、導水路トンネル等により河川に流すことで、トンネル掘削中、掘削完了後においても^{さわら}榎^{じま}島下流側の河川流量は維持されます。この点について、J R 東海モデルにおいても、静岡市モデルにおいても、同一の傾向が確認されます。
- ・また、山梨県側へ流出する期間に流出する湧水量の総量は、図 4.70（次々頁再掲）に示す通り、J R 東海モデルでは約 300 万 m^3 （ 0.03 億 m^3 ）、静岡

市モデルでは約500万 m^3 （0.05億 m^3 ）となります。

- 山梨県側へ流出する期間において^{さわらじま}榎島下流側の河川流量を維持するためには、大井川へ流すことが出来る静岡工区のみにおけるトンネル湧水量（静岡工区での「①河川表流」「④地表湧出」「⑤地下水貯留」の各減少分を合わせたもの）が、静岡工区及び山梨工区でのトンネル掘削に伴う河川流量の減少量（静岡工区及び山梨工区での「①河川表流」「④地表湧出」の各減少分の合計値）よりも大きい必要があります。これは、当該工事期間中における山梨工区のトンネル湧水は大井川に流すことができない前提としたため、静岡工区で発生するトンネル湧水のみで、静岡工区及び山梨工区での河川流量の減少量を補う必要があるためです。
- 解析の結果としては、前者が後者より、JR東海モデルでは約200万 m^3 （0.02億 m^3 ）、静岡市モデルでは約400万 m^3 （0.04億 m^3 ）程度上回り、^{さわらじま}榎島下流側の河川流量は維持されます。

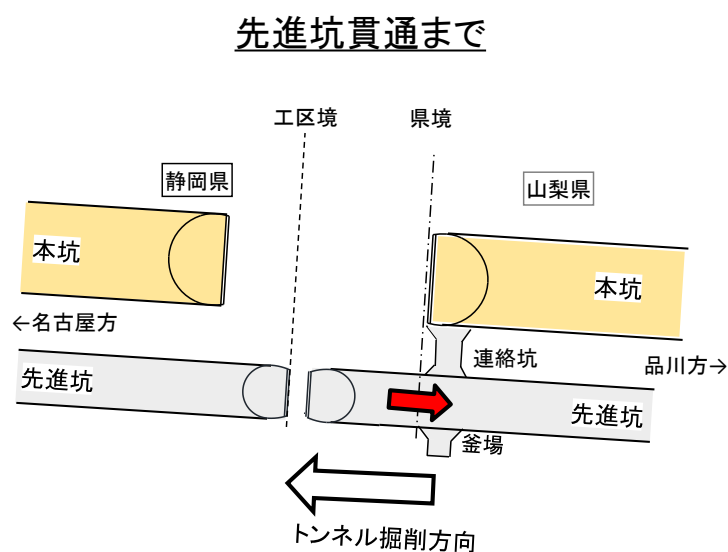
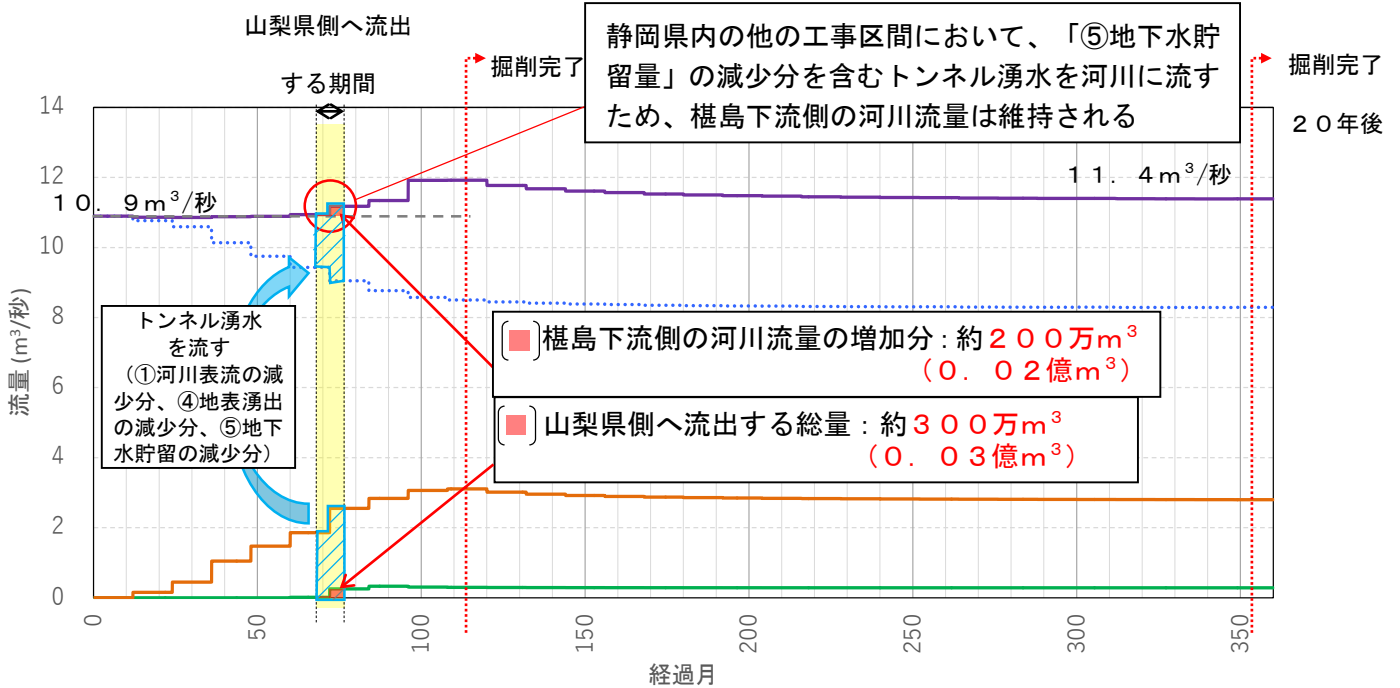


図 4.72 山梨県側へ流出する湧水（イメージ）

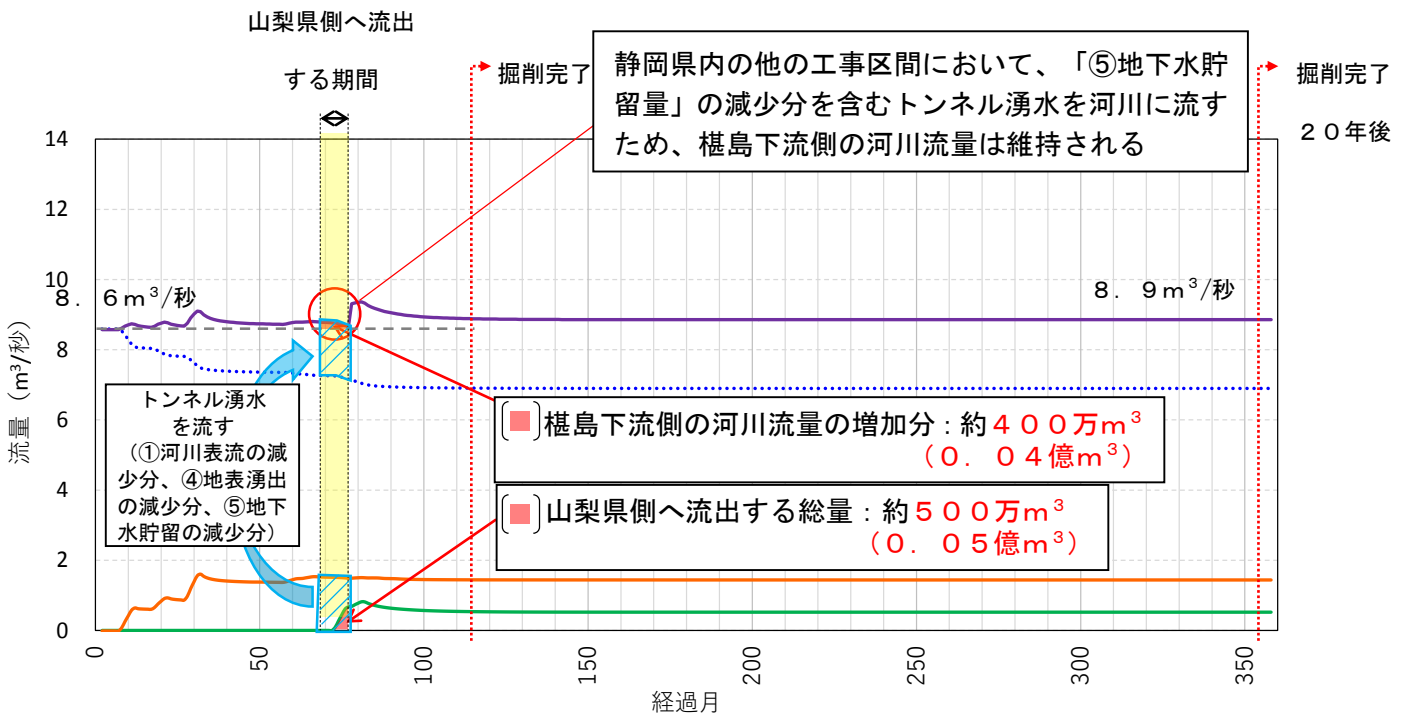
グラフの凡例

- 榎島下流の河川流量(導水路トンネル等により湧水を流す場合)
- ⋯ 榎島下流の河川流量(導水路トンネル等により湧水を流さない場合)
- トンネル湧水量(静岡工区の本坑・先進坑・千石斜坑・西俣斜坑・工用道路(トンネル)及び導水路トンネルの合計)
- トンネル湧水量(山梨・静岡県境～山梨・静岡工区境の本坑・先進坑湧水量)



※河川流量及び湧水量の日別流量は変動が大きく影響の把握が困難なため、年間平均とした

(JR東海モデル)



※河川流量及び湧水量は、予測結果の月別流量を移動平均した

(静岡市モデル)

図 4.70 【再掲一部追記】工事開始後の各段階におけるトンネル湧水量及び河川流量の予測 (上段：JR東海モデル、下段：静岡市モデル)

- ・今後、工事期間中及び工事完了後に河川流量を確認していくためのモニタリングの計画について、検討を行います。
- ・また、河川流量への影響をより一層低減するため、トンネルの掘り方等についても検討していきます。
- ・なお、トンネル湧水が山梨県側へ流出しなかったと想定した場合の結果を図 4.73 にお示しします。
- ・予測は静岡市モデルを用いることとしました。
- ・導水路トンネル等により大井川流域に流した場合の河川流量の変化は、図 4.73 の赤丸印部（水色線）の部分となります。

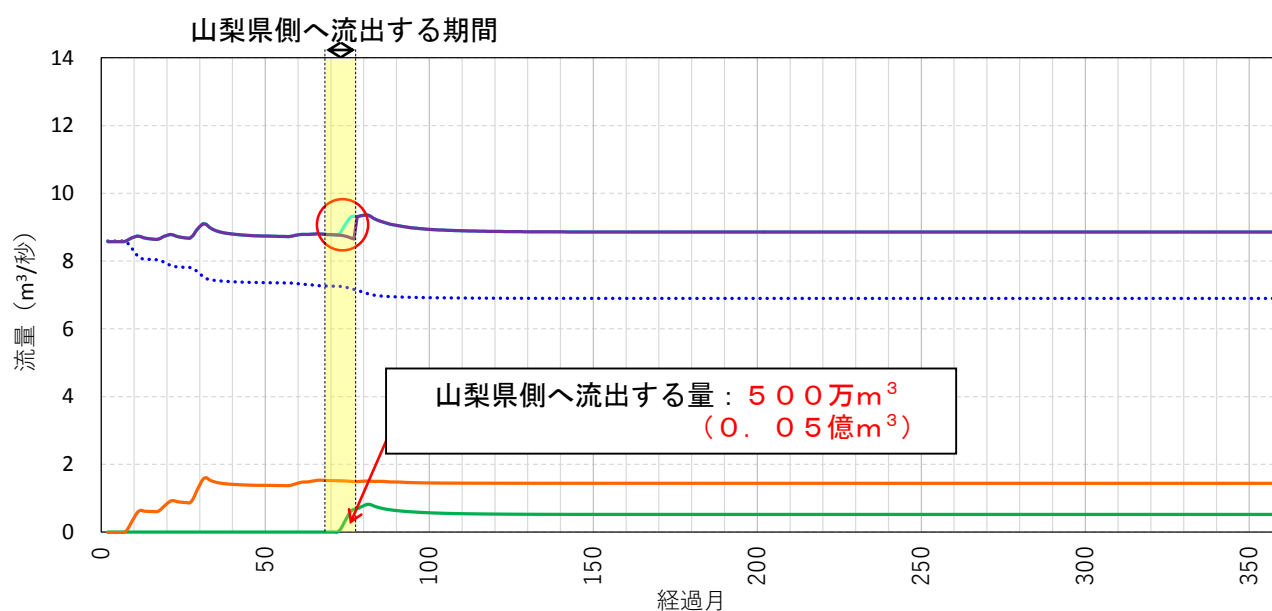


図 4.73 トンネル湧水が山梨県側へ流出しなかったと想定した場合の予測結果（静岡市モデル）

ウ. 工事期間中（先進坑貫通まで）の県外流出湧水の影響評価（渇水期について）

① 予測条件

- ・ J R 東海モデルを用いた予測の条件については、別冊「5、水収支解析の手法及び予測条件の詳細」に記載のとおりであり、降水量については、1997～2012年の木賊観測所（図 4.74 緑丸印にお示しする付近）の実績降水量データを日別に平均した値を作成し、河川流量の実測値と合うように補正したうえで入力して予測を行いました。
- ・ 静岡市モデルを用いた予測の条件については、別冊「5、水収支解析の手法及び予測条件の詳細」に記載のとおりであり、降水量については、2012年1月～12月の間（降水量が比較的少ない渇水年に相当）の日別のレーダー・アメダス解析雨量による実績降水量を入力して予測を行いました。

② 予測結果

- ・ 掘削開始から掘削完了時までのトンネル湧水量と^{さわらじま} 榎島下流側（図 4.74 赤丸印にお示しする付近）の河川流量の推移を、図 4.75（J R 東海モデル）及び図 4.76（静岡市モデル）にお示しします。
- ・ 降水量の変動（図 4.75 及び図 4.76 の水色線）に伴って、両モデルとも、予測されるトンネル湧水量、河川流量は年間で周期的に変動いたします。
- ・ 河川流量については、導水路トンネル等により湧水を流さない場合（図 4.75 及び図 4.76 の青色点線）は、トンネルがない場合（図 4.75 及び図 4.76 の赤色線）を下回りますが、導水路トンネル等により湧水を流す場合（図 2 及び図 3 の紫色線）は、両モデルとも、トンネルがない場合の河川流量に対して、掘削期間中、掘削完了時ともに、地下水貯留分の減少量を含むトンネル湧水量（図 4.75 及び図 4.76 の橙色線）を河川に流すため、渇水期（年間で降水量が少ない時期）においても河川流量は維持される結果となります。
- ・ また、山梨県側へ流出する期間（山梨・静岡県境から先進坑貫通までの掘削期間）は、図 4.75 及び図 4.76 の黄色部分にお示しした掘削開始後6～7年目の一定期間となりますが、両モデルとも、この期間中においても静岡県内の他の工事区間において、地下水貯留量の減少分を含むトンネル湧水量（図 4.75 及び図 4.76 の橙色線）を河川に流すため、渇水期においても河川流量は維持される結果となります。
- ・ 渇水期においては、河川流量の減少量（図 4.75 及び図 4.76 の赤色線と青色点線の差分）は、「地下水流出」の減少分と「河川表流水」の減少分が小さくなることから、豊水期（年間で降水量が多い時期）に比べて小さくなります。一方、トンネル湧水は、年間を通じて降水による影響は比較的小さい

め、渇水期においては、導水路トンネル等により湧水を流す場合の河川流量（図 4.75 及び図 4.76 の紫色線）とトンネルがない場合の河川流量（図 4.75 及び図 4.76 の赤色線）との差分が大きくなります。

- なお、両モデルの河川流量の最大値に差がある理由は、降水量について、静岡市モデルでは、最大約 160 mm/日（木賊付近）（2012 年 1 月～12 月の間の日別降水量）を入力していますが、JR 東海モデルでは、最大約 70 mm/日（木賊付近）（1997～2012 年の期間で平均した日別降水量）を入力しているため、日当たりの河川流量の最大値は静岡市モデルの方が大きくなっていることが考えられます。

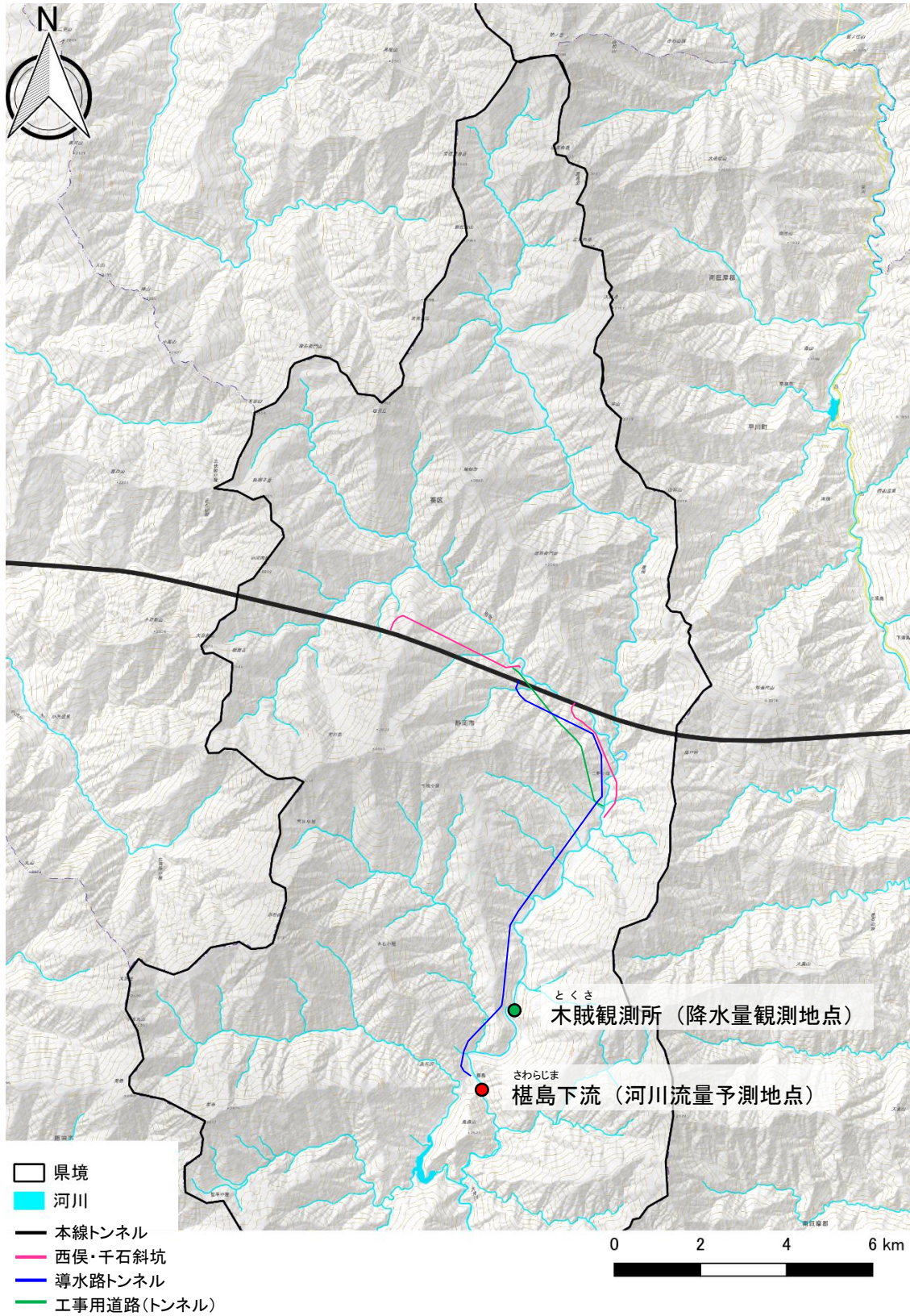
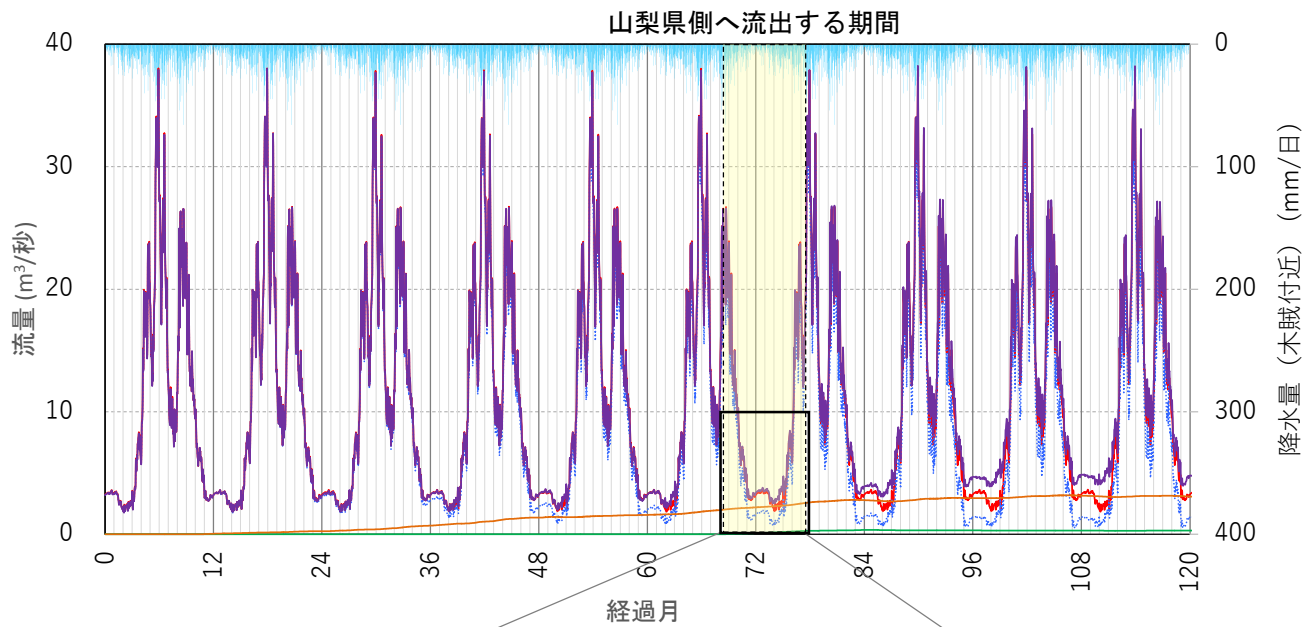
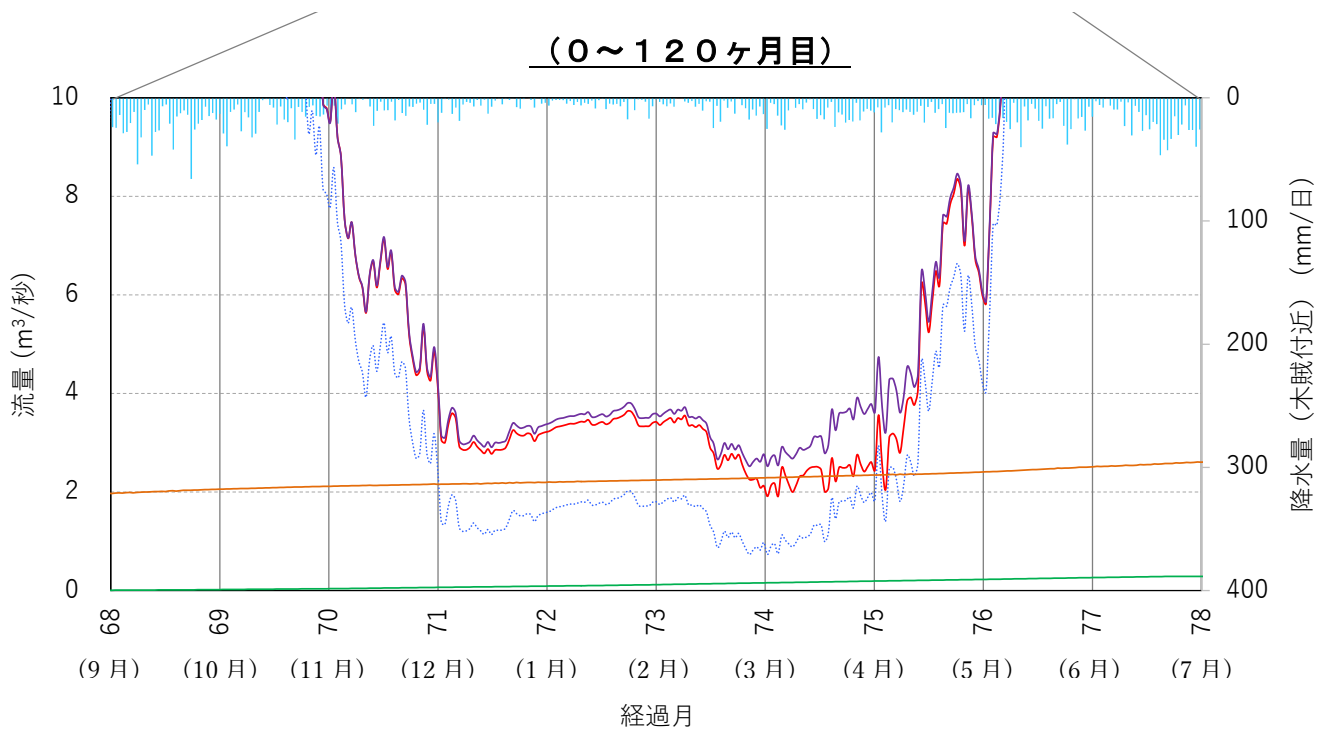


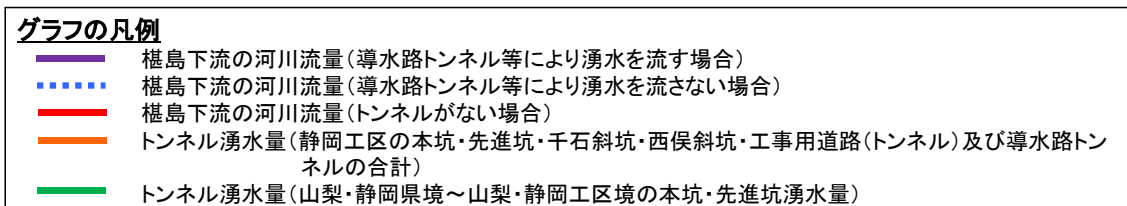
図 4.74 木賊観測所(降水量観測地点)及び榎島下流(河川流量予測地点)の位置



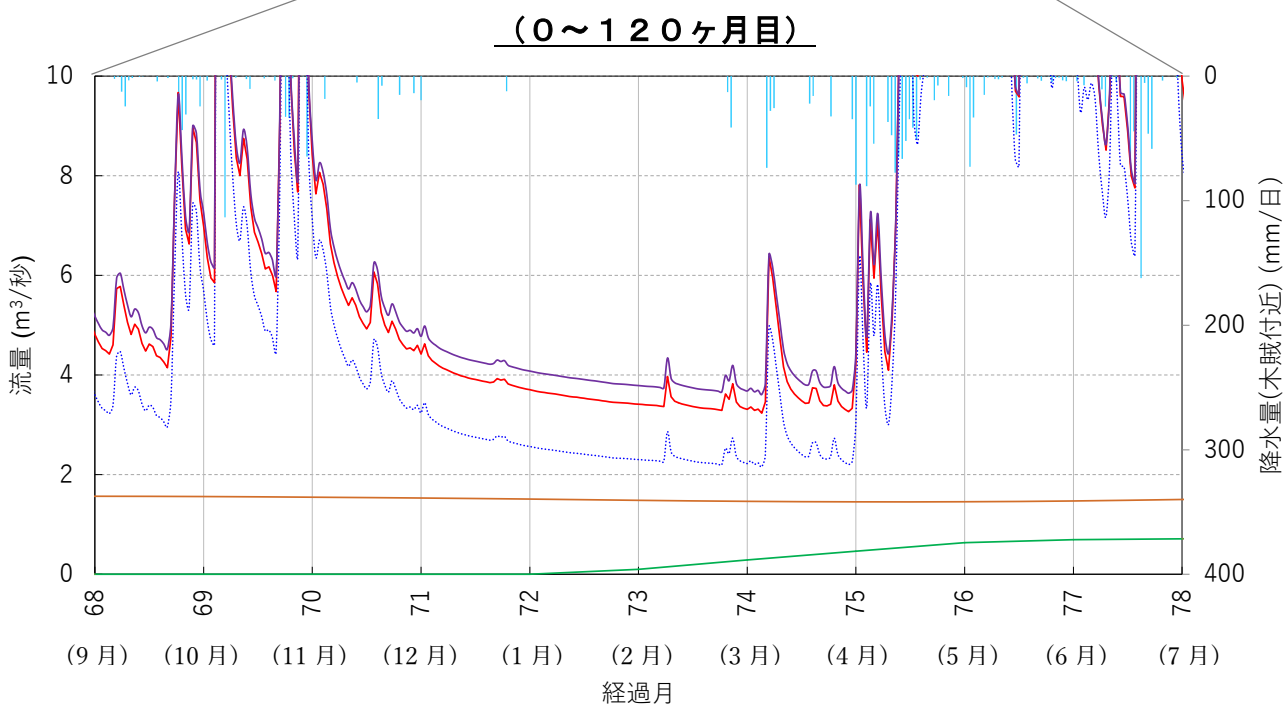
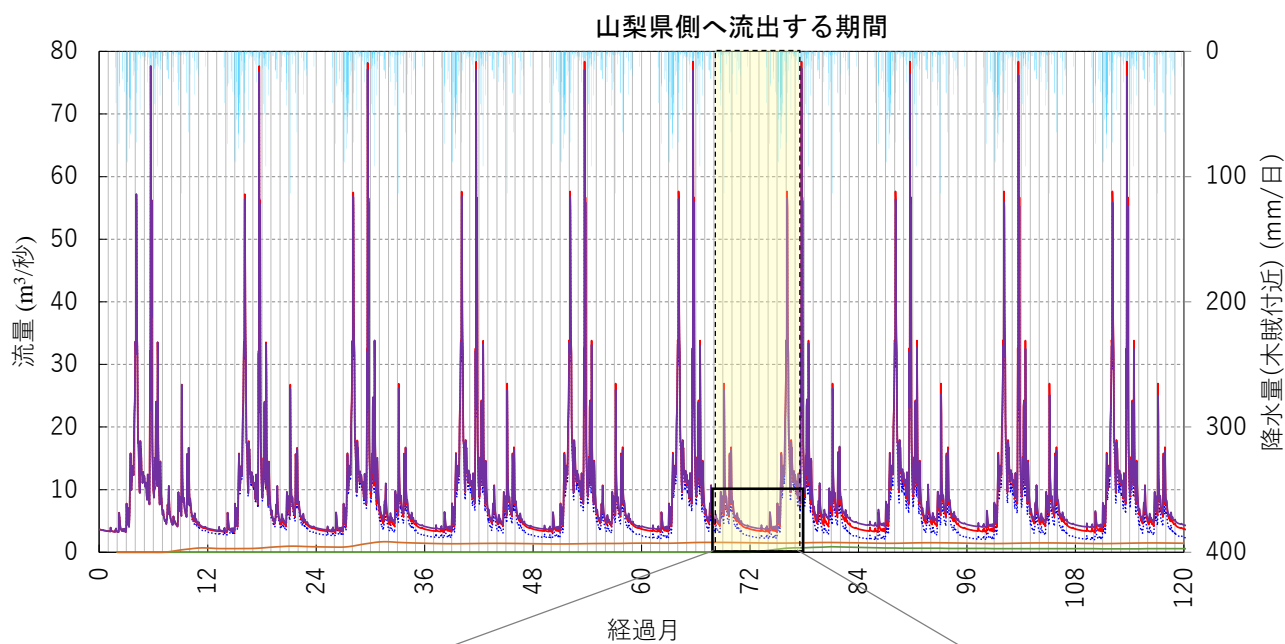
※西俣非常口から放流する湧水量は、その一部が田代ダム等で取水されるため、河川流量（紫色線）に含めていない



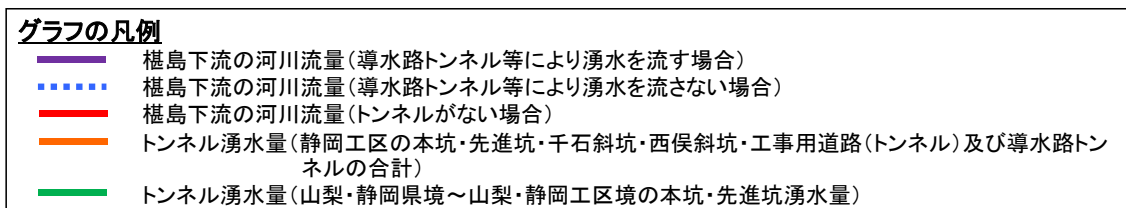
(山梨県側へ流出する期間を拡大)



**図 4.75 工事開始後の各段階におけるトンネル湧水量及び河川流量の予測
(JR東海モデル)**



(山梨県側へ流出する期間を拡大)



**図 4.76 工事開始後の各段階におけるトンネル湧水量及び河川流量の予測
(静岡市モデル)**

(7) 千石斜坑等の掘削方法と山梨県境付近の断層帯の掘削方法の比較

- ・千石斜坑、西俣斜坑は、「1. 南アルプストンネルの計画概要」でお示ししたとおり、地形の制約上、地上から下向きに掘削することになります。千石斜坑を下向きに掘り進める中で、大井川と交差し、その後、西俣川付近の断層と交差します。また、西俣斜坑を下向きに掘り進める中でも断層と交差します。さらに、千石斜坑の到達箇所から先進坑や本坑を山梨側へ下向きに掘削をすすめるうえで、大井川（東俣）と交差します。
- ・一方で、山梨県境付近の断層帯は安全上、山梨県側から上向きで掘る計画です。
- ・ 1) 千石斜坑の大井川交差部、 2) 千石斜坑の西俣川付近の断層部、 3) 西俣斜坑沿い、 4) 先進坑の山梨県境付近断層帯、 5) 先進坑と大井川（東俣）交差部のそれぞれの区間について、トンネル土被りや地質調査（実施位置は図 4.77、地質調査の結果は、別冊「10、山梨県境付近並びに長野県境付近等の地形及び地質等調査結果に係る資料」のとおり）から得られた情報を比較表（表 4.7）に整理し、それに基づいてトンネル掘削の向きについて考察した内容を以下に記します。

1) 千石斜坑の大井川交差部

- ・千石斜坑の大井川交差部付近で実施した鉛直ボーリング調査（調査A）の結果、斜坑が大井川と交差する深度でのコア採取率は100%であり、また、弾性波探査（探査a、探査b）の結果は、P波速度が4.5km/秒以上であることから、この調査結果からは地質は悪くはないと想定しています。しかし、地質は急激に変化する可能性があるため、切羽周辺からのボーリングによる前方探査を実施し、破碎帯を確認した場合は薬液注入等を行って、大井川の水を大量に斜坑内に引きこむことがないようにしたうえで、慎重に下向きに掘削します。

2) 千石斜坑の西俣川付近の断層部

- ・大井川（東俣）から西側に向かって実施した斜め下向きボーリング調査（調査B）の結果、西俣川付近の断層部では、コア採取率が低く、破碎質な地質が400mにわたり繰り返し出現することを確認しました。また、ボーリング調査における断層部削孔中の口元湧水量は400L/分程度（ボーリング掘削径約80mmです。切羽周辺からのボーリングによる前方探査を実施し、破碎帯を確認した場合には薬液注入等を行い、大規模な突発湧水が生じるリスクを極力小さくしながら、

慎重に下向きに掘削します。

3) 西俣斜坑沿い

- ・西俣斜坑ヤードから西側へ西俣斜坑計画線に沿うように実施した斜め下向きボーリング調査（調査C）の結果、地質は砂岩頁岩互層の中硬岩を主体としており、掘削途中にて、複数の小規模な断層を確認しました。口元湧水量は、ボーリング深度600mまでは掘削延長に応じて伸びていましたが、深度600m以降では、概ね1,200L/分程度で継続した状態となりました。湧水量が多い区間では、地質が脆い懸念があるため、切羽周辺からのボーリングによる前方探査を実施し、地質の脆い区間を確認した場合には薬液注入等を行い、大規模な突発湧水が生じるリスクを極力小さくしながら、慎重に下向きに掘削します。
- ・千石斜坑、西俣斜坑は、本線のトンネル（本坑）と異なり、柔軟性をもった線形計画をとることができるため、万が一トンネル前方に大規模な断層など下向きの掘削が難しい区間が確認できた場合は、斜坑の平面線形を含め変更するなど、柔軟な対応を図ります。

4) 先進坑の山梨県境付近断層帯

- ・大井川（東俣）から東側に向かって実施した斜め下向きボーリング調査（調査D）の結果、山梨県境付近の断層帯では破碎質な地質が800mにわたり繰り返し出現することを確認し、ボーリング中においては、孔壁崩壊や掘削の停止が繰り返し確認されました。また、断層帯削孔中の口元湧水量は2,000L/分程度（ボーリング掘削径約120mm）に達しています。
- ・先進坑の山梨県境付近断層帯と千石斜坑の西俣川付近の断層部を比較すると、前者は、土被りが大きく、破碎質な幅が広いこと、さらには湧水量も多いことから後者に比べ大規模な突発湧水が生じるリスクが大きいと考えられます。
- ・先進坑の山梨県境付近断層帯と西俣斜坑沿いを比較すると、前者の方がボーリング掘削時において回転停止が繰り返し確認されるような脆い地層であり、湧水量が多い破碎帯である可能性が高いことから、大規模な高圧突発湧水が生じるリスクが大きいと考えられます。
- ・先進坑の山梨県境付近断層帯と本坑と大井川（東俣）交差部を比較すると、前者は破碎質な地質が800mにわたり繰り返し出現し、またボーリング調査時の湧水量も2,000L/分と非常に大きな規模であることに対し、後者は断層とし

て幅3 m程度の小規模なもので、湧水量も100 L/分程度であり、前者の方が大規模な高圧突発湧水が生じるリスクが大きいと考えられます。

5) 先進坑と大井川（東俣）交差部

- ・大井川（東俣）から西側に向かって実施した斜め下向きボーリング調査（調査B）において、口元から100 m付近において、先進坑及び本坑が大井川（東俣）直下で交差すると想定される断層が出現しています。
- ・断層としては、幅3 m程度の小規模なものであり、断層の前後に破碎部は伴っておらず、湧水量も僅少であり調査時も問題なくボーリング掘削ができています。
- ・ボーリング結果から、先進坑と大井川（東俣）交差部における大量湧水の可能性は小さいと考えておりますが、地質が急激に変化する可能性がありますので、切羽周辺からのボーリングによる前方探査を実施し、地質の脆い区間を確認した場合には薬液注入等を行い、湧水に伴うリスクを極力小さくしながら慎重に掘削します。

以上の比較より、山梨県境付近の断層帯は、山梨県側から上向きに掘削することが現実的であると考えています。

表 4.7 トンネル土被り・地質調査から得られた情報

		千石斜坑		西俣斜坑	4) 先進坑 山梨県境付近断層帯	5) 先進坑 大井川交差部
		1) 大井川交差部	2) 西俣川付近	3) 斜坑沿い		
トンネル土被り		約80m	約500m	約1,000m	約800m	約400m
ボーリング調査概要	調査位置	調査A	調査B	調査C	調査D	調査B
	削孔長	140m	900m	700m	1,200m	900m
	削孔方向	鉛直	斜め下向き	斜め下向き	斜め下向き	斜め下向き
	試料形状	コア	コア	ノンコア	ノンコア	コア
	調査時の概況	<ul style="list-style-type: none"> 斜坑が交差する深度でのコア採取率100%、斜坑通過付近のRQD⁴平均55% PS検層⁵（ボーリング孔内における弾性波速度）のP波は4.14km/秒 	<ul style="list-style-type: none"> 短いスパンで地質の悪い箇所が400mにわたり繰り返し出現 断層部削孔中の口元湧水量は400L/分程度 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模な断層が複数出現することを確認 断層部以外は、砂岩頁岩互層の中硬岩地山が連続 深度600m以降の口元湧水量は1,200L/分程度で推移 	<ul style="list-style-type: none"> 幅800mに亘り、地質不良部が繰り返し出現することを確認 ボーリング中、孔壁崩壊に伴う停止が複数回発生 断層部削孔中の口元湧水量は2,000L/分程度 	<ul style="list-style-type: none"> 100m付近で大井川（東俣）直下の断層と交差 約3m程度の破碎質区間あり。 断層部付近削孔中の口元湧水量は僅少
弾性波探査概要	探査位置	探査a、b、c	探査a	—	—	—
	測線長（）内、該当箇所の測線位置	<ul style="list-style-type: none"> 探査a 全長3.27km（3.20km～3.27km付近） 探査b 全長3.295km（0～0.2km付近） 探査c 全長0.8km 	探査a 全長3.27km（2.0km～2.7km付近）	—	—	—
	探査結果	<ul style="list-style-type: none"> 探査a及び探査b、大井川交差部P波4.4km/秒～4.6km/秒 探査c、県境付近断層帯と考えられる低速度帯を線形回避 	探査a、P波約4.5km/秒～5.0km/秒	—	—	—

⁴ RQD：岩盤の割れ目の多さを表す指標。コア100cm当たりに対し、10cm以上のコアが採取できる割合。

⁵ PS検層：ボーリング孔を用いて、地盤内を伝達する弾性波（P波及びS波）の速度を測定する方法。

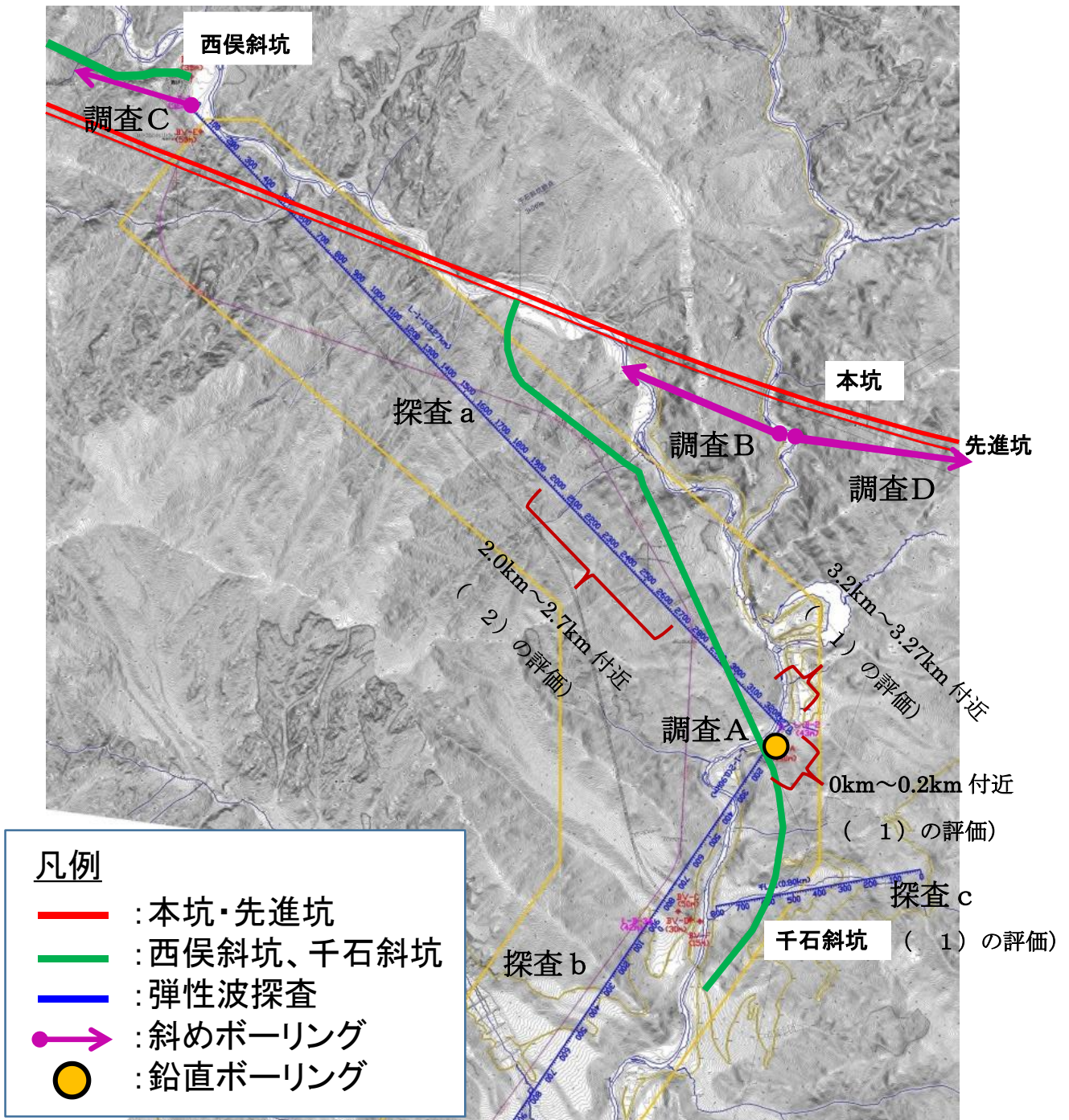


図 4.77 地質調査位置図

(8) 長野県境付近におけるトンネルの掘り方・トンネル湧水への対応

- ・図 4.78 にお示しするとおり、長野県境付近は長野側から上り勾配で掘削することを計画しています。長野県境付近では、土被りが1,400mに達し、国内では最大となり、前例のない施工となります。

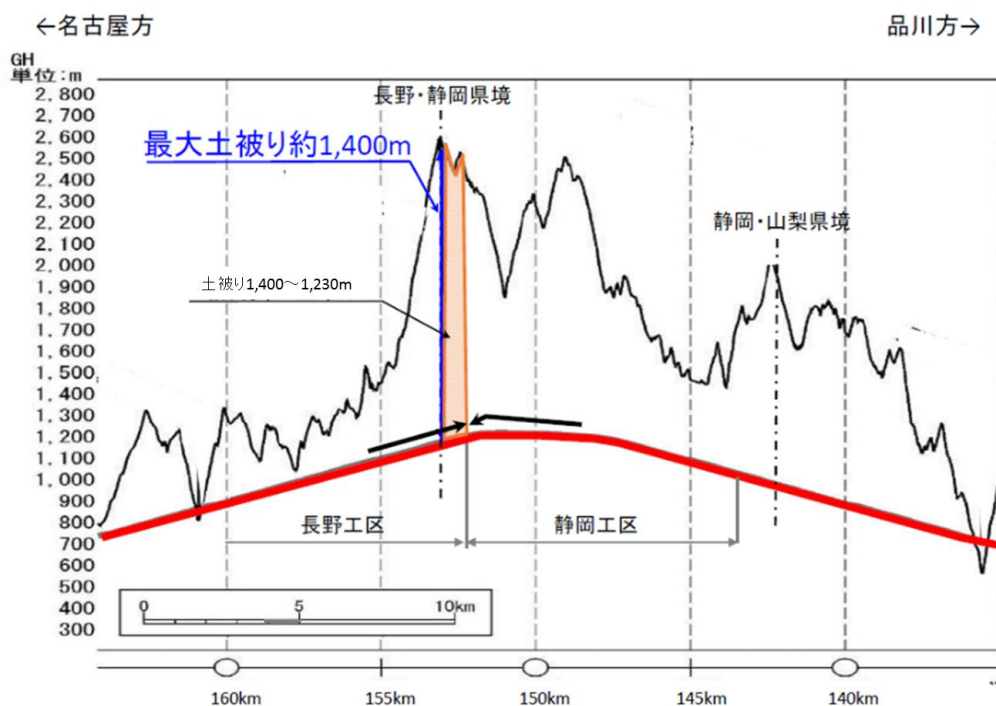


図 4.78 南アルプストンネル縦断図

※「(前略) 引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2)より抜粋

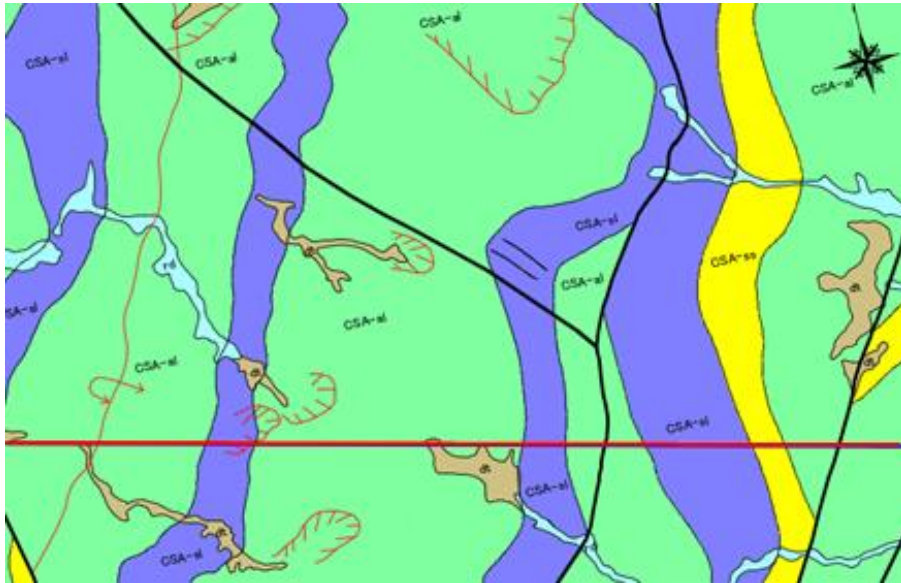


図 4.79 南アルプストンネル縦断面図

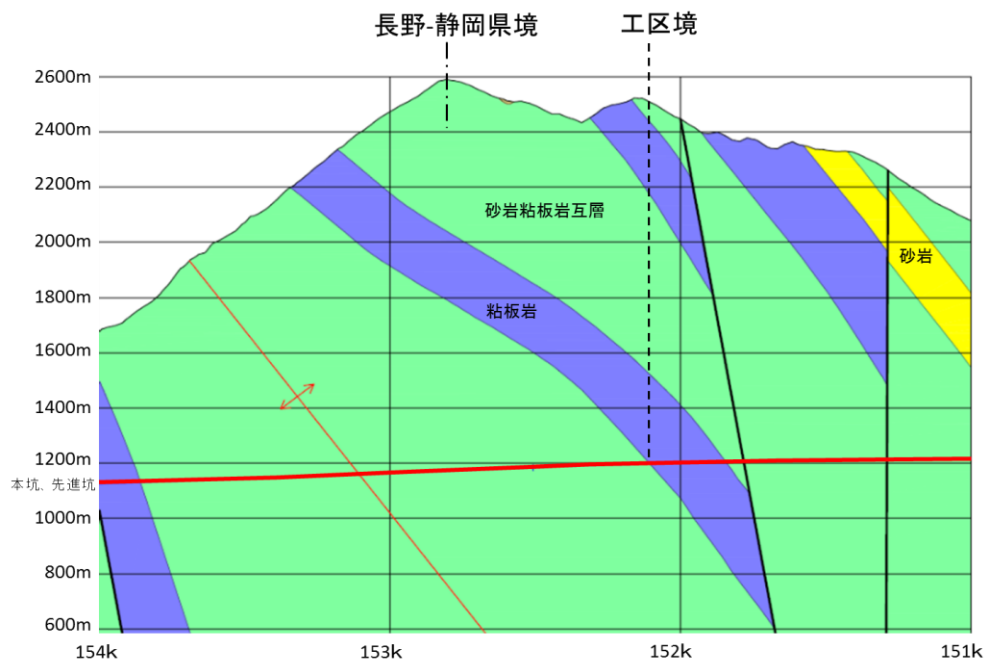


図 4.80 長野県境付近の地質縦断面図

※「(前略)引き続き対話を要する事項」に対する再見解(その1、その2)より抜粋

- このような土被りが大きい箇所に工区境を設けることはトンネル工学上避けるべき※とされていることから、工区境は長野県境付近の最大土被りを避けるとともに、静岡工区と長野工区の掘削工程を勘案し、静岡県内の連続する地質の切れ目としました(図 4.80)。

※トンネル工学上、土被りが大きい箇所を避けるべき理由

- トンネル掘削後、周辺の土圧が安定した状態から、隣接工区のトンネルが近接すると、トンネル断面に再び大きな土圧が作用し、大きな変形が生じるリスクがあります。

- ・長野県側へ流出する湧水（先進坑）は、水収支解析において、J R 東海モデルでは $0.008 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、静岡市モデルでは $0.001 \text{ m}^3/\text{秒}$ となります。
- ・山梨県側の湧水量に比べて、長野県側の湧水量が小さくなる理由は、空中写真測量による地形判読や地表地質踏査（地質状況を現地で観察し、露頭（地盤や岩石が露出していること）の観測等により地盤や岩盤の広がりや性状を確認すること）等により地質構造を把握し、長野県境と工区境の間に大きな断層部がないという結果を踏まえて解析条件等を設定したためです（詳細は、別冊「10、山梨県境付近並びに長野県境付近等の地形及び地質等調査結果に係る資料」参照）。
- ・また、長野県側へ流出する期間に流出する湧水量の総量は、J R 東海モデルでは約 20 万 m^3 （ 0.002 億 m^3 ）、静岡市モデルでは約 2 万 m^3 （ 0.0002 億 m^3 ）となります。
- ・両モデルの結果では、山梨県境付近を掘削する際の県外流出期間同様（p 4-81、4-82）、長野県境付近を掘削する際の県外流出期間においても、静岡工区及び長野工区でのトンネル掘削に伴う河川流量の減少量より、大井川へ流すことのできる静岡工区のみにおけるトンネル湧水量の方が多いため、解析上では、^{さわらじま} 榎島下流側の河川流量は維持されます。
- ・長野県側から先進坑が貫通した後は、山梨県側同様に、トンネル内に設置する横坑の貯水プール（釜場）を活用して、トンネル湧水を静岡県側にポンプアップいたします（図 4.81）。

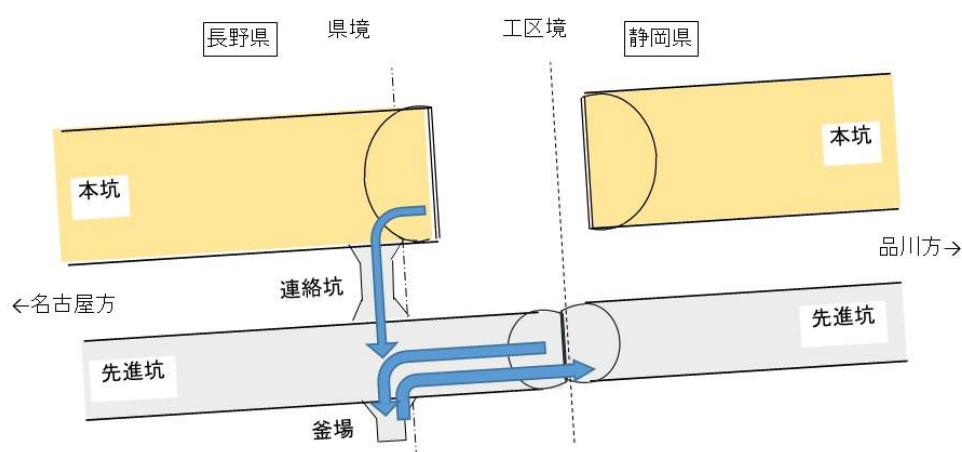


図 4.81 長野県側先進坑貫通後のトンネル湧水ポンプアップ