資料2－1

（３）大井川中下流域の水資源利用への影響の検討（河川流量）

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

１）トンネル掘削に伴う河川流量等への影響

・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 ４－１８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。

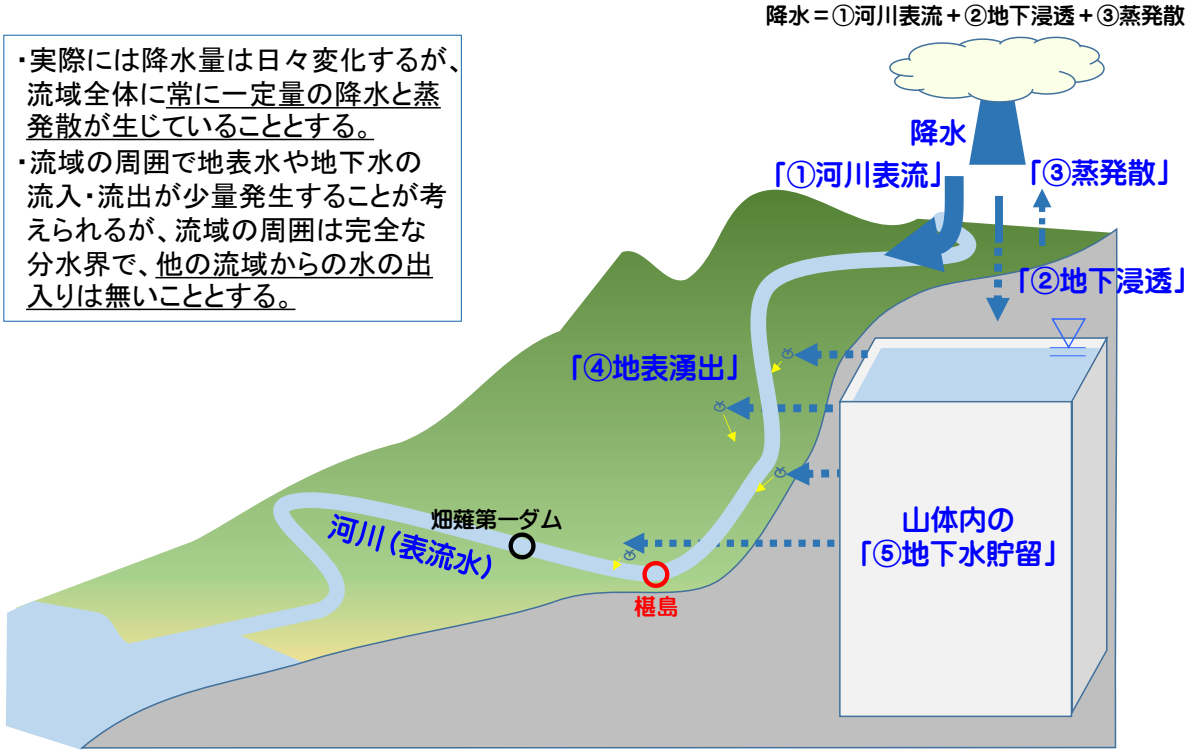


図 ４－１８　トンネル掘削前

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 ４－１９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のある 椹島（さわらじま）付近より上流側では、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、椹島（さわらじま）付近より上流側では「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、椹島（さわらじま）付近より上流側の「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付近より下流側（以下、椹島（さわらじま）下流側という。）の河川流量は増加します。

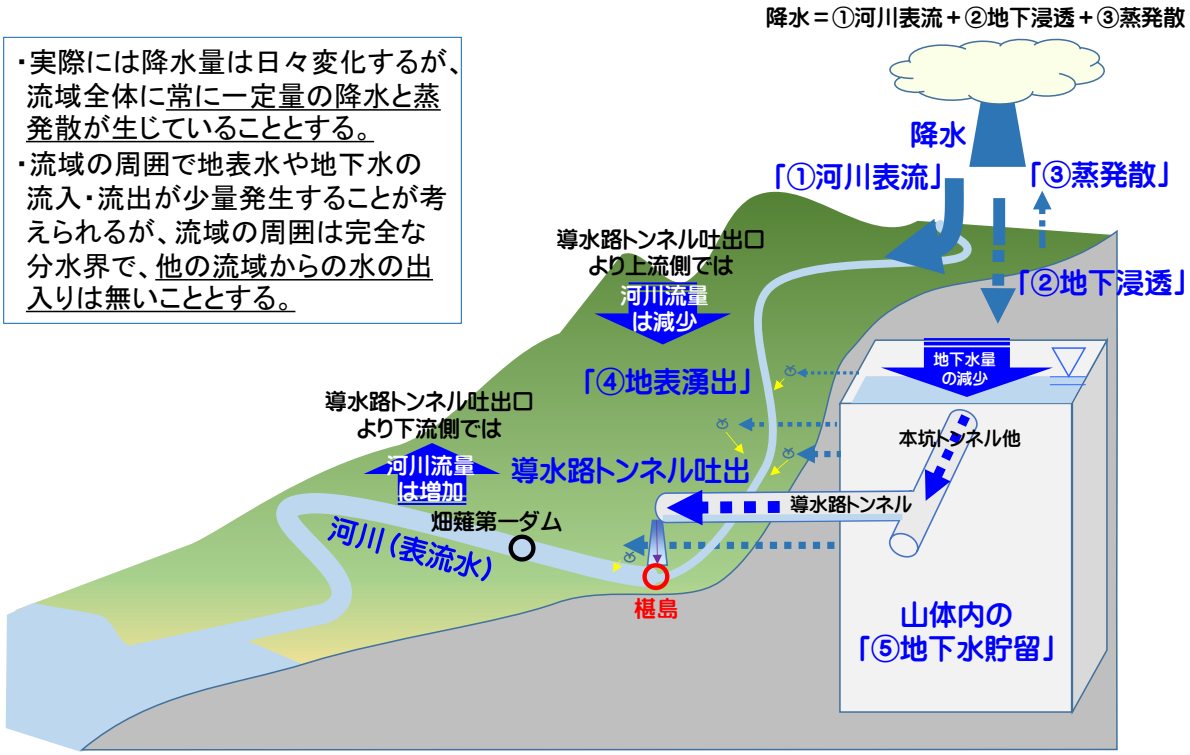


図 ４－１９　トンネル掘削完了時

・椹島（さわらじま）上流側及び下流側（図　４－１９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　４－２０にお示しします。

・椹島（さわらじま）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。

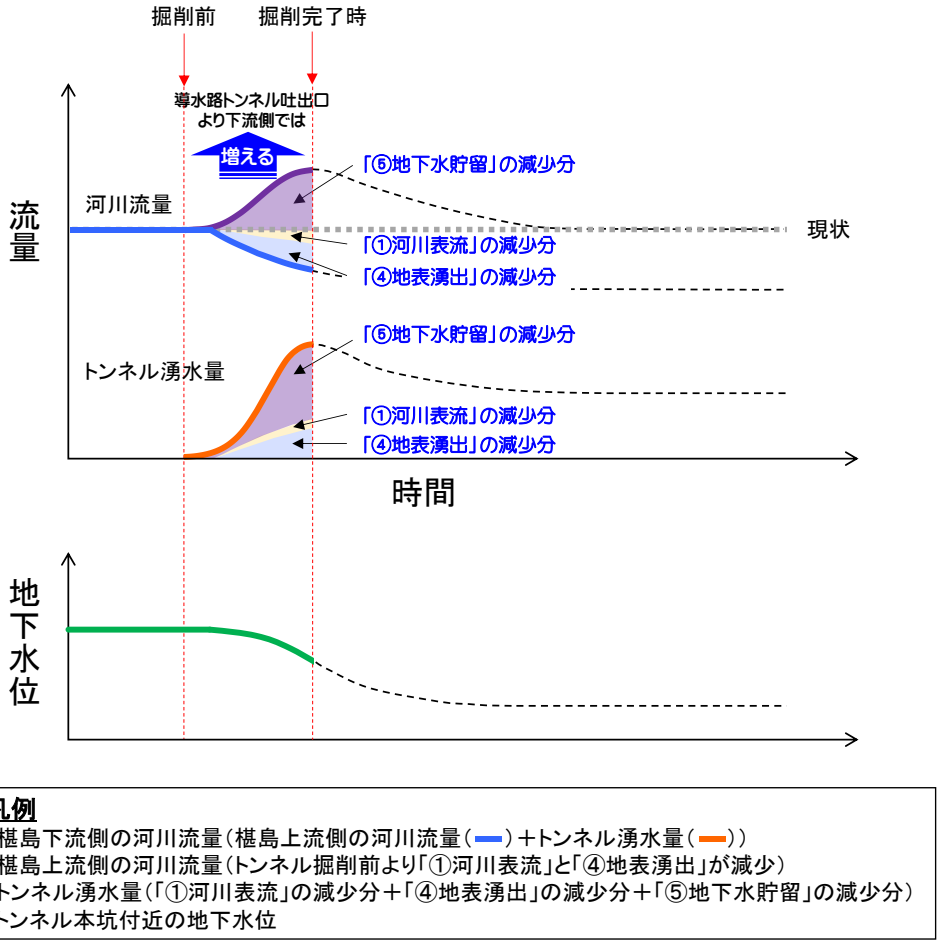


図　４－２０　椹島上流側・下流側の河川流量とトンネル湧水の変化

（トンネル掘削完了時）

※掘削中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、「（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」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 ４－２１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。

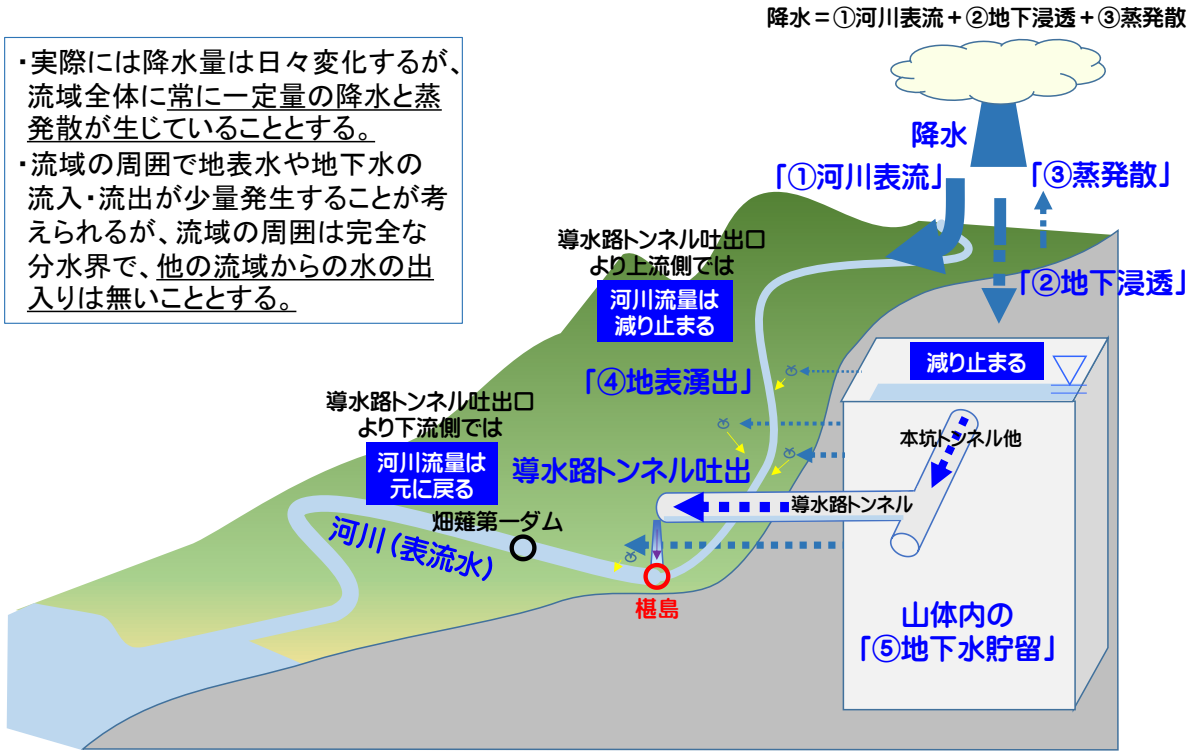
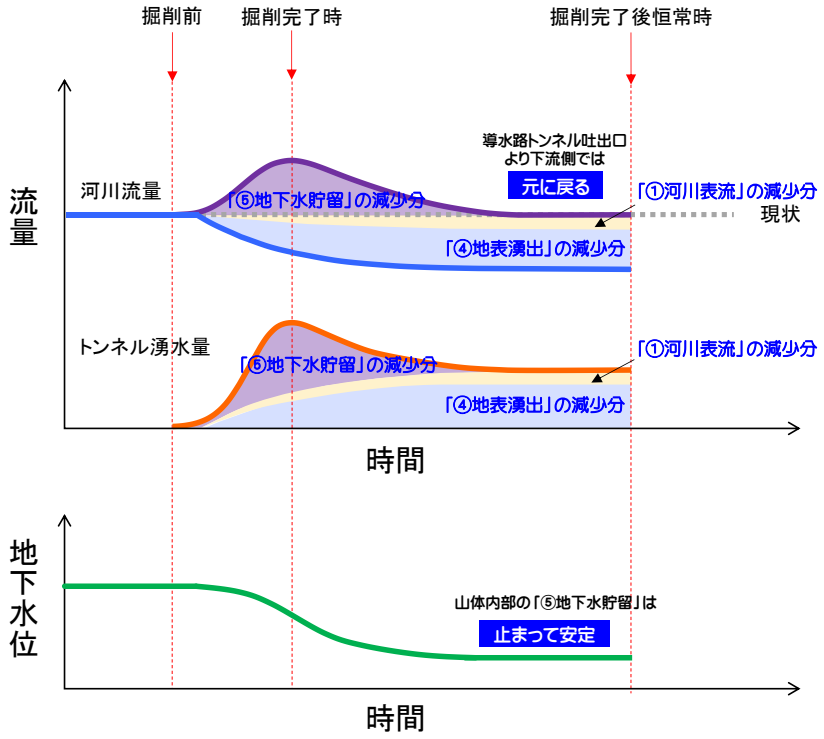


図 ４－２１　トンネル掘削完了後恒常時

・ 椹島（さわらじま）上流側及び下流側（図 4－２１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 4－２２にお示しします。

・ 椹島（さわらじま）下流側の河川流量（図中の―）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椹島（さわらじま）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―）は、「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

- 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位

図 4－２２ 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）

２）水収支解析による検討

ア．本線トンネルから椹島（さわらじま）付近までの検討

・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、ＪＲ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、椹島（さわらじま）より上流側（田代ダム上流の地点）と、椹島（さわらじま）より下流側（椹島（さわらじま）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 ４．１９～図 ４．２４にお示しします。

・各時点について、ＪＲ東海モデルでは、以下①～⑥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、①～⑥にお示しする当該時点での月平均値としました。

【各時点】

①トンネル掘削前

②千石非常口～導水路トンネル間が貫通する時期

③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

④西俣非常口～導水路トンネル間が貫通する直前の時期

⑤トンネル掘削完了時

⑥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１２．１m^3／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１０．０m^3／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２m^3／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５．７m^3／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４．７m^3／秒に減少し、その差は約１m^3／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、榛島でトンネル湧水を流すことにより、榛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１０．９m^3／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１１．９m^3／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１１．４m^3／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、榛島下流側での河川流量は、トンネル掘削前の約８．６m^3／秒から掘削完了後恒常時には約８．９m^3／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。

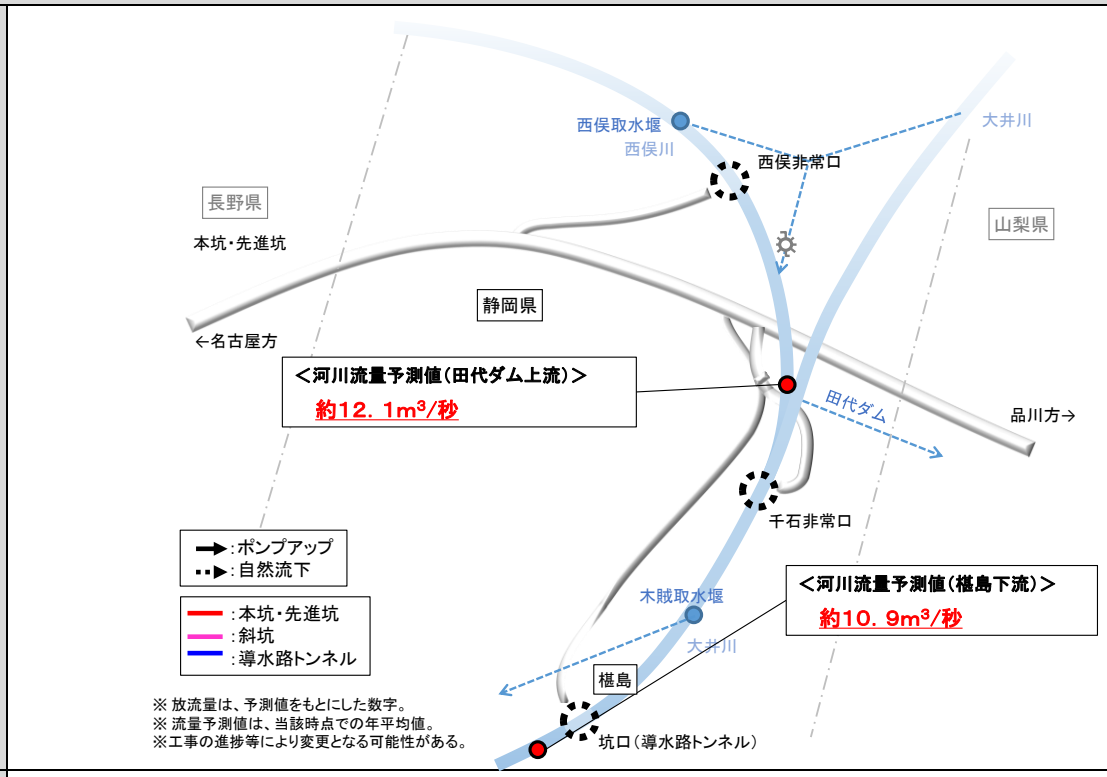
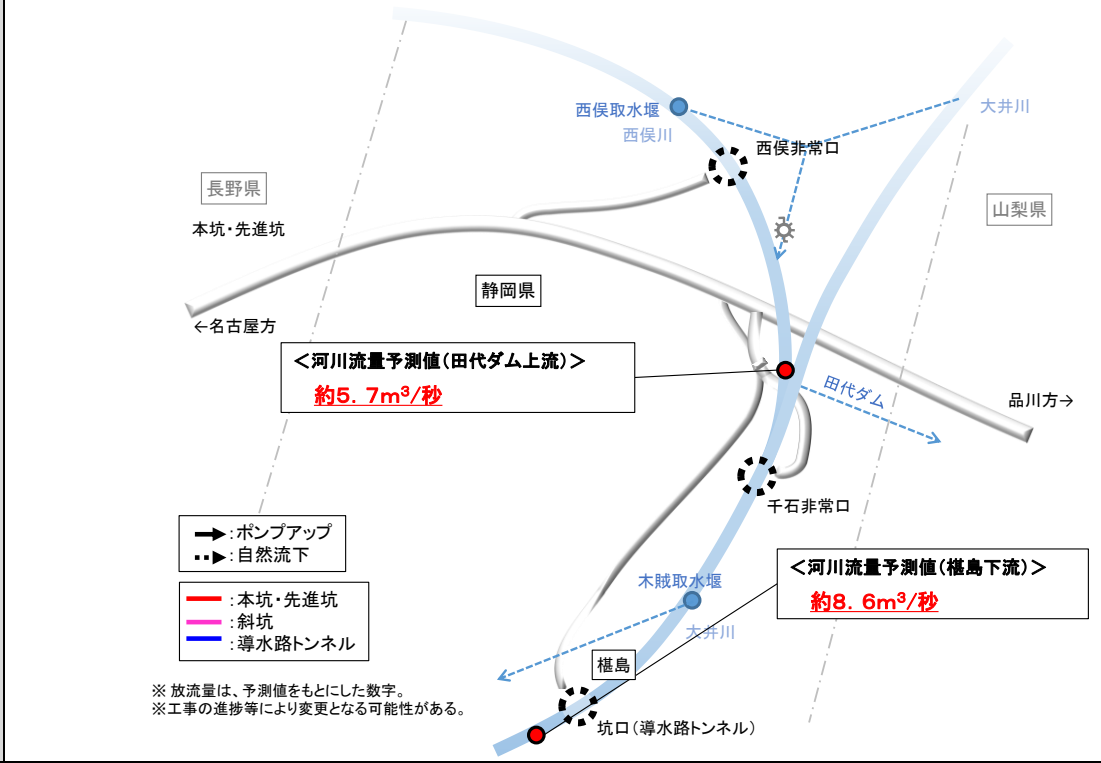
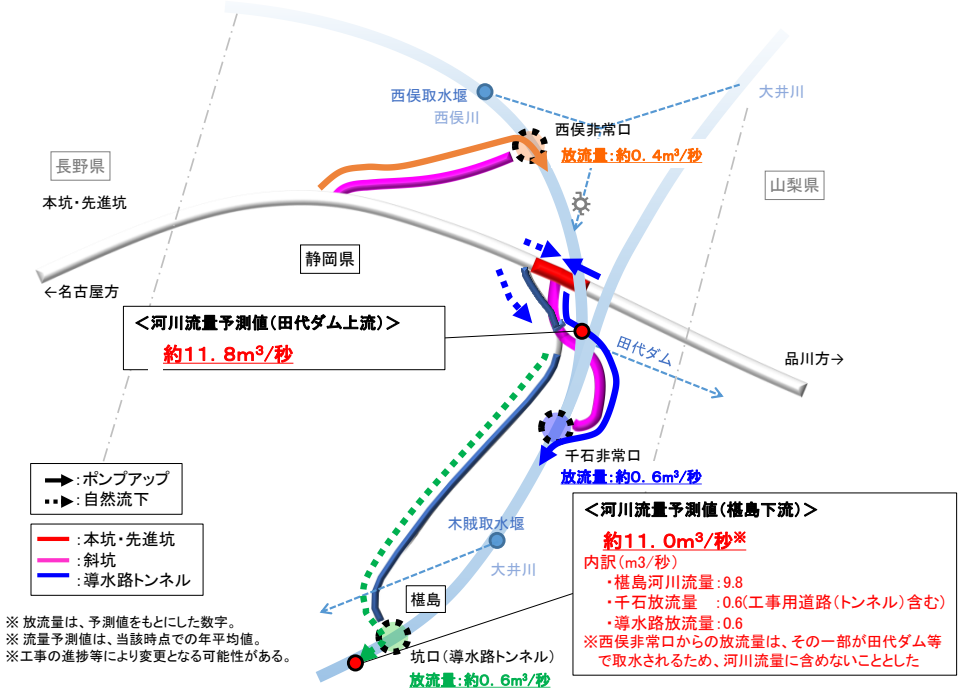
①トンネル掘削前	
ＪＲ東海	
静岡市	
説明	・両モデルで河川流量の結果に違いがあるのは、解析へ入力している降水量及び各ダムからの取水量の設定が異なるためです。 ・降水量について、ＪＲ東海モデルではメッシュ平年値の降水量から田代ダム付近の年間総流量（実測値）に合うように補正した降水量（約４，２００ｍｍ）を用いたのに対して、静岡市モデルでは同付近でのメッシュ平年値データ（約２，１００ｍｍ）を用いています。 ・静岡市モデルの椹島（さわらじま）下流側の河川流量が田代ダム上流の河川流量より大きいのは、田代ダム、木賊堰堤等からの取水量を考慮していないためです。

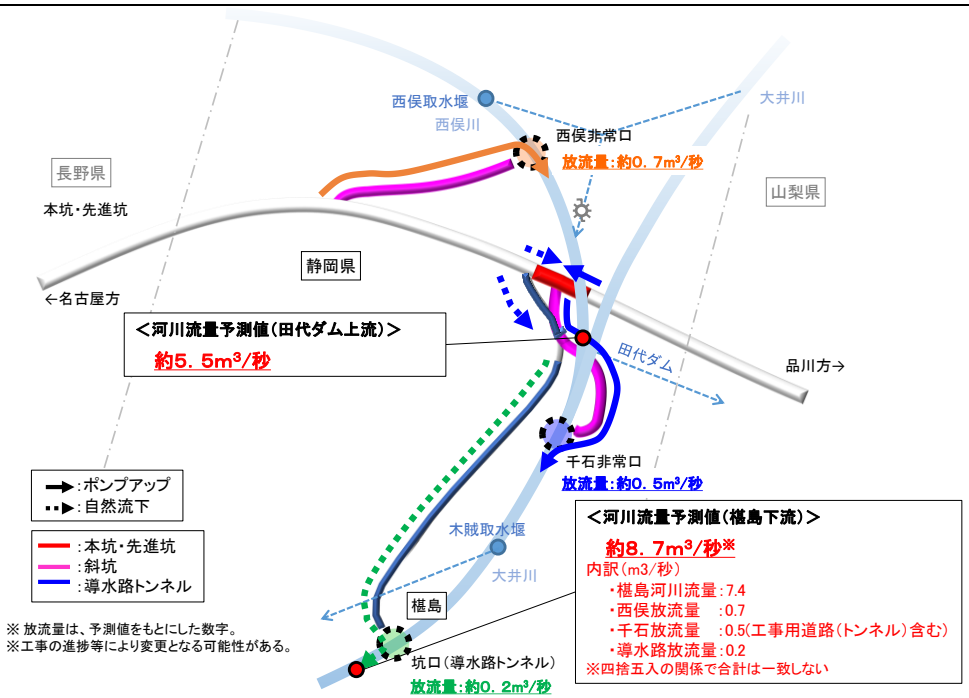
図　４－２３　トンネル掘削前の予測結果

②千石非常口～導水路トンネル間が貫通する時期

JR東海



静岡市



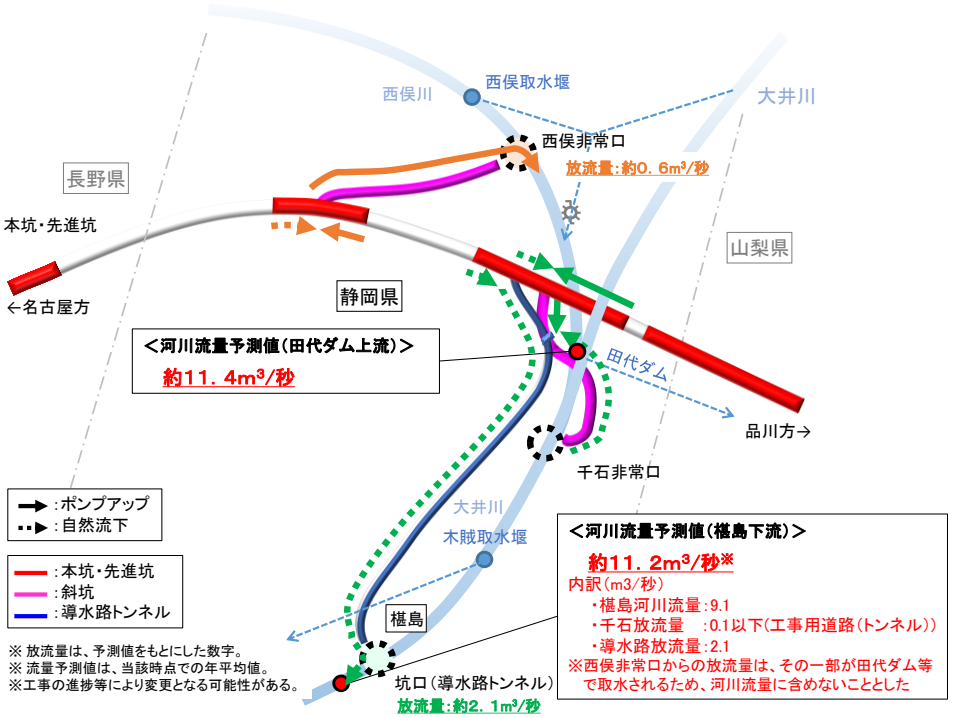
説明

・掘削中の本坑・先進坑及び千石非常口からの湧水を全て千石非常口から大井川に流しており、その量が最大となる場面です。
・また、掘削中の西俣非常口からの湧水、同じく掘削中の導水路トンネルからの湧水についても、それぞれ西俣川と大井川に流しています。
・両モデルにおいても田代ダム上流における河川流量は、トンネルがない場合と比較して減少していますが、各非常口、導水路トンネルからの湧水を河川に流すことで、椹島（さわらじま）下流側における河川流量は、トンネルがない場合を上回っています。
・両非常口及びそれに接続する本坑・先進坑の掘削に伴いトンネル内に湧出したトンネル湧水を河川に放流した結果、流量が増加するためです。

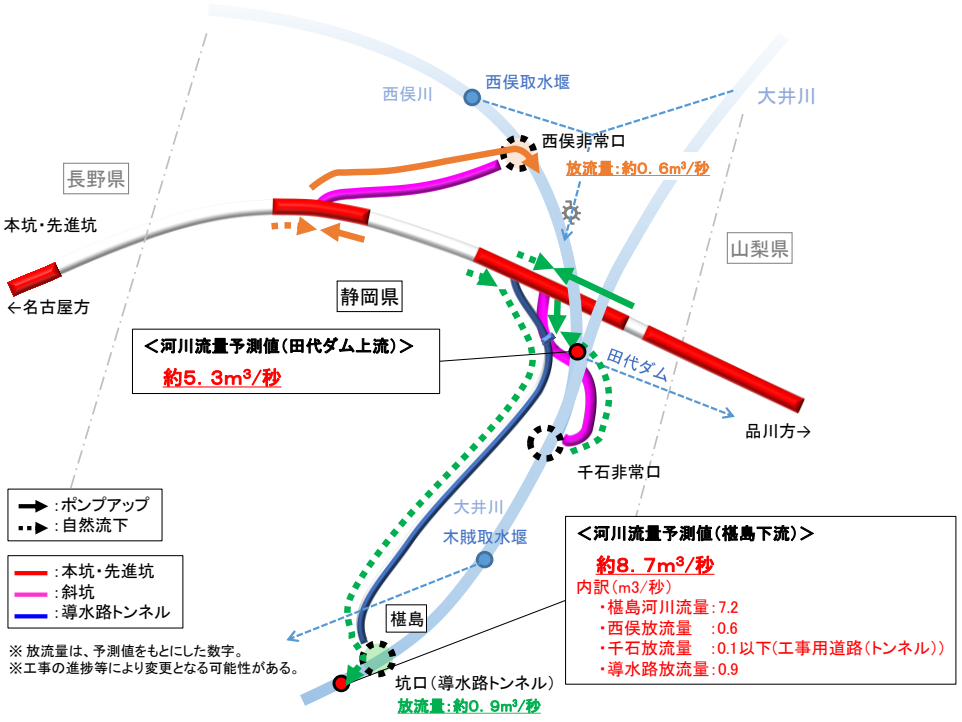
図　4－２４　千石非常口～導水路トンネル間が貫通する時期の予測結果

③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

JR東海



静岡市



説明

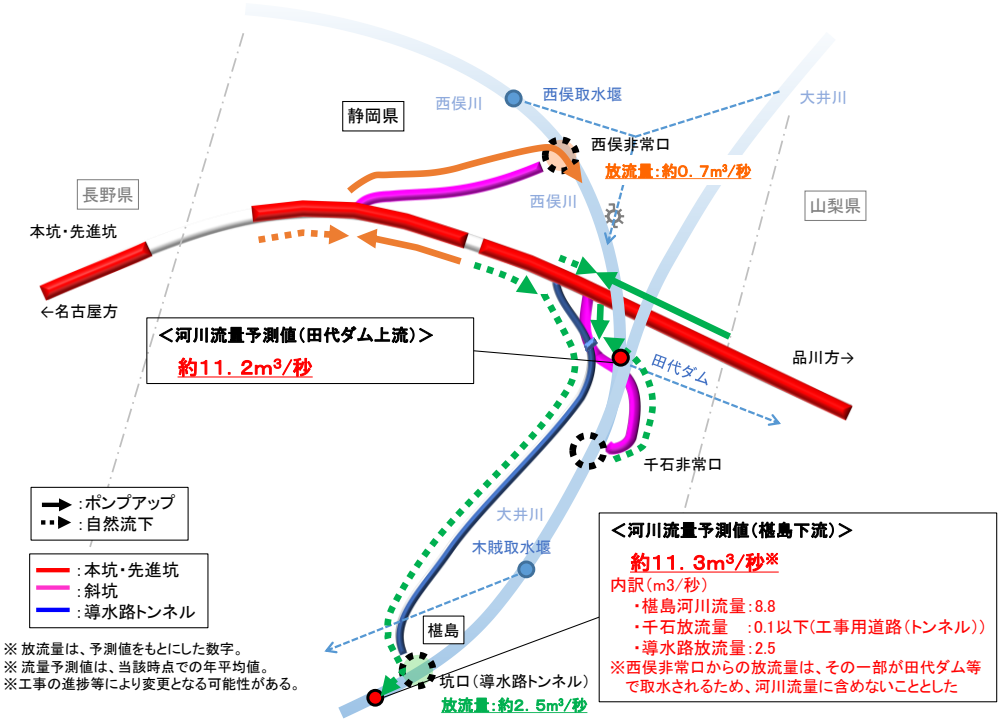
・山梨県側からの先進坑と静岡県側からの先進坑が貫通する直前であり、先進坑掘削中に発生する湧水については山梨県側へ流出している状態です。この期間も西俣非常口、導水路トンネルからの湧水を河川に流すことで、椹島（さわらじま）下流側における河川流量は、トンネルがない場合を上回っています。

・山梨県境付近の断層帯を掘削することにより、トンネル湧水が山梨県側へ流出し、地表への湧出量は減少しますが、一方で静岡県内での他の工事区間において、掘削の進捗に伴いトンネル内に湧出したトンネル湧水を西俣川、大井川に流すことで合計としての湧水量は増加するためです。

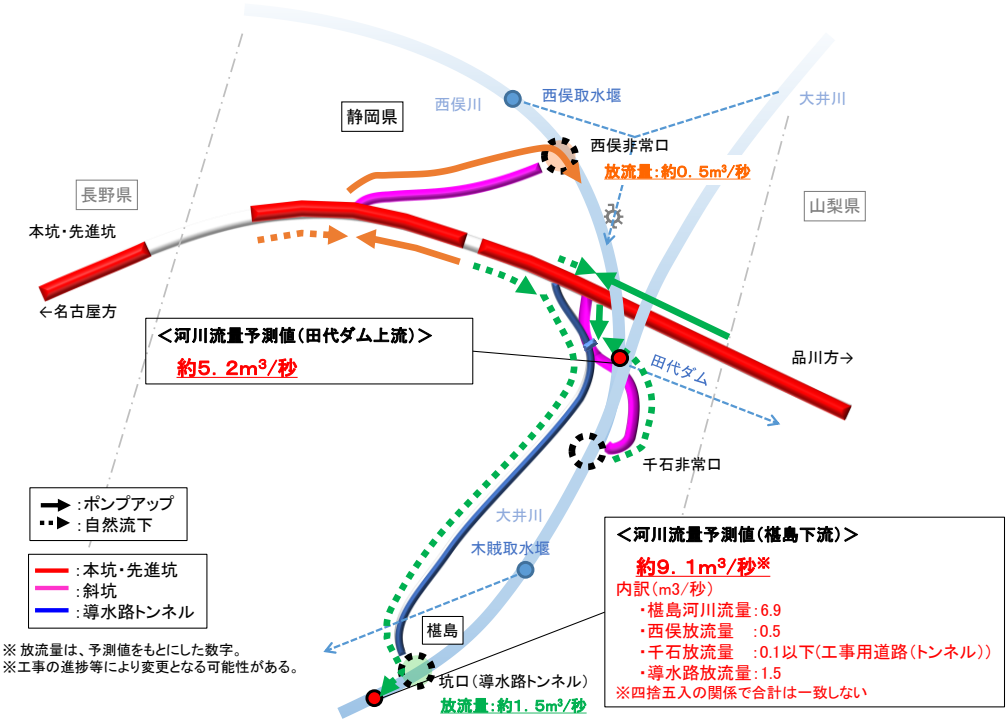
図　4－２５　山梨県側先進坑が貫通する時期の予測結果

④西俣非常口～導水路トンネル間が貫通する直前の時期

JR東海



静岡市



説明

- 西俣非常口から掘削を行っている本坑・先進坑からの湧水は全て西俣非常口から西俣川に流しています。
- この時点では、静岡県内で発生した湧水は全て西俣川及び導水路トンネルを経由して、大井川に流れます。

図　4－２６　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

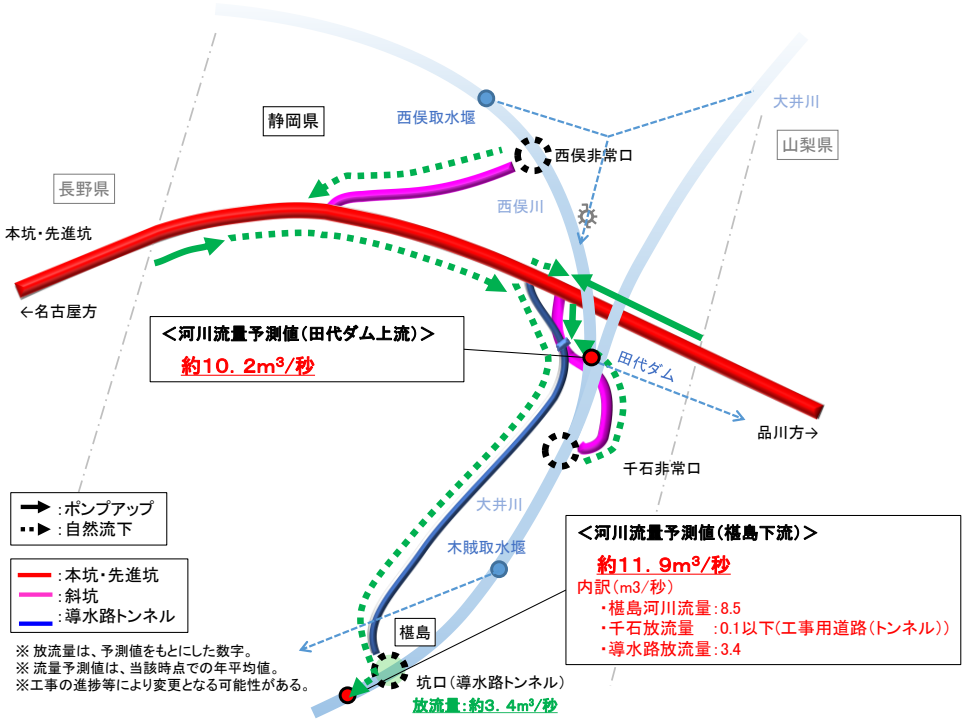
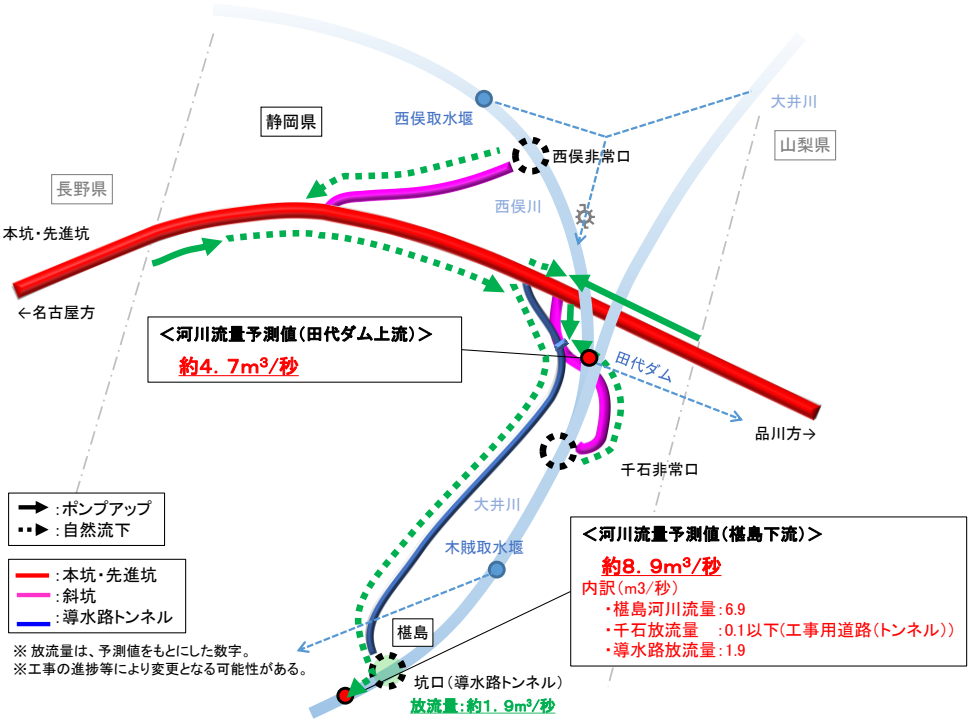
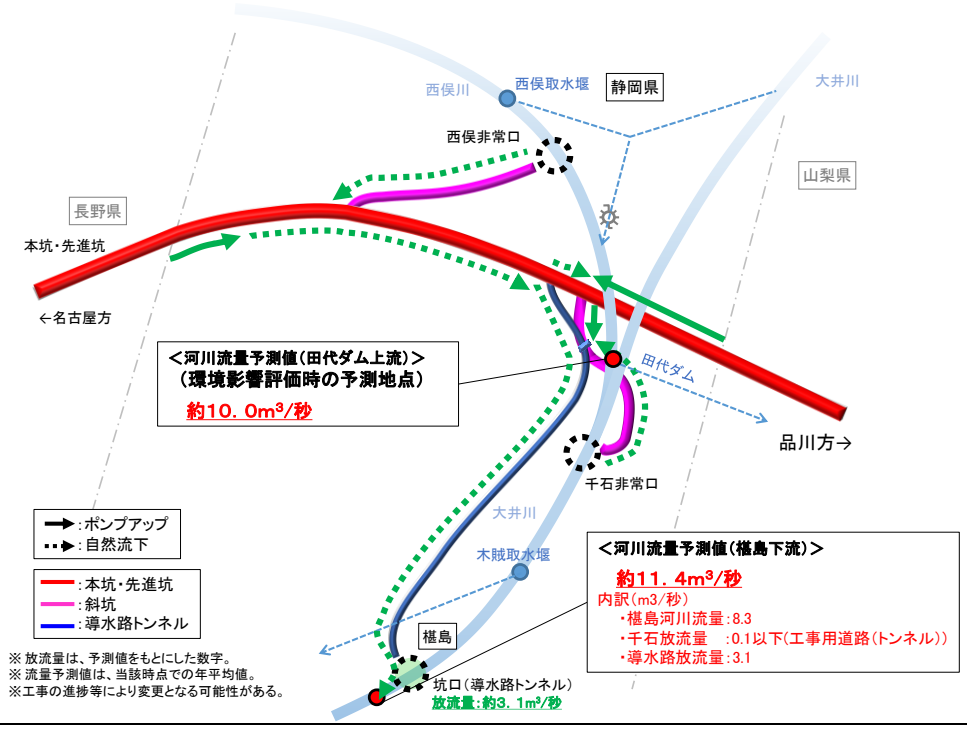
⑤トンネル掘削完了時	
JR東海	
静岡市	
説明	・トンネル掘削完了時です。 ・静岡県内に発生する全てのトンネル湧水が、導水路トンネルを経由して、大井川に流れます。

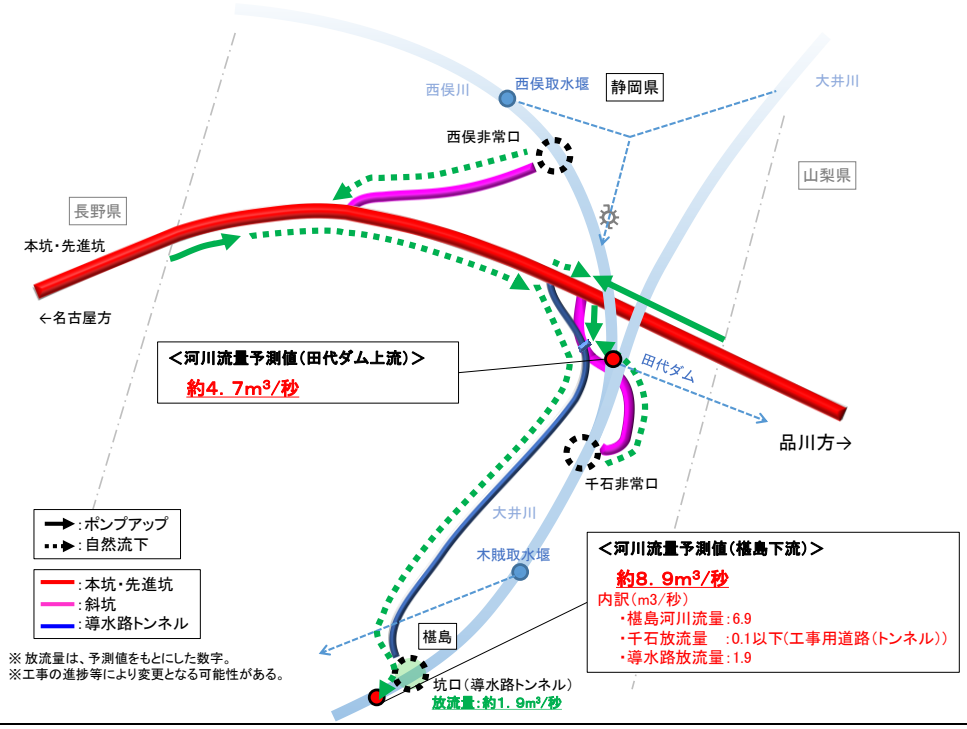
図　4－２７　トンネル掘削完了時点の予測結果

⑥トンネル掘削完了後恒常時

ＪＲ東海



静岡市



説明

・貯留していた地下水の減少が止まり、地下水位が安定した状態です。
・椹島（さわらじま）上流側における河川流量は、この時期に最も少なくなっています。
・一方で、椹島（さわらじま）下流側での河川流量は、どちらのモデルでもトンネルがない場合よりも多くなっています。
・これは、静岡市モデルではトンネル掘削に伴い、県境付近の断層帯で地下水位が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。また、ＪＲ東海モデルでは、条件設定において発電のための取水量を、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取水量を与えているためです。

図　4－２８　トンネル掘削完了後恒常時の予測結果

イ．椹島（さわらじま）からさらに下流側における検討（トンネル掘削完了後の恒常時）

・河川流量の予測地点については、両モデルでの地下水位の低下範囲を踏まえて、「（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椹島（さわらじま）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（椹島（さわらじま））の河川流量の評価をもって、椹島（さわらじま）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」、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（椹島（さわらじま））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。」とのご意見がありました。

・これらの静岡県のご意見について、まず、水収支解析の結果より椹島（さわらじま）からさらに下流側における地下水位や地表への湧出量の変化及び河川流量への影響を確認しました。

① 水収支解析の結果

・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変化について確認しました。（図　４-２９）

・図　４-２９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、南に行くにつれて収束していく傾向にあり、椹島（さわらじま）付近ではトンネル近傍に比べ極めて小さくなっています。

・また、椹島（さわらじま）付近から長島ダム付近（解析領域南端）において、トンネル掘削による地下水位の低下はほとんど見られません。

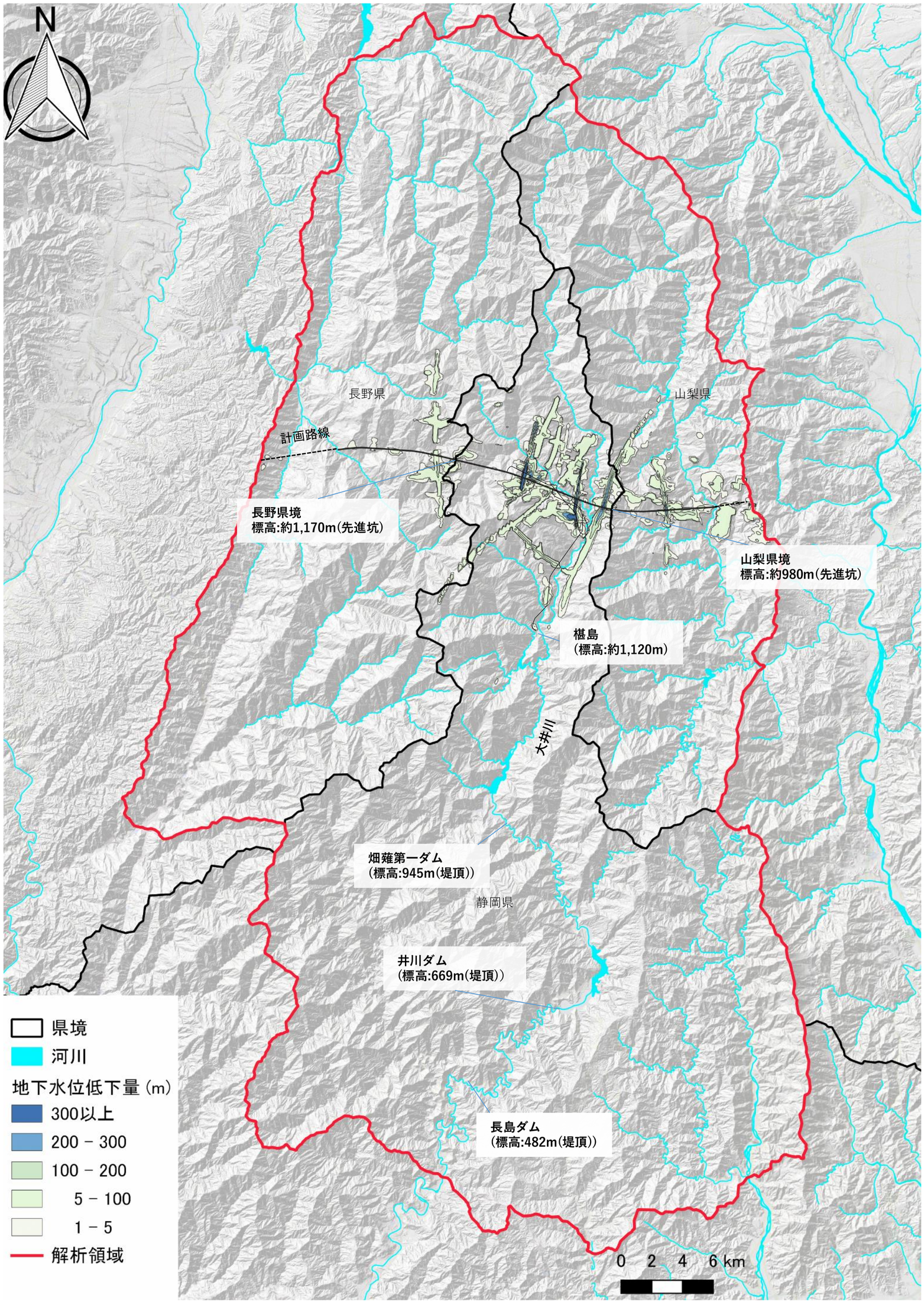


図 4-29 静岡市モデル 地下水位低下量平面図（トンネル掘削完了後の定常状態）（解析領域全体）

・次に、静岡市モデルによりトンネル掘削による地表への湧出量の変化について確認しました。（トンネル掘削前：図　４－３０、トンネル掘削完了後恒常時：図　４－３１、掘削前後の差分：図　４－３２）

・図　４－３２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、椹島（さわらじま）付近より上流側では谷部など一部で減少しています。

・さらに、椹島（さわらじま）付近から長島ダム付近（解析領域南端）まででは、椹島（さわらじま）より約１．５ｋｍ下流側に位置する赤石沢付近の一部で減少が見られました。

・赤石沢付近での湧出量の減少が河川流量に及ぼす影響を確認するために、椹島（さわらじま）下流地点に加え、その約１５ｋｍ下流にある畑薙第一ダムまでの各地点（赤石沢合流地点、畑薙湖上流地点、畑薙第一ダム）において、トンネル掘削前、トンネル掘削完了後恒常時の河川流量（畑薙第一ダムは流入量）及びその差分を解析により算出しました。

・その結果、図　４－３４にお示しするとおり、椹島（さわらじま）下流地点での河川流量の差分は、赤石沢合流地点、畑薙湖上流地点及び畑薙第一ダムでの河川流量の差分に比べて僅かに大きくなりました（+０．００９ｍ^3／秒：図　４－３４の青色下線の差分）。また、赤石沢合流地点での河川流量の差分は、畑薙湖上流地点から下流側の各地点での河川流量の差分と同じ値になりました。

・これは、赤石沢付近で地下から地表へ湧出して大井川に流れるはずだった赤石沢付近での湧出量の減少分に相当する水量はトンネル内にトンネル湧水として湧出し、導水路トンネルを通じて大井川に流すため、椹島（さわらじま）から赤石沢合流地点までの区間（図　４－３４の紫色線で示す区間）の河川流量は、赤石沢付近での湧出量の減少分が加わることにより僅かに大きくなり、赤石沢が大井川に合流する赤石沢合流地点より下流側の河川流量は、これらが相殺されて元に戻るためです。

・なお、トンネル掘削完了後恒常時の河川流量がトンネル掘削前よりも大きい値となっている主な要因は、図　４－２８に説明のとおり、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集めてポンプアップし、大井川に流すことによるものと考えられます。

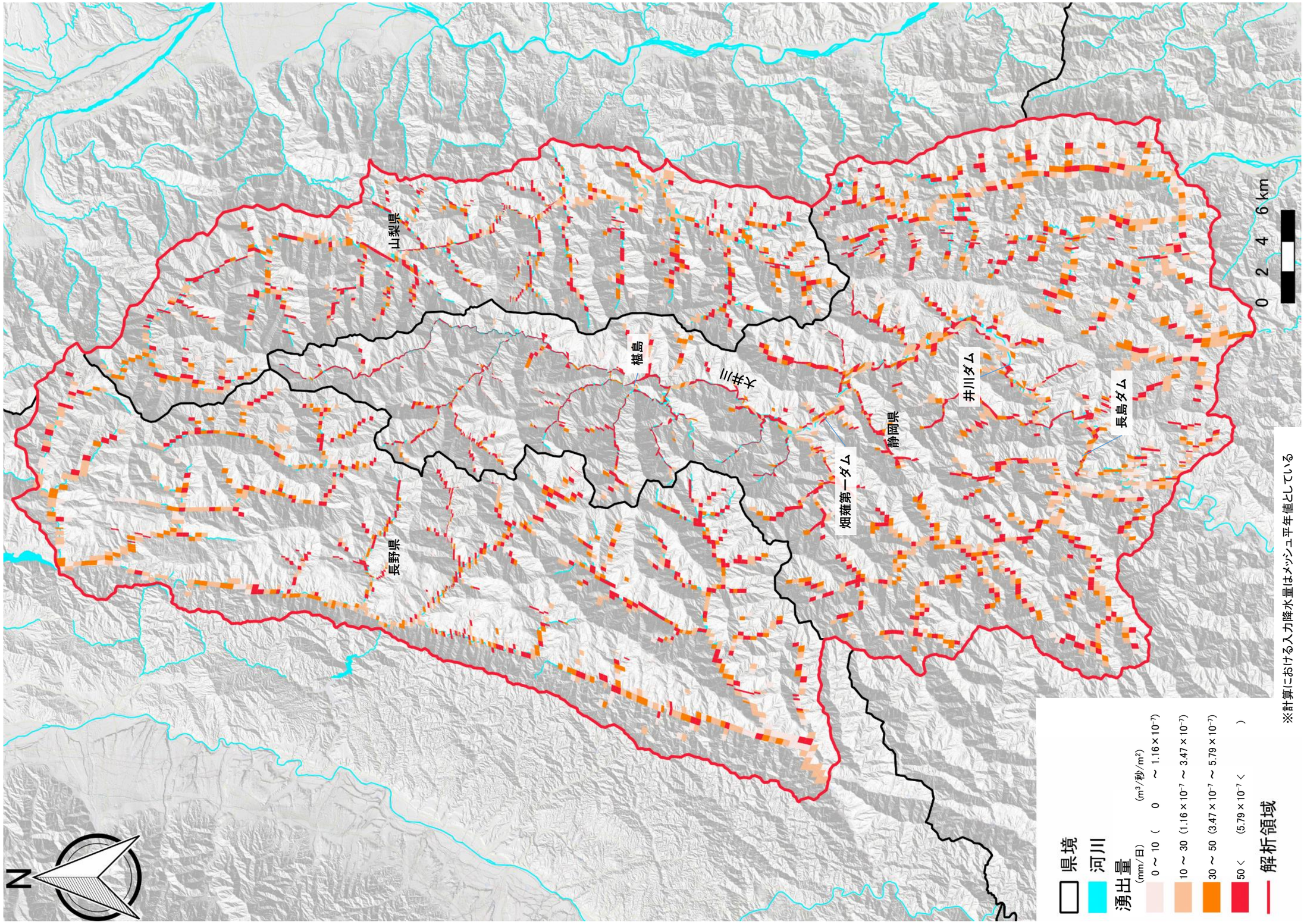


図　4－３０　静岡市モデル　地下水湧出量図（トンネル掘削前）

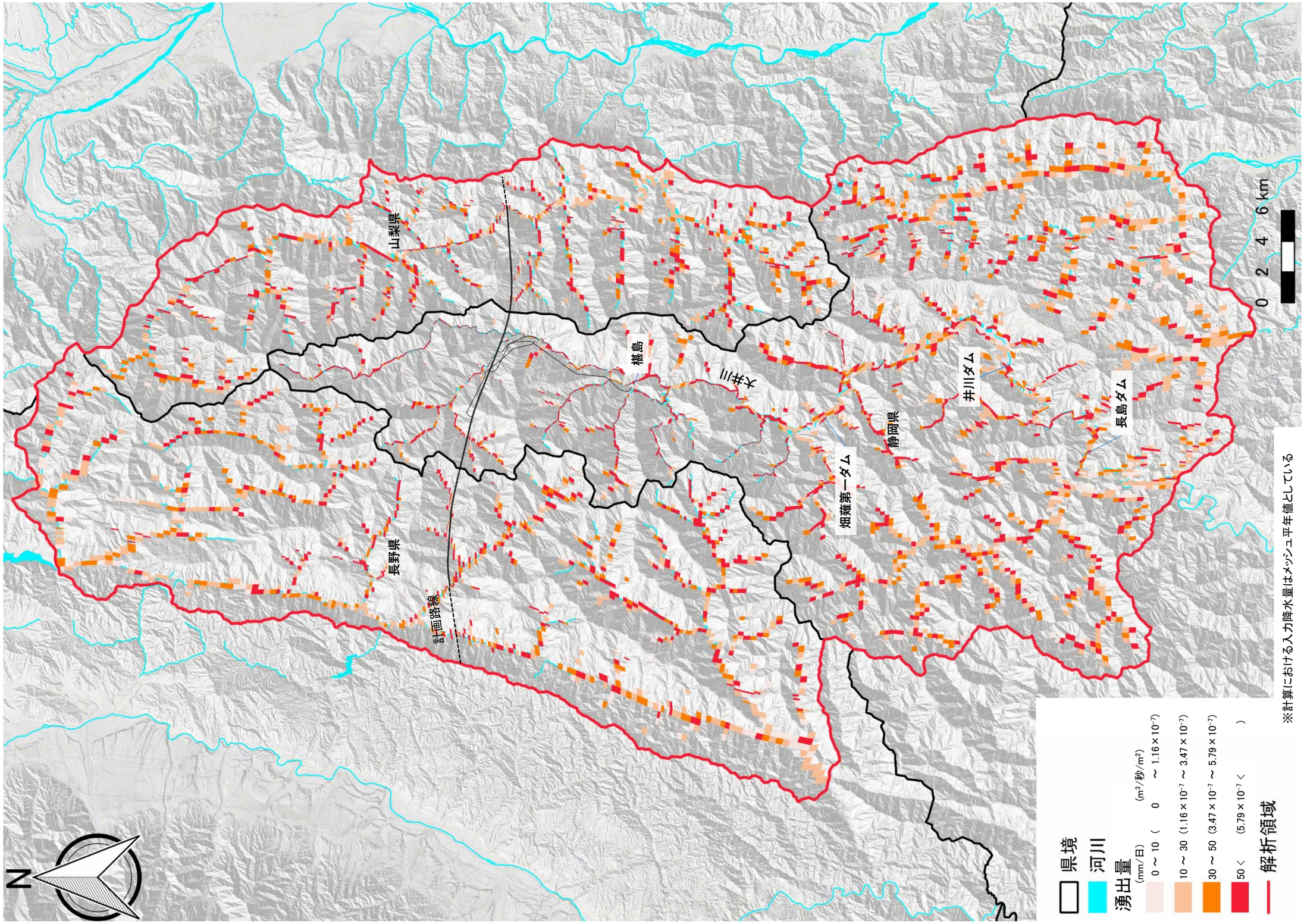


図 4-３１ 静岡市モデル 地下水湧出量図（トンネル掘削完了後恒常時）

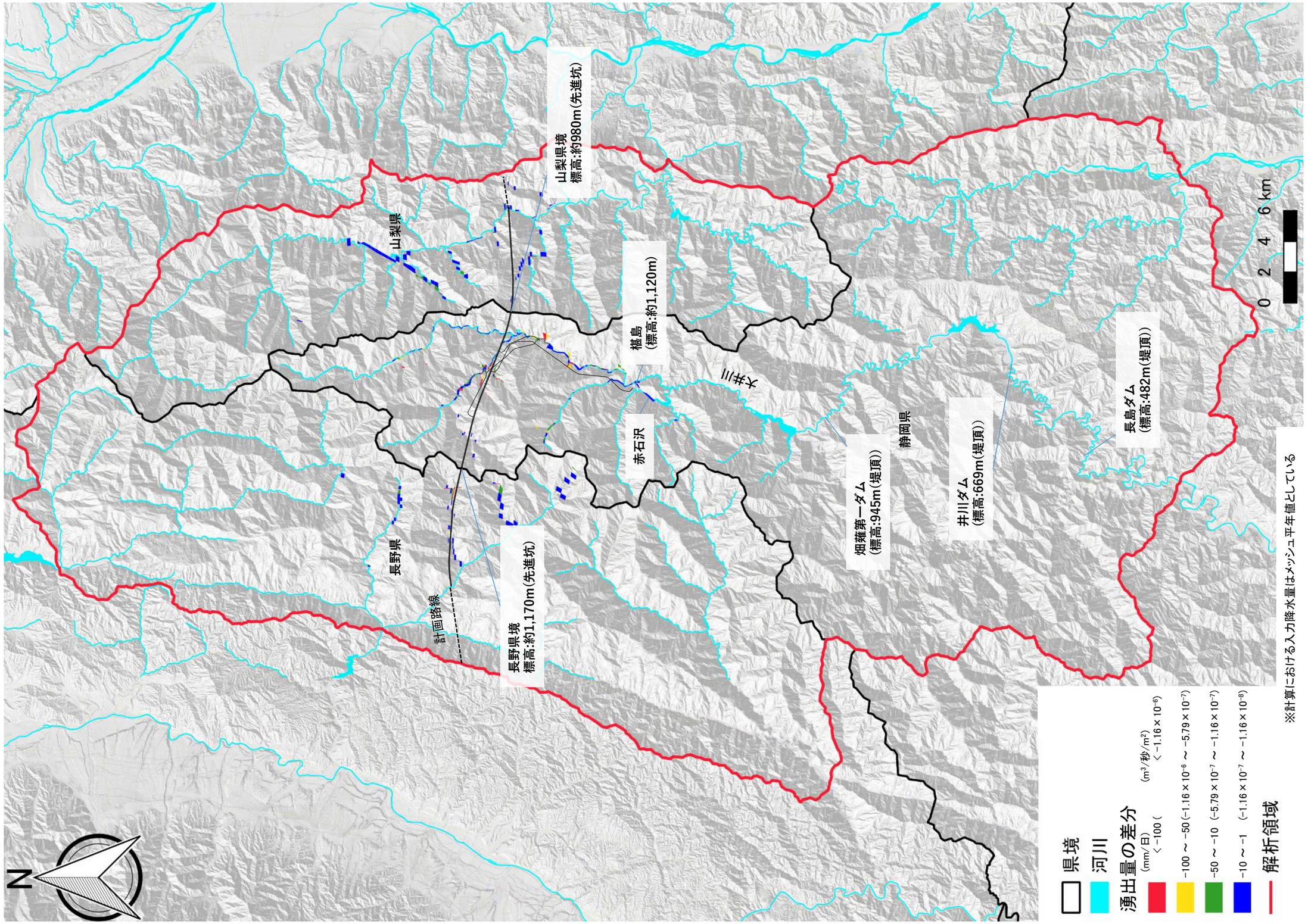


図 4-３２　静岡市モデル　地下水湧出量差分図（トンネル掘削前と掘削完了後恒常時の差分）

・これらの解析結果を踏まえ、トンネル掘削に伴い、椹島（さわらじま）からさらに下流側において生じる現象は以下の通りと考えられます。

② 椹島（さわらじま）から下流側で生じる現象

・大井川上流部のトンネル掘削により、本線トンネル付近や主要な断層付近において地下水位が低下して、地下水にかかる圧力が低下することで地下水の流動に影響が生じ、その影響範囲においては、地下水の地表湧出量が減少するなどの現象が起きる可能性が想定されますが、地下水位の低下範囲は椹島（さわらじま）付近で概ね収まるものと考えています。

・椹島（さわらじま）から下流側の解析結果を精査すると、トンネル掘削により地表湧出量の減少する範囲が導水路トンネル吐出口である椹島（さわらじま）よりも下流側の支流（赤石沢）に及んでいましたが、これらの地表湧出の減少分に相当する水量はトンネル内にトンネル湧水として湧出し、導水路トンネルを通じて大井川に流すため、導水路トンネル吐出口である椹島（さわらじま）では河川流量はトンネル掘削前よりも増加し、大井川本流と支流（赤石沢）との合流地点ではトンネル掘削前の河川流量は維持されると考えられます。（図 4－３３）

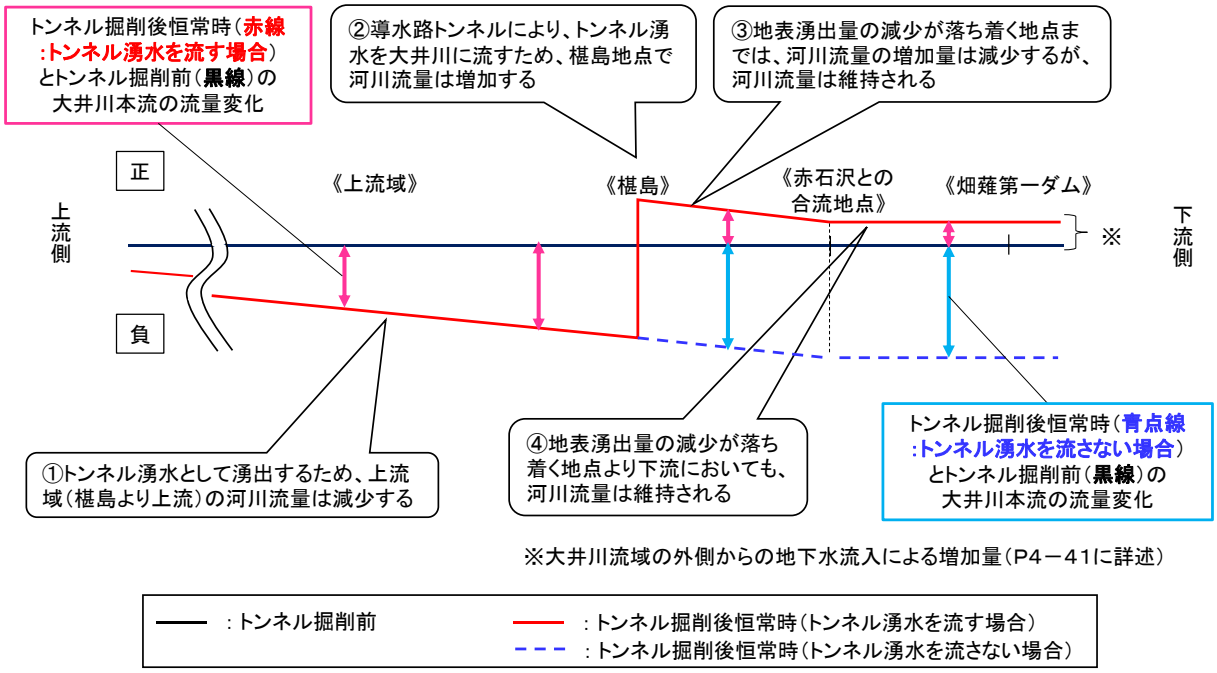
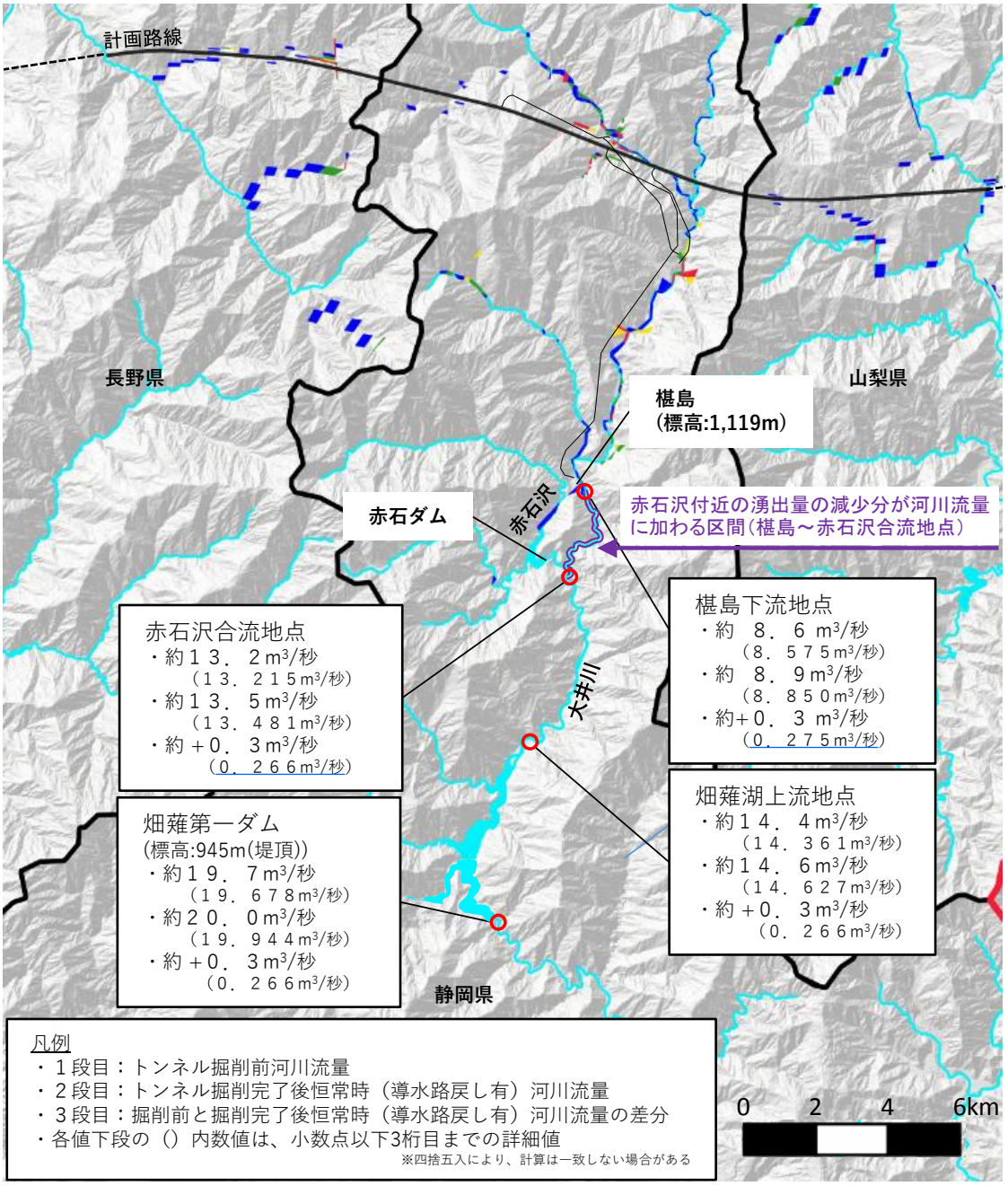


図 4－３３ トンネル掘削後恒常時とトンネル掘削前の大井川本流の流量変化（イメージ）

・以上より、大井川本流の河川流量は、椹島（さわらじま）及びそのさらに下流側においても、トンネル掘削前の流量が維持されるため、中下流域の河川流量は維持されると考えられます。



※各地点において、トンネル掘削完了後恒常時の河川流量がトンネル掘削前よりも大きい値となっている主な要因は、図4．28に説明のとおり、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集めてポンプアップし、大井川に流すことによるものと考えられます。

図 4－３４ 静岡市モデル 河川流量予測結果

（トンネル掘削前と掘削完了後恒常時）（椹島（さわらじま）付近から畑薙第一ダム付近）

・以上の（３）の結果をまとめると、以下のとおりとなります。
・トンネル掘削に伴うトンネル湧水は、河川流量の減少分と地下水貯留量の減少分を合わせた量になると考えられ、トンネル湧水を導水路トンネル等により椹島（さわらじま）から大井川へ流すことにより、導水路トンネル吐出口のある椹島（さわらじま）下流側では、トンネル掘削前の河川流量は維持されることが考えられます。
・解析においては、工事開始後の各段階における椹島（さわらじま）下流地点での大井川の河川流量は、ＪＲ東海モデル、静岡市モデルのいずれのモデルにおいても、トンネル湧水を導水路トンネル等により大井川に流すことによって、掘削中から掘削完了後恒常時まで常にトンネル掘削前の流量が維持される同一の傾向が確認されました。
・椹島（さわらじま）から下流側の解析結果を精査すると、椹島（さわらじま）より下流に位置する支流（赤石沢）の一部で地下水の地表湧出量がトンネル掘削により僅かに減少することが確認されましたが、この地表湧出量の減少分に相当する水量はトンネル内にトンネル湧水として湧出し、導水路トンネルを通じて大井川に流すため、導水路トンネルの吐出口である椹島（さわらじま）より下流側の大井川本流において、掘削完了後恒常時の河川流量が維持される結果に変わりはありませんでした。
・以上の解析結果からも、大井川本流の河川流量については、椹島（さわらじま）及びそのさらに下流側においてもトンネル掘削前の流量が維持されるため、中下流域の河川流量は維持されると考えられます。

・このように、トンネル湧水を導水路トンネル等により大井川へ流すことを確実に進めてまいりますが、これらの解析結果や対策の効果には不確実性を伴うことから、椹島（さわらじま）付近に新たに観測井を設置し地下水位のモニタリングを行うとともに、導水路トンネルの湧水量と放流箇所付近の河川流量を確認していきます。
・また、解析において、トンネル掘削の影響により赤石沢付近での地下水の地表湧出量の減少が確認されたことから、赤石沢付近で河川流量の計測を行うとともに、赤石ダムへの流入量データ等を活用するなどして、影響の程度をモニタリングしていきます。
・工事中は、モニタリングの実施により、トンネル湧水量、河川流量、地下水位等の変化を早期に検知した場合には、「７．トンネル掘削に伴う水資源利用へのリスクと対応　（１）リスク対応の考え方」にお示しするとおり、リスク要因を考察した上で、対応について検討を進めてまいります。