

3. トンネル掘削に伴う地下水位変化による沢の水生生物等への影響と対策

(1) GETFLOWS による沢の流量変化の分析

1) 有識者会議における議論の経緯

- ・これまでに当社は、リニア中央新幹線静岡工区有識者会議（以下、有識者会議という）において、トンネル工事による水資源に対する環境保全措置（導水路トンネル等施設の規模等）の検討を目的としたトンネル水収支モデル（解析コード：TOWNBY）と南アルプスにおける自然環境の保全を目的として静岡市が実施した統合型水循環解析モデル（GETFLOWS）の2つの解析モデルを活用し、ご説明してきました。
- ・その後、2022年6月の第14回有識者会議以降開催されている環境保全に関する有識者会議においては、委員より上流部の沢への影響確認のためにはGETFLOWSを活用することが良いのではないかとのご意見を頂いています。
- ・2023年2月の第20回有識者会議では、静岡市が実施した南アルプス地域を対象としたGETFLOWSによる解析（以下、静岡市モデルという）の概要や現状の静岡市モデルにおける大井川上流部の、沢や西俣川、大井川本流（以降、沢等という）の流量について、解析値と観測値を比較した結果をご説明しました。
- ・その結果、流量が大きい沢等については、解析値と観測平均値は概ね整合し、流量の小さい沢等については、解析値と観測平均値の差が大きい傾向がみられ、特に流域に断層を含む沢等については、観測平均値に対して、解析値が小さくなる傾向がみられました。
- ・これは、解析モデルでは、断層部の透水性を大きく設定していることにより、地下への浸透量が大きく、地表面への湧出量が小さくなることから、解析上の流量が小さく算出されているものと考えられます。なお、流量が大きい沢等については、解析値と観測平均値が概ね整合していることから、流量が小さい沢等の解析値と観測平均値の差が大きいということによって、大井川全体の流量評価に影響は与えないものと考えています。
- ・第20回会議において、委員から、どのような透水係数を設定すると解析値が観測値に近づくのか、またその理由を考察することとのご意見を頂きました。
- ・ご意見を踏まえ、第21回会議では、主要な断層の透水係数を $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ とした場合、解析値が観測平均値に近づくことをご説明し、これは、主要な断層の透水性を下げることにより、断層沿いの地下水流動が地表面への上向きとなり、沢へ湧出する地下水が増え、解析上の沢流量が増加したことによるものと考えました。
- ・また、今後は、上流域の沢の影響分析という目的を踏まえ、主要な断層の透水係数は、

解析値と観測平均値の整合性が改善された $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ をベースとし、上流域に特化した解析範囲や格子サイズを設定して新たに作成するモデルにて、影響分析を実施していくことを説明しました。

- ・第 22 回会議では、新たに作成した上流域モデルの解析条件や解析値と観測平均値の比較結果を説明し、第 23 回会議では、

①降水量を一定にした定常解析によるトンネル掘削前後の沢の流量変化と流量変化の要因

②沢の流量変化の要因を踏まえた影響の回避・低減策の検討と効果

③1 年間の降水量の変化を考慮した非定常解析による渇水期等、降水量が少ない時期におけるトンネル掘削前後の沢の流量変化

④上流域モデルでの解析結果から得られた知見と今後の方針について説明し、今後更にトンネル工事の順序を考慮した解析を行う旨を説明しました。

- ・第 23 回会議では、トンネル工事の順序を考慮したトンネル掘削に伴う沢の流量変化について、ご説明しました。

第1回～13回
有識者会議

【活用した解析モデル】

JR東海モデル（TOWNBY）、静岡市モデル（GETFLOWS）の2つのモデルを活用

第14回
有識者会議
（環境保全）以降

委員からのご意見

- ・ 上流部の沢への影響確認という目的に応じたモデルを用いるべき
- ・ GETFLOWSの方が上流部の沢の解析には親和性が高い

第20回
有識者会議

【JR】現状の静岡市モデル（GETFLOWS）における上流部の沢等の流量の解析値と観測値を比較

- ・ 流域に断層を含む沢等で観測平均値に対して解析値が小さくなる傾向
- ・ 流量が大きい沢等については、解析値と観測平均値が概ね整合していることから、流量が小さい沢等の解析値と観測平均値の差が大きいということによって、大井川全体の流量評価に影響は与えないものと考えている。

委員からのご意見

- ・ どのような透水係数を設定すべきか、またその理由を考察すること
- ・ 今まで行ってきた中下流の流量に関する議論に影響を与えるということにならない中で、より丁寧に上流の沢の議論に繋がっていくのではないかと期待はある。

第21回
有識者会議

【JR】主要な断層の透水係数を変更した結果と考察を説明

【JR】今後の方針（上流域の沢の影響分析という目的を踏まえ、新たに、上流域に特化した解析範囲や格子サイズを設定）

委員からのご意見

- ・ 透水係数を変えた形で、トンネルへの影響がどういう形で出てくるのかを確認すること

第22回
有識者会議

【JR】トンネル掘削に伴う上流域の沢の影響分析に特化した、上流域モデル（新モデル）について、以下を説明

- ・ 解析条件
- ・ 解析値と観測平均値の比較
- ・ 今後の方針

委員からのご意見

- ・ 数値解析は模型であり、考えるべき事象、メカニズムがどんなものか、どのようなプロセスによって状況が変化するかという情報を得ることができる
- ・ このモデルを使って色々な条件でどう変化が起きるか、大きく変化が起きる場所に特に注目して詳細を見ていかなければならない

次ページへ

図 3.1（1） 有識者会議における経緯（流量変化の分析）

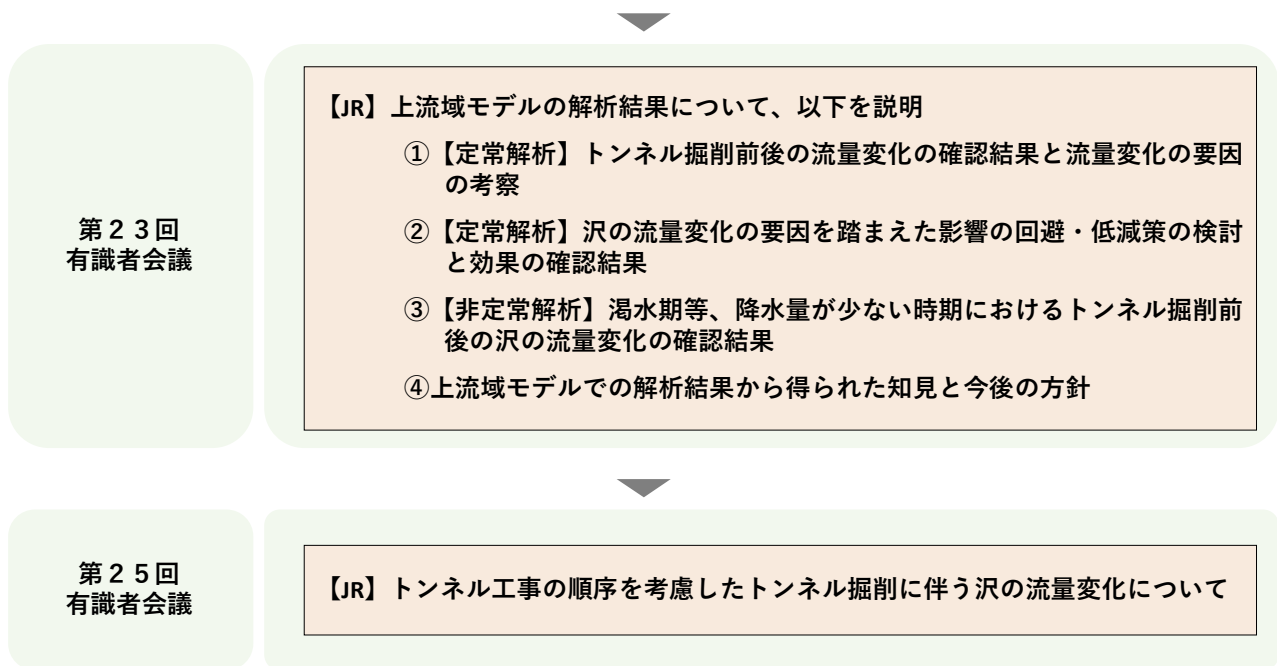


図 3.1 (2) 有識者会議における経緯（流量変化の分析）

2) 水収支解析の概要

ア. GETFLOWS の概要

- ・統合型水循環解析モデル：GETFLOWS 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。

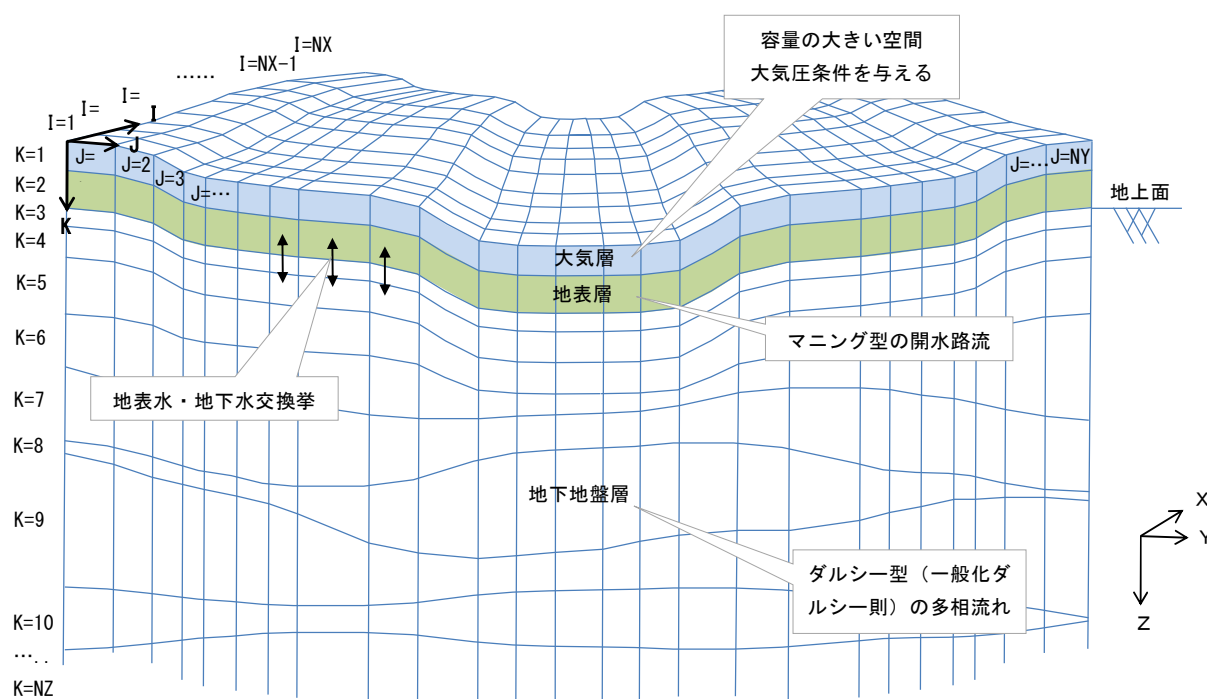


図 3.2 GETFLOWS のイメージ

イ. 静岡市モデルの解析の流れ

・解析の流れを図 3.3 にお示しします。

※ ア) ～ カ) の各項目については、次ページに詳細をお示しします。

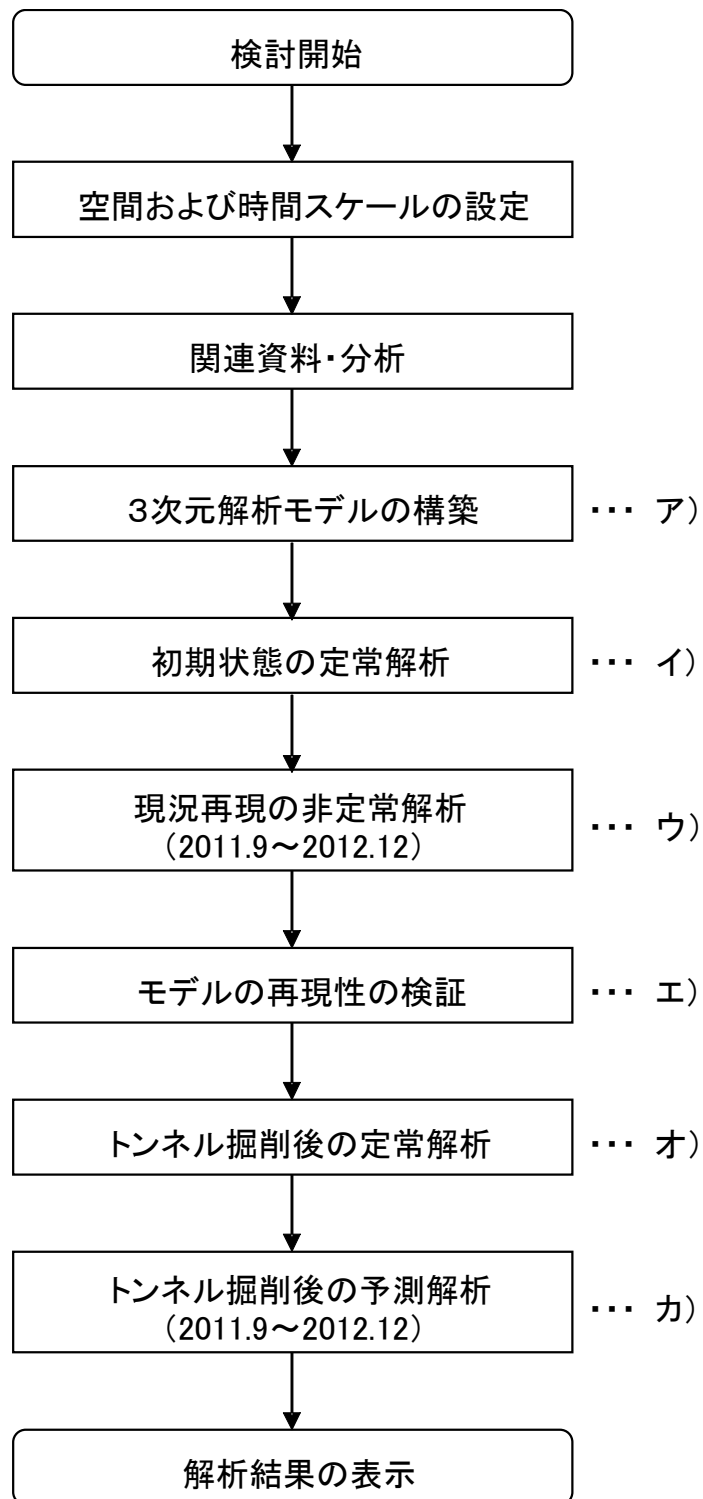


図 3.3 静岡市モデル 解析の流れ ※静岡市による解析作業

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

7) 3次元解析モデルの構築

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

【現況再現解析】

イ) 初期状態の定常解析

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

ロ) 現況再現の非定常解析

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

ハ) 現況再現の非定常解析

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

【予測解析】

ロ) トンネル掘削後の定常解析

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

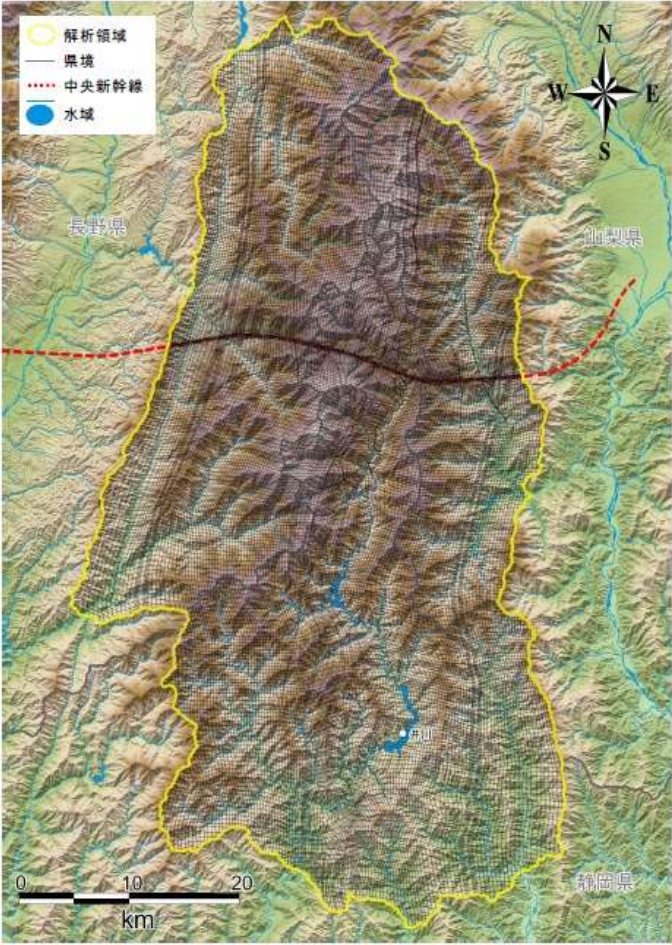
カ) トンネル掘削後の予測解析

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

ウ. 静岡市モデルの解析条件

- ・解析条件を表 3.1 にお示しします。

表 3.1 解析条件の概要

解析条件	静岡市モデルの概要
1) 解析領域	【解析範囲】 以下のとおり設定しています。 図 3.4 のとおり、南アルプスの大半（大井川水系上流部）を包含し、流域の分水界の外側を囲む範囲 （解析領域） 面積 約 2,300 km² 深さ方向 標高-1,000 m（モデル化深度） （格子設定） 平面格子数：約 31,000 個 深度分割数：29 分割 全体：約 900,000 格子 格子の大きさ：幅 250 m を目安とする  図 3.4 静岡市モデル 解析領域 出典：静岡市公表資料「平成 28 年度南アルプス環境調査 結果報告書 VI 水資源調査」をもとに作成

【境界条件】

- ・モデルの側面及び底面は閉境界（非流入出境界）
- ・境界部の河川は水の流出のみを許す境界（流出境界）

表 3.2 静岡市モデル 境界条件

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

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

2) 地質構造

以下のとおり設定しています。

- ・図 3.5 及び図 3.6 に示すとおり、断層部は、山梨県境付近の断層帯及びその他のいくつかの断層を「主要な断層」（図 3.5 の緑色）、それ以外を「重要でない断層」（図 3.6 の黄緑色）に区分
- ・断層を解析モデルに組み込むにあたっては、「主要な断層」については、平面格子を沿わせ推定した破碎幅を反映して平面格子を作成。「重要でない断層」については、「主要な断層」のように破碎幅等を考慮して平面格子を作成することはせず、透水係数等の水理物性を修正することで対応
- ・図 3.6 に示すとおり、透水係数は「主要な断層」では 1×10^{-5} （m/秒）、「重要でない断層」については、周辺地山の 2 倍で設定。なお、トンネル直上の「主要な断層」の設定幅は、約 20 m ～ 250 m としている

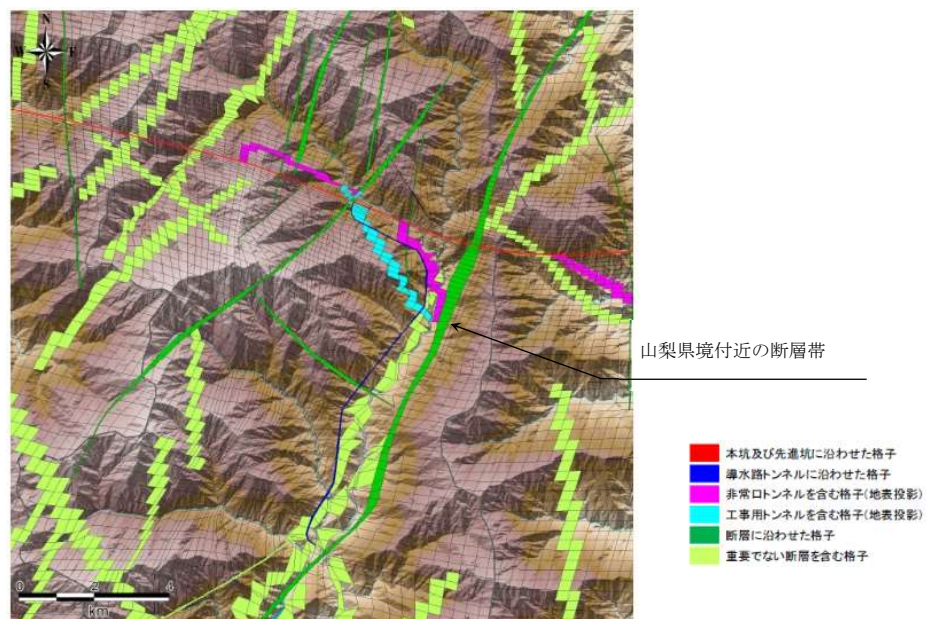


図 3.5 静岡市モデル 地質平面図（トンネル付近）

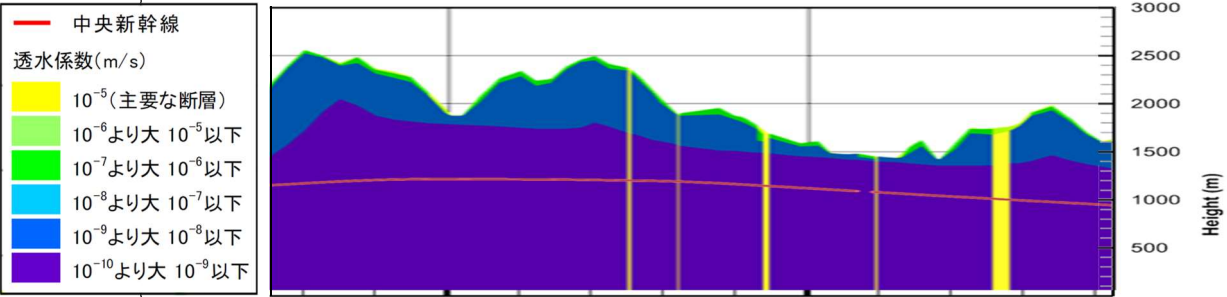


図 3.6 静岡市モデル 地質断面図（静岡県付近）

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

3) 水理定数

【透水係数、有効間隙率】

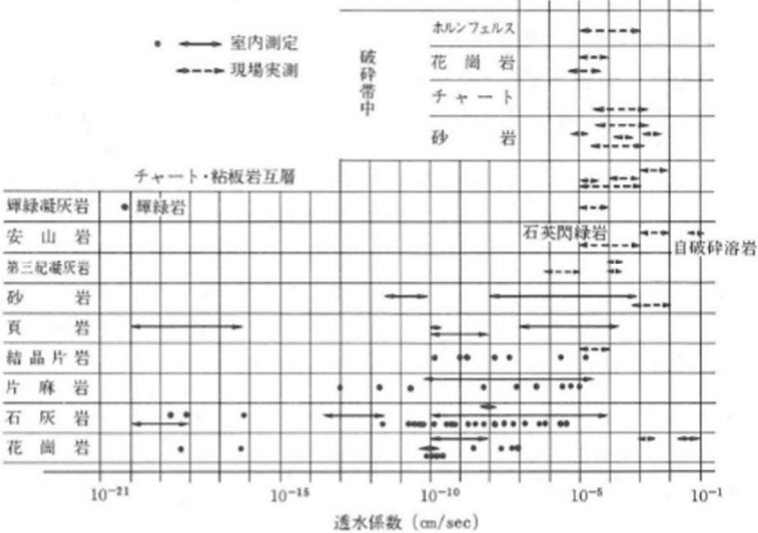
表 3.3 に示すとおり、

- ・「主要な断層」は $k = 1.0 \times 10^{-5}$ (m/秒) で設定
- ・「重要でない断層」は地山の 2 倍で設定。有効間隙率は周辺地山と同じ
- ・初期パラメータを適用して計算したところ、検証地点で計算値と観測値との間に良好な同定結果が得られたので、初期パラメータを最終同定値とした

表 3.3 静岡市モデル 透水係数及び有効間隙率

地層区分		透水係数 (m/秒)	有効間隙率 (%)
表土層		H : 1×10^{-3}	40
		V : 1×10^{-4}	
沖積層		1×10^{-4}	30
地すべり		1×10^{-5}	20
水理基盤 岩類	風化緩み部 (区分Ⅰ)	$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-6}$	10
	風化緩み部 (区分Ⅱ)	$1 \times 10^{-4} \sim 10^{-8}$	5~10
	風化緩み部 (区分Ⅲ)	$1 \times 10^{-7} \sim 10^{-8}$	2~5
	新鮮岩	1×10^{-9}	1
断層	主要な断層	1×10^{-5}	10
	重要でない断層	周辺地山の 2 倍	周辺地山と同じ

表 3.4 (参考) 岩種別岩盤の透水係数の範囲
(出典：地下水ハンドブック第 2 編、図 3.1.14)



4) 気象条件	【降水量】 (初期状態の定常解析) ・現況の平均的な地下水分布を再現するため、平均の日降水量を継続的に与え続けて平衡場（安定状態）を作成しています。なお、平均の日降水量は、気象庁が提供する国土数値情報平年値メッシュデータ（降水量）のうち1981～2010年までの平年値を使用しています。 (現況再現の非定常解析及びトンネル掘削後の予測解析) ・定常解析に続いて、2011. 9～2012. 12の間の日別のレーダー・アメダス解析雨量による実績降水量及びダムの実績取水量等を入力し、非定常解析を実施し、現況再現状況を作成しています。非定常解析においては解析領域で平均すると年間約2,500mmの降水量を入力しています。 【蒸発散量】 以下の一連の計算を解析において自動的に算出しています。 ・標高により気温補正を行ったハーモン法により、可能蒸発散量を算出 ・土壌水分の飽和度を算出するとともに地表の植生等の各種条件を考慮して、実蒸発散量を算出する ハーモン法：『経験則から導かれたもので、日平均気温と緯度に応じた可照時間から可能蒸発散量を推定する手法』
---------	---

3) 静岡市モデルにおける上流部の沢等の流量の解析値と観測値について

- ・静岡市が静岡市モデルを作成した際、2011年9月～2012年12月の間の日別のレーダー・アメダス解析雨量による実績降水量等を入力した非定常解析を実施し、赤石ダムや畑薙第一ダムにおける解析流量と観測流量との比較等を行うことで、現況再現性を確認しています（図 3.8、図 3.9）。

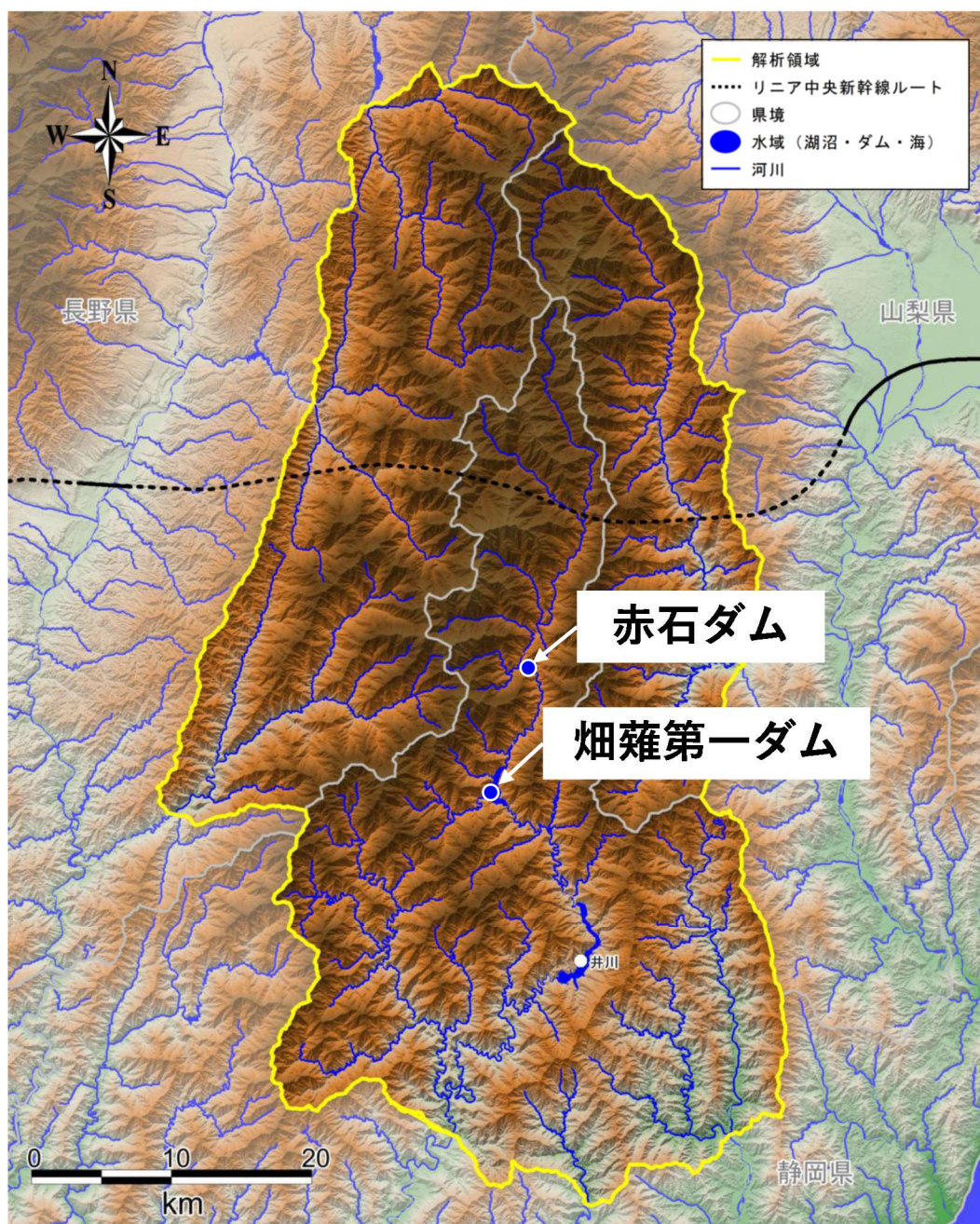


図 3.7 赤石ダム、畑薙第一ダムの位置図

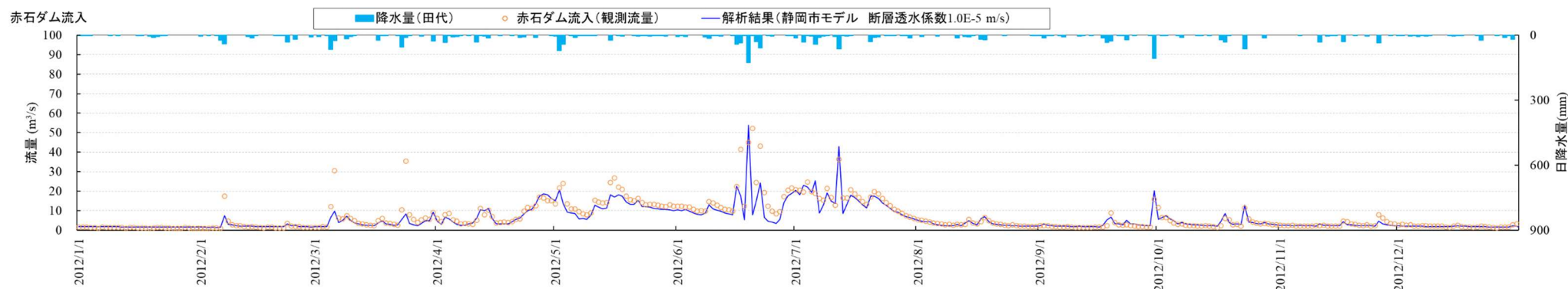


図 3.8 赤石ダムのダム流入量の解析値と観測値との比較(静岡市による解析作業)

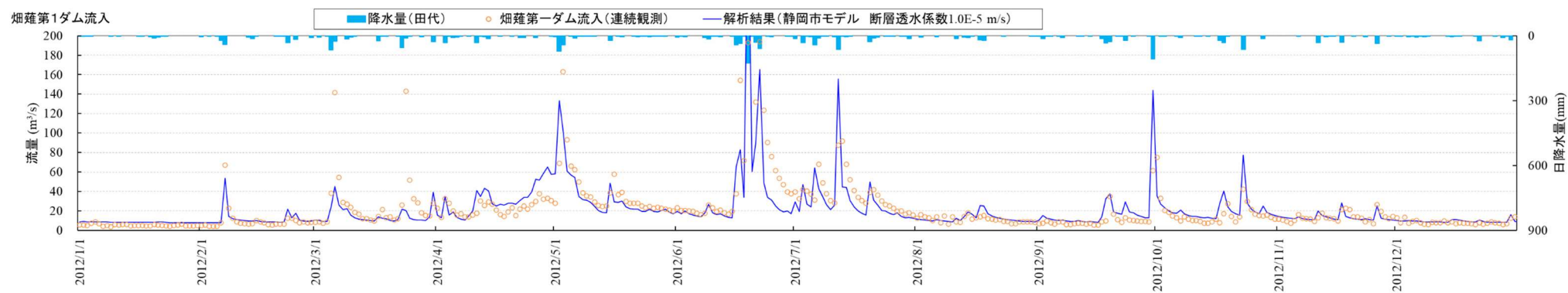


図 3.9 畑薙第一ダムのダム流入量の解析値と観測値との比較(静岡市による解析作業)

- ・上流域の沢の影響分析を実施していくことを踏まえ、現状の静岡市モデルにおける大井川上流部の沢等の流量について、解析値と観測値の比較を行いました。
- ・具体的には、当社が年2回（8月期と11月期、一部の地点は月に1回）、計測を行っている沢等¹について、解析値と観測値の比較を行いました。
- ・比較に用いた解析値は、観測値に連続観測したデータがないことから、非定常解析ではなく、平均の日降水量²を継続的に与え続けた定常解析の結果としました。観測値は、当社が計測を行っている2012年、2014年から2021年³までの年に2回の観測値の平均値としました。
- ・解析値と観測値を比較した沢等の位置図を図3.10に示します。解析値と観測値を比較した結果を、図3.11に両対数グラフで示します。なお、凡例中の「流域に断層を含む沢等」は、流域に解析モデル上で設定した主要な断層を含んでいるということを示し、「流域に断層を含まない沢等」は流域に解析モデル上で設定した主要な断層を含んでいないことを指しています。

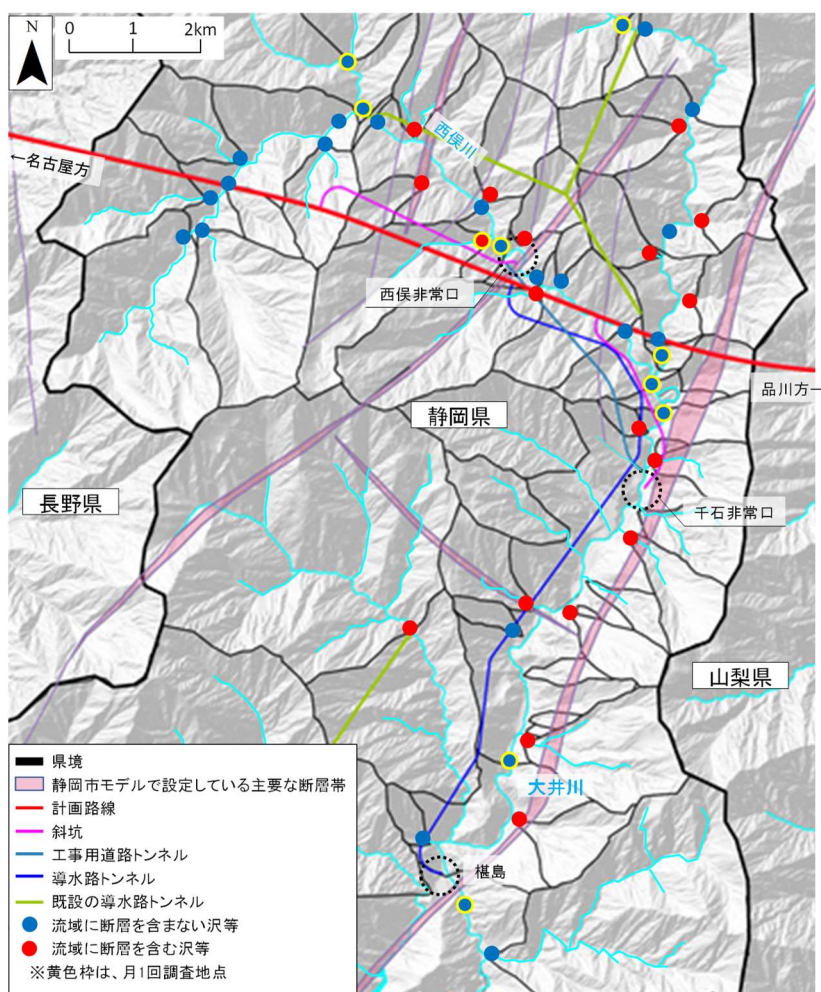


図 3.10 観測箇所の位置図

¹ 崩壊地に存在し、流量観測地点では伏流していると考えられる沢は除く

² 気象庁が提供する国土数値情報平年値メッシュデータ（降水量）のうち1981～2010年までの平年値

³ 2013年は環境影響評価準備書の手続きを進めている時期であり、計測を行っていない。

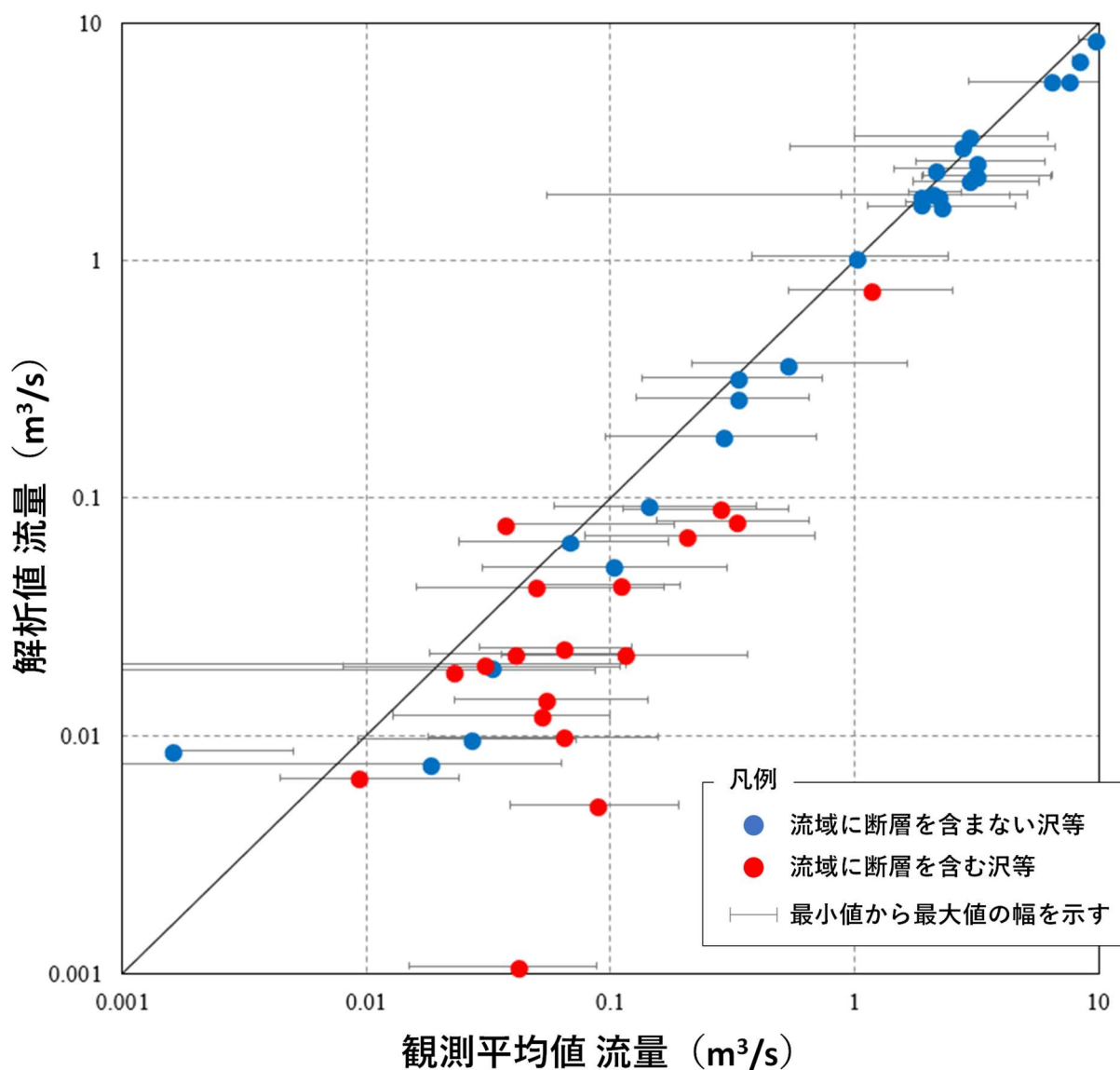


図 3.11 静岡市モデルの解析値と観測平均値の流量の比較
(主要な断層の透水係数： $1.0\text{E-}5$ (m/s) の場合)

- ・ 流量が大きい沢等については、解析値と観測平均値は概ね整合し、流量の小さい沢等については、解析値と観測平均値の差が大きい傾向がみられます。
- ・ 特に流域に断層を含む沢等については、観測平均値に対して、解析値が小さくなる傾向がみられます（図 3.11 の赤丸）。
- ・ これは、解析モデルでは、断層部の透水性を大きく設定していることにより、地下への浸透量が大きく、地表面への湧出量が小さくなることから、解析上の流量が小さく算出されているものと考えられます。
- ・ なお、流量が大きい沢等については、解析値と観測平均値が概ね整合していることから、流量が小さい沢等の解析値と観測平均値の差が大きいということによって、大井川全体の流量評価に影響は与えないものと考えています。

4) 主要な断層の透水係数の変更について

ア. 変更の考え方について

- ・トンネル掘削に伴う地下水位変化による沢の流量変化の分析を行うにあたっては、沢等の流量の解析値と観測平均値との整合性を改善したモデルを用いて実施する必要があります。
- ・ 3) で確認したように、現状の静岡市モデルでは、主要な断層の透水性を大きく設定 ($1.0\text{E}-5(\text{m/s})$) していることにより、解析上の流量が小さく算出されていると考えられることから、解析モデル上での主要な断層の透水性を小さくすることにより、解析と観測平均値との整合性が改善されと考えられます。
- ・透水係数を変更するにあたっては、静岡県内の断層部において透水係数を直接計測したデータがないため、文献を参考にしました。
- ・文献⁴によれば、破碎帯中の透水係数は、ばらつきがあるものの $1.0\text{E}-7\sim 1.0\text{E}-5(\text{m/s})$ (図 3.12、図中の透水係数の単位は (cm/s) であることに注意) に分布しているとされています。
- ・主要な断層の透水係数について、現状の静岡市モデルより小さい $1.0\text{E}-6(\text{m/s})$ と $1.0\text{E}-7(\text{m/s})$ として検証しました。
- ・なお、同じ南アルプスにおいて、山梨県内で掘削を進めている南アルプストンネル (山梨工区) 広河原斜坑では、全長 4.2 km の掘削完了時の斜坑内からの総湧水量は約 570 リットル/分であり、粘板岩中の断層と思われる地盤が破碎質であった場所においても湧水量に大きな変化は見られず、施工的に問題となる量の湧水は発生していないことを確認しています。

⁴ 地下水ハンドブック P76、改定地下水ハンドブック編集委員会、建設産業調査会、1998.8

図3.1.14 いろいろな岩の透水係数（佐藤・渡辺，1978より）

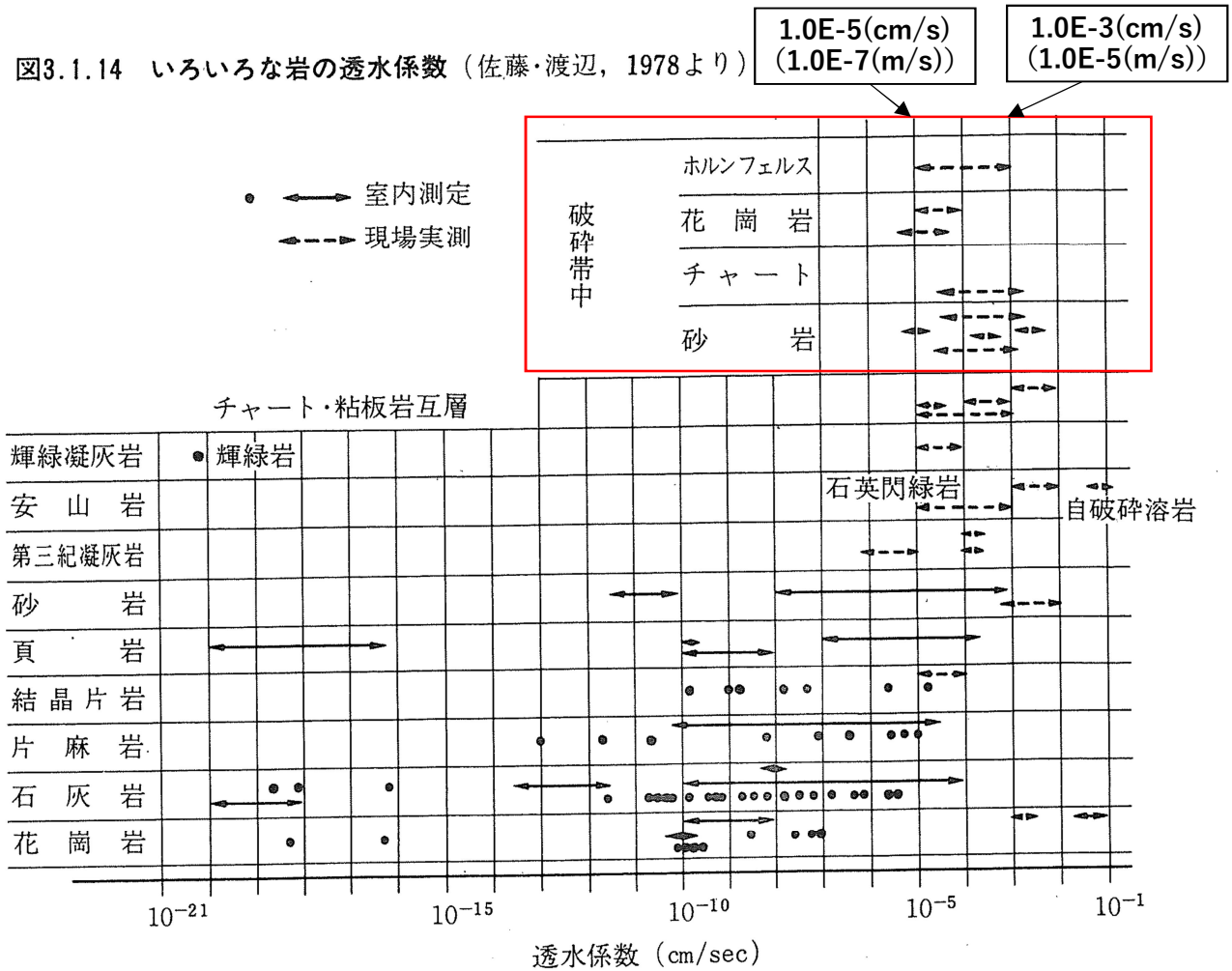


図 3.12 透水係数の文献値（文献に一部加筆）

イ. 検証結果について

7) 主要な断層の透水係数を $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ とした場合

- ・ 3) において解析値と観測平均値の比較を行った際と同様の条件で、主要な断層の透水係数を $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ に変更した場合について、解析値と観測平均値の比較を行いました。結果を図 3.13 に両対数グラフで示します。
- ・ 確認の結果、流量が大きい沢等については、透水係数の変更前（透水係数 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$ ）と同様、解析値と観測平均値は概ね整合しました。
- ・ また、透水係数の変更前（透水係数 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$ ）には、観測平均値に対して解析値が特に小さくなる傾向がみられた、流域に断層を含む流量の小さい沢等についても、解析値が観測平均値に近づきました。

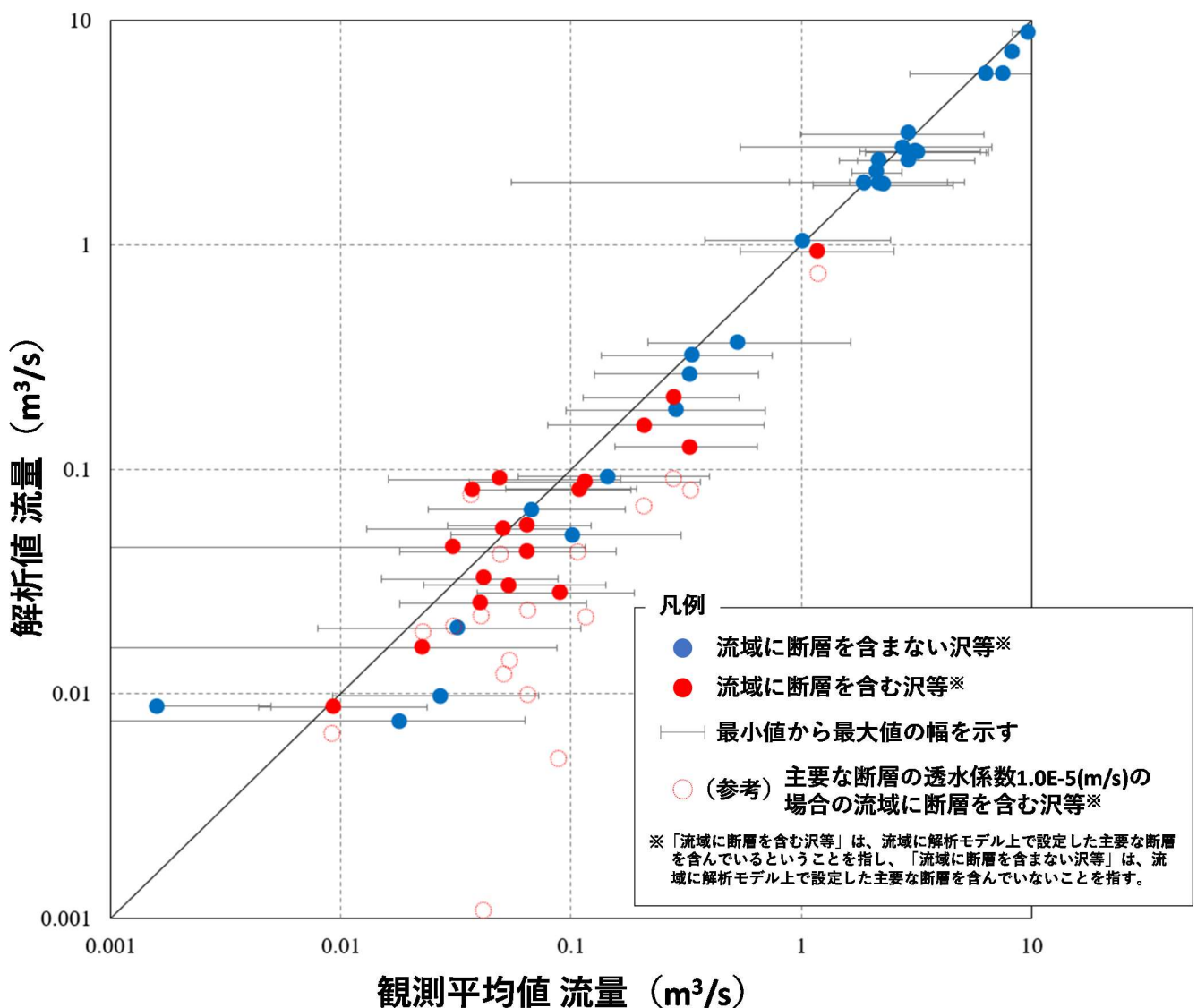


図 3.13 静岡市モデルの解析値と観測平均値の流量の比較
(主要な断層の透水係数： $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ の場合)

イ) 主要な断層の透水係数を $1.0\text{E-}7(\text{m/s})$ とした場合

- 同じく、 3) において解析値と観測平均値の比較を行った際と同様の条件で、主要な断層の透水係数を $1.0\text{E-}7(\text{m/s})$ に変更した場合について、解析値と観測平均値の比較を行いました。結果を図 3.14 に両対数グラフで示します。
- 確認の結果、 $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ と同様に、流量が大きい沢等については、透水係数の変更前（透水係数 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$ ）と同様、解析値と観測平均値は概ね整合しました。
- また、透水係数の変更前（透水係数 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$ ）には、観測平均値に対して解析値が特に小さくなる傾向がみられた、流域に断層を含む流量の小さい沢等についても、解析値が観測平均値に近づきました。

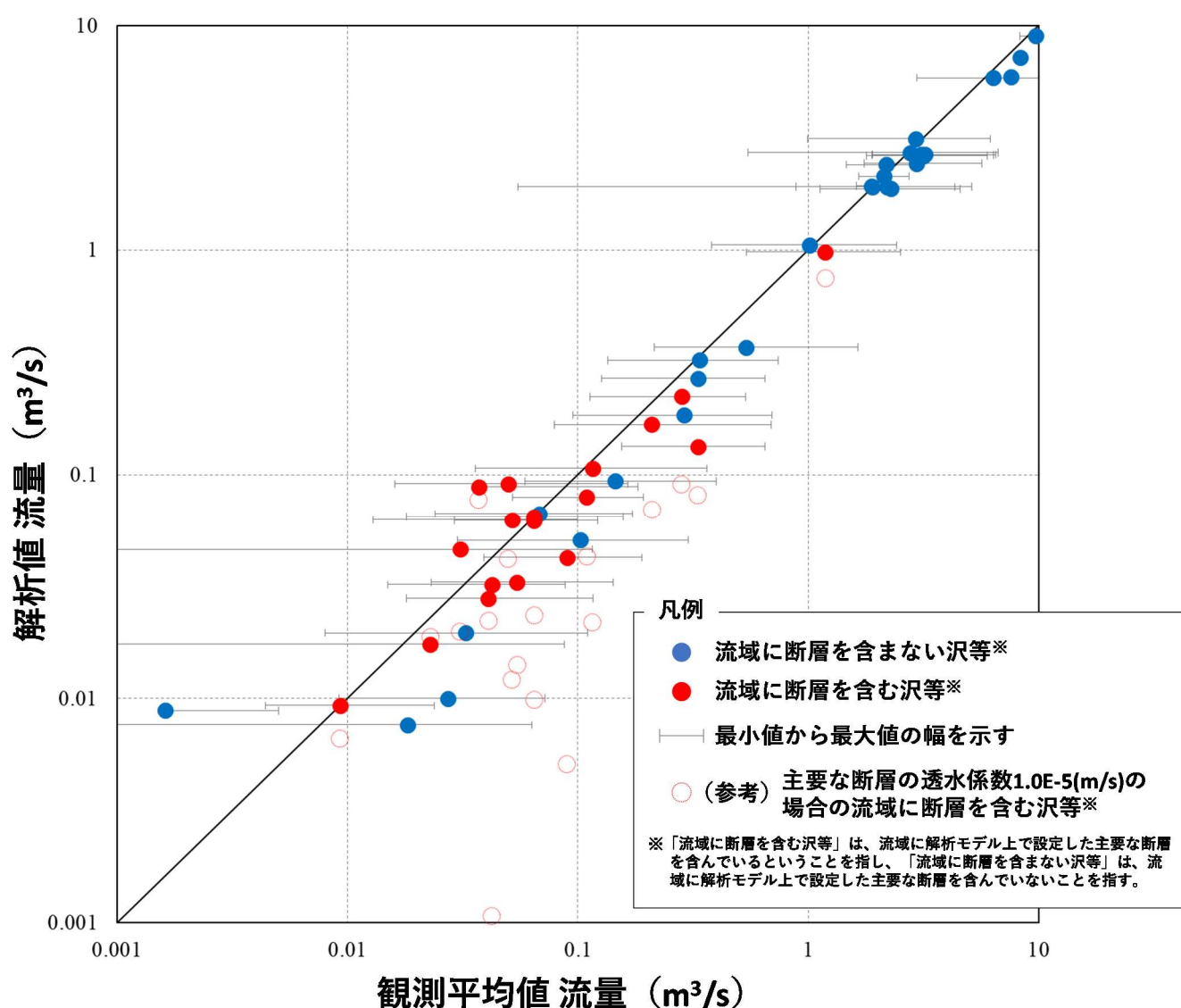


図 3.14 静岡市モデルの解析値と観測平均値の流量の比較
(主要な断層の透水係数： $1.0\text{E-}7(\text{m/s})$ の場合)

ウ) 検証結果のまとめ

- ・文献に記載の幅で、主要な断層における透水係数を設定し、解析値と観測平均値との整合性を確認しました（図 3.15）。
- ・その結果、 $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ 、 $1.0\text{E-}7(\text{m/s})$ ともに、 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$ と比較し、解析値と観測平均値の整合性が改善されました。
- ・トンネル掘削による上流域の沢の流量変化の分析を行うという目的を踏まえ、主要な断層の透水係数は、トンネル掘削時にトンネル湧水量がより大きく算出され、沢流量への影響が大きめに出る可能性が高い $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ をベースとします。

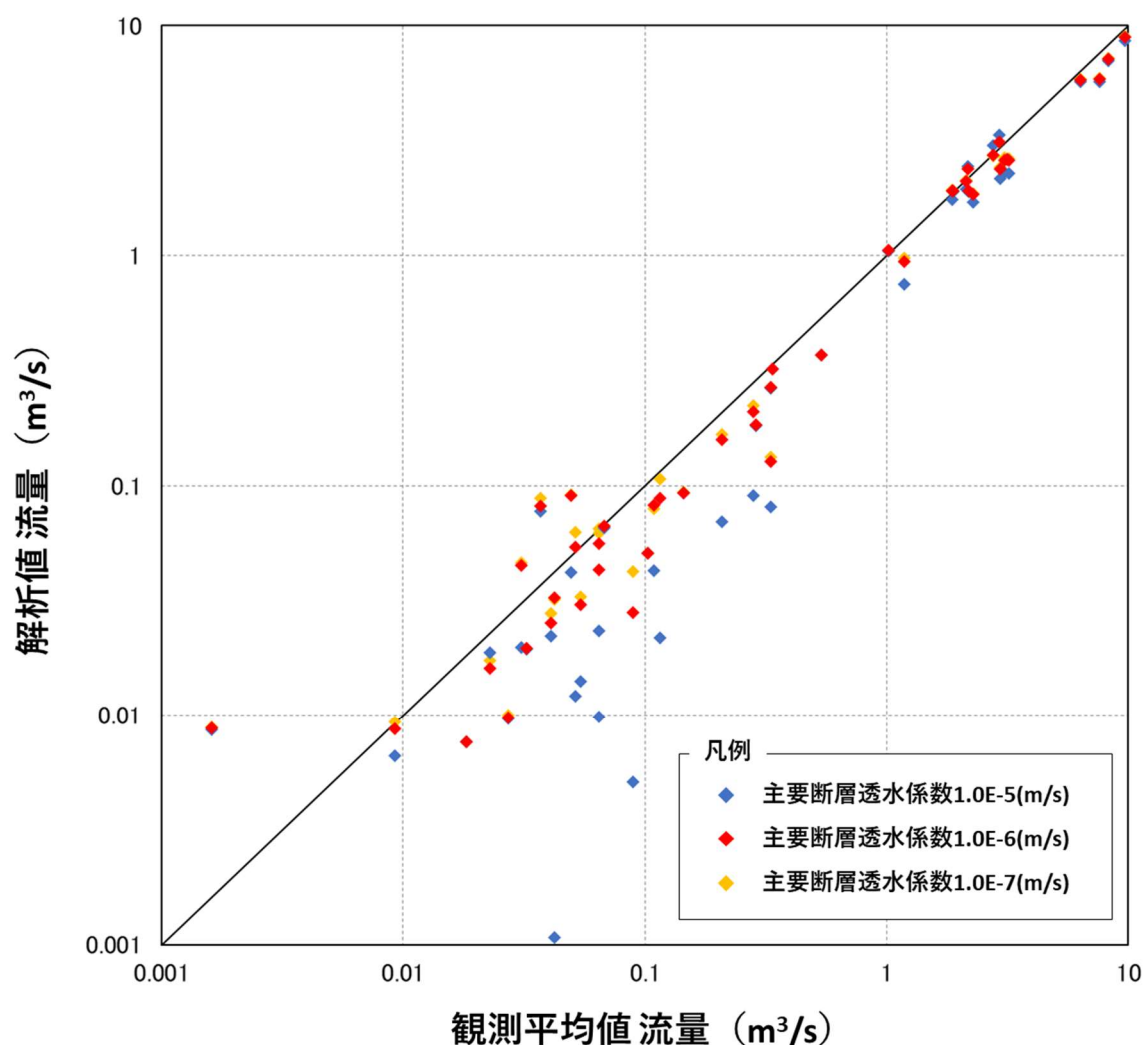


図 3.15 静岡市モデルの解析値と観測平均値の流量の比較
(主要な断層の透水係数： $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$ 、 $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ $1.0\text{E-}7(\text{m/s})$)

ウ. 検証結果の考察

- ・流域に断層を含む沢等について、解析値が観測平均値に近づいた理由を考察するため、悪沢に着目し、主要な断層の透水係数を変更することで断層沿いの地下水流動がどのように変化するかを確認しました。
- ・図 3.16 に悪沢の位置平面図、図 3.17 に透水係数の変更前(断層部 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$)の地下水流動方向、図 3.18 に透水係数の変更後(断層部 $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$)の地下水流動方向を示します。
- ・図 3.17 と図 3.18 の通り、透水係数の変更前(断層部 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$)には、断層沿いに地下へ浸透し、その後直接本川へ流出するという地下水流動方向であったものが、透水性を下げることにより、地表面への上向きの地下水流動方向となります。
- ・これに伴い、沢へ湧出する地下水が増え、解析上の沢流量が増加したことにより、流域に断層を含む流量の小さい沢等についても解析値が観測平均値に近づいたものと考えられます。

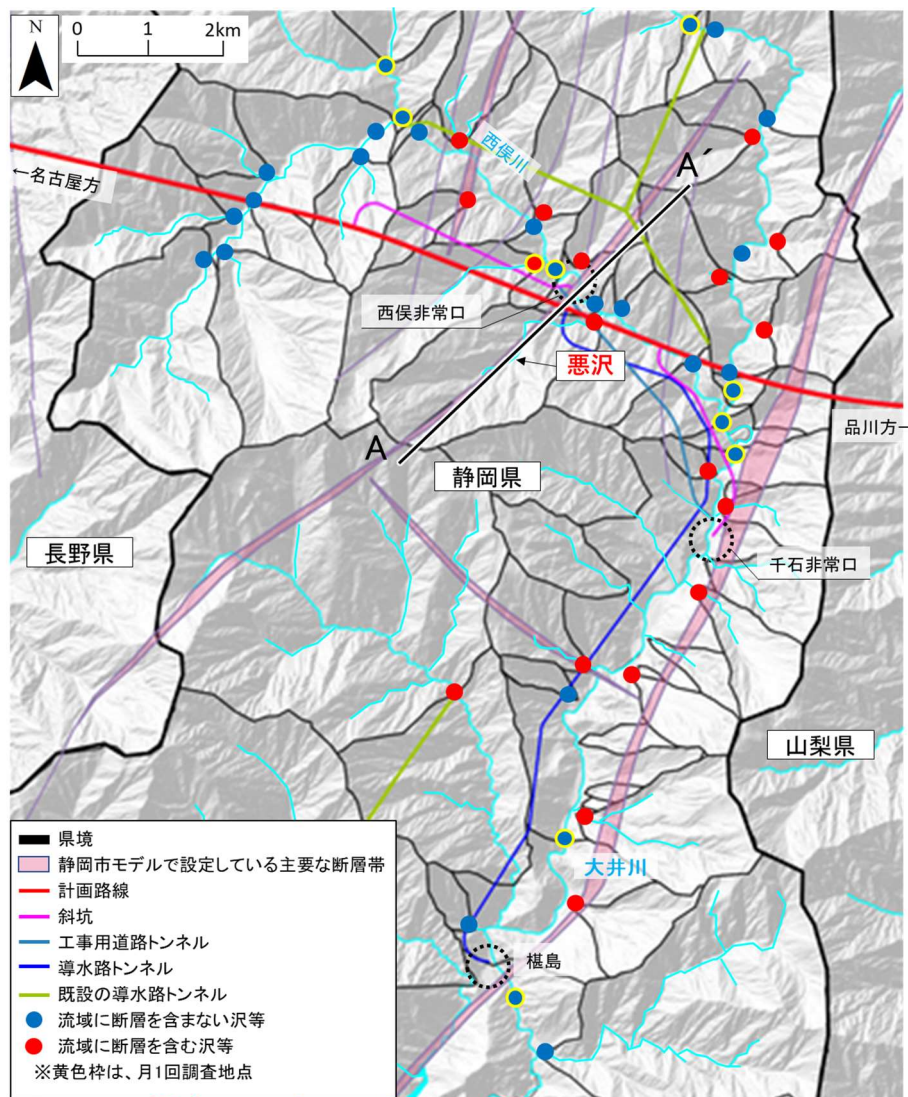


図 3.16 悪沢の位置平面図

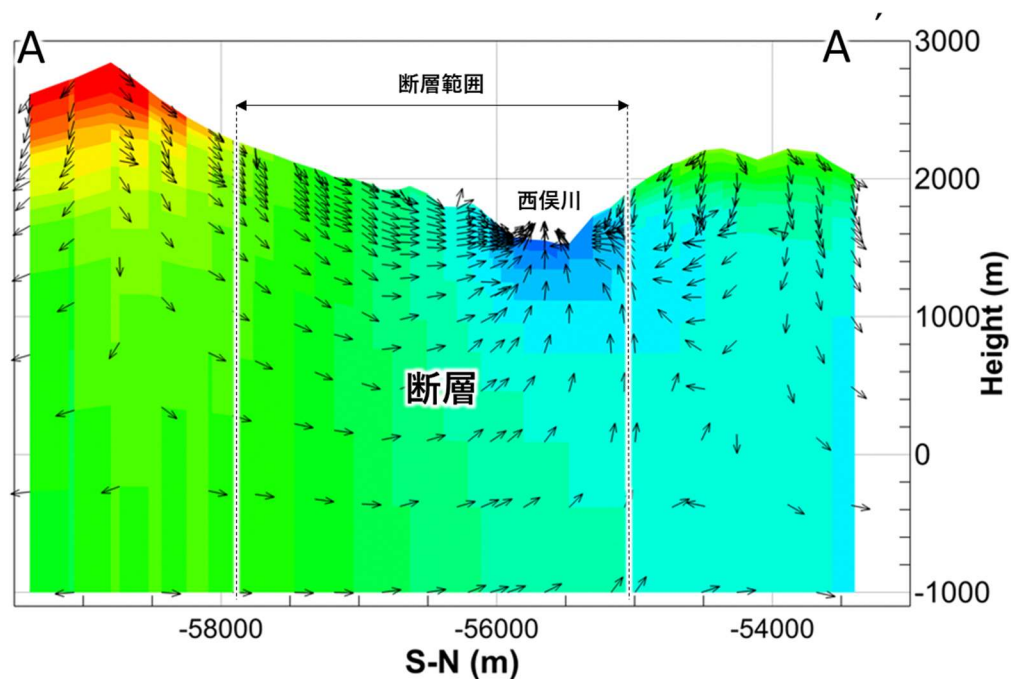
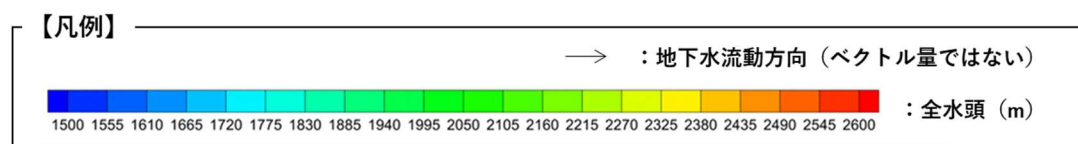


図 3. 1 7 静岡市モデルの透水係数の変更前 (透水係数 $1.0E-5$ (m/s))
の地下水流動方向

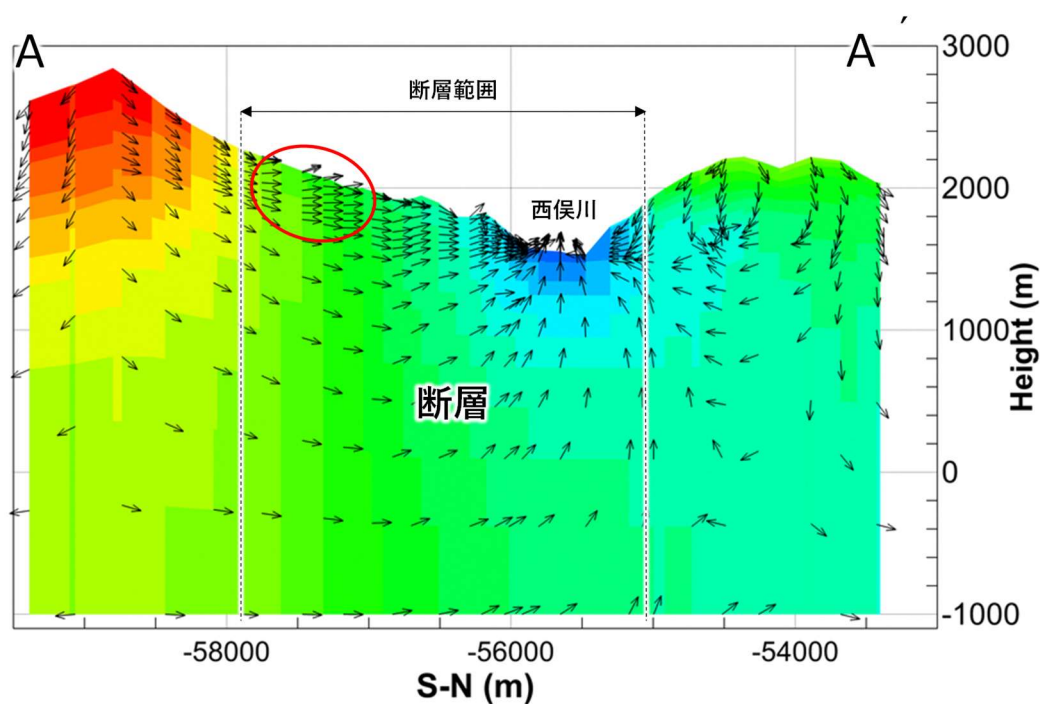
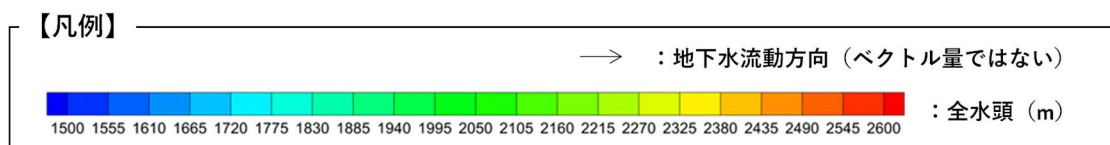


図 3. 1 8 静岡市モデルの透水係数の変更後 (透水係数 $1.0E-6$ (m/s))
の地下水流動方向

5) 上流域の沢の影響分析の進め方について

- ・ 4) までの検討において、主要な断層の透水係数を $1.0E-6$ (m/s) に変更することで、現状の静岡市モデルと比較し、大井川上流域の沢の流量について、解析値と観測平均値との整合性が改善されたことを確認しました。
- ・ 次に、上流域の沢の影響分析という目的を踏まえ、新たに、上流域に特化した解析範囲や格子サイズの設定を行います。
- ・ 新たな解析範囲の設定にあたっては、以下の点に留意しました。
 - ― 第1回から第13回有識者会議の中で確認された静岡県内の地下水位低下範囲を解析範囲内に含めること（静岡市モデルによるトンネル掘削に伴う地下水位低下は、トンネル付近から南にいくにつれて小さくなる傾向にあり、榎島付近での地下水の低下はトンネル本坑付近に比べて極めて小さい結果となっています（図 3.19）。）
 - ― 解析上の境界設定が静岡県内の上流域の沢の影響分析に影響を及ぼさないよう、解析境界とトンネル近傍の静岡県内の沢流域との間に、十分な離隔をとること。
- ・ 新たに設定した解析範囲を図 3.20 にお示しします。解析境界は、地下水の出入りの無い閉境界とし、原則として深い谷、もしくは顕著な稜線に添わせるようにしています。
- ・ 更に、現状の静岡市モデルでは、実際に計画しているトンネルサイズより大きく表現されている西俣斜坑、千石斜坑、工事用道路トンネルの格子サイズ（図 3.21）を実際に計画しているトンネルの大きさと等しい大きさとし、また、上流域の沢の影響分析という目的を踏まえ、その他の格子についても更に細分化します。
- ・ 上流域の沢の影響分析は、主要な断層の透水係数 $1.0E-6$ (m/s) をベースとすることに加え、上記の解析範囲や格子サイズにて、改めて現況再現性の確認をした上で、実施します。

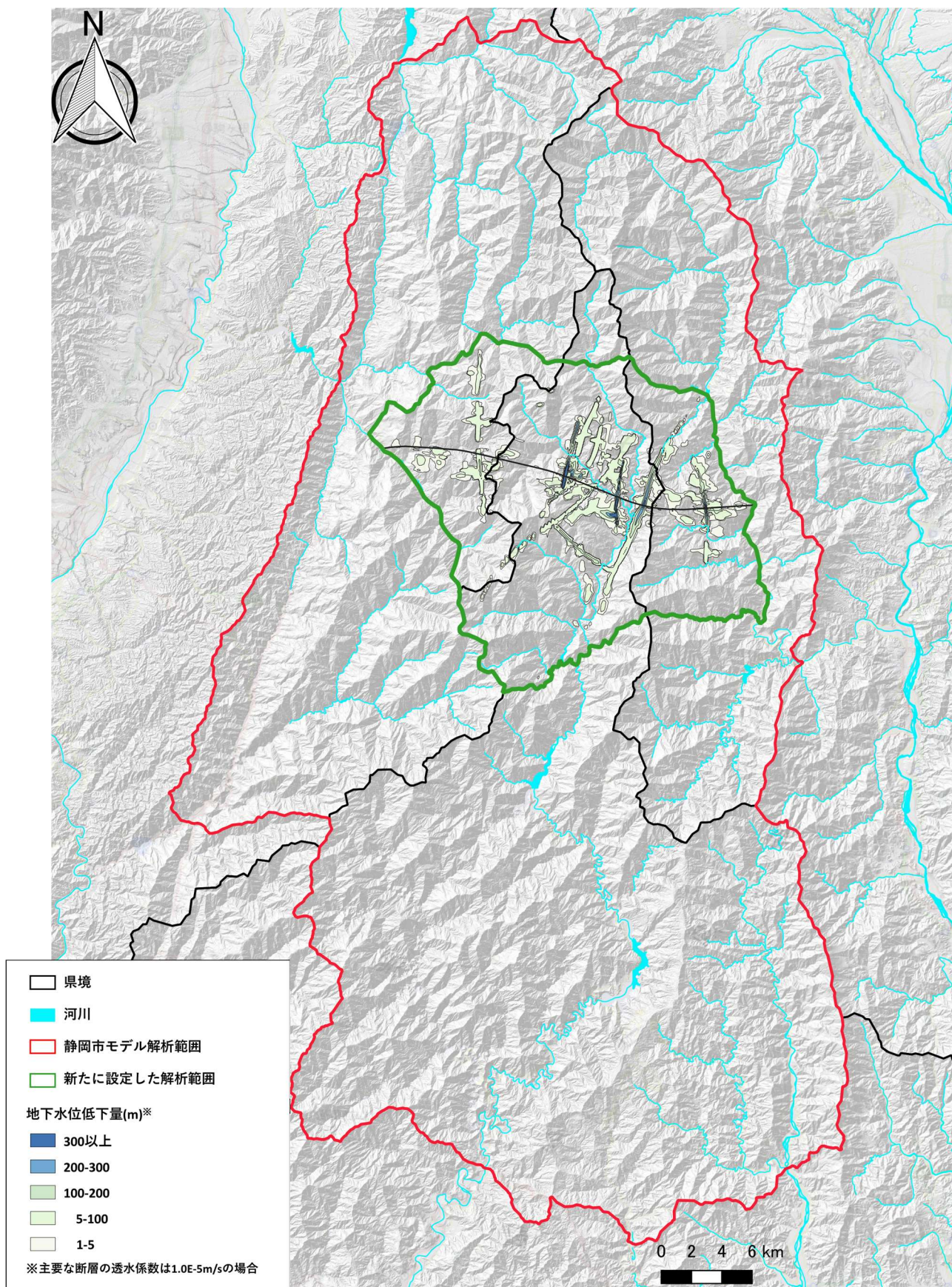


図 3.19 現状の静岡市モデル（透水係数 $1.0E-5$ (m/s)）での
 地下水位低下量図と解析範囲

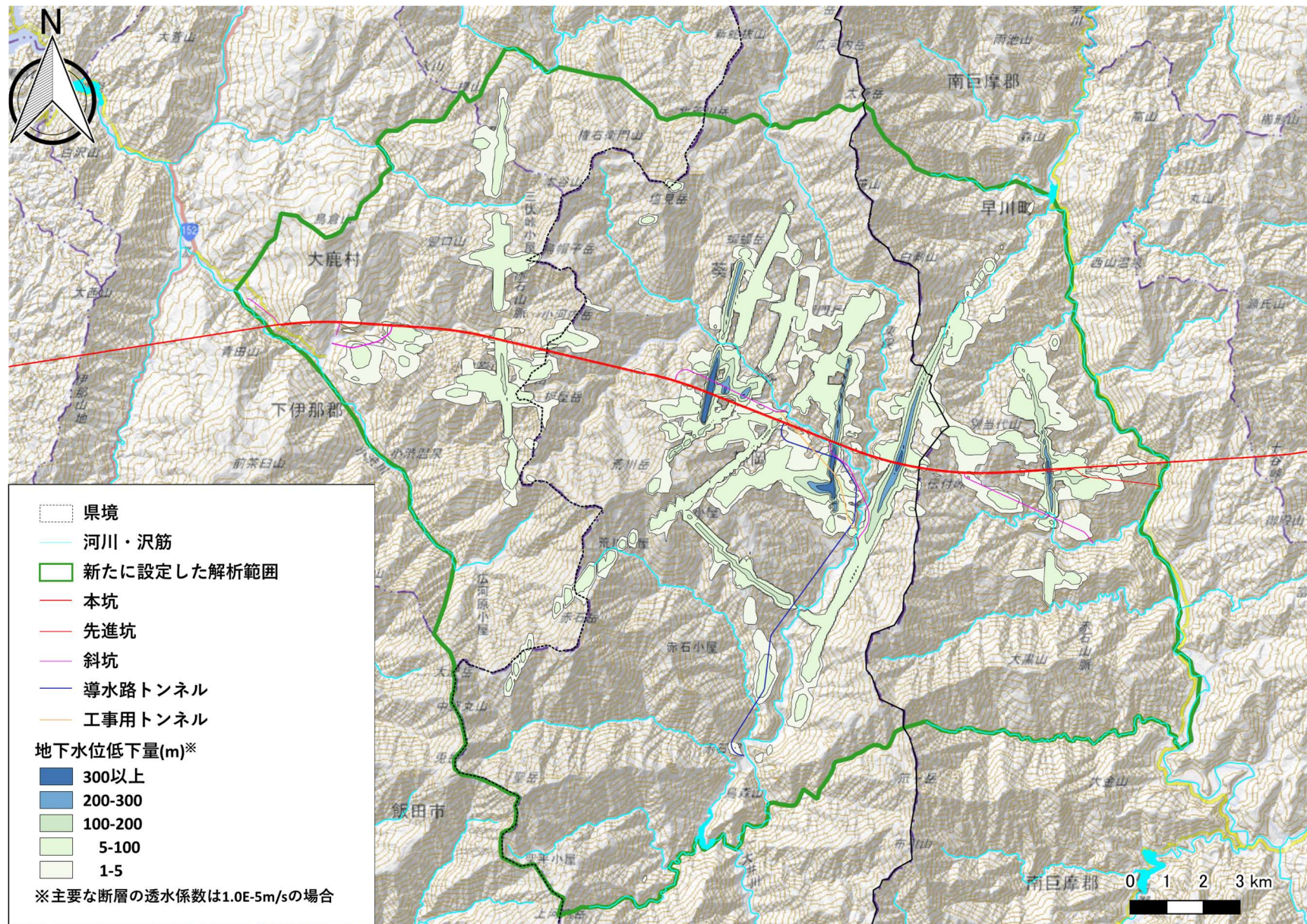


図 3.20 新たに設定した解析範囲と

現状の静岡市モデル（断層部の透水係数 $1.0E-5(m/s)$ ）での地下水位低下量図

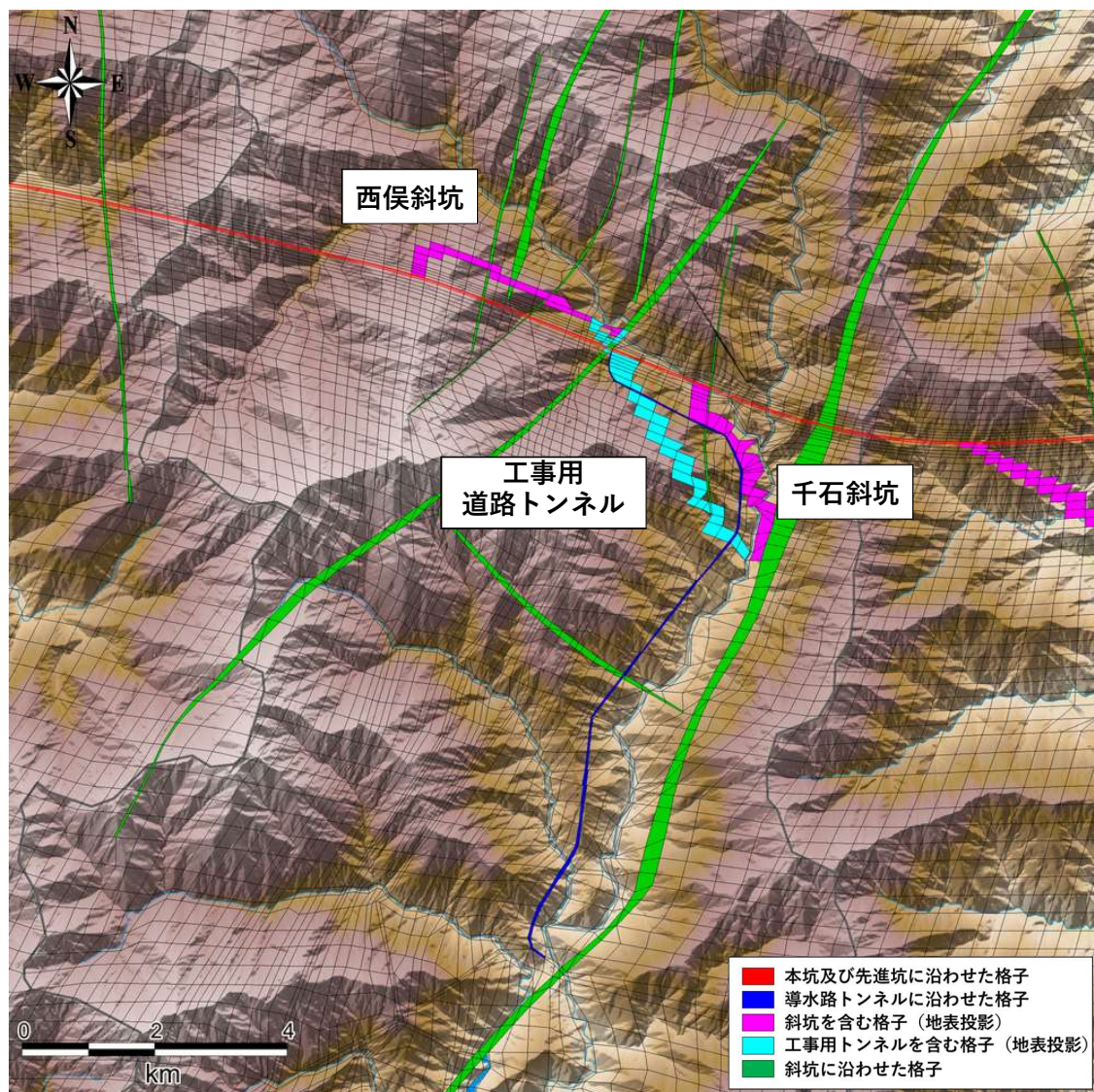


図 3.21 現状の静岡市モデルの格子サイズの概況

6) 上流域の沢の影響分析に特化した上流域モデル（新モデル）について

ア. 上流域モデルの解析条件

・上流域モデルの解析条件は、表 3.5 のとおりです。

表 3.5 解析条件の概要

解析条件

1) 解析領域

上流域モデルの概要

【解析範囲】

面積 約376km²
深さ方向 標高-1,000m（モデル化深度）

【格子設定】

平面格子数：121,741個、深度分割数：45分割
全体：5,478,345格子
格子の大きさ：各トンネルについては、実際に計画しているトンネルの大きさと等しい大きさ。トンネル以外の格子については、トンネル周辺の約3kmの幅は約50m、トンネルから離れた領域の格子幅は約100m～300mを目安

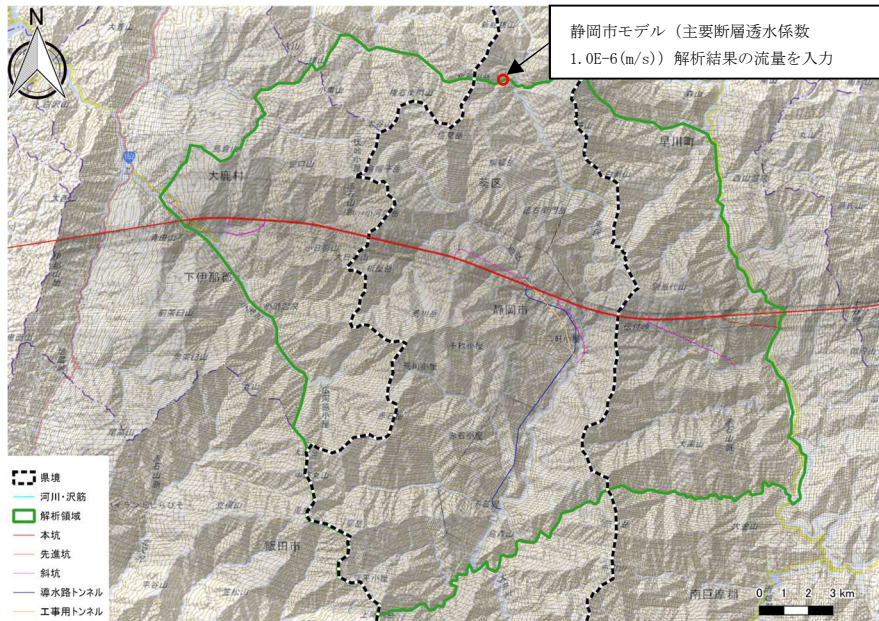


図 3.22 上流域モデル 解析範囲

【境界条件】

境界の種類	境界条件	備考
上面境界	流入出境界及び大気圧固定	降水、蒸発散を設定。大気圧は標準大気圧（1atm）に固定
側面境界	地表 流出境界	解析領域境界から水の流出のみを許す境界。ただし、東俣上流端（図22の赤丸）には、静岡市モデル（主要断層透水係数 1.0E-6(m/s)）の解析結果の流量を入力する。
	地下 非流入出境界	水の出入りがない閉境界
底面境界	非流入出境界	水の出入りがない閉境界

2) 地質構造

- ・図 3.23 及び図 3.24 に示すとおり、断層部は、山梨県境付近の断層帯及びその他のいくつかの断層を「主要な断層」、それ以外を「重要でない断層」に区分
- ・静岡市モデルで断層と設定していた格子に該当する格子を断層と設定

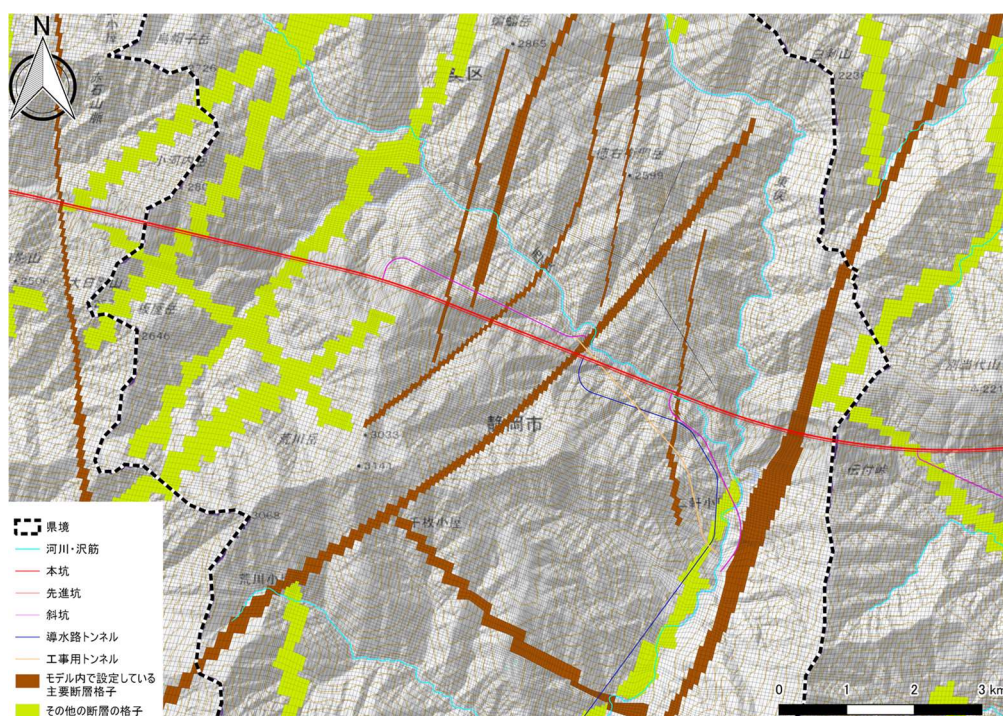


図 3.23 上流域モデル 地質平面図（トンネル付近）

※計画トンネル及び「主要な断層」、それ以外の「重要でない断層」を表示

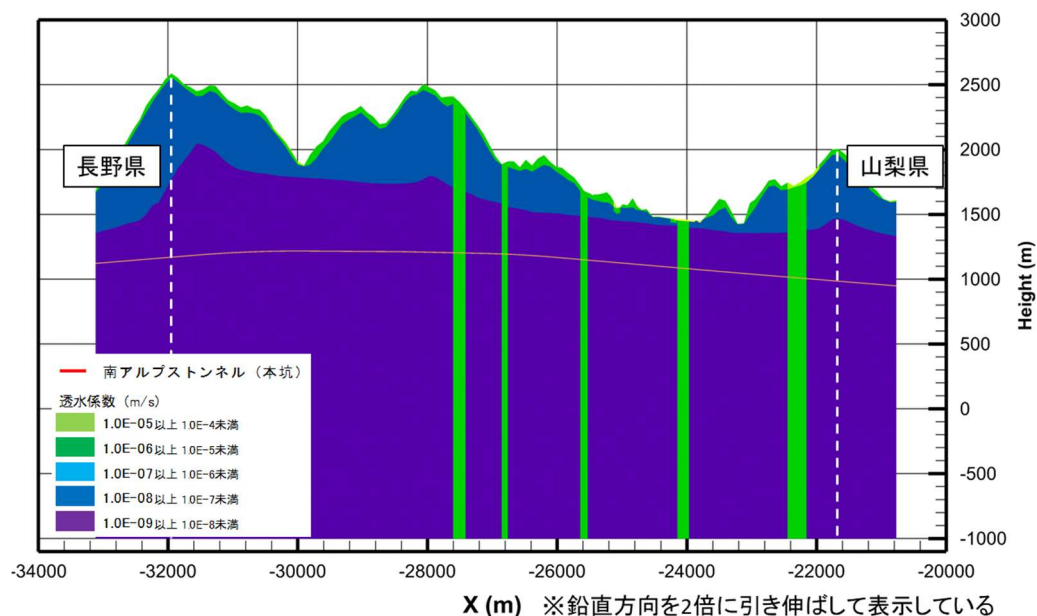


図 3.24 上流域モデル 南アルプストンネル縦断方向に沿った地質断面図（静岡県付近）

※各地質区分に設定した透水係数分布を表示している

3) 水理定数

【透水係数、有効間隙率】

・「主要な断層」は $k = 1 \times 10^{-6}$ (m／秒) で設定

・「重要でない断層」は地山の 2 倍で設定。有効間隙率は周辺地山と同じ

地層区分		透水係数 (m/秒)	有効間隙率 (%)
表土層		H : 1×10^{-3}	40
		V : 1×10^{-4}	
沖積層		1×10^{-4}	30
地すべり		1×10^{-5}	20
水理基盤岩類	風化緩み部 (区分Ⅰ)	$1 \times 10^{-6} \sim 10^{-4}$	10
	風化緩み部 (区分Ⅱ)	$1 \times 10^{-8} \sim 10^{-4}$	5～10
	風化緩み部 (区分Ⅲ)	$1 \times 10^{-8} \sim 10^{-7}$	2～5
	新鮮岩	1×10^{-9}	1
断層	主要な断層	1×10^{-6}	10
	重要でない断層	周辺地山の 2 倍	周辺地山と同じ

4) 気象条件

【降水量・蒸発散量】

○定常解析

・平均の日降水量は、気象庁が提供する国土数値情報平年値メッシュデータ（降水量）のうち 1 9 8 1 ～ 2 0 1 0 年までの平年値を使用し、降水量から実蒸発散量を差し引いた有効降水量として与えています。

○非定常解析

・静岡市モデル同様、2 0 1 2 . 1 ～ 2 0 1 2 . 1 2 の間の日別のレーダー・アメダス解析雨量による実績降水量にて実施しました。

※レーダー・アメダス解析雨量とは、レーダーによる降水量推定値の分布を、実際に観測した降水量（アメダスの観測値）で補正した 1km 四方の雨量の降水量分布である。

イ. 上流域モデルでの解析値と観測平均値の比較について

- ・ 4) において、静岡市モデルで主要な断層の透水係数を $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ に変更した場合の解析値と観測平均値の比較を行った際と同様の条件で、上流域モデルでの解析値と観測平均値の比較を行いました。
- ・ 図 3.25 の通り、静岡市モデルで主要な断層の透水係数を $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$ に変更した場合と同様の傾向であることを確認しましたので、この上流域モデルを用いて、沢の流量変化の分析を進めます。

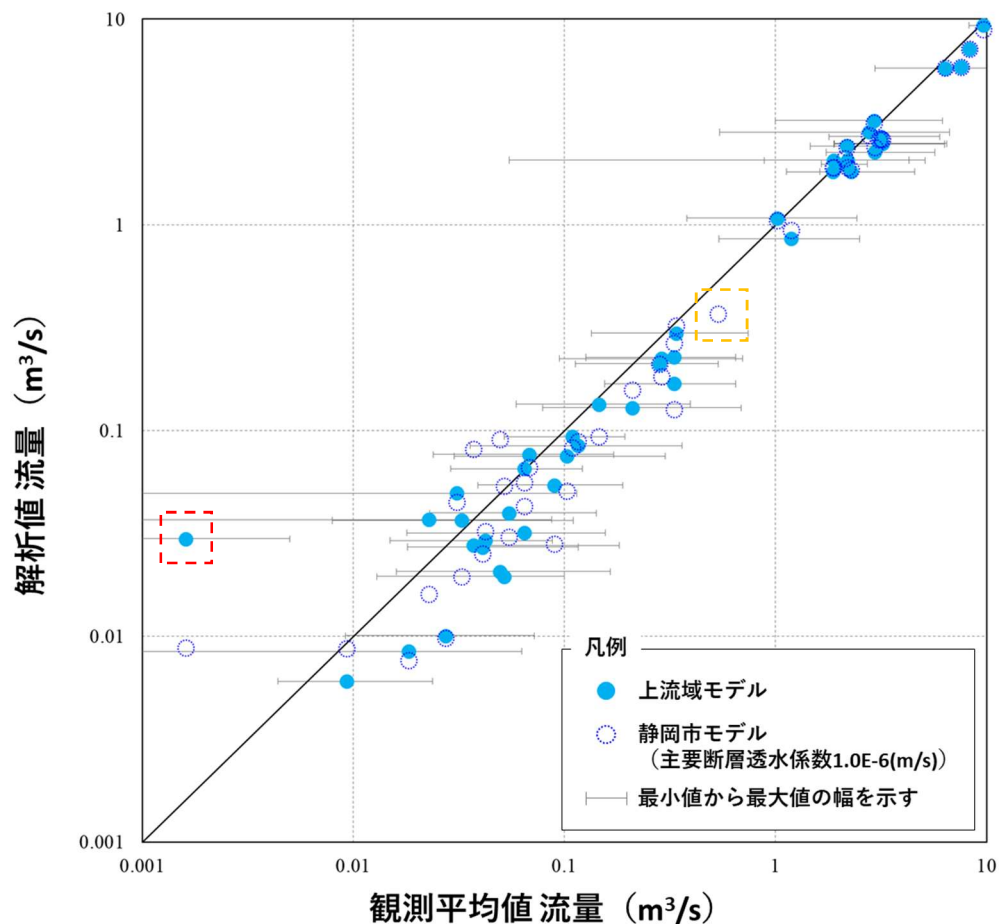


図 3.25 上流域モデルの解析値と観測平均値の流量の比較
(静岡市モデル (主要断層透水係数 $1.0\text{E-}6(\text{m/s})$) の結果を併記)

- ・ なお、図 3.25 の観測平均値が $0.001(\text{m}^3/\text{s})$ 付近の地点 (図 3.25 の赤破線枠) は、格子サイズを細かくしたことにより、谷部が表現され湧出量が増えた結果、静岡市モデルと比べ解析流量が大きく算出されたものと考えられます。
- ・ また、図 3.25 の観測平均値が $1(\text{m}^3/\text{s})$ 付近の地点 (図 3.25 のオレンジ破線枠) は、榎島より下流の地点 (従来の静岡市モデルでの地下水位低下範囲外で流域の一部が上流域モデルの解析範囲の境界より下流の地点) であり、確認の対象としていませ

ん（大井川上流域の沢の調査結果をとりまとめた35の沢にも含まれていません）。

- ・ 参考に上流域モデルでの解析値と観測平均値を比較した結果に、静岡市モデル（主要断層透水係数 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$ ）での結果を併記し、図 3.26 に示します。

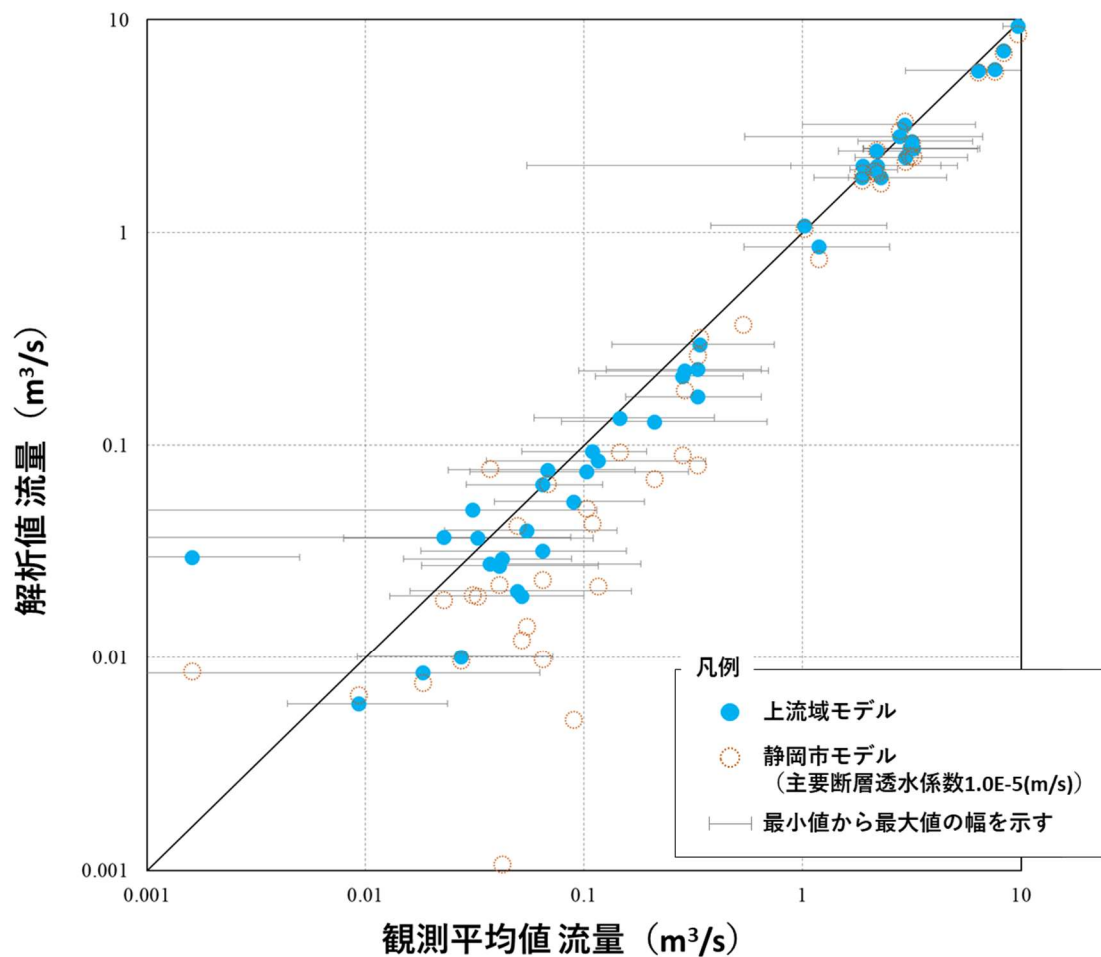


図 3.26 上流域モデルの解析値と観測平均値の流量の比較
(静岡市モデル（主要断層透水係数 $1.0\text{E-}5(\text{m/s})$ ）の結果を併記)

7) 上流域モデルでの解析結果について

ア. 【定常解析】トンネル掘削前後の沢の流量変化と要因の考察

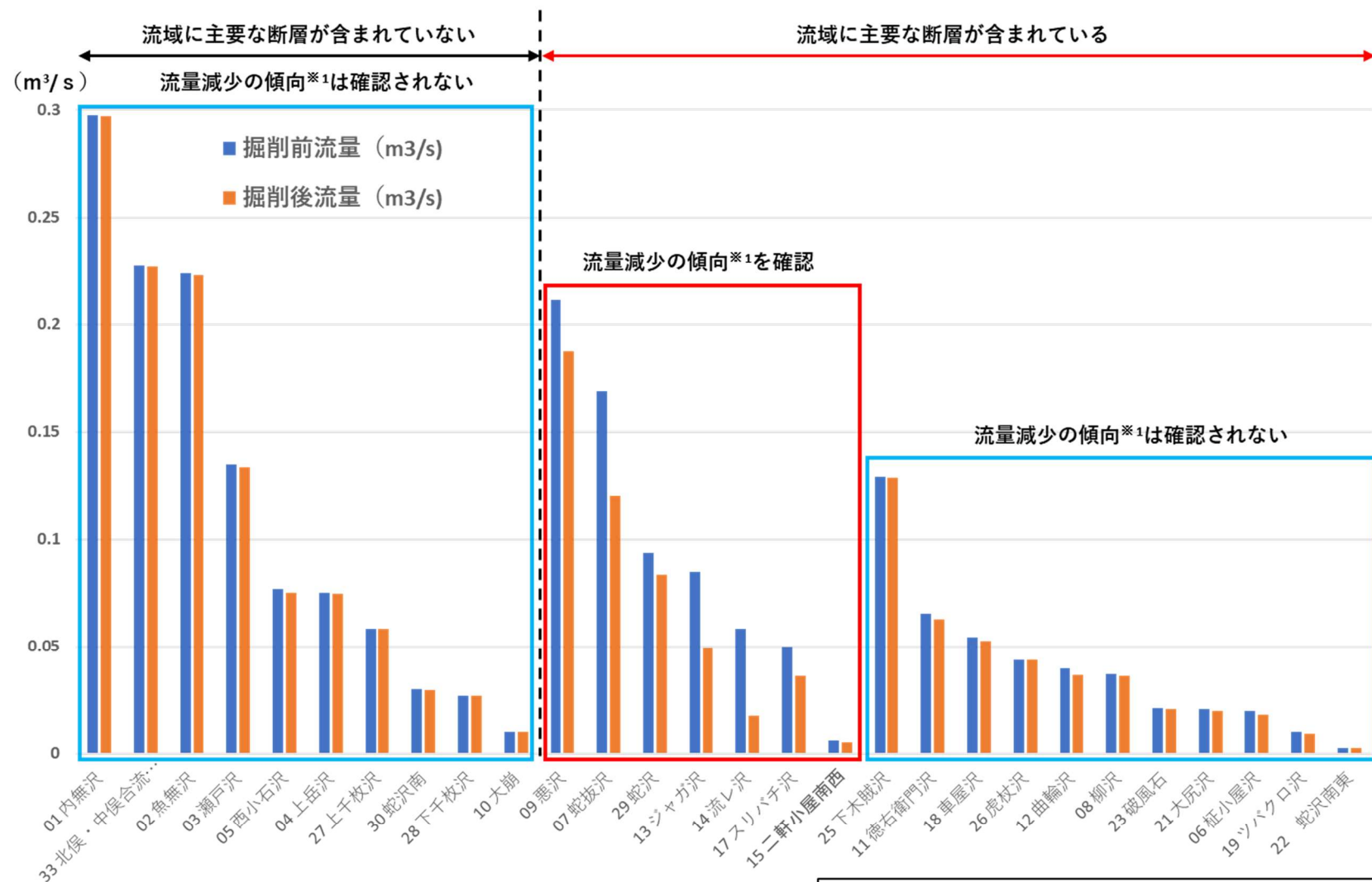
- ・第 21 回会議において大井川上流域の沢の調査結果をとりまとめた沢について、定常解析により、トンネル掘削前後の流量変化を確認し、流量変化の要因を考察しました。

7) トンネル掘削前後の流量変化（定常解析）

- ・トンネル掘削前後の沢の流量変化（河川合流部付近の沢側の地点）を図 3.27 に示します。
- ・流域に主要な断層を含まない沢については、流量減少の傾向⁵は確認されませんでした。流域に主要な断層を含む沢については、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢において、流量が減少する傾向がみられましたが、その他の沢については流量減少の傾向はみられませんでした。流量減少の傾向がみられた沢の位置を図 3.28 に示します。

⁵ トンネル掘削前流量の 10%以上、流量減少が確認された沢を指す

<解析上の掘削前流量が0.3m³/s以下の沢>



※1：掘削前流量の10%以上流量減少量が確認された沢を指す

※2：流域面積が極めて小さい16 上スリパチ沢、20 大尻沢北の沢、24 下木賊沢北の沢は、沢の流路に沿った地表水を再現することができなかったため、算出していない

流域に主要な断層を含む沢のうち、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢において、流量が減少する傾向がみられたが、その他の沢については流量減少の傾向はみられなかった。

図 3.27 (1) トンネル掘削前後の沢流量変化 (定常解析) ①

<解析上の掘削前流量が $1.0\text{m}^3/\text{s}$ 以上の沢>

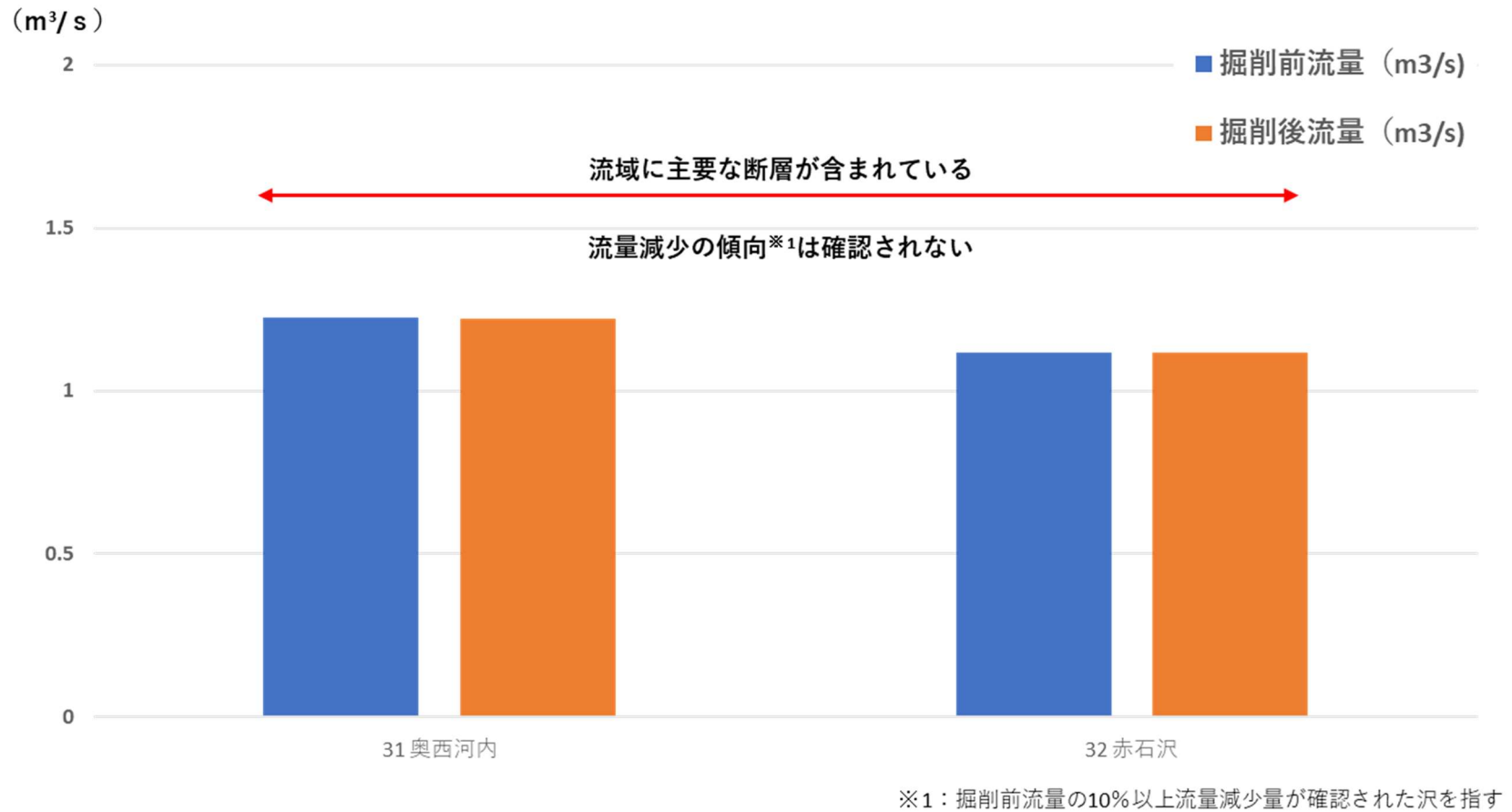


図 3.27 (2) トンネル掘削前後の沢流量変化 (定常解析) ②

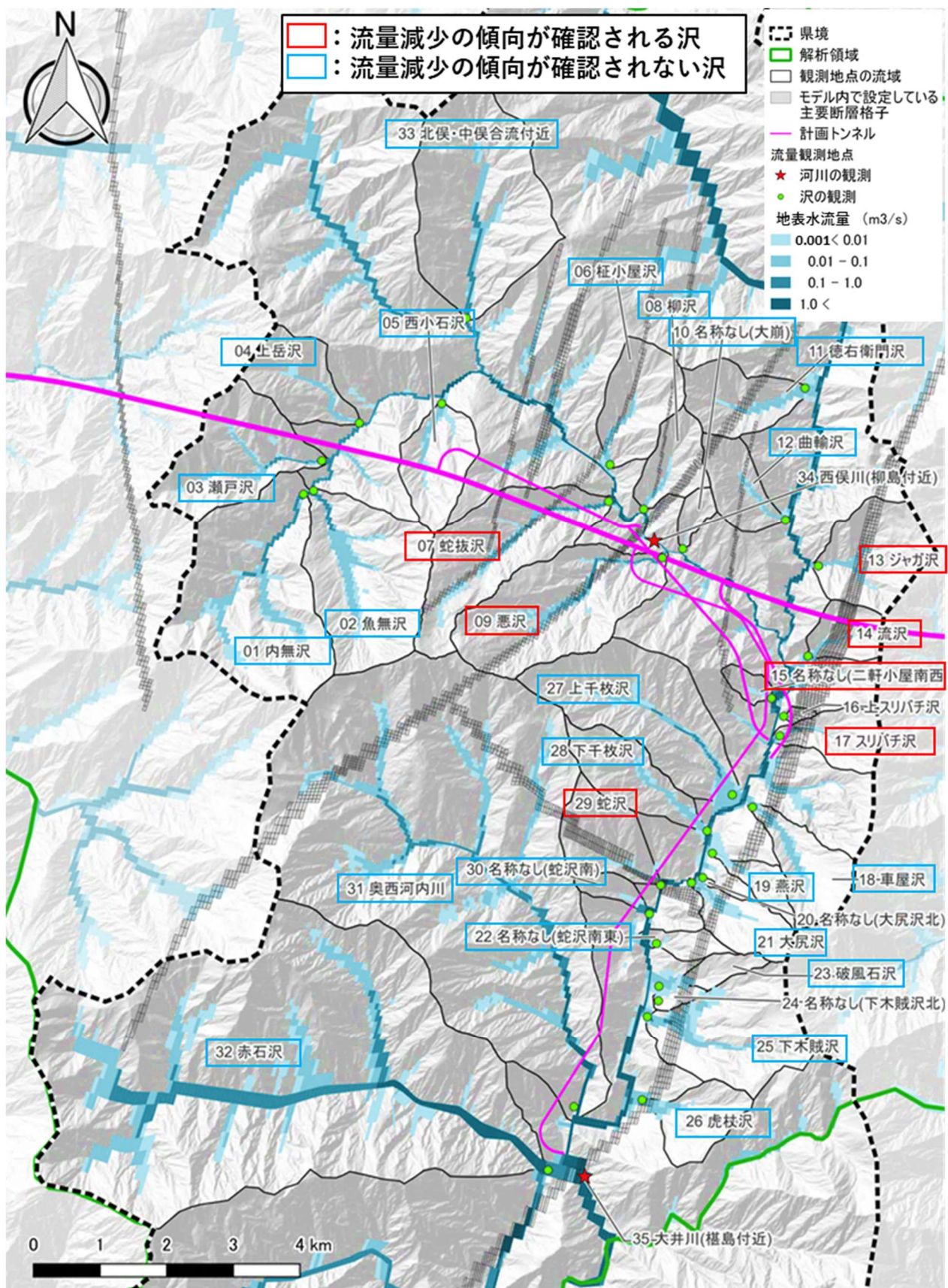


図 3.28 トンネル、主要な断層、沢流域の位置関係
 (地表水流量はトンネル掘削前の定常解析の結果)

イ) 流量変化の要因の考察

- トンネル掘削前後の流量変化の要因を考察するため、流域に主要な断層を含み、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢で流量減少の傾向が確認されたことを踏まえ、断層部に着目し、トンネル掘削前後の地表湧出量の変化を確認しました。流量減少の傾向が確認された悪沢、蛇抜沢のトンネル掘削前後の地表水流量とトンネル掘削前後の地表湧出量の変化を図 3.29、図 3.30 に示します。
- トンネル掘削後においても上流から下流にかけて地表水流量は確認されるものの、主要な断層部（赤破線で囲った箇所）において地表湧出量の減少がみられ、これにより沢流量の減少が生じたものと考えられます。

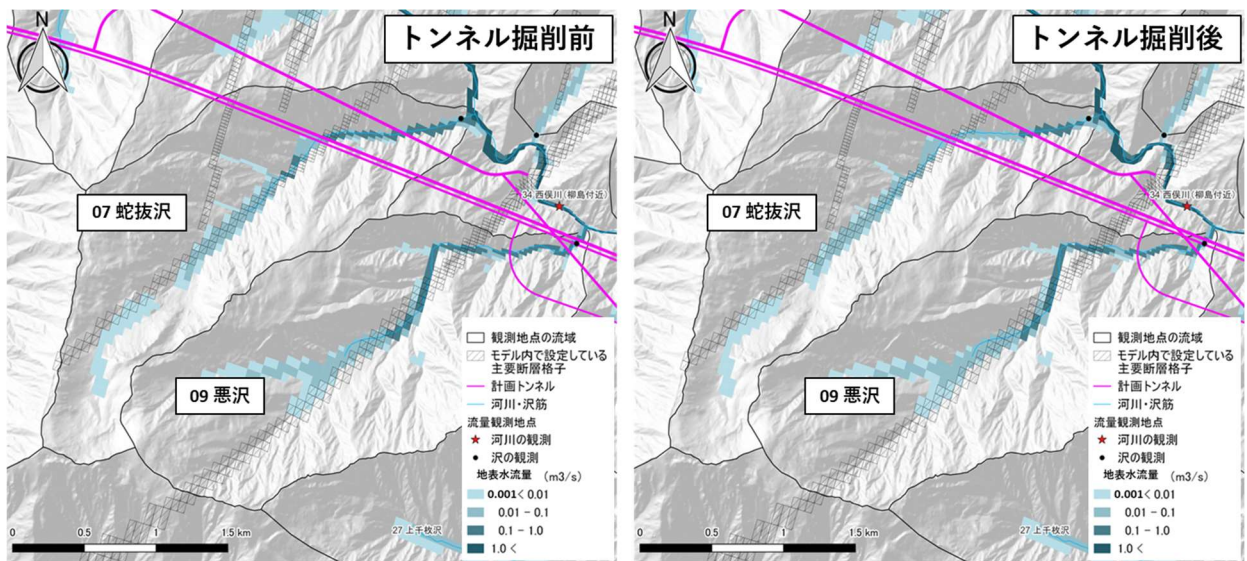


図 3.29 悪沢、蛇抜沢周辺のトンネル掘削前後の地表水流量（定常解析）

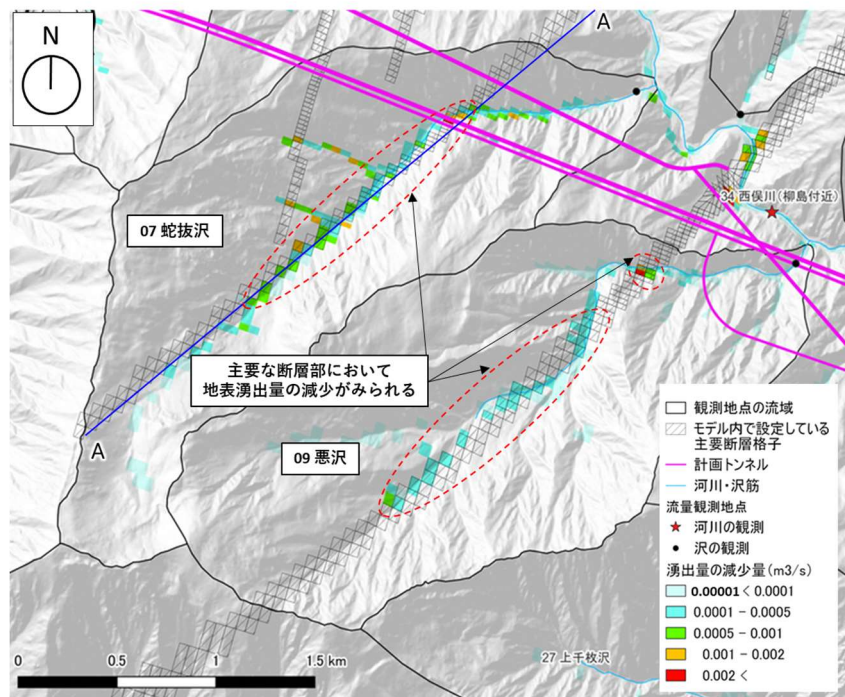


図 3.30 悪沢、蛇抜沢周辺の地表湧出量の変化（定常解析）

- ・次に、主要な断層部における地表湧出量の減少の要因を考察するため、蛇抜沢流域について、トンネルと断層を含む断面（図 3.30、A-A 断面）における全水頭分布・地下水流動方向の変化を確認しました。
- ・図 3.31 にトンネル掘削前後の地下水流動方向を示します。トンネル掘削前は、蛇抜沢と断層が交差する箇所（青破線内）で、地表面付近で上向きの地下水流動方向が見られます。一方、トンネル掘削後は、トンネル周辺においてトンネルへ引き込まれる地下水の流れが生じ、断層の地表部では地下水流動方向が地下方向へ変化しています。これにより、主要な断層部において地表湧出量が減少し、沢の流量減少が生じるものと考えられます。
- ・以上の通り、今回のモデルから考察される沢の流量減少の主な要因は、トンネル掘削に伴いトンネル内に周辺地下水が引き込まれ、断層部において、地表湧出量が減少するためであると考えられます。

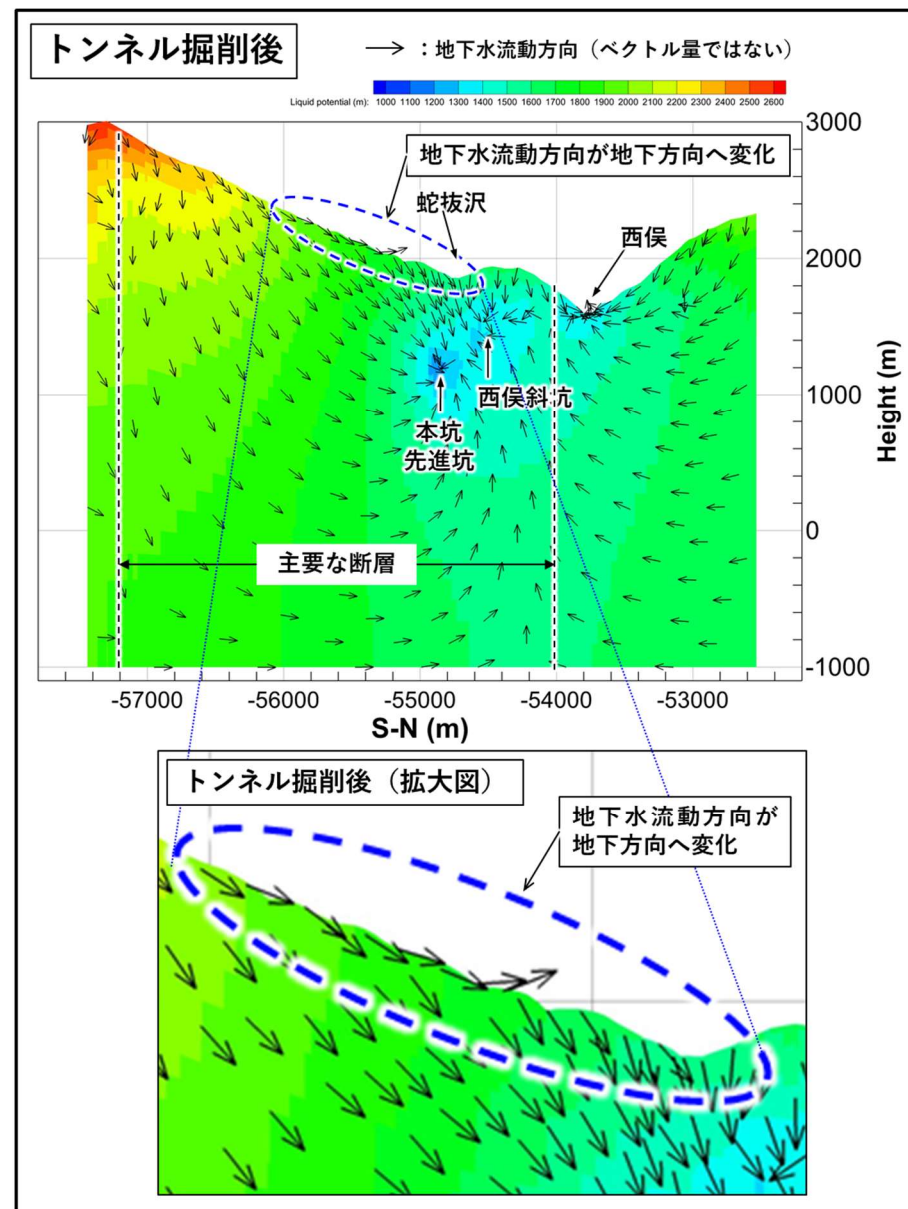
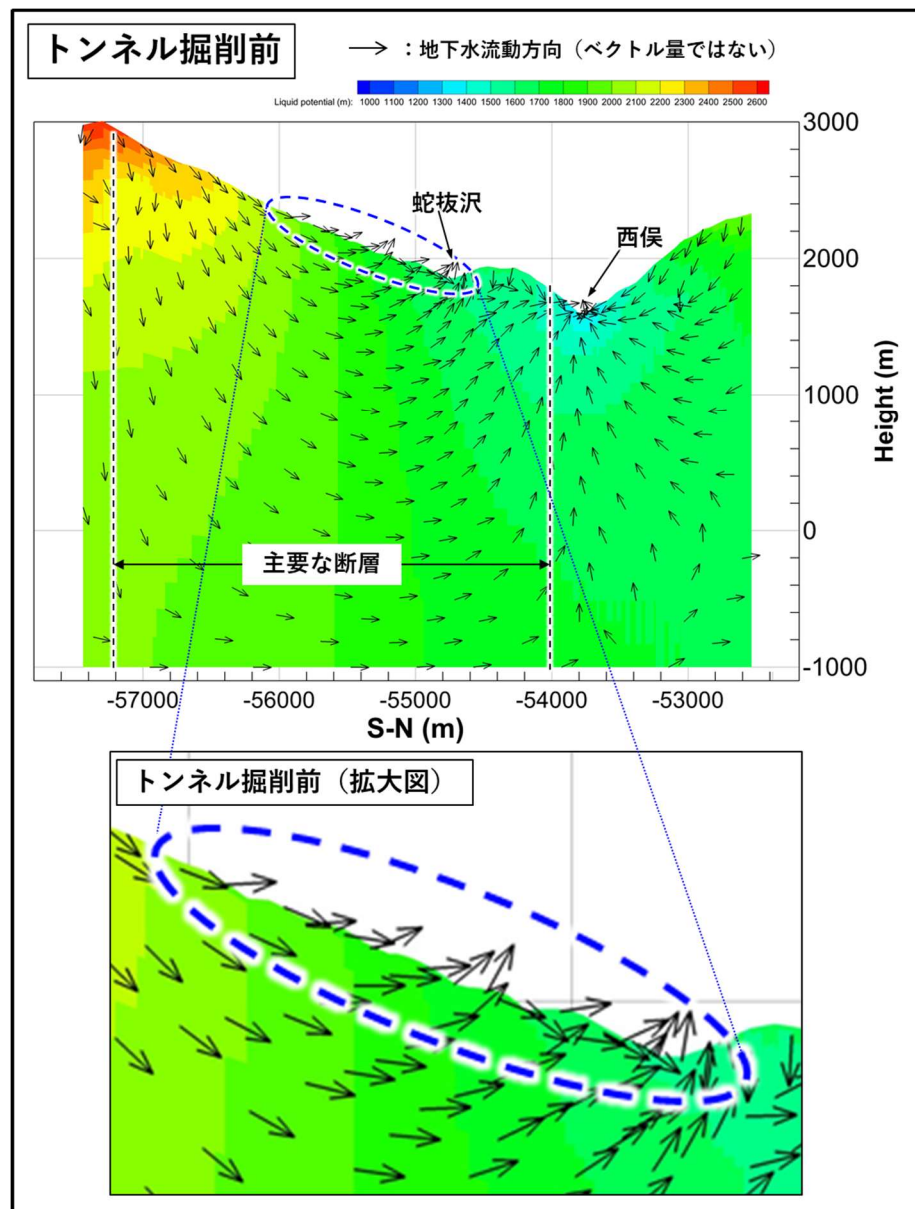


図 3.31 蛇拔沢周辺の全水頭分布と地下水流動方向の変化 (定常解析)

イ. 【定常解析】沢流量変化要因を踏まえた影響の回避・低減策の効果の検討

- ・ 沢の流量減少の主な要因は、トンネル掘削に伴いトンネル内に周辺地下水が引き込まれ、断層部において、地表湧出量が減少することであると考えられるため、主要な断層とトンネルが交差する箇所でトンネル内に引き込まれる地下水量を低減する対策を講じることにより、沢流量の減少量は低減されることが考えられます。
- ・ そこで、トンネルと断層の交差箇所において、トンネル湧水量の低減を目的とした薬液注入を実施した場合に、沢の流量変化がどのように変化するのかを確認しました。

7) 想定した薬液注入の概要

- ・ 想定した薬液注入の概要は表 3.6 の通りです。注入範囲、改良後の透水係数は、過去のトンネル工事の実績に基づき、設定しています。

表 3.6 薬液注入の概要

項目	概要
注入箇所	トンネルと主要な断層が交差する箇所（図 3.32）
注入範囲	トンネル直径（トンネル半径（R）の2倍（2R）） ⁶
改良後の透水係数	$1.0\text{E-}7\text{ (m/s)}$ ⁷

- ・ なお、トンネルに隣接する格子幅は、トンネル直径（2R）と異なるため、トンネルに隣接する 2R の範囲が透水係数 $1.0\text{E-}7\text{ (m/s)}$ 相当に改良されたことと同等の効果を検証できるよう、調和平均をとりトンネルに隣接する格子の透水係数を設定しました（図 3.35）。

⁶ 「（青函トンネルでは）注入範囲はトンネル半径の2～3倍（10～15m）程度を標準とし、不良地山区間では4～6倍（20～30m）程度としている。」、注入の設計施工マニュアル、公益財団法人鉄道総合技術研究所、平成23年10月

⁷ 青函トンネルでは、「注入による岩盤の止水効果の実測」を目的のひとつとし、先進導坑と並行する試験坑（水深約20m、土被り244m）において、薬液注入前後の岩盤の透水性を評価している。具体的にはまず、5本の試験孔を設けて注入前の自然地山の透水性を調査し、その後、同地山に対して薬液注入を実施、同じ地山に対して新たに3本のチェック坑を設け、薬液注入後の透水性を調査している。その結果、薬液注入前に5本の試験孔で計測した透水係数 k_m は、 $k_m=2.142 \times 10^{-6}\text{ (m/s)}$ 、 $k_m=6.291 \times 10^{-7}\text{ (m/s)}$ 、 $k_m=5.459 \times 10^{-7}\text{ (m/s)}$ 、 $k_m=9.336 \times 10^{-6}\text{ (m/s)}$ 、 $k_m=1.753 \times 10^{-6}\text{ (m/s)}$ であったことに対し、薬液注入後に新たに設けた3本のチェック坑では $k_m=3.212 \times 10^{-8}\text{ (m/s)}$ 、 $k_m=2.227 \times 10^{-8}\text{ (m/s)}$ 、 $k_m=4.406 \times 10^{-8}\text{ (m/s)}$ となり、「注入の効果は明らかで、注入によって地山の透水係数は $10^{-1} \sim 10^{-2}\text{ (cm/s)}$ 程度小さくなっていることがわかる」（青函トンネル土圧研究調査報告書 p218 引用）とされている（青函トンネル土圧研究調査報告書、社団法人土木学会、昭和52年3月より）。

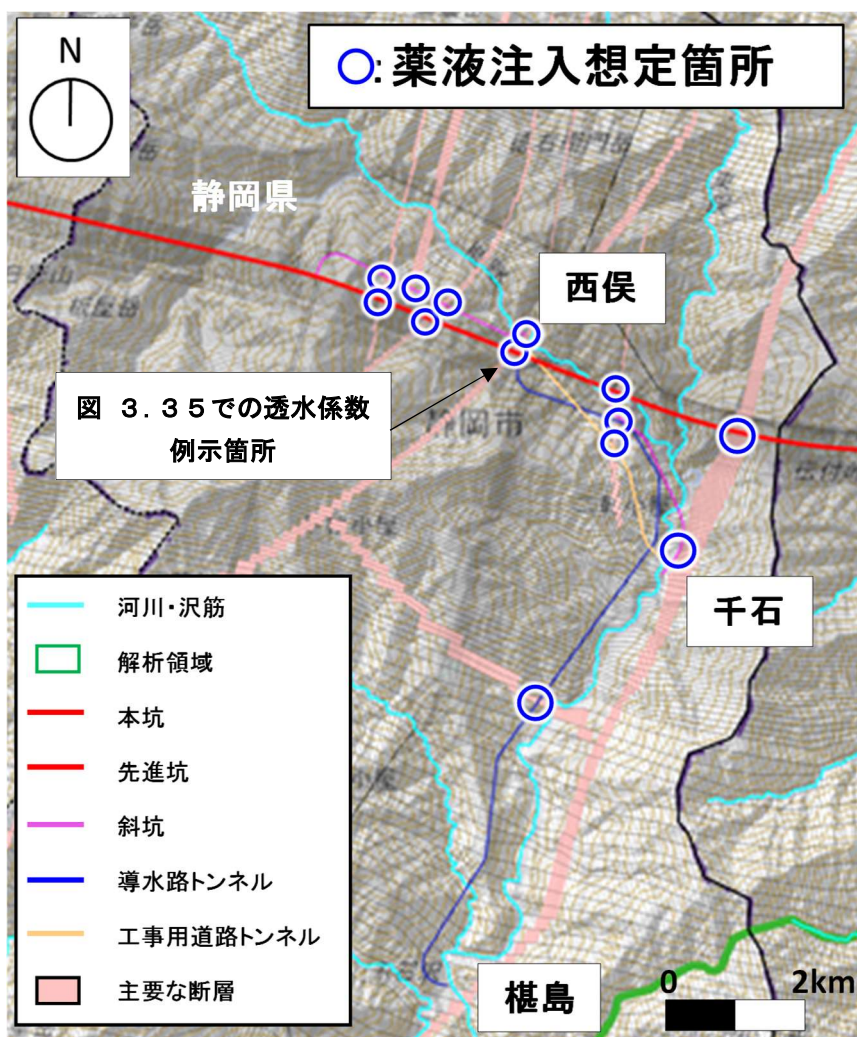


図 3.32 薬液注入の想定箇所

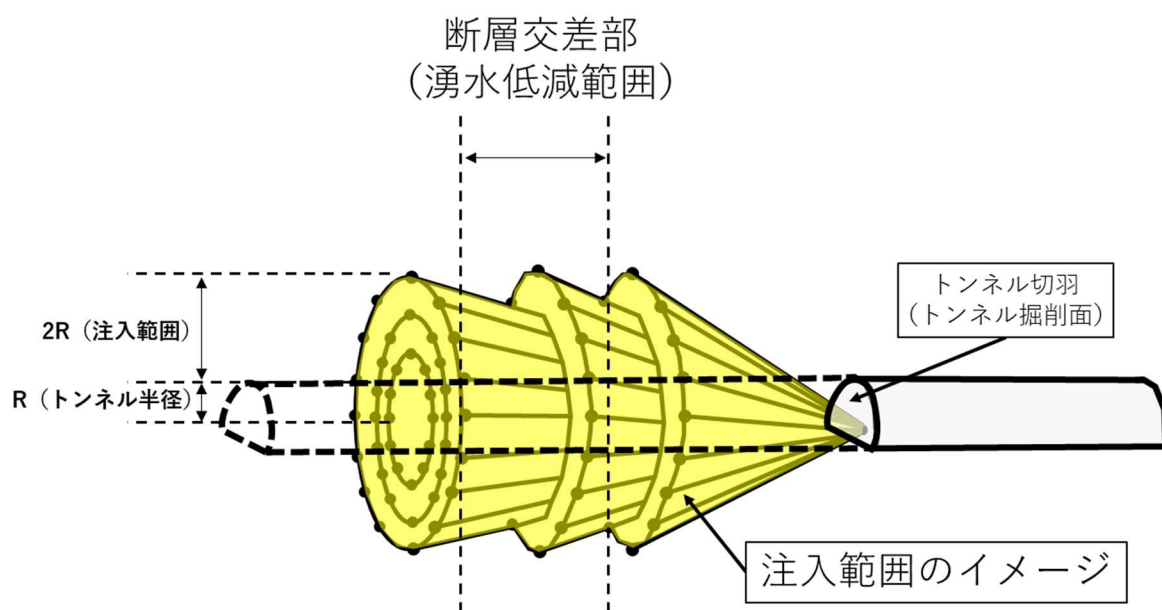


図 3.33 薬液注入のイメージ

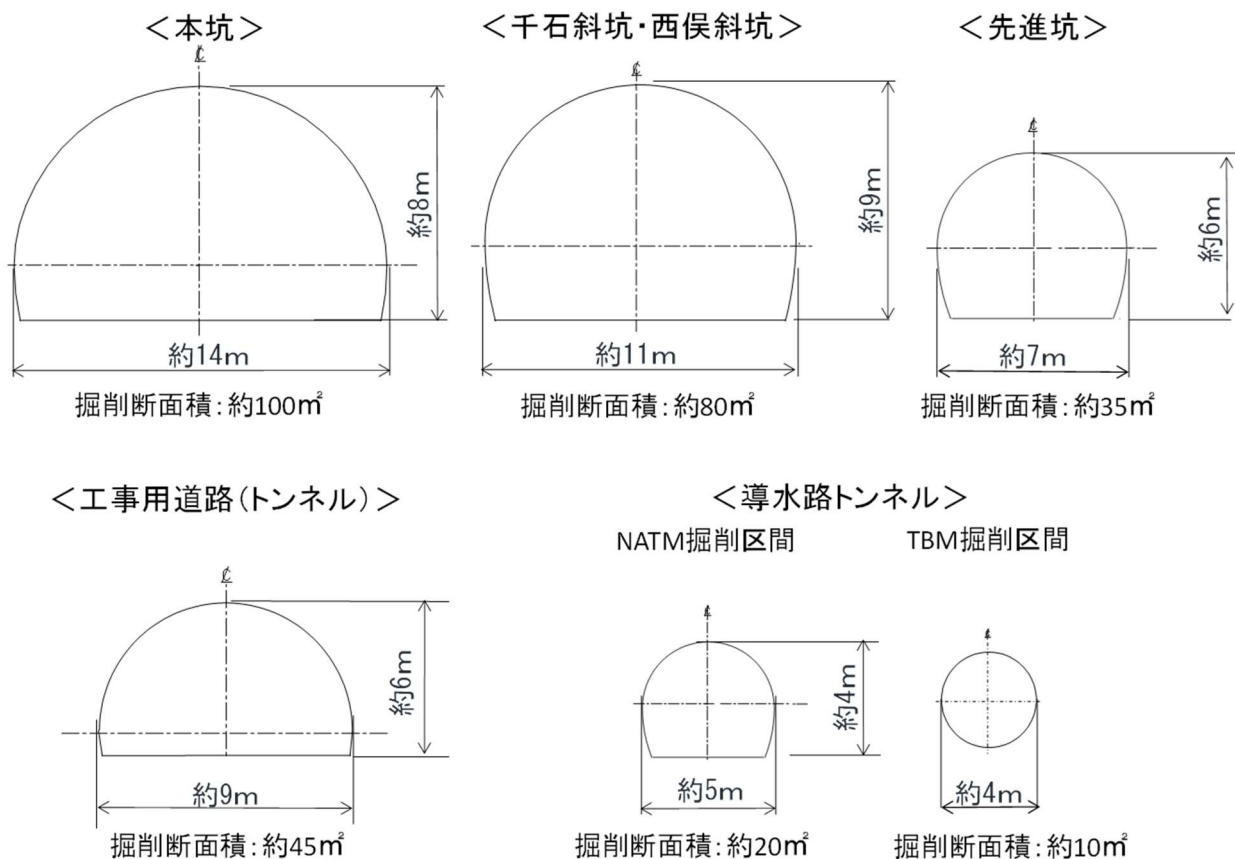


図 3.34 各トンネルの掘削断面

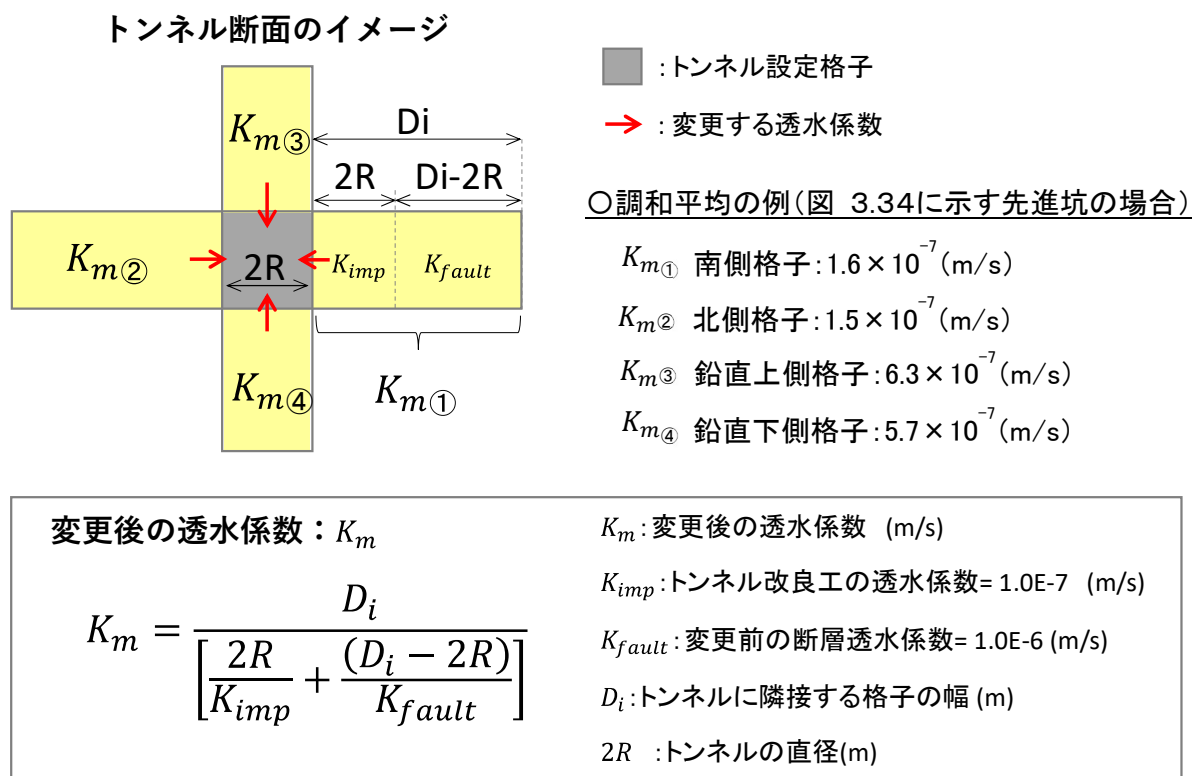


図 3.35 透水係数の調和平均の計算イメージ

イ) 薬液注入の効果の確認

- ・定常解析の結果、流量減少の傾向が確認された沢を対象に、表 3. 6 の条件で薬液注入を実施した場合における沢の流末での流量変化と地表水流量の変化を、定常解析により確認しました（図 3. 3 6～図 3. 3 9）。
- ・確認の対象としたすべての沢において流量減少が低減される結果となり、トンネルと主要な断層の交差部における薬液注入は、沢の流量減少量を低減する効果があることが確認できました。

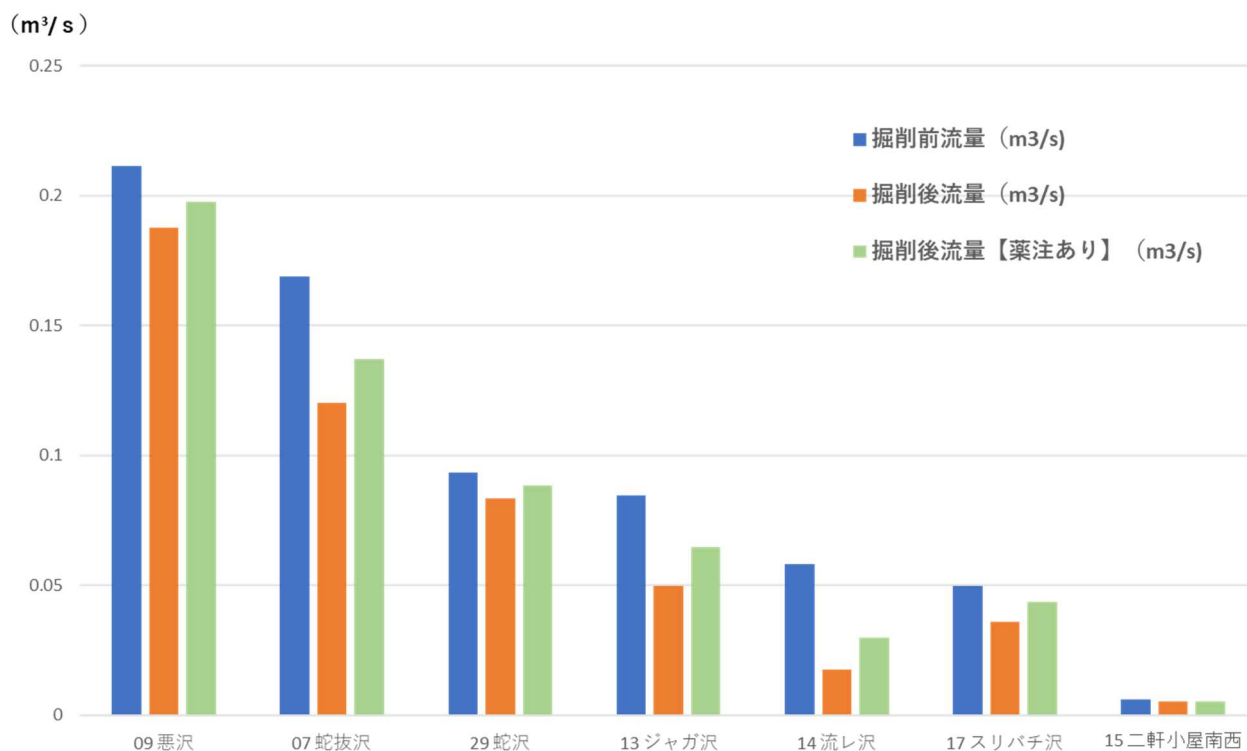


図 3. 3 6 トンネル掘削前後の沢流量変化（定常解析：薬液注入含む）

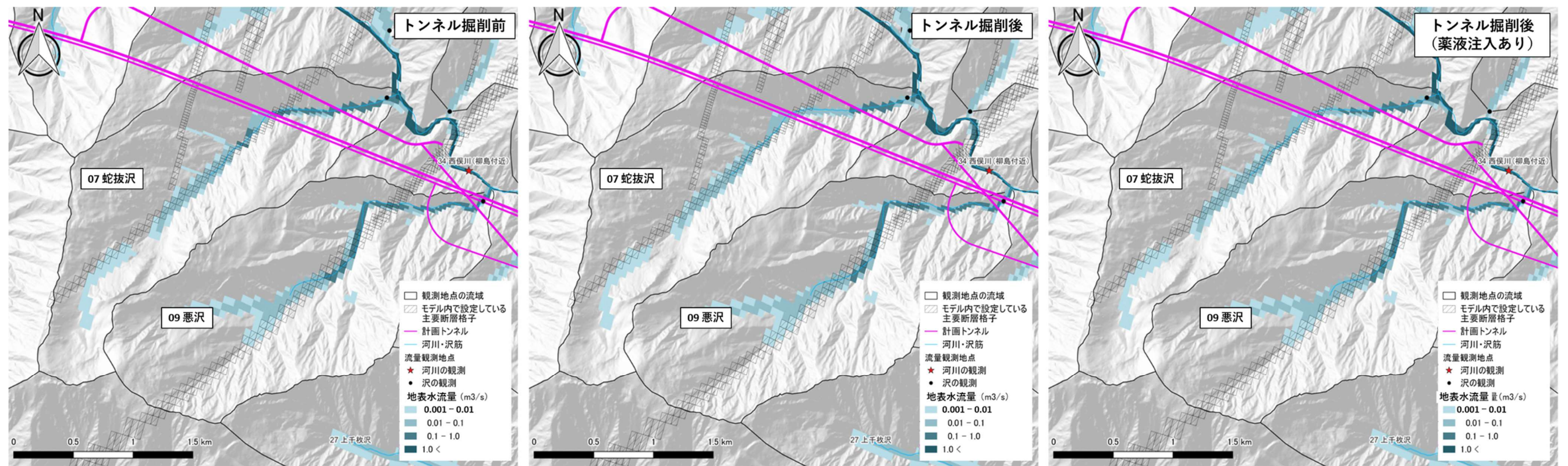


図 3.37 【蛇抜沢、悪沢】地表水流量の変化（定常解析）

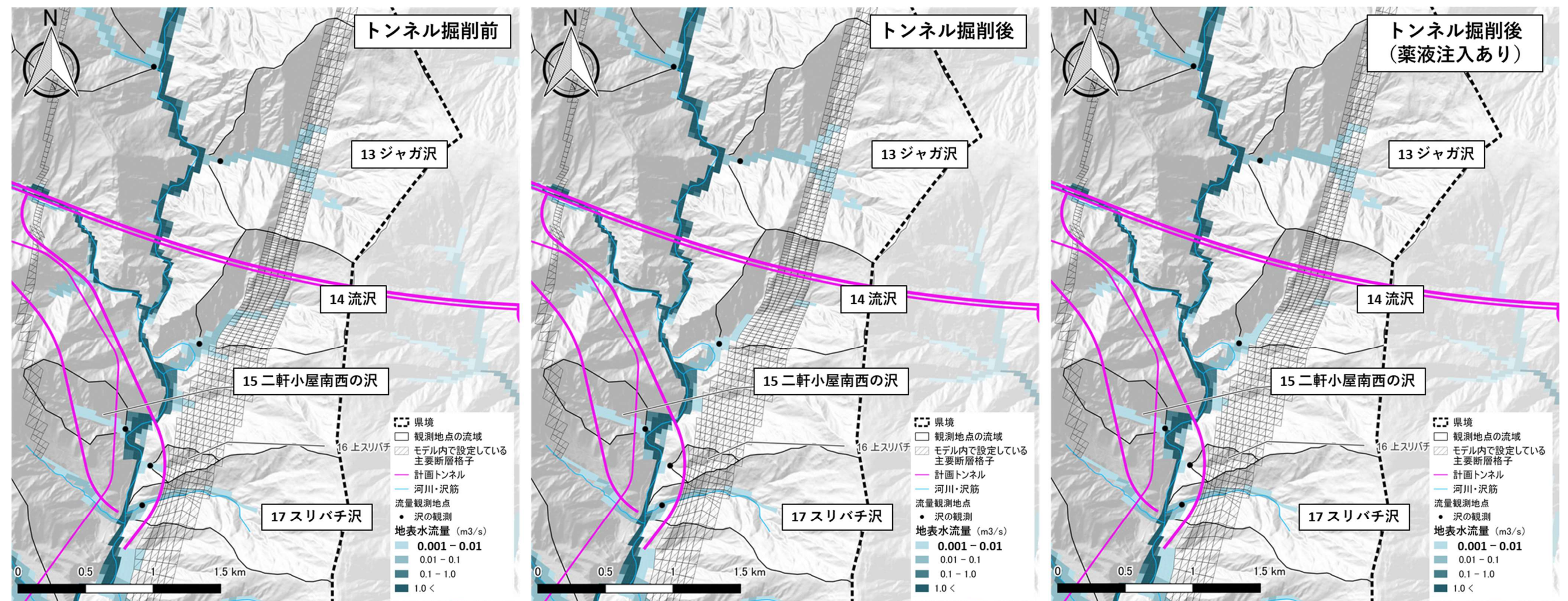


図 3.38 【ジャガ沢、流沢、二軒小屋南西の沢、スリバチ沢】地表水流量の変化（定常解析）

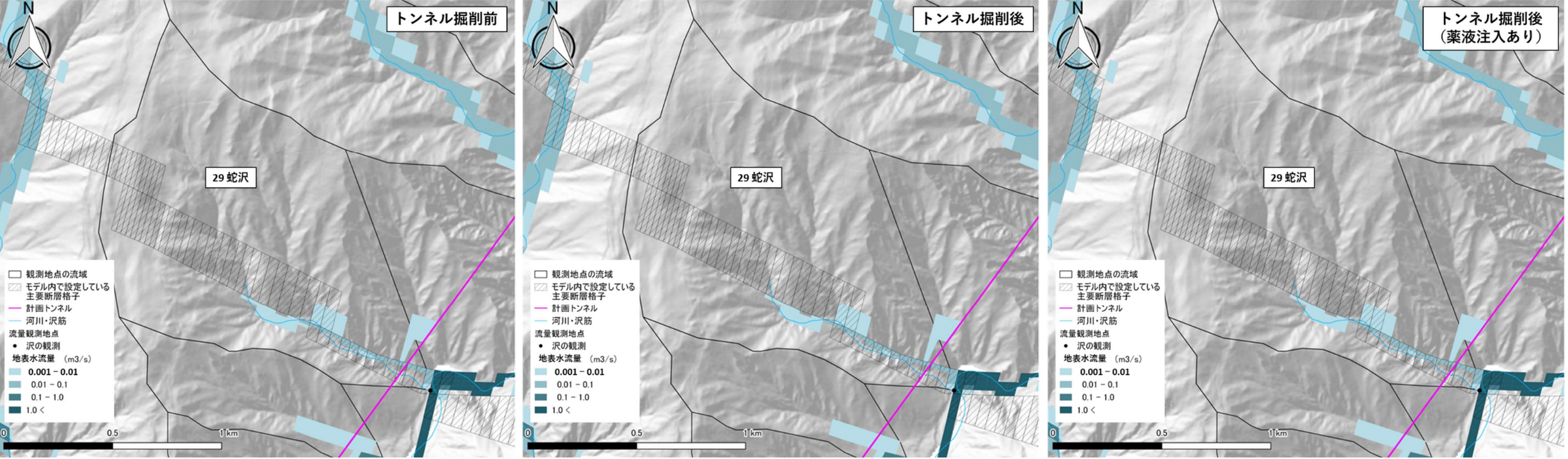


図 3.39 【蛇沢】地表水流量の変化（定常解析）

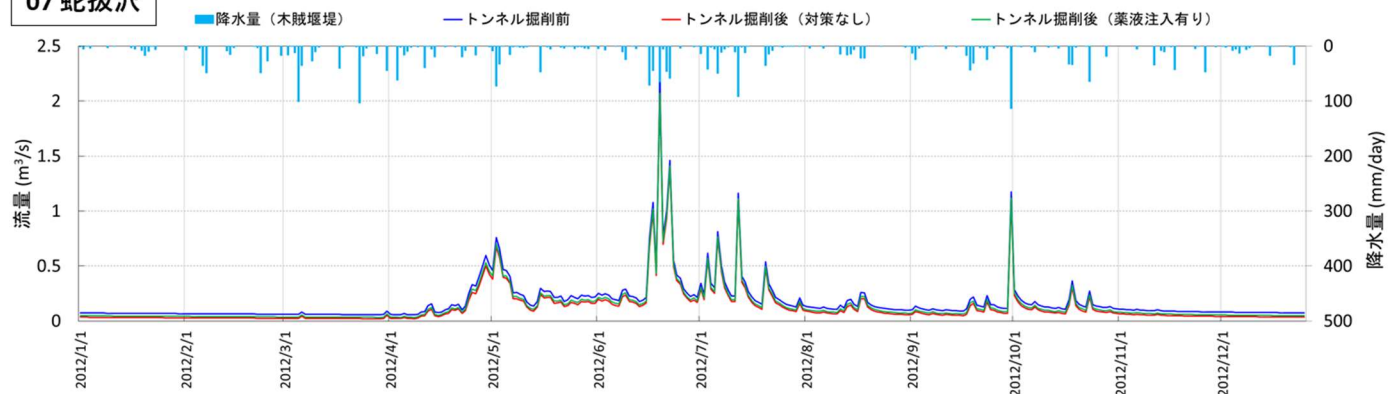
ウ. 【非定常解析】トンネル掘削前後の沢の流量変化

- ・次に、渇水期等、降水量が少ない時期におけるトンネル掘削前後の沢の流量変化を確認するため、1年間の降水量の変化を考慮した非定常解析を行いました。

7) トンネル掘削前後の流量変化（非定常解析）

- ・定常解析の結果、流量減少の傾向がみられた沢について、1年間を通じたトンネル掘削前後の沢の流量変化を確認しました（図 3.40～図 3.46）。
- ・なお、イ.の通り、トンネルと主要な断層の交差部における薬液注入が、沢の流量減少に対して効果があることが確認されたため、薬液注入を実施した場合の解析結果もあわせてお示しします。

07 蛇抜沢



蛇抜沢

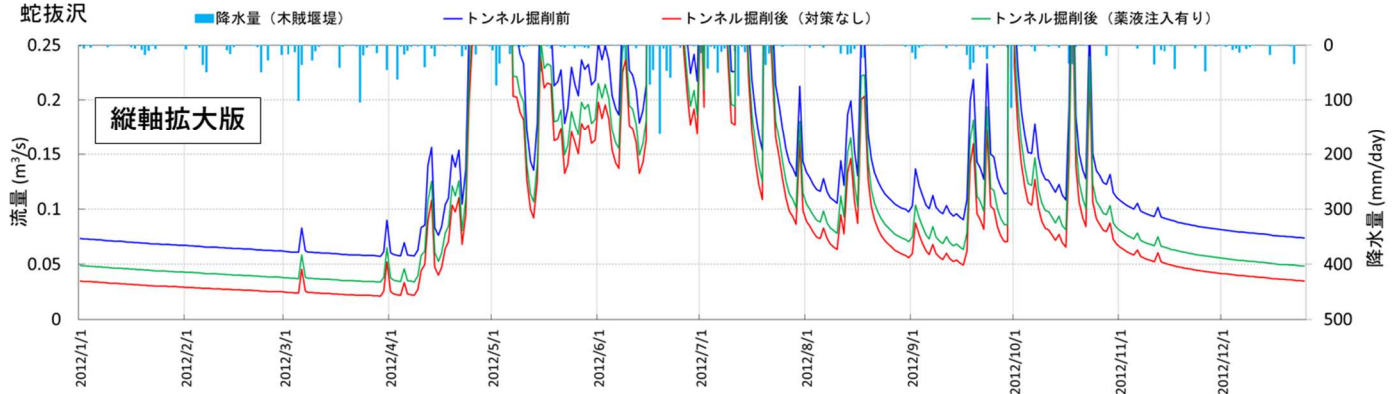
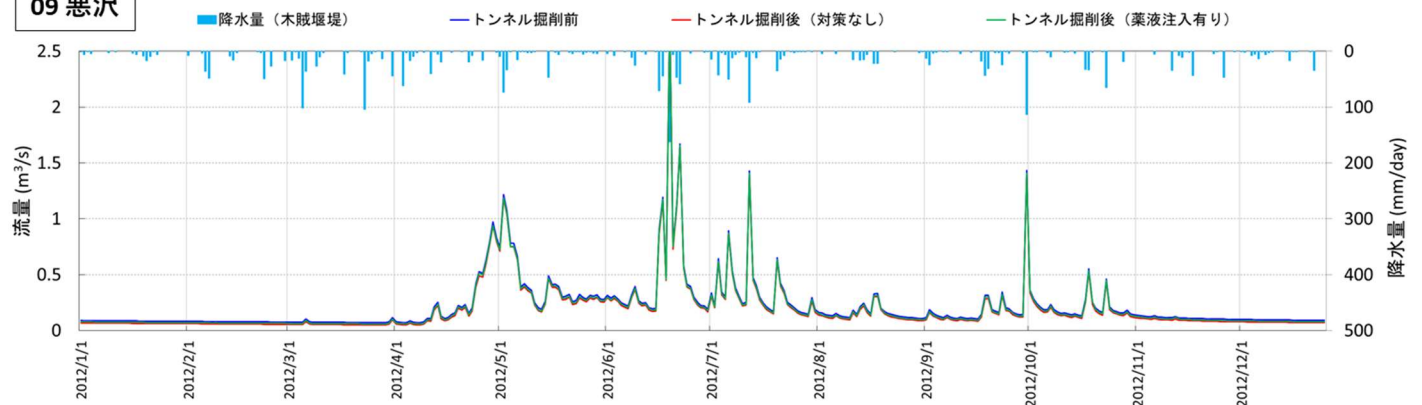


図 3.40 蛇抜沢の流量変化（非定常解析）

09 悪沢



悪沢

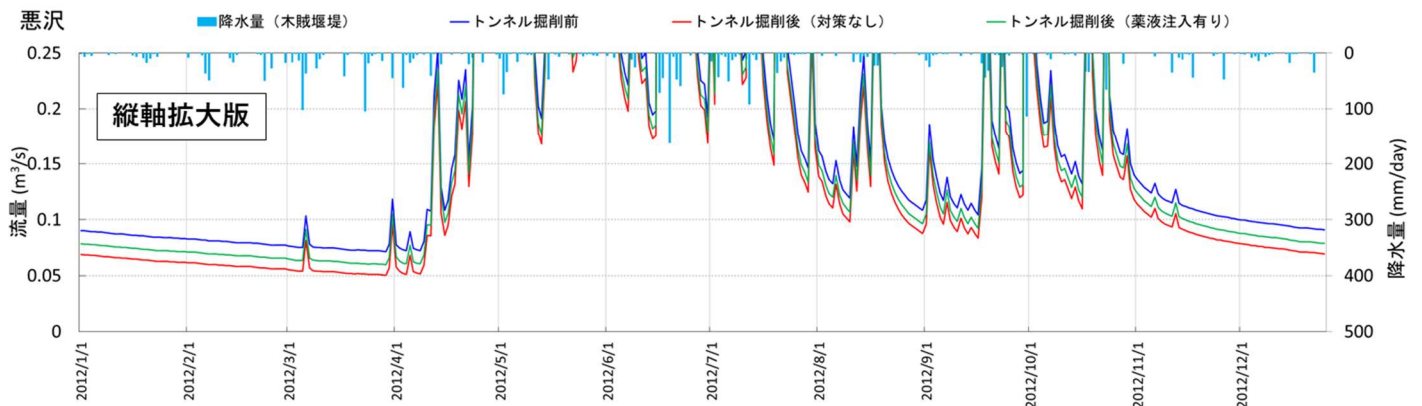
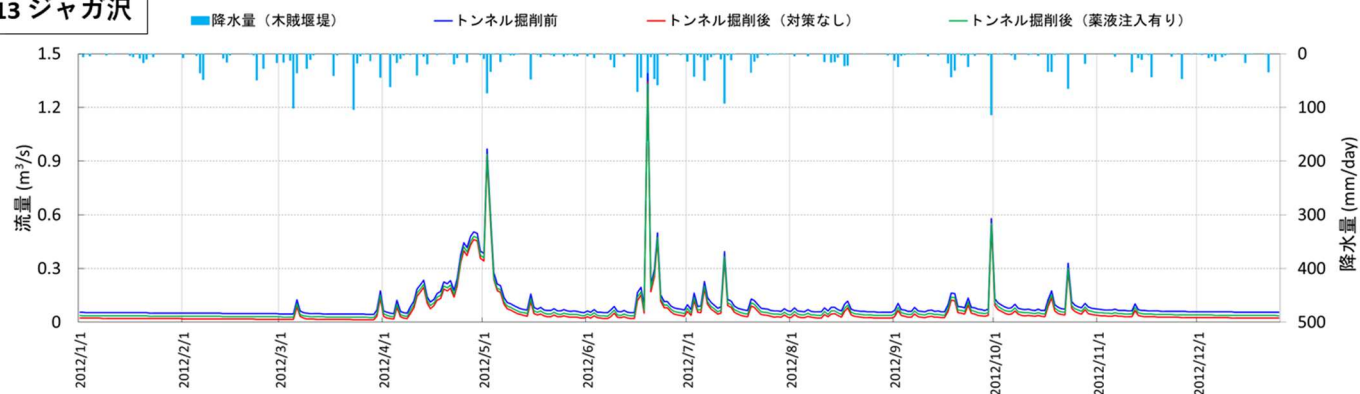


図 3.41 悪沢の流量変化（非定常解析）

13 ジャガ沢



ジャガ沢

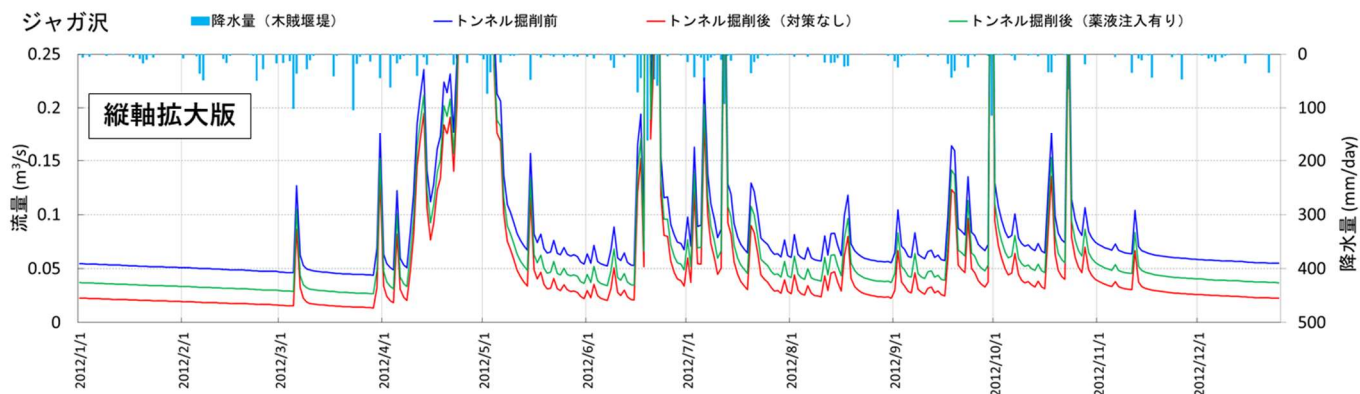
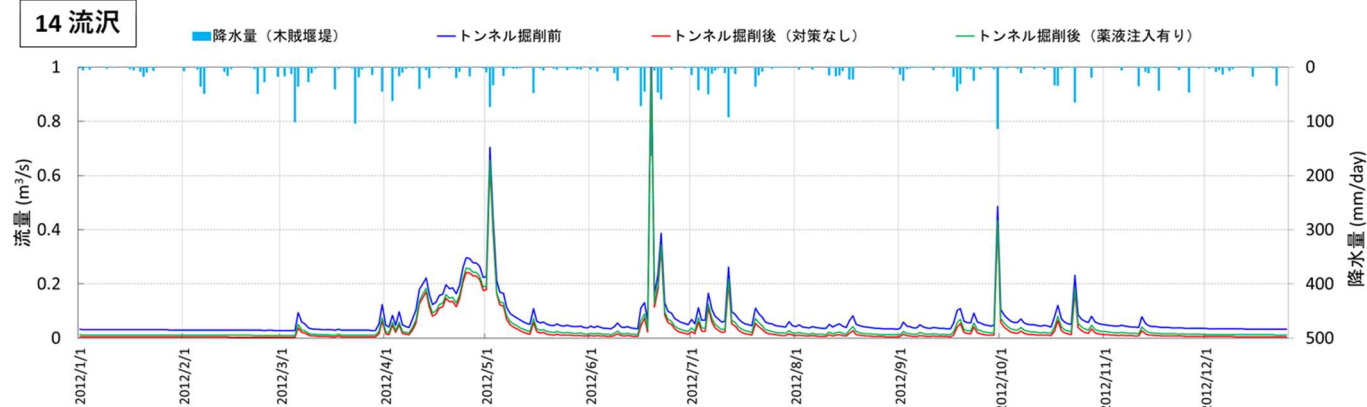


図 3. 4 2 ジャガ沢の流量変化（非定常解析）

14 流沢



流し沢

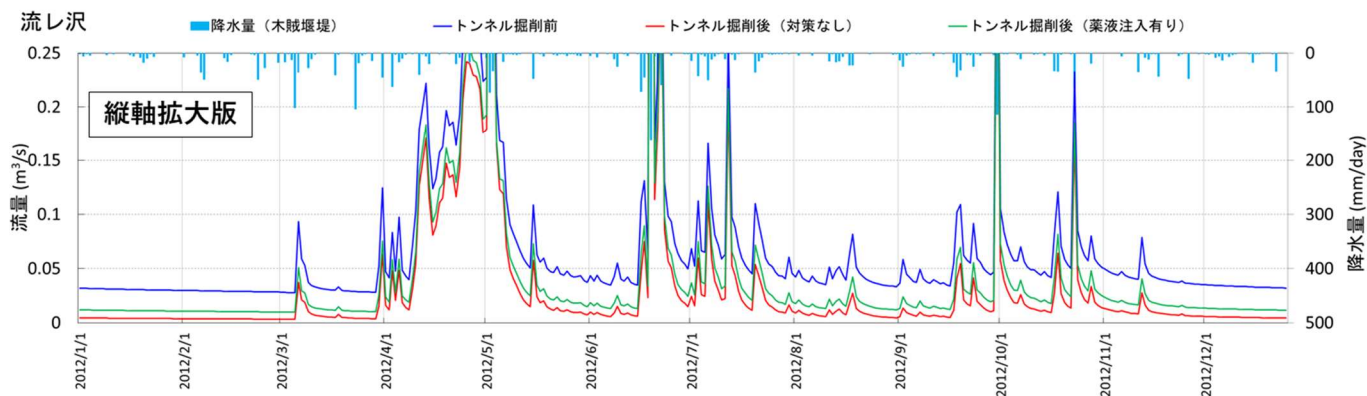
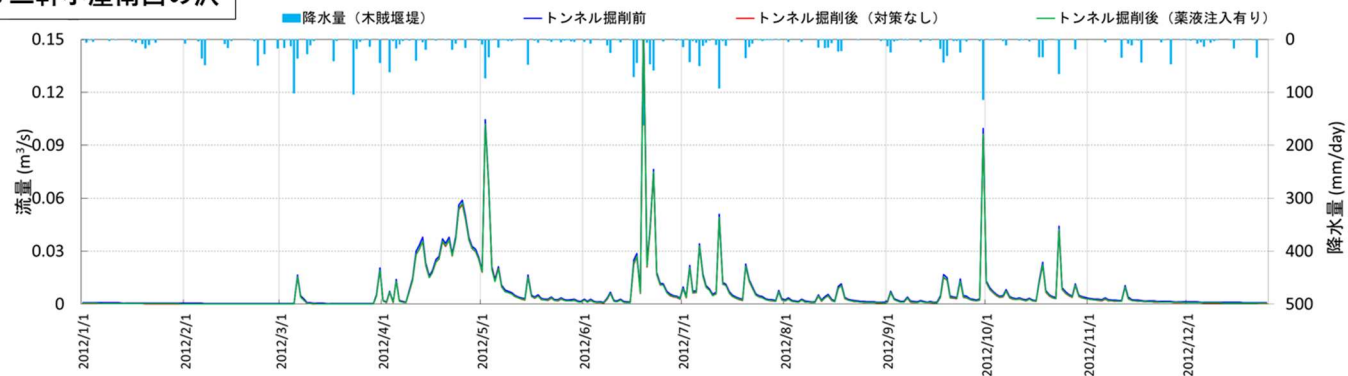


図 3. 4 3 流沢の流量変化（非定常解析）

15 二軒小屋南西の沢



支流_二軒小屋南西

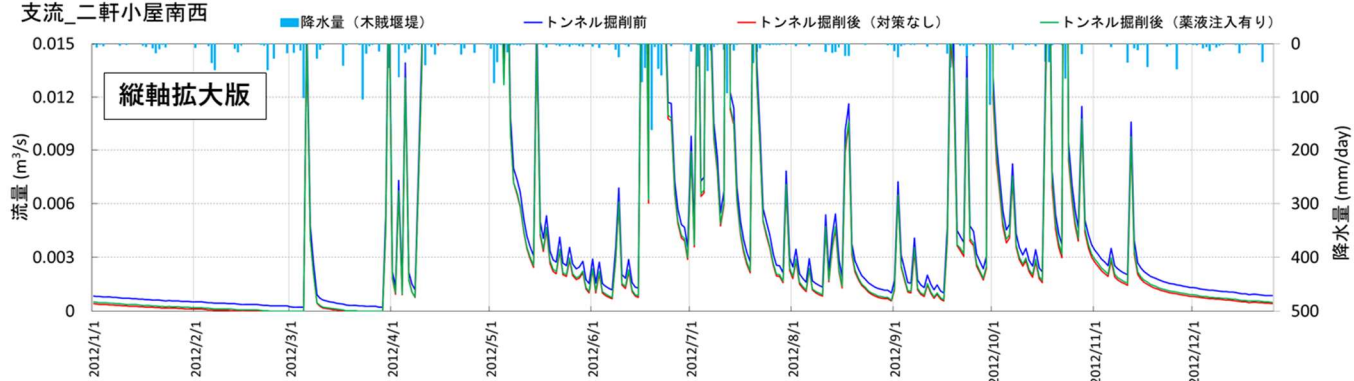
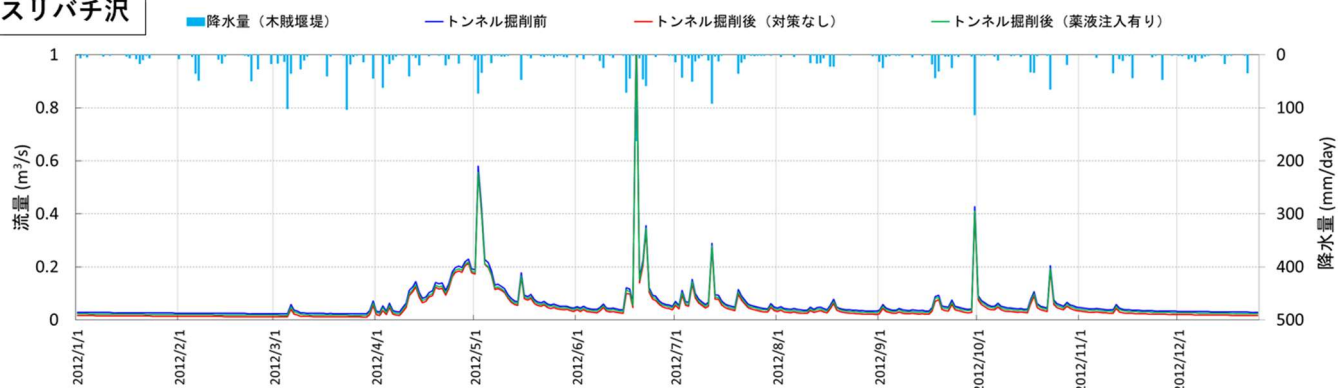


図 3. 4 4 二軒小屋南西の沢の流量変化（非定常解析）

17 スリバチ沢



稲鉢沢

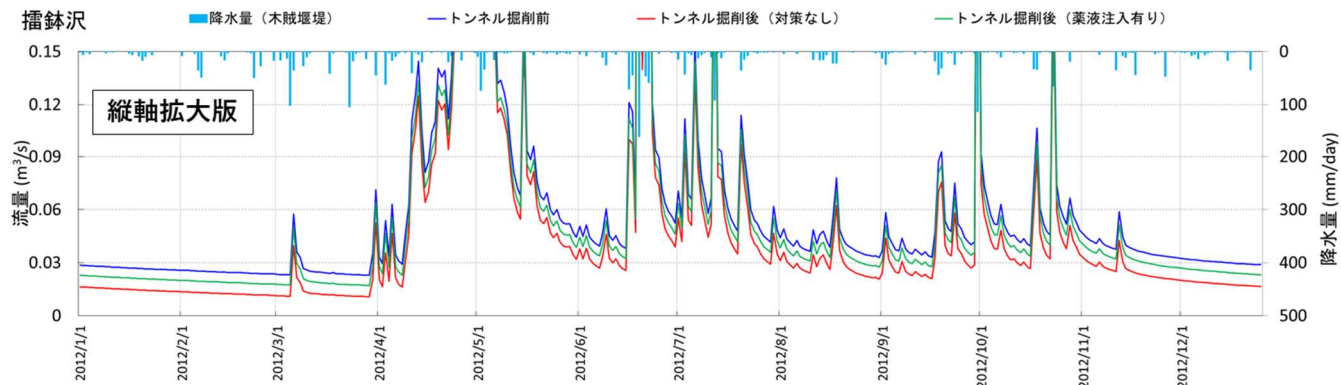


図 3. 4 5 スリバチ沢の流量変化（非定常解析）

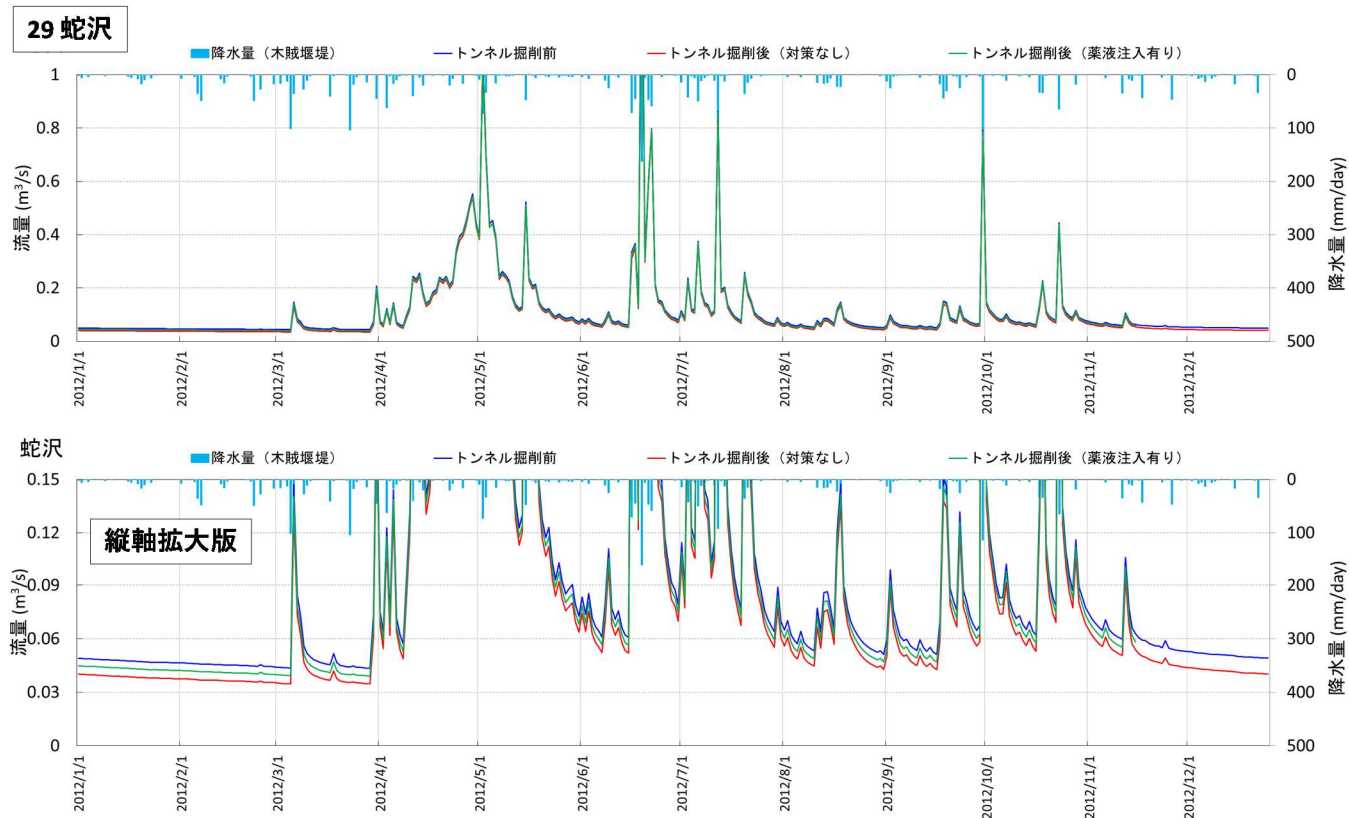


図 3.46 蛇沢の流量変化（非定常解析）

（考察）

- ・一年間のうち、最も流量が少なくなる時期においても一定の流量が確保されることが確認されましたが、特定の沢においては、解析上、流量が極めて小さくなる傾向が確認されました。
- ・また、定常解析で確認された通り、薬液注入を実施した場合には、沢の流量減少量が低減されることが確認されました。

イ) 最も流量が小さい日における地表水流量の変化（非定常解析）

- ・降水量が少ない時期に、特定の沢において、解析上、トンネル掘削後の流量が極めて小さくなる傾向が確認されたことを踏まえ、各沢について1年間のうち最も流末での流量が小さくなる日における地表水流量の変化を確認しました（図 3.47、図 3.48、図 3.49）。

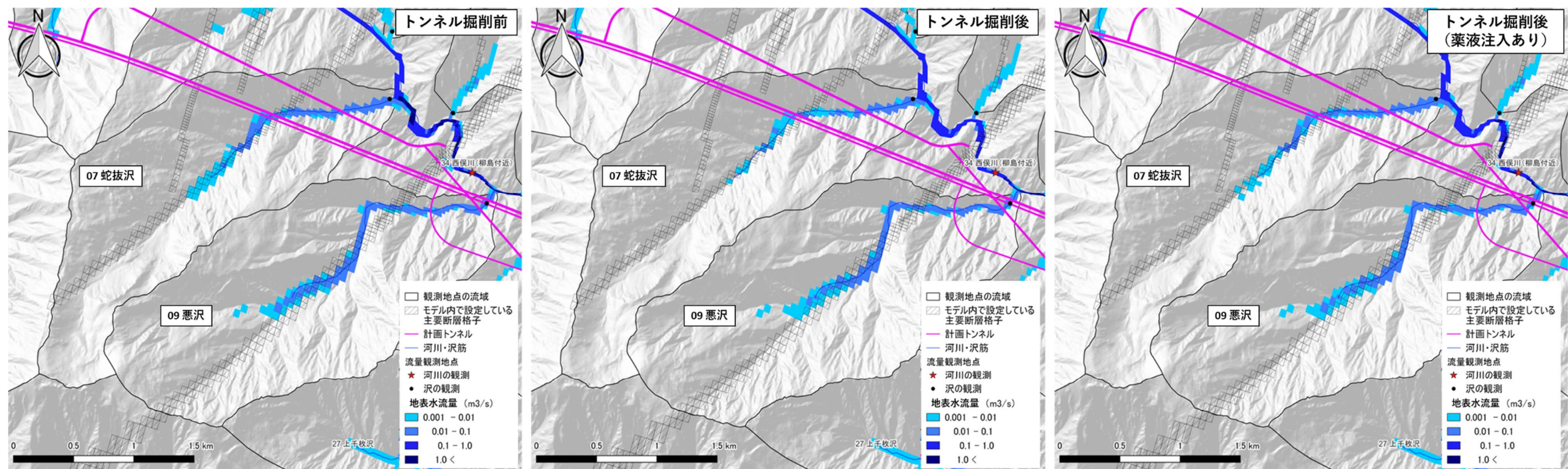


図 3. 4 7 【蛇抜沢、悪沢】2012 年 3 月 29 日における地表水流量の変化

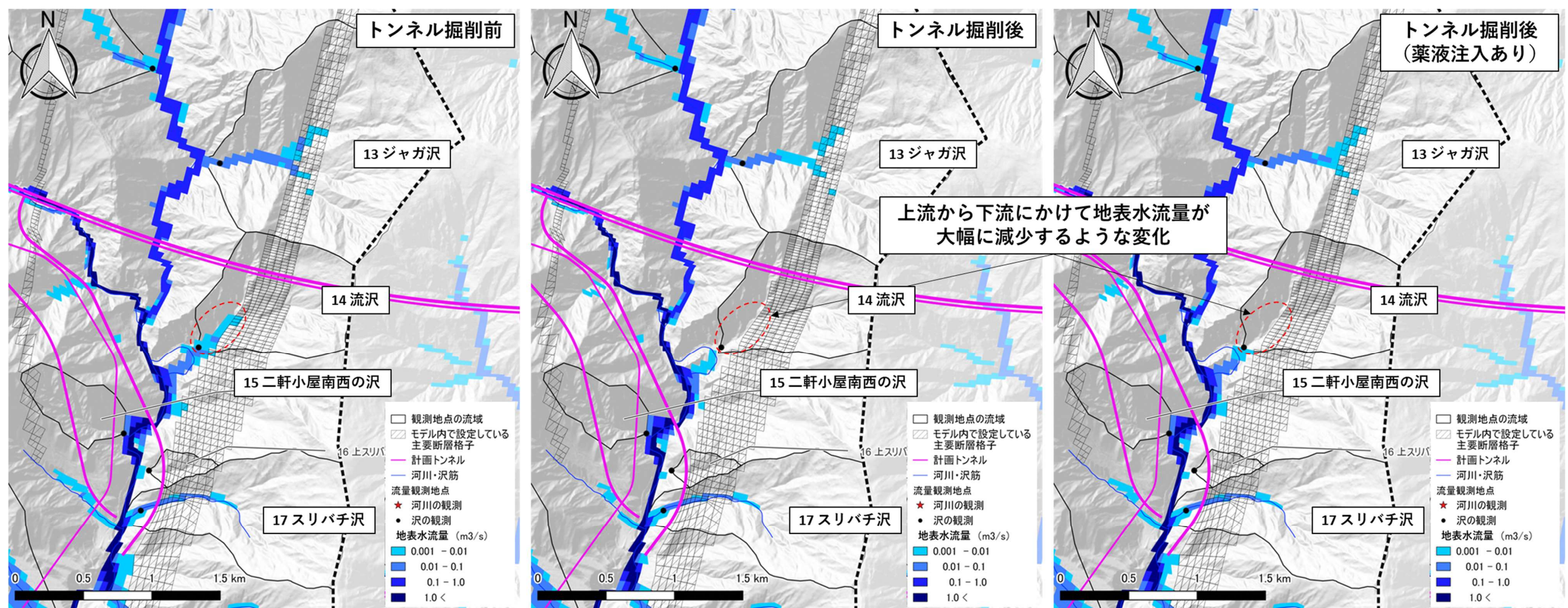


図 3. 4 8 【ジャガ沢、流沢、二軒小屋南西の沢、スリバチ沢】2012 年 3 月 5 日における地表水流量の変化

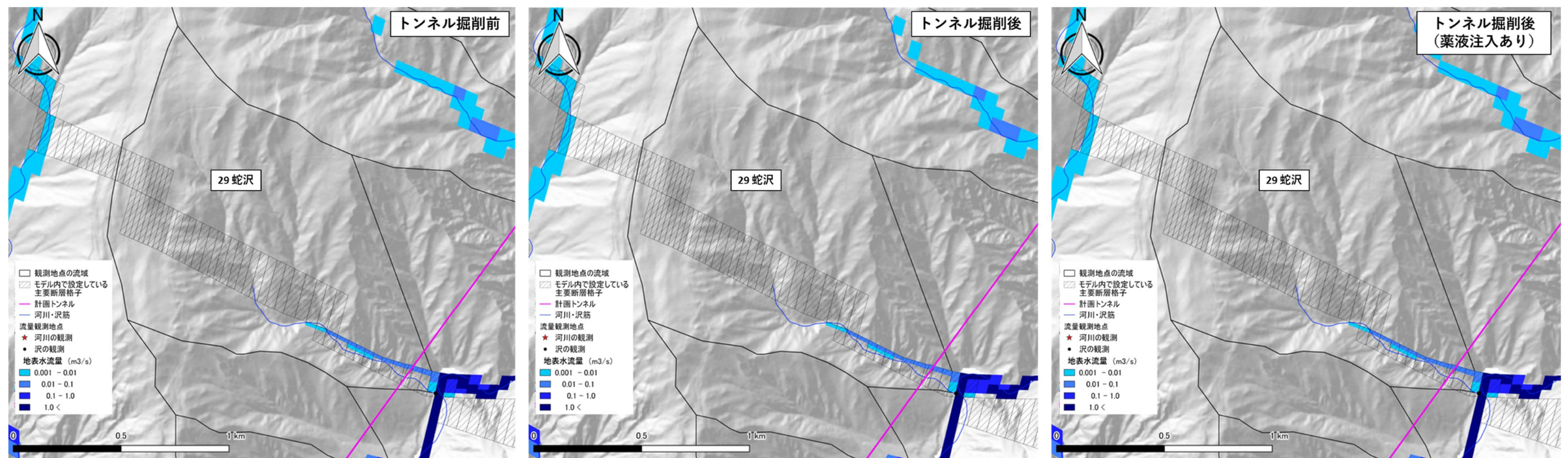


図 3. 4 9 【蛇沢】 2012 年 3 月 5 日における地表水流量の変化

(考察)

- ・流沢のように、流域面積に対して主要な断層が占める割合が大きく、トンネル直上に位置する沢では、上流から下流にかけて地表水流量が大幅に減少するような変化がみられましたが、その他の沢についてはそのような変化はみられませんでした（図 3.48）。
- ・なお、二軒小屋南西の沢は、トンネル掘削前においても極めて流量が小さい沢であるため、トンネル掘削に伴い、流況が大きく変化したものではないと解釈しています。

エ. トンネル工事の順序を考慮したトンネル掘削に伴う沢の流量変化

- ・ 7) ア. ～ ウ. までの解析において、最も沢の流量への影響が生じると考えられる、計画しているすべてのトンネル掘削が完了した段階での、沢の流量変化について確認をしてきました。
- ・ 次に、トンネルを掘り進めた際に沢の流量がどのように変化するのかということに着目し、 7) ア. で流量減少の傾向が確認された沢を対象に、トンネル工事の順序を考慮した解析を行い、各トンネルの掘削状況と沢の流量変化の関係を考察します。
- ・ この解析の目的は、沢の流量変化について、トンネル掘削の影響を確認するということであるため、解析で入力した降水量は、季節変動を考慮した降水量ではなく、平均の日降水量⁸を毎日入力しています。
- ・ また、トンネル掘削の進行については、5 か月毎の掘削進行過程を基本としてモデル化し、トンネルが静岡県と山梨県の県境付近の断層帯を掘削する期間（工事着手後 75 か月～85 か月）は、1 か月毎の掘削進行過程をモデル化しています。

7) トンネル工事の順序について

- ・ 解析上想定した南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況を図 3.50 にお示しします。

⁸ 気象庁が提供する国土数値情報平年値メッシュデータ（降水量）のうち1981～2010年までの平年値を使用し、降水量から実蒸発散量を差し引いた有効降水量として与えています。

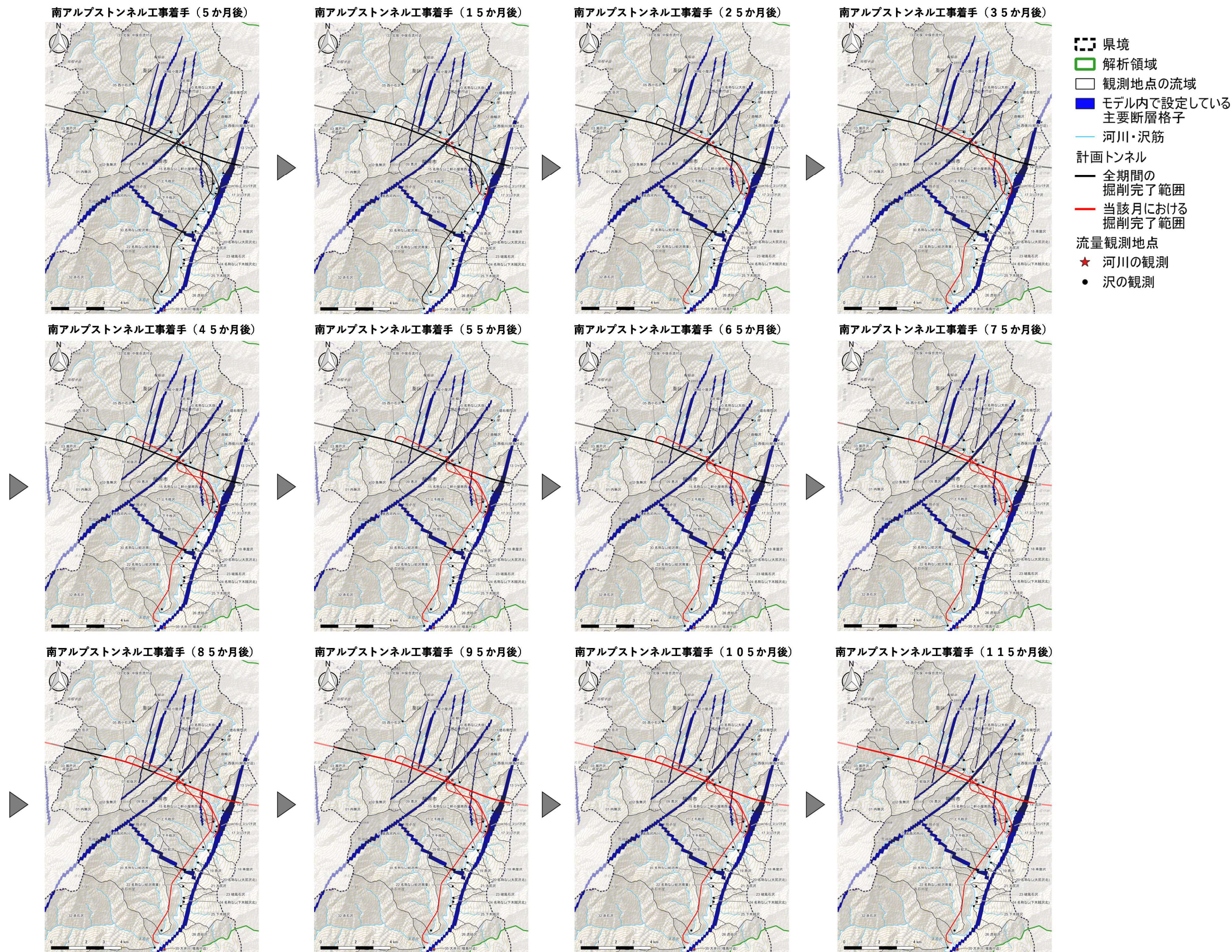


図 ３．５０ 解析上想定した南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況

イ) トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化について

- ・図 3.50 でお示した順序でトンネル掘削が進んだ場合の各沢の流量変化とその要因を考察します。

07 蛇抜沢

- ・蛇抜沢では、図 3.51 に示す通り、工事着手後 20 か月～25 か月付近（流量変化①）、35 か月～40 か月付近（流量変化②）、80 か月～90 か月後付近（流量変化③）で流量減少の傾向がみられました。
- ・工事着手後 20 か月～25 か月付近、35 か月～40 か月付近、80 か月～90 か月後付近の各トンネルの掘削状況を図 3.52、図 3.53、図 3.54 に示します。
- ・工事着手後 20 か月～25 か月の間に、西俣斜坑が主要な断層を通過していることから、流量変化①は、西俣斜坑のトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。
- ・また、工事着手後 35 か月～40 か月の間にも、西俣斜坑が主要な断層を通過していることから、流量変化②は、西俣斜坑のトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。
- ・また、80 か月～90 か月の間に、先進坑・本坑が主要な断層を通過していることから、流量変化③は、先進坑・本坑のトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。

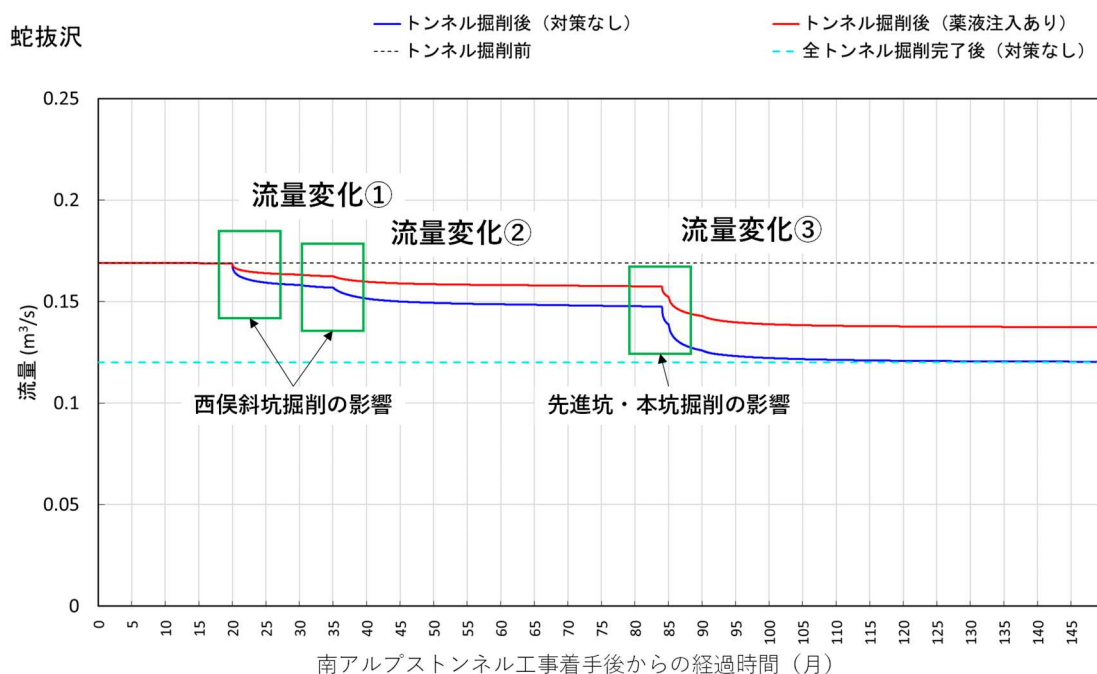
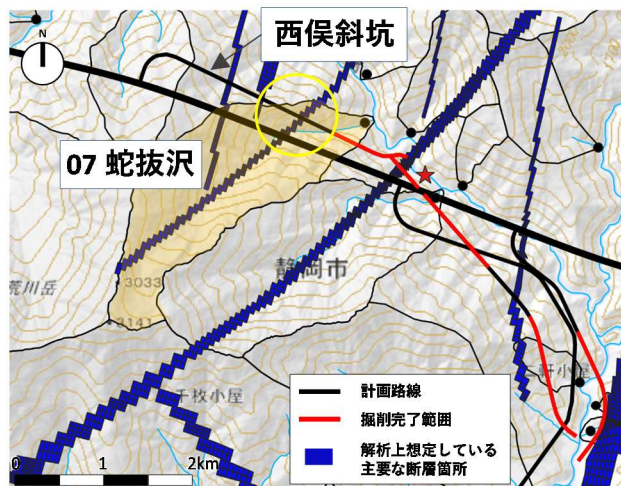
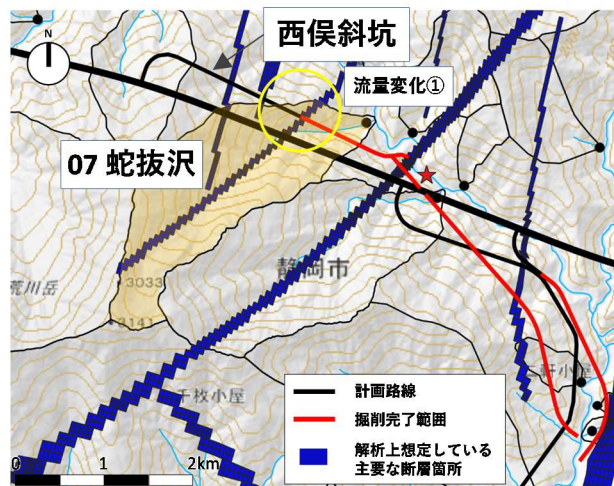


図 3.51 トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化（蛇抜沢）

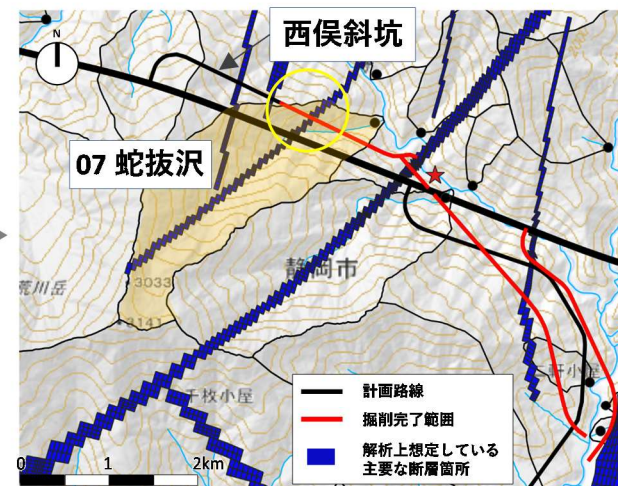
流量変化①



工事着手 20か月後



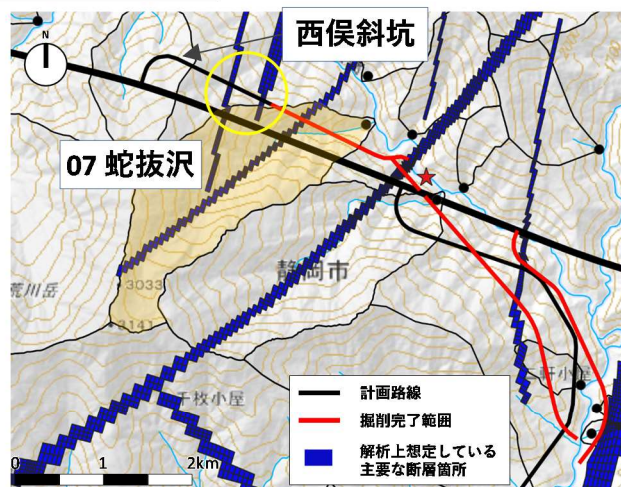
工事着手 25か月後



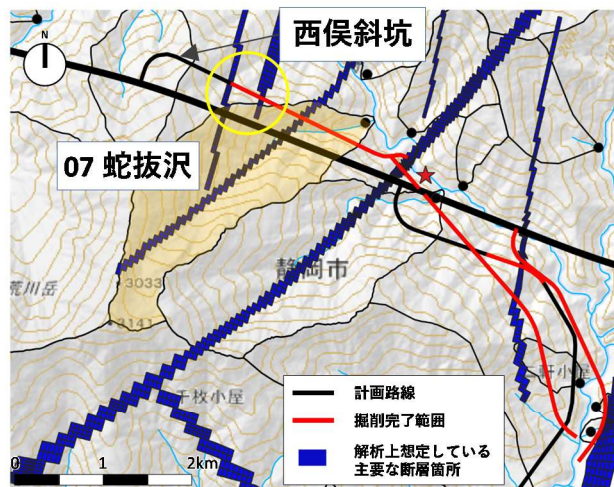
工事着手 30か月後

図 3.52 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況（蛇抜沢周辺：流量変化①）

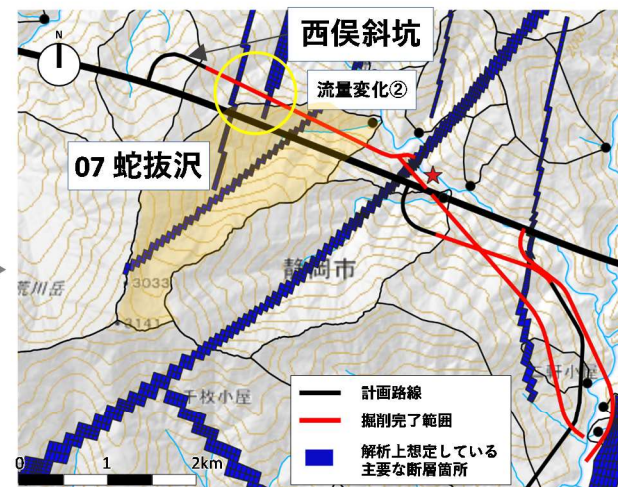
流量変化②



工事着手 30か月後



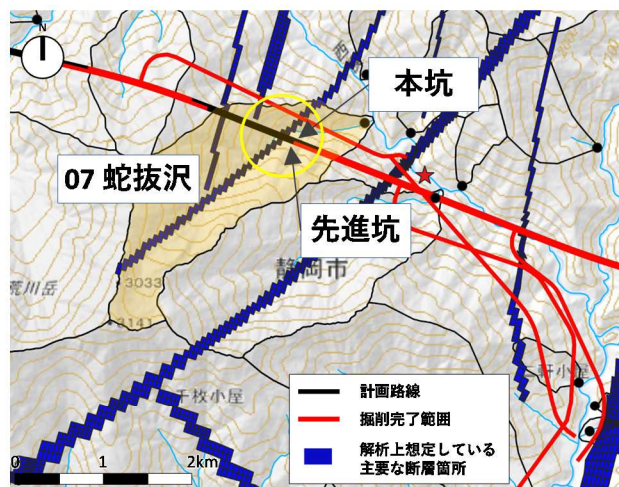
工事着手 35か月後



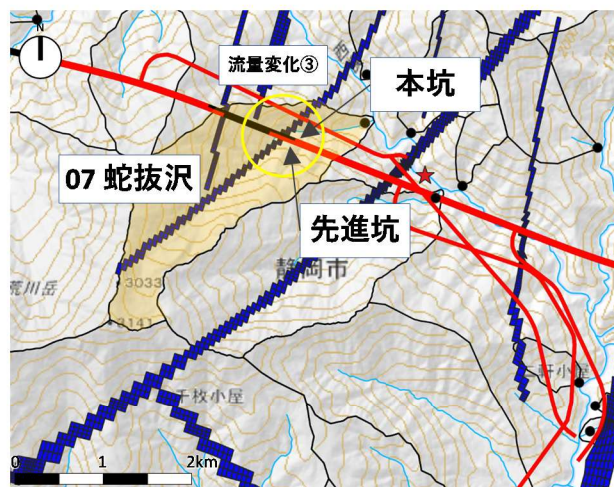
工事着手 40か月後

図 3.53 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況（蛇抜沢周辺：流量変化②）

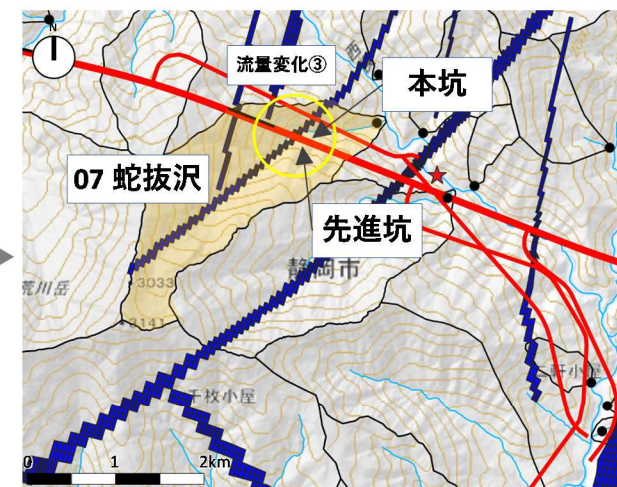
流量変化③



工事着手 80か月後



工事着手 85か月後



工事着手 90か月後

図 3.54 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況（蛇抜沢周辺：流量変化③）

09 悪沢

- ・悪沢では、図 3.55 に示す通り、工事着手後 10 か月～15 か月付近（流量変化①）と 60 か月～70 か月後付近（流量変化②）で流量減少の傾向がみられました。
- ・工事着手後 10 か月～15 か月付近と 60 か月～70 か月後付近の各トンネルの掘削状況を図 3.56、図 3.57 に示します。
- ・工事着手後 10 か月～15 か月の間に、工事用道路トンネルが悪沢流域を土被り 50m～190m で通過していることから、流量変化①は、工事用道路トンネルのトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。
- ・また、60 か月～70 か月の間に、先進坑・本坑が主要な断層を通過していることから、流量変化②は、先進坑・本坑のトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。

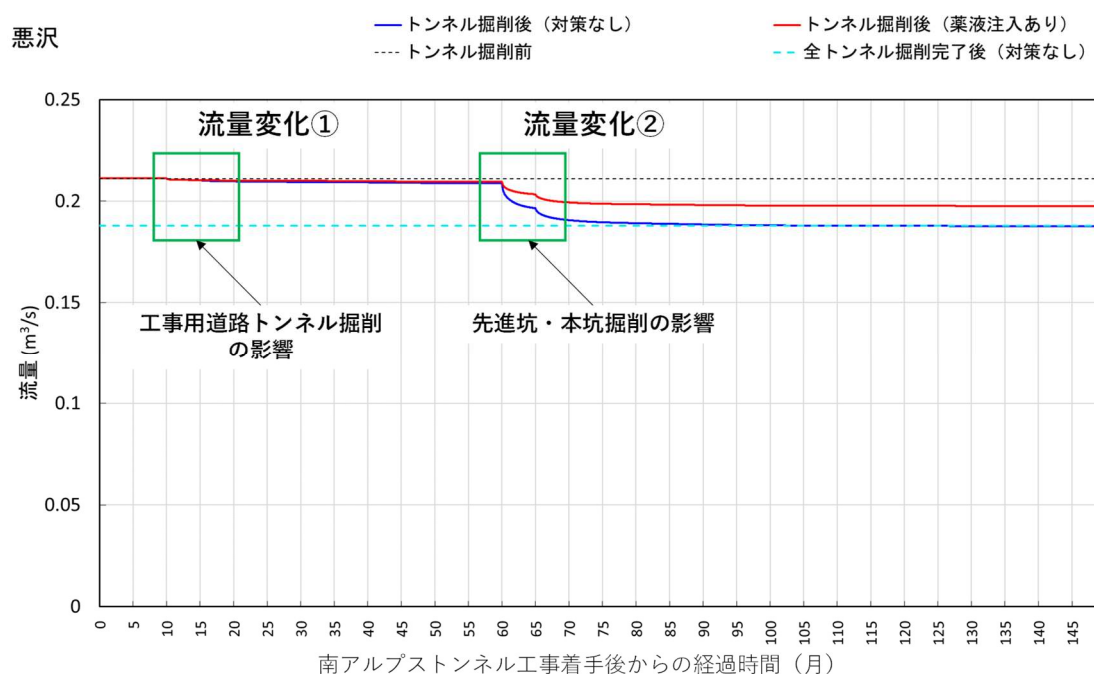


図 3.55 トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化（悪沢）

流量変化①

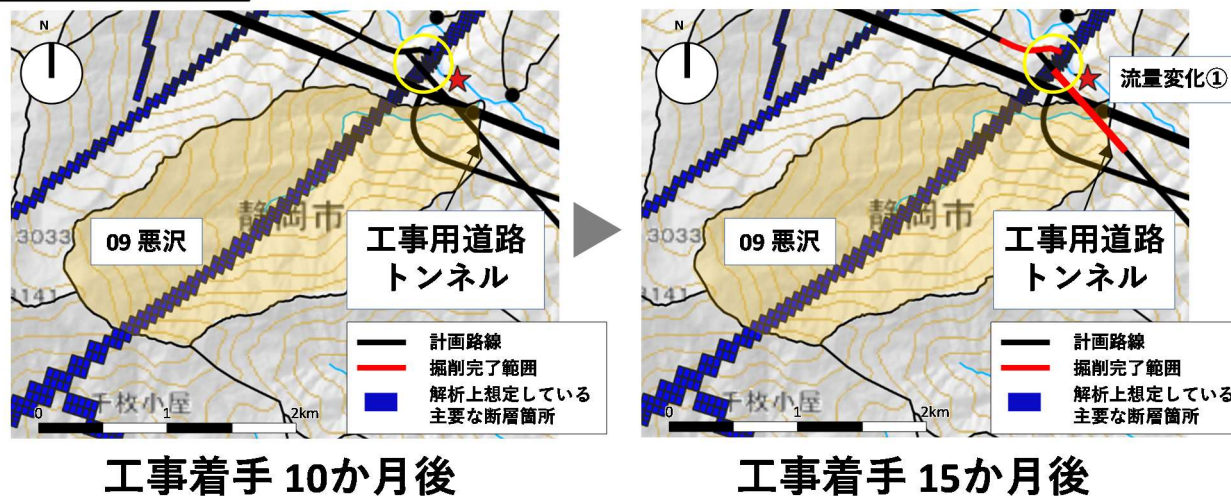


図 3.56 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況（悪沢周辺：流量変化①）

流量変化②



図 3.57 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況（悪沢周辺：流量変化②）

13 ジャガ沢／ 14 流沢

- ・ジャガ沢、流沢では、図 3.58、図 3.59 に示す通り、工事着手後 75 か月～85 か月付近（流量変化①）で流量減少の傾向がみられました。
- ・工事着手後 75 か月～85 か月付近の各トンネルの掘削状況を図 3.60 に示します。
- ・工事着手後 75 か月～85 か月の間に、先進坑・本坑が主要な断層を通過していることから、流量変化①は、先進坑・本坑のトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。

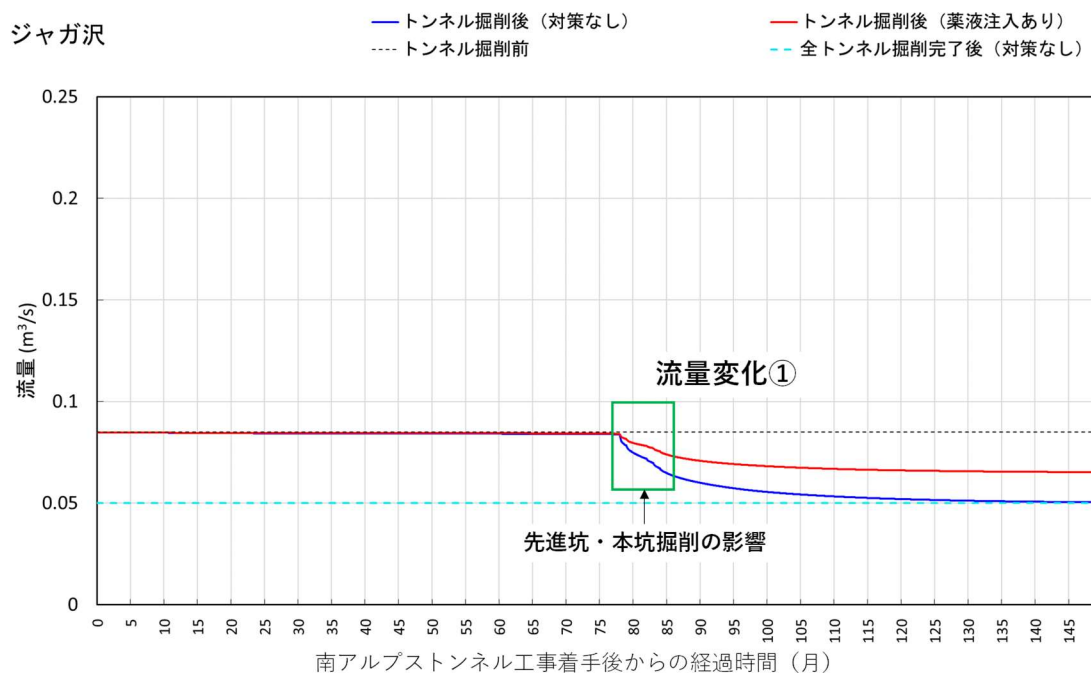


図 3.58 トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化（ジャガ沢）

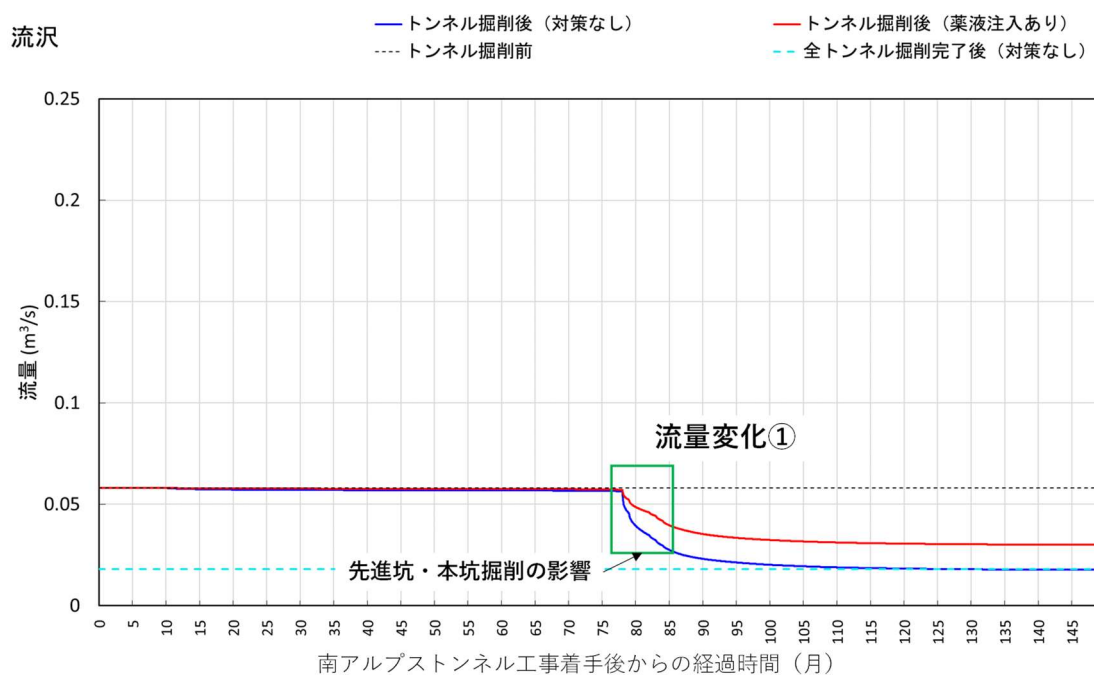
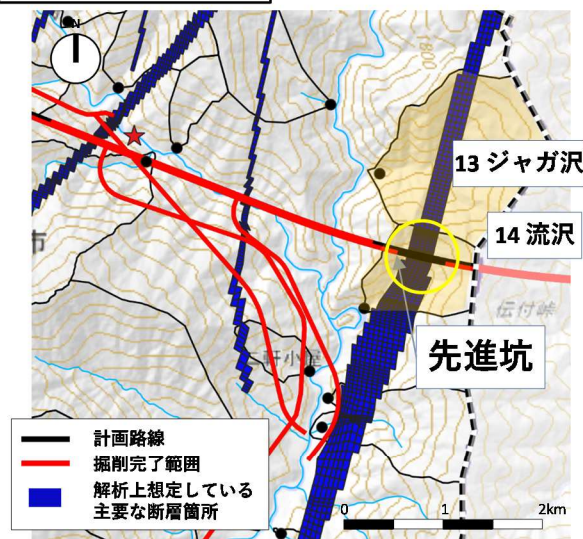
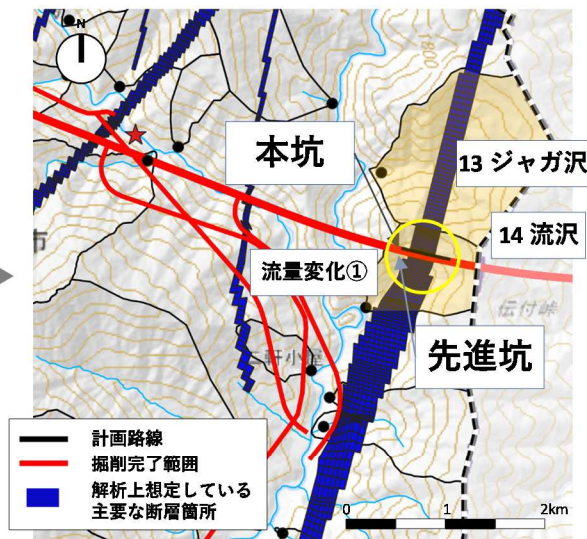


図 3.59 トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化（流沢）

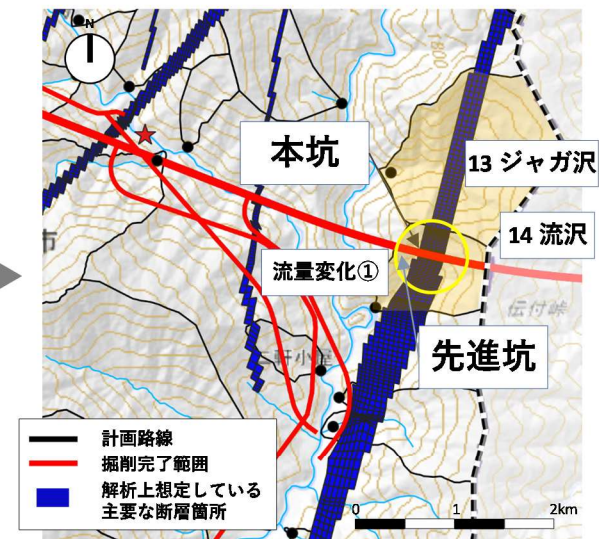
流量変化①



工事着手 75か月後



工事着手 80か月後



工事着手 85か月後

図 3.60 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況
(ジャガ沢、流沢周辺：流量変化①)

15 名称なし（二軒小屋南西）

- ・二軒小屋南西の沢では、図 3.6 1 に示す通り、工事着手後 15 か月～20 か月付近（流量変化①）で流量減少の傾向がみられました。
- ・工事着手後 15 か月～20 か月付近の各トンネルの掘削状況を図 3.6 2 に示します。
- ・工事着手後 15 か月～20 か月の間に、工事用道路トンネルが二軒小屋南西の沢の流域を通過していることから、流量変化①は、工事用道路トンネルのトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。

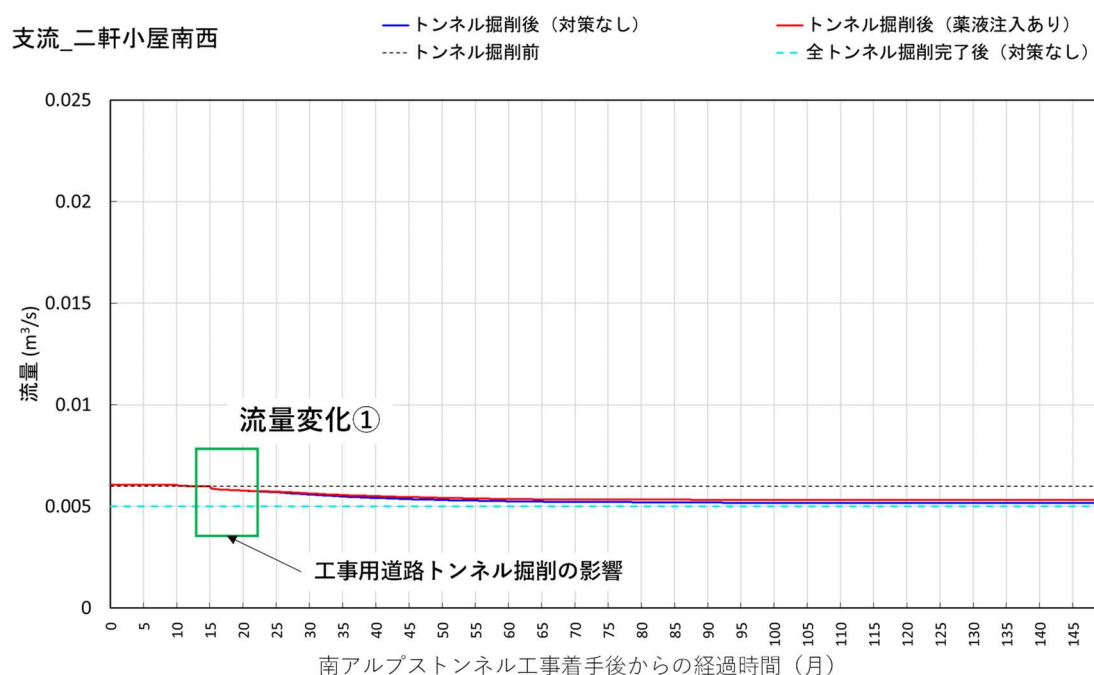


図 3.6 1 トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化(二軒小屋南西の沢)

流量変化①

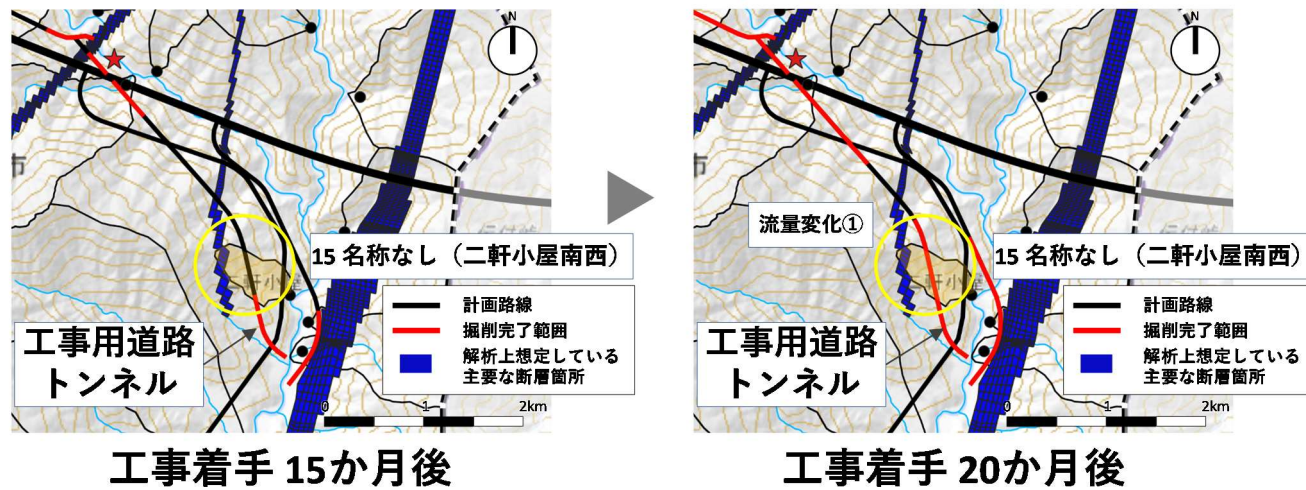


図 3.62 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況
(二軒小屋南西の沢周辺：流量変化①)

17 スリバチ沢

- ・スリバチ沢では、図 3.63 に示す通り、工事着手後 10 か月～15 か月付近（流量変化①）と 75 か月～85 か月後付近（流量変化②）で流量減少の傾向がみられました。
- ・工事着手後 10 か月～15 か月付近と 75 か月～85 か月後付近の各トンネルの掘削状況を図 3.64、図 3.65 に示します。
- ・工事着手後 10 か月～15 か月の間に、千石斜坑が主要な断層を通過していることから、流量変化①は、千石斜坑のトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。
- ・また、75 か月～85 か月の間に、先進坑と本坑が主要な断層を通過していることから、流量変化②は、先進坑と本坑のトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。

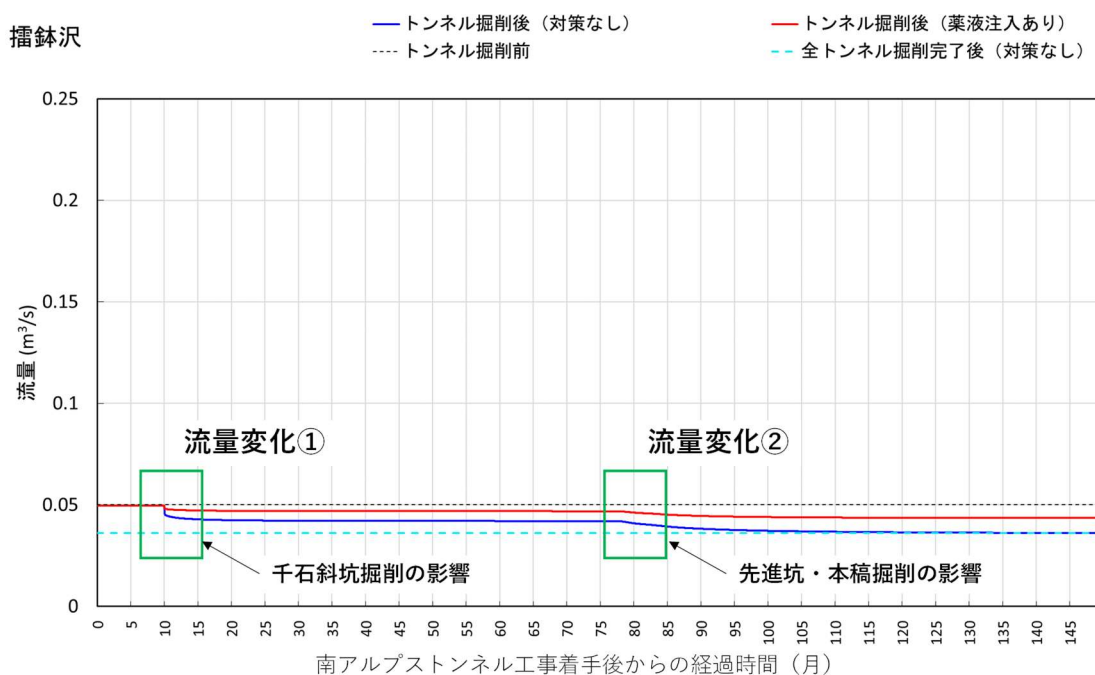


図 3.63 トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化（スリバチ沢）

流量変化①

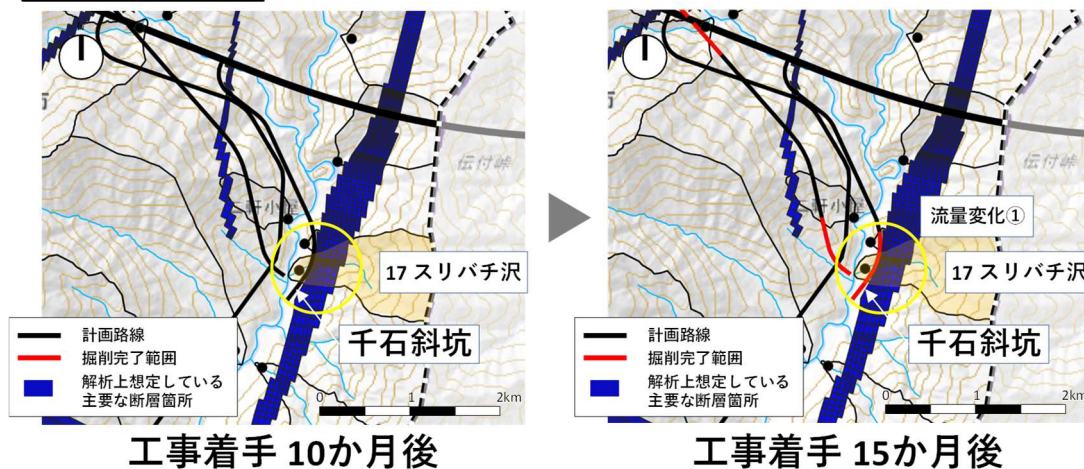


図 3.64 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況（スリバチ沢周辺：流量変化①）

流量変化②

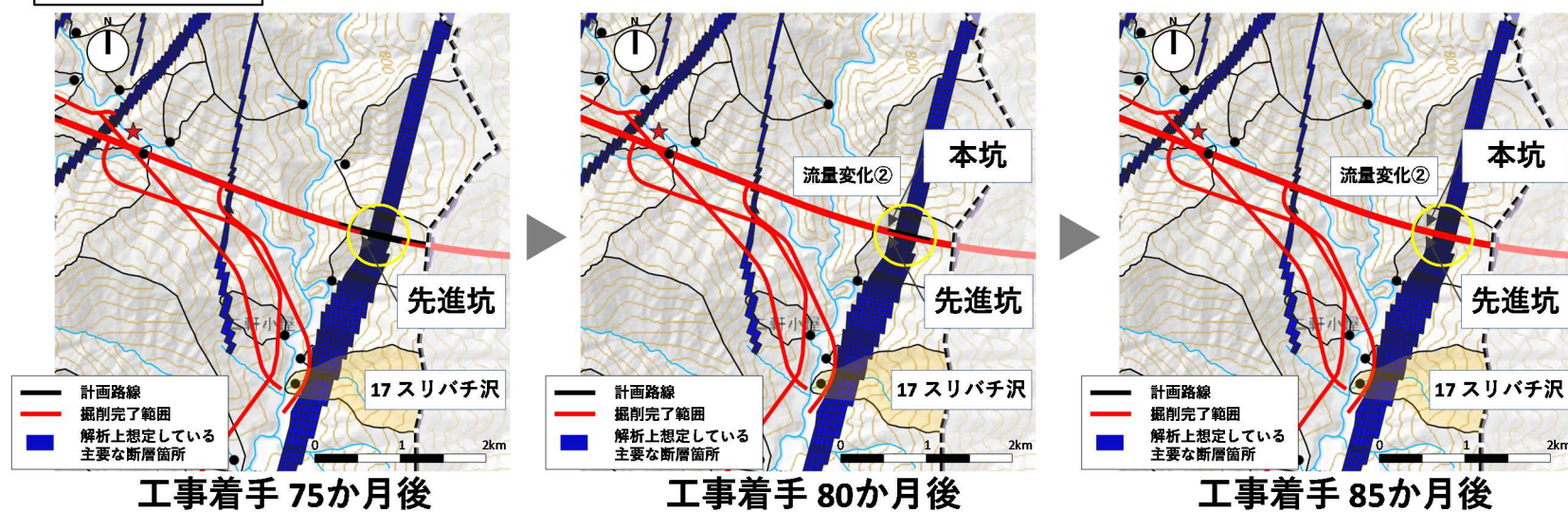


図 3.65 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況（スリバチ沢周辺：流量変化②）

29 蛇沢

- ・蛇沢では、図 3.66 に示す通り、工事着手後 35 か月～40 か月付近（流量変化①）で流量減少の傾向がみられました。
- ・工事着手後 35 か月～40 か月付近の各トンネルの掘削状況を図 3.67 に示します。
- ・工事着手後 35 か月～40 か月の間に、導水路トンネルが主要な断層を通過していることから、流量変化①は、導水路トンネルのトンネル掘削による影響を受けていると考えられます。

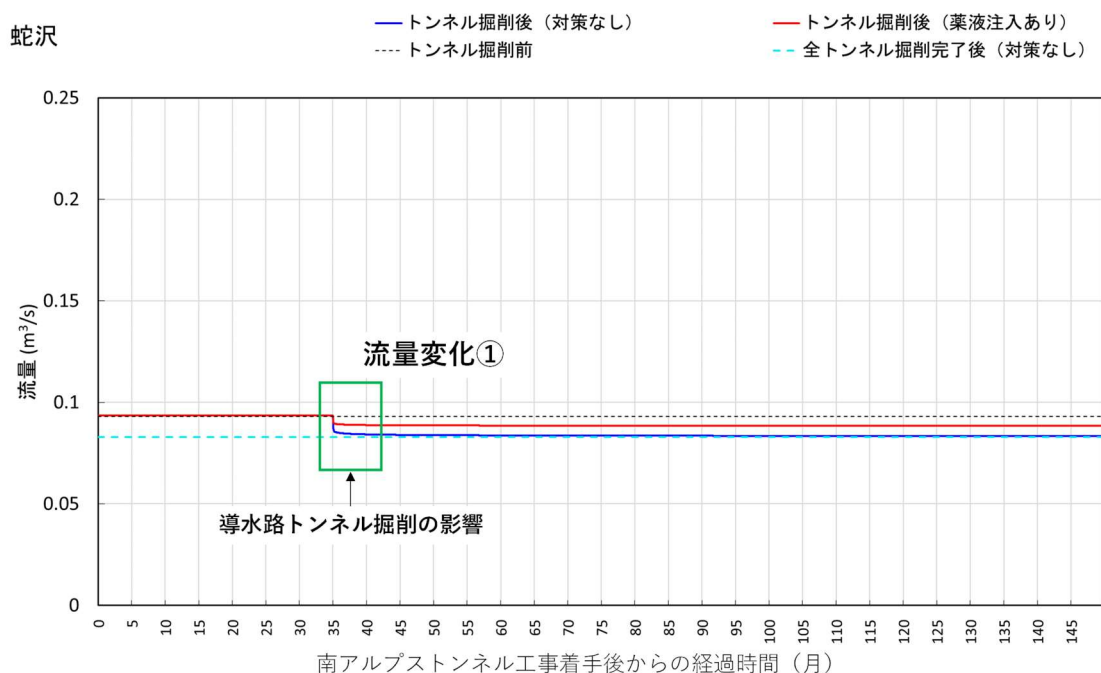


図 3.66 トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化（蛇沢）

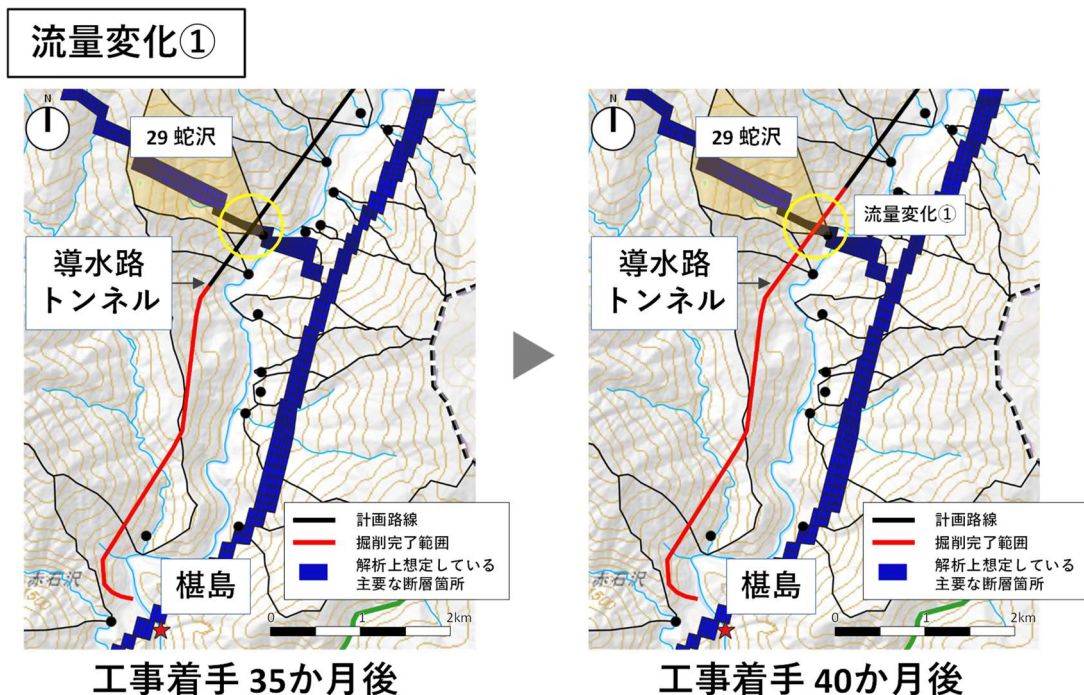
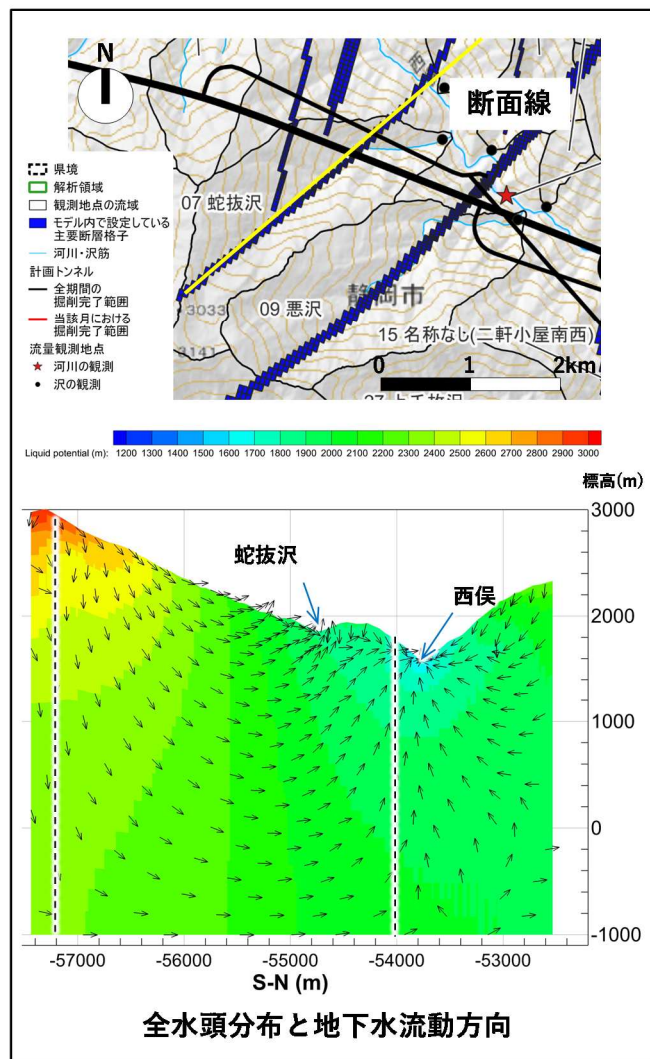


図 3.67 南アルプストンネル工事着手後のトンネル掘削の進行状況（蛇沢周辺）

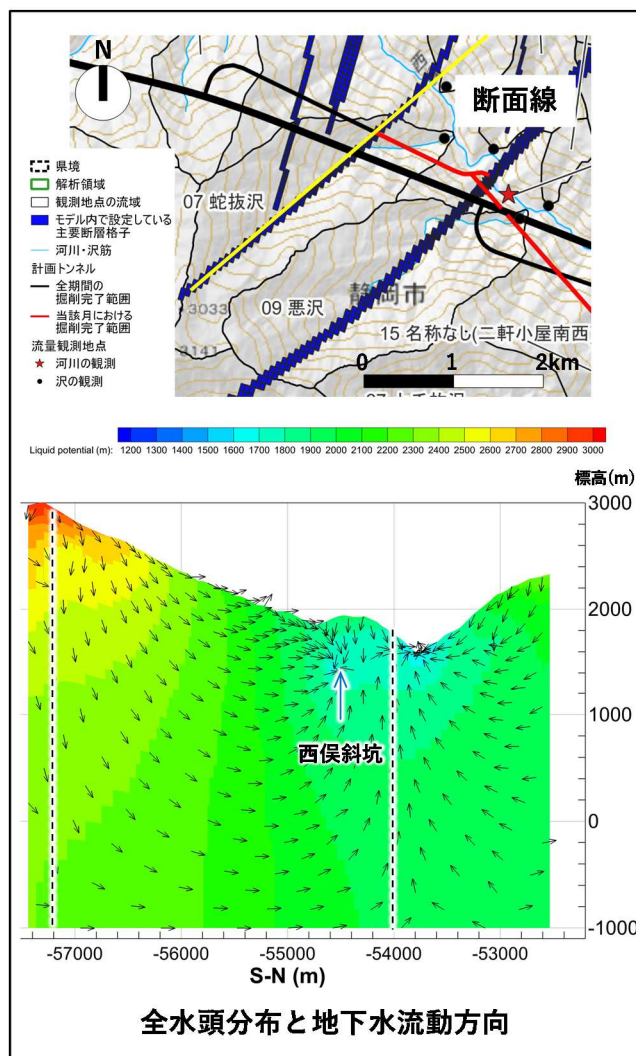
ウ) 掘削進行に伴う蛇抜沢周辺の全水頭分布の変化

- ・蛇抜沢流域における主要な断層のひとつに着目し、主要な断層を掘削した際の全水頭分布・地下水流動方向の変化を確認しました（図 3.68）。
- ・まず、西俣斜坑が主要な断層を掘削した際に、西俣斜坑周辺においてトンネルへ引き込まれる地下水の流れが生じ、断層の地表部では地下水流動方向が地下方向へ変化しています。その後、先進坑・本坑が主要な断層を掘削した際に、先進坑・本坑周辺においてトンネルへ引き込まれる地下水の流れが生じ、断層の地表部では、更に、地下水流動方向が地下方向へ変化しています。
- ・トンネル掘削の進行に伴い、主要な断層をトンネルが掘削するたびに、地表湧出量が減少し、その減少に応じた沢の流量減少が生じるものと考えられます。

トンネル掘削前



トンネル掘削40か月後



トンネル掘削90か月後

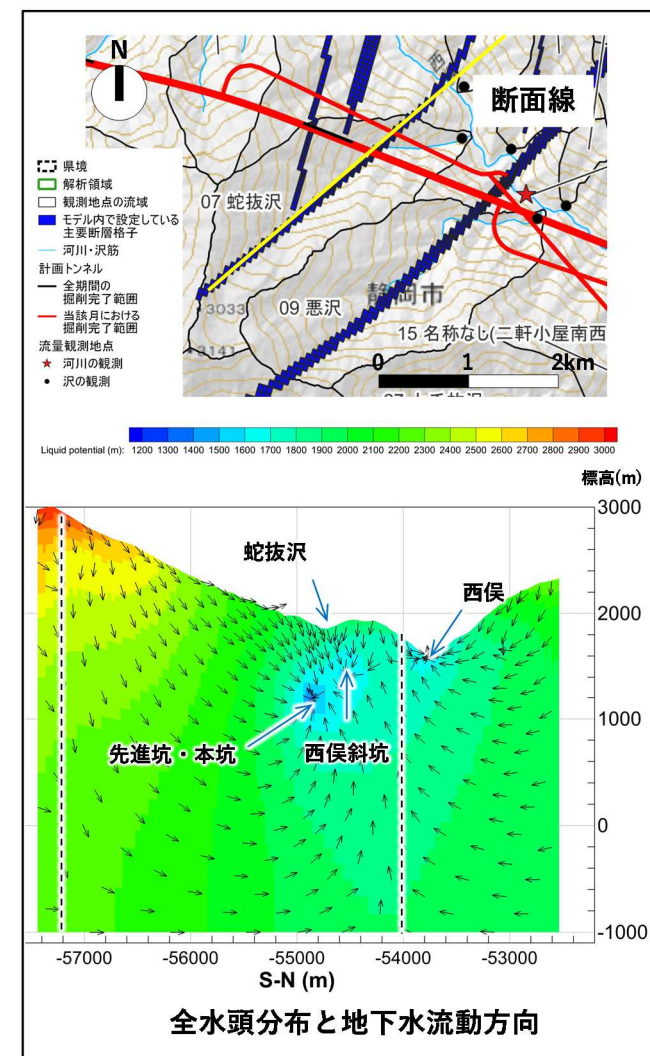


図 3.68 掘削進行に伴う蛇抜沢周辺の全水頭分布の変化

I) トンネル工事の順序を考慮したトンネル掘削に伴う沢の流量変化のまとめ

- 各沢について流量変化を及ぼす可能性のあるトンネルと解析上想定された沢の流量変化が生じる時期をまとめ、表 3.7 にお示しします。

表 3.7 流量変化を及ぼす可能性のあるトンネルと解析上想定された沢の流量変化が生じる時期

沢の名称	流量変化を及ぼす可能性のあるトンネルと解析上想定された沢の流量変化が生じる時期						
	工事着手後 10～15 カ月	工事着手後 15～20 カ月	工事着手後 20～25 カ月	工事着手後 35～40 カ月	工事着手後 60～70 カ月	工事着手後 75～85 カ月	工事着手後 80～90 か月
07 蛇抜沢	—	—	西俣斜坑	西俣斜坑	—	—	先進坑・本坑
09 悪沢	工事用道路 トンネル	—	—	—	先進坑・本坑	—	—
13 ジャガ沢	—	—	—	—	—	先進坑・本坑	—
14 流沢	—	—	—	—	—	先進坑・本坑	—
15 名称なし (二軒小屋南西)	—	工事用道路 トンネル	—	—	—	—	—
17 スリバチ沢	千石斜坑	—	—	—	—	先進坑・本坑	—
29 蛇沢	—	—	—	導水路トンネル	—	—	—

- トンネル工事の順序を考慮し、トンネル掘削に伴う沢の流量変化を解析することにより、“流域に主要な断層を含む沢のうち、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢において流量減少の傾向がみられる“ということに加え、計算上、それぞれの沢の流量に影響を及ぼす可能性のある具体的なトンネルや沢の流量変化が生じる時期についても明らかになりました。なお、今回の解析において、トンネル掘削に伴う沢の流量変化が落ち着いた段階での沢の流量は、7) ア. に示した計画しているすべてのトンネル掘削が完了した段階での沢の流量に収れんしています。
- 今後、P 3-154 に記載の図 3.95 沢におけるモニタリングと環境保全措置のフローに従い、モニタリングを実施し、環境保全措置を検討するうえでは、トンネル工事の順序を考慮したトンネル掘削に伴う沢の流量変化の解析結果を参考にしながら、具体的な検討を行ってまいります。

オ. 上流域モデルでの解析結果から得られた知見

・沢の流量減少の観点で、上流域モデルの解析結果から得られた知見は以下の通りです。

- －流域に主要な断層を含む沢のうち、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢において流量減少の傾向がみられたため、このような沢は注意が必要である（上流域モデルでは、流域に主要な断層を含む沢のうち、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢において、流量が減少する傾向⁹がみられたが、その他の沢については流量減少の傾向はみられなかった）。
- －沢の流域に対して断層が占める割合が大きくトンネル直上に位置する沢では、降水量が少ない時期において上流から下流にかけて地表水流量が大幅に減少するような変化がみられたため、このような沢は特に注意が必要である（上流域モデルでは、流量減少の傾向が確認された沢のうち、流沢は、降水量が少ない時期において、上流から下流にかけて地表水流量が大幅に減少するような変化がみられたが、その他の沢では、そのような変化はみられていない）。
- －また、断層とトンネルが交差する箇所への薬液注入は、沢の流量減少を低減する効果が期待できる。
- －それぞれの沢の流量に影響を及ぼす可能性のある具体的なトンネルや沢の流量変化が生じる時期が明らかになり、また、トンネル掘削に伴う沢の流量変化が落ち着いた段階での沢の流量は、すべてのトンネル掘削が完了した段階での沢の流量に収れんする。

⁹ トンネル掘削前流量の10%以上、流量減少が確認された沢を指す

【参考資料 1】 沢の水環境の基礎データ

No	調査地点	最大値(最高値)					最小値(最低値)				
		流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)	流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)
01	内無沢	0.742	0.129	11.7	8.4	35.1	0.135	0.024	3.8	6.5	5.8
02	魚無沢	0.697	0.177	9.4	8.3	9.0	0.095	0.024	4.3	6.7	7.9
03	瀬戸沢	0.397	0.145	12.4	8.3	8.7	0.059	0.022	2.9	7.0	5.9
04	上岳沢	0.301	0.197	13.3	8.4	8.7	0.030	0.020	2.5	6.9	7.0
05	西小石沢	0.172	0.118	12.7	8.4	11.2	0.024	0.016	2.5	7.2	8.6
06	桙小屋沢	0.100	0.059	17.2	8.4	15.7	0.013	0.008	2.1	7.3	9.4
07	蛇抜沢	1.132	0.333	15.5	8.6	13.6	0.022	0.006	0.0	6.9	7.6
08	柳沢	0.087	0.085	13.5	8.7	13.3	0.001	0.0005	2.9	7.5	9.2
09	悪沢	0.535	0.136	15.3	8.7	31.3	0.113	0.029	0.2	7.7	11.0
10	名称なし(大崩)	0.072	0.232	19.8	8.7	19.6	0.009	0.030	4.1	7.3	11.6
11	徳右衛門沢	0.122	0.082	15.7	8.2	12.1	0.029	0.019	0.9	7.3	5.8
12	曲輪沢	0.142	0.131	16.0	8.2	14.2	0.023	0.021	4.5	7.6	8.8
13	ジャガ沢	0.362	0.177	16.4	8.3	19.6	0.036	0.018	5.1	7.5	8.3
14	流沢	0.049	0.057	10.4	8.3	13.8	0.003	0.003	7.6	7.6	10.3
15	名称なし(二軒小屋南西)	0.024	0.095	19.0	8.6	35.8	0.004	0.017	4.4	8.0	28.1
16	上スリバチ沢	0.003	0.034	17.7	8.7	30.7	0.003	0.034	4.1	7.3	13.3
17	スリバチ沢	0.115	0.115	14.5	8.3	15.2	0.001	0.001	5.8	7.2	7.7
18	車屋沢	0.189	0.137	16.5	8.5	11.3	0.044	0.032	3.4	7.7	6.9
19	燕沢	0.065	0.127	14.4	8.4	13.3	0.001	0.001	4.9	7.2	11.3
20	名称なし(大尻沢北)	0.021	1.050	13.6	8.4	8.4	0.001	0.062	5.0	7.3	6.8
21	大尻沢	0.165	0.165	10.4	8.3	10.0	0.016	0.016	6.0	7.4	6.8
22	名称なし(蛇沢南東)	0.027	0.073	15.1	8.2	11.8	0	0	7.4	7.2	8.9
23	破風石沢	0.007	0.056	22.2	8.6	9.3	0	0	8.3	7.3	6.9
24	名称なし(下木賊沢北)	0.011	0.275	11.2	8.4	11.5	0.001	0.025	8.2	7.3	7.4
25	下木賊沢	0.688	0.245	15.0	8.4	10.3	0.079	0.028	4.8	7.2	6.3
26	虎杖沢	0.182	0.154	11.6	8.3	11.5	0.0004	0.0003	5.8	7.2	7.4
27	上千枚沢	0.415	0.137	17.9	8.6	34.4	0.092	0.030	5.2	7.9	8.8
28	下千枚沢	0.137	0.096	19.3	8.4	28.2	0.004	0.003	4.4	7.4	8.3
29	蛇沢	0.193	0.142	15.8	8.3	17.6	0.052	0.038	0.7	6.4	10.0
30	名称なし(蛇沢南)	0.005	0.015	15.0	8.3	17.3	0	0	4.0	7.3	11.7
31	奥西川内川	2.695	0.514	15.9	8.2	16.6	0.140	0.027	4.2	7.7	9.6
32	赤石沢	3.348	0.139	15.2	8.1	10.4	0.222	0.009	0.0	7.6	5.0
33	北俣・中俣合流部付近	0.862	0.163	13.6	8.8	10.3	0.098	0.019	-0.1	6.2	7.2
34	西俣川(柳島付近)	59.70	1.231	15.6	8.6	14.8	0.140	0.003	-0.1	7.1	7.6
35	大井川(榎島付近)	18.40	0.115	18.0	8.6	17.6	0.400	0.003	0.7	7.1	8.9

※平成 26 年度～令和 3 年度までの年 2 回調査（07 蛇抜沢、32 赤石沢、33 北俣・中俣合流部付近、35 大井川（榎島付近）は月 1 回調査、34 西俣川（柳島付近）は流量が常時計測、水温・水質が月 1 回調査）における最大値（最高値）、最小値（最低値）を使用。

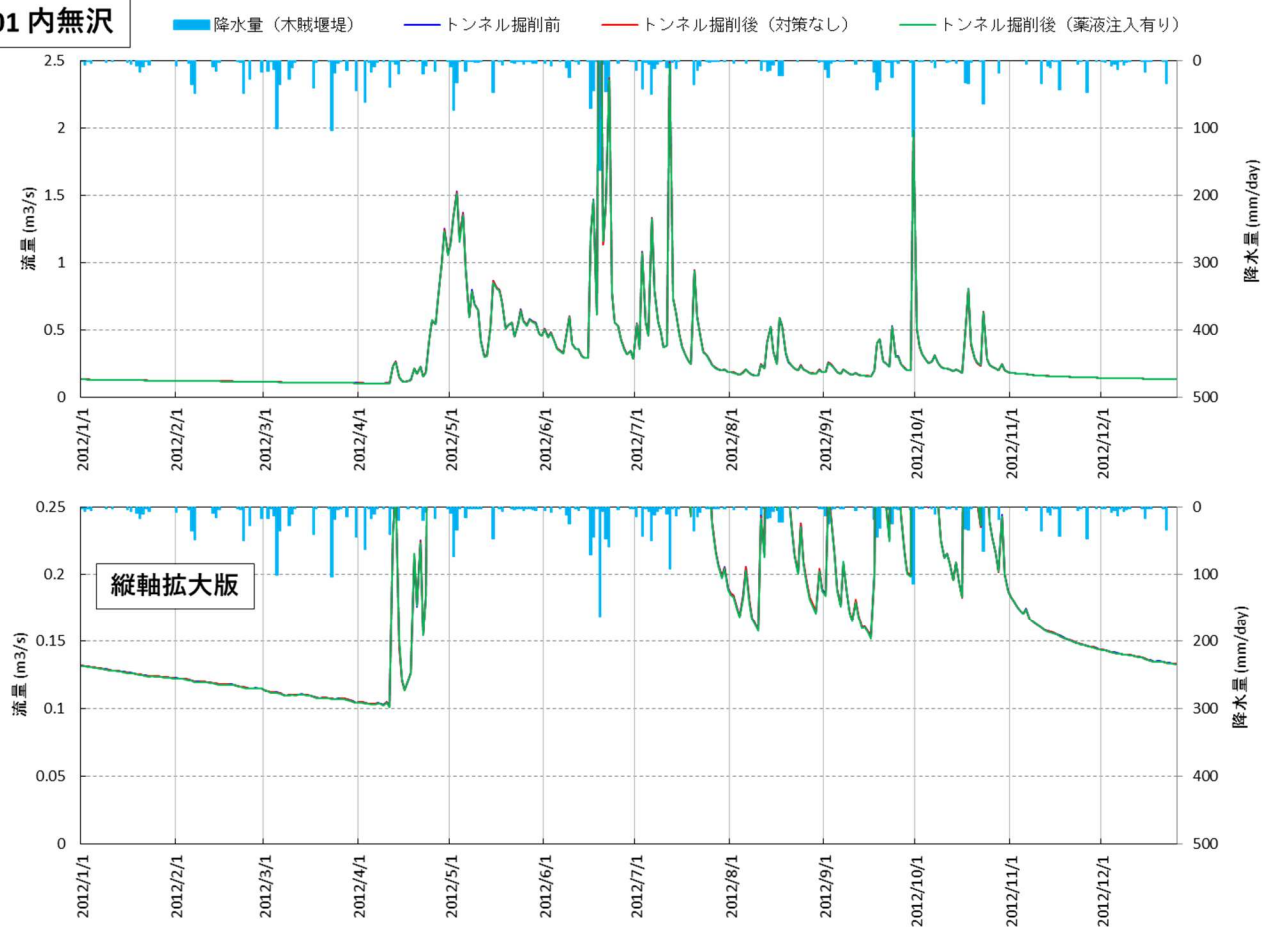
【参考資料２】沢の地形の基礎データ

No	名称	流域面積 (km ²)	崩壊地 面積 (km ²)	崩壊地 の割合 (%)	豊水期			平水期			低水期			渇水期			調査地点 の標高 (T.P. m)	河床勾配 (%)
					流路延長 (km)	伏流延長 (km)	伏流率 (%)	流路延長 (km)	伏流延長 (km)	伏流率 (%)	流路延長 (km)	伏流延長 (km)	伏流率 (%)	流路延長 (km)	伏流延長 (km)	伏流率 (%)		
01	内無沢	5.69	0.35	6.22	3.53	0	0	3.53	0.80	22.5	3.53	0.89	25.2	3.53	0.80	22.5	1,928	13.3
02	魚無沢	3.97	0.56	14.13	2.78	1.03	37.0	2.78	1.55	55.5	2.78	1.07	38.3	2.78	1.15	41.4	1,911	30.4
03	瀬戸沢	2.78	0.12	4.24	2.51	0	0	2.51	0.19	7.7	2.51	0.19	7.7	2.51	0.20	7.9	1,876	19.6
04	上岳沢	1.45	0.05	3.19	2.05	0	0	2.05	0.92	44.8	2.05	0.92	44.8	2.05	0.93	45.2	1,842	40.4
05	西小石沢	1.50	0.01	0.88	1.64	0	0	1.64	0.87	53.0	1.64	0.87	53.0	1.64	0.88	53.4	1,780	43.2
06	枉小屋沢	1.73	0.04	2.41	2.02	0	0	2.02	0.78	38.7	2.02	0.85	42.3	2.02	0.87	43.0	1,615	39.7
07	蛇抜沢	3.33	0.62	18.47	3.53	0.42	11.9	3.53	1.45	41.0	3.53	1.55	44.0	3.53	2.03	57.4	1,612	36.4
08	柳沢	1.02	0.01	0.59	1.03	0	0	1.03	0.48	46.9	1.03	0.57	55.3	1.03	0.57	55.3	1,576	40.3
09	悪沢	3.94	0.17	4.22	3.01	0	0	3.01	0.70	23.3	3.01	1.15	38.1	3.01	1.20	39.7	1,519	29.1
10	名称なし(大崩)	0.31	0.11	35.69	0.70	0	0	0.70	0.42	60.8	0.70	0.44	63.4	0.70	0.55	78.8	1,534	66.5
11	徳右衛門沢	1.49	0.06	3.98	2.04	0	0	2.04	0.74	36.3	2.04	0.74	36.3	2.04	0.82	40.4	1,620	38.3
12	曲輪沢	1.07	0.03	2.47	1.60	0	0	1.60	0.31	19.4	1.60	0.31	19.4	1.60	0.41	25.7	1,505	42.1
13	ジャガ沢	2.09	0.06	2.83	1.80	0	0	1.80	0.43	24.0	1.80	0.76	42.2	1.80	0.81	44.9	1,465	32.2
14	流沢	0.79	0.02	2.72	1.02	0	0	1.02	0.47	45.7	1.02	0.61	60.2	1.02	0.67	65.7	1,400	36.3
15	名称なし(二軒小屋南西)	0.22	0.01	6.29	0.79	0	0	0.79	0.40	51.2	0.79	0.46	58.8	0.79	0.49	61.9	1,388	58.2
16	上スリバチ沢	0.13	0.01	4.62	0.36	0	0	0.36	0.12	32.1	0.36	0.20	55.7	0.36	0.22	60.4	1,368	41.3
17	スリバチ沢	0.98	0.01	1.40	1.18	0	0	1.18	0.19	16.5	1.18	0.25	21.4	1.18	0.25	21.5	1,412	36.3
18	車屋沢	1.42	0.07	4.72	1.26	0	0	1.26	0.72	57.1	1.26	0.77	60.9	1.26	0.77	61.3	1,328	38.8
19	燕沢	0.52	0.07	13.77	0.66	0	0	0.66	0	0	0.66	0.34	52.5	0.66	0.66	100	1,356	34.1
20	名称なし(大尻沢北)	0.06	0	0	0.29	0	0	0.29	0.04	14.5	0.29	0.04	14.5	0.29	0.29	100	1,306	46.3
21	大尻沢	1.03	0	0	0.89	0	0	0.89	0.41	46.0	0.89	0.63	71.0	0.89	0.63	71.2	1,353	46.2
22	名称なし(蛇沢南東)	0.37	0.0008	0.22	0.64	0	0	0.64	0	0	0.64	0.26	40.3	0.64	0.28	44.2	1,275	35.9
23	破風石沢	0.19	0	0	0.58	0	0	0.58	0.07	11.4	0.58	0.33	56.4	0.58	0.39	67.2	1,231	36.9
24	名称なし(下木賊沢北)	0.03	0	0	0.17	0	0	0.17	0.05	27.9	0.17	0.07	38.3	0.17	0.08	47.9	1,221	43.7
25	下木賊沢	3.01	0.05	1.74	2.49	0	0	2.49	0.74	29.8	2.49	0.98	39.5	2.49	1.10	44.2	1,214	42.8
26	虎杖沢	1.27	0.002	0.15	1.52	0	0	1.52	0.46	30.3	1.52	0.80	52.9	1.52	0.84	55.5	1,221	55.4
27	上千枚沢	3.68	0.59	16.10	3.56	0	0	3.56	1.17	32.9	3.56	1.28	36.1	3.56	1.52	42.6	1,350	30.4
28	下千枚沢	1.54	0.04	2.80	2.09	0	0	2.09	0.36	17.1	2.09	0.56	26.9	2.09	0.85	40.6	1,349	38.2
29	蛇沢	1.38	0.01	1.06	1.49	0	0	1.49	0.58	38.9	1.49	0.68	45.8	1.49	0.87	58.6	1,286	46.0
30	名称なし(蛇沢南)	0.34	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0.03	26.7	1,240	28.6
31	奥西川内川	22.01	1.71	7.79	9.00	0	0	9.00	1.63	18.1	9.00	2.12	23.6	9.00	1.83	20.4	1,137	15.2
32	赤石沢	27.39	1.28	4.68	11.74	0	0	11.74	1.58	13.5	11.74	1.58	13.5	11.74	1.58	13.5	1,176	12.2
33	北俣・中俣合流部付近	17.78	1.06	5.95	6.49	0	0	6.49	2.11	32.5	6.49	2.11	32.5	6.49	3.30	50.9	1,728	10.1
34	西俣川(柳島付近)	50.14	3.30	6.58	10.88	0.55	5.05	10.88	2.66	24.4	10.88	2.11	19.4	10.88	3.30	30.3	1,518	7.9
35	大井川(樫島付近)	161.09	11.24	6.98	33.45	0.24	0.72	33.45	2.39	7.1	33.45	2.39	7.1	33.45	2.74	8.2	1,107	5.4

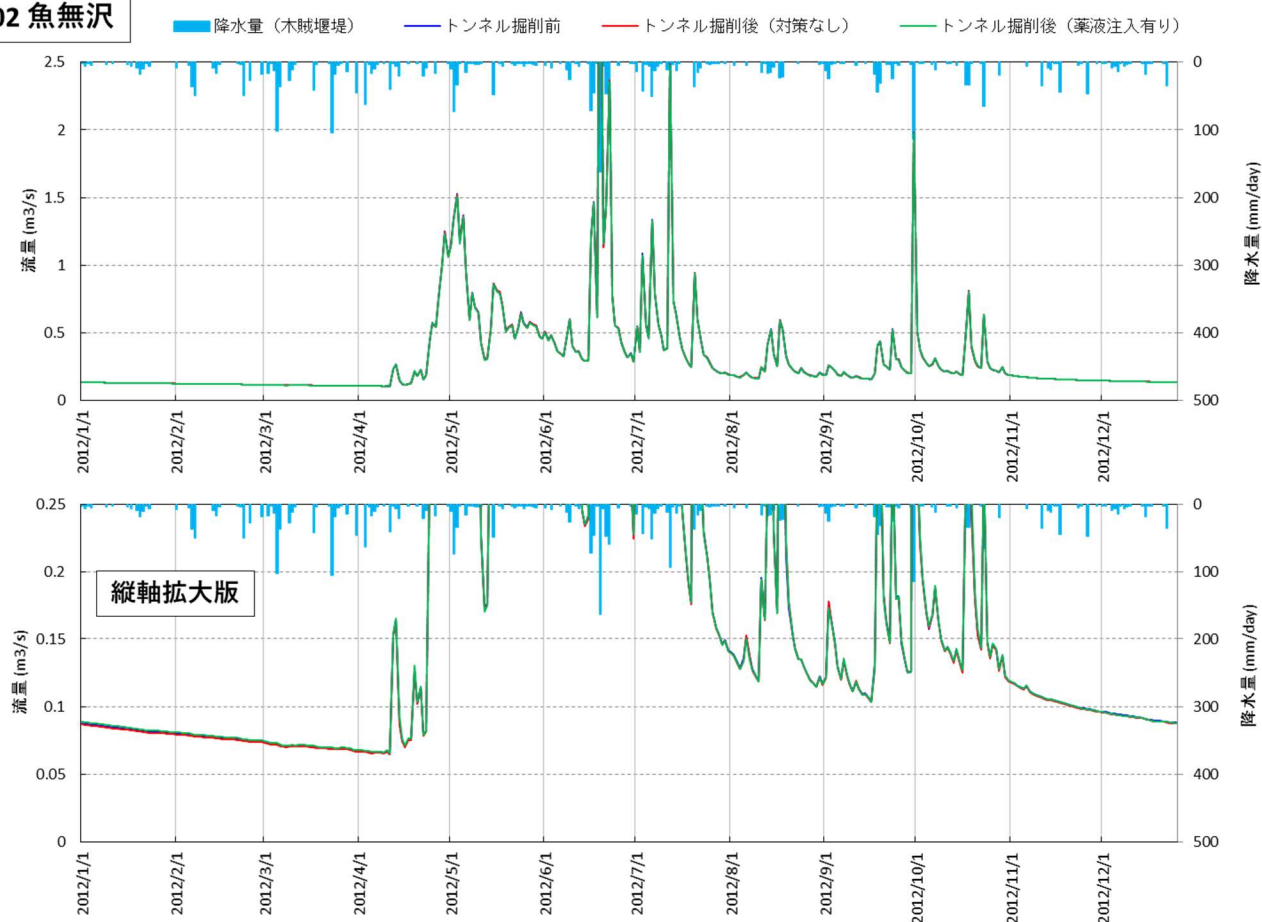
※衛星写真や地形図をもとに、各沢の崩壊地の割合（＝崩壊地面積/流域面積）と伏流率（＝伏流延長/流路延長）を算出。伏流率算出にあたっての豊水期、平水期、低水期、渇水期は、西俣測水所における河川流量の常時計測結果から豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量に相当する時期として設定（豊水：H30. 7. 18、平水：R3. 10. 5、低水：R1. 12. 8、渇水：H31. 2. 26）。また、衛星写真や地形図等をもとに、各沢の流路延長、調査地点の標高や河床勾配（＝源流部と最下流部の標高差/流路延長）を算出。

【参考資料3】非定常解析の結果一式（P 3-4 6～P 3-4 9に記載した沢を除く）

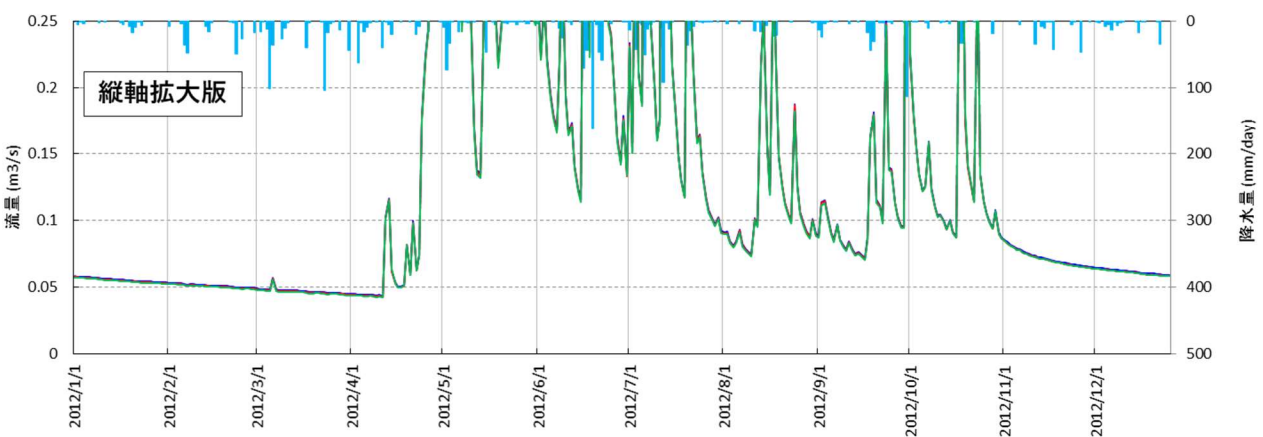
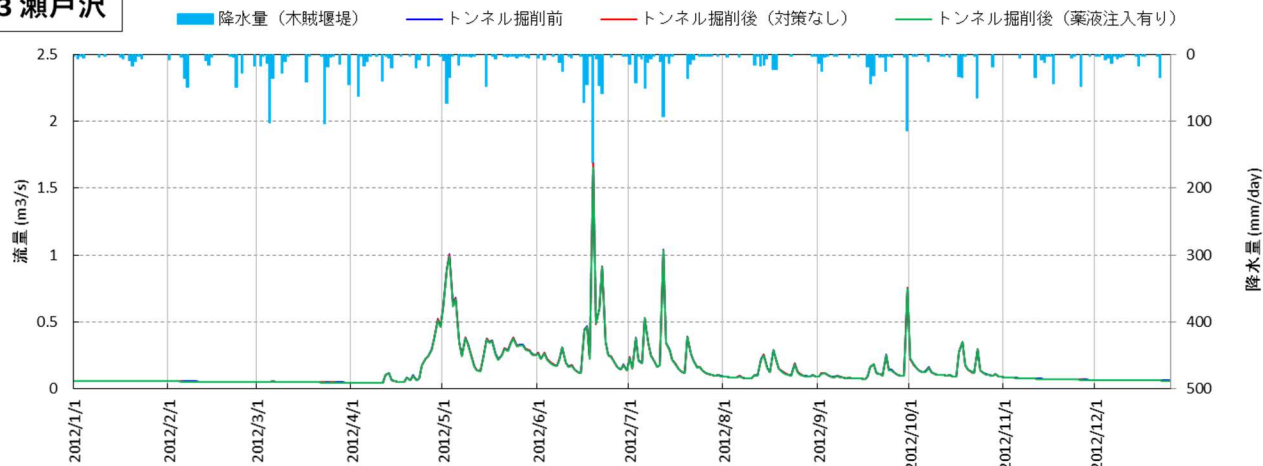
01 内無沢



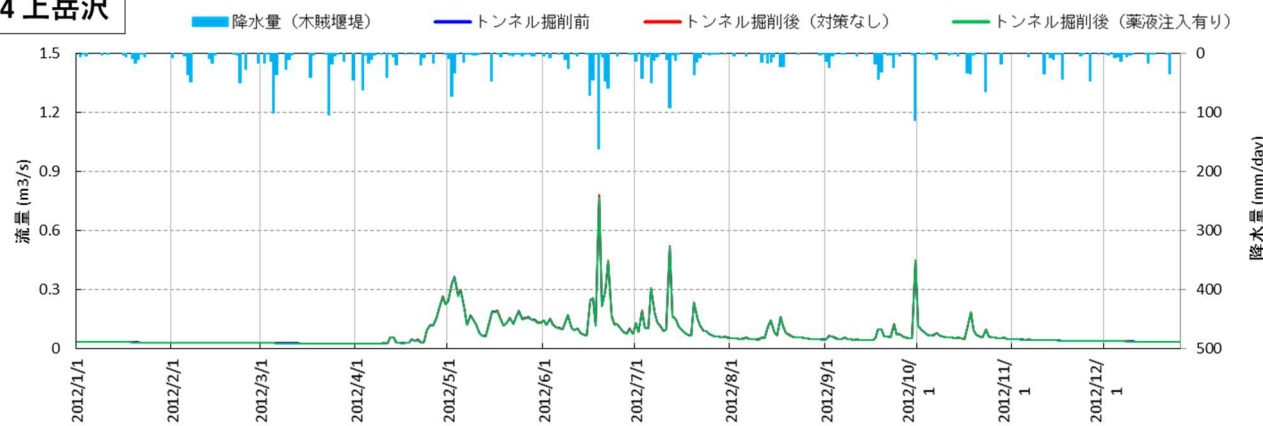
02 魚無沢



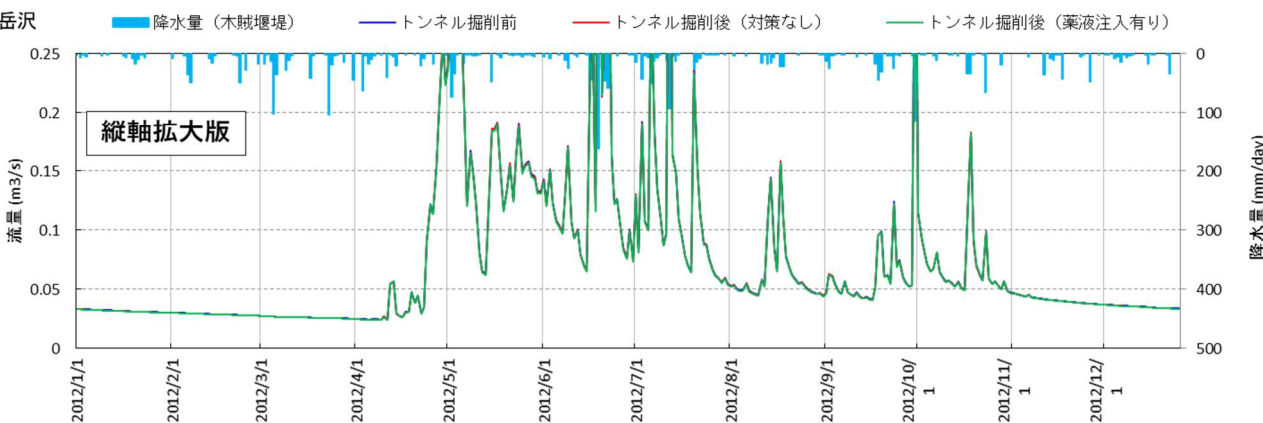
03 瀬戸沢



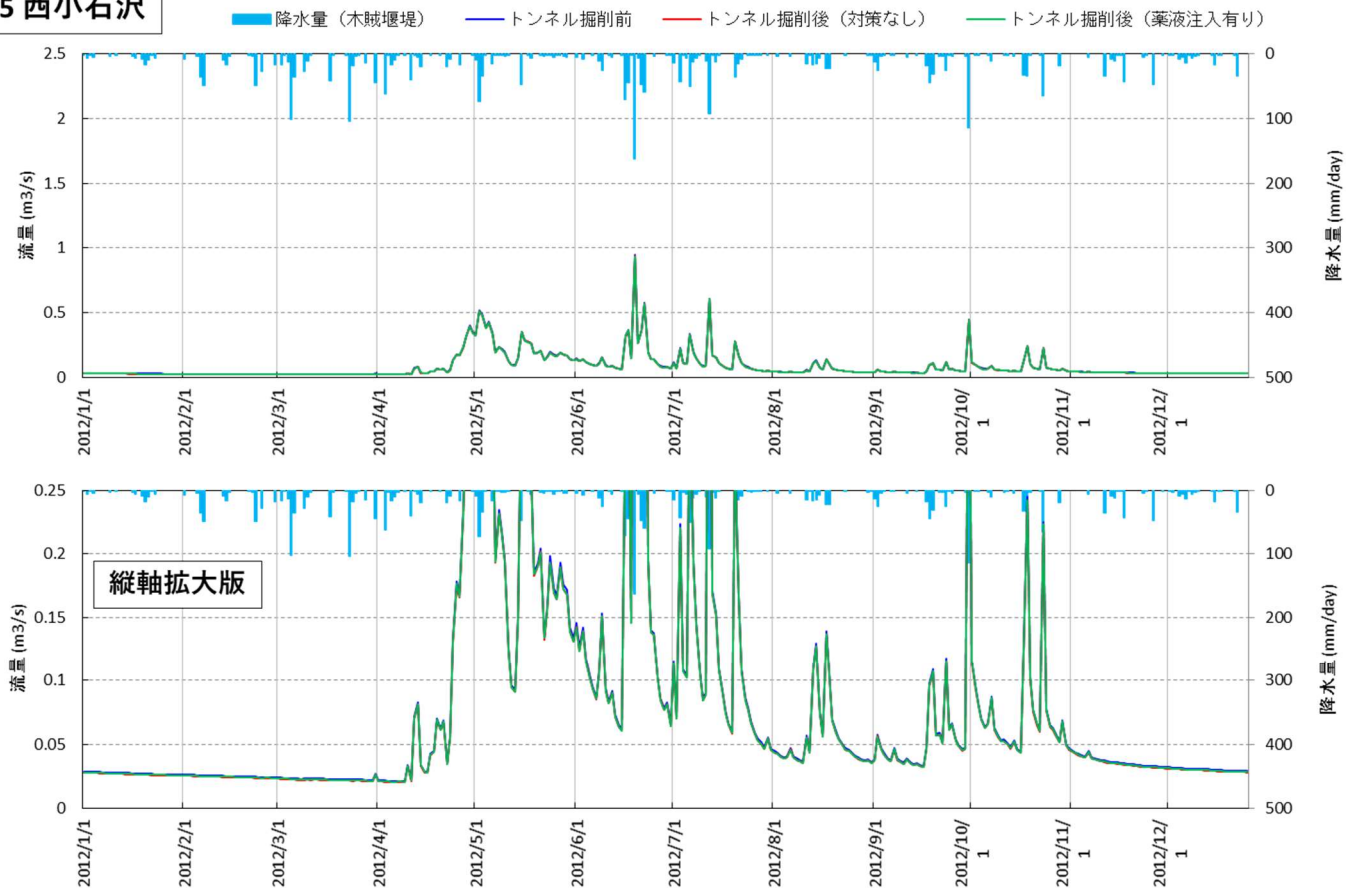
04 上岳沢



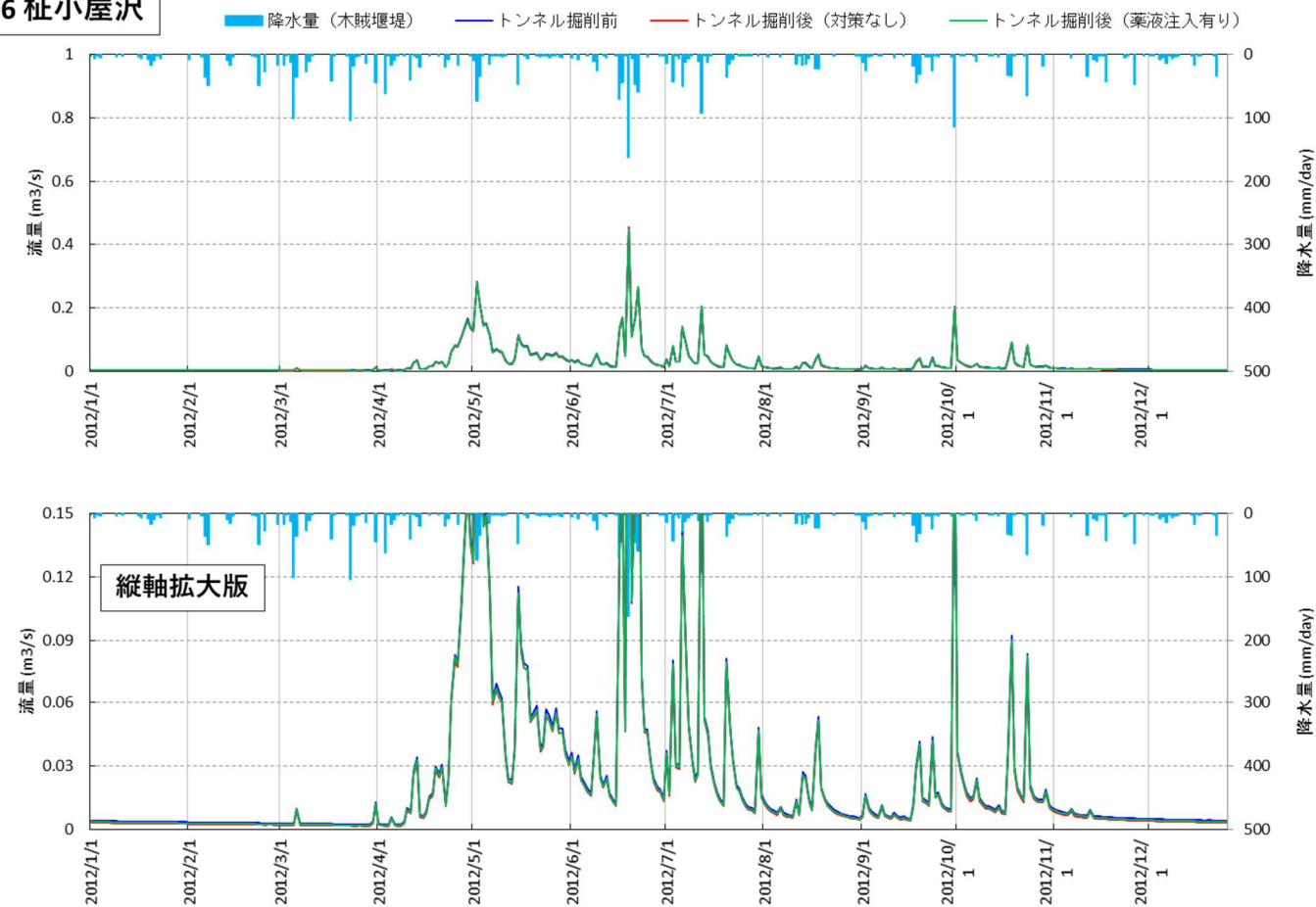
上岳沢



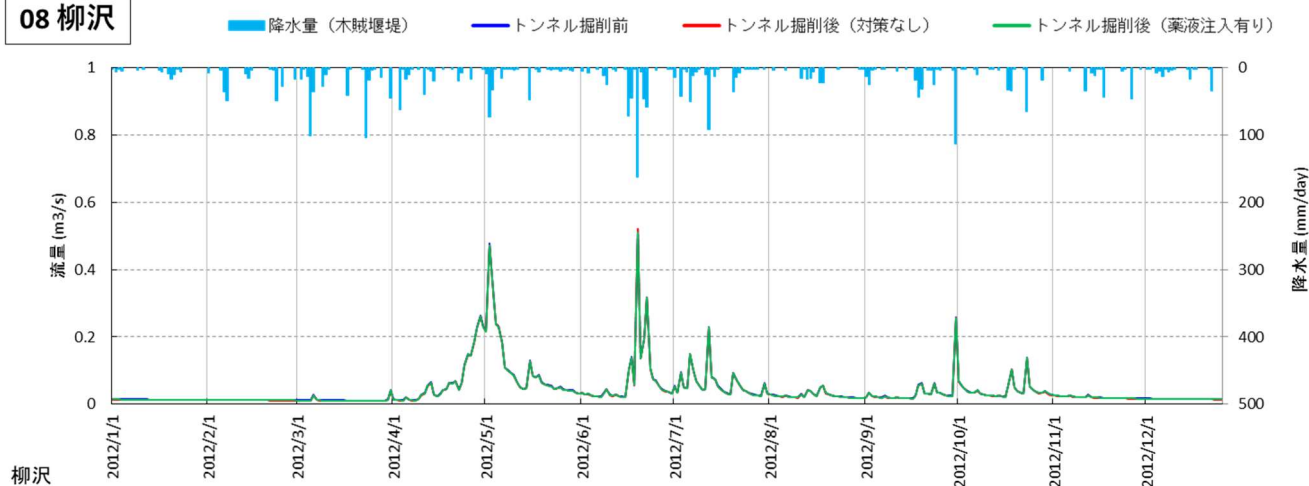
05 西小石沢



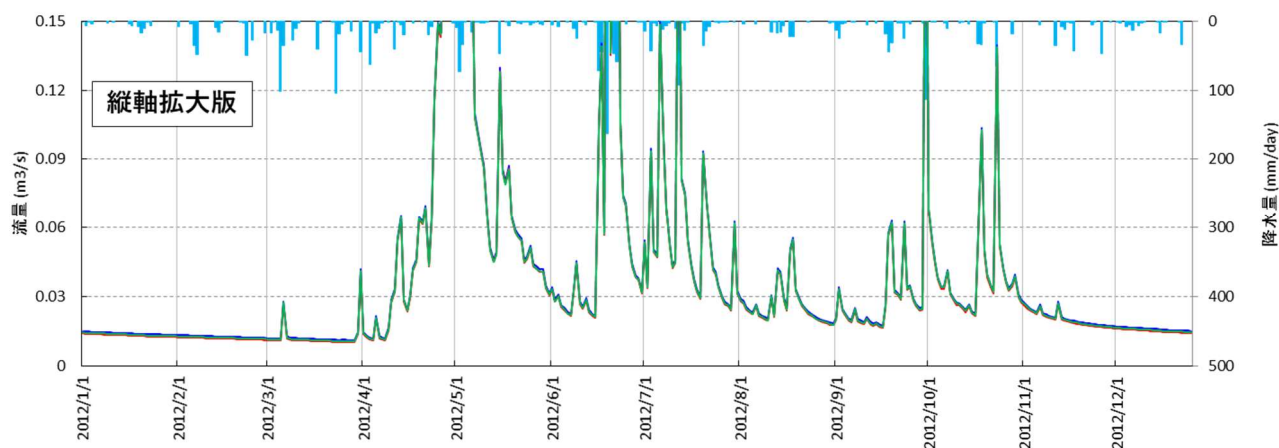
06 柁小屋沢



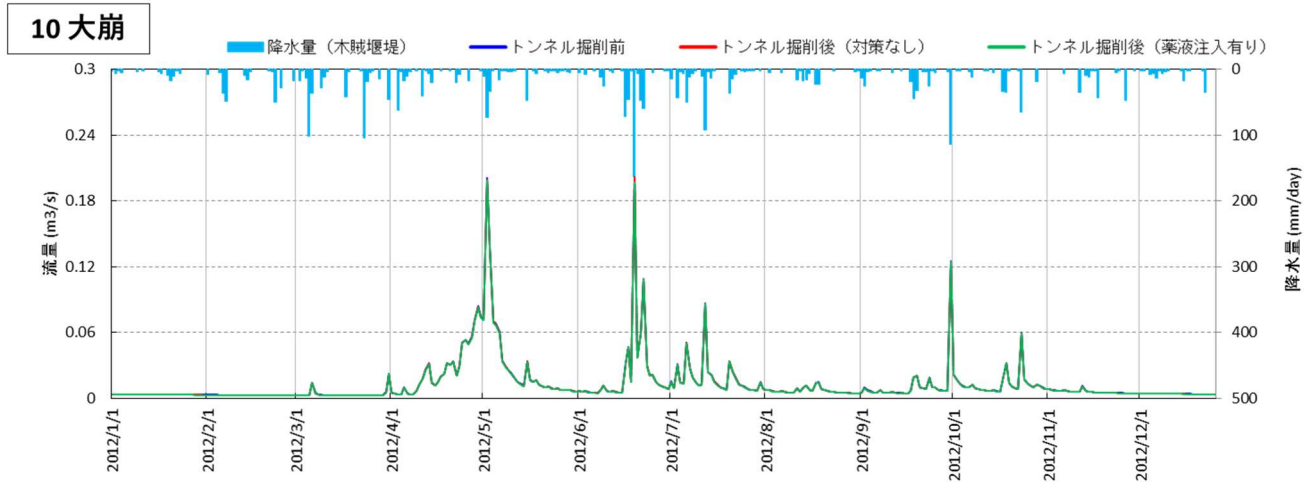
08 柳沢



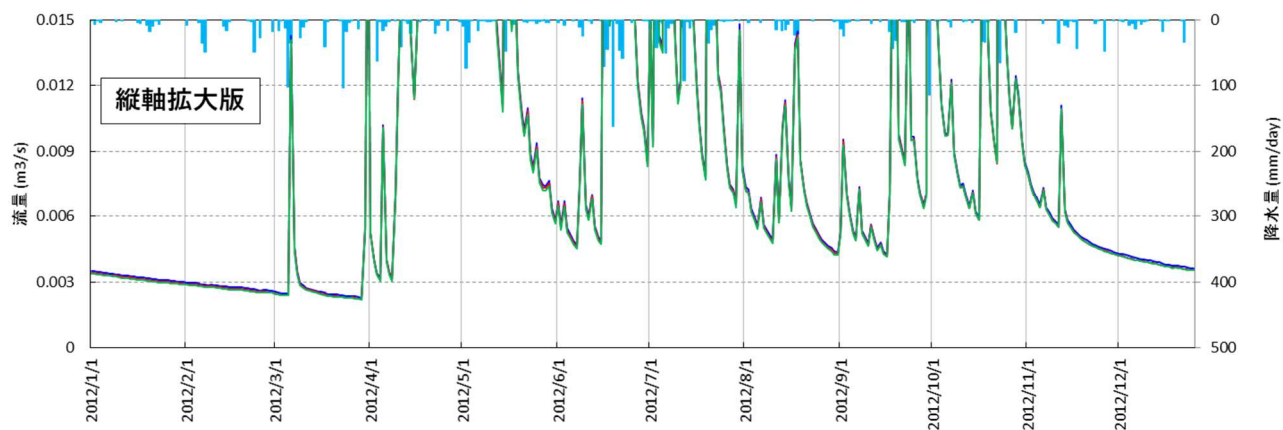
柳沢



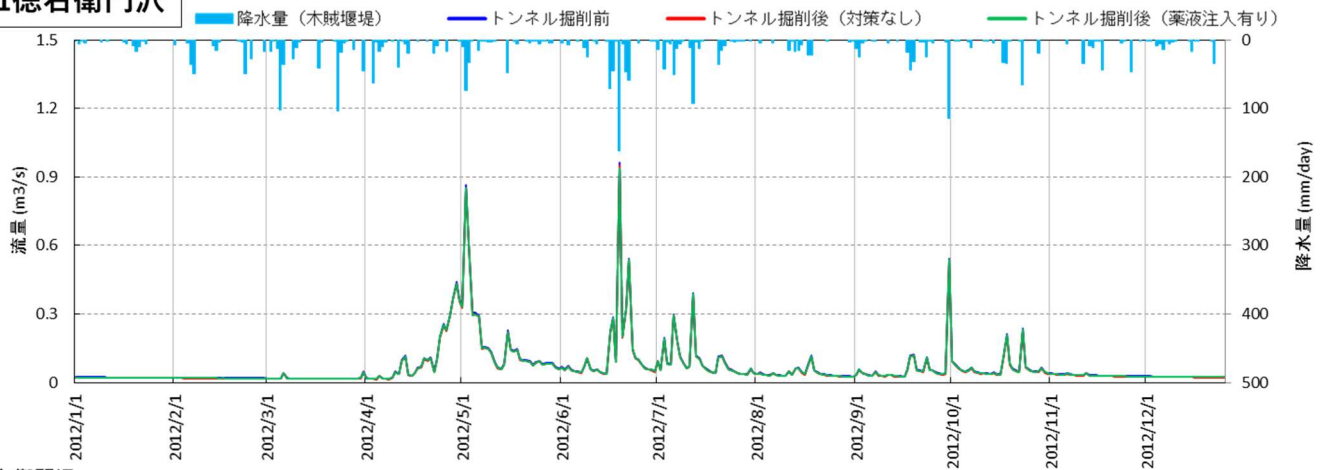
10 大崩



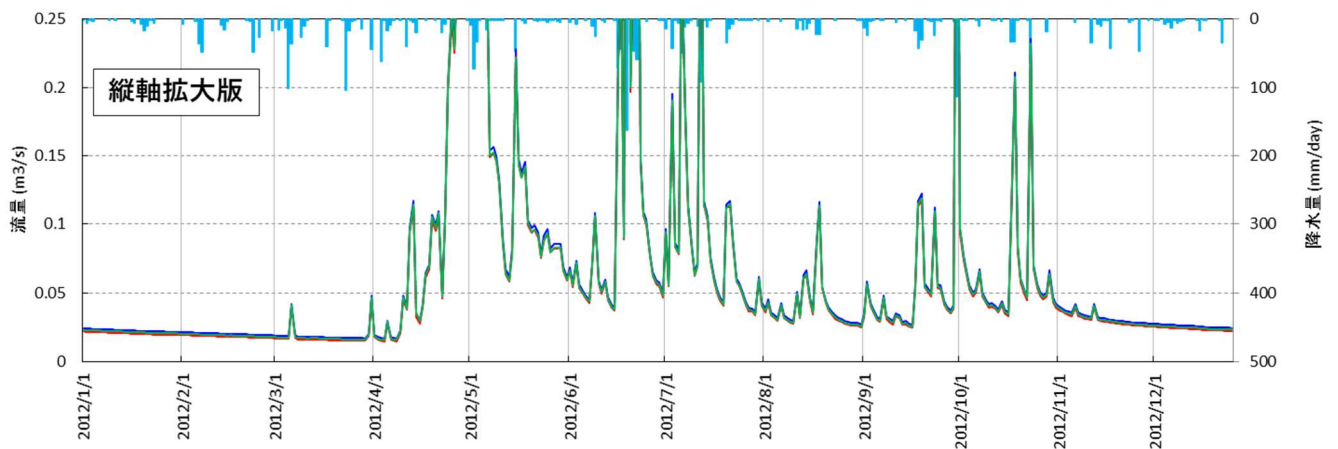
支流_大崩れ



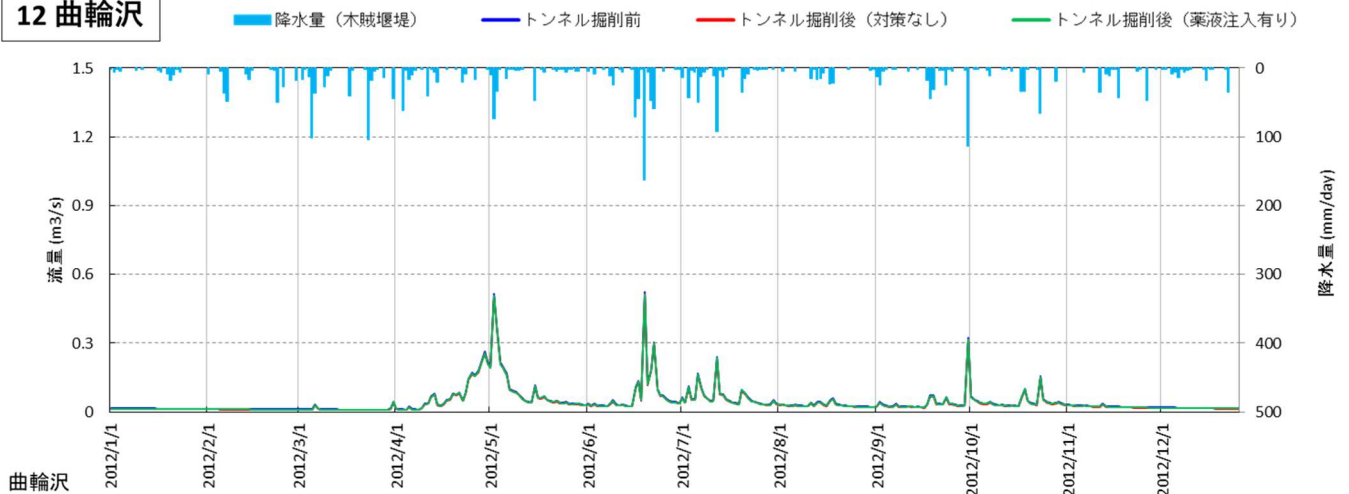
11 徳右衛門沢



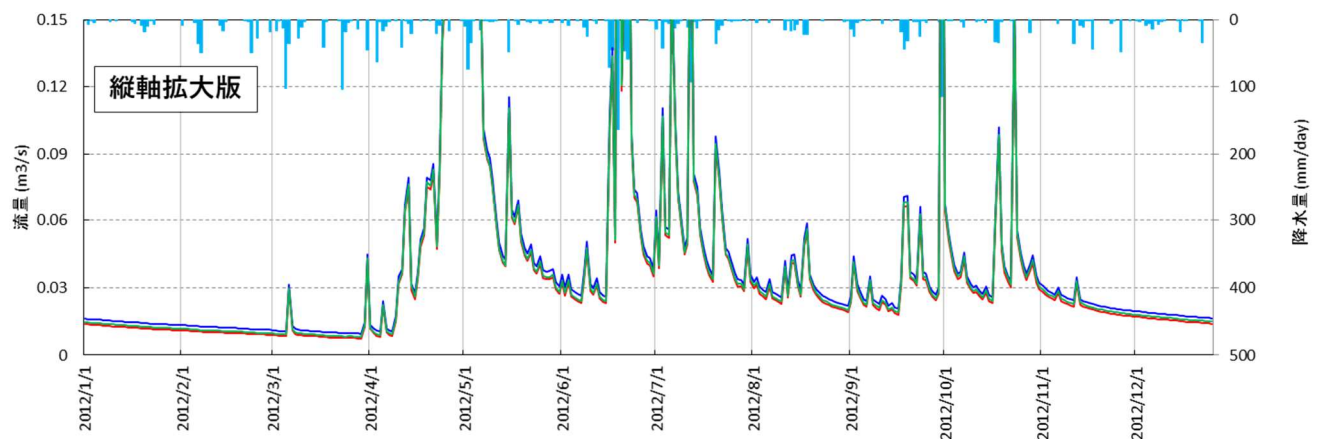
縦軸拡大版



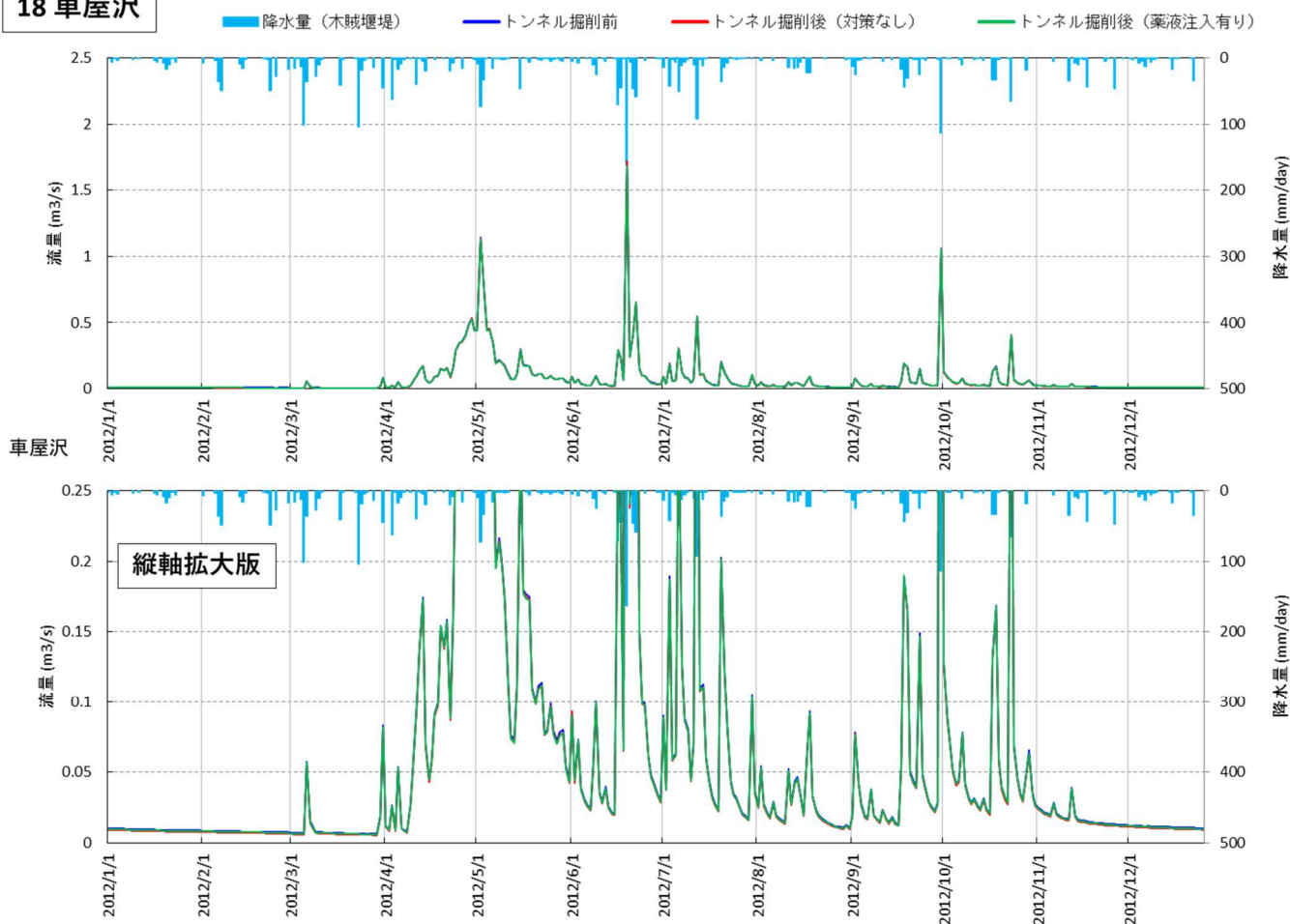
12 曲輪沢



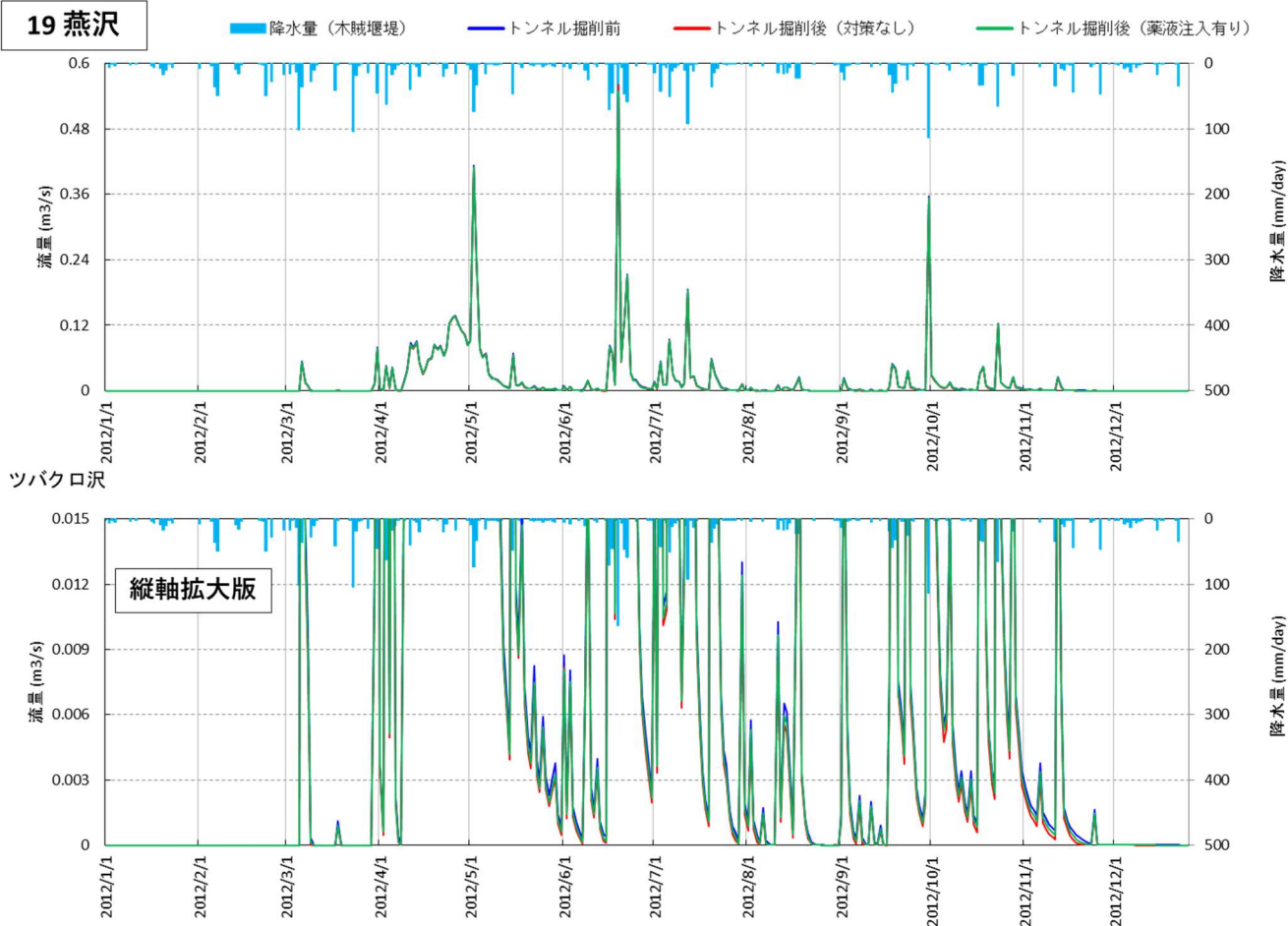
縦軸拡大版



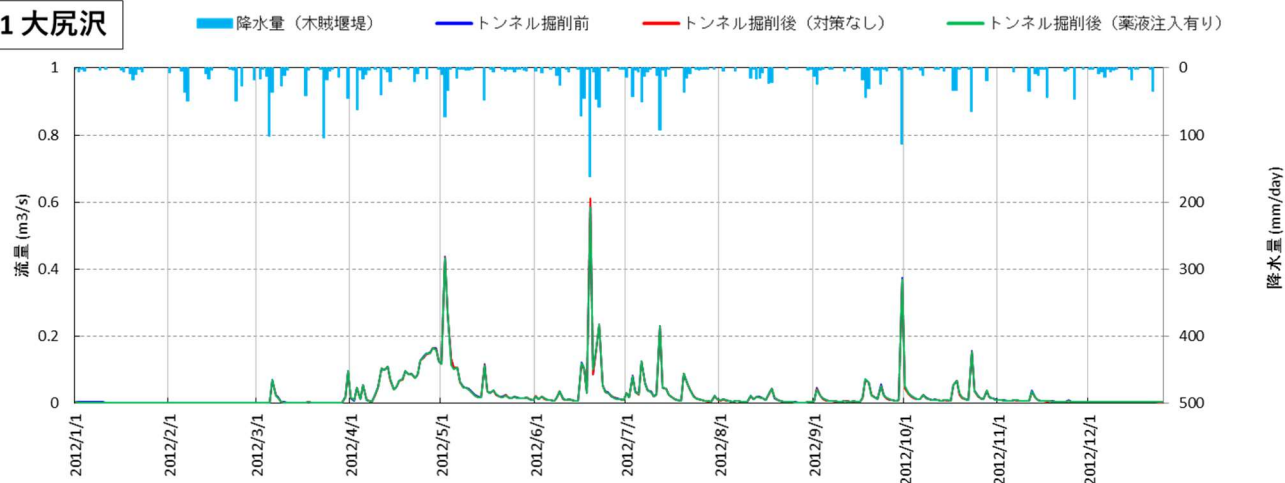
18 車屋沢



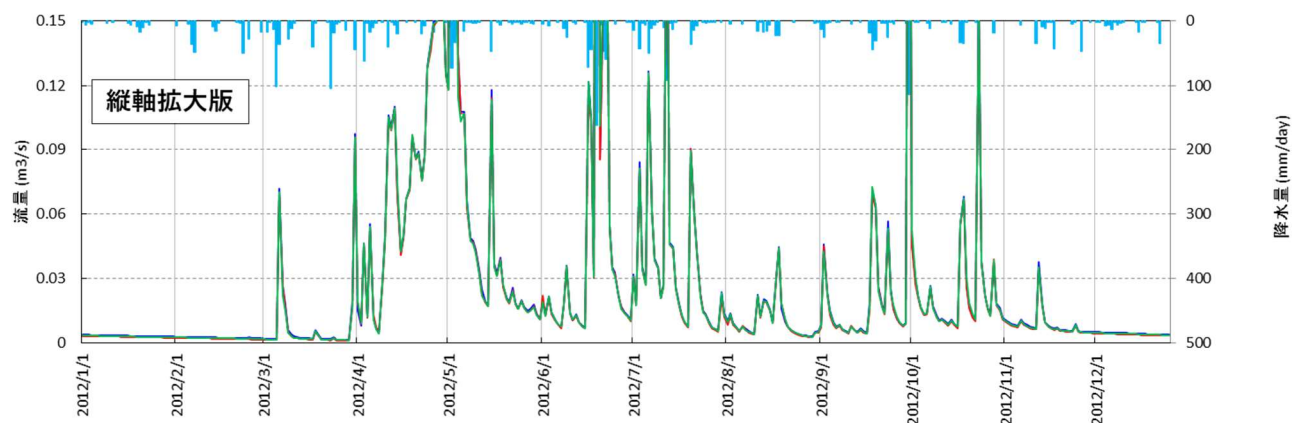
19 燕沢



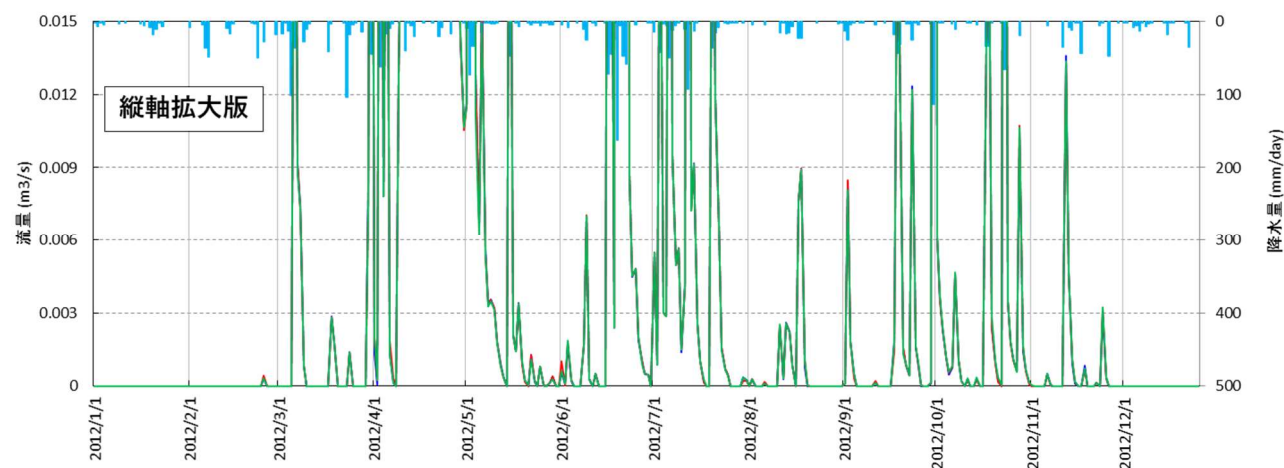
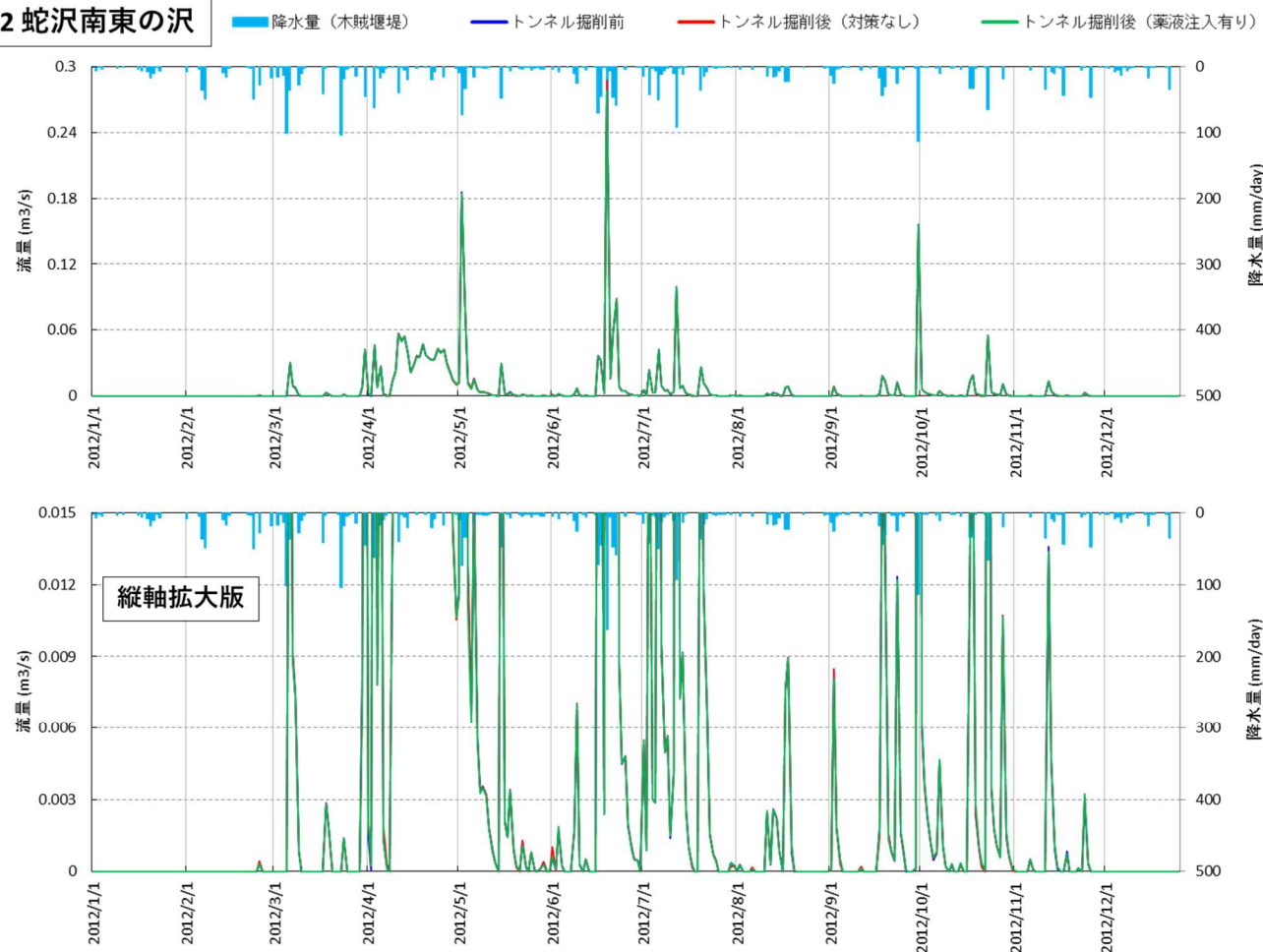
21 大尻沢



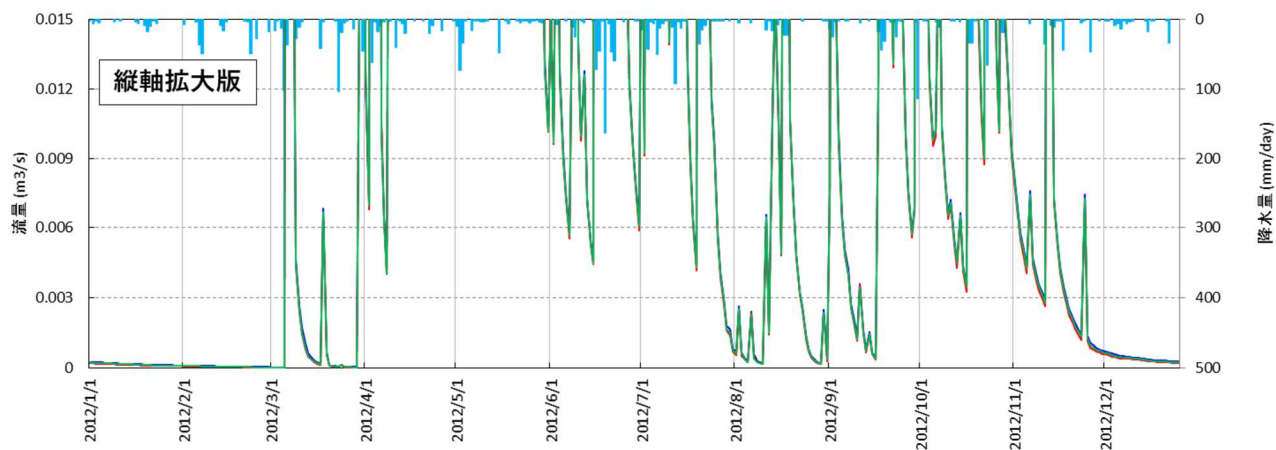
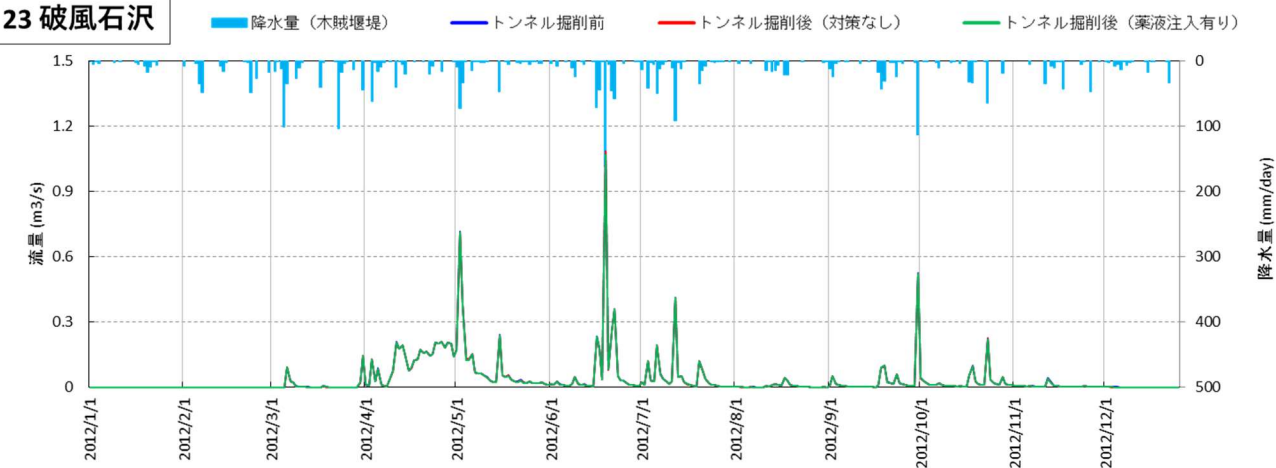
大尻沢



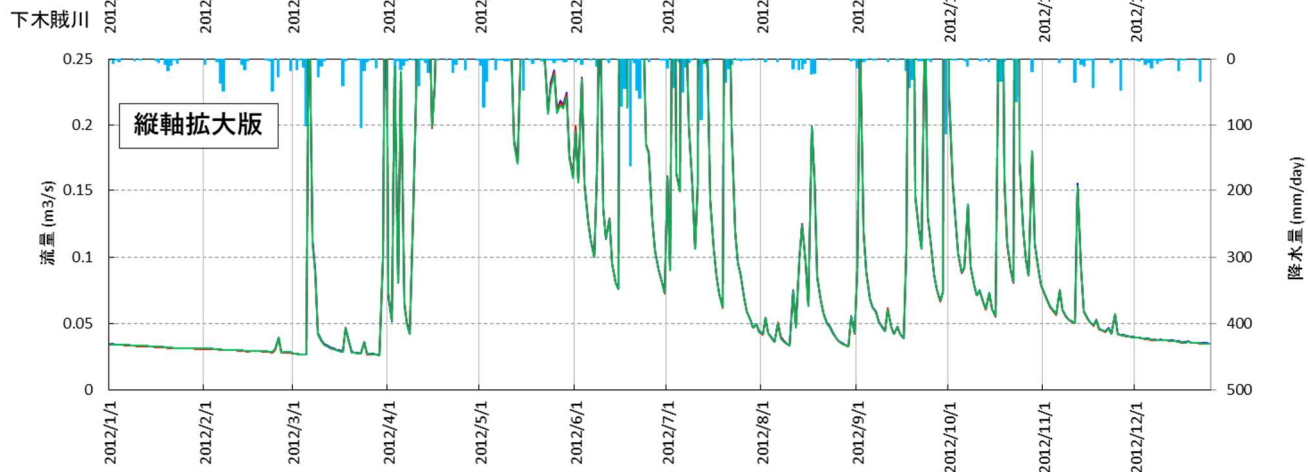
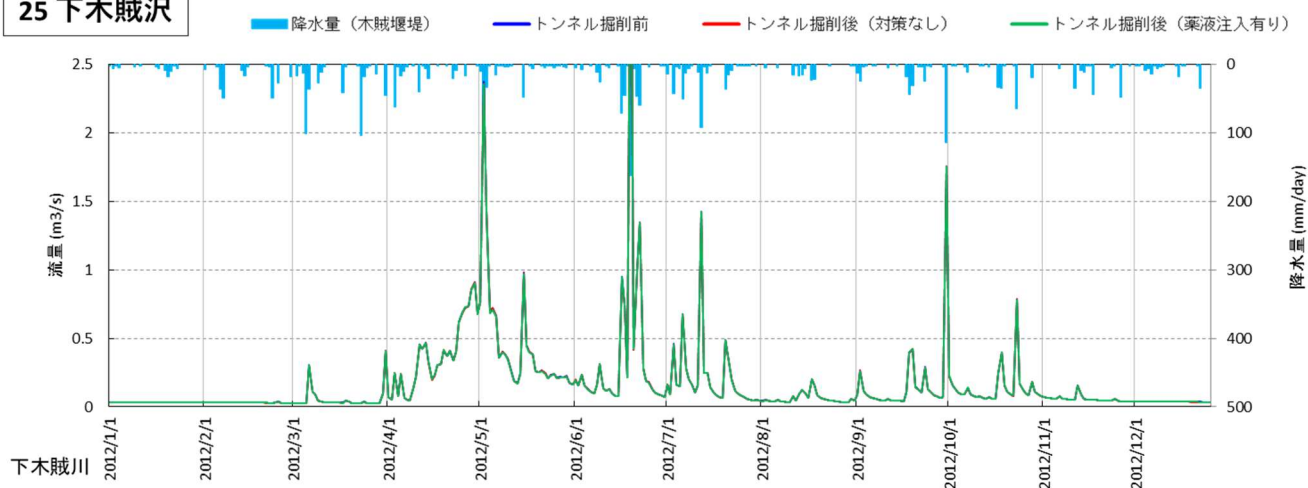
22 蛇沢南東の沢



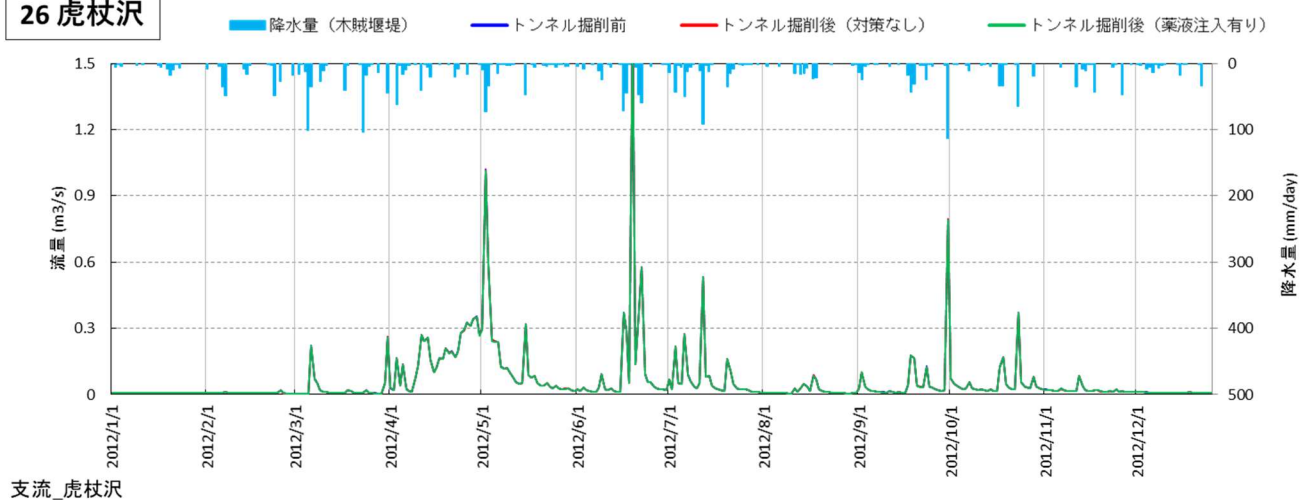
23 破風石沢



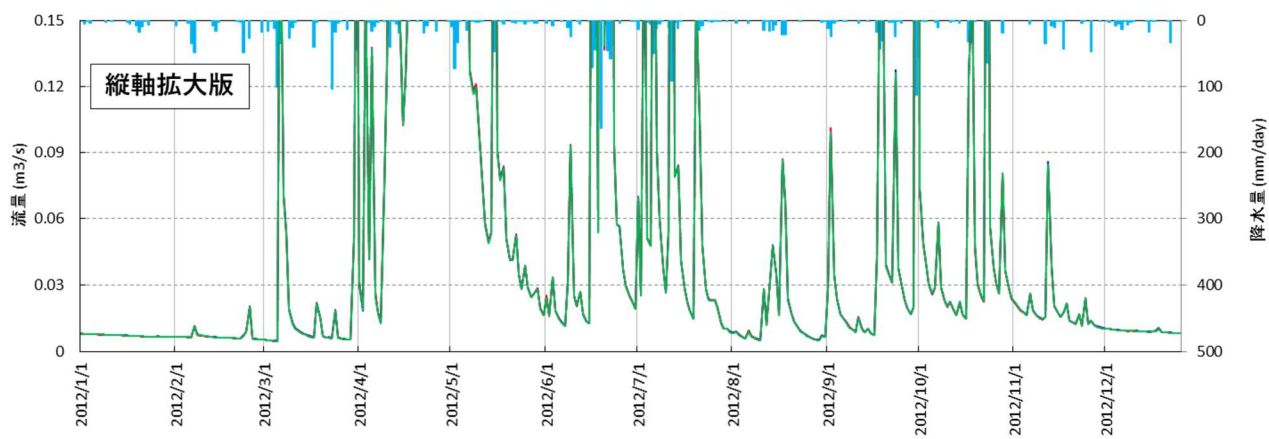
25 下木賊沢



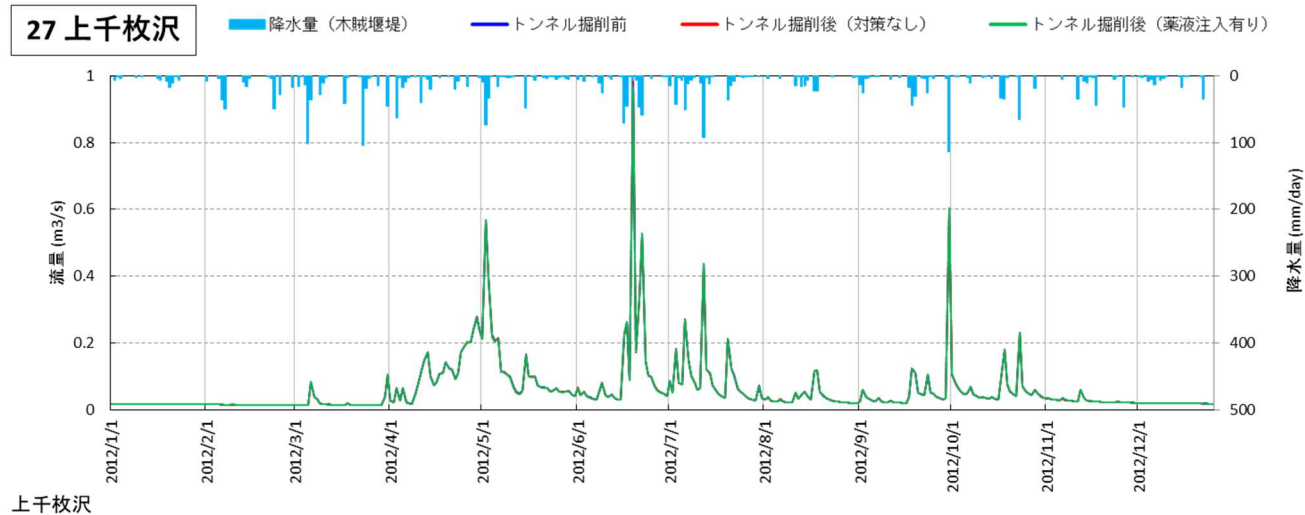
26 虎杖沢



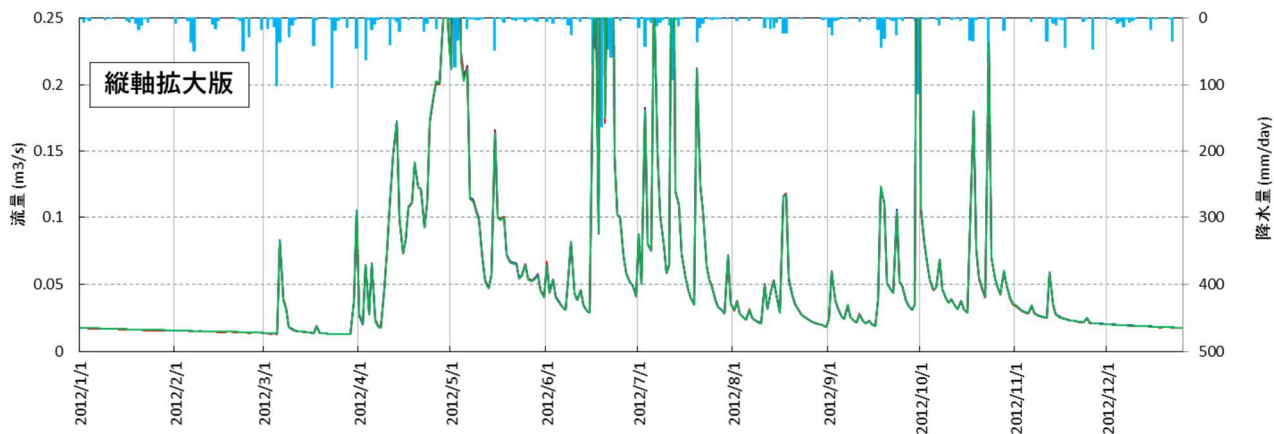
支流_虎杖沢



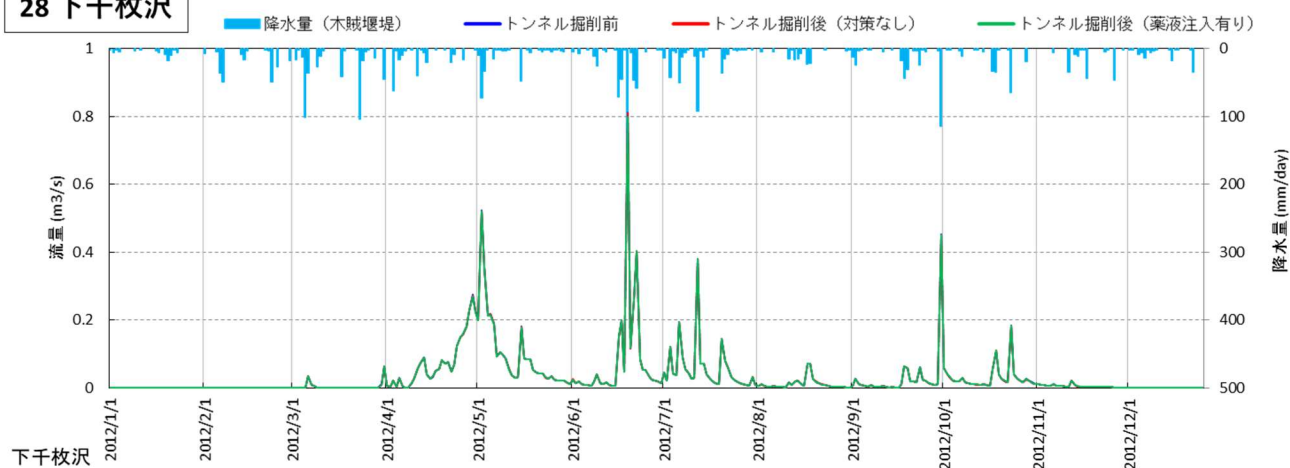
27 上千枚沢



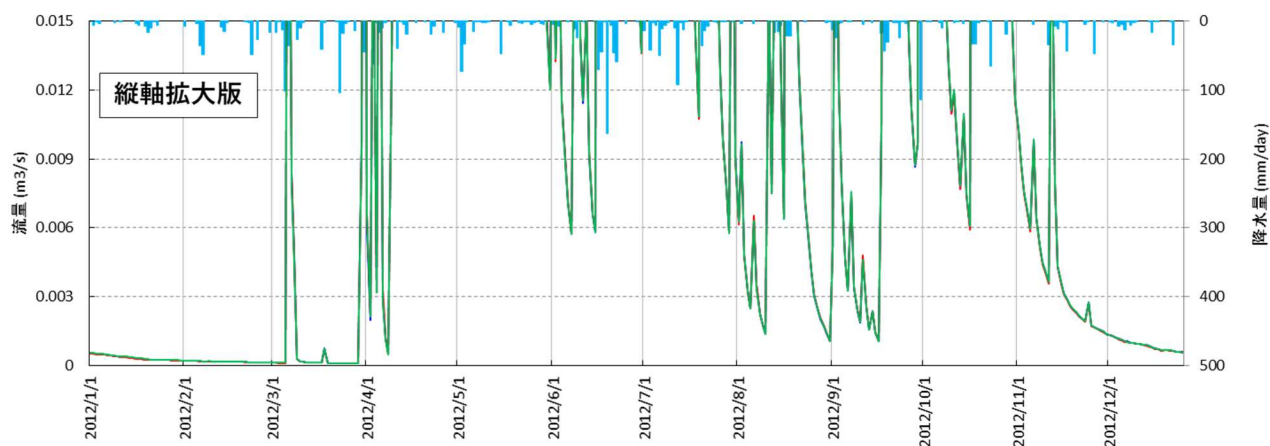
上千枚沢



28 下千枚沢

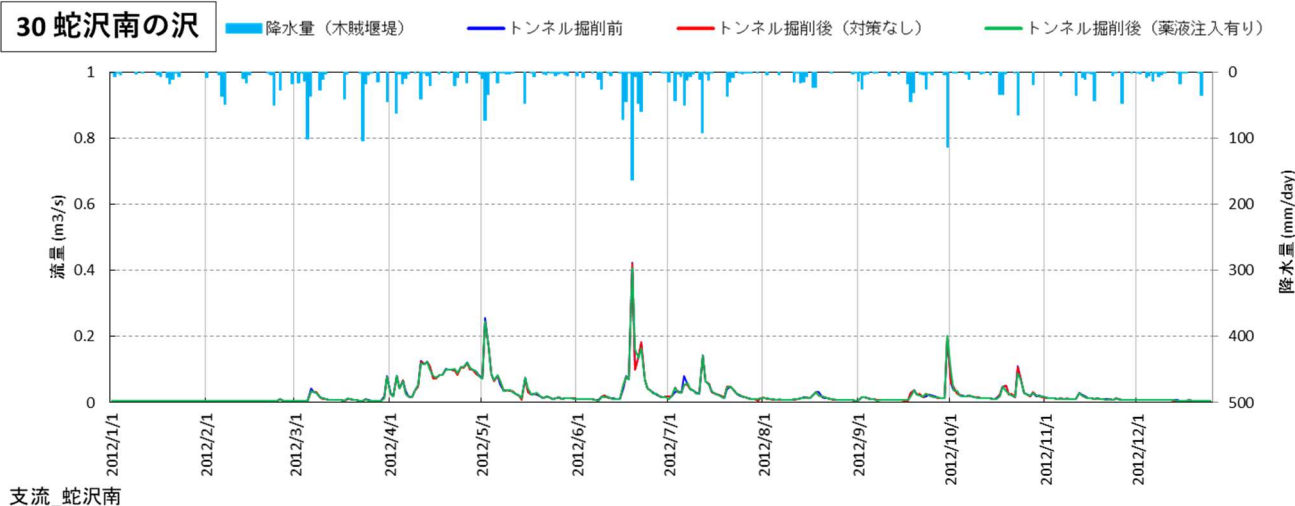


下千枚沢

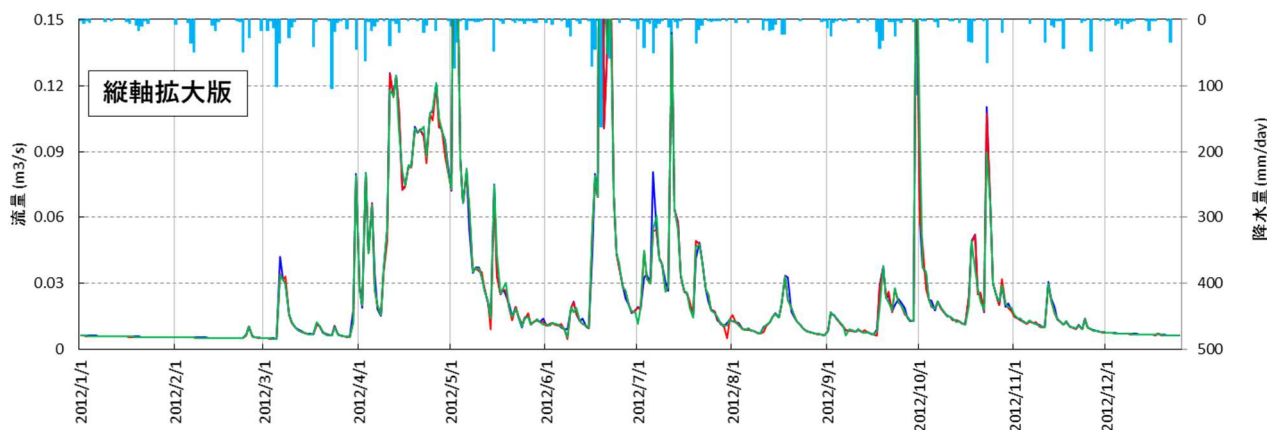


縦軸拡大版

30 蛇沢南の沢



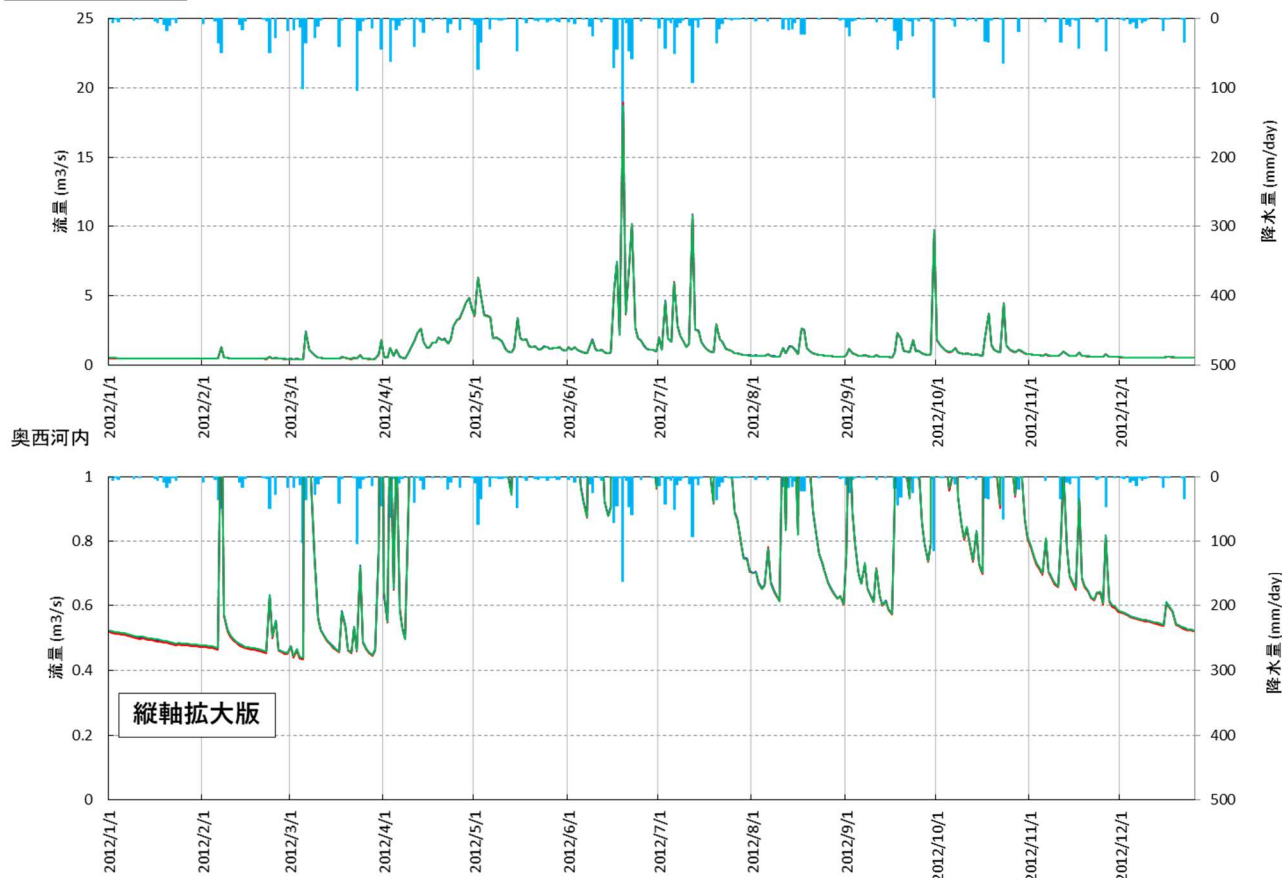
支流_蛇沢南



縦軸拡大版

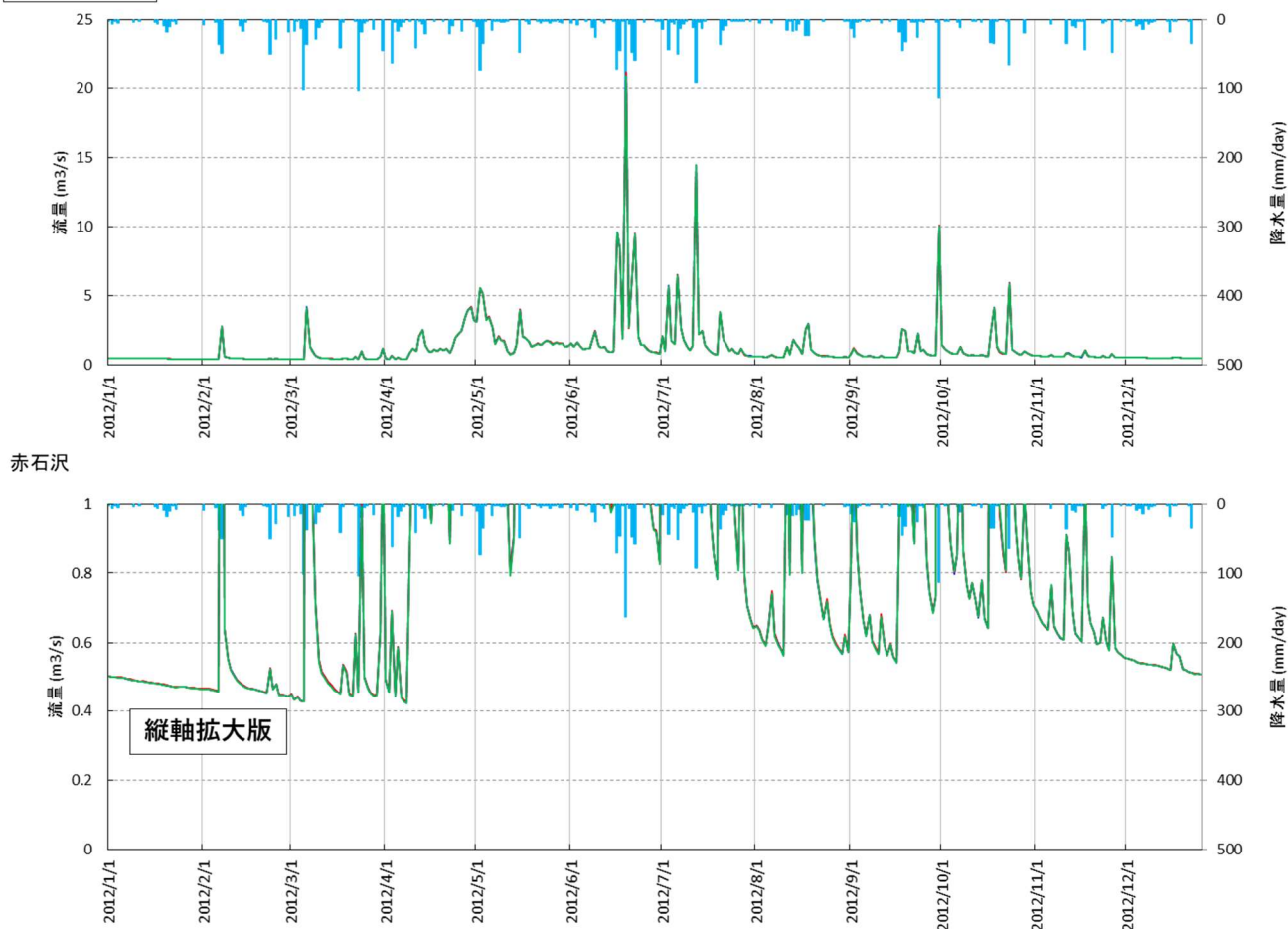
31 奥西河内

■ 降水量 (木賊堰堤) ■ トンネル掘削前 ■ トンネル掘削後 (対策なし) ■ トンネル掘削後 (薬液注入有り)



32 赤石沢

■ 降水量 (木賊堰堤) ■ トンネル掘削前 ■ トンネル掘削後 (対策なし) ■ トンネル掘削後 (薬液注入有り)



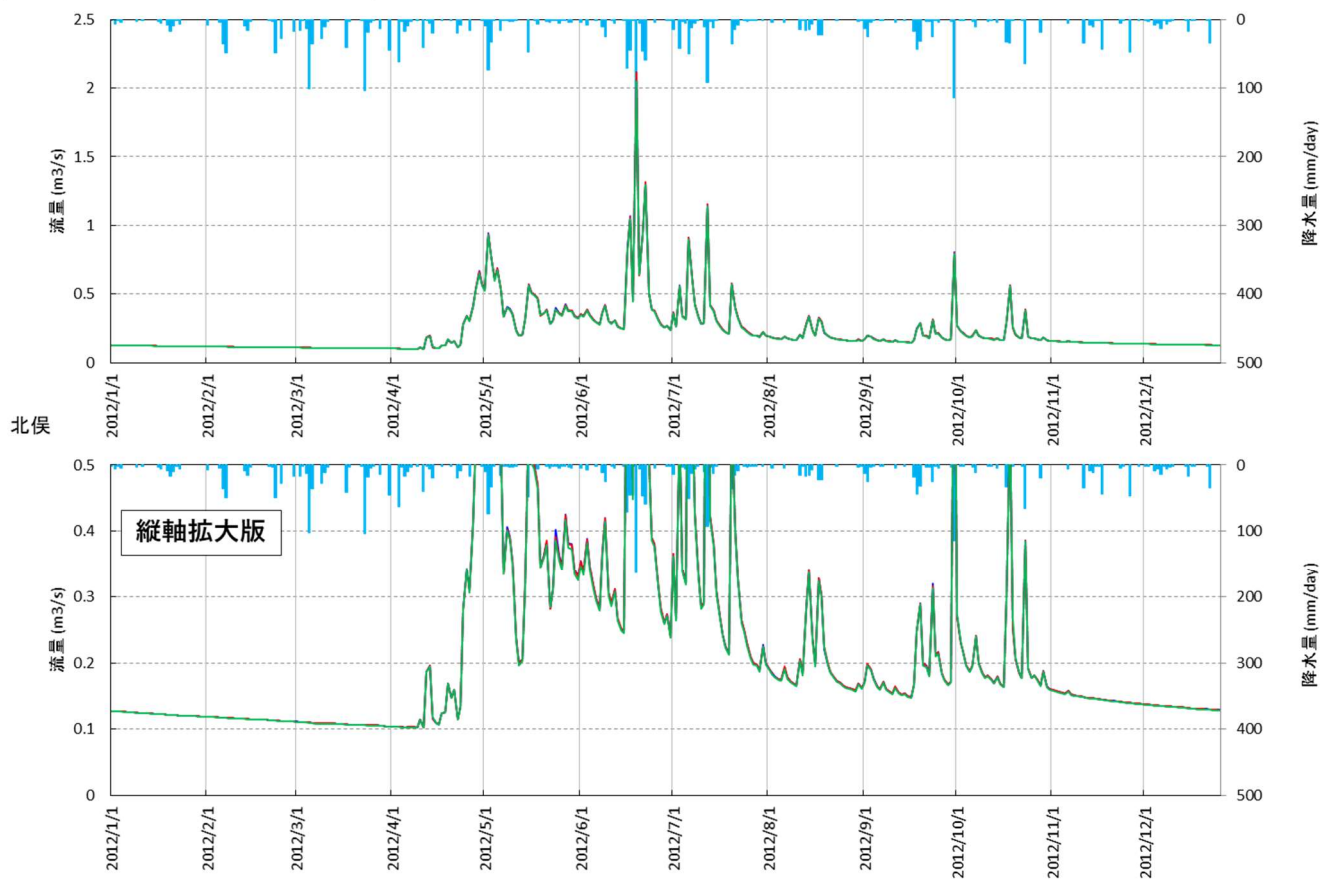
33 北俣・中俣合流部付近

■ 降水量 (木賊堰堤)

■ トンネル掘削前

■ トンネル掘削後 (対策なし)

■ トンネル掘削後 (薬液注入有り)



(2) 沢の水生生物等に関するモニタリングと環境保全措置の計画

1) はじめに

- ・沢の水生生物等に関するモニタリングと環境保全措置の計画を検討するにあたって、まずは沢の地形・水環境、生物の生息状況を整理、分析することで沢の類型化を行いました。
- ・その後、類型ごとの着目すべき沢の抽出や、着目すべき地形・水環境、生物を整理のうえ、モニタリングや環境保全措置の計画の検討を行いました。なお、沢の類型化については、沢の地形・水環境の序列化（PCA：主成分分析）、底生動物の群集構造の序列化（NMDS：非計量多次元尺度法）の結果から、計 35 箇所の沢等を 8 つに類型化しました（詳細は「 2）地形・水環境、生物の生息状況からの沢の類型化について」に記載）。
- ・トンネル掘削工事による沢の水生生物等への影響を確認するため、沢のモニタリングは、沢等の類型化の対象としたすべてにおいて実施します。
- ・更に、類型化の対象とした沢等の中から重点的なモニタリングを実施する沢（以下、「重点的な沢」という。）を抽出し、より効果的なモニタリングを実施していきます。なお、類型化の対象とした沢等のうち、地点 34 西俣川（柳島付近）と地点 35 大井川（樫島付近）については、トンネル掘削に伴いトンネル湧水を放流することを計画している河川本流であることから、「5. 地上部分の改変箇所における環境への影響と対策（1）作業ヤードから放流するトンネル湧水等による環境への影響と対策」に記載の通り、別途モニタリング計画等を整理しています。

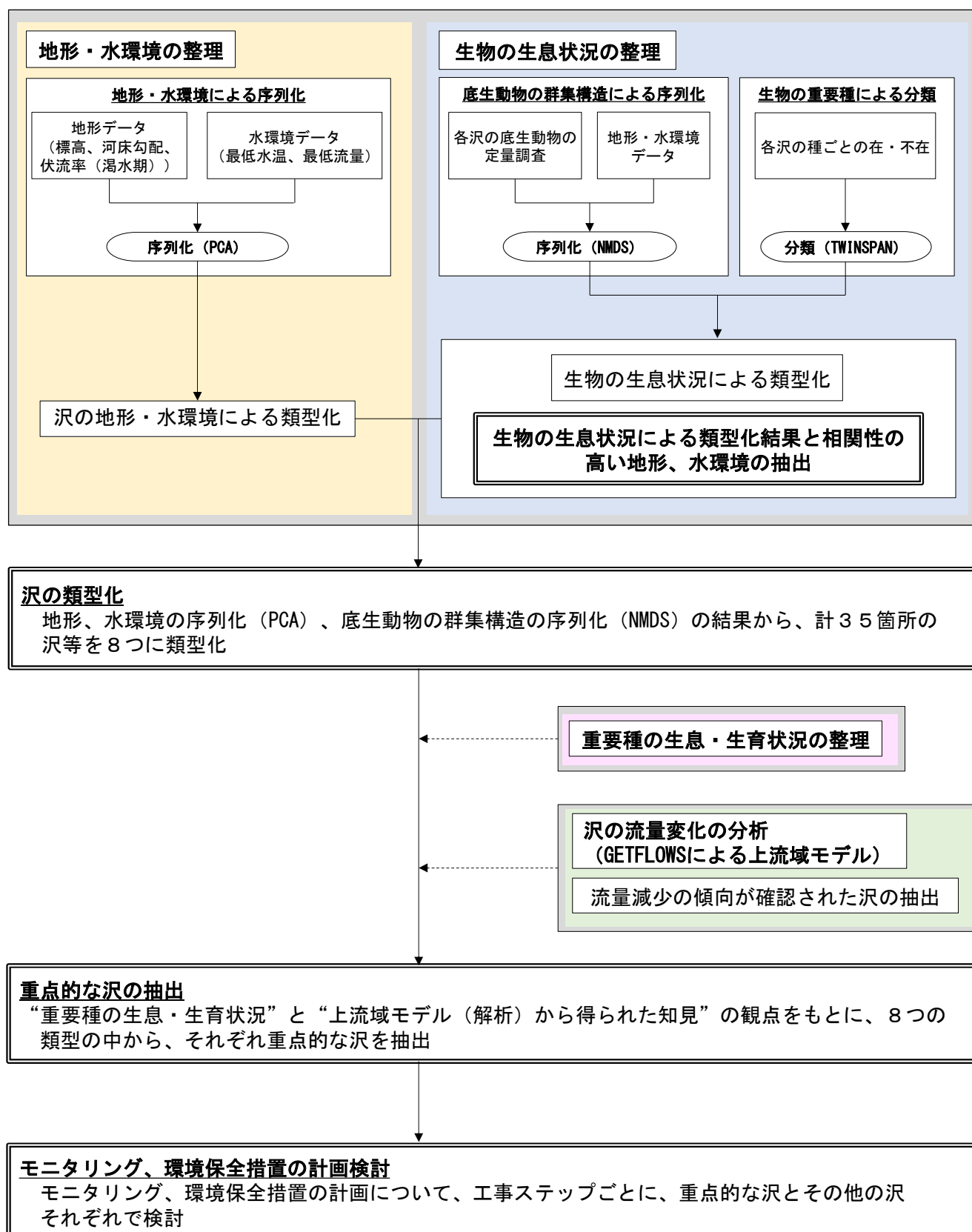


図 3.69 沢の水生生物等のモニタリング、環境保全措置の計画検討フロー

2) 地形・水環境、生物の生息状況からの沢の類型化について

ア. 沢の類型化方針

7) 基本的な考え方について

- ・生物の生息状況を決定する主要因となる地形・水環境に着目し、PCA による沢の類型化を実施します。
- ・また、移動性が少なく、確認された場所の特徴を示す指標となるとされている底生動物の生息状況に着目し、これまでに各沢等で実施した底生動物の定量調査結果を用いて、NMDS による沢の類型化を行います。さらに、同手法を用いて類型化結果と相関の高い地形・水環境の分析も行います。
- ・以上の2つの分析を踏まえて、沢の地形・水環境、生物の生息状況の観点から類型化を行います。
- ・また、TWINSPAN による生物の生息・生育状況の分類¹⁰も行い、今後の環境保全措置やモニタリング計画の検討などに活用していきます。

イ) 各分析方法の概要について

- ・各手法の概要をそれぞれ図 3.70～図 3.72 にお示しします。

¹⁰ 分類：群集の特徴を捉えるための統計手法である多変量解析のうち、データから類似のサンプルや種をまとめてグループにする方法。

a) PCA（主成分分析）

- PCA は図 3.70 のように複数の変数を主成分に要約し、図 3.71 のように各主成分の値などを二次元平面などに変換することで序列化する方法です。
- 地形と水環境の複数のデータをもとに序列化し、各データ間の関係や群集ごとの特徴について考察を行いました。

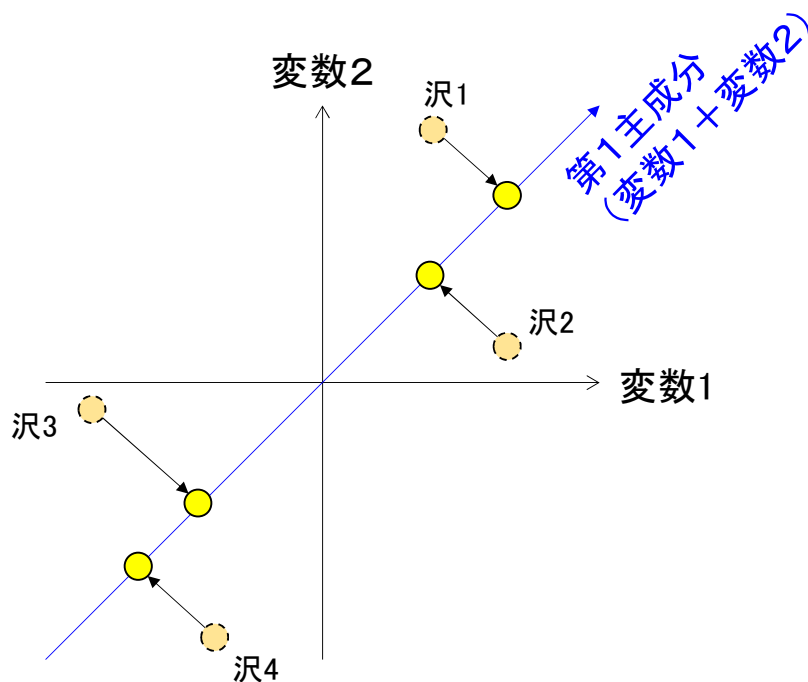
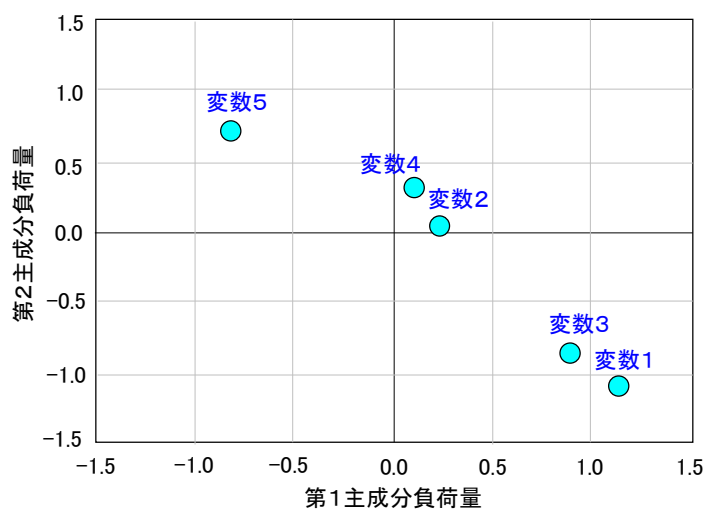


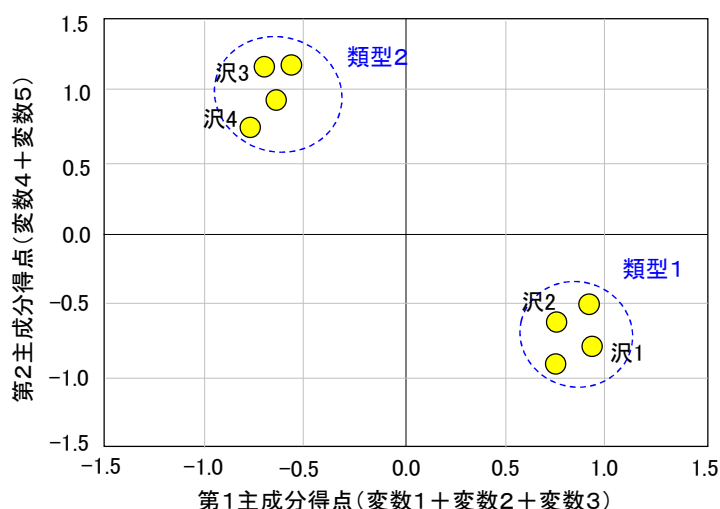
図 3.70 複数変数の主成分への集約イメージ

主成分負荷量(各主成分に対してそれぞれの変数がどれだけよく反映されているかを知る指標)を整理することで、変数間の関係を分析



(主成分負荷量の分析)

主成分得点(それぞれの変数を各主成分に変換した値)を整理することで、群集ごとの特徴を分析



(主成分得点の分析)

図 3.71 主成分分析結果の整理イメージ

b) NMDS（非計量多次元尺度法）

- NMDS は多次元で表された多数の点を、お互いに類似した点同士は近く、類似していない点同士は遠くなるように序列化¹¹する方法です。図 3.72 のように近くに配置された地点は良く似た群集組成、遠くに配置された地点はあまり似ていない群集組成を表しています。
- また、NMDS ではこの群集組成の違いと相関性の高い変数を分析することができるため、底生動物による群集構造の序列化の結果と相関性の高い地形や水環境の分析も行いました。

- 地点間の群集組成の類似度をもとに平面上に展開。
(類似している地点は近くに、類似していない地点は遠くに配置される)
- 各地点の配置のばらつきと各変数との相関性を分析。

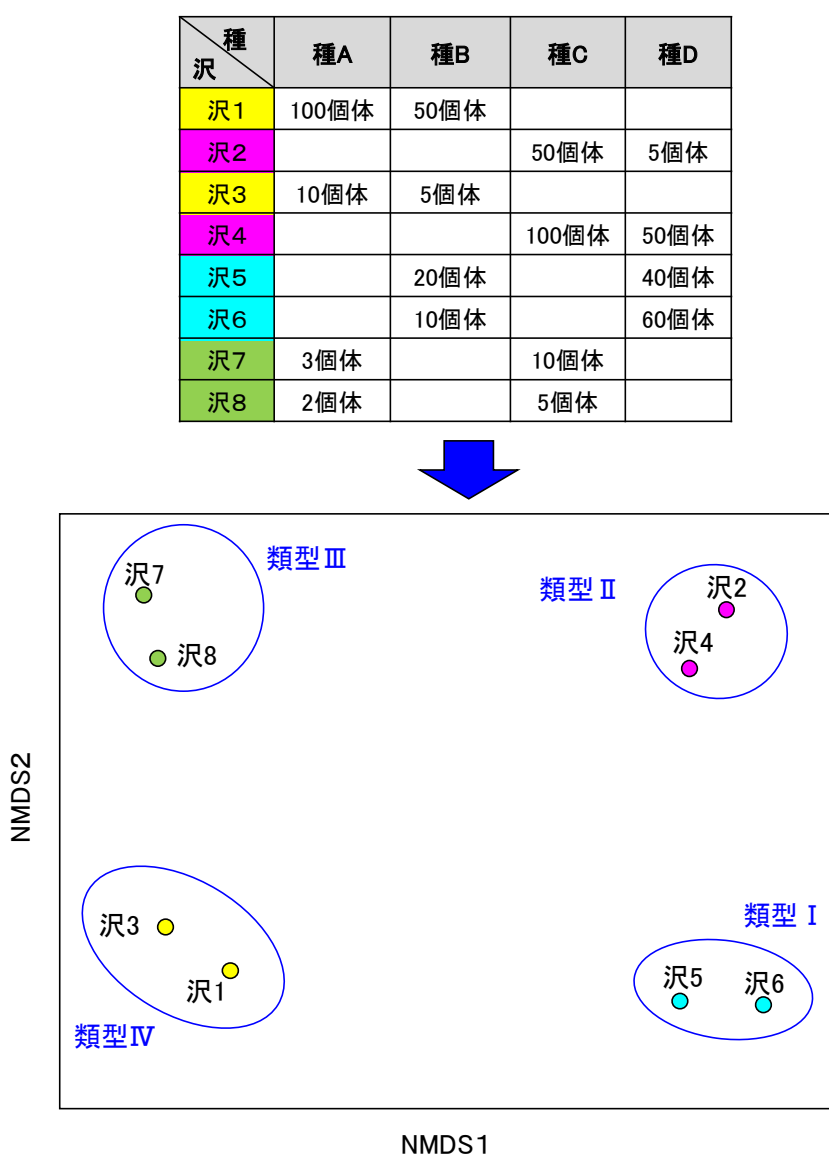


図 3.72 NMDS による分析のイメージ

¹¹ 序列化：群集の特徴を捉えるための統計手法である多変量解析のうち、データから種組成の変化の軸を見つけ出し、サンプルや種を変化の軸の上に位置付けていく方法。

c) TWINSpan

- TWINSpan は条件を設定して 2 分割の分類を繰り返していくことで、類型化する手法です。
- 今回の分析では、図 3.73 のように沢ごとの種の在・不在データをもとに類型化しました。
- なお、TWINSpan ではデータ数が多くなると分割回数が多くなり、分類結果の解釈が難しくなることから、今回の分析では重要種¹²に着目して実施することとしました。

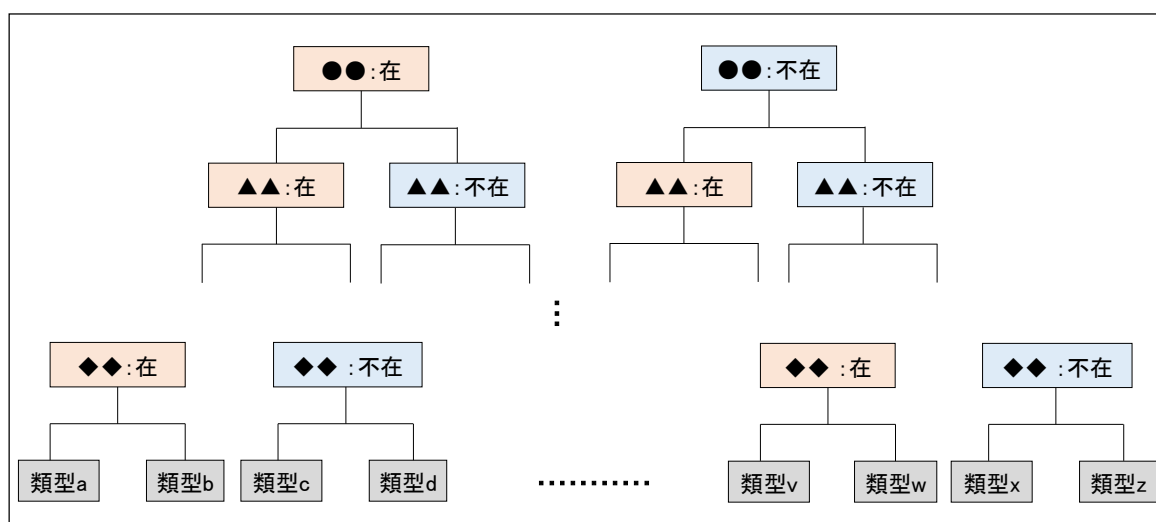


図 3.73 TWINSpan による分類のイメージ

¹² 生息が確認された種の内、「文化財保護法」（昭和 25 年、法律第 214 号）、「環境省第 4 次レッドリスト」（平成 24 年・平成 25 年、環境省）、「まもりたい静岡県の野生生物-県版レッドデータブック-動物編 2004、植物編 2004」（平成 16 年、静岡県）等の基準に該当するものを重要種として選定した。なお、重要種の選定にあたっては、必要に応じて専門家の指導・助言を受け、選定した。

イ. 分析に使用したデータの概要等について

- ・今回の分析の対象とする沢等は、図 3.74 のとおり計 35 箇所の地点です。
- ・また、今回の分析に使用したデータの概要は表 3.8 の通りであり、これまでに実施した沢の動植物調査や流量・水質等調査の結果などを用いました（各調査の詳細については、資料編「2、沢の動植物調査について」、資料編【非公開版】「大井川上流域の沢の調査結果【非公開資料】」参照）。
- ・地形データとしては、衛星写真や地形図を用いて各沢の流域面積、崩壊地の割合（＝崩壊地面積/流域面積）、流路延長、伏流率（＝伏流延長/流路延長）、調査地点の標高及び河床勾配（＝源流部と最下流部の標高差/流路延長）の計 9 項目を算出しました。なお、伏流率については、西俣測水所における河川流量の常時計測結果から、豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量¹³に相当する時期にあたる衛星写真を取得のうえ算出を行いました（算出イメージは図 3.75 ご参照）。
- ・水環境データとしては全ての沢で実施している「沢の流量、水温・水質調査」（各沢につき 8 月、11 月の 2 回）の結果から、流量（最大・最小）、比流量（最大・最小）、水温（最高・最低）、pH（最高・最低）、電気伝導度 EC（最高・最低）の計 10 項目を用いました。
- ・生物の生息・生育状況のデータとしては、全ての沢でデータを統一することが可能である「沢の動植物全般調査」の秋季調査結果を用いました。
- ・地形、水環境による序列化（手法：PCA）では、移動性が少なく確認された場所の特徴を示す指標となるとされている底生動物に着目した NMDS による分析において相関性の高かった地形、水環境データ計 5 項目を使用しました¹⁴。
- ・底生動物による群集構造の序列化（手法：NMDS）では、底生動物の定量調査（コドラート法）結果から種ごとの確認個体数を使用し、底生動物による群集構造の序列化を行いました。また、地形、水環境との相関性の分析においては、地形・水環境データ全 19 項目を用いました。
- ・生物の生息・生育状況の分類（手法：TWINSpan）では、哺乳類、爬虫類、両生類、昆虫類、魚類、底生動物及び植物の定性調査結果から、沢水に依存する重要種の在・不在データを用いました。

¹³ 豊水流量：1 年を通じて 95 日はこれを下回らない流量
平水流量：1 年を通じて 185 日はこれを下回らない流量
低水流量：1 年を通じて 275 日はこれを下回らない流量
渇水流量：1 年を通じて 355 日はこれを下回らない流量

¹⁴ NMDS による分析で相関性の高かった地形・水環境データに着目して PCA の分析を行った結果、第 2 主成分までの累積寄与率（第 1 主成分から第 10 主成分までの寄与率を合計したものであり、一般的に 70～90% となる主成分数が採用される。）が約 77% となったため、この結果を用いて検討を進めた。

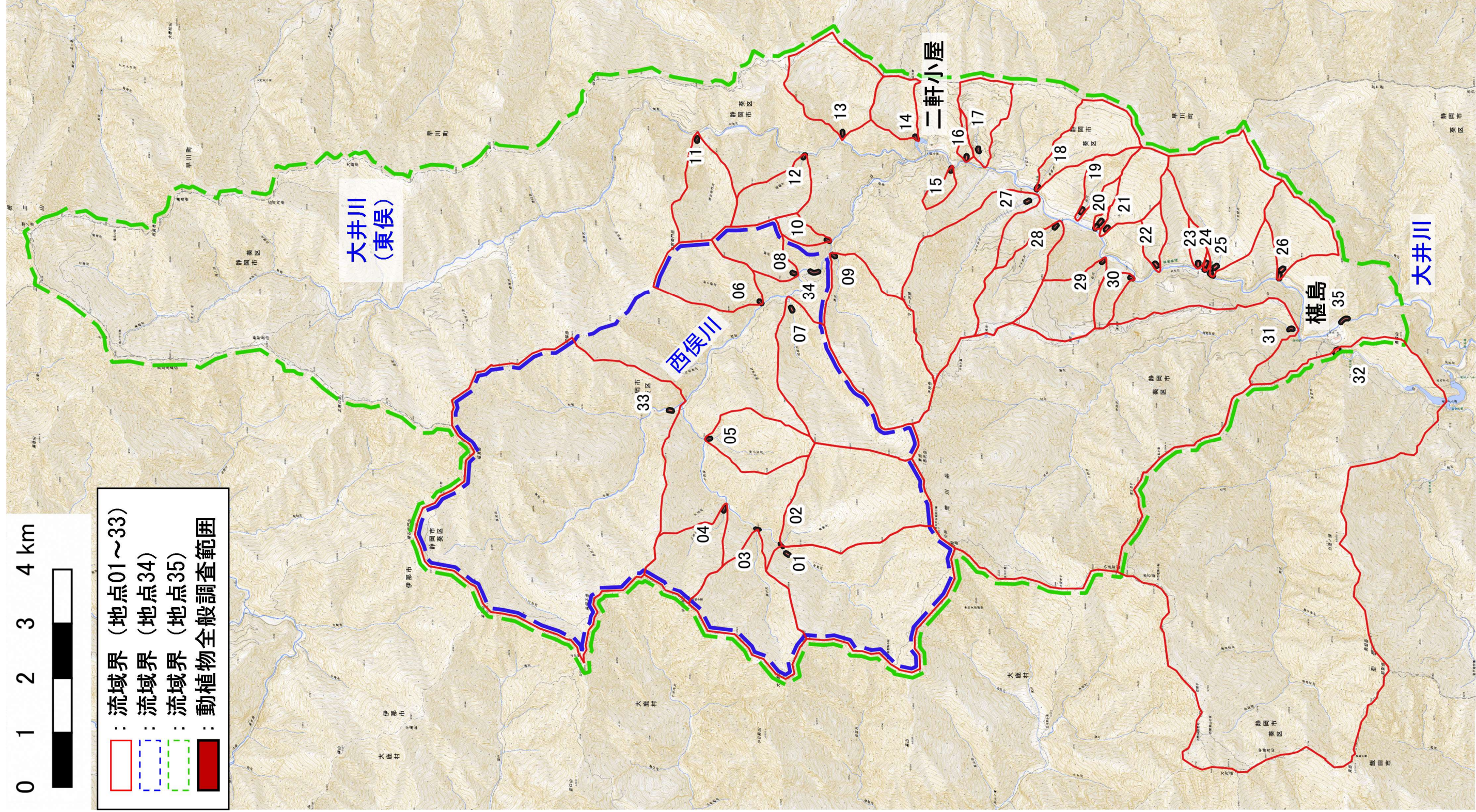


図 3.7.4 分析対象地点

注：地点 31、34、35 は河川部の地点、その他の地点は沢部の地点である。

表 3.8 分析に使用したデータ

観点	調査の種類	調査年度	調査時期	調査箇所	調査内容	データの有無	
						在・不在データ	定量データ
地形・水環境	沢の地形	・衛星写真や地形図等をもとに、各沢の崩壊地の割合（＝崩壊地面積/流域面積）と伏流率※（＝伏流延長/流路延長）を算出。 ※伏流率算出にあたっての使用写真（豊水：H30.7.18、平水：R4.3.20、低水：R1.12.8、濁水：H31.2.26） ・衛星写真や地形図等をもとに、各沢の流路延長、調査地点の標高や河床勾配（＝源流部と最下流部の標高差/流路延長）を算出。					
	沢の流量、水温・水質調査	平成 26 年度 ～令和 3 年度	8 月、11 月（一部は 常時、月 1 回調査）	全ての沢等 （計 35 箇所）	流量、比流量、水温、pH、 電気伝導度（EC）	－	○
生息状況	沢の動植物全般調査	平成 24 年度 ～ 平成 28 年度	秋季（一部は 4 季 調査を実施）	全ての沢等 （計 35 箇所）	哺乳類（定性調査）	○	－
					爬虫類（定性調査）	○	－
					両生類（定性調査）	○	－
					昆虫類（定性調査）	○	－
					魚類（定性調査）	○	－
					底生動物（定性調査）	○	－
					植物（定性調査）	○	－
					底生動物（定量調査）	○	○
	沢の水生生物詳細調査	令和 2 年度～	4 季または 3 季	20 箇所の沢等	魚類（定量調査）	○	○
底生動物（定量調査）					○	○	

：地形、水環境による序列化（手法：PCA）において使用するデータ（このうち、NMDS で相関性の高かったデータを使用）

：底生動物による群集構造の序列化、相関性の高い地形、水環境の分析（手法：NMDS）において使用するデータ

：生物の生息・生育状況による分類（手法：TWINSpan）において使用するデータ



※1 : 流路延長は豊水時の衛星写真における源流部から河川本流合流部までの延長として算出。

※2 : 河川勾配は源流部と河川本流合流部との標高差を流路延長で除した値として算出。

図 3.75 地形データの算出イメージ

ウ. 沢の類型化結果と地形・水環境との関係の分析結果

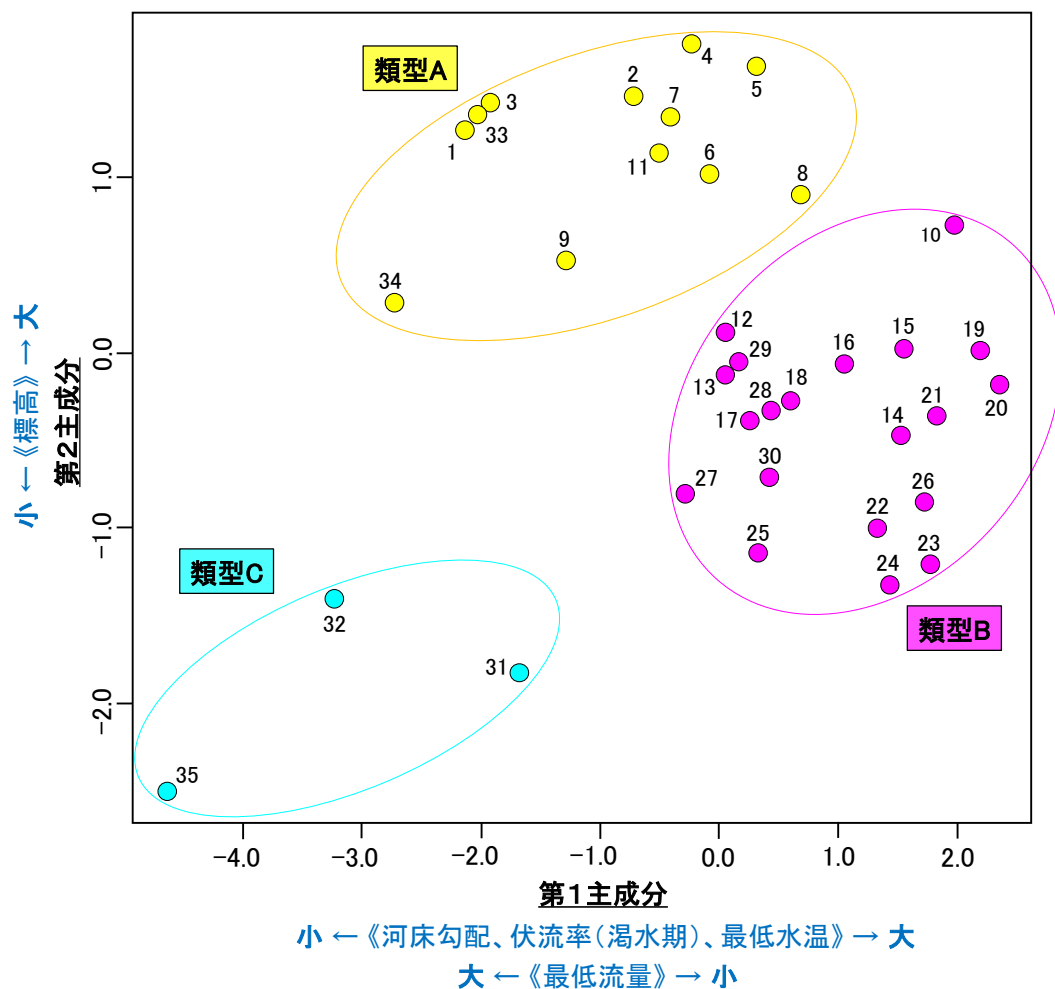
7) 地形と水環境による序列化：PCA

a) PCA による分析結果について

- ・PCA を用いた地形と水環境による序列化の結果を図 3.76、表 3.9 にお示しします。
- ・序列化にあたっては、地形・水環境データ（計 19 項目）のうち、NMDS を用いた底生動物の群集構造による序列化の結果と相関性の高かった標高、最低水温、河床勾配、伏流率（渇水期）、最低流量の計 5 項目のデータを使用しました（P 3-99 からの「イ) 底生動物による群集構造の序列化：NMDS」参照）。
- ・各調査地点の PCA1 軸、PCA2 軸の値を 2 次元平面にプロットし、クラスター分析（ウォード法）¹⁵により類型化しました。その結果、3 つの類型に分類されました（デンドログラムは図 3.77 参照）。
- ・各主成分の主成分負荷量¹⁶を見てみると、第 1 主成分は河床勾配、伏流率（渇水期）、最低水温が正の方向、最低流量が負の方向で高い値となっているため、図 3.76 の平面図上で右側に位置する地点ほど、河床勾配が急で、最低水温や渇水期の伏流率が高く最低流量が少ない沢といえます。また、第 2 主成分は標高が正の方向で特に高い値となっているため、平面図上で上側に位置する地点ほど標高が高い沢といえます。

¹⁵ クラスター分析（ウォード法）：クラスター分析は個々のデータから最も似ているものを順次集めてクラスター（集団）をつくっていく方法である。このクラスター分析の手法の一つであるウォード法は、クラスター内での分散が最も小さくなるようなクラスターから統合していく手法であり、一般的に分類の感度が高いとされている。

¹⁶ 主成分負荷量：各主成分に対して各変数がどれだけ反映されているかを示す指標。-1～+1 の値をとり、絶対値が大きいほど主成分に強く寄与している変数とされる。一般的に 0.4 程度以上の変数は主成分をよく反映しているとされる。



区分	地形、水環境の特徴
類型A	標高が高く、河床勾配や最低流量等は類型B、類型Cの中間的な特徴を示す。
類型B	河床勾配が急で、最低水温や湧水期の伏流率が高く、最低流量が少ない。標高は類型A、類型Cの中間的な特徴を示す。
類型C	標高が低く、河床勾配が緩やかで、最低水温や湧水期の伏流率が低くて最低流量が多い特徴を示す。

図 3.7 6 PCA による分析結果

表 3.9 各主成分の固有値、寄与率、主成分負荷量

項目		第 1 主成分	第 2 主成分
固有値 ¹⁷		2.72	1.15
寄与率 ¹⁸ (%)		54.32%	22.96%
累積寄与率 (%)		54.32%	77.28%
主成分負荷量	標高	-0.12	0.87
	最低水温	0.42	-0.36
	河床勾配	0.55	0.07
	伏流率(湧水期)	0.48	0.12
	最低流量	-0.52	-0.30

注：主成分負荷量が 0.40 以上の変数は橙色、-0.40 以下の変数は青色で塗りつぶしている。

¹⁷ 固有値：各主成分の分散（バラツキ具合）を示す指標であり、この値が大きいほど多くの情報を集約していることを表す。一般的に 1 以上の場合に主成分として採用される。

¹⁸ 寄与率：各主成分の固有値をその総和で割ったものであり、主成分が全情報のうちのどの程度の情報を説明できているかを示す指標。値が大きいほど相対的に説明力が高い主成分であることを表す。

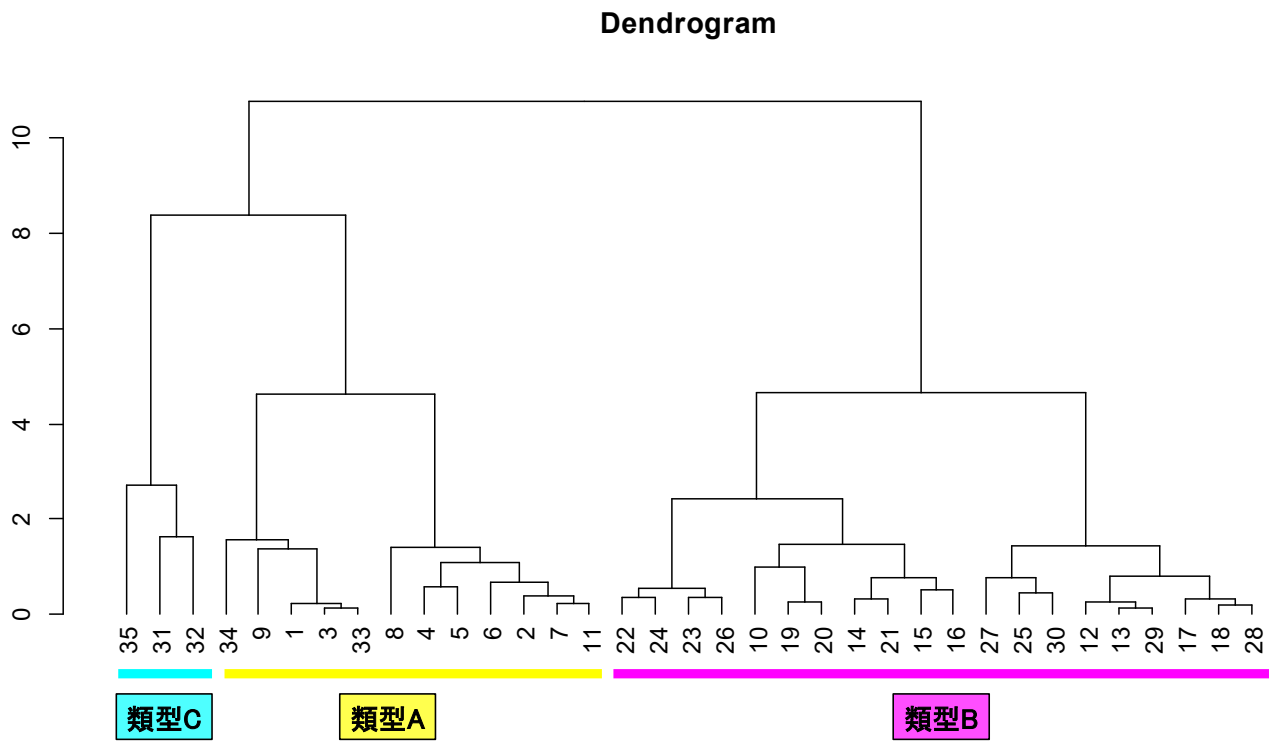


図 3.77 デンドログラム (PCA)

4) 底生動物による群集構造の序列化：NMDS

a) NMDS による分析手法について

- ・地点ごとの個体数や被度などの量的データを用いた生物群集の序列化を実施する際に一般的に用いられる類似度指数¹⁹の概要を表 3.10 に示します。
- ・今回は底生動物の個体数データを用いた分析であることなどを踏まえて、個体数データを用いた分析において優れた指数とされる Morishita 指数による分析結果を用いて検討を進めました²⁰。

表 3.10 主な類似度指数（量的データでの分析）

名称	類似度指数の算出の考え方	特色	採用理由
Bray-Cutis 指数	群集間の種ごとの個体数の差をもとに類似度指数を算出	生物群集の分析でよく利用される指数であるが、全体個体数の違いを考慮しないため、サンプルの抽出率に大きく依存する。	不採用 (調査地点間で全体個体数に違いが見られるため)
Morishita 指数	各群集における全体個体数と種ごとの個体数の割合から算出	群集間の全体個体数の違いによる影響を大きく受けないため、個体数を用いた分析では優れた指数とされているが、個体数が極端に大きい一部の種の影響を強く受け、希少種の影響が小さく見積もられる場合があるとされている。	採用 (定量調査（コドラート法）による個体数を用いた分析であるため)
Chao 指数	希少種などのサンプリングによる見落としの確率も考慮のうえ、各群集における全体個体数や群集間での共有種の個体数などの割合から算出	近年提案されたものであることから利用例は比較的少ないが、サンプリングによる見落としを補正できることから優れた指数とされており、特に、サンプリング率が低く、希少種が多く存在するときには有効であるとされている。	不採用 (希少種の状況把握を目的とした調査で得られたデータを用いた分析ではないため)

注：「生物群衆解析のための類似度とその応用：Rを使った類似度の算出、グラフ化、検定」（土居秀幸・岡村寛、日本生態学会誌 61：3-20（2011））をもとに作成。

¹⁹ 類似度指数：群集間の類似性に関する指標であり、どの程度群集間が似ているかを定量的に示すものである。

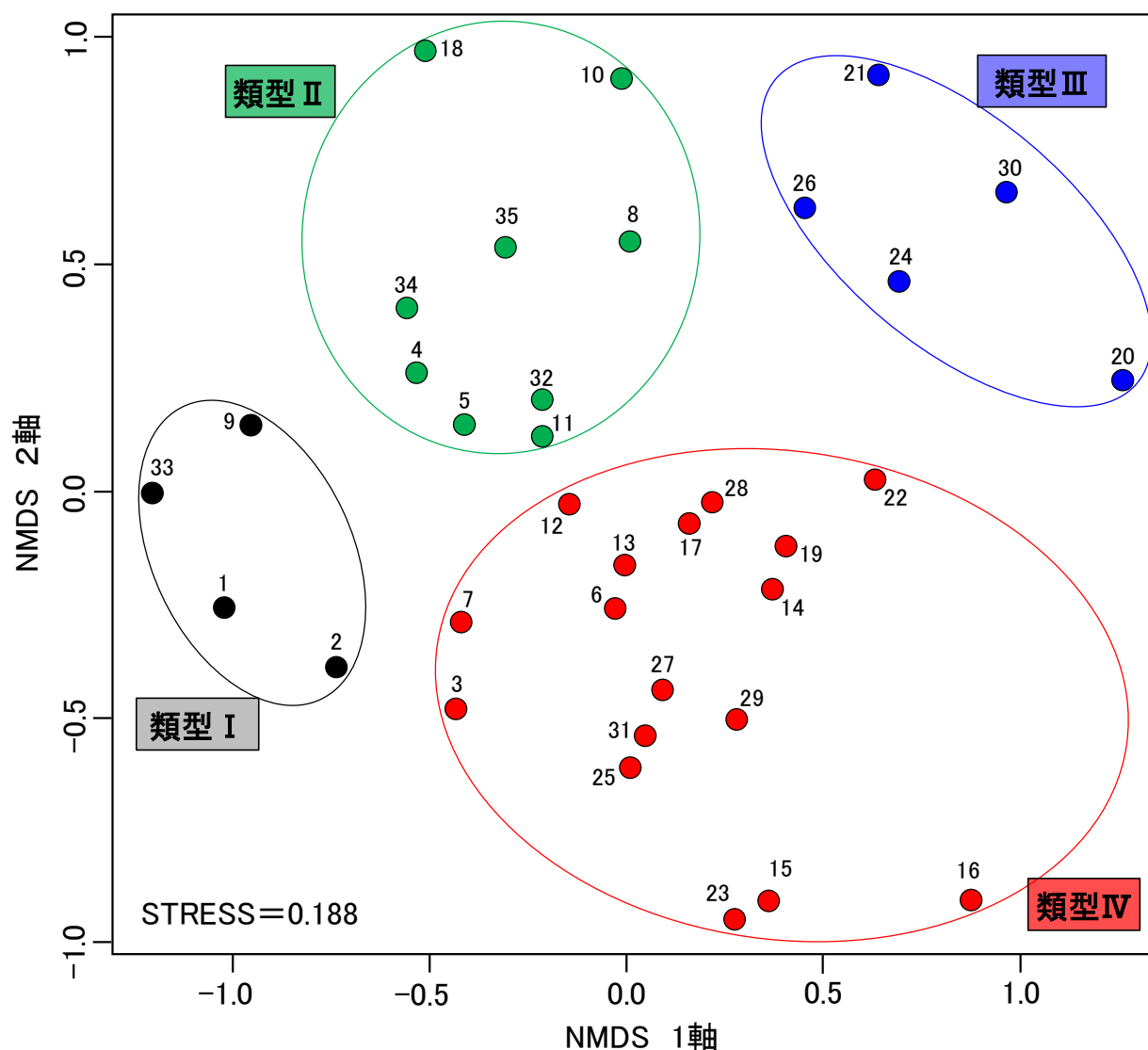
²⁰ 各地点を NMDS の座標上に位置づけたときの当てはまりの良さを判断するための指標として STRESS 値と呼ばれるものがあり、0～1 の値をとって値が小さいほど当てはまりが良いとされている。各類似度指数による分析を実施した結果、この STRESS 値は、Bray-Cutis 指数が 0.191、Morishita 指数が 0.188、Chao 指数が 0.201 となった。

- ・NMDS を用いた底生動物による群集構造の序列化にあたっては、底生動物の定量調査による個体数データを用いました。なお、底生動物の定量調査結果については、種レベルまで同定できているものや科レベルまでしか同定できていないものなど同定精度にバラツキがあるため、分析にあたっては科としてまとめて整理しました。ただし、三岐腸目については、属する種のほとんどが目レベルの同定となっているため、目としてまとめました。
- ・また、出現地点数が10%未満のもの（全35地点のうち確認地点数が4箇所未満のもの）は分析に使用しないこととしました²¹。
- ・NMDS による序列化の結果と相関性の高い変数を分析するにあたっては、地形データ（計9項目）、水環境データ（計10項目）を用いました。各調査地点における地形、水環境データの値と NMDS との相関性の分析を行いました。
- ・分析にあたって使用したデータは、P 3-109からの「オ.【参考】各分析で
使用したデータ」にお示しします。

²¹ 「OKSANEN, Jari, et al. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7. 2020. 2022.」において、生物群集の多変量解析の前に出現頻度が非常に低い種を除去することで、解析の結果をより信頼性の高いものにすることができていることが示されている。

b) NMDS による分析結果について

- ・NMDS を用いた底生動物の群集構造による序列化の結果を図 3.78 にお示しします。
- ・各調査地点を 2 次平面にプロットし、クラスター分析²²により類型化しました。その結果、4 つの類型に分類されました（デンドログラム²³は図 3.79 参照）。
- ・また、NMDS による序列化の結果と相関性の高い変数としては、表 3.11 のとおり標高、最低水温、河床勾配、伏流率（渇水期）、最低流量の計 5 項目となりました。



区分	底生動物の群集構造の特徴
類型 I	シタカワゲラ科が比較的多く確認された。
類型 II	ヒラタカゲロウ科が比較的多く確認された。
類型 III	オナシカワゲラ科が比較的多く確認された。
類型 IV	ミドリカワゲラ科が比較的多く確認された。

図 3.78 NMDS による分析結果

²² クラスター分析：大きな集団の中から、似たもの同士を集めてグループに分ける統計的な分析手法

²³ デンドログラム：クラスター分析におけるクラスタリングの過程を樹形図として表したもの

表 3.11 各変数と NMDS との相関性

項目		NMDS との相関	
		Pr	検定※
地形	流域面積	0.2816	
	崩壊地の割合	0.3310	
	流路延長	0.1416	
	伏流率(豊水期)	0.2204	
	伏流率(平水期)	0.2514	
	伏流率(低水期)	0.8192	
	伏流率(渇水期)	0.0406	*
	標高	0.0002	***
	河床勾配	0.0102	*
水環境	最大流量	0.3144	
	最大比流量	0.7120	
	最高水温	0.2678	
	最高 p H	0.3890	
	最高 E C	0.1856	
	最小流量	0.0150	*
	最小比流量	0.9098	
	最低水温	0.0008	***
	最低 p H	0.1000	
	最低 E C	0.0772	

注1：Pr は各変数と NMDS との危険率²⁴を示す。

注2：※について、‘***’ は危険率が 0.001 未満、‘**’ は危険率が 0.01 未満、‘*’ は危険率が 0.05 未満を示す。

Dendrogram

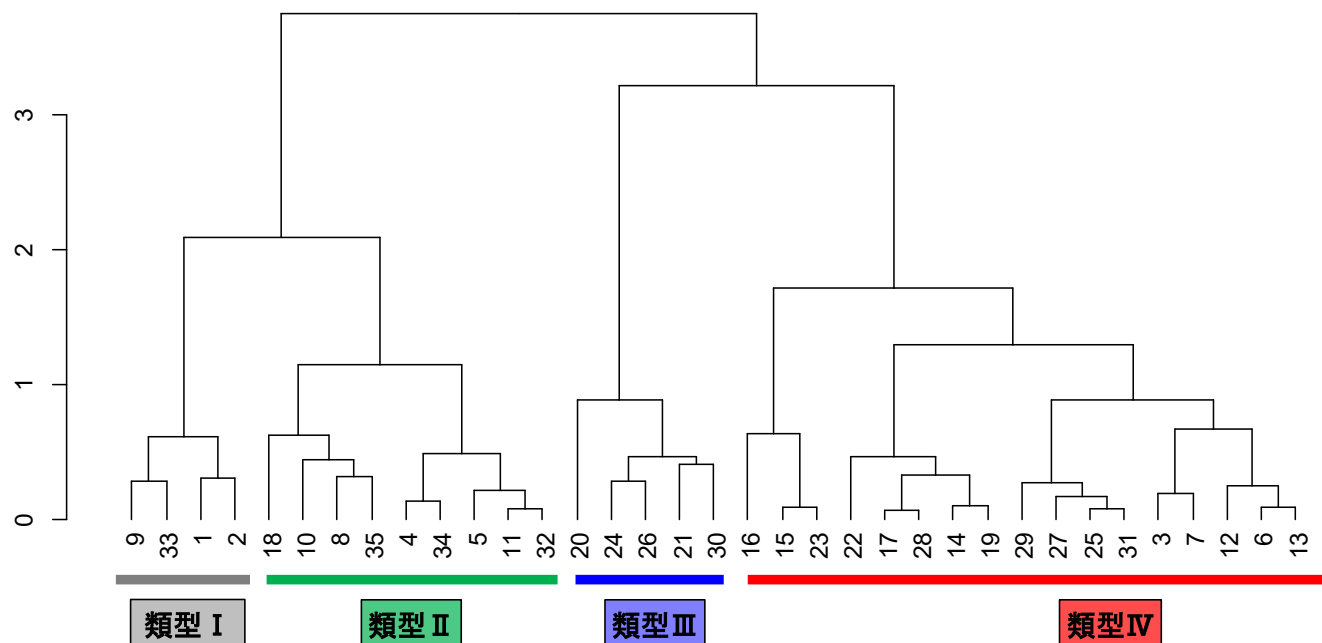


図 3.79 デンドログラム (NMDS)

²⁴ 危険率 Pr：仮説検定をするときに、仮説を棄却するかどうかを判断するための基準。一般的には 1 %や 5 %といった値が採用され、これを下回ると統計的に有意に相関があると判断されることが多い。

ウ) 生物の重要種による分類 : TWINSpan

a) TWINSpan による分析手法について

- TWINSpan による分類にあたっては、哺乳類、爬虫類、両生類、昆虫類、魚類、底生動物及び植物の定性調査で確認された重要種のうち、沢水に依存する種を抽出しました。
- また、出現地点数が 10 %未満のもの（全 35 地点のうち確認地点数が 4 箇所未満のもの）は分析に使用しないこととしました。
- なお、分析にあたって使用したデータは、P 3-109 からの「オ. 【参考】各分析で
使用したデータ」にお示します。

b) TWINSpan による分析結果について

- ・ TWINSpan による分類結果を図 3.80 にお示します。
- ・ NMDS による類型Ⅰ（シタカワゲラ科が多い）、類型Ⅲ（オナシカワゲラ科が多い）に属する地点については、比較的近い位置に分布されました。
- ・ また、XXXXXXXXXXによる分割では、類型Ⅱ（ヒラタカゲロウ科が多い）に属する地点は出現、類型Ⅳ（ミドリカワゲラ科が多い）に属する地点は非出現という結果となりました。

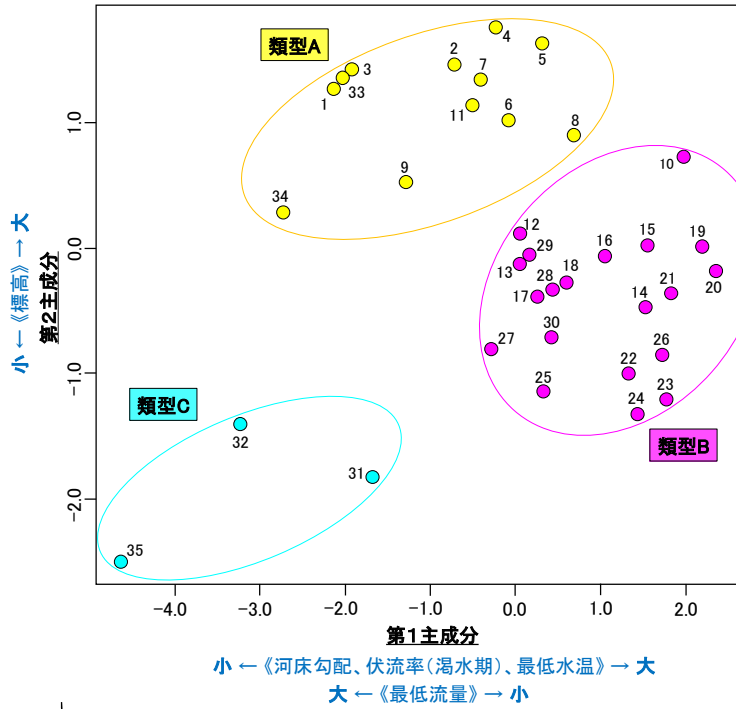
希少種保護のため非公開

図 3.80 TWINSpan による分類結果（NMDS による類型化結果で色分け）

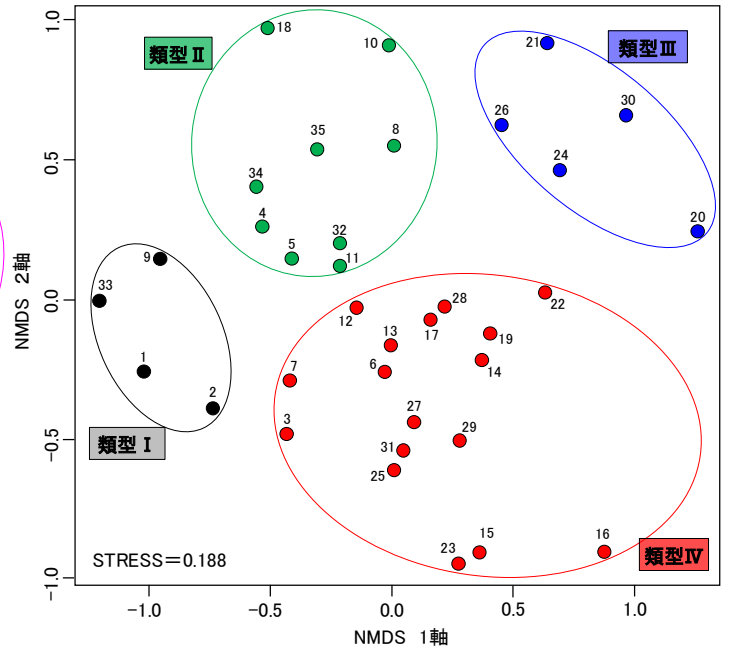
エ. 結果のとりまとめ

- PCA を用いた地形、水環境の序列化の結果、沢等は 3 つの類型に類型化されました。また、NMDS を用いた底生動物の群集構造による序列化の結果、沢等は 4 つの類型に類型化されました。
- それぞれの類型化結果の関係としては、図 3.81 のとおり NMDS1 軸上に沿って PCA の類型別に地点が分布する傾向（左から類型 A、類型 C、類型 B の順に分布）がみられることや、NMDS の類型 I、類型 III に属する地点は全て PCA で同一の類型であったことから、PCA による類型化結果と NMDS による類型化結果との間には一定の関係が見られました。
- 以上を踏まえて、表 3.12 や図 3.82 のとおり沢等は 8 つに類型化されます。
- また、底生動物の群集構造による序列化の結果と相関性の高い地形、水環境データは標高、最低水温、河床勾配、伏流率（湧水期）、最低流量であると分析され、このうち、最低流量と最低水温はトンネル掘削工事によって変化する可能性があることから、工事による生物への影響を検討するうえで重要な項目であると考えられます。

PCA による分析結果



NMDS による分析結果



<NMDSによる分類>

- : 類型I (シタカワゲラ科が多い)
- : 類型II (ヒラタカゲロウ科が多い)
- : 類型III (オナシカワゲラ科が多い)
- : 類型IV (ミドリカワゲラ科が多い)

<PCAによる分類>

- 類型A (標高が高い)
- 類型B (河床勾配が急で、湧水期の伏流率が高く最低流量が少ない)
- 類型C (標高が低く、河床勾配が緩やかで湧水期の伏流率が低く最低流量が多い)

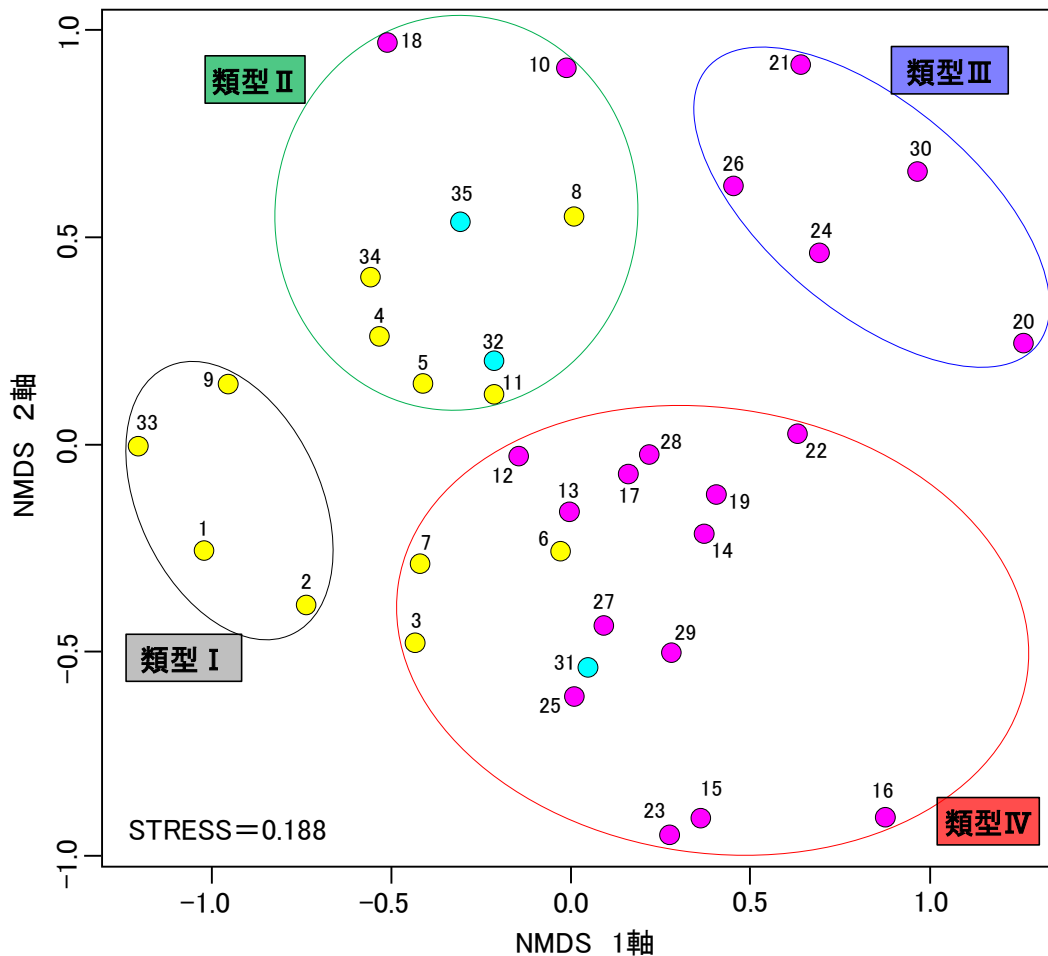


図 3.81 PCA と NMDS による分析結果まとめ

表 3. 1 2 類型化結果のまとめ

類型 まとめ	NMDS 類型	PCA 類型	特徴	地点番号
類型 1	類型 I	類型 A	シタカワゲラ科が比較的多い特徴が確認された。また、PCAによる類型では、いずれの沢も類型A（比較的標高が高いグループ）に属する結果となった。 なお、一般的にシタカワゲラ科に属する種は高標高域に生息することが知られており、今回の分析においてもこのような傾向が確認された。	1, 2, 9, 33 (計 4 地点)
類型 2	類型 II	類型 A	ヒラタカゲロウ科が比較的多い特徴が確認された。また、PCAによる類型では、類型A～類型Cが混在する結果となり、類型B（渇水期の伏流率が高く最低流量が少ないグループ）はあまり属さない結果となった。 なお、一般的にヒラタケゲロウ科は常に流水があるような環境に生息するとされていることから、今回の分析においてもこのような傾向が確認された。	4, 5, 8, 11, 34 (計 5 地点)
類型 3		類型 B		10, 18 (計 2 地点)
類型 4		類型 C		32, 35 (計 2 地点)
類型 5	類型 III	類型 B	オナシカワゲラ科が比較的多い特徴が確認された。また、PCAによる類型では、いずれの沢も類型B（河床勾配が急で、渇水期の伏流率が高く最低流量が少ないグループ）に属する結果となった。 なお、一般的にオナシカワゲラ科は落葉の堆積した場所に見られる場合が多いとされていることから、伏流率が高く流量が少ないために落葉の堆積しやすいたまりなどができやすい沢であると考えられる。	20, 21, 24, 26, 30 (計 5 地点)
類型 6	類型 IV	類型 A	ミドリカワゲラ科が比較的多い特徴が確認された。また、PCAによる類型では、類型A～類型Cが混在する結果となり、類型B（渇水期の伏流率が高く最低流量が少ないグループ）が比較的多く属する結果となった。 なお、一般的にミドリカワゲラ科は伏流環境に生息するとされていることから、今回の分析においてもこのような傾向が確認された。	3, 6, 7 (計 3 地点)
類型 7		類型 B		12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 23, 25, 27, 28, 29 (計 13 地点)
類型 8		類型 C		31 (1 地点)

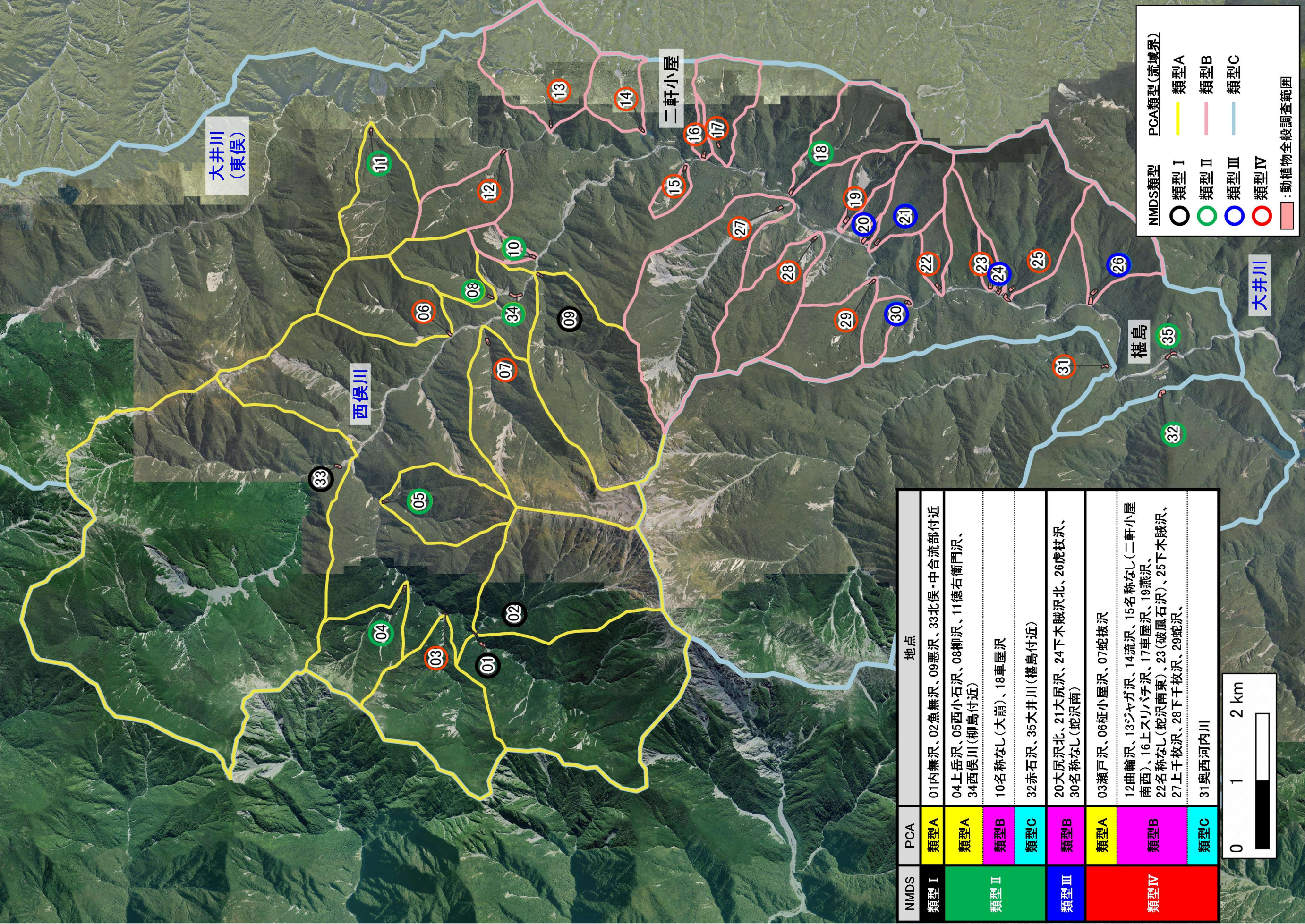


図 3.8.2 類型ごとの位置図 (衛星写真)

注：「国土地理院 地理院タイル」 (<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>) に一部加筆

オ. 【参考】各分析で使⽤したデータ

- ・PCA による分析や NMDS による序列化結果と相関性の⾼い変数を分析する際に使⽤した地形、水環境データはそれぞれ表 3.13、表 3.14 に、NMDS による序列化で使⽤した底⽣動物の個体数データは表 3.15 にお⽰します。
- ・また、TWINSpan による分類で使⽤した沢水に依存する生物の重要種の在・不在データは表 3.16 にお⽰します。

表 3. 1 3 地形データ

No	名称	流域面積 (km ²)	崩壊地 面積(km ²)	崩壊地 の割合(%)	豊水期			平水期			低水期			渇水期			調査地点 の標高 (T.P. m)	河床勾配 (%)
					流路延長 (km)	伏流延長 (km)	伏流率 (%)	流路延長 (km)	伏流延長 (km)	伏流率 (%)	流路延長 (km)	伏流延長 (km)	伏流率 (%)	流路延長 (km)	伏流延長 (km)	伏流率 (%)		
01	内無沢	5.69	0.35	6.22	3.53	0	0	3.53	0.80	22.5	3.53	0.89	25.2	3.53	0.80	22.5	1,928	13.3
02	魚無沢	3.97	0.56	14.13	2.78	1.03	37.0	2.78	1.55	55.5	2.78	1.07	38.3	2.78	1.15	41.4	1,911	30.4
03	瀬戸沢	2.78	0.12	4.24	2.51	0	0	2.51	0.19	7.7	2.51	0.19	7.7	2.51	0.20	7.9	1,876	19.6
04	上岳沢	1.45	0.05	3.19	2.05	0	0	2.05	0.92	44.8	2.05	0.92	44.8	2.05	0.93	45.2	1,842	40.4
05	西小石沢	1.50	0.01	0.88	1.64	0	0	1.64	0.87	53.0	1.64	0.87	53.0	1.64	0.88	53.4	1,780	43.2
06	桩小屋沢	1.73	0.04	2.41	2.02	0	0	2.02	0.78	38.7	2.02	0.85	42.3	2.02	0.87	43.0	1,615	39.7
07	蛇抜沢	3.33	0.62	18.47	3.53	0.42	11.9	3.53	1.45	41.0	3.53	1.55	44.0	3.53	2.03	57.4	1,612	36.4
08	柳沢	1.02	0.01	0.59	1.03	0	0	1.03	0.48	46.9	1.03	0.57	55.3	1.03	0.57	55.3	1,576	40.3
09	悪沢	3.94	0.17	4.22	3.01	0	0	3.01	0.70	23.3	3.01	1.15	38.1	3.01	1.20	39.7	1,519	29.1
10	名称なし(大崩)	0.31	0.11	35.69	0.70	0	0	0.70	0.42	60.8	0.70	0.44	63.4	0.70	0.55	78.8	1,534	66.5
11	徳右衛門沢	1.49	0.06	3.98	2.04	0	0	2.04	0.74	36.3	2.04	0.74	36.3	2.04	0.82	40.4	1,620	38.3
12	曲輪沢	1.07	0.03	2.47	1.60	0	0	1.60	0.31	19.4	1.60	0.31	19.4	1.60	0.41	25.7	1,505	42.1
13	ジャガ沢	2.09	0.06	2.83	1.80	0	0	1.80	0.43	24.0	1.80	0.76	42.2	1.80	0.81	44.9	1,465	32.2
14	流沢	0.79	0.02	2.72	1.02	0	0	1.02	0.47	45.7	1.02	0.61	60.2	1.02	0.67	65.7	1,400	36.3
15	名称なし(二軒小屋南西)	0.22	0.01	6.29	0.79	0	0	0.79	0.40	51.2	0.79	0.46	58.8	0.79	0.49	61.9	1,388	58.2
16	上スリバチ沢	0.13	0.01	4.62	0.36	0	0	0.36	0.12	32.1	0.36	0.20	55.7	0.36	0.22	60.4	1,368	41.3
17	スリバチ沢	0.98	0.01	1.40	1.18	0	0	1.18	0.19	16.5	1.18	0.25	21.4	1.18	0.25	21.5	1,412	36.3
18	車屋沢	1.42	0.07	4.72	1.26	0	0	1.26	0.72	57.1	1.26	0.77	60.9	1.26	0.77	61.3	1,328	38.8
19	燕沢	0.52	0.07	13.77	0.66	0	0	0.66	0	0	0.66	0.34	52.5	0.66	0.66	100	1,356	34.1
20	名称なし(大尻沢北)	0.06	0	0	0.29	0	0	0.29	0.04	14.5	0.29	0.04	14.5	0.29	0.29	100	1,306	46.3
21	大尻沢	1.03	0	0	0.89	0	0	0.89	0.41	46.0	0.89	0.63	71.0	0.89	0.63	71.2	1,353	46.2
22	名称なし(蛇沢南東)	0.37	0.0008	0.22	0.64	0	0	0.64	0	0	0.64	0.26	40.3	0.64	0.28	44.2	1,275	35.9
23	破風石沢	0.19	0	0	0.58	0	0	0.58	0.07	11.4	0.58	0.33	56.4	0.58	0.39	67.2	1,231	36.9
24	名称なし(下木賊沢北)	0.03	0	0	0.17	0	0	0.17	0.05	27.9	0.17	0.07	38.3	0.17	0.08	47.9	1,221	43.7
25	下木賊沢	3.01	0.05	1.74	2.49	0	0	2.49	0.74	29.8	2.49	0.98	39.5	2.49	1.10	44.2	1,214	42.8
26	虎杖沢	1.27	0.002	0.15	1.52	0	0	1.52	0.46	30.3	1.52	0.80	52.9	1.52	0.84	55.5	1,221	55.4
27	上千枚沢	3.68	0.59	16.10	3.56	0	0	3.56	1.17	32.9	3.56	1.28	36.1	3.56	1.52	42.6	1,350	30.4
28	下千枚沢	1.54	0.04	2.80	2.09	0	0	2.09	0.36	17.1	2.09	0.56	26.9	2.09	0.85	40.6	1,349	38.2
29	蛇沢	1.38	0.01	1.06	1.49	0	0	1.49	0.58	38.9	1.49	0.68	45.8	1.49	0.87	58.6	1,286	46.0
30	名称なし(蛇沢南)	0.34	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0.03	26.7	1,240	28.6
31	奥西川内川	22.01	1.71	7.79	9.00	0	0	9.00	1.63	18.1	9.00	2.12	23.6	9.00	1.83	20.4	1,137	15.2
32	赤石沢	27.39	1.28	4.68	11.74	0	0	11.74	1.58	13.5	11.74	1.58	13.5	11.74	1.58	13.5	1,176	12.2
33	北俣・中俣合流部付近	17.78	1.06	5.95	6.49	0	0	6.49	2.11	32.5	6.49	2.11	32.5	6.49	3.30	50.9	1,728	10.1
34	西俣川(柳島付近)	50.14	3.30	6.58	10.88	0.55	5.05	10.88	2.66	24.4	10.88	2.11	19.4	10.88	3.30	30.3	1,518	7.9
35	大井川(樺島付近)	161.09	11.24	6.98	33.45	0.24	0.72	33.45	2.39	7.1	33.45	2.39	7.1	33.45	2.74	8.2	1,107	5.4

注：豊水期、平水期、低水期、渇水期は、西俣測水所における河川流量の常時計測結果から豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量に相当する時期として設定。
(豊水期：H30. 7. 18、平水期：R4. 3. 20、低水期：R1. 12. 8、渇水期：H31. 2. 26)

表 3.14 水環境データ

No	調査地点	最大値(最高値)					最小値(最低値)				
		流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)	水温 (℃)	pH	EC (mS/m)	流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)	水温 (℃)	pH	EC (mS/m)
01	内無沢	0.742	0.129	11.7	8.4	35.1	0.135	0.024	3.8	6.5	5.8
02	魚無沢	0.697	0.177	9.4	8.3	9.0	0.095	0.024	4.3	6.7	7.9
03	瀬戸沢	0.397	0.145	12.4	8.3	8.7	0.059	0.022	2.9	7.0	5.9
04	上岳沢	0.301	0.197	13.3	8.4	8.7	0.030	0.020	2.5	6.9	7.0
05	西小石沢	0.172	0.118	12.7	8.4	11.2	0.024	0.016	2.5	7.2	8.6
06	榎小屋沢	0.100	0.059	17.2	8.4	15.7	0.013	0.008	2.1	7.3	9.4
07	蛇抜沢	1.132	0.333	15.5	8.6	13.6	0.022	0.006	0.0	6.9	7.6
08	柳沢	0.087	0.085	13.5	8.7	13.3	0.001	0.0005	2.9	7.5	9.2
09	悪沢	0.535	0.136	15.3	8.7	31.3	0.113	0.029	0.2	7.7	11.0
10	名称なし(大崩)	0.072	0.232	19.8	8.7	19.6	0.009	0.030	4.1	7.3	11.6
11	徳右衛門沢	0.122	0.082	15.7	8.2	12.1	0.029	0.019	0.9	7.3	5.8
12	曲輪沢	0.142	0.131	16.0	8.2	14.2	0.023	0.021	4.5	7.6	8.8
13	ジャガ沢	0.362	0.177	16.4	8.3	19.6	0.036	0.018	5.1	7.5	8.3
14	流沢	0.049	0.057	10.4	8.3	13.8	0.003	0.003	7.6	7.6	10.3
15	名称なし(二軒小屋南西)	0.024	0.095	19.0	8.6	35.8	0.004	0.017	4.4	8.0	28.1
16	上スリバチ沢	0.003	0.034	17.7	8.7	30.7	0.003	0.034	4.1	7.3	13.3
17	スリバチ沢	0.115	0.115	14.5	8.3	15.2	0.001	0.001	5.8	7.2	7.7
18	車屋沢	0.189	0.137	16.5	8.5	11.3	0.044	0.032	3.4	7.7	6.9
19	燕沢	0.065	0.127	14.4	8.4	13.3	0.001	0.001	4.9	7.2	11.3
20	名称なし(大尻沢北)	0.021	1.050	13.6	8.4	8.4	0.001	0.062	5.0	7.3	6.8
21	大尻沢	0.165	0.165	10.4	8.3	10.0	0.016	0.016	6.0	7.4	6.8
22	名称なし(蛇沢南東)	0.027	0.073	15.1	8.2	11.8	0	0	7.4	7.2	8.9
23	破風石沢	0.007	0.056	22.2	8.6	9.3	0	0	8.3	7.3	6.9
24	名称なし(下木賊沢北)	0.011	0.275	11.2	8.4	11.5	0.001	0.025	8.2	7.3	7.4
25	下木賊沢	0.688	0.245	15.0	8.4	10.3	0.079	0.028	4.8	7.2	6.3
26	虎杖沢	0.182	0.154	11.6	8.3	11.5	0.0004	0.0003	5.8	7.2	7.4
27	上千枚沢	0.415	0.137	17.9	8.6	34.4	0.092	0.030	5.2	7.9	8.8
28	下千枚沢	0.137	0.096	19.3	8.4	28.2	0.004	0.003	4.4	7.4	8.3
29	蛇沢	0.193	0.142	15.8	8.3	17.6	0.052	0.038	0.7	6.4	10.0
30	名称なし(蛇沢南)	0.005	0.015	15.0	8.3	17.3	0	0	4.0	7.3	11.7
31	奥西川内川	2.695	0.514	15.9	8.2	16.6	0.140	0.027	4.2	7.7	9.6
32	赤石沢	3.348	0.139	15.2	8.1	10.4	0.222	0.009	0.0	7.6	5.0
33	北俣・中俣合流部付近	0.862	0.163	13.6	8.8	10.3	0.098	0.019	-0.1	6.2	7.2
34	西俣川(柳島付近)	59.70	1.231	15.6	8.6	14.8	0.140	0.003	-0.1	7.1	7.6
35	大井川(樫島付近)	18.40	0.115	18.0	8.6	17.6	0.400	0.003	0.7	7.1	8.9

注：平成26年度～令和3年度までの年2回調査（07 蛇抜沢、32 赤石沢、33 北俣・中俣合流部付近、35 大井川（樫島付近）は月1回調査、34 西俣川（柳島付近）は流量が常時計測、水温・水質が月1回調査）における最大値（最高値）、最小値（最低値）を使用。なお、調査地点ごとの詳細な調査結果は、資料編【非公開版】「大井川上流域の沢の調査結果【非公開資料】」参照。

表 3. 1 5 （１） 底生動物の個体数データ：地点１～１７

No.	科名	01 内無沢	02 魚無沢	03 瀬戸沢	04 上岳沢	05 西小石沢	06 桩小屋沢	07 蛇抜沢	08 柳沢	09 悪沢	10 大崩	11 徳右衛門沢	12 曲輪沢	13 ジャガ沢	14 流沢	15 二軒小屋南 西の沢	16 上スリバチ 沢	17 スリバチ沢
		H26秋季	H24秋季	H24秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H26秋季	H27秋季	H26秋季
1	三岐腸目	1		2		3	1		3			2	12		7	7	2	3
2	ヒメミミズ科																	
3	トビイロカゲロウ科																	
4	モンカゲロウ科																	
5	マダラカゲロウ科	123	7	16	41	45	4	2	19	7		4	9	2	4			1
6	ヒメフタオカゲロウ科	2		5	3			1	3									
7	ユカゲロウ科	21	26	6	54	28	10	2	9	46	2	27	23	17	1			9
8	ヒラタカゲロウ科	110	21	21	134	38	11	11	17	19	1	43	82	27	4			5
9	クロカワゲラ科	23	31	7	57		2	2	3			3	5	9	6		4	
10	ホソカワゲラ科		16	11						3					1		2	
11	オナシカワゲラ科	15	111	29	88	19	2	2	9	3			4	7	3	2	9	11
12	シタカワゲラ科	97	222	87	69	7	3	10	1	76				1				
13	ヒロムネカワゲラ科				1	1							1					
14	ミドリカワゲラ科	39	49	65	10	18	23	10	5	9		22	54	41	9	32	64	12
15	カワゲラ科	3	5	3	1	3	1		14			3	7	4				
16	アミメカワゲラ科	6	21	5	10	4	7	4	29	2	2	28	16	16	7	4		5
17	シマトビケラ科					2	4		6		2	2	20	14				2
18	カワトビケラ科			1										1	1			
19	ヤマトビケラ科			1					1			1	1	2				
20	ナガレトビケラ科	12	23	7	7	9	3	3	5	4		4	3	5	1			3
21	カクスイトビケラ科		1															
22	カクソツトビケラ科						4		1				6	6	2	1	95	1
23	ユグリトビケラ科					1												
24	オビヒメガガンボ科	1			4	1	4		1	1	1		1	5			1	
25	ヒメガガンボ科		1	1				2	7	1			1	1				
26	ガガンボ科				2											3	1	
27	アミカ科		3					1						1				
28	ユスリカ科	4	36	21	13	3	1		9		3	5	12	10	2			
29	ブユ科		81	14	1		2			1			3	2				
30	ナガレアブ科		2		3							1						
31	オドリバエ科				2	1			1			1		1				
32	マルハナノミ科												1		1		2	
33	ヒメドロムシ科						4		12				2		2			1
計	科数	14	17	18	18	16	17	12	20	12	6	14	20	20	15	6	9	11
	個体数	457	656	302	500	183	86	50	155	172	11	146	263	172	51	49	180	53

注：動植物全般調査における秋季調査結果を使用。なお、調査地点ごとの詳細な調査結果は資料編【非公開版】「大井川上流域の沢の調査結果【非公開資料】」参照。

表 3. 1 5 （ 2 ） 底生動物の個体数データ：地点 1 8 ～ 3 5

No.	科名	18 車屋沢	19 燕沢	20 大尻沢北の沢	21 大尻沢	22 蛇沢南東の沢	23 破風石沢	24 下木賊沢北の沢	25 下木賊沢	26 虎杖沢	27 上千枚沢	28 下千枚沢	29 蛇沢	30 蛇沢南の沢	31 奥西河内川	32 赤石沢	33 北俣・中俣合流部付近	34 西俣川(柳島付近)	35 大井川(樫島付近)
		H27秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H26秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H27秋季	H26秋季	H24秋季	H24秋季
1	三岐腸目	2	24	5	16	5		20	2	48			8	103					
2	ヒメミズ科			2	3	1		2		11			1	12					
3	トビイロカゲロウ科			2	2	8		5		3				2					
4	モンカゲロウ科					5	1			2			1						
5	マダラカゲロウ科		4		6	6	1		1	2		1	4		1		6	3	1
6	ヒメフタオカゲロウ科			2	5					1	1	2				1			
7	コカゲロウ科	209	26	11	1	10		25	2	43	37	91		15	33	33	19	96	28
8	ヒラタカゲロウ科	24	4		5	5		7	18	5	7	1	8		13	17	78	169	29
9	クロカワゲラ科	5	15	3	3	3			1	2	7	7	1		19	14	17	5	3
10	ホソカワゲラ科	4		2				5		1								2	4
11	オナシカワゲラ科		28	9	6	76		58	4	33	21	40	18	56	3	7	2	23	9
12	シタカワゲラ科		1						1		5				1	13	172	46	
13	ヒロムネカワゲラ科												1						
14	ミドリカワゲラ科	2	77	3	1	36	12	6	40	9	62	78	45	3	81	16	9	12	2
15	カワゲラ科	1	15	6	26	8		1	5	8			5		2	1		5	
16	アミメカワゲラ科	22	41			7			4	2	4	75	10	5	4	5	11	24	4
17	シマトビケラ科	7	2	1	3	8		4	3	36	2	3	3	9				1	1
18	カウトビケラ科				1	6	1			13		1		6					
19	ヤマトビケラ科	1			6					1			1		1			3	5
20	ナガレトビケラ科	25	8		4	15		4	2	10		6	5	3	11	1	10	21	2
21	カクスイトビケラ科				3			2					1						
22	カクツツトビケラ科		1	54	4	6		11		3				5			1		
23	エグリトビケラ科			8	1	1	1			5				20					
24	オビヒメガガンボ科					4	1		2					1				1	
25	ヒメガガンボ科		4			1	4		1			1	1					1	
26	ガガンボ科	1	1	1							1		6	2	1				
27	アミカ科		1								1				4	1			
28	ユスリカ科	2	64	44	11	39	3	4		39		14		20	1	11		14	14
29	ブユ科	33	1			1		7	1	8	1	3	1	10	20	6	1	5	16
30	ナガレアブ科							2					1						
31	オドリバエ科															1			
32	マルハナノミ科					3		39		1			3	2					
33	ヒメドロムシ科					5						2	3					1	
計	科数	14	18	15	19	23	8	17	15	23	12	15	21	17	15	14	11	18	13
	個体数	338	317	153	107	259	24	202	87	286	149	325	127	274	195	127	326	432	118

注：動植物全般調査における秋季調査結果を使用。なお、調査地点ごとの詳細な調査結果は資料編【非公開版】「大井川上流域の沢の調査結果【非公開資料】」参照。

表 3.16 沢水に依存する生物の重要種の在・不在データ

希少種保護のため非公開

3) 重点的なモニタリングを実施する沢の抽出

- ・重点的な沢の抽出は、以下の3つの観点から行いました。

(類型化結果に基づく沢の抽出)

- ・PCAを用いた地形、水環境の序列化、NMDSを用いた底生動物の群集構造による序列化の結果、沢等は8つに類型化されたため、各類型の中から、それぞれ重点的な沢を抽出します。

(重要種の生息・生育状況に基づく沢の抽出)

- ・これまでに当社が実施した動植物全般調査、水生生物詳細調査などで確認された重要種の生息・生育状況に基づき、重点的な沢を抽出します。
- ・抽出にあたり、重要種の中でも、一般的な生息・生育環境が河川水辺と関係のある種や静岡県、静岡市から影響を懸念されているヤマトイワナ²⁵の生息が確認されている沢は、重みづけをしました。

(上流域モデル（解析）から得られた知見に基づく沢の抽出)

- ・上流域モデルでは、“流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢において流量減少の傾向がみられたため、このような沢は注意が必要である”という知見を得られており、この知見に基づき、重点的な沢を抽出します。

²⁵ 第15回有識者会議での静岡県のヒアリングにおいて、南アルプスの自然環境の現状と特徴として、“水中の生態系の頂点に位置するヤマトイワナの減少により、南アルプスの生物多様性を維持できなくなるおそれ”が懸念されています。また、第16回有識者会議での静岡市のヒアリングにおいても、トンネル掘削による大井川上流域への生態系への影響について、“ヤマトイワナをはじめ、大井川上流域の生態系への影響が懸念される”とされています。

- ・抽出過程と現時点での抽出結果は、表 3.17 の通りです。なお、重点的な沢の抽出については、今後、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制（詳細は、「6. 環境管理に関する体制及びデータの報告・公表」参照）を構築し、管理体制からのご意見を踏まえ、更新することもあります。

表 3.17 (1) 重点的な沢の抽出：類型 1
(NMDS による類型 I（シタカワゲラ科が多い）、PCA による類型 A（標高が高い）)

		類型 1			
		01 内無沢	02 魚無沢	09 悪沢	33 北俣・中俣合流部付近
流域面積(km ²)		5.69	3.97	3.94	17.78
重要種の確認状況 ※1					
	確認種数	4種	9種	12種	3種
	得点	7点	14点	17点	7点
流域に主要な断層を含み、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢（上流域モデルにて流量減少の傾向が確認された沢）				○	
抽出結果			◎	◎	
抽出理由		・02 魚無沢：重要種の確認種数、得点が比較的多く、流域に主要な断層を含まない沢であることから、流量減少の影響が想定されない沢の状況確認のため。 ・09 悪沢：重要種の確認種数、得点が最多であり、流域に主要な断層を含み主要な断層とトンネルが交差するような沢であるため。			

※1 動植物全般調査、水生生物詳細調査で確認された重要種に“●”を記載。

得点欄に記載の数字は、下記のとおり設定した点数をもとに地点ごとの確認種の得点を合計したものである。

【赤塗り】ヤマトイワナ：3点

【青塗り】生息・生育環境が河川水辺と関係のある種：2点

【白塗り】その他の種：1点

※2 静岡県が令和3年度に悪沢周辺において実施した植生調査において確認された重要種を示す。

表 3.17 (2) 重点的な沢の抽出：類型 2
(NMDS による類型 II (ヒラタカゲロウ科が多い)、PCA による類型 A (標高が高い))

		類型2				
		04 上岳沢	05 西小石沢	08 柳沢	11 徳右衛門沢	34 西俣川(柳島付近)
流域面積(km ²)		1.45	1.50	1.02	1.49	50.14
重要種の 確認 状況 ※1						
	確認種数	3種	11種	2種	5種	40種
得点	7点	17点	4点	8点	49点	
流域に主要な断層を含み、 流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢 (上流域モデルにて流量減少の傾向が確認された沢)						
抽出結果			◎			○※2
抽出理由		05 西小石沢: 重要種の確認種数、得点が最多のため。				

※1 動植物全般調査、水生生物詳細調査で確認された重要種に“●”を記載。

得点欄に記載の数字は、下記のとおり設定した点数をもとに地点ごとの確認種の得点を合計したものである。

【赤塗り】ヤマトイワナ:3点、【青塗り】生息・生育環境が河川水辺と関係のある種:2点、【白塗り】その他の種:1点

※2

※3 トンネル掘削に伴いトンネル湧水を放流することを計画している河川本流であることから、別途モニタリング計画等を整理。

表 3.17 (3) 重点的な沢の抽出：類型3
(NMDSによる類型Ⅱ（ヒラタカゲロウ科が多い）、
PCAによる類型B（河床勾配が急で、渇水期の伏流率が高く最低流量が少ない）

		類型3	
		10 名称なし(大崩)	18 車屋沢
流域面積(km ²)		0.31	1.42
重要種の確認状況※1			
	確認種数	0種	1種
	得点	0点	1点
流域に主要な断層を含み、 流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢 (上流域モデルにて流量減少の傾向が確認された沢)			
抽出結果			◎
抽出理由		18 車屋沢:重要種の確認種数、得点が最多のため。	

※1 動植物全般調査、水生生物詳細調査で確認された重要種に“●”を記載。

得点欄に記載の数字は、下記のとおり設定した点数をもとに地点ごとの確認種の得点を合計したものである。

【赤塗り】ヤマトイワナ:3点

【青塗り】生息・生育環境が河川水辺と関係のある種:2点

【白塗り】その他の種:1点

表 3.17 (4) 重点的な沢の抽出：類型4（NMDSによる類型Ⅱ（ヒラタカゲロウ科が多い）、PCAによる類型C（標高が低く河床勾配が緩やかで渇水期の伏流率が低く最低流量が多い））

	類型4	
	32 赤石沢	35 大井川(樫島付近)
流域面積(km ²)	27.39	161.09
重要種の確認状況 ※1		
	確認種数	7種
	得点	12点
	流域に主要な断層を含み、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢（上流域モデルにて流量減少の傾向が確認された沢）	
	抽出結果	◎※2
	抽出理由	32 赤石沢：重要種の確認種数、得点が最多のため。

※1 動植物全般調査、水生生物詳細調査で確認された重要種に“●”を記載。

得点欄に記載の数字は、下記のとおり設定した点数をもとに地点ごとの確認種の得点を合計したものである。

【赤塗り】ヤマトイワナ:3点、【青塗り】生息・生育環境が河川水辺と関係のある種:2点、【白塗り】その他の種:1点。

※2

※3 トンネル掘削に伴いトンネル湧水を放流することを計画している河川本流であることから、別途モニタリング計画等を整理。

表 3.17 (5) 重点的な沢の抽出：類型5（NMDSによる類型Ⅲ（オナシカワゲラ科が多い）、PCAによる類型B（河床勾配が急で、渇水期の伏流率が高く最低流量が少ない））

		類型5				
		20 名称なし (大尻沢北の沢)	21 大尻沢	24 名称なし (下木賊沢北の沢)	26 虎杖沢	30 名称なし (蛇沢南の沢)
流域面積 (km ²)		0.06	1.03	0.03	1.27	0.34
重要種の 確認状況 ※1						
	確認種数	2種	4種	2種	7種	4種
	得点	3点	6点	2点	10点	6点
	流域に主要な断層を含み、 流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢 (上流域モデルにて流量減少の傾向が確認された沢)					
抽出結果					◎	
抽出理由		26 虎杖沢：重要種の確認種数、得点が最多のため。				

- ※1 動植物全般調査、水生生物詳細調査で確認された重要種に“●”を記載。
 得点欄に記載の数字は、下記のとおり設定した点数をもとに地点ごとの確認種の得点を合計したものである。
 【赤塗り】ヤマトイワナ：3点
 【青塗り】生息・生育環境が河川水辺と関係のある種：2点
 【白塗り】その他の種：1点

※2

表 3.17 (6) 重点的な沢の抽出：類型 6
(NMDS による類型Ⅳ (ミドリカワゲラ科が多い)、PCA による類型 A (標高が高い))

		類型6		
		03 瀬戸沢	06 柵小屋沢	07 蛇抜沢
流域面積 (km ²)		2.78	1.73	3.33
重要種の確認状況 ※1				
	確認種数	11種	2種	9種
	得点	17点	3点	15点
流域に主要な断層を含み、 流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢 (上流域モデルにて流量減少の傾向が確認された沢)				○
抽出結果		◎		◎
抽出理由		・03 瀬戸沢：重要種の確認種数、得点が最多であること、流域に主要な断層を含まない沢であることから、流量減少の影響が想定されない沢の状況確認のため。 ・07 蛇抜沢：重要種の確認種数、得点が比較的多く、流域に主要な断層を含み主要な断層とトンネルが交差するような沢であるため。		

※1 動植物全般調査、水生生物詳細調査で確認された重要種に“●”を記載。
 得点欄に記載の数字は、下記のとおり設定した点数をもとに地点ごとの確認種の得点を合計したものである。
 【赤塗り】ヤマトイワナ:3点
 【青塗り】生息・生育環境が河川水辺と関係のある種:2点
 【白塗り】その他の種:1点

表 3.17 (7) 重点的な沢の抽出：類型7 (NMDSによる類型IV (ミドリカワゲラ科が多い)、PCAによる類型B (河床勾配が急で、渇水期の伏流率が高く最低流量が少ない))

		類型7												
		12 曲輪沢	13 ジャガ沢	14 流沢	15 名称なし (二軒小屋南西の沢)	16 上スリバチ沢	17 スリバチ沢	19 燕沢	22 名称なし (蛇沢南東の沢)	23 破風石沢	25 下木賊沢	27 上千枚沢	28 下千枚沢	29 蛇沢
流域面積 (km ²)		1.07	2.09	0.79	0.22	0.13	0.98	0.52	0.37	0.19	3.01	3.68	1.54	1.38
重要種の 確認状況 ※1														
	確認種数	4種	3種	0種	2種	4種	9種	4種	6種	1種	0種	4種	3種	3種
	得点	8点	7点	0点	3点	5点	13点	5点	8点	1点	0点	6点	6点	5点
流域に主要な断層を含み、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢 (上流域モデルにて流量減少の傾向が確認された沢)			○	○	○	○	○							○
抽出結果		◎					◎							
抽出理由		・17 スリバチ沢：重要種の確認種数、得点が最多であり、流域に主要な断層を含み主要な断層とトンネルが交差するような沢であるため。 ・12 曲輪沢：重要種の確認種数、得点が比較的多く、流域に主要な断層を含まない沢であることから、流量減少の影響が想定されない沢の状況確認のため。												

※1 動植物全般調査、水生生物詳細調査で確認された重要種に“●”を記載。

得点欄に記載の数字は、下記のとおり設定した点数をもとに地点ごとの確認種の得点を合計したものである。

【赤塗り】ヤマトイワナ：3点

【青塗り】生息・生育環境が河川水辺と関係のある種：2点

【白塗り】その他の種：1点

※2

表 3.17 (8) 重点的な沢の抽出：類型8 (NMDSによる類型Ⅳ (ミドリカワゲラ科が多い)、PCAによる類型C (標高が低く、河床勾配が緩やかで渇水期の伏流率が低く最低流量が多い))

		類型8
		31 奥西河内川
流域面積 (km ²)		22.01
重要種の確認状況※1		
	確認種数	2種
	得点	3点
流域に主要な断層を含み、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢 (上流域モデルにて流量減少の傾向が確認された沢)		
抽出結果		◎

※1 動植物全般調査、水生生物詳細調査で確認された重要種に“●”を記載。

得点欄に記載の数字は、下記のとおり設定した点数をもとに地点ごとの確認種の得点を合計したものである。

【赤塗り】ヤマトイワナ:3点

【青塗り】生息・生育環境が河川水辺と関係のある種:2点

【白塗り】その他の種:1点

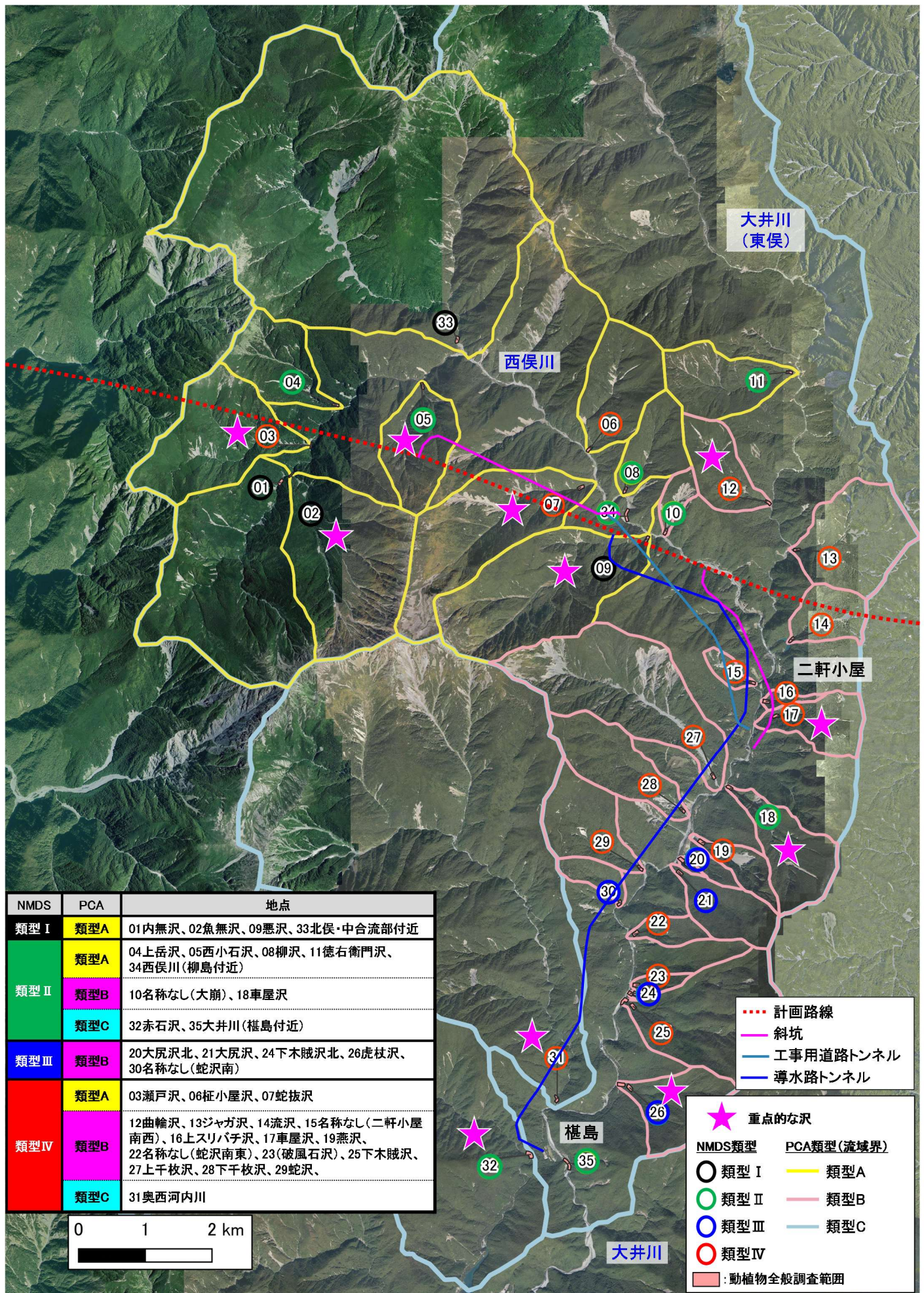


図 3. 8 3 重点的な沢のまとめ

4) 重点的な沢における要注目種の生息・生育環境の整理

- ・モニタリング項目を選定するため、重点的な沢における生息・生育環境が河川水辺と関係のある重要種（以下、**要注目種**という。）の生息・生育環境を整理します。

（重点的な沢の**要注目種**について）

- ・重点的な沢の**要注目種**の生息・生育状況を整理すると、表 3.18 の通りです。

表 3.18 重点的な沢における要注目種**の生息・生育状況**

	類型 1		類型2	類型3	類型4	類型5	類型6		類型7		類型8
	02 魚無沢	09 悪沢	05 西小石沢	18 車屋沢	32 赤石沢	26 虎杖沢	03 瀬戸沢	07 蛇抜沢	12 曲輪沢	17 スリバチ沢	31 奥西河内川
要注目種の確認状況											

※



(要注目種の生息・生育環境について)

- ・要注目種の生息・生育環境について、静岡県RDB等に基づき整理した結果を、表 3.19に示します。
- ・なお、この整理した結果については、今後、有識者会議委員等ともご相談のうえ文献等の内容を踏まえ更新を行ってまいります。その際、環境区分に関する情報（瀬、淵、ワンド・たまり、湛水域、湧水、その他など）や物理環境に関する情報（流速、河床材料、礫の状況、水深、水温など）に分けて記載するなど、分かりやすく整理してまいります。

表 3.19 重点的な沢で確認された要注目種の一般的な生息・生育環境

確認された注目種		一般的な生息・生育環境
哺乳類	カワネズミ	水の澄んだ山間の溪流に生息する。落葉広葉樹主体の溪畔林が分布する溪流での確認が多い。河川形態では、短い距離で瀬から淵へと滝のように流れ込む河道が連続する溪流 (Aa 型) で主に捕獲され、まれに平瀬が長い中流 (Bb 型) でも捕獲された。また、減少の主要因と考えられる砂防堰堤が存在していても、供用後長い時間が経過しているような場所では確認されている。
両生類	ハコネサンショウウオ	成体は皮膚呼吸に依存するため乾燥に弱く、冷涼な山地溪流や湿潤な森林内の倒木下、落葉下、苔下に潜む。主に地表徘徊性の小昆虫や土壌動物を捕食する。幼生は水中の岩下や落葉下に潜み、夜間水中を徘徊して水生昆虫などを捕食する。産卵場所は滝壺の奥や湧き水、伏流水の穴などで報告されているが、報告例が少ない。
	ヒダサンショウウオ	落葉広葉樹林、混交林、針葉樹林の谷や斜面に生息し、川幅が狭く水量の少ない溪流の源流部で2～3月にかけて繁殖する。産卵場所は水中の大きな岩の下で、幼生は溪流の流れのゆるやかな淵で生活する。変態後は山の斜面に分散し、適当な湿度が保たれている倒木や岩の下に隠れて、夜間や雨の日に活動する。
	アズマヒキガエル	繁殖期に止水域に出現するが、水田環境はほとんど利用しない。非繁殖期は、ほぼ完全に陸生であるが猛暑季には溪流近くにも出現する。山地では森林域に、低地では公園の草地などに生息するが、変態直後の餌となる微小な土壌昆虫、ダニなどの生息することが重要である。
	ネバタゴガエル	溪流の源流部や湧水地などの伏流水環境で産卵し、そこで幼生期を過ごす。変態した後は溪流付近の林床で生活する。
底生動物	オオナガレトビケラ	山地の急勾配で大岩からなる激流に生息する。
	ニホンアマカモドキ	幼虫は流れのごく速い清流中の石上にのみ生息する。
魚類	ヤマトイワナ	夏季の最高水温が約 15℃以下の大河川の源流域に生息し、大井川では標高 2,000m 以上の源流域にも生息している。春季には水生昆虫も利用するが、夏季などの活動期には陸生昆虫が主食となるため、流域の豊かな植生も生息条件として重要である。
	アマゴ	夏の水温が 20℃を超えないような冷水域に生息する。河川改修や土砂流入によって河床に砂礫が堆積し河床の変化の乏しくなった流域や、河畔林が消滅している流域の生息数は少なく、成長も遅い。
	カジカ	主に河川上流域下部の清澄な冷水の流れに生息する。大型個体は瀬の巨礫の間隙、小型個体は瀬の川岸や淵の礫間や落葉落枝の中でみられる。
維管束植物	ヤツガタケシノダ	高山帯から亜高山帯にかけての湿った岩上に、コケ類などとともに生育する。
	シナノコザクラ	山地に生育する。川岸や垂れ落ちる水しぶきが当たる、湿ったややうす暗い垂直な岩場に生育する。
	オオサクラソウ	亜高山帯上位の谷筋の湿地に生育する。

5) 沢におけるモニタリング項目の選定について

ア. 全ての沢で共通して実施する項目について

- ・NMDSによる分析の結果、最低流量と最低水温は底生動物の群集構造による序列化の結果と相関性が高く、トンネル掘削に伴い変化する可能性があることから、トンネル掘削による生物への影響を検討するうえで、重要な項目であることを確認しました²⁶。
- ・沢の流量と水温については、全ての沢でモニタリングを実施していきます。あわせてトンネル掘削による沢の流量等への影響を確認するために、表 3.20 に示す項目も確認します。なお、トンネル掘削による沢の流量等への影響については、流量減少の影響が想定されない沢における調査結果との比較も行いながら、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制からのご意見も踏まえながら確認してまいります。
- ・また、重要種は希少性が高いため、個体数の変化を確認することは難しいと考えられますが、重要種の生息・生育状況についても調査を実施します。また、静岡県環境保全連絡会議生物多様性専門部会からのご意見を踏まえ、[] の生息等に関する情報があつた沢では水生生物の詳細な調査を実施しており、水生生物詳細調査も引き続き実施します。

表 3.20 沢の流量、水温以外で計測を実施する項目

項目	計測理由
降水量	・上流域モデルで入力した降水量と実際の降水量との比較を行うため。 ・沢の流量変化と降水量との応答を確認するため。
沢の水質（現地計測項目：pH、EC）	トンネル掘削工事に伴う地下水位の低下により、沢のpHやECが変化する可能性があるため。
沢の水質（室内分析項目：溶存イオン、酸素・水素安定同位体、不活性ガス等）	トンネル工事前段階において計測を行い、工事中の高速長尺先進ボーリングやトンネルからの湧水と、地表水との関係性を確認する際に使用するため。

イ. 重点的な沢で特に実施する項目について

- ・全ての沢で共通して実施する内容に加えて、重点的な沢においては表 3.21 のとおり、要注目種の生息・生育環境のうち、トンネル掘削に伴い地下水位が低下することにより変化する可能性のある生息・生育場の状況をモニタリング項目として選定します。なお、このモニタリング項目については、表 3.19 で整理した要注目種の生息・生育環境の更新内容を踏まえて、今後、有識者会議委員等ともご相談のうえ、更新していき

²⁶ NMDSを用いた底生動物の群集構造による序列化の結果と相関性の高い地形、水環境データは標高、最低水温、河床勾配、伏流率（湧水期）、最低流量であると分析され、このうち、最低流量と最低水温はトンネル掘削工事によって変化する可能性があることから、工事による生物への影響を検討するうえで重要な項目であると考えられる。

ます。

表 3.21 重点的な沢で特に実施する生息・生育場のモニタリング項目
(モニタリング方法についてはP. 3-140、3-141参照)

生息場のモニタリング項目	生育場のモニタリング項目
河川形態、瀬・淵の状況、湧水状況、伏流状況、ワンド・たまりの状況、礫の状況、河床材料の状況、落葉落枝の状況、周辺植生の状況	水位、pH、EC

- ・また、流量減少が生物に影響を及ぼしているかどうかを確認するために、魚類等の餌資源でもある底生動物に着目し、特に流速や水深の変化に敏感な流水中の表在性底生動物²⁷（以下、「底生動物指標種」という。）の定量調査を実施します。
- ・当社のこれまでの調査では、大井川上流域において、主に表 3.22 に示す流水中の表在性底生動物が確認されており、このような種に着目していきます。底生動物指標種の選定については、今後の調査を踏まえ、更新していきます。
- ・さらに、維管束植物のうち生育環境が河川水辺と関係のある種（以下、「植物指標種」）は、流量変化により影響を受けやすいと考えられるため、このような種にも着目していきます。
- ・これまでに実施した沢の動植物全般調査などにおいて確認された植物指標種は表 3.23 のとおりであり、このような種の生育状況調査を実施します。植物指標種の選定については、今後の調査を踏まえ、更新していきます。
- ・ア.、イ. で整理したモニタリング項目の概要について、表 3.24 にお示しします。

²⁷ 底質に潜っておらず、岩や礫などの表面で生息が確認される底生動物

表 3.22 これまでの調査で大井川上流域で確認されている
流速や水深の変化に敏感な流水中の表在性底生動物の例
(底質に潜っておらず、岩や礫などの表面で生息が確認される底生動物)

目名	科名	種名
カゲロウ目	コカゲロウ科	フタバコカゲロウ
		シロハラコカゲロウ
	ヒラタコカゲロウ科	キイロヒラタカゲロウ
		オナガヒラタカゲロウ
		ナミヒラタカゲロウ
		ユミモンヒラタカゲロウ
		<i>Epeorus</i> 属
カワゲラ目	カワゲラ科	モンカワゲラ科
		<i>Calineuria</i> 属
		<i>Togoperla</i> 属
		モンカワゲラ亜科
	アミメカワゲラ科	<i>Skwala</i> 属
トビケラ目	シマトビケラ科	シロフツヤトビケラ
		<i>Parapsyche</i> 属
	ナガレトビケラ科	オオナガレトビケラ
	カクスイトビケラ科	<i>Eobrachycentrus</i> 属
		ウエノマルツツトビケラ
	クロツツトビケラ科	クロツツトビケラ
ハエ目	アミカ科	クロバアミカ
		<i>Bibiocephala</i> 属
		ヒゲブトオオフタマタアミカ
		<i>Philorus</i> 属
	アミカモドキ科	ニホンアミカモドキ
	ユスリカ科	<i>Diamesa</i> 属
		<i>Eukiefferiella</i> 属
	ブユ科	<i>Simulium</i> 属
	ナガレアブ科	ミヤマナガレアブ
		ハマダラナガレアブ

表 3.23 沢の動植物全般調査などで確認された維管束植物のうち、
生育環境が河川水辺と関係のある種の例

科名	種名
ミズワラビ科	ヤツガタケシノダ
ヤナギ科	ドロヤナギ
アブラナ科	タデノウミコンロンソウ
ユキノシタ科	ダイモンジソウ
	クロクモソウ
ツリフネソウ科	キツリフネ
アカバナ科	タニタデ
サクラソウ科	シナノコザクラ
	オオサクラソウ
モクセイ科	シオジ



写真 3.1 植物指標種例（オオサクラソウ）

表 3.24 モニタリング項目の概要

	共通モニタリング 項目	重点的な沢で実施する モニタリング項目
重点的な沢	沢の流量・水温・水質 (pH、EC)、重要種の生 息・生育状況調査、水生 生物詳細調査	生息場・生育場調査、底生動物指標種の定量 調査、植物指標種の生育状況調査
その他の沢		

6) 沢における環境保全措置について

- ・まずは影響の回避・低減措置を検討します。回避・低減措置を講じたとしてもなお残る影響については、代償する措置を検討します。

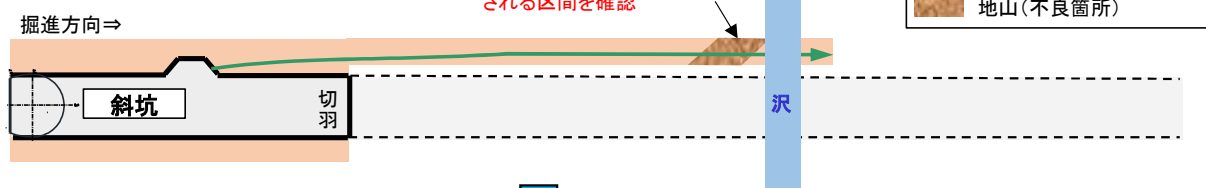
ア. 影響の回避・低減措置について

- ・トンネルの機能を確保できる範囲内で線形の変更が可能な斜坑等については、地質調査の結果によっては、線形変更による影響の回避を検討します（図 3.84）。
- ・また、上流域モデルによる沢の流量変化の分析の結果、トンネルと主要な断層の交差部における薬液注入は、沢の流量減少量を低減する効果があることを確認しました。
- ・そこで、流量減少が予測される沢については、トンネルと主要な断層の交差部における薬液注入を沢の流量減少に対する環境保全措置の一つとして考えます。
- ・薬液注入の方式としては、トンネル掘削に先立ちトンネル前方に注入するプレグラウト方式（図 3.85）と、トンネル掘削の後に沢の流量の状況等を確認し、必要な場合に実施するポストグラウト方式を計画しています。
- ・山岳トンネルにおける一般的な薬液注入フローを図 3.86 にお示します。注入後にチェックボーリングを実施し、注水による岩盤の透水試験（JGS1322）²⁸やルジオン試験（JGS1323）²⁹などを参考に、現地の状況に合わせた試験を実施のうえ、透水係数の確認を行っていきます。改良目標として設定した透水係数となるまで注入を繰り返し施工していきます。
- ・なお、薬液注入は水ガラス系やセメント系の注入材を使用することを考えており、薬液注入を実施した際のトンネル湧水は、処理設備により適切に処理したうえで河川へ放流します。また、薬液注入箇所周辺の沢や湧水放流先河川の水質の確認も行います（詳細は、資料編「3、薬液注入の止水効果と耐久性及び水質管理について」に記載）。
- ・トンネル工事の順序を考慮した沢の流量変化の解析結果を踏まえ、今後、各沢に関する影響の回避・低減措置の具体的な検討を進めていきます。

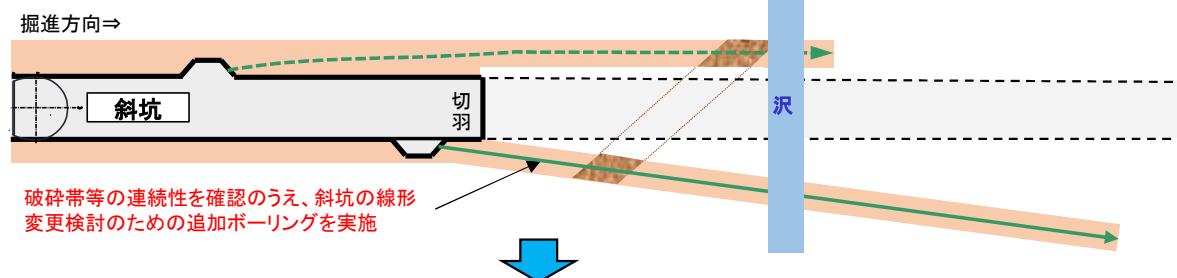
²⁸ 注水による岩盤の透水試験（JGS1322）：ボーリング孔内をパッカーにより任意の試験区間に区切り、試験区間内の有効注水圧力を段階的に上昇させながら注水し、その定常時の注水流量から透水係数を求める試験。

²⁹ ルジオン試験（JGS1323）：ボーリング孔内をパッカーで区切った試験区間内に一定圧力で注水し、圧力と注水量から透水性を求める試験。

①高速長尺先進ボーリング実施時



②追加の高速長尺先進ボーリング実施時



③斜坑線形変更実施時

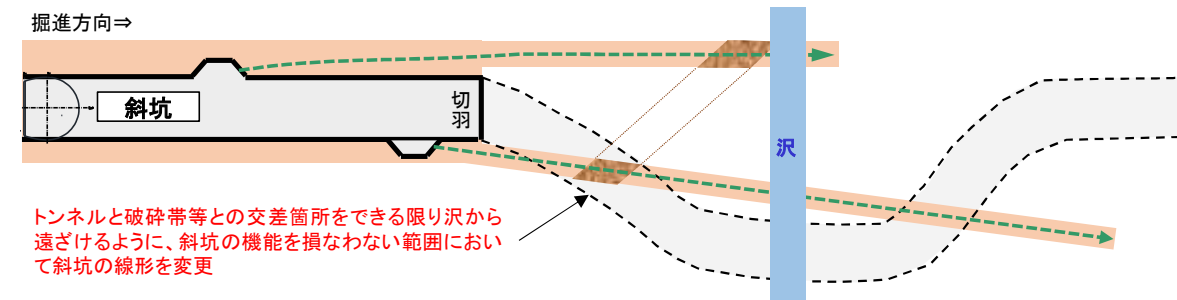


図 3.84 斜坑における線形変更のイメージ

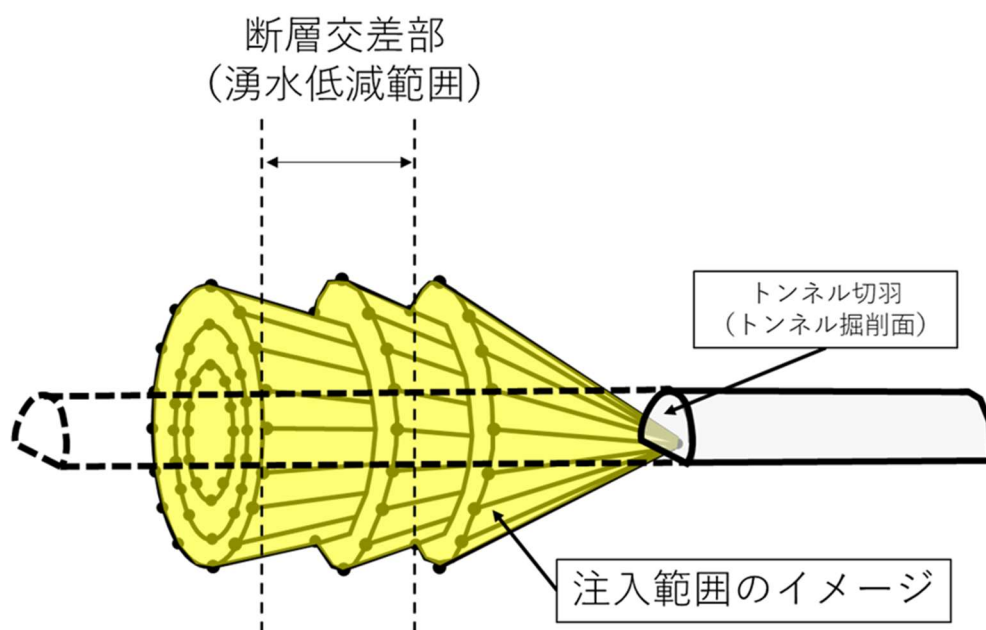


図 3.85 薬液注入のイメージ

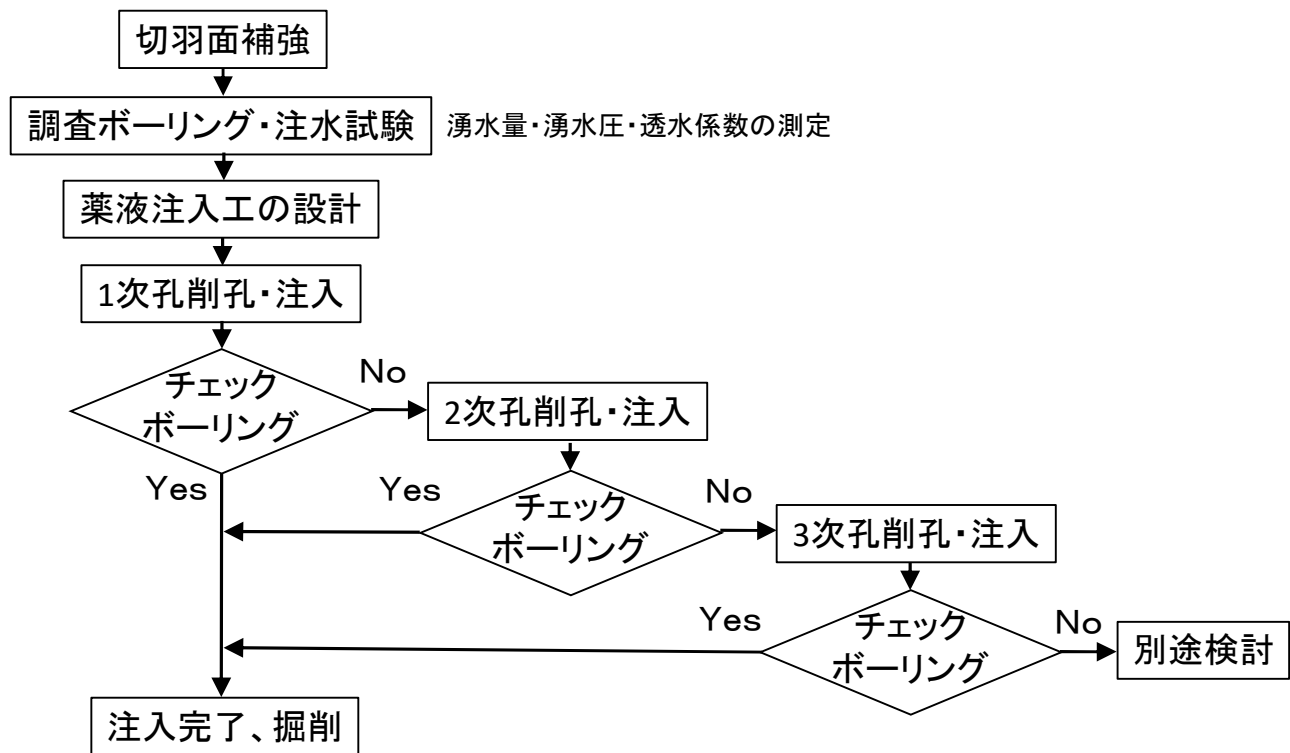


図 3.86 薬液注入工の一般的な施工フロー

イ. 代償措置について

・回避・低減措置を講じたとしてもなお残ってしまう沢の生態系の損失については、代償する措置を講じます。現時点で考えられる代償措置の項目は以下の通りです。

- トンネル湧水を活用した湧水生態系の創出
- 沢の環境改善
- 生物の移植・播種 など

・代償措置の項目や具体的な内容については、生物多様性オフセット³⁰の考え方（図 3.87）も踏まえ、今後、静岡県、静岡市、地権者等の関係者の皆さまのお話もお伺いしながら検討、実施してまいります。また、南アルプスの環境の持続可能な利活用に資する取組みも検討、実施してまいります。

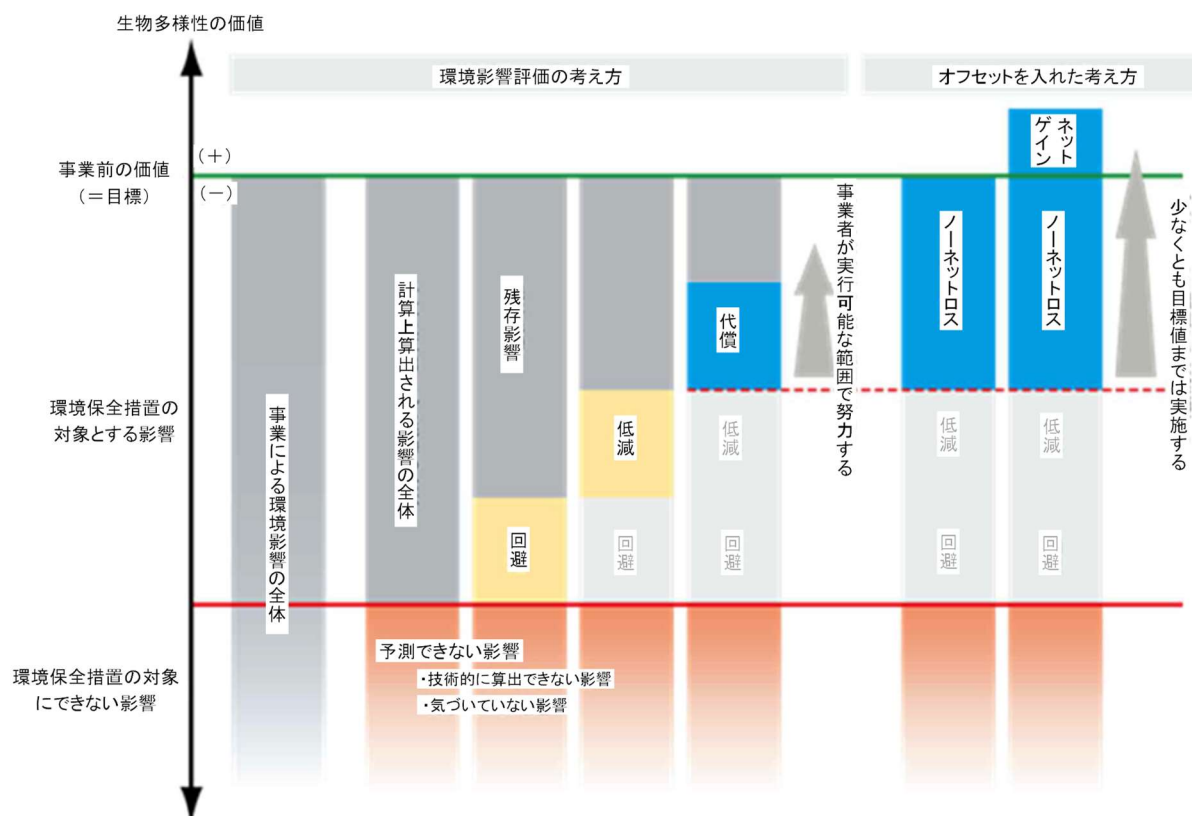


図 3.87 生物多様性オフセットの考え方のイメージ

出典：「環境影響評価における生物多様性保全に関する参考事例集」（環境省総合環境政策局 環境影響評価課、平成 29 年 4 月）に一部加筆

³⁰ 生物多様性オフセット：損なわれる環境の「量」と「質」を評価し、それに見合う新たな環境を創出することで損失分を代償するというもの。

7) モニタリングと環境保全措置の具体的なフローについて

- ・モニタリング、環境保全措置の具体的なフローについて、工事ステップごとに、重点的な沢とその他の沢毎に整理しました（図 3.95）。
- ・なお、モニタリングの計画は以降に示す内容を基本として考えていますが、今後、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制からのご意見を踏まえてモニタリング項目、地点、頻度などを更新することも考えています。

ア. 工事着手前段階

7) 重点的な沢

a) 環境保全措置の内容

（回避・低減措置、代償措置の検討）

- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢については、斜坑等の線形変更や薬液注入等、環境保全措置（回避・低減措置、代償措置）の検討を行います。

b) モニタリングの内容

（沢の流量、水温、水質（pH、EC）の調査）

- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢、流量減少が予測されない沢ともに、図 3.88のとおり、現在も実施している各沢における年2回（8月、11月）等の流量、水温、水質（pH、EC）調査を継続して実施します。
- ・なお、地形や現地の気象状況を考慮するとアクセスが極めて難しい沢では、1日に1回、自動で遠隔地に沢の流況写真の伝送が可能な常時監視カメラの設置を進めており、既に設置した沢においては流況の確認を実施しています（図 3.89、図 3.90）。
- ・2023年度に新たに設置した雨量計（図 3.90）による降水量のデータをもとに、沢の流量、流況と降水との応答を確認し、**ベースライン**データとして整理します。

イ) その他の沢

- ・環境保全措置、モニタリングともに、重点的な沢と同様に対応することを考えています。

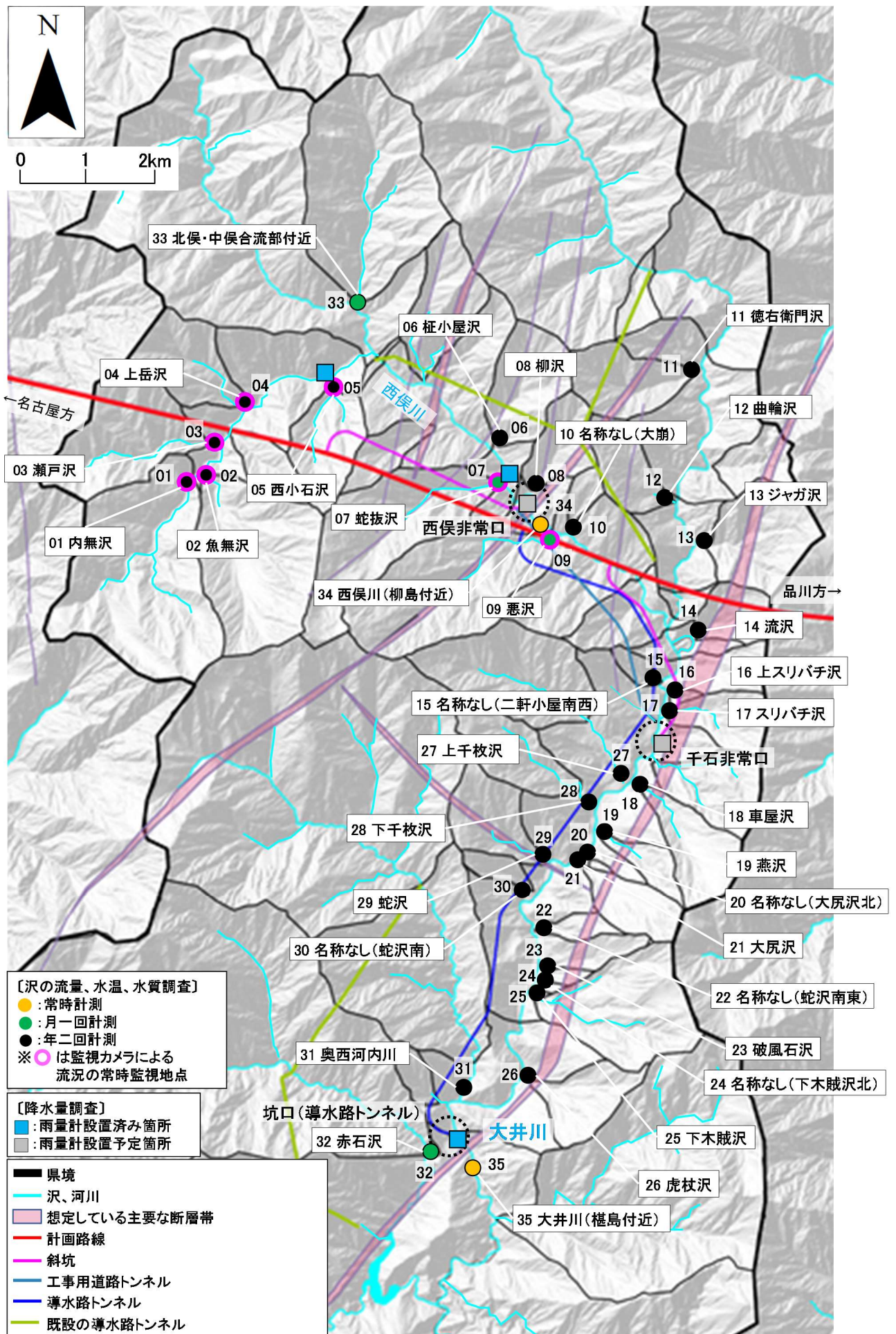


図 3.88 現在実施している沢の流量、水温、水質の調査概要

【常時監視カメラで撮影された2021年8月1日～31日 の悪沢の流況】



図 3. 8 9 常時監視カメラで撮影された悪沢の流況（例）



図 3.90 常時監視カメラ、雨量計の設置状況（蛇拔沢）

イ. トンネル切羽が当該沢の流域内に到達する前の1年間³¹

7) 重点的な沢

a) 環境保全措置の内容

(回避・低減措置、代償措置の検討)

- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢については、斜坑等の線形変更や薬液注入等、環境保全措置（回避・低減措置、代償措置）の検討を行います。

b) モニタリングの内容

(沢の流量、水温、水質（pH、EC）の調査)

- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢については、年2回（8月、11月）等の調査頻度から頻度を増やし、現地の状況に応じて可能な限り、常時計測器等にて、沢の流量、水温、水質（pH、EC）の状況を確認します。
- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測されない沢については、年2回（8月、11月）等の調査頻度から頻度を増やし、月1回等の頻度で沢の流量、水温、水質（pH、EC）の状況を確認します。地形や現地の気象状況を考慮するとアクセスが極めて難しい沢（以下、「アクセス困難な沢」という。）では、1日に1回、遠隔地へ沢の流況写真の伝送が可能な常時監視カメラの設置を進めています。アクセス困難な沢における流量に関するモニタリングは、常時監視カメラによる流況確認により行います。アクセス困難な沢における水温、水質（pH、EC）の調査については、年2回（8月、11月）の頻度で継続します。
- ・一部の沢については積雪により、冬季に現地へアクセスすることが困難な場合や流況を確認することが困難な場合があるため、このような沢では、積雪の状況に応じて現地へアクセス可能となった段階で、速やかに現地へ行き、流量、水質（pH、EC）、水温調査を実施します。

(生息・生育場調査)

- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢、流量減少が予測されない沢ともに、表 3.21において整理した生息・生育場調査を実施し、トンネル掘削工事直前の状況を把握します。

³¹ トンネル切羽が到達する直近1年間における沢の状況を調査することなどを目的に設定した工事ステップであり、調査開始時期については、調査結果を踏まえたモニタリング、保全措置の計画の見直しや、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制での議論に必要な時間なども考慮のうえ決定する。

- ・調査範囲はこれまでに実施した動植物全般調査と同様に考えており、調査方法については、現時点では「河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【河川版】」（国土交通省水管理・国土保全局河川環境課、平成28年1月）**など**を参考に表3.25、表3.26のとおり考えていますが、詳細は今後検討します。また、調査頻度は年3回（春、夏、秋）を考えています。

表 3.25 重点的な沢で特に実施する生息場の調査方法

生息場の調査項目	調査方法
河川形態	目視観察により河川形態（図3.91参照）を区分する。
瀬・淵の状況	調査範囲内の代表的な場所において、水深、水面幅、流速等の計測を行う。
湧水状況、伏流状況、ワンド・たまりの状況、落葉落枝の状況	目視観察により各環境区分の有無などを調査する。 （湧水状況の確認には、衛星写真を活用することも検討）
礫の状況	目視観察により礫の状況（浮石、沈石、不明）を区分する。
河床材料の状況	目視観察により、優占する河床材料（岩盤、泥、砂、細礫、中礫、粗礫、小石、中石、大石、不明）を区分する。
周辺植生の状況	沢等の水際付近など においてコドラートを設定し、植生の状況を調査する。調査した植生はブラン-ブランケ法 ³² により整理する。

注：各項目の調査結果をもとに、生息場の状況としてまとめて整理を行う。

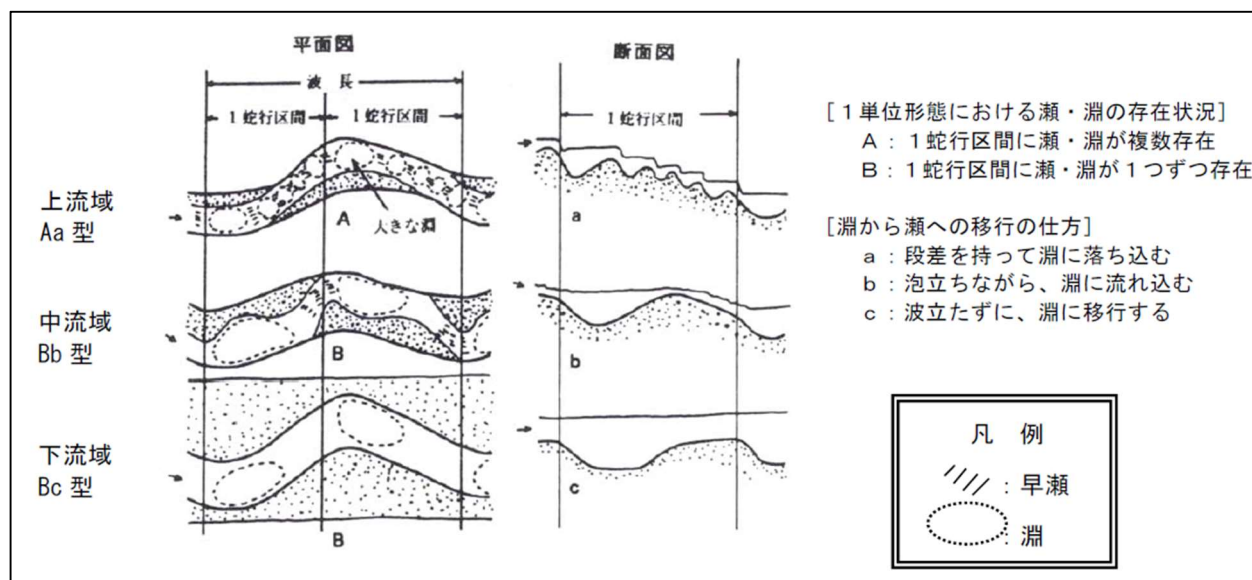


図 3.91 河川形態について

※「河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【河川版】」（国土交通省水管理・国土保全局河川環境課、平成28年1月）より

³² ブラン-ブランケ法：植物群落を代表する地点においてコドラートを設定し、コドラート内に存在する植物種を階層構造（高木層、亜高木層、低木層、草本層など）ごとに抽出するとともに、各種ごとの被度（どの程度広がって生育しているかを示す尺度）や群度（どのような分散状態で生育しているかを示す尺度）を整理することで、植物群落を植物社会学的に調査する方法である。

表 3.26 重点的な沢で特に実施する生育場の調査方法

生育場の調査項目	調査方法
水位	ハンドオーガーなどで土壌を掘削し、掘削孔内の水位を測定
pH、EC	土壌を蒸留水と混ぜるなどした後、pH、ECメーターにより測定

注：沢等の水際付近などにおいて、植生の状況と合わせて調査を実施。

（重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査）

- これまでに動植物全般調査として、全ての沢において動物（哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、昆虫類、魚類、底生動物）と植物の生息・生育状況を確認するための調査を実施しており、また、静岡県環境保全連絡会議生物多様性専門部会からのご意見を踏まえ、動植物全般調査を実施した沢のうちヤマトイワナの生息に関する情報があつた沢等では水生生物の詳細な調査を実施しています。GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢、流量減少が予測されない沢ともに、トンネル掘削工事直前の状況を改めて把握するために、動植物全般調査や水生生物詳細調査を実施します。
- 調査項目、調査範囲、調査方法はこれまでに実施した動植物全般調査や水生生物詳細調査と同様に考えており、調査頻度については年3回（春、夏、秋）を基本として考えています。

（底生動物指標種の定量調査）

- GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢、流量減少が予測されない沢ともに、流量減少が生物に影響を及ぼしているかどうかを確認するために、特に流速や水深の変化に敏感な流水中の表在性底生動物（底生動物指標種）の定量調査を実施し、トンネル掘削工事直前の状況を把握します。
- 調査範囲はこれまでに実施した動植物全般調査と同様に考えており、調査範囲のなかで瀬のほか淵においても調査を実施することを考えています。
- 調査方法はコドラート法による定量調査を考えており、調査頻度は種の多様性が得られる春頃と秋頃の年2回を考えています。

（植物指標種の生育状況調査）

- GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢、流量減少が予測されない沢ともに、流量減少が生物に影響を及ぼしているかどうかを確認するために、維管束植物のうち生育環境が河川水辺と関係のある種（植物指標種）の生育状況調査を実施し、トンネル掘削工事直前の状況を把握します。

- ・調査項目、調査範囲、調査方法はこれまでに実施した動植物全般調査と同様に考えており、調査頻度については年3回（春、夏、秋）を基本として考えています。

イ) その他の沢

a) 環境保全措置の内容

（回避・低減措置、代償措置の検討）

- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢については、斜坑等の線形変更や薬液注入等、環境保全措置（回避・低減措置、代償措置）の検討を行います。

b) モニタリングの内容

（沢の流量、水温、水質（pH、EC）の調査）

- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢については、年2回（8月、11月）等の調査頻度から頻度を増やし、月1回等の頻度で沢の流量、水温、水質（pH、EC）の状況を確認します。一部の沢については、積雪により冬季に現地へアクセスすることは困難であるため、積雪の状況に応じて現地へアクセス可能となった段階で、速やかに現地へ行き、流量、水質（pH、EC）、水温調査を実施します。
- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測されない沢については、現在も実施している各沢における年2回（8月、11月）等の流量、水温、水質（pH、EC）調査を継続して実施します。

（重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査）

- ・GETFLOWS（上流域モデル）による沢の流量変化の分析の結果、流量減少が予測される沢、流量減少が予測されない沢ともに、トンネル掘削工事直前の状況を改めて把握するために、動植物全般調査や水生生物詳細調査を実施します。
- ・調査項目、調査範囲、調査方法はこれまでに実施した動植物全般調査や水生生物詳細調査と同様に考えており、調査頻度については年1回（秋）を基本として考えています。
- ・なお、流域内をトンネルが通過しない沢については、トンネル工事の順序を考慮したシミュレーションの結果や近傍の流域内をトンネルが通過する沢の調査開始時期を参考に、“トンネル切羽が当該沢の流域内に到達する前の1年間”のモニタリングを開始するタイミングを検討します。

ウ. 当該沢の流域内の地質調査実施段階

(高速長尺先進ボーリング等の地質調査の実施)

- ・トンネル掘削前には、斜坑掘削時の切羽周辺及び先進坑の切羽周辺から前方に向かって、高速長尺先進ボーリングを実施し、前方の地質、湧水の状況（湧水量や水質（pH、EC）、水温）を事前に把握します。
- ・高速長尺先進ボーリングの結果、断層と想定される箇所や湧水量の変化が著しい箇所等においては、コアボーリング等の詳細な地質調査を行います。
- ・上流域モデルによる解析の結果、流域に主要な断層を含む沢のうち、流域内で主要な断層とトンネルが交差するような沢において流量減少の傾向がみられるという知見を得ました。
- ・地質調査により確認された断層の位置や規模等について、上流域モデルの解析条件と比較し、必要に応じてそれらの情報を沢の流量変化の検討に反映し、流量減少の予測を行います。また、当該沢とボーリング湧水の水質（pH、EC、溶存イオン、酸素・水素安定同位体、不活性ガス等）及び水温調査を実施し、地表水との関係性についても確認を行います。

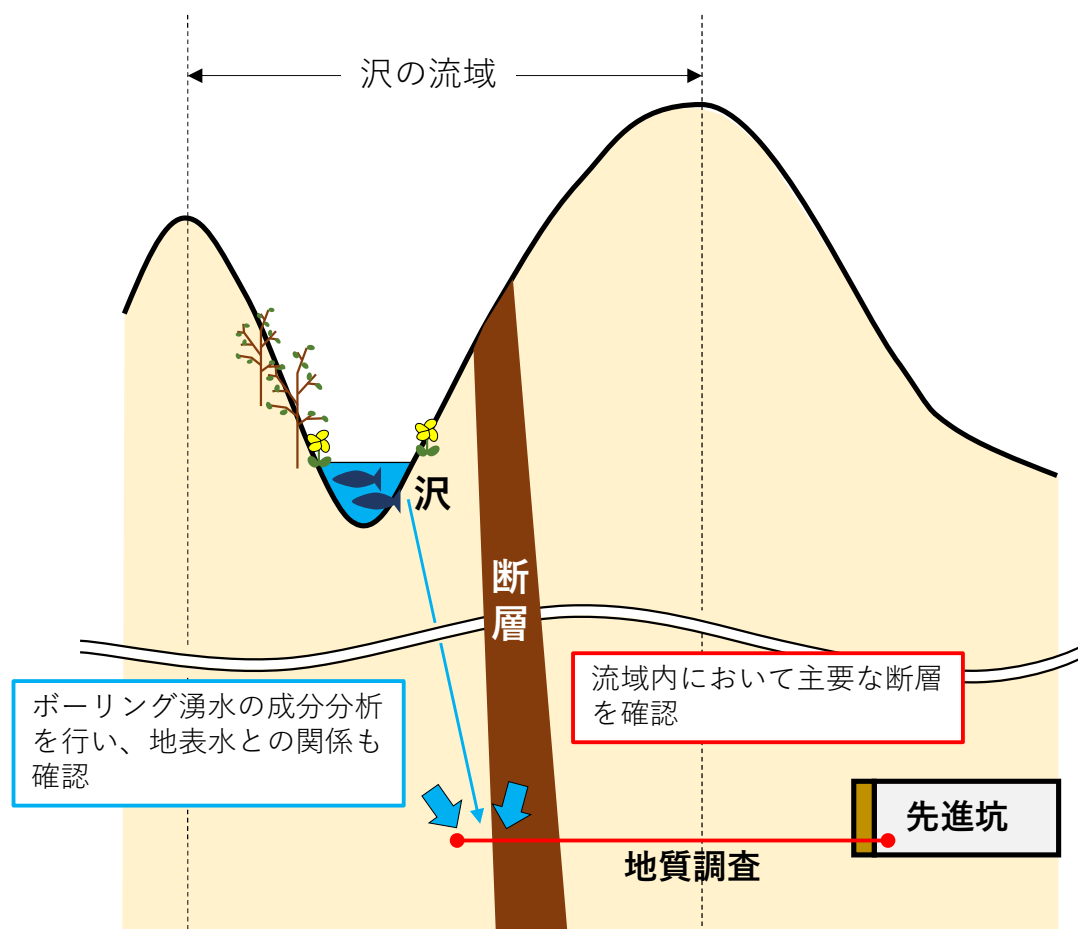


図 3.92 流量減少が予測される沢の判定イメージ

7) 重点的な沢

a) 環境保全措置の内容

(回避・低減措置、代償措置の準備)

- ・ 高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測される沢においては、具体的に得られた地質や湧水の状況等を踏まえて、トンネル掘削前段階で策定した回避・低減措置や代償措置の計画案を深度化し、実施に向けた準備を行います。
- ・ 高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測されない沢においては、万が一、流量が減少した場合に備えて、薬液注入（ポストグラウト）や代償措置の準備を行っておきます。

b) モニタリングの内容

(沢の流量、水温、水質（pH、EC）の調査)

- ・ 高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測される沢においては、常時計測等の頻度で沢の流量、水温、水質（pH、EC）の状況を確認します。流量減少が予測されない沢においては、月 1 回等の頻度での調査を実施します。

(生息・生育場調査)

(重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査)

(底生動物指標種の定量調査)

(植物指標種の生育状況調査)

- ・ 高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測される沢、流量減少が予測されない沢ともに、生息・生育場調査は年 3 回（春、夏、秋）、重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査については年 3 回（春、夏、秋）、底生動物指標種の定量調査は年 2 回（春頃、秋頃）、植物指標種の生育状況調査は年 3 回（春、夏、秋）の頻度での調査を継続します。

イ) その他の沢

ア) 環境保全措置の内容

(回避・低減措置、代償措置の準備)

- ・ 高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測される沢においては、具体的に得られた地質や湧水の状況等を踏まえて、トンネル掘削前段階で策定した回避・低減措置や代償措置の計画案を深度化し、実施に向けた準備を行います。
- ・ 高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測されない沢においては、万が一、流量が減少した場合に備えて、薬液注入（ポストグラウト）や代償措置の準備を行っておきます。

イ) モニタリングの内容

(沢の流量、水温、水質（pH、EC）の調査)

- ・ 高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測される沢においては、月に1回の頻度等で沢の流量、水温、水質（pH、EC）の状況を確認します。流量減少が予測されない沢においては、年2回（8月、11月）等の頻度での調査を実施します。

(重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査)

- ・ 高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測される沢においては、年1回（秋）の頻度での調査を継続します。流量減少が予測されない沢においては、調査を中断します。

エ. 当該沢の流域内のトンネル掘削段階

7) 重点的な沢

a) 環境保全措置の内容

(回避・低減措置の実施)

- ・高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測される沢においては、予め準備していた計画に基づき、斜坑等の線形変更やトンネルと主要な断層との交差部における薬液注入（プレグラウト）を実施します。

b) モニタリングの内容

- ・各沢について、“ウ. 当該沢の流域内の地質調査実施段階”と同様の内容のモニタリングを実施します。

イ) その他の沢

a) 環境保全措置の内容

(回避・低減措置の実施)

- ・高速長尺先進ボーリング等の地質調査結果を踏まえ、流量減少が予測される沢においては、予め準備していた計画に基づき、斜坑等の線形変更やトンネルと主要な断層との交差部における薬液注入（プレグラウト）を実施します。

b) モニタリングの内容

- ・各沢について、“ウ. 当該沢の流域内の地質調査実施段階”と同様の内容のモニタリングを継続します。

- ・また、重点的な沢、その他の沢ともに、モニタリングの結果に応じて、動植物への影響の可能性を検討し、更なる低減措置や代償措置を実施します。
- ・動植物への影響の可能性の検討にあたっては、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制からのご意見を踏まえ、客観的な判断を仰ぐことを考えています。

○沢の流量・水温・水質（pH、EC）調査結果に基づく対応

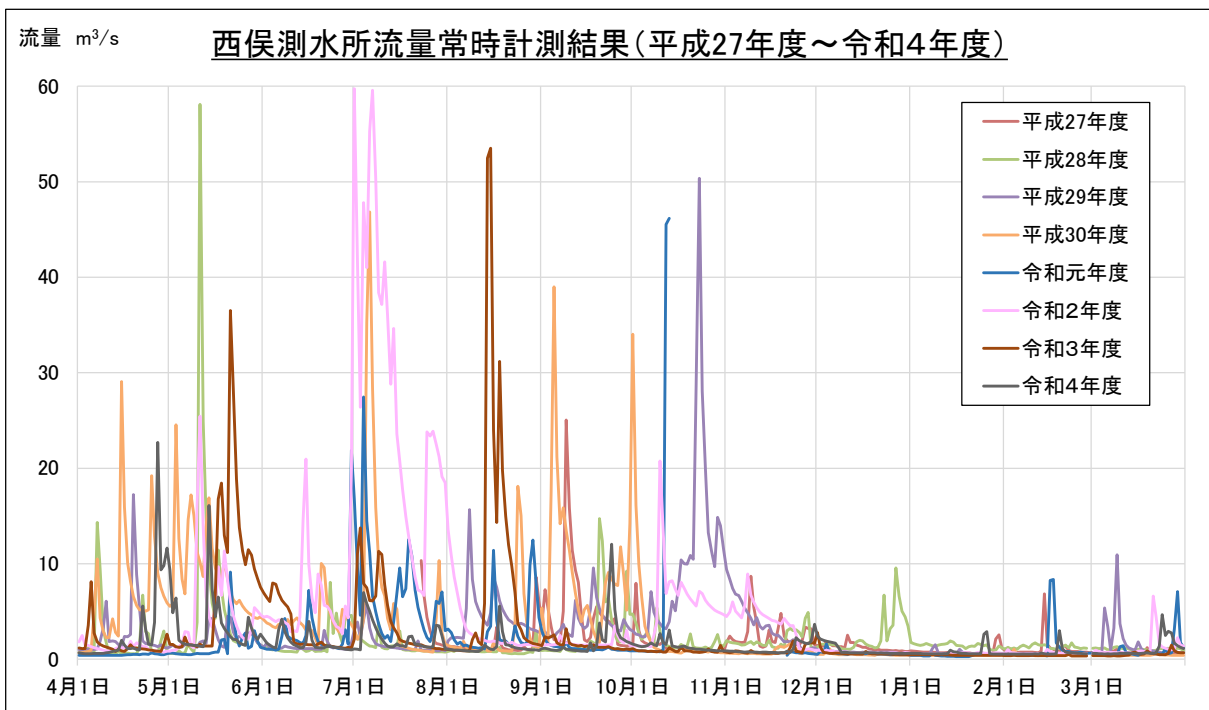
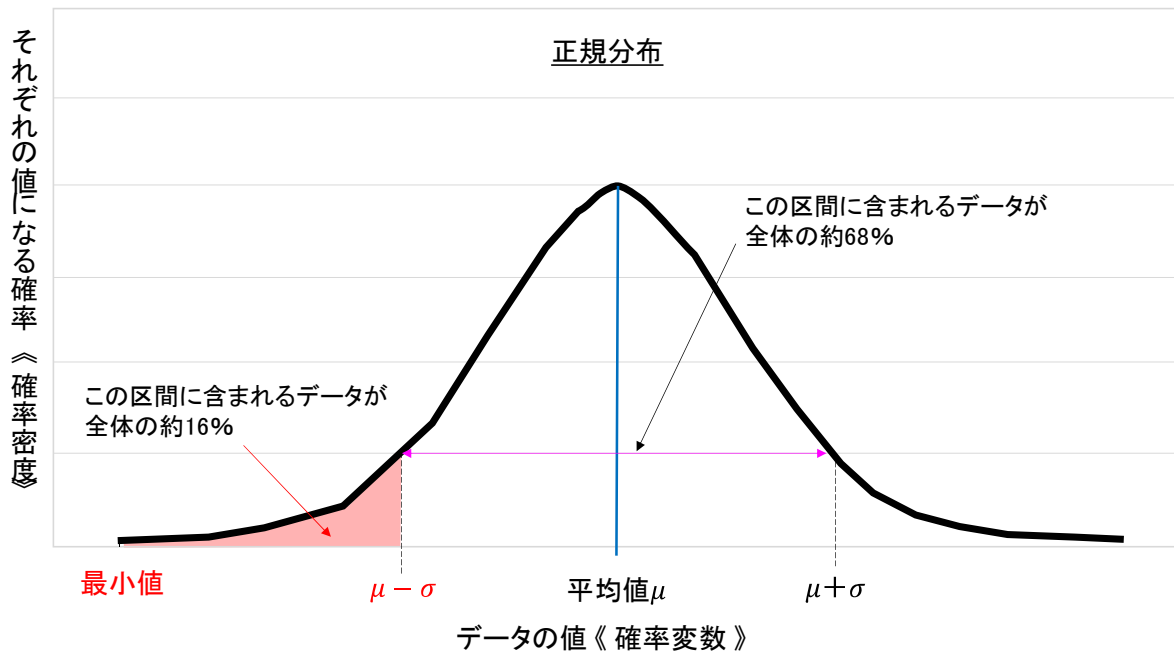
- ・更なる低減措置や代償措置を実施するかどうかを判断するにあたり、動植物への影響の可能性を検討するための指標の一つとして、管理流量や管理流況を定めます。
- ・流量を直接的に計測している沢では、これまでに計測した結果から、季節毎に流量を整理したうえで、沢毎に管理流量を定めます。具体的には、トンネル掘削工事前段階において、流量の常時計測または月1回計測を行っている地点では、春季、夏季、秋季、冬季（冬季に積雪等でアプローチが困難な西俣上流部や東俣上流部の地点では、春季、夏季、秋季）それぞれにおける過去最低流量を管理流量として定めます。また、トンネル掘削工事前段階において、流量の年2回計測（8月、11月）を行っている地点では、計測月（8月、11月）ごとの過去最低流量を管理流量として定めます。
- ・常時監視カメラ設置地点では、これまでに撮影した写真を季節毎に整理したうえで、一番流量が少ないと考えられる日の流況を、沢毎に管理流況として定めます。具体的には、春季、夏季、秋季、冬季（冬季に積雪等で流況の確認が困難な場合には、春季、夏季、秋季）それぞれにおいて、一番流量が少ないと考えられる日の流況を、沢毎に管理流況として定めます。
- ・なお、流量や流況の調査は、作業の安全性や現地の環境を考慮し、沢の下流部において実施することを考えていますが、トンネル掘削に伴い調査箇所（沢の下流部）での流量や流況に変化が確認された場合には、現地調査が難しい沢の上流部の状況についても、衛星写真の確認やシミュレーション結果との比較により、注視していきます。
- ・また、動植物への影響の兆候の確認や、影響の可能性の検討にあたっての準備を行うために、沢毎に警戒流量、警戒流況を定めます。
- ・警戒流量・流況は、例えば、図 3.93 に示すとおり、これまで複数年に亘って継続的に流量の常時計測を行っている西俣測水所のデータでは、“各年度の最小流量の最小値”と“各年度の最小流量の平均値から標準偏差1σを差し引いた値”の比率が約1.3であることから、沢毎に管理流量・流況の1.3倍の流量・流況を設

定することが考えられますが（図 3.94）、具体的には、今後、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制からのご意見を踏まえて検討してまいります。

- 警戒流量、警戒流況を下回った場合には、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に報告したうえで、高速長尺先進ボーリングやトンネルの湧水に関して、現地で継続的に計測を行う水質（pH、EC）、水温のほか、水質（溶存イオン、酸素・水素安定同位体、不活性ガス等）についても分析を行い、動植物への影響の可能性を検討するためのデータを取得します。
- そのうえで、管理流量や管理流況を下回った場合や、上流部の状況に変化が確認された場合には、降水量、トンネル湧水の水量、水質（pH、EC、溶存イオン、酸素・水素安定同位体、不活性ガス等）及び水温や沢の水温、水質（pH、EC）の状況も踏まえて、その原因について考察します。考察した結果については、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に報告し、沢の動植物への影響の可能性を検討します。
- 設定した警戒流量・流況や管理流量・流況は、今後の調査結果や静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制からの意見を踏まえ、随時見直すことを考えています。

※警戒流量の値の設定の考え方の例について

- ・最小流量(管理流量)に到達する前の警戒流量を設定する際の考え方の一つとして、正規分布の考え方を踏まえると、平均値 μ －標準偏差 σ 以下の値は、データ全体での割合としては約16%となるため、 $\mu - \sigma$ の値を下回るような状況は警戒すべき状況として考える。
- ・連続的な流量計測を行っている西俣測水所のデータをもとに、“年間最小流量の最小値”と“年間最小流量の $\mu - \sigma$ の値”との比率を求めることで、各沢における最小流量(管理流量)から警戒流量を算出する方法である。



※令和元年台風19号(10月12日)に伴う林道東俣線の通行止めに伴い、令和元年11月21日までの間は現地での計測(通常は月3回実施)が欠測となっていたため、この期間のデータは除外している。なお、11/21に現地を確認したところ、水位計設置箇所は土石が堆積しているような状況であった。

	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	R1年度	R2年度	R3年度	R4年度
年間最小流量($\text{m}^3/\text{秒}$)	0.600	0.560	0.530	0.400	0.270	0.500	0.350	0.540

- ・年間最小流量の平均値: $0.469 \text{ m}^3/\text{秒}$ (標準偏差 σ : $0.108 \text{ m}^3/\text{秒}$)
- ・年間最小流量の最小値: $0.270 \text{ m}^3/\text{秒}$

$$(\text{年間最小流量の平均値} - \text{標準偏差} \sigma) / \text{年間最小流量の最小値} = (0.469 - 0.108) / 0.270 = \text{約} 1.3$$

図 3.93 警戒流量の値の設定の考え方の一例

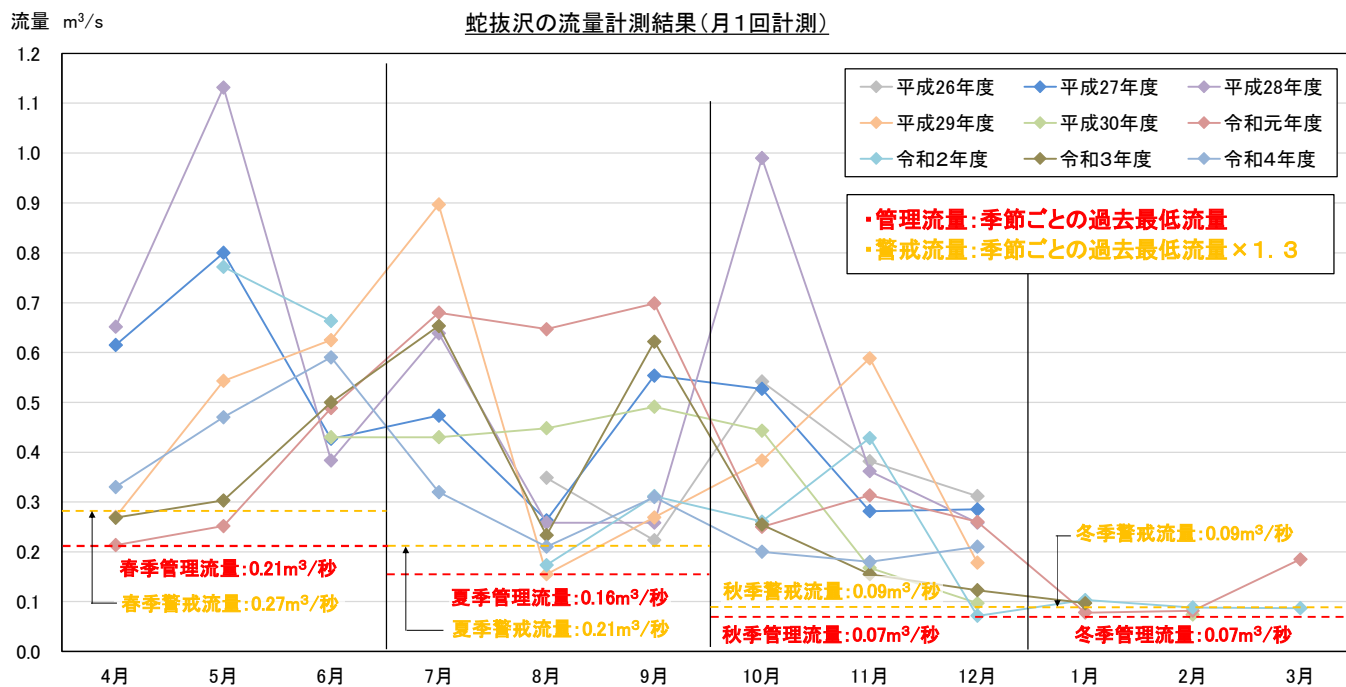


図 3.94 管理流量・警戒流量の設定例(蛇抜沢)

○生息・生育場結果に基づく対応

- ・重点的な沢において、トンネル掘削前の段階から実施している生息・生育場調査結果と比較し、トンネル掘削中に極端な生息・生育場の変化等、異常が確認された場合は、降水量、トンネル湧水の水量、水質（pH、EC、溶存イオン、酸素・水素安定同位体、不活性ガス等）及び水温や沢の水温、水質（pH、EC）の状況も踏まえて、その原因について考察します。考察した結果については、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に報告し、沢の動植物への影響の可能性を検討します。

○重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査に基づく対応

- ・トンネル掘削前の段階から実施している重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査の結果と比較し、トンネル掘削中に生息・生育種数や個体数の減少等、異常が確認された場合は、降水量、トンネル湧水の水量、水質（pH、EC、溶存イオン、酸素・水素安定同位体、不活性ガス等）及び水温や沢の水温、水質（pH、EC）の状況も踏まえて、その原因について考察します。考察した結果については、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に報告し、沢の動植物への影響の可能性を検討します。

○底生動物指標種の定量調査結果に基づく対応

- ・重点的な沢において、トンネル掘削前の段階から実施している底生動物指標種の定量調査結果と比較し、トンネル掘削中に極端な個体数の減少等、異常が確認された場合は、降水量、トンネル湧水の水量、水質（pH、EC、溶存イオン、酸素・水素安定同位体、不活性ガス等）及び水温や沢の水温、水質（pH、EC）の状況も踏まえて、その原因について考察します。考察した結果については、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に報告し、沢の動植物への影響の可能性を検討します。

○植物指標種の生育状況調査結果に基づく対応

- ・重点的な沢において、トンネル掘削前の段階から実施している植物指標種の生育状況調査結果と比較し、トンネル掘削中に極端な個体数の減少等、異常が確認された場合は、降水量、トンネル湧水の水量、水質（pH、EC、溶存イオン、酸素・水素安定同位体、不活性ガス等）及び水温や沢の水温、水質（pH、EC）の状況も踏まえて、その原因について考察します。考察した結果については、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に報告し、沢の動植物への影響の可能性を検討します。
- ・重点的な沢においては、沢の流量・水温・水質（pH、EC）調査、生息・生育場調査、重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査、底生動物指標種の定量調査及び植物指標種の

生育状況調査の結果から総合的に検討した結果、また、その他の沢については、沢の流量・水温・水質(pH、EC)、重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査の結果から検討した結果、沢の動植物への影響の可能性が高い場合は、工事を一時中断し、さらなる低減対策として薬液注入(ポストグラウト)を実施し、沢への影響を最小限に抑えます。また、動植物への影響の可能性が高い沢が確認された場合には、周辺の沢についても影響の可能性を検討します。なお、生息・生育場調査、重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査、底生動物指標種の定量調査、植物指標種の生育状況調査は、年に2回や年に3回の調査頻度を考えているため、生息・生育場調査、重要種の生息・生育状況、水生生物詳細調査、底生動物指標種の定量調査、植物指標種の生育状況調査の結果を待つことなく、常時計測や月に1回等、頻度高く計測を実施する沢の流量・水温・水質(pH、EC)の調査結果から、沢の動植物への影響の可能性を判断することも考えられます。

- ・さらなる低減対策を実施したとしてもなお、沢の流量や状況に変化がみられない場合は、代償措置の実施を検討します。
- ・代償措置の計画については、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に報告し、実施をするかどうかを慎重に判断します。
- ・なお、上記のとおり慎重にトンネル掘削工事を進めていきますが、想定外の突発湧水など、沢の動植物へ影響が生じる可能性のある事象が発生した場合には、トンネル掘削工事を一時中断のうえ、周辺の沢の流量やトンネル湧水の水量・水質(pH、EC)などを確認します。
- ・その結果を静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に速報し、沢の動植物への影響の可能性を検討します。
- ・検討の結果、沢の動植物への影響の可能性が高い場合には、湧水の状況を踏まえて、低減対策としての薬液注入(ポストグラウト)を検討、実施します。
- ・高圧の大量湧水発生時など、薬液注入(ポストグラウト)の実施が困難な場合や、薬液注入(ポストグラウト)を実施したとしてもなお、沢の流量や状況に変化がみられない場合は、移しよくなどの代償措置の実施を検討します。

オ. トンネル掘削完了後

- ・トンネル掘削完了後は、代償措置を実施した場合の効果の確認を含め、“エ. 当該沢の流域内のトンネル掘削段階”と同様の内容のモニタリングを継続して実施します。
 - ・その結果を静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制に報告し、沢の動植物への影響の可能性を検討します。
 - ・検討の結果、沢の動植物への影響の可能性が高い場合には、静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制からのご意見も踏まえて、必要な対策を検討、実施します。
 - ・なお、トンネル掘削完了後のモニタリングの頻度や期間については、モニタリングの結果や静岡県、静岡市、専門家等を交えた管理体制でのご意見を踏まえ、検討を行ってまいります。
-
- ・以上の内容をまとめたフロー図を図 3.95 にお示します。

