

山梨・静岡県境付近の調査及び工事の計画について

令和 6 年 5 月

東海旅客鉄道株式会社

※青字箇所（P 6 8）は専門部会での議論を受け終了後に追記

目次

(1) 県境付近における断層帯調査の進め方	1
1) 断層帯調査の概要	1
2) 高速長尺先進ボーリング	6
3) コアボーリング	2 8
4) ボーリングにおける湧水量の測定方法.....	3 3
5) ボーリングにおける湧水への対応.....	3 5
6) 調査状況の報告	7 1
7) まとめ.....	7 2
(2) 先進坑掘削の進め方.....	7 6
1) 先進坑掘削計画	7 6
2) 断層帯調査と先進坑掘削手順	7 9
1) 水質データの取得について	8 1

(1) 県境付近における断層帯調査の進め方

1) 断層帯調査の概要

- ・ 山梨・静岡県境付近の断層帯を上向きに掘削する際に山梨県側に流出するトンネル湧水について静岡県との対話が続くなか、流域市町から地域の皆さまのご懸念を解消すべく技術的なデータに基づく議論を求める声が高まっています。
- ・ 県境付近の断層帯については、平成24年度に東俣付近からの斜めボーリングを行いました(図1、図2)。調査は東俣付近から開始し、県境から静岡県側に約300mの地点まで実施しましたが、調査の終点から県境までの区間ではボーリング調査を行っておらず、この区間まで破碎質な地質が連続している可能性は排除できないと考えています。

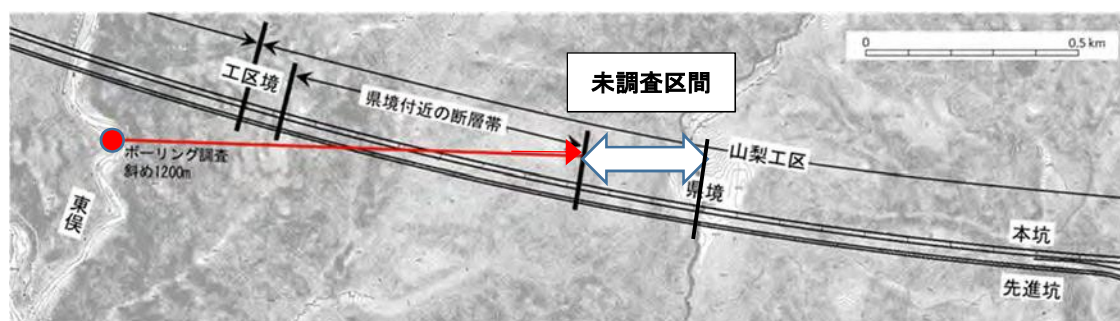
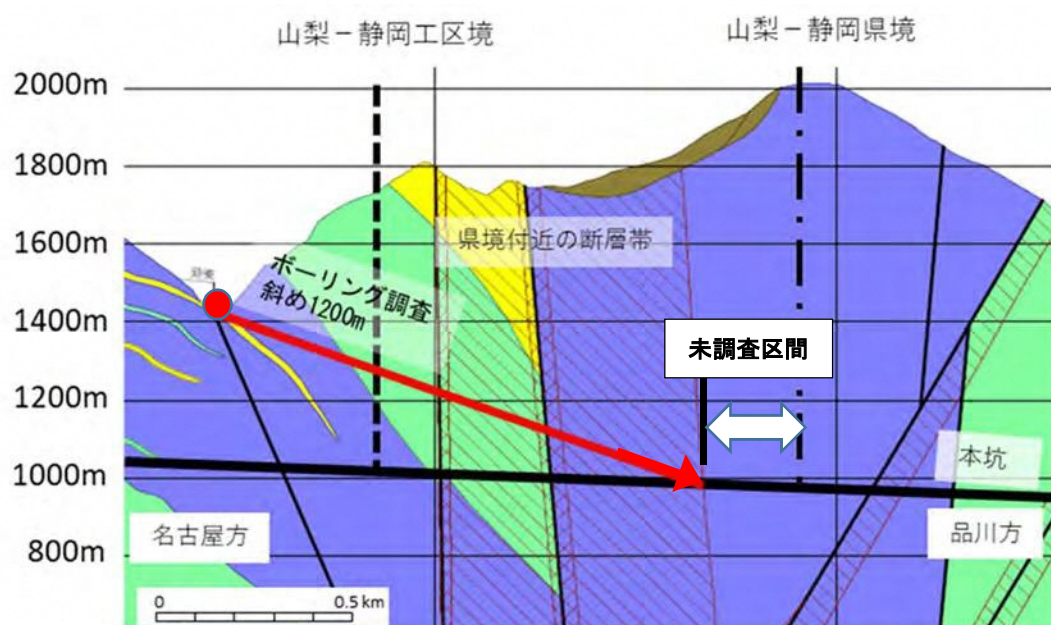


図1 平面図及び斜めボーリングの実施位置



※断層①に関する調査結果は反映しておりません。

図2 地質縦断図及び斜めボーリングの実施位置

- ・トンネル掘削にあたっては、水資源利用へのリスクを想定し、工事前及び工事中におけるモニタリングの結果を踏まえ、対応してまいります。一方で、継続的に技術的なデータを得て検討を進め、トンネル湧水に関する不確実性を低減し、その結果を公表することも、地域の皆さまのご懸念を解消するためには重要と考えています。
- ・断層帯調査および先進坑掘削ステップを以下の手順で進めてまいります。また、概要を図 3 に示します。

【これまでの実績】

- ① 山梨県内の地質、地下水の調査を目的に、県境付近に向けた高速長尺先進ボーリングを実施します。
 - ・令和5年2月に削孔を開始し、県境から山梨県側459m地点（開始地点から356m）まで調査を進めました。その結果、湧水量は非常に少ないものの、地山が脆弱な箇所において、ボーリングで開けた孔（あな）が詰まる事象が何度か発生しました。
 - ・一方で、同年9月より、ボーリングで地質と湧水の状況を把握できた区間の先進坑掘削を実施してきました（5/7時点で県境より486m地点。）
 - ・なお、ボーリングは約7ヵ月の長期に亘り調査を続けていたため、同年10月から中断し、マシンのメンテナンスを実施しておりましたが、現在は既にメンテナンスが完了しています。

【今後の計画】

- ①' これまで掘削を進めた先進坑の先端付近、具体的には県境より501mの地点（予定）より高速長尺先進ボーリングを再開いたします。山梨県内を調査したのち、県境を越えて静岡県内についても調査を進めてまいります。

なお、高速長尺先進ボーリングの結果、湧水量の多い箇所や地質が変化する箇所等では、必要に応じてコアボーリングの実施を計画します。

令和7年11月（※）までの間、東京電力リニューアブルパワー（以降、東電RP）が田代ダムにおいて大井川からの取水を停止しており、ボーリング湧水量は取水停止による流量増加量に比べ、極めて少ないと考えられることから、取水停止による河川流量増加量がボーリング湧水量よりも多いことを確認のうえ、

取水抑制を実施しない（大井川に戻さない）ことを考えています。

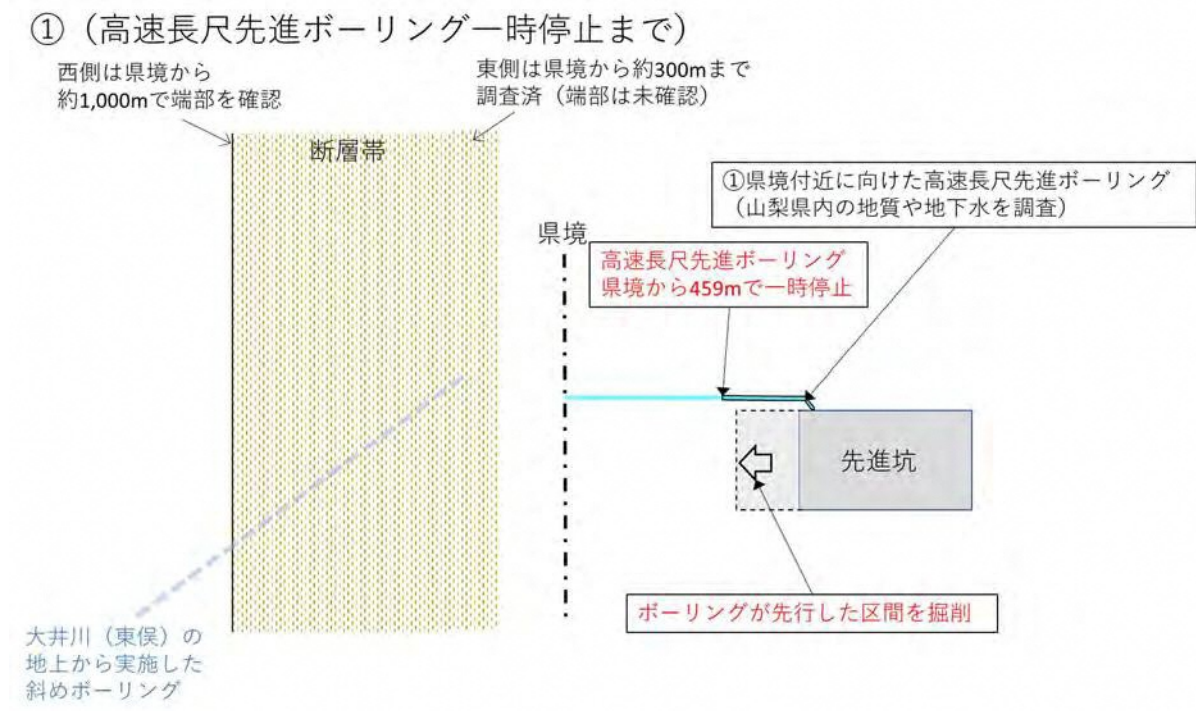
※取水停止期間が変更となる場合は、静岡県へ連絡の上で協議の時期を変更する場合があります。

②上記の山梨県内の調査データを踏まえながら、山梨県内の先進坑を県境付近まで掘削していきます。なお、先進坑の掘削は①‘のボーリングと並行して実施する場合があります。

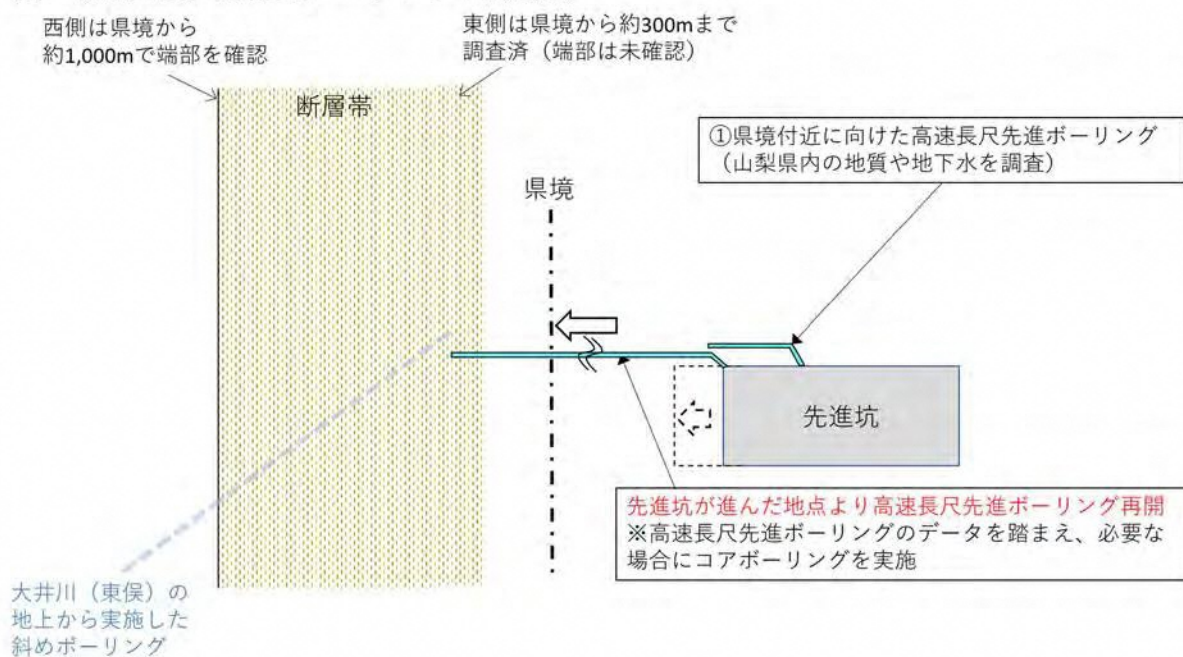
③県境付近から断層帯の調査を目的とした高速長尺先進ボーリングを、県境を越えて静岡県内で実施します。

トンネルの掘削を計画している区間に並行し、近い箇所では静岡県内の地質や地下水の状況を連続的に把握し、技術的なデータを取得することが可能となります。また、湧水量の多い箇所や地質が変化する箇所等では、施工可能な延長も考慮したうえでコアボーリングの実施も検討します。

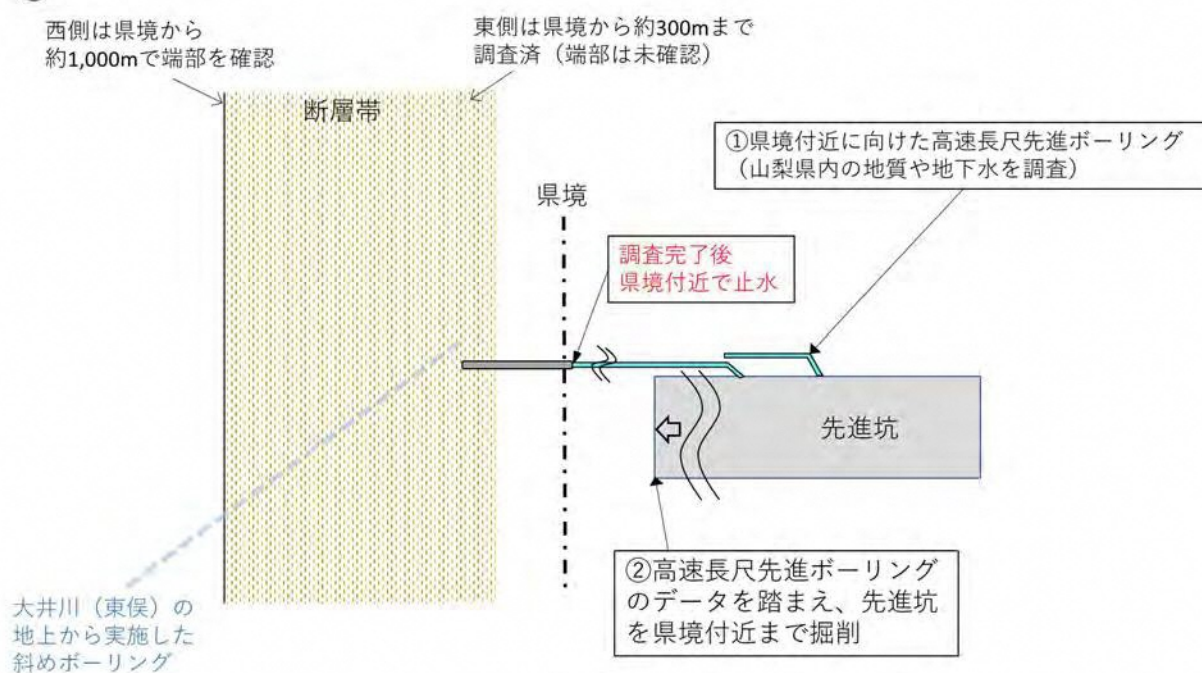
調査中の湧水量を測定したうえで孔口から流し、同量の水を静岡県側に戻します。調査が完了した後は、湧水の流出を防ぐため、孔口付近で止水します。



①（高速長尺先進ボーリング再開後）



②



③

西側は県境から約1,000mで端部を確認

東側は県境から約300mまで調査済（端部は未確認）

断層帯

県境

①県境付近に向けた高速長尺先進ボーリング（山梨県内の地質や地下水を調査）

②高速長尺先進ボーリングのデータを踏まえ、先進坑を県境付近まで掘削

先進坑

調査完了後に止水

大井川（東俣）の地上から実施した斜めボーリング

③県境付近からの高速長尺先進ボーリング（静岡県内の断層帯を調査）※高速長尺先進ボーリングのデータを踏まえ、必要な場合にコアボーリングを実施

2) 高速長尺先進ボーリング

ア. 概要

- ・南アルプストンネルでは、第9回地質構造・水資源専門部会（令和4年10月31日）でご説明したように、地質や湧水に関する不確実性に対応するため、トンネル掘削に先立ち、高速長尺先進ボーリングによる調査をトンネル全延長において実施して、トンネル前方の地山や湧水の状況を慎重に確認しながら掘削する体制を組み、事業を進めています。
 - ・高速長尺先進ボーリングによる調査では、トンネル切羽前方の500～1,000m程度の区間を早くかつ精度よく確認することで、地山の悪い箇所や調査中の湧水量が変化する箇所などを予め把握することが可能です。
 - ・高速長尺先進ボーリングは、トンネル施工の確実な見通しを得るために切羽前方の地質情報を常に把握するよう、以下の3点を目的に技術開発が行われました¹。
 - ①トンネル施工の確実な長期見通しを得るために、切羽前方約1,000m程度の地質情報を先進ボーリングにより常に把握できること
 - ②切羽前方の地質情報を正確に把握するため、トンネル計画線と一定の距離を保って掘削できるよう方向制御すること
 - ③切羽の安定した掘削を可能ならしめるよう、切羽前方の高圧・大量の湧水を事前にできるだけ抜いて（水圧を低減させておいて）おくこと
- 今回の調査は、山梨県内のトンネル工事を安全に実施するとともに、県境付近の断層帯の地質及び湧水に関する情報を把握し、不確実性を低減するとともに、地域の皆さまのご懸念を解消していくために実施するものです。
- ・調査・計画の段階において、可能な場合には地上からのボーリングを実施いたしますが、山梨・静岡県境付近については土被りが800m以上もあるうえ機材運搬に必要なアクセスが困難であることから、山梨県側から掘削した先進坑を利用した高速長尺先進ボーリングおよびその後のコアボーリングがそれに代わる手段となります。
 - ・また、地上からのボーリングとは異なり、高速長尺先進ボーリングは、トンネルを掘削する区間に沿った地質及び湧水の状況を、水平方向に連続的に把握できるという利点があります。（図4）

¹ 「長大山岳トンネル施工を見据えた長尺先進ボーリング技術の開発」 2011年1月第16回地下空間シンポジウム「世界に挑む日本の技術～成長戦略と地下技術との関わり～」より

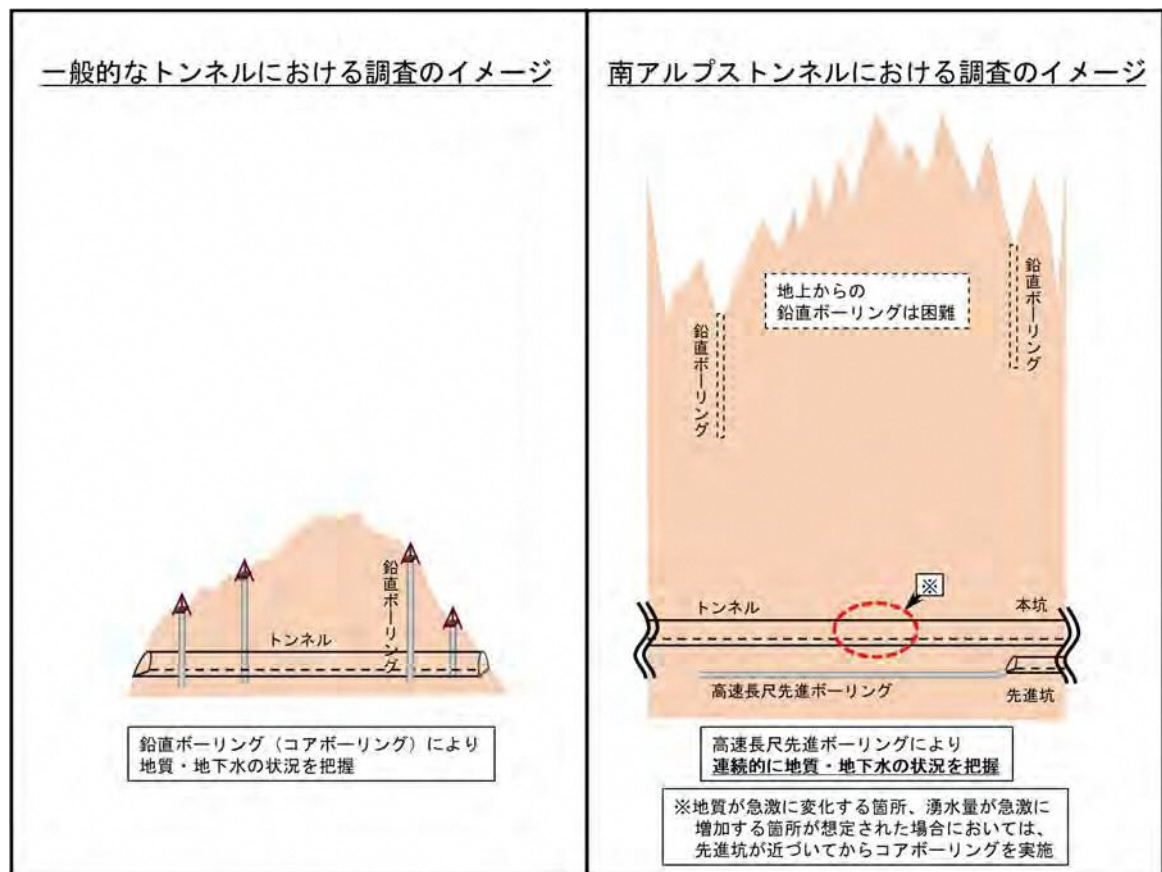


図 4 ボーリング調査のイメージ

- ・第9回地質構造・水資源専門部会（令和4年10月31日）で委員からご要請がありました山梨県内の工区における湧水量に関する資料として、広河原斜坑において実施した高速長尺先進ボーリング中の孔口湧水量を図5に示します。
- ・高速長尺先進ボーリングによる調査では、湧水量のほか、削孔中に排出される岩石片（スライム）を採取して地質を把握します。広河原斜坑の高速長尺先進ボーリング調査において採取したスライムの代表例を図6に示します。採取したスライムを観察することにより、ボーリング②の削孔深度870～880mが緑色岩と粘板岩の地質の境界であることやボーリング⑤の削孔深度335～435mにおいては、粘板岩緑色岩互層より徐々に粘板岩主体となることを把握することができました。また、これらの地質の境界付近において湧水量が増加していることが図5より分かります。
- ・このように、場所ごとの地質及び湧水の情報を事前に複合的に捉えることに加え、

マシンデータより得られる情報をトンネル掘削計画に逐次フィードバックすることで、広河原斜坑を安全にかつ環境に配慮して掘り進めることができました。

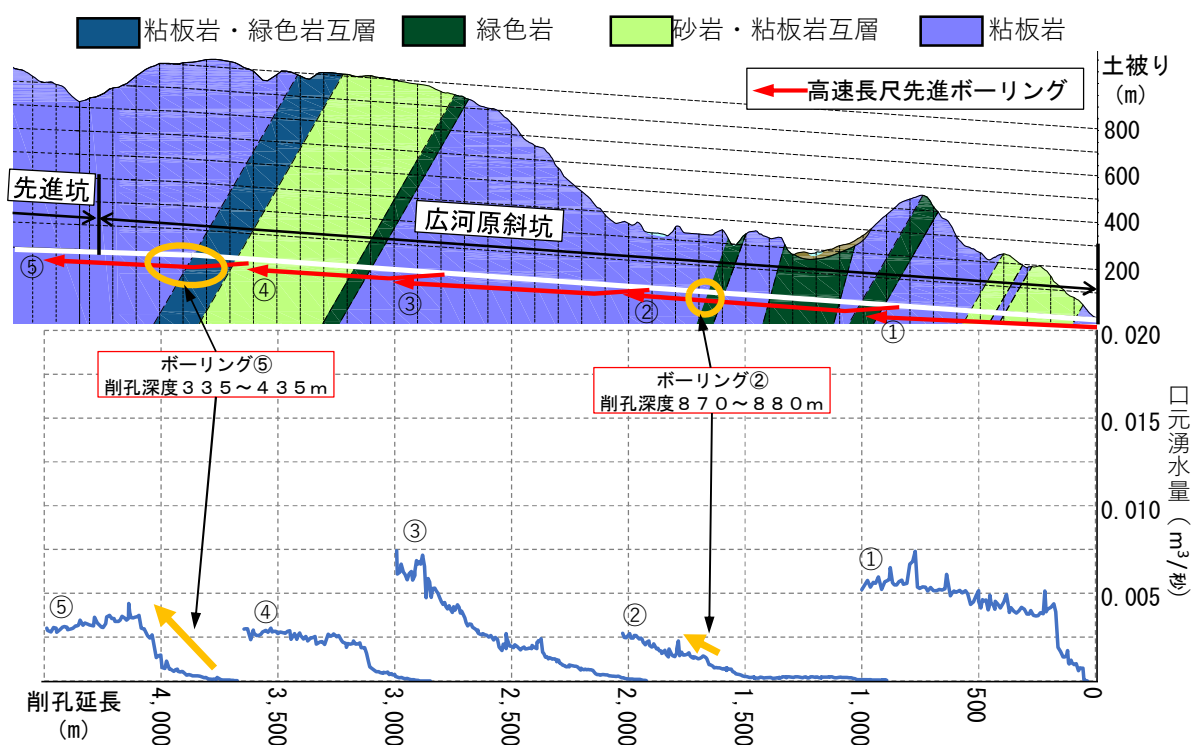


図 5 広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングの孔口湧水量



ボーリング②

削孔深度	870～875m
岩種	緑色岩（玄武岩質）
記事	粒径はφ3mm～5mmが主 最大粒径はφ7mm



ボーリング②

削孔深度	875～880m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ2mm～3mmが主 最大粒径はφ4mm



ボーリング⑤

削孔深度	335～340m
岩種	粘板岩緑色岩互層
記事	粒径はφ3mm～6mmが主 最大粒径はφ12mm



ボーリング⑤

削孔深度	345～350m
岩種	粘板岩緑色岩互層
記事	粒径はφ3mm～6mmが主 最大粒径はφ12mm



ボーリング⑤

削孔深度	355～360m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ3mm～6mmが主 最大粒径はφ10mm



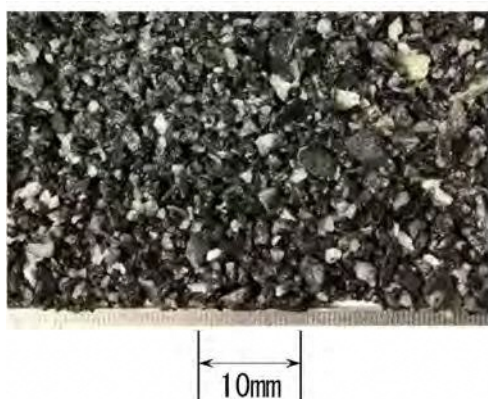
ボーリング⑤

削孔深度	375～380m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ3mm～6mmが主 最大粒径はφ10mm



ボーリング⑤

削孔深度	400～405m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ1mm～4mmが主 最大粒径はφ10mm



ボーリング⑤

削孔深度	430～435m
岩種	粘板岩
記事	粒径はφ2mm～5mmが主 最大粒径はφ8mm

図 6 広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングのスライムの代表例

イ. 調査内容

(1) これまでの実績

- これまで実施してきた高速長尺先進ボーリングの削孔計画を図 7 に示します。
孔口より深度 500 m から 700 m 程度の区間までは直径 200 mm で削孔を行い、当該区間に保護管を設置したのち、以降の区間は直径 120 mm で削孔を行います。なお、削孔および保護管を設置する延長は地質の状況等に応じて変更します。
- 高速長尺先進ボーリングの削孔断面積は約 $0.01 \sim 0.10 \text{ m}^2$ であり、本坑の約 100 m^2 や先進坑の約 35 m^2 に比べて小さな断面です（図 8）。

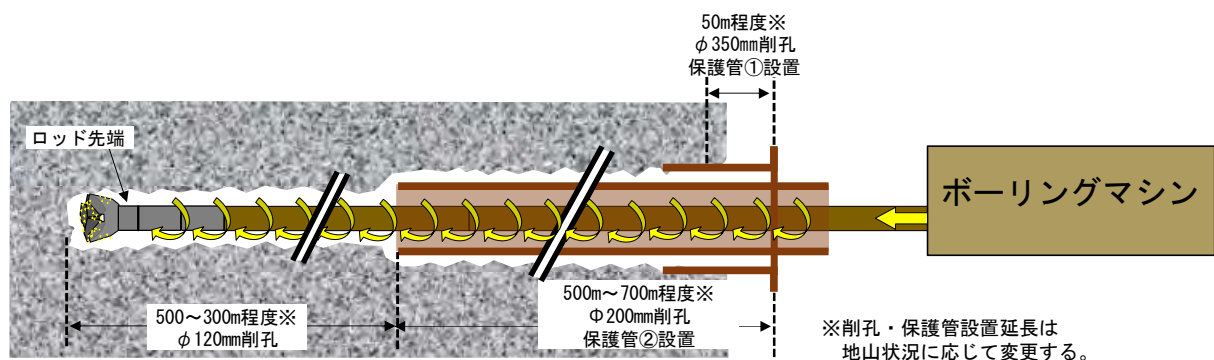


図 7 高速長尺先進ボーリング削孔計画

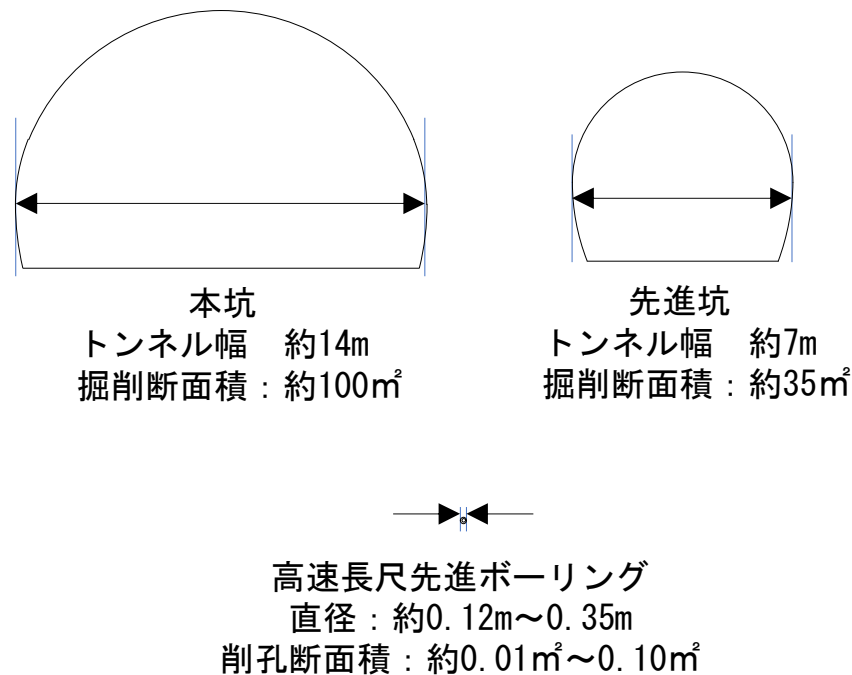
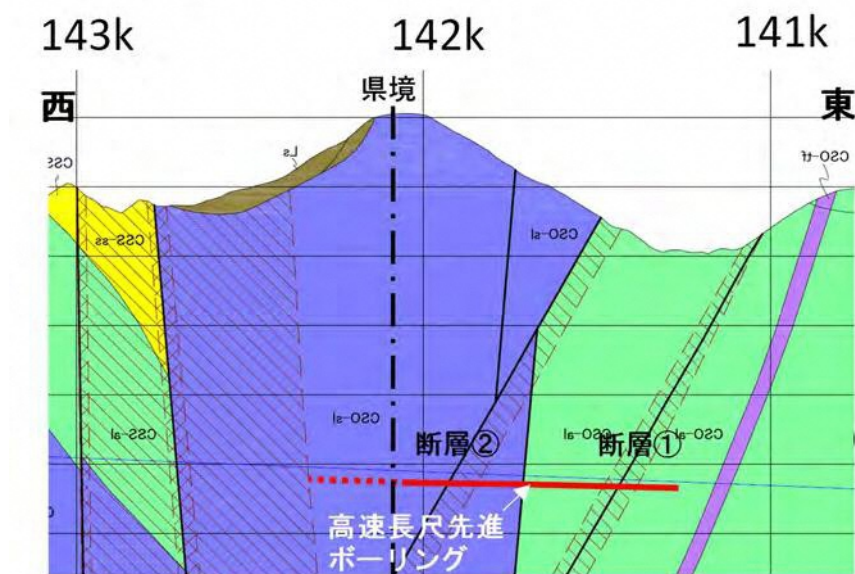


図 8 トンネルと高速長尺先進ボーリングの断面積

- ・今回県境付近に向けて高速長尺先進ボーリングを行う区間の地質縦断図を図 9 に示します。

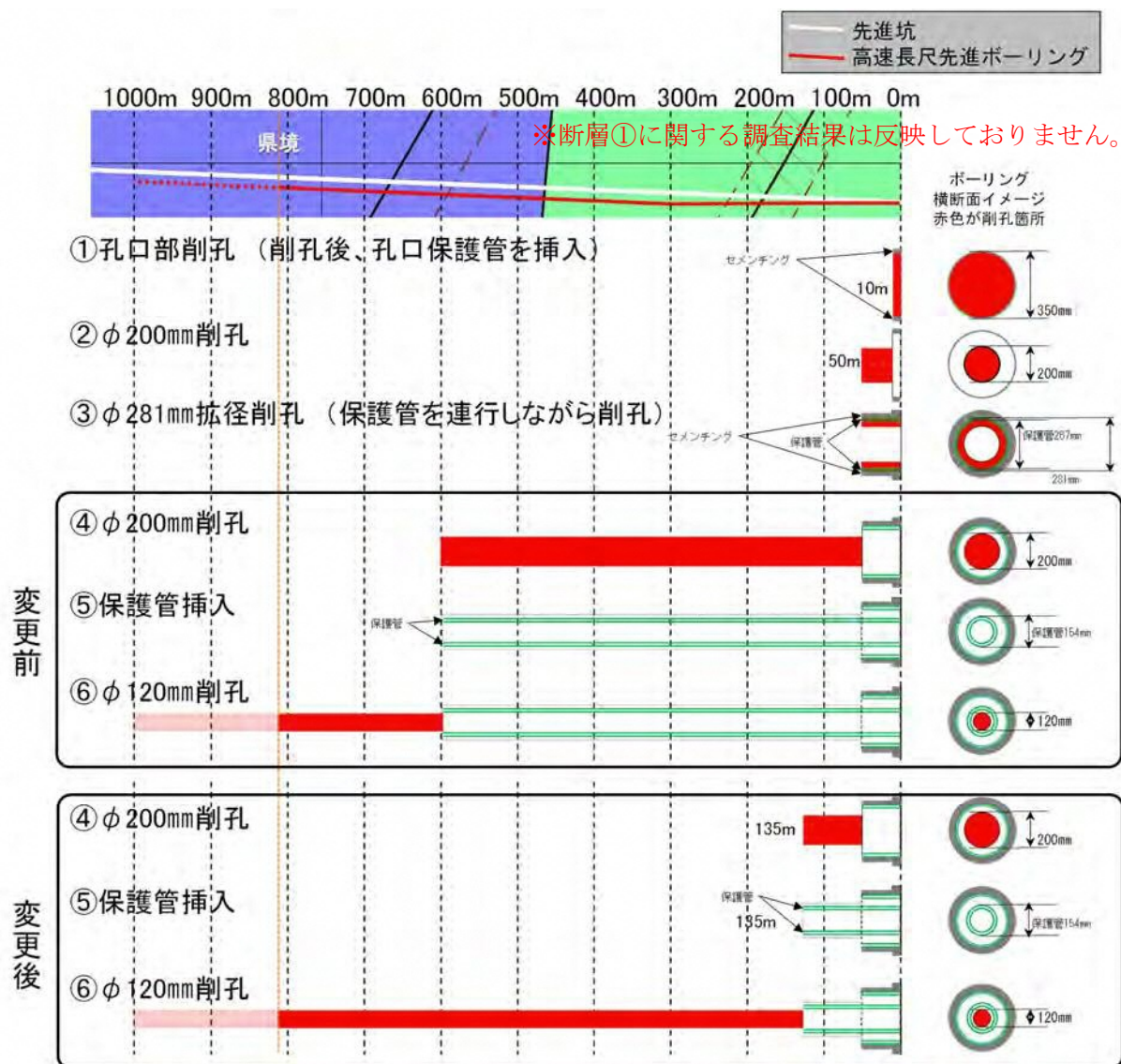
地質縦断図では、これまで地表踏査等を中心とした既往調査の結果から、山梨県内において孔口から約 1 0 0 ～ 2 0 0 m 付近に想定断層（以下、断層①と呼ぶ）と孔口から約 6 0 0 ～ 7 0 0 m 付近に想定断層（以下、断層②と呼ぶ）が存在するものと考えています。



※断層①に関する調査結果は反映していません。

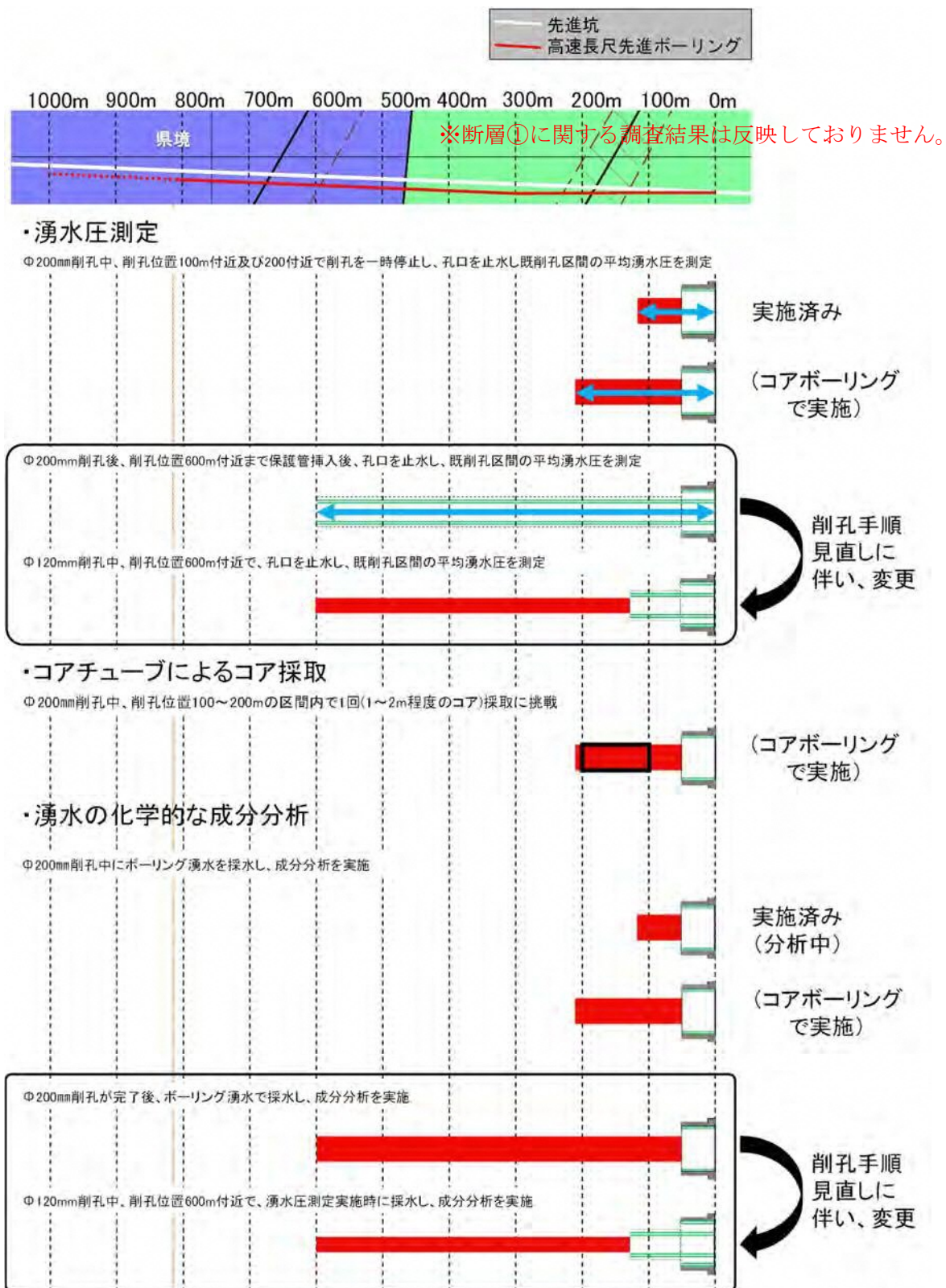
図 9 地質縦断図

- ・高速長尺先進ボーリングの具体的な削孔手順を図 1 0 に示します。また、県境に向けた高速長尺先進ボーリングにおける、湧水圧測定、コアチューブによるコア採取、湧水の化学的な成分分析の実施箇所を図 1 1 に示します。



※これまで進めてきたボーリングの計画を示したものであり、実績としての削孔手順とは細部が異なります。

図 10 高速長尺先進ボーリングの具体的な削孔手順



※これまで進めてきたボーリングの計画を示したものであり、実績としての削孔手順とは細部が異なります。

図 1 1 湧水圧、コア採取、成分分析の実施箇所

(2) 今後の計画

- ・削孔手順を図 12 に示します。また、県境に向けた高速長尺先進ボーリングにおける、湧水圧測定、湧水の化学的な成分分析の実施箇所を図 13 に示します。
- ・高速長尺先進ボーリングの再開後の削孔計画は、前回から少し変更し、直径 200mm→171mm の径で順に削孔を進める都度、直径 296mm、252mm、176mm にて、後を追う形で拡張（孔を拡げる）削孔を実施します。この拡張の方法は、ケーシングの先端にビットを装着させた機械を用いて削孔しますが、使用したケーシングは削孔後そのまま存置させ、孔壁保護の目的を果たします。孔口から 500m（予定）の区間において以上の方法で削孔した後、以降の区間は直径 120mm で削孔を行います。

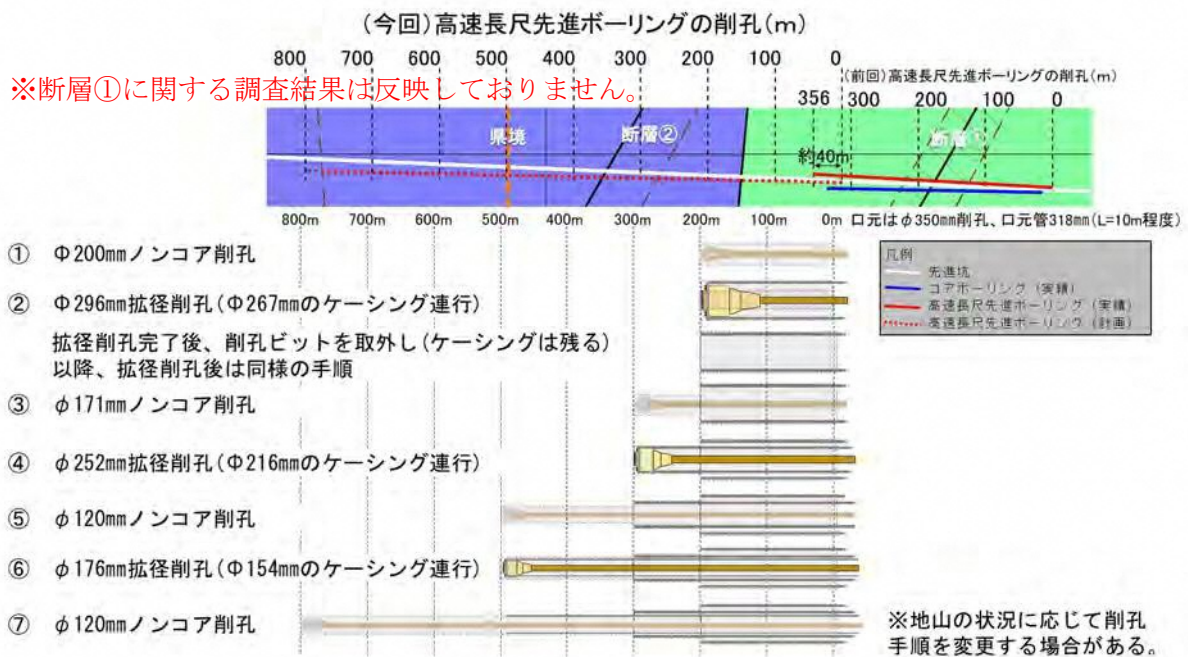


図 12 今後の高速長尺先進ボーリングの具体的な削孔手順

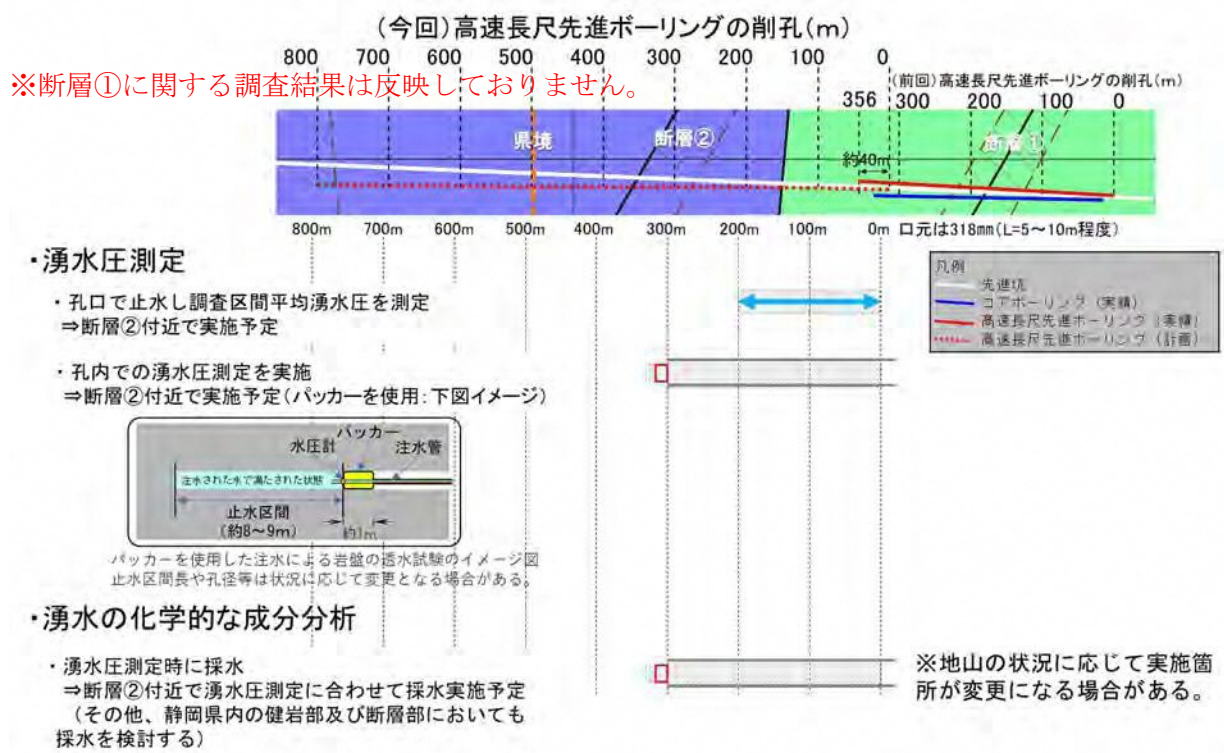


図 13 今後の湧水圧、コア採取、成分分析の実施箇所

- ・図 11 及び図 13 でも一部示しましたが、高速長尺先進ボーリングにおいて調査する項目や高速長尺先進ボーリングの調査によってわかることと、不確実性の低減等に向けたデータの活用方法を表 1 に示します。

表 1 高速長尺先進ボーリング調査の項目等（一部更新）

調査項目		測定方法	測定頻度	調査によってわかること	活用方法
地質・地山	岩石片（スライム）の観察による確認	・ 孔口より排出されるスライムを容器で採取	・ 約 5 m に 1 回	・ 地質分布の確認	・ 既往地質図との比較（場所毎の地盤区分の確認） ・ 掘削計画（湧水対策等）への反映 ・ 他の調査結果と組み合わせ、概略的な地下水流向の推察
	掘削速度	・ マシン制御盤にて測定（ロッド回転トルク、回転数、マシン推進力は掘削エネルギー係数等に換算）	・ 削孔中常時	・ 割れ目発達状況等、同一岩盤内での地山の良し悪しの把握	
	ロッド回転トルク				
	ロッド回転数				
	マシン推進力				
ボーリングのコントロール状況の記録	・ ボーリングオペレーターの観測手簿確認 ・ コントロール軌跡図確認	・ 手簿は 1 日 2 回程度記録し、定期的に確認 ・ 軌跡は常時記録し、定期的に確認	・ 他の調査結果と組み合わせて概略的な地層の走向・傾斜の把握		
湧水	孔口湧水量（削孔中）	・ 容器法による測定 ・ 電磁流量計による変動傾向の把握	・ 容器法は 1 日 2 回を基本。湧水量が大きく変化する箇所やビット交換時なども追加で実施 ・ 電磁流量計は常時記録	・ 湧水の増加傾向から湧水量の多い区間の把握	・ 地表水との連続性が疑われる箇所を推定 ・ 掘削時の影響に関するリスク分析、対策
	孔口湧水量（削孔完了時）	・ タービン式流量計	・ 常時		
	孔口湧水の水質（水温、pH、電気伝導度）	・ デジタル水温計、pH 計測器、導電率計による計測	・ 容器法による湧水量の測定と同時に実施	・ 掘削の進捗に伴う変化の傾向を、湧水量とも関連付けて確認	
	湧水圧測定	・ 孔口で止水し調査区間平均湧水圧を測定 ・ 孔内での湧水圧測定への挑戦	・ 孔口での止水測定は、孔口部、削孔段取り替え時で実施 ・ 孔内測定は断層②付近で挑戦	・ 調査区間の平均透水係数を算出 ・ 場所毎の圧力変化から地下水の流動傾向を概略的に確認	・ 透水係数の状況確認 ・ 地下水移動量の概略を把握
	湧水の化学的な成分分析	・ 溶存イオン 8 項目、酸素・水素安定同位体比、不活性ガス（SF6）、トリチウム等	・ 湧水圧測定時に採水 ・ 湧水量測定で変化がある時は追加実施	・ シュティフダイアグラム作成、涵養標高・涵養年代の算出	・ 湧水の起源について考察 ・ 掘削時の影響に関するリスク分析、対策

- ・湧水量は非常に少ないものの、削孔位置 1 1 5 m 付近より脆い地質が出現し、セメンチング²を繰り返しましたが一部崩壊する箇所があったため、図 1 0 のとおり当初の削孔手順を見直して掘削を継続することとしました。これに伴い、湧水圧測定、コア採取、成分分析の各調査項目についても図 1 1 のとおり変更しました。なお、削孔は孔口より 3 5 6 m の位置で中断したため、孔口より 6 0 0 m の位置に到達後に実施予定であった湧水圧試験と成分分析用の採水は実施しておりません。
- ・この削孔位置 1 1 5 m 付近における脆い地質については、詳細な状況を把握するため、高速長尺先進ボーリングとは別にコアボーリングを実施しました。実施内容は、P 2 8 3) コアボーリングに記載しています。
- ・この山梨県内の断層①は断層②と類似性があることを想定しています（詳細は P 3 5 参照）。
- ・今後削孔を行う断層②でも予想される脆い地質等の出現を踏まえ、孔壁を保護するために削孔方法を見直し、再開後は図 1 2 及び図 1 3 に示す方法にて、削孔及び各調査を実施します。なお、脆い地質等の出現が予想される断層②等においては、特に慎重に削孔します。
- ・断層②においても湧水量の多い箇所や地質が変化する箇所等、詳細な地質の確認が必要な場合はコアボーリングを計画いたしますが、その場合はコアボーリングの削孔精度を考慮し、先進坑の掘削を進めて調査対象箇所まで近づいてから実施することとなります。
- ・上記のコアボーリングによる調査を行うと同時に、さらにその先の区間における調査実施のため、高速長尺先進ボーリングを並行して行います（P 7 7 の図 6 5）。
- ・高速長尺先進ボーリングによる調査を行い、破碎帯等による地質の変化がある場所や湧水量の変化が著しい場所においては、先進坑を当該箇所まで掘削し、必要に応じてコアボーリングによる調査を行い、適切な補助工法等を選定のうえで先

² ボーリングで削孔した孔の崩壊を防ぐ目的で、セメントを注入する作業

進坑の掘削を進めていくという流れは、これまで静岡県内における対応として専門部会等でご説明してまいりましたが、山梨県内についても同様に対応し、慎重に調査及び工事を進めてまいります（P 7 6 の図 6 4）。

- ・掘削エネルギー係数による地山評価の例を図 1 4 に示します。

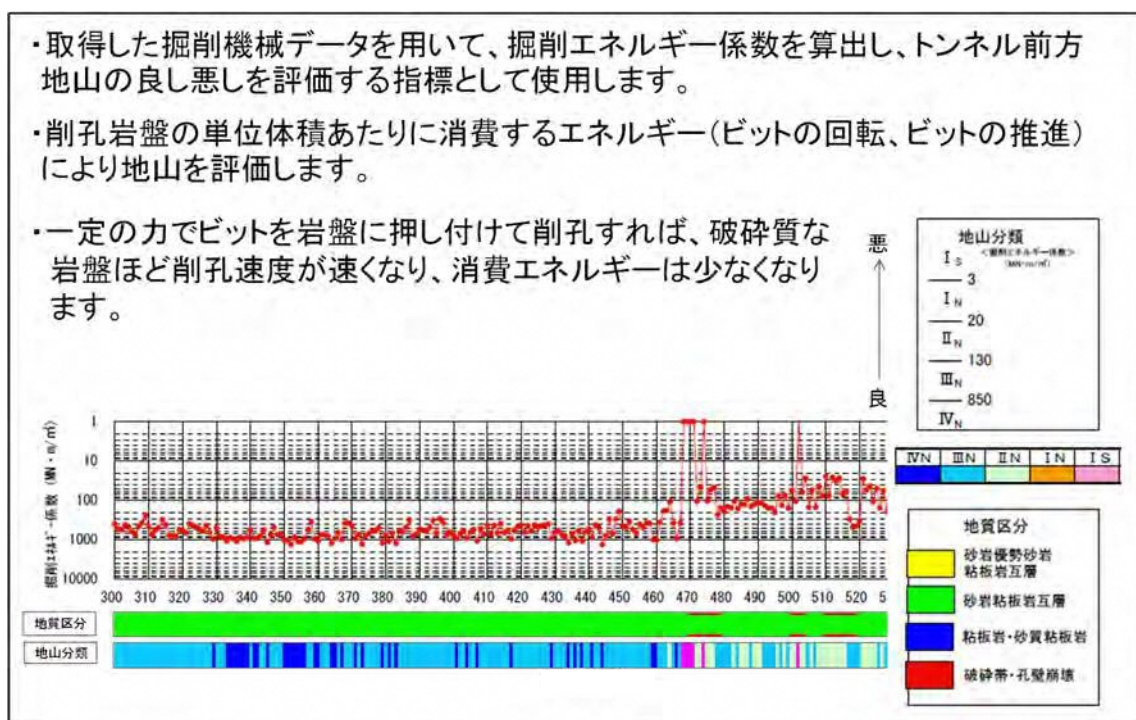


図 1 4 掘削エネルギー係数による地山評価の例

- ・実際の調査事例として、過去に大井川（東俣）から山梨県側に向けて行った高速長尺先進ボーリングの調査結果を図 1 5 に示します。上のグラフでは掘削エネルギー係数の推移などにより地質の状態が推察でき、下のグラフでは孔口湧水量の推移がわかります。

地質の状態の推察にあたっては、ボーリング削孔時の記録（例：回転停止等 緑字で表記）などについても、この情報だけで確定的に扱うことができるものではありませんが、参考として定期的に確認することとしています。

- ・先進坑を県境付近まで掘削のうえで高速長尺先進ボーリングやコアボーリングを実施することにより、トンネルを掘削する区間に沿った地質や地下水の状況を、水平方向に連続的に把握し技術的なデータを得ることができるため、トンネル湧

水に関する不確実性を低減し、地域の皆さまのご懸念の解消につなげていくことができると思います。

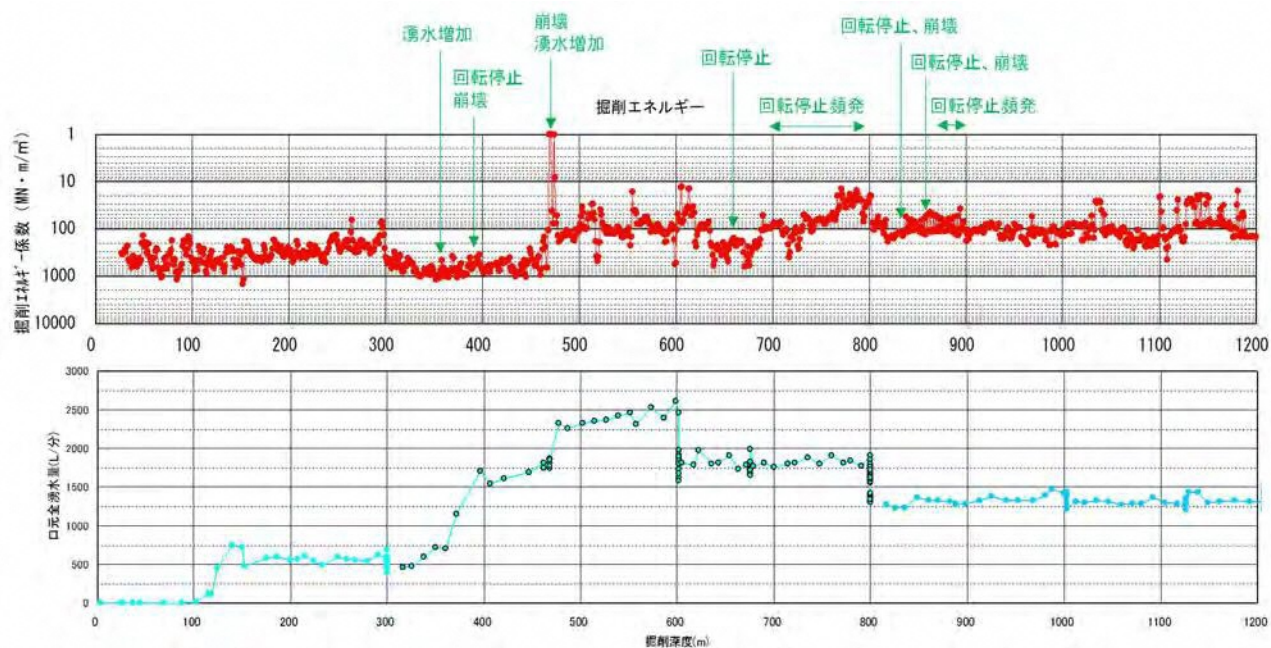


図 15 高速長尺先進ボーリングの調査結果

- ・掘削速度、ロッド回転トルク、コントロールボーリング記録等

掘削データの新たな活用方法の挑戦として、概略的な地層の走向・傾斜の推察に取り組みます。具体的には先端ビットが地山内の地層の走向や傾斜により、わずかに先行して着岩することで、そこが回転支点となり、ボーリング孔がある一定方向へ動こう（上下左右）とする動きが見られます。これを修正するためにコントロールボーリングを行いますが、この特性を活かし、他の調査結果と組み合わせて概略的な地層の走向や傾斜等を推察します。また、削孔時のデータから地質の脆い箇所や送水量・排水量のバランスなどを総合的に見ていくことで、地質の変化や脆い箇所などを精度よく把握し、地質・地山に関する場所ごとの情報を更新していきます。

- ・湧水量、水質の測定

湧水については、孔口での湧水量測定に併せて、水温、pH、電気伝導度も測定する計画とします。また、孔口で湧水圧の測定を行うとともに、湧水の化学的な成分分析を実施します。

湧水の観点では、孔口湧水量を測定し増加量や増加している区間を確認するとともに、孔口湧水の水温やpH、電気伝導度などの測定を併せて行い、調査時における湧水変化を量と質をもって連続的に把握することで、地表水との連続性が疑われる箇所を推定し、さらには、湧水の化学的な成分分析等を行うことで掘削時の影響に関するリスク分析、対策を検討します。図 16 は、広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングの湧水量のグラフです。湧水量だけではなく、湧水の増加量や増加している区間などがわかります。図 17 は、湧水の水質（電気伝導度）を計測した結果です。この広河原斜坑のデータでは湧水量がやや増加している箇所を含め、水質が急激に変化している箇所はありませんが、仮にそうした箇所があれば地表の水との連続性が疑われるため、重点を置いて管理する必要がある箇所となります。

なお、孔壁を補強するためのセメンチングを行った後においては、しばらく削孔水を循環させ、その影響を取り除いた上で測定を行うものの、セメントミルクに含まれている物質の影響が残る場合があるため、そうした影響を含めて考察を行います。

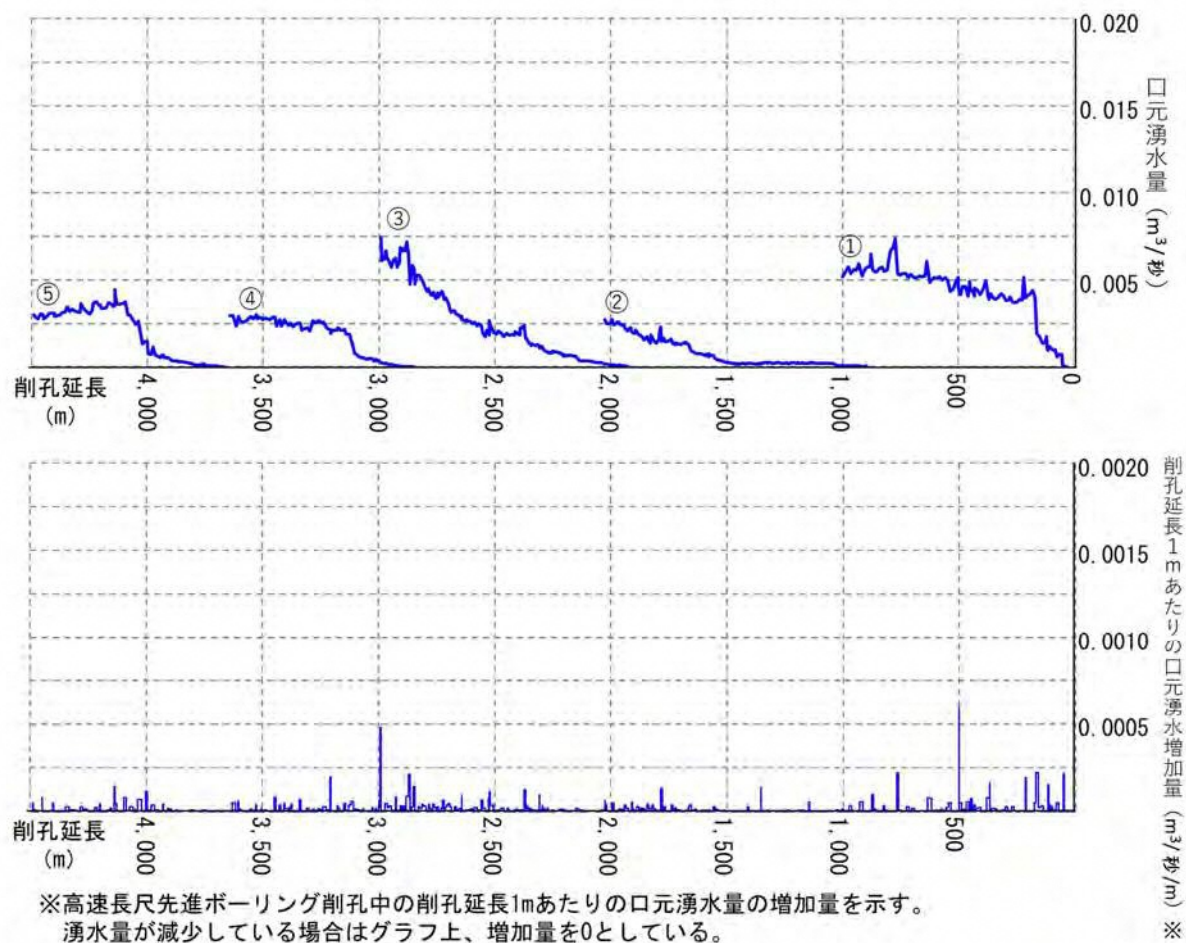


図 16 広河原斜坑における高速長尺先進ボーリングの湧水量計測結果

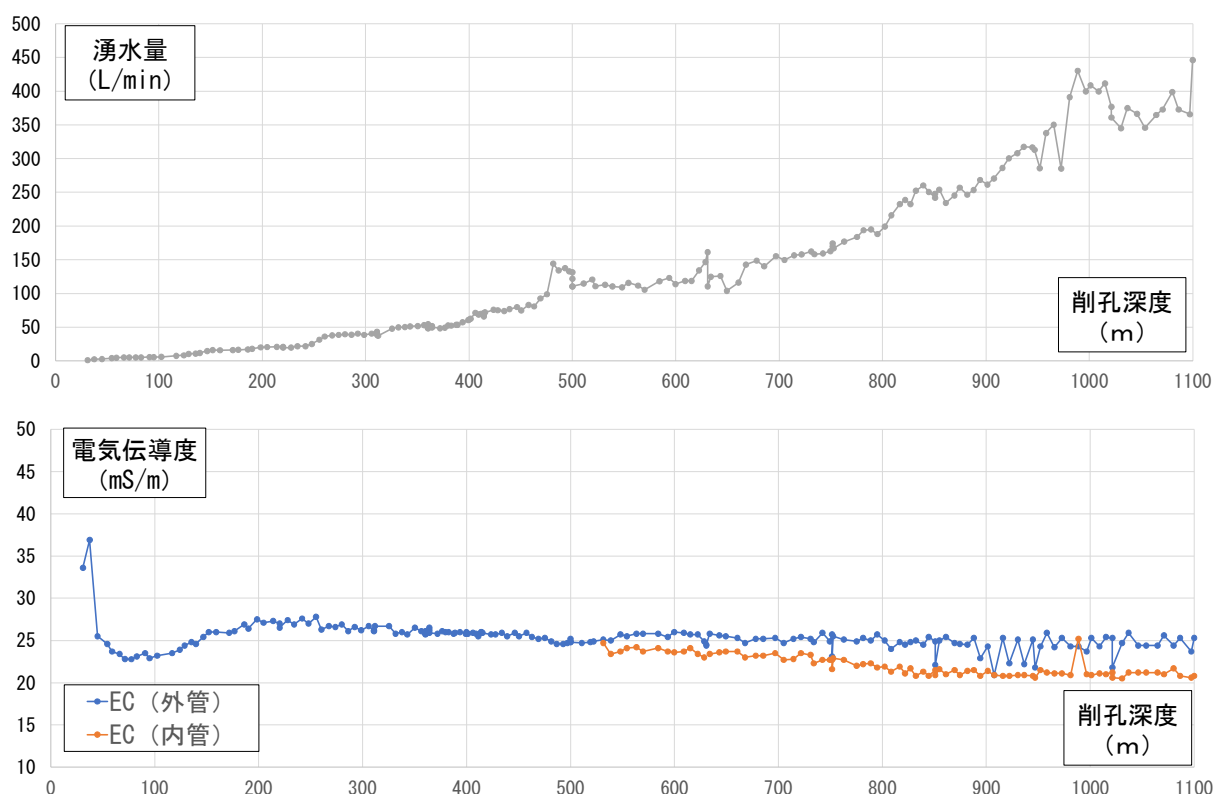


図 17 広河原斜坑の高速長尺先進ボーリングの湧水の水質計測結果

・湧水圧の測定

山梨県境までのボーリングにおいて、削孔位置 100 m 付近の湧水圧測定は、**前回実績として**孔口から 100 m 付近に想定する断層が挟在する付近で平均湧水圧を測定しました。

断層部を挟んで平均湧水圧を測定することで、当該区間の被圧水頭の確認や平均透水係数を算出しました。

表 1 高速長尺先進ボーリング調査の項目等における「孔内での湧水圧測定への挑戦」について、水平方向のボーリング孔で湧水圧を測定する方法について基準等が無い場合、JGS1322（地盤工学会基準 注水による岩盤の透水試験方法）を参考に試験を実施します。具体的な手順は図 18 に示すとおりです。高速長尺先進ボーリングの削孔が断層②に到達し、断層部の粘土層を確認した後に、湧水圧測定へ取り掛かる計画とします。なお、高速長尺先進ボーリングにおける孔内での湧水圧測定については、湧水量が多い場合やボーリング孔の延長が長いとパッカーが上手く挿入できないまたは膨らまずに止水区間を作れないなど、湧水圧を測定できない場合があります。

再開後は、図 13 のとおり断層②付近で実施する計画ですが、その具体的な手順は図 18 と同様です。

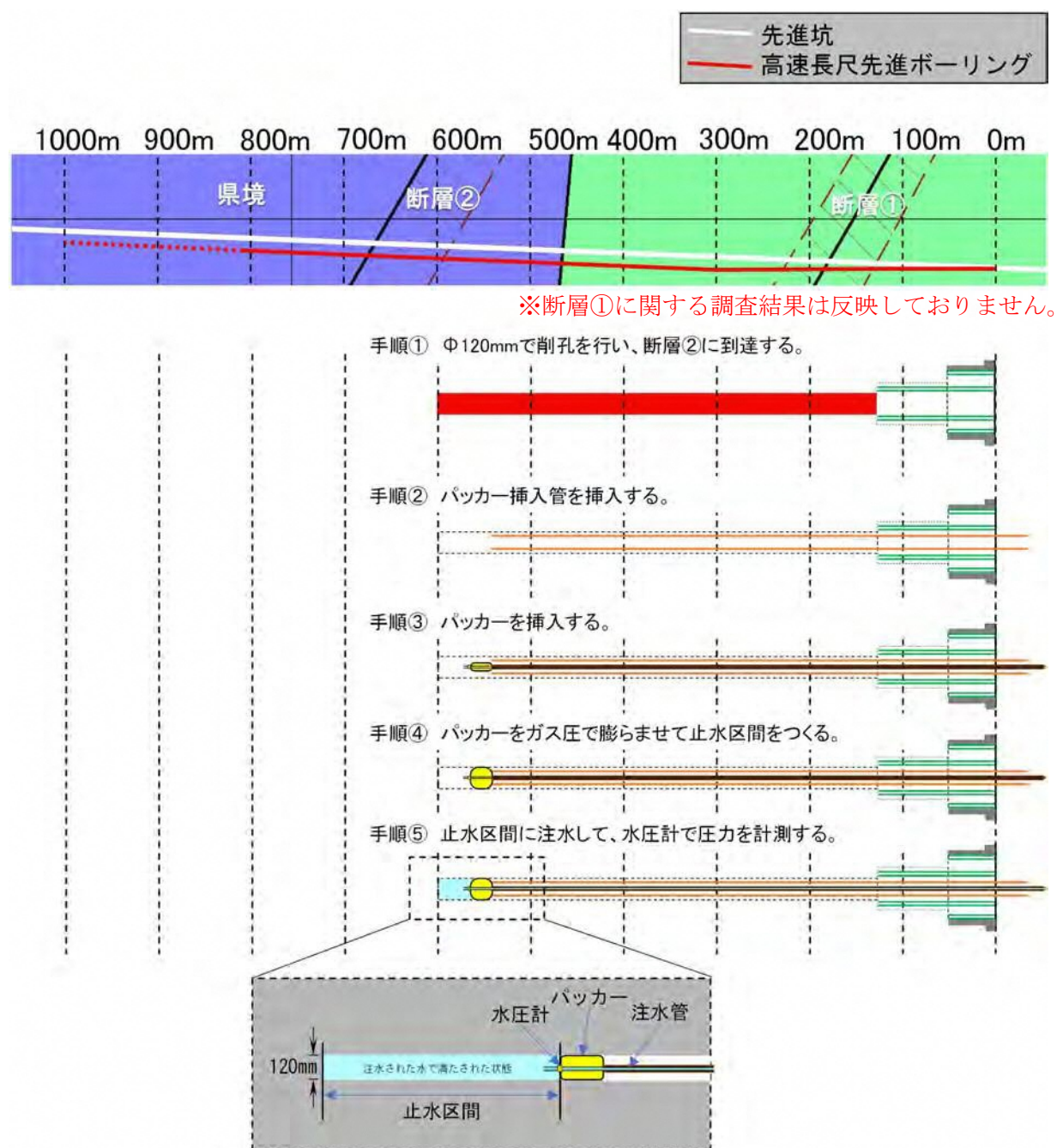


図 18 孔内での湧水圧測定の手順

・湧水の化学的な成分分析

溶存イオン計 8 項目（ナトリウムイオン (Na^+)、カリウムイオン (K^+)、カルシウムイオン (Ca^{2+})、マグネシウムイオン (Mg^{2+})、塩化物イオン (Cl^-)、重炭酸イオン (HCO_3^-)、硫酸イオン (SO_4^{2-})、硝酸イオン (NO_3^-)) の測

定の他、酸素・水素安定同位体比の測定による涵養標高の推定、トレーサーを用いた地下水の涵養年代に関する測定を行います。

トレーサーとしては、深層の地下水であることから半減期が約 5,730 年と長い¹⁴C（炭素）の放射性同位体を使用しますが、地表からの水を引き込んでいないかの判断に資するため、半減期が約 12.3 年と短い³H（トリチウム）の放射性同位体も分析し、判断を行うためのバックデータとして活用します。さらに、トリチウムが検出された場合は、SF₆（六フッ化硫黄）でさらに涵養年数の短い期間に対する分析を行います。

県境までの山梨県内のボーリングにおいては、これまで、高速長尺先進ボーリングφ200mm 削孔中に1回、コアボーリングφ172mm 削孔中に2回、採水を行って分析しています。

今回実施する高速長尺先進ボーリングでは山梨県内のφ200mm 削孔中に1回（断層②付近を想定）、また、静岡県φ120mm 削孔中にも2回（健岩部及び断層部と想定）採水して分析を行うことを計画、検討しています。

これらの分析により健岩部と断層部における現状での違いを把握するとともに、地表からの水を引き込んでいないかの判断に活用します。

なお、孔壁を補強するためのセメンチングを行った後においては、しばらく削孔水を循環させ、その影響を取り除いたうえで採水・分析を行うものの、セメントミルクに含まれている物質の影響が残る場合があるため、そうした影響を含めて考察を行います。

- また、これまで行っている水収支解析においては、既往のボーリング調査における湧水圧試験の結果や有効間隙率試験の結果を参照しつつ、河川流量の実測値と予測値との再現性の検証において最も再現性が良かった透水係数、有効間隙率の組合せからこれらを設定していました。今回、高速長尺先進ボーリング時に実施する湧水圧測定の結果等から現地での平均的な透水係数を把握します。（水収支解析のイメージを図 19 に示します。）

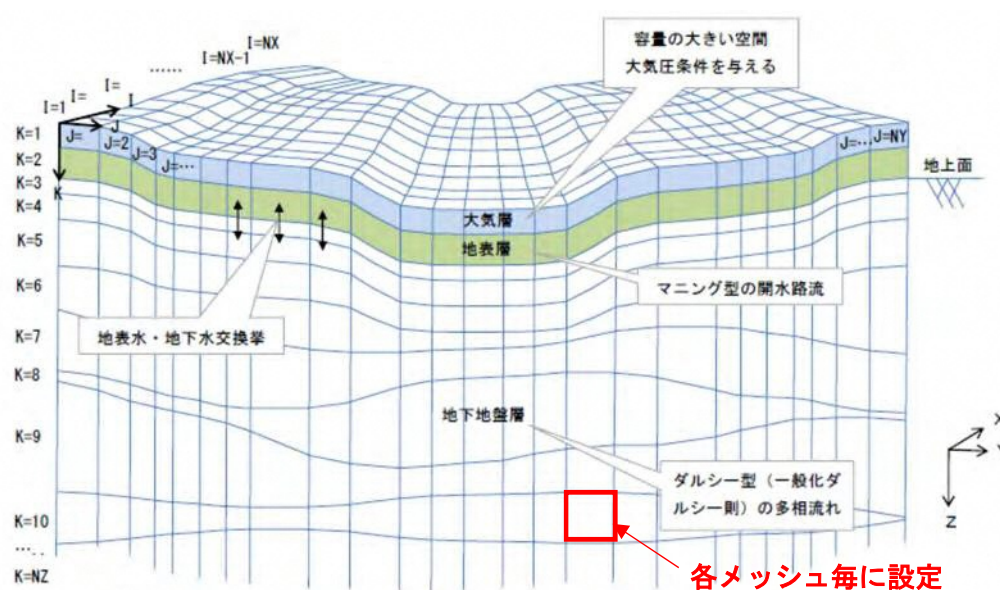


図 19 水収支解析モデル（静岡市モデル）

- 断層帯については、一つの大きな幅をもった区間として設定していました。高速長尺先進ボーリングで地質分布の確認を行い、路線に沿って断層帯の延長や、断層帯と健岩部の分布状況を把握してまいります（図 20）。

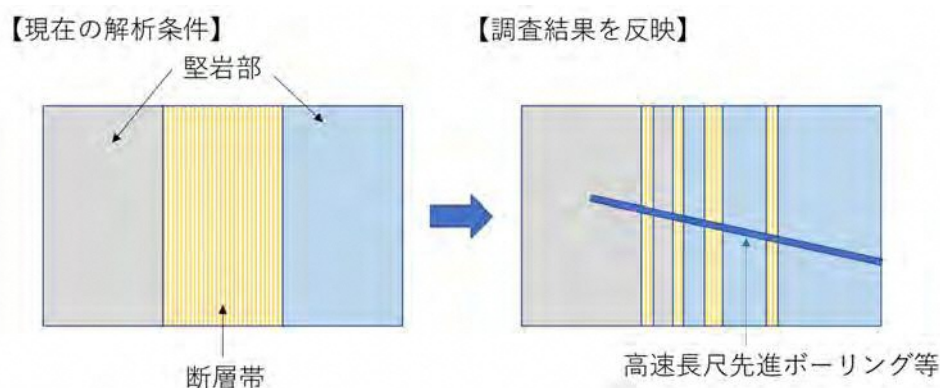


図 20 調査による地盤区分の把握のイメージ

- ・地質・地山と湧水の基礎的なデータを個々に見るのではなく総合的に考察・分析・評価することで、トンネル掘削に関する影響について不確実性の低減を可能な限り図るよう、調査結果をまとめていきます。
- ・調査の結果は専門部会で報告し、地域の皆さまのご懸念の解消につなげてまいります。

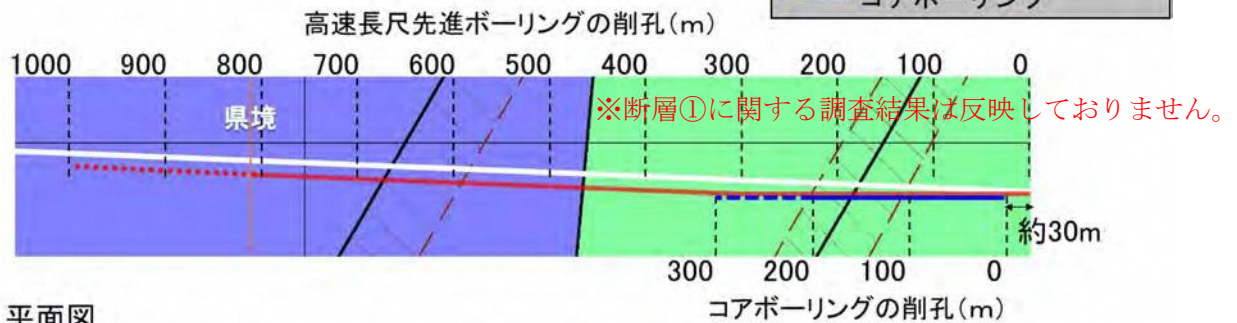
3) コアボーリング

- ・高速長尺先進ボーリングによる調査で、地質の脆い区間や湧水量が急激に増える区間などが確認された場合は、コアボーリングにより詳細を確認します。
- ・コアボーリングで計画する調査項目やコアボーリングの調査によってわかることと、不確実性の低減等に向けたデータの活用方法を表 2 にまとめます。
- ・県境に向けた高速長尺先進ボーリングを実施した結果、ボーリング湧水量は非常に少ないものの、削孔位置 1 1 5 m 付近より地質の脆い区間が確認されました。地質等をより詳細に確認するため、高速長尺先進ボーリングとは別にコアボーリングを実施しました。
- ・別にコアボーリングを行うことから、現在進めている山梨県境に向けた高速長尺先進ボーリングにおけるコア採取を兼ねる計画としました。
- ・コアボーリングの削孔精度が確保できる延長は 2 0 0 m 程度であり、今回の場合、既往の地質縦断図から削孔位置 1 1 5 m 付近の断層を含む地質の脆い区間は、概ね現在（令和 5 年 8 月時点）の先進坑の切羽付近から 1 0 0 ～ 2 0 0 m 程度の位置であることから、先進坑を掘削して近づけた後に実施するのではなく、現在の切羽付近から直接実施する計画としました。
- ・なお、削孔自体は 2 0 0 m を超える延長で実施できるよう準備し（最長 3 0 0 m 程度）、脆い区間の確認が完了した箇所ですべて終了しました（図 2 1）。
- ・コアボーリングの具体的な削孔手順を図 2 2 に示します。孔口より深度 2 0 m 付近までは直径 2 4 2 mm、1 段目（深度 1 2 0 m 付近まで）は 1 3 8 mm、2 段目（深度 2 2 0 m 付近まで）は 1 1 3 mm、3 段目（深度 2 2 0 m 付近以降）は 8 3 mm の孔径で削孔を行い（※）、それぞれの区間でコアを採取しました。
※実績としては、孔口より深度 2 0 m 付近までは直径 2 1 6 mm、1 段目（深度 8 4 m 付近まで）は 1 7 2 mm、2 段目（深度 2 3 0 m 付近まで）は直径 1 3 6 mm、3 段目（深度 2 9 1 m 付近まで）は直径 1 1 2 mm、4 段目（深度 3 0 0 m まで）は直径 8 7 mm の孔径で削孔を行いました。

表 2 コアボーリングの調査項目

調査項目		測定方法	測定頻度	調査によってわかること	活用方法
地質・地山	コア観察	- 採取したコアの観察（岩種、風化、割れ目状態、変質等）（断層粘土の挟在、褶曲構造） - コア採取に関するデータの整理（採取率、最大コア長、RQD等）	全試料延長	- 地質等変化箇所など特定箇所における地質性状の詳細把握 - 岩盤の割れ目の幅や間隔の把握 - 地質の脆い区間の規模（幅等）を把握	- 既往地質図との比較（場所毎の地盤区分の確認） - 地質弱部の評価
	物理特性・力学特性	- 採取コアを整形し各種試験を実施（物理試験） - 密度、含水比、有効間隙率、超音波速度（力学試験） - 一軸圧縮試験、三軸圧縮試験（必要な場合）	地質の脆い区間や湧水量が変化した箇所を実施	岩石が持つ強度や特性の把握	- 有効間隙率の状況確認 - 地質弱部の評価
湧水	孔口湧水量（削孔中）	- 容器法による測定 - 電磁流量計による変動傾向の把握	- 容器法は1日2回を基本。湧水量が大きく変化する箇所やビット交換時なども追加で実施 - 電磁流量計は常時記録	湧水の増加傾向から湧水量の多い区間の把握	- 地表水との連続性が疑われる箇所を推定 - 掘削時の影響に関するリスク分析、対策
	孔口湧水量（削孔完了時）	タービン式流量計	常時		
	孔口湧水の水質（水温、pH、電気伝導度）	デジタル水温計、pH計測器、導電率計による計測	容器法による湧水量の測定と同時に実施	掘削の進捗に伴う変化の傾向を湧水量とも関連付けて確認	- 特定の調査区間における透水係数の確認 - 地下水移動量の把握
	湧水圧測定	- 孔口で止水し調査区間平均湧水圧を測定 - 特定箇所における孔内湧水圧測定	- 湧水量が変化した箇所とその前後で実施 - 孔内湧水圧測定は高速長尺先進ボーリングの結果を踏まえ実施	- 特定の調査区間における透水係数を算出 - 場所毎の圧力変化から地下水の流動傾向を確認	
	湧水の化学的な成分分析	溶存イオン8項目、酸素・水素安定同位体比、不活性ガス（SF₆）、トリチウム等	- 湧水圧測定時に採水 - 湧水量測定で変化がある時は追加実施	シュティフダイアグラム作成、涵養標高・涵養年代の算出	

地質縦断図



平面図

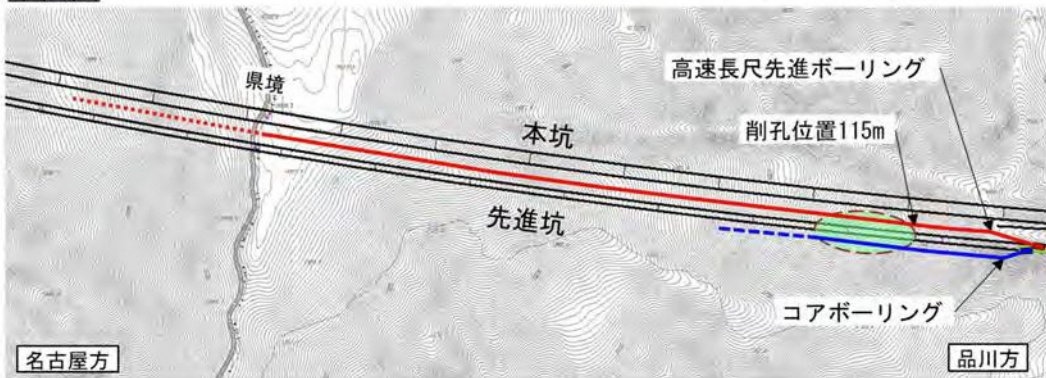
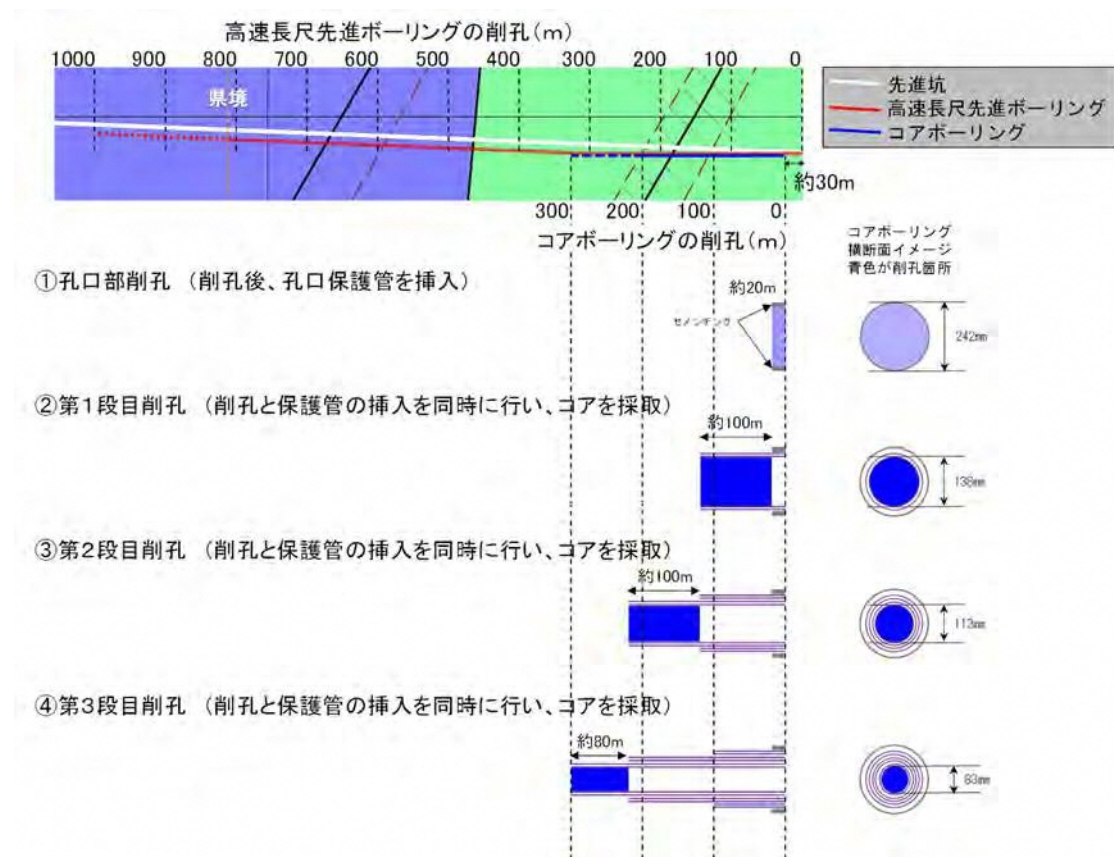


図 2 1 県境に向けたコアボーリング計画



※これまで進めてきたボーリングの計画を示したものであり、実績としての削孔手順とは細部が異なります。

図 2 2 コアボーリングの具体的な削孔手順

- ・コアボーリングでは、取得したコアサンプルによる物理特性・力学特性の確認や、ボーリング孔を利用した現場透水試験等によって現地での水理定数のデータ（透水係数、有効間隙率）を直接把握することができるため、不確実性の低減につなげることができると考えています。
- ・一方、コアボーリングは高速長尺先進ボーリングのようなコントロール機能を有していないことなどから長距離の削孔は難しく、削孔深度が深くなるにつれ、左右に大きく曲がったり、下向きに大きく垂れ下がるなど、削孔精度に大きな課題があるため、この点も考慮のうえで実施を検討しました。
- ・調査結果の報告は、高速長尺先進ボーリングと同様に行います。詳細は、6）調査状況の報告でご説明します。
- ・山梨県境に向けたボーリングにおいては、図 2 3 のように高速長尺先進ボーリングとコアボーリングを同時に行いました。

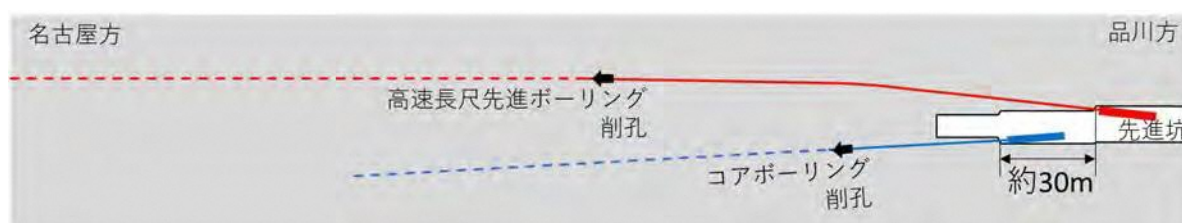
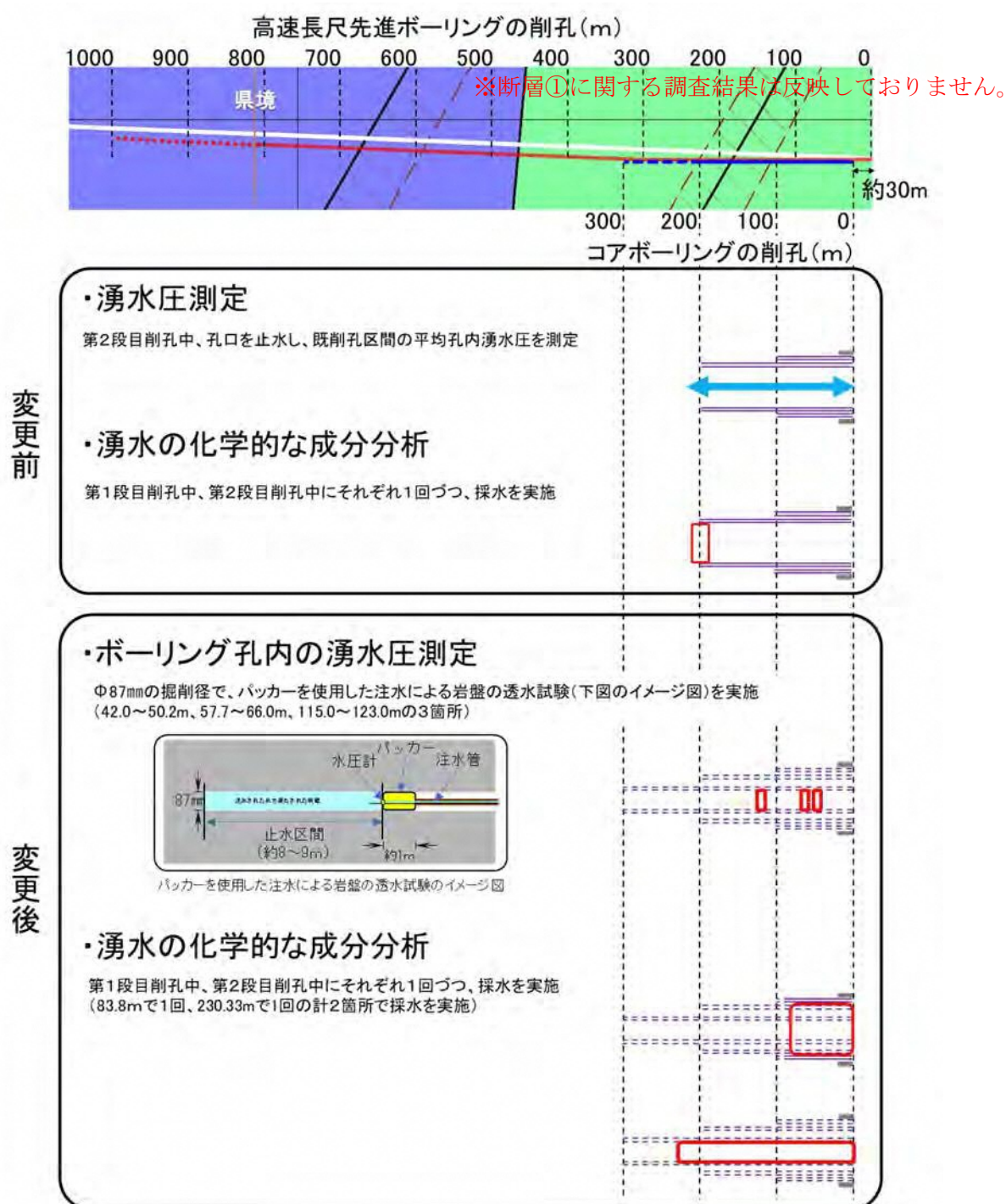


図 2 3 高速長尺先進ボーリングとコアボーリングの平面イメージ図

- ・表2に記載した調査項目のうち、孔口湧水量、孔口湧水の水質については高速長尺先進ボーリングと同様に実施し、結果を報告・公表します。
- ・湧水圧測定、湧水の化学的な成分分析の実施箇所を図24に示します。なお、前回までの専門部会のご意見を踏まえ、測定方法及び実施箇所を変更しております。



※これまで進めてきたボーリングの計画を示したものであり、実績としての削孔手順とは細部が異なります。

図 24 コアボーリングの湧水圧、成分分析の実施箇所

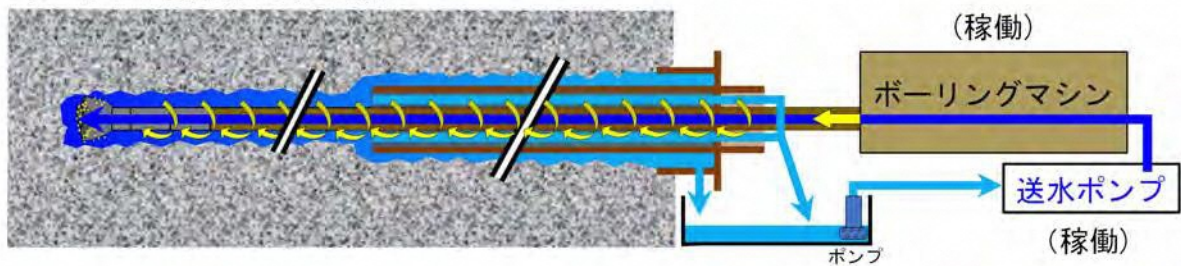
4) ボーリングにおける湧水量の測定方法

- ・ボーリングにおける湧水量の具体的な測定方法は、図 25 のとおりです。
- ・湧水量は、1 日 2 回の容器による計測に加え、電磁流量計による常時計測を行うことにより、湧水の状況を常時把握できるようにします。
- ・ボーリングの削孔作業時は、送水ポンプにより送水しながら削孔するため、削孔のために送水した水とボーリング孔内に流入する湧水が、あわせてボーリング孔口から出てくるため、孔口において湧水のみを測定することはできません。
- ・そこで、ボーリングの削孔期間中は 1 日 2 回、削孔作業を一時中断のうえ送水ポンプからの送水を停止し、孔口からの水量が落ち着いたのちにそれを湧水として容器にて測定します。
- ・また、上述の容器による測定に加え、削孔用に送水する水（削孔水）と孔口より出る湧水（削孔水と地下水が混じった状態）をそれぞれ電磁流量計により計測します。削孔水と孔口より出る湧水では孔内でのリターン時間によるタイムラグが生じるものの、差を取ることで湧水量を算出することが可能（※）です。これにより湧水量の変動傾向を常時把握します。

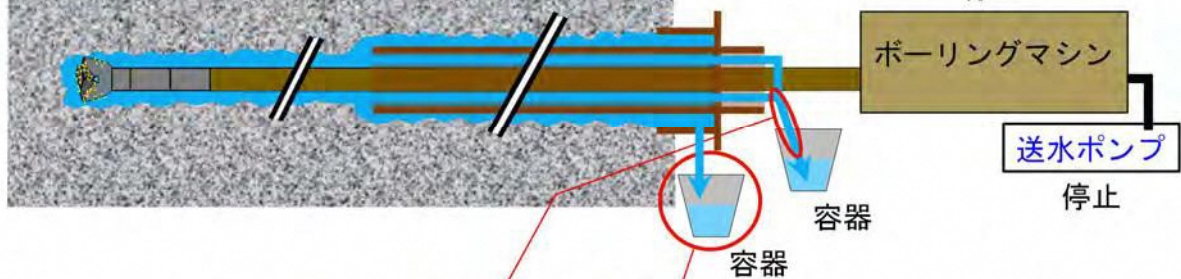
※現在実施中の高速長尺先進ボーリングにおける削孔作業時においては、任意の削孔水量を機械的に設定します。よって、地山や削孔の状況等によって多少の誤差は生じるものの、削孔作業中は一定量の削孔水が送水され続けます。そのため「削孔水と地下水が混じった状態」から「削孔水（一定量）」を差し引くことにより、湧水量を算出することが可能となります。算出結果の一例をグラフに示します。（図 26）また、電磁流量計による流量測定では、測定部の管路を流水が満たす必要があり、そのためには 100L/min 程度の流量が必要です。現在、湧水量は少なく、削孔水を送水しなければ測定できない状態となっておりますが、グラフの緑色ラインあたりまで湧水量が増加すれば、削孔水を送水しなくても測定できる状態となります。

- ・このように、ボーリングの削孔期間中、湧水量の測定は 1 日 2 回の容器による計測を基本としつつ、電磁流量計による湧水量の変動傾向を常時把握することで、湧水量の急激な変化の有無を合わせて把握していきます。
- ・ボーリングによる削孔が完了し、ボーリングマシンなど削孔に必要な機器を撤去した後は、流量計を設置のうえ湧水を常時計測します。
- ・高速長尺先進ボーリング（ノンコアボーリング）、コアボーリングに関わらず、上述の測定方法により、湧水量を測定します。

ボーリング削孔中の水の流れ



ボーリング削孔中の容器による湧水量計測 (削孔を一時停止し、約1時間後) 停止



容器による計測 (写真)

ボーリング削孔中の電磁流量計による湧水量計測

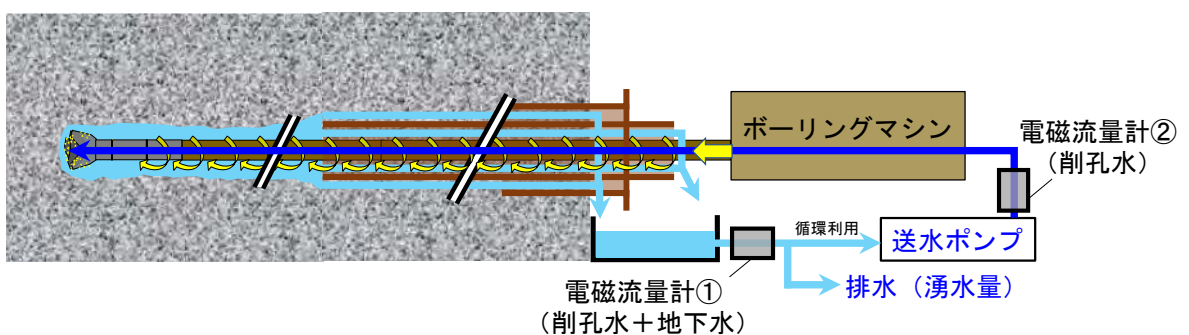
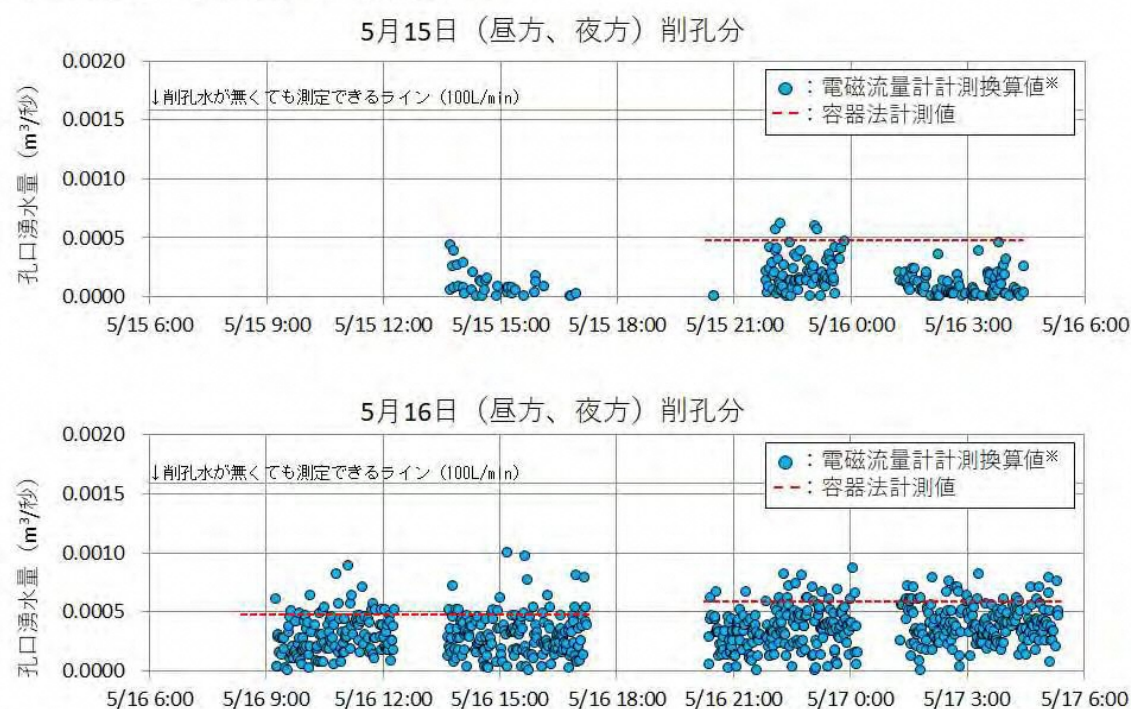


図 25 ボーリングにおける湧水量の測定方法 (高速長尺先進ボーリングの場合)

電磁流量計による削孔中の湧水量計測



※グラフ中の電磁流量計計測換算値は、計測生値から送水量400L/minを差し引いたもので、削孔中のみプロットしている。

図 2 6 電磁流量計による削孔中の湧水量計測

5) ボーリングにおける湧水への対応

【山梨県内において県境付近に向けて実施する高速長尺先進ボーリング】

○県境から約300m以内の区間を調査するにあたって

- ・第12回地質構造・水資源部会専門部会において、慎重に削孔を進める県境に近い区間について、孔口から500m以降（県境から約300m以内）と設定しました。
- ・この区間を慎重に管理してボーリングを行うにあたり、既往の調査等で知得している様々なデータ等の検証や本ボーリング調査でこれまでに得られた結果の評価を行い、この区間で発生する湧水の量について考察を行いました。
- ・前回の専門部会までにご報告した内容は、以下のとおりです。

以下、橙色の囲み箇所は第15回専門部会資料の内容のまま掲載

＜既往調査、データの検証＞

- ・高速長尺先進ボーリングを行う区間と山梨県内の断層①と断層②の位置を地質縦断図を図27に示します。

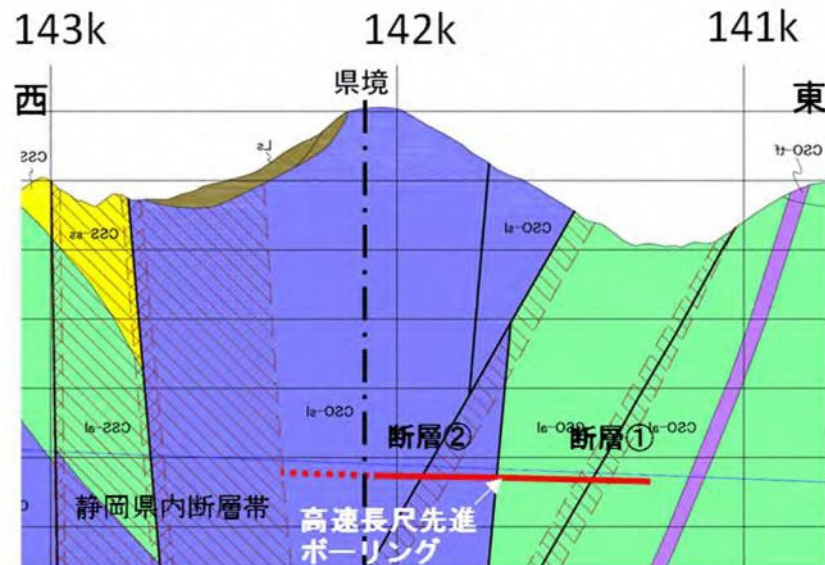


図 27 地質縦断図

- ・断層①と断層②は、既往調査の結果から元々 1 つの断層が途中で分岐していると考えており、その地質平面図を図 28 に示します。
- ・断層①および断層②ともに、走向方向は西北西 - 東南東方向で一致しており、静岡県内断層帯のような南アルプス四万十主帯を構成する主要断層の走向方向（北北東-南南西）とは異なるものであること、また、山梨県側で西側に約 70° で傾落している傾向も同じであり、地質平面図より、静岡県内断層帯と断層①の関係は、静岡県内断層帯と断層②の関係と類似していると考えています（図 28）。

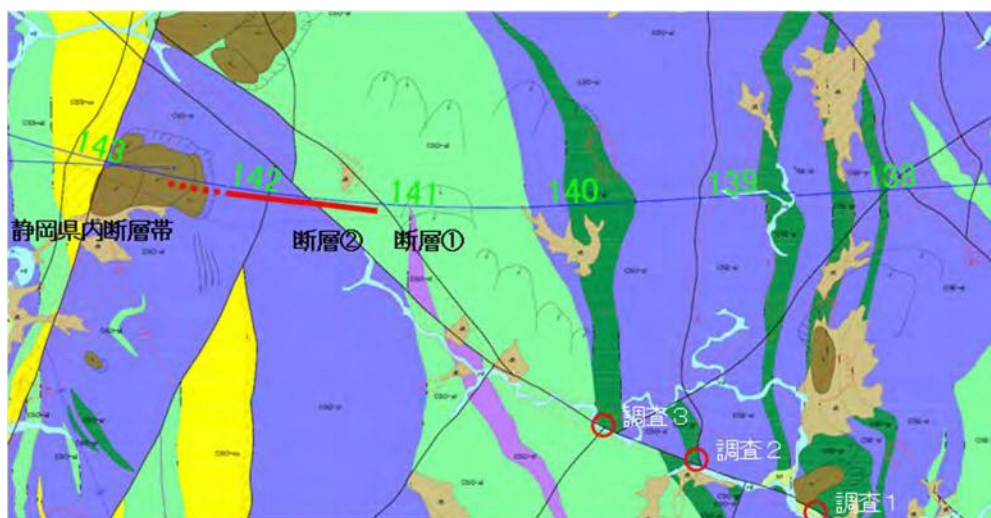


図 28 地質平面図

- ・断層の性状を現地で確認するため、断層が分岐する前の状況確認を中心に当社および地質の専門の調査会社と現地踏査による地質調査を令和5年4月18日に行いました。

現地状況を踏まえ、現地踏査で露頭確認した位置を○印で示します（図28、図29）。



図 29 地表踏査位置図

- ・まず、調査1地点で、粘板岩と緑色岩の断層露頭を確認できました。
この断層露頭は、断層①と断層②が内河内川下流側で分岐する前の状態で分布している箇所となります。
地表走向は西北西-東南東（N50°W80°）で、地質平面図で考える走向と同様であることを確認しました。露頭の確認では、明瞭な断層粘土等は確認できませんでしたが、地層境界を中心に幅約30mで葉片状の割れ目が発達していることから、破碎の幅をもった断層が卓越しているものと考えます（写真1）。
- ・一方で割れ目の発達に対して、地山からの湧水は見られず、ドライ状態でした。



写真 1 調査 1 地点露頭状況（内河内川左岸側）

- ・次に調査 2 地点です。調査 2 は八丁峠という急坂登山道の途中であり、調査 2 の手前から西北西方向に断層鞍部が確認できました。また露頭部では、粘板岩と緑色岩の露頭を確認しました。調査 1 との平面走向の連続性が確認できたほか、地山からの湧水は確認できませんでした（写真 2）。
なお、地形が急峻なため、露頭部を直近で確認することはできませんでした。



写真 2 調査 2 地点断層鞍部遠望と露頭状況

- ・最後に調査3地点です。八丁峠尾根部から内河内川へ登山道を降りた位置で露頭を確認しました。岩盤のゆるみにより明瞭な岩盤の性状は確認できませんでした。が、調査1、調査2と同様に地山からの湧水は見られませんでした。
- ・今回の踏査の結果、断層①と断層②が分岐する前の性状として地表部で湧水は見られず、また今回の高速長尺先進ボーリング調査で断層①の脆い区間を調査した時にも湧水量が少ない状態であったことから鑑みると、この断層は湧水が少ないのではないかと考えています。

＜山梨県内高速長尺先進ボーリング調査結果の評価（地質・湧水量）＞

- ・高速長尺先進ボーリングにおいて、孔口から115m付近で断層①と考えられる地質（スライム）の変化を捉えました。これは、図27の地質縦断図で想定する位置から東側へ30m程度ずれて出現したこととなります。
- ・孔口から122mまでの削孔時スライムを全般確認したところ、地質縦断図では砂岩頁岩互層と考えていましたが、全て粘板岩の単一岩盤で推移しています（資料4-3（別冊）（2）4）地質の状況参照）。

注）頁岩、粘板岩ともに基岩は泥岩であり、岩石の性質が非常に似ているため明確な区別が難しい岩種です。しかし、高速長尺先進ボーリングのスライムは、広河原斜坑掘削時に確認した粘板岩と同じであるため、粘板岩として判定しています。

- ・孔口から122mまでの粘板岩区間における掘削エネルギー係数は脆い区間を除いて、500～1000MN・m/m³と比較的硬質側で推移しています。
- ・孔口から138mの地点以降の地質も、一部硬軟を繰り返す箇所はあるものの、硬い粘板岩が主体となっていることを確認しました（図30）。

○高速長尺先進ボーリングの掘削エネルギー

- ・掘削エネルギーとは取得した掘削機械データを用いて削孔岩盤の単位体積あたりに消費するエネルギーを算出したものです。
- ・一定の力でビットを岩盤に押し付けて削孔すれば、破碎質な岩盤ほど削孔速度が速くなり、消費エネルギーは少なくなります。

【削孔位置（0m～300m）（県境まで815m～515m）】

※孔口部の0～10mは10m以深と掘削方式が異なり比較できないため、掘削エネルギーを算出していません。

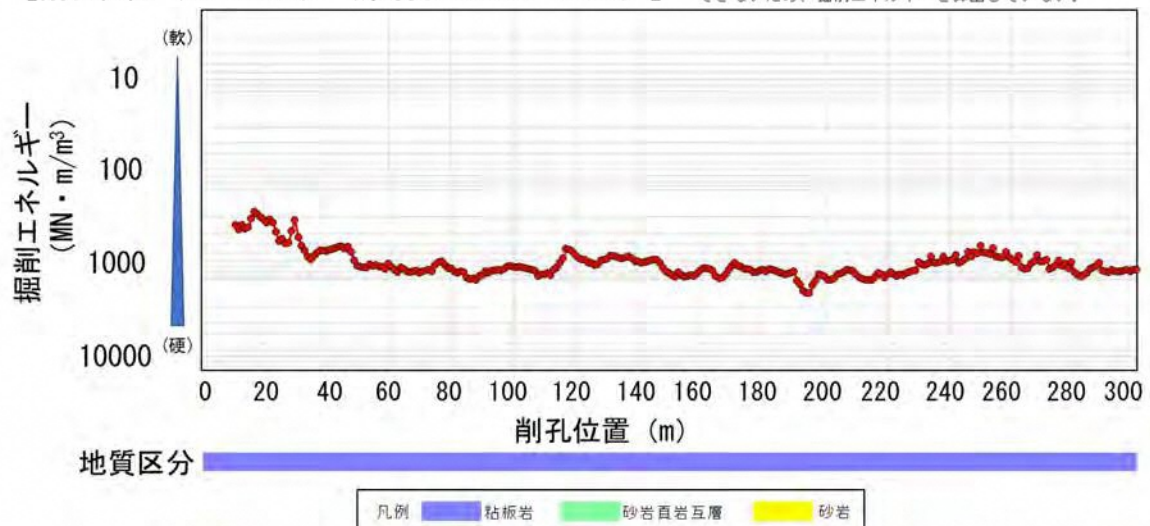


図 30 掘削エネルギー係数（孔口から300mまで）

- ・地質縦断図では、断層②から静岡県内断層帯にかけて粘板岩が連続すると考えており、本ボーリング調査で確認している粘板岩は、静岡県内の断層帯まで連続して推移する傾向と考えます。
- ・過去に大井川（東俣）から山梨県側に向けて行った斜め下向きボーリング調査において、山梨県よりの区間（削孔区間800m～1200m：今回の調査区間の西側に位置する区間）でも、同様に粘板岩主体の地質であったことから、その中間に位置する断層②から県境付近の区間も同様に粘板岩主体の地質であると考えます（図 3 1）。

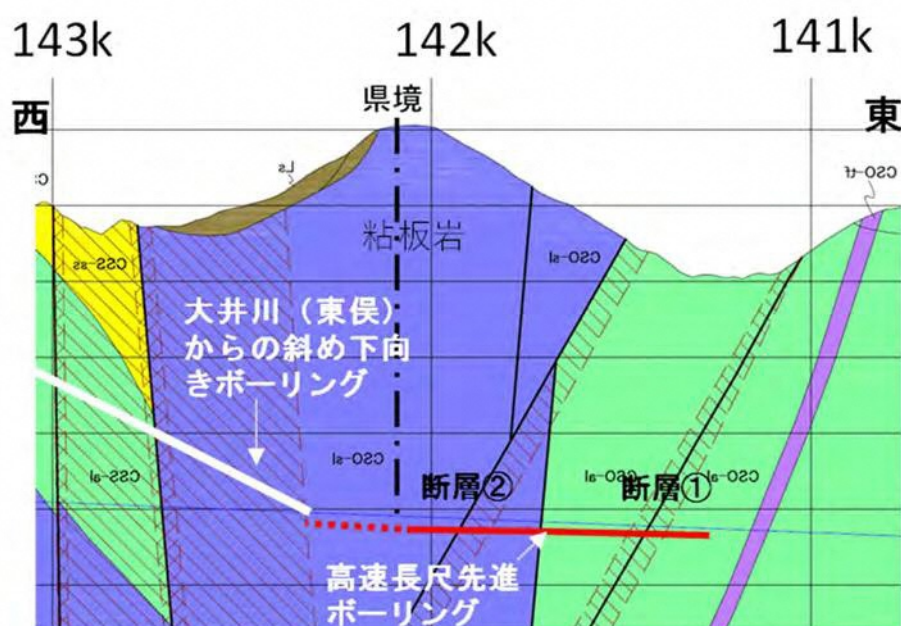


図 3 1 地質縦断図（大井川東俣からの斜め下向きボーリング入り）

- ・孔口から122mまでの区間におけるボーリング湧水量（孔口）は「資料4－3（別冊）（2）2）孔口湧水量」に示しており、平均約 $0.00011\text{ m}^3/\text{秒}$ （約7ℓ/分）となっています。
- 同区間においては、断層①と脆い区間の一部を確認しましたが、この区間においても、湧水量の増加は見られていません。
- ・その後、令和5年5月27日までに、静岡－山梨県境から459m（孔口から356m）の地点まで削孔を行っており、湧水量は掘削の進捗によりやや増加したものの、断層を含め、最大で $0.00090\text{ m}^3/\text{秒}$ （1秒間に900ml）と引き続き少ない状況が続いています。
- ・参考に広河原斜坑で実施したボーリング調査中の最大湧水量（図 1 6：概ね0.

0.025 m³/秒～0.0067 m³/秒程度) に比べ、同等の状況になっています。

- ・こうした湧水の状況は、第15回専門部会「資料4-2(補足1)2)」に示すとおり、東西方向に大きな地圧を受けて圧縮されているため、岩盤内の透水性を左右する亀裂が密着し、水が非常に浸透しにくい状況であることを裏付けているといえます。
- ・過去に大井川(東俣)から山梨県側に向けて行った斜め下向きボーリング調査において、山梨県よりの区間(削孔区間800m～1200m: 今回の調査区間の西側に位置する区間)でも、同様に破碎質であるものの湧水量の増加は少ない状況であり、その中間に位置する断層②から県境付近の区間も、同様に湧水量は少ないと想定されます。
- ・このように湧水の状況は、P58以降の「○調査中の管理」において湧水の管理値を定めていますが、実際の湧水の状況はこれよりも非常に小さい値となっています。
- ・湧水量の管理値の算出について、P68の脚注に示しており、この算出式を用いて静岡県は高速長尺先進ボーリングによる初期の湧水量を先進坑の6割程度と計算されましたが、あくまで突発的な湧水を予測するための式であり、継続的にその量が湧出する訳ではありません。実際には湧水量が時間とともに減少していくのが一般的です。
- ・さらに、高速長尺先進ボーリングの大きさは、約120～200mm、断面積は約0.01～0.10m²であり、先進坑の約35m²、本坑の約100m²に比較して非常に小さくなっています(図8参照)。
- ・静岡県内の断層帯では、水収支解析の結果として先進坑掘削時の湧水量を平均0.12～0.21m³/秒、最大0.29～0.68m³/秒と予測していますが(令和5年3月20日第12回地質構造・水資源部会専門部会 資料1「中央新幹線南アルプストンネル工事における県外流出量を大井川に戻す方策等について」)、一方でこの断層帯を対象に東俣から斜めボーリング(掘削径約120mm)を実施した際の湧水量は平均0.02m³/秒程度、最大0.04m³/秒程度に収まっています(P20 図15)。
- ・こうしたことから、高速長尺先進ボーリングによる湧水量は、トンネル掘削時ほどの量になることはないと考えています。

＜山梨県内高速長尺先進ボーリング調査結果の評価（湧水圧試験）＞

- ・山梨県内の断層①を含む孔口から50m～122mの区間で湧水圧測定を行いました。
- ・湧水圧測定の結果、孔口湧水圧は約0.04MPa、当該調査区間における平均透水係数は $2.39 \times 10^{-7} \text{ m/秒}$ と算出されました。

この透水係数は、非常に小さい値であり、先述した地質や湧水量の傾向からも透水性の小さい岩盤であることを補完する結果であると考えます。（図 3 2）

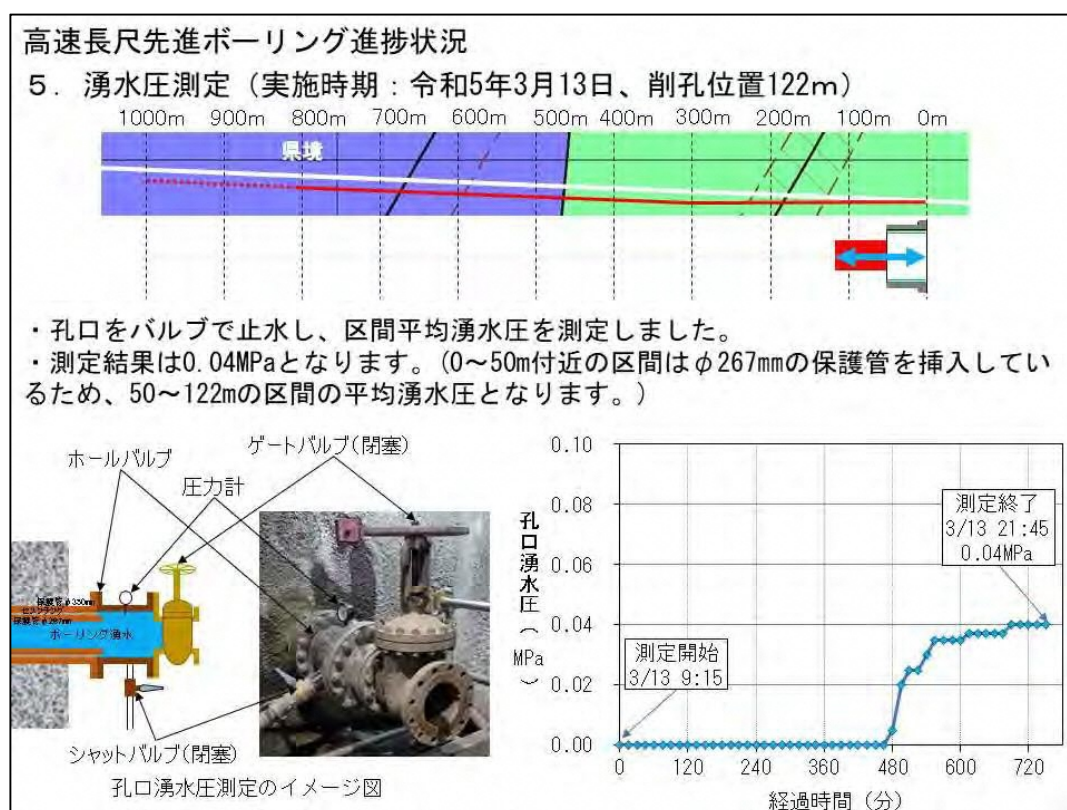


図 3 2 湧水圧測定結果

- ・今後、孔口から600m付近までの区間やコアボーリングでも湧水圧測定ならびに透水係数の算出を行う計画です。

＜山梨県内の断層①付近でのコアボーリングによる確認＞

- ・ P 2 8 3) コアボーリング に関する計画をお示ししました。

コアボーリングは、断層①とその前後の脆い区間での詳細を確認することとし、地質や地下水の状況を詳細に把握し、先進坑掘削時の湧水に関する不確実性を低減するとともに、先進坑掘削を安全に行うため、トンネル支保工の設計に用いるデータの評価・活用を行います。

- ・ コアボーリングで取得したコアの観察により地質弱部等の詳細（岩種、風化、割れ目状態、変質等）を確認したり、コアによる物理特性や力学特性を各種試験により把握したりすることで、より詳細なデータの取得・評価を行います。

- ・ その後得られたデータ等をもとに考察を加えた内容を記載します。

＜ボーリング及び先進坑掘削結果に基づく地質の考察＞

- ・ 孔口から 1 1 5 m 付近の断層を含む脆い区間の地質等をより詳細に確認するためのコアボーリングを、5 月 1 8 日に開始し、7 月 2 0 日に 3 0 0 m まで到達し、削孔を終了しました。
- ・ コアボーリングの湧水量は最大で 0 . 0 0 0 5 7 m³/秒（1 秒間に 5 7 0 ml）で、高速長尺先進ボーリングと同様に少ない状況でした。
- ・ 粘板岩並びに砂岩粘板岩互層を主体とする地質で、コアボーリングの孔口から 3 0 m 付近より 1 0 0 m 付近までの区間と 1 4 5 m 付近から 2 1 0 m 付近までの区間は、特に脆いコアが多いことが分かりました。なお、高速長尺先進ボーリングの掘削エネルギーから、7 0 m 付近以降において脆い区間（掘削エネルギー値が急激に小さくなる箇所が所々続く区間）が複数あることを確認しており、これらは特に脆いコアと地層の関連があると考えられることから、その後進めた先進坑掘削時の切羽観察の結果などから、さらに考察を行いました。

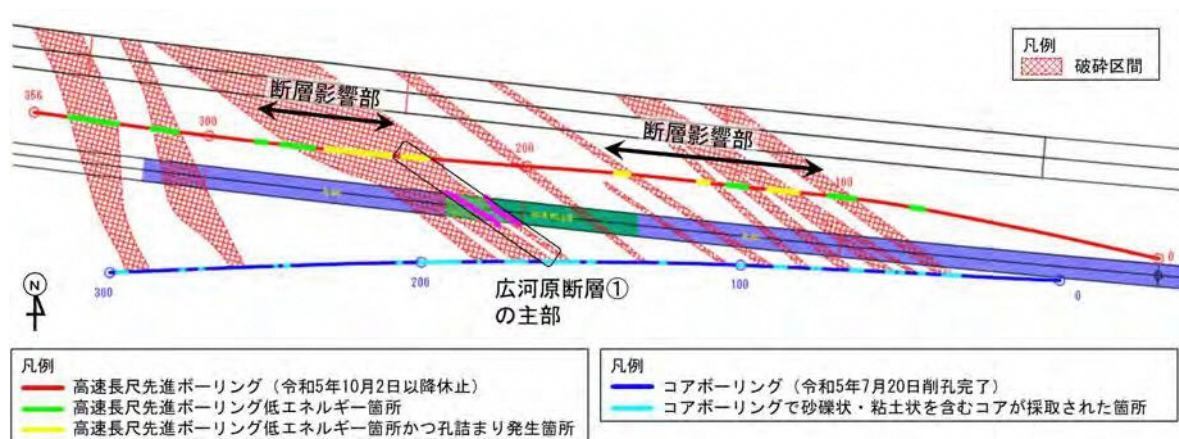


図 3 3 高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングの調査結果

- ・ 図 3 3 のとおり、高速長尺先進ボーリングの削孔エネルギー値が低下した箇所及び孔詰まりが発生した箇所と、コアボーリングで砂礫状・粘土状のコアが採取された箇所を対比し、対比した箇所を破碎区間として評価し、高速長尺先進ボーリングの孔口の高さに投影しました。
- ・ また、図 3 4、図 3 5 のとおり、特に孔詰まりの酷かった区間は、先進坑のトンネル掘削切羽面でも断層を確認しており、断層①の主部であると考えられます。断層①の主部は、岩片の間に粘土が挟まれており、周辺は破碎を受けて脆くなった岩片で構成されています。高速長尺先進ボーリングの削孔時、高水圧により粘土分が流出し、支えを失った岩片が絶え間なく崩れ、孔詰まりが発生したものと考えています。
- ・ なお、先進坑の掘削においても切羽面からの湧水は一部が湿る程度と極めて少ない結果でした。

- これまでのボーリング結果（図 3 3）より、トンネルの位置付近においては、まず東側より、断層影響部と想定される薄い層と健岩部等が複数回交互に確認された後、一定の間隔を空けた（100m程度）西側において、断層の主部と考えられる層が確認されました。
- 上記状況は、その後同区間を掘削した先進坑の切羽面におけるそれぞれの層の出現位置からも改めて確認することができました。なお、図 3 4 と図 3 5 の写真は断層主部の切羽写真であり、特に図 3 4 の写真では差し目の傾斜が具体的に確認できます。（断層影響部の切羽と主部の切羽を比較した場合、主部の傾斜角が少し緩くなっている状況が現場においては確認できました。）
- 断層①付近に関して、これまでに記載した情報を地質縦断図に描写すると図 3 6 のとおりとなります。

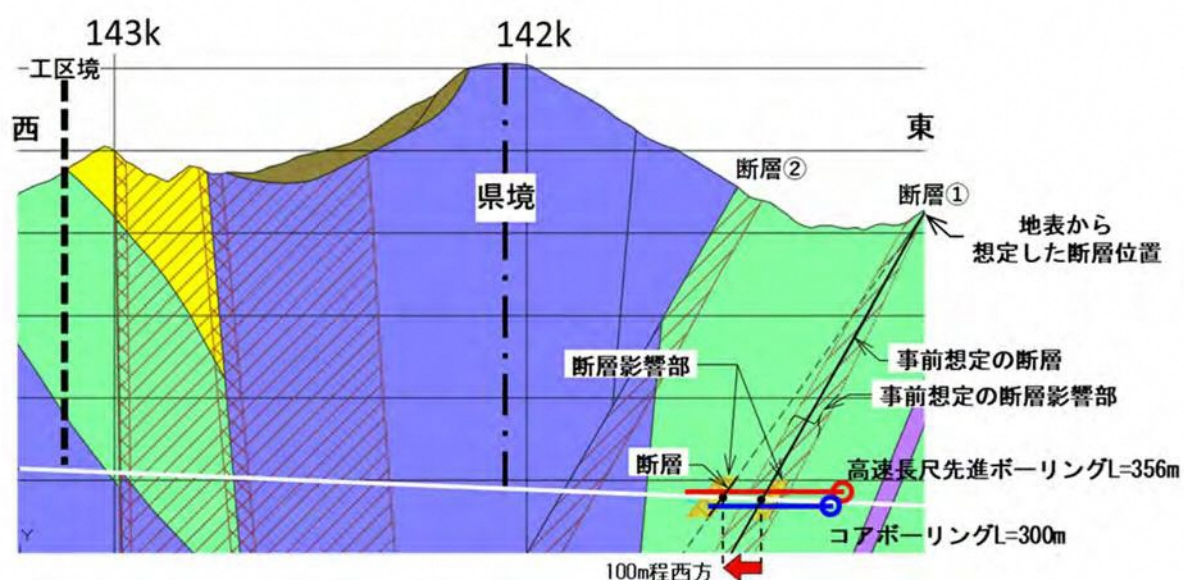


図 3 6 地質縦断図（更新後）

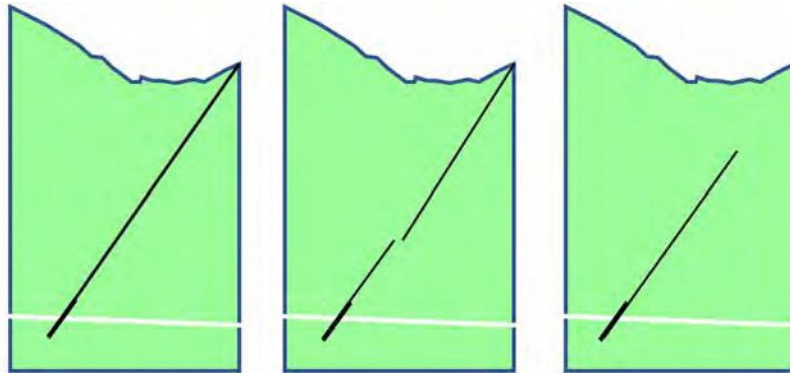


図 3 7 断層①の概念図

- ・図 9 (P 1 2) では、地表踏査から得られた情報より、断層①を一本の線にて示しています。
- ・この断層①が図 3 7 の左側のように表層部からトンネルの位置付近まで一本の経路で繋がっているか、あるいはいずれかが地下で途切れていたり、または地中のある深さから出現するものかは今回の調査結果のみからは判断出来ませんので、図 3 6 では地表とトンネルの位置の間は点線等で表現していますが、仮に図 3 7 の左側のように、トンネル湧水の発生リスクに対しては一本の経路で繋がっている断層を想定することが、最もリスクの高いモデルと判断していることに変わりはありません。
- ・ただし、これまでのボーリング調査、先進坑の掘削いずれにおいても、実際に断層①主部を含む全ての区間で湧水量が少なかったことが確認されました。

<コアボーリング時の孔内湧水圧試験、有効間隙率測定結果に基づく考察>

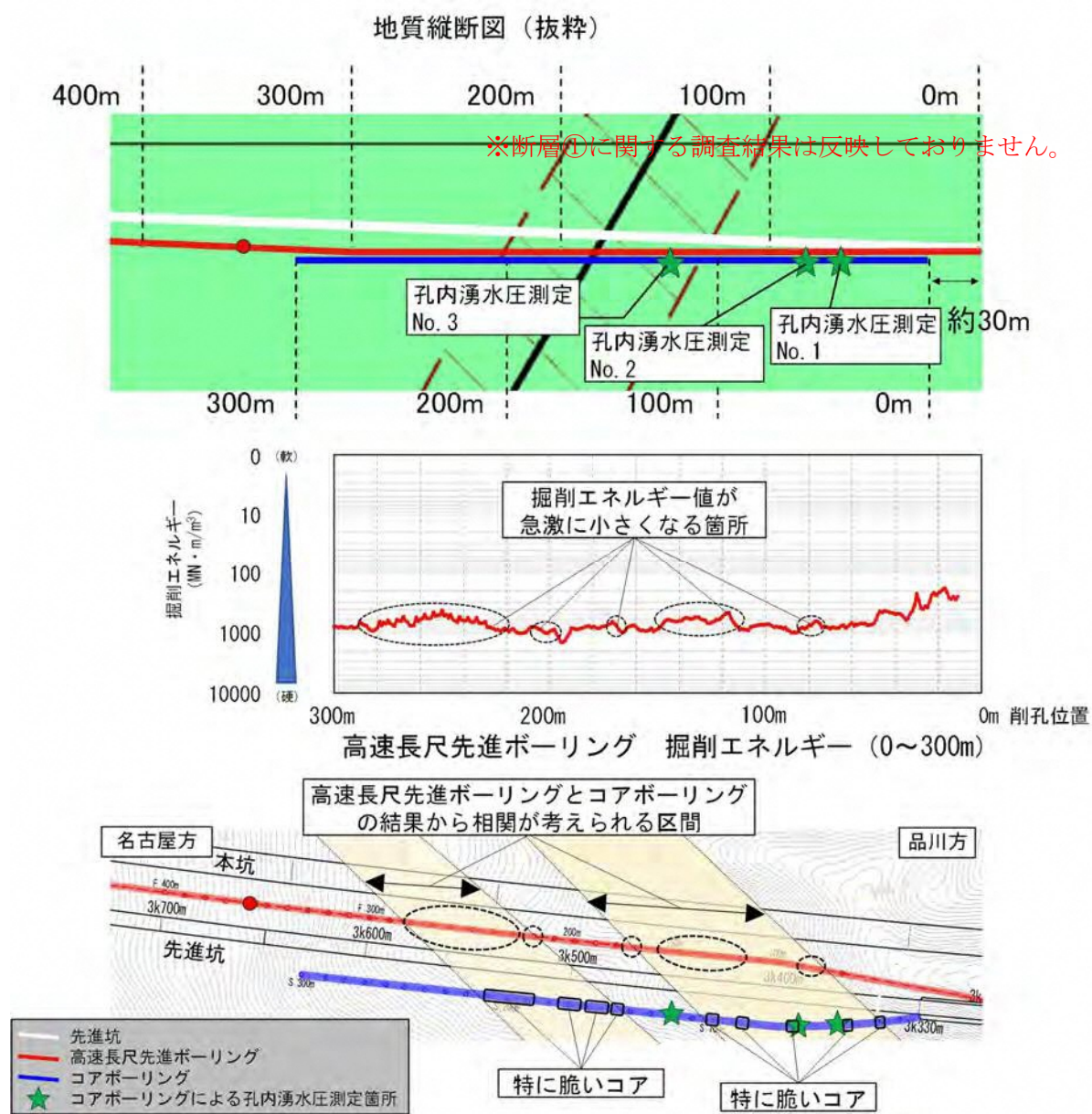


図 38 コアボーリング調査結果の概要

- ・コアボーリング孔を利用した孔内湧水圧測定を3箇所で行いました。（図 38）ボーリング孔内での湧水圧測定については、水平方向のボーリング孔で湧水圧を測定する方法について基準等が無い場合、JGS1322（地盤工学会基準 注水による岩盤の透水試験方法）を参考として実施しました。測定は87mmの径で削孔したボーリング孔にパッカーを挿入し、止水区間をつくり、止水区間へ注水管で水を注水し、止水区間の水圧を計測する方法で実施しました。測定のイメージ図

は、図 3 9 のとおりです。測定を実施した各 3 箇所のコア写真は写真 3、写真 4、写真 5 のとおりです。

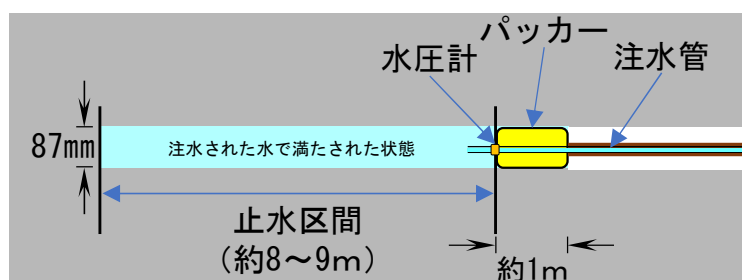


図 3 9 コアボーリング調査結果の概要

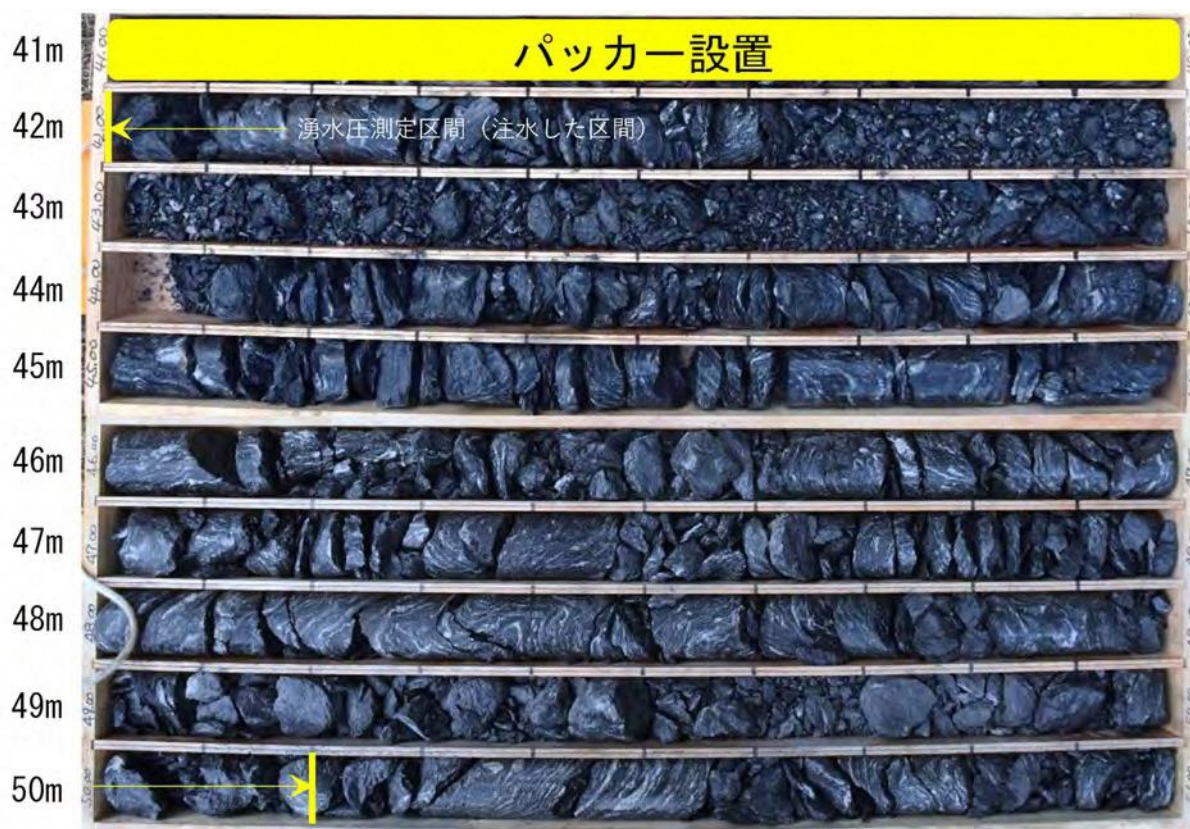


写真 3 孔内湧水圧測定 No. 1 (42.0m～50.2m) コア写真

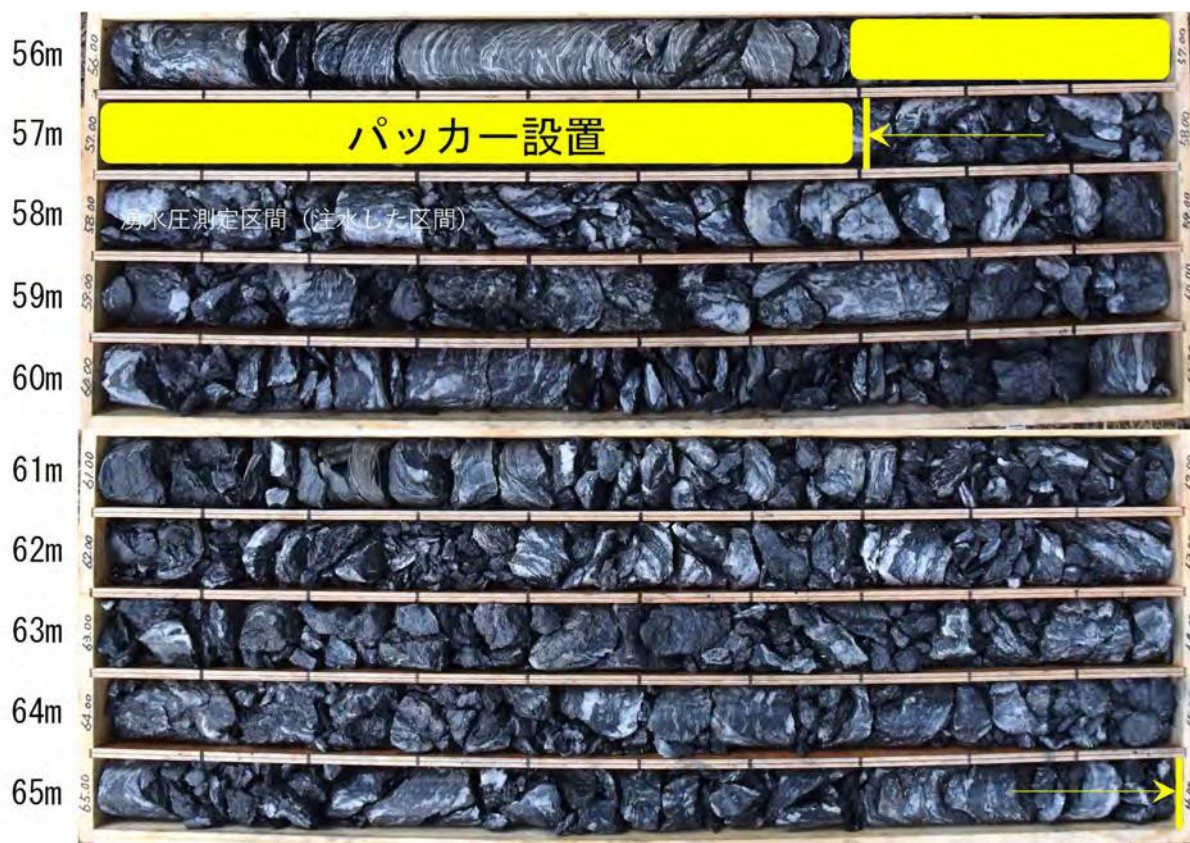


写真 4 孔内湧水圧測定 No. 2 (57.7m～66.0m) コア写真



写真 5 孔内湧水圧測定 No. 3 (115.0m～123.0m) コア写真

- ・3箇所の測定結果は、有効注水圧力水頭が30～70（m）程度、注水量は0.002～0.007（L/min）でした。なお、得られたデータから透水係数を算出したところ $6.1 \sim 9.1 \times 10^{-11}$ （m/s）となりました。
- ・また、間隙率の測定については ISRM 指針（ISRM：世界岩の力学連合会（International Society of Rock Mechanics）の「3. 飽和・浮力方による有効間隙率、密度試験の指針」を参考に実施します。具体的にはコア（岩片）を真空条件下で浸水させ、飽和状態の質量を計測し、その後105℃で炉乾燥させ、乾燥状態の質量を計測し、飽和状態の質量と乾燥状態の質量から間隙率を算出しました。

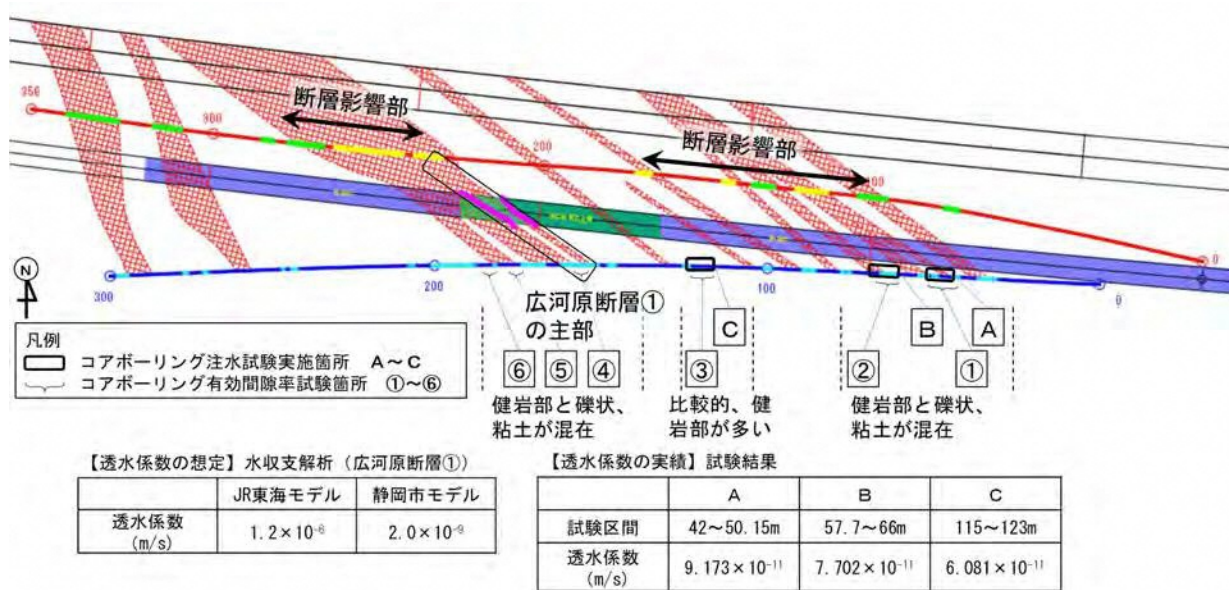


図 40 コアボーリングの透水係数試験結果

- ・孔内での注水方式による試験は、断層部を含めて実施したものの、付近の地層は全体として東西方向に強い力を受けて圧縮されており、その影響で透水性が小さくなっているものと考えられます。

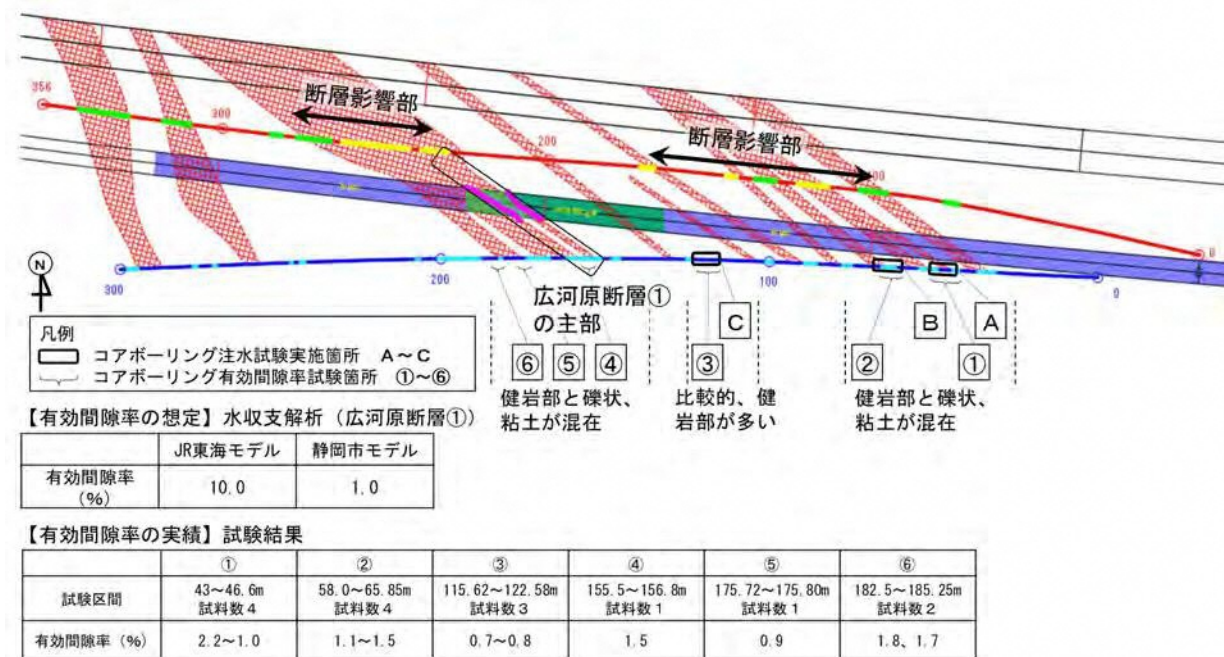


図 4 1 コアボーリングの有効間隙率試験結果

・全体として有効間隙率は水収支解析の前提（静岡市モデル：1.0%）と比較して同程度の結果となりました。①の2.2%等、一部の値が僅かに上昇している箇所は、粘土質の試料を用いたためと推察されます。有効間隙率が大きくなると短期的なトンネル湧水の量は増加する方向に働く一方、継続時間は短くなる方向に作用しますが、前述のとおり地質が締まっていて透水係数が小さく、実際に湧水量は少ない状況です。

コアボーリング コア写真 (42～50m)

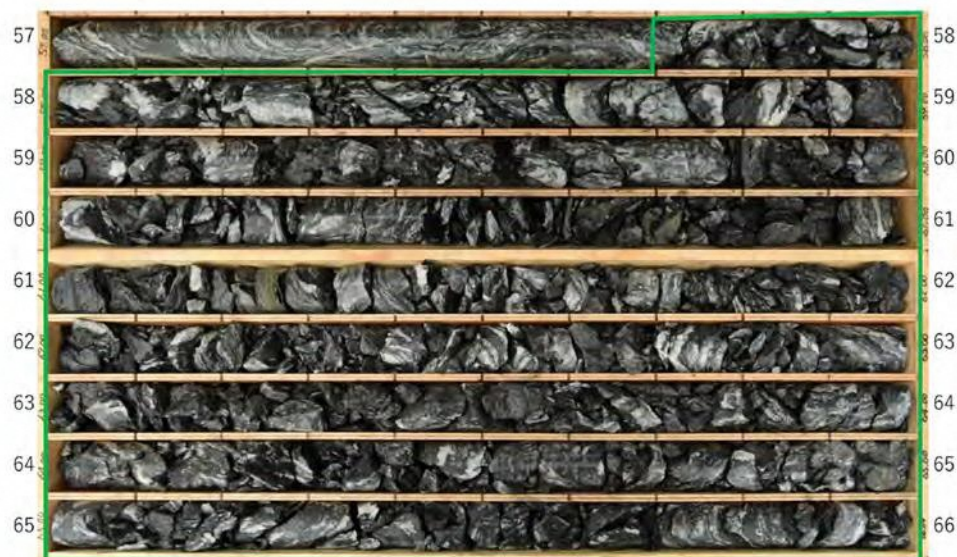


	A
試験区間	42～50.15m
透水係数 (m/s)	9.173×10^{-11}

	①
試験区間	43～46.6m 試料数 4
有効間隙率 (%)	2.2～1.0

図 4 2 コアボーリング コア写真 (42～50m)

コアボーリング コア写真 (57～66m)



	B
試験区間	57.7～66m
透水係数 (m/s)	7.702×10^{-11}

	②
試験区間	58.0～65.85m 試料数 4
有効間隙率 (%)	1.1～1.5

図 4 3 コアボーリング コア写真 (57～66m)

コアボーリング コア写真 (115～123m)



	C
試験区間	115～123m
透水係数 (m/s)	6.081×10^{-11}

	③
試験区間	115.62～122.58m 試料数 3
有効間隙率 (%)	0.7～0.8

図 4 4 コアボーリング コア写真 (115～123m)

コアボーリング コア写真 (155～159m)



	④
試験区間	155.5～156.8m 試料数 1
有効間隙率 (%)	1.5

図 4 5 コアボーリング コア写真 (155～159m)

コアボーリング コア写真 (175～179m)



	⑤
試験区間	175.72～175.80m 試料数 1
有効間隙率 (%)	0.9

図 4 6 コアボーリング コア写真 (175～179m)

コアボーリング コア写真 (181～186m)



	⑥
試験区間	182.5～185.25m 試料数 2
有効間隙率 (%)	1.8、1.7

図 4 7 コアボーリング コア写真 (181～186m)

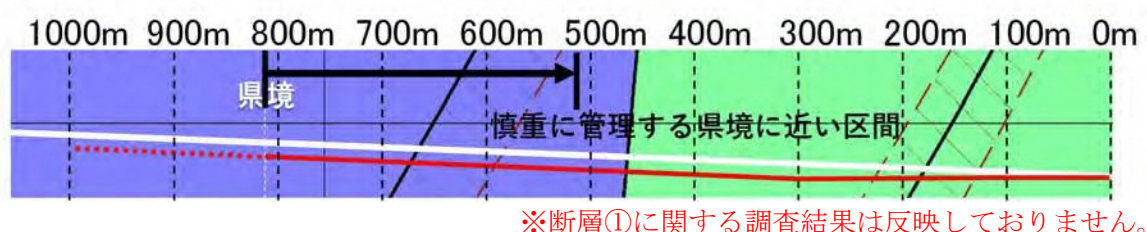
＜現調査時点におけるまとめ＞

- ・過去のボーリング結果や今回の調査結果、**先進坑掘削の結果**から四万十帯犬居層群～寸又川層群にかけての地質と湧水量の傾向として現調査時点で考えられることをまとめます。
 - 既往調査の結果等を総合すると山梨県内の断層①と断層②は類似性がある。
 - これまでの高速長尺先進ボーリング**及びコアボーリング**の結果、山梨県内の断層①を含めた区間においても、孔口湧水量は広河原斜坑施工時よりもさらに少ない。
 - 山梨県内の断層①の前後は、高速長尺先進ボーリング**及びコアボーリング**で比較的堅硬な粘板岩であることを確認しており、断層①を含む湧水圧試験の結果は透水性が低いことを示している。
 - 湧水量の少ない状況は、**コアボーリング及び先進坑掘削においても確認された。**
 - 高速長尺先進ボーリングの断層①主部で確認された脆い地質は、**コアボーリングでも地層に沿って確認され、当該箇所を含む透水係数試験の結果、透水係数は非常に小さいものとなった。また、コアボーリングでは有効間隙率試験も実施し、一部のサンプルにおいては値が大きいことが確認されたが、全体として1.0%前後の結果であった。**
- ・以上のことから、今後、山梨県内の断層②を超えて高速長尺先進ボーリングを行った場合においても、断層①の調査状況から鑑み、静岡県がご懸念されているような大量の湧水や自然環境への影響が生じる可能性は小さいと考えます。
- ・**しかしながら、調査にあたってはリスクの発生を考慮のうえで、特に断層②の部分に着目しながら慎重に実施していくことが重要であり、以下でその内容について述べます。**

○調査中の管理

- ・山梨県内を削孔中に生じる湧水について、調査中は削孔に必要な水をポンプで循環させる必要があることから、孔口から流します。
- ・調査中はP 3 3に示す方法で継続的に湧水量を測定します。
- ・特に地質や湧水の変化に注意しながら、慎重に削孔を進める県境に近い区間（図 4 8）において想定されるリスクについては、**図 4 9のリスクマトリクス及び図 5 0～図 5 3のリスクマップ**のとおり想定しました。その内容を考慮して、以下のとおり慎重に管理を行います。

なお、リスクマップ及びリスクマトリクスについては、上記以降、静岡県や専門家からいただいたご意見を踏まえて、今回更新しています。



※断層①に関する調査結果は反映しておりません。

図 4 8 慎重に管理する県境に近い区間

（ボーリングの管理項目と管理値）

- ・ボーリングを実施する際には、P 2 1に示すように湧水の湧水量、水温、p H、電気伝導度を測定しますが、リスク要因となる湧水の発生量（削孔の進捗とともに、増加する湧水の量）に着目して管理値を設定し、管理を行います。
- ・水資源・生態系へのご懸念に配慮し、静岡県内で水資源・生態系の調査を行っている沢のうち、断層帯に関連する箇所（図 5 4に示すスリバチ沢を予定）において流量の**常時計測**を実施します。また、**委員のご意見を踏まえ、伝付峠付近（図 5 4に示す）に存在する湧水の状況について、天候等を考慮しながら月 1 回程度、確認（目視による確認及び湧出量計測）**します。
- ・なお、静岡県側の地表面の水分量が減少する可能性があるという懸念が示されていますが、この点については、トンネル工事全体のモニタリングとして、県境付近の断層帯に近い箇所（伝付峠）に設置している地表水分計のデータ（常時計測）の結果が現状と変わらない変化を示すことを必要の都度確認してまいります。

リスクマトリクス（ボーリングに伴う湧水の発生）

事象	リスク要因	リスク	モニタリング	リスク対策
断層からのボーリング湧水	A : 断層②削孔時の出水に伴う水の移動（断層②と県境付近の断層帯が透水性が高い状態で連続する場合）	沢の流量減少	ボーリング湧水量の計測 湧水の水質 【特に他の箇所からの水の流入を示す水温、ECの上昇に注意】 沢のモニタリング	・湧水量が多い場合、 ・慎重に削孔 ・モニタリング頻度増加、湧水の起源を分析 ・湧水量が管理値を超え、時間が経っても減少しない場合は湧水を止める ・ボーリング自体を田代ダムの取水停止期間中に実施 ・ケーシングの挿入
	B : 県境付近の断層帯の削孔時の出水に伴う水の移動 地下水低下	沢の流量減少 湧水の県外流出	上記と同様 【湧水の水質については、特に地上部からの水の流入を示す水温、EC、pHの低下に注意】	・上記 と同様 ・削孔完了後は県境付近で湧水を止める
健全な地質からのボーリング湧水	C : 出水に伴う時間を掛けた水の移動	長期的な沢の流量減少	上記と同様 【湧水の水質については、特に他の箇所からの水の流入を示す水温、ECの上昇に注意】	

図 4 9 ボーリングに伴う湧水の発生に関わるリスクマトリクス

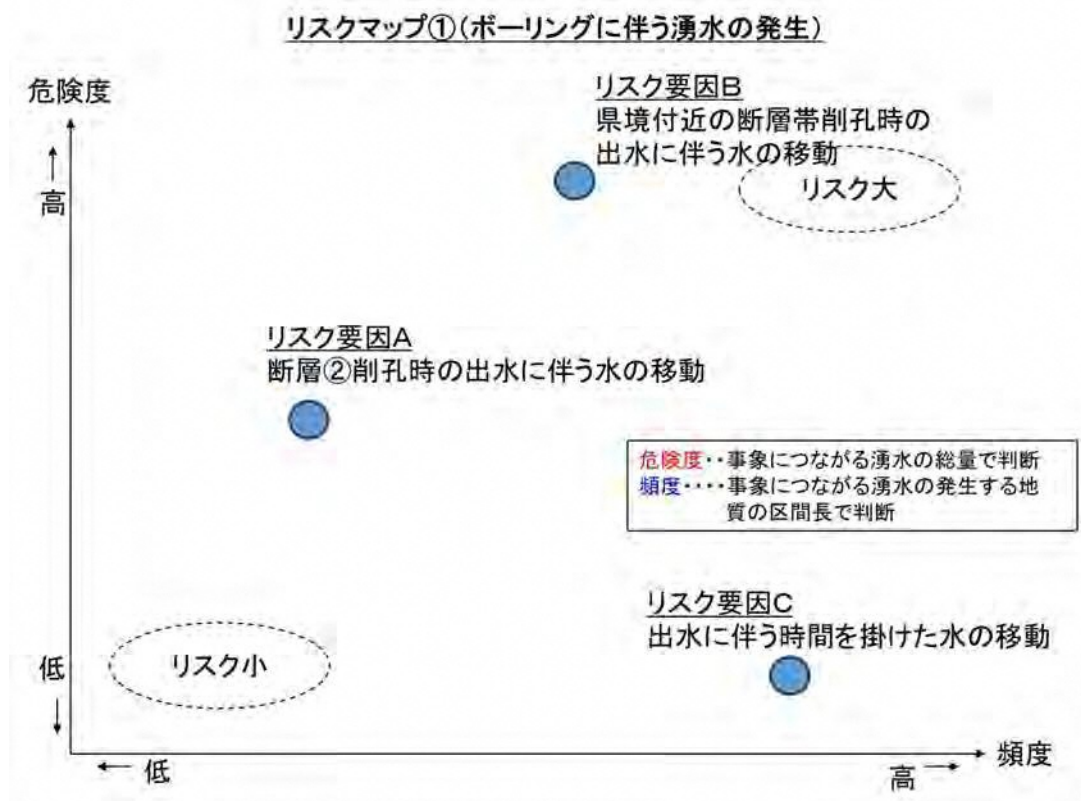


図 50 ボーリングに伴う湧水の発生に関わるリスクマップ①

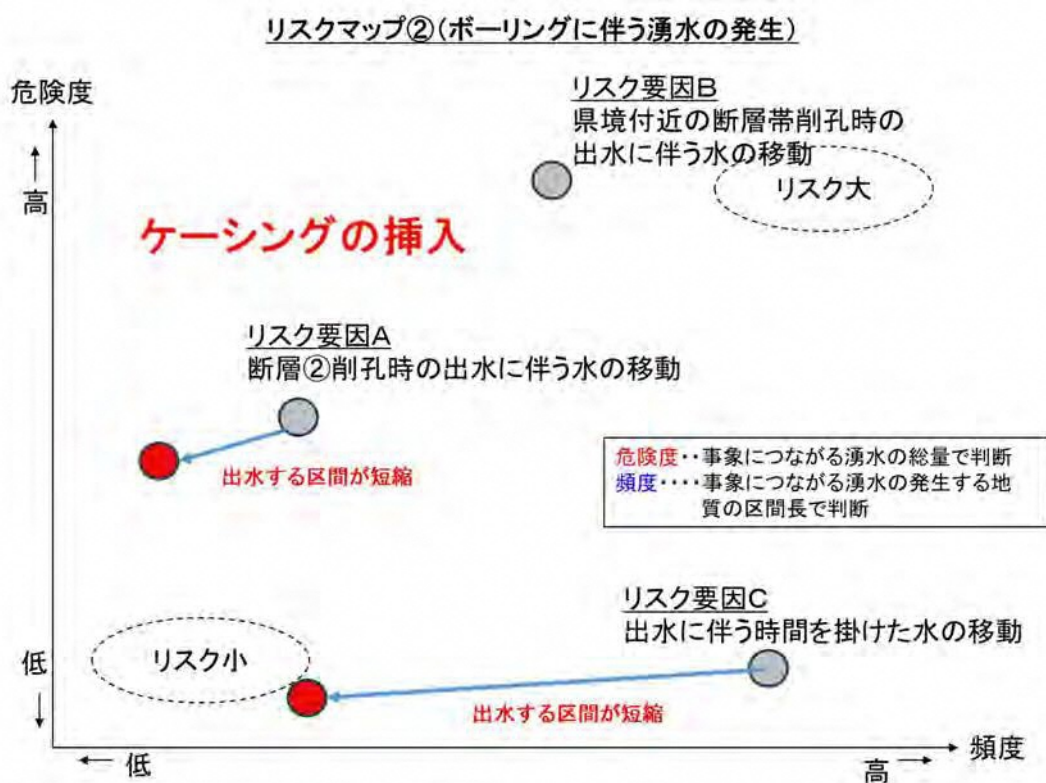


図 51 ボーリングに伴う湧水の発生に関わるリスクマップ②

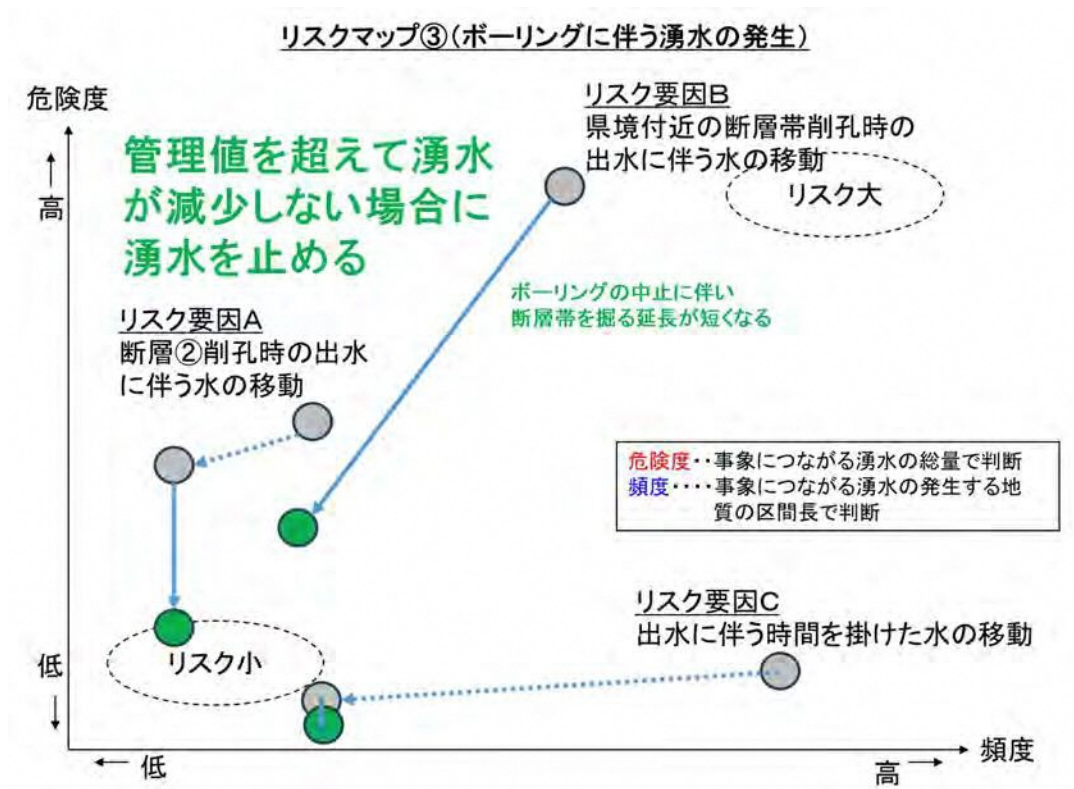


図 5 2 ボーリングに伴う湧水の発生に関わるリスクマップ③

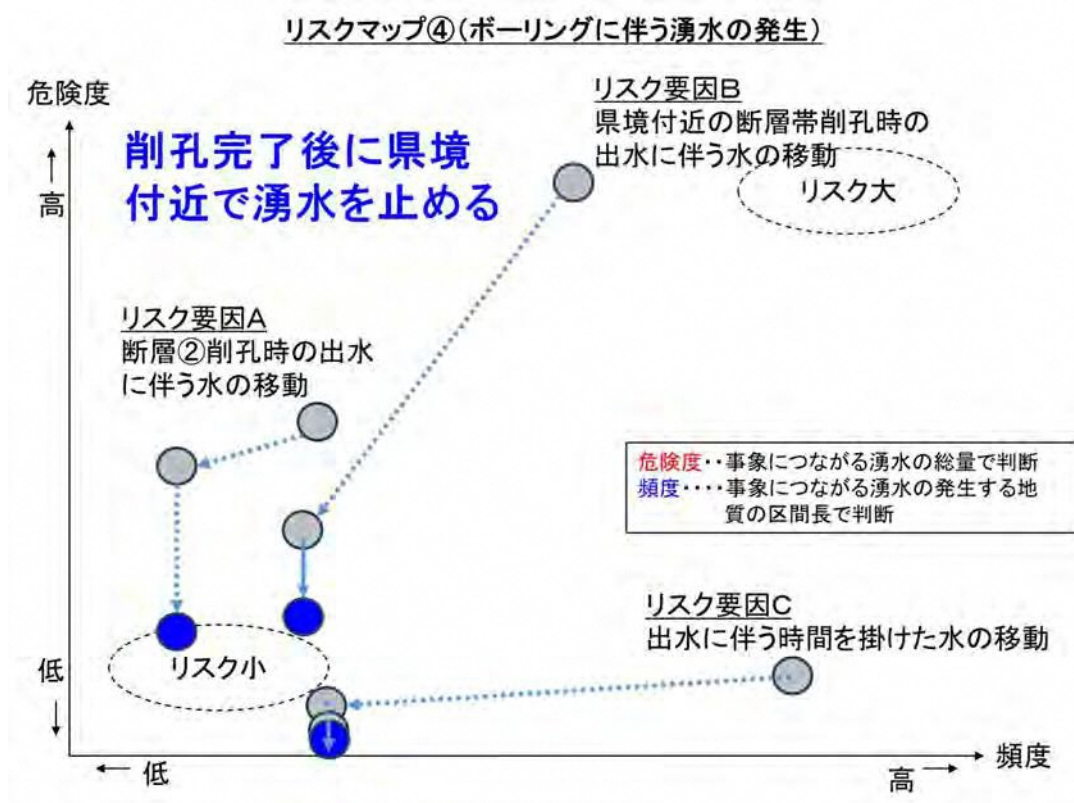


図 5 3 ボーリングに伴う湧水の発生に関わるリスクマップ④

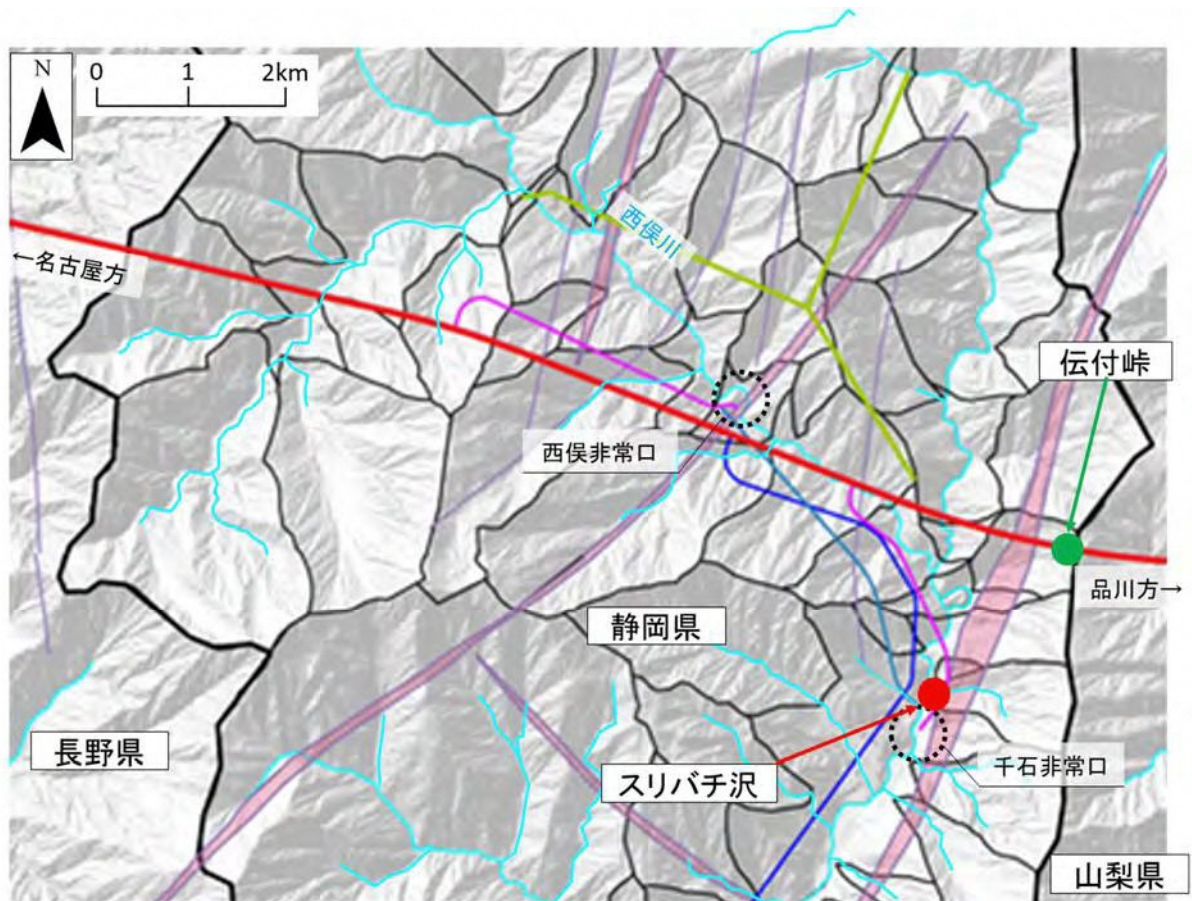


図 5 4 沢流量の測定の実施箇所

- ・ 水質については、特に地表からの水の引込みを示す変化（水温、電気伝導度（EC）の低下等）や深部からの水の引込みを示す変化（水温、EC、CI-イオン濃度の上昇等）に着目して監視します。
- ・ ボーリング湧水の湧水量、水温、pH、電気伝導度については、これまでよりも頻度を上げて「日毎」に報告を行います。その内容を踏まえて、管理の内容について静岡県等と対話しながら、削孔を進めてまいります。
- ・ また、スリバチ沢における常時計測の結果については、2週間に一度の頻度でデータ確認を行い、結果を報告します。

(管理値を超えた場合の対応)

①湧水量が10mあたり0.04m³/秒(管理値の80%と設定)を超える場合

- ・削孔速度を下げるなど、より慎重な削孔を行います。
- ・スリパチ沢における常時計測のデータ確認の頻度を1週間毎に増加して実施します(図54)。なお、頻度はその後の湧水量の状況に合わせて変更します。
- ・地表からの水をボーリングにより引き込んでいないか確認するため、湧水について化学的な成分分析を実施します。

②湧水量が管理値(10mあたり0.05m³/秒)³を超える場合

- ・削孔を中断するとともに、孔口湧水量を確認します。
- ・1週間程度の中に、孔口湧水量の減少傾向(2日間連続して減少)を確認した場合には削孔を再開します。減少傾向が確認されない場合は、今回のボーリングを終了し、湧水についてはバルブを閉めて止水します。基本的には削孔ロッドを全て回収した後バルブを閉めますが、大量湧水のため緊急で対処が必要な場合は、図55のとおりに対処することも可能です。

³ 平成31年3月13日「静岡県中央新幹線環境保全連絡会議地質構造・水資源専門部会」において提示した管理値を準用し、以下により算出しました。

$$q=2\pi \cdot K \cdot H / \ln(4H/d)$$

q: 単位当り湧水量 (m³/秒・m)、K: 透水係数(m/sec)、H: 水頭差 (ヘッド) (m)、d: トンネル直径(m)

Kを1.0×10⁻⁵m/sec、dを先進ボーリング径0.12m、Hを山梨・静岡県境付近の最大土被り1,000m

10m あたり $Q=q \times 10 \div 0.06 \text{m}^3/\text{秒} \Rightarrow 0.05 \text{m}^3/\text{秒}$

静岡県側の水が山梨県側に水が流れるのではないかとのご懸念に対し、まずは山梨県側であってもリスク低減として静岡県側で実施する場合と同等の管理を行うという観点から設定するものです。

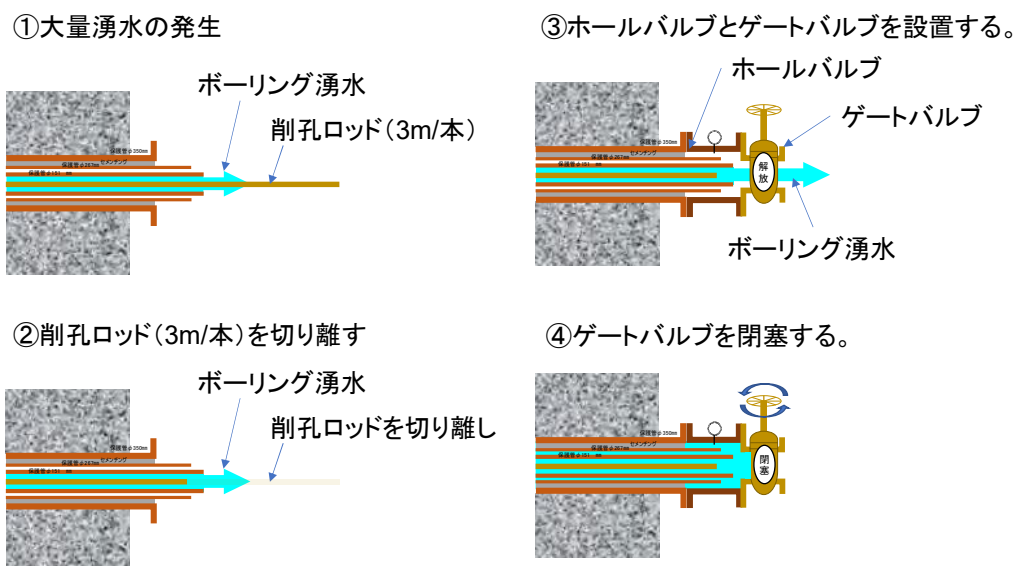


図 5 5 止水の手順

- ・ボーリングを終了した場合には、ボーリング孔の存在により周辺の地山内の水圧が高くなっていることを考慮し、先進坑掘削時の安全性を確保するためボーリング孔との離隔を確保するよう先進坑の掘削位置を変更します。
- ・そのうえで、これまでのボーリングによって確認した地質や湧水の状況を踏まえ、管理値を超えた地点の手前まで先進坑の掘削を進めます。
- ・その後、管理値を超えた地点より先の区間でコアボーリング等の調査を行い、管理値を超えた地点より先の区間の地質や湧水の詳細を確認するとともに、その結果を踏まえ、必要となる箇所薬液注入等を実施し、その効果を確認します。その後、管理値を超えた地点より先の区間で新たに高速長尺先進ボーリングによる調査を行い、地質や湧水の状況を確認します。
- ・確認の後、管理値を超えた地点より先の区間の先進坑掘削を再開し、県境まで掘削を行います。
- ・これらの取扱いを、図に整理すると図 5 6 のとおりです。
- ・新たに行う高速長尺先進ボーリングについても、図 5 6 の管理フローにおける「今回のボーリング削孔」と同様の管理を行います。
- ・なお、今後「慎重に管理する県境に近い区間」に到達したのちに管理フローを用いて管理していく中で、見直すべき内容等があると判断されれば、その後の区間について管理フローをブラッシュアップすることも検討いたします。

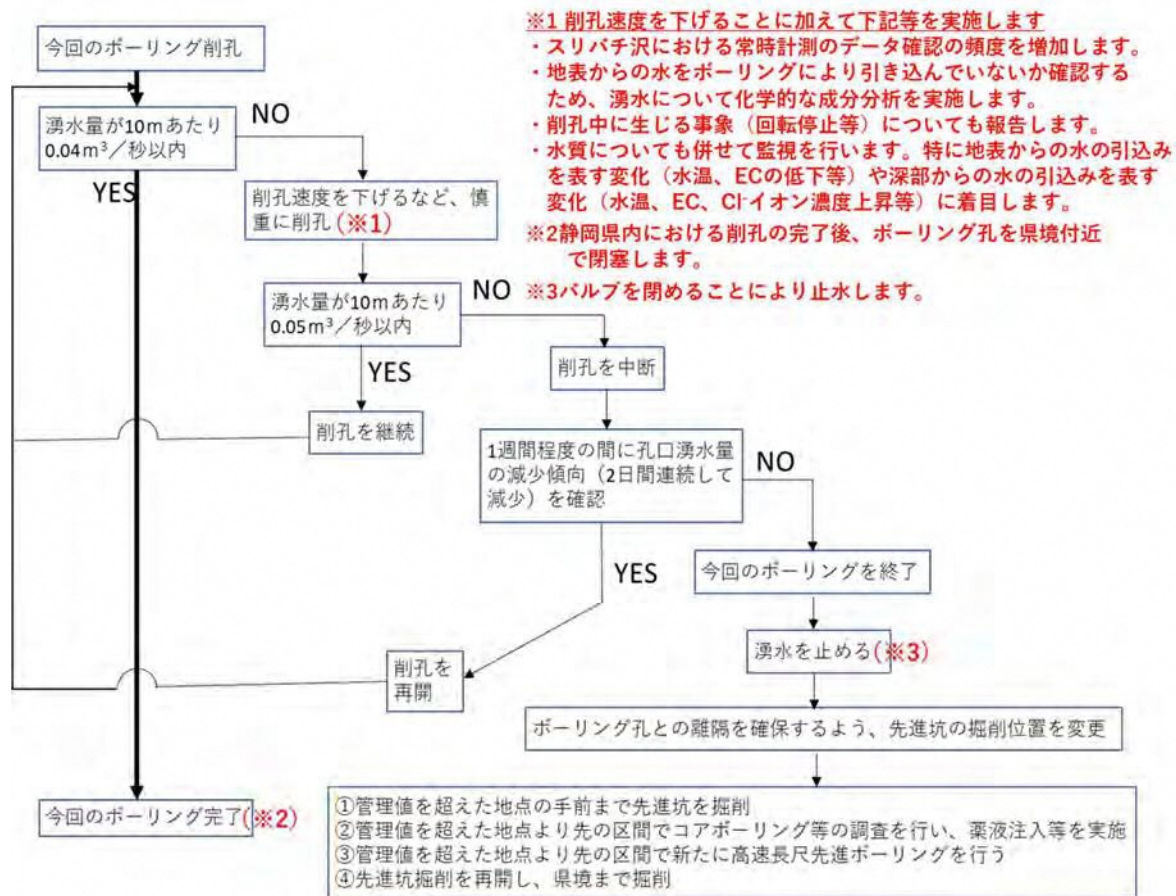


図 5 6

高速長尺先進ボーリングにおける調査中の管理フロー（更新）

- ・静岡県や専門家からのご意見を踏まえ、次のように対応します。
- ・湧水量について、容器法による1日2回の測定を基本としつつ、電磁流量計による湧水量の変動傾向を常時把握していきませんが、電磁流量計の計測値が急激に変動する場合は、慎重に削孔を行います。
- ・水質について、セメンチングの影響等も考慮のうえで、それまでの傾向（数値の増減や、変動幅）と異なる傾向が確認された場合や、化学的な成分分析の結果より、地表部等からの水の流入が疑われる場合、湧水量が多い中でスリバチ沢の流量が減少した場合や、湧水量が後述する田代ダムの取水停止に伴う河川流量の増加を上回る場合等には、専門家にご相談し、必要に応じて追加の措置（やむを得ない場合に湧水を止めることを含む）を取ります。
- ・静岡県内における削孔の完了後、当該ボーリング孔を県境付近で永続的に閉塞します。

(湧水の取扱い)

- ・令和7年11月までの間、東電R Pは設備改良工事に伴い、田代ダムにおいて大井川からの取水を停止しているため、図 5 7のようにこれまで取水していた水が全て大井川に流れることになります。
- ・ボーリング湧水量はこれまでの実績では取水停止による流量増加量に比べ極めて少ないと考えられることから、取水停止期間中におけるボーリングの実施に伴う静岡県内の湧水の取扱いについては、取水停止による流量増加量がボーリング湧水量よりも多いことを確認のうえ、設備改良工事後にボーリング湧水量と同量を取水抑制を実施しない（大井川に戻さない）ことを考えています。



図 5 7 田代ダムの取水停止期間の水の流れ

- ・ボーリングの実施期間中は、図 5 8のようにボーリング湧水量（口元での湧水量）のほか、河川流量の測定も行い、取水停止による流量増加量を算出して、ボーリング湧水量よりも多いことを確認します。流量の計測は林道東俣線の工事に伴う通行止め期間（現在、舗装のため連続9日間の終日通行止めを月に2回実施している）を考慮し、田代ダム下流の地点で2週間に一度の頻度で実施することを基本とします。そのうえで、下流に位置する千石測定点での常時計測結果により図 5 9に示すようなデータが得られるため、そのデータを用いて2週間に一度の測定日の間の状況を補完し、河川流量がボーリング湧水量よりも多いことを確認します。なお、千石測定点のデータの確認は2週間に一度の頻度で実施します。
- ・河川流量の計測やデータ確認について、湧水量が10mあたり0.04m³/秒を超える場合や、河川流量が非常に少なくなる場合（過去の測定結果から2m³/秒を下回る場合）には、頻度を増加させます。

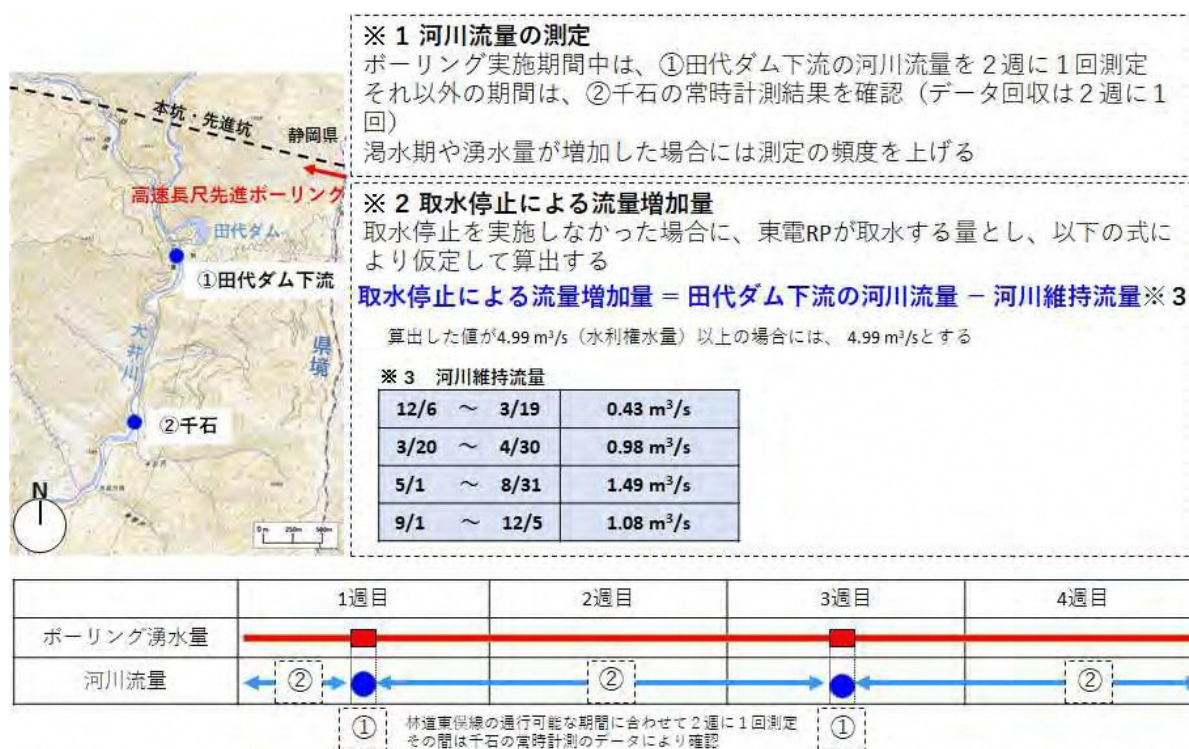


図 58 河川流量の測定の計画



図 59 千石測定点での河川流量計測例

・ 静岡県内における湧水の取扱いについては、今後ボーリングが県境に達するまで

に大井川利水関係協議会のご了解をいただきたいと思います。

- ・なお、万が一田代ダムにおける取水停止期間が終了するまでにボーリングが完了しない場合の取扱いについては、令和7年11月までに静岡県と協議し合意します。

（結果報告の項目、方法、頻度）

- ・ボーリング湧水の湧水量（測定値の他、測定値から算定したボーリング開始時点からの総量も含む）、水質（水温、pH、電気伝導度）については基本的に測定やデータの確認を行った翌日までにメール等にて報告を行います。電磁流量計において計測値の急激な変動が見られた場合も、その内容を報告いたします。
- ・湧水量が10mあたり0.04m³/秒を超える場合は、削孔中に生じる事象（回転停止等、日報に記載する内容）についても報告します。
- ・田代ダム下流地点及び千石地点の河川流量、スリバチ沢の流量、伝付峠付近に存在する湧水の状況や土壌水分計のデータについては、確認の都度速やかにメール等にて報告します。
- ・また、河川流量の計測結果（ボーリング開始後の総量含む）と湧水量を比較して確認のうえ報告します。

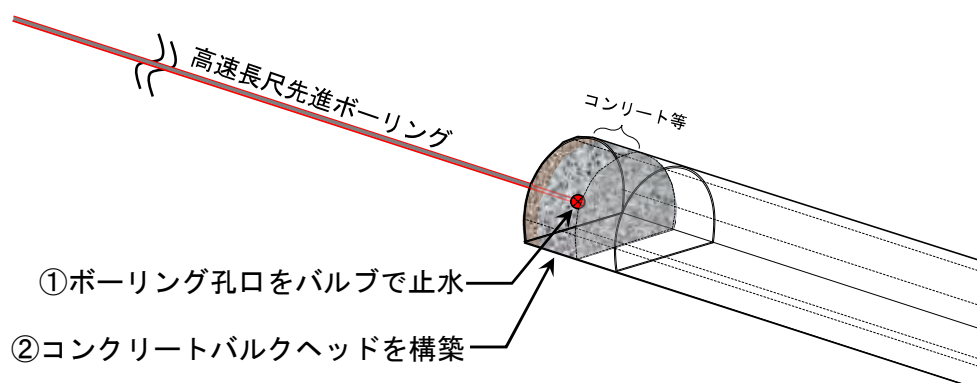
【県境付近から実施するボーリング調査（P5図3③の方法で調査を実施する場合）】

○調査中の管理

- ・削孔中に生じる静岡県内の湧水について、調査中は、削孔に必要な水をポンプで循環させる必要があることから、湧水は調査後に同量に戻せるよう量を測定したうえで孔口から流します。
- ・調査中は継続的に湧水量を測定します。調査中に湧水量が管理値（10mあたり0.05m³/秒）を超える場合は、削孔を中断し対応を検討します。
- ・調査中に流した湧水は、静岡県側に同量の水を戻すこととし、その取扱いについては、静岡県等と議論していきます。削孔中に突発湧水が生じた場合は、これまでに実施された工事、例えば青函トンネルなどの事例も参考にしながら、流出を止めるよう措置いたします。

○調査完了後の扱い

- ・調査が完了した後は、湧水の流出を防ぐため、孔口付近で止水します。止水の方法としては、高水圧に対応可能な性能を持つバルブの使用や孔口周りの止水処理（セメンチング）の強化や、孔口に近いトンネル自体の構造の高強度化などを考えていますが、このほかにも隔壁（バルクヘッド）などの工事の事例や深地層の研究機関等で研究が進められている方法も参考にしながら、確実な止水の方法を採用してまいります。（図 60、図 61）具体的な計画は、実施までの間に専門部会でご報告します。



※上図は実際のトンネル工事の実績等を参考にしたコンクリートバルクヘッドのイメージ例となります。

図 60 隔壁（バルクヘッド）のイメージ



図 61 孔口バルブのイメージ

【水資源・生態系への影響について】

- ・これまでも、断層帯に関連する沢においては水資源や生態系のモニタリングを実施してきており、その結果は年度ごとに取りまとめて、静岡県等に報告しています。
- ・今回ボーリングによる水資源や生態系への影響に関するご懸念に配慮し、水資源・生態系の調査を行っている沢において、静岡県内で実施するボーリングの調査中、調査完了後に流量の調査を追加して実施します。

- ・具体的な内容は、県境付近から実施する調査を行うまでに専門部会でご報告します。

(参考) ボーリング時の湧水量について

- ・当該箇所の周辺でこれまでに実施したボーリングの湧水量は、表 3 に示すとおりであり、仮に同程度の湧水量が発生し、静岡県側から山梨県側に流れても、静岡県内の地下水に影響を与え、大井川の水資源利用に影響を与える可能性は小さいと考えられます。
- ・しかしながら、地域の皆さまからのご懸念を受け止め、調査完了後に発生する静岡県内の湧水については、同量の水を静岡県側へ戻す、あるいは流出を止めるようにいたします。

表 3 周辺で実施したボーリングの湧水量 (更新)

既存のボーリング地点		ボーリング長 (m)	完了時湧水量 (m ³ /秒)	井川ダムにおける大井川の 平均流量 ⁴ に対する割合
山梨県	広河原斜坑①	1,000	0.005	0.01～0.02%
	広河原斜坑②	1,170	0.003	0.01%
	広河原斜坑③	1,100	0.007	0.02～0.03%
	広河原斜坑④	801	0.003	0.01%
	広河原斜坑⑤	851	0.003	0.01%
	広河原先進坑	356	0.0003	0.001%
	広河原先進坑 (コアボーリング)	300	0.0005	0.001～0.002%
静岡県	東俣～県境付近 (斜めボーリング)	1,200	0.02	0.04～0.07%

⁴ 井川ダムにおける大井川の平均流量は約 12 億 m³/年±3 億 m³/年 (国土交通省「リニア中央新幹線静岡工区有識者会議」で提示した「大井川水資源利用への影響の回避・低減に向けた取組み」による)。

6) 調査状況の報告

- ・高速長尺先進ボーリングによる調査の状況は、図 6 2 に示すとおり、山梨県、早川町及び静岡県等に報告します。
- ・調査の着手時に報告を開始します。
- ・基本は、日々のボーリング先端位置及び代表的な地質の状況（試料写真）と孔口湧水量、水質検査結果を1週間毎に取り纏め、山梨県、早川町には山梨西工事事務所より、静岡県等には静岡工事事務所より、翌週中にメール等で報告します。
また、関係者の方々へ送付した資料は、当社ホームページにて公開しております。
- ・県境から約300m以内の区間においては、P 6 2 で述べたとおり、ボーリング湧水の湧水量、水温、pH、電気伝導度については、これまでよりも頻度を上げて「日毎」に報告を行います。
- ・管理値を超える湧水が発生した際は、速やかに報告します。
- ・ボーリング先端が県境に到達した際は、その旨を速やかに報告します。
- ・県境を越えてボーリング調査を進める場合も、報告は同様に行います。
- ・ボーリングが完了した際には、速やかに報告します。
- ・ボーリング完了後、取得データ、採取した試料及び地質や湧水の評価について取り纏め、報告します。

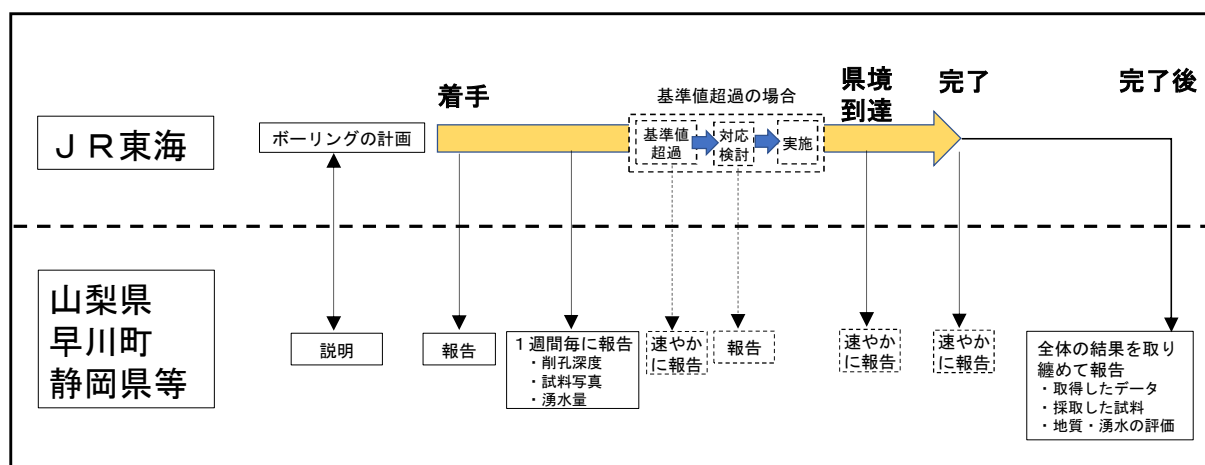


図 6 2 報告に関する流れ

- ・静岡県とはボーリング調査開始前から、対話を行いながら進めています。
今後に対話を行いながら、ボーリング調査を進めてまいります。

7) まとめ

○これまで、広河原斜坑（延長4.2 km）を高速長尺先進ボーリングを実施しながら掘り進める過程で、山梨県内の岩盤が東西方向に大きな地圧を受けて圧縮しており、断層や脆い区間を含め、水が非常に浸透しにくく湧水量も少ないことを確認していました（第15回専門部会「資料4－2（補足）1）2」参照）。

○令和5年2月から開始した高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングにおいても、事前に地質縦断図で想定した断層を確認し、断層に伴う脆い区間を含め、湧水量が少ない状況を確認しています。

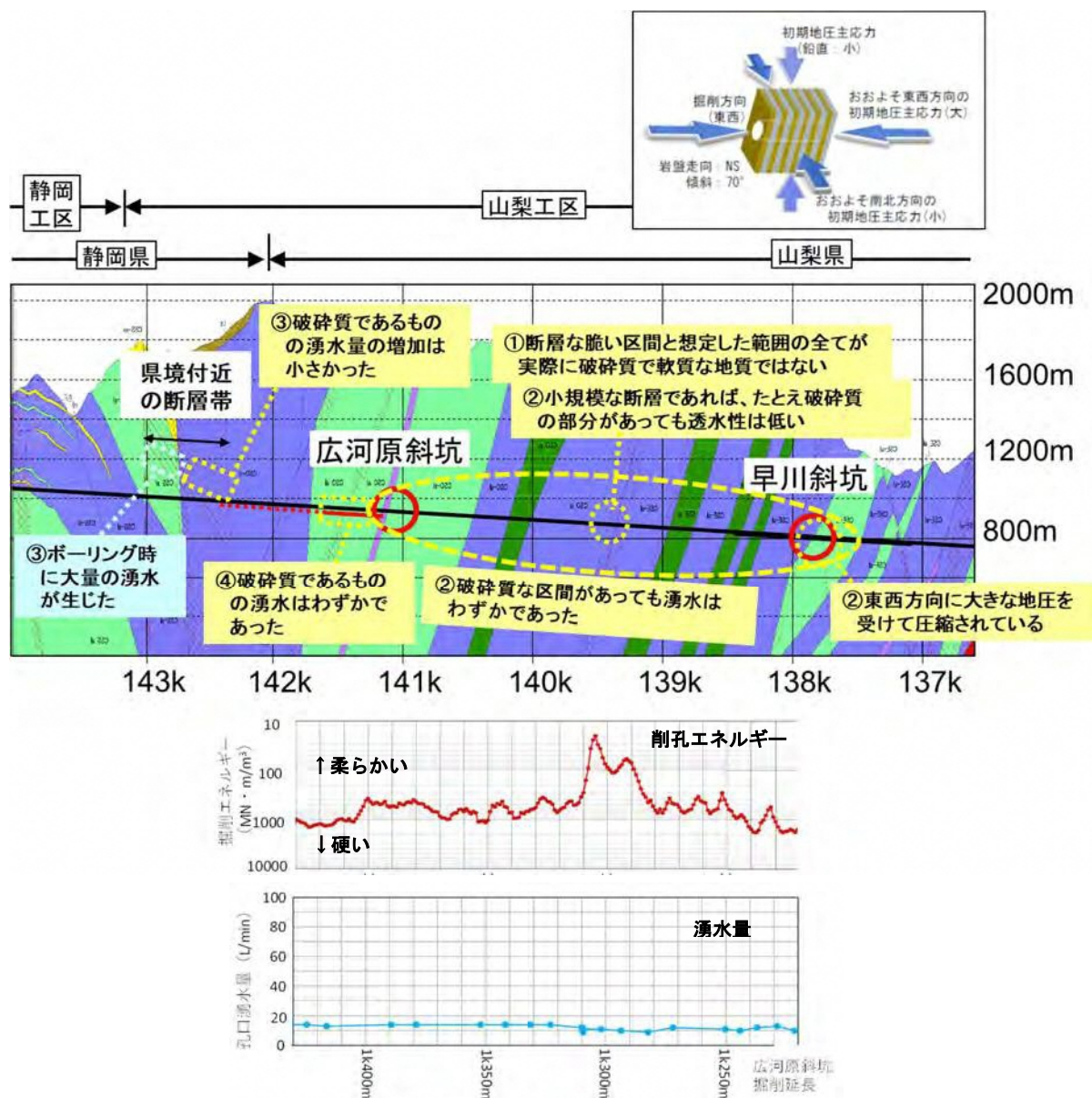


図 6 3 これまでの調査やトンネル掘削から確認されている事柄

(図面内の記載を更新※断層①に関する調査結果は縦断面図に反映していません)

○その後、実施したコアボーリング調査や先進坑の掘削においても、状況は同様でした。

○今後削孔を計画している静岡県境までの区間については、静岡県内から県境付近に向けて実施した斜めボーリング調査の結果などから、広河原斜坑の掘削や、**先般実施した**ボーリングで確認した地質と同様な地質が続くと想定しています。そのため、今後の実施する高速長尺先進ボーリングに伴い、大量の湧水が発生する

可能性は小さいと考えています。

○しかしながら、リスクを想定した検討を行い、その結果を反映して県境に近い区間（県境から300m以内）においては、以下のように慎重に管理を実施してまいります。

- ・湧水量及び水質（水温、pH、電気伝導度）については継続的に測定を行い、結果は「日毎」に報告・公表します（写真 6）。
- ・湧水量が管理値に近づいた場合は慎重に掘削を行うこととし、管理値を超過した場合は速報します。
- ・管理値を超える湧水が発生した場合は削孔を一時中断し、1週間程度の間に湧水の減少が見られない場合にはボーリングを中止して、止水することとします。
- ・念のため、静岡県側の沢の流量についてもモニタリングを行い、その結果を反映して丁寧に削孔を行います（写真 7）。



写真 6 ボーリング湧水の水質測定



写真 7 沢の流量測定

○再開後のボーリングは田代ダムにおける取水停止期間に実施するため、取水停止による河川流量増加量がボーリング湧水量よりも多いことを確認のうえ、ボーリング湧水を取水抑制を実施しない（大井川に戻さない）ことを考えています。

○当社としては、こうした考えに基づき、県境から300m以内の区間を含め、ボーリングを実施してまいります。

○これまでと同様、測定結果については報告・公表を行い、静岡県等と対話をしながら進めてまいります。

(2) 先進坑掘削の進め方

1) 先進坑掘削計画

- ・南アルプストンネルの先進坑の掘削についてはこれまでも図 6 4 のようにお示ししていますが、山梨県内においても、地質、地下水の調査を目的に実施する高速長尺先進ボーリングにより地質と湧水の状況を把握したところから先進坑を掘削し、山梨・静岡県境の付近まで進めます。

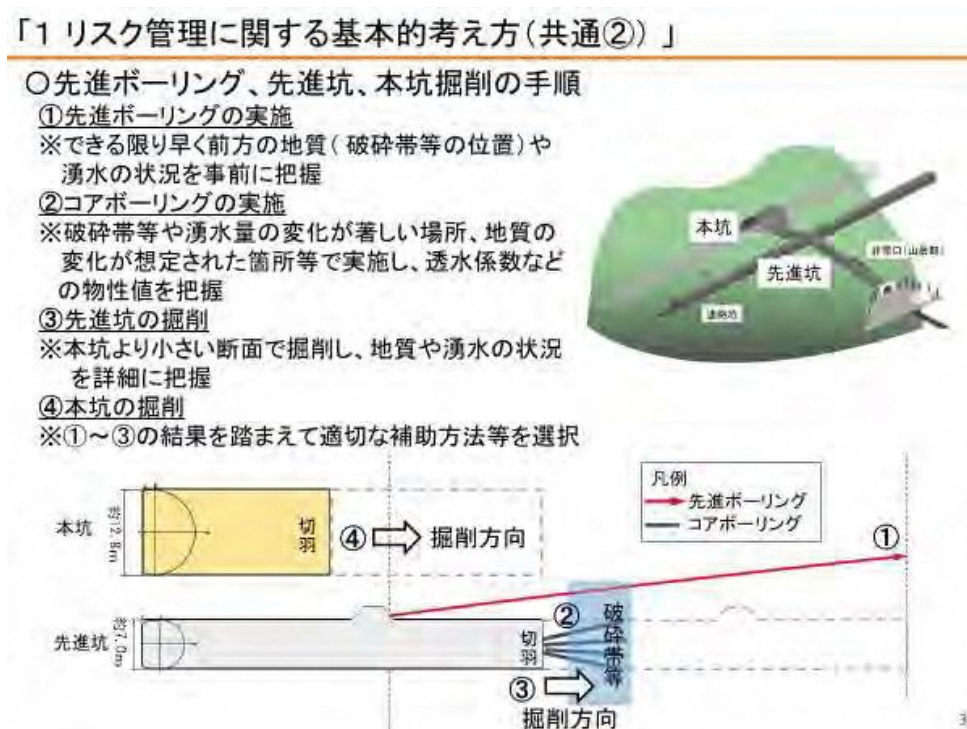


図 6 4 先進坑等の掘削手順

(令和元年 8 月 20 日地質構造・水資源専門部会意見交換会資料)

- ・これまで高速長尺先進ボーリングを実施してきた区間においては、調査結果をお示ししたとおり、**実施済みの**高速長尺先進ボーリングにおける湧水量や地質構造の観点、湧水圧試験による平均透水係数から、今後も湧水量は少なく推移し、先進坑掘削時の湧水量は少ないと考えています。

そのため、高速長尺先進ボーリング調査の実施中も、調査により地質や湧水の状況を確認した区間においては、図 6 5 のように順次ボーリング調査と並行して先進坑の掘削を進めてまいります。

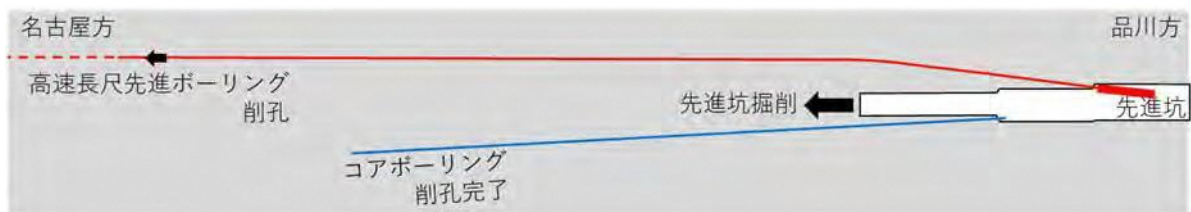


図 6 5 ボーリング調査と先進坑の平面イメージ図①

- ・県境付近における先進坑の切羽は、高速長尺先進ボーリングで得られるデータ（湧水量・湧水圧の測定を行い、県境付近における岩盤の透水係数を推定します）から、静岡県側から山梨県側に流れる水の量が極めて少なくなるよう、県境から一定の離隔を確保した手前の地点で停止します。停止位置の決定にあたっては、先進坑掘削時の地山・湧水の状況についても参考にします。具体的な内容は、専門部会で報告します。
- ・なお、万が一、ボーリング管理値を超える湧水が発生した場合の先進坑の掘削についてはP 6 5に記載したとおりです。

（先進坑による地質や湧水の更なる確認）

- ・**先般**、実施した**高速長尺先進ボーリング**によって静岡 - 山梨県境から459m（孔口から356m）までの区間の地質と湧水の状況を把握することができました。高速長尺先進ボーリングで予め湧水量が少ないことを確認した区間では、トンネル切羽からの湧水も少ないことが、これまでの広河原斜坑坑内で実施した高速長尺先進ボーリングと広河原斜坑掘削の実績から分かっています。
- ・また、コアボーリングを実施したことで、詳細な地質とコアボーリングの湧水量が高速長尺先進ボーリングと同様に少ないことを確認しています。図 6 6 に示す3箇所で行った湧水圧試験結果からは透水性が小さいことが確認されました。一部区間に脆い地層の区間があるものの、地山は全体的に締まって安定しており、地下水の量は少ないと考えられ**ました**。
- ・**令和5年9月以降**、図 6 6 に示す区間の先進坑を掘削し、地質及び湧水の更なる確認を進め**ました**。なお、先進坑の掘削を進めるにあたっては切羽後方の湧水量等を常時計測し、変動や傾向を常に把握し、切羽後方の湧水量等については**静岡県等に**定期的にご報告しま**した**。

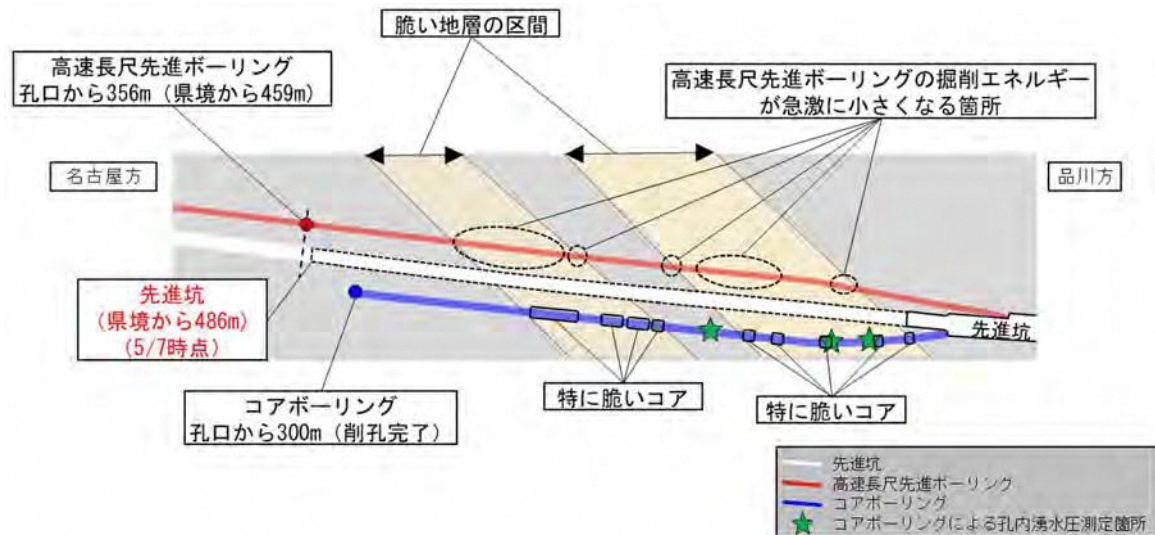


図 6 6 ボーリング調査と先進坑の平面イメージ図② (更新)

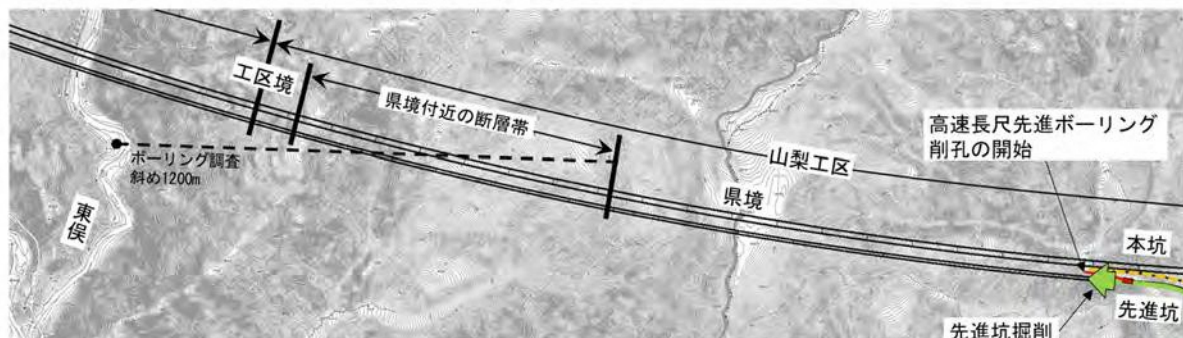
- ・令和5年9月以降、令和6年4月末までの掘削結果として、トンネル湧水量は非常に少なく、pHやECに関しても特異な値を示すことはありませんでした。なお、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングの削孔や先進坑の掘削に伴う湧水発生が少ない、という全体的なトレンドに関しては、先進坑に繋がる広河原斜坑4.1km区間においても同様の傾向が見られましたので、そのトレンドが継続しているものと捉えています。
- ・地質の状況としては、図33等において記載のとおり、高速長尺先進ボーリングやコアボーリングで確認された脆い区間が一部確認されたものの、特に当該箇所では慎重に掘削を行うなど、これまでのところ順調に掘削を進めてきました。

2) 断層帯調査と先進坑掘削手順

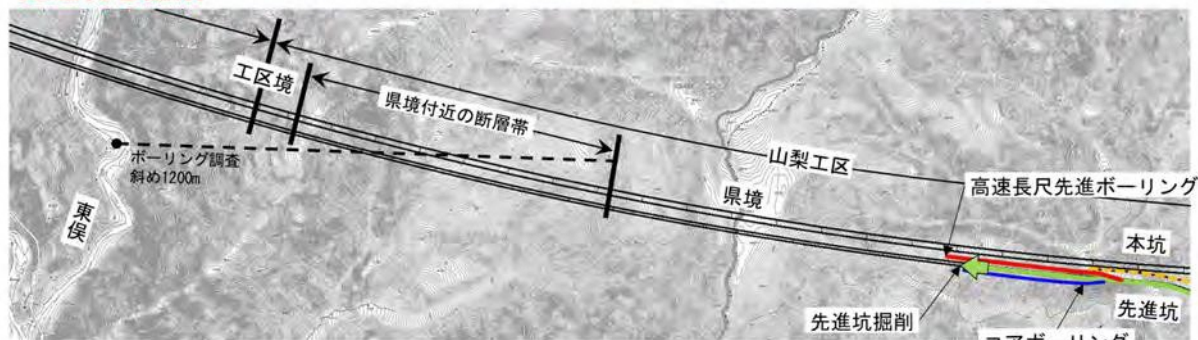
・今後の先進坑に関する掘削手順を、断層帯調査を含め、図 6 7 に示します。

(②-1以降、今回更新)

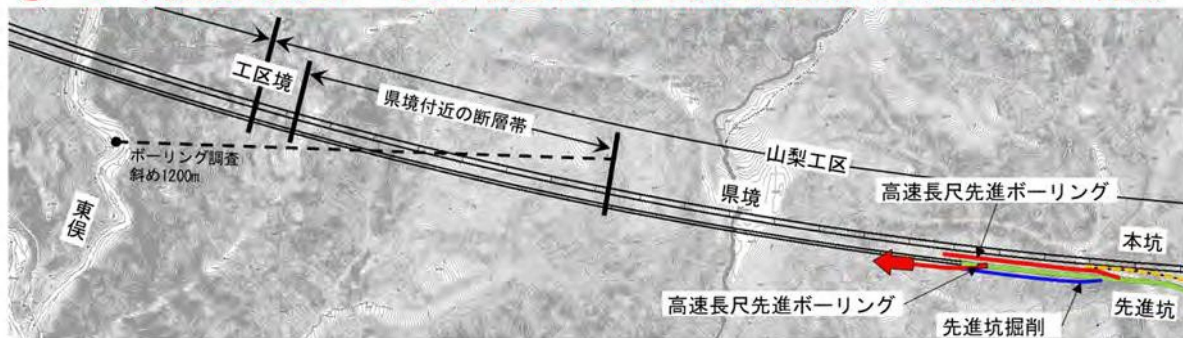
① 高速長尺先進ボーリング調査の開始



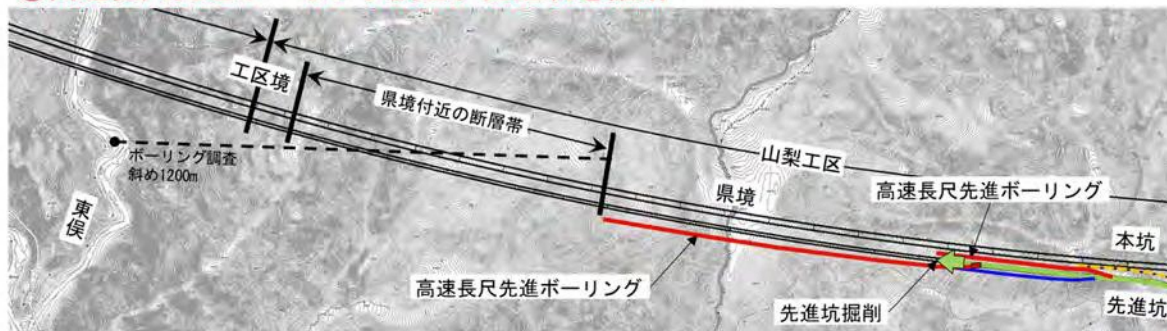
②-1 高速長尺先進ボーリング調査(R5.10~R6.5迄メンテナンスのため一時中断)、先進坑を掘削



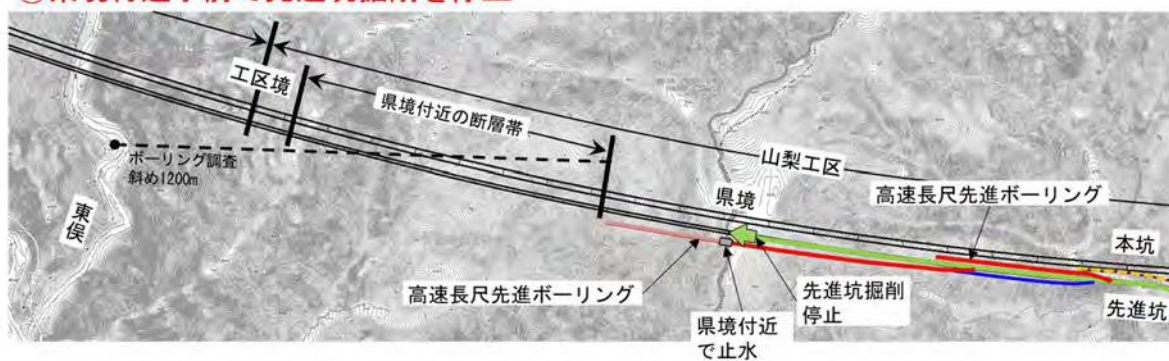
②-2 高速長尺先進ボーリング調査(R6.5より先進坑掘削が進んだ箇所より再開)



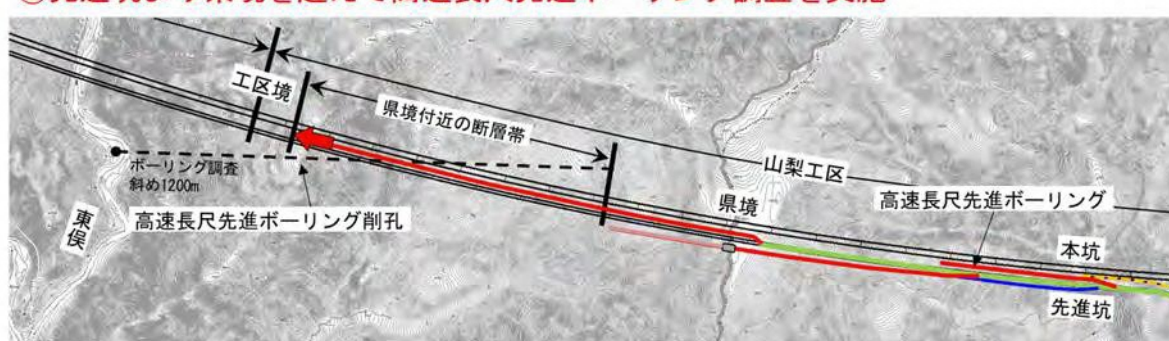
③ 高速長尺先進ボーリング調査、先進坑を掘削



④ 県境付近手前で先進坑掘削を停止



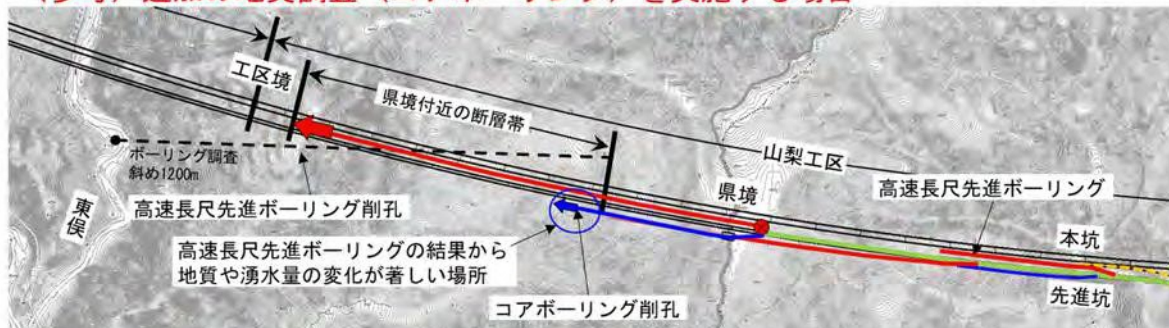
⑤ 先進坑より県境を越えて高速長尺先進ボーリング調査を実施



⑥ 調査完了後高速長尺先進ボーリング孔口を止水



(参考) 追加の地質調査（コアボーリング）を実施する場合



注) 図上の ○ 「地質や湧水量の変化が著しい場所」は例であり、実際のものではありません

図 6 7 高速長尺先進ボーリングによる断層帯調査と先進坑掘削手順 (更新)

(補足)

1) 水質データの取得について

(はじめに)

- ・今後進める高速長尺先進ボーリングにおいては、田代ダムの取水停止に伴い河川流量が通常よりも多い期間であることから、増加する河川流量が湧水量を上回るという前提条件のもと、湧水は孔口から流すこととしています。
- ・一方、令和5年4月26日の第13回静岡県地質構造・水資源部会専門部会において委員から提供された資料「山梨県側の高速長尺先進ボーリングの湧水が静岡県側の地下水である根拠を科学的に示す方法」に基づき、以下の通りデータを取得してまいります。

(南アルプスの地質の特徴と断層)

- ・静岡 - 山梨県境付近を含め、当社が作成した地質縦断図は図68のとおりです。
- ・南アルプス地域の地質は、プレートが沈み込む境界である海溝部において、大陸プレートの下に沈み込む海洋プレート表層の堆積物や岩石が、陸側に押し付けられてできた付加体によって構成されて(図69)。地質年代としては、付加体の層序を考慮すると、全体的に山側に古い地質があり、海側に新しい地質が分布しているという特徴があり(図70)、中央新幹線の路線沿いにみると、品川方から名古屋方に進むにつれて新しい地層から古い地層となります。

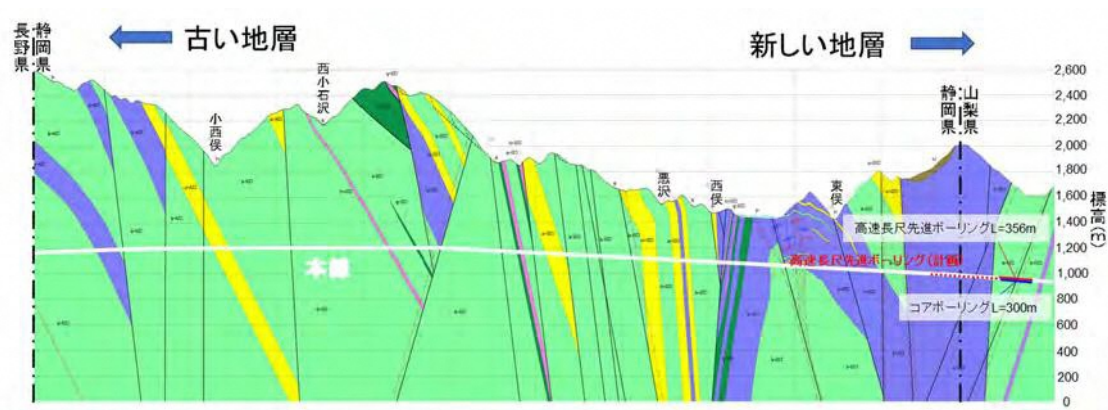


図 68 路線沿いの地質縦断図

(図面内の記載を更新※断層①に関する調査結果は縦断図に反映していません)

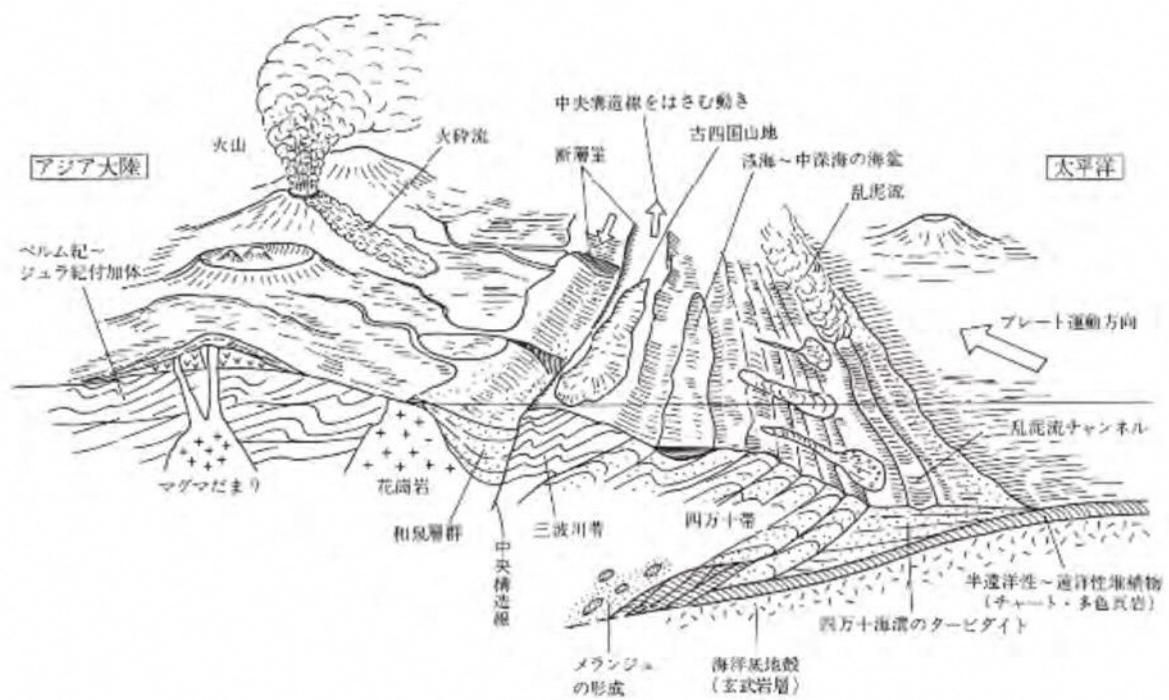


図 69 白亜紀後期西南日本の復元図（出典：日本列島の誕生）

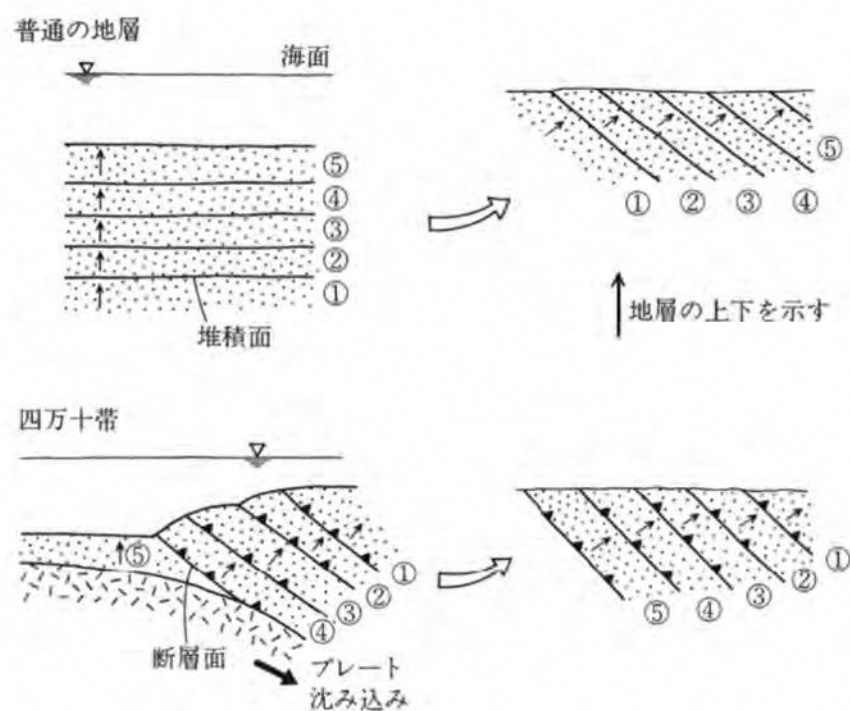


図 70 付加体と通常の地層の年代関係を示す模式図（出典：日本列島の誕生）

- ・南アルプス地域は、プレートの運動により大きな力を受けており、随所に断層や断層破碎帯が見られます。静岡県内の県境付近の断層帯については、犬居層群と寸又川層群という地質のユニット境となる大規模なものであり、走向が凡そ南北方向に卓越し、幅を持った破碎を伴うものと考えられます。一方で、大きな変位や幅を持った破碎を伴わないものもあり、走向などは前者と異なっています。
- ・こうした地質や断層の状況については、各地点に賦存する地下水の水質等の特徴にも影響を与えていると考えられます。
- ・その後、静岡県及び委員と対話を行った内容を追記いたしました。

(今後検討を進める内容)

①透水係数や間隙率による確認

- ・図 7 1 の地点において、コアボーリングの実施時にコアを採取して間隙率の測定を行うとともに、ボーリング孔を利用した孔内湧水圧試験を実施し、透水係数を測定します。試験方法は、P 4 9、P 5 2 に示すとおりです。今後、高速長尺先進ボーリングを進め、断層②付近でも P 2 4 に示す方法で調査を実施し、データを取得・評価します。さらに、条件が整い県境付近や静岡県内の削孔を行う際には、県境付近や静岡県内においても調査を実施します。
- ・再開するボーリングにおいて、山梨県内では断層②付近にて 1 回、静岡県内においては健岩部にて 1 回及び県境付近の断層帯付近にて 1 回、採水・成分分析の実施を計画しています。なお、特に静岡県内では孔口から採水箇所までの延長が長くなり、またケーシングが無い状態での採水となるため、採水箇所より手前の湧水が混入する可能性が高くなります。

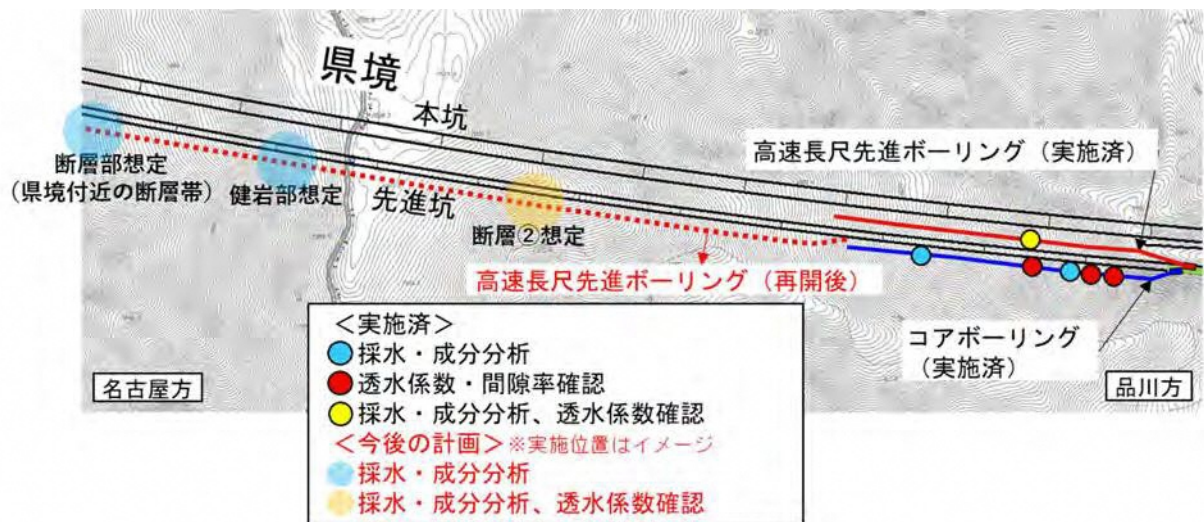


図 7 1 測定地点 (更新)

②湧出水の水質（水温等）による確認

- ・ 高速長尺先進ボーリング実施中の湧水の水温等については継続して測定します。
これまでの山梨県内の広河原斜坑及び先進坑における高速長尺先進ボーリング時の湧水の水質測定結果は図 7 2～図 7 4 のとおりです。
- ・ ボーリングの削孔を進めていくと、ボーリング孔口からは、外側の保護管（外管）から出る湧水と内側の保護管（内管）から出る湧水が出ます（図 7 5）。外管から出る湧水は、ボーリング先端部から孔口までの区間の湧水で、内管から出る湧水は、ボーリング先端部から内管の先端部までの区間の湧水であると考えられます。図 7 2～図 7 4 の外管と内管で水質が異なる傾向を示すのは、集水する区間の違いが影響していると考えられます。
- ・ これまで、以下のような傾向が共通してみられることを確認しています。
 - ・ 水温は、土被りの増加とともに徐々に高くなる。
 - ・ 電気伝導度（EC）は場所によって異なるものの、概ね 50 ms/m 以下の測定値となっている。一方、セメンチングを実施した区間は、局所的に電気伝導度が高くなっている場合がある。
 - ・ pH は、場所によって異なるものの、概ね 9～10 程度と高めの値を示す場合が多い。
- ・ 一方で、地下水の水質の測定結果について、文献や鉛直ボーリングの結果を合わせて整理すると、図 7 6 のとおりとなり、電気伝導度（EC）の値が、山梨県内と静岡県内で大きく異なっていることなどを確認しています。
- ・ 今後、リスク管理の一環として、湧水の水質に変化が生じないか、継続的に測定

することを通じて確認を行います。その観点については表 4 のとおりです。各測定値に変化があった場合は、他のデータの測定値も踏まえ総合的な観点（マルチトレーサー）から考察し、**専門家のご意見を伺ってまいります。**

表 4 考察の観点と対応

項目	考察の観点と対応
水温	(想定) ・土被りが増加することを考慮し、これまでの採水箇所から土被りが 300m 程度増すとすると、これまでの広河原斜坑の水温から地温勾配を仮定すると水温が 3℃程度高くなる。よって、今後、静岡側に削孔を進める場合も類似の傾向が継続する可能性が高いと考えている。 (データに基づく対応) ・予想値に対し急激に低下が見られる場合には、地表水流入の可能性のあることから、採水し、化学的な成分分析を行う（河川の値と比較）とともに、地表への影響を確認する（河川流量の測定等）。 ・予想値に対し急激に上昇が見られる場合には、より深い部分から水が流入している可能性を考慮し、採水し、化学的な成分分析を行うとともに、電気伝導度の変化との関連を確認する。
電気伝導度 (EC)	(想定) ・静岡県側よりも山梨県側における値が小さく、概ね 50ms/m であり、掘削の進捗による変化は少ない。 (データに基づく対応) ・静岡県側は 150ms/m 以上と値が高いため、急激に上昇が見られる場合には、より深い部分から水が流入している可能性を考慮し、採水し、化学的な成分分析を行うとともに、水温の変化との関連を確認する。 ・なお、局所的な粘土の存在等により値が大きくなる場合があることには留意する必要がある。
pH	(想定) ・概ね、8.0 から 10.0 の間で推移し、削孔の進捗による変化は少ない。

(データに基づく対応)

- ・ pHの急激な上下があった場合、水温や電気伝導度とあわせて評価する。

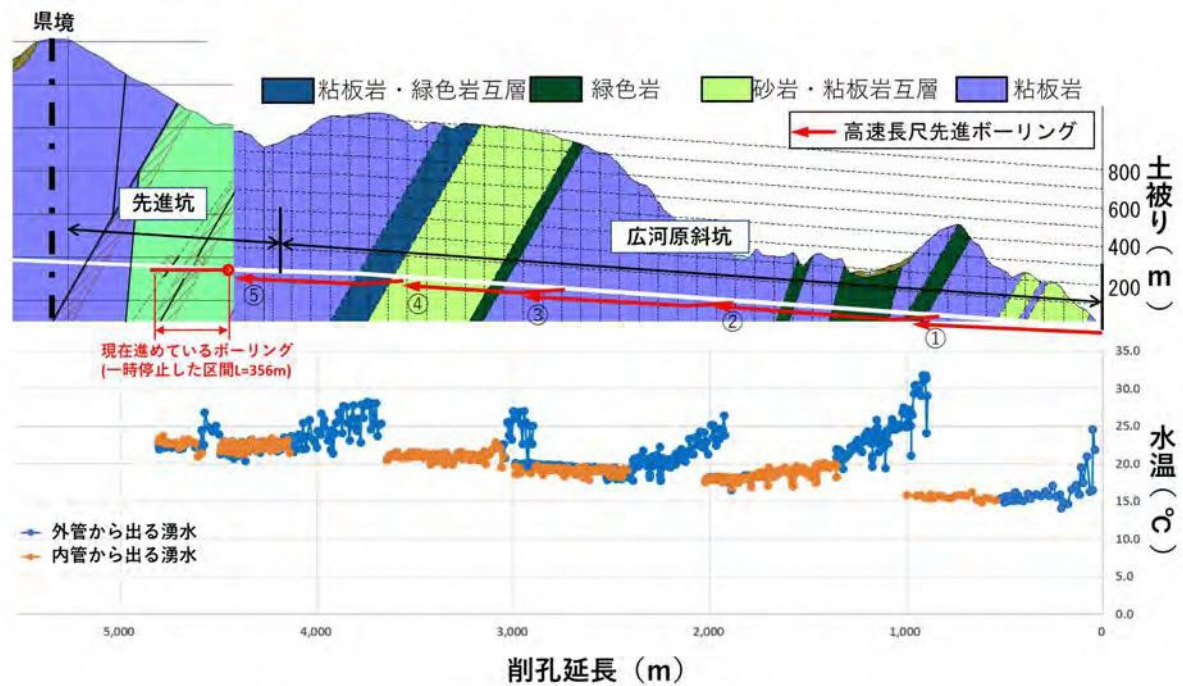


図 7 2 山梨県内の高速長尺先進ボーリング (広河原斜坑・先進坑) 湧水の水温
(更新 (縦断図))

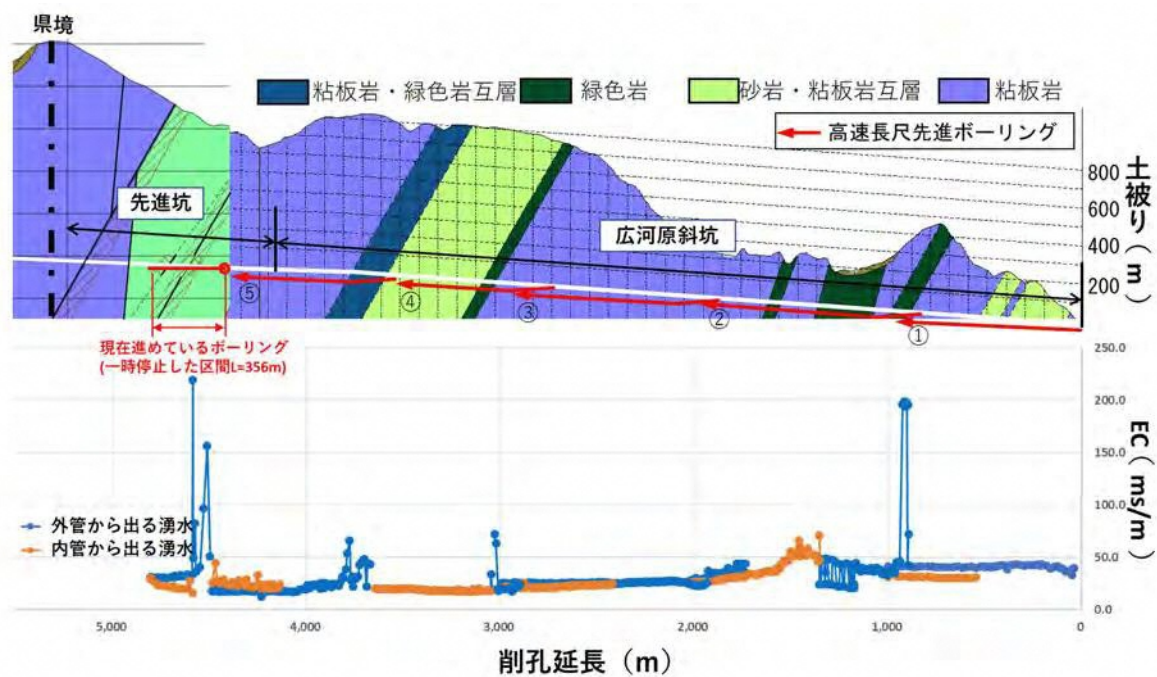


図 7 3 山梨県内の高速長尺先進ボーリング（広河原斜坑・先進坑）湧水の電気伝導度
（更新（縦断図））

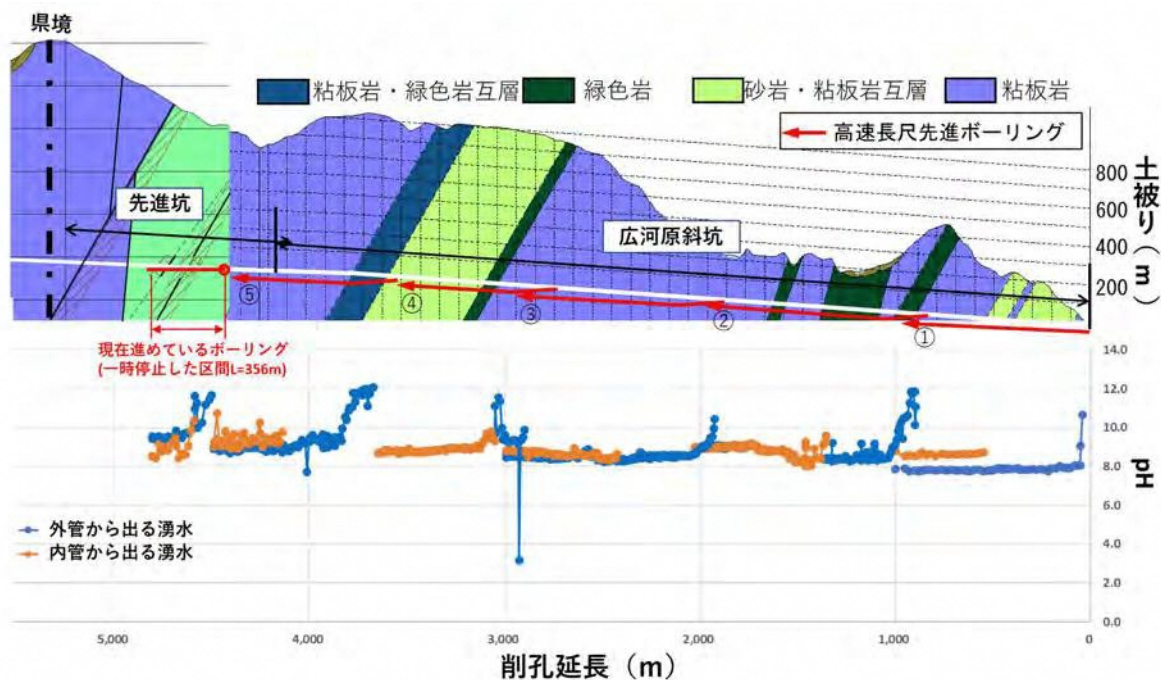


図 7 4 山梨県内の高速長尺先進ボーリング（広河原斜坑・先進坑）湧水の pH
（更新（縦断図））

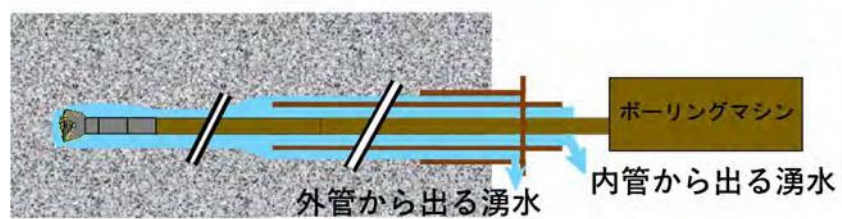


図 7 5 外管と内管から出る湧水の写真とイメージ図



図 7 6 地下水に関わる水質の測定結果

※出典：砂岩・粘板岩互層における赤石沢トンネル湧水の水質について (塩崎ほか, 1995)

③同位体組成等による確認

- ・ 図 7 6 のとおり成分分析を実施しており、シュティフダイアグラムの形はどちらも深層地下水の傾向を示していますが、イオンの濃度 (当量値) 等に大きな違いがあることを確認しています。
- ・ 今後、図 7 1 の地点において湧水を採水し、表 5 の項目に関する成分分析を実施し図 7 6 に示す結果と比較を行っていきます。
- ・ なお、今回考察を行った結果は路線から離れた地点のデータも用いているため、今後県境を越えて高速長尺先進ボーリングを行い、路線に沿った静岡県内の測定結果を得ることにより、さらに検討を深めることができると考えています。
- ・ 基本的には、西側に移るに従って地質年代は古くなり、水温の上昇、電気伝導度

の上昇、Cl、HCO₃イオン等の増加、滞留時間が長くなること、等が考えられますが、得られた分析結果を整理し**考察のうえ**、専門家のご意見を**伺**います。

表 5 成分分析の計測項目

計測項目	概要
a) 溶存イオン	地下水は流動する箇所の地質状況などに影響を受け、さまざまな化学物質が溶け込んでおり、水循環の過程において、その組成を変化させていきます。溶存イオン分析では、主要溶存イオン（Na、K、Ca、Cl、HCO ₃ 、SO ₄ ）の組成を、各イオン同士の濃度割合や全体的な濃度の高さ等により整理し、水の起源（浅層地下水・深層地下水 ⁵ 、温泉水等）の可能性を推定するものです。
b) 酸素・水素安定同位体比（ $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD ）	元素には中性子数が異なる同位体が存在し、放射壊変 ⁶ することなく安定しているものを安定同位体といいます。その同位体の存在比率は、蒸発、凝結等の相変化に伴い変化します。雨水の酸素・水素安定同位体比（ $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD ）は標高が高いほど低くなること、地中ではあまり変化しないこと、を利用して水の平均的な涵養標高（雨水が地下に涵養した標高）を推定するものです。 山梨県側は涵養線を作成するための採水・分析を行い、静岡県側は既存の涵養線を使用いたします。
c) 放射性同位体	放射性同位体（トリチウム、炭素同位体等）は、大気中、または降水中の濃度が年代とともに変動していること、地中では安定的であること、を利用して水の滞留時間を推定するものです。誤差の補正に留意しながら、炭素同位体や塩素同位体を使用した分析の実施も検討します。 トリチウムにより滞留時間が数十年単位の水の混入を見極めるとともに、誤差の補正を考慮しながら炭素同位体により滞留時間の長さを確認します。塩素同位体を使用した分析の実施については、炭素同位体による分析結果により判断します。

④これまでの計測結果

- ・表 5 に示す項目について、これまでに山梨県内の広河原斜坑や高速長尺先進ボーリング、コアボーリングの際に実施した計測の結果を、静岡県側の結果と比較する形で、（１）～（３）に示します。

⁵ 浅層地下水・深層地下水：「地下水マネジメント手順書」（令和元年８月、内閣官房水循環政策本部事務局）によると「一般に、地下には、浅い帯水層や深い帯水層など、複数の帯水層があり、帯水層と帯水層の間は、粘土層などの水を通しにくい「難透水層」と呼ばれる地層により分け隔てられています。」とされている。また「概ね２０～３０ｍ程度より浅い地下水を浅層地下水、５０～６０ｍよりも深い地下水を深層地下水と呼ぶことが多い」とされている。

⁶ 放射壊変：原子核が放射線を出すことにより他の安定な原子核に変化する現象

- ・測定箇所は図 77、図 78にお示しするとおりです。



図 77 採水位置図

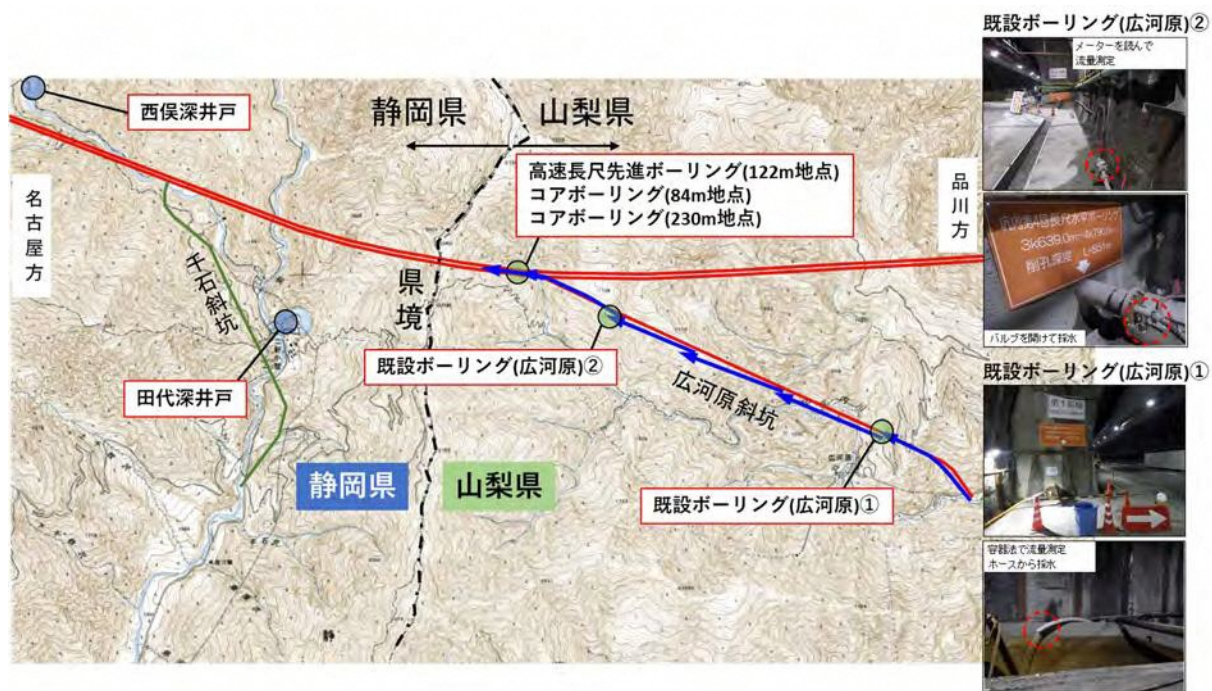


図 78 採水位置図（地下水詳細）

（1）簡易水質及び溶存イオン

- ・簡易水質及び溶存イオンの測定結果を表 6 にお示しします。また、溶存イオンについてシュティフダイアグラムとして整理した結果を図 79 に、トリリニアダイアグラムとして整理した結果を図 80 にお示しします。

表 6 簡易水質及び溶存イオンの測定結果まとめ

山梨県	地点	調査日	水温	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
	(単位)	—	°C	—	mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	検出限界	—	—	—	—	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.1	<0.4
	湧水①	R5.8.10	8.3	6.52	4.28	1.8	0.2	4.2	0.6	0.4	12.0	8.2	0.9
	湧水②	R5.8.8	15.1	6.90	4.54	1.5	0.1	1.4	0.2	0.4	7.3	2.1	0.4
	湧水③	R5.8.8	13.1	7.92	15.52	3.7	0.1	20.0	3.4	0.5	93.0	2.6	2.0
	湧水④	R5.8.8	14.7	7.64	17.58	5.6	0.1	22.0	4.0	2.2	96.0	5.5	2.3
	河川①	R5.4.20	9.1	7.85	11.11	2.0	0.4	14.0	1.9	0.6	21.0	30.0	0.5
山梨県 静岡県	地点	調査日	水温	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
	(単位)	—	°C	—	mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	検出限界	—	—	—	—	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.1	<0.4
	既設ボーリング (広河原) ①	R5.4.19	16.5	8.96	31.80	68.0	1.2	3.3	0.8	0.7	160.0	17.0	0.4
	既設ボーリング (広河原) ②	R5.4.19	20.5	9.41	20.00	41.0	1.2	2.1	0.1	0.5	100.0	1.6	0.4
	高透長尺先進 ボーリング 1 2 2 m	R5.3.12	19.2	9.77	32.10	68.0	2.8	1.4	0.1	0.6	120.0	4.7	0.4
	コアボーリング 8 4 m	R5.6.14	20.5	9.37	27.60	59.0	2.0	1.1	0.1	0.6	130.0	1.3	0.4
	コアボーリング 2 3 0 m	R5.7.12	21.2	9.11	21.80	45.0	1.7	2.6	0.3	0.5	120.0	0.5	0.4
	田代澤井戸	R3.2.5	9.3※	9.19	187.20	470.0	5.5	0.9	0.1	170.0	750.0	0.2	0.4
	西俣澤井戸	R3.7.15	21.1	7.87	252.00	660.6	10.2	7.0	2.2	304.4	1382.0	0.3	0.0

※ 地上で露出しているため、採水時に外気温（2月）の影響を受けている

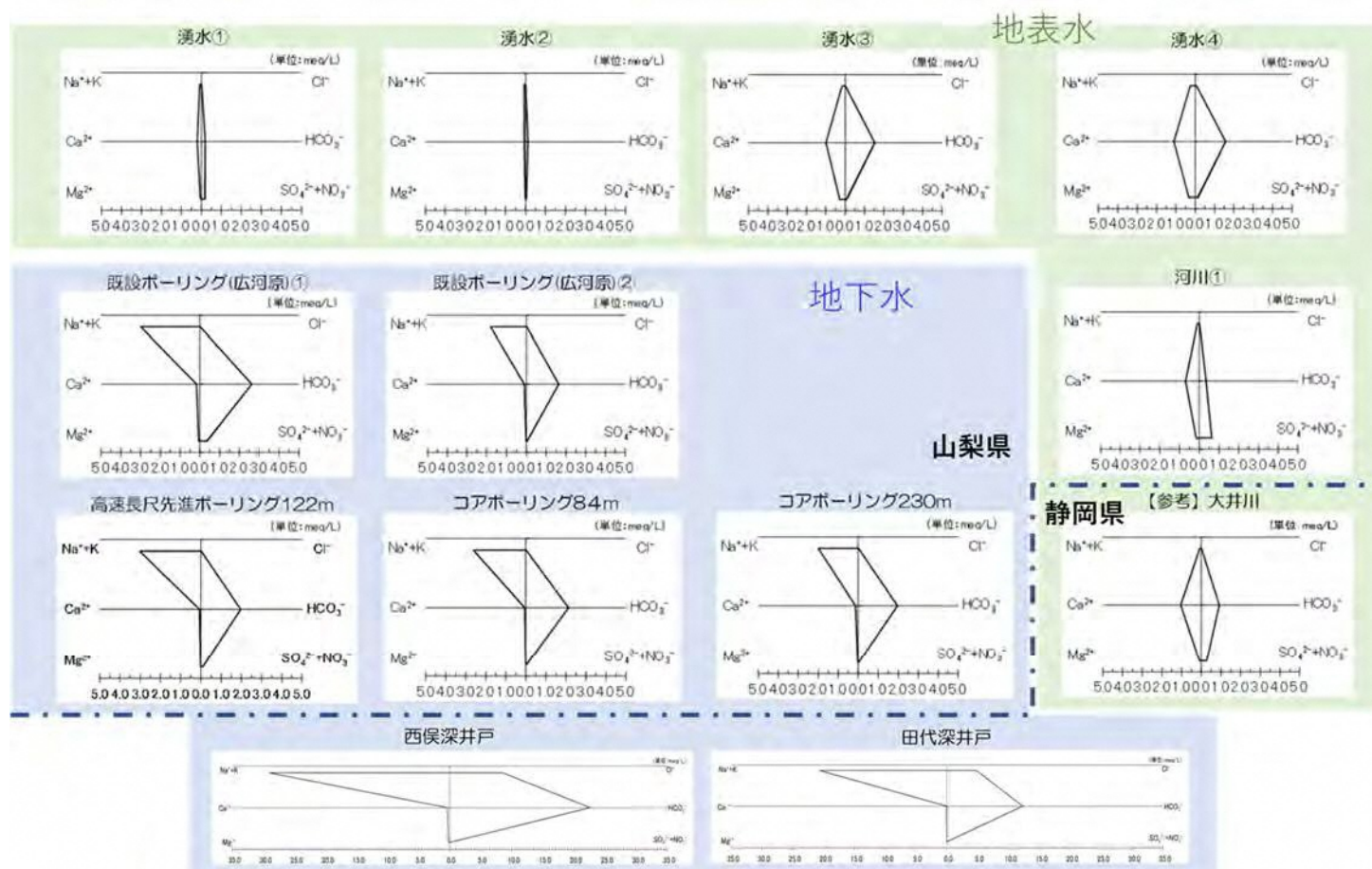


図 7 9 溶存イオン分析結果（水質組成図：シュティフダイヤグラム⁷⁾）

⁷⁾ シュティフダイヤグラム：主要溶存成分の濃度を当量値（meq/L）として図示したものであり、溶存成分が多い場合は大きく太った形状を示し、溶存成分が少ない場合は瘦せた形状を示す。

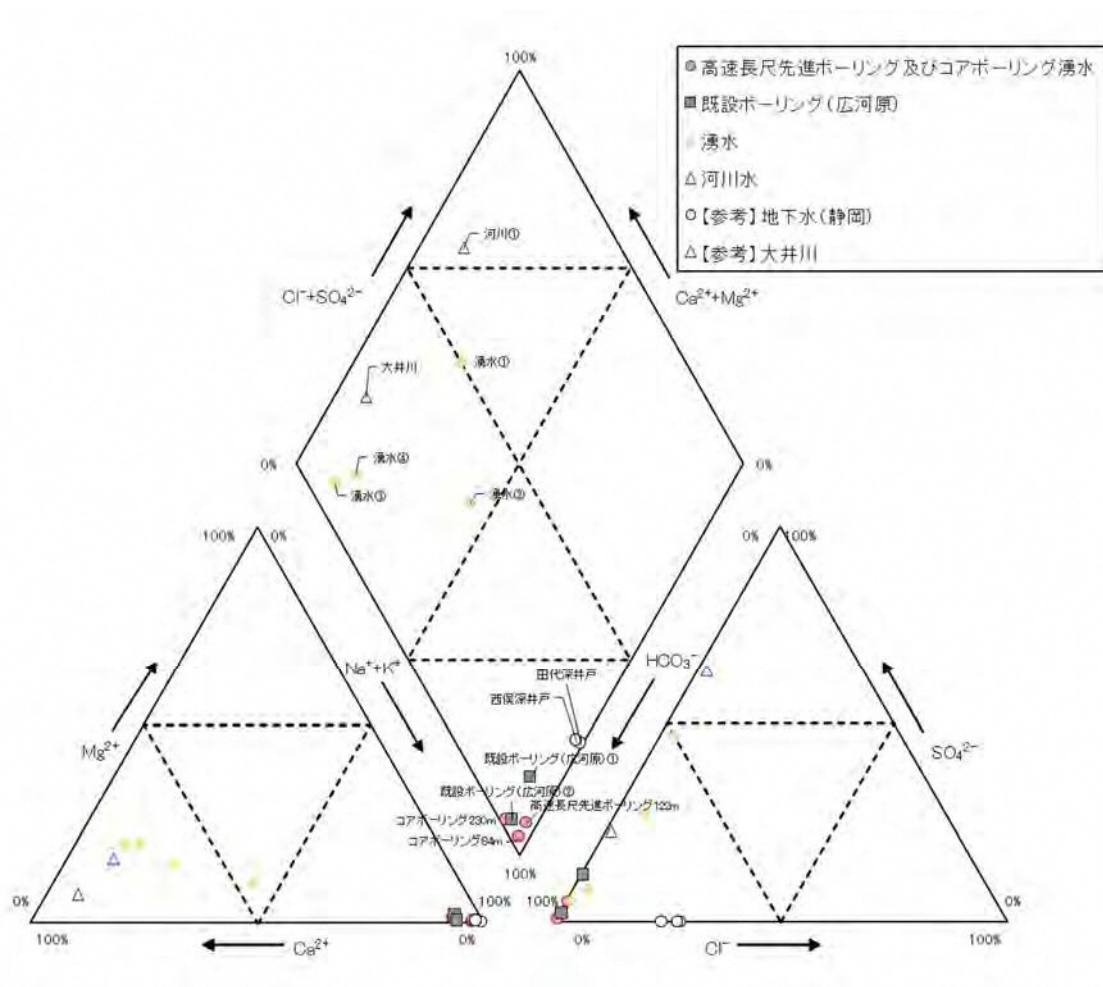
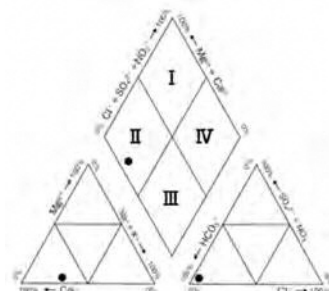


図 80 溶存イオン分析結果（水質組成図：トリリニアダイアグラム⁸⁾）

⁸⁾ トリリニアダイアグラム：中央の菱形座標図（キーダイアグラム）のどこにプロットされるかで水質組成の成り立ちを大まかに把握できる。中央の菱形座標図を4つに分け、以下のように分類される。



I：アルカリ土類非炭酸塩型

II：アルカリ土類炭酸塩型

III：アルカリ炭酸塩型

IV：アルカリ非炭酸塩型

熱水や化石水が含まれている水に多くみられる水質組成

浅層地下水に多くみられる水質組成で日本では最も一般的な水質組成

滞留時間の長い深層地下水でよくみられる水質組成

海水や温泉などで多くみられる水質組成

具体的には、I型はCa-SO₄型やMg-SO₄型、II型はCa-HCO₃型、III型はNa-HCO₃型、IV型はNa-Cl型の水が主にプロットされる。

※参考文献 日本地下水学会(2009):新・名水を化学する, 技報堂出版, 293p.

- ・結果については以下の通りです。

＜山梨県内＞

- ・高速長尺先進ボーリング、コアボーリング

いずれも滞留時間の長い深層地下水でみられるⅢ型の Na-HCO_3 型に分類され、静岡県内に賦存された地下水と比較すると、溶存成分量は少なく、特に Cl^- 濃度が非常に少ない。

- ・既存ボーリング（広河原）①②

Ⅲ型の Na-HCO_3 型に分類された。溶存成分量においては、いずれも高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングからの湧水と同程度である。

- ・湧水①～④

概ねⅡ型の Ca-HCO_3 型に分類された。溶存成分量は標高の高い湧水①と湧水②が非常に少なかった。

- ・河川水

Ⅱ型の Ca-HCO_3 型に分類され、溶存成分量は少なかった。

＜静岡県内＞

- ・深井戸（田代、西俣）

いずれもⅢ型の Na-HCO_3 型に分類され、 Cl^- が豊富である。

- ・上記の結果から、山梨県内の湧水と静岡県内の湧水を比較すると、水質組成はどちらもⅢ型の Na-HCO_3 型に分類されるものの、静岡県内に賦存される地下水は Cl^- が豊富な一方で、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングからのボーリング湧水は Cl^- がほとんど含まれていません。また、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングからのボーリング湧水における溶存成分量は（ EC と同様に、）静岡県内地下水の 1/10 程度となっています。
- ・今回の結果より、今後水質の成分分析を実施する場合、特に Cl^- の変化に着目する必要があると確認ができました。

(2) 酸素・水素同位体比

・酸素・水素同位体比の測定・分析結果を表 7 にお示しします。

表 7 同位体分析結果一覧

地点名	地点標高	採水標高	δD	$\delta^{18}O$	d 値	涵養標高 (m)		
	m	m	‰	‰	‰	δD	$\delta^{18}O$	平均
既設ボーリング (広河原) ①	—	—	-82.31	-12.03	13.90	1923	1795	1859
既設ボーリング (広河原) ②	—	—	-89.63	-12.87	13.30	2227	2110	2169
高速長尺先進 ボーリング 1 2 2 m	—	948.0	-88.95	-12.88	14.11	2233	2081	2157
コアボーリング 8 4 m	—	954.7	-89.19	-12.91	14.12	2245	2091	2168
コアボーリング 2 3 0 m	—	970.7	-88.73	-12.91	14.51	2242	2071	2156
田代深井戸	—	1272.1	-92.20	-13.20	13.40	2408	2414	2411
西俣深井戸	—	1191.1	-99.00	-13.80	11.40	2613	2709	2661
湧水①	1920.7	1966.4	-81.50	-11.83	13.13	—	—	—
湧水②	1556.4	1654.4	-77.98	-10.96	9.70	—	—	—
湧水③	623.3	727.3	-67.21	-9.80	11.22	—	—	—
湧水④	304.2	409.5	-46.32	-7.42	13.08	—	—	—
河川①	—	—	-77.34	-11.44	14.20	1711	1581	1646

・ δ ダイアグラム⁹ (図 8 1) より、酸素・水素安定同位体比は、Craig の天水線¹⁰ 付近に分布することから、いずれの試料も雨水起源であることが窺えますが、地下水（高速長尺先進ボーリング、コアボーリング、既設ボーリング孔）において同位体比が低い傾向が見られ、湧水や河川水の同位体比は地下水と比較すると高い傾向を示しました。

⁹ δ ダイアグラム：縦軸に δD 、横軸に $\delta^{18}O$ をとって、試料の値をプロットした図

¹⁰ Craig の天水線：世界各地で採取された天水試料について、酸素と水素の同位体比を測定した際、両者間には次式の直線関係があることが分かっている。この直線を天水線と呼び、この直線上にプロットされる試料は天水起源であると概ね想定する事が出来る。

$$\delta D = 8 \times \delta^{18}O + 10$$

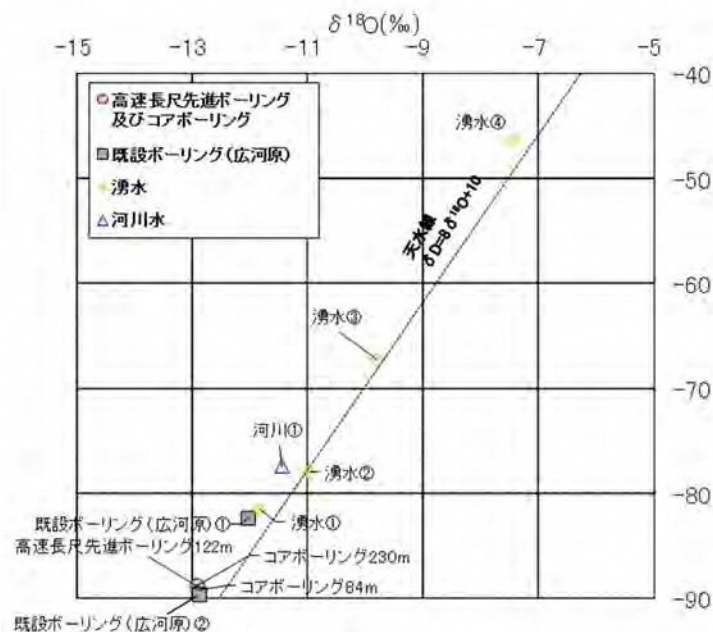


図 8 1 δ ダイアグラムと Craig の天水線

- 地下水、河川水の涵養標高を推定するため、湧水の同位体比と集水域の平均標高の関係を図 8 2 のとおり求めたところ、一般的な高度効果¹¹と同程度の値が得られました。

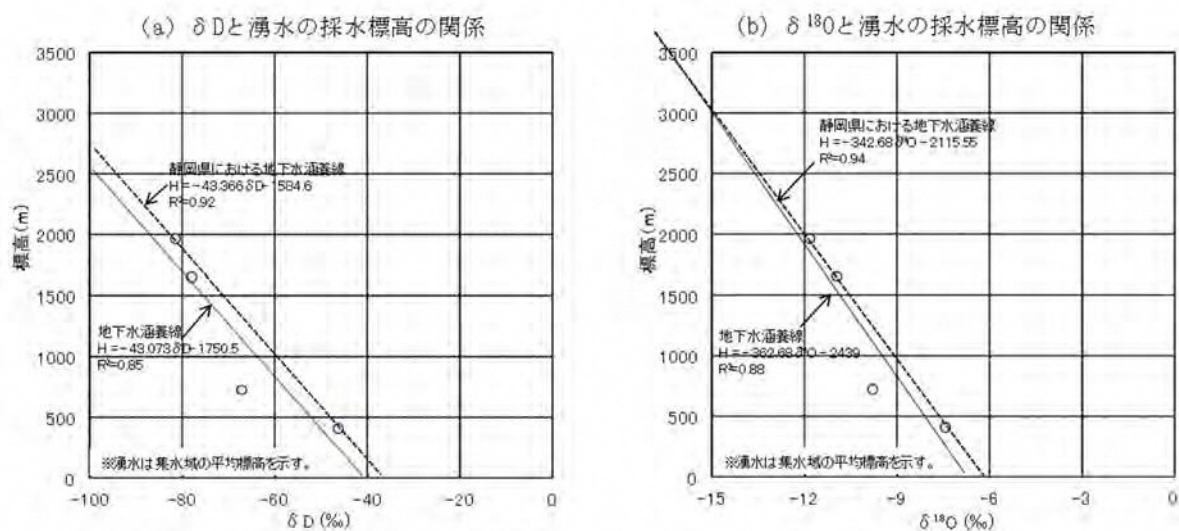


図 8 2 湧水の同位体比と集水域の平均標高との関係

- 以上を踏まえ、図 8 3 にてそれぞれの試料の涵養標高を推定した結果について、表 7 にまとめ、また、推定涵養標高線を図 8 4 にてお示しします。

¹¹ 高度効果：低標高部に降る降水の同位体比は相対的に高く、高標高部に降る降水の同位体比は相対的に低くなる現象

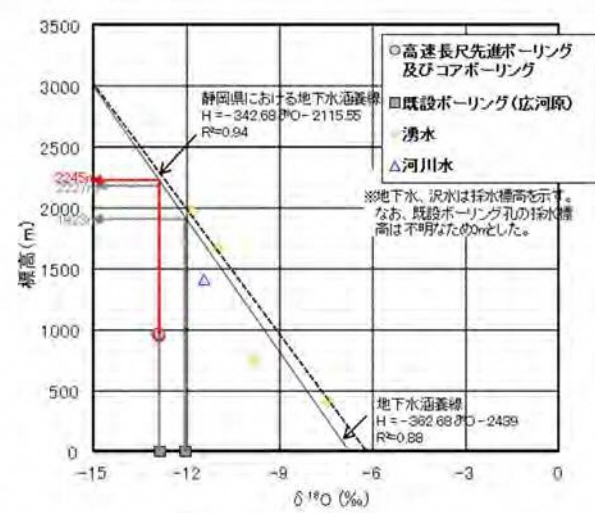
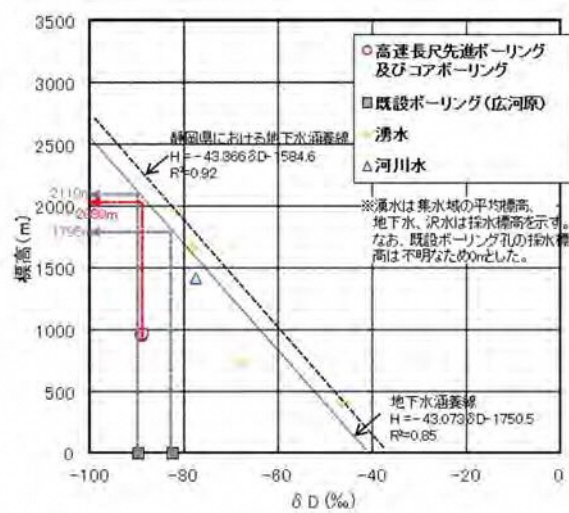


図 8 3 同位体比と標高の関係

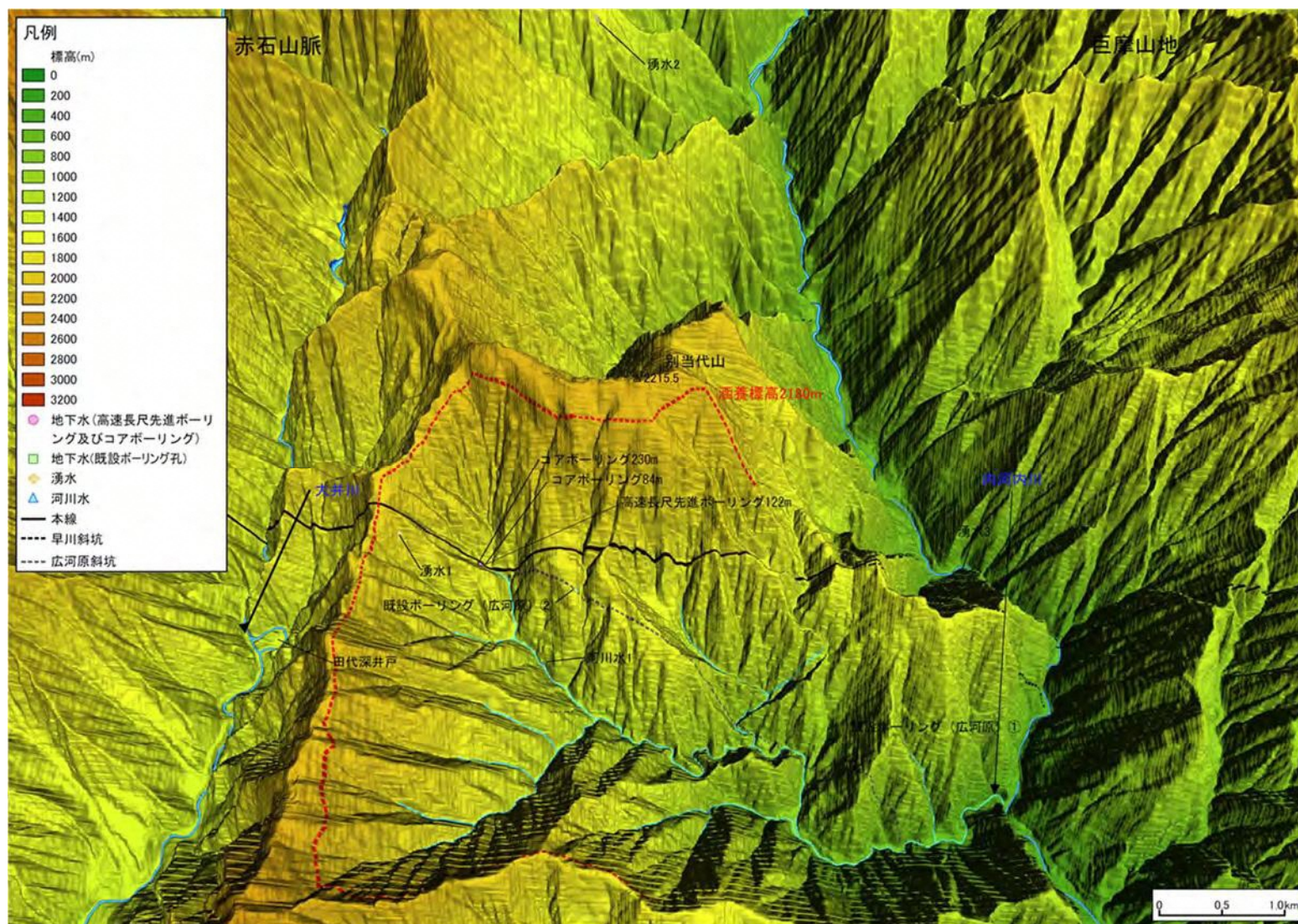


図 8 4 推定涵養標高線

- ・今後高速長尺先進ボーリング等を進めていく中で、湧水を分析した結果、涵養標高が静岡県内の値（2,500m 前後）に近い傾向を示す場合は、他のトレーサーも確認したうえで、水の起源に関わる一つの指標になると考えています。

（3） ^{14}C による年代測定

- ・ ^{14}C は半減期 5,730 年の炭素の放射性同位体で、大気の上層において宇宙線と空気中の窒素原子との衝突破砕反応によって常に生成され、植物活動を通じて土壤中に $^{14}\text{CO}_2$ として供給されます。その後、地表面から浸透してきた水に溶解し、地下水に供給されます。地下水に供給されてからは新たな ^{14}C の供給源がなくなり、放射壊変により減少するしかなくなるため、地下水中の ^{14}C 濃度から滞留年代を推定することができます。
- ・ ^{14}C の年代は、地下水流動過程におけるデッドカーボンの付与による影響を考慮し、 ^{14}C と $\delta^{13}\text{C}$ の実測値を元に算出いたしました。

表 8 ^{14}C の分析結果一覧

	地点	^{14}C	$\delta^{13}\text{C}$	滞留時間
		pMc (%)	(‰)	(年)
山梨県 東 ↓ 西	既設ボーリング (広河原) ①	2.55	-5.08	19000
	既設ボーリング (広河原) ②	2.98	-8.02	21000
	高速長尺先進 ボーリング 1 2 2 m	1.83	-6.93	24000
	コアボーリング 8 4 m	1.12	-6.91	28000
	コアボーリング 2 3 0 m	1.21	-6.56	27000
静岡県	田代深井戸	<0.44	-5.11	33000<
	西俣深井戸	—	—	—

- ・表 8 の分析結果より、東側（山梨県側）から西側（静岡県側）にかけて滞留時間が長くなっていることが確認できます。よって、今後高速長尺先進ボーリング等を進めていく中で、湧水を分析した結果、滞留年数が急に長くなるような状況が見られれば、同様に、他のトレーサーも確認したうえで水の起源に関わる一つの指標になると考えています。

<参考>トリチウムによる年代測定

- ・トリチウムについては、ボーリング湧水の年代に対して、トレーサーとして有効な期間がも短すぎるため考察には用いないものとしますが、測定した結果は参考として表 9 及び図 8 5 でお示しします。

表 9 トリチウムによる分析結果

地点	調査日	トリチウム濃度	滞留時間
		T U	年
湧水①	R5.8.10	2.89	0～50
湧水②	R5.8.8	3.14	0～50
湧水③	R5.8.8	2.82	0～50
湧水④	R5.8.8	1.93	0～50
河川①	R5.4.20	3.4	0～50

地点	調査日	トリチウム濃度	滞留時間
		T U	年
既設ボーリング (広河原) ①	R5.4.19	<0.3	70<
既設ボーリング (広河原) ②	R5.4.19	<0.3	70<
高速長尺先進 ボーリング 1 2 2 m	R5.3.12	<0.3	70<
コアボーリング 8 4 m	R5.6.14	<0.3	70<
コアボーリング 2 3 0 m	R5.7.12	<0.3	70<
田代深井戸	R3.2.5	<0.3	70<
西俣深井戸	R3.7.15	—	—

山梨県
静岡県

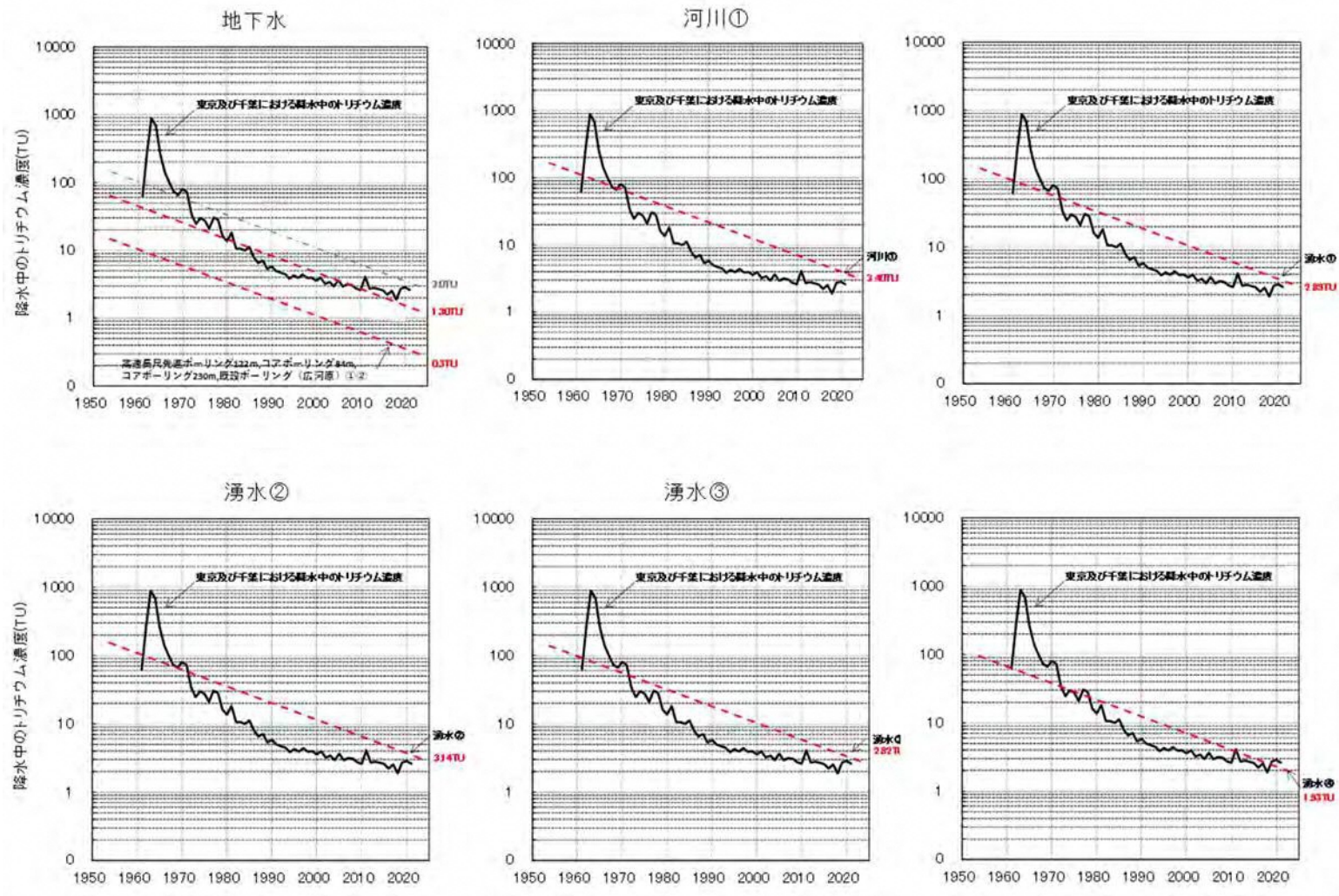


図 85 東京・千葉における降水中のトリチウム濃度（原子力規制庁公表データ）と地下水のトリチウム濃度の比較
（灰色線：過去 20 年間の平均値、赤色線：分析値）

⑤計測、分析結果の整理

- ・④の結果について、山梨県側の地下水と静岡県側の地下水を対比させる形で整理すると表 10 のとおりとなります。

表 10 計測、分析結果の整理

項目			静岡県内に賦存される地下水	山梨県における 高速長尺先進ボーリング及び コアボーリングで発生する湧水	比較結果
水質 の 特 徴	簡易 水質	pH	7.87～9.19	9.11～9.77	どちらもアルカリ性を示す。
		EC	187～333mS/m	22～32mS/m	高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生する湧水の値は、静岡県の地下水の値の1/10程度である。
	水質組成		Cl ⁻ に富む Na-HCO ₃ 型	Na-HCO ₃ 型	水質組成はどちらもNa-HCO ₃ 型であるが、静岡県の地下水はCl ⁻ が豊富なのにに対し、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生する湧水にはCl ⁻ が含まれない。
	酸素・水素安定同位体 から推定した涵養標高		2,411～2,705m	2,156～2,168m	地形及び水の流れ方(地形に沿って流れる)を考慮すると、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生する湧水は山梨県内において涵養された地下水である。
	¹⁴ Cから推定した 滞留時間		33,000 ^{<} ※ 年	24,000～28,000年	どちらも数万年以上前に涵養された古い地下水であるが、静岡県の地下水と比べると、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生する湧水は非常に若い地下水である。
	(参考) トリチウムから推定した 滞留時間		70< 年	70< 年	トリチウムが検出されないことから、どちらも70年以上前に涵養された地下水である。

※¹⁴Cが検出されないため、検出限界値と仮定し、その場合に考えられるデッドカーボン量を考慮した滞留時間

⑥計測、分析結果の考察

- ・一般的に、地下水は、①滞留時間の長い深部に賦存する地下水、②調査地周辺で降った雨水、③雨水が浸透し滞留時間の短い(溶存成分が少ない)浅層地下水、④表流水、⑤海から侵入した水、のうちいずれか、あるいは、混合したものとなります。
- ・調査地域は海岸から離れた内陸部であり、加えて海面よりも高いことから、⑤に該当する可能性は低いです。昔の海水(古海水)が地層の隙間に賦存されている可能性があります。今回、古海水は①に含まれるものとします。
- ・調査地の地質は大井川流域と同様に四万十帯に分類されます。
- ・四万十帯の地層は、調査地周辺においては山梨県側から静岡県側の方向に傾斜しており、滞留時間の長い地下深部に賦存する地下水が流動する場合、地層の傾斜に沿うと考えられます。したがって、静岡県側の地下深部に滞留する地下水が、地層の

傾斜とは異なる、山梨県側に流動するという現象は通常考え難い状況です。

- ・一般的に地下水の水質は、滞留時間の短い浅層の地下水ではカルシウムやマグネシウムの多いアルカリ土類炭酸塩型ですが、滞留時間が長い深層の地下水の水質はナトリウムやカリウムの多いアルカリ炭酸塩型に変化することが知られています。
- ・溶存イオン成分については、静岡県側の四万十帯中の地下水も、山梨県側の高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生する湧水も、いずれもナトリウムが多く、滞留時間の長い深層の地下水と考えられます。(④(1)より)
- ・また、 ^{14}C から推定した滞留時間は静岡県側の地下水では 33,000 年以上、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生する湧水では 24,000~28,000 年と推定しました。(④(3)より)
- ・すなわち、静岡県側の四万十帯中の地下水も、山梨県側の高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生する湧水も、①滞留時間の長い深部に賦存する地下水を含むと考えられます。
- ・山梨県側のトンネル掘削工事では、トンネル湧水量は少なく、内河内川の流量は工事開始前と比べて特段の変化が見られません。これらのことから、トンネル工事による④表流水の引き込みはほとんどなかったものと考えられます。
- ・以上のことから、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生した湧水の起源は、①四万十帯に賦存される滞留時間の長い深部に賦存する地下水、②調査地周辺で降った雨水、③雨水が浸透し滞留時間の短い(溶存成分が少ない)浅層地下水、の3成分の混合によって形成されたものと考えられます。
- ・高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングを実施しているトンネルルート沿いには赤石山地が位置し、山梨県と静岡県の県境は、山地の尾根に当たります。酸素・水素安定同位体比から推定した、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生する湧水の涵養標高は、山地の尾根の標高よりもやや低い結果となりました。(④(2)より)
- ・したがって、ボーリング湧水は、山梨県と静岡県の県境(尾根)よりも山梨県側で浸透した水であり、降水、及び、降水が浸透し滞留時間の短い浅層地下水は地形に沿って高い方から低い方に流動しますが、低い地点から尾根を越えることはありません。

せん。

- ・ 以上より、高速長尺先進ボーリング及びコアボーリングで発生した湧水は、主に山梨県内において涵養された水であると考えられます。