

大井川水資源利用への影響回避・低減に 向けた取組み（素案）

本資料は令和2年6月2日現在の内容をまとめたものです。
今後、本資料の「作業中」としている箇所について内容を追加するとともに、
有識者会議委員のご意見を踏まえ、内容やデータを加除訂正してまいります。

東海旅客鉄道株式会社

目 次

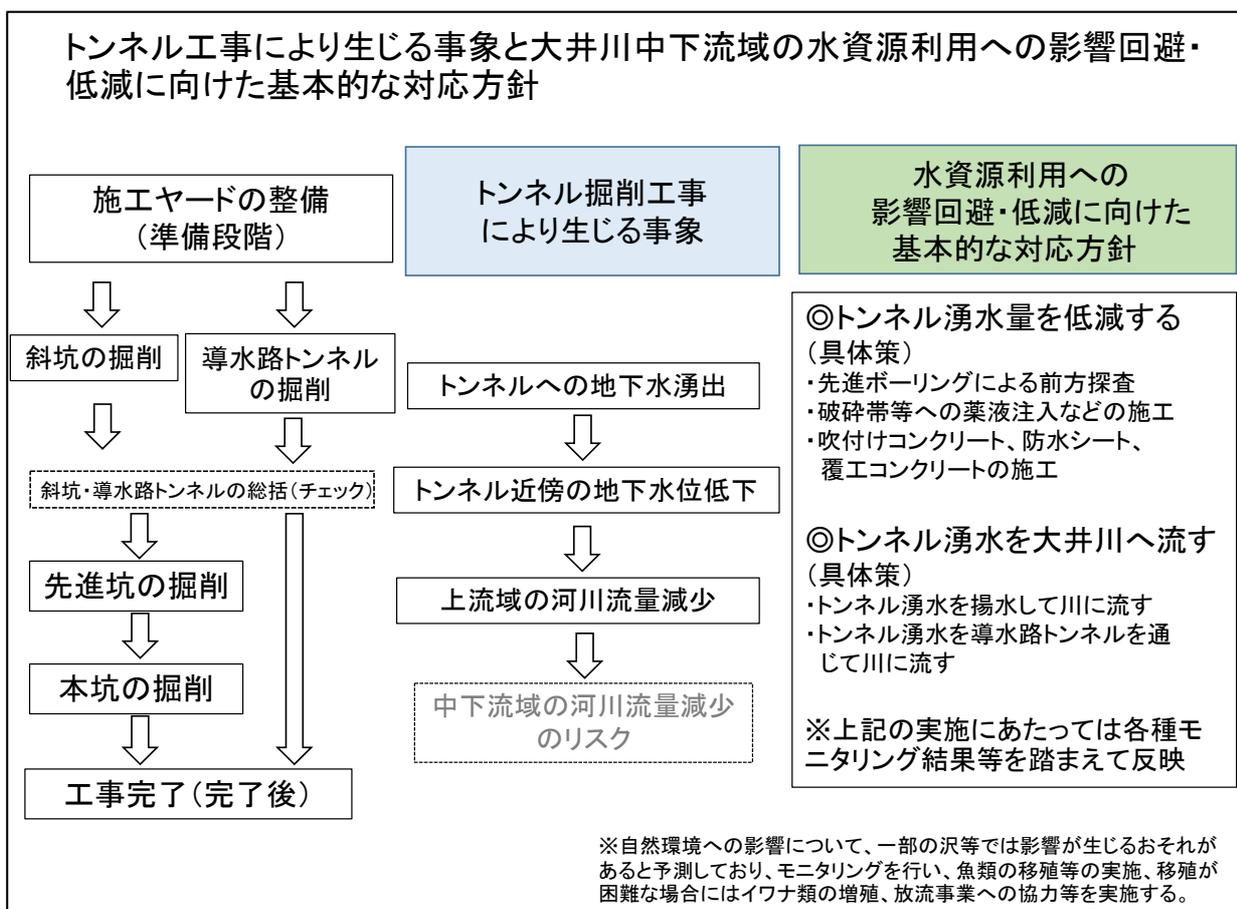
1. トンネル工事により生じる事象と大井川中下流域の水資源利用への影響回避・低減に向けた基本的な対応方針
2. 工事着手前段階における取組み
 - (1) トンネル湧水を大井川に流すための施設計画の策定
 - 1) 水収支解析における条件設定
 - 2) 水収支解析の結果を踏まえた揚水設備、濁水処理設備、導水路トンネルの計画
 - (2) 計画段階における水資源利用に関する想定リスク
 - (3) モニタリングの実施及びバックグラウンドデータの作成
3. 工事实施段階における取組み
 - (1) トンネル掘削段階において共通となるトンネル湧水量の低減
 - (2) 専門家によるサポート体制及び報告
 - (3) 両斜坑・導水路トンネル掘削段階等
 - (4) 畑薙山断層帯掘削段階
 - (5) モニタリングの実施とデータ公開（各工事段階において共通）
4. 工事完了後における取組み
 - (1) モニタリングの実施とデータ公開
5. 大井川中下流域の水資源利用に影響が生じた場合の対応

別冊 データ

- (1) 工事着手前の実測結果
- (2) 水収支解析の予測結果
- (3) 各トンネルの掘削断面

1. トンネル工事により生じる事象と大井川中下流域の水資源利用への影響回避・低減に向けた基本的な対応方針

- ・南アルプストンネル静岡工区の工事は、施工ヤード整備に始まり、その後、斜坑や導水路トンネルの掘削、先進坑掘削、本坑掘削と進めてまいります。
- ・トンネルを掘り進めて行くことにより、トンネル内に地下水が湧出し、それに伴って、トンネル近傍の地下水位の低下、さらには、大井川上流域の河川流量の減少といった事象が発生します。
- ・私たちは、トンネル工事に伴い、大井川中下流域の水資源利用には影響を及ぼさないようにいたします。
- ・そのための基本的な対応方針は、「工事中のトンネル湧水量を低減する」とことと「トンネル湧水を大井川に流す」ということです。
- ・基本的な方針に基づく具体策を実施するにあたっては、工事を実施しながら各種モニタリングを行い、その結果を踏まえて反映してまいります。



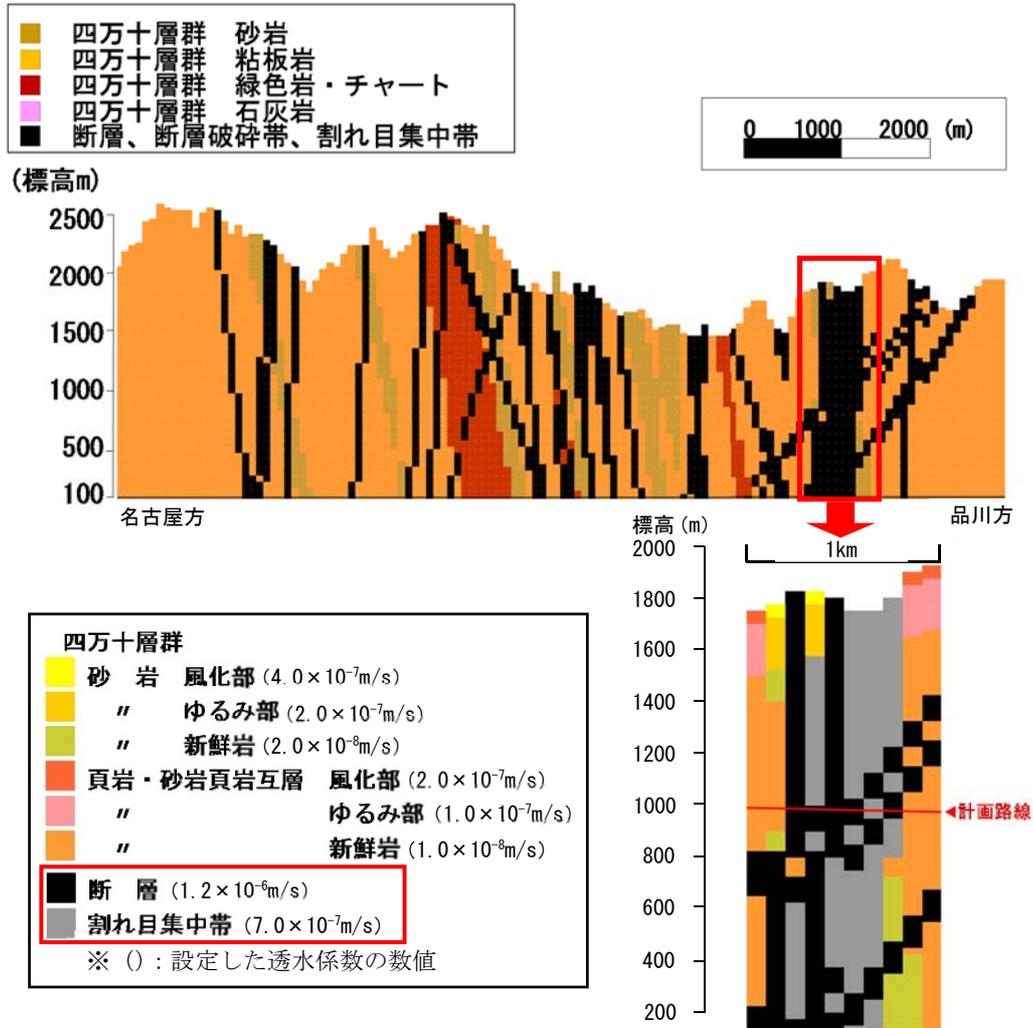
2. 工事着手前段階における取組み

(1) トンネル湧水を大井川に流すための施設計画の策定

1) 水収支解析における条件設定

- ・環境アセスメントでは、トンネル工事による水資源への影響の程度を把握し、水資源の環境保全措置を検討するため、南アルプストンネル全域を対象に、工事開始から工事完了後20年間の期間において水収支解析による予測を行いました。
- ・水収支解析にあたっては、トンネル工事実施前において現地の地形上、ボーリング等の十分な調査ができないことから、解析ブロックは100m×100m×25mと大きなサイズを用いました。また、トンネル湧水量は大きめにして、施設計画上、安全側の見積もりとなるように、以下の条件設定を行い実施しました。

①断層部においては、通常、不透水層の存在や地層の硬軟が繰り返し出現し、その性状(透水係数等)はバラツキを示すことが考えられるが、解析上においては断層部が存在すると考えられるブロックは一括りで大きい透水係数を設定



※四万十層群の透水係数について、計画路線沿い(山梨県内)で実施したボーリング調査の結果をもとに設定した初期値を段階的に変更していき、河川流量の実測値と予測値との再現性が最も良かった組み合わせを最終的な値として設定

図 水収支解析における地質の設定(縦断面図)

②トンネル構造物としての吹き付けコンクリート、防水シート、覆工コンクリート等がない状態と仮定

- ・その結果、トンネル湧水量をはじめ地下水位低下量、河川流量減少量などは大きめに算出されていると考えております。
- ・今回の水収支解析の結果は、大井川本流、特に中下流域の水資源への影響評価において、環境保全措置を策定するには十分活用できると考えています。実際の影響については、前述の条件設定による解析結果の数値よりもかなり小さくなると想定しています。
- ・一方で、今回の水収支解析モデルは、解析ブロックを $100\text{m} \times 100\text{m} \times 25\text{m}$ と大きなサイズを用いていること等から、流量が少ない大井川上流部の沢部の影響検討には限界があるとともに、断層部掘削時のトンネル湧水量については、その他区間の掘削時に比べて多くなることは表現できているものの、突発的な湧水（数日間というわずかな時間の出来事）は表現できないものと考えています。

2) 水収支解析の結果を踏まえた揚水設備、濁水処理設備、導水路トンネルの計画

- ・計画段階における調査には前述した通り限界があり、また、解析結果には不確実性があります。この不確実性をリスクと考え、これらのリスクを低減するための施設計画、施工計画を策定しています。
- ・トンネル内の揚水設備、濁水処理設備、導水路トンネルといった施設については、解析結果をもとに、トンネル湧水の上限値を設定し、その上限値であってもトンネル湧水を大井川に流せるように計画しています。
- ・上限値は、解析上、トンネル湧水量が最大となるトンネル掘削工事完了時の値（静岡県内の斜坑・先進坑・本坑全体の湧水量： $2.67\text{m}^3/\text{秒}$ 、導水路トンネルの湧水量： $0.74\text{m}^3/\text{秒}$ ）をもとに、過去のトンネル湧水量の実績なども考慮して、斜坑・先進坑・本坑全体の湧水量は上限値 $3.0\text{m}^3/\text{秒}$ 、導水路トンネルの湧水量は上限値 $1.0\text{m}^3/\text{秒}$ と設定しています。
- ・工事実施段階においては、トンネル湧水低減策をとりながら掘削を進め、地質の詳細、トンネル湧水量、河川流量、地下水位等のモニタリングを十分にを行い、設備配置を行ってまいります。

(2) 計画段階における水資源利用に関する想定リスク

- ・トンネル工事開始後のトンネル湧水量が水収支解析による予測値等を上回った場合に想定される水資源利用に関するリスクは以下の①～③のとおりです。

①トンネル湧水量が前述の上限値を上回った場合には、一時的に濁水処理設備の処理能力を超えるリスクがあります。

【以下、工事の安全の観点から山梨県側から掘削することを考えた場合】

②県境付近（特に畑薙山断層帯）の先進坑掘削時にトンネル湧水量が想定^{※1}を大きく上回った場合には、大井川の河川流量減少量が想定を超えるリスクがあります。

③県境付近（特に畑薙山断層帯）の本坑掘削時のトンネル湧水量が想定^{※2}を上回った場合には、先進坑に設置する釜場の揚水設備の処理能力を超えるリスクがあります。

※1 先進坑掘削時の平均トンネル湧水量 0.08m³/秒が畑薙山断層帯掘削期間中（約10か月）継続

※2 本坑掘削時の平均トンネル湧水量 0.08 m³/秒

- ・工事実施段階において、(3)に示すモニタリングの結果等を踏まえて、これらのリスクを回避・低減していきます。
- ・トンネル工事による周辺環境への影響についても、回避・低減を図るため、引き続き工事実施段階において、必要な対応をとってまいります。

(3) モニタリングの実施及びバックグラウンドデータの作成

- ・河川流量、地下水位については、工事前の現状においても、既に継続的に計測を実施しています。今後、工事中及び工事完了後にわたって、トンネル湧水量、河川流量、地下水位に関するモニタリングを実施していきます。

(上流域)

- ・河川流量については、常時計測地点としては、当社が西俣非常口付近の橋梁基礎部に設置した西俣測水所、電力会社の2か所の測水所の計3か所です。また、月1回の計測地点は、トンネル工事による影響が出ないと想定している範囲を含め計7か所です。さらに、年2回（豊水期（8月）、渇水期（11月））の計測地点は、トンネル工事に伴い影響が生じる可能性があるとして想定した沢を網羅的に対象とし、計38か所です。
- ・沢の流量（年2回）の計測に加えて、冬期など現地調査が困難な地域を対象に、沢の流況について、監視カメラを設置した常時監視方法の検討を進め、現地試験を始めています。
- ・地下水位については、路線近傍にて、浅井戸と深井戸で常時計測します（計4か所）。また、今後、西俣非常口ヤードにおいて、ボーリング調査孔（深度約400m）を活用した観測井を設置予定です。
- ・なお、地下水が河川へ湧出する地点の把握に関しては、現地は非常に急峻な地形であり、可能な限り上流部まで沢の流量の計測等を実施しているものの、安全上の観点から、更なる上流部の調査は難しいと考えています。

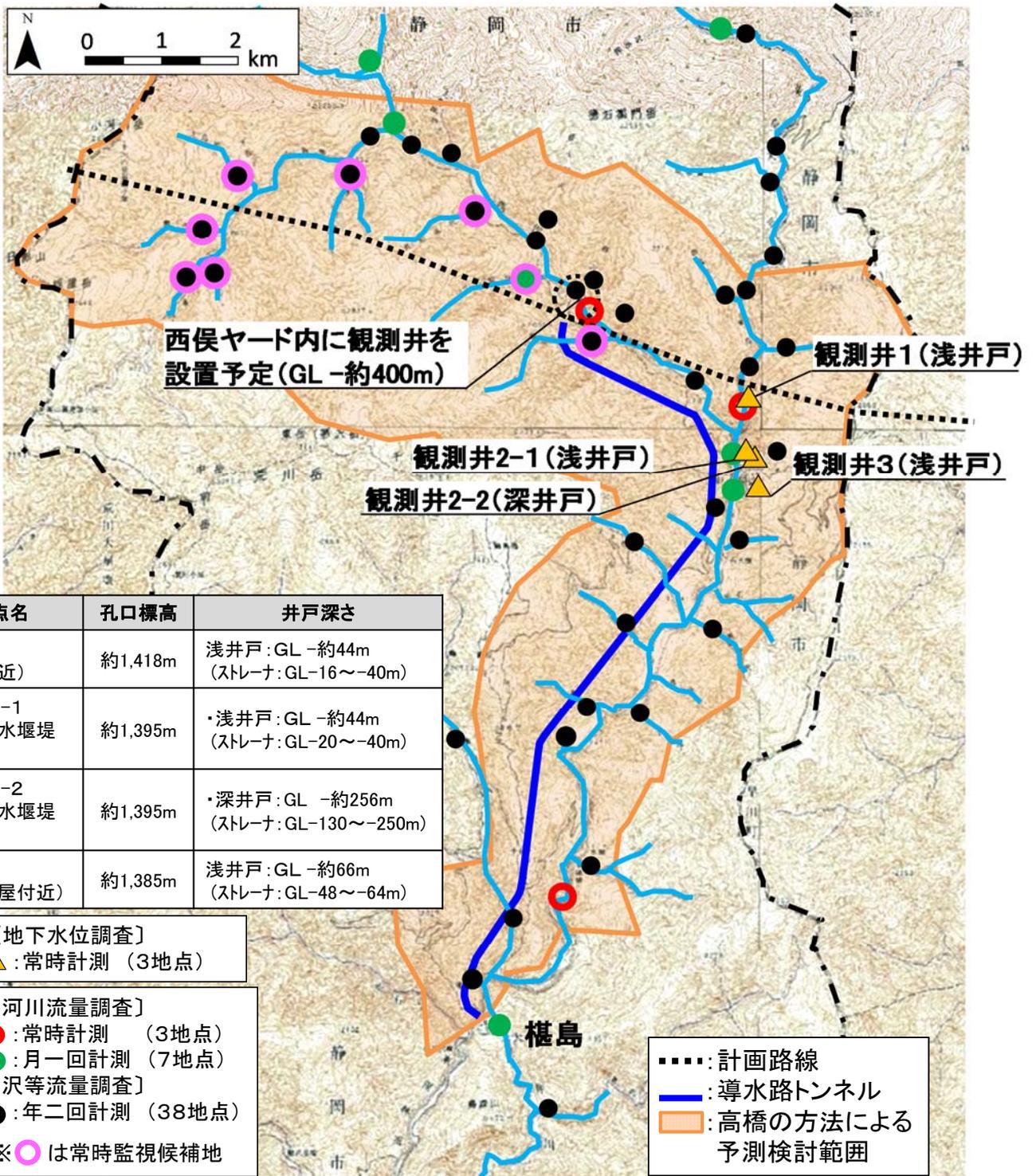


図 地下水、河川流量 調査地点 (上流域)

(中下流域)

- ・河川流量については、静岡県等が継続的に計測している3か所の流量データを使用します。
- ・地下水位については、静岡県等が継続的に計測している井戸15か所のデータを使用します。また、今後、井川地区にも、観測井戸を設置する計画です。

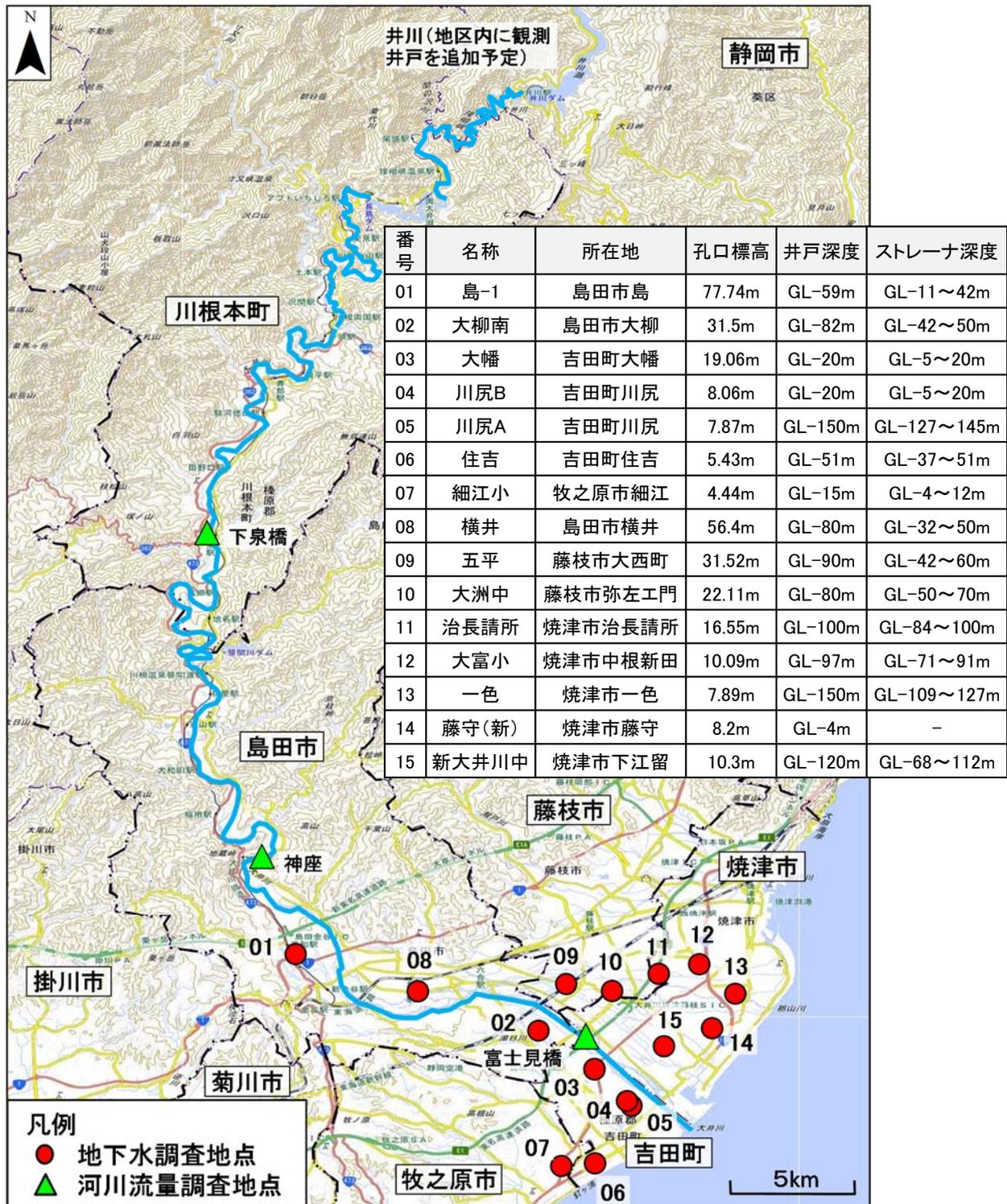


図 地下水、河川流量 調査地点 (中下流域)

- ・現在保有しているバックグラウンドデータの一例を別冊データにお示しします。
- ・また、トンネルを掘削する大井川上流域と中下流域の河川表流水と地下水の関係性を把握するため、水の涵養標高（酸素・水素安定同位体比）、涵養年代（不活性ガス濃度等）などの調査、分析について、既に着手しています。

3. 工事実施段階における取組み

(1) トンネル掘削段階において共通となるトンネル湧水量の低減

- ・南アルプスは主に四万十帯と呼ばれる砂岩・粘板岩を主体とした付加体の地層で構成されています。この四万十帯は、糸魚川・静岡構造線を東端とし、長野側に向けて新しい地層から古い地層へ移っていきます。静岡県内は、山梨側より古い地層となりますが、古い地層へ向かうほど、現地は急峻な地形となってアプローチしにくくなり、地上からの調査が限定されます。そこで、斜坑掘削時の切羽周辺及び先進坑（本坑に先立って掘削）の切羽周辺から前方に向かって、高速長尺ボーリング調査を繰り返し実施し、トンネル切羽前方約500mまでの地質性状を確認します。また、高速長尺ボーリング調査の結果、地質が変化する場所、破砕帯と想定される場所においては、コアボーリングを行い、地質の性状を詳細に調査します。
- ・ボーリング調査の結果、破砕帯の存在により、先進坑掘削時に多くのトンネル湧水が想定される範囲においては、先進坑の掘削がその範囲に近づいた時点でトンネル掘削工事を一時中断し、切羽前方に対して薬液注入を行い、トンネル湧水を低減します。

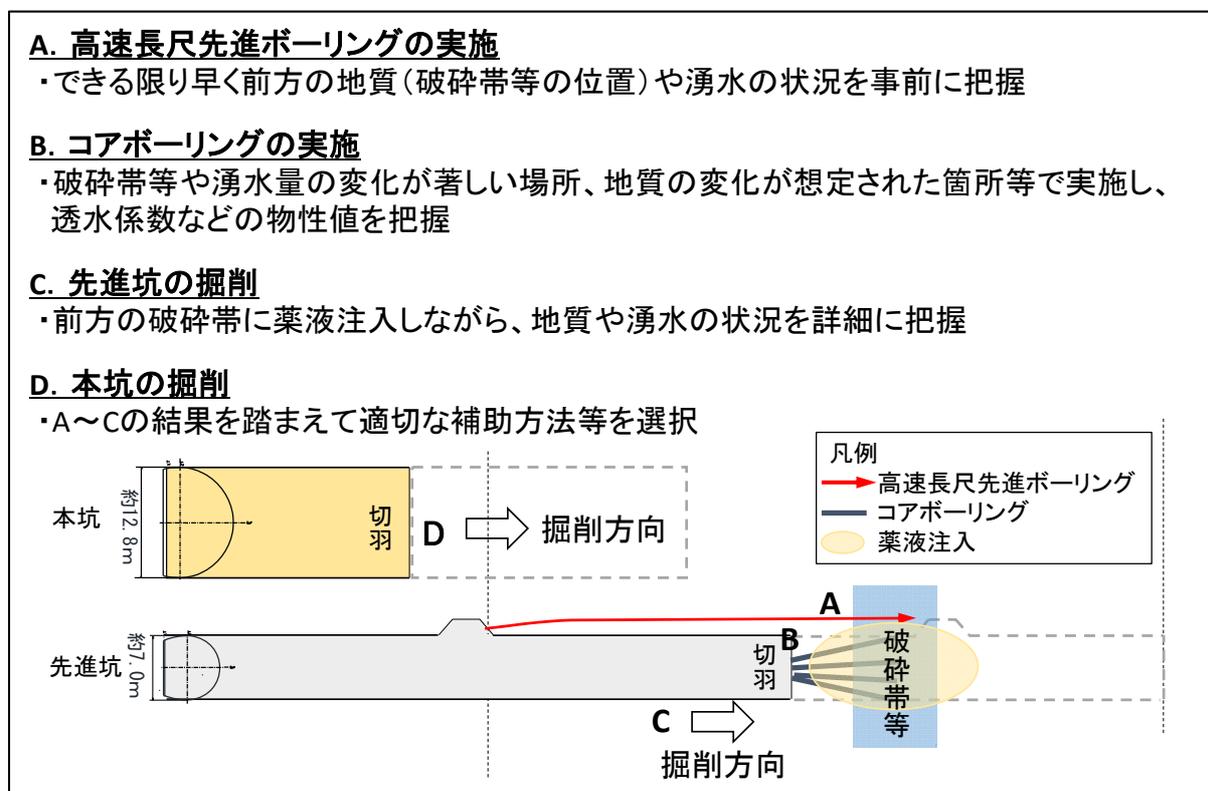


図 高速長尺先進ボーリングを用いたトンネル掘削の手順

- ・高速長尺ボーリング孔の湧水量は削孔長 10m あたり 50L/秒^{*}を管理値とし、ボーリング湧水量がこの管理値に達した場合には、当該地点の手前で掘削工事を一時中断します。

※静岡工区で考えられる最も大きい水準の透水係数とし、水頭差を静岡工区の最大土被りと仮定して算出したトンネル湧水量の結果により設定

- ・また、トンネル全体の湧水量は、斜坑、先進坑、本坑の合計値は 3m³/秒、導水路トンネルは 1m³/秒を上限値とします。
- ・トンネル掘削においては、吹付けコンクリート、防水シート、覆工コンクリート（これらの一部あるいは全て）を施工し、トンネル湧水を低減することで、トンネル湧水量を前述の上限値以下となるように管理していきます。
- ・ただし、トンネル湧水量の上限値を一時的に上回るリスクがあるため、トンネル湧水の揚水設備や濁水処理設備の施設計画の見直しを図ることも選択肢として考えています。

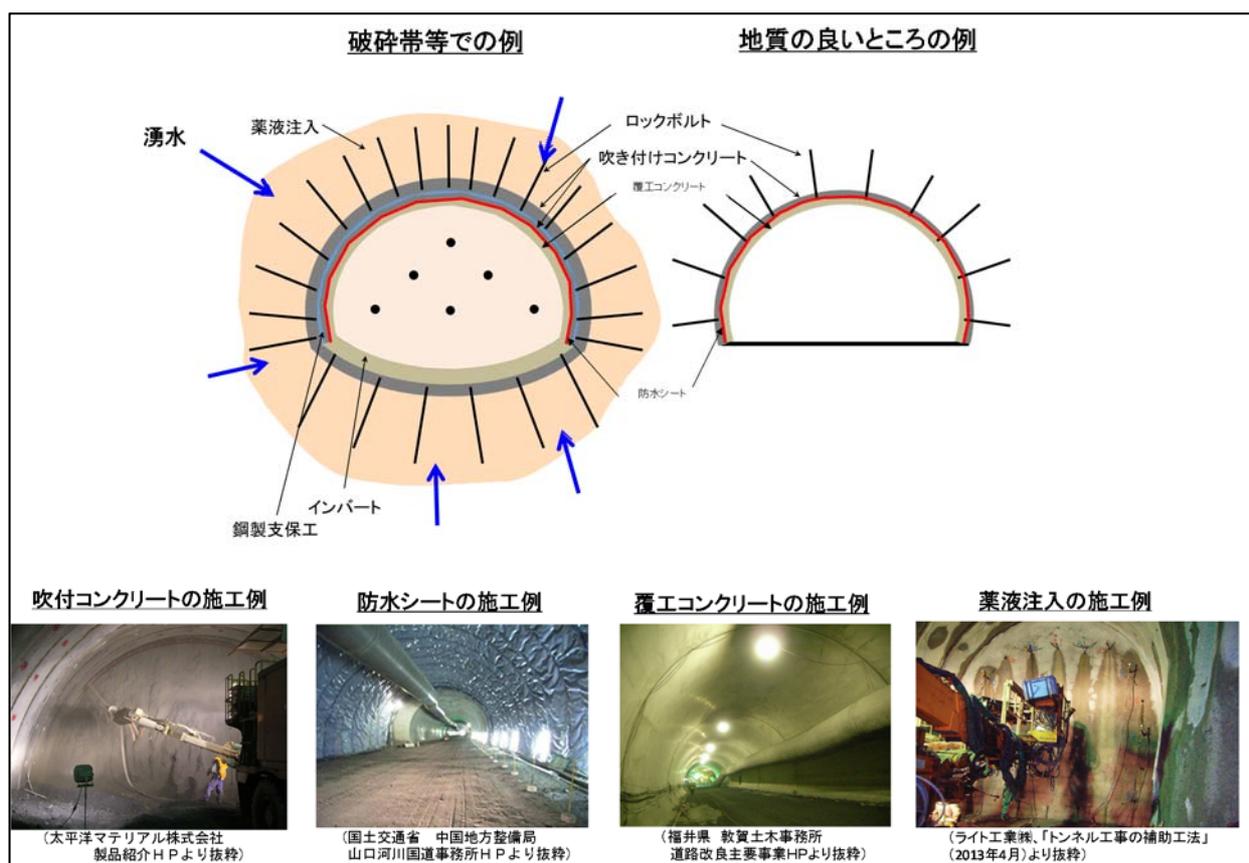


図 覆工コンクリート、薬液注入等によるトンネル湧水量低減対策

(2) 専門家によるサポート体制及び報告

- ・「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン（令和2年3月 国土交通省大臣官房技術調査課ほか）」によれば、「工事着手前に全ての地盤情報を明らかにできないことによる安全性や効率性に対するリスクが常にある」「初期の段階で地質・地盤条件に関する情報を適切に捉えられるよう努力すべきであることは言うまでもないが、事業の各段階で利用可能な情報の質と量に基づいた地質・地盤条件の推定・想定と、それが持つ不確実性の程度や特性を理解した上でリスクの評価を行い、設計や施工、維持管理でどのようにリスク対応していくか判断することが重要」とされています。
- ・地質や湧水量の変化など特異な状況が考えられる際は、現場に常駐する技術者に加えて、現地に配備するインターネット等を活用して速やかに地質の専門家やトンネルの専門家に確認頂くとともに、必要によりその専門家に現地の地質等を確認頂いて、必要な助言を頂くなど、トンネル掘削を万全に行えるよう、現地のサポート体制を構築します。また、地質等の現地の状況については静岡県へ随時報告してまいります。

(3) 両斜坑・導水路トンネル掘削段階等

- ・先進坑や本坑に先立って両斜坑や導水路トンネルを掘削します。両斜坑や導水路トンネルでは、河川や沢の直下の施工や地中に帯水している可能性がある断層や破碎質な箇所への施工、さらには、大きな土圧や水圧がかかる土被り1,000mを超える区間の施工を行います。
- ・両斜坑・導水路トンネルの掘削段階において、様々な地質や湧水の状況、トンネル上部の沢の流況の変化などを実際に確認できることから、この間に得られた情報等をもとに、難工事が予想される南アルプストンネルの先進坑や本坑の掘削を進めてまいります。
- ・以下、①千石斜坑、②西俣斜坑、③導水路トンネル、について具体的に示します。

①千石斜坑

i) 千石斜坑の工事概要

- ・千石斜坑は、全長約 3,070mであり、標高約 1,340mの地上部から標高約 1,080mの本坑との取付位置に向けて、下向きに約 10%の勾配で掘り進めていきます。

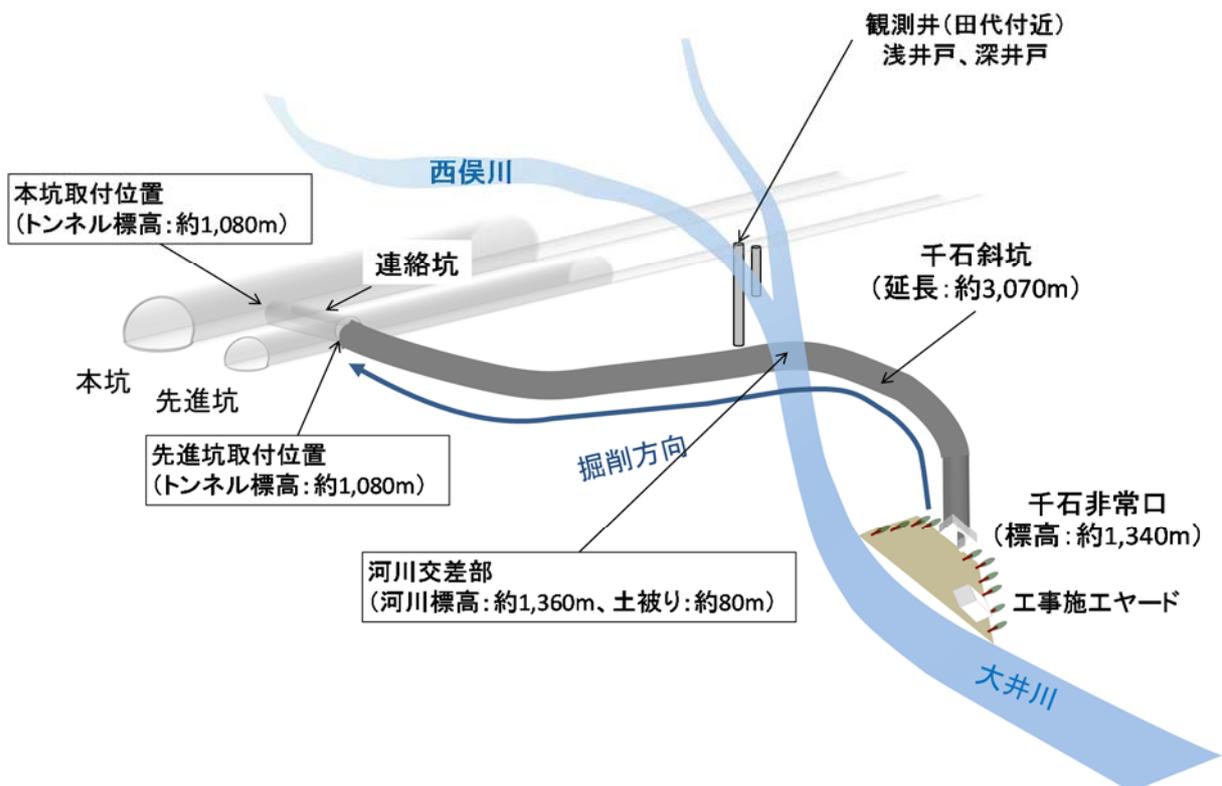


図 千石斜坑 概念図

ii) 施工ヤードの整備（準備段階）

- ・ 施工ヤードは、人工林等を選定し、計画しています。
- ・ 斜坑掘削工事の前には、施工ヤード整備を行います。
- ・ 林道東俣線沿いの斜面を切取、盛土して平地を造成し、そこに、濁水処理設備やトンネル掘削土の仮置き場などを配置します。

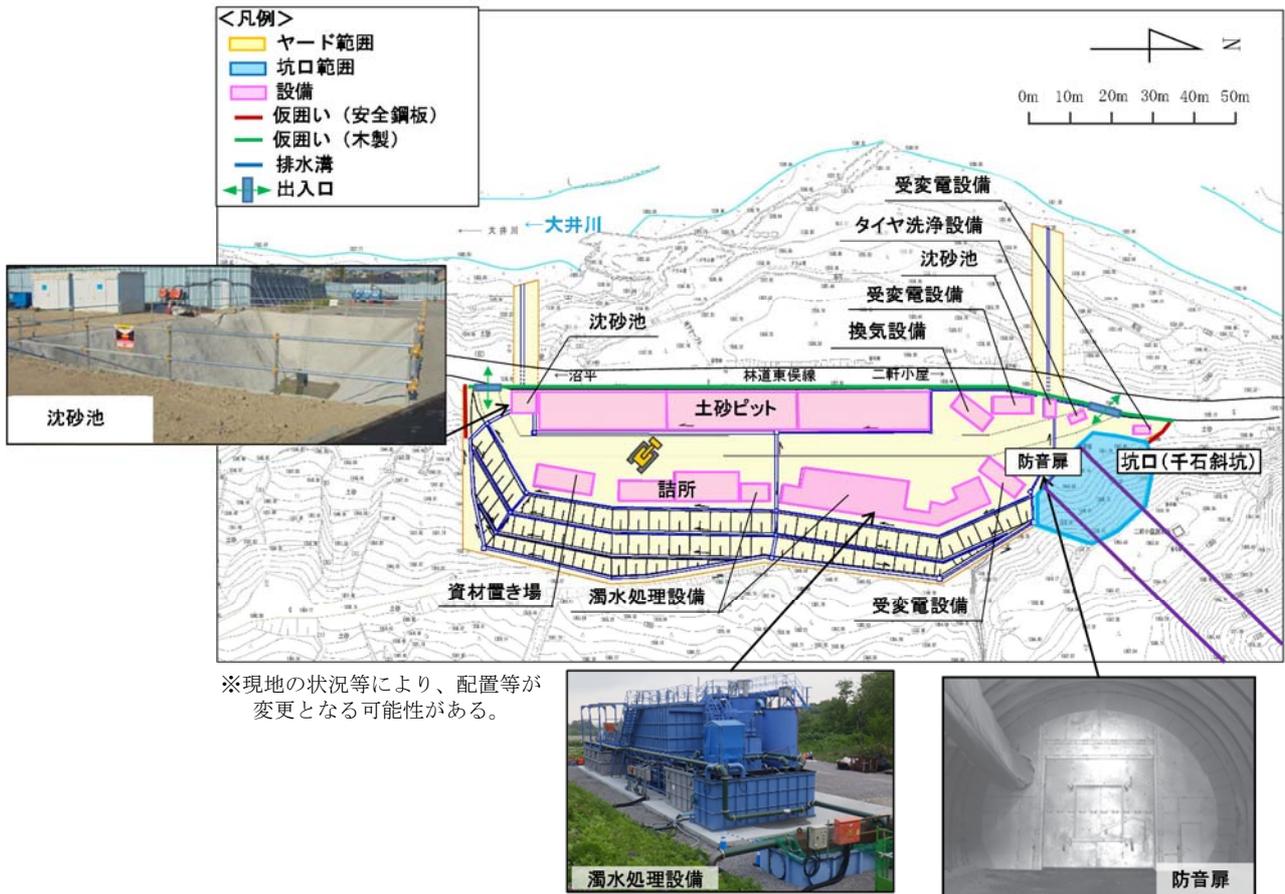


図 千石斜坑ヤードの計画図

iii) 斜坑掘削段階

- 施工ヤード内から、斜坑を掘削して行き、比較的小さな土被りで沢や大井川と交差し、その後、破碎質な地層の中を掘削して行きます。ボーリングにより常に前方探査を行い、河川・沢、断層や破碎質な箇所においては、補助工法（薬液注入や前方先受けなど）を併用しながら施工を進め、トンネル湧水量を計測します。また、沢や大井川との交差箇所については、トンネルが交差する前後において流況の変化を重点的に確認します。
- トンネルの施工を進めることにより、実際の地質状況が取得可能になります。さらに、破碎帯や地質の変化があった箇所では、掘削断面等の計測の頻度を上げたり岩石試験を行いながら、より詳細な地質の状況を把握します。

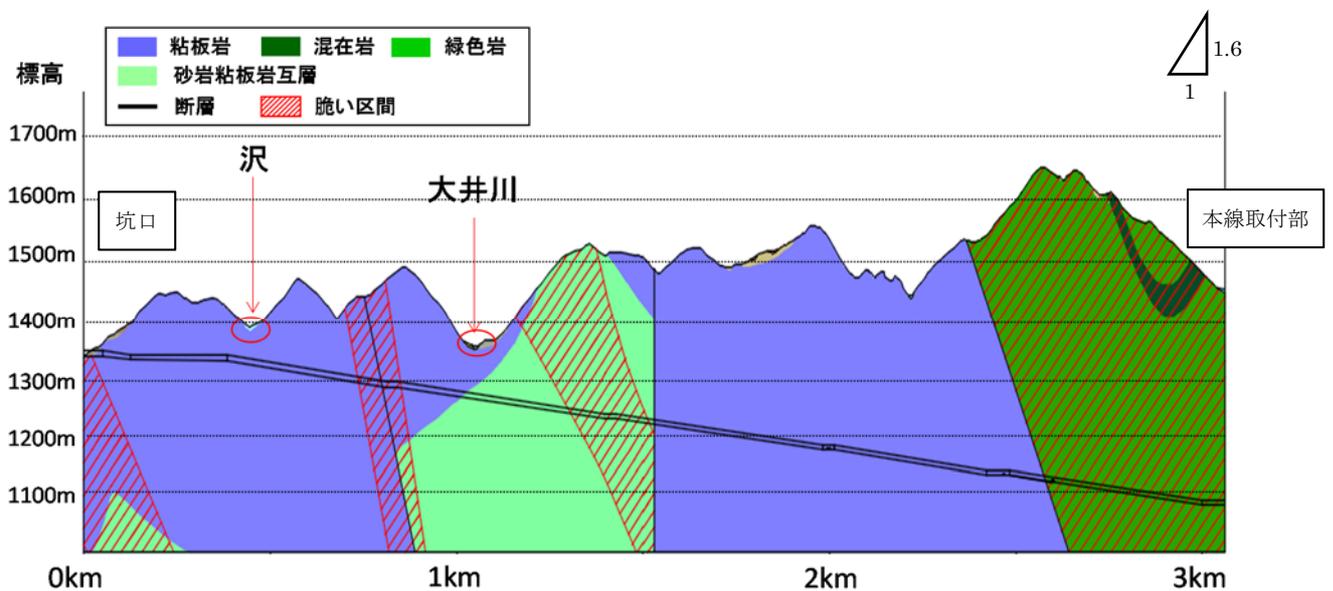


図 千石斜坑 縦断面図

- ・トンネル施工においては、トンネル掘削中に計測されるトンネル湧水量の実測値と計画段階で実施した水収支解析による予測値（下図）とを比較することにより、実際の湧水量が予測値に対してどのような傾向を示すのかについて検証しつつ、その先の掘削にあたり湧水量を低減するための対策を実施しながら、トンネル湧水の揚水設備や濁水処理設備の施設計画の見直しを図りつつ慎重に進めてまいります。なお、トンネル湧水量については坑口での全体湧水量だけでなく、一定の区間ごとの湧水量についても計測し、どの付近から湧水が出ているのかを把握しながら掘削を進めてまいります。

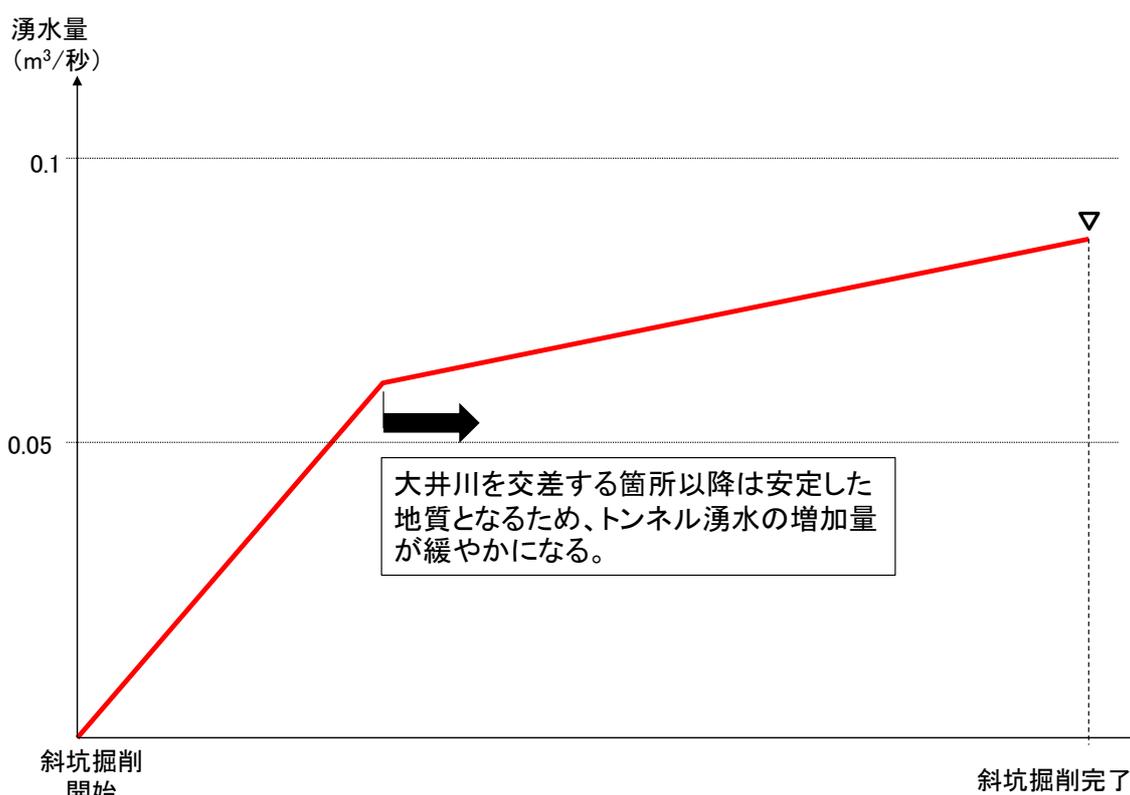


図 予測値から作成した千石斜坑の湧水量の推移

- ・また、地下水位について、田代付近に設置した観測井戸の水位を観測します。千石斜坑掘削時の観測井戸の地下水位の変化と水収支解析における地下水位低下量の予測値を比較することにより、実際の地下水位低下量が予測値に対してどのような傾向を示すかについて検証することができると考えています。
- ・モニタリング結果や実際の地質状況を踏まえたリスクの回避・低減については、解析による方法も含め、今後検討を深度化します。

田代付近における地下水位予測値の推移について作業中

②西俣斜坑

i) 西俣斜坑の工事概要

- ・西俣斜坑は、全長約 3,490mであり、標高約 1,535mの地上部から標高約 1,210mの本坑との取付位置に向けて、下向きに約 10%の勾配で掘り進めていきます。

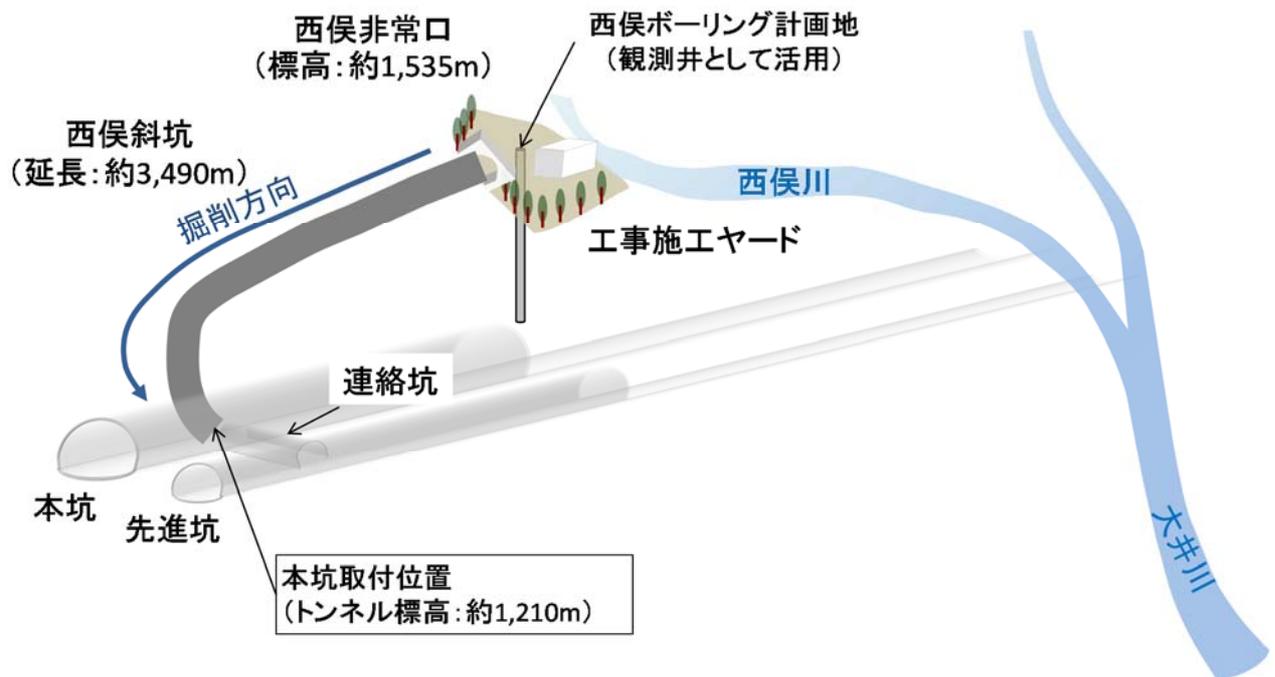


図 西俣斜坑 概念図

ii) 施工ヤードの整備（準備段階）

- ・施工ヤードは、過去に伐採され、他の事業で使用した工事ヤード跡地や人工林等を選定し、計画しています。
- ・斜坑掘削工事の前には、施工ヤード整備を行います。
- ・現状の平地を整地し、そこに、濁水処理設備やトンネル掘削土の仮置き場などを配置します。

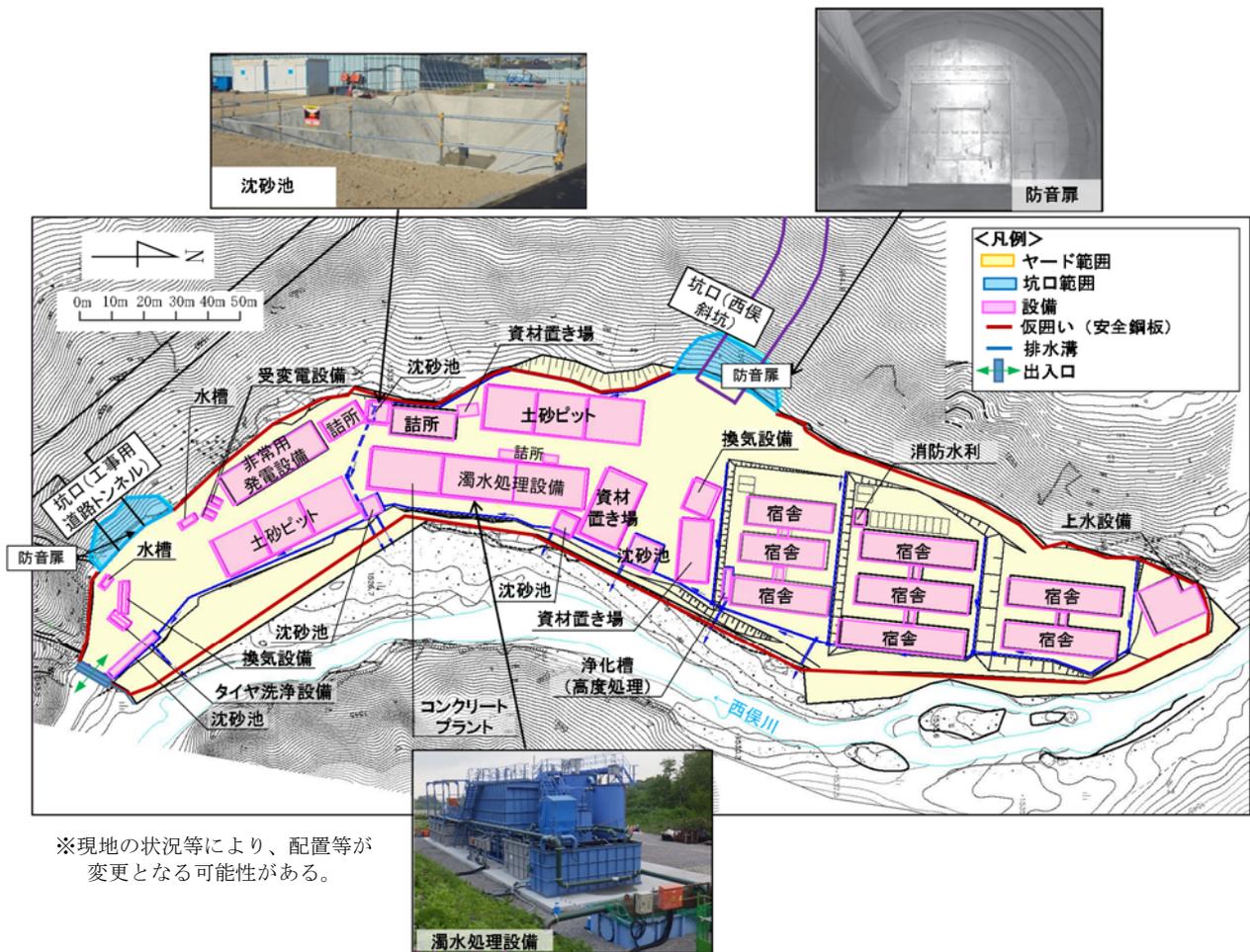


図 西俣斜坑ヤードの計画図

iii) 斜坑掘削段階

- ・施工ヤード内から斜坑を掘削して行き、比較的小さな土被りで沢と断層を交差します。ボーリングにより常に前方探査を行い、河川・沢、断層や破碎質な箇所においては、補助工法（薬液注入や前方先受け工など）を併用しながら施工を進め、トンネル湧水量を計測します。また、沢との交差箇所については、トンネルが交差する前後において流況の変化を重点的に確認します。
- ・トンネルの施工を進めることにより、実際の地質状況が取得可能になります。さらに、破碎帯や地質の変化があった箇所では、掘削断面等の計測の頻度を上げたり岩石試験を行いながら、より詳細な地質の状況を把握します。

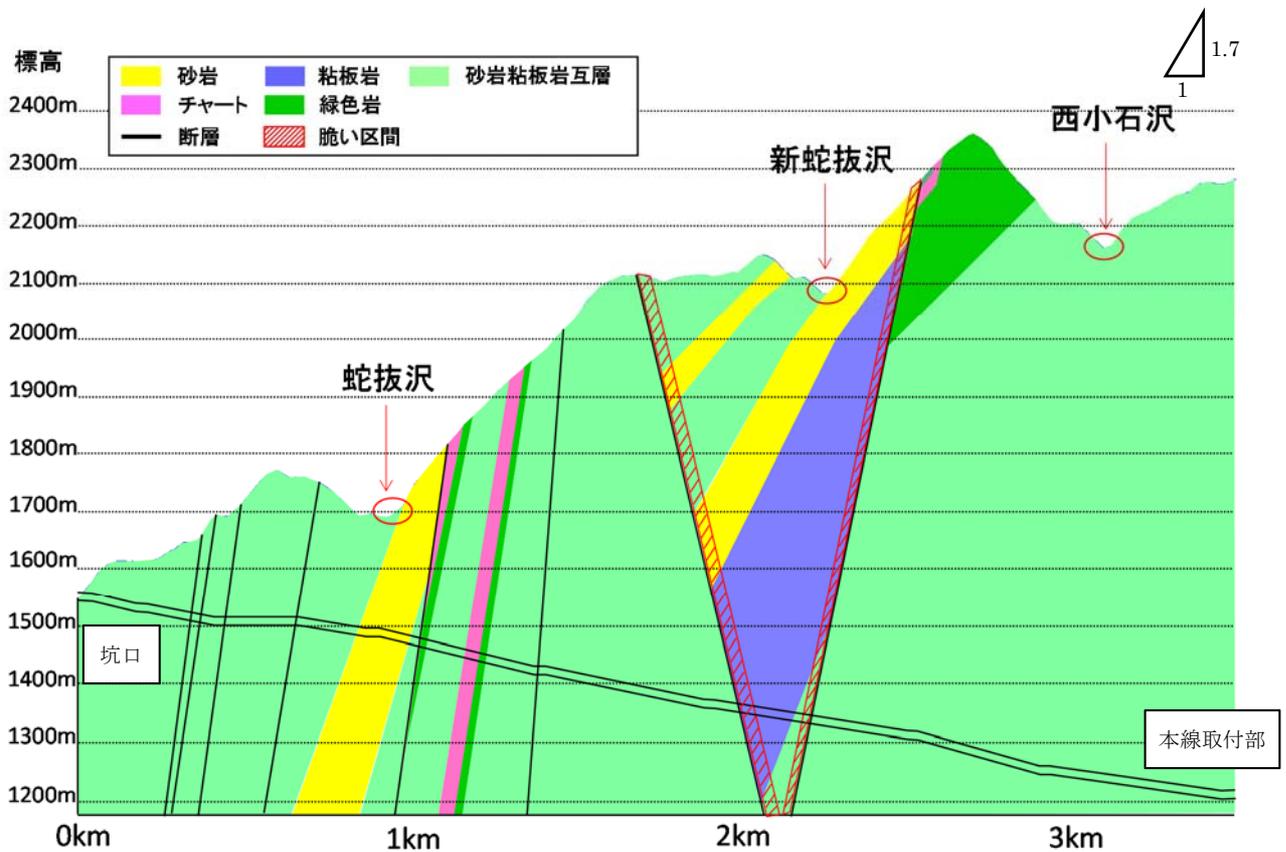


図 西俣斜坑 縦断面図

- ・トンネル施工においては、トンネル掘削中に計測されるトンネル湧水量の実測値と計画段階で実施した水収支解析による予測値（下図）とを比較することにより、実際の湧水量が予測値に対してどのような傾向を示すのかについて検証しつつ、その先の掘削にあたり湧水量を低減するための対策を実施しながら、トンネル湧水の揚水設備や濁水処理設備の施設計画の見直しを図りつつ慎重に進めてまいります。なお、トンネル湧水量については坑口での全体湧水量だけでなく、一定の区間ごとの湧水量についても計測し、どの付近から湧水が出ているのかを把握しながら掘削を進めてまいります。

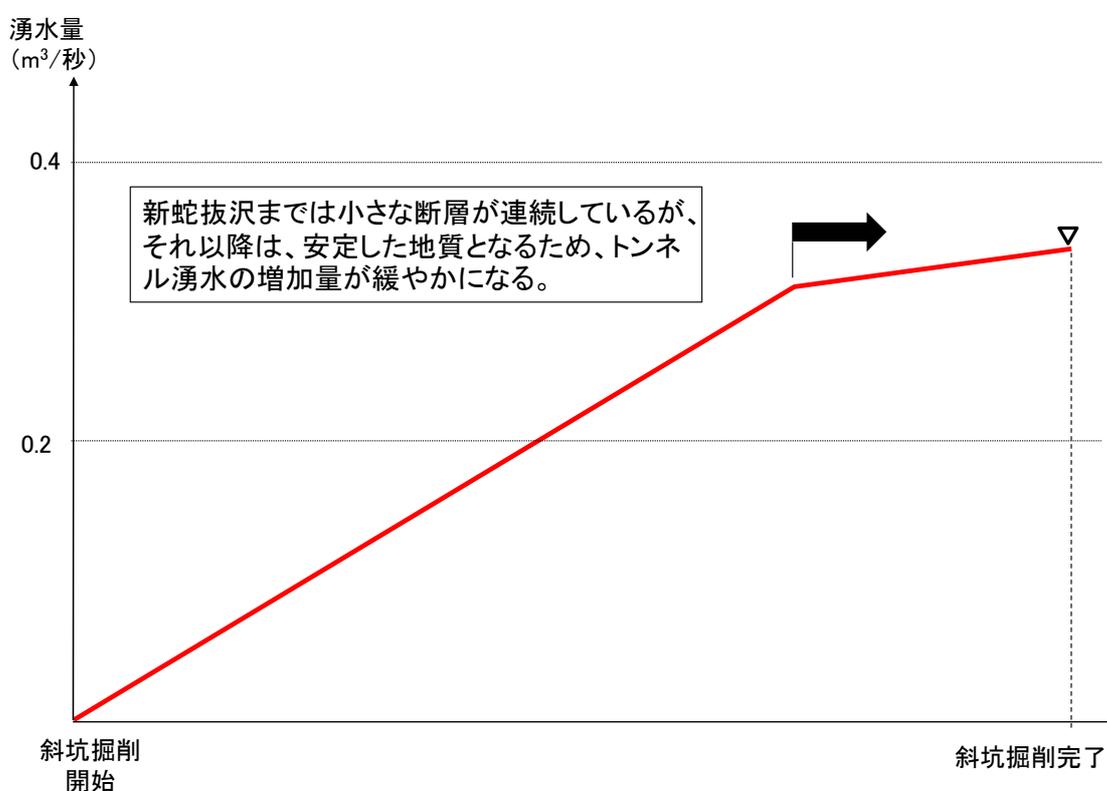


図 予測値から作成した西俣斜坑の湧水量の推移

- ・また、地下水位について、西俣非常口ヤードに設置する観測井戸で水位を観測します。西俣斜坑掘削時の観測井戸の地下水位の変化と水収支解析における地下水位低下量の予測値を比較することにより、実際の地下水位低下量が予測値に対してどのような傾向を示すかについて検証することができると考えています。
- ・モニタリング結果や実際の地質状況を踏まえたリスクの回避・低減については、解析による方法も含め、今後検討を深度化します。

西俣付近における地下水位予測値の推移について作業中

③導水路トンネル

i) 導水路トンネルの工事概要

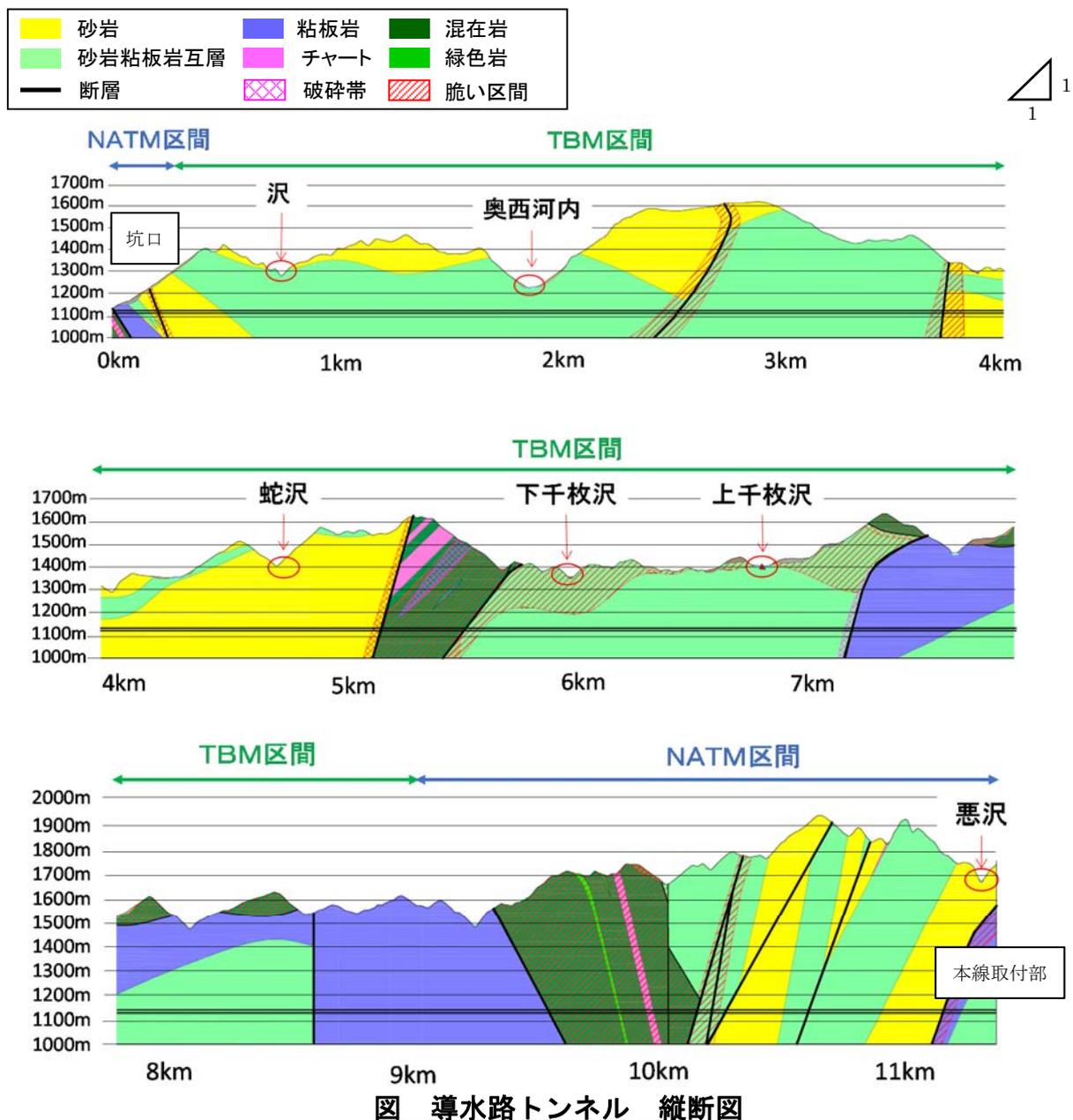
- ・導水路トンネルは、全長約 11,400mであり、標高約 1,120mの地上部から標高約 1,135mの本坑との取付位置に向けて、上向きに約 0.1%の勾配で掘り進めていきます。



図 導水路トンネル 概念図

iii) 導水路トンネル掘削段階

- ・施工ヤード内から導水路トンネルの掘削を開始し、比較的小さな土被りで沢や断層と交差する範囲は、トンネルボーリングマシン(TBM)を用いて、それ以外の範囲はNATMで掘進します。断層交差部においてはTBMの中からも前方探査を行い、補助工法(薬液注入や前方先受けなど)を併用しながら掘り進めます。また、沢との交差箇所については、トンネルが交差する前後において流況の変化を重点的に確認します。
- ・地質調査で想定した地質の状況は、トンネルの施工を進めることにより、断層や破碎質な箇所などの実際の地質状況が取得可能になります。



- トンネル施工においては、トンネル掘削中に計測されるトンネル湧水量の実測値と計画段階で実施した水収支解析による予測値（下図）とを比較することにより、実際の湧水量が予測値に対してどのような傾向を示すのかについて検証しつつ、その先の掘削にあたり湧水量を低減するための対策を実施しながら、トンネル湧水の揚水設備や濁水処理設備の施設計画の見直しを図りつつ慎重に進めてまいります。なお、トンネル湧水量については坑口での全体湧水量だけでなく、一定の区間ごとの湧水量についても計測し、どの付近から湧水が出ているのかを把握しながら掘削を進めてまいります。

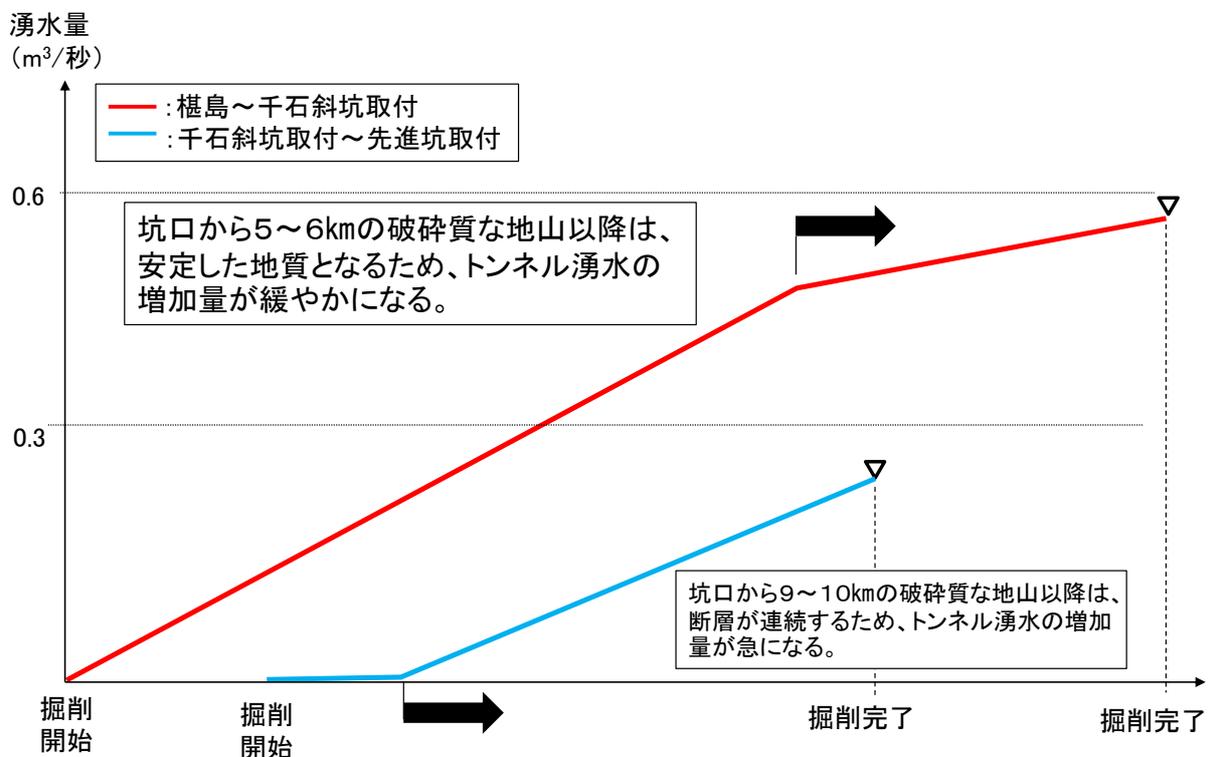


図 予測値から作成した導水路トンネルの湧水量の推移

- モニタリング結果や実際の地質状況を踏まえたリスクの回避・低減については、解析による方法も含め、今後検討を深度化します。

(4) 畑薙山断層帯掘削段階

- ・畑薙山断層帯付近の平面図、縦断図（計画路線沿い）を以下に示します。

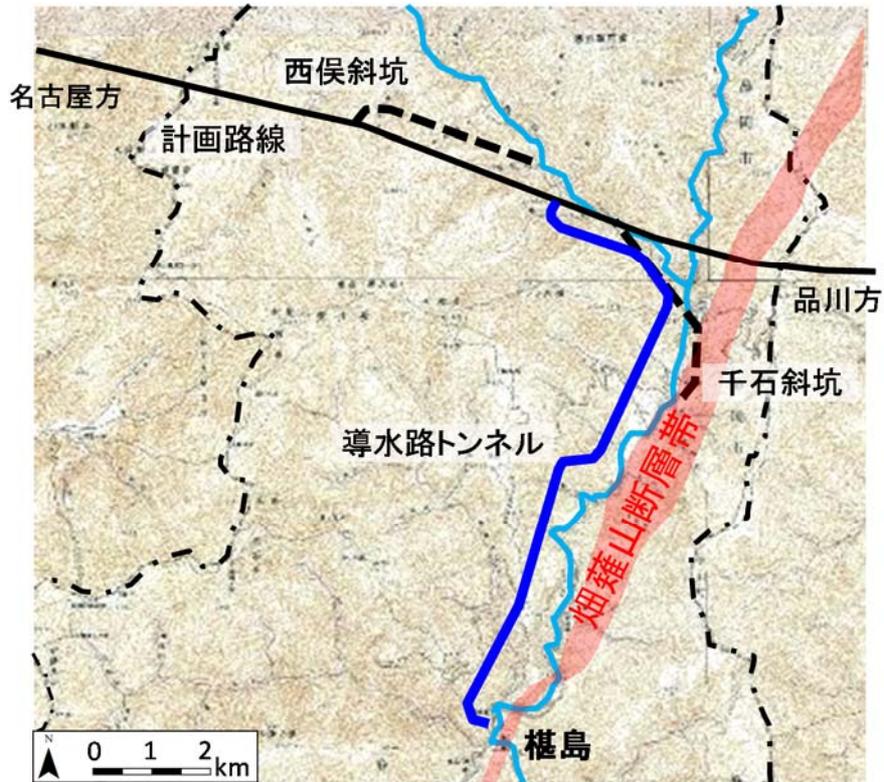


図 畑薙山断層帯 平面図

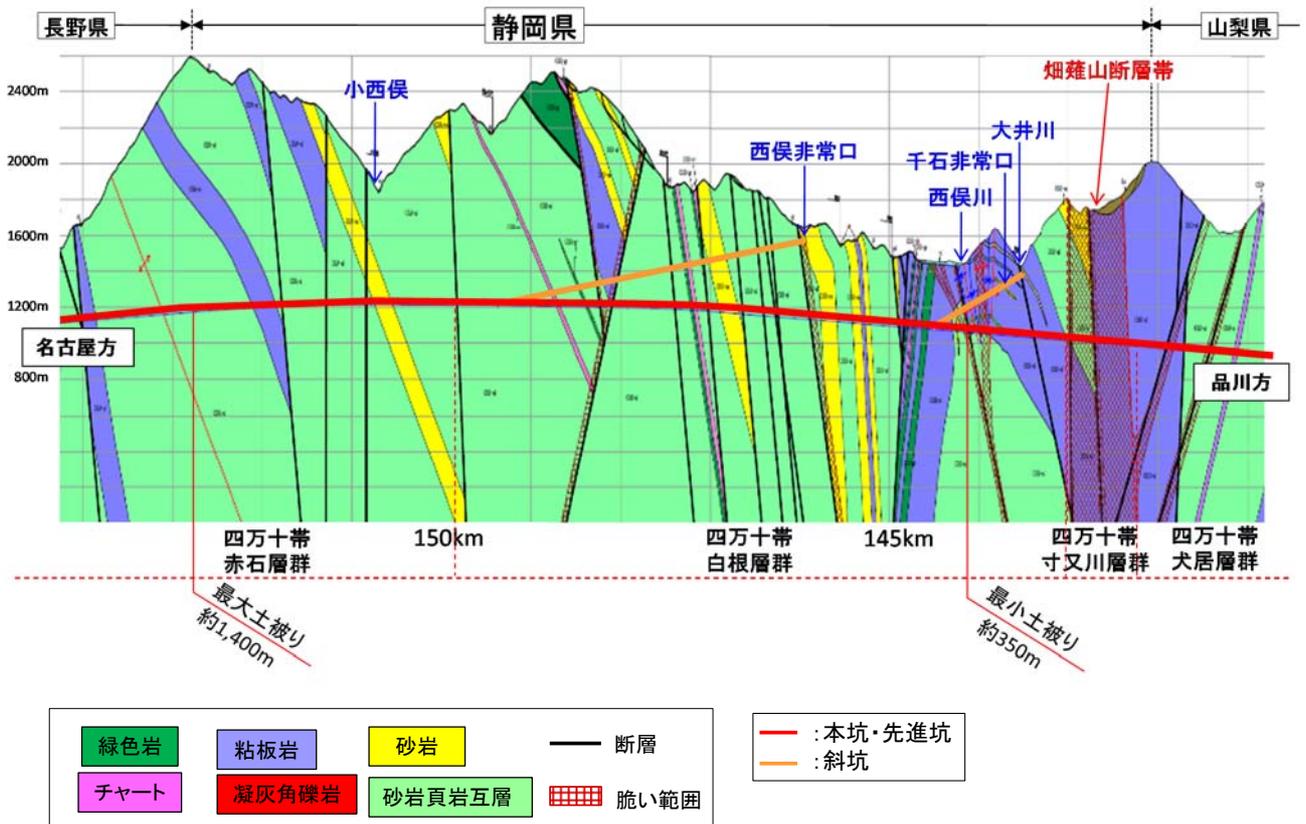


図 地質縦断図（計画路線沿い）

- ・工事の安全の観点から、山梨県側から掘削することを考えた場合、畑薙山断層帯の先進坑を掘削する段階においては、トンネル湧水が山梨県側に流出してしまうことから、先進坑切羽周辺からのコアボーリングにより地質の詳細な性状を把握し、薬液注入により脆い地山の改良や透水性の改善を図りトンネル湧水を低減します。
- ・薬液注入後のトンネル掘削時におけるトンネル湧水量などを基に、その先のトンネル掘削計画を随時見直し、慎重に施工してまいります。
- ・薬液注入によるトンネル湧水量の低減には限界があり、トンネル掘削を安全に進めるには、トンネル周辺の地下水位を下げる対策を取る必要が生じる場合もあると考えています。
- ・その対策を実施するにあたっては、河川流量に与える影響について、それまでに得られた地質データと坑内からの前方探査で得られたデータにより詳細な評価を行い対策の内容（静岡県側からのボーリングなど）について検討してまいります。
- ・評価や検討にあたっては、「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン（令和2年3月 国土交通省大臣官房技術調査課ほか）」等を参考に専門技術者を参画させた特別な体制を構築します。
- ・山梨県側からの先進坑が畑薙山断層帯を抜け、静岡県側からの先進坑と貫通した段階からは、トンネル湧水は先進坑を通じて静岡県側にポンプアップします。畑薙山断層帯の本坑を山梨県側から掘削する際には、本坑を含めたトンネル湧水全量を確実に静岡県側にポンプアップできるよう、先進坑掘削時の各種データを活用してトンネル湧水量を予測し揚水設備の処理能力を整えます。これにより将来にわたり、静岡県内のトンネル湧水全量を大井川に流します。

（5）モニタリングの実施とデータ公開（各工事段階において共通）

- ・トンネル掘削の進行とともに、トンネル湧水量、河川流量、地下水位等についてモニタリングし、データについて公開します。
- ・河川管理者（国、静岡県）には、河川管理上、必要なデータを提供してまいります。

4. 工事完了後における取組み

(1) モニタリングの実施とデータ公開

- ・工事完了後においても、トンネル湧水量、河川流量、地下水位等についてモニタリングし、データについて公開します。
- ・河川管理者（国、静岡県）には、河川管理上、必要なデータを提供してまいります。

5. 大井川中下流域の水資源利用に影響が生じた場合の対応

- ・工事前・工事中・工事後も引き続き継続して河川流量、地下水位等を計測し、その変動を把握します。
- ・計測したデータ等を基に、水資源利用に影響があった場合には、トンネル掘削との因果関係の有無について客観的に公正な判断をいただけるように、公的な研究機関や専門家の方の見解が頂けるような仕組みを整えます。
- ・当社は、因果関係の有無について、その見解を尊重します。