

10、山梨県境付近並びに長野県境付近等の地形及び地質等調査結果に係る資料

(1) 山梨県境付近等のボーリング等地質調査結果

1) 千石斜坑の大井川交差部

- ・調査Aのボーリング調査の結果、斜坑が交差する深度で得られたコアの状況及び柱状図を（写真 10-1、図 10-1、図 10-2）で示します。

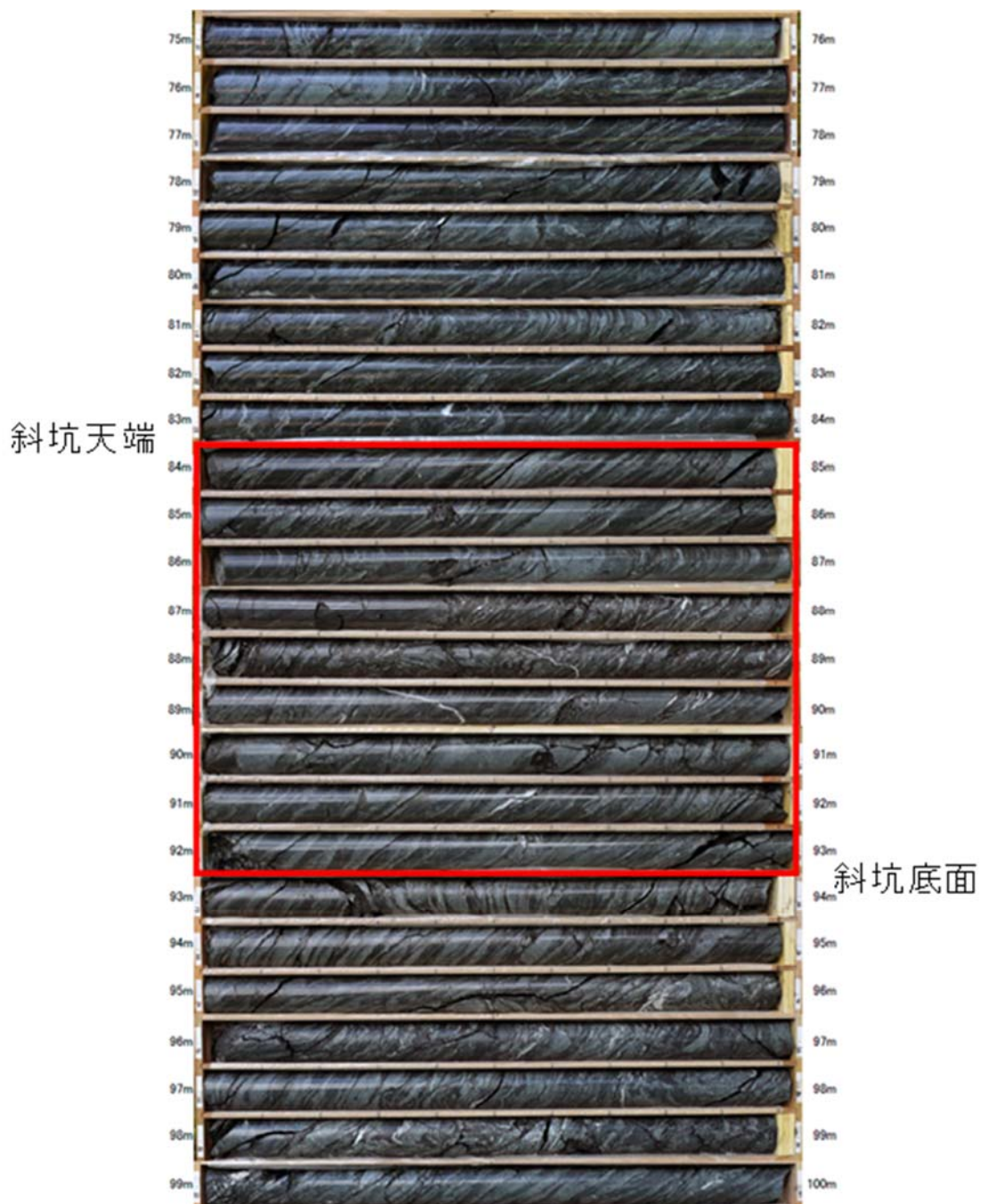


写真 10-1 コアの状況（赤囲み部：深度84m～93m）

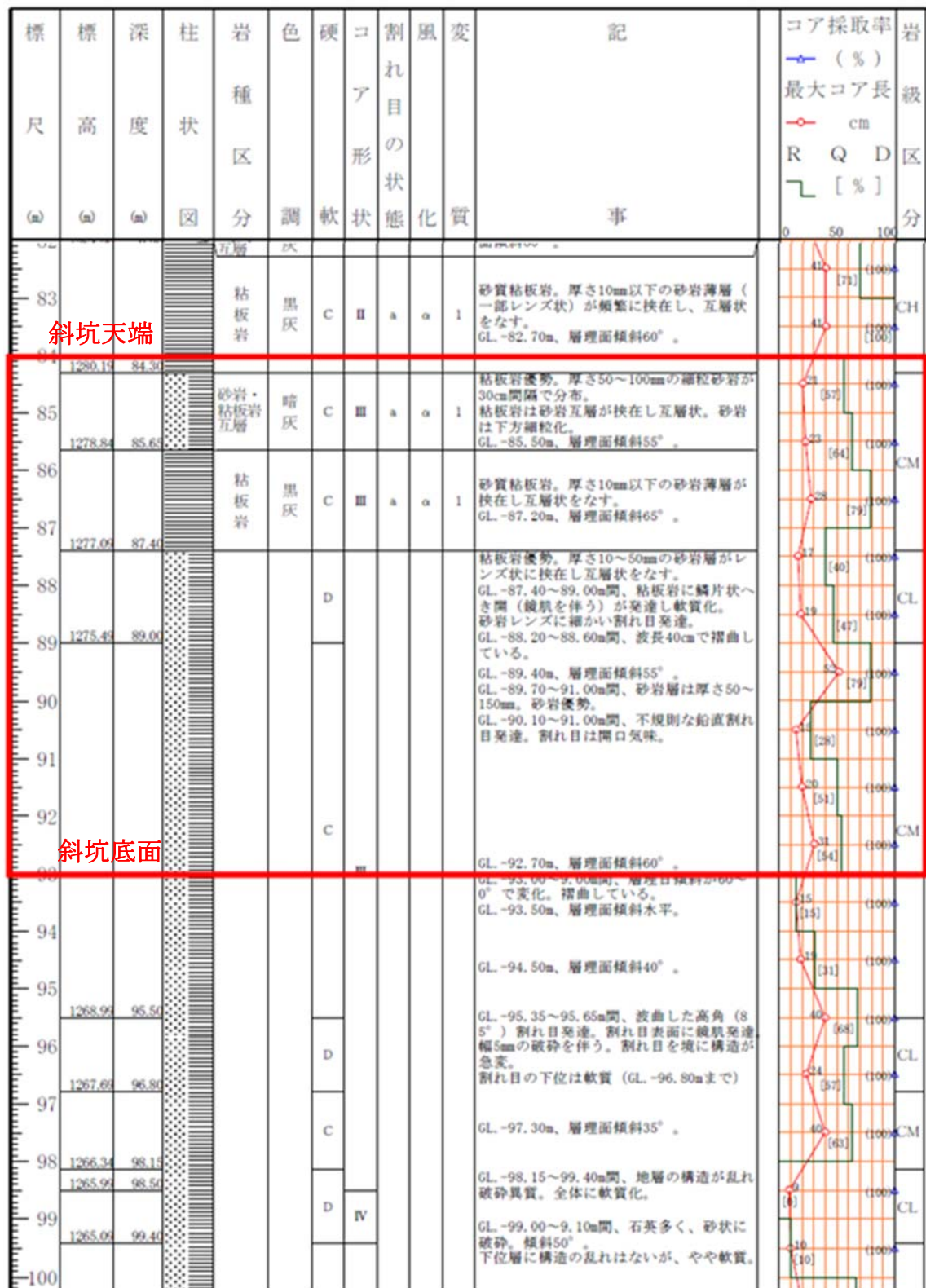


図 10-1 柱状図（写真 10-1 コアの状態付近の抜粋）

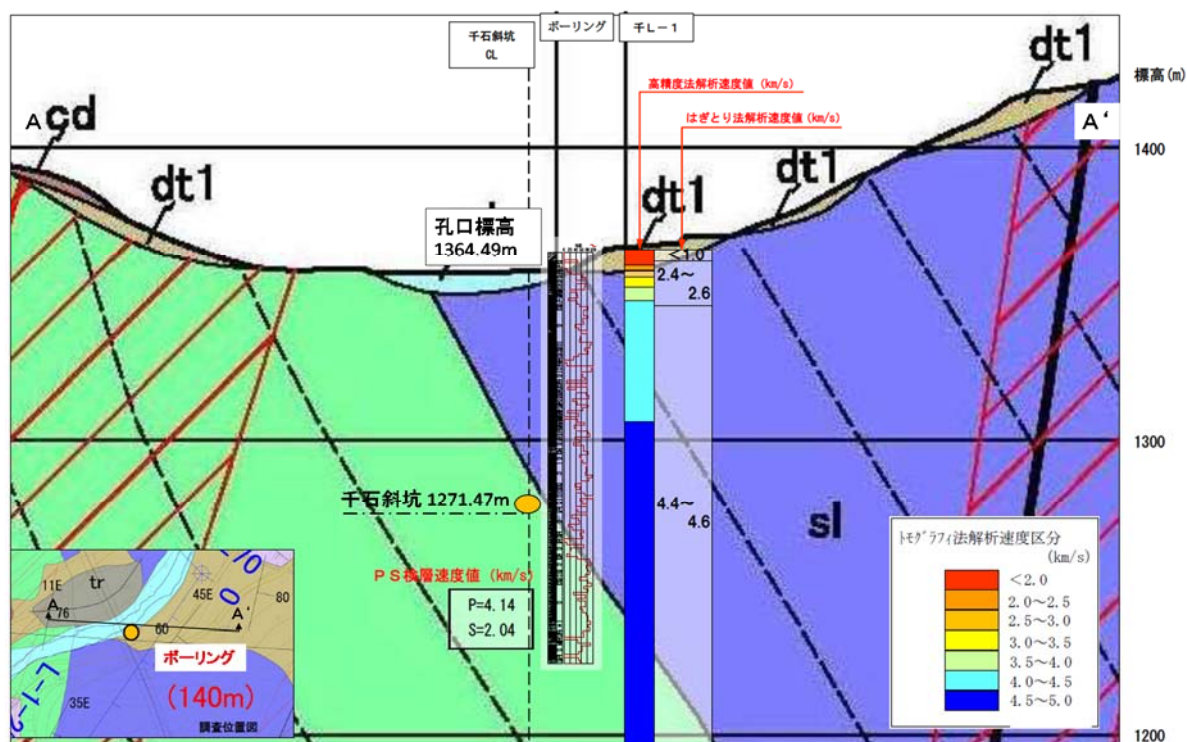


図 10-2 千石斜坑と大井川交差部付近の調査詳細

- ・コア採取率は100%（地質が悪いとボーリング中にコアが細分化してしまい、取得できない区間が出ます）、千石斜坑通過付近のRQD（コア10cm当たりに対し、10cm上のコアが採取できる割合）は平均55%であり、ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領（案）・同解説（平成27年6月 一般社団法人全国地質調査業協会連合会）によると、RQD50%～75%の範囲は「普通」（他に「非常に良い」「良い」「悪い」「非常に悪い」という評価区分がある）という評価となります。また、P波速度は4.1km/秒であり、トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説（2016年制定 土木学会）によると地山等級「ⅡN」となり、調査地域における地質で、はく離性の著しいまたは細層理の中生代、古生代の堆積岩類（粘板岩、頁岩等）では、上から2番目（全部で4段階の区分）に良いという評価になります。
- ・探査a及び探査bの弾性波探査の結果は（図10-3、図10-4）に示すとおり、該当箇所のP波速度は4.5km/秒以上であり、トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説（2016年制定 土木学会）によると地山等級「ⅢN」となり、調査地域における地質で、はく離性の著しいまたは細層理の中生代、古生代の堆積岩類（粘板岩、頁岩等）では、一番良い評価になります。

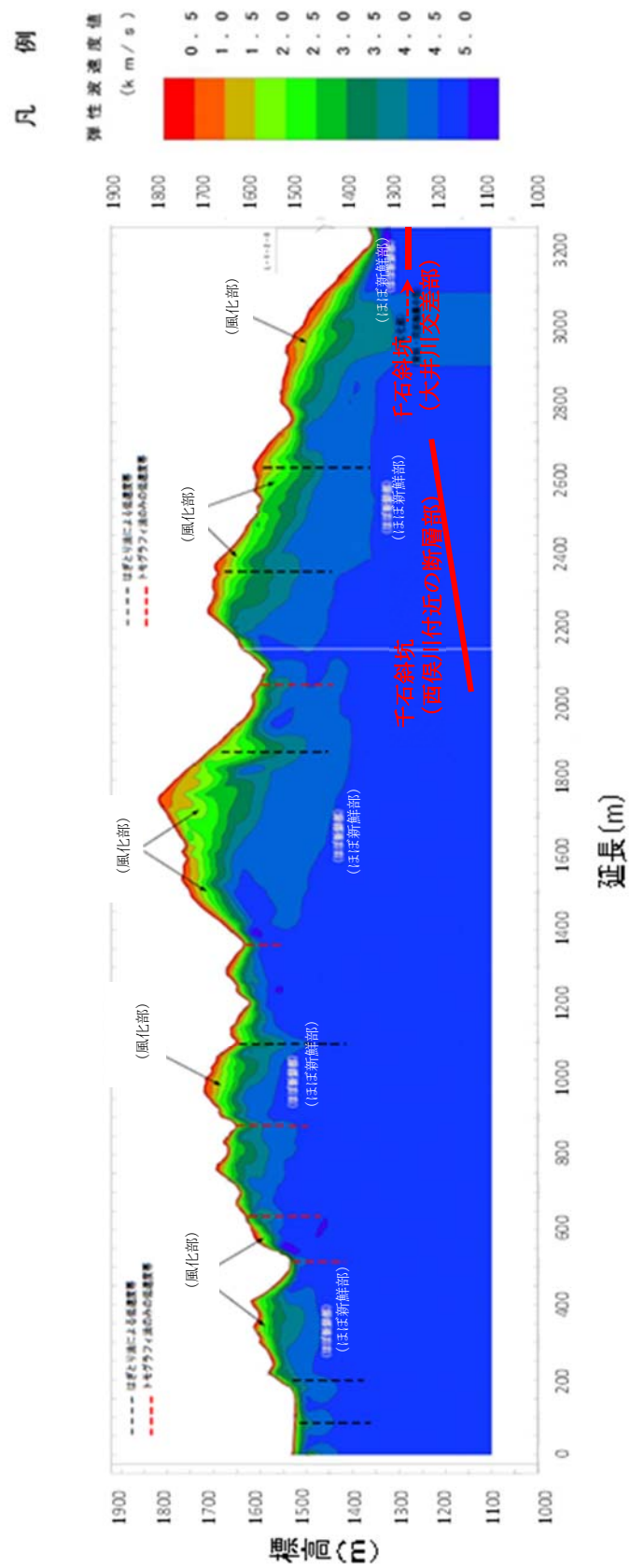


図 10-3 探査 a 弾性波探査の速度分布

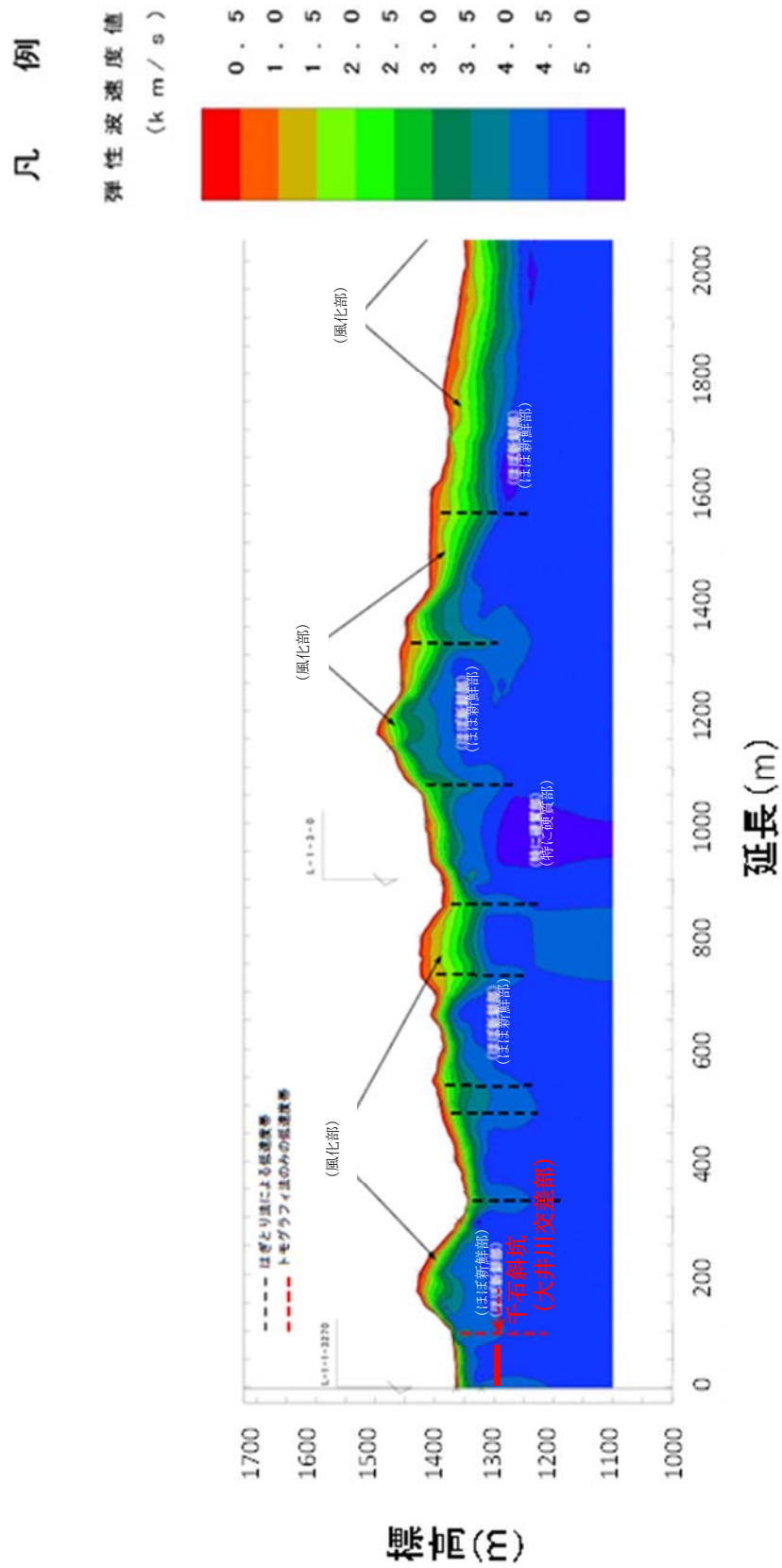


図 10-4 探査b弾性波探査の速度分布

- ・ 探査 c の弾性波探査は、大井川から県境付近の断層帯にかけて調査を実施しました。図 10-5 の P 波速度分布に示すように、測線の 200 m ～ 400 m 付近に低速度帯が検出され、断層帯の影響による可能性があります。
- ・ 千石斜坑は、この低速度帯とは重ならない位置で計画されています。

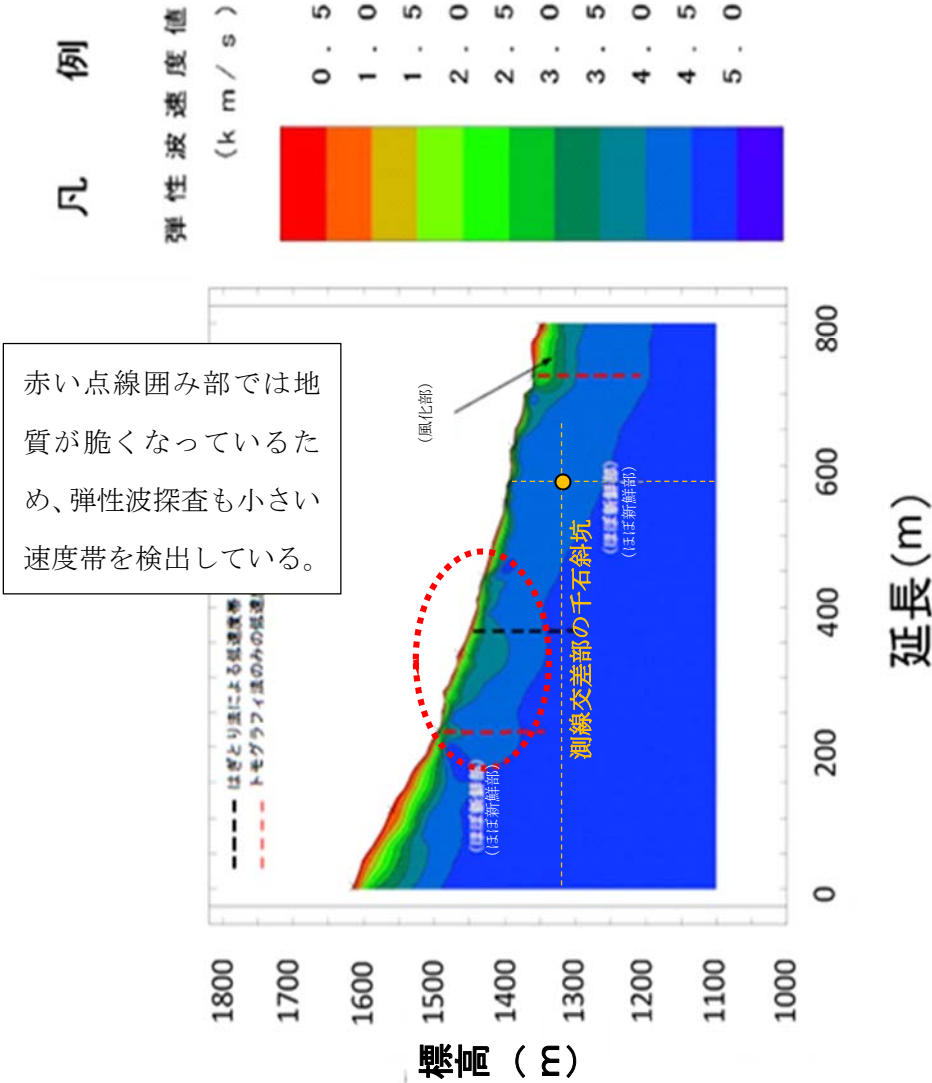


図 10-5 探査 c 弾性波探査の速度分布

2) 千石斜坑の西俣川付近の断層部

- ・調査Bのボーリング調査の結果(図 10-6)、断層部及びその周辺においては、短い間隔で地質が悪い箇所が約400mに亘り、繰り返し出現したことを確認しました。当該箇所のコアの状況を写真 10-2 で示します。湧水量が増加した区間のコア写真には赤い囲みで表記します。(5m延長で赤い囲みを表記)
- ・特に状態の悪い深度690mから700mにかけてはコア採取率約50%、RQDは平均6%であり、ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説(平成27年6月 一般社団法人全国地質調査業協会連合会)によると「非常に悪い」という評価となります。

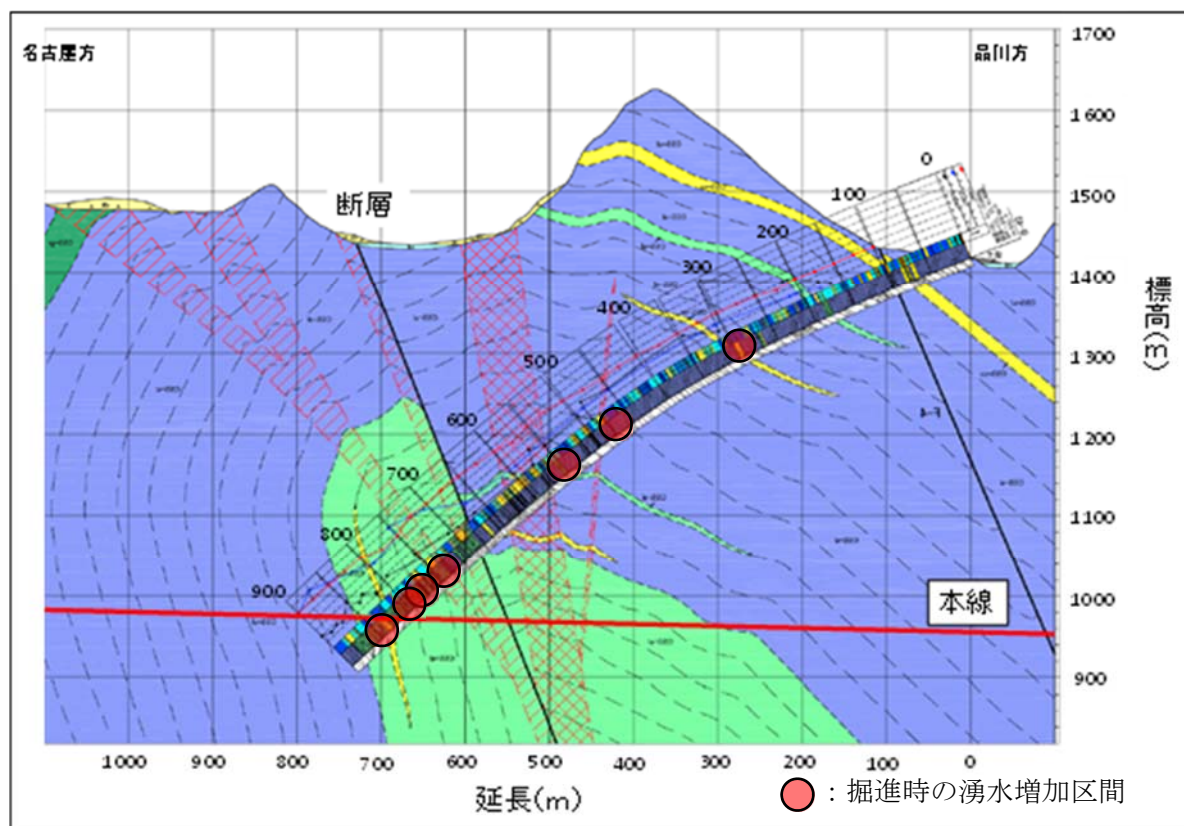


図 10-6 ボーリング調査結果

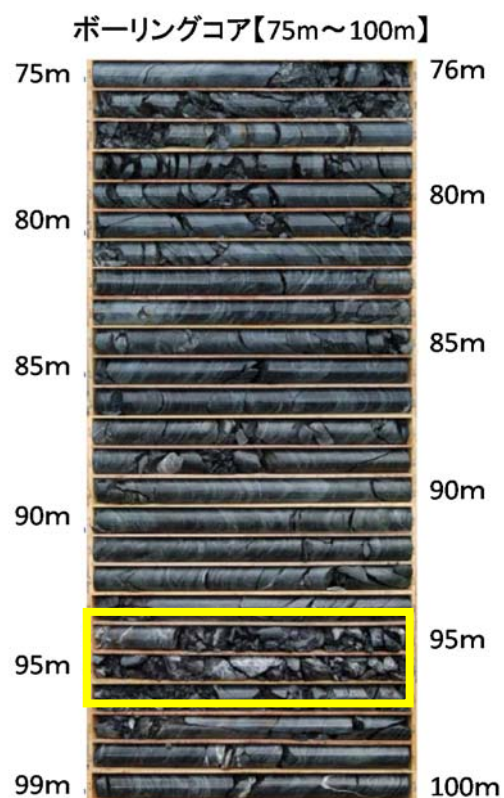
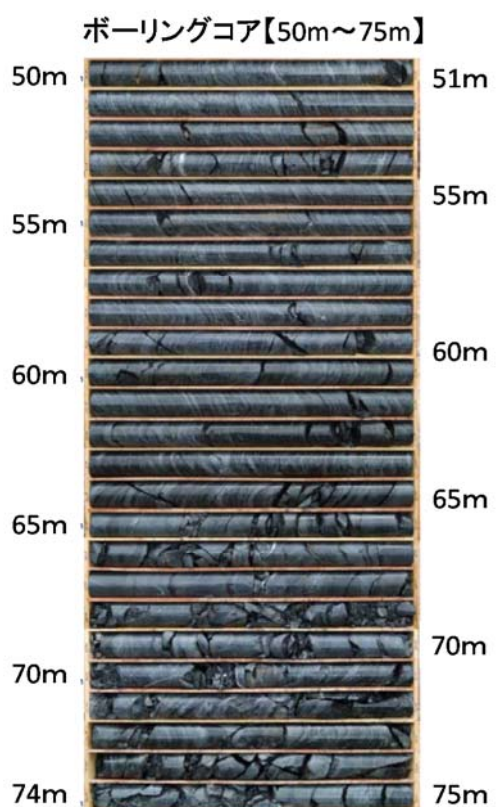
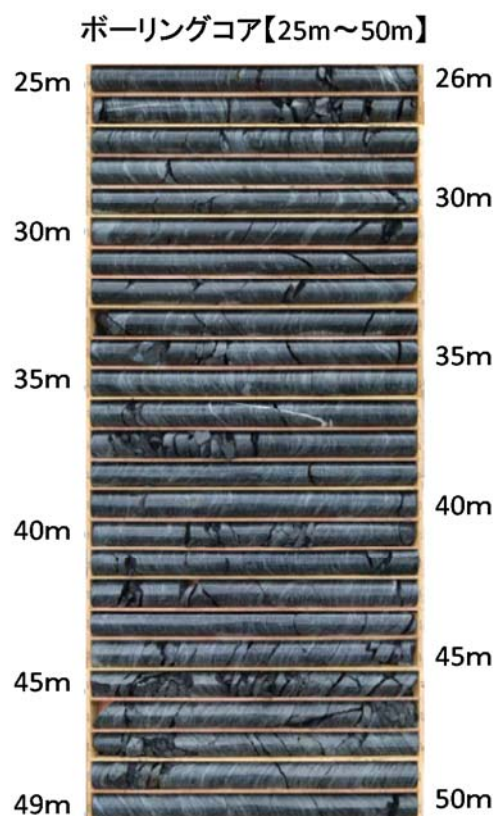
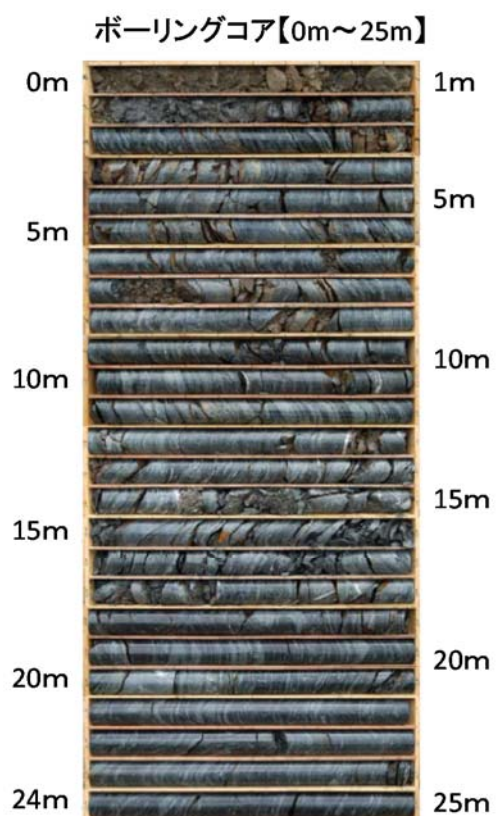


写真 10-2 (1) ボーリングコア写真

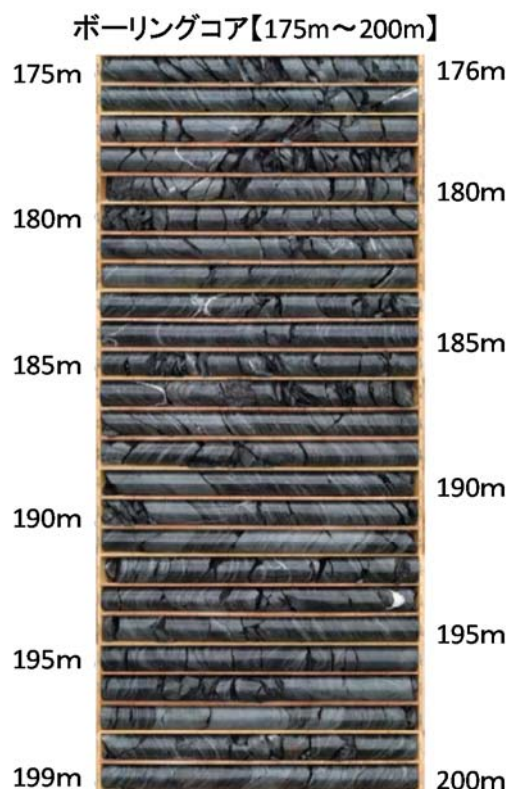
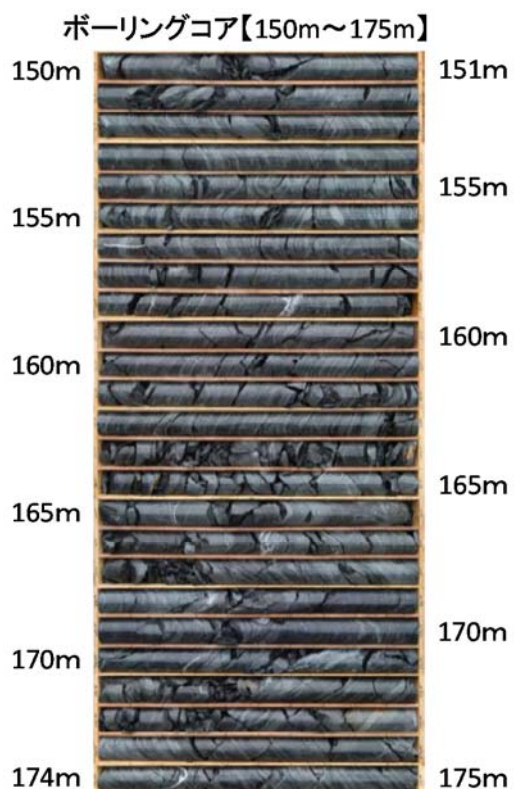
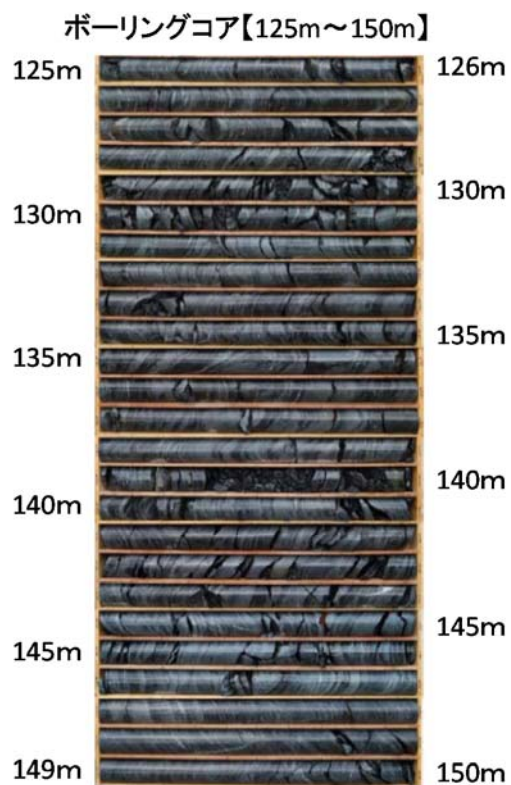
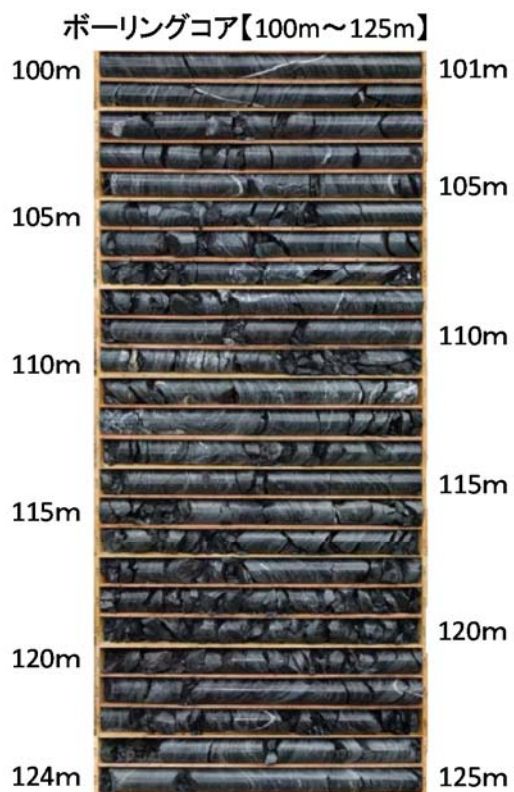


写真 10-2 (2) ボーリングコア写真

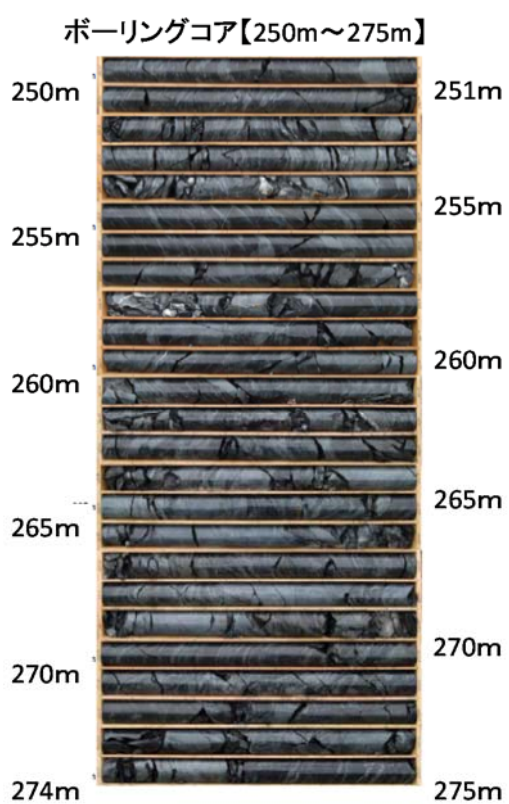
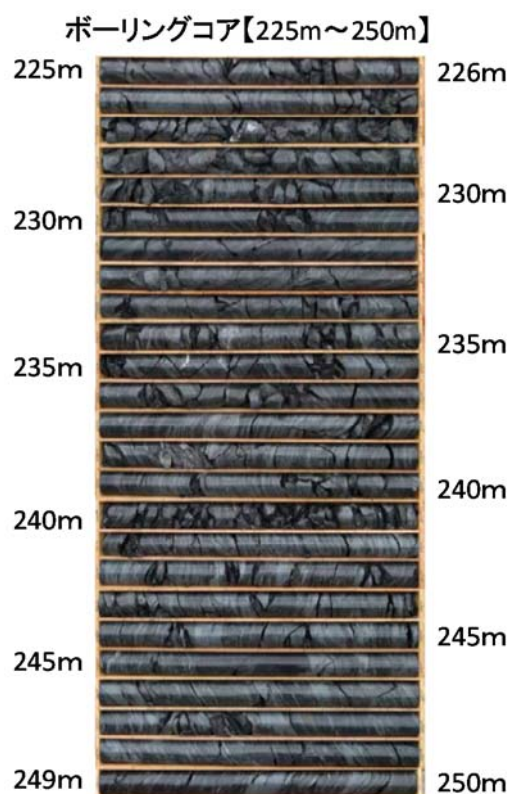
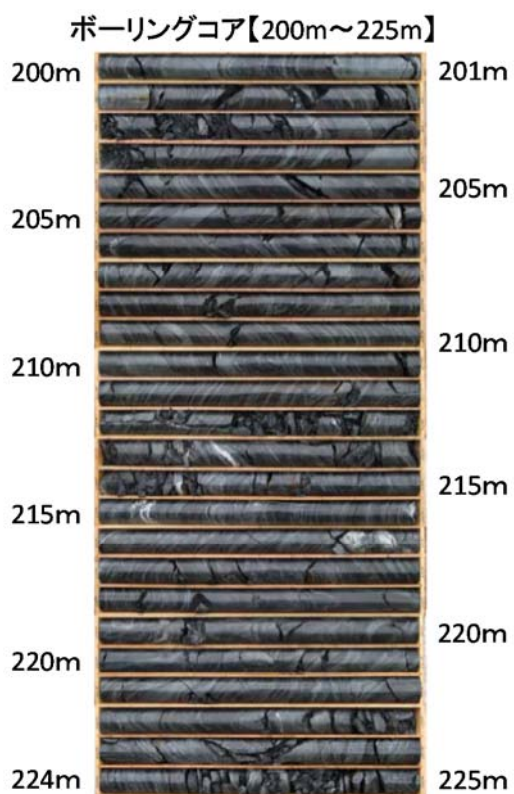


写真 10-2 (3) ボーリングコア写真

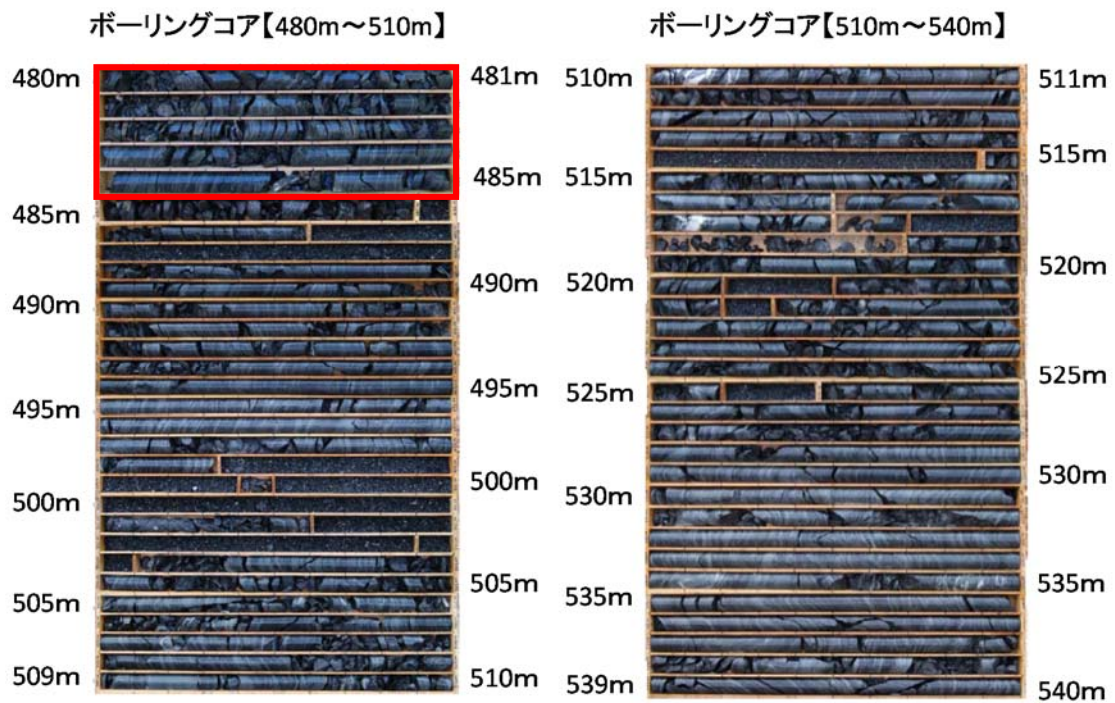
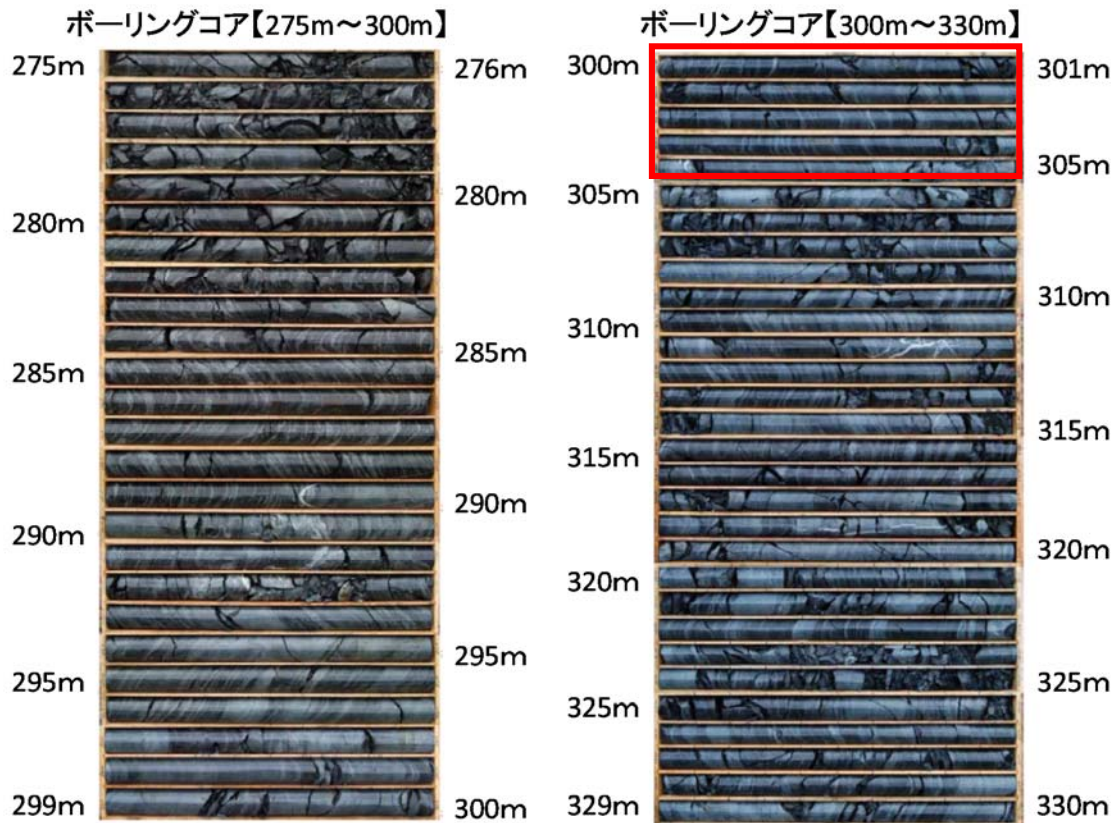


写真 10-2 (4) ボーリングコア写真

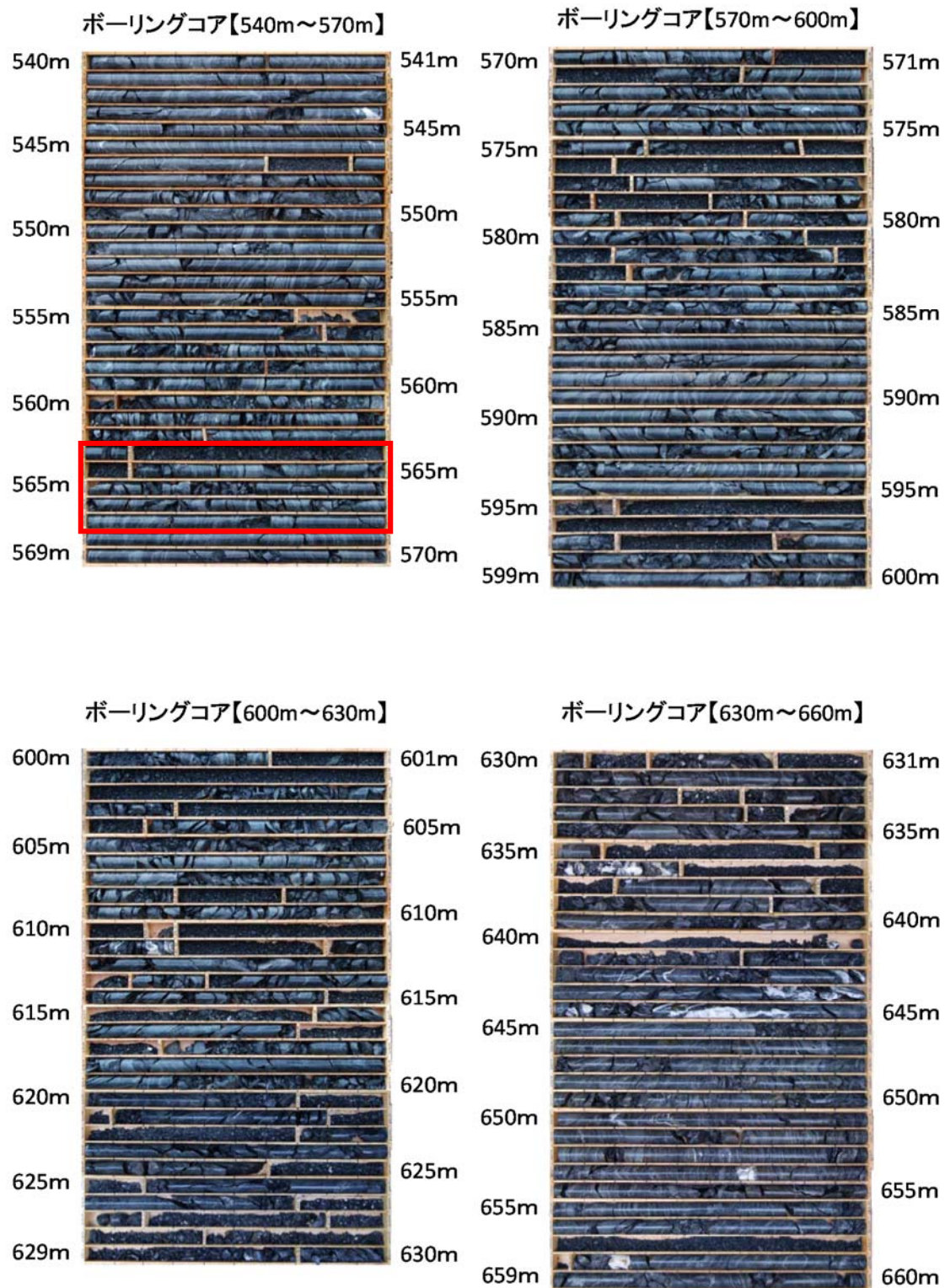


写真 10-2 (5) ボーリングコア写真

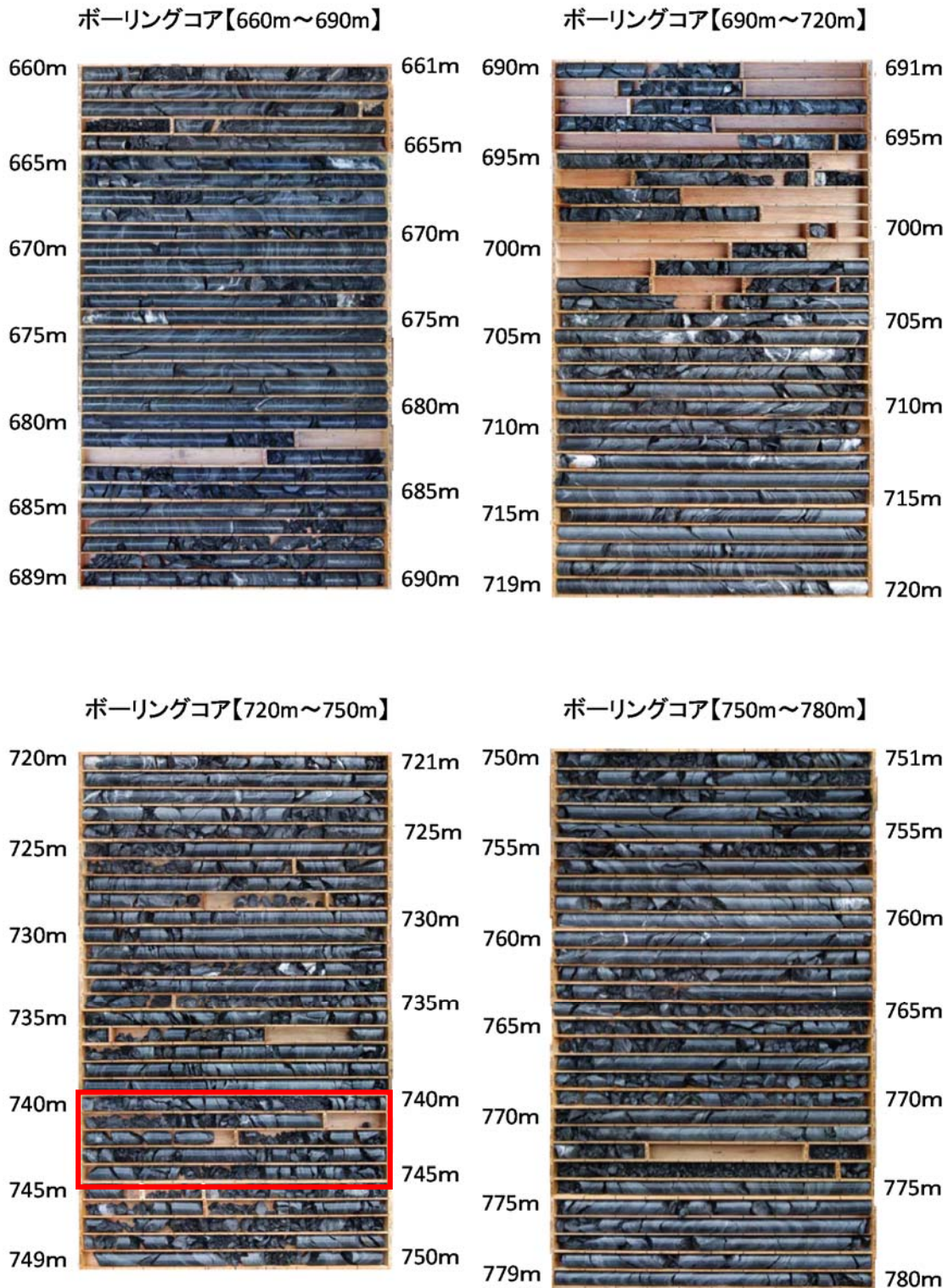


写真 10-2 (6) ボーリングコア写真

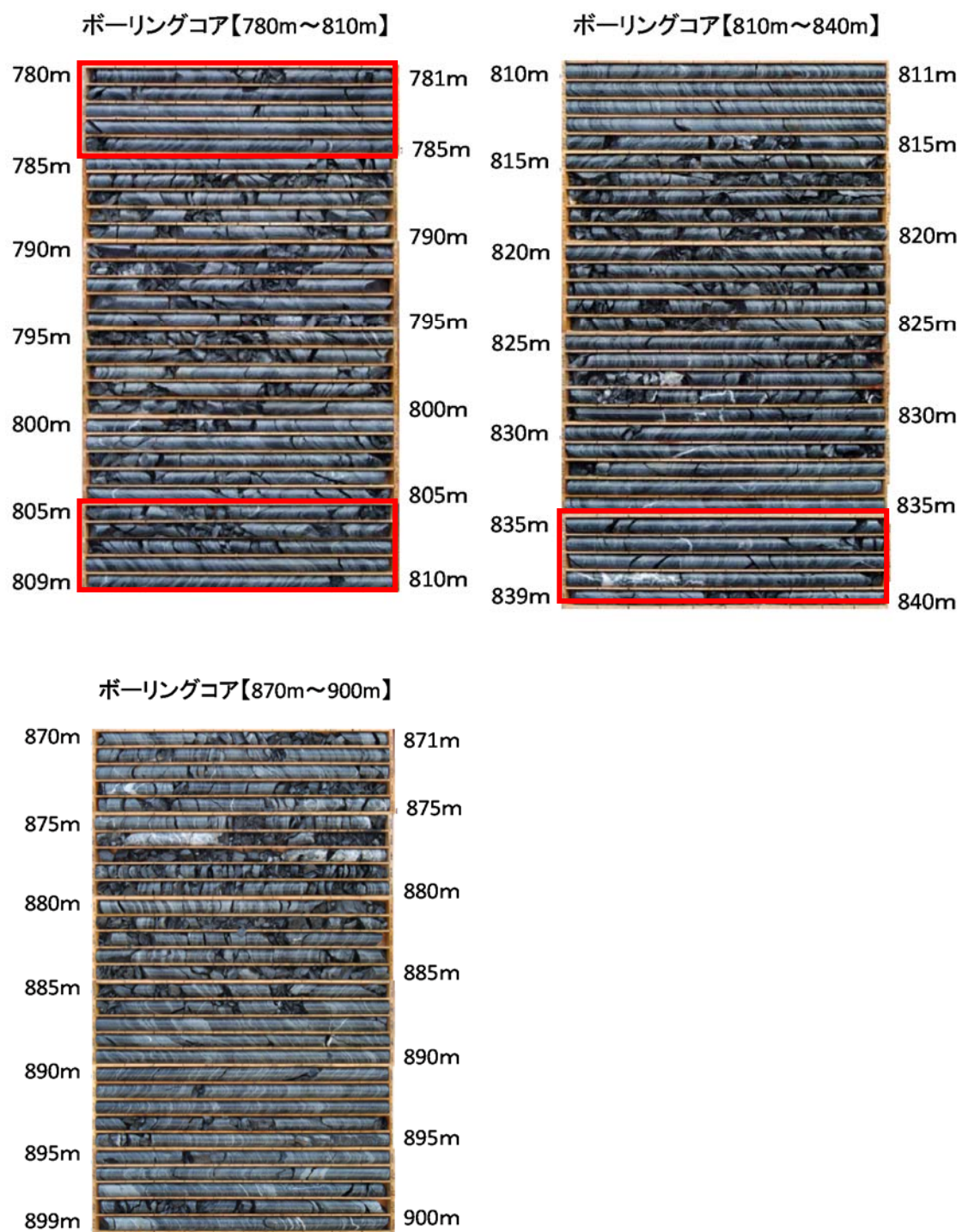


写真 10-2 (7) ボーリングコア写真

- ・調査Bのボーリング調査における口元湧水量の推移を図 10-7で示します。
深度300m付近で湧水量が急激に増加している箇所がありますが、断層部とは考えにくい場所であり、コアの状況（写真 10-3）を見ても割れ目が見られる程度です。断層部及びその周辺においては、口元湧水量は深度567m付近ボーリング孔の保護を目的としたセメンチング¹を行いながら掘削を行うことにより、概ね400L／分程度で落ち着いていると言えます。

¹ セメンチング：ボーリング孔が崩れないように保護することを目的に、岩盤の割れ目等にセメントを注入し固める方法

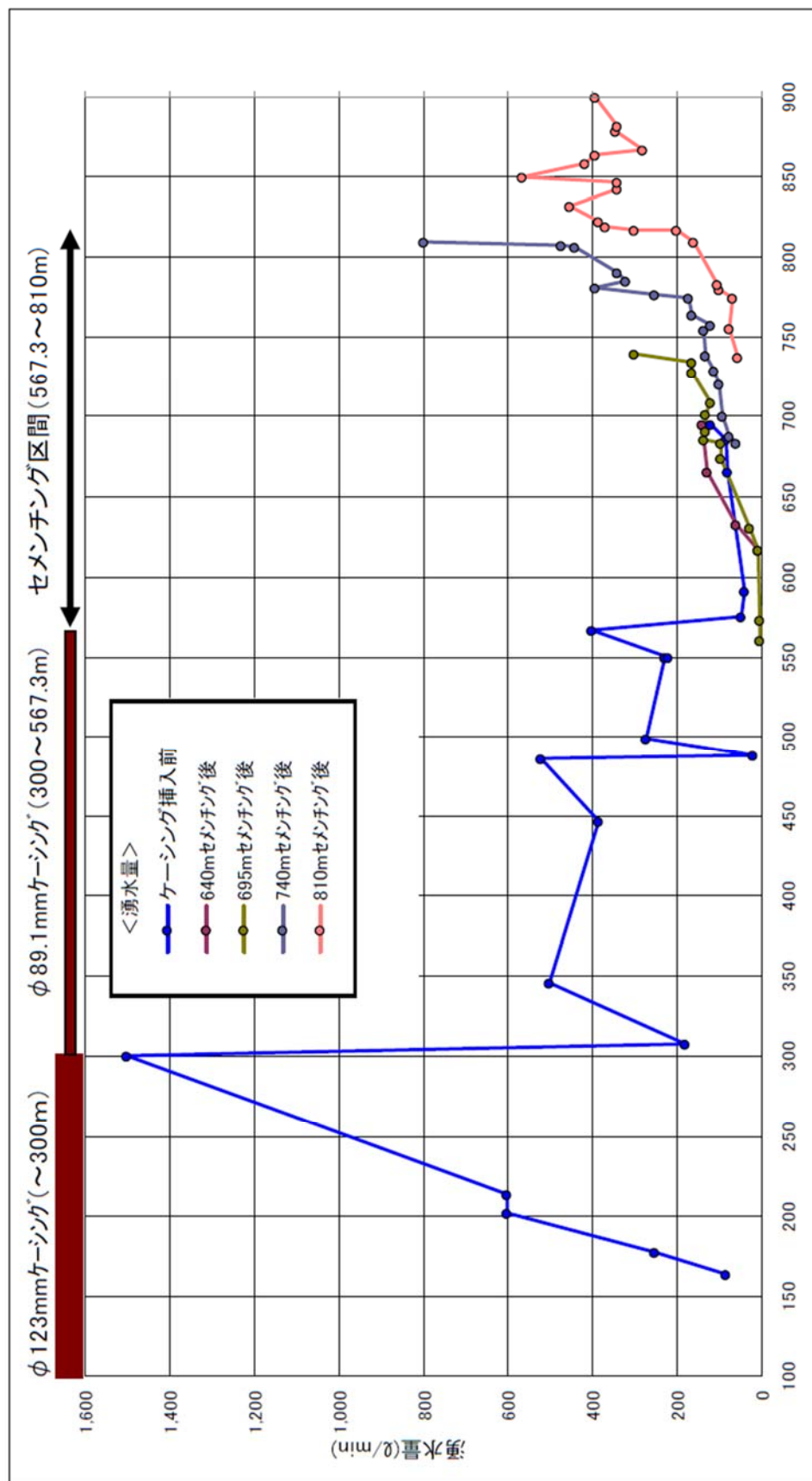


図 10-7 ボーリング時の口元湧水量

ボーリングコア【275m～300m】

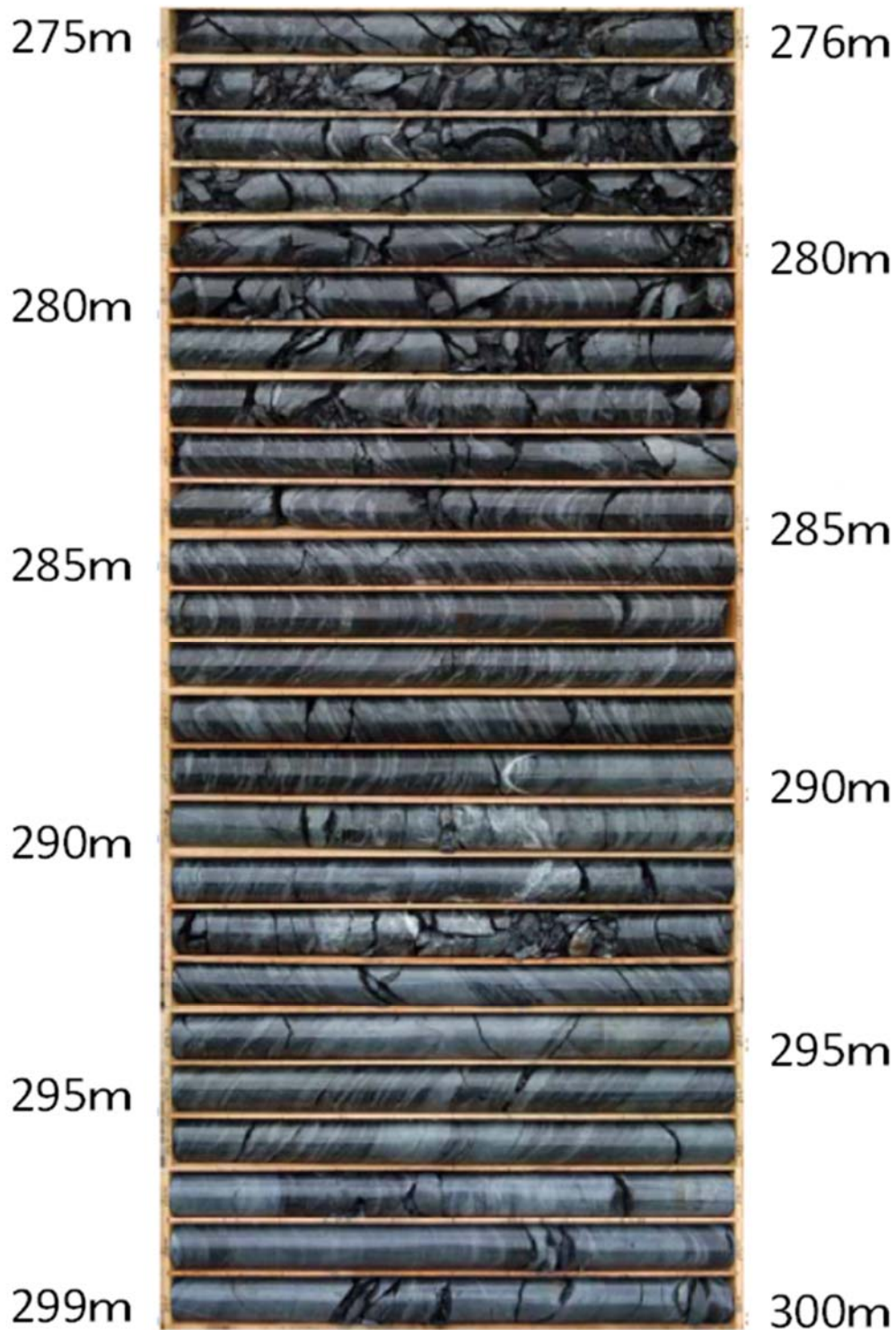


写真 10-3 (1) 深度300m付近のコア写真

ボーリングコア【300m～330m】

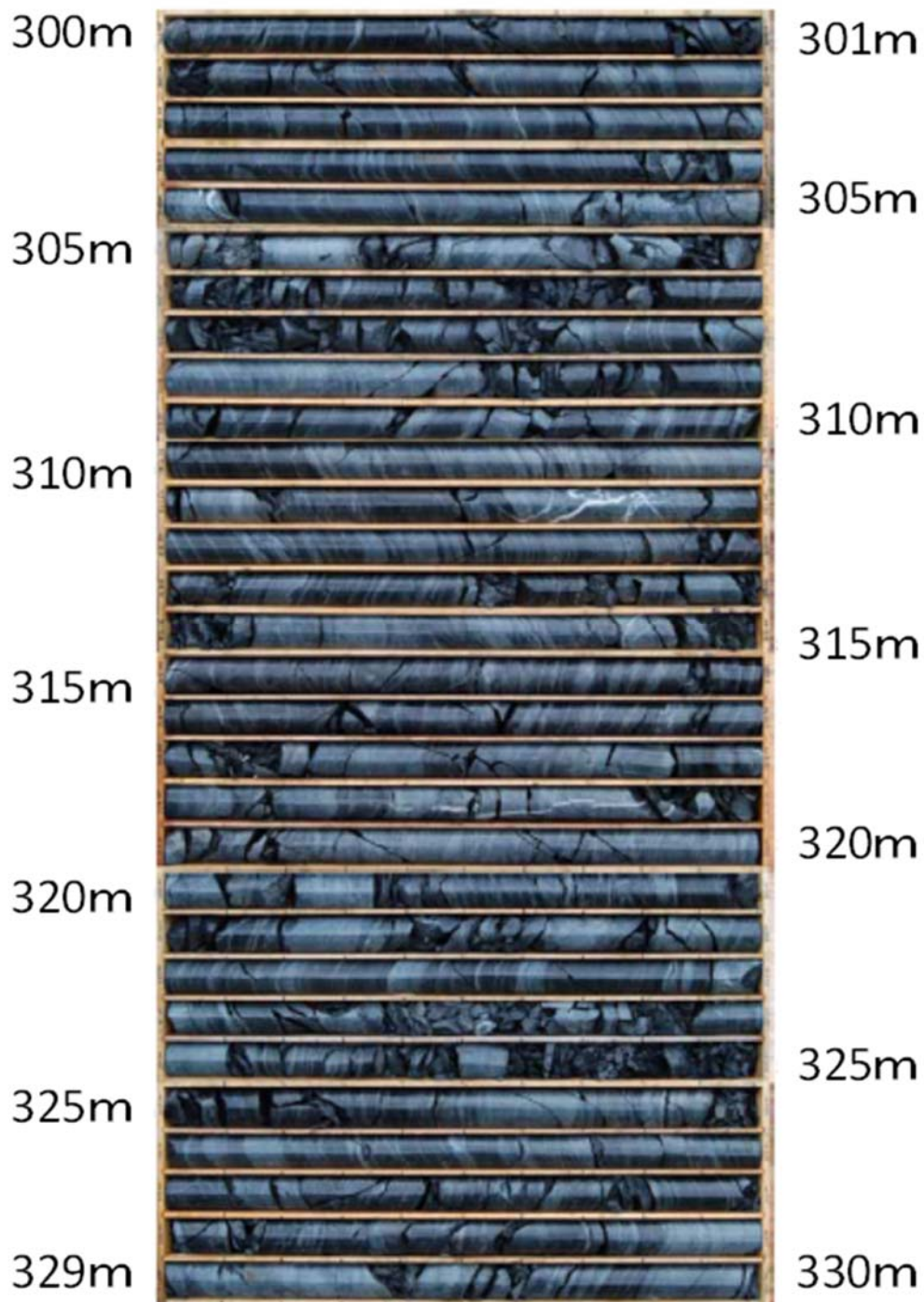


写真 10-3 (2) 深度300m付近のコア写真

- ・ 探査aの弾性波探査の結果は図 10-3に示すとおりであり、P波速度は4. km/秒以上であることからトンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説(2016年制定 土木学会)によると地山等級「ⅢN」となり、当該地質では一番良いという評価となります。ただし、弾性波探査は、深度が大きくなると信頼性が低下する傾向にあります。

3) 西俣斜坑沿い

- ・調査Cのボーリングはノンコアで削孔しました。(図 10-8)

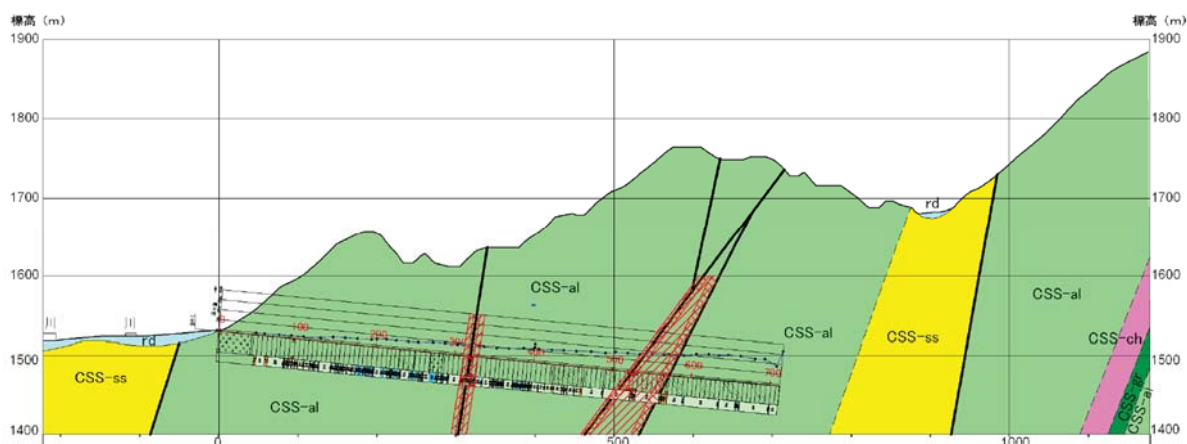


図 10-8 ボーリング調査結果（西俣斜坑沿い）

- ・これまで、山梨県内の斜坑の坑内からのノンコアボーリングのデータとその後の斜坑の掘削実績から、ノンコアボーリング削孔時のデータによる地山の評価を積み重ねています。ノンコアボーリング削孔時の削孔岩盤の単位体積あたりの消費エネルギー（ビットの回転や推進）が少ないほど、破碎質な岩盤であると評価しています。
- ・調査Cのボーリングによる消費エネルギーの推移及び口元湧水量の推移について、図 10-9に示します。ボーリング深度600mまでは、ボーリング掘削延長に応じて口元湧水量も増加していきましたが、深度600m以降は口元湧水量が概ね約1,200L/分で推移しました。
- ・調査期間中の最大口元湧水量は、約1,700L/分を計測しました。

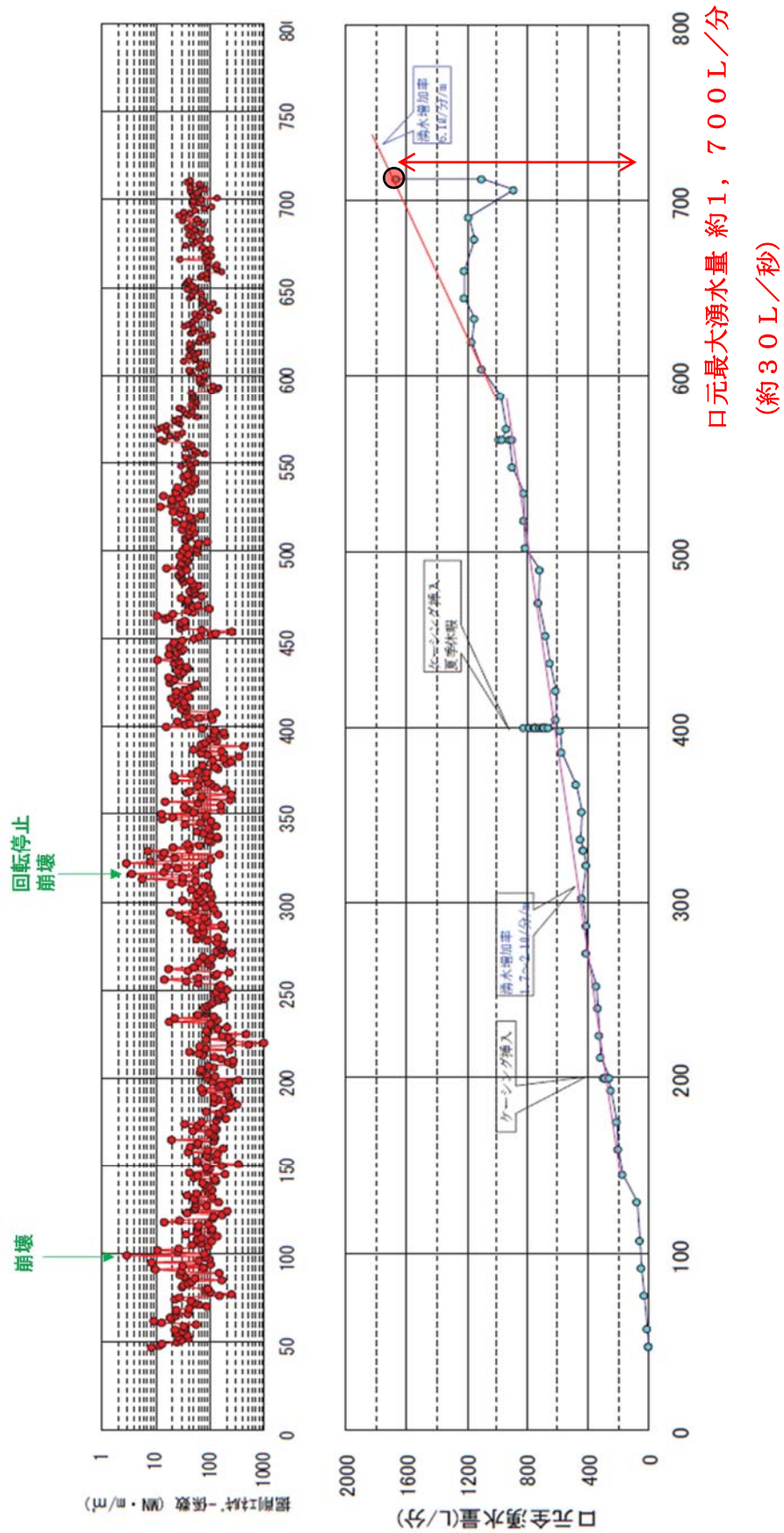


図 10-9 ボーリング調査時の掘削データ (西俣斜坑沿い)

4) 先進坑の県境付近断層帯

- ・調査Dのボーリングはノンコアで削孔しました。(図 10-10)

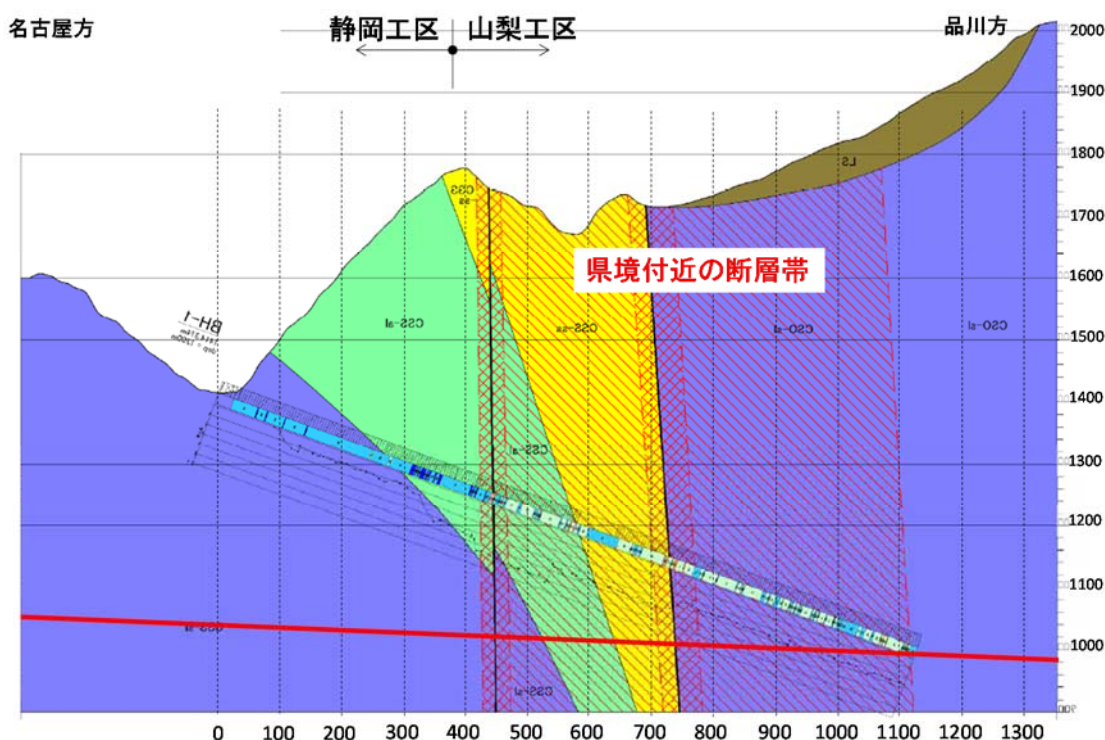


図 10-10 ボーリング調査結果（県境付近の断層帯）

- ・ノンコアボーリング削孔時のデータによる地山の評価については、調査Cと同じ指標で行っています。
- ・調査Dのボーリングによる消費エネルギーの推移、また、孔壁崩壊に伴う回転停止などの異常発生状況について図 10-11 に示します。口元湧水量の推移も併せて示しています。ボーリング深度360m以深において、口元湧水量が急激に増加し、最大口元湧水量が約2,600L/分を記録、消費エネルギーが少ない破砕質な地質や孔壁崩壊に伴う回転停止が繰り返し発生し、約800mにわたって継続しました。
- ・調査の限界により、調査区間より山梨側の地質の確認はできておりません。よって、ボーリング調査結果よりさらに山梨側へ破砕質な地質が連続している可能性は否定できないと考えております。

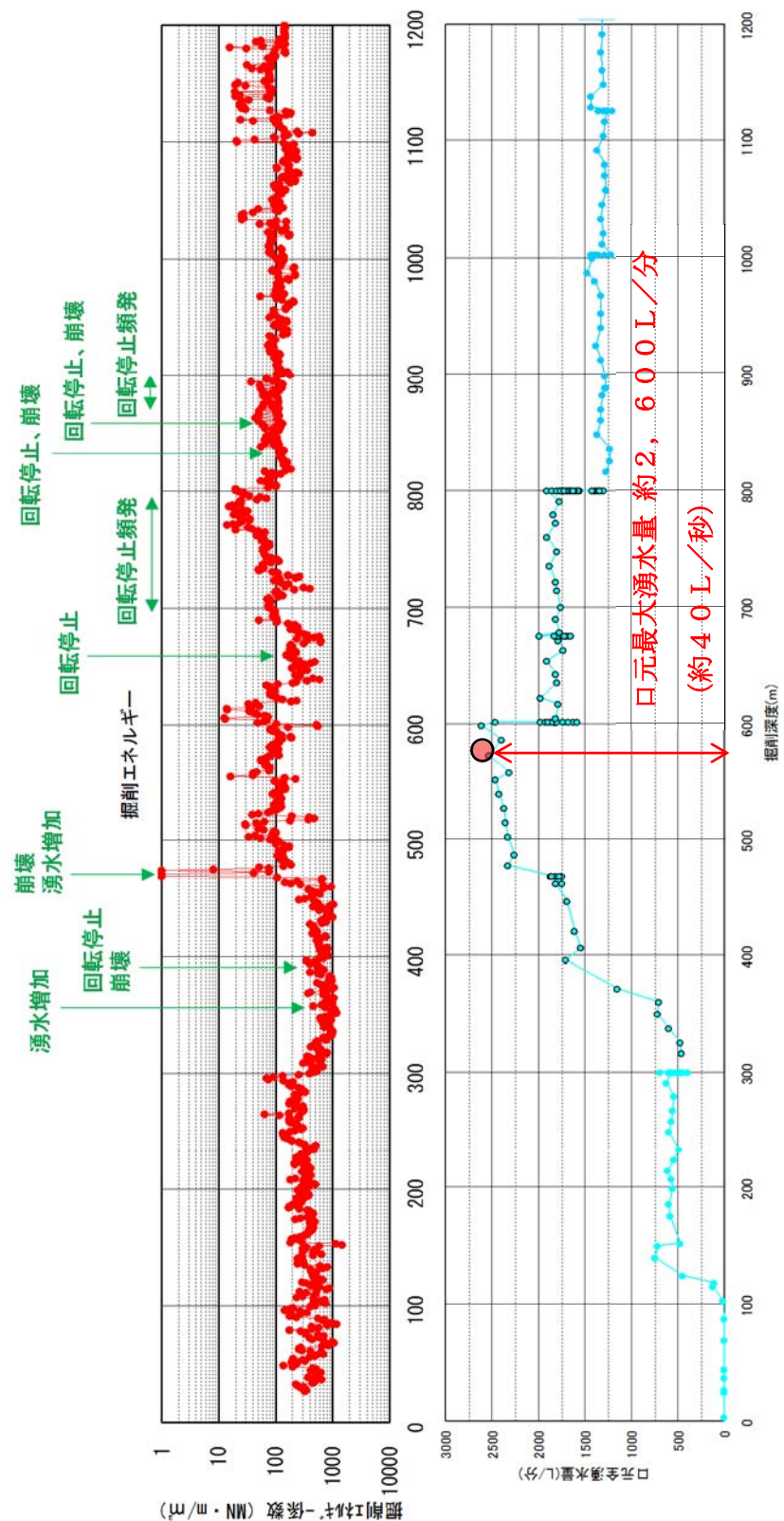


図 10-11 ボーリング調査結果（県境付近の断層帯）

- ・口元湧水量の推移を調査B（図 10-7）や調査C（図 10-9）と比較すると、その量が格段に多いことが確認できます。

5) 先進坑と大井川（東俣）交差部

- ・トンネルの計画にあたっては、先進坑及び本線に沿った断面で地質縦断図を作成しています。作成の際、安全にトンネルの施工を進めるという観点から、該当する地層における他の調査結果なども参考にしたうえで、可能性や程度に関わらず少しでも施工上の留意点として考えられる事柄を南アルプストンネル全般にわたって列挙し、コメントとして記載しています。
- ・先進坑と大井川（東俣）交差部について、地質縦断図と地質縦断図に付しているコメントを図 10-12 に示します。図 10-6 や図 10-7 に示す通り、深度 600 m 付近までの当該箇所と同じ地層において、湧水量が増えている箇所が確認されており、当該箇所において湧水量が増える可能性を否定できないことから、湧水に対する懸念を記載しています。
- ・しかしながら、先進坑と大井川（東俣）交差部付近の断層と考えられる箇所に関しては、調査Bの斜め下向きボーリングにおいて、約 100 m 付近で状況を直接確認しています。当該箇所のコアの状況は写真 10-2 のとおりです（当該箇所を黄色囲みで示します）。幅 3 m 程度の小規模な破碎質な区間を確認しましたが、湧水量も僅少であり、特にトラブルなく掘削を進めております。
- ・以上のボーリング結果から、先進坑と大井川（東俣）交差部における大量湧水の可能性は小さいと考えておりますが、地質が急激に変化する可能性がありますので、切羽周辺からのボーリングによる前方探査を実施し、地質の脆い区間を確認した場合には薬液注入等を行い、湧水に伴うリスクを極力小さくしながら慎重に掘削します。

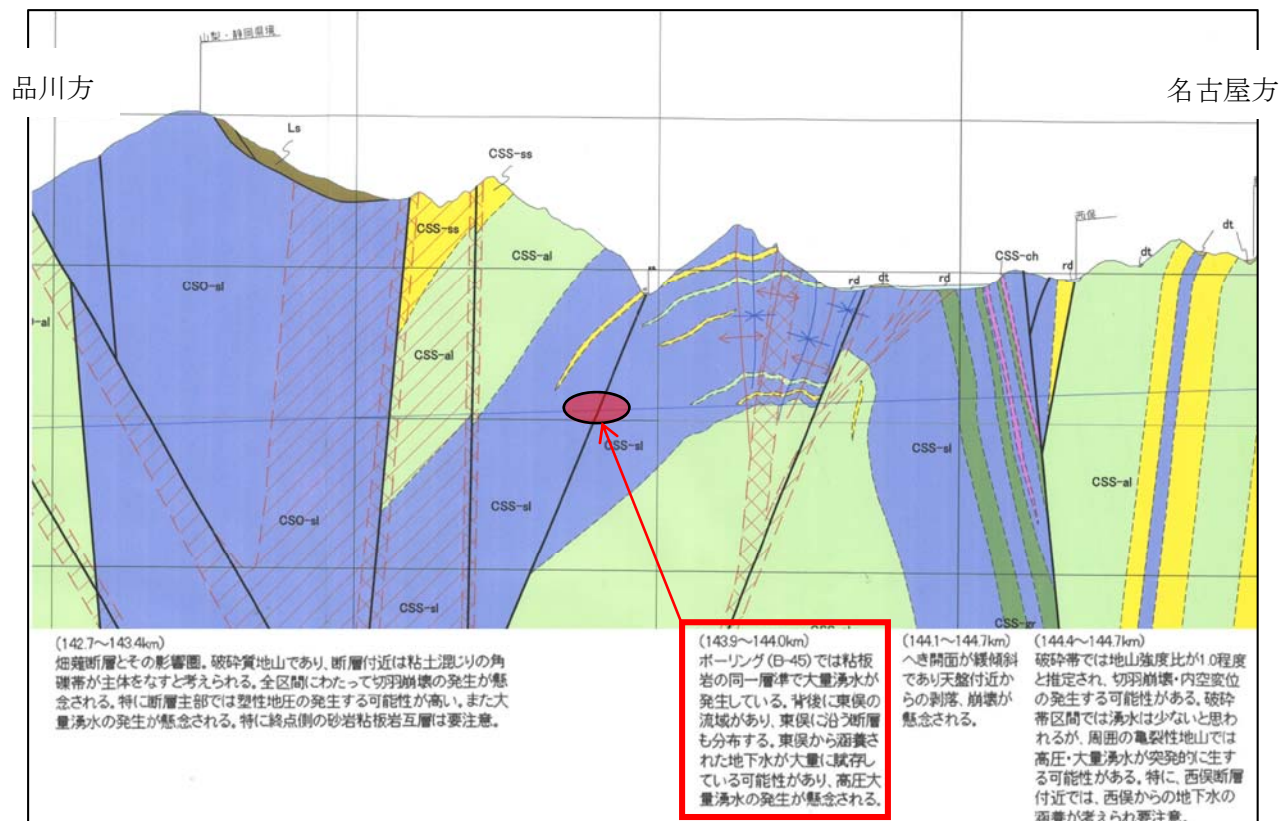


図 10-12 地質縦断図と施工上の留意点

(2) 長野県境付近の地形・地質調査

1) 調査の概要

- ・既往の文献調査から地質構造や地質分布を概略的に把握し、より細かな地質構造を把握するために、航空レーザー測量図や空中写真により地形等の確認を行ない、地形判読図を作成いたしました。併せて、沢筋や尾根部を中心とした地表地質踏査²を行い、地質縦断図を作成いたしました。

2) 地形判読

- ・既往の文献調査により、長野県境付近は南アルプス全体の特異な構造である付加体構造^{ふかたい}を有し、それらを構成する堆積岩^{たいせきがん}として、砂岩^{さがん}や粘板岩^{ねんばんがん}を主体に広く分布しており、また、地層の走向が北東 - 南西であることが分かりました。
- ・航空レーザー測量図や空中写真(1/15,000レベル)による地形判読では、線状に延びる筋のようなもの(リニアメント³)を判読することができました。空中写真で判読できたリニアメントを図10-13で示します。なお、空中写真の撮影位置が分かるよう、国土地理院地形図に図郭を併せて示します。

² 地表地質踏査：地質状況を現地で観察し、露頭^{ろとう}の観測等により地質構造を把握する。

³ リニアメント：空中写真等の映像のうえで、直接・間接に地下の地質や構造等を反映しているとみられる線状の特徴。

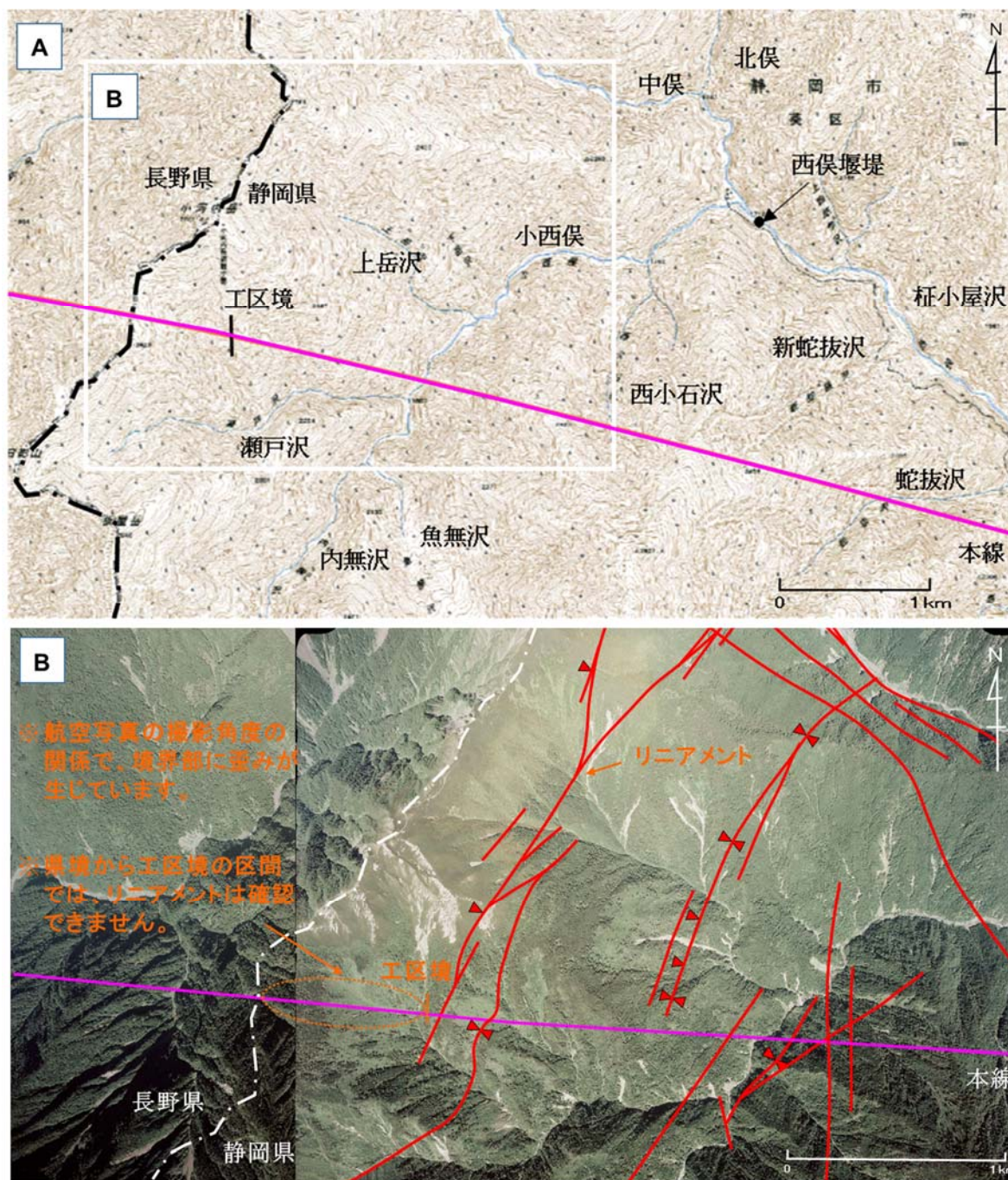


図 10-13 長野県境付近の空中写真とリニアメント判読

- ・リニアメントのうち、断層で特徴的にみられるものとして、断層鞍部⁴や遷緩点⁵、またリニアメントも単独ではなく、複数のリニアメントが並走あるいは集中し、群として分布することが考えられます。

⁴ 断層鞍部：地表面で観察される断層の近傍は、岩が脆弱^{ぜいじやく}で、侵食されやすいため、断層が尾根を横断している箇所では、馬の鞍のように凹んだ地形が形成される。このような地形を断層鞍部という。

⁵ 遷緩点：急斜面が緩斜面に変化している部分。

なお、断層鞍部が判読できる箇所には、赤い△2つにより挟む形で表記し、遷緩点が判読できる箇所には、赤い△1つで表記しています。

- ・空中写真で判読する限り、長野県境付近から工区境にかけては、断層で特徴的にみられる断層鞍部や遷緩点、リニアメント群は確認されませんでした。工区境の東側では、断層鞍部や遷緩点を確認できました。
- ・図 10-13 で確認したリニアメントについて、文献調査によって把握した地質構造やレーザー測量による地形データとの重なりを確認することで、断層の可能性のあるリニアメントを抽出し、図 10-14 に地形判読図として、とりまとめました。その結果、工区境の東側には、リニアメント群が2つ認められ、それぞれをグループ1、グループ2とします。
- ・グループ1については、本線の南側で断層鞍部や遷緩点が認められるリニアメントを基軸に、本線より北側へ延びるリニアメントの分布から、断層であると考えました。(F1断層とする)

グループ2については、本線の北側と南側でリニアメントが途切れて不明瞭ではあるものの、リニアメントの走行がほぼ一致していることから、連続したリニアメントであると判断し、断層であると考えました。(F2断層とする)

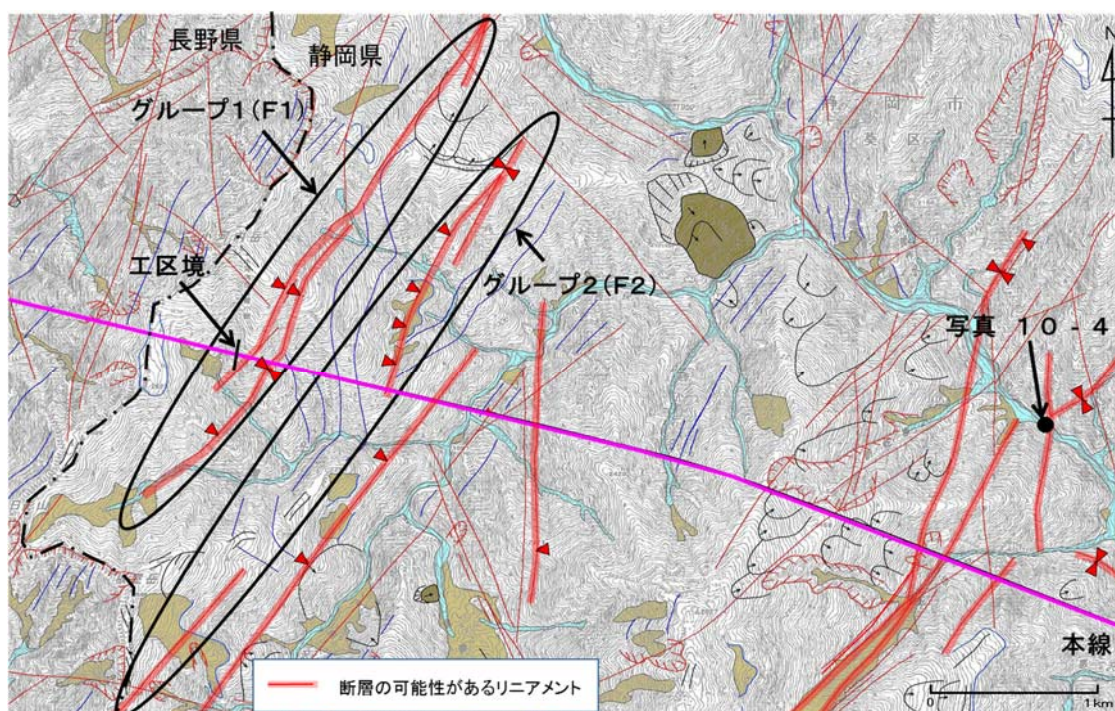


図 10-14 地形判読図

3) 地表地質踏査

- ・続いて、本線トンネルの地表部周辺において、地表地質踏査を実施し、沢筋や尾根部を中心に、断層の可能性のあるリニアメントの確認や地形地質の状況（割れ目の状況等）確認を行いました。
- ・地表地質踏査において、F 1 断層やF 2 断層は、現地の環境や地形条件が非常に厳しく、露頭等を直接確認することはできませんでしたが、沢筋や尾根筋で確認可能な範囲で、露頭における断層の存在や幅等を直接確認しました。
- ・写真 1 0 - 4 は、西俣川上流の^{まさこや}杵小屋沢付近の地表地質踏査で確認した断層の写真です。

杵小屋沢付近の断層幅は約 3 m と小規模なものです。



写真 1 0 - 4 地表地質踏査の露頭確認で観察された断層（^{まさこや}杵小屋沢付近）

- ・空中写真に基づく地形判読から、F 1 及びF 2 断層は、杵小屋沢付近の断層やその他の露頭で直接確認できた断層と同規模程度であると判読しました。

4) 調査結果のまとめ

- ・地形判読と地表地質踏査の結果を踏まえ、長野県境付近の地質縦断図を作成いたしました。(図 10-15)

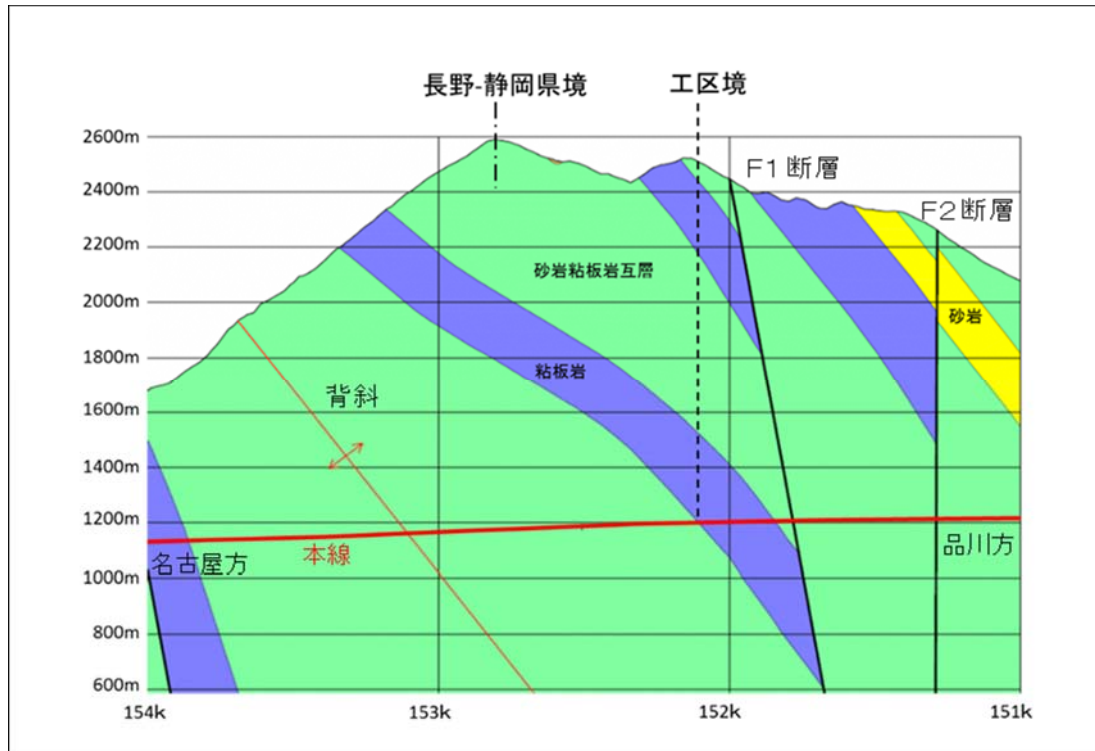


図 10-15 長野県境付近の地質縦断図

- ・工区境の東側で確認したF1及びF2断層の性状は、以下のように考えます。
 - ①レーザー測量や空中写真を用いた地形判読図において、幅を具体的に判読できるようなリニアメントではないこと。
 - ②レーザー測量や空中写真を用いた地形判読図において、柵小屋沢付近の断層と同じ規模に見え、柵小屋沢付近の断層幅は約3mと小規模であること。(写真10-4)
- ・長野県境付近から工区境にかけては、レーザー測量や空中写真を用いた地形判読図において、断層は確認されませんでした。また、ボーリング調査など詳細な調査ができる現地条件ではないため、地中深部の状況を特定することはできませんが、西俣川付近及びその上流部、さらには尾根部において実施した地表地質踏査等で確認した結果から類推すると、同様の岩盤が分布し、比較的堅硬で全体とし

ては、割れ目同士の間隔は広いと考えられますが、一部では岩盤の割れ目が発達している部分もあると考えられます。

- ・以上を踏まえ、長野県境付近のトンネル掘削において留意することとして、以下のとおり考えています。
- ・工区境までは、F 1 及び F 2 断層を含んで、静岡県側から下り勾配で掘削することになりますが、トンネル掘削に先立ち実施する高速長尺先進ボーリングで、トンネル前方の地質や断層の規模を確認し、慎重に掘削を進めます。地質が悪い箇所が見つかった場合は、コアボーリングにより地質を確認することや必要により補助工法を行い、慎重に掘削を進めます。
- ・長野 - 静岡県境から工区境までは、断層は確認されていませんが、岩盤の割れ目からの湧水が考えられ、トンネル掘削に先立ち実施する高速長尺先進ボーリングで、トンネル前方の地質や湧水状況を確認し、地質が悪い箇所が見つかった場合は、コアボーリングにより地質を確認することや必要により補助工法を行い、慎重に掘削を進めます。