

## 高標高部の地表の湧き水について

<本資料に記載の項目>

「今後の主な対話項目」（2024年2月5日 静岡県）抜粋

### II 生物多様性編

#### 4 高標高部の湧水と地下水のつながり

- (1) 千枚小屋付近の1年中枯れない湧水箇所周辺及びそれと同様な状況を示す湧水箇所周辺における湧水や植物への水分の供給経路に関する断層、破碎帯や地形、地質との関連性

## 目 次

|   |    |
|---|----|
| (1) 「千枚小屋付近の1年中枯れない」とされている地表の湧き水について.....         | 1  |
| (2) 千枚小屋南側の湧き水等の供給経路に関する断層、破碎帯や地形、地質との関連について..... | 2  |
| 1) 高標高部の地表の湧き水に関する調査結果について.....                   | 2  |
| 2) 千枚小屋南側の湧き水等の供給経路に関する断層、破碎帯や地形、地質との関連について.....  | 15 |
| 3) 千枚小屋南側の湧き水等のモニタリングについて.....                    | 16 |

### <要旨>

- ・千枚小屋南側の地表の湧き水は、1年中枯れない湧き水とされています。
- ・この湧き水が深部地下水とつながっている場合には、トンネル掘削に伴う影響が懸念され、2024年2月に静岡県が公表した「今後の主な対話項目」では、「千枚小屋付近の1年中枯れない湧水箇所周辺及びそれと同様な状況を示す湧水箇所周辺における湧水や植物への水分の供給経路に関する断層、破碎帯や地形、地質との関連性」という項目が挙げられています。
- ・この対話項目の検討を進めるため、高標高部の地表の湧き水について複数の調査を実施しました。
- ・まず、水質の成分分析を実施した結果、いずれの湧き水も、トンネル掘削箇所付近の深部の地下水とは異なる傾向を示していることから、断層、破碎帯を通じてトンネル掘削箇所付近の深部地下水が湧出している可能性は低いと考えられます。
- ・次に、地質調査の結果、千枚小屋南側の湧き水については、微地形に依存して地表面付近の不飽和帯に局所的に分布しており、地表面付近で局所的に流動している地下水であると考えられます。
- ・今後更にトンネル掘削による影響の有無の考察を深度化するため、地表の湧き水箇所周辺における地盤内の圧力測定を行い、トンネル掘削に伴い地下深部の圧力変化が生じた際に、地表面付近の湧き水に影響が及ぶ可能性があるかどうかを考察します。
- ・また、工事前から地表の湧き水の水量の連続測定を行い、工事中及び工事完了後におけるトンネル掘削に伴う地表面の湧き水への影響を確認します。

(1) 「千枚小屋付近の1年中枯れない」とされている地表の湧き水について

- ・千枚小屋付近には、図 1 のとおり、地表の湧き水が確認されています。
- ・このうち、千枚小屋南側の地表の湧き水については、1年中枯れない湧き水であるとされています。

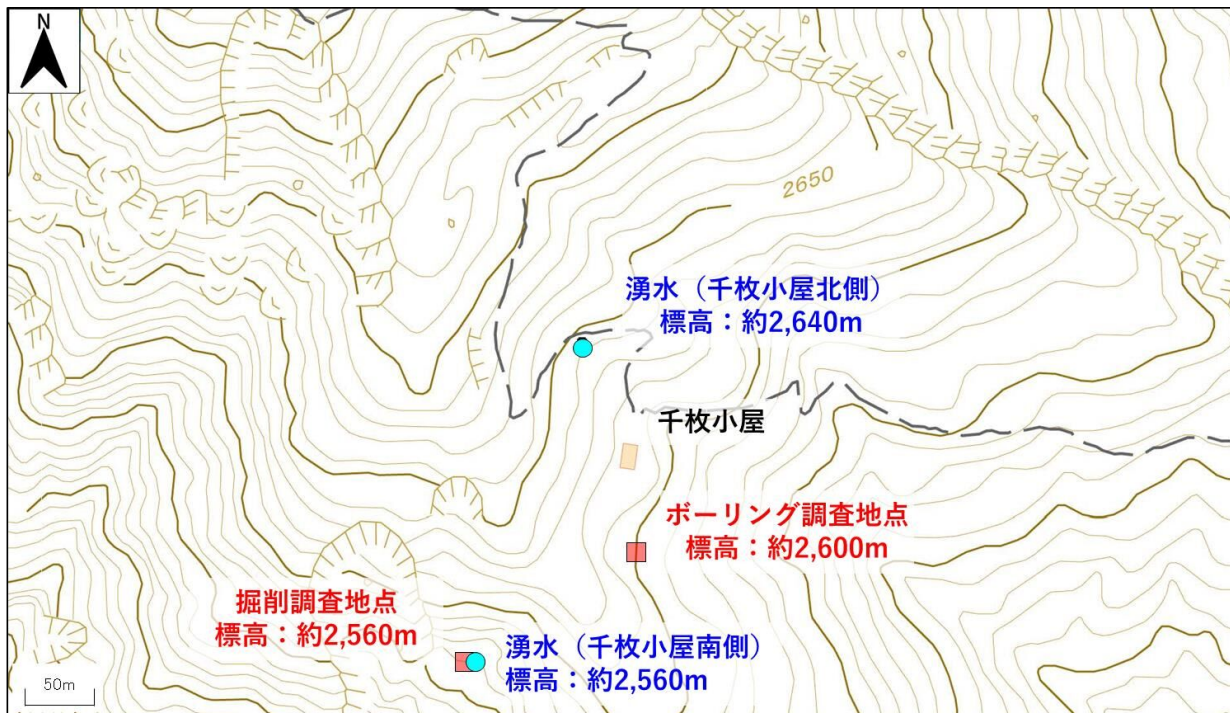


図 1 千枚小屋付近の地表の湧き水箇所位置図

## (2) 千枚小屋南側の湧き水等の供給経路に関する断層、破碎帯や地形、地質との関連について

### 1) 高標高部の地表の湧き水に関する調査結果について

- ・ 山小屋の運営や登山者に利用されている地表の湧き水を対象とし、調査を行いました(図 2)。

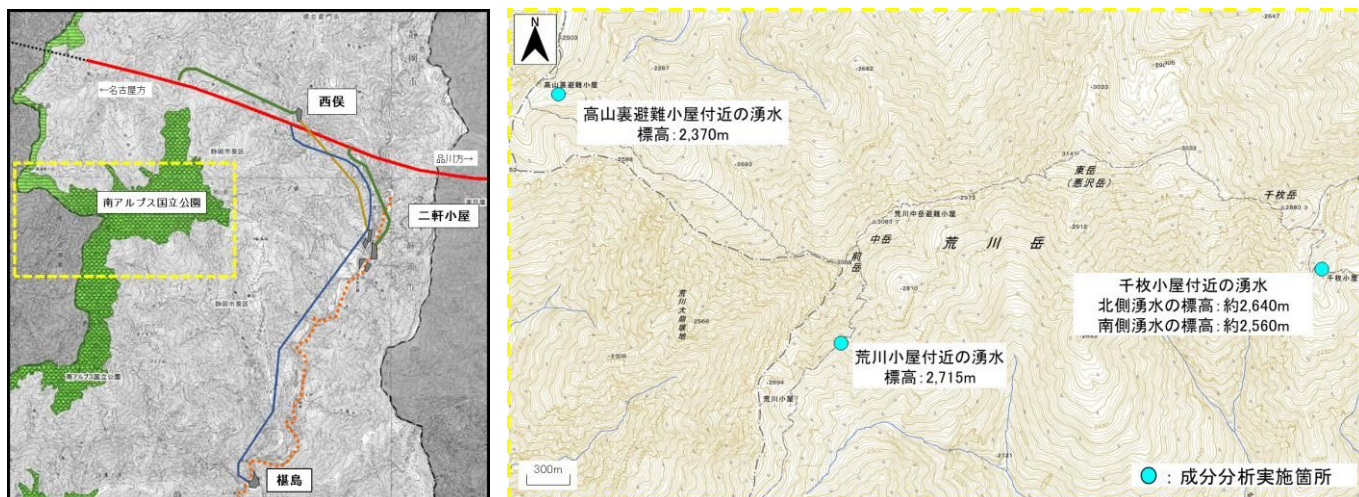


図 2 調査箇所位置平面図(湧き水調査)

#### 【調査の概要】

- ・ 高標高部の地表の湧き水は、トンネル掘削箇所付近の地下深部の地下水に起因するものではなく、比較的短い滞留時間で地表付近を動いている水であるということを確認するために地表の湧き水を採水し、化学的な成分分析を実施しました。
- ・ 分析結果の考察を行うにあたり、以前に実施した計画路線近傍の深井戸(田代ダム付近)の地下水の成分分析結果も合わせて示します。
- ・ 成分分析の分析項目及び概要を表 1 に、現地調査期間を表 2 に示します。
- ・ また、千枚小屋付近における地質調査を実施しました。

**表 1 成分分析の項目及び概要**

| 分析項目      | 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（ナトリウム、カリウム、カルシウム等）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、温泉水等）の可能性を推定するものです。 |
| b) 不活性ガス等 | 不活性ガス（SF <sub>6</sub> （六フッ化硫黄）等）や放射性同位体（トリチウム等）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。   |

**表 2 成分分析の現地調査期間（地表の湧き水）**

| 調査地点            | 調査期間         | 備考                          |
|-----------------|--------------|-----------------------------|
| 千枚小屋北側の湧き水      | ① 令和4年9月17日  | 採水標高：2,641m                 |
|                 | ② 令和5年9月14日  |                             |
| 千枚小屋南側の湧き水      | ① 令和4年9月17日※ | 採水標高：2,558m                 |
|                 | ② 令和5年9月13日  |                             |
| 荒川小屋付近の湧き水      | 令和4年9月16日    | 採水標高：2,715m                 |
| 高山裏避難小屋付近の湧き水   | 令和4年9月17日    | 採水標高：2,370m                 |
| 【参考】深井戸（田代ダム付近） | 令和2年8月10日    | 井戸深度：GL-256m<br>採水標高：1,272m |

※ 現地で測定可能な水素イオン濃度（pH）、電気伝導度（EC）のみを実施。

## 【調査結果】

### （成分分析の結果）

#### ○溶存イオン分析、pH、ECの計測結果

- ・分析結果を、図 3～図 5、表 3～表 4に示します。
- ・溶存イオン分析の結果、各湧き水の各イオン濃度は非常に少なく、一般的に地表水や浅層地下水に見られるようなカルシウムイオン（Ca<sup>2+</sup>）と重炭酸イオン（HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）の濃度が卓越した水質特性を示しました。また、pHは6.7～7.9で中性を示し、電気伝導度ECは1.6～5.6mS/mとなりました。
- ・一方、計画路線近傍の深井戸（田代ダム付近）では、一般的に滞留時間の長い地下水に見られるようなカルシウムイオン（Ca<sup>2+</sup>）とマグネシウムイオン（Mg<sup>2+</sup>）の濃度が極端に少なく、ナトリウムイオン（Na<sup>+</sup>）と重炭酸イオン（HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）濃度が卓越した水質特性を示しました。また、pHは9.1で弱アルカリ性を示し、電気伝導度ECは182.0mS/mとなり、各湧き水の値と比較して非常に高い値となりました。

## ○放射性同位体と不活性ガス分析の結果

- ・地表の湧き水の滞留時間の推定を行うため、トリチウム分析と六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）の分析を実施しました（表 5、図 6～図 10）。
- ・地表の湧き水の分析結果を、過去に実施した井戸の深さがトンネル掘削箇所と同等である深井戸（田代ダム付近）の結果と比較し、地表の湧き水と深部地下水との関連を検討しました。
- ・トリチウム分析は、降水中のトリチウムの濃度が 1950～60 年代の核実験により急上昇していることから、各湧き水の涵養年代が 1950～60 年代よりも古いのかどうかを特定するために用いられるものです。
- ・トリチウム分析の結果、各地表の湧き水の涵養年代は 1950～60 年代よりも新しく、深井戸（田代ダム付近）の涵養年代は 1950～60 年代よりも古いということが確認されました。
- ・また、更に詳細に滞留時間を推定するため、六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）の分析を実施しました。
- ・六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）の分析は、工業化に伴い大気中の六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）の濃度が過去数十年の間に上昇していることから、その上昇傾向を利用して滞留時間を推定する分析であり、滞留時間が 0～40 年の地下水の年代推定において、信頼性が高い分析です。
- ・六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）の分析の結果、各地表の湧き水の滞留時間は、約 10 年～約 17 年と推定されました。
- ・なお、表 3 では、深井戸（田代ダム付近）について、参考に六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）の分析結果を記載しておりますが、トリチウム分析の結果、涵養年代が 1950～60 年代よりも古いということが確認されているため、年代推定の最適年代が 0～40 年の六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）の分析結果ではなく、トリチウム分析の結果が信頼性の高い結果であると考えています。



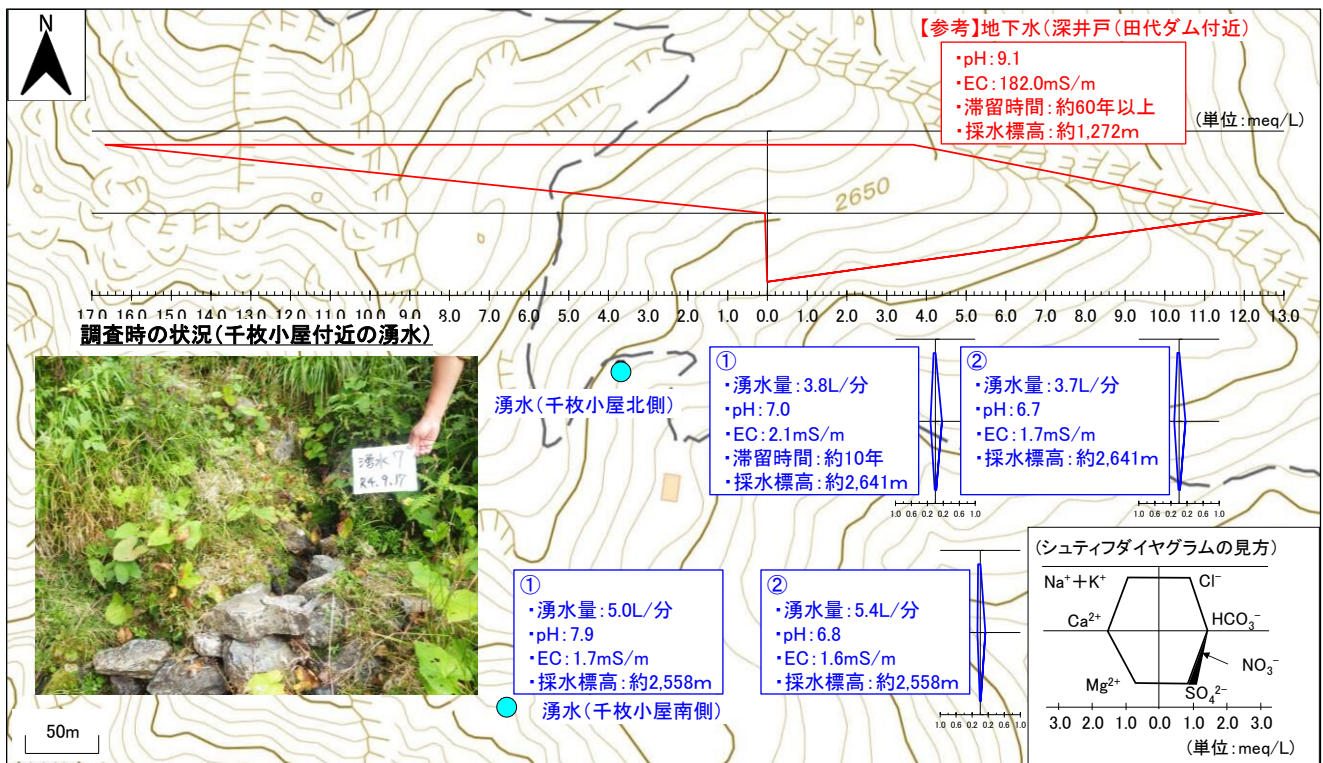


図 3 成分分析の計測結果まとめ(千枚小屋付近の湧き水)

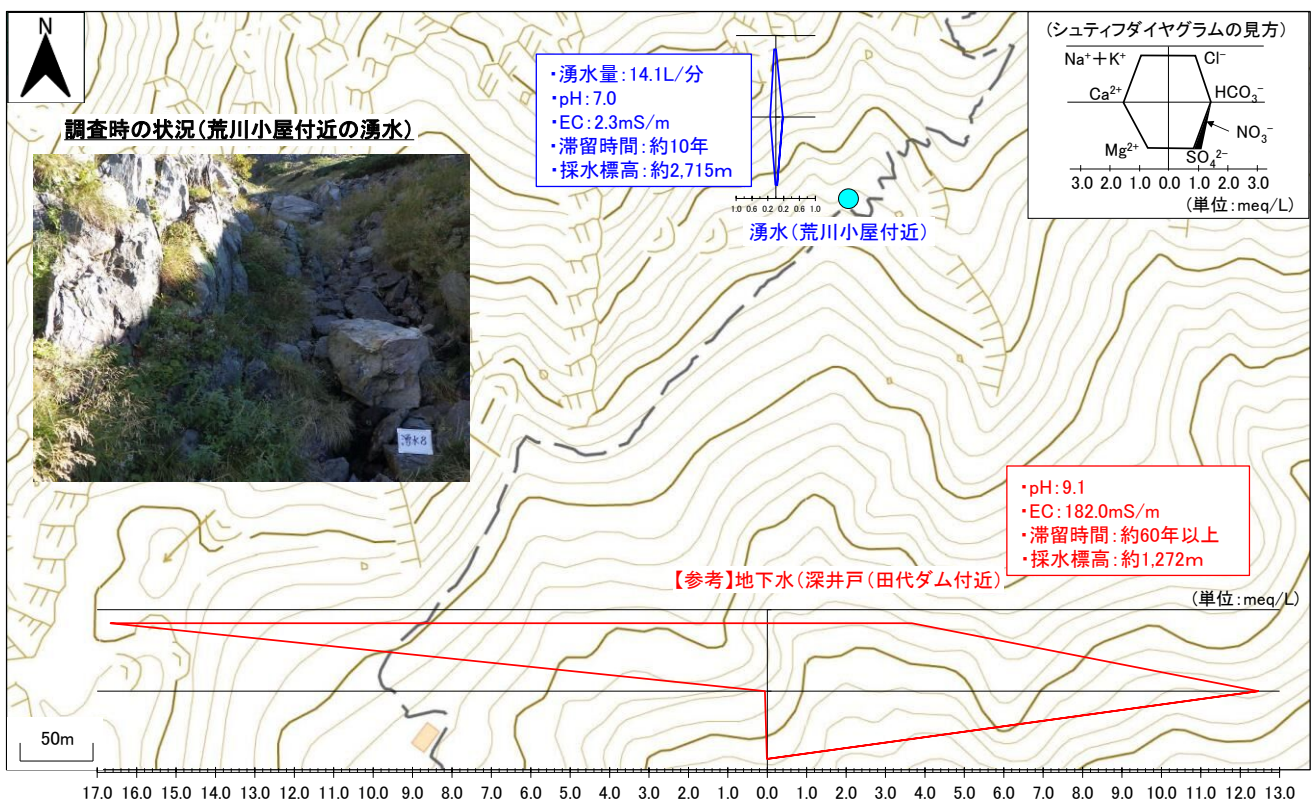


図 4 成分分析の計測結果まとめ(荒川小屋付近の湧き水)

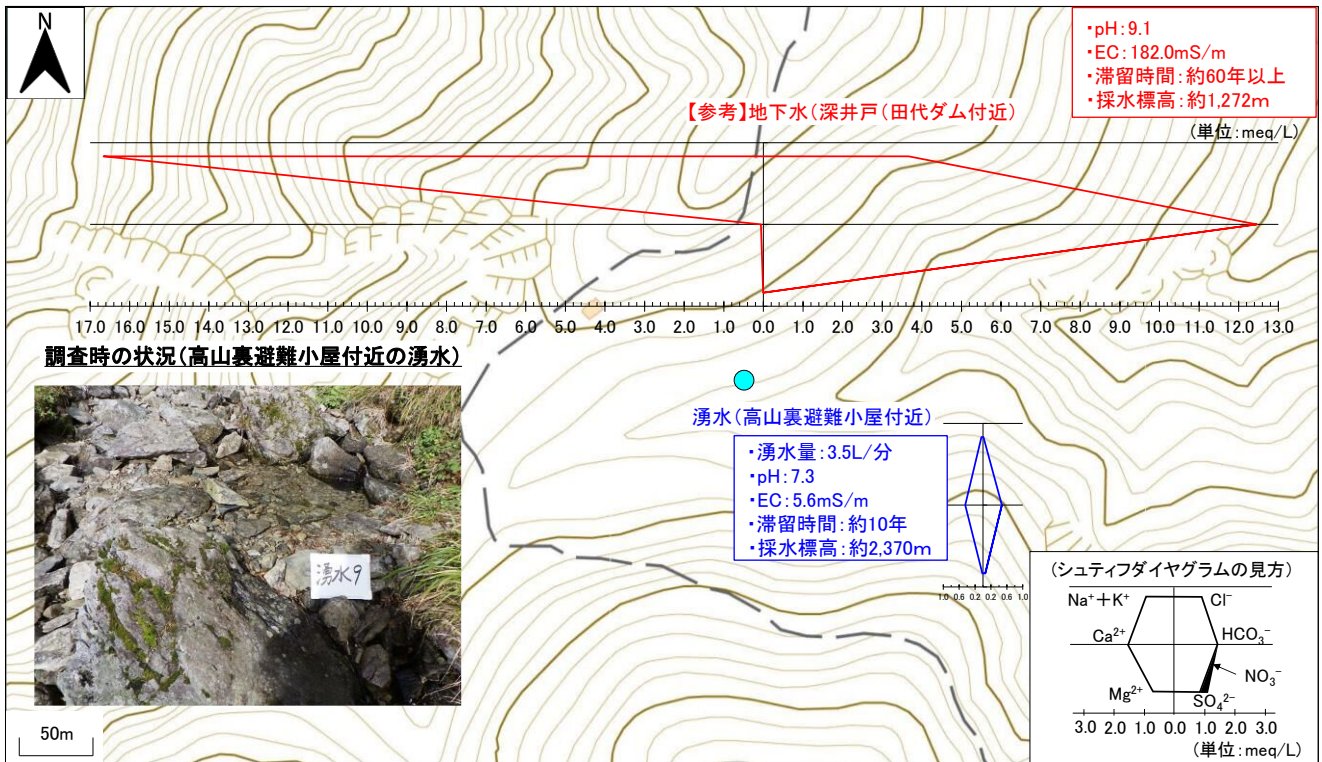


図 5 成分分析の計測結果まとめ (高山裏避難小屋付近の湧き水)



表 3 成分分析の計測結果（溶存イオン）：各湧き水

| 調査地点                |   | Na <sup>+</sup><br>(mg/L) | K <sup>+</sup><br>(mg/L) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/L) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/L) | Cl <sup>-</sup><br>(mg/L) | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | 備考                          |
|---------------------|---|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--|-----------------------------|
| 千枚小屋北側の湧き水          | ① | 0.9                       | 0.1                      | 2.4                        | 0.2                        | 0.3                       | 10.0                                    | 1.2                                     | <0.4                                   | 採水標高：2,641m                 |
|                     | ② | 0.9                       | 0.0                      | 2.4                        | 0.2                        | 0.3                       | 10.0                                    | 1.1                                     | <0.4                                   |                             |
| 千枚小屋南側の湧き水          | ② | 1.1                       | 0.2                      | 1.4                        | 0.1                        | 0.3                       | 7.9                                     | 0.7                                     | <0.4                                   | 採水標高：2,558m                 |
| 荒川小屋付近の湧き水          |   | 1.0                       | <0.1                     | 2.8                        | 0.1                        | 0.3                       | 11.0                                    | 1.6                                     | <0.4                                   | 採水標高：2,715m                 |
| 高山裏避難小屋付近の湧き水       |   | 0.8                       | 0.2                      | 9.0                        | 0.2                        | 0.3                       | 29.0                                    | 2.5                                     | 0.5                                    | 採水標高：2,370m                 |
| 【参考】深井戸<br>(田代ダム付近) |   | 380.0                     | 5.2                      | 1.2                        | 0.1                        | 130.0                     | 760.0                                   | 0.3                                     | <0.4                                   | 井戸深度：GL-256m<br>採水標高：1,272m |

表 4 成分分析の計測結果（湧き水の水量、pH、EC、水温）：各湧き水

| 調査地点                |   | 湧き水の<br>水量<br>(L/分) | pH  | 電気伝導度 EC<br>(mS/m) | 水温<br>(°C) | 備考                          |
|---------------------|---|---------------------|-----|--------------------|------------|-----------------------------|
| 千枚小屋北側の湧き水          | ① | 3.8                 | 7.0 | 2.1                | 5.4        | 採水標高：2,641m                 |
|                     | ② | 3.7                 | 6.7 | 1.7                | 8.2        |                             |
| 千枚小屋南側の湧き水          | ① | 5.0                 | 7.9 | 1.7                | 5.2        | 採水標高：2,558m                 |
|                     | ② | 5.4                 | 6.8 | 1.6                | 5.8        |                             |
| 荒川小屋付近の湧き水          |   | 14.1                | 7.0 | 2.3                | 6.0        | 採水標高：2,715m                 |
| 高山裏避難小屋付近の湧き水       |   | 3.5                 | 7.3 | 5.6                | 4.5        | 採水標高：2,370m                 |
| 【参考】深井戸<br>(田代ダム付近) |   |                     | 9.1 | 182.0              | 10.8       | 井戸深度：GL-256m<br>採水標高：1,272m |

表 5 成分分析の計測結果（不活性ガス等）：各湧き水

| 調査地点             | トリチウム <sup>※1</sup> |                    | S F <sub>6</sub> |                    | 備考                          |
|------------------|---------------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------------------|
|                  | 濃度 (TU)             | 滞留時間 <sup>※2</sup> | 濃度 (pptv)        | 滞留時間 <sup>※2</sup> |                             |
| 千枚小屋北側の湧き水       | ①                   | 3.22               | 約 0~50 年         | 8.7                | 採水標高：2,641m                 |
|                  | ②                   | 3.11               | 約 0~50 年         | 6.9                |                             |
| 千枚小屋南側の湧き水       | ②                   | 2.90               | 約 0~50 年         | 7.0                | 採水標高：2,558m                 |
| 荒川小屋付近の湧き水       |                     | 3.05               | 約 0~50 年         | 8.6                | 採水標高：2,715m                 |
| 高山裏避難小屋付近の湧き水    |                     | 2.95               | 約 0~50 年         | 8.6                | 採水標高：2,370m                 |
| 【参考】深井戸 (田代ダム付近) |                     | 0.3 未満             | 約 60 年以上         | 0.4                | 井戸深度：GL-256m<br>採水標高：1,272m |

※1 トリチウム分析は、降水中のトリチウムの濃度が 1950~60 年代の核実験により急上昇していることから、各湧き水の涵養年代が 1950~60 年代よりも古いのかどうかを特定するために用いられるものである。

※2 地下水や池の水に含まれる S F<sub>6</sub> やトリチウム濃度を計測し、公表されている濃度一年代の関係曲線をもとに滞留時間を推定した。なお、大気中の S F<sub>6</sub> 濃度は地域によってばらつきがあるとされていることから、大井川流域の大気中の S F<sub>6</sub> 濃度を計測し、公表されている濃度一年代の関係曲線を補正したうえで滞留時間を推定した。

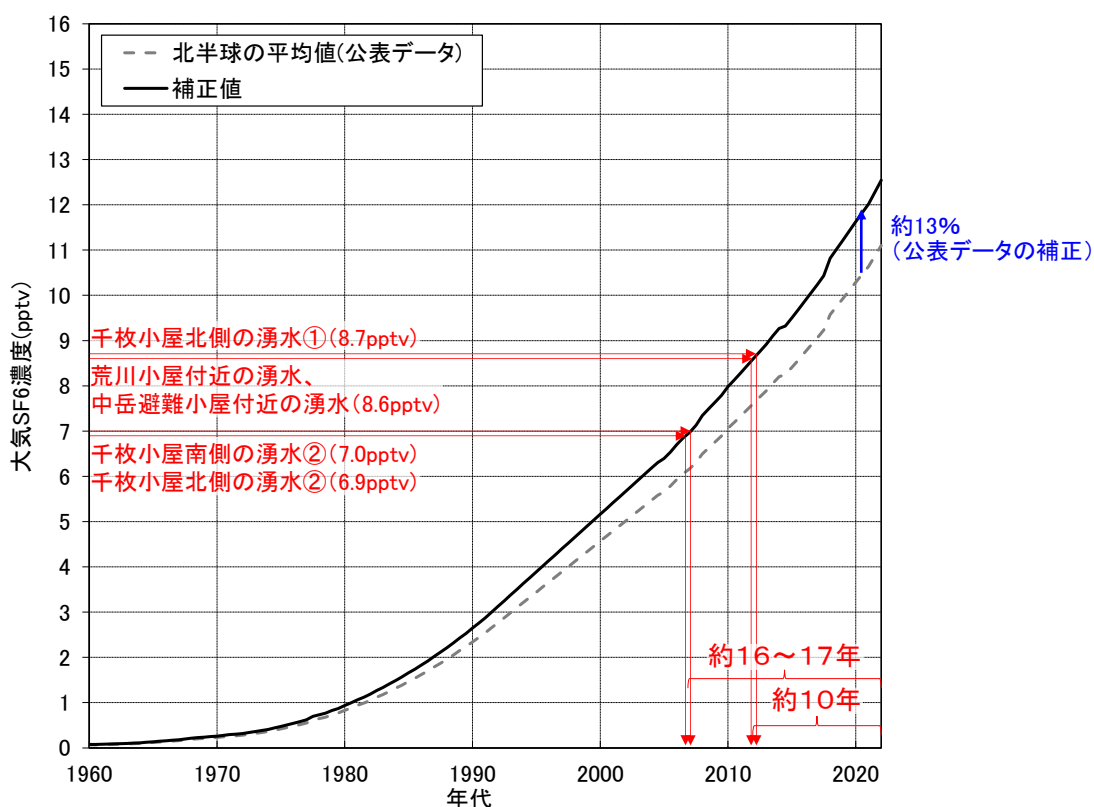


図 6 SF<sub>6</sub> による滞留時間の分析（各湧き水）

※大気中の S F<sub>6</sub> 濃度は地域によってばらつきがあるとされていることから、大井川流域の大気中の S F<sub>6</sub> 濃度を計測し、公表されている濃度一年代の関係曲線を補正したうえで滞留時間を推定した。



図 7 トリチウムによる滞留時間の分析 (千枚小屋北側の湧き水)



図 8 トリチウムによる滞留時間の分析 (千枚小屋南側の湧き水)

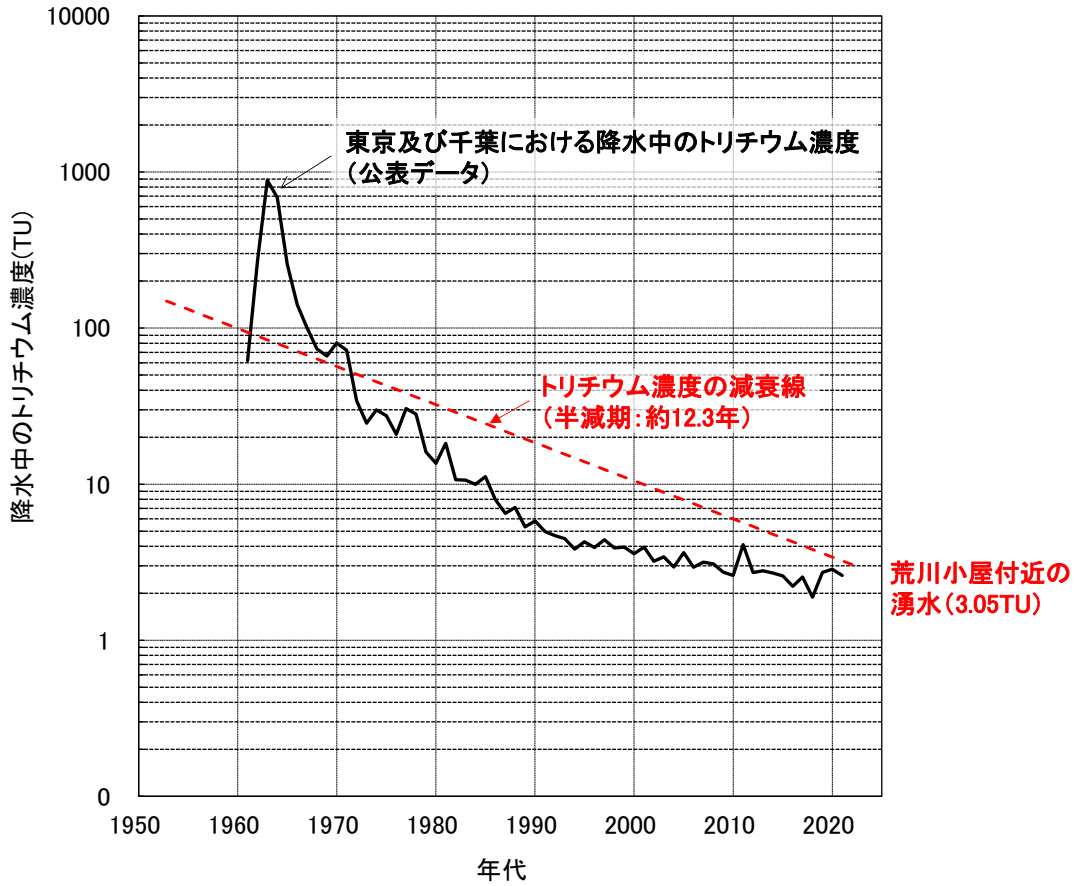


図 9 トリチウムによる滞留時間の分析 (荒川小屋付近の湧き水)

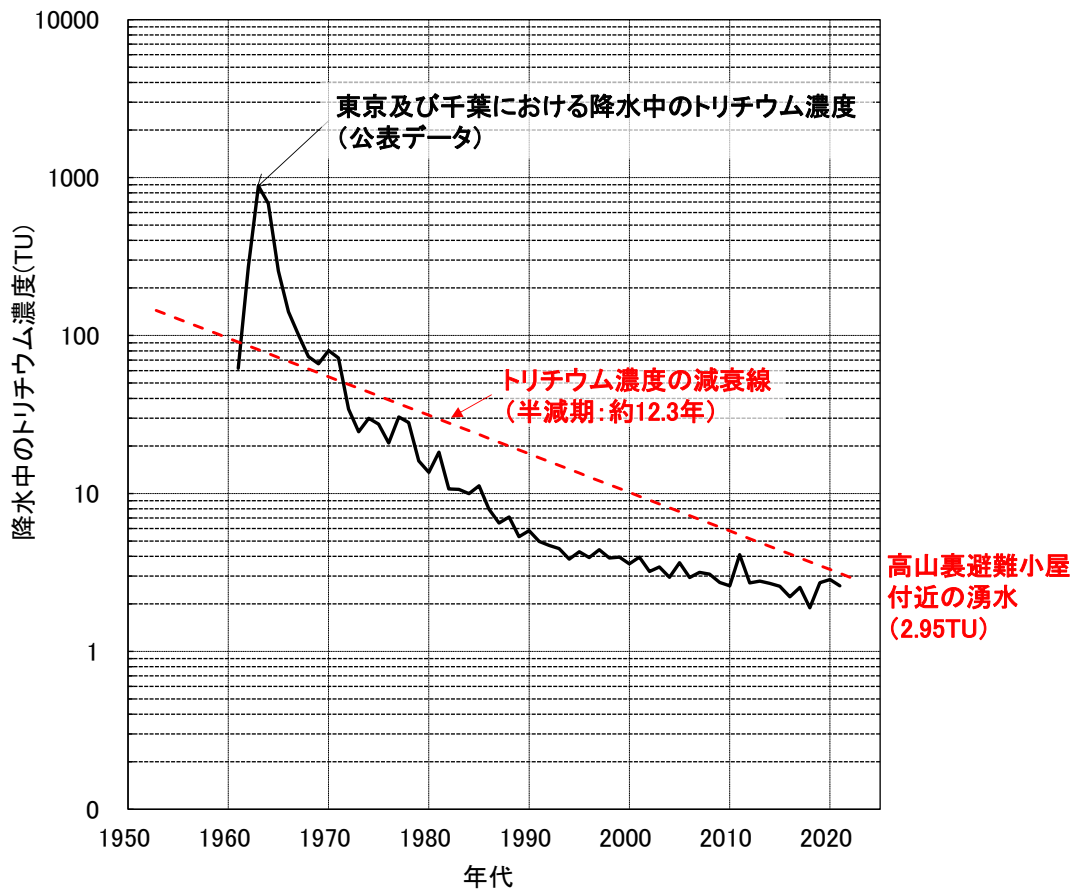


図 10 トリチウムによる滞留時間の分析 (高山裏避難小屋付近の湧き水)



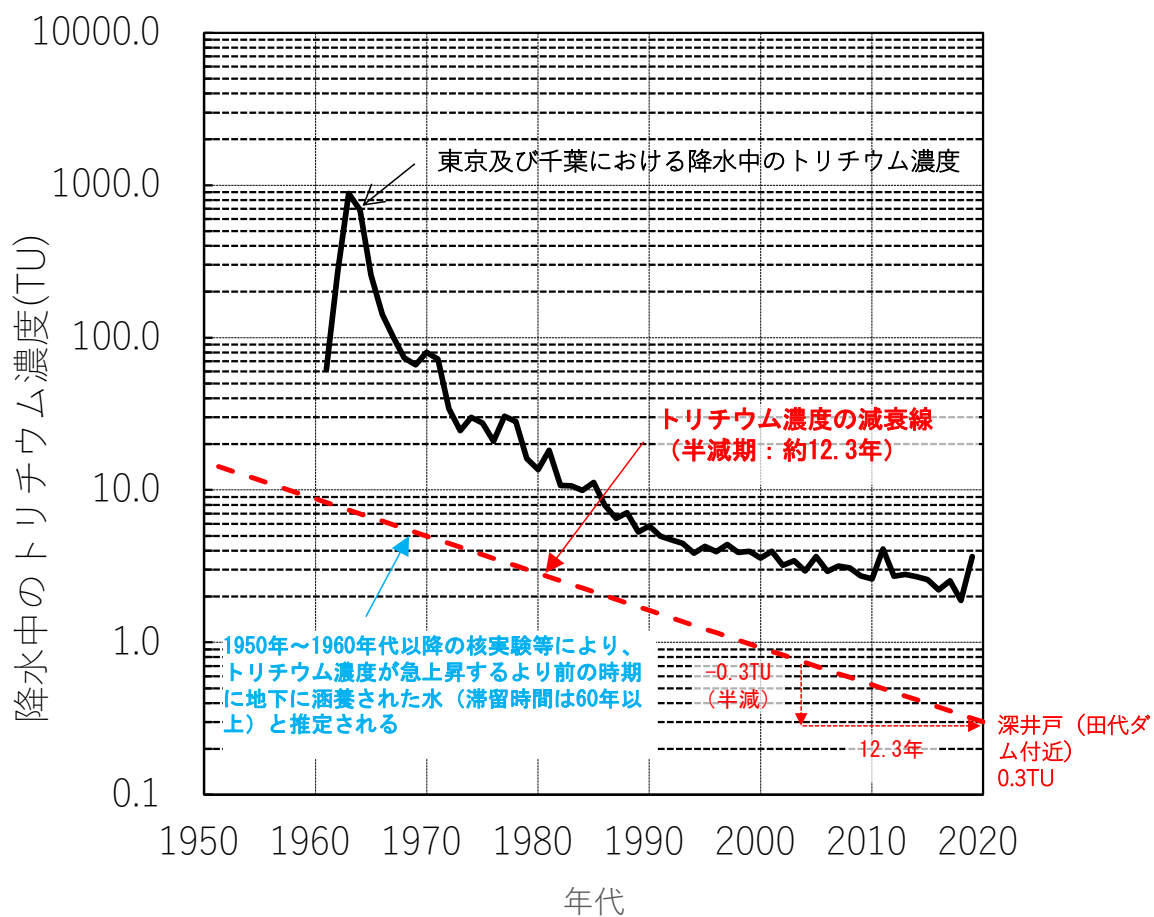


図 11 トリチウムによる滞留時間の分析（深井戸（田代ダム付近））

## (地質調査の結果)

- ・千枚小屋周辺の地形図及び周辺斜面の状況を図 1 2～図 1 4にお示します。
- ・千枚小屋付近で行ったボーリング調査の結果から、GL-0.00m～0.55m で礫混じり粘土が確認されています(巻末参考資料:千枚小屋付近でのボーリング調査の結果について)。
- ・また、1年中枯れないとされている千枚小屋南側の湧き水箇所で、深度 1.0m 程度の掘削調査を実施した結果、GL-0.3m～0.5m で固結した礫混じりシルトが確認され、その上部には礫を主体とする崖錐が確認されました(図 1 5)。
- ・この粘土層やシルト層は、この地域の地形の成立過程において、母岩が水を含んで風化することによって生成されたものであり、ボーリング調査と掘削調査の両者から確認されていることから、周辺に広く分布していると考えられます。また、この粘土層やシルト層は透水性が低い層であると考えられます。
- ・千枚小屋南側の湧き水箇所で確認された GL-0.3m～0.5m の固結した礫混じりシルト上部の礫を主体とする崖錐は、斜面の表層が風化し、表面の地質が重力方向に移動することによって形成されたものと考えられます。
- ・降雨がこうした礫を主体とする崖錐にもたらされると、透水性の低いシルト層が存在することにより、水は地下深部へ降下浸透するよりも斜面下流方向に流下し、斜面の傾斜の変化や微細な谷のように水が集まりやすい地形(微地形学上、リルやガリーと呼ばれる水が流れた窪んだ跡)がある場合には、土中に過剰に含まれる水分が地表に湧出すると考えられます。実際に、千枚小屋南側の湧き水箇所では、GL-0.3m～0.5m で確認された固結した礫混じりシルト層の上部を、湧き水が流れていることを確認しました。
- ・以上のとおり千枚小屋南側の湧き水は、微地形に依存して地表面付近の不飽和帯(掘削調査で確認された礫を主体とする崖錐)を局所的に流動する地下水に起因しており、トンネル掘削箇所付近の深部地下水に起因するものではないと考えられます。



図 1 2 千枚小屋付近の位置図と斜面を流下水浅層地下水のイメージ図





図 1 3 湧き水（千枚小屋北側の状況）



図 1 4 湧き水（千枚小屋南側の状況）





図 15 湧き水箇所の地質 (千枚小屋南側の湧き水)



## 2) 千枚小屋南側の湧き水等の供給経路に関する断層、破碎帯や地形、地質との関連について

- ・溶存イオン分析、pH、ECの計測結果や不活性ガス等分析の結果、調査対象としたいずれの湧き水も、深度がトンネル掘削箇所近傍である深井戸（田代ダム付近、井戸深度：GL-256m）の結果とは異なる傾向を示していることから、断層、破碎帯を通じてトンネル掘削箇所付近の深部地下水が湧出している可能性は低いと考えられます。
- ・地質調査の結果から、千枚小屋南側の湧き水は、周辺の地下水が微地形に依存して地表面付近の不飽和帯に局所的に分布しており、その地下水が地表面付近で局所的に流動して湧出しているものであると考えられます。
- ・今後更にトンネル掘削による影響の有無の考察を深度化するため、地盤内の間隙空気圧と間隙水圧を計測し、トンネル掘削に伴い地下深部の圧力変化が生じた際に、地表面付近の湧き水に影響が及ぶ可能性があるかどうかを検討します。
- ・図 16 に示すように、地表面付近の透水性の低い層（当該層の上部を湧き水が流れている層）の上下において間隙空気圧と間隙水圧を計測し、降雨時の応答から、透水性の低い層の上下の圧力の連続性（浅層地下水と深部地下水の関連）を考察して示します。
- ・圧力計①と②を比較し、降雨時に異なる応答を示していれば、透水性の低い層の上下における圧力の連続性（浅層地下水と深部地下水の関連）はないと考えられ、トンネル掘削に伴い地下深部の圧力変化が生じたとしても、地表面付近の湧き水へ影響を及ぼす可能性は小さいと考えられます。

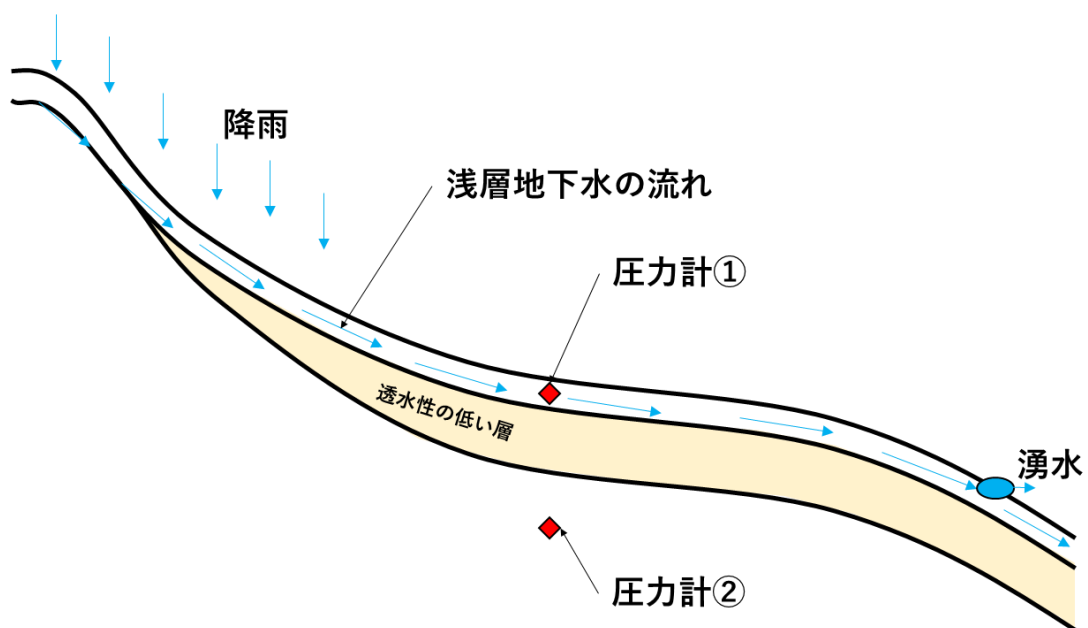


図 16 計測イメージ

### 3) 千枚小屋南側の湧き水等のモニタリングについて

- ・地表面付近の湧き水について、現地に水位計を設置し、湧き水の状況を連続測定します。
- ・千枚小屋北側の湧き水については、山小屋利用のために湧き水の一部を取水している流路にパーシャルフリューム<sup>1</sup>及び水位計を設置し、流量を確認します。
- ・また、千枚小屋南側の湧き水については、地形の制約上、パーシャルフリュームを設置して湧き水を集めることが困難であるため、山小屋利用のための集水桝に水位計を設置し、湧き水の量の変化を確認します。なお、千枚小屋北側の湧き水と南側の湧き水については、通信機器を設置することにより、JR 東海静岡工事事務所において、水位データをリアルタイムで確認できるようにする計画です。
- ・荒川小屋付近の湧き水と高山裏避難小屋付近の湧き水については、湧き水の流路に水位計を設置し、流量を確認します。水位データは、水位計内に保管され、現地でのデータ回収の都度、水位の状況を確認します。
- ・また、(2) 2) で示した間隙空気圧と間隙水圧についても計測を継続し、トンネル掘削時には、その時点までに計測されてきた間隙空気圧と間隙水圧の計測結果と比較し、トンネル掘削に伴う圧力変化が生じているかどうかを確認し、トンネル掘削による地表の湧き水への影響を考察します。

---

<sup>1</sup> 沢や溪流などに埋設し、流量観測に使う水路



図 17 地表面付近の湧き水モニタリング (1/2)





図 18 地表面付近の湧き水モニタリング (2/2)



(巻末参考資料：千枚小屋付近でのボーリング調査の結果について)

- ・ボーリング調査によって得られたコア及び柱状図から、GL-0.00m～0.55m で礫混じり粘土が確認されており、その下層には GL-0.55m～1.95m で玉石混じり砂礫、GL-1.95m～30.50m で粘板岩が確認されました (図 19)。
- ・また、掘削作業中は地下水位を調べるため、作業終了後に孔内に溜まった削孔水を抜き出し、翌日の作業開始時に孔内水位の変化を確認しました (図 20)。
- ・その結果、掘削終了 (GL-30.50m) までの間には安定した地下水位はないと考えられます。
- ・なお、図 20 に示す① (GL-18.7m～21.7m 掘削段階)、② (GL-21.7m～24.7m 掘削段階) においては、前日の作業終了時と比較して孔内水位の上昇が確認されましたが、これは粘板岩の中でも透水性が低い考えられる弱風化帯が GL-19.90～22.30m 付近で確認されており (図 19)、その上層に局所的に存在する地下水が確認されたものと考えられています。

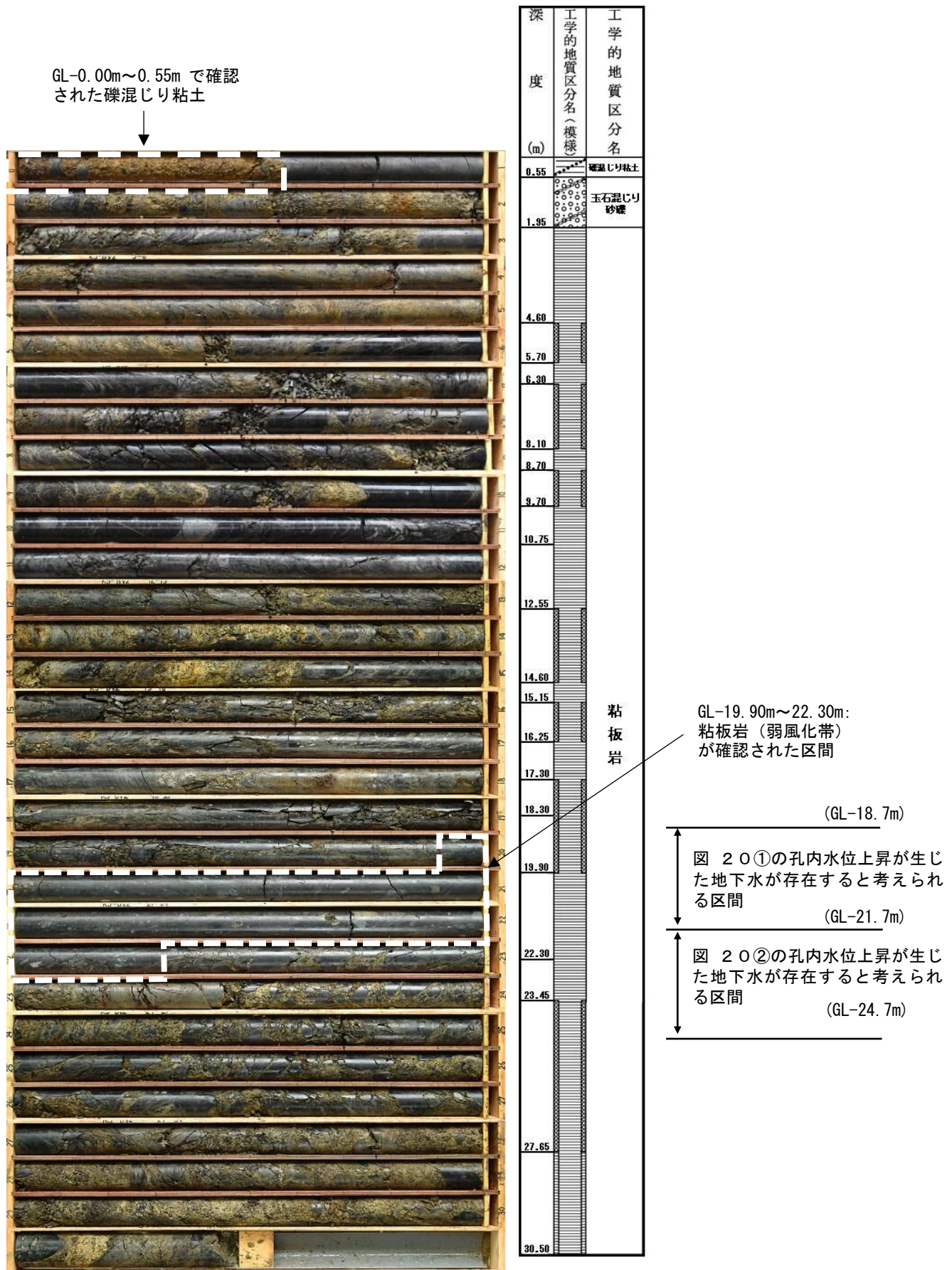


図 19 ボーリングコア写真及び柱状図 (千枚小屋付近)

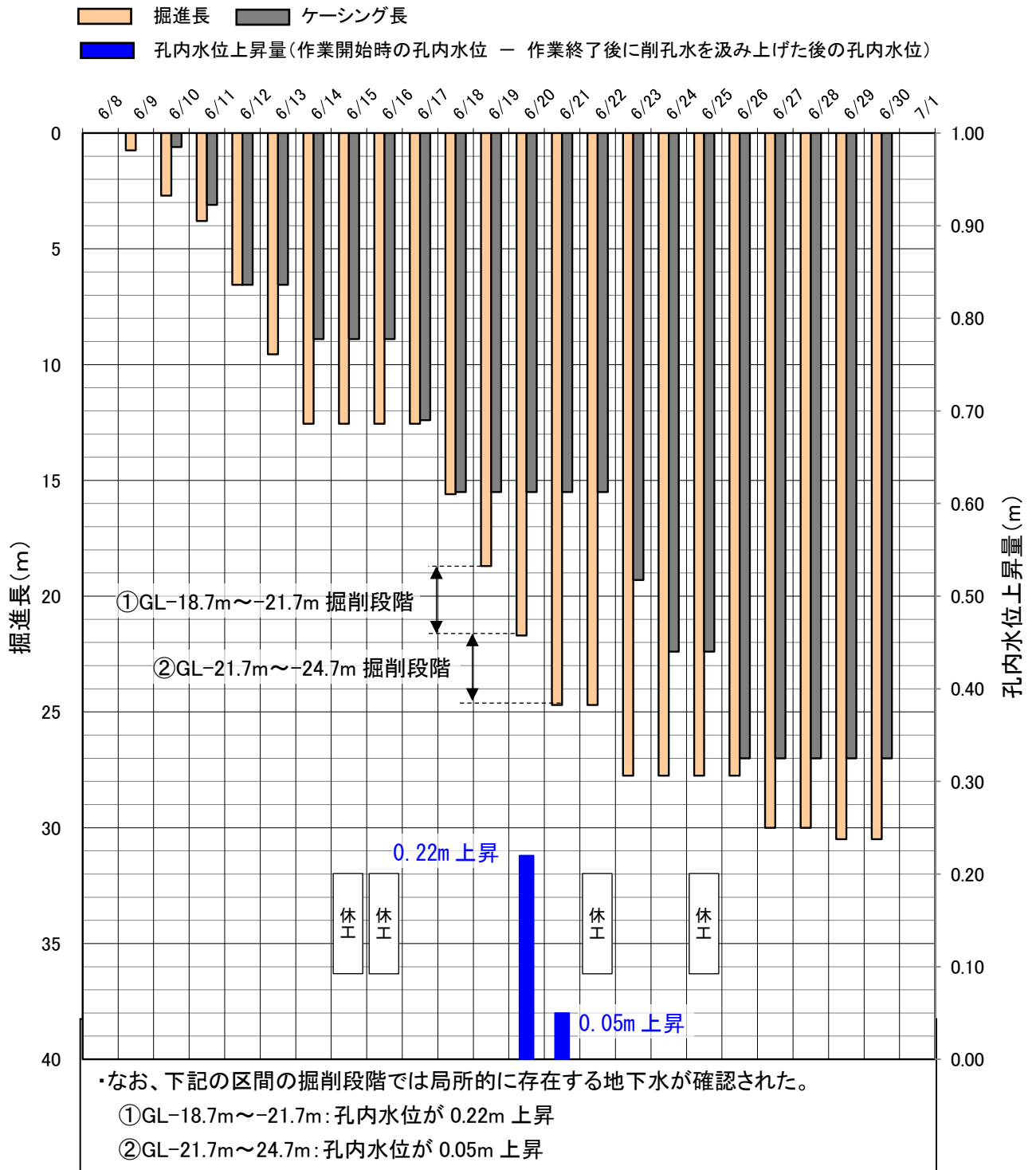


図 20 ボーリング掘削状況、孔内水位状況 (千枚小屋付近)