

## 今回のご説明の概要（高標高部の地表の湧き水）

### （1）高標高部の地表の湧き水に関する調査結果と考察について

- ・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1）。

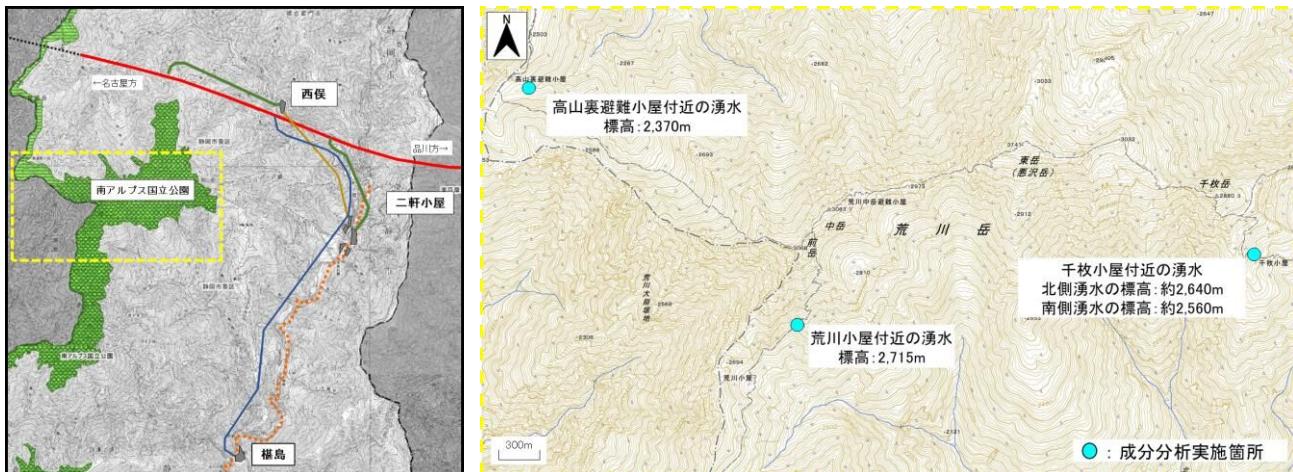


図 1 調査箇所位置平面図（湧き水調査）

- ・千枚小屋南側の湧き水等の供給経路に関する考察を行うため以下の調査を実施しました。

- 湧き水の水質調査
- 湧き水周辺の地質調査
- 土壤の間隙水圧、間隙空気圧の計測
- 一定期間の総湧水量と総降雨量の関係

#### a) 湧き水の水質調査について(2024年11月第14回生物多様性専門部会にて説明)

##### 【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（結果の詳細は、資料4本編P3～11）。

##### 【考察】

- ・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。

### b) 湧き水周辺の地質調査(2024年11月第14回生物多様性専門部会にて説明)

- 千枚小屋周辺の地形図及び周辺斜面の状況を図2～図3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（資料4本編巻末参考資料：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4）。
- 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ると考えられ、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も、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中水に起因しており、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。

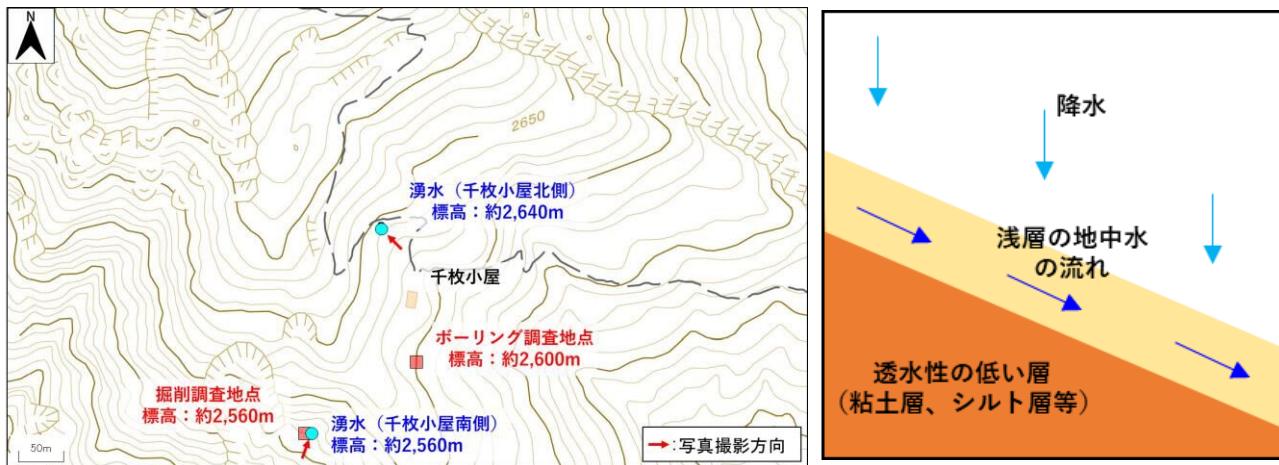


図2 千枚小屋付近の位置図と斜面を流下する浅層の地中水のイメージ図



図3 湧き水の状況（左：千枚小屋北側の湧き水、右：千枚小屋南側の湧き水）



図4 湧き水箇所の地質（千枚小屋南側の湧き水）

### c) 土壤の間隙水圧、間隙空気圧の計測について

- 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とされていることから、湧き水の起源を推定するため、更に土壤中の間隙水圧と間隙空気圧の計測を行いました。

#### 【概要】

##### ○計測の方法

- 間隙水圧計（テンシオメーター）と間隙空気圧計を、それぞれ地表面から深度 30cm、深度 100cm に設置し（合計 4 本）、降雨に伴う応答を確認しました。

##### ○計測箇所

- 調査箇所は、千枚小屋南側の湧き水近傍の図 5 に示す地点です。



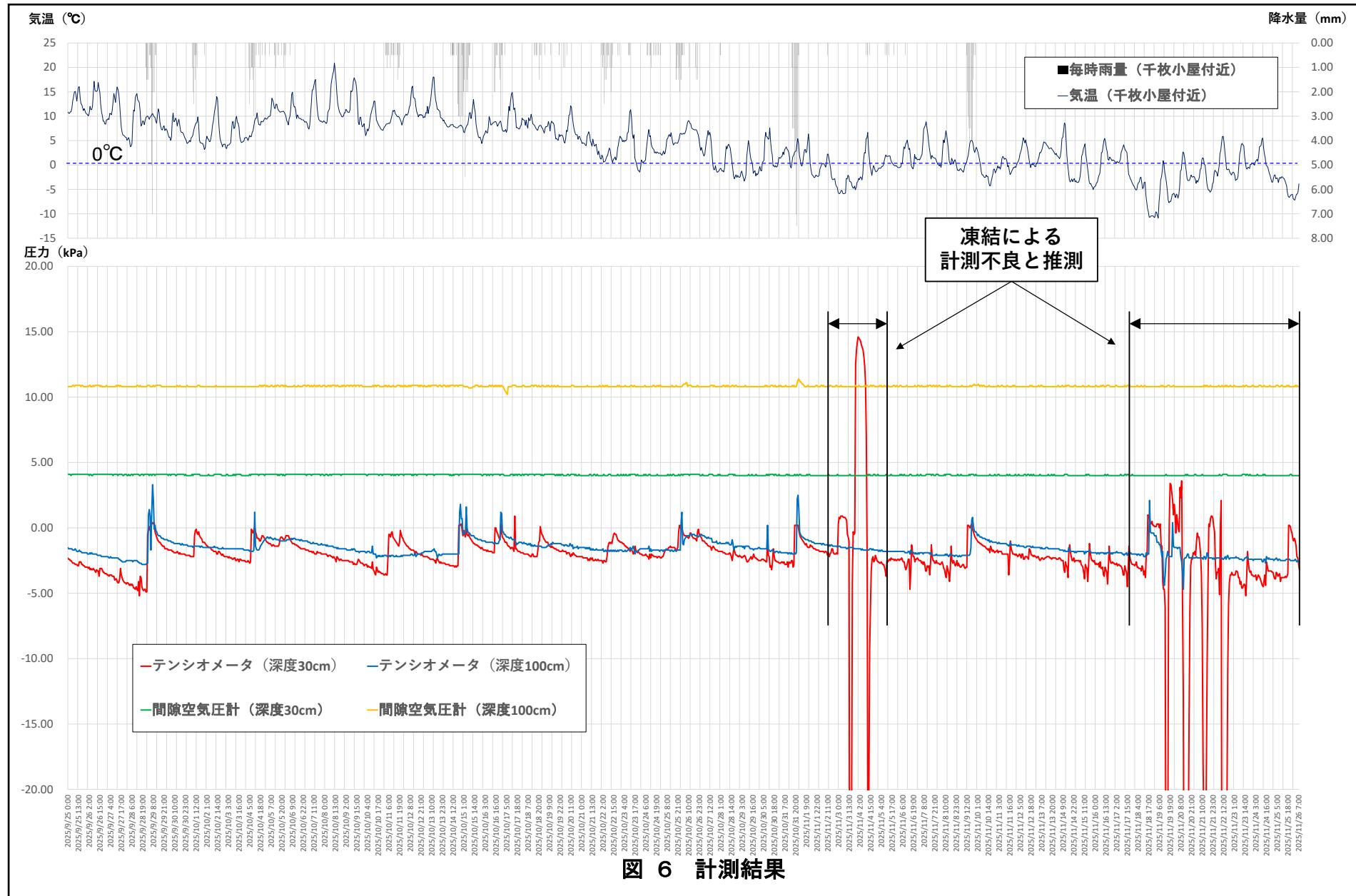
図 5 計測箇所位置図

##### ○計測期間

- 計測期間は、2025 年 9 月 25 日～2025 年 11 月 26 日（積雪前に最終的にデータ回収を実施した日）です。

#### 【調査の結果】

- 調査結果を図 6 に示します。



## 【考察】

### ①間隙水圧計（テンシオメーター）の計測結果から明らかになったこと

- ・深度 30cm、深度 100cm におけるテンシオメーターでの計測の結果、約 1 か月にわたり降雨の状況に関わらず pF<sup>1</sup>は 2 よりも小さい (-5kPa よりも高い) ことから、現地の土壤は、負圧飽和状態<sup>2</sup>に極めて近いと考えられます。
- ・水分量が大きいことから、土壤の三相分布<sup>3</sup>を考えると、土壤中の気相（空気）の体積は小さいと考えられます。

### ②間隙空気圧計の計測結果から明らかになったこと

- ・深度 30cm、深度 100cm の間隙空気圧計の計測結果が大気圧（101.3kPa）とは異なる値を示していることから、土壤中の空気と大気との関係はないと考えられます。
- ・降雨の有無に関わらず、間隙空気の圧力は変化していないことから、間隙空気は移動していないと考えられます。

### ③現地の掘削調査から明らかになったこと

- ・間隙水圧計、間隙空気圧計設置時のハンドオーガーによる掘削において、GL-100cm 付近で、オーガーを貫入することができなくなったことから、現地周辺には GL-100cm 付近の深度に、後述する水の連続性を遮るような硬い層が存在すると考えられます。



図 7 ハンドオーガーによる掘削状況

### （①、②、③から推定される現地の状況）

- ・間隙水圧計での計測の結果、負圧飽和状態に極めて近いと考えられること、間隙空気圧

<sup>1</sup> 不飽和状態における間隙水の圧力水頭を cm であらわし、その絶対値の常用対数をとったもの（地下水用語集、公益社団法人日本地下水学会編、理工図書、2011年11月）。値が小さいほど、土壤に水が豊富にあることを示す。

<sup>2</sup> 地下水面より上部であるため負圧を持っているが、飽和度が高い状態

<sup>3</sup> 固相、液相、気相の割合

計での計測の結果、間隙空気は大気との関係はなく、移動していないと考えられることから、間隙空気は間隙水によって大気と隔離されていると推定され、GL-30～100cm 付近の状況は図 8 のような状況であると考えられます。

- ・降雨の有無に関わらず、図 8 のような状況であるということは、GL-100cm 付近の層より深部に、鉛直方向へ水が移動しづらくなっているということを示しており、GL-100cm 付近の深度にある層は、透水性が低いと考えられます。

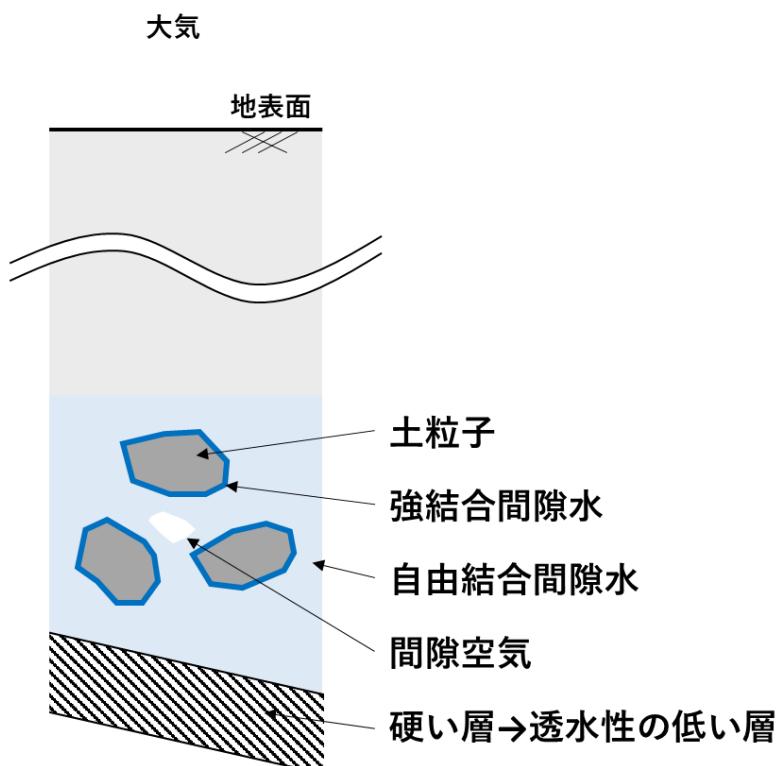


図 8 推定される現地の状況

- ・千枚小屋南側の湧き水のごく近傍での掘削調査では、図 4 のように GL-50cm 付近で、固結したシルト層が確認されており、その上部を地中水が流れていることを確認しています。
- ・計測機器設置時にオーガーを貫入することができなくなった深度 (GL-100cm 付近) との類似性から、前ページで考察した今回確認された透水性の低い層は、この固結したシルト層であると考えられます。
- ・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中水に起因しており、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。

#### d) 千枚小屋南側の湧き水に係る一定期間の総湧水量と総降雨量について

##### 【概要】

- 千枚小屋南側の地表の湧き水について、2024年10月から2025年10月までの約1年<sup>4</sup>の間に計測した実測湧水量と千枚小屋付近で観測した降雨量の関係を図9に示します。なお、現地の地形の状況から、湧水量を連続計測する設備の設置が困難であることから、湧水量の計測は調査員が現地へ行き、その時点の湧水量を計測しています。
- これらのデータを使用し、湧水量の実測値から推定した一定期間の総湧水量と、降雨量と流域面積から算出した一定期間の総降雨量との比較を行いました。
- なお、2024/12/04～2025/2/14は、降雪の影響が考えられ、設置した雨量計では正確な降水量を観測できていないため、当該期間のデータは分析から除外しています。

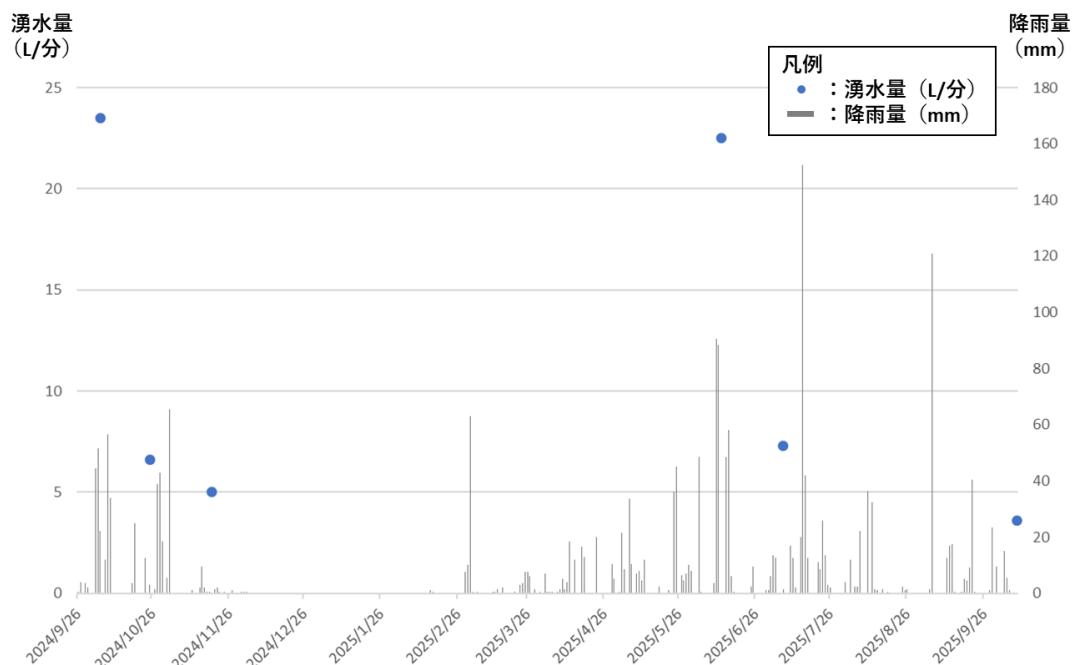


図9 千枚小屋南側の湧き水の湧水量と千枚小屋付近の雨量との関係

##### 【調査の結果】

###### ○湧水量の実測値から推定した一定期間の総湧水量について

- 湧水量は降雨量との相関があると考えられるため、湧水量を計測した日を起点として、計測日前1日総降雨量～10日総降雨量を算出しました（詳細は資料4本編巻末参考資料2参照）。
- 算出した総降雨量と湧水量との相関を分析したところ、前2日総降雨量が、湧水量と最も相関の高い結果となりました（決定係数  $R^2=0.96$ 、詳細は資料4本編巻末参考資料3参照）。

<sup>4</sup> 2024年9月27日～2025年10月9日

- ・前2日総降雨量（x）と湧水量（y）の関係は、 $y = 0.21x + 5.44$  で表され、この回帰式を用い、実測値のない日における日湧水量を推定しました。
- ・推定した日湧水量を用い、2024年10月から2025年10月まで約1年間<sup>5</sup>の総湧水量を算出すると、期間総湧水量は3,659m<sup>3</sup>と推定されました（詳細は資料4本編巻末参考資料4参照）。

### ○千枚小屋南側の湧き水の流域に関する総降雨量について

- ・次に、期間総湧水量を推定した2024年10月から2025年10月までの約1年の間の千枚小屋南側の湧き水の流域に関する総降雨量を算出します。
- ・千枚小屋付近に設置した雨量計で計測された雨量データに、推定される千枚小屋南側の湧き水の流域面積を乗じることで、千枚小屋南側の湧き水の流域に関する総降雨量を算出します。
- ・雨量については、図9の通りです（詳細は資料4本編巻末参考資料4参照）。
- ・流域面積については、国土地理院の標準地図から目視で判別することが困難であったため、当社の航空レーザー測量（5mDEM）の結果をもとに、地形解析ツール LoggingSketch Ver 1.00により流線<sup>6</sup>を描き、判別しました（図10）。
- ・判別した結果、千枚小屋南側の湧き水に関する流域面積は、8,294m<sup>2</sup>と推定されました。
- ・計測した雨量データと推定流域面積を用い、2024年10月から2025年10月まで約1年の期間総降雨量を算出すると、17,015m<sup>3</sup>と推定されます。

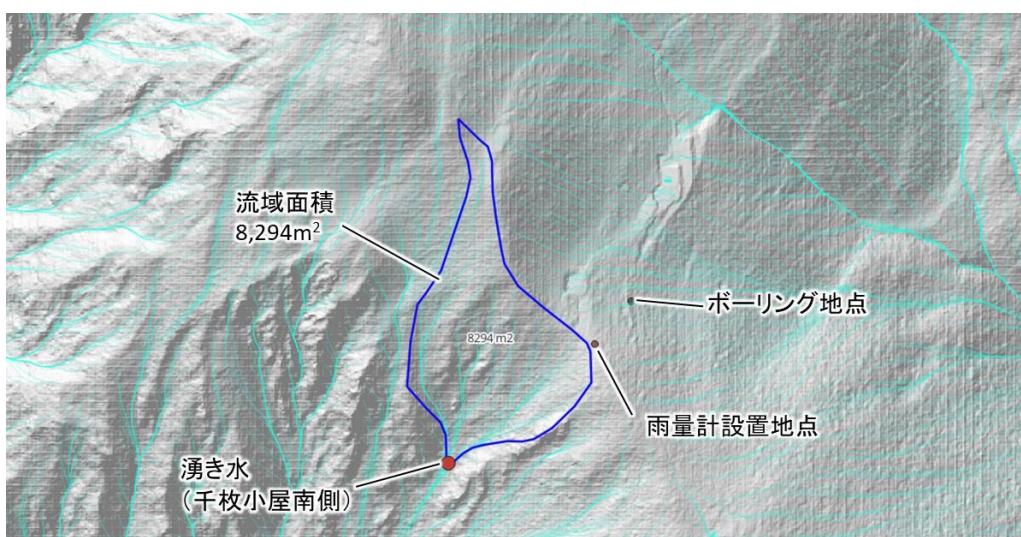


図10 千枚小屋南側の湧き水に関する流域面積

<sup>5</sup> 2024年9月27日～2025年10月9日

<sup>6</sup> その線上の各点の接線方向がその点の傾斜方向と一致する曲線を指す

## 【考察】

### ○期間総湧水量と期間総降雨量の比較について

- ・実測データからの推定が多く含まれるため不確実性は大きいものの、期間総湧水量は $3,659\text{m}^3$ 、期間総降雨量は $17,015\text{m}^3$ と推定され、期間総降雨量のうち約22%が地表の湧き水として湧出していると推定されます。
- ・仮に森林の蒸発散量を降雨の50%と大きめに仮定した場合であっても、地下深部からの湧出ではなく、期間内の降雨が地表面付近で局所的に流動して湧出していると考えることを否定する結果にはなっていないと考えられます。

### (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（まとめ）

- ・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。
- ・また、地質調査と間隙水圧計・間隙空気圧計の結果や期間総湧水量と期間総降雨量の比較結果から、1年中枯れないとされている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。
- ・以上のことから、トンネル掘削に伴い、トンネル掘削箇所付近の地下水位が低下したとしても、千枚小屋南側の湧き水等に影響が及ぶ可能性は小さいと考えられます。

### (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>7</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樹に水位計を設置し、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。

<sup>7</sup> 沢や溪流などに埋設し、流量観測に使う水路

- ・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、千枚小屋南側の湧き水周辺における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。



図 11 地表面付近の湧き水モニタリングの例