

トンネル掘削に伴う地下水位変化による 高標高部の植生への影響について (案)

※令和5年7月26日の第24回リニア中央新幹線静岡工区有識者会議（第11回環境保全有識者会議）でお示しした資料から、追記・修正した箇所は赤字で示しています。

令和5年8月

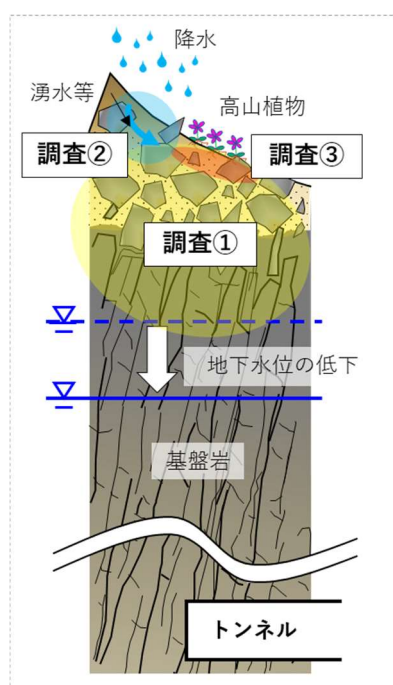
東海旅客鉄道株式会社

目次

(1) はじめに	1
(2) 調査対象箇所とトンネルの位置関係	2
(3) 調査計画	4
(4) 調査結果と考察について	26
1) 稜線部の調査について.....	26
2) カール部の調査について.....	31
3) 【まとめ】稜線部、カール部におけるトンネル掘削に伴う地下水位変化による植生への影響について	40
4) 線状凹地の池等の調査について.....	44
5) 湧水調査について.....	67

(1) はじめに

- ・令和4年8月2日の第15回リニア中央新幹線静岡工区有識者会議における静岡県からのご説明にあった通り、トンネル掘削に伴う地下水位低下の影響が稜線部にまで及ぶ場合、高山帯のお花畑にも影響を及ぼすのではないかと懸念されています。
- ・そこで、トンネル掘削による高標高部の植生への影響の有無を確認するため、次の3つの調査を実施します。
- ・なお、国立公園内の調査の一部については、自然公園法第21条の許可を頂く必要があります。本資料に記載の調査の一部は、現時点で自然公園法の許可申請を行っていません。今後、自然公園法に係る協議の上、調査範囲や調査方法等について、決定していきます。



調査①：地質や地下水の帯水状況を調査

調査②：高標高部の土壌水や湧水等の起源を調査

調査③：地表面付近の土壌水分を計測

図 1 調査概要のまとめ

(2) 調査対象箇所とトンネルの位置関係

- ・調査対象箇所とトンネルとの位置関係や現地の状況を図 2～図 4 に示します。

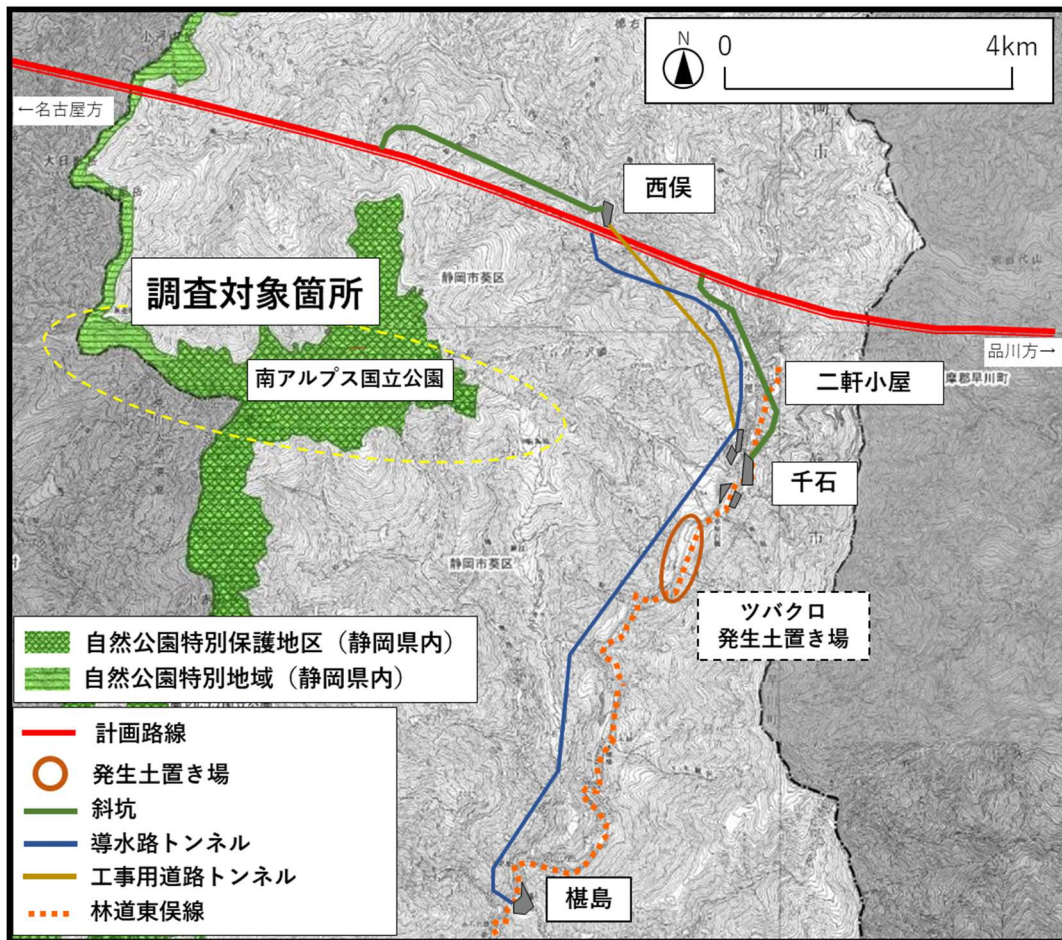


図 2 調査対象箇所とトンネルの位置関係（平面図）

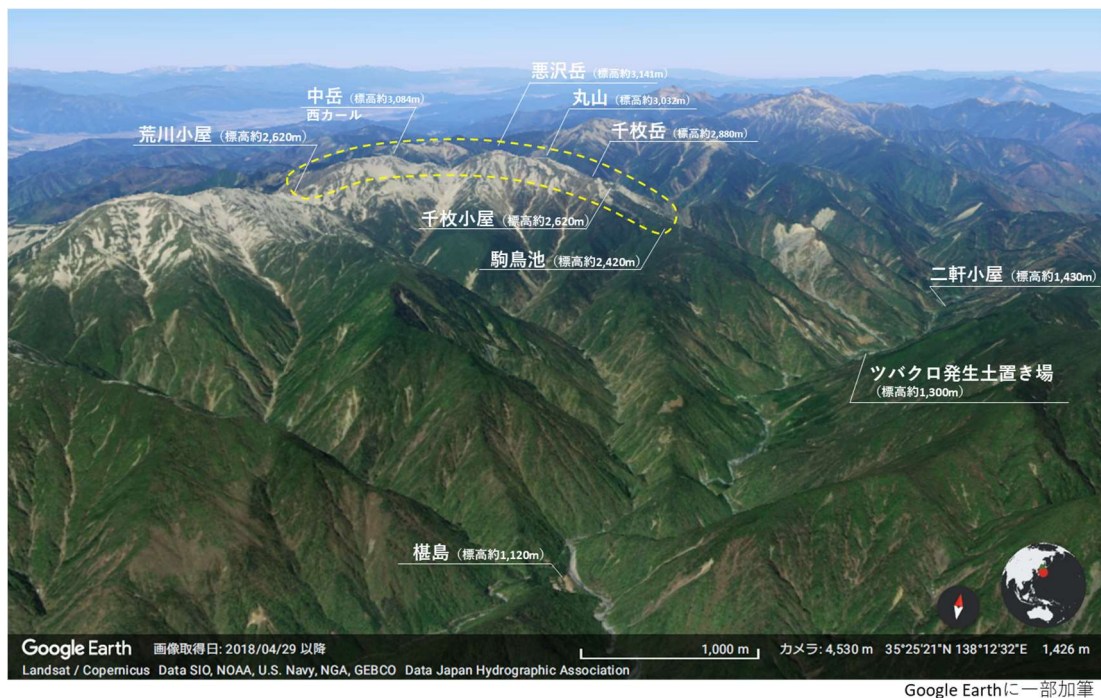


図 3 調査対象箇所の状況（衛星航空写真）



荒川岳のお花畑



西カール



悪沢岳頂上

稜線部の状況



湧水の状況



駒鳥池の状況



登山道の様子（悪沢岳山頂付近）



登山道の様子（悪沢岳～中岳間）



登山道の様子（悪沢岳～中岳間）

図 4 調査対象箇所付近の状況

(3) 調査計画

<調査①：地質や地下水の帯水状況を調査>

- ・地質や含水状況の把握を目的とし、A. 掘削調査と B. 電気探査を行います。
- ・調査箇所は、地形の観点から現地の特徴を捉え、カール部、稜線部において調査を実施することとしました。なお、高標高部に存在する線状凹地の池等においても、調査を実施することとしました。

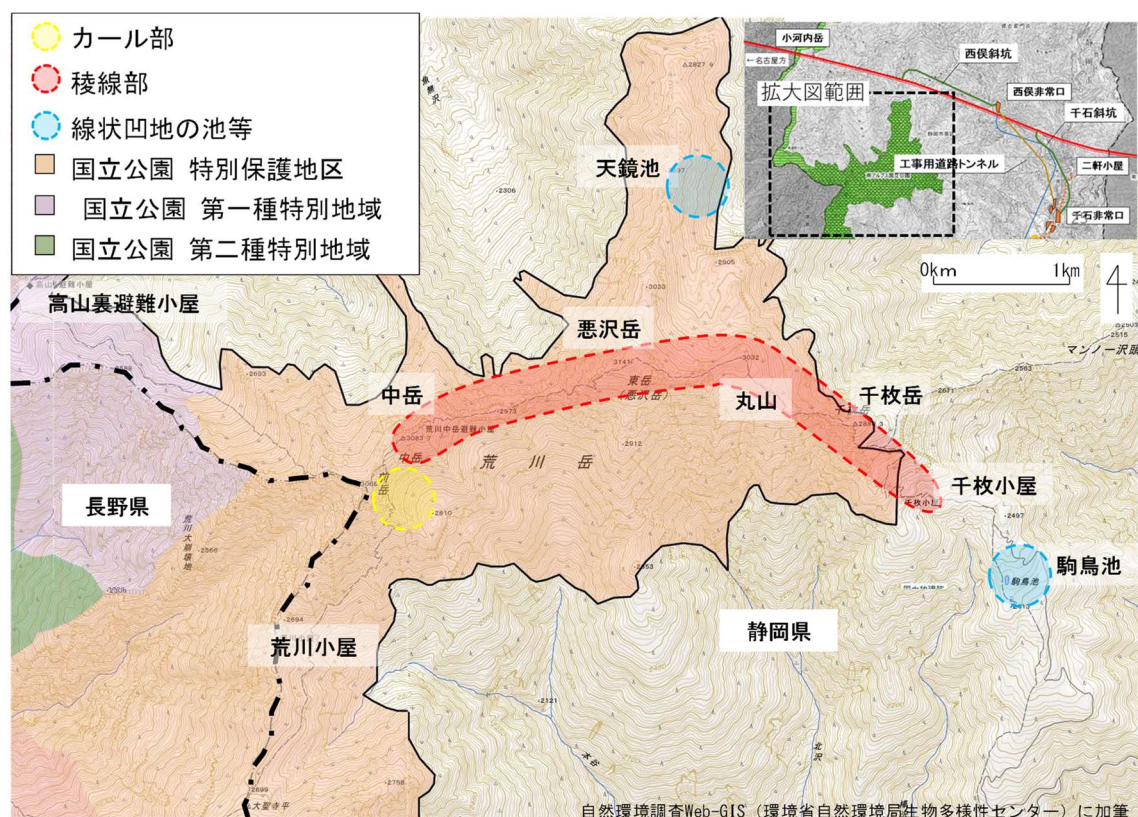


図 5 調査箇所平面図（調査①：地質や地下水の帯水状況）

①－１：カール部の調査について

- ・カール部のお花畑における地質等については、西カールにおいて、富田ら¹によって調査が行われており、調査結果は、以下の通りです。

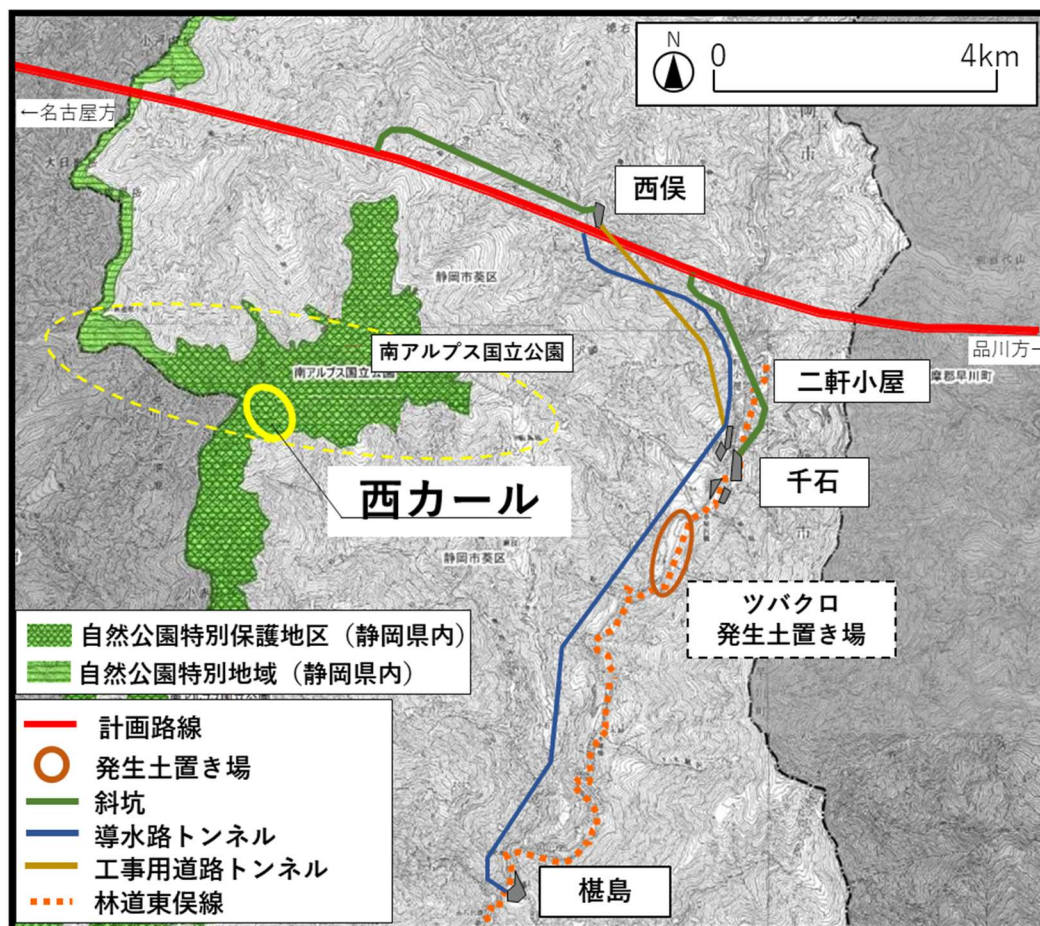
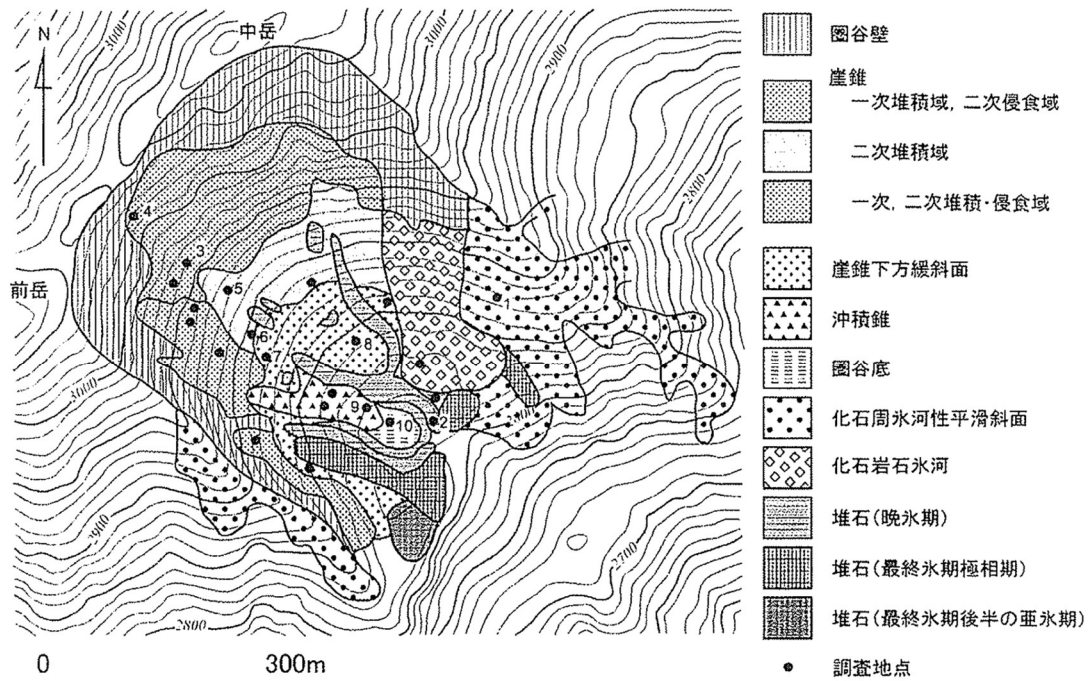


図 6 調査箇所平面図（カール部）

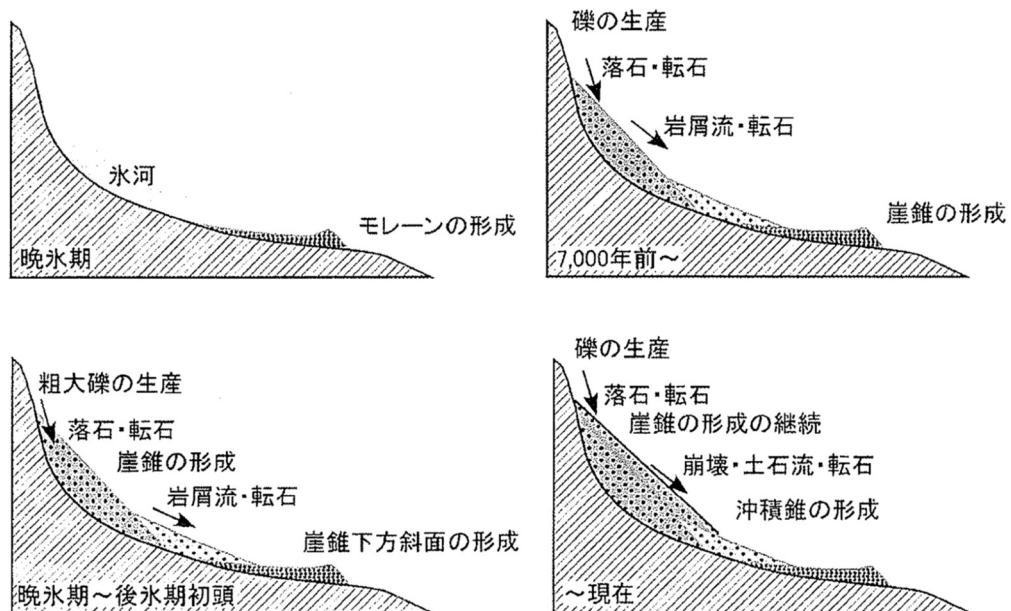
¹ ※南アルプスの自然 P69～90、増沢武弘著、平成 19 年 3 月 30 日、マエダ印刷株式会社

【調査結果 1】（文献より）²

・西カールにおける地形やその形成プロセスの考察がなされています。



荒川前岳南東圏谷の地形学図



崖錐の発達過程の模式断面

図 7 調査対象箇所における文献調査結果 1（カール部）

² 南アルプスの自然 P279～290、増沢武弘著、平成 19 年 3 月 30 日、マエダ印刷株式会社

以下、文献引用

- ・氷河が消失後、最終氷期中の永久凍土環境で形成された圏谷壁の節理に沿って粗大な角礫が生産された。
- ・礫は落石や乾燥岩屑流によって斜面下方に運搬され、崖錐が形成され始めた。
- ・崖錐の形成初期に生じた岩屑の二次移動によって、崖錐よりも斜面傾斜の緩い崖錐下方緩斜面が崖錐の下方に形成された。
- ・崖錐の一次堆積域、二次侵食域の大部分では圏谷壁からの岩屑供給が現在も継続しているほか、崩壊と土石流の発生により、崖錐の二次堆積域に細粒物質をもたらしている。
- ・圏谷底の上方では、少なくとも崖錐下方緩斜面の形成後から現在にかけて、崖錐よりもたらせる複数の土石流によって沖積錘が形成されてきたと考えられる。
- ・圏谷底では完新世を通じて残雪の作用が生じてきたと考えられる。圏谷底にみられる残雪砂礫斜面では、ソリフラクションローブ³において凍結融解作用にともなう斜面物質移動が生じているが地表面を微細に修飾しているに過ぎない。

³ ソリフラクションローブ：永久凍土や地面の凍結融解の働きでできる舌状の高まり

【調査結果 2】（文献より）⁴

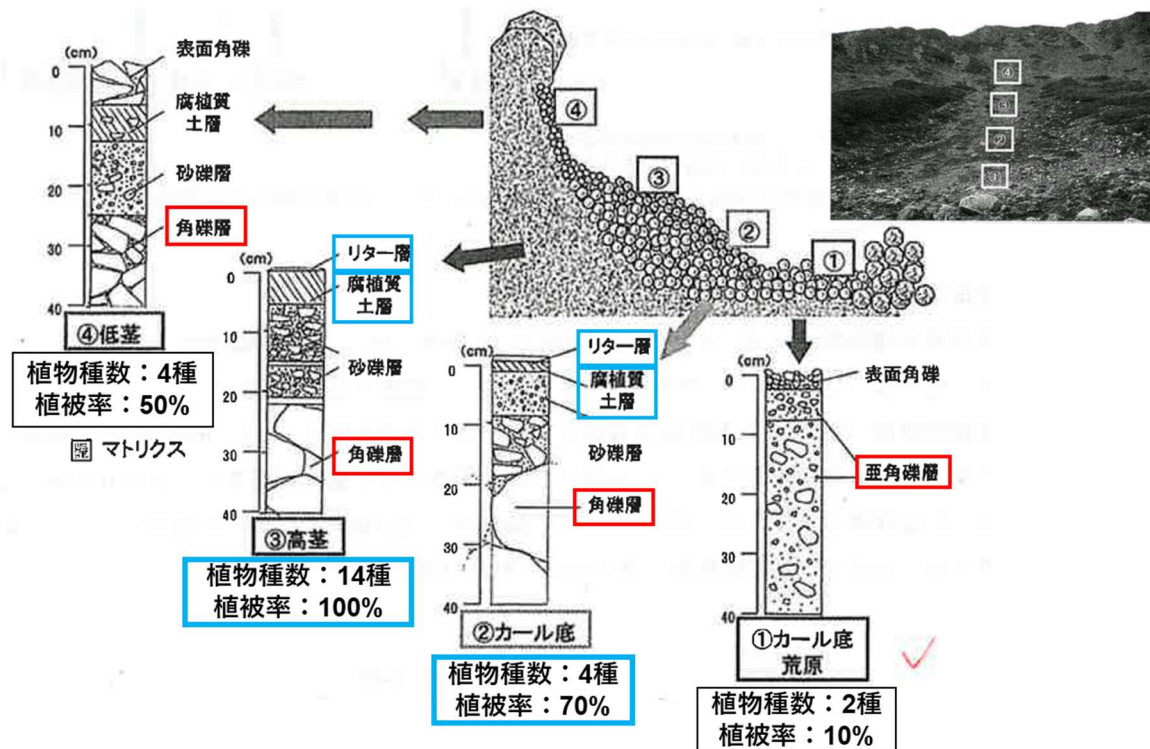


図 8 調査対象箇所における文献調査結果 2（カール部）

以下、文献引用

③高茎草本植物群落と②カール底植物群落では、落葉・落枝が存在し、その下には腐植質土層が存在する。そのため、植物の実生が定着しやすく、植生が十分に発達できたと考えられる。

⁴ 南アルプスの自然 P69～90、増沢武弘著、平成 19 年 3 月 30 日、マエダ印刷株式会社

【調査結果 3】（文献より）⁵

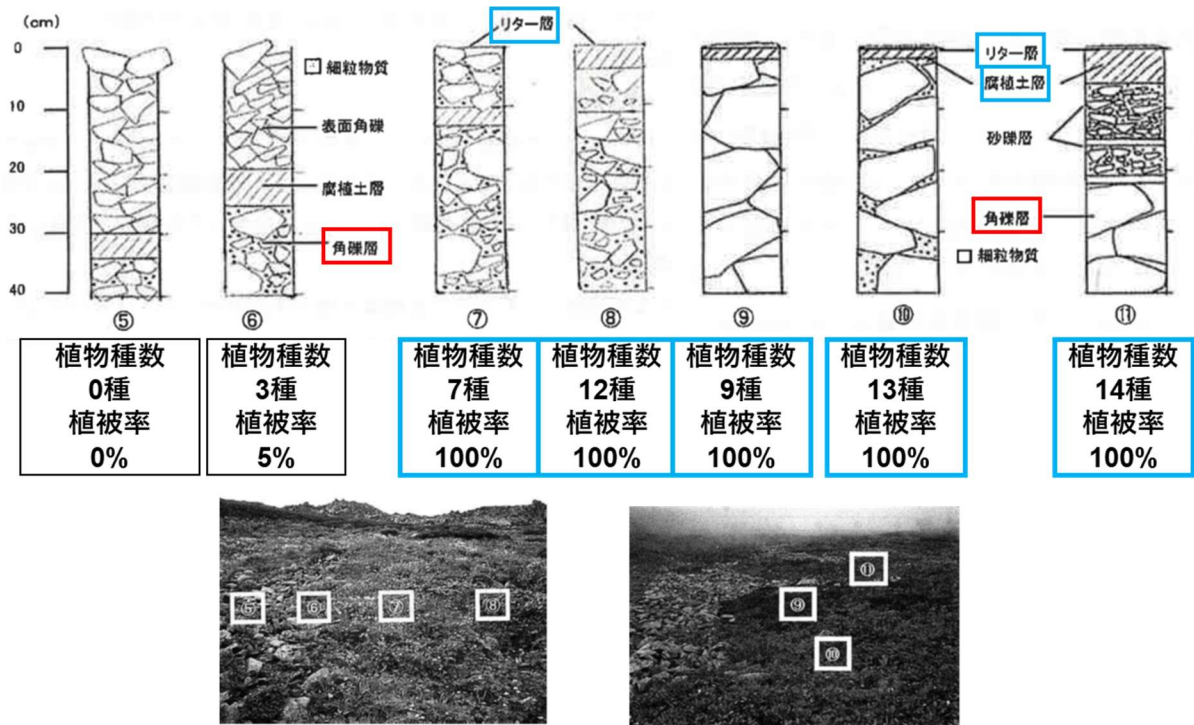


図 9 調査対象箇所における文献調査結果 3（カール部）

以下、文献引用

腐植質土層が土壤中に存在した区では、植生がよく発達していた。そして、腐植質土層が土壤中に存在しない区では、岩屑層にマトリクスが含まれている部分では植生が発達していた。岩屑層にマトリクスが含まれていない区では植物はほとんど生育していないか、限られた植物が生育しているのみだった。

- ・以上の調査結果を踏まえ、現地で計画している調査内容は以下の通りです。

⁵ 南アルプスの自然 P69～90、増沢武弘著、平成 19 年 3 月 30 日、マエダ印刷株式会社

【A. 掘削調査について（カール部）】

（掘削調査の目的）

- ・ カール部において、地表面から 50cm～1m 程度までを人力で掘削し、地質や含水状況を確認します。

（想定される結果）

- ・ 文献資料と同様に地表面付近に薄い落葉・落枝層や腐植を含む層が存在し、それらの下層には角礫層が存在すると考えられます。

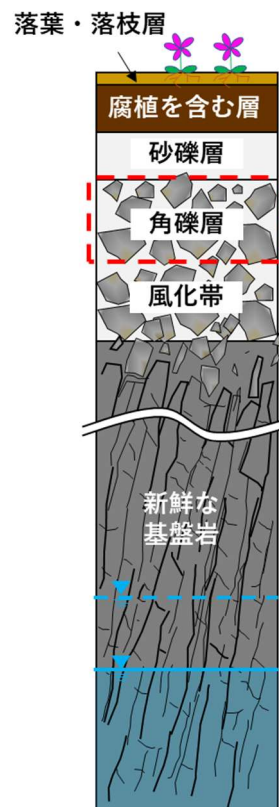


図 10 想定される地質や地下水の帯水状況（カール部）

【B. 電気探査について（カール部）】

- ・A. 掘削調査に加え、掘削箇所付近を含めて電気探査を行うことにより、地表面付近の角礫層の水分の状況や面的な広がりを確認します。

（電気探査の目的）

- ・掘削調査で確認した角礫層の、水分に関する情報と面的な広がりを確認するために、地表面付近の比抵抗分布を把握できる探査対象深度が 1～1.5m 程度、測線延長 10m 程度の電気探査を実施します。

（想定される結果）

角礫層の水分について

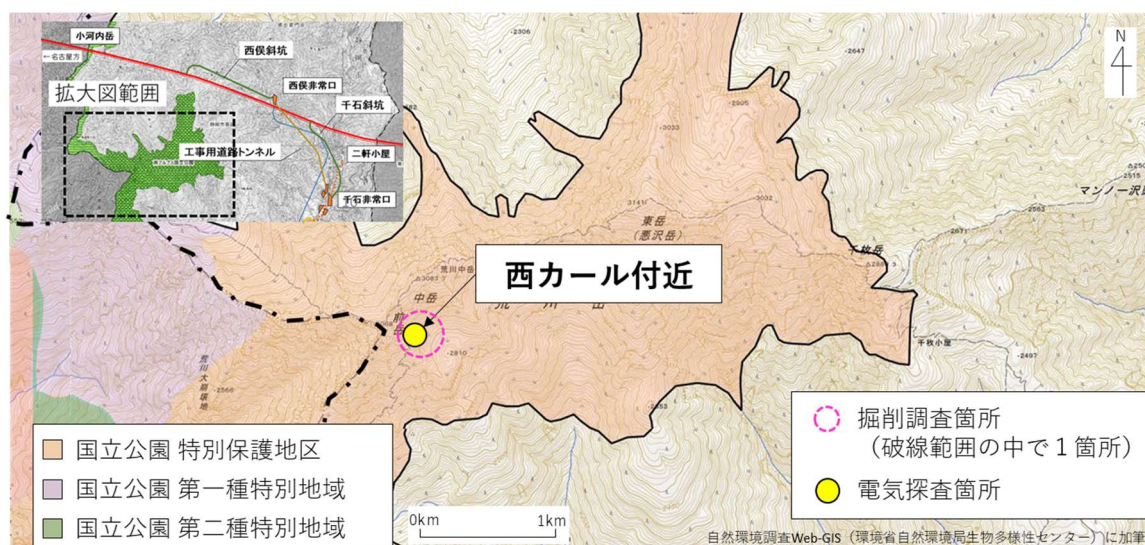
- ・電気探査の結果、地表面から最も浅い箇所（地表面から 10cm～20cm 程度まで）では、落葉・落枝層や腐植を含む層の存在によって、低い比抵抗分布が確認されることが考えられます。
- ・それらの下層において、
 - －低い比抵抗分布が確認されれば、水分を含んだ角礫層であると考えられます。こうした角礫層は角礫と角礫の間に粘土等の細粒分が存在し、地表面から供給される水分を保持している、もしくは仮に地表面付近に地下水が存在した場合には毛管現象により地下水を吸い上げている可能性があると考えられます。
 - その他の調査結果も踏まえ、トンネル掘削による影響を検討します。
 - －高い比抵抗分布が確認されれば、水分ではなく空気を多く含んだ角礫層であると考えられます。こうした角礫層は仮に地表面付近に地下水があったとしても、毛管現象により地下水を吸い上げられないと考えられます。
- ・A. 掘削調査で角礫層が確認され、電気探査の結果、掘削調査で角礫層が確認された深さで、高い比抵抗分布を確認できれば、毛管現象により地下水を吸い上げられない角礫層が存在すると考えられ、トンネル掘削により深部の地下水が低下したとしても、落葉・落枝層や腐植を含む層の土壌水分量に影響はないと考えられます。その他の調査結果も踏まえ、この考察をより確かなものとしします。

角礫層の面的な広がりについて（補足）

- ・掘削箇所だけでなく、角礫層の面的な広がりの有無を確認し、調査結果をより確かなものとすると考えています。

【調査箇所と調査にあたっての留意事項（カール部）】

- ・掘削調査は、特別保護地区内の改変を最小限にするため、西カールにて1箇所実施します。
- ・電気探査は、西カールでの掘削調査箇所付近にて1箇所実施します。
- ・なお、いずれの調査も自然公園法第21条に基づく許可が必要です。調査にあたっては植物の損傷を最小限にする等、調査に伴う環境への影響について十分留意します。



荒川小屋側登山道より



中岳側登山道より

図 11 調査箇所平面図、現地状況（カール部）
（調査① 地質や地下水の帯水状況）

①－２：稜線部の調査について

【A. 掘削調査について（稜線部）】

（掘削調査の目的）

- ・稜線部において、地表面から 50cm～ 1m 程度までを人力で掘削し、地質や含水状況を confirms します。

（想定される結果）

- ・カール部同様、地表面付近に薄い落葉・落枝層や腐植を含む層が存在し、それらの下層には角礫層や風化帯が存在すると考えられます。

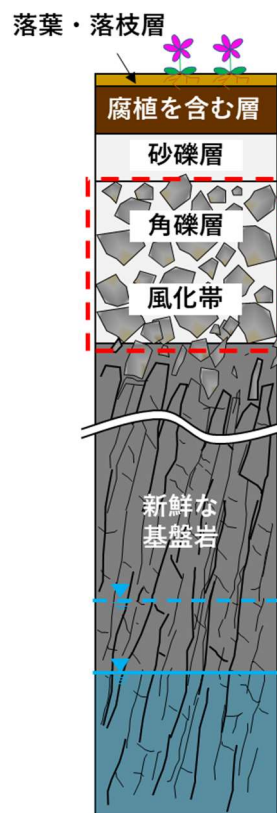


図 12 想定される地質や地下水の帯水状況（稜線部）

【B. 電気探査について（稜線部）】

- ・A. 掘削調査に加え、掘削箇所付近を含めて電気探査を行うことにより、地表面付近の角礫層や風化帯の水分の状況や面的な広がりを確認します。

（電気探査の目的）

- ・掘削調査で確認した角礫層や風化帯の、水分に関する情報と面的な広がりを確認するために、地表面付近の比抵抗分布を把握できる探査対象深度が1～1.5m程度、測線延長10m程度の電気探査を実施します。

（想定される結果）

角礫層の水分について

- ・電気探査の結果、地表面から最も浅い箇所（地表面から10cm～20cm程度まで）では、落葉・落枝層や腐植を含む層の存在によって、低い比抵抗分布が確認されることが考えられます。
- ・それらの下層において、
 - －低い比抵抗分布が確認されれば、水分を含んだ角礫層や風化帯であると考えられます。こうした角礫層や風化帯は隙間に粘土等の細粒分が存在し、地表面から供給される水分を保持している、もしくは仮に地表面付近に地下水が存在した場合には毛管現象により地下水を吸い上げている可能性があると考えられます。
 - その他の調査結果も踏まえ、トンネル掘削による影響を検討します。
 - －高い比抵抗分布が確認されれば、水分ではなく空気を多く含んだ角礫層や風化帯であると考えられます。こうした角礫層や風化帯は仮に地表面付近に地下水があったとしても、毛管現象により地下水を吸い上げられないと考えられます。
- ・A. 掘削調査で角礫層や風化帯が確認され、電気探査の結果、掘削調査で角礫層や風化帯が確認された深さで、高い比抵抗分布を確認できれば、毛管現象により地下水を吸い上げられない角礫層や風化帯が存在すると考えられ、トンネル掘削により深部の地下水が低下したとしても、落葉・落枝層や腐植を含む層の土壌水分量に影響はないと考えられます。その他の調査結果も踏まえ、この考察をより確かなものとします。

角礫層の面的な広がりについて（補足）

- ・掘削箇所だけでなく、角礫層や風化帯の面的な広がりの有無を確認し、調査結果をより確かなものとすると考えています。

【千枚小屋付近でのボーリング調査について】

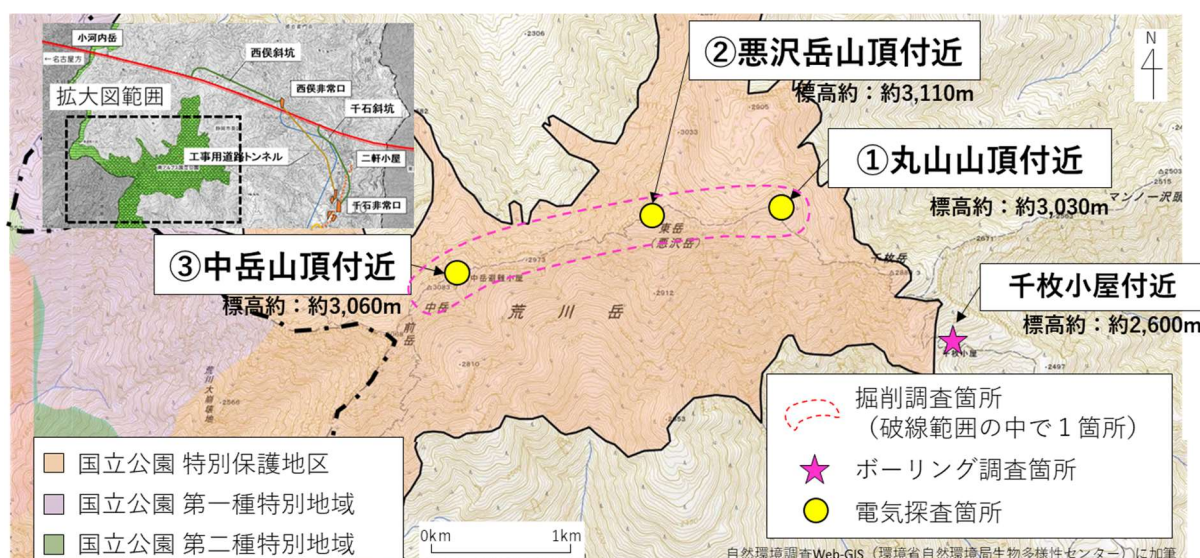
- ・角礫層や風化帯より深い部分の地質や地下水の状況を確認するため、資機材を運搬することができ A. 掘削調査よりも深いボーリング調査が可能である千枚小屋付近において、深さ数十 m のボーリング調査を実施します。
- ・深い部分の地質や地下水の状況が確認できれば、表層付近の角礫層や風化帯の存在の有無にかかわらず、トンネル掘削により深部の地下水が低下したとしても、地表面付近の落葉・落枝層や腐植を含む層の土壌水分量に影響はないことを、より確かなものにする可以考虑しています。

【調査箇所と調査にあたっての留意事項（稜線部）】

- ・掘削調査は特別保護地区内の改変を最小限にするため、破線の範囲の中で 1 箇所実施します。
- ・電気探査は、①丸山山頂付近、②悪沢岳山頂付近、③中岳山頂付近にて実施します。

(※丸山山頂付近では、測線を長くとれるため、広範囲で地質を確認できる可能性のある中深度探査（探査対象深度 10～15m、測線約 50m）や大深度探査（探査対象深度 50～100m、測線約 200m）を実施します。周辺でボーリング調査の結果がないことから、結果の解釈には留意が必要であると考えています。）

- ・なお、いずれの調査も、自然公園法第 21 条に基づく許可が必要です。調査にあたっては、植物の損傷を最小限にする等、調査に伴う環境への影響について十分留意します。



【調査地点：丸山山頂付近】



悪沢岳側登山道より



丸山山頂



千枚岳側登山道より



千枚岳側登山道より

【調査地点：悪沢岳山頂付近】



悪沢岳側登山道より



中岳側登山道より

【調査地点：中岳山頂付近】



中岳側登山道より



悪沢岳側登山道より

図 14 調査箇所の状況（調査① 地質や地下水の帯水状況）：稜線部

①－３：線状凹地の池等の調査について

- ・線状凹地の地質については、文献⁶にて以下の通り記載されています。文献を参考に、A. 掘削調査と B. 電気探査を行います。

以下、文献（抜粋）

- ・線状凹地とは尾根周辺や山腹斜面に発達する線状の凹地のこと、尾根付近では、線状凹地の両側に小規模な尾根が並走することになるので、二重（多重）山稜と呼ばれることもある。
- ・片側もしくは両側の山腹斜面が河川の浸食により急傾斜化すると、それより上方の斜面は不安定となり、自重によって側方に広がりようとする過程で、正断層が形成され、断層に沿って階段状にずり落ちたり、地構状の凹地を作る。
- ・線状凹地が形成されると、そこは周囲とは異なる環境になる。凹地は水はけが悪くなり、尾根上に池ができることがある。
- ・千枚登山道沿いの駒鳥池がその例である。

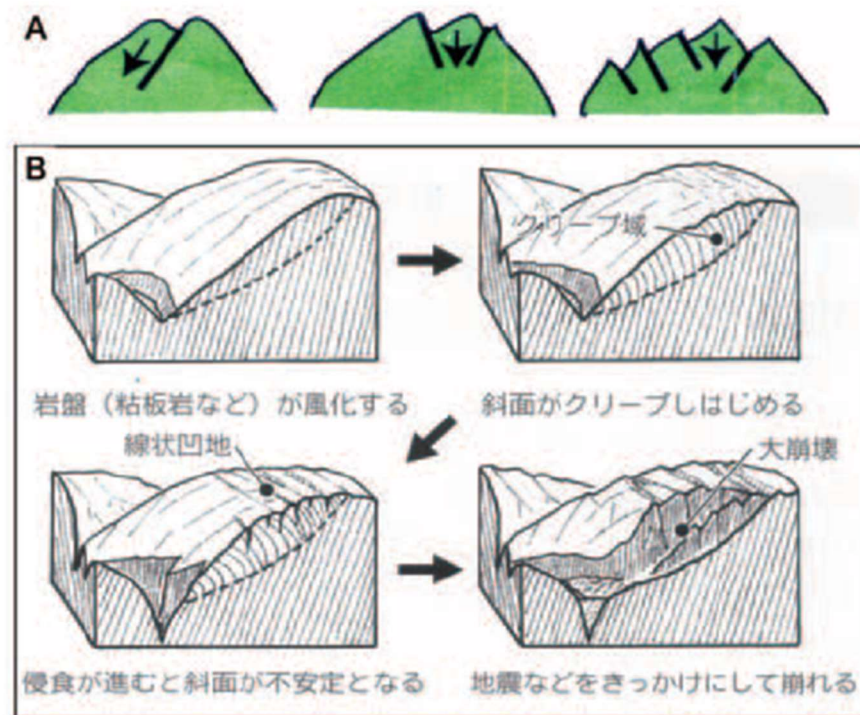


図4 線状凹地の形成を示す模式図。A：線状凹地の典型例。B：河川の側方浸食による山腹斜面の不安定化、稜線付近での線状凹地形成、深層崩壊、稜線の平坦化過程を示す模式図（村松，2001）。

図 15 文献調査結果（線状凹地）

⁶ 南アルプス南部，大井川上流部のジオサイト・ジオツアーガイド（狩野謙一、伊藤圭太）、静岡大学地球科学研究報告第 42 号（2015 年 7 月）85 頁～107 頁（抜粋）

【A. 掘削調査について（線状凹地の池等）】

（掘削調査の目的）

- ・駒鳥池においてボーリング調査を行い、水はけの悪い層（粘土層等）やその下層の風化帯等、また、地下水の帯水状況を確認するため、深さ 10m 程度のボーリング調査を実施します。

（想定される結果）

- ・地表面付近に水はけの悪い層（粘土層等）が存在し、その上部に水が溜まっていると想定しています。また、水はけの悪い層（粘土層等）の下層には、風化帯等が存在することを想定しています（図 16）。
- ・ボーリング調査の結果、水はけの悪い層の下層の風化帯等において不飽和帯が確認できれば、池の水と深部の地下水は直接的にはつながっていないと考えられます。

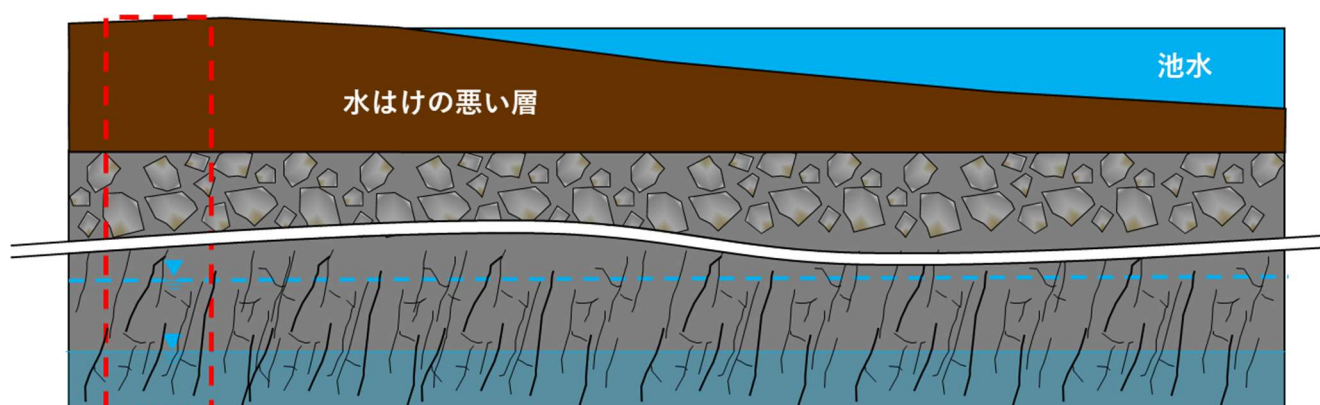


図 16 想定される地質や地下水の帯水状況（線状凹地の池等）

【B. 電気探査について（線状凹地の池等）】

（掘削調査の目的）

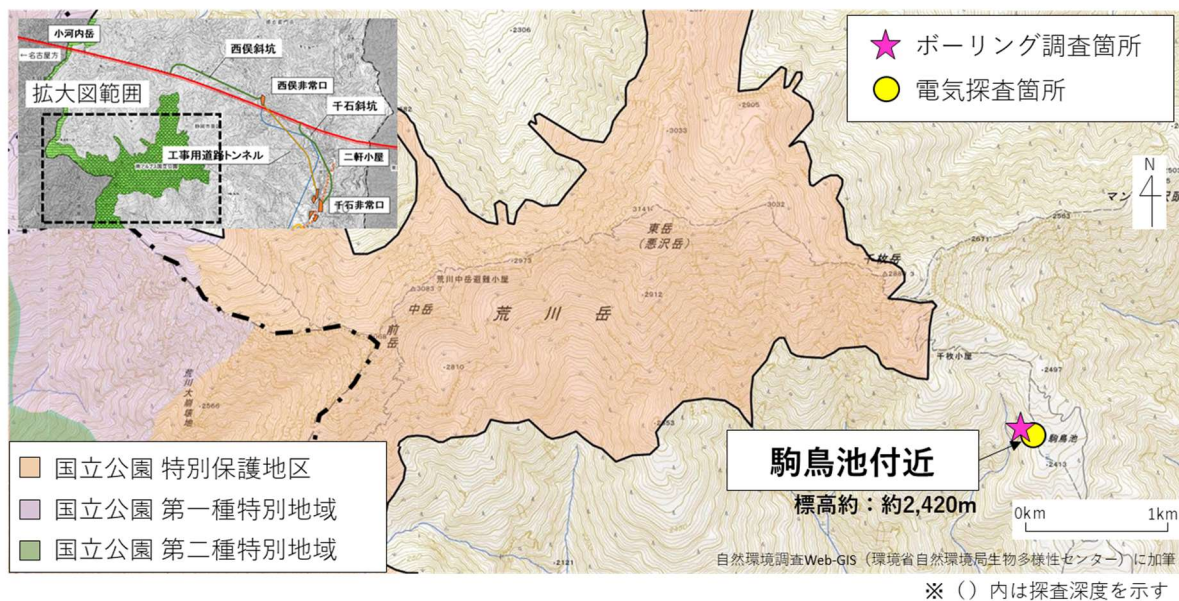
- ・掘削調査で確認した地質の面的な広がりを確認することを目的とし、探査対象深度が 10～15m 程度、測線延長 50m 程度の電気探査を実施し、地下の比抵抗分布を調査します。

（想定される結果）

- ・水はけの悪い層（粘土層等）は、低い比抵抗値を示すと考えられます。
- ・こうした低い比抵抗値を示す範囲が駒鳥池周辺に平面的に広がっていること等を確認し、掘削調査の結果をより確かなものとします。

【調査箇所と調査にあたっての留意事項（線状凹地の池等）】

- ・ボーリング調査、電気探査ともに駒鳥池付近で1箇所実施します。
- ・ボーリング調査については、駒鳥池の水に影響を及ぼさないよう調査後は、水はけの悪い層と同等の透水性を持つ材料等にて確実に埋め戻し等を行います。また、掘削土の処理等、調査に伴う環境への影響について、十分留意します。



駒鳥池



駒鳥池付近の状況

図 17 調査箇所平面図、現地状況（調査① 地質や地下水の帯水状況）
：線状凹地の池等

＜調査②：高標高部の土壤水や湧水等の起源を調査＞

- ・地表面付近の水は、トンネル掘削箇所付近の地下深部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ことを目的とし、高標高部の水を採水し、化学的な成分分析を実施します。
- ・採水する水は、A. カール部・稜線部の土壤内の水、B. 湧水、 C. 池の水、 D. 降雨とします。

表 1 採水する水別の調査目的

採水する水	目的
A. カール部・稜線部の土壤水	実際に植物が生息している箇所付近の土壤水を採水し、化学的な成分分析を実施することで植生への影響を直接的に検討するため
B. 湧水	高標高部で湧いている湧水を採水し、化学的な成分分析を実施することで湧水が水分の供給源となっている植生への影響を検討するため
C. 池の水	溜まっている池の水を採水し、化学的な成分分析を実施することで高標高部に存在する線状凹地の池等への影響を検討するため
D. 降雨	A～C の調査結果と比較し、A～C の水が降雨起源であることを確認するため

【調査箇所】

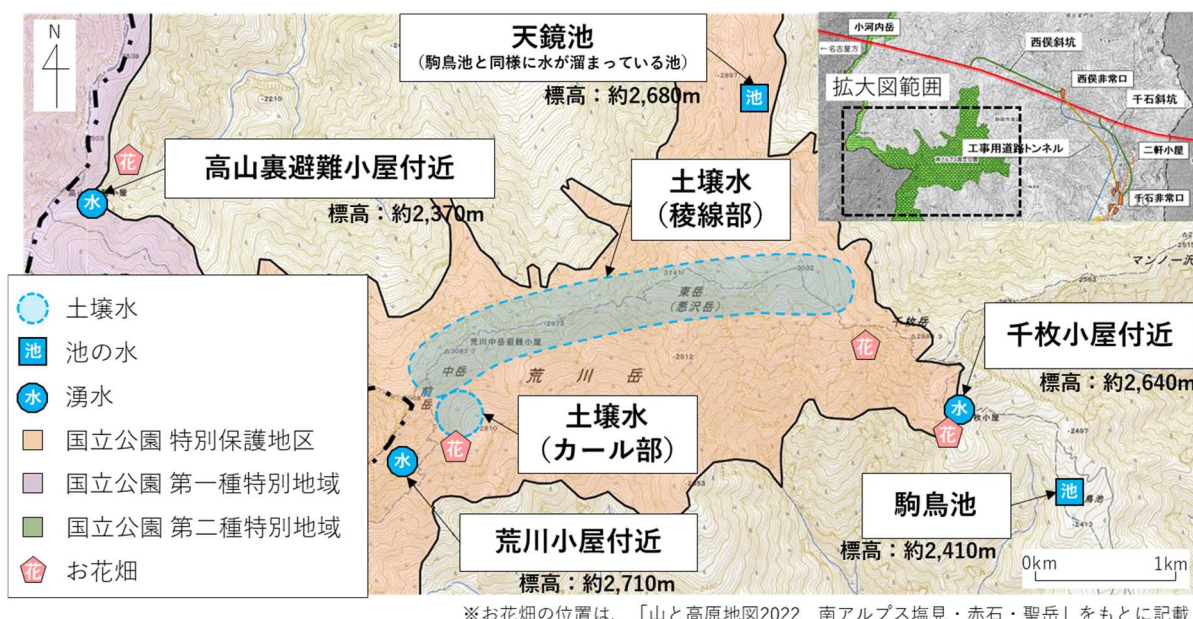


図 18 調査箇所平面図（調査② 化学的な成分分析）

【調査箇所の状況】



図 19 調査対象箇所の状況（調査② 化学的な成分分析）

【調査方法】

表 2 分析内容と調査項目（A. カール部・稜線部の土壤水）

分析内容	調査項目
溶存イオン分析	水の起源の可能性（浅層地下水・深層地下水、温泉水等）を推定
酸素・水素 安定同位体比分析	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

※今後、土壤水の滞留時間の分析について、現地の状況を考慮のうえ技術的な課題や実現可能性を検討し、有識者会議委員ともご相談しながら検討を進めていきます。なお、分析にあたって土壌を採取する場合には、自然公園法第 21 条に基づく許可が必要となります。調査にあたっては植物の損傷を最小限にする等、調査に伴う環境への影響について十分留意します。

表 3 分析内容と調査項目（B. 湧水、C. 池の水、D. 降水）

分析内容	調査項目
溶存イオン分析	水の起源の可能性（浅層地下水・深層地下水、温泉水等）を推定
酸素・水素 安定同位体比分析	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
不活性ガス等の分析 (SF ₆ 、トリチウム)	水の滞留時間を推定

＜調査③：地表面付近の土壤水分を計測＞

【目的】

- ・実際に植物が生息している箇所⁷の土壤水分を調査し、降水（降雨や雪解け水）との応答を確認することで、表層付近の土壤水分は降水と連動していることを確認することを目的とします。
- ・また、カール部・稜線部において「①地質や地下水の帯水状況を調査 A. 掘削調査」で掘削した箇所では、地表面付近に存在すると想定される角礫層内の水の動きを確認するために、角礫層内の土壤水分を調査します。
- ・なお、トンネル掘削中及び掘削後も含めて継続的に土壤水分のモニタリングを行い、トンネル湧水や降水との応答を確認しながら、特異的な変化がみられないかを確認します。

【方法】

- ・土壤中にセンサーを設置し、 pF^7 と体積含水率と温度を計測します。
- ・計測頻度は常時（1 時間に 1 回計測）を考えています。
- ・データはデータロガーに記録し、データ回収を行います。
- ・なお、土壤水分計の設置にあたっては自然公園法第 21 条に基づく許可が必要です。調査にあたっては、植物の損傷を最小限にする等、調査に伴う環境への影響について十分留意します。

⁷ 植物に対する土壤水分の有効性を示す指標。有効水分は $pF=1.5\sim 3.8$ とされている。（地下構造物と地下水環境、監修 西垣誠、理工図書株式会社、2002 年 6 月 10 日より）

【調査箇所】

- ・地形の観点から現地の特徴を捉え、稜線部、カール部にて実施することとしました。
- ・なお、雨量計については、土壌水分計を設置した高標高部での増設を進めており、千枚小屋付近では既に雨量計、積雪深計の設置が完了し、中岳避難小屋付近においても増設することを予定しています。電源の確保、データ回収方法、降雪への対応、法令手続き等を検討し、設置箇所等を別途報告します。

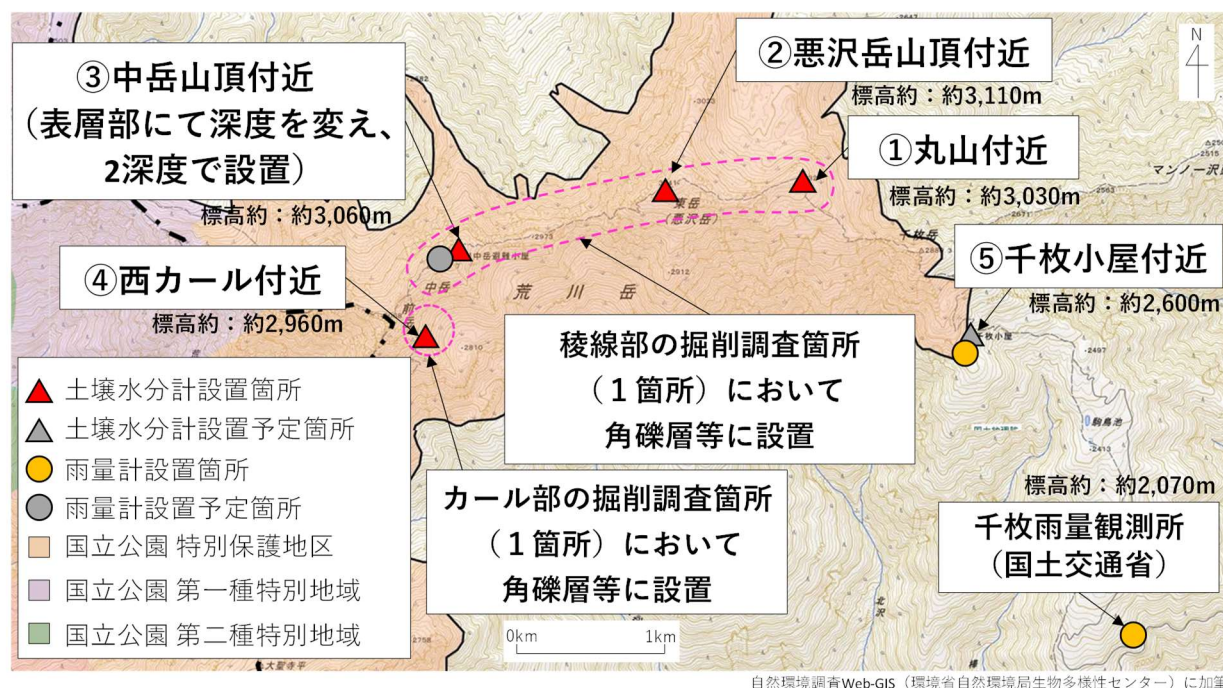


図 20 調査箇所平面図（調査③ 土壌水分計測）



図 21 雨量計・積雪深計等の設置状況（千枚小屋付近）

【調査実績と調査箇所の状況】

【調査地点①：丸山付近】



【調査地点②：悪沢岳山頂付近】



【調査地点③：中岳山頂付近】



【調査地点④：西カール付近】

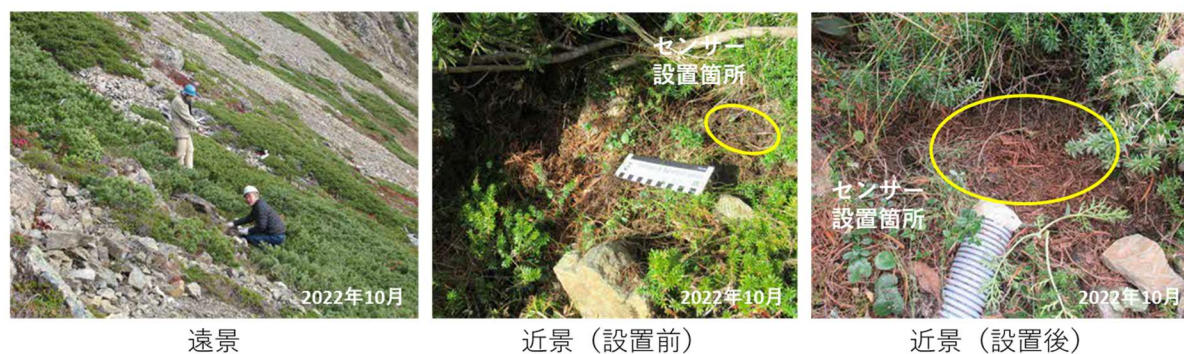
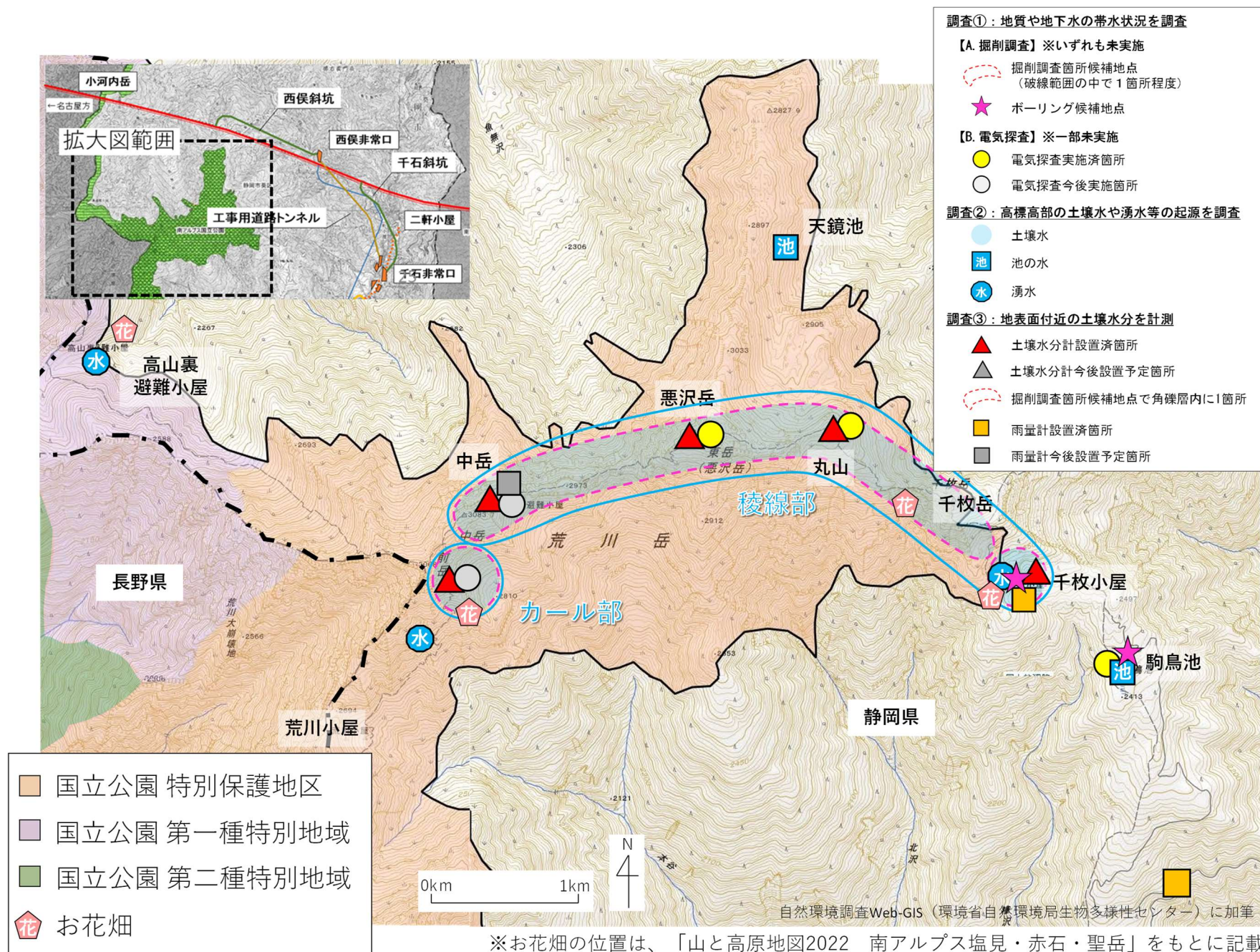


図 22 調査箇所の状況（調査③ 土壌水分計測）



※お花畑の位置は、「山と高原地図2022 南アルプス塩見・赤石・聖岳」をもとに記載

図 23 調査計画のまとめ

(4) 調査結果と考察について

1) 稜線部の調査について

【A. 掘削調査について（稜線部）】

<調査概要>

- ・調査箇所の平面図や状況を図 24、図 25 に示します。標高は約 3,050m 付近であり、深度 50cm 程度まで土壌を掘削し、土壌断面調査を行いました。
- ・土壌断面調査では、地表の落葉・落枝からなる A0 層（L：未分解の落葉、F：葉等の元の組織が認められる程度に分解、H：分解が進み判別不能となった腐植）を区分し、A 層以下は、土色から判断した腐植の割合や石礫量に着目して区分しました。区分した層位別に土色、石礫、土性、土壤構造、堅密度、水湿、根の状況を記録しました。なお、土壌断面の記載事項や判断基準については、「土壌調査ハンドブック（1990）博友社」、「森林土壌インベントリ方法書改訂版（2008）独立行政法人森林総合研究所」に基づき行いました。

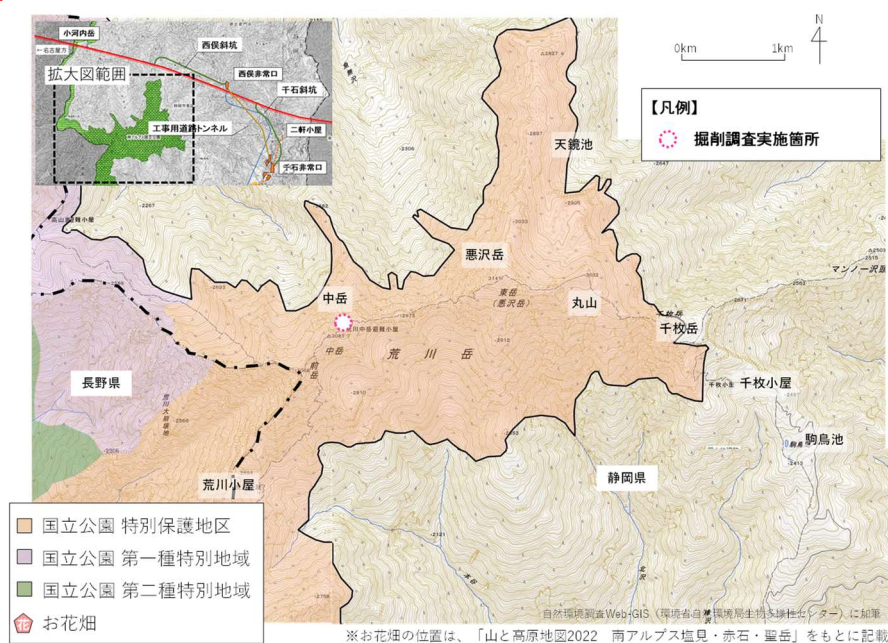


図 24 掘削調査実施箇所位置図（稜線部）



図 25 掘削調査実施箇所の状況（稜線部、掘削前）

<調査結果>

- ・ 土壌断面の調査結果を図 26 に示します。腐植を含む A 層、B 層を合わせた土層の厚さは 25 cm 程度でした。植物の細根（養分や水分を吸収するための根）は A 層及び B 層に集中しており、調査箇所周辺の植生は A 層、B 層に含まれる土壌水を吸い上げていると考えられます。
- ・ A～C 層ともに、粒径 2mm 未満の細土については、主に泥岩、砂岩の風化によって生成された砂とシルト、粘土が半分ずつ混ざった壤土でした。A 層、B 層の石礫率が 5～10% に対して、C 層の石礫率は 60% 以上となり、C 層は径 10 cm 以上の大礫が多い状況でした。

断面写真	土壌柱状図	層位	階深 cm	層界	土色	腐植	石礫率 %	石礫	土性	土壌構造	堅密度	水湿状態	根	その他
		L	0.3cm											
		F-H	0.5cm											
		A	0～10cm	平坦 判然	10YR5/2	含む	5%	半腐朽・半角礫 小5%	壤土	粒状・中	しょう	潤	細・含む 中・まれ 大・まれ	
		B	10～25cm	波状 漸変	10YR5/3	含む	10%	半腐朽・角礫 小10%	壤土	粒状・中	軟	潤	細・あり 中・まれ	
		C	25cm～	-	10YR5/8	乏しい	60%以上	半腐朽・角礫 小25% 中15% 大20%	壤土	粒状・中	軟	潤	細・まれ	

図 26 土壌断面調査結果（稜線部）

※土壌断面調査の各記録事項の判断基準

① 土壌層位の推移状況

3～4 層に区分した土壌層位の推移状況（例：A 層～B 層の境界状況）と境界面の形状を以下の基準で記録した。

○推移状況

明瞭：層位の境界が 3 cm未満、判然：層位の境界が 3～5 cm、漸変：境界が不明瞭

○境界面の形状

平坦：層位境界が平面状、波状：層位境界の凹凸が小さい、不規則：層位境界の凹凸が大きい、不連続：層位境界が不連続（※記載例 明瞭・平坦）

② 土色と腐植

各層位から採取した土の薄片の土色を標準土色帖の色見本と照らし合わせ、該当する色相、明度、彩度（例：7.5YR（色相）3（明度）／2（彩度））を選定した。土色は腐植含有量と関連し、褐色森林土の場合は、次のような関係がある（真下、1976）。ただし、礫や砂が多い土質では、必ずしも土色と腐植含量は関連しない。

○色相（森林土壌の場合、色相は主に 7.5YR～10YR）

明度／彩度	土色	定性的な腐植含有量
1/1、2/1～2/2	黒	すこぶる富む
2/2～2/3、3/2～3/3	黒褐色	富む
3/3～3/4、4/3～4/4	暗褐色	含む
4/4～4/6、5/4～5/8、6/4～6/8、7/8、8/8	褐色	あり

③ 石礫

各層位の石礫は、石礫の割合（各層位に占める石礫全体の割合）、風化程度、形状、大きさを以下の基準に基づき記録した。

○風化程度

未風化：新鮮でほとんど風化していない、半腐朽：多少風化しているが、なお堅硬、腐朽：スコップ等で容易に削れる程度に風化

○形状

角礫：稜が鋭くとがっている、半角礫：稜が丸みを帯びている、円礫：稜がほとんどなく、丸みを帯びている

○大きさ

細：2 mm～1 cm、小：1～5 cm、中：5～10 cm、大：10～20 cm

※記載例：石礫率 10%、半腐朽・半角礫 細 5%、中 5%

④ 土性（粒径 2mm 未満の細土）

断面調査時における土性は、現場での簡易判定法を用いて以下の 5 つに区分した。

- ・砂土：こねてもまったく塊ができない
- ・砂壤土：こねると多少塊となるが、棒状には成形できない
- ・壤土：こねると鉛筆くらいの太さに成形できる
- ・埴壤土：こねるとマッチ棒くらいの太さに成形できる
- ・埴土：こねるとコヨリのように細長く成形できる

⑤ 土壌構造とその発達程度

土壌構造は、土壌粒子がお互いにくっつき合って出来た集合体で、年間を通した土壌の乾湿状況や土壌生物の関わり度合を指標する。本調査では、森林土壌の主に A～B 層に見られる以下の 3 つの構造とその発達程度を記録した。

○土壌構造

- ・団粒状構造：水分に富む数mm程度の小粒で、指で容易につぶれるもの。適潤～湿潤で土壌動物や微生物の活性が高い土壌に発達する。

- ・粒状構造：数mm程度の小粒であるが、指でつぶすとかかなり抵抗を感じるもの。乾きやすい土壌に発達する。
- ・堅果状構造：スコップなどで土壌を採取し、ほぐした際、稜を持った 1～3 cm程度の塊となるもの。乾湿が繰り返される粘土含有率が高い土壌に発達する。

○土壌構造の発達程度

- ・弱：当該土壌構造がかろうじて識別できる
- ・中：当該土壌構造がやや明瞭に識別できる
- ・強：当該土壌構造がきわめて明瞭に識別できる（※記載例：団粒状構造、弱）

⑥ 堅密度

堅密度は土層の堅さや緻密さを示し、土壌の通気性、透水性、植物根の侵入と関係する。

堅密度区分 定性的な判断基準

- | | |
|---------|------------------------|
| ・しょう： | 土粒の結合が緩く土解が容易に崩れる |
| ・軟： | 土粒が比較的密に結合するが押すと指痕が残る |
| ・堅： | 土粒が密に結合、強く押すと指痕が残る |
| ・すこぶる堅： | 土粒が密に結合、強く押しても指痕が残らない |
| ・固結： | かろうじて移植ゴテが断面に入っている程、硬い |

⑦ 水湿状態

土壌の湿り気を下記の基準に基づき定性的に判定し記録した。

水湿区分 定性的な判断基準

- | | |
|------|-------------------------|
| ・乾： | 土壌を強く握っても手に湿気が残らない |
| ・潤： | 土壌を握ると手に湿気が残る |
| ・湿： | 土壌を親指と人差し指の間でつまむと水が滲みでる |
| ・多湿： | 土壌を握ると水滴が落ちる |
| ・過湿： | 土壌を手にとると、自然に水滴が滴る |

⑧ 根

土壌断面（10 cm四方）に見られる根の量を、根の大きさ別に判定し記載した。

○根の量（10 cm四方）

- ・なし： 0 本
- ・まれ： 1 本～20 本未満
- ・あり： 20 本～50 本未満
- ・含む： 50 本～200 本未満
- ・富む： 200 本以上

○根の大きさ

- ・細： 直径 2 mm未満
- ・中： 直径 2～20 mm
- ・太： 直径 20 mm以上（※記載例：細・あり、中・まれ）

【B. 電気探査について（稜線部）】

＜調査概要＞

- ・調査箇所の詳細図や状況を図 27、図 28 に示します。電気探査は、2 極法電極配置にて、測線長さ 10m、電極間隔 0.2m、測定深度 3m で実施しました。

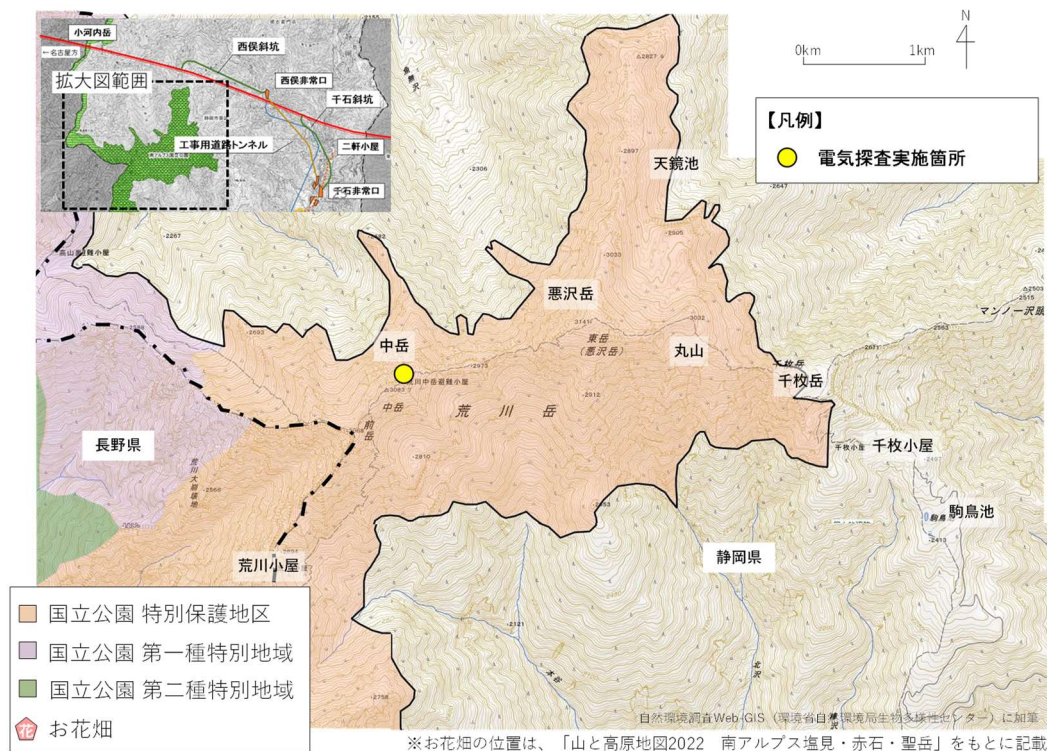


図 27 電気探査実施箇所位置図（稜線部）



図 28 電気探査実施箇所の状況（稜線部）

＜調査結果＞

- ・調査結果は図 29 の通りです。電気探査の結果は、 $600 \sim 50000 \Omega \text{m}$ の 21 色で色区分表示し、電気の流れやすい低比抵抗領域を寒色系（青色系）、電気の流れにくい高比抵抗領域を暖色系（赤色系）で表示しています。

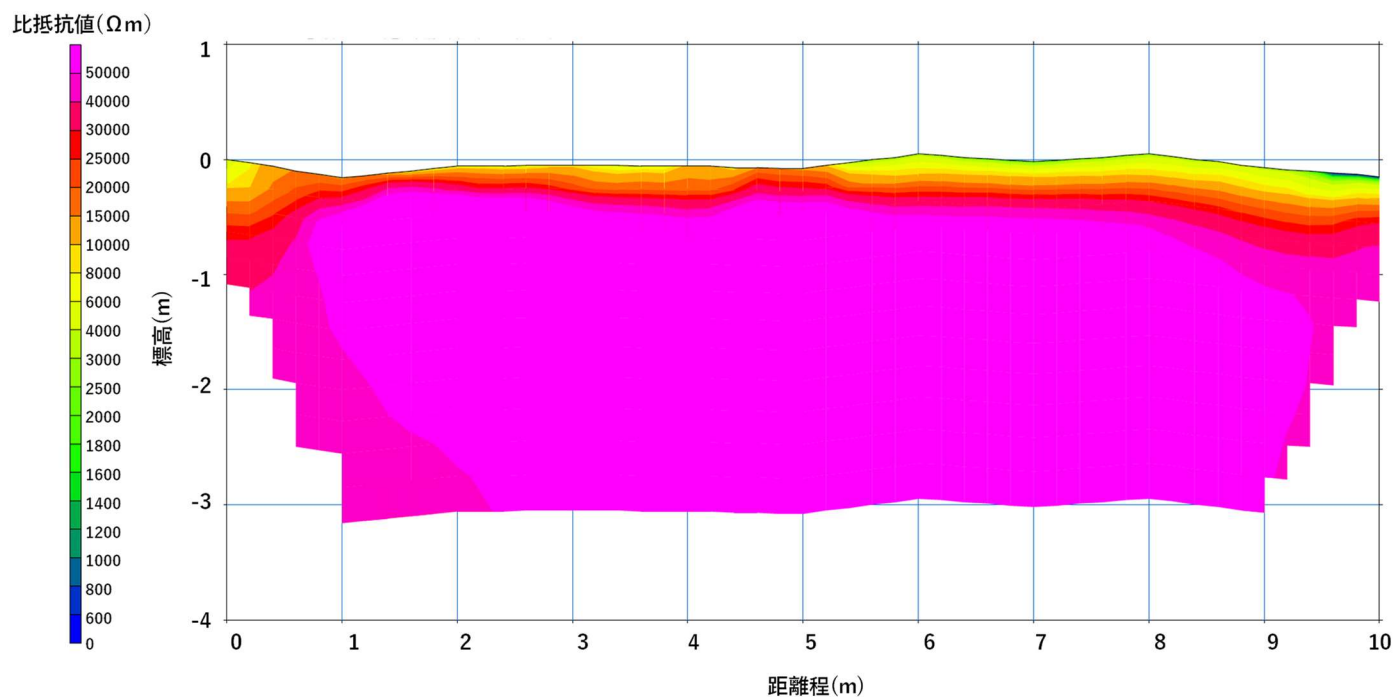


図 29 電気探査の結果（稜線部）

- ・全体として、概ね $10000 \Omega \text{m}$ 以上の比抵抗値の高い領域の分布が確認され、距離程 5.2~10m 区間では、表層付近に概ね $3000 \Omega \text{m}$ 以下の比抵抗値の低い領域の分布が確認されました。

2) カール部の調査について

【A. 掘削調査について（カール部）】

＜調査概要＞

- ・調査箇所の平面図や状況を図 30、図 31 に示します。標高は約 2,950m 付近であり、深度 50cm 程度まで土壌を掘削し、土壌断面調査を行いました。
- ・土壌断面調査では、地表の落葉・落枝からなる A0 層（L：未分解の落葉、F：葉等の元の組織が認められる程度に分解、H：分解が進み判別不能となった腐植）を区分し、A 層以下は、土色から判断した腐植の割合や石礫量に着目して区分しました。区分した層位別に土色、石礫、土性、土壌構造、堅密度、水湿、根の状況を記録しました。なお、土壌断面の記載事項や判断基準については、「土壌調査ハンドブック（1990）博友社」、「森林土壌インベントリ方法書改訂版（2008）独立行政法人森林総合研究所」に基づき行いました。

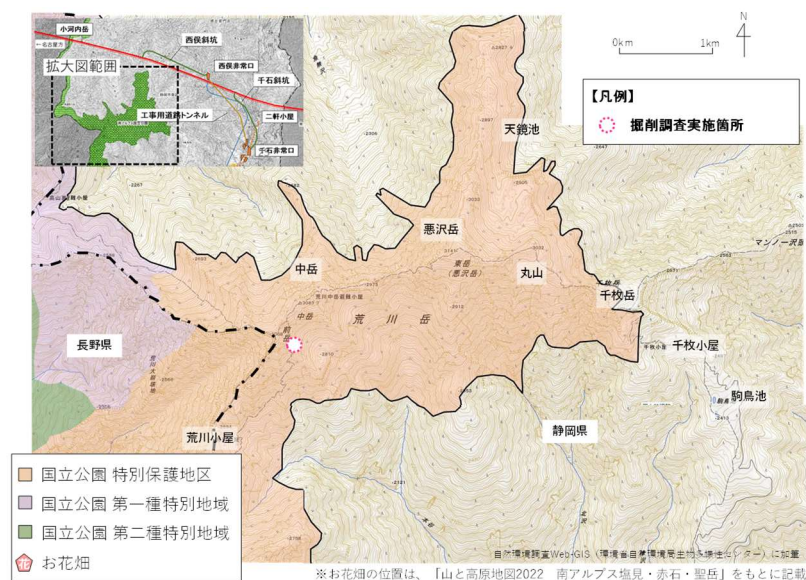


図 30 掘削調査実施箇所位置図（カール部）



図 31 掘削調査実施箇所の状況（カール部、掘削前）

<調査結果>

- ・土壌断面の調査結果を図 32 に示します。腐植を含む A 層は 15 cm 程度でした。また土色から判断すると、全体に腐植に乏しく、未熟な土壌であると考えられます。植物の細根（養分や水分を吸収するための根）は A 層に集中しており、調査箇所周辺の植生は A 層に含まれる土壌水を吸い上げていると考えられます。
- ・A～C 層ともに、粒径 2mm 未満の細土については、主に泥岩、砂岩の風化によって生成された砂とシルト、粘土からなり、砂分が多い砂壤土でした。また、最下層の C 層は径 10 cm 以上の大礫が過半を占め、石礫率も 90% 以上でした。

断面写真	土壌柱状図	層位	階深 cm	層界	土色	腐植	石礫率 %	石礫	土性	土壌構造	堅密度	水湿状態	根	その他	試料 No	
		L 0.2cm														
		A	0～15cm	平坦 漸変	2.5Y4/3	含む	30%	半腐朽・半角礫 小20% 大10%	砂壤土	粒状・弱	軟	潤	細・あり 中・まれ			
		B	15～35cm	波状 判然	2.5Y4/4	乏しい	15%	半腐朽・半角礫 小5% 中10%	砂壤土	粒状・弱	軟	潤	細・まれ 中・まれ			
		C	35cm～	-	2.5Y4/4	乏しい	90%	半腐朽・半角礫 小10% 中10% 大70%	砂壤土	粒状・弱	堅	潤	細・なし 中・まれ 大・まれ			

図 32 土壌断面調査結果（カール部）

※土壌断面調査の各記録事項の判断基準

① 土壌層位の推移状況

3～4 層に区分した土壌層位の推移状況（例：A 層～B 層の境界状況）と境界面の形状を以下の基準で記録した。

○推移状況

明瞭：層位の境界が 3 cm未満、判然：層位の境界が 3～5 cm、漸変：境界が不明瞭

○境界面の形状

平坦：層位境界が平面状、波状：層位境界の凹凸が小さい、不規則：層位境界の凹凸が大きい、不連続：層位境界が不連続（※記載例 明瞭・平坦）

② 土色と腐植

各層位から採取した土の小片の土色を標準土色帖の色見本と照らし合わせ、該当する色相、明度、彩度（例：7.5YR（色相）3（明度）／2（彩度））を選定した。土色は腐植含有量と関連し、褐色森林土の場合は、次のような関係がある（真下、1976）。ただし、礫や砂が多い土質では、必ずしも土色と腐植含量は関連しない。

○色相（森林土壌の場合、色相は主に 7.5YR～10YR）

明度／彩度	土色	定性的な腐植含有量
1/1、2/1～2/2	黒	すこぶる富む
2/2～2/3、3/2～3/3	黒褐色	富む
3/3～3/4、4/3～4/4	暗褐色	含む
4/4～4/6、5/4～5/8、6/4～6/8、7/8、8/8	褐色	あり

③ 石礫

各層位の石礫は、石礫の割合（各層位に占める石礫全体の割合）、風化程度、形状、大きさを以下の基準に基づき記録した。

○風化程度

未風化：新鮮でほとんど風化していない、半腐朽：多少風化しているが、なお堅硬、腐朽：スコップ等で容易に削れる程度に風化

○形状

角礫：稜が鋭くとがっている、半角礫：稜が丸みを帯びている、円礫：稜がほとんどなく、丸みを帯びている

○大きさ

細：2 mm～1 cm、小：1～5 cm、中：5～10 cm、大：10～20 cm

※記載例：石礫率 10%、半腐朽・半角礫 細 5%、中 5%

④ 土性（粒径 2mm 未満の細土）

断面調査時における土性は、現場での簡易判定法を用いて以下の 5 つに区分した。

- ・砂土：こねてもまったく塊ができない
- ・砂壤土：こねると多少塊となるが、棒状には成形できない
- ・壤土：こねると鉛筆くらいの太さに成形できる
- ・埴壤土：こねるとマッチ棒くらいの太さに成形できる
- ・埴土：こねるとコヨリのように細長く成形できる

⑤ 土壌構造とその発達程度

土壌構造は、土壌粒子がお互いにくっつき合って出来た集合体で、年間を通した土壌の乾湿状況や土壌生物の関わり度合を指標する。本調査では、森林土壌の主に A～B 層に見られる以下の 3 つの構造とその発達程度を記録した。

○土壌構造

- ・団粒状構造：水分に富む数mm程度の小粒で、指で容易につぶれるもの。適潤～湿潤で土壌動物や微生物の活性が高い土壌に発達する。

- ・粒状構造：数mm程度の小粒であるが、指でつぶすとかかなり抵抗を感じるもの。乾きやすい土壌に発達する。
- ・堅果状構造：スコップなどで土壌を採取し、ほぐした際、稜を持った 1～3 cm程度の塊となるもの。乾湿が繰り返される粘土含有率が高い土壌に発達する。

○土壌構造の発達程度

- ・弱：当該土壌構造がかろうじて識別できる
- ・中：当該土壌構造がやや明瞭に識別できる
- ・強：当該土壌構造がきわめて明瞭に識別できる（※記載例：団粒状構造、弱）

⑥ 堅密度

堅密度は土層の堅さや緻密さを示し、土壌の通気性、透水性、植物根の侵入と関係する。

堅密度区分 定性的な判断基準

- | | |
|---------|------------------------|
| ・しょう： | 土粒の結合が緩く土解が容易に崩れる |
| ・軟： | 土粒が比較的密に結合するが押すと指痕が残る |
| ・堅： | 土粒が密に結合、強く押すと指痕が残る |
| ・すこぶる堅： | 土粒が密に結合、強く押しても指痕が残らない |
| ・固結： | かろうじて移植ゴテが断面に入っている程、硬い |

⑦ 水湿状態

土壌の湿り気を下記の基準に基づき定性的に判定し記録した。

水湿区分 定性的な判断基準

- | | |
|------|-------------------------|
| ・乾： | 土壌を強く握っても手に湿気が残らない |
| ・潤： | 土壌を握ると手に湿気が残る |
| ・湿： | 土壌を親指と人差し指の間でつまむと水が滲みでる |
| ・多湿： | 土壌を握ると水滴が落ちる |
| ・過湿： | 土壌を手にとると、自然に水滴が滴る |

⑧ 根

土壌断面（10 cm四方）に見られる根の量を、根の大きさ別に判定し記載した。

○根の量（10 cm四方）

- ・なし： 0 本
- ・まれ： 1 本～20 本未満
- ・あり： 20 本～50 本未満
- ・含む： 50 本～200 本未満
- ・富む： 200 本以上

○根の大きさ

- ・細： 直径 2 mm未満
- ・中： 直径 2～20 mm
- ・太： 直径 20 mm以上（※記載例：細・あり、中・まれ）

【B. 電気探査について（カール部）】

＜調査概要＞

- 調査箇所の詳細図や状況を図 33、図 34 に示します。電気探査は、2 極法電極配置にて、測線長さ 10m、電極間隔 0.2m、測定深度 3m で実施しました。



＜調査結果＞

- ・調査結果は図 35 の通りです。電気探査の結果は、 $600 \sim 50000 \Omega m$ の 21 色で色区分表示し、電気の流れやすい低比抵抗領域を寒色系（青色系）、電気の流れにくい高比抵抗領域を暖色系（赤色系）で表示しています。

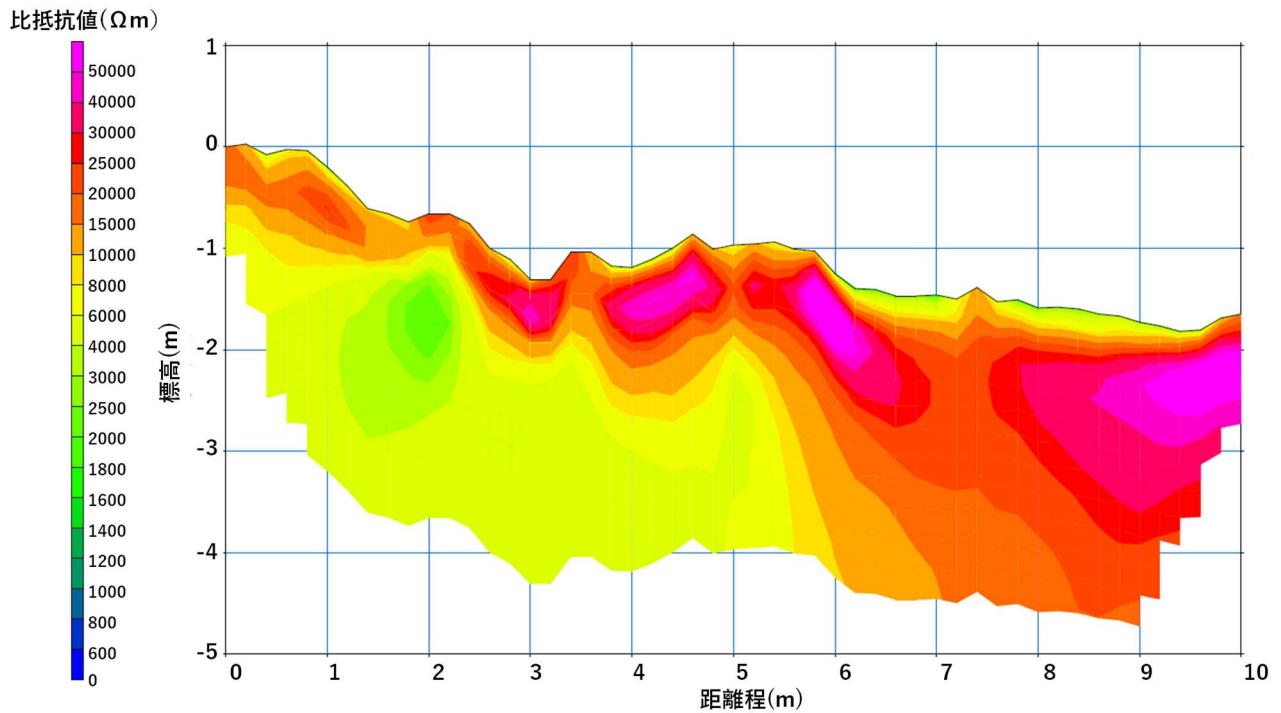


図 35 電気探査の結果（カール部）

- ・全体として、比抵抗値は概ね $1500 \sim 50000 \Omega m$ 以上と高い値を示しています。
- ・測線のほぼ全域にわたり、地表面から概ね 1m の深さの範囲に、概ね $10000 \Omega m$ 以上の比抵抗値の高い領域の分布が確認されました。
- ・また、距離程 5.8~10m 区間では、表層付近に概ね $3000 \Omega m$ 以下の比抵抗値の低い領域の分布が確認され、その下部には $10000 \Omega m$ 以上の比抵抗値の高い領域の分布が確認されました。

【千枚小屋付近でのボーリング調査結果について】

- ・カール部、稜線部での掘削調査より深い部分の地質や地下水の状況を確認するため、資機材の運搬が可能である千枚小屋付近において、鉛直下向きのオールコアボーリング（削孔径： $\phi 86.0\text{mm}$ ）を実施しました。

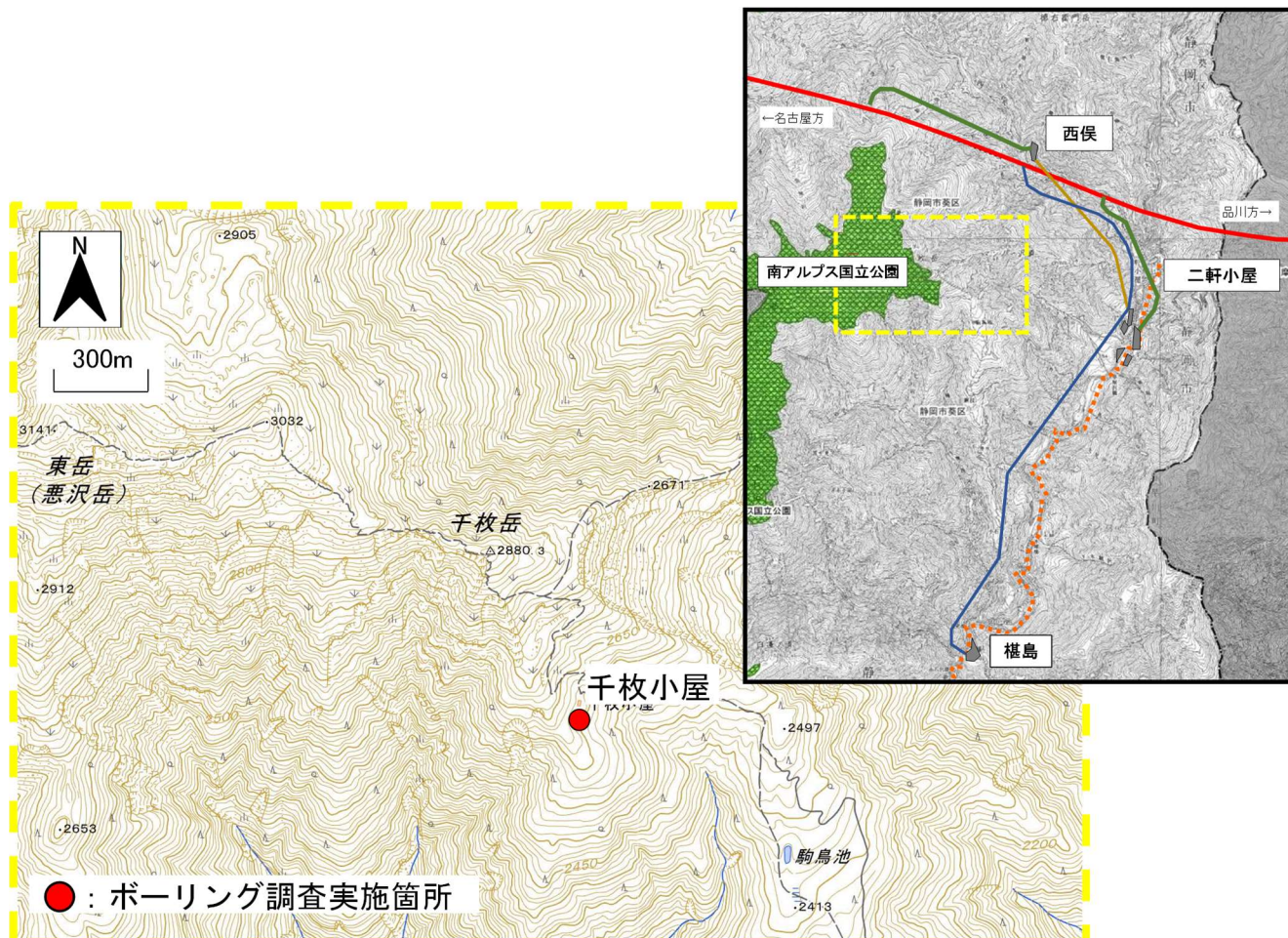


図 36 ボーリング調査実施状況（千枚小屋付近）

<調査結果>

- ・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 37）。
- ・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 38）。
- ・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 38 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 37）、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ています。

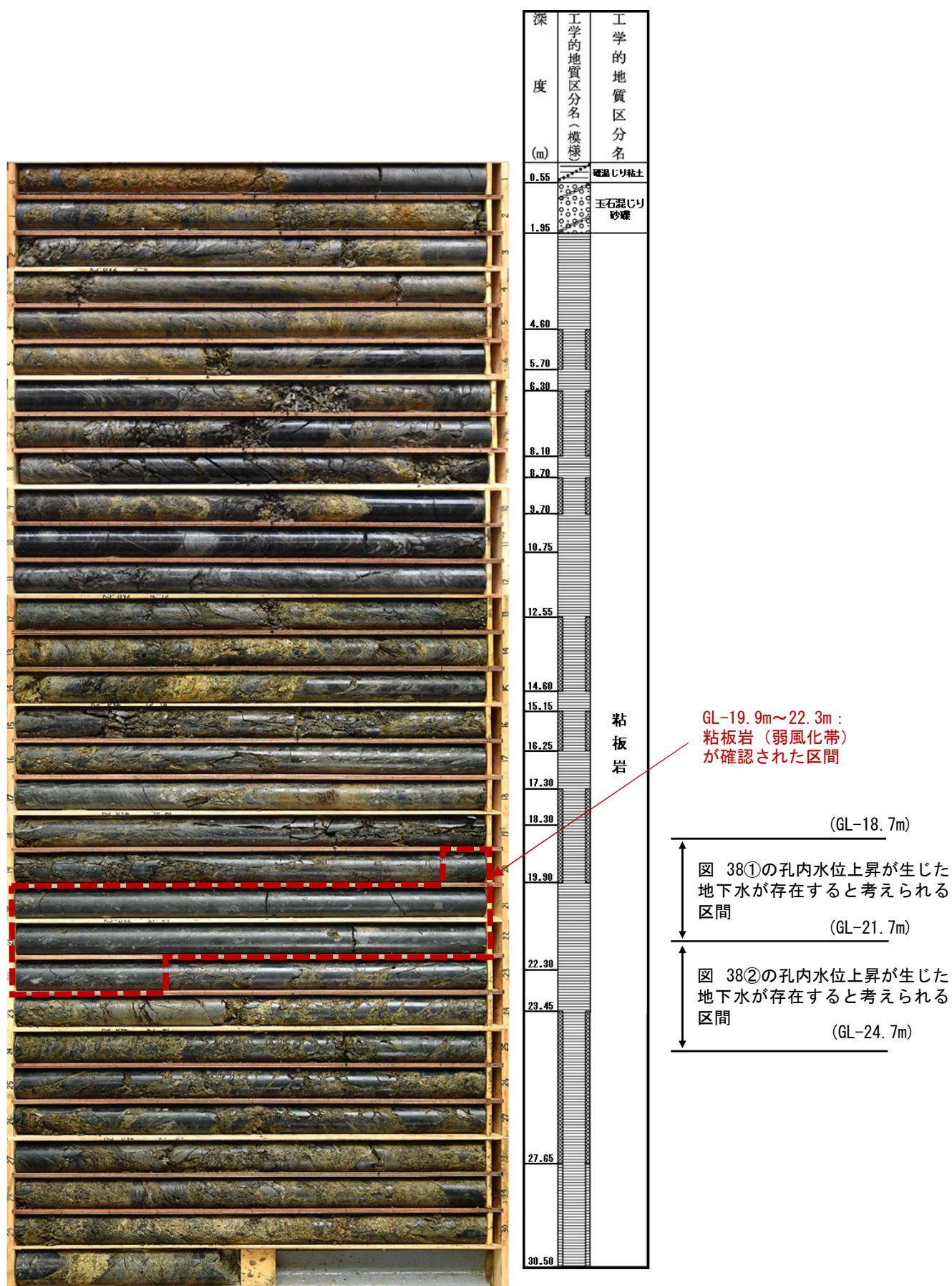


図 37 ボーリングコア写真及び柱状図(千枚小屋付近)

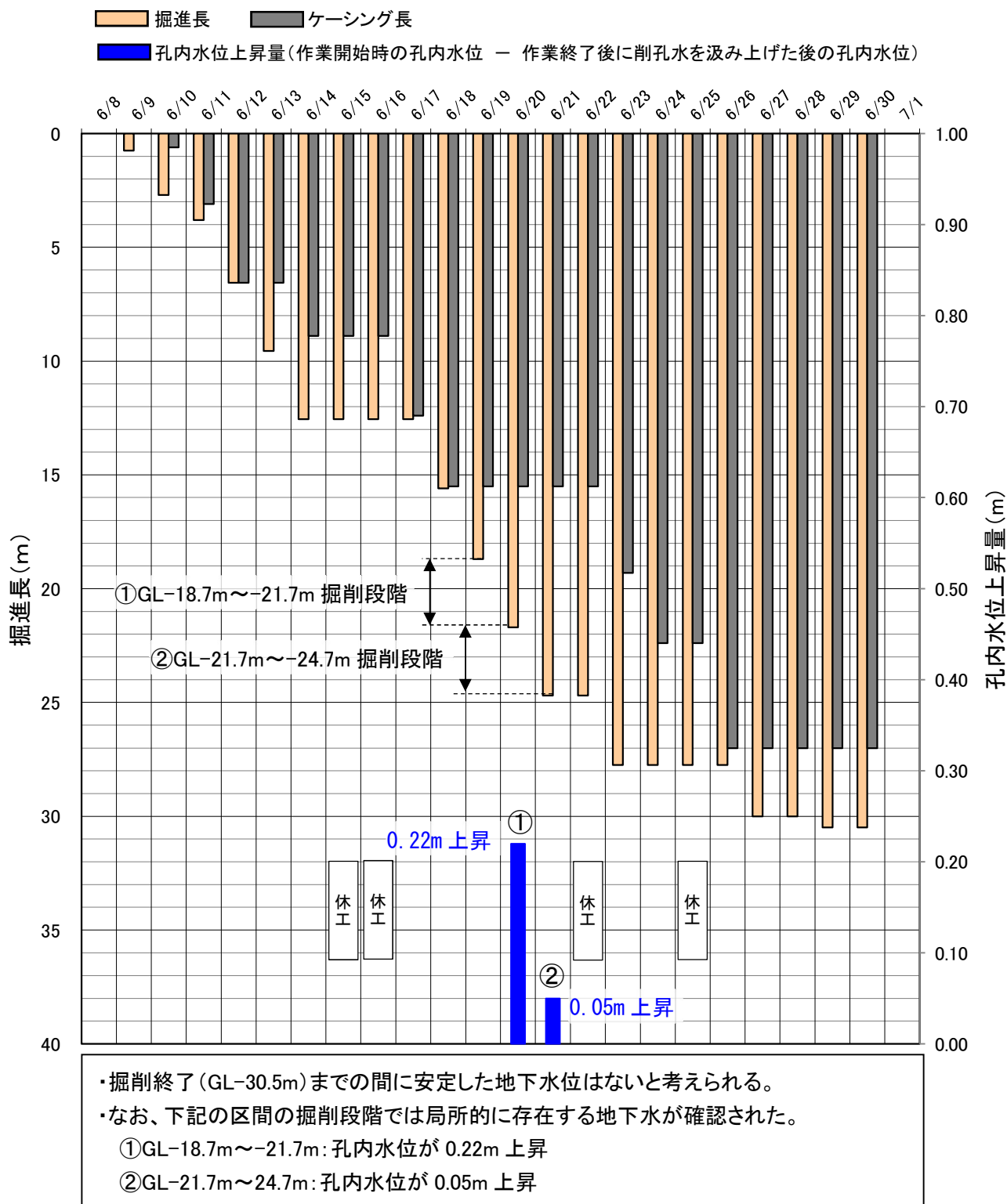


図 38 ボーリング掘削状況、孔内水位状況 (千枚小屋付近)

3) 【まとめ】稜線部、カール部におけるトンネル掘削に伴う地下水位変化による植生への影響について

ア. 稜線部について

【掘削調査、電気探査、千枚小屋付近でのボーリング調査からの考察】

- ・電気探査の結果（地盤の比抵抗分布）のみから地質構造や地盤の状態などを一義的に解釈することは困難とされており⁸、結果の解釈は慎重に行う必要があることから、掘削調査や千枚小屋付近でのボーリング調査の結果と組み合わせ、稜線部におけるトンネル掘削に伴う植生への影響について考察します。
- ・電気探査と掘削調査の結果を重ねあわせ、図 39 に示します。掘削調査実施箇所は、電気探査の距離程約 6m 付近です。

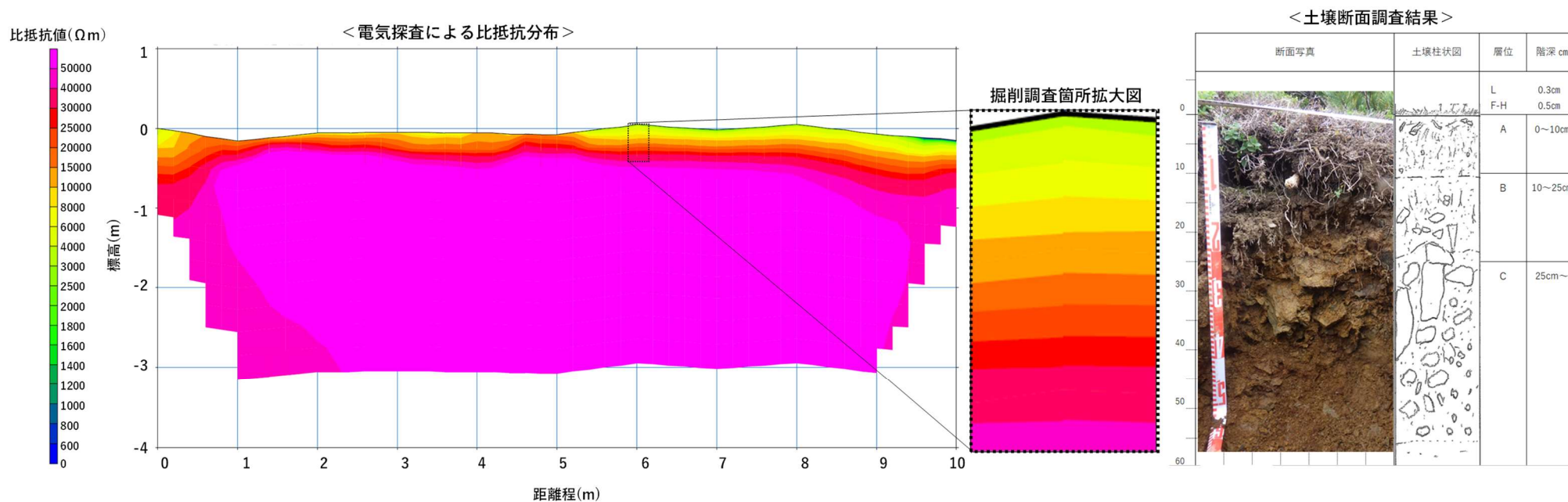


図 39 掘削調査と電気探査の結果からの考察（稜線部）

- ・掘削調査箇所付近の比抵抗分布は、地表面から深くなるにつれて高くなる傾向が確認されており、掘削調査の結果と照らし合わせると、地表面から順に腐植を含む A 層、腐植に乏しい B 層、10cm 以上の大礫を含む C 層となっている状況を反映していると考えられます。
- ・電気探査の距離程 5.2~10m 区間では、掘削調査箇所と同様の比抵抗分布が確認されることから、当該区間は地表面から順に、腐植を含む A

⁸ 「新版 物理探査適用の手引き、公益社団法人物理探査学会、平成 20 年 10 月 21 日発行」より

層、腐植に乏しい B 層、10cm 以上の大礫を含む C 層が分布していると考えられます。

- ・掘削調査箇所を確認された比抵抗値が高い領域（概ねオレンジ色や赤色の領域）については、掘削調査の結果と照らし合わせると、10cm 以上の大礫を含む層（以降、角礫層という）と解釈することができ、掘削調査と同様の深さで、電気探査の測線全体にわたり比抵抗値の高い領域（概ねオレンジ色や赤色の領域）が確認されることから、調査実施箇所全体にわたり、角礫層が分布していると考えられます。
- ・電気探査から得られる比抵抗値は、一般的に飽和度（土の間隙の体積の中で水の体積の占める割合）が高ければ、低い傾向を示します。この角礫層は、高い比抵抗値を示していることから、角礫層の間隙には、水分が多く含まれているというよりは、空気が多く含まれていると考えられます。
- ・よって、現状、この角礫層が毛管現象により地下深部の地下水を吸い上げているとは考えづらく、角礫層の更に上部にある A 層、B 層への水分の供給経路は、地下深部の地下水ではないと考えられます。なお、千枚小屋付近でのボーリング調査の結果からは、地表面から-30.50m までの間に安定した地下水位はないと考えられます。
- ・また、掘削調査で確認された植物の細根が、地表面から 25cm 程度までに分布している A 層、B 層に集中していたことを踏まえると、この地域の高山植物は主に地表面付近の A 層、B 層に含まれる土壌水を利用して生育しているものと考えられます。
- ・現状、A 層、B 層への水分の供給経路は、地下深部の地下水ではないと考えられることから、トンネル掘削により深部の地下水が低下したとしても、植生が土壌水を吸い上げている A 層、B 層の土壌水分量に影響は及ばないと考えられます。
- ・なお、委員より、断層が地下深部から高標高部の地表面付近まで繋がっているような場合には、トンネル掘削に伴い植生へ影響を及ぼす可能性があるのではないかとのご懸念をいただいています。
- ・上記のような断層が存在した場合でも、植生は、主に地表面付近の腐植を含む A 層、B 層に含まれる土壌水を利用して生育していると考えられ、今回調査箇所のように B 層の下部に、間隙に空気を多く含んだ角礫層が存在している場合には、毛管現象により地下深部の地下水を吸い上げているとは考えづらくトンネル掘削により深部の地下水が低下したとしても、植生が土壌水を吸い上げている A 層、B 層の土壌水分量に影響は及ばないと考えられます。

イ. カール部について

【掘削調査、電気探査、千枚小屋付近でのボーリング調査からの考察】

- ・電気探査の結果（地盤の比抵抗分布）のみから地質構造や地盤の状態などを一義的に解釈することは困難とされており⁹、結果の解釈は慎重に行う必要があることから、掘削調査や千枚小屋付近でのボーリング調査の結果と組み合わせ、カール部におけるトンネル掘削に伴う植生への影響について考察します。
- ・電気探査の結果と掘削調査の結果を重ねあわせ、図 40 に示します。掘削調査実施箇所は、電気探査の距離程約 6m 付近です。

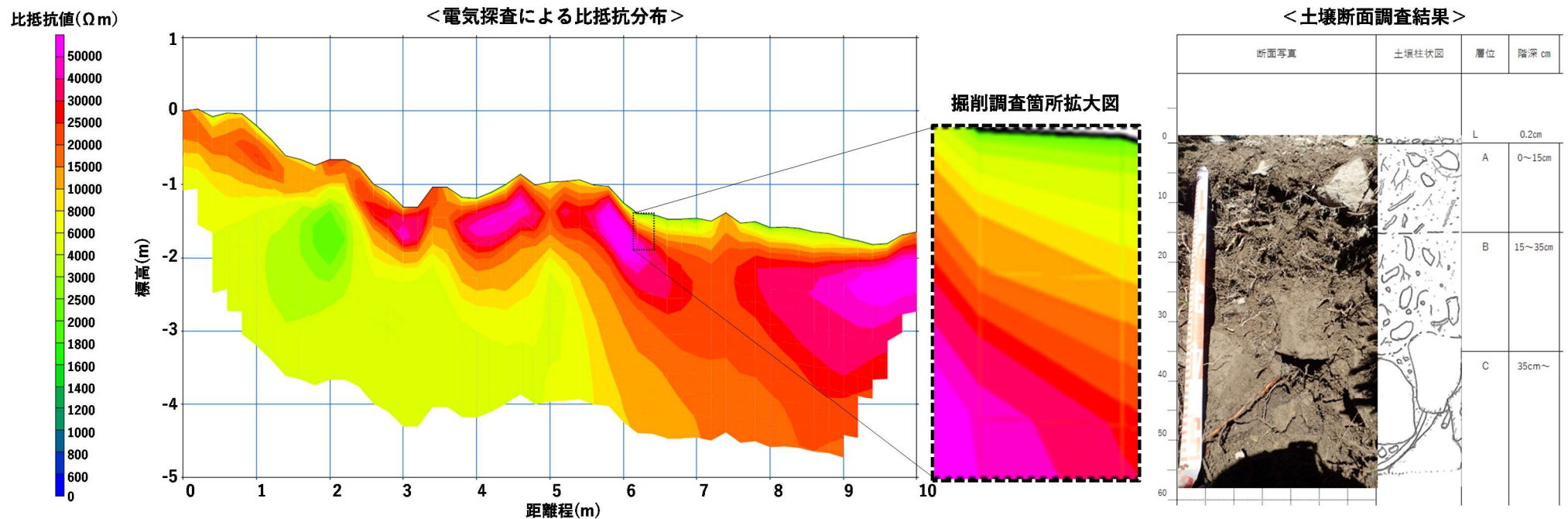


図 40 掘削調査と電気探査の結果からの考察（カール部）

- ・掘削調査箇所付近の比抵抗分布は、地表面から深くなるにつれて高くなる傾向が確認されており、掘削調査の結果と照らし合わせると、地表面から順に腐植を含む A 層、腐植に乏しい B 層、10cm 以上の大礫を含む C 層となっている状況を反映していると考えられます。
- ・電気探査の結果、距離程 5.8~10m 区間では、掘削調査箇所と同様の比抵抗分布が確認されることから、当該区間は地表面から順に、腐植を

⁹ 「新版 物理探査適用の手引き、公益社団法人物理探査学会、平成 20 年 10 月 21 日発行」より

含む A 層、腐植に乏しい B 層、10cm 以上の大礫を含む C 層が分布していると考えられます。

- 掘削調査箇所で確認された比抵抗値が高い領域（概ねオレンジ色や赤色の領域）については、掘削調査の結果と照らし合わせると、10cm 以上の大礫を含む層（以降、角礫層という）と解釈することができ、掘削調査箇所と同様の深さで電気探査の測線全体にわたり地表面から概ね 1m の深さの範囲に比抵抗値の高い領域（概ねオレンジ色や赤色の領域）が確認されることから、調査実施箇所全体にわたり、角礫層が分布していると考えられます。
- 電気探査から得られる比抵抗値は、一般的に飽和度（土の間隙の体積の中で水の体積の占める割合）が高ければ、低い傾向を示します。この角礫層は、高い比抵抗値を示していることから、角礫層の間隙には、水分が多く含まれているというよりは、空気が多く含まれていると考えられます。
- よって、現状、この角礫層が毛管現象により地下深部の地下水を吸い上げているとは考えづらく、角礫層の更に上部にある A 層、B 層への水分の供給経路は、地下深部の地下水ではないと考えられます。なお、千枚小屋付近でのボーリング調査の結果からは、地表面から-30.50m までの間に安定した地下水位はないと考えられます。
- また、掘削調査で確認された植物の細根が、地表面から 15cm 程度分布している A 層に集中していたことを踏まえると、この地域の高山植物は主に地表面付近の A 層に含まれる土壤水を利用して生育しているものと考えられます。
- 現状、A 層への水分の供給経路は、地下深部の地下水ではないと考えられることから、トンネル掘削により深部の地下水が低下したとしても、植生が土壤水を吸い上げている A 層の土壤水分量に影響は及ばないと考えられます。
- なお、測線の距離程 2m~3m 付近に比較的比抵抗値が低い領域が確認されました。これは、現地で頁岩が露頭している箇所（図 41）がみられたことから地表面から浅い箇所での岩が相対的に低い比抵抗値を示したのではないかと考えられますが、今回の調査結果から、要因を特定することはできませんでした。



図 41 露頭箇所

4) 線状凹地の池等の調査について

- ・ 駒鳥池付近で実施したボーリング調査と電気探査の結果及び駒鳥池と天鏡池の池の水の化学的な成分分析結果について、報告します。
- ・ 調査箇所の位置平面図を図 42 にお示しします。

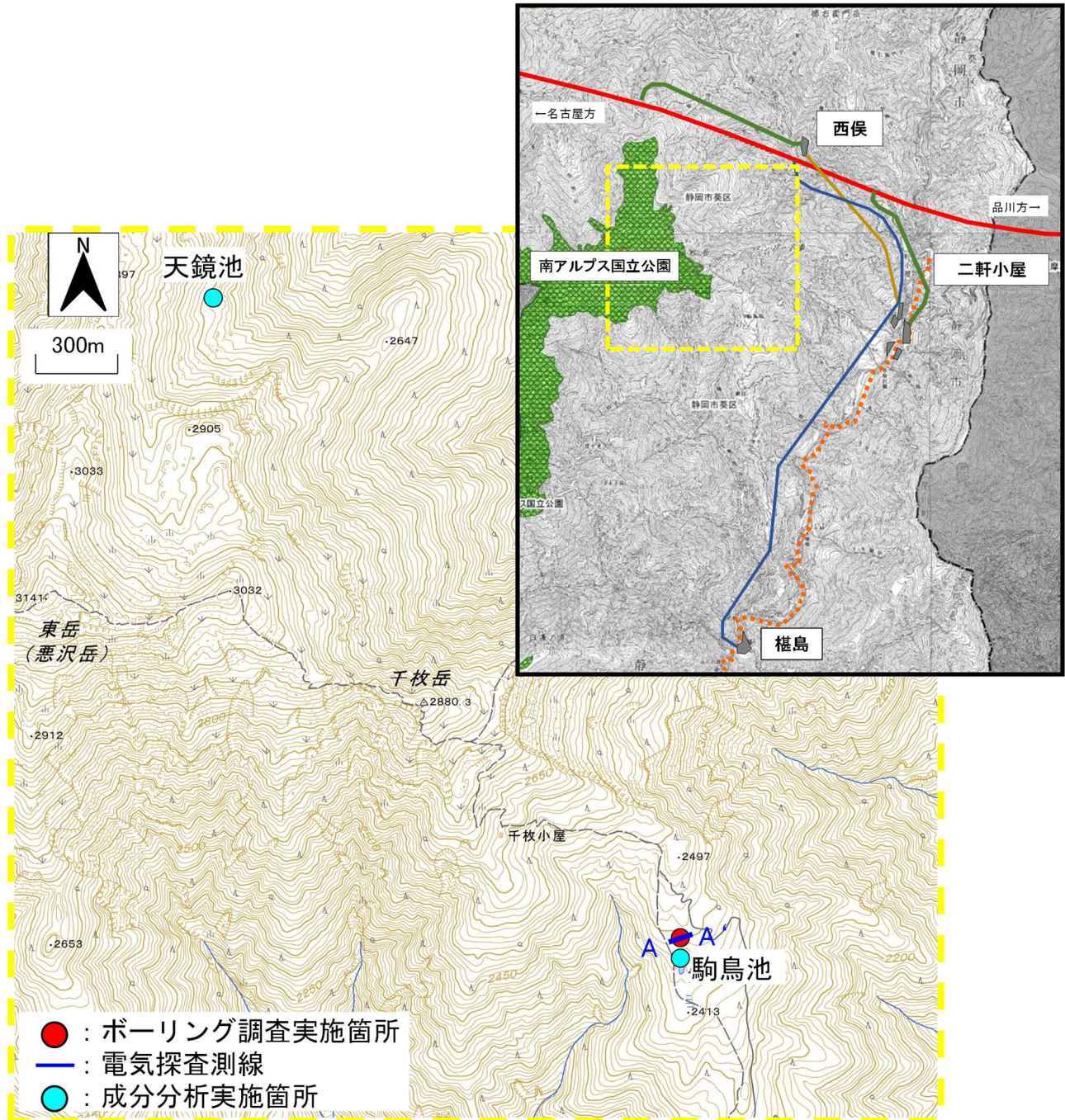


図 42 調査箇所 位置平面図

ア. 調査の概要

7) ボーリング調査

- ・駒鳥池付近における地質状況や地下水状況等を確認するため、鉛直下向きのオールコアボーリング（削孔径： $\phi 86.0\text{mm}$ ）を実施しました。



図 43 ボーリング調査実施状況（駒鳥池付近）

1) 電気探査

- ・駒鳥池付近における地質状況の面的な広がりや地下の比抵抗分布を確認するために、探査対象深度 10.0～15.0m 程度、測線延長 50.0m 程度、電極間隔 1.0m の電気探査を実施しました。

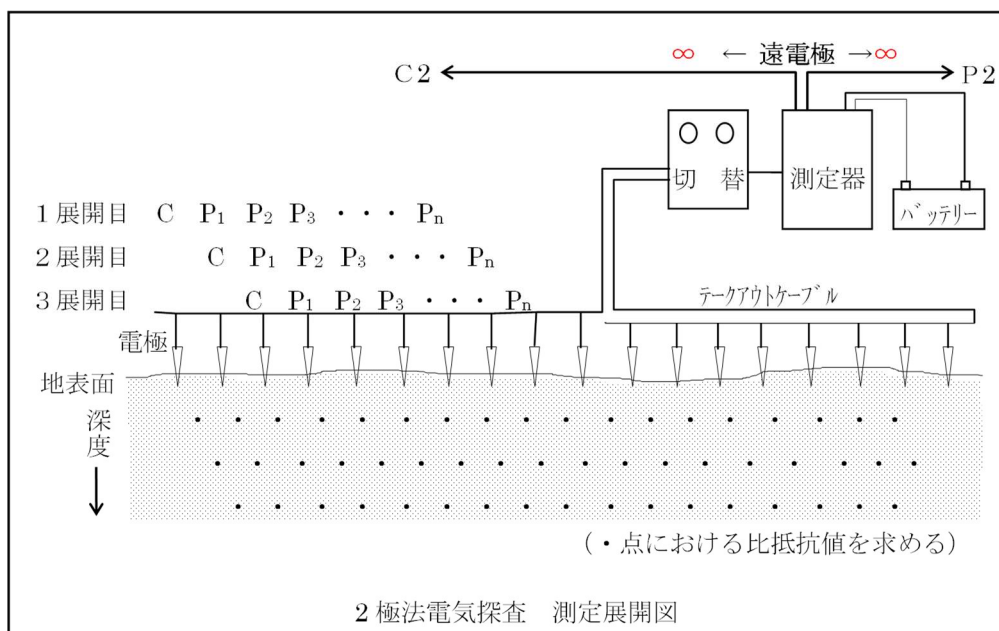


図 44 電気探査測定模式図

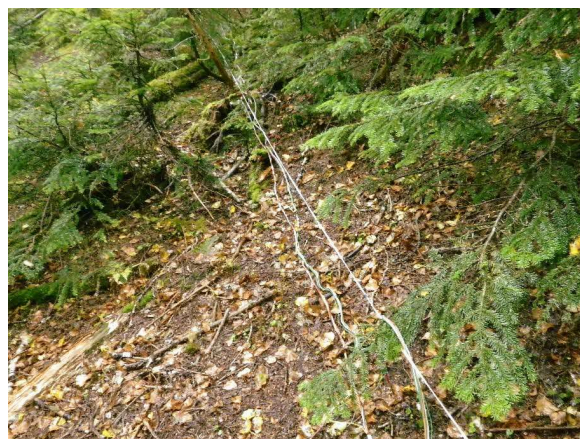


図 45 電気探査実施状況（駒鳥池付近）（左：始点側、右：終点側）

ウ) 化学的な成分分析

- ・駒鳥池、天鏡池の水は、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池の水を採水し、化学的な成分分析を実施しました。
- ・今回の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お示しします。
- ・なお、現在、高標高部の降水や土壤水の成分分析も実施しており、結果がまとまり次第、ご報告することを考えています。
- ・成分分析の分析項目及び概要を表 4 に、現地調査期間を表 5 にお示しします。

表 4 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) 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 ¹⁰ 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。
c) 不活性ガス等	不活性ガス（ SF_6 （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 5 成分分析の現地調査期間（池の水）

調査地点	調査期間	備考
駒鳥池	令和 4 年 9 月 1 7 日	採水標高：2,412m
天鏡池	令和 4 年 9 月 1 6 日	採水標高：2,682m
【参考】深井戸（田代ダム付近）	令和 2 年 8 月 1 0 日	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

¹⁰ 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

イ. 調査結果と考察

7) 駒鳥池付近での調査について

<調査結果>

a) 駒鳥池周辺の地形等

- ・駒鳥池周辺の地形図及び周辺斜面の状況を図 46 にお示しします。
- ・P 17 に記載のとおり駒鳥池周辺は広域的には線状凹地とされており、詳細な微地形単位としては三方（駒鳥池の西側、北側、南側）が斜面に囲まれている谷頭凹地となっています。
- ・『水文地形学—山地の水循環と地形変化の相互作用—』（恩田・奥西・飯田・辻村、1996 年）によりますと、この谷頭凹地は「土壌の発達が比較的良好、B 層・C 層あわせて厚さが 1 m を超すことも珍しくない。その多くは斜面上方からゆっくりと移動あるいは崩落してきたものであり、埋没 A 層がみられることもある。これら谷頭凹地の土壌は、斜面の土層中を浸透・移動してきた水分により、一般的に湿っている。」とされています。
- ・以上のことから、駒鳥池は、周辺斜面からゆっくりと移動あるいは崩落してきた土壌が凹地に堆積し、また周辺斜面の土層中を浸透・移動してきた水が水路として流れることなく※、凹地に溜まったことにより形成されている可能性が考えられます。

※『水文地形学—山地の水循環と地形変化の相互作用—』において、「谷頭凹地の下流端付近では、土層が再び小崩壊を起こし、そこから水路が始まっている例が、しばしばみられる。」とされています。

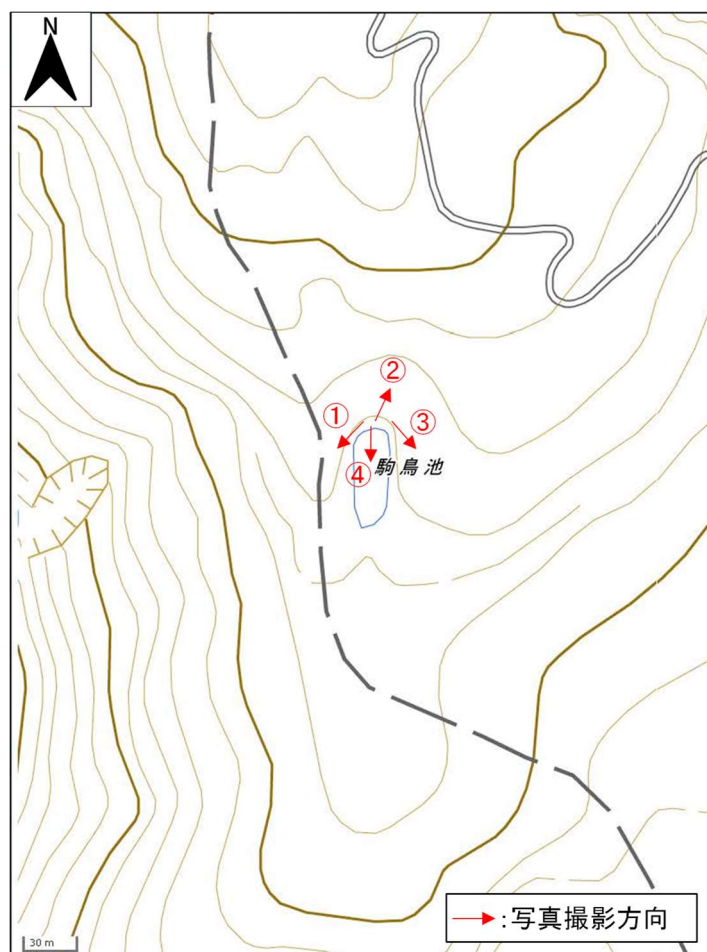


図 46 駒鳥池周辺の地形図



図 47 駒鳥池周辺の状況

b) ボーリング調査

- ・ボーリング調査によって得られたコアを確認すると、GL-0.00m～0.35m で高有機質土が確認されており、その下層には GL-0.35m～1.35m で礫混じり粘土、その下層には GL-1.35m～6.30m で玉石混じり砂礫、GL-6.30m～19.60m で粘板岩が確認されました（図 48）。
- ・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 49）。
- ・その結果、図 49 に示す①（GL-1.30m～3.24m 掘削段階）、②（GL-4.43m～6.43m 掘削段階）、③（GL-6.43m～8.70m 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。
- ・次に、③において孔内水位の上昇を確認して以降（掘削深度 GL-8.70m 以降）は、安定した地下水位の位置を確認するために作業終了時に孔内に溜まった削孔水を抜き出さずに、作業開始時の孔内水位を確認しました。
- ・掘削中（GL-8.70m～19.15m）の孔内水位は GL-8.22～9.00m 間を推移し、掘削完了後 4 日間の孔内水位は GL-8.69～9.41m 間を推移したことから、安定した地下水位は GL-9m 程度にあると考えられます。
- ・なお、①、②、③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、これは地層の境界付近で局所的に存在する地下水が確認されたものと考えています。

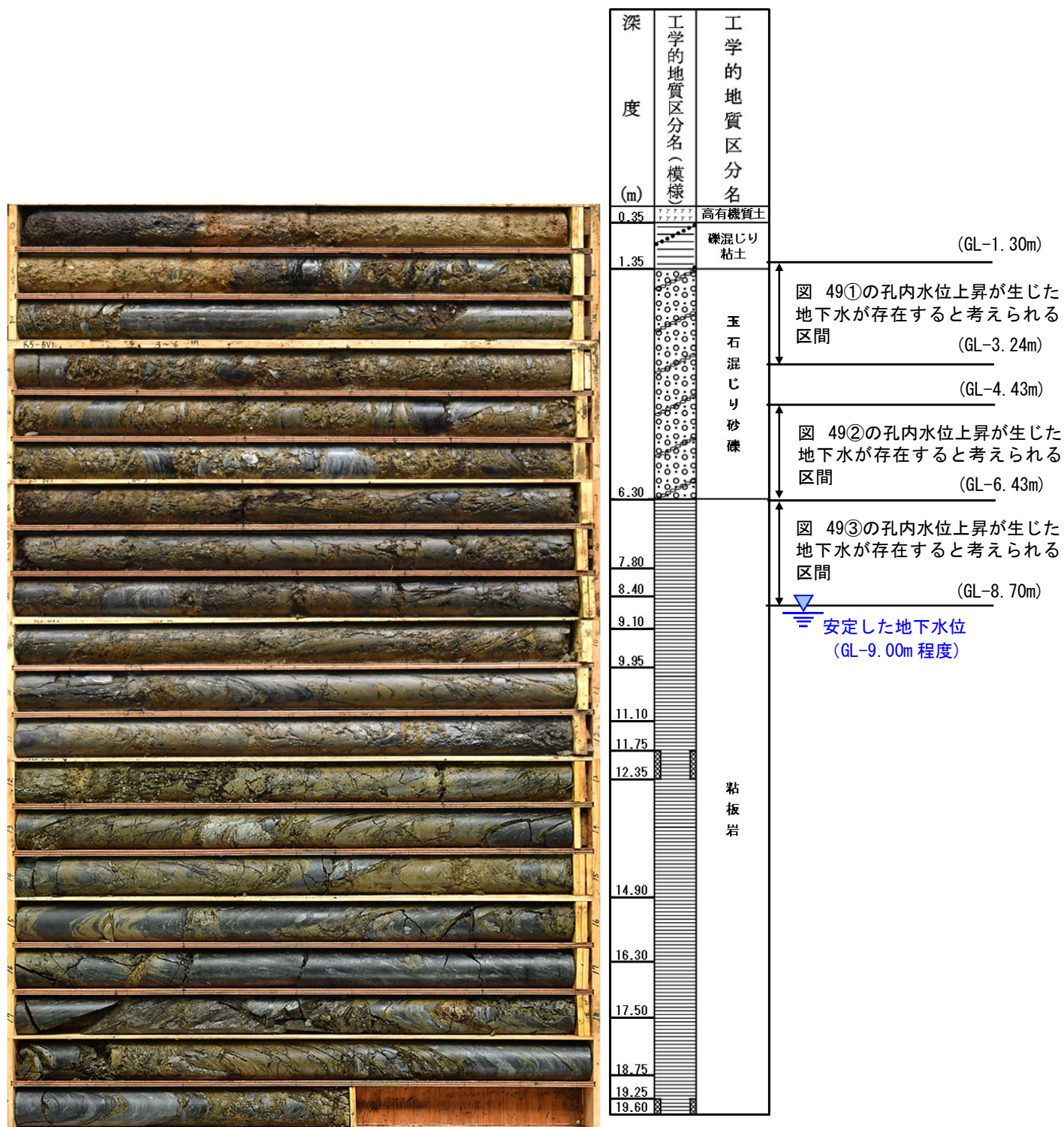
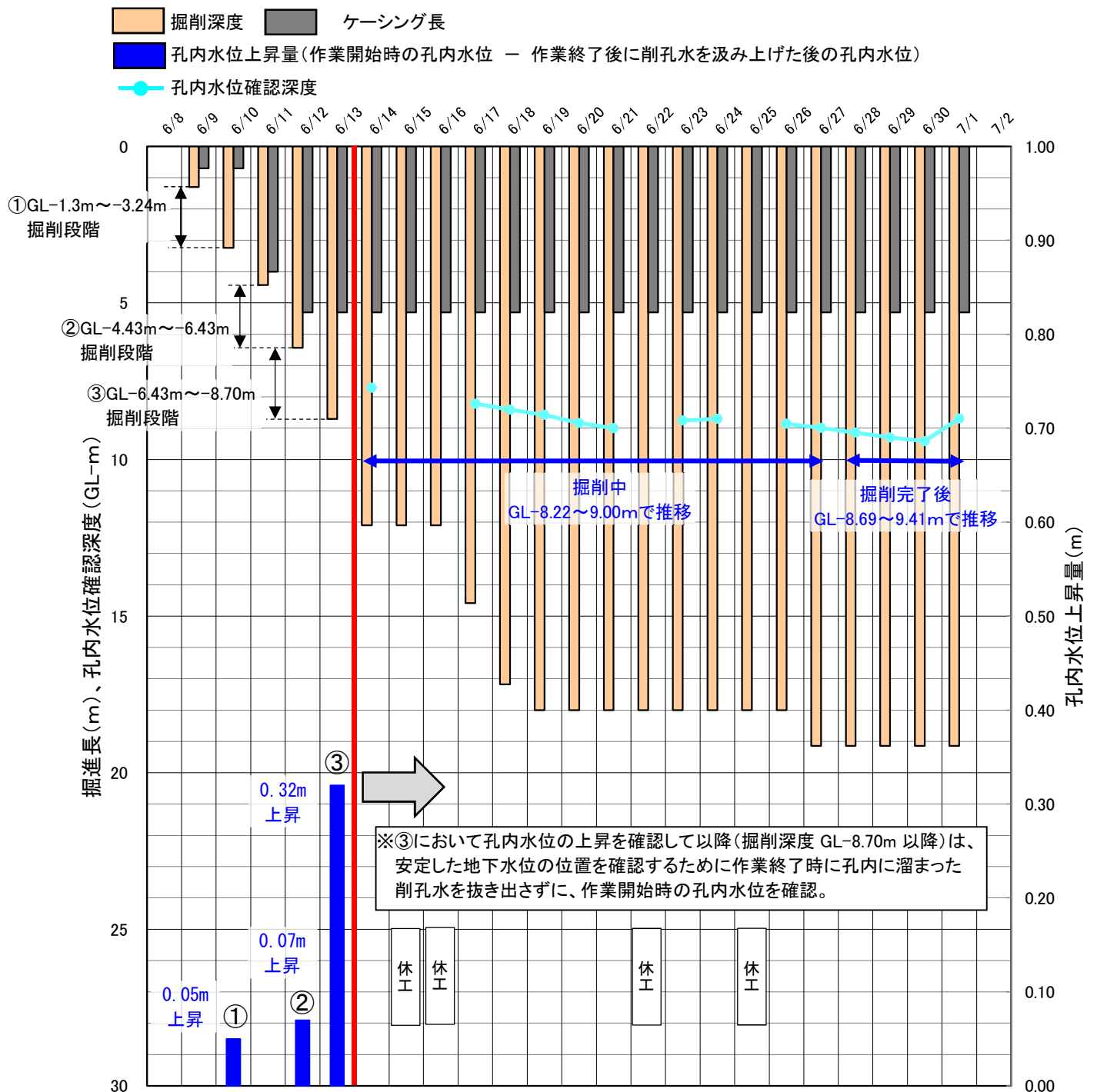


図 48 ボーリングコア写真及び柱状図 (駒鳥池付近)



・下記の区間の掘削段階では、局所的に存在する地下水によるものと考えられる孔内水位上昇が確認された。

- ① GL-1.30m~3.24m: 孔内水位が 0.05m 上昇
- ② GL-4.43m~6.43m: 孔内水位が 0.07m 上昇
- ③ GL-6.43m~8.70m: 孔内水位が 0.32m 上昇

・③において孔内水位の上昇を確認して以降は、掘削中 (GL-8.70m~19.15m) の孔内水位は GL-8.22~9.00m 間を推移し、掘削完了後4日間の孔内水位は GL-8.69~9.41m 間を推移したことから、安定した地下水位は GL-9m 程度にあると考えられる。

図 49 ボーリング掘削状況、孔内水位状況 (駒鳥池付近)

c) 電気探査

- 電気探査の結果は、600～20000 Ωm の 21 色で色区分表示し、電気の流れやすい低比抵抗領域を寒色系（青色系）、電気の流れにくい高比抵抗領域を暖色系（赤色系）で表示しています。
- 電気探査の結果、距離程 27.0～34.0m 付近に低比抵抗部が確認されており、ボーリング調査の結果と照らし合わせると、これは厚さ 1.0～2.0m 程度の粘土層であると考えられます。
- また、粘土層の下層に高比抵抗部が確認されており、ボーリング調査の結果と照らし合わせると、これは玉石混じり砂礫および粘板岩であると考えられます。

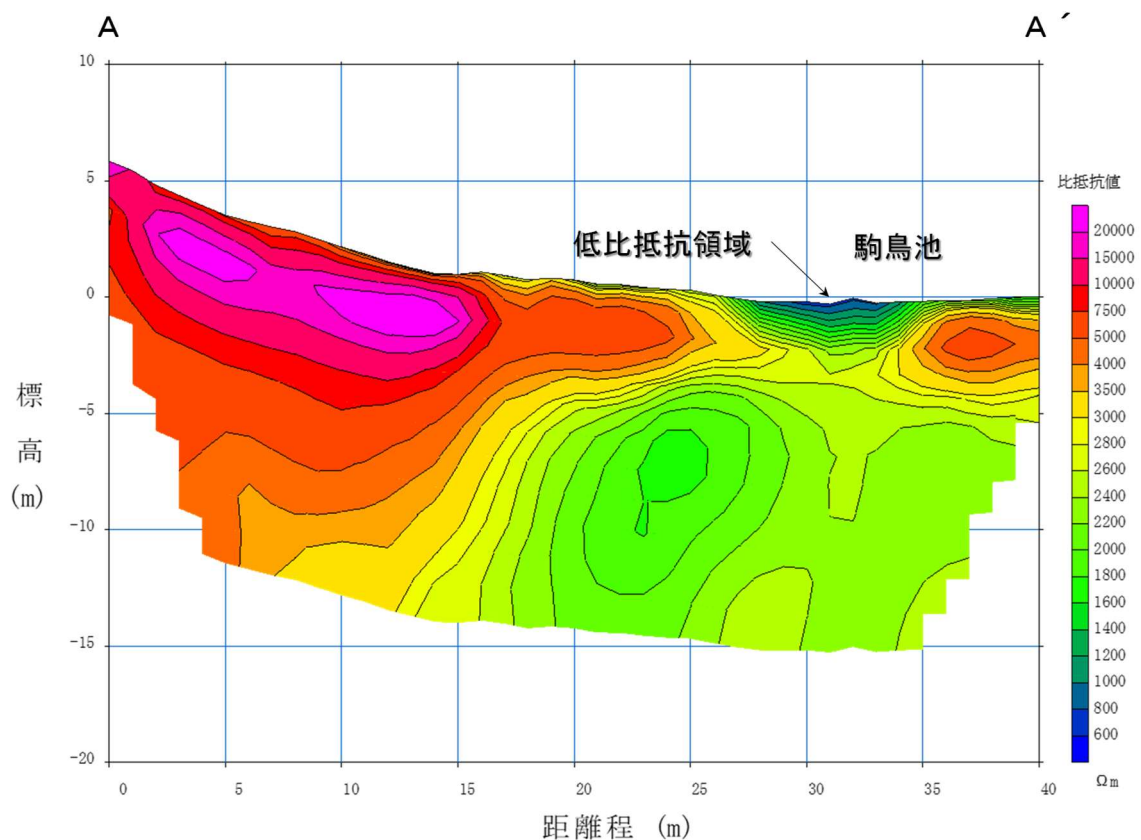


図 50 電気探査結果（駒鳥池付近）

d) 化学的な成分分析

- ・成分分析の結果を図 51、表 6 にお示しします。

(溶存イオン分析、pH、ECの計測結果)

- ・溶存イオン分析の結果、駒鳥池の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^{2+}) と重炭酸イオン (HCO_3^-) の濃度が卓越した水質特性を示しました。また、pHは5.1で弱酸性を示し、電気伝導度ECは1.9mS/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^{2+}) とマグネシウムイオン (Mg^{2+}) の濃度が極端に少なく、ナトリウムイオン (Na^+) と重炭酸イオン (HCO_3^-) の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、駒鳥池の値と比較して非常に高い値となりました。

(不活性ガス等分析の結果)

- ・六フッ化硫黄 (SF_6) 及びトリチウム分析の結果、駒鳥池の水の滞留時間は約0～10年程度と推定されました。
- ・一方、深井戸（田代ダム付近）の平均涵養標高留時間は約60年以上と推定され、駒鳥池の水と比較して滞留時間は長い結果となりました。

(酸素・水素安定同位体比分析の結果)

- ・酸素・水素安定同位体比分析の結果、 $\delta^{18}\text{O}$ と δD との関係を整理すると、大井川流域の一定の標高ごとの湧水で実施した結果とは異なる状況を示し、池の水の蒸発等による影響が考えられたことから、地下水涵養線¹¹を用いた平均涵養標高は算出していません（詳細は、P. 75以降の「(巻末) 大井川流域の湧水の酸素・水素同位体比の分析結果について」ご参照）。

(まとめ)

- ・以上の分析結果から、駒鳥池の水は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考えられます。

¹¹ 地下水涵養線：大井川流域の地形的に集水域が限定された湧水地点を一定の標高ごとに設定し、各湧水の集水域の平均標高と同位体比との関係から作成した回帰直線のこと。



※酸素・水素安定同位体比の計測の結果、池の水の蒸発等による影響を受けている可能性が考えられたことから、地下水涵養線を用いた平均涵養標高は算出していません。

図 51 成分分析の計測結果まとめ (駒鳥池)

表 6(1) 成分分析の計測結果（溶存イオン）：駒鳥池

調査地点	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	備考
駒鳥池	0.1	0.9	1.1	0.2	0.6	2.3	<0.1	<0.4	採水標高：2,412m
【参考】深井戸 (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 採水標高：1,272m

表 6(2) 成分分析の計測結果（pH、EC、水温）：駒鳥池

調査地点	pH	電気伝導度 EC (mS/m)	水温 (°C)	備考
駒鳥池	5.1	1.9	11.9	採水標高：2,412m
【参考】深井戸 (田代ダム付近)	9.1	182.0	10.8	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

表 6(3) 成分分析の計測結果（不活性ガス等）：駒鳥池

調査地点	S F ₆		トリチウム		備考
	濃度 (pptv)	滞留時間※	濃度 (TU)	滞留時間※	
駒鳥池	7.7	約 13 年	2.45	約 0～10 年	採水標高：2,412m
【参考】深井戸 (田代ダム付近)	0.4	約 47 年	0.3 未満	約 60 年以上	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

※ 地下水や池の水に含まれる S F₆ やトリチウム濃度を計測し、公表されている濃度－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 F₆ 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 F₆ 濃度を計測し、公表されている濃度－年代の関係曲線を補正したうえで滞留時間を推定した。

表 6(4) 成分分析の計測結果（酸素・水素安定同位体）：駒鳥池

調査地点	δ D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	平均涵養標高	備考
駒鳥池	(-72.17)	(-10.31)	-※1	採水標高：2,412m
【参考】深井戸 (田代ダム付近)	-92.38	-13.15	約 1,700m※2	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

※1 酸素・水素安定同位体比の計測の結果、池の水の蒸発等による影響を受けている可能性が考えられたことから、地下水涵養線を用いた平均涵養標高は算出していない。

※2 地下水涵養線を用いて地下水の平均涵養標高を推定した。

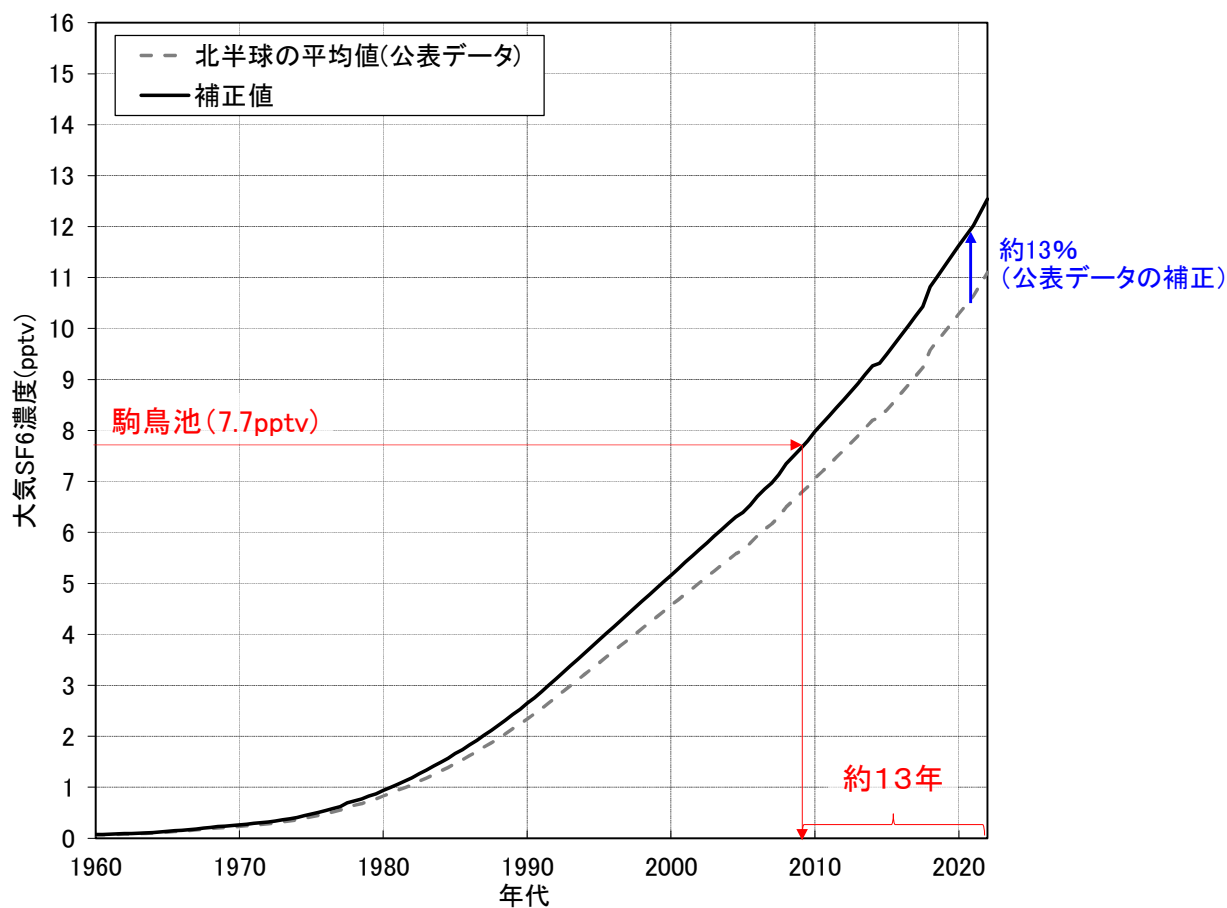


図 52 SF₆による滞留時間の分析（駒鳥池）

※大気中のSF₆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SF₆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。

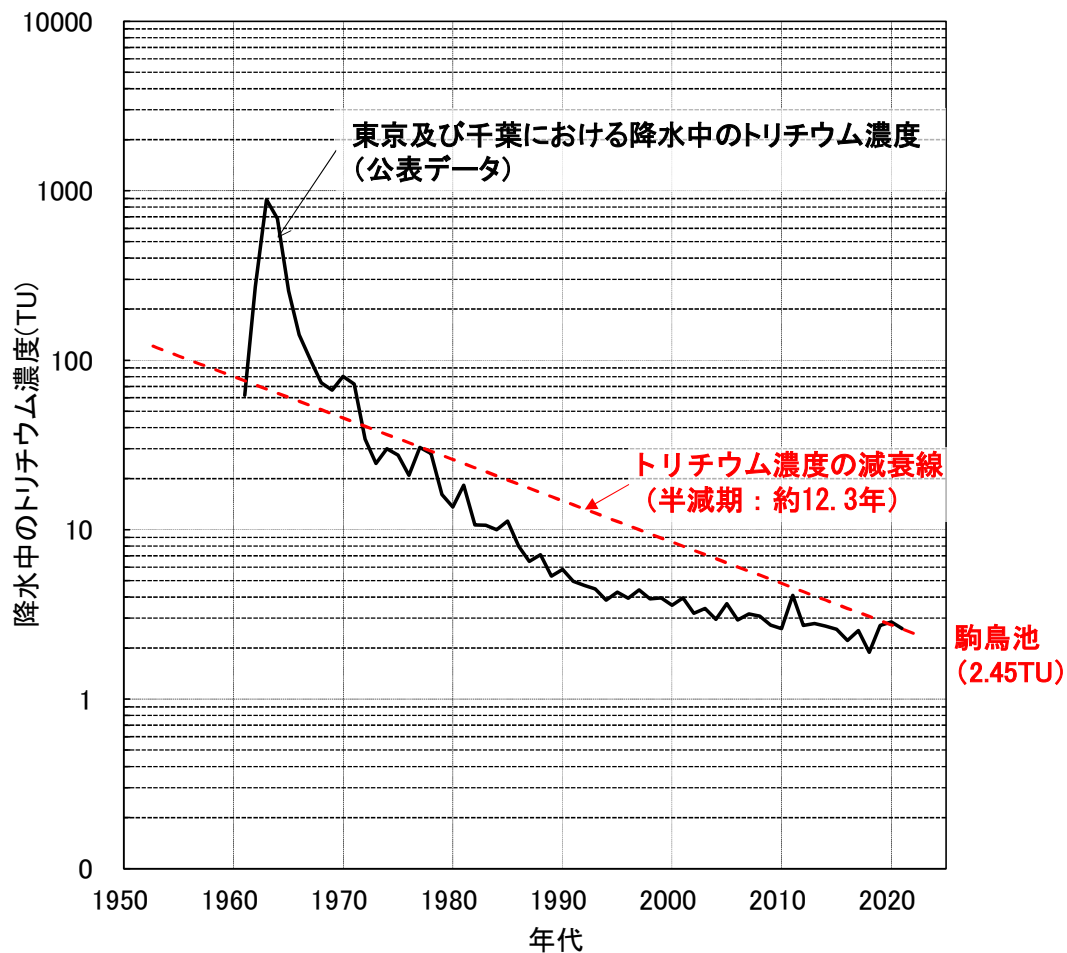


図 53 トリチウムによる滞留時間の分析（駒鳥池）

<考察>

- ・第19回リニア中央新幹線静岡工区有識者会議でご説明した駒鳥池付近の想定地質状況は以下の通りです。

[第19回リニア中央新幹線静岡工区有識者会議資料の再掲]

- ・駒鳥池においては、地表面付近に水はけの悪い層（粘土層等）が存在し、その上部に水が溜まっていると想定しています。また、水はけの悪い層（粘土層等）の下層には、風化帯等が存在することを想定しています。（下図）
- ・ボーリング調査の結果、水はけの悪い層の下層の風化帯等において不飽和帯が確認できれば、池の水と深部の地下水は直接的にはつながっていないと考えられます。

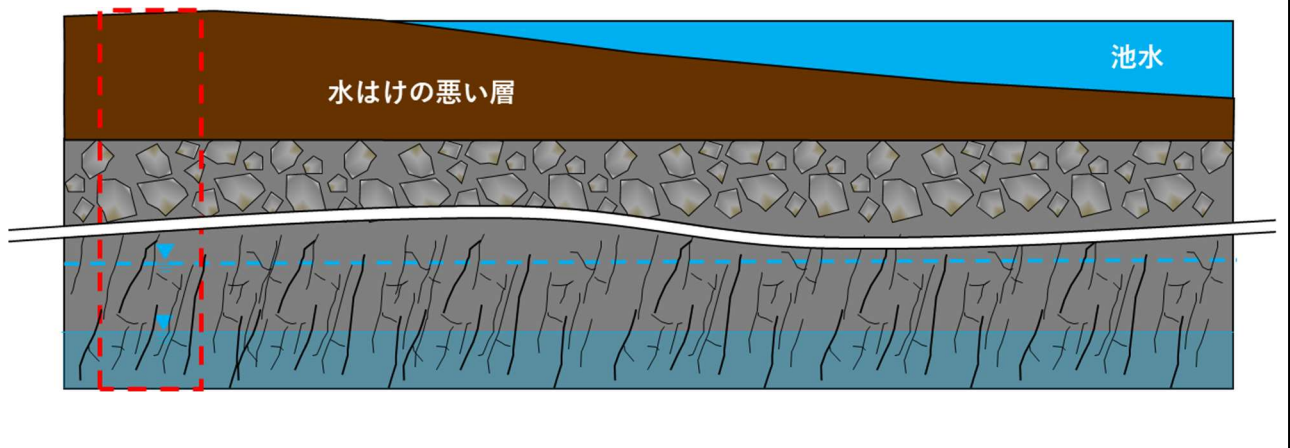


図 54 駒鳥池付近で想定される地質や地下水の帯水状況

- ・ボーリング調査の結果、想定していたとおり、地表面付近の GL-0.35m～1.35m で水はけの悪い層（礫混じり粘土）が確認され、その下層には GL-1.35m～6.30m で玉石混じり砂礫、GL-6.30m～19.60m で粘板岩が確認されました。また、電気探査の結果から、ボーリング調査で確認した地質状況の面的な広がりを確認しました。
- ・地下水位については、安定した地下水位は地表面から GL-9.00m 程度にあると考えられます。
- ・また、化学的な成分分析の結果、駒鳥池の水はトンネル掘削箇所付近の地下深部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考えられます。
- ・以上のことから、駒鳥池の水は比較的短い滞留時間で地表付近を動いている水が水はけの悪い層の上部に溜まったものと考えられるため、駒鳥池の水とトンネル掘削箇所付近の深部の地下水は直接的にはつながっていないと考えられます。

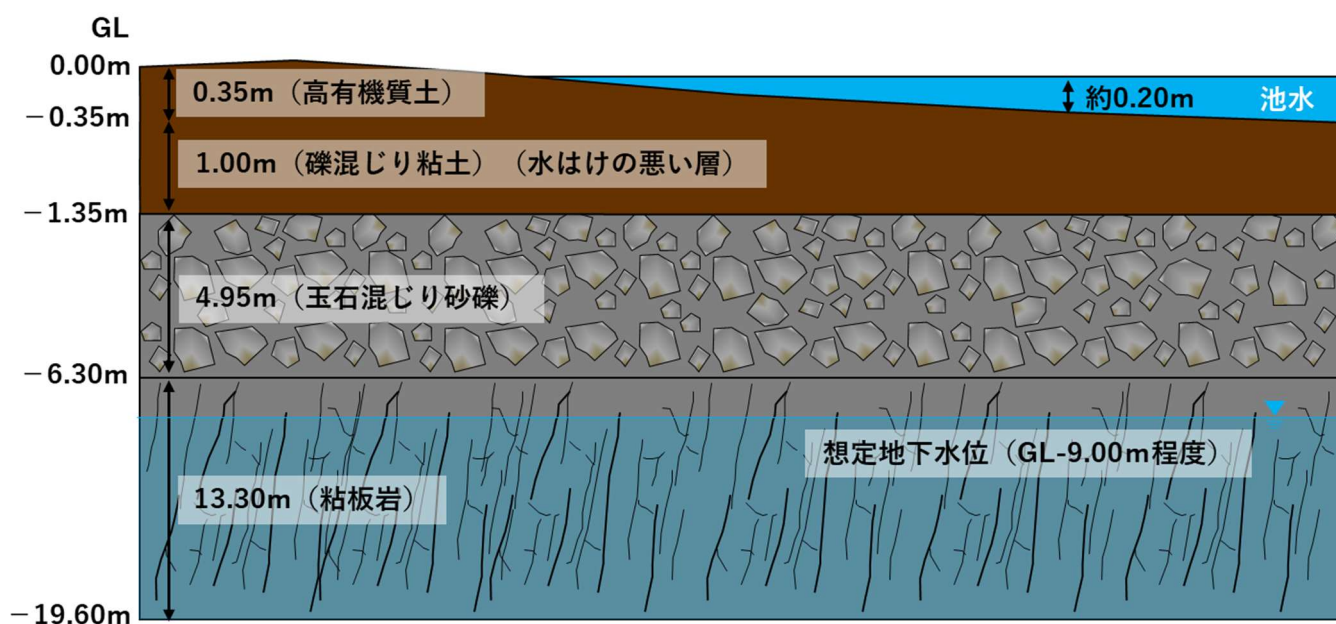


図 55 駒鳥池付近の調査結果を踏まえた地質や地下水の帯水状況

【補足】追加調査孔掘削

- ・ボーリング調査の結果から、駒鳥池の水は、地表面付近の GL-0.35～1.35m で確認された水はけの悪い層（礫混じり粘土）の上部に溜まったものと考えられます。
- ・この水はけの悪い層の分布状況を確認するため、図 56 の通り、ボーリング調査を実施した箇所から駒鳥池にかけて、一定間隔で調査孔（直径は孔底で約 20cm、地表面で約 30cm～50cm）を掘削し、地質状況と孔内水位の変化を確認しました。
- ・各調査孔における掘削深度、地質状況、孔内水位を表 7 にお示しします。

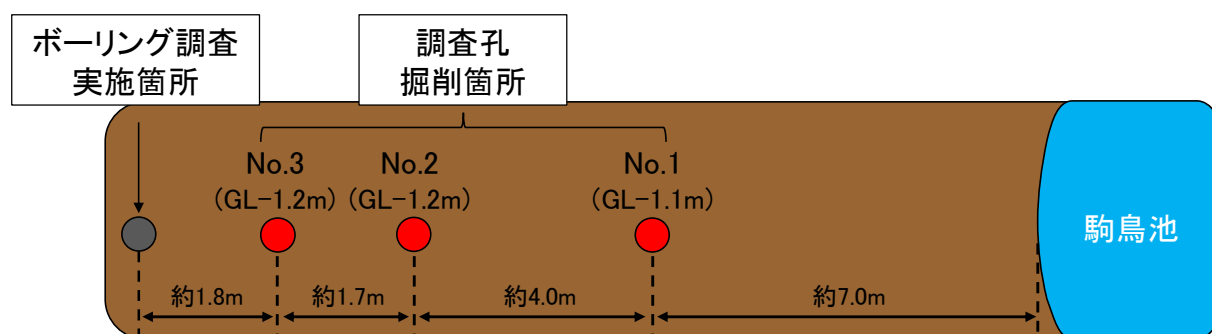


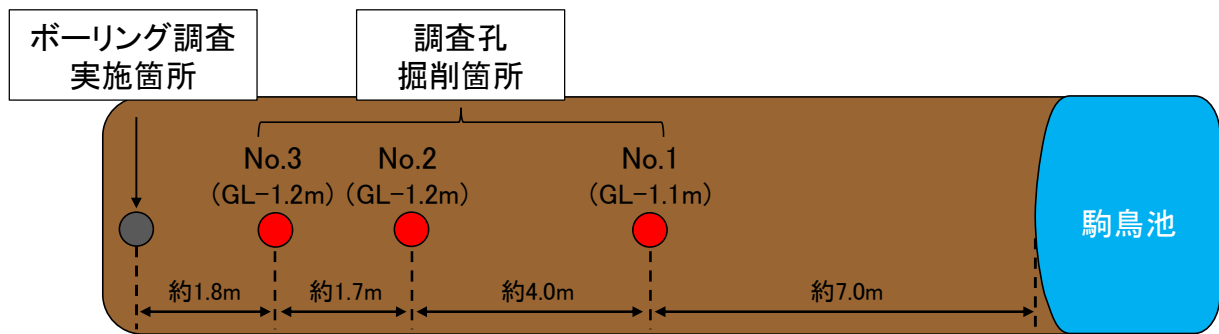
図 56 追加調査孔掘削箇所平面図（駒鳥池付近）

表 7 各調査孔における掘削深度、地質状況、孔内水位状況（駒鳥池付近）

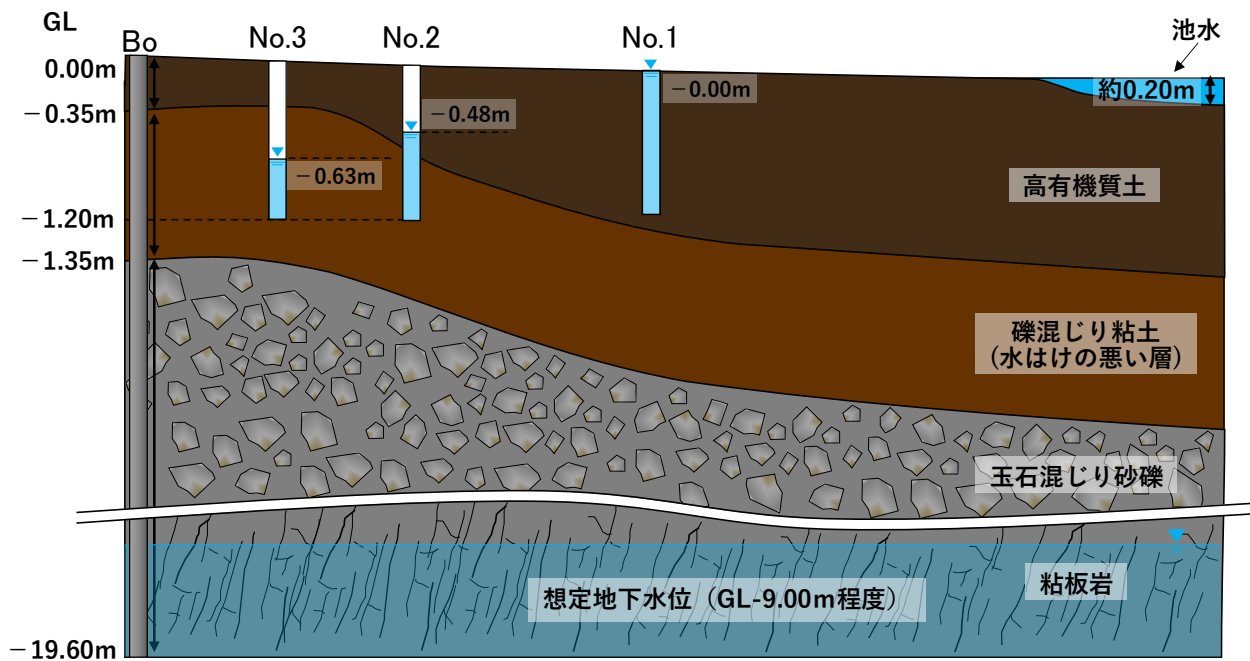
調査孔 No.	掘削深度 (m)	地質状況	孔内水位 (m)	
			2023 年 8 月 19 日	2023 年 8 月 20 日
No. 1	GL-1.10m	～GL-1.10m：高有機質土	GL-0.00m	GL-0.00m
No. 2	GL-1.20m	～GL-0.60m：高有機質土 ～GL-1.20m：礫混じり粘土	GL-0.48m	GL-0.12m
No. 3	GL-1.20m	～GL-0.20m：高有機質土 ～GL-1.20m：礫混じり粘土	GL-0.63m	GL-0.84m

※調査孔の掘削は 2023 年 8 月 18 日に完了

- ・最も駒鳥池に近い調査孔 No. 1 では、地表面付近の高有機質土層が、ボーリング調査箇所を確認された厚さより厚く確認されました。孔内水位は、掘削した翌日および翌々日ともに GL-0.00m であり、高有機質土とその下部にあると考えられる礫混じり粘土によって、地下水位が保持されていると考えられます。
- ・調査孔 No. 2 においても、地表面付近の高有機質土層は、ボーリング調査箇所を確認された厚さより厚く、掘削した翌々日の孔内水位が GL-0.12m と高いことから、この地点においても高有機質土とその下部にあると考えられる礫混じり粘土によって、地下水位が保持されていると考えられます。
- ・一方で、調査孔 No. 3 については、地質状況はボーリング調査箇所と類似しており、孔内水位を確認すると、掘削した翌日と比較し、翌々日は孔内水位が低下しています。これは、調査孔の底部より下部に存在すると考えられる礫混じり粘土の厚さが薄いことにより、孔内水位を保持できない状況であると考えられます。
- ・以上のことから、改めて、駒鳥池の水は、一定の厚さを持った高有機質土や礫混じり粘土といった水はけの悪い層の上部に溜まったものであると考えられます。



2023 年 8 月 19 日時点



2023 年 8 月 20 日時点

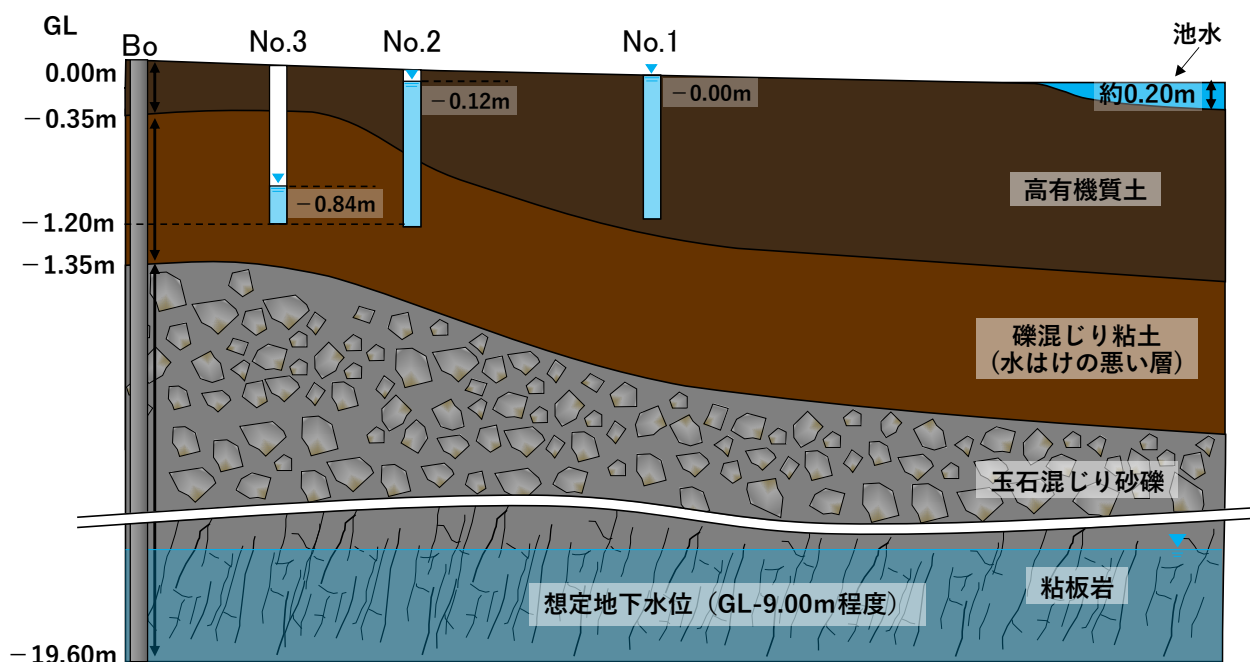


図 57 駒鳥池付近の調査結果を踏まえた想定地質と孔内水位状況

1) 天鏡池付近での調査について

a) 化学的な成分分析

(溶存イオン分析、pH、ECの計測結果)

- ・溶存イオン分析の結果、天鏡池の水の各イオンの濃度は非常に少なく、そのなかでも重炭酸イオン (HCO_3^-) の濃度が比較的多い結果となりました。また、pHは5.6で弱酸性を示し、電気伝導度ECは0.4mS/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^{2+}) とマグネシウムイオン (Mg^{2+}) の濃度が極端に少なく、ナトリウムイオン (Na^+) と重炭酸イオン (HCO_3^-) の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、天鏡池の値と比較して非常に高い値となりました。

(不活性ガス等分析の結果)

- ・六フッ化硫黄 (SF_6) 及びトリチウム分析の結果、天鏡池の水の滞留時間は約0～10年程度と推定されました。
- ・一方、深井戸（田代ダム付近）の平均涵養標高留時間は約60年以上と推定され、天鏡池の水と比較して滞留時間は長い結果となりました。

(酸素・水素安定同位体比分析の結果)

- ・酸素・水素安定同位体比分析の結果、 $\delta^{18}\text{O}$ と δD との関係を整理すると、大井川流域の一定の標高ごとの湧水で実施した結果とは異なる状況を示し、池の水の蒸発等による影響が考えられたことから、地下水涵養線を用いた平均涵養標高は算出していません（詳細は、P. 75以降の「(巻末) 大井川流域における湧水の酸素・水素同位体比の分析結果について」ご参照）。

(まとめ)

- ・以上の分析結果から、天鏡池の水は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考えられます。



※酸素・水素安定同位体比の計測の結果、池の水の蒸発等による影響を受けている可能性が考えられたことから、地下水涵養線を用いた平均涵養標高は算出していない。

図 58 成分分析の計測結果まとめ：天鏡池

表 8(1) 成分分析の計測結果（溶存イオン）：天鏡池

調査地点	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	備考
天鏡池	<0.1	0.6	0.2	<0.1	0.3	2.1	<0.1	<0.4	採水標高：2,682m
【参考】深井戸 (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 採水標高：1,272m

表 8(2) 成分分析の計測結果（pH、EC、水温）：天鏡池

調査地点	pH	電気伝導度 EC (mS/m)	水温 (℃)	備考
天鏡池	5.6	0.4	14.9	採水標高：2,682m
【参考】深井戸 (田代ダム付近)	9.1	182.0	10.8	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

表 8(3) 成分分析の計測結果（不活性ガス等）：天鏡池

調査地点	S F ₆		トリチウム		備考
	濃度 (pptv)	滞留時間※ ¹	濃度 (T U)	滞留時間※ ²	
天鏡池	8.5	約 10 年	2.37	約 0～10 年	採水標高：2,682m
【参考】深井戸 (田代ダム付近)	0.4	約 49 年	0.3 未満	約 60 年以上	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

※ 地下水や池の水に含まれる S F₆ 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 F₆ 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 F₆ 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。

表 8(4) 成分分析の計測結果（酸素・水素安定同位体）：天鏡池

調査地点	δ D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	平均涵養標高	備考
天鏡池	(-70.97)	(-9.80)	-※ ¹	採水標高：2,682m
【参考】深井戸 (田代ダム付近)	-92.38	-13.15	約 1,700m※ ²	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

※¹ 酸素・水素安定同位体比の計測の結果、池の水の蒸発等による影響を受けている可能性が考えられたことから、地下水涵養線を用いた平均涵養標高は算出していない。

※² 地下水涵養線を用いて地下水の平均涵養標高を推定した。

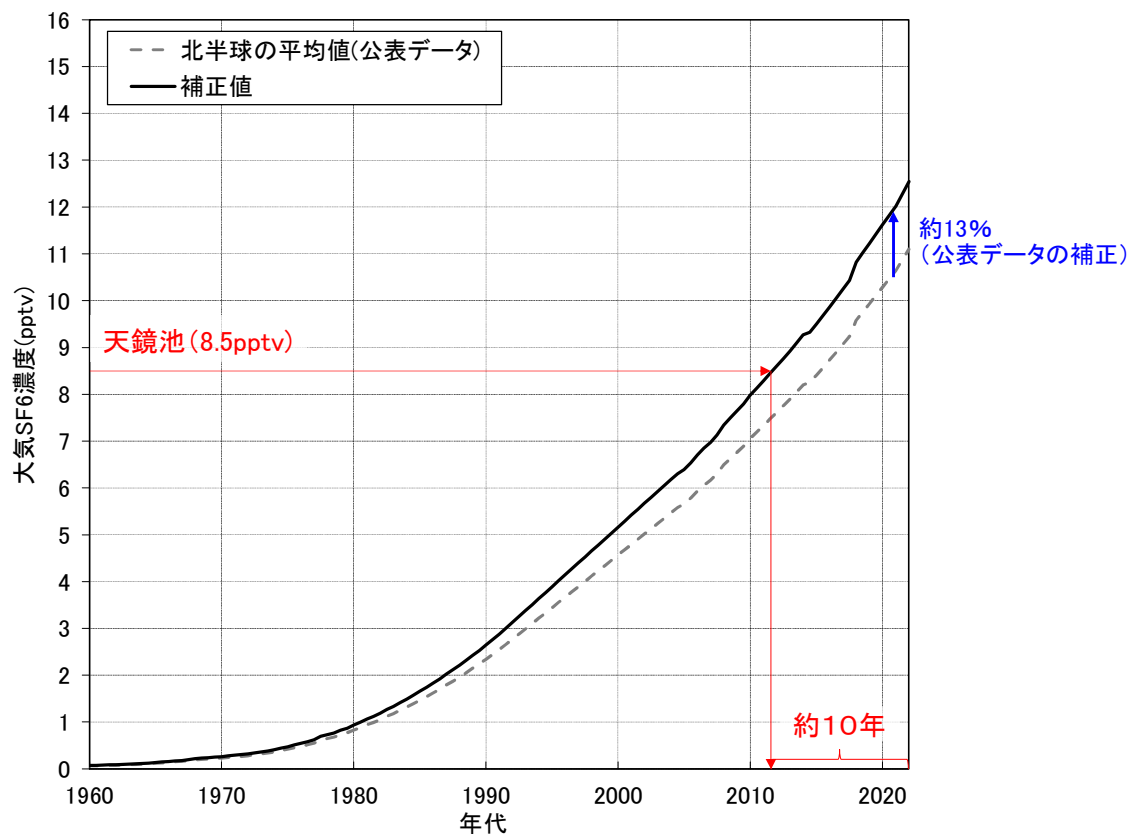


図 59 SF_6 による滞留時間の分析（天鏡池）

※大気中の SF_6 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 SF_6 濃度を計測し、公表されている濃度－年代の関係曲線を補正したうえで滞留時間を推定した。

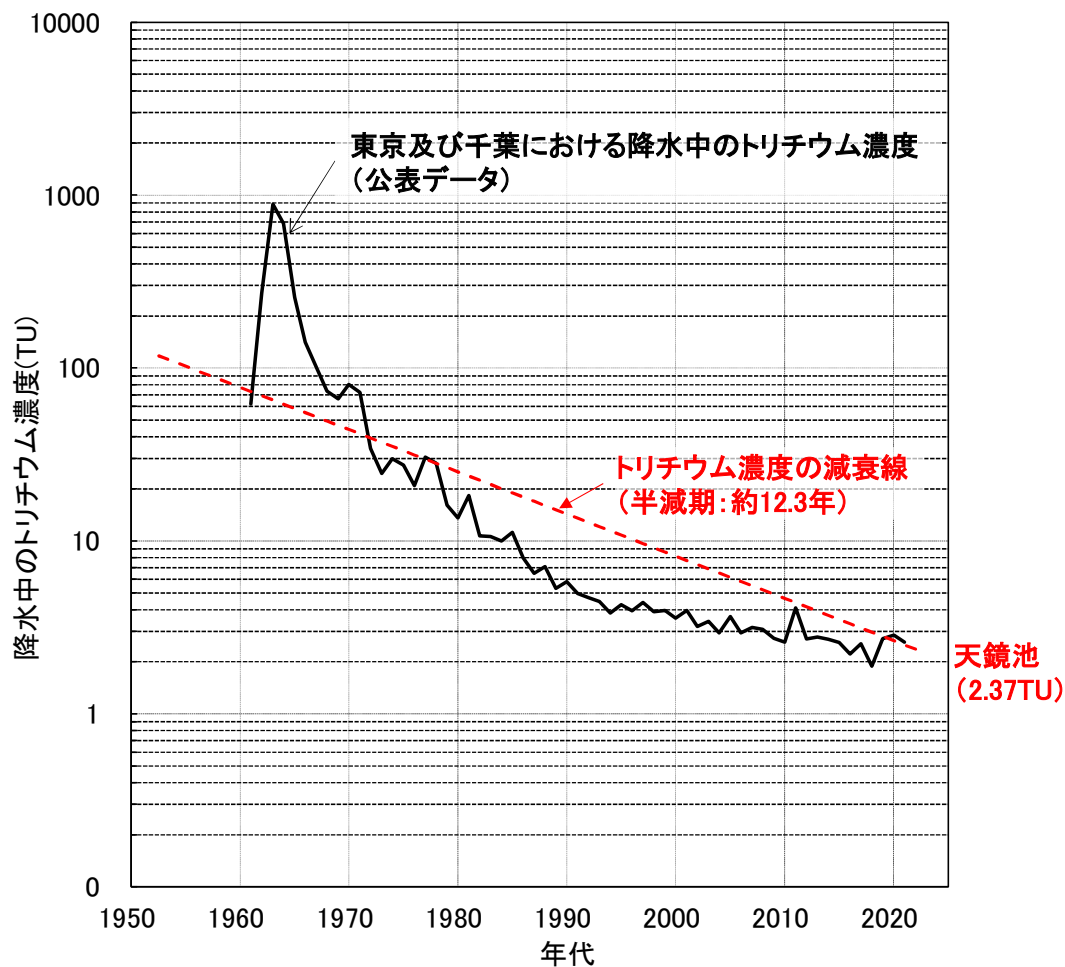


図 60 トリチウムによる滞留時間の分析（天鏡池）

5) 湧水調査について

- ・ 高標高部の湧水の化学的な成分分析結果について、報告します。
- ・ 調査箇所の位置平面図を図 61 にお示しします。

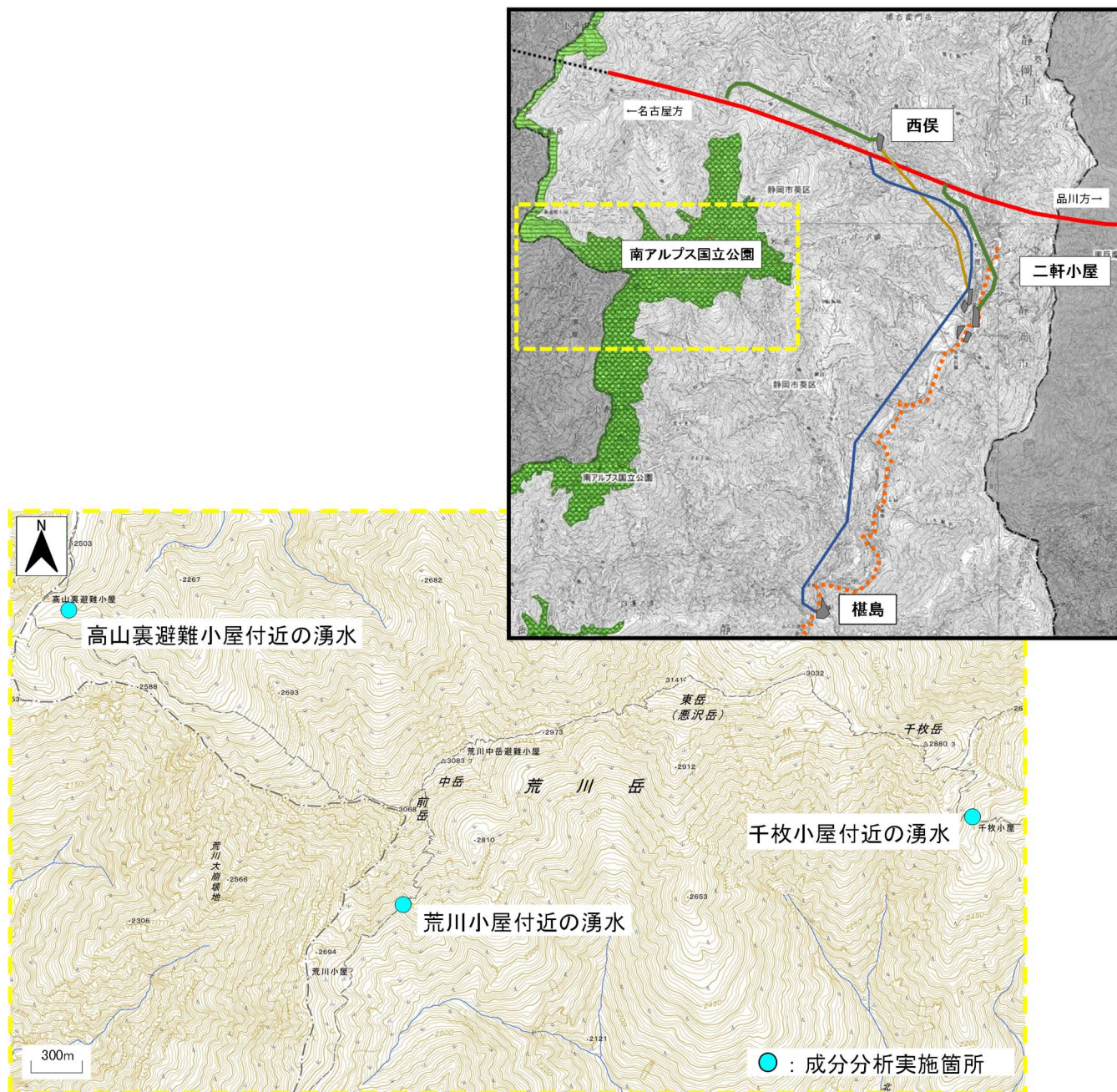


図 61 調査箇所 位置平面図（湧水調査）

ア. 調査の概要

7) 化学的な成分分析

- ・高標高部の湧水は、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湧水を採水し、化学的な成分分析を実施しました。
- ・今回の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お示しします。
- ・成分分析の分析項目及び概要を表 9 に、現地調査期間を表 10 にお示しします。

表 9 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（S F ₆ （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 10 成分分析の現地調査期間（湧水）

調査地点	調査期間	備考
千枚小屋付近の湧水	令和4年9月17日	採水標高：2,641m
荒川小屋付近の湧水	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 採水標高：1,272m

イ. 調査結果

- 成分分析の結果を図 62～図 68、表 11 にお示しします。なお、池の水などの平均涵養標高を算出するための地下水涵養線¹²を作成するために、酸素・水素安定同位体比の計測も行っており、その結果については P. 62 以降の「(巻末) 大井川流域の湧水の酸素・水素同位体比の分析結果について」に記載しています。

(溶存イオン分析、pH、EC の計測結果)

- 溶存イオン分析の結果、各湧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^{2+}) と重炭酸イオン (HCO_3^-) の濃度が卓越した水質特性を示しました。また、pH は 7.0～7.3 で中性を示し、電気伝導度 EC は 2.1～5.6mS/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^{2+}) とマグネシウムイオン (Mg^{2+}) の濃度が極端に少なく、ナトリウムイオン (Na^+) と重炭酸イオン (HCO_3^-) 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、各湧水の値と比較して非常に高い値となりました。

(不活性ガス等分析の結果)

- 六フッ化硫黄 (SF_6) 及びトリチウム分析の結果、各湧水の滞留時間は約 10 年と推定されました。
- 一方、深井戸 (田代ダム付近) の平均涵養標高留時間は約 60 年以上と推定され、各湧水と比較して滞留時間は長い結果となりました。

(まとめ)

- 以上の分析結果から、各湧水は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考えられます。
- 各湧水の状況については、定期的に確認していきます。

¹² 地下水涵養線：大井川流域の地形的に集水域が限定された湧水地点を一定の標高ごとに設定し、各湧水の集水域の平均標高と同位体比との関係から作成した回帰直線のこと。



図 62 成分分析の計測結果まとめ(千枚小屋付近の湧水)



図 63 成分分析の計測結果まとめ(荒川小屋付近の湧水)

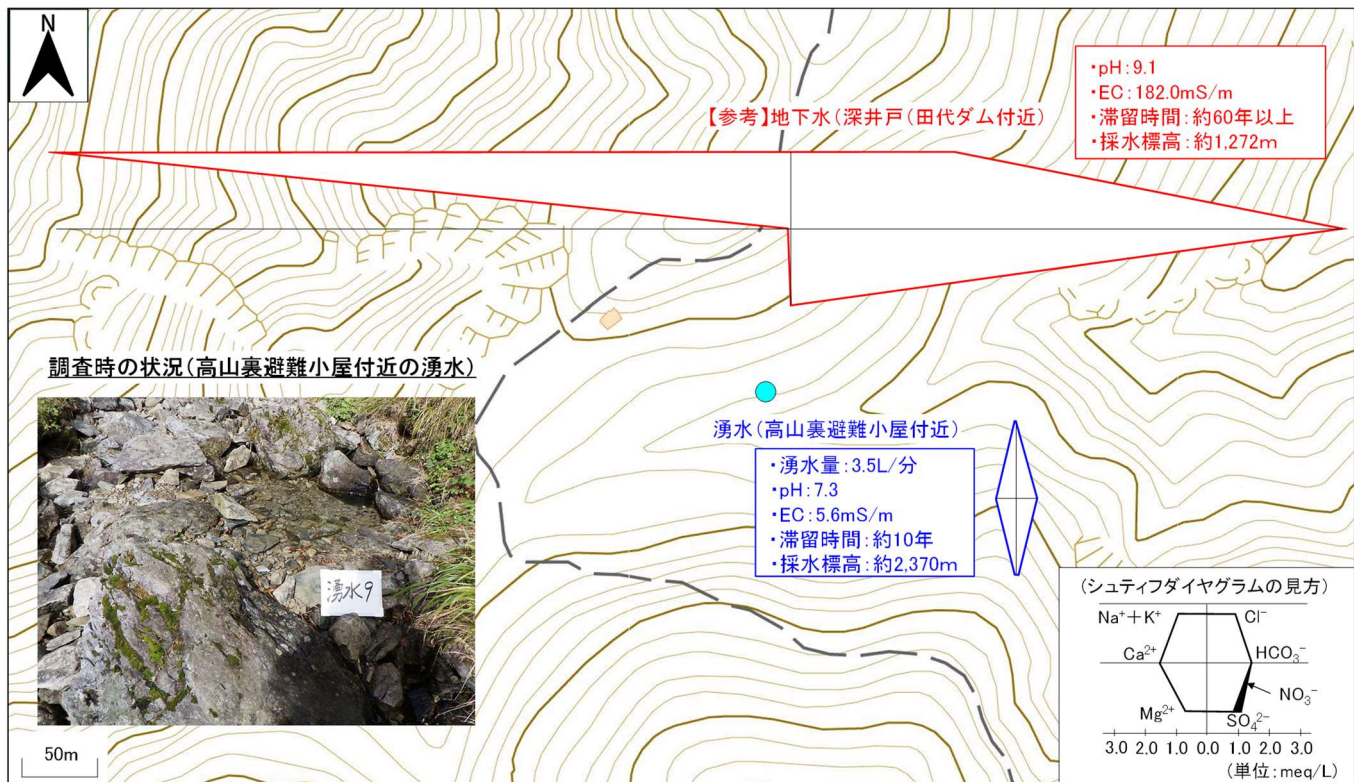


図 64 成分分析の計測結果まとめ(高山裏避難小屋付近の湧水)

表 11(1) 成分分析の計測結果（溶存イオン）：各湧水

調査地点	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	備考
千枚小屋付近の湧水	0.9	0.1	2.4	0.2	0.3	10.0	1.2	<0.4	採水標高：2,641m
荒川小屋付近の湧水	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 (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 採水標高：1,272m

表 11(2) 成分分析の計測結果（湧水量、pH、EC、水温）：各湧水

調査地点	湧水量 (L/分)	pH	電気伝導度 EC (mS/m)	水温 (℃)	備考
千枚小屋付近の湧水	3.8	7.0	2.1	5.4	採水標高：2,641m
荒川小屋付近の湧水	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水	3.5	7.3	5.6	4.5	採水標高：2,370m
【参考】深井戸 (田代ダム付近)		9.1	182.0	10.8	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

表 11(3) 成分分析の計測結果（不活性ガス等）：各湧水

調査地点	S F ₆		トリチウム		備考
	濃度 (pptv)	滞留時間※	濃度 (T U)	滞留時間※	
千枚小屋付近の湧水	8.7	約 10 年	3.22	約 0～50 年	採水標高：2,641m
荒川小屋付近の湧水	8.6	約 10 年	3.05	約 0～50 年	採水標高：2,715m
高山裏避難小屋付近の湧水	8.6	約 10 年	2.95	約 0～50 年	採水標高：2,370m
【参考】深井戸 (田代ダム付近)	0.4	約 47 年	0.3 未満	約 60 年以上	井戸深度：GL-256m 採水標高：1,272m

※ 地下水や池の水に含まれる S F₆ 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 F₆ 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 F₆ 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。

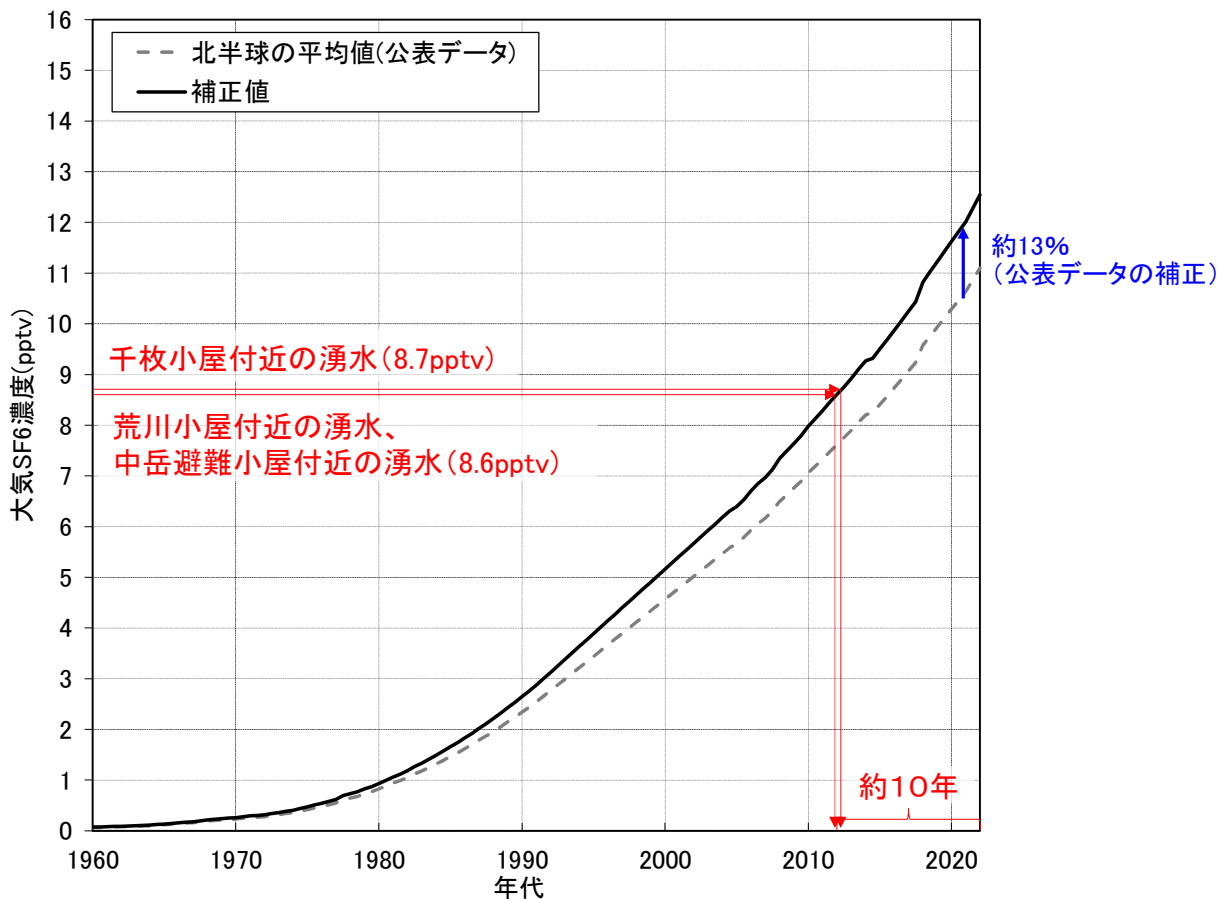


図 65 SF₆による滞留時間の分析（各湧水）

※大気中のSF₆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SF₆濃度を計測し、公表されている濃度－年代の関係曲線を補正したうえで滞留時間を推定した。

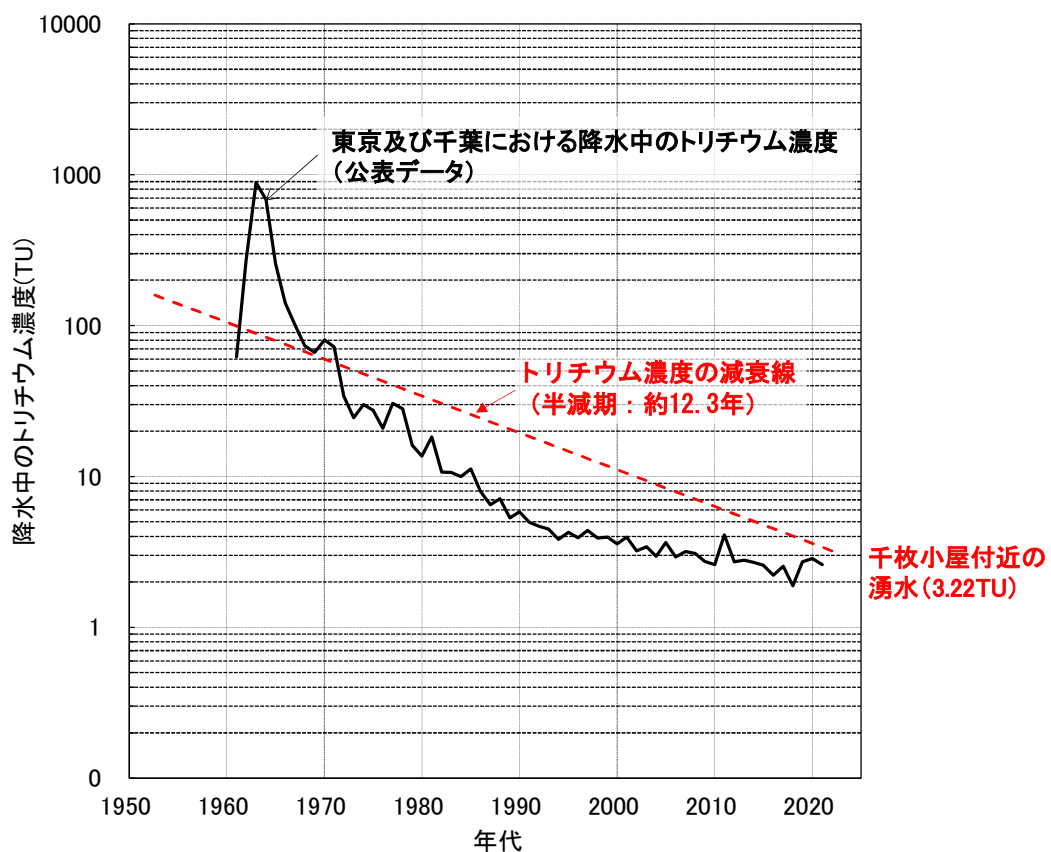


図 66 トリチウムによる滞留時間の分析（千枚小屋付近の湧水）

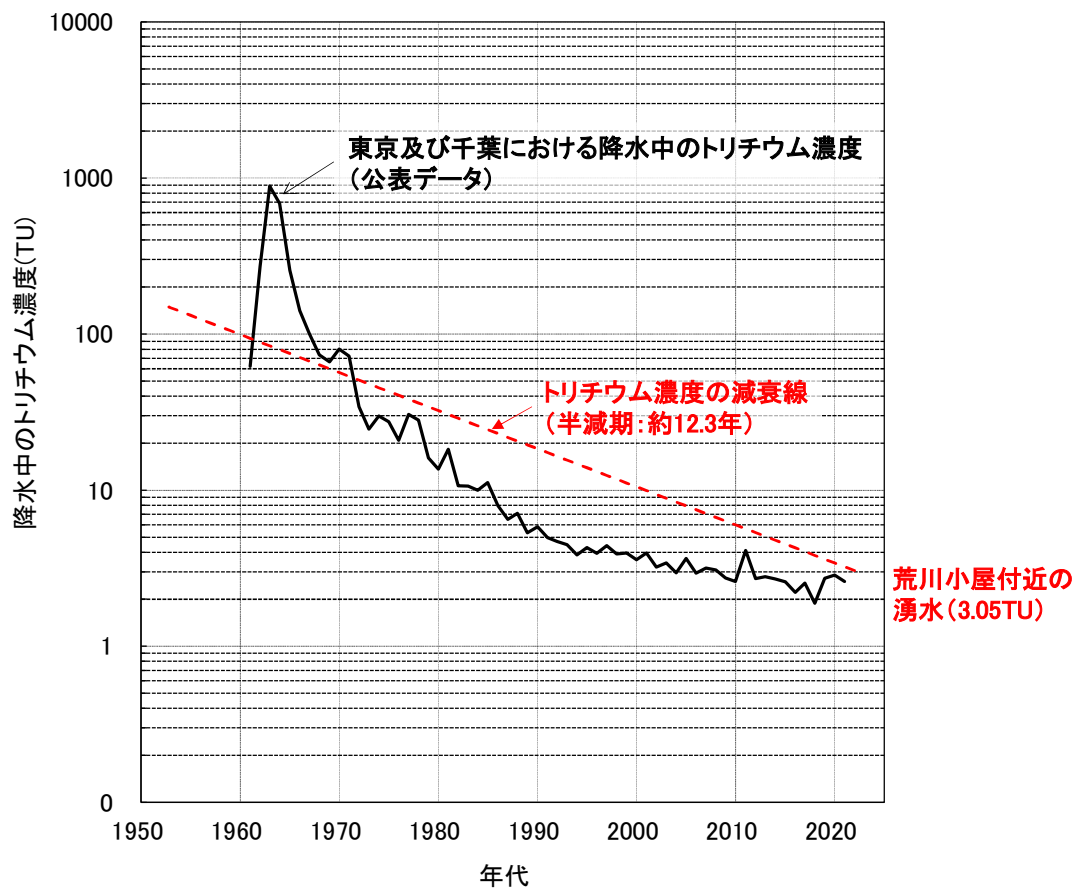


図 67 トリチウムによる滞留時間の分析（荒川小屋付近の湧水）

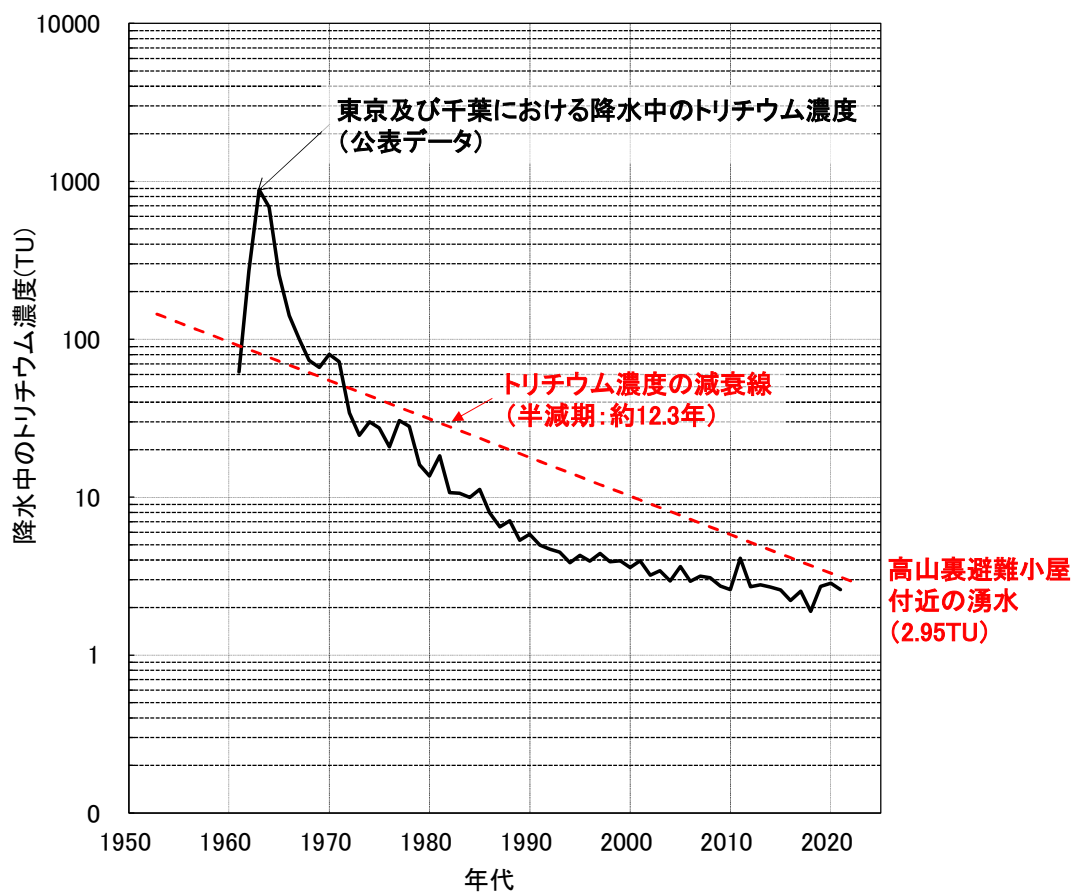


図 68 トリチウムによる滞留時間の分析（高山裏避難小屋付近の湧水）

(巻末) 大井川流域の湧水の酸素・水素安定同位体比の計測結果について

- ・今回実施した駒鳥池、天鏡池の計測結果のほか、同時期に実施した高標高部の湧水及び過年度に実施した大井川流域の湧水における酸素・水素同位体比の計測結果を表 12 にお示しします。
- ・また、 $\delta^{18}\text{O}$ を横軸、 δD を縦軸にとったグラフ (δ ダイアグラム) を図 69 にお示しします。一般的に、 $\delta^{18}\text{O}$ と δD の関係は傾きを 8 とする直線で近似されることが知られており、この δ ダイアグラムにおける y 切片の値 (d 値) は主に蒸発時に変化するとされています。d 値は世界規模でみると 10 の値をとるとされていますが、地域や季節等によって変化するとされています。
- ・駒鳥池、天鏡池の d 値は、大井川流域の各湧水と比べると小さい値となっていることなどから、池に溜まっていた水が蒸発していた可能性などが考えられます。

表 12 酸素・水素安定同位体比の計測結果

地点 番号	地点名	採水時期	集水域の 平均標高	採水標高	δD (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	d 値 (‰)
湧水1	清水屋の湧水	R2 年 7 月	155m	91m	-42.20	-6.77	11.94
		R3 年 2 月			-41.40	-6.81	13.08
湧水2	小長井の湧水	R2 年 7 月	428m	301m	-49.78	-7.66	11.53
		R3 年 2 月			-49.10	-7.70	12.50
湧水3	智満寺の湧水	R2 年 7 月	402m	332m	-40.13	-6.72	13.61
		R3 年 2 月			-39.20	-6.72	14.56
湧水4	奥大井の湧水	R2 年 7 月	882m	810m	-57.12	-8.68	12.35
		R3 年 2 月			-54.90	-8.57	13.66
湧水5	木賊付近の湧水	R2 年 7 月	1,299m	1,212m	-78.85	-11.33	11.80
		R3 年 2 月			-77.60	-11.40	13.60
湧水6	千枚小屋付近の湧水	R4 年 9 月	2,683m	2,641m	-95.82	-13.88	15.25
湧水7	荒川小屋付近の湧水	R4 年 9 月	2,887m	2,715m	-95.91	-13.81	14.57
湧水8	高山裏避難小屋付近の湧水	R4 年 9 月	2,483m	2,370m	-88.21	-12.64	12.87
湧水9	池の平付近の湧水	R4 年 9 月	1,854m	1,698m	-75.84	-11.13	13.17
池水1	駒鳥池	R4年9月		2,412m	-72.17	-10.31	10.35
池水2	天鏡池	R4年9月		2,682m	-70.97	-9.80	7.46

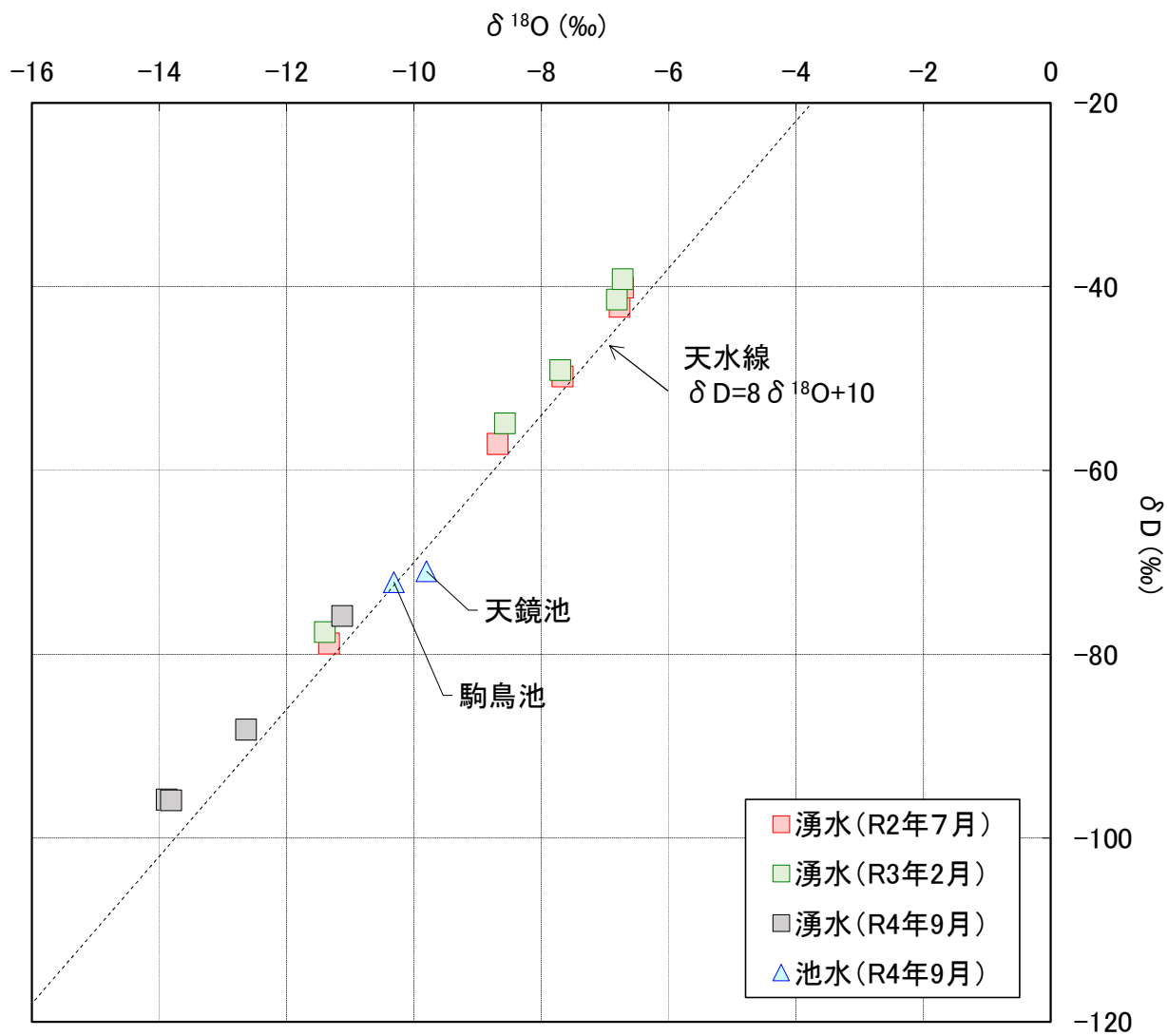


図 69 δ ダイアグラム