

湧水と水文地質分布の関係

・北大塩大清水湧水

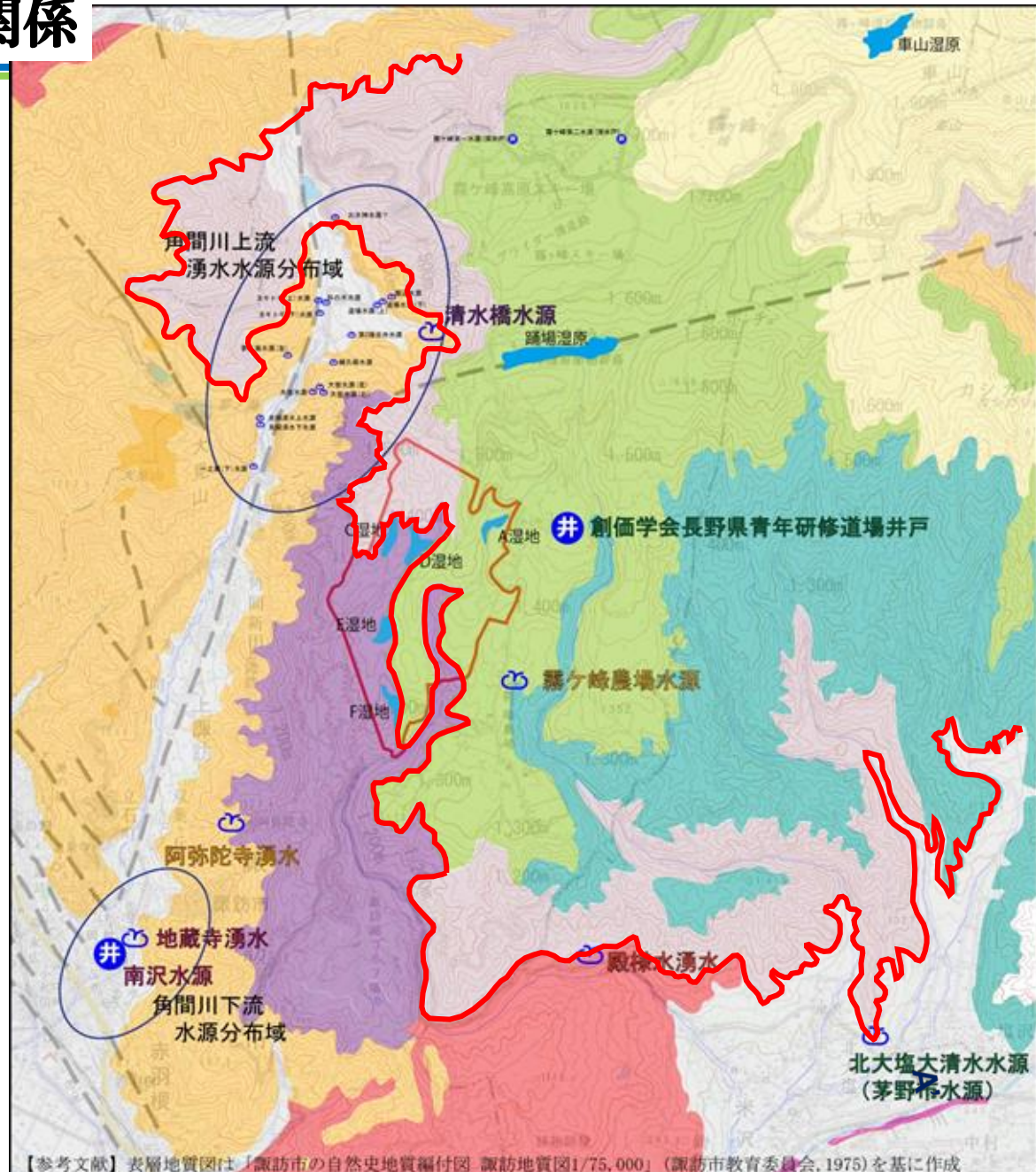
第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (KIb層) の末端から湧出している。

・対象事業実施区域の湧水

東側尾根部に第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (KIb層) が分布。
対象事業実施区域内にみられる湧水を伴う湿地は、下位の第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類 (KIa層) との境界部に分布する。

・南沢水源 (深井戸)

古期火山岩碎屑岩を帯水層としている。

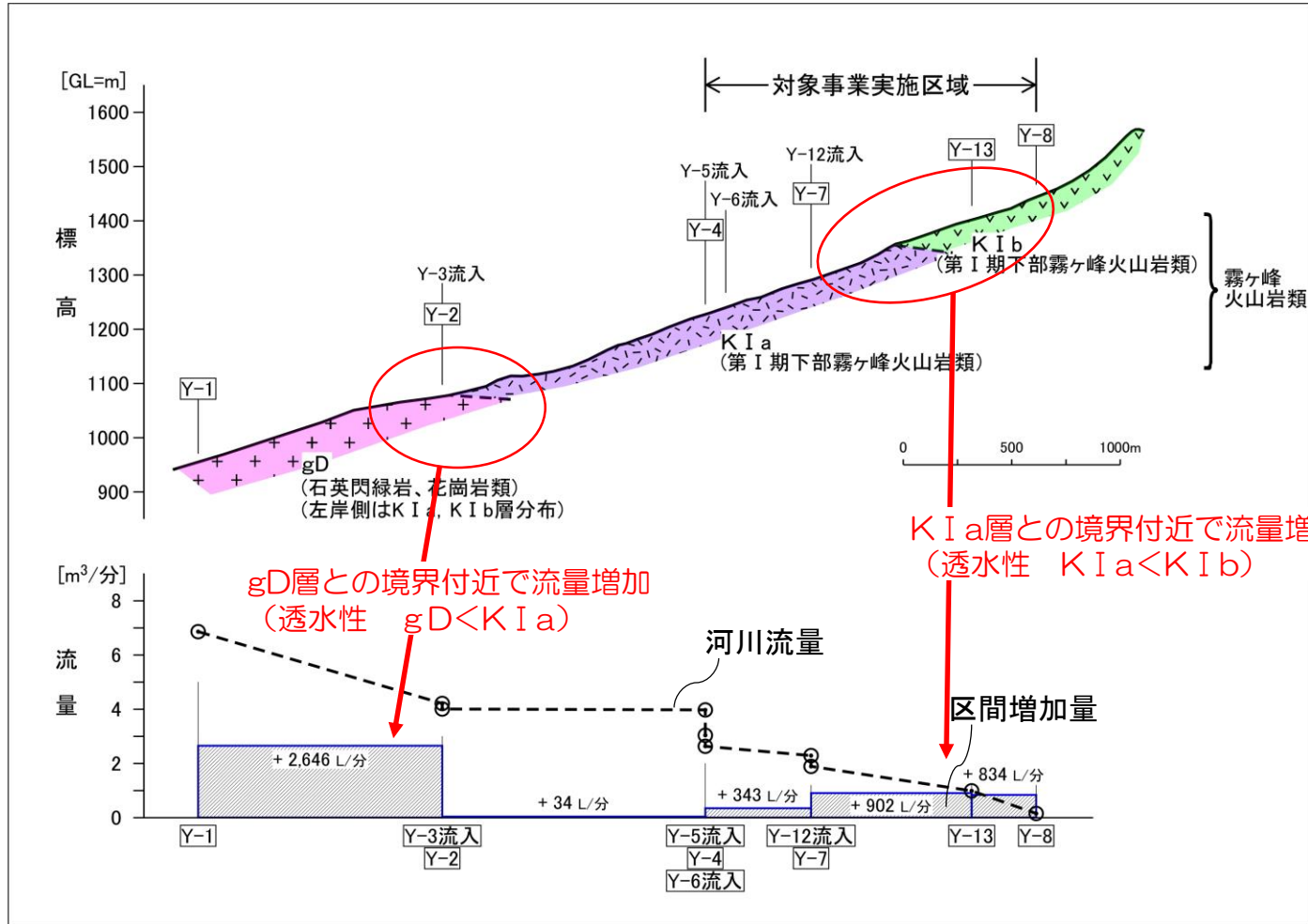


地質凡例

■ 第四紀堆積層 (a, t)	— — 断層・推定断層
■ 第Ⅱ期上部霧ヶ峰火山岩類 (KIIc, KIIc')	
■ 第Ⅱ期中部霧ヶ峰火山岩類 (KIIb)	
■ 第Ⅱ期下部霧ヶ峰火山岩類 (KIIa, KIIa')	
■ 第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (KIb)	
■ 第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類 (KIa, KIa')	
■ 古期火山岩碎屑岩類 (凝灰角礫岩を主とする) (Ena, Enb)	
■ 領家花崗岩類 (gD)	


【参考文献】表層地質図は「諏訪市の自然史地質編付図 諏訪地質図1/75,000」(諏訪市教育委員会, 1975)を基に作成

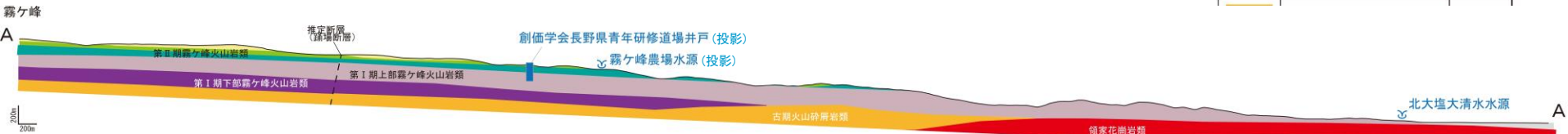
茅野横河川の区間水収支



水文地質縦断模式図(霧ヶ峰～北大塩大清水水源・清水橋水源)

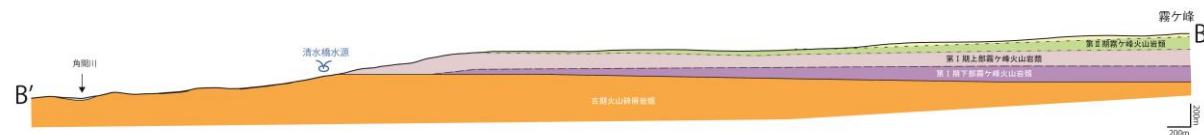
【霧ヶ峰～北大塩大清水水源】

凡例	地質	透水性
	第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類	やや劣る

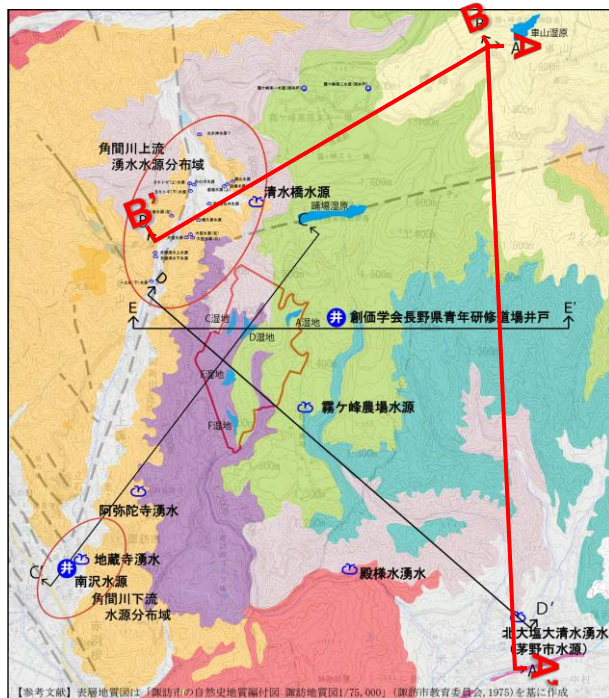


- ・北大塩大清水水源は第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (K I b層) から湧出。
(下位には透水性の劣る花崗岩が分布している)
- ・創価学会長野県青年研修道場井戸は、北大塩大清水水源と同様のK I b層を取水対象層としている。

【霧ヶ峰～清水橋水源】



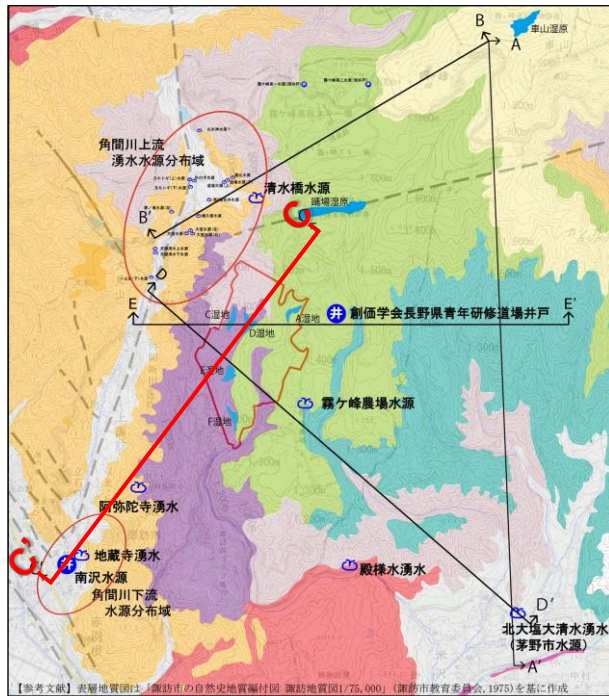
- ・清水橋水源は北大塩大清水水源と同じ第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (K I b層) から湧出。
(下位には透水性が劣る古期火山碎屑岩類(En層)が分布している)



【参考文献】 表層地質図は「諏訪市の自然史地質編付図 諏訪地質図(1/75,000) (諏訪市教育委員会, 1975)を基に作成

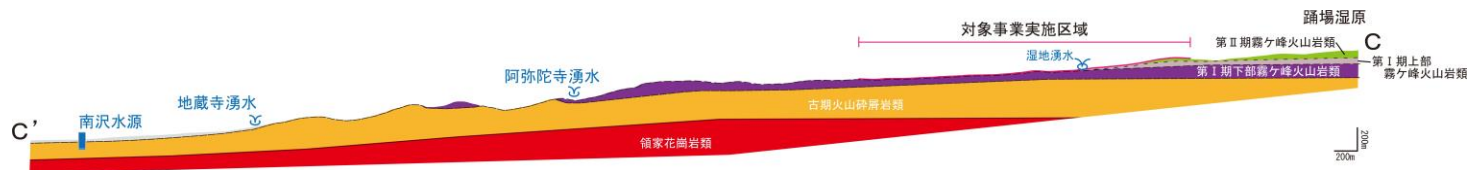


水文地質縦断模式図(対象事業実施区域～南沢水源)



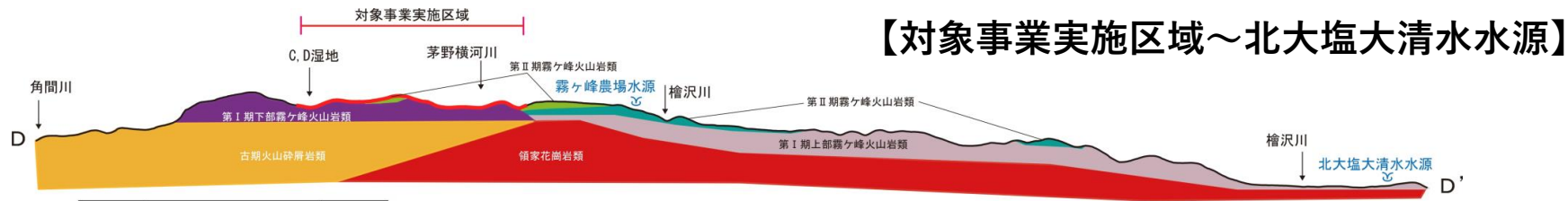
- ・湿地湧水は第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (KⅠb層) から湧出。
(下位には透水性のやや劣る第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類 (KⅠa層) が分布)
- ・対象事業実施区域には主に第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類 (KⅠa層) が分布し、下位の古期火山碎屑岩類 (En層) と同様、角間川方向に傾斜している。
- ・阿弥陀寺湧水は第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類 (KⅠa層) から湧出し、地藏寺湧水および南沢水源は古期火山碎屑岩類より取水している。

凡例	地質	透水性
	第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類	やや劣る
	古期火山碎屑岩類	劣る
	領家花崗岩類	劣る



水文地質縦断模式図

(対象事業実施区域～北大塩大清水水源および東西方向)



【対象事業実施区域～北大塩大清水水源】

凡例	地質	透水性
	第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類	やや劣る
	古期火山碎屑岩類	劣る
	領家花崗岩類	劣る

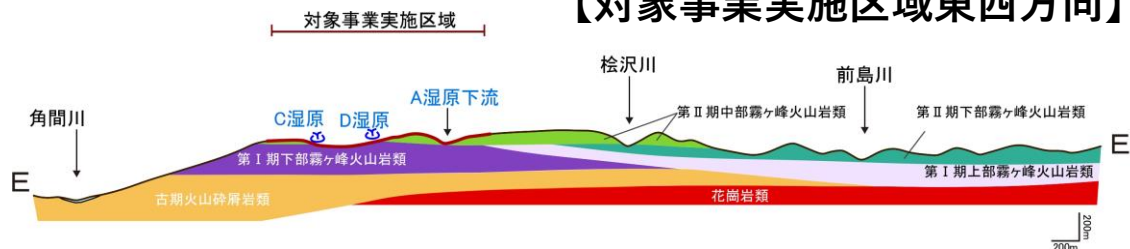
- ・対象事業実施区域内の湿地湧水は、北大塩大清水水源同様、第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (K I b層) から湧出
- ・霧ヶ峰農場湧水はK I b層より上位の第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類 (K II b層) から湧出。
- ・対象事業実施区域の深部にはK I b層より下位の第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類および古期火山碎屑岩類が分布する。



【参考文献】 表層地質図は「諏訪市の自然史地質編(村 諏訪地質図(1/75,000) (諏訪市教育委員会, 1975)を基に作成



【対象事業実施区域東西方向】

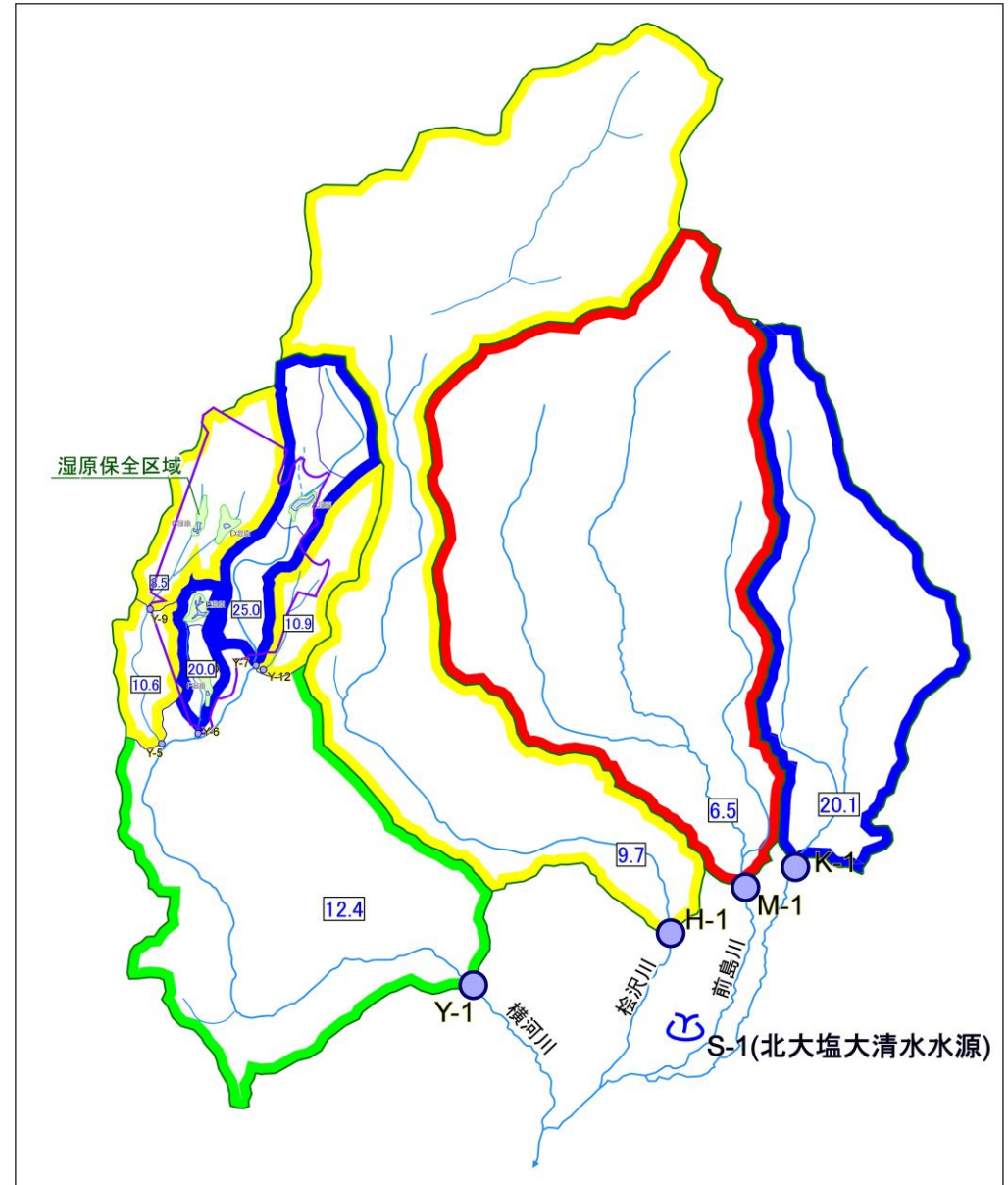


- ・対象事業実施区域の深部は第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類 (K I a層) および古期火山岩類 (En層) が西側に傾斜して分布し、上位の第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (K I a層) は湿地の湧水より上部に分布している。
- ・北大塩大清水水源の帯水層となるK I b層は対象事業実施区域の東側に前島川を中心とした凹地を埋めるような形で分布している。

比流量分布(河川流量のみで求めた比流量分布)

【実測した湧水比流量】

- ・ 北大塩大清水湧水の東側藤原川と対象事業実施区域(横河川上流域)で $20 \ell / \text{sec} / \text{km}^2$ 以上の値を示す。
- ・ その間の2流域(桧沢川流域, 前島川流域)で比較的小さい値($10 \ell / \text{sec} / \text{km}^2$ 以下)を示す特徴がある。

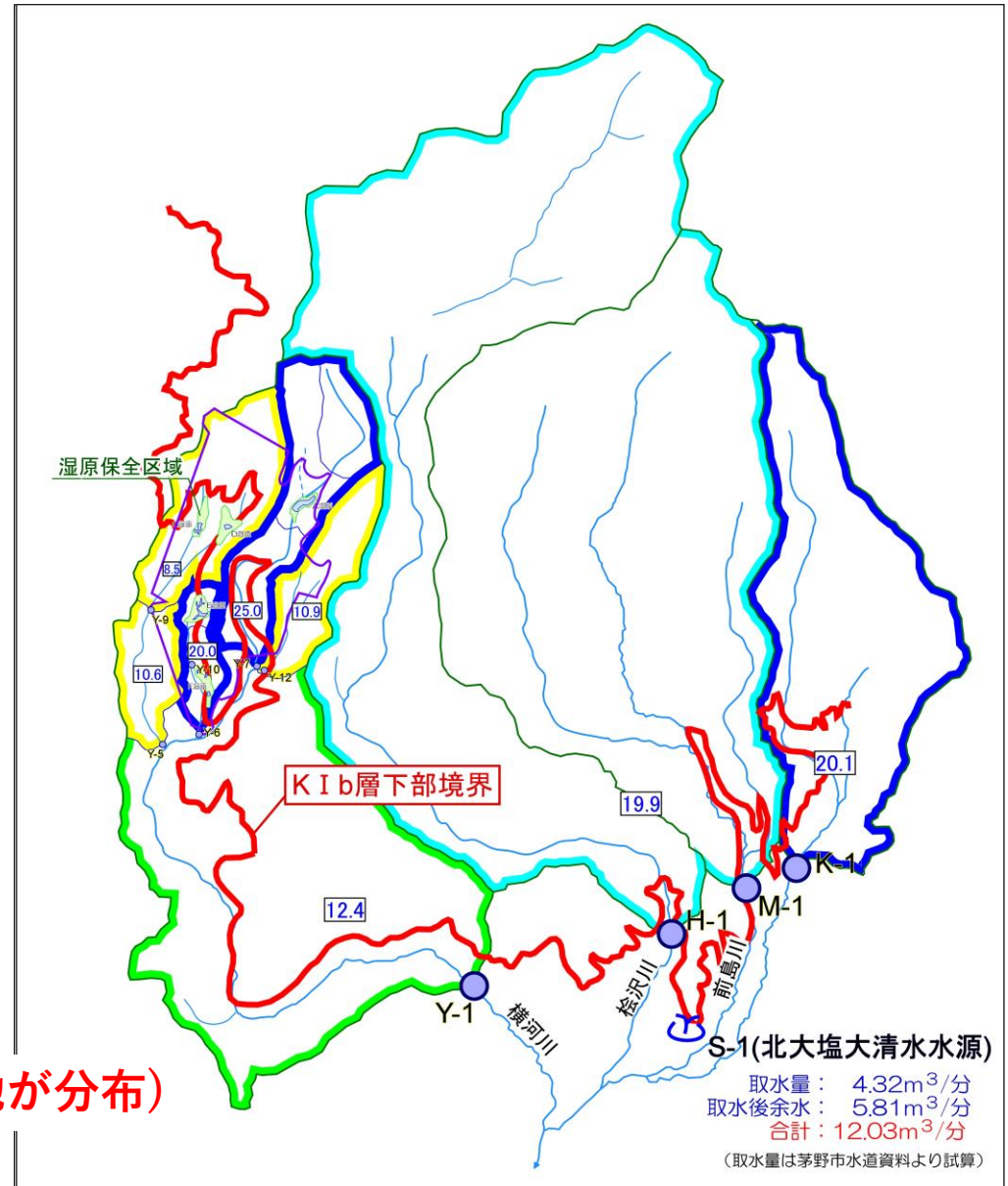


比流量分布(北大塩大清水水源湧水量を加味した比流量分布)

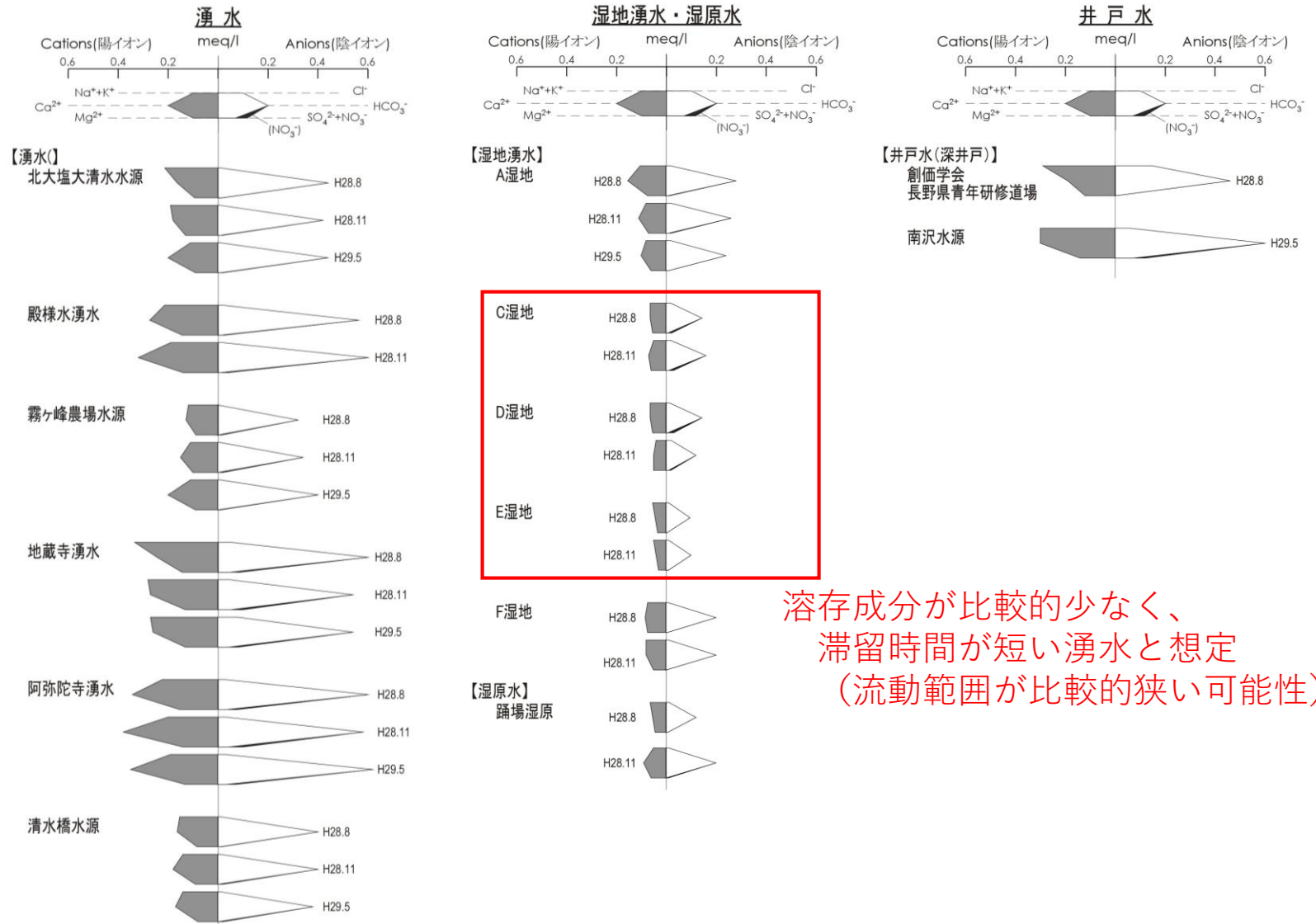
【湧水を加味した湧水比流量】

- ・ 北大塩大清水水源取水量を中間の2流域に加えた比流量は、約 $20 \ell / \text{sec} / \text{km}^2$ となる。
- ・ 第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (K I b層) の分布域を重ねれば、比流量約 $20 \ell / \text{sec} / \text{km}^2$ 分布域とほぼ一致した特徴が認められる。
- この層が北大塩大清水水源の帯水層となっている可能性が示唆される。
- ・ 対象事業実施区は、第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類 (K I b層) の分布流域で、第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類 (K I a層) に比べ大きい比流量 ($20 \ell / \text{sec} / \text{km}^2$ 以上) を示す。⇒ **流出域を示している。**

(これらの流域には湧水を伴う湿地が分布)

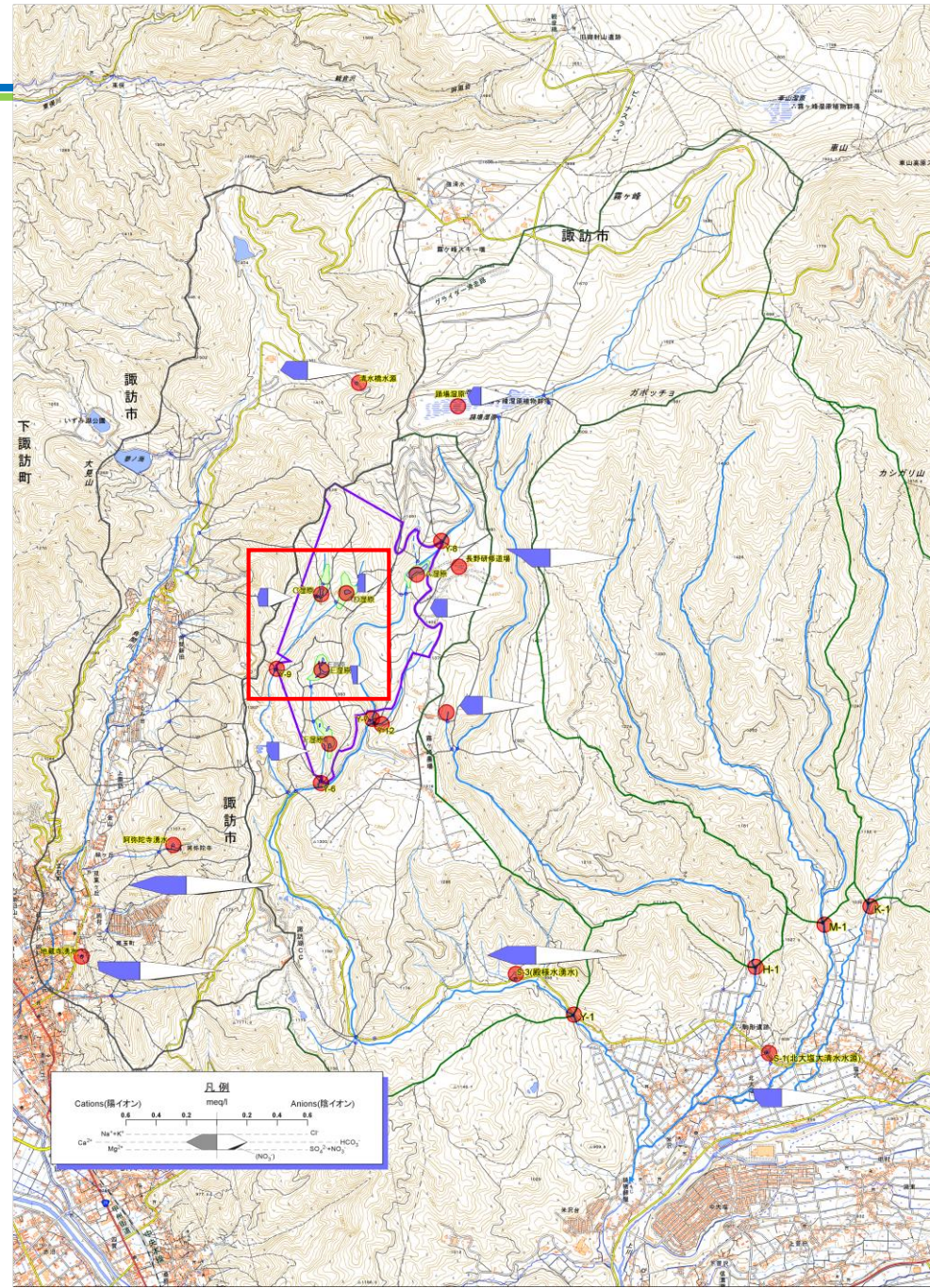


主成分分析結果



主成分分析結果(水質分布図)

湿地の湧水の溶存成分は少ない
(特に、C, D湿地湧水で少ない)



珪酸(SiO_2)・ナトリウムイオン(Na^+)の比較

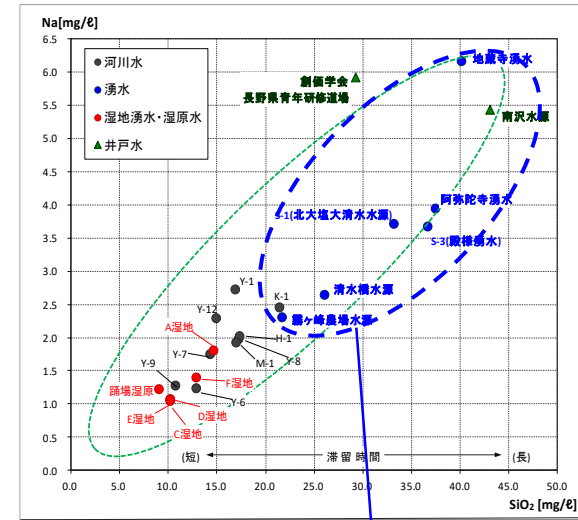
【珪酸(SiO_2)イオン濃度について】

・対象事業実施区域内の**湿地湧水**(特にC,D,E湿地)や**踊場湿原の湿原水**(赤ワク囲み)では SiO_2 濃度が小さい。

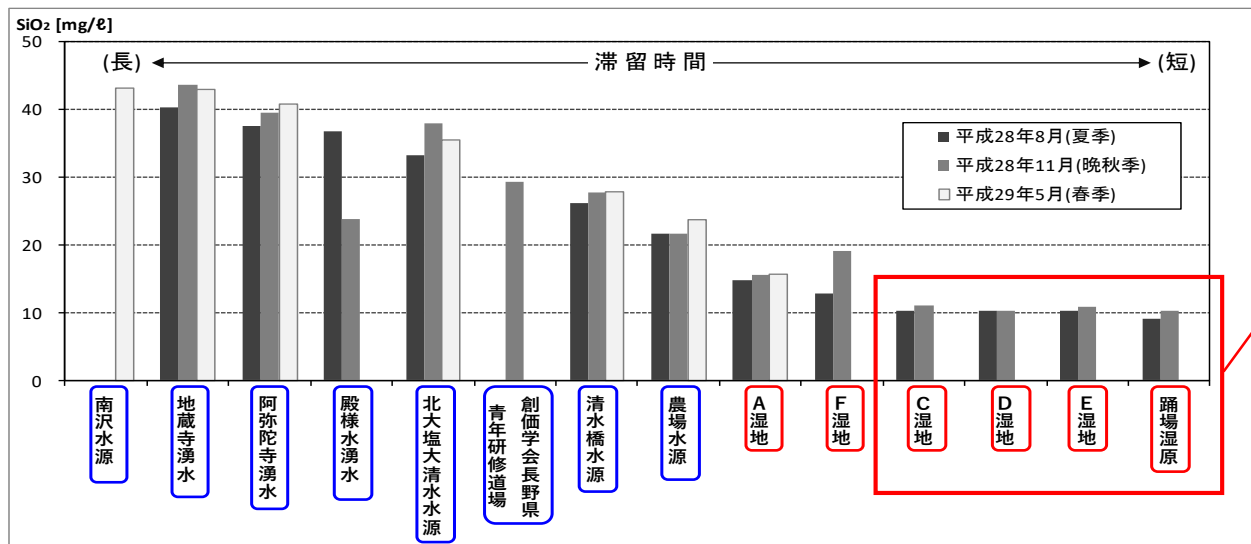
⇒**地下水の滞留時間は比較的短いと推定される**

・南沢水源, 地蔵寺湧水, 阿弥陀寺湧水, 北大塩大清水水源等(青ワク囲み)では SiO_2 濃度が小さい。

⇒**地下水の滞留時間は比較的長いと推定される**



SiO₂濃度の大きい水は
Na⁺濃度も大きい傾向を示す

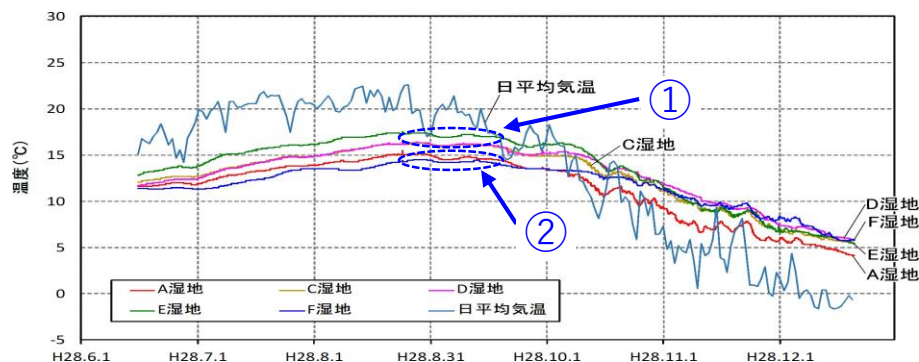


C・D・E湿地の湧水や
踊場湿原の湿原水は
SiO₂濃度が小さい

湿地内地下水の水温について

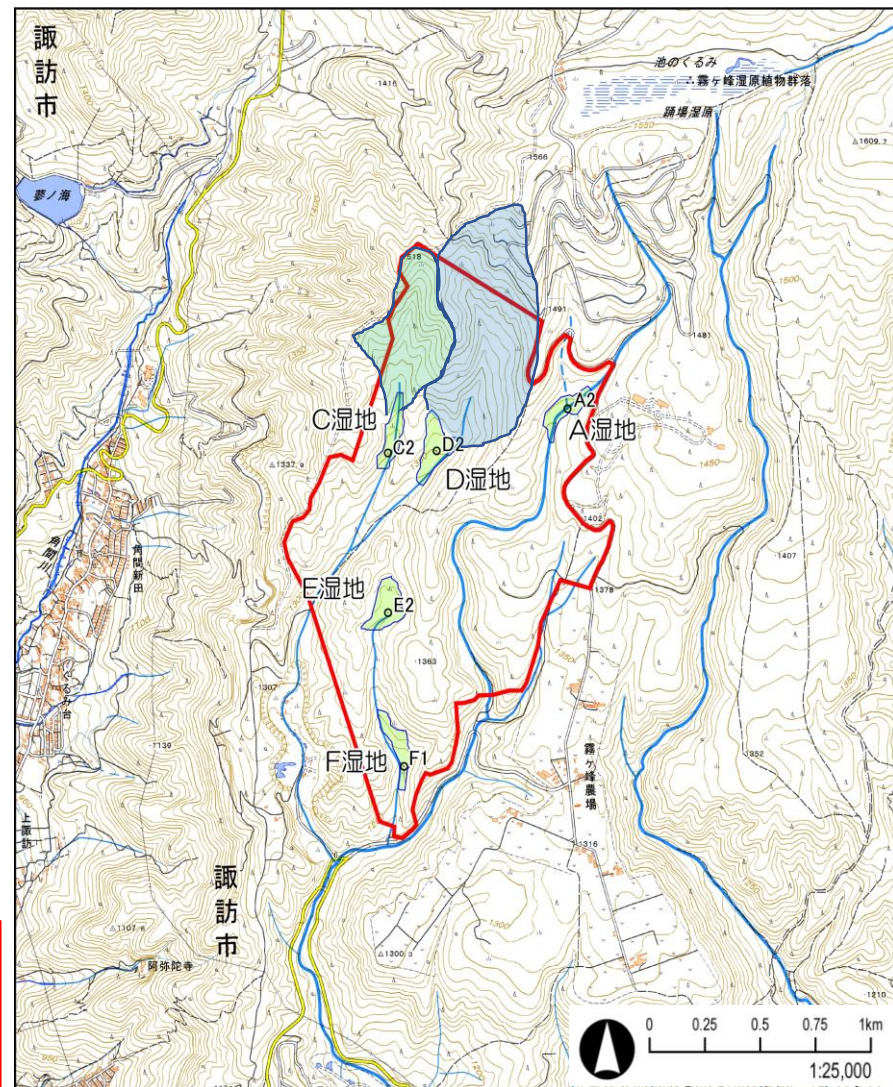
【夏場の水温傾向】

- ① C, D湿地やE湿地の水温は高い傾向を示す。
⇒ 比較的浅い流動の地下水
(気温の影響を受けやすい)
- ② A湿地, F湿地の水温は低い傾向を示す。
⇒ 比較的深い流動の地下水
(気温の影響を受けにくい)

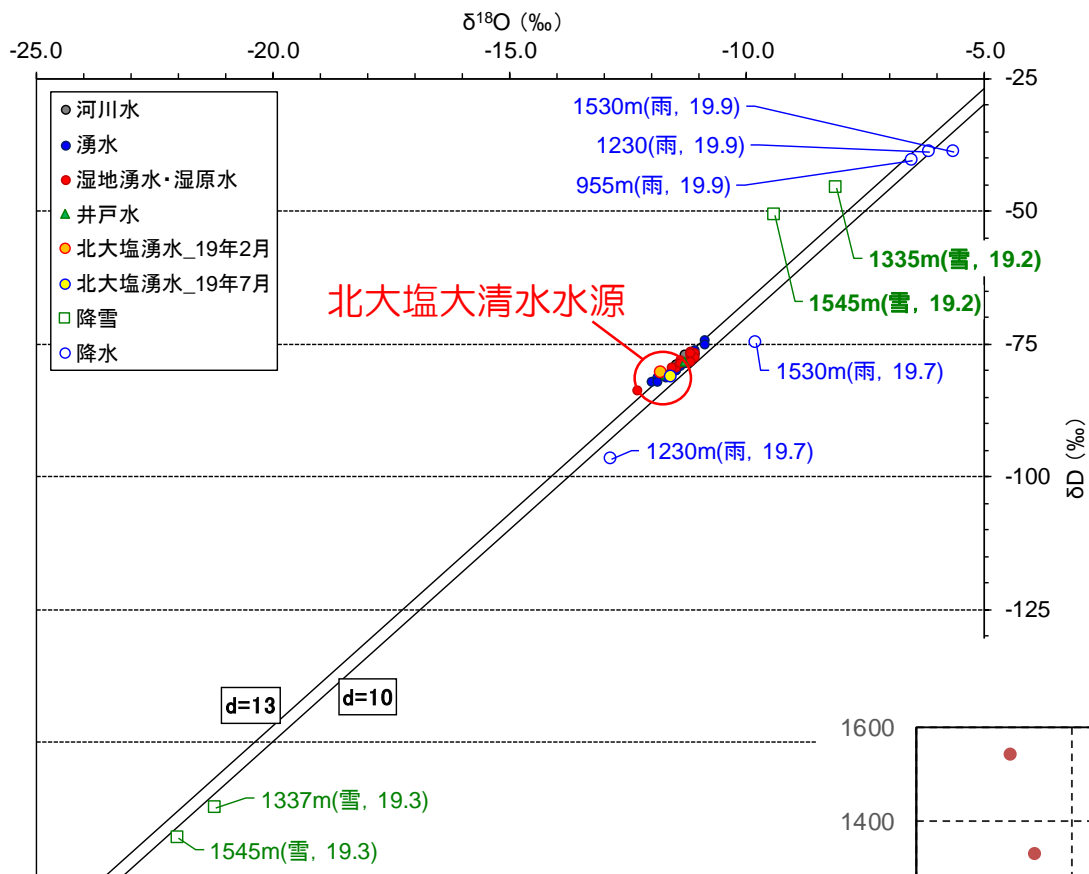


- ・ 特にF湿地の水温は全体的に変動が小さい。

C, D, E湿地の湧水は湿地近傍で涵養した地下水が比較的短い時間で湧出している
(涵養域が湧水近傍に限られる可能性)



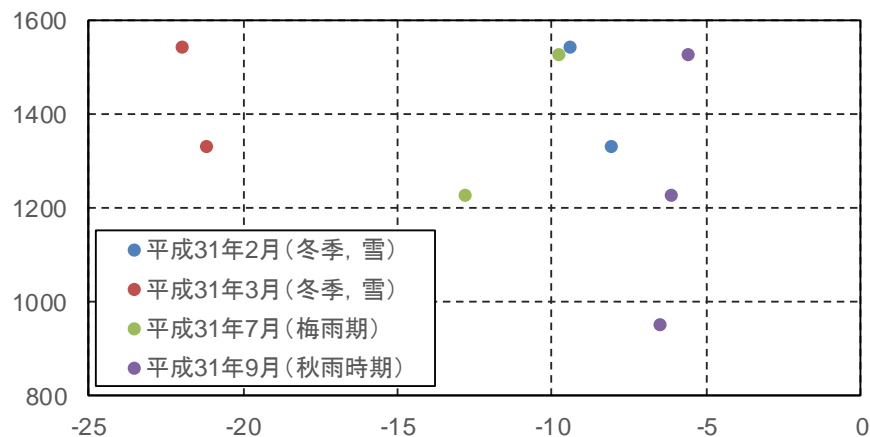
降水(雪・雨)の追加分析結果



- ・ 降水(雪・雨)の分析は
雪：2019年2月・3月
雨：2019年7月・9月 実施

- ・ 雪, 雨の分析結果は、採水時期毎に非常に大きなばらつきが認められる。
- ・ 北大塩大清水湧水の分析値は概ね安定した値を示している。(以上左図)
- ・ これまでに採取した試料からは、酸素同位体比と標高の関係(下図)には相関性は認められない。

標高と $\delta^{18}\text{O}$ の関係



湧水の涵養域の考え方

【参考文献1】

稲村・安原(2008)：都市域における浅層地下水涵養源の同位体水文学的考察
 ハイドロロジー（水文科学会誌）38巻2号， p55-62

日本水文学会誌 第38巻 第2号 55-62 (2008)

都市域における浅層地下水涵養源の同位体水文学的考察

稲村 明彦¹⁾・安原 正也¹⁾

Isotopic evaluation of groundwater recharge in urban areas

Akihiro INAMURA¹⁾ and Masaya YASUHARA¹⁾

Abstract

As well as recharging groundwater recharge by precipitation, urbanization creates a new important source of water for groundwater recharge, that is mains leakage. Although it has been realized by a water balance method that urban groundwater recharge is often as high or higher than pre-urbanization rates owing to the downward percolation of mains leakage, the increases have rarely been quantified in a direct manner. In this study, contribution of mains leakage to the discharge of springs in the Kamae River basin and Shikajiri River basin, both in Tokyo, were evaluated through a comparison among the δD and $\delta^{18}O$ of spring water and mains leakage (tap water). In the moderately-urbanized Kamae River basin, all the springs represented almost 100% precipitation contribution. This is also the case in the more urbanized upper reaches of the Shikajiri River basin, where precipitation alone could account for 80-90% of the discharge of springs. Precipitation was found to play a less important role in spring discharge in the highly-urbanized lower reaches of the Shikajiri River basin (superurbane source ratio some 1.8 and more), where some springs contained substantial proportions of mains leakage of as much as 30-50%. On the other hand, it is worthy of note here that, even in central Tokyo, the isotopic composition of most spring waters was indicative of predominant contribution of precipitation, which is contrary to the results of the previous studies on the basis of a water balance method.

Key words: urban hydrology, groundwater recharge, mains leakage, stable isotopes, Tokyo

キーワード：都市水文、地下水涵養、水道漏水、安定同位体、東京

1. はじめに

都市域(下水道施設が普及し、地表に比べて不透水層が広がる)において、地中へ雨水が浸透し、地下水を涵養している。都市域では、不透水層が広がることで、地表からの雨水の浸透が抑制され、地表からの雨水の浸透量が減少する。一方、人工的な水供給施設(水道)の普及により、都市域では、水道管から漏水が生じ、地下水を涵養している。都市域における地下水涵養源の考え方は、都市域の土地利用や人口密度、気候条件などによって異なる。都市域では、不透水層が広がることで、地表からの雨水の浸透が抑制され、地表からの雨水の浸透量が減少する。一方、人工的な水供給施設(水道)の普及により、都市域では、水道管から漏水が生じ、地下水を涵養している。都市域における地下水涵養源の考え方は、都市域の土地利用や人口密度、気候条件などによって異なる。

1) 環境省自然環境保全局環境総合センター (Environmental Center of Japan, 2007)

— 55 —

の結果、都市化が進む降水浸透域が減少した都市部においても、現在は降水浸透成分を浅層地下水の主涵養源とする地域が広く分布することが明らかとなった。

(2) 降水浸透成分寄与率と統計資料により求めた水道漏水涵養量により、降水浸透成分の涵養量が400～500mm/y以上となる地域が石神井川流域に広く分布することが示唆された。

(3) 降水浸透成分寄与率と統計資料により求めた不透水性地表面率は、土地利用に基づき推定された値よりも顕著に小さい値を示した。土地利用的には不透水性地表面に区分される地域の降水も、地下水涵養に少なからず寄与していることが示唆された。

本研究における石神井川流域の調査は河道沿いに分布する湧水を対象とした線的なものであったが、涵養源の空間分布についてより詳細に把握するため、引き続き流域内の浅井戸を対象として同様の研究を実施中である。また、本研究では人為的な涵養源として水道漏水成分のみを想定したが、都市域では下水管を介した地下水循環系も存在する。地下水と下水の交流については下水管への地下水流出が重要視されているが、その逆の流れ(下水管からの漏出による地下水涵養)は少量でも水質形成に対して重大な影響を及ぼす(Lerner, 2002)。下水管を介した地下水循環系についても今後調査を進めて行く予定である。

謝 辞

東京大学大学院の林 武司先生(現・秋田大学)・宮川健一氏(現・オルガノ)には試料採取にご協力いただき、また本稿執筆に際し貴重なご助言をいただきました。産業技術総合研究所の高橋正明氏には安定同位体比の測定に際し便宜を図っていただきました。記して深謝の意を表します。

脚 注

注1 降水浸透水の水素・酸素同位体比は浸透過

程で生じる蒸発によって降水とは異なる値を示すため、降水の同位体比を浸透水の値としてそのまま用いることはできない(風早・安原, 1994)。流域外および河川などからの涵養がなく、かつ人為的な地下水涵養源の影響がないと考えられる地点の湧水は流域の降水浸透水そのものと見なし得る。黒目川流域の林地・農地が卓越する地域の湧水はこれに該当すると考えられる。

注2 東京都内では雨水浸透ます・浸透管、透水性舗装、雨水流出抑制型下水道などの雨水浸透施設の設置が各地で進められているが、浸透施設からの涵養量は都全体の収支に影響を及ぼすほどではないことが報告されている(東京都環境保全局, 1998; 東京地下水研究会, 2003)。

文 献

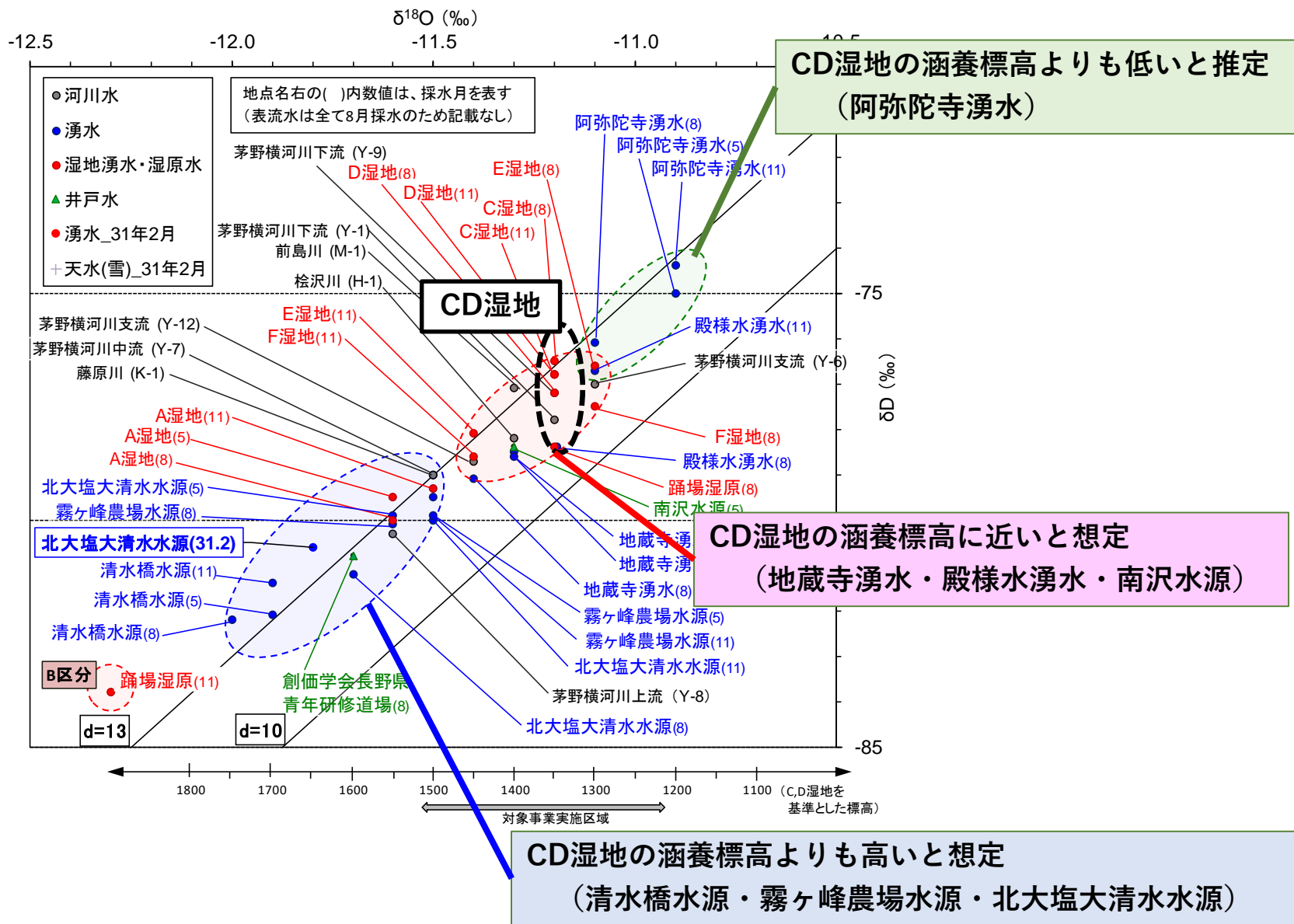
- 新井 正(1996)：東京の水文環境の変化。地学雑誌, 105, 459-474。
 新井 正・新藤静夫・市川 新・吉越昭久(1987)：「都市の水文環境」共立出版, 263p。
 板橋区建築環境部(1990)：板橋区地下水水位面図。板橋区。
 風早康平・安原正也(1994)：湧水の水素同位体比からみた八ヶ岳の地下水の涵養・流動過程。ハイドロロジー(日本水文学会誌), 24, 107-119。
 東京地下水研究会編(2003)：「水循環における地下水・湧水の保全」信山社サイテック, 254p。
 東京都(2006)：「石神井川河川整備計画」東京都, 24p。
 東京都環境局自然環境部水環境課(2005)：東京の湧水マップ 平成15年度調査。東京都。
 東京都環境保全局水質保全部編(1998)：「東京都水環境保全計画—人と水環境とのかかわりの再構築を目指して—」東京都, 220p。
 東京都公害局水質保全部水質規制課編(1980)：「地下水収支調査報告書」東京都, 570p。
 東京都総務局統計部統計調整課編(2007)：「東京都統計年鑑 平成17年 第57回」東京都, 551p。

P61本文

降水浸透水の水素・酸素同位体比は浸透仮定で生じる蒸発によって降水とはことなる値を示すため、降水の同位体比を浸透水の値としてそのまま用いることはできない(風早・安原, 1994)。流域外および河川などからの涵養がなく、かつ人為的な地下水涵養源の影響がないと考えられる地点の湧水は流域の降雨浸透水そのものと見なし得る。

このことを参考に、限られた範囲で涵養したと考えられるC・D湿地の湧水を涵養域を検討する際の基準として、その他の湧水の涵養高さを検討

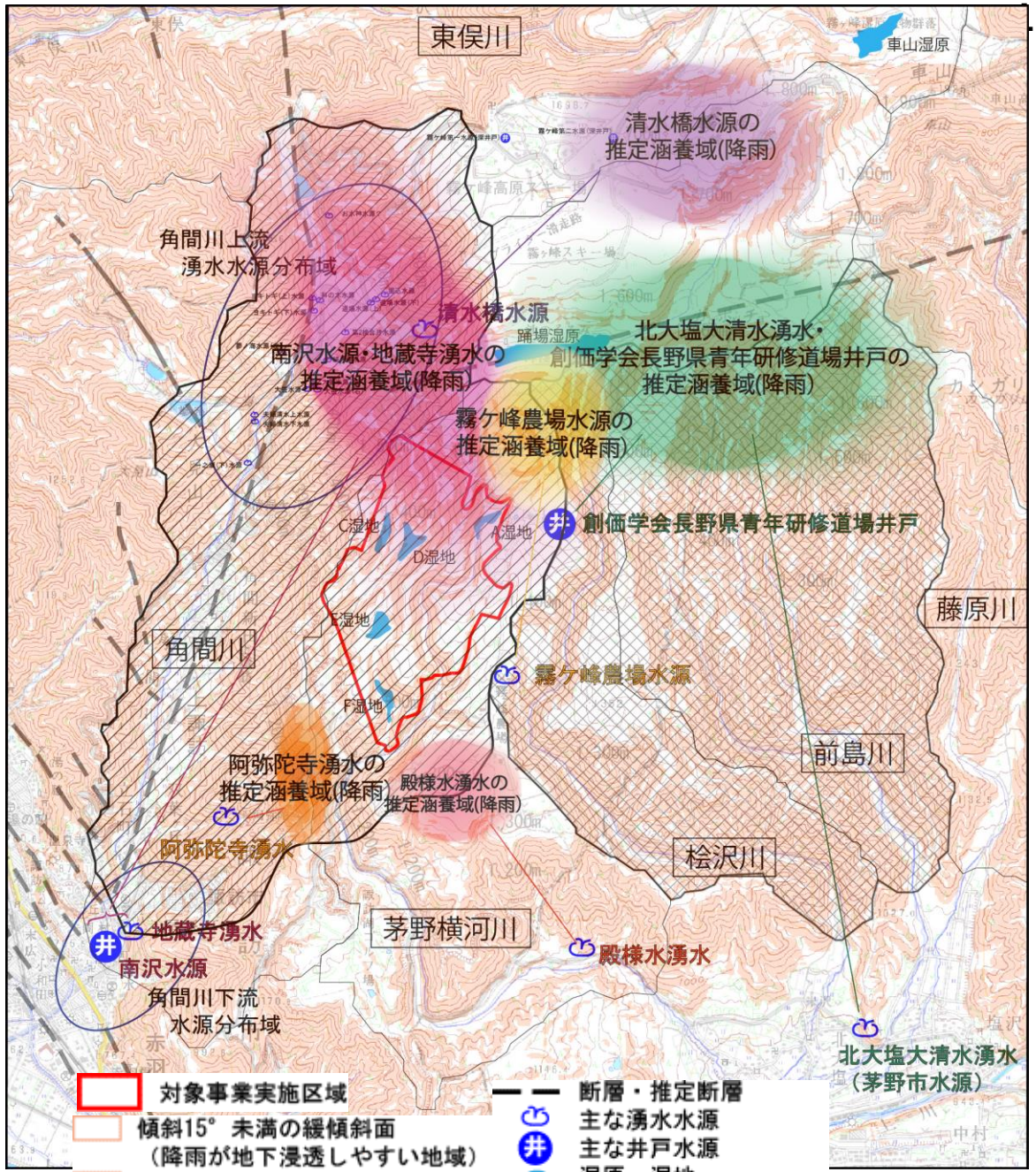
涵養域の推定について











各水源の主な推定涵養域 (降雨・表流水)

- 

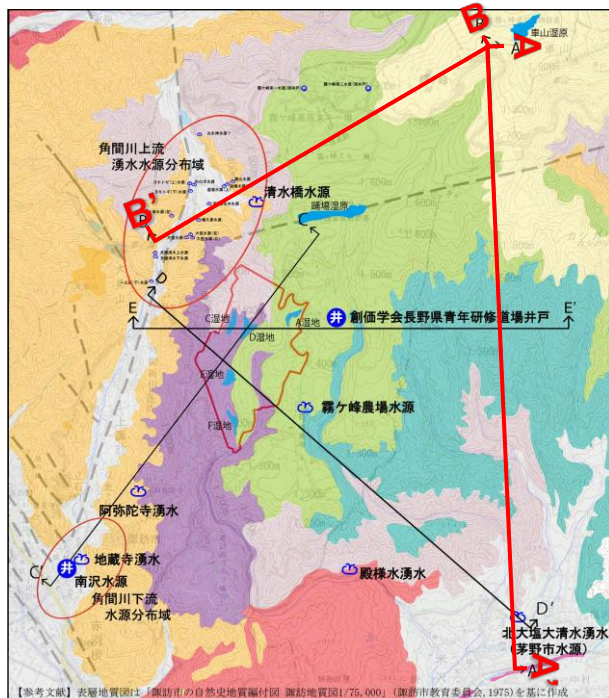
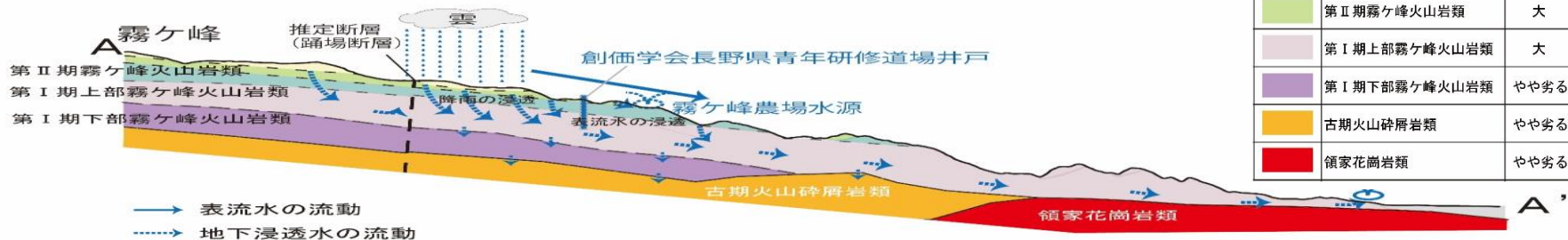
 北大塩大清水湧水・
創価学会長野県研修道場井戸
-  降雨による推定涵養域
 表流水による推定涵養域
-  清水橋水源
 降雨による推定涵養域
-  霧ヶ峰農場水源
 降雨による推定涵養域
-  南沢水源・
 地蔵寺水源
 降雨による推定涵養域
 表流水による推定涵養域
-  阿弥陀寺湧水
 降雨による推定涵養域
-  殿様水湧水
 降雨による推定涵養域



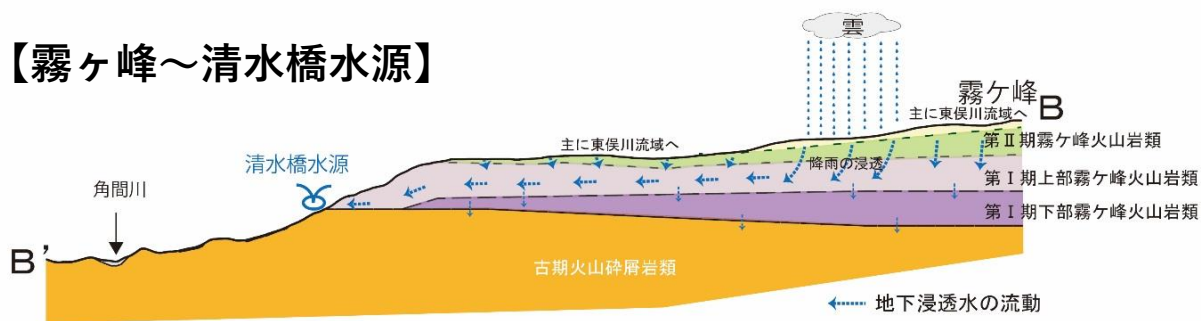
	対象事業実施区域		断層・推定断層
	傾斜15°未満の緩傾斜面 (降雨が地下浸透しやすい地域)		主な湧水水源
	傾斜15°以上の急傾斜面 (降雨が表面流出しやすい地域)		主な井戸水源
			湿原・湿地
			水源分布域
			河川流域 (扇状地除く)

水文地質縦断模式図(霧ヶ峰～北大塩大清水水源・清水橋水源)

【霧ヶ峰～北大塩大清水水源】



【霧ヶ峰～清水橋水源】



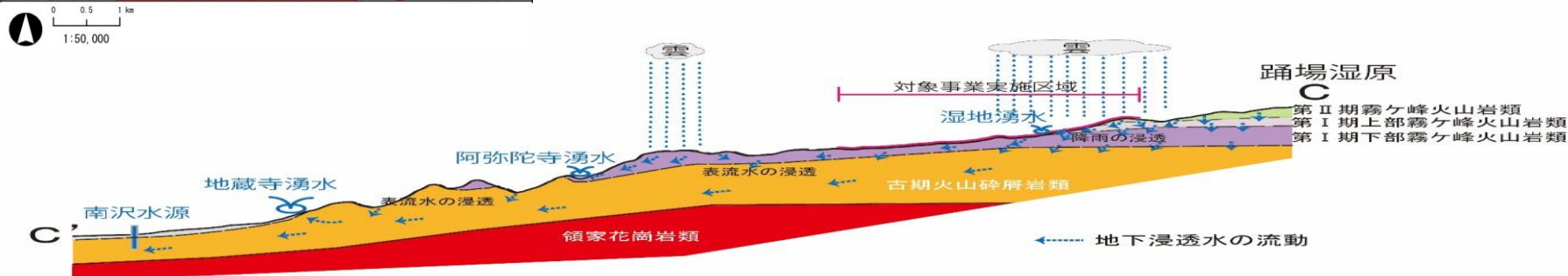
想定される地下水の流動を分かり易く表示するため、鉛直方向のスケールを2倍として断面図を記載した

水文地質縦断模式図(対象事業実施区域～南沢水源)



- 対象事業実施区域の下部には主に第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類(KⅠa層)および下位の古期火山碎屑岩類(En層)が分布し、これらの層が対象事業実施区域から地下浸透した地下水が流動する帯水層と考えられる。

凡例	地質	透水性
	第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類	やや劣る
	古期火山碎屑岩類	やや劣る
	領家花崗岩類	やや劣る



想定される地下水の流動を分かり易く表示するため、鉛直方向のスケールを2倍として断面図を記載した

水文地質縦断模式図(対象事業実施区域～北大塩大清水水源)



- これらの地質分布状況および湧水分布・比流量状況を総合的に考察して北大塩大清水湧水の主帯水層（流動層）を第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩（KⅠb層）と考えた。
- 水質分析や酸素・水素同位体分析結果は、その状況を説明するための根拠データ収集を目的に実施した。（水質分析結果だけで評価したものではない。）

凡例	地質	透水性
	第Ⅱ期霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期上部霧ヶ峰火山岩類	大
	第Ⅰ期下部霧ヶ峰火山岩類	やや劣る
	古期火山砕屑岩類	やや劣る
	領家花崗岩類	やや劣る

