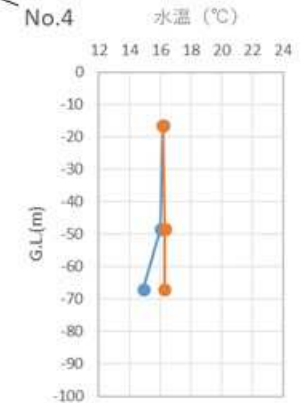
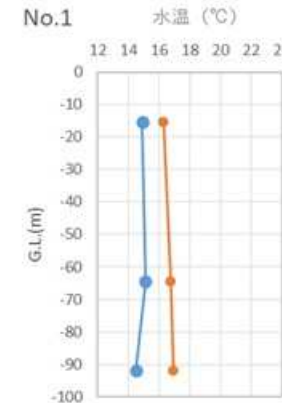
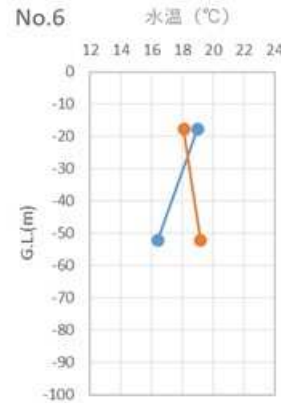
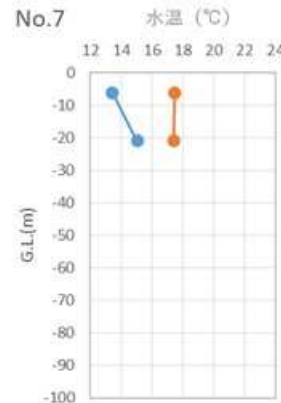
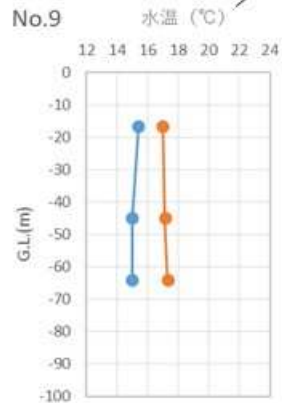
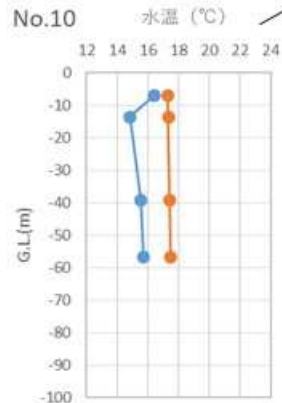
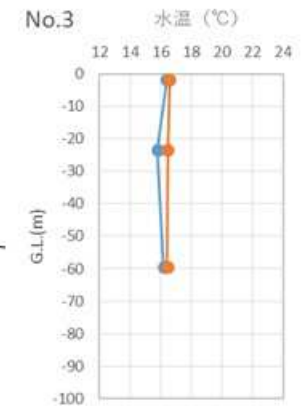
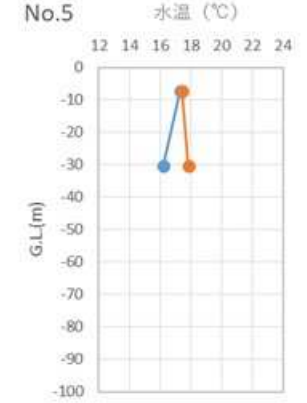
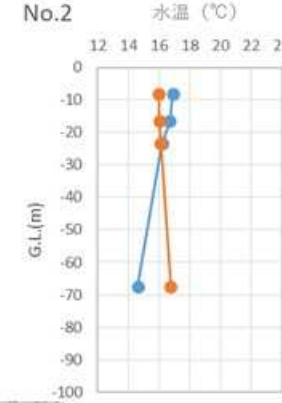
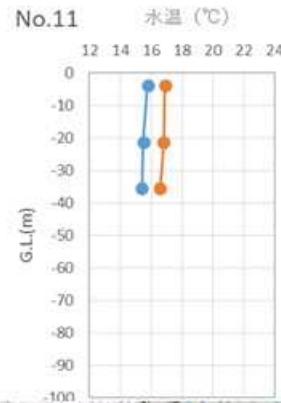
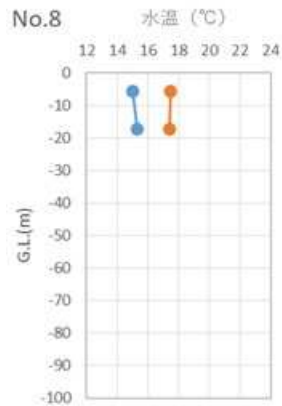


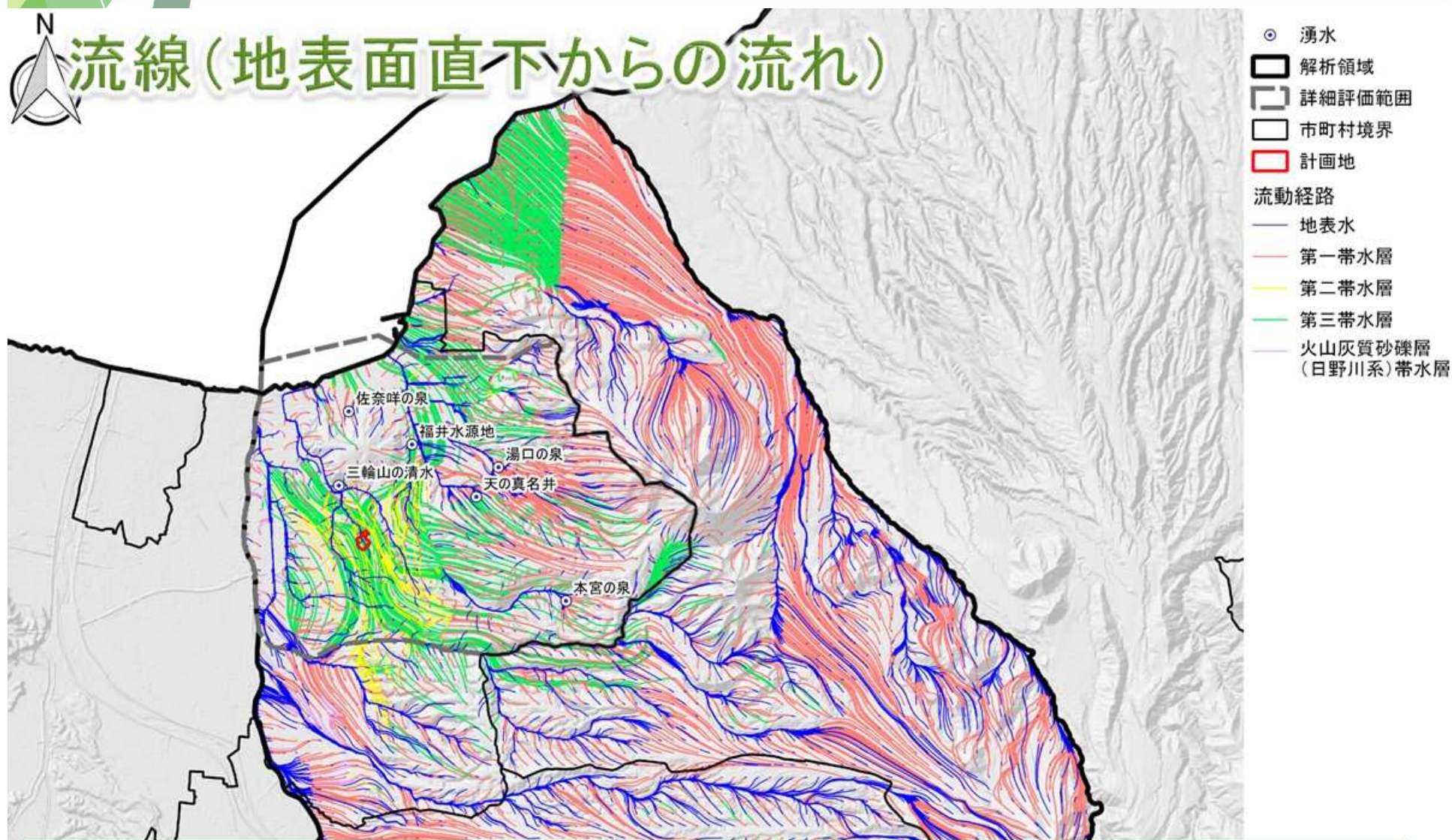
地下温度再現性

各観測井の地下温度プロファイルについて再現性を得ることができました





流線(地表面直下からの流れ)



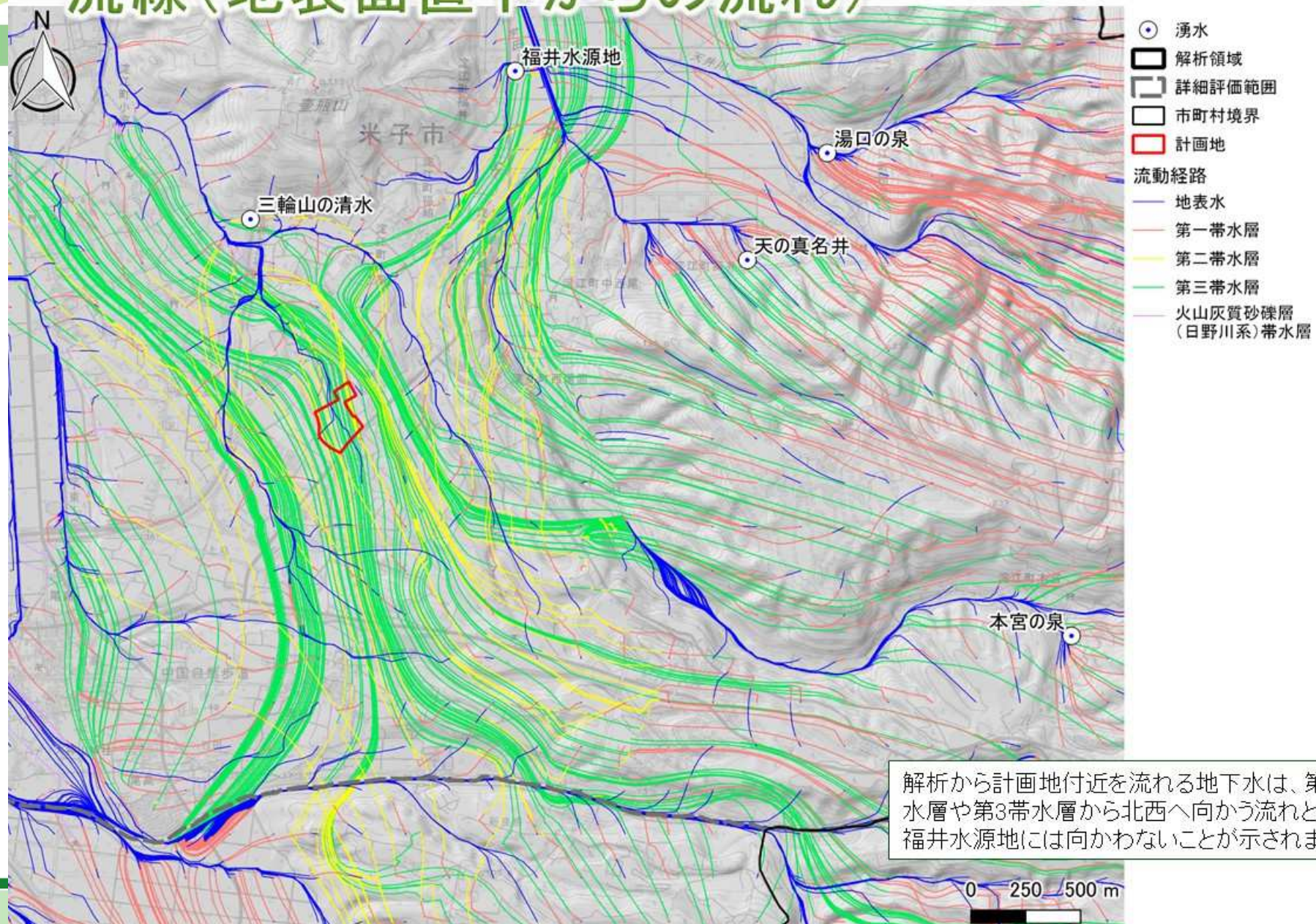
【流線図とは】

- ・地表面直下に粒子(水)を配置し、解析領域内でどのように流れていくかを平面的に示した図
- ・地下水について通過する帯水層ごとに異なる色で示している

【調査・解析の結果】

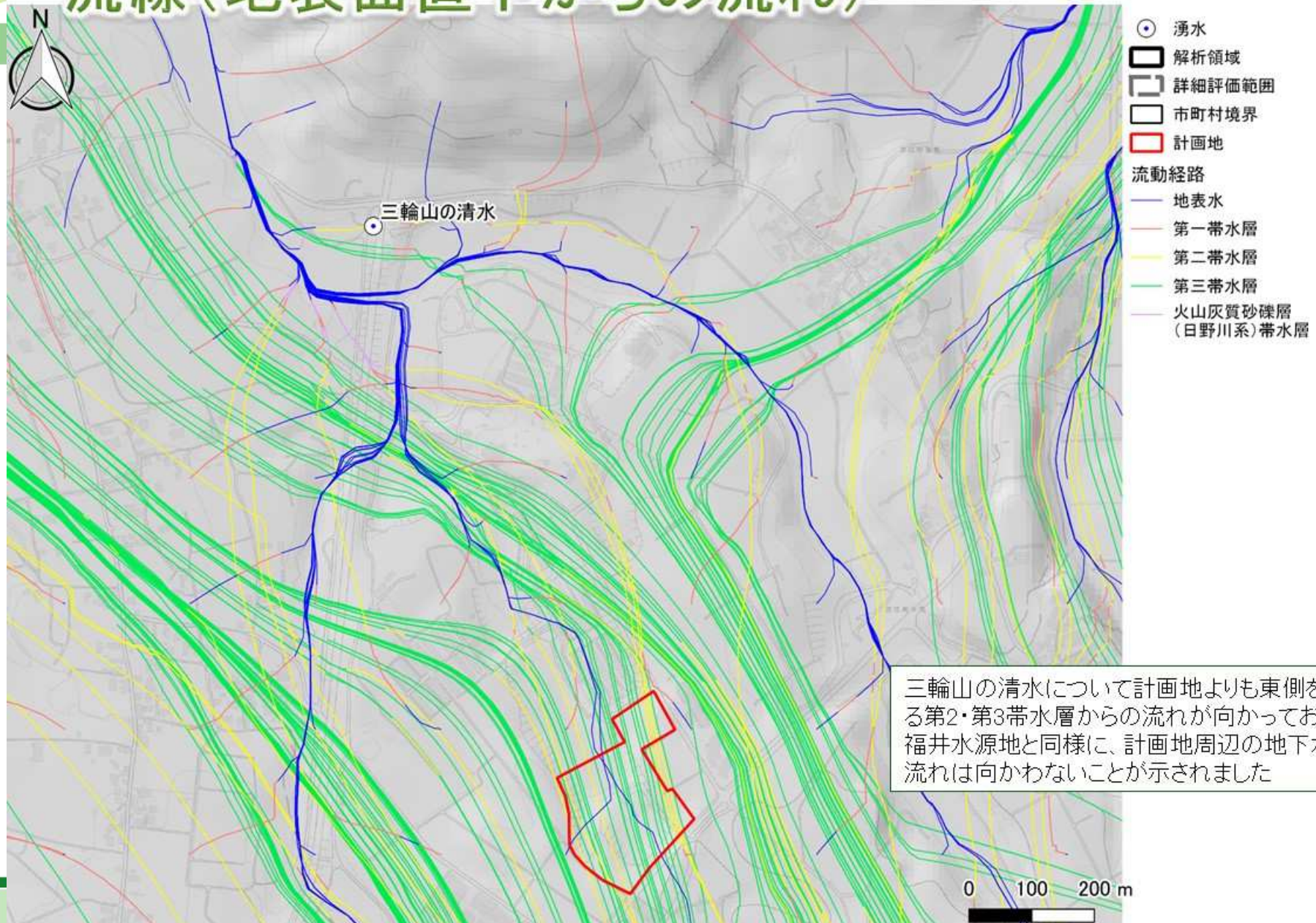
地域全体の地下水の流れとしては孝霊山・鍋山付近から西方向に第3帯水層を経由し、計画地や福井水源地へ向かう地下水の流れが主要と考えられます

流線（地表面直下からの流れ）

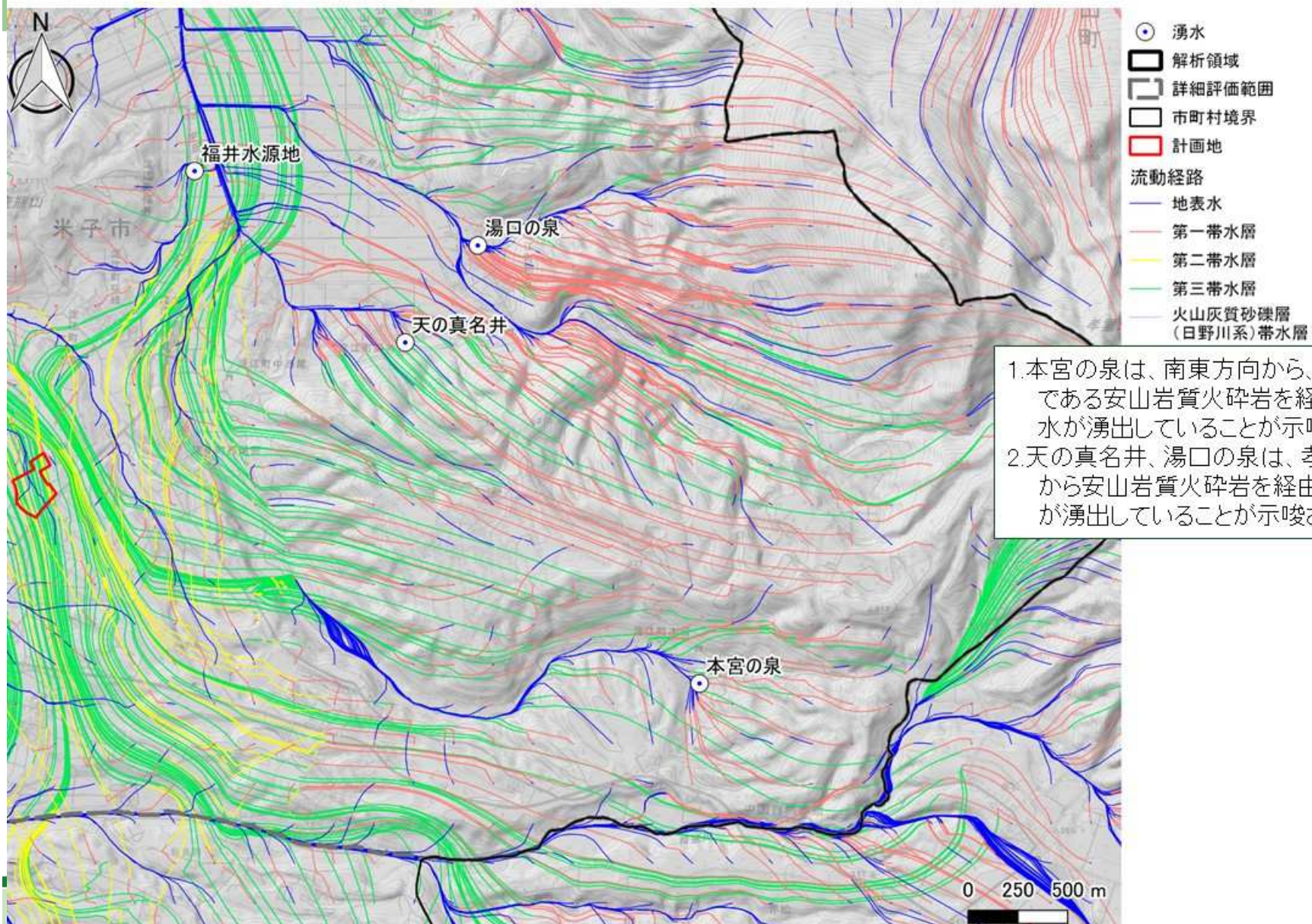


解析から計画地付近を流れる地下水は、第2帯水層や第3帯水層から北西へ向かう流れとなり、福井水源地には向かわないことが示されました

流線(地表面直下からの流れ)



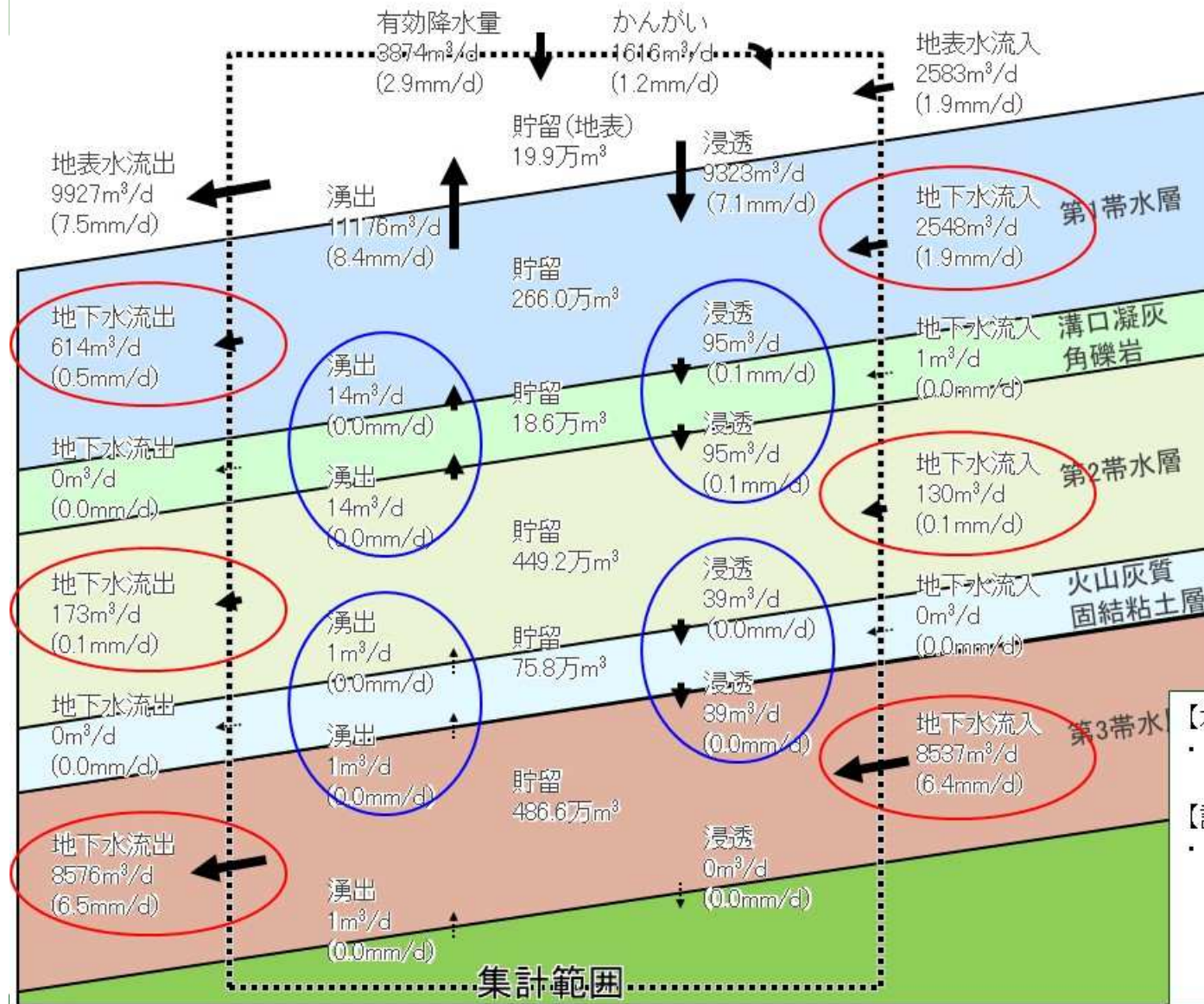
流線(地表面直下からの流れ)



1.本宮の泉は、南東方向から、第3帯水層である安山岩質火砕岩を經由した地下水が湧出していることが示唆されました

2.天の真名井、湯口の泉は、孝霊山・鍋山から安山岩質火砕岩を經由した地下水が湧出していることが示唆されました

計画地周辺の水収支



【水収支図とは】

- ・ 計画地周辺での帯水層の流動の大小や鉛直方向の移動の大小を表す

【調査・解析の結果】

- ・ 計画地周辺では帯水層間が難透水層により遮水していることにより、水平方向の流動が卓越し、鉛直方向の帯水層間のやり取りは少ないことが示されました

地下水シミュレーション解析結果のまとめ

解析結果から以下の点が確認された

- ▶ 解析範囲の地下水は、水平方向の流動が卓越し、鉛直方向のやり取りは少ない
(⇒難透水層を超えて上下の帯水層に浸透・湧出する地下水は極少ない)
- ▶ 計画地周辺の地下水の流れは第1、第2、第3帯水層のいずれも、『福井水源地』及び『三輪山の清水』には向かわない
- ▶ 『福井水源地』、ならびに『三輪山の清水』へは、第2・第3帯水層を経由した流れがみられている(⇒水質分析の結果を踏まえるとその起源は第3帯水層を経由する流れが大半を占めていると考えられる。)

3. 計画地周辺の地下水の流れと 福井水源地、三輪山の清水との関係

(1) 福井水源地 取水源となる帯水層について



図-1 断面位置図

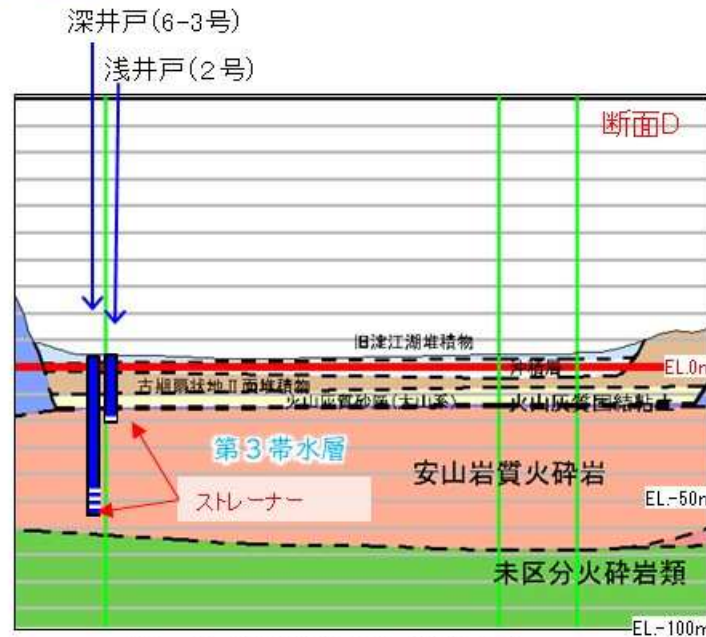


図-2 地質断面図(断面D)

福井水源地の取水源となる帯水層は、安山岩質火砕岩で構成される。第3帯水層である。

【根拠①】既存の揚水井戸資料で確認したストレーナ深度が、地質調査資料、地質断面図から明らかとなった第3帯水層の深度に一致(図-2参照)。

【根拠②】福井水源地近傍の観測井戸(No.2)での地下水位連続観測の結果、水源地揚水井戸の揚水量の多寡と、第3帯水層の水位変動が鋭敏に一致し、その変動幅は大きく、それに比べて、第2帯水層の観測井戸の水位変動は、緩慢で変動量も小さいことが明らかとなった(図-3参照)。

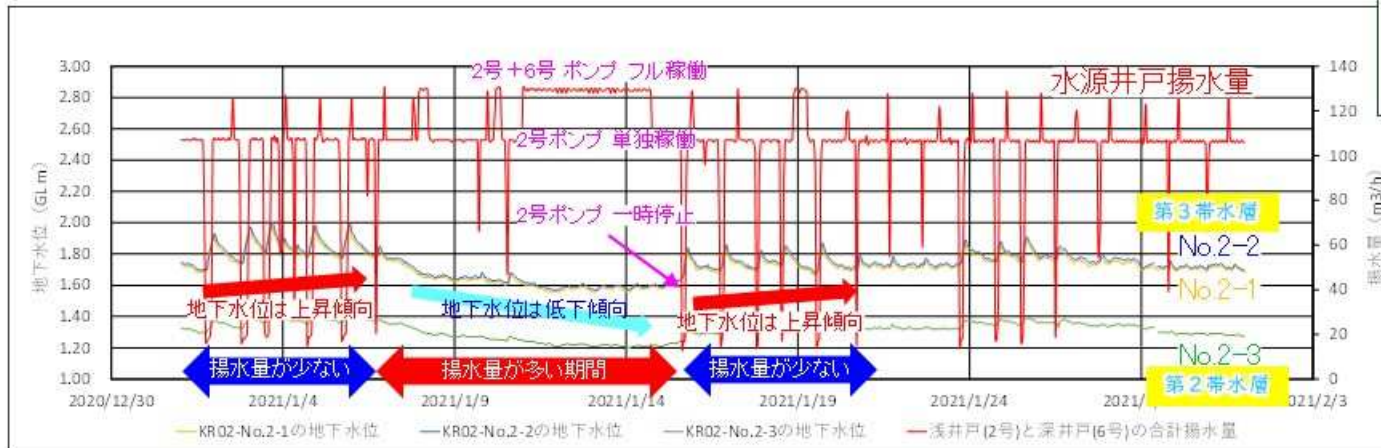
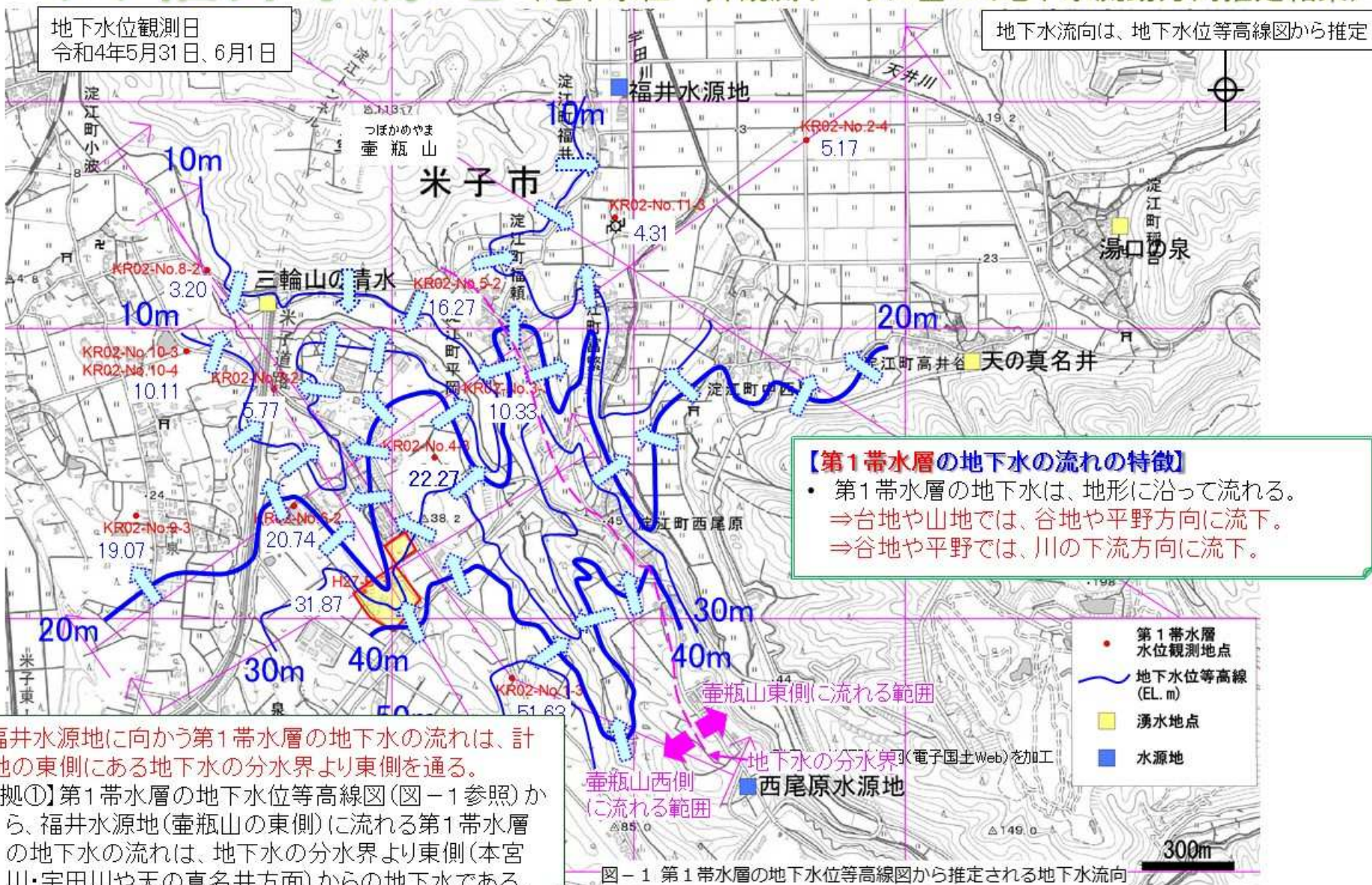


図-3 地下水位連続観測結果と福井水源地揚水井戸揚水量との関係

(1) 福井水源地

福井水源地に向かう第1帯水層の地下水の流れ
(地下水位一斉観測データに基づく地下水流動方向推定結果)



福井水源地に向かう第1帯水層の地下水の流れは、計画地の東側にある地下水の分水界より東側を通る。
【根拠①】第1帯水層の地下水位等高線図(図-1参照)から、福井水源地(壺瓶山の東側)に流れる第1帯水層の地下水の流れは、地下水の分水界より東側(本宮川・宇田川や天の真名井方面)からの地下水である。

(1) 福井水源地 福井水源地に向かう地下水の流れ (地下水位一斉観測データに基づく地下水流動方向推定結果)



図-1 第2帯水層の地下水位等高線図から推定される地下水流向



図-2 第3帯水層の地下水位等高線図から推定される地下水流向

- : 地下水位等高線から推定した地下水流向
- : 地下水位等高線
- : 観測井戸
- 6.51 : 観測水位

福井水源地に向かう第2、第3帯水層の地下水の流れは、それぞれ計画地の東側にある地下水の分水界より東側を通る。

【根拠①】地下水流向は、地下水位等高線と直交する方向、かつ地下水位の低い方向に流れる。第2、第3帯水層の地下水位等高線図(図-1, 2参照)から、福井水源地(壺瓶山の東側)に流れる両帯水層の地下水の流れは、壺瓶山の西側に流れる地下水の流れとの境界(=地下水の分水界)より東側の地下水である。

(1) 福井水源地

福井水源地に向かう第2, 第3帯水層の地下水の流れ
(地下水位一斉観測データに基づく地下水流動方向推定結果)



図-1 第2帯水層の地下水位等高線図から推定される地下水流向



図-2 第3帯水層の地下水位等高線図から推定される地下水流向

：地下水等高線から推定した地下水流向

10m
：地下水等高線

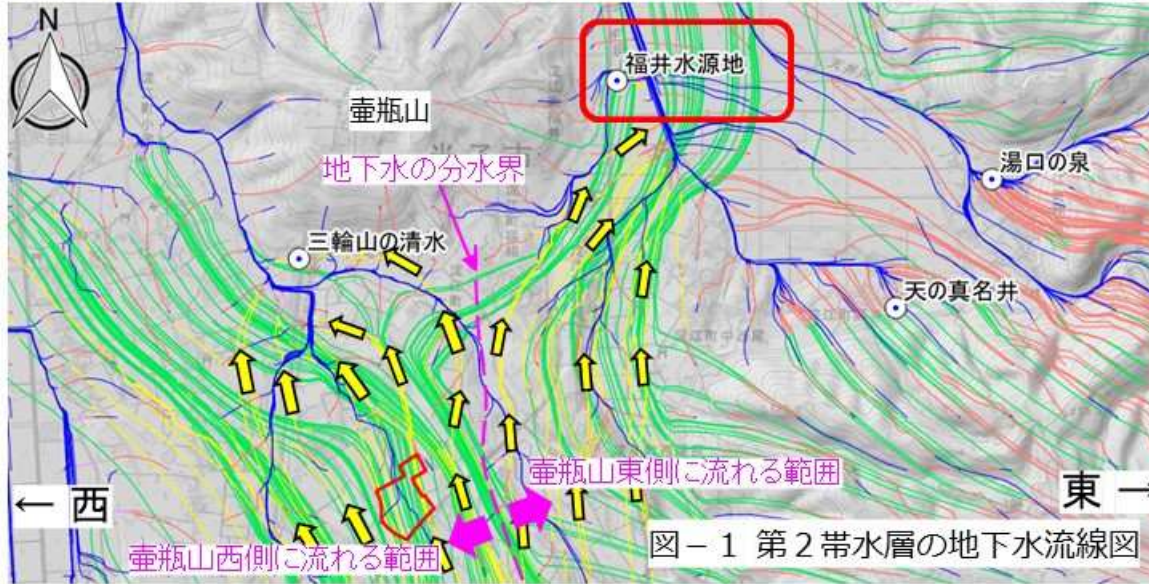
観測井戸
6.51
：観測井戸
・観測水位

福井水源地に向かう第2, 第3帯水層の地下水の流れは、それぞれ計画地の東側にある地下水の分水界より東側を通る。

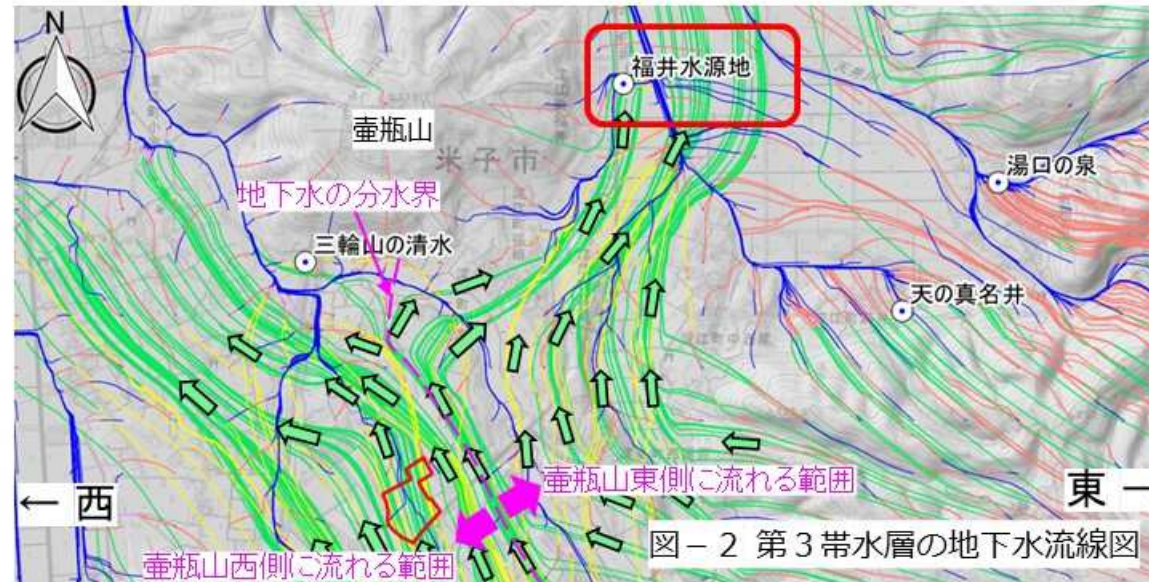
【根拠①】地下水流向は、地下水位等高線と直交する方向、かつ地下水位の低い方向に流れる。第2, 第3帯水層の地下水位等高線図(図-1, 2参照)から、福井水源地(壺瓶山の東側)に流れる両帯水層の地下水の流れは、壺瓶山の西側に流れる地下水の流れとの境界(=地下水の分水界)より東側の地下水である。

(1) 福井水源地

福井水源地に向かう地下水の流れ
(地下水シミュレーション解析結果)



福井水源地に向かう第2、第3帯水層の地下水の流れは、それぞれ計画地の東側に位置する『地下水の分水界』より東側を通る。
【根拠①】福井水源地(壺瓶山の東側)に流れる地下水流線と、壺瓶山の西側に流れる地下水流線との境界(地下水の分水界)は、第2、第3帯水層の地下水流線図(図-1、2参照)から、双方とも計画地の東側に位置している。このため、計画地付近を流れる地下水は、第2、第3帯水層とも壺瓶山の西側に流れる。



- ↑: 第2帯水層の地下水の流向
- ↑: 第3帯水層の地下水の流向
- : 湧水
- : 解析領域
- : 詳細評価範囲
- : 市町村境界
- : 計画地
- 流動経路
- : 地表水
- : 第一帯水層
- : 第二帯水層
- : 第三帯水層
- : 火山灰質砂礫層(日野川系)帯水層

福井水源地に向かう地下水(まとめ)

これまでの調査解析結果から、以下の点が確認された。

- ▶ 流線図では、計画地から涵養された地下水は、第1、第2、第3帯水層とも、「福井水源地」には向かっていない。
 - ・『福井水源地』に向かう地下水の流れは、第3帯水層の地下水の流れが大半を占めている。
 - ・『福井水源地』に向かう第1、第2、第3帯水層の地下水は、いずれの帯水層においても計画地東側に位置する地下水の分水界より東側を流れる地下水である。
- ▶ 『福井水源地』は、第3帯水層の地下水を取水しており、計画地を含む台地から涵養された地下水は第2・第3帯水層間にある連続性の良い火山灰質固結粘土層(難透水層)によって第2帯水層から第3帯水層への地下水の流入が遮水されている。
- ▶ 以上から、計画地から涵養された地下水が、『福井水源地』に影響するような懸念材料はない。

(2) 三輪山の清水

湧水源となる帯水層について①



図-1 三輪山の清水 周辺の地質分布

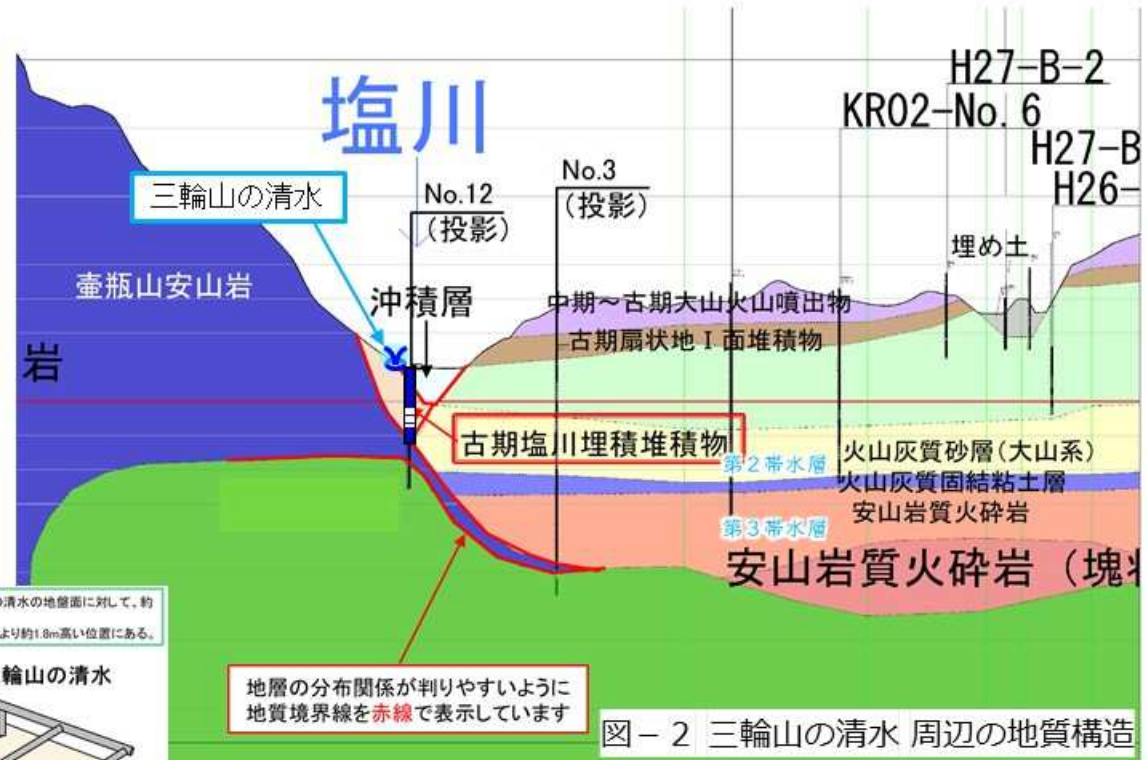


図-2 三輪山の清水 周辺の地質構造

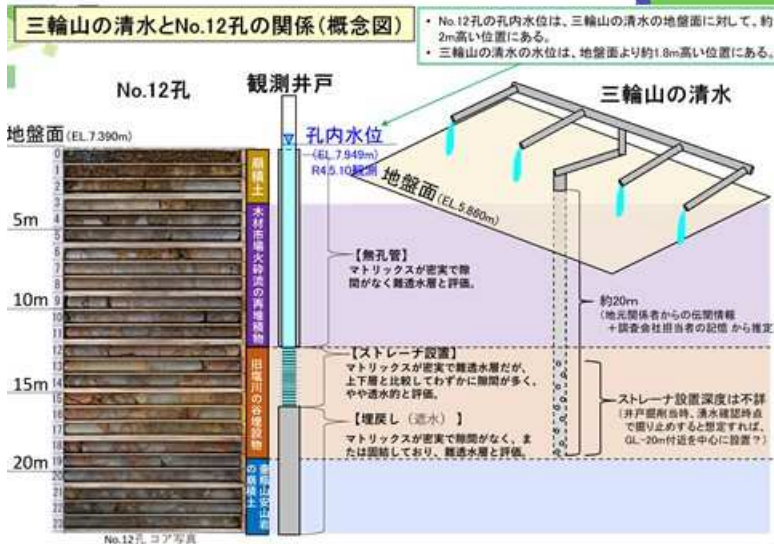


図-3 三輪山の清水の湧水源となる地層

『三輪山の清水』の湧水源となる地層は、古期塩川埋積堆積物であることが、No.12のボーリング調査の結果から明らかとなった。

【根拠①】三輪山の清水は、深度約20mのボーリングで削孔した井戸から湧出しているとの伝聞情報。(図-3参照)。

【根拠②】三輪山の清水近傍(約20mの離隔)でNo.12のボーリング調査を実施した結果、深度20m付近には、古期塩川埋積堆積物が分布していることを確認。同深度に、ストレーナを設置し、観測井戸仕上げとした。(図-2, 3参照)。

(2) 三輪山の清水

湧水源となる帯水層について②

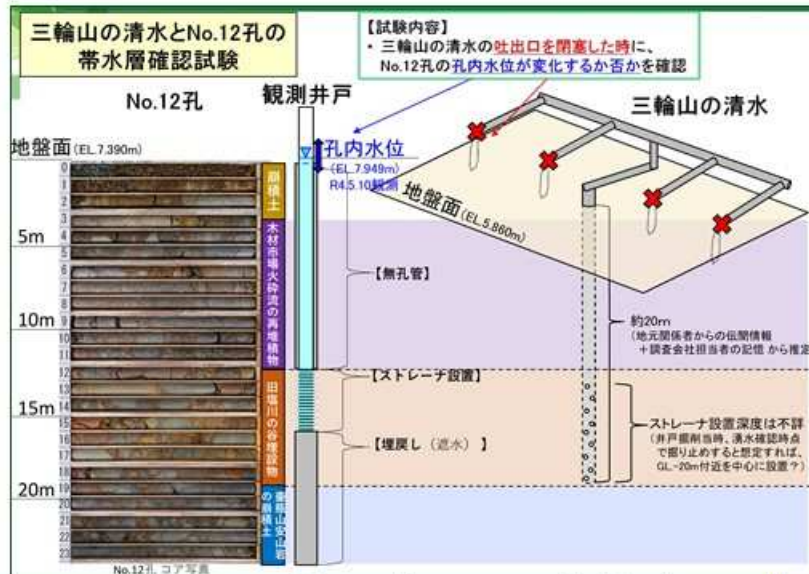


図-1 三輪山の清水 周辺の地質分布

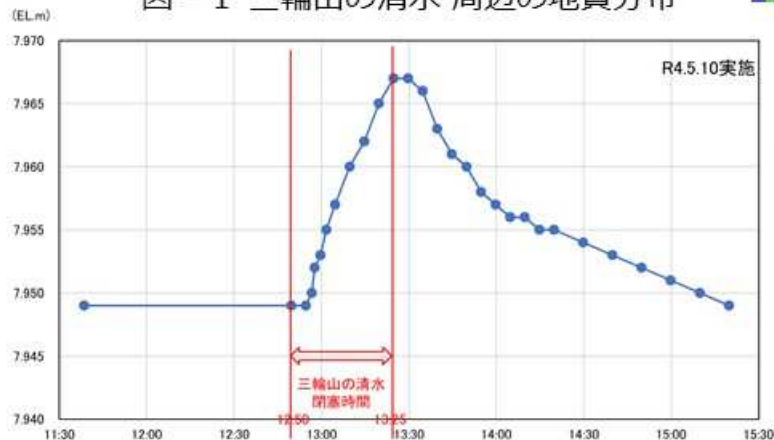


図-3 三輪山の清水の湧水源となる地層

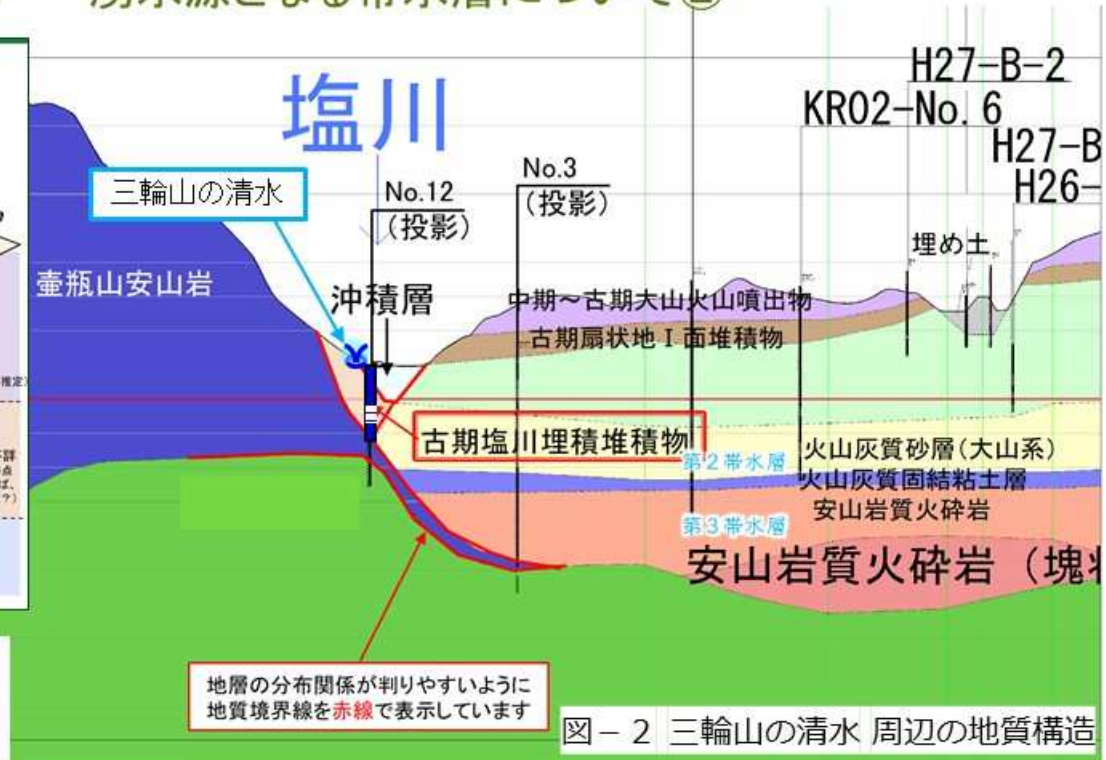


図-2 三輪山の清水 周辺の地質構造

『三輪山の清水』の湧水源となる地層は、古期塩川埋積堆積物であることが、No.12のボーリング調査の結果から明らかとなった。

【根拠③】『三輪山の清水』と『No.12孔』の間で圧力伝播が確認出来たことから、双方の湧水・地下水は同じ帯水層から供給されていると考えられる(図-3参照)。

【試験結果】

- ・三輪山の清水を閉塞した時、No.12孔の孔内水位は、約5分遅れで上昇を開始し、最大:1.8cm上昇。
- ・吐出口を開放すると、同様に約5分遅れで、孔内水位の低下が始まり、約2時間で元の(試験開始前の)水位にもどった。

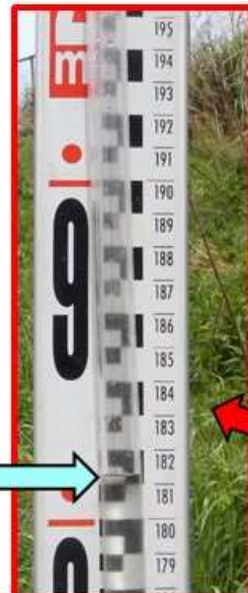
帯水層確認試験『試験状況』 R4.5.10

No.12孔観測井戸



サイフォンの原理を利用し、
アクリル管中に孔内水位と
同じ水面を形成させた。

三輪山の清水



水位
EL.7.670m
(参考値)

三輪山の清水の水位(参考値)は、
吐出口閉塞時に多量の漏水を確認
しており、正確な水位ではない。
漏水がなければ、参考値以上の
水位になると想定される。



吐出口閉塞状況



ビニルチューブで連結

地盤高: EL.5.860m

4つの吐出口のうち、
1つにビニルチューブを連結し、
水位を測定するとともに、3つ
を閉塞し続けた。

No.12孔水位変化状況

水位
EL.7.967m
(試験後)

水位
EL.7.949m
(試験前)



定規を用いて、水位
の変化を定期的に
1mm単位で測定した。

止水前の水位

約30分

止水後の水位

解放
約2時間

止水前の水位に
回復したことを確認

三輪山の清水とNo.12孔の水質分析結果

	項目	単位	三輪山の清水 (R2.11.16採水)	三輪山の清水 (R4.5.24採水)	KR03-No12 (R4.5.24採水)
分析値	pH		6.61	6.9	7
	電気伝導度(EC)	mS/m	23.5	25	28
	溶存酸素(DO)	mg/L	7.4	7.5	8.1
	酸化還元電位(ORP)	mV	+157	+130	+156
	(珪酸(SiO ₂))	mg/L	58.9	58	61
	マグネシウムイオン(Mg ²⁺)	mg/L	9.1	8.7	8.7
	カルシウムイオン(Ca ²⁺)	mg/L	15.7	14	15
	ナトリウムイオン(Na ⁺)	mg/L	17	15	18
	カリウムイオン(K ⁺)	mg/L	4	3.8	4
	炭酸水素イオン(HCO ₃ ⁻)	mg/L	91	90	95
	硫酸イオン(SO ₄ ²⁻)	mg/L	15.5	14	17
	塩化物イオン(Cl ⁻)	mg/L	19.2	18	18
	硝酸イオン(NO ₃ ⁻)	mg/L	3.1	3	2.5

ほぼ同じ水質

ヘキサダイアグラム

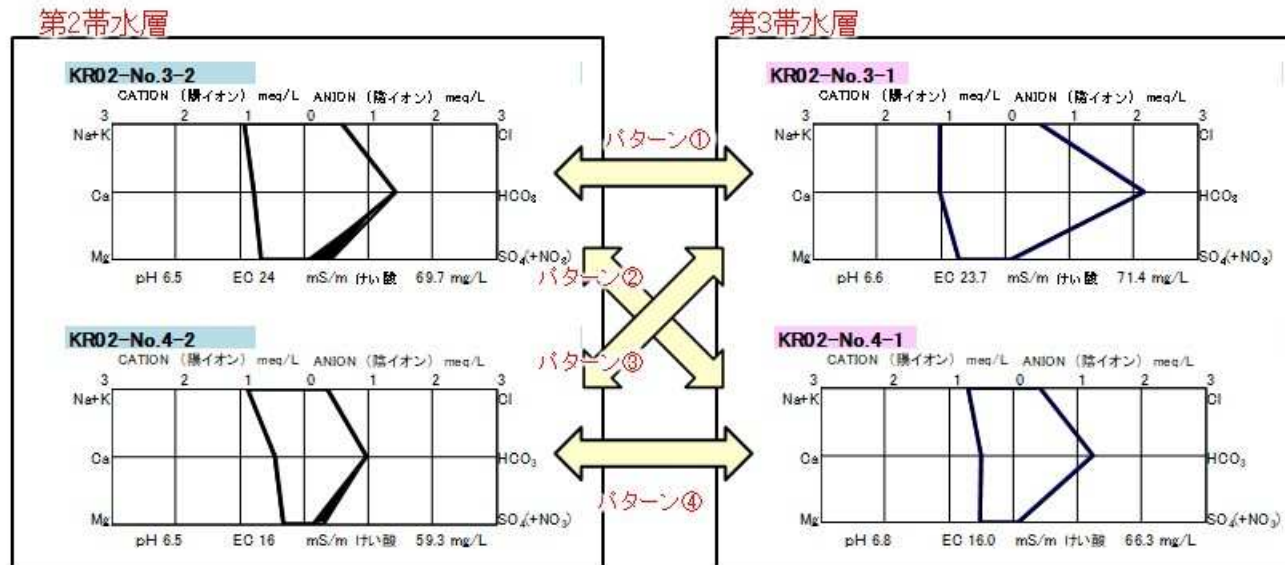


【水質分析結果】

- 三輪山の清水の水質は、R2年度採水時は、Ca > Mg (第2帯水層の特徴) だったが、今回 (R4年度) の採水時は、Ca < Mg (第3帯水層の特徴) を示す水質に微妙に変化した。総溶存成分量や各イオン濃度には大きな変化はなかった。
- No.12孔の水質は、Ca > Mg (第2帯水層の特徴) を示していたが、三輪山の清水の水質とよく似ており、ヘキサダイアグラムの形で表現されるイオン組成の特徴からみても、ほぼ同じ水質と考えられる。

三輪山の清水の起源について

- 三輪山の清水近傍の2地点(No.3、No.4)の第2帯水層と第3帯水層の組合せで、最も三輪山の清水の水質に近くなる混合パターンを検討



- 第2帯水層(No.3-2またはNo.4-2)と第3帯水層(No.3-1またはNo.4-1)の組み合わせ(4通り)について、**第2帯水層と第3帯水層の単純混合を想定**
- 濃度の絶対値および各濃度の存在比を近づけるため、右の評価式 y を最小化する混合比 x を推定
- y の値が小さいほどが水質が近似

$$y = \sum_{i=1}^8 \left\{ \frac{(obs_con_i - cal_con_i)}{obs_con_i} \right\}^2 + \sum_{i=1}^8 \left\{ \frac{(obs_rat_i - cal_rat_i)}{obs_rat_i} \right\}^2$$

$$cal_con_i = x \times obs2_i + (1 - x) \times obs3_i$$

$$cal_rat_i = \frac{cal_con_i}{cal_con_1}$$

$$obs_rat_i = \frac{obs_con_i}{obs_con_1}$$

ここで、

obs_con_i : 三輪山の清水における i 番目イオン観測濃度

$obs2_i$ ($obs3_i$): 第2(第3)帯水層における i 番目イオン観測濃度

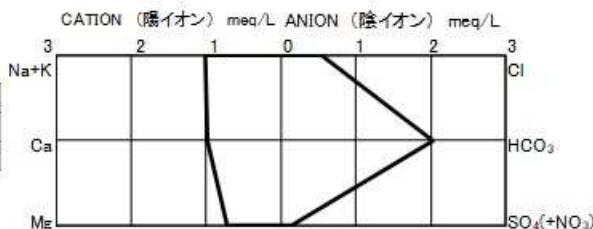
三輪山の清水の起源について



パターン①

y=1.95

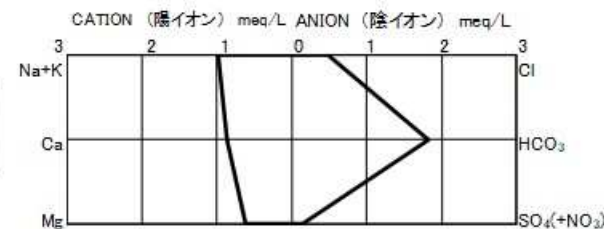
混合元	比率
第2帯水層 No.3-2	0.18
第3帯水層 No.3-1	0.82



パターン②

y=1.93

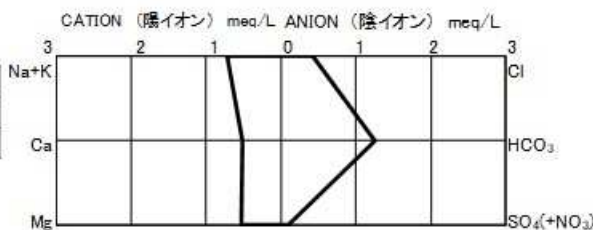
混合元	比率
第2帯水層 No.4-2	0.28
第3帯水層 No.3-1	0.72



パターン③

y=1.67

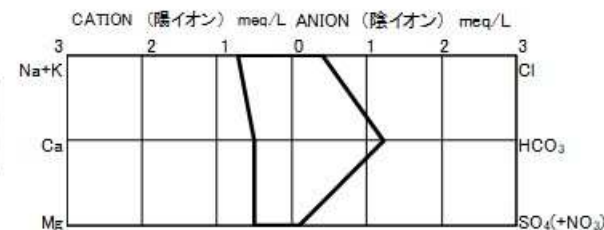
混合元	比率
第2帯水層 No.3-2	0.07
第3帯水層 No.4-1	0.93



パターン④

y=1.78

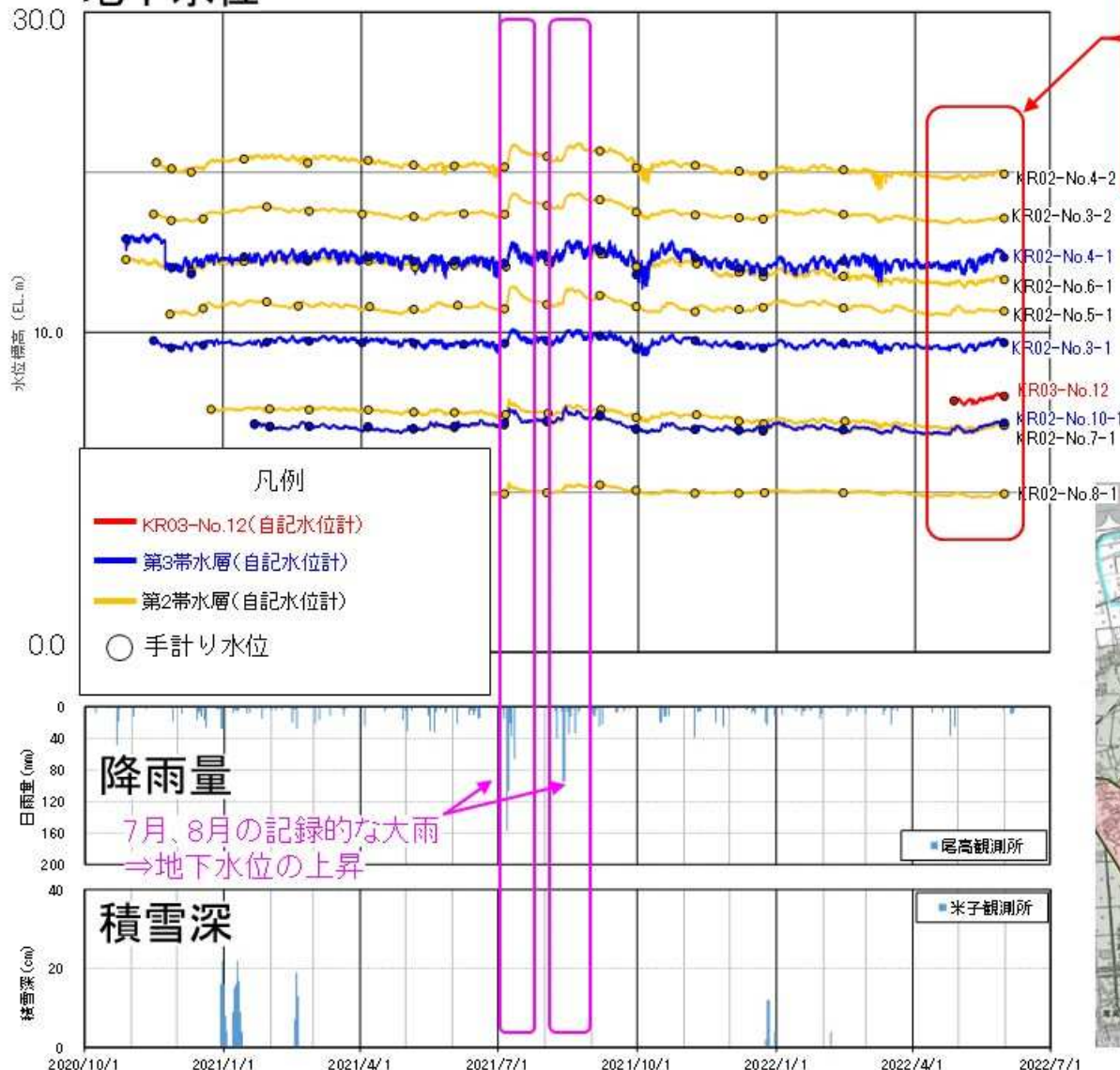
混合元	比率
第2帯水層 No.4-2	0.09
第3帯水層 No.4-1	0.91



- どの組み合わせでも、第3帯水層の混合比が0.72-0.93と、第3帯水層の比率が多いが、第2帯水層もわずかに混合
 - ⇒ 水質の特徴から第3帯水層の地下水が主要な起源で、一部第2帯水層の地下水を含む混合状態だと評価
 - ⇒ 第2・第3帯水層双方から三輪山の清水周辺に地下水が供給される構造をモデルに反映

地下水位連続観測結果 KR03-No.12 近傍

地下水位

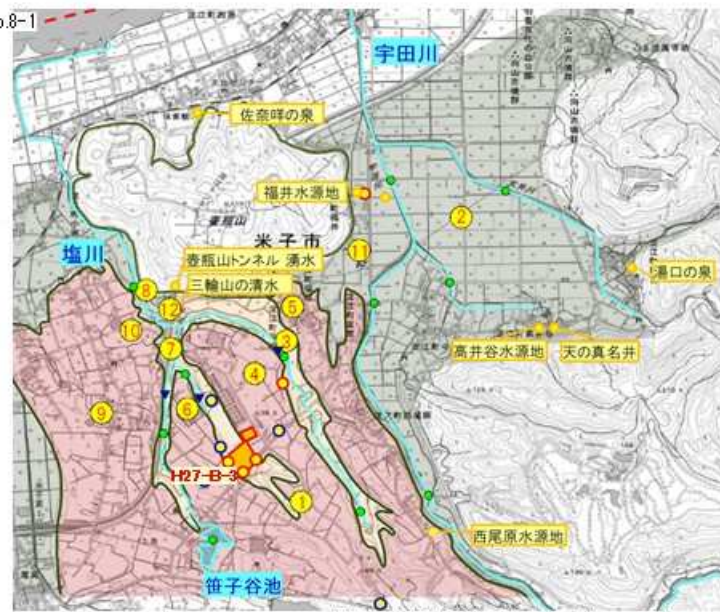


凡例
 ■ KR03-No.12(自記水位計)
 ■ 第3帯水層(自記水位計)
 ■ 第2帯水層(自記水位計)
 ○ 手計り水位

- ① 第2帯水層の地下水位(黄色のグラフ)は、2022.4~5にかけて概ね変化無しか、僅かに上昇している。
- ② 第3帯水層の地下水位(青色のグラフ)は、2022.4~5にかけて、顕著に上昇している。
- ③ 三輪山の清水と連動するNo.12の地下水位(赤色のグラフ)は、2022.4~5にかけて、第3帯水層と並行して顕著に上昇している。

三輪山の清水は、その水位変化についても、第2帯水層の影響ではなく、第3帯水層の影響を、より強く受けている。

『三輪山の清水』の湧水の主たる供給源は、第3帯水層の地下水である可能性が高い。



引用元:地理院地図(電子国土Web)を加工

三輪山の清水とNo.12の関係のまとめ

1. 三輪山の清水とNo.12は同じ帯水層

三輪山の清水の湧水を止めると、No.12孔の水位が上昇し、開放すると元に戻った(水位が低下した)ことから、両者は同じ帯水層(水みち)を共有する。

2. 三輪山の清水・No.12の水位変化(水位観測の結果)

三輪山の清水・No.12の水位変化は、第3帯水層の水位変化に連動する。

3. 三輪山の清水と、No.12の水質の特徴

水質組成の特徴(ヘキサダイアグラムの形状)がほぼ同じである。

4. 三輪山の清水と、No.12への水質寄与度

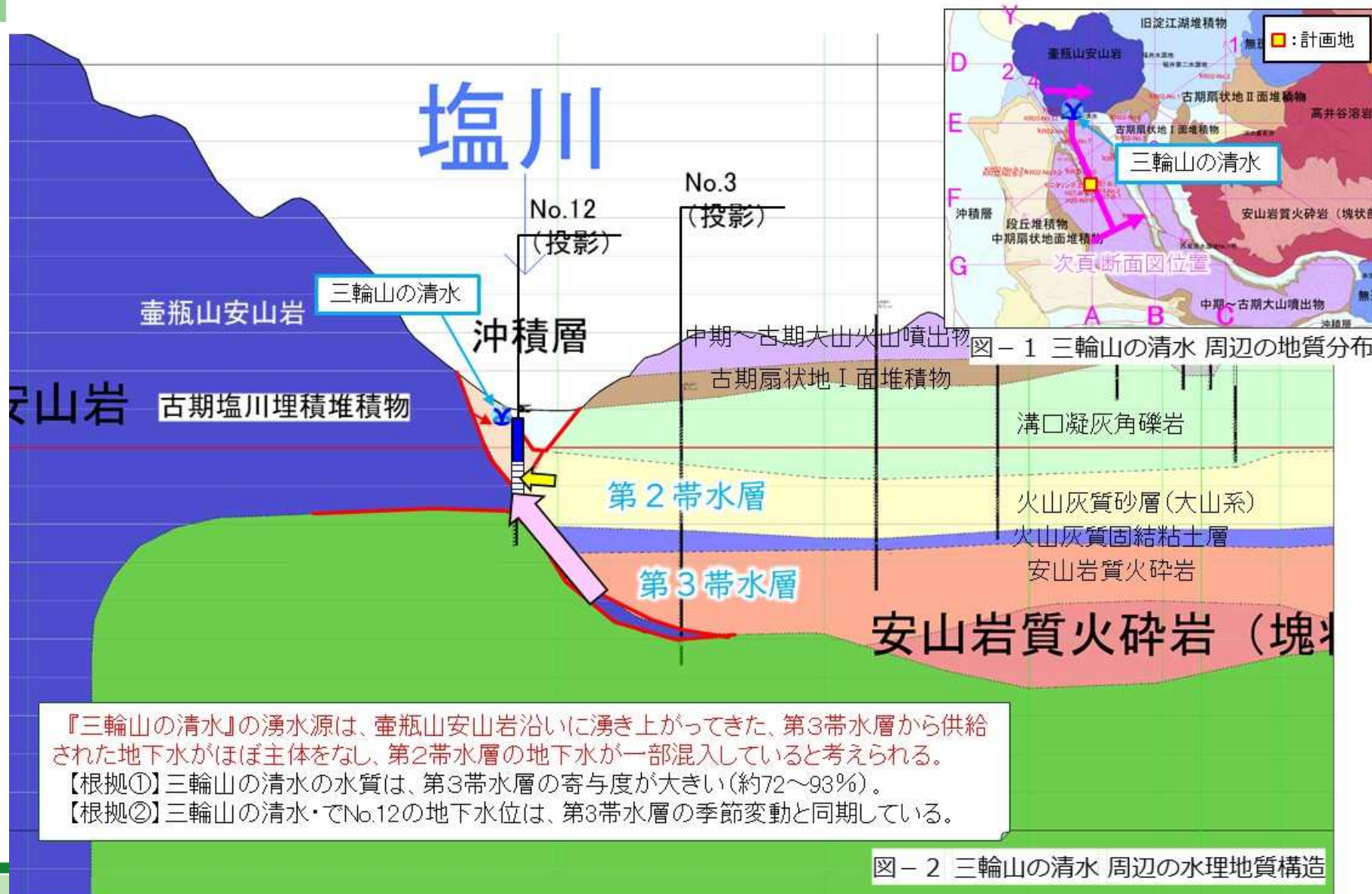
三輪山の清水とNo.12の水質は、第3帯水層の水質の寄与度が高い。

5. 三輪山の清水の起源(供給源)

水質の特徴、および地下水位の変動状況から、三輪山の清水、No.12孔の地下水は共に、主として第3帯水層から供給されている。

(2) 三輪山の清水

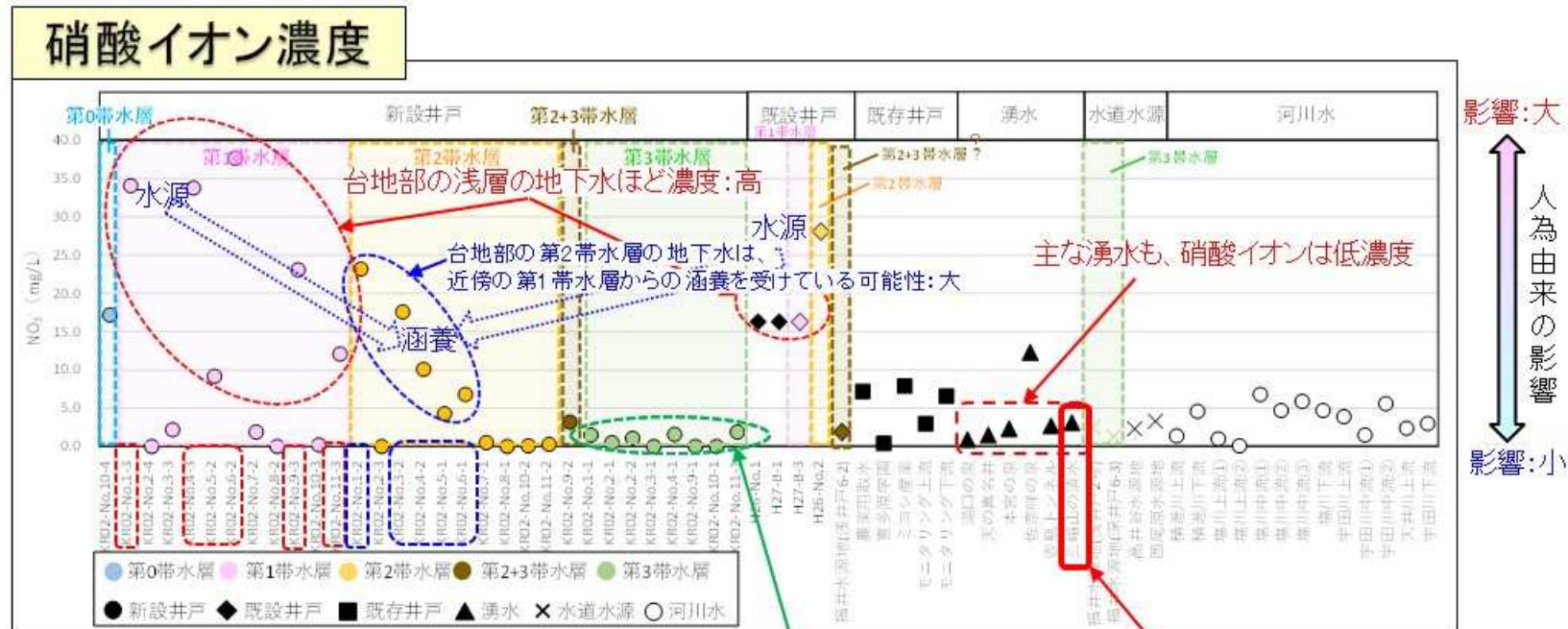
湧水源となる帯水層について③



三輪山の清水が供給源が第3帯水層である傍証①

1. 三輪山の清水の硝酸イオン濃度は、第3帯水層同様、低い。

三輪山の清水に対して、地下水流線で上流側に位置するNo.3,4,5の第2帯水層の地下水は、硝酸イオン濃度が有意に高く、三輪山の清水の水質と異なる。第3帯水層が供給源と考えれば、矛盾はない。



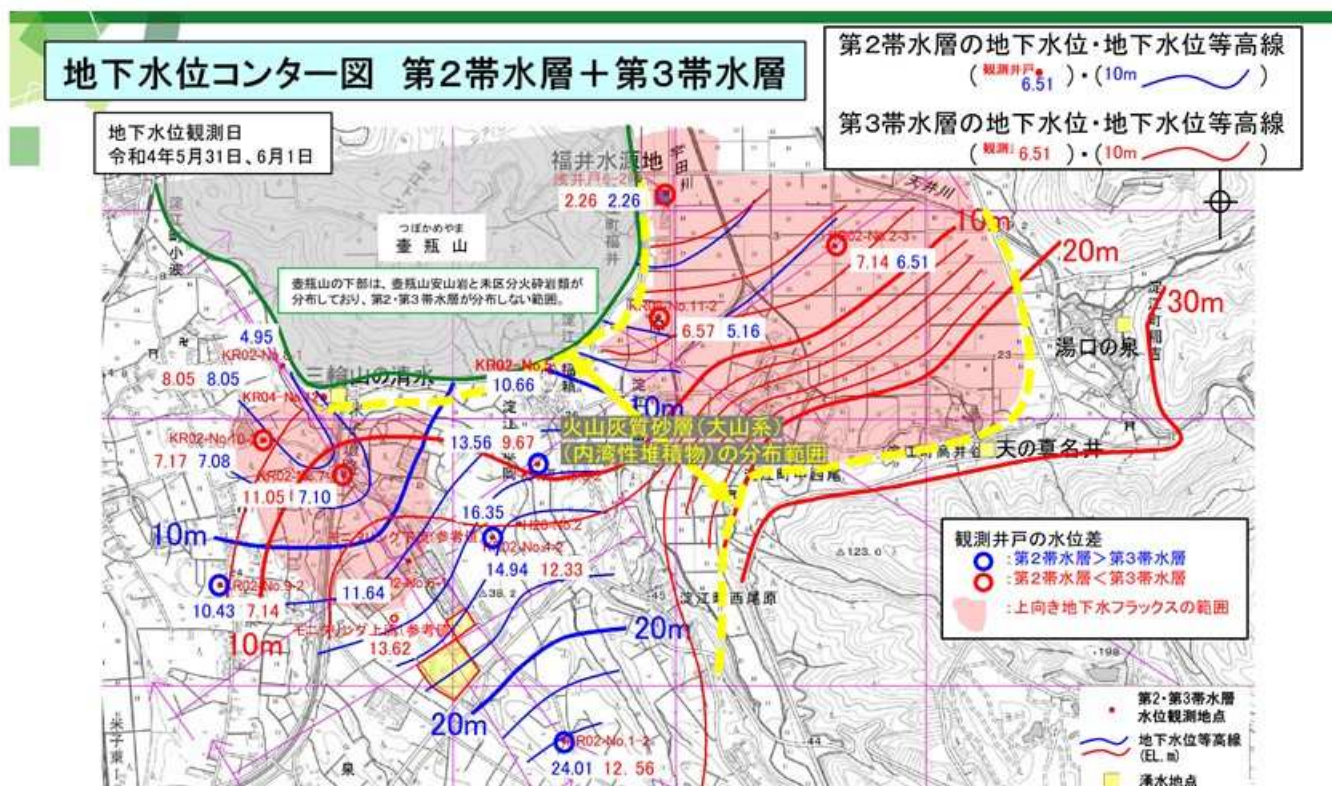
第3帯水層の地下水の硝酸イオンは低濃度
⇒地表の影響を受けていない

三輪山の清水の硝酸イオン濃度は、
第3帯水層の地下水同様、低濃度。

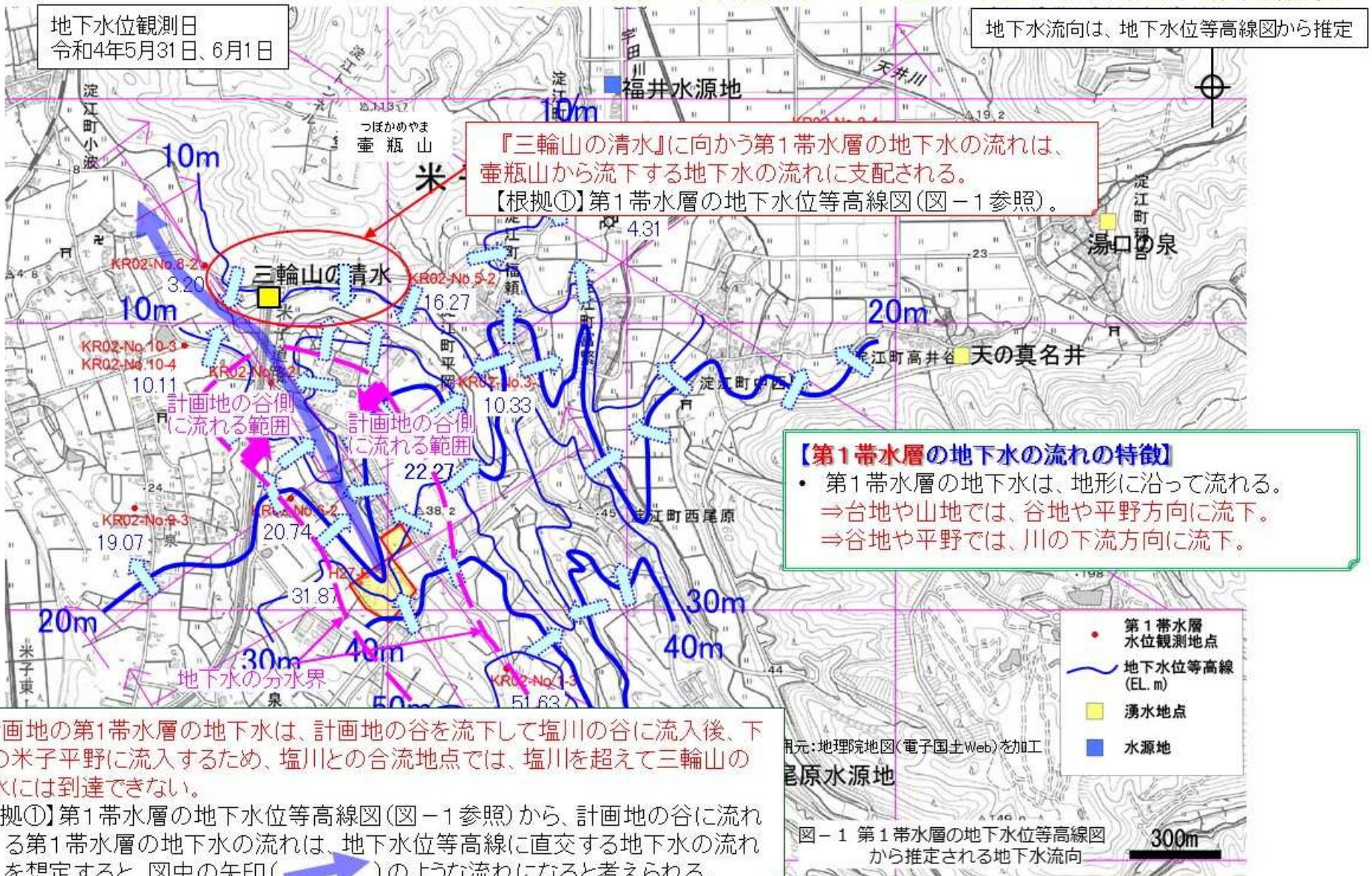
三輪山の清水が供給源が第3帯水層である傍証②

2. 三輪山の清水の周辺の地下水位は、第3帯水層 > 第2帯水層

三輪山の清水の周辺では、第2帯水層より第3帯水層の地下水位が高く、下位の第3帯水層から、上位の第2帯水層に向かう上向きの地下水フラックスの存在が指摘されており、三輪山の清水の供給源が第3帯水層が主体であることと整合する。



(2) 三輪山の清水 三輪山の清水に向かう第1帯水層の地下水の流れ (地下水位一斉観測データに基づく地下水流動方向推定結果)




(2) 三輪山の清水 三輪山の清水に向かう第2・3帯水層の地下水の流れ (地下水位一斉観測データに基づく地下水流動方向推定結果)




図-1 第2帯水層の地下水位等高線図から推定される地下水流向




図-2 第3帯水層の地下水位等高線図から推定される地下水流向

 : 地下水位等高線から推定した地下水流向

10m  : 地下水位等高線

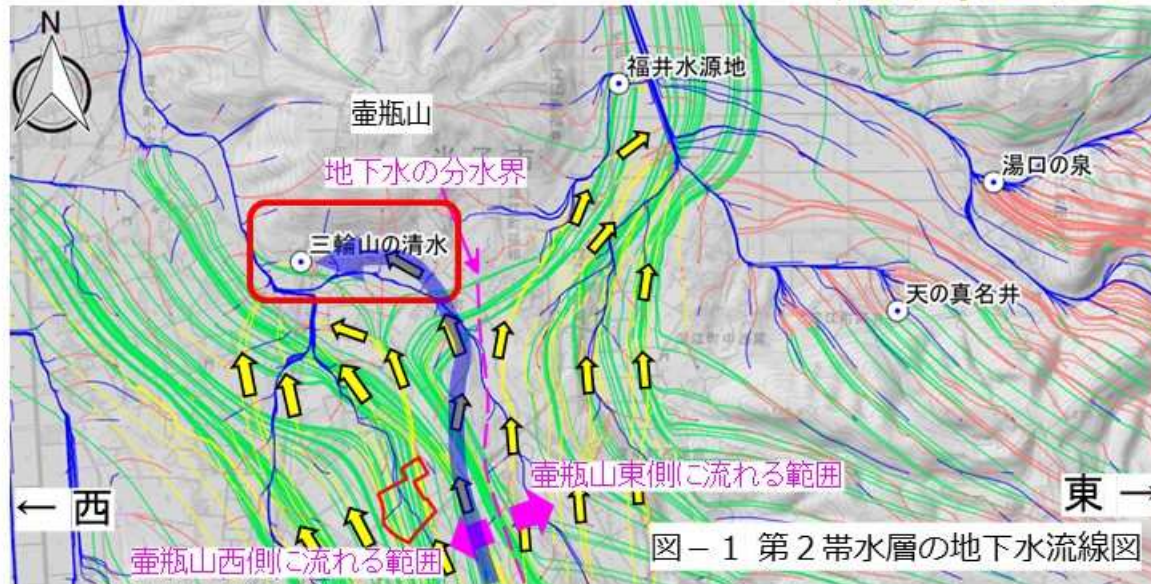
 : 観測井戸
6.51 : 観測水位

三輪山の清水に向かう第2、第3帯水層の地下水の流れは、それぞれ計画地の東側にある地下水の分水界付近(西側)を流れる地下水が、壺瓶山に行く手を遮られ、流向を西向きに変えたのちに三輪山の清水に到達していると考えられる。

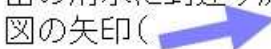
【根拠①】第2、第3帯水層の地下水位等高線図(図-1, 2参照)から、三輪山の清水付近を流れる両帯水層の地下水の流れは、地下水位等高線に直交する地下水の流れを想定すると、図中の矢印()のような流れになると考えられる。

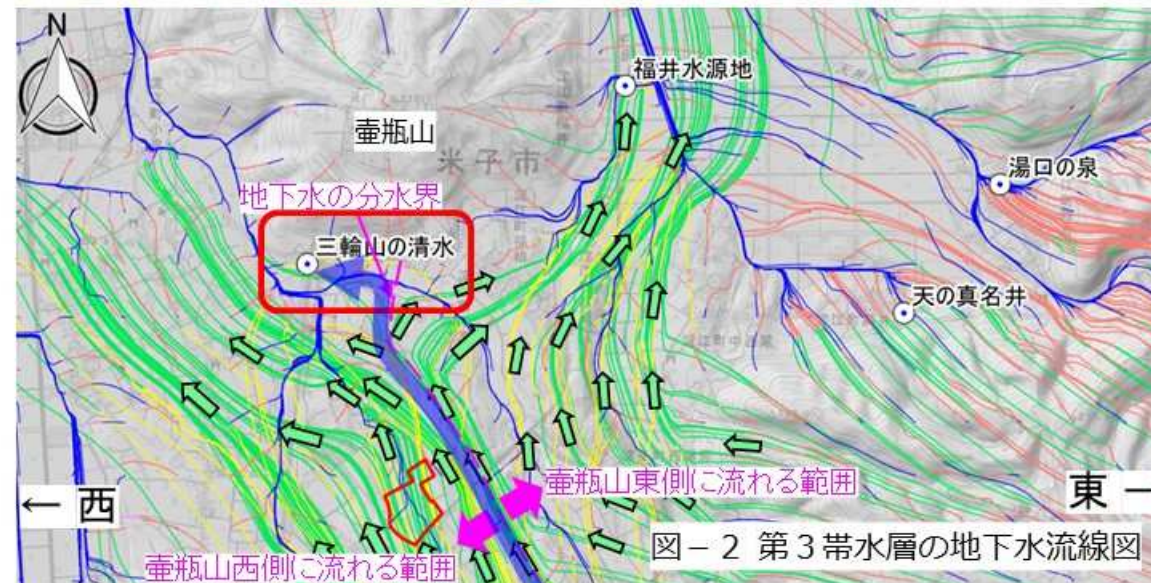
(2) 三輪山の清水

三輪山の清水に向かう地下水の流れ (地下水シミュレーション解析結果)



三輪山の清水に向かう第2、第3帯水層の地下水の流れは、それぞれ計画地の東側に位置する『地下水の分水界』に沿って流れ、壺瓶山の南端部で西向きに流れを変えて、三輪山の清水付近に到達する。

【根拠①】地下水シミュレーション解析の結果示された地下水流線の流れのうち、三輪山の清水に到達する流線をトレースすると、図の矢印() ようなルートになる。



- : 第2帯水層の地下水の流向
- : 第3帯水層の地下水の流向
- : 湧水
- : 解析領域
- : 詳細評価範囲
- : 市町村境界
- : 計画地
- 流動経路
 - : 地表水
 - : 第一帯水層
 - : 第二帯水層
 - : 第三帯水層
 - : 火山灰質砂礫層 (日野川系)帯水層

三輪山の清水に向かう地下水(まとめ)

これまでの調査解析結果から、以下の点が確認された

- ▶ 『三輪山の清水』の水源となる帯水層は第3帯水層が大部分で、一部、第2帯水層の地下水が混入していると考えられる。
- ▶ 流線図では、計画地から涵養された地下水は、第1、第2、第3帯水層とも、『三輪山の清水』には向かっていない。
 - ・『三輪山の清水』に向かうの地下水の流れは、
 - ①第1帯水層: 背後の壺瓶山から流下する地下水流が主体である。
 - ②第2帯水層、第3帯水層: 計画地の東側の地下水の分水界付近を通過した地下水が、壺瓶山に遮られて西に向きを変え、『三輪山の清水』付近を通過するものである。
- ▶ 『三輪山の清水』付近の地下水位が高く、計画地下流の地下水は『三輪山の清水』には到達しない。
- ▶ 以上から、計画地から涵養された地下水が『三輪山の清水』に影響を及ぼす可能性は極めて低いものと推察される。