資料２

調査の目的

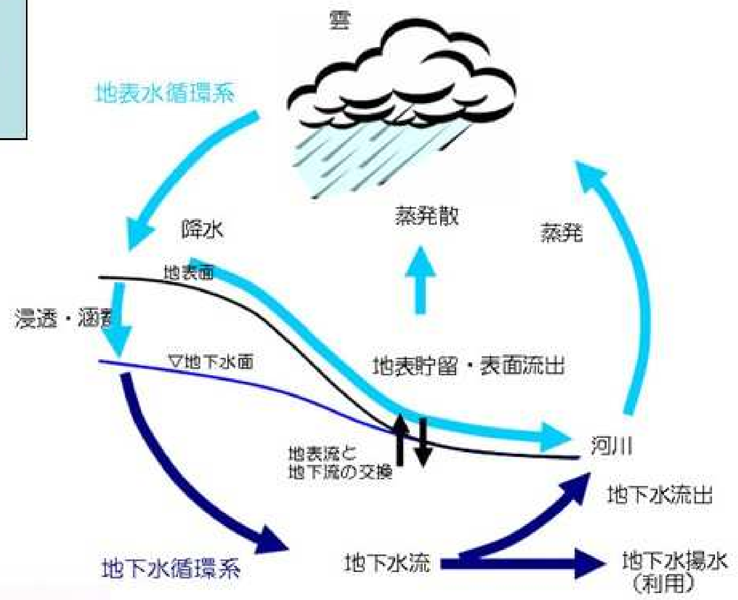
　公益財団法人　鳥取県環境管理事業センターが、産業廃棄物処理施設の設置を計画している米子市淀江町小波地内の土地について、その地下水の流向等を把握するために、地下水、地層及び地質の調査を実施しました。

広域地下水流動調査・研究

・理論的研究（1960年代から）

・実証的研究（1980年代から）

地下水:地表面下の地層間隙を飽和して流動する水



地球上の水は太陽放射と重力で循環している!
***地下水*も水循環系の一部を構成している!**

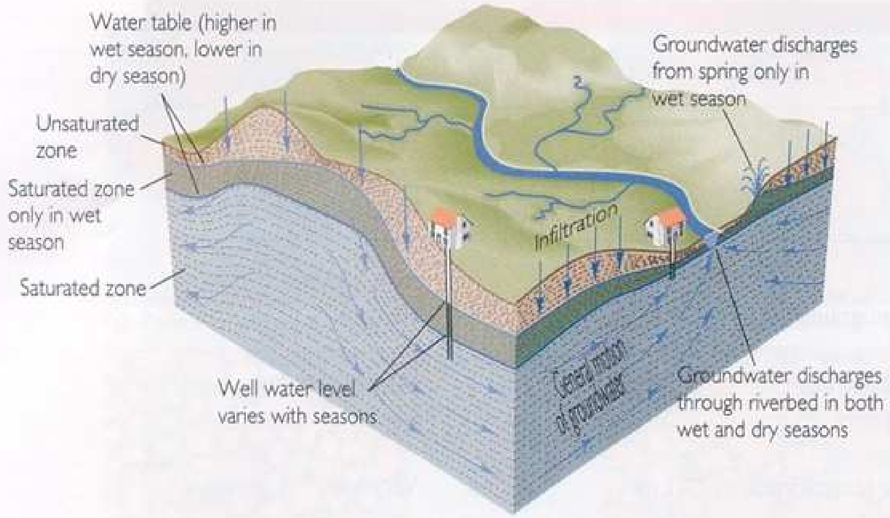
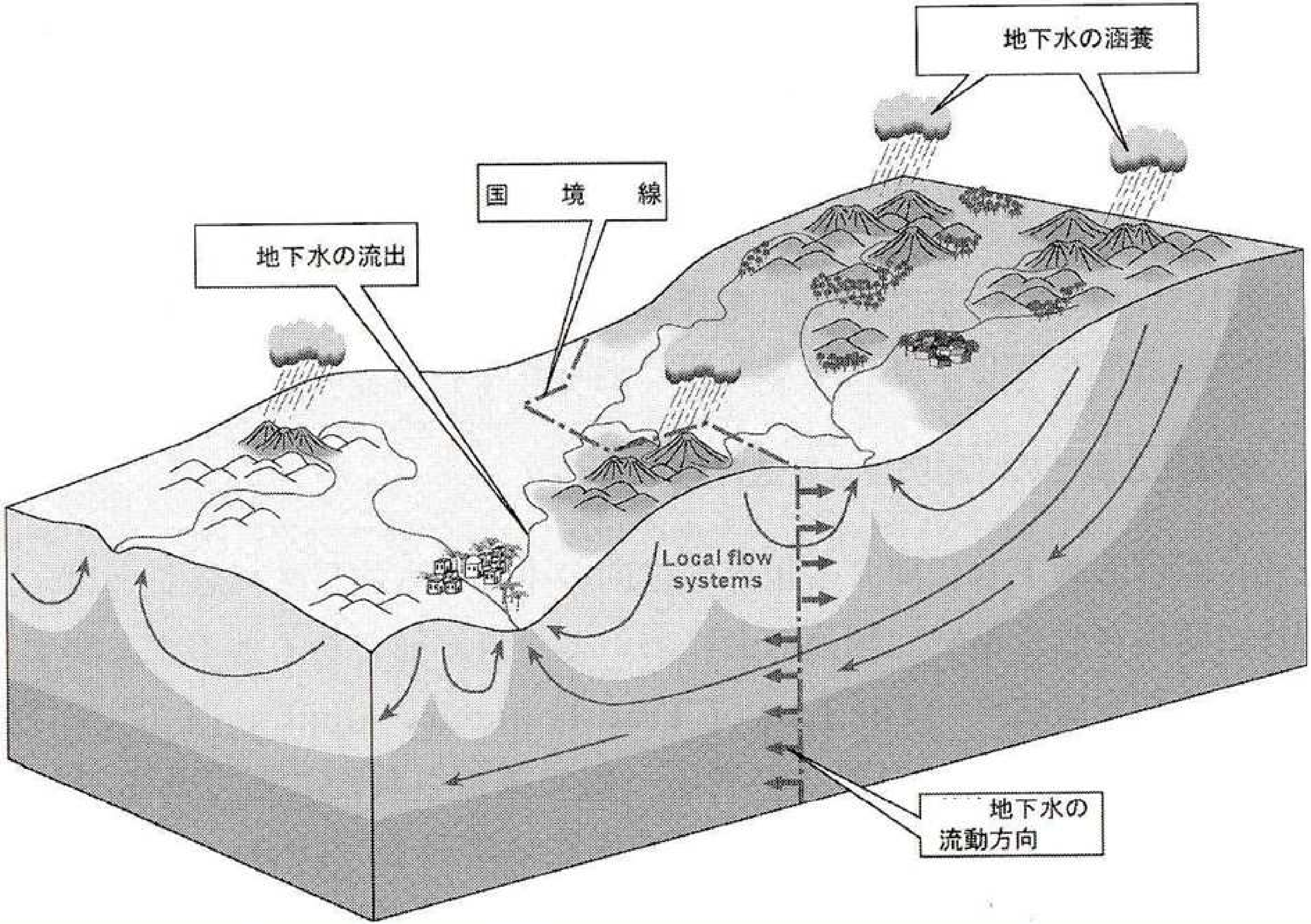


Figure 12.9 Dynamics of the groundwater table in permeable shallow formations in a temperate climate. Water enters the ground by infiltration of rain and melted snow and discharges at springs and rivers. The unsaturated zone varies in thickness as the water table rises in wet seasons and falls in dry seasons.

地下水流動の支配要因

地形勾配 + 地質(透水性)構成

Topo drive + Geo drive



陸域での水循環の一部を担っている
Topo drive と Geo drive が構成する実際の3次元的な地下水流動

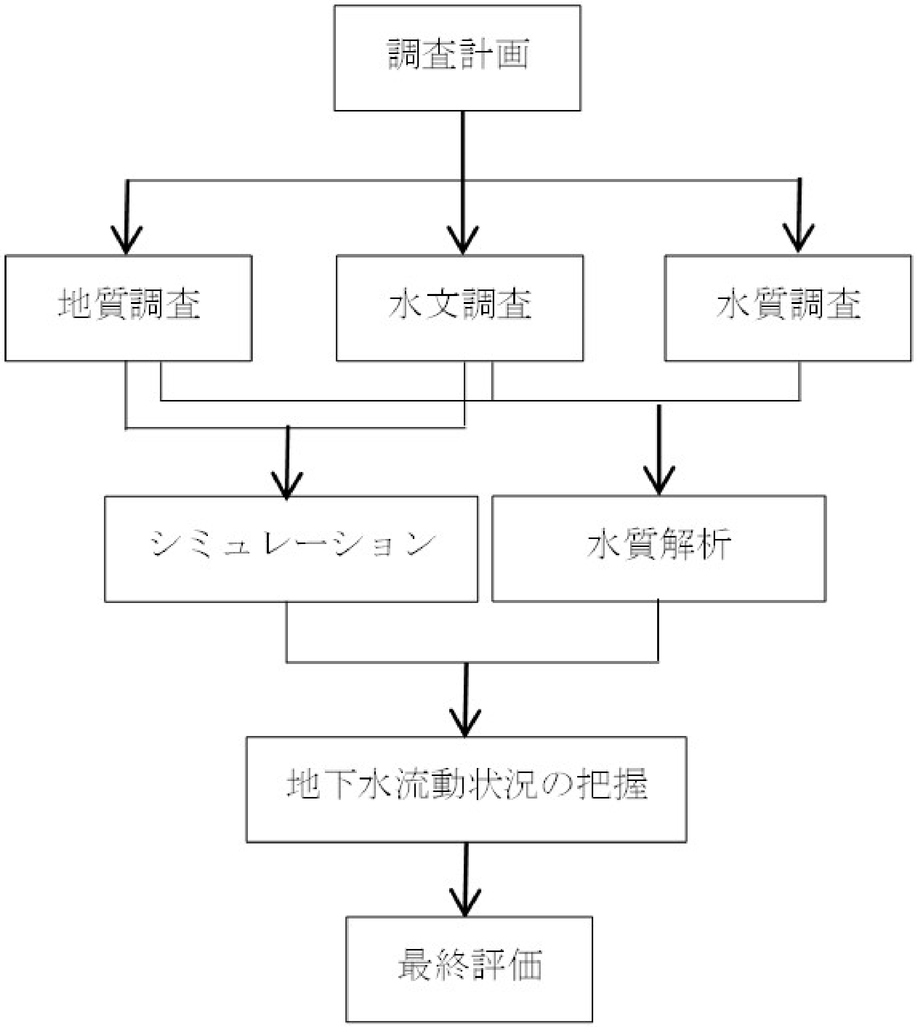
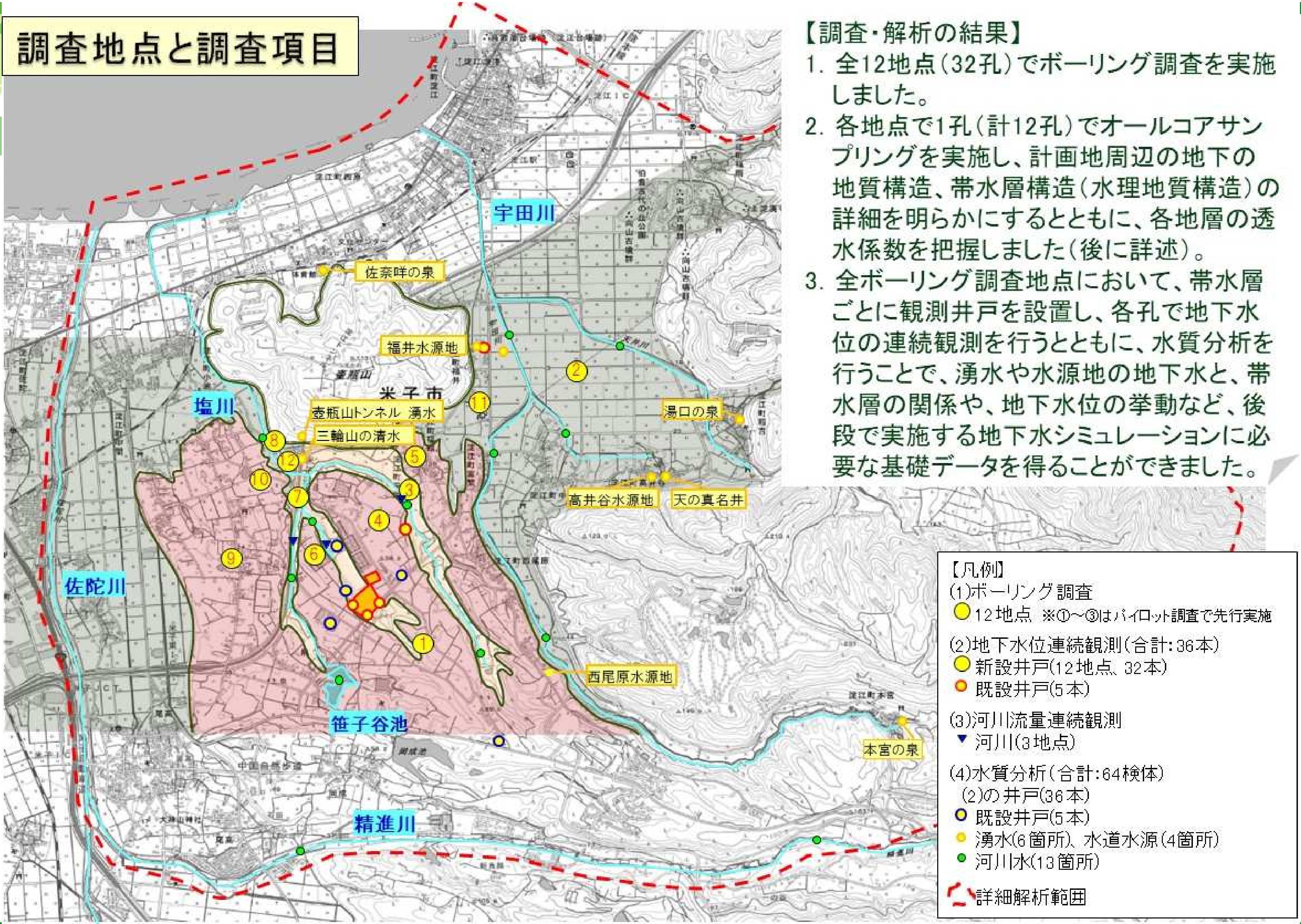


図１　調査・解析及び評価の流れ

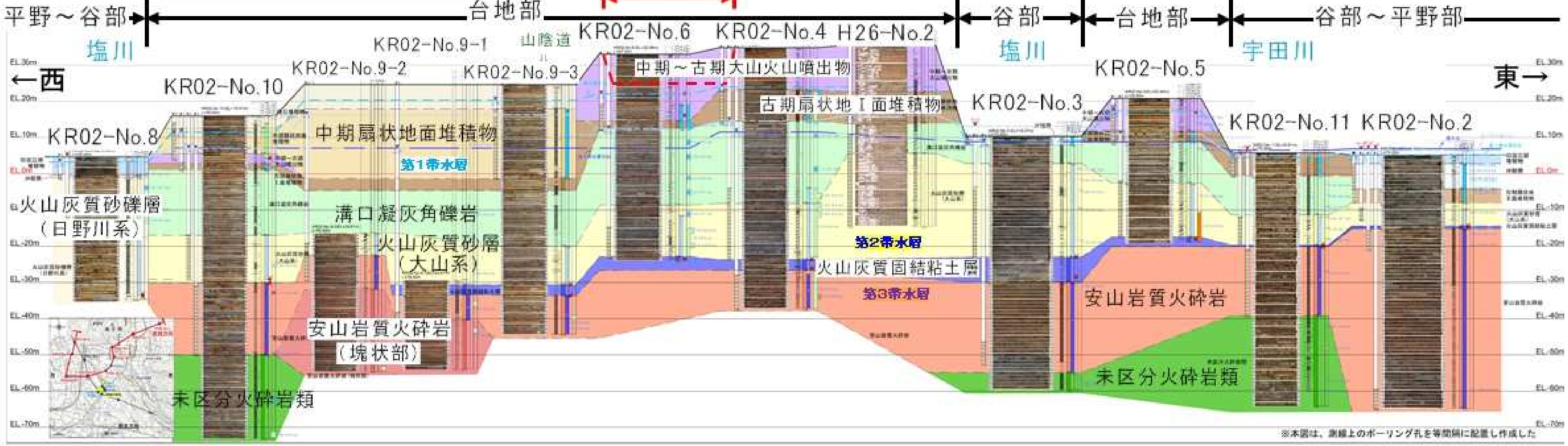
調査地点と調査項目

【調査・解析の結果】

1. 全12地点（32孔）でボーリング調査を実施しました。
2. 各地点で1孔（計12孔）でオールコアサンプリングを実施し、計画地周辺の地下の地質構造、帯水層構造（水理地質構造）の詳細を明らかにするとともに、各地層の透水係数を把握しました（後に詳述）。
3. 全ボーリング調査地点において、帯水層ごとに観測井戸を設置し、各孔で地下水位の連続観測を行うとともに、水質分析を行うことで、湧水や水源地の地下水と、帯水層の関係や、地下水位の挙動など、後段で実施する地下水シミュレーションに必要な基礎データを得ることができました。



対象地の地質層序



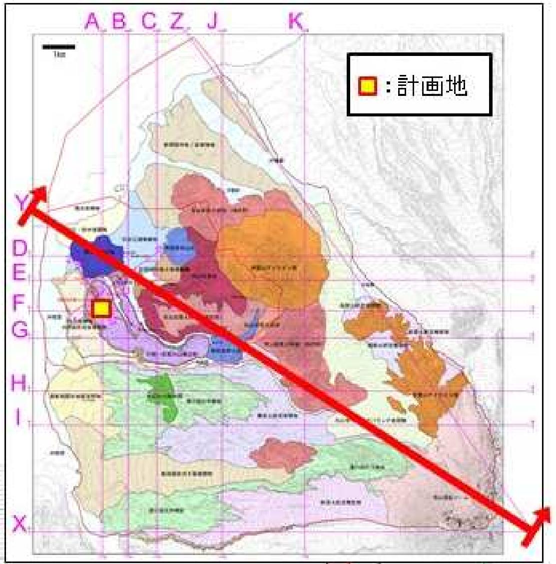
- 事業計画地西側の一段低い台地には、「段丘堆積物」、「中期扇状地面堆積物」、東側の台地には「中期～古期大山噴出物」が広く分布する。
- 上記台地の西端(KR02−No.10付近)から東端の谷部(KR02−No.11付近)まで、「溝口凝灰角礫岩」が連続的に分布する。
- 「火山灰質砂層(大山系)」「火山灰質固結粘土層」「安山岩質火砕岩」「安山岩質火砕岩(塊状部)」は、層厚の膨縮はあるが、本断面の西端部から東端部まで、連続的に分布する。また、「安山岩質火砕岩と同(塊状部)」は、KR02−No.9付近で上面形状に大きな不陸がある。
- KR02−No.11の標高−50m以深に分布する未区分火砕岩類(時代未詳)は、上記の地層よりさらに古い年代の噴出物とみられ、透水性も低いことから、本調査では水理基盤面と見なし、「未区分火砕岩類」に分類した。

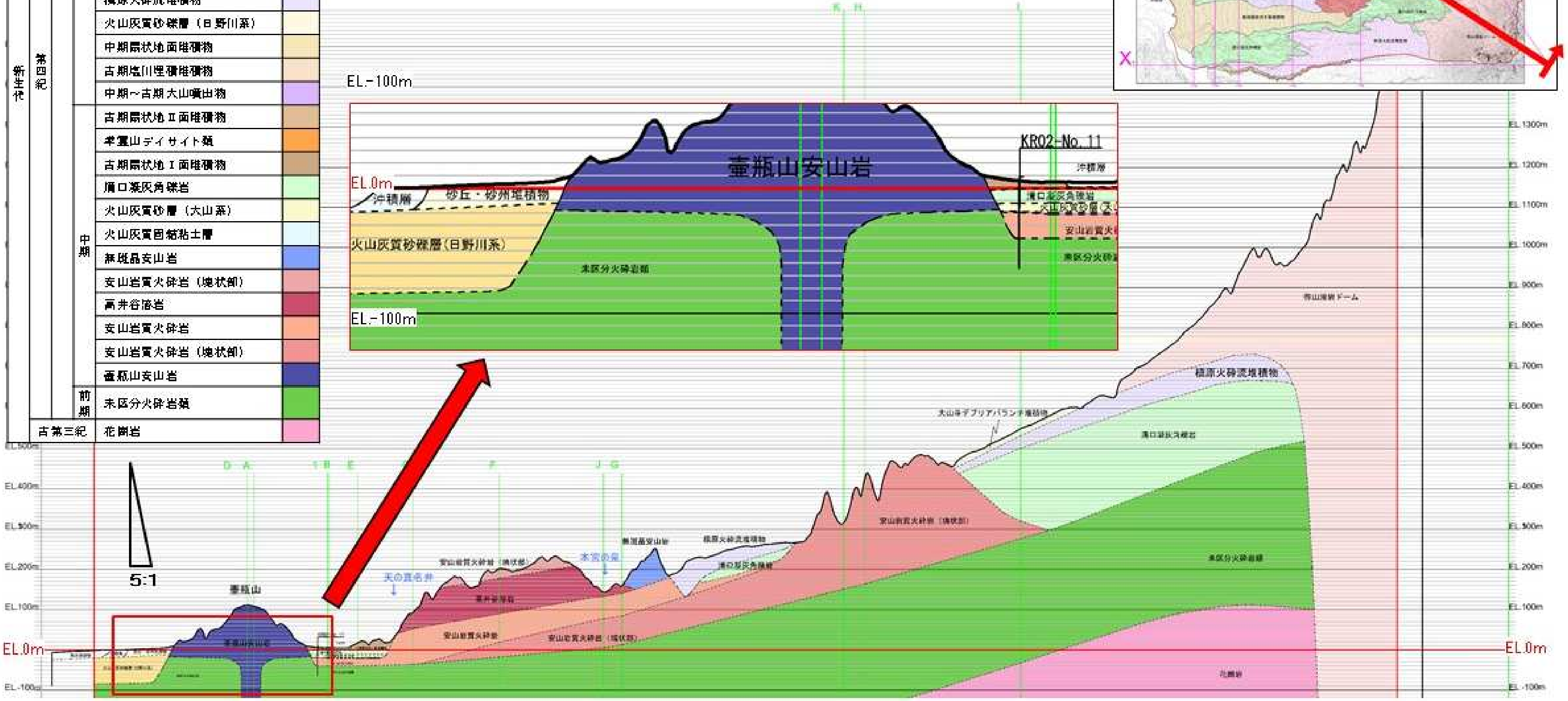
地質断面図

断面Y

地質時代				地層名	色
新生代	第四紀	完新世		海浜堆積物	
				沖積層	
				旧淀江湖堆積物	
				砂丘・砂州堆積物	
				最新期扇状地面堆積物	
				段丘堆積物	
				大山寺デブリアバランチ堆積物	
				弥山溶岩ドーム	
				新期火砕流堆積物	
				新期扇状地Ⅱ面堆積物	
				新期扇状地Ⅰ面堆積物	
				槇原火砕流堆積物	
				火山灰質砂礫層（日野川系）	
				中期扇状地面堆積物	
				古期塩川埋積堆積物	
				中期～古期大山噴出物	
			中期	古期扇状地Ⅱ面堆積物	
				孝霊山デイサイト類	
				古期扇状地Ⅰ面堆積物	
				溝口凝灰角礫岩	
				火山灰質砂層（大山系）	
				火山灰質固結粘土層	
				無斑晶安山岩	
				安山岩質火砕岩（塊状部）	
				高井谷溶岩	
				安山岩質火砕岩	
				安山岩質火砕岩（塊状部）	
				壷瓶山安山岩	
			前期	未区分火砕岩類	
	古第三紀			花崗岩	

大山（弥山）山頂から、壷瓶山山頂を通る直線上で、
地質断面図を作成しました。
計画地周辺の地質構造を理解することができます。



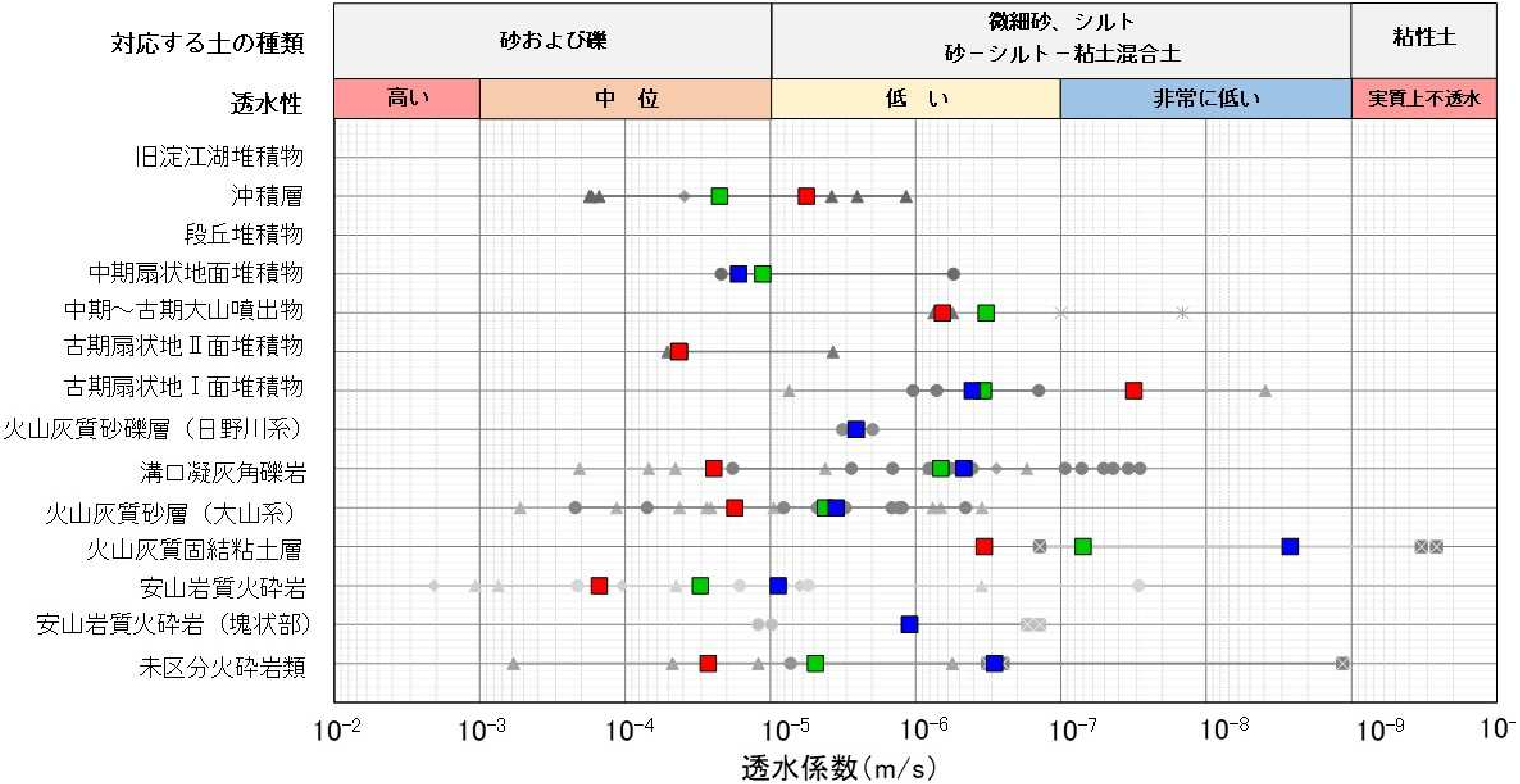


各地層の透水性

現場透水試験、室内透水試験結果

ボーリング孔を用いた現場透水試験、ボーリングコアを用いた室内透水試験を各地層で実施しました。

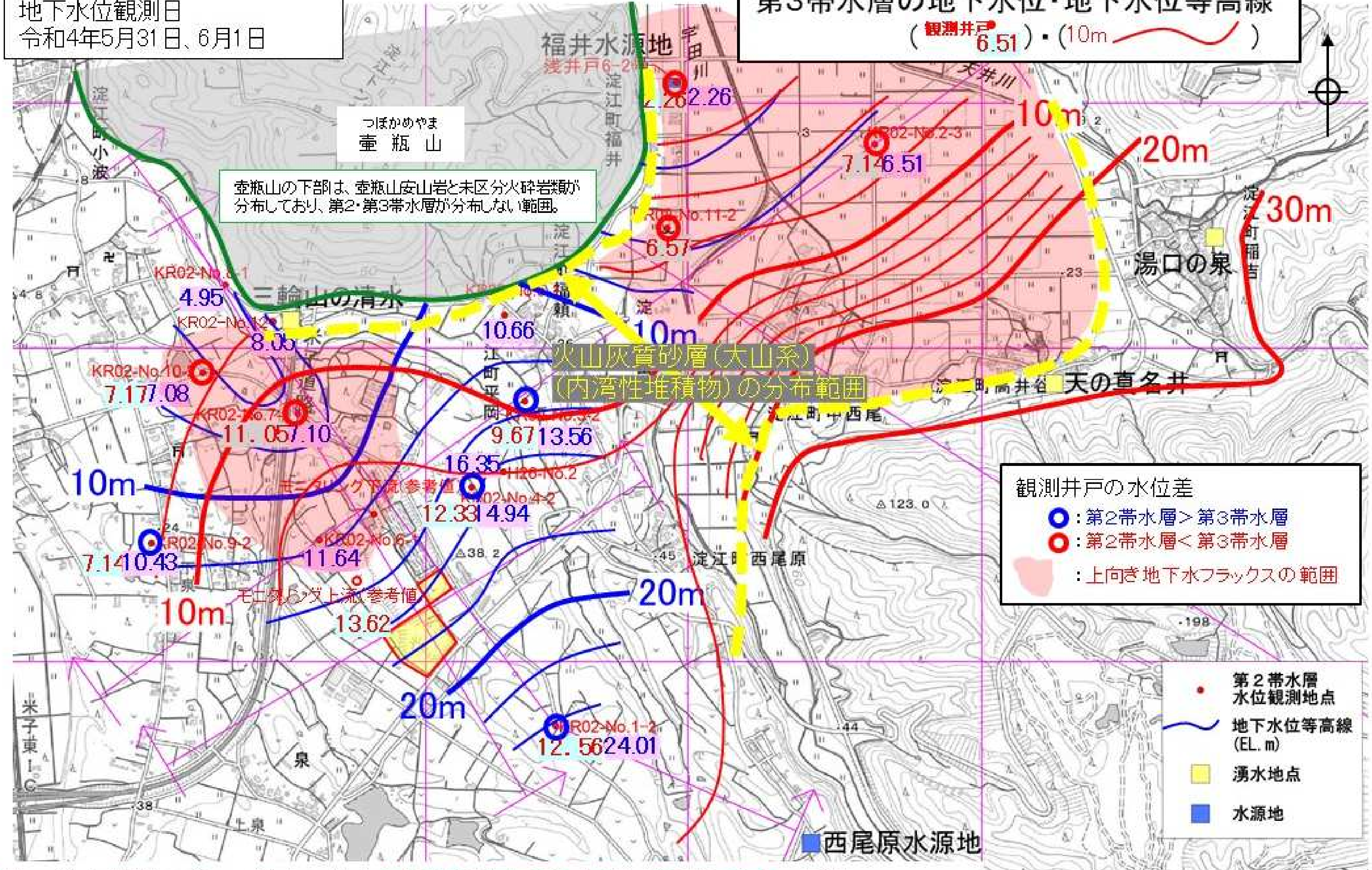
凡例
- 全データの中央値
- チューブ法の中央値
- ピエゾメーター法 室内透水試験の中央値
- 室内透水試験
- 不飽和透水試験
- チューブ法
- ピエゾメーター法(注水法)
- ピエゾメーター法(回復法)



地下水位コンター図 第２帯水層＋第３帯水層

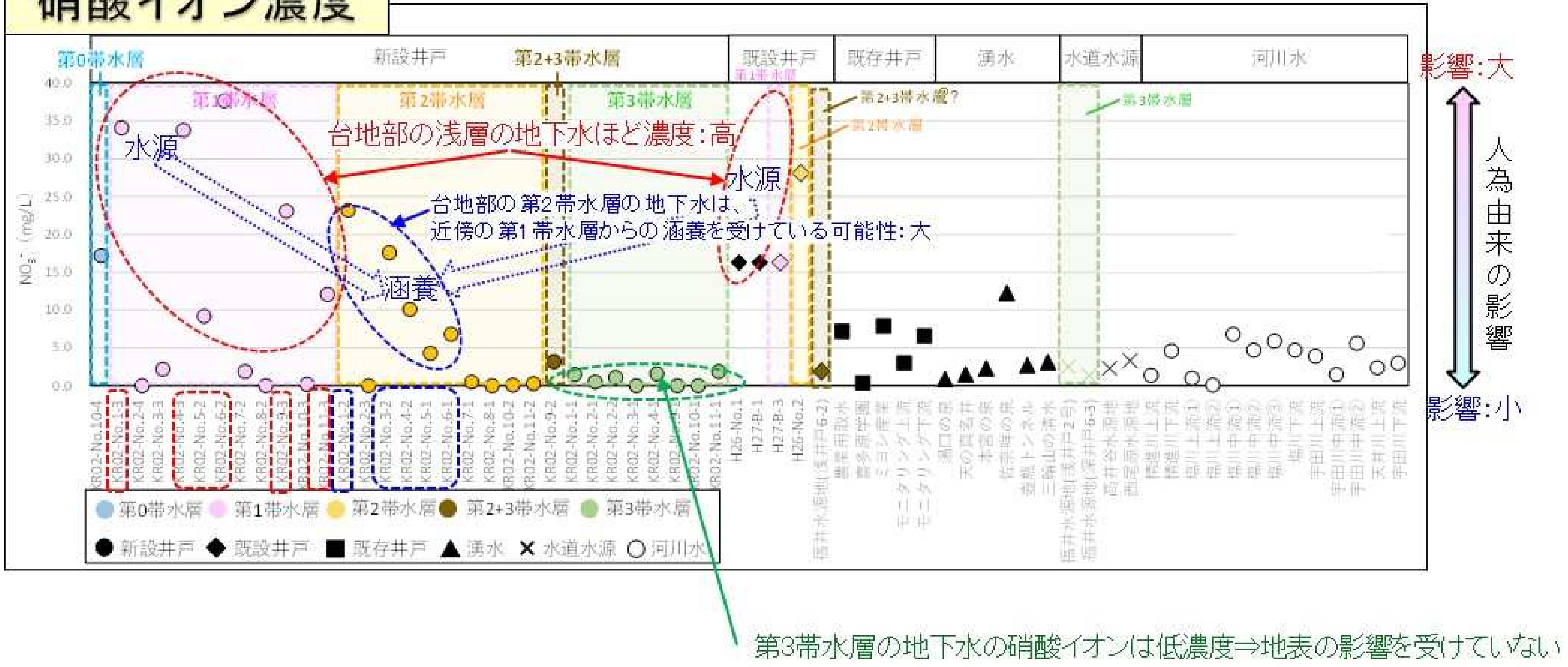
地下水位観測日
令和4年5月31日、6月1日

第２帯水層の地下水位・地下水位等高線
（観測井戸 6.51）・（10m ～ ）
第３帯水層の地下水位・地下水位等高線
（観測井戸 6.51）・（10m ～ ）



【計画地の谷や塩川の谷：三輪山の清水周辺】【淀江平野：福井水源地周辺】の低地では、
第２帯水層より第３帯水層の地下水位が上回り、第３帯水層の地下水が第２帯水層に向かう、
上向きの地下水流向（フラックス）が存在する範囲を把握しました。

硝酸イオン濃度



?

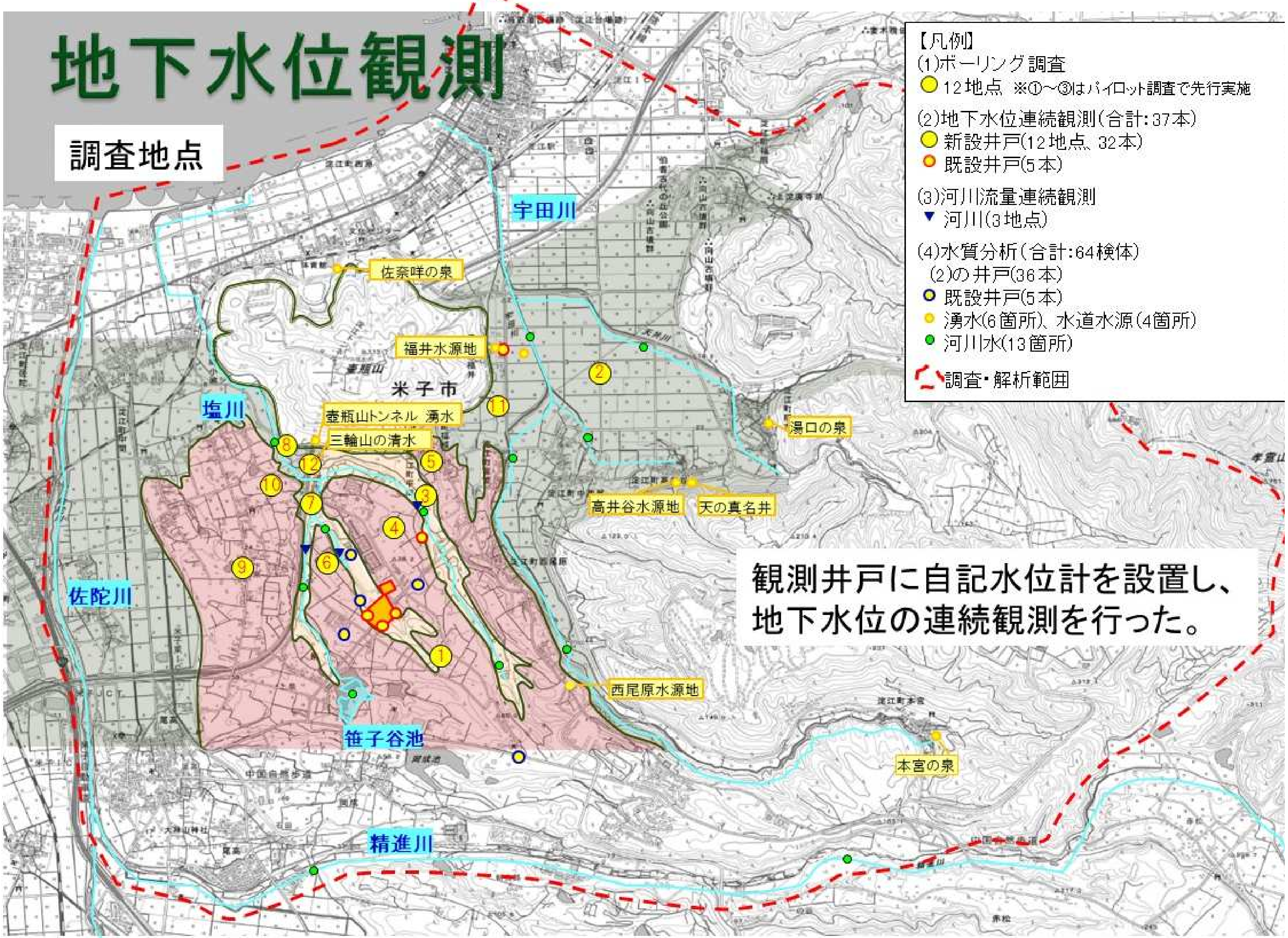
【調査・解析の結果】

1. 水質分析（硝酸イオン濃度）の結果、第2帯水層の地下水は近傍の地表の影響を受けている地点もあるが、第3帯水層の地下水はその影響を受けていないことがわかりました。
2. 台地部の第2帯水層の地下水は、近傍の第1帯水層からの涵養を受けている可能性が大きいことがわかりました。

© 2022 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

地下水位観測

調査地点

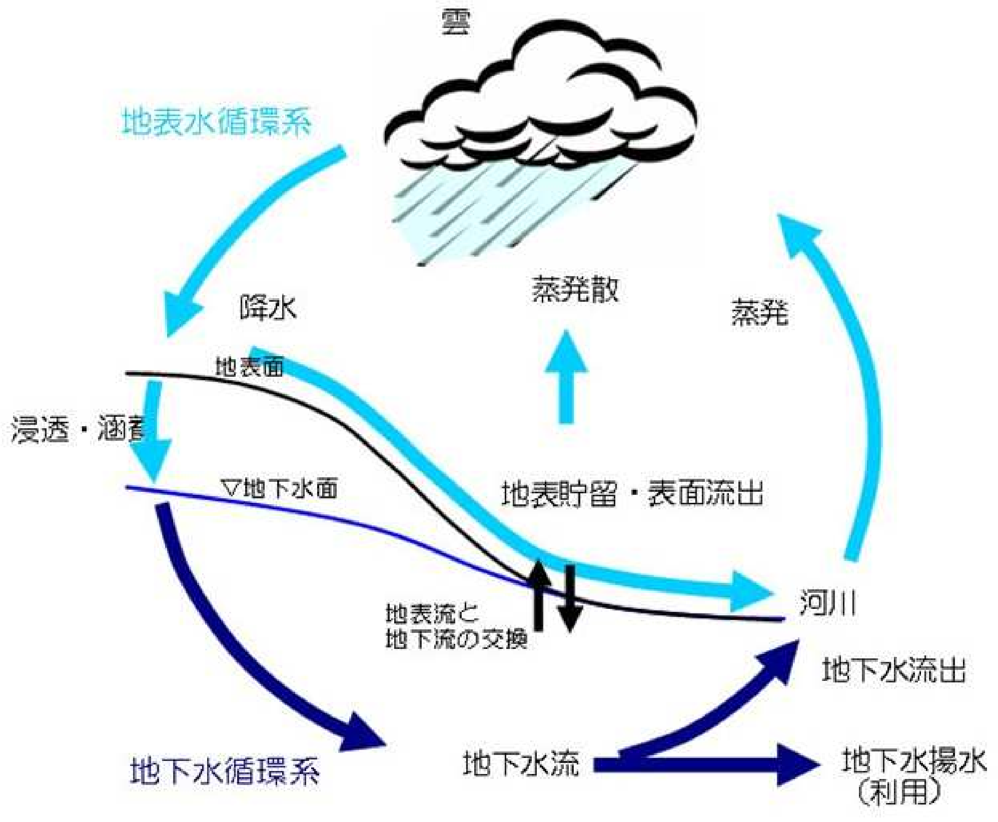


観測井戸に自記水位計を設置し、地下水位の連続観測を行った。

© 2022 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

地下水流動を把握する方法（地下水流動シミュレーション）

水循環の概念図



地球上の水は太陽放射と重力で循環している！
***地下水*も水循環系の一部を構成している！**

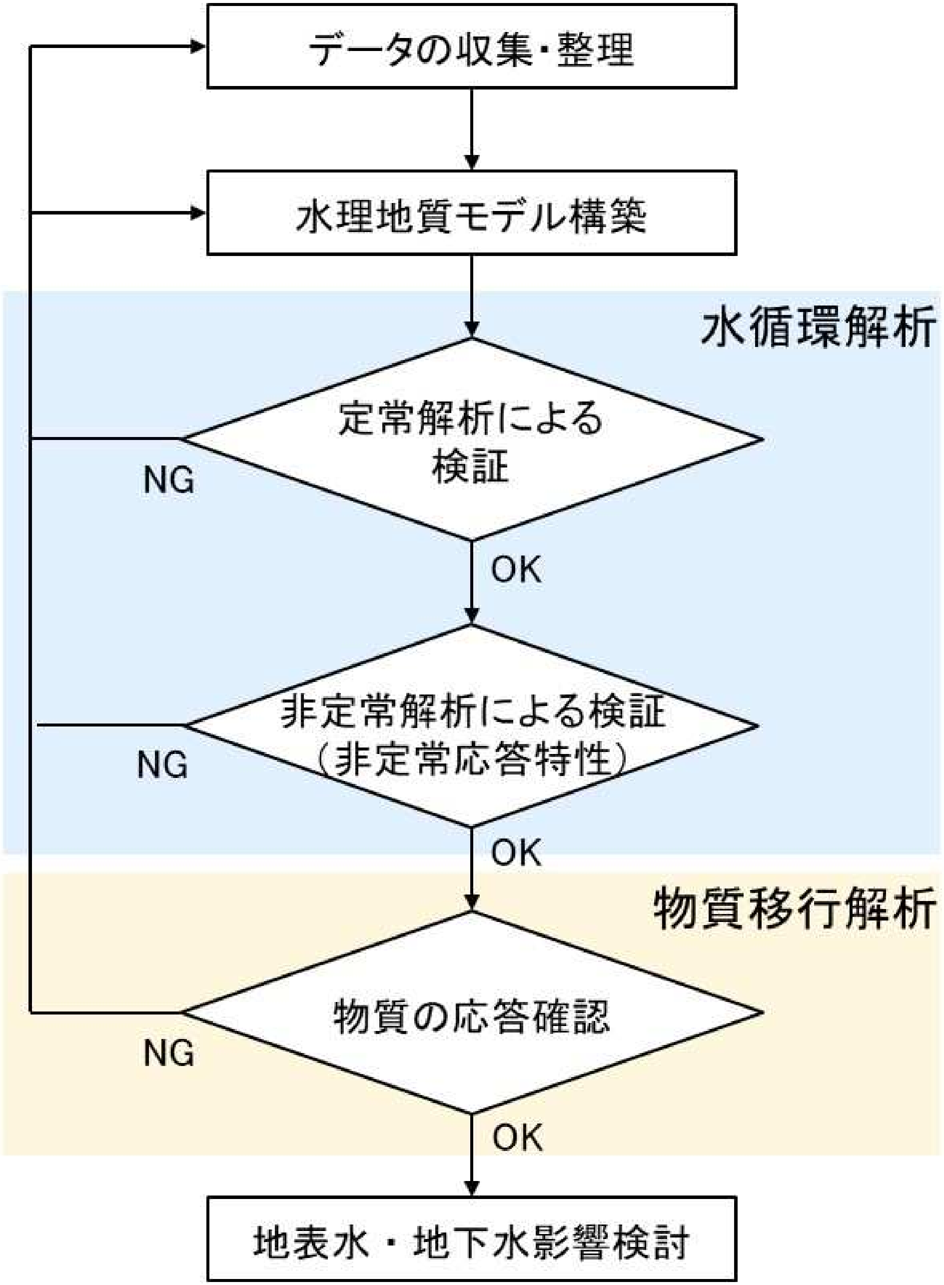
➡

地表水と地下水を一体化した水循環系として
***地下水流動*を把握することが重要！**

３次元地下水流動シミュレーション

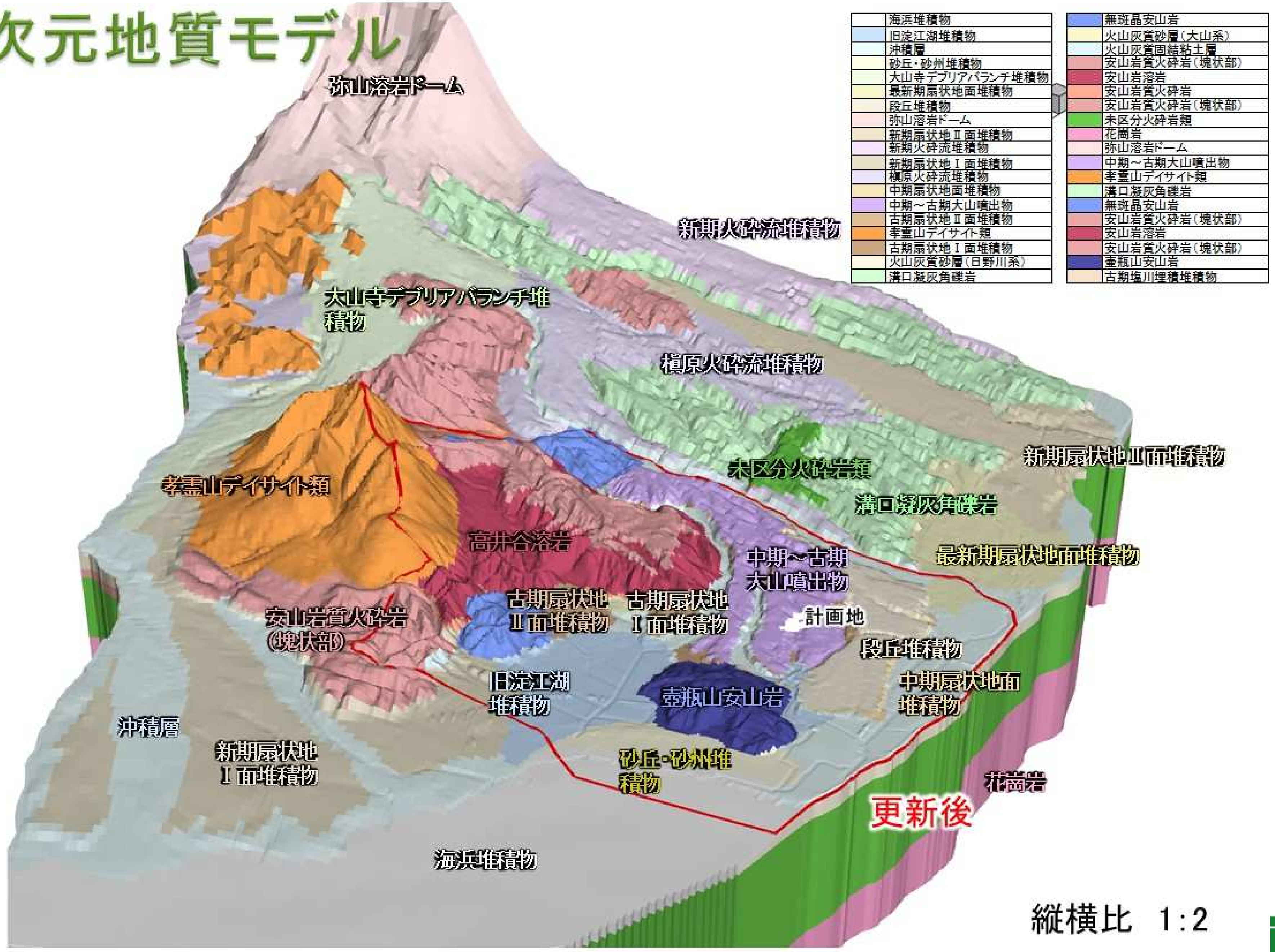
検証の流れ

- シミュレーション結果と観測データの差異は、モデルと実際の異なる点を示唆する貴重な情報
- 計算の実行・検証を繰り返しながら、必要に応じて地質モデル構築やデータの収集へとフィードバックすることでモデルの改善や計画地周辺の地表水・地下水流動状況の理解につなげる
- 検証を経て最終的に確定したモデルを用いて、地表水・地下水影響検討を実施



© 2022 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

3次元地質モデル



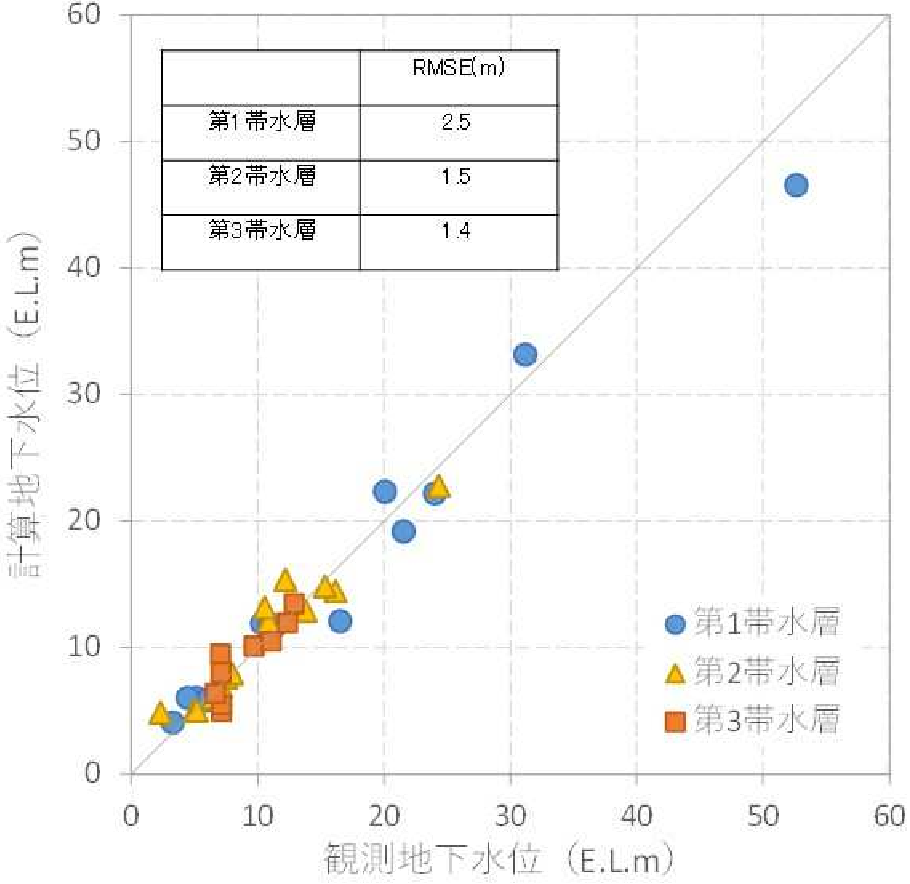
	海浜堆積物
	旧淀江湖堆積物
	沖積層
	砂丘・砂州堆積物
	大山寺デブリアバランチ堆積物
	最新期扇状地面堆積物
	段丘堆積物
	弥山溶岩ドーム
	新期扇状地Ⅱ面堆積物
	新期火砕流堆積物
	新期扇状地Ⅰ面堆積物
	槇原火砕流堆積物
	中期扇状地面堆積物
	中期～古期大山噴出物
	古期扇状地Ⅱ面堆積物
	孝霊山デイサイト類
	古期扇状地Ⅰ面堆積物
	火山灰質砂層(日野川系)
	溝口凝灰角礫岩

	無斑晶安山岩
	火山灰質砂層(大山系)
	火山灰質固結粘土層
	安山岩質火砕岩(塊状部)
	安山岩溶岩
	安山岩質火砕岩
	安山岩質火砕岩(塊状部)
	未区分火砕岩類
	花崗岩
	弥山溶岩ドーム
	中期～古期大山噴出物
	孝霊山デイサイト類
	溝口凝灰角礫岩
	無斑晶安山岩
	安山岩質火砕岩(塊状部)
	安山岩溶岩
	安山岩質火砕岩(塊状部)
	壺瓶山安山岩
	古期塩川埋積堆積物

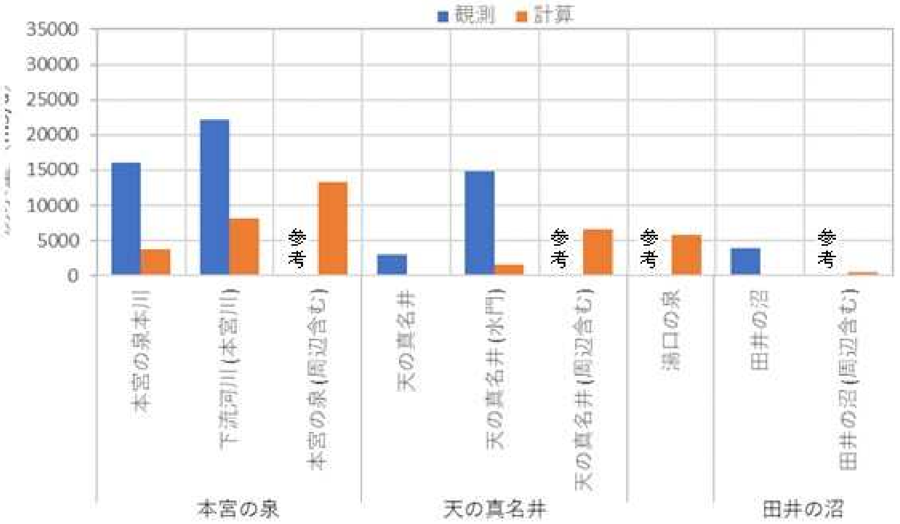
© 2022 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

観測井戸地下水位及び周辺湧水の湧出量の再現性

最終モデル（RUN5）



- 全体的な地下水位および湧水量について、高い再現性を得られた



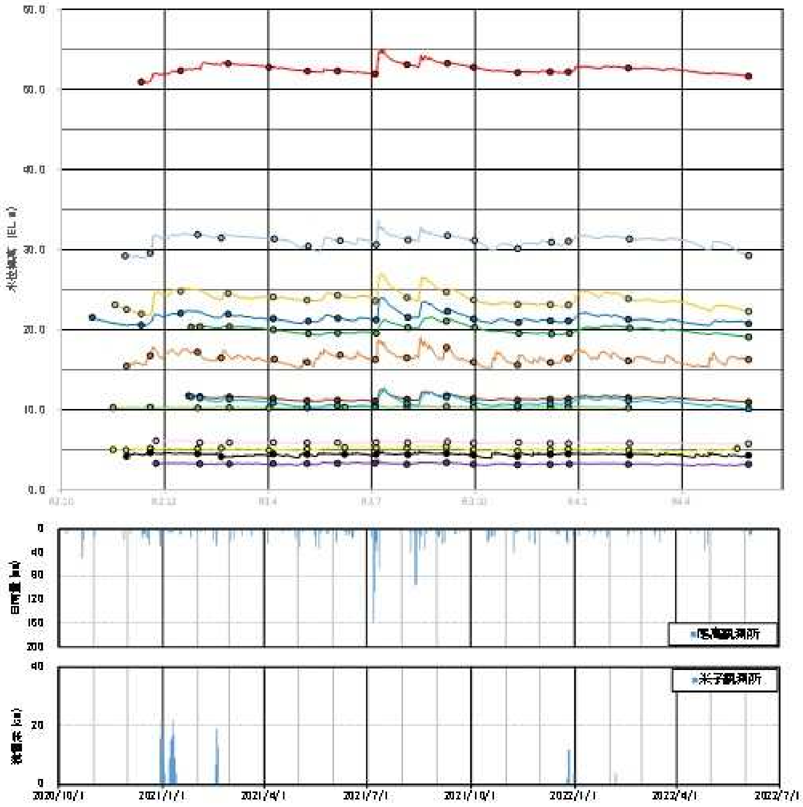
※RMSE：二乗平均平方根誤差、小さいほど観測と計算の誤差が少ない

© 2022 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

非定常解析による地下水位変動の確認

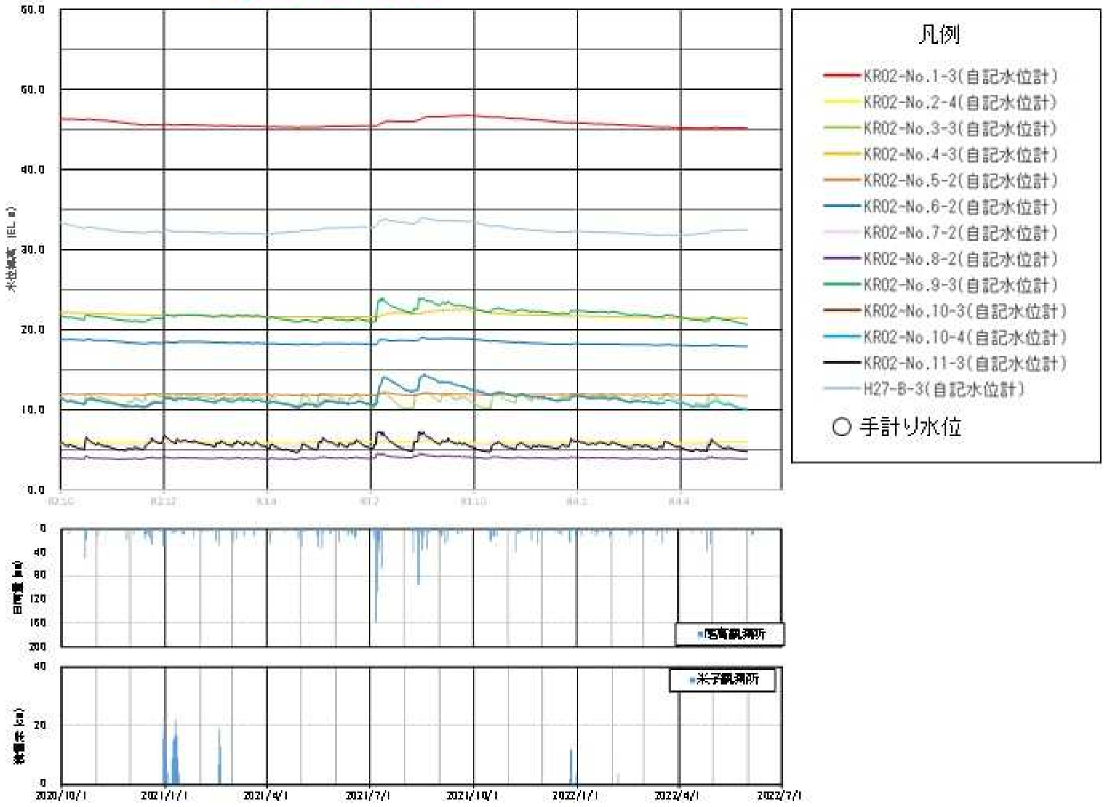
観測

第０帯水層・第１帯水層



計算（最終モデル）

第０帯水層・第１帯水層



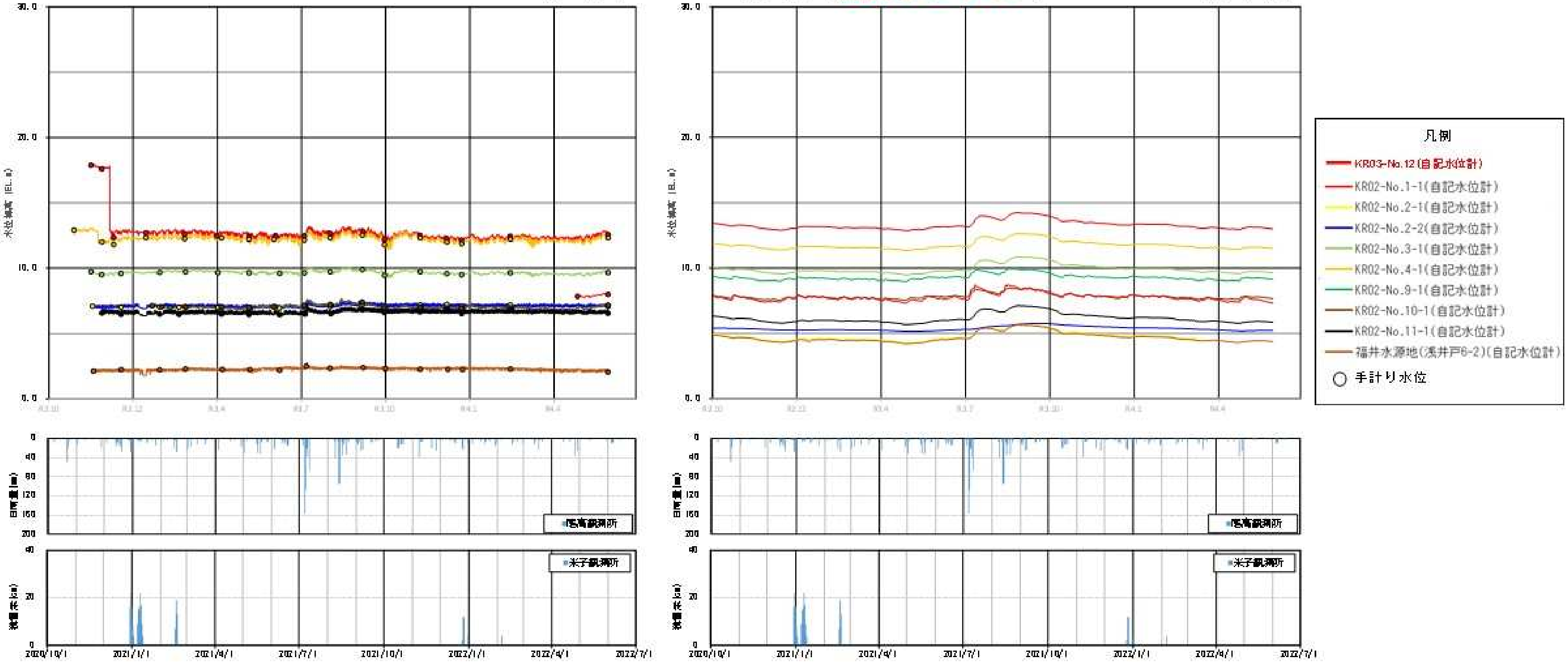
- 全体的に水位変動が整合

© 2021 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

非定常解析による地下水位変動の確認

観測　第３帯水層

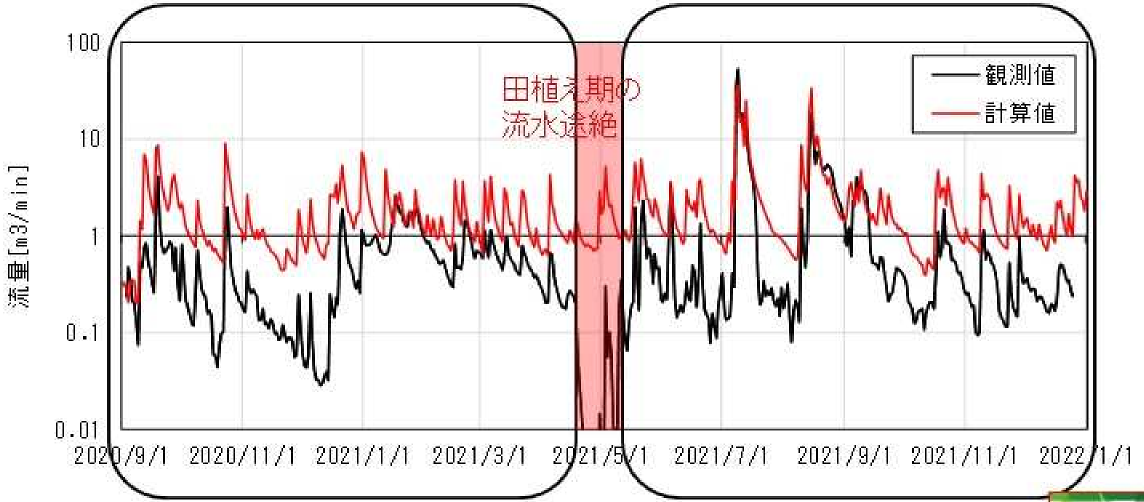
計算（最終モデル）　第３帯水層



- 全体的に水位変動が整合

© 2021 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

非定常解析による河川流量変動の確認

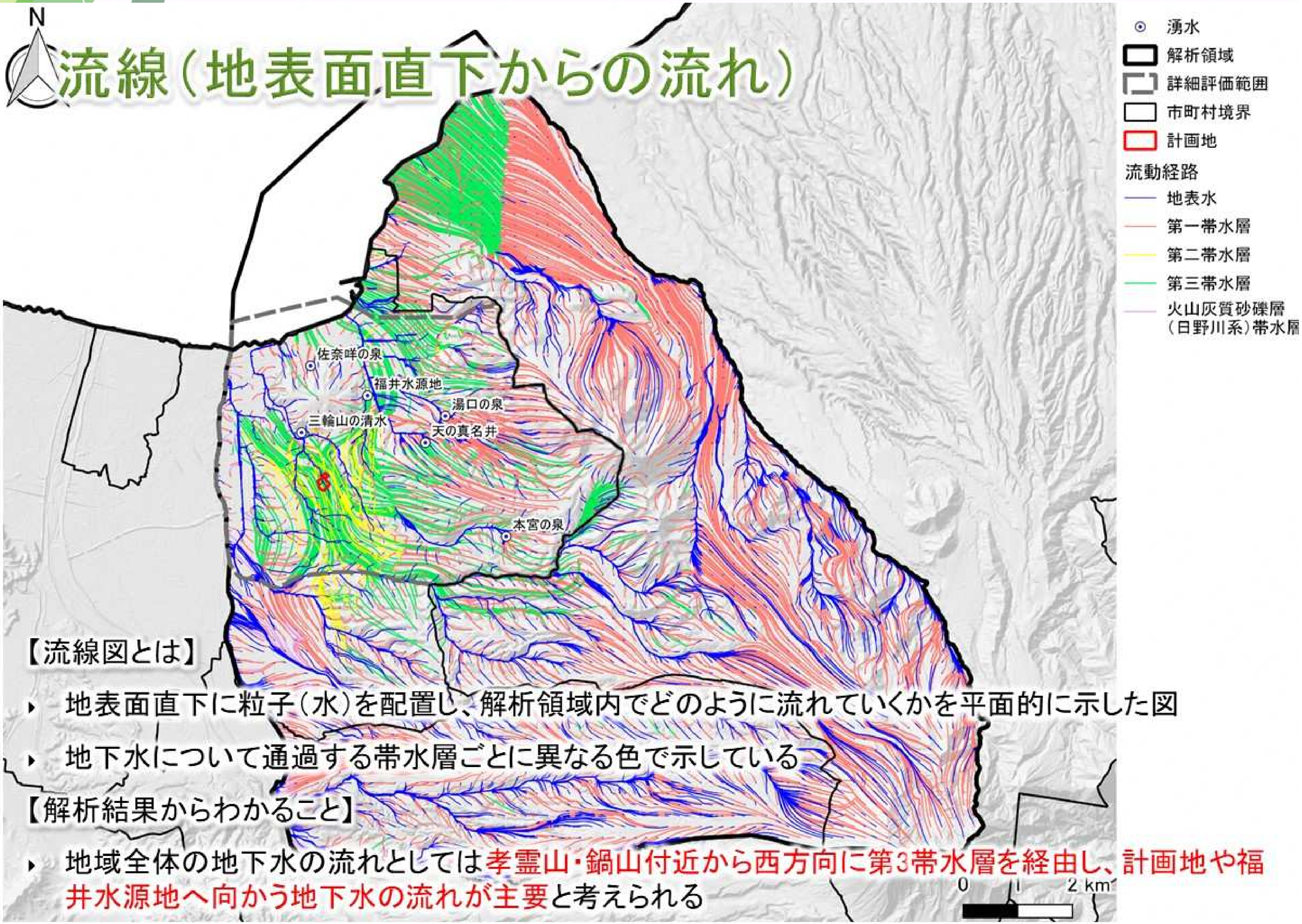


非定常解析河川流量（最終モデル（RUN5）、地点①）

- ピーク流量および流量低減傾向について、ある程度の再現性を得られた

© 2022 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

流線（地表面直下からの流れ）

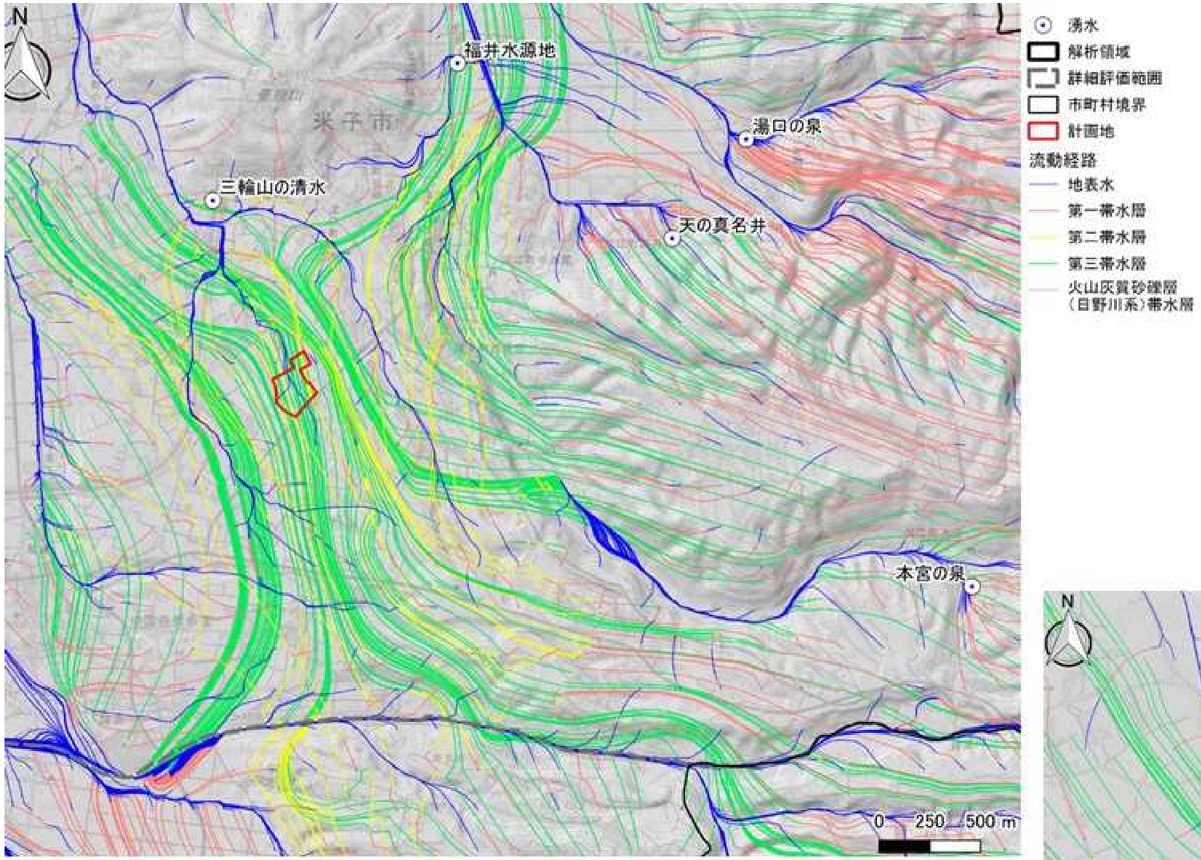


【流線図とは】

- 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

【解析結果からわかること】

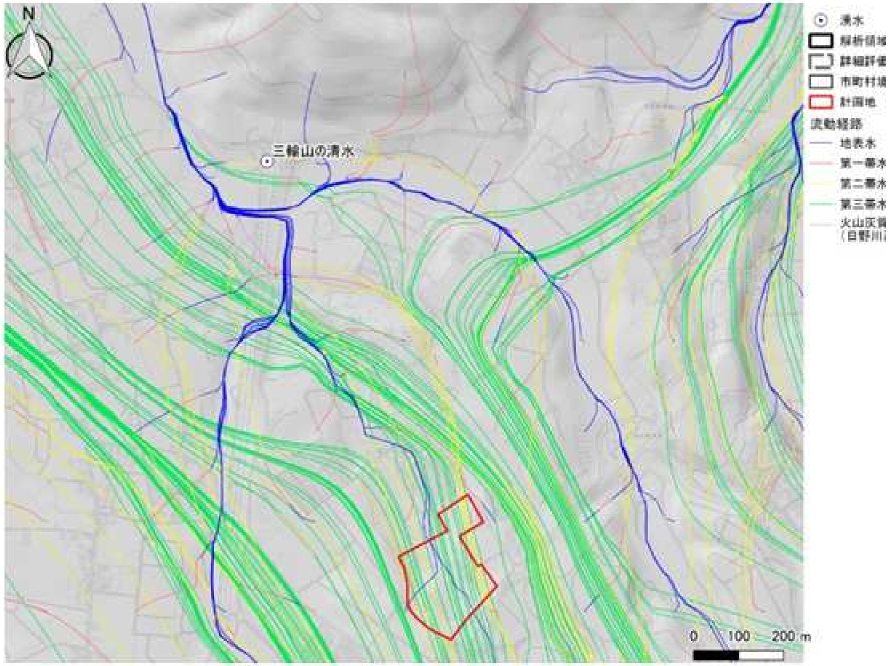
- 地域全体の地下水の流れとしては孝霊山・鍋山付近から西方向に第3帯水層を経由し、計画地や福井水源地へ向かう地下水の流れが主要と考えられる



流線図（計画地周辺）

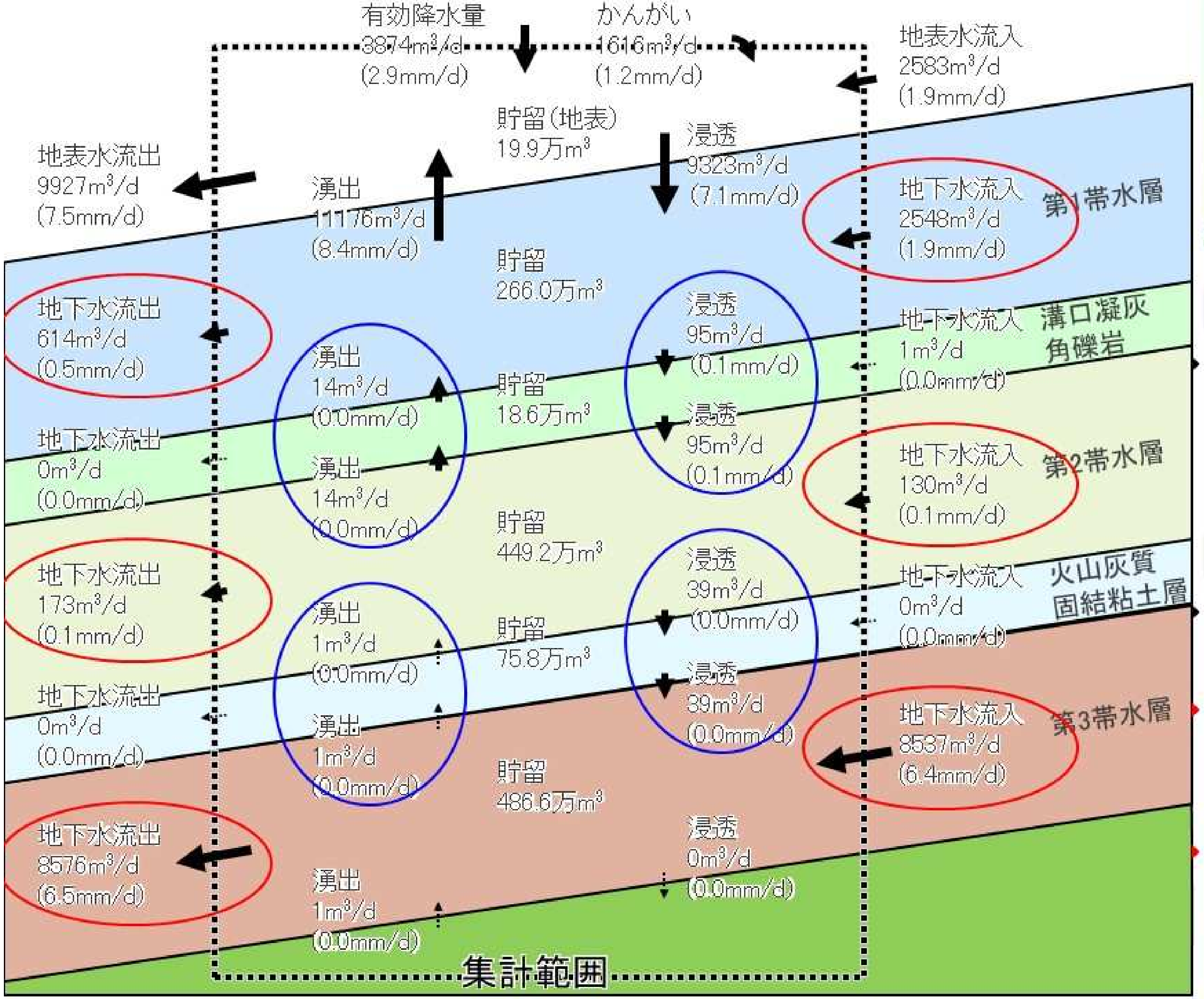
【解析結果からわかること】

- 計画地付近を流れる地下水は、主に孝霊山付近から第3帯水層を経由した流れが主要と考えられる
- 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



流線図（三輪山の清水周辺）

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

【解析結果からわかること】

- 計画地周辺では帯水層間が難透水層により遮水
- 帯水層では、水平方向の流動が卓越し、鉛直方向の帯水層間の流動は少ない
- 難透水層では、水平方向の流動はほぼ見られず、鉛直方向の帯水層間の流動もごくわずか

© 2021 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

【委員会調査・解析結果のまとめ】

●これまで実施してきた収集資料、ボーリング調査結果、水文調査結果、水質調査結果をもとに、地下水シミュレーション解析範囲の水理地質構造、シミュレーション等の結果から、当該調査対象地域における地下水流動に関して判明したこと及び課題は以下のように要約されます。

（1）計画地周辺の地質について、ボーリング調査・露頭踏査の結果、新たな地層を確認するなど、大山火山からの様々な時代の火山性の堆積物や土石流等が入り組んだ複雑な地形であることが確認された。

（2）ボーリングコアや透水試験結果から、3つの帯水層と、それを隔てる難透水層の存在が示された。

帯水層区分	主な地質層序
第1帯水層	沖積層、古期扇状地Ⅰ面堆積物　他
難透水層1	溝口凝灰角礫岩
第2帯水層	火山灰質砂層（大山系）
難透水層2	火山灰質固結粘土層
第3帯水層	安山岩質火砕岩

（3）詳細解析範囲における地下水位観測井による水位観測結果によれば、台地部・谷地部では、第1・第2帯水層間および第2・第3帯水層間で下向きの地下水フラックス、淀江平野部や塩川下流低地部では上向きの地下水フラックスが想定されます。この傾向は、地下水シミュレーションによって得られた当該台地を横切る水理地質断面図上に示される地下水流動特性からも読み取れる。

CTI
© 2022 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.

（4） 水質分析結果（硝酸イオン濃度）から、台地部の第2帯水層の地下水には、その上位の第1帯水層からの涵養も加わっている可能性があると想定されます。一方、第3帯水層では硝酸イオンは殆ど確認されないことから、第2・第3帯水層間にある難透水層の火山灰質固結粘土層の遮水性および連続性が高いと想定されます。この特性は、地下水シミュレーションによって算出された当該台地地域での水収支からも同様な傾向が読み取れる。

（5）流跡線図から読み取れる各帯水層の地下水流向特性からは、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、福井水源地及び三輪山の清水に向かっていない。

（6）福井水源地の水質は、第3帯水層の地下水水質の特徴を示し、地下水ポテンシャル・帯水層の透水性は、いずれも第2帯水層＜第3帯水層であることから、第3帯水層から供給される地下水と考えられます。また、地下水シミュレーションからは、福井水源地で流れている第3帯水層の地下水は、高井谷溶岩台地方向（孝霊山・鍋山付近）から流れてきているもので、計画地付近の第3帯水層の地下水の流れは、これらの水源や湧水の方向には向かっていないことが分かりました。

（7）「三輪山の清水」は、その水質特性等から大部分は第3帯水層由来の地下水であると考えられますが、一部、計画地より東側を流れる第2帯水層の地下水も含んでいます。

　さらに、地下水流線図（地下水3次元シミュレーション解析結果）では計画地から涵養された地下水は、第1帯水層・第2帯水層・第3帯水層のいずれの帯水層を経由しても「三輪山の清水」に向かう流れがないこと、No.12の地下水位が高く計画地下流の地下水は「三輪山の清水」へは到達しないことなどから、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ます。

（8）本委員会における詳細な水理地質情報をベースにし観測された水文・水質情報と整合している広域地下水流動評価は、当該学術分野の最新の手法を取り入れたもので、得られた結果は相応の科学的信頼性が担保されたものである。

© 2022 CTI Engineering Co., Ltd. All Rights Reserved.