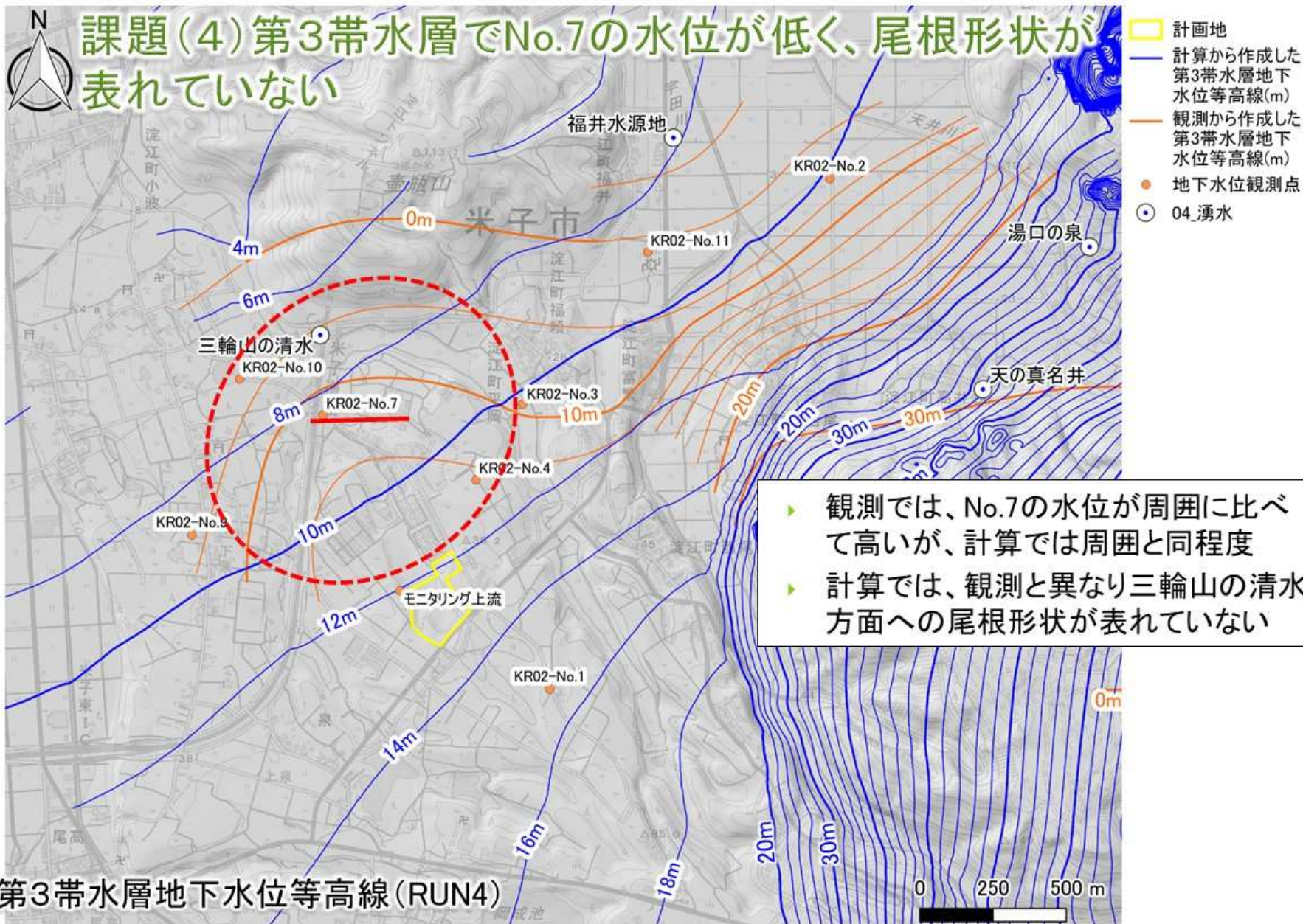


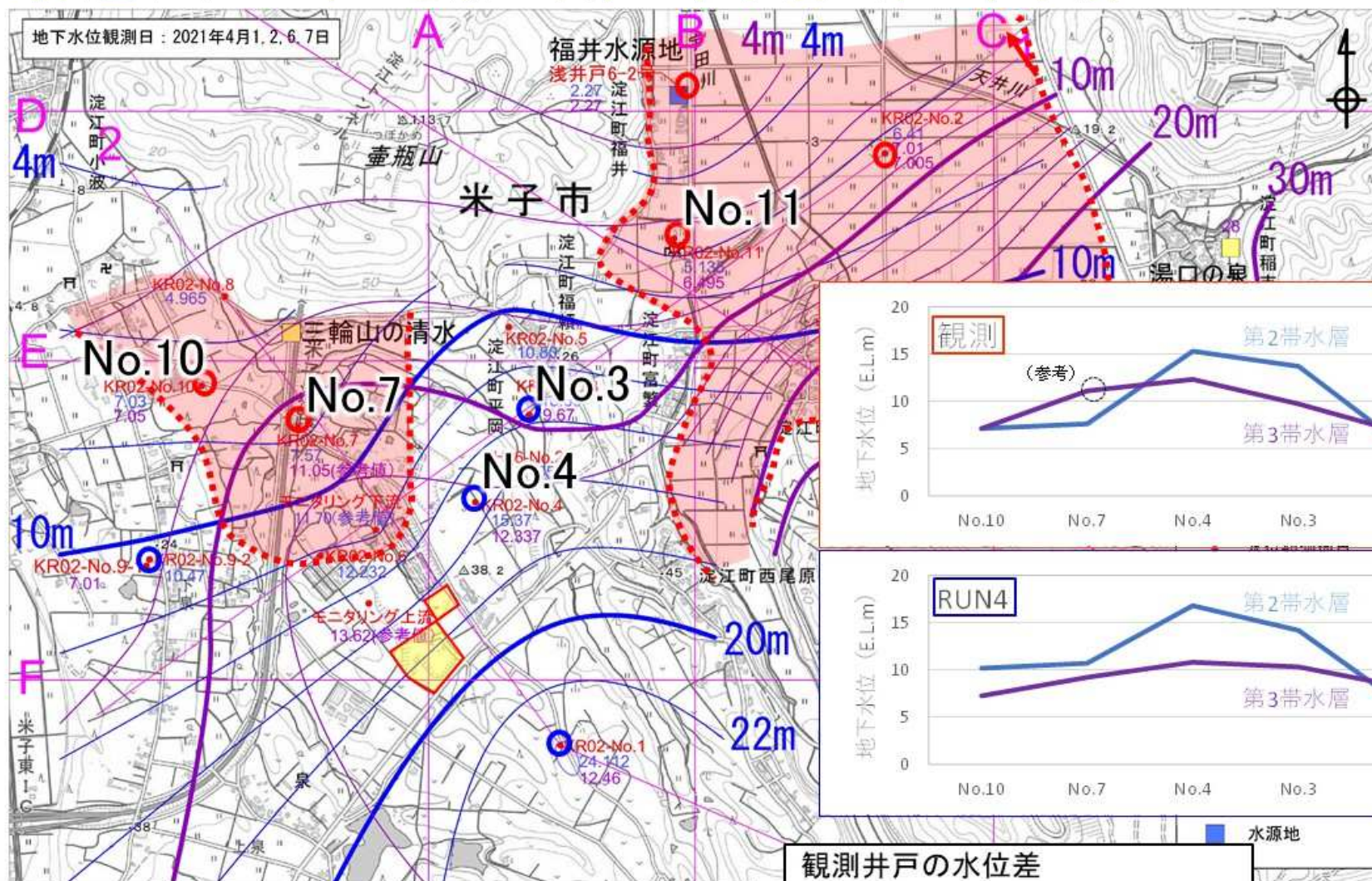


課題(4) 第3帯水層でNo.7の水位が低く、尾根形状が表れていない



第3帯水層地下水位等高線 (RUN4)

課題(5)No.7,10地点で、第2帯水層と第3帯水層の



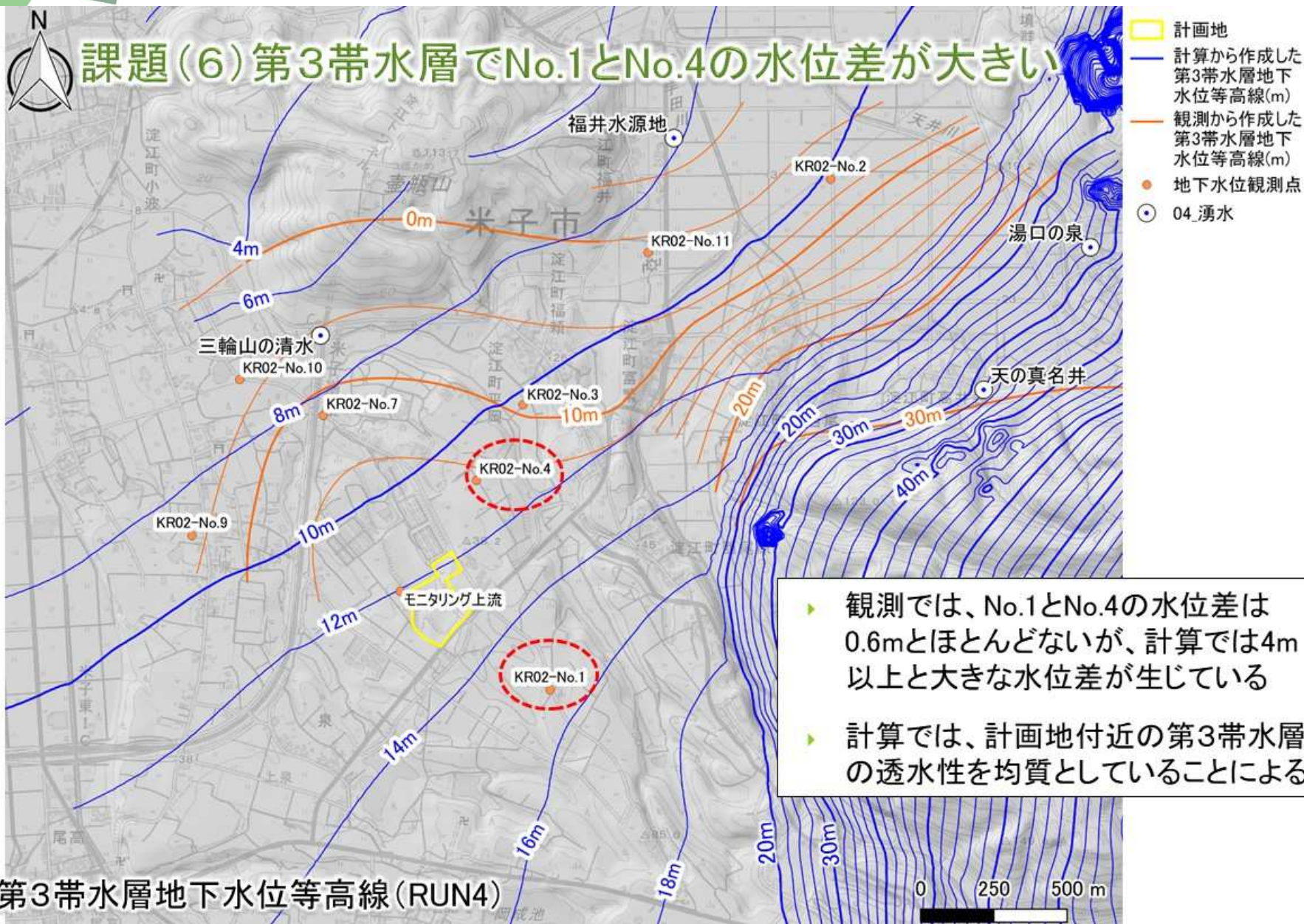
▶ RUN4では観測と異なり、下流側No.7やNo.10でも第3帯水層が第2帯水層より水位が低い

観測井戸の水位差

- : 第2帯水層 > 第3帯水層
- : 第2帯水層 < 第3帯水層
- : 上向き地下水フラックスの範囲



課題(6) 第3帯水層でNo.1とNo.4の水位差が大きい



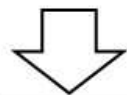
▶ 観測では、No.1とNo.4の水位差は0.6mとほとんどないが、計算では4m以上と大きな水位差が生じている
 ▶ 計算では、計画地付近の第3帯水層の透水性を均質としていることによる

第3帯水層地下水位等高線 (RUN4)

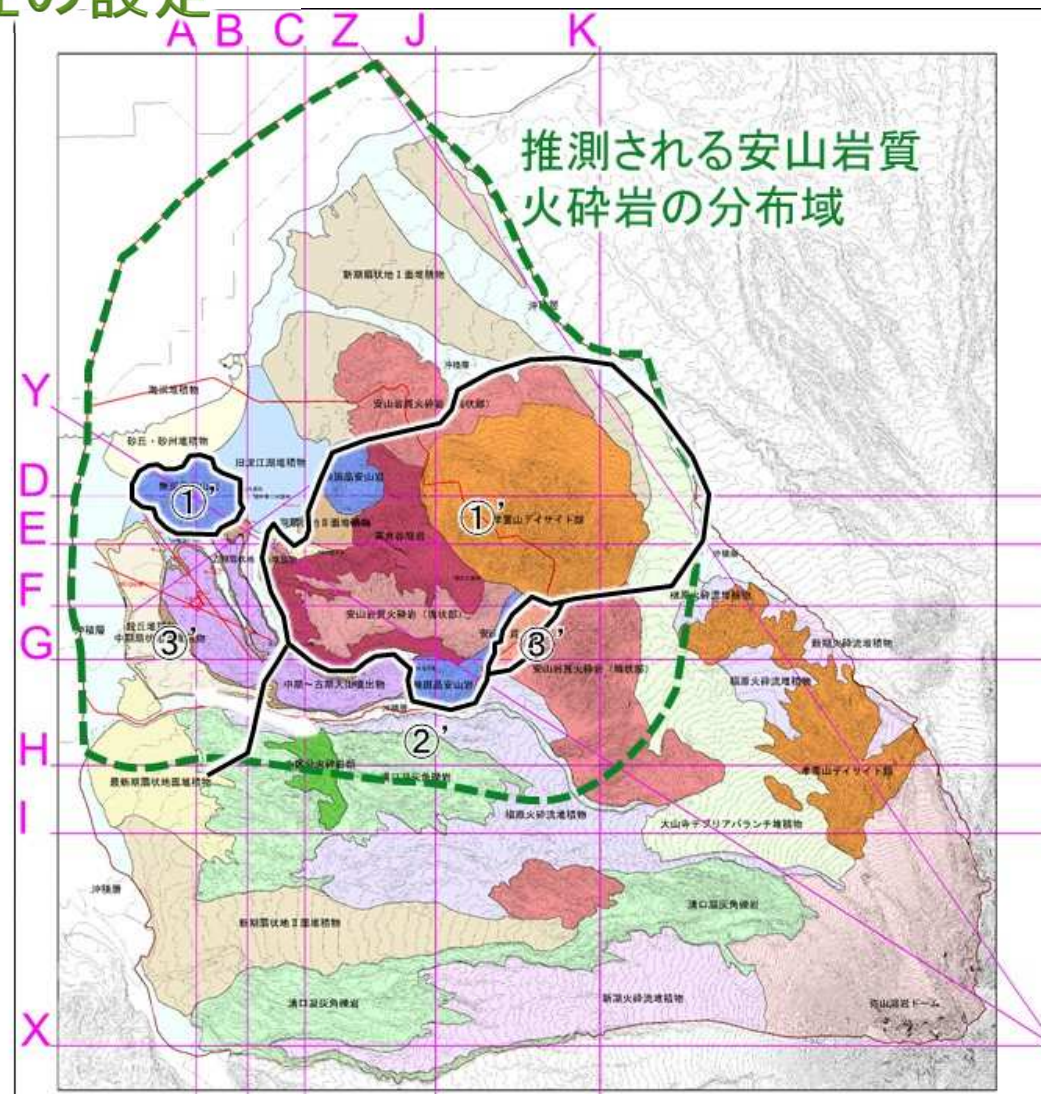
課題(4)～(6)の解決に向けた設定 安山岩質火砕岩の局所性の設定

- 第7回調査会における検討を基に、上部の地質や標高を参考に安山岩質火砕岩の透水係数の空間分布を3つのエリアに大別

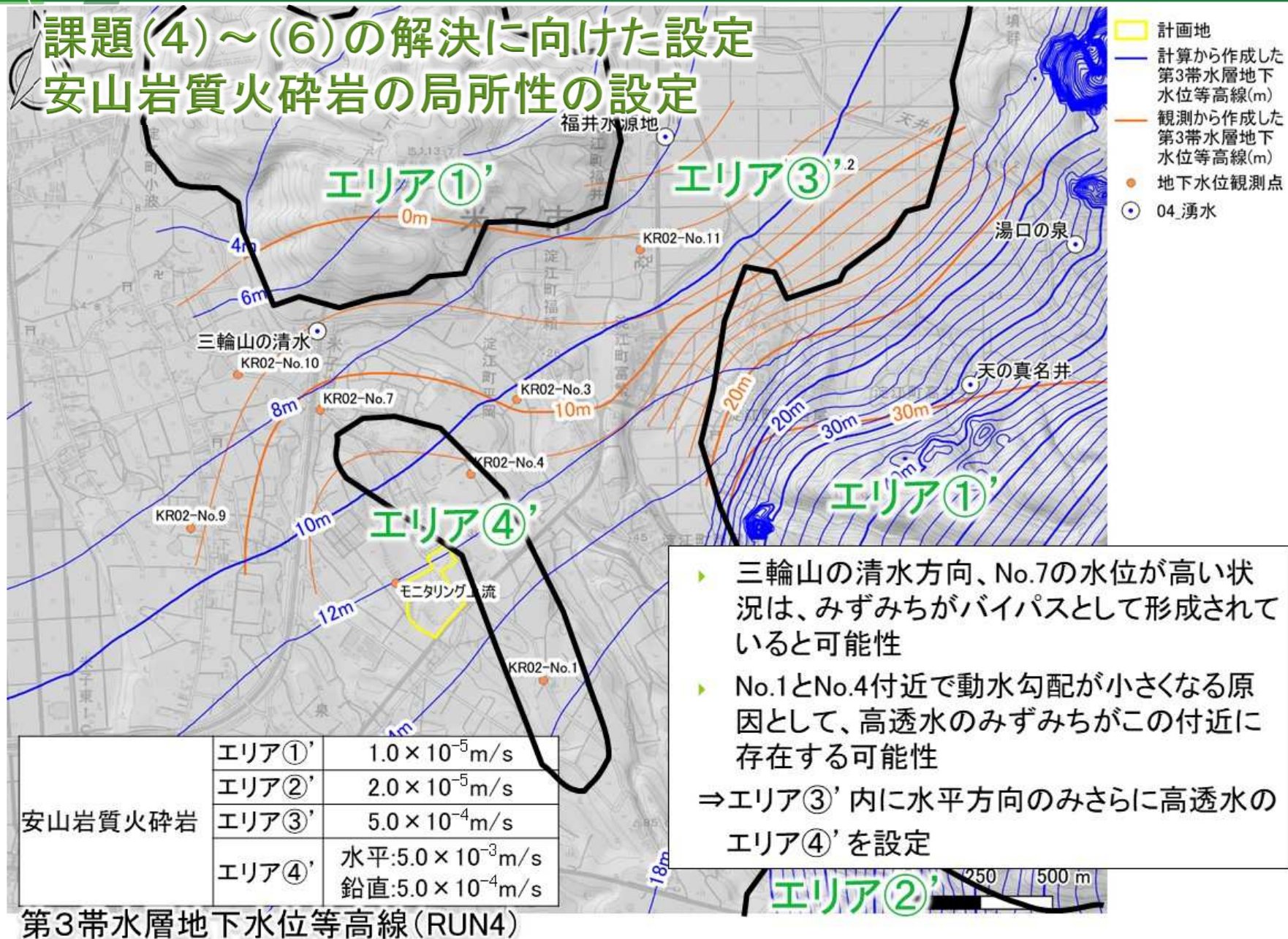
計画地周辺～ 低位標高部	$2.1 \times 10^{-5} \text{m/s}$
孝霊山周辺の 高位標高部	$5.0 \times 10^{-4} \text{m/s}$



エリア①'	$1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$
エリア②'	$2.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$
エリア③'	$5.0 \times 10^{-4} \text{m/s}$



課題(4)～(6)の解決に向けた設定 安山岩質火砕岩の局所性の設定



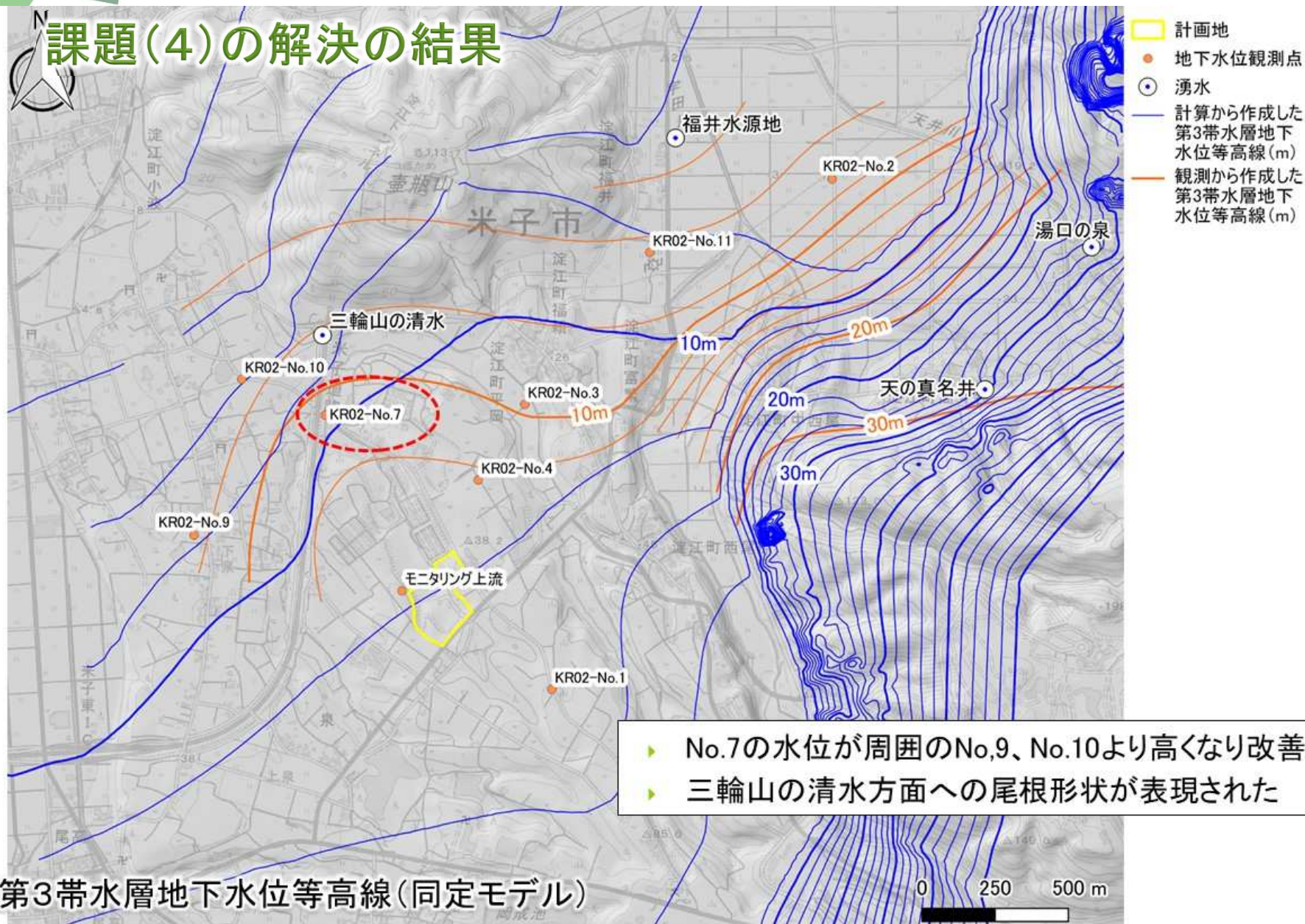
第3帯水層地下水位等高線(RUN4)

課題(4)～(6)の解決に向けた設定 安山岩質火砕岩の局所性の設定



- ▶ No4のコアには第3帯水層中に大きな間隙が存在
- ▶ このような間隙が高透水のみずみちを形成している可能性

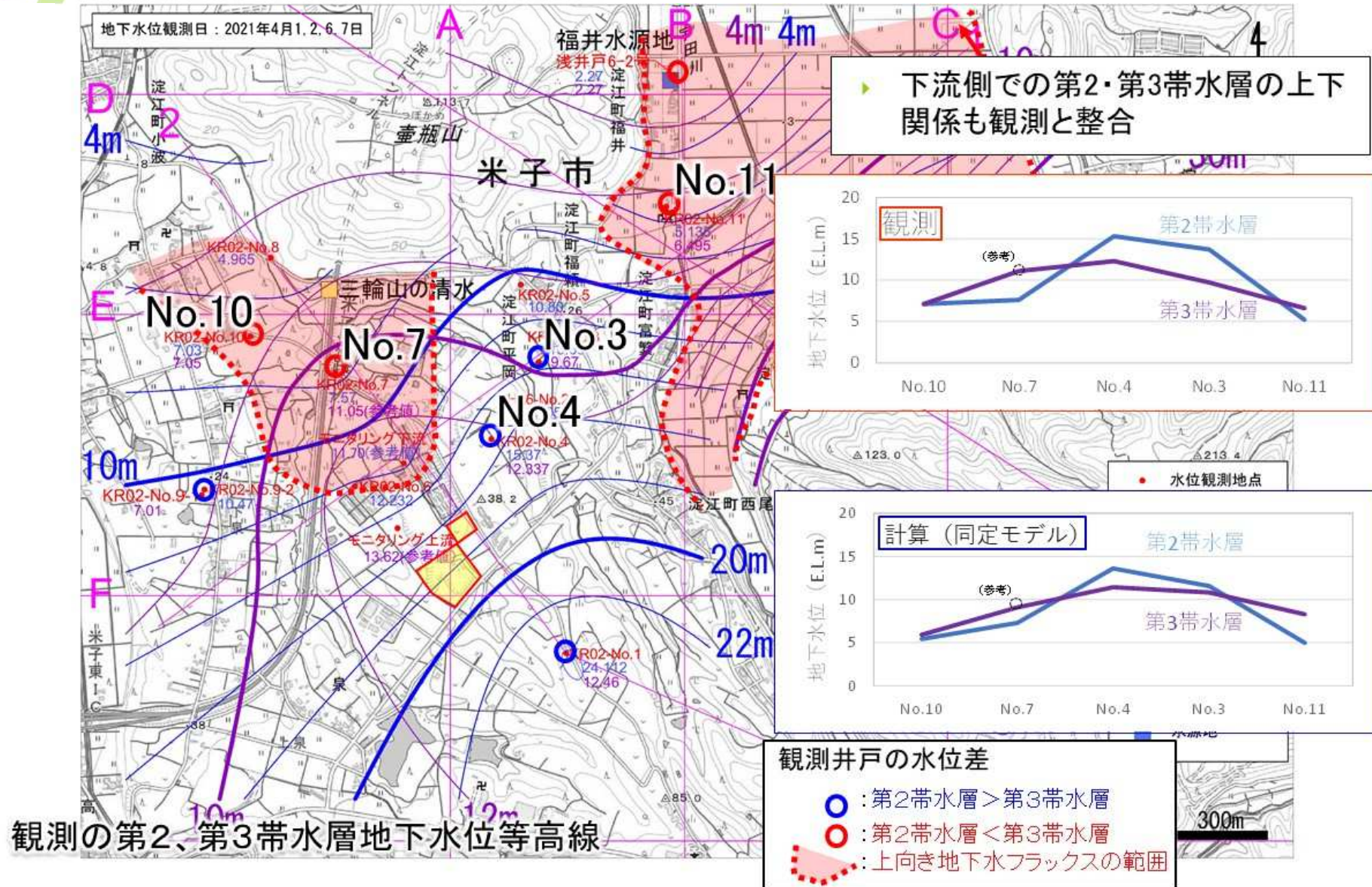
課題(4)の解決の結果



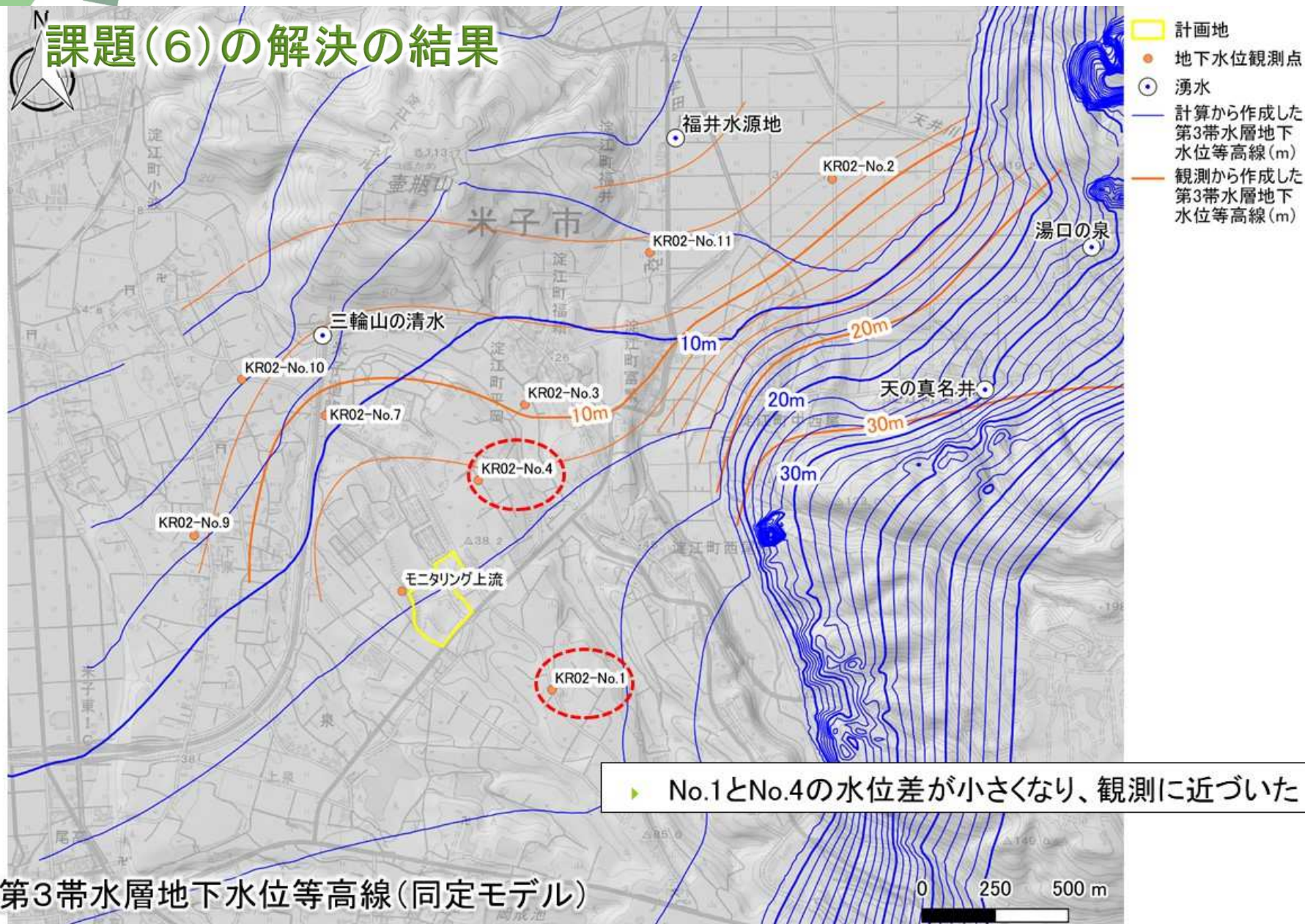
- ▶ No.7の水位が周囲のNo.9、No.10より高くなり改善
- ▶ 三輪山の清水方面への尾根形状が表現された

第3帯水層地下水位等高線(同定モデル)

課題(5)の解決の結果



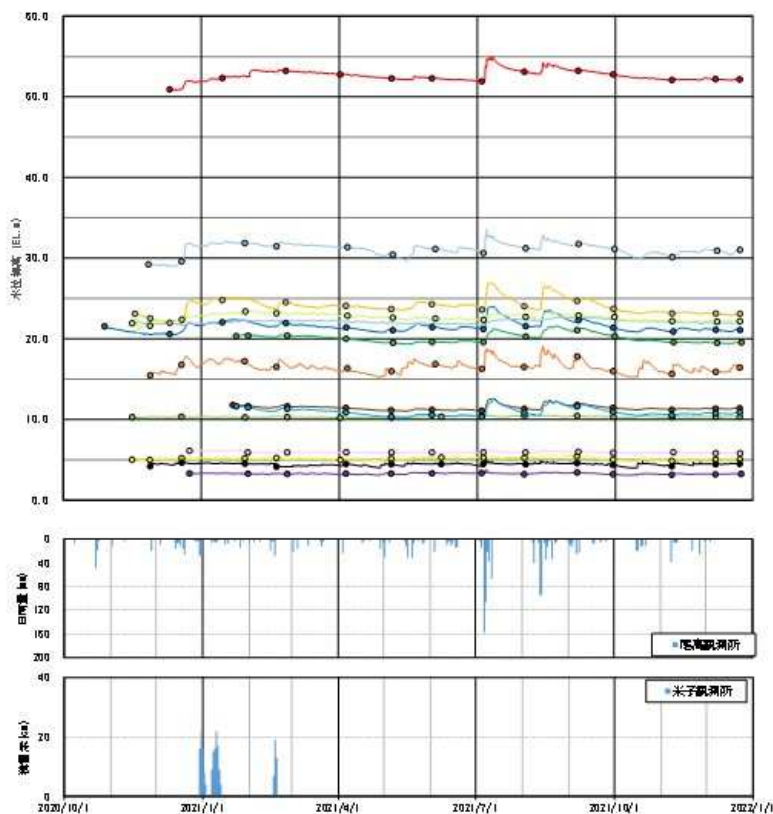
課題(6)の解決の結果



課題(7) 第1帯水層の非定常変動で、小さな降雨による応答が出ていない井戸が多く、一部は観測よりも応答が大きい

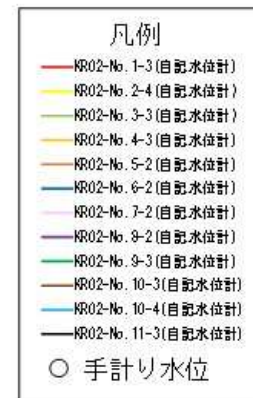
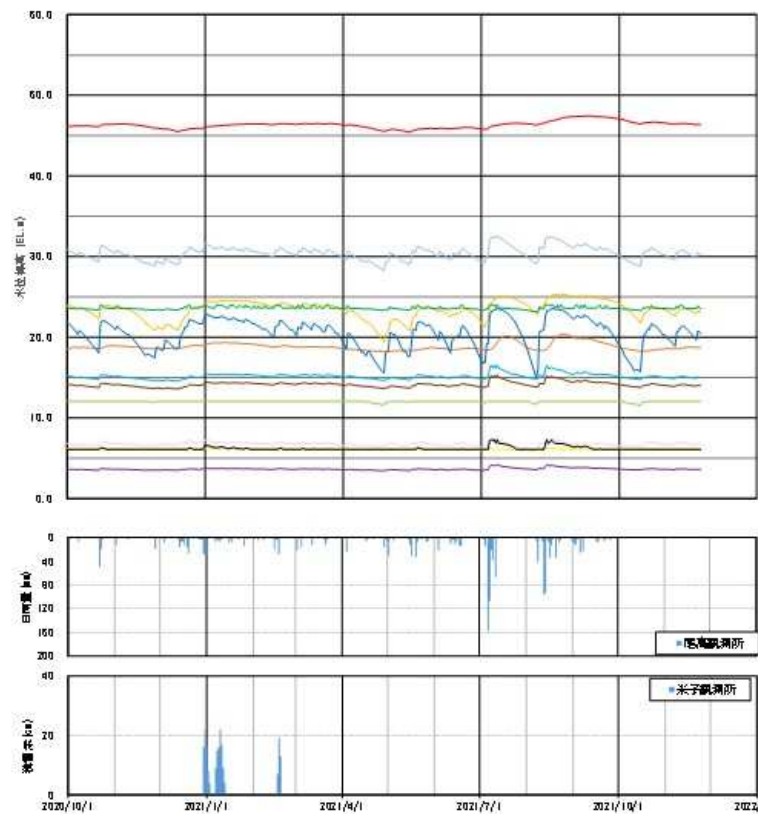
観測

第0帯水層・第1帯水層



計算

第0帯水層・第1帯水層



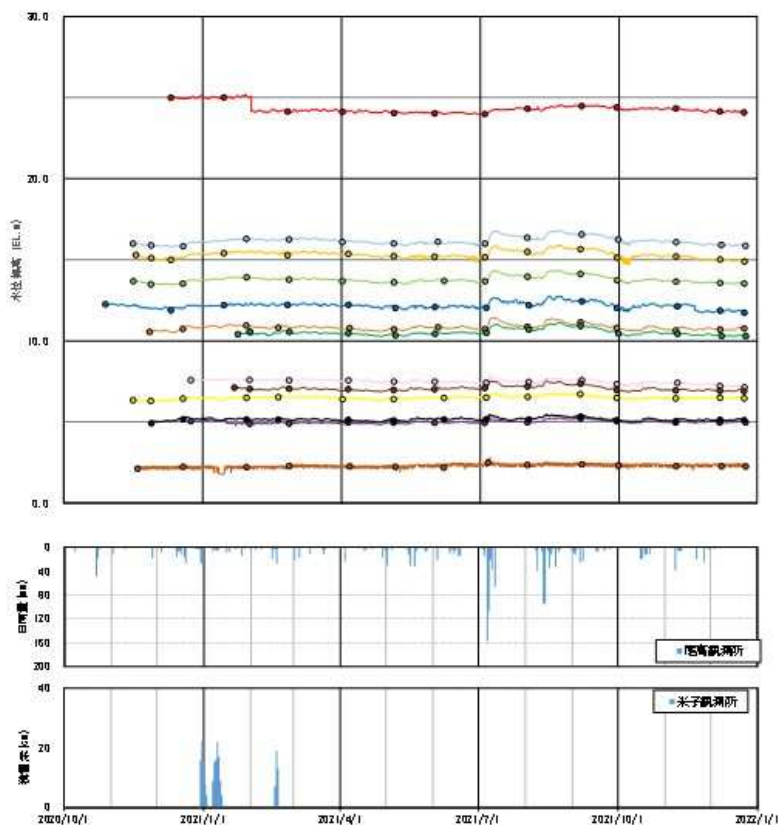
非定常解析地下水位 (RUN4: 第1帯水層)

- ▶ 一部の井戸において、計算は観測よりも応答が大きい
- ▶ 地表からの地下浸透が過大である可能性

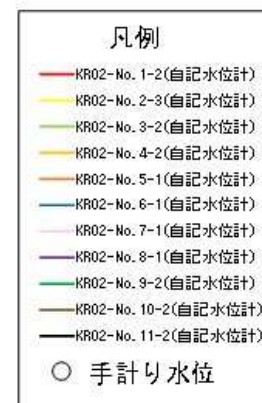
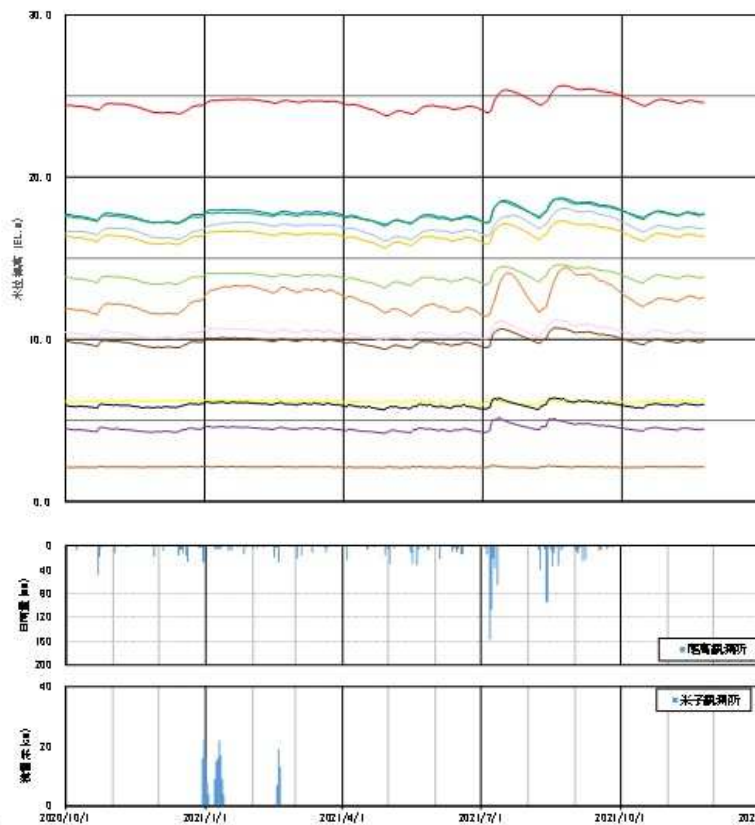
課題(8) 第2帯水層の非定常変動が観測よりも大きい井戸が存在

観測

第2帯水層



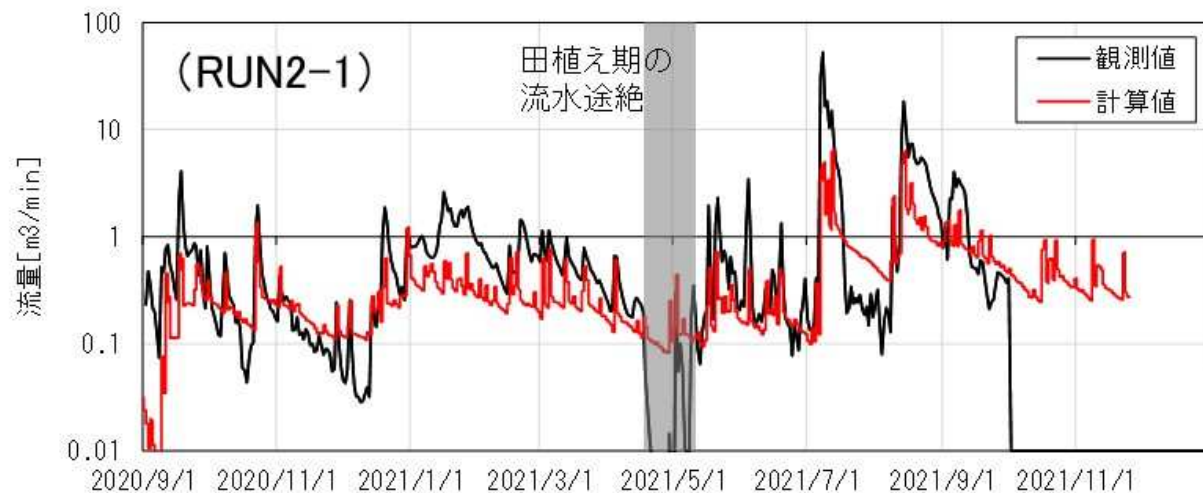
計算



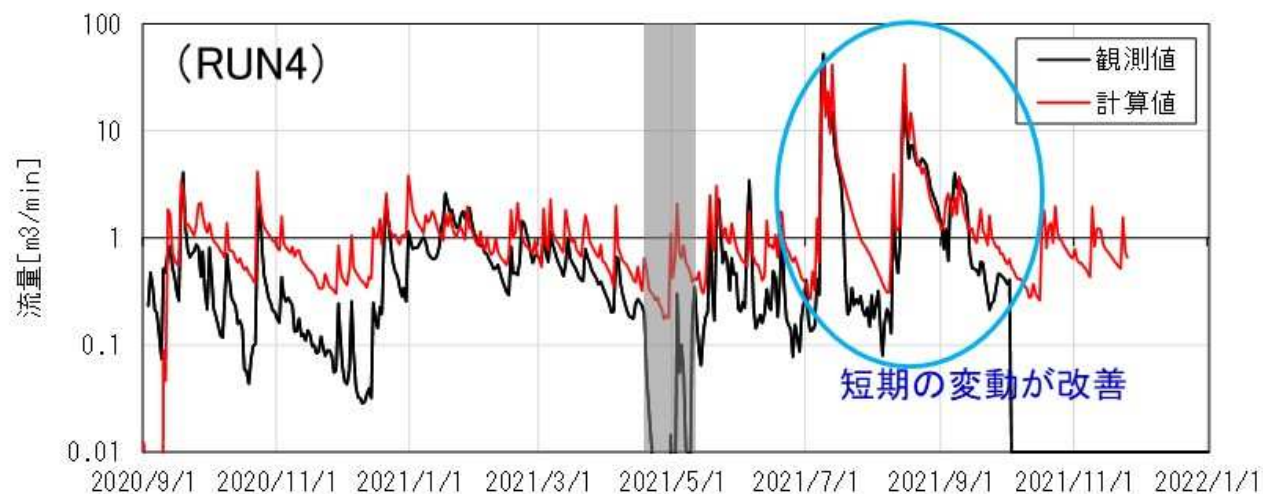
非定常解析地下水位 (RUN4: 第2帯水層)

- ▶ 観測よりも応答が大きい傾向
- ▶ 難透水層である溝口凝灰角礫岩の透水性が大きく、地下浸透が過大である可能性

課題(9)地点①における時系列変化について、 数か月程度の比較的長期の変動が再現されていない



- ▶ 降雨時の流量増加や直後の減少など比較的短期の変動が改善
- ▶ ただし、数か月程度の長期の変動は改善されていない



非定常解析河川流量(RUN4)

課題(7)～(9)の解決に向けた設定 難透水層の構造及び透水係数の設定

【現状】

- ▶ 第1帯水層の水位変動は、中期～古期大山噴出物の遮水性が十分ではないことが要因
- ▶ 第2帯水層の水位変動は、溝口凝灰角礫岩の遮水性が十分ではないことが要因

【設定】

- ▶ 第1帯水層、第2帯水層の地下水位の変動を抑制するには、難透水層(中期～古期大山噴出物、溝口凝灰角礫岩)の遮水性をさらに上げる必要がある
- ▶ 透水係数を一律に上げるのではなく、透水性の高い上部と透水性の低い下部の2層構造を設定し、側方への流動を促すとともに、浸透を抑制する構造を設定した
- ▶ 浅部でも地下水の側方流動を狙い、表土の透水性を高く設定した

地層名		透水係数 (m/s)	
		RUN4	同定モデル
表土層 (～深度1m)	水田	1.00×10^{-7}	→
	その他	1.00×10^{-4}	1.00×10^{-3}
中期～古期大山 噴出物	上部	1.45×10^{-8}	1.45×10^{-7}
	下部	1.45×10^{-8}	1.45×10^{-9}
溝口凝灰角礫岩	上部	2.85×10^{-7}	→
	下部	2.85×10^{-8}	2.85×10^{-9}

課題(7)～(9)の解決に向けた設定 貯留性のパラメータの設定

地層名		間隙率	比貯留係数	二相流物性
表土層(～深度1m)	水田	0.2(←0.4)	7.00×10^{-4}	砂
	その他	0.4	7.00×10^{-4}	砂
海浜堆積物		0.2	7.00×10^{-4}	砂
沖積層		0.1	7.00×10^{-4}	砂
旧淀江湖堆積物		0.1(←0.05)	1.84×10^{-3}	粘土
砂丘・砂州堆積物		0.2	7.00×10^{-4}	砂
最新期扇状地面堆積物		0.2	7.00×10^{-5}	砂
段丘堆積物		0.2	7.00×10^{-5}	礫
大山寺テプリアバランチ堆積物		0.2	7.00×10^{-5}	礫
弥山溶岩ドーム	上部	0.1	1.51×10^{-5}	礫
	下部	0.005	3.30×10^{-6}	岩盤
新期火砕流堆積物		0.1	7.00×10^{-5}	礫
新期扇状地Ⅱ面堆積物		0.2	7.00×10^{-5}	礫
新期扇状地Ⅰ面堆積物		0.2	7.00×10^{-5}	礫
檜原火砕流堆積物		0.1	7.00×10^{-5}	礫
中期扇状地面堆積物		0.1	7.00×10^{-5}	礫
中期～古期大山噴出物	上部	0.15(←0.005)	7.00×10^{-5} (← 1.51×10^{-5})	砂(←礫)
	下部	0.15(←0.005)	7.00×10^{-5} (← 3.30×10^{-6})	砂(←礫)
古期扇状地Ⅱ面堆積物		0.1	7.00×10^{-5}	礫
孝霊山デイスাইト類	上部	0.1	1.51×10^{-5}	礫
	下部	0.005	3.30×10^{-6}	岩盤
古期扇状地Ⅰ面堆積物		0.2(←0.05)	7.00×10^{-5}	礫
火山灰質砂礫層(日野川系)		0.3(←0.05)	7.00×10^{-5}	礫
溝口凝灰角礫岩	上部	0.1	1.84×10^{-3} (← 1.51×10^{-5})	礫
	下部	0.005	3.30×10^{-6}	岩盤
火山灰質砂層(大山系)	エリア①	0.2(←0.05)	1.61×10^{-4} (← 7.00×10^{-5})	砂(←礫)
	エリア②			
	エリア③			
火山灰質固結粘土層		0.1(←0.05)	1.84×10^{-3} (← 1.51×10^{-5})	粘土
無斑晶安山岩	上部	0.1	1.51×10^{-5}	礫
	下部	0.005	3.30×10^{-6}	岩盤
高井谷溶岩	上部	0.1	1.51×10^{-5}	礫
	下部	0.005	3.30×10^{-6}	岩盤
安山岩質火砕岩	エリア①	0.2	7.00×10^{-4}	礫
	エリア②			
	エリア③			
	エリア④			
安山岩質火砕岩(塊状部)	上部	0.1	1.51×10^{-5}	礫
	下部	0.005	3.30×10^{-6}	岩盤
未区分火砕岩類		0.005	3.30×10^{-6}	岩盤
花崗岩		0.005	3.30×10^{-6}	岩盤

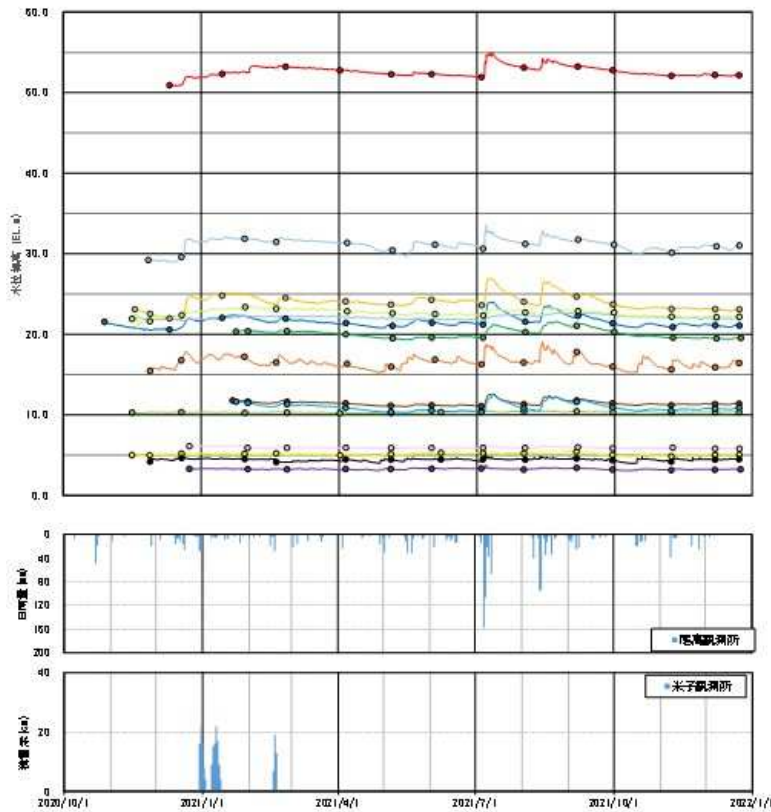
- ▶ 非定常の応答には貯留性に関わるパラメータの影響もあり、貯留性が小さいことにより変動が観測と異なる可能性
- ▶ そこで貯留性に関わるパラメータを一部見直し
- ▶ 修正内容としては帯水層を中心に間隙率が過大・過小に設定していたものを修正し、二相流物性についても一部再分類を行った

※カッコ内は変更前(RUN4の設定)

課題(7)の解決の結果

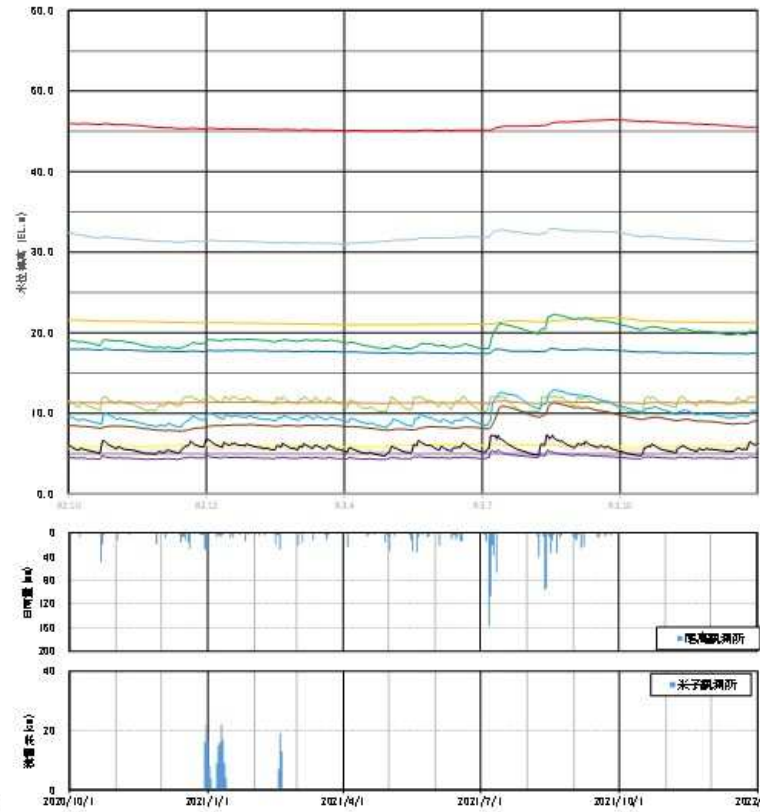
観測

第0帯水層・第1帯水層



計算

第0帯水層・第1帯水層



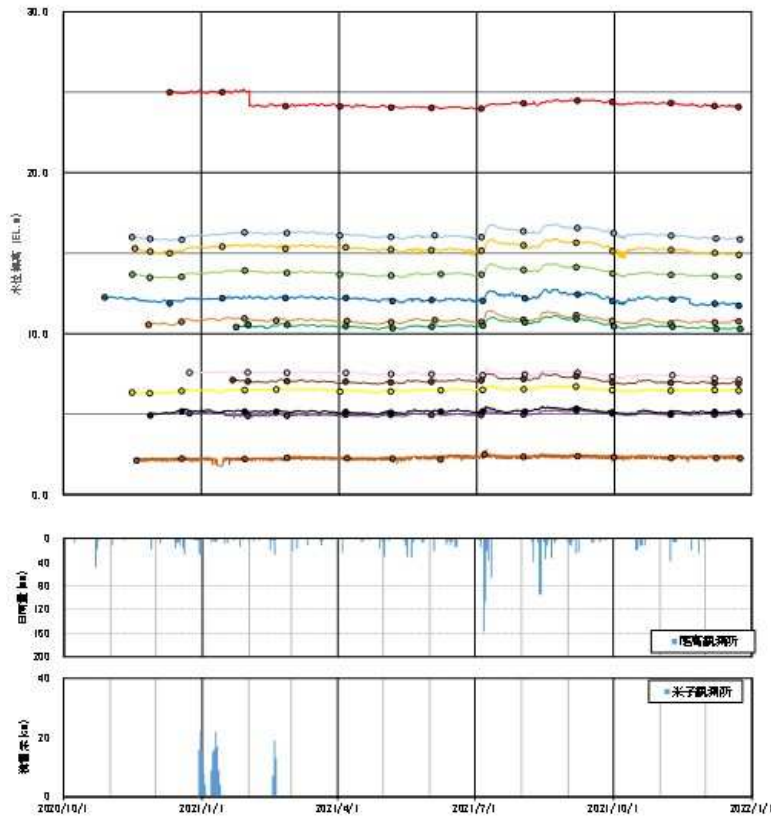
非定常解析地下水水位
(第1帯水層、同定モデル)

▶ 全体的に水位変動が整合

課題(8)の解決の結果

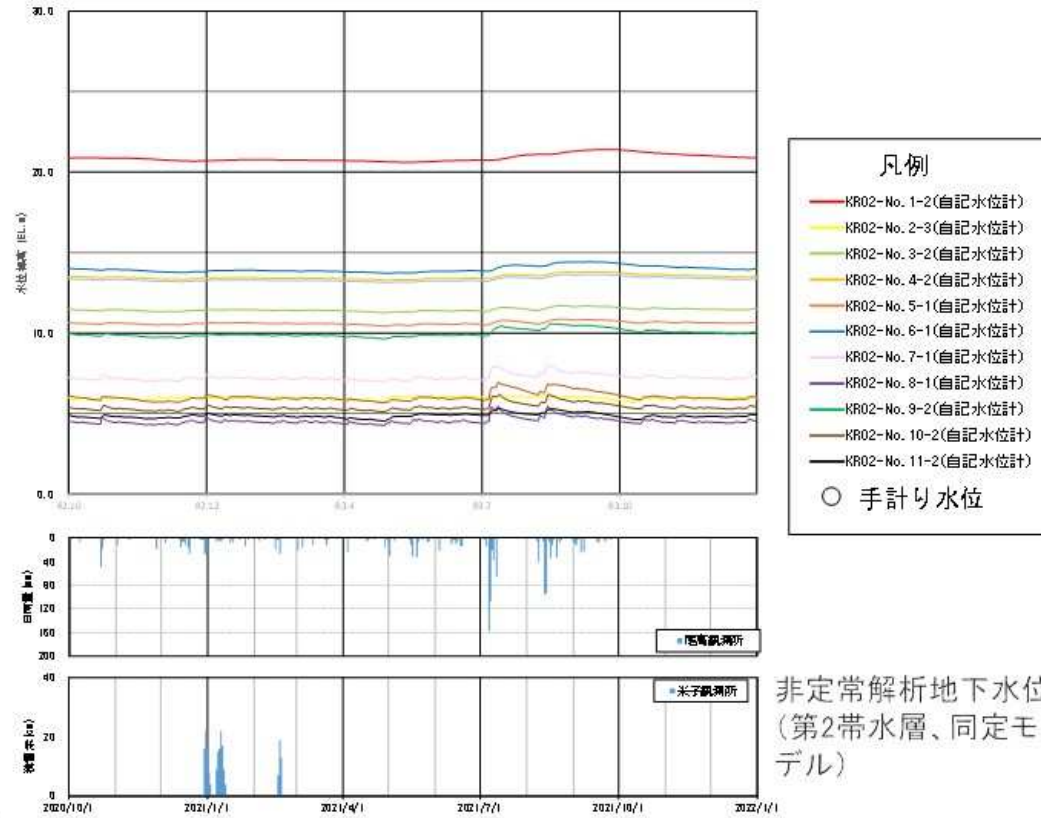
観測

第2帯水層



計算

第2帯水層

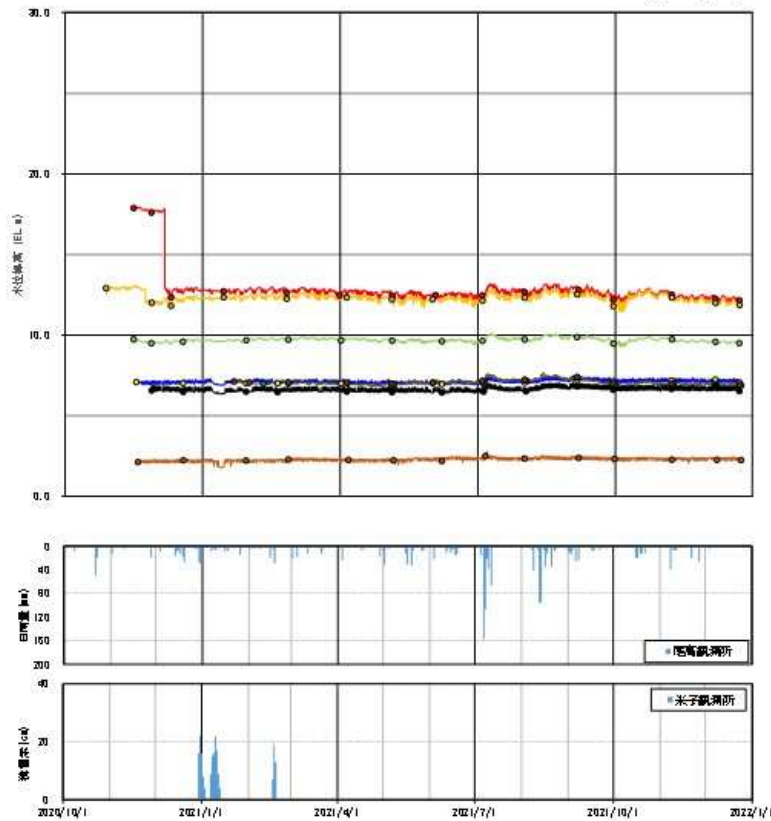


▶ 全体的に水位変動が整合

同定モデルの第3帯水層の地下水位の再現性

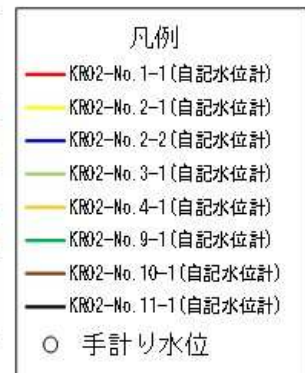
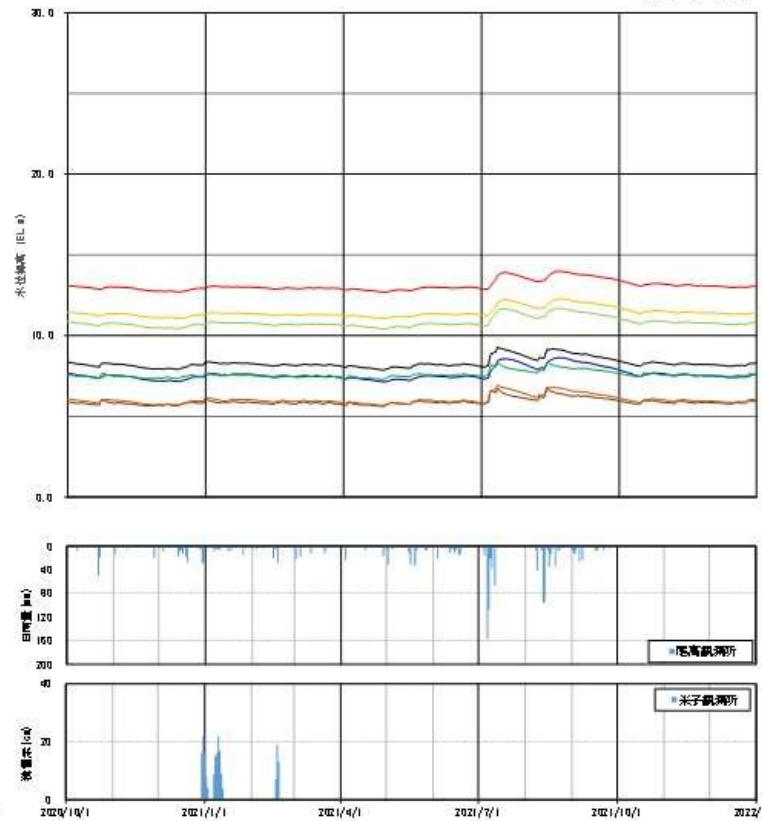
観測

第3帯水層



計算

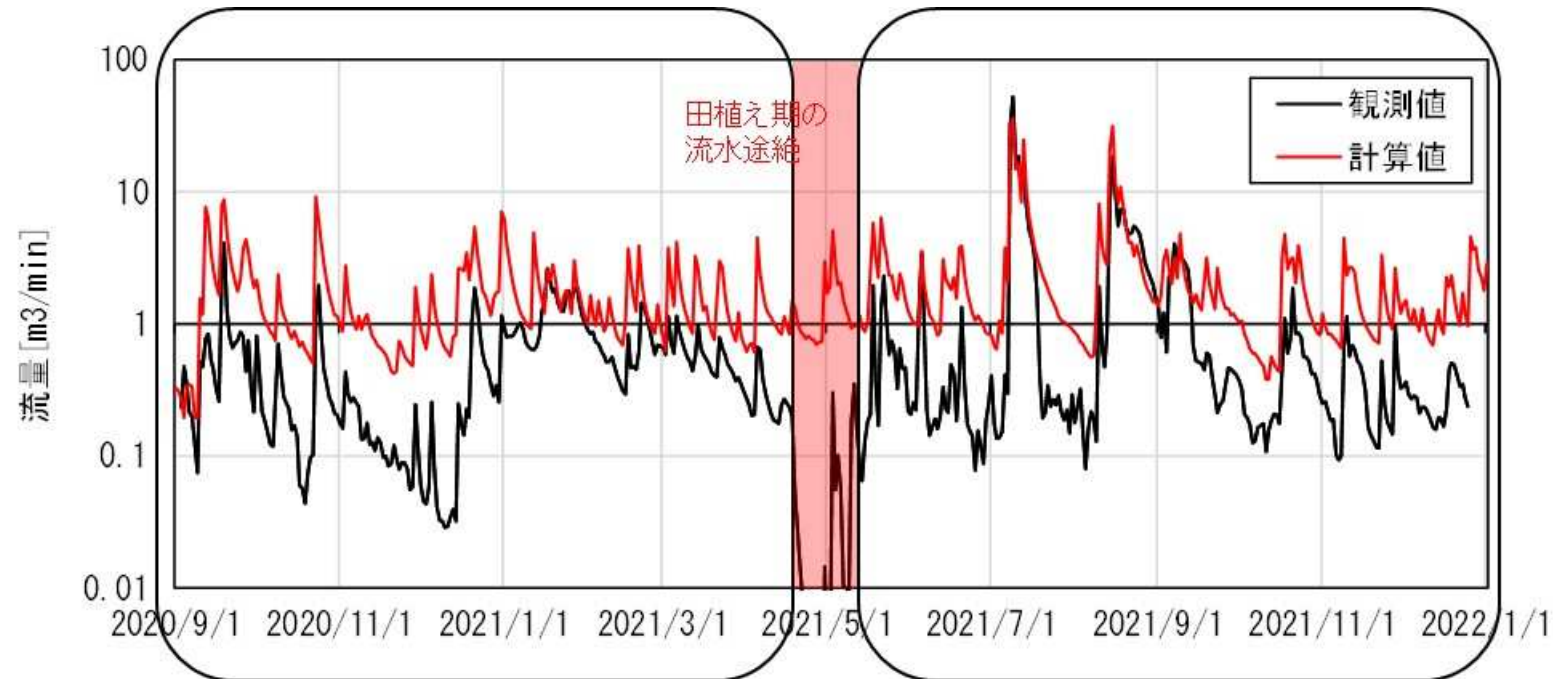
第3帯水層



非常解析地下水位
(第3帯水層、同定モデル)

▶ 全体的に水位変動が整合

課題(9)の解決の結果



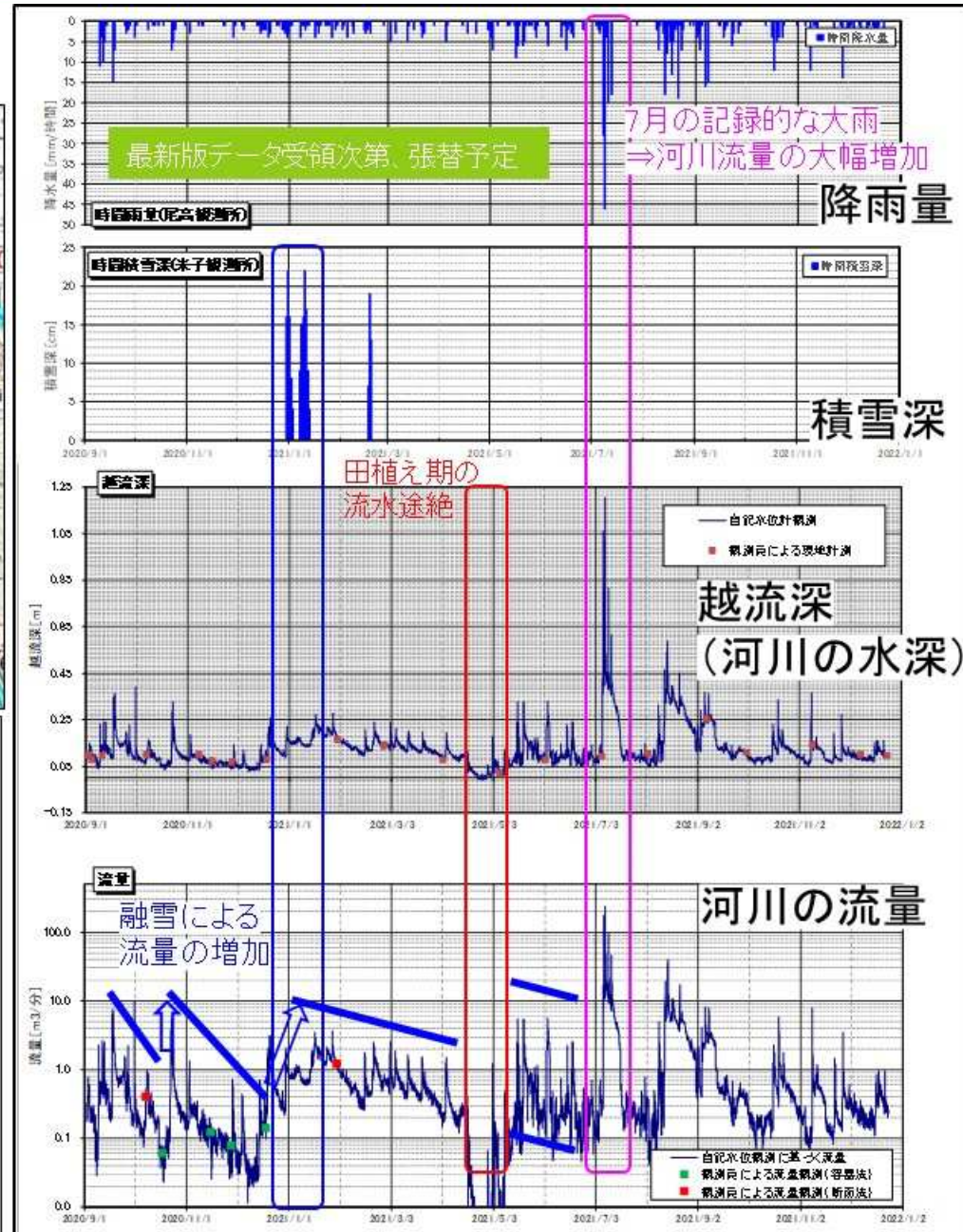
非定常解析河川流量(同定モデル、地点①)

- ▶ 河川流量の変動(上下動)は全体的に整合
 - ▶ 特に、2021年7月、9月の豪雨によるピークは整合
 - ▶ 長期の変動や降雨ピーク後の流量の減少などが観測に比べて小さい傾向
 - ▶ 観測には田植え期の流量途絶や時期による流量変動の違いなど、人為的な影響が存在
- ⇒降雨後の水位低下などに人為的な影響が含まれている可能性があるが、全体的な変動の整合、2021年7月-9月の大雨時の応答が観測と整合していることから再現性が得られたと判断した

河川流量観測結果 地点①

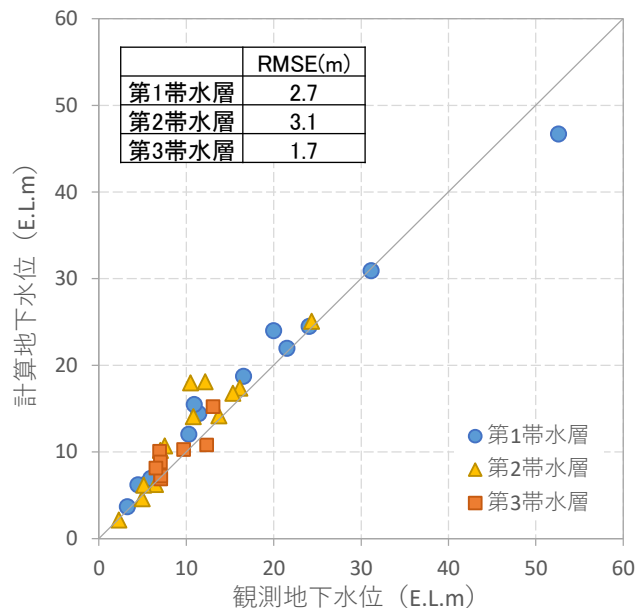


- ・12月中旬から4月中旬までは、大きな降雨や融雪に伴う表流水の流入のたびに、河川流量が顕著に増加している。
 - ・4月中旬以降の農業用水の取水により、5月初旬まで流量の著しい減少(流水途絶)。
 - ・5月中旬以降は、降雨量の増加に伴い、ピーク流量は増加したが、農業用水の取水が継続しているため、晴天時の流量は4月中旬以前よりもむしろ少ない。
 - ・7月の記録的大雨で、河川流量の大幅増加
- 12月中旬から4月中旬までは、降雨量や融雪量と河川流量の関係についての自然な対応関係が良く出ているが、4月中旬以降は、農業用水の取水のため、人為的影響が自然の水位変動の影響を上回る状況がしばしば認められる。

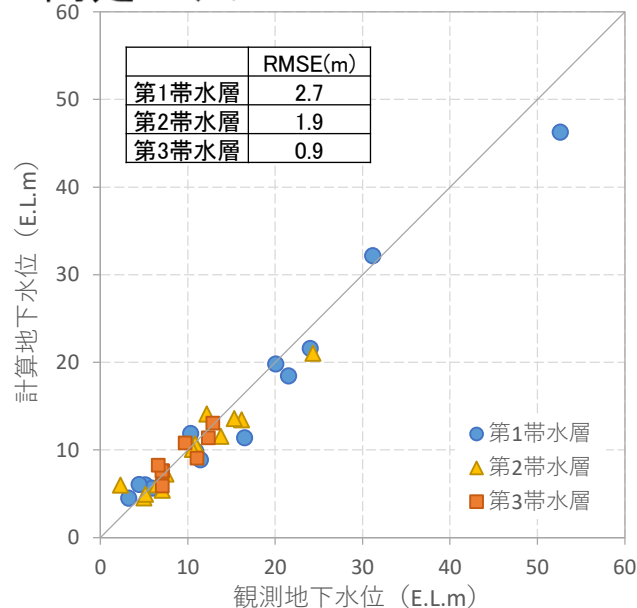


同定モデルの地下水位及び湧出量の再現性

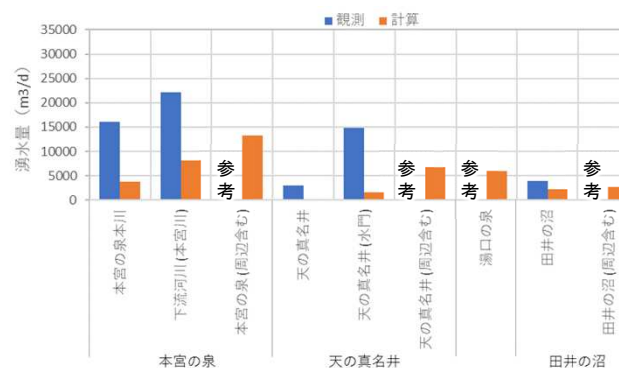
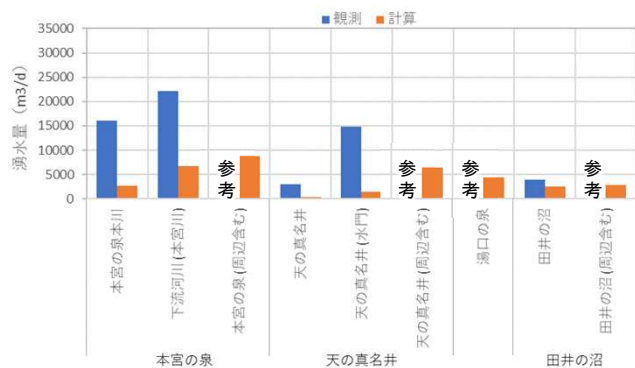
RUN4



同定モデル



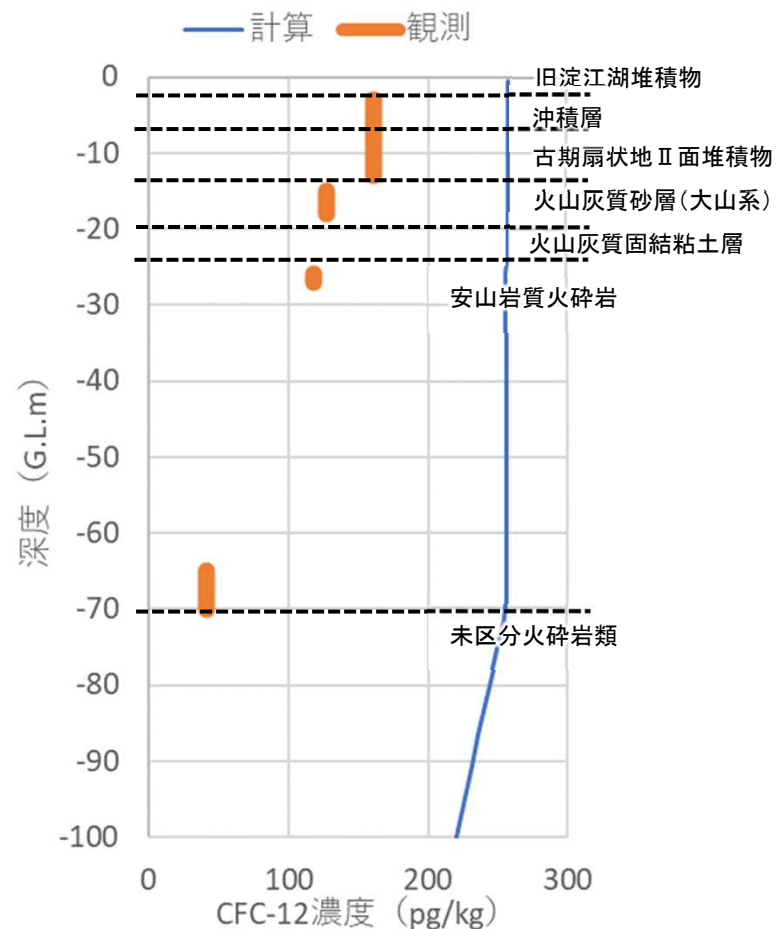
- ▶ 地下水位について、第2・第3帯水層の再現性が改善された
- ▶ 湧水量について、周辺を含んだやや広範な範囲で観測と近い湧水量を得られた



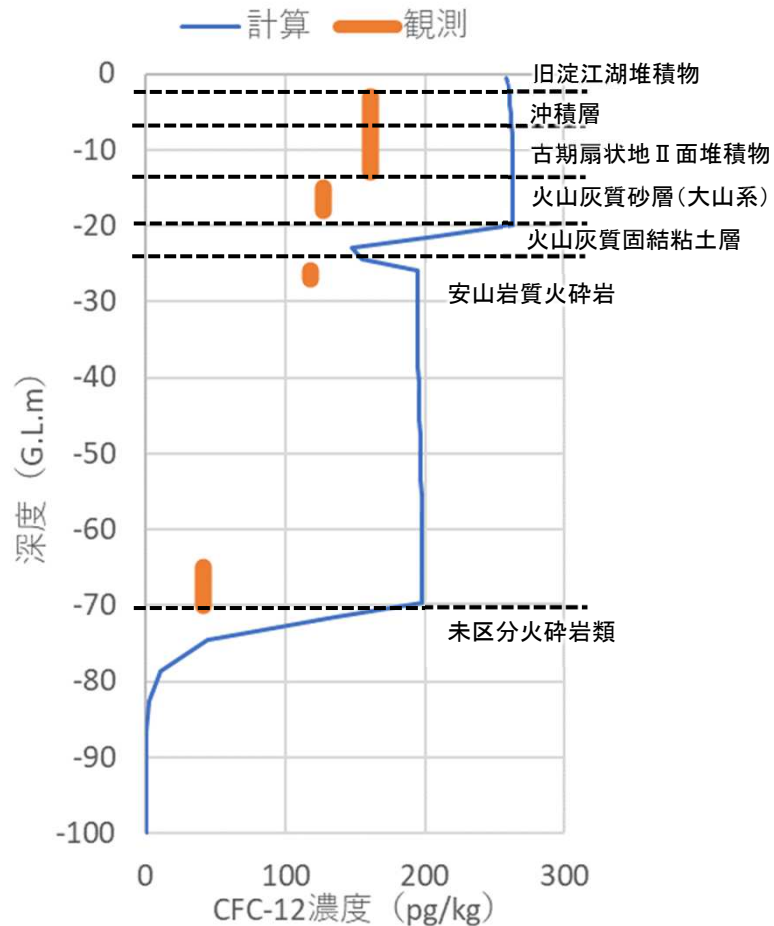
※RMSE: 二乗平均平方根誤差、小さいほど観測と計算の誤差が少ない

課題(11) 深度による濃度の違いが表れず、特に深部で濃度が高い傾向あり

- ▶ KR02-No.2におけるCFC-12濃度の深度プロファイルと比較
- ▶ 人為由来の影響を考慮していないにもかかわらず、計算で特に深部の濃度が高い
- ▶ 計算では難透水層の透水性が高く、浸透が過大な可能性

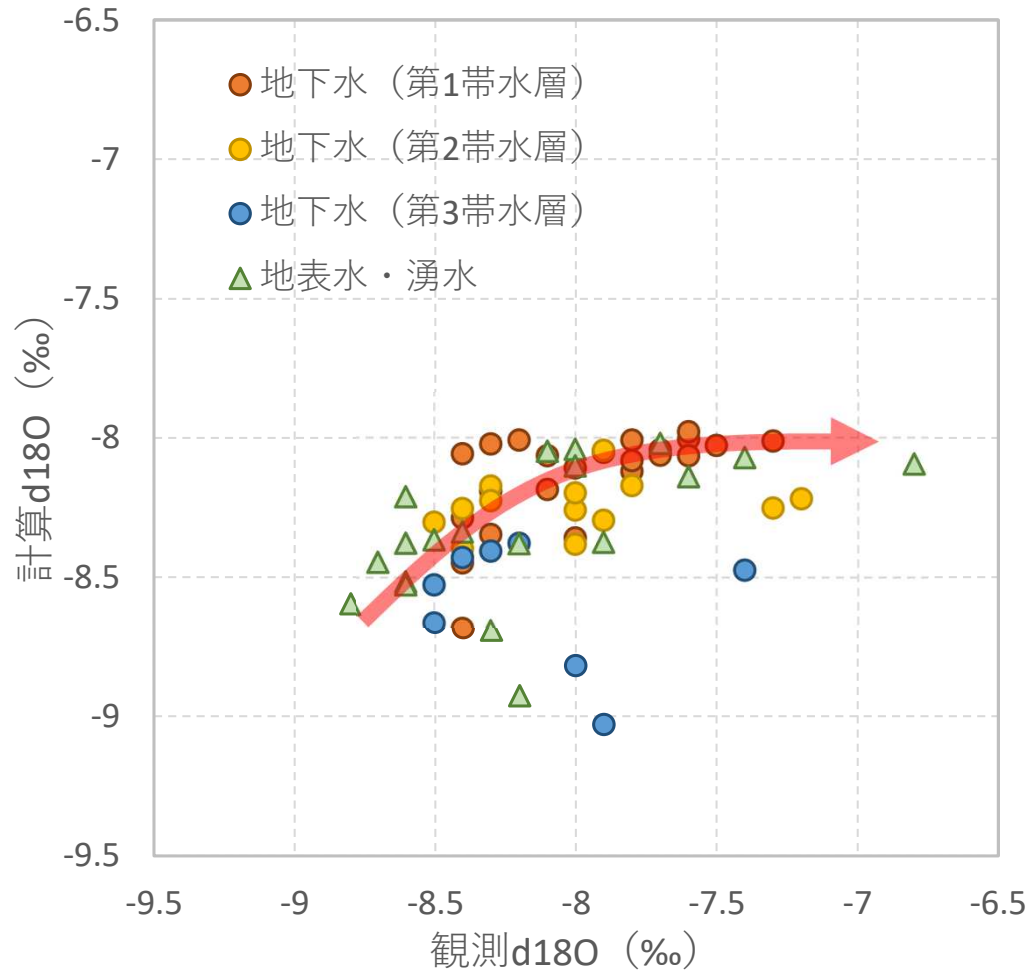


同定モデルのCFC-12濃度の再現性



- ▶ 観測と同様に、浅部に比べて深部で濃度が相対的に低い状況を得た
- ▶ 観測に比べると濃度が高い傾向はあるものの、観測点(No.2)一か所のみを検証であることから代表性が少なく、定性的な傾向から再現性あると判断した

同定モデルの $\delta^{18}\text{O}$ 再現性

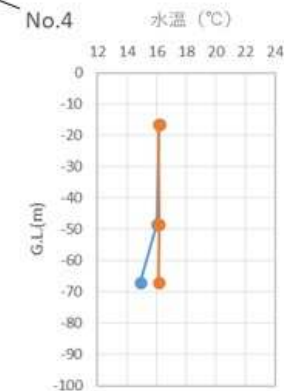
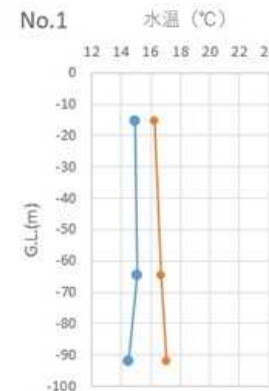
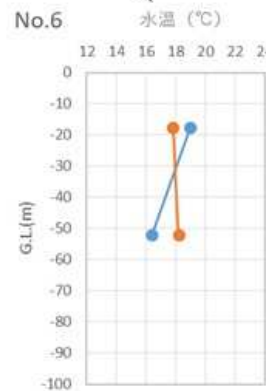
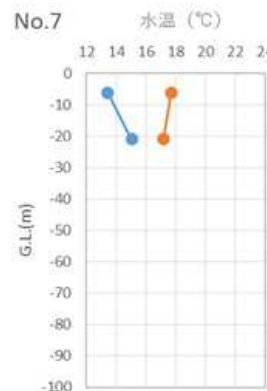
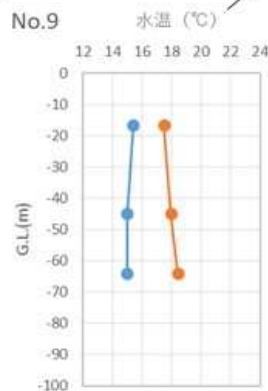
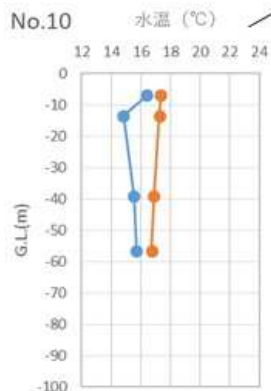
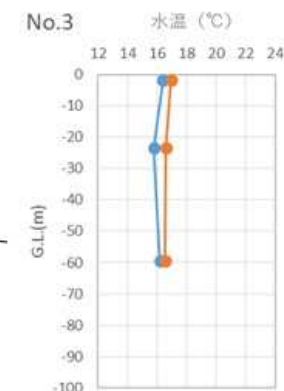
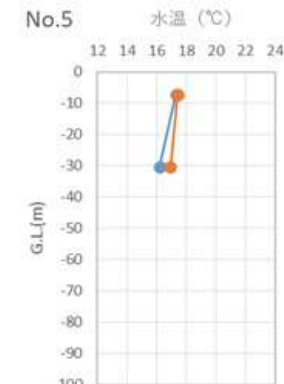
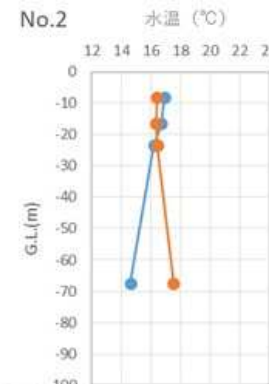
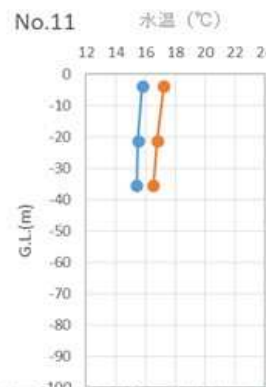
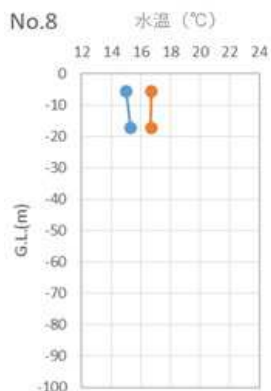
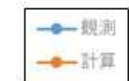


- ▶ 計算では観測と異なり-8‰付近を上限に頭打ちしているが、全体的には観測との大小関係は整合
- ▶ 解析における降水の $\delta^{18}\text{O}$ は一柳ら (2016) による松江 (島根県) 地点の観測結果より-8.0‰と設定したが、年間ではばらつきが存在 (引用文献では2013年の中で-3.6~-13.7‰)
- ▶ $\delta^{18}\text{O}$ が高い観測地点は低位標高部で涵養されたものであり、降水のばらつきの影響が大きいことが原因として考えられる

出典: 一柳, 田上, 2016. 日本全域における降水の安定同位体比—2013年集中観測の結果より—, 日本水文学会誌, 第46巻, 第2号, pp.123-138.

同定モデルの 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られた



現況再現解析結果のまとめ

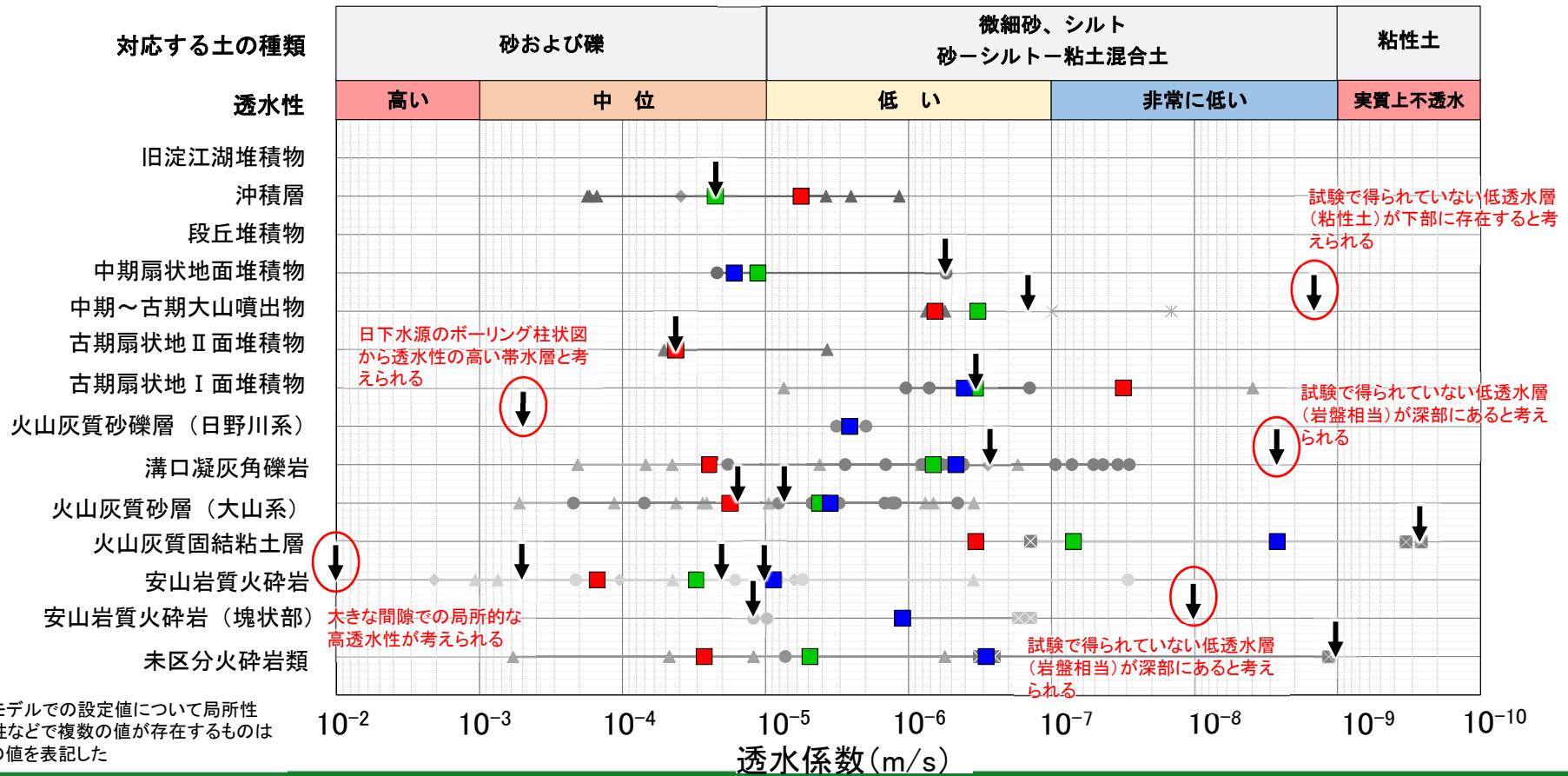
- ▶ 第2・第3帯水層の透水性の局所性を更新することで、各帯水層の観測地点間の動水勾配が改善した
 - ▶ 第2・第3帯水層の透水性の局所性を更新することで、地下水位の計算が観測と整合した
 - ▶ 難透水層の地質の透水性、貯留性のパラメータの見直しにより、地下水位の非定常応答の再現性が得られた
 - ▶ 河川流量について、観測には人為的な影響が含まれている可能性があり、河川流量の変動(上下動)や大雨時の応答が観測と整合していることから、再現性が得られたと判断した
 - ▶ CFC-12濃度について、浅部に比べて深部で濃度が相対的に低い状況を得ることができたことから、再現性が得られたと判断した
 - ▶ $\delta^{18}O$ について、全体的に観測との大小関係が整合した
 - ▶ 地下温度について、各観測井の地下温度プロファイルについて再現性が得られた
- ⇒ 以上より水循環解析・物質循環解析いずれも再現性を得たと判断

解析から得られた地質の透水性と試験結果について

- 観測の再現を得た同定モデルの設定値を現場透水試験、室内透水試験結果の値と比較
- 再現性を得るために設定値の一部が試験の幅を逸脱したが、それぞれ以下のような理由が考えられる

凡例

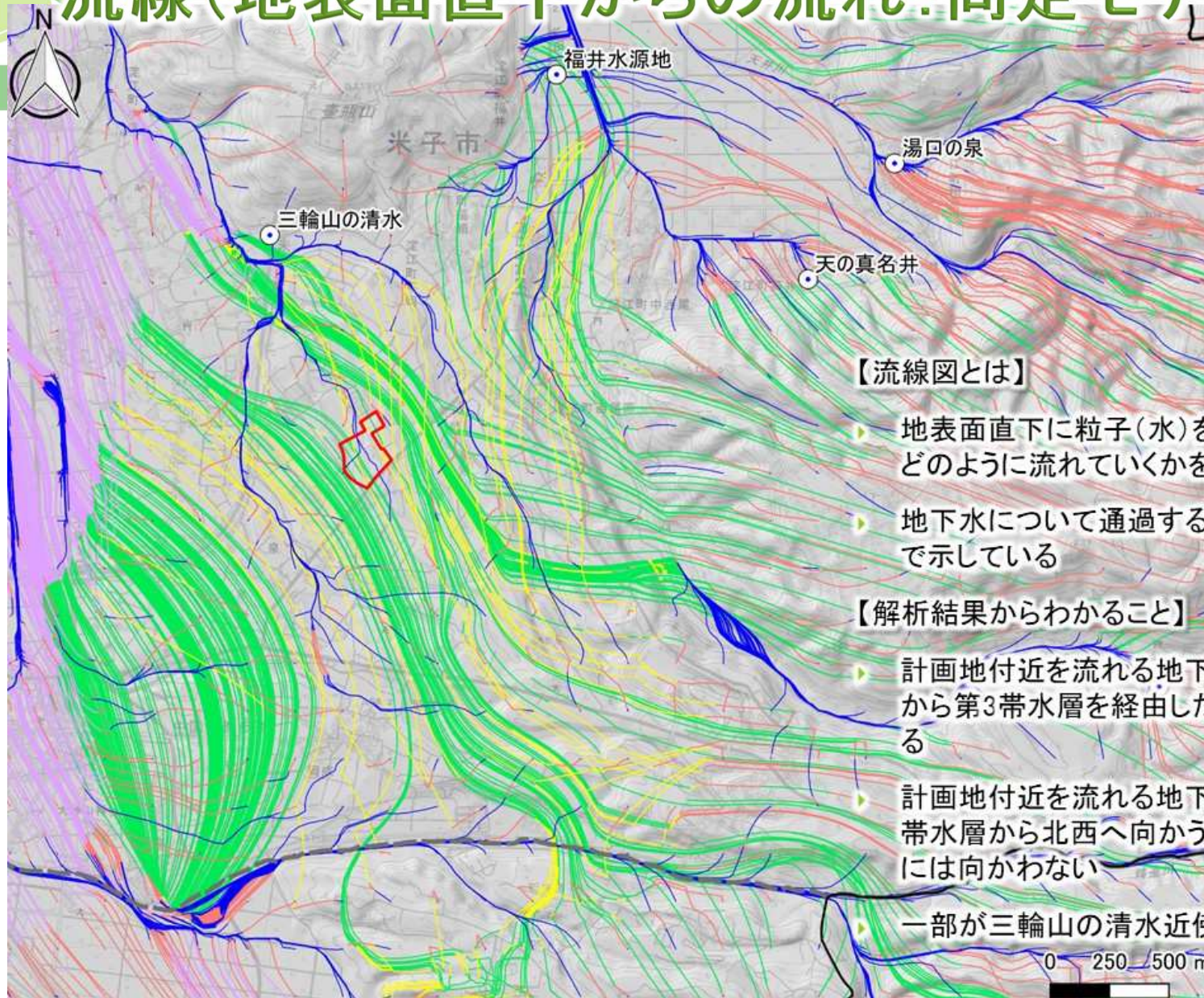
- 全データの中央値
- チューブ法の中央値
- ピエゾメーター法
- 室内透水試験
- * 不飽和透水試験
- △ チューブ法
- ◇ ピエゾメーター法(注水法)
- ピエゾメーター法(回復法)
- ↓ 同定モデルの設定値



※同定モデルでの設定値について局所性や異方性などで複数の値が存在するものはすべての値を表記した

3. 地表水・地下水影響検討

流線(地表面直下からの流れ:同定モデル)



- 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

【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】

- ▶ 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
- ▶ 一部が三輪山の清水近傍を流れる可能性がある

0 250 500 m



流向と流速(断面4:同定モデル)

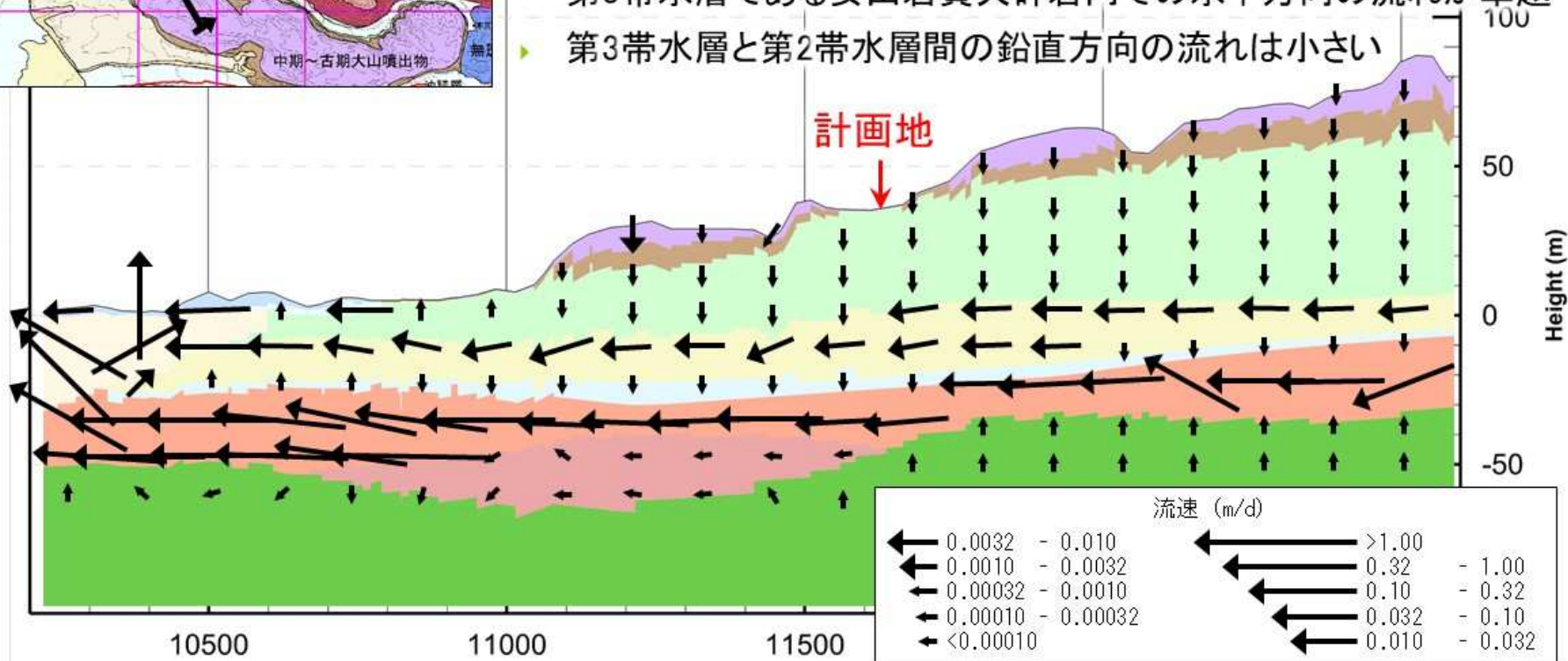


【流向・流速図とは】

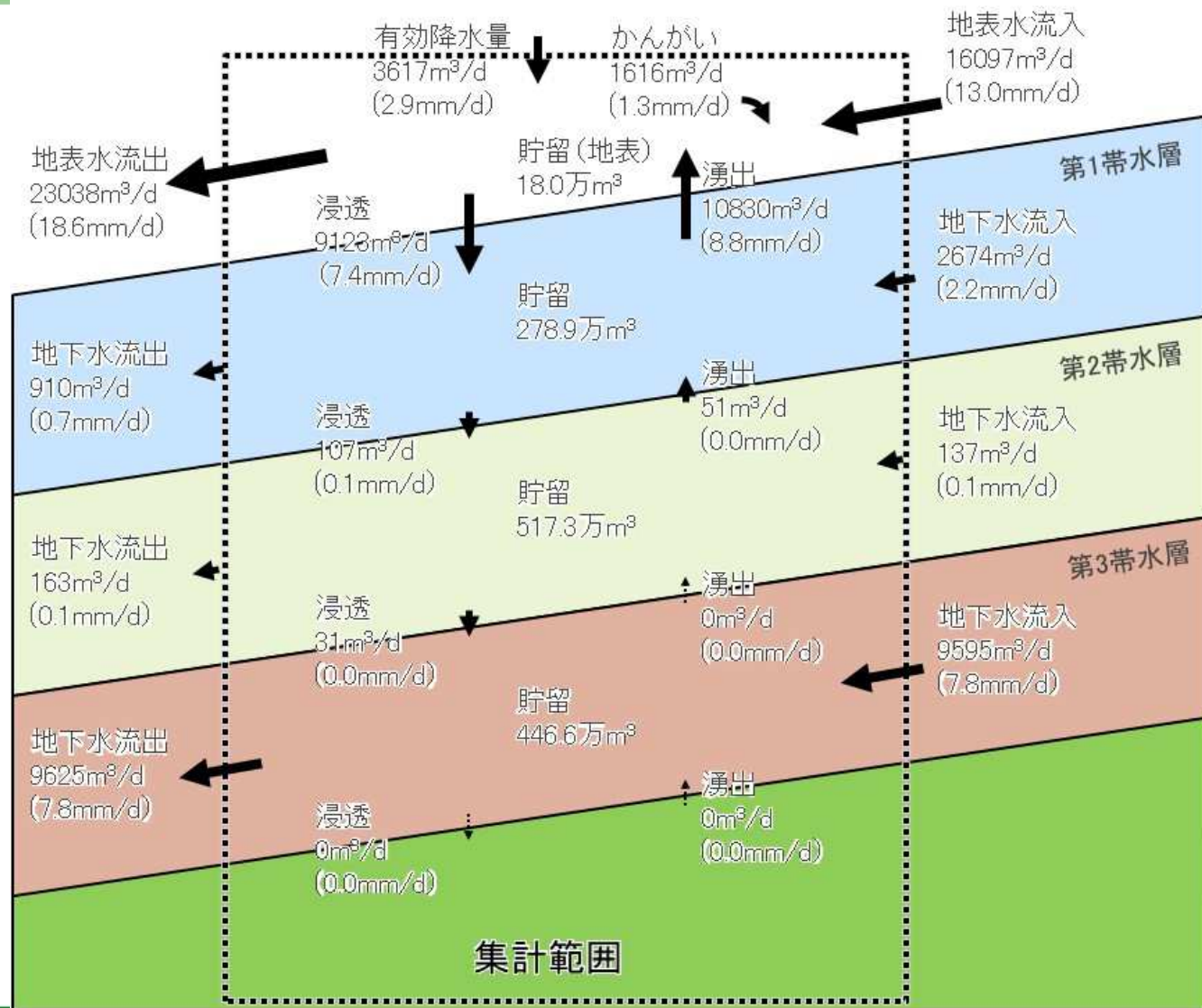
- ▶ 地下水の流向と流速を矢印で表現した図
- ▶ 地下水流速に応じて矢印を大きく表示

【解析結果からわかること】

- ▶ 計画地付近では第2帯水層である火山灰質砂層(大山系)および第3帯水層である安山岩質火砕岩内での水平方向の流れが卓越
- ▶ 第3帯水層と第2帯水層間の鉛直方向の流れは小さい



計画地周辺の水収支(同定モデル)



【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】

- ▶ 計画地周辺では水平方向の流動が卓越、鉛直方向のやり取りは少ない

地表水・地下水影響検討まとめ

解析結果から以下の点が確認された

- ▶ 第1帯水層は、地表からの降雨等の涵養が中心で、地形なりの流れを有している
- ▶ 第2帯水層は、精進川以北の範囲で第一帯水層から涵養された地下水が流れている
- ▶ 第3帯水層は、淀江平野、計画地周辺の地下水は、孝霊山、鍋山方面(南東から北西方向)からの流れが卓越している
- ▶ 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
- ▶ 計画地周辺の地下水の流れは第1、第2、第3帯水層いずれも福井水源地には向かわない
- ▶ 一部が三輪山の清水近傍を流れる可能性がある