

地下水保全策検討事業
重信川流域の地下水調査について
（上流域・中流域・下流域）

報 告 書
（概要版）

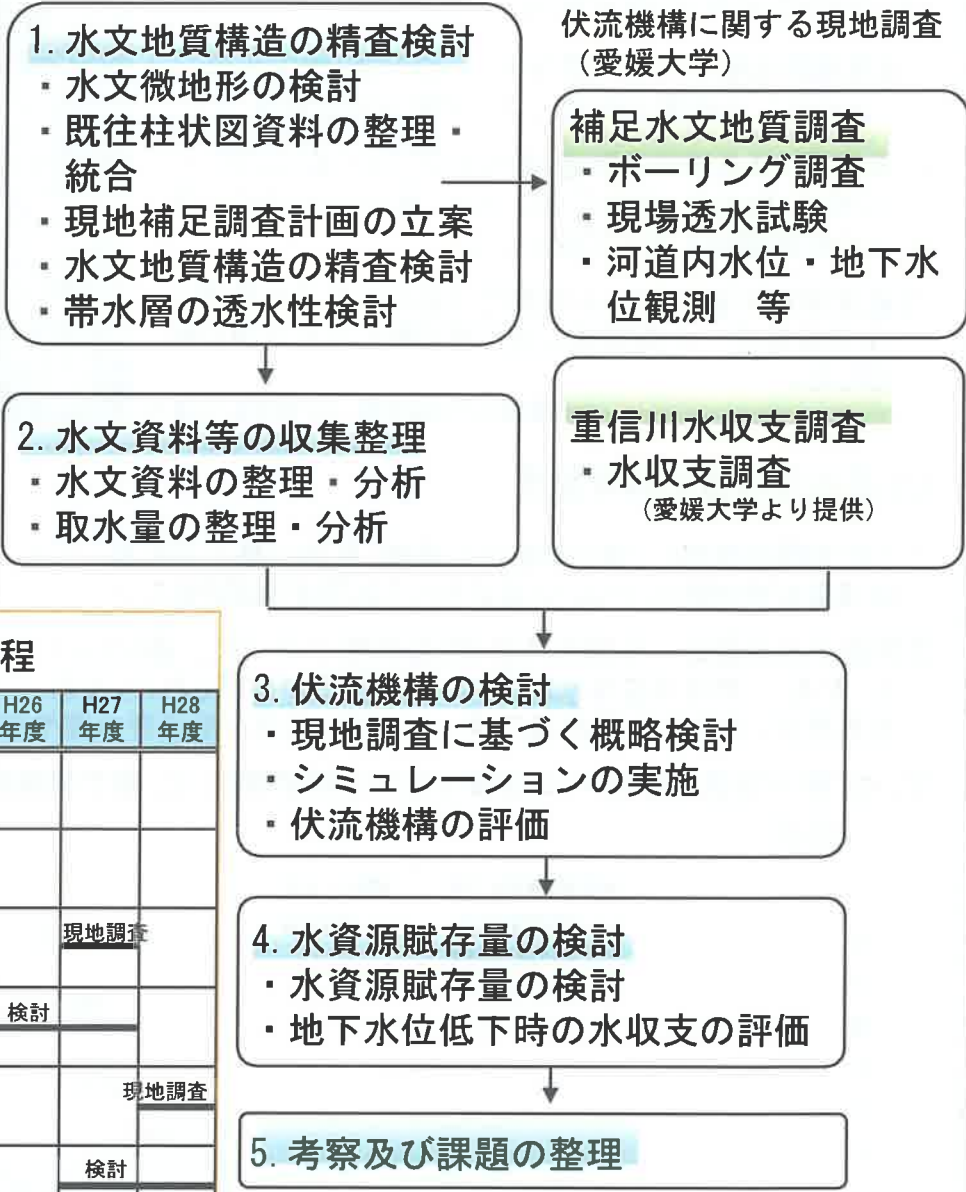
1. 業務の背景・目的

【事業の背景】

- ・平成17年以降、毎年、南高井地区付近において、著しい地下水位低下が発生。特に、平成21年渇水時（4～6月）には、南高井～かきつばた地区を中心に広範囲にわたって2m以上地下水位が低下した。
- ・松山市南高井～かきつばた地区を対象に、重信川の伏流機構や地下水位低下原因を調査する必要がある。

【事業の目的】

- ・松山市南高井～かきつばた、垣生地区を対象に、重信川の伏流機構を解明するとともに、水資源の安定化や運用管理の適正化に向けて、当該地区を含む広域の水資源賦存量を把握する。

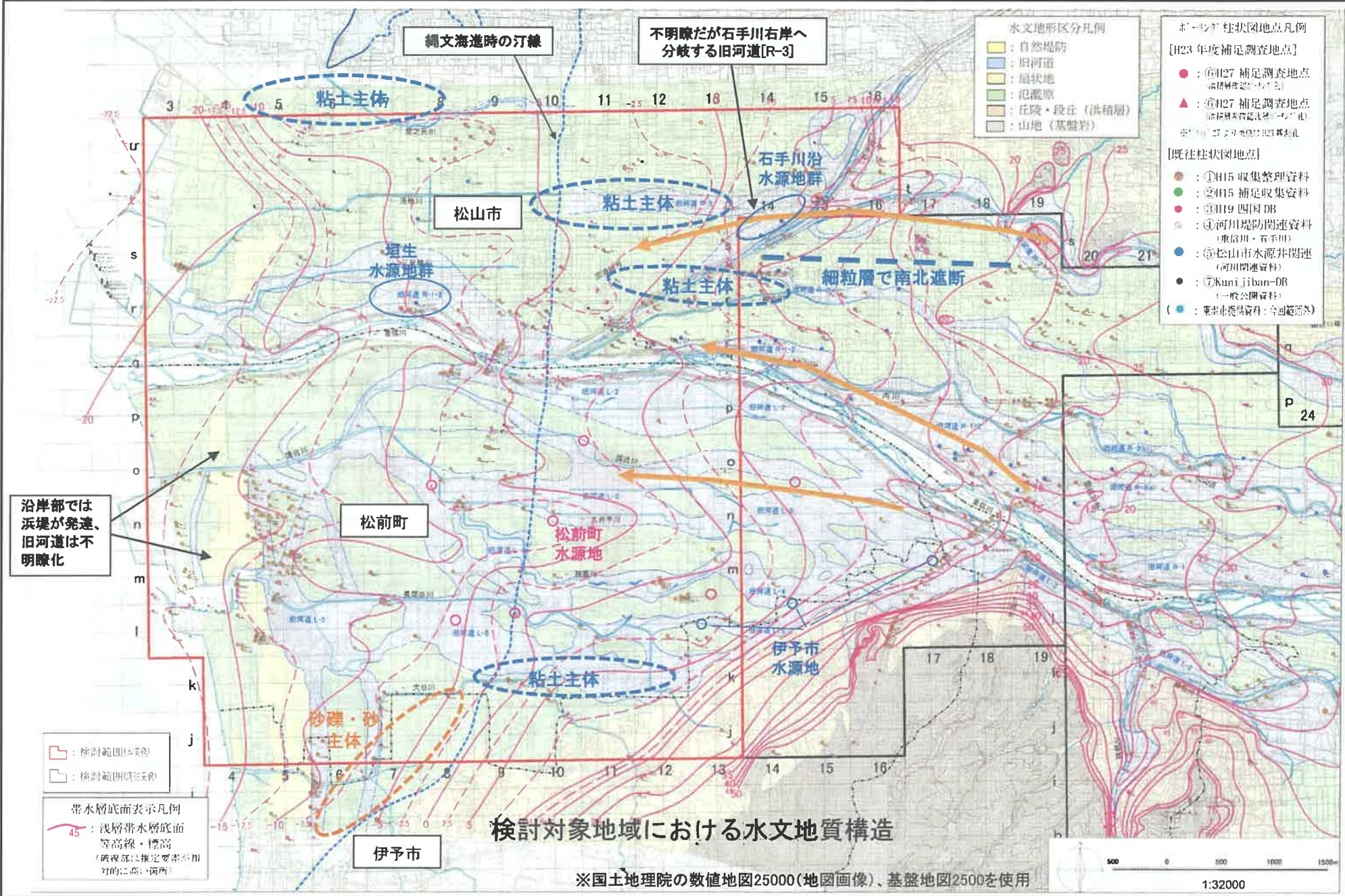


	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度
上流域	現地調査					
	検討					
中流域					現地調査	
				検討		
下流域						現地調査
					検討	

※国土地理院の数値地図25000(地図画像)を使用

業務の実施フロー図

2. 水文地質構造の精査検討 2.1 水文地質構造の精査検討 ③下流域



3. 水文資料等の収集整理

収集データ

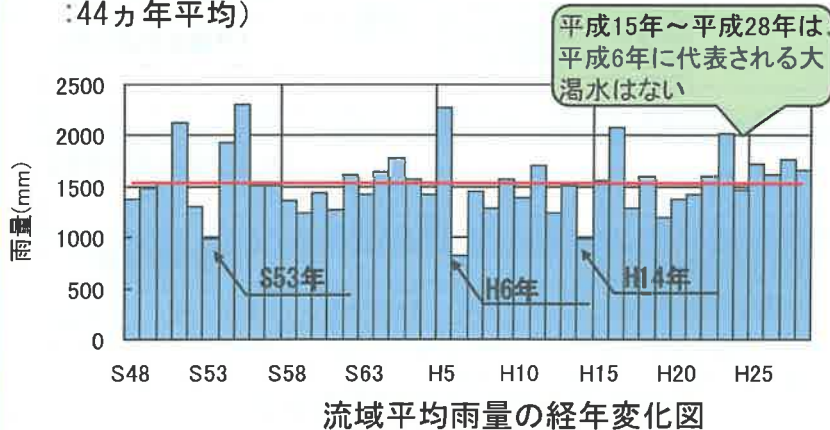
- ・ 重信川の伏流機構や地下水位低下原因等を調査するため、水循環シミュレーションに必要なデータを追加収集（平成21年～平成28年）した。

収集データ

項目	収集先	箇所
雨量	気象庁、国土交通省	15地点
気象資料	気象庁	1地点
河川流量	国土交通省	10地点
地下水位	松山市、伊予市、東温市、松前町、砥部町、国土交通省	103地点
取水量	松山市、東温市、伊予市、松前町、砥部町	148地点

①雨量

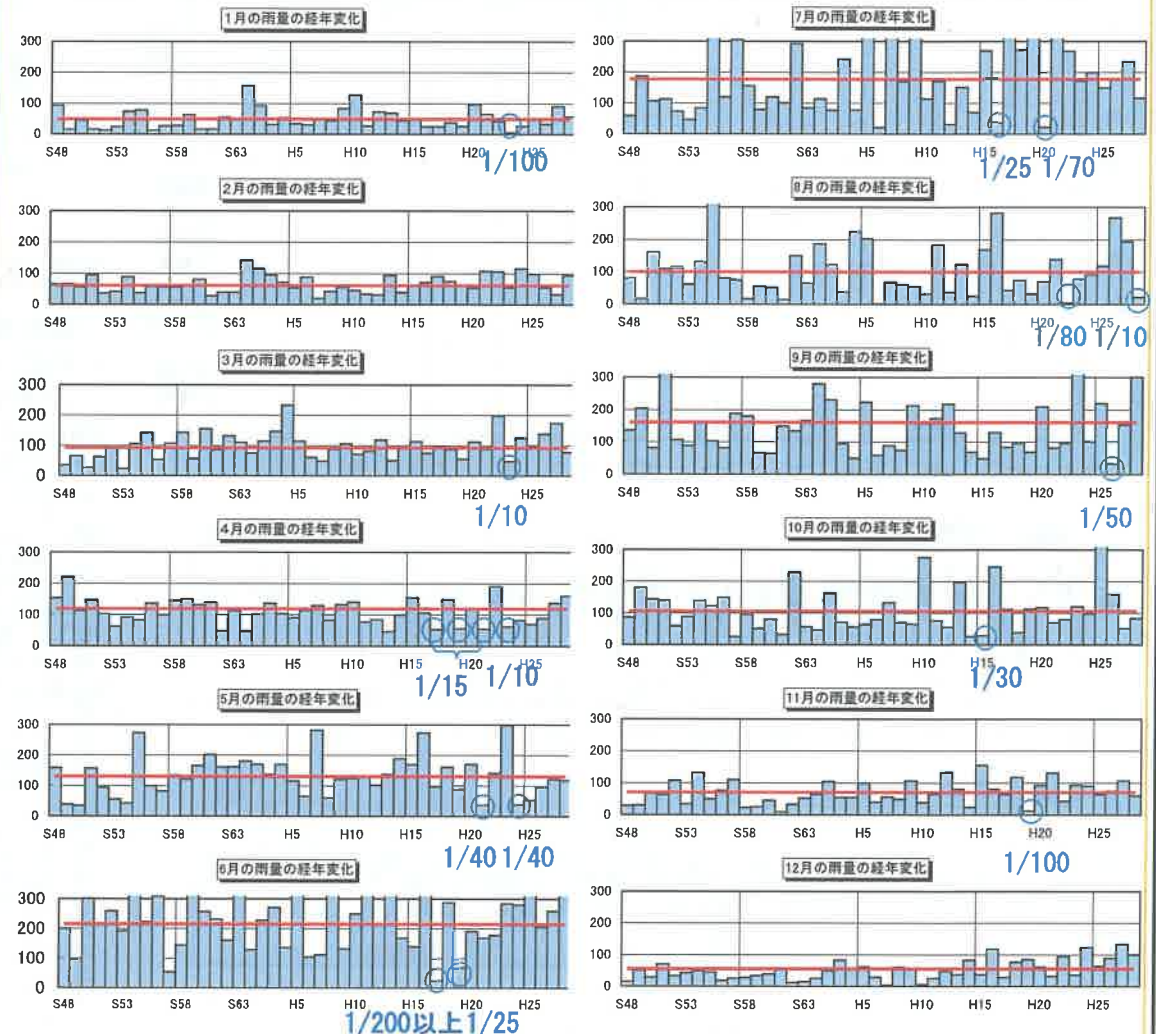
- ・ 流域平均雨量の平均値は約1,530mm（S48年～H28年：44年平均）



②月雨量の分析

※「渇水（または洪水）の程度と再現期間」を求める方法のひとつ

- ・ 明治23年～平成28年の127年間における松山気象台の月雨量をもとに、再現期間と確率雨量の統計的特性を検討（非超過確率解析※）
- ・ 平成19年～平成28年の10年間では、月単位で渇水が発生。雨量の確率年は、平成21年5月、平成24年5月が40年程度、平成23年1月が100年となっている。



赤線：明治23年～平成28年の127年間の平均月雨量
 青文字：非超過確率年

4. 伏流機構の検討 4.1 現地調査結果の整理 ①上流域

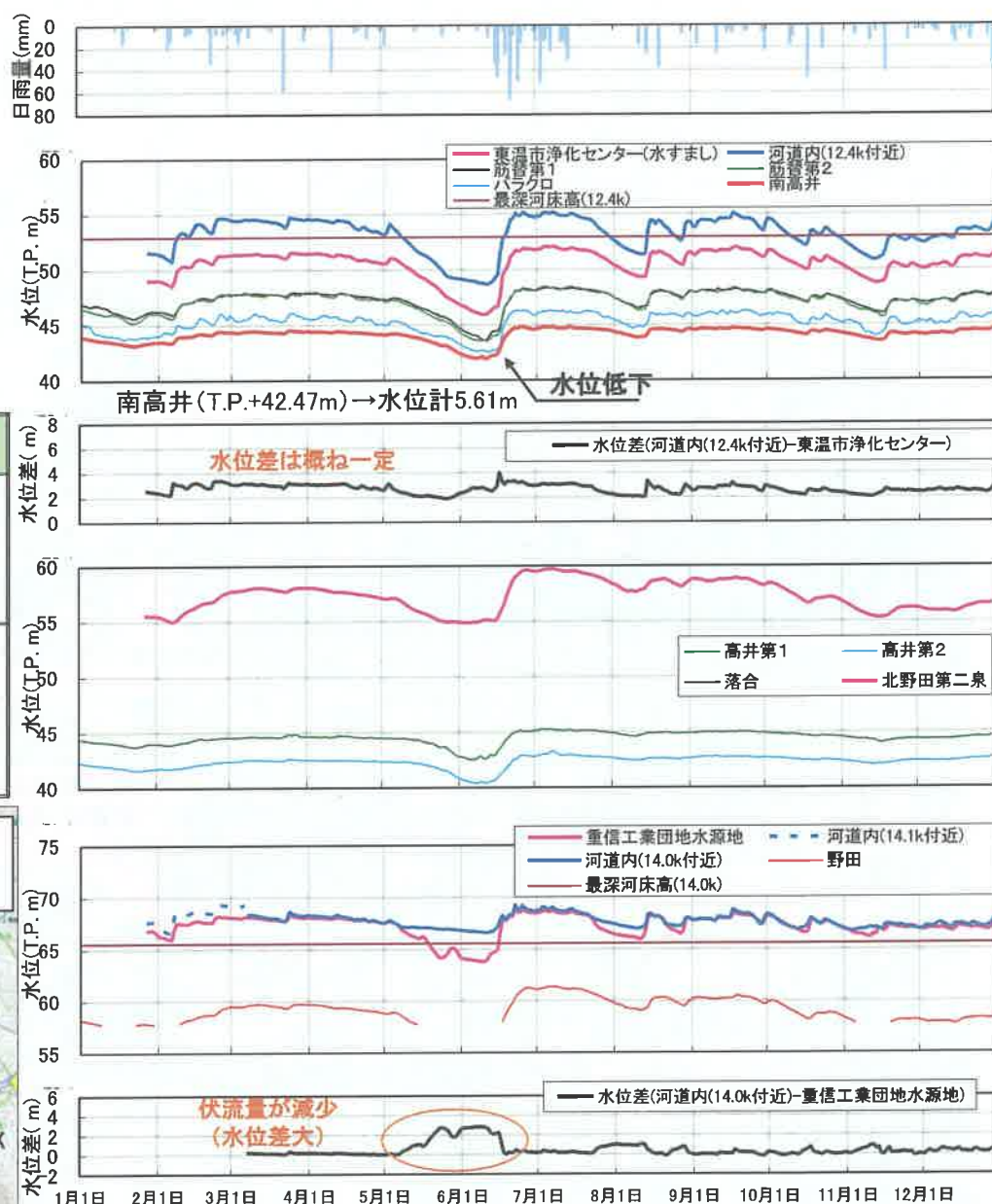
- ①東温市浄化センター付近では、河道内水位（12.4k）と地下水位（東温市浄化センター）は連動しており、両者の水位差は2~3mで概ね一定である。→ この付近の帯水層底面は約45mであり、平成24年6月15日の河道内水位は48.7m（帯水層底面高45m以上）であったことから、伏流量が著しく減少する現象はみられなかったと考える。
- ②重信工業団地付近において、水位低下期間（平成24年5月6日~6月15日等）、河道内水位と地下水位の水位差の増加（伏流量が顕著に減少する現象）を確認した。→ この付近に、帯水層底面の尾根（65m）が存在しており、平常時の河道内水位（14.0k）と帯水層底面の標高差が約2mと小さいため、伏流しにくいと考える。

現地調査概要

調査名	調査項目	調査地点	調査期間
補足水文地質調査	河道内水位	2箇所(12.4k、14.0k)	H24. 1.27~
	地下水位	3箇所(東温市浄化センター、重信工業団地、北野田第二泉)	
重信川水収支調査	水収支	6箇所(9.6k、11.0k、12.0k、14.2k、15.4k、16.8k)	H24. 6.15、H24. 9.7、 H24. 9.24、H24.12.18
	泉水位	15箇所	



※国土院の数値地図25000(地図画像)を使用



水位変化図（平成24年）

4. 伏流機構の検討 4.1 現地調査結果の整理 ①上流域

- 平成24年6月(湯水)は、平水年となる平成18年6月と比べて、南高井, 荏原, 東温市の重信川付近の水源地において、水位低下が顕著である。
- 南高井水源地群の上流に位置する筋替第一, 第二水源地では4m近く水位が低下している。



平成18年6月の平均水位(平水年)－平成24年6月11日(6月最低値)の地下水位

※国土地理院撮影の航空写真(2004年撮影)を使用

○ 2m以上水位低下している地域

地下水位低下量コンター図(平成18年6月平均－平成24年6月11日)

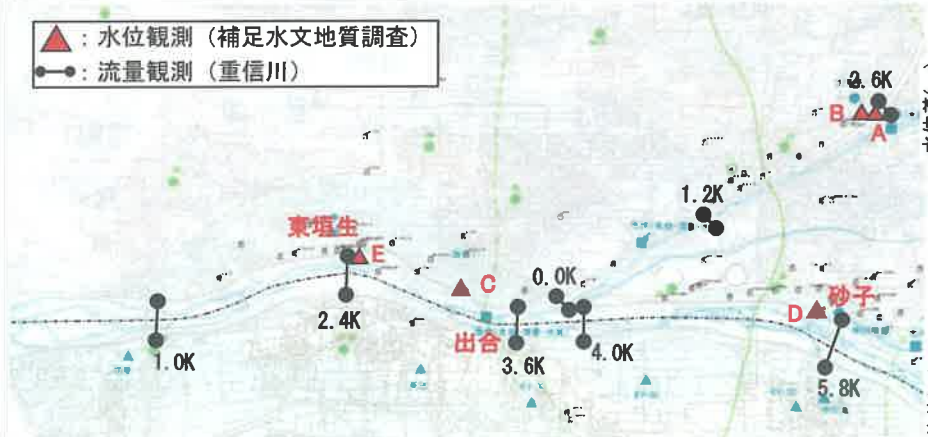
4.伏流機構の検討 4.1 現地調査結果の整理 ③下流域

- ①河道内水位A(石手川2.7k)と地下水位B:同標高の水位で、河川水位は安定している。顕著な湧出は確認できない。
- ②出合と地下水位C:両者の水位は連動、水位差は約1.5mで概ね一定である。河川水位は安定している。
- ③河道内水位D(5.6k)と砂子水位:河道内水位Dの変化は、地下水位Cと同傾向である。水位差は約1.0mで概ね一定である。
- ④河道内水位E(2.8k)と東垣生水位:両者の水位は連動、取水の影響により水位低下している期間もあるが、水位差は約1mで概ね一定である。

現地調査概要

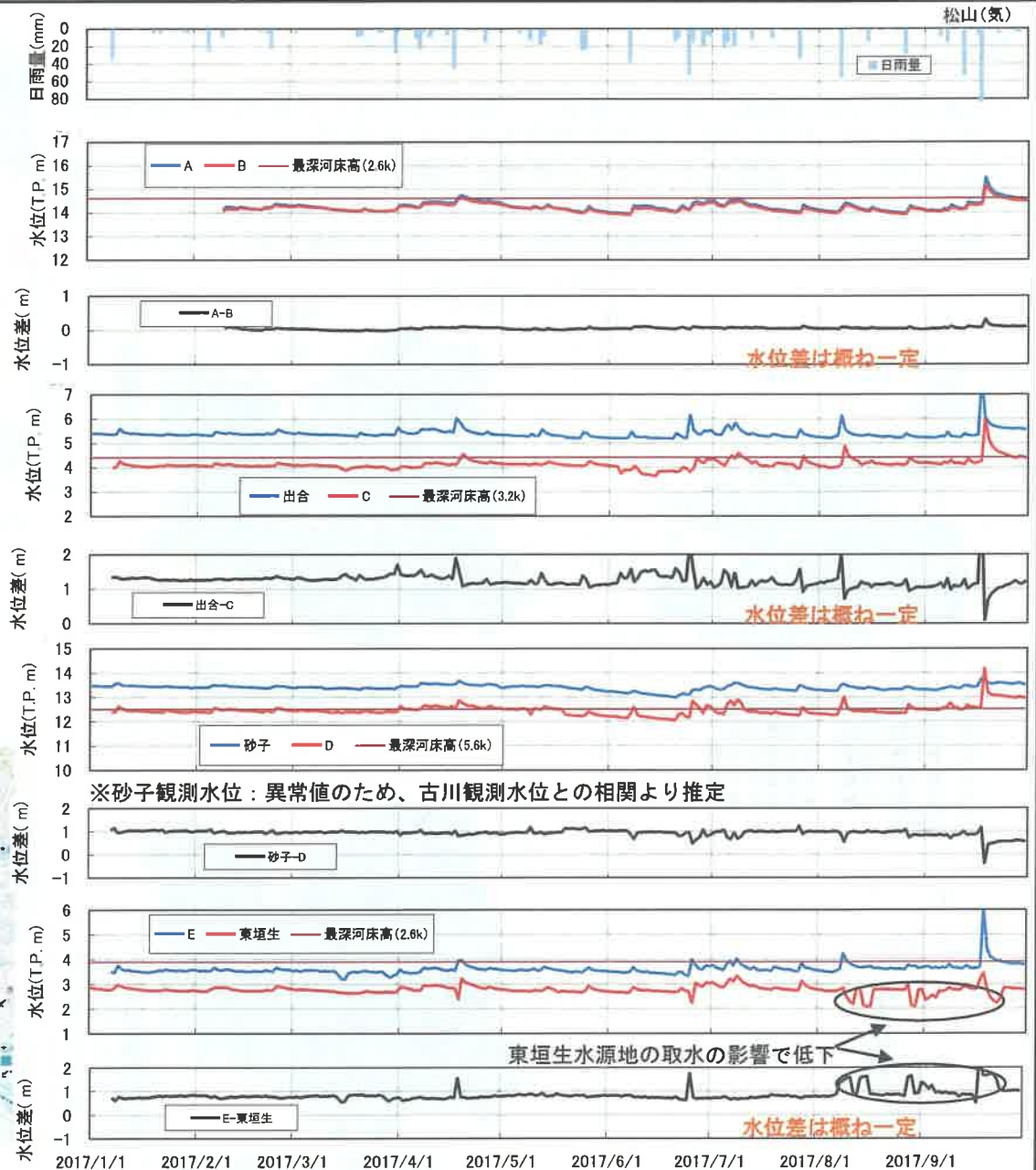
調査名	調査項目	調査地点	調査期間
補足水文地質調査	河道内水位	3箇所(重信川2.5k, 5.6k, 石手川2.7k)	H29. 1/1 ~
	地下水位	2箇所(重信川2.8k, 石手川2.7k)	
重信川水収支調査	水収支	8箇所(重信川1.0k, 2.4k, 3.6k, 4.0k, 5.8k, 石手川0.0k, 1.2k, 2.6k)	

- ▲: 水位観測 (補足水文地質調査)
- : 流量観測 (重信川)



水文観測地点位置図

※国土地理院の数値地図25000(地図画像)を使用

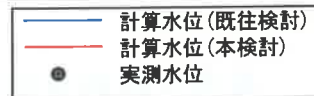


水位変化図 (平成29年)

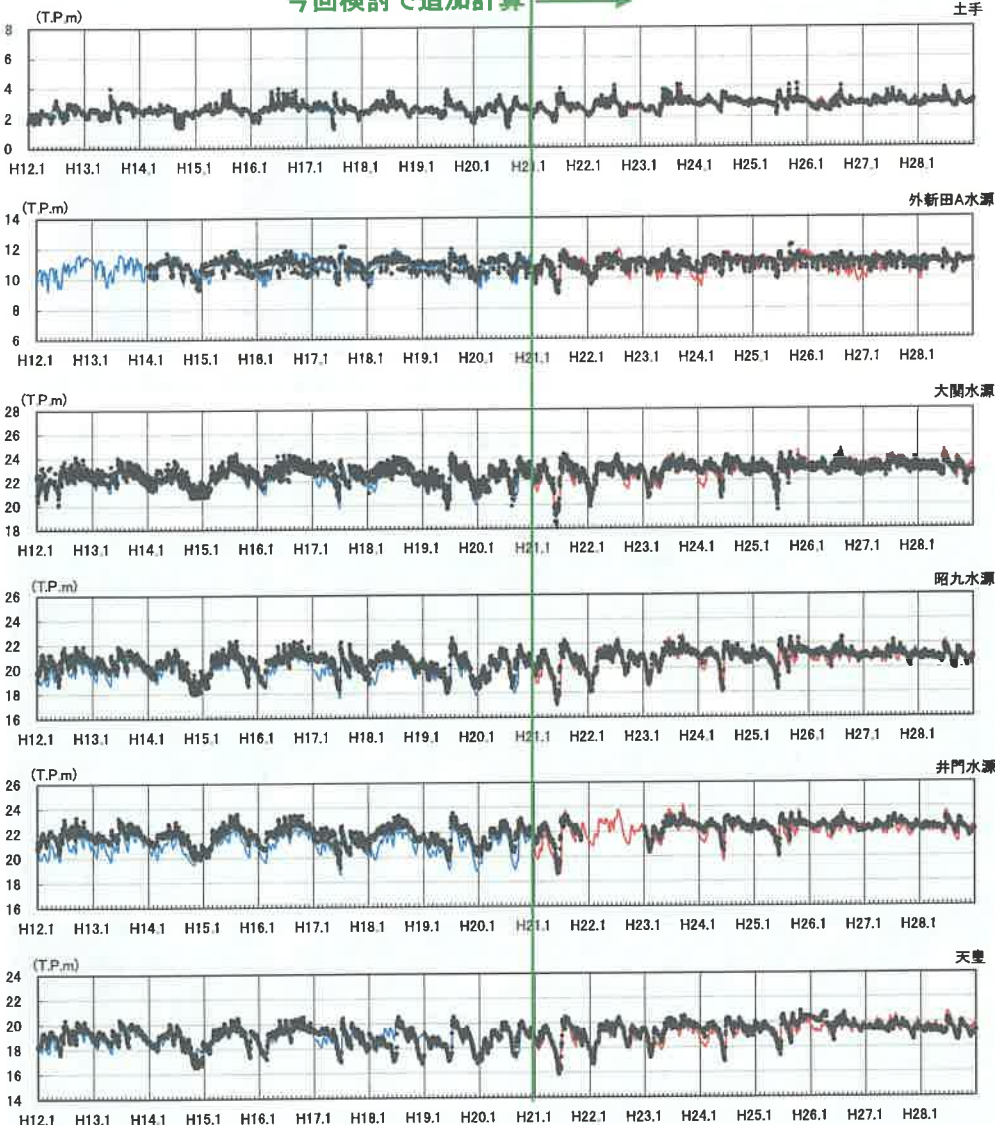
4. 伏流機構の検討 4.2 シミュレーションの実施

再現計算結果

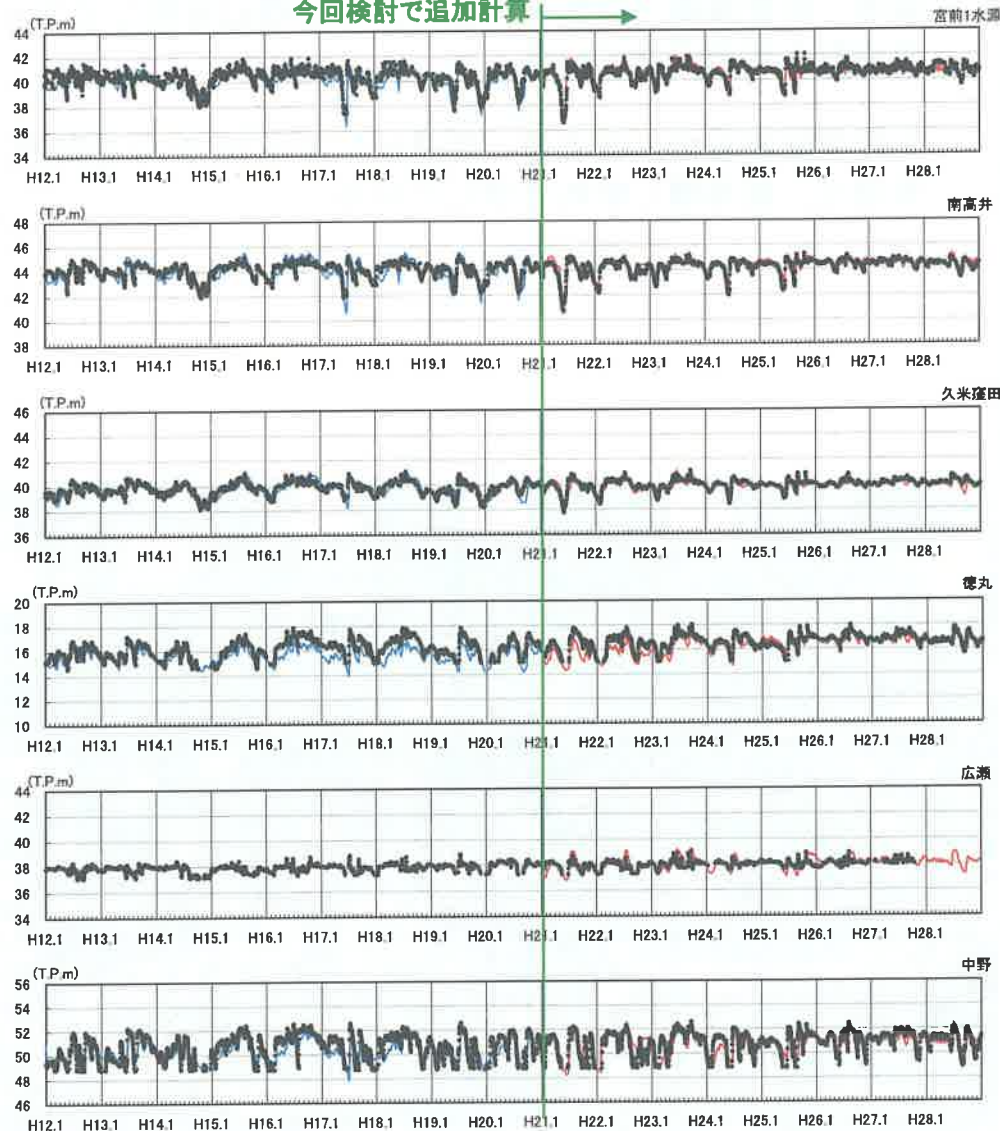
・ 計算水位と観測水位の変動状況が合致している。また、南高井地区、かきつばた周辺における短期間の地下水位低下時についても、観測水位を概ね良く再現できていると考える。



今回検討で追加計算 →



今回検討で追加計算 →



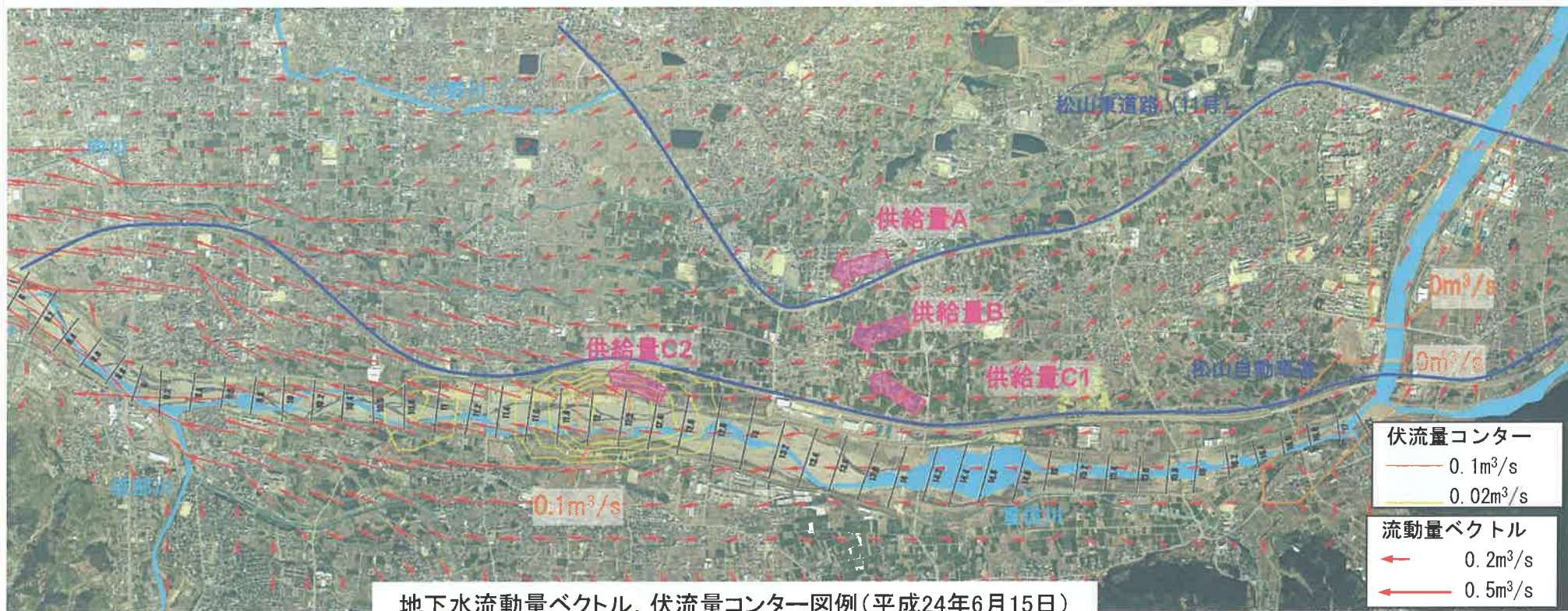
地下水位の再現結果

4. 伏流機構の検討 4.2 シミュレーションの実施 ①上流域

- ・シミュレーション結果から、上流側の扇状地（東温市側）の扇頂から重信川14.2 k~17.2 kに地下水が流動し、重信川の補給水（南高井地区）が右岸側から流入し（主に12.0 k~14.2 k）、下流（かきつばた地区）へ流動する水脈が認められる。
- ・3系統の地下水供給量（流動量、重信川からの補給量）を定量的に評価した結果、A、B、C1の供給量は概ね一定であったが、降雨量の減少に伴い、C2の供給量は減少している。
- ・特に、平成24年6月15日における供給量C2（重信川からの補給量）は、平常時（平成24年9月7日）の40%程度となっていることがわかった。



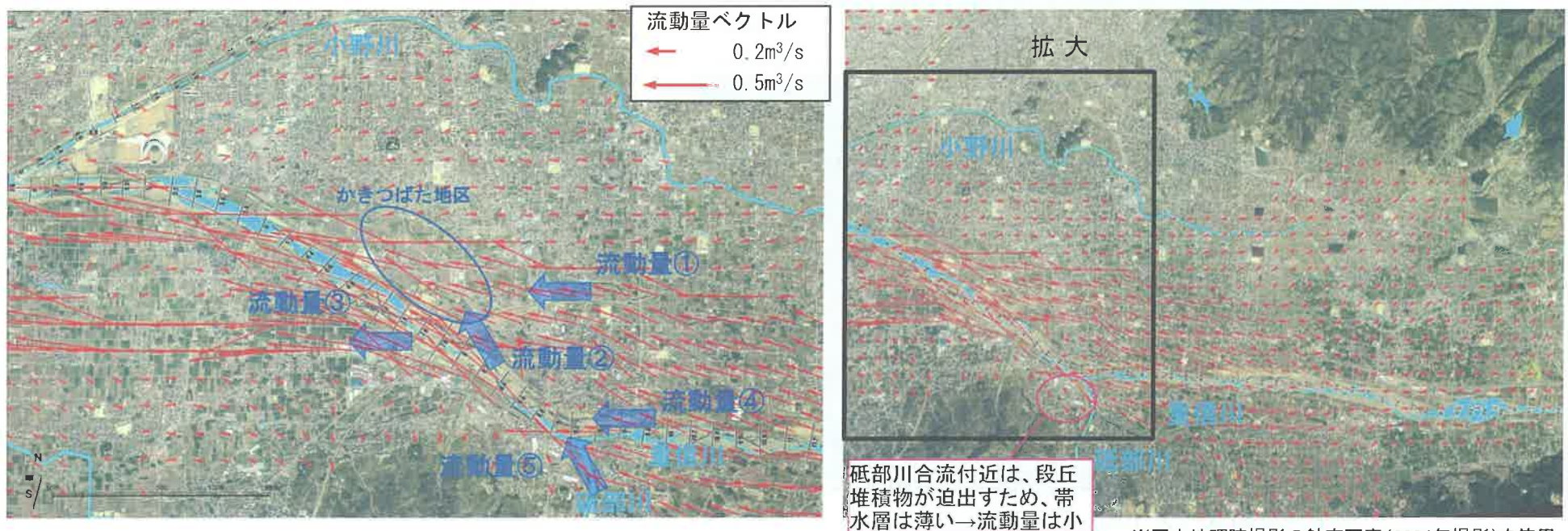
系統別の供給量の比較図



地下水流動量ベクトル、伏流量コンター図例（平成24年6月15日）

4. 伏流機構の検討 4.2 シミュレーションの実施 ②中流域

- シミュレーション結果より、平成27年11月14日の3系統の地下水供給量を定量的に評価すると、流動量①：1.7m³/s、流動量②：2.7m³/s、流動量③：4.8m³/sである。
- かきつばた地区へ4.4m³/s（流動量①+流動量②）の水供給、松前町・伊予市域へ4.8m³/sの水供給となっている。
- かきつばた地区の取水量（上工水計）は、実績0.72m³/s（62,000m³/日）、計画1.45m³/s（125,000m³/日）であり、各々、供給量4.4m³/sの16%、33%である。
- 中流域への流入量をみると、重信川流動量①：1.7m³/s+流動量④：6.0m³/s、砥部川流動量⑤：1.5m³/sである。砥部川流域からの流入量は、重信川上流域の19%程度である。
- 砥部川合流付近（左岸）の流動量をみると、段丘堆積物が迫出す等の地質的要因もあり、左岸の帯水層の層厚は薄い。→ 地下水流動量が小さい。



拡大

地下水流動量ベクトル図(平成27年11月14日)

※国土地理院撮影の航空写真(2004年撮影)を使用

4. 伏流機構の検討 4.2 シミュレーションの実施 ③下流域

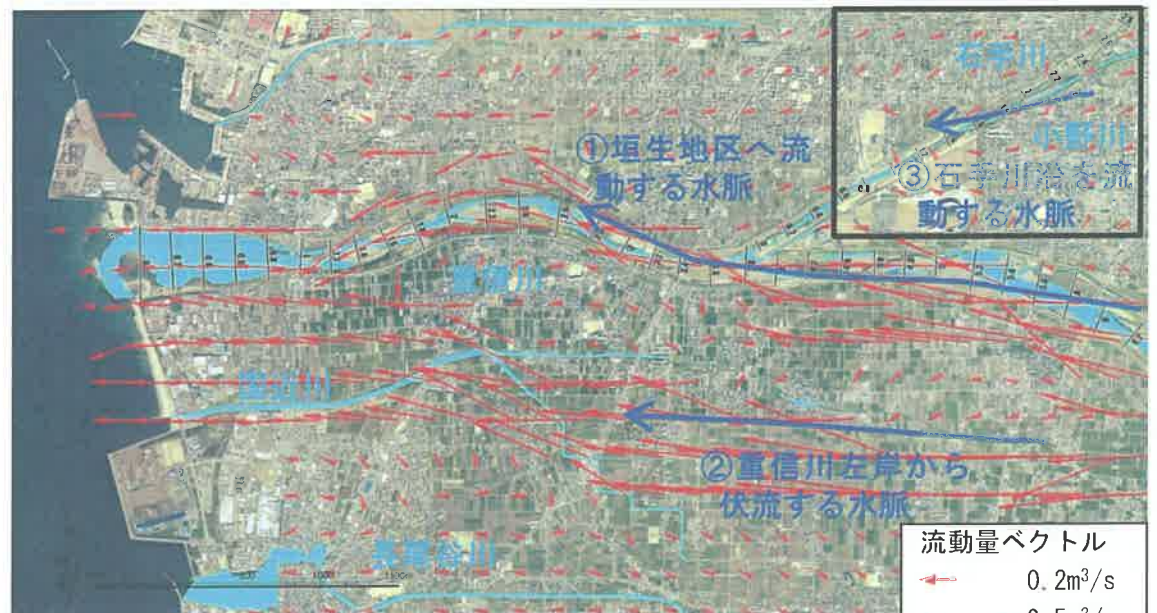
- ・シミュレーション結果から、①重信川 右岸から垣生地区へ流動する地下水脈、②重信川 左岸から松前町・伊予市へ流動（伏流）する地下水脈が認められる。
- ・③石手川沿では、流動量は小さいが、取水により地下水が集水・流動している。その他は、石手川の左岸から垣生地区へ流動している。
- ・シミュレーション結果から平成27年11月14日の流動量を定量的に評価すると、①重信川右岸（2.6k~3.6k）から垣生地区への地下水供給量は $0.7\text{m}^3/\text{s}$ 、③石手川右岸（0.6k~2.4k）から垣生地区への流動量は $0.1\text{m}^3/\text{s}$ である。南側の山麓（伊予市）から平野への流入量は $0.1\text{m}^3/\text{s}$ である。



地下水位コンター図(平成27年11月14日) 拡大



地下水流動量ベクトル図(平成27年11月14日) 拡大



地下水流動量ベクトル図(平成27年11月14日) 拡大

5. 水資源賦存量の検討 5.2 取水井取水可能量の算定

- ・ 渇水基準年（H14年）について水循環シミュレーションを行った結果、取水可能量は、上簡水78,000m³/日（上水74,200m³/日、簡水3,400m³/日）、工水90,000m³/日

上工水水源の区分設定

- ・ 停止水位、水源の特性、井戸枯の実績等を水源管理者へヒアリング
- ・ 地区毎に松山市上簡水、工水の水源を区分

各水源の取水量設定

- ・ 各水源の取水可能量に一定率（0.5～2.0倍）を乗じて、取水量を設定

シミュレーション実施
（平成14年：渇水基準年）

※各水源の停止水位に加え、地下水取水可能量を取水するために必要な地下水位を下回らないことを検証

NO

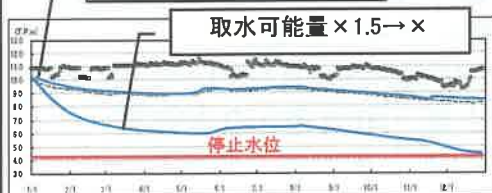
各水源の停止水位等
※を下回らない

YES

取水可能量の設定

- ・ シミュレーション結果より、各水源の取水可能量（日平均値）を設定

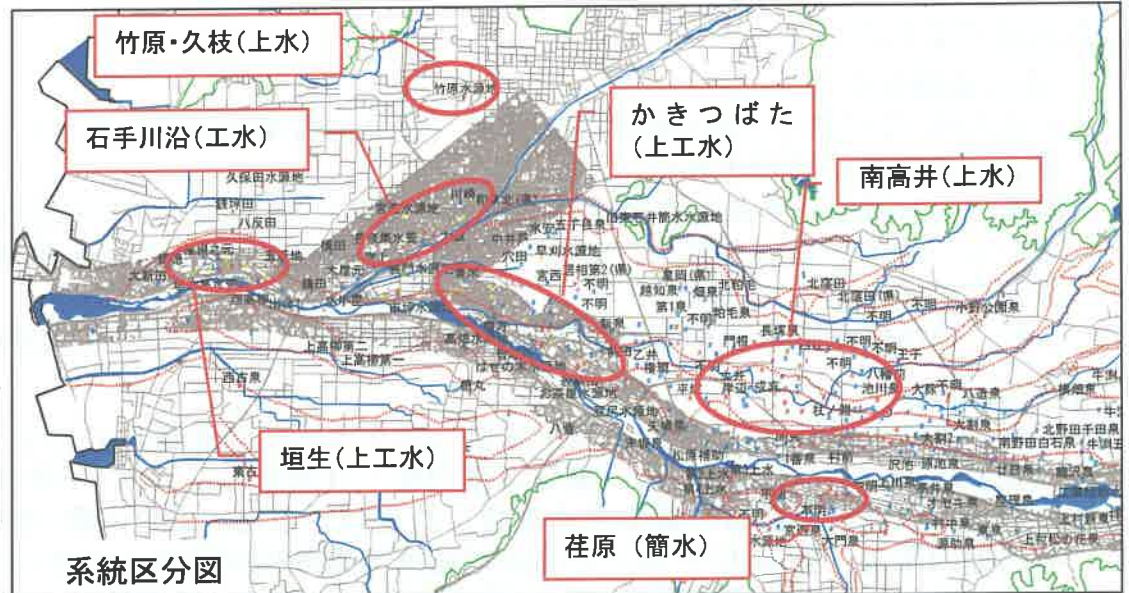
取水可能量×1.0 → ○ 検証フロー図



シミュレーションイメージ図

停止水位：濁水の発生等を考慮して、水源管理者が設定しているポンプ停止水位

水源の特性：優先井戸（管末）、相互干渉、水質（鉄、マンガンの特性等をヒアリング



系統区分図

取水井取水可能量の算定結果（上水）

系統		水源箇所数	計画給水量 (m ³ /日)	取水可能量 (m ³ /日)
垣生	伏流水	1	20,500	15,000
	浅井戸	1	2,000	700
	深井戸	1	2,000	1,300
南高井	浅井戸	15	43,000	26,000
かきつばた	浅井戸	15	47,800	29,100
	深井戸	1	2,000	600
竹原・久枝	深井戸	3	5,000	1,500
計			122,300	74,200

シミュレーション結果より、各水源の取水可能量（日平均値）を設定 上水74,200m³/日

6. 考察及び課題の整理

中流域のまとめ

【 水文地質構造 】

- ・ JR予讃線～国道33号間の重信川右岸に南高井地区からかきつばた地区に繋がる帯水層底面の谷筋（旧河道）が確認された。
- ・ 矢取川をはじめとする南縁部の山地～扇状地部の溪流では、重信川・溪流の伏流量が多く、伏流水の多くは地下水涵養源となっているが、基盤岩が迫出すため、帯水層の層厚は約10mと薄い。また、地下水は下流へ流動するため、当該地区の賦存量は比較的小さいと推定される。砥部川合流付近（右岸）では段丘堆積物が迫出すため、帯水層の層厚は薄く、賦存量は比較的小さい（砥部町）。
- ・ JR予讃線～国道33号間の重信川左岸に、明瞭な谷筋（旧河道：背後が段丘）が確認された。旧河道は不規則に多数分岐し、玉石が多く、高透水の性状（砥部町、伊予市）。

【 伏流機構 】

- ・ 河道内水位K（重信川8.8k）と地下水位Jは、同標高の水位で顕著な湧出は確認できない。河川水位は安定している。
→ 砥部川合流付近（左岸）では顕著な湧出・伏流の現象はみられない。
- ・ 河道内水位N（重信川8.0k）と地下水位Q，河道内水位O（重信川7.6k）と地下水位P，河道内水位L（重信川7.4k）と地下水位Mは連動しており、両者の水位差は概ね一定であった。平成27年10月29日～11月13日において、降雨量の減少等により水位が低下するが、河道内水位と地下水位の水位差に明確な変動は確認できない。
- ・ シミュレーション結果から、①上流側の南高井地区からかきつばた地区へ流動する地下水脈、②重信川 右岸からかきつばた地区へ流動（伏流）する地下水脈、③重信川 左岸から松前町・伊予市へ流動（伏流）する地下水脈が認められた。
- ・ 松山市天皇，松前町徳丸A・神崎B，伊予市八倉水源・高瀬水源の水位変化を比較すると、平成21年6月，平成24年6月の水位低下時は、各水位が連動して低下しており、重信川の伏流量の減少が広範囲に及んでいる。
- ・ 河道内水位N（重信川8.0k）の変動幅は、O地点，P地点に比べると小さく、安定している。→ 八倉水源の安定化に繋がる。

【 短期的な地下水位低下時における水収支の評価 】

- ・ 平成27年～平成28年は平水～豊水年であり、平成24年6月等にみられる短期的な降雨量の減少はなく、顕著な水位低下は見られない。
- ・ 平成27年11月14日の3系統の地下水供給量を定量的に評価すると、流動量①：1.7m³/s，流動量②：2.7m³/s，流動量③：4.8m³/sである。砥部川流域から中流域へ流入する水量は、重信川 上流域から中流域へ流入する水量の19%程度である。
- ・ かきつばた地区へ4.4m³/s（流動量①＋流動量②）の水供給、松前町・伊予市域へ4.8m³/sの水供給となっている。
- ・ 河道内水位Nと伊予市・八倉水源、河道内水位Oと松前町・徳丸，河道内水位Lと松山市・かきつばた水源群が連動していることから、重信川の河道内水位により管理基準を設定し、水源管理を行うことが望まれる。

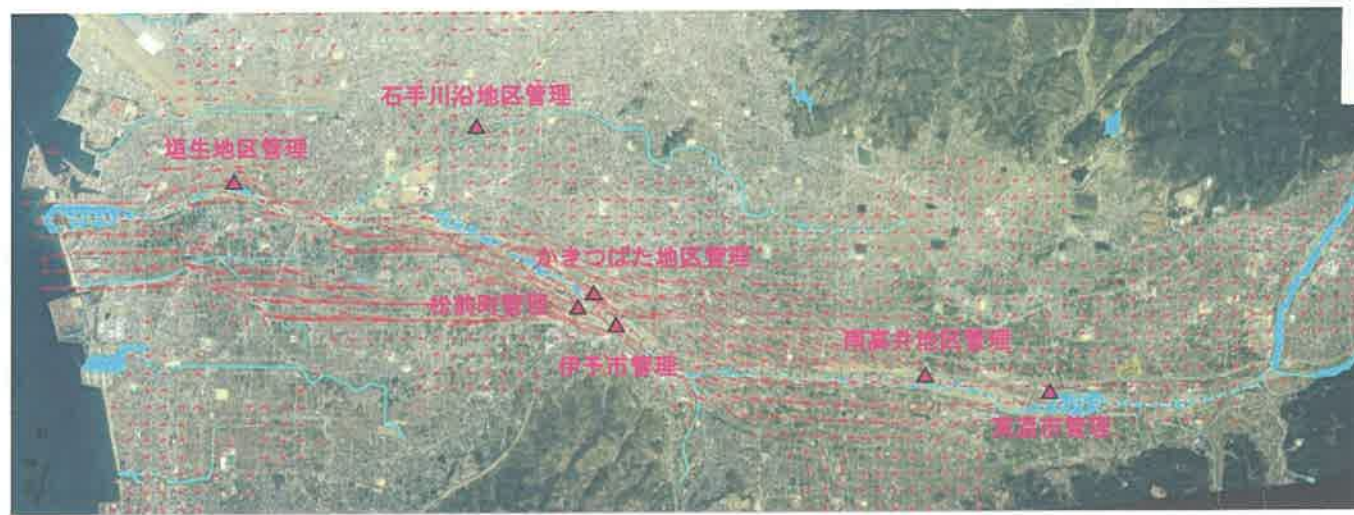
6. 考察及び課題の整理

課題の整理

- ・近年の地下水位低下の時期と農業用水の取水時期が概ね合致していることから、農業用水の取水も地下水位低下の要因の一つとして考えられる。今後、他地域においても、農業用水取水量を調査し、これを水循環モデル（MIKE SHE）に反映することにより、モデルの精度を向上させる必要がある。
- ・重信川 中流域から下流域を調査した平成26年～平成28年は、豊水年～平水年であったため、かきつばた地区、垣生地区において、河道内水位と地下水位の水位差に明確な変動は確認されていない。松山平野内の地下水の水源が旧河道（地下水の“水みち”）で繋がっていることから、かきつばた地区、垣生地区においても、渇水期の地下水位、河道内水位の状況が把握できるよう、今後も引き続き、水文観測を継続することが望しい。

地下水保全対策の方向性

- ・雨水貯留浸透施設の普及等：松山平野では、都市化が進行していることから、地下水保全対策として、雨水貯留浸透施設の普及が有効である。このため、地形・地質、地下水位から浸透適地を評価し、施設の普及を検討する。
- ・森林保全及び整備：森林整備（間伐有無）の変化、樹種の変化等が与える河川流況、地下水等への影響等をシミュレーションし、森林保全の必要性を検討する。
- ・気候変動を踏まえた水利用：気候変動を考慮した将来の予測雨量、気温等を用いて、利水安全度の変化、水資源賦存量の変化を評価する。気候変動による渇水リスクへの対応策（雨水、再生水等の水源の多様化）、ゼロ水タイムライン等も併せて検討する。
- ・地下水マネジメント：持続的な利用のための管理基準（例：河道内水位に応じた適正な取水量等）を調査した上で、保全と利用に関する施策・取組・役割分担等を検討する。



河道内水位管理地点案・地下水流動量ベクトル図

※国土地理院撮影の航空写真(2004年撮影)を使用