

水問題に関する協議会 幹事会

松山市水資源賦存量検証資料

松 山 市

平成23年1月28日

業務の目的

【背景】

- ・平成15年度に「松山市長期的水需給計画」の基礎資料に資するため、旧松山市域を対象に水資源賦存量の調査が行われている。既往検討では、平成14年を渇水基準年に設定し、同年における地表水及び地下水の利用可能量を調査している。
- ・平成16年以降も松山市では渇水が発生していることから、既往検討における水資源賦存量の検証が必要となっている。

【業務の目的】

- ・業務は、平成15年度に構築した松山平野水循環シミュレーションモデル（水文データ期間：昭和48年～平成15年）に平成16年から平成20年までの水文データを追加し、同モデルの精度の向上（同定作業）を行った上で、基準渇水年及び基準渇水年における利用可能量の検証を行い、その結果について総合的な考察を加えるものである。

地図省略

1. 既存資料の収集整理

水循環シミュレーションに必要な基礎資料を収集（H16～H20）
水文量等の変化を把握



2. 水循環モデルの精度向上

水循環シミュレーションの実施
（H16～H20追加）
モデル精度向上



3. 渇水基準年の設定

1/10渇水基準年の設定（S48～H20）



4. 水資源賦存量の検証

取水井取水可能量の算定
石手川ダム利用可能量の算定



5. 渇水の分析（平成21年）

平成21年渇水の分析
地下水流動特性の分析



6. 総合評価

水収支の評価
考察及び課題の整理

業務の実施フロー図

1. 既存資料の収集整理

収集データ

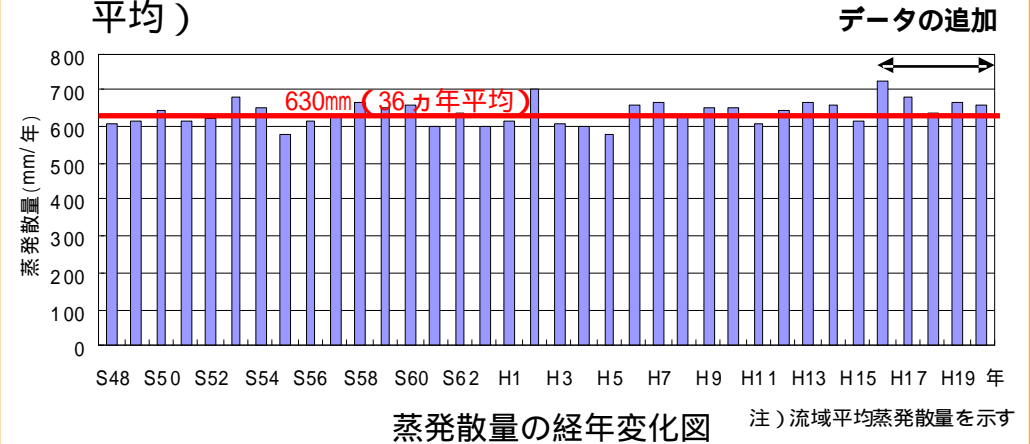
- 水循環シミュレーションに必要なデータを追加収集（平成16年～平成20年）した。

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
石手川ダム諸量	国土交通省	1地点
取水量	松山市、伊予市、東温市、松前町、砥部町	148地点

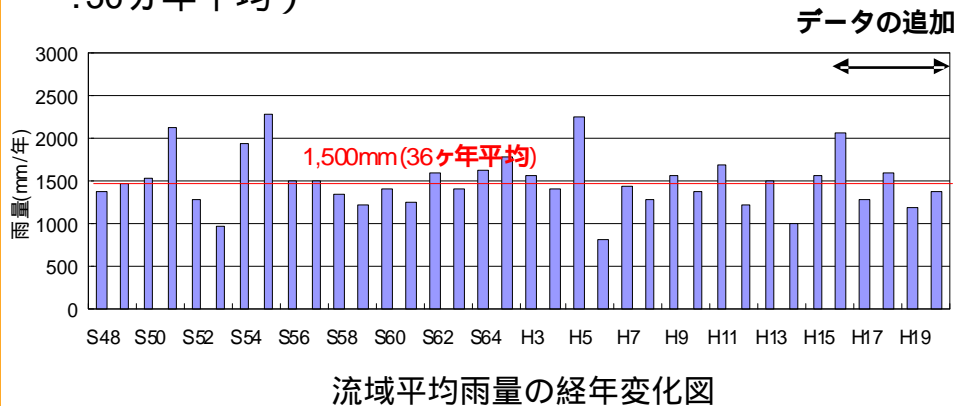
気象資料

- 気象資料（雨量、気温、風速、湿度、日照時間）をもとにPenman法を用いて蒸発散量を算定
- 蒸発散量の平均値は約630mm（S48年～H20年：36カ年平均）



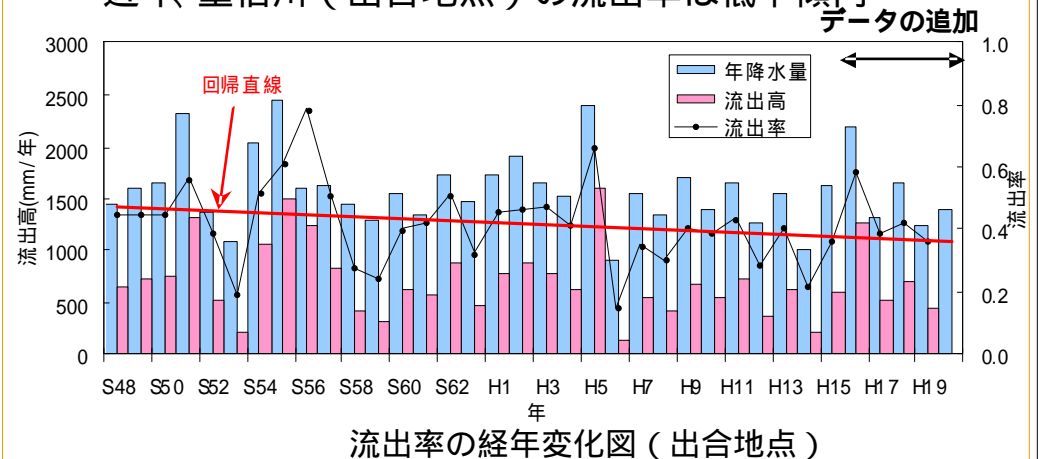
雨量

- 流域平均雨量の平均値は約1,500mm（S48年～H20年：36カ年平均）



河川流量

- 近年、重信川（出合地点）の流出率は低下傾向

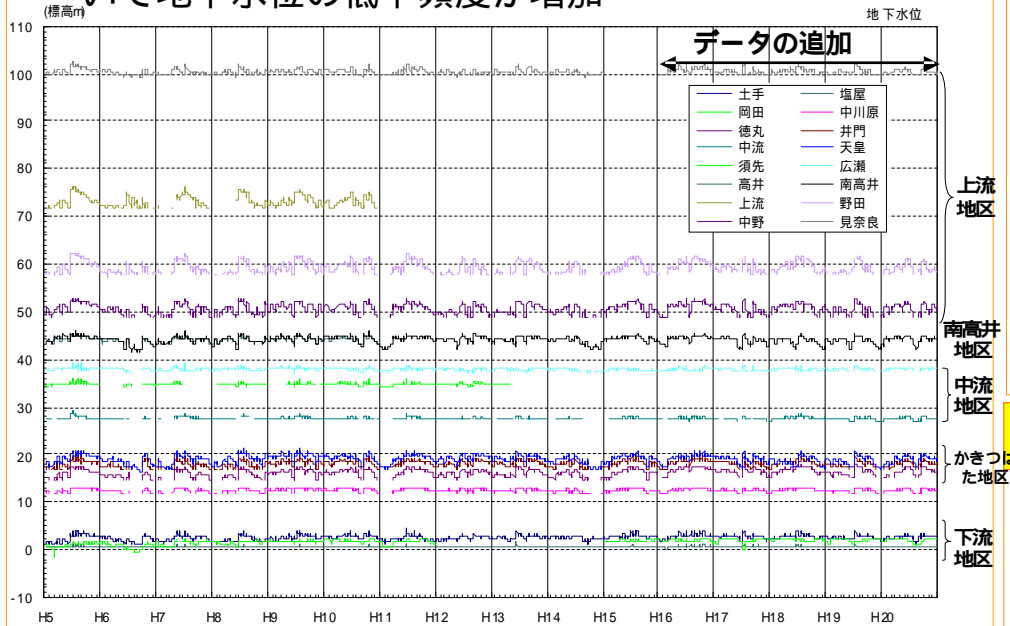


流出高 = 年間流出量 / 流域面積、流出率 = 流出高 / 年降水量 (出合地点上流域の平均)

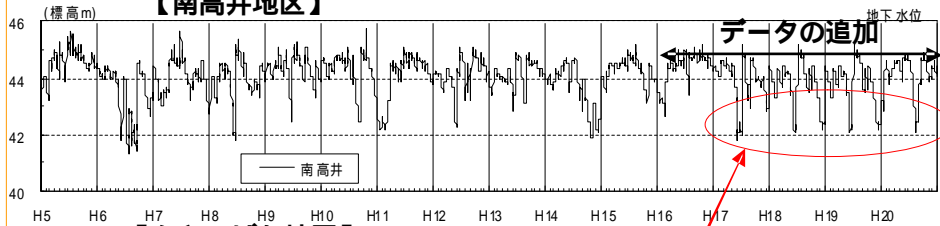
1. 既存資料の収集整理

地下水位

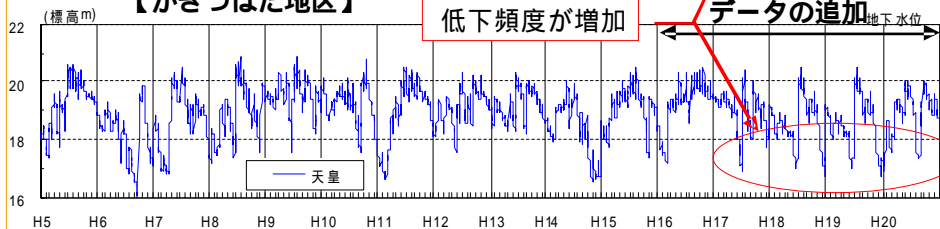
- 近年、かきつばた地区、南高井地区、上流地区において地下水位の低下頻度が増加



【南高井地区】



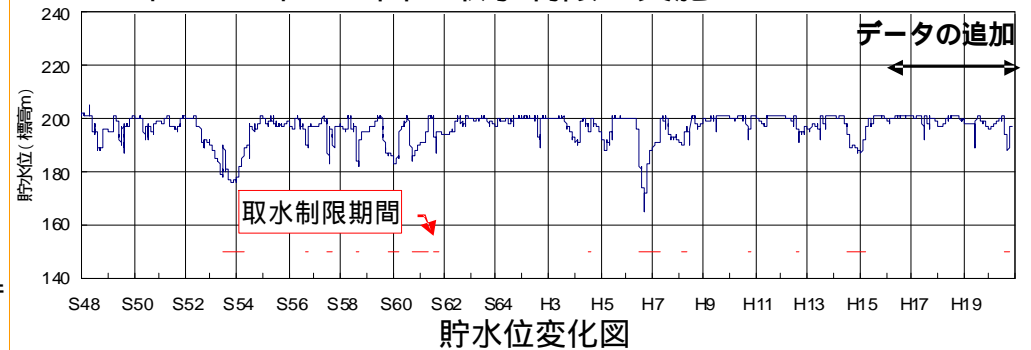
【かきつばた地区】



地下水位変化図

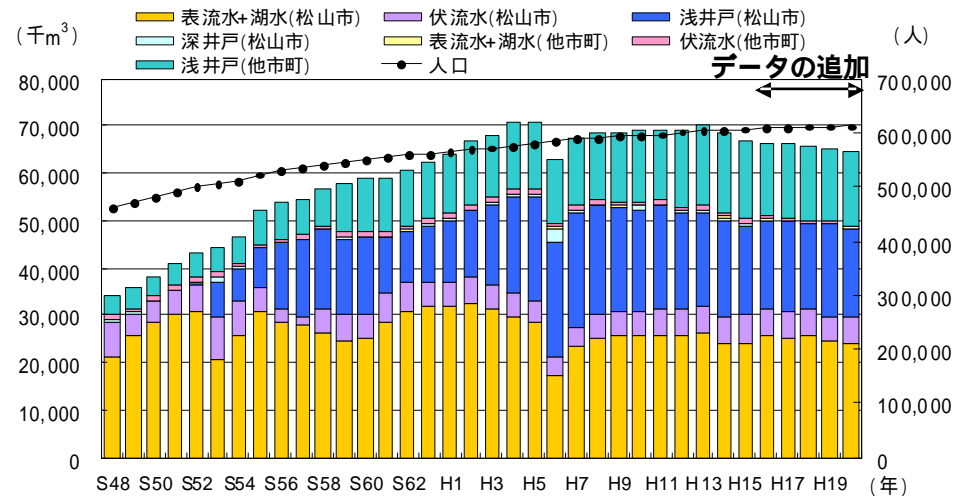
石手川ダム諸量

- S53 ~ S54, S60 ~ S61, H6 ~ H7, H14 ~ H15で貯水位が大幅に低下
- S48年 ~ H20年で21回の取水制限を実施



取水量

- 人口が微増する一方、上水・簡易水道の取水量は、湯水の影響もあり、横ばい傾向

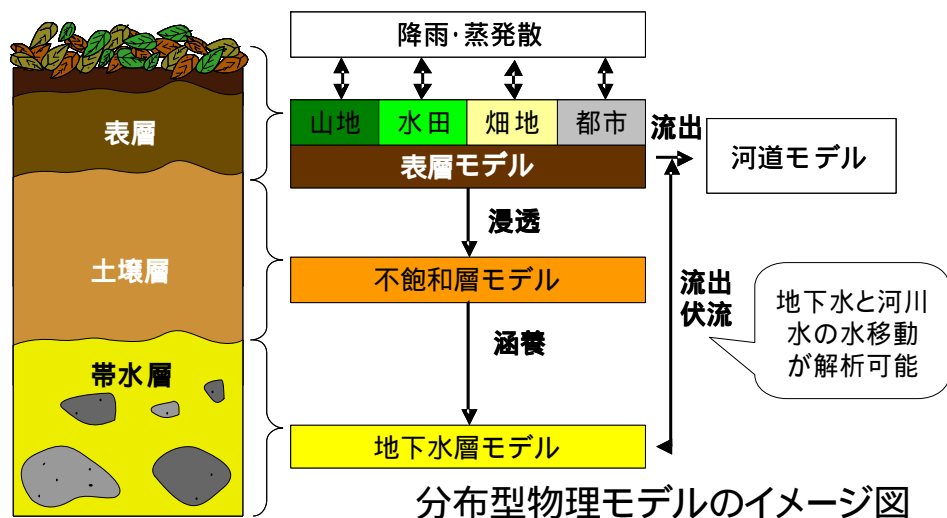
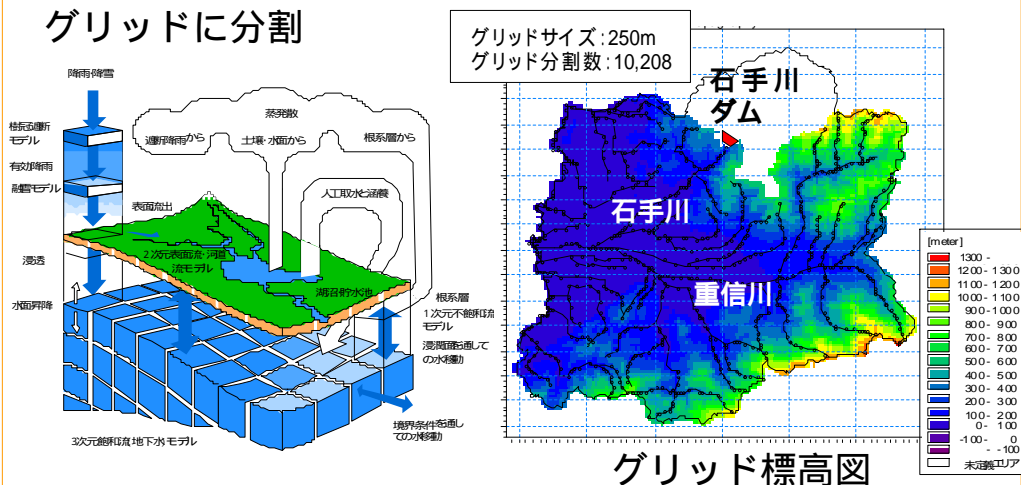


上水・簡易水道取水量の経年変化図（関連3市2町）

2.水循環モデルの精度向上

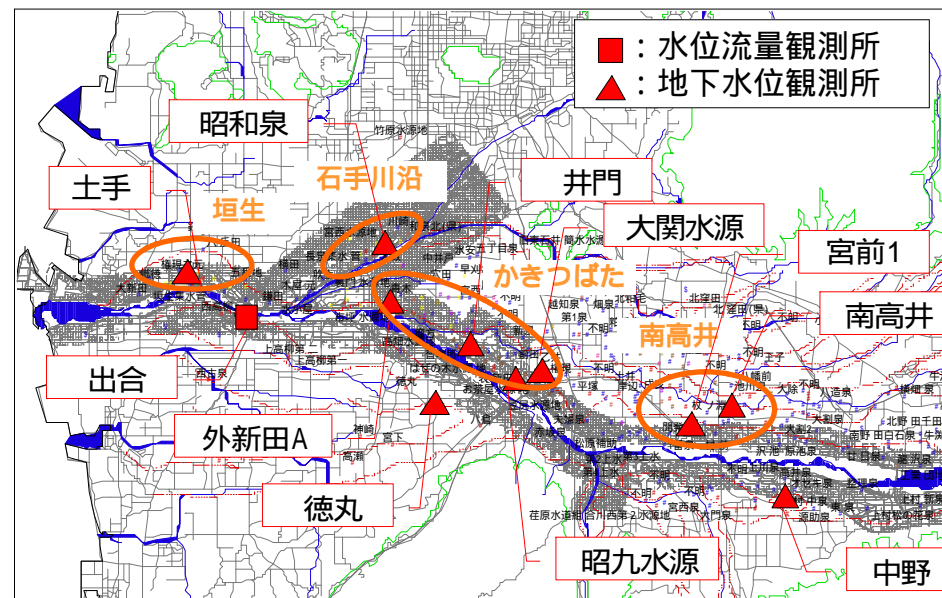
松山平野水循環シミュレーションモデルの概要

- 対象流域の水循環機構を解明するため、MIKE SHE（分布型物理モデル）を適用
- 松山平野とその涵養域を包括する流域を対象として250mグリッドに分割

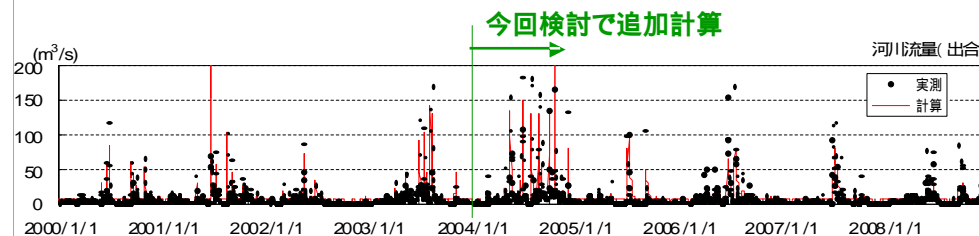


再現計算結果

- 河川流量、地下水位の観測データをもとに再現計算を実施（平成12年1月～平成20年12月）



検証地点位置図



河川流量の再現結果(出合地点)

3. 渇水基準年の設定

・ S48年～H20年の36年間を対象に1/10渇水基準年を検討

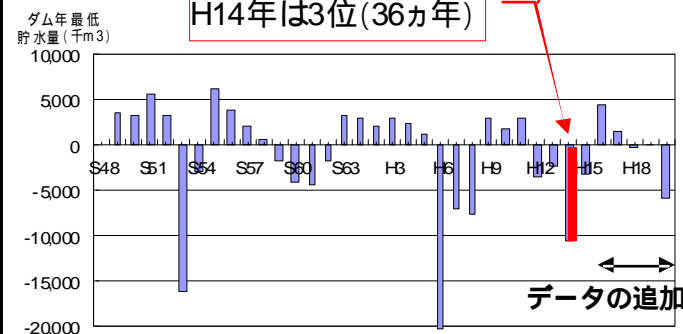
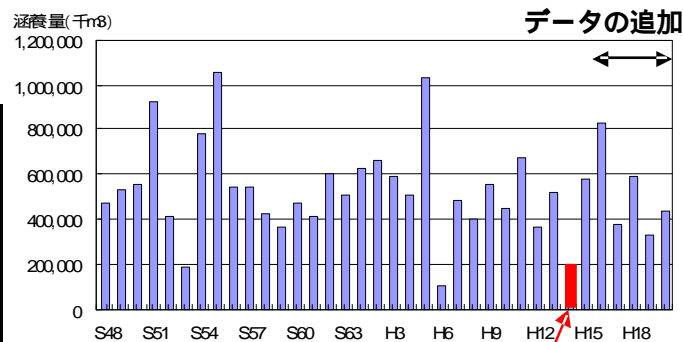
流域の涵養量（年雨量から蒸発散量を差し引いた水量）：1/10基準渇水年はH14年

石手川ダムの年最小貯水容量：1/10基準渇水年はH14年

渇水基準年：H14年（既往検討と同年）

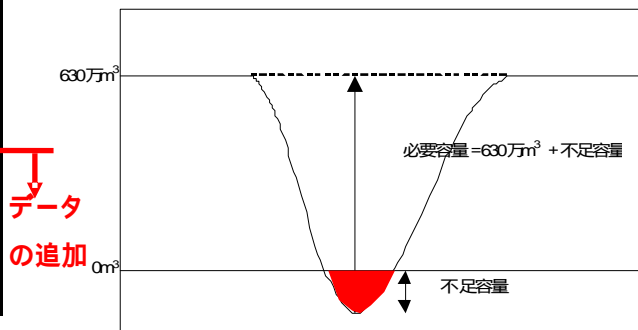
年	流域平均雨量		流域平均蒸発散量		涵養量(-)		順位	
	(mm)	(千m3)	(mm)	(千m3)	(mm)	(千m3)		
1973	S48	1,379	842,018	608	371,115	771	470,903	
1974	S49	1,490	910,002	612	373,680	878	536,322	
1975	S50	1,545	943,475	644	393,100	901	550,376	
1976	S51	2,131	1,301,268	615	375,329	1,516	925,939	
1977	S52	1,299	793,158	620	378,321	679	414,837	
1978	S53	983	600,148	678	414,107	305	186,041	2位
1979	S54	1,932	1,180,071	649	396,397	1,283	783,673	
1980	S55	2,301	1,404,912	575	351,084	1,726	1,053,828	
1981	S56	1,505	919,127	614	375,084	891	544,043	
1982	S57	1,511	922,937	627	382,657	885	540,280	
1983	S58	1,366	834,418	667	407,145	700	427,272	
1984	S59	1,242	758,575	652	398,290	590	360,284	
1985	S60	1,430	873,586	660	403,237	770	470,349	
1986	S61	1,273	777,246	599	365,619	674	411,627	
1987	S62	1,617	987,352	639	390,351	978	597,001	
1988	S63	1,429	872,397	599	365,924	829	506,473	
1989	H1	1,643	1,003,087	614	375,206	1,028	627,881	
1990	H2	1,777	1,085,091	701	428,275	1,076	656,816	
1991	H3	1,579	963,980	603	368,306	975	595,675	
1992	H4	1,424	869,631	600	366,229	824	503,401	
1993	H5	2,269	1,385,416	580	354,016	1,689	1,031,401	
1994	H6	826	504,265	658	402,016	167	102,250	1位
1995	H7	1,446	883,121	663	404,642	784	478,479	
1996	H8	1,284	783,989	625	381,802	659	402,187	
1997	H9	1,567	957,218	653	398,901	914	558,317	
1998	H10	1,394	851,275	654	399,573	740	451,703	
1999	H11	1,713	1,046,375	610	372,519	1,103	673,856	
2000	H12	1,239	756,472	644	393,405	595	363,067	
2001	H13	1,506	919,874	665	405,863	842	514,011	
2002	H14	994	607,292	661	403,726	333	203,567	3位
2003	H15	1,560	952,767	616	376,184	944	576,584	
2004	H16	2,074	1,266,547	724	442,199	1,350	824,348	
2005	H17	1,294	790,424	682	416,428	612	373,996	
2006	H18	1,605	980,415	634	386,871	972	593,545	
2007	H19	1,193	728,298	663	404,703	530	323,596	
2008	H20	1,376	840,150	659	402,504	717	437,646	
平均		1,505	919,344	638	389,578	867	529,766	

年	石手川ダム年最低貯水量(千m ³)		
1973	S48		
1974	S49	3,455	
1975	S50	3,318	
1976	S51	5,741	
1977	S52	3,248	
1978	S53	-16,213	2位
1979	S54	-2,998	
1980	S55	6,192	
1981	S56	3,929	
1982	S57	2,020	
1983	S58	746	
1984	S59	-1,619	
1985	S60	-4,131	
1986	S61	-4,397	
1987	S62	-1,597	
1988	S63	3,268	
1989	H1	3,090	
1990	H2	2,117	
1991	H3	3,043	
1992	H4	2,539	
1993	H5	1,091	
1994	H6	-20,036	1位
1995	H7	-7,019	
1996	H8	-7,557	
1997	H9	2,878	
1998	H10	1,787	
1999	H11	2,886	
2000	H12	-3,381	
2001	H13	-2,327	
2002	H14	-10,492	3位
2003	H15	-3,019	
2004	H16	4,343	
2005	H17	1,534	
2006	H18	-264	
2007	H19	178	
2008	H20	-5,699	
平均		-952.8	



石手川ダム年最低貯水量表の矢印は経年渇水を表す。
マイナスは不足容量。順位は渇水順位

ダム貯水容量



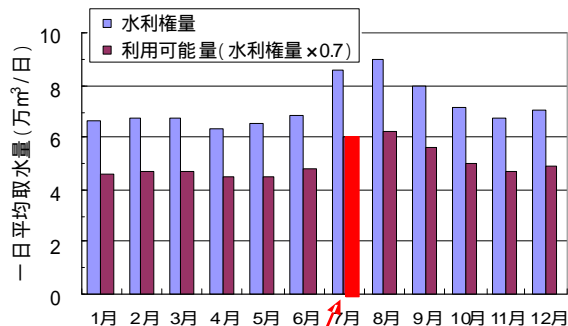
4.水資源賦存量の検証（石手川ダム利用可能量の算定）

- ・ S49年～H20年の36年間について利水計算を行った結果、H14年が基準渇水年（3/30渇水年）、利水安全度は約1/4（36年間）
- ・ H14年において各水利権量に一律に倍率0.7を乗じた場合、ダムはパンクしない（約30年間で2回までダムパンクを許容）
- ・ 石手川ダム利用可能量は、60,200m³/日（7月の水利権量×0.7）

石手川ダム利用可能量

検討ケース	年間取水量(万m ³)	備考
水利権量×1.0	2,620	一日平均71,900m ³ /日
水利権量×0.7	1,830	一日平均50,300m ³ /日 利用可能量60,200m ³ /日(7月)

網掛け: 利用可能量



利用可能量は、一日最大給水量が発現する7月で評価

水利権量

水利権量×0.8では3回パンク
水利権量×0.7では1回パンク



石手川ダム貯水量変化（計算結果）

自然流量の算定

石手川ダム地点の自然流量（=石手川ダム流入量 + 湯山発電所の発電放流量）を基に宿野々、市之井手地点の自然流量を算出

石手川利水計算の実施

松山市上水取水量、北部灌漑用水、脇井手堰簡水、市之井手不特定灌漑用水の水利権量に一定率を乗じた取水パターンを作成

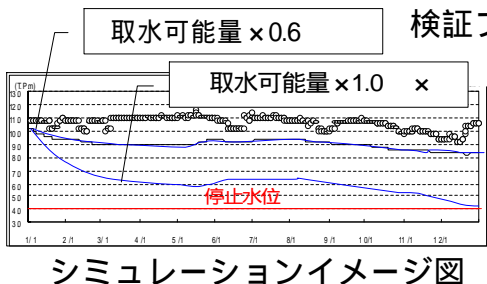
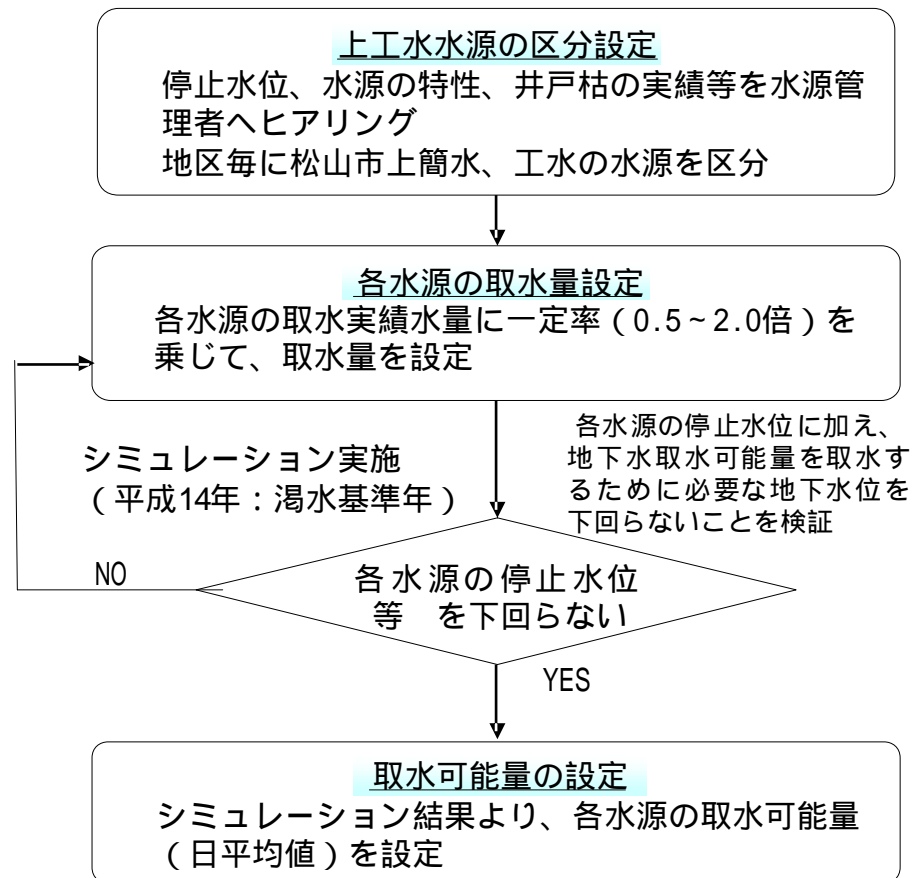
石手川ダム利用可能量の設定

各取水パターンにおけるダム運用後の不足水量、貯水量を算出
利用可能量、利水安全度の評価（約30年間で2回までダムパンクを許容）

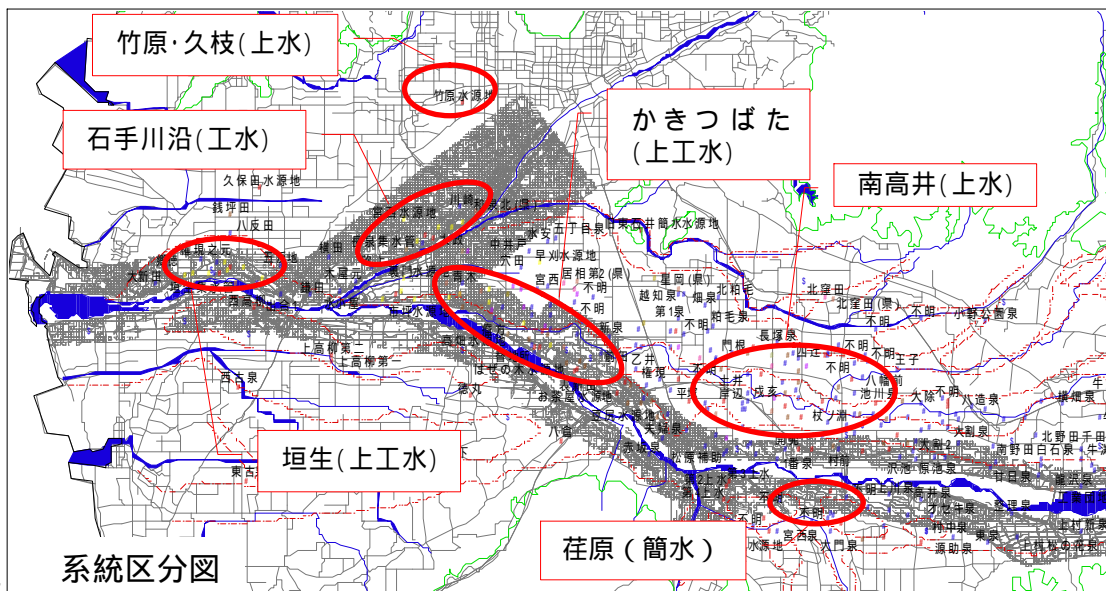
検討フロー図

4.水資源賦存量の検証(取水井取水可能量の算定)

- 基準湯水年(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**



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



取水井取水可能量の算定結果(上水)

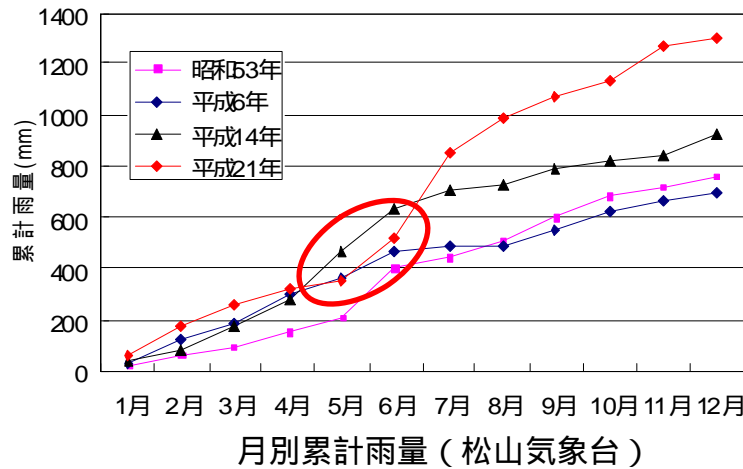
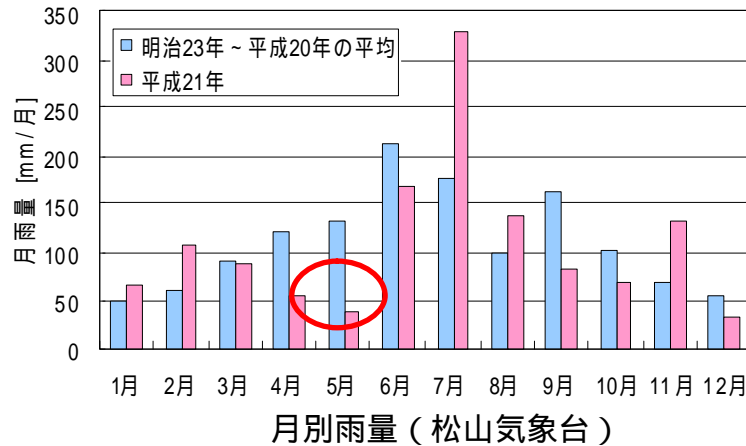
系統		水源箇所数	計画給水量(m ³ /日)	取水可能量(m ³ /日)
垣生	伏流水	1	20,500	15,000
	浅井戸	1	2,000	700
	深井戸	1	2,000	1,300
南高井	浅井戸	15	43,000	26,000
かきつばた	浅井戸	15	47,800	29,100
	深井戸	1	2,000	600
竹原・久枝	深井戸	3	5,000	1,500
計			122,300	74,200

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**

5. 渇水の分析 (平成21年)

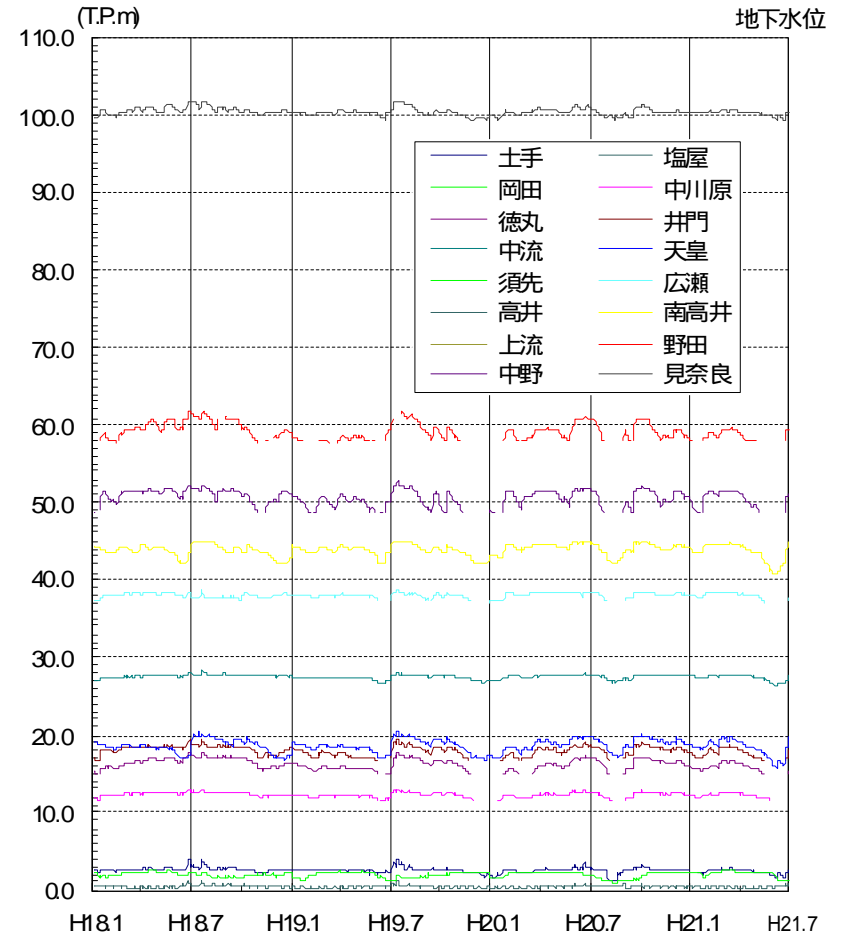
雨量

- 過去の平均月別雨量と平成21年の月別雨量を比較
- 4月、5月の雨量が極端に少ない(91.5 mm/2ヶ月)
- 月別累計雨量でも4月、5月の落ち込みが顕著



地下水位

- 平成21年の5月～6月ごろにかけて、地下水位が大きく低下している



確率雨量

- 平成21年の4～5月雨量は、およそ150年確率

91.5mm/2ヶ月 →
(平成21年4～5月)

非超過確率年と4～5月雨量 (松山气象台) [mm/2ヶ月]

非超過確率年	4月～5月雨量
200	86.4
100	97.4
50	110.2
30	121.2
20	131.1
10	151.6
5	179.0
3	207.5
2	240.7

地下水位変化図

5. 湯水の分析（平成21年）

地下水位

- ・一斉観測時（平成16年）と比較して、平成21年ではいずれの観測所でも地下水位が低下
- ・特に、南高井上流域～かきつばたにおいて1m以上の水位低下が発生
- ・平成16年と比較して、平成21年の南高井、かきつばた地区の取水量は減少

実績取水量の比較

	松山市		伊予市	松前町	砥部町	東温市
	南高井系	かきつばた系				
H16.5取水量(m ³ /月)	881,060	807,550	300,804	320,377	244,432	403,664
H16.6取水量(m ³ /月)	862,770	828,790	299,289	313,437	239,103	411,574
H21.5取水量(m ³ /月)	732,570	911,130	311,435	289,974	257,239	460,799
H21.6取水量(m ³ /月)	665,350	607,760	310,661	275,874	233,573	429,279
H21.5取水量/H16.5取水量	0.83	1.13	1.04	0.91	1.05	1.14
H21.6取水量/H16.6取水量	0.77	0.73	1.04	0.88	0.98	1.04

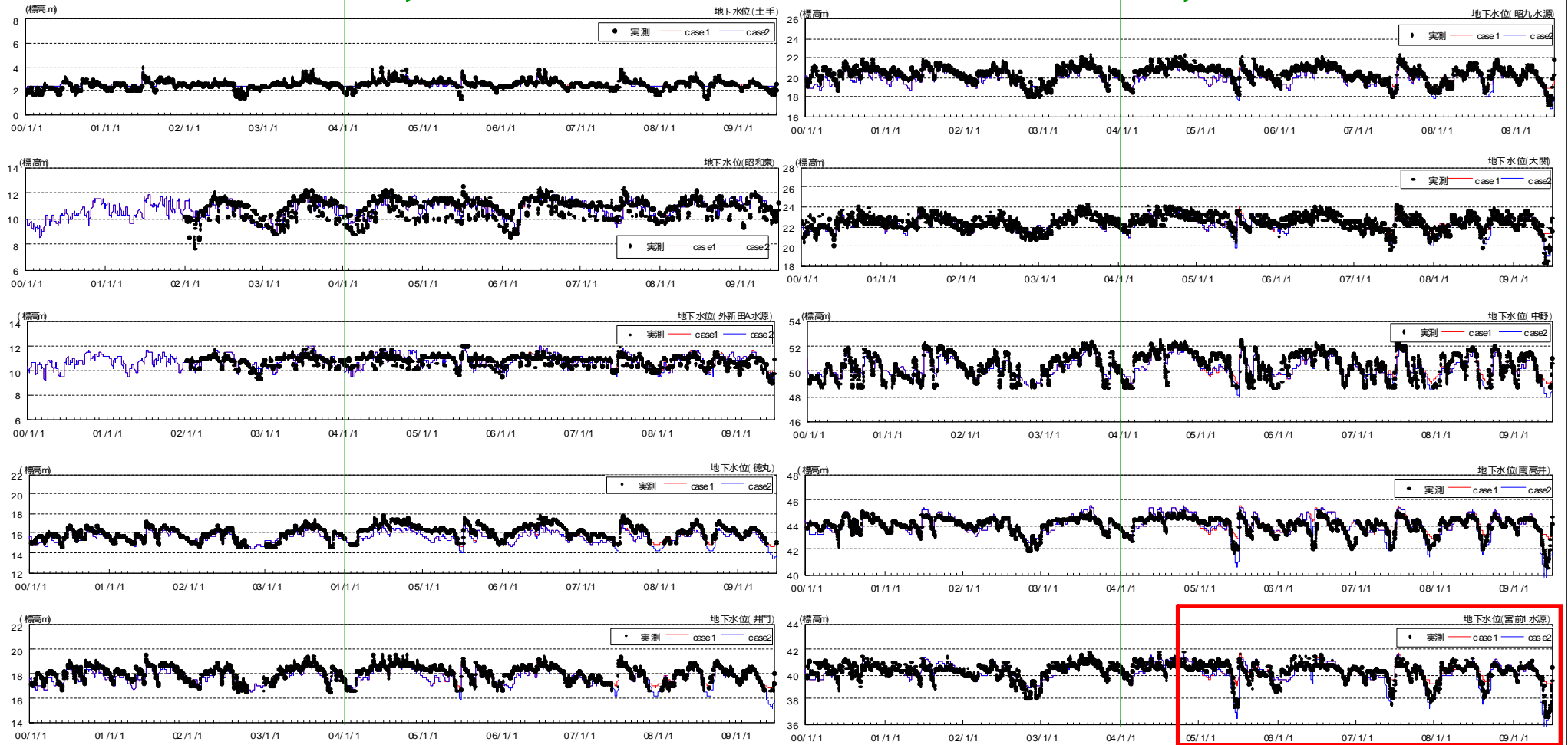
地図省略

5. 湧水の分析（各水源の地下水分析）

再現計算結果

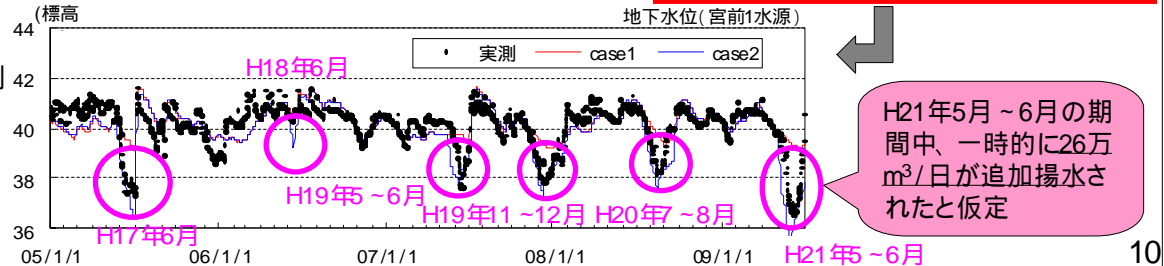
今回検討で追加計算

今回検討で追加計算



地下水位の再現結果

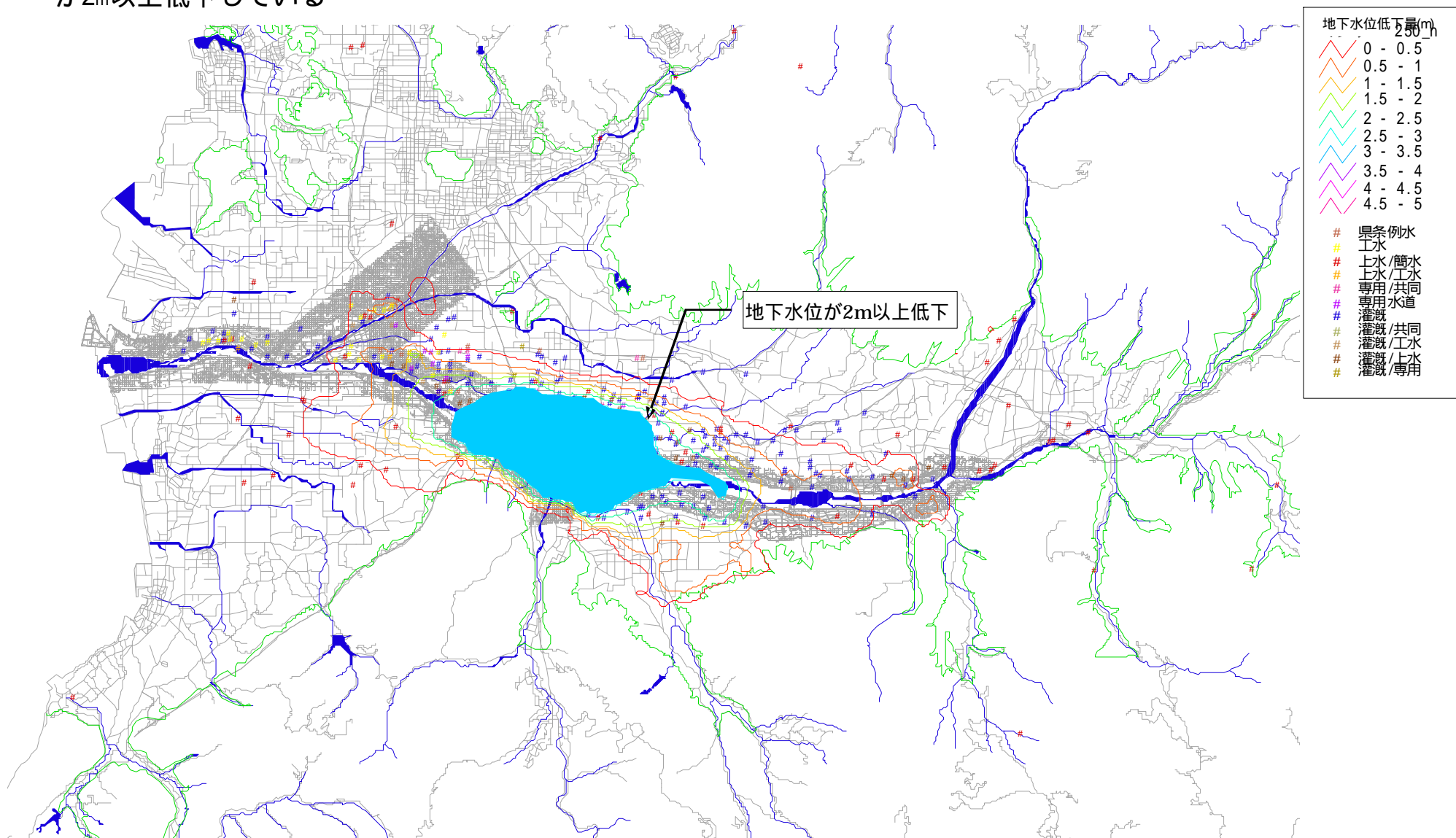
- case1: 上工水は実績、農業用水は減水深法により推定した必要水量を水源別に設定
- case2: 上記に加え、南高井上流～かきつばた地区において著しい地下水位低下期間中、一時的に計15.6～26万m³/日を追加設定
- ・H17年6月、H18年6月、H19年5～6月、11～12月、H20年7～8月: 15.6万m³/日
- ・H21年5月～6月: 26万m³/日



H21年5月～6月の期間中、一時的に26万m³/日が追加揚水されたと仮定

5. 湯水の分析(地下水流動特性:平成21年6月)

- 平成21年6月(湯水)は、平水年となる平成18年6月と比べて、南高井上流～かきつばた地区において地下水位が2m以上低下している



平成18年6月21日の地下水位 - 平成21年6月13日の地下水位
(各年、地下水位が6月の平均値となる日を選定)

地下水位低下量等高線図

6. 今後の課題

- ・平成17年以降、毎年、かきつばた地区～南高井上流地区において、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、南高井地区を中心に広範囲にわたって2m以上地下水位が低下。
- ・水循環解析（地下水位検証）において、平成21年5月～6月の期間に、26万m³/日の追加揚水を行っているが、追加揚水の内容が不明。
- ・南高井地区への地下水供給として重信川の伏流量が重要であるが、その量が不明。



- ・水循環モデルの精度を向上させ、近年の地下水位低下原因を解明するには、松山市南高井地区上流を対象に、重信川の伏流機構を解明する必要がある。
- ・このため、当該地区を対象に地質調査と重信川からの伏流量調査を実施することが望ましい。

既存のボーリングデータが不足しているため、帯水層の分布・性状、伏流機構に関する補足的な把握が必要と考えられる箇所ではボーリング調査、地下水調査を実施（下記10地区のうち、5地区程度を選定予定）

地図省略