

# 参考事例 等

令和2年7月22日

中部地方整備局

# リスク要因の規模

水量不足

気候変動を考慮した将来の想定

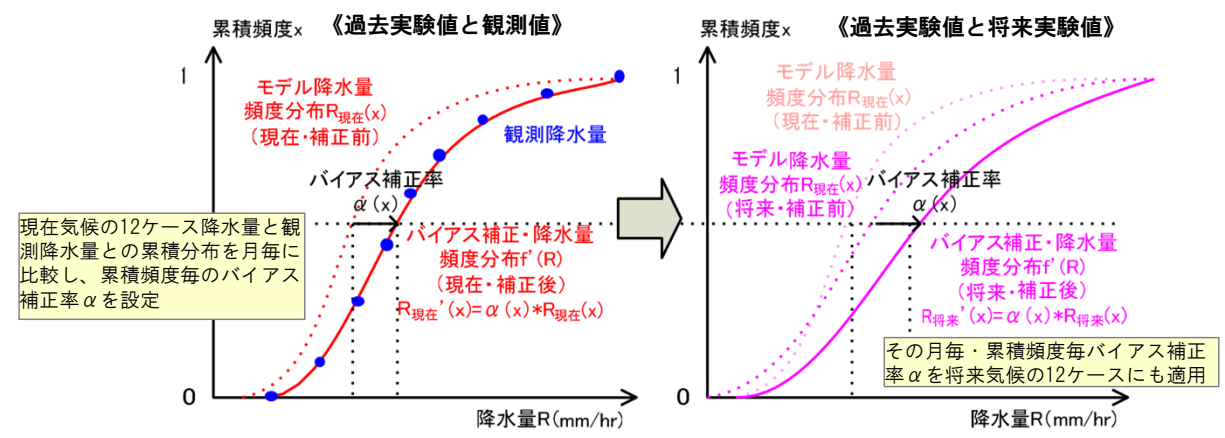
# 降水量データのバイアス補正に伴う作用の確認

- 降水量データは観測地点を625km<sup>2</sup>(25格子)当たり1カ所程度を抽出の上、過去実験の演算値と観測値を月毎に区分の上、各月の累積分布関数(CDF)を整理し、その形状が一致するように同パーセンタイル値の比(観測値/演算値)を係数として設定し、それを演算値に乘じる補正を実施している。
  - このバイアス補正が、気象シミュレーション将来実験データの降雨傾向にどう作用しているか、第5回検討会(R2/3/17開催)でいただいた意見をもとに確認した。
- 【確認内容】**
- ・ バイアス補正により空梅雨傾向を作り出したり、打ち消したりしていないか
  - ・ バイアス補正により台風性降雨の強度を増加させたり、減少させたりしていないか

**【第5回検討会意見】**

気象シミュレーション実験データのバイアス補正について、今回は月ごとの日雨量データすべてを標本にクオンタイル法で行っているが、少雨に注目するのならば、台風が来ているのかいないのかなどの誤差が生じた原因を確認し、それに応じた補正を行うことが重要となる。また、取水制限の時系列的な推移をトレースできるように、月雨量や2ヶ月雨量などで大局的な確認をしておく必要がある。

## 演算値のバイアス補正 (CDFDM法)



## クオンタイルマッピング(CDFDM)法

- ・ 気候変動による影響を評価するためには、過去実験の演算値と観測値(実績)が概ね一致する必要がある。
- ・ 気候変動予測モデルによる過去実験の演算値は、初期条件や境界条件の設定等により、観測値との誤差(バイアス)が生じるため、その補正を行った。
- ・ バイアス補正の手法としては、差分法、順位誤差一定手法、クオンタイルマッピング(CDFDM)法等が知られており、ここでは演算値と観測値との標本数が大きく異なる場合にも適用可能なCDFDM法を使用した。
- ・ 具体には、過去実験の演算値と観測値を月毎に区分の上、各月の累積分布関数(CDF)を整理し、その形状が一致するように同パーセンタイル値の比(観測値/演算値)を係数として設定し、それを演算値に乘じる補正を実施している。

# 降水量データのバイアス補正に伴う作用の確認

- 気象シミュレーション将来実験の降水量データ(演算値)について、バイアス補正後の場合(資料2・p5)と同様に4～9月の降水量が1994年(H6)渇水時相当の連続90日間250mm未滿かつ連続120日間350mm未滿の条件への適合を整理した。
- その結果、それら条件への適合については、バイアス補正に伴う作用に一定の法則性はみられない。

【4℃上昇後・将来実験 演算値(バイアス補正前)】 矢作川 岩津地点上流域 各年4～9月 連続90日間・120日間最少降水量 (mm)

西暦年*	CC_m101			CC_m105			GF_m101			GF_m105			HA_m101			HA_m105			MI_m101			MI_m105			MP_m101			MP_m105			MR_m101			MR_m105		
	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日	適合	90日	120日			
2081	○	175	258	—	489	839	—	317	554	—	561	856	—	430	1,028	—	355	556	—	298	408	—	353	513	—	369	948	—	351	581	□	172	360	—	624	1,204
2082	—	538	762	—	466	639	—	316	579	□	197	373	—	424	693	—	428	812	□	211	357	—	372	559	—	428	615	□	235	521	—	599	1,191	—	390	672
2083	—	460	722	—	601	874	—	429	667	—	454	944	—	396	805	—	424	1,508	—	776	1,357	○	189	296	—	877	1,310	—	579	839	—	292	413	—	489	1,000
2084	—	565	826	—	505	715	—	423	641	—	462	696	—	578	897	○	139	316	—	527	969	○	203	279	—	571	885	—	391	652	—	355	470	—	303	460
2085	□	252	305	—	535	784	□	156	388	—	499	1,531	—	353	561	—	566	710	—	261	529	—	369	597	—	364	608	—	764	1,140	□	166	370	—	615	822
2086	—	342	678	—	540	873	—	439	904	—	316	479	—	563	876	○	135	265	—	323	416	—	581	775	—	411	789	—	369	561	—	415	514	—	743	1,341
2087	—	376	735	—	504	661	—	346	481	—	475	761	—	392	528	—	376	767	□	233	437	—	462	687	—	568	875	—	540	983	○	152	267	—	462	870
2088	—	398	729	—	334	658	—	578	1,428	□	250	476	—	643	741	—	349	687	□	205	769	—	435	819	—	505	1,034	—	341	560	—	493	901	—	313	478
2089	—	784	1,133	—	479	677	—	406	642	—	322	536	△	116	369	○	121	227	—	560	1,576	—	499	632	○	184	240	□	235	387	—	327	646	—	339	683
2090	—	399	537	—	628	979	—	640	1,105	—	461	672	—	528	843	—	657	1,410	—	611	1,759	—	487	706	—	455	683	—	270	696	—	604	1,097	—	496	720
2091	—	497	1,081	—	457	716	—	359	475	—	326	518	—	414	516	○	118	267	—	389	431	—	337	813	—	357	557	□	235	410	—	459	612	—	350	552
2092	○	235	348	□	243	382	—	559	898	—	444	735	—	263	462	—	343	515	○	108	218	—	417	561	—	632	828	○	215	286	—	1,170	1,600	—	555	781
2093	—	343	750	—	344	605	○	179	292	—	369	662	△	155	350	—	460	1,107	—	271	396	—	621	1,136	—	281	404	□	188	470	—	453	625	—	685	1,129
2094	○	210	263	—	251	608	—	258	509	—	409	1,090	—	637	1,054	—	406	717	—	258	425	—	470	900	—	344	727	—	405	1,225	—	410	996	□	244	433
2095	—	353	600	□	233	371	—	651	1,219	□	230	557	—	399	641	—	330	681	□	205	377	□	154	354	○	126	267	—	422	736	—	333	484	—	430	530
2096	—	288	539	—	487	627	—	381	1,074	—	324	777	—	267	442	—	667	1,082	○	135	245	—	406	778	—	281	674	—	420	581	—	609	962	—	365	551
2097	—	496	694	—	502	856	—	267	381	—	392	642	—	264	393	—	452	618	—	435	654	—	383	503	—	460	902	—	607	739	—	512	751	—	643	1,115
2098	—	338	705	—	263	373	—	392	590	—	609	873	—	471	647	—	565	967	—	323	755	—	321	484	—	651	1,067	—	731	974	—	374	688	—	598	785
2099	—	333	476	—	373	660	—	312	450	○	204	310	△	177	444	—	297	505	—	386	469	—	360	501	—	483	782	—	541	847	—	575	811	—	330	492
2100	—	769	857	□	215	362	—	365	557	—	472	675	△	237	357	—	306	492	—	373	536	□	106	387	○	241	298	—	289	433	—	364	818	—	201	427
2101	—	356	490	□	148	750	□	187	449	—	268	415	—	338	438	—	340	583	—	446	1,018	—	403	620	—	290	1,190	—	336	496	□	199	375	□	205	400
2102	□	211	780	—	411	796	—	403	959	—	506	751	—	501	1,179	—	445	654	○	242	315	—	546	708	—	252	354	—	621	799	—	421	670	—	706	949
2103	—	467	690	—	556	700	—	490	798	—	620	1,042	—	550	875	—	1,057	1,466	□	246	420	—	485	685	—	675	1,209	—	413	1,412	—	464	662	—	399	586
2104	—	523	815	○	229	272	—	542	769	—	501	869	—	880	1,192	—	948	1,358	—	301	483	○	210	350	□	236	426	—	573	797	—	746	989	—	258	546
2105	—	297	496	□	216	439	□	227	392	—	399	584	—	564	914	—	449	708	—	264	895	□	209	420	—	438	670	□	212	405	—	274	483	□	200	353
2106	—	322	584	—	373	732	—	361	571	—	673	911	—	470	736	—	276	671	—	310	457	—	436	700	—	631	991	—	279	450	—	303	585	—	512	839
2107	—	282	472	—	439	695	—	449	1,225	—	342	490	—	540	675	—	427	710	—	716	907	—	367	667	—	535	857	—	538	931	—	374	571	—	573	1,216
2108	—	346	657	—	614	792	—	382	704	—	443	597	—	353	939	□	232	619	—	336	513	□	246	414	—	625	720	—	322	727	□	187	712	—	358	502
2109	—	271	683	○	231	339	—	366	639	—	565	786	—	622	998	—	362	943	—	450	938	—	347	795	—	735	1,008	—	411	830	—	615	1,642	—	395	759
2110	—	466	692	□	210	505	○	161	232	○	115	291	△	247	478	—	665	1,084	□	199	527	○	122	219	□	179	416	—	700	836	—	473	660	□	216	425

注) 適合 ○：連続90日間250mm未滿と連続120日間350mm未滿の何れにも該当する1994年(H6)相当以上の渇水年→25、□：何れかに該当する渇水年→45、—：何れにも該当しない年

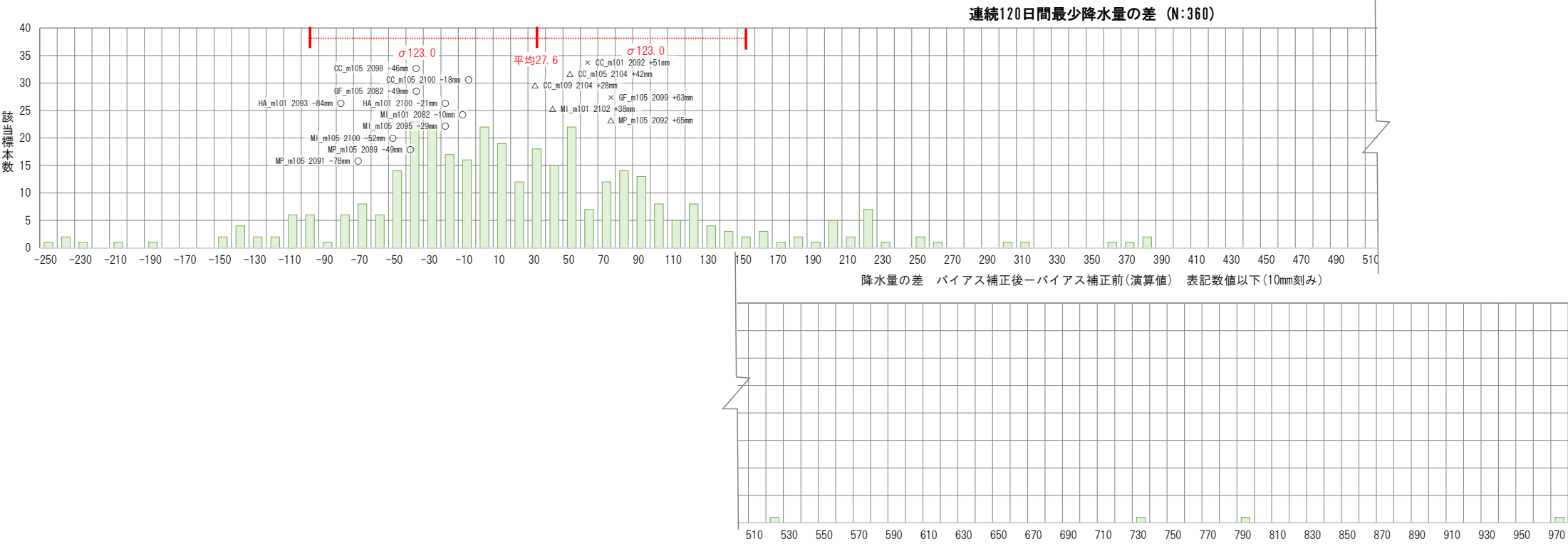
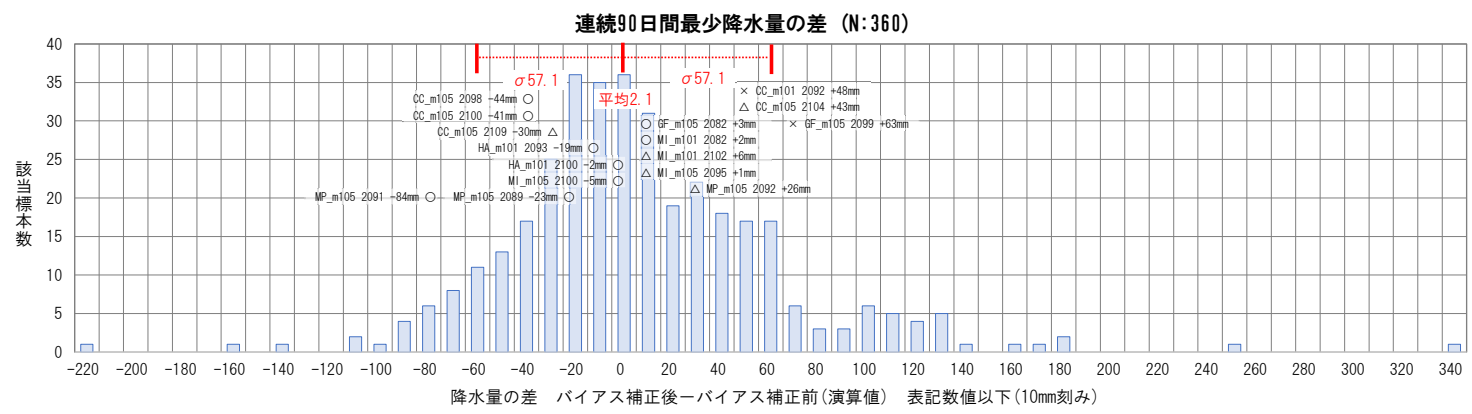
赤着色：バイアス補正後よりも大(バイアス補正により減少)、青着色：バイアス補正後よりも小(バイアス補正により増加)

□：バイアス補正により○となった年、○：バイアス補正により○ではなくなった年 ※ 100年後の気温が地球全体で4℃上昇した状態を想定している。

例えば2081年は1981年の気象状態に対し気温が4℃上昇した状態を意味する。

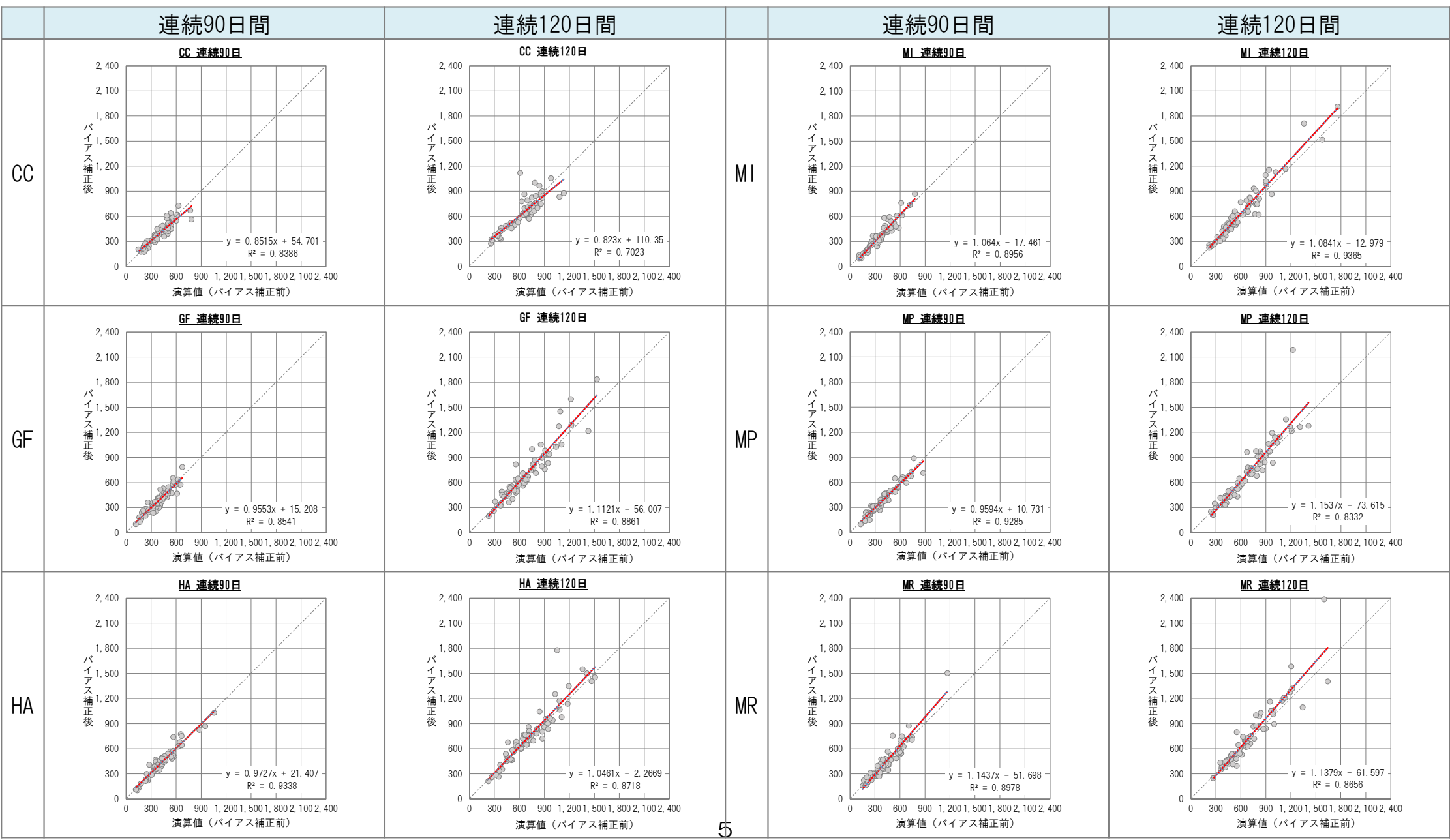
# 降水量データのバイアス補正に伴う作用の確認

- 各年4～9月連続90日間・120日間最少降水量の差(バイアス補正量)の標準偏差は、90日間±57.1mmと120日間±123.0mmで、ばらつきは120日間の方が大きい。
- バイアス補正に伴う閾値への適合判定の変化は、ほとんどの補正量が標準偏差内となっており、特異な作用によるものではない。



# 降水量データのバイアス補正に伴う作用の確認

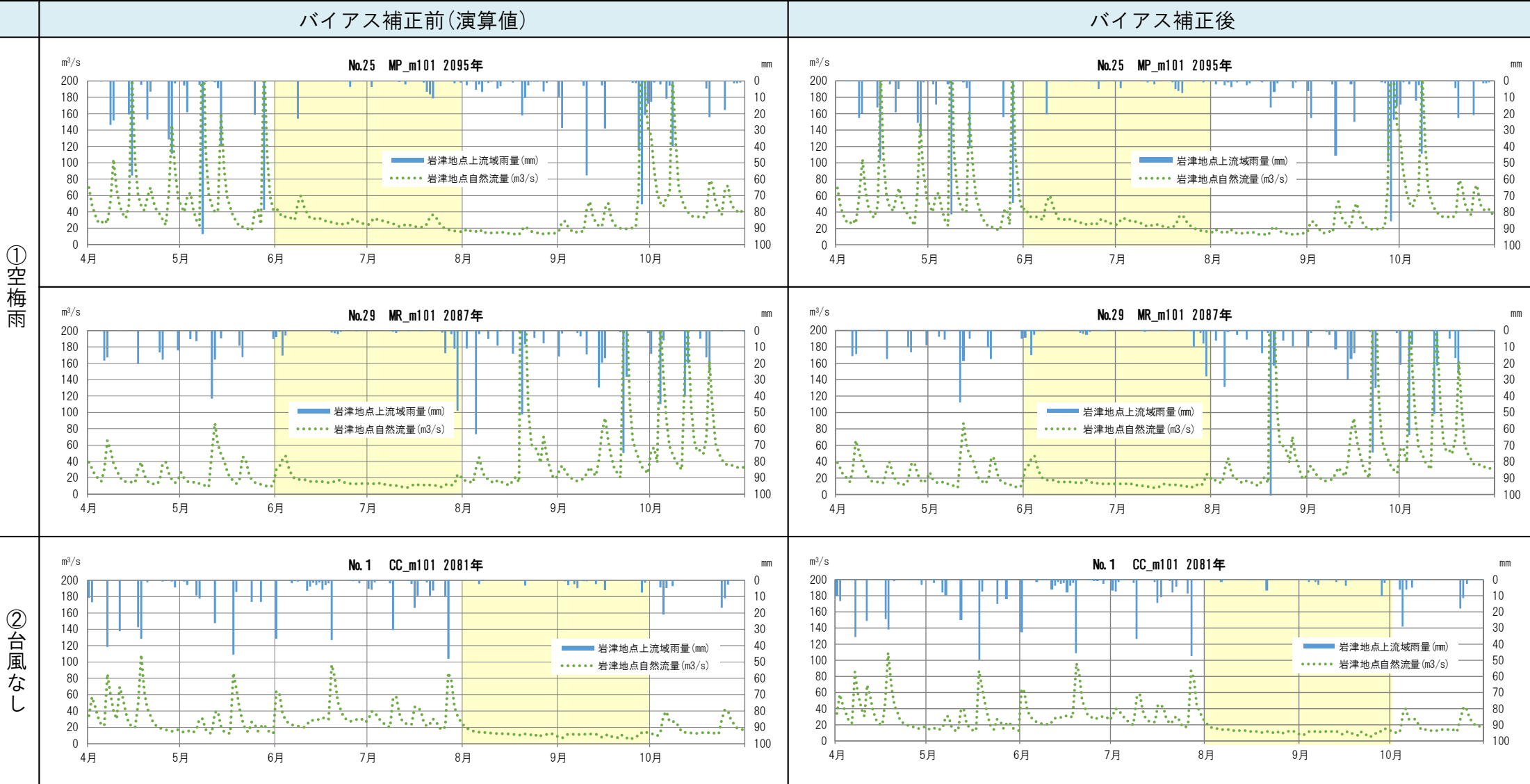
- バイアス補正前・後の各年連続90日間・120日間最少降水量の変動傾向について、海洋モデル毎に整理した。
- その結果、傾きが0.85~1.16で決定係数(R<sup>2</sup>)は>0.7となっており、極端な偏向性はみられない。



# 降水量データのバイアス補正に伴う作用の確認

- 外力の検討(資料2・p6)で①空梅雨、②台風なしとして抽出した6年分のデータについて、バイアス補正前(演算値)とバイアス補正後とを比較し、傾向を歪める程の作用が働いていないことを確認した。

## 気候変動 降水量へのバイアス補正に伴う作用



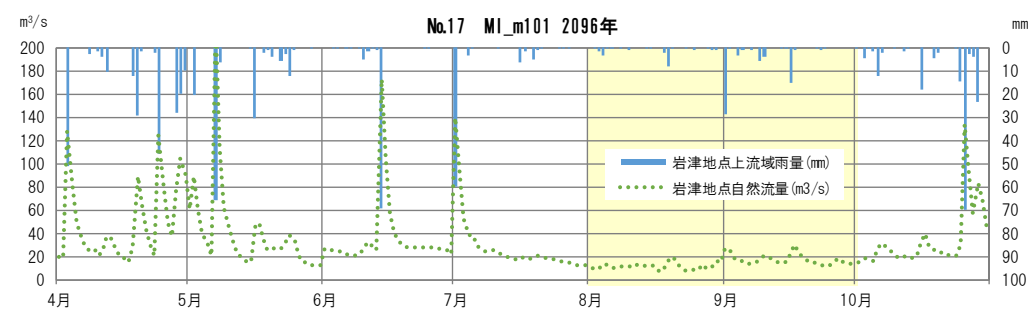
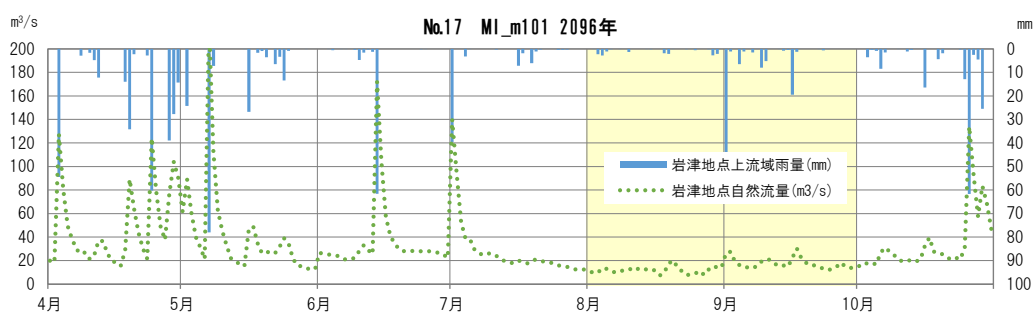
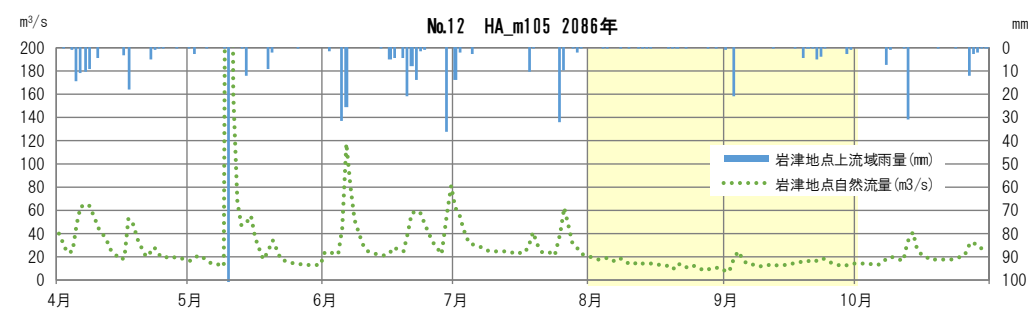
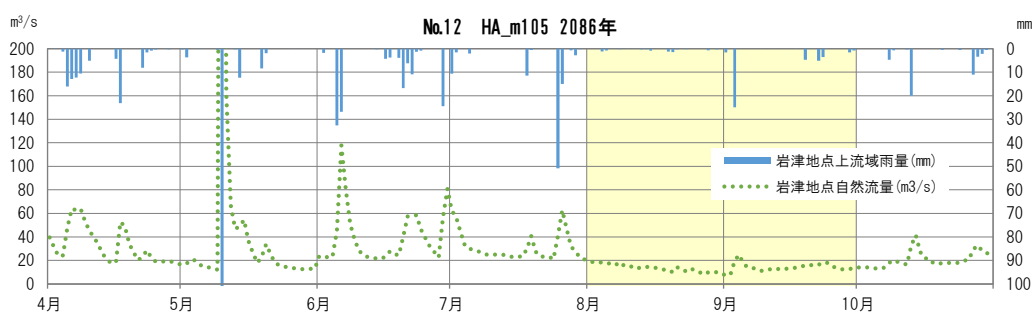
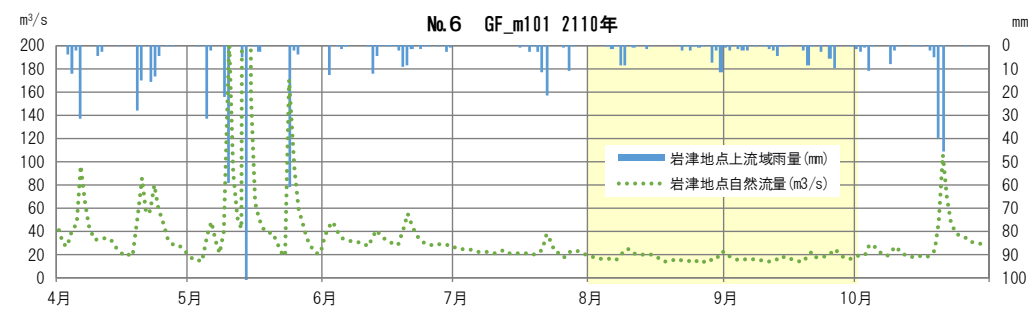
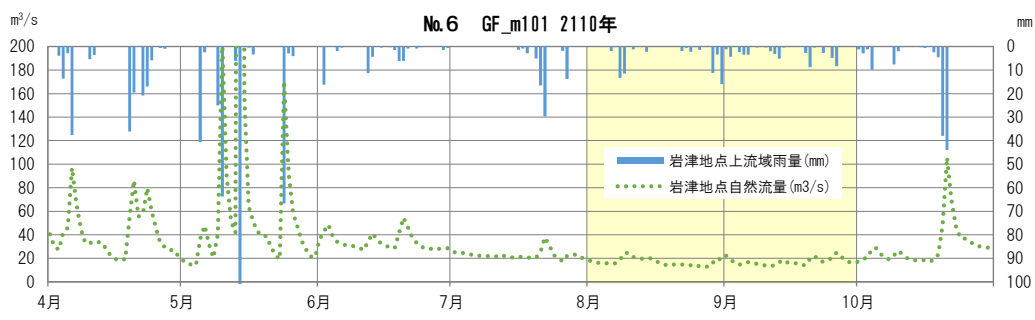
# 降水量データのバイアス補正に伴う作用の確認

## 気候変動 降水量へのバイアス補正に伴う作用

② 台風なし

バイアス補正前(演算値)

バイアス補正後





**影響・被害**

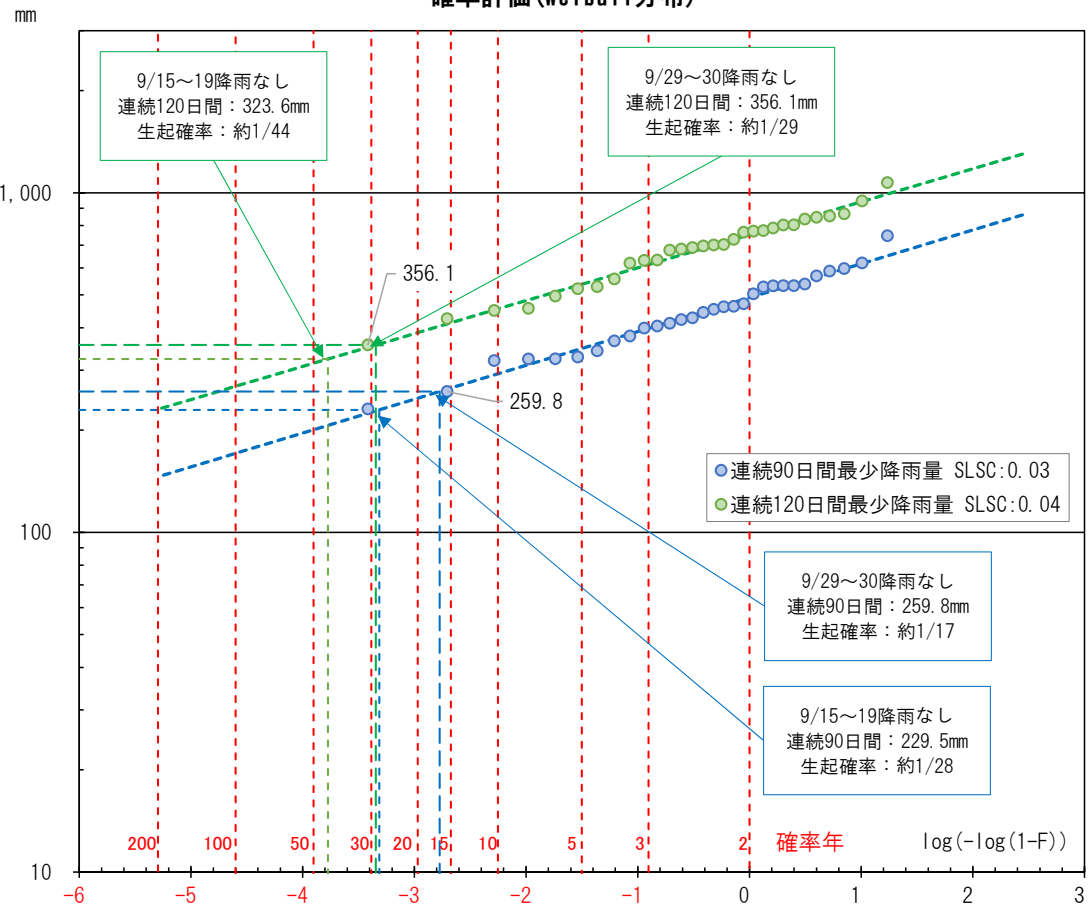
**水量不足  
過去の実績に基づく想定**

# 水量不足 (1) 外力の生起確率の検討

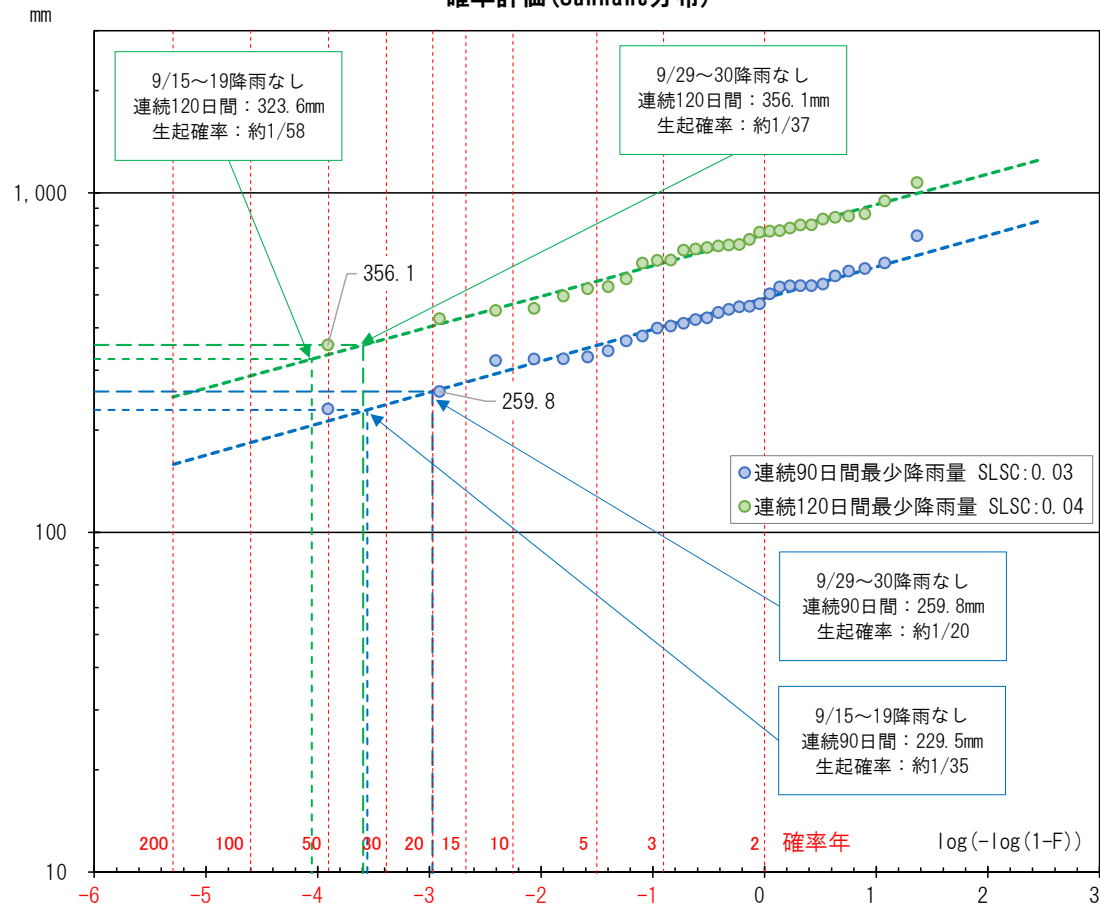
● 水量不足の過去の実績に基づく最大級の外力として想定した、1994年(H6)湯水を解消した9月の2降雨それぞれと両方を取り除いたケースについて、第4回検討会(R1/12/18開催)でいただいた意見をもとに、生起確率の程度を検討した。

**【第4回検討会意見】**  
 今回想定の水不足の外力は、湯水を解消した2降雨それぞれを取り除くことで、既往最大湯水よりも少し踏み込んだケースと言えそうだが、さらに2降雨ともに取り除くケースも考えるべきではないか。それぞれのケースの発生頻度を評価し、リスクとしては極めて低いがゼロではないといったように資料に明示するとよい。

矢作川 岩津地点上流域 各年4～9月 連続90日間・120日間最少降雨量 確率評価(Weibull分布)

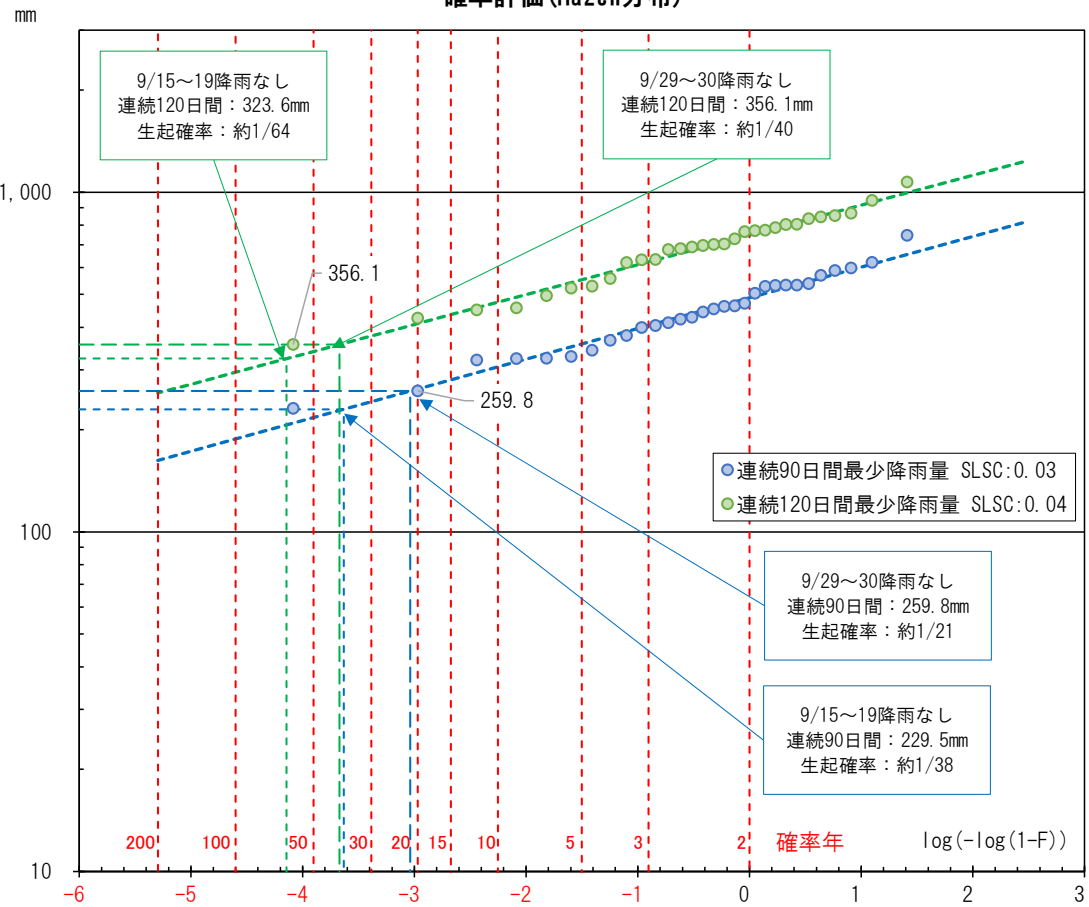


矢作川 岩津地点上流域 各年4～9月 連続90日間・120日間最少降雨量 確率評価(Cunnane分布)

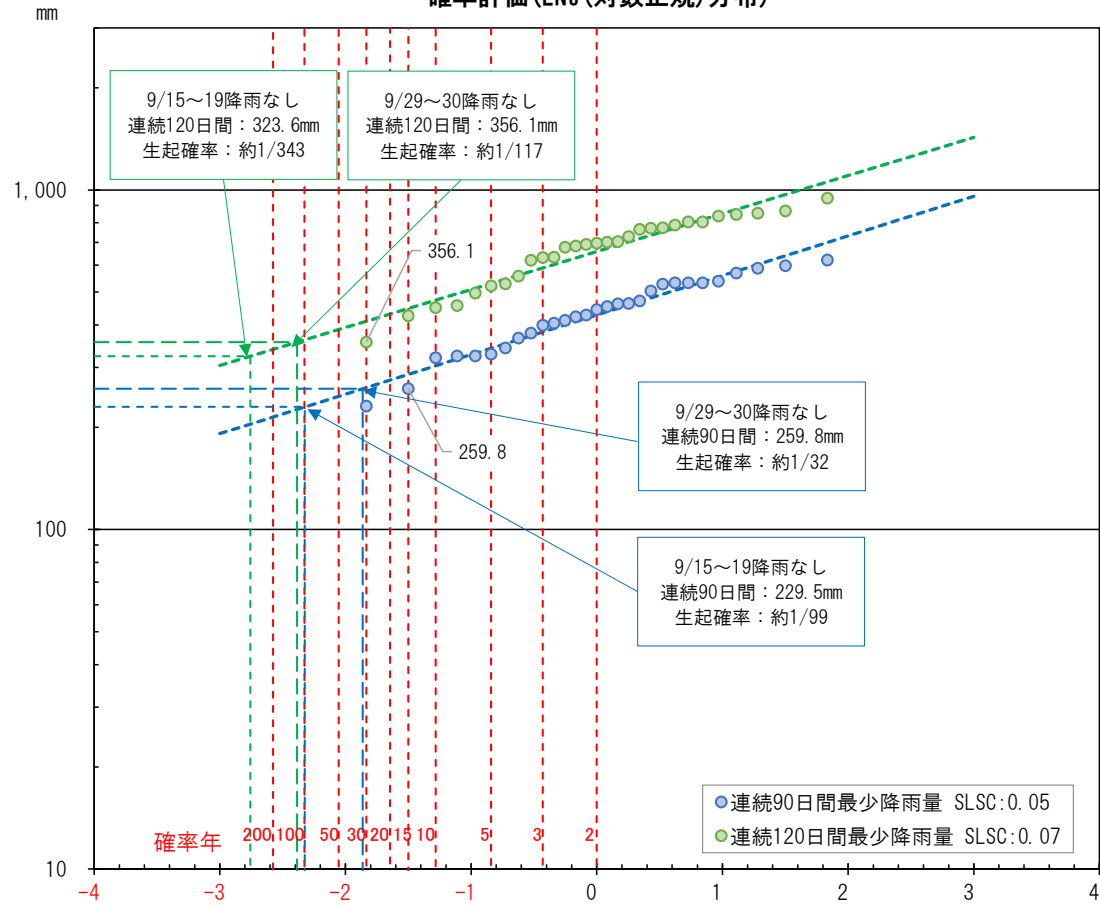


# 水量不足 (1) 外力の生起確率の検討

矢作川 岩津地点上流域 各年4～9月 連続90日間・120日間最少降雨量 確率評価 (Hazen分布)



矢作川 岩津地点上流域 各年4～9月 連続90日間・120日間最少降雨量 確率評価 (LN3 (対数正規) 分布)



## 生起確率の検討 回/年

		Weibull	Cunnane	Hazen	LN3
1) 9/15～19雨無し	90日間 229.5mm	1/28	1/35	1/38	(1/99)
	120日間 323.6mm	1/44	1/58	1/64	(1/343)
2) 9/29～30雨無し	90日間 259.8mm	1/17	1/20	1/21	(1/32)
	120日間 356.1mm	1/29	1/37	1/40	(1/117)
3) 9/15～30雨無し	90日間 229.5mm	1/38	1/49	1/64	(1/99)
	120日間 323.6mm	1/64	1/117	1/343	(1/343)

注) ( )書はSLSCが0.04を超過

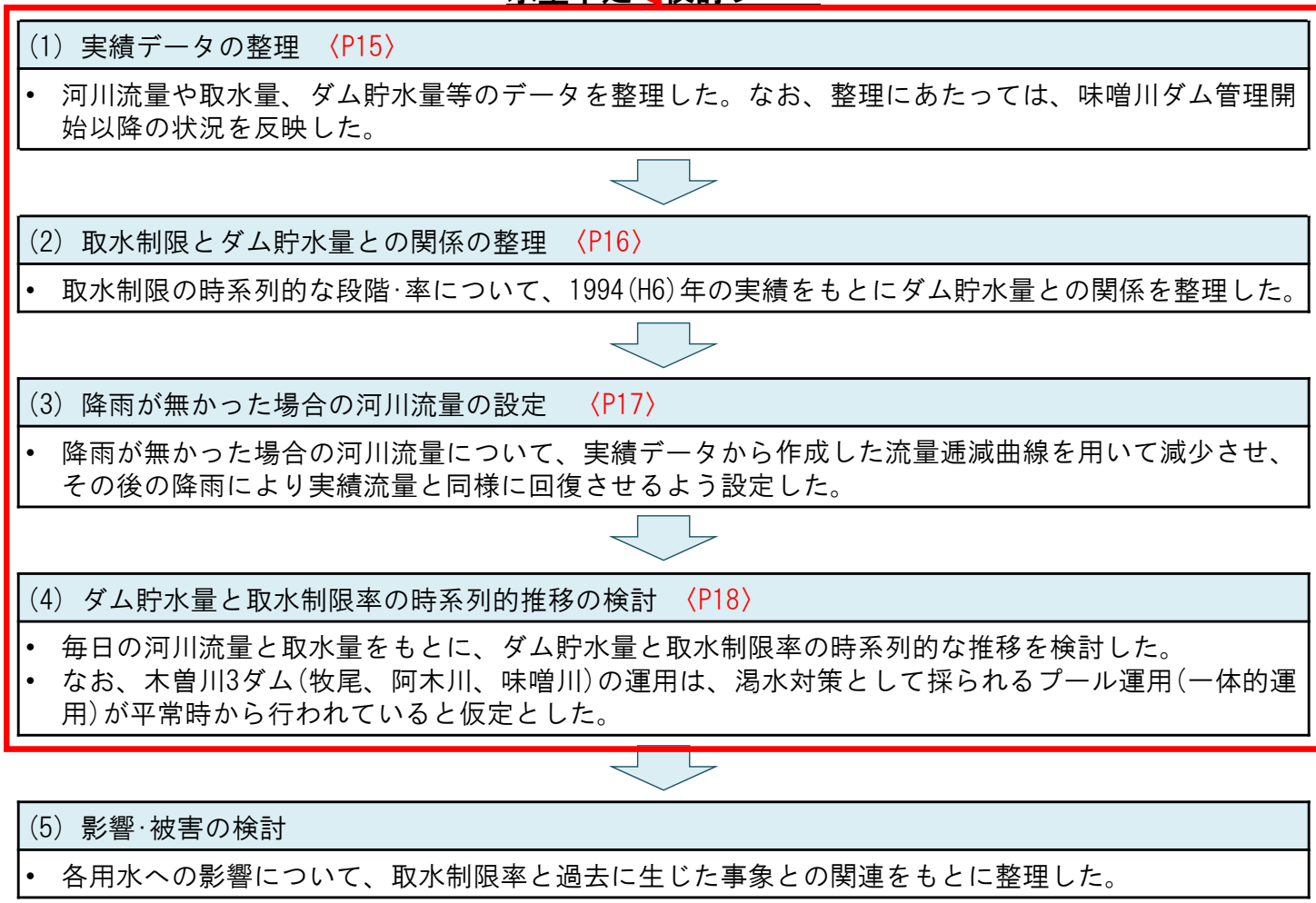
# 水量不足 (2) 検討モデルの内容・過程

- 水量不足の過去の実績に基づく最大級の外力を想定した検討について、第5回検討会(R2/3/17開催)でいただいた意見をもとに、内容と過程を詳細に整理した。

**【第5回検討会意見】**  
今回、降雨の有無に応じた検討がモデル化されたが、その内容・過程についてももう少し詳しくわかるように整理してはどうか。

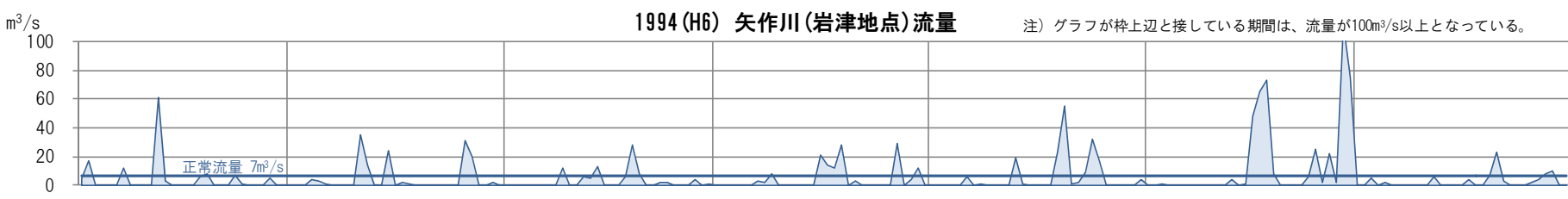
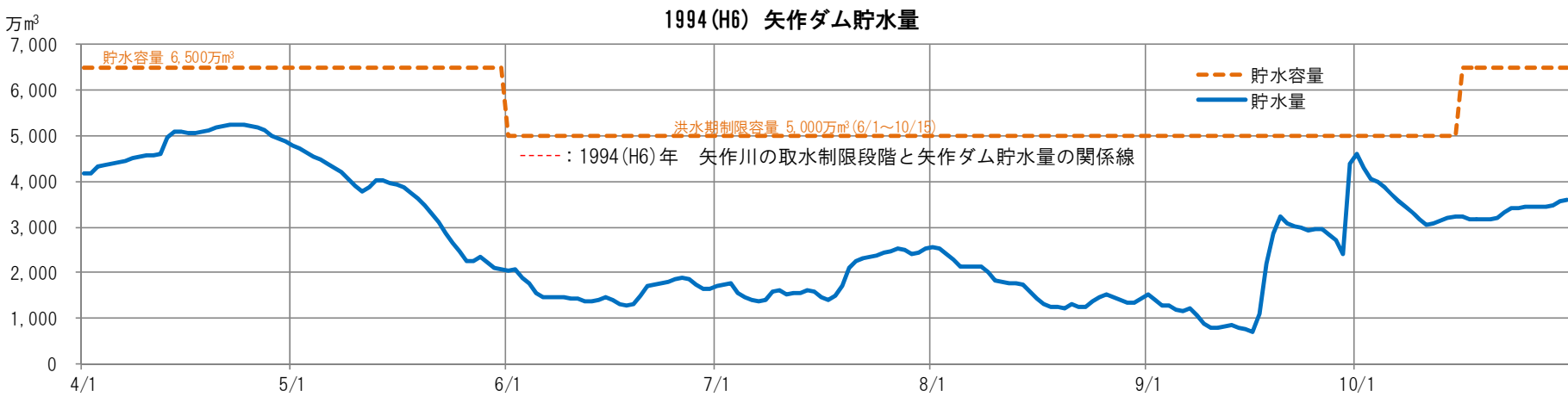
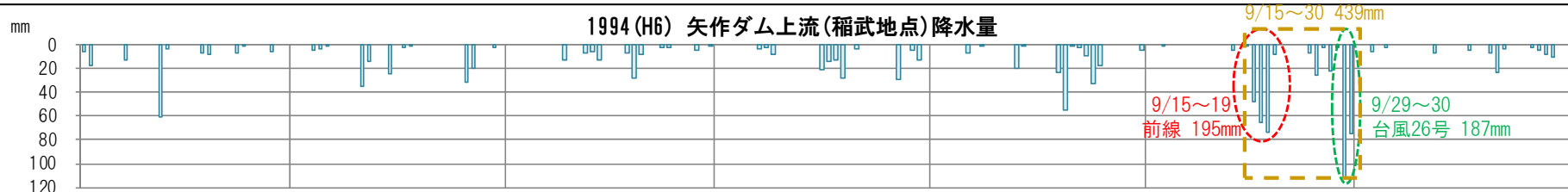
**冒頭に検討モデルのイメージを追加するなど  
検討の内容と過程を再整理**

## 水量不足 検討フロー



# 水量不足 (2) 検討モデルの内容・過程

- 水量不足の過去の実績に基づく最大級の外力として、前回検討会において、1994(H6)年渇水を解消した9月中旬(前線)と9月下旬(台風)の降雨がそれぞれ無かった場合といずれもが無かった場合を想定した。
- その影響・被害としては、河川からの取水制限の推移を検討した。



稲武地点年降水量 (mm)  
1994年を概ね中間とする30年  
1981 (S56) ~ 2010 (H22)

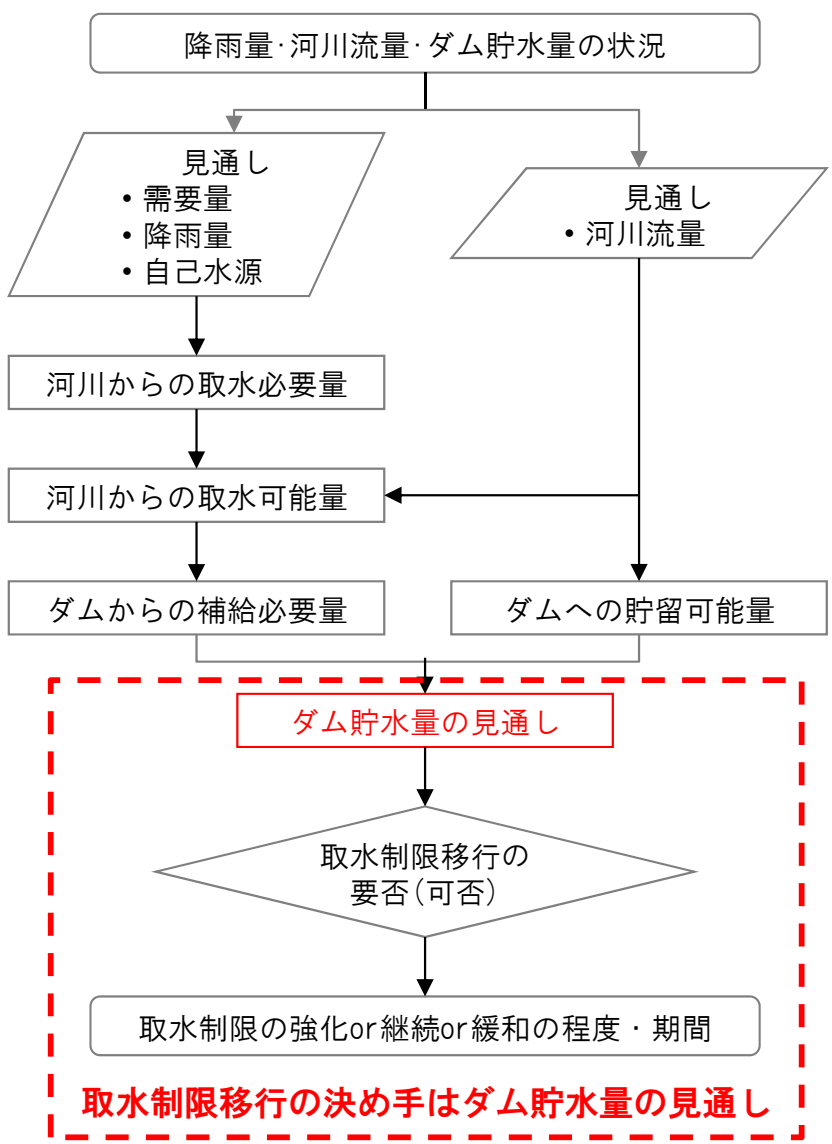
年	降水量 (mm)	
1981	1,924	中央値
1982	2,256	
1983	2,095	
1984	1,231	最小値
1985	2,057	
1986	1,734	
1987	1,645	
1988	1,782	
1989	2,370	
1990	1,803	
1991	2,265	
1992	1,711	
1993	2,078	
1994	1,450	
1995	1,895	
1996	1,583	
1997	2,163	
1998	2,605	最大値
1999	2,355	
2000	2,275	
2001	1,769	
2002	1,551	
2003	2,335	
2004	2,430	
2005	1,480	
2006	2,036	
2007	1,875	
2008	1,885	
2009	1,954	中央値
2010	2,129	

用途	取水制限	15%	25%	33%	25%	33%	注
生活用水 (水道)	取水制限	6/7	6/5	7/4	7/28	8/27	取水制限: 113日間 5/30(9時)~9/20(9時) 注) 一時断水: 高台などにおける出水不良に伴う一時的な断水
	利用者の障害	一時断水 うち8日間	一時断水 25日間	水質障害 うち18日間			
工業用水	取水制限	30%	55%	65%	55%	65%	
農業用水	取水制限	30%	55%	65%	55%	65%	

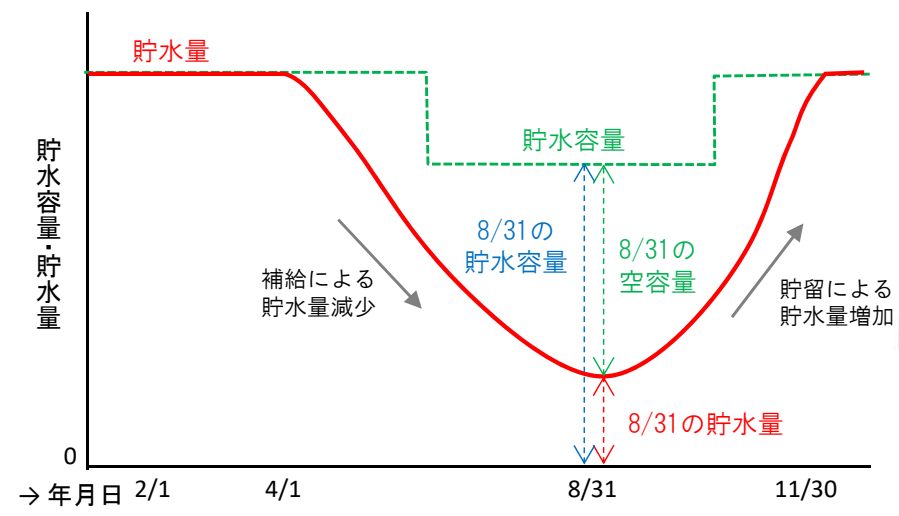
# 水量不足 (2) 検討モデルの内容・過程

- 取水制限の時系列的な段階・率は、需要量や降雨量、河川流量、ダム貯水量等の見通しに応じ、関係者がその都度協議を行い設定している。
- 河川からの取水制限の推移を検討するにあたり、その移行条件をダム貯水量と関連づけてモデル化した。

## 協議による取水制限の設定 イメージ

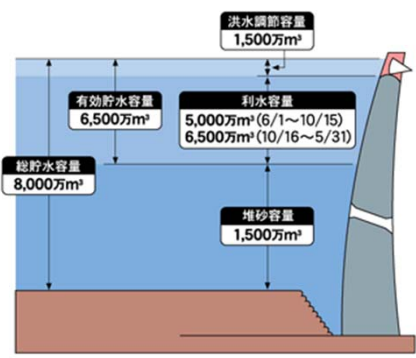


## ダム貯水量の推移(マスカープ)のイメージ

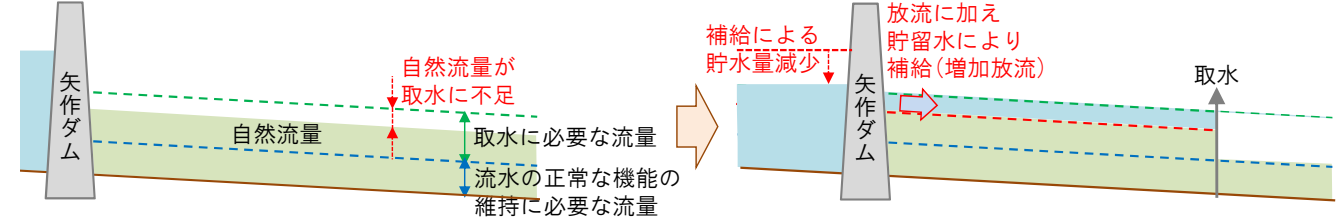


矢作ダム利水貯水容量  
 洪水期(6/1~10/15) 50百万m<sup>3</sup>  
 非洪水期(10/16~5/31) : 65百万m<sup>3</sup>

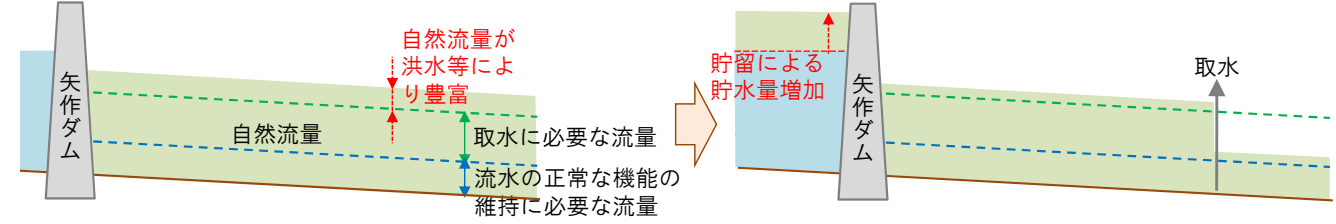
## 矢作ダム貯水池容量配分図



## 利水補給のイメージ



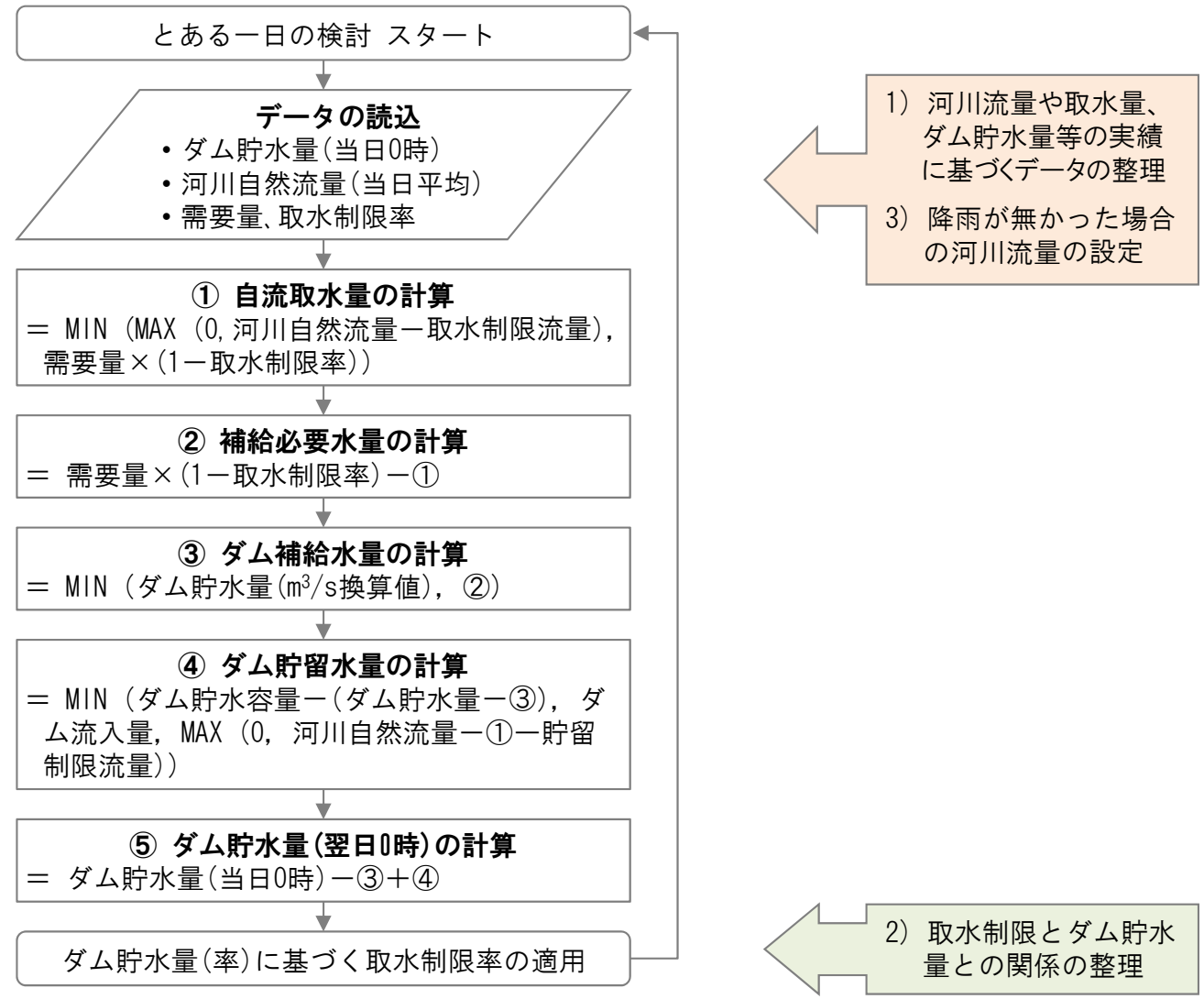
## 貯留のイメージ



# 水量不足 (2) 検討モデルの内容・過程

- 河川からの取水制限の推移をモデル化するため、1) 河川流量や取水量、ダム貯水量等の実績に基づくデータの整理、2) 取水制限とダム貯水量との関係の整理、3) 降雨が無かった場合の河川流量の設定を行った。

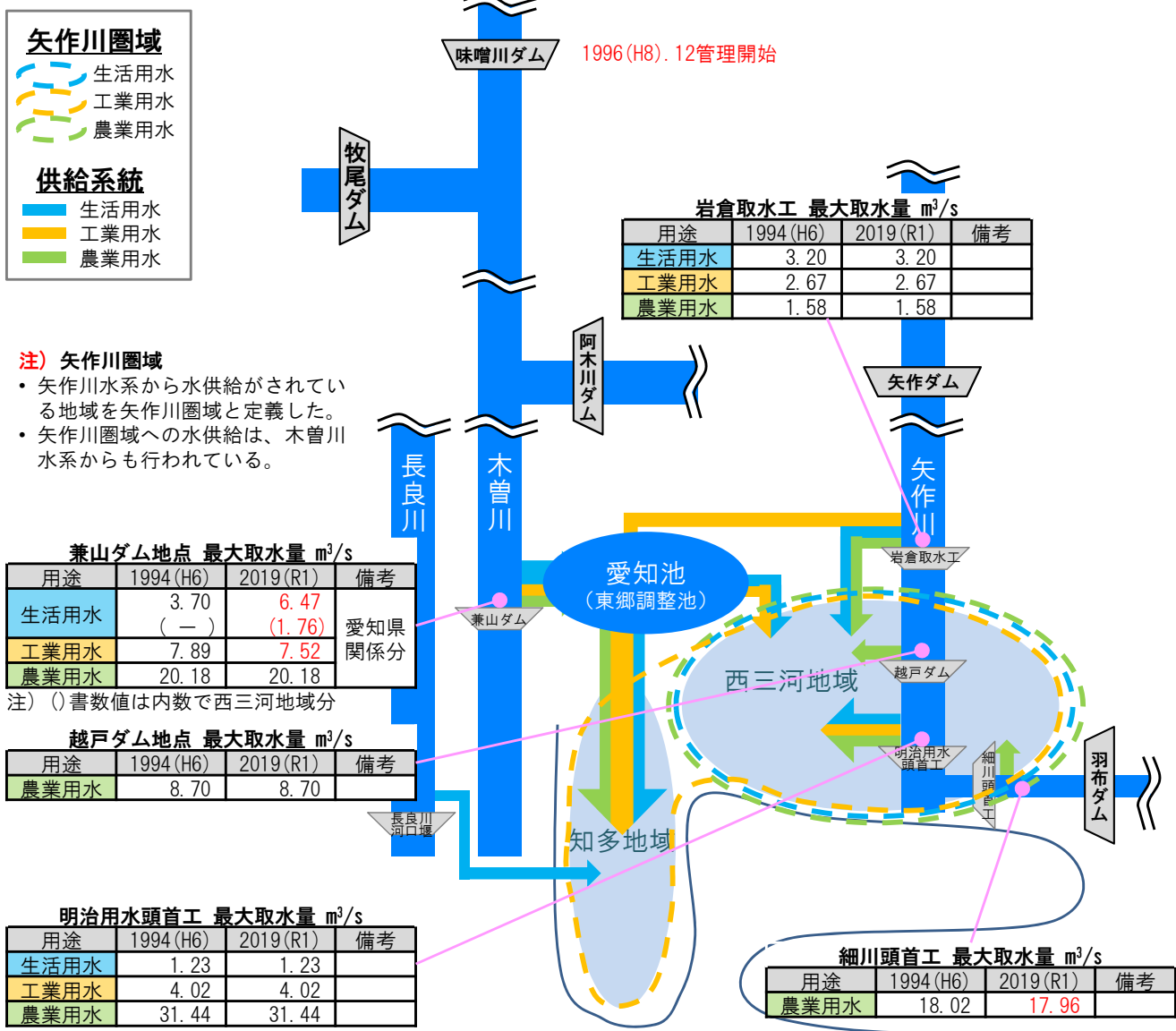
## 取水制限の推移 検討モデル イメージ



# 水量不足 (2) 検討モデルの内容・過程

- 河川流量や取水量、ダム貯水量等のデータを整理した。
- 整理にあたっては、味噌川ダムの管理開始など現時点の状況を反映した。

矢作川圏域の水供給システム模式図



## 収集したデータ

流量関係	地点		期間
	矢作川	木曾川	
ダム諸量※1	<ul style="list-style-type: none"> <li>矢作ダム</li> <li>羽布ダム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>牧尾ダム</li> <li>阿木川ダム</li> <li>味噌川ダム</li> </ul>	94(H6)/5/1 ~ 95(H7)/4/30
取水地点流量	<ul style="list-style-type: none"> <li>百月ダム(岩倉取水工)</li> <li>越戸ダム</li> <li>明治用水頭首工</li> <li>細川頭首工</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>落合ダム</li> <li>兼山ダム</li> <li>木曾川大堰</li> </ul>	
その他地点流量	<ul style="list-style-type: none"> <li>岩津</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今渡ダム</li> <li>犬山</li> </ul>	
取水量関係	期間		
	矢作川	木曾川	
取水制限率	94(H6)/5/30~9/20	94(H6)/6/1~11/14	
取水量	① 94(H6)/5/1~95(H7)/4/30 ② 97(H9)/1/1~18(H30)12/31※2		

※1 貯水量、流入量、放流量 ※2 許可水量は2019年時点においても同量

## 取水量の整理 味噌川ダム管理開始以降・取水制限なし

用途	水系	作成方法
生活用水	矢作川	a) 実績の取水制限期間外：上表①の値
		b) 実績の取水制限期間中：MIN(許可水量, MAX(実績取水量 / (1-取水制限率), 上表②の代表値※1))
工業用水	木曾川	牧尾ダム関係：矢作川a) b)と同じ方法 阿木川ダム・味噌川ダム関係：全期間矢作川b)と同じ方法※2
	矢作川	a) 実績の取水制限期間外：上表①の値 b) 近年の実績※3をもとに作成した降水量と河川取水量との関係式に、94年の降水量を代入して算出

※1 収集データ②の年別各月最大取水実績値のうち、取水制限が無かった年の第2位の値  
 ※2 阿木川ダム関係許可水量：94年当時<97年以降、味噌川ダム：94年当時建設中  
 ※3 97(H9)~10(H22)の間で取水制限が無かった年の実績

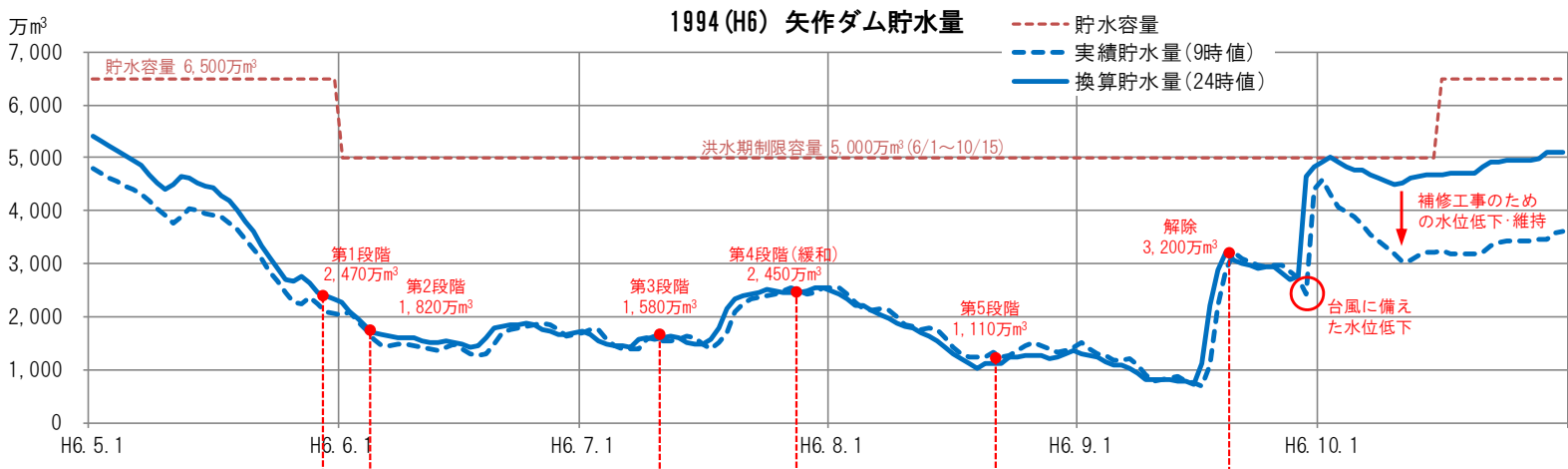


# 水量不足 (2) 検討モデルの内容・過程

● 取水制限の時系列的な段階・率について、1994(H6)年の実績データをもとにダム貯水量(率)との関係を整理した。

注) 取水制限の時系列的な段階や率は、需要量や降雨予測、ダム貯水量等の状況に応じ、関係者がその都度協議を行い設定している。

## 取水制限の時系列的な段階・率とダム貯水量との関係



### 矢作川 取水制限の設定

取水制限段階 時系列	矢作ダム利水貯水量(貯水率) 0時値・万m³	取水制限率		
		生活	工業	農業
1	2,470 (49%)	15%	30%	30%
2	1,820 (36%)	25%	55%	55%
3	1,580 (32%)	33%	65%	65%
4(緩和)	2,450 (49%)	25%	55%	55%
5	1,110 (22%)	33%	65%	65%
解除	3,200 (64%)	—	—	—

### 木曾川 取水制限の設定

取水制限段階 時系列	愛知用水系3ダム※ 利水貯水量(貯水率) 0時値・万m³	取水制限率		
		生活	工業	農業
1	4,840 (40%)	5%	10%	5%
2	3,630 (30%)	10%	20%	15%
3	3,030 (25%)	15%	25%	25%
4	2,420 (20%)	20%	35%	35%
5	1,810 (15%)	22%	40%	40%
6	1,210 (10%)	30%	55%	55%
7	600 (5%)	35%	65%	65%
8(緩和)	3,600 (30%)	20%	40%	40%
9(緩和)	4,800 (40%)	10%	20%	20%
解除	6,000 (50%)	—	—	—

生活用水(水道)	取水制限	段階・率				
		15%	25%	33%	25%	33%
利用者 の障害	6/7	水質障害 うち18日間				
	6/5	6/16	7/4	7/28	8/17	8/31
工業用水	取水制限	30%	55%	65%	55%	65%
農業用水	取水制限	30%	55%	65%	55%	65%

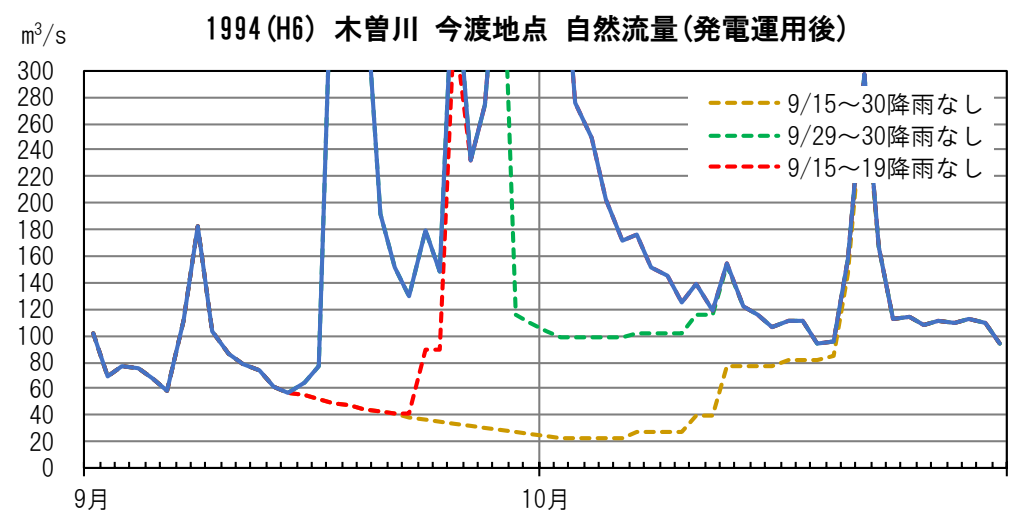
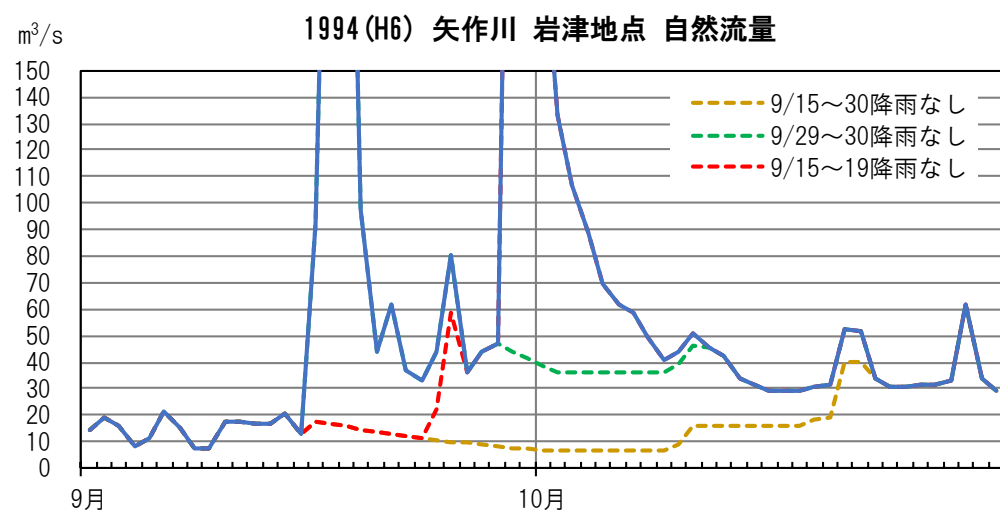
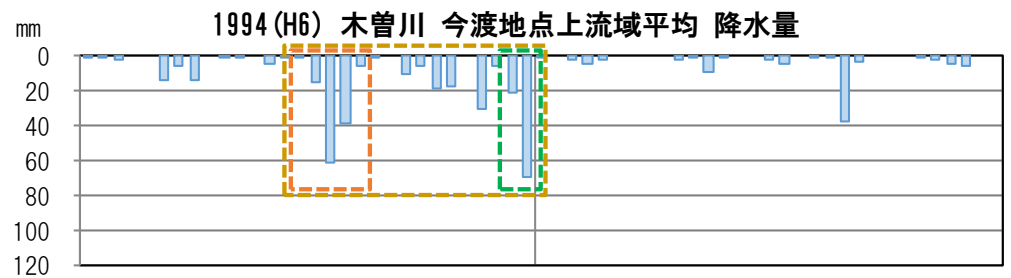
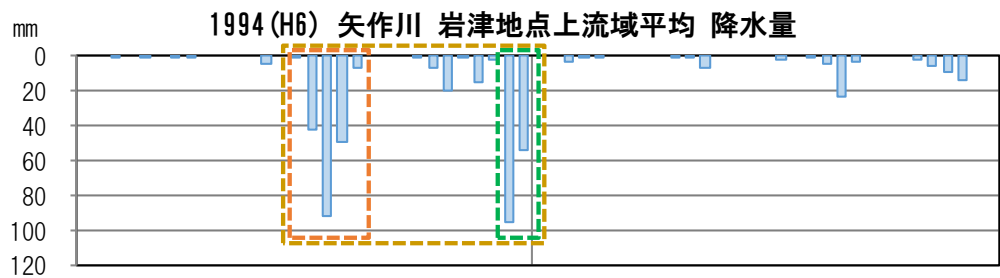
注) 実績貯水量と換算貯水量との違いは次のとおり。  
 ・対象とする貯水量 実績：揚水発電とのやりとりを含んだ値、換算：揚水発電とのやりとりが無い場合の値  
 ・時点 実績：当日9時時点の観測値、換算：24時時点  
 また、1994(H6)の実際の貯水池運用は、補修工事のため10月中旬にかけて貯水位を低下(貯水量を減少)させているが、換算上はその影響が無いものとした。

※ 牧尾ダム・阿木川ダム・味噌川ダムの3ダム合計利水貯水量  
 1994(H6)年の時系列的な取水制限段階と牧尾ダム貯水率の  
 関係をもとに3ダム合計利水容量121百万m³に相当する貯水量  
 を設定

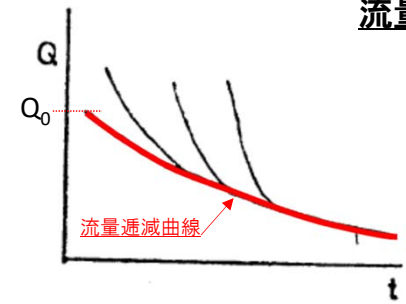
# 水量不足 (2) 検討モデルの内容・過程

- 降雨が無かった場合の河川流量について、実績データから作成した流量逓減曲線を用いて減少させ、その後の降雨により実績流量と同様に回復させるよう設定した。

## 降雨が無かった場合の河川流量



## 流量逓減曲線



$$Q = Q_0 \cdot e^{-\alpha_1 t}$$

Q : 時刻tの流量、Q<sub>0</sub> : 逓減の初期流量、α<sub>1</sub> : 地点毎の定数

「洪水流量逓減曲線の特性を考慮した流出モデルに関する研究」(土木学会論文集第283号1979年3月)より

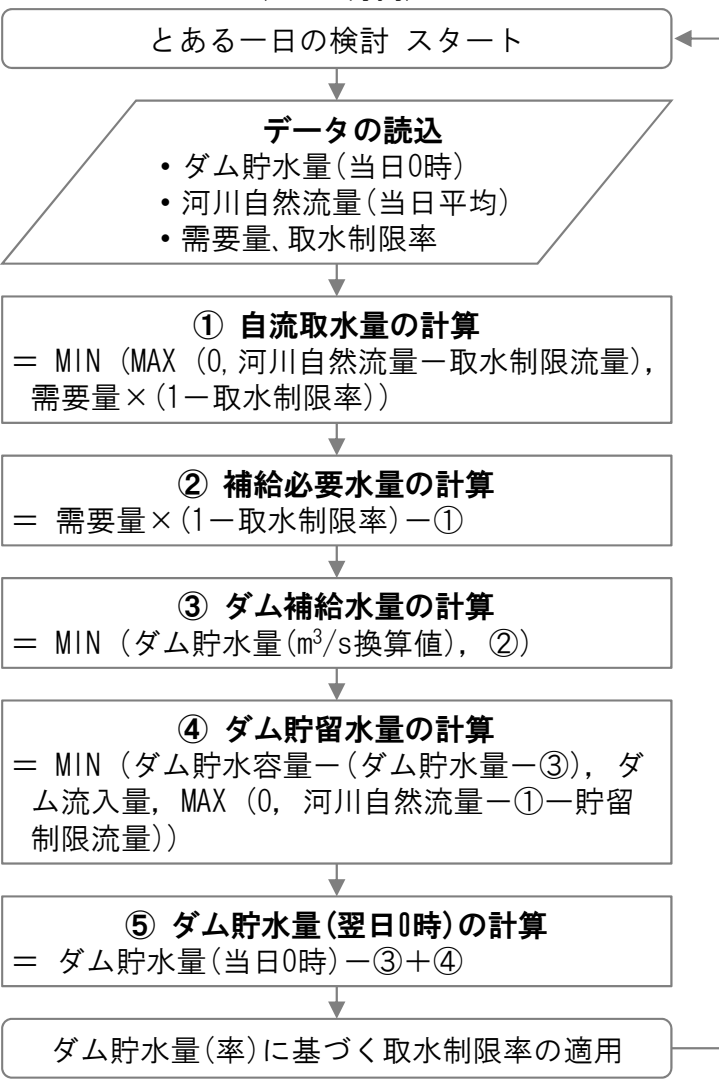
# 水量不足 (2) 検討モデルの内容・過程

- 毎日の河川流量と取水量をもとに、ダム貯水量と取水制限率の時系列的な推移を検討した。
- なお、木曽川3ダム(牧尾、阿木川、味噌川)の運用は、渇水対策として採られるプール運用(一体的運用)が平常時から行われていると仮定した。

注) プール運用等の渇水対策は、ダム貯水量等の状況に応じ、関係者がその都度協議を行い決定している。

## 取水制限の推移 検討モデル イメージ

(P14の再掲)



## 木曽川3ダムの運用 イメージ

