

平成6年全国的大渇水の特性と今後の対応策

池 淵 周 一

1. はじめに

1967年から1991年の間に発生した自然災害をその種類別に発生数、被災者数および死者数でみたものがTable 1である。世界的には干ばつによる被災者、死者が極めて多いことがわかる。幸い、我が国では干ばつや渇水（農業サイドでは干ばつということもあるが、最近では水源の流況悪化等にもなう何らかの取水・給水制限や流水の減少等による取水支障をすべて渇水による影響と考えている）により死者がでることはまれであるが被災はまぬがれない。

渇水は洪水などと違って時間的に長期にわたる積分型の被害形態を持ち、その期間が長くなればなるほど心理的にも社会経済的にも厳しさを増す性質を持つ。今までにも局地的に厳しい渇水は何度かあり、また昭和53年の全国的な渇水も経験したが、平成6年の渇水はその規模が全国的であると同時に、今までにない記録的なことが多く、それにともない未経験的な側面も多い。加えて、ダム等のハード施設の整備状況や水利利用の地域性が渇水に及ぼす影響の相違が顕著に出現していることにも注目したい。文部省科研費の突発災害調査として実施した本調査では、こうした気象・水文現象が過去の観測データとの比較により、その異常性がどの程度のものであったのかを検出・評価するとともに、被害を防止・軽減する側、いわゆる行政主体のハード・ソフトの調整・対応策と、被害客体の生活者、事業者・企業、農業従事者などの対応の取り方、および被害の実態を関係者から収集し、それらを地域別、用途別、時系列的に整理することによって渇水構造を分析することを目的とした。こうした構造分析を通して総合的な渇水対策を提言し、今後の施策に活かしていきたい。なお、本調査の中で同時に行った平常時と渇水時の生活者の水使用構造に関するアンケート調査結果については、現在分析中であるので別の機会にゆずる。

2. 気象・水文概況と特性分析

2.1 平成6年夏・秋の高温・少雨の実態

平成6年夏の気温の特徴は、南西諸島を除く、日本全国で気温の高い状態が長期間持続したことと、全国各地で日最高気温の記録を塗り替える極端に高い気温が観測されたことである。また、平成6年は梅雨の時期の降水量が全般に平年より少なく、7月から8月にかけては西日本や東日本を中心に雨が非常に少ない状況が続き、全国的に記録的な少雨となったことである。たとえば、Fig. 1は、平成6年3月から8月までの地域平均気温の平年偏差である。南西諸島を除き全国的に春から夏にかけては、平年より気温が低い時期もあったが一時的で、全般に気温は高めに経過した。特に6月下旬から8月中旬にかけては平年より2度から4度も気温が高い状態が持続した。8月20日頃に気温は一時平年並みに戻ったがその後再び高温となった。また、気温に関するもう一つの特徴として西日本や東日本の多くの地点で39度前後の高い気温が観測され、国内の最高気温の記録である40.8度（山形、1933年7月25日）は更新されなかったが、20位までの記録に入る23地点のうち、15地点が平成6年夏に記録され順位が大幅に入れ替わった。大冷夏だった平成5年は、南西諸島を除

Table 1 Damages caused by natural disasters occurred in the world in the period from the year 1967 to 1991 (by G.O.P. Obashi)

現象の種類	現象の発生		被災者		死者	
	発生数	百分率	人数	百分率	人数	百分率
天 気 現 象	}					
	熱帯性低気圧 (サイクロン)		80,485,116	2.88	846,240	20.4
	熱帯性低気圧 (ハリケーン)	894	6,028,833	0.22	15,139	0.4
	熱帯性低気圧 (台風)		63,321,930	2.26	34,684	0.8
	洪水	1,358	1,057,193,110	37.77	304,870	7.4
	温帯低気圧	819	68,122,680	2.43	54,500	1.3
	強風	133	2,960	0.00	13,904	0.3
天 気 に 関 連 の 現 象	寒波と熱波		71,000	0.00	4,926	0.1
	干ばつ	430	1,426,239,250	50.96	1,333,728	32.2
	小 計	3,634	2,701,464,879	96.52	2,607,991	62.9
	雪崩	29	500,000	0.02	1,237	0.03
	地滑り	238	3,603,580	0.13	41,992	1.0
	火災	729	814,341	0.03	81,970	2.0
	昆虫の異常発生	68	446,000	0.02	0	0.0
地 質 的 現 象	食糧不足・飢饉	37	41,270,267	1.47	606,084	14.6
	伝染病	291	5,791,234	0.21	124,338	3.0
	小 計	1,392	52,425,422	1.87	855,621	20.6
	地震	758	42,943,009	1.53	646,307	15.6
	火山	102	1,938,270	0.07	27,642	0.7
	津波	20	918	0.00	6,390	0.2
	小 計	880	44,882,197	1.60	680,339	16.4
総 計	5,906	100.0	2,798,772,498	100.0	4,143,951	100.0

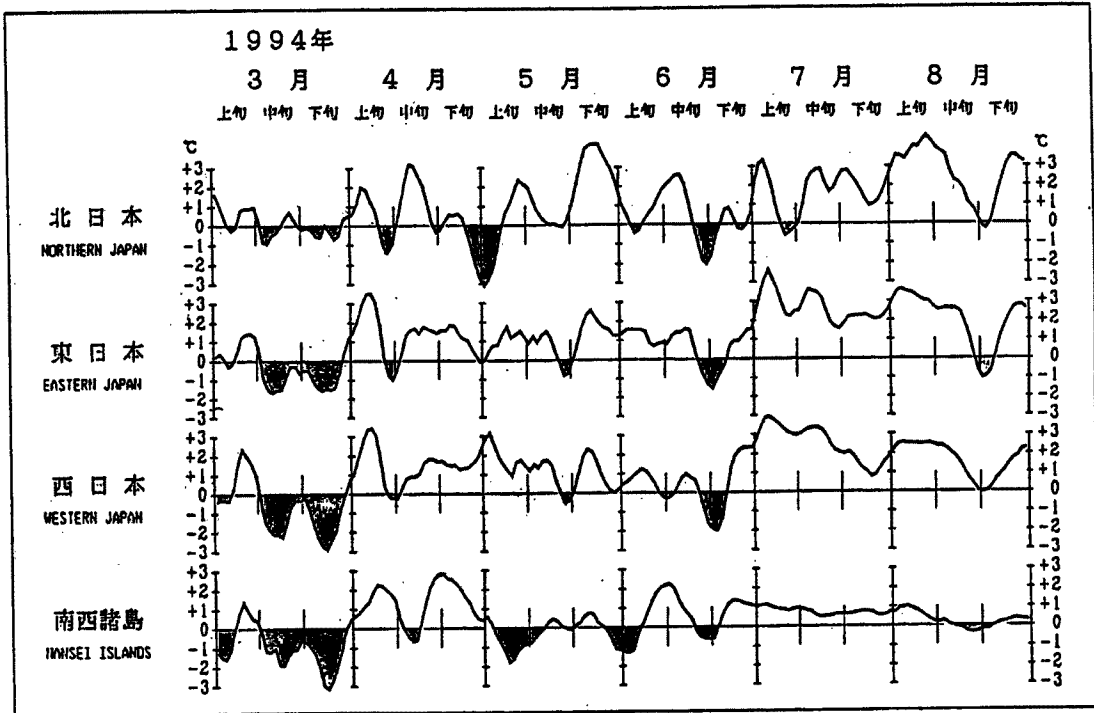


Fig. 1 Five-days moving average of anomaly from normal in regional average temperature

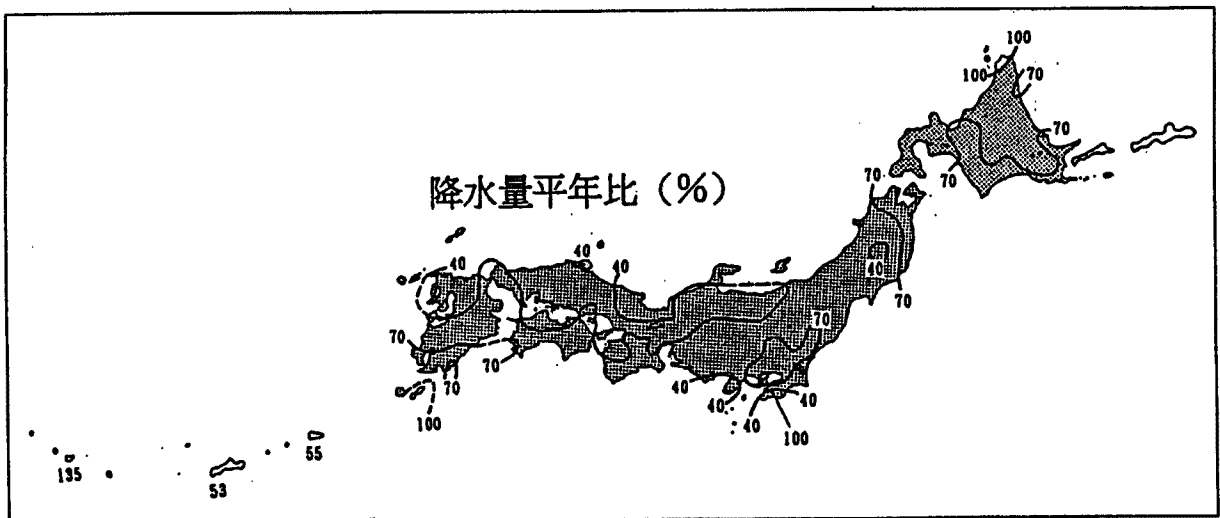


Fig. 2 Ratio of rainfall amount from June to August to its normals

き全国的に春から低温傾向が続き、特に7月から8月にかけて著しい低温であったが、平成6年と5年を比較すると、両者は平年並みをはさんで気温偏差の符号を入れ替えたような対照的な経過をたどったといえる。

一方、平成6年夏は記録的な少雨の年でもあった。Fig. 2は6月から8月の3ヶ月降水量の平年比(%)の分布を示したものである。夏3ヶ月間の降水量が平年の半分にも達していない地域が、東日本から西日本にかけて広がっており、九州北部、瀬戸内、中国、近畿、北陸と、関東甲信・東海の一部地方では平年の40%以下の少雨となった。こうした少雨の過去の記録との比較も含めた確率的評価については後に渇水持続曲線で分析する。

ところでこうした平成6年の全国的に記録的な高温・少雨が気象学的にどのような背景のもとに生じた

のかは上空5,500m付近の高層天気図の特徴やジェット気流の特徴といった大規模な大気の循環場の特徴としてかなりの所まで把握されてきているようであるが、そうした大気の循環場を作った要因が何であったかとなると学問的にまだ未解明のところが多い。熱帯の海面水温分布や熱帯での積雲対流の活動状況、春先のユーラシア大陸の雪氷の状況など、種々の条件が複雑に絡み合っただけでなくこうした循環場が形成されたのであろうが、そのメカニズムの解明はGEWEX（全球エネルギー・水循環観測）のサブプロジェクトであるGAME（アジアモンスーンのエネルギー・水循環観測計画）で考えられているタイガ・ツンドラ地域、チベット高原、亜熱帯・温帯モンスーン地域、湿潤熱帯モンスーン地域などでの地上観測・高層観測・衛星観測などと広域陸面と大気・雲との相互モデルの結合などの研究進展を待たなければならないのかもしれない。

2.2 渇水持続曲線による平成6年渇水の確率的評価

西日本を中心とする主要都市の降水量ならびに琵琶湖流域平均降水量(主として月単位)時系列に基づいて、各地の平成6年の渇水(少雨)規模の確率評価を行う。渇水持続曲線(DDC: Drought Duration Curve)は、吉川ら¹⁾によって提案されたものであるが、一種のintensity-duration-frequency curveである。ここでは紙面の都合上、また3. の地域別の所で取り上げることを考えて、松山(1893.1~)、福岡(1890.1~)、琵琶湖流域平均(1894.1~)の3ヶ所のみをしかも1, 5, 6, 7月起点のみの場合を図示するにとどめる(Fig. 3, 4, 5)。

いずれも平成6年の年降水量は観測史上最も少ない。松山では6月起点でみると平成5年度は過去最大の雨の降り方をしているのに平成6年は特に6月を起点に史上最低の少雨で持続している。福岡についても6月を

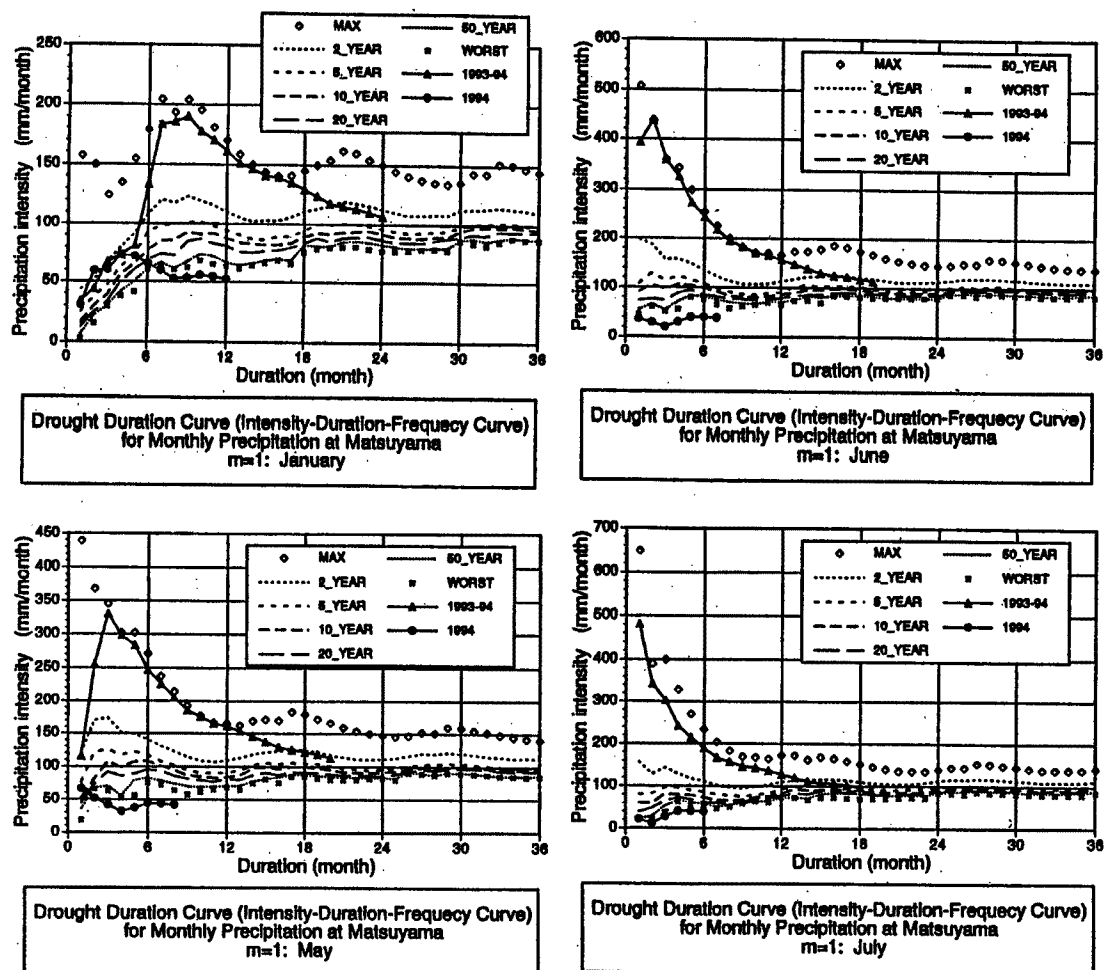


Fig. 3 Drought duration curve for monthly precipitation at Matsuyama

起点として史上最低の少雨が継続している。琵琶湖流域においては6月降水量は10年確率程度の降り方であるが、7月に入るときわめて悪くなり、それが8月まで続き、9月に入ると、低気圧や台風の通過で15年確率程度の雨が降ったが、その後は再び少雨で推移している。こうした少雨特性から7月雨量、6・7月雨量、7・8月雨量、6～8月雨量は史上最低でそれらを確率評価するとそれぞれ1/120, 1/110, 1/200, 1/200という算定結果も得られている。

これら地点以外の渇水持続曲線についても同様に求められるので、平成6年の月降雨量について期間の取り方に応じた確率年評価とその地域分布図を作成すれば全国的にどのような期間において異常少雨であったかがより明確になるものと思われる。

3. 全国的にみた渇水対応と被害状況

3.1 渇水対応

Table 2は国土庁調べによる平成7年1月5日現在の平成6年渇水対応及び被害状況である。網掛けの部分は現在も何らかの取水制限が続いているところで、依然として多くの地域で渇水の影響を余儀なくされている。いずれの地域にあっても早い段階に渇水対策本部等を設置し、渇水調整に入っている。渇水調整とは、渇水時において利水者からの必要水量を確保できなくなった場合の取水制限等にかかわる利水者間の調整であり、河川法第53条に規定されている。最近では水利用がダム等の人工的施設の操作に大きく依存せざるを得なく

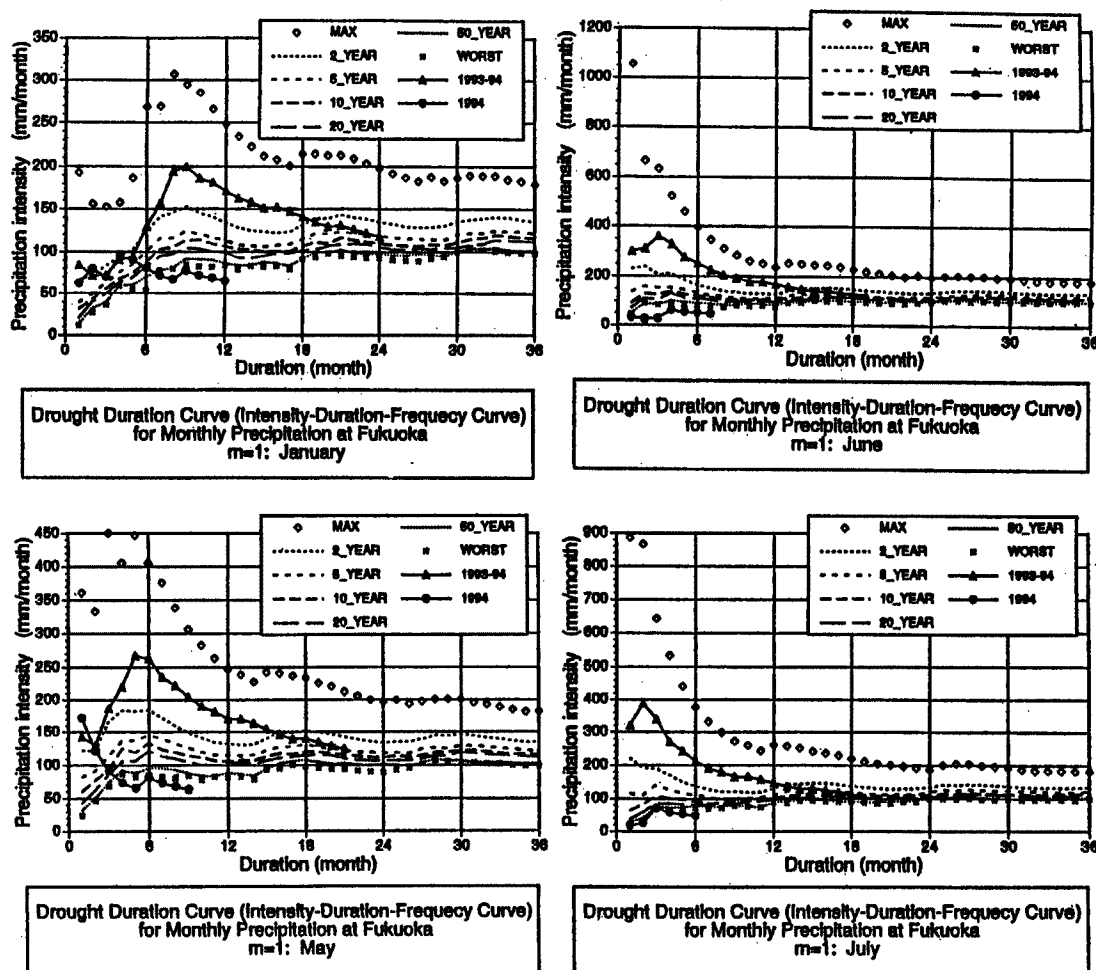


Fig. 4 Drought duration curve for monthly precipitation at Fukuoka

なっており、あらかじめダムの貯水状況、河川の流況、気象の状況等を総合的に勘案した上で事前に協議し、各水利用者間の取水制限率、取水制限の時期及び方法等を決定するという方法がとられている。

利水や水利権の種類に関係なく各取水の最大取水制限率は利根川8ダムや筑後川 江川・寺内ダムにあっては同率であるが、西日本を中心とする厳しい渇水地域にあっては、上水が優先的に低率で工水と農水が高い取水制限率を余儀なくされている。もちろん、淀川水系室生ダムのように逆に農業用水が13%と低く、上水が58%と高い制限率となっている例もある。

こうした取水制限率は、水資源開発や利水の経緯、渇水の程度によって水系毎に異なるが、厳しい渇水時には取水制限率の設定を通して水資源の配分がなされているといえる。こうした取水制限がかけられると農水にあっては番水といって通常の全水路・水田一斉の連続的な導配水をブロック毎の間断的な導配水に切り替える、いわば時間給水を取るようになるが、通常より多くの労働と費用を要することはいうまでもない。

上水にあっては、取水制限を課せられると第1段階の給水制限で節水PRの推進等によって需要者による自主節水を求め、第2段階の給水制限ではポンプ及びバルブによる減圧給水を、第3段階の給水制限にはいと時間給水を実施している。

その他、厳しい渇水時には、取水制限率を取水間で異なる値に設定することによる利水者間の協力だけでなく、様々な形で地域や用途間で水の融通が行われる。平成6年の渇水では、松山市や福岡市などで農業用水を緊急的に上水に振り向けたり、木曾川水系では自流を利用する農業用水の節水分を上水に振り向けたりすることが行われた。また、新幹線の除雪用散水など消雪用の水源を農業用水として活用したり、水泳プー

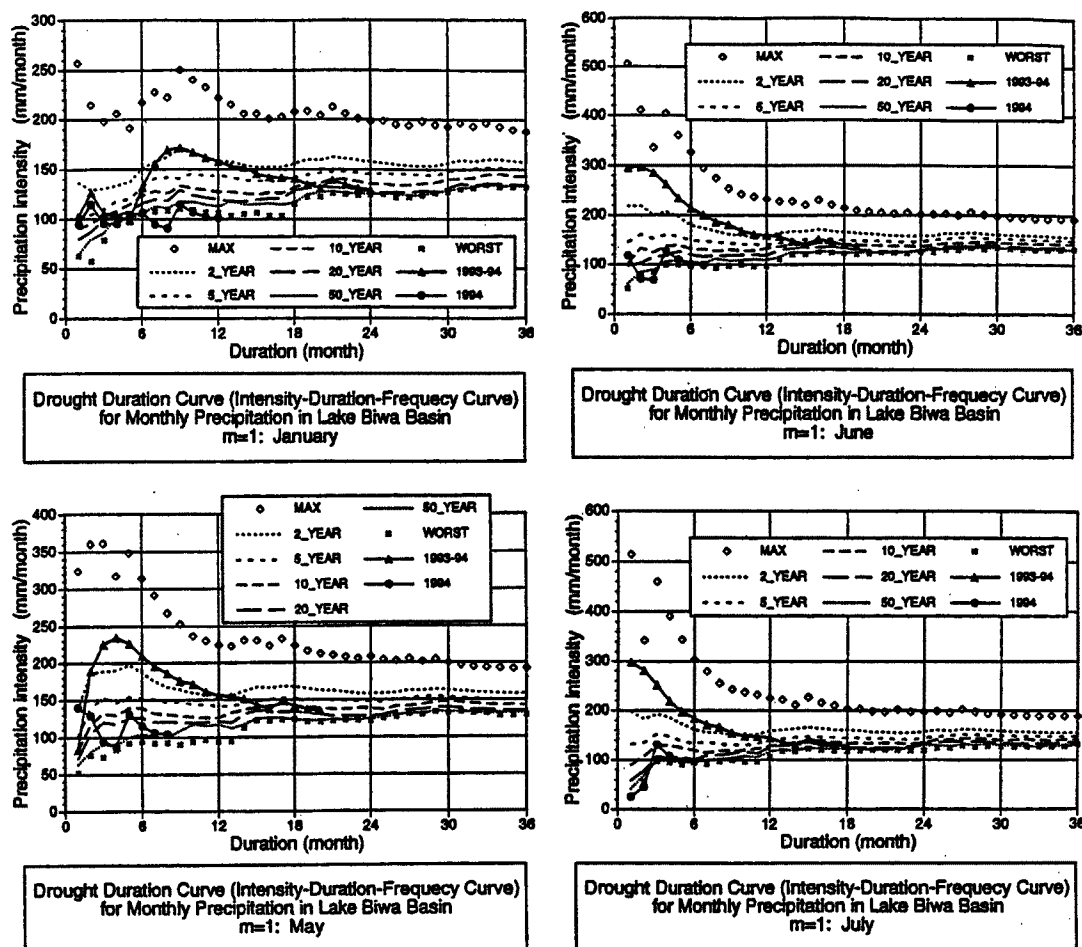


Fig. 5 Drought duration curve for monthly precipitation in Lake Biwa Basin

Table 2 Measures against and damages caused by the extraordinary drought at 1994

平成6年 渇水対応及び被害状況

(平成7年1月5日現在)

地域名	水系名	施設名	取水制限の状況				対応状況
			期間 (実質日数)	最大取水制限率			
				上水	工業	農水	
東北							東北地建渇水対策本部設置 (7/28~9/20) 東北農政局東北地域稲作安定生産推進連絡協議会 (8/1~8/9) " 高温・渇水等対策連絡会議 (8/9~) 〔都道府県渇水対策本部〕 宮城県 (7/28~9/5), 福島県 (8/9~9/6)
	那珂川	——	4/28~5/6 (10)	10	10	15	関東地建渇水対策本部設置 (7/13~9/19) 関東農政局渇水調整連絡会設置 (7/18~9/21) " 高温・少雨対策連絡会議設置 (8/2~) 〔都道府県渇水対策本部〕 群馬県 (7/29~9/16), 埼玉県 (7/22~9/19), 千葉県 (7/14~9/28), 東京都 (7/15~9/19) 〔主な給水制限〕 減圧給水：埼玉県 (8/30~9/8), 東京都 (7/29~9/8)
関東	利根川	上流8ダム	7/22~9/19 (38)	30	30	30	
	荒川	二瀬ダム	8/17~8/21 (5)	90	—	—	
中部	木曾川	岩屋ダム	6/9~11/14 (161)	35	65	65	中部地建渇水対策本部設置 (5/31~10/17) 東海農政局渇水対策委員会設置 (6/3~) 〔都道府県渇水対策本部〕 岐阜県 (7/12~12/28), 愛知県 (7/11~10/17), 三重県 (8/9~10/17) 〔主な給水制限〕 時間給水：半田市等愛知用水地域20市町 (8/17~8/31, 最大1日5時間給水)
		牧尾ダム	6/1~11/14 (169)	35	65	65	
		阿木川ダム	7/11~11/14 (129)	35	65	65	
		横山ダム	7/18~9/20 (65)	—	—	70	
	豊川	宇連ダム	6/18~10/25 (133)	35	60	60	
	矢作川	矢作ダム	5/30~9/20 (114)	33	65	65	
	大井川	井川ダム	7/12~10/1 (83)	20	38	38	
	天竜川	佐久間ダム	6/16~ (92)	10	30	30	
		美和ダム	7/29~9/9 (32)	—	—	30	
	櫛田川	蓮ダム	7/23~7/26 (4)	10	20	20	
雲出川	君ヶ野ダム	7/23~7/26 (4)	10	20	20		
北陸							北陸地建渇水対策本部設置 (7/15~7/27) 北陸農政局渇水対策委員会設置 (6/13~8/12) " 渇水等対策連絡会議 (8/12~) 〔都道府県渇水対策本部〕 石川県 (8/12~9/2), 福井県 (7/29~10/24)
近畿	淀川	琵琶湖	8/22~10/4 (35)	20	20	20	近畿地建渇水対策本部設置 (7/8~) 近畿農政局渇水対策連絡会議設置 (7/20~8/11) " 高温・渇水対策連絡会議 (8/11~) 〔都道府県渇水対策本部〕 滋賀県 (8/9~), 京都府 (8/5~10/4), 大阪府 (8/19~10/4), 兵庫県 (8/10~), 奈良県 (7/8~8/28), 和歌山県 (7/19~8/31) 〔主な給水制限〕 時間給水：姫路市 (8/22~11/25, 夜間6時間断水) 洲本市 (8/23~11/1, 1/5~) 最大1日5時間断水
		室生ダム	7/9~9/20 (74)	58	—	13	
		木津川3ダム	8/15~8/22 (8)	10	—	10	
		一庫ダム	8/8~ (109)	30	—	40	
	加古川	加古川大堰	7/26~9/26 (63)	30	30	30	
	揖保川	引原ダム	8/4~9/28 (58)	—	90	50	

(注) 一級水系の直轄、水資源開発公団、補助多目的ダムに係る取水制限を掲載

Table 2 (continued)

地域名	水系名	施設名	取水制限の状況				対応状況	
			期間 (実質日数)	最大取水制限率				
				上水	工業	農水		
近畿	紀の川	猿谷ダム	6/7～8/13 (20)	15	15	30	減圧給水：大阪市(9/12～16), 京都市(9/3～29), 神戸市(9/7～29), 奈良市(7/9～9/20) * 総影響市町村数は5(12/12現在)	
		大迫ダム						
		津風呂ダム						
中国	高梁川	新成羽川ダム	7/26～ (109)	50	70	80	中国地建渇水対策本部設置 (7/14～) 中国四国農政局渇水対策連絡会議設置 (7/18～8/9) " 高温・干ばつ対策本部 (8/9～9/30) 〔都道府県渇水対策本部〕 鳥取県 (7/15～9/5), 島根県 (7/15～9/8), 岡山県 (7/15～), 広島県 (7/15～), 山口県 (7/15～10/18) 〔主な給水制限〕 時間給水：倉敷市, 玉野市, 笠岡市 (8/9～9/29, 最大1日8時間給水) 福山市(8/16～9/29, 最大1日12時間給水) 三原市 (7/21～9/7, 最大1日5時間給水) 尾道市 (7/22～9/9, 最大1日4時間給水) 因島市 (7/18～9/9, 最大1日4時間給水) 減圧給水：岡山市 (8/22～10/2), 広島市 (7/19～10/24) * 総影響市町村数は6 (12/12現在)	
	旭川	旭川ダム	8/17～11/8 (45)	20	30	50		
	太田川	中電3ダム	7/19～10/24 (85)	27	60	60		
	江の川	土師ダム						
	芦田川	三川ダム	7/7～ (179)	30	68	90		
	佐波川	島地川ダム 佐波川ダム	9/1～ (123)	20	20	20		
	小瀬川	弥栄ダム	12/19～ (18)	5	40	—		
	国							
四国	吉野川	早明浦ダム	6/29～11/14 (121)	香川75, 徳島22			四国地建渇水対策本部設置 (6/27～11/28) 中国四国農政局渇水対策連絡会議設置 (7/18～8/9) " 高温・干ばつ対策本部 (8/9～9/30) 〔都道府県渇水対策本部〕 香川県 (6/27～11/14), 徳島県 (7/15～10/26), 愛媛県 (7/18～), 高知県 (7/21～7/29) 〔主な給水制限〕 時間給水：高松市 (7/11～10/1, 最大1日5時間給水) 丸亀市 (7/25～10/4, 夜間6時間断水) 坂出市 (7/15～8/22, 最大1日8時間給水) 善通寺市 (7/25～8/20, 夜間6時間断水) 観音寺市 (8/17～10/1, 夜間6時間断水) 松山市(7/26～11/26, 最大1日5時間給水) 伊予市 (7/26～11/9, 最大1日4時間給水) * 総影響市町村数は3 (12/12現在)	
		柳瀬ダム 新宮ダム	7/5～10/1 (87)	5	57	22.4		
		重信川	石手川ダム	6/25～ (192)	42	—		67
	仁淀川	大渡ダム	7/12～9/29 (19)	—	—	56		
	那賀川	小見野々ダム 長安口ダム	7/16～7/25 (10)	—	20	5		
	物部川	永瀬ダム	9/22～10/4 (15)	—	—	25.8		
九州	筑後川	江川ダム 寺内ダム	7/8～ (152)	63	63	63	九州地建渇水対策本部設置 (7/6～) 九州農政局少雨等災害対策プロジェクトチーム設置 (7/11～8/4) " 渇水対策委員会 (8/4～) 〔都道府県渇水対策本部〕 福岡県 (7/6～), 佐賀県 (7/18～), 長崎県 (7/26～), 熊本県 (8/31～), 宮崎県 (7/18～), 鹿児島県 (11/7～), 沖縄県 (9/27～10/27) 〔主な給水制限〕 時間給水：福岡市 (8/4～, 最大1日12時間給水) 北九州市 (9/12～10/11, 夜間6時間断水) 大牟田市 (7/21～, 最大1日12時間給水) 大野城市 (7/27～, 夜間8時間断水) 筑紫野市 (8/22～, 最大1日12時間給水) 飯塚市 (9/5～9/18, 夜間10時間断水) 藤原市 (9/1～, 夜間8時間断水) 伊万里市 (8/25～9/5, 1日12時間給水) 佐世保市 (8/1～, 最大1日3.4時間給水) * 総影響市町村数は62 (12/12現在)	

ルの水を畑地灌漑に用いた例が見られるなど、渇水時には水系や地域の状況に応じ、関係者の努力・協力を背景にした水資源の活用、すなわち配分がなされる。一般的には、渇水に対する弾力性が比較的大きく安定した水利権を有する農業用水が、他の用途の取水に対して用水を振り向けることが多くなる。こうした渇水時における水利調整が円滑に進み、より効率的な水利用ができるような状況を整える必要がある。

3.2 被害概況

こうした取水制限等の実施を余儀なくされた平成6年渇水は国民生活や経済活動などにどのような影響を及ぼしたのであろうか。平成6年12月27日関係省庁渇水連絡会議でとりまとめられた概要を参照して以下にとりあげる。

(1) 国民生活への影響

渇水による影響人口；西日本を中心に、最大時（9月15日）約1,176万人が渇水による水道の断減水の影響を受けた。また、6月1日から12月26日の間に一度でも渇水による水道の断減水の影響を受けた人口は約1,582万人にのぼり、これは昭和53年の渇水の約1,071万人を凌いでいる。

主要都市（給水人口10万人以上）の渇水の状況；給水人口10万人以上の都市のうち、減圧給水・減量給水を経験したのが22都市（東京都特別区23区は1としてカウント）、時間給水を経験したのが12都市にのぼる。特に渇水が厳しかった松山市では5時間給水が62日間、高松市では5時間給水が32日間続いた。また、佐世保市では3～6時間の給水が100日以上続いている。

(2) 経済活動への影響

渇水による経済活動への影響は、マクロの景気への影響は明確な形では現れていないが、渇水の厳しい地域の一部の産業では破産や一時的な操業停止、農作物への被害が生じた。

農業関係；番水という水引人等を配して通常にない水管理を行った面積はほぼ50万haにのぼり、水田面積のほぼ1/6に相当した。また、全国の水陸稲麦、野菜、果樹等農作物への被害額は1,377億円にのぼった。被害額が50億円を超える都道府県は、佐賀県、熊本県、長野県、新潟県、北海道、福岡県、長崎県、広島県となっている。

工業関係；全国226の工業用水道のうち、給水制限を行った工業用水道事業は最大時（9月5日）で64事業、累計で77事業にのぼっている。現在でも中国、北部九州の一部では厳しい給水制限が続いている。給水制限を行った工業用水道の受水企業においては、冷却水の再利用の強化、海水の利用、他地域からの用水の輸送等により対応したが、企業によっては、相次ぐ給水制限の強化により生産調整等が行われた。現在でも一部地域の企業では、生産調整等の対応がなされている。

発電関係；異常高温のため電力消費は平年を大きく上回ったが渇水による自流域およびダム貯水量減により、一般水力の供給力が軒並み計画を大きく下回った。また、渇水による給水制限に伴い、火力発電所への給水も制限されたため、これに対応する節水運用を余儀なくされた。

サービス業関係等；業種によって多様な影響が生じたと考えられるが、例えば観光関連産業では、四国において、夏場（7月～9月）の登録ホテル・旅館の宿泊数が前年比13%の減を記録した。

(3) 生活環境への影響

公共用水域の水質への影響；渇水により取水制限等の行われた主な河川、湖沼で見ると、平成6年夏期（7月～9月）の水質は平成5年同時期の水質と比較すると8割以上で悪化している。

地盤沈下（地盤収縮）の状況；渇水に伴う地下水の汲み上げにより、一部の地域において平年を大幅に上回る地盤収縮を記録した。

4. 各地域毎の渇水実態と対応

4.1 関東地方

利根川水系では上流ダム群の貯水率がFig. 6のように低下したため、7月22日より取水制限10%を開始。7月29日には20%に強化、8月16日から21日までは30%の取水制限となった。8月20日8ダム合計で7,200万 m^3 、貯水率21%まで低下し8月20日以降は断続的な降雨があったことから取水制限を緩和し、9月8日から一時的な取水制限解除に入り、9月19日全面解除した。この間7月末から8月末にかけて給水制限はなく減圧給水でしのいだ。このように首都圏が厳しい渇水に見舞われなかった一つの要因として奈良俣ダムの完成がある。図中にも示されているようにもし奈良俣ダムがなかったら給水制限を実施していたかもしれない。

4.2 中部地方

Table 2にあるように木曾川水系をはじめ、豊川、矢作川、大井川、天竜川、櫛田川、雲出川において取水制限が実施され、東海市、半田市等20市町では給水制限にまで至った。岩屋ダム、牧尾ダム及び阿木川ダムでは8月5日に利水容量が枯渇したため、中部電力、関西電力の発電用水の緊急放流が実施され、また味噌川では試験湛水中の貯留水の緊急放流までなされた。

4.3 近畿地方

淀川水系木津川の室生ダムを皮切りに、淀川水系猪名川、琵琶湖及び淀川中下流、紀ノ川水系、揖保川水系において取水制限が実施され、猪名川水系一庫ダムでは現在も取水制限を実施中である。京阪神1,400万人の水源である琵琶湖について渇水実態を少し見ておこう。すでに2.で述べたように高温に加え、琵琶湖流域平均降雨量は、とくに6月～8月にかけて史上最小となり、水位低下も過去に例を見ない状況を示している。Fig. 7は平成6年度の水位状況を過去の渇水事例とあわせて示したものである。平成6年7月、8月の水位低下が急激で8月22日からは淀川中下流域において取水制限が開始された。9月10日から26日までは20%の取水制限となった。この間9月15日には-1.23mの過去最低水位を記録したが、9月16日からの降雨、9月29日の台風26号による降雨により水位が回復し、10月4日全面的に取水制限を解除した。

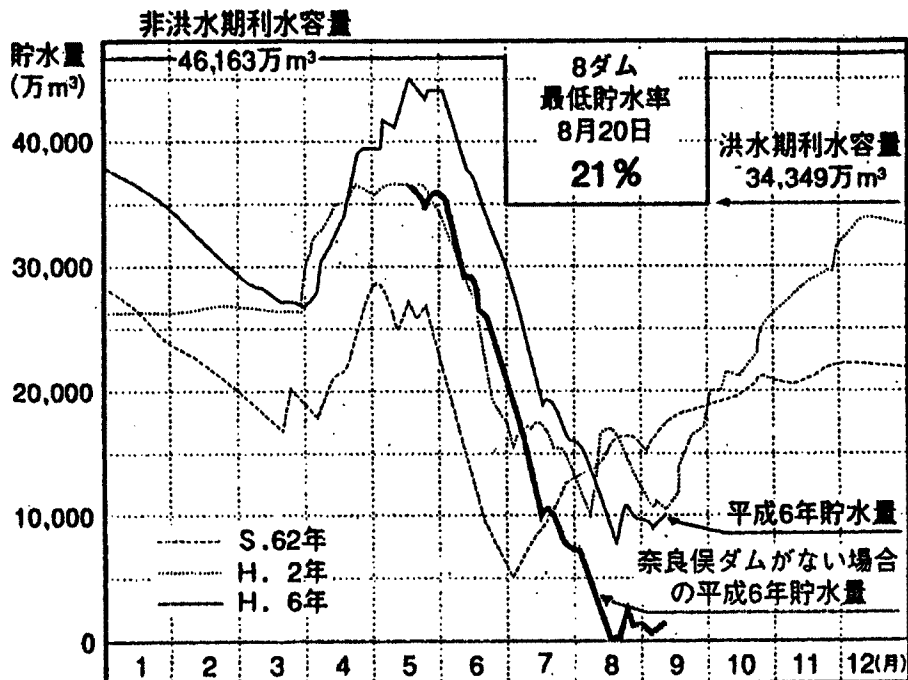


Fig. 6 Variation of reservoir storage at Tone River basin

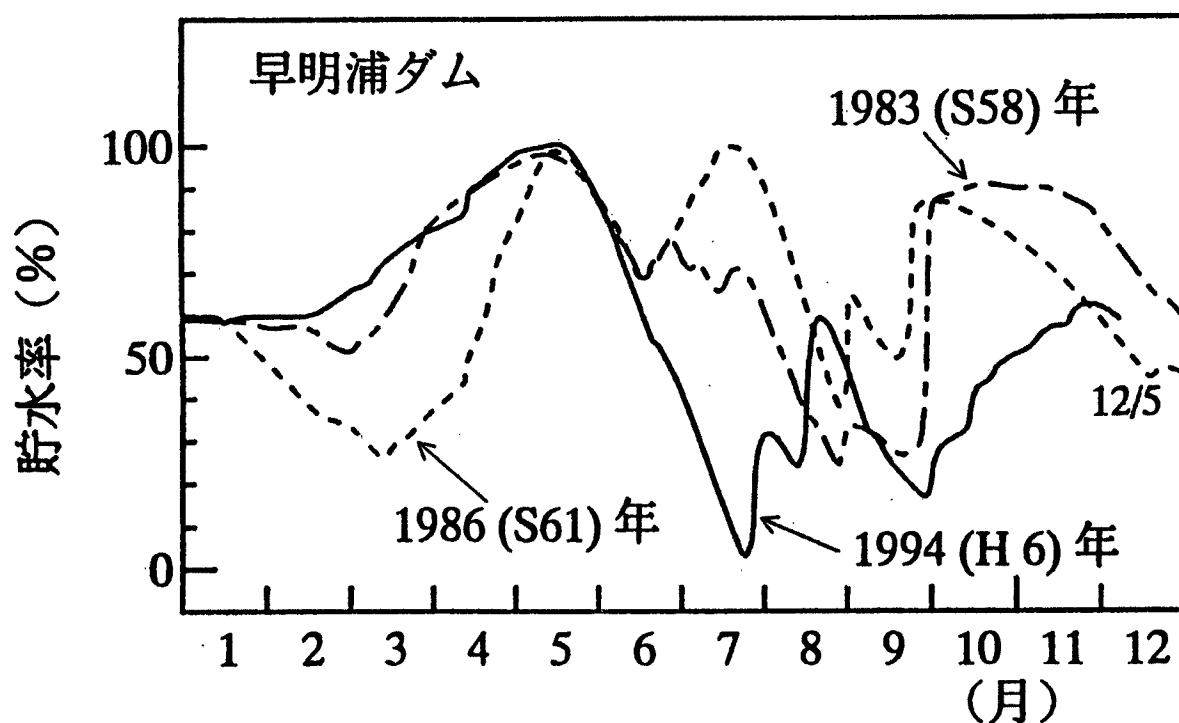


Fig. 8 Variation of reservoir storage ratio at Sameura Dam

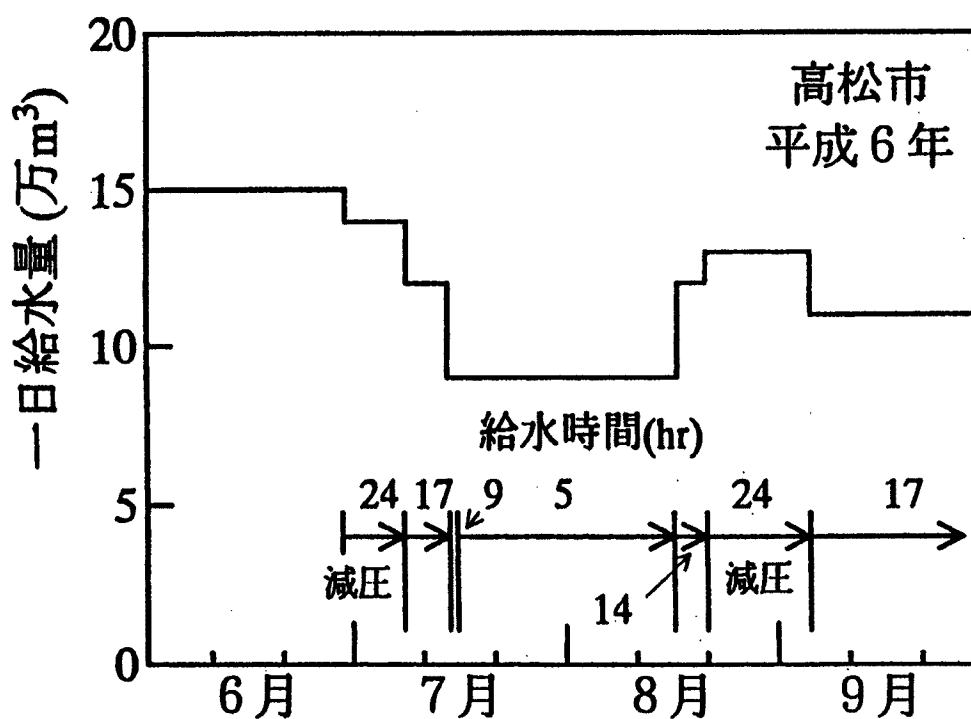


Fig. 9 Variation of daily supplied water and supplied time at Takamatsu

Fig. 7に見るように琵琶湖総合開発事業が図られていない昭和48年渇水時には -0.36m で第1次取水制限、 -0.48m で第2次取水制限を実施していたのが、平成6年渇水では -0.36m になったのは7月18日、 -0.48m になったのは7月24日で実際の取水制限は第1次が -0.94m で8月22日、第2次が -1.08m で9月3日に実施してい

る。琵琶湖総合開発事業の完成前後で比較すると取水制限が1ヶ月以上遅い対応で可能となっており、これは周辺の水位低下対策等が完成した琵琶湖開発事業の効果と見ることができる。また、琵琶湖水位と湖面蒸発量（パルク法による推定値）の推移を平成5年度と比較したところ、7月、8月の湖面蒸発量が平成5年度はもとより平年値と比べても際立って大きい。このことは8月16日から9月15日1ヶ月間の概算水収支において平成6年が平成5年の同期間と比べて降雨量が1/10、湖面蒸発量で2倍という顕著な違いにも出ている。なお、この期間、周辺の流入河川は干上がり、河川流入量はゼロとなっている。琵琶湖北湖中心部で一時期透明度が十数メートルと数十年前の透明度に戻った感があったが、これには流入河川が干上がり湖への汚濁流入がなかったこと、伏流水でろ過された地下水流入で涵養されていたこと、また水温躍層が長期にわたり安定していたことなどが関連していたのであろう。

4.4 中国地方

芦田川を皮切りに、大田川水系、高梁川水系、吉井川水系、旭川水系、佐渡川水系において取水制限が実施された。

江の川水系土師ダムは上水道用水、工業用水を太田川に分水しているが、この貯水池がアジア大会のカヌー競技会場になっており、9月1日には6%まで貯水率が低下し、カヌー競技実施が危ぶまれたが貯水池の浚渫、台風26号等による降雨によりカヌー競技実施にこぎつけた。なお、太田川水系は10月24日に取水制限が全面解除された。

4.5 四国地方

重信川水系石手川を皮切りに、吉野川水系吉野川および銅山川、仁淀川、物部川、那賀川において取水制限が実施された。ここでは取水制限、給水制限が厳しかった高松市と松山市の渇水概況とその対応を述べておく。

(1) 高松市の渇水概況

(a) 早明浦ダム貯水率の推移

高松市の上水が依存している早明浦ダムの平成6年1月から12月上旬までの貯水率の変化を、既往の他の渇水年のものと対比して、Fig. 8に示す。6月～7月中旬の異常少雨により、ダム貯水率は、7月中旬にはこれまで経験したことのないゼロ近くまで低下し続けた。しかし、7月下旬の台風7号による雨で、貯水率はやや回復し、その後も、低気圧、26号台風、秋雨前線などによる雨で、貯水率は増減を繰り返しながらも徐々に

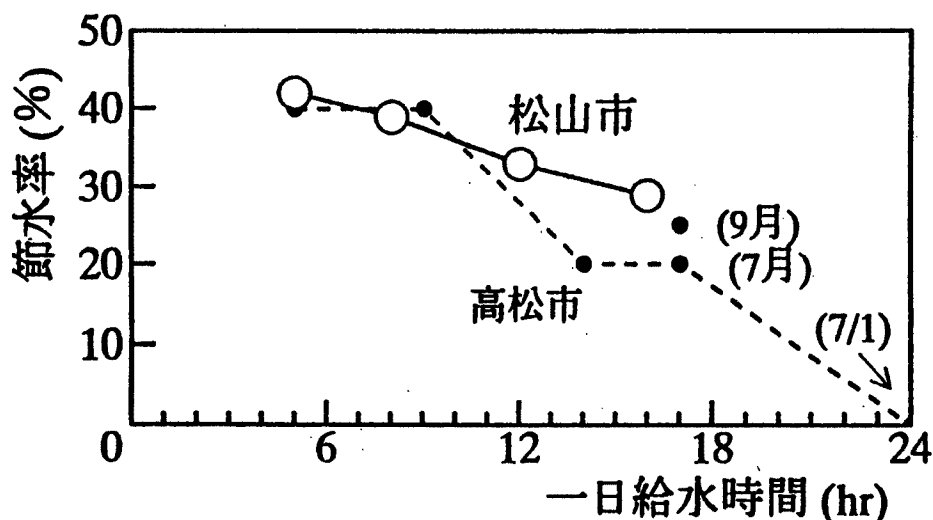


Fig. 10 Relation between saving water ratio and supplied water time

回復し、11月下旬には例年通りにまで戻ってきている。

(b) 給水量と給水時間の推移

平成6年6～9月の一日給水量および給水時間の推移をFig. 9 示す。これをFig. 8のダム貯水率の変化図と対比すると、貯水率が既往最低を下回った7月中旬の19時間断水（5時間給水）を最低ラインとして、貯水率の増減に応じて、減圧、7・15・19時間断水（17・9・5時間給水）の給水制限が強化・緩和されている。

Fig. 9をもとに、給水時間と一日給水量との関係を調べると、上水道の給水時間を9時間以下に短くしても、節水率は40%以上には上がらないことがわかる（Fig. 10）。

(2) 松山市の渇水概況

松山市上水道の水源は、重信川の中・下流部に設置された総計25本の上水道用取水井戸からの地下水と、支川・石手川の上流部の石手川ダムにおける貯留水で、これらの利用割合は現在ほぼ1:1である。

2. の渇水持続曲線でも見たように松山地方気象台の月降雨量データは平成6年の異常少雨が5月から始まり、6, 7, 8, 9月の各月降雨量が少なく、その累加において史上最低を記録したことからこれら水源である地下水及び石手川ダムの貯水率低下が厳しい推移をたどった。

(a) 地下水位およびダム貯水率の推移

平成6年7月～12月上旬の松山地方気象台における日雨量記録および重信川中流の地下水観測井での地下水位記録をFig. 11に、石手川ダム貯水率の推移をFig. 12に示す。

地下水位を見ると、6月～7月下旬の少雨で水位は地表面下5mにまで低下し、取水が困難となる深刻な事態に陥りかけていたが、7月25日の台風77号による雨で水位は1.5mほど回復した。しかし、その後の少雨で9月中旬には再び地下水位は地表面下5mにまで低下したが、9月29日の台風26号による雨で10月初旬にはおよそ3m程度上昇して、ほぼ平常時の地表面下2mにまで回復した。しかし、その後は、給水量の大半を地下水によって賄っているため、10月、11月とまとまった降雨があるにもかかわらず、地下水位は次第に低下してきている。

一方、ダム貯水率の推移を見ると、6, 7月の異常少雨で貯水率は昭和53年に記録した既往最低をさらに下回り、8月26日には遂に貯水率がゼロとなった。直ちに底水（デッド・ウォーター）の利用が始まったが、底水の貯水率もさらに低下を続けた。9月下旬の台風26号による雨で、ようやく貯水率は増加の方向に転じ、10月16日には貯水率ゼロの状態にまで回復し、さらにその後の降雨で、10月中旬には昭和53年の貯水率を大きく上回るまでに回復してきている。12月11日の時点では、ダム貯水率はほぼ平常時に近いが、これは、上水供給量に占めるダム取水量の割合を抑制しているため、ダム流入量の自然増によるものではない。

(b) 節水率と一日給水時間

一日給水量と給水時間の推移もFig. 11に示している。これより、給水時間と節水率との関係を計算しプロットすると、高松市の場合とほぼ同様に、給水時間は9時間を限度として、これより短縮しても節水率は40数%程度以上には上がっていない（Fig. 10）。なお、この節水率は、一般家庭と事業所では異なり、一般家庭の節水率は30～35%程度、事業所のそれは50～60%で、これらを平均すると先の節水率が40数%となる。

なお、建設省では、松山市を始めとする中予地区の3市5町における水不足問題を解決することを目的の一つとして、一級河川肱川の支川・河辺川に山鳥坂ダムを建設し、新規に開発された水をそれらの市町に導水する計画を進めている。

4.6 九州地方

筑後川水系の江川・寺内ダムの貯水率が低下したため、7月8日から取水制限が開始され、8月23日からはダム等の利水者について68%の取水制限が課され、9月2日からは松原・下釜ダムの発電用水、寺内ダムのダム湖底部貯留水を含め総合運用を開始した。このため福岡市等20市町村で時間給水が実施され、福岡市では8月4日より時間給水を開始し、9月1日からは12時間給水、10月26日からは16時間給水となり、現在もこの状況が続いており、相当長期化してきている。

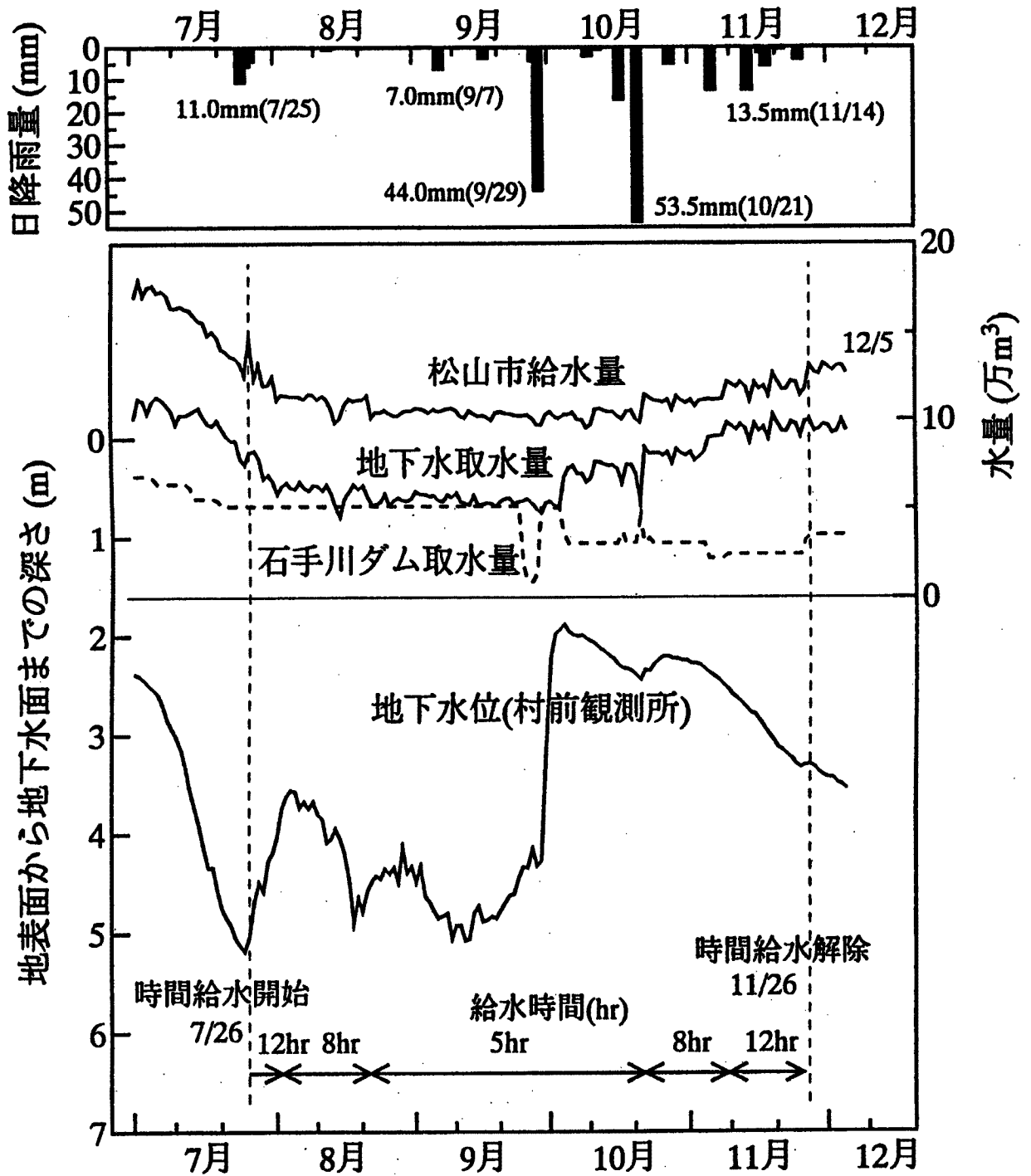


Fig. 11 Variation of ground water level, municipal supplied water, intaked ground water, supplied water from dam reservoir and daily rainfall at Matsuyama

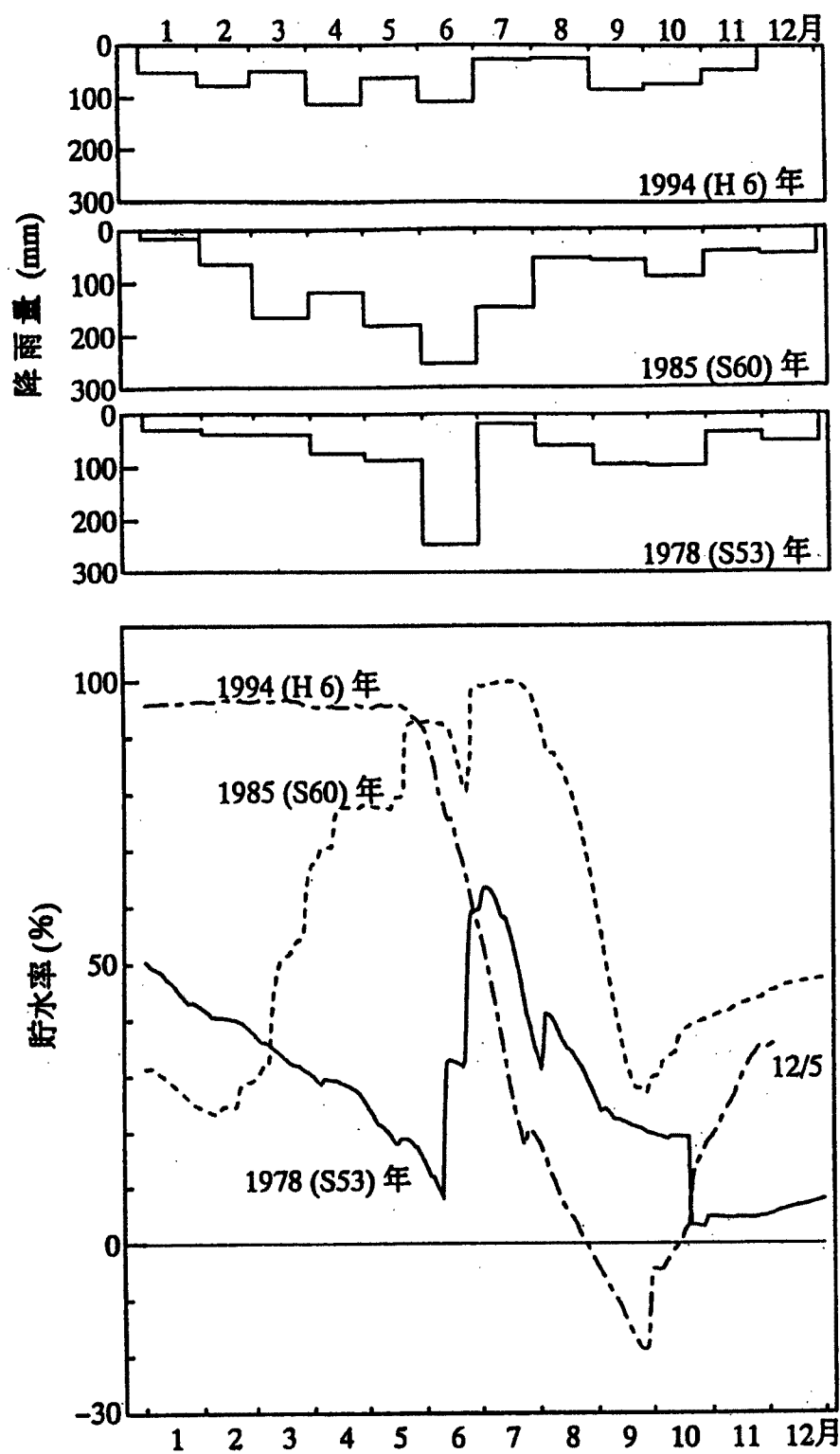


Fig. 12 Variation of reservoir storage ratio at Ishidegawa Dam

さらに厳しい渇水状況に見舞われているのは長崎県佐世保市で、水道専用の下原ダム貯水率が7月に入ってから急激に減少し、9月半ばで底をついた。そのため長崎市および近隣市町村から緊急救援水（ボックスパージ船による海上輸送）を受けたが現在も1日平均5.5時間の給水（一部、簡易水道で3時間給水）といった状況が継続している。

以上、各地方の渇水概況とその対応を見てきたが各水系とも異常少雨の長期化でダム貯水率の低下を余儀なくされ、取水制限においやられた。Fig. 13は水資源開発公団ダムを取り出してその貯水率と取水制限率をプロットしたものである²⁾が、ダムの貯水率の低下に応じて取水制限率をより厳しくしている状況が読みとれる。

5. 新聞報道にみる渇水認識度の動態

渇水に対する住民の認識度をはかる一つの指標として、新聞記事を取り上げ、その報道量により地域住民の関心度を調査した。今回の調査対象は福岡と高松の2地域にとどめた。前者にあつては西日本新聞、後者にあつては四国新聞という地元での販売数の多い新聞を取り上げ、それぞれの朝刊における渇水関連記事を全て収集した。収集期間は前者にあつては1993年1月1日から1994年11月12日まで、後者にあつては1994年6月26日から10月12日までである。その記事面積の日変化を測定した結果のうち特に記事量の多い94年7月1日から11月12日までをみたものがFig. 14である。Fig. 15は高松についてのものである。

7月に入ると雨が全く降らず、それとともにFig. 14に現れているように渇水に関する記事量が増大していき、8月4日に夜間断水が始まると、その後、連日新聞で渇水に関する記事が大きな面積を割いて報道され、12時間給水となる9月4日まで面積はおおよそ増加傾向になっている。ところが、12時間給水となった日あたりを境に記事面積は減少傾向に転じ、9月後半から10月になると大きく後退している。また、給水制限緩和が10月26日に行われたがその新聞記事にみられる反応は、給水制限が始まった8月初めの時と比べて大きな

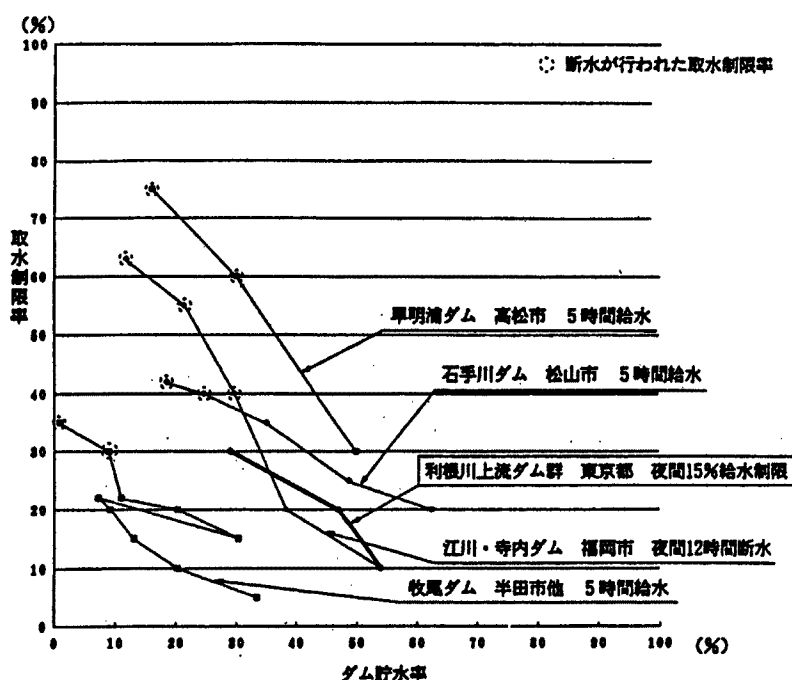


Fig. 13 Relation between reservoir storage ratio and saving water rate

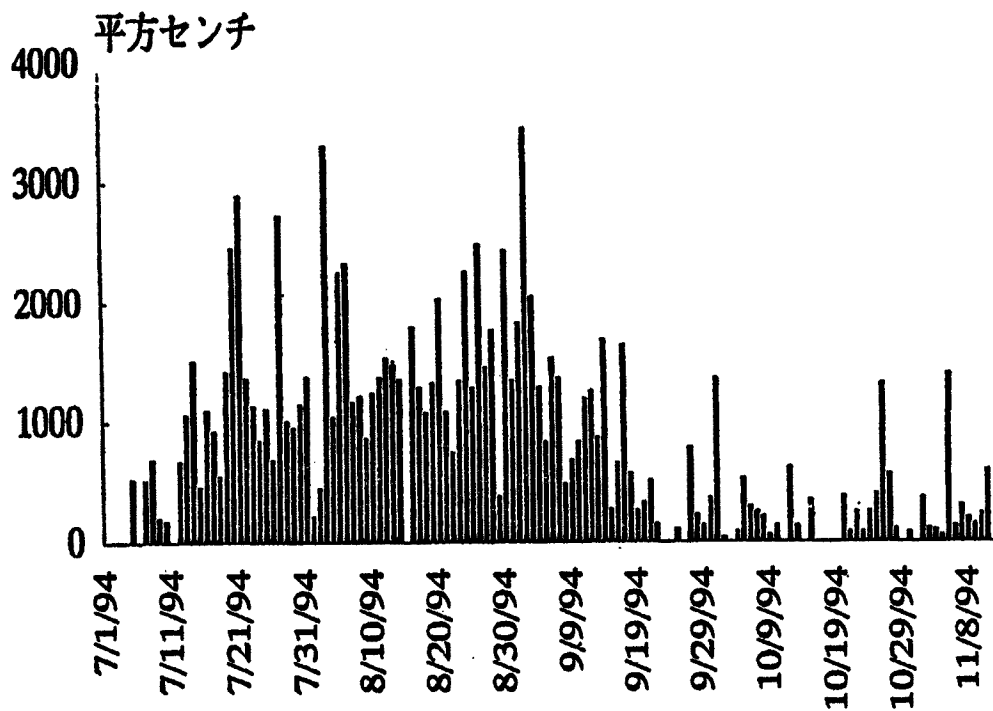


Fig. 14 Amount of news items concerned with drought at Fukuoka area

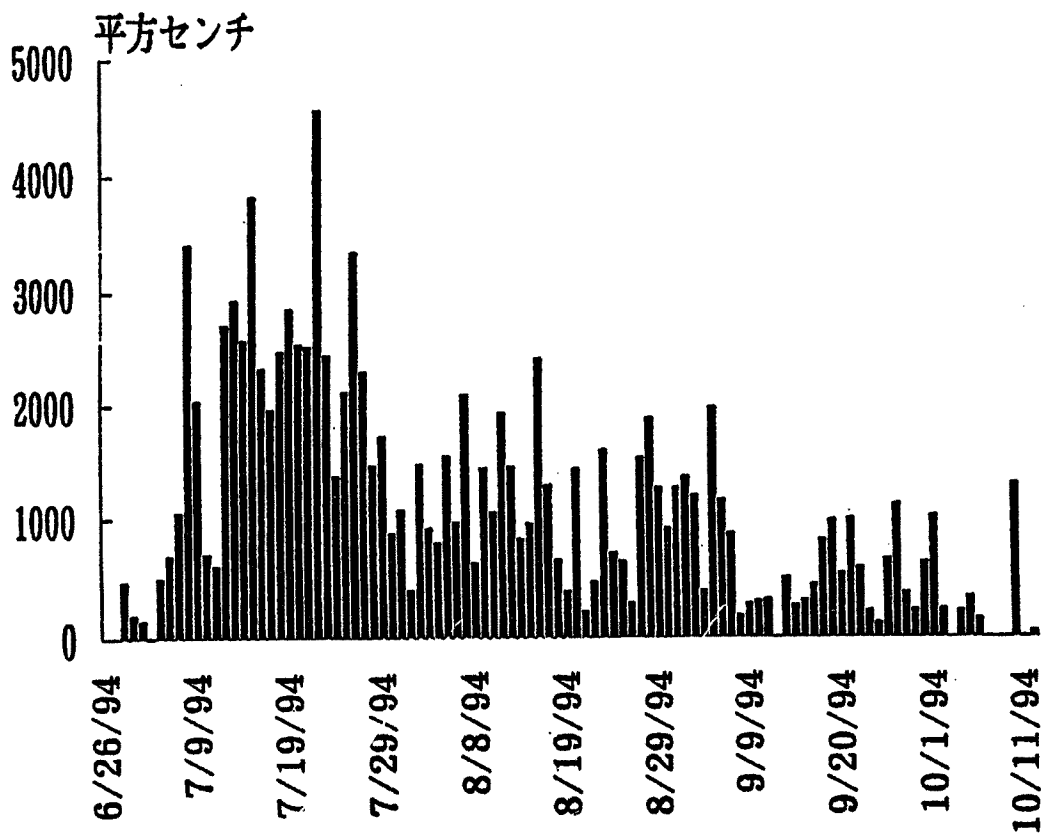


Fig. 15 Amount of news items concerned with drought at Takamatsu area

反応は起こっていない。

このことは、記事量が地域の人々の渇水に対する関心に関連していると考ええると、給水制限が開始してから1月ほど経つと、12時間断水と給水制限が厳しくなったにもかかわらず、給水制限のもとでの生活が日常的なものとなり、改めて取り上げるほどではなく、渇水に対する関心が減衰傾向を示しているためと考えられる。このことは高松について取り上げたFig. 15においてもほぼ同様の傾向が読みとれる。

福岡については昭和53年の福岡大渇水、高松については昭和48年の高松砂漠と呼ばれた渇水、それにその間の平常年の新聞記事を収集し、それぞれの経年傾向についても分析していきたい。渇水は我が国にあっては人の生命を奪うほどの厳しいレベルにはならないこともあってか渇水に対応して策定された対策がいつのまにか忘れ去られ、渇水が起こるたびに経験から学び直すことになる可能性が高いので住民に節水意識を啓発する上で、また、渇水意識の持続化をはかるためにも、記事量による渇水認識の計量化とその報道の取り上げ方に対しても何らかの有効な方策を検討していきたい。

6. 総合的な渇水対策

渇水が発生すると農業サイドにあっては番水といった一種の時間給水を強いられるし、それ以外の水需要者にとっても節水はもとより減圧給水、時間給水さらには断水といった段階を、気象・水文状況等の推移にともなって強いられ、この間快適性、利便性、生産性の減少とともに生活様式の変更も余儀なくされる。家庭ではポリ容器・使い捨て食器・インスタント食品・ボトルウォーター等の購入による不時の出費、プールの使用自粛、水を使用する業種の売上高の減少、出荷額の減少等、国民生活や地域の経済・社会活動に深刻な影響を与えることは平成6年の渇水を見ても明らかである。

こうした渇水の発生による国民生活及び経済社会活動への影響の増大に対して、我々は本渇水での対応、経験等をふまえて適確な対応策を実施していく必要がある。

渇水対策に関わる各種施策を総合的かつ計画的に実施するためには、地域毎にFig. 16に示すような渇水対策を総合的に策定する必要がある。総合的な渇水対策の策定にあたっては、地域の水利用の動向やその将来予測等をふまえ、長期的かつ総合的な視点にたつて施設計画等のハードな施策及び渇水時の調整等ソフトな施策を講じるとともに供給サイドだけでなく、需要サイドにあっては種々の対応策を考えておく必要がある。

以下ではこれらの中からいくつかの施策を採り上げ概説する。

6.1 渇水対策ダム

異常渇水対策として、通常の利水容量とは別途に異常渇水時においても社会生活を維持するために最小限必要な生活用水、都市用水等を供給するための貯水容量（渇水対策容量）を確保することは、異常渇水時における社会的な混乱を防ぐうえからきわめて重要である。

渇水対策容量は、Fig. 17に示すように、通常の利水容量の使用後に渇水調整の実施とあわせて使用するためのものである。重要かつ開発の進んだ河川では、10年に1回程度の渇水までは計画通り取水制限することなしに水を供給するが、それ以上の超過渇水対策として、当面、戦後最大渇水までは取水を制限しつつ水供給を可能とするような貯水池容量を設けるという考え方である。節水の目安としては例えば、累加節水率が2,000%・日までとするための容量を設定すること等が考えられる。累加節水率が2,000%・日をこえると非常に大きな渇水被害が起こると考えられるからである。

渇水対策容量を確保することにより、異常渇水に対応できるほか、実質の利水安全度を計画安全度どおりに確保することができる。現在は計画を越える異常渇水に対する備えがないことから利水容量が少なくなると渇水調整に入る。このため、実質の渇水頻度が上がっている。これに対し渇水対策容量を確保することにより、通常の利水容量を計画通りに運用することが可能となり実質の利水安全度が向上する。

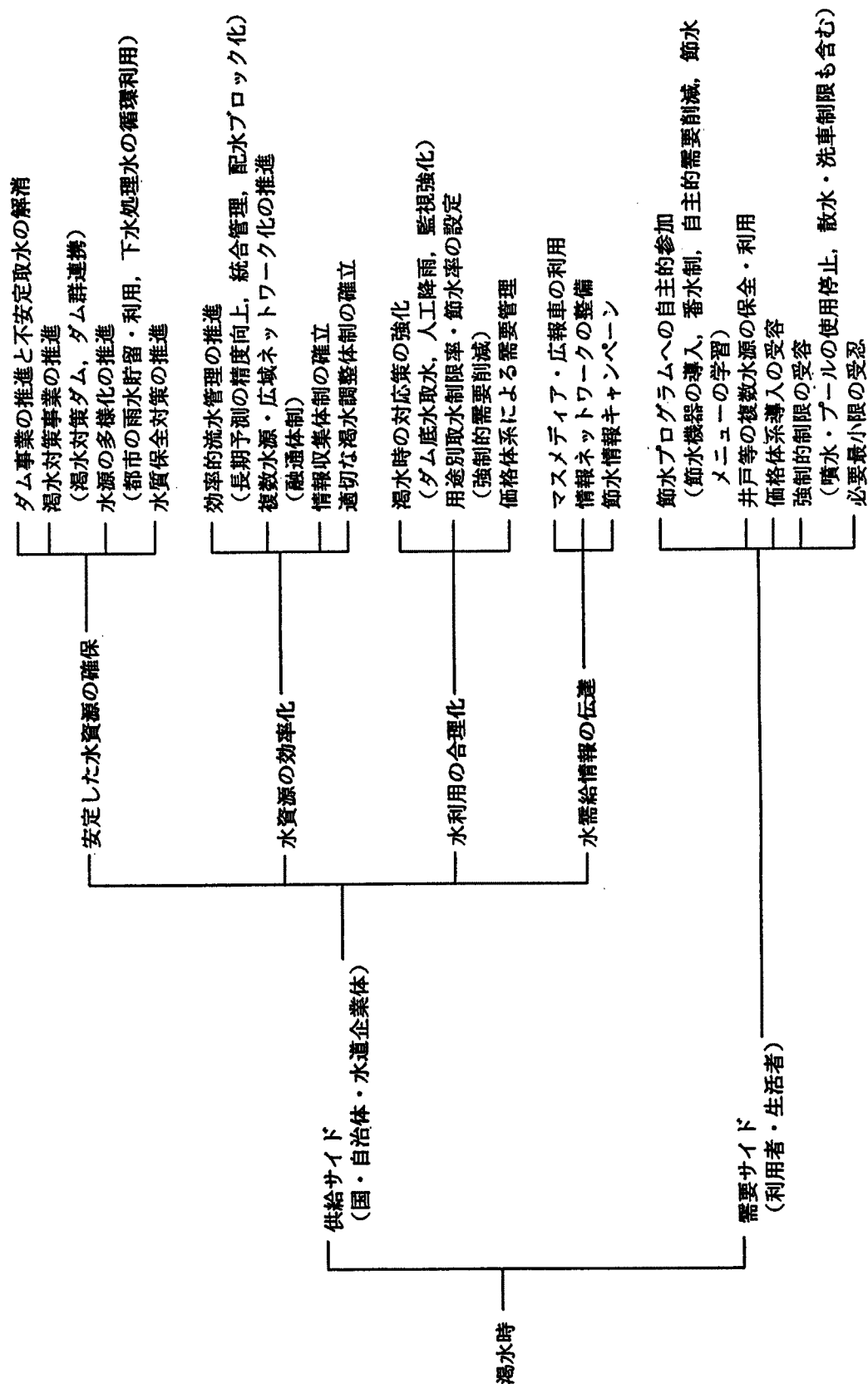


Fig. 16 Integrated drought management

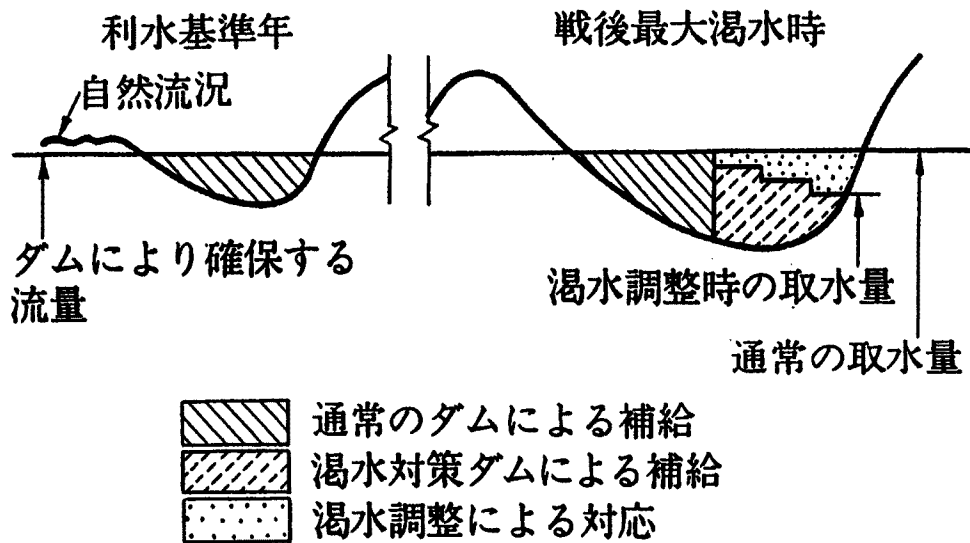


Fig. 17 Dam against extraordinary drought

6.2 ダム群の連携活用

既設施設等の有効活用等による緊急対策としてダム群の連携活用が考えられる。隣接する既設ダム群を連絡水路で連結し、無効放流を他ダムに貯留することにより既設ダム容量の有効利用を行う。

6.3 渇水調整

渇水調整とは、渇水時において利水者からの必要水量を確保できなくなった場合の取水制限等にかかわる利水者間の調整であり、河川法第53条に規定されている。なお、農業用水において渇水時に取られる番水制は用水組合（土地改良区）を供給サイドと見れば、農業用水間での渇水調整と見ることができ、利用者である農家自身を需要サイドと見ると自主的節水とも捉えることができる。いずれにしても渇水調整については種々のレベルがあるのでそれをふまえて再度取り上げておく。河川法で規定している渇水調整は取得が困難となった場合の事後的な対応である。また、当事者間が相互に他の水利使用を尊重して協議によって解決することを基本とするものである。最近の水需要が逼迫し、渇水が生じる恐れが大きくなる一方、水利用はダム等の人工的施設の操作に大きく依存せざるを得なくなってきたおり、渇水時の水使用の調整はただ単に水使用が困難となったときの利水者相互間の調整だけでなく、あらかじめダムの貯水状況、河川の流況、気象の状況等を総合的に勘案した上での事前の対応が必要となってきた。

このため、渇水が予想される河川においては、渇水時の水利使用の調整の時期および方法等についての協議を行うため、河川管理者、関係利水者等から構成される渇水調整協議会等の組織が設立されており、この協議会において事前の対応を含めた渇水調整について協議し、取水制限等取水制限の時期及び方法を決定するという方法が採られている例が多い。

こうしたダム貯水池による渇水流況調整は取水地点までの流況調整であるが、取水地点からさらに末端需要者に至るまでもいくつかの渇水調整問題がある。たとえば、利水者間、用途間の配分調整、いわゆるプライオリティや配分量の問題、給水系統の融通性の問題、水道事業体の給水制限のやり方、公平な給水制限の実施方法、などがある。

6.4 水利権の調整・融通体制

すでに述べた漏水調整による用途別取水制限率や節水率の設定、合理的かつ緊急的な水利用転用は大きな水利権調整であり、また農水や発電用水の都市用水への緊急的な融通もはかられている。ただ、この場合でも、こうした水利権調整や融通体制がスムーズに実施されるよう前もって漏水対策としてルール化とまでは行かないまでも組み込まれていることが望ましい。

6.5 需要管理

漏水時には供給水源が減少しているので、需要側の水管理として需要を削減するプログラムも計画的・施策的に考えておく必要がある。

(1) 漏水防止

送配水中に無駄になる水量を低減させるものであり、平常時から取り組んでおくことはもちろんであるが、漏水時にあってはさらに厳しくみておく必要がある。水道本管や枝管の総延長が長くなるにつれ、その接合部や老朽部分での漏水がみられるので、漏水調査を行い、漏水が見つければ早急に修理を行う必要がある。以前と比べると漏水防止のプログラムが積極的に実施されてきており、最近では漏水率は10%程度にまで低減してきている。

(2) 節水型機器の導入・普及

炊事用水の削減を図る節水コマ、風呂水の再利用のための簡易ポンプ等の機器、節水型トイレ機器・節水型シャワーヘッド等各種節水機器の利用を奨励し、節水意識の普及・啓発を促進する。企業においても、水使用量の監視、リサイクル、再利用、冷却等の利用、機器の変更など節水努力に努める。

こうした節水型機器の普及や企業の節水対策はいずれも水利用者が自主的に必要な節水のイニシアティブを取ることが基本であり、各種情報の提供や地域イベント等の企画、広報活動等を通して節水意識の高揚をはかることが重要である。

(3) 料金体系と価格設定方式

節水を促進する料金及び価格設定戦略としては、使用量が増えるほど高くなる逓増型料金体系に加え、季節（ピーク）料金、量による追加料金アップ及び節水に対する各種の奨励料金の採用などがある。アメリカのいくつかの市では、こうした料金体系と価格設定方式の導入をはかり、節水が促進されたとの報告があるが、我が国でも今後検討すべき施策であろう。

6.6 節水型社会システムの形成

都市域内の雨水・排水の有効利用をはかるため、平常時から雨水貯留施設や配水再利用施設などを設置した住宅・建築物の建設を促進するために税制、低利融資等の支援策を講じるとともに、下水処理水の雑用水等への再利用を促進する。

都市における循環利用は、まず下水処理水を工業用水に供給する方式からはじまり、工業用水の回収利用、建築物における雑用水利用、下水処理水の環境用水への活用等と拡がってきているが、その用途は水洗トイレ用水が主体となっている。今後は、下水処理水を水洗トイレ用水や撒水等の雑用水等としてさらなる有効利用をはかるため、送水管、高度処理施設等の整備を行うとともに、道路、公園等における撒水・植栽管理や官庁施設、工業用水への供給など、下水処理水の幅広い活用を進める。

その他、効率的流水管理にあつては、発電ダムを含む複数ダムのプール運用等も考えられるが、そのためにもその管理情報のベースとなる長期の気象・水文予測の精度向上が望まれる。

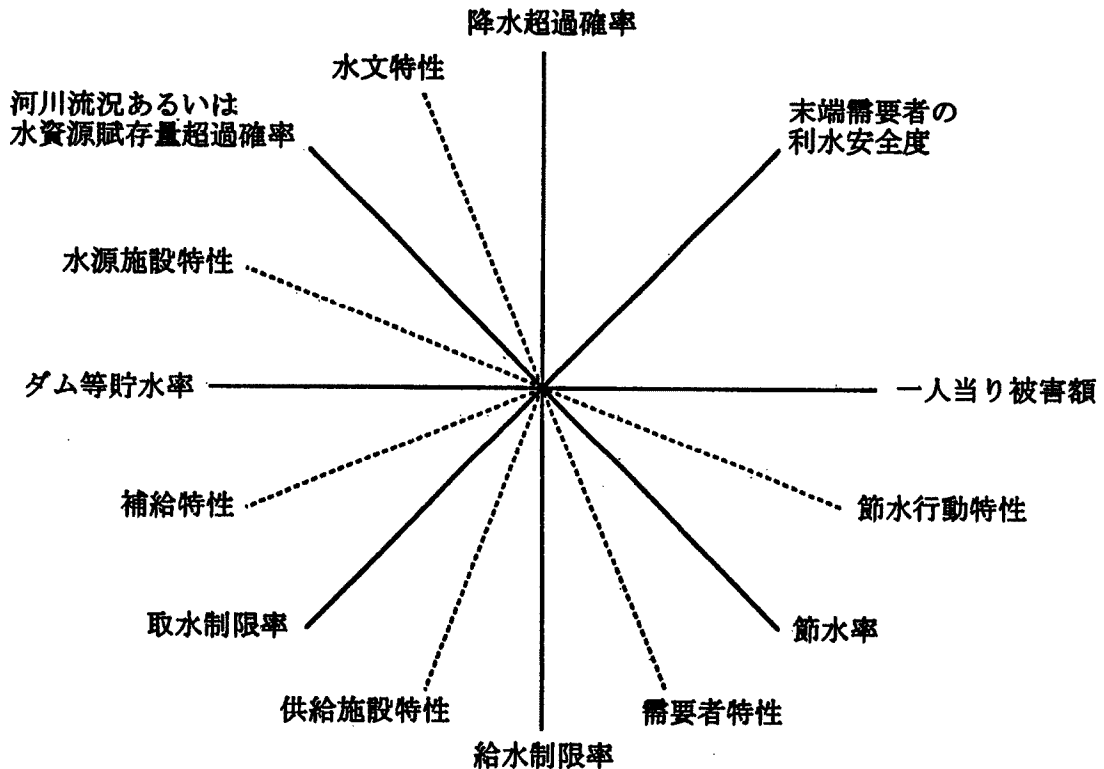


Fig. 18 Factor analysis on drought

7. おわりに

以上、異常高温、少雨を素因として生じた平成6年の渇水の特徴とその対応をふまえ、総合的な渇水対策の枠組みを述べてきたが今後はさらに関係省庁の関連データを収集・整理し、また現在実施しているアンケート調査結果などを取り入れて、たとえばFig. 18に示すような降水超過確率が末端需要者の利水安全度にどのように関わってくるのかを分析・評価していきたい。

なお、平成7年1月17日未明発生した阪神・淡路大震災は総合的な水資源対策として正常時（平常時）、ここで挙げた渇水時に加え災害緊急時というステージを水資源計画、管理問題に内部化していくことの重要性を提起しており、その対応策を早急に検討していきたい。

最後に、本調査は池淵を代表者とし、以下のメンバーで実施したことを付記しておく。

合田広（（財）気象協会関西本部）、柏井条介・廣瀬昌由（建設省土木研究所）、中村良太（東大・農）、砂田憲吾（山梨大・工）、安藤義久（都立大・工）、小尻利治（岐阜大・工）、宇治橋康行（福井工大・工）、宝馨（京大・防災研）、渡辺紹裕（京大・農）、杉山裕・横江義之（建設技研）、蔵重俊夫（日水コン）、多々納裕一（鳥取大・工）渡辺政広（愛媛大・工）、神野健二・河村明（九大・工）。

また、関連データ情報等の提供をいただいた国土庁・建設省・農水省・電力会社・気象協会などには紙面を借りて厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 吉川秀夫・竹内邦良：渇水持続曲線の性質と応用，土木学会論文報告集，第234号，1975。
- 2) 田中慎一郎：平成6年首都圏渇水，水登とともに，No. 372，1994。