

京都大学防災研究所 正員 宝 馨
 (株) 日水コン 渡辺 晴彦
 京都大学防災研究所 正員 岡 太郎

京都大学防災研究所 正員 池淵 周一
 京都大学防災研究所 学生員 〇上坂 龍平

1.はじめに

平成6年は、春から秋にかけて未曾有の少雨に見舞われ、全国的な規模で渇水となり、国民生活に多大な影響を与えた。本研究では、この平成6年渇水について、全国46地点の過去約100年の降水量データをもとに統計的評価を行い、各地の渇水の規模を定量的に明らかにするとともに、渇水の時間的空間的分布状況を把握することを目的とする。

2.手法

(1) 気候特性の異なる全国14地点(網走、石巻、新潟、東京、名古屋、長野、京都、和歌山、広島、境、徳島、松山、福岡、長崎)の渇水持続曲線(DDC, Drought duration curve)を描き、渇水規模の時間的経過を考察する。また、各地のDDCを比較する。

(2) 全国46地点の期間別降雨(夏季を中心とする1~4ヵ月降雨及び12ヵ月降雨)のリターンピリオドを求め、それを全国マップに描く。そして、各地の渇水規模の時空間的経過を考察する。

3.DDCから見た渇水規模

渇水持続曲線(DDC)は、強度、期間、頻度曲線(Intensity-duration-frequency curve)の一種であり、特に水量の少ない場合に着目したものである(竹内, 1982)。N年間の水文時系列 r_i が与えられているとき、このデータセットにおける、 $T_k = (N + 1) / k$ 年渇水のDDCは

$$f_k(M) = k\text{-th smallest}_{j=1, \dots, N} \frac{1}{M} \sum_{i=t_1}^{t_2=t_1+M-1} r_i$$

r_i : 月単位降水量の時系列

t_j : $M=1$ に相当する月 ($t_j=1\sim 12$ のいずれか)

$$M: 1 \leq M \leq 36$$

のようになる。

一例として、京都と松山の1月起点と6月起点のDDCを図1(a),(b)、図2(a),(b)に示した。京都については、6月以降の降水量の少なさが図1(a)から見て歴然としている。DDCのグラフの特色から、渇水の持続性が手にとるようにわかる。実際、琵琶湖の水位も9月15日に-123cmの史上最低を記録し、一庫ダムをはじめとして淀川水系のほぼ全域で取水制限が行われた(表1, 国土庁長官官房水資源部, 1995)。この原因として、降水量の少なさに加えて、関東地方と同様に都市化にともなう1人あたりの水資源賦存量の少なさが考えられる。平成6年渇水で最も被害の大きかったとされる松山では上水道が7~11月まで給水制限を余儀なくされ、特に8~10月にかけては19時間断水が実施された(表1)。図2を見ても渇水の持続性がよくわかり、また特に図2(b)から、かなりworstを下回っているのがわかる。グラフの形としては、広島に近く、瀬戸内海気候区に属するためだと考えられる。

夏期限定の渇水状況を知るには6月起点DDCの $M=1\sim 4$ あたりを見ればよい。また、1月起点DDC、6月起点DDCともに、 $M=12$ あたりから勾配が緩やかになっているが、これは、 M (移動平均をとる期間)が増加するにつれて平均化され、大きな変動が起りにくくなるためと考えられる。

Kaoru TAKARA, Shuichi IKEBUCHI, Haruhiko WATANABE, Ryuhei UESAKA, Taro OKA

実際渇水の被害の出た地域とDDC上で1994年のグラフが顕著に持続性少雨を表わしていた地域とが、ほぼ一致した。渇水の原因として様々な要因が考えられている。その中で、こうした雨量時系列に基づく渇水持続曲線が渇水の持続性を視覚的にとらえるのにきわめて有効であることを確認した。

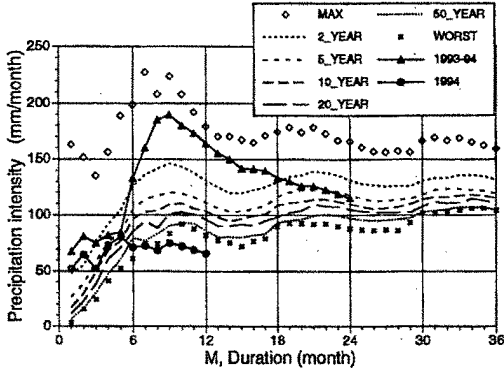


図1(a) 京都1月起点DDC

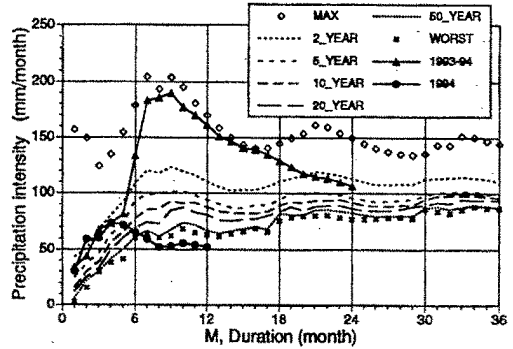


図2(a) 松山1月起点DDC

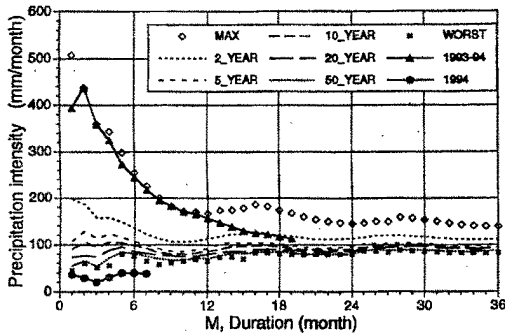


図1(b) 京都6月起点DDC

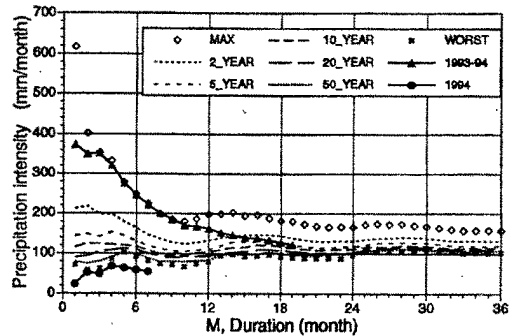


図2(b) 松山6月起点DDC

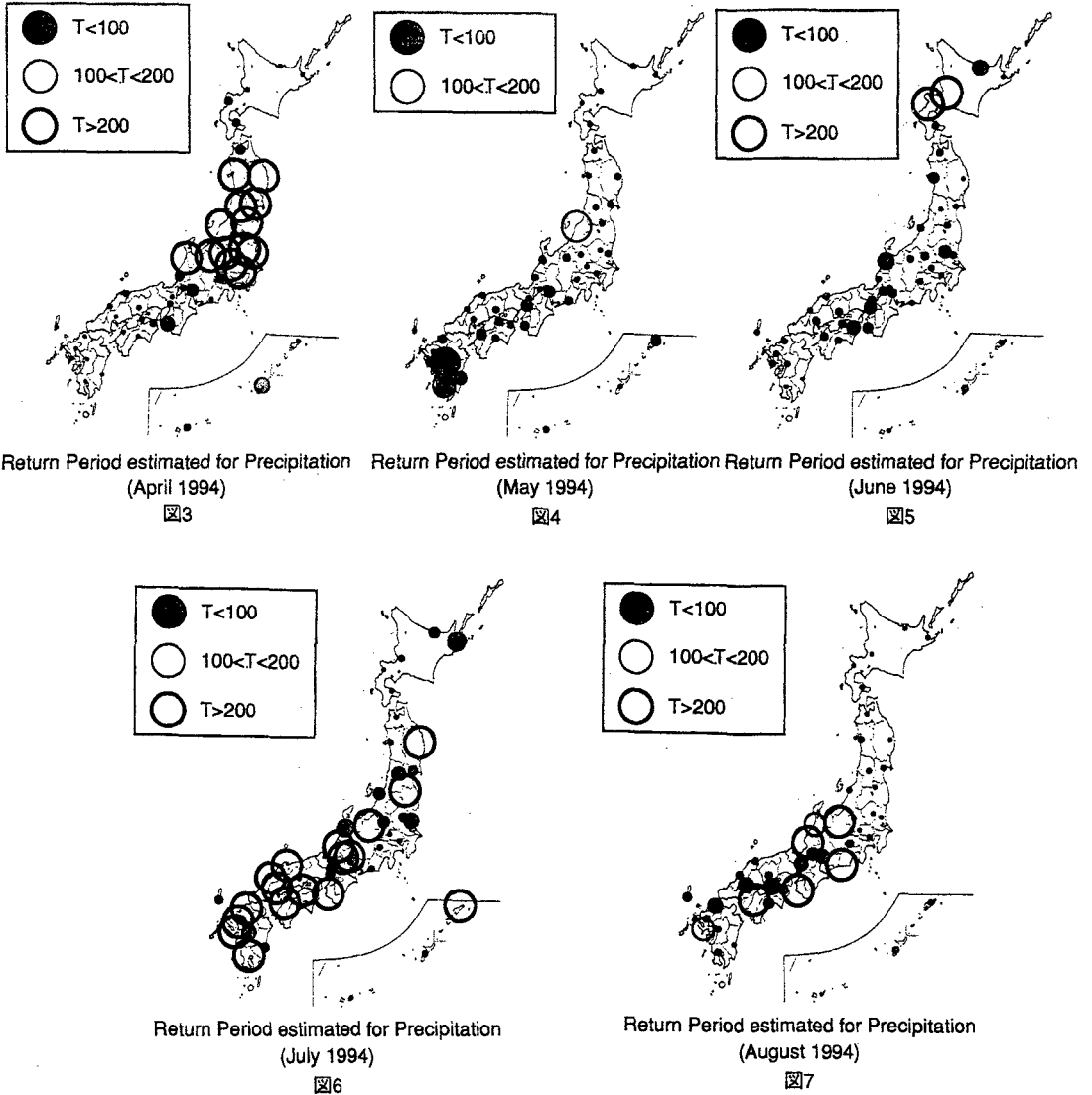
水系名	ダム名	取水制限開始～閉鎖	最大取水制限率			
			上水	工業	農水	—
新阿用	—	4.28～5.5	10	10	15	
利根川	上流ダム	7.22～8.10	30	30	30	
宮川	二瀬ダム	8.17～8.19	—	—	—	
信濃川	—	7.30～8.1	30	30	—	
	—	8.3～8.21	50	50	—	
大井川	—	7.12～10.1	20	38	50	
	—	7.3.11～4.4	10	15	15	
天竜川	—	8.18～8.20	5	10	10	
	—	7.15～8.18	10	30	30	
	—	12.17～7.4.8	5	10	10	
	美和ダム	7.14～8.5	—	—	25	
—	8.17～8.9	—	—	—		
矢作川	矢作ダム	8.30～8.20	33	85	85	
木曾川	登壇ダム	8.8～11.14	35	85	85	
	牧野ダム	8.1～11.14	35	85	85	
	河本川ダム	7.11～11.14	35	85	—	
	藤山ダム	7.18～8.19	—	—	70	
奥川	平瀬ダム	8.18～10.25	55	80	80	
	—	7.2.10～8.25	20	40	40	
瀬田川	瀬田ダム	7.23～7.27	10	20	20	
瀬田川	岩手野ダム	7.28～8.15	10	20	20	
碓氷川	碓氷川	8.22～10.4	20	20	20	
	水原川3ダム	8.15～10.4	10	—	10	
	菅生ダム	7.8～8.20	58	—	—	
	一瀬ダム	8.8～7.5.12	30	—	40	

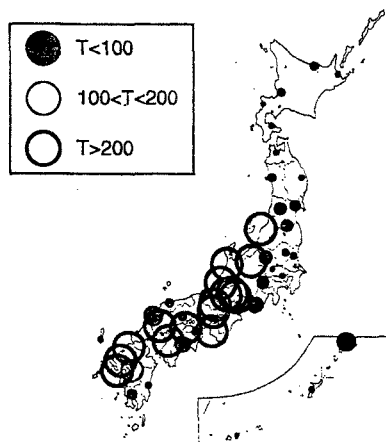
水系名	ダム名	取水制限開始～閉鎖	最大取水制限率		
			上水	工業	農水
加古川	—	7.28～8.28	30	40	40
徳島川	引籠ダム	8.4～8.28	—	90	50
紀の川	龍谷ダム	7.18～8.13	20	30	30
真田川	三川ダム	7.7～7.5.3	50	68	60
高城川	—	7.28～7.1.23	50	70	80
尾川	尾川ダム	8.17～11.8	20	30	50
太田川	— (江戸川・赤松大御 ダムとの分岐)	7.18～10.24	27	60	60
小瀬川	物産ダム	12.18～7.5.11	10	55	—
佐藤川	高瀬川ダム 佐藤川ダム	8.3～7.4.15	20	20	20
香野川	厚積川ダム	8.28～8.19	香川75	香川22	—
	—	8.21～11.14	香川30	香川25	—
	—	7.3.10～4.28	香川10	香川22	—
—	御瀬・新宮ダム	7.5～8.30	5	57	22.4
庄内川	庄内川ダム	8.25～7.5.2	42	—	47
磐梯川	水原ダム	7.18～7.28	—	—	25.8
—	—	8.22～10.4	—	—	25.8
仁徳川	大瀬ダム	7.12～7.25	—	—	36
—	—	8.28～8.29	—	—	34
藤原川	小笠野ダム 長安口ダム	7.15～7.23	—	20	5
—	—	7.3.8～4.28	—	20	50
筑後川	江川・香西ダム	7.7～7.6.1	50	30	79
山内川	龍馬川ダム	7.22～10.11	10	30	30

表1 平成6～7年の取水制限状況 (平成7年6月1日現在)
(国土庁長官官房水資源部, 1995)

4.平成6年渇水の時空間分析

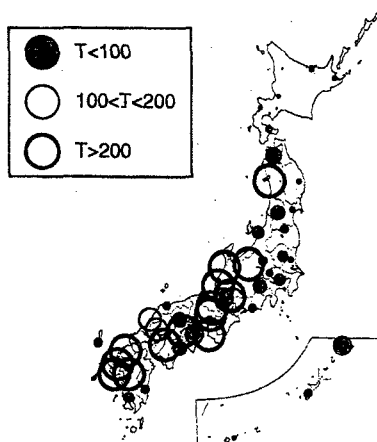
渇水の頻度解析を行うにあたって正規分布と対数正規分布を用いた。そして、年間降水量について適合度を調べた結果、対数正規分布モデルのほうが適合度が高い場合が多かったのを採用した。全国46地点の年間そして、1~4か月降雨のリターンピリオドTをマップ化し、少雨の時間的空間的推移を考察する。図3~図7に1か月降雨、図8に5~8月の4か月降雨、図9に年間降水量のリターンピリオドを描いた。まず、図3~図7から、4月に一時的に東北地方で $T > 200$ 年の少雨が生じし、その後7月頃から、西日本を南下しながら $T > 200$ 年の少雨となる地域が広まっていったのがわかる。また、7月を含む期間の降雨リターンピリオドでは、 $T > 200$ 年を満たす少雨の地域が非常に多く確認できた。これから、平成6年の年降水量の少なさの最大の要因となっているのは7月の降水量であると推測できる。また、図8と図9が非常に似ているのがわかる。これは、平成6年の少雨が5~8月に集中して生じていたことを表わすと考えられる。





Return Period estimated for Precipitation
(May-August 1994)

図8



Return Period estimated for Precipitation
(January-December 1994)

図9

5. おわりに

本研究の成果は以下のものである。

- 1) 気候特性の異なる全国14地点（網走、石巻、新潟、東京、名古屋、長野、京都、和歌山、広島、境、徳島、松山、福岡、長崎）の渇水持続曲線（DDC）を描いた。また、これらを用いて各地域ごとの渇水持続特性を明らかにすることができた。
- 2) 描いた渇水持続曲線（DDC）に平成6年の降雨強度時系列をオーバーレイすることにより平成6年渇水の規模と持続性が明確に把握できた。
- 3) 全国46地点の期間別降雨（1～4カ月降雨および12カ月降雨）のリターンピリオドを夏季を中心に求め、そのリターンピリオドを指標として全国マップに描いた。これを通して、全国各地の渇水規模の時間的・空間的経過を視覚的に捉えることができた。
- 4) 平成6年において、実際に取水制限の実施された場所や期間と、DDCやマップから少雨が生起していると読み取れる場所や期間とがほぼ一致することが確認できた。

参考文献

竹内邦良（1982）：渇水持続曲線による渇水時水文特性の把握と水管理への応用に関する研究，pp.19-21.

国土庁長官官房水資源部（1995）：日本の水資源—水に関する危機対策—，pp.8-9.

謝辞：本研究は平成7年度文部省科学研究費補助金・総合研究(A)「平成6年度渇水の気象・水文学的検証と渇水時のリスクマネジメントに関する研究」（07309008，代表・池淵周一）の補助を受けた。ここに記して、謝意を表す。