

II-65 近畿圏における水文学の解析

大阪大学工学部 正員 室田 明
同 正員 神田 徹
同 学生員 江藤 剛治
同 学生員 〇角湯 正剛

I. はじめに

近畿圏においては京阪神、播州地方の都市部、工業地帯で水需要過多となり、これを補うために日本海側の九頭竜川、由良川、田山川、太平洋側の紀の川、熊野川からの導水計画を含む広域水資源計画が考えられている。筆者らはこれまで木津川水系の月流量資料を用いて、単一流域に対する最適水貯留配分計画のためのイン・プットとしての月流量時系列の解析とそのシミュレーションを行ってきた。¹⁾ 本論文ではi) 流量資料について、木津川流量資料を用いて行った解析結果が他の河川へ一般的に適用できるか、ii) 雨量資料については広域水資源計画のための水文学的空間的特性の基礎的な検討という意味から、統計的な特性をあらためて検討してみた。

各流量観測点で同時に流量記録が得られる期間は非常に短いので(10年程度)、分布特性、時系列特性は流量資料で解析し、空間特性については雨量資料を用いた。資料は近畿諸河川の月流量資料および各測候所の月雨量資料を用いた。(1909年~1968年の60年間)。なお、できるだけ長い同時記録を得るために、測候所での観測資料がない場合は、最寄の観測点の資料で代用している。(Fig. 1 参照)

II. 流量資料の解析

1. 月平均流量の季節的変動について 月平均流量を年平均流量で割った値をFig. 6に示す。裏日本を①、瀬戸内を②、表日本を③とすると、①では融雪期、梅雨期、台風期にほぼ同程度の流量があり年間を通じて変動は小さい。田山川については融雪出水の多いのが目立つ。②では梅雨期、台風期の流量がほぼ同じであり、③では台風期の流量が大でともに季節的変動が大である。

2. 分布特性について 木津川月流量資料についてi) 月流量の分布はピアソンⅢ型分布とみながてよい、ii) 月流量資料は、L. R. Beardの方法により容易に $N(0, 1)$ に変換、逆変換できる、ことがわかっている。¹⁾²⁾ これらの特性が他の河川についても成り立つかどうかを調べる。

ピアソン系分布関数は

$$dy/dx = y \cdot (x+a)/(b+cx+dx^2) \quad (1)$$

の解で定義され、 a, b, c, d の値によって、いくつかの型に分類できる。どの型に属するかは、

$$K = \beta_1(\beta_2+3)/\{4(4\beta_2-3\beta_1)(3\beta_2-3\beta_1-6)\} \quad (2)$$

$$\text{ここに } \beta_1 = \mu_3/\mu_2, \beta_2 = \mu_4/\mu_2^2$$

なる K 値で判定する。 $K < 0$ のときはⅠ型、 $K = \infty$ のときはⅢ型であるが、実際には $K > 4$ 程度であればⅢ型とみなしてよい。各河川について計算した K 値の例をTable-2に示す。これより、ほとん



Fig. 1

どの地点の月流量の分布はピアソンI型であらわされることがわかる。しかし筆者らの経験によれば、I型分布であらわされる流量資料はIII型分布で近似してもさしつかえないから、一般に、Beardの方法を適用できるであろう。

3. 時系列特性について 自己相関係数などの計算により、木津川月流量資料はi) 単純マルコフ連鎖とみなせる、ii) 低水は連続性が強く高水は偶発性が強い、などの特性があきらかにされている。各河川についての自己相関係数の計算例をFig. 4に示す。各河川ともあまり大きな値はないから、単純マルコフ連鎖とみてよいだろう。低水と高水の連続性の差異については、流量資料が短いので十分な精度の計算はできなかった。

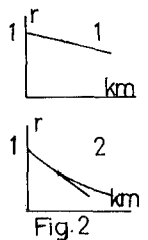
III. 雨量資料の解析

1. 平均値、標準偏差、変動率について 平均値、標準偏差、変動率についての計算例をFig. 7, Fig. 8に示す。時系列的には流量とほぼ同一の傾向を示すが、流域特性などの影響が入っていないので、同一地域ではより一致する傾向がみられる。いうまでもなく、空間的には冬期が⑩で多雨、⑨⑤で少雨なのに対し、夏期では⑩が多雨である。変動率については冬期の⑩の降雨が非常に安定しているのに対し、⑨の降雨は非常にバラツいているのが目立つ。

2. 空間的特性について 相互相関行列 $R = [r_{xy}]$ 、ただし

$$r_{xy} = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

を計算し、各地点を原点として示した図の例がFig. 9である。これらの図において、i) 非常に大きな気象要素（たとえば勢力の強い気団におおわれているときなど）に支配される降水が卓越する場合はFig. 2の1、ii) 小規模な擾乱（地形性降雨など）に支配される降水が卓越する場合はFig. 2の2ようになる。Fig. 9より、i) 強い高気圧におおわれる冬期は、⑨⑤地域に非常に広い範囲にわたって高相関地域が広がることわかる。しかし北西の季節風による地形性降雨の卓越する⑩側諸地点間の相関はあまり高くない。また、⑨⑤側と⑩側は無相関であることから、⑨⑤側の降水は季節風に無関係に降ることがわかる。ii) 春期および秋霖期は、⑨⑤⑩とも同一曲線に乗ることから、支配的な降水の要因は同一のものであることがわかる。晩春期（5月）は、その中でもかなり広く高相関地域が広がり、降雨に支配的な気象要素のスケールもかなり大きいと考えられる。iii) 梅雨期においてもii)と同様のことが言えるが、高相関の範囲は必ずしも大きくない。これは地形性降雨や、局部的集中豪雨の影響によるのであろう。iv) 台風期においてもii)と同様のことが言える。また、高相関の範囲はかなり大きい。



IV. 広域水資源計画のための検討

1. 基本的な考え方 導水計画を含む広域水資源計画を考える場合の基本的な考え方として、つぎの2つの考え方がある。i) 導水により水を得る側の水量を平均的にレベル・アップする。ii) ランダム変動成分を相互に分配することにより小さくする（エントロピーを大きくする）。前者の典型的な例は一定量分水である。現在計画中の広域水資源開発計画をFig. 3に示す。

2. レベル・アップの場合 近畿圏では、年間を通じて給水量と需要水量の差が十分に大きいような河川はないと考えられるから、年間を通じてのレベル・アップを検討することは意味がない。冬期についてはFig. 7などからわかるように“円山川ー播磨平野”、“九頭竜ー京阪神”などの計画

は十分検討されて良い。逆に“紀の川・熊野川ー京阪神”の計画は、夏期の①地域の変動率が非常に大きいことを考えると、レベル・アップと言う意味からはあまり妥当な計画とはいえない。

3. ランダム変動成分の平滑化 この場合は相互相関係数ができるだけ小さく(理想的には $r=-1.0$)、標準偏差が大きいほど効果的である。Fig.9で支配的な気象擾乱の規模を表わすために、それを特徴的に表わしていると考えられる、 $r=0.6$ のときの原点からの距離で規模を代表させる。これを地域別、季節別にまとめたものがTable.1である。この表より、ランダム変動を平滑化するための効果的な導水を行なうには、オーダー的に見て100キロ以上離れた地点間でなければならない。特に大阪湾周辺、播州平野などの広域上水道が計画されている地点間では、年間を通じて相関係数が常に $r=0.8\sim0.9$ と非常に高いことを考えると、変動成分の平滑化という意味からは、これらの計画は無意味である。

それ以外の導水計画についてつぎのような計算を行なった。一々の流量 X を与えたときの他方の流量 Y の条件付分布の標準偏差 σ_y' は、近似的に

$\sigma_y' = \sigma_y \sqrt{1 - r_{xy}^2}$ で与えられるので $F_{xy} = \sigma_x / \sigma_y \sqrt{1 - r_{xy}^2}$ でその妥当性を検討する。資料は、流域での貯留効果なども検討できるように、(月雨量 $\times$ 流域面積)を用いた。計算例をFig.5に示す。これによりランダム性を減少させるという意味であれば、夏期の流量についてはどの計画もかなり有意であることがわかる。しかし“丹山川ー播州平野”の計画で、8月については相関が非常に高くなり F 値が小さくなるので必ずしもこのような効果は期待できない。これらは月流量についての考察であるが、実際には流域内での貯水可能量により考えを変えなければならない。極端な例では、非常に大きなダムにより時系列的変動をすべて取り除くと、レベルアップだけが問題となる。これらの関係を把握するために、2ヶ月流量、3ヶ月流量、……について同様の検討を行なっているので、講演時に発表する。

[参考文献]

- 1). 室田. 神田「利水を対象とした流量時系列の解析について」第13回水理講演会講演集
- 2). L.R. Beard “Use of Interrelated Records to Simulated Streamflow” Journal of the Hy. Div., Proc. of A.S.C.E. Sept. 1966

TSUKI	Kuzuryu	Kizu	Kindakawa
1	-0.291	-0.120	-0.158
2	-0.258	-0.665	-0.195
3	-0.387	-0.021	-0.547
4	0.316	-0.175	-0.126
5	-0.901	53.746	-0.178
6	-0.776	-0.539	-0.281
7	-0.851	-0.402	-0.346
8	-0.937	-1.606	-0.502
9	-0.123	-0.293	-0.682
10	-0.127	-1.345	-0.141
11	-0.311	-1.557	-0.880
12	0.938	-0.148	-0.164

Table 2 K 値

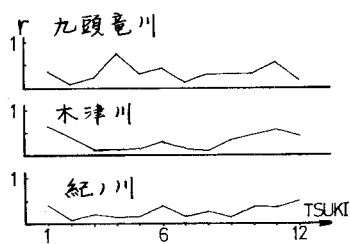


Fig.4 自己相関係数

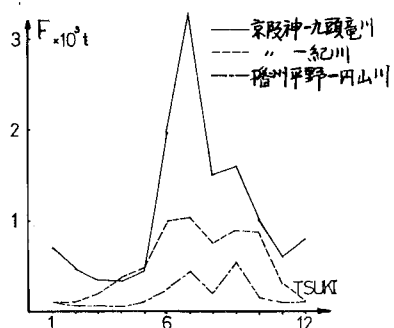


Fig.5 $F = \sigma_x / \sigma_y \sqrt{1 - r_{xy}^2}$

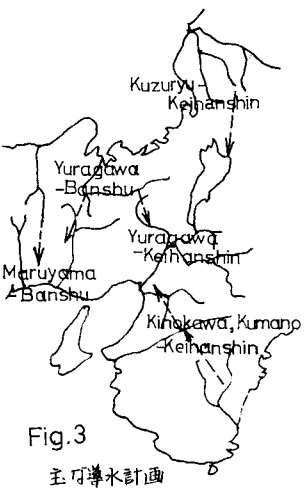


Fig.3 主要導水計画

TSUKI	Ura	Setouchi	Omote
12-2	50-75	200	
3-4	100	150	
5	150	200	
6-7	100	150	
8	100		
9-10	150	200	
11	100		

Table 1 単位は Km

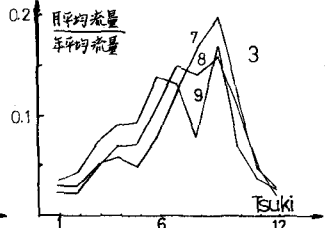
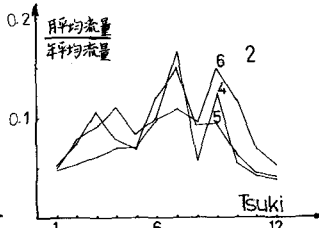
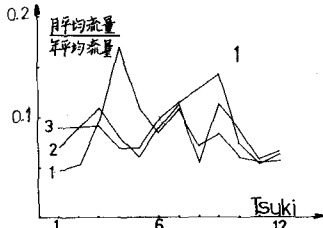


Fig.6 流量の平均的変動

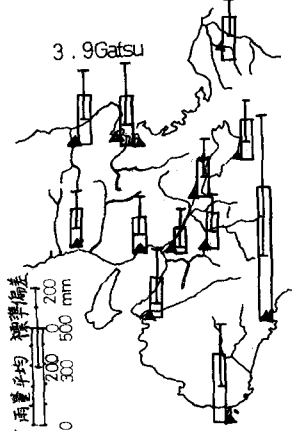
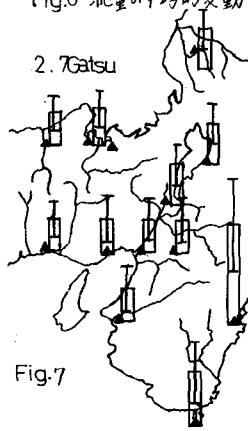
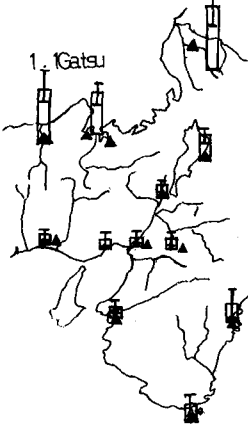


Fig.7

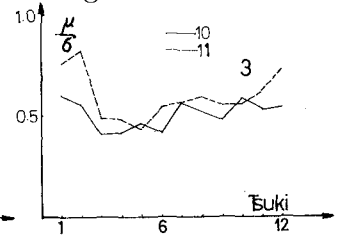
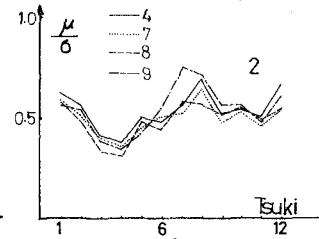
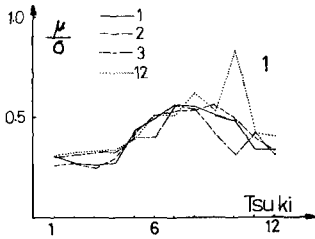


Fig.8 雨量の変動率

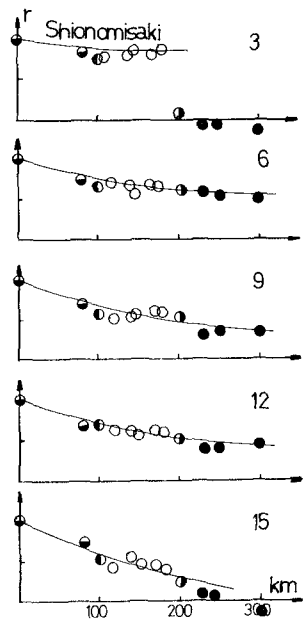
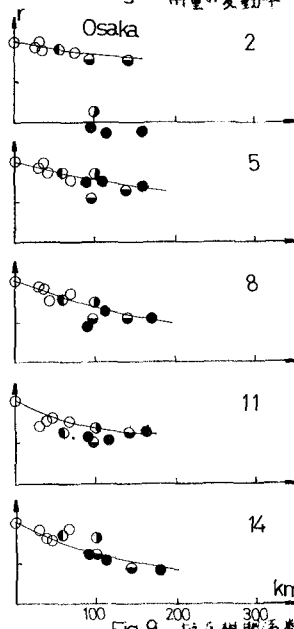
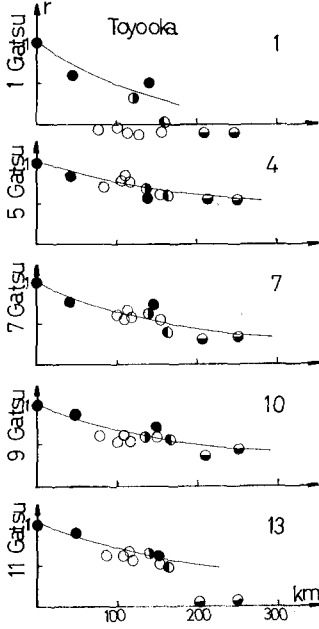


Fig.9 相互相関係数