

京都大学工学部 正 員 石原藤次郎
 京都大学工学部 正 員 高 棹 琢馬
 京都大学工学部 正 員 ○田中 雄作

II はしかり

近年の国土開発の進展はめざましく、計画はしだいに奥地化の傾向を示している。このような状態では計画の基礎となる水文資料を十分に収集することはむずかしく、計画が具体化されるような時点でも、現地の資料は1～2年しか得られないような場合が多い。本研究では、水文資料として降水量と流量（水位）をとり、計画にあたって入手可能な資料を有効に活用し、不足したものを補って資料を整えるための方針を示した。さらに、由良川最上流部における計画を想定してこれを適用した。

② 水文資料の存在状態

考察の対象となる問題によって必要とされる資料の単位時間が異なる。長期的な問題には日単位あるいは月単位のものか、また、洪水などを取り扱う場合は少なくとも時間単位のものが必要であろう。以下に述べる方法では、前者に対しては日降水量、日流量を、また後者に対しては時間雨量、時間流量（水位）の記録を考慮することにする。

一般に、降水量の観測施設は流量のそれよりも設置しやすいので、観測地点も多く、観測期間も長いのが普通である。したがって、一地点の流量の観測期間がその上流域における降水量の観測期間よりも長い場合は少ないであろう。このように考えると、ひとつの計画地点における降水量と流量の資料の存在状態は図-1のように分類される。ここに、 $Q(L)$ 、 $Q(S)$ 、 $Q(O)$ はそれぞれ長期間にわたる数多くの流量資料が存在していること、若干の流量資料が存在していること、流量資料が存在しないことを意味している。降水資料についても同様に $R(L)$ 、 $R(S)$ 、 $R(O)$ で表わす。ひとつの計画地点の資料の存在状態はこれから6つのCaseのどれかひとつにあてはまる。

計画地点の資料が不十分な場合、すなわち①④⑤⑥⑦に相当する場合は、他の地点の資料をできる限り有効に利用してこれを補充する必要がある。このとき、他の地点の資料のうち有効なものは、計画地点のものより長期にわたるものでなければならぬから、計画地点の資料の状態によって、他地点における有効な資料存在状態の型は限定されるが、このことを明確にするために、つぎのような操作を行なう。1) 図-1と同様に、他地点の資料存在状態を図-2のように表わす。2) 図-3を図-1に重ねる。3) 図-1の6つのCaseについて、それぞれその位置より上段あるいは左側にあるものを図-3より選ぶ。このようにして、計画地点の名Caseにおける不足資料の補充に有効なものを、機械的な操作で選出することが出来る。こうした分類に従えば、ひとつの計画全体における資料の状態は、たとえばCase④-①であるというような表現ができる。一般に、水文解析に用いられ

		流量資料		
降水資料	R\Q	Q(L)	Q(S)	Q(O)
	R(L)	Ⅰ ₁	Ⅰ ₂	Ⅰ ₃
	R(S)	×	Ⅱ ₂	Ⅱ ₃
	R(O)	×	×	Ⅲ ₃

図-1

		流量資料			
降水資料	R\Q	Q(L)	Q(S)	Q(O)	
	R(L)	(A ₁)	(A ₂)	(A ₃)	
	R(S)	×	(B ₂)	(B ₃)	
	R(O)	×	×	(C ₃)	
	R(O)	×	×	(C ₃)	

図-2

る統計的手法は、標本である観測値から母集団を推定し、その性状をとらえようとするものであるが、観測資料はできるだけ充実したものが見え、図-1, 3において上段に、また左側にあるものほど精度の高い推定が可能であろう。

③ 資料整備の基本方針

このようにして、計画地点以外の有効な資料がわかれば、これを用いて計画地点の不足資料を推定、補充できるが、そのための方針をつぎの6つに大別する。①所要地点の十分な降水資料と十分な流量より同地点の十分な流量資料を得る。②所要地点の十分な流量資料と他地点の十分な流量資料より所要地点の十分な流量資料を得る。③所要地点の十分な降水資料と他地点の十分な降水資料より所要地点の十分な降水資料を得る。④所要地点に流量資料がない場合に、降水資料よりこれを求める。⑤他地点の資料をそのまま、あるいは若干の操作を加えて所要地点の資料として用いよう範囲を知る。⑥まったく資料がない地点においても、ある程度の精度で所要の資料を推定しよう方法を開発する。以上述べた計画地点の資料の存在状態と、それを補うための資料、およびその方針を図示すると図-3のようになるが、上段のものほど推定の精度としては高いとみてよい。個々の方法についてはすでにいくつかの推定法、解析法が提案されているが、わかれわかれ、上のような分類は本文資料の整備、さらには計画の手法の体系化、IL-4ン化の基礎となるものとして研究を進めている。

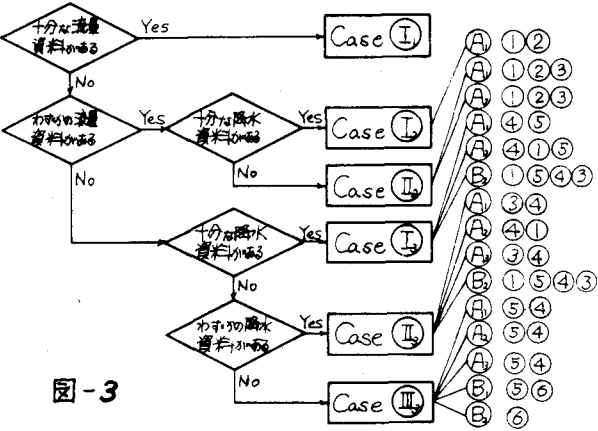


図-3

④ 適用例

図-4は由良川福知山上流域の概要である。いま、長治谷(5km²)に利水用ダムを建設することを想定し、問題を①洪水に要する日数の推定、②計画高水流量の算定の2点として上記の手法を適用し、具体的な検討を加えた。

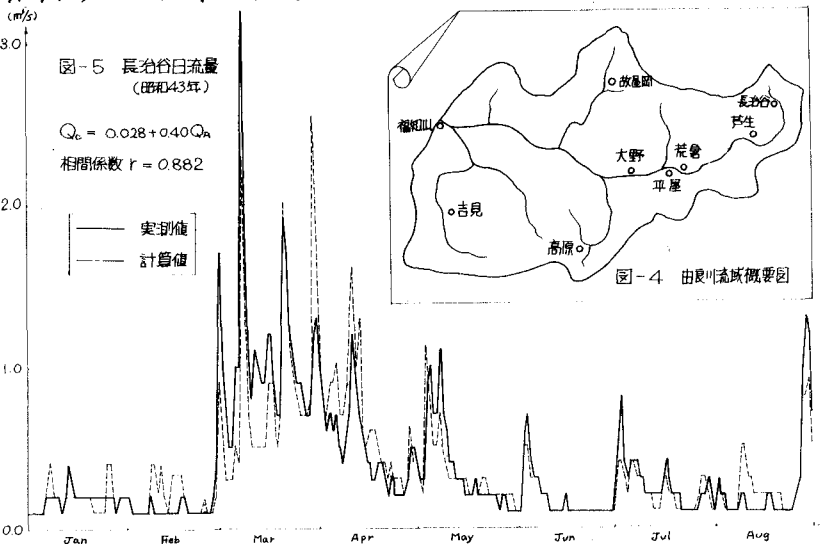


図-5 長治谷日流量 (昭和43年)
 $Q_c = 0.028 + 0.40Q_a$
相関係数 $r = 0.882$

図-4 由良川流域概要図

④については、長期間にわたる日流量資料が必要であるが、長治谷には1年半位の日降水量と日平均流量の資料が存在するにすぎない。下流の荒倉(159km²)には17年間の日流量資料が、また、戸生には19年間の日降水資料がある。このことより、④の問題に関する資料の状態はCaseⅣ-Aであるといえる。ここでは、図に述べた方針の②により長治谷、荒倉両地点の日流量の相関分析により、長治谷の17年間の日

流量系列を推定した。図-5にみられるように、大きなピークでは実測値とのズレがみられるが、相関係数は高く、このようにして求めた日流量系列は、問題④のための資料として十分有効であると考えられる。この資料を用いて、
 還水期間 T (日)も次式によって求めた。

$$\sum_{i=1}^N Q(i) \geq V$$

$$T = \min(N_2 - N_1) \dots (1)$$

 ここに、 N_1 : 還水開始日、
 N_2 : 還水終了日、 $Q(i)$: i 日の流入量(m^3)、 V : 貯水容量(m^3)である。流量は季節的な

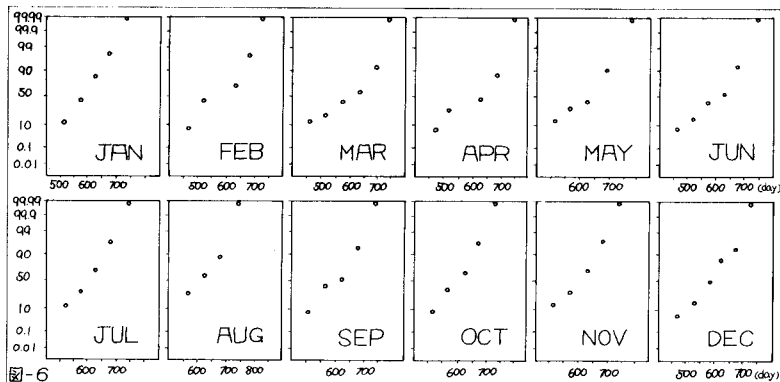


図-6

変動をするから、還水期間もその開始日によって変動するものと思われる。図-6に示したのは総貯水量(2264万 m^3)を還水する場合について、各月の初日を開始日とする各年の T の分布を正規確率紙上に表わしたものである。これをすべて正規分布であるとみなせば、母平均 μ が信頼係数 $(1-\alpha)$ で偶然変動する区間は、統計量 $t = (\bar{T} - \mu) \sqrt{n} / S$ が自由度 $(n-1)$ の t 分布をすることを用いて、次式で表わされる。

$$(\bar{T} + t_{\frac{1-\alpha}{2}} S / \sqrt{n}, \bar{T} + t_{1-\frac{1-\alpha}{2}} S / \sqrt{n}) \dots (2)$$

 ここに、 n : 標本数(年)、 $\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$ 、 $S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}$ 、 t_{α} : 自由度 $(n-1)$ の t 分布において $P(t \leq t_{\alpha}) = \alpha$ となる t_{α} の値である。(2)式によって求めた信頼係数90%の信頼区間を図-7に示す。同様の手法を死水量(75万 m^3)を還水する場合について行なった結果が図-8である。いずれの場合も2月開始の場合がもっとも短い期間で還水することを示しており、春期融雪水量が多いという山岳上流域の特徴を表わしている。また、貯水量が多くなり、還水期間が長くなると、平均値の変動は小さくなるが信頼区間は長くなる。(2)式より、 n が大きくなるほど同一信頼係数での信頼区間は短くなるから、資料は長期間にわたるものほど精度のよい推定が可能となる。ここでは平均値だけを考察したが、さらに全体の分布の確率的な評価について研究を進めている。

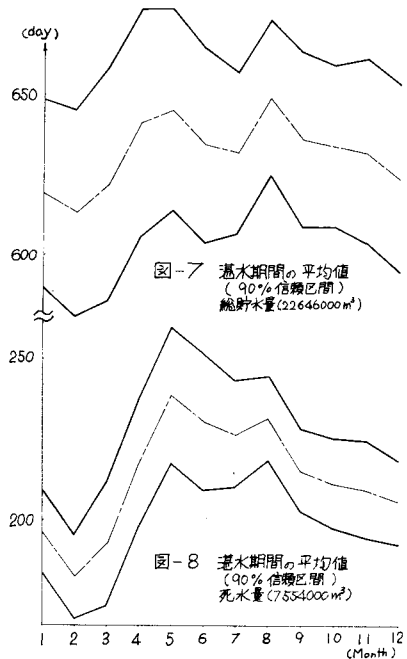
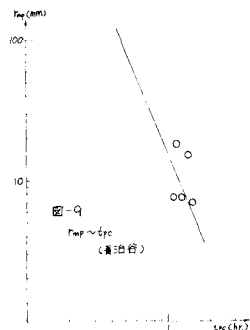


図-7 還水期間の平均値 (90%信頼区間) 総貯水量(22640000 m^3)

⑥の問題に関して、出水記録は長治谷における観測期間中には大きな出水はなく、二、三の中、小規模のものがあるだけである。下流に数点の測水所があり、また、由良川流域全体にいくつかの降雨観測所があって、それぞれ過去数回の大出水時における時間水位、および、かなり多くの時間降雨の記録がある。このことより、高水時の資料の状態は(ase⑬)-(A)であるといえる。これらの資料を有効に利用するために、ここでは計画高水流量を算定する方法として、特性曲線による最大流量決定法を用いた。この方法では、最大流量を生ずる降雨部分の到達時間 t_{pc} と、 t_{pc} 内 Λ の有効降雨強度

tmpの関係を知るための、少なくとも一つ以上の出水時のピーク流量発生時刻、およびそのときの時間降雨曲線が必要であるが、これらは長治谷における資料を用いて図-9のような結果を得た。さらに、確率降雨量を算出するための、長期にわたる年最大降雨量と、これを配分するための時間降雨波形が必要である。われわれが収集した資料によれば、大出水時の降雨は集中性、偶発性を示すことが多く、また、大体2日間にわたって降ることが多いところから、図に述べた方針の⑤によって、京都地方気象台(長治谷との水平距離約36km)における84年間の資料を用いることにし、年最大2日雨量の



非超過確率を極値確率紙上にプロットすると図-10のようになった。これはほぼ直線上にのっているのみなせるから、この分布をGumbel分布であるとして、²⁾確率2日降雨量を算定した。確率降雨量を配分するための基本降雨波形は、降雨の原因別に検討するのがよいと思われるが、これは今後の研究課題として残し、ここでは伊勢湾台風時の波形を用いた。長治谷とはこのときの記録はないので、図-⑤の方針に従ってこれを推定した。すなわち、由良川流域内のいくつかの地点の時間降雨記録より、ピーク時刻を一致させて百分率波形を作製し、さらに、3点移動平均法により平滑化すると図-11のようになる。この方法では急激なピークをもつものは極端に平滑化されるという欠点があるが、あまりはなれていない地点では、総降雨量、ピーク生起時刻に差があっても、基本的な波形はよく似ているということがわかる。ここでは、長治谷にもっとも近くて資料の完全な平屋の波形を採用した。これらの資料および手法によって算出した結果を表-1に示す。これは、この地方の年平均降水量(2000~2400mm)からみても、ほぼ妥当な値といえるであろう。

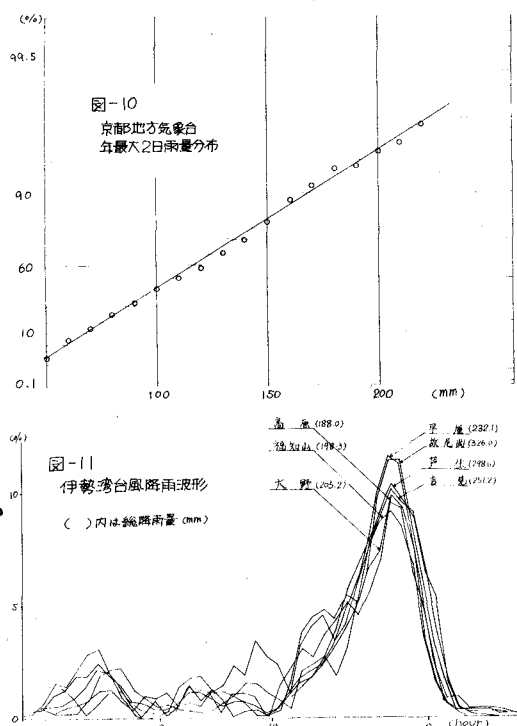


表 - 1

確率年	京都地方気象台 確率2日雨量(mm)	長治谷 確率洪水流量(m³/s)
50	270	43.9
100	300	49.7
150	320	52.6
200	330	54.7

5 まとめ

以上、水文資料の存在状態の把握と、その整備のための方針を示し、ひとつのCaseについて適用を試みたが、将来ますます複雑化する計画に対処するために、このような手法の手順を明確にしておくことは重要である。今後、気象学的、地形学的な観点からの接近も十分考慮して、普遍的、実地的な手法の開発に努めたいと考えている。

参考文献 1)石原(藤) 高村; 単位因法とその適用に関する基礎的研究, 土木学会論文集50号, 昭34
2)角屋; 水文統計論, 水工学シリーズ64-02, 土木学会水理委員会