II－34 諸出水解析法の適用限界について

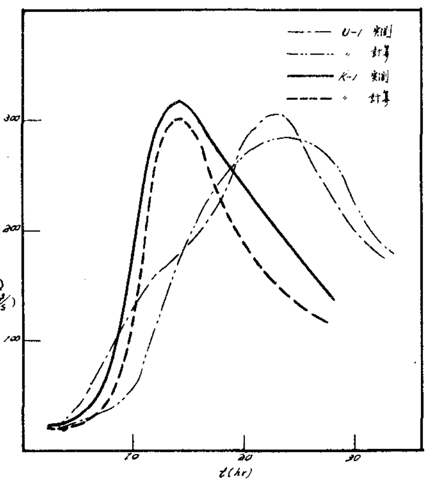
京都大学工学部　正員　高棹琢馬
大成建設株式会社　正員　○石村謙吉

本研究は，現存する各種の出水解析法の適用限界を論ずるために，“特性の異なる流域および一流域において規模の異なる出水”のそれぞれに各解析法がどの程度適合するかを実証的に検討し，ついで各解析法の原理，基礎仮説に検討を加えて工学的問題への対処を含んだ意味での広義の適用限界を考察したものである。

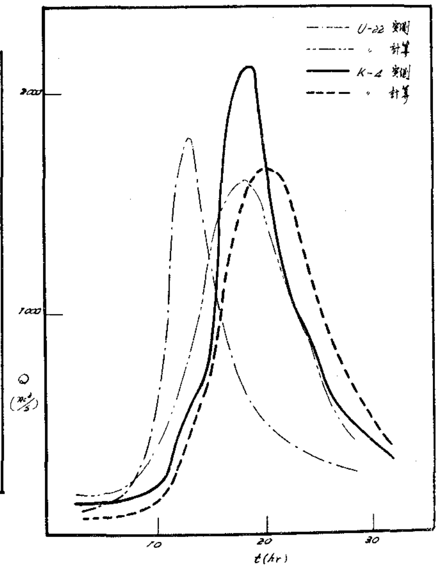
河川	地点名	面積 (Km²)	出水 NO.	最大時間雨量 (mm/hr.)	最大流量 (m³/sec)	初期流量 (m³/sec)
由良川	大野ダム	350	U－1	9.8	305	—
			U－13	9.8	343	15
			U－22	32.5	1790	36
神流川	若泉	374	K－1	13.7	318	19
			K－2	22.2	672	7
			K－4	29.5	2140	19

表－I

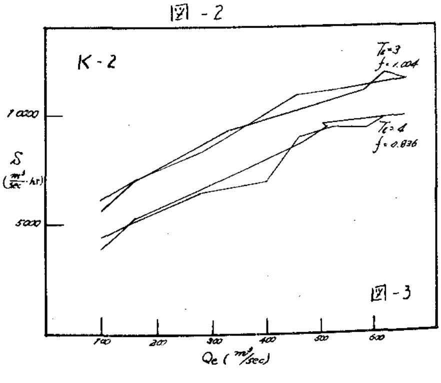
1．実証的検討；解析の対象とした主な水文資料を表－1に示す。出水解析法は，原理的には単位図法的概念によるものと貯留法的概念によるものとに大別できる．前者に対応するものとしては立神法を採用し，後者には木村の貯留関数法を採用した。図-1および図-2は立神法を適用した計算例であって，それぞれは同一規模の出水である。この結果から，計算値は二流域とも500～600(m^3/s)以下の出水に対しては観測値に近くなるが，それ以上になると適合性は悪くなる。木村の貯留関数法を適用した結果は講演時に述べるが，流入係数fの意義と最適な値の決定が問題であり，fの変化によるピーク流量変動の%がf変化の%より2倍程度以上になることはとくに問題である。一例として，図-3は同一出水に対するS～Q_e関係であるが，図からわかるようにどちらのfを採用してよいかわからない。



図－I



図－2



図－3

2．各解析法の基礎仮説と適用限界；現存する各解析法は，単位図法的なものと貯留法的なものとに大別できる。

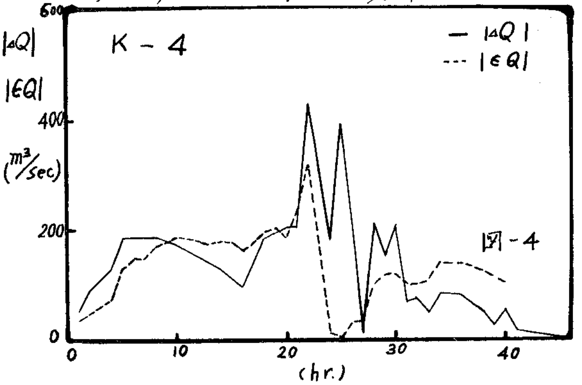
(1) 単位図法；単位図法の重ね合わせの手法をその基礎原理とすれば，出水系を線型時間不変（LTI）系として取り扱うことができる。そうした観点から，LTI系の数学的扱いによって，単位図作製の一般化を理論的に計ろうとする研究が最近かなり現われている。しかし，単位図法の基礎理念は観測資料から得られた単位図によって，個々の流域のもつ複雑で特有の性状を表現しようとするいわば現象の経験則にこそあり，またそこに利点があるのであって出水計算の際の重ね合わせの原理の使用は単に便宜的なものと考えるべきである。もし，出水系がLTIなら一流域に一つの単位図で十分なはずであるが，降雨強度あるいは出水規模による単位図の変化は最近定説化してきており，このことは上述の弱点を裏づけているといえる。こうした事情はわが国においてはとくに重視するべきである。単位図法は，この点でまず原理的に問題があり，その適合度は線型性の強い中間流出領域においてのみよいといえる。このことは，前節の実証的検討からも明らかである。(2) 貯留関数法；木村の貯留関数法は，原理的にはHortonによって提案された浸透式分を除いた貯留量Sと直接流出の流量Q_eとの1対1対応の概念にもとづいているといえる。ただ，流出面積（その理念は石原(藤)等が，昭35年に中間流理論を媒介としてすでに提案しており，この数年間にほぼ体系づけている）を考慮した流入係数fが導入されている。まず，SとQ_eの1対1対応関係を検討しよう。貯留関数$\varphi(Q_e)$は，$\varphi(Q_e)=dS/dQ_e$によって定義されるものである。計算過程は省略するが，特性曲線法理論を用いれば，

$\varphi(Q_e)=K'pQ_e^{p-1}-dF_1/dQ_e$ ⋯(1) で表わしうる。ここに，$K'=A^{1-p}L_g^{p}K$ であって，Aは流域面積，L_gは流域の代表長，$K=(n/\sqrt{\sin\theta})^{p}$で，nは粗度係数，$\sin\theta$は勾配であり，$p=0.6$である。

また，dF_1/dtは，

$$dF_1/dt = Q_e-(d\tau/dt)A\,r_f^*(\tau)$$

$$= pK'(dQ_e/dt)-(A\,r_f^*(t)-Q_e) \cdots (2)$$



ここに，r_f^*は出水現象の生起場を考慮した置換有効降雨であり，τとtはr_f^*に対応する特性曲線の出発および到達時刻である。(1)式から，1対1対応が成りたつためには，$dF_1/dt=0$か，$dF_1/dQ_e=f_m(Q_e)$のどちらかでなくてはならない。ところで，dF_1/dQ_eは，$\tau\sim t$間のr_f^*の平均化ができるとしたときにのみ，$dF_1/dQ_e=(1/(1+p))K'pQ_e^{p-1}$ ⋯(3) となり，r_f^*の平均化の条件が許されるときにのみ，$\varphi(Q_e)$は，$\varphi(Q_e)=(1-1/(1+p))K'pQ_e^{p-1}$ ⋯(4) で表わされる。(4)式は，種々のあいまいな仮定をおき，また観測資料を数多く要する木村の貯留関数の決定とは異なり，普遍的な意義すら与えよう。fはr_f^*と生起場という面では同一の概念にもとづいているが，十分でないために種々の難点が現われてくるわけである。r_f^*は出水系を中間流→生起場→地表面流⇒出水の等価変換系と等転移として進展させてきた石原(藤)等の出水理論によれば，一つの出水ピーク時と流量で減水曲線およびそれに対応する降雨記録によって原理的に決まるものである。つぎに，(1)式の妥当性をみるために，誤差について考えてみよう。流量誤差$|\epsilon Q|$は，近似的に，$|\epsilon Q| \fallingdotseq \left[\left(\int_{t_s}^{t}(dF_1/ds)_e\,ds\right)/K_m\right]^{1/m}$ ⋯(5) で与えられる。K_m（K'に対応するもの）と m（pに対応するもの）は出水ピークに対する最適のfから求めたものである。図-4は，$|\Delta Q|$（観測流量と計算値との誤差）と$|\epsilon Q|$を示したもので，よく一致している。