II-63　大雨および洪水発生の特性に関する研究

金沢大学工学部　正　員　　高瀬信忠
金沢大学大学院　学生員　○鈴木秀利

1.　はじめに

現在のところ，確率降雨や確率洪水など確率水文量の概念は広く普及し，水工計画の合理化に大きな役割を果している。本研究は，大雨および洪水など水文量の発生確率，ある観測期間における最大値の特性，そして，これら全体の大雨および洪水など水文量発生の評価に関して理論的に研究し，実際の資料によって考察したものである。

2.　大雨および洪水など水文量発生の確率

一般に，T年洪水以上の洪水などの水文量がN年間に1度も起こらないであろう確率Pは，Nが比較的大きければ[1]

$$P=(1-\frac{1}{T})^N \fallingdotseq e^{-\frac{N}{T}} \quad \cdots\cdots(1)$$

ただし，$\frac{1}{T^2}<1$

(1)式において，$T=N$とすれば

$P_1=e^{-1} \fallingdotseq 0.37$ ………N年以上の水文量がN年間に1度も起こらないであろう確率

$T=5N$，$10N$，$20N$，および$100N$とすれば

$P_5=e^{-0.2} \fallingdotseq 0.82$ ………5N年以上の水文量がN年間に1度も起こらないであろう確率

$P_{10}=e^{-0.1} \fallingdotseq 0.90$ ………10N年以上の水文量がN年間に1度も起こらないであろう確率

$P_{20}=e^{-0.05} \fallingdotseq 0.95$ ………20N年以上の水文量がN年間に1度も起こらないであろう確率

$P_{100}=e^{-0.01} \fallingdotseq 0.99$ ………100N年以上の水文量がN年間に1度も起こらないであろう確率

すなわち，N年間の安全を仮に90%で期待するためには，常に10N年洪水を考えなければならないことになる。

3.　M年間最大値の特性

計画高水流量を決めたり，雨や洪水流量などの水文量を論じる場合に，しばしば過去M年間の観測値の最大値を一つの目安とすることがある。しかし，この値は既往最大ということだけで，このような値が統計的にみた場合，どのような意味をもっているかについての相対的安全度がわからないのであるが，現実の問題として発生したものであり，少なくとも何かの一つの基準となりうる重要な値であるといわなければならないであろう。

M年間の最大値を設計値とした場合，N年間の寿命である確率については構造物を設計する場合について研究されているが[2]，ここでは，M年間最大値のもっている特性について考察してみよう。いま，Cをある年の大雨や洪水流量など水文量のとる超過確率，寿命とは計画水文量を超過するような水文量が起こるまでの年数であると解釈しよう。Cの値は0から1まで一様な確率分布をとるものとすれば，M年間の最大値を計画水文量とした場合，その値がN年間の寿命である確率Xを求めてみると，

$$X=\int_0^1 (1-C)^{N-1}C\cdot M(1-C)^{M-1}dC=\frac{M}{(M+N-1)(M+N)} \quad \cdots\cdots(2)$$

(2)式は M と N に関係することになるが，少なくとも N 年間はもつという寿命の期待値 L は，M が比較的大きいとし，$M=N$ とすれば

$$L_1=\sum_{M=N}^{\infty}\frac{M}{(M+N-1)(M+N)}\fallingdotseq\sum_{M=N}^{\infty}\frac{1}{\left(1+\frac{N}{M}\right)^2}\cdot\frac{1}{M}$$

ここで，$N=M+Z$ とおけば，

$$L_1=\sum_{M=N}^{\infty}\frac{1}{\left(1+\frac{M+Z}{M}\right)^2}\cdot\frac{1}{M}=\sum_{Z=0}^{\infty}\frac{1}{\left(2+\frac{Z}{M}\right)^2}\cdot\frac{1}{M}=\int_0^{\infty}\frac{1}{\left(2+\frac{Z}{M}\right)^2}\cdot\frac{1}{M}dZ$$

ここで，さらに，$\frac{Z}{M}=\xi$ とおけば

$$L_1=\int_0^{\infty}\frac{d\xi}{(2+\xi)^2}=\left|\frac{-1}{2+\xi}\right|_0^{\infty}=\frac{1}{2}=0.50$$

つぎに，$N=\frac{1}{5}M$，すなわち，$M=5N$ の場合を考えると，同様にして，

$$L_5=\int_0^{\infty}\frac{d\xi}{(1.2+\xi)^2}=\left|\frac{-1}{1.2+\xi}\right|_0^{\infty}=\frac{1}{1.2}\fallingdotseq 0.83$$

以下同じく，$N=\frac{1}{10}M$，すなわち，$M=10N$ ならば，$L_{10}=\frac{1}{1.1}\fallingdotseq 0.91$，$M=20N$ ならば，$L_{20}\fallingdotseq 0.95$，$M=100N$ ならば，$L_{100}\fallingdotseq 0.99$ となる。ここで，L_1，L_5，L_{10}，L_{20}，L_{100} は，それぞれ N 年，$5N$ 年，$10N$ 年，$20N$ 年，$100N$ 年間の最大値で，その値で N 年間の寿命である確率である。以上は，$N\leqq M$ の場合であるが，$N>M$ の場合を考えると，以下同様にして，$N=5M$，すなわち，$M=\frac{1}{5}N$ ならば，$L_{\frac{1}{5}}=\frac{1}{6}\fallingdotseq 0.17$，$M=\frac{1}{10}N$ ならば，$L_{\frac{1}{10}}\fallingdotseq 0.091$，$M=\frac{1}{20}N$ ならば，$L_{\frac{1}{20}}\fallingdotseq 0.048$，$L_{\frac{1}{100}}\fallingdotseq 0.0099$ となる。

4. 総合的考察と評価

(1)式は，T 年水文量が N 年間に1度も起こらないであろう確率であり，(2)式は，M 年間の最大値で計画した場合，その値が少なくとも N 年間の寿命である確率である。したがって，ともに，その間の安全を期待される確率であるが，両式によって計算された結果は余り差のないことがわかるであろう。われわれが一般に，T 年水文量という概念をよく使っているが，これは平均的にみて T 年間に1年の割合で，それ以上の値が期待されるような値であって，したがって，ここでとりあげているような T 年間安全であるということではないので，注意しなければならない。

5. 大雨および洪水の実際資料に対する適用

右表は黒部川の年最大洪水量および金沢，富山，福井の各年最大日雨量をそれぞれ確率計算し，T 年あるいは M 年水文量以上の値が実際資料において，それ以後 N 年間に生起しなかった確率を示したものである。

No	地点 \ T or M	生起しない確率 (P or L) N	5N	10N	20N	期間 (年)	資料数 (年)	備考
1	黒部川洪水	0.30	0.90	0.96	1.00	大.11～昭44	48	
2	金沢	0.61	0.93	0.97	0.99	明.19～ 〃	84	
3	富山	0.19	0.93	0.95	1.00	明.40～ 〃	61	明.41,大.12 欠測
4	福井	0.27	0.54	0.89	0.98	明.30～ 〃	72	昭20 欠測
5	No.1～4の算術平均	0.34	0.83	0.94	0.99			
6	理論値	0.37 0.50	0.82 0.83	0.90 0.91	0.95 0.95			上段 (1)式 下段 (2)式

最後に本研究を進めるに当って，有益なご忠言を賜わった気象方 高橋浩一郎氏に対して深甚の謝意を表する次第である。

文献 1) 角屋睦：河川の防災基準についての一思考，河川災害に関するパネルディスカッション討議要旨，昭39.2
2) 高橋浩一郎：モンテカルロ法による再現期間と設計荷重に関する研究，科学技術庁資源局，昭42.9.