

天龍川の洪水予報

窪田 健次*

1. はしがき

天龍川の流域地方は、愛知県の東三河地方を含めて国土総合開発の特定地域に指定され、各種の開発計画が立てられた。その主な目標は水資源の開発と、洪水の防禦である。すなわち根本的には降雨と流出を知ることが必要であって、このため気象台においては、昨年度無線ロケット雨量計その他の水理気象施設を整備した。

一方この地方における水文資料やそれによる基礎的調査も昭和27年頃から、当所において行われ各種の報告書が刊行されている。また昭和28年には天龍水文連絡会が設立されて、建設省、県、電力会社などと密接な連絡がとられ、水文資料もこれら各機関よりしゅう集して雑誌「水文」に掲載されている。

さて昨年水防法及び気象業務法が改正され、特定の河川では、気象台は建設省と共同して洪水予報を行い、量的な流量の予報を行うことに規定された。流量を予想するにはまず降雨の予知が必要であるが、それと同時に降雨と流出の関係を研究する必要がある。

この問題については、筆者は二、三年来若干の研究を行って来たが、ここではさし当り、前記洪水予報に必要な、下流における最高流量の予想法について簡単な試みを報告しよう。

2. 予想の基礎

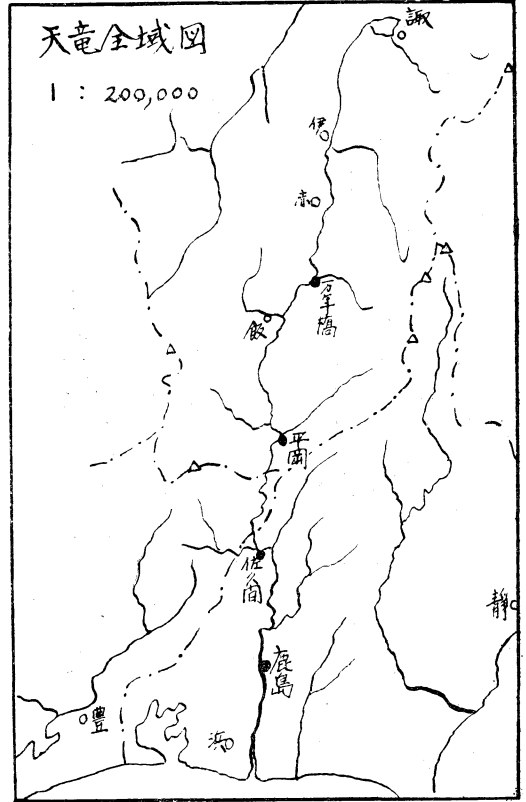
天龍の本流には第1図に示すようにほぼ等間隔に四つの測水所（毎時流量観測所）があるが、いまこれら測水所を流出口として、全流域を四つの区域に分けて見ると、流域面積等は第1表のようになる。これによると年平均

第 1 表

区域	測水所	距離 km	流域 面積 km ²	最遠 距離 km	平均 流域 幅 km	年平均 降雨 量 mm
I	万年橋	42	2200	80	50	1500
II	平岡	41	1397	50	55	1900
III	佐久間	44	539	40	35	2300
IV	鹿島		797	80	25	2500

雨量は下流へ行くほど多くなるが、個々の降雨について見ても、大体下流域に多くなっている。すなわち下流の気多、水窪、大千瀬の三支川流域は著しい多面地帯であり、これら流域よりの流出は著しく、本流に大きく寄与している。これを数字で見ると、平岡及び鹿島測水所における一降雨による直接流出量の比をとってみると、最

* 浜松候候所 —1956年10月2日—



第 1 図

近の降雨12例では、大体 0.2~0.6 であり、平均すると 0.42 となるが、（最高流量についてもほぼ同様）平岡、鹿島の流域面積比は 0.73 であるから、平岡における直接流出量は、その流域面積のわりに、鹿島に比してかなり少ないことがわかる。これは流出率のちがいがあろうが、平岡以南の雨量が多く流出量が相当大きいものであることを示している。

以上のように最下流である鹿島地点の流量は、平岡以南の下流域の降雨に大きく左右されるので、その最高流量 (Q_K) の予想には、平岡における最高流量 (Q_H) と平岡以南の雨量とを用いることとする。そこで平岡以南の流域に降った雨により流出が起り、 Q_K' なる最高流量を生じたとする、

$$Q_H = Q_K' + mQ_H \dots\dots\dots(1)$$

なる簡単な関係で現わされるとする。ここで m は Q_H が Q_K' に合流するときの比率で、流域の状況、降雨の形式

で変わってくるであろう。また Q_H と $Q_{K'}$ との時間的ズレ、あるいはその他いろいろの原因により m は 1 より小さい値を取ることが予想される。 Q_K, Q_H は実測値を用い、 $Q_{K'}$ は計算により求め得たとすれば、 m を推定することができる。いくつかの実測をもとにして m の大体の値を知れば、 $Q_{K'}$ を求めることにより、(1)により Q_K を計算することができる。

3. $Q_{K'}$ の計算

降雨から流出を求めるには、いくつかの方法があるが、筆者は基本的な流出曲線を、初等数学のある函数型に導き、降雨 $p(t)$ 、流出率 $r(t)$ に対する降雨流出函数として次の式を得た。(1)

$t = t_s \sim \infty$ に対し、

$$Q(t) = \frac{A\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{t_s} e^{-\beta(t-\tau)} (t-\tau)^{\alpha-1} r(\tau) p(\tau) d\tau \quad (2)$$

ここで A は流域面積、 α, β は流域に固有な常数、 t_s は雨の降り終り時刻である。なお $\alpha = \beta T + 1$ なる関係があり、ここに T はいわゆるおくれの時間である。推定によると、この流域では、 T は 6~7 時間 $\beta = 0.30$ 、したがって $\alpha = 3.0$ とおくことができる。そこで(2)は

$$Q(t) = \frac{A}{2} \beta^3 e^{-\beta t} (t^2 F_1 - 2t F_2 + F_3) \dots\dots\dots (3)$$

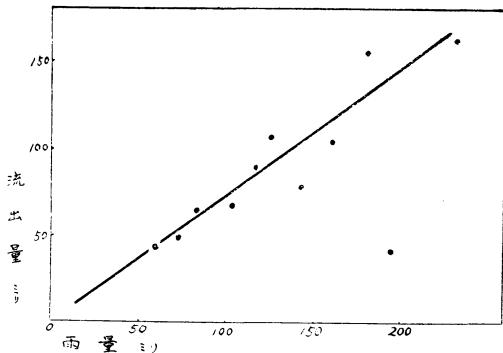
$$F_1 = \int_0^{t_s} e^{\beta\tau} r(\tau) p(\tau) d\tau$$

$$F_2 = \int_0^{t_s} \tau e^{\beta\tau} r(\tau) p(\tau) d\tau$$

$$F_3 = \int_0^{t_s} \tau^2 e^{\beta\tau} r(\tau) p(\tau) d\tau$$

実際の、 $r(t), p(t)$ について(3)を計算することは手数がかかるので、大体の目安を得る程度として、簡単に $r(t), p(t)$ いずれも一定とおくと、(3)は容易に数値計算を行うことができる。

なお流出率 r は、第 2 図に示すように最近の 10 例(2)よ



第 2 図 天竜下流域 (133.6 \overline{KM}^2) における雨量と流出量

り鹿島における全流出率を求めると 0.55~0.86 となり、(算術平均すると 0.72)、この結果から大略 $r=0.70$ とおき、また p としては初期損失雨量を除いた平均時間雨量(下流域域平均雨量についての)を用いる。かくして(3)より実測雨量から最高流量 $Q_{K'}$ を求めることが出来る。(計算例は第 2 表に示す。)

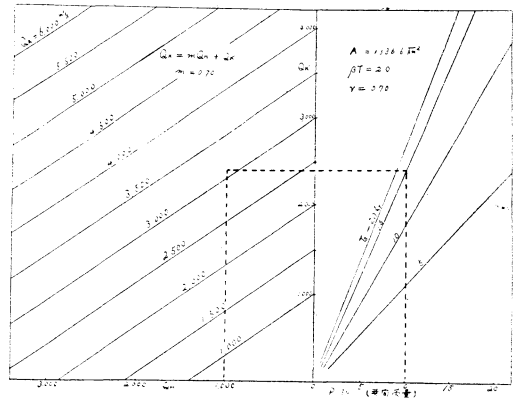
4. 予報の実際

鹿島の最高流量 2,000 m^3/s をこえる最近の流出例により、 $Q_{K'}, m$ を求めると第 2 表のようになる。

第 2 表

番号	日付	Q_K (m^3/s)	Q_H	m	$Q_{K'}$	r	p ミリ	T_s (時)
1	昭和 27, 6, 24	3,180	1,545	0.66	2,160	0.70	20.8	5
2	28, 6, 6	2,560	1,507	0.77	1,160	0.67	6.0	12
3	// 9, 26	4,330	2,148	0.81	2,600	0.64	12.5	13
4	29, 8, 19	3,701	770	0.73	3,140	0.70	12.3	19
5	// 9, 19	4,649	1,448	0.97	3,240	0.86	18.1	10
6	30, 8, 31	2,288	398	0.62	2,040	0.84	10.6	12

ここに求められた m は各例によってかなり開きがある。しかしこの点を詳しく追及することは、データの不足やその精度の問題などにより、現在では不可能である。そこでおよその見当として $m=0.70$ において、実際の現業ですぐ間に合うように Q_K を求める図を作った(第 3 図)右側の方は時間雨量及びその継続時間により $Q_{K'}$ を



第 3 図

求め、更に左側の図により、 Q_H と $Q_{K'}$ とにより Q_K が求められる。 $Q_{K'}$ の計算には $r=0.70$ としているが、実際の場合に当っては 0.6~0.8 の値を取り得るから、適宜 (0.6~0.8)/0.7 をかけて修正することができる。また平岡の最高流量も出現してからではすでにしらべた所によると、それが鹿島まで移動するのに 2,000 m^3/s 程度で 5 時間内外、それ以上で 4 時間内外を要するので、時間的に間に合わないおそれもあるので、 Q_H も予想推

定値を用いる必要がある。この問題については別途後の機会に研究したい。

精度をあげてゆくべきものと思う。(31, 8, 25)

5. むすび

以上鹿島における最高流量の推定についてのべたが、すでにのべたようにこの種の問題の量的関係は、資料の精度その他に大きな制約があり、あまり細かい検討が出来ない。ここで提案したのも、現業で早く簡単におよその見当をつける程度のものである。今後は、資料の改善及び蓄積と、降雨予報の精度向上とによって、次第に

参考文献

- (1) 窪田健次, 1956 : 天竜地域における降雨と流出について (第3, 4報) 電力気象連絡会彙報Ⅰ, Vol, 5, No. 4, 250~260
- (2) 窪田健次, 1956 : 天竜地域における降雨と流出について (第5報) (未印刷, 地区研究会で発表)

支部だより (関西支部)

10月, 11月の支部活動をお知らせします。10月の月例会は「気象と統計に関するシンポジウム」で23日10時から17時迄, 大阪管区気象台会議室で開かれた。相会するもの約70名, 気象職員を主とし, 京都, 大阪の大学の方々も出席された。滑川支部長司会のもとに次の内容で進められた。

午前 セミナール

Handbook of Statistical Methods in Meteorology by C. E. D. Brooks (1953)

紹介者 大阪管区 喜多村 一 男

午後 講演

- (1) 気象統計について 松江測 三 沢 甚 一
- (2) 平均気温の標準偏差と平均期間との関係 大阪管区 北 田 道 男
- (3) 農業と気象統計 大阪府農大 田 沢 博
- (4) 複合確率について 近畿地建 藤 野 良 幸
- (5) 時系列に関する問題 大阪大学 伊 藤 博

気象統計に関するシンポジウムを当支部の月例会に取上げたのは初めてであるが、これを機として今後毎年1回気象統計が月例会で討議されることになったことは、今迄兎角なおざりにされていた観のあるこの問題に、関係者の関心を高める好機会を与えることと思う。今度の会でも観念的に頭に描いていた気象統計を実例をもって種々示されたことは参会者一同に大変有益であった。

11月の月例会は第2回目の「水気象に関するシンポジウム」として、広島地方気象台の御世話の下に、広島市鯉城会館で20日10時から17時まで開催された。参会者は65名で中国地方の気象職員が主であったが、地元の県庁, 地建, 電力会社からも出席あり講演も担当されたし, 遠く京都, 大阪, 和歌山の会員からも数名参加するという盛会振りであった。又閉会後有志の懇親会が持たれ, 多数の出席を得て, 和気あいあいに談笑された。

会の内容は次のとおりで例によって滑川支部長のユー

モラスな司会の下に熱心に進められた。講演も日常業務上の困っている点を解決しようと努力されたものが多かったように思う。

午前 セミナール

- (1) Secular changes in the rainfall regime of SE-Australia. by E. B. Kraus (Q. J. R. M. S. 1954)
- (2) Annual rainfall areas of southern England. by S. Gregory (Q. J. R. M. S. 1954)

以上紹介者 広島地気 山本 常男

午後 講演

- (1) 積算雨量計の検討 広島地気 上 田 君 雄
- (2) 台風の経路別による中国地方の雨量分布 " 吉 持 昭
- (3) 降雨機構別による雨量分布 " 西 田 宗 隆
- (4) 流域降水量について 米子測 三 宅 恒 夫
- (5) 太田川水系における最大日降水量のリターン・ピリオドについて 広島地気 木 戸 岩 之 助
- (6) 小流域面積雨量と地点雨量との関係および雨量分布について " 太 田 巖
- (7) 電力に対する有効雨量 中国電力 山 県 哲 男
- (8) 島根県内各河川の流域降雨量と増水位 松江測 新 納 忠 寿
- (9) 太田川水系における王泊流域の流出系数 広島地気 上 田 君 雄
- (10) 雨量と洪水波の関係 広島県河川課 田 中 為 雄
- (11) 融雪期の流量予想 広島地気 丸 木 一 雄

(隼田地区編集委員記)

× × × ×

× × ×