すことになる。

機器工期 T_3 は T_1, T_2 共に小さい場合に備えたもので，建設工期 T としては最小1年位になるように選んだ結果である。

$1.28C\times0.04T$ は利子を示すもので，年利率は 10% としている。 $0.4T$ は竣工の時から $0.4T$ 前の所に工事費が集中して支出せられるものと見做したためで，工事費の支出が三角形狀になり，其の重心位置が竣工の時から $0.4T$ 前にあることを示す。

13. 主要資材

1～11 の各項にセメント及び鐵材の數量が掲げてあるが，このほかにも施工用とか，雜工事用のため思いもよらぬ多量の資材を要するのが普通である。この量の推定は極めて困難であるが，多數の實績から次のように假定して求めるものとする。

施工用及び雜工事用セメント：

$$300\Sigma\sqrt{H_d}+500P(\mathrm{t})$$

施工用及び雜工事用鐵材：$120\Sigma\sqrt{V_d}+270\sqrt{P}(\mathrm{t})$

〔註〕 堰堤高 H_d(m) は，ロツクフイルダムの場合には，コンクリートダムの場合程假設備のセメントを要としないから 1/10 の高サとして計算する。アースダムの場合には計算に入れない。

堰堤體積 V_d(萬 m^3) はロツクフイルダムの場合には 1/3 の量を用い，アースダムでは計算に入れない。ロツクフイルダムでは假設備と云うようりはむしろ施工機械の消耗による分が相當多量になるので，割合多く見込んでいる。アースダムの場合の消耗率は比較的少ないので一應除外している。

最大出力 P(萬 kw) の項は堰堤のない場合やアースダムの場合等に備えた一般項である。

水文統計學上より見た本邦河川計画の合理化について

正員　工學博士　石　原　藤　次　郎*
正員　工學博士　岩　井　重　久**

要旨　本文は從來の我國河川計畫の缺點を指摘し，水文統計學的方法を用いて合理化すべきことを具體的に說明したものである。すなわち水文統計學的方法の中でも特に基本的で重要と思われる繼續曲線の問題を實例について說明し，統計的に推定された繼續曲線の實際計畫における適用法を具體的に論じ，今後に殘された諸問題に對する見解を明かにした。かくして我國河川計畫の合理化には，繼續曲線に限らず，廣い水文統計學的な研究方法が絕對に要請せられ，これを今後の實際計畫にとり入れて大きい効果を發揮せしむべきことを强調したのである。

1. 既往方法の缺點とその對策

まず從來の**治水計画**における計畫高水位，高水流量の定め方について，考えてみよう。古くは洪水が起つて破堤する度に，その災害にこりて堤防を大きく高くしようと努めて來たのであるが，この場合破堤時の水位を標準とし，これよりある程度堤防を高くすることによつて，はかない安全感を得たのに過ぎなかつた。こうして出來た折角の堤防も維持管理を怠れば次第に弱體化し，そこへ大きい洪水が來ればたちまち破壞されてしまう。かくして破堤は繰返され，人類と自然との闘爭は盡きなかつたのである。その後この漠然たる安全感を改めるために，過去の高水位記錄を紙上の諸點としてプロツトし，それらの平分線を外挿することによつて，より大きい高水位が生ずべき傾向を推定し既往最高水位に適當な餘裕を見込むと云う安全率の觀念を以て進められる様になつて來た。しかしこの安全率自體は確たる根據に基いて定められたわけでなく，個人的な好みや政略的因子に支配されることが多く，我々の科學的良心を滿足さすものとはならなかつたのである。さらにこの様な方法は，高水位そのものの代りに高水流量を取扱う様になり，その流量推定に降水より出發し流域や流出，流下の條件を加味して行くと云つた様に進歩し，種々の理論や方法が展開されて來たが，所詮上記の意味の安全率の觀念から脫却出來なかつた。下水計畫で强雨流出量を推定する際にも，同様な考え方が行われて來たのである。

次に**利水計画**でも同様な缺點が見出され，例えば發電計畫で渇水補給がない場合の常時使用水量としては普通は過去幾年かの渇水量記錄の平均をそのまゝ採用

* 京都大學教授
** 京都大學助教授

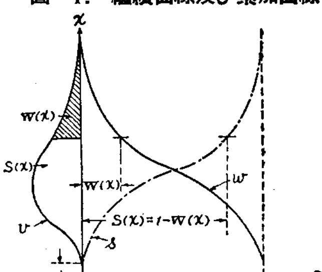
することが多い。しかし石炭が豐富で渇水期に容易に火力電氣を補給出來た時代であればともかく，國力窮乏をつげる現今では常時使用水量の見込み違いによる打撃は決して少くない。昨今の渇水期の停電も，發送配電施設の荒廢，家庭用電力の増加その他森林伐採による流況の變動など以外に，建設當初に推定された計畫量そのものの科學的嚴密性が缺けていることに基く場合がかなり多い樣である。上水道の計畫給水量についても，この種の問題は同樣に考慮されなければならないのである。

以上２つの具體例で指摘した基本的な缺點を是正する方法としては，前例では高水位又はそれに對應する流量について，ある量とそれより大きい量を生ずべき**超過の確率**との間の關係を統計理論に基いて推定することが考えられ，後例では最小流量に關するある量とそれより小さい量を生ずべき**非超過の確率**との間の關係を同樣に推定すべきである。これらは後述の繼續曲線理論を有効に用いると合理的に解決されることになり，しかもこの方針は降水量に遡つてそれ自體に適用してゆくことも出來るのである。

さらにこの２例のみに限らず，降水量，河川流量など各種の水文量について根本的な統計學的再吟味を施すことが，すべての河川計畫の合理化に必要となつてくるのであつて，この樣な研究分野を新たに**水文統計學**と命名したのである。しかもこの種の研究は地球物理學者のみにまかすことなく，實際工學的見地から充分その成果を活用出來る我々，すなわち土木學者及び技術者によつて開拓，發展さるべきものと考える。

2.　繼續曲線の理論と適用例

圖—1. 繼續曲線及び累加曲線



圖—1 の v 曲線は，水文變量 x を縱軸に，任意の變量が生じた度數百分率を横軸にとつた**頻度曲線**であつて，Gauss 正規曲線の如く對稱とはならず，一般に山が上下限のどちらかに偏した形を示す。この v 曲線で一定の x 以上（又はより大）となる部分の面積 $W(x)$ を求めると，これは水文變量がその x を超過して生ずべき確率を示し，圖の w 曲線，すなわち**繼續曲線**が得られるが，その右端が１で終るのは v 曲線でかこまれた全面積が常に１となるからである。次に同じ x に對しそれより下（又は以下）となるべき非超過の確率 $S(x)$ を求めると，圖の s 曲線，すなわち**累加曲線**が得られ，$S(x)=1-W(x)$ の關係から當然 w 曲線と對稱關係になる。

與えられた N 個の標本水文量を大きさの順に並べてその順位 i を數えて行くと，各標本に對する生起の確率はすべて $1/N$，超過及び非超過の確率は各々 $(2i-1)/(2N)$，$\{2(N-i)+1\}/(2N)$ として求められる[1]。この樣な**標本上**の諸確率を所要のものとすることが出來れば至極簡單である。しかし實際上これらの標本點はバラバラになることが多く，たとえ目見當でこれら諸點の平分曲線を畫いても，こうした主觀的方法は決して科學的良心を滿足せしめるものではなく，主として標本點の存在區間をはみ出す樣な兩端部の確率を推定する場合には特に當惑する。他方曲線の當てはめのみを主眼とする古典的な最小自乘法の考え方も，既に過去のものであつて，こゝに確率統計論に基いた健全な推定法が要請されるのである。すなわち我々は水文變量とそれに應ずる確率とを對象としているからこゝに統計的非對稱分布理論による推定が必要となつてくる。始めに v 曲線を表わすべき密度函數が假定されると，その積分函數として w 及び s 曲線を表わすべき繼續函數及び累加函數が求められ，かくして任意の水文變量とこれに應ずべき諸確率との推定上の關係が明かとなるわけである。この過程ではまず與えられた標本から分布型を假定し，標本値を巧みに利用して推定函數中に含まるべき諸常數を推定し，最後に推定結果と標本とを比較して推計學的に取捨の可否を定めなければならない。しかもその推定法自身が，工學的見地から統計理論上健全であると同時に實用的であり，良好な適合度を得ると云う以外に，ある程度規約的であることを要する。

さて水文量につき最も妥當有効とみなされる非對稱分布型は，近年 Grassberger, Gibrat, Slade により獨，佛，米で期せずして殆ど一緒に提唱され出した分布，すなわち「Gauss の正規分布でその確率變量を對數變換して得られる分布」である。この原理は最初 Fuller が經驗的に認めたのであるが，その後半經驗的な Hazen の理論，Pearson 型分布に基く Foster の理論，又は歪頻度紙による Goodrich の方法など，種々の異なつた方針を經て[1]，最後に上記分布型を用いることに落付いたと云う事實は甚だ興味深く感ぜられる。しかもこの分布型に基いた方法についても，理論的，實用的に種々の提案が行われて來たが[2]，いずれも充分とは考えられなかつた。それで我々はこの型の分布に徹底的な統計數理的解析を加えて，多くの興味ある成果を導き得た[3]と同時に，これを片側有限

及び兩側有限の2分布型に分けて夫々に對し最有効と思われる推定の理論，方法を樹立し，多くの實例について極めて滿足すべき結果を得たのである。[1), 2), 5)～8)]

表—1 は上述の各方の中主要なものを，利根川，栗橋における毎年の最大出水量を拾つた 25 個の記錄[1)]（大正 6～昭和 16 年）に適用した結果である。表中の洪水年 T とは，その逆數 $1/T$ が超過確率 W と等しくなる様な數字を意味し，T 年毎に 1 回生ずると云う意味ではない。かくして洪水年 T に應じて推定された流量を表記し，更に昭和 22 年出水時の計畫量を假りに 10 000 m^3/sec としたときこれに對する洪水年を逆算して最右列に＊印を附して書添えた。なお夫々の方法による推定繼續曲線を畫いて標本値との適合性を調べたところ，實用的には片側有限の W_I が，又嚴密には兩側有限の W_{IS} が最も滿足すべきものであつて，岩井法の優秀性を檢證することが出來たが，その詳細は省略する。

表—1. 各種の推定法による利根川確率洪水流量表

(m^3/sec)

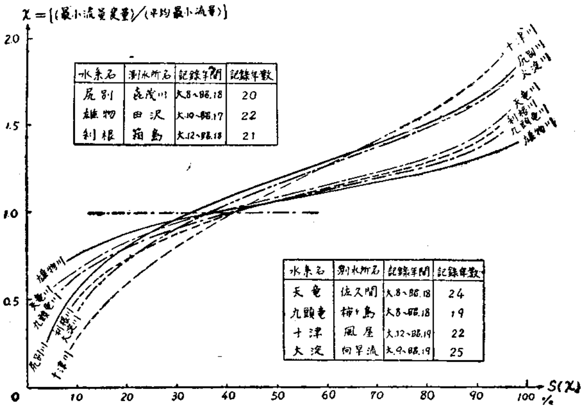
方法 ＼ 洪水年 T	10年	50年	100年	500年	1000年	＊
Hazen法 (1930)	7778.8	11660.3	12608.5	18076.8	18684.5	26.6年
Foster法 (1924) Ⅲ W_{III}	7246.7	11753.6	12036.8	16125.2	16577.3	28.9
Foster法 (1924) Ⅰ W_I	7459.9	11701.9	11780.0	14315.3	14596.7	28.8
Goodrich法 (1926) Ⅱ	7088.9	10001.8	11188.8	13671.0	14720.9	49.0
Goodrich法 (1926) Ⅴ	7970.8	10433.4	11233.6	12569.8	13037.8	34.9
Gibrat法 (1932) W_G	7222.8	10970.8	12676.4	16923.0	18890.4	33.3
Slade法 (1936) W'_S (片側有限)	7185.6	10217.5	11811.5	14460.0	15756.6	23.5
Grassberger法 (1936). W_2 (理論的對數確率曲線)	7377.4	11025.0	12974.1	16801.0	18718.7	32.1
岩井法 (1944). W_I (片側有限)	6961.4	10522.1	12122.4	16083.2	17883.6	37.5
岩井法 (1948) W_{III} (片側有限)	7093.9	10254.7	11620.4	14476.7	16332.2	43.9
Slade法 (1934). W_S (兩側有限)	7288.6	10703.5	12050.8	14874.4	15957.2	35.3
Kimball法 (1938) W_{KS}	7308.9	10541.5	11797.8	14417.1	15418.7	37.6
岩井法 (1948). W_{IS} (兩側有限)	7446.3	10706.2	11967.8	14591.0	15587.9	34.6

また最右列の年數はすべて 23～49 年の間に存在し，特に統計的に健全と考えられる諸方法の間では殆ど差がない。しかるに既往の如き洪水流量決定法によると採用公式の如何により大差を生ずる[1)]。この事實は統計的推定法がその理論的根據と相俟つて從來の不確實な安全率の觀念を一掃し，信頼すべき計畫量の推定に役立つことを意味する。他方淀川，枚方（41 年間），矢作川，米津（25 年間）の外に，紀の川，由良川などの計畫量を同樣に檢討したが，すべて 50～100 年洪水に當ることを知つた。從つて利根川のみに特に小さい計畫量を持つていたと云うことが出來，河川の重要度，地勢被害額などから見ても相當の危險狀態にあつたと云うべきであろう。

以上は超過確率を推定するために繼續曲線を取扱つた例であるが，次には累加曲線によつて非超過の確率を推定する場合を考えよう。それには一定の變量 x について成立する關係 $S(x)=1-W(x)$ から一度繼續曲線を推定して後その對稱曲線を求めるか，又は累加函數から直接累加曲線を推定すればよいが，**圖—2** は我國の代表的の 7 河川につき圖に示す樣な年間最小流量記錄を用いて推定した累加曲線を画いたものである。この場合變量としては，夫々年間最小流量と全記錄年間を通じての平均最小流量との比を採用し，すべて片側有限のときの岩井法 W_I による推定法を用いた。この樣に年間最小流量の如きものを標識とする場合は，一般に最頻値が原上限値の近くに存在し，**圖—1** 中の v 曲線で x 軸の進行方向を逆にした樣な形になることは，我々が多くの實例について認めたところである。又この樣な場合は當然兩側有限分布に基くべきであるが，こゝでは近似的に片側有限分布とし，その原點を原上限値より大きい一定値に移動せしめ，x 軸の向きを逆に考えて推定し，相當よい結果を得たのである。

圖—2. 本邦代表 7 河川の年間最小流量累加曲線

（W_I 法による）



註 上表中の記錄年間には欠記録を欠いた年が介在したため記錄年數が少くなったものがある。

圖より明かな如く 7 河川にて夫々の平均最小流量の非超過確率は 35～43% もの間で變動する。又これらの河川で從來の如く平均渇水量を以て渇水補給のない場合の發電常時使用水量とすると，それよりも小さい自然流量を生ずべき非超過確率が甚だ廣い幅で變動するであろうことは想像に難くない。この事實は從來の如く平均渇水量をそのまゝ常時使用水量とすることが甚だ大胆であつて，必ず累加曲線を推定して非超過確率を吟味し，電力負荷その他の狀況に應じた最適の水量を採るべきことを敎える。

又前小流量の非常に小さい下の部分で 7 曲線を比べると，一定變量に對し十津川から雄物川まで順次非超過確率が減つている。すなわち渇水に基く危險が雄物

川から十津川まで順次増大することがわかるが，この事實は從來經驗的に近畿地方が東北地方よりも渇水狀況がひどいと云われていたことを定量的に示したわけである。しかも我々の理論に從えば，各曲線の非對稱を表わすべき各特性係數を容易に求めることが出來，各地域の渇水特性の比較解明が行えるはずである。我我はこうした總合的研究を，繼續曲線の1種であつて流況を示すところの全國河川の流況曲線に施し，興味ある結果を得たが[4),7),8)]，全國にわたる一元的河川計画の合理化のためには，この種の研究が更に渇水のみでなく洪水についても[1)]，大いに行われなければならないと思う。

3. 實際河川計画への應用

一般に林相や河相は長年の間には次第に變化してゆくものであり，これらによつて明かに流量變化を起す様な事情が認められる場合には，上例で取扱つた流量自體では確率論の對象たる獨立偶然事象とならない恐れを生ずる。このときには當然流量の源たる降水にまで溯つた上で上記理論を適用し，これに自然的，人爲的變化を解析した流出條件を當てはめ，最後に流量まで持つて行くべきである。最近諸外國でもこうした方針がとられている様であるが，あまりその實例を聞かないので，こゝに我々が千代川下流行德地點の計画高水流量 3 300m³/sec を再檢討した結果を説明しよう。

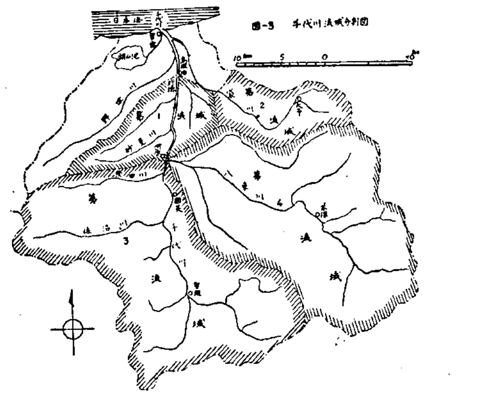
先ず地形，風向，林相などを考慮して **圖—3** の如く流域を4つに分け，6 個所の雨量觀測所の日雨量記録を用いて **表—2** の如く4降雨型を考え，夫々の場合の各分流域における雨量の分布比率を定めた。このためには明治 26 ～昭和 22 年の 55 年間の日雨量で毎年最大のものを各觀測所について1つずつ拾い，第1及び第3流域では夫々に含まれる2觀測所記録の平均値を以て代表値とみなした。次に第1流域の日雨量が他の3流域のそれよりも大きくなつた場合を第1降雨型，以下同様に第 2, 3, 4 降雨型とみなし，夫々の降雨型に屬するものを集めて各々4つの流域について年數で割つた平均最大日雨量を出し，それらの比として **表—2** の如く分布比率を定めたのである。

表—2. 各降雨型に對する雨量の地域的分布比率

降雨型	觀測所	第1流域	第2流域	第3流域	第4流域
第1型	賀露，鳥取	1.00	0.60	0.69	0.63
第2型	大　　茅	0.48	1.00	0.58	0.55
第3型	國美，智頭	0.62	0.65	1.00	0.62
第4型	若　　櫻	0.53	0.80	0.72	1.00

又6觀測所における上記日雨量記録を用い，片側有限分布の場合の岩井法 W_I によつて確率日雨量を求めると **表—3** の様になる。次に最大洪水を生ずべき降雨繼續時間としては，まず遲滯現象を考えないものとし，しかも全流域中の最遠地點から行德地點までの流達長をその高度差とを圖上で測り，Rziha 公式から求めた流達時間 7.615≒7.6hr をそのまゝ採用する。さらに任意降雨繼續時間 t_r の間の最大降雨强度 i を日雨量の1時間平均强度 i_0 から求める最も一般的な公式 $i=i_0(24/t_r)^{0.6}$ により，$t_r=7{,}6$ hr とすれば $i_{7\cdot6}=1.9936\,i_0$ となる。

圖—3. 千代川流域分割圖



表—3. 推定確率日雨量 (mm)

流域	觀測所	100 年日雨量	70年日雨量	50年日雨量
第1流域	賀露，鳥取の平均	217.9	201.9	193.8
第2流域	大　　茅	317.0	294.4	271.1
第3流域	國英，智頭の平均	288.1	267.8	247.1
第4流域	若　　櫻	186.5	177.9	169.6

表—4. 4 流域別最大流量計算式表

流域	流域面積 F km²	流出係數 C	降雨程度 $i_{7\cdot6}$ mm/hr	流量 Q m³/s
第1流域	84	0.7	$1.9936\,\chi_{(1)}/24$	$Q_{(1)}=1.3567\,\chi_{(1)}$
第2流域	122	0.8	$1.9936\,\chi_{(2)}/24$	$Q_{(2)}=2.2520\,\chi_{(2)}$
第3流域	412	0.8	$1.9936\,\chi_{(3)}/24$	$Q_{(3)}=7.6052\,\chi_{(3)}$
第4流域	390	0.8	$1.9936\,\chi_{(4)}/24$	$Q_{(4)}=7.1760\,\chi_{(4)}$

今 **表—4** の如く各流域條件を考えて流出係數 C を定めると，上記の强度式から各流域で日雨量 $\chi_{(1)}, \chi_{(2)}$, …… を與えた場合に夫々から流出してくる流量 $Q_{(1)}$, $Q_{(2)}$, ……は 表中最右列の式で計算される。かくしてもし第1降雨型で100年日雨量に對する行德の流量を求めるときは，**表—3** 中の 217.9 mm を **表—4** 中の

$x_{(1)}$ に入れて $Q_{(1)}$ を求め，この 217.9 mm に**表—2**中の 0.60 をかけて出した $x_{(2)}$ を表中の式に用いて $Q_{(2)}$ を求め，以下同様に $Q_{(3)}$, $Q_{(4)}$ を求め，これらを加算すれば**表—5** 中の Q_1 として算出される。この計算過程は年數及び降雨型に拘らずすべて同様であつて，**表—5** の如き結果になるが，實際計畫では同一年數に對し最大流量を生ずべき降雨型（この場合は第3型）をとるべきである。

表—5. 確率洪水流量計算表 （m³/s）

降雨型		第1型	第2型	第3型	第4型
洪水流量記號		$Q_{(\mathrm{I})}$	$Q_{(\mathrm{II})}$	$Q_{(\mathrm{III})}$	$Q_{(\mathrm{IV})}$
確率降雨年	100 年	2718.60	3569.74	4136.90	2829.65
	70 年	2518.99	3315.24	3845.42	2699.17
	50 年	2417.93	3052.86	3548.18	2573.24

參考のために，行德地點の大正 9～昭和22年の 28 年間の各年最高水位記録より，同じく岩井法 W_I によつて確率高水位を求め，さらにこれらに相當する流量を推定して**表—6** を得た。**表—7** は現在の計畫高水流量 3 300 m³/s が何年確率洪水に當るかを上記諸方法により推定した結果である。

表—6. 確率高水位とこれから求めた流量

	100 年	70 年	50 年
確率高水位 m	6.67	6.34	6.14
洪水流量 m³/s	5195.74	4757.76	4501.64

表—7.

現計画高水流量 3 300m³/s に對する洪水年

	降雨型	流量 m³/s	日雨量 mm	超過確率 W	年數
雨量より	第1型	3 300	264.5	0.002793	357.2年
	第2型	3 300	295.0	0.013900	71.9
	第3型	3 300	229.1	0.027534	36.3
	第4型	3 300	217.5	0.003035	329.5
	位置	流量 m³/s	水位 m	超過確率 W	年數
水位より	行德量水標	3 300	5.12	0.048588	20.6年

あいまいな水位記録から流量を求めるのは甚だ粗雑であつて，**表—6** からも水位から出發することは同一洪水年に對して過大の流量を與え，安全すぎて却つて不經濟となることがわかる。從つて雨量から求めた値を信用すべきであるが，**表—7** よりこの場合には流域の因子が大きい影響を及ぼすことが認められる。しかしともかく最も危險な第3降雨型の場合に計画量 3300 m³/s に對する洪水年は 36.3 年となり，一般標準たる 50～100 年洪水を目指すためには，現計画量を今少し增す必要がある様である。

上述の様に最も妥當な方法として降雨から出發して行つた場合，流域特性や流出條件の解析に當惑することが多い。上例ではこれらに對し粗雜な假定を用いたので，議論の餘地は少くないが，2, 3 の檢算から比較的信用のおける結果を得たことを知つた。理想的には下水計画における確率降雨曲線[5]による洪水圖法の理論[6]を適用し，又は單位圖法理論の確率論的應用を試みるなど種々の方法が考えられるが，實用的には上例の様な方針のもとに，今少しく流域や流出に關する統計的解析を進めさえすれば，極めて良結果を得られるのではないかと思う。

次に利水計画における1例として，琵琶湖の總合開發計画に資するために，過去の流量記錄のうちで最も著しい渇水であつた昭和 14 年度のものが果してどの程度の非超過確率に當るかを吟味した結果を説明しよう。このために明治 38 ～昭和 22 年の 43 年間につき，琵琶湖への月別流入量の各年毎の平均値を求め，これら 43 個の資料を用いて片側有限分布に基いた岩井法で累加曲線を推定した。それによると昭和 14 年の 93.5 m³/s に對する非超過確率は 0.005，すなわち 200 年となり，第 2，第 3 番目に小さい 107.0 m³/s (大正 13 年) 及び 119.6 m³/s (昭和 15 年) に對しては夫々 34 年及び 11 年となることがわかつた。從つて昭和 14 年度の渇水は相當例外的な事象であつて實際計画ではこれにあまりこだわらなくてもよく，發電使用水量をある程度大きくとり得ることを確めることが出來た。この場合にも嚴密には降水量から出發し流出，滲透，蒸發などの諸條件を充分考える必要があるが一應上述の如く極めて有意義な見透しを得たわけである。要するに利水，治水計画の樹立に際し，前例の様に確率降雨から出發する方針が有効に利用され，改良發展されることを切望する。

4. 今後に殘された諸問題

この種の問題では，確率降雨から出發し流量を導く過程以外にも，更に考究すべき點が少くない。先ず治水計画では，堤防を高く大きくするほど，溢流，破堤を起すような洪水の危險は少くなるが，建設費は增大し，萬一溢流，破堤した際の被害額も多い。堤防を低く小さくすれば，丁度この逆であるから，その中間に必ず最有效な經濟的限度があるはずである。このためには上述の確率洪水の理論を以て統計的に健全な超過

確率 W を推定するのと同時に，建設費及びその利息，維時管理費，災害豫想額などとこの W との關係を，生命保險における如く數理統計的に解析吟味する必要がある。この種の研究は1河川，1地點に對し有効であるのみでなく，例えば1水系全體に對しても經濟的計画の樹立を可能ならしめる。千代川改修工事においては，中安所長がこの方針で研究を進められ，斬新かつ注目すべき成果を得られている。一般に地元民はその地方の河川改修を要望し，各官廳現場でも所轄河川改修豫算の増額に努めるのは當然であるが，國力としてまかまい切れないものは如何ともなし難い。この間の相克を調整し全國的に最も合理的な治水計画をたてるためには，科學的に裏付けられた如上の理論，方法が絶對に必要となるのである。利水計画でも例えば發電水力の場合は，電力負荷などを考慮し，電力經濟上最有効な使用水量を推定し計画を樹立しなければならない。要するにこの種の問題は統計經濟學との緊密な連結の下に始めて實際に役立つのであつて，將來の大きい研究課題である。

次に考慮すべきは，繼續曲線の推定結果に對する信頼度の檢定である。この場合問題となるのは，標本の總數すなわち年數 N の大きさであつて，N が小さ過ぎるときは當然あまり良好な見掛けの適合度を期待出來ない。前記利根川の例では $N=25$ として超過確率の極く小さい部分の流量を推定したが，實際には N を50年以上とすることが望ましく，この意味からも長年間の記錄を持つことの多い確率降雨から出發する方が妥當である。しかしこの N をどうしても大きくし得ないからと云つて，統計的方法が直ちに捨てらるべきではない。事實從來の方法でもこの小數年間の記錄以上のものを利用出來ないわけであり，單に統計的知識を缺くために N が少いことによる影響を認め得なかつたと云うだけである。我々はたとえ N が少くても近來發展しつゝある小標本理論により推計學的な態度でこの研究を進めるべきであり，最近提案した繼續曲線の適合度檢定に關する2，3の理論[9]，方法はこの方面に若干の寄與をなし得たものと思う。從來の如く既往最大洪水流量に若干の餘裕を加えて計画高水流量とする場合でも，加えるべきこの餘裕を統計的方法で科學的に檢討することが望ましく，更に堤防斷面の決定や護岸水制などの設計施工においても統計的乃至は統計經濟學的立場から工事の合理化に努める必要がある。

5. むすび

本論では複雜な數理統計論を省略し，主として工學的見地から水文統計學的方法が河川計画の合理化に有効かつ必須であることを實例につき說明した。こゝで取扱つた繼續曲線の問題以外にも，ステーション・イヤー法など近來米國で盛に研究されている水文統計學的な問題が少くない。我々は今後これらの研究が我國でも盛に行われ，狹い國土ながらも充分科學的に河川計画が樹立され，河水の完全利用と水災の安全防禦とを實現して，平和な日本の建設に大いに貢献することを希望してやまない次第である。

参考文献

1) 岩井重久：“確率洪水推定法とその本邦河川への適用”，統計數理研究，3巻1號（昭24）

2) 岩井重久：“水文學に於ける非對稱分布に就て”，土木學會論文集1，2號合併號（昭22）

3) 岩井重久：“スレード型分布の非對稱性の吟味及び2，3の新解法”，土木學會論文集，4號（昭24）

4) 岩井重久：“水文學における統計的繼續曲線とその水工計画上の應用”，統計數理研究，3巻2號（近く發行）

5) 石原藤次郎，岩井重久：“降雨曲線の決定に關する一統計的方法”，建設工學，第1册（昭22）

6) 岩井重久：“確率降雨曲線とその下水計画への應用”，水道協會雜誌，195號（昭24）

7) 石原藤次郎，岩井重久，川本正身：“流況曲線の統計的推定法”，土木研究，第1輯（昭23）

8) 岩井重久，川本正身：“流況より見た本邦河川の特性について”，建設工學，2巻2，3號（昭24）

9) 岩井重久：“繼續曲線の適合度檢定法”，土木學會論文集へ投稿豫定

本論作成に當り實際計算を手傳つていたゞいた津田正幸（廣島縣土木部），星野元（日發近畿支店土木部），松村正光（京大大學院特別研究生），濱口篤弘（同左）及び上山惟康（京大學生）の諸君に深甚の謝意を表したい。