

東北地方建設局 正員 ○ 斎藤正勝

東北地方建設局 正員 川上 隆

1. まえがき

北上川(図-1)では、洪水予報とダム群の統合管理を目的として、電子計算機を主体とするシステム化の検討がすすめられてきた。今日まで降雨・水位資料の収集、流出・河道追跡等の推算については一応の体系が整い、実際にいくつかの洪水にも適用され、その実用性が立証されている。

上述の目的を完全に満足させるために残されている今後の課題は主として降雨の予測とダム群の最適操作の手法である。現状のシステムにおいても、試算的に多くの計算を実施することにより、その目的を達成し得るが、より効率的かつ機械的に解を得ることができれば、現システムの一戸の活用が図れるわけである。

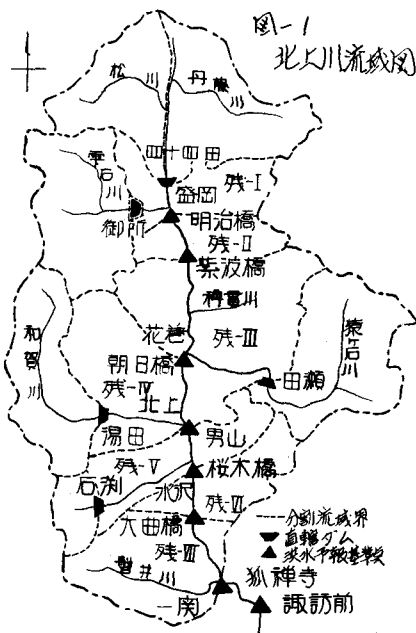
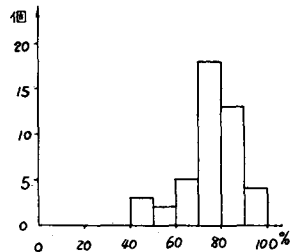
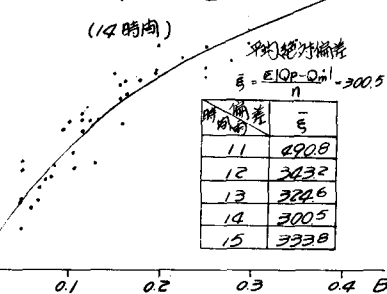
本研究では、この主旨に沿って実績洪水の分析を主体に北上川における洪水の特性を把握し、治水統合管理への適用を試みたものである。

2. 降雨時間分布の予測

数多くのパラメータに起因している非常に複雑な降雨の時間分布形状を一般的な数式にのせるような試みは、現状では極めて難解かつ困難なことであろう。そこで著者らは、基準地点の洪水流量との対応関係を考慮しつつ、北上川で適用可能な分布形状を既往洪水資料より求めることにより予測への適用を図ることとした。

既往の46降雨(大正13年～昭和44年)について、降雨ピーク出現時(t_p)までの累加雨量を総雨量との比率で示し、分類すると図-2のようになり、

t_p までに総雨量の約70%以上が含まれることが分る。そこで分布形状検討の終端を t_p とし、始端は狐禅寺基準点ピーク流量を支配する時間雨量により定めた。即ち、11～15時間雨量(降雨のピークより、それぞれ11, 12, …, 15時間前までに含まれる雨量)と狐禅寺基準点ピーク流量(Q_p)との相関を上述46洪水の解析により求め、相関の最も良好な時間雨量を求めた。結果は14時間雨量を採用することとした。次に、以上により定めた基準流量に最も支配的であると考えられる

図-2 t_p/t_p ヒストグラム図-3 B-Q_p相関図

時間内雨量の分布について関数表示を試みた。その結果 (1) 式のような形で表わすことが実績との適合性、指標としての利用性等の面から最も妥当であると考えた。

$$y = Ae^{Bx} \quad \text{----- (1)}$$

こゝに、 y : 累加雨量の % であり
 x : 時間、 A 及び
 B : 係数である。

図-4 に (1) 式の表示と実績値との適合度を示す。

また、図-3 に (1) 式における指標数 B と乱雑率 Q_p との相関度を示す。

次に、最大降雨強度 X_3 、その出現時間 X_2 について昭和

30 年以降の資料 (20 ~ 30 年) により、各分割流域毎に相関関係により検討した。その結果の一例を図-5 に示す。図-5 で Y は総雨量、 X_1 は降雨継続時間である。

以上の検討により、時間分布の予測は、主要部分を (1) 式により他の部分を一次式で仮定することにより図-6 に示す模式図のように求むることができる。図-6 で定数 A 、 B は次の関係により求まる。

$$X_3 = Ae^{4B} \quad \text{----- (2)}$$

総雨量の関係より $Y = \frac{1}{2}(X_2 - 14)A + \int_{14}^{X_2} Ae^{Bx} dx + \frac{1}{2}X_3(X_1 - X_2)$

$$\text{即ち、} Y/X_3 = \frac{1}{2} - (1/2 - X_2/2 + 7) \cdot e^{-14B} + \frac{1}{2}(X_1 - X_2) \quad \text{---- (3)}$$

以上による推算の一例を図-7 に示す。ダム流域等、降雨資料の比較的整っている場合にはその適合性は良好である。

3. ダム群の最適操作

1) 最適操作の目標

改修の進んでいない北上川では洪水制御の対象地区は各所に散在しているが、将来を含めて考えると狭く部直上流に位置する一の関地区がそのポイントとなる。本地区は、現在ほとんど無堤状態であり、中小洪水によっても氾濫状態を呈している。そこで、検討対象地区を本地区に定め、洪水調節と被害の関係について若干の検討を行った。大曲橋～乱雑寺間について、大曲橋基準点の水位を基準に水位相関を利用して氾濫域を求め、全被害面積の 8 割に及び船の被害について、冠水深別 (毎水

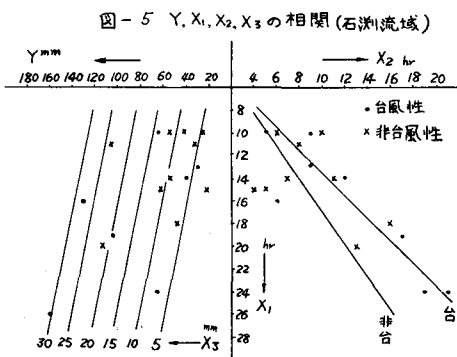


図-5 Y, X1, X2, X3 の相関 (石洲流域)

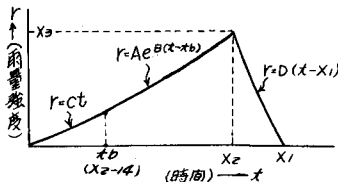


図-6 降雨時間分布モデル

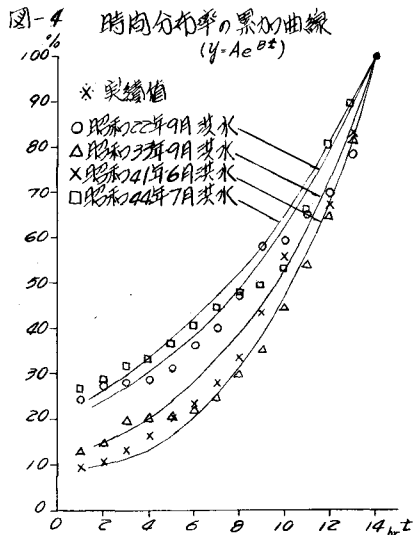
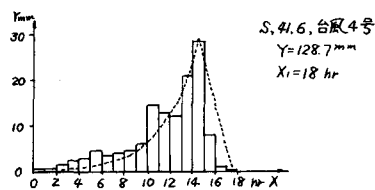
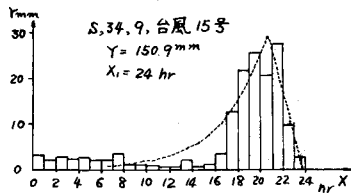
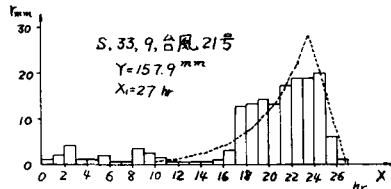


図-4 時間分布推算例 (石洲流域)



、葉先露出)、時期別(分け時期、幼穂形成期等)を考慮して被害額を算定した。その結果、基準洪水水位(H)と氾濫域内収獲額の関係は、図-8に示すように片対数紙でほぼ直線に表わし得ることが分った。また減収率と冠水時間(T)の関係もほぼ一次式で表わせることから、結局、被害額(D)とH、Tの関係は次式で表わすことができる。

$$D = (\log H + a) \cdot (T + b) \quad \text{----- (4)}$$

こゝに a, b は時期別により異なる定数。

基準洪水形の調節に際して、互に相反する関係にあるHとTの減少に依りて、(4)式により基本的な数種の派形(基準派)について検討を行った結果、通常不可能なような極端なTの短縮(例えば、調節前のTの4割程度)を図らなれば限りはHの低減にウエートをおく方が得策であることが分った。従つて、最適操作の目標はピーク水位の低減、換言すればピーク流量の低減にその目標をおくものとする。

2) ダム群の最適操作

北上川における洪水パターンとして、過去の代表的な洪水10例(表-1)を選び、図-1の流域分割に従つて、対象基準派を流経系として次のような検討を行った。イ. 各分割流域の基準派への効果(ピーク流量の低減)。ロ. ダム流域の

基準派への面的な効果(基準派ハイドログラフの制御対象部への量的な影響)。ハ. 各ダムの操作と基準地派ピーク流量の最大低減。

イに依りて、ある洪水に対する全流域による基準地派ピーク

流量(Q_p)、 i 流域を全量調節と仮定した場合の基準地派ピーク流量(Q_{pi})とし、 $\Delta Q_{pi} = (Q_p - Q_{pi})$ を i 流域の基準派への単独効果とし、これを各洪水、各流域について求め、単位流域当りで示したものが図-9である。非常に集中性の高い洪水(昭和30年6月洪水等)を除いては、降雨パターンによる基準派への各流域の効果は比較的变化が無く、両端流域を除いては、ほぼ同様な効果を有することが分る。

ロについて、図-10の模式図のように残流域で構成される基準派ピーク流量 Q_{pi} より制御期間Tを定め、 Q_p を基準として前半、後半に区分して各々の区分に含まれる各ダムの面的効果(図-10

図-8 基準洪水水位-氾濫域内収獲額

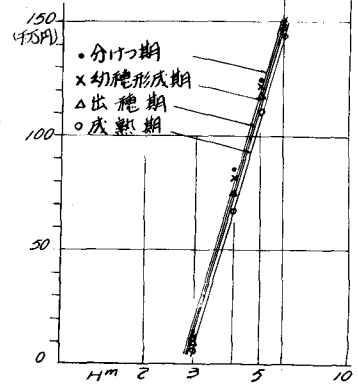


図-9 各分割流域の基準派派への効果 (ピーク流量の低減)

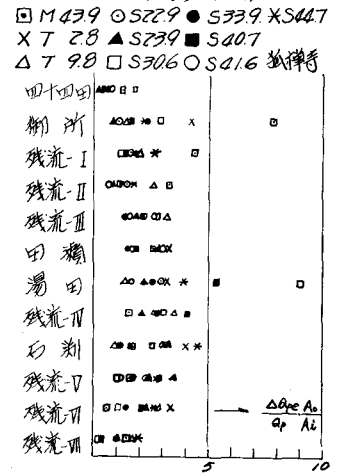
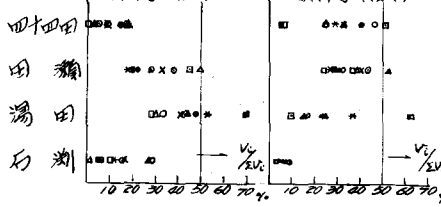


図-10 ダム流域の基準派派への面的効果

① M43.9 ② S22.9 ③ S33.9 * S44.7
 X T 2.8 ▲ S23.9 ■ S40.7
 △ T 9.8 □ S30.6 ○ S41.6



斜線部)を図-10のように求めた。この結果から、田十田田
ダムは基準負波形の後半に効果があること、田瀬及び湯田ダ
ムは全般的に効果が大きく、前者はやや後半に、後者は前
半への効果が特に大きいこと、石瀬ダムは全般的に効果が少
なく、特に後半には、ほとんど影響しないことが分る。

ハについて、イ及びロの定性的な検討結果をもとに試算に
より各洪水について各ダムの最適操作を検討した。この検討
結果の一例を図-11に示す。石瀬ダムは治水容量も小さく、

表-2 基準地災負波調節効果とダム群調節効果

洪水名	V ₀	V _i		ZV _i / V ₀
		Σ V _i	新基準波に 対し比率	
M23年9月	25.6	95.3	47.2	2.1
T22年8月	66.6	114.7	56.8	2.7
T9年8月	53.0	83.8	41.5	1.6
S22年9月	107.2	155.6	77.1	2.5
S23年9月	106.6	169.5	84.0	1.6
S30年6月	69.2	105.7	52.4	1.5
S33年9月	41.0	78.1	38.7	1.9
S40年7月	33.2	59.9	29.7	1.8
S41年6月	26.8	51.9	25.7	1.9
S44年7月	66.6	102.4	50.7	1.5

また基準波への効果も他の
3ダムに比し少ないので容量
に見合った定置方式に固定
した。検討結果をまとめれ
ば次のとおりである。

a. 田十田田ダムは10例
とも図のようなAタイプで
放流勾配は50~100%/hrである。

b. 田瀬ダムは10例中
8例がAタイプで放流勾配
は50~150%/hr、2例はBタ
イプである。

c. 湯田ダムは10例中5
例がCタイプ、3例がB、
2例がAタイプである。

d. 基準負波形における目
標調節量V_iに対し、要するダ
ム群の調節量V₀は、表-2の
ように、 $1.5 \sim 2.0 \times V_i$ で
ある。以上により、次の手順
で試算をする。Q_p、Q_{pe}を求め、
T、V₀を定め、αによりZV_iを
求める。次にTにおける各ダ
ムの面的効果を求め、この比率
でZV_iを各ダムに配分する。配

図-11 ダム群の最適操作 (ダム地災負波と基準負波)

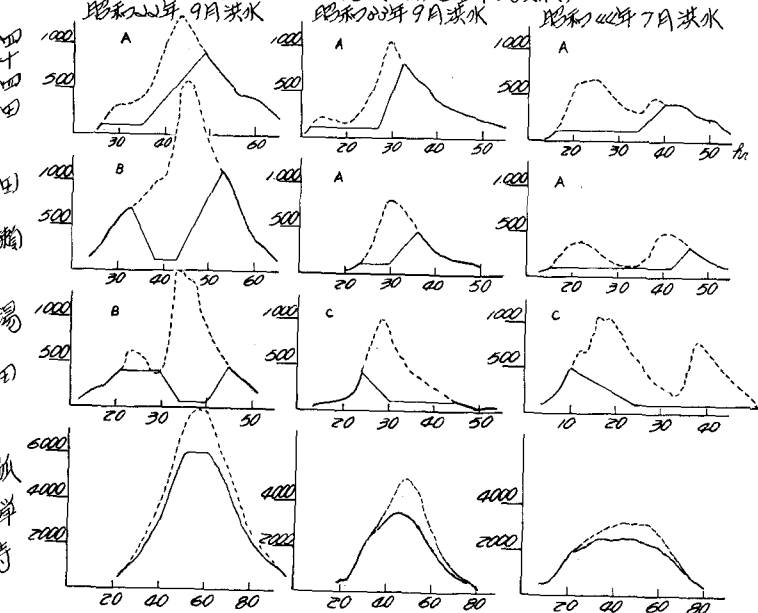
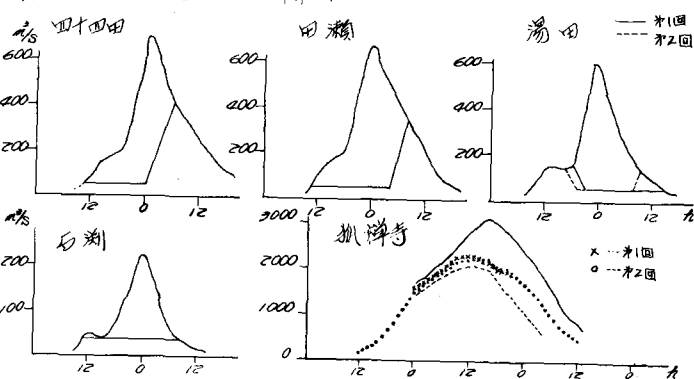


図-12 ダム群最適操作の計算例



分したV_iで田十田田はAタイプ、石瀬は一定量、田瀬、湯田はA及びCタイプを基とし、V_iが計画規
模の6割以上となった場合にのみBタイプで操作する。以上の方法による任意に作成したモデル洪水
での試算(図-12)によれば、1回の試算で、その目的がほぼ達成されている。