

北上川洪水予報システム

建設省 岩手工事事務所 洪水予報課 正 福井 直治

1 北上川流域の概要

北上川は、流域面積 10250 km²、河川長 244 km、年間降水量 1,600 mm である。うち岩手県内に、7,000 km² の流域面積をもつ。岩手工事事務所では、この岩手県部分の北上川の洪水予報作業を担当している。西部奥羽山脈には多くの降雨がもたらされ、東部北上山系は少雨である。

昭和 27 年に北上川上流河川改修計画が定められ、これに基づいて、五大ダム（うち御新ダムは 53 年完成）が建設された。これらダム群のレイアウト、及び洪水予報用の流域分割は図 1 に示す。北上川上流域では、一関市狐禅寺より下流が狭窄部になっており、上流側ではダムアップされて、容易に氾濫をおこす。よって、狐禅寺が最も危険な箇所として、ダム操作も、ここでの水位を低下させる事を目標としている。

2 電子計算機のデジタル化

岩手工事事務所では、昭和 38 年に設置されたアナログ型電算機によって洪水予報を行なってきたが、昭和 48 年 3 月に次の理由でデジタル型電算機に更新した。

1) 設置後 10 年になつて、部品の劣化、真空管の製造中止という状況になつた。

2) ダム統合管理事務所発足を昭和 50 年 1 月に控え、洪水予報作業のみでなく、ダム群統合管理、低水管理等、多様の業務が必要とされるが、その遂行に際して、汎用性のある電算機でなければ、迅速、正確な作業は、不可能である。

新しい電算システムとして FACOM 230-35 システムを採用した。その諸元は、CPU 128 K BITE, ディスクパック 1 台、磁気ドラム 1 台、磁気テープ 2 台、メープロッター 1 台、グラフィックディスプレイ装置 1 台、その他、タイプライター、紙テープリーダ、紙テープパンチ、ラインプリンター各 1 台である。

3 北上川洪水予報システムの作業手順

洪水予報システムは、次の 4 段階に分割することができる。

1) 雨量、水位、ダム放流量など、基本的データの入手

2) 各河道区間に流入する流量の計算（流出計算）

3) 各河道区間への流入量と、最上流端、明治橋からの流入量より、各基準点での水位、流量を求める（河道追跡）

4) 河道追跡で求められた結果から判断して、注意報、警報等を発する。

以下に、計算手順について説明する。（図 2 参照）

(1) 狐禅寺上流を 13 流域に分割し、ダム流域 6、残留域 7 に分類する。これら 13 流域にある全 43 所のゲート雨量観測所からの毎時データは、各流域毎にテーセン係数を用いて処理され、流域平均雨量となる。水位、放流量データは、そのままストックされる。

(2) 13 の流域について、流域平均雨量から、先行した降雨を考慮して流域平均有効雨量を求め、ユニットグラフを用いて、流出量を計算する。

$$Y_e = Y (1 - \exp(-R/R_{10})) \cdots \cdots (1)$$

Y_e : 有効流域平均雨量 Y : 流域平均雨量 R_{10} : 流域の浸透能を示す定数（流域に固有）

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \cdot \mu_i + \sum_{i=1}^{n-1} r_i + \frac{r_n}{2}$$

R_i : 連続降雨の i 日目の流域平均日雨量 μ_i : 前期有効率 r_i : $(i-1)$ 時から i 時までの流域平均雨量

$$g(t) = g_b(t) + \sum_{i=1}^{n-1} r_e(t-i) \cdot U_g(t) \cdots \cdots (2)$$

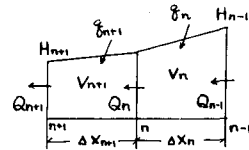
$g(t)$: t 時の流出量 $g_b(t)$: 基底流量 $U_g(t)$: ユニットグラフ

- (3) 流出計算で求められた流出量を、各河道区間毎に区間流入量を求めるために、(2)で求めた対応流域からの流出量の和を求める。ただし、ダム流域では、ダム放流量をそのまま流出量とみなす。次に、明治橋からの流入量、各河道区間毎の区間流入量から不定流の方程式を解いて、各基準点での流量、水位を求める。

$$tV_n = oV_n + \int_0^t (Q_{n+1} - Q_n + g_n) dt \quad \dots (3)$$

$$tQ_n = tF_n \sqrt{\frac{tH_{n+1} - tH_{n+1}}{\Delta X_n + \Delta X_{n+1}}} \quad \dots (4)$$

$$tF_n = t(R_b^{\frac{2}{3}} \cdot A) / N \quad \dots (5)$$



4 システムの特徴

北上川洪水予報システムには、次の特徴がある。

- (1) 人間を雑用から解放し、考える余裕を与えた。例えば、プログラムの実行に際して、グラフィックディスプレイ上にプログラム名リストが表示され、ライトペンの指示により容易に実行することができる。しかも複数のプログラムを指示すれば、連続実行も可能だし、その操作に論理的な誤りがあれば、チェックされてコメントを与えられる。このように人手の介入を少なくする事により、操作ミス追放、計算時間短縮を実現することができた。

- (2) 得られたデータを情報源として大きく評価する。例えば、水位データは、これまでと異なり、流出計算、河道追跡のパラメータ補正に活用される。

- (a) 3-(2)で行なわれた流出計算の結果は、小流域の最下流にある水位観測所から毎時送られてくる水位データと適合しない場合がある。この場合に、実測水位に、現在の流域状況の情報が含まれていると考え、計算に用いたパラメータ、つまり浸透能を示す R_b 、ユニットグラフ U_g を修正する。

各流域に9つの U_g を用意してある。これらを用いて一度流出計算を行ない、実績ハイドログラフ（実測水位から計算した流量）とピーク同志が重なるように、計算ハイドログラフの時刻ずらし、引伸し（又は縮小）を行ない、ピーク前後12時間の残差が最小となる U_g を求める。次に、計算ハイドログラフのピークが実績のピーク値の±5%以内になるまで、次式で R_b の修正を行なう。

$$R_b' = R_b \times (\text{計算流出量最大値} / \text{実績流出量最大値} - 1) / 2 \quad R_b': \text{修正後の浸透能}$$

修正の効果は図3に示す。

- (b) (a)と同様に、河道追跡では、本川基準点の水位データからパラメータを修正するのだが、修正の対象が朝日橋～狹禅寺の6基準点ゆえ、方法は多少複雑となる。

まず6基準点の実測水位のピーク前後12時間の実測水位 ($H_i(t)$) と計算水位 ($h_i(t)$) の差の平均、 $X_i = \sum_{t=7}^{t=19} (H_i(t) - h_i(t)) / 12$ ($i=1, 6$) を求める。このうち $|X_i| > 0.1^m$ となる基準点のうち最上流の点を n とする。各基準点固有の定数 b_n を用いて式(4)を使、た tF_n を次のように修正する。

$$tF_n' = tF_n \times \text{EXP}(X_n \cdot b_n) \quad \dots (6)$$

た、 $n+1$ 以下の X_i に対し、この修正は影響を与えないので、これを、やはり基準点固有の定数 $a_{i,n}$ を用いて修正する。

$$X_i' = X_i + X_n \cdot a_{i,n} \quad (i=n+1, \dots, 6) \quad \dots (7)$$

式(6)、(7)を6以降の基準点にも適用して、基準点6（狹禅寺）まで tF_n を修正したら、新たに河道追跡を行なって、 $|X_i| > 0.1^m$ なら同様の操作をくりかえす。修正の効果を図4に示す。

5 今後の問題点

昭和48年は、洪水がなく実用に供されていないが、一応の予報体制は整備できたと評価している。今後は、同等の洪水調節効果をもつダム群をかかえる北上川に必要な最適ダムカット法と、それに必要な降雨予測について充分な検討を行ない、総合的なシステムを作りあげてゆきたい。

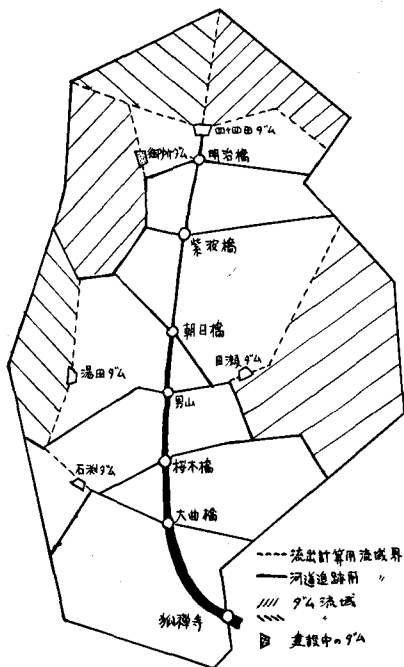


図1 北上川上流域

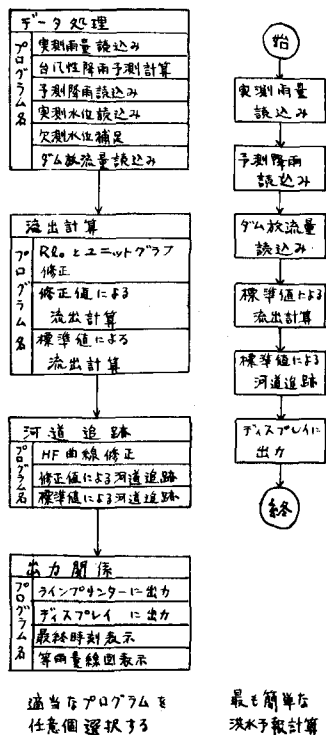


図2 洪水予報システムの流れ

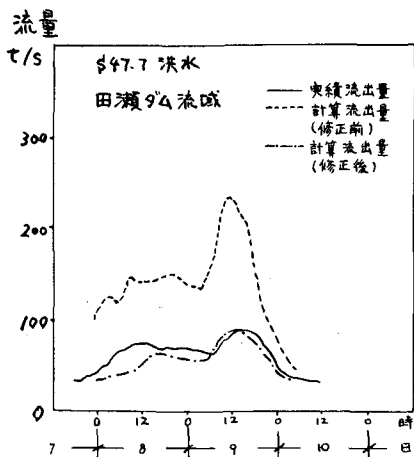


図3 流出計算修正結果

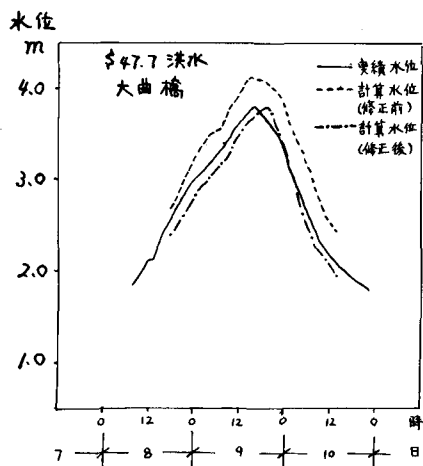


図4 河道追跡修正結果