

洪水予測とダム操作

盛谷 明弘

1. はじめに

水資源開発の主役であるダムは、同時に洪水防御の面でも重要な役割を果たしている。現在、河川総合開発事業により300近いダムが完成し管理を行っており、さらに300を超えるダムが調査・建設の途上にある。これらのダムのほとんどは、洪水防御をその目的の1つとしており、すでに管理を行っているダムでは下流部の洪水被害の軽減にその力を発揮している。

日本の河川は、大陸の大河川と比較すると流路延長が短く流域面積も小さいため、降雨から洪水の発生までの時間が短い。よって、洪水時のダム操作を確実にこなすためには、洪水発生に先立ってその予測を行ない、結果を洪水調節の準備・計画に反映させる必要がある。また、洪水調節時には洪水関係の情報の収集や放流設備の操作などのさまざまな作業を行わなければならない。確実に洪水調節の効果をあげるためには、文字どおり時々刻々と変化する状況にダム操作も対応しなければならない。つまり、洪水時のダム操作は低水・渇水時の操作と比較して、短い時間に非常に多くの情報を必要とし、多くの操作を行わなければならないという特徴を有する。

本稿では、洪水時のダム操作の概略およびそこで用いられる洪水予測手法について、ダムによる洪水調節方式、洪水時のダム操作、洪水予測手法の順に説明する。

2. ダムによる洪水調節方式

洪水の発生時にはダムへの流入量の一部あるいは全部を貯水池に貯留し、ダム下流の流量を減少させることにより洪水被害を軽減させることとなる。日本の河川の洪

もりたに あきひろ

建設省土木研究所 ダム部水資源開発研究室

〒305 つくば市旭1番地

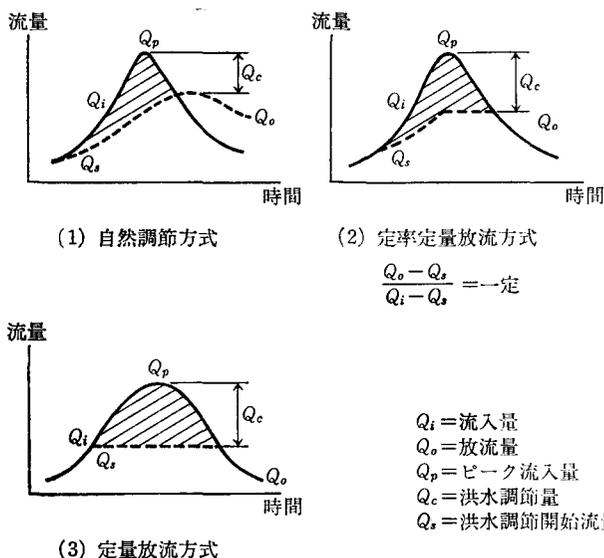


図1 主な洪水調節方式

水は、流域面積に比べてピーク流量がきわめて大きい。逆に、日本の地形特性からダム貯水池の容量はダム高と比べると小さい。以上の理由から、日本ではダム貯水池に洪水の全量を貯留することは不可能な場合がほとんどである。よって、何らかの方式で流入量のピーク付近を調節して、下流河道の負担を軽減させることとなる。主に用いられている洪水調節方式は図1に示すとおりである。

自然調節方式は、ダムにゲートを設置しないか、ゲート開度を固定して操作を行わずに洪水を調節する方法である。一般に小流域からの洪水流出は降雨から流出に要する時間が短く、流量増に応じて適切なゲート操作を行なうことが困難なことがある。このため、流域面積の小さいダムでは洪水時操作の確実性・安全性の面からこの方式を用いることが多い。

定率定量放流方式は、洪水調節開始流量に達した後、流入量がピークに達するまではその一定の割合を調節・貯留し、その後は最大放流量を維持する方法である。中

表 1 直轄・公団管理ダムの洪水調節方式

自然調節	定率定量	定 量	そ の 他
6	27	18	6

小洪水に対しても洪水調節を有効に行なうことができる方法とされており、一般に用いられている。

定量放流方式は、ダムからの放流量は一定量として残りを調節する方法である。放流量は、下流の河道の状況等から被害を生じないように設定される。この方式も一般に用いられている方式の1つである。

ここで、建設省直轄管理ダム45ダム、水資源開発公団管理12ダム、計57ダムの洪水調節方式について整理すると表1のようになる。表1より、定率定量放流方式および定量放流方式の2つで全体の約8割を占めることがわかる。自然調節方式の採用事例が少ないのは、直轄・公団管理ダムは一般に流域面積が大きいことによる。道府県の管理するダムでは流域面積が小さい場合が多いため、全体の約1/4が自然調節方式を用いている。なお、表1の57ダムは昭和58年度に管理を行なっているダムにほぼ相当している。

3. 洪水時のダム操作

洪水の発生が予想される場合には、ダム管理は洪水警戒体制を発令する。一般に洪水警戒体制時には、関係機関との連絡、気象および水象に関する観測並びに情報の

収集、放流設備などの点検等の洪水調節の準備が行なわれる。

洪水時のダム操作は、その時期に応じて図2に示すように事前操作・洪水調節・事後操作に分類できる。事前操作は、洪水調節開始流量に達した時点で円滑に洪水調節に移行できるように、ゲート进行操作して貯水池の水位や放流量を制御することである。ダムからの放流には、放流により下流に急激な水位の変動を生じさせないという原則があり、一般に30分間に20~50cm程度の水位上昇におさえるように放流量の増加を制限する例が多い。このため、洪水調節開始時に放流量が計画放流量より大幅に小さいと、放流量の増加が水位上昇の条件で制限されるために計画どおりの放流ができなくなる。そして、洪水調節に遅れが生じて計画貯留量よりも過剰に貯留するために、洪水調節容量が不足することとなる。そこで事前操作として洪水調節開始流量に達する前に放流量および貯水位を制御して、円滑に洪水調節に移行できるようにする。

ダムへの流入量が洪水調節流量に達した時点で、事前操作から移行して洪水調節を開始する。ダムの操作は、先に述べた洪水調節方式にしたがって行なわれる。ダムによる洪水調節計画は、ある生起確率（たとえば1/100）の洪水に対して策定されている。この計画規模をこえる洪水が発生したさいには、オーバーフロー等に対するダム本体の安全確保も重要な要素となる。このため、このような場合には通常の洪水調節の場合と異なる操作を行

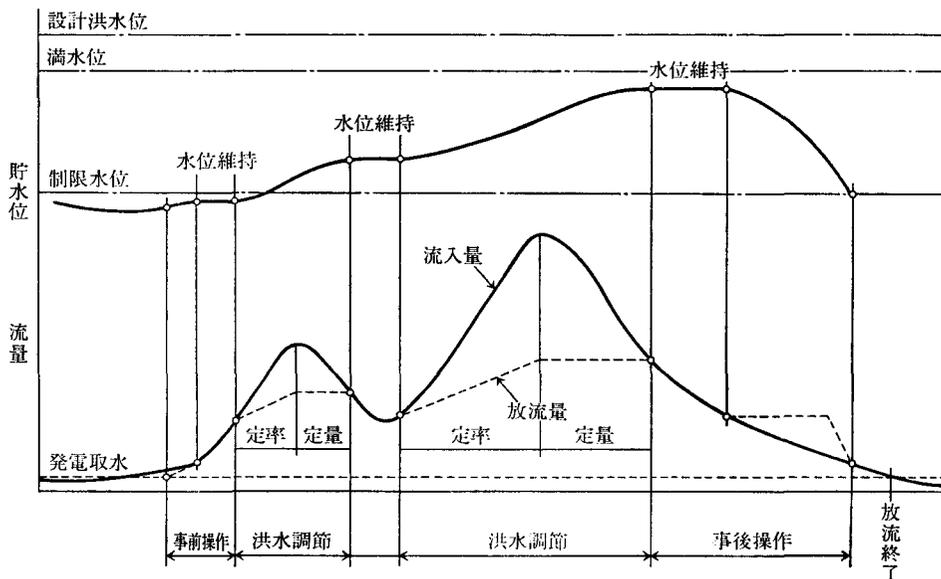


図 2 洪水時のダム操作の概念図

なうことが必要となる。

事後操作は、次の洪水に備えるために洪水調節中に上昇した貯水位を洪水調節終了後に速やかに低下させることである。このため、流入量が放流量を下回っても、下流に支障を与えない範囲で放流を継続することができる。実際の操作に当っては水文・気象の状況や貯水池水位等の条件を勘案して、事後操作を行なう必要がある。なお、事後操作が終了して洪水調節が完全に終了した場合には洪水警戒体制を解除する。

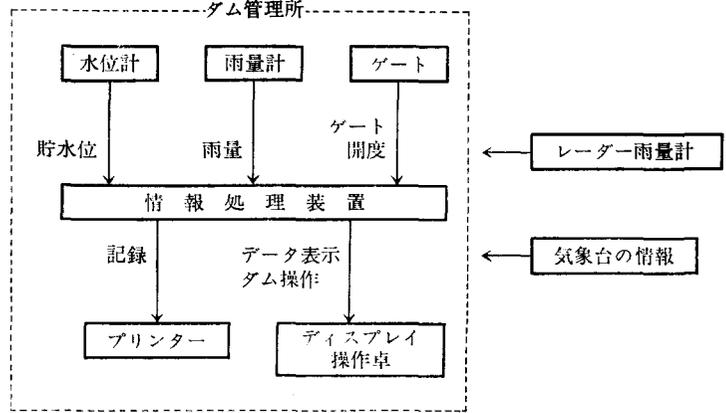


図 3 洪水予測に関する情報のフロー

4. 洪水予測手法

4.1 情報の収集・整理

3.で述べたようにダムによる洪水調節はいくつかの段階に分れており、それぞれの段階で必要とされる情報の種類と精度は異なっている。洪水警戒体制時には、降雨の全体規模、洪水の可能性と時期の判断に関する情報が必要となる。洪水調節時には、数時間の範囲の流入量の精度の良い予測が確実な洪水調節のために必要である。特に、計画を上回る洪水の発生時にはその規模の把握は必須のものとなる。

ダム管理上必要となる情報の種類は多く、その入手方法もダム管理者が測定するものと他機関から提供を受けるものとに分れる。これらの情報のうち、洪水調節に関するものとして最も重要なものは、流域雨量とダム流入量およびダム貯水位である。また、ゲートを有するダムでは、ゲート開度も放流量を決定する量の1つである。ダム管理者は、ダムの流域面積に応じて適当な数の雨量計を流域内に配置して流域雨量を測定するとともに、貯水位を測定して水位ならびに流入量を把握している。そして必要に応じてゲートを開閉し、放流量を設定する。これらの測定・操作の結果は有線あるいは無線でダム管理所に収集・表示され、ダム操作の判断材料となる。この他に、建設省が現在全国に展開させつつあるレーダー雨量計を用いれば、雨域の移動および降雨量の面的分布を定量的に把握することができる。また、より広域的な気象情報については気象官署の発表する注意報・警報等の情報も利用可能である。

4.2 洪水警戒体制

洪水警戒体制を発令するときには、洪水が予想されるかどうかの判断基準が必要となる。体制の発令から実際

に洪水調節を開始するまでの間には、さまざまな準備作業を整えられるだけの余裕がなければならない。まず、洪水予測に関する情報の1つとして気象台の発表する大雨等の注意報・警報がある。この注意報・警報の発令は、洪水警戒体制への移行の判断基準の1つである。しかし、注意報・警報の発令から洪水調節の開始までの間に、十分な時間の余裕が得られない例が多いことにより、これだけを基準としては不十分であるとされている。そこで、洪水警戒体制へ移行する条件としては、注意報・警報の発令の他に流域累加雨量、ダム流入量の増加、台風の接近位置等が加えられている例がほとんどである。これらの条件が1つでも満たされたときは、ダム管理者は洪水警戒体制を発令する。こうした洪水警戒体制の発令基準は、既往の洪水時の気象・水文データを整理解析することで決定され、操作規則や操作細則中に定められている。

洪水警戒体制時には、洪水の規模および時期についてかなり詳細な予測を行なうことが必要となる。特に、洪水調節に先立って予備放流を行なうダムでは、洪水の立ち上がり時刻と予備放流に要する時間との比較が重要である。また、ダムからの放流によって下流の流水との状況にいちじるしい変化を生ずるさいには、関係機関および一般への通知等が義務づけられている。洪水調節時にも放流量が急増することからこれらの措置を行なわなければならないため、放流開始時刻=洪水立ち上がり時刻の予測が必要となる。

従来から用いられている予測方法としては、降雨一流出相関によるものや流出関数法によるものがある[1]。降雨一流出相関による方法は、流域の降雨の状況等をパラメーターとして流出量等を相関式により推定しようとする

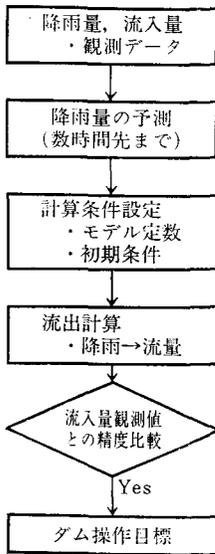


図4 流水関数法による洪水予測の概要

るものである。他に、台風に関するパラメーターと洪水流出諸量との回帰式を用いる方法もある。また、相関法を発展させた方法として共軸相関法も用いられる。これらの手法は精度は劣るが、簡便でより先行した情報を活用できるという利点を有する。このため、相関法による予測は後述する流出関数法による予測を補完するものとして用いられることが多い。

流出関数法は、貯留関数法、単位図法、タンクモデル法などの流出モデルを用いて、観測降雨時系列に予想降雨時系列を加えて流出量を予測するものである。流域を数分割する程度の流出計算ならばパソコン等でも計算可能であり、計算精度も実用上十分である。

台風起因する洪水については、気象現象の特性が把握しやすく降雨との対応がつけやすいため、台風の位置、規模、進行速度等の気象要素から、既往の台風性の洪水の類似例を抽出し、予測に反映させている例もある。たとえば、淀川ダム統合管理事務所では、台風性降雨に関して「台風・雨量シミュレーション」、「類似台風抽出シミュレーション」を行なっている[2]。これらは、淀川のほとんどの大洪水が台風によることから、台風性の降雨について降雨予測を行なうために開発されたシステムである。前者は、気象ファックスより得られる高層天気図等を用いて台風の進路予測を行ない、次に過去の台風の雨量データを統計処理したテーブルにより、台風の進路に応じた淀川流域内での雨量を予測するものである。後者は、過去の台風の中から類似した台風の進路、規模および

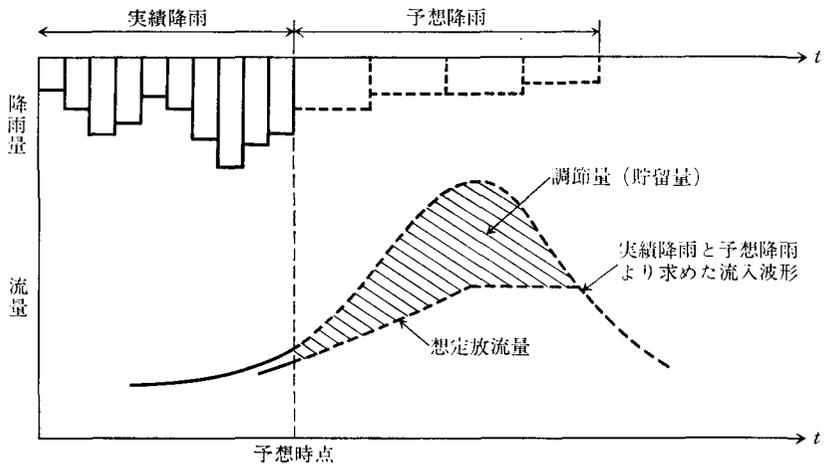


図5 洪水規模判断の模式図

淀川流域内の降雨状況等を任意に抽出するものである。

4.3 洪水調節

ダムへの流入量が洪水調節開始流量を超えた時点から、操作規則・操作細則に定められた洪水調節操作を行なう。確実なダムの操作を行ない、洪水調節の効果を保証するために、洪水調節時には適応判断を要しない操作方法が原則としてとられている。すなわち、予備放流では計画の一定容量を確保し、洪水調節では観測された貯水位・流入量に対し直接対応する操作を行なうというものである。このため、円滑に事前放流から洪水調節に移行できれば計画の範囲内の洪水であれば問題なく洪水調節を行なうことができる。

しかし、降雨—洪水が自然現象である以上、計画規模を上回る洪水が発生する可能性は常に存在する。このため、洪水調節中も計画通りの調節を行ない得るかどうかを適宜確認しながら操作を行なわなければならない。つまり、各時点での貯水池の空容量で、この時点から予測される流入量に対して、計画通りの洪水調節が可能かをチェックする必要があるということである。

洪水の規模を判断する第1の指標は累加雨量である。この値を計画降雨量あるいは洪水調節容量と比較すれば洪水規模を判断することができる。この比較で、累加雨量が計画降雨量に近いと判断された場合には、当然洪水調節操作も中間段階まで進行している。このため、図5に示すように流入波形を実績降雨および予想降雨より求め、調節量と現時点での空容量とを比較して計画通り

の調節ができるかを判断する。ここで空容量が予想される流入量に対して不足すると判断された場合には、計画を上回る洪水時の操作へ移行する準備を行なう。このさい、情報の収集、操作計画の立案等の他に、操作移行に対する上部機関による承認や、関係機関への通知等の手続きも必要となるため、先行した判断が必要となる。確実なダム操作を行なうために、情報の収集体制・検討方法とダムの操作運用手法とについて十分な検討がなされていることが必要である。

5. あとがき

洪水時のダム操作について、洪水予測手法を中心に概

略を説明した。本稿では現在実際のダム管理に用いられている手法について述べたが、物理的なモデルによる降雨量の予測手法に関する研究やレーダー雨量計に代表される新しい測定機器や情報処理システムの開発が近年盛んに進められており、近い将来これらの技術がダム管理に応用されるものと期待されている。

参考文献

- [1] 建設省河川局(監修): 多目的ダムの建設(昭和62年版)第2巻調査編, pp.152-174, 1987年
- [2] 建設省近畿地方建設局淀川ダム統合管理事務所: 淀川の流水管理, 1986年

オペレーションズ・リサーチ ——経営の科学——

——バックナンバーのご案内——

1985年 (Vol. 30)

- 1月号 第三世界とマイコン
- 2月号 まちづくりのOR
- 3月号 ORとその周辺的手法
- 4月号 地理情報のOR
- 5月号 動的計画法
- 6月号 事例研究—59年秋季研究発表会より
- 7月号 待ち行列網のパッケージとシミュレーター
- 8月号 医学・医療のOR
- 9月号 DSS: デジジョンサポートシステム
- 10月号 建設・建築のOR
- 11月号 在庫管理の展開
- 12月号 イベントのOR

1986年 (Vol. 31)

- 1月号 組合せ最適化
- 2月号 地域計画策定支援システム
- 3月号 計量情報学のOR
- 4月号 経営財務とOR
- 5月号 マーケティングの新しいアプローチ
- 6月号 鉄鋼とOR
- 7月号 教育とOR
- 8月号 AHP (階層化意思決定法)
- 9月号 災害のOR
- 10月号 モジュールとユニット
- 11月号 企業の国際化
- 12月号 犯罪とOR

1987年 (Vol. 32)

- 1月号 線形計画法の最近の発展
- 2月号 雪
- 3月号 問題解決法としてのOR
- 4月号 板取り
- 5月号 シミュレーション
- 6月号 ORの図解 (学会創立30周年記念特別号)
- 7月号 交通
- 8月号 本四架橋
- 9月号 AIの推論とOR
- 10月号 北海道開発のOR
- 11月号 スケジューリング
- 12月号 金融

1988年 (Vol. 33)

- 1月号 分枝限定法
- 2月号 戦略的マーケティング
- 3月号 組織知能
- 4月号 グラフィックOR
- 5月号 待ち行列のいま
- 6月号 複合エネルギー時代
- 7月号 ソフト・システムズ・アプローチ
- 8月号 多目的意思決定
- 9月号 水資源

各号1冊850円 (ただし 32-6「ORの図解」に限り1,600円)

購入希望の方は、下記学会事務局まで、お電話またはおハガキでご連絡ください。

(社)日本OR学会

〒113 文京区弥生2-4-16 学会センタービル
Tel. 03 (815) 3351 (代)