

留萌川洪水予測システムの改良について

—ダム放流量考慮手法の検討—

留萌開発建設部 治水課 ○佐藤 裕介
石田 時代

近年の異常気象や局地的降雨により、河川水位の予測精度の向上が急務となっている。留萌川における洪水予報・水防警報の発令の判断に必要な数時間先の河川水位を予測する洪水予測システムについて、既存洪水予測システムにおける定数の最適化を図るとともに、平成21年度に建設の完了を予定している留萌ダムの放流量を考慮した洪水予測システムを検討し、留萌ダム下流における各予測地点の予測精度の向上を目的とした洪水予測システムの改良の検討結果について報告する。

キーワード：防災、災害情報、洪水予測

1. はじめに

留萌川流域は、過去幾度と洪水被害を受けている。中でも昭和63年8月に起きた洪水では、その被害の大きさを直轄河川激甚災害対策特別緊急事業に採択されている。この洪水により、各地で計画高水位を超える既往最高水位を記録し、上中流部の低平地の大部分が冠水した。さらに、人口が集中する下流の留萌市街地の約3分の1が浸水し、市民生活へ大きな打撃を与え社会不安となるなど大きな災害となった。こうした洪水被害から流域を守るため、留萌川では洪水調節を目的とする留萌ダム建設事業や大和田遊水地事業等が推進されてきた。留萌ダムの建設事業は平成元年に着手し、大和田遊水地は平成13年度から事業が進められ、2つの事業は平成21年度に完成予定としており、平成22年度からの運用を目標としている。

近年、日本各地においても異常気象による洪水被害が多く発生し、中でも短時間に強い降雨をもたらす集中豪雨が多くみられる。洪水予測はこのような洪水災害によってもたらされる流域内の生命や財産の被害を未然に防止あるいは被害を軽減する上で必要であり、近年の異常出水に対し、洪水予測の精度確保は急務と考えられる(図-1)。

本論文では、留萌ダムの完成に伴うダム放流量を考慮した既存洪水予測モデルの改良手法の検討について報告するものである。

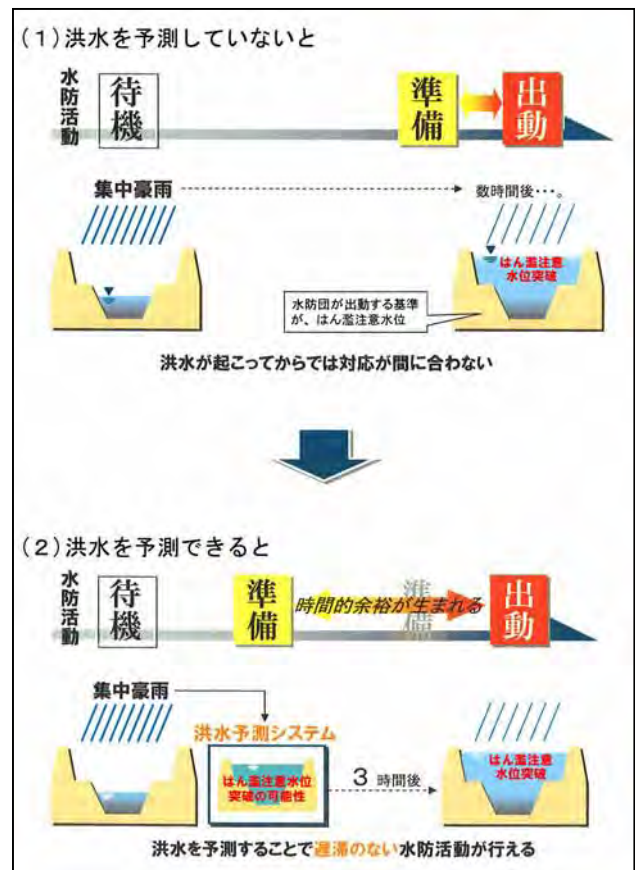


図-1 洪水予測の必要性

2. 留萌川の概要

留萌川は、その源を北海道留萌市の境にある天塩山地の南端に発し、タルマップ川、チバベリ川等の支川を合わせ西北に流れ、留萌市街部において日本海に注ぐ、幹川流路延長44km、流域面積約270km²の一級河川で、流域の関係市町村は、留萌市1市である。

留萌川は流域のほぼ中央を流れており、河道は比較的直線的である。留萌川の上中流部は川幅が狭く、中流部では有堤区間であるものの、上流部では無堤区間が多くみられ、所々に著しい蛇行がみられる。一方、留萌市街地を流れる下流部では、河川改修が進み、両岸に堤防や護岸が設けられている。

流域の地質は、山地部では中新世の砂岩、泥岩、礫岩から成り、河川や海岸の低地部では、現河川によってもたらされたはん濫原堆積物でほぼ構成されている。

留萌川における洪水調節施設は、大和田遊水地と留萌ダムの治水事業が進められおり、平成22年度に運用予定である。留萌川は、平成9年3月から洪水予報指定河川に指定されており、洪水予報の基準地点は、幌糠水位観測所である（図-2参照）。大雨による洪水の恐れがある場合には、留萌開発建設部長と旭川気象台長が共同で、雨量・水位の予測を行い、関係機関を通じて地域住民に対し情報の提供を行うこととしている。

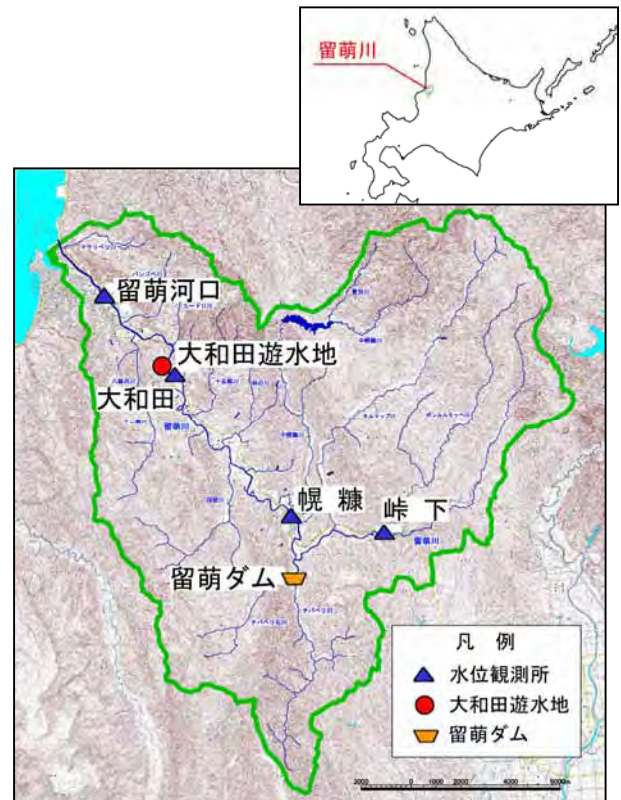


図-2 留萌川の位置と流域図

3. 留萌川における洪水予測システムの経緯

留萌川の洪水予測の流出モデルおよび予測システムは、星らの研究及びコンピュータの計算処理能力の向上とともに変わってきた。

近年では洪水予測モデルの精度比較の結果、一般化貯留関数法を採用し、流出モデルの精査を行うほか、リアルタイムで変化する雨量・水位をネットワークを通じてオンラインで取得し、それらを予測モデルに反映する改良一般化貯留関数法を採用している。なお、改良一般化貯留関数法では、予測誤差の修正にカルマンフィルター理論を用いており、流出率、フリクションファクター、および予測雨量の誤差について、上記オンラインデータを活用した自動修正を行っている。

平成22年度以降について、平成21年に予定している留萌ダムの完成に伴い、既存の洪水予測システムについてダムからの放流量を考慮した新しい洪水予測システムについて構築する必要がある（図-3）。

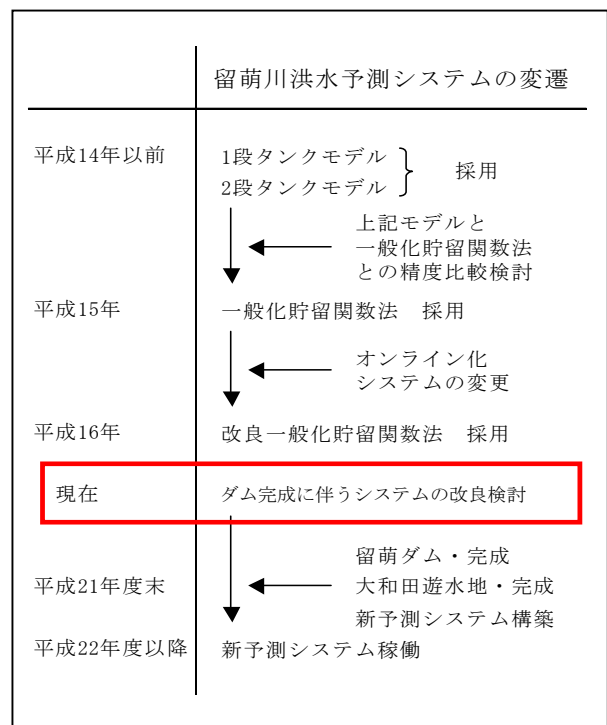


図-3 留萌川洪水予測システムの経緯

4. ダム放流量考慮手法の検討

(1) ダム放流量考慮手法

平成21年に完成予定である留萌ダムの運用開始後は、ダムによる調節効果を考慮した洪水予測を行う必要がある。ダム下流の観測地点における水位は自然流出量だけでなくダム放流量の影響を受ける。よって、ダム下流の水位は、自然的な成分と人為的な成分から形成されると考えられる。流域からの流出量は、既存の流出モデルにより算定可能であるが、ダム放流量の影響は考慮されていない。そのため、ダム放流量を考慮した流出解析手法が必要となる(図4)。

そこで、ダム下流地点の流量を自然流出量とダム放流量に分離し、それぞれ予測した後合成する手法を用いる。すなわち、

$$\text{観測所流量} = \text{ダム放流量成分} + \text{残流域流量}$$

として予測計算する手法である。
これを「ダム放流量考慮手法」とよぶ。

図5に示されるように、観測所流量に含まれるダム放流量成分については河道追跡計算を行うことにより算定する。観測所流量と算定されたダム放流量成分との差分が、残流域からの流出成分であると考え、残流域流量に対して流出解析を行い予測残流域流量を算定する。それらを合算することで、観測所地点の予測流量が算定される。

以上のことから、予測計算の流れは以下の通りとなる。

- ① ダム放流量の予測
- ② ダム放流量の河道追跡予測流量
- ③ 残流域からの予測流量
- ④ ②と③の合算予測流量をH-Q関係式により水位を予測

以降において留萌ダム流域を考慮した流域分割と②ダム放流量の河道追跡について記す。

(2) 流域分割について

(1)で記したように、ダム放流量考慮手法はダム下流に位置する観測所流量がダム放流量成分とダム～観測所間残流域からの流出量成分に分離して考える手法である。留萌ダム上流域の降雨量はダム放流量に含まれると考えるため、残流域からの流出量を算定する際に用いる降雨量は「留萌ダム上流域を除いた残留域」の平均雨量となる。そこで、図6に示すとおり留萌川流域を分割した。

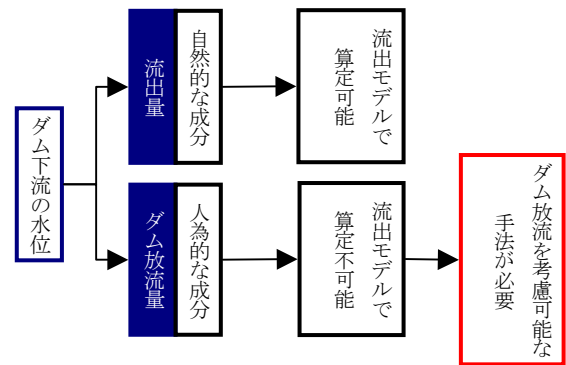


図4 ダム放流量考慮手法の考え方

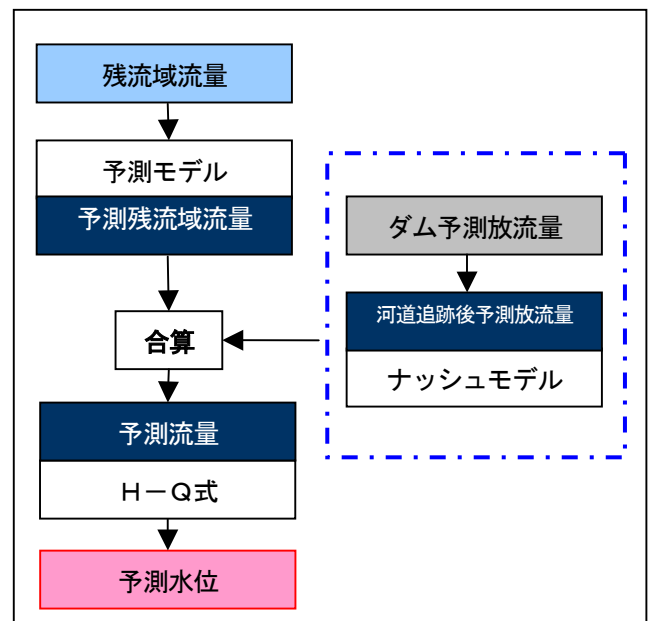


図5 予測計算の流れ

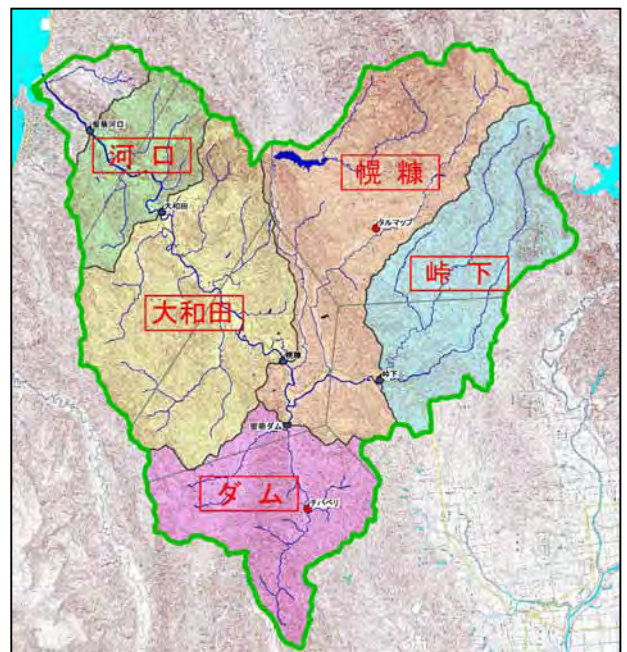
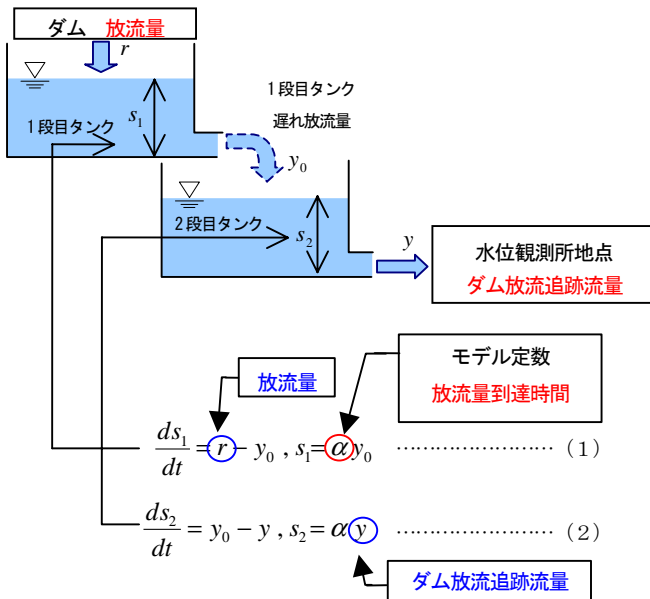


図6 流域分割図とティーセン分割図

(3) 河道追跡モデル定数の設定

留萌ダム放流量の河道追跡に用いるナッシュモデルの定数を検討した。ナッシュモデルは、同じ時定数を持つ2段タンク型の貯留関数モデルである(図-7参照)。



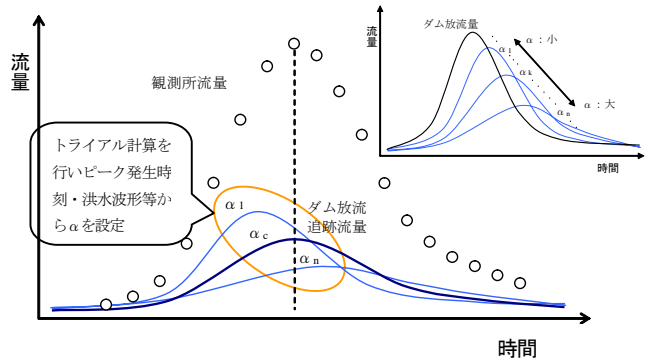
1段目のタンクにダム放流量が流入し、2段目のタンクで河道の貯留効果を表す。ダム放流量の到達時間を表すナッシュモデル定数 α を設定することで、ダム放流追跡流量が算定可能となる。

幌糠・大和田・留萌河口流量ハイドロとダム放流追跡流量ハイドロのピーク時刻、洪水波形等が一致する定数 α をトライアル計算により設定する(図-8参照)。定数設定のための検証洪水は、河道の状況等を踏まえて平成以降で規模の大きな上位3洪水とした。表-1に、検証洪水毎の幌糠、大和田でのピーク水位を示す。

なお、本来なら既往洪水時のダム放流量と各観測所流量とからモデル定数 α を検討すべきであるが、留萌ダム運用開始前であるためダム放流量を用いた検討を行うことはできない。そこで、本検討では、留萌ダムとほぼ同地点に位置するチババリ水位観測所流量をダム放流量と仮定して α を検討を行った。

表-2に各洪水で最適となった α を示す。また、平成11年洪水を例にして、図-9に各水位観測所のダム放流追跡流量を示す。

幌糠、大和田地点では洪水毎のばらつきが小さくなっており、留萌河口地点においても平成13年洪水を除いてはいずれも近い値となっている。これは平成13年洪水がほかの事例と比べ、流出の立ち上がりから終わりまでの期間が長かった為であり、実際の洪水の流出を反映してのものである。



洪水	幌糠		大和田	
	ピーク水位(m)	水防団待機水位(m)	ピーク水位(m)	水防団待機水位(m)
平成4年9月洪水	17.02	17.00	6.93	6.60
平成11年7月洪水	18.48		7.73	
平成13年9月洪水	17.75		7.13	

表-1 検証洪水一覧

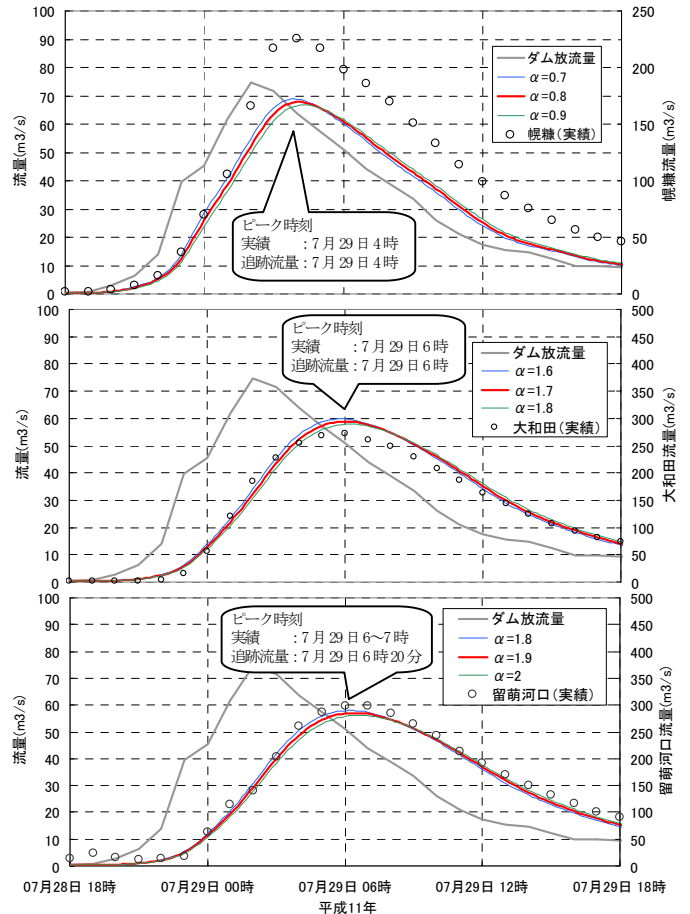


図-9 α の設定

	留萌ダム～幌糠	留萌ダム～大和田	留萌ダム～留萌河口
平成4年9月洪水	0.6	1.9	2.0
平成11年7月洪水	0.8	1.7	1.9
平成13年9月洪水	1.0	1.7	2.5
平均値	0.8	1.8	2.1
※数値のばらつき	0.6~1.0	1.7~1.9	2.0~2.5

表-2 α の設定値

5. まとめ及び今後の課題

ダム放流量考慮手法は、ダム下流に位置する観測所流量を、ダム操作による人為的成分とダム～観測所間残流域からの流出量成分に分離して予測計算を行うものである。このため、留萌ダム運用開始後では有効な手法と考えられる。

本検討はダム運用開始前であることから、ダムとほぼ同地点に位置するチバベリ水位観測所流量を放流量と仮定してナッシュモデル定数 α を検討している為、留萌ダム運用開始後に実績のダム放流量を用いてナッシュモデル定数 α の検証を行う必要がある。また、検証を行う際には、留萌ダムの予測放流量の算出が必要となる為、以下に予測放流量の算出手法の検討について示す。

予測放流量の算出について

a) 洪水調節方法

留萌ダムは、洪水調節のための放流ゲートが設置されていないため、洪水調節は洪水吐きからの自然放流による自然調節方式をとっている。具体的な洪水調節方法は表-3に示す通りであり、ダム貯水池のH-V、ダム貯水位と洪水吐きからの越流放流量の関係は、図-10に示す通りである。

b) 洪水時のダム放流量予測

ダム流入量の予測は、ダム上流域の予測雨量を用いて、留萌川で採用している改良一般化貯留関数法により予測する。ダム放流量予測は、上述したダム流入量予測値と洪水調節量の関係から推定する。具体的な予測方法は図-11のフローに示す通りである。

- ① 河川情報システムから現時刻のダム諸量（流入量、放流量、貯水位、貯水量）を、気象台及び民間降雨予測情報から予測雨量を留萌川洪水予測サーバへ受信する。
- ② 改良一般化貯留関数法によりダム流入量を予測する。
- ③ 現時刻のダム流入量、放流量、貯水量、貯水位及び1時刻先の予測流入量から放流量を予測する。

今後は、図-11に示したフローを用いてダムからの放流量を予測し、構築したダム放流量考慮手法についての予測精度の検証を行う予定である。

- ①貯水位が上昇して常時満水位 EL. 40.85mを上回ると、洪水吐きから越流し自然放流になる。(図-10 参照)
- ②水位が最高水位を過ぎ、常時満水位に低下すると、平常時運用に切り替える。

表-3 留萌ダムの洪水調節方法

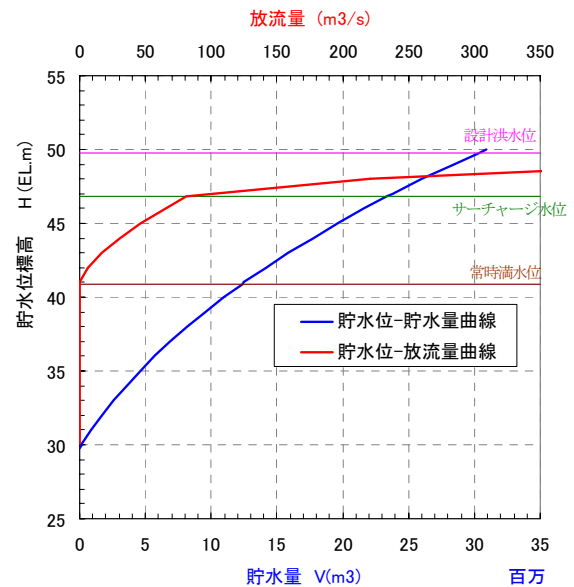


図-10 留萌ダム貯水位-貯水量、放流量曲線

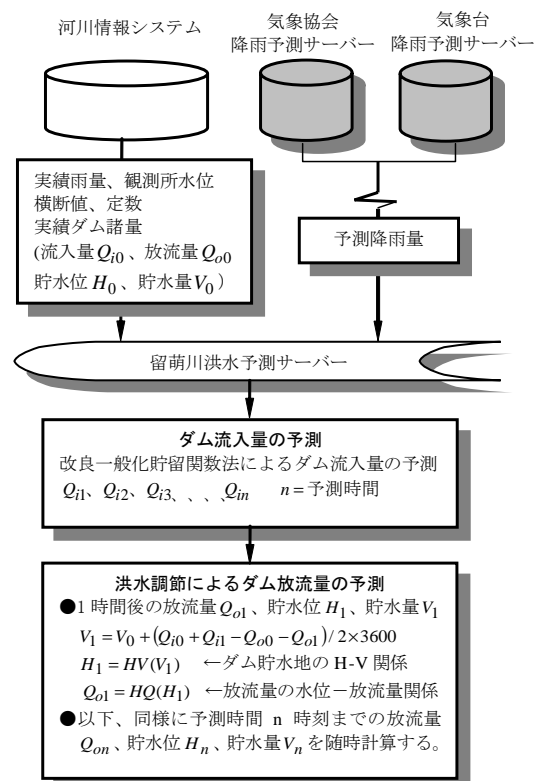


図-11 洪水時のダム放流量予測フロー

また洪水予測システムの一層の精度向上を図る為、以下の課題についても過年度において検討を行う予定である。

- a) 大和田遊水地の完成に伴う洪水調節を考慮した下流地点の水位予測
- b) 融雪水量に対する検討
- c) 局所的な降雨による出水の水位予測

a) の項目については、大和田遊水地の完成に伴い、遊水地越流堤より下流の観測地点において、遊水地への流入による洪水流の減勢効果を考慮したモデル構築を予定している。この場合、河道から越流堤を通じて遊水地へ流入するため河道水位の精度が重要となる。このため、以下の2通りについて検討を進める予定である。

- ・ダム放流量考慮手法に越流効果を取り入れた手法
- ・不定流モデルを用いた水位予測手法

上記2通りを検討し、実際に洪水が起きた際に、どちらの予測モデルの精度が高いかを検証する。

b) の項目については、北海道はその土地柄から11月～5月にかけて流域内に積雪が存在するが、現在の洪水予測システムでは融雪水量について考慮されていないことから、期間を設ける等して流域内の包蔵水量から融雪水量を算出し、洪水予測システムに水量として取り込むよう検討を行う。

c) の項目については、流域内の降雨分布が水位を予測する上で重要となるため、气象台などの関係機関と予測雨量の受け取り方についても検討を進め、一層の精度向上に努めたいと考える。

参考文献

- 1) 片山直樹・星清・橋本識秀：一般化貯留関数法を用いた洪水予測手法の改良、北海道支部論文報告集
- 2) 園山裕士・星清・橋本識秀：2段タンク型貯留関数法の精度評価、河川技術論文集
- 3) (財)北海道河川防災研究センター・研究所、編集・発行：「実時間洪水予測システム理論」解説書