

北上川ダム貯水池への融雪流入量の計算

Calculation of Snow-melt Runoff to Three Dam Reservoirs
of Kitakami River

大橋伸之・笹本 誠・堺 茂樹・平山健一・江口 斉

By Nobuyuki OHASHI, Makoto SASAMOTO, Shigeki SAKAI, Ken-ichi HIRAYAMA, Hitoshi EGUCHI

Calculation of snow-melt runoff to Shijyu-shida, Gosyo and Yuda dam reservoirs was performed. This numerical model requires only daily air temperature and precipitation at a representative point in the basin as input data. 8 parameters in the model were chosen from past meteorological and hydrological data, and calculated hydrographs show a good coincidence with observed runoff at these dams. Improvement of methods to determine these parameters is left for the future research.

keywords : snow depth, snow-melt runoff, daily air temperature, precipitation

1. はじめに

積雪地域における春期の融雪が河川流出に占める割合は大きい。例えば岩手県の中津川ダムでは昭和63年の4月から5月の流入量の合計は年間総流入量の約40%に達している。融雪出水量を把握することは治水対策上のみならず、水資源利用という面でも重要である。著者らは気温（平均、最高、最低）と降水量を入力値とする積雪深・融雪量予測モデルを作成し、これが一地点の積雪深の変化および岩手県湯田ダム流域よりの融雪流出量を良く説明できることを示した。

本研究は北上川水系の三つのダム流域に本モデルを適用して積雪深、融雪出水量の計算を行い、本モデルの汎用性の検討を行うことを目的としている。

* 学生員 岩手大学大学院生 土木工学専攻
(〒020 岩手県盛岡市上田4-3-5)

** 正会員 岩手大学技官 工学部土木工学科(同上)

*** 正会員 工博 岩手大学助教授 工学部土木工学科(同上)

**** 正会員 Ph.D 岩手大学教授 工学部土木工学科(同上)

***** 正会員 建設省北陸地方建設局松本砂防工事事務所
(〒390 長野県松本市元町1丁目8-28)

2. 対象流域の概要

本研究での計算対象流域は図-1に示す北上川水系の四十四田、御所、湯田の三つのダム流域である。いずれも北上川主支川のダム流域であり、奥羽山脈沿の北西季節風の影響を受ける地域を含んでいる。表-1に示すように御所ダム流域と湯田ダム流域はほぼ同じ流域面積を持ち、四十四田ダム流域の面積はその2倍の1196km²である。冬期の降水量は湯田ダム流域が多く、気温は四十四田ダム流域が低い。表中のデータは気象庁アメダス観測点で得られたものである。また四十四田ダム流域については流域面積が広いので流域を東側、西側、中央部と三分割して計算を行った。図-2に各流域の標高別面積比を示した。

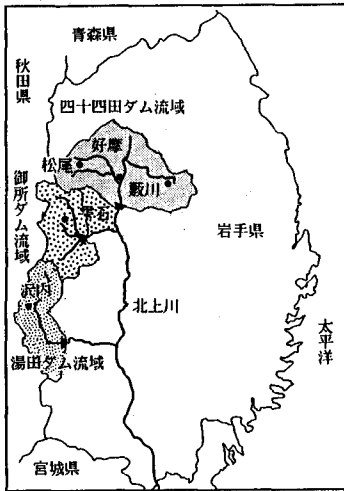


図-1 流域の位置図

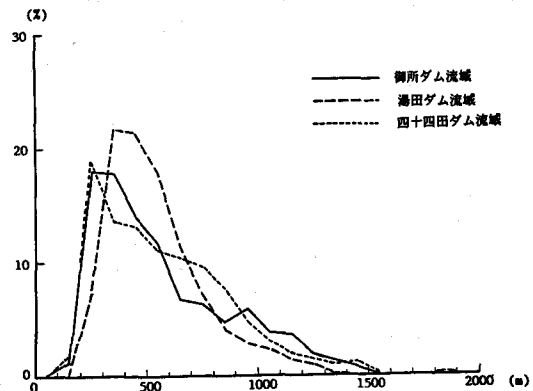


図-2 各流域の標高別面積比

表-1 流域の概要

流域名	河川名	流域面積	冬期基底流量	観測点	年度	最大積雪深	冬期間総降水量	根雪期間の平均気温
四十四田ダム流域	北上川	1196 km ²	25 m ³ /sec	松尾	62	27 cm	420.0 mm	-3.29 °C
					63	30 cm	383.0 mm	-5.32 °C
				好摩	62	32 cm	440.2 mm	-3.51 °C
					63	44 cm	380.4 mm	-3.83 °C
				藪川	62	94 cm	761.0 mm	-6.77 °C
					63	73 cm	586.2 mm	-7.89 °C
御所ダム流域	零石川	635 km ²	12 m ³ /sec	零石	62	44 cm	759.8 mm	-1.75 °C
					63	59 cm	734.2 mm	-4.90 °C
湯田ダム流域	和賀川	538 km ²	12 m ³ /sec	沢内	62	166 cm	1534.0 mm	-1.48 °C
					63	190 cm	1553.0 mm	-2.22 °C

3. 積雪深・融雪量予測モデル

本研究で用いる積雪深・融雪量予測モデルの概要は参考文献(1)に述べられている。一地点の計算に於けるパラメタは(a)降雪と降雨の判断をするための日平均気温、(b)雪の粘性係数、(c)融雪係数、(d)新雪密度である。また流域に拡張する場合は更に(e)冬期基底流量、(f)融雪流出量の日配分、(g)標高別降雪の増加率、(h)標高による気温の低下率の計8点である。以下にこれらのパラメタの決定方法について述べる。

(a) 降雪・降雨判定の日平均気温

一般に降水が発生したとき、降雨から降雪に変化する判断気温は 1.0 ~ 3.0 °C と言われている。各ダ

ム流域内の気象資料から降雨、降雪と日平均気温の関係を調べたのが図-3であるが、年度別、地点毎にかなりのばらつきが見られた。本計算では図-3より降雪、降雨の割合が約50%になる時の日平均気温を選び、判定気温は全ての流域に対し3℃を用いた。

(b) 雪の粘性係数

岩手県の冬期間の気温は全般に低く、そのため大部分の積雪は昇華・蒸発のみによって変態するしまり雪である。従って本研究では雪の変形を、融解・凍結による変態を伴わない小島²⁾の粘弾性圧縮理論を用いて表した。同理論は雪を粘弾性体と考えると歪と応力の関係から雪の密度変化を考慮して積雪深の変化を示そうと言うものである。密度が増すと雪は変形しにくくなりそれは粘性係数の増加として表せる。著者らは湯田ダム流域に於ける根雪期間の平均気温と粘性係数の関係を検討してきたが、実験で得られた粘性係数を積雪深変化の予測計算に用いる場合に、1~2程度の係数を乗じる必要が認められており、今回の計算においても1地点の積雪深の予測に最適な係数の値を実測と計算値の比較により決定した。

(c) 融雪係数

本モデルにおいて融雪量の計算には Degree-Hour 法を用いている。気温の日変化は境³⁾の方法により仮定し、0℃以上の気温に対し積算暖度を求め、その値に融雪係数を乗じたものを融雪量とした。融雪量の実測値との比較により最適な融雪係数を求めた結果、各流域について一定の値が得られた(表-2参照)。

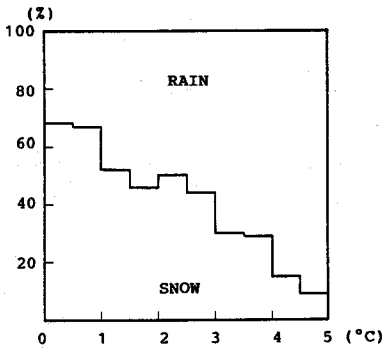


図-3 降雪・降雨の発生確率と日平均気温

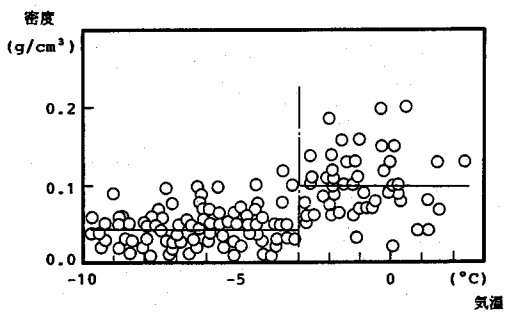


図-4 新雪密度と日平均気温の関係

表-2 計算のパラメタ

流域名	観測点	年度	融雪係数	粘性係数	融雪水の流出の遅れ				
四十四田ダム流域	松尾	63	0.30	1.0	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
	好摩	63	0.20	1.0	40%	30%	15%	10%	5%
	藪川	63	0.30	1.0					
御所ダム流域	雫石	63	0.20	1.0	55%	25%	15%	5%	
湯田ダム流域	沢内	63	0.25	2.0	50%	30%	15%	5%	

(d) 新雪密度

湯田ダム流域内で降雪深と降水量から新雪密度Dを求め、日平均気温Tとの関係を示したのが図-4である。新雪密度は0.1 g/cm³以下、特に0.04 g/cm³付近に集中していた。他の流域でも同様の検討を行った結果、新雪密度を以下のように与えた。

- 3.0℃ > T : D = 0.04 g/cm³
- 3.0℃ ≤ T ≤ 3.0 : D = 0.1 g/cm³

(e) 基底流量

冬期間の低水時の流量実測値から基底流量は表-1 のようであった。この値には年毎の変化が見られないことから各流域で一定とした。なおこれらの数値は面積当り1.6~1.8mmの水量に相当する。

(f) 融雪流出量の日配分

融雪量はその日のうちにすべてがダム貯水池へ流入せず、かなりの水量が翌日以降に持ち越されている。そのため各流域の実測のハイドログラフから翌日以降に持ち越される割合を決定した(表-2 参照)。

(g) 降雪分布

融雪量を計算する上で降雪量の流域内分布を精度良く見積ることが最も重要である。流域内の積雪分布はスノーサーベイなどで求められるが、降雪に対する地形的効果には未解明な点も多い。本計算では湯田ダム流域の過去10年間のスノーサーベイの結果を用いて降雪量の標高による増加のみを考え、増加率 0.09/100m を与えた。このように計算された融雪量の合計と実測流出量の総量はほぼ一致し、計算値が5~20%大きい程度であった。この差は代表地点の代表性の不足、流域内の降雪分布予測の誤差、昇華・蒸発散による大気への水分の移動などによるものと考えられる。

(h) 気温分布

気温の流域内分布は標高による減少のみを考え、岩手山での観測結果より減少率を $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ とした。

計算された融雪量からさらにダム流入量を計算するには

1) 実測流出量のうち基底流量以上の分の総量と計算された融雪量の総量との比を計算する

2) 各日の融雪量に上記の比を乗じ、(f)で述べた比率で配分する

3) 当日以前からの配分があればそれも加え、さらに基底流量を加えたものをその日のダム流入量とする
この方法では、一日の融雪量は一定の割合で直接流出と長期流出に分かれ、長期流出はその後の基底流量となるものとしている。

4 結果及び考察

融雪量の計算は北上川3ダム流域において1987年および1988年の2年間について行った。図-5、6、7は1987年11月から1988年5月までの四十四田、御所、湯田ダム流域の気象資料及び積雪深とダム流入量に関する計算値と実測値の比較を示している。一段目に日平均気温、二段目に降水量、三段目に気象観測地点での積雪深変化、四段目にダム日平均流入量が示されている。積雪深変化に関してはピークで若干の差がみられるものの精

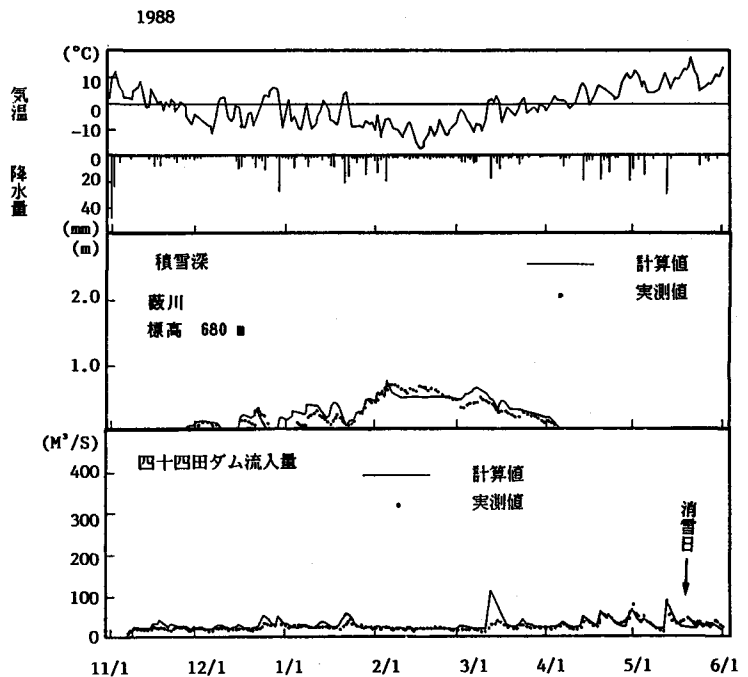


図-5 四十四田ダム流域の計算結果

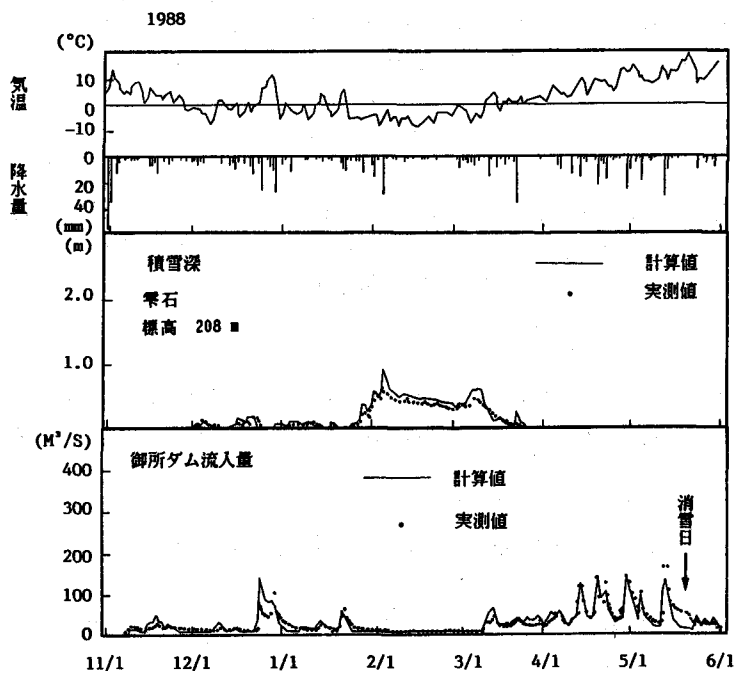


図-6 御所ダム流域の計算結果

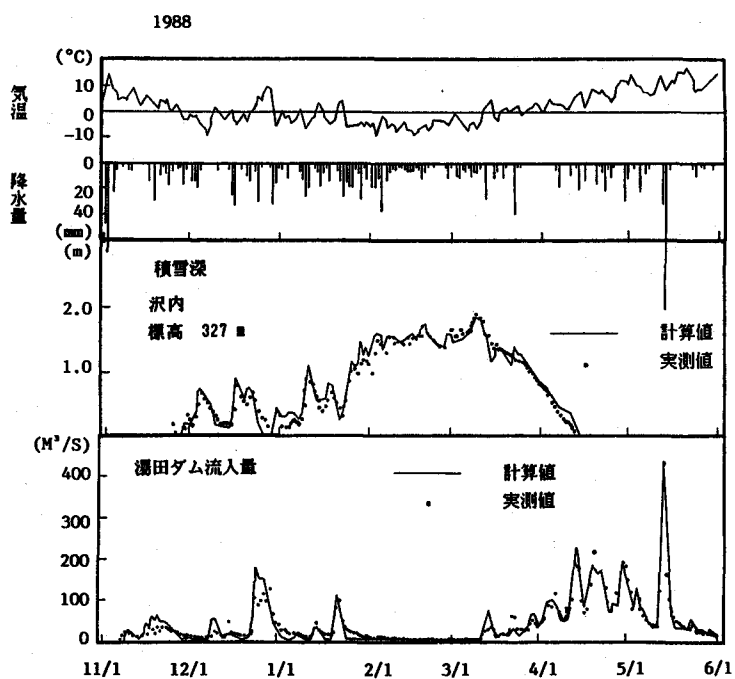


図-7 湯田ダム流域の計算結果

度のよい結果を得ることが出来た。図-6に示す御所ダム流域内、雫石における積雪深ピーク時の計算値と実測値の差は、雨雪の判断気温が原因であると思われる。ダム日平均流入量に関しても全体的に再現性はよい。

5 おわりに

以上のように計算に必要なデータが気温と降水量という入手し易い資料だけで、冬期間を通して一地点の積雪深の変化は精度の良い結果を得ることが出来た。今後、本モデルを更に汎用性の高いものとするためには各流域ごとのパラメタの決定法などの検討を進める必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたって建設省東北地方建設局北上川ダム統合管理事務所の方々と岩手大学工学部土木工学科水工学研究室学生の佐々木大輔君と千田 充君の協力を得たことを付記し謝意を表します。

《参考文献》

- 1) 大橋伸之、笹本 誠、堺 茂樹、平山健一：流域よりの融雪出水量計算について、第5回寒地技術シンポジウム '89、p.358~363
- 2) 小島賢治：積雪層の粘性圧縮Ⅰ～Ⅲ、低温科学物理編 Vol.14~16
- 3) Laramie, R.L., and J.C.Schaake : Simulation of the Continuous Snowmelt Process, M.I.T Report No.143, 1972
- 4) 境 隆雄：河川の融雪流出に関する研究、土木学会論文集 第95号、p.9~20、昭和38年
- 5) 池淵周一、宮井 宏、友村光秀：琵琶湖北部域の積雪・融雪・流出調査とその解析、京大防災研究所年報 第27号 B-2 p.197~220、昭和59年
- 6) 日本建設機械化協会編：新防雪ハンドブック
- 7) 江口 斉、笹本 誠、平山健一：積雪深予測モデルに関する研究、昭和62年度土木学会東北支部技術研究発表会、p.111~112