

ダム流域を対象とした融雪流出モデルに関する研究

Development of the snowmelt runoff model for dam basin

苫小牧工業高等専門学校専攻科 ○学生員 滝本 慎二 (Shinji TAKIMOTO)
 苫小牧工業高等専門学校 正会員 八田 茂実 (Shigemi HATTA)

1 はじめに

豪雪地帯に位置するダムでは、長期間にわたって水位維持のための貯水池操作が必要となる。特に北海道内ではダム流域レベルで、融雪流出により生じる流量のピークは19時以降に発生することが多く、融雪最盛期の数週間、貯水池の管理者にとっては大きな負担となっている。本研究は、多くの流域に適用可能な夜間融雪流出予測手法の開発を最終的な目的としている。本報告では、北海道内の3ダム流域に対して、これまでに提案されている融雪流出解析手法を適用し、流出予測の基本モデルとしての妥当性を検討した。

2 融雪流出モデルの概要

2.1 地点融雪量モデルの概要

融雪量は積雪表面・積雪下面と積雪の熱交換を推定することで計算することが可能である。北海道のような寒冷地では、積雪下面からの熱量は小さく、融雪のほとんどが積雪表面の熱収支から説明できる¹⁾。このため、融雪に作用する熱量 Q_M は、積雪表面での正味放射量 Q_R 、顕熱交換量 Q_A 、潜熱交換量 lE を用いて、次式のように表すことができる。

$$Q_M = Q_R + Q_A + lE \quad (1)$$

融雪量は、計算された融雪熱量を氷の融解潜熱 L_m で除して求められる。

$$M = Q_M / L_m \quad (2)$$

式(1)中の正味放射量、顕熱交換量、潜熱交換量は以下の式によって計算した。

$$Q_R = (1 - ref)I + L\downarrow - \epsilon\sigma(T_s + 273.15)^4 \quad (3)$$

$$Q_A = c_p \rho C_H U (T_s - T_a) \quad (4)$$

$$lE = l \rho C_E U (q - q_{SAT}) \quad (5)$$

ここで、 ref はアルベド、 I は日射量、 $L\downarrow$ は下向き長波放射、 ϵ は雪面の射出率、 σ はステファン=ボルツマン定数、 c_p は空気の定圧比熱、 ρ は空気の密度、 C_H 、 C_E はバルク係数 ($1.1 \sim 1.3 \times 10^{-3}$)、 U は風速、 T_s 、 T_a は積雪及び空気の温度(°C)、 q は比湿で、添え字の SAT は飽和時の値を意味している。これらの量はダム管理所で収集されている気象要素から計算可能である。なお、積雪表面温度・下向き長波放射は太田²⁾の提案している式を用いた。また、雪面アルベドの推定には山崎³⁾の実験式を採用した。

2.2 流域内の融雪量の推定

地点融雪量モデルは、気象観測がなされている地点の融雪量を求めることが可能である。流域内の融雪量を推定するためには、融雪の発生する積雪域を明らかにするとともに、地形に応じた気象要素の補正が必要となる。本研究で

表-1 対象流域の諸元

流域名	流域面積 (km ²)	解析対象期間
漁川ダム	113.3	1999/4/20 ~ 4/30
定山溪ダム	104.0	2000/5/10 ~ 5/20
札内川ダム	117.7	2001/5/13 ~ 5/23

は、対象流域をメッシュ分割し、メッシュごとの積雪の有無を判定するとともに、流域の地形特性に応じた気象補正を行ったうえで融雪モデルを適用した。地形の影響による気象要素の補正は、融雪量算定に大きな影響を与える気温と日射量について行う。気温については対象メッシュの標高から気温減率を用いて補正した。また、日射量については対象流域のメッシュ標高値から作成した各メッシュ点の斜面の勾配、斜面の向き、太陽高度から算出される受光係数と呼ばれる指標を用いて補正を行った⁴⁾。

(1) 流出モデルの概要

本研究で採用した流出モデルは、損失を考慮した貯留関数法である。このモデルは、貯留関数法に蒸発散量などの損失量を損失機構として取り入れているものである⁵⁾。したがって、観測雨量と観測流量をそのまま用いることができ、直接流出成分と基底流出成分を分離することが難しい融雪流出を予測するのに適したモデルであると考えられる。なお、モデルの適用に当たっては、パラメータの最適化も含め、北海道河川防災研究センターが発行しているツール^{6, 7)}を用いた。

3 ダム流域への適用

3.1 対象流域

本研究で用いる融雪流出量算定のための気象データは異常値が少なく考えられるダム管理所のものを使うことを想定し、表-1に示すような流域面積が比較的小さい100km²程度のダム流域を対象とした。また、計算にあたっては融雪期に長い欠測期間がない資料を選定した。

なお、用いた気象データは気温、湿度、平均風速、日照時間、気圧、時間雨量、時間日射量である。

3.2 流域地形モデルの作成

計算上、流域の融雪量の算定に用いるDEMはメッシュサイズが大きい方が有利である。本研究では、国土数値情報から50m、100m、200m、250mのメッシュサイズのDEMを作成し、各DEMで標高・斜面勾配角・斜面方位角を計算し、これらの地形量が50mメッシュの場合と同等の分布となるような最大のサイズを選定した。この結果、本研究で対象とした流域では100mメッシュを採用することとした。

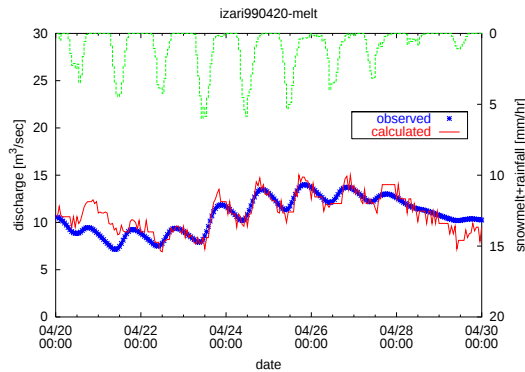


図- 1 融雪流出量の算定（漁川ダム地点 1999 年）

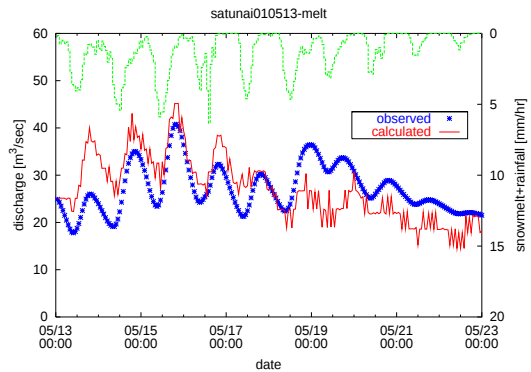


図- 3 融雪流出量の算定（札内川ダム地点 2001 年）

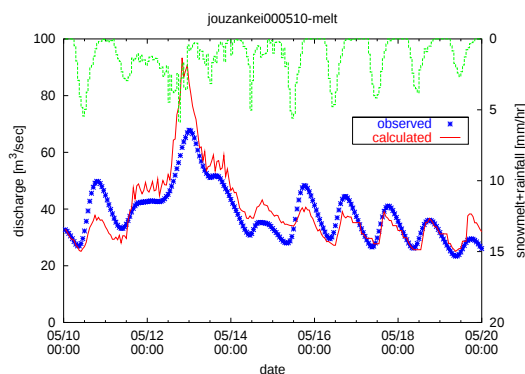


図- 2 融雪流出量の算定（定山溪ダム地点 2000 年）

3.3 雨量の補正

冬季間の降水量は雨量計の捕捉率が低く、特に降雪量は過小評価されてしまうことが多い。このため、降雪時には横山ら⁸⁾が提案している風速を用いた補正式を使用した。これによると補正降水量 P_{cor} は次のようになる。

$$P_{cor} = P_{obs} \times (1 + m \cdot U) \quad (6)$$

ここで、 P_{obs} は観測降水量、 m は測定器及び降水の固体・液体によって決まる係数、 U は風速である。

なお、本研究では雨雪判断には気温を用い、2 以下の場合に降水量を降雪量と考え、式 (6) より降水量の補正を行った。また、 m の値としては 0.213 を採用した。

3.4 流出量の算定結果

以上の方法により、本研究で対象とした 3 つの流域に融雪流出モデルを適用し、融雪流出量を算定した結果、図-1～図-3 のようになった。ここで、図中のハイトグラフに相当する部分は融雪モデルにより計算された流域平均融雪量と観測雨量の和を表している。

図によると、各流域共に融雪最盛期の流出量をよく再現できている。しかし、特に融雪期間中に大きな降雨があった場合については、実測流量と計算流量が大きく異なっている。

4 おわりに

本研究では、融雪最盛期の流入量予測の基本モデルとなる融雪流出モデルについて、その汎用性を検討した。北海

道内の流域面積 100km² 程度のダム流域に適用したところ、冬季間の降雪量補正を行うことによって、ダム管理所で得られている気象データのみを利用して、融雪最盛期の流出量を再現できることを確認した。しかしながら、特に融雪期間中に大きな降雨があった場合については、実測流量と計算流量が大きく異なることを確認している。今後は融雪期間中の降雨の取り扱いを中心に検討を進める必要がある。謝辞：本研究は財団法人北海道河川防災研究センター平成 18 年度研究助成「豪雪地帯における貯水池の融雪流入予測に関する研究」（研究代表者：八田茂実）の援助を受けました。本研究の遂行にあたり、北海道開発局からは水文資料及び融雪観測関連資料の提供を受けました。また、星清氏（北海道河川防災研究センター）からは貴重なご助言を賜りました。ここに記して関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 八田茂実・西村哲治・藤田睦博、豊平川支流部における融雪観測とその解析、土木学会北海道支部論文報告集, 48, 479-482, 1992
- 2) 太田岳史、森林内外における積雪面上の純放射量の推定と表層融雪量、水文・水資源学会会誌, 5(4), 19-26, 1992.
- 3) 山崎剛・田口文明・近藤純正、積雪のある森林小流域における熱収支の評価、天気, 41, 71-77, 1994.
- 4) 小池俊雄・高橋裕・吉野昭一、積雪面積情報による流域積雪水量の推定、土木学会論文集, 357, 159-165, 1985.
- 5) 北海道河川防災研究センター研究所、一般化貯留関数法による流域流出解析・河道洪水追跡実用計算法, 2001.
- 6) 北海道開発土木研究所河川研究室・北海道河川防災研究センター研究所、対話式洪水流出計算マニュアル, 2005.
- 7) 国土交通省北海道開発局建設部河川計画課・北海道河川防災研究センター研究所、単一流域を対象とした貯留関数法の精度比較, 2002.
- 8) 横山宏太郎・小南靖弘・川方俊和・大野宏之・井上聡、冬季降水量に対する捕捉損失補正方式の検討, 2003 年度日本雪氷学会講演予稿集, p52, 2004.