ダム操作を対象とした融雪流出予測

Snowmelt runoff prediction for dam operation

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

北海道などの豪雪地帯にとって融雪期の融雪出水は重要な水資源として利用が期待されるが，それと同時に融雪洪水等を引き起こす災害要因でもある．特に北海道のダム流域では 19 時以降の夜間にピーク流量が発生することが多い．このため，融雪流出時のダム操作は長期間にわたって夜間に行なわれることとなり，さらに夜間はダム管理者にとって非勤務時間帯であるため大きな負担となっている．一方，融雪流出の原因となる融雪現象は 17 時の時点でほぼ終了していることがわかっている．本研究では，北海道内のダム流域に対して，ダム管理所で測定されている気象データを使用し，夜間の融雪流出量予測のための基本モデルとなる融雪流出計算手法を確立することを目的としている．本報告では，定山渓ダムを対象として，これまでに提案されている融雪流出解析手法を適用し，融雪最盛期における夜間の融雪流出量を実用的に予測するための方法を検討した．

2　融雪流出量の算定

一般に流出量は観測雨量を流出モデルに入力することで算定されるが，融雪流出量の算定では融雪量が流出モデルへの入力値となる．しかし，融雪量は直接観測できないため，他の気象データを用いて推定しなければならない．**図-1** は融雪流出量の算定の手順を示したものである．

2.1　融雪モデルの概要

融雪モデルは，熱収支法をベースにしたモデルを使用した．このモデルでは，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．

$$Q_M = Q_R + Q_A + lE \tag{1}$$

また，融雪量 M 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．

$$M = Q_M / L_m \tag{2}$$

なお，式 (1) 中の正味放射量，顕熱交換量，潜熱交換量の計算はダム管理所で収集されている気温，湿度，平均風速，日照時間，気圧，時間雨量，時間日射量などの気象データから計算可能である．詳細は参考文献 2) を参照されたい．

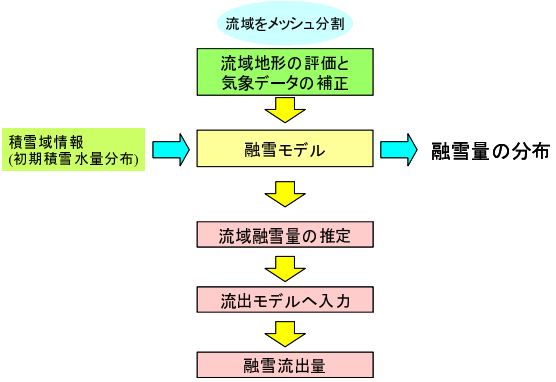

図- 1 融雪流出量算定の手順

2.2　流域内の融雪量の推定

融雪モデルは，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，地形に応じた気象データの補正が必要となる．本研究では，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データの補正を行ったうえで融雪モデルを適用した．

2.3　流出モデルの概要

本研究で採用した流出モデルは，地下水流出を考慮した貯留関数法である．流出成分には速い流出成分と遅い流出成分があるが，このモデルはこれらの流出成分を解析するのに適したモデルである [3]．このモデルでは c1，c2，c3 の 3 つのパラメータが含まれており，これらのパラメータを同定する必要がある．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 [4] を使用した．

2.4　融雪流出量の再現結果

図-2は定山渓ダムの融雪最盛期である 1996 年 4 月 24 日～29 日の融雪流出量を再現した結果である．図によると，融雪最盛期の初期においては，流出量は過小評価されているが，それ以降は満足に再現できている．

3　夜間融雪流出量の予測

本研究では，融雪流出量の予測は融雪最盛期の夜間を対象としている．予測の計算に使用する融雪量は，予測日当日の 17 時までを既知と考え，それ以降の融雪量を 0 として，夜間融雪流出量の算定を行なう．また計算においては，予測日当日の 9 時から 17 時までの融雪量を使用する．この際，使用する流出モデルのパラメータを決定する必要がある．

3.1　流出モデルのパラメータ

本研究では，流域平均融雪量を用いて融雪流出量を算定しているため，融雪量の空間分布の影響は流出モデルのパ

ラメータに含まれることになる．このため，直近の洪水データを用いてモデルパラメータを更新しながら予測を進めていく必要がある．しかし，実用的には，融雪最盛期で同一のモデルパラメータであることが望ましい．このような観点から，本研究では，

1. **図-2**の期間で同定したパラメータを融雪最盛期の固定パラメータとした場合（以降，960424 とする.）
2. 予測計算開始日より 3 日前までのデータでパラメータを更新していく場合（以降，3day とする.）
3. 予測計算開始日より 5 日前までのデータでパラメータを更新していく場合（以降，5day とする.）

について，比較検討を行なった．

3.2　夜間融雪流出量の予測結果

図-3は定山渓ダムの 1999 年 5 月 8 日～12 日の予測結果の例である．図を見ると，3day のパラメータの場合，5 月 8 日の予測が過大に評価され，5day のパラメータの場合，5 月 8 日～9 日の予測が過大に評価されている．これは，パラメータの同定期間が融雪最盛期を外れたことにより，パラメータが変動したためだと考えられる．しかし，両者とも同定期間が融雪最盛期に入ってくると，精度良く再現できている．それに比べて，960424 のパラメータの場合，精度は落ちるが，全体的に再現性は得られている．

また，融雪期のダム管理を行なう際，夜間のピーク流量がもっとも重要になる．**図-4**は夜間の実測流量と計算流量のピーク流量の関係をに示したものである．図を見ると，両者のピーク流量との間には多少のばらつきが見られるが，全体的に似た値が得られていることから，ピーク流量の予測は可能であると考えられる．

4　おわりに

本研究では，定山渓ダムにおいて，夜間融雪流出量の予測を行なった．この際，流出モデルのパラメータは，融雪最盛期の固定パラメータを使用するとともに，直近の洪水データを用いた 3day，5day のパラメータも使用し，その再現性を比較した．この結果，融雪最盛期の初期においては，融雪最盛期の固定パラメータを使用したほうが望ましいこと，融雪最盛期の後期においては，3day のパラメータを使用したほうが望ましいと考えられる．また，より実用的な予測を行なうためには，パラメータの同定を行なう際，同定期間の内，融雪による流出が明らかに小さく現れている洪水データは同定期間に入れるべきではないと考えられる．

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．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) 滝本慎二・八田茂実，ダム流域を対象とした融雪流出モデルに関する研究，土木学会北海道支部論文報告集，2007，63(B-44).
3) 北海道河川防災研究センター研究所，実践流出解析ゼミ [講義テキスト編]，2006.
4) 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.

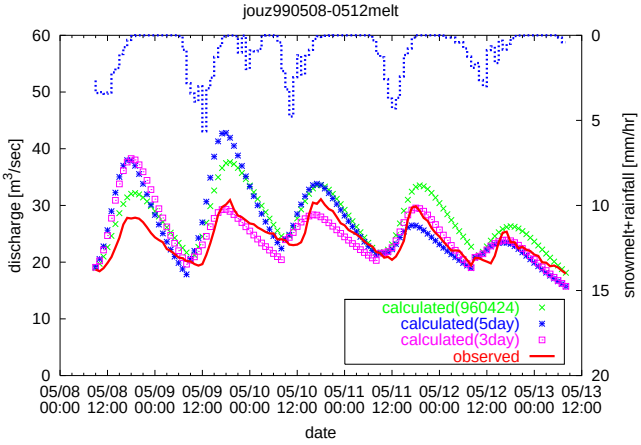

図- 3 融雪流出量の予測（定山渓ダム：1999/5/8～12）

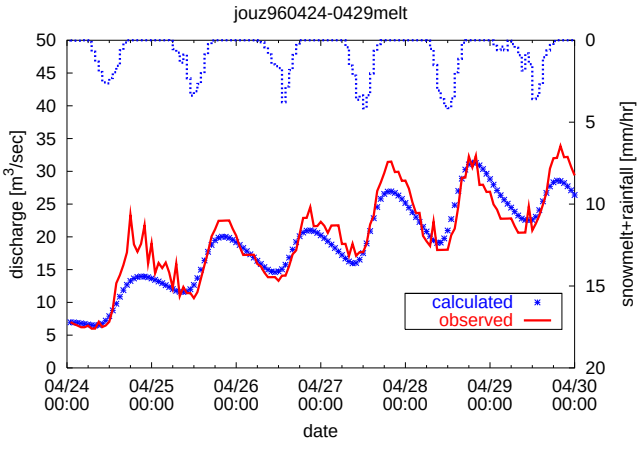

図- 2 融雪流出量の再現（定山渓ダム：1996/4/24～4/29）

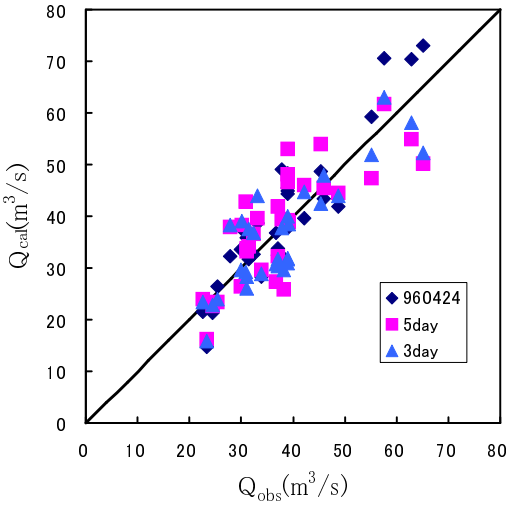

図- 4 実測流量と計算流量のピーク流量の比較