

II-38

観音沢川流域における融雪流出解析

苫小牧工業高等専門学校	正員	八田 茂実
北海道電力(株)	正員	西村 哲治
北海学園大学 工学部	正員	嵯峨 浩
北海道大学 工学部	正員	藤田 陸博

1 はじめに

春先の融雪出水は量的にも、流出時間特性からも発電・農業用水等の重要な水資源であり、同時に洪水や雪崩を引き起こす災害要因でもある。このため、北海道・東北・北陸の様な多雪地帯において、水源地の積雪水量の推定、融雪出水の予測・制御システムの構築は利水上、河川の維持管理上重要な課題となっている。

北海道電力(株)ではこの様な融雪流出管理システム開発のため、豊平川上流域において水文気象観測システムを構築している¹⁾。前回の報告では、これによって得られた融雪関連資料から分布型融雪量推定モデルを構築した²⁾。本研究では、1992年の融雪期に行った小流域の積雪・融雪量観測結果を用いて分布型融雪量推定モデルに基づく融雪流出解析を行い、融雪流出モデルのパラメータを同定した後、気象予報データを用いて一日先の時間単位融雪流出量の予測を試みた。

2 解析対象流域と観測データの概要

解析の対象とした流域は豊平川中流部に位置する観音沢川流域で、流域面積 1.0 km²、流域の高度分布が 390 - 820 m の南向き斜面の卓越する小流域である。流域内は主に植林された落葉樹の粗林地が大半を占めている。積雪調査は1992年の融雪開始直前の3月22日に行い、スノーサンプラーを用いて積雪深・積雪水量・積雪平均密度を収集した。また、積雪調査地点での融雪量を調べるため、融雪期間中にも同様の積雪調査を4回行った。融雪期間中の積雪域の分布は、流域の大半が見渡せる地点を流域内に数カ所設け、目視観測によって地形図上に書き込み、これをメッシュ化された流域地図上に再配置して解析を行った。一方、融雪量及び融雪の発生に関わる気象要素(放射収支量・気温・日射量・雨量・風速・湿度)については、対象流域から3kmほど離れた砥山ダムのダムサイト(標高230m)で観測した。流域の概要とスノーコースを図1に示す。

3 融雪流出量の算定

3・1 融雪モデル

流域への入力値となる融雪量は、積雪の位置している地点の斜面向き・勾配・標高・森林等の被覆状況等によって大きく異なる。これは、融雪を発生させる熱源(気温・日射量等)が、これらの地形特性によって大きく異なるためである。このため、融雪量の算定においては流域内の地形特性に応じて気象要素を適切に評価し、それぞれの位置での融雪量を求めることが重要であり、これを算定できる分布型融雪量モデルが開発されてきている。本研究では放射収支・degree-hour・降雨融雪の3つのモデルから構成される下式のような融雪量算定モデルを適用した²⁾。

$$M = M_R + M_d + M_p \quad (1)$$

$$M_R = \{ I \cdot (1 - \alpha) + \Delta R \} / L_m \quad (2)$$

$$M_d = 0.082 \times d.h \quad (3)$$

$$M_p = P \cdot T_p / L_m \quad (4)$$

ここで、 M : 融雪量, L_m : 氷の融解潜熱, I : 全天日射量, α : アルベド, ΔR : 有効放射量, $d.h$: degree-hour, P : 降水量, T_p : 雨滴の温度
(2)式は放射収支による融雪量を示しており、右辺第1項が短波長放射収支、第2項が長波長放射収支を示す。長波長放射収支量の推定は、晴天率を考慮した太田らの方法³⁾を用いた。

一方、短波長放射収支に関してはアルベドの推定が重要となる。

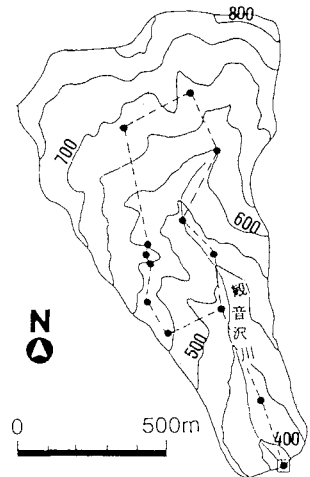


図-1 対象流域の概要
(--- スノーコース)

The Snowmelt Runoff Analysis in the Kannonzawa River Basin

by Shigemitsu HATTA, Tetsuji NISHIMURA, Hiroshi SAGA and Mutsuhiro FUJITA

本研究では、融雪量の総和である積雪水量と積雪深から推定される積雪平均密度を用いてアルベドを推定することとした。これは、計算上のアルベド (α_{cal}) と積雪平均密度 (ρ_{mean}) の間に

$$\alpha_{cal} = a + b \cdot \rho_{mean} \quad (\rho_{mean} \leq 0.50) \quad (5)$$

の様な関係が成立するものとして、係数 a 、 b の値を同定するものである。

以上の融雪量推定モデルは20m間隔でメッシュ化された流域のメッシュ交点で、気温に対しては気温減率、日射量については受光係数⁴⁾による補正を加えながら適用する。図2は、積雪調査点での融雪量と斜面特性を考慮して計算した融雪量を比較したものである。モデルによって流域内の融雪量をほぼ推定できることが示された。

3・2 流出モデル

融雪流出量の検討は、流出モデルの入力値となる融雪量がメッシュの格子点で計算されることを考慮して、流域内の格子点を結ぶ流路網系を考える。これは、各格子点の回りの8点のうち最急勾配方向を選定し、この間を仮想流路で結んだものである。流路への入力値は格子点のみで考え、融雪量は直列3段のタンクモデルを介して流出量に変換される。各格子点からの流出は、河道に沿った距離を、ある伝播速度で流下し、途中の河道効果による出水波形の変化などは考慮せず、河道末端で合成する⁵⁾。

3・3 融雪流出量の算定

積雪域は融雪の進行に伴って減少していくため、融雪流出量算定にあたっては積雪域の変化を考慮する必要がある。本研究では、初期積雪水量分布を積雪調査から得られた標高との一次式で与え、各地点の融雪量の総和が当該地点の積雪水量に達したとき、その地点は無雪域になるものとして積雪域の推定を行った。積雪域の推定を加え、融雪モデル・流出モデルを比較的降雨の影響の少ない期間に適用して融雪流出量を算定した結果、図3が得られた。降雨日には流出量はやや小さめに現れているが、全体的には流出量をよく再現することができた。

4 融雪流出予測

融雪流出予測は予測の対象とする期間に応じて、その予測方法は大きく異なる。例えば洪水処理のための時間単位の予測では、予測の対象とする時点までの融雪量と流出に至るまでの time lag を、長期的な水資源管理のための流出予測では、予測する時点での流域積雪水量をどの程度の精度で見積もれるかが問題となる。これらの短期・長期流出予測は、これまでに検討されている例があるが、貯水池の操作上、有用と考えられる日単位・週単位の予測に関しては検討されている例は少ない。これは中期の融雪量予測に、気象要素の

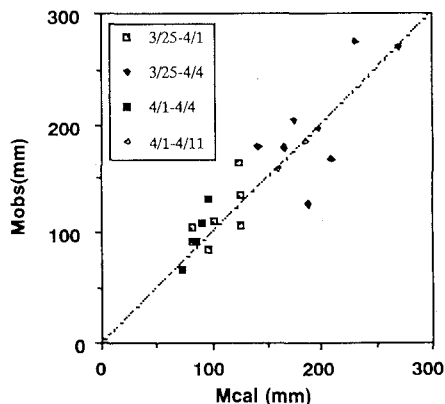


図-2 流域内融雪量の推定結果

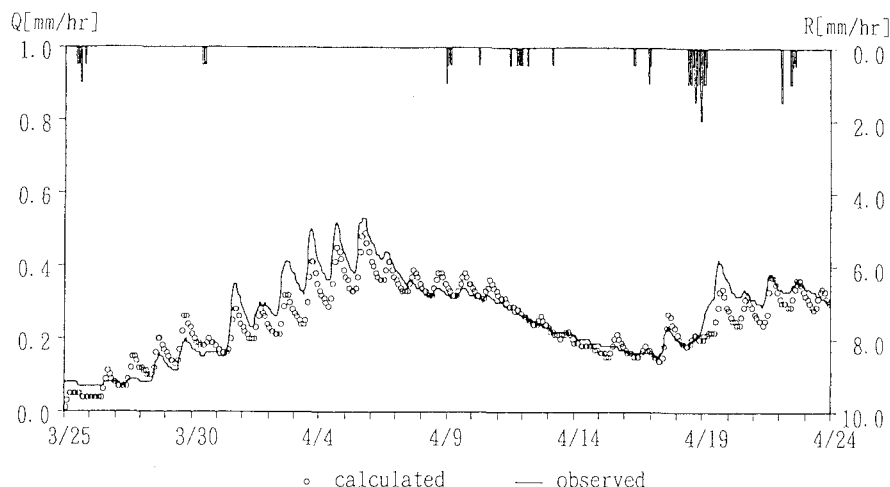


図-3 融雪流出量の推定 (1992.3.5 - 4.23)

予測が必要不可欠となるためである。本研究では、我々が容易に収集できる気象予測情報である気象庁提供の気象情報から、融雪量算定に必要な日射量・気温を推定し、分布型融雪量算定モデルを用いて融雪流出量の予測を試みる。

4・1 気象データの予測

本研究で用いた融雪量モデルに必要な気象要素は気温・日射量・降水量である。このうち、特に気温と日射量は融雪量の算定に大きな影響を与えており、これらの気象要素の予測は融雪流出予測に欠くことはできない。本研究で対象とする融雪流出予測は1日或は1週間先までの予測であり、毎日発表される天気予報や、毎週火・金曜日に発表となる週間天気予報の利用が考えられる。本研究では毎日21時に発表になる天気予報（最高・最低気温の予報を含む）を利用して1日先の融雪流出量の予測を試みた。

(a) 日射量の予測

天気概況は、雲がかかるか否かという日照率の予報と考えられる。図-4は1989年から1991年の期間の札幌における6-18時の天気概況（実況）別に見た日照率の出現頻度を示したものである。それぞれ、ばらつきはあるものの、天気概況に応じて日照率の出現頻度は異なっている。本研究では、天気概況を15パターンに分類し、それぞれ平均値をとって、15種類の天気概況に対する日照率を表-1の様に定めた。この様にして定められた日照率は一日を通じて一定であると考え、小池ら⁹⁾の方法を用いて1時間あたりの日射量を算定することとした。

(b) 気温の予測

毎日21時に発表される天気予報では翌日の予想最高・最低気温も併せて発表されている。図-5は解析対象期間中に観測された最高・最低気温の実測値と、前日に発表された予測気温との関係を示したものである。最高気温はやや低めに、最低気温はやや高めに予測されているものの、全体としては予測値と実測値はよく一致している。

一方、気象観測が十分にされておらず、一日の最高・最低気温のみが観測されている場合に、一日の気温の変動パターンを、予め最高・最低気温でパラメータ化して、任意時刻の気温を推定する方法がある。本研究では各時刻の気温をこの方法を用いて推定することとし、1992年の気温データを用いて平均的な一日の気温の変動パターンを図-6の様に定めた。

4・2 融雪量・融雪流出量の予測

図-7は以上の方法によって予測された気温・日射量を融雪モデルへの入力値として融雪量を算定し、一日先までの融雪流出量を算定したものである。流出モデルのパラメータは先の流出解析で得られた値を用い、タンク内の貯留量は前日の流出量を再現するように定めた。降雨日での流出量の予測精度は落ちるものの、全体的には予測値と実測値は一致する傾向が得られた。

5 結論

本研究では、前回報告した融雪量推定モデルを用いて、実流域における融雪流出解析を行った。また、毎日発表されている天気予報を利用して一日先までの融雪流出予測を試みた。予測された流出量は実用的にはほぼ満足できる結果が得られ、気象予報データは融雪流出予測に有力な情報を与えることが

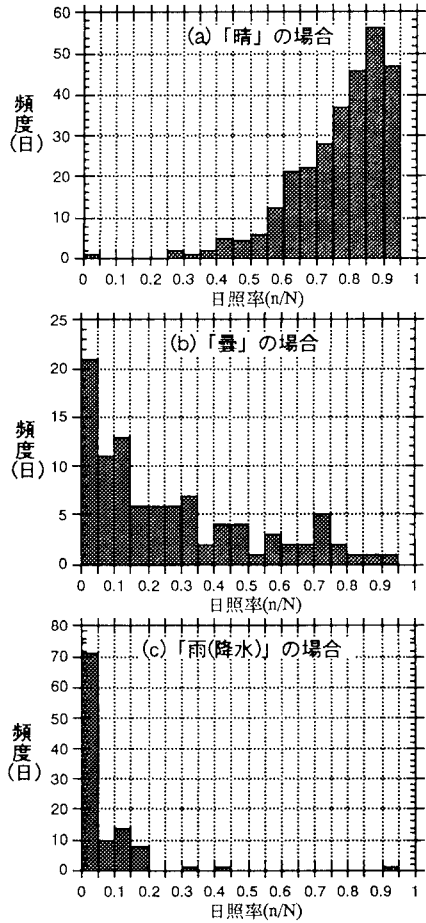


図-4 天気概況と日照率の頻度 (1989-1991年 札幌)

天気概況	日照率・
晴	0.771
晴一時曇	0.521
晴後曇	0.507
晴一時雨	0.498
晴後雨	0.468
曇	0.264
曇一時晴	0.349
曇後晴	0.366
曇一時雨	0.163
曇後雨	0.106
雨	0.059
雨一時晴	0.269
雨後晴	0.346
雨一時曇	0.145
雨後曇	0.103

表-1 天気概況による日照率の平均値 (1989-1991年 札幌)

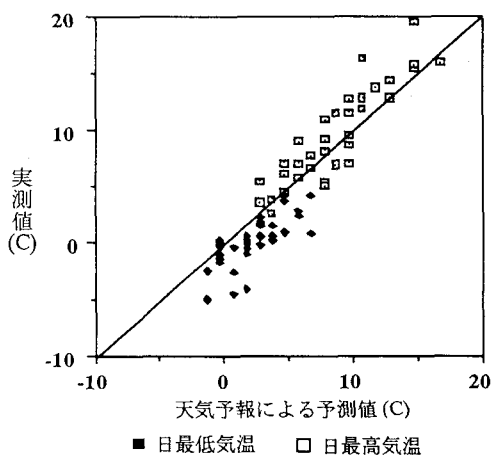


図-5 日最高・最低気温の予報値 (1992.3.27 -4.23)

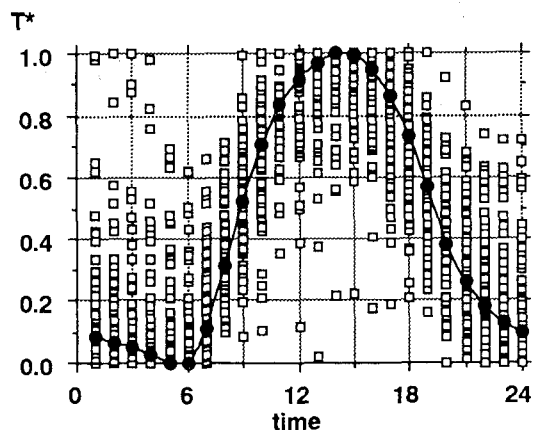


図-6 一日の気温の変動パターン (1992年 砥山ダム)

示された。今後は他流域への適合性や週間天気予報の利用を含めた予測期間の延長について検討していく予定である。

謝辞

積雪調査は、北海学園大学：川俣技官、苫小牧高専：柳谷技官・高橋技官の協力を得ました。また、本研究は河川情報センター研究開発助成「融雪・降雨流出の分布型流出予測モデルの開発」(代表：山口甲)によりました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 西村, 嵯峨, 八田, 藤田: 豊平川上流部における水文気象観測結果(第2報), 土木学会北海道支部論文報告集48, pp.469-472, 1992.
- 2) 八田, 西村, 藤田: 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, pp.479-482, 1992.
- 3) 太田, 橋本: 落葉樹林内外における雪面上純放射量の推定と表層融雪量, 水文・水資源学会1991年研究発表会概要集, pp.18-21, 1991.
- 4) 小池, 高橋, 吉野: 融雪量分布のモデル化に関する研究, 土木学会論文集, 363, pp.195-174, 1985.
- 5) 嵯峨, 西村, 藤田, 坂本: 豊平川上流域の擬似河道網による流出解析, 第47回土木学会年次講演会概要集, pp.478-479, 1992.

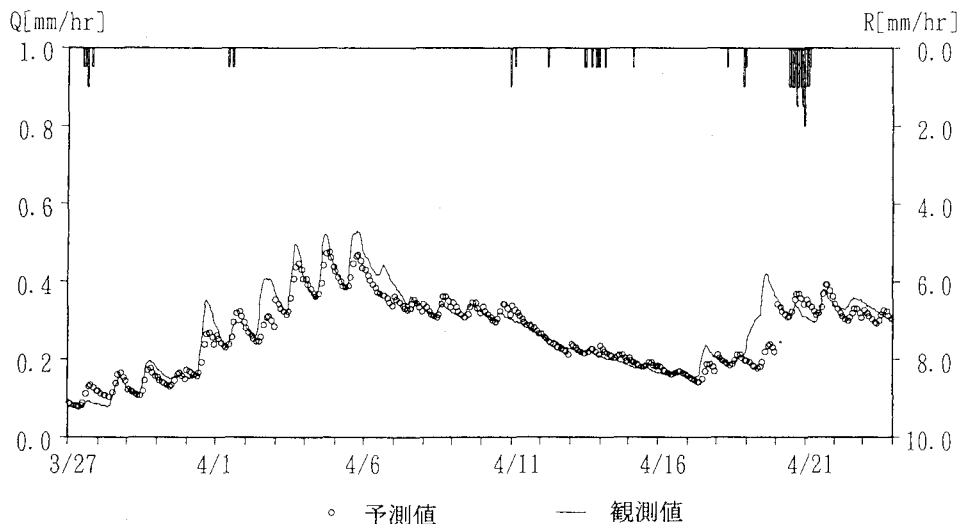


図-7 融雪流出量の予測結果 (1992.3.27 -4.23) (予測期間は一日先まで)