

斐伊川流域における積雪水量の年々変動が冬期河川流出量に及ぼす影響

松江工業高等専門学校環境・建設工学科 ○中 大輔
松江工業高等専門学校環境・建設工学科 広瀬 望
松江工業高等専門学校環境・建設工学科 荒尾慎司

1. はじめに

水循環において貯留の役割を果たす積雪は春先に安定した水資源を供給する。一方、融雪出水の要因でもある。したがって、広域での積雪量や融雪量の把握は水資源管理において重要な課題である。更に、近年の地球温暖化の進行は冬季の降雪を降雨に変え、冬季の流出量増加と春先の流出量減少が指摘されている¹⁾。

積雪水量の推定は、降水量と融雪量を見積もる必要がある。融雪量の推定手法は、熱収支法と Degree-day 法 (DD 法) や Degree-hour 法 (DH 法) の二つに区分できる。熱収支法は融雪量を正しく推定できるものの、多くの観測データを必要とするため、広域の融雪量推定に適していない。一方、DD 法は積雪期間の積算暖度と積算融雪量が線形関係にあると仮定し、融雪量を気温のみの関数として表す簡便な方法である。DD 法を用いた広域の積雪水量推定においても、精度が良い²⁾。DH 法は気温だけでなく、日射の影響を考慮し、時間単位で融雪量を計算する方法である。

そこで、本研究では、積雪水量の広域推定の基礎的検討として、DH 法を用いた積雪モデルを用いて、積雪水量の推定精度を検証するとともに、積雪水量の長期シミュレーションを行い、河川流量に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

そのために、DH 法を適用した簡易な積雪モデルを用いて、積雪水量の推定を行い、積雪モデルの推定精度を検証するとともに、積雪水量の長期シミュレーションを行い、積雪水量の変化が河川流量に及ぼす影響を検討する。

2. 本研究で用いたデータ

2. 1 積雪観測の概要

本研究では、積雪モデルの推定精度を検証するため、積雪水量の観測を行った。対象地点は、中国山地に位置する赤名である。

具体的な積雪水量の観測方法は次の通りである。まず、赤名のアメダス地点近傍でスノーサンプラーによ

り雪試料を採取する。次に、採取した雪試料の重さ、積雪深、スノーサンプラーの断面積より、積雪密度を求め、雪試料の積雪水量を測定した。また、積雪の状態を把握するために、積雪の層構造、積雪密度、温度プロファイルを計測する。なお、2010 年冬期に同様の観測を 4 回行った (2009 年 12 月 18 日、2010 年 1 月 9 日、15 日、16 日)。

2. 2 アメダス気象観測データ

本研究で用いた積雪モデルに必要なデータは気温、降水量、日射量、水蒸気圧の 4 つである。しかし、対象地点 (赤名) では、日射量および水蒸気圧が観測されていない。そこで、本研究では、近藤らの式を用いて、アメダスの日照時間より日射量を推定した。また、水蒸気圧は気象官署 (松江) のデータを用いた。

3. 積雪モデルの概要

本研究では、式(1)の積雪モデルを用いて、積雪水量を推定する。

$$SWE_t = SWE_{t-1} + SF - SM \quad (1)$$

ここで、 SWE_t 、 SF 、 SM はそれぞれ降雪初日から t 時間後の積雪水量 (mm)、降雪量 (mm)、融雪量 (mm) である。

3. 1 降雪量の推定

降雪量は以下の手順で推定する。

まず、降雪量を推定するために、雨雪の比による降水量の分離を行った。具体的には、式(2)を用いた。

降雪の確率 80% から降雨の確率 80% となる遷移温度は気温の場合 1.0°C から 2.9°C であり、湿球温度 Tw の場合、 0.6°C から 1.6°C となり、湿球温度を用いた方が降雨・降雪を精度良く判別ができる。

降雪・降雨の割合 s は、式(2)のように定式化した。

$$s(Tw) = 1 - 0.5 \exp(-2.2(1.1 - Tw)1.1)(Tw < 1.1) \quad (2a)$$

$$s(Tw) = 0.5 \exp(-2.2(1.1 - Tw)1.1)(Tw > 1.1) \quad (2b)$$

ここで、湿球温度 Tw ($^{\circ}\text{C}$) は湿球温度方程式を 1.1°C 付近で展開した近似式(3)から算定した。

$$Tw = 0.584T + 0.875e - 5.32 \quad (3)$$

ここで、 T 、 e はそれぞれ気温（℃）、水蒸気圧(hPa)である。

3. 2 融雪量の推定

本研究では、式(5)に示したDH法を用いて、融雪量を推定した。

$$ALB = 0.85 \times 0.82^{NTX^{0.46}} \quad (4)$$

$$SM = BDHF \times (RAD / 359) \times (1 - ALB) \times TT \quad (5)$$

ここで、 ALB 、 NTX 、 $BDHF$ 、 RAD 、 TT は、それぞれアルベド、融雪定数(mm/℃・hr)、日射量(ly/day)、新雪が降った日からの日数、気温(℃)である。

式(4)、(5)に示したように、本研究で用いた融雪モデル(BH法)は積雪期および融雪期を通して、日射量とアルベドが変化することにより、季節や天候の違いを融雪量の推定に考慮している。

4. 融雪定数の推定

DH法では、積雪水量を推定するために、融雪定数が必要である。本研究では、積雪モデルの計算結果が積雪水量の観測結果をよく再現するように融雪定数を最適化した。

図1に、対象地点(赤名)における2010年冬期の積雪水量の推定結果を示した。本研究で用いた積雪モデルは12月の積雪水量を過大評価しているものの、1月の積雪水量に関しては、その変化をよく再現していることがわかる。

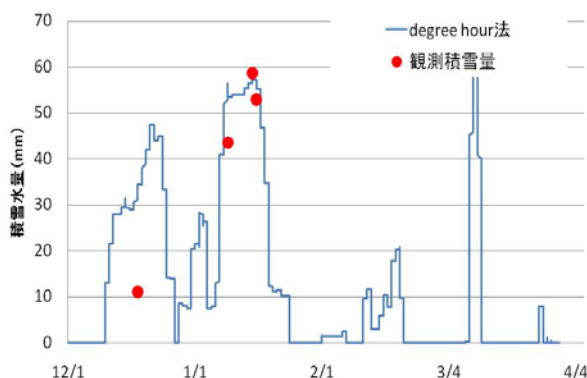


図1 対象地点(赤名)における2010年冬期の積雪水量の推定結果. 実線が積雪水量の推定結果を表す. また、○は積雪水量の観測結果である。

5. 積雪水量の長期シミュレーション

次に、最適化した融雪定数を用いて、積雪モデルの長期シミュレーションを行い、積雪深および河川流量の観測データとの比較を行った(図2). 計算期間は1991年から2008年までの17年間である。

その結果、積雪水量の推定結果は積雪深の観測結果をよく一致している(図2). さらに、春期における融雪流出と比較し、積雪水量の影響を検討した。

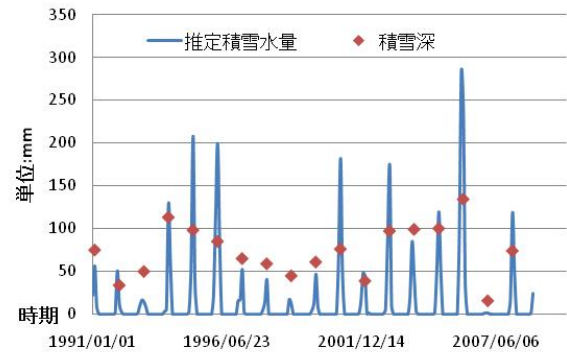


図2 対象地点(赤名)における1991年から2008年までの積雪水量の推定結果(実線)と積雪深の観測結果(○)のとの比較

6. まとめと今後の課題

本研究では、簡易な積雪モデルを用いて、山陰地方における積雪水量の推定を行った。まず、観測結果に基づいて、積雪モデルの融雪定数を最適化するとともに、積雪水量の長期シミュレーションを行い、積雪深および融雪流出の観測結果と比較した。

山陰地方は東北地方などの豪雪地帯に比べて、降雪量が少なく、気温も高い。そのため、融雪が早い特徴をもつ暖地性積雪である。本研究で用いた融雪モデルは日射量および気温を考慮するため、暖地性積雪の特徴をよく表しているため、積雪水量を精度良く推定できたと考えられる。

今後は、積雪水量の広域分布の年々変動が河川流出量に及ぼす影響を定量的に評価する予定である。

参考文献

- 1) 井上聡, 横山宏太郎, 大野宏之, 川島茂人, 2001: 地球温暖化にともなう国内の降雪量減少の河川への影響, 地球温暖化 6(2), 259-266
- 2) 朝岡良浩, 小南裕志, 竹内由香里, 大丸祐武, 田中信行, 2007: 衛星観測に基づく積雪水量の広域推定と融雪係数の地域特性, 水文・水資源学会誌, 20, 519-529.