

阿賀野川上流域の河川流量に対する積雪・融雪の寄与

日本大学大学院工学研究科 学生会員 ○神戸 智志
日本大学工学部 正会員 朝岡 良浩

1. はじめに

日本の国土の 50%が豪雪地帯に指定されている。豪雪地帯とは、積雪が特に甚だしく、産業の発展が停滞的で、住民の生活の水準の向上が阻害されている多雪地域のことである。しかし、多雪地域において、山岳域の積雪は灌漑用水や生活用水等、下流域の産業や生活基盤となり、我が国に恩恵をもたらす貴重な水資源といえる。IPCCAR5¹⁾は、北半球において春季の積雪面積が減少する可能性が非常に高いことを報告している。また気象庁は日本海側での降雪量の減少傾向が高いことを示しており²⁾、気候変動に伴う水循環の変化が水資源に影響を与える可能性が示唆されている。したがって水資源を積雪に依存する地域では気候変動が積雪や融雪出水に及ぼす影響を把握することは重要である。

本研究は水資源を融雪出水に依存している阿賀野川上流域を対象として、水循環の理解と将来気候下における河川流量推定に向けて、分布型融雪・流出モデルの構築および河川流量に対する積雪・融雪の寄与を評価する。

2. 対象地域及びデータセット

対象地域は群馬県、新潟県、福島県の三県にまたがる阿賀野川流域の上流部に位置する大川ダム集水域(図1)である。大川ダムは治水と利水が目的の多目的ダムであり、標高 361m から 1848m、集水面積は約 820km²である。

本研究で使用した標高データは CGIS Japan から、土地利用データは国土数値情報から土地利用細分メッシュを取得し、空間分解能 200m にリサンプリングした。気象データは会津、田島、那須、桜枝岐、南郷、湯本の AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System)の気温データ、降水データ、風速データ、積雪深データを取得した。また、水文・水質データベースより田島観測所の河川流量データを取得し、分布型融雪流出モデルの精度を検証した。



図-1 大川ダム集水域概要

3. 研究手法

本研究の分布型融雪流出モデルは積雪・融雪モデルと流出モデルで構成され、対象地域を空間分解能 200m メッシュに分割して、積雪量、融雪量、流出量をメッシュ毎に計算した。本研究では対象期間を 2015 年 10 月から 2016 年 5 月と 2016 年 10 月から 2017 年 5 月の 2 年とした。再現計算として (i) 現在シナリオと、また河川流量に対する積雪と融雪の寄与を把握するため、現在シナリオの降水が全て降雨に変わった (ii) 全降雨シナリオの数値計算を実施した。

(1) 積雪・融雪モデル

降水形態は 2℃以上を降雨、2 度未満を降雪と判別した。次に、重み付き距離平均法と降雪の標高依存性より降水量分布を作成した。次に、積雪量は式(1)を用いて計算する。

$$\frac{d}{dt}(SWE) = SF - SM \quad (1)$$

ここで、SWE は積雪水量(mm)、SF は降水量(mm)、SM は融雪量(mm/h)である。dt は計算時間間隔 1 日とした。融雪量は底面融雪を 2.0mm/day とし、表面融雪は Degree-hour 法を用いて推定した。式(2)に表面融雪の式を示す。

$$SM = K \times T \quad (2)$$

キーワード 多雪地域、融雪出水、大川ダム、分布型融雪・流出モデル、Degree-hour 法

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8732

ここで、 K は融雪係数(mm/°C/hour), T は 0°C 以上の気温(°C)である. 融雪係数 K は, AMeDAS 田島観測点で観測された実測値とモデル計算値の消雪日が一致するように設定した. 2015 年 10 月から 2016 年 5 月は 0.035, 2016 年 10 月から 2017 年 5 月は 0.07 となった.

(2) 流出モデル

流出モデルは河川部と斜面部に分け計算を行った河川部には diffusion wave 法を用いた. diffusion wave 法と連続の式を式(3), (4)に示す.

$$gh \frac{\partial h}{\partial x} - ghi + \frac{gn^2 q^2}{h^3} = 0 \tag{3}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = (R + SM) \tag{4}$$

ここで、 g は重力加速度, q は河川部の単位幅流量(m²/s), R は降雨量(m/s), t は時間(s), x は流下方向の距離(m), h は水深(m), I は流路勾配, n はマンニングの粗度係数(m^{1/3}・s)である.

斜面部は直接流出と基底流出に分け, 直接流出に Kinematic wave 法, 基底流出に貯留関数法を用いた. Kinematic Wave 法と連続の式を式(5), (6), 貯留関数法と連続の式を式(7), (8)に示す.

$$-ghi + \frac{gn^2 q_s^2}{h^3} = 0 \tag{5}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_s}{\partial x} = (R + SM - R_{in}) \tag{6}$$

$$\frac{ds}{dt} = R_{in} - q_b \tag{7}$$

$$s = kq_b^p \tag{8}$$

ここで、 q_b は基底流出の単位幅流量(m/s) R_{in} は浸透量(m/s), s は見かけの貯留高(m), R_{in} は浸透量(m/s), q_b は基底流の流出高(m/s), k と p はモデル係数である.

4. 結果及び考察

表-1 に対象期間における冬期(12 月から 2 月)の気象を示す. 2016 年から 2017 年の冬期の気象は 2015 年から 2016 年の冬期に比べ降水量が多く, 平均気温は低いことが確認できた. 次に, 数値計算から得られた対象期間の積雪水量の日単位の変化を図 2 に示す. 2015 年 10 月から 2016 年 5 月の最大積雪水量が 82×10⁶m³ に対して, 2016 年 10 月から 2017 年 5 月の最大積雪水量は 133×10⁶m³ であり, 約 1.6 倍近く差を確認できた. また, 2016 年 10 月から 2017 年 5 月は積雪期間が長いこともわかった. 図-3 に田島観測所のハイドログラフを示す.

表-1 対象期間における冬期(12 月から 2 月)の気象

| | 降水量(mm) | 平均気温 (°C) |
|-----------|---------|-----------|
| 2015-2016 | 165.5 | 0.1 |
| 2016-2017 | 255.0 | -0.8 |

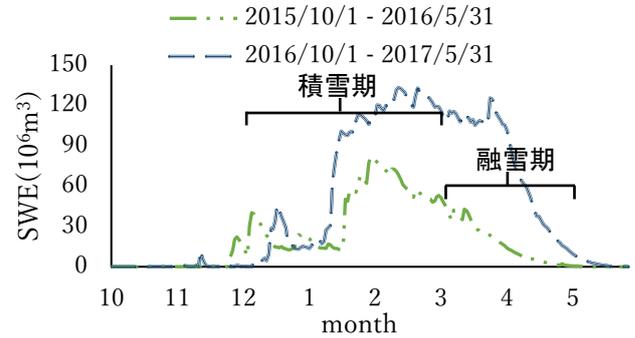


図-2 大川ダム集水域内の積雪水量

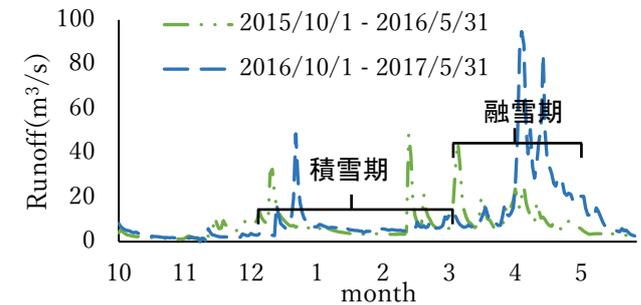


図-3 田島観測所のハイドログラフ

2016 年 10 月から 2017 年 5 月の総流出量は 2.2×10⁸m³ で, 2015 年 10 月から 2016 年 5 月の総流出量の約 1.4 倍多いことがわかった. 以上から, 2016 年 10 月から 2017 年 5 月の総流出量が多い理由として, この期間の豊富な積雪によることが窺えた.

5. おわりに

本研究では, 阿賀野川上流の大川ダム流域を対象として分布型融雪・流出モデルを構築して, 流域の積雪水量と気温上昇影響を評価した.

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 (20K04712, 代表: 朝岡良浩) および JSPS 二国間交流事業の支援により実施された. ここに謝意を示す.

参考文献

- 1) IPCC: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
- 2) 気象庁: 気象庁地球温暖化予測情報 9 巻, 2017