

阿賀野川上流域の積雪・融雪がハイドログラフに及ぼす影響

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帯のことである。しかし、多雪地帯において、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。IPCC AR5¹⁾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す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、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 AMeDAS 会津、田島、那須、桧枝岐、南郷、湯本の気温、降水、風速、積雪深の観測データを用いた。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。

3. 研究方法

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

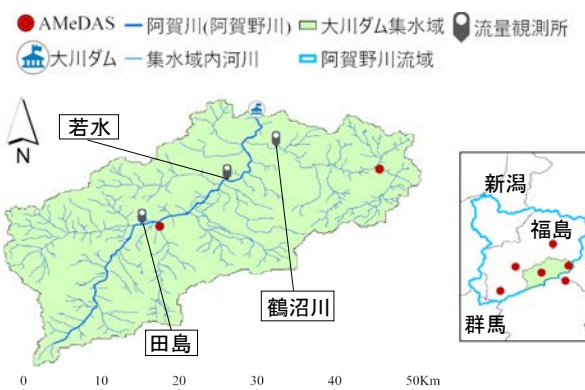


図-1 大川ダム集水域概要

毎に計算した。対象期間を 2015 年から 2020 年の 10 月から 5 月とした。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と仮定する (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雪量分布を作成した。積雪水量は式(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/h), SM は融雪量(mm/h), dt は計算時間間隔 1 時間とした。

融雪量は底面融雪を 2.0mm/day とし、表面融雪は次式に示す Degree-hour 法を用いて推定した。

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

ここで、K は融雪係数(mm/℃/hour), T は 0℃以上の気温(℃)である。融雪係数 K は、各年の 4 月以降の流出量の推定結果が観測値と一致するように設定した。

(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 連続の式を式(3)、(4)に示す。

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

キーワード 多雪地帯、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

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

ここで、 g は重力加速度、 q は河川部の単位幅流量(m^2/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($\text{m}^{1/3} \cdot \text{s}$)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。

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

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

$$\frac{ds}{dt} = R_{in} - q_b \quad (7)$$

$$s = kq_b^p \quad (8)$$

ここで、 q_s は直接流出の単位幅流量(m/s)、 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)、 k と p はモデル係数である。

4. 結果及び考察

図-2 に数値計算を行った各年の大川ダム集水域内の積雪水量の推定値を示す。総積雪水量の最大は 2016 年/2017 年、最小は 2015 年/2016 年、また、年変動が大きいことがわかった。しかしながら、対象期間における集水域内の AMeDAS 田島観測点の積雪深と比較したところ、最大は 2017 年/2018 年であり、最小は 2019 年/2020 年であった。以上より、課題として積雪・融雪モデルの精度向上の必要性を確認した。積雪・融雪モデルの精度向上は流出モデルに影響を与えるため、重要な課題である。図-3 に対象期間における観測値、現在シナリオと全降雨シナリオの計算値のアンサンブル平均の河川流量を示す。融雪期において観測値に比べ現在シナリオの河川流量は過少推定となり、3 月から 5 月の Nash-Sutcliffe 係数は 0.31 となった。これは上述のとおり、積雪・融雪モデルの精度が低いことが起因していると考えられる。次に現在シナリオと全降雨シナリオの比較において、現在シナリオは 3 月以降にピーク流量が発生するが、全降雨シナリオは 1 月下旬に発生し、豊富な流出量の変動を確認した。また、現在シナリオは総流量に対し 3 月から 5 月の河川流量は 58%を占めているが、全降雨シナリオは 44%となった。以上から、3 月から 5 月の現在シナリオ下の積雪・融雪の寄与につ

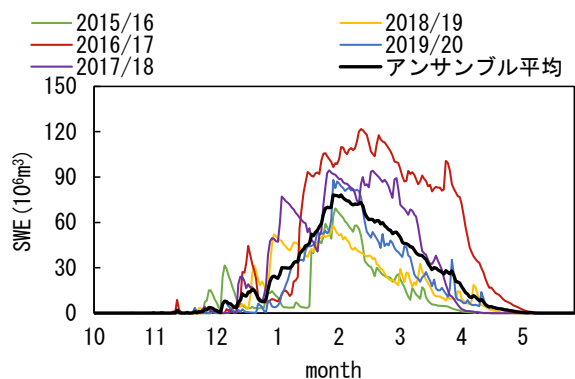


図-2 集水域内における総積雪水量の推定値

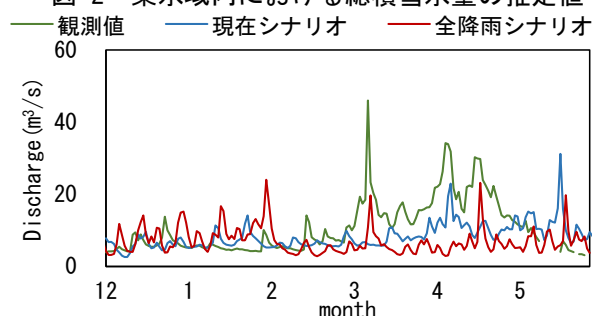


図-3 観測値と計算値(現在シナリオと全降雨シナリオ)のアンサンブル平均の河川流量

いて確認できた。しかしながら、積雪・融雪の年変動が大きい対象期間の拡大も今後の課題である。

5. まとめ

本研究の結果と今後の課題を以下に示す。

- (1) 積雪水量の推定値と AMeDAS の積雪深から、積雪・融雪モデルの精度向上の必要が示唆された。
- (2) 現在シナリオ計算の Nash-Sutcliffe 係数は 0.31 となった。これは積雪・融雪モデルの精度が低いことが起因している。
- (3) 現在シナリオと全降雨シナリオより、河川流量に対する積雪・融雪の寄与を確認できた。

今後は積雪の衛星画像を用いて、積雪・融雪モデルの精度向上を経て、流出モデルの調整する。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 (20K04712, 代表：朝岡良浩) 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