

積雪と土地利用に着目した渇水リスク評価

東北大学大学院 学生会員 ○菊池秀哉
東北大学大学院 正 会 員 風間 聡
東北大学大学院 正 会 員 朝岡良浩

1. はじめに

気候変動の影響による気温変化の予測は各地とも上昇傾向にあり、地域によって無降水日数の増加や積雪量の減少による渇水の増加が予測されている。北日本と中部山地以外では、河川の流量が減少し渇水が深刻になる恐れがあるほか、降雪量と最深積雪は北海道と本州の内陸の一部を除いて減少すると予測される。また融雪水の利用地域では、融雪期の最大流量が減少するとともにそのピーク時期が早まり、需要期における河川流量が減少する可能性がある。

本研究は渇水リスクを評価する。渇水期の降水量に着目し、その中で年最少月別降水量と年最大月別連続無降雨日数のデータに注目した。それらを30年間の頻度解析を行い、再現期間を求め、各再現期間における降水量シナリオを設定した。柏ら¹⁾により作成された分布型流出モデルをもとに、流出解析を行い、年最少月別降水量と年最大月別連続無降雨日数がどのように流量に影響しているのかを評価した。

2. 対象地域・データセットの概要

対象地域は岩木川水系における流量観測地点の幡龍橋を最下点にする集水域を設定した。岩木川は青森県西目屋村と秋田県藤里町の境にある白神山地の雁森岳にその源を発し、幹川流路延長102km、流域面積2540km²の一級河川である。

解析に使用した標高データは国土数値情報から、気温データ、降水量データ、風速データは地域気象観測(AMeDAS:Automated Meteorological Data Acquisition System)データから取得した。

積雪深の精度の検証のため、積雪深データはAMeDASおよび、目屋ダム地点においては青森県庁河川砂防課により観測されたデータを用いた。

3. SWE モデル

3-1. 積雪モデル

積雪水量を以下の式を用いて表す。

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

ここで、SWEは積雪水量(mm)、SFは降雪量(mm/h)、

SMは融雪量(mm/h)である。また風間²⁾の全層積雪密度推定モデルによって積雪深を推定した。

3-2. 融雪モデル

融雪量の算定は底面融雪を2.0mm/dayとし、1時間底面融雪量として(2.0/24)=0.083mm/hourを与え、表面融雪はdegree hour法により1時間融雪量を求めた。以下は融雪量算定の式である。

$$SM = K \times T + 2.0/24 \quad (2)$$

ここで、Tは1時間の時間平均気温(°C)、Kは融雪係数(mm/°C・h)である。融雪係数Kはモデルによる消雪日が実測値の消雪日と一致するように値を設定した。

4. 流出モデル

本流出モデルは、流域を河道部と斜面部に分け、それぞれに適する流出解析を行った。斜面部においては、表面流と地中流を合わせた直接流をkinematic wave法を用いて解析し、基底流を貯留関数法を用いて解析する2段タンクモデルの構造である。以下は浸透量に関連する式である。

$$R_{in} = k_a \times h \quad (3)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} = R_{in} - q_b \quad (4)$$

$$s = k q_b^p \quad (5)$$

ここで、R_{in}は浸透量(m/s)、hは水深(m)、sは見かけの貯留高(m)、q_bは遅滞時間遅れの流出高(m/s)である。これらモデルのモデル係数k_a、k、pを変化させ、既往出水と最も一致するパラメータを評価した。

5. 解析結果

本研究は渇水に影響を与えると考えられる年最大月別連続無降雨日数に着目した。ここで年最大月別連続無降雨日数は1年の間で最も連続して続いた月別無降雨期間のことを示す。

まず無降雨期間を用いて流出解析を行うに当たり、どの時期に無降雨が発生すると、流量に最も影響があるのかを検証する。頻度解析により、年最大月別連続

キーワード 流出モデル, 降雪, 融雪, AMeDAS データ

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7455

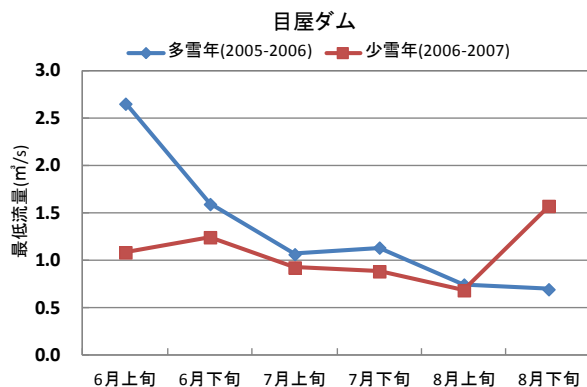


図1 多雪年と少雪年の最低流量の比較

無降雨日数を記録した月の頻度が 6,7,8 月において多くなることを理解したため, 6,7,8 月の上旬, 下旬の 6 つの時期に再現期間 30 年を超える無降雨期間 21 日を組み込み, 流出解析を行う。また, 無降雨期間を組み込まず, 実測流量によって同定した通常解析を加え, 7 つの場合を比較する(6,7,8 月×上, 下旬+通常解析)。流域内の流量観測地点である目屋ダム地点において, 融雪期の流量の影響を考慮し, 多雪年であった 2005 年 9 月～2006 年 8 月, 少雪年であった 2006 年 9 月～2007 年 8 月の 2 つの年で上記の 7 つの解析を行う。

図 1 は多雪年と少雪年の流出解析結果の各条件の最低流量を比較した図である。6 月上旬で約 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ の差があり, その後 6 月下旬から 8 月上旬まではほぼ差はなく, 8 月下旬で約 $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ の差が生じた。8 月下旬に生じた差は少雪年の 8 月に大きな降水が生じたため, 少雪年の最低流量が上昇し, 差が生じたと考えられる。また, 多雪年の最大積雪深は目屋ダムで 238cm, 少雪年の最大積雪深は 105cm であったことから, 6 月上旬に生じた約 $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ の差はこの 100cm を超える積雪深の差による影響であると考えられ, 渇水と積雪量(降雪量)の関係性を示唆した。

次に無降雨が降雪期の終わりである 4 月に生じた際にどのように流量に影響があるのか, 融雪が無降雨を解消出来るのかを調べるために, 4 月から 8 月までの降水量を 0 にし, 融雪量の流量寄与のみの解析を行う。

図 2 は目屋ダム地点の多雪年であった 2006 年 4 月～8 月において降雪期後無降雨にした流出解析と通常解析, 実測流量の結果と積雪深を比較した図である。4 月～8 月に無降雨を適用させた解析は通常解析と比べてピーク流量は多少低くなったが, 挙動はほぼ等しくなっている。6/1 の流量は $18.18 \text{ m}^3/\text{s}$ であり, 以降は融雪量の流量寄与が徐々に減少し, 8 月末には $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ まで減少した。また目屋ダムの 2006 年から 2010 年の渇水流量である $2.31 \text{ m}^3/\text{s}$ を始めて下回ったのは 6 月 20 日頃で, それ以降も下回り続けた。

また図 3 は図 2 同様, 少雪年であった 2007 年 4 月～

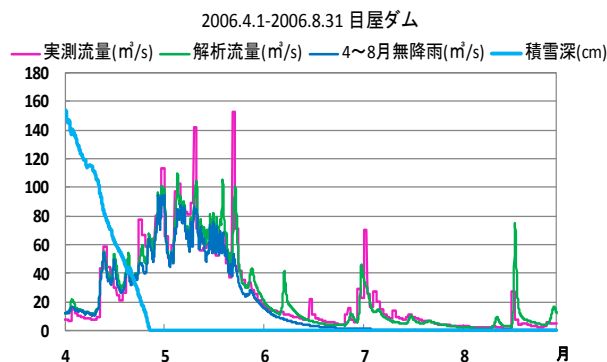


図2 降雪期後無降雨にした流出解析 (2006)

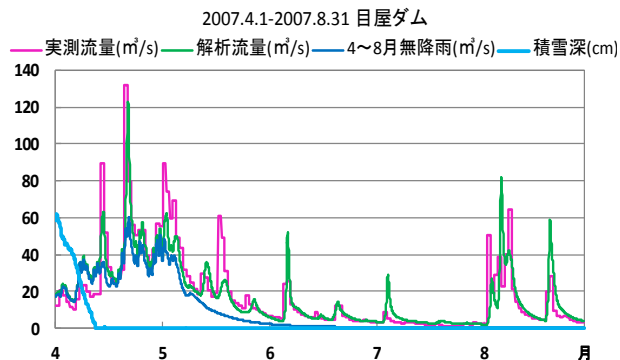


図3 降雪期後無降雨にした流出解析 (2007)

8 月における図である。図 2 と比べて, 4 月～8 月に無降雨を適用させた解析は 5 月以降に流量が徐々に減少し始め, 約一カ月早く融雪量が減少したことが分かる。融雪以降は減少し続け, 6/1 の流量は $2.31 \text{ m}^3/\text{s}$ であり, 8 月末には $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ まで減少した。また目屋ダムの 2006 年から 2010 年の渇水流量である $2.31 \text{ m}^3/\text{s}$ を始めて下回ったのは 6 月 1 日頃となり, 図 2 と比べて, 20 日程度早く減少した。

これらの結果から, 4 月 1 日の積雪深差が 100cm 程ある場合, 20 日程度の渇水現象を防ぐことが出来ることを示し, ダム管理者は 4 月 1 日の積雪深が渇水予防の一つの目安として利用することが出来るを考える。

謝辞: 本研究は, 地球規模課題対応国際科学技術協力事業(SATREPS)の援助による GRANDE 及び環境省の環境研究総合推進費 (S-8) の支援, 三井共同建設コンサルタンツ株式会社の援助により実施致しました。また, 青森県県庁河川砂防課の方々から目屋ダムの流量データ, 気象データを提供していただきました。併せてここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 柏俊輔, 朝岡良浩, 風間聡: 積雪深データ同化による融雪出水解析, 水工学論文集, 2011
- 2) 風間聡: 広域における積雪全層密度推定に関する研究, 水工学論文集, 第41巻, pp.245-250, 1997.