

積雪寒冷地河川における流出計算の精度向上と洪水・渇水リスク評価に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 26～平 27

担当チーム：水災害研究グループ

研究担当者：岩見洋一、栗林大輔、山崎祐介、マキシム・グシエフ

【要旨】

積雪寒冷地における融雪期の流量の予測には、積雪・融雪量を面的に流域単位で推定出来るモデルが必要である。本研究では、全球で提供されている気象データセットを入力とし、平面 2 次元における地表面の熱収支を解くことで融雪が計算できる機能を有する流出モデルを用い、流出計算の精度向上に関する検討を石狩川流域などで行った。検討の結果、WEB-DHM-S モデルを採用し、それにより面的な積雪量および融雪量を計算できる流出予測モデルを構築することが出来た。また、石狩川流域のダム上流域で河川水を採取し、その中に含まれるトリチウム濃度の分析結果から、地下水平平均移動時間を算出し、地下貯留量の時間変化を推定した。

キーワード：積雪寒冷地、流出予測、地下水移動、トリチウム、WEB-DHM-S

1. はじめに

将来、北海道の一部を除く積雪寒冷地では降雪量が減少する。そのため、将来の水害リスク評価では、洪水予測だけではなく、降雪量減少にともなう渇水対策のためにも、流量予測が重要になる。

しかしながら、融雪量の予測については、これまででは個別流域での経験式によるものが多く、他の流域や異なる気候条件に適用できず、気候変動などによる将来変化予測が困難である。土木研究所では、積雪・融雪メカニズムの研究や個別流域における流出モデル研究については取り組んできたが、汎用性のあるモデルは確立されていない。

そのため本研究では、全球レベルで積雪寒冷地の河川における洪水及び渇水リスク評価を目指し、物理過程に基づいて積雪・融雪量の計算ができる機能を有する流出モデルの構築を試みる。また、渇水リスク評価に必要な、地下水貯留量の推定のため、現地の河川水に含まれるトリチウム（三重水素）濃度分析によって地下水平平均移動時間を算出し、地下貯留量を推定する手法を構築する。

2. 研究方法

本研究は、寒地土木研究所寒地水圏研究グループ水環境保全チームと連携しながら、以下の内容を実施した。

- 現地視察、確認

- 各データの収集
 - 定山溪観測基地の気象データ
 - ダムサイトにおける地質データ
- トリチウム試料採取（ダム上流河川）・分析
- 流出解析モデルの検討、選定
- 渇水評価のための地下水挙動解析
 - 河川水のトリチウム濃度分析による地下水の平均滞留時間の推定
 - 地下水貯留量の算定式の構築
- 石狩川流域において積雪・融雪量を計算できる流出モデルの構築及び検証

2. 1 WEB-DHM-S モデルを用いた流出計算

検討の結果、東京大学で開発された Water and Energy Budget-based Distributed hydrological Model (WEB-DHM) に融雪機能を強化した WEB-DHM-S を選定した。WEB-DHM-S は、地表面での水・熱収支と斜面水文過程を組み合わせることにより、大気-陸面相互作用、地下水、河川流出の広域への適用を可能にしている。よって、積雪や融雪を熱収支に基づいて計算できるので、特定の流域に縛られず、また気候変動による将来の予測も可能である。

2. 2 トリチウム濃度分析

トリチウムは、成層圏で宇宙線中の中性子の作用で生成され、12 年程度の半減期で β 崩壊して ${}^3\text{He}$ に

変わる。トリチウムを含有する水は、質量数が異なる以外は、物理的、化学的な性質は水と同一である。したがって、最も理想的な水文とレーサーの一つとして考えられている(市川 榎根, 1978)。降雨流出過程について、ピストン-指数流れモデルを仮定して、降水と流出地下水のトリチウム濃度から滞留時間や地下水貯留量を推定することができる(Maloszewski and Zuber, 1982)。

3. 研究結果

3. 1 石狩川流域の積雪・融雪及び流量計算結果

石狩川流域、十勝川流域、留萌川流域において WEB-DHM-S モデルの構築を行い、流出計算を行った。入力データは以下のとおりである。

- アメダス・水文水質データベース：降水量
- 再解析データ (JRA55)：短波放射、長波放射、雲量、風速、気温、比湿、圧力

計算結果を図-1に示す。洪水ピーク流量はある程度再現できているが、減水部や融雪期の流量の再現性が低い。これは、冬季の降水量の補正、蒸発散、浸透、等価粗度係数やマンニングの粗度係数の設定にあると考えられる。

3. 2 地下水挙動解析結果

石狩川流域のダム上流 12 地点における地下水の平均滞留時間を推定した結果の一部を図-2 に示す。平均滞留時間は、石狩川流域の東部では複数の解が得られたが、西部ではただひとつの解が得られた。このとき、平均滞留時間は 14 年程度であった。さらに、Stewart(2015)による基底流出推定法および Maloszewski and Zuber(1982)の方法により、石狩川流域のダム上流 12 地点における地下水貯留量の時間変化を推定した。そのうちで、小樽内流域の結果を図-3に示す。融雪期である4月から5月に涵養され、地下水貯留量が増加する傾向を確認できた。

4. まとめ

本研究では、WEB-DHM-S モデルを用いて、全球の気象データセットを入力して積雪・融雪量が計算できる機能を有する流出モデルの構築を試みた。また、トリチウム濃度によって地下水平均移動時間を算出し、地下水貯留量を推定する手法を構築した。

今後は、構築したモデルや手法を世界の他流域でも適用し、積雪地域での流出解析や地下水貯留量や低水流量計算の精度向上を図る必要がある。

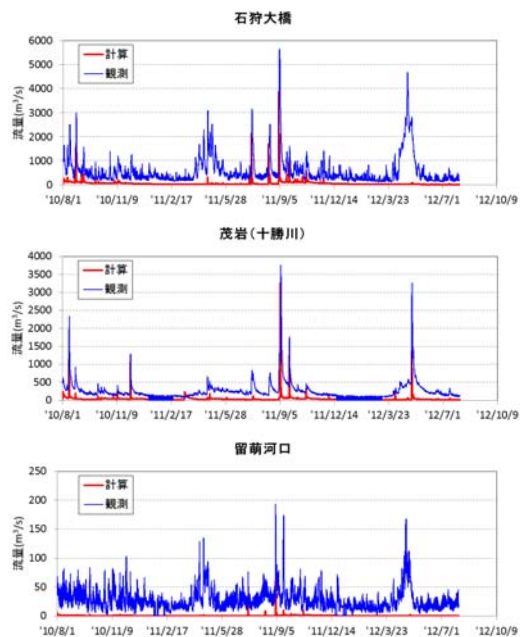


図-1 各河川流域における流量再現結果

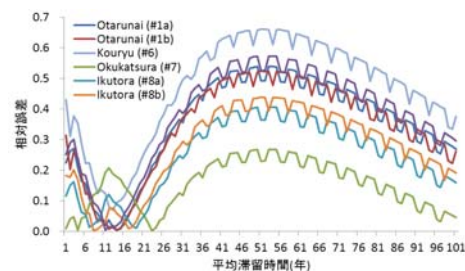


図-2 平均滞留時間 (年) と相対誤差

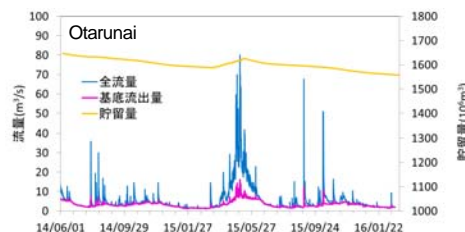


図-3 地下水貯留量の時系列変化

参考文献

- 1) 市川正巳, 榎根 勇 (編): 「日本の水収支」, 古今書院, p.304, 1978
- 2) Maloszewski, P. and Zuber, A.: “Determining the turnover time of groundwater systems with the aid of environmental tracers 1. Models and their applicability”, J. of Hydrol., 57, 207-231, 1982
- 3) Stewart, M.K.: “Promising new baseflow separation and recession analysis methods applied to streamflow at Glendhu Catchment”, New Zealand, Hydrol. Earth Syst. Sci., 19, 2587–2603, 201