積雪山地流域の水循環解析と近い将来の流出予測の試み

明星大学　正会員　○藤村 和正
ｶﾘﾌｫﾙﾆｱ大学ﾃﾞｰﾋﾞｽ校　正会員　井芹 慶彦
明星大学　正会員　柳川 亜季

１．研究の背景と目的

今日､GCM 気候値を用いた様々な流出予測が行われ、その多くは世紀末（2100 年頃）あるいは近未来（2030 年頃）の予測である。しかし、近い将来、例えば 2020 年以降の流出予測は、間近な河川計画にとって必要と言える。ISI-MIP から提供される気候モデル、MIROC5 の将来期間は 2006 年から 2099 年、そのうち 2006 年から 2020 年の実績データは既に存在している。本研究ではこの期間に着目し、最上川上流の２つのダム流域を対象に日単位水循環解析の再現性を確認すると共に、MIROC5 の 2006 年から 2020 年の 15 年間の将来気候値を用いて水循環解析を行い、流出予測値を季節別に表し、実測値との比較により評価することを目的とする。

２．データ概要と手法

（１）データ

対象流域は白川ダム流域（206 ㎢）と寒河江ダム流域（233 ㎢）である。日単位の水文データとして、雨量と気温を水文水質データベース及び AMeDAS から取得し、ダム流入量はダム諸量データベースから取得する。GCM 気候値には MIROC5 の昇温が最も大きい RCP8.5 排出シナリオを用いる。実測データが入手できる 1993 年～2005 年の 13 年間でモデルパラメータを較正する。GCM の現在期間は 1991 年から 2005 年、将来期間は 2006 年から 2020 年であるため、本研究では 2005 年以前を過去期間とし、2006 年以降の 15 年間を将来期間と称する（**表 1**）。流出予測値は将来期間の水循環解析により求め、実測流出高と比較し予測結果を評価する。

（２）バイアス補正

ISI-MIP の GCM 値は既にバイアス補正されているが、対象流域へのダウンスケールのため、次のようにバイアス補正を行う。対象流域付近に 0.5 度グリッド間隔で GCM の降水量と気温を出力する。その矩形領域内を 1 ㎞グリッドに分割し、流域内の全グリッド点の降水量と気温を GCM 出力点から逆距離加重法により求める（**図 1**）。流域内グリッド点の降水量及び気温を平均して GCM の流域代表値とする。流域の将来降水量は、過去期間と将来期間の月別値から増減倍率を求め、それらを過去の日単位の実測値に補正係数として乗じる。白川ダム流域について**図 2** の(a)～(c)に導出過程を表す。月単位降水量は、3 月、7 月は微減、6 月、9 月は微増し、寒河江ダム流域も同様の傾向を示した。将来気温についても同様の手法で補正量を求め、過去期間の観測値に加算し将来気温とする。

３．水循環解析

本研究では、山地流域を対象に安藤らが提案し、筆者らが改良してきた簡便な構造で雨量と気温データのみで解析できる水循環モデルを用いる[1), 2)]。水循環解析では水収支量が妥当であることが重要である。しかし積雪山地流域では、冬期に降水量の欠測が多く、流域の流出量が降水量を上回ることがある。しかし流出量の実測値とされるダム流入量は、貯留量管理のため継続的な測定が行われ、水収支を検討する上で貴重な資料である。一方、蒸発散量の測定は困難であるが、Hamon 式等により気温データからある程度推定できる。このような条件を基に水循環解析では、①水収支を検討する際に Hamon 式で得られた蒸発散量と流域損失量（降水量－流出量）との等価性を踏まえる、②実測値と解析値の流況曲線の形状一致を考慮する、こととする。その上で、流出量の相対誤差の平均値が最小になるように、モデルパラメータの最適化を図る。低水流出の貯留関数パラメータの最適値はグリッドサーチ法により求める。

表１　水文データの過去期間と将来期間

データ	過去期間	将来期間
GCM 値	1991. 1. 1-2005. 12. 31／15 年間	2006. 1. 1-2020. 12. 31／15 年間
実測値	1993. 1. 1-2005. 12. 31/13 年間	2006. 1. 1-2020. 12. 31／15 年間

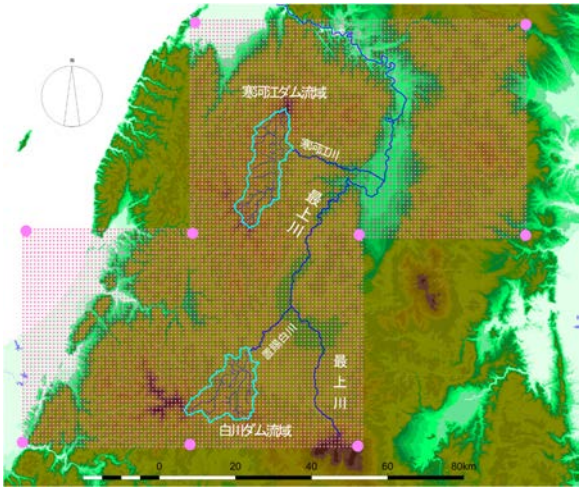


図１ GCM 出力点と対象流域の位置

キーワード　積雪山地流域　水循環解析　近い将来　流出予測
連絡先　〒191-8506　東京都日野市程久保 2-1-1　明星大学理工学部　TEL 042-591-5111

© Japan Society of Civil Engineers

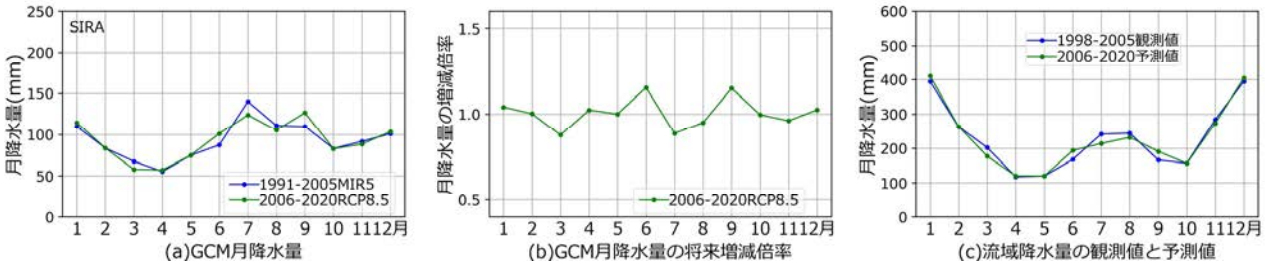
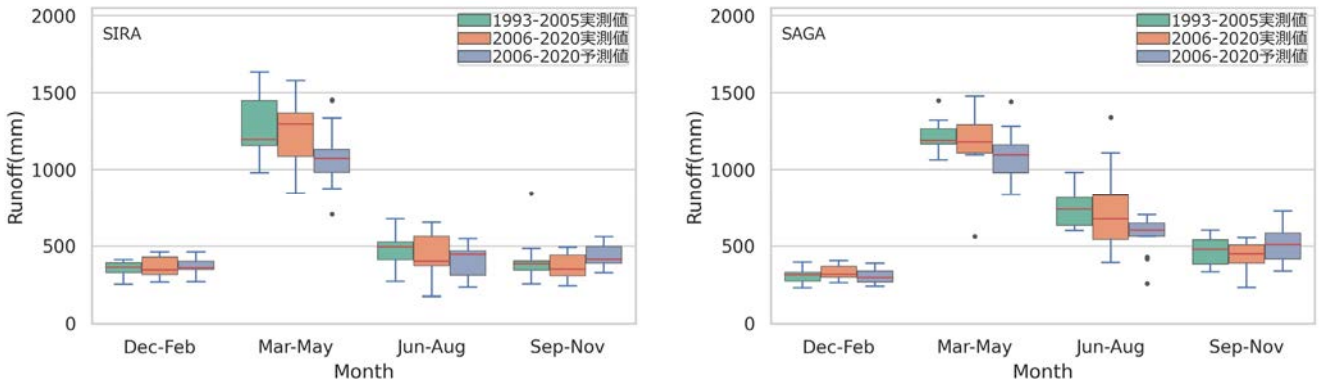


図 2 月降水量の増減倍率と月降水量予測（白川ダム流域の例）



(a) 白川ダム流域　　(b) 寒河江ダム流域

図 3 季節別の流出高の分布図

４．解析結果と考察

水循環解析の精度は日流出量の相対誤差の平均値は 34.3%と 33.7%であり、積雪域であることを踏まえれば概ね良好な結果と言える。

次に、水循環解析による流出の将来予測の結果を図 3 に季節別に流出高の箱ひげ図として表す。過去期間（1993 年–2005 年）の実測値を緑色、将来期間（2006 年–2020 年）の実測値を朱色、将来予測値を青色で表す。季節区分は 12 月～2 月を冬期（積雪期）、3 月～5 月を春期（融雪期）、6 月～8 月を夏期、9 月～11 月を秋期とする。評価の方法は、箱の高さと位置、つまり第三四分位数と第一四分位数の差で表すデータ分布の広がりと上下の位置関係を過去実測値と比較する。積雪域では温暖化が進行すると降雪量の減少と降雨量の増加が生じ、融雪（流出）時期が早まることが予想される。この視点から予測結果を見ると、冬期の３つの流出高に大きな差異はないが、春期の予測値は減少しており、将来実測値も若干の減少傾向が見られる。これらが気候変動の影響によるものか否かは判断できないが、一つの注目すべき結果と言える。夏期の流出予測値と実測値は過去実測値に対して減少傾向であり、特に実測値は分布幅が広い。秋期の予測値は過去実測値に対して増加傾向である。解析結果の夏期と秋期は GCM 値の降雨の多寡が予測値に現れていると思われる。何れの季節においても流出の将来予測値と実測値には多少の差異が見られるものの、流出予測値は実際の流出を示唆している可能性は考えられる。

５．おわりに

本研究では、日本のダム流域規模で、かつ近い将来の流出予測を、GCM 気候予測値を用いて積雪地域のダム流域で試みた。15 年程度の期間で流出高を評価した。近い将来の予測であるために気候の内部変動の影響が地球温暖化の影響を凌駕していた可能性があると共に、単一の GCM を用いた解析であったために、気候モデルに起因する将来気候の不確実性の評価が十分ではなく、気候変動の影響を明確に予測することはできていない。しかし定性的には予測評価の価値ある結果が得られたと考えており、今後の流出予測に対して検討の余地を残している。実務的には、地域規模で近い将来の流出予測は重要であるため、引き続き、他の GCM 値の利用や流域の展開など、この研究を推進していく予定である。

本研究を進めるにあたり、GCM データを提供していただいた東京工業大学大学院の鼎 信次郎先生に記して感謝の意を表します。

【参考文献】

1) 安藤義久、高橋裕：山地河川の長期流出解析に関する一考察、土木学会論文報告集、第 318 号、pp.93-105、1982.
2) Fujimura, K., Shiraha, K., Kanae, S. and Murakami, M.: Development of the hourly hydrological model for mountain-ous basins using the storage function method and the Diskin – Nazimov infiltration model, IAHS Publ., 355, pp.338-344, 2012.

© Japan Society of Civil Engineers