

気象/水文モデルを用いた淀川流域の水循環に対する気候変動の影響評価

大阪大学 ○嶋寺光, 小西遼, 近藤明

1. はじめに

淀川流域圏は日本第2の流域人口を有しており、その生活を支えている豊富な水資源を保全することは重要な課題である。地球温暖化に伴う気候変動は、降水、積雪・融雪、蒸発散等の水循環過程に影響を及ぼし、将来の水災害リスクや水資源を大きく変化させる可能性がある。各河川流域において適切な適応策を講じるためには、大気大循環モデル（GCM）による降水量の変動予測だけでなく、水文モデルによる河川流量の変動予測が必要となる。GCM と水文モデルを組み合わせて水循環の変動を予測する方法として、水文モデルの入力に、GCM 出力に基づいて現在の統計値を補正したものを用いる方法、GCM 出力をそのまま用いる方法、GCM 出力を統計的あるいは力学的にダウンスケールしたものを用いる方法等がある。本研究では、メソスケール気象モデルによる GCM 出力の力学的ダウンスケール結果を入力データとする水文モデルを用いて、気候変動が淀川流域における水循環に及ぼす影響を評価した。

2. 計算方法

GCM 出力として、Community Climate System Model version 4 (CCSM4)¹⁾ のデータセットを用いた。気候変動の影響評価のために、現況再現計算結果 (b40.20th.track1.1deg.011) より 1981~2000 年の 20 年間、RCP4.5 シナリオを用いた将来予測計算結果 (b40.rcp4_5.1deg.006) より 2081~2100 年の 20 年間を使用した。本研究で用いた CCSM4 出力の水平解像度は緯度 0.9 度、経度 1.25 度であり、淀川流域への水文シミュレーションに適用するためには、ダウンスケールが必要となる。

気象モデルには、Weather Research and Forecasting model version 3.5.1 (WRF)²⁾ を用いた。日本全域を含む 80km 格子領域、20km 格子領域、淀川流域を含む 5km 格子領域の 3 領域のネスティングによって、CCSM4 出力の力学的ダウンスケールを行った。ネスティングは広領域から狭領域への単方向であり、ナッジングは使用していない。物理過程として、積雲パラメタリゼーションに Kain-Fritsch スキーム、雲微物理過程に WSM6 スキーム、短波放射過程に Dudhia スキーム、長波放射過程に RRTM スキーム、大気境界層過程に YSU スキーム、地表面モデルに Noah LSM を使用した。また、WRF の計算においても、RCP4.5 シナリオに基づく温室効果ガス濃度を使用した。

水文モデルには、Hydrological River Basin Environment Assessment Model (HydroBEAM)³⁾ を基にした分布型流出モデルを用いた。本モデルは、熱収支モデルと流れ解析モデルで構成される。熱収支モデルでは、入力気象データを基に蒸発散、積雪・融雪過程等を計算する。流れ解析モデルでは、各計算格子について、A~D 層からなる鉛直 4 層を考慮し、各層間の浸透、表面流出、河川流出などの水文過程を計算する。A 層については、畑地、山林、市街地、水田、水域の土地利用別に分類した。地表面、河道流および A 層の畑地、山林、市街地には Kinematic Wave Model、水田には複合タンクモデルをそれぞれ適用した。B~D 層については、下層への浸透、上層への復帰流、地下水流出をモデル化した線形貯留モデルを適用した。計算領域は水平解像度 1km の淀川流域全域であり、WRF の 5km 格子領域の結果に高度補正をかけてダウンスケールした気象データを入力した。計算期間は現在および将来の各 20 年間であるが、各年については、前年の 12 月を助走期間として水文シミュレーションを行った。

3. 結果

図 1 に淀川流域における月別の平均気温と降水量を、現況期間と将来期間の各 20 年平均で示す。気温については、すべての月において将来期間の方が高く、流域平均気温は 100 年間で約 1.3°C の上昇となった。将

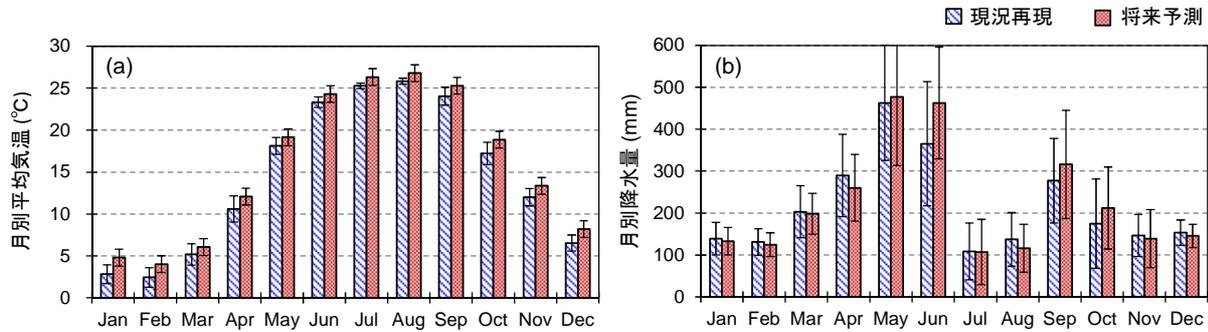


図1 淀川流域における月別平均気温 (a) および降水量 (b)

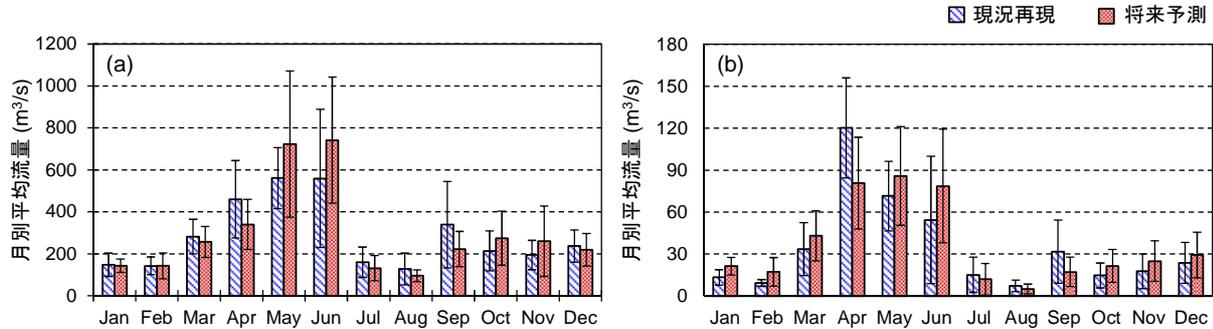


図2 淀川最下流 (a) および野寺橋 (b) における月別平均河川流量

来の気温上昇は太平洋側よりも日本海側で顕著であったことから、淀川流域でも北部で気温上昇幅がやや大きくなった。降水量については、降水量が多い6月に特に増加し、降水量が少ない8月にやや減少し、流域平均の年降水量は100年間で約104mm（約4.0%）増加した。

図2に淀川最下流と滋賀県北部の豪雪地帯に位置する野寺橋における月平均河川流量を、現況期間と将来期間の各20年平均で示す。淀川最下流は淀川流域のほぼ全域からの降水流出を反映することから、流域平均降水量と淀川最下流の流量は同様の傾向を示した。年平均流量は100年間で約10m³/s（約3.6%）増加したが、渇水期の8月には流量が減少した。一方、融雪水の影響を強く受ける野寺橋の河川流量は、将来にかけて、4月には大幅に減少し、10月から3月にかけては増加するという、淀川最下流とは異なる傾向を示した。これは、気温の上昇によって、積雪期においては降水が積雪として山間部に留まらずに河川へと流出しやすくなり、融雪期においては融雪水量の減少に伴って流量が減少したためであると考えられる。

4. 結論

気象/水文モデルを用いて、現在から将来にかけての100年間の気候変動が淀川流域における水循環に及ぼす影響を評価した。淀川流域全体として、平均河川流量は増加したが、渇水期には流量が減少した。また、豪雪地帯では、積雪・融雪過程の変化によって河川流量が大きく変化し、淀川流域の中でも気候変動が水循環に及ぼす影響には大きな地域差があることを示した。

参考文献

- 1) Gent, P.R. et al., (2011) The community climate system model version 4. *Journal of Climate*, 24, 4973-4991.
- 2) Skamarock, W.C. and Klemp, J.B. (2008) A time-split nonhydrostatic atmospheric model for weather research and forecasting applications. *Journal of Computational Physics*, 227, 3465-3485.
- 3) Kojiri, T. et al. (2008) Assessment of global warming impacts on water resources and ecology of a river basin in Japan. *Journal of Hydro-Environment Research*, 1, 164-175.

キーワード 気候変動, 河川流量, 水文モデル, 気象モデル, 力学的ダウンスケーリング