

1. はじめに

近年, 地球温暖化に伴う気候変動が問題となっており, 将来の洪水・渇水リスクの増加が懸念される. そこで適応策を講じるため, 全球気候モデル (GCM) と水文モデルを用いた予測研究が行われている. 一般に GCM は格子解像度が低いため, 地域スケールの水文環境を予測するために統計的あるいは力学的なダウンスケーリングが用いられる. しかし, ダウンスケーリングには新たに不確実性やバイアスが生じるという問題があるため, 既往研究では, 複数のダウンスケーリング出力を利用した計算結果の比較によって不確実性の評価が行われている. 一方で, ダウンスケーリングの有無によって比較を行い, 水文予測におけるダウンスケーリングの効果や妥当性について評価した研究例は少ない. そこで本研究では, 洪水や渇水の将来予測における力学的ダウンスケーリングの効果について評価することを目的とし, 淀川流域を対象として GCM 出力, 気象モデル, 水文モデルを用いたシミュレーションを行った. 力学的ダウンスケーリングを用いる場合と用いない場合の計算を行い, これらの結果を比較することによって分析を行った. 両ケースについて, 洪水や渇水といった極端現象を評価するため, 極値解析を行った.

2. 計算方法

予測に用いる GCM 出力データとして, Community Climate System Model version 4 (CCSM4)²⁾のデータセットを利用した. 計算期間は 1981~2000 年 (現況再現), 2081~2100 年 (将来予測) とした. 将来シナリオとして, 中程度の気候変動を想定し RCP4.5 シナリオを採用した. 本研究で用いた CCSM4 出力の格子解像度は緯度 0.9°, 経度 1.25°である.

力学的ダウンスケーリングには, 気象モデル Weather Research and Forecasting model version 3.5.1 (WRF)³⁾を用いた. WRF はネスティング機能を備えており, ダウンスケーリングを目的とする高解像度気候モデルとして有用である. 計算領域として 80km 格子, 20km 格子, 5km 格子の 3 領域を設定し, one-way ネスティングによってダウンスケーリングを行った.

水文モデルには Hydrological River Basin Environment Assessment Model (Hydro-BEAM)⁴⁾を用いた. Hydro-BEAM は熱収支モデルと流れ解析モデルから成っており, 気象データを入力して蒸発散, 積雪・融雪, 浸透・流出といった過程を計算する. 入力する気温と降水量には, GCM あるいは気象モデルのメッシュ高度と水文モデルのメッシュ高度に基づいて高度補正を行った.

極端現象を分析するため, 一般化極値 (GEV) 分布を用いて極値解析を行った. 年最大流量あるいは年最小流量が GEV 分布に従うと仮定し, 現在あるいは将来の 20 年分の計算値から分布パラメータを推定した. この分布に基づいて 50 年に 1 度あるいは 100 年に 1 度生じるような洪水・渇水の流量を推定した. このような推定には不確実性が伴うため, その評価として, ジャックナイフ法を用いて推定誤差を計算した.

3. 結果

図 1, 2 に, それぞれ桂と枚方における推定洪水流量を示す. 桂は流域西部の地点であり, 枚方は淀川流域の最下流付近の地点である. 図中のエラーバーはジャックナイフ法を用いて計算した推定誤差を示す. a は力学的ダウンスケーリングを行わなかった場合, b は行った場合を示す. a, b を比較すると, b は a より流量が大きくなる傾向を示した. また, 将来への変化に関して, a の 2 地点ではともに流量が増加しているが, b では桂で流量が増加した一方で, 枚方では流量が減少するという結果となった. ダウンスケーリングによってローカルスケールの地形が考慮されたため, 地形性の降水が再現されて降水量が増加し, さらに極端な降水にも地域差が生じたと考え

られる。

図3, 4に, それぞれ桂と枚方における推定渇水流量を示す. 全体として渇水の流量は不変あるいは減少しており, その原因として気温の上昇に伴う蒸発散量の増加が挙げられる. また, 最下流付近の地点である枚方では, aと比較してbでの流量減少が顕著であった. 一般に渇水の頻度が高いと考えられる夏季(6~8月)の無降水日数(日降水量が1mm以下の日数)は, aの場合には将来1.7日増加し, bの場合には将来2.9日増加した(流域平均).

力学的ダウンスケーリングの有無によって水文予測結果は大きく異なった. これは, ローカルスケールの降水の結果であると考えられる一方で, その将来予測に対する影響は大きく, ダウンスケーリングに用いた気象モデルの特性や計算結果の妥当性には注意を払う必要がある.

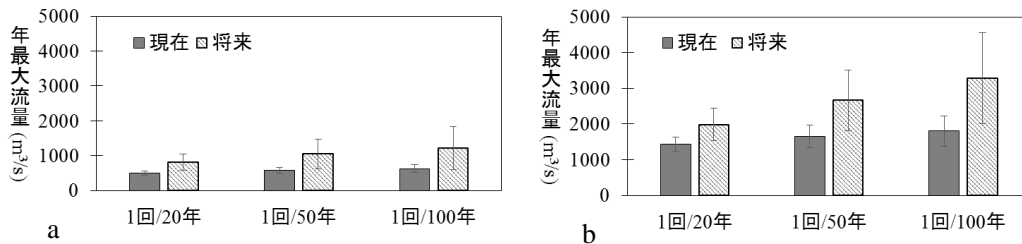


図1 桂における推定洪水流量 (a:ダウンスケーリング無, b:有)

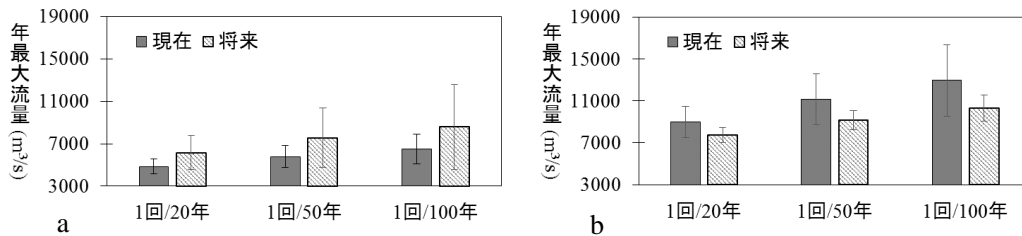


図2 枚方における推定洪水流量 (a:ダウンスケーリング無, b:有)

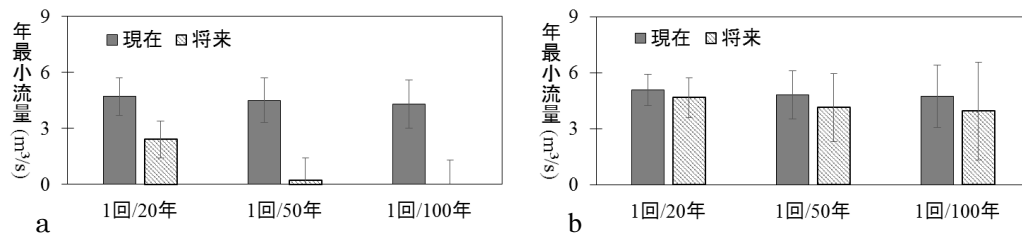


図3 桂における推定渇水流量 (a:ダウンスケーリング無, b:有)

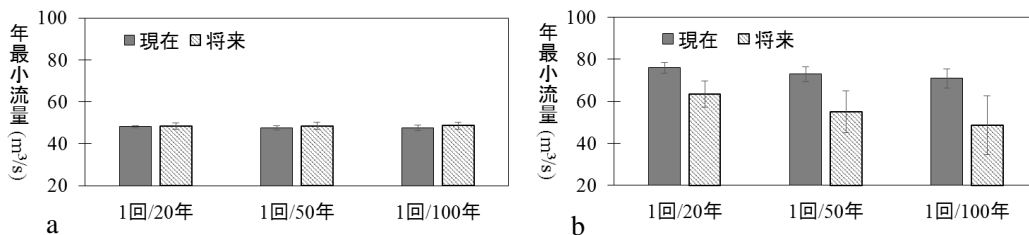


図4 枚方における推定渇水流量 (a:ダウンスケーリング無, b:有)

参考文献

- 1) 例えば Chen, J. et al., Uncertainty of downscaling method in quantifying the impact of climate change on hydrology. Journal of Hydrology, 401, 3-4, 190-202, 2011.
- 2) Gent, P.R. et al., The community climate system model version 4. Journal of Climate, 24, 4973-4991, 2011.
- 3) Skamarock, W.C. and Klemp, J.B., A time-split nonhydrostatic atmospheric model for weather research and forecasting applications. Journal of Computational Physics, 227, 3465-3485, 2008.
- 4) Kojiri, T. et al., Assessment of global warming impacts on water resources and ecology of a river basin in Japan. Journal of Hydro-Environment Research, 1, 164-175, 2008

キーワード : Climate change, River flow, Dynamical downscaling, Hydrological model, Extreme value analysis