

大規模アンサンブル気候シナリオを用いた極端現象の自然変動に起因する不確実性の分析

Study on Uncertainty in Climate Change Impact due to Natural Variability of Extreme Events using Large Ensemble Climate Scenario

○工藤亮治・近森秀高

KUDO Ryoji**, CHIKAMORI Hidetaka**

1. はじめに 水文水資源分野における気候変動影響評価では洪水や渇水などの極端現象を対象とした影響評価が重要となるが、極端現象はそもそも自然変動（いわゆる年々変動）が大きく、少ないサンプルでは不確実性が大きい信頼性の高い評価が困難である。本研究では、大規模アンサンブル気候シナリオ d4PDF を用いることで、自然変動に起因する不確実性について吟味した。

2. 対象流域・解析資料 対象流域は北海道から九州までの13のダム流域（流域面積76.2～494.3km²）である。気候シナリオには、d4PDFの現在気候（HPB：30年×100メンバー＝3,000年）、4度上昇実験（HFB4K：30年×90メンバー＝2,700年）、2度上昇実験（HFB2K：30年×90メンバー＝2,700年）を用いた。また、水文モデル構築のため、流域内の日雨量、日最高/最低/平均気温、日平均風速、日照時間を用いた。なお、d4PDFは3次メッシュ（1kmメッシュ）化し、メッシュ気候値2010を用いて3次メッシュ化した実測値によりバイアス補正を行った。

3. 流出モデル 解析モデルとして、流出モデルに4段型タンクモデルを、積雪融雪モデルに簡易熱収支法（水津）を用いた。モデルパラメータは菅原の標準パラメータを用いた。なお、水収支の検討における降水量補正では、降水量一律補正と降雪量補正の2パターンを採用し、流出解析結果を比較した。

4. 解析手法 洪水・渇水指標として現在気候100メンバー、将来気候90メンバーの10年確率値（10年確率日流量、10年確率代かき期渇水流量、10年確率出穂期渇水流量）をタンクモデルで求め、9,000通りの組み合わせの変化率（将来気候値/現在気候値）を求め、その分布を吟味した。

5. 結果・考察 **（1）水収支法の違いによる流出解析精度の比較** 降水量の一律補正と降雪量補正による流出解析を比較すると、とくに豪雪地帯において後者で融雪後期の過少推定傾向および秋季の過大推定傾向が改善された。このことから、豪雪地帯においては降雪量を割り増して水収支のバランスを取った方がダム流入量の再現精度が高いことが分かった。また、降水量補正の季節性を考慮した水収支の検討により、菅原の標準パラメータでも十分な再現精度が得られた。ただし、第4紀火山帯など浸透性の高い流域では浸透孔パラメータの調整が必要であった。

（2）極端現象の自然変動に起因する不確実性の分析 図1に現在気候、将来気候の各メンバーの10年確率出穂期渇水流量のヒストグラムを示す。図より、バイアス補正を施しても極値である10年確率値はメンバーごとに値がばらついている。このことは、将来気候におけるばらつきのみならず現在気候におけるばらつきも影響評価の不確実性となることを意味する。図2に、4流域における10年確率代かき期渇水流量の変化率（現在気候×将来気候の9,000通りの変化率）の頻度分布を示す。寒河江ダム（東北日本海側）のようにすべての組み合わせで変化率が1を下回る（減少傾向）場合には、変化率の値自体には差があるものの、変化傾向の整合性は非常に高い。一方で、長安ロダム（四国）では変化率が1をまたいで分布しており、組み合わせによって変化傾向が異なっている。このように、現在気候値と将来気候値の組

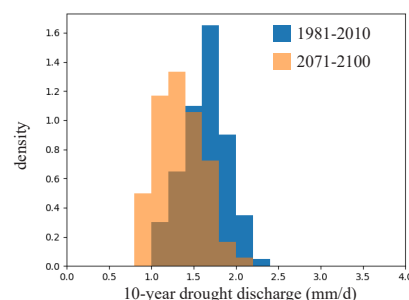


図1 10年確率出穂期渇水流量のメンバー間のばらつき（長安ロダム）
Distribution of 10-year drought discharges among ensemble members

岡山大学大学院環境生命科学研究科 Grad. Sch. Env. & Life Sci., Okayama Univ.

キーワード：気候変動影響評価，大規模アンサンブル気候シナリオ，自然変動，不確実性評価

み合わせによって変化傾向が大きく変わってしまう場合は、気候変動のシグナルよりも自然変動の影響が大きいと評価できる。

図3に、対象13流域における2度上昇実験、4度上昇実験における9,000通りの変化率の変化傾向の割合（減少：変化率0.95以下，増加：変化率1.05以上，変化なし：変化率0.95～1.05）を示す。この場合，ある一つの傾向の割合が高いほど気候変動のシグナルが強く，逆に各傾向の割合が同程度の大きさであるほど，気候変動の影響はなし，もしくは自然変動の影響が大きく気候変動の影響評価が困難であることを意味する。図より，評価指標により気候シグナルの大きさには差があることが分かる。例えば，10年確率日流量については，増加傾向を示す割合が多く，この時点で洪水時の流量が増加することについては全国的に整合性が高い。一方で，10年確率代かき期渇水流量では地域による差がみられ，北日本で減少を示す割合が高いのに対し，西日本ではその他の傾向（変化なし＋増加傾向）の割合が大きくなっていく。10年確率出穂期渇水流量では全国的に減少傾向の割合が高いものの，その他の傾向の割合もある程度高くなっている。メンバー数の少ない影響評価では，このような分布の中からサンプリングしたような状態となるため，特に西日本では評価の変化傾向がメンバー間で異なる結果になりやすい。つまり，極端現象ではメンバー間の差（すなわち自然変動）が大きいため，少ないメンバーでは不確実性が大きく，その結果は”たまたまそうなった”と評価されることになる。また，図3より，2度上昇実験よりも4度上昇実験の方が気候変動のシグナルは大きくなる。2021年10月に開催された第26回気候変動枠組条約締約国会議（COP26）で1.5度目標が掲げられたが，このような小さな気候変動下では自然変動との差が見出しにくく，少ないメンバーでは影響評価が困難となる。そのため，洪水，渇水などの極端現象を対象とした気候変動影響評価では，なるべく多くのメンバーを用いることが重要である。

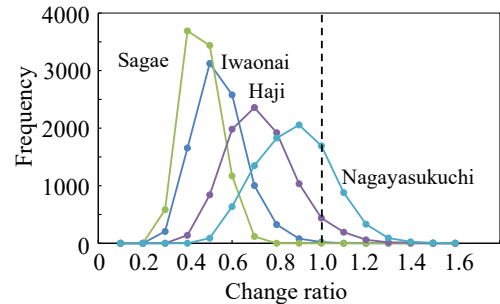
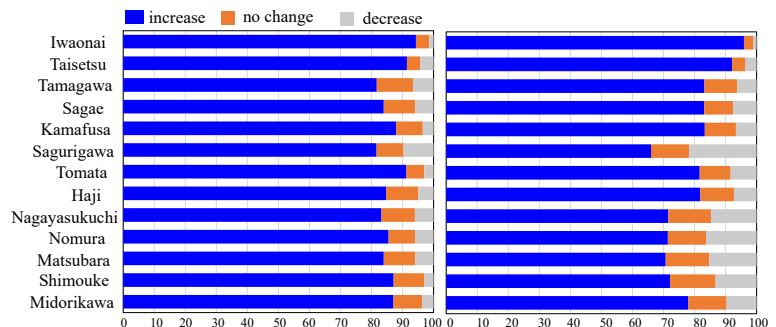
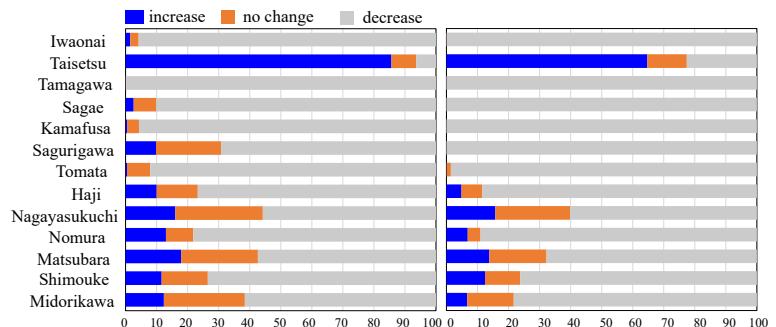


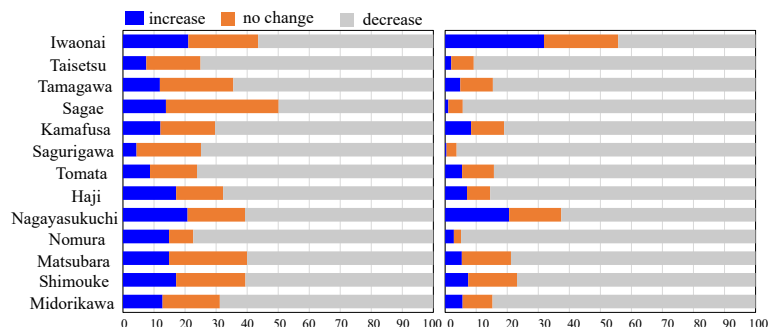
図2 10年確率代かき期渇水流量の変化率の分布
Distribution of change ratios of 10-year drought discharges among ensemble members



(a) 10年確率日流量



(b) 10年確率代かき期渇水流量



(c) 10年確率出水期渇水流量

図3 変化傾向を示す組み合わせの割合
(左：2℃上昇実験，右：4℃上昇実験)
Percentage of change ratio among trend class