

大量アンサンブル気候予測データを用いた利根川上流域における 極値水文量の気候変動影響評価

中央大学大学院 学生会員 ○小島 彩織 中央大学大学院 学生会員 清水 啓太
中央大学 フェロー会員 山田 正

1. 緒言

近年の地球温暖化による洪水外力の変化に対応していくためには、気候変動が水文量（降雨量や河川流量）に与える影響を評価し、河川計画を策定する必要がある。そのためには、気候変動予測とそれに伴う不確実性の定量評価が不可欠である。気候変動に伴う不確実性としては、将来の温室効果ガス排出量や蒸発量の変化に伴うものが挙げられる。我が国においては、物理法則に基づく気候モデルによって、将来の気候を予測する検討が実施されている。これまでの気候変動予測データベースは、高い空間解像度を有しており、対象流域の細部に亘る洪水リスク評価に資する一方、アンサンブル数が少ないために、発生頻度の低い激甚降雨の規模の推定ならびにその生起リスク評価が困難だった。一方、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース、—database for Policy Decision making for Future climate change(d4PDF)」(以下d4PDF¹⁾と表記する)は、これまでにない多数の気候シミュレーションに基づく多数の極値降雨量の統計サンプルを格納しており、発生頻度の低い激甚豪雨の確率的評価を可能とする。

本研究では、d4PDFの大量アンサンブル実験データを用いて、地球温暖化の進行に起因する降雨量の変化が、河川流量に与える影響について検証し、将来起り得る極端な降雨パターンとこれらの降雨がもたらす洪水流量の規模を明らかにすることを目的とする。

2. 使用データと対象流域

d4PDFに含まれる、水平解像度20kmの過去実験、2°C上昇実験、4°C上昇実験の時系列データを用いて、降雨量の将来変化及びそれに伴う極値河川流量を算定した。本研究では、国内の経済活動上重要な役割を有する利根川に着目し、その治水計画の基準地点となる八斗島地点上流域（流域面積5114km²、以降利根川上流域とも表記する）を対象として流出解析を行った。

3. d4PDFによる年最大流域平均3日降雨量の分析

(1) 評価手法

利根川上流域に相当するd4PDFの過去実験及び将来実験（2°C上昇・4°C上昇）と過去60年間分（1943年～2002年）の観測実績における、年最大流域平均3日降雨量を比較した。サンプル数は、過去実験では3000個、2°C上昇実験では3240個、4°C上昇実験では5400個である。また、d4PDFはモデルの系統誤差を含んでいる可能性があるため、ピアニの手法²⁾によるバイアス補正を行った。

当該手法は、モデルによる計算値 y と実績値 x の関係を最小二乗法に基づく回帰直線($y=ax$)により近似することで、実績値に対する計算値の増減傾向を誤差として補正する方法である。なお、本研究では、過去実験の年最大流域平均3日降雨量と観測年最大流域平均3日降雨量を用いてバイアス補正值1.24を算出した。

(2) d4PDFによる過去実験の再現性の検証

図-1にバイアス補正前後の過去実験値及び観測実績を示す。過去実験において、計画規模に相当する99%ile値の、観測実績に対する変化率は、バイアス補正前後で約4%改善された。このことより、過去実験はバイアス補正を行うことで観測実績との整合性が高くなるため、より信頼性の高い評価をすることが可能になる。したがって、本研究では、バイアス補正後の降雨量を流出解析に使用した。なお、気候モデルに基づく将来気候に対する予測値は、過去気候と同様な傾向を有すると仮定し、一律に1.24の補正值を与えた。

(3) 年最大流域平均3日降雨量の将来変化

図-2に年最大流域平均3日降雨量の将来実験（2°C上昇・4°C上昇）及び過去実験の比較を示す。2°C上昇実験・4°C上昇実験ともに、将来実験における頻度分布の裾部分が右に歪んでおり、低頻度かつ大規模な降雨が、地球温暖化進行時において増加することが確認できる。同図より、d4PDFには、観測データだけではサンプル数が少なく把握できない低頻度かつ大規模な降雨イベントが発生することが確認された。

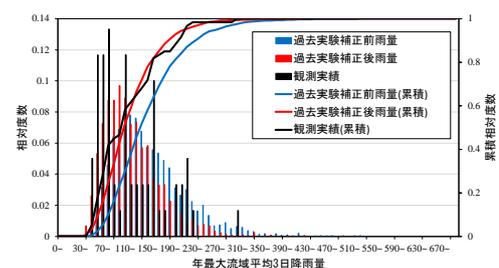


図-1 補正前後の年最大流域平均3日降雨量の比較(過去実験)

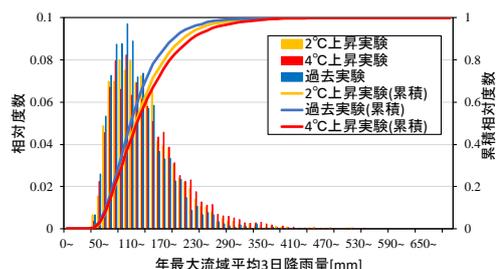


図-2 年最大流域平均3日降雨量の将来変化

キーワード 地球温暖化, 気候変動, d4PDF, 極値流量

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL : 03-3817-1805

4. 極値降雨データを用いた降雨流出解析

(1) 計算対象とする極値降雨イベント

d4PDFの2°C上昇実験・4°C上昇実験における年最大流域平均3日降雨量より、それぞれ上位10イベントを抽出し、ピーク生起時刻の前後5日間の降雨を入力降雨として流出解析を行った。

(2) 降雨流出解析手法

流出解析は、斜面及び河道を対象として行う。斜面計算には、吉見・山田ら³⁾が提案した、鉛直浸透機構と斜面計算を分離した降雨流出モデルを用いた。流出解析で使用するパラメータは、草木ダム流域（流域面積254km²）において同定したパラメータを全てのサブ流域に一样に与えた。河道計算にはMIKE11を用いてSaint-Venant方程式と連続式からなる一次元不定流計算を行った。なお、本解析における河道計算では堤防からの越水や溢水及び決壊は発生しないと仮定しており、かつ、洪水調節施設は考慮していない。

(3) 結果

2°C上昇実験・4°C上昇実験における、八斗島地点におけるピーク流量と流域平均3日降雨量の関係を図-3に示す。同図より2°C上昇実験・4°C上昇実験ともに、ピーク流量が既定計画⁴⁾の基本高水のピーク流量である22000[m³/s]を超過するイベントがあり、観測史上最大流量を超える流出が起り得る可能性が示唆された。また、年最大流域平均3日降雨量が全サンプル内で最大であった降雨イベントが、必ずしも最大のピーク流量をもたらすわけではないことから、降雨の時空間分布に着目し、洪水対策上危険な流出現象をもたらす降雨パターンについて明らかにする必要がある。

図-4・5は、2°C上昇実験・4°C上昇実験におけるピーク流量が最大であった降雨イベントに対する流出解析結果である。この時のピーク流量は2°C上昇実験で21739[m³/s]、4°C上昇実験で296501[m³/s]であった。一方、最大のピーク流量をもたらした降雨の流域平均3日降雨量は、2°C上昇実験の場合、上位第9位である489.1[mm]、4°C上昇実験の場合、上位第2位である643.4[mm]であった。同図群から、ピーク流量が最大となるような降雨パターンは、比較的短い降雨継続時間で強い降雨強度がもたらされる、台風性降雨であった。

5. 結言

本研究では、利根川上流域を対象に、地球温暖化進行時における降雨の将来変化が河川流量に与える影響について検証を行った。d4PDFは、バイアス補正を実施することにより、実測値との整合性が高まり、将来の極値河川流量を推定する際に有用であることが示された。さらに本研究において、算定した将来気候下の洪水ピーク流量値群には、既定の基本高水を超えるものがあり、対象流域における地球温暖化進行時の洪水リ

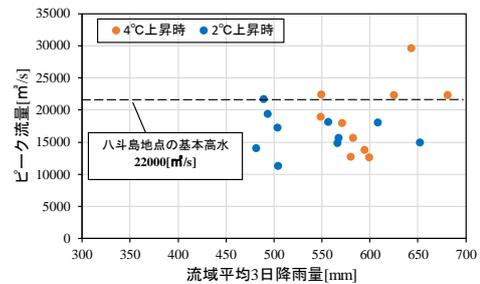


図-3 2°C上昇実験・4°C上昇実験のピーク流量と流域平均3日降雨量の関係

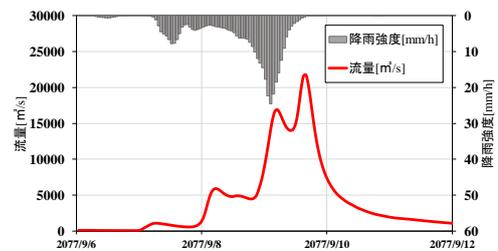


図-4 ピーク流量第1位(2°C上昇実験)の流出解析結果

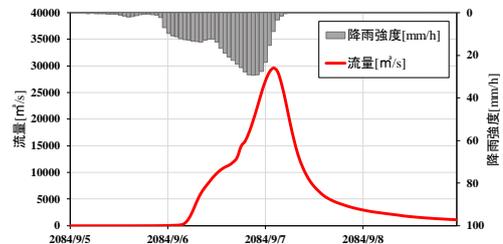


図-5 ピーク流量第1位(4°C上昇実験)の流出解析結果

スクの増大が示された。今後は、地球温暖化を踏まえた洪水対策の構築に資する情報を提供するために、解析対象イベント数を増やし、大規模洪水の頻度解析を実施していく。

参考文献

- 1) Ryo Mizuta, Akihiko Murata, and Masayoshi Ishii : Over 5,000 Years of Ensemble Future Climate Simulations by 60-km Global and 20-km Regional Atmospheric Models, Bull.Am. Meteorol. Soc., pp.1383-1393, 2016.
- 2) C. Piani, J. O. Haerter, E. Coppola : Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe, Theoretical and Applied Climatology, Volume99, Issue 1-2, pp 187-192, 2010.
- 3) 吉見和紘, 山田正 : 鉛直浸透機構を考慮した流出計算手法の長短期流出解析への適用, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, pp.367-372, 2014.
- 4) 国土交通省 : 河川整備基本方針, 利根川水系, 基本高水等に関する資料
http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/tonegawa_index.html