

## 気候変動に伴う確率洪水比流量の将来変化予測

## Projection of Future Changes in Probabilistic Specific Flood-Peak Discharge by Climate Change

○近森秀高\*・永井明博\*・西村悠史†

CHIKAMORI Hidetaka\*, NAGAI AKIhiro\*, NISHIMURA Yuji†

1. はじめに 洪水比流量曲線は、起こりうる洪水流量の最大値を推定するための曲線であるが、これに極値統計学の概念を導入することにより、発生頻度を考慮した確率洪水比流量曲線の推定が可能となる。これまで、年最大面積雨量と降雨面積との関係に極値統計解析を適用することにより求められた確率面積雨量の DAD 関係から確率洪水比流量曲線を求める手法について検討し、岡山県の高梁川、旭川、吉井川の3流域を対象に確率洪水比流量曲線を求めた(近森ら, 2013)。ここでは、吉井川流域を対象として、レーダー雨量計によって観測された現在の降雨データと気象庁によって開発された地域気候モデル(RCM)である雲解像領域大気モデルによる将来の降雨データのそれぞれの確率 DAD 解析の結果に基づいて確率洪水比流量曲線を求め、これらを比較することにより洪水流出特性の将来変化を予測した結果を報告する。

2. 解析対象資料 現在の気候条件での雨量の空間分布データには、気象庁が公開している「解析雨量」を用いた(レーダー雨量)。本研究では、後述の雲解像領域大気モデルによる出力結果と同じ5kmの解像度の暖候期(6~10月)のみを対象とすることにし、1988~2000年までの13年間の暖候期の解析雨量を用いた。将来の気候条件での雨量の空間分布データには、気象庁により開発された雲解像領域大気モデルによる現在および将来の雨量データを用いた。ここでは、5kmの空間解像度のモデルによる現在気候(1988~2000年)(現在のRCM雨量)と21世紀末気候(2075~2099年)(将来のRCM雨量)の計算結果を用いた。

3. 将来の RCM 面積最大雨量のバイアス補正 気候モデルによって計算された水文気象データには、実観測データに対する系統誤差(バイアス)が生じることが知られている。将来の確率 DA 関係を求めるためには、将来の RCM 雨量から推定される確率面積雨量のバイアス補正が必要である。ここでは、確率面積雨量の推定に必要な年最大面積雨量を補正した。なお、補正は、季節による降雨パターンの変化を考慮して月別に行うことにし、各月の年最大面積雨量である月別年最大面積雨量を対象とした。将来の RCM 雨量のバイアスは、まず、レーダー雨量および現在の RCM 雨量から得られる各月の年最大面積雨量のそれぞれに一般化極値分布を当てはめ、これらの分布から推定される月別確率雨量の比がレーダー雨量に対する RCM 雨量のバイアスを表すものと仮定して、この比を将来の RCM 雨量の最大面積雨量に乗ずることにより補正した。Fig. 1 に、この補正により得られた将来の年最大面積雨量の一例を、現在の年最大面積雨量とともに極値確率紙上に示す。

$$\text{DA 式 (Horton 式)} : P = P_0 \exp \{-\alpha(A - A_0)^\beta\} \cdots (1)$$

$$\text{DD 式 (Sherman 式)} : i = \frac{a}{tc} \cdots \cdots \cdots (2)$$

$$\text{DAD 式} : r = \frac{a}{tc} \exp \{-\alpha(A - A_0)^\beta\} \cdots \cdots \cdots (3)$$

$$\text{合理式} : q = \frac{Q_p}{A} = \frac{1}{3.6} r_e = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdots \cdots \cdots (4)$$

$$\text{洪水到達時間式} : t_p = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35} \cdots \cdots \cdots (5)$$

$$\text{洪水比流量曲線式} : q = K \cdot A^{-\epsilon} \exp \{-\delta(A - A_0)^\beta\} \cdots (6)$$

$$K = \frac{1}{3.6} \left( \frac{fa}{C^c} \right)^u, \quad \epsilon = 0.22cu, \quad \delta = \alpha u, \quad u = \frac{1}{1 - 0.35c}$$

ここに、 $i$  : 点降雨強度 (mm/h),  $t$  : 降雨継続時間 (h),  $P_0$  : 流域内の点最大降雨強度 (mm/h),  $P$  : 面積平均降雨強度 (mm/h),  $A$  : 対象面積 (km<sup>2</sup>),  $A_0$  : 実用上点最大面積 (km<sup>2</sup>),  $a, c, \alpha, \beta$  : 定数,  $q$  : 洪水比流量,  $Q_p$  : ピーク流量,  $r$  : 洪水到達時間内の流域平均降雨強度,  $f$  : ピーク流出係数,  $r_e$  : 洪水到達時間内の流域平均有効降雨強度 (mm/h),  $t_p$  : 洪水到達時間 (min),  $C$  : 土地利用係数。

\*岡山大学大学院環境生命科学研究科, Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

†(株)富士通システムズ・ウェスト, Fujitsu Systems West Limited

キーワード: 洪水比流量曲線, 地域気候モデル, 水文統計

4. 現在および将来の確率 DA 曲線 現在および将来の年最大面積雨量に一般化極値分布を当てはめ、これら分布から得られる 10, 20, 50, 100 および 200 年確率面積雨量に DA 式である Horton 式(1)を当てはめた。Fig. 2に、200 年確率面積雨量と降雨面積との関係を、当てはめた DA 曲線とともに示す。Horton 式は、洪水到達時間を考慮し、降雨継続時間が短い場合は小さい降雨面積、長い場合は大きい降雨面積に対する面積雨量への適合性を重視して当てはめた。この図を見ると、1 時間雨量は、将来の確率面積雨量が現在に比べて大きくなっている。8 時間雨量は、50 km<sup>2</sup>以下の降雨面積については現在の雨量の方が大きくなっているが、50 km<sup>2</sup>を越す降雨面積については、1 時間の場合と同様に将来の雨量の方が大きくなっている。現在から将来にかけての 200 年確率面積降雨の増加率は、1 時間雨量で 50 km<sup>2</sup>の場合 28%、100 km<sup>2</sup>で32%、1000 km<sup>2</sup>で 45%の増加となり、降雨面積の拡大に従って大きくなる傾向が見られた。8 時間雨量では、50 km<sup>2</sup>の場合 7%、100 km<sup>2</sup>で 9%、1000 km<sup>2</sup>で 29%の増加となり、同様に降雨面積の拡大に従って上昇率が大きくなったが、増加率は 1 時間雨量の場合に比べて小さくなった。

5. 現在および将来の確率洪水比流量曲線 確率 DA 曲線およびこれから理論的に求めた確率 DD 曲線式(2)に基づき、これに合理式(4)および洪水到達時間式(5)を組み合わせ、現在および将来の吉井川流域における確率洪水比流量曲線式(6)を求めた。なお、ここでは、山地流域を想定して洪水到達時間を算定した。200年確率洪水比流量曲線を Fig. 3に例示する。なお、この図には角屋・永井が提案した瀬戸内地域における洪水比流量曲線を併示している(角屋・永井, 1979)。将来の洪水比流量は現在に比べて面積に拘らず増加しており、降雨面積の拡大に従って増加率が大きくなっていることが分かる。増加率を調べると、50 km<sup>2</sup>の場合 28%、100 km<sup>2</sup>で35%、1000 km<sup>2</sup>で66%の増加となり、確率面積雨量の増加率を上回った。これは、同じ流域面積に対する洪水比流量は、将来、面積雨量の増加だけでなく、これに伴う洪水到達時間の短縮による平均降雨強度の増加にも影響を受けるため、面積雨量よりも大きい増加率を示すものと考えられる。

参考文献 角屋 睦・永井明博 (1979)：京都大学防災研究所年報, 19B-2, 143-152；近森秀高・永井明博・増田直也 (2013)：平成 25 年度 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 514-515。

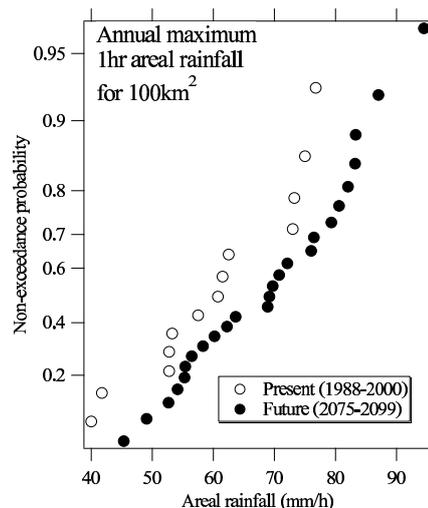


Fig. 1 Change in annual maximum hourly areal rainfall for 100 km<sup>2</sup>.

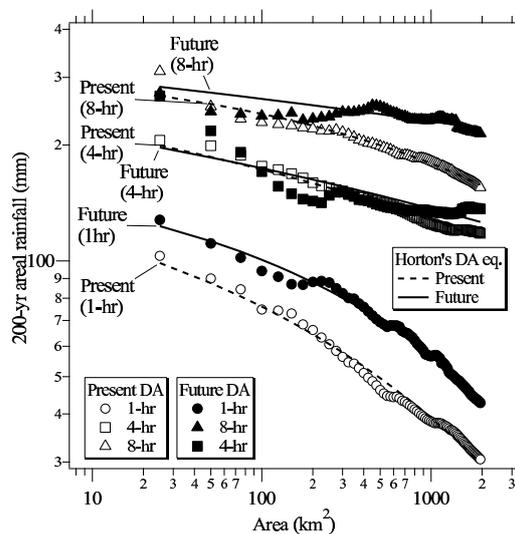


Fig. 2 Comparison of present and future 200-year Depth-Area (DA) curves (1 and 4-hour rainfall).

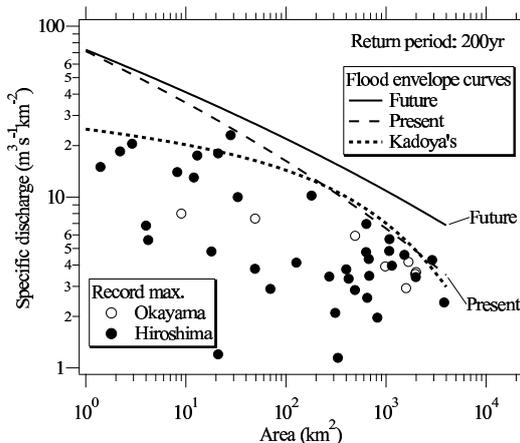


Fig. 3 Comparison of present and future 200-year flood envelope curves.