

最大クラス台風を想定した 淀川流域における洪水流出シミュレーション

FLOOD RUNOFF SIMULATIONS IN THE YODO RIVER BASIN ASSUMING LARGEST-CLASS TYPHOONS

宮脇航平¹・立川康人²・田中智大³・石井大貴⁴・市川 温⁵・萬 和明⁶・竹見哲也⁷

Kohei MIYAWAKI, Yasuto TACHIKAWA, Tomohiro TANAKA, Daiki ISHII,
Yutaka ICHIKAWA, Kazuaki YOROZU and Tetsuya TAKEMI

¹ 学生会員 学 (工) 京都大学大学院工学研究科 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1)

² 正会員 博 (工) 京都大学 教授 大学院工学研究科 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1)

³ 学生会員 修 (工) 京都大学大学院工学研究科 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1)

⁴ 学生会員 学 (工) 京都大学大学院工学研究科 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1)

⁵ 正会員 博 (工) 京都大学 准教授 大学院工学研究科 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1)

⁶ 正会員 博 (工) 京都大学 助教 大学院工学研究科 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1)

⁷ 正会員 博 (理) 京都大学 准教授 防災研究所 (〒 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

A largest-class flood caused by a typhoon under a climate change condition at the Yodo River basin is examined by using rainfall data developed by a physically-based course ensemble typhoon experiment for the Isewan Typhoon in 1959 and a distributed rainfall-runoff model including flood regulation with dam reservoir operation. Simulated flood discharge at the Hirakata station under a pseudo global warming condition is analyzed, and it is found that the peak flood discharge at the Typhoon 18 in 2013 is larger than the largest peak discharge estimated by the Isewan Typhoon course ensemble simulation under a pseudo global warming condition. Magnitudes of floods with different return periods of rainfall patterns for the Isewan Typhoon and the Typhoon 18 in 2013 are also examined for evaluating the effect of flood control by dam reservoirs in the basin.

Key Words: *Isewan Typhoon, largest-class flood, course ensemble typhoon simulation, pseudo global warming, distributed rainfall-runoff model*

1. はじめに

地球温暖化の影響により台風が巨大化し、現在の治水システムでは防ぎきれない洪水被害の発生が懸念されている。2015年5月に水防法が一部改正され、想定し得る最大規模の降雨に対する洪水浸水想定区域を予測して減災対策を講じることが求められている。国土交通省はこれに対応し、降雨特性に応じて全国を15地域に区分し、それぞれの地域で降雨継続時間ごとにDA曲線（観測雨量データとその雨量が観測された面積の包絡線）を整理して、最大規模の降水量の設定手法を提案している¹⁾。この方法は、観測データをもとに想定最大規模降水量が設定され全国的展開が可能であること、設定された降雨量は大半の河川流域で年超過確率1/1,000を超える程度の雨量となり想定最大規模降水量として妥当と考えられることから、標準的な手法として利用が進むものと考えられる。

一方で、物理的な気象モデルを用いた最大クラス台風のシミュレーション技術が進展している。台風による被害は、強度は同じであってもその経路に大きく依存するため、Ishikawa *et al.*²⁾ や Oku *et al.*³⁾ は、初

期位置を操作して経路の異なる複数の台風を発生させる台風経路アンサンブル計算手法を開発している。さらにこの手法と擬似温暖化計算手法とを組み合わせ、温暖化時の最大規模の台風を物理的に予測する手法を提案している。これは地球温暖化の台風強度への影響を組み込んだ上で実際に発生した台風経路を物理的にずらす手法であり、観測データからは得られない最大規模の降雨を予測できる可能性がある。そこで本研究では、竹見ら⁴⁾ が伊勢湾台風を対象として実施した台風経路アンサンブル実験データおよびその擬似温暖化データを用いて、淀川流域での最大洪水を推定する。

淀川流域に最大級の洪水流出をもたらした台風には、昭和28年台風13号、昭和34年台風15号（伊勢湾台風）、平成25年台風18号などがある。この中から平成25年台風18号による洪水流量を再現計算の対象として降雨流出モデルを構築する。次に、毎時降水量データや流量観測データが存在する伊勢湾台風を対象として洪水流出モデルの再現性を確認し、竹見ら⁴⁾ が実施した台風経路アンサンブル実験データおよびその擬似温暖化データを用いて河川流量の再現計算と擬似温暖化時の流量計算を実施して、複数の台風経路の中で最

大となる洪水ピーク流量を推定する。また、枚方地点上流における流域平均年最大 24 時間雨量の確率分布を用いて、伊勢湾台風と平成 25 年台風 18 号の降雨パターンで実績降雨を引き延ばし、再現期間とそれに対応する洪水ピーク流量およびダム群の洪水調節効果を分析する。

2. 分布型降雨流出モデルの概要

約 1km(30 秒) 格子の分布型降雨流出モデル 1K-DHM-event⁵⁾ を用いる。1K-DHM-event は、標高データによって定まる流れ方向に従い一次元のキネマティックウェーブモデルで洪水を追跡する。ダム貯水池の位置するグリッドには流水制御効果を再現するためのダムモデルを導入し、狭窄部である岩倉峡と保津峡の入口のグリッドには、遊水効果を表現するための線形貯水池モデルを導入する。

(1) 雨水流出過程のモデル化

各格子の中央を流れるように河道を配置し、それに接続する矩形斜面を河道両側に置く。河道流には表面流のみを考慮したキネマティックウェーブモデル

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_L \quad (1)$$

$$Q = \alpha_c A^m \quad (2)$$

を適用する。\$t\$ は時間座標、\$x\$ は空間座標、\$A\$ は通水断面積、\$Q\$ は流量、\$q_L\$ は流れ方向の単位長さあたりの側方流入量、\$\alpha_c = (1/B)^{2/3} \sqrt{i}/n_c\$、\$i\$ は斜面勾配、\$n_c\$ は河道の粗度係数、\$B\$ は河道幅、\$m\$ は定数 (\$=5/3\$) である。斜面部には土壌中の中間流と地表面流を考慮した流量流積関係式⁶⁾

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e \quad (3)$$

$$q(h) = \begin{cases} v_c d_c (h/d_c)^\beta, & 0 \leq h < d_c \\ v_c d_c + v_a (h - d_c), & d_c \leq h < d \\ v_c d_c + v_a (h - d_c) + \alpha (h - d)^m, & d \leq h \end{cases} \quad (4)$$

を適用する。\$h\$ は水深、\$q\$ は中間流・地表面流の単位幅流量、\$r_e\$ は降雨強度、\$d_c\$ はマトリックス部に相当する空隙厚、\$d\$ は土壌中の全空隙厚、\$\alpha = \sqrt{i}/n_s\$、\$n_s\$ は斜面の等価粗度である。また、\$k_c\$ をマトリックス部の飽和透水係数、\$k_a\$ を大空隙部の透水係数とし、\$v_c = k_c i\$、\$v_a = k_a i\$ とする。\$\beta\$ はマトリックス部の透水係数が飽和度に依存する度合いを表すパラメータである。

(2) ダム貯水池による流出制御過程のモデル化

洪水警戒体制が発令されてから解除されるまでのダム操作過程を次のようにモデル化する。再現が困難なすりつけ操作および予備放流操作は考慮しない。

- 水位維持操作：ダム貯水池への流入量 \$I\$ がダムの洪水量 \$Q_f\$ を超えるまでは、放流量 \$Q = I\$ とする。

- 洪水調節操作：\$I \geq Q_f\$ となった場合、洪水調節操作を開始する。一定量放流方式と一定率一定量調節方式の二通りの洪水調節方式をモデル化する。
- ただし書き操作：ダムの貯水量 \$S_d\$ がサーチャージ水位に対応する有効貯水容量 \$S_{SL}\$ に達した場合、すりつけ操作は考慮せず、\$Q = I\$ として水位維持操作に移行する。
- 後期放流操作：貯水量 \$S_d\$ が洪水期制限水位に対応する貯水容量 \$S_{NL}\$ に達するまで、洪水調節操作中の最大放流量をダムから放流する。

これらの 4 つの操作を定式化したものが次式である。

$$Q = \begin{cases} I, & \left(\begin{array}{l} I < Q_f \text{ かつ } S_d < S_{NL} \\ \text{または} \\ I \geq Q_f \text{ かつ } S_d \geq S_{SL} \end{array} \right) \\ a(I - Q_f) + Q_f, & (I \geq Q_f \text{ かつ } S_d < S_{SL}) \\ a(I_{\max} - Q_f) + Q_f, & (\text{最大流入量以降}) \end{cases}$$

定数 \$a\$ (\$0 \leq a \leq 1\$) は一定量放流方式では 0 である。\$I_{\max}\$ は洪水操作中の最大流入量である。

(3) 狭窄部上流の遊水効果のモデル化

洪水時における狭窄部上流の遊水効果を表現するために狭窄部入口のグリッドに線形貯水池モデル

$$\frac{dS_r}{dt} = I - Q \quad (5)$$

$$S_r = k_r Q \quad (6)$$

を設定する。ここで、\$S_r\$ は狭窄部上流の河道部の貯水量、\$I\$ は河川流入量、\$Q\$ は河川流出量、\$k_r\$ は時間の次元を持つモデルパラメータである。

3. モデルパラメータの設定と再現計算

淀川流域で過去最大級の降水量を記録した平成 25 年台風 18 号を対象としてモデルパラメータを定めた。ただし、**3.(3)** では伊勢湾台風の観測データも使用する。

(1) キネマティックウェーブモデルのパラメータ設定

桂川流域、宇治川流域、木津川流域の代表流域として日吉ダム上流域、琵琶湖流域を除く天ヶ瀬ダム上流域、室生ダム上流域を対象とし(図-1)、佐山ら⁷⁾の分析を参考にダム流入量に適合するようにパラメータ値を設定した。初期流出高は、各ダム地点での平成 25 年の平水流量に対応する流出高を与えた。同定したパラメータの値を表-1 に示す。上記以外の流域では、試算の結果、桂川流域と同じパラメータ値を設定した。

(2) ダムモデルのパラメータ設定

淀川流域の 7 基のダム(日吉ダム、天ヶ瀬ダム、高山ダム、布目ダム、室生ダム、青蓮寺ダム、比奈知ダム)に対し、**2.(2)** で述べたダムモデルを設定した。国土交通省の水文水質データベース⁸⁾のダム諸量をもとに設



図-1 淀川流域図 (枚方上流域)⁷⁾

表-1 パラメータ同定結果

パラメータ	桂川	宇治川	木津川
$n_s [m^{-1/3}s]$	0.40	0.10	0.54
$k_a [m/s]$	$5.0e-4$	$3.0e-5$	$3.0e-4$
$d [m]$	0.38	1.40	0.70
$d_c [m]$	0.16	0.40	0.50
β	6.0	6.0	7.0
$n_c [m^{-1/3}s]$	0.05	0.02	0.02
初期流出高 [mm/h]	0.10	0.03	0.04
ダム地点	日吉	天ヶ瀬	室生
集水面積 [km ²]	290	352*	136
平水流量 [m ³ /s]	6.82	36.03	1.75
Nash 指標	0.965	0.883	0.910

* 洪水時には瀬田川洗堰が全閉となるため 352 km² となる。

表-2 ダムモデルのパラメータ

ダム	Q_f [m ³ /s]	S_{NL} [10 ³ m ³]	S_{SL} [10 ³ m ³]	a [-]
天ヶ瀬ダム	840	6,000	20,000	0
高山ダム	1,300	13,800	49,200	0.240
青蓮寺ダム	450	15,400	23,800	0
室生ダム	300	6,550	14,300	0
布目ダム	100	9,000	15,400	0.139
日吉ダム	150	16,000	58,000	0
比奈知ダム	300	9,400	18,400	0

定したパラメータの値を表-2 に示す。瀬田川洗堰は洪水期間中、常に全閉操作とするモデルを設定し、琵琶湖流域からの流出はないものとする。

(3) 線形貯水池モデルのパラメータ設定

桂川の保津峡および木津川の岩倉峡に対し、2.(3) で示した線形貯水池モデルを設定した。パラメータ k_r は、岩倉峡において上流の湛水量が国土交通省の推定値と一致するように設定し、保津峡において枚方の観測ピーク流量で調整した。この結果を表-3 に示す。

表-3 河川整備状況に応じたモデルの設定

整備条件	ダムモデル	瀬田川洗堰	岩倉峡 k_r	保津峡 k_r
S34 条件	なし	全閉	8,000s	12,000s
H25 条件 *	あり **	全閉	1,500s	12,000s

* 現在の河川整備状況もこれと同じ条件とする。

** 比較のためダムモデルなしの計算も行う。

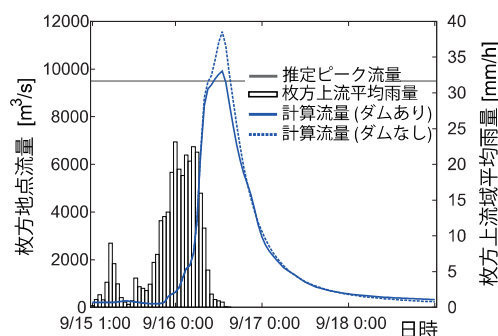


図-2 枚方地点での流量再現結果。実線はダムモデルあり、点線はダムモデルなしの計算流量、水平線は国土交通省による推定ピーク流量、枚方上流域平均の時間雨量を合わせて示す。

本研究では、河川整備状況に応じて上記のモデルを組み合わせ、昭和 34 年伊勢湾台風発生当時を再現した「S34 条件」および平成 25 年台風 18 号発生当時を再現した「H25 条件」を設定する。なお、現在の河川整備状況は H25 条件と同じ条件とする。表-3 にそれぞれの条件とモデルの設定についてまとめる。岩倉峡の上流で昭和 44 年に着手された上野遊水池整備事業により、H25 条件のパラメータ k_r は S34 条件よりも小さくなったと考えられる。

(4) 平成 25 年台風 18 号による流量評価

図-2 に H25 条件 (表-3) における、平成 25 年台風 18 号洪水の枚方地点における再現結果 (実線) を示す。ダム群の効果を確認するため、ダムモデルなしの計算結果 (点線) も合わせて示す。ダムモデルありの計算において、枚方地点の最大流量は国土交通省による推定値 9,500m³/s をよく再現した。また、ダムモデルなしの計算における枚方地点の最大流量は 11,000m³/s を上回り、計画高水流量 12,000m³/s に匹敵する流量となった。

4. 伊勢湾台風の経路アンサンブル実験データを用いた最大クラス流量の評価

(1) 台風経路アンサンブル実験の概要

竹見ら⁴⁾ は渦位逆変換法を用い、台風の特徴は維持したまま初期位置を変化させて伊勢湾台風の経路アンサンブル実験を行うとともに、擬似温暖化手法を導入して温暖化を想定した境界条件のもとで経路アンサンブル実験を実施した。使用した気象モデルは WRF/ARW

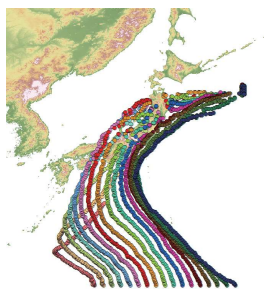


図-3 コントロール実験の台風経路 (左から CTL1～CTL17)

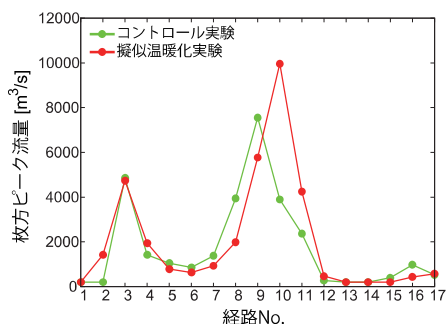


図-4 台風経路ごとの枚方地点での最大流量の比較. 緑色はコントロール実験, 赤色は擬似温暖化実験を表す.

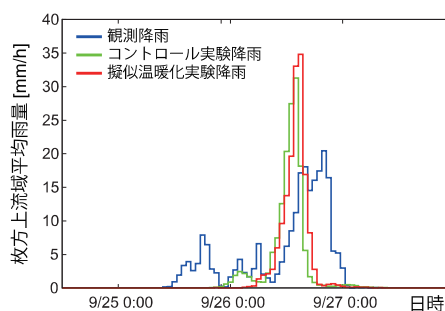


図-5 枚方地点上流域の流域平均雨量. 青は観測降雨, 緑はコントロール実験, 赤は擬似温暖化実験を表す.

Version 3.3.1 であり, 気象庁非静力モデルで計算された伊勢湾台風再現実験および擬似温暖化実験の出力が境界条件として使われた. 3 段階のネスティングの結果, 近畿地方の約 1km 格子の領域について, 台風経路ごとに気圧, 風速, 降雨等の計算結果が得られ, 本研究では降雨データを使用して洪水流出計算を行った.

擬似温暖化手法とは, 境界条件として与える海水面温度や気温などを将来気候予測実験に基づく地球温暖化の増分を加味して上昇させることで, 地球温暖化を擬似的に表現する手法である. この擬似温暖化実験では, 21 世紀気候変動予測革新プログラムで実施された全球大気モデル MRI-AGCM3.2 の現在気候実験 (1979-2003 年) と 21 世紀末気候実験 (2075-2099 年) とのそれぞれ 9 月の平均値の差に相当する値が設定されている. 以下, 現在気候条件でのアンサンブル実験をコントロール実験 (CTL), 擬似温暖化条件を設定したアンサンブル実験を擬似温暖化実験 (PGW) とよぶ. 用いた台風アンサンブルのメンバー数はコントロール実験, 擬似温暖化実験ともに 17 個であり, これをそれぞれ CTL1～CTL17, PGW1～PGW17 で表す. 例としてコントロール実験の 17 個の台風経路を図-3 に示す.

(2) 枚方地点での流量比較

コントロール実験, 擬似温暖化実験ともそれぞれ 17 個の降雨データを用いて S34 条件 (表-3) のもと淀川流域の河川流量を計算した. その結果を図-4 に示す. 横軸は台風経路番号であり, 縦軸は各経路での枚方地点のピーク流量を表している. 枚方地点のピーク流量が最大となる降雨をもたらす台風経路は CTL9 と PGW10 であり, これらは実際の伊勢湾台風の経路とほぼ同じ経路であることがわかった. この 2 つの経路での枚方地点上流域の流域平均雨量を図-5 に示す. 流域平均雨量の合計は CTL9 が 150mm, PGW10 が 157mm であり, 観測降雨は 193mm であった. 伊勢湾台風来襲時の約 1 日前に発生した前線性降雨は台風シミュレーションには含まれないため, 1959 年 9 月 25 日の 10 時から 22 時までの計 36mm の観測データを前線性降雨として CTL9 および PGW10 の降雨データに合成した降雨データを作成し, これらを用いた流出計算を実施した.

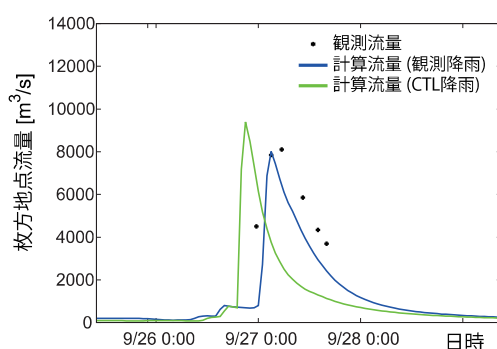


図-6 昭和 34 年当時の河川整備状況を設定した再現計算での枚方地点の流量比較. 青は観測降雨を与えた場合, 緑はコントロール実験の計算結果を表す.

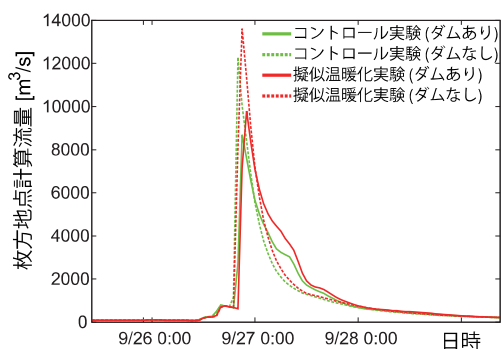


図-7 枚方地点での流量比較. 緑はコントロール実験, 赤は擬似温暖化実験, 実線はダムモデルあり, 点線はダムモデルなしの計算結果を表す.

図-6 は, S34 条件 (表-3) における枚方流量の計算結果および流量観測値である. 青が観測降雨を用いた再現結果, 緑が CTL9 の合成降雨データを用いた計算結果を示す. 観測降雨を与えた再現計算結果は観測流量とよく対応し, CTL9 の結果はシミュレーション降雨が観測降雨よりも時間的に集中していることを反映して, ピーク流量は再現計算よりも大きな値となった.

図-7 は, H25 条件 (表-3) で擬似温暖化条件での伊勢湾台風 PGW10 が来襲したことを想定した流量計算の結果である. 比較のために CTL9 を与えたときの計算結果, それらのダムモデルあり・なしの計算結果を合

表-4 H25 条件での枚方地点のピーク流量 (単位は m^3/s)

設定した降雨データ	ダムあり	ダムなし
S34 伊勢湾台風 CTL9	8,700	12,300
S34 伊勢湾台風 PGW10	9,800	13,600
H25 台風 18 号 (観測)	9,900	11,600

わせて示す。PGW10 の場合、ダムモデルなしでの計算流量 (赤点線) は $13,600\text{m}^3/\text{s}$ まで達し、ダムモデルありでも $9,800\text{m}^3/\text{s}$ となった。以上をまとめた擬似温暖化計算の比較結果を表-4 に示す。現在の河川整備状況を表現したダムモデルありの計算で、PGW10 は CTL9 を $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 上回った。さらに平成 25 年台風 18 号による最大流量は、擬似温暖化条件での伊勢湾台風の最大流量とほぼ同じ値となり、現実にかような台風が発生していることがわかった。

5. 確率降雨を用いた流量評価

伊勢湾台風が実際に通った経路による降雨分布は、異なる経路の中で淀川流域に最大流量をもたらす降雨分布であったことが前章の分析で明らかとなった。一方で、平成 25 年の台風 18 号によってもたらされた淀川流域平均雨量は伊勢湾台風を上回り、ダムありの枚方最大流量は伊勢湾台風の擬似温暖化実験での最大流量に匹敵する値となった。伊勢湾台風による降雨分布でこうした規模の降雨量が発生すると、さらに大きな洪水流量が発生することが想定される。そこで、確率降雨を設定して伊勢湾台風と平成 25 年の台風 18 号の降雨分布を用いて将来起こりうる洪水規模を考察した。

(1) 確率降雨の設定方法

田中⁹⁾は、枚方上流域における流域平均年最大 24 時間雨量に Gumbel 分布

$$F_X(x) = \exp \left(-\exp \left[-\frac{x-c}{a} \right] \right) \quad (7)$$

を当てはめ、L-Moment 法によって母数を推定して $a = 31.5$, $c = 91.9$ を得た。枚方地点上流域の流域平均最大 24 時間雨量の観測データは、平成 25 年台風 18 号が 269mm、昭和 34 年伊勢湾台風が 191mm であった。確率率は $T = 1/(1 - F_X(x))$ からそれぞれ 279 年、24 年となり、淀川流域平均でみると平成 25 年台風 18 号の強度は伊勢湾台風を上回った。国土交通省による想定最大規模降雨が年超過確率 1/1,000 を超える程度の雨量であること¹⁾を考慮して、最大クラスの洪水を考える上で十分な確率率を 2,000 年に設定し、 T 年確率の年最大 24 時間雨量 x_T を $x_T = c - a \ln(-\ln[1 - 1/T])$ を用いて 50 年ごとに 2,000 年まで作成した。次に伊勢湾台風および平成 25 年台風 18 号での流域平均雨量がこれらの値となるように観測降雨データを引き延ばし、

現在の河川整備状況 (H25 条件と同じ条件) で流量計算を実施して枚方地点のピーク流量とダム群による洪水低減効果を分析した。

(2) 再現期間と枚方地点の最大流量との関係

枚方地点上流域の流域平均年最大 24 時間雨量の再現期間と枚方地点のピーク流量との関係を図-8 に示す。実際の観測降雨データよりも大きな再現期間の確率降雨について分析するため、平成 25 年台風 18 号は再現期間 300 年以上、伊勢湾台風は 50 年以上の確率降雨を与えて流量を計算した。図中の丸点は観測降雨データを与えた場合の計算結果を表す。同じ台風、同じ再現期間で枚方地点の最大流量をダムモデルありなしで比較すると、ここで考えたすべての再現期間でダム群が流量低減に寄与することがわかった。また、伊勢湾台風によるダムモデルありでの最大流量は平成 25 年台風 18 号のダムモデルなしでの最大流量よりも大きく、降雨分布の違いが大きく表れることを確認した。これは、伊勢湾台風は特に木津川流域に、平成 25 年台風 18 号は流域全体に広がった降雨分布であったことに加え、瀬田川洗堰の全閉操作により淀川流域の約半分を占める琵琶湖流域からの洪水流出がないためだと考えられる。ダムモデルありの場合、平成 25 年台風 18 号では再現期間 1,200 年以上、伊勢湾台風では 350 年以上の降雨で枚方地点の計画高水流量 $12,000\text{m}^3/\text{s}$ (年最大 24 時間雨量の確率分布をもとに超過確率 1/200 として設定) を上回った。

(3) 再現期間とダム群の最大貯水量との関係

確率降雨の再現期間を大きくしていったときに、流域内の 7 地点のダム最大貯水量がどのように変化したのかを分析した。図-9 は再現期間と各ダムの最大貯水量との関係を示した図である。図中の丸印は観測降雨を与えた場合の各ダムの最大貯水量の計算結果であり、×印は最大貯水量が有効貯水容量に達してただし書き操作が開始されたことを表す。それ以上の再現期間をもつ降雨を与えた場合の最大貯水量は×印で与えた値となり、点線で表している。図-9 の横軸は図-8 と合わせて考察するために、枚方地点上流域の流域平均年最大 24 時間雨量の再現期間を取っており、各ダム地点上流域でのそれではないことに注意する。

図-9(a) の伊勢湾台風を用いた計算では、再現期間 200 年以下で木津川上流の 4 ダム (室生ダム、青蓮寺ダム、比奈知ダム、高山ダム) が満水となり、さらに再現期間 650 年付近で淀川流域で最大の貯水容量をもつ桂川上流域の日吉ダムが満水となる。このため、平成 25 年台風 18 号と比べて図-8 に示す枚方地点の最大流量の増加傾向が著しい。これに対し図-9(b) に示す平成 25 年台風 18 号を用いた計算では、観測雨量を用いた計算ですでに日吉ダムは満水となったが、それ以外のダムでは比奈知ダム、天ヶ瀬ダムを除いて満水とはならず、降雨の空間分布によって最大流量の値やダム群の貯水状況に大きな違いがあることがわかった。

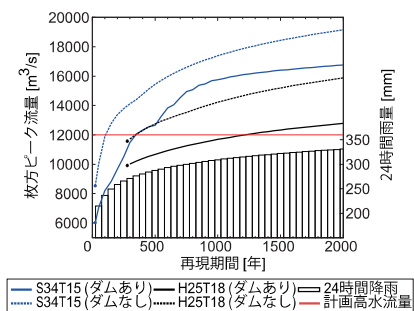
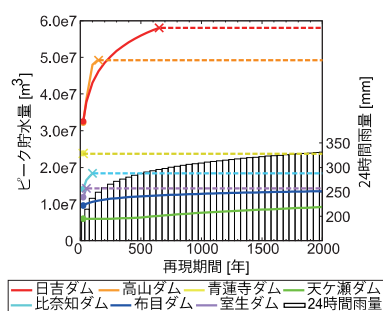
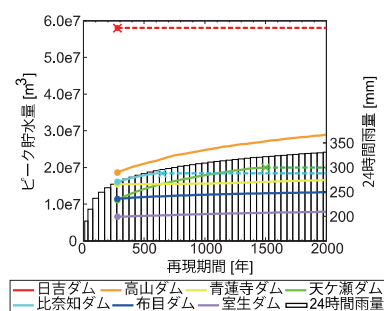


図-8 再現期間と枚方地点最大流量の関係。青線は伊勢湾台風、黒線は平成25年台風18号であり、実線はダムモデルあり、点線はダムモデルなし、赤横線は計画高水流量を表す。



(a) 昭和34年伊勢湾台風の場合



(b) 平成25年台風18号の場合

図-9 再現期間と各ダムの最大貯水量の関係。丸印は観測降雨による計算値である。降雨の再現期間の増加に伴い、最大貯水量が有効貯水量(×印)に達してただし書き操作(点線)に移行することを表す。

6. おわりに

最大クラスの洪水規模を予測するために、伊勢湾台風を対象として実施された経路アンサンブル実験および擬似温暖化手法を導入した経路アンサンブル実験の降雨シミュレーションデータを用いて、淀川流域の洪水流出量を推定し、以下の結果を得た。

- ・枚方地点のピーク流量が最大となった台風経路は、コントロール実験、擬似温暖化実験ともに実際の伊勢湾台風とほぼ同じ経路であった。
- ・枚方地点のピーク流量(H25条件)と比較すると、擬似温暖化実験はコントロール実験を上回り、地球温暖化の影響を確認した。また、平成25年台風18号のピーク流量は擬似温暖化実験とほぼ同じ値となり、現実にかような台風が発生していることがわかった。

次に、枚方地点上流における流域平均年最大24時間雨量の確率分布を用いて、伊勢湾台風と平成25年台風18号の降雨パターンで実績降雨を引き延ばし、再現期間とそれに対応する洪水ピーク流量およびダム群の洪水調節効果を分析して以下の結果を得た。

- ・平成25年台風18号では再現期間1,200年以上、伊勢湾台風では350年以上の降雨で枚方地点の計画高水流量12,000m³/sを上回った。
- ・伊勢湾台風を用いた計算では、再現期間200年以下で名張川上流の4ダムが満水となる一方で、平成25年台風18号を用いた計算では、日吉ダムは満水となったが、木津川流域のダムは満水とならず降雨分布によって状況は大きく異なる。

淀川流域に最大級の洪水をもたらした台風の中で、伊勢湾台風は木津川流域での降雨量が大きく、平成25年台風18号は桂川流域、琵琶湖流域に大きな降雨をもたらした。淀川流域では木津川流域と桂川流域に同時に大雨がもたらされるときにさらに大きな洪水が発生すると考えられる。こうした降雨分布による最大流量へ

の影響を分析することが今後の課題となる。

謝辞： 本研究は文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム「課題対応型の精密な影響評価」および科学研究費基盤研究(B)26289163の補助を得た。

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局: 浸水想定(洪水, 内水)の作成等のための想定最大外力の設定法, 2015年7月。
- 2) H. Ishikawa, Y. Oku, S. Kim, T. Takemi and J. Yoshino: Estimation of a possible maximum flood event in the Tone River basin, Japan caused by a tropical cyclone, *Hydrological Processes*, 27(23), pp. 3292–3300, 2013.
- 3) Y. Oku, J. Yoshino, T. Takemi and H. Ishikawa: Assessment of heavy rainfall-induced disaster potential based on an ensemble simulation of Typhoon Talas (2011) with controlled track and intensity, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, pp. 2699–2709, 2014.
- 4) 竹見哲也, 石川裕彦, 奥 勇一郎, 岡田靖子: 伊勢湾台風のアンサンブル実験, 気候変動リスク情報創生プログラム, 平成24年度研究成果報告書, 2013.
- 5) 京都大学工学研究科水文・水資源学研究室: 1K-FRM/DHM, a distributed flood routing model and distributed hydrologic model based on kinematic wave theory using HydroSHED topography data, <http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/products/1K-DHM/1K-DHM.html> (2015/9/30 確認)
- 6) 椎葉充晴, 立川康人, 市川温: 地表面付近の雨水流動, 水文学・水工計画学, 第1章, 京都大学学術出版会, pp. 3–51, 2013.
- 7) 佐山敬洋, 立川康人, 寶 馨, 市川温: 広域分布型流出予測システムの開発とダム群治水効果の評価, 土木学会論文集, No. 803/II-73, pp. 13–27, 2005.
- 8) 国土交通省: 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/> (2015/9/30 確認)
- 9) 田中茂信: 2013年台風18号による淀川流域の洪水災害の外力評価, 京都大学防災研究所年報, 第57号B, pp. 512–523, 2014.

(2015. 9. 30 受付)