第II部門　　流域治水対策の統合的評価を目的とした大和川流域における降雨流出モデリング

京都大学大学院工学研究科　○中村菜々子
京都大学防災研究所　菅原快斗
京都大学防災研究所　東郷俊太郎
京都大学防災研究所　佐山敬洋

１．研究の背景と目的

気候変動に伴う豪雨の激甚化・頻発化に対処するため，全国各地で流域治水の推進が求められている．流域治水施策の一つである水田の貯留効果に関しては，1980 年代より多くの研究が蓄積されてきた．近年では，流出抑制板を用いた田んぼダムの洪水低減効果 (Yoshikawa et al., 2009)や，水田率の低い流域における田んぼダムの貯留効果 (Saha et al., 2023)が定量的に評価された．さらに和泉ら (2024)は，田んぼダムに加え，利水ダムの事前放流やため池の治水利用を含む多様な貯留施設の統合的な評価を行っている．

一方，複雑な流域構造を有する流域において，多様な貯留施設による洪水抑制効果を詳細に評価した事例は十分とはいえない．例えば大和川流域では，奈良盆地内の多数の支川が単一の狭窄部 (亀の瀬)の手前で合流し，下流部には大阪都市圏を擁するため，上流部における治水安全度の向上が重要である．同流域では田んぼダムやため池の治水利用，雨水貯留施設，防災調整池等の整備と活用が進められているが，これらの多角的な貯留施策が洪水リスクに与える効果の十分な解明には至っていない．

このような貯留施設群の効果を評価するためには，降雨流出から氾濫までを一貫して追跡可能な解析手法が必要となる．降雨流出氾濫 (RRI)モデルは，流出から氾濫までの一体的な解析が特徴である．さらに，佐山ら (2026) による改良により，降雨流出・河道追跡・氾濫解析を独立したレイヤーで計算可能となり，河道追跡レイヤーでの貯留機能の計算と，氾濫解析レイヤーでの詳細な浸水抑制効果の評価が可能となった．

そこで本研究では，大和川流域における多角的な貯留施策の治水効果を評価することを最終的な目的とし，その前段階として，同流域を対象とした RRI モデルの構築および再現性の検証を行う．

２．方法

（１）対象流域と対象降雨

本研究では，大和川流域を対象とする．対象降雨は，戦後最大洪水である 1982 年 8 月の大雨 (総降雨量 372 mm/ 96 h)と，1995 年 7 月の大雨 (総降雨量 231 mm/ 96 h)とする．流量を解析する地点は，柏原 (流域面積 948.7 km^2)・王寺(流域面積 650.5 km^2)・板東(流域面積 252.3 km^2)の 3 地点である．

（２）計算条件

Case 1: 流域一様にパラメータを設定した．最適化したパラメータは，飽和透水係数，土層厚，初期貯留量である．

Case 2: 大和川流域を 5 つの土地利用に分類した(図 1)．水田には Brooks-Corey Mualem モデルに基づく斜面モデル (菅原ら, 2021)を適用し，飽和透水係数，土層厚，初期貯留量 を最適化した．森林と畑地にも同じ斜面モデルを適用し，水田とは異なる飽和透水係数，土層厚，初期貯留量を設定できるようにした．都市域と水域は表面流のみを考慮し，予備実験で求めた斜面粗度と河道粗度を用いた．

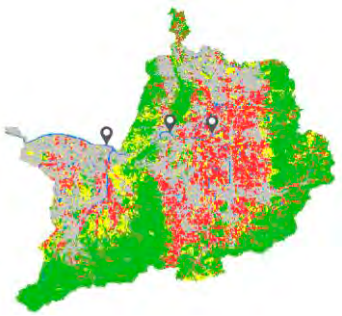


図 1　大和川流域の 5 つの土地利用

Nanako NAKAMURA, Yoshito SUGAWARA, Shuntaro TOGO, Takahiro SAYAMA
nakamura.nanako.36s@st.kyoto-u.ac.jp

Case 3: 水田は Green-Ampt モデルによる鉛直浸透と表面流を計算し，土層厚を最適化した．森林と畑地および都市域と水域におけるモデルの選択方法と最適化したパラメータは Case 2 と同じである．

いずれのケースでも流出モデルには RRI v.2 (佐山ら, 2026)を用い，パラメータ最適化には PESTPP-GLM を用いた．

３．結果と考察

大和川流域の 3 地点における 2 つの豪雨のハイドログラフを図 2 および 3 に示す．Case 1 では平均 NSE は 0.868 であり，全体的なハイドログラフの形状を一定の精度で再現しているが，流量の減衰形状の再現が不十分である．Case 2 では，1982 年豪雨の柏原地点以外の 5 つのハイドログラフにおいて減衰形状の再現性が向上した．また，1982 年豪雨においてピーク流量の過大評価を解消し，平均 NSE は 0.908 に向上した．Case 3 では低減時の流量を過小評価し，平均 NSE は 0.415 であった．このような流出応答になった原因は，水田の流出機構を Green-Ampt モデルと仮定しており，鉛直浸透しない雨水が表面流として先に流出し，その後は鉛直浸透により雨水が損失しているためであると考えられる．

本研究では，雨水を貯留しながら流出する斜面モデルを用いることによって，畔の高さまで雨水が貯留され，畔の高さを超えると流出するという実際の水田における流出機構と同様のハイドログラフが再現できたと考えられる．そのため，オリフィスや堰の効果を取り入れた田んぼダムモデルを用いると，物理的かつ精度よく再現できる可能性がある．

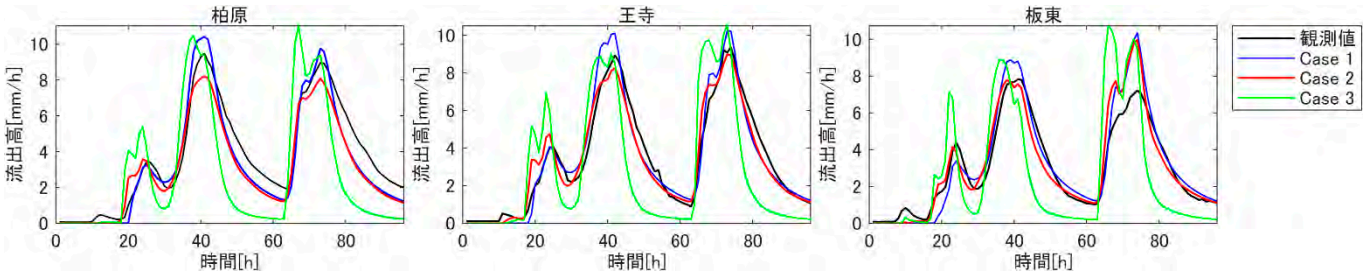


図 2　大和川流域の 3 地点における 1982 年豪雨のハイドログラフ

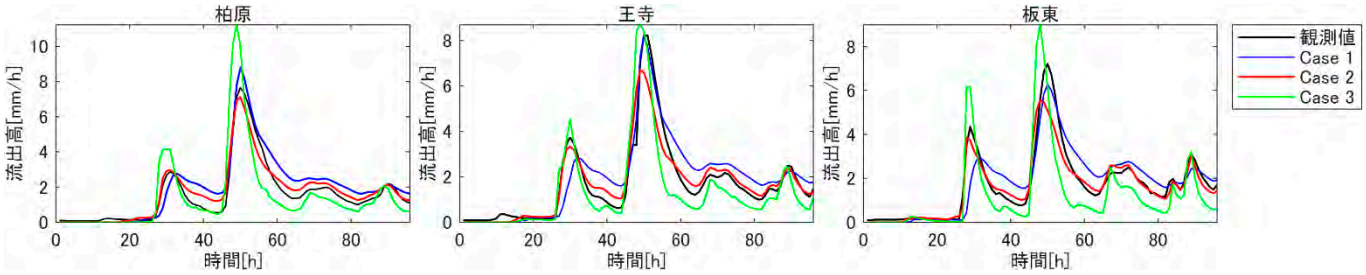


図 3　大和川流域の 3 地点における 1995 年豪雨のハイドログラフ

４．展望

現在，流域内の様々な貯留施設のモデリングを進めているところである．今後は，これらの貯留施設の機能を導入した流出計算を行い, 施策の有無や組み合わせごとの洪水低減効果を算定する. さらに, 気候変動適応策に Dynamic adaptive policy pathway のような計画策定手法を導入することを考え，施策の転換点を特定することも検討している．

【謝辞】河川砂防技術研究開発公募 提案型課題（流域課題）の支援を受けました．

1) N. Yoshikawa, N. Nagao, S. Misawa.: Evaluation of the flood mitigation effect of a Paddy Field Dam project Agricultural Water Management. Vol. 97, Issue 2, pp. 259-270, 2010.

2) D. Saha, K. Oki, K. Yoshida, N. Hanasaki and H. Kamiya.: Impact of Paddy Field Reservoirs on Flood Management in a Large River Basin of Japan. Sustainability 2023, 15(8), 6604, 2023.

3) 和泉征良，中西一宏，久保裕基，永谷言，小島之，角哲也.: 総合的な水系内貯留能力評価に基づく流域治水方策検討手法に関する研究. J. JSNDS, 43-1, 137-153 , 2024.

4) 佐山敬洋，菅原快斗，田中智大．令和 6 年能登半島地震の地殻変動が奥能登豪雨の洪水氾濫に及ぼした影響．土木学会論文集, Vol. 82 No. 6: 25-16113, 2026.

5) 菅原快斗，佐山敬洋．水分保持曲線を反映する流量流積関係式の導出と分布型流出モデルへの適用．土木学会論文集 B1(水工学). Vol. 77, No. 1, 124-135, 2021.