

奨励金No.1581

Nature-based Solutions (NbS) の実装による マレーシアジョホールバルの水災害対策と 環境保全・再生の実現

巖島 怜
九州大学 准教授

Implementation of Nature-based Solutions (NbS) for flood disaster management and environmental conservation and restoration in Johor Bahru, Malaysia

Rei Itsukushima
Kyushu Institute of Technology, Associate Professor



本研究は、マレーシア、ジョホールバル州の都市流域を対象に、自然に基づく防災・生態系保全策（Nature-based Solutions, NbS）の定量評価と計画手法の確立を目指す。湿地再生による洪水被害軽減、水質浄化、生物多様性保全の効果を、氾濫解析や現地調査に基づきモデル化・評価することで、NbS の計画、評価論の構築を図るとともに、現地政府への提案を行い、計画案の社会実装を目指す。

This study aims to establish quantitative assessment methods and planning approaches for Nature-based Solutions (NbS) in urban watersheds in Johor Bahru, Malaysia. By modeling and evaluating the effects of wetland restoration on flood risk reduction, water quality improvement, and biodiversity conservation, based on flood analysis and field surveys, the study aims to develop a framework for planning and assessing NbS. Additionally, the study aims to provide proposals to the local government to promote the practical implementation of NbS plans.

1. 研究内容

1.1. はじめに

持続可能な開発のためには、災害リスクの低減と生物多様性の保全が不可欠であり、洪水制御のみを目的とした流域管理にとどまらず、生物多様性を含めた統合的なアプローチが求められており、自然を基盤とした解決策（NbS: Nature-based-Solutions）は問題解決に有効なアプローチであるが、東南アジア地域において、計画と評価手法は十分に確立されていない。研究対象地であるマレーシアは、生物多様性のホットスポットであるが、熱帯雨林の農地や都市への転換により、生物多様性が喪失している。さらに 1975 年以降、極端な降水量の増

加が見られ、近年では洪水が頻発している。気候変動適応、災害リスク軽減、生態系保全を統合的に推進するアプローチが、持続可能な流域管理には不可欠である。

本研究は、高解像度の水文観測と生物相調査により、人為的影響が洪水流出および生物多様性に与える影響を評価し、災害軽減と生態系保全・再生を実現可能な NbS の計画、評価手法の確立及び社会実装を目標とする。

1.2. 研究対象地の概要

本調査はマレーシアジョホールバル州南部に位置する都市河川である Masai 川流域 19 地点およ

びその周辺の非都市域8地点を対象に実施した。Masai 川流域は、Johor Straits に流下する幹川流路延長 7 km、流域面積 26 km² の河川である。2006 年から第 9 次マレーシア計画によって設置されたイスカンダル開発地域（Iskandar Malaysia）に位置し、都市化が進んだ流域である。河道の多くはコンクリートによって水路化されており、河川生態系の劣化が懸念される（図-1）。

1.3. 土地利用の変遷

流域の土地利用変化を把握するため、1926 年の地形図、2002 年、2018 年の土地利用区分図及び 2024 年の航空写真を基に、QGIS を用いて各年代の土地利用ポリゴンを作成し、土地利用別の面積を算出した。

1926 年はプランテーションが 80% 以上、湿地が約 10% を占めたが、2002 年にはプランテーションと湿地が減少し、不浸透域や草地、空地が増加した。2018 年以降は草地と空地が減少し、森林と不浸透域の増加が続いており、2024 年には不浸透域が流域の 54% を占めるなど、都市化が顕著に進行していることが明らかとなった（図-2）。

1.4. 洪水氾濫モデルの構築による土地利用が洪水流出に及ぼす影響の評価

対象流域における土地利用変化が洪水氾濫に及ぼす影響を定量的に評価するため、現地での水位観測機器の設置による水文観測（図-1）に基づき、Rainfall-Runoff-Inundation（RRI）モデルを構築した。モデルの妥当性は、最大洪水時の観測流量と

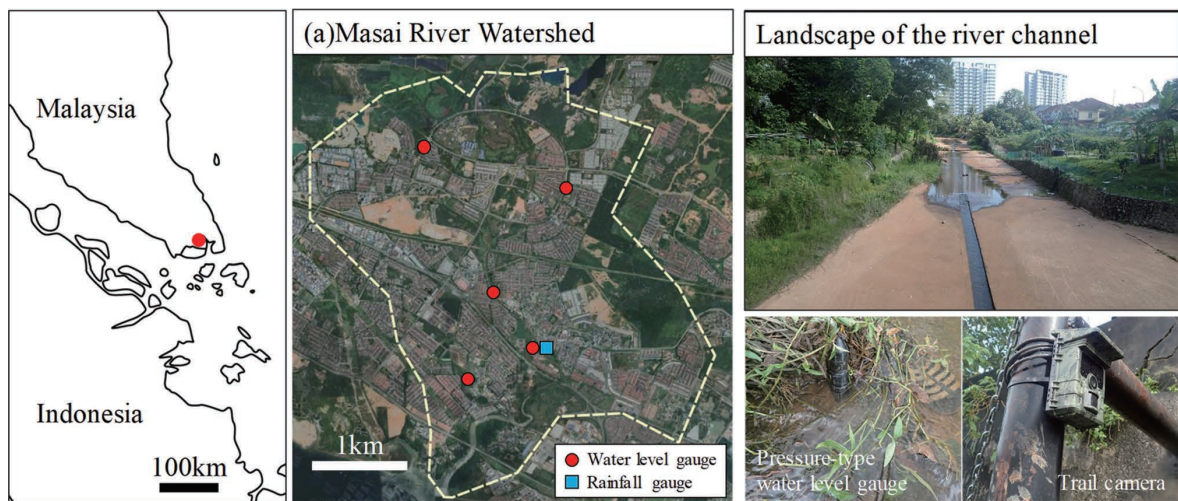


図-1 研究対象地の位置図と観測機器設置位置

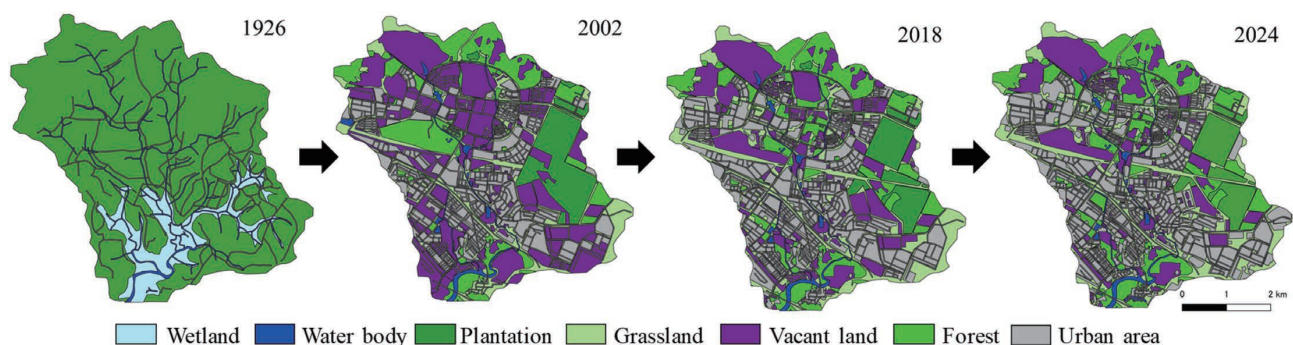


図-2 研究対象流域における土地利用の変遷

計算流量の比較により評価した。モデル性能の評価指標にはNash-Sutcliffe効率（NSE）およびKling-Gupta効率（KGE）を用いた。降雨条件はIDF曲線から生成し、パラメータは透水・不透水地に分類された土地利用ごとに設定した。50年および100年確率の降雨と、それぞれ1、3、24時間継続時間の降雨パターンを適用した。シミュレーション出力には、各時期・土地利用・都市化段階ごとの氾濫セル数および観測点での流量を含めた。

生起確率100年、3時間継続の降雨条件と各時期の土地利用データを用いたシミュレーションにより、氾濫深の増加傾向が示された。1926年から2024年にかけて、1.0～2.0 mの氾濫深を示すセル数が大幅に増加し、都市拡張に伴う洪水流出およびリスクの増大が示唆された。一方で、氾濫リスクの高い地域に残存する未利用地や草地は、流域全体のリスク軽減に寄与し得る洪水対策の候補地となる可能性が示唆された（図-3）。

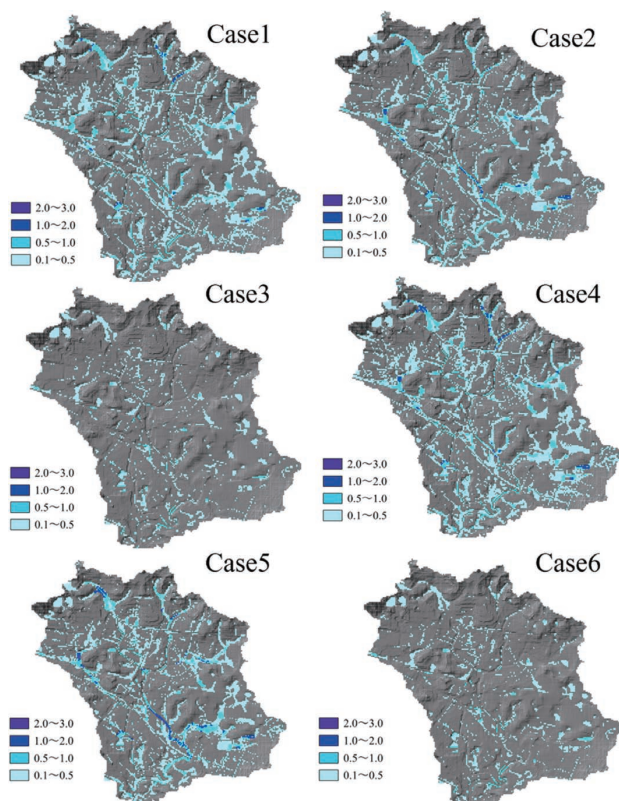


図-3 RRIによる洪水氾濫計算結果

1.5. 都市化が生態系に与える影響評価

魚類相への都市化影響を評価するため、Masai川流域内の19地点および都市流域8地点における魚類群集調査、生息場の水質、物理環境調査を実施した。その結果、都市化の程度が高い地域では*Poecilia sphenops*、*Mayaheros urophthalmus*、*Poecilia reticulata*といった外来種が魚類相の大部分を占め、在来種は極めて少ないことが明らかとなった。魚類種ごとに作成した生息地モデルの解析からは、河床のコンクリート被覆率、電気伝導度、都市化率といった要因がこれら外来種の生息と密接に関連していることが示され、これらの種が劣化した都市環境に適応していることが示唆された。一方で、IUCNレッドリスト掲載種を含む在来種（*Rasbora borapetensis* 及び *Clarias batrachus*）も都市化流域で確認された。本研究の結果は、これら在来種の保全と再生のために、残存する森林の保護や氾濫原環境の再生が重要であることを示している。また、調査流域を含む東南アジアでは、気候変動に伴う水関連災害の激甚化・頻発化が喫緊の課題となっている。したがって、気候変動適応と生物多様性の保全・再生の両立を図る手法の検討が求められる。

1.6. 今後の展望

将来の洪水被害軽減を目的として、洪水氾濫シミュレーションの結果、浸水深が大きかった河川沿いの湿地復元や遊水池候補地の選定を行う予定である。これらの対策の治水効果については氾濫シミュレーションにより検証し、特に氾濫原依存種への生物多様性効果も評価する。これらの成果に基づき、防災と生態系保全の両立を目指した最適計画を策定する方針である。

2. 発表（研究成果の発表）

○海外学術雑誌

Itsukushima, R., Adnan, M.S., Tomiyama, Y., Kano, Y., Otsu, K., & Zanolini, M.F. (2025). Database

of Ichthyofauna in urban streams of Johor Bahru, Malaysia. Biodiversity Data Journal, 13. e148173.

Itsukushima, R., Adnan, M.S., Tomiyama, Y., Kano, Y., Otsu, K., & Zanolini, M.F. (2025). Impact of urbanization on stream fish fauna in tropical catchments of the Malay Peninsula. Ecological Indicators, 178, 113907.

○国際学会発表

Matsushima, S., Itsukushima, R., Ohtsuki, K., Adnan, M.S., Sato, T. (2025). Temporal analysis of land use change and flood risk for NbS implementation in Johor State, Malaysia. 2025 Japan-Taiwan Joint Symposium on River Hydraulics and Sediment Transport (Tainan, National Cheng Kung University National Cheng Kung University).

○国内学会発表

松島蒼馬、巖島怜、大槻順朗、Adnan, M.S.、佐藤辰郎. (2025). マレーシアにおける NbS 実装に向けた土地利用の改変が流出量へ及ぼす影響の解明. 土木学会西部支部研究発表会（琉球大学）
松島蒼馬、巖島怜、大槻順朗、Adnan, M.S.、佐藤辰郎. (2025). 熱帯都市流域における土地利用の改変が洪水流出に及ぼす影響の解明. 土木学会水工学委員会環境水理部会研究集会（長崎大学）