

モンスーンアジアにおける Nature-based solution(NbS)実現のためのマレーシアジョホール州における洪水被害軽減と生態系保全に関する研究

1. はじめに

近年、熱帯地域において急速な都市化が進行しており、人口増加と経済発展に伴って土地利用は大きく変化している。都市は歴史的に河川沿いに発展してきたため、都市化は水循環や河川環境に強い影響を与える。特に都市域の拡大に伴う不浸透面の増加は降雨時の流出過程を変化させ、洪水リスクを増大させる要因となる。また、河川改修や水質悪化は生物の生息環境を劣化させ、生物多様性の低下や外来種の侵入を引き起こす。

しかし、長期的な土地利用変化が洪水挙動や生態系に与える影響を定量的に評価した研究は、特にデータが不足している熱帯地域においては限られている。そこで本研究では、マレーシア Johor 州の Masai River 流域を対象として、約 100 年にわたる土地利用変化を復元し、都市化が洪水リスクおよび魚類群集に与える影響を統合的に評価することを目的とした。

2. 研究手法

本研究では、1926 年から 2024 年までの土地利用を歴史地図および衛星画像から再構築し、森林、プランテーション、草地、水域、湿地、空地、都市域の 7 区分に分類した。洪水解析には降雨－流出－氾濫を統合的に扱う分布型モデルを用い、すべての年代に同一の降雨条件を適用することで、都市化の影響のみを抽出した。また、現地での高頻度水文観測データを用いてモデルの精度検証を行い、高い再現性を確認した。

一方、生態系評価として、都市流域および非都市流域において魚類調査を実施し、種数、個体数、バイオマスを測定した。さらに水質や河川物理環境も同時に調査し、多変量解析および統計モデルにより、魚類群集と環境因子との関係を定量的に評価した。

3. 結果

土地利用の変化として、1926 年には流域の大部分をプランテーションが占め、下流域には湿地が広く分布していたが、その後の都市化の進行により土地利用は大きく転換した。2000 年代には都市域と不浸透面が顕著に増加し、2024 年には流域の約 40% が都市域となった一方で、湿地はほぼ消失した。

洪水解析の結果、都市化の進行に伴って洪水規模が体系的に増大することが明らかとなった。1926 年と比較して最新の土地利用条件では、ピーク流量が最大で約 40% 増加し、総流出量も 50% 以上増加した。また、浸水深は時間の経過とともに増加し、洪水発生までの時間も短縮される傾向が確認された。さらに、浸水域は従来の下流部から上流域や新規都市開発地域へと拡大しており、都市化が洪水空間分布を変化させることが示された。

魚類調査の結果、都市流域では外来種が優占し、特に *Poecilia sphenops* や *Mayaheros urophthalmus*

が多数確認されたのに対し、非都市流域では在来種が優占していた。都市域では外来種の個体数およびバイオマスが有意に高く、生物多様性の低下が確認された。さらに、都市化率、河床のコンクリート被覆率、電気伝導度が外来種の分布に強く影響していることが明らかとなった。一方で、在来種は水中植生や多様な河床環境、良好な水質条件と関連していた。

4. 考察

本研究の結果は、都市化が水文学的プロセスおよび生態系の双方に対して強い影響を及ぼすことを示している。不浸透面の増加により降雨の浸透が抑制され、流出が増大することで洪水リスクが増加する。この影響は、降雨強度が高い熱帯地域において特に顕著に現れる。また、都市化による河川環境の単調化や水質悪化は、適応能力の高い外来種の優占を促し、在来種の減少を引き起こす要因となる。

一方で、都市流域内であっても森林や湿地が残存する場所では在来種が確認されており、都市域においても適切な環境管理により生態系を維持できる可能性が示された。さらに、洪水リスクの高い未開発地や草地は、洪水調整機能を持つ遊水地としての活用が期待されるとともに、生息環境としても重要な役割を果たす。これらの結果から、洪水対策と生態系保全を統合した流域管理の必要性が示唆される。具体的には、湿地や遊水地の復元、雨水浸透施設の導入、河岸植生の保全などの対策が有効であると考えられる。

5. 結論

本研究では、Johor 州 Masai River 流域を対象として、長期的な土地利用変化が洪水リスクおよび魚類多様性に与える影響を統合的に評価した。その結果、都市化の進行により洪水規模が顕著に増大し、浸水域が拡大するとともに、河川生態系では外来種の優占と在来種の減少が進行していることが明らかとなった。一方で、都市域内にも在来種の生息可能な環境が残されていることが確認され、適切な保全・再生により生態系回復の可能性があることが示された。

これらの知見は、土地利用計画と洪水対策、生態系保全を統合した持続可能な都市流域管理の重要性を示しており、今後の都市開発において重要な指針となる。

6. 成果の公表

【論文】

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.

【学会発表】

松島蒼馬, 巖島怜, 大槻順朗, Mohd Shalahuddin Adnan, 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. 土木学会環境水理部会研究集会.

Itsukushima, R., Adnan, M.S., Ohtsuki, K., Sato, T. & Matsushima, S. (2025). Flood Management and Biodiversity Conservation in Urban Watersheds of Johor Bahru, Malaysia: Towards the Implementation of Nature-Based Solutions. 5th Edition of the I.S.Rivers International Conference.