

マレーシア都市流域における遊水地群の洪水緩和効果と NbS としての位置付け

○松島 蒼馬¹⁾, 巖島 怜²⁾, 大槻 順朗³⁾, Mohd Shalahuddin Adnan⁴⁾, 佐藤 辰郎²⁾
1)九州工業大学, 2)九州大学, 3)山梨大学, 4) University Tun Hussein Onn Malaysia

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 (Nature-based Solutions : NbS) 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¹⁾。さらに 1975 年以降、極端な降水量の増加が見られ²⁾、近年では洪水が頻発している。

本研究では都市化した流域を対象に、NbS としての機能を想定した遊水地を河道沿いの空地へ設置した際の被害リスク低減効果について評価することを目的とする。

2. 研究方法

マレーシア・ジョホール州の全長 7km、流域面積 26km² の都市河川である Masai 川流域を対象とする。1926, 2002, 2018, 2024 年の地形図から土地利用図を作成した。現地調査を実施し、流域内の 5 地点に圧力式水位計(Onset 社, U20-001-01), トレイルカメラ(Voopeak 社, Voopeak TC02)を設置し、断面測量を行った。10 分毎の水位・浮遊ゴミの動態を観測し、最大出水時の流速を算出して H-Q 式を構築した。対象流域において Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model を構築した。観測期間における最大出水時の実測・計算流量を比較した結果、NSE が 0.70 を上回り、対象流域の再現性が高いモデルが構築された。

図-1 に示す既存の合流点遊水地を境界とした対象流域の地形特性に着目すると、上流域では河道に対して氾濫原標高が高い谷地形であり、空地を遊水地化した場合の遊水機能は小さいと考えられる。一方、下流域では河道沿いに低平地が分布し、都市化前に湿地帯が存在した範囲でもあることから、図-1 に示す下流域氾濫原の空地 (地点 1~11) を遊水地候補地

として選定した。

本研究では、河道に沿った空地を河床まで掘削して設けた空間に河道水を貯留する遊水地を想定し、流入幅、空地の掘削深さを設定可能な形へプログラムを改良し、モデル上に遊水地を表現した。導入した遊水地の条件を表-2 に示す。

短時間降雨と長時間降雨に対する遊水地の応答差を比較するため、生起確率 100 年降雨継続時間 3 時間および 24 時間の計画降雨波形を対象とし、Case1: 候補地への遊水地全導入, Case2: 周囲の空地を利用した既存合流点遊水地の拡張+候補地への遊水地全導入の 2 ケースで解析を行った。計算結果は、導入地点の下流側における水位と流量のハイドログラフ、浸水深の差分分布、遊水地内水収支から評価した。

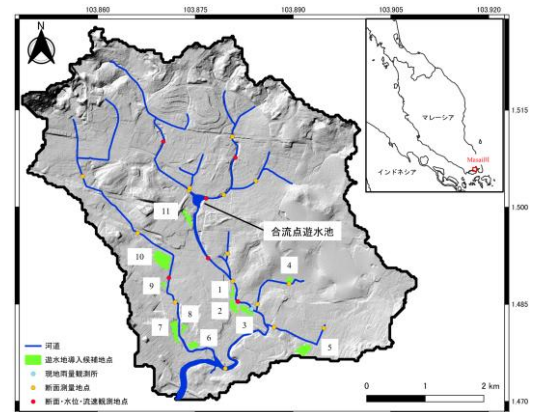


図-1 研究対象地

表-1 RRI モデルの計算条件

| パラメータ | 都市 | 森林 | 空地 | 草地 | プランテーション | 水域 | 湿地 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 河道粗度係数 n_{River} (m ^{-1/3} s) | | | | 0.035 | | | |
| 斜面粗度係数 n_{Land} (m ^{-1/3} s) | 0.10 | 0.50 | 0.40 | 0.30 | 0.50 | 0.04 | 0.04 |
| 土層厚 Soil depth (m) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 空隙率 gamma | 0.398 | 0.398 | 0.398 | 0.398 | 0.398 | 0.398 | 0.398 |
| 鉛直飽和透水係数 k_{vs} | 1.00×10^{-7} | 5.56×10^{-7} | 6.00×10^{-7} | 8.33×10^{-7} | 6.00×10^{-7} | 5.56×10^{-7} | 3.56×10^{-7} |
| 土壌吸引圧 S_y | 0.2185 | 0.2185 | 0.2185 | 0.2185 | 0.2185 | 0.2185 | 0.2185 |

表-2 遊水地の諸条件

| | 遊水地導入地点 | |
|----------|---------|-----|
| | 1~10 | 11 |
| 流入幅 [m] | 30m | 10m |
| 掘削深さ [m] | 河床まで | |

3. 結果と考察

100年3時間降雨における Case1 および Case2 の導入前後の浸水深差分を図-2 に示す。Case1 では青色で示される浸水深の低減効果が遊水地周辺の実績浸水箇所で見られ、特に流域西側の支川沿いで大きく低減した。これは、支川では本川より流量規模が小さく、遊水地による貯留効果が相対的に現れやすかったためだと考えられる。一方、Case2 では合流点遊水地を拡張したものの、Case1 と比較して大きな変化は見られなかった。次に、水位・流量のヒドログラフを各遊水地導入地点の下流側で確認し、合流点遊水地拡張の影響を確認しやすい本川側導入地点群の最下流地点である地点3を代表地点として図-3 に示す。Case1, Case2 とともにヒドログラフが低下する傾向がみられ、Case2 では同時刻における水位が最大で1.59m低下した。また、Case2 ではCase1 と比較して水位と流量の低減・遅延効果が増大しており、合流点遊水地拡張による貯留容量の増加が、本川側の水位と流量の上昇抑制に寄与したと考えられる。

100年24時間降雨の結果を図-4, 図-5 に示す。図-4 より Case1 と Case2 で浸水深の低減域は本川中流域の一部にのみ確認でき、3時間降雨と比較して浸水深への影響が小さいことがわかる。また、図-5 より24時間降雨では降雨初期に水位と流量がともに低減する効果は見られるものの、流量は降雨中盤から終盤にかけて導入前を上回る結果となった。これは、降雨初期から中盤に遊水地が貯留容量を消費し、地点3の上流側にある地点1や2における遊水地から河道への戻り流が流下し、地点3の戻り流と重なったことが要因と考えられる。また、Case2 に着目すると水位と流量がともに降雨初期では Case1 よりも低減しているが、降雨中盤から終盤にかけては差が小さくなる結果となった。

本研究から、NbS としての機能を想定した遊水地は短時間降雨に対して浸水深、流量、水位の低減に有効であり、特に既存合流点遊水地の貯留容量の拡張と組み合わせることで効果が向上することが示された。一方、長時間降雨では、降雨初期に貯留容量が消費され、降雨終盤にかけての戻り流の重なりによって降雨中盤から終盤にかけて流量が増加した。今後の課題として、他の治水対策との併用効果を検討する必要がある。

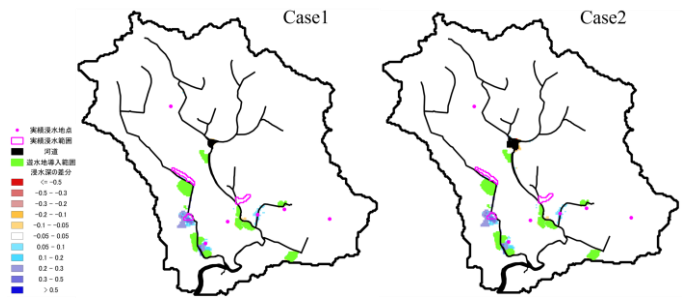


図-2 遊水地導入前後の浸水深差分(100年3時間)

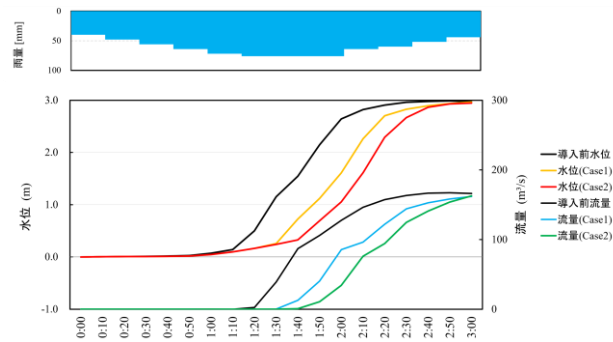


図-3 地点3でのヒドログラフ(100年3時間)

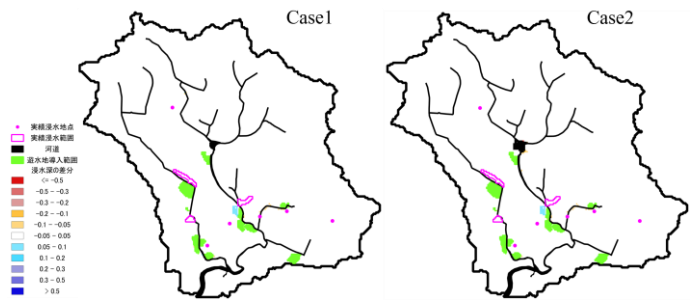


図-4 遊水地導入前後の浸水深差分(100年24時間)

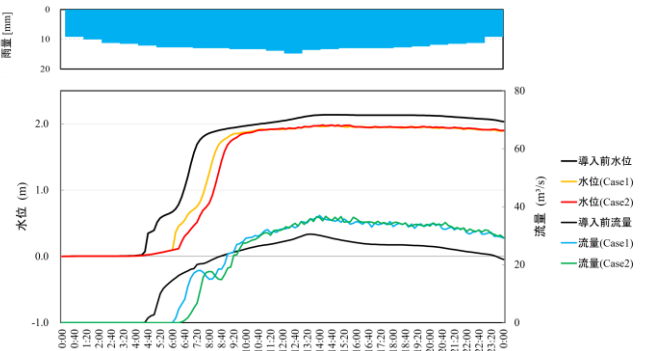


図-5 地点3でのヒドログラフ(100年24時間)

REFERENCES

- 1) Wilkinson *et al.*: Land-use change is associated with a significant loss of freshwater fish species and functional richness in Sabah, *Biological Conservation*, Springer, Vol.222, pp.164–171, 2018.
- 2) Halim *et al.*: Rainfall analysis in the northern region of Peninsular Malaysia. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 2017.