

インドネシア・スマトラ島バタンハリ川流域を対象にした長期連続の降雨流出・
洪水氾濫解析

Analysis of Long-Term Rainfall-Runoff-Inundation in the Batanghari River Basin in Sumatra in
Indonesia

○山本 浩大・佐山 敬洋・寶 馨

○Kodai Yamamoto, Takahiro Sayama, Kaoru Takara

Disaster issues and environmental problems are important in tropical area. In the Batanghari river basin, severe floods occurred at large areas in December 2003. It killed 303 persons and damaged agricultural area. Since plantation in this region plays an important role for biofuel production, flooding in agricultural areas cause significant economic damages. Furthermore, large-scale plantations and land cover change may influence the frequency and magnitude of floods. Humid tropical river basins are characterized by high intensity of rainfall, evapotranspiration from tropical rain forests and high infiltration rate into the deep soil layer. Therefore, it is important to simulate floods with the unique hydrological processes in tropical regions. In this research, the RRI model is applied to the Batanghari river basin using global dataset with the consideration of evapotranspiration process and subsurface flow. The results show reasonable agreement with the temporal variation of the observed water level. (146 words)

1. はじめに

熱帯地域の災害と環境問題は、地球規模の重要な課題である。2003年12月～1月に発生したバタンハリ川流域の洪水では、2003年12月に激しい降雨による大規模な洪水が発生した¹⁾。さらに、河川が氾濫し、303人もの死者を出すとともに、主要な経済産物である39,268haのプランテーションや36,023haの農地を浸水させた。多くの熱帯地域は発展途上国にあり、人口増加や都市化に伴い洪水リスクが増加している。また、熱帯地域はバイオ燃料の主要な生産地であり、洪水による被害は経済的にも大きな被害を与える。一方で、急激な森林伐採/土地利用変化が、山地から平野の広範囲に見られ、河川の流出量が増加する可能性も指摘されている²⁾。

バタンハリ川流域が位置する熱帯湿潤地域は、季節に関係なく月総雨量が60mm以上の熱帯雨林気候や熱帯雨林を有している。また、深層まで風化が進んだ土壌が見られ、降雨が地下へ浸透していることが特徴的である。熱帯地域では、数ヶ月にわたる長期的な洪水が発生するため洪水解析においても蒸発散過程、浸透や土中の水の流れを考慮することが重要である。熱帯地域の洪水を解析

するためには、上記の水文過程を考慮できる降雨流出モデルを開発する必要がある。

降雨流出氾濫モデル（以下、RRIモデル）は降雨流出過程と氾濫過程を一体的に数値計算することができる。また、流域斜面において斜面流下方向の側方地中流が卓越する場合と鉛直浸透流が卓越する場合の地中の水の流れを再現することができる。さらに蒸発散の影響を考慮することができる³⁾。ただし、これまで熱帯森林域における長期連続の解析の研究は十分になされていない。

本研究は、バタンハリ川流域にRRIモデルを適用し、2003年12月洪水の再現をする。この地域では、雨量観測・水文観測が不足しているため、グローバルデータセットを用いて、熱帯地域のRRIモデルの再現性を検証することを目的とする。

2. 方法

(1) 入力降雨

入力降雨はGSMaPの再解析データを用いる。2003年12月の1ヶ月総雨量は、流域平均で343.3mmであり、地上雨量によって推定された総雨量との相対誤差は8.7%であった。GSMaPの空間分布は湿地を含む低地を除き、両者の空間分布は類

似していた。

(2) 計算条件

バタンハリ川流域の流域面積は 42,960 km² である。シミュレーション期間は、2003 年 11 月～2004 年 1 月までとする。計算で用いた地形情報は、HydroSHEDS に含まれる標高・流下方向・集水面積データを対象流域で抽出し、空間分解能は 30 sec(約 1 km) とした。河道の幅と深さは、集水面積の関数を用い算定し、その係数は流域の数箇所の河道断面情報から以下のように推定した ($C_w=1.22$, $S_w=0.566$, $C_D=1.5$, $S_D=0.113$)。

気象強制力データを用い、Penman-Monthieth 法により、蒸発量を計算した。気象データには WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim data (以下、WFDEI)を用いた。また、葉面積指数、アルベドや空気力学的粗度は、Meteo-France より提供されている Ecoclimap より切り出し作成した。

計算で用いるパラメータは、FAO の砂質粘土土壌を山腹斜面に適用した。平野部分は、GreenAmpt モデルを適用した。パラメータは、Silty clay loam を用いた。また、下流端水位が 0m になるように境界条件を設定した。

3. 結果

(1) 河川流量

バタンハリ本川の Muara Tembesi 観測所、Sei Duren 観測所と Ancol 観測所に着目して流量の再現性を評価する。2003 年の流量観測値がないため、他年度の観測流量を基に妥当性を検証した。2011 年～2013 年の観測によると 12 月～1 月に Sei Duren 地点では流出量 5000 m³/s 以上となる。また、Muara Tembesi 地点では、流出量が 5000 m³/s を越えない。シミュレーションでは、3 つの観測所において 6000 m³/s～6500 m³/s のピーク値を示した。観測の降雨量から、大出水が発生したイベントであると推定できるため、計算流量のオーダーは妥当であると推定される。

(2) 河川水位

図 1 は Ancol 地点で、観測水位 (赤線) と計算結果 (青線) を比較したものである。同図より、シミュレーションの波形は上昇部、ピークと逡減部においてよ

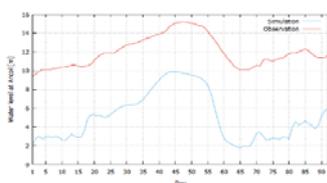


図 1 観測水位と計算水位の比較

く特徴を捉えている。絶対量の違いは基準点と断面設定によるものであり、現在確認中である。

(3) 氾濫規模

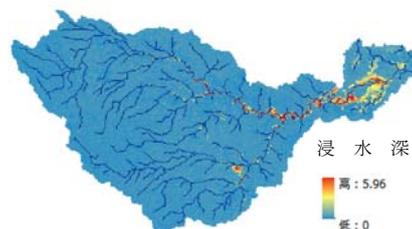


図 2 3ヶ月洪水の最大浸水深 (2003年11月～2004年1月)

図 2 は洪水期間中の最大浸水深である。全体的に河川沿いや河川の合流地点に氾濫していることがわかる。また、ジャンビ市で浸水が発生していることがわかる。

4. 考察

(1) 断面の影響

現在のシミュレーション条件では、Sungai Duren 地点と Ancol 地点で約 5m の河川深さが考えられている。一方で、実際の断面情報は、深さが 14m～18m である。これらの局所的な断面情報を反映させることにより計算結果の向上が期待される。

(2) 蒸発散の影響

蒸発散が及ぼす流出への影響を定量化した。蒸発を考慮した場合に、RRI モデル妥当な流量と水位を再現することがわかった。

表 1 蒸発散を考慮した場合としない場合の比較

Ancol 地点	ピーク河川流量(m ³ /s)	ピーク河川水位(m)
蒸発散有り	5926.19	9.76
蒸発散無し	7096.04	10.92
相対誤差	0.197	0.118

5 参考文献

- 1). <https://www.waterdamagedefense.com/pages/emergency-preparedness-floods-database>
- 2). 蔵治光一郎：熱帯林の水文特性に関する研究，東大農学部演習林報告，95，93-208 (1996)。
- 3). 佐山敬洋・建部祐哉・藤岡奨・牛山朋来・萬矢敦啓・田中茂信：2011 年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.69, No.1, 14-29, 2013。