

土地利用変化の影響評価を目的とした湿潤熱帯流域の水文モデリング  
Hydrologic modeling in a humid tropical catchment for land use change impact assessment

○山本 浩大・佐山 敬洋・Apip

○Kodai YAMAMOTO, Takahiro SAYAMA, Apip

A rapid deforestation and land use change in Indonesia give a big impact on flood disaster. However, it is not clear how deforestation and land use change have an influence on hydrological processes in the soil in tropical region. The objective is to develop hydrologic model in a humid tropical catchment for land use impact assessment. Rainfall-runoff-Inundation model was used for assessing the impact of 1990 and 2015 land use data. As a result, high flow including peak daily discharge and annual maximum discharge are influenced more strongly due to the land use change. In discussion, it is clear that the recent expansion of oil palm plantation and deforestation, influencing on infiltration and evapotranspiration, increases a peak discharge and annual maximum discharge, which has high potential to contribute to flood disaster. In conclusion, deforestation and land use change have a dominant impact on high flow, contributing to flood disaster. (149 words)

## 1. はじめに

東南アジアでの森林伐採は急速であり、洪水への影響が懸念されている。また、プランテーション農場の拡大に伴う洪水リスクの影響も指摘されている<sup>1)</sup>。熱帯地域は、プランテーションから経済的な利益を得るモノカルチャー経済であり、洪水の増加はプランテーション農場に大きな経済的な損失を引き起こす可能性がある。

森林伐採の水循環への影響研究において、森林伐採及び土地利用変化が浸透量、含水率や地下水涵養量などの土壌内の水文過程にどのように影響するのか明確ではない<sup>2)</sup>。特に、森林伐採とプランテーション開発に伴った土地利用変化による水文過程や洪水への影響は明らかでない。

本研究は、熱帯流域における森林伐採や土地利用変化の影響を考慮する水文モデルを開発し、土地利用変化の影響評価をすることを目的とする。

## 2. 方法

### 2.1 研究対象流域

研究対象地は、インドネシヤスマトラ島に位置し流域面積 42,960 km<sup>2</sup> のバタンハリ川流域である。流域下流部は泥炭湿地となっており、毎年氾濫を伴った洪水が起きる。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 60mm 以上の月総雨量がある熱帯雨林気候に属している。流域の広範囲に、深層まで風化が進んだ土層が見られることが特徴的である。

### 2.2 計算条件

本研究では、降雨流出氾濫モデル<sup>4)</sup> (以下、RRI モデル) を用いる。RRI モデルは 2 次元で降雨流出過程と氾濫過程を一体的に解く分布型モデルである。本研究では、流域一様に土層が 3m で、降雨が鉛直に浸透し山体地下水となる水文過程を想定した。計算期間は、2001 年 1 月から 2013 年 12 月とする。

#### (1) 入力降雨

入力降雨は GSMaP の再解析データ (version 6) を用いた。年平均雨量の空間分布を複数の観測地点の値と比較すると、両者の空間分布は類似していた。GSMaP と観測値の年平均雨量の相対誤差は 12% 程度 (GSMaP 2321 mm、観測値 2021 mm) である。

#### (2) 入力蒸発散量

気象強制力データを用い、Penman-Monthieth 法により、可能蒸発量を計算した。気象データは、WFDEI の再解析データを用いた。また、葉面積指数、アルベドや空気力学的粗度は、Ecoclimap を用いた。推定された年平均蒸発散量(1495 mm/year)は、湿潤熱帯地域の蒸発散量の範囲内である<sup>5)</sup>。

#### (3) 土地利用変化の推定方法とモデル化

1990 年と 2015 年の Landsat<sup>6)</sup>を用いて、鉛直浸透量を Green-Ampt モデルの飽和透水係数として直接用いた (表 1)。農地の鉛直浸透量は、主要作物であるオイルパーム林、ラバー林とココナッツ

の浸透量（各々30, 360 and 150, 単位は mm/hr）を面積平均で求め、飽和透水係数とした。土地利用に反映するために、1994 年の 235.5 mm/hr と 2015 年の 106.9 mm/hr を用いた。

表 1 各土地利用の Green-Ampt の鉛直透水係数

Land use and land cover	$k_v$ (mm/hr)
forest	500
agriculture	*sentense
urban	30
bush	18
open field	60

### 3. 計算結果

1990 年のデータを用いた計算日流量(Sim1990)と比較して、2015 年の土地利用の計算日流量(Sim2015)の流量比は、0.94 から 1.52 の範囲で変化し、特にピーク流量で増加傾向を示した。(図 1)。また、Sim1990 の年最大値と比較して、Sim2015 の年最大値は、 $36\text{m}^3/\text{s}$  から  $330\text{m}^3/\text{s}$  の範囲で増加する(図 2)。上位 3%の流況曲線に着目すると、日流量の差(Sim2015 から Sim1990 を引いた差分)は、流量規模により  $42\text{m}^3/\text{s}$  から  $330\text{m}^3/\text{s}$  に増加している(図 3)。21 年間の月平均流量の変化に着目すると、2015 年平均月蒸発散量(流域平均)は 1990 年と比較して、8 月から 10 月を除き、 $0.47\text{mm}$  から  $3.15\text{mm}$  減少している。

### 4. 考察

2015 年の土地利用の計算結果は、1990 年の計算結果と比較して、河川の日流量が増加傾向であることがわかった。特に高流量と年最大流量で増加傾向であった。これらの変化は、土地利用変化後に Green-Ampt モデルにより推定された鉛直浸透量が減少し、表面流が発生したためであると考えられる。本研究で用いた土地利用データによると、1990 年から 2015 年にかけての流域の主要な土地利用は、森林から農地へと変化している。また、ジャンビ州の統計によると、1990 年代から主要であったラバー林が減少し、オイルパーム農場が急速に拡大している。そのため、日流量の計算結果は、森林伐採とオイルパームを含む農地の拡大により、浸透量が減少し、実蒸発散量の減少及び洪水に寄与する年高流量や最大流量に影響があったことを示している。

### 5. 結論

近年の森林伐採とオイルパームプランテーション

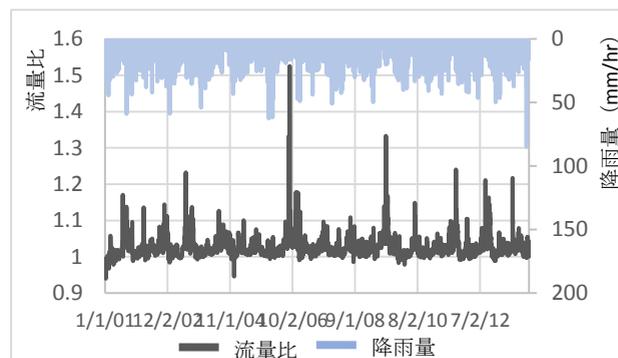


図 1 Sim 1990 に対する Sim 2015 の計算流量比

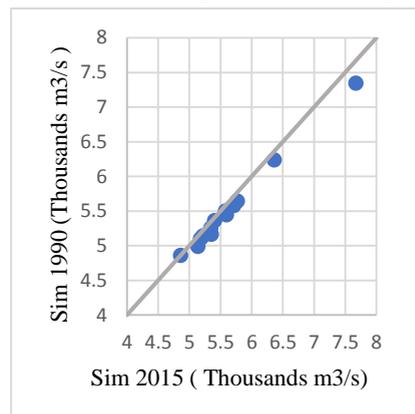


図 2 Sim 1990 と Sim 2015 の年最大値の比較

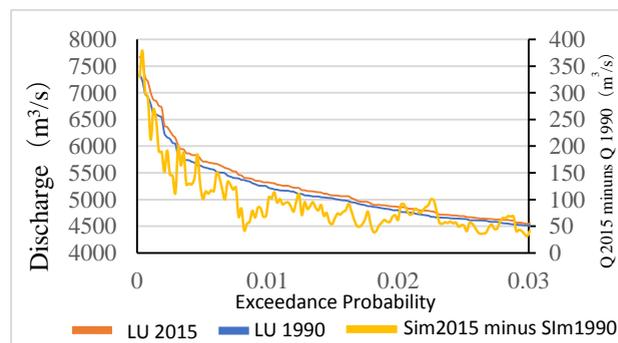


図 3 Sim1990 と Sim2015 の流況曲線の比較

ン開発に伴う土地利用変化は、洪水災害に影響するピーク流量や年最大流量を含む高流量に顕著に影響することがわかった。

#### 参考文献

- 1) Suria Tarigan et. al, *Procedia Environmental Sciences*, 2016.
- 2) Ad De Roo et al, *Physics and Chemistry of the Earth Part B*, 2001.
- 3) Rogger, M et al, *Water Resour. Res.*, 2017.
- 4) Takahiro Sayama et al., *Hydrological Science Journal*, 2012.
- 5) 蔵治ら, a report of Tokyo University Forests, 1996.
- 6) Nurya, unpublished, 2017.