

インドネシアスマトラ島の河川流域における気候変動と土地利用変化が洪水氾濫に及ぼす影響評価

Climate change and land use change impact assessment on flood and inundation in a river basin in Sumatra island in Indonesia

○山本浩大・佐山敬洋・Apip

○Kodai YAMAMOTO, Takahiro SAYAMA, APIP

There is an increasing concern on flood risk in the future due to climate change and land use change in tropical peatland area in Sumatra island in Indonesia. There are many studies on precipitation projections but their impact on river discharge and inundation phenomena is very limited at catchment scale in Indonesia. The objective of this research is to assess the possible climate change and land use change impact on flood and inundation in a catchment with tropical peatland area. This study projects precipitation output of NHRCM into discharge and inundation by Rainfall-Runoff-Inundation Model (RRI). The results of RRI simulations demonstrates that flows, inundation volume, depth and extent increases significantly due to climate change. On the other hands, there is little difference of those values between mere future climate scenario and one with land use scenario. In conclusion, climate change impacts on flood and inundation at downstream more significantly than future land use change.

1) はじめに

インドネシアスマトラ島の沿岸部に位置する熱帯泥炭地では、農地開発が広範囲に行われている。同地域を含む東南アジアでは、気候変動により極端な降雨の頻度が増加することが予測されている。また、大規模な森林伐採と土地利用変化が洪水と氾濫に与える影響が懸念されている¹⁾。

インドネシアを対象とした気候変動による降雨変化に関する研究は多くあるが、河川流量や洪水氾濫現象に着目した研究は数少ない。水文モデルを用いて、河川流域スケールで、降雨変化を河川流出及び洪水氾濫現象に変換する必要がある。

本研究の目的は、インドネシアスマトラ島の河川流域を対象に、気候変動と土地利用変化が洪水氾濫に与える影響を評価することである。

2) 方法

本研究では、気象研が開発した領域気候モデル (NHRCM²⁾) の現在気候と将来気候シナリオの降雨出力値を用いる。降雨出力はバイアス補正をして、降雨流出氾濫モデル (RRI モデル³⁾) に入力し洪水氾濫の影響を評価する。また、現在気候と土地利用変化以前の土地利用データ、気候変動のみ、気候変動と将来の土地利用を RRI モデルに反映し、流量及び洪水氾濫の影響を評価する。

NHRCM の現在と将来シナリオについて述べる。

降雨データは、20km 解像度の MRI-AGCM3.2S を境界条件として、バタンハリ川流域とその周辺を NHRCM を用い 5km 解像度にダウンスケーリングしたものである。現在気候は、1980 年から 2000 年の 21 年間、将来気候は、RCP8.5 シナリオで 2079 年から 2098 年の 20 年間の降雨量を用いた。

NHRCM の日雨量を段階的に補正した。まず、将来気候のパーセントイル毎に、現在気候と参照データの流域平均雨量の比を求めて、対応する将来の降雨量を補正した。次に、補正した日雨量の流域空間の標準偏差を参照データのそれに合うように補正した。ここで、参照データは、2000 年 2 月から 2014 年 2 月の GSMaP の再解析値 ver.6 を用いた。

土地利用変化以前のデータは、FAO の土壤マップを用いた。将来の土地利用データは、1990 年の森林が 2040 年で他の土地利用 (農地、都市、荒地、低木地) に変化した場所を土壤マップに重ね合わせて作成した。なお、将来の土地利用予測は、CLUE-s モデルを用いた。1990 年の Landsat と 2040 年の土地利用を比較すると、森林地が半分以上減少し、主に農地に入れ替わっている⁴⁾。

RRI モデル内の流出過程を鉛直浸透流と地下水とした。これは現地斜面の水文観測に基づいている。鉛直浸透流は、Green-Ampt モデルを用い、鉛

直飽和透水係数は、表 1 の値を用いた。ここで、1990 年の都市と低木地の透水係数は、2040 年には 1/100 倍、農地と荒地は 1/10 倍に変化すると仮定した。比率は、土地利用毎における現地鉛直浸透試験の値より算出した。

3) 結果と議論

図 1 に上述した各ケースの流況曲線を示す。将来気候の流況曲線は、現在気候と比較して、全体的に流量が高くなるのがわかる。一方で、気候変動と土地利用を考慮した場合は気候変動のみの場合と比較して、流況が増加傾向を示すが、気候変動の影響ほど顕著ではない。

図 2 に上記の 3 ケースの年最大浸水量の累積分布を示す。年最大浸水量は、50cm 以上の 1 年間の最大浸水深から体積をもとめ、流域面積で割って求めた。将来気候の最大浸水量は、現在気候のそれより顕著に増加することを示している。特に、現在気候で高い最大浸水量がより強い増加を示す。一方で、将来気候下で、土地利用を考慮した場合は気候変動のみの場合と比較して、増加傾向を示すが、気候変動の影響ほど顕著な変化を示していない。

図 3 に上記で述べた年最大浸水深の比較を示す。現在気候の場合、川沿いを中心に浸水が発生していることを示している。将来の気候の場合、浸水範囲が拡大する。また、浸水深の最大値が 3.7m から 4.8m に増加する。一方で、土地利用変化を考慮した将来気候の場合も、気候変動のみを考慮した場合と同様に浸水範囲と浸水深の増加を示す。これより、将来の土地利用変化と比較して、気候変動がより浸水範囲と浸水深に影響していることがわかる。

4) 結論

現在気候と比較して、将来気候では流況と氾濫が増加することがわかった。また、土地利用変化により、流量及び氾濫量は増加するが、流況と氾濫への影響は少ないことがわかった。

参考文献

- 1) Tarigan S. et al., *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2018.
- 2) Sasaki et al., *SOLA*, 2016.
- 3) Sayama et al., *Hydrological Science Journal*, 2012.
- 4) Utami et al., *Master Thesis in Bogor Agricultural University*, 2017.

表 1 土地利用ごとの鉛直透水係数

土地利用	鉛直透水係数 (mm/hr)	
	1990 年	2040 年
都市	0.6-3.0	0.006-0.03
農地	0.6-3.0	0.06-0.3
低木地	0.6-3.0	0.006-0.03
荒地	0.6-3.0	0.06-0.3
その他	0.6-3.0	0.6-3.0

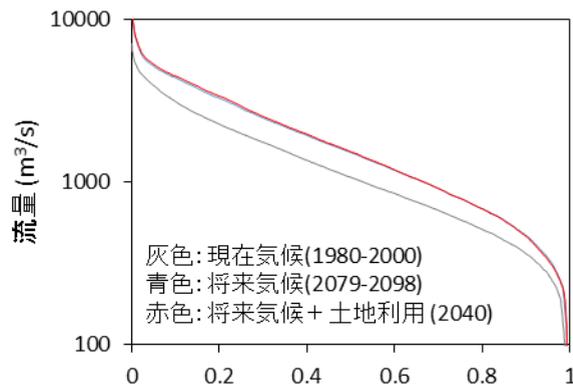


図 1 流況曲線の比較 (y 軸は対数スケール)

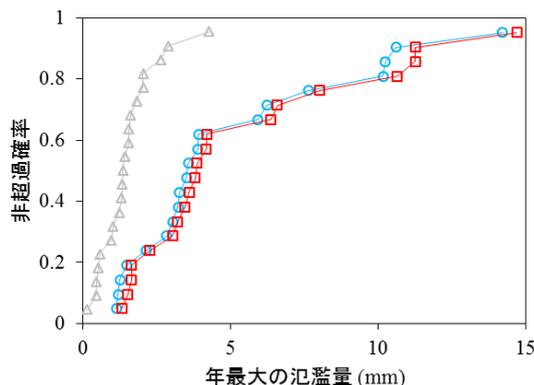


図 2 年最大浸水量の累積分布の比較

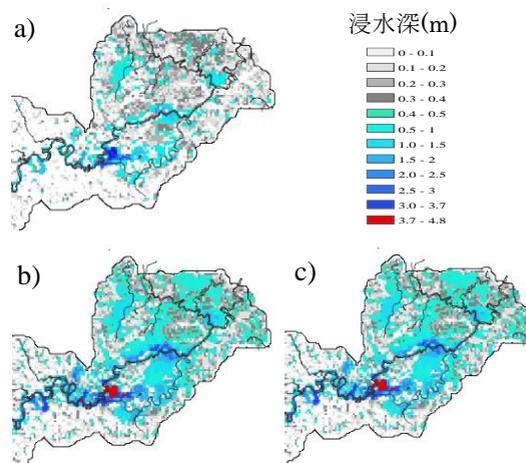


図 3 最大浸水深分布の比較 a) 現在気候と土地利用変化以前の土地利用データ, b) 気候変動のみ, c) 気候変動と将来の土地利用