

京都大学	博士 (工学)	氏名	山本 浩大
------	---------	----	-------

論文題目	ASSESSMENT OF CLIMATE AND LAND USE CHANGE IMPACTS ON FLOOD INUNDATION IN A HUMID TROPICAL RIVER BASIN: A CASE STUDY OF SUMATRA ISLAND IN INDONESIA (気候変動と土地利用変化が湿潤熱帯流域の洪水氾濫に及ぼす影響評価: インドネシア国スマトラ島における事例研究)
------	--

(論文内容の要旨)

本論文は、気候変動と土地利用変化がインドネシアにおける河川流域の水循環に及ぼす影響を分析し、洪水氾濫の広がりや下流域に広がる泥炭湿地の環境変化について論じたものであり、全体で7章から構成されている。

第1章は序論であり、熱帯地域の森林伐採と気候変動が、将来の洪水リスクと下流域の泥炭湿地に及ぼす影響について説明している。また、湿潤熱帯流域の流出特性、気候モデルの不確実性、泥炭地の環境問題を調査したうえで、本研究の目的を明示している。

第2章は、インドネシア国スマトラ島バタンハリ川流域における気候的特徴、地理的特徴と土地利用の変遷を説明している。また、対象流域の上流森林斜面において、簡易貫入試験を用いた土層厚の計測など、現地計測の結果を示している。

第3章は、異なる流出過程やパラメータ設定を組み合わせることで、湿潤熱帯流域における降雨流出氾濫モデル (RRI モデル) の適用性を明らかにし、長期的な降雨流出氾濫解析の可能性について議論している。具体的には、観測データに限りがあるため、衛星観測雨量やグローバルデータから推測された可能蒸発散量を入力値として、対象流域であるバタンハリ川流域に RRI モデルを 1 km の解像度で適用し、洪水氾濫を解析している。また、現地調査の結果から、厚い土層内を流れる飽和側方流と基岩層を流れる地下水流とを主要な流出成分と捉えて、その構造を反映するように RRI モデルの適用法を提案している。さらに、蒸発散と厚い土層厚の効果を既存のモデル構造に適用することで、長期的な河川流出の再現性が向上することを示している。加えて、地下水モデルを導入することで、元のモデル構造では顕著となる乾季の河川流量の過小評価傾向を解決することに成功している。また、衛星データから推測された洪水氾濫域と比較して、RRI モデルは妥当な洪水氾濫域が再現できることを示している。

第4章は、第3章で得られた湿潤熱帯流域での RRI モデル適用に基づいて、21世紀後半を想定した洪水氾濫に対する気候変動の影響評価を行っている。気象庁気象研究所から提供を受けた空間解像度 5 km の領域気候モデル (NHRCM) による MRI-AGCM のダウンスケーリング降水データを RRI モデルに入力して洪水流出や氾濫を予測している。その際、降水データのバイアス補正が必要となるが、通常のクオンタイルマッピング法では河川流量の再現性は向上したが、洪水氾濫量の再現性が不十分であり、その原因は、領域気候モデルの出力に含まれる降雨分布の空間変動が、実際に観測される降雨分布の変動よりも大きいためであることを見出した。そこで、流域平均雨量とともに降雨の空間変動バイアスも補正する手法を新たに開発し、流量と洪水氾濫量の両方の再現性を向上させることに成功した。補正した降水分布を RRI モデルに入力して将来気候下の洪水を予測した結果、20年の再現期間に相当する氾濫量が、現在気候に比べて約 3.3 倍増加する結果を得ている。

京都大学	博士 (工学)	氏名	山本 浩大
<p data-bbox="172 275 1415 607">第5章は、将来の気候変動と土地利用変化が洪水氾濫に及ぼす影響を比較している。将来の土地利用変化を予測するために、土地利用変化予測モデル (CLUE-s モデル) を用いて、2040年時点の土地利用分布を推定した。次に、1990年と2040年の各土地利用の鉛直浸透係数を RRI モデルと SWAT モデルに適用し、土地利用変化の河川流量への影響を推定している。また、バイアス補正された将来降雨情報を RRI モデルと SWAT モデルに適用して、気候変動の河川流量への影響を推定している。両モデルとも、気候変動の影響の方が、土地利用変化の影響よりも流況に及ぼす影響が大きく、年最大河川流量が顕著に増加することを示している。</p> <p data-bbox="172 658 1415 1115">第6章は、気候変動による浸水域の拡大が、流域下流部に広がるアブラヤシの植林によるプランテーション農業に及ぼす影響を評価している。文献調査に基づき、浸水期間ごとに植林3年以内のアブラヤシが死滅する可能性を示す被害関数を求めている。次に、RRI モデルから推定された年最大浸水期間と被害関数を用いて、植林3年以内のアブラヤシの致死率マップを作成し、気候変動シナリオのもとで、致死率50%を超える領域が、泥炭ドームと呼ばれる微高地 (現在の主要なプランテーション農地) に拡大する可能性を示している。また、浸水が泥炭湿地に拡大することにより、地下水管理が難しくなり、アブラヤシ農業が持続できなくなる可能性を指摘している。さらに、土地が放置され、火災リスクが増加する可能性も示唆している。以上の結果に基づき、気候変動による浸水リスクの増加を考慮した泥炭湿地を含んだ下流域の気候変動適応策の重要性を主張している。</p> <p data-bbox="204 1167 1046 1200">第7章は、結論であり、本論の主要な結論をまとめている。</p>			

氏 名

山本 浩大

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、インドネシア国スマトラ島の湿潤熱帯流域を対象に、気候変動と土地利用変化が流域水循環と泥炭湿地における洪水氾濫に及ぼす影響を分析したものであり、以下のような研究成果を得ている。

1) 湿潤熱帯流域に水文モデル(RRI モデル)を適用して河川流量と洪水氾濫を的確に推定するためには、厚い土層厚とさらにその下層を流れる地下水の影響を考慮することが重要であることを明らかにした。また、土地利用変化の影響を評価するうえで、農地と森林の降雨流出過程の違いをモデルで表現することが大切であり、現地調査の結果に基づいて、鉛直浸透能のパラメータによって両者の違いを反映する方法を提案した。

2) 領域気候モデル(NHRCM)によってダウンスケーリングされた降雨量分布を RRI モデルに入力して、気候変動が洪水流出と氾濫に及ぼす影響を評価した。その際、降雨データのバイアス補正が必要となり、通常のコオントイルマッピング法を適用した場合、河川流量の再現性は向上する一方、浸水の再現性に過大評価傾向がみられた。その理由は、領域気候モデルの出力に含まれる降雨分布の空間変動が、実際に観測される降雨分布の変動よりも大きいためであり、流域平均雨量とともに空間変動のバイアスも補正することによって、流量と浸水の両方の再現性を向上できることを明らかにした。さらに、補正した降水分布を RRI モデルに入力した結果、20 年の再現期間に相当する浸水量が、現在気候に比べて将来気候では約 3.3 倍増加することを明らかにした。

3) 土地利用変化の予測モデル(CLUE-s)を用いて、2040 年時点の土地利用の空間分布を推定し、気候変動と土地利用変化が河川流量と洪水氾濫に及ぼす影響を分析した。その結果、対象流域では、気候変動の方が洪水流出や氾濫により顕著に影響することを明らかにした。その原因として、森林が農地に転換されて、表層の鉛直浸透能が低下した場合においても、特に山地域では主要な流出成分が飽和側方流を含む地下水流出であり、表層土壌の変化が流域全体の流況に影響しないという結論を得た。

4) 気候変動による浸水域の拡大が、流域下流部に広がるプランテーション農業に及ぼす影響を定量化するため、植林後 3 年以内のアブラヤシが浸水によって受ける被害を文献調査し、その期間の致死率を示すマップを作成した。その結果、致死率が 50 %を超える領域が、将来気候下では泥炭ドームと呼ばれる微高地にまで拡大し、現在の主要なプランテーション農地で被害が拡大する可能性を示した。アブラヤシは 20 から 30 年の周期で植え替えを必要とするため、気候変動による浸水リスクの増大を踏まえた適応策の必要性を主張している。

以上のように、本論は、湿潤熱帯流域を対象に気候変動と土地利用変化が流域水循環に及ぼす影響を評価したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 3 年 1 月 21 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。