

氏 名	キマロ トゥマイニ アンダーソン Kimaro Tumaini Anderson
学位の種類	博士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2309 号
学位授与の日付	平成 15 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学研究科土木工学専攻
学位論文題目	Physically Based Distributed Modeling for Hydrological Impact Assessment of Catchment Environmental Change (流域環境変化による水文学的影響評価のための分布型物理モデルに関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 寶 馨 教授 椎 葉 充 晴 助教授 立 川 康 人

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、河川流域における流域環境の変化に伴う水循環変動を評価するために、土壌－植生－大気間における水移動を表現する鉛直水移動スキームを開発するとともに、そのスキームを組み込んだ分布型水循環シミュレーションモデルを構築し、実流域に適用してその有効性を示したものであって 6 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、土地利用変動が水循環変動に対する影響を理解することの重要性を論じるとともに、本研究の背景と目的、手法についてまとめ、本論文の構成を述べている。

第 2 章では、流域環境変動とそれが水循環に及ぼす影響を評価した研究に関して、国内外の研究を含めた広範なレビューを行っている。特に、土地利用変化が水循環に及ぼす影響を評価する手法として、統計的手法と数値シミュレーションモデルを用いる手法とを取り上げ、それらの利点・欠点を明らかにして、物理的な分布型水循環シミュレーションモデルによって流域環境変動による水循環への影響を評価しようとする本研究の立場を明らかにしている。

第 3 章では、新たに開発した土壌－植生－大気間における鉛直方向の水移動を表現する水文素過程モデルと、分割流域間の水平方向の水移動を表現する水文素過程モデルの詳細を述べている。鉛直方向の水移動を表現する素過程モデルでは、植生からの蒸散を含めた表層からの潜熱輸送（蒸発）・顕熱輸送・地中温度・土壌層における水分貯留量を物理的に表現する鉛直水移動計算スキームを構築することに成功している。また、水平方向の水移動を表現するモデルでは、数値地形情報を利用して実地形を反映した雨水の流下方向を定め、その情報をもとに分割流域の水平の方向の接続関係を自動的に検出してそれらを総合的に接続する計算機アルゴリズムを開発している。これにより、流域全体での雨水の水平・鉛直移動を容易に構築することを可能とする流域モデリングシステムが完成した。また、これらの素過程モデルをオブジェクト指向言語によって表現し、上記で開発した流域モデリングシステムに組み込み、分布型水循環シミュレーションモデルを実現している。このモデルを実流域に適用することにより、土地利用変化をはじめとする流域変動に伴う洪水流量の変動および蒸発散量の変動を定量的に評価することが可能となった。

第 4 章では、第 3 章で開発した鉛直方向の素過程モデルを中国淮河流域における水田、畑地、森林に適用し、1998年に同流域で観測された集中観測データを用いて本モデルの適用性を検証している。本モデルで再現された顕熱輸送量、潜熱輸送量はいずれも実際に観測されたデータを極めてよく説明しており、本計算スキームが実際の現象をよく再現することを実証した。また、表面流出量の再現性を高めるためにこの素過程モデルの表層浸透機構に Green-Ampt モデルを導入した。これによって、現実的な側方流出量を算定するしくみを鉛直素過程モデルに導入することに成功した。

第 5 章では、鉛直方向と水平方向の水移動素過程モデルを総合的に組み合わせた分布型流域水循環モデルを構築し、野洲川流域に適用している。数値シミュレーションモデルの適用に先立って、同流域の過去約 30 年間の水文データを分析し、洪水流量が増加傾向にあることを示すとともに、1976 年以降の同流域の土地利用の変化を、地理情報システムを用いて分析している。さらに、本章で構築した数値シミュレーションモデルを用いることによって、土地利用変化が水循環変動に与える

影響を分析し、土地利用変化が蒸発散量および洪水流量を増加させ、流量変動を増大させる方向に働く可能性を示している。

第6章は本論文の結論であり、本研究で実現した分布型水循環シミュレーションモデルの意義とその野洲川流域への適用結果をとりまとめている。さらに、流域環境変化とその影響を評価しようとする本研究が、水文学という学問領域において、また、河川流域管理という実地的な観点からどのように貢献したかを述べ、今後の課題について言及している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、河川流域における流域環境の変化に伴う水循環変動を評価するために、土壌－植生－大気間における水移動を表現する鉛直水移動計算スキームを開発するとともに、そのスキームを組み込んだ分布型水循環シミュレーションモデルを構築し、実流域に適用してその有効性を示したものである。得られた研究成果の概要は以下の通りである。

1. 土壌－植生－大気間における水移動を表現するための水文素過程モデルとして、植生からの蒸散を含めた表層からの潜熱輸送（蒸発）・顕熱輸送・地中温度・土壌層における水分貯留量を物理的に表現する鉛直水移動計算スキームを構築し、中国淮河流域において観測された実測データを用いて、本計算スキームによって実際の現象をよく再現できることを実証した。
2. 数値地形情報を利用して実地形を反映した雨水の流下方向を定め、その情報をもとに分割流域の水平方向の接続関係を自動的に検出してそれらを相互に接続する計算機アルゴリズムを開発した。これにより、流域全体での雨水の鉛直・水平移動を物理的に表現する流域モデリングシステムが完成した。
3. 鉛直・水平方向の水移動の素過程をオブジェクト指向言語によって表現し、上記で開発した流域モデリングシステムに組み込み、分布型水循環シミュレーションモデルを実現した。このモデルを実流域に適用することにより、土地利用変化を始めとする流域環境の変化に伴う洪水流量の変動、また蒸発散量の変動を定量的に評価することが可能となった。
4. 流域環境変化として土地利用の変動に着目し、本シミュレーションモデルを淀川水系の野洲川流域に適用して土地利用変化が蒸発散量、および洪水流量に及ぼす影響を分析した。その結果、この流域の土地利用変化が蒸発散量および洪水流量の増加に結びつき、流量変動が増大する傾向にあることを示した。

以上のように、本論文は、河川流域における水の鉛直・水平移動を物理的に表現し、それらを要素として組み込んだ分布型水循環シミュレーションモデルを開発して、流域環境変化に伴う水循環変動を物理的・定量的に評価することを可能としたものであって、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、平成15年8月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。