

京都大学	博士 (工学)	氏名	小 槻 峻 司
論文題目	人間活動を考慮した統合水資源モデルの開発と世界の陸域水循環解析に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、人間活動を考慮した統合水資源モデルを開発するとともに、それを用いて世界の陸域水循環解析を行った成果を取りまとめたものであり、7章で構成される。</p> <p>第1章は序論であり、経済発展や人口増加に伴い、農業生産活動を含めた人間活動が水循環プロセスに大きな影響を与えるようになってきたため、陸域水循環システムを理解する上で、これらの人間活動の影響を考慮することは必要不可欠であること、近年は、気象、土地利用、地下水量等のデータが全球で整備されつつあり、自然現象や人間活動の影響を全球で理解しようとする動きが強まっていること等、本研究の社会的・科学的な背景と目的について述べている。</p> <p>第2章では、開発した統合水資源モデルの詳細を述べている。統合水資源モデルは、自然水循環を表現する陸面過程モデルと河川流下モデル、人間活動を表現する貯水池操作モデルと灌漑モデル、農業活動を表現する水稻生育モデルの5つのサブモデルから構成されており、既往の統合モデルと比較して、特に、灌漑の取排水と貯水池操作による人間活動を考慮している点に大きな特徴がある。</p> <p>第3章では、開発したモデルによる数値計算を実行する為の、入力となる地表面データセットについて考察している。入力データは、気象強制力と植生・土壌パラメータに大別される。全球河道網データは、高解像度流下方向データからアップスケール手法により作成し、世界の統計集水面積情報に良く整合した。農事暦情報の作成には、衛星観測植生指標データを用いる手法を提案し、冬季に雪で覆われる地域を除いて、統計データの播種期・収穫期によく整合する結果を得ている。</p> <p>第4章では、全球及び日本域において、開発した統合水資源モデルの出力値を検証している。世界の主要な流量観測点で、年流出量のモデル出力値と実測値を比較し、乾燥域以外の地域では概ね妥当であるという結果を得ている。また、農業水需要量の計算値が、国の統計農業取水量データに良く整合することも示されている。さらに、日本国内の主要な一級河川における河川流量再現計算を行い、冬季の降雪量補正を行うことと、中・小規模ダム操作規則を組み込むことにより、多くの河川で季節流量の再現性が向上することを確認した。また、日本域の渇水頻度は水ストレス指標 CWD によって良く表現され、水稻生育モデルの解析する収量は、各都道府県の統計値によく整合することも示されている。加えて、貯水池操作、灌漑の取排水を取り扱うサブモデルの「有無」で感度実験を行い、人間活動が水循環に与える影響についても推計した結果、灌漑活動と比較して、貯水池操作の組み込みにより、流量の季節再現性が改善される流域が多いという知見も得ている。</p>			

第 5 章では、2011 年に大洪水を引き起こしたタイ・Chao Phraya 川流域の流出特性について議論している。過去の流量・雨量データを解析し、大洪水のあった 2011 年の降水は平年値を約 40%超過しており、ナコン・サワン地点に平年比+125% (+290 億 m³) の自然流量をもたらしたことが明らかにされた。さらに、平年より降水量が多く大出水となる自然洪水年と、降水量が多いにも関わらず大出水とはならない非自然洪水年の降水量と流出量との関係を陸域貯水量と合わせて議論した結果、雨季中盤 (6~8 月) の雨量が多いことが大出水への必要条件であることを見出している。

第 6 章では、超高解像度全球大気モデルの出力値を用いて、気候変動が世界や日本の水資源に与える影響を推計している。世界的に見れば、供給量である水資源量は、将来にかけて増加する地域と減少する地域があるものの、需要量である灌漑要求水量は世界全体で増加するとの予測結果を得ている。特に、中国北部、インド北部、中央アジアで顕著な灌漑要求水量増加が見込まれる。世界の多くの流域で河川流況の変動幅が拡大すると予測され、将来では水需要量の増加と相まって水資源管理がより難しくなると考えられる。日本域において将来にかけての水資源量・水ストレスの変化を推計した結果からは、水資源量は増加するにも関わらず水ストレスが増加する流域も多く、水資源量の増加が単純に水ストレス緩和に帰結する訳ではないことが示された。特に東北地方の日本海側では、将来にかけて降水量が増加する一方で、水ストレスが強化される流域が多いことを見出し、温暖化による融雪時期の早期化により、多量の水量を要する代かき用水の取水が困難になることが原因であるとの分析を示している。さらに、気候変動が日本の米収穫量に与える影響についても分析し、北日本・東日本・中日本では、温暖化が進むにつれて収量が増加するが、西日本では高温障害頻度の増加と吸収日射量の減少により、収量が減少するとの予測結果を得ている。気候変動への適応策として、移植日を変えた数値実験を行った結果、北日本・西日本では移植遅延化により収量増加が見込まれるが、東北から中部地方にかけての日本海側では、一般に検討されている移植遅延化が、収量増加と水ストレス増大の双方の影響を持つことが示された。

第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約すると共に、今後の展望を示している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、世界の陸域水循環を記述するモデルを取り扱ったものであり、自然の水循環と人為的な循環制御の両方を統一して取り扱えるようにするとともに、開発したモデルを用いて気候変動が水環境に与える影響の評価や大河川での水害事例の分析を行っている。本論文に取りまとめられている主要な成果は以下の通りである。

1. 自然水循環を表現する陸面過程モデルと河川流下モデル、人間活動を表現する貯水池操作モデルと灌漑モデル、水稻生育モデルの5つのサブモデルから構成される統合水資源モデルを開発し、入力となる気象強制力と植生・土壌パラメータセットを整備している。
2. 開発したモデルを用いて、世界の主要な流域で河川流出量を計算した結果、乾燥域以外の地域では概ね妥当な値が得られることを確認した。特に、貯水池操作、灌漑の取排水を取り扱うサブモデルを組み込んだことにより、従来の取り扱いに比べて、流量の季節再現性が改善される流域が多いことが示された。
3. タイ王国 Chao Phraya 川流域を対象として、収集した現地の水文データを基に解析を行い、同流域で大出水が引き起こされる要因を陸域貯水量と合わせて議論した結果、雨季中盤の雨量が多いことが、大出水を引き起こすための必要条件であることを明らかにした。
4. 開発した統合水資源モデルを用いて、現在および将来気候下での水循環シミュレーションを行い、世界の多くの流域で流況変動が拡大すること、水需要量の増加と相まって将来は水資源管理がより困難になることを示した。特に、日本においては、東北地方の日本海側など水資源量は増加するにも関わらず水ストレスが増加する流域も多く、水資源量の増加が単純に水ストレス緩和に帰結する訳ではないこと、温暖化への適応策として一般に検討されている水稻の移植遅延化が、収量増加と水ストレス増大の双方の影響を持つことなど、統合モデルならではの知見を得た。

以上のように、本論文は、世界の陸域水循環を記述する統合水資源モデルを開発し、人間活動が地球上の水循環に与える影響を推計するとともに、大河川における洪水発生条件の事例分析や、気候変動が世界の水需給や我が国の水稻生産に与える影響を評価するなど、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25年10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。