

## 審査の結果の要旨

氏名 佐藤 雄亮

Anthropocene や Anthroposphere といった新語に表されるように、現代の地球システムのなかで、人間そのものの影響は増大の一途をたどっている。温室効果ガスによる地球温暖化は最たるもののひとつであるが、ダムによる貯水池操作・地下水くみ上げや、それらを用いた農地への灌漑などの人為的な水資源の操作が、現在の地球の水循環全体に重大な影響を及ぼしていることはすでいくつかの研究で指摘されている。しかしながら、これまで行われた気候変動の将来予測においてそのような影響が考慮された例は極めて少ない。地球温暖化により変化する降水の時空間分布が、人為的な水資源操作にどのような影響を及ぼし、結果として利用できる水資源量がどうなるのか、という問題は、今後の気候変動の適応策を鑑みた社会基盤の設計に極めて重要であるとともに、地球システムにまつわる学問、中でも水文学・気象学・気候学等において答えるべき重要なテーマの一つである。

そのような背景のもと、佐藤雄亮氏の博士論文「旱魃の将来変化に対する水資源管理の効果に関する研究」では、予想される地球温暖化による地表面気象条件の将来変化に対して人為的な水資源操作がどのように応答するのかについて、モデルを用いたシミュレーションを行い、河川流量の平年値からの減少率であらわされる水文学的干ばつを指標として、温暖化と人為的水資源操作のそれぞれ或いは両方がいつどこにどのような影響を及ぼすのか、ということを明らかにすることを試みた。

第 1 章では研究の背景と目的、及び研究手段を述べている。気候変動の負の側面の一つである干ばつの増大について、その予測の不確実性が高いことを指摘し、より精度の高い予測には人為的な水の操作の影響を考慮する必要があることを述べ、その結果、取水・灌漑・貯水池操作・地下水汲み上げという 4 種類の人為的水循環操作を考慮した全球陸面モデルを利用した数値実験を行うことを手段として選択した。続いて第 2 章では、本論文で扱う干ばつに関する指標を定義し、関連文献をレビューすることでその科学的な位置づけの明確化を行った。

第3章では、用いたモデル (HiGW-MAT) と入力データ、及び検証用のデータについての記述があり、第4章から第6章では、モデルを用いたシミュレーション結果が示されている。

第4章では20世紀再現実験を行い、モデルの検証をおこなった。地下水汲み上げ量に関しては、汲み上げ量が多い上位39か国について統計データと比較し、やや過小評価ながら同じオーダーの再現性を有しており、また流量および干ばつ指標に関しては、それぞれ季節と年々の特徴的な時系列変化を概ね捉えていることを示した。第5章では、第4章の入力データに将来の気温と降水量の変化分を上乗せしたものを入力とした実験を行い、第4章の結果と比較した。その結果、現在気候下では水資源操作により陸域の76%で干ばつが増加している事がわかり、人為的取水が干ばつを増加させるという特性を確認した。一方で温暖化により陸域の40%で有効旱魃日が増加、45%で減少する事が示された。

続く第6章では、モデルの空間解像度を高めたうえで5つの気候モデルの将来予測結果を用い、1980年から2100年までのシミュレーションを行った。その結果、ヨーロッパ、アメリカ西部・中央部、ブラジル、東アジアを含む全球陸域の約57%で水不足日が増加することが判明した。ただし、5つのGCM間の分散値から、ヨーロッパや南米の結果については他の増加地域よりも予測の不確実性が高いという結果になった。さらに1980年から2000年における年毎の干ばつ日数の最大値を過去の最大級干ばつと定義し、それを超え続けてしまうことになる開始年を特定したところ、世界26地域中13の地域で2050年代までに開始されることが分かった。特に、大きな旱魃の増加が予測される地域であるアメリカ西部、チリ、地中海沿岸、中東および中央アジア西部、中央アジア東部、中国では、2010年代から2030年代までの近い将来に過去最大級を超え続けることになることが予想された。

最後に第7章で本論文の結論として全体のまとめと今後の展望を示している。

このように、本論文は気候予測に伴う人間社会への影響評価という面において極めて重要な人為的水資源操作に着目し、数多くのモデルシミュレーションを繰り返し、将来の干ばつ指標がいつどこでどのように変化することについて定量的な値を用いて示し、それらの不確実性についての議論も行っている。このような研究成果は、気候変動を考慮した社会基盤システム的设计の指針として役立つことが期待され、水文学を含む地球システム科学の進展にも大きく貢献するものである。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。