

氏名	DANIEL MWENDWA WAMBUA		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	環境学		
学位授与番号	博甲第	7296	号
学位授与の日付	2025年 3月 25日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Evaluation of the impacts of climate change on water availability, crop water productivity, and agroclimatic zones in the Tana River Basin, Kenya: a focus on the Bura irrigation scheme (気候変動がタナ川流域の水利用可能量、作物水生産性、農業気候区に及ぼす影響の評価：ブラ灌漑計画を中心に)		
論文審査委員	教授 諸泉 利嗣	教授 前田 守弘	准教授 宗村 広昭
学位論文内容の要旨			
<p>This thesis comprises seven chapters. Chapter one introduces the research problem, highlighting the impacts of climate change and variability on water resources. It emphasizes the importance of modeling for understanding weather and water resource dynamics to inform adaptation and mitigation strategies. Chapter two reviews the models and methods used, including the Soil and Water Assessment Tool (SWAT), AquaCrop, and general circulation models (GCMs), alongside data processing techniques such as downscaling and disaggregation. The concept of integrated aquaculture agriculture (IAA) is also briefly discussed. Chapter three addresses the selection of five CMIP6 GCMs for analyzing current and future water resources in the Tana River Basin. Using Kenya Meteorological Department data on a ten-day timescale, the study bridged data gaps through rigorous downscaling and disaggregation, validating GCM performance using Kling Gupta Efficiency (KGE) and Taylor statistics and finally selection of a set of best performing GCMs for further studies. Chapter four evaluates past, present, and future water availability, crop water requirements (CWR), yields, and water productivity (WPet) using SWAT and AquaCrop. Results showed that total available flow (TAF) remains low during early crop development stages, and maize performs better than rice under elevated CO₂ and temperature conditions due to lower CWR and greater resilience. Chapter five examines climate variability, agroclimatic zones (ACZs) shifts, and their impacts using indices such as standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) and growing degree days (GDD). Minimal shifts in ACZs were observed, with a 6.7% expansion of arid zones, potentially affecting livestock production in dry semi-arid and arid zones. Tea and coffee production in wet sub-humid regions may have been affected by the reduction in moisture index by 1%. Chapter six develops a dynamic IAA model integrating hydrological, thermal, nutrient, and biological dynamics. The model aims for improved water and nutrient use/recycling under climate change. The model showed promising calibration results for variables like water evaporation and fish weight. Chapter seven concludes the study, emphasizing the need for rainwater harvesting, stress-tolerant crops, and sustainable water resource utilization. The findings of this study provide valuable insights for policymakers in Kenya and sub-Saharan Africa to design effective climate adaptation and mitigation strategies.</p>			

論文審査結果の要旨

農業生産に必要な水量は、地球温暖化とともに、蒸発散量の増加により増加の一途をたどっている。そのため、水資源を持続的に利用するためには、気候変動下における過去・現在・未来の水資源変動を評価する必要がある。利用可能な水資源量を評価することで、食料生産の持続可能性と他用途のための十分な水を確保するために、水利用規制など効果的な対策を講じることができる。水資源の利用可能性を評価するためには、膨大な量の気象データと計算プラットフォームが必要である。しかしコンピューターや衛星技術の進歩により、気候変動や地球温暖化の影響を受けやすいデータの乏しい発展途上国でも水資源の評価が可能になった。研究対象国であるケニアは国土の80%以上が乾燥・半乾燥地帯であり、年間を通じて降水量が少なく気温が高い。このため特に乾期の灌漑用水が不足している。さらに灌漑エリアでは水や養分の再利用やリサイクルをほとんど、あるいは全く行わない効率の悪い灌漑方法が採用されている。また国内のほとんどの湿潤地域では農業生産の拡大が難しい状況である。食料安全保障を確保するためにはタナ川下流域のような乾燥・半乾燥地帯を灌漑によって開発することが最重要課題となっている。

本研究は、タナ川流域における灌漑用水の利用可能性、作物水生産性、農業気候区に対する気候変動の影響評価を目的とした。特にブラ灌漑計画における灌漑の改善に焦点を当てた。最初に、様々な全球気候モデル予測値やグローバルデータセットの値（降水量と最大・最小気温）の評価と選択方法を確立した。次に選択されたデータを用いて異なるCO₂条件下における過去・現在・将来の水利用可能性や作物水生産性の変動を評価した。また農業気候帯の変化による作物栽培・営農活動への影響を評価した。さらに、水利用量を変えずに、水と養分の利用効率を改善する、養殖池－畑地作物栽培統合型農業を提案し、その支援ツールを開発した。本研究によって、ローカルデータの取得が難しい発展途上国において水文モデル解析に必要なデータセットの選択評価方法が確立され、今後の分野発展に貢献すると共に、対象地域における水ストレスの変化や栽培に適した作物の選定による作物生産性の安定化などが評価された。得られた知見は、ケニアやサハラ以南のアフリカの政府や政策立案者が、水資源の側面から気候変動に対する効果的かつ効率的な適応策や緩和策を考案する際の支援になると考えられる。よって、本論文は学術的に高く評価でき、博士（環境学）の学位に値するものと認められる。