

日本－アフリカ 国際共同研究「環境科学」 2021年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	持続可能な水、エネルギー、生活、生態系保全のためのカリバ湖集水環境の評価
研究課題名（英文）	Assessing the Lake Kariba Catchment Environments for Sustainable Water, Energy, Livelihoods and eCOsystem hEalth
日本側研究代表者氏名	内田 義崇
所属・役職	北海道大学 大学院農学研究院・准教授
研究期間	2021年4月1日～2024年3月31日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
広瀬 和世	General Manager, Space Industry Headquarters, Japan Space Systems Development and Utilization Promotion Organization 宇宙システム開発利用推進機構・宇宙産業本部・本部長	衛星画像解析、現地検証調査
武田 知己	Senior Researcher, Space Industry Headquarters, Japan Space Systems Development and Utilization Promotion Organization 宇宙システム開発利用推進機構・宇宙産業本部国際部・総括主任研究員	衛星画像解析、現地検証調査
中野 大助	Senior Researcher, Institute of Environmental Science, Central Research Institute of Electric Power Industry 電力中央研究所・環境科学研究所・上席研究員	生態系健全度評価

伊藤 千尋	Associate Professor, Institute of Humanities, Fukuoka University 福岡大学・人文学部・准教授	地域における生活・社会環境変化の解析
五十嵐 敏文	Professor, Research Faculty of Engineering, Hokkaido University 北海道大学・大学院工学研究院・教授	水資源の持続性評価

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

本研究は、ザンビアとジンバブエの国境に位置する巨大な人工湖であるカリバ湖とその集水域の利用に関する持続性を評価することを目標としている。この人工湖は巨大であり、その水質や水資源量の精緻なモニタリングのために人工衛星画像やモデルの利用が期待される。そのため、まず今年度は、衛星画像および衛星画像をソースとした各種プロダクトから、カリバ湖の集水域に関連する情報、水質に関連する情報、および水質に影響を及ぼす周辺環境の情報を収集・整理した。具体的には湿地や森林のトウモロコシ畑への改変量を人工衛星画像から判別した。また、流域の地形特性データやモデルを用いてカリバ湖にどのような物質（栄養素など）がどれだけ流出している可能性があるのかを評価した。

加えて、生態系の現地調査をする前に、文献調査からサブサハラアフリカにおける水生昆虫研究をレビューし、どのような分類群が環境指標として利用できそうか探索を行った。さらに、これら生態系の変化を引き起こす社会的要因を突き止めるために、住民の生活や資源利用および農村や都市における人々の暮らしが過去 30 年間でどのように変化したのかを、特に漁業や農業に着目し、文献や政府統計データなどから明らかにした。

3. 日本側研究チームの実施概要

衛星画像の解析として、まずカリバ湖の水面におけるアオコもしくは水草の過剰繁茂と思われる浮遊物の解析を行った。その結果、これらアオコと思われる浮遊物は主にカリバ湖西部で 2 月～5 月に発生しており、ザンベジ川から運ばれる窒素やリンを含む水が、カリバ湖西部で濃集し、特に雨季の末期である 2 月～5 月に高濃度になるためと考えられた。

これら栄養素の湖への集積を引き起こす理由として、集水域の土地利用変化に着目した研究も進めた。衛星画像プロダクトである MODIS 土地被覆データ(MCD12)を整備した結果、2001 年から 2020 年の間に Forests や Shrublands の多くが、Savannas や Grasslands に変化していることが分かった。さらに解像度の高い Sentinel2 衛星画像などから見ると、小規模ではあるが畑地も相当広がっている様子も見てとれるため、今後は、実際の土地被覆を目視で確認するとともに、代表的な植生や土壌、人口構造物等のスペクトルを計測する必要があることがわかった。

また、集水域から湖への土砂や栄養素の流亡を予測するために SWAT+モデル(Soil and Water Assessment Tool)を用いた土砂負荷量の推定を行った。その結果、降水量の多い 11 月から 4 月にかけて土砂流出量が増加し、それ以外の月では比較的安定した土砂動態を示すことが分かった。これは先述したアオコのような浮遊物の増減と連動している可能性があることがわかった。今後は、対象河川土砂濃度の実測データをザンベジ河川当局から提供してもらい、推定値と実測値の比較・校正を進める。

このような水質の変化は、カリバ湖の生態系に強い影響を与える可能性があり、その機能が変化することでカリバ湖周辺に暮らす人々へも影響を及ぼす可能性がある。そこで、コロナ禍で現地調査は行えなかったが、サブサハラ地域における底生動物を用いた水域環境評価に関する文献 67 報をレビューした。研究の多くは、一部の国々（南アフリカ、ジンバブエ、

ナイジェリア等）から報告されており、サブサハラ全体では、まだまだ研究例は限られていると考えられる（図 A）。これらの研究で、評価対象となった人為的影響で最も多かったのは森林伐採やプランテーションによる農業（Agriculture）であり、都市生活排水（Domestic wastewater）が続いた（図 B）。酪農（Dairy）や工業採掘（Mining）、工業排水（Industry）の影響も報告されており、これらの複合影響（Combined effects）を扱った研究も少なくなかった。詳細な分類はより多くの情報を有するため望ましいことではあるが、科レベルでも十分に人為的影響を検出できている研究は多く、調査マニュアル策定においては、科レベルでの評価がひとつの基準になるものと思われる。指標生物群としては、汚濁や汚染が進んだ地域では、主にユスリカやヒル、ミミズの仲間が優占することが報告されており、他方、非汚染地域では、カゲロウ（Ephemeroptera）、トビケラ（Trichoptera）、カワゲラ（Plecoptera）の ETP タクサが増える傾向が示されていた。これらの指標生物の知見は、環境影響の調査に重要と考えられる。

最後に、カリバ湖周辺の人々の暮らしに関するデータとして、人口の変化や歴史などをレビューした。ザンビア側でカリバ湖に面する南部州を県別にみると、年平均人口増加率が 4% を超えているのは、Gwembe、Iteshi-teshi、Kalomo、Kazungula、Siavonga であった。南部州は Choma や Livingstone、Mazabuka に比較的大規模な都市が立地しているが、これらの県には大都市よりも中小都市が多く、県のほとんどは農村部である。そのため、今後、農村部での資源利用の変化について特に検討することが必要と考えられる。これら地域を支える産業としてカリバ湖における漁業は、小規模な沿岸漁業と、沖合で行われる商業漁業（カペンタ漁）、養殖業に大別できる。隣国ジンバブエにおいて独立戦争が生じていたことにより、ザンビア側のカリバ湖沿岸は地雷等の被害を受けており、商業的な漁業が活発化したのは 1980 年代以降であった。ヨーロッパ系入植者を中心に企業的に営まれてきた商業漁業は、近年のマクロ経済の変化のなかで様々なアクターによる参入が増加している。そのため、ザンビア側では漁船数が増加し、過剰利用と指摘されていることが明らかとなった。養殖業については、ティラピアが中心であり、近年政府の支援を受けて活発化していた。

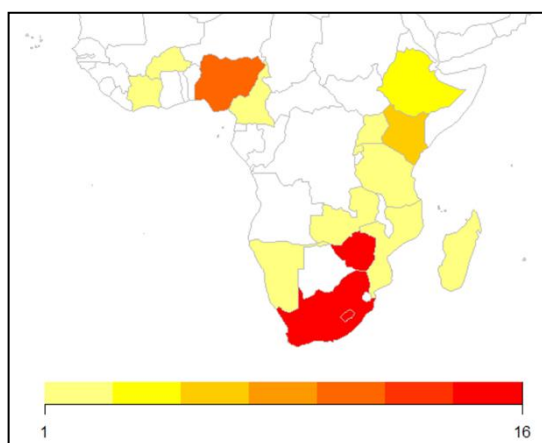


図 A サブサハラ地域における底生動物を用いた水域環境評価研究の報告数

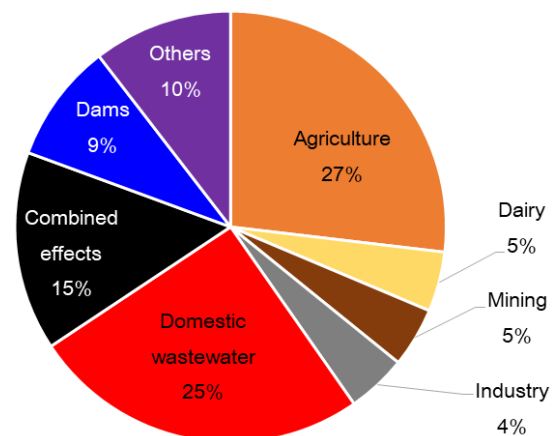


図 B 水域環境評価研究の対象となった人為的影響の割合