

氏 名	ROHDOF LACTEM YENGHEH		
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	7 2 9 5	号
学位授与の日付	2 0 2 5 年 3 月 2 5 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	Spatial and temporal evaluations of fulvic acid iron in Takahashi and Asahi Rivers in Okayama Prefecture, Japan (岡山県高梁川と旭川におけるフルボ酸鉄の時空間評価)		
論文審査委員	教授 森 也寸志	教授 諸泉 利嗣	准教授 宗村 広昭
学位論文内容の要旨			
<p>This dissertation is organized into five chapters.</p> <p>Chapter 1 introduces the study by providing context, problem statement, research objectives, justification of the study and scope, and overall structure of the thesis. Highlights on Iron and its importance in aquatic ecosystems have been provided, indicating the role of dissolved iron in biogeochemical cycles and the complexation of iron with fulvic acid. The research gap identified through literature review has been put up with emphasis on the novelty of this study.</p> <p>Chapter 2 presents a synthesis of the relevant literature and establishes the foundation for a comprehensive understanding of the research topic. An overview of iron chemistry and dynamics in aquatic systems has been emphasized, stating the forms of iron in natural waters (dissolved iron, particulate iron, and colloidal iron). Moreover, an in-depth review was made on the biogeochemical cycling of iron in aquatic environments and the factors influencing iron variations, solubility and mobility in rivers.</p> <p>Chapter 3 addresses the first objective by evaluating the temporal behavior of fulvic acid-bound iron (FAFe) concentrations in the Asahi River. FAFc concentration was analyzed seasonally and their relationship with physicochemical parameters and land use types were assessed. pH and water temperature appeared to influence FAFc concentration, while hydrological dynamics affected its concentration and transportation, particularly in spring and summer. Upland fields contributed significantly to FAFc through runoff enriched with NO_3^- and PO_4^{3-}.</p> <p>Chapter 4 focuses on the second objective by examining the spatial variations in FAFc concentrations in the Takahashi River. The relationship between land use and land cover, soil types, and geochemical properties of the watershed with FAFc were equally explored. FAFc concentrations peaked in spring and summer aligning with hydrological events. Spatial analysis revealed higher distribution of FAFc at tributaries compared to the mainstreams. Regression models identified forestland, upland fields, paddy fields and urban commercial land use as predominant FAFc sources. Principal component analysis revealed that Helvic Acrisols, Haplic Andosols, Humic Cambisols, Gleyic Andosols and Rhodic Acrisols had close relationships with FAFc variability, while sedimentary rocks (sandstone, mudstone, and green tuffs) positively correlated with FAFc.</p> <p>Finally, Chapter 5 provides a concise conclusion, discusses the implications of the findings for the Seto Inland Sea ecosystem, and suggests future directions for research in the study area.</p>			

論文審査結果の要旨

鉄 (Fe) は水生環境において必須の微量栄養素であり、一次生産性を支え、生態系のバランスを維持する上で重要な役割を果たしている。またFeは酸化還元反応、有機物分解、ミネラル循環などの生物地球化学的プロセスに関与し、水質と生態系の安定に寄与している。従って河川からの流入は、沿岸環境におけるFeの重要な供給源であり、これにはフルボ酸のような腐植物質と溶存鉄 (dFe) との結合が重要な役割を果たしている。しかし流域内の土地利用の変化や産業活動などによって、dFeの移動経路やタイミングが変化し、歴史的に漁業と養殖業が盛んな瀬戸内海を含む下流の生態系に影響を与える可能性がある。例えば、貯水池やダムの建設のような人為的な介入によって河道内のFe移動が妨げられ、下流域の一次生産性や生態系のバランスが損なわれる可能性がある。一方で、川のdFe鉄濃度を分析した先行研究では、短期間の低頻度サンプリングが多く、河川dFe濃度の変動傾向を捉えるには不十分である可能性がある。このような背景から本研究では、瀬戸内海に流入する旭川と高梁川を対象に、鉄の時空間変動傾向を理解し、生態系の保全と水資源の持続可能な管理に繋げる事を目的に研究を進めた。

旭川では2022年1月から2023年12月まで週1回の採水を、高梁川では2022年1月から2024年3月まで月1回の採水を実施した。現地調査では、河川水サンプルを採水しその物理化学的パラメータを測定するとともに、サンプル水を持ち帰り、フルボ酸鉄 (FAFe) 濃度を測定した。そして、得られた結果を元に季節変動傾向を把握し、土地利用や土壌種類などとの関係性を評価した。その中で、多変量回帰モデルを用いて、FAFeの変動に対する複数の流域変数の影響を評価した。

その結果、春 ($p<0.001$) と夏 ($p<0.05$) にFAFe濃度が高くなる有意な傾向が認められ、2つの流域の水文学的なピークと一致する季節的な影響と灌漑などの人為的な流入が示唆された。高梁川では空間分析により本流よりも支流でFAFe濃度が高いと明らかになった。これは流域内の土地利用の動態に影響されていると考えられた。旭川では、 NO_3^- と PO_4^{3-} を多く含む流出水との関係性から、畑地がFAFe濃度に有意な影響を与えていると考えられた ($p<0.01$)。また回帰モデル等の結果から、土地利用だけではなく、土壌種類や地質などとの関係性も示された。このようにFAFe濃度と集水域内の環境要因との間の複雑な関係性を理解することは、河川流域から下流水生生態系へのFeの影響を評価する上で必要不可欠である。本研究では、FAFe濃度を週単位と月単位で測定した結果、既往の研究のような短期間や低頻度のサンプリングでは捉えられなかった有意な傾向や明確な季節変動が確認された。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。