

氏名	山岸 聖		
学位の種類	博士（理学）		
学位記番号	自博甲第 1 2 号		
学位授与年月日	令和 7 年 3 月 1 9 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項		
文部科学省報告番号	甲第 8 4 8 号		
専攻名	創成理工学専攻		
学位論文題目	堆積物 DNA 分析による山陰汽水湖の古環境の解明 (Elucidation of the paleoenvironment in San-in brackish lakes through sedimentary DNA analysis)		
論文審査委員	主査	島根大学教授	広橋 教貴
		島根大学教授	山口 啓子
		島根大学教授	高原 輝彦
		島根大学准教授	舞木 昭彦

論文内容の要旨

山陰地域は約 10000 年前から現在までにおいて様々な自然地形変化を経験し、宍道湖、中海、神西湖、東郷池、湖山池といった汽水湖が誕生した。また、これら山陰汽水湖は、生活排水や海水の流入による富栄養化や貧酸素化といった人為的な環境変化および生態系変化もまた経験している。そのうえ、これら山陰汽水湖は過去から現在にかけて我々人類に水産資源などの様々な生態系サービスを供給しており、それらの享受はこれからも欠かすことができない。したがって、山陰汽水湖がこれまでに経験した過去の自然的および人為的な環境変化とそれに伴う生態系変化を明らかにすることは、将来の適切な生態系保全維持の政策を立案するために重要である。しかしながら、より詳細な山陰汽水湖の古環境の復元のためには、現存する当時の観察記録などによる古環境の推定はもとより、現在までに保存されている様々な情報を用いた新たな調査アプローチが必要である。

堆積物には骨や細胞といった生物由来の有機物が過去の情報として豊富に保存されており、なかでも種数と個体数が多いプランクトンやバクテリアといった微生物の DNA が堆積物に長期にわたり保存されていることが知られている。そして、これら微生物は湖沼や海洋における富栄養化や気温変化などの環境変化に敏感に応答することから、堆積物を用いた微生物の DNA 解析による古環境の推定が頻繁に行われてきた。しかしながら、植物や魚類といった大型生物もまた微生物と同様に様々な環境変化に対して生物量や生物組成を変化させるが、それらの過去の詳細な生態系変化は不明な点が多い。したがって、過去に様々な環境変化を経験した山陰汽水湖をモデルフィールドとして、堆積物中の植物や魚類といった大型生物 DNA 検出による過去の詳細な生物

量と生物組成変化の解明は、古環境を復元するために重要である。

そこで本研究では、山陰汽水湖の宍道湖、中海、神西湖、東郷池、湖山池から堆積物をそれぞれ採取し、水草や魚類といった大型生物の DNA 検出を試みた。加えて、DNA 検出結果による山陰汽水湖における大型生物の過去から現在までの生物量や生物組成の変動と環境変化との関係性の解明および古環境の復元を試みた。

堆積物コア DNA 解析結果より、宍道湖では現在から約 2000 年前に塩分耐性水草 2 種(リュウノヒゲモ・ツツイトモ)が生息していたことが判明した。さらに、これら塩分耐性水草 2 種の約 2000 年間の在不在および生物量の変遷から、宍道湖における自然的および人為的塩分変化といった環境変化との関係性を明らかにすることができた。また、宍道湖、中海、神西湖、東郷池、湖山池で採取した堆積物コアから魚類 DNA の検出にも成功し、これら汽水湖の過去から現在までの魚類相の変遷を明らかにすることができた。そのうえ、堆積物 DNA 解析で検出した特定の魚種によって、近年における大量死や個体数の激減などのイベントとの関係性の解明を見出せた。したがって本研究では、山陰汽水湖から採取した堆積物を用いた大型生物 DNA 解析によって、過去から現在までの生物量や生物相変化を可能にすることを明らかにした。さらに、これら堆積物を用いた大型生物 DNA 解析結果は、山陰汽水湖の過去の塩分変化といった環境変化とそれらに伴う大量繁栄や大量死などの生態系変化イベントとの関係性の解明を可能にした。

将来的には、堆積物 DNA 解析は山陰汽水湖における過去の詳細な環境変化および生態系変化の復元のみならず、他の陸水域における鮮明な地球規模の環境変化と生態系変化の関係性を解明できる可能性がある。

論文審査結果の要旨

申請者の博士論文は全 4 章で構成されている。第 1 章は序論であり、当該研究の背景と研究目的について記述されており、とくに本論文研究全体で重要となる「山陰の汽水湖」と「環境 DNA」などについて記述されている。

第 2 章では、宍道湖における湖底堆積物に含まれる沈水植物 DNA に着目した近過去の環境変遷に関する研究について記述されている。具体的には、宍道湖の堆積物コア 9 本を用いて（そのうち 6 本は実際に申請者が船を利用した調査に参加して採集）、堆積物コアサンプルに含まれる沈水植物 2 種（ツツイトモ・リュウノヒゲモ）の DNA 濃度と CNS 分析によって推定された塩分環境との関係性を明らかにした。これによって、宍道湖における約 2000 年前から現在までの環境変遷について推定することに成功した。この研究成果は、日本陸水学会の英文誌「Limnology」において原著論文として受理・掲載済みである。

第 3 章では、山陰地方の汽水湖 5 つ（宍道湖・中海・神西湖・東郷湖・湖山池）で採取した堆積物コア DNA を用いた魚類群集の解明を検討した研究について記述されている。具体的には、環境 DNA メタバーコーディング（網羅的解析手法）を用いて、汽水湖 5 つの堆積物コアサンプルから魚類群集を解明できるかどうかを調べた。その結果、中海では比較的深い層のコアまで魚類の DNA が検出できることが明らかになった。一方で、その他の汽水湖 4 つでは、浅い層まで

しか魚類の DNA が検出できないことがわかった。加えて、水サンプルに比べて堆積物コアサンプルでは、DNA が検出される魚種数が顕著に少ないことも明らかになった。これらのことから、堆積物コアに含まれる魚類などのマクロ生物の DNA の保存状態は、各湖の特性（例えば、塩分）と関係していることが可能性の 1 つとして考えられた。本章では、湖沼などの堆積物コアサンプルに対して、マクロ生物（魚類など）を対象にした環境 DNA メタバーコーディングを実施して、その実用可能性について報告することができたと考えている。

第 4 章では、総括と将来展望について記述されている。申請者の博士論文の成果は、宍道湖を主体とした山陰の汽水湖における堆積物コアの深度とマクロ生物（水生植物・魚類など）の環境 DNA 検出・濃度の関係に着目した初めての例であり、今後の様々な発展的研究への展開が期待される。

審査委員会では、本博士論文は前回の予備審査での審査委員による指摘を踏まえて内容が更新されていること、また、筆頭・責任著者としてインパクトファクター付きの原著論文 1 編が公表されていることを確認した。以上のことから、審査委員による合議により、申請者は、博士（理学）の学位を授与するに適格と判断した。