

氏名	吉岡 薫
学位の種類	博士 (理学)
学位記番号	総博甲第 90 号
学位授与年月日	平成 26 年 3 月 25 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 516 号
専攻名	マテリアル創成工学専攻
学位論文題目	日本の閉鎖性海域における近年の珪藻群集と海洋環境 (Recent diatom assemblages and marine environments in enclosed seas of Japan)
論文審査委員	主査 島根大学教授 入月 俊明 島根大学教授 石賀 裕明 島根大学教授 三瓶 良和 島根大学汽水域研究センター 准教授 瀬戸 浩二

論文内容の要旨

本研究の目的は、4つの異なる環境上の背景を持つ閉鎖性海域において、近年の人為的・自然状態の環境変化が海洋環境や珪藻に与えた影響を解明すること、およびそれぞれの海域における珪藻群集の変化を総括し、珪藻に関する環境指標を確立することである。調査海域は 1) 近年の人為的環境改変の影響を強く受けた海域である播磨灘北部と北西部、2) 外洋起源の栄養塩負荷が高い海域である播磨灘南部、3) 離島の小規模な内湾である隠岐西郷湾、4) 2011 年東北沖津波の影響を受けた宮城県松島湾で、これらの各海域における珪藻群集の時間的・空間的变化を明らかにした。また、堆積物試料を用いて年代測定 (^{14}C 年代測定, Pb-210・Cs-137 法), CHN または CNS 元素分析, 粒度分析も行った。

播磨灘北部の兵庫県坂越湾, 相生市沖, 室津湾でそれぞれ 1 本ずつ採取された計 3 本の柱状堆積物試料を分析し、過去数百年間の海洋環境の変遷を明らかにした。播磨灘北部沿岸域では、1930 年代以降に海域が富栄養化し、それに珪藻群集が応答した。高度経済成長期には、海域の富栄養化が顕著になり、更なる栄養塩の増加に対応して浮遊性珪藻が増加した一方、付着性珪藻が減少した。1980 年代以降には、国による環境保全対策の効果が坂越湾でのみ見られた。また、坂越湾と室津湾ではマガキの養殖による底質環境の悪化が、相生沖と室津湾では揖保川の水質改善に伴う海域の水質改善が認められた。

播磨灘北西部の岡山県瀬戸内市沖と虫明湾の 11 地点から採取された表層堆積物試料を用いて、各種分析を行った結果、岡山県瀬戸内市沖と虫明湾では、底質環境や珪藻群集の絶対量と群集組成が著しく異なることが明らかとなった。瀬戸内市沖では、底質の有機物濃度が比較的 low、浮遊性珪藻が優占するのに対し、虫明湾では、底質の有機物濃度が高く、付着性珪藻が優占した。

虫明湾の底質環境および珪藻群集はマガキ養殖の影響を受けたことが示唆された。

播磨灘北西部の岡山県瀬戸内市沖と錦海湾で採取された2本の柱状堆積物試料を用いて各種分析を行い、過去約2千年間の海洋環境の変遷を明らかにした。約300年~400年以前は、堆積速度が速く、珪藻の生産性は高かったが、約100年以前から約200年までに珪藻の生産性が低下し、これは弥生の小海退の影響であると推定された。約300~400年から1700年までは、堆積速度が遅くなり、珪藻の生産性がそれ以前よりも低下したが、この期間に珪藻の絶対量に変化は見られず、海域環境は安定していたと推定された。その後、1700年以降には製塩業の発達に伴い海域の富栄養化が始まり、1950年代からの高度経済成長期には、播磨灘北部沿岸域と同様、海域の富栄養化がさらに顕著になり、それに珪藻群集は応答したことが推定された。

播磨灘南部の香川県津田湾で採取された柱状堆積物試料の珪藻分析を行った結果、播磨灘北部や北西部と同様に、1980年以前から浮遊性珪藻の急増と付着性珪藻の減少（総珪藻殻数としては増加）が認められた。従って、播磨灘南部においても播磨灘北部や北西部と同様に、近年の人為的環境改変により海域が富栄養化し、それに珪藻群集が応答したと考えられる。

隠岐諸島の南東部に位置する西郷湾で採取された23地点の表層堆積物試料を用いて、各種分析を行った結果、八尾川を除く西郷湾全域では小型の *Thalassiosira* 属、次いで *Chaetoceros* 属の休眠胞子が多産し、西郷湾西浦・北浦奥部で総珪藻殻数が非常に多いことがわかった。特に、西浦では流入河川の八尾川からの栄養塩負荷、海底地形に伴う海域の富栄養化、および有機物の濃集が示唆された。また、西浦に関しては、近くに露出する中新世に堆積した珪藻土の再堆積の影響が認められた。

宮城県松島湾で採取された柱状堆積物試料から、津波襲来以前と以降の海洋環境、および津波堆積物中の珪藻群集の特徴を明らかにした。津波襲来以前には高度経済成長期に伴う人為的な富栄養化に珪藻群集が応答したこと、また、同じ頃から藻場の拡大が起きたことが示唆された。津波堆積物下部の淡水・淡水~汽水生珪藻を含んだ粗粒堆積物の存在は、津波の襲来により松島湾東方の野蒜海岸方向からこれらが供給されたことを示唆した。津波襲来後には短期間の富栄養化に浮遊性珪藻の *Thalassionema nitzschioides* や *Chaetoceros* 属の休眠胞子が応答したこと、そしてその後、松島湾では新たな生態系が発展して来ていることが明らかになった。

以上のように、各海域において海洋環境および珪藻群集の時間的・空間的变化が明らかとなった。本研究と先行研究の結果を総括した結果、以下の様な結論を得た。1) 近年の人為的環境改変を受けた瀬戸内海では、全域で *Neodelphineis pelagica*, 小型の *Thalassiosira* 属, *Chaetoceros* 属の休眠胞子の3タクサが共通して多産し、小型の *Thalassiosira* 属, *Chaetoceros* 属の休眠胞子の比率が現世の海域における評価指標として有用であることが示唆された。2) 外洋起源の栄養塩と珪藻群集の関係性に関して、外洋からの高い栄養塩負荷を持つ播磨灘南部と陸からの高い栄養塩負荷を持つ播磨灘北部・北西部の珪藻群集の変遷を比較したが、本研究では両者の間に顕著な差異は認められなかった。3) 離島に位置する西郷湾での珪藻群集の分析結果に基づくと、西郷湾の生産性は瀬戸内海を上回り、これらの海域間では少なくとも現在において異なる生態系が成立していることが示唆された。4) 2011年東北沖津波に関連した珪藻群集とCNS分析結果に基づくと、閉鎖性の強い内湾において津波直後の浮遊性珪藻の急増とTOC・TS濃度の増加が、過去の津波堆積物の重要な手がかりになる可能性が示唆された。

論文審査結果の要旨

日本各地の閉鎖性海域では、1950～1970年代の高度経済成長期に富栄養化、有機汚濁、重金属汚染などが頻発し、生物や海洋環境に深刻な問題を引き起こした。その後、様々な環境保全対策が実施されたが、現在でも回復していない場所も多い。また、2011年東北沖津波のような自然の要因によっても藻場の消失や底質の変化のような影響が認められ、復旧が急がれている。そこで、本論文の目的は、異なる環境上の背景を持つ日本沿岸の閉鎖性海域において、近年のこのような人為的改変や自然の環境改変が、海洋環境や単細胞藻類で水域の第一次生産者として重要な珪藻に与えた影響を解明すること、およびそれぞれの海域における珪藻群集の現状や近年の変化を総括し、環境モニタリングや古環境の復元に応用するための珪藻の環境指標種を確立することである。本論文の調査海域は 1) 近年の人為的環境改変の影響を強く受けた海域である瀬戸内海の播磨灘北部と北西部、2) 外洋起源の栄養塩の負荷量が高い海域である播磨灘南部、3) 離島の小規模な内湾である隠岐西郷湾、4) 2011年東北沖津波の影響を受けた宮城県松島湾である。これらの海域から表層堆積物と柱状堆積物を採取・記載後、珪藻分析の他、年代測定 (^{14}C 法、 ^{210}Pb ・ ^{137}Cs 法)、CHN・CHNS 元素分析、粒度分析等を行った。

分析の結果、各調査海域における海洋環境および珪藻群集に関して、主に過去数百年間の詳細な時間的・空間的变化が復元された。これらを考察した結果、以下の様な結論を得た。1) 近年の人為的環境改変を受けた瀬戸内海では、全域で *Neodelphineis pelagica*、小型の *Thalassiosira* 属、*Chaetoceros* 属の休眠胞子の 3 分類群が共通して多産し、特に小型の *Thalassiosira* 属、*Chaetoceros* 属の休眠胞子が高度経済成長期において極めて多産し、これは当時の栄養塩の急増が原因であることが示唆された。また、それらの比率が現在の海域における環境評価の指標として有用であることが示された。2) 外洋起源の栄養塩と珪藻群集の関係性に関して、外洋からの高い栄養塩負荷を持つ播磨灘南部と陸からの高い栄養塩負荷を持つ播磨灘北部・北西部の珪藻群集の変遷を比較したが、本論文では両者の間に顕著な差異は認められず、栄養塩の起源に関わらず、いずれの海域でも類似する変化が起きたことが示された。3) 隠岐西郷湾の珪藻の生産性は瀬戸内海のそれを上回り、これらの海域では少なくとも現在それぞれ全く異なる生態系が成立していることが示唆された。4) 2011年東北沖津波に関連した松島湾の珪藻群集と CHNS 元素分析結果に基づくと、津波の初期に堆積した砂質堆積物では津波の侵入経路である陸域や沿岸域から運搬された珪藻群集が高い頻度を占め、津波後の泥質堆積物では浮遊性珪藻と TOC・TN・TS 濃度が一時的に急増し、これは津波によって巻き上げられた泥に含まれていた栄養塩と休眠胞子による影響であることを初めて指摘し、このような現象が過去の津波堆積物の重要な手がかりになる可能性が示された。

上記のように、本研究では閉鎖性海域における膨大な試料の珪藻分析を始めとした種々の分析を行うことによって、各海域における時間空間的な珪藻群集と環境変化が詳細に復元され、環境モニタリングや環境対策へ貢献する重要な成果と今後の研究の発展が期待できる成果を得ている。これらの成果は環境地質学、海洋学、第四紀学の分野に大変貢献すると判断され、高く評価されるものである。成果の一部は日本第四紀学会発行の査読誌である「第四紀研究」に 2 編掲載され、また、国際誌の「*Paleontological Research*」に関連論文として投稿中である。

以上を総合して、本論文は博士（理学）の学位授与のための論文として合格と判断した。