

学 位 論 文 題 名

植物プランクトン群集の環境変化への応答に関する研究

学位論文内容の要旨

海洋生態系は、植物プランクトンの光合成による太陽エネルギーの固定（一次生産）で始まるエネルギーの転送および物質循環系であり、漁業の対象となる海洋生物は、海洋生態系を構成する一つの生物群集である。したがって、海洋における一次生産過程は、その海洋生物の潜在的な生物量を明らかにするためにきわめて重要な過程である。最近の研究では、気象条件の変動が物理的環境要因の変化を引き起こし、そのことにより栄養塩の分布といった化学的環境要因を変化させ、結果として一次生産過程に大きな影響を与えることが指摘されている。例えば、北太平洋の貧栄養外洋域では低気圧の通過が躍層を壊し、栄養塩が有光層に供給されることによって植物プランクトンの生産性が向上することが指摘されている (DiTullio and Laws, 1991)。噴火湾海域でも、大谷・出口 (1981, 1983) は風に起因する沿岸湧昇現象を明らかにした。このような気象条件の変化に伴う局所的な海洋環境の物理・化学環境に変化が生じ、植物プランクトンの生長および現存量の変動を引き起こすと考えられる。

そこで、本研究では、1. 夏季のベーリング海北部陸棚海域における水塊構造と植物プランクトン群集現存量の関係、2. 夏季噴火湾沿岸部において突発的な気象環境の変動がもたらす物理、化学および生物海洋学的過程の変化、3. 噴火湾の植物プランクトン春季大増殖期における気象環境および海洋環境と春季ブルームの形成過程、4. 夏季噴火湾底層に出現する低酸素層の形成に及ぼす気象環境および海洋環境について明らかにすることを目的とした。

本研究によって得られた結果は以下の 4 点に要約される。

1. 本研究では、夏季ベーリング海陸棚域において底層に存在する水塊を Anadyr Water, Bering Shelf Water, および Alaska Coastal Water (Walsh ら、1989) と分類することで、それら水塊の持つ植物プランクトン生物量および栄養塩量の特性を調べた。その結果、これらの 3 水塊に含まれる植物プランクトン生物量および栄養塩量に明らかな相違が認められた。これらの化学的および生物的環境から判断すると、Anadyr Water お

よび Bering Shelf Water は潜在的な高い一次生産力を有することが明らかとなった。一方、分類した3水塊の水平分布に年変化が認められた。冬季のセントローレンス島南部では、結氷しない海域(ポリニア)が現れることがある。このポリニアでは、冬季に表面水が激しく冷却されるため、寒冷で高密度の水が形成される。この寒冷な水は、夏季においてもベーリング海北東部の陸棚域底層に分布するため、同海域における夏季の3水塊の分布に影響を与える。したがって、この海域における一次生産過程はポリニアを形成する冬の気象条件に影響を受けるものと考えられた。

2. 夏季の噴火湾海域は、成層構造が発達し、表層の栄養塩濃度が極めて低くなり、植物プランクトン量も少ない状態で推移するため、一次生産も低いと考えられている(塩本, 1987; Maita and Odate, 1988)。本研究では噴火湾沿岸部と噴火湾湾央において希釈培養法によって植物プランクトン比生長速度および動物プランクトンによる摂食速度を測定した。その結果、風が吹くことによって起こる沿岸湧昇が認められた時、下層から表層への栄養塩供給が植物プランクトンの比生長速度を高め、同時に動物プランクトンによる摂食速度が高まることが明らかとなった。また、湾央部において秋口中層から湾内へ進入してきた津軽暖流水の影響により、下層水塊が擾乱し、表層部への栄養塩供給によっても同様の結果が得られた。すなわち、夏季の噴火湾海域は、気象条件や季節的な水塊交替によってもたらされる水柱の物理・化学環境の変化により、間接的に植物プランクトンの生産が高まることが示された。

3. 噴火湾における春季ブルームの発現要因に関する研究は、春季ブルームの発現時期が親潮系水(大谷ら, 1971)の湾内流入時期とほぼ一致することから、主に親潮系水の流入と関連付けて議論されてきた(中田, 1982; Tanaka, 1984; 田中, 1984; Odate, 1987)。しかしながら、Odate (1987)が指摘しているように親潮系水流入以前の水塊中でも比較的高い植物プランクトン現存量が見られることもあり、親潮系水の湾内流入と春季ブルームの発現との関連については未だ不明な点も多い。本研究では1996年および1997年1月から3月に行った観測結果からこの点について議論した。1996年の湾内では、冬季噴火湾水(大谷, 1971)で満たされている1月下旬から植物プランクトンの増殖が始まり、上層に親潮系水が湾内に流入した時には有光層下においても高いクロロフィル *a* 濃度が見られ、湾口部の上層において最高値を示した。一方、1997年では親潮系水が湾内に流入しても3月にならないければ植物プランクトンの増加は確認できなかった。両年共にブルーム前の栄養塩濃度(硝酸+亜硝酸)は、 $10 \mu\text{M}$ 以上有しており、親潮系水流入時期もほぼ同じであった。しかしながら、1996年では1月および2月下旬に日照時間が8時間を越える日があり、

1997 年ではそのような日は見られなかった。つまり、1996 年では早い時期に光条件が良く、十分に親潮系水流入前の冬季噴火湾水中でブルームの形成がなされ、一方、1997 年のように1月および2月の日照時間が短い場合には、親潮系水がすでに流入したとしても春季ブルームの開始が遅れる場合があることが示唆された。すなわち、日照時間が噴火湾における春季ブルームの発生要因一つとなることが示唆された。

4. 近年、夏季の噴火湾中央部において底層が貧酸素状態になり、こうした低酸素層が湾内に生息する底棲魚類を死滅させるという報告があり、その漁業被害が問題となっている(日本水産資源保護協会, 1989)。本研究では1996 年および1997 年夏季噴火湾において観測された結果をもとにこの低酸素層の形成について議論した。1996 年では湾内底層(海底直上10m 以内)に存在した水塊は5月から8月までの期間、同一水塊(親潮系水)であり、その水塊中の溶存酸素はほぼ直線的に減少し、 1ml l^{-1} 以下にまで低下した。一方、1997 年では同期間、6月に上層水との混合、7月に津軽暖流水の流入が認められ、その都度底層水塊の溶存酸素のレベルが上昇した。このように夏季における噴火湾内の底層水中では、水塊の交替が無い場合には有機物の分解過程が進行し、溶存酸素は消費されてゆき、低酸素層が形成されることが示された。一方で、底層において水塊の交替が起こり易い場合には、水塊交替に伴い溶存酸素が増加することが示された。こうした低酸素層の形成は、親潮系水および津軽暖流水の勢力と関連する水塊交替の時期あるいは底層水の安定性などの物理海洋学的環境要因が深く関わっているものと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 米 田 義 昭
副 査 教 授 松 永 勝 彦
副 査 助 教 授 築 田 満
副 査 助 教 授 小 達 恒 夫

学 位 論 文 題 名

植物プランクトン群集の環境変化への応答に関する研究

本研究は夏季のベーリング海北部陸棚海域における水塊構造と植物プランクトン群集現存量の関係、夏季噴火湾奥部において風によって生ずる沿岸湧昇と生物過程の変化、春季噴火湾における気象および海洋環境と植物プランクトンブルームの形成過程、および夏季噴火湾底層に出現する低酸素層の形成機構を解明することを目的とした。

本研究によって得られた結果は以下の4点に要約される。

1. 夏季ベーリング海陸棚域において底層に存在する水塊をWalshら(1989)による水塊区分すなわちAnadyr Water, Bering Shelf WaterおよびAlaska Coastal Waterの3水塊に分類し、それら水塊の持つ植物プランクトン生物量および栄養塩量の特徴を調べた結果、これらの3水塊に含まれる植物プランクトン生物量および栄養塩量に明らかな相違が認められた。これらの化学的および生物的環境から判断すると、Anadyr WaterおよびBering Shelf Waterは潜在的に高い生産力を有しているものと推察した。その生産力を維持する理由は冬季のセントローレンス島南部に見られる“ポリニア”水塊の滞留によるものと推論した。
2. 夏季の噴火湾中央部と沿岸域において希釈培養法に基づき植物プランクトン比生長速度および動物プランクトンによる摂食速度を測定し、低次生産量の時系列変化を追跡した。夏期は成層構造が発達し、表層の栄養塩濃度が低いため湾全域で一次生産量が低い。湾奥の沿岸海域において一定期間にわたって吹く風によって湧昇が起こり、下層から表層へ栄養塩の供給が認められた。この湧昇によ

り植物プランクトンの比生長速度が高まると同時に動物プランクトンの摂食速度が高まることが分かった。また、秋期は湾央部の底層部に津軽暖流水が流入するため下層水塊が擾乱し、表層部への栄養塩供給が起こるため生産量の増加が認められた。これらの観測調査の結果に基づき、噴火湾海域は水柱の物理・化学環境の変化により、間接的に植物プランクトンの生産が高まることを明らかにした。

3. 噴火湾における春季ブルームの発現要因に関する過去の研究結果によると、春季ブルームの発現時期が親潮系水の湾内流入時期とほぼ一致することから、主に親潮系水の流入と関連付けて議論されてきた。しかしながら、親潮系水流入以前の水塊中でも比較的高い植物プランクトン現存量が見られることもあることから、その違いをもたらす理由について種々の環境要因を検討した結果、日照時間が噴火湾における春季ブルームの発生要因一つとなることを明らかにした。

4. 夏期の噴火湾央部底層における溶存酸素濃度の時系列分析を行い、低酸素層の形成機構を詳細な水塊構造の解析に基づいて明らかにした。1996年夏期の湾内底層（海底直上10m以内）の水塊は春期から夏期にかけてに湾内底層に滞留した親潮系水であり、その水塊中の溶存酸素は5月以降経時的な減少を示し、7月下旬には 1 ml l^{-1} 以下となった。一方、1997年の夏期には7月下旬に津軽暖流水の流入が認められ、その底層水の溶存酸素濃度が上昇し、その後再び減少した。これら2年間にわたる噴火湾内の底層水の溶存酸素濃度と水塊の時系列分析結果から、噴火湾央部における低酸素水塊の形成は底層水における親潮系水の滞留によるものであり、津軽暖流水との水塊交替によって解消されることを示した。

審査委員は申請者が行った上記の研究成果は、環境変化に対して植物プランクトン群集がどのような応答を示すのかを新しい生物海洋学的手法を取り入れて行った点を評価し、博士（水産学）の学位を授与するに値すると判定した。