

論文審査の結果の要旨

氏名 内宮 万里央

本論文は 5 章から構成されている。第 1 章では、本研究に関連する一般的な背景として、海洋の炭素循環における原核微生物群集の役割に関する既往の知見を整理し、本研究の意義と目的を記述している。特に海洋全体では極域と海洋中深層における知見が不足している現状と、両者の環境が気候変動に伴い変化を受けることにより、海洋の炭素循環や生態系にどのような影響をもたらすのかを明らかにする必要性が強調されている。そして、本研究の具体的な目的については、以下 3 つの問題設定に対し回答を得るという形式をとっている。(1) 北極海表層における原核微生物生産速度は淡水流入の影響を受けているか。(2) 北極海中深層における原核微生物生産速度は、北極海および周辺海域からの有機物供給の影響を受けているか。(3) 海洋中深層における原核微生物群集は季節変動をしているか。また有機物供給や水温上昇に応答しているか。

第 2 章では、問題設定(1)に基づき、北極海表層における原核微生物群集の空間変動に関する研究成果が記載されている。北極海表層は、近年の急速な気候変動に伴い淡水化の進行が指摘されている。流入淡水の主要な構成要素である融氷水・河川水は有機物に富むため、原核微生物群集に影響をもたらすことが予想されるが、これまでその寄与は明らかになっていなかった。本研究では、西部北極海カナダ海盆海域に設置した 8 観測点において、原核微生物群集の生産速度を測定し、各種環境パラメーターと重相関解析した。その結果、生産速度の変動に対する寄与は、有機物生産の指標となるクロロフィル a によるものが 54% で最も高かったが、淡水影響の指標である塩分の寄与も、約 14% で無視できないことを明らかになった。

第 3 章では、問題設定(2)に基づき、北極海中深層における原核微生物群集の空間変動に関する成果がまとめられている。近年の研究により、海洋中深層における原核微生物群集の生産速度は、有光層において生産された粒状有機物の鉛直輸送に大きく依存することが明らかになってきたが、北極海においても同様なメカニズムが存在しているかは不明であった。本研究では、中西部北極海カナダ海盆海域に設置した 6 観測点において、中深層における原核微生物群集の生産速度の鉛直分布を詳細に測定し、深度方向の減衰パターンから、有機物鉛直輸送との関連を解析した。その結果、水深 300-3,000 m において、原核微生物生産速度は深度に対し指数関数的に減少し、有機物の鉛直供給を反映していることが明らかとなった。一方、中層上部 (100-300 m) においては鉛直次元モデルから顕著に外れ、粒状有機物の鉛直輸送以外の寄与が示唆された。この層は有機物に富む太平洋起源水が流入する水深帯に一致しており、移流に伴う水平方向の有機物の輸送が原核微生物生産速度へ影響している可能性が初めて示された。

第4章では、問題設定(3)に基づき、海洋中深層における原核微生物群集の時空間変動およびその変動要因としての有機炭素供給・水温の役割に関する成果が記載されている。近年、海洋中深層において原核微生物群集が空間的にダイナミックに変動している可能性が示されつつあるが、いずれもスナップショット的な観測によって得られている知見によるもので、季節変動に関する報告は皆無であった。本研究では、西部北太平洋の亜寒帯と亜熱帯の定点において実施された時系列観測に参加し、中深層における原核微生物群集の生産速度の季節変動を初めて明らかにした。特に、年間を通じて基礎生産力の低い亜熱帯の定点において、中層(100-500 m)に大きな季節変動が確認されたのは大きな発見であった。この層は、亜熱帯モード水が形成、移流する層と一致しており、亜熱帯モード水による溶存態有機物の輸送が原核微生物群集の生産に大きな影響をもたらしている可能性が示された。また、船上において、中層の原核微生物群集生産に対する制御要因を調べるために、有機物添加、水温上昇による応答実験を行った結果、有機物供給と水温上昇は相乗効果として働くことが明らかとなった。

第5章では第1章で設定した(1)-(3)の設問に回答する形で、第2-4章の成果をまとめ、各成果の相互の関係を整理、まとめている。そして、将来的に気候変動が海洋環境の変化をもたらすと、海洋の原核微生物群集がそれにどのように応答し、それが海洋の炭素循環にどう影響し、最終的に気候変動にどうフィードバックするかについて議論を深めている。

なお、本論文第2章は、東京大学の永田、福田、海洋研究開発機構の菊地、西野氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(環境学)の学位を授与できると認める。