

# 論文審査の結果の要旨

氏名 山 田 洋 輔

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションであり、本論文の主題である、有機凝集体が、海洋の表層から中深層へと炭素を鉛直輸送する媒体として重要な役割を果たしている」と述べられている。また、有機凝集体の主要な構成成分のひとつである透明細胞外ポリマー（以下、TEP と呼ぶ。）の化学特性や分布についての先行研究が紹介されている。TEP は藻類や原核生物が細胞外に分泌する多糖類を主成分とした粘着性の高い細胞外ポリマーであり、TEP が接着剤として働くことで、海水中の粒子の凝集が促進される。従って、TEP の分布や動態を理解することは、海洋炭素循環の制御機構の解明のうえで重要である。しかし、海洋におけるTEP の分布や動態の制御機構については、まだ不明の点が多い。特に、TEP を栄養基質として利用する海洋細菌群集が、TEP の動態に及ぼす影響については研究例が乏しい。このような背景を踏まえ、本研究では、1) 北極海におけるTEP 及びその他の懸濁態粒子の分布パターンの解析と、2) TEP の沈降速度に対する細菌群集の影響に関する研究を行った、と述べられている。

第2章では、西部北極海においてTEP および懸濁態粒子の分布パターンの解析を行った、と述べられている。チャクチ海（大陸棚）とカナダ海盆における観測の結果、以下の知見が得られた。1) 大陸棚から海盆にかけてTEP や懸濁態粒子の濃度は単調に減衰した。2) 大陸棚域の海底で、TEP の濃度が顕著に高い水塊がみいだされた。3) 他の海域と比較して、調査海域では、懸濁態有機炭素に対するTEP の存在比が高い傾向が見られた。4) 密度躍層において、懸濁態粒子の濃度が高くなることを見出された。以上の知見から、調査海域はTEP に富んだ海域であり、TEP や懸濁態粒子が局所的に集積する傾向があることが指摘されている。また、これらの粒子が大陸棚から海盆にむけての物質の水平輸送媒体としての役割を果たす可能性が述べられている。

第3章では、モデル凝集体を用いた室内実験により、TEP の沈降速度に対して付着細菌がどのような影響を及ぼすのかについて検討を行った、と述べられている。モデル凝集体は、2種の多糖類（フコイダンとキトサン）を海水中で混合することにより調製した。大きさが62~119  $\mu\text{m}$  の範囲のモデル凝集体について、付着細菌の数と、沈降速度の関係を調べたところ、付着細菌の存在量が大きい凝集体は、その存在量が小さい凝集体に比べて、沈降速度が有意に低いことが示さ

れた。凝集体のサイズ、密度、および形状を考慮した理論式を用いた解析の結果から、付着細菌の存在量の違いによる凝集体の沈降速度の違いは、空隙率の差によるものであるとの結論を導いた。すなわち、付着細菌が、細胞外加水分解酵素によって TEP を構成するポリマーを切断することで、凝集体の空隙率が増加し、その結果、凝集体の沈降速度が低下したと考えられた。

第4章では、モデル凝集体が、付着細菌の作用により大型化するプロセスについての解析を行ったと述べられている。モデル凝集体を回転培養装置内で培養し、凝集体サイズの時間変化を調べたところ、海洋細菌群集の存在下では、凝集体のサイズが顕著に増大したのに対し、滅菌対照区では、凝集体のサイズに有意な変化がみられなかった。細菌群集組成の解析の結果、凝集体のサイズの増大した時期に *Pseudoalteromonas* 属の細菌数が顕著に増加したことが示された。*Pseudoalteromonas* 属の単離株を用いて培養実験を行ったところ、実験に供した 11 株のうち 4 株が、大型化促進作用を示した。以上の結果から、ある種の細菌が凝集体に付着することで、凝集体間の接着が促進され、凝集体の大型化が進むものと推察された。

第5章は総合討論である。本研究において、海洋における有機凝集体の分布パターンや有機凝集体の沈降速度に及ぼす細菌の影響についての新たな知見が得られたと述べられている。また、今後の検討課題として、細菌群集が凝集体の沈降速度に影響を及ぼすメカニズムの解明が必要であると述べられている。

本研究は、これまで知見が極めて乏しかった北極海において、TEP や懸濁態粒子の分布の特徴に関する新たな知見を得たという点、また、海洋細菌による凝集体の沈降速度の制御に関する定量的な解析がなされたという点において新規性が認められ、海洋生態系における凝集体動態の制御機構の理解の深化に大きく貢献するものと判断される。

なお、本論文の第2章は、福田秀樹、井上雄介、木暮一啓、永田俊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（理学）の学位を授与できると認める。