

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 山口 珠葉

リンは生体の必須元素であり、窒素と共に海洋における生物生産の主要な制限栄養素である。リンの多様な存在形態の中でも、リン酸塩は生物に利用されやすく、亜熱帯貧栄養海域ではしばしば広域にわたり枯渇する。そのような海域では、溶存有機態リン（DOP）が代替リン源として重要である。しかしながら DOP、とりわけ生物に利用されやすい易分解性 DOP（LDOP）に関して、その化学形態や分布などの動態を理解する上で必須となる知見は極めて乏しい。そこで本研究は、LDOP としてリン酸モノエステル（ME）およびジエステル（DE）画分に着目し、北太平洋亜熱帯海域を中心とした現場観測からその時空間的分布について明らかにすることを第一の目的とした。さらに、そこから示唆された窒素固定生物による LDOP 利用および LDOP 供給源としての動物プランクトンの役割について培養実験から明らかにするとともに、ME および DE 利用の要となるアルカリフォスファターゼ（AP）の金属要求性を鑑み、海洋におけるリン - 微量金属共制限の有無について明らかにすることを第二の目的とした。

第 1 章では、既往知見の総括から海洋における LDOP の生物利用は全球的なリン循環のみならず、微量金属元素および窒素循環とも密接に関わることを示し、本研究の目的と重要性について論じた。

続く第 2 章では、外洋域の希薄な栄養塩濃度に適した高感度 DE 測定手法の確立を行った上で、北太平洋外洋域における海域縦断・横断的な観測を行い ME、DE の分布特性を明らかにし、形成要因について考察を行った。

第 3 章では、父島沖定点における 9 日間にわたる時系列観測を通して、第 2 章で示された ME や DE の分布、およびその利用度の安定性や、その経時的な変動をもたらす要因について考察を行った。

第 4 章では、北太平洋外洋域における窒素固定速度と LDOP 関連パラメータとの相互関係について考察を行うとともに、そこから示唆された窒素固定生物による LDOP 利用の仮説について室内培養実験から検証を行った。

第 5 章では、船上添加培養実験から LDOP 利用に関わる微量金属要求性の海

域間比較を行い、北太平洋亜熱帯域におけるリンー微量金属共制限環境の地理的分布について検証することで、系外からの微量金属供給に対する微生物群集の潜在的な応答について明らかにした。

第 6 章では、動物プランクトンによる日周鉛直移動に伴う、リンの有光層以深への輸送、すなわちアクティブフラックスを見積もるため、北太平洋亜熱帯域において船上培養実験を行い、主要な日周鉛直移動性種におけるリン酸塩および DOP 排泄速度を測定した。併せて、LDOP を含む各種リン化合物排泄速度について種または分類群別にその時系列変化をみることで、生理生態学的な観点から知見を集積した。

最後に、第 7 章では各章から得られた結果をもとに、北太平洋外洋域における LDOP 動態が上述の環境パラメータ、窒素固定、微量金属、動物プランクトン排泄などによってどのように制御されるのか、また各要因の相互関係について総合的な考察を行うとともに、今後の研究課題について論じた。

以上、本研究によって、これまで知見がほとんどなかった外洋域における LDOP の動態について、ME および DE が北太平洋亜熱帯貧栄養海域において重要なリン源であること、その濃度が北太平洋の広範囲にわたって時空間的にナノモルレベルの低い水準にあること、また、その中でも分布傾向に特定のパターンがみられることが初めて明らかになった。そして、その動態における窒素固定生物による利用および動物プランクトンの排泄が密接に関与することが示された。さらに、北太平洋において鉄や亜鉛がリン利用の律速要因となる可能性が初めて示された。

これらの研究成果は、学術上応用上寄与するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。