

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 北島 聡

熱帯・亜熱帯海域の大部分は、成層が発達して表層の栄養塩類濃度が極めて低い貧栄養状態にあり、このような海域では窒素固定能をもつ生物が重要な基礎生産者である。海洋の窒素固定研究は、群体を形成するシアノバクテリア *Trichodesmium* 属に集中して進められてきた。近年、ピコ・ナノプランクトンサイズの窒素固定者が広範に分布していることが発見されたが、これら新規の小型窒素固定者の生態学的知見は極めて乏しい。本研究は太平洋熱帯・亜熱帯海域において、小型窒素固定者の生態を、マイクロプランクトンサイズの窒素固定者と比較しながら明らかにすることを目的として行ったものである。審査においては、西部北太平洋熱帯・亜熱帯海域、東部太平洋熱帯・亜熱帯海域、および夏季の東シナ海における観測航海で得られたデータに基づく解析の妥当性および、得られた結果の水圏生物科学的意義および生物地球科学的意義に重点がおかれた。

まず、本研究では窒素固定の測定法について検討を行った。窒素固定活性の測定法にはアセチレン還元法と重窒素法があるが、培養終了後に窒素固定生物の査定をすることに重点をおき、本研究ではアセチレン還元法を採用したが、アセチレン中に夾雑するエチレンのために重窒素法に比べて感度が低いとされてきた。本研究では純度 99.9999% のアセチレンを使うことで、生成するエチレン濃度の検出限界を従来法に比べて 1 桁下げ、さらに培養容器の気相部分の容積を海水容量に比べて増やすことで、検出感度を高めた。

西部北太平洋熱帯・亜熱帯海域と東シナ海では、観測を行った全測点で窒素固定活性が認められたのに対し、東部太平洋熱帯・亜熱帯海域では、活性が検出された測点はハワイ近傍の 2 点のみであったことから、先行研究の結果と併せて、太平洋熱帯・亜熱帯海域の窒素固定は西高東低の分布を示すことを示した。本研究で特筆されることは、西部北太平洋熱帯・亜熱帯海域において、黒潮および黒潮続流の南縁から北赤道海流域の

塩分フロントの北縁までの亜熱帯循環域において、周辺海域に比べ高い窒素固定量が存在することを初めて明らかにしたことである。この海域では、シミュレーションで見積もられたダスト降下量が、より南方の海域と比べて高かったことから、ダストによる鉄供給を受けて窒素固定が高められと説明した。この窒素固定活性の高い海域ではリン酸塩が<100 nM と周辺海域と比べて極めて低濃度であったが、これは固定された窒素を利用する過程でリン酸塩が活発に消費された結果と解釈した。

調査海域における主要な窒素固定者は<10 μm 画分にあった。この画分の窒素固定活性は、ナノプランクトンサイズの単細胞性シアノバクテリア（以下、ナノシアノバクテリア）の現存量と有意な相関を示したことから、ナノシアノバクテリアが主要な窒素固定者であるとした。さらに、ナノシアノバクテリア以外にもこの画分にはこれまで知られていない窒素固定者が存在する可能性も示した。

一方、ミクロプランクトンサイズの *Trichodesmium* spp. と *Richelia intracellularis* は、夏季に高い現存量を示し、冬季には殆ど分布しないことなど、ミクロプランクトンサイズの窒素固定者と小型窒素固定者では、分布に違いがあることを示し、前者が局所的な出現であるのに対して、後者が広範な分布型であることを示した。また、前者の窒素固定量が高い測点では、後者の窒素固定量が相対的に低く、両者は異なる環境条件要求性をもつことを示した。

現場海域から単離したナノシアノバクテリア、*Trichodesmium erythraeum* と *R. intracellularis* の増殖特性についての培養株を使った実験的解析から、光量や栄養塩が十分な場合、*T. erythraeum* の増殖速度が、ナノシアノバクテリアや *R. intracellularis* に比べて低いこと明らかにし、研究海域におけるナノシアノバクテリアの広範な分布を増殖速度から説明した。

以上、本研究により、西部北太平洋熱帯・亜熱帯海域では、ナノシアノバクテリアが重要な窒素固定者であることを初めて明らかにした。また、これらの小型窒素固定者は、ミクロプランクトンサイズの窒素固定者とは異なる生態、異なる環境応答特性をもつこと、さらにこれまで知られていないピコ・ナノプランクトンサイズの窒素固定者の存在が示唆され、海洋に出現する窒素固定の多様性が、様々な海洋環境において窒素固定が行われることを可能にしていると結論した。このように本研究は太平洋亜熱帯海域の窒素固定と窒素固定者の生態に関して、新たな展開を与え、学術上も応用上も極めて貢献するところが大きい。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。