

[ 別紙 2 ]

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 松本 和彦

太平洋赤道域は、東部の湧昇の影響を受けた生物生産力の高い海域と、西部の貧栄養環境のため生産力の低い海域が分布し、ENSO (エルニーニョ・南方振動) に応じて両海域は東西に移動し、それに伴い生産力の地理分布も変動する。東部の湧昇域では 1990 年代前半に集中的な物質循環研究が実施され、植物プランクトン群集動態や一次生産に関する多くの知見が集積したが、西部の暖水域では、船舶観測例が乏しく、生産力に関する知見が限られ、このため ENSO が赤道域の炭素循環に及ぼす影響評価も遅れている。本研究で暖水域を中心に、湧昇域へと移行する海域を含めて植物プランクトンの群集動態および一次生産の変動を把握し、ENSO との関係性を明らかにすることを目的として、1994 年から 2003 年まで 10 年間にわたって太平洋西部から中部の赤道上で観測研究を実施し、その結果に基づき新たな知見を得たものである。

まず、律速栄養塩である硝酸塩の表面濃度に基づいて観測海域を、暖水域 ( $<0.1 \mu\text{M}$ )、移行域 ( $0.1 \mu\text{M} - 4 \mu\text{M}$ ) および湧昇域 ( $>4 \mu\text{M}$ ) に区分し、栄養塩濃度の違いが植物プランクトン群集動態に及ぼす影響を評価した。対象海域全般にわたりピコ植物プランクトンが優占群集であったが、その群集動態は各海域で異なることを初めて見出した。暖水域では最も小型の植物プランクトンである原核緑藻類 *Prochlorococcus* がアンモニアなどの再生された窒素源を利用して高い現存量を示すのに対して、湧昇域ではピコ真核植物プランクトン現存量が顕著に高いことを捉えた。一方、*Synechococcus* は硝酸塩濃度が湧昇域より低い移行域でその現存量が最大となることを明らかにした。これらの 3 海域における優占群集の違いを、水柱の安定性に依存する光環境と硝酸塩分布の違いから説明されると結論した。

発達したエルニーニョ期には暖水域表層でも硝酸塩濃度の増加が確認されたことから、エルニーニョに伴い表層への硝酸塩供給が増加することが示唆されたため、暖水域表層への栄養塩供給過程における水柱の安定性についてさらに解析を進めた。鉛直混合による下層からの供給の増加が考えられるが、水塊の鉛直混合を直接、観測から捉えることは困難である。そこで本研究では、*Prochlorococcus* に含まれる補助色素のゼアキササンチンとクロロフィル *a* (*chl-a*) の鉛直分布から水塊の安定度を評価することを提案した。すなわち細胞内 *chl-a* 量は光順化によって暗所で増

加することから、安定した水柱ではゼアキサンチン/chl-*a* 比は鉛直的に減少し、その鉛直勾配は水柱安定度を示すことがモデルシミュレーションによって確認された。強風時にはゼアキサンチン/chl-*a* 比は鉛直的に均一な分布を示し、水温躍層付近まで実際に風成混合が生じていることが確かめられた。エルニーニョ期には、暖水域では水温躍層に伴って硝酸塩躍層も浅くなるため、風成混合によって暖水域表層にも栄養塩が断続的に供給されていることが示唆された。

次に、一次生産量の変動を解析した結果、暖水域から湧昇域にかけて水柱積算 chl-*a* 量に大きな差はないが、水柱積算一次生産量は暖水域では湧昇域の半分以下であることを明らかにした。このような一次生産量の海域による違いは、暖水域では亜表層極大を形成していることが主原因となっており、海域毎の chl-*a* 鉛直分布の違いを反映した結果であることを示した。それに加えて、硝酸塩が豊富な海域で高い一次生産力を示すピコ真核植物プランクトンが湧昇域で顕著に増加することも要因として加わることを見出した。また、エルニーニョ期には暖水域では硝酸塩躍層が浅くなるため、そこで増加したピコ真核植物プランクトンにより一次生産が高まることも明らかになった。エルニーニョ期には表層の貧栄養海域が東部に広がるため太平洋赤道域の一次生産量は低下するが、暖水域の亜表層ではピコ真核植物プランクトンによる一次生産量の増加が生じていることを示した。

以上、本研究は、これまで知見が乏しかった暖水域から湧昇域にいたる太平洋赤道域における植物プランクトン群集動態および一次生産量の変動様態を明らかにし、それが ENSO に伴う栄養塩と水柱の安定度の変動に起因することを明らかにした。このように本研究により、ENSO が赤道域の生物生産性に及ぼす影響が明らかになり、全球的な生物生産および炭素循環変動過程の解明に大きく貢献するものである。このように本研究は太平洋赤道域における ENSO と植物プランクトン群集動態および一次生産の関連を解明する上で新たな展開を与え、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。