

論文の内容の要旨

水圏生物科学専攻

平成15年度博士課程 進学

氏名 三木 周

指導教員名 古谷 研

論文題目 指標色素を用いた海洋植物プランクトンの群集動態に関する研究

植物プランクトンは海洋における主要な一次生産者であり、その現存量は様々な時間スケールで起こる環境要因の変化に反応して変動する。植物プランクトン群集を構成する種は多様であり、それぞれ海洋生態系内の物質循環において異なる役割を果たすと考えられている。このため植物プランクトン現存量の変動がどのような種によって担われているかを解明することは、生態系の機能を理解するうえで重要である。植物プランクトンには、サイズが小さく、細胞が脆弱な種が多く、通常の検鏡法による組成解析が困難な場合が多い。このような種は海洋において普遍的に分布し、特に外洋では主要な一次生産者となっている。このため、環境変動に反応する反応解析では、これらの種を含む群集全体を解析することが可能な手法が必要である。これには、指標色素の解析が有効である。これは各分類群に特徴的な色素を指標にして群集組成を解析するものである。この方法で識別される分類群は、厳密な意味で分類学上の分類群とは正確には対応しない、いわば「機能的グループ」として認識されて、これまで、様々な海域において有効性が確認され、植物プランクトン群集組成解析が進められてきた。しかし、これを海盆スケールに適用した研究例は乏しい。本研究は、熱帯、亜熱帯、亜寒帯、極域と太平洋および南大洋の広範な海域を対象に、海盆スケールで植物プランクトン群集構造の空間変動を、植物色素を指標にして明らかにすることを目的とした。

熱帯および亜熱帯海域の観測は、2000年2月および2002年11-12月にスールー海と周辺海域で、2001年1月に赤道域西部暖水塊および東部湧昇域で、2001年12月に南太平洋亜熱帯循環域で行った。亜寒帯海域および極域の観測は、2002年1月および2月に、南大洋インド洋区の亜南極海、南極海開水面域および夏季ブルームが形成される南極海海水域で行った。全ての海域で、試料海水を200 m以浅の7-14層から採取し、懸濁物中の指標色素を高速液体クロマトグラフィーにより分離、定量した。指標色素組成を基に因子分析により、網レベルで植物プランクトン群集組成を解析した。

熱帯・亜熱帯域においては、成層が発達して表層付近では栄養塩濃度が著しく低く、湧昇や鉛直混合に起因する硝酸塩の供給に応答した植物プランクトン群集組成の変動が捉えられた。スールー海とその周辺海域では、モンスーンに対応して植物プランクトン現存量と組成に変動が認められた。南東モンスーンの影響下ないしは、北東モンスーンの影響を受けない時期は、表層から混合層底部まで硝酸塩が枯渇し、混合層内のクロロフィル *a* 濃度は平均 $0.1 \mu\text{g l}^{-1}$ 以下と低く、原核緑藻類、次いでプリムネシオ藻類が主要であった。硝酸塩躍層付近には、クロロフィル *a* 濃度約 $0.5 \mu\text{g l}^{-1}$ の亜表層極大が形成され、原核緑藻類、プリムネシオ藻類、黄金色藻類が主要構成者であった。北東モンスーンの影響を受けると、鉛直混合がより発達して混合層が深化し、表面水温の低下から硝酸塩の表面への付加が示唆された。これにตอบสนองして表面のクロロフィル *a* 濃度は $0.3 \mu\text{g l}^{-1}$ 以上に上昇した。亜表層クロロフィル極大の深度は30 m付近に浅くなり、クロロフィル *a* は $0.7-0.8 \mu\text{g l}^{-1}$ に増加した。このような高クロロフィル *a* 水塊では、珪藻類が主要な分類群であり、プリムネシオ藻類など、珪藻類以外の真核藻類がこれに次いだ。

西部赤道域暖水塊および南太平洋亜熱帯循環域では、表層から混合層底部まで硝酸塩が枯渇し、硝酸塩躍層以浅の混合層内のクロロフィル *a* 濃度は平均 $0.1 \mu\text{g l}^{-1}$ 以下と低かった。このような低クロロフィル *a* 水塊では、原核緑藻類が全クロロフィルの平均約40%を占め、次いでプリムネシオ藻類が平均約20%程度であった。その他は、シアノバクテリア、黄金色藻類、緑藻類、渦鞭毛藻類が様々な割合で植物プランクトン群集を構成した。硝酸塩躍層付近には、クロロフィル *a* 濃度約 $0.2 \mu\text{g l}^{-1}$ の亜表層極大が形成されており、極大層付近およびそれ以深にわたり原核緑藻類、プリムネシオ藻類に加え、黄金色藻類が植物プランクトン群集の主な構成者であった。

一方、東部赤道湧昇域では、湧昇の影響を反映して硝酸塩が水柱を通して高濃度存在した。しかし、クロロフィル *a* 濃度は硝酸塩濃度から期待される程高くは無く、混合層内で $0.2 \mu\text{g l}^{-1}$ 程度と、前述した海域より若干高い程度であった。既往知見か

ら、植物プランクトン群集は鉄制限を受けて、いわゆる高栄養塩低クロロフィル状態であったと考えられる。東部赤道湧昇域の植物プランクトン群集組成は、低クロロフィル *a* 水塊同様に、原核緑藻類が卓越し、プリムネシオ藻類がこれに次いだ。

亜寒帯および極域では、栄養塩は十分に存在し、混合層内のクロロフィル *a* 濃度の地理的変動は、混合層深度と対応した。南極海海水域では、混合層深度が 40 m 以下と浅く、水温躍層よりも上に夏季ブルームが発達しており、表面付近のクロロフィル *a* 濃度は $2-5 \mu\text{g l}^{-1}$ と高かった。ブルームは構成者の違いにより 2 種類認められ、珪藻類主体のものと、プリムネシオ藻類主体のものが観察された。これら主要構成者がどのような条件で異なるブルームを形成するかについては、混合層深度などの環境要因とつぎ合わせた解析を行ったが明らかにはならなかった。一方、開水面域では、低緯度側に向けて混合層深度が 50 m 程度から 100 m 程度へと深くなった。これに応じて、混合層内のクロロフィル *a* 濃度は $0.7 \mu\text{g l}^{-1}$ 程度から $0.1 \mu\text{g l}^{-1}$ 以下へと低下し、混合層深度の増加に伴う光環境の悪化が示唆された。開水面域では、概ね珪藻類が卓越したが、北側のクロロフィル *a* 濃度が $0.1 \mu\text{g l}^{-1}$ 以下の水塊では、プリムネシオ藻類が卓越した。これに対して、亜南極海では混合層深度が 30-40 m と浅く、南極海開水面域に比べクロロフィル *a* 濃度が高かった。特に、亜熱帯収束線内と考えられる北部の測点では、 $0.2 \mu\text{g l}^{-1}$ 程度のクロロフィル *a* が存在し、これは珪藻類主体の群集で構成された。

各分類群の海盆スケールの分布は、以下のように整理された。珪藻類、プリムネシオ藻類、黄金色藻類、渦鞭毛藻類は、熱帯から極域にかけて広範囲に分布した。このうち、珪藻類はスルー海の鉛直混合が発達した測点、亜南極海北側、南極海の海水域と開水面域南側と、表層の栄養物質が豊富な水塊において高い現存量を示した。また、海域による現存量の変動幅が大きいという特徴を示した。渦鞭毛藻類は珪藻類同様に表層により多く分布したが、海域による現存量の変動幅は珪藻類と比べ、小さかった。一方、プリムネシオ藻類は栄養塩濃度の高低によらず表層から有光層まで比較的広範囲に分布した。黄金色藻類はプリムネシオ藻類と類似した地理分布を示したが、より深層において現存量が増加する傾向にあった。原核緑藻類およびシアノバクテリアは熱帯域から南太平洋亜熱帯循環南側まで存在し、有光層底部で優占する傾向を示し、水平的には水温の影響受けると考えられ、南極周極流では、急激に現存量が低下した。シアノバクテリアは原核緑藻類より表層において現存量が高かった。クリプト藻類およびプラシノ藻類は、外洋より縁辺海や南極海の沿岸において現存量が高くなる傾向を示し、沿岸性であることが示唆された。緑藻類も同様に、縁辺海、南極海沿

岸、赤道湧昇域において高い現存量が認められ、高栄養塩環境を好むと考えられた。

熱帯・亜熱帯表層では、全クロロフィル *a* が $0.3 \mu\text{g l}^{-1}$ 以下の低濃度域では、原核緑藻類とプリムネシオ藻類のクロロフィル *a* が、それぞれ、全クロロフィル *a* と有意な正の相関を示した。これに対して、 $0.3 \mu\text{g l}^{-1}$ 以上の濃度範囲での変動は、珪藻類とそれ以外の真核藻類群によるものであった。亜寒帯域・極域全体では、全クロロフィル *a* の変動は、珪藻類とプリムネシオ藻類のクロロフィル *a* で説明された。さらに亜南極海と南極海開水面域のうち、クロロフィル *a* 濃度が $0.5 \mu\text{g l}^{-1}$ 以下の低濃度域では、珪藻類がおもにクロロフィル *a* 変動に寄与するものであり、プリムネシオ藻類の寄与は少ない事が明らかになった。

以上、本研究から、太平洋と南大洋において、海盆スケールでの環境要因の違いと、これに対応した植物プランクトン群集組成が明らかになった。さらに、海氷域周辺を除く南大洋と太平洋熱帯亜熱帯域の表層については、クロロフィル *a* 濃度から、植物プランクトン群集組成が推定できることを明らかにした。これは、光や栄養物質などの要求量の違いやそれらの変動に対する敏感性が分類群によって異なる結果として、空間分布の違いに現れている、即ちボトムアップ制御の重要性を示唆している。近年、海色衛星情報から、海域の優占グループを推定する研究が始まっているが、現在は珪藻類にとどまっている解析が、本研究の結果により、その他の分類群について展開される可能性が期待される。