

学 位 論 文 題 名

化学指標による北太平洋の植物プランクトン生物量

および群集組成とその変動の解析

学位論文内容の要旨

海洋における植物プランクトン生物量および群集組成を見積もるために、古くから顕微鏡観察が行われたきたが、ピコプランクトンを含むその生物量と群集組成の正確な見積りには多大な労力と技術を要する。近年、高速液体クロマトグラフィー

（HPLC）により植物色素を分離・定量し、植物プランクトン分類群の光合成色素組成の特徴を利用し、植物プランクトン群集組成を調べる研究が多く行われている。しかしその研究は赤道域、熱帯域また沿岸域に関しては多いが北部北太平洋を中心とした研究は少ない。そこで本研究ではHPLCを用いて植物色素を分離・定量し、北太平洋中央部、西部、東部（アラスカ湾）およびベーリング海における植物プランクトン群集組成の空間的変動を明らかにすることを目的とした。また今までほとんど行われていない冬季観測を行い、冬季北太平洋およびベーリング海の植物プランクトン生物量および群集組成を明らかにするとともに、冬季と夏季の比較から北太平洋における植物プランクトン生物量と群集組成の季節的消長を明らかにすることを目的とした。

夏季北太平洋およびベーリング海における植物プランクトン群集

夏季観測は1996, 1997, 1998年および1999年の6-8月の間に北太平洋中央部（180°, 175° 30' E）, 西部（155° E）, 東部（アラスカ湾, 145° W）およびベーリング海南東部（165° W）の南北ライン上において行われた。色素分析の結果、夏季のほとんどの海域においてフコキサンチン（珪藻指標）, 19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチン（ハプト藻指標）, 19'-ブタノイルオキシフコキサンチン（黄金色藻指標）, クロロフィル *b*（緑藻指標）, アロキサンチン（クリプト藻指標）およびゼアキサンチン（シアノバクテリア指標）が確認された。色素組成は海域ごとに変動していたが、夏季北太平洋においては主に19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチンお

よびフコキサンチンが優占する色素組成から、珪藻およびハプト藻が優占種であり、その他の分類群として黄金色藻、緑藻、渦鞭毛藻、シアノバクテリアおよびクリプト藻が存在していた。珪藻およびハプト藻が優占する中央部亜寒帯域、亜熱帯域およびアラスカ湾においては鉛直的な群集組成の変動がほとんど無かった。しかし中央部移行領域および西部においてはクロロフィル *a* 濃度の変動が大きく、また表層部でシアノバクテリアが最も優占する海域があり、その海域では深度に伴い優占種がシアノバクテリアから珪藻およびハプト藻へ変化していた。また強い水温躍層の発達していたベーリング海南東部においては主に珪藻が優占していたが、観測海域の狭い範囲で植物プランクトン生物量および群集組成が変動し、同時に鉛直的な変動も大きい傾向にあった。この植物プランクトン群集組成の変動にはベーリング海の強い季節躍層の発達、栄養塩濃度および栄養塩組成が影響していると考えられる。

冬季北太平洋およびベーリング海における植物プランクトン群集組成

冬季観測は北太平洋中央部（180°）、西部（165° E）およびベーリング海（180°）の南北ライン上において1998年2月に行われた。冬季の海洋表層は冷却と荒天により混合し、水温・塩分の均一な混合層が100-200mの厚さで発達していた。混合層中では栄養塩等の化学成分がほぼ均一に分布していた。クロロフィル *a* 濃度は亜熱帯域、移行領域、亜寒帯域、ベーリング海の順に低く（一元配置の分散分析、 $p < 0.05$ ）、夏季と逆の傾向を示した。フコキサンチンおよび19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチンが優占する色素組成から、植物プランクトン優占種は珪藻およびハプト藻であり、19'-ブタノイルオキシフコキサンチンおよびクロロフィル *b* が多く存在したことから黄金色藻および緑藻がそれらに次ぐ種であった。しかしシアノバクテリア指標色素のゼアキサンチンの濃度から、夏季に亜熱帯や移行領域で多いシアノバクテリアが冬季は少なかった。冬季の植物プランクトン群集組成は単純であり、観測が行われた海域中での変動は小さく、また鉛直的な変動もなかった。その理由として観測海域全域で激しい鉛直混合がおきていたこと、常に栄養塩が十分に供給されていたこと、また動物プランクトンによる捕食圧が小さかったこと等が考えられる。

植物プランクトン生物量と群集組成の季節変動

北太平洋亜寒帯域および移行域において、冬季2月および夏季6・8月に行われた調査から、北太平洋における植物プランクトン生物量および季節変動を明らかにした。

冬季2月においては、移行領域・亜寒帯域共にクロロフィル *a* 濃度が約 $0.5 \mu\text{g l}^{-1}$ であり、またフコキサンチンおよび19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチンが優占する色素組成から、優占していた植物プランクトンは珪藻およびハプト藻であった。

移行領域の6月においてクロロフィル *a* 濃度は $0.3\text{--}0.5 \mu\text{g l}^{-1}$ であり、冬季のクロロフィル *a* 濃度よりも低い。また表層部でゼアキサンチンが多く、フコキサンチンおよび19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチンが少なかったことから、シアノバクテリア生物量が高く珪藻およびハプト藻は少なかった。8月になると表層部のクロロフィル *a* 濃度が $1.0 \mu\text{g l}^{-1}$ まで増加し、19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチンの濃度が高く、フコキサンチンの濃度は6月とほとんど変わらなかった。この事実から8月はハプト藻の生物量が増加し、珪藻は相対的に少なかったことが考えられる。

亜寒帯域においては6月に表層部の栄養塩が冬季よりも大きく減少し、クロロフィル *a* 濃度が $1 \mu\text{g l}^{-1}$ 以上の値を示していた。19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチンおよびフコキサンチンが多い色素組成から、ハプト藻および珪藻が優占していた。8月になるとクロロフィル *a* 濃度が約 $0.5 \mu\text{g l}^{-1}$ へと減少し、またフコキサンチンの濃度が減少し、ゼアキサンチンの濃度が増加していたことから、6-8月の間に珪藻の減少とシアノバクテリア生物量の増加があった。

北太平洋の植物プランクトン生物量と群集組成に移行領域と亜寒帯域で異なった季節変動が見られ、その要因として水柱の安定性や水温等の物理的な要因や動物プランクトンの捕食圧等の影響が考えられる。

植物プランクトン色素の日周変動

夏季北太平洋亜寒帯域において培養実験を行い、HPLCによる色素分析に加えて真核藻類と原核藻類の計量に有効なフローサイトメーターを用いて、植物プランクトン色素の日周変動について調べた。色素組成から培養中の植物プランクトン群集組成に日周変動は見られず、同時にフローサイトメーターの分析結果から真核藻類、シアノバクテリアともに細胞数の変動は小さかった。植物プランクトン細胞中のクロロフィル *a* を初めとするほとんどの色素量は午前中から正午にかけて減少し、正午から夕方にかけて増加していた。しかしゼアキサンチンは他の色素と異なり、日中に増加し深夜にかけて減少するという傾向を示した。ゼアキサンチンの他の色素と異なる日周変動はOmata and Murata (1983) が示したようにゼアキサンチンの強光から細胞を防御するという生理的な役割を持つことが原因であると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 米 田 義 昭

副 査 教 授 松 永 勝 彦

副 査 助 教 授 築 田 満

学 位 論 文 題 名

化学指標による北太平洋の植物プランクトン生物量 および群集組成とその変動の解析

本研究は高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により海洋の植物プランクトン色素を分離・定量し、植物プランクトン分類綱の光合成色素組成の特徴を利用し、植物プランクトン群集組成を明らかにすることを目的として行われた。研究対象海域は北太平洋中央部、西部、東部 (アラスカ湾) およびベーリング海とし、夏季とこれまで殆ど行われていない冬季の植物プランクトン生物量および群集組成を明らかにし、植物プランクトン生物量と群集組成の季節的消長を明らかにした。得られた成果の概要は下記の通りである。

(1) 夏季北太平洋およびベーリング海における植物プランクトン群集

全ての海域においてフコキサンチン (珪藻指標), 19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチン (ハプト藻指標), 19'-ブタノイルオキシフコキサンチン (黄金色藻指標), クロロフィル *b* (緑藻指標), アロキサンチン (クリプト藻指標) およびゼアキサンチン (シアノバクテリア指標) が確認された。色素組成は海域ごとに変動し、夏季北太平洋においては19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチンおよびフコキサンチンを主成分とする色素組成から、珪藻およびハプト藻が優占種であり、その他の分類群として黄金色藻、緑藻、渦鞭毛藻、シアノバクテリアおよびクリプト藻が存在していた。珪藻およびハプト藻が優占する中央部亜寒帯域、亜熱帯域およびアラスカ湾においては鉛直的な群集組成変動がほとんど無かった。しかし、亜寒帯と亜熱帯の中間に位置する移行領域においてはクロロフィル *a* 濃度の変動が大きく、また表層部でシアノバクテリアが最も優占する海域があった。その海域では深度に伴い優占種がシアノバクテリアから珪藻およびハプト藻へ変化していた。また水温躍層が顕著なベーリ

ング海南東部は観測海域の狭い範囲で植物プランクトン生物量および群集組成が変動し、同時に鉛直的変動も大きい傾向にあった。これは水温躍層の発達の強弱による栄養塩供給が影響していると結論した。

(2) 冬季北太平洋およびベーリング海における植物プランクトン群集組成

冬季は水温・塩分の均一な混合層が100-200mの厚さで発達し、混合層中では栄養塩等の化学成分がほぼ均一に分布していた。クロロフィル *a* 濃度は亜熱帯域、移行領域、亜寒帯域、ベーリング海の順に有意性に低く、夏季とは逆の傾向を示した。色素組成から、植物プランクトン優占種は珪藻およびハプト藻であり、黄金色藻および緑藻がそれらに次ぐ種であった。冬季の植物プランクトン群集組成は夏季に比べて単純であり、鉛直的な変動も小さかった。その原因は有光層内の鉛直混合による栄養塩が十分であり、かつ低温により動物プランクトンの捕食圧が小さかったためと推定した。

(3) 植物プランクトン色素の日周変動

植物プランクトン色素の日周変動について検討した結果、植物プランクトン群集組成に日周変動は見られず、同時にフローサイトメーターの分析結果から真核藻類、シアノバクテリアともに細胞数の変動は小さかった。一方、クロロフィル *a* およびゼアキサンチンを除く補助色素色素量は午前中から正午にかけて減少し、正午から夕方にかけて増加していた。しかし、ゼアキサンチンは日中に増加し深夜にかけて減少するという傾向を示した。ゼアキサンチンの他の色素と異なる日周変動はOmata and Murata (1983) が示したようにゼアキサンチンの強光から細胞を防御するという生理的な役割を持つことが原因であると考えられる。光合成色素の種類によって生体内における明・暗期における代謝活性に相違があるという興味深い現象を見いだした。

審査委員は本研究が植物プランクトン光合成色素の分離・定量を応用し、北部北太平洋を中心とする海域の生物群集の特徴を明確にした成果を含んでいることから、審査委員は申請者に対して博士（水産学）の学位を授与するに値するものと判定した。