

学 位 論 文 題 名

Population dynamics of living coccolithophore
in relation to hydrography of the Northwest
and Equatorial Pacific Ocean

（北西太平洋および赤道太平洋の海洋環境と
現生石灰質ナノプランクトン群集の相関解析）

学位論文内容の要旨

コッコリス化石群集を用いた古海洋環境復元のためには、現生群集と環境要因の関係を把握することが必要であるが、太平洋における石灰質ナノプランクトン群集の分布や、群集の垂直構造と環境要因との関係は、一部の限られた海域を除いて明らかになっていない。

北太平洋の表層水循環は Subarctic Gyre と Subtropical Gyre の二つに大別できる。全球的な気候変動はこれらの大循環の緯度分布に影響を及ぼすことが明らかになっている。Subtropical Gyre の中では、西太平洋暖水塊（WPWP）の形成および、その東西変動（ENSO）が全球的な気候システムと密接な関わりを持っている。本研究では Subarctic Gyre と Subtropical Gyre での群集の違い、及び、赤道海流系内での群集の東西変化と水塊の関係を明らかにするために、北西太平洋（日本沿岸）と、赤道太平洋全域（N20°-S20°）で、表層群集分布の実態を明らかにした。また西-中央赤道太平洋の有光層内で群集垂直構造を調べ、水塊構造との関係を明らかにした。

以下の全ての群集組成の解析の課程において、*Emiliania huxleyi* と *Gephyrocapsa oceanica* の形態に種内変位が観察されたため、これらの2種について形態的特徴の違いに基づいて形態タイプ(=morphotype)の分類を行い、3タイプの *E. huxleyi* (Cold water type, Transitional type, Warm water type) と3タイプの *G. oceanica* (Type 1, 2, 3) を認識した。

北西太平洋での群集調査の結果、親潮流域、津軽暖流域、混合水域に、それぞれ特徴的な群集を確認した。親潮流域群集では、*E. huxleyi* Cold water type が多産し、*Coccolithus pelagicus* が産出する。津軽暖流域群集では *E. huxleyi* Transitional type と *G. oceanica* が優勢である。また、*Braarudosphaera bigelowii* がこの流域にのみ特徴的に分布する。混合水域以南（含・黒潮流域）では *E. huxleyi* Warm water type と *Gephyrocapsa ericsonii* が多産する。以上のように親潮流域（Subarctic Gyre）と津軽暖流域以南（Subtropical Gyre に由来する水塊）では、群集組成および、産出する *E. huxleyi* の形態タイプが違っていた。

赤道太平洋全域（N20°-S20°）での海洋表層の群集解析の結果、Flora I-VI を認識した。Flora I, II, III, IX, V はそれぞれ、small placolith-bearing taxa, *Calcidiscus leptoporus*, *Oolithotus antillarum*, *Umbellosphaera* spp. および *Rhabdosphaera* spp. が多産する事が特徴である。Flora I の分布は南アメリカ大陸西方の湧昇流域に収束し、その他の植物群集は Flora I を取り囲むように、Flora II, III, V, IV, VI の順で累帯構造を示した。海洋表層での栄養塩濃度は湧昇域から離れるほど低下するため、前者の群集の方が後者より栄養塩濃度の高い海域に分布している。Upwelling center に分布する Flora I では小型のタクサが多産し、栄養塩濃度の低い海域では中～大型のタクサが多産して、栄養塩レベルの高い海域ほど小型のタクサが多くなる傾向が明らかになった。

西一中央赤道太平洋での有光層内全体 (0-200m) での群集調査の課程で、下部有光層から未記載の石灰質ナノプランクトンを発見し、*Gladiolithus straitus* として記載した (Hagino and Okada, 1998)。

西一中央赤道太平洋から豊富に産出した主要 27 タクサを、垂直分布特性の違いに基づいて、Upper photic-zone Group (UPG), Middle photic-zone Group (MPG), Lower photic-zone Group (LPG), Omnipresent Group (OPG) に分類した。UPG, MPG, LPG のタクサの垂直分布は、有光層の成層化によって規制されていたが、OPG タクサ (*Emiliania huxleyi*, *Gephyrocapsa* spp.) は種レベルの分類では、水塊の成層化と関わらず有光層全域から産出した。しかし OPG の主要タクサである *E. huxleyi* と *G. oceanica* の形態タイプレベルの分類を行った結果、これらの形態タイプの垂直分布が、多くの石灰質ナノプランクトンと同様に水塊の成層化に規制されていた。

WPWP とそれに由来する水塊では、*E. huxleyi* Cold water type と *G. oceanica* Type 2 は下部有光層にのみ分布し、*E. huxleyi* Warm water type と *G. oceanica* Type 1 は上部有光層から多産する。一方、Upwelling front 周辺の上部有光層が富栄養化している水塊では、*E. huxleyi* と *G. oceanica* のすべての形態タイプが上部有光層で多産した。WPWP の下部有光層水は Upwelling front の上部有光層水と水理学的 (水温・塩分濃度・栄養塩濃度) に似ているため、*E. huxleyi* Cold water type および *G. oceanica* Type 2 は、高塩分・高栄養塩環境に対応したタクサであると言える。また *G. oceanica* Type 1 は貧栄養な表層水に対応していると言える。

赤道海流系の内部では、上部有光層群集は表層水塊の特性に対応して変化するが、下部有光層群集は表層水塊の変化に関わらず一定であった。そのため有光層全体での群集の特徴は、上部有光層群集の特徴を反映する。上部有光層内でのエコロジカルグループの組成の違いに基づいて、3つの植物相を認識し、それらを水理学的特性に基づいて、High Temperature Flora, Warm Oligotrophic Flora, Warm Eutrophic Flora と名付けた。

過去の研究では、UPG が卓越する High Temperature Flora や Warm Oligotrophic Flora のような群集は、一般的に Gyre water に分布していると理解されて来た (e.g. Young, 1994., Jordan and Chamberlain, 1997)。本研究で、赤道直下の西赤道太平洋に UPG が卓越する群集が存在した理由は、WPWP とそれに由来する水塊が強く成層化しているためであると考えられる。

有光層が成層化の強化によって上部有光層の栄養塩濃度が下がると MPG は分布層準を上部有光層から下部有光層へ移し、OPG の生息密度が最も高い深度は、海洋表層から中部有光層に移動する。この結果は、上部有光層での MPG や OPG の分布は栄養塩濃度にコントロールされていることを示す。

High Temperature Flora と Warm Oligotrophic Flora の上部有光層の栄養塩レベルは同程度であるため、High Temperature Flora で上部有光層に OPG が分布しないのは、OPG の生育を高い水温が阻害しているためと推測できる。

赤道海流系の中では、下部有光層群集の絶対頻度は表層水塊の違いに関わらず変化しない。一方有光層の成層化の強化 (海洋表層での水温上昇および栄養塩濃度の低下) は、OPG の絶対数の減少をもたらす。そのため有光層全体での Omnipresent Group に対する Lower photic-zone Group の相対頻度の変化は、水塊の混合の程度を示す proxy として有効であることが証明した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	岡田	尚武
副査	教授	増田	道夫
副査	教授	小泉	格
副査	助教授	藤原	嘉樹

学位論文題名

Population dynamics of living coccolithophore in relation to hydrography of the Northwest and Equatorial Pacific Ocean

(北西太平洋および赤道太平洋の海洋環境と
現生石灰質ナノプランクトン群集の相関解析)

近年、石灰質ナノプランクトンは海洋における炭素循環の重要な担い手として注目されている。また、石灰質ナノプランクトンは、地球気候に影響を及ぼす DMS や古水温測定に有効なアルケノンを生産することが明らかになったこともあり、その化石である石灰質ナノ化石が、古海洋学的研究に有効な指標として盛んに研究されている。しかし、石灰質ナノ化石を用いた古環境解析のために必要な、現生石灰質ナノプランクトン群集の分布と環境要因の関係については、研究例がまだ限られている。特に最大の海洋であり、地球気候に大きな影響を与える熱帯太平洋と南太平洋における研究例が極めて少ない。

そこで申請者は、太平洋の3つの海域において、現生石灰質ナノプランクトンの生物地理と生態学的適応を研究した。まず、東北日本太平洋沿岸域における現生石灰質ナノプランクトンの生物地理を研究し、親潮流域、津軽暖流域、混合水域という水塊の違いに対応した群集の違いを明らかにした。また、現在地球規模で最も普遍的な種である *Emiliania huxleyi* のココリスの形態タイプの組み合わせが、上記水塊間において異なることも明らかにした。日本近海における現生石灰質ナノプランクトンの生物地理についてはまだ散点的な情報しかないという状態であったが、この研究によって、親潮本流における群集の特性と、黒潮から派生した水塊と親潮が混合した水塊中での群集の実体が明らかになった。

次に、米国と日本の研究船を用いておこなわれた12回の異なる航海で熱帯—亜熱帯太平洋全域から採取された多数のフィルター試料を用いて、この海域における現生石灰質ナノプランクトンの生態と生物地理を研究した。その結果、熱帯—亜熱帯太平洋では、1) 栄養塩濃度と水温の東西変化に対応して群集組成が変化し、5つの異なる群集が存在すること、2) 湧昇流の発達する東部熱帯太平洋では小型のプラコリスが卓越すること、3) 湧昇域から離れて栄養塩濃度が低下するのに伴って中～大型のタクサが多産してくること、を明らかにした。これは、過去のエルニーニョ発達史を解明する有力な手段を得たことを意味し、ピストンコアの研究から最近提案された、湧昇流に特有なナノ化石群集を現生群集から具体的に実証した、初めての研究例である。

さらに、西太平洋熱帯域と南西太平洋温帯域の有光層各層から採取されたフィルター試料を研究し、*Gephyrocapsa oceanica* の種内形態変異を定量的に解析して、熱帯—亜熱帯海域における水塊分布の違いに対応した形態タイプが存在することと、赤道海域では上部有光層と下部有光層で *G. oceanica* のココリス形態が明確に異なることを世界で初めて明らかにした。この結果、石灰質ナノ化石の古海洋学への応用に際して、従来使われていた種レベルでの群集組成解析に加えて、*E. huxleyi* と *G. oceanica* という最も普遍的な種のココリス形態タイプの違いも利用できることになった。また、従来石灰質ナノプランクトンの垂直分布様式について、基本的には上部有光層群集と下部有光層群集という2層構造と考えられていた垂直分布様式に加えて、温度躍層に特有の群集組成があることを発見し、上昇流の存在と絡めた全く新しい垂直分布モデルを提案した。このモデルについては、昨年2月にプエルトリコで開催された第7回国際ナノプランクトン学会で発表し、画期的な新知見と評価された。さらに、熱帯太平洋の下部有光層に生息する新種を発見し、国際誌 *Phycologia* に新種 *Gladiolithus striatus* Hagino et Okada(1998)として報告した。

以上の結果は、全球規模での石灰質ナノプランクトンの生物地理を理解するうえで重要なデータを数多くもたらしたと同時に、石灰質ナノ化石を用いた古海洋学的研究にとっても重要な基礎データとなる新知見を提供した。よって申請者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格有るものと認める。