

学位論文題名

Biogeochemical roles of phytoplankton functional types
in the Southern Ocean carbon cycle

（南大洋の炭素循環における植物プランクトン機能別分類群の
生物地球化学的役割）

学位論文内容の要旨

植物プランクトン機能別分類群とは、植物プランクトンを生物地球化学的機能、あるいは生態学的機能の違いによって区分した分類群である。植物プランクトン機能別分類群の違いは海洋表層から中深層への有機炭素輸送フラックスに影響を及ぼす。その中でも、海洋基礎生産の約40%を担うとともに、一般に海洋有機炭素輸送フラックスへの寄与が大きい珪藻類の分布を広域かつ連続的に把握することは地球規模の炭素循環を理解する上でも重要である。植物プランクトン現存量指標であるクロロフィル a 濃度の衛星観測から、過去50年間の気温上昇が $2-3^{\circ}\text{C}$ に達する南極半島西部海域では、珪藻類を主とする大型植物プランクトン群集の遷移がクロロフィル a 濃度の変動に影響していた可能性が示されている。また、南大洋において、集合体を形成する殻を持たないハプト藻種である *Phaeocystis antarctica* の優占が、珪藻類に匹敵する有機炭素輸送フラックスを持つ可能性も示されている。しかしながら、植物プランクトン機能別分類群の変化といった生物的要因が南大洋の炭素循環に与える影響に関しては、未だ知見が少ない。そこで、本研究では、海洋の基礎生産力（光合成速度）に加え、植物プランクトン機能別分類群や光合成生理といった生物的要因に注目し、それらの変動が南大洋の炭素循環に与える影響を主に海表面の二酸化炭素分圧の観点から評価した。

海洋の純基礎生産力に対して植物プランクトン機能別分類群の変化がどのように関係しているのかを時空間的に評価するため、過去10年間（1997年9月から2007年8月まで）の衛星データを用いて解析を行った。さらに、現場観測データを用いて、衛星データの検証を行った。それらの結果、過去10年間にわたって夏季に純基礎生産力が減少傾向を示す海域では、同時に珪藻類が減少傾向にあることが明らかとなった。また、季節的に海氷が覆う海域においては、夏季の純基礎生産力が高

い年には珪藻類が多く優占し、逆に純基礎生産力が低い年にはハプト藻類が多く優占することが明らかとなった。このことから、南大洋における夏季の純基礎生産力の変動傾向に植物プランクトン機能別分類群の優占率が強く関与していることが示唆された。次に本研究では、珪藻類が優占する年ほど純基礎生産力が高かったという点に着目し、衛星データからは評価が困難な植物プランクトンの光合成生理特性と植物プランクトン機能別分類群との関連について、2010年12月から2011年1月に南大洋航海に参加し、調査した。植物プランクトンの光合成生理特性は光合成—光曲線実験から、植物プランクトン機能別分類群は高速液体クロマトグラフィー（HPLC）による植物色素分析から評価した。その結果、55°S以北の海域ではハプト藻類や緑藻の現存量が相対的に高く、55°S以南の海域では珪藻類の現存量が相対的に高くなる傾向が得られた。また、光合成—光曲線実験で得られた光合成生理パラメータより、珪藻類の現存量が植物プランクトン全体の50%以上を占める海域（珪藻優占海域）では、珪藻類が優占していない海域に比べて、植物プランクトンが弱光下において効率的に光合成を行っていたことが明らかとなった。最後に、南大洋における植物プランクトン機能別分類群の変化が、海表面の二酸化炭素分圧に与える影響について評価した。解析には、純基礎生産力に対して植物プランクトン機能別分類群の優占率が強く関与していた季節海水域の現場データを使用した。その結果、珪藻類の現存量および純基礎生産力と海表面二酸化炭素分圧の間に有意な負の相関が得られた。このことから、珪藻類の現存量および純基礎生産力の変化は、夏季の季節海水域における海表面二酸化炭素分圧の変動に影響を与えていたことが示唆された。

本研究により、南大洋における夏季の植物プランクトンの純基礎生産力および光合成特性は、植物プランクトン機能別分類群の優占率に強く影響を受けていることが明らかとなった。さらに、植物プランクトン機能別分類群の現存量や純基礎生産力の違いが、海表面の二酸化炭素分圧の変動と関連し、南大洋の炭素循環に対して影響を及ぼすことが示唆された。

学位論文審査の要旨

主査	准教授	鈴木	光次
副査	教授	吉川	久幸
副査	教授	三寺	史夫
副査	准教授	藤井	賢彦
副査	准教授	平	譯 享 (大学院水産科学研究院)

学位論文題名

Biogeochemical roles of phytoplankton functional types in the Southern Ocean carbon cycle

(南大洋の炭素循環における植物プランクトン機能別分類群の
生物地球化学的役割)

植物プランクトンは、海洋における主要な基礎生産者であり、海水中の二酸化炭素および光を利用して光合成を行うことにより、有機物を生産する。この有機物は生食食物連鎖や微生物食物網の過程で消費、分解されるが、その一部は海洋の中深層へ輸送され、長期間、炭素が貯蔵される。この海洋生物による炭素貯蔵機構は生物ポンプとよばれ、その効率は各植物プランクトン分類群の光合成（基礎生産）特性により大きく支配される。申請者が研究対象とした南大洋は、海洋による二酸化炭素の吸収に関して、重要な海域として知られている。しかしながら、過去50年間の気温上昇が2-3度に達する南極半島西部海域において、植物プランクトン現存量指標であるクロロフィルa濃度が有意に変化し、植物プランクトン群集の組成変化が伴っていたことが示唆された。また、南大洋の極前線以南では、ケイ酸塩殻を持つ珪藻類が植物プランクトン群集中で優占することが多いが、集合体を形成する殻を持たないハプト藻種*Phaeocystis antarctica*が、春季に大增殖し、珪藻類に匹敵する生物ポンプ能を持つことが示されている。そこで、申請者は、植物プランクトンを生物地球化学的機能、あるいは生態学的機能の違いによって区分した分類群、すなわち、植物プランクトン機能別分類群に着目し、南大洋の炭素循環における植物プランクトン機能別分類群の役割を定量的に評価することを目指した。

まず、申請者は、南大洋の純基礎生産と植物プランクトン機能別分類群との関係性を評価するために、1997年9月から2007年8月までの衛星データの解析を行った。さらに、申請者が参加した研究航海で得られた現場観測データなどを用いて、衛星データの検証を行った。これらの結果、過去10年間にわたって夏季に純基礎生産が年々減少していた極前線海域では、珪藻類現存量も減少していたことが明らかとなった。一方、季節的に海氷が覆う南極周極流南部の海域では、夏季の純基礎生産が高い年には珪藻類が植物プランクトン群集中で優占したのに対し、夏季の純基礎生産が低い年にはハプト藻類が優占していたことが判明した。これらのことから、南大洋における夏季の純基礎生産の変動傾向に対して、植物プランクトン

機能別分類群の優占率が強く関与していることが示された。

申請者は、上で記した珪藻類が優占するほど純基礎生産が高かったという点に着目し、衛星リモートセンシングでは評価が困難である、植物プランクトンの光合成生理特性と植物プランクトン機能別分類群との関連性を明らかにするため、2010年12月から2011年1月に東京海洋大学の海鷹丸による南大洋航海に参加した。この際、植物プランクトンの光合成生理特性については光合成—光曲線実験から、植物プランクトン機能別分類群は高速液体クロマトグラフィー（HPLC）による植物色素分析から評価した。その結果、極前線が位置する55°S以北ではハプト藻類や緑藻グループ（プラシノ藻類と緑藻類）の現存量が相対的に高いのに対し、極前線以南の海域では珪藻類が植物プランクトン群集中で優占していたことが明らかとなった。また、光合成—光曲線実験で得られた光合成パラメーターの測定結果より、珪藻類が優占していた海域では、珪藻類非優占海域に比べて、植物プランクトンが弱光環境に適応し、効率的に光合成を行っていたことが判明した。

さらに、申請者は、南大洋における植物プランクトン機能別分類群の変化が、海表面の二酸化炭素分圧に与える影響を評価した。その解析には、純基礎生産に対して植物プランクトン機能別分類群の優先率が強く関与していた南極周極流南部海域（季節海氷域）の現場データを使用した。その結果、珪藻類の現存量および純基礎生産と海表面二酸化炭素分圧の間に有意な負の相関が得られた。このことは、珪藻類の現存量と純基礎生産の変化が夏季の同海域における海表面二酸化炭素分圧の変化に影響を及ぼしていたことを示唆する。

申請者は、上で記したように、衛星リモートセンシングおよび現場観測を通して、南大洋の炭素循環における植物プランクトン機能別分類群の役割を定量的に把握することに成功した。また、申請者は、（独）日本学術振興会の特別研究員（DC1）に採用された。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。