

別紙 1-1

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 石田 洋

論 文 題 目

西部北太平洋亜熱帯域の植物プランクトン現存量

および沈降粒子フラックスへの気候変動の影響

(Impact of the climate change on phytoplankton biomass and  
settling particle flux in the western North Pacific subtropical region)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学宇宙地球環境研究所教授 石坂 丞二

副 査 名古屋大学大学院環境学研究科教授 角 皆 潤

副 査 北海道大学大学院地球環境科学研究院准教授

渡 邊 豊

## 別紙 1 - 2

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、西部北太平洋亜熱帯域における植物プランクトンの現存量と沈降粒子フラックスに関して、気候変動による成層の強化の影響と地球温暖化によって勢力が強くなると言われる台風の影響を調べたものである。西部北太平洋亜熱帯域は、成層が強く貧栄養海域であることが知られており、地球温暖化によって長期的に成層が強化されると生物生産や沈降粒子フラックスが減少する可能性が危惧されている。また一方で、台風によって短期的に成層が攪乱され、生物生産や沈降粒子フラックスが増加することも指摘されている。しかし、これらの影響を実測で長期間にわたって定量的に明らかにした研究はなかった。本研究では、同海域での植物プランクトンと沈降粒子フラックスの長期観測によって、成層の強化と関連すると考えられる、植物プランクトンの現存量と沈降粒子フラックスの減少や組成の変化を確認した。また、台風直後の攪乱による短期的な生物生産の増大も確認したが、沈降粒子への影響ははっきりせず、台風の生物ポンプへの影響は大きくないことが明らかとなった。

第 2 章では、夏季の西部北太平洋亜熱帯域における植物プランクトンの長期的な変動傾向を評価するために、気象庁による 1972 年から 25 年間にわたる東経 137 度線と、本人が観測に参加したプロジェクト NOPACCS・WEST-COSMIC による 1991 年から 10 年間の東経 175 度線のクロロフィル a データを解析した。137 度線では、25 年間に表層のクロロフィル a の割合が年間 0.4% 減少し、クロロフィル a 極大深度は年間 0.4 m 深くなっていた。175 度線では、3  $\mu$  m 以上のクロロフィル a の割合は年間 0.3% 減少しており、表層のクロロフィル a の割合と 3  $\mu$  m 以上のクロロフィル a の割合には強い相関があった。これらのことから、当該海域では、ここ数十年間で植物プランクトンの分布深度が深まり、大型の種類が減少しつつあることが示唆された。一方、同海域における、1997 年から 2005 年までの沈降フラックス観測で、沈降粒子中の有機炭素量が年間 0.088 mg m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>、オパール／炭酸カルシウム比が年間 0.018 それぞれ低下している傾向が認められた。同海域では 1972 年から 1997 年に、深度 75m における海水の密度 ( $\sigma_\theta$ ) は年間 0.006 低下しているのに対して、深度 200m においては変化していないことから、この海域の成層が強化されていることが考えられた。つまり、この海域では最近 30 年間で成層が強化され、大型の植物プランクトンが減少し、海洋表層の生産性が低下するとともに、下層への物質輸送量も低下し、その質の変化も生じていることが明らかとなり、地球温暖化などの気候変動による可能性が示唆された。

第 3 章では、台風による植物プランクトンの応答を評価するため、西部北太平洋亜熱帯域の定点（北緯 22.5 度、東経 131.8 度）において、2003 年から 2006 年の各年のほぼ同時期に、海洋表層の植物プランクトン群集の詳細調査を実施した結果をまとめた。2004, 2005, 2006 年には、観測前 10 日間以内に、この定点から 500km 以内を台風が通過した。2006 年にはこの定点付近では、衛星で観測した表面クロロフィル a 濃度が約 1.3 倍に増加、表面水温が約 1.6 °C 低下していた。2006 年の海洋調査の結果は、台風の影響がなかった 2003 年と比較して、深度 0 - 200 m における珪藻類が約 10 倍、藍藻類および従属栄養性バクテリアがそれぞれ約 2 倍ず

## 別紙 1－2

つ、硝酸・亜硝酸態窒素の水柱積算量は約 2.3 倍多かった。しかし、同じく台風通過後に調査を実施した 2004 年と 2005 年では、2006 年と同じようなプランクトン現存量および硝酸・亜硝酸態窒素量の増加は認められず、台風の移動速度が早かったために、生物生産の増加が顕著でなかった可能性が考えられた。また、この調査地点で沈降粒子フラックスを測定した 2002 年から 2005 年においては、測点の 500km 以内を台風が合計 20 個通過していた。特に 2004 年 10 月と 2003 年 10 月・11 月の台風通過後には、沈降粒子中のオパール／炭酸カルシウム比が増加し、円石藻類よりも珪藻類が増加した可能性を示した。しかしながら、生物起源の沈降粒子フラックスの増加は、これらの比の変化と対応しておらず、沈降する過程で時空間的に拡散してしまっている可能性も考えられた。

以上のように、本研究では、西部北太平洋亜熱帯域で、気候変動による海洋表層の成層の強化によって、ここ数十年に特に夏季から秋季において、珪藻類などの大型の植物プランクトンが減少している可能性が示唆された。また、その影響は沈降粒子フラックスにも及んでおり、長期的には生物ポンプによる炭素固定能が低下する可能性も示唆された。一方、同海域では、台風による擾乱で短期的に珪藻類や従属栄養性バクテリアが増加したが、沈降粒子フラックスへの影響は明確ではなかった。このように、西部北太平洋亜熱帯域の生産性は、短期的な大気－海洋間の相互作用で一時的に上昇する効果があるが、1970 年台から 2000 年初頭までの約 30 年間においては、地球温暖化などの気候変動による成層の強化により低下している傾向にあることを現場観測データから明らかにした。これらの研究は海洋学の発展に大きく寄与する。よって、本論文の提出者 石田 洋 君は、博士（環境学）の学位を授与される資格があるものと判定した。