

21. 極域海洋観測

国立極地研究所・福地光男 (fukuchi@nipr.ac.jp)

1. 研究の目的

地球規模気候変化を理解する上で、海洋における諸現象の時空間的解析が重要である。特に、近年の研究では、地球規模気候変化に影響を与えるガス成分の動態と海洋生物生産過程との関連が注目を集めている。例えば、大気中で増加傾向にある二酸化炭素の重要な吸収域の一つとして、植物プランクトンによる光合成過程の活発な高緯度海域である極域海洋が挙げられている。また、植物プランクトンが生成する硫化ジメチルの前駆体 (DMSP) は、引き続き起こる生物過程を通じて硫化ジメチル (DMS) となり、大気中に放出されると雲の形成を促進し、地球規模気候変化に影響を与えられている。また、これらの他にもメタンや亜酸化窒素等の生成も生物過程と密接に関連していると言われている。しかしながら、どのような生物過程がどのガス成分の動態と関連しているかについては不明な点が多く、その重点的な研究が必要である。そこで、南極海において継続的に観測データを収集し、南極域が地球規模気候変化に果たす役割を解明することを目的とした。

2. 研究の方法

日本南極地域観測隊「しらせ」や同隊が傭船した海洋観測船、並びに国内外の海洋観測船が実施する南極海航海に乗船し、海洋観測を行う。特に、南極海インド洋区において「しらせ」の航路上にあたる以下の3海域を重点観測海域として、複数の海洋観測船による時系列観測を実施している。

A 海域：海氷の張り出しが大きい、昭和基地のあるリュツォ・ホルム湾を含む、東経30～50度、南緯60度以南の海域。

B 海域：世界最大規模のケルゲレン海台を含む、東経70～90度、南緯55度以南の海域。

C 海域：海氷の張り出しが小さい、タスマニア南方の東経130～150度、南緯60度以南の海域。

平成13年度には、オーストラリア南極観測隊「オーロラ・オーストラリス」(平成13年11～12月)、東京大学海洋研究所「白鳳丸」(平成14年1月)、日本南極地域観測隊傭船「タンガロア」(平成14年2月)、日本南極地域観測隊「しらせ」(平成14年3月)により、C海域において時系列観測を実施した。平成14年度には、東京海洋大学「海鷹丸」(平成15年1月)、日本南極地域観測隊傭船「タンガロア」(平成15年2月)、

日本南極地域観測隊「しらせ」(平成15年3月)により、C海域において時系列観測を実施した。平成15年度には、「しらせ」(平成15年12月)、海洋科学技術センター「みらい」(平成16年2月)、「しらせ」(平成16年3月)により、B海域において時系列観測を実施した。平成16年度には、「しらせ」(平成16年12月)、「海鷹丸」(平成17年1月)、「しらせ」(平成17年2月)により、A海域において観測を実施する。

観測項目は、水温・塩分、栄養塩濃度等の一般的な観測に加え、海水中の二酸化炭素分圧、DMS(P)濃度、一次生産量、動・植物プランクトン現存量・種組成等、大気中の二酸化炭素濃度、エアロゾル等である。これらの観測を通じて、南極海における生物生産過程と地球温暖化に関連するガス成分の動態について研究している。

3. 研究の成果

3.1 二酸化炭素分圧と植物プランクトン量

B海域において、海水中の二酸化炭素分圧と植物プランクトン量の関係を調べた。B海域には世界最大級のケルゲレン海台が存在するが、同海台上において他の海域に比べ低い二酸化炭素分圧と高い植物プランクトン量が観測されている (Ishii et al. 1998)。これはケルゲレン海台の地形効果と考えられ、南極海インド洋区の特徴となっている。

3.2 DMS (P) 濃度

C海域において、植物プランクトン現存量、溶存態及び懸濁態DMS(P)濃度の季節変化を明らかにした。植物プランクトン量の高い海域は、海氷縁退行と伴に南下していた。懸濁態のDMSPは、植物プランクトン細胞内に存在するものと考えられるが、その濃度は植物プランクトン濃度の分布とは一致しなかった。懸濁態のDMSP濃度は、植物プランクトン濃度が最大値を過ぎた後の海域で高い傾向があり、植物プランクトンの成長段階の違いにより、細胞当りのDMSP含有量が異なることが考えられる (Kasamatsu et al. submitted)。

3.3 植物プランクトンの培養実験

植物プランクトンは成長が活発なときよりも、生長速度が遅くなったときの方が細胞内により多くのDMSPを蓄えることを明らかにし、従来から指摘されていた植物プランクトン組

成の違いの他にも生長段階の違いがDMS及びDMSP濃度の季節変動に影響を与えることを新たに示唆した (Kasamatsu et al. 2004a)。

3.4 DMSPの溶出過程

植物プランクトン細胞内のDMSPが海水中へ溶出する過程について、動物プランクトンによる摂食に注目し培養実験を行った。その結果、ナンキョクオキアミが植物プランクトンを摂食する場合、より多くのDMSPが海水中に溶出することを明らかにした。一方、サルパが植物プランクトンを摂食する際には、殆どDMSPが溶出しなことを明らかにした。これは、ナンキョクオキアミは植物プランクトンを摂食する際、細胞の破壊を伴うのに対し、サルパの場合は、植物プランクトンを丸呑みするので細胞の破壊が起こらないためと考えられる。氷縁の退行に伴い植物プランクトンの増殖した海域とナンキョクオキアミの分布域が南下することが、海水中のDMS及びDMSP濃度の季節変動の要因であることを指摘した (Kasamatsu et al. 2004b)。

3.5 エアロゾル

C海域においてエアロゾル濃度及びサイズ組成を調べた。その結果、ナンキョクオキアミが大量に存在した氷縁付近の海域のみで、ナノサイズの極めて小さなエアロゾルが大量に検出された。このことは、上記で指摘した植物プランクトンとナンキョクオキアミの摂食過程が、海水中へDMSPの溶出を促進し、その結果大気中へDMSの放出が起こっていることを示唆する (Osada et al. unpublished results)。

3.6 海水変動と生物生産変動

A海域において、昭和基地周辺の定着氷下の植物プランクトン量の変動パターンと定着氷の分布の関係を調べた。定着氷の流出が起こると、昭和基地周辺の定着氷下の植物プランクトン量が頻りに増加する。これは、氷縁付近で増殖した植物プランクトンが、海水の流れと共に観測海域へ輸送されるためであると考えられる (Odate et al. unpublished results)。海水変動は、低次生物生産過程の変動を経て、アデリーペンギン等の高次栄養段階の生物群集変動にも波及することから、南極沿岸域における生態系変動を解析する上で重要である。

4. 今後の課題

本研究を通じて、地球温暖化に関連するガス成分の動態には海洋の生物生産過程が重要な役割を果たしていることが明らかになりつつある。南極海は地球上の全海洋の約10%を占めるが、生物生産活動は他の海洋に比べ高い。従って、南極海における生物生産過程と地球温暖化にかかわるガス成分の動態は、地球規模の気候変化に及ぼす影響は多大なものとなるので、引き続き研究を継続する必要がある。特に、DMS(P)に加え、メタンや亜酸化窒素等と生物生産過程の関連を明らかにし、地球規模気候変化を総合的に解析できるデータセットを積み上げてゆく必要がある。

5. 成果文献

- Aoki, S., et al., 2003: Multi-decadal warming of sub-surface temperature in the Indian sector of the Southern Ocean. *J. Geophys. Res.*, 108(C4), 10. 1029/2000JC000307.
- Arai, Y., et al., in press: Temporal and spatial variability of chlorophyll-*a* in the East Antarctica marginal ice zone (20°E-60°E) using satellite multi-sensor remote sensing from 1998 to 2002 in summer. *Polar Biosci.*
- Hirawake, T., et al., 2003: Eddies revealed by SeaWiFS ocean color images in the Antarctic Divergence zone near 140E. *Geophys. Res. Lett.*, 30(9), 1458
- Ishii, M., et al., 1998: Close coupling between seasonal biological production and dynamics of dissolved inorganic carbon in the Indian sector and the western Pacific Ocean sector of the Antarctic Ocean. *Deep-Sea Res. I*, 45, 1187-1209.
- Kasamatsu, N., et al. 2004a: Dimethylsulfoniopropionate production by psychrophilic diatom isolates. *J. Phycol.*, 40(5), 874-878.
- Kasamatsu, N., et al., 2004b: Possible impacts of zoo-plankton grazing on DMS production in the Antarctic Ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 61(5), 736-743.
- Odate, T. and M. Fukuchi, 2004: Temporal changes in chlorophyll *a* and nitrate concentrations under fast ice near Syowa Station, Antarctica, in austral summer. *Antarc. Rec.*, 48(3), in press.
- Odate, T., et al., 2004: Empirical relationship between sea ice thickness and underwater light intensity based on observations near Syowa Station, Antarctica, in austral summer. *Antarc. Rec.*, 48(2), 91-97.
- Odate, T., et al., 2002: Photosynthetic oxygen production and community respiration in the Indian sector of the Antarctic Ocean during austral summer. *Polar Biol.*, 25(11), 859-864.