西部北太平洋亜寒帯域における古海洋循環復元のための
プロキシー検証および当該プロキシーの海底堆積物への応用

地球圏科学専攻　博士課程１年　重光　雅仁（指導教官：渡邊　豊）

１．背景及び目的

南極氷床にトラップされた空気から氷期には大気中二酸化炭素濃度は約 180ppm と間氷期（約 280ppm）の 2/3 程度しかなかったことが明らかになった（e.g., Barnola *et al.*,1987）。その原因として、海洋における生物ポンプが強く働いた結果であるという説がある。本研究の調査海域である西部北太平洋亜寒帯域は、海洋生物による海洋表面の二酸化炭素分圧を下げる効果が世界の海の中で最も高い海域の一つであることが知られている(e.g., Takahashi *et al.*,2002)。また生物生産が高いにもかかわらず、鉄制限のために有光層に栄養塩が余ってしまう HNLC（高栄養塩低クロロフィル a）海域でもある(Tsuda *et al.*, 2003)。氷期には Morley *et al.*(1987)の結果は、当海域におけるダストの供給量が増えたことを示しており、ダストが鉄濃度を高め、生物生産を増加させた可能性がある。このため、当海域における過去の生物生産を評価することは重要である。

実際、Gorbarenko *et al.*(1996)は当海域において全有機炭素量（TOC）を生物生産のプロキシーとして、氷期に生物生産が高かったとした。しかし、近年これとは逆の結果が報告されている。例えば、Narita *et al.*(2002)では生物起源オパールを生物生産のプロキシーとして、Sato *et al.*(2002)と Jaccard *et al.*(2005)は生物起源 Ba を生物生産のプロキシーとして、当海域における生物生産が氷期に間氷期と比べ低くなっていたことを見つけた。しかし、これらの論争に終止符をうつためには未だ証拠が十分とはいえない。さらに、Sato *et al.*(2002)の結果は、退氷期にまず珪藻ではなくその他の生物（主に炭酸塩殻をつくる生物）が優先し、その後珪藻が優先したということを示唆する。これら氷期―間氷期スケールでの生物生産変動及び退氷期における生物種組成の変化には、特に海洋表層栄養塩環境の変化が影響している可能性がある。しかし、その証拠はほとんどみつかっていない(e.g., Keigwin *et al.*,1998)。

そこで、本研究では以下のことを明らかにすることを目的とした。

１）当海域における氷期―間氷期スケールでの生物生産変動
２）当海域における氷期―間氷期スケールでの海洋表層栄養塩環境変動

１）については、同一試料を用いて、上記の研究で使用された生物生産を復元するプロキシーに加え、生物生産のプロキシーになるといわれている自成ウラン（e.g.,Chase *et al.*,2001）も合わせて解析し、当海域における生物生産変動を明らかにした（今年度成果）。

２）については、以下の手順でアプローチし、明らかにしていくこととした（２－１）及び２－２）が今年度成果）。

２－１）従来より海洋表層栄養塩環境のプロキシーとして用いられてきた TN のδ^{15}N(e.g., Francois *et al.*,1997)を適用しての栄養塩環境の復元

２－２）近年、TN に対する IN の寄与が大きい場合があることから、TN のδ^{15} N を用いての栄養塩環境の復元には問題があるといわれている(Kienast *et al.*,2005)。そこで、IN 含量及びそのδ^{15}N を測定し、TN 含量及びそのδ^{15}N と合わせマスバランスの式で ON のδ^{15}N を算出し、これを適用しての栄養塩環境の復元

２－３）現在、最も信頼度が高いと考えられている海洋表層栄養塩環境のプロキシー（diatom-bondδ^{15}N）(e.g., Robinson *et al.*,2005)について、セジメントトラップを用いて現海洋での感度検証

２－４）diatom-bondδ^{15}N を適用しての当海域における栄養塩環境の復元

２．試料および方法

試料は、みらい MR98-05 航海において、北緯 50 度 21 分、東経 168 度 18 分、水深 5,500 mの地点で、ピストンコアラーにより採取した。全長約 14m のうち約 6m を用い、それは約 15 万年をカバーする。採取した試料は、真空凍結乾燥後、250μm より粗粒な粒子を除去・粉砕し、4-8cm 間隔で各成分を分析した。生物起源オパールについては Mortlock and Froelich(1988)の方法、金属成分（Al,Ba,Th,La,Sc,U）については試料を Noriki *et al.*(1980)の方法で加熱分解後 ICP-MS、TOC 及びδ^{13}C については試料を 1NHCl 処理後 EA/MS、TN 及びδ^{15}N は EA/MS、IN 及びδ^{15}N は Silva and Bremner(1966)の処理後 EA/MS でそれぞれ測定した。

３．結果及び考察

１）西部北太平洋亜寒帯域における生物生産復元

生物起源 Ba（全 Ba より陸起源 Ba を差し引いたもの）及び生物起源オパールは、同調して変動し（r=0.50、p<0.01）、先行研究同様、氷期に間氷期と比べ低かった。一方、TOC 及び自成ウラン（全 U より陸起源 U を差し引いたもの）は、同調して変動をするものの（r=0.58、p<0.01）、生物起源 Ba と生物起源オパールとは全く違う変動をしていた。それらは Holocene と比べると最終氷期の 15-24kyr B.P.では高くなるもののそれより古い層準では、Holocene より低いか、ほぼ同じレベルで変動した。さらに、大気経由で運ばれるレスと TOC の同位体比の関係を見ると、負の相関（r=-0.46、p<0.01）があることから大気経由で運ばれた陸起源有機炭素(LOC)の TOC に対する影響が示唆された。そこで、炭素同位体マスバランスモデルを用いて LOC と海起源有機炭素(MOC)の割合を見積もった。その結果、TOC に占める LOC の割合がより古い層準で大きくなることがわかった。また、同法で見積もった MOC と自成ウランの相関は、TOC との相関より高くなり（r=0.66、p<0.01）、自成ウランは先行研究（e.g., Chase *et al.*,2001）同様、海洋表層からの有機物輸送のプロキシーとなりうることが示唆された。しかし、「MOC と比べ分解しづらい LOC が時間の経過とともに増えること」及び「自成

ウランと MOC が同調すること」から、当海域では比較的遅い堆積速度（約 2.23～5.10cm/kyr）のため、時間の経過とともに MOC は分解、自成ウランは溶出し、堆積時の状況がゆがめられている可能性が示唆される。このことから、Gorbarenko *et al.*(1996)が TOC を用いて氷期に間氷期と比べ生物生産が高くなっていたとした解釈は、当海域においては、その信頼性は低く、現時点では Narita *et al.*(2002)や Jaccard *et al.*(2005)が用いた生物起源オパールと生物起源 Ba による解釈が妥当であることが示唆された。

２－１)、２－２）ON のδ^{15}N を用いての海洋表層栄養塩環境復元

従来、古海洋復元のプロキシーとして使用されてきた TN のδ^{15}N については、TN に占める IN の割合が約 23%～53%と大きく、TN のδ^{15}N をそのまま解釈に用いることは困難であった。そこで、TN 及び IN 含量とそれらのδ^{15}N からマスバランスの式で ON のδ^{15}N を見積もることとした。このようにして見積もられた ON のδ^{15}N は生物起源 Ba の増減（１）の結果）と同調して変動していた（r=0.58, p<0.01）。しかし、全体的な傾向としては深度が深くなるにつれてδ^{15}N が低くなっており、δ^{13}C の傾向と似ていた。一般に陸起源有機物は海起源有機物に比べ、δ^{15}N、δ^{13}C が低いこと、また分解されにくいことから、深度方向にδ^{15}N、δ^{13}C が低くなるのは、陸起源有機物の寄与が大きくなっていることと解釈される。そのため、当海域においては ON のδ^{15}N を使用しても、氷期-間氷期スケールで栄養塩利用効率の変動を議論するには注意が必要であることが分かった。また、IN 含量が堆積物中のレスと有意な相関があり（r=0.52, p<0.01）、そのδ^{15}N が寒暖に対応した変動をすることから、これらが大陸の気候変動を記録するプロキシーとなりうることが示唆された。このことは、Schubert and Calvert(2001)が陸で固定された IN は海に供給されると溶出しないとした仮定とも矛盾しない。

４．発表および論文

【発表】

１．重光雅仁, 渡邊豊, 成田尚史, 原田尚美, 福間浩司：西部北太平洋における過去 140kyr の無機窒素含量・同位体比変動. 古海洋シンポジウム, 東京, 2006 年 1 月.

２．重光雅仁, 渡邊豊, 成田尚史, 原田尚美, 福間浩司：西部北太平洋における氷期―間氷期スケールでの生物生産変動, 日本海洋学会, 横浜, 2006 年 3 月.

３．M. Shigemitsu, Y.W.Watanabe, H. Narita, N. Harada, K. Fukuma: The fluctuations of inorganic nitrogen(fixed-NH_4^+) content and its isotope ratio in sediments of the Northwestern North Pacific during the last 140kyr. Aaa, Western Pacific Geophysical Meeting, Beijing, China, July 24-27, 2006. 発表予定

【論文】

１．M. Shigemitsu, H. Narita, S. Tsunogai, Y.W.Watanabe, N. Harada, K. Fukuma: Opal, Ba, Organic C and U in sediments as proxies of biological production in the northwestern North Pacific during the last 145kyr. Marine chemistry, (submitted).

２．M. Shigemitsu, Y.W.Watanabe, H. Narita, N. Harada, K. Fukuma: The fluctuations of inorganic nitrogen(fixed-NH_4^+) content and its isotope ratio in sediments of the Northwestern North Pacific during the last 140kyr.GRL, (in preparation).