

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26400504

研究課題名(和文)最終氷期最盛期以降の北太平洋中・深層環境の高精度復元

研究課題名(英文)High resolution reconstruction of intermediate and deep water environment in the North Pacific since the last glacial maximum

研究代表者

大串 健一(Ohkushi, Ken'ichi)

神戸大学・人間発達環境学研究科・准教授

研究者番号：10312802

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：北海道苫小牧沖および北西太平洋中央部のシャツキーライズから得られた海底堆積物コアについて底生有孔虫の群集解析，有孔虫の石灰質殻の酸素・炭素同位体比分析，放射性炭素年代分析を行った．北海道苫小牧沖コアの分析では，底生有孔虫の酸素同位体比がベーリングアレレード温暖期からヤンガードリアス寒冷期にかけて増加した．この増加は北半球高緯度の寒冷化に伴って北太平洋中層水の循環が強化された可能性を示している．シャツキーライズの結果からは，北太平洋の深海底において底生生物群集は氷期間氷期の気候変動に伴って大きく影響を受け変化していることが明らかとなった．

研究成果の概要(英文)：1) We analyzed foraminiferal oxygen and carbon isotopes from a sediment core sampled at a water depth of 777 m to evaluate the intensity and depth distribution of the origin water of NPIW since the last deglaciation in the Oyashio region. The benthic foraminiferal $\delta^{18}O$ in the core increased by 0.3‰ to 0.4‰ from the end of the Bolling/Allerod warm episode to the Younger Dryas cold episode, suggesting that benthic oxygen isotope recorded intermediate water cooling.

2) We studied deep-sea benthic foraminiferal fauna during the last 187 kyr in core NGC108 (3390 m water depth) collected from the Shatsky Rise, central northwestern Pacific, to determine a relationship between benthic foraminifera and paleoproductivity in the transitional zone between the subtropical Kuroshio Extension and the subarctic current. *Cassidulina reniforme*, *Eilohedra levicula*, and *Epistominella exigua* were the abundant species.

研究分野：古生物学

キーワード：底生有孔虫 北太平洋 最終氷期 酸素同位体比 海底コア 北太平洋中層水

1. 研究開始当初の背景

南極のアイスコアの記録による最終氷期の大気 CO₂ 濃度は、約 190ppm であり間氷期の約 280ppm と比較して 90ppm 低い。減少した CO₂ は海洋に吸収されたと考えられ、太平洋や南大洋の深海に蓄積された可能性が指摘されている。

大気 CO₂ の最終氷期最盛期～退氷期の変動を過去 2 万年間でみると、最終氷期最盛期 (2.3-1.8 万年前) に大気 CO₂ 濃度は最小となるが、その直後のハインリッヒ 1 寒冷期 (1.7-1.5 万年前) には上昇に転じ、その期間で約 30ppm 増加する。一方、大気中の ¹⁴C 濃度はその期間に急激に減少する。この減少は地球磁場強度の増加だけでは説明ができないため、この期間はミステリーインターバルと呼ばれている (Broecker et al., 2010)。¹⁴C の減少は大気 CO₂ の炭素同位体比の低下に同調している (Schmitt et al., 2012)。これらの証拠はハインリッヒ 1 (H1) の期間に海洋から大気に古い炭素の放出が起きていた可能性を示唆している。このときの北太平洋の海洋循環変動や生物群集の変動は炭素循環に深く関わっているがその詳細はまだ未解明な点が多い。

現在の北太平洋では深層水が形成されていない。北太平洋の深層水は主に北大西洋や南極海で形成された水を起源としており、その深層水が北太平洋に千数百年程度の時間をかけてゆっくりと流れてきていると考えられている。一方、最終氷期の深層水の流れは未だによくわかっていないが、北太平洋亜寒帯水域で深層水が形成された可能性も指摘されている。深層水が形成されていない現在の北太平洋において比較的密度が大きく海洋中層まで沈み込むことのできる水はオホーツク海で形成されている。その水は海氷形成に伴い塩分を増加させた冷たい水である。その水が親潮水域に流れ、やがて黒潮流域に到達し北太平洋中層水となり、北西太平洋広域に広がっている。この北太平洋中層水は、北半球高緯度域の気候変動に密接に関連している。14700 年前頃の最終氷期に北極圏では急激な温暖化が起こったとされるが北太平洋においても温暖化が起こった可能性が高い。そのときの北太平洋中層水の変動を明らかにするためには、中・深層水域の海底に生息する底生有孔虫の石灰質骨格の酸素同位体比を測定する必要がある。

2. 研究の目的

1) 北太平洋の中層水循環の復元

北太平洋において最終退氷期に CO₂ の放出があったのかどうかを評価するためにはまず最初に最終氷期最盛期から後氷期にかけて北太平洋の中深層水の循環変動を明らかにする必要がある。このため本研究では、北太平洋の中深層水循環に深く関係する北太平洋中層水の変遷を復元する研究に取り組む。北太平洋中層水の起源水は、オホーツク

ク海で形成され、その起源水が太平洋外洋に流出し親潮水域を経由し、最終的に黒潮流域で北太平洋中層水が形成される。このため、北海道沖から得られた海底堆積物コアに北太平洋中層水の形成過程や変動の古環境情報が含まれると想定されるため、北海道沖から得られた海底堆積物コアを解析する。

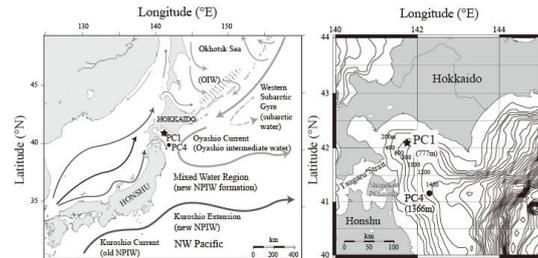


図 北海道沖の海底コア採取の位置図

2) 深海生底生有孔虫の群集変動の解明

酸素極小層に生息する底生有孔虫化石の群集変化は、海底面の溶存酸素量の指標となる。一方、深海生底生有孔虫は、餌になる海洋表層から沈降する有機物量に律速されて群集変動していると考えられている。実際の深海における群集変化の要因は未だ明らかになったわけではなく、有孔虫の群集変化に基づく最終氷期最盛期の太平洋深海では貧酸素水はなかったとの解釈が既存の研究論文に記述されている。しかし最終氷期最盛期の深海性群集の研究事例が少なく、近年の向上した年代モデルに対応したデータはほとんどないため、群集の特徴は実はよくわかっていない。有孔虫群集から停滞的な中深層水塊が存在したのかどうかを評価する必要がある。

3) 北太平洋深層水の年齢復元

深海堆積物の同一層準における浮遊性有孔虫と底生有孔虫の放射性炭素年代差は最終氷期から完新世にかけての海洋循環速度を示す深層水の年齢を推定するための有効な古環境指標となる。

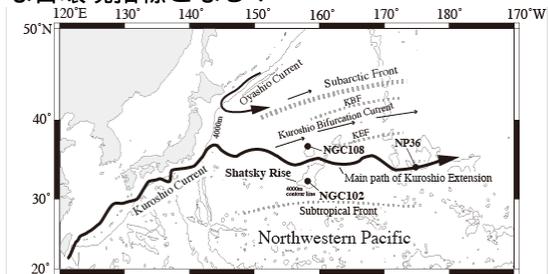


図 北西太平洋中央部シャツキーライズから得られた海底堆積物コア NGC108 および NGC102 の位置を示す。

しかし、炭酸塩の保存性が悪い太平洋の深海底では、深層水の年齢復元に適する海底堆積物コアを得ることは非常に難しい。北太平洋

の中央部に位置するシャツキーライズは、有孔虫殻からなる炭酸塩物質を多く含む深海堆積物が堆積する数少ない場所である。このため、シャツキーライズから得られた2本の海底堆積物コア試料の底生・浮遊性有孔虫の放射性炭素年代差を分析する。

3. 研究の方法

北太平洋から採取された各種海底コアの有孔虫殻の酸素同位体比および放射性炭素年代分析、さらに底生有孔虫群集解析を行い、海洋古環境の復元する。

1) 酸素同位体比に基づく中層水循環変動の復元

北海道苫小牧沖の水深777mの海底から得られた海底コアMR04-06 PC01について有孔虫殻の酸素・炭素同位体比の分析を行い、北海道沖太平洋の海洋環境の復元を行う。同位体比分析は、高知大学海洋コア総合研究センターの安定同位体比質量分析計 IsoPrime を使用する。

2) 底生有孔虫の群集解析

使用した海底堆積物コアはシャツキーライズの水深3,390mから得られたNGC108で、過去18.7万年間の層準から試料を採取し種の同定、群集解析を行った。種の同定により得られた結果を統計解析し、卓越種について有機炭素含有量等の地球化学的データを比較・検討を行った。

3) 放射性炭素 (^{14}C) 年代分析

シャツキーライズから得られた海底堆積物コアNGC108とNGC102の浮遊性有孔虫-底生有孔虫の放射性炭素年代差を分析することにより、最終氷期最盛期から後氷期にかけて深層水年齢復元を試みる。同じ層準の有孔虫化石は同じ時代に生きていたと考えられるため、同層準の底生-浮遊性年代差が水深3,000m付近を流れる深層水の年齢を示すことになる。

4. 研究成果

1) 最終退氷期中層水循環変動の復元

北海道沖から得られた海底コアに含まれる底生有孔虫の酸素・炭素同位体比に基づいて古環境解析を行ってきた。底生有孔虫の酸素同位体比は、ヤングドリウス寒冷期には北太平洋起源中層水の形成が活発化し水深800m付近までその流れが到達した可能性を示していた。その結果に基づいて、グリーンランド付近の北極圏で顕著に起きた急激な寒冷化イベントは大気循環を通じて北太平洋域にも影響を及ぼし北太平洋中層水の形成を活発化させた可能性が明らかとなった。

分析結果について簡潔に述べると、底生有孔虫の酸素同位体比は、ベーリングアレード温暖期からヤングドリウス寒冷期にかけて0.3.0.4‰増加した。この増加は中層水の寒冷化の可能性を示している。

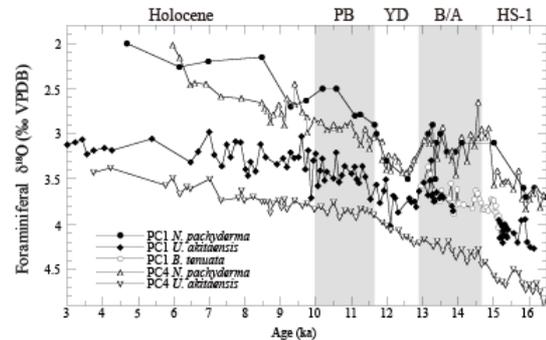


図 北海道沖海底コアの有孔虫殻酸素同位体比の過去1万6千年間の時系列変動

2) 底生有孔虫の群集解析

過去18万年間の底生有孔虫群集は、*Cassidulina reniforme*, *Eilohedra levicula*, および *Epistominella exigua* が最も豊富な種であった。*C. reniforme*の相対頻度は生物源オパールおよび有機炭素含有量と正の相関があり、これは古生物生産量の変動に関連していると解釈した。

*E. exigua*の相対頻度は、生物源オパールおよび有機炭素含有量と負の相関があり、*E. levicula*の相対頻度は生物源オパールおよび有機炭素含有量と相関がなかった。*C. reniforme*および*E. exigua*はそれぞれ高い生物生産性および低い生物生産性を反映すると結論した。*C. reniforme*の高い相対頻度は、氷期(酸素同位体ステージ(OIS)6および2-3)の間に高い古生物生産性を反映し、地球規模の寒冷化にともない亜寒帯前線が南進することに関係している。

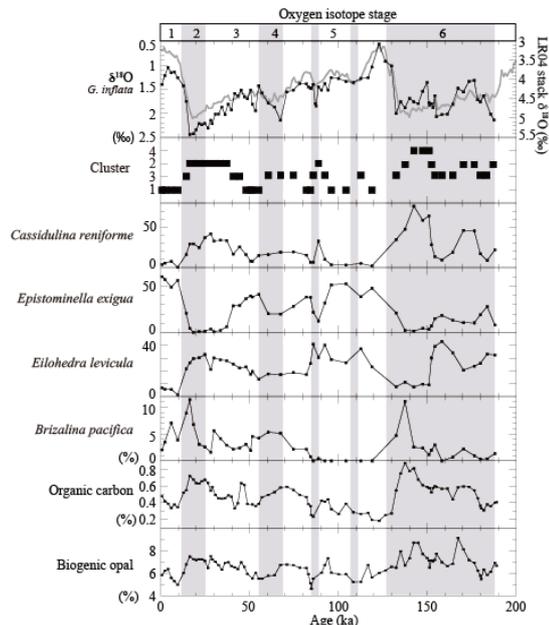


図 シャツキーライズの海底堆積物コアNGC108の底生有孔虫と各種分析結果(酸素同位体比, クラスタ分析, 主要3種の産出頻度, 有機炭素含有量, 生物源オパール含有量)の比較

3) 放射性炭素 (^{14}C) 年代分析

本コアは生物攪拌を受けた石灰質軟泥である。堆積速度は、コア NGC102 (水深 2612 m) で 1.4-5.3 cm/kyr であり、コア NGC108 (水深 3390 m) で 2.3-6.6 cm/kyr であった。底生・浮遊性年代差は、コア NGC102 で 7010 年~180 年、コア NGC108 で 2730 年~580 年を示した。

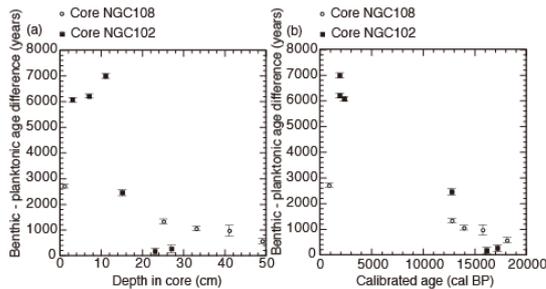


図 シャツキーライズの海底堆積物コアの同層準の浮遊性有孔虫-底生有孔虫間の放射性炭素年代差 左図の横軸はコア深度 右図の横軸は暦年代

コア NGC102 において、海底面下の堆積物混合層で得られた大きな底生・浮遊性年代差 (平均で 6440 年) は報告されている現代の北太平洋深層水の年齢よりもおよそ 4700 年大きい。この底生・浮遊性年代差が実際の深層水の年齢から大きくずれたのは、堆積速度が遅いため生物による堆積物の鉛直混合 (生物攪拌) の影響を受けて、古い層準の底生有孔虫個体が上方移動したことが底生・浮遊性年代差に反映された結果と考察した。一方、深さ 14-16 cm では年代差 2470 年とおおよそ現代の深層水の年齢に近くなるが、22-28 cm では 180~220 年と小さすぎる年代差である。コア NGC108 は、コア NGC102 より堆積速度が速く、底生有孔虫、浮遊性有孔虫の産出個体数変動パターンが類似しており、底生・浮遊性年代差への生物攪拌の影響が比較的小さいと考えられる。15700 年前の底生・浮遊性年代差の値 (990 ± 200 年) は、現代の深層水の年齢より 760 年小さい。この小さい年代差は、ハインリッヒ寒冷イベント 1 の間に北太平洋で深層水が形成され、その影響下にコア NGC108 地点があった可能性を示す。しかし生物攪拌や大気放射性炭素濃度の減少による見かけ上の効果を反映するかの検討が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

- 1) Ohkushi, K., Hata, M., and Nemoto, N. (in press) Response of deep-sea benthic foraminifera to paleoproductivity changes on the Shatsky Rise in the northwestern Pacific Ocean over the last 187 kyr,

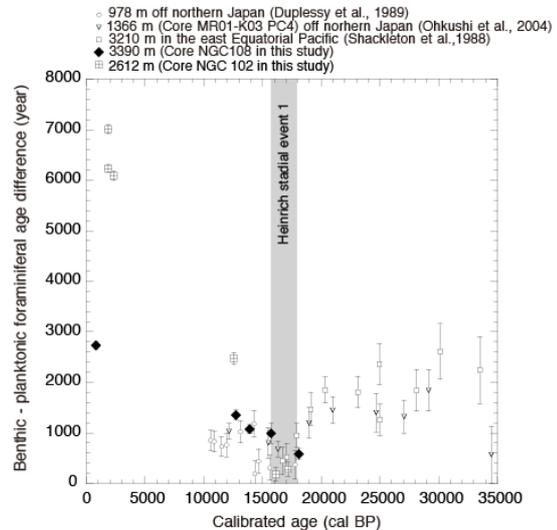


図 浮遊性有孔虫-底生有孔虫の放射性炭素年代差の時系列変化に関する既存研究との比較

Paleontological Research, vol. 22 (査読有り)。

- 2) Ohkushi, K., Uchida, M., and Shibata, Y. (2017) Radiocarbon age differences between benthic-planktonic foraminifera in sediment cores from the Shatsky Rise, central North Pacific, Journal of the Sedimentological Society of Japan, vol. 76, 1, 17-27 (査読有り)。

- 3) Park, K., Ohkushi, K., Cho, H., and Khim, B.-K. (2017) Lithostratigraphy and paleoceanography in the Chukchi Rise of the western Arctic Ocean since the last glacial period, Polar Science, vol. 11, 42-53 (査読有り)。

- 4) Ohkushi, K., Hara, N., Ikehara, M., Uchida, M., Ahagon, N. (2016) Intensification of North Pacific intermediate water ventilation during the Younger Dryas, Geo-Marine Letters, vol. 36, p. 353-360 (査読有り)。

[学会発表](計 2 件)

- 1) 原 尚樹, 瀬戸口貴志, 大串健一, 池原 実, 阿波根直一 (2015) 北海道苫小牧沖で得られたコアの有孔虫酸素同位体比に基づく古海洋環境変遷に関する研究, 日本古生物学会例会第 164 回例会, 愛知。

- 2) 瀬戸口貴志, 大串健一, 池原 実, 内田 昌男, 阿波根直一 (2014) 有孔虫酸素同位体比に基づく最終氷期以降の北海道沖の海洋環境変遷, 日本古生物学会第 163 回例会, 兵庫。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大串 健一 (OHKUSHI, Ken'ichi)

神戸大学大学院人間発達環境学研究所・准教授

研究者番号: 10312802