

研究種目：基盤研究 (B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19340156  
 研究課題名 (和文) 第四紀の東南極氷床・南極環流変動史の高精度復元：氷床・陸棚・深海底トランセクト  
 研究課題名 (英文) Reconstruction of variation of East Antarctic ice sheet and Antarctic Circumpolar Current during the Quaternary  
 研究代表者  
 池原 実 (IKEHARA MINORU)  
 高知大学・教育研究部自然科学系・准教授  
 研究者番号：90335919

研究成果の概要 (和文)：東南極リュツォ・ホルム湾沖の南大洋の生物生産量は氷期に低下し間氷期に増加する。しかし、約 43 万年前より前の間氷期では生物生産が抑制されていた。この時代は mid-Brunhes event (MBE)として近年注目されている気候システムの変換期に相当し、MBE 以前の南大洋は海氷が夏季でも融解しない環境であった。また、コンラッド海台南西斜面には巨大砂丘様ベッドフォームであるマッドウェーブが存在し、海底下の反射面にも同様の構造が認められることから、これらは南極環流によって形成されたドリフト堆積体である。

研究成果の概要 (英文)：The marine core LHB-3PC off Lützow-Holm Bay, East Antarctica, provides new paleoceanographic records over the past 730 kyrs. Marine productivity was significantly restricted during the glacial periods. The earlier period, between 730 kyr and 430 kyr ago, was characterized by less biological production in the Antarctic surface water in interglacial periods. The transition from glacial to interglacial conditions about 430 kyr ago resembles the transition into the present interglacial period in terms of the magnitude of change in global climate. The distinct climate transition corresponds to the mid-Brunhes event (MBE). Before the MBE, it seem that the Antarctic Ocean was covered by perennial sea ice in interglacial periods. Based on the bathymetric mapping, subbottom profiling, and multi-channel seismic reflection survey, a dune-like bedform (mudwave) exists on the southwest slope of the Conrad Rise. Lithology of core COR-1PC is diatom ooze, and sedimentation rate is very high up to about 40 cm/ka. Thus, the sediment drift was deposited with mudwaves on the Conrad Rise, which was developed by influences of Antarctic Circumpolar Current (ACC).

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	6,800,000	2,040,000	8,840,000
2008年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2009年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・層位・古生物学

キーワード：南大洋，海洋コア，東南極氷床，南極環流，第四紀，生物生産量，海水，地震波探査

### 1. 研究開始当初の背景

南極大陸上の巨大氷床とその周辺に広がる南大洋は，気候システム内において地球を冷却する働きをしており，南極寒冷圏（Antarctic Cryosphere）とも呼ばれている。南極寒冷圏を構成するサブシステムとしては，南極氷床の他，南大洋に広がる海水や冰山，低温の表層水，活発な生物生産，そして表層海流系としての南極環流などがある。これらのサブシステムは相互に連動しながら新生代を通じた地球の気候進化（特に寒冷化）に大きく寄与してきている。地質時代において，南極氷床や海水がグローバルな気候変動システム内でどのようなふるまいをしてきたのかを明らかにすることは，南極寒冷圏の特徴を理解する上で必要不可欠である。また，南大洋における海水分布域や極前線の位置は，第四紀後期の氷期-間氷期スケール，あるいは，さらに短い時間スケールでの海洋環境変動に対応して変化していた可能性がある。一方，現在進行中だと考えられている人為起源の地球温暖化の象徴的な現象として，南極氷床（棚氷）の融解（崩壊）などが注目されてきており，ここ数年間における実際の調査報告やマスコミ報道も多い。つまり，気候変動の影響が最初に顕在化する場所として南極海は極めて重要である。

これらの研究課題を実証的に解決するために，研究代表者は学術調査船白鳳丸による調査航海の提案を行い，東京大学海洋研究所の共同利用研究課題として新たに採択され，国際極年（IPY）に当たる平成19年度に海洋地質学的調査を目的とした航海を実現した。本研究課題の主な観測データおよび試料は，その航海で実施した地形・地層探査とピストンコア採取，有機懸濁物の採集によるものである。

### 2. 研究の目的

上述のような背景を基に，本研究課題の主な目的を以下の3点とした。

(1) これまで海洋地質学的調査がほとんど成されていない南大洋インド洋セクターのコンラッド海台において，シービーム，マルチチャンネルサイミック，3.5kHz サブボトムプロファイラーを用いた詳細な地形，地層探査を行い，良質なピストンコアを採取するとともに，堆積システムおよび堆積シーケンスを明らかにする。

(2) 東南極リュッツォ・ホルム湾沖の南大洋において新たに海洋コアを採取し，生物生産

量，栄養塩，海水分布，及び，陸源物質の供給量などの変動を氷期-間氷期スケールで明らかにする。

(3) 緯度トランセクトで採取した海洋コアを用いて，氷期・間氷期スケール，及び，より短周期の南大洋の古環境変動を時空間的に復元し，グローバルおよび北半球高緯度での気候変動との位相差，変動の規模の違いなどを明らかにするとともに，南極ドームふじ氷床コアの古気候変動記録などとも比較を行い，南極寒冷圏の大気-氷床-海洋系の相互作用を明らかにし，気候システムにおける南極寒冷圏の役割を評価する。

### 3. 研究の方法

本研究に用いたコア試料は，東南極リュッツォ・ホルム湾沖およびコンラッド海台において採取した表層堆積物（マルチプルコア），および，ピストンコアである。コアの位置情報は以下の通りである。

- ・ コンラッド海台：COR-1PC (54° 16' S, 39° 46' E, 2864m)
- ・ グンネラス海台：GUR-1MC (66° 16' S, 33° 26' E, 1348m)
- ・ リュッツォ・ホルム湾沖：LHB-3PC (66° 00' S, 40° 00' E, 4469m)

高知大学海洋コア総合研究センターにおいて，採取したコアのX線CTスキャン，非破壊物性測定，分光測色を行った。また，

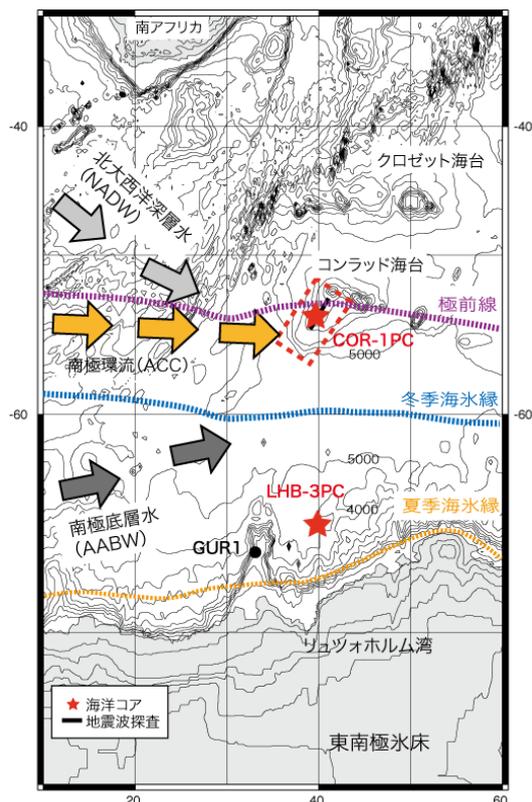


図1. 南極海リュッツォホルム湾沖におけるコア採取地点と地震波探査測線。

COR-1PC および GUR-1MC では浮遊性有孔虫の酸素・炭素同位体測定と放射性炭素年代測定を行った。LHB-3PC では、磁性鉱物粒径変動、珪質微化石の生層序、生物源オパール、有機炭素量、有機炭素同位体比などの分析を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 南大洋インド洋区のコンラッド海台におけるマッドウェーブおよびドリフト堆積体の新発見

地形・地層探査、および、反射法地震波探査のデータ解析の結果、コンラッド海台南西斜面には巨大砂丘様ベッドフォームであるマッドウェーブが存在することが新たに判明した。このマッドウェーブの比高は約 30 m であり、波長は数百 m に及び、水深 2000 ~ 3200 m 付近にのみ存在する可能性が高い。サイズミックプロファイルからは、海底下の反射面にも同様の構造が認められ、調査海域の北部域で特に顕著である。このような深海底のマッドウェーブは、南大洋を東向きに周回する南極環流 (ACC) の影響を反映していると考えられる。

また、コンラッド海台から採取された海洋コア (COR-1PC) の堆積物中から産する浮遊性有孔虫の放射性炭素年代測定の結果、このコアの平均堆積速度が 40 cm/kyr に達することが判明した。堆積物を構成する粒子は、針状形態を有する珪藻化石が主成分であり、非常に含水率が高いことが特徴である。外洋域において、このような極めて高い堆積速度を有する堆積物はドリフト堆積体以外考えられない。以上のことから、コンラッド海台南西斜面域は、非常に堆積速度の速いドリフト堆積体から成り、その海底表面の形態はマッドウェーブであると結論される。

(2) 南大洋インド洋区における完新世の古環境変動

コンラッド海台コア COR-1PC の浮遊性有孔虫の放射性炭素年代測定の結果から、コア最下部の年代が約 1 万年前であることがわかった。COR-1PC の珪藻群集解析および浮遊性有孔虫の酸素同位体分析の結果、南大洋インド洋セクターにおいて、最後の間氷期である完新世に数百年スケールの環境変動が検出された。特に、珪藻の寒冷種の増減と酸素同位体比の変化が同調するとともに、それらの変動が太陽活動の強弱変動とほぼ一致することがわかった。従って、南大洋インド洋セクターの南極前線帯が、比較的安定した気候状態を保っている完新世においても数百年スケールで南北振動を繰り返していたと推定される。

(3) 東南極リュッツォ・ホルム湾沖における生物生産量変動と mid-Brunhes event

東南極リュッツォ・ホルム湾沖から採取した海洋コア LHB-3PC の堆積サイクル解析および微化石 (珪藻、放散虫) の生層序解析の結果、コア最下部の年代がおよそ 73 万年前に達することがわかった。また、コア中に複数のタービダイト層が繰り返し挟在することがわかった。これらのタービダイト層は概ね氷期の期間に堆積していることから、氷期に東南極氷床が拡大することによって、大陸棚縁辺から深海底へ碎屑粒子が流入する堆積セッティングとなっていたと考えられる。また、生物源オパール量から推定した海洋表層生物生産量は、間氷期に増大し氷期に減少していた。有機炭素同位体比の変動は、生物源オパールによる生産量変動と整合的な変化を示し、間氷期には海洋表層での植物プランクトンの成長速度が増大していたことが伺える。

また、複数の地球化学データに基づくと、約 43 万年前より前の南極海では、間氷期でも生物生産が抑制されていたと解釈される。この 43 万年前という時代は **mid-Brunhes event (MBE)** として近年注目されている気候システムの変換期に相当する。MBE 以前の生物源オパール量と有機炭素同位体比の振幅は MBE 以後よりも明らかに小さく、明瞭な氷期・間氷期サイクルを示さない。また、MBE 以前は LHB-3PC コアでも珪藻や放散虫の産出個体が著しく減少する。つまり、MBE 以前は生物生産量が常に小さい状態が続いたのに対し、MBE 以降は間氷期に生物生産量がより増大していたことが推定される。南大洋は常に海洋表層に栄養塩が豊富に存在する海域であるため、生物ポンプの増減を支配する因子は栄養塩供給量ではなく光合成を行うために十分な日射が南極海に供給されるかどうかにかかっている。したがって、現在のコア採取地点は季節海水域であるが、MBE 以前は夏季でも海氷が融解しない多年氷に覆われていたため海洋表層での生物ポンプがほぼ停止していたと推測される。南極海における夏季海水氷縁が MBE 以前により北側にシフトしていたことは、南極氷床コア EPICA Dome C の水素同位体比 (EPICA community members, 2004) から見積もられる気温変化と密接にリンクしており、南極大陸でも MBE 以前の間氷期では十分に温暖化していなかった。つまり、約 43 万年前の MBE を境に、南極寒冷圏サブシステムのそれぞれの変動の振幅がより増大してきたと言える。

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)

[学会発表] (計 28 件)

- ①池原実, 野木義史, 中村恭之, 南大洋インド洋区において新たに見つかったマッドウェーブの意義と白鳳丸KH10-5 Leg3 航海の観測計画, 2009 年度古海洋シンポジウム, 東京大学海洋研究所, 2010/1/7-8.
- ②池原 実・岡本周子・香月興太・菅沼悠介・Boo-Keun Khim・板木拓也, 南極海における過去 65 万年間の生物生産量変動と mid-Brunhes event (MBE), 2009 年度古海洋シンポジウム, 東京大学海洋研究所, 2010/1/7-8.
- ③Ikehara, M., S. Okamoto, Boo-Keun Khim, Y. Suganuma, K. Katsuki, T. Itaki, H. Miura, Paleoproductivity changes off Lützow-Holm Bay in the Antarctic Ocean during the past 650 kyrs, AGU Fall Meeting, San Francisco, Dec. 14-18, 2009.
- ④池原実・岡本周子・Boo-Keun Khim・菅沼悠介・香月興太・板木拓也・三浦英樹, 南極海リュツォホルム湾沖における過去 65 万年間の古海洋変動, 第 29 回極域地学シンポジウム, 国立極地研究所, 立川市, 2009/10/8-9.
- ⑤板木拓也, 池原 実, 菅沼悠介・香月興太, 南極海コアLHB-3PCに記録された過去 60 万年間の放散虫群集, 第 29 回極域地学シンポジウム, 国立極地研究所, 立川市, 2009/10/8-9.
- ⑥香月興太, 池原実, 野木義史, 横山祐典, 山根雅子, 南大洋インド洋セクターコンラッド海台に記録された完新世における気候の変動と周期, 第 29 回極域地学シンポジウム, 国立極地研究所, 立川市, 2009/10/8-9.
- ⑦澤田秀貴, 池原実, 三浦英樹, 岩崎正吾, 澤柿教伸, 菅沼悠介, 東南極リュツォ・ホルム湾における完新世の古環境変遷, 第 29 回極域地学シンポジウム, 国立極地研究所, 立川市, 2009/10/8-9.
- ⑧Kota Katsuki, Minoru Ikehara, Yoshifumi Nogi, Yusuke Yokoyama, Masako Yamane, Climate shift and oscillation of Holocene on the Conrad Rise in the Indian Sector of the Southern ocean, First Antarctic Climate Evolution Symposium, Granada, Spain, 7-11 September, 2009.
- ⑨池原実, 西川舞, ターミネーションIIにおける南極環流前線システムの南方シフトの影響, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2009 年 5 月 16 日~21 日.
- ⑩Ikehara, M., B. K. Khim, S. Okamoto, M. Kobayashi, K. Katsuki, Y. Suganuma, M. Yamane, and Y. Yokoyama, Productivity changes in the Southern Ocean during the past 650 kyrs, Korea-Japan Jointed

Workshop on Paleoceanography: Global Processes and Variability, Jeju National University, Jeju City, Korea, 24-25 April, 2009.

- ⑪池原実, 菅沼悠介, 山根雅子, 横山祐典, 坂本竜彦, Boo-Keun Khim, 香月興太, 三浦英樹, 南極海における生物生産量変動と mid-Brunhes 気候シフト, 2008 年度古海洋シンポジウム, 東京大学海洋研究所, 2009 年 1 月 8-9 日.
- ⑫Ikehara, M., Khim, B.-K., Nakamura, Y., Nogi, Y., Katsuki, K., Suganuma, Y., Kameo, K., Miura, H., Yokoyama, Y., Kawamura, S., Kita, S., Late Quaternary Paleoclimatic Changes over the Conrad Rise and off Lützow-Holm Bay in the Indian Sector of the Southern Ocean, AGU Fall Meeting, San Francisco, Dec. 15-19, 2008.
- ⑬池原実, 南大洋における氷期一問氷期スケールの海水分布および海洋フロントの南北振動, 先進プロジェクト研究集会「古気候データとモデリングによる地球システム研究のフロンティア」, 国立極地研究所, 2008 年 10 月 29-30 日.
- ⑭池原実, 香月興太, Boo-Keun Khim, 菅沼悠介, 三浦英樹, 横山祐典, 白鳳丸KH07-4 次航海にて南大洋インド洋区から採取された海洋コアの非破壊物性解析と岩相層序, 第 28 回極域地学シンポジウム, 国立極地研究所, 2008 年 10 月 16-17 日.
- ⑮池原実, 中村恭之, 野木義史, 香月興太, 三浦英樹, 菅沼悠介, 白鳳丸KH07-4 次航海における南極海インド洋区での反射法地震波探査概要と堆積物コアの岩相層序, 日本地質学会第 115 年学術大会, 秋田大学, 2008 年 9 月 20-22 日.
- ⑯池原実, 第四紀後期の南大洋における海洋フロント南北振動と南極氷床変動史, 第四紀学会シンポジウム, 東京大学, 2008 年 8 月 24 日.
- ⑰池原実, 中村恭之, 野木義史, 三浦英樹, 香月興太, 川村明加, 北重太, 白鳳丸KH07-4 次航海による南極海リュツォ・ホルム湾沖の海洋地質学的調査概要および堆積物コアの岩相層序, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 千葉県幕張メッセ, 2008 年 5 月 25 日-30 日.
- ⑱池原実, 第四紀の東南極氷床・南極環流変動史の高精度復元プロジェクト: 白鳳丸KH07-4 次航海の概要, 2007 年度古海洋学シンポジウム, 東京大学海洋研究所, 2008/1/7-8.
- ⑲池原実, 岩崎正吾, 澤柿教伸, 金子亮, 三浦英樹, 南極海リュツォホルム湾から得られた海底コアの非破壊計測の概要, 第 27 回極域地学シンポジウム, 国立極地研究所, 2007 年 10 月 18-19 日.

⑳ Ikehara, M., E. Hatakeyama, M. Nishigawa, M. Murayama, Oceanic frontal system oscillations in the Australian sector of the Southern Ocean during the late Quaternary, 9th International Conference on Paleooceanography, Shanghai, September 3-7, 2007.

㉑ 池原実, 南大洋における表層前線構造の南北振動と気候変動-緯度トランセクトコアからのアプローチ, 日本地球惑星科学連合2007年大会, 千葉県幕張メッセ, 2007年5月19-24日.

[その他]

ホームページ等

[http://www.kochi-u.ac.jp/marine-core/Members\\_HP/ikehara/Lab\\_J/research/kibanB/](http://www.kochi-u.ac.jp/marine-core/Members_HP/ikehara/Lab_J/research/kibanB/)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

池原 実 (IKEHARA MINORU)

高知大学・教育研究部自然科学系・准教授  
研究者番号：90335919

### (2) 研究分担者

村山 雅史 (MURAYAMA MASAFUMI)

高知大学・教育研究部自然科学系・准教授  
研究者番号：50261350

小玉 一人 (KODAMA KAZUTO)

高知大学・教育研究部自然科学系・教授  
研究者番号：00153560

三浦 英樹 (MIURA HIDEKI)

国立極地研究所・教育研究系・助教  
研究者番号：10271496

中村 恭之 (NAKAMURA YASUYUKI)

東京大学・海洋研究所・助教  
研究者番号：60345056

河潟 俊吾 (KAWAGATA SYUNGO)

横浜国立大学・教育人間科学部・准教授  
研究者番号：90244219

岩井 雅夫 (IWAI MASAO)

高知大学・教育研究部自然科学系・准教授  
研究者番号：90274357

### (3) 連携研究者

なし