

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：16401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25550015

研究課題名(和文)再堆積化石と骨密度で探る鮮新世南極底層水

研究課題名(英文)Pliocene Antarctic bottom water: Implications from reworked diatoms and preservation

研究代表者

岩井 雅夫 (Iwai, Masao)

高知大学・自然科学系・教授

研究者番号：90274357

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：鮮新世南極底層水の挙動と東南極氷床の安定性を明らかにすべく、ウィルクスランド沖IODP Site U1361の珪藻化石を分析し、異質岩体からの「再堆積」と表層堆積物の「リサイクル」とを識別することに成功した。「再堆積」の起源物質は調査地域周辺に現在露出しておらず、「東南極氷床がダイナミックに挙動した」とするネオジウム同位体や帯磁率異方性(AMS)から得られた結論を支持する。また、氷期には再堆積化石やマグヘマイトの増加が認められ、酸素に富む底層水の増強が示唆された。

研究成果の概要(英文)：We examined diatoms from IODP Site U1361 from continental rise off Wilkes Land, Antarctica, to assess the stability of the East Antarctic Ice Sheet (EAIS) and the Antarctic bottom water (AABW) history during the warm Pliocene. Reworked Miocene diatoms in Pliocene section without any recycling in Quaternary sediment in study area suggests the dynamic behaviour of the EAIS as well as Ne isotope and AMS analysis. In addition, increasing of reworked diatoms in clay rich intervals suggest increasing AABW production during warm Pliocene glacial stages.

研究分野：微古生物学

キーワード：東南極氷床 鮮新世温暖期 珪藻 ウィルクスランド

1. 研究開始当初の背景

鮮新世温暖期は、温暖化地球のアナロジーとして注目され、特に南大洋は氷床・海洋循環の両者を理解する上で重要な海域である。氷河期 (ice stream) が形成した陸棚上の谷地形は、南極底層水 (AABW) の流出・周極深層水 (CDW) の流入経路として、氷床の盛衰・子午面循環に地形的制約を与えている。こうした地形は極前線の移動に伴う南大洋表層水の温暖化が氷床の成長を促し、巨大化した氷床の削剥力増強が形成したもので、南極半島では 5.2Ma 以降の鮮新世に形成されたこと、ウィルクスランド沖は現在、ウェッデル海やロス海、アデリーランド沖に匹敵する南極底層水形成場の一つであることがわかってきていた。しかし新生代の深層水形成史については不明な点が多く、これまで主に中低緯度の無堆積 (hiatus) を対比する事により評価されてきた南極底層水強化事変は、年代モデルに重大な欠陥が見つかったことから、独立した手法により再検証する必要が生じていた。

2. 研究の目的

南極海では氷河性侵食作用の影響で、化石が再堆積 (reworking)・再利用 (recycling) されていることが知られるが、一般に再堆積・再利用は化石から堆積物の堆積年代や堆積環境を推定するうえで障害となる。本研究の目的は、再堆積・再利用化石を識別し、再堆積化石を侵食過程の評価に利用、保存度や他の代替指標と組み合わせることで、新生代後期における南極底層水の起源と活性度を探ることである。また、ウィルクスランド沖で採取された鮮新世の試料に対して適用することで、近未来の地球温暖化のアナログとして注目される鮮新世温暖期において、南極深層水と氷床の盛衰や子午面循環との関係性について評価を試みる。

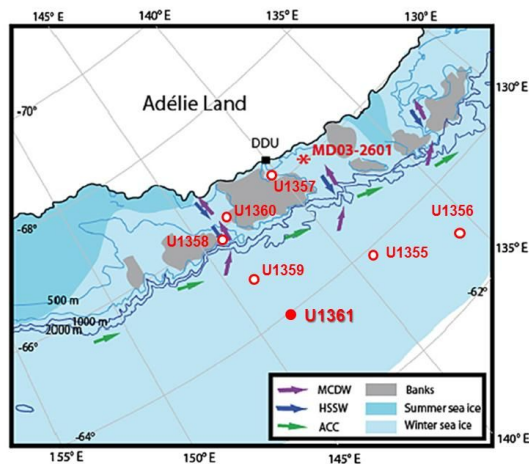


図1 調査海域の海底地形・海流・掘削地点

3. 研究の方法

国際統合深海掘削計画 (IODP) Exp. 318 航海において東南極 Wilkes Land 沖 Site U1361 で採取された試料を用いた (図1)。上部中

新統 - 下部鮮新統 (65 - 150 mbsf) から得られた ~60 試料を用い珪藻群集解析を行った。生物源物質が多い間氷期堆積物と粘土分が多い氷期堆積物を区別し、両者における珪藻化石群集を比較することで、表層堆積物の再利用化石 (recycled fossil) か、異質岩体からの異時的異地性化石 (reworked fossil) かの判別を試みた。再堆積化石の起源と活性度についてはネオジウム同位体ならびに岩石磁化特性により評価を試みた。

4. 研究成果

生物源物質が多い間氷期堆積物と粘土分が多い氷期堆積物を区別し、両者における珪藻化石群集の層位的変化を比較したところ以下のことが明らかになった；

(1) *Rhizosolenia* 属・*Rouxia* 属は氷期と間氷期でよく似た層位変化を示す、

(2) *Thalassionema* 属・*Thalassiothrix* 属も同じような層位変化を示すが、相対頻度が氷期でより高くなる傾向を示す、

(3) *Denticulopsis* 属は間氷期より氷期で相対頻度・絶対頻度ともに高くなるが、層位変化に類似性は認められない。

いずれも夏季海氷から開放された外洋域で生産されるタクサであり、氷期と間氷期で同じパターンを示す前4者は、結氷期に氷床や溶融水による削剥作用で再懸濁・再移動し、堆積物として再利用されることはあるとしても、当時の表層海洋環境を直接反映しており、異時性や異地性は低い再利用化石と見なすことができる。*Thalassionema* や *Thalassiothrix* は *Rhizosolenia* や *Rouxia* に比べ殻構造が単純で溶解に強いことから、(2)の氷期における相対頻度の増加は、保存度の低下 (溶解の進行) を反映したものと見なされる。一方 *Denticulopsis* は中期中新世に繁栄したグループで、ロス海では現在もなおリサイクルされ表層堆積物中に少量ながら産出するが、ウィルクスランド沖の表層堆積物・第四紀後期堆積物には皆無である。*Denticulopsis* が間氷期より氷期に多産することや、氷期・間氷期の層位変化に相関が認められないことは、別途供給源を有する異時的異地性化石 (再堆積化石) であることを示唆している。

ネオジウム同位体ならびにストロンチウム同位体の分析結果によれば、生物源物質が多い間氷期堆積物と粘土分が多い氷期堆積物では大きく値が異なり (図2)、現在氷床で完全に覆われているウィルクス海盆が、鮮新世の温暖期には大規模に氷床が後退することで露出したことが示唆された (Cook et al., 2013, 雑誌論文)。帯磁率異方性 (AMS) や構成する磁性鉱物組成も特徴的な変化を示し (図3)、鮮新世の温暖期の東南極氷床衰退を支持している (Tauxe, et al., 2015, 雑誌論文)。また微細堆積構造観察に基づくと、温暖期においても氷床の拡大縮小は現在の陸棚上で繰り返されていたことが指摘さ

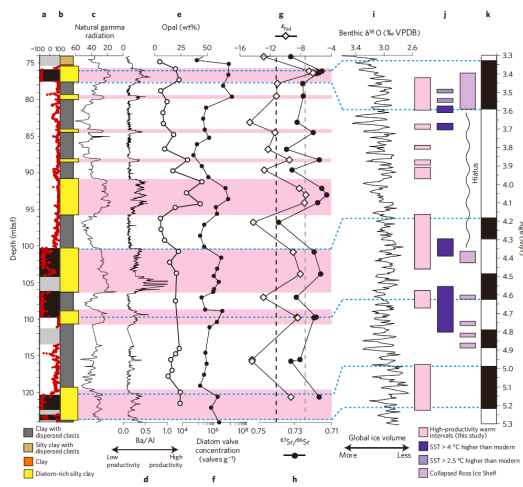


図2 珪藻産出頻度と同位体等との関係 (Cook et al., 2013, 雑誌論文)

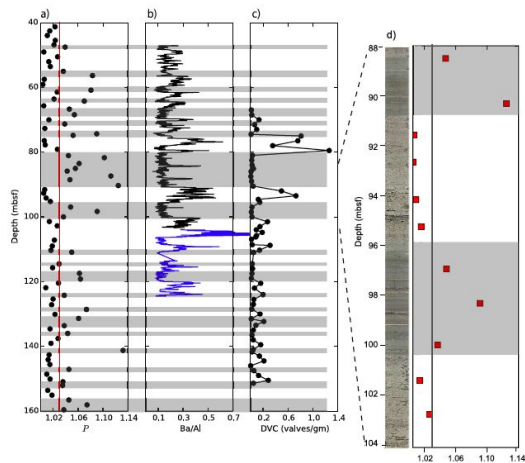


図3 珪藻産出頻度と磁化特性等との関係 (Tauxe, et al., 2015, 雑誌論文)

れる(Reinardy, et al., 2015, 雑誌論文)。異時的異地性化石の供給源として、ウィルクス海盆に堆積した珪藻質堆積物に求めることは可能であり、鮮新世の温暖期に一部露出・削剥されたものが、氷床の拡大や溶融水等による削剥・運搬作用により、陸棚外縁部や脚部に運ばれたと推察される。

Site U1361は現在高塩陸棚水が沈み込み南極底層水が生産される拠点の一つに位置し、南極底層水の生産性評価に好都合な立地条件を有する。間氷期の磁性鉱物は磁鉄鉱(マグネタイト)が卓越するのに対し、氷期にはより酸化的な環境を示唆する磁赤鉄鉱(マグヘマイト)が卓越した(Tauxe, et al., 2015, 雑誌論文)。これは酸素に富んだ南極底層水の生産が氷期に活性化したことを示唆するが、氷期に再堆積化石が増加することや再利用化石の保存度が低下することとのため、再堆積化石や保存度が底層水生産性の代替指標となり得ることを示唆する。

本研究では、氷期・間氷期を区別した上で

珪藻化石群集の時系列データを比較検討することで、異質岩体からの「再堆積」と表層堆積物の「リサイクル」とを識別することに成功した。「再堆積」の起源物質は調査地域周辺に現在存在しておらず、「鮮新世の温暖期に東南極氷床が大規模に後退した」とするネオジウム同位体組成分析結果や帯磁率異方性(AMS)の見解と調和的である。近未来の地球温暖化のアナログとして注目される鮮新世温暖期において、東南極氷床がダイナミックに挙動したことを支持し、鮮新世温暖期には、間氷期より氷期に底層水が活発に生産されていたことが示唆された。

キーワード

東南極氷床 鮮新世温暖期 珪藻 ウィルクスランド 国際情報交換 欧州(英国・スペイン) 米国 IODP Exp.318

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計5件)

Reinardy, B.T.I., Escutia, C., Iwai, M., Jimenez-Espejo, F.J., Cook, C., van de Flierdt, T. and Brinkhuis, H., 2015, Repeated advance and retreat of the East Antarctic Ice Sheet on the continental shelf during the early Pliocene warm period. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 422, p.65-84.

DOI:10.1016/j.palaeo.2015.01.009(査読あり)

Tauxe, L., Sugisaki, S., Jimenez-Espejo, F., Cook, C.P., van de Flierdt, T., Iwai, M., and Escutia, C., 2015. Geology of the Wilkes Land Sub-basin and stability of the East Antarctic Ice Sheet: Insights from rock magnetism at IODP Site U1361. *Earth and Planetary Science Letters*. 412, p.61-69.

DOI:10.1016/j.epsl.2014.12.034(査読あり)

Patterson, M.O., McKay, R., Naish, T., Escutia, C., Jimenez-Espejo, F.J., Raymo, M.E., Meyers, S.R., Tauxe, L. Brinkhuis, H., & IODP Expedition 318 Scientists (including Iwai, M.), 2014. Orbital forcing of the East Antarctic ice sheet during the Pliocene and Early Pleistocene. *Nature Geoscience*, 7 (11), p.841-847.

DOI:10.1038/ngeo2273(査読有り)

岩井雅夫・香月興太・杉崎彩子・山根雅子・酒井豊三郎・Francisco. J. Jimenez

Espejo・Exp.318 Scientists ,2014.4.1 .
新生代東南極氷床発達史 : Exp.318 ウィルクスランド航海 . 月刊地球 号外
No.64, p.111-118. (査読なし)
Cook, C., van de Flierdt, T., Williams, T., Hemming, S.R., Iwai, M., Kobayashi, M., Jimenez-Espejo, F.J., Escutia, C., Gonzalez, J.J., Khim, B.-K., McKay, R.M., Passchier, S., Bohaty, S.M., Riesselman, C.R., Tauxe, L., Sugisaki, S., Galindo, A.L., Patterson, M.O., Sangiorgi, F., Pierce, E.L., Brinkhuis, H., and IODP Expedition 318 Scientists, 2013. Dynamic Behaviour of the East Antarctic Ice Sheet during Pliocene Warmth. Nature Geoscience. 6, 765-769. DOI:10.1038/ngeo1889 (査読有り)

〔学会発表〕(計6件)

岩井雅夫・Exp.318 乗船研究者, 2015, 東南極氷床の安定性:ウィルクスランド航海 Exp.318 の成果 .第5回掘削科学シンポジウム, 2015年3月18日, 高知大学 .

Tauxe, L., Sugisaki, S., Jimenez-Espejo, F., Cook, C.P., van de Flierdt, T., Iwai, M., and Escutia, C., 2014. Geology of the Wilkes Land Sub-basin and Stability of the East Antarctic Ice Sheet: Insights from rock magnetism at IODP Site U1361. AGU Fall Meeting 2014 (San Francisco, 15-19 December, 2014).

Reinardy, B., Escutia, C., Iwai, M., Jimenez-Espejo, F., Cook, C., van de Flierdt, T., and Brinkhuis, H., 2014. Investigating the dynamics of the East Antarctic Ice Sheet on the continental shelf off the Adelie Coast during the Pliocene. Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-6728, 2014. EGU General Assembly 2014 (April 29, 2014, Austria Center of Vienna).

Iwai, M., Reinardy, B., Escutia, C., and IODP Expedition 318 Scientists, 2014, Diatom age assignment at IODP Site U1358 on the continental shelf off the Adelie Coast, Antarctica. Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-9804, 2014. EGU General Assembly 2014 (April 29, 2014, Austria Center of Vienna).

岩井雅夫・小林宗誠, 2014 .再堆積・リサイクル化石の判別とその古海洋学的意義 : IODP Site U1361 の珪藻化石を例に .第4回 掘削コア科学シンポジウム 平成26年3月11日 ,高知大学海洋コア

総合研究センター .
岩井雅夫・小林宗誠・香月幸太・杉崎彩子・山根雅子・酒井豊三郎・IODP Exp.318 Scientists ,2013 .鮮新世温暖期の南極氷床と南大洋:陸棚縁辺深海掘削の成果 .国立極地研究所研究集会「南極海海洋循環を軸とした研究の新展開」(世話人:野木), 2013年10月10-11日, 国立極地研究所(東京)

〔その他〕(計1件)

岩井雅夫, 2014 .南極氷床今昔物語 .第75期高知市民の大学「地球を知り未来をさぐる～高知発!!最先端地球科学～」2014年4月8日, かるぽーと .
<http://bunkaplaza.or.jp/jishu/14/dagaku/1401.html> , 参加人数 : 約70名

6 . 研究組織

(1)研究代表者

岩井 雅夫 (Masao Iwai)

高知大学・教育研究部自然科学系理学部門・教授

研究者番号 : 90274357

(2)研究協力者

小林 宗誠 (Munemasa Kobayashi)

高知大学・大学院総合人間自然科学研究科理学専攻・修士課程学生