

平成 21 年 12 月 4 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19612002

研究課題名(和文) 北太平洋高緯度域における第四紀後期の地球磁場変動：古気候研究との
リンケージ研究課題名(英文) Geomagnetic field variations during late Pleistocene in North Pacific
high latitudes: linkage with paleoclimatic studies

研究代表者

山崎 俊嗣 (YAMAZAKI TOSHITSUGU)

産業技術総合研究所・地質情報研究部門・研究グループ長

研究者番号：80344125

研究成果の概要：

相対古地磁気強度変動を用いて、オホーツク海の3地点で採取されたピストンコア (MR0604-PC05, 06, 07) の年代推定を、1万年オーダーの分解能で行うことに成功した。コア PC05 は過去約 50 万年間、PC06, 07 は約 35 万年間をカバーしている。相対古地磁気強度によるコア間の精密対比と磁気特性の変動より、最北の PC05 サイトでは間氷期最盛期に氷礫が供給されたのに対し、南側の PC06, 07 サイトでは氷期に氷礫が供給されたと推定され、気候変動に伴う海水分布の変遷に関する情報が得られた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：古地磁気学

科研費の分科・細目：地球システム変動

キーワード：古地磁気、岩石磁気、古地磁気強度、環境磁気、オホーツク海、ベーリング海

1. 研究開始当初の背景

海底堆積物を用いて過去の地磁気強度(古地磁気強度)を求めようとする研究は 1990 年代に急速に発展し、本研究立案時点では、過去約 300 万年間の変動の概略が明らかになっていた。そして、より高分解能で変動を明らかにしようとする研究が進みつつあった。相対古地磁気強度変動が確立すると、海底堆積物コアの精密年代推定手法としての応用が注目されるようになった。この手法は、酸素同位体比層序と同様に、変動パターンを用いて標準記録と対比することに基づく。オホ

ーツク海では、有孔虫の保存が悪く、酸素同位体比による堆積物コアの年代推定が難しいことが古海洋研究の妨げとなっていて、他の年代推定手法の適用が期待されていた。

相対古地磁気強度記録が各地で得られるようになると、その変動にミランコビッチ周期が含まれる可能性が指摘されるようになり、地磁気ダイナモのエネルギー源が核外にある可能性が出てきた。一方、これは、気候変動により堆積物の物性が変化し、それが相対古地磁気強度推定に影響することによる見かけのものであるという反論が出され、世

界的に議論になっていた。

2. 研究の目的

本研究は、オホーツク海・ベーリング海
の海底堆積物コアを用いて、北太平洋高緯度域
における過去数万年～数十万年間の古地磁
気強度及び方位の永年変動を、高分解能で復
元することを目指した。立案時における主な
研究目的は以下であった。

(1) 高分解能年代層序

北太平洋高緯度域で古地磁気強度・方位の
永年変動曲線を確立し、オホーツク海とベー
リング海の間、さらには北大西洋や太平洋赤
道域・南半球高緯度域との間で、古気候・古
環境変動の前後関係を知るための基準となる
等時間面を提供する。

(2) 高精度の古地磁気強度変動

還元環境を含む大きな堆積環境の変動等、
古地磁気強度変動推定にとって条件の悪い
堆積物からより高精度な記録を得るため、詳
細な岩石磁気分析を行い、手法の改良を行う。

(3) 古地磁気変動と気候変動・地球軌道要素変動との関連

古地磁気強度変動に約 10 万年の周期的変
動成分が含まれる可能性の議論に関して、海
洋環境の違いにより岩相の異なる堆積物に
ついて、磁気的特性と古地磁気強度変動記録
の比較を行うことにより、地磁気変動と地磁
気のコアとして特性の変動の影響を
分離する。

3. 研究の方法

本研究には、以下の航海で採取された海底
堆積物コア試料を用いた。

(1) 平成 18 年 8～9 月に調査船「みらい」
MR06-04 航海において、オホーツク海の 3

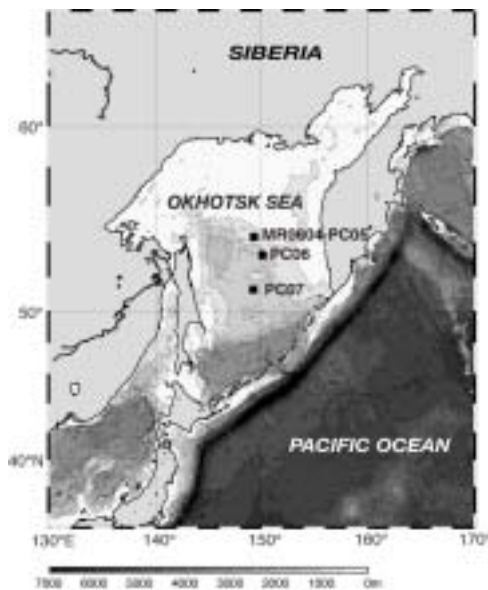


図1. 「みらい」MR06-04航海でオホーツク海
から採取されたピストンコアの位置

地点(図1) ベーリング海の3地点で採取
された計6本のピストン・コア試料。オホー
ツク海のコアは本研究の中心となる試料で、
各コアの長さは約 18m、採取位置の水深は
800～1200mである。

(2) 平成 19 年 8 月の調査船「よこすか」
YK07-12 航海で、オホーツク海において
MR06-04 航海のピストン・コアと同一地点
で採取された3本のグラビティ・コア試料。
ピストンコアでは採取時に最表層が物理的
に乱されることが多いため、グラビティ・コ
アラーを用いて、高品質な表層堆積物試料を
採取した。各コアの長さは6 m程度。

(3) 平成 21 年 2～3 月に調査船「みらい」
MR08-06 航海において、南東太平洋の3地
点で採取されたピストンコア試料。これらは、
古地磁気強度変動を用いた南北両半球間
での遠隔年代対比の可能性を検討する目的
に用いた。

古地磁気・岩石磁気測定用サンプルは、体
積 7cc のプラスチック・キューブを用いて、
コア半断面から連続的に採取した。

測定は、最初に磁化率及びその異方性測定
を行い、コア採取時の試料の物理的な擾乱を
チェックした。続いて、自然残留磁化測定及
び段階交流消磁実験、人工磁化(非履歴性残
留磁化:ARM, 等温残留磁化:IRM)の着磁及
び消磁実験を全サンプルについて行なった。
測定には、パススルー型超伝導岩石磁力計シ
ステム(2G Enterprises Model 760)を用いた。
これらのデータを解析し、残留磁化強度、方
位を求めるとともに、みかけの磁性鉱物粒径
変化(ARM/IRM 比)、高保磁力・低保磁力磁
性鉱物の割合の変化(S比)等の磁気特性デ
ータより、初期続成過程で磁性鉱物の部分的
溶解が起きている層準の検出を行った。次に、
より詳細な岩石磁気特性の測定を必要に応
じて行なった。磁性鉱物の同定のため、磁化
率の温度依存性の測定(常温～700°C)、低温
磁気特性測定(5 K～常温)、IRM 獲得曲線
の測定を行なった。磁性鉱物粒径、保磁力分
布、磁気相互作用の強さの詳細な把握のため、
磁気ヒステリシス測定、特に FORC(First
order reversal curve)図を求めるための詳細
な測定を、交番力磁力計(AGM: Alternating
gradient magnetometer)を使用して行な
った。これらのデータは、より高精度な古地
磁気強度変動を求めるために必要である。

4. 研究成果

(1) 「みらい」MR06-04 航海で採取された
コアを用いた研究

オホーツク海の中央部で採取された
MR0604-PC05, PC06, PC07 のコア試料の
研究からは、以下の結果が得られた。

磁化率異方性は、堆積性ファブリックがお
おむね保存されていることを示した。自然残

留磁化の段階交流消磁の結果、ほとんどの試料が直交面投影図上で原点に向かう成分を示しており、初生磁化を記録していると考えられる。初生磁化方位の伏角の平均は、地心軸双極子磁場から期待される伏角とほぼ一致した。岩石磁気分析からは、初期続成作用による磁性鉱物溶解の証拠はなく、この海域の堆積物は相対古地磁気強度を求めるのに適していることが確認された。

相対古地磁気強度を求める際の、堆積物の磁化獲得効率の違いを補正するための人工磁化として、ARM を用いた。この目的の人工磁化の選択肢としては ARM と IRM があり、ARM はその獲得効率が磁性鉱物間の磁気相互作用に敏感に影響されるという欠点を持つが、今回の堆積物コアでは磁性鉱物の粒径の変化が大きいため、IRM で補正した場合、自然残留磁化を担っていないような大きな粒子サイズの磁性鉱物も含めて補正してしまう可能性があることから ARM を用いた。

コア PC05 の磁化率は顕著なピークの繰り返しを示した。これまで報告されているオホーツク海中央部の過去数十万年にわたる唯一の古海洋学研究である Nurnberg and Tiedemann (2004) では、磁化率のピークは氷期から間氷期への移行期にあるとされる。従って、磁化率の変動パターンが概ね氷期・間氷期サイクルを表していると考え、コア PC05 のおおよその年代を推定できる。PC06 と PC07 は、PC05 と異なり磁化率は顕著なピークを示さないため、Nurnberg and Tiedemann (2004) の考えを当てはめる事は出来ないが、磁化率は大きく3つの山を描いているように見えるため、3回の氷期・間氷期サイクルを示していると考え推定した。これらの年代をベースに、3本のコアの相対古地磁気強度と、酸素同位体比によって年代が決まっている北大西洋の ODP Site 983 (Channell et al., 1998) の相対古地磁気強度との対比を行った。その結果よい相関が得られ、1万年程度の解像度により詳細な年代を推定することができた。コア PC05 は過去約50万年間、PC06, 07 は約35万年間をカバーしている。オホーツク海で得られた相対古地磁気強度変動は、北西太平洋や赤道太平洋から得られている変動曲線とよい一致を示し、グローバルな地磁気変動を反映している(図2)。

3本のコアの伏角には、数万年オーダーの変動が共通して見られた。赤道太平洋のコアを用いた研究で指摘されているような、長周期の永年変動の存在が確認された。

相対古地磁気強度によるコア間の対比により、サイト間の、氷期・間氷期変動に伴う堆積環境の違いが明らかとなった。コア PC05 では間氷期の最盛期に磁化率が増加し、磁性鉱物の粒径が増加し、ヘマタイトのような高

保磁力の磁性鉱物の割合が増加しているという結果が得られ、これは間氷期最盛期に IRD (氷礫) の供給が増加したと考えられることにより説明できる。これに対し、コア PC06 と PC07 では氷期に磁化率が増加し、磁性鉱物の粒径が増加し、ヘマタイトのような高保磁力の磁性鉱物の割合が増加している、氷期に IRD が増加したと推定される。この違いは、3地点の中では最北の PC05 の場所が氷期には年間を通じて結氷していたのに対し、PC06, 07 の場所では氷期にも季節的に融氷して IRD が供給されたためと解釈できる。このように、相対古地磁気強度による年代推定とコア間の精密対比は、古気候・古環境研究に極めて有用である。

得られた相対古地磁気強度変動記録は3地点でよい一致を示し、10万年程度の周期的変動が認められる。前述のように、PC05 と他の2本のコアとは、磁性鉱物粒径や磁性鉱物組成の変動が逆相関している。それにもかかわらず相対古地磁気強度変動曲線が一致することは、堆積物の磁気特性変化は相対古地磁気強度にほとんど影響を与えておらず、得られた相対古地磁気強度変動は真の地磁気変動を反映していると考えられる。

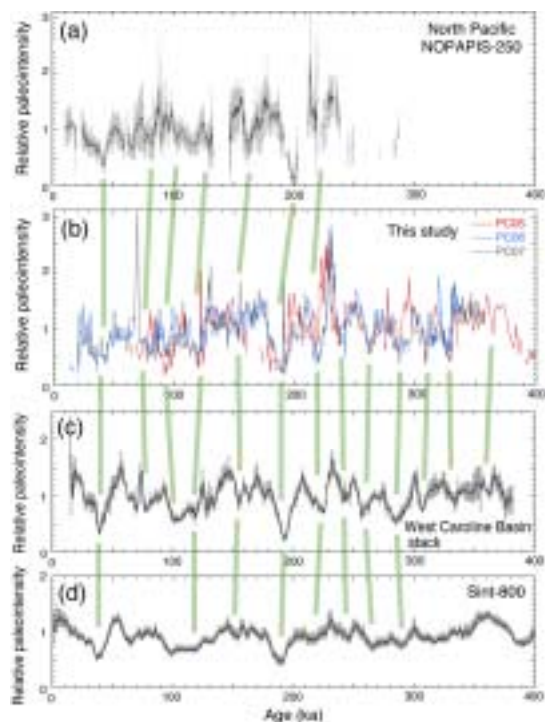


図2. 相対古地磁気強度記録の比較。(a) 北西太平洋 (Yamamoto et al., 2007), (b) オホーツク海 (本研究), (c) 赤道太平洋 (Yamzaki et al., 2008), (d) グローバル・スタック Sint-800 (Guyodo and Valet, 1999)。

ベーリング海で採取された3本の堆積物コアについては、強還元環境のため初期続成

作用による磁性鉱物の溶解が起きていて、相対古地磁気強度変動を復元するのは難しいことが判明した。

(2)「よこすか」YK07-12 航海で採取されたコアを用いた研究

同一地点で採取されたピストン・コア(MR0604-PC04, 05, 06)とグラビティ・コア(YK0712-GC01, 08, 09)の、磁化率を用いた対比により、ピストン・コアでは最表層の堆積物が欠如していることと、その下では実際の深さよりコア長が長くなるオーバー・サンプリングと短くなるアンダー・サンプリングの両方が起きていることが明らかになった。

同一地点で採取されたコアの磁化率異方性の最大軸方向は、地理座標系において一致せず、ピストン・コアではコア半割面に垂直、グラビティ・コアでは平行に集まる傾向にあることが判明した。これは、磁化率異方性がコア採取時の人為的な影響に支配されていることを示す。原因として、コアライナーの変形により堆積物が応力を受けているためであることが推定された。

MR06-04 航海ピストン・コアと YK07-12 航海グラビティ・コアから得られた古地磁気データを統合することにより、オホーツク海における過去約 50 万年間の古地磁気強度変動曲線が完成した。

(3)「みらい」MR08-06 航海で採取されたコア

予察的な物性測定の結果、チリ海溝に近いサイトのピストン・コアは約 100 万年間の古地磁気変動を記録していて、北半球コアとの古地磁気強度を用いた精密年代対比が可能と考えられる。

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2件)

Yamazaki, T., Magnetostatic interactions in deep-sea sediments inferred from FORC diagrams: Implications for relative paleointensity normalization, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9, 2008, doi: 10.1029/2007GC001797 (on-line), 査読有

Harada, N., Sato, M., and Sakamoto, T., Freshwater impacts recorded in tetraunsaturated alkenones and alkenone-SSTs from the Okhotsk Sea acrossmillennial-scale cycles, *Paleoceanography*, 23,

doi:10.1029/2006PA001410, 査読有

[学会発表](計16件)

Yamazaki, T., Preference of normalizer on sedimentary paleointensity: Strong influence of magnetostatic interaction on ARM acquisition, IUGG XXIV General Assembly, Perugia, Italy, 2007.7.6.

Yamazaki, T., Possible overcompensation of non-interacting biogenic component by normalization with ARM in sedimentary paleointensity estimations, 2007 AGU Fall Meeting, San Francisco, 2007.12.12.

井上聖子、山崎俊嗣、相対古地磁気強度を用いたオホーツク海堆積物コアの年代推定、日本地球惑星科学連合 2007 年大会、幕張、2007.5.19.

山崎俊嗣、地球磁場強度変動と気候変動の関連性、日本地質学会第 114 年学術大会、札幌、2007.9.10.

山崎俊嗣、菅沼悠介、井上聖子、Magnetostatic interaction controls the ratio of ARM to SIRM in marine sediments, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 122 回総会・講演会、名古屋、2007.10.1.

井上聖子、山崎俊嗣、相対古地磁気強度を用いたオホーツク海堆積物コアの年代推定、JAMSTEC ブルーアースシンポジウム 2008、横浜、2008.3.13.

Rella S., Tada, R., Nagashima, K., Uchida, M., Itaki, T., Ohkushi, K., Harada, N., Geochemical evidence for Millennial-scale variation of intermediate water intensity in the Bering Sea during the last glacial-interglacial cycle? JAMSTEC ブルーアースシンポジウム 2008、横浜、2008.3.14.

坂本竜彦、坂井三郎、飯島耕一、杉崎彩子、井上聖子、山崎俊嗣、原田尚美、MR06-04 で得られたオホーツク海中央部の海底堆積物コアの年代モデルと海氷変動、JAMSTEC ブルーアースシンポジウム 2008、横浜、2008.3.13.

原田尚美、坂本竜彦、井尻 暁、飯島耕一、関 宰、海底堆積物コアに記録された長時間スケールのオホーツク海の古海洋環境の変動、日本海洋学会春季大会、東京、2008.3.28.

Yamazaki, T., Magnetostatic interactions in Pacific deep-sea sediments inferred from FORC diagrams: Implications for magnetic grain-size proxy and relative paleointensity

normalization, 2008 International Rock Magnetic Conference, Gargese, France, 2008.6.3.

Kawamura, N., Yamazaki, T., An experimental study of magnetic proxy and water chemistry changes with temperature in natural marine sediments, 2008 International Rock Magnetic Conference, Gargese, France, 2008.6.3.

Inoue, S., Yamazaki, T., Sakai, S., Iijima, K., Sakamoto, T., Inter-core correlation of Okhotsk Sea sediment cores using geomagnetic paleointensity and paleoenvironmental implications, 2008 AGU Fall Meeting, San Francisco, 2008.12.15

川村紀子、山崎俊嗣、YK07-12乗船研究者、温度条件に応じた水質と海底堆積物中の磁気特性の変化、日本地球惑星科学連合2008年大会、幕張、2008.5.25

坂本竜彦、坂井三郎、飯島耕一、杉崎彩子、井上聖子、山崎俊嗣、原田尚美、オホーツク海における第四紀後期の海水変動と海洋循環、日本地球惑星科学連合2008年大会、幕張、2008.5.27.

井上聖子、山崎俊嗣、Inter-core correlation of Okhotsk Sea sediment cores using geomagnetic paleointensity and paleoenvironmental implications, 地球電磁気・地球惑星圏学会第126回総会・講演会、金沢、2009.9.28.

下野貴也、山崎俊嗣、井上聖子、コア採取方法が磁化率異方性に与える影響：オホーツク海中央部の海底堆積物を用いたグラビティ・コアとピストン・コアの比較、地球電磁気・地球惑星圏学会第126回総会・講演会、金沢、2009.9.28.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 俊嗣 (YAMAZAKI TOSHITSUGU)
独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報
研究部門・研究グループ長
研究者番号：80344125

(2) 研究分担者

原田 尚美 (HARADA NAOMI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境観

測研究センター・サブリーダー

研究者番号：70344281

(H19 H20: 連携研究者)

川村 紀子 (KAWAMURA NORIKO)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報
研究部門・特別研究員

研究者番号：80442458

(H19: 連携研究者、H20: 研究分担者)

(3) 研究協力者

井上 聖子 (INOUE SEIKO)

筑波大学大学院生命環境科学研究科・学生

下野 貴也 (SHIMONO TAKAYA)

筑波大学大学院生命環境科学研究科・学生