

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 16 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24651011

研究課題名(和文) 氷床拡大期のマーキュリーミレニアム解析

研究課題名(英文) Millennium analysis of mercury content in the North Atlantic sediments during the late Pliocene

研究代表者

北 逸郎 (Kita, Itsuro)

九州大学・比較社会文化研究科(研究院)・教授

研究者番号：10143075

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：氷床出現発達期の250 - 255万年前の北大西洋堆積物中の水銀含有量に、約3千年と5千年のミレニアム周期の気候変動が存在する。この変動は総有機炭素量(TOC)と同海域に流出した漂流岩屑(IRD)量に正相関し、TOC量の変動はナンノプランクトンの上部透光帯種の化石数と有機炭素同位体比に逆相関する。この結果は、同海域の過去100万年間の堆積物のミランコビッチ周期の変動関係と同様であり、この両期間で、同様な“IRDと水銀を含んだ冰山が、気候変動に伴って周期的に流出・融解し、この時増加した海洋水銀が植物プランクトンの下部透光帯種によって消費・有機水銀化されて堆積するメカニズム”を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：It was clarified that mercury contents in the North Atlantic sediments over the last 1,000,000 years and during a period between 2500 ka and 2550 ka changed with distinct periods of 100,000 and 41,000 years, and 3000 and 5000 years, respectively. The sediment Hg content increased during glacial periods with the increase of ice-rafted debris (IRD), correlating positively with total organic carbon content and inversely with its carbon isotopic ratio and the absolute abundance of surface-dwelling nanoplankton species. These observations suggest that Hg- and IRD-bearing icebergs flowed out to this sea area melted during glacial periods and the increased Hg of photic water is incorporated into the organic matter produced by deep-dwelling phytoplankton in the lower photic zone. Sediment Hg content can be used as a new chemical indicator of enlargement and reduction of ice floes in the northern hemisphere in both orbital and millennium scales

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：マーキュリー ミレニアム解析 氷床拡大縮小 氷床の出現・発達期 ナンノプランクトン 北大西洋 透光帯水塊構造 IODP

1. 研究開始当初の背景

(1) Dansgaard et al. (1993)は、過去 14 万年間のグリーンランドの氷床コアの ^{18}O 値の高解像度分析によって、ミランコビッチの数万年の周期(オービタルスケール)以外に、千年スケールの間隔で急激な気候変動が繰り返されていたことを明らかにしている。この短周期変動は、氷期に発達する大陸氷床量の消長に関係付けられ、大陸氷床の周期的な崩壊によって大西洋に氷山が流出し、その際、大陸から削り取られてきた氷山起源の岩屑(IRD)が周期的に堆積している現象が報告されている(Heinrich event)。この現象の周期が Dansgaard 周期と一致していることが北大西洋海域の深海掘削で立証されている(Heinrich, 1988; Broecker et al., 1992; Cortijo et al., 1995; Adkins et al., 1997)。この IRD の分布は北緯 40 度にまで達し、北緯 35 度から 40 度海域は IRD ベルトと呼ばれている(Bond et al., 1992)。近年、Hodell et al. (2008)は、北大西洋の IRD ベルト内に掘削された IODP U1308 の堆積物を用いて、過去 100 万年間の有孔虫の ^{18}O 値と IRD 量および帯磁率の変動の一致に基づき、オービタルスケールでの氷床拡大・縮小の記録を復元している。しかしながら、北半球の大陸氷床の出現・発達期(300~200 万年前)の IRD の分布の報告はまだなかった。

(2) 北ほか(2008 年度日本地球化学会講演と地質学会の招待講演)は、カリブ海バハマ沖の海洋堆積物の水銀含有量に明確なミランコビッチ周期に一致する変動周期が存在することを世界で始めて報告している。この堆積水銀量は、海洋透光帯に生息する海洋の第一生産者である植物性石灰質ナノプランクトンの下部透光帯種数と彼らが生産した有機物量が正相関し、その周期はオービタルスケールの気候変動に良く一致している。さらに、この下部種の増減は、海洋透光帯の成層化とその崩壊現象に対応することが分かっている(Chiyonobu et al., 2007)。一方、南極やグリーンランドの過去 67 万年間の氷床には、大気水銀が濃縮されている(Appelquist et al., 1978; Vandal et al., 1993; Jital et al., 2009)。このことは、Heinrich event のような大陸氷床の周期的な崩壊によって、IRD と水銀を含んだ氷山が、海洋に流出・融解し、その増加した透光帯水銀を植物プランクトンが消費・有機水銀化し、IRD とともに堆積するメカニズムが存在することが期待された。したがって、この堆積水銀量変動は、北大西洋の氷床拡大縮小に伴う透光帯水塊構造変動を解明する化学的な手法に成り得ることが期待された。

2. 研究の目的

本研究では、Hodell et al. (2008)と同じ統合国際深海掘削計画(IODP)で掘削された Site U1308 の過去 100 万年間の堆積物試料の

水銀含有量とナノ化石群集および有機物の化学・同位体分析を行い、水銀含有量と IRD 量の関係、水銀量と TOC 量の関係およびその起源と堆積メカニズムを明らかにし、カリブ海バハマ沖のオービタルスケールでの堆積水銀量変動メカニズムと比較することを目的としている。

(2) 大陸氷床の出現・発達期の千年スケールの周期解析ができる IODP Hole U1314 を用いて、290 万年前から 220 万年前のオービタルスケールと 250 万年から 255 万年前までの 5 万年間の千年スケールの水銀量、IRD 量、ナノプランクトン群集、総炭素量(TOC 量)とその炭素同位体比および帯磁率の変動解析を行い、過去の 100 万年間との水銀変動とそのメカニズムを比較する。この結果に基づき、氷床拡大・縮小による海洋水温変動に起因する海洋透光帯水塊の気候変動とそれに伴う植物プランクトンによる海洋水銀の消費・堆積メカニズムを明らかにする。これらの成果に基づき、北大西洋の堆積水銀による氷床拡大・縮小現象を千年スケールで解析する新化学手法を確立することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 北大西洋海域の北緯40度以北に分布する IRD ベルト帯内の現在から過去100万年前までの堆積物試料として、Hodell et al. (2008)によって IRD 量と帯磁率がすでに報告されている IODP Hole U1308 (堆積速度 7.6 cm/ky) の約 250 試料と氷床出現・発達期の試料として堆積速度がより速いため(堆積速度 11.12 cm/ky)、千年スケールでのミレニアム解析が可能な IODP Site U1314 の Gauss - Matuyama 地磁気逆転境界(約 2.58 Ma)を含む 220 ~ 290 万年前の 70 万年間とその中の 250 ~ 255 万年前(MIS 99-101)の間の 5 万年間の堆積物試料、合計約 500 個を選定した。

(2) 上記の堆積物試料の水銀分析計による水銀含有量、光学顕微鏡による温暖種・寒冷種を含むナノプランクトン化石の上部透光帯種と下部透光帯種の鑑定および元素分析計と質量分析計による堆積物の TOC 量およびそれらの窒素・炭素同位体比の測定を行った。加えて、U1314 コア中に混在する IRD 数(>150 μm の粒子)の顕微鏡観察や X 線回折(XRD)分析による石英、長石、雲母およびドロマイト量と岩石磁気分析による磁性鉱物の同定実験を行った。申請した 2 年間で、両堆積物コア中の水銀量、ナノプランクトン化石の上部・下部透光帯種数および有機炭素同位体比の化学変動量と鉱物および帯磁率の変動関係を明確にした。

4. 研究成果

(1) 過去 100 万年間の IODP Site U1308 堆積物コアの水銀量は、氷期に増加し、明確な

ミランコビッチ周期(10万年, 4.1万年)を
与え、Hodell et al. (2008)による IRD 量の
増減と正相関の変動パターンを示した。この
堆積水銀量変化は、ナンノプランクトンの上
部透光帯種数と TOC 量の変化と正相関の関
係を示し、その炭素同位体比とは逆相関の変
動関係を示した。また、ナンノプランクトン
の暖流種数と寒冷種数は逆相関を示し、暖
流種の増加は同海域を北上する北大西洋暖
流の強度の気候変動に対応することが明らか
になった。さらに、有機物の炭素同位体比の
変動も透光帯への高い炭素同位体比を持つ
総炭酸物質(CO_2)を含む北大西洋暖流の
強度変化に対応して変化している。これら
の生物・化学データの関係は、カリブ海バ
ハマ沖の堆積物の気候変動と同様に、透
光帯の成層化とその崩壊現象によって変
化することが明らかになった。しかしなが
ら、バハマ沖では、間氷期に堆積水銀量
が増加し、北大西洋では、氷期に堆積水
銀量が増加する相違が明らかになった。カ
リブ海海域では、間氷期には透光帯表層
水が暖かいため、冷たい下部透光帯水と
の間には温度勾配が大きく、温度躍層が
形成されている。Kita et al. (2013)は、
この間氷期の透光帯の温度躍層に、水銀
が濃集するメカニズムを報告している。し
かしながら、北大西洋では、透光帯内に
温度躍層がない氷期に堆積水銀量が増加
し、かつ水銀量は IRD 量とともに堆積し
ている。これらの結果に基づき、氷床拡大
に伴い IRD と水銀を含んだ氷山が北大
西洋に流出・融解し、透光帯の水銀量を
増加させ、その増加した水銀を植物プラ
ンクトンの下部透光帯種が消費・生産し
た有機水銀が IRD とともに堆積するメ
カニズムを提唱できる。

(2) 一方、IODP Hole U1314 の 250~255
万年前の 5 万年間(MIS 99-101)の堆積物
の IRD 量とナンノプランクトンの上部透
光帯種の化石数は正相関で変動し、その
周期は約 3 千年と 5 千年の明確な千年
スケールの変動を示すことが明らかにな
った。これらの変動は水銀量と TOC 量の
変動と明確な逆相関の関係を示してい
る。さらに、その炭素同位体比は、TOC
量と逆相関の関係を示している。この堆
積物の帯磁率は、気候変動と同じ約 3 千
年と 5 千年の周期を示している。このこ
とから、帯磁率の変動は、過去 100 万
年間と同様に、気候変動に対応しており、
水銀量のミレニアム解析法に利用でき
ることが明らかになった。また、220~
290 万年前の 70 万年間との比較によ
り、これらの化学・生物データの変動幅
は、過去 100 万年間の氷床拡大期より
小さいことが明らかになった。また、ガ
ウスー松山磁気逆転境界付近(258-262
万年前)の堆積物試料では、上記化学量
や同位体比の変動幅も小さく、ナンノ
プランクトンの寒流種が激減するととも
に鉱物組成が異なる(雲母や石英の激減)
ことも予察でき、今後の興味ある課題
となることが考えられる。

上記のごとく、北大西洋の氷床出現・発
達期の化学・生物データの変動幅は小
さいが、IODP Site U1308 からの過去
100 万年間の変動関係と同様であり、
氷床出現・発達期にも、“氷床拡大に
伴い IRD を含んだ氷山が北大西洋に
流出・融解し、IRD を堆積するととも
に透光帯水の水銀量を増加させ、その
増加した水銀量を植物プランクトンの
下部透光帯種が消費し、有機水銀とし
て堆積する”という氷床拡大期と同
様なメカニズムを提唱できる。すなわ
ち、250-255 万年前の 5 万年間にも、
Heinrich event のような大陸氷床の崩
壊により北大西洋に IRD と水銀を含
んだ氷山が海洋に流出・融解する現象
が存在し、堆積水銀として記録されて
いることが明らかになった。

この研究によって、北大西洋の海洋水
銀の濃集・堆積メカニズムは、北大西
洋のオービタルスケールのみならず
ミレニアムスケールでの堆積水銀量解
析に普遍化でき、この水銀量変動が、
氷床拡大縮小現象の有効な化学的指標
となることを世界で初めて示した。

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)

Hasegawa, H., Kita, I., Tsukamoto, S.,
Chiyonobu, S. and Kuwahara, Y., Synchronous
changes of nitrogen and carbon isotopic ratios
and nannoplankton assemblage in marine
sediments off Peru at 250 ka: A role of
phytoplankton in primary ocean productivity,
Open Journal of Geology, 査読有, Vol.3,
2013, pp.113-120.

DOI:10.4236/ojg.2013.32015

Kita, I., Kojima, M., Hasegawa, H.,
Chiyonobu, S. and Sato, T., Mercury content
as a new indicator of ocean stratification and
primary productivity in Quaternary
sediments off Bahama Bank in the Caribbean
Sea, Quaternary Research, 査読有, Vol.80,
2013, pp.606-613.

DOI.org /10.1016/j.yqres.2013.08.006

[学会発表](計 9 件)

水田麻美、山下剛史、北 逸郎、大野正夫、
桑原義博、林 辰弥、佐藤時幸、約 250 万
年前の北大西洋堆積物に基づく大陸氷床
拡大期の気候変動のミレニアム解析、2012、
平成 24 年度日本地球化学会、九州大学、9
月 11 日(口頭)

宮川千鶴、水田麻美、山下剛史、北 逸郎、
大野正夫、桑原義博、林 辰弥、佐藤時幸、
北大西洋堆積物に基づく大陸氷床拡大期
の気候変動解析(約 250 万年前から 290
万年前)、2012、平成 24 年度日本地球化
学会、九州大学、9 月 11 日(口頭)

Sato, T., Watanabe, M., Kita I., Imai, R. Last
Quaternary paleoceanography of the Oga

peninsula, Japan Sea side of Japan: glaciation in MIS 12 as evidenced by lithostratigraphy and nannofossil biostratigraphy, 2012, American Geophysical Union, Moscone Center. San Francisco, USA, 6 Dec. (Poster)
水田麻美、藤田 周、山下剛史、北 逸郎、大野正夫、桑原義博、林 辰弥、長谷川英尚、千代延 俊、佐藤時幸、北大西洋の堆積水銀量の第四紀変動史:現在から 255 万年前、2013、平成 25 年度日本地球化学会、筑波大学、9 月 10 日(口頭)
宮川千鶴、水田麻美、山下 剛史、北 逸郎、大野正夫、桑原義博、林 辰弥、佐藤時幸、250 万年前から 290 万年前の堆積物に基づく氷床拡大縮小に伴う北大西洋透光帯水塊構造の気候変動、平成 25 年度日本地球化学会、2013、筑波大学、9 月 10 日(口頭)
Ohno, M., Sato M., Kuwahara, Y. Hayashi, T., Miyagawa, C., Kita, I. Millennial-scale rock magnetic variations indicating instability of North Atlantic environments during intensification of northern hemisphere glaciation, 2013, IAGA 2013 12th Scientific Assembly, Fiesta Americana Merida Hotel, Mexico, 26 August (Poster).
大野正夫、佐藤雅彦、林 辰弥、桑原義博、宮川千鶴、藤田 周、北 逸郎、北大西洋の大陸氷床発達期(MIS100)における古環境変動の岩石磁気、2013 年、地球電磁気・地球惑星圏学会、高知大学、11 月 5 日、(Poster).
大野正夫、佐藤雅彦、林 辰弥、桑原義博、北 逸郎、Millennial-scale rock-magnetic variation indicating instability of North Atlantic environments during MIS 100、2014 年、日本地球惑星科学連合大会、パシフィコ横浜、4 月 29 日、(口頭)
佐藤雅彦、大野正夫、林 辰弥、桑原義博、宮川千鶴、藤田 周、北 逸郎、Rock magnetic study of the North Atlantic sediment during late Pliocene and early Pleistocene、2014 年、日本地球惑星科学連合大会、パシフィコ横浜、4 月 30 日(口頭)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北 逸郎(Kita Itsuro)

九州大学大学院比較社会文化研究院教授

研究者番号：10143075

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

佐藤時幸(Sato Tokiyuki)

秋田大学・工学資源学部教授

研究者番号：60241668

大野正夫(Ohno Masao)

九州大学・大学院比較社会文化研究院准

教授

研究者番号：00251413

桑原義博(Kuwahara Yoshihiro)

九州大学・大学院比較社会文化研究院准

教授

研究者番号：90281196