

2004年度 高知大学海洋コア総合研究センター

全国共同利用研究報告書

研究課題名 27.7 億年前の西オーストラリア Mt. Roe 玄武岩の岩石磁気
氏名 根建 心具
所属 鹿児島大学理学部 教授
研究期間 平成 16 年 10 月 1 日～平成 17 年 3 月 31 日
共同研究分担者組織 学生 2 名

研究目的

申請者は 2002 年に Archean Biosphere Drilling Project を立上げて国際共同研究体制を作り、オーストラリアにおいて現在の風化や生命活動のコンタミネーションのない 27～35 億年前の地層を世界ではじめて掘削した。研究目的は初期地球の微生物の時空分布と地球環境を調べると共に、生命と環境の共進化を規制した地球物理学的要因を明らかにすることにある。特に地球磁場の発生と進化の把握はその大きな柱である。現在まで最も古い地球磁場を検出に成功し、同時に生物の多様化が連動していることなど、多くの発見が相次ぎ、国際的に注目を浴びている。

研究実施内容およびその成果

磁性鉱物を特定するために、磁気天秤と振動試料磁力計を用いた。熱磁気曲線を 0K から 1000K まで測定(根建; 鹿児島大学)し、低温側の変極点とキュリー温度から検討した結果、磁性鉱物の量が少ないため鮮明な変化を追跡できなかったが、顕微鏡観察と同様の結果を得た。

すべての試料について最大 650°C までの段階熱消磁と、80mT までの段階交流消磁を行い、消磁過程での直線性(MAD; Maximum Angular Deviation)を検討した。(検討したデータはすべて tilt-corrected のデータである。)。ほとんどの試料で安定な残留磁気と不安定な二次成分があり、ザイダーヴェルド図から直線回帰法によって、その方向を求めた。MAD は交流消磁と熱消磁で若干違うものの、最後に残る安定な残留磁気の多くは 5°C 以下となる。二次成分はバラつきが大きい。

300m のコアから、合計 64 のサイトから玄武岩を切り出して測定したが、11 のサイトについては連続して 4 個ないし 8 個の試料を切り出し、その集中性を調べた。交流消磁でも熱消磁でも、磁鉄鉱の一次成分の集中性は極めて良く、平均方向を中心とした円錐の半頂円で、その円錐が単位球面と交わってできる小円の範囲内に真の平均方向が存在する確立が 95% である事を意味する $\alpha 95$ が 2° 以下のものも存在し、ほとんどが 5° 以下である。磁硫鉄鉱の $\alpha 95$ は 7° 程度だった。磁鉄鉱の二次成分の集中性はあまり良くなく、 $\alpha 95$ はほとんどが 10° 以上である。

5 層に分けた玄武岩のそれぞれの層順の残留磁気を一次成分と二次成分に分けて表示したグラフを検討した。一次成分は明らかに上向きと下向きの正反対の方向が得られるが、これは磁性鉱物の種類と見事な関係があり、磁鉄鉱が磁性の担い手の場合は一を除いてすべて下向き、磁鉄鉱の二次成分は一を除いてすべて上向きになる。磁硫鉄鉱の場合はすべて上向きになる。磁硫鉄鉱の二次成分はない。(なぜ一だけ逆向きになっているのか理由はわからなかった。)。二次的な磁化が 300° で起こったとすると、これらの現象はうまく説明できる。すなわち、磁硫鉄鉱の一次成分は磁鉄鉱の二次成分と同質と考えられる。

まとめ

- 1) Mt. Roe 玄武岩の磁性の担い手は主に磁鉄鉱と磁硫鉄鉱である。いずれも安定な残留磁気を持つが、同時に二次成分を持つ。磁硫鉄鉱が磁性の担い手の岩石の一次成分は磁鉄鉱の二次成分と同質で、同じ時期に獲得したものである。
- 2) 磁鉄鉱の一次成分は下向きである。これは、27.7 億年前のピルバラ地域が現在と同じ南半球にあったとすれば、地球ダイナモが働き、地球の磁場が逆転していたことを意味する。
- 3) 二次成分の獲得時期は正磁極時のもので、帯磁温度は 200°C～300°C と考えられるが、21 億年前の変成作用を受けた時代の地球磁場を保存している可能性が強い。変成作用は 150°C～200°C であるが、加熱期間が長ければ同じ効果を持つと考えられる。
- 4) 玄武岩の安定で強い残留磁気から、当時の地磁気が強かったと思われる。これと生命の繁茂や多様化との関係は重要で、テリエ法等、今後詳細な研究をする価値がある。

研究課題名 海洋底構成物質の磁性の基礎的研究
氏名 鳥居 雅之
所属(職名) 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科 (教授)
研究期間 平成 16 年 11 月 1 日～平成 17 年 3 月 31 日
共同研究分担者組織 学生 3 名

研究目的

海洋底堆積物の磁性は、堆積物の年代推定および堆積環境や起源地域の研究にとって重要な情報源である。その様な情報は堆積物中の磁性鉱物によって担われており、磁性鉱物は碎屑粒子として供給されるか生物起源も含めた自生鉱物として堆積物中に存在している。従って海底堆積物の磁性研究のためには、その中に含まれている各種の磁性鉱物についての基礎的な研究が不可欠である。これまでの研究で基本的なことは理解されているが、未解決の部分も多い。申請の研究は海底堆積物や海底火山岩中に含まれている磁性鉱物の基礎的研究を網羅的に行っていくことを目的としている。

研究実施内容およびその成果

平成 16 年度の研究は、上記テーマのもとで以下の 2 種類の試料を対象として行った。1つは玄武岩質の火山岩である。玄武岩は海洋底の主要な構成要素であり、その磁化についての研究にはいまだに尽くしきれない多数の解決すべき問題がある。もう 1 つの研究対象は最近注目を浴びている磁性の強い硫化鉄鉱物の 1 つであるグレイガイト (Fe_3S_4) である。

前者については、さらに 2 種類の対照的な試料を用いて研究を行った。2 つはハワイ島キラウエア火山の 1971 年噴火の Mauna Ulu 溶岩と、1995 年噴火の Puu Oo 溶岩である。これらは極めて新鮮であり、とくに Puu Oo 溶岩はまったく風化しておらず、表面にはパホイホイ溶岩特有のガラス層が認められる。今回の測定はこのガラス層とそれより内側の発泡した層との間にどのような磁性の違いがあるのかを知ることを各種の測定を目的として行った。その結果は量的に十分な測定を行ったといえるほど試料数が多くないが、ガラス部分にはほとんど磁性鉱物が含まれておらず、含まれていても多くは超常磁性領域の超微少粒子が多いことが分かった。つまり、一見極めて新鮮なガラス質溶岩でも、今回の結果では必ずしも古地磁気研究に適さない可能性があることが分かった。海洋底から採取された火山ガラスは、最近磁化が安定な試料として評価される傾向があり、古地球磁場測定などに用いられる場合が多いが、今回の結果からみるとそれらの磁化はある程度時間がたってから起こったのではないかと思われる結晶晶出時に獲得された磁化かもしれない。もしそうだとするならば古地磁気方位の解釈に大きな影響を持つ問題であり、今後さらに詳しく検討していく必要がありそうである。

もう 1 種類の玄武岩は澎湖島 (中期中新世) から採取されたものである。これはキラウエアの試料とは対照的に激しく風化した試料である。この試料には低温酸化されたチタノマグヘマイイトが含まれていることを期待して、キラウエアの対照試料とする予定であったのだが、チタノマグヘマイイトがさらに酸化されたりして失われてしまった可能性が高い試料であることが判明した。この研究はまだ緒についたばかりであり、今後様々な条件の玄武岩試料について詳しい実験を行い、そこから得られた知識にもとづいて深海底堆積物中の碎屑粒子の磁化の解釈の基礎としたいと考えている。

台湾の海成鮮新統から採取されたグレイガイトについて、センターの熱磁気天秤を用いて測定を行った。この研究はまだ全貌が解明されていないグレイガイトの磁性について、とくにその熱磁気特性を検討する目的で行った。目下、センターで熱磁気特性を測定した試料の X 線回折実験を行っているところであり、まだデータの分析が終了していない。今後 1-2 年かけてグレイガイトの示す磁性の熱に対する相転移の詳細を明らかにしていきたいと考えている。

研究課題名 初期地球における地球磁場と生命の進化：太古代古地磁気プロファイルの構築

氏名 新妻 祥子

所属(職名) 東北大学大学院理学研究科 (COE フェロー)

研究期間 平成 17 年 3 月 16 日～平成 17 年 3 月 24 日

共同研究分担者組織 東北大学大学院理学研究科学振 PD 中川 達功

研究目的

Archean Biosphere Drilling Project によって西オーストラリア・ピルバラ地塊で掘削された 27～35 億年前の掘削コアを研究対象として、生物と地球磁場の進化の痕跡を探求することを目的とする。

申請者は、主にこれらの太古代の岩石中に含まれる硫化鉱物の岩石磁気学的な特徴を調べ、生物がつくった鉱物の特定を行っている。この硫化鉱物は、今までの報告の中で最古のものである可能性があり、この鉱物が記録した最も古い地球磁場を検出することが期待される。

研究実施内容およびその成果

掘削されたコアのうち、Mount Roe Basalt (27.7 億年) に狭在する有機炭素と硫化鉱物に富んだ太古代の海洋堆積物 (黒色頁岩) を用いて研究を行った。この黒色頁岩には、黄鉄鉱、ピロータイトなどの硫化鉱物が、砕屑粒子や自生の層状・塊状のノジュール、自生の微細粒子などとして含まれている。産状ごとに、残留磁化、磁気ヒステリシス、キュリー点、低温磁気相転移の測定を行った。これらの黒色頁岩中の硫化鉱物との比較検討のために、硫酸還元菌が生成した硫化水素と反応してできた磁性をもつ硫化鉱物についても、同様の測定を行った。

熱消磁後の残留磁化測定によるブロッキング温度とキュリー点の測定により、黒色頁岩の磁性は、強磁性の硫化鉱物が担っていることが明らかになった。単斜晶系のピロータイト (Fe_7S_8) の他、六方晶系のピロータイト (Fe_9S_{10}) が砕屑性の硫化鉱物粒子に含まれている。また、自生の硫化鉱物は、単斜晶系のピロータイトに加え、グレイタイト (Fe_3S_4) が示す磁気的性質を併せて持っている。また磁気ヒステリシスの測定により、この堆積物中の自生の産状を示す硫化鉱物は、単磁区構造をもつ安定した強い磁性を示すことが明らかになった (Niitsuma et al., 2005ab)。残留磁化の測定では、ほとんどが掘削時の人工的な磁化成分であることが判った。しかし、強磁性の硫化鉱物が担う初生的な磁化成分を併せ持っている試料が稀に存在することも明らかになり、今後、太古代の古地磁気記録の復元が期待される。

比較試料として測定を行った硫酸還元菌起源の硫化鉱物は、グレイタイトの磁気的性質を示した。今後、培養、合成によって作った硫化鉱物と太古代の硫化鉱物の岩石磁気学的・鉱物学的な比較検討を進めることで、硫酸還元菌起源の太古代の硫化鉱物を見いだすことが期待される。

さらに、東北大学において、27.7 億年の黒色頁岩試料を鉱物学的に検討した結果、 100°C 以下でのみ存在できる準安定な硫化鉱物相の存在が確認された。このような準安定な鉱物相は、岩石磁気的に検出でき、熱水噴出口など初期生命の進化の場となった海底環境を復元するのに有効である。

Niitsuma, S., Kakegawa, T., Nagase, T., Nedachi, M., 2005a; Discovery of greigite from Archean rock? Abstracts 2005 Japan Earth and Planetary Science Joint Meeting, B001-004.

Niitsuma, S., Kakegawa, T., Nagase, T., Nedachi, M., 2005b; Significance of nickel-rich sulfides in the 2.77 Ga Mt. Roe sedimentary rocks. Abstracts 2005 Japan Earth and Planetary Science Joint Meeting, P074P-007.

研究課題名 地球史における海底熱水系の変遷（太古代から現代まで）

氏名 清川 昌一

所属（職名）九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門（講師）

研究期間 平成16年11月24日～平成16年11月30日

平成17年1月26日～平成17年1月28日

平成17年3月22日～平成17年3月31日

共同研究分担者組織 高知大海洋コア総合研究センター助手 池原実

茨城大教育助教授 伊藤孝

九州大学地惑助手 北島富美雄

研究目的

太古代の環境復元を広域的に考察するには、当時の海底堆積物が最もよい。地球史を通した熱水系の変遷史は、当時の地球表層環境・熱水循環（地球表層のエネルギー循環）・生物変遷を知る上で重要な鍵をにぎっている（eg. Nisbet, 2001）。中でも、1）初期地球の還元的・酸化的環境問題、2）太古代の含有機物熱水系と地下生物圏の関連、3）初期生物生存場所・化石化問題、については、地球史を通しての熱水系堆積層・基盤岩における地層復元からアプローチが可能である。

我々の最大目標は、詳細断面図から浮き彫りになった地層に対して1)高精度化学分析を行い、化学的データを網羅した3次元的な化学的地層断面を作成する。2)現在進行形のモデル場との対比を行い、石化する以前を類推し、初期断面をより具体的に復元する。

これらの項目を解くためには、まず、非常に露頭条件の良い地域での詳細な地質図作成が非常に重要である。特に我々が進行中の「デキソンアイランドプロジェクト」は32億年前海底表層地層として、当時の海底断面が10 kmにわたって連続し見られる世界で唯一の地質帯である。この当時の海底表層断面では熱水基盤上に「黒色チャート・縞状鉄鉱層（BCB）シークエンス」として堆積することが明らかになってきた（Kiyokawa et al., in press）。この高精度太古代海底断面を軸に、他の地域や時代に見られる熱水系と堆積層を比較検討することは、地球史を通じての熱水循環システムや海底表層環境変化の解明する上で非常に重要になる。

研究実施内容およびその成果

化学分析

分析は1)炭素同位体測定器、2)レーザーラマン分光測定器を使用させていただいた。

a)炭素（ $\delta^{13}C$ ）

乾燥・粉末化した試料を塩酸処理して、無機炭素物質（炭酸カルシウム等）を除去し、元素分析計オンライン質量分析計（EA-ConFlo-IRMS）で行った。

総数150個の黒色チャートについて分析を行い、TOC、 $\delta^{13}C$ の値を求めた。

この結果、熱水系基盤直上約5m付近に炭素濃度が高く、炭素同位体がマイナス40になる部分が発見された。地層観察においてもバイオマットなどの組織が残り、海底表層の生物活動が高かった部分であることが明らかになった。

b)レーザーラマンを使った流体包有物

レーザーラマンを用いて、黒色チャート中の炭素の熟成度を測定し、当時の熱水脈は最高でも温度が約150度ぐらいであることが明らかになった。

この成果は以下の論文に発表した。

Kiyokawa S. T. Ito, M. Ikehara and F. Kitajima. Middle Archean volcano-hydrothermal sequence: bacterial microfossil-bearing 3.2-Ga Dixon Island Formation, coastal Pilbara terrane, Australia. GSA Bulltin, in press.

池原実、片上亜美、伊藤孝、清川昌一、北島富美雄、印刷中 西オーストラリア・ピルバラ・デキソンアイランド層の地質—6—有機炭素量および有機物炭素同位体比—茨城大学教育学部紀要（自然科学）59-66.

北島富美雄・桜木智明・清川昌一・伊藤孝・池原実、西オーストラリア・ピルバラ・デキソンアイランド層の地質—5—黒色チャート中に含まれる炭素物質—茨城大学教育学部紀要（自然科学）53-57.

研究課題名 生物標本を用いた物質循環変動の解明
氏名 伊藤 孝
所属(職種) 茨城大学教育学部(助教授)
研究期間 平成17年1月23日～平成17年1月25日
共同研究分担者組織 海洋研究開発機構研究員 谷水 雅治

研究目的

琵琶湖の水質・生物相について、滋賀県の研究機関や大学などによって、基本的な分析項目の定期分析が行われてきており、琵琶湖は、過去数10年間、水質・生物相とも大幅に変化してきたことが明らかになりつつある。

しかし、水質分析においては、溶存成分の同位体が分析項目に含まれていないため、溶存成分の供給源の特定やそれらの寄与率の変化、さらに物質循環についての定量的な見積もりなどできない状況にある。

そこで本研究では、過去40年間にわたり、定期的に採取・保存されてきた琵琶湖固有種であるイサザを用いて、湖水のSr同位体比を還元することを目的とした。

研究実施内容およびその成果

本研究室では、これまで過去40年間分のイサザ試料について、1年の1採取時期(11月もしくは12月)に得られた試料を用いて、琵琶湖湖水Sr同位体組成を還元してきた。その結果、1) 過去40年間、イサザ骨格部のSr同位体比は一定ではなく、大きく変化してきた、2) 1980年、1983年、1986年採取分のみ、著しい低Sr同位体比のスパイクが観測される、3) スパイクはいずれも低方向であり、かつ3つのスパイクの値は同程度である、ことが明らかとなっている。

本研究においては、これら3つのスパイクのうち、特に1980年スパイクと1983年スパイクに焦点を当て、これまでと比較し、より高い時間分解でイサザ試料を分析することによって、スパイクの程度・継続時間などについての知見を得ることを具体的な目標とした。

以下は、その結果である。

- ・ 1979年～1984年に採取されたイサザのSr同位体比は、ほとんどが0.71250～0.71230間の値(ここではこの範囲の値を、平常値と呼ぶこととする)を有する。
- ・ 1983年スパイクのSr同位体比は0.71165に達し、これまでに見出されている1980年スパイク、1986年スパイク同様、0.71180以下の値を有する。
- ・ 1983年スパイク前後のSr同位体比の変動については、1983年10月10日採取分から平常値を超えてSr同位体比が下がり始め、1983年12月10日採取分で最低値の0.71165を取る。そして、翌1984年1月10日採取分では、また再び平常値の範囲内の0.712378を取る。
- ・ このように、琵琶湖産イサザに見られる低Sr同位体比スパイクは、1983年の場合、10月初旬採取分で見られ始め、12月初旬採取分以最も低い値をとり、翌年1月採取分には平常値に戻る、というわずか3ヶ月にも満たないものである。

本研究により、今回明らかになったイサザのSr同位体変化、特に1983年12月の0.71165から1984年1月の0.712378への急激な上昇は、これまで前提とされてきた以下の二点を、根本から見直す必要に迫られたことを意味している。

- ・ 魚類骨格中のCaは、基本的には生涯蓄積し続け、ほとんど交換されない。
- ・ 魚類の骨格は、それが生息する環境水と常に全く同じSr同位体比を有する。

現時点における作業的な仮説は、「琵琶湖のイサザは、1983年10月から12月にかけて、湖沼よりも著しく低Sr同位体比をもつ餌を捕食し、骨格中のSr同位体比が捕食餌の影響を受け、急激に低下した。しかし、翌1984年1月までには、その低Sr同位体比を持つ餌の供給が断たれ、これまで通り、琵琶湖湖水と同様のSr同位体組成を有する餌を捕食し、再び平常値を持つに至った」である。

今年度においては、この作業仮説を検証するための研究をすすめる予定である。

研究課題名 南極周辺海域で採取された堆積物による古環境解析
氏名 中井 睦美
所属(職名) 大東文化大学(助教授)
研究期間 平成17年1月31日～平成17年2月27日
共同研究分担者組織 産業技術総合研究所主任研究員 森尻理恵
東洋大学教授 上野直子
目白学園教諭 荻島智子

研究目的

旧石油公団が採取した南極周辺海域の海底コアが、産業総合研究所に移管され、共同研究の対象となることになった。これらのうち代表的なコアについて古地球磁場強度を用いた対比をおこない、岩石磁気学的手法を用いた第四紀中後期の南極氷床の消長についての解析をおこなう。今回解析するコアは南極大陸周辺ほぼ全域を網羅しており、浅いながら、B-M境界に達するものもあり、大量なデータを対比することによって、南極大陸周辺の総合的な古環境解析が可能である。それらの結果を他地域と比較検討をおこなうことによって、第四紀のグローバルな気候変動に関する南極氷床の役割を明らかにすることが目的である。

研究実施内容およびその成果

今回は、産業技術総合研究所で採取したおよそ2000個のプラスチックキューブ入り堆積物試料について、各種残留磁化および岩石磁気測定をおこなった。

各コアから数個ずつ代表試料を選び、U-チャンネル試料測定用超伝導磁力計を用いて段階交流消磁テストを行なった。このテストから、試料が安定な自然残留磁化(NRM)を持つことが判明したので、数段階の消磁ステップを設定し、交流消磁と非履歴性残留磁化(ARM)付加後のNRMを同じく測定した。

一方、保磁力と磁性鉱物を決定するための実験を数種おこなった。一つは等温残留磁化(IRM)付加実験で、代表試料を選んで約30段階のIRMをパルス磁化装置で付加し、スピナー磁力計を用いて測定した。それらの結果すべての試料のIRMは0.3Tで飽和し、ヘマタイト化はしていないことが判った。そこで磁性鉱物の変動(環境指標となる)を調査するために、パルス磁化装置とスピナー磁力計を併用し、1TのIRM、0.1Tの逆等温残留磁化(BIRM)、0.3TのBIRMを測定し、S-ratioを求めた。また、MPMSを用いて低温磁気特性を測定した。低温磁気特性は、10Kで1TのIRMを付加し、磁化減衰曲線を温度を室温に戻しながら測定した。これらの測定結果から、本研究の南極堆積物は、磁性鉱物としてマグネタイトを持っていることが判明した。

以上の結果から各種パラメーターを計算し、代表試料については、東京で熱磁化分析も行なっている。これらの解析は、現在まだ進行中である。ただし、今回の貴センターで測定した結果を分析した一部の結果からは、以下の事が判明した。

南極周辺の堆積物は一般に、非常に保磁力の高い、安定したNRMを持つ。この保磁力が高い理由は、磁性鉱物にある。低温、高温分析、IRM段階付加テストの結果、これらの堆積物に含まれる磁性鉱物はマグネタイトとマグヘタイトの混合物であると判明し、さらにヒステリシス特性からは、PSD(偽単磁区粒子)の磁区をもつ粒子サイズであることが判明した。以上の磁性鉱物組成から判断すると、これらのコアのNRMから得られる古地磁気データは、充分信頼できるデータである。また、石油公団の報告書にあるデータと対応した結果、コア採取時のデータと基本的には一致し、採取後の堆積物の変化は、古地磁気データ解析に支障がないと判断した。以上のことから、堆積物の年代決定は、古地磁気層序を基準とすることにした。

また、ウイルクスランド沖の一部のコアの0.1TBIRMから求めたS-ratioは、明確な増減をくり返し、大きな磁性鉱物変化がないことから、これらは粒度変化を反映しているものと推定される。コア採取位置からこれらの変動は、氷床の消長を表していると推定される。以上の研究結果の一部は、2005年度惑星科学関連合同学会にて、発表した。

研究課題名 南海トラフおよび日本海のガスハイドレート含有コアの堆積学的研究
氏名 松本 良
所属(職名) 東京大学大学院理学系研究科(教授)
研究期間 平成16年11月29日～平成16年12月6日
共同研究分担者組織 学生2名

研究目的

ガスハイドレートの分布が堆積物の粒度に支配される様子を実証すること。
堆積物の内部構造からガスハイドレートの産状を明らかにすることができる。

研究実施内容およびその成果

(1) 保存されているコアからのサンプル採取:

コアセンターでは、南海トラフサンプル(石油公団/JOGMECにより採取されたコアサンプル)から、船上で採取できなかった間隙水採取用の泥を採取した。また、同サンプルから、粒度分析用のサンプルを採取した。さらに、日本海、直江津沖で東大・松本等によって採取されたピストンコアより、有孔虫分析用の泥、ナンノプランクトン分析用の泥をそれぞれ採取した。

(2) CT-スキャン

日本海で採取されたコアPC03, 05, 09, 13の4本について、CT-スキャンを行った。その目的は、コア中に隠されている礫や炭酸塩ノジュールの存在、分布密度を確かめる事であったが、測定したコアのいずれにも礫の存在は確認できなかった。

(3) 粒度分析

南海トラフの5試料および日本海コアからの55試料について、粒度分析を行った。南海トラフでは、ハイドレートの含有量の高い部分でやや粗い傾向が見られたが、試料数がすくなく、今後さらに分析する必要がある。日本海のコアは、肉眼的所見の通り、いずれも極細粒であり、深度やハイドレート含有量との関係は見られなかった。ハイドレートは堆積物粒子の間に存在するのではなく、泥の押し広げて(割れ目に)発達するようである。

研究課題名 南東太平洋チリ沖・マゼラン海峡堆積物コアの古地磁気・岩石磁気学的研究
氏名 三島 稔明
所属(職名) 京都大学大学院人間・環境学研究科(研修員)
研究期間 平成17年1月17日～平成17年1月28日
共同研究分担者組織 なし

研究目的

南東太平洋海域での完新世・最終氷期の古環境解析を目的として、「みらい」MR03-K04航海 Leg 3 において当該海域より採取した堆積物コアの古地磁気・岩石磁気分析を行う。この地域ではこれまで堆積物コアの研究がほとんどなく、古地磁気変動の空間的分布や古環境変動の南北半球間での時間差を評価する上で貴重なデータが得られることが期待できる。

研究実施内容およびその成果

高知大学海洋コア総合研究センターではパススルー型超伝導磁力計を使用し、ピストンコア4本・グラビティコア2本から採取したキューブ試料の自然残留磁化測定・交流消磁・ARM測定を行った。併せて、同じ試料について京都大学人間・環境学研究科において磁化率・磁化率異方性・IRM測定を行った。

チリ沖の水深1000m付近で採取した2本のコアは海底堆積物としては比較的高い磁化率・ARM強度を示したが、両コアともに磁化率・ARM強度が非常に低くなるゾーンが見られた。このような磁化率・ARM強度の低下は、堆積時の環境(特に酸化還元環境)が他とは異なっていたことを反映している可能性がある。そして、この近傍の異なる水深で採取されたODP Leg 202のコアでは同様の磁化強度低下が生じていないので、堆積環境の変化があったとすればそれはこの水深特有のものであったと考えられる。

研究課題名 白亜紀黒色頁岩のアナトミー
氏名 黒田 潤一郎
所属(職名) 東京大学大学院理学系研究科(大学院生)
研究期間 平成17年03月23日～平成17年03月25日
共同研究分担者組織 東京大学海洋研究所教授 徳山 英一

研究目的

本研究は、地球史における温暖期に特徴的に出現した特殊な地球環境イベントである海洋無酸素イベント(OAE)に注目し、地球表層システムのもつ特殊な側面を理解することを目的としている。私達は、OAEで堆積した有機物に富む遠洋性堆積物「黒色頁岩」について、これまでにない解像度で様々な地球化学分析を行い、海洋有機物の起源生物について、つまり特殊な環境イベントにおいてどのような生物が海洋生態を支えるのか、検討してきた。現在までに、窒素固定を行うシアノバクテリアが重要な基礎生産者である可能性が高いことがわかってきた。電子顕微鏡で有機物の形態を観察し、その主要元素組成を測定することで、起源生物に関する考察をさらに深めることができると考えている。

研究実施内容およびその成果

本研究では、高知大学海洋コア総合研究センターのフィールドエミッション型走査電子顕微鏡-エネルギー分散型X線分析装置を使用し、イタリアに産する黒色頁岩「ボナレリ層」の岩片試料中の有機物の観察および元素分析をおこなった。試料は4試料で、いずれも有機炭素濃度が5%以上の有機質な堆積物である。申請者らが以前にボナレリ層の別の層準についておこなった有機物の観察および主要元素分析の結果、有機物の多くは数 μm ～10数 μm 規模の粒子状の有機物として観察され、(1)窒素に富む不定形なタイプ、(2)多くのくぼみをもつ窒素に枯渇したタイプ、(3)窒素に枯渇し、黄鉄鉱粒子を抱埋したサック状のタイプ、に分類された。いずれのタイプも硫黄が検出され、有機硫黄が豊富であると考えられる。私達のこれまでの有機地球化学的研究から、ボナレリ層堆積期においてシアノバクテリアが主要な基礎生産者であったという仮説に至っている。もしその仮説が正しければ、粒子状有機物の少なくとも一部はシアノバクテリアの生体化石である可能性が高い。現在のところ、タイプ3がシアノバクテリアのつくる「異質細胞」に形態(サック状、袋状)と元素組成(窒素に枯渇する)で共通する特徴が多いため、タイプ3のシアノバクテリアの異質細胞化石である可能性を検討するため、同じボナレリ層の別層準の有機質試料の観察を試みた。その結果、今回の観察で扱った試料群には、以前の研究で観察されたような粒状の有機物は認められず、多くの有機物が数10～数100 μm 規模の大きさの塊状有機物であった。この塊状有機物は、表面の凹凸が不明瞭な形態となっており、内部の形態を明らかにすることはできなかった。この塊状有機物がオリジナルな形態を反映しているかどうかは不明であるが、一部の文献で酷似の構造をもつ高分子有機物が報告されており(Kuypers et al., 2001)、それらはオリジナルの生体構造が失われていると解釈されている。現在、その解釈が妥当であるか、またこのような構造をもつ細胞がないか、などを検討している。

これらの塊状有機物の元素組成は、炭素と硫黄に富み、窒素に枯渇するという特徴がある。有機物が窒素に枯渇する特徴は白亜紀黒色頁岩の有機物に共通したもので、続成段階で選択的に窒素が溶脱すると解釈されてきた。しかし、本研究でボナレリ層のC/N比を細かい間隔で測定したところ、CとNの間に明瞭な正の相関が認められた(C/N=26.7)。続成作用によってこのような正の相関が生じるとは考えにくく、この高いC/N比はオリジナルな元素組成を反映していると解釈したほうが適当である。しかし、ボナレリ層にはオリジナルにC/N比の高い高等植物由来の有機物はほとんど含まれていないため、このC/N比の高い有機物がどのような生物に由来するのか、今のところ不明である。今後も精力的に分析を進め、検討していきたい。

研究課題名 二重収束型多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析計
氏名 平尾 良光
所属(職名) 別府大学文学部(教授)
研究期間 平成16年10月4日～平成17年3月31日
共同研究分担者組織 別府大学助教授 渡辺 智恵美
海洋研究開発機構研究員 谷水 雅治

研究目的

鉛同位体比測定において、同位体比の絶対値を測定することはかなり難しい。それ故、比較相対値測定になるが、どのような機器であってもその整備状況や条件によって、精度や感度は大きく影響を受ける。従来から ICP 法による同位体比測定の精度は表面電離型機器に比べて劣ると言われてきた。しかしながら、貴研究所に設置された二重収束型 ICP 質量分析計はかなり高精度であり、従来の表面電離型を上回ると言われる。そこで、この機器による精度を確かめ、この機器による測定値をより普遍的に取り扱えるように、標準試料や今までの既測定値などと比較しようとする。

研究実施内容およびその成果

鉛同位体比測定における具体的な試料として、NBS が発行している SRM981 の標準資料、および申請者が東京文化財研究室長当時に、従来の表面電離質量分析法で測定した試料と同様の考古学的な青銅資料を利用した。その個数は一回の訪問あたり約 60 資料の測定を行った。これら資料の鉛の単離は別府大学にて行ない、鉛を含む硝酸試料溶液の鉛濃度および鉛同位体比の測定をコアセンターで行ない、従来法で得られている精度や確度を比較した。

その結果、NBS 標準資料測定に関するばらつきは表面電離型質量分析計よりも ICP 質量分析計のほうが 5 分の 1 と小さくなり、1 回の測定におけるバラツキはあきらかに精度が上がっていると示された。ICP 質量分析計における同一試料の再現性に関しても誤差範囲内で精度良く測定できることが確かめられた。

実際資料として考古学的な青銅資料を取り上げ、青銅に含まれる鉛を単離し、従来法で得られた値と比較した。それらの値は従来法と矛盾することなく、同等の測定値として比較できることが示された。

従来法では一定量の鉛試料をシリカゲルおよびリン酸と混合し、フィラメント上に載せるという煩雑な操作をしなければならないが、ICP 質量分析計による測定ではこの操作を回避できることになった。これは汚染を受けにくくなり、また個々の試料のばらつきを抑えることになるため、精度の向上に資していると思われる。また測定時間が大幅に短縮され、1 日に測定できる試料数が約 20 と増えたことで本測定方法は新しい測定方法として大きな利点を持っていることが示された。

研究課題名 鳥巢型石灰岩の Sr 同位体比から見たジュラ紀末期炭酸塩イベントの検討
氏名 狩野 彰宏
所属(職名) 広島大学大学院理学研究科(助教授)
研究期間 平成16年12月6日～平成16年12月10日
共同研究分担者組織 海洋研究開発機構研究員 谷水雅治
高知大学海洋コア総合研究センター学振特別研究員 松岡 淳
他 学生1名

研究目的

鳥巢型石灰岩に代表される中生代石灰岩は日本列島に広く分布し、どれも同様の化石群集を含んでいる。本研究では、Sr同位体比をもとに鳥巢型石灰岩の年代決定を試みる。幸い、ジュラ紀後期(Oxfordian)～白亜紀前期(Barremian)の炭酸塩岩のSr同位体比は単調に増加している事が知られており、Sr同位体比はこの時期の石灰岩の年代決定にとって有用である。

本研究では、高知県仁淀村ほかに分布する鳥巢層群およびその相当層から採集した石灰岩試料のSr同位体比を測定し、同位体比を変質する続成作用の効果についても検討する。さらに、得られた同位体比から年代の見積りを行ない、汎世界的なイベントとの対応について議論する。

研究実施内容およびその成果

高知県仁淀村の鳥巢層群(約40試料)と福島県相馬市の小池石灰岩(2試料)を用いて、Sr安定同位体比の測定を行った。分析は、化石粒子(腕足類・層孔虫・石灰海綿・軟体動物)、ミクライト、セメントに分けて行った。

まず、広島大学において、Srの分離処理を行い、続成変質の効果を考察するために、微量元素(Mg, Sr, Mn, Fe)濃度と酸素炭素安定同位体比の測定と、カソードルミネッセンス法による組織観察を行った。Sr分離処理された試料は、静岡大学の石川 剛志 助教授の御指導のもと、高知大学海洋コア総合研究センターの表面電離型質量分析計 Finnigan TRITONで行った。全てのSr同位体比は $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ で自動的に標準化されており、標準試料NIST SRM 987のSr同位体比の平均値は17回の測定で0.7102517であった。

得られた結果は、石灰岩のSr同位体比は解像度の良い年代値として利用できることを示す。カソードルミネッセンス法による観察結果と微量元素濃度の分析結果は、石灰岩の構成物のうち、腕足類化石が最もよく初生Sr同位体比を保持することを示す。また、層孔虫や石灰海綿Chatetopsis sp.は腕足類よりやや高いSr同位体比を示すが、それによる年代のずれは2.8My程度である。

最新のSr同位体比曲線に合わせると、鳥巢層群下部と上部の石灰岩体の堆積年代は、それぞれ146.1～148.4Ma(中期Tithonian)と137.6～139.9Ma(前期Valanginian)と計算される。以上のSr同位体比から得られた石灰岩の堆積年代は微化石年代と整合的であった。また、年代の範囲は2My程度に押さえられており、汎世界的な海水準曲線との対応も可能になった。鳥巢式石灰岩はTithonian～Berriasianに多い。今後、日本各地の鳥巢式石灰岩の年代をSr同位体比で確定し、その集中度を提示できれば、ジュラ紀後期～白亜紀前期の海水の化学組成や温度について理解が深まるだろう。

なお、今回の共同利用の成果は、研究分担者である白石により、2月12日に行われた地質学会西日本支部総会で公表されており、近日中に、「地質学雑誌」へ投稿される予定である。

研究課題名 デジタル画像解析による堆積岩の微細組織の可視化
氏名 成瀬 元
所属(職名) 京都大学大学院理学研究科(助手)
研究期間 平成16年10月1日～平成17年3月31日
共同研究分担者組織 なし

研究目的

近年になって、一見無構造に見える堆積岩からも、粒子配列などの微細組織に着目すれば様々な情報を得られることが明らかになりつつある。申請者は、粒子配列マッピング法とよばれるデジタル画像解析手法を開発し、この手法によって、実験重力流堆積物の塊状構造の中に肉眼で見えない剪断面があることなどを明らかにしてきた。この手法には堆積岩切片の高精細かつ広範囲にわたる反射電子線像が必要となるが、コアセンターの高性能な走査電子顕微鏡を利用すれば、これまで塊状であるとして見過ごされてきた堆積岩から様々な未知の堆積構造およびその堆積過程を明らかにできるものと期待される。

研究実施内容およびその成果

残念ながら、今回の研究では成果を上げることはできなかった。なぜなら、コアセンターの走査型電子顕微鏡の試料台がきわめて小さく、ディテクターと試料が接触する恐れがあり、薄片を乗せて観察することができなかったためである。薄片試料観察は需要の多いテーマであるから、当然コアセンターの電子顕微鏡でも観察可能であろうと想定しており、この事態は予測することができなかった。次年度以降、電子顕微鏡の試料台に改良が見られれば、再度この研究テーマに取り組みたいと考えている。

研究課題名 白亜系～古第三系根室層群の古地磁気序
氏名 成瀬 元
所属(職名) 京都大学大学院理学研究科(助手)
研究期間 平成16年11月8日～平成17年1月23日
共同研究分担者組織 学生1名

研究目的

白亜系～古第三系根室層群の仙鳳趾層の詳細な時代対比をおこなうことを目的として、古地磁気学的研究をおこなった。根室層群仙鳳趾層はマストリヒチアン階に対比されている連続層序である(Okada et al., 1987; 成瀬ほか, 2000)。極東地域のマストリヒチアン階は露出の悪さと示準化石の算出が少ないことから、詳細な時代対比はあまりおこなわれてないため、仙鳳趾層の古地磁気層序を調査することで極東地域のマストリヒチアン階の詳細な時代対比を試みる。

研究実施内容およびその成果

根室層群仙鳳趾層(層厚1,050m)から採取した試料の堆積残留磁化の測定を行った。試料の採取は計35地点からおこない、測定に用いた試料の数は計172点である。試料採取層準の層位間隔は8～102mで、平均間隔は約30mである。

測定には、2G Enterprises社製の超伝導磁力計SRM Model 755RおよびModel 760を使用した。また、堆積残留磁化の測定にさきだって試料中の不安定な磁気成分を検討するために交流消磁および熱消磁をおこなった。交流消磁及び熱消磁をおこなう際に使用した機器はそれぞれ、2G Enterprises社製の自動交流消磁装置Model 2G600および夏原技研製の熱消磁装置TDS-1である。また、9点のサンプルについて帯磁率異方性の測定をおこなった。測定には、AGICO社製KAPPABRIDGE KLY-3を用いた。

測定の結果、下部から中部にかけての層準(層厚750m)は正磁極性が優勢であるため、この区間をひとつの正磁極帯(S1+)と解釈した。また、上部の層準(層厚80m)は逆磁極性をもっており、この区間を逆磁極帯(S1-)と解釈した。最上部の層準(層厚110m)は、全体としてデータの精度が悪く、一部に逆磁極性を持つ試料もあるものの、正磁極性が優勢であるためこの区間は正磁極帯(S2+)と解釈した。

仙鳳趾層の最上部の層準からはZone CC26を示す石灰質ナンノ化石 *Nephrolithus frequens* の産出が報告されている(Okada et al., 1987)。Zone CC26はクロンC30n半ばからクロンC29r半ばに対比されていることから(Bralower et al., 1995)、S2+帯はクロンC30nに対比されると推定される。また、仙鳳趾層は連続的に堆積した地層であることから、S1+帯およびS1-帯はそれぞれのクロンC31nおよびC30rに対比されると推定される。また、仙鳳趾層下部からは *Pachydiscus flexuosus* の産出が報告されているが(成瀬ほか, 2000)、*Pachydiscus flexuosus* は極東地域のマストリヒチアン階下半に広く分布しており、上記の推定とは矛盾しない。

本研究の結果、根室層群仙鳳趾層は上部マストリヒチアン階に対比され、白亜系/大三系境界をふくまないことが示唆された。

研究課題名 海底表層柱状試料の物性と構造の研究
氏名 芦 寿一郎
所属(職名) 東京大学海洋研究所(助教授)
研究期間 平成16年11月8日～平成16年11月9日
共同研究分担者組織 なし

研究目的

本年度10月に自航式深海底サンプル採取システムを用いた柱状採泥を南海トラフ・相模トラフにおいて実施し、冷湧水域・活断層近傍・泥火山で試料を得た。これらは海底の詳細な構造観察とともに得られた試料であり、地質構造との関係について十分な議論を行なうことが可能である。海洋コア総合研究センターの主に非破壊の機器を用いることによって、沈み込み帯表層堆積物の変形と物性、さらにそれらと構造地質的背景との関係を明らかにできるものと考ええる。

研究実施内容およびその成果

自航式深海底サンプル採取システムによって得られたピストンコア試料のCTスキャン画像測定、MSCLによる帯磁率・音波速度・密度の測定および半裁写真の撮影を行なった。泥火山で得られたコアについては、含まれる礫のサイズ、分布に関する情報を得ることができた。泥質物質噴出機構について議論する基礎データとして有効である。熊野沖付加プリズム斜面のOOST基部の小海盆から得られた試料については、複数のイベント堆積層の存在が明瞭に示された。これに基づいて、次回の追加試料採取を実施する予定である。相模湾東部海域の試料については、海底に観察された礫の採取を目的としたが、CTスキャンによる画像から半裁時の肉眼観察結果と同じく、礫の回収は行われていなかったことが分かった。なお、ペンタピクノメーターおよびソニックビュアについては、時間の関係から使用していない。

研究課題名 九州-パラオ海嶺における浮遊性有孔虫化石群集からみた後期第四紀の
黒潮流路変動

氏名 石川 仁子

所属(職種) 東北大学大学院理学研究科(大学院生)

研究期間 平成17年2月14日～平成17年3月4日

共同研究分担者組織 東北大学大学院理学研究科教授 尾田太良

研究目的

九州-パラオ海嶺で掘削したコア試料を対象に浮遊性有孔虫化石を用いた解析を行うことで黒潮の変動を明らかにする。さらに、黒潮変動と陸域の気候変動および東アジアモンスーン変動との同時性もしくは異時性を詳細に復元することによって、黒潮による熱輸送と東アジアモンスーンとの関連を明らかにする。

研究実施内容およびその成果

<実施内容>

浮遊性有孔虫化石の酸素および炭素の安定同位体を安定同位体質量分析計(IsoPrime)で測定した。分析に用いた試料は、九州-パラオ海嶺において黒潮流軸を横断するような緯度トランセクトで掘削した2本のコア、KPR-1PC(北緯30°41.19' 東経132°11.79' 掘削水深2526m コア長558.80cm)とKPR-3PC(北緯26°52.06' 東経135°29.18' 掘削水深2703m コア長255.30cm)である。これらのコアから約3cm間隔で計226試料を選び出した。水洗後、篩にかけ250～355 μ mにサイズをそろえた中から、保存状態のよい*Globolotalia inflata*を概ね30個体ずつ拾い出し、超音波洗浄後、粉末化したものを用いて安定同位体比を測定した。

<成果>

・ KPR-1PC

酸素同位体比は1.995～0.038の間で変動する。コア最下部の深度558.8cmから深度327.5cmまでは、おおむね1.7～1.0の値を取る。深度281.6cmで最大値1.995に達したのち、一気に減少し深度94.0cmで最小値0.038となる。深度94.0cmより上位では、概ね0.5～0の値を取る。

この変動傾向から、KPR-1PCは最終氷期に達していると考えられる。深度281.6cmでの最大値が最終氷期極相期(約18,000年前)にあたる可能性があり、高解像度での分析が可能な試料を採集できたといえる。検討要素ではあるが、コア最下部の火山灰層はAT(24,000年前)であると予想している。

・ KPR-3PC

酸素同位体比は1.5～0の間で変動する。コア最下部の深度255.3cmから深度146.1cmまでは1.5～1で変動するが、その後急増し深度136.1cmの最小値(0.040)をとる。深度125.8cmから深度105.3cmでは、いったん増加し0.7～0.5の間を変動するが、深度100.7cmで再度大きく減少(0.227)する。それから漸移的な増加を示し深度12.9cmで最大値1.498に達した後、急激な減少に転じ、コアの最上部では0.4～0.3の値をとる。

この変動傾向から、KPR-3PCはMIS6に達していると考えられる。現段階では、深度136.1cmでの最小値のピークがMIS5e(約12,500年前)、深度12.9cmでの最大値のピークが最終氷期極相期にあたりと予想している。

研究課題名 日本陸域のテフラ中のレスー古土壌層の Sr-Nd 同位体比
氏名 横尾 頼子
所属(職名) 同志社大学工学部環境システム学科(専任講師)
研究期間 平成 17 年 2 月 24 日～平成 17 年 2 月 27 日
共同研究分担者組織 兵庫教育大学総合学習系教授 成瀬 敏郎

研究目的

鳥取県大山倉吉テフラの露頭より、33 万年前から現在に至るテフラ層およびそれに夾在するローム層(計 30 試料)を採取し、Sr-Nd 同位体組成を用いて、日本陸域へのアジア大陸からの広域風送塵の同定およびその影響を調べることを目的とする。Sr-Nd 同位体比は海底堆積物の給源地特定・古環境復元研究によく適用されているが、陸域堆積物への適用例はまだ少ない。これまでの海底堆積物研究で得られたデータおよび今後地球掘削計画によって得られるデータと本研究で得られる陸域堆積物でのデータを比較することにより、古環境変動および海・陸域生態系への広域風送塵の影響をより詳細に読みとることができると期待される。

研究実施内容およびその成果

鳥取県大山倉吉桜のテフラの露頭より採取された、33 万年前から現在に至るテフラ層およびそれに夾在するローム層(計 30 試料)の Sr 同位体比測定を行った。

試料は、大山火山噴出物(火砕流, 火山砂: vs, 軽石: pm, 火山灰) 15 試料, 始良 Tn 火山灰 1 試料, 夾在するローム 13 試料, 表層の黒ボク土壌 1 試料である。試料はメノウ乳鉢で粉碎後, 100mg をテフロンボトルに秤量し, HNO₃-HClO₄-HF 混酸で分解し, 陽イオン交換樹脂で Sr を精製単離した。精製した Sr は, W フィラメント上に Ta 溶液で塗布し, 高知大学海洋コア総合研究センターに設置されている表面電離型質量分析装置(Thermo 製: TRITON)を用いて, 同位体分析を行った。標準試料として使用した NISTSRM-987(SrCO₃)の値は, 本研究の測定を通して, 0.7102584±0.0000050(n=3)であった。

大山火山噴出物のうち 10 試料(溝口火砕流, dpml, dvs, fvs, 大山生竹軽石, 大山関金軽石, 大山倉吉軽石, オドリ火山砂, 上のホーキ火山砂, 弥山軽石)の ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比は 0.70487～0.70587 と低く比較的均一な値を示す。給源地の異なる始良 Tn 火山灰の値は 0.70603 であり, 大山噴出物と区別できる。大山火山噴出物のうち, 2 試料(cpm と名和火砕流)は 0.70747 および 0.70720, 3 試料(evs, gpm, hpml)は 0.71106～0.71221 と高い ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比を示し, 大山噴出物以外の起源物質の寄与が考えられ, 今後露頭観察も含め詳細な検討が必要である。夾在するローム層はいずれも直下のテフラ層より高い ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比(0.70712～0.71754)を示し, うち 10 試料は 0.710 以上であった。このような高い ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比は, 33 万年程度と若くまた安山岩質の大山テフラ層の風化・土壌化過程では説明できず, 母材となる直下のテフラ以外にも外来ダストとしてアジア大陸からの広域風送塵の付加があったことを示している。各層準での Sr 同位体比の違いは, アジア大陸内での給源地の違いまたは広域風送塵の寄与率の変化を表している可能性があるが, 今回はバルク試料のため詳細な検討はできなかった。また予定していた Nd 同位体測定については, 陽イオン交換樹脂による Nd の精製単離システムの構築を行ったため, 測定試料作成には至らなかった。

今後は広域風送塵の影響の大きいシルトサイズの試料について, Sr 同位体と合わせて, Nd 同位体や元素組成データを調べ, 氷期-間氷期サイクルの中でアジア大陸内での給源地の変化また広域風送塵の日本への寄与率の変動について検討を進める。

研究課題名 暁新世・始新世境界の温暖化イベント (PETM) における
ODP Leg208 採取コア試料の安定同位体変動
氏名 森 尚仁
所属 (職名) 金沢大学大学院自然科学研究科 (大学院生)
研究期間 平成 16 年 11 月 22 日～平成 16 年 11 月 27 日
平成 16 年 12 月 7 日～平成 16 年 12 月 11 日
共同研究分担者組織 金沢大学理学部地球学科助教授 長谷川 卓

研究目的

Paleocene-Eocene Thermal Maximum イベント (PETM) は、その規模と急激さにおいて現在と比較しうる温暖化事変であり、この時期の古環境変動を研究することは、地球温暖化とその回復のメカニズムを理解する上で重要である。PETM 期の堆積物は無機・有機両炭素種の炭素同位体比が汎世界的に急激な負のシフトを示すこと特徴づけられるが、申請者らが ODP Leg208 採取試料の有機炭素同位体比変動を調査した結果、そのようなシフトが観察されなかった。この相違を理解するために、試料の炭酸塩の炭素・酸素同位体比変動を測定し、有機炭素同位体比と比較した上でその特徴を把握することを目的とした。

研究実施内容およびその成果

安定同位体質量分析計 (IsoPrime) によって、ODP Site 1262 より採取されたコア試料 (126.67～154.12mcd) について、バルク炭酸塩の炭素・酸素同位体比変動を調査した。分析間隔は、暁新世・始新世境界 (P/E 境界: 140.15mcd) 近傍の 140.31～139.42mcd の範囲では 2cm 間隔で、それ以外では 0.5～4.5m 間隔で測定した。測定にあたり、一試料あたりの炭酸塩重量が約 100 μ g となるように、各試料の炭酸塩含有量を用いて試料重量を調整した。標準試料は NBS-19 を用い、PDB 標準試料と比較した場合の同位体比に変換した。

その結果、炭素同位体比は 1) P/E 境界以深では 2‰強で推移、2) 境界直後の 140.14～140.04mcd において -2‰の急激な負のシフト、3) 139.82mcd にかけてその値を維持、4) 139.72mcd にかけて約 1‰正にシフト、5) 以降は 2‰弱で安定、という変動を示した。また酸素同位体比は、-0.5～-2‰の範囲で炭素同位体比とほぼ平行な変動を示した。これは、ODP Site 690 や 865 で報告される有孔虫殻の炭素・酸素同位体比変動や、汎世界的に報告される無機・有機両炭素種の炭素同位体比変動と調和的である。

一方、これらと同一試料の有機物の炭素同位体比は、1) 境界以深の 140.24mcd まで -25.34‰から -25.71‰の範囲で変動しながら漸移的に低下、2) 境界直後の 140.10mcd にかけて -24.45‰まで上昇、3) 139.70mcd にかけて -27.45‰まで漸移的に低下、4) 139.44mcd までほぼ一定値を維持、5) 139.09mcd において -26.75‰に上昇、6) 以降は -26.75‰から -25.75‰の範囲で推移、という変動を示しており、汎世界的に観察される炭素同位体比の急激なシフトとは非調和的であった (既得のデータより)。

これらのことから、Site 1262 では炭酸塩と有機物は異なる水塊中で生産された可能性、堆積物中の有機物が海洋表層生産に由来しない可能性が考えられる。また、本研究の結果は、有機物の起源 (生産者、場所、運搬過程) の推定、陸源有機物の寄与量の推定、海洋の特徴 (塩分、栄養、温度、酸化・還元、循環) の推定などにあたり、基盤的なデータとして引用されることが期待される。

なお本研究の結果は、申請者による金沢大学大学院自然科学研究科の修士論文に利用された。

研究課題名 暁新世・始新世境界の温暖化イベント (PETM) における
ODP Leg208 採取コア試料の安定同位体変動
氏名 森 尚仁
所属 (職名) 金沢大学大学院自然科学研究科 (大学院生)
研究期間 平成 16 年 11 月 22 日～平成 16 年 11 月 27 日
平成 16 年 12 月 7 日～平成 16 年 12 月 11 日
共同研究分担者組織 金沢大学理学部地球学科助教授 長谷川 卓

研究目的

Paleocene-Eocene Thermal Maximum イベント (PETM) は、その規模と急激さにおいて現在と比較しうる温暖化事変であり、この時期の古環境変動を研究することは、地球温暖化とその回復のメカニズムを理解する上で重要である。古環境変動の議論には堆積物の同位体比組成を調査することが有効であるが、対象試料の炭酸塩含有量が層準によって大きく変動するため、同位体比測定に際しては、事前に個々の試料の炭酸塩含有量を求め、試料重量を調整する必要がある。本研究では、同位体比測定時の必要試料重量等を算出するために、ODP Site 1262 採取のコア試料の炭酸塩含有量変動を調査した。

研究実施内容およびその成果

炭酸塩分析装置 (UIC CM5012) によって、ODP Site 1262 採取のコア試料 (126.67～154.12mcd) の炭酸塩含有量変動を調査した。暁新世・始新世境界 (P/E 境界: 140.15mcd) 近傍の 140.31～139.42mcd の範囲では 2cm 間隔で、それ以外では 0.5～4.5m 間隔で測定した。

その結果、P/E 境界以深では含有量が 90% 以上で推移していたものが、境界直上では 1% に急減し、139.98mcd までほぼ 0% の値を維持した後、139.72mcd までほぼ直線的に元の水準に回復した。回復後は、90% 前後の値で安定した。

炭酸塩含有量の測定により、同位体比測定時の必要試料重量や全有機炭素量の算出が可能となり、これらの結果は、申請者による金沢大学大学院自然科学研究科の修士論文に利用された。

研究課題名 断層物質中の鉛同位体比の精密測定から復元する断層地帯での
深部地下水の挙動履歴

氏名 豊田 和弘
所属(職名) 北海道大学大学院地球環境科学研究院(助教授)
研究期間 平成16年10月1日～平成17年3月31日
共同研究分担者組織 海洋研究開発機構研究員 谷水 雅治

研究目的

第三紀に生じた大きな断層帯では地下数 km での断層運動とその後の熱水変質により断層粘土が生じている。地下水の移動に伴うラドンやラジウムの移動に伴いその断層粘土と母岩中の鉛同位体比にはわずかな違いが生じ、その値は地下水の移動履歴に関する情報をもたらすと考えられる。また、断層の活動度や断層の生じた年代についても知見が得られる。本研究は海洋コア総合研究センターに設置されている多重検出器型二重収束 ICP 質量分析計の測定を使用した鉛同位体比の精密測定により東日本における主な断層帯での深部地下での地下水の移動履歴の検出、及び断層の活動履歴を調べる事を目的としている。

研究実施内容およびその成果

糸魚川静岡構造線、鶴岡断層、猿投山などで採取された断層帯での断層粘土とその母岩試料については東電設計の研究者との共同研究により既に試料を採取しており、主成分や微量元素について ICP 発光分析と機器中性子放射化分析を行っていた。ただし、ウランの定量は通常熱中性子放射化分析では定量の精度が悪かったので、試料をカドミウム金属のカプセル中に入れて照射する熱外中性子照射で、日本原研東海件の大学開放研で、試料中のウラン含有量の定量しなおした。

2005年3月18日～3月19日に海洋コア総合研究センターを豊田は初めて訪問して、谷水氏と実験について相談した。また、海洋コア総合研究センター中の鉛同位体比分離用のクリーンルームを見学した。その時に北海道大学大学院地球環境科学研究院に設置されたクリーンルームで標準岩石から分離した鉛溶液を持参したが、センターで谷水雅治氏と打ち合わせた結果、北大に持ち帰り、分離した硝酸溶液の再微調整をする事になった。さらに、その後北大での容器の洗浄の際使用していたガラス容器からの鉛の溶出量がやや高い事が分かり、標準試料の化学分離は、ブランクの低減化に努めた後に再度行う事にした。結局、今回の期間(平成16年10月～17年3月)中には、海洋コア総合研究センターの多重検出器型二重収束 ICP 質量分析計を使用するにいたらなかった。

とはいえ、それまで多重検出器型二重収束 ICP 質量分析計で精密に鉛同位体比を測定するために供する試料溶液の化学前処理について豊田は不明な点が多かったが、今回豊田が当センターを訪問して谷水雅治氏と打ち合わせした事で、測定するまでの見通しをつける事ができた。豊田はこれまで Finnigan MAT262 の質量分析装置などを使用して鉛同位体比を測定した経験はあるが、海洋コア総合研究センターに設置されているような多重検出器型二重収束 ICP 質量分析計を利用した事がないのである。本課題で17年4月からの海洋コア総合研究センター利用を継続して申請しており、化学分離時の鉛ブランクの測定及び低減化及び標準岩石中の鉛同位体比を測定して、本研究での鉛同位体比の精度と確度を確認した後、採取された断層帯での断層粘土とその母岩試料の測定を行う予定でいる。

研究課題名 数十年スケールの黒潮変動の復元と宇和海沿岸生態系の応答様式の解明
氏名 加 三千宣
所属(職名) 愛媛大学沿岸環境科学研究センター (COE 研究員)
研究期間 平成 16 年 11 月 10 日～平成 17 年 2 月 14 日
共同研究分担者組織 なし

研究目的

地球環境変動に伴い、数十年周期の大規模な黒潮変動は、日本の沿岸域生態系に重大な変化をもたらす可能性がある。我が国有数の水産海域である宇和海の基礎生産は、黒潮流量とリンクする「底入り潮」という海洋物理学的現象をもたらす栄養塩変動に強く影響を受けているという。本研究は、過去 500 年の有孔虫の水温復元から底入り潮変動を捉えることで、間接的に黒潮変動を復元し、これまで明らかでなかった数十年オーダーの黒潮の長期変動及び周期性を明らかにする。さらに、宇和海生態系変動予測に有益な情報を提供する、底入り潮変動に対する基礎生産の応答様式について地質学的手法を用いて明らかにする。

研究実施内容およびその成果

黒潮変動のシグナルを検出するため伊予灘、宇和海、別府湾でコアを採取した。現在、水温復元に有孔虫化学組成、一次生産復元に堆積物中の珪藻殻や CN 同位体の測定を予定しているが、一部は解析が進行中である。本研究は、共同利用において火山灰層検出のために MSCL によって、帯磁率測定を行った。その結果、それぞれのコアで、火山灰層に対応する顕著な帯磁率ピークが認められた。今後それらの火山灰の化学分析やガラスの屈折率などを測定し、各海域で採取した複数のコア間の対比や、広域で追えるかどうかを確認して、各海域のコアの対比に応用する予定である。

研究課題名 Pb 同位体を指標とした若い海洋地殻内の低温熱水変質反応の解明
氏名 大森 保
所属(職名) 琉球大学理学部 (教授)
研究期間 平成 16 年 10 月 1 日～平成 17 年 3 月 31 日
共同研究分担者組織 九州大学大学院理学研究院助教授 石橋純一郎
琉球大学機器分析センター助教授 棚原朗
他 学生 1 名

研究目的

本研究では、アメリカ西海岸の Juan de Fuca 海嶺翼部の低温熱水活動における熱水循環過程の解明を目的として行なわれた Leg. 301 航海で採取されたコア（堆積物・基盤岩）及び間隙水の地球化学的研究である。

特に本研究では、他の共同研究者との共同研究の下で低温熱水の循環系、低温熱水による変質作用に関して検討を行うことを目的としている。本年度は、その基礎的検討として、MC-ICP-MS による安定鉛同位体測定方法の本試料への適用の検討を行なうことを目的とした

利用・研究実施内容

平成 17 年 1 月 31 日から 2 月 2 日にかけて、センターに伺った。
第 1 回目の利用であるため、MC- ICP-MS 分析機器の見学および測定方法の説明を行って頂いた。

また、Leg. 301 航海で採取された堆積物、基盤岩および間隙水の鉛同位体測定用の試料調整法や分析手法について担当者と詳しい打合せを行なった。

次回申請にむけて試料調整を実施予定である。

研究課題名 IODP Expedition 301 ファンデファーカ海嶺東麓における熱水変質作用
氏名 坂口 真澄
所属(職名) 高知大学大学院理学研究科(大学院生)
研究期間 平成17年1月11日～平成17年3月31日
共同研究分担者組織 高知大学理学部教授 石塚 英男

研究目的

IODP Expedition 301は、ファンデファーカ海嶺東麓における水理地質学的特性、流体経路、流体循環-変質作用-地下生物圏の関連性などを明らかにするために計画された。この航海では、Hole 1301Bにおいて、玄武岩からなる基盤岩の掘削が行われた。本研究では、海洋地殻を構成する玄武岩類の熱水循環に起因する岩石学的な特徴の変化を明らかにするために、この海域における火成岩岩石学特徴および変質作用の解明を目的としている。

研究実施内容およびその成果

本研究では、岩石試料の顕微鏡観察および全岩化学組成分析を行ったので、その成果として、Hole 1301Bにおいて掘削された玄武岩の熱水変質作用の特徴と変質作用に伴う全岩化学組成の変化について報告する。全岩化学組成分析は、海洋コア総合研究センターの蛍光X線分析装置(Panalytical PW2440)を用い、変質のタイプにより岩石試料を分別し、計89サンプルについて分析を行った。

IODP Expedition 301 Site 1301(水深:約2680m,堆積物-基盤岩間の温度:63°C,年代:3.5Ma)は、ODP Leg 168 Site 1026と同じ基盤岩の高まりに位置し、Hole 1301Bにおいて、351-583 mbsf(86-317.6 msb)の基盤岩の掘削が行われた。Hole 1301Bの基盤岩は、枕状玄武岩、塊状玄武岩、角礫岩からなり、玄武岩は、無班晶質ないし斜長石±単斜輝石±かんらん石の斑晶を持つ。枕状と塊状玄武岩は、5-25%程度の変質を受けている。これらの玄武岩は、灰色、黒色、緑色、赤褐色またはこれらの混在色の変質ハロで特徴づけられ、変質ハロは、鉱物脈に沿って形成されている。変質鉱物の組み合わせは変質ハロまたは岩相によって異なり、3つのタイプに分けられる; Type 1(灰色の変質ハロ):サポナイト, サポナイト+炭酸塩鉱物, サポナイト+黄鉄鉱, Type 2(黒色, 緑色, 赤褐色の変質ハロ):サポナイト+FeO(0, OH)_x, サポナイト+セラドナイト, サポナイト+セラドナイト+FeO(0, OH)_x, Type 3:(ガラスと角礫岩の基質):サポナイト+沸石, サポナイト+黄鉄鉱, サポナイト+沸石+炭酸塩鉱物。これらの変質鉱物組み合わせは、深度に伴って変化しない。これらTypeの違いは、全岩化学組成にも反映されている。Type 1は、Type 2に対し、SiO₂, Al₂O₃, MgO, CaO, Sc, Co, Ni, Zn, Srに富み、Fe₂O₃, K₂O, Rbに乏しい。変質に強いとされるような元素(例えば、Ti, Nb, Zr)は、タイプの違いによってその含有量は大きく変化しない。また、いくつかの元素は、LOI(灼熱減量)やMg#(Mg/(Mg+Fe))の変化に対し、増減を示す傾向もある。

これらの結果と他の掘削孔(例えば、Hole 504B, Hole 896A)との比較から、Hole 1301Bの玄武岩は、150°C以下の変質作用を受け、Type 1と3は、非酸化的、Type 2は酸化的な条件下で変質作用を受けていることが示唆される。このような変質鉱物組み合わせのTypeや元素濃度の違いは、基盤岩上部に堆積物の有無に起因する熱水の循環様式や組成に違いがあると考えられる。

研究課題名 冷湧水域における表層堆積物中の水素循環及び微生物活動評価
氏名 土岐 知弘
所属(職名) 東京大学海洋研究所(産学官連携研究員)
研究期間 平成16年11月8日～平成16年11月12日
共同研究分担者組織 なし

研究目的

冷湧水中には海底堆積物の続成作用によって生成した硫化水素や炭化水素といった還元的な物質に富むことが知られている(e.g., Kulm et al., 1986; Suess et al., 1985). 冷湧水域には硫化水素や炭化水素をエネルギー源とする化学合成生物群集が生息しており, 微生物による活発な代謝活動とそれに伴う物質循環が起きている(Borowski et al., 1997).

これまでの研究において, 冷湧水域における間隙水中の炭化水素や硫酸イオンの研究は多くなされてきているが(e.g., Borowski et al., 1996), 微生物のエネルギー源の一つである溶存水素ガスについては濃度の報告が一例あるのみであり(Bird et al., 2001), 水素ガスの起源や微生物活動との詳細な関わりについて十分明らかにされていない.

本研究では, 冷湧水域における間隙水中の溶存水素ガスの水素同位体比を初めて明らかにし, 併せて有機物及び間隙水の水素同位体比も測定することによって, 水素ガスの起源を明らかにし, 水素ガスを用いた微生物活動を定量的に評価することを目的としている.

研究実施内容およびその成果

この度の共同利用においては, 測定装置の基本的な取扱法を会得した. また, 試料の前処理及び研究の進め方について池原実先生と打ち合わせを行った.

その具体的な内容は以下に挙げたとおりである.

- 1) 間隙水中において水素の循環を考える上で, 水素を消費する反応として考えられるメタン生成を行う微生物のバイオマーカーとして特別なものを測る必要があるのか, それともバルクで有機物の水素同位体比を測定すればよいのか.
- 2) 前者であるとすれば, バイオマーカーの抽出方法はいかなる方法を取ればよいのか.
- 3) 酢酸発酵反応は中間生成物として水素を生成する過程として考えられるが, その反応を行う微生物のバイオマーカーとしては, いかなるものが報告されていて, その抽出方法はどのようなものであるか.
- 4) 横須賀の研究所においてすでに有機物の水素同位体比測定を立ち上げている力石嘉人さんに有機物の前処理について連携を取ることにについて模索する線について, 検討が促された.
- 5) 測定装置の仕組や原理を理解すると共に, 測定装置を制御しているアプリケーションである ISODAT NT について, その操作方法の基本的な手順を独自のマニュアルを作成することによって会得し, 次回の訪問時には単独で操作することを可能とした.

これらの成果をもとに, 次回の利用時には研究目的に応じた具体的なデータの取得を試みる.