別添 1

平成21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

採択番号　09A001，09B001

研究課題名　**太古代・原生代の海底環境の変遷　2（有機物と鉄沈殿堆積物）**

氏　名　清川 昌一

所　属（職名）　九州大学大学院 理学研究院 地球惑星科学専攻（講師）

研究期間　平成21年6月10日－13日

共同研究分担者組織　池原 実（高知大学 海洋コア総合研究センター 准教授）

伊藤 孝（茨城大学 教育学部 准教授）

山口 耕生（東邦大学 理学部 准教授）

北島 富美雄（九州大学大学院 理学研究院 地球惑星科学専攻 助教）

他　学生5名

【研究目的】

太古代の海底表層断面では，熱水循環が著しい基盤岩上に黒色チャート・縞状鉄鉱層（BIF）が堆積することを明らかにし，32億年前の新鮮なコアを取得している（Kiyokawa *et al.,* 2006 :GSA Buletin, Kiyokawa *et al.* 2008 :西オーストラリア地質調査所報告書）．この黒色チャート・縞状鉄鉱層（BCB）シークエンスは他の太古代の地層でも見られることから，当時の海底に普遍的に存在する可能性がある．研究目標は，様々な研究手法を用いて太古代～原生代の海底表層断面を明らかにし，これらがどのように沈殿・形成していったかを探ることである．これにより，太古代～原生代の海底表層堆積物や直下の基盤岩類が保存している当時の⑴熱水循環状態に関する情報はもとより，⑵海洋の酸化／還元状態や⑶初期生命の生息状態，⑷大気海洋表層環境，などに関する重要な情報が得られることが期待される（e.g., Nisbet, 2001）．

「期待される成果」

〇太古代から原生代にかけてのグローバルな海洋底環境とその変化

〇鉄沈殿物の堆積様式の理解と縞状鉄鉱層の沈殿様式の復元

【利用・研究実施内容】

本年度は当初の予定にある，南アフリカ・ガーナ・カナダの試料について分析ができなかったが，集中して，オーストラリアDXCL掘削コア・薩摩硫黄島の鉄沈殿物コアについての試料の分析・処理を行った．

1）DXCL掘削コアについては，以下の2点について行っている．

⑺ 詳細な記載：数ミリごとの記載を行い，堆積物中の岩相比率が明らかになった．特に，DXサイトでは黄鉄鉱層の割合が全体の2－3割持つことがわかり，現在その成因について考察中である．

⑴ 全炭素量・同位体：これらの測定を行い，全炭素量が陸上サンプルの10倍以上の3パーセントにのぼる濃度を持つものを発見した．また炭素同位体$\delta^{13}C_{org}$の多くが-30パーミルぐらいに集まることが明らかになった．しかし赤く風化部分の近辺のサンプルは$\delta^{13}C_{org}$が重くなることがわかり，電子顕微鏡などの解析より，鉄の炭酸塩鉱物であるシデライトが多く形成しており，それらが酸処理で溶けきれず残っている可能性が明らかになってきた．現在，この除去作業を行っている．

2）薩摩硫黄島のコア：このコアは薩摩硫黄島で摂取後，コアセンターの冷蔵庫に保管していただいている．このコアについて，CTスキャン，コアカット，写真撮影，スミアスライド作成，分析用サンプリングを行った．

⑺ CTスキャン：これにより，クロスラミナなどの肉眼では観察できない堆積構造が明らかになり，波の影響を持つ部分と，静かに堆積した部分が識別できた．

⑴ コアカット：10センチ型のアクリルコアのサンプルであり，自動カッターを用いて半割を行った．サンプリング後，1ヶ月ぐらい経過していたので，有機物に富む部分は真っ黒に変色している部分ができていた．これは，掘削時にはみられなかった層である．この層は，比較的粒子の粗い，テフラ層であり，間隙水中の有機物が真空状態になったコアの中で酸素を吸収したために，もともと赤い水酸化鉄の部分の酸素を使ったと考えられる．

⑼ スミアスライド：明らかに，ガラス質の層と粘土サイズの水酸化鉄の層に区分できた．珪藻などの生物は非常にまれにしか含まれない．

⑵ サンプリング：キューブによるサンプリングを行い，九州大学にて現在XRF分析中である．

採択番号　09A002, 09B002

研究課題名　海底熱水活動の影響を受けた微生物生態系の復元のための予察的探究：黒色頁岩の有機態・無機態窒素の存在量及びその窒素安定同位体組成からの制約

氏　名　山口 耕生

所　属（職名）　東邦大学 理学部（准教授）

研究期間　平成21年12月9日－12日
　　平成22年3月23日－30日

共同研究分担者組織　池原 実（高知大学 海洋コア総合研究センター 准教授）
　　清川 昌一（九州大学大学院 理学研究院 地球惑星科学専攻 講師）
　　他　学生1名

【研究目的】

（研究の目的）

地球史初期の海底熱水活動・堆積環境・微生物活動を解明するため，当応募者は，九州大学の清川講師と高知大学海洋コア総合研究センターの池原准教授らと共同研究を進めている．以前取得した科研費（基盤A海外）を用いて太古代の高品質な地質学的試料を得るべく，2007年にオーストラリアで陸上掘削を行った．

（研究の特色）

採取した掘削コア試料の系統的各種化学分析の中で，微生物生態系を制約する際の必須データとなるのが，岩石試料の有機炭素及び窒素の含有量とその安定同位体組成である．この種の基礎データは，重要性にも拘わらず高品質高精度データが不足し，ましてや現代の風化過程等の影響が少ない太古代掘削コア試料に関するものは稀である．微生物にとって始源的代謝である窒素固定（又は脱窒）過程が，太古代の海底熱水の影響下で機能していたかを，高品質試料・高度分析装置による高精度データによって検証する事は，非常に重要である．

（期待される成果）

我々は，太古代の「地球環境変動とその生命圏への影響」に関する上記の研究目的を達成する初期段階として，陸上掘削による太古代黒色頁岩中の存在形態別の窒素（有機窒素・無機窒素）存在量と同位体組成の測定を主目的として，高知大学海洋コア総合研究センターが所有する関連分析機器／設備の共同利用を申請した．得られたデータと全岩分析の結果の比較，有機炭素及び窒素存在量とその安定同位体組成に対する重金属含有量との相関の検証・希土類元素含有量との比較検討により，熱水の影響を受けた堆積環境の推定と微生物生態系生命活動（窒素固定過程の有無等）の関係／与えた影響を検証する．

【利用・研究実施内容】

（利用・研究実施内容）

平成21年12月9－12日にかけて，高知大学海洋コア総合研究センターのEA-irMSを用いて，窒素同位体組成の測定を行った．試料は，前述のように太古代陸上掘削で得られたコア試料（DXCL-DP）のうち，有機物に富む黒色頁岩を用いた．コア試料を粉末化した後，文献の調査及び現場での試行錯誤の末に最適化した方法（適度な濃度と量と時間と温度で，フッ化水素酸と塩酸を試料に反応させる）により，ケロジェン（有機溶媒に不溶の固体有機物）の抽出を行った．

ケロジェンといえども，試料の窒素含有量がそれほど高くないため，EAに投入する試料量は最大となるように工夫をした．今回は，ケロジェン試料のみに特化し，塩酸処理後のバルク試料の測定は後で（次年度に）行うこととした．同位体比の測定の際，コアセンターの池原准教授の助けを得ながら，今回の研究に合わせて最適となるようにメソッドを調整した．

（得られた成果）

陸上掘削による太古代黒色頁岩中の有機窒素存在量と窒素同位体組成の測定を行った．窒素含有量はそれほど多くなく，同じ時代の他のケロジェン試料と同様であったが，窒素同位体組成は特徴的な値が得られた．平均すると$\delta^{15}N = -5‰$であった．この値からいくつかの重要な知見が得られた．それは，⑴太古代の熱水活動の影響を受けた環境に堆積した海洋堆積物中において，窒素を代謝する微生物活動があったこと，⑵その窒素のソースとして，大気中の窒素ではなく，おそらく熱水活動起源の窒素である可能性が高いこと，⑶窒素固定をする微生物が生息しており，他の従属栄養の微生物とコンソーシアムを形成していた可能性が高いこと，等である．

微生物にとって始源的代謝である窒素固定過程が，太古代の海底熱水の影響下で機能していたことが明らかとなった．今後，データの量と質を拡充していく予定である．

採択番号　09A003, 09B003

研究課題名　希土類元素の安定同位体分別と放射起源同位体変動による地球化学サイクルの研究

氏　名　田中 剛

所　属（職名）　名古屋大学 年代測定総合研究センター（教授）

研究期間　平成21年9月1日－3日
平成21年10月21日－27日
平成21年11月18日－20日
平成22年2月17日－19日

共同研究分担者組織　谷水 雅治（JAMSTEC 高知コア研究所サブグループリーダー）
淺原 良浩（名古屋大学 環境学研究科 地球環境科学専攻 助教）
他　学生3名

【研究目的】

希土類元素存在度パターンは，地球惑星科学の研究全体で広く重用される地球化学的ツールの一つである．希土類元素存在度パターンの解析により，マグマ作用であるいは水圏で何が起こったか？について概略の地球惑星科学的情報を読み取る事が出来る．次に重要なのはいつ事が起こったか？であるが，これは希土類元素存在度パターン（Sm/Nd比）に^{147}Sm-^{143}Nd放射壊変系を併用する事により読み取る事が可能になった．さらに望まれるのは，酸化・還元に代表されるどのような環境場で起こったか？についての情報である．セリウムCeは，3価の希土類元素の中で唯一4価をとる．4価の存在状態は地質試料の中にCe存在度異常として記録されている．Ce存在度異常が生じた時は，申請者らによって開発・発展させてきた^{138}La-^{138}Ce放射壊変系を^{147}Sm-^{143}Nd放射壊変系と対比しながら用いることにより求められる．一方，ユーロピウムEuは3価の希土類元素の中で唯一2価をとる．2価の存在状態は，Eu異常として記録されている．申請者らにより開発されたダブルスパイク添加表面電離質量分析法で精密に測定されたサマリウムSmの同位体分別度を，2価をとり得るEuの同位体分別度と比較する事により，いわゆるEu異常が生じた環境（例えば，マグマ中か水圏内か，など）を特定する．さらに，このEu同位体分別の要因を詳細に検討するため，Euと同様に2価と3価をとり得る鉄の同位体分別と対比する．この一連の同位体研究の組み合わせにより，希土類元素存在度パターンにみられる変化が，1)いつ，2)どのような環境下で，3)何が起こったかを示しているのか，を総合的に読み取る事が可能となる．珊瑚，チャート，火成岩などその生成環境が明らかな地質試料を用いて本手法の有効性を確認する．

【利用・研究実施内容】

上記期間に，玄武岩，流紋岩，花崗岩および花崗岩構成鉱物のユーロピウムEuおよび鉄Feの安定同位体比測定を，高知大学海洋コア総合研究センターのMC-ICP-MS（Thermo Neptune）により実施した．

Euの安定同位体比測定は，前年度までに確立した前処理法および測定法に基づいて行った．しかしながら，前年度までに測定した試料の一部のEu回収率が低く，前処理過程で同位体分別が起こっている可能性が残されていた．今回は前処理段階での実験手順を見直しEuの損失を最小限に抑え，回収率90%以上を確保できるようになった結果，信頼性の高い（再現性の高い）Euデータ

の取得が可能となった.

Feの安定同位体比測定に関しては, まず⑴名古屋大学で予め行ったFeの前処理法の確認, ⑵MC-ICP-MSによるFe同位体比測定法の確立, を行った後, 試料のFe安定同位体比測定を行った. まず, ⑴鉄の分離過程で起こる同位体分別の詳細な検討を行った. 岩石標準試料JB-1aを使用し, 陰イオン交換樹脂に流す溶離液の塩酸濃度を様々に変化させ, Feの回収率と, Cuなどの遷移金属元素の除去率, 分離回収したFeの同位体比を測定した. その結果, Cuの除去率がほぼ100%となるよう溶離液の濃度を調整した場合, Feの回収率が69～91%と低くなり, このδ^{56}Fe値は本来の値より0. 28～0. 77‰低く, 回収率の低下とともに同位体分別度が大きくなる傾向が確認された. Cuの除去率が95%程度となるよう溶離液の濃度を調整した場合, Feの回収率は95%以上となり, イオン交換過程におけるFeの同位体分別を最小限に抑えることができた. このFe分離法の確立後, ⑵MC-ICP-MS内での同位体分別補正法の検討を行った. 今回は, Fe同位体標準物質IRMM-14bと試料溶液を交互に測定し, Fe標準物質の同位体比で機器内同位体分別を補正するblanket法と, Fe同位体標準物質と試料溶液それぞれにCu同位体標準物質を添加し, 添加したCu同位体比で機器内同位体分別を補正する内標準法の2つの方法を行った. その結果, blanket 法でのδ^{56}Fe値の測定誤差0. 04‰に対し, 内標準法では0. 03‰と, 内標準法でより精度よく測定できることを確認した.

以上の方法に基づき, 花崗岩および流紋岩, および地質調査総合研究センター発行の岩石標準試料のEuおよびFeの同位体分析を行った. 花崗岩および流紋岩のEu同位体には大きな同位体変動が見られ, また花崗岩構成鉱物の間にも大きな同位体変動が見られた. この大きな変動は, 同位体比変動がほとんど見られないNdとは明らかに異なることから, のEu^{2+}とEu^{3+}の酸化還元反応に起因すると考えられる. このEu同位体比の変動とEu存在度異常の程度には指数関数的な相関が見られることから, Eu同位体分別とマグマの分別作用との関係ををレイリー同位体分別で説明できる. EuとFeの同位体分別度に明瞭な相関関係が見られることもこの考えを支持している. しかしながら, マグマと流体相との間の同位体分別がEu, Feの同位体変動に寄与している可能性もあり, 現在検討中である.

採択番号　09A004, 09B004

研究課題名　安芸陸上コアリング試料（唐ノ浜層群穴内層）の古地磁気学的・岩石磁気学的研究

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21年6月12日－18日
平成21年9月4日－12日
平成21年9月16日－22日
平成21年10月8日－10日
平成22年3月16日－17日

共同研究分担者組織　小玉 一人（高知大学 海洋コア総合研究センター 教授）
他　学生2名

【研究目的】

唐ノ浜層群穴内層の陸上コア試料の古地磁気学的研究は，2007年度に下野貴也君を中心として小玉教授との共同研究で行った．その時はUチャネル試料のみを対象としたが，同時に採取したキューブ試料はまだ手つかずのままであった．キューブ試料は極性の反転が記録されている層準の詳しい研究に適していると期待できたので，測定を試みた．

【利用・研究実施内容】

全長86mのANA-2からU-channel試料72本と，10ccのdiscrete試料2579個がサンプリングされている．これらのdiscrete試料をパススルー型超伝導磁力計（2G Enterprise社製 760SRM）を用いて，0～60mTの11段階の交流消磁を行いながら測定した．得られた測定データは，ザイダーヴェルト図を用いて成分を求め，Kirschvink（1980）の主成分解析により，磁化方位を求めた．下野ほか（2008）では直線性の目安であるMADに制限を設けていなかったが，本研究ではMADが15℃を上回るデータは信頼度が劣ると考えて，除外した．また，ANA-2の二次磁化は15mTでほぼ消磁されたため，15mT以下で主成分解析したデータは不採用とした．

得られた古地磁気伏角データは，U-channel試料のそれと比較すると全体としては類似しているが，2層準では異なっていた．また，下野（2008）で不明瞭であったガウス／マツヤマ境界は，20～21m区間に相当することが判明した．さらに，Kaena逆サブクロン後のガウス正磁極期においては，U-channelでみられたスパイク状の伏角変動に対応すると思われる古地磁気逆転がより明瞭かつ広範囲に観察された．

このように，discrete試料による古地磁気研究は，地磁気の細かな変動を調べる点においては，複雑なdeconvolutionが必要なU-channel試料よりも結果の評価がしやすい．同じコア試料を異なるサンプリング方法で測定を行うと古地磁気研究の信頼度が向上すると考えられる．

なお，以上の結果については，今年1月6日の全国共同利用研究成果発表会にて発表した．また，3月16日に開催された「穴内層ボーリングコア ワークショップ」においても発表した．

採択番号　09A005, 09B005

研究課題名　堆積物中の広域テフラ同定のための岩石磁気学的研究

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21年8月3日－7日
平成21年7月9日－12日
平成21年9月16日－20日
平成21年11月20日－24日
平成21年12月24日－26日
平成22年3月16日－18日

共同研究分担者組織　山本 裕二（高知大学 海洋コア総合研究センター 助教）
他　学生2名

【研究目的】

広域テフラは，日本国内および周辺海域の堆積物中によく見つかり，堆積物の対比・年代推定に重要な役割を果たしている．これらテフラの同定は，主として鉱物組成と火山ガラスの屈折率によって行われている．テフラには磁性鉱物も多く含まれているが，これら磁性鉱物の性質についての詳細な研究例は少ない．しかし，磁性鉱物はマグマの性質を反映することから，テフラの同定には有力な手段となりうる．申請の研究では，テフラの岩石磁気学的研究を行うことで，磁性鉱物の同定が可能かどうか検討したい．そのためにATなどの代表的なテフラを様々な堆積環境で採取したものを用い，比較研究を行いたいと考えている．

【利用・研究実施内容】

広域テフラの岩石磁気学的同定法を確立するために2つのアプローチによって研究した．まず，同一のテフラを多数の地点で採取し，給源からの距離，堆積条件の違い（風成，水成），風化の程度の差などを考慮しながら比較し，どのパラメータが共通的な特徴を示すのかを見極めることとした．このために姶良Tnテフラ（AT）を対象として，給源近くの宮崎県から福島県までで採取された45試料を用いた．なお，これは中原佑正君の卒業研究のテーマとした．一方，テフラ毎の差を比較し，同定にどのパラメータがより有効かを見極めるために，上記のAT以外に，鬼界アカホヤ（K-Ah），大山倉吉（DKP），阿蘇4（Aso4），阿多（Ata），三瓶木次（SK）について分析した．以上の目的のために，センターでは熱磁気天秤とMPMSを用いた．

本年度の成果としては，多地点で採取したATについての詳しい分析の結果は，期待に反して給源からの距離や堆積条件の違いによるはっきりとした差異が見いだされなかった．もちろん，ATに特有な一般的特徴はほぼ明らかになったが，どう考えても異質な試料も見いだされたので，今後より詳しい分析が必要であると思われる．

異なる火山灰についての分析も同様で，あるテフラに共通した特徴を見いだすのは必ずしも簡単ではなく，もう少し時間をかけて分析を進める必要があることがはっきりしてきた．

なお，以上の結果については，今年1月6日の全国共同利用研究成果発表会にて簡単に報告した．

採択番号　09A006, 09B006

研究課題名　第四紀の地磁気擾乱ー気候とのリンク

氏　名　兵頭 政幸
所　属（職名）　神戸大学 内海域環境教育研究センター（教授）
研究期間　平成22年1月12日－15日
共同研究分担者組織　三島 稔明（神戸大学 研究員）
他　学生2名

【研究目的】

意義：銀河宇宙線強度と雲量の相関が発見され，地磁気と気候がリンクしている可能性が高まってきた．これが実証できれば，地球温暖化を含む気候変化の未来予測も可能とする，人類にとって重要な基本原理を知ることとなる．

目的：氷期ー間氷期サイクルで特徴づけられる第四紀の気候変動と地磁気擾乱(エクスカーションや逆転など大振幅変動)，強度減少期に気候変化が起こっている証拠を出す．

特色：同様の目的で，宇宙線研究者や気象学者らが，現在の地球超高層物理観測等を通して行っているのに対し，本研究では地磁気強度と宇宙線強度が負の相関を示すことを利用して，古地磁気学的，古環境学的手法を使って研究を行う．

期待される成果：本研究を通して明らかにされる詳細な地磁気変動データは，地球電磁気学的にも，第四紀学的にも重要な基礎データとなる．地磁気と気候のリンクが実証されれば，単に長年の問題解決にとどまらず，地球中心核，固体地球，水圏，大気圏，磁気圏がリンクした地球システムの成立につながる．

【利用・研究実施内容】

中国甘粛省のLingtai（霊台）におけるレス/古土壌シーケンス中のL33レス層の詳細な古地磁気分析を行った結果，ガウスーマツヤマ地磁気逆転時の遷移期間に高頻度の極性反転があったことを示す古地磁気記録を得た．この古地磁気記録の信頼性を評価するため，非履歴性残留磁化（ARM）強度による土壌化程度の推定と，熱磁気分析，低温磁気特性分析による磁性鉱物組成の推定を行った．ARM強度はほぼ一様に低い値を持ち，80mTまでの交流消磁スペクトルもほぼ一様である．従って，土壌化による磁性鉱物の変化の程度はL33レス層を通して一様で低いと考えられる．熱磁気分析・低温磁気特性分析によって，含有する磁性鉱物種はL33レス層を通して変化がなく，ややマグヘマイト化したマグネタイトとヘマタイトであることが確認できた．以上の結果は，今回分析を行ったL33レス層が詳細な古地磁気分析に適していることの裏付けとなる．

Lingtaiから得た信頼できるガウスーマツヤマ地磁気逆転の遷移記録は，我々が既に得ているBaojiにおける記録と極めてよく対比され，このことからも多数の小反転が真の地磁気現象であることを示している．また，L33レス層の詳細な岩石磁気変動記録もLingtaiとBaojiで非常によい対比を示していることが分かった．このことは，約200km離れた両地点間で古地磁気および古気候変動が数百年スケールで対比できることを示唆している．今後，気候変化も復元して地磁気との相関を調べていくが，研究の実現性が高いことが分かったことは成果である．

インドネシア中部ジャワ島サンギランにおける更新世の湖成層の古地磁気分析により，マツヤマーブリュンヌ地磁気逆転トランジションの詳細な記録を得ている．地磁気極性の主境界より下の逆極性帯中に3つの正極性ショートイベントを，上の正極性帯中に1つの逆極性ショートイベントを見つけている．地磁気強度の大幅な減少は極性主境界直下の逆極性帯中に起こっている．これらの古地磁気記録の信頼性を上げるべく，熱磁気分析を行って含まれる磁性鉱物を調べた．その結果，磁性鉱物はマグネタイト，チタノマグネタイトが主で，硫化鉄系の磁性鉱物は含まれないことが分かった．これにより，サンギランで得た地磁気逆転の詳細な記録は信頼できるデータであり，これまでに大阪湾から報告されているマツヤマーブリュンヌ地磁気逆転トランジションと共通する複数の特徴が真の地磁気減少である可能性が高いことが示せた．サンギランの湖成層は，大阪湾で見つけているような地磁気逆転時の寒冷化イベントの探索を行うべく，今後，気候変化も調べる価値があることが分かった．

採択番号　09A007, 09B007

研究課題名　IODP Expedition 310で得られたタヒチ化石サンゴの骨格記録に基づいた南太平洋における過去約2万年間の海洋環境変動復元

氏　名　浅海 竜司

所　属（職名）　琉球大学 亜熱帯島嶼科学超域研究推進機構（特命助教）

研究期間　平成21年10月13日－17日
　　平成22年3月23日－26日

共同研究分担者組織　花輪 公雄（東北大学大学院 理学研究科 教授）
　　井龍 康文（名古屋大学大学院 環境学研究科 教授）
　　村山 雅史（高知大学海洋コア総合研究センター 准教授）

【研究目的】

2005年度にIODP Expedition 310 ＜Tahiti Sea Level＞が実施され，タヒチ島周辺の浅海域から数多くの炭酸塩堆積物試料が掘削された．本申請の研究課題は，この航海において得られた化石サンゴの骨格試料の生物学的情報（骨格の成長量や密度）や地球化学的情報（酸素・炭素同位体比）を抽出し，南太平洋における過去約2万年間の海洋環境の変遷を復元することを目的としている．これによって，最終氷期最盛期（LGM）から現在までの古水温と古塩分の変動プロファイルが様々なタイムスケールで抽出されると期待される．

IODP Expedition 310航海の目的は，⑴過去約2万年間の海水準変動曲線を高精度で復元し，LGMにおける海水準や融氷パルスの時期や規模を正確に見積もること，⑵古水温・古塩分の変動および数年スケールの気候変動を復元すること，⑶海水準の上昇がサンゴ礁やサンゴ礁生態系に与える影響を明らかにすることであり，本研究によって得られる結果は，上記⑵の目的を達成する上で不可欠なデータとなる．さらに，化石サンゴ骨格から復元される古水温変動データを海水準変動データと併せることで，融氷パルスの履歴がより詳細に解明されるとともに，海洋環境変動に応答するサンゴ礁形成のモデリングがより詳細に構築されると考えられる．また，この航海は，深海掘削計画史上初めて浅海域のサンゴ礁堆積物を対象としており，本研究およびこの航海によって得られる成果は，古海洋学や古気候学をはじめとする地球科学の諸分野に新たな知見をもたらし，深海地球ドリリング計画の今後の発展に貢献すると期待される．

【利用・研究実施内容】

上記の目的を達成するためには，過去の海水の酸素同位体比（あるいは塩分）や温度を復元することが必要である．そのためには，それらの指標となる炭酸塩生物殻（本研究の場合ではサンゴ骨格）の酸素同位体比を抽出することが不可欠である．なかでも，最終氷期最盛期以降の海水準変動に起因する海水の酸素同位体比（塩分）の変動の復元には，サンゴ骨格の酸素同位体比の記録は極めて有用な指標となる．

そこで，本研究では，その重要な指標となる酸素同位体比の記録を高時間解像度かつ高精度で得るために，高知大学海洋コア総合研究センターの安定同位体質量分析計（MAT253）および炭酸塩自動精製装置（Kiel III）を使用して，タヒチ島の周辺海域から得られたサンゴ化石の酸素および炭素同位体比を測定した．試料は，軟X線写真撮影による骨格年輪の構造解析，粉末X線回折分析による鉱物組成の同定，走査型電子顕微鏡による骨格構造の観察を行って，続成作用を被ってないと判断された骨格部位を厳密に選定した．そして，サンゴ骨格の成長方向に沿って，0.5mm間隔でミリングして得た粉末試料（約0.1mg）を測定した．測定期間中における分析精度（1σ）は，酸素同位体比は＜±0.04‰，炭素同位体比は＜±0.03‰であった．その結果，得られた酸素および炭素同位体比の時系列データの時間分解能は2週間～3週間に相当すること，それぞれのデータは明瞭な季節変化を示し，酸素同位体比の変化には数年スケールの変化が認められることがわかった．また，同位体比時系列データの値や波形から，分析対象とした試料は続成作用による影響を被っていないことが再確認され，酸素同位体比はタヒチ周辺の海洋表層の水温と塩分を反映していることが示された．また，複数のサンゴ化石試料の化学分析と統計解析から，最終氷期最盛期以降の海水の温度と酸素同位体比を推定し，太平洋の低～中緯度域の深海堆積物の有孔虫のMg/Ca比記録やアルケノン記録，極域の氷床コアから得られている古気候データとの比較検討を行った．以上の研究成果について，国内（東北大学，名古屋大，高知大学）や海外（Bremen大学，CEREGE）の共同研究者と議論を行った．得られた成果は，国内学会や国際学会で発表するとともに，国際学術雑誌で発表した（Asami *et al.,* 2009, *Earth Planetary Science Letters*）．

今後，海水温のプロキシであるSr/Caの分析値と併せて解析するとともに，化石試料のウラン系列年代測定を実施し，最終氷期最盛期から現在にかけての水温と塩分の時間変化，季節性の変化，さらには数年スケールの変動を定量的に復元する予定である．

採択番号　09A008, 09B008

研究課題名　高知県横倉山産のコノドント化石と天然アパタイト結晶との関連性に関する分析学的解析

氏　名　三島 弘幸
所　属（職名）　高知学園短期大学 医療衛生学科 歯科衛生専攻（教授）
研究期間　平成21年10月26日－26日
平成21年12月3日－3日
共同研究分担者組織　筧 光夫（明海大学 歯学部 講師）
安井 敏夫（横倉山自然の森博物館 副館長）

【研究目的】

コノドントは口腔内の捕食器官という説が改めて見直されている．サケの稚魚に似ており，沿岸から浅海に生息していたとされている．頭部先端近くにコノドント器官があり，噛み切りの機能をもち，表面に微小な擦痕が見られ，組織的にはエナメル質と象牙質あるいは骨が存在する．コノドントは生体鉱物の起源を探る上で，重要な試料である．近年生体アパタイト結晶は天然に産するハイドロキシアパタイトとは，微量元素の成分に差が見られるとの報告がある．しかし，精密な解析はなされていない．顕微レーザーラマン分光装置あるいはEPMAは微細な領域の極微量分析に有効である．コノドントの生体アパタイト結晶と天然あるいは生体のハイドロキシアパタイト結晶との関連性を検索することを目的とする．

【利用・研究実施内容】

顕微レーザーラマン分光装置において，生体のハイドロキシアパタイト結晶では960-961cm^{-1}にPO_4^{3-}のピークが検出され，フロールアパタイト結晶では964-967cm^{-1}にPO_4^{3-}のピークが検出され，差異が見出された．場合により，ピークがシフトし，970cm^{-1}になるデータもある．コノドント化石やEusthenopteronの歯（表層のエナメロイド）の化石の結晶はPO_4^{3-}のピークである964-967cm^{-1}が検出された．またX線回折法で結晶がフロールアパタイト結晶であることが確認された．シルル紀以降の両生類の歯の結晶は960-961cm^{-1}のピークで，ハイドロキシアパタイト結晶であり，biological apatite結晶と報告されているものである．コノドント化石の研究から，ハイドロキシアパタイト結晶はシルル紀以降に出現したと推定される．また，Eusthenopteronの化石の皮甲化石では下層から，層板骨，脈管に富む骨，象牙質，エナメロイドに区分された．エナメロイドだけ，フロールアパタイト結晶であり，その下層の象牙質や骨組織はハイドロキシアパタイト結晶であることが判明した．しかし顕微レーザーラマン分光装置ではハイドロキシアパタイト結晶の他のピークの検出はできなかった．その原因を次年度に検討していきたい．化石や現世の試料のbiological apatite結晶では，天然のアパタイト結晶より，多くのCO_3^{2-}を含有しているとの報告があるが，CO_3^{2-}のピークをまだ検出できていない．この点もさらに検索していきたい．

SEMやTEMの観察から，コノドント化石の硬組織の結晶は柱状であり，硬組織は2層性（外層と内層）であることが確認できた．外層は結晶の大きさが大きく，内層は大きさが小さかった．

EPMAにおいてはコノドント化石では，CaとP，微量元素として，Fが検出された．Ca/P 比は外層で1. 60～1. 62，内層で1. 60～1. 96であった．F は外層で3. 803±0. 236～4. 137±0. 089weight%で，内層は3. 203±0. 646～5. 456±0. 185weight%であった．外層が内層に比較し，F含有量が多かった．それ以外の微量元素Na，Si，S，Feが内層で検出しているが，堆積後の続成作用と考察される．組織構造では，内層で細管構造が認められた．

以上の結果から，コノドント化石の硬組織の結晶はロールアパタイト結晶と考察される．また，内層は組織構造から，骨様象牙質，あるいは細管を持つ真正象牙質であり，外層はこれまで報告されていたエナメル質ではなく，エナメロイドと結論した．コノドント化石は口腔内の捕食器官であるという説は妥当であると現在考えている．硬組織の起源はコノドントから派生すると考察される．

採択番号　09A009, 09B009

研究課題名　**北西太平洋 北海道羽幌地域における後期白亜紀のミランコビッチサイクルについての基礎的研究**

氏　名　冨永 嘉人

所　属（職名）　金沢大学 自然科学研究科 博士後期課程3年

研究期間　平成21年11月9日－20日

平成22年2月23日－3月7日

共同研究分担者組織　長谷川 卓（金沢大学 自然科学研究科 教授）

【研究目的】

ミランコビッチサイクルは過去数千万年に渡り基本的に不変であるにもかかわらず，地質学的な記録によると，これに対する気候システムの応答様式が地質時代の変遷と共に大きく変化している．極域に氷床が存在せず，非常に温暖な白亜紀においてもこのサイクルは，堆積速度が遅い炭酸塩プラットホームにおいて岩相にその周期性が明瞭に観察され，炭素・酸素安定同位体比や化石の群集組成変化などとの関連性が数多くの研究によって検証されている．しかし，同様な周期性が堆積環境が大きく異なる場所，違う海域においても存在していたのか，あるとすればどのように記録されるのかについてはまだ十分に理解されていない．本研究は，その予察研究の位置付けに当たる．

北海道蝦夷層群の白亜紀の前弧海盆堆積物に，ミランコビッチサイクルが記録されているのか，されるとすれば，北西太平洋に置けるミランコビッチサイクルへの気候の応答様式は北大西洋やテチス海域とどのように異なるのか，を理解する上で重要な位置付けにある．

【利用・研究実施内容】

堆積物に記録される炭素同位体比曲線（e.g., Jenkyns *et al.,* 1994）は，地域間の対比可能な化学的鍵層となる同位体比イベントを保持していることで知られており，最近では数万年の周期性を持って変動していることが報告されている．そこで本研究では，北海道蝦夷層群の有機炭素同位体比曲線に記録されている数万年規模の変動の検証を行った．

最近の研究では，欧米の炭酸塩の炭素同位体比曲線には，数万年規模の変動があり，ドイツーイギリスなど離れた地域間で共通することから，世界規模の炭素循環に数万年規模の周期性があって，それを記録したものではないかと考えられている．しかし変動規模は小さく，また炭酸塩堆積物は堆積速度が遅いためか，明瞭な周期性として現れてはきていない．一方，これまでの研究から，北海道蝦夷層群は研究が進んでいる欧米の同時代の地層に比べ，堆積速度が非常に早いことが明らかになっている．また，蝦夷層群に記録されている有機炭素同位体比変動は，欧米などと大局的には類似した変動パターンを持つことがわかっているため，世界規模の炭素循環に数万年規模の変動があるとすれば，それを解明するためには格好の材料である．国際対比上価値のある数万年規模の変動が，蝦夷層群から検出できるかどうかを確かめることにより，今後，炭素同位体比を用いた詳細な対比に応用，白亜紀後期の汎世界的な気候変遷の理解が進むことが期待される．

そのため，本研究では，北海道蝦夷層群の中でも連続的に層序を追うことが可能な範囲において，1000年規模の解像度で同位体比変動を明らかにし，同一試料間や同一層準間でのばらつきなどを考慮した上で，数万年規模の変動の有無を検証した．

分析用試料は，北海道古丹別地域の幌立沢において，50cm～1mの間隔（1500年～3000年間隔）で泥岩試料を計672試料採取した．その中でもまず予察的に有機炭素の同位体比を層厚にして約90m（推定堆積期間約26万年）の範囲で明らかにし，その範囲における数万年規模の変動がどのような特徴を持つか検討した．同位体比分析は，高知大学海洋コア総合研究センター設置のFlash EA1112-Delta Plus advantageにて行った．それぞれの試料は，3回以上測定し，その平均値によって検討を行った．分析数は，標準試料を含め1046である．その結果，約0.8‰の変動規模を持つピークが複数層準で確認でき，その間隔は約20m（約5～6万年に相当）であることがわかった．この0. 8‰という変動は，同試料における測定誤差（e.g. 同一試料を30回測定した場合の2ϕ=0. 35）よりも大きく，また同層準における試料間の誤差（最大0. 3‰）よりも大きい．

このことから，堆積速度の速い蝦夷層群にも，数万年規模の間隔で炭素同位体比変動が記録されていることが明らかになった．そのため，最近の蝦夷層群の炭素同位体比曲線を用いた研究（e.g. Uramoto *et al.,* 2009,Takashima *et al.,* 2010）は，ヨーロッパ標準曲線（Jarvis *et al.,* 2006）などと，数万年から数10万年規模の解像度で分析した同位体比層序とを対比しているものが多いが，今回の結果から，より正確な対比を行うためには，1000年規模の高解像度の分析が必要であることが明らかになった．

また，蝦夷層群における変動の周期性に関しては，今後堆積速度をきちんと規格化した上での議論展開が必要である．ただし，数万年規模の有機炭素同位体比の変動幅は，ヨーロッパで報告されている炭酸塩の炭素同位体比のものより，最大で4倍大きい．このことは，欧米の研究の試料間隔の粗さや，炭素種の違いなどを反映しているかもしれない．もし，炭素種の違いによるものだとすれば，可能性として考えられるものは，当時の陸域気候の湿潤・乾燥化であると考えられるが，この検証を行うには，花粉の分析や，水素同位体比を測定する必要があると考えられる．しかし，これは今後解決すべき重要な課題であり，今後検証していくため，現在はその手法を確立している最中である．

採択番号　09A010, 09B010

研究課題名　北大西洋海底掘削コア試料の古地磁気・岩石磁気研究

氏　名　大野 正夫
所　属（職名）　九州大学大学院 比較社会文化研究院（准教授）
研究期間　平成21年8月31日－9月4日
共同研究分担者組織　林 辰弥（国立博物館 非常勤研究員）
他　学生1名

【研究目的】

本研究はIODP（統合国際深海掘削計画）第306航海で採取された堆積物コア試料の岩石磁気・古地磁気研究により，過去数百万年間の地球磁場変動や古環境変動を明らかにすることを目的としている．

特にU-channel 試料の詳細な古地磁気・岩石磁気測定により，地磁気エクスカーションや地磁気逆転時の磁場の振る舞いや，地磁気の方向・強度の永年変化など，過去数百万年間の地球磁場変動の解明に大きく貢献することが期待される．また，環境磁気学的な研究によって，北半球の氷床発達に伴う古気候・古海洋の高分解能の変動記録が明らかになると期待される．

【利用・研究実施内容】

8月31日から9月4日の間に高知大学海洋コア総合研究センターにおいて，堆積物試料の磁気ヒステリシス分析と飽和残留磁化獲得実験を行った．特に磁気ヒステリシス分析はFORC（First Order Reversal Curve）測定を用いて磁性鉱物の粒径の詳細な分析方法の確立を試みた．この分析では，Normal resolution と High resolution の二つの測定で一試料約4時間と長時間を要することと，測定装置（交番磁場勾配磁力計：AGM）の感度がやや不安定でデータの精度が不十分であったため，測定試料数が少なく，粒径の分析方法の確立にいたらなかった．今後引き続き，実験を進めたいと考える．

このほか今年度は，これまでの測定結果を分析して，以下の結果を得た．まず，昨年度測定したU-Channel試料の初磁化率を分析し，これと自然ガンマ線のデータを足し合わせることで短周期のノイズを低減し，氷期－間氷期サイクル規模の古環境変動の記録を抽出することができた．これをチューニングマテリアルとし，底生有孔虫の酸素同位体比標準曲線（LR04 stack: Lisiecki & Raymo, 2005）にチューニングすることでコア試料の年代モデルを確立した．

一方で初磁化率と自然ガンマ線の差に基づくパラメーターの変動は，アイスランド北方のODP Site 907やアイルランド西方のDSDP Site 610から報告されているIRD記録（Jansen *et al.,* 2000 ; Kleiven *et al.,* 2002）と非常に良く一致し，数千年規模のIce-rafted debris（IRD）の変動を反映する指標となることが判った．そしてこの指標は，LR04 stackの値が3. 5‰を超える時期に増加しており，このことは，大陸氷床が特定の閾値（$\delta^{18}O_{benthic}$＝3. 5‰）を超えて成長した時に氷山の分離が促進されたことを意味し，その関係が北半球大陸氷床の出現以降，ほとんど変わらなかったことを示唆する．また，この指標の変動パターンは約250万年前［marine isotope stage（MIS）100］に大きく変化し，それ以前の各氷期では単発的なピーク（IRDイベント）を示していたのに対し，MIS 100以降の各氷期には，最終氷期のボンドサイクルやダンスガード・オシュガーサイクルに似た，鋸歯状の変動パターンを示すようになる．そのため最終氷期に確認される急激な気候変動は，少なくともMIS 100以降から継続していた可能性が示唆される．

採択番号　09A011, 09B011

研究課題名　**西南日本外帯に分布する赤色チャートの形成場の解明**

氏　名　宇野 康司

所　属（職名）　岡山大学大学院 教育学研究科（講師）

研究期間　平成21年6月15日－20日
　　平成21年10月1日－6日
　　平成22年3月19日－19日

共同研究分担者組織　学生1名

【研究目的】

（研究目的）

層状チャートは遠洋性堆積物であるため，それが日本で観察されることはプレート運動に伴う運搬と付加を意味する．すなわちチャートが形成した場所を特定することは過去のプレート運動に関する重要な情報を導き出すことになる．西南日本外帯に分布するチャートは，過去のプレート運動および日本列島の成因についての情報を十分に保持していることが期待されるが，これまでにその研究例はない．本研究では，外帯に分布する赤色層状チャートの残留磁化情報からの古地磁気学的古緯度を求めることを目的とする．また，チャートの磁化の信頼性を検討するための実験も遂行する．

（期待される成果）

内帯のチャートがほぼ赤道域での形成が示唆されているのに対し，外帯のチャートは南半球の中緯度帯で形成した証拠が得られることを期待している．

【利用・研究実施内容】

（利用・研究実施内容）

大分県津久見市に分布する秩父帯赤色層状チャートに対する古地磁気学的研究を行った．三畳紀中期アニシアンに属するチャートの56層準より，各層1個の古地磁気測定用の定方位試料が採取された．このようにして採取された岩石サンプルに対して，高知大学海洋コア総合研究センターが有する段階熱消磁炉による熱消磁を行い，また，同センターが有する超伝導磁力計による残留磁化測定を行った．

（得られた成果）

実験の結果，4種類の独立した自然残留磁化成分を認定した．段階熱消磁の初期に現れる成分（第1成分）は，約250℃までに消磁される成分であり，その磁化方向は傾動補正前において，現在の地球磁場方向に近い．次いで現れる成分（第2成分）は，250℃以降から420℃にかけて主に観察される．その磁化方向については，傾動補正前において，逆帯磁の深い伏角と南西向きの偏角で特徴づけられる．また，各層準からの方向の集中度がよい．3番目に現れる磁化成分（第3成分）は，約480℃以降約630℃までにほぼ消磁される成分であり，650℃までには完全に消磁される．その磁化方向については，傾動補正前において，正帯磁のやや深い伏角と北西向きの偏角で特徴づけられる．また，各層準からの方向の集中度がよい．段階熱消磁の最後に現れる成分（第4成分）は，主に650℃以降に現れ，695℃までに消磁される．その磁化方向は，傾動補正前において，正帯磁を主とするばらつきの大きい分布を示し，その平均値は非常に深い伏角値を示す．また，傾動補正後には，低伏角で北寄り偏角の磁化方向と，低伏角で南寄り偏角の磁化方向とが観察された．本研究で確認された第1～第3成分の磁化方向と，過去に報告された日本列島に分布する層状チャート（犬山地域）の古地磁気学的研究の結果との比較を行うと，本研究の第1～第3成分にあたる成分の傾動補正前の方向は，犬山地域で報告される低消磁段階から順に観察される3つの成分（A成分～C成分，Shibuya and Sasajima 1986；Oda and Suzuki 2000；Ando *et al.* 2001）の傾動補正前の方向と類似することを確認した．このことは，日本列島において，本研究の網代地域と中部日本の犬山地域を包括する領域において，原因を同一とする大規模な二次磁化事件が生じていたことを示す．また，その二次磁化成分の極性について，正帯磁と逆帯磁のものが発見されたことから，二次磁化事件は少なくとも2回以上生じたことを明らかにした．その事件の時代は，古地磁気方向の対比から，白亜紀のものであると推測された．

採択番号　09A012, 09B012

研究課題名　微生物変質様組織を伴う付加体緑色岩中の炭酸塩鉱物における炭素同位体比およびその起源

氏　名　榊原 正幸
所　属（職名）　愛媛大学大学院 理工学研究科（教授）
研究期間　平成21年6月29日－7月3日
共同研究分担者組織　池原 実（高知大学 海洋コア総合研究センター 准教授）
他　学生1名

【研究目的】

ODPおよびDSDPの成果によって，海洋底の玄武岩層に生息する微生物群集の存在が明らかになりつつある．微生物による微生物－水－岩石相互作用は玄武岩質ガラスを変質し，特徴的な形態を示す微生物変質組織を形成している．一方，陸上のオフィオライトからも再結晶化した微生物変質組織が発見されている．以上のことから，海洋地殻では微生物が広範な生物圏を形成していると予想されている．

平成20年度の共同利用研究では，北海道常呂帯のジュラ紀海山付加体中の微生物変質組織を含む弱変成玄武岩中の方解石から，微生物に由来すると推定される炭素同位体比の異常を見出した．

本年度の共同利用研究では，20・21年度の成果を踏まえ，北海道常呂帯のジュラ紀海山，西南日本内帯の舞鶴帯井原緑色岩および北部秩父帯の付加体から発見された微生物変質様組織と炭素同位体比の関連性について詳細に検討すると伴に，他のオフィオライト上部層の玄武岩中の微生物変質組織と炭素同位体比との関係についても検討する．本研究の成果により過去の地殻内微生物の活動を明らかにすることができると考えられる．

【利用・研究実施内容】

本研究では，北海道東部常呂帯仁頃層群，北部秩父帯の付加体，および岡山県西部オフィオライト上部層中の変玄武岩に含まれる発泡孔および脈を充填する炭酸塩鉱物をマイクロドリルで削り，炭酸塩鉱物粉末を64試料作成した．分析機器は高知大学海洋コア総合研究センターに設置してある安定同位体質量分析計（IsoPrime）を使用した．

同位体比測定の結果，海洋底変成作用を受けたオフィオライト上部緑色岩層における炭酸塩鉱物全52試料の$\delta^{13}C$ 値の範囲は，-11.5～4.3‰であった．一方，微生物変質によるとされる粒状およびチューブ状組織が観察された岩石からは，$\delta^{13}C$ が0.1‰～2.7‰の炭素同位体比が検出された．このような炭素同位体比は，オフィオライト上部層緑色岩の一部はバクテリア起源の炭素同位体比を保存していないため，①バクテリア起源の変質組織形成後における元素移動，あるいは②海洋炭酸塩（-1.0～1.0‰）の値を超える正の炭素同位体比は，オフィオライト上部層におけるアーキアの活動を示唆している可能性がある．

また，分析結果を用いて以下の発表を行った．

榊原正幸・菅原久誠・池原 実，2009，四国中央部北部秩父帯の変玄武岩から発見された地殻内微生物化石．日本地質学会第116年学術大会講演要旨，231.

菅原久誠・榊原正幸・池原 実，2009，岡山県西部ペルム紀前～中期変玄武岩に産する微生物変質様組織および炭素同位体比．日本地質学会第116年学術大会講演要旨，231.

Hisanari Sugawara, 2010, Petrologic and geochemical study of microbial alteration in the Ibara greenstones, southwestern Japan. M.S.

榊原正幸・菅原久誠・池原 実，2010，低温変成作用を受けた中・古生代付加体中の変玄武岩類から発見された地殻内微生物化石．日本地球惑星科学連合2010年大会講演要旨，BBG005-20.

菅原久誠・榊原正幸・池原 実，2010，岡山県西部井原緑色岩類に産する微生物変質組織の岩石学的および地球化学的研究．日本地球惑星科学連合2010年大会講演要旨，BBG005-P04.

採択番号　09A013, 09B013

研究課題名　グリーンランドに分布する2.8GaのDoleriteの岩石磁気の性質

氏　名　関 華絵
所　属（職名）　神戸大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 博士課程前期2年
研究期間　平成21年7月3日－15日
共同研究分担者組織　乙藤 洋一郎（神戸大学大学院 理学研究科 教授）
三木 雅子（神戸大学大学院 理学研究科 研究員）
横山 昌彦（神戸大学大学院 理学研究科 研究員）
山本 裕二（高知大学 海洋コア総合研究センター 助教）
他　学生1名

【研究目的】

グリーンランドにはアーケアンから初期プロテロゾイックの変成岩や火山岩が広く分布している．とくに2. 8Gaの年代を示すDoleriteの岩脈が，アーケアンの片麻岩類に貫入し地理的に縦横に岩脈の脈を伸ばしている．Doleriteの岩脈は2. 8Gaの年代を示すのにもかかわらず，岩石学的にはきわめて新鮮である．そのために，この岩石から初期プロテロゾイックの古地球磁場の信頼できる多くの情報を求めることが出来るに違いない．

Doleriteの岩脈の残留磁化の起源を明らかにすることから，2. 8Gaの地球磁場に関す情報が残されているかどうかを判定する．残されたと判定された場合，テリエ法をもちいて古地球磁場強度を求める．

2. 5Gaより古い時代の古地球磁場強度は，現在ほとんど発見されていない．グリーンランドに分布する新鮮な2. 8GaのDoleriteの岩脈は，2. 5Gaより古い時代の古地球磁場強度を求めるための，適切な試料である．

【利用・研究実施内容】

コアセンターにおいて，SEMによる薄片観察と，古地磁気測定室において試料の古地磁気強度を測定した．

走査型電子顕微鏡（SEM）による薄片観察では，イルメナイトとチタノマグネタイトのラメラが観察された．

試料の古地磁気強度を，テリエ法を応用したIZZI 法（Yu and Tauxe, 2005）によって測定した．この方法は多磁区（MD）粒子の影響に敏感である．pTRM チェックに合格し，アライダイアグラム上で基準を満たす直線性を示した試料は，測定した28個のうち13個であった．結果は，13. 8 μT から25. 6 μT の古地磁気強度を示した．この13個の値の平均値（18. 3±4. 1 μT）から古緯度50. 2°として仮想双極子モーメント（VDM）を求めると，VDM は3. 5±0. 8×10^{22} Am^2で，現在のVDM の大きさの約40%の大きさである．

この測定結果から，以下の成果が得られた．

①SEMによる薄片観察より，試料は高温酸化をしているため，高温下でTRMを得たと考えられる．

②13ブロック試料から28試片の古地磁気強度を測定し，13試片から信頼性の高い結果を得た．その平均値は，18. 3±4. 1 μTである．

③グリーンランドの古地磁気強度を，VDMに変換すると，3. 5±0. 8×10^{22} Am^2 が求まる．始生代の地磁気強度は，現在の40%程度であったと言える．

採択番号　09A014, 09B014

研究課題名　南海トラフ高角逆断層および陸上付加体に発達する過去の地震断層における摩擦発熱の痕跡について

氏　名　廣野 哲朗
所　属（職名）　大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻（准教授）
研究期間　平成21年6月23日－7月3日
　　平成21年11月30日－12月1日
共同研究分担者組織　学生2名

【研究目的】

日本は太平洋プレートとフィリピン海プレートが北米・ユーラシアプレートに沈み込むという変動帯に位置しているため，海溝型地震および内陸型地震が極めて高い頻度で発生している地震多発国である．海溝型地震としては，日本海溝や南海トラフにてM8規模の巨大地震が発生しており，強震動のみならず海底面変動で引き起こされる津波によって甚大な被害が生じている．地震・津波が人間社会に与える影響は計り知れないほど大きく，日本のみならず，変動帯で活動する人類にとって，地震を理解するということは，共通の要求である．

地震を理解するためには，観測による地震現象の詳細な報告のみならず，断層に着目した地震の物理を研究することが極めて重要である．断層が記憶している情報には主として変形組織と温度履歴が挙げられる．特に，後者の情報は，地震時のダイナミックな滑り挙動を推定するために非常に有用である．なぜなら温度変化ΔTは，$=\tau D/wC\rho$（τは剪断応力，Dは変位，wは幅，Cpは比熱，ρは密度）で与えられるため，推定されたΔTより，滑り時のパラメータ（剪断応力や変位）を求めることができる．すでに申請者を含む研究グループによって，台湾チェルンプ断層での地震時の剪断応力の推定などが実施され，大きな成果を上げていると言える．

本申請課題では，これらの経験を生かし，海溝型地震を引き起こす断層の代表とも言える南海トラフでの高角逆断層や陸上付加体に発達しているかつての地震断層に着目し，そこでの断層滑りパラメータを推定することを目的として，それらの断層試料を用いた各種化学・物性分析による摩擦発熱の痕跡の抽出を計画している．

本申請課題を通して，海溝型地震における断層の滑り様式が明らかにされ，海溝型地震の理解が少しでも前進することが期待される．

【利用・研究実施内容】

地震を理解するためには，観測による地震現象の詳細な報告のみならず，断層に着目した地震の物理を研究することが極めて重要である．そこで，本申請課題では，海溝型地震を引き起こす断層の代表とも言える南海トラフでの高角逆断層や陸上付加体に発達しているかつての地震断層に着目し，そこでの断層滑りパラメータを推定することを目的として，それらの断層試料を用いた各種化学・物性分析による摩擦発熱の痕跡の抽出を実施した．以下にその詳細を記す．但し，統合国際深海掘削計画第315次航海（平成20年11－12月）で採取した南海トラフ高角逆断層の試料の化学分析の主要な結果については，すでに平成20年度の全国共同利用成果報告書で述べたので，ここでは省略する．

房総半島の新第三系付加地質体に発達する断層について，野外地質調査や組織観察，物性計測，および化学分析を実施した．その結果，高温流体と固体間の相互作用で動きうるリチウムやルビジウム，セシウムなどの微小元素の異常が断層の部分でのみ認められた．このことは，その断層は350℃以上の温度を履歴したことを示す．さらに，この断層の高温履歴は，断層が地震時に摩擦発熱を伴って活動した可能性を示すものである．

さらに，四国南部の四万十帯，久礼メランジにおける断層について，同様に，野外地質調査や組織観察，物性計測，および化学分析を実施した．その結果，溶融によって動きうる元素の異常（TiやNbのマトリックス側への濃集）と高温流体による微小元素（リチウムやルビジウム，セシウムなど）の異常の両方が認められた．組織観察によるエンベイメント構造や針状微結晶の存在も考慮すると，この断層では高温流体との相互作用だけでなく，溶融も生じ，さらに後者の効果のほうが効果的と考えることができる．すなわち，この断層は地震時に摩擦発熱によって内包する間隙水は温められるが，thermal pressurizationによる断層強度のweakeningにまでは至らず，frictional meltingによってweakeningが生じ，大規模な破壊を引き起こしたと考えられる．

以上，南海トラフでの高角逆断層に加え，陸上のかつての地震断層の調査によって，断層が地震時にどのような挙動を起こしたのかについて，多くの新しい知見を得ることができた．今後は，さらに他の断層で，同様の痕跡・特徴が認められるかどうか調査する必要があり，同時に，この現象を室内で実証的に検証することを目指したい．

採択番号　09A015, 09B015
研究課題名　全三畳系海洋環境イベントの解析

氏　名　堀 利栄
所　属（職名）　愛媛大学大学院 理工学研究科（准教授）
研究期間　平成21年4月20日－22日
平成21年9月9日－10日
平成21年10月19日－21日
平成21年10月26日－31日
平成22年1月12日－15日
共同研究分担者組織　小玉 一人（高知大学 海洋コア総合研究センター 教授）
池原 実（高知大学 海洋コア総合研究センター 准教授）
他　学生3名

【研究目的】

「研究目的」

本研究では，ニュージーランドおよび日本におけるパンサラッサ海の遠洋深海で形成された堆積物を用い高解像度の微化石層序・同位体比層序および古地磁気層序解析を学際的に行う事により，当時の海洋環境変動を正確な時間軸の設定と共に解明していくのが目的である．

「期待される成果」

全三畳系を網羅した有機炭素同位体比変動プロファイルの深海版を構築することができると思われる．それによってP/T境界イベントとは区別可能な三畳紀古世のOAEイベントの解明が進み，発生時期やOAEの持続時間が同じ深海においても場所によって異なっていたという証拠が得られると期待される．また，三畳紀後期のCarnian/Norian境界，Norian/Rhaetian境界，Rhaetian/Hettangian（T/Jr）境界において，海洋プランクトンの絶滅層準と同位体比変動および古地磁気層序との正確な対比がある程度可能になると思われる．

【利用・研究実施内容】

2009年度においては，5回に分けて試料の分析・測定を行った．そのうち，三畳系上部Norian/Rhaetian境界の古地磁気解析については，試験的な測定のみで詳細な熱消磁解析を行えなかった．一方，Rhaetian/Hettangian境界の古地磁気学的検討に関しては，小玉研究室のPD研究員Alexandra Abrajevitch女史の協力もあり，解析が進んだ．当初目的とした層序学的検討は，まだ測定データが不足しており，明確な結果は得られていないが，本邦産層状チャートに関して若干の新知見を得た．我々は，西南日本内帯の丹波帯加西地域および美濃帯犬山地域に分布する同年代の層状チャートについて解析を行ったが，同じパンサラッサ海西部深海地域に堆積・形成された同年代のチャートであるが，両チャートにおける堆積残留磁化を担う成分が異なり，またそれらは古地磁気学的に明らかに異なるテクトニックな履歴を有していることが明らかとなった．

有機炭素同位体比分析については，下部三畳系の解析と上部三畳系の解析の2テーマにわけ，検討を行った．下部三畳系の検討については，新たに見つかったニュージーランドWaiheke島の層序sectionにおいて全岩有機炭素同位体比変動の検討を予察的に行った．その結果，Waiheke島の層序断面にP/T境界が存在している可能性が示唆された．ニュージーランドのP/T境界付近では，これまで我々が行ってきたニュージーランドのArrow Rocks島の検討によって，P/T境界で5‰程度の負へのシフト（−28‰から−31‰へ）を示した後，再び−21‰程度の重い値を示し，緩やかに定常的価（−27‰）に戻ることが明らかになっている．Arrow Rocks島と同様に，Waiheke島でもP/T境界付近と想定される層準に於いて著しい負への変化が見られる．また，Arrow Rocksでは，下部三畳系上部（Spathian）において著しい変動が見られることが検出されている．今後は，Waiheke島三畳系のより上位層準とP/T境界付近の負への変動層準における高解像度の解析を行いP/T境界から下部三畳系全体における変動を明らかにしていく必要がある．

上部三畳系については，本邦の層状チャートにおいて解析を行った．その結果，三畳紀のOAEの発達は，三畳紀古世のみにとどまらず，三畳紀新世のCarnian前期と中期の境界において顕著なOAEが起こっている事が明らかとなった．遠洋堆積物の詳細な微量元素および有機炭素同位体比変動の検討と放散虫化石相の解析により，その原因は，海洋表層域での生物生産量の急激な増加が考えられる．つまり，有機物の多量供給によって，溶存酸素の消費が促進され海洋酸欠状態になり，OAEが発現した可能性が高い．このような三畳紀新世のOAEは，これまで報告されておらず世界ではじめての知見となる．今後，新たに識別されたCarnian OAEが世界的規模での現象がどうかを様々な地域における同年代の地層で検討する必要がある．

採択番号　09A016, 09B016

研究課題名　中央海嶺の枕状溶岩の磁気的性質

氏　名　福間 浩司

所　属（職名）　同志社大学 理工学部（准教授）

研究期間　平成22年3月23日－25日

【研究目的】

中央海嶺で生成された枕状溶岩は海洋の地磁気異常の担い手であると考えられ磁気的性質が詳しく調べられてきたばかりでなく，そのガラス状の外皮は過去の地球磁場強度を求めるための試料としてしばしば用いられてきた．枕状溶岩の磁気的性質は，ガラス質の表面から内部の結晶質の部分に向かうに従い大きく変化することが知られているが，従来この変化は粒径に依存した磁性鉱物の変質の程度の違いによって説明されてきた［e.g., Kent and Gee, 1994］．しかしながら，最近では加熱中の変質や磁歪の効果に基づき，従来の説明に対する反論も提出されている．今回，南西インド洋海嶺付近で採取されたブロック状の枕状溶岩を用いて表面から内部に向かっての様々な磁気的性質の変化の詳細な測定を行い，キュリー点より高いアンブロッキング温度や飽和残留磁化／飽和磁化比が0.5を超えるなどの興味深い現象の背景を明らかにしたい．また，測定された磁気的性質を基に，過去の地磁気強度測定に余り用いられて来なかった枕状溶岩の結晶質の部分についてもその適否の可能性を探りたいと考えている．

【利用・研究実施内容】

中央海嶺付近の海洋底から得られる枕状溶岩のなかには非常に高い保磁力（～100mT）を示す試料が普遍的に見られる．高い保磁力を示す試料は表面のガラス質と内部の結晶質の境界にあたる隠微晶質に限られ，隠微晶質はガラス質から得られる古地磁気強度と一致した値を示す．高保磁力が信頼できる古地磁気強度を与えるための何らかの要因であるならば，古地磁気強度実験の試料選択のための指標として用いることができる可能性がある．ただし，同等の高い保磁力は陸上で噴出した安山岩の急冷相などにもみられ，高保磁力を支配する磁気異方性を個々の試料において明らかにする必要がある．今回，高知大学海洋コア総合研究センターにおいて枕状溶岩について試料振動型磁力計（VSM）と超伝導磁化率計（MPMS）を用いて，それぞれ高温（室温～700℃）ならびに低温（10K～室温）での磁気的性質の温度依存性を測定した．また，比較のために陸上で噴出した安山岩の急冷した部分から得た高保磁力の試料についても同様の測定を行った．

測定に用いた試料は，南西インド洋海嶺でしんかい6500（YK98-07航海）によって採取された無斑晶質の枕状溶岩である．表面に平行に 2.0～2.5 mm厚の薄い板状の試料を作成した．熱磁気分析では，5 mm以深の隠微晶質並びに結晶質ではチタンに富むチタノマグネタイト／マグヘマイトが見られる．VSMを用いて最大磁場 1Tで測定した場合，飽和残留磁化／飽和磁化比は隠微晶質で最大となり，0.5を超える値を示した．しかし，MPMSを用いて最大磁場 5Tで測定すると飽和残留磁化／飽和磁化比は全て0.5以下になった．従って，立方晶系であるチタノマグネタイト／マグヘマイトにおいて時折見られる多軸性の結晶磁気異方性が磁気的性質を支配している可能性は極めて低い．高温でのVSMを用いたヒステリシス測定では単調に数百℃まで保磁力並びに飽和残留磁化／飽和磁化比は単調に減少しゼロに近づく．低温での測定では極めて大きな保磁力（数百mT）を示す．低温での保磁力の急激な増加は結晶磁気異方性や形状異方性が保磁力を支配している場合には見られず，磁気弾性異方性に支配されていると考えざるを得ない．同様の測定を行った安山岩の急冷相では，枕状溶岩の隠微晶質に比べれば保磁力は小さな温度依存性しか示さない．VSMによる測定から磁化の担い手はチタンに乏しいチタノマグネタイトであることがわかり，陸上の安山岩で見られる高保磁力は形状異方性によると考えられる．同等の高保磁力であっても支配する磁気異方性は岩相と磁性鉱物によって異なっており，保磁力のみから古地磁気強度実験への適否を判断することには留保をつける必要がある．

採択番号　09A017, 09B030

研究課題名　南東太平洋から採取されたYK0408-PC5コアの酸素安定同位体比層序

氏　名　河潟 俊吾
所　属（職名）　横浜国立大学 教育人間科学部（准教授）
研究期間　平成21年6月22日－27日
平成21年9月24日－30日
平成21年10月1日－7日
共同研究分担者組織　池原 実（高知大学 海洋コア総合研究センター 准教授）
他　学生3名

【研究目的】

熱帯・亜熱帯の余剰熱エネルギーを高緯度域へ伝播する仕組みは，グローバルな気候システムをコントロールする一因であり，伝播の仕組みを維持する海洋表層システムの構成要素として，極前線や亜熱帯収束線などの海洋前線構造は重要である．南半球におけるこれらの海洋前線は氷期・間氷期のグローバルな気候変動と連動して南北に移動していたことが知られている．しかし，北半球における気候変動のタイミングと南半球でのそれらとは位相がずれており，南半球が先行して変化している可能性が氷床コア研究などから指摘されているため，解明が待たれている．新生代後期の海洋表層システムの時系列変動を復元・解析する研究を推進するため，YK0408航海によって南東太平洋の中緯度域から採取された良質の海洋コアの年代モデルを確立することが目的である．南東太平洋の中緯度域において第四紀の全期間をカバーする時代の海洋表層変動の記録を解析することによって，全球的な寒冷化が大きく進行した約260万年前や現在の気候サイクルがほぼ確立した約90万年前の前後期間における周期的な亜熱帯収束線や極前線の南北移動の詳細とその気候システムへの影響が明らかになると思われる．

【利用・研究実施内容】

利用・研究実施内容：2004年のJAMSTECの支援母船「よこすか」によるYK0408航海において，南東太平洋ツアモツ諸島北東側斜面の水深2420mからPC5コア（コア長12. 6m）が採取された．このコアについて古海洋学的解析を推進するのに不可欠な酸素安定同位体比層序による年代決定を行うことを目的に，高知大学海洋コア総合研究センターにおいて有孔虫殻化石を用いた酸素安定同位体比測定を行うことを申請し，課題が採択された．平成21年6月21日～6月28日の期間には4年次学生の長居 太郎君と河潟 俊吾の2名がセンターを訪ね，また平成21年9月24日～10月9日には長居君のみセンターを訪ねて，微量質量分析計IsoPrimeを使用してコア内深度4. 2cm～893. 8cmの層準について計274試料を測定した．横浜国立大学において摘出と超音波洗浄によるクリーニング作業を終えた浮遊性有孔虫*Globigerinoides ruber*の遺殻を複数の殻片に砕き，約100μgを秤量して測定用バイアルに入れて測定試料とした．標準試料NBS-19も同様にバイアルに入れて，測定試料とともにオートサンプラーにセットした．本研究の測定では，測定用の21サンプルと標準試料6サンプルの計27サンプルを1回の測定サイクルとした．全ての測定は池原 実准教授と小林 美智代女史の指導の下で行った．測定によって得られた有孔虫殻の酸素安定同位体比の変動は，PC5コアの古地磁気（残留磁化強度）データおよび浮遊性有孔虫*Globigerinoides fistulosus*の終産出層準（177万年前）のデータをまずはコントロールに設定した後に，LR04 Stack標準曲線（Lisiecki and Raymo, 2005）と対比して年代モデルを検討した．

得られた成果：酸素同位体比（δ^{18}O）の値は，概ね-1. 5～-1. 2‰で変化し，コア深度約200cm以深で0. 3～0. 6‰の振幅で変化していた値が，200cm以浅では0. 6～0. 7‰の大きな振幅で変動していることが明らかになった．古地磁気と浮遊性有孔虫データを用いてブルンヌ/松山境界（78万年前）とオルドヴァイ亜正磁極期トップ（177万年前）を決定した後に，酸素同位体比変動をLR04 Stack標準曲線と対比して海洋同位体ステージを決定した．コア内深度4. 2cm～893. 8cmの層準は約5. 5万年前～220万年前の堆積年代を示すと推定できた．

得られた年代モデルに基づいて酸素同位体比変動記録を60万年前以降，60～120万年前，120万年前以前の3期間に分割し，周期解析を行った．60万年前以降で10万年周期が卓越し，60～120万年前の期間で10万年周期と4. 1万年周期が内包されていることを確認できたことから，少なくとも120万年前以降については信頼できる年代モデルが得られたと考えている．

採択番号　09A018, 09B017

研究課題名　内湾沿岸性生物相の周期変動における対馬暖流の水温変動の影響評価

氏　名　秋元 和實
所　属（職名）　熊本大学 沿岸域環境科学教育研究センター（准教授）
研究期間　平成22年1月25日－28日
　　平成22年2月1日－6日
共同研究分担者組織　安田 尚登（高知大学 海洋コア総合研究センター 教授）

【研究目的】

有明海に縄文海進以後に堆積した有明粘土層から産出する底生動物化石群集には，周期的に短時間の種構成の変化が認められる．したがって，14C年代（暦年代）を基に高解像度で復元した外海の酸素同位体曲線と湾内の化石群集の変化を比較することで，内湾生物相に対する外海系水の温度変化の影響を評価できると予想される．

本研究で対象とする過去の海水の水温および生物生産量を詳細に解析するために利用されてきた酸素・炭素安定同位体は，深海性の石灰質種（*Uvigerina peregrina* および*Cibicidoides wuellerstorfi*）が用いられてきた．さらに，沿岸域では，外洋水に生息する浮遊性有孔虫が貧産である．このため，環境復元の高精度化には，安定同位体分析に最適な底生種の選定が必要である．しかしながら，沿岸域に生息する種では，ほとんど研究が行われていない．この理由は，環境変動に伴って群集の種構成が変化するため，バイタルイフェクトの除去を目的に同一種を分析したくても，コア試料を通じて対象とする種が連続して産出しないことにある．たとえ，堆積物表層に生息している種が連続して産出しても，同位体平衡において塩分変動が影響し，かつ海藻に付着して生息する種では光合成も影響する．そこで，PC2に多産するRotalinidae科から，堆積物の表層に生息し，藻類などに付着しない*Pseudorotalia gaimardii*（d'Orbigny）を対象にして，安定同位体の分析試料としての適性を検討した．

【利用・研究実施内容】

有明海の年平均水温は，外海系水の温度変化と流入量に影響される．1970年代から観測記録がある有明海と九州西方の定点における平均海水温は，並行して変動している．これに対して，有明海湾奥のコア試料中において，1950年代以降の底生有孔虫群集では，有明海の低潮位期には低塩分耐忍種が，高潮位期には外海系水塊の基で生息する種が優占している．したがって，九州西岸に分布する内湾域では，暖流起源の外海系水の影響の変化は，生物相の変動を規制する重要な要素といえる．

本研究で用いた試料（PC2）は，2008年11月13日に，長崎大学水産学部所属の長崎丸によって，橘湾中央部（30°43'N, 130°05'E, 水深38m）から採集された．この地点は，九州西岸に沿って流れる対馬暖流から分岐した海流が潮汐によって有明海に流入する経路上にあり，かつ分岐流と有明海からの内湾系水との境界に位置する．このため，このコアは，内湾へ流入する分岐流の影響を検討する上で最も適しているといえる．

分岐した海流の影響を捉えるために，熱帯－亜熱帯の砂底に広く分布し，大型の殻を有する*Pseudorotalia gaimardii*（d'Orbigny）を用いて測定した．本種を対象としたのは，同定が容易であり，ラメラ構造で殻の断面が厚く，石灰質の2次沈着が旋回面の縫合線上には瘤状に，臍孔面では臍を覆うように放射状に発達するため，1個体でも分析に必要な80 μg以上の炭酸カルシウムが得られるためである．さらに，この種は，太平洋の暖流域の浅海性に広く分布し，化石としても多くの報告があり，今後汎世界的に利用できる可能性があるためである．

分析した個体は保存良好であり，分析に影響を与える変質は認められなかった．このため，可能な限り多くの炭酸塩を分析するために，粉末化せずにリン酸で溶解してガス化した．しかしながら，5分析試料毎に挿入した標準試料は，信頼できる値を必ずしも示さなかった．この結果，信頼できる分析結果が得られず，原因も未解決である．

そこで，次年度には，同種を前処理して測定するとともに，同位体比が安定な浅海種の選定も行う．比較的個体数が多く，堆積物表層を自由に移動できるGavelinellidae科の*Hanzawaia nipponica*あるいはNonionidae科の*Nonion japonicum*を対象とする．これにより，新たな沿岸域の環境研究が同位体を利用して展開できると考えている．

採択番号　09A019, 09B034

研究課題名　**鹿児島湾若尊海底火山に伴う浅海熱水活動の同位体水文学的研究**

氏　名　石橋 純一郎

所　属（職名）　九州大学大学院 理学研究院（准教授）

研究期間　平成21年4月30日－5月1日

平成22年2月22日－26日

共同研究分担者組織　山中 寿朗（岡山大学大学院 自然科学研究科 准教授）

他　学生3名

【研究目的】

申請者らは，鹿児島湾北部の海底に若尊海底火山に伴う熱水活動があることを見出し，その地球化学的な特徴から陸上地下水と火山噴気ガスを取り込んだ大規模な熱水循環系が存在することを報告した．本研究の目的は，海底から噴出する熱水試料あるいはその周辺の堆積物より抽出した間隙水の同位体比データから，陸上地下水と火山噴気ガスの寄与を定量的に評価して，熱水循環モデルをさらに精細に描くことにある．

本共同利用により酸素同位体比の測定を行うことで，熱水の起源となる様々な成分（陸水，海水，マグマ水など）の寄与や堆積層内で起こる同位体交換反応（火山ガス，熱水変質鉱物など）の影響を定量的に評価することができる．こうした制約条件を得ることで，鹿児島湾海底火山に伴う浅海熱水系についての精細な熱水循環モデルを構築することができる．

【利用・研究実施内容】

＜平成21年度前期＞

標準ガスの装備がまにあわなかったため，分析値の確度が保証できない状態での測定となった．このため，これまでの分析値が多数ある陸上の温泉水および海底熱水の試料を中心に，同位体測定を行うこととした．研究の主目的である堆積層から採取された間隙水試料については，それぞれの試料の試料量が少ないことから，今回は見送ることにした．

確度が十分に保証されていない状態ではあるが，精度については研究目的を達成するのに十分であることがわかった．また標準試料による値づけがない予察的な分析値であるが，帯水層の起源への陸水と海水の寄与を明らかにするという研究目的について解明できる可能性については確認できたので，分析装置の整備を待って共同利用研究を展開することとした．

＜平成21年度後期＞

装置の不調のため，十分な精度での測定が可能ではなかった．実施時には原因が特定できなかったため，一つの試料を繰り返し分析を試みたが精度の確保には至らなかった．

不調の原因については，真空系の不備（バルブからのリーク）ということが後でわかった．結局，この時の分析値は研究成果として全く用いることができなかった．

以上のように，本申請による共同利用研究は，平成21年度には機器の不調などの要因のために当初の想定どおり進めることができなかった．このため，平成22年度にも同じ課題で申請を行い，研究を継続している．

採択番号　09A020, 09B018
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 文学部（教授）
研究期間　平成21年7月29日－30日
平成21年11月19日－21日
平成22年3月17日－30日
共同研究分担者組織　森尻 理恵（産業技術総合研究所 主任研究員）
上野 直子（東洋大学 教授）

【研究目的】

申請者らは，旧石油公団が採取した南極周辺海域の海底コア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の南極氷床の消長についての解析をおこなってきた．引き続き解析するコアは南極大陸周辺ほぼ全域を網羅しており，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り，B-M境界以降のグローバルな気候変動に関する南極氷床の役割が明らかになることが期待される．約25年前に採取された試料であるにもかかわらず，採取当時のデータと比較し，おおむね岩石磁気の研究可能なコアであることを明らかにして，公表した．

今までの研究により，コアの一部のウィルクスランド沖のコアについては，数本のコアで明瞭な帯磁率変化と連動した岩石磁気パラメーター値の変化が見られた．この変化は，陸源物質の量の増減と対応すると予想され，氷床変動をとらえていると期待される．昨年度は珪藻化石分析を併用することによって， これら岩石磁気の変動が珪藻化石個体数の変動と連動し，すなわち氷床変動が要因であるとの結論に達した．そのことにより，粒度分析の結果と岩石磁気特性の結果から堆積物の粒径の変動（特に数～数十 μ の細粒部分の変動）と棚氷の増減との関係が明らかになってきた．今期はこれらのデータをまとめるべく，磁性鉱物の酸化状態の変動も検討しつつより詳細な検討を行いたい．

【利用・研究実施内容】

1）昨年度までの成果のうち，岩石磁気に関する技術的な検討課題に関する論文（マジックインクの磁化：古地磁気研究用試料への影響）を報告した．この測定には，コアセンターの超伝導磁力計を使用させていただいた．この研究の目的は，残留磁化強度の小さな堆積物試料は，マジックインキの化学成分による影響を受ける可能性があるので，インクのX線分析結果から加熱で酸化された時，磁性鉱物が形成されないかの調査だった．

2）同様に，極域のケイソウ化石に関する処理方法について，分散材である過酸化水素水の濃度，加熱の有無，処理時間の長さ，塩酸添加の有無などについて，低緯度のケイソウ化石の処理方法とは異なる南極海域のケイソウ化石に関する文献を参照しつつ，条件を変化させて，処理方法について検討した．その結果を「南極域海洋堆積物のケイソウ化石分析に関わる処理および環境解析手法について」で報告した．

本年度の研究利用は，南極海域コアに含まれる堆積物中の磁性鉱物の特徴と，東南極大陸の陸上の堆積物に含まれる磁性鉱物の特徴についての比較検討が中心の研究であった．南極海域コア10数本のB-M境界以降の堆積物に含まれる磁性鉱物は，コアセンターでのMPMS測定と東洋大でのVSMでの磁気温度分析の結果，酸化環境の磁性鉱物が多く，Tiに乏しいマグネタイトが低温酸化しているマグヘマイトを主とする特徴がある．Tiが少ないことは，源岩と思われる東南極大陸の岩石は片麻岩類といった高温の変成岩類が多く，これらに含まれるTiはどちらかというとイルメナイトに含まれ，マグネタイトには含まれない．従って，南極海域の砕屑性堆積物中の磁性鉱物にTiが少ない事は，納得できる結果である．また，南極海域の堆積物中の磁性鉱物は，マグネタイトの低温酸化形（マグヘマイト）であり，この低温酸化が海でおこったのか，陸上でおこったのかを決定する必要があった．そこで，本年度は，昭和基地周辺のモレーンおよび氷河性堆積物数試料の磁性鉱物の低温および高温の熱磁化分析をおこない（コアセンターではMPMSによる測定を主におこなった），海域堆積物と陸上堆積物の双方の磁性鉱物について比較検討した．その結果，陸上の氷河性堆積物中の磁性鉱物は，海域堆積物中の磁性鉱物と同様に，Tiをほとんど含まないマグネタイトであり，海域堆積物中の磁性鉱物は，主として陸減の砕屑物であることが予想される．しかし，陸上の氷河性堆積物中のマグネタイトは低温酸化をほとんど受けていない特徴があり，この点が海域堆積物中の磁性鉱物がマグヘマイトであることと異なることが判明した．この原因としては，南極域では，陸上の方が海域より低温であり，磁性鉱物の酸化は陸上では進みにくい事が考えられる．

以上の事から，コア堆積物中の磁性鉱物の酸化状態の変動は，主として海域の環境変動を反映しているものと予想される．

採択番号　09A021，09B019

研究課題名　北太平洋亜寒帯域の完新世における1000年スケール海洋環境変動の復元

氏　名　佐川 拓也

所　属（職名）　愛媛大学 上級研究員センター（研究員）

研究期間　平成21年8月18日－9月2日
平成21年10月17日－23日
平成21年12月7日－19日
平成22年3月9日－11日

共同研究分担者組織　加 三千宣（愛媛大学 上級研究員センター 上級研究員）
坂本 竜彦（海洋研究開発機構 グループリーダー）
岡村 慶（高知大学 海洋コア総合研究センター 准教授）
村山 雅史（高知大学 海洋コア総合研究センター 准教授）

【研究目的】

完新世は第四紀の氷期－間氷期変動の中で最も安定して温暖な間氷期である．すでに約1万年間温暖な気候が持続しているが，その中にも数百～千年スケールの寒暖の繰り返しがあったことが知られている．中国内陸部の鍾乳石から復元された東アジアモンスーン強度は過去9000年の間に数回の強弱の繰り返しが起こったことを示し，北太平洋中緯度における完新世の気候変動の存在が明らかにされている．このような完新世における気候変動は人間活動にも密接に関わっているため，その変動のリズムやメカニズムを理解することは今後の気候変動を予測する上でも非常に重要である．しかし，北太平洋において完新世の高時間解像度のデータは現在ほとんどない．

そこで本研究では，日本近海における解像度の高い連続的な完新世古水温記録を復元することを目的とした．本研究で用いた試料は，下北半島沖で採取された堆積速度の速い海洋コアであり，完新世における津軽暖流の強弱に伴う表層水温記録を高時間解像度で復元できるものと期待される．

【利用・研究実施内容】

本年度の共同利用では，平成21年6月に淡青丸 KT09-8 次航海にて採取された海洋コア（SK-2：41°11.09’ N，142°11.98’ E，水深1176 m，コア長834 cm）の古海洋アーカイブとしての評価と堆積年代の把握，表層海洋環境変動の復元を目的として，炭酸塩濃度，底生・浮遊性有孔虫の酸素・炭素同位体比の分析を行った．研究海域である東北～北海道沖の堆積物は，炭酸塩濃度の変動が大きいことが知られている．そこで，SK-2コアの炭酸塩濃度の変動を，堆積年代がわかっている別の海洋コアの炭酸塩濃度の変動と対比させることで大まかな堆積年代を得た．炭酸塩分析装置にてSK-2コアから45層準の炭酸塩濃度を分析したところ，0.42～6.65wt%の範囲で変動が確認された．この変動パターンからSK-2コアの堆積年代は最下部でおよそ1万年前であることが予想された．さらに，得られた炭酸塩濃度の変化は浮遊性有孔虫殻のFragmentation Ratioのパターンと一致することから，完新世の炭酸塩保存が何らかの要素によって左右されていることが示唆された．炭酸塩保存の支配要因に関しては今後詳しく検討する予定である．

底生有孔虫殻の酸素同位体比は，コアの最下部（3.7‰）から600 cm程度（3.4‰）まで減少傾向を示し，それより上部は3.4‰付近で安定した値を示す．本コアが採取された水深（1176 m）にお

ける底生有孔虫殻の酸素同位体比の変化は，主に海水準変動によって引き起こされる海水の酸素同位体比の変化に起因すると考えられる．そのため本研究の結果は，最終氷期から完新世にかけて起こった全球的な海水準変動が600 cm程度まで影響し，その後は海水準が安定していたことを示す．このことは炭酸塩濃度によって予想された堆積年代とも調和的であり，SK-2コアが平均堆積速度70 cm/kyrの完新世高時間解像度研究に適した海洋コアであることが確認された．

浮遊性有孔虫殻の酸素同位体比は，底生有孔虫の結果と同様に600cm付近まで減少傾向を示す．しかしその後も値は安定せず0. 6‰の変動幅を持って変化する．特に，約4000年前の400cm付近では1. 8‰から2. 4‰まで急激に増加し，顕著な表層環境の変化が起こったことが示唆された．この酸素同位体比の変化が水温によるものであったと仮定すると，その振幅は約3度にも及び，数百年の間に急激な水温低下が起こった可能性を示唆した．約4000年前は東アジア夏モンスーンの弱化や冬モンスーンの強化などが起こり，対馬暖流の勢力も弱かったことが指摘されている．本コアサイトは対馬暖流の支流に当たる津軽暖流の影響を受ける海域であるため，亜熱帯地域の気候変化のシグナルが対馬暖流によって比較的高緯度まで伝播したのではないかと考えられる．

本研究では浮遊性有孔虫殻の酸素同位体比分析に加えて，Mg/Ca法による古水温復元を目的の一つとしている．SK-2コアは浮遊性有孔虫の産出が少なく，少量の有孔虫試料で微量元素を定量する必要がある．今年度はICP-MSを用いて少量サンプル中の微量元素の定量法を確立した．今後，浮遊性有孔虫殻のMg/Caを分析して完新世の古水温変動を復元する予定である．

採択番号　09A024, 09B020

研究課題名　アルゼンチン共和国ChubutおよびNeuquén地域 白亜紀／第三紀境界堆積岩の有機地球化学的研究

氏　名　　藪田 ひかる
所　属（職名）　大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻（助教）
研究期間　　平成21年10月26日－27日
　　平成21年12月2日－4日
共同研究分担者組織　なし

【研究目的】

アルゼンチン共和国ChubutおよびNeuquén地域 白亜紀／第三紀（K/T）境界堆積岩は，他の多くのK/T境界堆積岩と異なり，約6500万年前に起こった生物大量絶滅イベントを反映するイリジウム濃集が検出されないことが知られている．そのため，おおよそのK/T境界深度範囲が古生物学，鉱物学的に推測されているものの，正確な境界地点は未だに決定されていない．そこで本研究では，当時の環境変動を敏感に記録していると考えられる堆積有機物の分子分析，同位体分析を行い，アルゼンチンK/T境界堆積岩の正確な境界地点の決定を第一の目的とする．同時に，生物大量絶滅に伴う有機化合物の種類と分布を明らかにし，それらを反映する起源生物種を推定する．

これまでのK/T境界堆積岩に関する有機地球化学研究は，境界地点が既知であることを前提としたものがほとんどであったが，本研究では，K/T境界地点の解明のために有機地球化学的手法を適用する点に特色がある．K/T境界地点の決定には，上下層と比べた際の生物起源有機化合物の著しい減少および炭素同位体比の変動に加え，森林火災あるいは小天体衝突に由来する有機化合物の分子・同位体的特徴が見出されることが期待される．またChubut, Neuquénの両地域における堆積岩について，有機化合物に寄与した起源生物種の比較を行うことにより，当時の地理・地質環境の評価が可能となることが期待される．

【利用・研究実施内容】

アルゼンチン共和国Chubut, Neuquén地域における深度の異なるK/T境界堆積岩計46試料の炭素同位体比分析を行った．測定にはサーモフィッシャー・サイエンティフィック社の元素分析（FlashEA 1112）オンライン質量分析計（DeltaPlus Advantage）を用いた．標準試料には2種のアミノ酸（ヒスチジン，アラニン）を用いた．Chubut堆積岩については，試料中の炭酸塩が炭素同位体比に影響しているか否かを調べるために，堆積岩に塩酸を滴下したものとしていないものとで結果を比較した．Neuquén堆積岩については，試料に塩酸を加えると気体が発生し，炭酸塩が比較的豊富に含まれていることが明らかだったので，塩酸を滴下後に測定した．データ再現性を確認するため，各試料につき2回以上測定を行った．

Chubut地域K/T境界堆積岩（39試料，No. 6-10, 13-26, 28-40）: 堆積岩に塩酸を滴下していない試料の炭素同位体比は$\delta^{13}C = -31.31$～-23.57‰であった．測定誤差は0.10～2.01‰であった．堆積岩に塩酸を滴下した試料の炭素同位体比は$\delta^{13}C = -33.90$～-20.55‰であった．測定誤差は0.34～4.53‰であった．全体的に，塩酸を滴下した試料の方が滴下していない試料よりも高い炭素同位体比が得られた．その差は0.38～7.62‰であった．

Neuquén地域K/T境界堆積岩（7試料，No. 21, 25, 27, 28, 29, 33, 35）：堆積岩に塩酸を滴下していない試料の炭素同位体比は$\delta^{13}C = -27.98$～-20.64‰であった．測定誤差は0.11～2.27‰であった．全7試料のうち，有機炭素量の最も低い試料No. 29（TOC = 0.18%）で最も低い炭素同位体比（$\delta^{13}C = -27.98$‰（二度目の測定では$\delta^{13}C = -23.44$‰））が得られた．No. 29よりも下の層（TOC = 0.63－3.46%）では$\delta^{13}C = -23.39$～-20.64‰，上の層（TOC = 1.47－1.52%）では$\delta^{13}C = -25.23$～-23.37‰であった．

今回の測定結果では比較的大きい誤差が得られたが，これは，堆積岩バルクを測定したため，起源の多様な有機炭素の不均一性が反映されたからであると考えられる．

次年度（平成22年度）の計画では，堆積岩からケロジェンを分離し，その炭素同位体比を明らかにすることを目的とする．得られる値と，今回測った堆積岩バルクの炭素同位体比とを比較してみることにより，アルゼンチンK/T境界堆積岩の正確な境界地点の決定と，生物大量絶滅に伴う有機化合物の種類と分布の解明が可能となることが期待される．

採択番号　09A025

研究課題名　**北海道噴火湾及び下北半島沖の海底コアを用いた完新世における亜寒帯域の高解像度古海洋記録の解明**

氏　名　加 三千宣

所　属（職名）　愛媛大学 上級研究員センター（上級研究員）

研究期間　平成21年6月17日－28日

共同研究分担者組織　佐川 拓也（愛媛大学 上級研究員センター 研究員）

大西 秀次郎（愛媛大学 技術職員）

他　学生1名

【研究目的】

太平洋スケールの魚類資源変動の連動性がなぜ起こるかについて検討するためには，魚類資源－海洋構造－気候変動の具体的な因果関係を明らかにする必要がある．それには，高解像度の古気候・古海洋学的な情報が不可欠である．特に，マイワシの索餌環境がその資源動態に深く関わっている可能性があり，その索餌場となる親潮域の基礎生産動態や水温・栄養塩環境の情報が不足している．そこで本研究では，マイワシの索餌海域の古海洋学的情報を明らかにするため，北日本の太平洋沿岸（噴火湾及び下北半島沖）でのコア解析から高時間分解能での古海洋記録の復元を行う．記録の復元は，有孔虫酸素同位体比，Mg/Ca比，TEX_{86}などによる水温指標，珪藻群集組成やCN安定同位体比など生物生産指標を用いて行う．地球環境変動に伴う21世紀の海洋生態系・生物資源の行方が懸念される中，本研究は100年スケールの魚類資源変動を駆動する気候・海洋の長期動態の解明と，魚類資源の長期予測にとって不可欠な情報を提供することが期待される．

【利用・研究実施内容】

今年度の全国共同利用で扱った試料は，淡青丸KT09-8次航海にて下北半島沖の同地点から採取された2本の海底堆積物コアSK-1，SK-2（41°11.09’N，142°11.98’E，水深1176 m）である．当初予定していた噴火湾での採泥作業が天候不順のため行われなかったため，下北半島沖コアの非破壊計測と試料分取を行った．2本の堆積物コアは船上で半裁され，肉眼岩相記載が行われた．各堆積物の長さはSK-1コアが774.7cm，SK-2コアが833.9cmである．これら2本のコアの堆積状況の確認と対比を目的として，CTスキャン，マルチセンサーコアロガー（MSCL）による帯磁率，ガンマ線透過密度測定とCM2002による色測定を両コアに対して1cmの間隔で行った．

肉眼岩相記載と非破壊計測の結果から2本のコアはほぼ同じ堆積物で構成されることが明らかになった．下北半島沖の堆積物コアは所々に火山灰が狭在するが，全体として均質なオリーブ黒のシルト質粘土である．コアを大きく3つの堆積ユニットに分けると，コアの上部約300cm（ユニット1）は比較的暗色であるが，300－600cm（ユニット2）はコントラストの弱い明暗が繰り返し現れる．また，600cmよりも下部（ユニット3）は暗色の均質な堆積物である．このような岩相の違いは非破壊計測の結果に顕著に表れている．上部300cmのユニット1はL*で表される明度が平均35程度と低いが，ユニット2ではL*値が35から45の間を約20-40cm間隔で激しく変動する．また，ユニット3では下部に向かってL*が減少する．このような変動は帯磁率や乾燥かさ密度にも確認され，特にユニット2では陸起源の砕屑物と生物源粒子の相対的割合が短時間に変化したことが予想される．

SK-2コア最下部の堆積年代は約1万1千年前であることが放射性炭素年代によって得られた．堆積物には大きな乱れもなく，平均堆積速度が約75cm/kyrであることから，本コアは完新世における高時間解像度研究に適した堆積物であることが明らかとなった．ユニット3は完新世初期に相当し，最終氷期から上昇してきた海水準変化の影響が堆積物の物性値にも現れていると考えられる．また，ユニット2の300－600cmはおよそ3500－8000年前の完新世中期に相当し，物性値や色の激しい変動はこの時代の海洋環境が不安定であったことを示唆する．コア上部のユニット1は完新世後期に相当する．このユニットの物性値はコア最上部まで安定していることから，およそ3500年前以降に現在のような海洋環境が形成されたのではないかと予想される．本コアの採取地点は親潮や津軽暖流の影響を強く受ける海域であるため，今後堆積物の分析を進めることで完新世における親潮・津軽暖流の変動を捉えることができると期待される．

採択番号　09A026, 09B021

研究課題名　下北沖C9001Cコアの生物源オパールの変遷

氏　名　千代延 俊
所　属（職名）　東北大学大学院 理学研究科 地学専攻（GCOE助教）
研究期間　平成21年6月8－19日
　　平成22年3月15－26日
共同研究分担者組織　堂満 華子（県立滋賀大学 環境科学部 助教）

【研究目的】

地球深部探査船「ちきゅう」の下北沖慣熟航海において，全長360mのC9001Cコアが掘削された．本コアに関しては，石灰質ナンノ化石・珪藻・放散虫・浮遊性有孔虫各タクサの微化石層序学的予察検討により約80万年前に達することが明らかとなっている．本研究では，生物源オパールの含有量測定を行い，珪酸塩生物の生産量を復元する．

北西太平洋中高緯度域においては，これまで炭酸塩生物と珪酸塩生物の生産量を直接比較する研究は少なく，海洋表層の一次生産量の見積りに不確定要素があった．海洋表層の一次生産量は，海洋表層と大気の相互作用により増減することが指摘されており，炭酸塩のみならず珪酸塩生物の生産量を明らかにすることは，東アジアモンスーンの変遷を明らかにする上で極めて重要となる．

C9001Cコアに関しては，安定酸素同位体比や微化石層序を用いた年代モデルが既に構築され，地球化学的手法を用いた古海洋各分野の様々な研究が今後予定されており今後，北西太平洋親潮域と東アジアモンスーンの相互作用と環境変動を高解像度で明らかにすることが期待できる．

【利用・研究実施内容】

平成21年6月と平成22年3月の計2回（合計24日間）にわたり下北半島沖で掘削されたC9001Cコアの生物源オパールの分析を行った．2回の利用にて130試料を分析した．130試料の内訳としては表層（C9001C 1H-1）より測定を開始し，1セクション毎に1サンプルの処理を行い C9001C 24H-3までである．塩酸による炭酸援除去，過酸化水素水による有機物除去，モリブデン法による珪酸塩抽出，紫外線分光装置による生物源珪酸塩（オパール）の濃度測定が終了した．全体的に生物源オパールの含有量（濃度%）は高めでおおよそ10～50%の含有されていることが明らかとなった．10～50%程度の生物源オパール含有量はNarita *et al.*（2005）により測定されたオホーツク海の結果と類似していることが明らかとなり，北西太平洋域の珪酸塩植物の生産量変遷を復元するにあたり貴重な成果を得た．

また，申請では250試料の分析を申請していたが，現段階では約半数の分析にとどまっている．堂満ほか（2010）によると，C9001C 24H-3はMarine Isotope Stage 8/7境界付近であることから，約25万年前までの珪酸塩植物の生産量変化を明らかにしたことになる．結果として，MIS7/8から現在へ向って，珪酸塩植物の生産量が増加していくが，特にMIS1，2やMIS 5といった間氷期に比較的高い濃度を示すことが判明した．これもNarita *et al.*（2005）により既に指摘されている点であり，同地域の気候変動シグナルを捉えている現象だと考えられる．しかしながら，現在データを綿密に解釈するには未だ至っていないため氷期・間氷期サイクルのような周期性や北西太平洋域独自の気候システムを見出すまでには至っていない．そこで，次年度以降も同様の分析を順次進め，最終的には約75万年前まで遡り，オパールの変遷を明らかにする予定である．その為には測定に時間のかかる状況ではあるが，前処理を順次進め，分析に臨むことが出来ればと考えている．さらに，現在同時に進めている炭酸塩植物プランクトンである石灰質ナンノプランクトンの化石生産量変化を検討し，炭酸塩と珪酸塩の植物プランクトン生産量変化を用いて古海洋環境の生物変遷を検討する．これにより，二酸化炭素の消費変化などを検討できると考えられ，北西太平洋域における過去75万年に遡る古海洋変遷史および気候システムの解明をすすめたい．

採択番号　09A028, 09B023

研究課題名　ヒマラヤと日本の陸棚相三畳系に記録された炭素安定同位体比変遷

氏　名　吉田 孝紀

所　属（職名）　信州大学 理学部（准教授）

研究期間　平成22年3月1日－3日

共同研究分担者組織　なし

【研究目的】

背景と研究の意義

ペルム紀末の大量絶滅直後の三畳紀初期は，高温な気候条件や大陸内部の強烈な乾燥化，海洋環境の貧酸素化が強く進行していたとされる．この時代の炭酸塩堆積物の安定炭素同位体比を用いた研究は，当時の大気二酸化炭素分圧や炭素循環モードの復元に重要である．本研究は，ネパールヒマラヤと日本列島といった当時の中緯度帯でのデータを取得し，三畳紀初頭の特異な環境についてグローバルな対比のためのデータを提供する．

目的

本研究は，ネパールヒマラヤと東北日本に分布する三畳紀初期の炭酸塩堆積物中の安定炭素同位体比を検討し，三畳紀前期の中緯度帯における環境変動データを得ることを目的とする．

特色

東北日本の三畳系下部には炭酸塩コンクリーションを含む古土壌堆積物と，これを覆う海成石灰質泥岩が，ネパールヒマラヤでは同時代の陸棚相石灰岩・石灰質泥岩が分布する．これらの堆積物はともに下部三畳系であり，それぞれ北半球・南半球の中緯度帯に位置したと考えられている．これらの炭素安定同位体比を用いた解析は，日本の下部三畳系として，あるいはテチス海南部の堆積物としては初めての検討であり，グローバルな環境復元のための視座を提供する．

期待される成果

ネパールヒマラヤでは，炭素安定同位体比の大きなエクスカーションが検出される可能性が高い．これを南中国などの他大陸のデータを比較することで，地球規模での炭素循環変動に起因する同時間面として利用することが可能となる．そして，生物相が貧困で，生態系回復の遅れていた下部三畳系の形成について具体的な復元を可能とする．

【利用・研究実施内容】

ネパール・ヒマラヤの下部三畳系石灰岩について，アンモナイト・コノドント化石による詳細な年代決定と，石灰岩微岩相の記載，高密度の安定炭素同位体比の測定を行った．また，東北日本の北上山地に分布する三畳系石灰質泥岩について，安定炭素同位体比の検討を行った．対象層準は三畳紀初期のInduan（GriesbachianとDienerianに細分される），Olenekian（Smithian とSpathianに細分される）である．

ネパール・ヒマラヤでは示準化石による大まかな地質時代の確定によって，三畳系基底部Griesbachianでの約5‰（vs PDB）の安定炭素同位体比のマイナスシフトを検出した．同時に行った石灰岩微岩相の検討から，ペルム系に卓越する石灰カイメン・コケムシ類がこの層準において消滅することが確認され，この層準がペルム紀・三畳紀境界と考えられる．また，安定炭素同位体比の

Dienerian下部での約3‰（vs PDB）のプラスシフト，Smithian上部での約3‰（vs PDB）のプラスシフト，Spathian上部での約3‰（vs PDB）の緩やかなプラスシフトが検出され，これらは中国の揚子地塊やインドのSpiti地域での検討結果と良く一致した．従って，検討地域での安定炭素同位体比変動はこの時代のグローバルな同位体比変動を記録しているといえる．

これらの安定炭素同位体比の検討にこれまでなされた泥質岩の化学分析を合わせて，テチス海沿岸域での海洋環境変動について具体的な知見を見いだした．それらは以下に要約される．

①この地域は三畳紀初期にはやや深い陸棚域にあり，酸化・還元環境が断続的に繰り返す状況にあったと考えられる．この層準は炭酸塩岩安定炭素同位体比の負のシフトと重なり，炭素循環変動とこの地域の海洋環境変動が呼応している可能性を示す．したがって，この時期にグローバルな炭素循環変動と関連して，堆積盆内の還元環境が出現した可能性がある．

従来，テチス海域での還元的環境の出現は三畳紀最前期（Griesbachian）に限られていたと考えられてきたが，テチス海南部ではより新しい時代であるDienerianにおいても還元環境が生じ，底生生物の活動が抑制されていた可能性が示唆される．

②三畳紀初期の後半（Smithian - Spathian）では，大型生痕や生物擾乱構造が発達する石灰岩・泥岩が堆積する．泥岩類の化学組成では全体として微量元素の濃集度は低い．従って，Spathian-Anisianのセクションでは海洋環境は酸化的となったと考えられる．安定炭素同位体比もSpathianで一時的に大きく変動するが，その後は0‰程度で安定している．従って，Spathianの環境変動については未だに不鮮明な部分が残るが，Anisianまでに炭素循環変動は終息し，海洋環境も安定化したと推定される．

③北上山地の三畳系では安定炭素同位体比の大きな変動は検出できなかった．コノドント化石の産出が乏しく，従来のアンモナイトによる時代認識を大きく刷新することはできなかった．このように時代を確定することが困難であったため，具体的な環境変遷を復元することは困難であることが判明した．

採択番号　09A029

研究課題名　静岡県竜ヶ岩洞の石筍を使った過去の降雨量復元に関する基礎研究

氏　名　堀川 恵司

所　属（職名）　フロリダ大学（日本学術振興会 特別研究員PD）

研究期間　平成21年6月29日－7月2日

共同研究分担者組織　なし

【研究目的】

本研究では，静岡県の石筍（長さ約30cm）を使い，5mm間隔で酸素同位体比の測定を行う．この試料には別途14C年代を入れ，それにより成長時期と成長速度を明らかにする．この成長時期において，酸素同位体比の長期的な変化を明らかにし，石筍の酸素同位体比が洞内の気温や降水の酸素同位体から理論的に計算される値と整合的（プロキシーとして有効か）であるか検証する．

今回の基礎的な研究を通して，竜ヶ岩洞の石筍を使った古環境研究の可能性を探る．プロキシーとしての有用性が確認されれば，海洋堆積物の記録とあわせ，海－陸間の環境変化を相補的に統合でき，日本周辺域の古環境研究の進展に寄与することが期待できる．

【利用・研究実施内容】

H21年6/29－7/2にかけて，石筍試料の粉末化，クリーニング，ThermoFinnigan MAT253での炭素・酸素同位体分析を行った．NBS-19標準試料18サンプルを含め，計67サンプルの分析を行えた．試料は，歯科用ドリルを用い5mm間隔で粉末化した．粉末化した試料は，1.5mLバイアルに入れ，超純水ならびに精密分析用メタノールを用い，各2-3回試料の超音波洗浄を行った．その後，超純水で数回，試料をリンスし，MAT253分析用バイアルに移し，分析をおこなった．

得られた結果は，酸素同位体比の平均が-5.5‰，最大値-4.7‰，最低値-6.7‰であった．炭素同位体比は，平均-7.7‰，最大値-4.6‰，最低値-11.0‰であった．

石筍における14C年代は，母岩石灰岩に含まれるデッドカーボンの影響によって，本来の生成年代よりも古く見積もられる場合があるため，必ずしも絶対年代を提供しない．しかし，現時点で石筍試料に対し正確な年代を提供すると考えられているU/TH系年代値をえていないため，名古屋大学年代測定センターで測定した本石筍試料の5層準の14C年代を石筍形成年代の指標としている．

得られた14C年代値は，最上部で6180±400年（1sigma），14200±100年（1sigma，6.5－7cm），15750±200年（1sigma，7－7.5cm），19390±130年（1sigma，18－18.5cm），21560±190年（1sigma，27.5－28cm）．これらの14C年代がおおよそ正しいと仮定すると，石筍下部は最終氷期に相当することになる．実際，石筍下部の酸素同位体比は最上部と比べ1.5－2‰の差があり，氷床の拡大縮小に伴う氷期－間氷期間での全球的な酸素同位体の変動幅（ca.1.3‰）を越えるため，全長28cmの石筍が最終氷期に達している可能性は高い．さらに，最大2‰の変動幅を考えると，本石筍試料には，洞内の気温変動ならびに降雨量変動，降雨水蒸気の供給源変動などの要因が内在している可能性も高い．この知見は，洞内の年気温変動が小さな場所を選定し，そこから石筍試料を得ることができれば，酸素同位体比から降雨量変動，降雨水蒸気の供給源変動など本州関東域での過去の水循環に関する情報を抽出できる可能性を示唆している．

採択番号　09A030, 09B024

研究課題名　造礁性サンゴ骨格中の酸素・炭素同位体比を用いた中緯度温帯域における環境復元

氏　名　渡邊 剛

所　属（職名）　北海道大学大学院 理学院 自然史科学部門 地球惑星システム科学分野（講師）

研究期間　平成22年2月12日－28日
平成22年3月4日－22日

共同研究分担者組織　学生1名

【研究目的】

造礁サンゴは，水温上昇や温暖化に伴う降水パターンの変化による影響を受け，これらの影響がサンゴの微量金属元素・安定同位体比変動という形で骨格に記録される．塊状のサンゴは骨格年輪を形成し，100年以上にわたり生存するものがあるため，沿岸域において環境を長期かつ高時間分解能で復元できる唯一のツールである．

サンゴは熱帯から温帯まで広く分布するが，日本周辺の温帯域は造礁サンゴ分布の北限にあたり，そこに分布するサンゴは環境の変化に対して非常に敏感に応答すると考えられる．しかしながら，これまで温帯域の造礁性サンゴは，熱帯域と比較して環境復元への利用が遅れていた．環境変動に対する敏感さを考慮すると，温帯域に棲息するサンゴに関して，地球温暖化に伴う水温上昇と降水パターン変化の記録者としての評価と，地球温暖化が沿岸生態系へ与える影響例としての評価という二つの側面からの成果が期待される．骨格の酸素・炭素同位体比を分析することで，酸素同位体比からは水温および降水量の変化を，炭素同位体比からは降水時期の変化を復元できると考えられ，これから温帯域における水温上昇・降水パターン変化の実態とそれがサンゴ群体に与える影響を明らかにすることができると期待される．

【利用・研究実施内容】

今回の利用では，無機化学実験室のMAT253を用いて，鹿児島県甑島で2008年9月に採取したフタマタハマサンゴ骨格の酸素・炭素安定同位体比を約600サンプル分析した．

酸素安定同位体比には，水温の季節変化を反映した周期的な変動がみられた．サンゴ骨格中のδ^{18}Oの値は骨格形成時の水温と海水自体のδ^{18}O（≒塩分）によって決まる．甑島のサンゴ骨格のδ^{18}Oには，水温の季節変動を反映した周期的な変動がみられた．この酸素同位体比の周期性とX線画像に見られる年輪から各骨格部位の年代の決定を行い，採取した2008年から遡って1940年まで骨格の年代を決定することができた．δ^{18}Oの年平均値を年代ごとに見てみると，1940年代前半に大きい方（寒冷・乾燥）から小さい方（温暖・湿潤）へ，1970年ごろに小さい方から大きい方へ，1980年代後半に大きい方から小さい方への顕著な変化があることがわかった．これは0.5から1.0‰程度の変化であり，水温に換算すると3℃から5℃程度の変化になるが，気象庁が発表している「海面水温の長期変化傾向」では，1940年から現在までの東シナ海北部の海面水温の上昇は1℃程度であるので，海水自体のδ^{18}O の値が変化していることが示唆された．その要因としては，気候システムの変化に伴う降水量の変化，九州南方を流れる黒潮および九州西方を流れる対馬暖流の流量・経路等の変化，長江等大陸からの河川水の流入等が考えられ，その要因を検討することにより東シナ海の数十年規模の環境変動を明らかにしていくことができると期待される．

また，骨格の形成年代を特定できたことにより，骨格伸長量・骨格密度・石灰化量などの骨格物理パラメーターの経年変化を考察することが可能になった．環境変化に敏感な温帯の造礁性サンゴが，温暖化やそれに伴う海洋酸性化の影響をどのように受けているかを考える上で，非常に重要なデータとなるであろう．

一方,骨格中のδ^{13}C は，1940年代から現代にかけて緩やかに低下していた．これは化石燃料消費によるSuess effectによるものであると考えられる．また，甑島のハマサンゴ骨格中のδ^{13}C はδ^{18}Oと独立した変動パターン（metabolic isotope effectが卓越する変動パターン）を示すため，今後詳細な検討を重ねることで日射量等の変動を復元できる可能性がある．

採択番号　09A031，09B025

研究課題名　ベーリング海及び北太平洋高緯度域における最終氷期以前の酸素同位体比変遷

氏　名　朝日 博史
所　属（職名）　東京大学 大気海洋研究所（日本財団 新世紀を拓く深海科学リーダーシッププログラム 特任研究員）
研究期間　平成22年2月15日－20日
共同研究分担者組織　岡崎 裕典（JAMSTEC 研究員）
他　学生1名

【研究目的】

ベーリング海は，北太平洋高緯度域に存在する縁辺海である．本海域は北部で，ベーリング海峡を通じて北極海と通じている．また，北大西洋を発端とする全球的な循環である深層水循環の終着点である，北太平洋高緯度域とアリューシャン列島を通じて接している．このような地理的な特色から，本海域は深層水循環の強弱や太平洋・大西洋間の気候情報の伝播史を考える上で重要な海域と言える．

現在までの研究成果によって，最終氷期から現在までのベーリング海古環境が明らかになった．成果として，融氷期と呼ばれる大陸氷床の大規模な崩壊時に，水温を含めた多くの物理化学条件がベーリング海表層で急激に変化していたことが解っている．

これらの研究成果によって明らかになった事象は，最終氷期以降の最も大規模な融氷期であるMelt water pulse event（MWP）1a，1bの二つのみであり，このような変化がそれ以前の融氷期でおこるような，周期的な変化であるかどうかの検証がなされていなかった．本研究申請では，今までの試料に加え，それ以前の地球酸素同位体比ステージ2～3の寒冷期に試料に着目して，複数種有孔虫の酸素・炭素同位体比変動の解明を行う．

本研究の成果によって，現在まで殆ど情報のなかった，酸素同位体比の観点から見たベーリング海表層環境の古環境復元が初めて提示できる．またこの結果は，氷期間氷期サイクルの変遷に関連した北太平洋高緯度域の対応を知る上で非常に有益な情報を与えることも出来る．

この成果は2009年7－8月に行われたベーリング海掘削研究の基礎研究の立場の役割も果たす．

【利用・研究実施内容】

平成21年度全国共同利用によって，過去5万年間のベーリング海における有孔虫酸素・炭素同位体比変遷が明らかとなった．本研究では，ベーリング海南部中央部にて採取された，柱状堆積物試料を2cm間隔でスライスした堆積物から底棲および浮遊性有孔虫2種の計3種類の有孔虫を数個体から数十個体拾いだした．拾いだされた試料を，海洋コア総合研究センターにある質量分析システムIsoprimeを用いて，酸素・炭素同位体比を測定した．この2cmの間隔は，時間に直すと平均して約150年に相当する．

分析結果として，これら有孔虫の酸素同位体比は，全球的な気候変動と非常に同調的な変動を示した．特に，北半球で氷期に短周期でおこったとされる，大規模氷床崩壊であるハインリッヒイベントと非常に良く対応が取れる結果が得られた．この傾向は，海洋の奥深くに生息する底棲有孔虫よりも，海洋表層数十メートルに生息する浮遊性有孔虫に顕著に現れていた．このことは，北半球でおこる大陸表層の崩壊とそれに伴う淡水の海洋への流入の影響がベーリング海にもよく反映されていることを示唆する．また，異なった季節にその生物生産のピークを持つ浮遊性有孔虫酸素同位体比の偏差に顕著に現れるピークが，これらハインリッヒイベントの期間と対比できた．この偏差に現れるピークは，春－秋間の季節変化の変動幅を反映していることが，セディメントトラップを用いた研究成果によって明らかになっている．この顕著なピークは大陸氷床の崩壊に伴った季節的な淡水の流入ないしは季節氷の溶解であり，氷期に置いてもベーリング海では海氷の影響は季節的であったことを示唆する．

酸素同位体比に加え，これら有孔虫の炭素同位体比も融氷に関連した傾向を示した．*G.umbilicata* の炭素同位体比は海水中のCO_3^{2-}イオン濃度に大きく依存することが知られている．最終氷期から完新世にかけた融氷期（MWP-1a,1b）や，ハインリッヒイベント2（2万3千年前）などの融氷期には，この炭素同位体比は，海洋表層のCO_3^{2-}イオンが現在よりも低かったことを示す．こういった融氷期におけるCO_3^{2-}イオン濃度の変化は当時の海洋表層の炭酸化学が変化していたことを示し，大気中へのCO_2の放出が行われた可能性を示すものである．この傾向は，比較的温暖な氷期である海洋酸素同位体比ステージ3初期でも見られることから，このイベントは突発的な物ではなく，大陸氷床の崩壊に伴った，ベーリング海表層生物生産の変化による物であると言える．またこの時期にCO_2を放出していた可能性は，氷床の消長と海洋生物生産，または海洋システムの対応を指し示す有益な結果で有り，地球システム解明に大きな寄与できると言える．

採択番号　09A032

研究課題名　日本海から採取された秋田沖海底コアMD01-2408の酸素同位体層序構築

氏　名　中橋 憲太郎

所　属（職名）　東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 修士課程2年

研究期間　平成21年9月7日－12日

共同研究分担者組織　なし

【研究目的】

日本海は4つの海峡によって太平洋とつながっており，対馬海流が日本海に流れる唯一の暖流である．これまでの研究によって第四紀後半の日本海が，地球的な海水面の上下動と関連し，塩分濃度，酸化還元環境が大きく変化してきたことがわかっている．MD01-2408は秋田沖の水深806mで2001年に採取されたコアである．MD01-2408に関しては，これまで，明度の測定と年代測定（Watanabe *et al* 2007），生物擾乱を利用した海洋環境の研究（Watanabe *et al* 2007），放散虫の種類の時代遷移の研究（Itaki *et al* 2007）などが行われてきた．これらと先行研究を組み合わせることで，年代別の日本海の鉛直方向と平面方向の環境分布がわかってきている．しかしMD01-2408では年代測定に不可欠である酸素同位体比の測定と，それによる酸素同位体比曲線の構築がまだなされていない．今研究では浮遊性有孔虫より水温をより反映した底生有孔虫の酸素同位体比を測定することによって，標準カーブと比較し，定量的で連続的なデータを得ることを目的とする．それを用いて，MD01-2408の先行研究や他の日本海コアの同位体比と比較することで，鉛直方向と平面方向の環境分布を得る．その際，コアに最も偏在している数種の底生有孔虫を同時に行い，そのコアの酸素同位体とする．

MD01-2408の酸素同位体比の測定は今後のMD01-2408に関する研究の基礎的な部分になると思われる．

【利用・研究実施内容】

MD01-2408の底生有孔虫の酸素・炭素同位体比を分析した．

U. akitaensis, A. ikebei, I. norcrossi の3種の酸素同位体比は全層準を通じておおむね近い値を示す．*U. akitaensis* は 2. 4 mbsf の最大値 4. 70 ‰ と 24. 3 mbsf の最小値 2. 73 ‰ の間で変動する．*A. ikebei* は 2. 1 mbsf の最大値 4. 61 ‰ と 22. 2 mbsf の最小値 2. 16 ‰ の間で変動する．*I. norcrossi* は 21. 3 mbsf の最大値 4. 62 ‰ と 22. 2 mbsf の最小値 2. 41 ‰ の間で変動する．3種の酸素同位体比とも厚い暗色層（3. 9～5. 3 mbsf, 22. 3～22. 9 mbsf, 24. 3～25. 0 mbsf）の両端で低い値を示す傾向がある．また 20 mbsf～5 mbsf ではゆるやかに減少する傾向が見て取れる．

U. akitaensis, A. ikebei, I. norcrossi の3種の炭素同位体比は全層準を通じておおむね近い値を示す．3種が最小値を示す層準は同一層準の 24. 3 mbsf の厚い黒色層であり，その値はそれぞれ -2. 76 ‰, -2. 85 ‰, -2. 50 ‰ である．3. 9 mbsf, 22. 2 mbsf, 25. 2 mbsf などの厚い暗色層（3. 9～5. 3 mbsf, 22. 3～22. 9 mbsf, 24. 3～25. 0 mbsf）の両端で高い値を示す傾向がある．また 20 mbsf～5 mbsf では傾向としては一定か，やや減少している．*U. akitaensis* が最大値を示す層準は 19. 8 mbsf であり，その最大値は -1. 08 ‰である．*A. ikebei* が最大値を示す層準は 26. 1 mbsf であり，その最大値は -1. 325 ‰である．*I. norcrossi* が最大値を示す層準は 19. 8 mbsf であり，その最大値は -0. 86 ‰である．

MD01-2408の底生有孔虫が産出しない層準が10層準あった．産出しない理由は日本海の活発な鉛直混合による低層の酸化環境と，成層構造発達による低層の還元環境の組み合わせで説明できる．

MD01-2408とMD01-2407の底生有孔虫の酸素同位体比は20万年間でおおむね同じ値を示した．これは隠岐堆と秋田沖の800 m～1000 mの水塊が同じ性質をもっていたことを示唆する．

採択番号　09B027

研究課題名　房総半島に分布する鮮新－更新統の酸素同位体層序

氏　名　岡田 誠
所　属（職名）　茨城大学 理学部（准教授）
研究期間　平成21年11月24日－12月5日
共同研究分担者組織　学生2名

【研究目的】

南房総に分布する鮮新統千倉層群の布良層～南朝夷層については，申請者が行った古地磁気等の予察的研究や，17－20年度のコアセンター共同利用による酸素同位体層序の結果より，約1.5～3.5Maの間をおよそ60cm/kyrの平均堆積速度でほぼ連続的に堆積したことがわかった．

本研究では，房総半島の鮮新－更新統における酸素同位体比変動を明らかにすることにより，太平洋西岸海域における3Ma以降の海洋環境変動に関するデータを提供することを目的とする．また本研究で用いる堆積層は通常の深海底堆積物と比較して堆積速度が10倍程度速いことから，従来の研究では得られなかった短周期変動（～数百年）をとらえることが可能である．したがって氷床コアで見られるD-Oサイクルのような千年オーダーの変動が，この時代にどのように現れていたかについて明らかになることが期待される．

【利用・研究実施内容】

測定試料：

千倉層群布良層上部からその上位の畑層において，層厚約3m間隔で計88層準から岩石試料を採取し，石灰質の有孔虫殻を抽出した．88層準のうち，61層準において同位体測定に十分な量の有孔虫殻が抽出され，ほとんどの層準において平均3～4種の底生有孔虫を，また15層準から浮遊性有孔虫をそれぞれ拾い出した．これらをあわせ，本研究では合計112試料の測定を行った．

同位体測定の実施：

平成21年11月24日から12月4日までの間，コアセンターの質量分析計 IsoPrime を使用し，底生および浮遊性有孔虫殻の酸素・炭素同位体分析を合計112測定行った．1測定あたりには，測定に必要なガス量である約100mlを確保するため，2～5個体用いた．

測定結果および考察：

平成20年度後期の共同利用による結果を元に，まず得られた底生有孔虫の酸素同位体値に対して以下のような種間校正を施した．本研究でもっとも多く得られた*Bolivinita quadrilatera* の値を基準にして，*Bulimina streata* は-0.07‰，*U. hispidocostata* は＋0.03‰，*Uvigerina probosuidea* を*U. hispidocostata* と同等に扱い，それぞれ＋0.03‰を補正した．

以上，種間校正後の酸素同位体値を用いたカーブを，当該地域で得られた古地磁気層序結果を基準とし，LR04酸素同位体標準カーブと対比することで，千倉層群布良層～畑層にかけての酸素同位体層序の構築を行った．その結果，本研究層準は約1.7～3.5Maの間における酸素同位体変動をほぼ連続的に記録していることがわかった．

また，大場（1971）が示した式を用いて浮遊性有孔虫と底生有孔虫のδ^{18}Oの差から表層水－深層水間の温度差と古水深を求めた．その結果，表層水－深層水間の温度差は19.5℃となり，当時の水温深度断面が現在と同じであることを仮定したときの堆積深度はGEOSECS Station224（Broecker *et al,* 1982）のデータより約1000mと推定されることがわかった．

さらに，本研究における酸素同位体曲線とLR04の標準酸素同位体曲線の絶対値を比較した結果，布良層下部の酸素同位体値はLR04に比べ重い値を示しているが，上部にいくにしたがって徐々に同位体値は軽い方にシフトしていき，布良層最上部～畑層にいたってはLR04よりも同位体値が軽くなっているポイントがいくつか見られる．このことより，世界的な底層水温に比べ布良層の底層水温は相対的に上昇していることを意味しており，局所的な底層水温の上昇もしくは堆積盆の埋積等に伴う堆積水深の浅化が起こったことが示唆された．

採択番号　09B028

研究課題名　鉄マンガンクラストに含まれる磁性鉱物の同定

氏　名　小田 啓邦

所　属（職名）　産業技術総合研究所 地質情報研究部門（主任研究員）

研究期間　平成21年11月10日－13日

平成22年2月2日－5日

共同研究分担者組織　臼井 朗（高知大学 理学部 教授）

山本 裕二（高知大学 海洋コア総合研究センター 助教）

橋本 善孝（高知大学 理学部 准教授）

宮城 磯治（産業技術総合研究所 主任研究員）

【研究目的】

深海底の鉄マンガンクラストは百万年に1cm以下の非常に遅い速度でほぼ連続的に成長し，その微細スケールの鉱物組成・化学組成・同位体組成等の変化は，長期にわたる深層大循環・生物生産量・気候変動などを反映している．鉄マンガンクラストの年代推定法の中で信頼性が高いとされるものに^{10}Be/^{9}Be法がある．これは過去1000万年前程度までしか適用できず，他の手法による確認ができないために一部の研究者から結果が疑問視されていた．Joshima & Usui（1998）では，北西太平洋から得られた試料（D96-m4）の2. 5mm厚の薄切試料から安定な古地磁気層序の結果を得た．その結果，成長速度が14 mm/Myrと求まったが，同じ試料の^{10}Be/^{9}Beから求めた成長速度（5. 5mm/Myr; 半減期1. 51 Myr でUsui *et al.,* 2007の結果を再計算）は大幅に遅いことが判明した．この食い違いを明らかにするために，申請者は同一試料から作成した薄片試料に対してSQUID顕微鏡による極微細古地磁気層序を行い，正逆帯磁の詳細な同定を行うことに成功し，5. 1mm/Myrの成長速度を得た．この試料の残留磁化を担う磁性鉱物を同定することを目的として低温磁性測定を行ったが，磁鉄鉱に相当する磁気相転移点（Verway点）は見つからなかった．しかしながら，熱磁気分析・高温磁化率の結果は，550－570℃のキュリー温度を示した．さらに，磁気双極子源である鉱物粒子（～30μm）のEPMA分析を行ったところ，Al, Mn, Mgを少量含むチタノマグネタイト（Ti:～10%）であることがわかった．Verway点が見つからなかったことは，不純物の存在で説明できる．しかし，磁鉄鉱の安定残留磁化はサブミクロンサイズの磁性鉱物（単磁区／擬似単磁区粒子）に担われるので，鉄マンガンクラストの正逆帯磁パターンを担う磁性鉱物もチタノマグネタイトであるとは結論できない．従って，鉄マンガン鉱物系列の磁性鉱物も含めてサブミクロンサイズの磁性鉱物の同定を行うために電子後方散乱回折分析を行う．さらに，MPMSによる低温での磁気ヒステリシスも磁性鉱物同定の情報とする．最終的に，鉄マンガンクラストに含まれる磁性鉱物から成長メカニズムを解明する．鉄マンガンクラストに含まれる磁性鉱物が明らかになれば，SQUID顕微鏡による極微細古地磁気層序の改良にも結びつく．

【利用・研究実施内容】

これまでの研究により，鉄マンガンクラストは残留磁化として地球磁場の記録を保持していることが明らかとなった．また，これまでの岩石磁気測定によって，磁鉄鉱に相当する磁気相転移点（Verway点）が見つからないこと，熱磁気分析・高温磁化率の結果は，550－570℃のキュリー温度

を示すこと，SQUID顕微鏡で観察される磁気双極子源である鉱物粒子（～30μm）はチタノマグネタイト（Ti:～10%）であることがわかっている．まず，粒子サイズの小さい磁性鉱物の存在をあきらかにするために，SQUID顕微鏡での測定に使用した薄片（D96-m6: B1）を電子後方散乱回折分析（EBSD）によって観察を行った．EBSDのデータ処理をおこなった結果，数μmサイズの磁鉄鉱（チタン磁鉄鉱）が存在することがあきらかとなった．また，EDSによる分析によってこれらチタン磁鉄鉱に原子比（酸素も含む）で，Ti，Si，Al，Mn，Na，Caがおよそ8%，3%，2% 1%，1%，0. 5%程度含まれていることがわかった．さらに，D96-m4試料から準備したバルク粉末試料について，Magnetic Property Measurement System（MPMS）による低温での磁気ヒステリシスを中心とした測定を行った．この結果，飽和磁化（Ms）が温度増加とともに減少すること（対数スケールで直線的）がわかった．また，帯磁率（ヒステリシスカーブで強磁場部分の直線的スロープより計算）が温度増加とともに減少すること（リニアスケールで直線的），100K以上では5Tの磁場中で測定した帯磁率（常磁性物質による帯磁率と想定）と良く一致すること，100K以下ではヒステリシスカーブから求めた帯磁率の方がやや小さめで温度が低いほど差が大きくなる結果となった．飽和残留磁化（Mrs）については，5Kでの値が極端に大きく0. 1Am^2/kg程度であったが，10Kでは0. 04Am^2/kg程度に急減し，15Kで極小値0. 02Am^2/kgをとって，100Kまで徐々に増加する傾向を見せる．さらに300Kまで温度を増加させると徐々に減少し，300Kでは0. 02Am^2/kg程度の値となった．保磁力（Hc）は5Kで22mT程度であるが，10−15Kになると急激に減少して1mT程度になった．その後，35K（2. 5mT），60K（8mT），90K（15mT）と増加し，120K（24mT）で最大値をとる．このあと，300Kの12mTにむかって単調に減少していく．残留保磁力（Hcr）については，5Kで100mT程度の値をとるが，10Kから35Kの間は，逆磁場をいくらかけてもゼロ点を切ることなくHcrの測定ができなかった．その後，60Kで2T程度の非常に高い値を示した後に，対数スケールで下に凸な曲線を描いて300Kの30mT程度の値に向かって急激に減少していく．これら複雑な挙動を示す低温磁性の起源はあきらかでないが，過去の低温磁性の結果も踏まえると，キュリー温度（あるいはネール温度）が15K，50Kを示す低温磁気相が存在することが想定される．これら低温磁気相は常温での磁性に主導的役割を果たしている可能性は低いが，鉄マンガンクラストの磁性の全体像を解明するうえで手がかりとなる可能性もあるため，今後も常温磁性相とあわせて研究を進めていく予定である．

採択番号　09B031

研究課題名　磁気岩石学的解析による火砕性溶岩流の噴火プロセスの研究

氏　名　齋藤 武士

所　属（職名）　信州大学 ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点（助教）

研究期間　平成21年10月27日－31日

平成22年3月29日－31日

共同研究分担者組織　学生1名

【研究目的】

我々は岩石磁気学的手法と岩石学的手法を組み合わせた「磁気岩石学」を用いて火山噴出物を解析することで，マグマの誕生から噴火・堆積までの一連のプロセスを探る研究を推進している．火山噴火を考える上で，マグマの生成・準備過程のみならず，マグマ溜まりと火口をつなぐ火道での冷却・脱ガス・結晶化の過程は，噴火の爆発性や様式を支配する重要なファクターである．火道内のプロセスを探る上で，磁気岩石学がターゲットとするFeTi酸化物は非常に有効である．珪酸塩鉱物よりも低温で結晶化と再平衡化を行うため，火道内での温度低下，酸素分圧の上昇，マイクロライトの結晶化などの記録が残されている可能性がある．もちろん珪酸塩鉱物と同様に，FeTi酸化物斑晶や珪酸塩鉱物の包有結晶を解析することでマグマ生成の記録も期待できる．本研究では，多様な火山噴出物試料を磁気岩石学的に解析することで，噴出物の多様性と噴火様式の多様性，マグマの多様性の関係を明らかにすることを目的とする．FeTi酸化物に特化して詳細に解析することで，マグマの生成から噴火・堆積までの詳細なプロセスを解明し，火山活動予測のみならず，多様な堆積物での磁性鉱物成因論にも大きく貢献できると考えている．

【利用・研究実施内容】

平成21年10月27日から31日と，平成22年3月29日から31日の2回にわたり貴センターを訪問し，機器を利用させていただいた．使用させていただいた分析機器はパルス磁化器，スピナー磁力計，VSM，EPMAであり，試料の準備に必要な器具や装置も使用させていただいた．10月は齋藤と田辺が訪問し，パルス磁化器，スピナー磁力計によるIRM獲得実験とEPMAによるFeTi酸化物の化学組成分析を行った．3月は齋藤が訪問し，VSMによる磁気ヒステリシス測定とIRM獲得実験，EPMAによるFeTi酸化物の化学組成分析を行った．測定した試料は伊豆大島1986年噴火溶岩である．EPMA分析に関しては松崎琢也氏に，岩石磁気測定に関してとセンター滞在中の諸事に関しては山本裕二博士にお世話になった．記して深く感謝いたします．

今回の共同利用によって，火砕成噴火に特徴的な磁気岩石学的特徴を見出すことができたと考えている．火砕成噴火は近年急速に理解が深まっている噴火様式の一つであり，堆積物としては通常の溶岩流と同様の産状を示すが，液体のマグマが火口から溢流するのではなく，火口から噴き上げられたマグマが一度固結した後に地表に着地後，再溶融して流動するといった特徴がある．伊豆大島1986年噴火B溶岩はその代表例として知られており，溢流型のC溶岩と比較することで，火砕成溶岩と溢流型溶岩の冷却過程の違いを検討した．以下では貴センターでの分析結果と信州大学で行った結果とを合わせて報告する．

研究の結果，B・C溶岩ともに表面の急冷部から中央連続部にかけて，溶岩の冷却速度の低下に伴うFeTi酸化物結晶の成長が認められたが，特に溶岩表面の試料において，全く異なる磁気特性を示すことが明らかとなった．C溶岩には数ミクロン以下の細粒のFeTi酸化物が含まれ，IRMやARMの交流消磁曲線は典型的な単磁区粒子型のカーブを描くのに対し，B溶岩には樹枝状結晶の成長が認められ，人工磁化の消磁曲線に大きな屈曲が認められた．樹枝状結晶のFeTi酸化物が大きな保磁力を有しているため，保磁力分布が極端にバイモーダルになっているためと考えられる．樹枝状結晶はおそらく溶岩噴泉中の過冷却状態で急激に晶出したものと考えられる．樹枝状結晶そのものの存在はハワイの玄武岩溶岩などからも報告されているが，それに起因する磁気的特徴が示されたことはない．この特徴に着目すれば，火砕成溶岩を容易に認定できる可能性があり，またそのためには溶岩中央部ではなく，急冷部の試料を分析する必要がある．冷却速度が低い場所では樹枝状結晶が成長することで溢流型溶岩と変わらない磁気特徴を示すからである．

採択番号　09B032

研究課題名　**最終氷期以降の地球温暖化プロセスの解明**

氏　名　大串 健一

所　属（職名）　神戸大学大学院 人間発達環境学研究科（准教授）

研究期間　平成21年12月7日－11日

共同研究分担者組織　学生2名

【研究目的】

意義：大気に放出された二酸化炭素の増加に伴い全球規模で地球温暖化が現在進行している．地球温暖化に伴った気候変動の将来予測のためにはまだ解明されていない数十年から数百年スケールで機能している環境変動の特徴を理解する必要がある．海底堆積物に記録された第四紀の数十年から数百年スケールの海洋環境情報は高精度の気候モデルを構築する上で有益な境界条件を与える．

目的：本研究では，北太平洋における数十年から数百年スケールの海洋環境変遷を理解するため，北海道南方沖から採取した海底コアを解析する．海洋表層環境及び海底環境の変遷を理解するため，底生有孔虫と浮遊性有孔虫の酸素同位体比を解析する．過去の地球温暖化時における短周期変動を理解するため，最終氷期末の地球温暖化する時期から完新世中期の気候最良期における高解像度の環境変動を復元する．

特色：水深780mから採取した海底コアを解析する．この水深は北太平洋中層水の変動を捉えるのに適しているが，これまで親潮域のこの水深において良質な古環境データは取得されてこなかった．

期待される成果：これまで申請者が行ってきた研究（Ohkushi *et al.* 2003, QSR）と今回得られるデータを統合することで，親潮域における表層水や北太平洋中層水の鉛直方向の水塊変化を捉えることができるであろう．地球温暖化に伴って北太平洋中層水の変動の時間スケールや深度の変化が解明できると期待される．

【利用・研究実施内容】

本研究では，最終氷期以降の北太平洋における数百年スケールの海洋環境変遷を理解するため，北海道南方沖から採取した2本の海底コアの有孔虫酸素同位体比を解析した．安定同位体質量分析計IsoPrimeにより，浮遊性有孔虫および底生有孔虫の酸素同位体比測定を実施した．

その結果，最終氷期以降の酸素同位体比変化が明らかとなった．その結果に基づいて解釈すると，津軽海峡東口付近太平洋における表層海流の変化に伴う完新世の環境変動があったと推定される．津軽暖流や北太平洋中層水の変化に伴う水温，塩分変化が有孔虫殻の同位体比に記録されたと考えられる．

採択番号　09B035

研究課題名　堆積物古地磁気相対強度と火山岩古地磁気絶対強度の対比

氏　名　渋谷 秀敏
所　属（職名）　熊本大学大学院 自然科学研究科（教授）
研究期間　平成22年3月8日－12日
共同研究分担者組織　望月伸竜（熊本大学大学院 先導機構 助教）
他　学生2名

【研究目的】

堆積物の古地磁気相対強度測定が近年大きく進歩し，地球磁場の変動を明らかにするとともに，古地磁気相対強度を合わせることによる堆積物コアの対比にも可能性を開きつつある．しかし，堆積残留磁化獲得機構の複雑さから，その絶対値や，長期間の変動，特に，磁化獲得後長期間で堆積残留磁化が変化するか，など，明らかにすべき問題点も山積している．本研究では広域テフラをキーベッドとして用いることによって，堆積物の相対古地磁気強度と火山岩の絶対古地磁気強度をピンポイントで対応づけ，ひいては，堆積物から得られた地磁気強度変動曲線のキャリブレーションをすることを目標とする．

【利用・研究実施内容】

今回の利用では古地磁気強度実験，岩石磁気実験の2種類の実験を行った．実験を行った試料数はそれぞれ古地磁気強度実験が2試料，岩石磁気実験が52試料である．古地磁気強度実験に用いた2試料は溶結凝灰岩中に含まれる火山ガラスである．また岩石磁気実験を行った52試料中36試料は火山ガラス，その他18試料は溶結凝灰岩の岩石片である．

今回行った古地磁気強度実験は，過去の地球磁場強度を火山岩から推定する実験であり，実験では約14万年前に噴出した阿蘇-2溶結凝灰岩（松本ほか，1991）中に含まれる火山ガラス2試料を用いて実験を行った．火山ガラスは溶結凝灰岩に小石程度の大きさで含まれており，岩石を砕きその中から取り出す．その大きさのため感度の良い磁化測定装置が必要となる．実験装置は超伝導磁力計測定装置，熱消磁装置，交流消磁装置を使用し，実験期間は3月9日から12日までの4日間である．その結果，2試料から信頼性の高い2つの古地磁気絶対強度値を得た．それらの値はこれまでに別の手法によって得られている結果と一致し非常に有意なデータとなった．

一方，岩石磁気実験は振動型磁力計（VSM）を用いて，52試料に対して実験を行った．VSMを用いた実験では得られたデータから岩石内に存在する磁性鉱物の粒径分布を推定することができる．用いた試料は約27，14，12，9万年前に噴出した阿蘇-1，-2，-3，-4溶結凝灰岩（松本ほか，1991）とそれぞれその岩石中に存在する火山ガラスである．実験期間は3月8日から12日までの5日間である．この実験の結果は，溶結凝灰岩のもつ磁性鉱物を把握する上で非常に有用なデータとなっている．

今回の利用で得られた以上のデータは，地磁気強度変動曲線をキャリブレーションすることを目標とする本研究にとって，非常に重要なデータとなった．今回の得られたデータは先日行われた日本地球惑星科学連合2010年大会において発表している．

採択番号　09B036

研究課題名　湖沼堆積物コアを用いた日本列島におよぼす越境大気降下物の影響評価に関する研究

氏　名　細野 高啓
所　属（職名）　熊本大学大学院 先導機構（特任助教）
研究期間　平成21年2月14日－19日
　　平成21年2月24日－27日
共同研究分担者組織　川本 理恵子（熊本大学 技術補佐員）

【研究目的】

近年，中国大陸から飛来する黄砂や汚染物質が，東アジア地域の環境や人の健康に影響をおよぼすとして，東アジア社会を中心に大きな社会問題となっている．こうした問題を背景に，飛来してくる黄砂および汚染物質の特徴付けや，それらの供給源に関する知見はますます深まりつつある．周知の通り，こうした研究の蓄積により，越境大気降下物の物質的特徴ならびに運搬システムや，汚染の現状に対する理解がここ10年の間でも格段に深まってきている．

一方，越境大気降下物の蓄積に関する歴史的な変動については，最近30－40年の観測事項を除いてあまり良く分かっていない．本研究は熊本大学での研究プロジェクトの一部として実行しているもので，高所における湖沼堆積物の解析を行い，過去100年における大気降下物の物質的特徴ならびに運搬システムや，汚染史を解読することを目的とする．

本研究が達成されれば，地球環境変動や人間活動がおよぼす生命圏環境への影響評価を含め，地球表層の物質循環に対する理解の一助となると考えられる．また，本研究により生み出されるデータは，大陸からの物質輸送に対する将来予測を行う上で重要な礎になると期待される．

【利用・研究実施内容】

湖沼堆積物に含まれる様々な物質の濃度を測定する一環として，本申請書における分析では特に重金属の濃度と鉛の同位体比測定を実施した．今回測定の試料は既に調査が終了している北海道利尻島の三日月池，山形県の鳥海湖，富山県のみくりが池から採取された堆積物を用いた．堆積物コアはそれぞれ長さ約30cm程度のもので，試料は予想される堆積年代に応じ，1mm～ 5mm間隔にスライスされている．上部10－20cmは1mm間隔，下部10－20cmは 5mm間隔にスライスされているため，試料は合計480試料となった．酸溶解・希釈した試料をコアセンターのICPMSにて分析を行い，分析した全ての試料に対して問題なく測定データを得ることができた．

現在は標準試料との比較や繰り返し測定による誤差を考慮した分析値の吟味や，堆積物プロファイルの解析を行いつつ，東日本に関しては越境重金属汚染の挙動をほぼ捉えつつある．ただ，北海道地域等の幾つかの条件の良い場合を除き，湖沼の底質環境は大気からの影響以外に今世紀以降の人間の手により様々に攪乱されていることも分かり，解釈にはより慎重なアプローチと更なる工夫が必要なことも分かってきた．それにもかかわらず全地域において大まかな傾向は捉える事ができ，列島スケールでの大気重金属汚染の議論は可能であるといった手ごたえもつかんでいる．

今回のプレリミナリーな調査試料の測定は再度サンプリングをする場合の最適条件に関するアイデアを提供してくれた意味でも非常に価値のあるものであった．西日本の試料は既にサンプリングが実行中もしくはサンプリング予定が決定しており，一部試料は分析用に処理が進んでいる．今年度はこれら西日本の試料に対して同様のICPMS分析を継続し，東日本と西日本の双方の概要を掴もうと計画している．また，その後必要だと分かった地域に対して適切な再試料調査を行い，最終的には今年度終わりか来年度の早いうちには日本列島全域における時空間的な越境汚染傾向の把握と，黄砂史を解明するための試料アーカイブスを整理したいと考えている．

今回の測定で上記の方法にて2－3年計画での本研究が十分遂行できることが分かり，最終的な研究目的達成が十分可能であることが見えてきた．今後も継続してこのような分析を達成することで越境大気汚染史に対する理解を加速させ，かつ，今後の黄砂史解明に向けた重要な足掛かりを構築することができると期待している．研究成果の発表は西日本研究が一段落する今年度終わり以降を計画しており，日本全域における研究内容の紹介と結果を関連学会にて報告する予定である．

採択番号　09B037
研究課題名　**鳥類及び哺乳類における脳形態の進化**

氏　名　河部 壮一郎
所　属（職名）　愛媛大学大学院 理工学研究科 修士課程2年
研究期間　平成21年11月9日－12日
共同研究分担者組織　なし

【研究目的】

これまでの申請者の研究により，鳥類における脳の最大幅と脳容量の関係を見ることで脳形態を定量的に定義できる可能性があることがわかった．また文献を元に鳥類以外の動物についても同方法で脳形態を比較した結果，哺乳類においても同様の傾向が見られそうであることがわかってきた．しかし，現段階では文献からのデータも限られており更なるデータ収集が必要である．鳥類及び哺乳類における脳形態は頭骨のCTスキャンを行うことで復元することが可能である．よって多岐に渡る種類の頭骨をCTスキャンで撮影，観察することが不可欠である．

脳形態を定量的に表現する方法はこれまでの研究ではなされていなかったが，本手法が確立されれば脳形態の進化に関する議論も可能となり，例えば哺乳類型爬虫類の脳はどれだけ哺乳類のものに近かったのか，始祖鳥の脳はどれだけ現代の鳥のものもしくは恐竜のものに近かったのか等といったことを定量的に表現することができるようになる．

本研究により，これまで定量的に表現することができなかった古生物の脳形態とその進化に関して詳細な議論をすることができる手法が確立されると期待される．

【利用・研究実施内容】

哺乳類の頭骨をCTでスキャンを行った．さらに，得られた断層画像から三次元脳エンドキャストを作製し，容量及び脳の最大幅，最大長，最大高を計測した．次に，脳容量を推定する上においてどの要素が最も重要か調べるために，重回帰分析及び相関分析を行った．その結果，鳥類（Kawabe *et al.,* 2009）と同様に哺乳類においても脳容量に対して最も影響を及ぼし，かつ相関が最も良い要素は脳幅であることがわかった．つまり脳の最大幅に対する脳容量の回帰式を用いることで，現生鳥類だけでなく現生哺乳類の脳を推定できることがわかった．

現生哺乳類は大きく真獣類（有胎盤類），後獣類（有袋類），単孔類に分類されるが，それぞれの回帰直線の傾き及び切片に有意差が認められるかSMATRを用いて調べた．その結果，真獣類と後獣類の回帰直線の間には有意な差は認められなかった．つまり真獣類と後獣類は，両者を含む分類群である獣類の回帰式によって脳容量が推定可能であると言える．獣類と単孔類の間には，傾きに有意差は認められなかったが，切片には有意差が認められ，獣類の回帰直線は単孔類のものと比べるとy軸方向へ上昇していた．このことは，単孔類の脳は同じ容量を持つ獣類の脳と比較すると幅が広い形態をしているということを示している．

次に，絶滅種においても本手法によって脳容量を推定することが可能か，t検定を用いて調べた．その結果獣類，単孔類とも絶滅種の脳容量を推定することが可能であった．しかし，獣類や単孔類に含まれない絶滅動物である多丘歯類やトリコノドン類においては，実測値と推定値との間に有意な差が認められた．以上のことから本研究で得られた回帰式で，獣類及び単孔類の現生及び絶滅種の脳容量を推定することが可能であったが，それらのグループから系統的に遠い動物においては適応できないことがわかった．

さらに，獣類・単孔類からより系統的に遠い動物における脳容量と脳の最大幅の関係を調べた．現代型の哺乳類の祖先は獣弓類と総称されるが，獣弓類のデータは獣類や単孔類の回帰式よりも有意に上方にプロットされる．この事は，獣弓類はより爬虫類らしい細長い脳を持っていたということを示していると言える．つまり哺乳類は大局的に脳容量に対して脳の幅を大きくする進化をしてきたという事がわかる．

以上の結果から，この脳容量推定方法は新鳥類（Kawabe *et al.,* 2009）だけでなく絶滅種を含む哺乳類（獣類及び単孔類）に用いることができることがわかった．また脳容量と幅の関係を調べることで，古生物における脳形態の進化を定量的に表現できる可能性がある．

採択番号　09B038

研究課題名　南緯15-18°の中央インド洋海嶺から採取された玄武岩の同位体組成：海嶺－ホットスポット相互作用におけるマグマ生成過程の解明

氏　名　町田 嗣樹

所　属（職名）　東京大学 海洋研究所（特任研究員）

研究期間　平成22年2月3日－10日

共同研究分担者組織　折橋 裕二（東京大学 地震研究所 助教）

玉木 賢策（東京大学 工学部 教授）

谷水 雅治（JAMSTEC 高知コア研究所 サブリーダー）

他　学生1名

【研究目的】

中央インド洋海嶺の南緯19°付近は，中央海嶺－ホットスポット相互作用におけるマグマ生成過程がどの様なファクターによって規制されて変化するのかを解明する上で重要な場所である．近年，南緯21-18°までの中央海嶺玄武岩の全岩化学組成が，北ほど系統的に液相濃集元素に富むことが見いだされたが，その成因は，二つの全く異なる説が提唱され，決着が付いていない（Murton *et al.,* 2005 ; Nauret *et al.,* 2006）．

本研究は，上記の論争に一石を投じるべく，白鳳丸KH06-04次航海において岩石データの空白域（南緯18-15°）より採取した玄武岩について，高解像度かつ多角的な地球化学的解析を行ない，⑴レユニオンからのマントルプルームのジェット流がどの様に中央海嶺でのマグマ生産に寄与しているか，⑵マグマの化学組成を決める要因は何か，を明らかにすることが目的である．上記⑴には，玄武岩の同位体組成をトレーサーとした地球化学的検討が必要不可欠である．また，上記⑵に関して，プルームに関連した玄武岩の特異な化学組成の原因は，プルーム中の過去のプレート物質の溶融によるとの考えが一般的である（e.g., Hofmann, 1997）が，具体的なプレート物質は特定されていない．本申請により得られる玄武岩のPb同位体組成は，中央海嶺－ホットスポット相互作用の実体解明に関わるこれらの諸問題に対し制約を与えるデータとなることが期待される．

【利用・研究実施内容】

クリーンルームにおいて試料の分解とPb分離を行い，二重収束型多重検出誘導結合プラズマ質量分析計（NEPTUNE）を用いてPb同位体組成を求めた．測定を行った全21試料いずれも高精度のPb同位体組成データを得ることができた．Pb同位体組成と，全岩化学組成のうちのアルカリ元素および液相濃集元素の濃集度とは，概ね正の相関が認められた．一方，これまでの全岩主要・微量元素組成の解析からは，アルカリ元素および液相濃集元素の濃集度はドード溶岩平原と呼ばれる特異的にマグマ生産量が大きい地点（セグメント16）をピークに南北方向に単調に減少する傾向が確認されていた．しかし，Pb同位体値について同様な海嶺軸に沿った変化を検討したところ，⑴ドード溶岩平原より北（セグメント17と18）では，独立した二つの減少トレンドに分離されること，⑵ドード溶岩平原の南のセグメント15では，レユニオンホットスポットから派生した海山列であるロドリゲス・リッジが会合する場所において，近接するドレッジサイトから採取された玄武岩が全く異なるPb同位体組成を示すこと，が明らかになった．二つの結果は，いずれも，海嶺軸に沿った南

北方向の化学組成変化は，単純な2成分混合（例えば，マリエ・セレステ・フラクチャーゾーン（MC断裂帯）に起因するメタソマティズムの影響（Nauret *et al.,* 2006））では説明できないことを示すと同時に，中央海嶺下のマントル中に複数の異なるマグマ起源物質が共存していることを示唆する．

複数のマグマ起源物質の実態を推定するために，Ba/Nb（またはBa/La）とPb同位体組成との関係を検討した．その結果，南緯15－18°の海嶺軸下には少なくとも4つの化学的端成分が共存すると仮定すれば，それらの相互作用（混合）によって化学組成の変化が説明できることが判明した．4つの化学的端成分のうち3つは，㈠上部マントルの主な構成岩石である枯渇中央海嶺玄武岩マントル（DMM : Depleted MORB Mantle），㈡モーリシャス島の第四紀玄武岩類の起源マントル，㈢ロドリゲス・リッジの東の延長にあたるガシタオ・リッジの起源マントルに対応する．㈡と㈢はレユニオンホットスポットとPb同位体組成が類似しており，Ba/Nbの差はレユニオンホットスポットのバリエーションの範囲内であるので，両者ともマントルプルームの影響と解釈される．Nauret *et al.*（2006）で報告されたセグメント15における北方への組成変化は，㈠と㈡の混合で説明できるほか，本研究の解析により組成変化はセグメント16まで延長され，ドード溶岩平原において最も㈡の影響が顕著になることが判明した．逆にセグメント15南部では，南ほど㈠の影響が強くなるのが全体的な傾向だが，先の⑵で述べたとおり，ロドリゲス・リッジが会合する地点では㈠の影響が強い玄武岩と㈡の影響が強い玄武岩が共存している．さらに，Nauret *et al.*（2006）の報告によると，会合地点より更に南の海嶺軸上で㈢の影響を強く受けた玄武岩が得られている．また，⑴で述べたセグメント17と18における二つの独立した組成変化トレンドの一つは，㈠と㈡の混合で説明できるが，もう一方は㈠の他に別の端成分㈣を仮定しなければ説明できない．ただし，レユニオンホットスポットでは端成分㈣と同様の組成を示す玄武岩は活動していないことを踏まえると，端成分㈣はマントルプルームには関連しないリージョナルな組成不均質性を示すものと考えられる．

採択番号　09B039

研究課題名　北大西洋亜極前線下に発達する珪藻軟泥由来の浮遊性有孔虫を用いた古環境研究

氏　名　山崎 誠
所　属（職名）　秋田大学大学院 工学資源学研究科 地球資源学専攻（准教授）
研究期間　平成21年12月2日－11日
共同研究分担者組織　池原 実（高知大学海洋コア総合研究センター 准教授）

【研究目的】

2004年，統合深海掘削計画（IODP）航海Exp.303が申請者も乗船して実施され，北大西洋の7点で良質な海底柱状堆積物試料が回収された．このうち掘削点U1304（53°3.40’ N，33°31.78’ W，水深3024m）で採取された柱状試料には，珪藻殻から構成されるmm以下オーダーの葉理軟泥が，約100万年前の前後の更新世中期相当部分を除く試料全体に断続的に発達していた．この珪藻マットは，寒冷水と温暖水が収束する北大西洋亜極前線下で形成されたと考えられており，海洋前線の指標として極めて有効である．この海洋前線の動態評価を行うために，浮遊性有孔虫の同位体比分析を行う．浮遊性有孔虫の同位体比は，個体の生息した現場の水温（と塩分）を反映すると考えられている．このため，生息深度の異なる種別の同位体比データを得ることで，水柱での鉛直方向の環境勾配，そしてその時系列変化を知ることができる．本申請では，珪藻マット層準を挟んだ上下の層準で有孔虫殻の同位体比データを取得し，海洋前線の移動に伴う海洋構造の変動を考察する．その分析成果を受けて，北大西洋における氷期・間氷期環境変動下における海洋前線の動態評価を行う．

【利用・研究実施内容】

平成21年12月2日から11日にかけて高知大学海洋コア総合研究センターの同位体質量分析計を用いて，北大西洋で実施されたIODP Exp.303で得られたSite U1304（Garder Drift）の柱状堆積物試料中に産出する浮遊性有孔虫化石試料52試料の分析を実施した．層位間隔は，50～100cm間隔で，堆積物試料より抽出した浮遊性有孔虫化石試料はおおむね保存良好であった．本研究では，海洋前線の移動に関連する海洋表層環境の変動を浮遊性有孔虫の同位体比から検討するにあたり，生息深度の異なる*Neogloboquadrina pachyderma*（Sinistral ; 以後Sと略紀）と*Globigerina quinqueloba*の2種を用いることとした．また，分析層準は，予察検討から，海洋前線下で形成される珪藻マットが特に卓越する層準を含む220－350Kaの期間とした．

分析の結果，26層準の全52試料から有効な値を得ることができた．測定期間中の分析精度は0. 02‰以下であった．分析の結果，*N. pachyderma*（S）の酸素同位体比は2. 5～4. 3‰で，*G. quinqueloba*のそれは0. 8～3. 1‰で変動した．また，同一層準で比較すると，調査層準すべてにおいて*N. pachyderma*（S）の酸素同位体比の値が大きい傾向にある．また，両種の同位体の差は，約300Kaを境にして，それ以前の層準では差が小さく（最小で0. 5‰），それ以降では差が大きい（最大で2. 5‰）．北大西洋では，*N. pachyderma*（S）は，*G. quinqueloba*よりも浅い水深に生息する傾向にあることが知られているが，海洋表層が低塩化傾向にあるグリーンランド近海では海洋表層を低塩分・低水温の水塊が覆うことにともない，両種の生息深度がほぼ同じになる（Smistich *et al.,* 2003）．したがって，両種の酸素同位体比は，それぞれの生息深度の差を反映して，より寒冷・低塩な環境では差が小さく，逆に温暖な表層水が分布する場合は，差が大きくなることが予想される．これに基づいて本研究で得られた酸素同位体比変動を検討すると，Site U1304は，約300 Kaを境にして，寒冷で低塩な環境から，海洋表層が比較的な温暖で水温躍層の発達する環境へ変化したと考えられる．

Site U1304で第四紀を通して発達する珪藻マットは，亜寒帯前線の通過にともなって形成されると考えられている（Shimada *et al.,* 2008）．珪藻マットを形成する主要な珪藻種*Thalassiothrix longissima*は，約250～280 Kaと約310～350 Kaで多産し，特に後者の層準では同種が珪藻群集のほぼ100％を占め連続的に産出する．これに浮遊性有孔虫2種から得られた酸素同位体比変動を考慮すると，約310～350 Kaで形成される珪藻マットは，亜極前線直下というよりむしろ低塩分・低水温の表層水を伴うような前線北側の環境下で形成された可能性が指摘される．今後，共同研究者が公表予定のSite U1304の詳細な年代軸を用いることで，氷期間氷期サイクルにともなう，北大西洋の亜極前線の動態についても検討を進める予定である．

採択番号　09B040

研究課題名　Sr同位体比を用いた中生代炭酸塩岩の年代決定

氏　名　柿崎 喜宏
所　属（職名）　金沢大学 理工研究域 自然システム学系（博士研究員）
研究期間　平成22年1月25日－29日
共同研究分担者組織　石川 剛志（JAMSTEC 高知コア研究所 グループリーダー）

【研究目的】

本研究ではマレーシア，上部ジュラ系～下部白亜系のバウ石灰岩の化石試料を用いて，年代決定のためのSr同位体層序学の適用を試みた．バウ石灰岩はこの時期の石灰岩としては東南アジア唯一の例であり，なおかつ古太平洋という同じ海域に属していることから，鳥巣式石灰岩との重要な比較対象でもある．

この時代の海水中の$^{87}Sr/^{86}Sr$比は単調増加する傾向にあることが知られている．したがって，炭酸塩岩から信頼できる$^{87}Sr/^{86}Sr$比が得られれば，年代を一義的に決定することができる．また，Sr同位体比による年代の分解能は約1Maと，従来の示準化石による年代よりも数倍の精度で精密な年代を決定することが期待できる．

【利用・研究実施内容】

【はじめに】

ボルネオ島北西部に分布するバウ石灰岩層では特定の層準において明確な年代対比が行われたことがなく，また全体の層序も完全に解明されていないため，バウ石灰岩層の具体的な堆積年代は長い間謎とされてきた．そこで今回，本研究においてバウ石灰岩層から得られた厚歯二枚貝の化石を用いて，Sr同位体層序の適用による堆積年代の特定を試みた．

【Sr同位体層序に用いた試料とSr同位体比の分析手法】

バウ石灰岩層では，Gunung Pangga岩体のMarup QuarryとSSF Quarryにて採取した厚歯二枚貝を合計11試料用意した．分析に用いる化石試料は岩石カッターやマイクログラインダーを用いて母岩から取り出し，完全に粉末にした．粉末試料をおよそ3mg秤量し，0. 15molの硝酸を1ml加える．3, 000回転/minで遠心分離にかけ，不溶残渣を取り除いて試料溶液のみを取り出す．試料溶液には15. 1molの硝酸を加え，およそ3molの硝酸溶液とする．試料溶液をSr吸着樹脂で充填したカラムに通し，硝酸を数段階に分けてカラムに流し，Ca，Mg，Rbを分離する．その後，Srを溶出させ，溶出液をテフロンバイアルで受け取り，12時間乾固させる．

得られた乾固物をふたたび硝酸に溶解させ，溶液0. 8μl中にSrが150ng含まれるように濃度調整する．洗浄したタングステンフィラメントを用意し，フィラメントホルダーにセットする．台形に張り出したフィラメントの中央部にTa溶液の液滴を乗せる．その液滴にSr硝酸溶液を加える．その後，フィラメントに電流を流して加熱し，液滴を乾燥させる．フィラメントホルダーごと表面電離型質量分析計 (TIMS : Thermo Finnigan TORITON) にセットし，分析作業を開始した．

測定されたSrの同位体比の2σは全て100×10^{-7}以下である．この誤差はOxfordian～TithonianのSr同位体比曲線上では400万年以下に相当する．また，標準試料（NIST987）の平均測定値は0. 71025027（2σ=79）であった．また，産総研の地球化学標準物質JCt-1の測定値は0. 7091902（2σ=76）であった．

得られた各試料の$^{87}Sr/^{86}Sr$比は同時に測定したNIST987の平均$^{87}Sr/^{86}Sr$比とLOWESS関数（Look-up Table Version 4: 08/03: ［7］）のNIST987の平均$^{87}Sr/^{86}Sr$比（$^{87}Sr/^{86}Sr$=0. 710248）との差を差し引いたうえで，LOWESS関数に投影して年代を求めた．

【分析結果とバウ石灰岩層の堆積年代の推定】

Marup Quarryから得られたSr同位体比は最古で156. 40Ma（Oxfordian後期），最新で153. 10Ma（Kimmeridgian前期）の堆積年代を示していた．最大の年代幅をしめす試料BA-0450aの年代幅は1. 3m.y.であり，年代分解能は十分に高いといえる．

SSF Quarryから得られたSr同位体比は最古で157. 85Ma（Oxfordian後期），最新で152. 65Ma（Kimmeridgian前期）の堆積年代を示していた．最大の年代幅を示す試料BC-0035aの年代幅は2. 05m.y.であり，年代分解能は十分に高い．特にSSF Quarryでは，試料のSr同位体比が示す年代の新旧関係と層準の上下関係がよく一致する．したがって，SSF QuarryのSr同位体年代は非常に信憑性が高いといえる．以上のことから，Marup QuarryとSSFQuarryが属するGunung Panga岩体の堆積年代はジュラ紀後期，Oxfordian後期～Kimmeridgian前期であると結論づけられる．

採択番号　09B041

研究課題名　**中新世から鮮新世にかけての赤道太平洋における熱水・続成堆積物およびそれらの時空分布と古海洋環境との関連性**

氏　名　伊藤 孝

所　属（職名）　茨城大学 教育学部（准教授）

研究期間　平成22年3月15日－18日

共同研究分担者組織　村山 雅史（高知大学海洋コア総合研究センター 准教授）

池原 実（高知大学海洋コア総合研究センター 准教授）

他　学生2名

【研究目的】

本研究は，IODP Exp.321航海Equatorial Pacific Transectにおいて採取されたコア試料に基づくものである．

本航海により，様々な時代の赤道直下堆積物が得られたわけであるが，本研究ではその堆積物における続成起源堆積物を包括的に記載し，その生成環境を明確にすることを目的としている．

特に，Exp.321航海においては，続成作用の結果生成されたドロマイトノジュール（Sites U1337, U1338）が多数記載されている．この産出層準は，船上における堆積物・微化石記載および有機炭素の分布などから，ブルーミングが起こった層準と対応している．そのため，ドロマイトノジュールの時空分布およびその化学・同位体的な特徴を明らかにすることにより，U1337, U1338の埋没続成過程の様子を浮き彫りにできるだけでなく，続成作用と海洋表層における生物生産など古海洋学的な指標との関連性について明確にできる可能性がある．

【利用・研究実施内容】

高知大学海洋コア総合研究センターにおいては，2010年3月15日から3月18日にかけて，池原　実博士，秋田大作技術補佐員のご指導のもと，CHNS元素分析装置を使用して，熱水性堆積物の炭素，窒素，硫黄の定量分析を行った．特に，今回は，炭素と窒素の定量に重点を絞った．

研究利用で使用させて頂いた時点では，IODPへサンプルリクエストを行った分の多くが届いていなかったこともあり，主に，標準試料を用いた分析条件の確認，および炭素含有量についてはこれまですでに他の機器等で分析済である他の地域の熱水・続成堆積物試料を用いた分析条件等の確認を行った．ここでは，分析予定のIODP Exp321の海洋地殻－堆積物間に見られた熱水性堆積物と地球科学的なセッティングが類似していると考えられるデキソンアイランド層の熱水性試料についても検討を加えた．実施内容および分析の結果は以下の通りである．

・今回予想される炭素・窒素含有量から想定して，必要なサンプル量を検討した．その結果，最大のスズカップを使用して，約150mg以上のサンプル量が必要であることが判明した．
・最大のスズカップを使用して，約150mg以上のサンプルを燃焼させた際，どのくらいの頻度でカラムの掃除交換が必要であるか，を明確にした．
・想定される炭素・窒素含有量の定量分析に適切な標準試料の量を明確にした．
・全炭素含有量に関して，100ppm～2500ppmの濃度を持つ試料について良い再現性が得られた．
・全窒素含有量に関しては，はじめてデータセットが揃い，1ppm～40ppmの濃度を持つことが明らかとなった．
・炭素/窒素（モル）比は，280以下で様々な値を取ることが明らかとなった．
・炭素/窒素（モル）比は，熱水性チャートの岩相と大きな関係があり，黒色チャート脈，塊状黒色チャート，葉理状黒色チャートで高く，逆に，赤色チャート，緑色チャートで低いという傾向が見られた．ただし現時点においては，熱水性チャートの岩相によって，炭素／窒素（モル）比が変化する要因については絞り切れていない．他に考慮すべき点として，別に測定した炭素同位体比は，岩相ごとに異なった値を示さず，極めて均質な値を有していたこと，また，現場の産状や柱状図から判断すると，チャートの岩相ごとに異なった熱変成の影響を受けたとは考えにくい，ということがある．今後は，窒素同位体比などの分析などから，この問題に決着をつけたいと考える．また，分析条件が明らかになったので，IODP Exp321で得られた熱水・続成堆積物についても分析を進めたい．

採択番号　09B042

研究課題名　琵琶湖湖底，極表層堆積物の岩石磁気学的研究－極表層堆積物の磁気的特性に対する湖底水質環境の変動及び初期続成作用の影響の解明－

氏　名　石川 尚人
所　属（職名）　京都大学大学院 人間環境学研究科（教授）
研究期間　平成21年10月1日－7日
　　平成21年11月12日－19日
共同研究分担者組織　学生3名

【研究目的】

琵琶湖今津沖，水深約90mの湖底から採取した極表層堆積物コア（約30cm深）を対象とし岩石磁気学的特性の解析をおこない，初期続成作用による含有磁性鉱物の存在形態の変化を明らかにすることを目的としている．また，この水域は，温度躍層の発達に伴い湖底水の溶存酸素がまったく枯渇する時期（11－12月）と湖水が循環し全層の溶存酸素が一様となる時期（2－3月）を一年間で繰り返す．本研究は，初期続成作用を制御する一要因である底層水の溶存酸素濃度の変動と極表層堆積物の磁気特性の変化の応答の有無を検討することも目的としている．ここ一年間に渡り1－2ヶ月毎に試料を採取し，併せて湖底水の溶存酸素濃度の測定を行ってきた．コア試料は1cm間隔で磁気特性解析を行ってきている．これにより，琵琶湖湖底堆積物を1つの例として，初期続成作用のおよぼす堆積物表層での磁気特性変化（含有磁性鉱物の存在形態の変化）の様態，及び底層水の溶存酸素濃度の変化に対するそれらの応答に関して，その詳細が明らかになることが期待される．湖底・海底堆積物の磁気特性に対する初期続成作用の影響の評価は，様々な底層水環境下で進められる必要があり，そのような研究が現在進行している．本研究は，その一例として，基礎的であり重要な成果が挙げられるものと考える．

【利用・研究実施内容】

琵琶湖北湖最深部（水深91m）の極表層堆積物を1－2ヶ月毎に採取し，堆積学的解析及び岩石磁気学的解析を行った．その地点の湖底水の溶存酸素濃度は1年を通して変化し，2－4月に最大，10－11月に最小となる．研究目的は，堆積物の含有磁性鉱物の存在形態の深度変化を明らかにし，初期続成作用の影響を求めること，そして，湖底水の溶存酸素濃度の季節変動と磁気的特性の変動との応答の有無を検討することである．

試料採取は，HR型柱状採泥器を用いて行い，15－37cmのコア試料を採取できた．得られた堆積物は，黒色～暗緑灰色の均質な極細粒シルトであった．コア試料から1－2cm間隔で連続的に実験用試料を採取し，凍結乾燥させた後実験に用いた．

堆積物の詳細な粒度分析を行うために，高知コアセンターのレーザー粒度分布測定器を用いて測定を行った．試料の測定前処理が適切ではなく，堆積物粒子の分散が悪かったため，満足な結果は得られなかった．岩石磁気学的解析として，京都大学においては初期磁化率やヒステレシスパラメータの測定，人工磁化の着磁実験，高温磁気特性実験を行った．あわせて，高知コアセンターのMPMS帯磁率計を用いて，低温磁気特性実験を行った．

実験の結果，堆積物中の主な強磁性鉱物は，マグヘマイト化したマグネタイトであることがわかった．深度方向の磁気的特性の変化として，表層から約10cm深まででは保磁力の減少が見られた．これは初期続成作用によるマグヘマイト化したマグネタイトの結晶表面の溶解の影響である可能性が考えられる．10cm以深では，磁気的特性の変化から，マグヘマイト化したマグネタイトの量の減少と粗粒化が示唆された．これは，初期続成作用より磁性鉱物の溶解が進む過程で鉱物量が減少するとともに，相対的に小さい粒子の選択的な溶解が先行し，磁性鉱物の平均的な粒径は大きくなることを示している可能性が考えられる．

季節変動として，深度10cmまでの極表層部おいて，保磁力が相対的に11－2月で大きく，6月で小さくなるという変動を見いだした．堆積物直上の湖底水の溶存酸素濃度の季節変動とは直接応答せず，時期的なずれ認められた．

また，表層から約18cm深までの試料においてのみ，低温磁気特性測定において約29Kでの磁化の減少が認められた．この磁気特性を示す磁性鉱物の同定には至っていない．この温度での磁化減少の明確さには季節変動があり，湖底水質環境および極表層の化学的環境に敏感に応答する磁性鉱物である可能性が示唆される．

採択番号　09B043

研究課題名　別府湾最深部海底堆積物のイベント層と古環境・生態系変動記録の復元に関する研究

氏　名　加 三千宣

所　属（職名）　愛媛大学 上級研究員センター（上級研究員）

研究期間　平成21年12月21日－24日

共同研究分担者組織　池原 研（産業技術総合研究所 地質情報研究部門 副部門長）

他　学生2名

【研究目的】

別府湾最深部の海底堆積物中には，泥質堆積物中に異地性のイベント層が多数狭在している．こうしたイベント層は，別府湾堆積物中のコア間対比や年代決定，それらに基づく過去数千年の環境・生態系変動記録の解明に重要な役割を果たすだけでなく，九州北西岸地域の地震史や火山史，気象史に関する新たな情報源として今後注目されると考えられる．

2009年3月，約9mのコア試料が7本採取され，貴センター全国共同利用研究（20年度後期）において，3本についてX線CTスキャン・岩層記載・帯磁率・乾燥密度解析を行ってきた．その結果，1cm以上の厚さを持つイベント層が各コア試料とも同様な深度に17枚存在していることがわかった．この17回のイベントは，2005年に採取され，^{14}C年代が得られた4mピストンコア試料とのイベント層対比に基づくと，過去2200年間に起こったものであると推定される．こうしたイベント層の間にも，mmオーダーの小規模イベント層が頻繁に狭在し，さらに多数のイベントが別府湾堆積物中から特定できる可能性が高い．

現在これらのイベント層が，地震性，洪水性，火山灰降下といった堆積プロセスのうち，どのプロセスで形成されたものかが不明であり，詳細な堆積層解析や元素分析による同定が課題として残されている．

そこで本研究では，別府湾における多数のイベント層の堆積プロセス解明を目的として，2009年に採取された，残る4本のうちの1本のコアについてイベント層解析を行う．

【利用・研究実施内容】

別府湾最深部BP09-6コア試料について，岩層記載，帯磁率測定，乾燥密度の分析の結果，これまで解析してきた他の3つのコア試料（BP09-3，BP09-4，BP09-5）と同様に，17枚の数cmから数十cmオーダーのイベント層がほぼ同様な深度に分布することがわかり，60～120m程度で空間的に離れた地点で対比可能なイベント層が見つかった．これらのイベント層は空間的な広がりをもつ層であることがわかった．堆積層には，幾つかの堆積パターン（上方級化層や複数枚の級化構造を持つ層等）に分類できる見通しができ，今後スラブ試料のX線画像によるさらに詳細な堆積層解析から堆積プロセスの解明が期待できる．

一方，数mm以下オーダーの小規模イベント層についても精細な記載を行った結果，厚いイベント層の間にも，黒色で砂からシルトで構成される小規模イベント層が多数見つかった．これらは，CT画像で高密度層として認識でき，これらの小規模イベント層も，コア間で平面的に追えることも明らかにした．他の3つのコアで，この小規模イベント層を狭在するサンプルに混入していた植物

片について^{14}C年代を測定すると，そのすべてが予想された年代よりも数百年以上古い年代が得られ，こうした小規模イベント層は集水域からの陸源有機物の再堆積作用によってもたらされたものと考えられた．

また，黄褐色を示す数mm以下のラミナも，年縞のような縞々が発達する層準で多数狭在していることがわかった．顕微鏡観察では，こうした黄褐色ラミナにはサイズの大きいCoscinodiscus属が粒子の多くを占め，この層が珪藻ブルームによって珪藻殻が密集した層であることもわかってきた．さらに，この密集層をCT画像と対比させると，低密度を示す深度と一致し，この低密度イベントがコア間で追えることも明らかとなってきた．

こうした小規模イベント層のコア間対比に注目すると，数cm以上の厚いイベント層の下部で詳細な対比によって存在するはずの小規模イベント層が一部のコアで消失している層準が見つかり，これはタービディティーカレントによって通常の堆積物が削剥されたことを示している可能性が示唆された．

以上のようなイベント層の詳細な記載や，含まれる生物遺骸を詳細に記載し，CT画像に示唆される高密度・低密度の鉛直分布パターンを明らかにすることで，詳細なコア間対比や削剥作用を受けた深度の検出に役立てられる可能性が示唆された．こうしたイベント層に着目した堆積層解析は，今後の環境・生態系変動記録の精度の高い年代モデルを決定するのに役立てられると考えられる．これが，本研究で得られた大きな成果の一つであろう．

今後，イベント層の堆積プロセスについて解明が進めば，年代モデル精度の向上だけでなく，九州北西岸地域の地震史や火山史，気象史に関する研究に新たな展開が期待される．