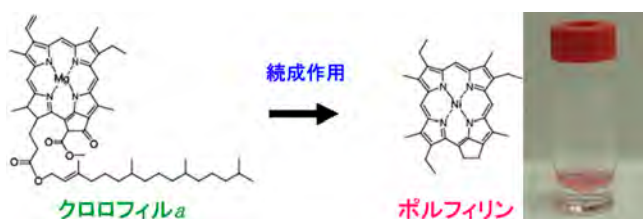


# 研究紹介

## 11億年前の海洋生態系の復元～微量の化学化石の同位体分析技術が先カンブリア代の海洋環境を明らかに～

生物地球化学研究分野の大河内直彦分野長は、オーストラリア国立大学のヨハン・ブロックス准教授らとともに、11億年前の地層中の記録から当時の海洋生態系の知見を得ることに成功しました。

本研究では、アフリカ北西部に位置するモーリタニアから採取された11億年前の堆積岩を分析したところ、世界最古のクロロフィルの化学化石（ポルフィリンと呼ばれる化合物）が含まれていることを発見しました。また、本研究ではそれを抽出してその窒素安定同位体比の精密測定などをおこなったところ、現在の海洋の状況とは異なり、当時の海洋表層における主たる光合成生物がシアノバクテリアであったことが明らかになりました。この成果は、当時の海洋表層生態系において高次生物へ効率的にエネルギーが行き渡らず、それが、この時期に海洋における生物進化が顕著に見られなかった原因であったことを示唆しました。



クロロフィル（左）とポルフィリン（右）。葉緑素の主要物質である緑色のクロロフィルは、堆積物の中で変質（続成作用）を受けて赤色のポルフィリンに変わる。ただしいったんポルフィリンになると、それは熱や圧力に非常に強い分子なので長年堆積物中に保存される。

生物地球化学研究分野では、極微量の有機物に含まれる窒素や炭素の安定同位体比を精密に測定する世界でも類を見ない技術を開発してきました。本研究では地層中に微量に含まれるこのポルフィリンを高い純度で単離・精製し、精密な構造決定を行うとともに、その窒素安定同位体比を測定することに成功しました。

その結果によると、当時の海洋表層では小さな細胞をもつシアノバクテリアが主要な光合成生物であり、酸素を発生しない光合成を行う細菌も少し含まれていたことを示しています。その一方で、これまでの記録などもあわせて考えると、当時の海洋には大きな細胞をもつ藻類（現在の海洋において主要な光合成生物）は、ほとんど存在しなかったことが明らかになりました。

先カンブリア代は地質記録が希薄な時代であり、今回得た海洋表層環境の情報は、まだ一点の成果にすぎません。今後もこういった記録を得て当時の海洋像や海洋の進化に関して情報を蓄積していく必要があります。

（生物地球化学研究分野）

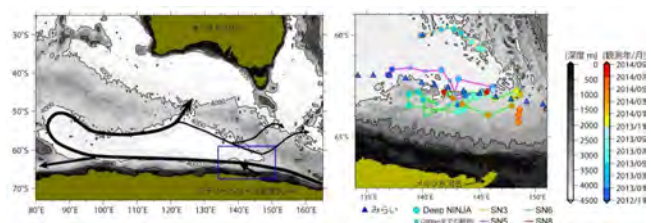
部署名・役職などは当時のものを記載しています。

## 深海用プロファイリングフロート「Deep NINJA」による観測で南極底層水が急速に減少していることが判明

地球環境観測研究開発センターの小林大洋主任技術研究員は、深海用プロファイリングフロート「Deep NINJA」の観測データや歴史的な船舶観測データを解析し、南極アデリー／ジョージ五世ランド沖の深層に分布する南極底層水の体積が2011年以降急速に減少していることを明らかにしました。

海洋循環の最深部を担う巨大な水塊であり、地球の気候システムに重要な役割を果たしている南極底層水は、高温化・低温化・体積減少が進んでいることが明らかにされています。特に、南極アデリー／ジョージ五世ランド沖に分布する南極底層水ではその傾向が顕著であることが報告されています。

2012年12月に海洋地球研究船「みらい」により深海用プロファイリングフロート「Deep NINJA」を投入し、アデリー／ジョージ五世ランド沖の観測を行ってきました。Deep NINJAによって観測された、冬季の海氷下の深層観測データを含む2012年12月から2014年8月までの1年8ヶ月の観測データに加え、過去の観測船による観測データを併せて解析することにより、アデリー／ジョージ五世ランド沖の南極底層水の変化について解析を行いました。



本研究の調査海域と深海用プロファイリングフロート「Deep NINJA」および海洋地球研究船「みらい」による観測地点。色は観測時期を示す。左図の矢印は調査海域周辺の南極底層水の流れの概略を示している。

本研究では、アデリー／ジョージ五世ランド沖の南極底層水の体積が、2010年のメルツ氷河舌の崩壊以降、急速に減少していることを明らかにしました。しかしながら、Deep NINJAが観測を行った期間は1年8ヶ月と短く、その変化の詳細を明らかにするには至りませんでした。そこで、2018年1月にオーストラリアの観測船Aurora Australialによる南極観測航海で3台のDeep NINJAをアデリー／ジョージ五世ランド沖に再び投入し、観測を再開しました。この航海では、アメリカ・フランスもそれぞれ数台の深海用プロファイリングフロートを同海域に投入しており、4カ国が連携して国際観測を進めています。

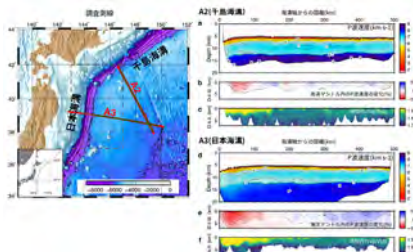
（地球環境観測研究開発センター）

## アウターライズ地震活動による海洋プレート構造の変質～日本海溝と千島海溝における巨大アウターライズ地震活動の違い～

地震津波海域観測研究開発センターの藤江剛主任技術研究員らは、日本海溝と千島海溝に沈み込む直前の太平洋プレート上で海底地震計を用いた大規模な地震波構造探査を実施し、両海溝域には同じ太平洋プレートが沈み込んでいながらも関わらず、日本海溝域の方がより深部までより顕著に地震波速度構造が変化していることを明らかにしました。観測された構造変質の違いは、日本海溝側の方が海洋プレートに取り込まれる水量が遥かに多いことを示唆しており、これまでに発生したアウターライズ地震活動の違いを反映していると考えられます。

両海溝に直交する二つの調査測線を設定し、深海調査研究船「かいらい」のマルチチャンネル反射法地震探査システムと多数の海底地震計を用いて地震波構造探査を実施しました。取得した観測データを、地震波走時インバージョン手法で解析し、P波速度 ( $V_p$ ) 構造モデルとS波速度 ( $V_s$ ) 構造モデルを求めました。さらに両者の結果から  $V_p / V_s$  比構造も計算しました。

両海域とも海溝に近づくにつれ、 $V_p$ が低下し、 $V_p / V_s$ 比が上昇しています。



海底地震計を用いた地震波速度構造解析の結果。(a-c) 千島海溝側の地震波速度構造、(d-f) 日本海溝側の地震波速度構造。それぞれ、(a, d) はP波速度構造、(b, e) は海洋マントル内の地震波速度構造の平均からのずれ(赤い部分が低速度)、(c, f) 海洋地殻内のP波速度 ( $V_p$ ) とS波速度 ( $V_s$ ) の比率。D.b.M.はモホ面からの深度 (Depth below Moho)、D.b.b.は堆積層基盤からの深度 (Depth below basement)。両海溝とも海溝に近づくにつれP波速度が低下するとともに、 $V_p/V_s$ 比が上昇しているが、その変化量や変化している範囲は日本海溝側の方がより顕著である。この違いはアウターライズ断層の活動の違いを表していると考えられる。

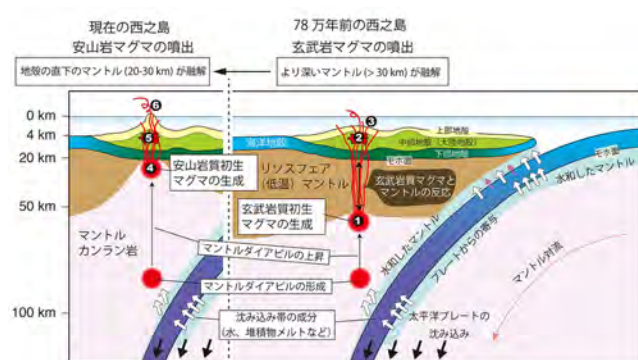
本研究の成果により、過去と現在の海嶺軸と現在の海溝軸の成す角度に応じて海洋プレートが地球内部に輸送する水量が大きく変化することが分かりました。この知見は、プレートテクトニクスによる島弧地殻や大陸の形成・地球進化史を考える上で、重要な境界条件となります。

アウターライズ地震の規模や頻度と海洋プレートの構造変質や含水化を定量的に議論するには、室内実験や科学掘削研究で得られる物質科学の知見と合わせた上で、水浸透の物理メカニズムモデルに基づく数値モデリング研究との協力が不可欠です。今後は地震探査など地球物理観測の充実とともに、アウターライズにおける海洋科学掘削研究など学際的な研究を推進することが求められます。

(地震津波海域観測研究開発センター)

## 西之島の噴火が大陸生成を再現していたことを証明

海洋掘削科学研究開発センターの田村芳彦上席研究員および佐藤智紀技術スタッフは、国立研究開発法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門の石塚治主任研究員およびニュージーランドカンタベリー大学のAlexander R.L. Nichols教授と共同で、小笠原諸島の西之島の海底および陸上に噴出した溶岩の採取・分析を行った結果、西之島直下のマントルが融解して安山岩質マグマを噴出していることを明らかにしました。



西之島におけるマグマの成り立ちの変化。古い時代(78万年より以前)はマントルの深い部分が溶けて玄武岩質マグマを生成し(1)、マグマだまりを經由して(2)噴出した。これらのマグマは周辺海域の小丘を形成した(3)。時代の経過とともに、マグマ活動により、マントルの温度が上昇し、地殻直下の浅い部分(斜長石かんらん岩)が融解する。この場合、たとえマントルの深い部分で玄武岩質マグマができて、浅い部分のマントルと反応して安山岩質マグマになる(4)。それが現在の西之島のマグマだまり(5)を經由して、安山岩質マグマを噴出する(6)。©2018 Yoshihiko Tamura

安山岩質マグマは、太陽系で地球にのみ噴出する特異なマグマで、大陸地殻を形成する原料として地球表層の形成に深く関わっています。本研究グループでは、西之島で安山岩質マグマが噴出することから、大陸の出現を再現しているのではないかと仮説を提唱していましたが、今回の研究結果はその仮説を実証したものです。

今後は、この仮説が他の地殻の薄い海底火山でも成立しているのか、地殻の薄い海洋島弧で同じようにマントルにおいて安山岩質マグマが生成しているのかを検証していきます。日本の伊豆小笠原弧と同様な地殻構造を持つニュージーランドのトンガ・ケルマディック弧での調査や分析も進行中であり、新しい大陸生成説が進展していくことが期待されます。火山活動は災害をもたらすものという印象を持たれがちですが、温泉から陸地の形成まで人の社会や生活基盤に深く根付き、人間生活を豊かにする側面も持っています。その根源的な理解がよりよい自然との共生・共存へと繋がることから、今後も引き続き海底火山の調査・研究を続けることが重要と考えています。

(海洋掘削科学研究開発センター)