

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540454

研究課題名（和文） 新生代を通じた太平洋の溶存酸素極小層の消長

研究課題名（英文） Growth History of Oxygen Minimum Zone in Pacific Ocean through Cenozoic

研究代表者

伊藤 孝 (ITO TAKASHI)

茨城大学・教育学部・教授

研究者番号：10272098

研究成果の概要（和文）：

東赤道太平洋で行われた IODP PEAT 航海で得られた堆積物を検討した結果、東赤道太平洋の海域では、新生代を通して溶存酸素極小層の下限が少なくとも水深 2700m 以浅であったことが見出された。

また、東北地方に分布する第三紀マンガン酸化物の Os 同位体を分析した結果、北西太平洋においては、マンガン酸化物の元素の起源になった溶存酸素極小層は数 Ma に渡って発達した可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：

In the pelagic sediments, which collected by IODP PEAT cruises, there are no well-laminated and organic rich sediments. This suggests that the lower limit of oxygen minimum zone (OMZ) was shallower than 2700m through the Cenozoic period in the area of the east equator Pacific Ocean.

Based on the Os isotope ratios of the Neogene manganese oxides from Tohoku district, the OMZ in the Northwestern Pacific may have developed more than several m.y. through Neogene.

交付決定額

(金額単位：円)

|         | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| 2008 年度 | 1,600,000 | 480,000   | 2,080,000 |
| 2009 年度 | 1,200,000 | 360,000   | 1,560,000 |
| 2010 年度 | 600,000   | 180,000   | 780,000   |
| 年度      |           |           |           |
| 年度      |           |           |           |
| 総計      | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・層位・古生物学

キーワード：新生代、溶存酸素極小層、堆積物、マンガンクラスト、古海洋、IODP、PEAT

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 国内・国外の研究動向および位置づけ

これまで各国の研究者の努力により、新生代を通じた炭酸塩の酸素・炭素同位体組成が明らかになっている。それに基づき、海水の温度、大陸氷床の量、海洋の循環等について、

かなり詳しく復元されている（たとえば、Zachos et al., 2001）。

海洋の酸化還元環境は、白亜紀の無酸素事変や白亜紀—第三紀境界など、大きなイベントにおいて、明らかになっている。ただし、新生代を通して、太平洋がどのような酸化還

元変遷史を持っているか、ということに関しては、ほとんど明らかになっていない。特に、現在、水深 1000m 付近に位置する OMZ が、過去にどのような水深に分布し、またどの程度溶存酸素が「極小」であったのか？という点は、概要すら押さえられていない。

Liu and Schimitt (1996) は炭酸塩堆積物の Ce 異常の分析から、新生代の海洋が基本的には、富酸素環境に置かれていたことを示した。しかし、このデータは、OMZ の分布・程度に関して、具体的に示すものではない。

## (2) これまでの研究成果

申請者は、これまで DSDP/ODP コアに、マンガン/ジュール・クラストというかたちで含まれるマンガン酸化物の時空分布についての研究を継続してきている (Usui and Ito, 1994; Ito et al., 1998; Ito et al., 2005; Ito and Komuro 2006)。その結果、新生代を通して、炭酸塩補償深度 (CCD) 以深の深海底は、マンガン酸化物が生成・保存される程度に、富酸素的であることが明らかとなっている。

## (3) 着想に至った経緯

2008 年に実施予定の IODP Exp 317&319 航海では、東赤道太平洋における新生代を通じた様々な時代の海嶺 (水深 2700m から徐々に沈降) の堆積物を採取予定である (Pacific Equatorial Age Transect)。これらの航海は、同じ緯度経度に位置していた、様々な時代の海嶺上の堆積物の採取を目指す、これまでにないユニークなものである。これらの試料を詳しく解析することにより、外洋域の海嶺が、OMZ に覆われていたか否かが明らかになると考えた (OMZ の下限の把握)。

近年、新生代を通して、海水 Os 同位体変化曲線が高い時間の精度で明らかになりつつある (例えば、Ravizza and Peucker-Ehrenbrink, 2003)。また、その Os 同位体変化曲線を用いて、海山域に分布するマンガンクラストの年代決定が可能になってきている (Klemm et al., 2005)。

マンガンクラストは、OMZ 内で還元・濃集したマンガンイオンが酸化されることによって生成する。従って、様々な深度から得られたマンガンクラストを Os 同位体で年代決定し、成長史の復元および対比することにより、OMZ の深度分布を明らかにできると考えた (中層域の酸化還元環境)

## 2. 研究の目的

### (1) 目的

本研究では、古海嶺 (水深 2700m から徐々に沈降) の堆積物、および海山 (水深 500m ~ 3000m) に分布するマンガンクラストから、新生代を通じた OMZ の消長史を復元することを目的としている。

IODP Exp 320&321 航海では、古海洋学的

に極めて重要な最前期始新世、中期始新世、後期始新世、始新世-漸新世境界、漸新世、漸新世-中新世境界、中新世の各時代の古海嶺上の堆積物を掘削予定である。これらの時代における堆積物の生物擾乱の程度、マンガン酸化物・硫化物試料の分布・組成、および底生有孔虫群集解析により、OMZ が海嶺に達していたか否かを明らかにする。

拓洋第 5 海山では、過去の水深で 500m ~ 3000m において、白亜紀以降に成長したと考えられるマンガンクラストが分布している。ハイパードルフィンにより、様々な水深からピンポイントで採取されたマンガンクラストの成長史を復元することにより、新生代を通じた OMZ の分布を復元する。

## (2) 学術的な特色・独創的な点

これまで、大陸縁辺の堆積物を用いて地域的な OMZ が復元されていた (例えば Van der Weijden et al. 2006)。一方、本研究では、陸域の影響を受けない「外洋」の一般的なデータが得られる。

これまでの OMZ の復元は、主に第四紀や白亜紀の無酸素事変時等の特定の短い期間について行われることが主であった。一方、酸素・炭素同位体比、海水準、CCD などは、新生代を通してその全貌が明らかになっている。本研究は、これら第一級の古海洋学的なデータと比較検討可能な「新生代を通じた外洋域における OMZ 変遷史の概要」を提供できるという意味で極めて独創的である。

## 3. 研究の方法

本研究では、研究計画に基づき、1) 過去の古海嶺に堆積した炭酸塩堆積物の解析 (生物擾乱の程度、鉱物・化学組成、底生有孔虫群集解析)、2) マンガン酸化物の解析 (鉱物・化学組成、Os 同位体年代決定) の二本の柱から、新生代を通じた溶存酸素極小層 (OMZ) の消長史の概要を復元した。古海嶺の堆積物は IODP 航海にて、マンガン酸化物は東北日本各地にて、採取されたものを用いた。

## 4. 研究成果

### (1) 溶存酸素極小層の下限について

研究代表者が乗船した研究航海 (IODP Exp. 321 航海 Pacific Equatorial Age Transect: PEAT) および姉妹航海である Exp. 320 航海で得られた堆積物試料を記載した結果、細かな葉理が発達し、有機物に富む堆積物は見いだせなかった。このことは、東赤道太平洋の海域では、新生代を通して溶存酸素極小層の下限が少なくとも水深 2700m 以浅であったことを意味している。

### (2) 第三紀マンガン酸化物の Os 同位体比

西太平洋における溶存酸素極小層の発達とそれからの元素供給を評価する目的で東北日本に分布する第三紀マンガン酸化物の

0s 同位体比について再検討を行った。

第三紀層状マンガン酸化物の 0s 濃度は、現在の海洋底に分布する水成起源のマンガン酸化物と比較すると顕著に低く、ほとんどの試料で 200ppt 以下であった。200ppt 以上の 0s 濃度を示したのは、全 23 鉱床 28 鉱石のうち、ピリカ、若松、今別山、深浦、丸山、北一の 6 鉱石のみであった。

マンガン酸化物の 1870s/1880s 比は、ほとんどの試料で 0.73~0.85 の間に入る。詳細は、国興：0.84、今井島牧：0.79、北海道西南部（ピリカ、若松、東方福島、函館）：0.80~0.84、津軽（今別山）：0.75、深浦地域（北一、丸山）：0.83~0.84、北鹿（沼館、小雪沢、餌釣）：0.74~0.78、東北南部（宮崎）：0.76、能登（瀬嵐）：0.73 で、同位体比は地域ごとに特徴が見られ、おおむね北ほど高い値を示す。なお、北鹿の値は、同地域の黒鉱床の 1870s/1880s 初生比（Terakado, 2001a）と等しい。

これらの分析値を年代に変換するために、以下で、海水 0s 同位体比の復元をあわせて行った。

### (3) 海水 0s 同位体比の復元

マンガン酸化物の年代決定尺度にする目的で、研究代表者が乗船した研究航海（IODP Exp. 321 航海 Pacific Equatorial Age Transect: PEAT）により得られた中〜後期中新世の遠洋性炭酸塩堆積物を対象に 0s 同位体比、Re, 0s 濃度の分析を行った。分析した時代は 14Ma~11Ma、分析頻度は約 4 万年である。

硝酸-過酸化水素溶出部の Re 濃度は 0.02~12pg/g 間の値をとり、極めて大きく変化した。0s 同位体比については、全岩、硝酸-過酸化水素溶出部について分析したが、両者において有意な相違は見いだせず同じ値を有していた。このことは、今回分析したような遠洋性炭酸塩堆積物では、微量に含まれるケイ酸塩碎屑物からの 0s の寄与は極めて小さいことを意味している。また、先に示した Re 濃度が非常に高い層準では、0s 同位体も高く、堆積後の 187Re から 1870s への壊変が反映していることが明らかとなった。高 Re 層準において、良好なアイソクロンが得られることは、埋没・続成過程で Re-0s 系が閉鎖系に保たれていたことを示唆している。187Re からの壊変分を考慮した 0s 同位体比は、14Ma から 11.8Ma にかけて高くなり、そこから 11Ma に向かい徐々に低くなっている。これらの傾向は、これまで公表されている、より荒い時間の精度の海洋 0s 同位体比の変化で示された単調な上昇とは明らかに異なっている。このことは海水の 0s 同位体比が「全地球的な寒冷化→大陸の侵食量の増加→大陸起源 0s の海洋への大規模な流入」というような単純な図式では説明できないことを意味する。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 3 件）

- ① Lyle, M. and the IODP Expeditions 320/321 Scientists (Ito, T. 全 58 人中 45 番目), 2010, “The Pacific Equatorial Age Transect: IODP Expeditions 320 and 321: Building a 50-Million-Year-Long Environmental Record of the Equatorial Pacific Ocean”. Scientific Drilling, 9. doi:10.2204/iodp.sd.9.01.2010, pp. 4-15.
- ② PÄlike, H. and the Expedition 320/321 Scientists (Ito, T. 全 58 人中 45 番目), 2010. Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, 320/321: Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.). doi:10.2204/iodp.proc.320321.2010
- ③ Lyle, M. and the Expedition 320/321 Scientists (Ito, T. 全 58 人中 46 番目), 2009. Pacific Equatorial Age Transect. IODP Prel. Rept., 321. doi:10.2204/iodp.pr.321.2009, 112pp.

〔学会発表〕（計 3 件）

- ① 伊藤孝・黒田潤一郎・Greg Ravizza (2011) 中新世の海洋 0s 同位体記録の復元, 2010 年度古海洋シンポジウム, 2011. 1. 7, 東京大学大気海洋研究所.
- ② Ito, T. (2009) Marine Manganese Mineralization: Post-Jurassic Versus Precambrian Manganese Deposits, Precambrian World 2009, Fukuoka, 2009. 3. 7, 北九州市立いのちのたび博物館.
- ③ 伊藤孝 (2009) マンガン酸化物の時空分布からみた新生代酸化還元環境, 2008 年度古海洋学シンポジウム, 2009. 1. 9, 東京大学海洋研究所.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

伊藤 孝 (ITO TAKASHI)  
茨城大学・教育学部・教授  
研究者番号：10272098

### (2) 研究分担者

小室光世 (KOMURO KOSEI)  
筑波大学・大学院生命環境科学研究科・  
講師  
研究者番号：40251037

大串健一 (OHKUSHI KEN-ICHI)  
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科  
・ 准教授  
研究者番号：10312802

臼井 朗 (USUI AKIRA)  
高知大学・理学部・教授  
研究者番号：40251037