

## 学 位 審 査 報 告 書

（ふりがな） 氏 名	にふく こう 荷福 洸
学位（専攻分野）	博 士 （ 理 学 ）
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科 地球惑星科学専攻
（学位論文題目）  Oceanic redox conditions during the Early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE1a) in the Vocontian Basin, SE France: A high-resolution reconstruction from a combination of ichnological and geochemical approaches  （フランス南東部ボコンチアン堆積盆における白亜紀 Aptian 期海洋無酸素事変発生時の海洋の酸化還元状態：生痕学的手法および地球化学的手法による高時間分解能復元）	
論文調査委員	（主査） 前田 晴良 准教授 大野 照文 教授 小畑 正明 教授

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	荷福 洸
論文題目	Oceanic redox conditions during the Early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE1a) in the Vocontian Basin, SE France: A high-resolution reconstruction from a combination of ichnological and geochemical approaches (フランス南東部ボコンチアン堆積盆における白亜紀 Aptian 期海洋無酸素事変発生時の海洋の酸化還元状態: 生痕学的手法および地球化学的手法による高時間分解能復元)		
(論文内容の要旨)			
<p>顕生代の海洋は溶存酸素に富む酸化的环境であったが、しばしば海洋の広範囲に貧/無酸素環境が発達したイベント(海洋無酸素事変: OAE)が起きていたことが知られている。海洋無酸素事変は海洋生物の絶滅を引き起こしてその後の放散の契機となり、当時の炭素循環と気候に影響を与え、さらに石油・天然ガスの根源岩を形成するなど、地球史を考える上で重要なイベントのひとつである。しかし、海洋無酸素事変発生時の海洋環境の変動はまだ十分に解明されておらず、このイベントに関する理解は不完全である。そこで、本研究は海洋の酸化還元状態を精度良く効率的に復元するための手法を開発し、その手法をもちいて白亜紀 Aptian 期の海洋無酸素事変(OAE1a, 約 120Ma)における海洋の酸化還元状態変動を詳細に復元した。</p> <p>本研究では、酸化還元状態復元のための手法として、生物擾乱強度と微量元素組成を組み合わせた複合手法の開発をおこなった。そのためにまず、フランス南東部ボコンチアン堆積盆の下部白亜系 Marnes Bleues 層に含まれる OAE1a 相当層とその上下の層準を研究対象として、岩相、生物擾乱強度、微量元素組成の関係を明らかにした。研究をおこなった層準からは 3 つの主要な岩相が認められ、それぞれ特徴的な生物擾乱強度と微量元素組成を示すことが明らかになった。黒色頁岩 (Facies 1) は、ラミナが発達する暗色の岩相で、有機物と黄鉄鉱に富む。この岩相は生物擾乱をほとんど受けておらず、V, Mo, U などの Redox-sensitive trace elements (以下、微量元素とよぶ) が濃集している。そのため、この岩相は底生生物が存在しないような無酸素環境のもとで堆積したと推定される。暗灰色マール (Facies 2) は暗色で塊状の岩相を示し、有機物と黄鉄鉱の濃集度が比較的高い。この岩相はほとんど生物擾乱を受けておらず、しばしば微量元素が濃集するが、濃集がみられない層準もある。以上の特徴から、この岩相は無酸素環境もしくは溶存酸素濃度が非常に低い環境下で堆積したと推定される。灰色マール、明灰色マール、石灰岩 (Facies 3) は上記の 2 つの岩相と異なり、明色で有機物と黄鉄鉱に乏しい岩相を示す。この岩相は生物擾乱を受けており、微量元素の濃集はみられない。そのため、この岩相は溶存酸素濃度に富む環境下で堆積したと推定される。</p> <p>以上をもとに、生物擾乱強度と微量元素組成による酸化還元状態推定法を確立した。この手法では、岩相ごとに使用する酸化還元指標を使い分け、暗色で有機物と黄鉄鉱に富む岩相 (Facies 1, 2) では微量元素組成を指標とし、明色で有機物と黄鉄鉱の含有量が低い岩相 (Facies 3) では生物擾乱強度を指標とした。このように、酸化的环境の推定に適した生物擾乱強度と還元的な環境の推定に適した微量元素組成を組み合わせることによって、酸化的环境から還元的な環境までの広い範囲にわたる酸化還元状態変動を精度良く見積もることが可能になった。さらに、それぞれの手法を岩相ごとに効果的に使い分けることによって、効率的なデータの取得が可能となった。</p>			

本研究ではこの手法を使用して、ボコンチアン堆積盆における OAE1a 発生当時の海洋底層の酸化還元状態変動を高時間分解能(時間分解能:1.2-1.5 kyr)で復元した。その結果、このサイトでは OAE1a 発生時に底層の酸化還元状態が1-10 万年程度の時間スケールで変動しており、無酸素環境と溶存酸素がわずかに存在する環境が交互に発達していたことが明らかになった。さらに、より酸化的な環境が発達していた OAE1a の前後の時代にもこの時間スケールの酸化還元状態変動は認められ、OAE1a の前後を通じて海洋底層の酸化還元状態は短い時間スケールで変動していたことが明らかになった。本研究によって詳細に明らかにされた海洋無酸素事象発生時の海洋環境変動の実態は、当時の貧/無酸素水塊形成のメカニズム解明の鍵となることが期待される。

(論文審査の結果の要旨)

白亜紀の Aptian 期には、世界各地に黒色の頁岩が広く分布し、世界的規模で海洋無酸素環境が広がっていたことが知られている。申請者:荷福 洗君は、OAE1a とよばれる海洋無酸素事象のひとつの様相を高い時間分解能で、精密に調べることをもくろんだ。そして、フランス南東部の Vocontian 堆積盆に堆積した Marnes Bleues 層の詳細な野外調査を行い、さらに採取したボーリングコアを対象に、岩相・生痕化石・微量元素の分析を組み合わせ、堆積当時の酸化・還元状態の復元を試みた。

荷福君の研究によって得られた成果として、おもに次の3点が高く評価される。まず、ボーリングで得られたコアについて、コアの軸中心を通る垂直断面を作成し、岩相を一枚一枚の地層ごとに詳しく記載し、Facies 1(黒色頁岩)、Facies 2(暗灰色マール)、Facies 3(3a:灰色マール、3b:明灰色マール、3c:石灰岩)に大別できることを明らかにした点である。また、層理に平行に5ないし10mm 間隔で、生痕化石の最小直径・最大直径・頻度を記録した。記録の数は2,283におよぶ。さらに、微量元素 Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Mo, Th, U についてその含有量を質量分析によって明らかにした。測定試料は68である。

次に、得られた一次データを詳細に比較検討して合理的な解釈を与えた点が挙げられる。まず生痕化石から、Facies 1の大部分はほとんど生物擾乱されていないので、無酸素環境で堆積したこと;Facies 3は生物擾乱を強く受け、酸素が存在する条件下で堆積したこと;Facies 2については、dysaerobic、あるいはより強い還元的環境で堆積した可能性があることを指摘した。

さらに微量元素について、比較的信頼性の高い酸化還元状態の proxy となる Ni/Co 比を基準に、他の元素の有用性を詳しく検討した。その結果、Ni/Co 比に加えて、陸源の微量元素の影響を除くために Th で標準化した U/Th, Mo/Th, V/Th 各比の値を組み合わせ、酸化還元状態を定義することを提唱した(以下、新たに提唱した

区分を『』で示す)。すなわち, Facies 1 は『Anoxic』ないし『Dysoxic』な状態で堆積し, Facies 3 は『Oxic』ないし『Oxic-Dysoxic』の環境で堆積したと推定した。これは, 生痕化石からの結論と非常に調和的である。

3 点目として, 以上の結果を総合して, 微量元素と生痕化石を組み合わせた実用性の高い酸化還元状態の判断基準を提唱したことが挙げられる。すなわち, 微量元素の分析は, 特に無酸素～貧酸素環境の認定に有効で, Facies 2 のように岩相だけでは判断のつかない場合にも, 『Anoxic』から『Oxic』まで様々な酸化還元状態があることを示せる。一方, Facies 3 のように微量元素では『Oxic』～『Oxic-Dysoxic』と絞り込めない領域でも, 生痕化石の密度の変化を利用すれば, さらに『Slightly oxygenated』と『Fully oxygenated』とを細分できることを示した。

以上のように荷福 洗君の申請論文は, 地球温暖化が最も進んだ白亜紀中期の海洋環境を, 地層から高精度で復元する上で新たな知見および手法を提示している。

よって本論文は, 博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また, 平成 22 年 1 月 15 日に論文内容とそれに関連した口頭試問を行った。その結果, 合格と認めた。