

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540481

研究課題名（和文） 三畳紀前期ホットハウスアースの海洋環境と生物相の解析

研究課題名（英文） Marine environment and fauna at Hot House Earth during the Early Triassic

研究代表者

重田康成（SHIGETA YASUNARI）

国立科学博物館・地学研究部・研究主幹

研究者番号：30270408

研究成果の概要（和文）：ロシア・プリモリーエ州南部地域の下部三畳系の地質調査の結果、暴風時波浪限界より深い海は貧酸素環境のため生物にとって生息には不適な環境であったことが明らかになった。酸素欠乏は、三畳紀前期のスミス階とスパース階の境界付近から解消の兆候が認められる。スパース階になると、アンモナイト、ウミユリ、二枚貝などが多様化することから、貧酸素水塊の解消に代表される海洋環境の改善が、これらの変化を導いた可能性が示唆される。

研究成果の概要（英文）：The stratigraphy and fossil assemblages of the Lower Triassic in South Primorye, Russia reveals that the habitable environment for marine organisms was not resided below the storm wave base because of the influence of marine anoxia extending offshore bottom. The foresight of the dissolving anoxia is recognized at earliest Spathian. Because ammonoids, crinoids and bivalves were diversified during the Spathian, this oceanic recovery would lead the restructuring of marine organisms.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

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

キーワード：古環境・絶滅・回復・三畳紀

1. 研究開始当初の背景

古生代末の大量絶滅は、生物種の約 90%を絶滅に追いやり、生物相に大きな変化をもた

らした。大型海生底生生物では、それまで優勢であった腕足類に代表される古生代型生物群から、二枚貝や巻貝を主要メンバーとす

る現代型生物群へと転換した。三疊紀前期の生物多様性は非常に低く、多様性の十分な回復は三疊紀中期とされている。また、三疊紀前期の海洋深部には無酸素水塊が存在し、この長期的な存在が生物相の回復を遅らせた原因の一つとして考えられている。

従来の研究は、当時の低緯度地域に分布していた炭酸塩堆積相や深海堆積相を対象としたものが多く、中緯度地域や高緯度地域の砂岩や泥岩など碎屑岩を中心とする岩相やその生物相に関する研究はほとんど行われてこなかった。三疊紀前期の海洋環境や生物相の変遷を世界的に理解するには、中緯度地域や高緯度地域のデータが不可欠である。

ロシア極東のプリモリーエ州南部地域に分布する下部三疊系は、パンサラッサ海西岸の中緯度地域に位置し、珪碎屑性堆積物を主体とする潮間帯から深海におよぶ幅広い堆積環境を記録している。また、豊富な海生動物化石を多産し、露頭の状態がよく、化石の産状や堆積物の観察が容易であり、豊富なアンモノイド化石により同時間面を認定でき、コノドント化石により国際対比が可能などの特徴を持つ。また、近年、重田らは1ルートではあるが、当地域に分布する下部三疊系の岩相層序、堆積相解析、後背地解析、大型および微化石層序、化石の産状、系統分類に関する研究成果を発表し、専門雑誌に書評が掲載されるなど、好評を得ている。当地域は、三疊紀前期の海洋環境や生物相の変遷を詳細に研究できる可能性を秘めた地域として注目されている。

2. 研究の目的

三疊紀前期の地球は、大気中の二酸化炭素濃度が非常に高く、“ホットハウスアース”と呼ばれ極端に温暖で乾燥した気候であった。現在、地球温暖化の地球環境、生物多様性や生態、人類の経済活動などへの影響が懸念されている。「地球温暖化がこのまま進むと、地球や生物はどのような影響を受けるのか？」に対する答えの一つは、三疊紀前期の自然界を理解することによって与えられる可能性がある。そこで、本研究では三疊紀前期の海洋環境と生物相を解析し、地球温暖化が進行した地球における環境と生物相の特性を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

中緯度地域における三疊紀前期の海洋環境と生物相を解析するために、ロシア極東のプリモリーエ州南部地域に分布する下部三疊系を対象に、以下の野外調査と室内研究を行った。

(1) 野外調査： 下部三疊系が広く分布するウスリー湾やルスキー島の沿岸部やアルチョン市の石切場において、1/500精度でのルートマップと1/100精度での柱状図を作成し、層序や堆積相の解析、岩相や化石の産状観察、岩石・化石試料の採集を行った。

2010年度は悪天候のため、年度内での野外調査を断念し、2011年5月29日～6月19日に行った。2011年度は、9月8日～9月22日に、2012年度は9月18日～10月6日に調査を行った。なお、地質調査は、当地域の地質や化石に詳しいロシア科学アカデミー極東地質研究所の研究員の協力を得て行った。また、野外調査の際に得られた岩石・化石試料は、極東地質研究所の協力のもと、所定の機関に申請し、許可を得て日本へ運搬し、国立科学博物館に収蔵した。

(2) 室内研究： 現地での地質調査のデータを総合的にとりまとめて岩相層序を把握した。本研究によって採集した化石・岩石試料は、持ち出し許可の取得が難航し、日本への運搬が2013年3月になってしまったため、室内にて微化石の抽出や大型化石の剖出が出来なかった。そのため、同地域から採集され国立科学博物館に保管されていた未処理の試料を用いて、化石の剖出作業や分類学的研究を行った。

また、2012年にはロシア科学アカデミー極東地質研究所を訪問し、保管されている三疊紀アンモナイトの模式標本の観察とレプリカの作成を行った。

4. 研究成果

野外調査の際に得られた岩石・化石試料は、日本への運搬作業が大幅に遅れ、最終年の年度末に標本運搬が完了した。このため、標本観察に基礎を置く当研究では、以下の研究成果を得たものの、雑誌論文や学会発表が研究年度内に間に合わなかった。以下の研究成果は、順次、雑誌論文や学会発表等を通して公表する予定である。

(1) ホットハウスアースの証拠：三疊紀前期の地球は、大気中の二酸化炭素濃度が非常に高く、“ホットハウスアース”と呼ばれ極端に温暖で乾燥した気候であったと言われている。プリモリーエ州南部地域に分布する下部三疊系では、これまで“ホットハウスアース”を示唆する証拠は見つかっていなかったが、今回、燥気候下で形成されたと思われる赤色の河川堆積物が見つかった。また、高温で蒸発量が多い海岸の波打ち際で特徴的に形成されているビーチロックの破片を浅海堆積物中から発見した。

植物化石は、調査地の下部三疊系の下部～

中部までは一切産出しないが、上部になってはじめて乾燥気候につよい小葉類の化石が産出することがわかった。このことも、当時の陸域では乾燥気候が支配的であったことを示唆する。

(2) 岩相層序・堆積相解析：プリモーリエ州南部地域に分布する下部三畳系は、層厚200mにおよび、下位からラズルナヤ・ベイ層と上位のジトコフ層に区分される。ラズルナヤ・ベイ層は、ペルム系を不整合で多い、基底礫岩に始まる砂岩を中心にした粗粒堆積物で、ハンモック状斜交層理やトラフ型斜交層理などが観察される。本層からは、二枚貝類やアンモナイト類が多産する。ジトコフ層は、泥岩を中心とする地層で、重力流堆積物やスランプ礫岩を挟む。多くの泥岩は生物攪乱をほとんど受けておらず、細かな葉理が観察できる。これらの泥岩は化石を全く含まないが、重力流堆積物からはアンモナイトや二枚貝が多産する場合がある。

アンモナイトによる時代対比により、岩相の側方変化があることが明確になった。調査地域の東部では泥岩を主体とする沖合堆積物やスランプ堆積物、西部ではハンモック状斜交層理を主体とする浅海堆積物が分布する。このことは、西側に陸域があり、東に向かって海が深くなる地形を示唆する。

粒度や堆積構造、産出化石に基づいて6つの堆積相（岩石海岸相、上部外浜相、下部外浜相、内側陸棚相、陸棚相、陸棚斜面以深相）が識別できた。ラズルナヤ・ベイ層からジトコフ層への変化は、陸棚型海進シークエンスであることが判明した。

(3) 貧酸素水塊の深度分布とその時間変化：堆積相解析や化石の産出観察から、三畳紀前期の底生生物の生息環境は、暴風時波浪限界よりも浅い環境に限られることが明らかになった。上部外浜相、下部外浜相、内側陸棚相、陸棚相では、堆積物は底生生物の活動により攪拌作用を被っている。一方、暴風時波浪限界よりも深い環境（陸棚斜面以深相）では、堆積物は黒色を示し、多量の黄鉄鉱を含み、生物による攪拌作用は一切認められない。おそらく貧酸素環境下での堆積と考えられる。同様の状況は、三畳紀前期の様々な層準の地層に認められることから、三畳紀前期を通じて、暴風時波浪限界よりも深い水域は貧酸素水塊の影響により底生生物が生息できない環境であったと言える。なお、暴風時波浪限界よりも深い環境の堆積物からも、二枚貝などの底生生物の化石が産出することがあるが、これらは重力流堆積物に限られ、すべて異地性の産状を示す。

三畳紀前期の後半、スパース階最下部付近から、貧酸素水塊の解消の兆候が認められは

じめる。暴風時波浪限界より深い海底に堆積した泥岩を観察すると、スミス階のものには底生生物による攪拌作用は一切認められないが、スパース階のものには攪拌作用が観察され、葉理などの堆積構造がみだされている。攪拌作用の増加は、底生生物の活動を制限していた貧酸素水塊の解消を意味している。スパース階になると、アンモナイトの多様性が増し、ウミユリや二枚貝なども多様化することが知られている。貧酸素水塊の解消に代表される海洋環境の改善が、これらの変化を導いた可能性が示唆される。

三畳紀前期の地球は、大気中の二酸化炭素濃度が非常に高く、極端に温暖で乾燥した気候であったといわれている。このような環境は海洋において貧酸素水塊の増進を促進し、生物の生息域を制限し、絶滅や回復の遅れの原因になったと考えられる。温暖化の解消が、貧酸素水塊の解消を導き、それによって生物の生息域の拡大、多様化の促進、複雑な生態系の成立につながったと考えられる。

(4) 三畳紀前期二枚貝類の構成と変遷：調査地域からは20種以上の二枚貝化石が得られた。産状の観察から、これらの二枚貝類の生息環境は、暴風時波浪限界より浅い環境に限られることが明らかになった。陸棚斜面以深の環境では、二枚貝化石は重力流堆積物中に限られ、明らかに異地性産状を示す。

産出した二枚貝化石を構成する属のうち、80%以上が、その起源を古生代にもつペルム紀の生き残りであり、中生代以降、現世型動物相につながる二枚貝類はごく少数に限られることが明らかになった。このことから、三畳紀前期には現世型動物相のさきがけとなる二枚貝はまだほとんど出現しておらず、分類群の多様性の回復はあまり進んでいなかったことが判明した。

(5) スミス階/スパース階境界における生物相の変化：調査地域内の浅海堆積物から産出する大型化石群は、スミス階とスパース階の境界をはさんで大きく変化することが明らかになった。スミス階では、二枚貝は小型の種が多く、アンモナイトは平滑な種が多く、ウミユリの化石はほとんど産出しない。また植物化石は一切産出しない。一方、スパース階では、大型の二枚貝やトゲをもつアンモナイトが増加し、ウミユリ化石が豊富になる。また、植物片も多く産出し、深海堆積物中に生痕化石が増加する。ウミユリ化石の増加や大型二枚貝の出現は、エサを含めて浅海環境の改善を意味し、装飾型アンモナイトの増加は捕食-被食関係の強化を意味し、植物化石の増加は乾燥気候の改善を意味するものと思われる。また、深海域での底生生物の増加は貧酸素水塊の衰退を意味すると思われる。

これらのことから、スミス階/スパース階境界付近から、地球環境の改善と生物相の多様化が起こったと思われる。

(6) 三疊紀前期アンモナイトの分布特性：プリモリーエ州の下部三疊系からはアンモナイトが多産するが、多くは固有種とされている。その中で、同属の別種が、プリモリーエ州とアメリカ中西部という当時のパンサラッサ海の東西に分布していた *Churkites* 属の層序分布の詳細が明らかになった。本属のアンモナイトは、プリモリーエ州では、スミス階の上部から産出するが、アメリカ中西部ではそれより若干下位から産出し、しかもより原始的な形態を示す。このことは、本属がまずアメリカ中西部で派生し、その後、パンサラッサ海を東から西に移動し、プリモリーエ州に至ったことを意味している。このことは、プリモリーエ州のアンモナイト群の進化を考える上で、重要なヒントを与えるものである。

(7) 三疊紀前期オウムガイ類の分布特性：プリモリーエ州からは、これまで下部三疊系のグリースバツハ階、ディーネル階、スミス階下部から6種類のオウムガイ類が見ついている。いずれもグリボセラス科に属し、この科がプリモリーエ州付近で繁栄していたことがわかっている。本研究では、新たにスミス階中部～スパース階上部からタイノセラス科に属す *Phaedrysmocheilus* を発見した。この発見により、スミス階下部と中部で、オウムガイ類の構成が大きく変わることが判明した。タイノセラス科のオウムガイ類は、低緯度地域では三疊紀前期を通じて産出するが、高緯度地域ではスパース階になってから出現する。このことは、タイノセラス科の中・高緯度地域へ進出がスミス階中部からスパース階にかけて徐々に進行したことを示唆する。

(8) 化石層序における新知見：プリモリーエ州の下部三疊系は、アンモナイトにより、9つの化石帯が提唱されている。しかし、世界的に分布する種は極めて少ないため、詳細な国際対比については、コノドントを併用して検討されてきた。三疊紀のインド階（グリースバツハ階+ディーネル階）とオレネック階（スミス階+スパース階）の境界は、国際的にコノドントの *Neospathodus waageni* の初産出で定義されている。調査地域内でもこの種の出現によって境界が認定されていたが、今回、より詳細に検討したところ、従来の層準よりもかなり下位に初産出があることが判明した。この発見により、従来、ディーネル階とされていた部分の多くが、スミス階であることが判明し、化石層序の見直し

が必要であることが判明した。

(9) 海生爬虫類の脊椎骨片の発見：調査地域内のスパース階中部の地層から、海生爬虫類と考えられる脊椎骨片を発見した。これは最古の魚竜化石（スパース階上部）より若干古いことや骨組織の保存状態がよいことで三疊紀前期における爬虫類の海生適応を研究する上で注目される。現在、ドイツ・ボン大学の研究者と共同研究を進めている。

(10) オウムガイ類とアンモナイト類の化石化過程：化石の産状観察から、オウムガイ類やアンモナイト類は陸棚環境よりも浅海に生息し、死後その殻が低密度重力流により、貧酸素環境の堆積盆に運搬されたことが判明した。また、死後その殻が海面に浮き上がり海岸部に集積した場合、浅海の細粒の砂中に埋没して化石になったものは保存状態がよいが、デルタ堆積物中の粗粒堆積物とともに産出するものはいずれも殻に大きな破損を受けていることがわかった。

一般に、アンモナイト類は生息域あるいは低密度重力流により運搬されて化石になったものが圧倒的に多く、逆にオウムガイ類では死後浮遊して海岸部で化石になったものが見られる。これは、両者の死後における殻の挙動に違いがあったことを示唆している。

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0件）

〔学会発表〕（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

重田康成 (SHIGETA YASUNARI)

国立科学博物館・地学研究部・研究主幹

研究者番号：30270408

