

原生代初期における大気酸素濃度変動と安定性に関する地球化学的研究 Geochemical study on the variation and stability of atmospheric oxygen in Paleoproterozoic

中村 海^{1*}; 関根 康人¹; 田近 英一¹; 後藤 孝介²; 仙田 量子³; 鈴木 勝彦³; 多田 隆治¹; 丸岡 照幸⁴; 小川 奈々子³; 大河内 直彦³

NAKAMURA, Umi^{1*}; SEKINE, Yasuhito¹; TAJIKA, Eiichi¹; GOTO, Kosuke T.²; SENDA, Ryoko³; SUZUKI, Katsuhiko³; TADA, Ryuji¹; MARUOKA, Teruyuki⁴; OGAWA, Nanako O.³; OHKOUCHI, Naohiko³

¹ 東京大学, ² 産業技術総合研究所, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ 筑波大学
¹The University of Tokyo, ²AIST, ³JAMSTEC, ⁴University of Tsukuba

地球大気中の酸素濃度は、さまざまな地質記録から、原生代初期（24.5-22 億年前）に急激に上昇したことが示唆されている。同時期はヒューロニアン氷河時代と呼ばれ、大規模な氷河時代が、少なくとも3回繰り返したことが知られている。とりわけ、第2（ブルース）氷河時代、第3（ゴウガンダ）氷河時代の直後に酸素濃度の上昇が生じたことが、地球化学的データから示唆されている。しかしながら、それら二つの氷河時代間の温暖期において酸素濃度がどのような安定状態にあったのかは未だ明らかではない。

そこで本研究では、ブルース氷河時代とゴウガンダ氷河時代間の温暖期を記録したカナダ・ヒューロニアン累層群エスパニョーラ層及びサーペント層の堆積岩試料に対して、海洋環境の酸化還元状態によって挙動が変わる元素（酸化還元敏感元素）の分析を行うとともに、炭素同位体分析、硫黄同位体分析などを行った。そして、当時の大気海洋系における酸化還元状態の推定を通じて、大気酸素レベルの変遷及びその安定状態について検討を行った。

その結果、エスパニョーラ層及びサーペント層において、酸化還元敏感元素（Fe, Mn, Mo, V, Cr, U, Re, Os など）の濃集はみられないことが分かった。その一方で、Re 及び Os のアイソクロン年代は約 31 億年前という年代値を示し、ヒューロニアン累層群の堆積年代（24.5-22.2 億年前）よりも明らかに古いことが分かった。このことは、堆積物中の Re や Os が堆積時の海水中から供給されたものではなく、おそらくは浸食された有機物をホストとする碎屑物として再堆積したものであることを示唆している。堆積時の海水から Re, Os の供給がほとんどないこと、また約 31 億年前の Re, Os 同位体システムが酸化的風化を受けずに閉鎖系を保ったまま再堆積していることから、堆積時の大気と海洋はともに Re や Os の酸化が卓越しない貧酸素環境であったことが示唆される。このことは、酸化還元敏感元素の濃集がみられないことや、堆積当時の海洋硫酸濃度が低かったことを示唆する硫黄同位体の分析結果とも調和的である。

先行研究の結果と本研究の結果をあわせて考えると、ブルース氷河時代直後に上昇したことが示唆される酸素レベルは、再び低下したことが示唆される。すなわち、ブルース氷河時代直後の酸素濃度上昇は一時的なものであった可能性が高い。ゴウガンダ氷河時代以前においては酸素濃度がいったん上昇してから低いレベルへと可逆的に変動したのに対し、ゴウガンダ氷河時代を経て酸素濃度の安定状態間の不可逆的な遷移が起きたと考えられる。