

原生代初期 ヒューロニアン累層群 ゴウガンダ層におけるマンガン濃集層の発見とその起源

Mn-rich argillite bed in the Paleoproterozoic Gowganda Formation, Huronian Supergroup, Canada

平井 建丸[1]; 田近 英一[2]; 多田 隆治[3]; 磯崎 行雄[4]; 山本 信治[5]; 後藤 和久[6]; 橘 省吾[7]; Kirschvink Joseph L.[8]

Takemaru Hirai[1]; Eiichi Tajika[2]; Ryuji Tada[3]; Yukio Isozaki[4]; Shinji Yamamoto[5]; Kazuhisa Goto[6]; Shogo Tachibana[7]; Joseph L. Kirschvink[8]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・理・地惑; [3] 東大・理・地惑; [4] 東大・総合・広域; [5] 東大・理・地質; [6] 東大・理・地球惑星; [7] 東大・理・地球惑星; [8] カルテック・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ.; [2] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo; [3] DEPS, Univ. Tokyo; [4] Earth Sci. & Astron., Univ. Tokyo Komaba; [5] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [6] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo; [7] Earth and Planet. Sci., Univ. of Tokyo; [8] GPS, Caltech

1. 背景

地球大気の酸素濃度は、さまざまな地質学的証拠から約 24 ~ 20 億年前に増加したと考えられている。しかし、従来の研究では、どのような過程を経て酸化還元環境が変化したのかは、十分に研究されていない。カナダ・オンタリオ州のヒューロニアン累層群は、原生代初期の地層として最も連続性が良く、当時の地球環境の変化を調べるのに適している。同累層群下部のマチネンダ層には、砕屑性ウラン鉱床が存在することから、還元的な環境であったことが示唆される。一方、氷河層準であるゴウガンダ層の上部からは最古の赤色岩が報告されており、この頃に酸素濃度が上昇した可能性が指摘されている。本研究では、ゴウガンダ層全体をカバーする掘削コア試料を用いて、従来よりも高解像度で記載及び化学分析を行い、ゴウガンダ層における酸化還元環境の変化について詳しく調べた。さらに、その結果を同時代の他の地域と比較することで、酸化還元環境の変化のタイミングがグローバルに対比できる可能性について検証した。

2. 赤色泥岩および Mn 濃集層の発見

まず、岩相の変化と岩石の色の変化の層序的な対応を議論するために、分光測色計を用いて岩石の色を定量的に測定した。その結果、ゴウガンダ層の氷河性堆積物直上に、これまで知られていなかった層厚約 80m の赤色泥岩が存在することが明らかになった。赤色の原因は、数ミクロン以下の赤鉄鉱粒子の存在によることが分かった。このことは、氷河期直後に大気中の酸素濃度が高かった可能性を示唆する。

さらに、その上位に Mn に富む黒色泥岩が整合的に累重していることが明らかになった。Mn の濃集は、氷河性堆積物直上から始まり、層厚は 400m におよぶ。SEM による観察と EPMA による分析の結果、Mn は主に緑泥石の陽イオンとして存在し、Mn 含有量の高い (~1.6 wt% MnO) 試料ではスベッサルティンが二次的に生成されていることが分かった。これらは変成作用によって生じた鉱物であるが、小断層による変形、鉱脈周辺の鉱物の観察からは、Mn が未固結の段階で既に堆積岩中に存在しており、熱水によって 2 次的に供給された可能性は低いことが分かった。この Mn はもともと二酸化マンガンとして沈殿した可能性が示唆されるが、Mn は酸化電位の高い元素であり、二酸化マンガンが沈殿するためには大量の酸素が必要であることから、ゴウガンダ層における Mn の濃集は、この当時、大気・海洋の酸素濃度が高かった可能性を支持するものである。このような Mn の濃集は、ヒューロニアン累層群全体でゴウガンダ層の氷河堆積物直上のみでみられた。

3. 原生代初期の環境変動

ヒューロニアン累層群と同時代の氷河性堆積物は、南アフリカ・トランスバール累層群のマクガニン・ダイアミクタイト層が知られる。マクガニン・ダイアミクタイト層の上位のホタゼル層には、世界最大規模の堆積性マンガン鉱床であるカラハリ・マンガン鉱床が産出する。単位面積当たりの Mn 堆積量を比較すると、ゴウガンダ層に濃集した Mn はカラハリ・マンガン鉱床の約 20% にも相当することが分かった。ゴウガンダ層とトランスバール累層群の層序を比較すると、氷河性堆積物の直上に鉄・マンガンの堆積が起こっており、さらに上位に最初の赤色砂岩がみられることなど共通点が多い。次に年代の比較を試みる。ヒューロニアン累層群全体に貫入するニピシグ・ダイアベース (2219 ± 3.5Ma) はゴウガンダ層が未固結のときに形成された可能性がある (Young et al, 2004)。一方、マクガニン・ダイアミクタイト層と指交するオンゲルク洪水玄武岩からは 2222 ± 13Ma という値が出されており (Cornel et al, 1996)、カラハリ・マンガン鉱床はその直後に形成されたと考えられている。すなわち、ゴ

ウガンダ層とカラハリ・マンガン鉱床は年代の比較においても矛盾がない。これらのことから、ゴウガンダ層はマクガニン・ダイアミクタイト層と対比できるのではないかと考えられる。

Mn の堆積は太古代以前にはほとんど見られず、原生代初期のカラハリ・マンガン鉱床以降に産出し始める。とくに、大量の Mn が堆積するためには、海水中に蓄積された相当量の Mn^{2+} が一度に酸化される必要があり、カラハリ・マンガン鉱床の形成は、全球凍結直後に大気中の酸素濃度が増加した証拠であると考えられている (Kirschvink et al., 2000)。したがって、カナダおよび南アフリカにおける氷河性堆積物直上の Mn 濃集層の存在は、原生代初期の氷河期直後に大気中の酸素濃度が上昇し、世界的にマンガンが酸化して堆積したことを示す証拠であると考えられる。