

論文の内容の要旨

Environmental changes across the Middle-Late Permian extinction boundary:
Stratigraphical study on the shelf-slope carbonates at Chaotian in South China

(ペルム紀中・後期絶滅境界における環境変化：
南中国朝天における陸棚斜面炭酸塩岩の層序学的研究)

Masafumi Saitoh

齋藤 誠史

約 2 億 5000 万年前の古生代末において、顕生代最大規模の大量絶滅事件が起きた。この事件により浅海棲無脊椎動物種の約 90 %が絶滅したとされる。近年この事件は、古生代ペルム紀中-後期 (G-L) 境界およびペルム紀-三畳紀 (P-T) 境界における 2 段階の絶滅事件からなることが明らかにされた。これまで、小惑星衝突・洪水玄武岩噴出にともなう大規模火成活動・浅海域の貧酸素化・全球的寒冷化・プルーム起源の爆発的火成活動などの数多くの地球規模の環境変動が、これら 2 つの絶滅事件の原因の候補として挙げられてきたが、絶滅の究極の原因はいずれの事件においても明らかにされていない。特に、最初の絶滅事件が起きた G-L 境界は、長期的な酸素欠乏事件の開始時期と近接する可能性が指摘されており、古生代末の環境変動を考察する上で極めて重要と考えられる。

近年、この G-L 境界直前のペルム紀中期 Capitanian 期において、汎世界規模の海退事件・海洋の炭素およびストロンチウム同位体比の異常・南中国西部の峨眉山洪水玄武岩の噴出・地磁気の逆転パターンの著しい変化などの複数の特異な地質事件が集中的に起きたことが明らかにされつつある。Capitanian 期における地球規模の環境変動が大量絶滅事件を引き起こした可能性が示唆されるが、絶滅を引き起こした環境変動の詳細はいまだ明らかにされて

いない。

従来の G-L 境界層の層序学的研究は、比較的浅い陸棚に堆積した炭酸塩岩や深海底に堆積した深海チャートについてのものが主であった。特に、多光帯直下の少光帯に注目した研究はこれまでほとんど行われていない。G-L 境界直前の Capitanian 期においてこの少光帯に堆積した地層の詳細な解析は、これまで全く知られてこなかった環境変動の証拠を提供し得ることが期待される。そこで本研究は、良好な層序学的連続性を保持する炭酸塩岩が厚く堆積する南中国地域の中でも、比較的深い堆積相の地層が露出する四川省北部の朝天 (Chaotian) セクションに注目し、G-L 境界前後の層厚約 150 m の地層の詳細な層序の確立を試みた。野外調査および学術ボーリングにより採集した約 300 個の岩石試料について、研磨スラブおよび約 600 枚の岩石薄片を作成し、光学顕微鏡の鏡下観察および電子顕微鏡観察に基づく詳細な岩相・化石相の記載を行った。さらに、21 層準の岩石試料について全岩主要元素組成の測定、56 層準の岩石試料について全有機炭素量 (TOC) の測定、185 層準の岩石試料について炭酸塩の無機炭素同位体比の測定を行った。以上の岩相・化石相記載および地球化学的分析の結果に基づき、朝天セクションの G-L 境界層における堆積相の層序学的変化および絶滅事件前後の環境変化の復元を試みた。この結果、以下の新知見を得た。

1. 詳細な岩相・化石相の記載に基づき、朝天セクションの G-L 境界直下の地層 (層厚約 11 m) が Capitanian 期の少光帯で堆積した地層であることを明らかにした。この時期の少光帯堆積物の認定は本研究が世界初である。
2. 生物擾乱の完全な消失・著しく高い TOC 量・顆粒状黄鉄鉱の多産などの証拠に基づき、上述の少光帯の堆積層が貧酸素環境下で堆積したことを明らかにした。G-L 境界直前の大陸縁の比較的深い少光帯において、貧酸素水塊が出現したことを明示した例は世界初である。
3. 上述の少光帯の堆積層中に、顕生代において極めて特異な炭酸塩の無機的沈殿結晶が多産することを世界で初めて明らかにした。特に、これまで地球史を通じて報告例のなかったフランスパン型の形状をもつ炭酸塩結晶を新たに記載した。
4. 詳細な組織の観察から、上述の特異な炭酸塩が初生的に方解石として沈殿したことを実証した。この事実は、この時代に霏 (あられ) 石を沈殿させやすい海洋が広く存在していたとする従来の定説と合致しない。炭酸塩結晶の沈殿における海水温の重要性を指摘し、このみかけの矛盾が解消可能であることを示した。

5. 特異な炭酸塩結晶をふくむ 3 種類の炭酸塩を識別して、これらの無機炭素同位体比を測定した。この結果、水柱における浅海部と深海部の溶存無機炭素の同位体比の情報を、単一の堆積層中から同時に抽出することに成功した。特に、詳細な岩相・化石相の記載に基づく (1) 堆積場の変遷と (2) 炭酸塩の起源を明確に考慮することで、海水中における溶存無機炭素同位体比の鉛直分布を考察した。これまで、G-L 境界をふくむ古生代およびそれよりも古い先カンブリア時代の化学層序学的研究全般において、単一の堆積層中から過去の海洋中の溶存無機炭素同位体比の鉛直分布を検出した例はなく、本研究が世界初である。
6. 上述の特異な炭酸塩の形成メカニズムとして、Capitanian 期の海洋において酸素極小層 (OMZ) が広範囲にわたり拡大した可能性を指摘した。海洋中の貧酸素水塊の拡大にともない炭酸塩飽和度の鉛直勾配が減少したことが、特異な炭酸塩の沈殿の原因となった可能性が考えられる。
7. 以上の証拠および推論をまとめ、Capitanian 期およびそれに引き続く古生代-中生代遷移期における地球規模の環境変動を説明する拡大 OMZ モデルを提唱した。OMZ の拡大が長期的に引き続いたことで、古生代末の 2 段階の大量絶滅事件・深海の貧酸素事件・特異な炭酸塩の沈殿などの複数の地質事件が引き起こされた可能性が考えられる。