

論文審査の結果の要旨

モハマド ホセイン・マムディ ガライ

氏名 Mohamad Hosein Mahmudy Gharai

本論文は顕生代デボン紀後期における生物の大量絶滅事件（ファメニアン／フラニアン境界事件）を引き起こした地球表層の環境変動の実態を明らかにし、その変動要因を堆積学的、地球化学的に検証しようとするものである。ファメニアン／フラニアン境界事件の原因としては、気候の温暖化、海洋の貧酸素化、海水準の全般的な上昇後の急激な低下、隕石の衝突などが提唱されているが、いずれも観察された現象の一部は説明するが、一部については矛盾が生ずる説であり、あるいは、そもそも地質学的な証拠、根拠に乏しいものであった。本論文では、従来、研究が殆どされていなかったイランのセクションと中国南部のセクションについて、非常に詳細な調査を行っている。高分解能の試料採取、最新の手法による化学分析、同位体分析を行い、ファメニアン／フラニアン境界における変動が、1、現在の東ヨーロッパにおける大陸の開裂（リフティング）に伴う火成活動、2、その結果としての大気二酸化炭素量の増加による地球温暖化、3、温暖化による海水温度の上昇と海底堆積物中のメタンハイドレートの分解、4、メタンハイドレート分解に由来する大量のメタンガスの大気-海洋系への放出、5、放出されたメタンによる更なる温暖化、6、メタンによる海洋の貧酸素化の促進、という一連の変動によって引き起こされたものであることを示した。

ファメニアン／フラニアン境界事件とは顕生代における5大生物絶滅事件の一つで、生物進化の上からも、地球環境変動のメカニズムを知る上からも、重要な研究課題である。この境界については古くからヨーロッパで研究が盛んで、この時代に近い地層から隕石孔が発見された事から、有名な白亜紀／第三紀境界以前から、隕石衝突説が提唱されていたものである。イラン出身であるホセイン氏は、それまでの調査経験を生かし、これまで殆ど堆積学的、地球化学的研究がされていないイラン中部および南部の6カ所で、ファメニアン／フラニアン境界を含む連続的な炭酸塩セクションの詳細な地質調査を行った。論文前半では、境界付近に赤色の石灰岩や頁岩が発達し、強い化学風化があったこと、気温が高く湿潤な環境が卓越したことを示した。この考えを、堆積物中の粘土鉱物に風化生成物であるカオリナイトが多い事、この時代の石灰岩のストロンチウム同位体比が異常に高い値を持つ事実によって補強した。イラン北部のセクションからは境界層付近に厚い玄武岩溶岩を発見した。その岩石学特徴は、当時東ヨーロッパに広く分布するリフティングに関係する火山岩に近く、この時代、広範囲に火成活動が起きていたことが示された。大量の炭酸塩サンプルについて炭素・酸素同位体組成の測定をした。その結果、境界とその直下に複数の炭素同位体の負の異常ピークを見い出した。最も強いピーク位置では、微量元素のモリブデン、ヒ素、ウランの濃集が認められ、当時の海洋が還元的であったことを示した。さらに、希土類元素含有量が境界付近へ向って全般的に増加すること、炭酸塩のストロンチウム

同位体比の増大することを示し、化学風化の進行による河川フラックスの増大をしめした。強い化学風化による大気二酸化炭素の吸収は河川・海洋の炭酸塩アルカリ度を増大させる。炭酸塩鉱物中のストロンチウム濃度の増大は、当時の海洋で無機的に沈澱した炭酸塩がアラゴナイトであることを示唆し、海洋のアルカリ度増大と整合的である。

最近の研究から、海底堆積物中にはメタンガスと水分子とからなるメタンハイドレートという固体ガス物質が広く分布していることを引用する。これは、低温、高圧で安定であるが、僅かの温度上昇や圧力低下（海水準の低下）で分解することが分かっている。今から5500万年前の暁新世末期の絶滅事件は、多くのデータにより、メタンハイドレートによって引き起こされた境界事件であることが明らかにされている。デボン紀後期においても海洋には広くメタンハイドレートが分布していたと考えて良い。さらに、堆積学的観察から明らかになった強い温暖化により、メタンハイドレートの少なくとも一部が分解したと考えるのが妥当である。境界に見られた炭素同位体の強い負の異常はメタンハイドレート仮説によって非常に良く説明される。本論文の主要な議論は、イランのセクションに基づいているが、隕石説が想定されている中国南部のセクションについても比較調査を行っている。その結果も、イランからの結果を調和的である。

本論文は、詳細なデータに基づいて、顕生代初期の生物絶滅事件が、メタンハイドレートの分解によって引き起こされたことを明らかにしたもので、単に、イランのフラニアンとファメニアン境界の地質を明らかにしただけでなく、境界事象の原因を解明しようとする研究に大きなインパクトを与えたと言える。以上の点を鑑み、審査委員全員が、本論文は地球惑星科学、とくに地球生命圏科学の新しい発展に寄与する優れた内容であると判断し、博士（理学）の学位を授与できると認めた。