

LPTM 期における海洋環境変動と炭素循環

Marine carbon cycle during the Late Paleocene thermal maximum

松岡 景子[1], 田近 英一[2], 多田 隆治[2], 池田 敬[3], 松井 孝典[1]

Keiko Matsuoka[1], Eiichi Tajika[2], Ryuji Tada[3], Takashi Ikeda[4], Takafumi Matsui[5]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・理・地惑, [3] 東大・理・地球惑星科学

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ, [2] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo, [3] DEPS, Univ. Tokyo, [4] Dep. Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo, [5] Dept. of Earth and Planetary Phys., Univ. of Tokyo

暁新世後期(約 5500 万年前)には、急激な温暖化が起こったことが知られており、LPTM と呼ばれている。LPTM においては、様々な海域の有孔虫の酸素同位体比データから、1 万年以内に 4~8 以上の温度上昇があったと考えられている。急激な温暖化と同時に、陸上生物圏や海水の炭素同位体比が 1 万年以内に 2~3%の負異常を示している。また、同時に底生有孔虫の種の約 35~50%が絶滅している。これらの因果関係はまだ十分に明らかになっていないが、LPTM において何らかの大規模な環境変動が起こったことは確実であると考えられる。炭素同位体比の変動には、負異常の他にも特徴的な点がある。たとえば、負異常が起こった際に表層水と深層水の炭素同位体比の値が近づくこと、負異常が起こる前後で炭素同位体比の安定レベルが約 1%低下していることなどが挙げられる。これらのことから、LPTM において炭素循環になんらかの変化があったことが示唆される。

LPTM の変動を説明するものとして、メタンハイドレート仮説が知られている。メタンハイドレートは海底堆積物中に大量に存在すると考えられ、-60%という非常に軽い炭素同位体比を持っている。メタンハイドレートの崩壊によって、軽い炭素同位体比を持つ CH₄ やその酸化生成物である CO₂ が大量に大気-海洋系に放出され、海水中の炭素同位体比の低下や、これらの温室効果ガスによる温暖化が引き起こされたとされている。ただし、この仮説では、炭素同位体比の負異常については説明を与えるが、表層水と深層水の炭素同位体比の差が小さくなることや、炭素同位体比の安定レベルの変化などから示唆されるような炭素循環の変動については説明を与えない。

そこで、本研究では、メタンハイドレート仮説に基づき、メタンハイドレート起源の炭素の放出があった場合の、海洋の炭素循環の変動について、特に生物生産性と湧昇速度に注目して、復元を試みる。

本研究では、鉛直 1 次元海洋炭素循環モデルを用いて、LPTM における海洋炭素循環の変動についての定量的な検討を行う。このモデルでは、海洋の表層水と深層水の炭素同位体比の時系列データを境界条件として、海洋の鉛直各層における溶存無機炭素と炭素同位体比についての質量バランスの式を解き、炭素循環の復元を行う。その際、メタンハイドレート仮説に基づき、約 55.51~55.50Ma において 1.8×10^{17} mol のメタンハイドレート起源の炭素を外部から海洋表層に流入させる。

炭素同位体比の負異常の際、生物生産性と湧昇速度がともに急激に増加することが明らかになった。表層水にメタンハイドレート起源の軽い炭素(-60%)が大量に流入したにもかかわらず、表層水の炭素同位体比が約 0%までしか低下しないのは、有機物生産性が増加して、軽い炭素を表層から選択的に除去したからである。また、イベント時に表層水と深層水の炭素同位体比の差が小さくなるのは、海洋の鉛直混合が増大したことを反映したものである。これらの結果は、急激な温暖化に伴って海洋循環が活発になり、湧昇速度の増加とともに中深層水から表層に供給される栄養塩量が増加し、その結果、生物生産性が増加したと解釈することができる。

炭素同位体比異常後における炭素同位体比の安定レベルは異常前のレベルよりも 1%低下している。このことは、イベント直後の生物生産性が低かったことを示唆する。しかしながら、本研究の結果によれば、炭素同位体比の異常の前後において、湧昇速度及び生物生産性のレベルは変わらないことが分かった。安定レベルの低下は、メタンハイドレート起源の軽い炭素が海洋に大量に流入したことと、イベントの直後において一時的に生物生産性が低下したことにより、軽い炭素が海洋に蓄積された結果、海洋全体の炭素同位体比が軽くなったことを反映したものである。すなわち、メタンハイドレート放出後、湧昇速度や生物生産性は約 10 万年間で元の安定レベルにまで回復しているが、海洋の化学組成が元のレベルに回復するためには、20 万年以上かかることが分かった。