

前弧海盆堆積岩を用いた白亜紀大気CO₂の炭素同位体比変動の復元

Carbon isotopic fluctuation of atmospheric CO₂ during Cretaceous decoded from fore-arc basin sediments

長谷川 卓 [1]

Takashi Hasegawa [1]

[1] 金沢大・院・自然研（理・地球）

[1] Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ.

<http://kgeopp6.s.kanazawa-u.ac.jp/index.html>

蝦夷層群の炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）曲線は世界各地の同時代の炭酸塩堆積物のものに極めてよく一致し、この曲線が大気CO₂の $\delta^{13}\text{C}$ 変動を記録していることを示している。蝦夷層群の有機物は：ピチューメン量が2%以下；ケロジェンの光学顕微鏡では99%以上が陸上高等植物の木質部起源；n-alkane C₂₅₋₃₅の強い奇数優位性等の理由から大部分が陸上高等植物起源である。これらは堆積前に多様な運搬過程を経て均質化されている。蝦夷層群の全岩の有機 $\delta^{13}\text{C}$ の分析結果は広域を代表する陸上高等植物のバイオマーカーの分析結果であると読める。

蝦夷層群及びその相当層中の有機物の炭素同位体比（ d^{13}C ）曲線は世界各地の同時代の炭酸塩堆積物のものに極めてよく一致し、この曲線が大気CO₂の d^{13}C 変動を記録していることを示している。大気CO₂は炭素に関して表層海水と同位体平衡にあったと考えられ、その炭素同位体比は地質時代を通じて表層海水の全地球的な平均値の変動とパラレルであったと期待される。講演者はHasegawa (1997)などで北海道やサハリンに分布する白亜紀前弧海盆堆積物である蝦夷層群及びその相当層中（以下蝦夷層群と略記する）に含まれる有機物について研究してきた。1）ピチューメン量の見積もりでは全有機炭素中のピチューメン量は2%以下である；2）白色光及び蛍光下での光学顕微鏡によるケロジェン観察ではリプティナイト含有量は1%以下、99%以上がビトリナイトおよびイナルティナイト（セミフジニット、フジニット）で、それらは陸上高等植物の木質部起源であると考えられる；3）炭素数25～35のノルマルアルカンが強く検出され、非常に強い奇数優位性が確認されたこと；などから蝦夷層群中の有機物の大部分が陸上高等植物に由来するケロジェンであると結論した。つまり全岩中の有機物はその殆どが陸上高等植物に由来する「バイオマーカー」だけから構成されている。これら有機物はユーラシア大陸から河川を通じて、あるいは山火事に起因して西風に乗って飛来して蝦夷層群堆積盆に到達したと考えられる。ビトリナイト反射率は一試料の中でも0.4-2.0%の間で分散した値を示す。このことは蝦夷層群中のビトリナイトが狭い地域から同じ運搬過程を経て堆積したものではなく、様々な酸化・運搬過程を経たものの集合体であることを示す。イナルティナイトも同様の経路が考えられる。従って「蝦夷層群中の有機物は、大陸河川の集水域に相当する面積に分布する高等植物に由来するケロジェンが、堆積場に到達する前に多様な運搬過程を経て均質化されたものである」「蝦夷層群堆積岩を用いた全岩の有機 d^{13}C の分析結果は、広域を代表する陸上高等植物のバイオマーカーの d^{13}C 分析結果である、と読める」と結論できる。植物が木質部を作る際に生じる炭素同位体分別効果が、後背地の植物コミュニティ全体で経時的に一定に保たれていたとすれば、全岩有機 d^{13}C の経時変動は大気CO₂の d^{13}C の経時変動とパラレルな曲線を描くはずであり、当時の大気CO₂の d^{13}C 曲線を読み出すことができる。

しかし、この手法には潜在的な誤読の可能性が4つ存在する：1．別起源有機物の混入。ロックエバルやビジュアルケロジェン法によるチェックでこのことは解決可能であるが、前弧海盆なので少なくとも海洋起源有機物が含まれるはずだ、という批判がある。Dean et al. (1986)によれば白亜紀の海洋起源有機物の d^{13}C の分布は-24～-30‰にあり、当時のタイプIIIケロジェンの d^{13}C の分布(-22～-29‰；Tyson, 1992)とほぼ一致している。従ってチェックしきれない海洋起源有機物が、仮に4%混入しており、その炭素同位体比が陸源有機物から8‰かけ離れた値であるとしても、陸源有機物の値に0.3‰程度上書きされるだけである。；2．リワークによる下位層からの混入。堆積速度が速い（100～200m/m.y.）のでm.y.オーダーの長周期変動を誤読することはないと考えられる。；3．ローカルな植物群落のみを代表するシグナルの誤読。限定された地域起源の植物はローカルな気候要因（湿度等）や群集構成（タクサの違い）などの要因を上書きする。粗粒堆積物を分析対象から外すことで可能性を減らす。 d^{13}C が上下の試料同士で無秩序に変化する場合、このことが原因として考えられる。；4．供給場の植物地理区の変化。河川流路変更等による供給場所の変更や、供給地が不変でも、広域的気候変化のために後背地の平均的な湿度や平均的植物群集が変化してしまうことが考えられる。前者の場合、堆積岩の岩相が急変する可能性が高い。 d^{13}C の急変が岩相変化と一致する場合は供給場所の変更を疑う必要がある。

最終的に生層序年代スケールを蝦夷層群の同位体比曲線に挿入し、数m.y.以上の記録を階レベル以上で年代対比を行い、同位体イベントの時期とシフトの規模が世界の他地域のcarbonateと一致するかどうかを「変動パターン」としてチェックした。その結果、変動パターンが極めてよく一致している。年代的にも規模的にも、セノマニアン期からマーストリヒシアン期までの、炭酸塩に広域的に確認されている同位体比イベントは全て蝦夷層

群の有機d13C曲線中に確認できた。このことは、蝦夷層群中の有機d13C曲線が上記のような多くの条件を全てクリアしており大気CO2のd13C変動を記録していること、確認されたd13Cイベントが大気・海洋系全体に影響を及ぼしたグローバルイベントであり大気・海洋系と系外のフラックスに変化が生じた結果であること、を示している。