

原生代初期における炭酸塩および有機炭素の炭素同位体比：炭素同化経路と酸化還元境界層の変動

Carbon isotopic ratios in early Proterozoic: C fixation pathways and the fluctuation of redox boundary

大河内 直彦[1]; 後藤 和久[2]; 平井 建丸[3]; 橘 省吾[4]; 山本 信治[5]; Kirschvink Joseph L.[6]; 磯崎 行雄[7]; 小川 奈々子[1]; 多田 隆治[8]; 田近 英一[9]

Naohiko Ohkouchi[1]; Kazuhisa Goto[2]; Takemaru Hirai[3]; Shogo Tachibana[4]; Shinji Yamamoto[5]; Joseph L. Kirschvink[6]; Yukio Isozaki[7]; Nanako, O. Ogawa[1]; Ryuji Tada[8]; Eiichi Tajika[9]

[1] 固体地球フロンティア; [2] 東大・理・地球惑星; [3] 東大・理・地球惑星; [4] 東大・理・地球惑星; [5] 東大・理・地質; [6] カルテック・地球惑星; [7] 東大・総合・広域; [8] 東大・理・地惑; [9] 東大・理・地惑

[1] IFREE; [2] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo; [3] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ.; [4] Earth and Planet. Sci., Univ. of Tokyo; [5] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [6] GPS, Caltech; [7] Earth Sci. & Astron., Univ. Tokyo Komaba; [8] DEPS, Univ. Tokyo; [9] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo

本研究では、原生代初期約 22-24 億年前に堆積したカナダ南東部の Huronian 累層群とアメリカ・ワイオミング州の Snowy Pass 累層群における炭酸塩および全有機物の炭素同位体比を測定した。今回測定した試料は有機物に乏しい炭酸塩岩が中心で、これまで有機炭素濃度およびその炭素同位体比は 85 試料、炭酸塩濃度とその炭素同位体比は 32 試料について測定した(下図)。これらの累層群で、同一試料について両者の炭素同位体比を測定したのは本研究がはじめてである。この期間、有機炭素の炭素同位体比の平均値は主に -24 ~ -22‰ で推移するが、Huronian・Snowy Pass 累層群両方の最上部において 5-10‰ におよぶ正方向のエクスカーションが見られる。中には約 -5‰ の重い同位体比をもつ試料も見いだされた。他方、炭酸塩の炭素同位体比は Nash Fork 層において非常に重い値を示し、平均 +24.1‰ (n=12) に達した。この炭酸塩の同位体比の結果は、これまで同じ地域で採取された炭酸塩の同位体比と整合的な結果を示している。今回試料測定を行なった層準は、原生代初期に少なくとも 3 回繰り返した氷河時代(下図の diamictite)のうち、一番古いものの下位から一番新しいものの上位までをカバーしている。同位体比にエクスカーションが見られるのは、3 番目の氷河時代より後の時期に相当する。但し、この 3 番目の氷河時代がスノーボールアース期に相当するかどうかは、意見が分かれている。

炭酸塩の炭素同位体比が Nash Fork 層において非常に重い値を示す原因として、炭酸塩が変質の過程で重い同位体比をもつ炭素と置換した可能性も考えられ、今後この点について確認が必要である。しかしもしそれが初生値に近い情報を保持していると仮定すると、両者の差は -50 ~ -9‰ と大きな変動幅をもつことになる。この差は当時の海洋において有機炭素が無機炭素から生成される際の同位体分別に近い値(見かけ上の同位体分別)と考えられるが、現在の環境下で一般的に見られる有機炭素合成時の同位体分別(-25 ~ -15‰)を明らかに超えている。見かけ上の同位体分別が大きい試料に関しては、メタン酸化細菌などの貢献が考えられる。また、この見かけ上の同位体分別を大小いずれの方向へも変化させるもう一つの要因として、有機物を合成する際の炭素同化経路の変化もありえる。すなわち現在の酸化的な地球表層環境で最も一般的であり、通常 -20 ~ -30‰ の同位体分別を示すカルビンサイクルだけでなく、最大 -50‰ 以上の同位体分別を示す還元的アセチル CoA 経路や、同位体分別が -10‰ 前後の還元的 TCA サイクルと 3-ヒドロキシプロピオネート経路が用いられていた可能性が考えられる。これら還元的アセチル CoA 経路、還元的 TCA サイクル、3-ヒドロキシプロピオネート経路は、現在ではそれぞれアナモックス、緑色硫黄細菌、緑色非硫黄細菌のような絶対嫌気環境に生息する微生物においてのみ見られる炭素同化経路である。もしこの解釈が正しい場合、当時の O₂/H₂S 境界はしばしば有光層(表層約 200m)よりも浅い水深に存在していた可能性を示唆する。

