

好熱好酸性古細菌のエーテル脂質を用いた陸上熱水系の古水温の推定

The estimation of paleotemperature of some terrestrial hydrothermal systems using tetraether geothermometer

北島 富美雄 [1]; 中野 美幸 [2]; 清川 昌一 [3]; 池原 実 [4]; 内田 昌男 [5]

Fumio Kitajima[1]; Miyuki Nakano[2]; Shoichi Kiyokawa[3]; Minoru Ikehara[4]; Masao Uchida[5]

[1] 九大院・理・地球惑星; [2] 九大・院理・地球惑星; [3] 九大・理・地惑; [4] 高知大・海洋コア; [5] (独) 海洋研究開発機構
[1] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [2] Earth and Planetary Sci., Kyushu University; [3] Earth & Planetary Sci., Kyushu Univ.; [4] Center Adv. Marine Core Res., Kochi Univ.; [5] JAMSTEC

【はじめに】 古細菌は、膜脂質にエーテル脂質を含むことが知られているが、好熱性古細菌と Marine Group の古細菌には、テトラエーテル型脂質のイソプレノイド鎖に五員環を持つものがある。好熱性古細菌では、この五員環の数は、増殖時の温度が高いほど増大することが知られており (DeRosa et al., 1980)、平均環化率 (Ac) という指標で表されている。われわれは、この性質を陸上熱水系における堆積時の温度を推定するための温度計として利用する試みを続けてきた (北島ほか 2003, Kitajima et al., 2003)。また、Marine Group はその大部分が培養できない古細菌であるが、イソプレノイド鎖に含まれる五員環の数は、やはり表面海水温度 (SST) と相関があることが指摘され、TEX86 という指標 (Marine Group に特有の Crenarchaeol とその異性体をパラメーターに含む) を用いて、0 から 30 の範囲で温度計として利用できることが示された (Schouten et al., 2002)。Marine Group に近縁の古細菌は、その後、中性・アルカリ性の陸水中にも発見されており (Pearson et al., 2004)、TEX86 による温度計は広く用いられはじめている。

一方、これまでわれわれが着目してきたのは、好熱好酸性古細菌 Sulfolobales が生産するエーテル脂質を用いた温度計である。この温度計の適用範囲は 65 から 80 であり、酸性の熱水環境には Marine Group が棲息しないところもあることから、陸上熱水系における温度計として、TEX86 による温度計とはまた別の有用性を持つと期待できる。Sulfolobales は GDGT (Glycerol Dialkyl Glycerol Tetraether) の他に、グリセロール残基の一方がカルジトール残基となった GDCT (Glycerol Dialkyl Calditol Tetraether) を生産する。GDCT は Sulfolobales が特異的に生産するので、生産者を特定するのに有利である。しかし、分析のために HI/LiAlH₄ 処理を行って、イソプレノイドに分解しなければならないという煩雑さも存在する。GDGT は分解を行うことなしに HPLC でより容易に分析できる点で有利である。今回は、GDCT を用いた場合と GDGT を用いた場合、それぞれについて以下に示す実験を行った。

【実験】 1. GDCT 温度計 GDGT と GDCT では、平均環化率の温度依存性が異なっている。今までは、全エーテル脂質と温度の関係式しか利用できなかったが、今回、Sulfolobales を 65、70、75、80 で定常期まで培養し、新たに GDCT の平均環化率と温度の関係式を求めた。分析は、DeLong et al. (1998) を一部改変した方法で、GDCT をイソプレノイドに分解し、GCMS を用いて行った。得られた関係式を鹿児島県霧島温泉の 3ヶ所 (八幡地獄、湯の野地獄、銀湯) で採取した表層堆積物に当てはめ、古水温を推定した。

2. GDGT 温度計 Sulfolobales の 65、70、75、80 の培養物の全脂質抽出物をメタノリシスし、Schouten et al. (2002) の方法に従い、HPLC で分析した。ただし、検出には、APCI-MS に代えて、より操作の簡単な蒸発光散乱検出器 (ELSD) を用いることを試みた。好熱性古細菌と Marine Group では、脂質組成が異なるので、TEX86 をそのままの形で好熱性古細菌に当てはめることはできない。そこで、GDGT 1 分子当たりの環化率 (イソプレノイド鎖 1 本当たりの環化率と区別して、C* で表す) と温度の関係式を求めた。また、銀湯で採取したコアサンプルを 3cm ずつに分割し、GDGT を抽出、メタノリシス後、HPLC で分析して古水温を推定した。また、TOC 測定およびアクリジンオレンジ染色による全菌数計測を行った。

【結果】 1. GDCT 温度計 1-1. 表層堆積物からの GDCT から推定した古水温は、以前求めた全エーテル脂質から推定した古水温と 2 つの地点 (八幡地獄、湯の野地獄) では 3 以内で一致した。

2. GDGT 温度計 2-1. 培養物の GDGT の環化率 (C*) と温度 (T) の間には、 $T=17.6C^*+7.0$ ($r^2=0.96$) の関係が見い出された。

2-2. 銀湯のコアサンプルの抽出物を HPLC-APCI-MS で分析したが、Crenarchaeol とその異性体は検出できなかったため、ここには、Marine Group に近縁の古細菌は棲息していないと考えられる。また、やはりイソプレノイド鎖に五員環を持つ、陸水における代表的な好熱性古細菌である Thermoplasma の培養を銀湯の熱水から試みたが、増殖は確認できなかった。従って、コアから得られた GDGT は、ほぼ Sulfolobales 由来と考えられる。また、コアサンプル内の生菌からの GDGT の寄与は、計測された全球菌数をすべて Sulfolobales の生菌数とみなしても、全 GDGT 抽出物の 1/100 以下と見積もられたため、無視できると考えられる。

2-3. 銀湯のコアでは、15cm 以深で 77 以上という高い推定温度が得られ、これは過去の地熱活動の活発さを示すものであると考えられる。また、9 から 12cm の部位で推定温度の低下、また、15 から 18cm の部位で TOC の低下が見られたことから、堆積環境の変化が起こり、続いて温度が低下したことが示唆された。