

ホウ素同位体比を用いた沖縄トラフ海底熱水中のホウ素の起源の解明 Origin of boron in Okinawa Trough hydrothermal fluids using B isotope as a tracer

土岐 知弘^{1*}; 蝦名 直也¹; 新城 竜一¹; 石橋 純一郎²
TOKI, Tomohiro^{1*}; EBINA, Naoya¹; SHINJO, Ryuichi¹; ISHIBASHI, Jun-ichiro²

¹ 琉球大学, ² 九州大学

¹University of the Ryukyus, ²Kyushu University

沖縄トラフは、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んでいる琉球弧における背弧海盆であり、複数の海底熱水系が見ついている。海底熱水系の周辺には、海底熱水鉱床が分布していると考えられており、有用な金属も多く含まれている。このような海底熱水鉱床の形成メカニズムや濃集過程を知るためにも、海底熱水循環の経路やその周辺の地質に関する情報、さらにはそれらの温度環境を把握することは大変重要である。沖縄トラフには、ユーラシア大陸から大量の陸源性堆積物が供給されており、海底熱水中の化学組成においても海底堆積物の影響が見られると考えられている。堆積物由来の化学物質としては、メタンやアンモニアの他にホウ素 (B) も挙げられる。B には二つの安定同位体が存在するが、堆積物中には ¹⁰B が選択的に取り込まれることや、¹¹B の方が液相に対して高い溶解性を示すことなどが知られている。本研究では、沖縄トラフに見ついている複数の海底熱水系から採取した海底熱水中のホウ素同位体比を調べ、海底熱水が反応した海底下における固相のホウ素同位体比及び反応温度に関する情報を導き出すことを目的としている。

海底熱水試料は、WHATS 採水器を搭載した Hyper Dolphin やしんかい 6500 を用いて、伊平屋北海丘、伊是名海穴 (JADE サイト及び HAKUREI サイト)、鳩間海丘、第四与那国海丘から採取した。試料は、船上においてメッシュサイズ 0.45 μm のメンブレンフィルターを用いてろ過し、HNO₃ を添加して持ち帰った。測定に先だって、5 mL のコンカルバイアル瓶を用いてホウ素を単離し、50 ppb のホウ素が含まれている溶液 0.5~1 mL とした。測定は、Thermo Fisher SCIENTIFIC 社製のマルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析装置 Neptune plus を用いて行い、標準試料 NBS SRM 951 (¹¹B/¹⁰B = 4.0056 ± 0.5) を用いて規格化した。分析精度は ± 0.3% 以内である。

沖縄トラフ海底熱水中には、堆積物のない中央海嶺における海底熱水系と比べると、ホウ素濃度が高く、¹⁰B に富んでいた。また、フィールド間においても違いが見られ、第四与那国海丘で最も ¹⁰B に富んでおり、伊是名海穴における JADE 及び HAKUREI サイトがこれに続く値を取り、伊平屋北海丘及び鳩間海丘における海底熱水中のホウ素同位体比 ($\delta^{11}\text{B}$) が最も ¹⁰B に乏しかった。海底熱水中の $\delta^{11}\text{B}$ と、これまで報告されているメタンの炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C-CH}_4$) とは極めて強い相関を示した。このことから、 $\delta^{11}\text{B}$ の変動要因は、 $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ と同様の変動要因である可能性が示唆された。 $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ の変動要因は、海底堆積物中の有機物が熱分解して生成するメタンと、微生物が生成するメタンの混合比率であると考えられている。このことから、 $\delta^{11}\text{B}$ も高温で堆積物と反応したか、低温で堆積物と反応したかを表している可能性が示唆された。

You et al. (2001) において、水熱実験から示された固相と液相の同位体分別と反応温度との関係を用いて、反応温度を見積もった。固相の $\delta^{11}\text{B}$ としては、沖縄トラフの海底表層で採取された海底堆積物の $\delta^{11}\text{B}$ (- 5.4 及び - 2.2 ‰) を用いて行った。その結果、解の得られない海底熱水系があることが示された。そこで、堆積物からの B の溶出についての下限温度と考えられる 50 °C から、熱水が海底下において臨界点を達する 400 °C までの間で解を持ちうる固相の $\delta^{11}\text{B}$ を見積もると、- 20~- 10 ‰といった範囲の $\delta^{11}\text{B}$ を持つ固相と反応すれば解を持ちうることを示された。このことから、反応した固相の $\delta^{11}\text{B}$ は、沖縄トラフの表層堆積物よりも ¹⁰B に富んだ物質であることが明らかとなった。海底堆積物は熱水変質を受けると、ホウ素同位体比が ¹⁰B に富むことが示されている。このことから、沖縄トラフ海底熱水中の B の起源は、表層堆積物よりも熱水変質が進んだ海底堆積物である可能性が示された。また、反応温度としては、伊平屋北海丘が最も低く、鳩間海丘、伊是名海穴 (JADE 及び HAKUREI サイト)、第四与那国海丘における海底熱水系がこれに続く。このことから、伊平屋北海丘及び鳩間海丘の涵養域には大量の堆積物があり、これらから低温で溶出したホウ素が熱水中に供給されていると考えられる。一方、第四与那国海丘における海底熱水系の場合は、涵養域のみならず、反応域にまで堆積物の分布が達しているために、高温で堆積物から溶出したホウ素が熱水中に供給されていることが示唆された。

キーワード: 海底熱水, 沖縄トラフ, ホウ素同位体比

Keywords: hydrothermal fluid, Okinawa Trough, boron isotope