

[ 別紙 2 ]

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 川口慎介

本研究は、深海底の火成活動に伴う熱水生態系を研究ターゲットとし、そこでの還元性気体、特に水素 ( $H_2$ ) とメタン ( $CH_4$ ) が熱水生態系の物質循環に果たす役割を、様々な熱水系のフィールド調査ならびに室内実験を通じて究明したものである。深海熱水活動とその周辺に繁茂する特異な生態系・微生物活動については、これまでに多くの研究が行われてきた。しかし本研究のように、熱水生態系が周辺の化学環境や物質循環にどのような影響を及ぼすのか、という生物地球化学的視点からなされた研究はきわめて少ない。本研究を完遂したことによって、深海熱水活動、海洋環境、および生命活動を包括して捉える視座を確立し、海底熱水系に関わる研究レベルを大きく引き上げた点は高く評価される。

本論文は7つの章からなる。第1章は本研究の序論で、本研究の基盤現象としての海底熱水活動の概要、本研究で注目した具体的研究テーマと意義、この分野における過去の研究の経緯、などが具体的にまとめられ、本研究の位置づけが的確になされている。次に第2章では、本研究で用いられた観測・化学分析・データ解析手法など、研究のテクニクに関わる部分がまとめられている。本研究で独自に開発した低  $H_2$  試料のための高感度  $H_2$  同位体比計測手法についても、ここで詳しく解説される。本研究で実施した研究航海の紹介もここでなされている。

第3章から第6章は本論文の中核であり、本研究が達成した成果を4つの空間スケール（章を追うごとに、海底熱水系としての空間スケールがマクロからマイクロへと絞り込まれていく）に分けて報告し、議論がなされている。すなわち、第3章では研究船白鳳丸を用いインド洋中央海嶺上の熱水ブルームの探査を、第4章では研究船淡青丸を用い沖縄トラフの閉鎖的カルデラ内の熱水ブルームの探査を、さらに第5章では局所的な熱水噴出域そのものについて潜水船を用いて詳細に探査を行っている。化学指標としても3、4章では濃度が主に用いられるが、第5章では安定同位体比を加えて強固な議論を構築している。さらにこれらフィールド観測に基づくデータ解析に加え、第6章においては、熱水生態系の素過程をより定量的に把握するために、微生物による  $H_2$  消費に関する室内培養実験の手法を新たに取り入れ、現場観測データとの比較から議論をさらに幅広く前進させている。最後の第7章には本研究で得られた新しい成果と結論が要約されている。

海底熱水生態系の水素ガスに関わる研究は、世界的にも数例程度しかない。本研究は、 $H_2$  の濃度と安定同位体組成の両パラメーターについて観測および培養実験の両面からアプローチし、同位体比の変動を支配する動的要因を明らかにした。さらに微生物過程における同位体変動メカニズムについて定量的考察を進め、熱水域微生物による  $H_2$  代謝活性の指標として  $H_2$  同位体比がきわめて有用であることを明らかにした。世界最高の分析感度を持つ  $H_2$  濃度・安定同位体分析システムを構築し、高度な分析化学手法を、生物学・地球科学

研究に活用した点にも高い独創性がある。

熱水生態系、特に海底下の生命圏を理解することは、「原始地球での生命の誕生」「他の天体に生命は存在するか」といった、人類の抱く根源的な疑問の解決に直結している。本研究は、 $H_2$  同位体という化学的指標を武器に、直接観察が困難な地下生命圏の実態に迫り、人類共通の謎の解明につながる点で、社会的にも強い関心を呼ぶ内容である。

本研究のフィールド調査（第3章）の過程で、インド洋中央部に新たな海底熱水活動域を特定することに成功している。地球全域にわたる熱水生態系の遺伝的分布・伝播を考察する上で大きな障壁となっているインド洋の空白域を、今後埋めていく大きなきっかけを与えるものと評価できる。この成果が引き金となり、有人潜水船「しんかい6500」（JAMSTEC）を用いる潜航調査航海が、中央インド洋海嶺において2009年10月に予定されている（「よこすか」YK09-12次航海）。インド洋では3番目となる大規模なブラックスモーカーと新たな熱水生態系が発見され、それらの詳細な生物地球化学的研究の進展することが大いに期待される。

以上のように、本研究は海水・熱水中に含まれる還元性気体の挙動を様々なセッティングにおいて詳細に解明し、新たな化学分析手法の開発も含めて、海底熱水系の生物地球化学的研究を格段に進展させた。今後、海底熱水生態系が海洋の物質循環に果たす役割をグローバルな視点から定量化していく上で、きわめて価値の高い先駆け研究と位置づけられる。よって、審査委員一同は論文提出者に博士（農学）の学位を授与できるものと認める。