

# 平成25年度 新学術領域研究（研究領域提案型） 事後評価結果（所見）

## 研究領域名

海底下の大河：地球規模の海洋地殻中の移流と生物地球科学作用

## 研究期間

平成20年度～平成24年度

## 領域代表者

浦辺 徹郎（東京大学・大学院理学系研究科・教授）

## 研究領域の概要

海洋底は、固体地球最大の境界層であり、地球内部からの熱や物質の放出に大きな役割を果たしている。本研究提案は、従来海洋におけるエネルギー・物質循環を考える上でほとんど考慮されてこなかった「海底下の流体の移流」という現象を、陸域河川に匹敵する現象、すなわち「海底下の大河」として捉え直し、かつ、その影響を地質—化学—生命の多面相互作用として解明・理解しようとするものである。また「海底下の大河」における「固体—流体—微生物の相互作用の流れ」を明らかにし、地球最大の生物圏でありながら未だその全貌が未知のままである海底下微生物圏の広がりの特徴を明らかにし、単独の科学分野では為し得ない新しい地球生命科学の領域を切り開くものである。

## 領域代表者からの報告

### 1. 研究領域の目的及び意義

1977年ガラパゴス海嶺において偶然海底熱水活動が発見され、その熱水噴出口周辺に豊かな生物群集が観察された。それらは海底面周辺の化学合成独立栄養微生物群集による一次生産に支えられていることが明らかにされた。それを海底下微生物圏と呼ぶ。本領域研究は「海底下の大河」をキーワードに、地球最大の生物圏でありながら未だその全貌が未知のままである海底下微生物圏の広がりの特徴を、それに栄養分を供給している海洋地殻内の流れである海底下の大河の特長と共に明らかにするという、新しい地球生命科学の領域を切り開くものである。

海洋底は広大であり、上記の海底下生物圏の多様性を最も効率よく、漏れなくカバーするためには明快な戦略と綿密な計画が必要である。そこで我々は、これまでの研究に基づき、海底下の大河は「水素」「イオウ」「メタン」、そして「鉄の大河」の4つに分類されるという仮説を提唱し検証を試みた。海底熱水循環系は、地球上のエネルギー・物質循環における最大の現象の1つであるが、その時空間的な広がりや発達史、現場環境（フィールド）における素過程を明らかにすることを通じて、様々な物理・化学・地質環境と微生物活動の相互作用を解き明かすことを目的とした。

### 2. 研究の進展状況及び成果の概要

本計画の最大の成果は、大河仮説を分野横断的手法と数多くの航海を通じて実際に検証したことである。具体的には、南部マリアナトラフで「イオウの大河」と「鉄の大河」を発見し、かつそれらの違いをもたらしたマグマ供給システムを地球物理学的手法で明らかにすると共に、高精度磁気構造の解析から熱水変質の範囲を明らかにし、硫化物・硫酸塩鉱物を用いた年代測定と併せて熱水系の変遷と進化を明らかにした。沖縄トラフでは「イオウの大河」と「メタンの大河」が卓越していることを示した。2つの熱水域を掘削し、その構造と熱水活動の持続時間について明らかにした。「メタンの大河」は堆積物に覆われた熱水系に特徴的なものであるが、そのメタンの起源については正確に分かっていなかった。同位体研究により、その起源が詳細に明らかにされ、大河の上流、流域も含めたモデルが構築された。インド洋中央海嶺3重点においては「水素の大河」の起源が、マントル起源の岩石と海水の反応によってもたらされたと考えら

れる地質構造モデルが作られた。また実験により、中央海嶺で見られるようなマグニチュードの小さな断層でも、水素ベースの地下生物圏を保持しうるような水素量を発生しうるということが明らかにされた。さらに重要な成果として、ここに水素に依存した海底下微生物生態系及び化学合成生物共生システムが存在することが明らかになった。

## 審査部会における所見

A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの成果があった)

### 1. 総合所見

本研究領域は、地球物理学、地質学、地球化学、生物学の連携によって、海底下の熱冷水による固体地球からの生物栄養化学種の供給メカニズムと、それらによって養われる独立栄養微生物を基盤とする生態系について総合的に解明し、これによって新しい地球生命科学の創成を目的とするものである。4つの栄養化学種について、海底下にそれぞれ移流システムが存在するとする「大河」仮説を提唱し、多角的な深海底探査を行うことによって、それらが存在する海底域があることを突き止めた。同時に各栄養化学種の生成機構を解明し、主栄養化学種の違いや熱冷水の流れの構造に応じて、微生物群集の種構成やその深さ分布に多様性があることを見出した。優れた融合研究が展開され、ほぼ期待どおりの成果があった。

### 2. 評価に当たっての着目点ごとの所見

#### (a) 研究領域の設定目的の達成度

異分野の研究者が調査航海を共にし、同じテーマについて複数の手法を適用して共著論文化するなど、連携を深めるための積極的な取組がなされ、優れた融合研究成果を生み出すに至った。また、仮説であった固体地球と深海底生態系の相互作用が実証的に解明され、これらを総合的に理解するための方法論を示したことにより、新たな学術分野の立ち上げに成功したと判断できる。一方で、当初計画されていたモデリング研究があまり進まなかった点は残念であり、今後の課題と言える。

#### (b) 研究成果

異分野連携と多様な手法の適用から、優れた融合的成果が生まれている。メタン・イオウ・水素・鉄の栄養化学種について海底下に熱冷水の移流システムが存在するという仮説を提唱し、複数のモデルフィールドについて多角的な深海底探査を行うことによって、その実在を突き止めた。同時にそれぞれの海底域について、岩石や堆積物と水の化学的相互作用、テクトニクス場の面から栄養化学種の生成機構を明らかにした。また、主栄養化学種の違いや熱冷水の流れの構造に応じて、一次生産微生物群集の種構成やその深さ分布に明瞭な違いがあることを見出した。

#### (c) 研究組織

領域代表者のリーダーシップの下、有機的に研究者の連携が進んだ点は評価できる。

#### (d) 研究費の使用

特に問題点はなかった。

#### (e) 当該学問分野、関連学問分野への貢献度

固体地球から深海底への化学エネルギーの起源と流れ、それにより維持される生態系について実証的に解明することにより、地球科学与生命科学を繋ぐ新しい学問領域の開拓がなされた。また、広く生命の起源論やアストロバイオロジーにもつながる成果を得ている。

#### (f) 若手研究者育成への貢献度

大学院生が出身研究室以外の環境で一カ月以上の長期研究を行う仕組みを設け、また乗船機会を若手の交流の場として位置付けるなど、各研究者の研究の幅を広げることに力点を置いた実践的な人材育成を展

開した点は評価できる。