

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 28 日現在

機関番号：82706
 研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）
 研究期間：2008～2012
 課題番号：20109005
 研究課題名（和文） 「海底下の大河」における物理・化学環境と微生物活動の相互作用：現場環境での素過程
 研究課題名（英文） Interactions between microbial processes and physical-chemical environments associated with seafloor advection of hydrothermal fluids
 研究代表者
 高井 研 (TAKAI KEN)
 独立行政法人海洋研究開発機構・海洋・極限環境生物圏領域・プログラムディレクター
 研究者番号：80359166

研究成果の概要（和文）：「海底下の大河」の検証すべきモデルとして掲げた 4 つの大河モデル「水素」「イオウ」「メタン」「鉄」の「大河」のそれぞれについて、掘削による海底下熱水循環系での素過程、海底観察による河口域での素過程について現場環境検証を行い、様々な段階・領域の物理・化学環境と微生物活動の相互作用を解き明かし、生物地球エネルギー・物質循環の全体像を紐解く鍵を与えた。

研究成果の概要（英文）：We have planned and conducted many of the drilling-based and the seafloor-observation-based expedition to investigate interactions between microbial processes and physical-chemical environments associated with seafloor advection of hydrothermal fluids according to the initially hypothesized 4 representative models: H₂, S⁻, CH₄ and Fe-types of seafloor rivers. We clarified several key interactive processes between the seafloor microbial communities and functions and the physical and chemical variations in the whole advection systems of the hypothesized models.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-------------|------------|-------------|
| 2008 年度 | 34,800,000 | 10,440,000 | 45,240,000 |
| 2009 年度 | 39,000,000 | 11,700,000 | 50,700,000 |
| 2010 年度 | 58,000,000 | 17,400,000 | 75,400,000 |
| 2011 年度 | 59,000,000 | 17,700,000 | 76,700,000 |
| 2012 年度 | 23,700,000 | 7,110,000 | 30,810,000 |
| 総計 | 214,500,000 | 64,350,000 | 278,850,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球宇宙化学

キーワード：熱水循環、海底下の大河、酸化還元状態、生物地球化学、素過程

1. 研究開始当初の背景

1970 年代末に海底熱水活動が発見され、熱水噴出口周辺に見られる豊かなエコシステムが化学合成による一次生産に依存していることが明らかになった。その発見は、地球の生命活動はすべて太陽の輻射エネルギーによる光合成に支えられているという概念を覆すものであり、熱水域の化学合成生態

系の研究は急速に進展した。一方、熱水域は世界中で 340 カ所程度であり、地球全体の有機炭素の生産量から考えた場合、その影響は極めて小さいと考えられてきた。しかし近年、地球表面積の 70% を占める海洋底下に広大な「地下生物圏」が広がっている可能性が指摘され、地球上の炭素循環のみならず、地球生命の在り方及び地球生命圏の限界や進化

について大きなパラダイムシフトが起こりつつある。

固体地球と水圏は厚みのある境界層としての海洋リソスフェア上面を共有している。この層は、非常に高い透水性(>10-12m²)を持つ空隙に富んだ海洋上部地殻と、それをおおう透水性の低い未固結堆積物からなり、地球内部からの熱の放出に大きな役割を果たしている。熱放出のスタイルは、堆積物のない海嶺軸部における高温熱水活動、堆積物に覆われた海嶺翼部における低温熱水活動、および65Ma内外より古い海洋地殻での熱伝導に区分されてきた。海嶺における海洋リソスフェアの生成後は、単調な冷却をイメージしがちであるが、実際には幾通りものプレート内火成活動で改変を受け、必ずしも単純な熱史をたどっている訳ではない。加えて、低温の活動を含めた海洋地殻中の熱水循環は、海洋リソスフェアを通じた冷却の様式を規定するので、全マントルのダイナミクスにも影響を及ぼすことが指摘でき、海洋地殻内の熱水活動の広がりとその様式もまた、再考を迫られている。このように、全地球的な視野での海洋地殻中の熱水循環の解明は、海洋底地球科学にとどまらない新たな研究領域である。

われわれは、この熱水循環を“海底下の大河”と呼ぶことを提案する。というのも、熱水循環は単なる海水の熱的循環ではなく、陸上の河川と同様、マグマ由来の揮発性成分を初めとするさまざまなインプットを持ち、“流域”では風化や岩石・水反応を通じて地殻と成分のやりとりを行い、大洋に流入してその組成の一部を制御しているからである。

陸上の大河は地表の生態系を支えているが、海底下の大河は「地下生物圏」に対し更に大きな役割を果たしていると考えられる。海域の生物バイオマスの99%以上は、海水中ではなく海底下の地下生物圏に存在すると指摘されているが、それらの生態系を支えているのが海底下の大河を介したエネルギー・物質循環であることは間違いない。つまり、海底下における生態系は、海洋底テクニクスおよびマグマ活動に制御された、海底下の大河の流れと、空間的・時間的に深く関わっている。

これまで、海底熱水活動が多く見られる中央海嶺からの化学的フラックスは拡大速度に比例すると一般化されてきた。しかし、そのような単純な視点は、次のような発見によって見直しを迫られている：低速拡大域におけるこれまでのカテゴリに入らない海嶺熱水活動の発見と、水素をベースにしたあらたな生態系の発見、島弧海山の地下生物圏の実例、巨大な熱水鉱床をもたらす島弧/背弧の海底熱水活動の発見、厚い堆積物に覆われた場におけるメタンに依存した熱水生態系の発見、背弧海盆における非常に高い熱水活

動密度の発見、海嶺翼部における海洋地殻上部中の低温熱水循環の発見、および、海洋地殻玄武岩中の二価鉄に依存したおよそ1000万年に及ぶ玄武岩微生物活動の発見などである。これらはいずれも、海底下の大河に支えられた「地下生物圏」が、これまでの想像を遙かに超えた多様性と広がりを持っていることを示唆している。

2. 研究の目的

海洋底は広大であり、上記の「地下生物圏」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ことは言うまでもない。そこで、我々はこれまでの研究に基づき、海底下の大河を「水素」「イオウ」「メタン」、そして「鉄の大河」の4つに分類した。本研究計画の目的は、その典型的な「海底下の大河」モデルにおける様々な段階・領域の物理・化学環境と微生物活動の相互作用を解き明かし、生物地球エネルギー・物質循環の全体像を紐解く鍵を与えると共に、熱水循環場の時空間的な広がりや変遷過程の理解の中心的基礎を築くことである。本研究提案では特に、「大河」の現場環境(フィールド)における素過程を、高精度観察及び分析、反応・機能解析により解き明かし、「大河」を「物理・化学環境と微生物活動の相互作用の流れ」として理解することを目的とする。

3. 研究の方法

研究は分野横断的な研究体制で行われた。研究代表者高井研と研究分担者中川聡が、各「大河」の微環境における微生物群集規模、構造、機能、活性の解析を明らかにする。研究分担者高橋嘉夫が、主に「大河」の各微環境中の固体-流体-微生物境界領域における物理・化学環境(酸化還元状態)の解析を行う。研究分担者土岐知弘が、主に「大河」の各微環境における流体の無機化学解析を、研究分担者山中寿郎が、主に「大河」の各微環境中の固体-流体-微生物境界領域における有機化学解析を担当する。琉球大学及び岡山大学での成果と合わせて「炭素-イオウ-鉄同位体複合解析による微生物代謝レドックス」を明らかにする。

4. 研究成果

2008年度はまず研究実施体制の構築と研究環境・設備・備品の準備を行った。特に、現場ラジオアイソトープ及び安定同位体トレーサー培養器、現場間隙水抽出装置及び現場化学計測機器の製作等を行い、研究実施体制の整備を行った。これらの現場環境で使用される培養器、採水器及び計測機器は、すべて国内では初めて開発されたものであり、世界的に見ても独自の調査機器である。それら

の調査機器を世界で先駆けて開発・保有し得たことは、我が国の学術水準の向上・強化に大きく貢献した。また開発に関するノウハウの蓄積は、将来のより高感度・高精度な調査機器開発の基盤を構築した。

2009年度は「海底下の大河」研究領域に関連するいくつかの調査航海が行われた。一つは沖縄トラフ「メタンの大河」の河口域における（微）生物-物理化学因子の相互作用についての調査航海（2009年6-7月）、もう一つは中央インド洋海嶺「水素及び硫黄の大河」の河口域における（微）生物-物理化学因子の相互作用についての調査航海（2009年10-11月）であった。

沖縄トラフ調査航海は、これまでの調査航海の成果を総括する成果を得るための調査であり、本研究計画で開発した現場ラジオアイソトープ及び安定同位体トレーサー培養器や現場化学計測機器を駆使して、詳細な熱水化学・微生物生態系の解析を行った。その包括的な成果として、沖縄トラフ熱水中に含まれるメタンが、熱水近傍の熱水循環系において、有機物の熱分解や好熱性メタン菌による微生物活動によって生成されたものではなく、むしろ熱水活動域から遠く離れたトラフ堆積物の深部で微生物共栄養によって生成されたものであることを明らかにした。また熱水によって深海に供給された無機エネルギーが、プルーム中で極めて大きな生物生産を担っていることを示す重要な成果が得られた。

中央インド洋海嶺調査航海では、地質学的条件の異なる新たな熱水活動を2つ発見した。インド洋における熱水の化学組成の多様性（大河の多様性）を明らかにすると共に、熱水生態系の多様性を見出した。さらに、インド洋の水素に富んだ熱水活動域にて、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を明らかにした。

これらの成果は、すべて世界的に見て科学的インパクトの大きな成果である。堆積物に影響された「メタンの大河」におけるメタン生成メカニズムと場を特定したのは世界で初めての成果であり、中央インド洋で見つかった4つの熱水活動域の3つは日本の研究者が見つけたものである。これらの成果は、我が国の学術水準の向上に大きく貢献した。

2010年度は、「小型海底掘削プラットフォーム BMS」を用いた南部マリアナ「イオウの大河」の掘削航海（2010年6月）、引き続き南部マリアナ「イオウの大河」の掘削孔を利用した（微）生物-物理化学因子の相互作用についての調査航海（2009年8月、10月）が行われた。また中部マリアナ「鉄の大河」における（微）生物-物理化学因子の相互作用についての調査航海（2009年7月）も行われ

た。2010年9-10月には、地球深部掘削船「ちきゅう」による IODP 沖縄トラフ「メタンの大河」の下流域における（微）生物-物理化学因子の相互作用についての掘削調査航海

（2010年9-10月）が行われた。その成果は、沖縄トラフにおける「海底下の大河」の下流域において、「巨大な海底下熱水の移流・滞留層、それは海底下熱水湖と呼べる、が形成され、気液二相分離に伴う熱水密度成層構造が形成される」という掘削によって初めて明らかになった画期的な発見に結びついた。すなわち、これら一連の研究調査とその研究成果は、「熱水噴出口、冷湧水域に集中した観測や解析が、より広域的な「海底下の大河」全容の理解に向けてのモデル構築を導き、そのモデルの検証に向けた「海底下の大河」に対する直接的な掘削調査研究を牽引し、最終的には世界に先駆けた「海底下の大河」の流域構造とその物理・化学・微生物プロセスの理解に結びついた」ことを体現するものであった。

2011年度には、沖縄トラフ「メタンの大河」の河口域における（微）生物-物理化学因子の相互作用についての調査航海（2011年8月、9月、2012年3月）、深海掘削船「ジョイデスレゾリューション」を用いた IODP 大西洋「鉄の大河」の流域の掘削航海（2011年9月）が行われた。沖縄トラフの「メタンの大河」については、2010年度までに、これまでの熱水域やその周辺部の調査航海やその研究の成果として、「沖縄トラフ熱水中に含まれるメタンが、熱水近傍の熱水循環系において、有機物の熱分解や好熱性メタン菌による微生物活動によって生成されたものではなく、むしろ熱水活動域から数10kmも遠く離れたトラフ堆積物の深部で微生物共栄養によって生成されたものであり、そのメタンが全大河流域での微生物や生物の活動の重要なエネルギー・炭素源となっている」という全く新しい「広域的な海底下の大河」構造モデルを論文として発表するに至った。2011年度には、新たな熱水活動域の熱水化学組成や同位体化学特徴、周辺微生物群集の存在様式に関する新たな知見を加える事により、そのモデル化をさらに推し進め、沖縄トラフの「メタンの大河」のみならず、世界的な「メタンの大河」における「広域的な海底下の大河」構造モデルを構築した。また2010年に行われた掘削航海の掘削後調査によって、「海底下熱水溜まりにおける熱水化学組成の空間的不均一性と熱水鉱床成因」に対する画期的な成果を得る事ができた。その他、マリアナトラフや大西洋における「鉄の大河」における鉄依存型の微生物生態系の存在を明らかにするなど、「メタンの大河」を含む4つの大河モデルにおける成果を着実にあげる事ができた。

最終年度には、沖縄トラフ「メタンの大河」の河口域における（微）生物-物理化学因子の相互作用についての調査航海（2012年10月）、中央インド洋海嶺「水素の大河」と「イオウの大河」の河口域における（微）生物-物理化学因子の相互作用についての調査航海（2013年2-3月）が行われた。沖縄トラフの「メタンの大河」については、これまで広範囲に渡る海底下熱水循環において特徴的な（微）生物-物理化学因子の相互作用が起きている事を明らかにしてきたが、今年度の調査では、掘削による海底下熱水流路の変化による海底面での熱水活動パターンや熱水化学組成にどのような影響を与えるか、さらに海底面でも熱水活動の変化が海底（微）生物生態系にどのような影響を与えるか、を明らかにする事ができた。特に掘削による熱水活動パターンと化学組成変化については論文として纏め、投稿中である。また2011年度行われたIODP大西洋「鉄の大河」の流域の掘削航海で得られたサンプルについて微生物学的研究をすすめ、「鉄の大河」における硫黄酸化菌や水素酸化菌の重要性が見いだされた。Edwards & Bach (2003)により提唱され、「海底下大河」研究における重要なモデルと掲げられた「鉄の大河」が本当に存在するのかという問題提起となった。その他、中央インド洋海嶺「水素の大河」と「イオウの大河」の河口域における（微）生物-物理化学因子の相互作用の調査において採取された試料を用いた研究を進め、4つの大河モデルにおける成果を着実にあげる事ができ、かつその取り纏めを行った。

以上の理由から、本研究計画が当初の計画以上に進展したと評価する。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計46件）

- ① Yamanaka, T., Maeto, K., Akashi, H., Ishibashi, J., Miyoshi, Y., Okamura, K., Noguchi, T., Kuwahara, Y., Toki, T., Tsunogai, U., Ura, T., Nakatani, T., Maki, T., Kubokawa, K., and Chiba, H. Shallow submarine hydrothermal activity with significant contribution of magmatic water producing talc chimneys in the Wakamiko Crater of Kagoshima Bay, southern Kyushu, Japan. *J. Volcan. Geotherm. Res.*, in press, 2013. 査読有 DOI:10.1016/j.jvolgeores.2013.04.007
- ② Nakamura, K., Toki, T., Mochizuki, N., Asada, M., Ishibashi, J., Nogi, Y., Yoshikawa, S., and Okino, K. (2013) Discovery of a new hydrothermal vent site in the Southern Mariana Trough based on geophysical surveys using the AUV Urashima. *Deep-Sea Research Part I*, 74, 1-10, 2013, 査読有 DOI:10.1016/j.dsr.2012.12.003
- ③ Mino, S., Makita, H., Toki, T., Miyazaki, J., Kato, S., Watanabe, H., Imachi, H., Watsuji, T., Nunoura, T., Kojima, S., Sawabe, T., Takai, K., and Nakagawa, S. Biogeography of *Persephonella* in deep-sea hydrothermal vents of the Western Pacific. *Frontier in Extreme Microbiology*, 4, 107, 2013, 査読有 DOI:10.3389/fmicb.2013.00107
- ④ Kato, S., Nakamura, K., Toki, T., Ishibashi, J., Tsunogai, U., Hirota, A., Ohkuma, M., and Yamagishi, A. (2012) Iron-based microbial ecosystem on and below the seafloor: a case study of hydrothermal fields of the Southern Mariana Trough. *Frontiers in Microbiological Chemistry*, 3, 89, 2012, 査読有 DOI:10.3389/fmicb.2012.00089
- ⑤ Makita, H., Nakagawa, S., Miyazaki, M., Nakamura, K., Inagaki, F., and Takai, K. *Thiofractor thiocaminus* gen. nov., sp. nov., a novel hydrogen-oxidizing, sulfur-reducing epsilonproteobacterium isolated from a deep-sea hydrothermal vent chimney in the Nikko Seamount field of the northern Mariana Arc. *Arch. Microbiol.*, 194, 785-794, 2012, 査読有 DOI:10.1007/s00203-012-0814-1
- ⑥ Kawagucci, S., Ueno, Y., Takai, K., Toki, T., Ito, M., Inoue, K., Makabe, A., Yoshida, N., Muramatsu, Y., Takahata, N., Sano, Y., Narita, T., Teranishi, G., Obata, H., Nakagawa, S., Nunoura, T., and Gamo, T. Geochemical origin of hydrothermal fluid methane in sediment-associated fields and its relevance with the geographical distribution of whole hydrothermal circulation. *Chem. Geol.*, 339, 213-225, 2012, 査読有 DOI:10.1016/j.chemgeo.2012.05.003
- ⑦ Nakamura, K., Watanabe, H., Miyazaki, J., Takai, K., Kawagucci, S., Noguchi, T., Nemoto, S., Watsuji, T., Matsuzaki, T., Shibuya, S., Okamura, K., Mochizuki, M., Orihashi, Y., Ura, T., Asada, A., Marie, D., Koonjul, M., Singh, M., Beedessee, G., Bhikajee, M., and Tamaki, K. Discovery of new hydrothermal activity and chemosynthetic fauna on the Central Indian Ridge at 18°-20°S. *PLoS ONE*, 7, e32965, 2012, 査読有 DOI:10.1371/journal.pone.0032965
- ⑧ Takai, K., Mottl, M. J., Nielson, S. H. H., and the IODP Expedition 331 Scientists IODP Expedition 331 finds enormous hydrothermally altered lithostratigraphy comparable to typical Kuroko deposits and

- chemically stratified hydrothermal fluid reservoir, and points to possible existence of functionally active microbial communities beneath the Iheya North hydrothermal system, the Okinawa Trough. Scientific Drilling, 13, 19-27, 2012、査読有
- ⑨ Tsuji, T., Takai, K., Oiwane, H., Nakamura, Y., Masaki, Y., Kumagai, H., Kinoshita, K., Yamamoto, F., Okano, T., and Kuramoto, S. (2012) Hydrothermal fluid flow system around the Iheya North Knoll in the mid-Okinawa Trough based on seismic reflection data. J. Volcanol Geotherm. Res., 213-214, 41-50, 2012、査読有 DOI:10.1016/j.jvolgeores.2011.11.007
- ⑩ Kawagucci, S., Chiba, H., Ishibashi, J., Yamanaka, T., Toki, T., Muramatsu, Y., Ueno, Y., Makabe, A., Inoue, K., Yoshida, N., Nakagawa, S., Nunoura, N., Takai, K., Takahata, N., Sano, Y., Narita, T., Teranishi, G., Obata, H., and Gamo, T. Hydrothermal fluid geochemistry at the Iheya North field in the mid-Okinawa Trough: Implication for origin of methane in subsurface fluid circulation systems. Geochim. J., 45, 109-124, 2011、査読有
- ⑪ Masaki, Y., Kinoshita, M., Inagaki, F., Nakagawa, S., and Takai, K. (2011) Possible kilometer-scale hydrothermal circulation within the Iheya-North field, mid-Okinawa Trough, as inferred from heat flow data. JAMSTEC Report Research and Development, 12, 1-12, 2011、査読有 DOI:org/10.5918/jamstecr.12.1
- ⑫ Takai, K. and Nakamura, K. Archaeal Diversity and Community Development in Deep-Sea Hydrothermal Vents. Curr. Opin. Microbiol., 14, 282-291, 2011、査読有 DOI:10.1016/j.mib.2011.04.013
- ⑬ Takai, K. Limits of life and biosphere: lesson from detection of microorganisms in deep-sea and deep subsurface in the Earth. In: Origins and evolution of life: an astrobiological perspective, (eds., M. Gargaud, P. Lopez-Garcia, and H. Martin), Cambridge University Press, Cambridge, 469-488, 2011、査読有
- ⑭ Nakamura, R., Takashima, T., Kato, S., Takai, K., Yamamoto, M., and Hashimoto, K. Electrical current generation across a black smoker chimney. Angewandte Chemie, 49, 7692-7694, 2010、査読有 DOI:10.1002/anie.201003311
- ⑮ Kawagucci, S., Toki, T., Ishibashi, J., Takai, K., Ito, M., Oomori, T., and Gamo, T. Isotopic variation of molecular hydrogen in 20⁰-375⁰C hydrothermal fluids as detected by a new analytical method. J. Geophys. Res., 115, G03021, 2010、査読有 DOI:10.1029/2009JG001203
- ⑯ Nunoura, T., Oida, H., Nakaseama, M., Kosaka, A., Ohkubo, S., Kikuchi, T., Kazama, H., Tanabe, S. H., Nakamura, K., Kinoshita, M., Hirayama, H., Inagaki, F., Tsunogai, U., Ishibashi, J., and Takai, K. Archaeal diversity and distribution along thermal and geochemical gradients in hydrothermal sediments at the Yonaguni Knoll IV, the Southern Okinawa Trough. Appl. Environ. Microbiol., 76, 1198-1211, 2010、査読有 DOI:10.1128/AEM.00924-09
- ⑰ Takai, K. and Nakamura, K. Compositional, physiological and metabolic variability in microbial communities associated with geochemically diverse, deep-sea hydrothermal vent fluids. Geomicrobiology: Molecular & Environmental Perspective, 251-283, 2010、査読有 DOI:10.1007/978-90-481-9204-5_12

他 29 件

[学会発表] (計 53 件)

1. Yamagami, S., Fujikura, K., Koito, T., Inoue, K., Yamanaka, T., Reevaluation and comparison of energy source of chemosynthesis-based animals at several hydrothermal fields. American Geophysical Union 2012 Fall meeting, Dec. 3, 2013, Moscone Center, San Francisco, USA.
2. Nagashio, H., Yamanaka, T., Watanabe, H., Yamagami, S., Ise, Y., Makita, H., Evaluation of nutrient sources for the sponges inhabited around seafloor hydrothermal fields in the Okinawa Trough, American Geophysical Union 2012 Fall meeting, Dec. 3, 2013, Moscone Center, San Francisco, USA.
3. Yamanaka, T., Akashi, H., Mitsunari, T. What is the constraint on formation of oil-starved hydrothermal systems in the sediment-rich Okinawa Trough, southwestern Japan. American Geophysical Union 2012 Fall meeting, Dec. 3, 2013, Moscone Center, San Francisco, USA.
4. Sayaka Mino, Satoshi Nakagawa, Tomoo Sawabe, Juichi Miyazaki, Hiroko Makita, Takuro Nunoura, Masahiro Yamamoto, and Ken Takai. Population structure of deep-sea chemolithoautotrophs: identification of phenotypic and genotypic correlations. 2012 AGU Fall meeting. Dec 3, 2012. San

- Francisco,USA.
5. Satoshi Nakagawa, Shigeru Shimamura, Yoshihiro Takaki, Sayaka Mino, Hiroko Makita, Tomoo Sawabe, and Ken Takai. Genomic and population genetic analysis of deep-sea vent chemoautotrophs. 2012 AGU Fall meeting. Dec 4, 2012. San Francisco,USA.
 6. Mino, S., Nakagawa, S., Makita, H., Inagaki, F., Yamamoto, M., Nunoura, T., Nakamura, K., Godfroy, A., Takai, K., and Sawabe, T. A new approach for clarifying the population genetic structure of chemoautotrophic bacteria in deep-sea hydrothermal fields. International Union of Microbiological Sciences 2011 Congress. Sep. 7, 2011. Sapporo.
 7. Nakagawa, S. Population genetics and ecophysiology of chemoautotrophic deep-sea vent Epsilonproteobacteria. International Union of Microbiological Sciences 2011 Congress. Sep 6, 2011. Sapporo

他 46 件

〔図書〕 (計 7 件)

1. 高井研 生命はなぜ生まれたのかー地球生物の起源の謎に迫るー. 幻冬舎. 241 頁.2011.
2. NHK「サイエンス Zero」取材班, 高井研, JAMSTEC 深海で生命の起源を探る NHK 出版, 132 頁.2011.
3. 高井研 深海に青春を賭けて. National Geographic 日本版 web. 日経ナショナルジオグラフィック社.2011-2013.

他 4 件

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 4 件)

名称：海底熱水鉱物資源の回収方法及び回収システム

発明者：高井研他 10 名

権利者：独立行政法人海洋研究開発機構

種類：特許

番号：特願 2012-026705

出願年月日：2012 年 2 月 9 日

国内外の別：国内

名称：発電システム

発明者：山本正浩他 8 名

権利者：独立行政法人海洋研究開発機構、
国立大学法人東京大学

種類：特許

番号：特願 2012-071864

出願年月日：2012 年 3 月 27 日

国内外の別：国内

名称：レアアースの回収方法

発明者：高橋嘉夫、宮地亜沙美、近藤和博

権利者：国立大学法人広島大学、アイシン精機株式会社

種類：特許

番号：特願 2012-085321

出願年月日：2012 年 4 月 4 日

国内外の別：国内

名称：核酸のゲル化沈殿による希土類金属の回収方法

発明者：高橋嘉夫、宮地亜沙美、近藤和博

権利者：アイシン精機株式会社、国立大学法人広島大学

種類：特許

番号：特願 2012-228261

出願年月日：2012 年 10 月 15 日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.jamstec.go.jp/biogeos/j/xbr/sugar/>

<http://www.jamstec.go.jp/less/precam/j/>

<http://www.jamstec.go.jp/shigen/j/organization/ht/>

<http://www-gbs.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~taiga/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高井 研 (TAKAI KEN)

独立行政法人海洋研究開発機構・海洋・極限環境生物圏領域・プログラムディレクター

研究者番号：80359166

(2) 研究分担者

高橋嘉夫 (TAKAHASHI YOSHIO)

広島大学大学院・理学研究科・教授

研究者番号：10304396

山中寿朗 (YAMANAKA TOSHIRO)

岡山大学大学院・自然科学研究科・准教授

研究者番号：60343331

土岐知弘 (TOKI TOMOHIRO)

琉球大学・理学部・助教

研究者番号：50396925

中川聡 (NAKAGAWA SATOSHI)

北海道大学大学院・水産学研究科・准教授

研究者番号：70435832