

令和 4 年 6 月 18 日現在

機関番号：32687

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K07274

研究課題名(和文) 次世代シーケンシング技術を用いた日本近海産宝石サンゴの幼生分散の解明

研究課題名(英文) Larval dispersal processes of Japanese precious corals using using next-generation sequencing

研究代表者

岩崎 望 (Iwasaki, Nozomu)

立正大学・地球環境科学部・教授

研究者番号：20193724

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：日本産宝石サンゴ3種について、幼生分散とコネクティビティ、種内・地域集団の遺伝的多様性を明らかにするためにRAD-seq解析を行った。その結果、アカサンゴには複数の地域集団が存在することが明らかになった。シロサンゴにおいても種内に異なる2クラスターが検出され、地域集団の遺伝的分化の可能性が示唆された。

また、3種の宝石サンゴはアルギニンキナーゼ遺伝子2種を持つことが明らかになり、それらのアミノ酸配列に基づき分岐年代を推定したところ、アカサンゴは510-990万年前にシロサンゴ、モモイロサンゴのグループから分岐し、シロサンゴとモモイロサンゴは330-340万年前に分岐したと推定された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本近海は宝石サンゴの有数の漁場であるが、資源の減少と漁獲量の増加のため環境省レッドリストに準絶滅危惧種として3種が掲載されている。現在も漁獲は続いており、その保全と漁業の管理は喫緊の課題である。本研究は、それらの地域集団に遺伝的分化の可能性を示した。今後、幼生の分散過程を推定し幼生分散のソースとシンクを明らかにすることで、地域集団毎に保護区や禁漁区を設定するために貢献することができる。

研究成果の概要(英文)：The RAD-seq analysis was conducted on three Japanese precious corals to clarify larval dispersal and connectivity, and genetic diversity within and within the species. The results indicate that there are some regional populations in *Corallium japonicum*. In *Pleurocorallium konojoi*, two different clusters were detected. It is suggested that there is a possibility of genetic divergence in the regional populations.

The result of RNA sequencing indicates three species of Japanese precious corals express two types of arginine kinase genes. the divergence time of *C. japonicum* and the other two corals (*P. konojoi* and *P. elatius*) is estimated to be 5.1 - 9.9 Mya, and that of *P. konojoi* and *P. elatius* was 3.3 - 3.4 Mya.

研究分野：海洋生物学

キーワード：宝石サンゴ コネクティビティ 幼生分散 RNA-seq RAD-seq カンタキサンチン アルギニンキナーゼ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 社会的背景 宝石サンゴは刺胞動物門・八放サンゴ亜綱・サンゴ科に属し、サンゴ科 30 余種のうち 8 種(地中海産 1 種、日本及び台湾産 4 種、ミッドウエイ及びハワイ産 3 種)が宝飾品として流通している。日本近海は宝石サンゴの有数の漁場であり、高品質のものが漁獲されている。中国経済の好況により中国の富裕層が好んで宝石サンゴを購入したため、2010 年頃から価格が高騰した。そのため、新たに珊瑚漁に参入する漁業者が急増した。また、2014 年には小笠原近海で中国漁船による大規模な密漁事件が起こった。宝石サンゴ資源の減少に加え、漁獲圧が高まったため、2017 年にアカサンゴ *Corallium japonicum*、モモイロサンゴ *Pleurocorallium elatius*、シロサンゴ *P. konojoi* が環境省レッドリストに準絶滅危惧種として掲載された。

また、国際的にも宝石サンゴの保全を求める動きは高まっており、第 17 回絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約締約国会議(2016)において宝石サンゴの生物学及び生態学的知見、資源の現況、流通について調査することが決定され、2019 年に FAO がその報告を取り纏めた(Cannas et al. 2019)。2022 年に開催される第 19 回締約国会議において、この報告をもとにその国際取引の規制について議論される予定である。

(2) 学術的背景 宝石サンゴの希少性や絶滅の危険性を判定し、漁獲管理を行うことは喫緊の課題である。しかし、その拠り所となる科学的知見は限られている。研究代表者及び分担者は宝石サンゴの分布、成長速度、骨軸の化学組成などについての研究で一定の成果を挙げてきた。分布生態の研究結果からは、漁獲サイズを制限し休漁期間を設けることで持続的な漁業の可能性を示した(Iwasaki et al. 2012)。また、産地による骨軸の化学組成の相違を明らかにしたことで、通関時に必要な産地同定技術の基礎を確立した(Hasegawa et al. 2012)。さらに、高知産アカサンゴの成熟及び産卵の時期を明らかにし(Sekida et al. 2015) 産卵期を禁漁とする高知県の漁業政策に生かされた。

遺伝子解析については、日本近海産の宝石サンゴ 3 種(アカサンゴ、モモイロサンゴ、シロサンゴ)とイタリア近海産のベニサンゴ *C. rubrum* の mtDNA のゲノム解析を行い、それらの系統関係を明らかにした(Uda et al. 2011, 2013)。しかし、資源の保全と持続的利用のために不可欠な集団レベルでの情報がほぼ欠如しており、まだまだ不十分である。

## 2. 研究の目的

日本近海に分布する宝石サンゴ類の遺伝子解析により幼生の分散過程を明らかにし、幼生と遺伝子の供給源となる海域を推定する。これらの海域を保全することで、宝石サンゴの保全を図ることを目的とする。本研究ではこれまでの研究で得られた試料を元にして、遺伝子解析により幼生の分散過程と各地域での遺伝的多様性を明らかにする。遺伝的多様性が高い海域、幼生の供給源となる海域を見だし、それらを保護海域(禁漁海域、または一定期間禁漁とするモラトリアム海域)とすることを目指す。

あわせて、宝石サンゴを特徴付ける骨軸の色素成分を発現させる塩基配列を特定し、発現の様式を解明することを目指す。

## 3. 研究の方法

(1) RAD-seq 解析 本研究では幼生の分散(コネクティブティ)、種内・地域集団の遺伝的多様性を明らかにするために RAD-seq 解析を用いた。沖縄(石垣島、多良間島、白保)、鹿児島(奄美、喜界島、硫黄島)、高知(足摺、室戸)、小笠原から採集されたアカサンゴ、モモイロサンゴ、

シロサンゴ約 150 群体を解析の対象とした。各試料から DNA を抽出後、Qubit により蛍光定量を行い一定量 (20ng/μL) に調整し、次世代シーケンサー HiSeq2000 による断片的な塩基配列データの取得を行った。得られた配列から SNPs データの抽出を解析ソフト Stacks 最新バージョンを用いて実施し、中立な遺伝子座を絞り込み遺伝的集団構造を解析した。

(2) RNA-seq 解析 解析にあたり高純度な Total RNA を宝石サンゴから抽出・精製する方法の検討を行った。その結果に基づき、鹿児島産アカサンゴ、シロサンゴ、モモイロサンゴから Total RNA の抽出を行い、次世代シーケンサー NovaSeq6000 による RNA-Seq 解析を行った。得られた断片的な塩基配列データから de novo アセンブリを行い、これら 3 種の全発現遺伝子配列の決定と比較を行った。そして、特定された遺伝子についてアミノ酸代謝に関連するアミノ酸ラセマーゼ及びアルギニンキナーゼについての酵素機能解析を行った。

(3) 骨軸の微量成分及び色素成分分析 イタリア及び日本産の宝石サンゴ 4 種 (ベニサンゴ、アカサンゴ、モモイロサンゴ、シロサンゴ) の骨軸中における微量元素量を誘導結合プラズマ発光分光装置 (ICP-MS) により定量した。

骨軸に含まれる色素成分の分析には、高速液体クロマトグラフを用いた。宝石サンゴの色彩発現には、カンタキサンチンの他にタンパク質の関与が想定される。そのため、イメージング質量顕微鏡を用いて骨軸薄片のタンパク質成分の濃度分布を解析した。

(4) 飼育実験 人工飼育技術を確立するために、シロサンゴを飼育し適した餌の探査を行った。造礁サンゴ飼育用人工餌料 4 種を用い、シロサンゴ共肉と各餌料の炭素・窒素安定同位体比を分析することで摂食している餌を確認した。

(5) 流向流速の測定 宝石サンゴ生息域の流向流速を測定するために、2018 年 4 月 26 日に鹿児島県竹島北西海域水深 133m のアカサンゴ生息域に流向流速計を設置し、2019 年 4 月 23 日に回収した。

#### 4. 研究成果

(1) RAD-seq 解析及び RNA-seq 解析による遺伝的分化の解明 宝石サンゴ類のトランスクリプトーム配列を元に、色素系遺伝子の組成解析を行った。その結果、いくつかの遺伝子では、種間で組成に顕著な差異が確認された。RAD-seq 解析により、アカサンゴには複数の地域集団が存在することが確認された。シロサンゴにおいても種内に異なる 2 つのクラスターが検出され、地域集団の遺伝的分化の可能性が示唆された。

また、RNA-seq で得られた配列に RAD-seq で得られた断片的な塩基配列データをマッピングし、得られた SNPs を用いてモモイロサンゴ・シロサンゴの系統解析を行った。その結果、これら 2 種は遺伝的に顕著に分化していることが明らかになった。

(2) RNA-seq 解析によるアルギニンキナーゼ遺伝子の特定 複数の試薬と RNA 精製キットを組み合わせることで、アカサンゴ、シロサンゴ、モモイロサンゴから高純度の Total RNA を十分量精製することに成功した。次世代シーケンサー NovaSeq6000 による RNA-Seq 解析の結果、それぞれの宝石サンゴについて約 3 億の mRNA 断片の塩基配列が解読され、解析塩基数は約 400 億塩基となった。また、de novo アセンブリーにより、それぞれの宝石サンゴについて 15 万~27 万

の遺伝子配列が特定された。そして、それぞれの宝石サンゴで発現している遺伝子を特定した。

解析対象の3種は、2種類のアミノ酸代謝及びエネルギー代謝に重要なアルギニンキナーゼ遺伝子2種(AK1、AK2)が発現していることが明らかになった。リコンビナント酵素を用いた酵素反応速度論解析及び熱力学的パラメータ解析により、AK1は宝石サンゴが生息する深海底の低温環境で働くように進化した低温適合型の酵素であることが明らかになった。また、AK1とAK2のアミノ酸配列に基づき宝石サンゴの分岐年代を推定した。その結果、アカサンゴは510-990万年前にシロサンゴ、モモイロサンゴのグループから分岐し、シロサンゴとモモイロサンゴは330-340万年前に分岐したと推定された(安藤他, 2022)。

(3)骨軸の微量成分及び色素成分分析 イタリア及び日本産の宝石サンゴ(ベニサンゴ、アカサンゴ、モモイロサンゴ、シロサンゴ)の骨軸中における微量元素量をICP-MSを用いて定量した。宝石サンゴの生息地を同定する指標となる既報のMg、Baに加えて、Pb、Zn、Uの濃度分布を利用できる可能性を示した。

イメージング質量顕微鏡によりアカサンゴ、モモイロサンゴの骨軸断面について有機成分の濃度分布を測定し、色彩の微細構造との相関を検討した。色素成分であるカンタキサンチンおよびそのフラグメントイオンに相当する質量範囲でそれぞれMSイメージング像を測定した結果、両種ともカンタキサンチン関連成分は試料全体に一樣に分布し、色調から判断される成長線の部分に局在を示すイメージは得られなかった。カンタキサンチンの色の発色には別化合物の共存が必要である可能性が示唆された。

(4)飼育実験 シロサンゴを造礁サンゴ飼育用人工餌料4種により飼育し、炭素・窒素安定同位体比分析により摂取の有無を確認した。その結果、それらの内の1種(海産タンパク質及び海産脂質、マグネシウム、ストロンチウムなどを含む液体餌料)を摂食していることが明らかになった。宝石サンゴ成長速度の推定や骨軸の形成課程を明らかにするためには、人工飼育の確立は不可欠である。今後、飼育技術の確立に向けて最適な飼育環境を明らかにするための実験を継続する。

(5)今後の課題-幼生分散過程の解析 鹿児島県竹島近海アカサンゴ生息域における流れの向きは北東あるいは東北東が支配的で、南向きの流れはほとんど認められなかった。遺伝子解析で得られたコネクティビティ推定結果と実際の流れとを照合することで幼生の分散過程を推定し、幼生分散のソースとシンクを明らかにする。そして、宝石サンゴ類を保全するために、ソースを保護区にすることが有効かどうかを検討する。

#### <引用文献>

- 安藤凌,山新晃弘,加納義貴,宇田幸司,岩崎望,鈴木知彦,2022.アカサンゴのアルギニンキナーゼ(AK1)の好冷特性と日本産宝石サンゴの分岐年代の推定.高知大学理工学部紀要,5(3),1-10.
- Cannas, R., Follesa, M.C., Cau, A., Aessandro, Cau, Angelo and Friedman, K., 2019. Global Report on the Biology, Fishery and trade of Precious Corals. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1184. Rome, FAO, 254 pp.
- Hasegawa, H., Rahman, M.A., Luan, N.T., Maki, T. and Iwasaki, N., 2012. Trace elements in *Corallium* spp. as indicators for origin and habitat. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 414-415, 1-5.

- Iwasaki, N., Fujita, T., Bavestrello, G. and Cattaneo-Vietti, R., 2012. Morphometry and population structure of non-harvested and harvested populations of the Japanese red coral (*Paracorallium japonicum*) off Amami Island, southern Japan. *Marine and Freshwater Research*, 63(5), 468-474.
- Sekida, S., Iwasaki, N., Okuda, K., 2016. Gonadal morphology and gametogenesis in the Japanese red coral *Corallium japonicum*(Octocorallia: Alcyonacea) collected off Cape Ashizuri, Japan. *Zoological Science*, 33(3), 320-336.
- Uda, K., Komeda, Y., Fujita, T., Iwasaki, N., Bavestrello, G., Giovine, M., Cattaneo-Vietti, R. and Suzuki, T., 2013. Complete mitochondrial genomes of the Japanese pink coral (*Corallium elatius*) and the Mediterranean red coral (*Corallium rubrum*): a reevaluation of the phylogeny of the family Coralliidae based on molecular data. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part D*, 8, 209-219.
- Uda, K., Komeda, Y., Koyama, H., Koga, K., Fujita, T., Iwasaki, N. and Suzuki, T., 2011. Complete mitochondrial genomes of two Japanese precious corals, *Paracorallium japonicum* and *Corallium konojoi* (Cnidaria, Octocorallia, Coralliidae) Notable differences in gene arrangement. *Gene*, 476, 27-37.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 宇田幸司、鈴木知彦、井口亮	4. 巻 72 (3)
2. 論文標題 宝石サンゴの遺伝子研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 生物の科学 遺伝	6. 最初と最後の頁 227-233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 安藤凌、山新晃弘、加納義貴、宇田幸司、岩崎望、鈴木知彦	4. 巻 5 (3)
2. 論文標題 カサンゴのアルギニンキナーゼ (AK1) の好冷特性と日本産宝石サンゴの分岐年代の推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 高知大学理工学部紀要	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Bertalan, L., Cartier, L. E., Costantini, F., Iwasaki, N., Everett, M. V. Krzemnicki, M. S., Kratzer, A. and Morf, N. V.	4. 巻 58
2. 論文標題 Coral-ID: A forensically validated genetic test to identify precious coral material and its application to objects seized from illegal traffic	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Forensic Science International: Genetics	6. 最初と最後の頁 102663
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fsigen.2022.102663	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Takata, K., Iwase, F., Iguchi, A., Yuasa, H., Taninaka, H., Iwasaki, N., Uda, K., Suzuki, T., Nonaka, M., Kikuchi, T., Yasuda, N.	4. 巻 8
2. 論文標題 Genome-Wide SNP Data Revealed Notable Spatial Genetic Structure in the Deep-Sea Precious Coral <i>Corallium japonicum</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2021.667481	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 奥谷喬司 , 長谷川和範 , 岩崎望	4. 巻 20(2)
2. 論文標題 宝石サンゴに付いて採れた貝類	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ちりばたん	6. 最初と最後の頁 183-197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岩崎 望, 長谷川 浩, 澤井 光, 為則 雄祐, 早川 慎二郎	4. 巻 9(2)
2. 論文標題 宝石サンゴ骨軸中の微量元素を指標とした産地同定法の確立	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SPring-8/SACLA利用研究成果集	6. 最初と最後の頁 128-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18957/rr.9.2.128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Iwasaki, N.	4. 巻 C1184
2. 論文標題 Asian regional report on the biology, fishery and trade of precious and semi-precious corals. In, Cannas, R., Follesa, M.C., Cau, A., Cau, A. and Friedman, K. Global report on the biology, fishery and trade of precious corals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 FAO Fisheries and Aquaculture Circulation	6. 最初と最後の頁 191-254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岩崎望	4. 巻 31
2. 論文標題 宝石サンゴ その輝きと影	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ビオストーリー	6. 最初と最後の頁 108-109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷川浩、為則雄祐	4. 巻 72 (3)
2. 論文標題 宝石サンゴ骨軸中の微量成分と色の起源	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 生物の科学 遺伝	6. 最初と最後の頁 241-248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsuo T, Yano D, Uda K, Iwasaki N, Suzuki T.	4. 巻 36
2. 論文標題 Arginine kinases from the precious corals <i>Corallium rubrum</i> and <i>Paracorallium japonicum</i> : presence of two distinct arginine kinase gene lineages in Cnidarians	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Protein Journal	6. 最初と最後の頁 502-512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10930-017-9745-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshimura, T., Tamenori, Y., Suzuki, A., Kawahata, H., Iwasaki, N., Hasegawa, H., Nguyen, L. T., Kuroyanagi, A., Yamazaki, T., Kuroda, J. and Ohkouchi, N.	4. 巻 202
2. 論文標題 Altrivalent substitution of sodium for calcium in biogenic calcite and aragonite	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 21-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2016.12.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Kenji Takata, Masanori Nonaka, Fumihito Iwase, Akira Iguchi, Hideaki Yuasa, Hiroki Taninaka, Taisei Kikuchi, Satoshi Nagai, Nozomu Iwasaki, Kouji Uda, Tomohiko Suzuki, Yoshihisa Suyama, Nina Yasuda
2. 発表標題 Species delimitation and genetic structure of the precious corals (Anthozoa: Octocorallia: Coralliidae) in Japan using genome-wide SNPs
3. 学会等名 14th International Coral Reef Symposium ICRS 2021Bremen, Northern Germany (国際学会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 守田彩, 長田 翔吾, 藤澤 彰悟, 脇田 諒一, 眞塩 麻彩実, 長谷川 浩
2. 発表標題 宝石サンゴ骨片中における微量元素の定量
3. 学会等名 日本分析化学会 第81回分析化学討論会, 北海道教育大学
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 守田彩, 眞塩麻彩実, 藤澤彰悟, 長田翔吾, 脇田諒一, 黄国宏, 岩崎望, 長谷川浩
2. 発表標題 宝石サンゴ骨片中における微量元素の定量法の開発
3. 学会等名 化学会北陸地区講演会と研究発表会, 北陸先端科学技術大学院大学
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩下彩夏, 澤井光, 佐藤稔, 岩崎望, 長谷川浩
2. 発表標題 宝石サンゴの化学成分に関する研究
3. 学会等名 第21回高山フォーラム, 高山市
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高田健司, 野中正法, 岩瀬文人, 井口亮, 湯浅英知, 谷中絢貴, 岩崎望, 宇田幸司, 鈴木知彦, 菊地泰生, 長井敏, 安田仁奈
2. 発表標題 ゲノムワイドなSNPを用いた日本国内の宝石サンゴの種の境界および空間遺伝構造の解明【EPA】
3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会, 福岡
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Saruwatari, K., Miura, M. Iwasaki, N. (Rissho Univ.)
2. 発表標題 Precious coral origin and trace elements
3. 学会等名 13th GIA Research Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇田幸司
2. 発表標題 分子系統からみた宝石サンゴの系統関係
3. 学会等名 中国四国地区生物系三学会合同大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長谷川浩
2. 発表標題 宝石サンゴの化学
3. 学会等名 第86回北陸質量分析談話会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Iwasaki, N. ed.	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Cambridge Scholars Publishing	5. 総ページ数 144
3. 書名 Precious Coral and the Legacy of the Coral Road	

1. 著者名 秋道智彌・岩崎望編	4. 発行年 2020年
2. 出版社 勉誠出版	5. 総ページ数 274
3. 書名 絶滅危惧種を喰らう	

1. 著者名 岩崎望	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 495-497
3. 書名 日本鉱物科学会・宝石学会（日本）編「鉱物・宝石の科学事典」さんご	

〔産業財産権〕

〔その他〕

宝石サンゴ その持続的利用を目指して <a href="http://es.ris.ac.jp/~iwasaki/sango/">http://es.ris.ac.jp/~iwasaki/sango/</a>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	宇田 幸司  (Uda Kouji)  (10448392)	高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・講師    (16401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	井口 亮  (Iguchi Akira)  (50547502)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員   (82626)	
研究分担者	鈴木 知彦  (Suzuki Tomohiko)  (60145109)	高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・教授   (16401)	
研究分担者	長尾 正之  (Nagao Masayuki)  (70251626)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員   (82626)	
研究分担者	長谷川 浩  (Hasegawa Hiroshi)  (90253335)	金沢大学・物質化学系・教授   (13301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
スイス	University of Zurich	Swiss Gemmological Institute SSEF	
イタリア	Genova University		
スイス	Swiss Gemological Institute		