

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 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21510016

研究課題名（和文） サンゴ礁海域及び海底特異海域に生育する海洋共生生物の
メタロミクス研究研究課題名（英文） Metallomics research on marine symbiotic animals living in unique
seawater in coral reefs and sea-floor

研究代表者

伊藤 彰英 (ITOHI AKIHIDE)

琉球大学・教育学部・教授

研究者番号：60273265

研究成果の概要（和文）：

サンゴ礁海域に生育し、褐虫藻が共生しているシャコガイ、及び還元的海底特異海域に生育し化学合成細菌を有するツキガイモドキそれぞれの軟体部の微量元素含有量を測定し、そのメタロミクスの特徴について様々な点で検討した。さらに褐虫藻については単離して測定することが可能であった。また、海水中陽の微量元素及びリン化合物の簡易測定法を開発した。サンゴ礁海域海水モニタリングを行い、サンゴ礁海域における微量元素濃度及びリン化合物濃度の特徴を示した。

研究成果の概要（英文）：

The major-to-ultratrace elements in soft tissue of *Tridacna crocea* and coral with symbiotic zooxanthellae in unique seawater in coral reefs and *Lucinoma annulatum* chemosynthetic bacteria living in sea floor were determined by an inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), an inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES), and a CHN coder. Then, the characteristics for metallomics of their symbiotic animals were investigated from various points based on multielemental data. Furthermore, the zooxanthellae could successfully be isolated from *Tridacna crocea* and they were analysed after acid-digestion. Simple methods for determination of trace elements and chemical speciation analysis of phosphorus were developed and applied to monitoring of seawater in coral reefs.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：化学海洋、メタロミクス、微量金属、サンゴ礁、共生生物

1. 研究開始当初の背景

メタロミクス (Metallomics) とは、生体金属支援機能科学と訳され、遺伝子科学であるゲノミクス (Genomics)、及びタンパク質科学であるプロテオミクス (Proteomics) と並ぶ新しい学問領域として提案された。メタロミクスは生体内金属の化学形態やその機能に

関する研究のみならず、生物無機化学全般に関係し、生物進化や化学進化において、環境中の金属を生物がいかに利用してきたかを解明することにも関連する。現在のメタロミクス研究は、主に生体試料中の微量元素濃度とその化学形態の計測から、生体内での微量元素の機能を明らかにすることに主眼をお

いた研究が多く、(また、As などの特定元素の生体内での代謝による化学形態の変化に着目したメタボミクス (Metabolomics) 研究なども関連している。本研究では、このような生体試料のみに着目した研究とは異なり、海洋生物とそれらの生育する海洋環境の両方の観点から、主成分元素と微量元素の定量 (総量分析)、その化学形態別分析 (スペシエーション)、及び生物起源の有機化学種の分析を行い、海洋生物が海水中の微量成分をいかに利用しているのか、あるいは毒性元素をいかに無毒化し体内で活用しているのか、を明らかにする進化における生物の環境適応戦略に関するメタロミクス研究の実施を計画したものであり、本研究においては、特異海域において個体内に別の生物を宿して栄養分を効果的に摂取している共生生物に着目した。共生生物は特異海域で生育できるように進化したと考えられ、生物進化における環境適応戦略が顕著に反映された可能性がある。共生生物には様々な種があるが、本研究では微量元素の濃縮係数が比較的高い二枚貝類に着目する。貧栄養海域であるサンゴ礁海域に生育する二枚貝の一種であるシャコガイと海底のメタン噴出孔 (メタンシープ) や熱水噴出孔のような還元的特異海域に生息する二枚貝であるツキガイモドキやシロウリガイなどを分析対象とする予定である。その理由は、シャコガイは光合成生物である褐虫藻を体内に有しているのに対し、ツキガイモドキやシロウリガイは、化学合成細菌を細胞内に有しており、エネルギー代謝が全く異なるためである。サンゴ礁海域では、栄養塩成分とともに必須微量元素の濃度も低いため、シャコガイは効率よく栄養分を摂取するために光合成を行う褐虫藻を体内に共生したと考えられる。一方、還元的な海底特異海域では、微量必須元素だけでなく、毒性の高い重金属や硫化水素、メタンなどの濃度が高く、この海域に生育する二枚貝は毒性物質を利用するために化学合成細菌を共生したと考えられる。このような海域では、サンゴ礁海域とは逆に微量元素が他の海域よりも高濃度であり、その存在形態や海洋中に溶存している有機態化学種の種類や量も異なることが予想される。

2. 研究の目的

本研究では、酸化的な貧栄養海域であるサンゴ礁海域と還元的で微量元素濃度が高い海底特異海域であるメタン噴出孔や熱水噴出孔の両極端な系において、海洋環境とそこに生育する二枚貝類の共生生物中の主成分元素から微量元素までの総量分析とそれらの化学形態別分析 (スペシエーション) を行い、二枚貝類の共生生物が海洋環境に応じて、どのような元素利用特性を發揮し、海洋環境

に適用してきたかを比較し、海洋生物の進化の一端を化学的側面から明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 二枚貝 (ヒメジャコ及びオオツキガイモドキ) の分析

沖縄本島北部本部町の琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験施設付近の海域でサンプリングを行った。シャコガイについては地元漁師の協力を得て採取した。また、海水からの元素摂取プロセスを調査するため実験室内の水槽中でシャコガイを飼育しながら実験を行った。

還元的特異海域・メタンシープでのオオツキガイモドキのサンプリングは、別府湾において九州貝類懇談会の協力を得て地元漁師から入手した。

ヒメシャコガイは、1 個体全体、あるいは部位別に分類した後、ホモジナイザーで均一化してから凍結乾燥を行い、得られた粉末試料をマイクロ波加熱酸分解で溶液化した。その後、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS; 琉球大学共同利用機器) で微量元素の多元素分析を行った。対象とする微量元素は、Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Ag などの海水中で陽イオン性化学種として存在する遷移金属元素と、酸素と結合したオキソ酸陰イオン形で存在する V, Cr, Mo, As, Se, W, Sb などに着目して測定を行った。これらの元素の多くは、必須微量元素であり、オキソ酸陰イオンは酸化還元状態の影響を受けやすい。また、毒性元素や S と結合しやすい親銅元素 (Cu, Cd, Pb, Zn など) も含んでいる。

また、主要元素は Na, K, Mg, Ca などの金属元素は誘導結合プラズマ発光分析法 (ICP-AES) で、C, N などの有機態元素は、粉末化試料を CHN コーダー (琉球大学共同利用機器) で測定した。

(2) 海水試料の分析

陽イオン性の微量金属の脱塩濃縮には、キレート固相抽出剤 (日立ハイテック製ノビアス, CHELATE-PA1M 及び GL サイエンス製 Meta-SEP IC-ME) を用いた。イオン態と溶存態は、海水のろ過及び脱塩濃縮を海水採取現場で行った。シリンジフィルタでろ過し、カラム型の固相抽出剤を使用することで電源がない場所での作業に対応させ、またプラスチックシリンジを使用するなどして現場での操作を可能にした。イオン態については脱塩濃縮の際、pH 変化により化学形態が変化するのを防ぐため海水を直接樹脂に通液した。酸可溶態は、現場で酸を添加し、その他の作業は実験室で行った。また、溶存態に関しては現場法と比較するために実験室でろ過、脱塩濃縮を行う実験室法も併用した。

海水中でオキソ酸陰イオンを形成する微量元素 (V, Cr, As, Mo, Sb) の脱塩濃縮法としては水酸化ランタン共沈法により 25 倍に濃縮して測定した。本法では、海水試料にランタン溶液を加え、アンモニア水で pH を 9.5 に調整し、得られた沈殿を遠心分離することにより沈殿を回収し、これを酸で溶解して測定した。脱塩濃縮後の試料はすべて ICP-MS (Agilent7700) で測定した。

また、リン酸化合物はモリブデンブルー法で発色させたリンモリブデン酸を n-塩化ドデシルトリメチルアンモニウムと反応させてイオン対を形成させ、これをメンブランフィルター上に捕集してから溶出を行う濃縮法を併用させることにより海水中のリン化合物の定量を行った。ろ過分離と酸の添加、及び高压蒸気滅菌器による加熱分解法を組み合わせるにより、海水中のリンを溶存態リン、粒子吸着態リン、酸難溶性粒子態リン、全リンに分離し、吸光光度法によりリン含有量に応じた吸光度を測定した。

4. 研究成果

(1) 生物試料の分析

① ヒメジャコ及びオオツキガイモドキの分析結果

ヒメジャコ軟体部中全体に存在する C の 98600 mg kg^{-1} から Ag の 0.134 mg kg^{-1} までの 24 元素を定量することができた。貧栄養海域に生育するにもかかわらず、海水中微量元素濃度が比較的高かった泡瀬干潟に生育する他の二枚貝と比べ、V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Cd, Pb, U などの多くの元素で 2 倍以上高い濃度を示し、これらの元素の生物濃縮係数は、U を除くといずれも 1000 以上で比較的高い値を示した。一方、メタンシーブが存在する還元的特異海域に生育するオオツキガイモドキは、同海域に生育するアカガイなどの他の二枚貝と比べて Cu, Pb, Cd, Bi などの親銅元素の含有濃度が高かった。オオツキガイモドキの含有微量元素が生育環境の影響を受けたことを示唆している。

シャコガイ軟体部を部位別 (外套膜、貝柱、腎臓、肝臓) に分けて分析し、部位別に分析した結果を湿重量換算濃度で比較すると、腎臓中では、K, Rb を除く全ての元素が最も高濃度であり、褐虫藻が存在する外套膜と比べると、Mn, Ni, V, Co は 500 倍~1000 倍、Zn, Fe, Sr, Pb は 100~500 倍、As, Se, U は数十倍程高い濃度であった。したがって、褐虫藻から供給された微量元素の多くは腎臓に蓄積され、その結果、生物濃縮係数が高くなったと考えられる。さらに、海水とヒメジャコの各部位中の C と P で規格化した元素濃度との相関関係から、腎臓と外套膜に含まれる Cu, Fe, Zn, As, Se の炭素濃度規格化値が、また、Mn, Cd, Ag のリン濃度規格化値がそれ

ぞれ海水中と類似していた。これらの元素は海水から栄養分を摂取する際に取り込まれた可能性が示唆される。

次にヒメジャコの元素摂取プロセスを確認するために、水槽内で飼育したヒメジャコに濃縮安定同位体を添加して時間経過ごとにヒメジャコの分析を行った。まず短期的な元素摂取プロセス観察のため、Cd の濃縮安定同位体 (^{111}Cd) を海水中で 1 ppb となるように添加し、45 匹を飼育した。1 日ごとに 5 個体ずつ取り出し、8 日目までの試料を分析した。次に長期的な元素摂取プロセス観察のため、Cd と Zn の濃縮安定同位体 (^{111}Cd , ^{68}Zn) を海水中で 0.1 ppb となるように添加し、ヒメジャコを 25 匹飼育した。1 週間ごとに 5 個体ずつ取り出して、4 週間目までの試料を分析した。分析に際しては、軟体部を取り出し、外套膜 (褐虫藻が存在)・筋肉部 (貝柱)・腎臓・肝臓に分け、臓器ごとにホモジナイズした。これを凍結乾燥、粉末化した後、粉末試料をマイクロ波加熱分解法で溶液化し、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) で各同位体の測定をおこなった。

8 日間の短期飼育実験では、 $^{111}\text{Cd}/^{110}\text{Cd}$ 比が、時間経過とともにどの部位も徐々に増加したが、その増加率は腎臓、外套膜、肝臓、筋肉部 (貝柱) の順で大きかった。一方、8 週間の長期飼育実験では、Cd は短期飼育実験と同じ傾向を示した。しかし、Zn については、 $^{68}\text{Zn}/^{66}\text{Zn}$ 比が、外套膜では徐々に増加傾向にあるのに対し、腎臓についてはほとんど変化せず Cd の場合とは大きく異なっていた。これらの結果から、ヒメジャコ軟体部の Cd と Zn の元素利用能に違いがあることが示唆された。

② シャコガイ及びサンゴ褐虫藻の分析結果

シャコガイの外套膜から共生褐虫藻の単離を、ポッター型ホモジナイザーと遠心分離機、メッシュろ過を組み合わせるにより可能にした。生物顕微鏡で観察したところ、直径 $10 \mu\text{m}$ 程度の褐色藻が他の成分とおおよそ分離できていることが確認された。Milli-Q 水で数回洗浄した後、乾燥させ、乾重量で 5 mg ずつをマイクロ波加熱酸分解法で溶液化し、誘導結合プラズマ質量分析法で分析した。その結果、V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn など 12 元素 (生体必須元素 9 元素含む) が定量可能となった。

さらに、比較のためにサンゴ褐虫藻の分析を行った。サンゴ褐虫藻では 19 元素、外套膜では 22 元素を定量することができた。C, N, V, Mn, Co, Cu, Zn, Rb, Sr, Mo, Cd, Cs, W, Pb, U の 15 元素はいずれの試料でも定量することができた。また、Cr, Ga, As, Ag はサンゴ褐虫藻のみで検出され、Se, Sb, La, Ce, Pr, Nd, Er は軟体部のみから検出された。

Sr はいずれの試料でも定量できたが、サンゴ褐虫藻で約 1629 ppm、軟体部で約 438 ppm と高濃度であった。これはサンゴから単離した際にサンゴ骨格が入った可能性があり、大量の Ca が ICP-MS で測定され干渉を受けたと考えられる。

全体的に軟体部より褐虫藻のほうが高濃度であった。一方、Ni、Rb は、軟体部のみで検出された。Rb は、ヒメジャコ褐虫藻と外套膜同様に、宿主の軟体部がサンゴ褐虫藻より高濃度となった。さらに、Ga はヒメジャコ褐虫藻、サンゴ褐虫藻ともに宿主からは検出されず、褐虫藻が特異的に摂取している可能性がみられた。

③拡張したレッドフィールド比の検討

シャコガイとサンゴの褐虫藻の分析結果を瀬底島沿岸海水の溶存態元素濃度（一部、太平洋表層海水の文献値を使用）と比較し、生物濃縮係数を求めたところ、微量金属元素についていずれも類似した傾向を示した。特に Zn と Cd については著しく高く、 10^7 レベルであった。他に Pb、Mn は 10^6 レベル、Ni、Co、Cu は 10^5 レベルで比較的高い値を示した。Zn、Cd は海水中では極低レベルであるが、褐虫藻が高濃度に濃縮していることが明らかになった。褐虫藻の元素組成を Redfield 比にあてはめて考察したところ、シャコガイ褐虫藻は $C_{106}N_{19}Zn_{0.005}Mn_{0.002}Cu_{0.00015}Cd_{0.000035}Pb_{0.000006}$ 、サンゴ褐虫藻は $C_{106}N_{26}Zn_{0.005}Mn_{0.001}Cu_{0.0005}Cd_{0.00006}Pb_{0.000009}$ となり、主成分ではいずれも窒素のモル比が他の海域の植物プランクトンよりも高かったが、サンゴ褐虫藻はより高い値を示した。また、Cl に対する Zn のモル比はサンゴ、シャコガイともにほぼ等しかった。一方、還元的海底特異海域に生育し、化学合成細菌を共生する二枚貝であるツキガイモドキの軟体部を測定した結果、同海域から採取したアカガイなどの他の二枚貝と比べて、Pb、Cu、Bi が著しく高濃度であったが、逆に Zn、Cd は相対的に低濃度であり、サンゴ礁海域の他の二枚貝とは大きく異なる特徴であった。

(2) 海水試料

①海水試料の分析法の確立

キレート樹脂濃縮法を簡易簡便化し、多試料同時に濃縮を可能にするとともに、樹脂の種類や濃縮条件の検討を行うことで、回収率、濃縮率の向上と濃縮可能元素数の増加を試みた。簡便化については、キレート樹脂をこれまでの Chelex100 (BioRad) や Empore ディスク (3M) に加えてノビアス (日立) や MetaSep (GL サイエンス) についても検討した。これらの樹脂の濃縮条件の最適化を行うこ

とにより、特に Ca の除去率が向上し、Mo など陰イオン成分の回収率が向上した。特にノビアスでは、海水中の Ca が効率良く除去できることから、濃縮率をこれまでの 50 倍から 500 倍に向上することができた。また、キレート樹脂通液の際に圧力がかからなくなったため、吸引装置と組み合わせて、多試料同時濃縮も可能になった。

また、キレート法で濃縮が困難な陰イオン性の微量元素 (V、Cr、As、Mo、Sb など) は水酸化ランタン共沈法で測定可能となり、キレート法と水酸化ランタン共沈法を組み合わせることで、貧栄養海域であるサンゴ礁海域においても ppb ($ng L^{-1}$) ~ ppt ($pg L^{-1}$) レベルの少なくとも 12 元素の微量元素の定量を可能にした。

②リン化合物の化学形態別分析

イオン対形成メンブランフィルター捕集濃縮法を併用したモリブデンブルー法により、「溶存態リン」、「酸難溶粒子態リン」、「全リン」の分析を行った。サンゴ礁生物試料の採水場所であり瀬底島の海水について昨年度から 2 ヶ月ごとに 1 年間測定した結果、全リンは平均 $14.0 mg/L$ 、そのうち溶存態リンは平均 16%、酸難溶粒子態リンは平均 65% であった。これに対して、泊港試料では全リンは平均 $62.6 \mu g L^{-1}$ であり、溶存態リンの平均割合は 64% であった。両者の相違は、サンゴ礁が生息し人為影響が少ない海域と、市街域に位置し人為影響を受けやすい海域の特徴の違いを反映したものと考えられる。また、溶存リン酸イオンと栄養塩型微量元素との関連性を検討した結果、瀬底島沿岸海水中の $[Cd] / [PO_4^{3-}]$ 比は $1.46 \sim 3.7 \times 10^{-3}$ となり、測定した他の沖縄沿岸海域および北太平洋の外洋表層海水の文献値より特異的に高いことが明らかになった。この理由は明らかではないが、Cd が瀬底島沿岸域に何らかの要因で流入している可能性、あるいはサンゴ礁海域の植物プランクトンの溶存リン酸イオンの取り込み速度の違いによる可能性が考えられる。

③陽イオン性微量元素の高倍率濃縮と簡易化学形態別分析

瀬底島海水中的水和金属イオンを採水現場でキレート固相抽出カラムに濃縮する方法を確立すると共に、2010 年 9 月より月に一度の採水を行い、サンゴ礁海域の微量元素濃度変化の特徴を探るためのモニタリングを開始した。また、ICP-MS 測定では各種化学形態別に捕集したカラムから直接溶出測定できるようにオンライン溶出測定法について検討した。この手法は ICP-MS 測定の信号を過渡的なピークとして検出できるため、一部の元素 (Co、Zn、Cd、Pb、U など) について

は感度が向上し、有効であることを確認しているが、ソフトウェア上での計算処理が煩雑であるため、以下の分析には用いなかった。

④ サンゴ礁海域における海水中微量元素濃度モニタリング

サンゴ礁海域である瀬底島沿岸海域において海水中の微量元素を化学形態別にモニタリングを行った結果、酸可溶粒子態については、V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Pb, Uの11元素、溶存態に関しては前述の元素からFeを除く10元素、イオン態についてはNiとCuの定量値を得ることができた。長期モニタリング結果では季節的な特徴は見られなかったが、10, 1, 6月にはFe, Ni, Cu, Zn, Cdが他の月に比べて特異的に高い値を示した。これらの元素はサンゴ粘液中に多く含まれていることから、サンゴ粘液が酸可溶粒子態元素濃度を上昇させた可能性が考えられる。さらに6時間ごとに採取した短期モニタリングの結果では、Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pbが干潮時に高濃度を示すことから、前述の結果が支持された。

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5件)

① Y. Zhu, A. Itoh, T. Umemura, H. Haraguchi, K. Inagaki, and K. Chiba
“Determination of REEs in natural water by ICP-MS with the aid of an automatic column changing system”: J. Anal. At. Spectrom., 25, 1253-1258 (2010). (査読有り)

DOI: [10.1039/c003125a](https://doi.org/10.1039/c003125a)

② 伊藤彰英, 山口真実, 山田亜矢子, 新垣輝生, 可部徳子, 我那覇翔子
“沖縄県沿岸海水中リンの存在形態別分析並びに溶存リン酸イオンと栄養”塩型微量元素の濃度相関: 分析化学, 59 (12), 1097-1104 (2010). (査読有り)

DOI: [10.2116/bunsekikagaku.59.1097](https://doi.org/10.2116/bunsekikagaku.59.1097)

③ A. Itoh, N. Kabe, T. Arakaki, M. Yamaguchi, E. Oura,
“Multielement profiling analyses of seawater in coral reef area and the biogeochemical processes of trace metals in bivalve with symbiotic zooxanthellae”, Geochim. Cosmochim. Acta, 73(13), A576-A576 (2009). (査読無し)

④ 新垣輝生, 石垣輝幸, 山口真実, 伊藤彰英
“沖縄県久米島海洋深層水の多元素プロファ

イリングアナリシスと微量元素濃度及び存在状態の特徴”: 分析化学, 58(8), 707-714 (2009). (査読有り)

<http://dx.doi.org/10.2116/bunsekikagaku.58.707>

⑤ 伊藤彰英, 石垣輝幸, 新垣輝生, 山田亜矢子, 山口真実, 可部徳子
“沖縄県沿岸海水中微量元素の定量と多元素プロファイリングアナリシス”: 分析化学, 58(4), 257-263 (2009). (査読有り)

<http://dx.doi.org/10.2116/bunsekikagaku.58.257>

[学会発表] (計11件)

① S. Ganaha and A. Itoh,
Concentrations and chemical forms of trace metals in coastal seawater in coral reefs and their seasonal variations
AGU (America Geophysical Union) fall meeting, 2011年12月7日, モスコニーセンター (サンフランシスコ)

② 伊藤彰英
サンゴ礁海域の海水及び共生生物 (サンゴ・シャコガイ) に含まれる微量元素の定量とその特異性評価
第42回 中部化学関係学協会支部連合秋季大会 [招待講演]
2011年11月6日 信州大学 (長野市)

③ 我那覇翔子・伊良波宏太・山内啓伍・小濱姫子・伊藤彰英・儀間真一
瀬底島沿岸海域における海水中微量元素の化学形態別定量とその季節変動
日本サンゴ礁学会第14回大会
2011年11月4日 ているる (那覇市)

④ 我那覇 翔子・伊良波 宏太・山内 啓伍・小濱 姫子・儀間 真一・朱 彦北・伊藤 彰英
現場前処理を併用する簡易キレート固相抽出法によるサンゴ礁海域海水中微量元素の化学形態別濃度の季節変動
日本分析化学会第60年会
2011年9月16日 名古屋大学 (名古屋市)

⑤ A. Itoh, S. Kuwae, S. Ganaha, E. Oura
“Multielement profiling analysis of symbiotic zooxanthellae in bivalve (*Tridacna crocea*) living on the coral reef”, The 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2010), December 18, 2010, Honolulu, USA.

⑥ 伊藤彰英・小濱姫子・銘苅佑紀・桑江聖・我那覇翔子・儀間真一
“ストレス応答評価のためのサンゴ骨格及び褐虫藻中微量元素の多元素定量法の検討”

日本サンゴ礁学会第13回大会, 2010年12月4日, つくば

⑦ 我那覇 翔子・儀間 真一・伊藤 彰英・朱 彦北

“海水中微量元素の多元素同時定量のためのキレート固相抽出法の簡便化と現場前処理への適用”, 日本分析化学会第59年会, 2010年9月17日, 仙台

⑧ 儀間 真一・我那覇 翔子・銘刈 佑紀・小濱 姫子・朱 彦北・伊藤 彰英

“ICP-MSによるサンゴ骨格中微量元素の多元素定量のためのキレート固相抽出法の最適化とオンライン溶出・測定法の検討”, 日本分析化学会第59年会, 2010年9月16日, 仙台

⑨ 伊藤 彰英・桑江 聖・我那覇 翔子・儀間 真一

“サンゴ礁海域に生息するシャコガイに共生する褐虫藻の単離と多元素分析” 日本分析化学会第59年会, 2010年9月15日, 仙台

⑩ 海水から共生褐虫藻を有する二枚貝（ヒメジャコ）への元素摂取プロセス

伊藤彰英・大浦恵理子・可部徳子
日本分析化学会第58年会, 2009年9月25日, 札幌

⑪ 海水から共生褐虫藻を有する二枚貝（ヒメジャコ）への元素摂取プロセス

伊藤彰英
日本地球惑星科学連合2009年大会, 2009年5月16日, 幕張

[図書] (計2件)

① 日本分析化学会編, (分担執筆) 伊藤彰英 他多数

“環境分析ガイドブック”5. 4 水質試料(無機成分) —採取方法、保存、前処理, pp. 172-179, 丸善 (2011).

② 日本分析化学会編, (分担執筆) 伊藤彰英 他13名

“試料分析講座 10. 元素の分析”, 4. 試料各論, 1) 環境・地球化学試料, ①天然水, pp.78-111, 丸善, (2011).

[その他]

ホームページ等

<http://kenkyushadb.lab.u-ryukyu.ac.jp/profile/ja.1ZhE3i8jRXaOIXO-ivF0LQ==.html>

<http://www.crc.u-ryukyu.ac.jp/okinawa-seeds/seedbdb/e29.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊藤 彰英 (Itoh Akihide)
琉球大学・教育学部・教授
研究者番号: 60273265

(2)研究分担者

儀間 真一 (Gima Shinichi)
琉球大学・機器分析支援センター・技術職員
研究者番号: 20520399