

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：82627

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24360365

研究課題名(和文) 蛍光観測法を用いた海底熱水鉱床の現場観測技術の開発

研究課題名(英文) Development of in-situ Observation technique for Hydrothermal Deposit using Fluorescent method

研究代表者

篠野 雅彦 (Sasano, Masahiko)

独立行政法人海上技術安全研究所・その他部局等・主任研究員

研究者番号：00392689

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,600,000円

研究成果の概要(和文)：海底熱水鉱床は、豊かな深海生態系や鉱物開発等が注目されている領域ですが、深海の現場観測技術は未だ不十分です。

この研究では、深海底の蛍光イメージを撮影するための紫外線LED(UV-LED)ライト、深海底の蛍光スペクトルを観測するための紫色レーザー励起分光計、の2種類の現場観測装置を製作し、性能評価を行いました。また、UV-LEDライトを無人探査艇(ROV)に搭載し、水深約1,000mの海底熱水鉱床で、深海生物群の蛍光イメージ撮影に成功しました。この現場観測により、深海生物種によって蛍光色が異なることを確認しました。将来的に、蛍光色によって生物種の自動判別ができることが示唆されました。

研究成果の概要(英文)：Current "in-situ" observation technologies for deep-sea hydrothermal deposits are insufficient, despite these areas are remarkable such as rich deep-sea ecosystems, mineral development sources, etc.

In this study, two prototypes of the "in-situ" observation system have been developed and have been evaluated their performances; (1) a UV-LED light for fluorescent image observation of deep sea bed, (2) a violet laser spectrometer for fluorescent spectrum measurements of deep sea bed.

Additionally, the UV-LED light, (1), has been installed on a ROV and has been used for fluorescent observation successfully in the hydrothermal deposit in depth of roughly 1,000 m. In this "in-situ" observation, it is confirmed that each deep-sea species has inherent fluorescent colors by UV irradiation. It implies that auto-identification of deep-sea species by fluorescent colors is feasible in the future.

研究分野：海洋レーザー計測

キーワード：深海 現場観測 蛍光 レーザー LED 生物調査 鉱物調査

1. 研究開始当初の背景

海底熱水鉱床の調査は、地球規模で精力的に進められており、その全容の解明が待たれている。大西洋・インド洋では、海洋プレートの生成される中央海嶺に沿って多くの熱水鉱床が発見され、日本近海では、海洋プレートの沈み込む沖縄トラフ、伊豆・小笠原海域で海底熱水鉱床の発見が続いている。海底熱水鉱床の調査目的は多岐に渡っており、海洋生物学では、熱水噴出孔周辺の生物群が、太陽光に依存しない特異な生態系として注目されている。これらの生態系では、熱水中の硫黄分を利用した古細菌やバクテリアが一次生産者となって、極限環境での独立した生態系を形成している。また、地球化学では、熱水や熱水噴出孔付近の地質に含まれる成分を分析することで、海洋プレートのダイナミクスに伴う化学的過程を明らかにしようとしている。さらに、海洋資源開発の分野では、海底熱水鉱床に含まれる希少金属鉱物の分布に注目している。海底熱水鉱床には、レアメタル等の価値の高い重金属が豊富に含まれており、海底鉱山としての有用性が検討されている。

海底熱水鉱床を中心とした深海調査は、陸上の調査に比べて格段に高度な調査技術が必要となる。例えば、衛星や航空機等による上空からの調査は、深海に関しては全く適用出来ない。船舶による海面からの調査では、海底地形観測が可能であるが、最高精度の合成開口ソナーを用いても、その解像度は 1m 程度である。生物調査および鉱物調査に関しては、主に遠隔操作探査機 (ROV) によるビデオ撮影、生物採取、鉱物採取、および船舶からのボーリング調査等によって進められるが、このうち現場観測に相当するものは、ROV によるビデオ撮影のみである。

近年、新たな海底熱水鉱床の発見が相次いだこと、および希少金属の推定埋蔵量が多いことから、海底熱水鉱床の資源開発への期待が高まっている。一方で、海底熱水鉱床における深海生態系には未知の部分が多く、資源開発の検討に必要な環境影響評価を行うためには、広範囲を効率よく調査する必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、海底熱水鉱床の生物調査および鉱物調査に対して、紫外線 (UV) 励起蛍光観測法の有効性を示すことである。

(1) ROV 観測により海底熱水鉱床周辺の生物群の蛍光イメージを撮影し、個々の深海生物の UV 励起蛍光パターンを明らかにして、深海生物蛍光データベースとしてまとめる。また、その情報を元に、海底熱水鉱床周辺の現場観測による生物分布推定の手法を確立する。

(2) UV レーザー励起分光計により、蛍光性を持つ深海生物の蛍光スペクトルを現場観測

して、蛍光物質推定を行う。鉱物についても同様の観測を行い、鉱物からの蛍光およびラマン光を観測して、現場観測による鉱物推定を行い、採取標本と比較することで、その有効性を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は、深海生物調査および鉱物調査の効率化を目指し、現在、深海調査の現場観測法として利用されている、ROV によるビデオ撮影法を、技術的に発展させる。深海域には太陽光が届かず、背景光がないため、熱水噴出孔付近に生息するカニ・エビ・二枚貝・チューブワーム等は退色しているものが多く、種や数を判別することが難しかった。また、鉱物に関しては、ランダムに標本を採取して、調査船上で成分分析する手法が一般的であった。そこで、本研究では、以下の 2 つの現場観測手法を開発する。

(1) 海底熱水鉱床付近のターゲットに UV を照射して、可視域にのみ感度のあるカメラでターゲットの蛍光イメージを観測する。深海生物は、生物発光を利用している種が多く、蛍光を発光する可能性が高い。これを現場観測で確認できれば、UV 照射による蛍光イメージの画像処理により、深海生物分布の推定法が開発できる。

(2) 海底熱水鉱床付近のターゲットに紫色レーザーを照射して、ターゲットからの光を分光器でスペクトル観測する。鉱物のラマン光は、励起光からの波長シフトが 600 ~ 1000cm⁻¹ 程度に多く見られ、そのスペクトルは蛍光よりも鋭いピークを示す。このため、紫色レーザー励起スペクトルを観測することで、生物蛍光と鉱物ラマン光は区別が可能である。ラマン光のピーク波長は物質固有であるため、マンガン鉱等、注目する鉱物の現場観測法として期待することができる。

4. 研究成果

本研究では、以下の 3 つの実施項目に従って、深海用 UV-LED ライト及び深海用紫色レーザー励起分光計を開発し、既存の ROV に搭載して、海底熱水鉱床での観測を実施した。

(1) 装置開発

波長 385±5nm の深海用 UV-LED ライトを製作し、JAMSTEC 所有の ROV 「ハイバードルフィン」搭載仕様に調整した。

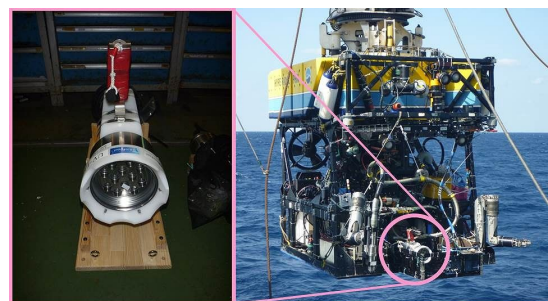


図 1 深海用 UV-LED ライト

波長 405nm の深海用紫色レーザー励起分光計を製作し、ROV「ハイパードルフィン」搭載仕様に調整した。



図2 深海用紫色レーザー励起分光計

小型 ROV「Video Ray」搭載仕様として、浅海でのビデオ撮影仕様に改造した。

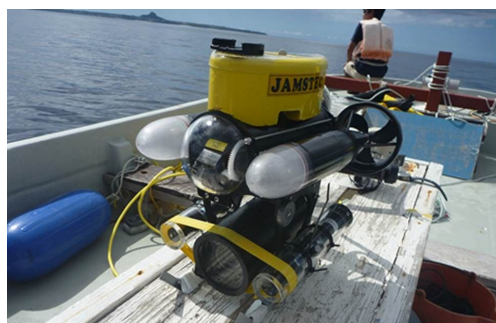


図3 浅海用 ROV 搭載紫色レーザー励起蛍光ビデオ撮影装置

(2) 性能評価

浅海用紫色レーザー励起蛍光ビデオ撮影装置について、屋内水槽の水中において、プラスチック製疑似サンゴ（蛍光剤入）をターゲットとして、距離 10m 程度まで蛍光イメージが撮影できることを確認した。

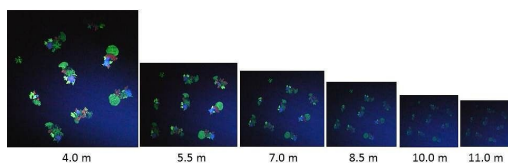


図4 紫色レーザー励起蛍光ビデオ撮影装置の試験水槽における撮影性能確認
（観測対象：蛍光剤入プラスチック製サンゴ模型）

実験室内において、紫色レーザー励起分光計により、水中に設置した玄武岩と石灰岩の区別が可能であることを確認した。

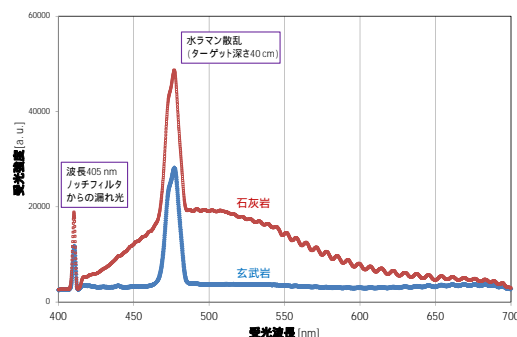


図5 紫色レーザー励起分光計の実験室内におけるスペクトル観測性能確認
（赤：石灰岩、青：玄武岩）

(3) 現場観測

浅海用小型 ROV「Video Ray」に紫色レーザーを搭載し、既存のビデオカメラによる撮影で、昼間に薄光層（水深約 40m）の造礁サンゴの紫色励起蛍光イメージを取得した。水深 40m 程度では太陽背景光が残っており、サンゴ蛍光を確認できる観測距離は、数 10cm 程度以内であった。



図6 薄光層（水深 ~40m）における卓状サンゴの紫色レーザー励起蛍光イメージ

深海用 ROV「ハイパードルフィン」に UV-LED ライトを搭載し、既存のビデオカメラによる撮影で、深海底の蛍光イメージを取得した。水深約 1,000m の熱水フィールドにおいて、深海底生物群の UV 励起蛍光撮影を行うことで、ゴエモンコシオリエビ、オハラエビ、シンカイヒバリガイ等の生物種ごとに蛍光色が異なることが確認された。これにより、蛍光が深海生物群の画像判別に有効であることが示唆された。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

篠野 雅彦 (SASANO, Masahiko)
独立行政法人海上技術安全研究所・その他
部局・主任研究員
研究者番号：00392689

(2) 研究分担者

山本 譲司 (YAMAMOTO, Joji)
独立行政法人海上技術安全研究所・その他
部局・研究員
研究者番号：00586703

中島 康晴 (NAKAJIMA, Yasuharu)
独立行政法人海上技術安全研究所・その他
部局・研究員
研究者番号：30344237

古島 靖夫 (FURUSHIMA, Yasuo)
独立行政法人海洋研究開発機構・その他部
局・研究員
研究者番号：90359159

(3) 連携研究者

なし