

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05411

研究課題名(和文) 磁気異常高分解能マッピングに基づく海底熱水活動域の多様性の解明

研究課題名(英文) Exploration of submarine hydrothermal systems based on high resolution magnetic anomalies

研究代表者

北田 数也 (KITADA, Kazuya)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(超先鋭研究開発プログラム)・主任研究員

研究者番号：00539786

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：海底の磁化強度分布を数100m以下のスケールで推定するため、無人探査機(ROV)や深海曳航調査システム(ディープ・トウ)等を活用した高分解能磁気探査システムを新たに開発した。沖縄トラフおよび伊豆・小笠原弧の海底熱水系に対して本探査システムを導入し、詳細な海底の磁化強度分布を推定することに成功した。さらに、調査船等で取得された広域の地磁気、海底地形データの解析結果と合わせて、熱水活動域周辺の海底地形、地磁気異常、海底の磁化強度分布の特徴を明らかにするとともに、海底熱水系の海底下地質構造の把握を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、海底の磁化強度分布を数100m以下のスケールで推定することが可能な高分解能磁気探査システムを開発した。本探査システムをより広範囲に導入することにより、背弧リフトや島弧火山など異なるテクトニックセッティングにおける海底熱水系の海底下地質構造の多様性や、それを支える地質学的背景について、体系的な理解が進むことが期待される。また、得られた詳細な磁化強度分布は、新たな鉱物資源として期待されている海底熱水鉱床の有望域の絞り込みや、熱水鉱床の成因に対して新たな制約を与えることが期待される。

研究成果の概要(英文)：We developed a new high-resolution magnetic exploration system utilizing Remotely Operated Vehicles (ROVs Hyper-Dolphin and KM-ROV) and a towed survey system (Yokosuka Deep Tow) to reveal the magnetization intensity of the seafloor at scales below several hundred meters. We applied this exploration system to hydrothermally active areas in the Okinawa Trough and the Izu-Bonin Arc and successfully estimated detailed magnetization intensity distributions. Furthermore, in combination with the analysis of regional-scale magnetic and bathymetric data obtained by research vessels, we clarified the characteristics of bathymetry, magnetic anomalies, and magnetization intensity distributions around hydrothermal areas and attempted to understand the sub-seafloor geological structure of the hydrothermal systems.

研究分野：固体地球物理学

キーワード：磁気異常 高分解能磁気探査 磁化強度分布 海底熱水系 沖縄トラフ 伊豆・小笠原弧 無人探査機(ROV) 深海曳航調査システム(ディープ・トウ)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

海底熱水活動域を対象とした磁気探査は、海底の地質を反映した磁化強度分布を推定できるため、海底熱水系の地質学的背景を理解する上で重要な手法である。特に、近年の無人探査機 (ROV) や自律型無人探査機 (AUV) による海底近傍での磁気探査は、海上での探査よりも短波長の磁気異常が得られることから、より詳細な海底地質構造の推定に用いられている。例えば、中央海嶺や背弧海盆などの拡大系の熱水活動域では、熱水による海洋地殻の磁化消失域や、活動を停止した熱水活動域の分布が明らかにされた (例えば、Tivey and Johnson., 2002; Honsho et al., 2013; Sztikar et al., 2014)。

沖縄トラフや伊豆・小笠原弧海域ではリフティングに伴う火成活動や島弧マグマ活動による海底熱水系が数 10 箇所以上報告されている。これらの熱水系を対象とした調査は現在までに多数行われているが、個々の熱水系を対象とした調査が多く、複数の熱水系を含む広域エリアを対象とした研究例は少ない。また、現状の磁気探査手法ではデータ分解能や調査範囲が限られるため、熱水系の地質構造を議論するために必要とされる数 100 m 以下のスケールの磁化強度分布を明らかにすることは難しい。そのため、海底熱水系の海底下地質構造の多様性が、その熱水系の地質学的背景にどのように規制されるかについては十分に明らかにされていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、沖縄トラフや伊豆・小笠原弧において調査船や AUV で取得した地磁気と海底地形データから広域の海底の磁化強度分布を推定する。さらに、ROV や深海曳航調査システム (ディープ・トウ) を活用した高分解能磁気探査システムを開発し、熱水活動域周辺の詳細な磁化強度分布を推定する。得られた結果をもとに、海底熱水系の海底下地質構造の多様性について明らかにし、その多様性が熱水系を支える地質学的背景にどのように規制されるかを考察する。

本研究で開発する ROV やディープ・トウを活用した高分解能磁気探査システムは、AUV による磁気探査に比べてより詳細な数 100 m 以下のスケールの磁化強度分布を明らかにすることができる。そのため、現状の海底熱水鉱床探査における準精査と精査をつなぐ新たなスケールの探査手法として期待される。また、本研究で明らかにする熱水系の海底下構造は、熱水鉱床有望域のさらなる絞り込みや、熱水鉱床の成因の理解にも寄与できる。



図 1 高分解能磁気探査システムの搭載

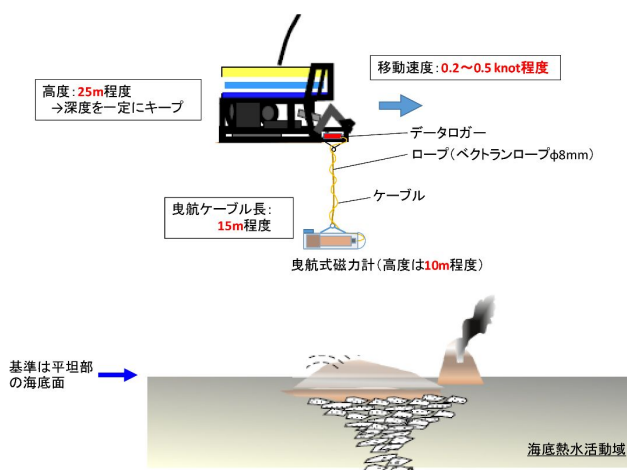


図 2 ROV を用いた高分解能磁気探査の概要

### 3. 研究の方法

#### (1) 地磁気と海底地形の広域データセットの構築

海底熱水系の海底下地質構造の多様性を明らかにするためには、地磁気と海底地形の広域データセットを構築する必要がある。そこで、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の調査船を用いて地磁気と海底地形データを新たに取得するとともに、過去に実施された JAMSTEC の調査船や AUV による地球物理調査で取得された地磁気と海底地形データを収集・編集し、広域データセットを構築した。

#### (2) 海底近傍での高分解能磁気探査システムの開発

海底熱水系周辺の海底下構造や熱水鉱床に伴う磁気異常を検出するため、ROV やディープ・トウを活用した高分解能磁気探査システム (図 1) を開発した。具体的には、高度 10 ~ 50 m 程度で、曳航式全磁力計を効率的に深海曳航することにより、磁気異常の短波長成分や振幅の小さな異常に対する検出能力の向上を図った。ROV による高分解能磁気探査の概要を図 2 に示す。



本研究では、中部沖縄トラフ海域および伊豆・小笠原弧東青ヶ島海丘の熱水活動域を対象とした調査航海において、本探査システムを用いたデータの取得と評価を実施した。

#### 4. 研究成果

沖縄トラフおよび伊豆・小笠原弧周辺で実施された JAMSTEC の調査航海において、調査船による地球物理調査を実施し、新たに地磁気と海底地形データを取得した。また、過去に取得されたデータを収集・編集し、それらと合わせて広域データセットを構築した。構築した広域データの解析により、沖縄トラフおよび伊豆・小笠原弧の熱水活動域周辺における広域スケールの海底地形、地磁気異常、海底の磁化強度分布の特徴を明らかにした。図 3 は、伊豆・小笠原弧東青ヶ島海丘周辺の解析結果を示す。この地域では、第 1 東青ヶ島海丘と第 3 東青ヶ島海丘は他に比べて高い磁化強度（約 7~8 A/m）を示したのに対して、第 2 東青ヶ島海丘と第 4 東青ヶ島海丘は低い磁化強度（約 1~2 A/m）を示した。これらの磁化強度の違いは、海底下の地質構造や形成年代等の違いを示唆している。また、現在活発な熱水活動が存在する東青ヶ島海丘カルデラ内には顕著な磁気異常は認められなかった。

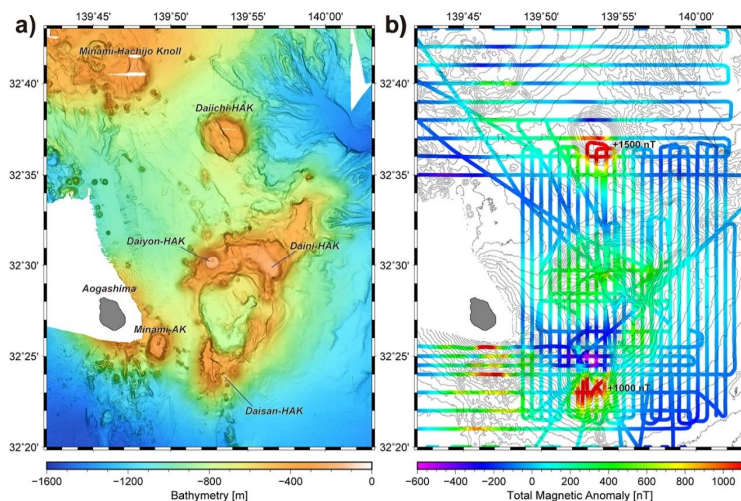


図 3 東青ヶ島海丘周辺の広域スケールの磁気探査結果：a)海底地形と b)地磁気異常

海底の磁化強度分布を数 100m 以下のスケールで推定するため、ROV やディープ・トウを活用した高分解能磁気探査システムを新たに開発した。本探査システムの汎用性を向上させるため、システムの軽量化や小型化を含めた仕様検討を進め、JAMSTEC が所有する複数の ROV、ディープ・トウ、有人潜水調査船への搭載を実現した。最終的に本探査システムを 5 つの調査航海に導入し、沖縄トラフおよび伊豆・小笠原弧の海底熱水系周辺の詳細な海底下構造を推定することに成功した。東青ヶ島海丘熱水活動域で実施した高分解能磁気探査結果の一例を図 4 に示す。高分解能磁気探査により、調査エリア中央に位置する直径約 30m の熱水マウンドがダイポール状の磁気異常（振幅約 250nT）を示し、さらにこのマウンドが低磁化に対応することが明らかとなった。これは、熱水マウンドの磁化が熱水変質や高温の熱水により低下したことを示唆している。本研究で構築した高分解能磁気探査手法をより広範囲に適用することにより、海底熱水系の海底下地質構造の多様性やその熱水系を支える地質学的背景の系統的理解が進むことが期待される。

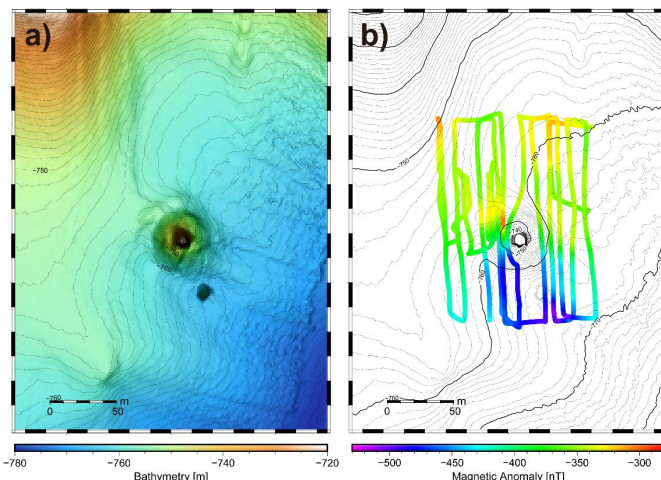


図 4 東青ヶ島海丘熱水活動域での高分解能磁気探査の結果：a)海底地形と b)地磁気異常

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masataka Kinoshita, Kazuya Kitada, Tatsuo Nozaki	4. 巻 127
2. 論文標題 Tidally Modulated Temperature Observed Atop a Drillsite at the Noho Hydrothermal Site, Mid Okinawa Trough	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2021JB023923	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 Takafumi Kasaya, Yoshifumi Nogi, Kazuya Kitada	4. 巻 54
2. 論文標題 Advanced magnetic survey system and method for detailed magnetic field mapping near the sea bottom using an autonomous underwater vehicle	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Exploration Geophysics	6. 最初と最後の頁 205 ~ 216
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/08123985.2022.2089013	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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Kazuya Kitada, Takafumi Kasaya, Yoshifumi Nogi
2. 発表標題 Exploration of submarine hydrothermal systems based on high-resolution magnetic anomalies in the Higashi Aogashima Knoll Caldera, Izu-Ogasawara arc, Japan
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田健太、多田訓子、羽生毅、浜田盛久、McIntosh Iona、萩原雄貴、佐藤智紀、北田数也、田村芳彦、小野重明、平峰玲緒奈、高井星香、原野あゆ、黒田真奈加
2. 発表標題 概要報告：伊豆・小笠原弧の活発な火山活動を徹底的にかいめいする為の海域火山調査
3. 学会等名 海と地球のシンポジウム2023
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Masataka Kinoshita, Kazuya Kitada, Tatsuo Nozaki
2. 発表標題 Tidally Modulated Temperature Observed Atop a Drillsite at the Noho Hydrothermal Site, Mid-Okinawa Trough
3. 学会等名 AOGS2022 Virtual, 19th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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

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