

NT10-05 Leg2 航海クルーズサマリ

1. 航海情報

- 航海番号：NT10-05 Leg2
- 船舶名：なつしま
- 航海名称：平成21年度深海調査研究「ハイパードルフィン」調査潜航 鹿児島湾
- 首席研究者：藤井輝夫 [東京大学]
- 課題代表者：藤井輝夫 [東京大学]
- 研究課題名：AUVを用いた海域マッピングに基づく適応的現場計測手法に関する研究
- 課題代表者：石橋純一郎 [九州大学]
- 研究課題名：鹿児島湾若尊火口底熱水域における噴気-間隙水-堆積物相互反応の解明
- 航海期間：平成21年3月18日(木)～平成21年3月30日(火)までの13日間
- 出港地～帰港地：鹿児島港～鹿児島港
- 調査海域名：鹿児島湾若尊カルデラ (図1)

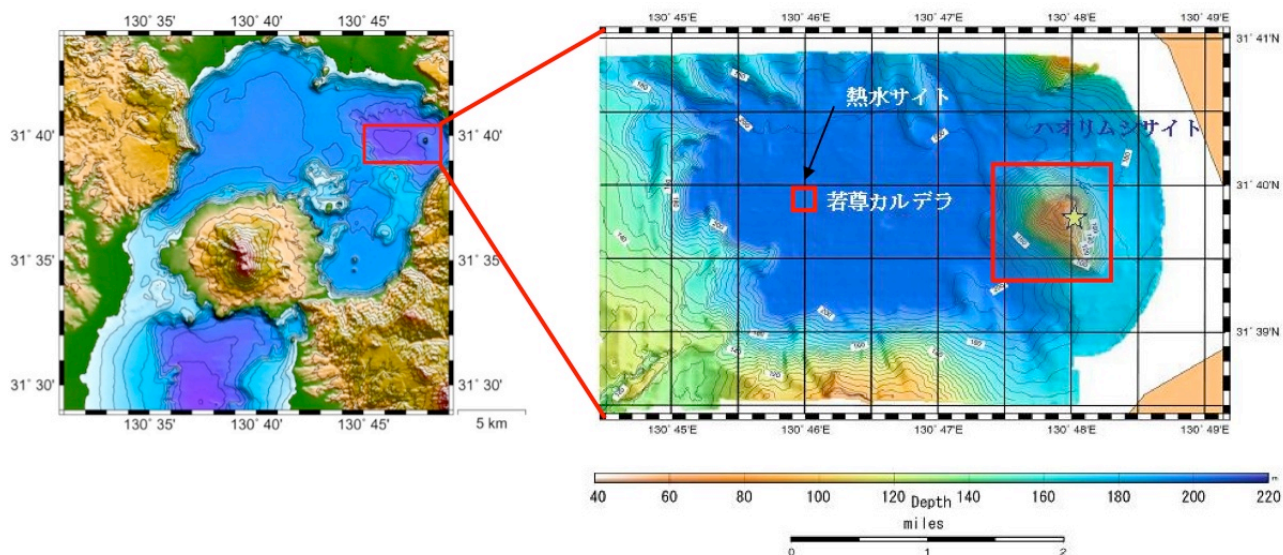


図1 調査海域図

2. 実施内容

(目的と背景)

NT10-05は、平成21年度深海調査研究プロポーザルS09-76「AUVを用いた海域マッピングに基づく適応的現場計測手法に関する研究」(課題提案者：藤井輝夫/東京大学)及びS09-75「鹿児島湾若尊火口底熱水域における噴気-間隙水-堆積物相互反応の解明」(課題提案者：石橋純一郎/九州大学)に基づくものである。

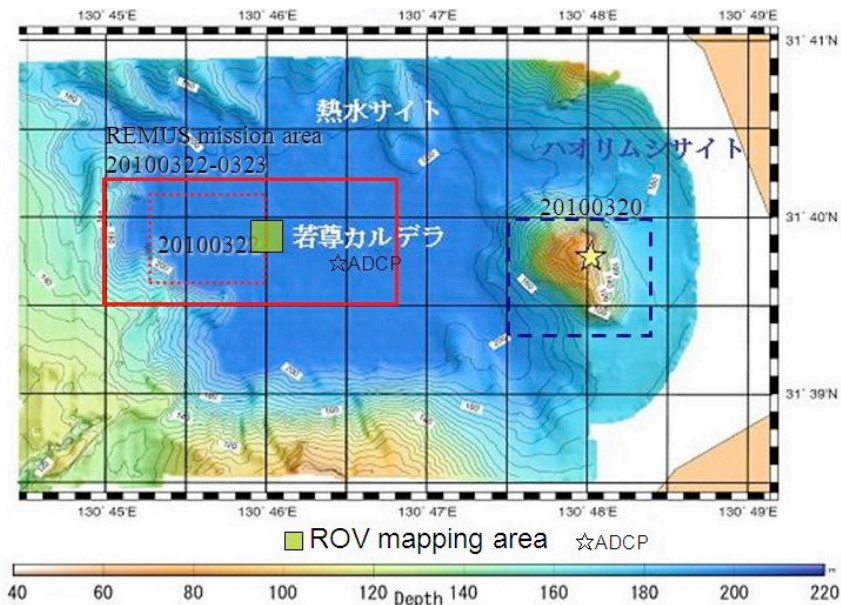
S09-76では、提案者のグループで開発を進めている現場計測型センサ及びシステムと、熱水プルームの挙動の時空間的マッピング手法とを融合し、自立海中ロボット(AUV)を用いて活動域のマッピングを行った結果に基づき、ROVを用いた現場計測を適応的に展開する「適応的現場計測」の手法について検討を加え、複数のプラットフォームを組み合わせる新しい海洋観測手法の構築に向け、基礎的な知見を得ることを目的とする。

S09-75では、熱水変質鉱物、熱水性沈殿物、熱水、噴気ガスなどの試料を採取してその化学的特性を明らかにし、若尊火口底の堆積層内で進行している熱水化学反応および鉱化作用において、火山性噴気がどのように影響しているのかについて地球化学的な議論を進めることを目的としている。またこれと平行して、火山性噴気などによって短期変動する海底化学環境のモニタリングを視野に

入れて開発を進めている現場連続化学計測器・微生物現場培養システム・試料採取装置・熱流量測定器を数日間ずつ海底に設置してデータ取得を行ない、その有用性を検証する。

(具体的研究内容)

本航海では、調査海域である若尊カルデラ内の熱水活動を主たる対象とし、以下に述べるような課題について調査研究を行った(図2)。また、AUV REMUS と ROV を組み合わせた「適応的現場計測」については、AUV が潜航可能な最大深度が 100m であることを考慮して、カルデラ東端のハオリムシサイトをターゲットとした。



AUV mapping area [Red line : (3/22-23) , Red dotted line : (3/22), Blue dotted line :(3/20)

図2 AUV 及び ROV によるマッピング範囲

A. AUV を用いた海域マッピングに基づく適応的現場計測手法に関する研究

A 1) AUV REMUS とハイパードルフィンを組み合わせた調査手法の検討

AUV と ROV とを併用する調査手法について基本的な検討を行うため、「なつしま」から AUV REMUS を展開することを試みた。トランスポンダのための係留系設置・回収は本船から行い、トランスポンダ本体の取り付け及びビークルの着水・回収は作業船を用いて実施した。REMUS100 は各種の現場化学センサを搭載(図3)しており、自動航行のための2基のトランスポンダ係留系の設置・回収は本船から行い、トランスポンダ本体の取り付け及びビークルの着水・回収は作業船を用いて実施した。本航海では3回の観測を実施し、そのうちの1回については3月22日17時から3月23日7時までの13時間の夜間連続観測を行うことに成功した(図2)。



図3 AUV REMUS

A 2) 集積型現場計測システム (IISA シリーズ) の開発

首席研究者らが開発を進めている集積型現場計測システム”IISA: Integrated in situ Analyzer”シリーズのうち、1) 現場型遺伝子解析システム (IISA-Gene)、2) 信号累積型 pH センサ(IISA-AMISpH)のプロトタイプをそれぞれハイパードルフィンに搭載して動作試験を行った。また、pH 計測結果を比較するため、IISA-AMISpH と同時に現行型の ISFET-pH センサを搭載した。

- 現場型遺伝子解析システム (IISA-gene) : (#1091, #1096, #1101, #1103)の合計4 潜航に渡ってハイパードルフィンに搭載し、同時に、ニスキン採水器による海水の採取も行った。#1091, #1101 潜航における運用では、遺伝子解析操作が正常に行われたことを示す明瞭なシグナルを確認した。
- 信号累積型 pH センサ (IISA-AMISpH) : #1090, #1092, #1093, #1094, #1096, #1098, #1099, #1101, #1103 の合計9 潜航においてハイパードルフィンに搭載した。従来型の ISFET-pH センサはを近傍に設置し、#1098 以降の運用では、現行型 ISFET-pH センサと同様の傾向を持ったデータを得ることができた。特に海中で気泡が確認されたところでは低 pH 異常が顕著にみられた。

A 3) 深海現場複合計測による熱水プルームの4次元マッピング

熱水域の物理的・化学的・生物的な変動を、空間的に把握する手法を確立するための基礎的なデータとして、本航海では潮汐フェーズを考慮した若尊カルデラ内の熱水プルームマッピングを実施した。具体的には、図2に示す ROV によるマッピング領域内に 100m 間隔の測線グリッドを設定し、2層の深度一定面 (深度: 160m, 190m) について、4 通りの潮汐フェーズ (干潮時、満潮時、上潮時、下潮時) の時間帯にハイパードルフィンを測線に沿って0.6ノットで航行させ、合計2×4=8層のグリッドデータを取得した。具体的な計測項目としては、CTD、濁度、pH の他、ハイパードルフィンに搭載した12連採水器を用いて海水を採集した。また、微生物活性を見積もるため、採水したサンプルを用いて、ルシフェリン-ルシフェラーゼ法を応用した ATP (アデノシン3リン酸) の定量分析を行った。同時に図中に示すようにカルデラ内南東部に ADCP を設置し、調査期間全体にわたって流向、流速の計測を行った。取得したデータは現在解析処理中であり、これを3次元的に再構成した上で、潮汐による流向流速データと組み合わせ、熱水プルームの挙動に関するモデルを構築する予定である。

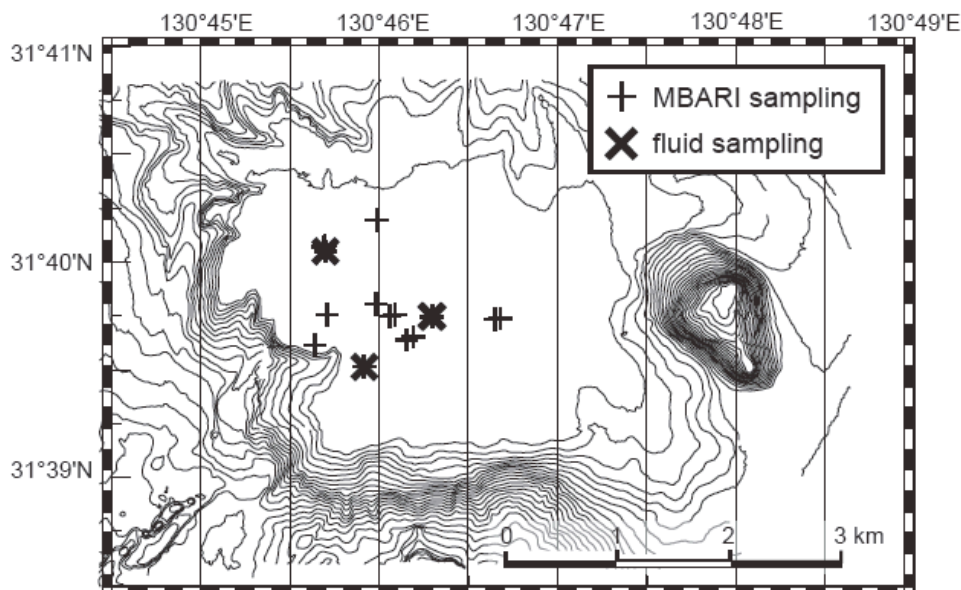


図4 NT10-05航海における熱水試料およびコア試料採取地点

B. 鹿児島湾若尊火口底熱水域における噴気—間隙水—堆積物相互反応の解明

B 1) 熱水活動域からの試料採取と地球化学的特徴の解明

本航動では、若尊火口底熱水域の地球化学的特徴について議論するため、熱水試料を27試料、堆積物試料（主にMBARIコアラで採取）を26試料、ガス試料を5試料採取した（図4）。また、ニスキン採水器を用いて、熱水活動域直上の海水試料の採取も行った。

熱水・ガス試料の化学分析は、主成分組成、ガス組成、有機成分組成、微量元素組成、同位体組成を、各研究機関で分担して行う。これらの化学的特徴から、熱水およびそこに含まれる化学成分の起源、さらに海底下深部の熱水循環の過程で熱水が形成される化学反応の推定を行う。地質試料については鉱物学的解析を行い、海底面直下の堆積層内で熱水反応が起こる物理化学条件に制約条件を与える。地質試料から間隙水を抽出して、主成分化学組成から熱水の分布を、微量元素組成からそれぞれの熱水反応における元素の挙動を議論する。

B 2) 海底作動観測機器類の設置試験

海底化学環境のモニタリングを視野に入れて開発を進めている以下の各種機器を、数日間ずつ海底に設置してデータ取得を行ないその有用性を検証した。

- 微生物現場培養装置：現有のロータリー式クリーン海水採水機（ROCS）を改造し開発したもので、低温熱水湧出域に2日間設置し、チタン培養器への目的熱水の充填、培養開始から12時間ごと4回の培養試料採取を行うことができた。
- 現場化学計測装置（GAMOS）：フローインジェクション分析システムを海底で連続的に作動させるもので、マンガン濃度を計測するものを低温熱水湧出域に3日間設置した。同じ場所に設置したCTDによって観測された水温の変動に同調したマンガン濃度変動を観測した。
- 現場間隙水抽出装置：海底に取水口を挿入して表層堆積層内の間隙水を直接抽出して採取するもので、同時に温度も測定できる。低温熱水湧出域の湧水のすぐ脇に設置したところ、海底下60 cmで150°C近い温度が確認され、熱水成分の混入した間隙水を採取することに成功した。
- 熱流速計（メデューサ）：筒内を通過する熱水の流速および温度を測定して、熱水が担う熱フラックスを測定する装置で、2カ所の低温熱水湧出域で設置を行ったが、1カ所目は噴気の混入のため、2カ所目は堆積物の混入のため、あまり良い設置条件での測定ができなかった。

（調査航海のまとめ）

本調査航海では、AUV と ROV を組み合わせた新しい調査手法の可能性を探るため、AUV REMUS を「なつしま」から展開することを試みた。日没前に AUV を投入し、日出後に回収するミッションを実行し、13 時間にわたる夜間連続観測に成功した。AUV によって計測されたデータは 15 分足らずでコンターマップとして表示できるので、直後の ROV による潜航に、そのデータを反映することが可能である。このような「適応的」な調査手法を今後より一層発展させることにより、海中におけるイベントをより迅速かつ正確に捉える手法になりうる。また、開発中の2種類の現場型計測システム（IISA-gene, IISA-AMISpH）を実海域に展開し、今後システムの完成度を高める上で有用な知見が数多く得た。一方、ROV を用いて全8層にわたるマッピング計測を行い、多数の項目について充実したデータが得られた。今後は、海水流動の効果を考慮したモデルを構築することにより、プルームの挙動を把握する手法の確立へとつなげる予定である。

また、若尊火口底熱水域の火口域内の広い範囲から、熱水、堆積物、ガス等の試料を採取するとともに、現場計測装置類やセンサ類ならびに現場培養装置を投入し、データを得ることに成功した。今後、これらの試料及び取得データの獲得を通して、本熱水域に関する地球化学的な議論をより一層深めるとともに、現場観測機器類の有用性の検証を進める予定である。