

提出日平成19年 7月30日

クルーズサマリー

1. 航海番号／レグ名／使用船舶：NT07-12／なつしま
2. 研究課題名：
海洋動物における浅海から深海への環境適応過程での生理的機能の進化
提案者／所属機関／課題受付番号：竹村明洋／琉球大学／07-26
沖縄トラフ・鳩間海丘における現場計測技術を応用した熱水プルーム拡散挙動の
観測技術開発
提案者／所属機関／課題受付番号：下島公紀／電力中央研究所／07-54
3. 首席研究者／所属機関：竹村明洋／琉球大学
4. 乗船研究者：
竹村明洋、山崎秀雄、今井秀行、土岐知弘、Josee Bouchard、山崎征太郎、
神木伸行、内村三幸、伊藤 瞳（琉球大学）
山本啓之、三輪哲也、平山仙子（海洋研究開発機構）
保 智己、大久保磨美（奈良女子大学）、
下島公紀（電力中央研究所）、
前田義明（株式会社セレス）
5. 調査海域：沖縄トラフ 鳩間海丘
6. 実施期間：平成19年6月28日～平成19年7月2日

調査航海概要

調査背景及び目的

今回の調査航海では二つの調査提案が同時に実施された。それぞれの提案課題の目的及び背景は以下の通りである。

1) 海洋動物における浅海から深海への環境適応過程での生理的機能の進化

(提案者：竹村明洋)

生物は生息環境に適応しながら生命活動を営んでいる。たとえば太陽光の降り注ぐサンゴ礁海域では光合成生物を中心に生態系が成り立っているのに対し、太陽光の届かない深海においては化学合成生物群集が中心となって生態系が構成されている。また、浅海性の生物は太陽光の明暗を基準にした一日のリズムを刻んでいるが、深海性の生物における光応答性や関連したリズム形成に関しては不明である。深海の熱水・冷湧水域の環境では、地殻および堆積物層から供給される水素、メタン、硫化水素などをエネルギー源とする化学合成生物群が生息している。ここに生息する動物は、熱水・冷湧水に含まれる毒性物質に対して防御機能を獲得している。本研究では、深海性生物の微弱光環境適応及び硫化水素環境適応について研究を重点的に進め、海洋動物の持つ生理機能の一端を明らかにすることを目標としている。浅海と深海に生息する同一種もしくは近縁種の示す生理を環境適応と比較しながら研究することにより、それぞれの機能面の詳細や進化過程を明らかにできる可能性がある。この研究を遂行するには、既存の実験技術に加えて、潜水艇による生物捕獲と

生理状態を維持した飼育の技術、深海での生息環境の調査が必要である。

2) 沖縄トラフ・鳩間海丘における現場計測技術を応用した熱水プルーム拡散挙動の観測技術開発 (提案者：下島公紀)

熱水プルームは、地球内部の膨大な量の熱や化学物質を海洋に放出する役割を担っている。しかし、熱水プルームの拡散過程で起こっている化学物質（微量重金属元素や気体成分など）の供給・除去・運搬の素過程の定量的な評価は、適切な観測手法が無かったこともあってあまり進んではいなかった。提案者のグループではこのような現状をふまえて、HPD に搭載可能な熱水プルーム採取装置や現場型計測システム（化学センサや分析計等）の開発を進めるとともに、熱水プルーム拡散挙動の観測手法を検討してきた。これまでの研究で、pH・pCO₂・ORP 計測、化学成分分析、遺伝子解析などの新たな現場計測技術が完成しつつあり、継続的な海水流動観測によって潮汐と熱水プルーム挙動の関連も明らかになりつつある。本計画では、多項目の現場複合計測、熱水プルーム採取、海水流動観測、観測機器開発、観測手法（HPD の運用等）開発を有機的に結合させることによって、より効率的な熱水プルーム拡散挙動の観測技術を確立することを目的としている。鳩間海丘で確立した観測技術を、広く他の海底熱水活動地帯に適用することによって、将来の海底熱水系の研究に大きく貢献することを目標とする。また、人間活動の発展に伴う地球規模の環境問題、特に地球の温暖化問題の対策として、二酸化炭素の海洋隔離技術の成立性が検討されている。そのためには、隔離された（液体）二酸化炭素の海洋中での拡散挙動を把握し、生態系を含めた海洋環境への影響を十分に予測できることが重要である。鳩間海丘は、海底熱水活動由来の液体二酸化炭素が噴出している世界でも例を見ない場所の一つである。この海域の熱水活動域は水深1500m 程度に存在しているので、噴出した液体二酸化炭素は液滴となって浮上するが、この二酸化炭素液滴は浮上の過程で徐々に溶解し、やがては消失している。さらに、浮上する二酸化炭素液滴の近傍では、溶解した二酸化炭素によって高二酸化炭素濃度・低pH の環境が発生していると推測される。鳩間海丘での熱水活動地帯で噴出している液体二酸化炭素の挙動観測は、二酸化炭素海洋隔離の環境影響評価の実験的研究の場（ナチュラルアナログ）として最適である。本計画では、浮上する二酸化炭素液滴の溶解過程や溶解による周辺の海洋環境におよぼす影響（海水の低pH 化の程度）を詳細に明らかにするための観測技術を開発するとともに、二酸化炭素液滴と海底熱水活動域周辺で発見された二酸化炭素ハイドレートを含む白色堆積物との関連について検証することを目的としている。

調査内容

6月28日

那覇新港を9時前に出航し、調査海域（鳩間海丘）へなつしまを廻航。廻航中に一航士と電子長からのガイダンスを受けると共に運航長との潜行調査に関する最終打ち合わせを行った。

6月29日

鳩間海丘にてHPDによる2ダイブを行った。午前の潜航（HPD Dive #705）は8:17に開始し、9:16にKnapsack site+#369-1（D=1522）に着底した。着底後直ちに、午前中の主たる

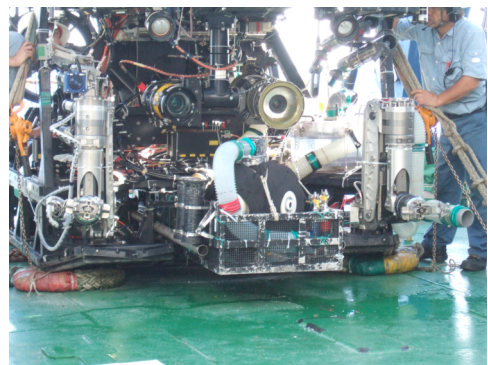


図1. HPD とディープアクアリウム。



図2. 鳩間海丘で遊泳しているバラビクニン。HPD で追跡し、ディープアクアリウム中に収容した。

目的である、深海性魚類（バラビクニン）の探索及び採集に向かった。着底ポイントは以前お探索により、バラビクニンの棲息数が比較的多いことが分かっていたため、魚を容易に見つけることができ、1時間で16尾のバラビクニンをディープアクアリウムに採集することができた（図1及び図2）。10:40に離底し、11:33に揚収を完了した。その後、バラビクニンの生理実験を直ちに行った。午後の潜航（HDP Dive #706）は13:19分に開始し、14:26にBlue Vent（1532m）周辺に着底した。海底観察をしばらく行った後、午後の潜航の目的であるBlue Vent 周辺の無脊椎動物（ヒバリガイ、オハラエビ、多毛類など）の採集を行った。煙突状のチムニーから噴出する熱水の温度測定と採水を行った後、Blue Vent近辺に設置したハイドロフォンを回収して、16:50に離底し、17:51に揚収を完了した。船上で、採取したサンプルの分析もしくは処理を行った。

6月30日

鳩間海丘にてHPDによる2ダイブを行った。午前の潜航

（HPD Dive #707）は8:16に開始し、9:10にKnapsack site+#369-1（D=1522m）に着底した。着底直前に真空式の採水器での採水を行った後、しばらくの間着底地点を観察した。その後、深海性魚類（バラビクニン）の採集を行い、短時間で7尾のバラビクニンを採集できた。その後、バラビクニンの卵と稚魚の探索を行った。10:41に離底し、11:34に揚収を完了した。ディープアクアリウムの減圧速度を調節し、船上で網膜における光応答実験を行った（図3）。午後の潜航（HDP Dive #708）は13:17に開始し、14:17にBlue Vent（1532m）周辺に着底した。現場培養器の位置を確認した後、近傍のチムニーで6連キャニスターを用いてゴエモンコシオリエビとヒバリガイを採集した。次いで、12連採水器で深度を変えて採水を行った。最後に100mと10mで採水を行って浮上し、17:28に揚収を完了した。ハトマ海丘の熱水噴出孔から採取されたシンカイヒバリガイ、ゴエモンコシオリエビ、オハラエビを船上の低温水槽にて蘇生をまち、その後、生存が確認できたもの個体の硫化水素産生能をガスクロマトグラフィーによって検出を試みた（図4）。三種の生物を4度、10度、30度で保温したときの硫化水素、イソブレン、ジメチルサルフィド等のガス発生を調べた。また、集団遺伝学的解析のため、シンカイヒバリガイに寄生するウロコムシを取りだし、船上にて凍結保存サンプルを作製した。オハラエビを船上で解剖し、鰓をとりだし、電子顕微鏡試料用のグルタルアルデヒド処理サンプルを作製した。

7月1日

鳩間海丘にてHPDによる1ダイブを行った。潜航（HPD Dive #709）は8:00の予定であったが、国籍不明漁船の延縄漁の影響により入水が遅れ、潜航開始時間は9:05になった。搭載したドライアイスの変化を観察しながらゆっくり潜航し、Blue Vent 周辺に10:35に到着し、現場培養器の回収を行った。同 site において熱水の保圧採水を行い、次いでマーカーを設置した。11:26から同地点でシンカイヒバリガイの採取を行った後、C-1site に向かい、液滴の観察、pH測定、そして液



図3. 電気生理実験器具一式。バラビクニンの網膜を取り、様々な波長の光を照射して、その反応を記録した。



図4. コンテナラボ内に設置したガスクロマトグラフィー。硫化水素の産生能を規則した。

滴の採集を行った。その後周辺海域の観察と写真撮影を行い、ドライアイスと液滴の比較観察を行いながら浮上し、13:36に揚収を完了した。採集したシンカイヒバリガイは硫化水素に関する船上での実験に使うのに加えて、DNA抽出用試料及びアロザイム試料として凍結保存した。揚収完了後直ちに那覇に向かった。

7月2日

那覇新港に11:30に着岸し、昼食後研究者は下船した。

調査結果及び成果

保圧状態で船上まで引き揚げ、低温下で一気に減圧することによって船上での生理実験に充分耐えうる状態の魚を比較的大量に得ることが可能となった。「活きが良い」魚を使った船上電気生理実験によって、深海性の魚（バラビクニン）は短波長の光（明暗のみ）を感じることができると判明した。深海と浅海を行き来する近縁種のザラビクニンが色を見分けることができるのは対照的であった。また、メラトニン合成酵素遺伝子の発現パターンから、光受容器官である網膜と松果体はメラトニンを合成する能力を有していることも判明した。これまでの調査では鳩間海丘に棲息するバラビクニンは性的に成熟した個体のみが得られていた。今回の調査で、生殖腺の発達にばらつきがあることに加え、性的に未熟と考えられる個体の撮影に成功した。これらの結果から、鳩間海丘のバラビクニンは特定の産卵期を持っておらず、再生産を繰り返していると考えられた。

シンカイヒバリガイ、ゴエモンコシオリエビ、及びオハラエビの硫化水素産生能に関しては現在結果を分析中である。

採集間もない生きたサンプルを用いて船上で分析を行ったのは、我々の研究の特徴であり、このような生理実験から得られる結果は深海の生物の生理状態を把握上で非常に有効である。

二酸化炭素液滴の追跡観察時には各種の現場計測機器を搭載し、溶解しつつある二酸化炭素液滴近傍での化学環境（pH, pCO₂, 生物活性, 微量重金属元素等）の現場計測を行い、二酸化炭素液滴の溶解に伴う海水の低pH化の程度や化学環境の変化を把握した。図Xに示す結果が得られている。

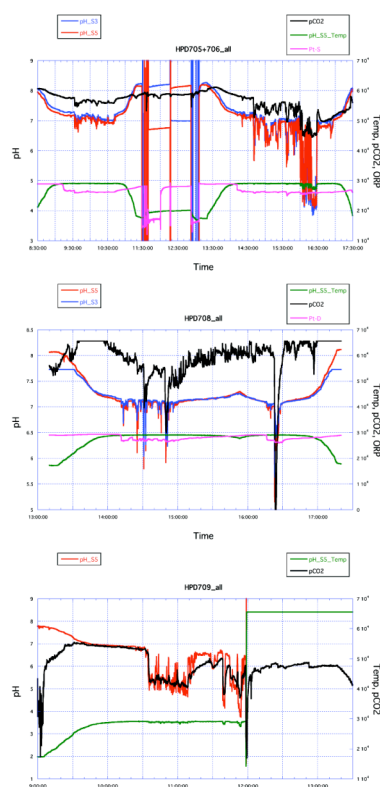


図4. pH, pCO₂, 生物活性, 微量重金属元素等の現場計測結果。