

1. 2. 2 沖縄熱水海底下生命圏掘削

(1) 目的

沖縄トラフ熱水活動域における熱水噴出孔周辺を掘削し、熱水活動域の海底下で活動している微生物群集の規模・組成及び海底下生命圏の限界を解明する。また、熱水性金属硫化物の分布規模や組成等を分析し、熱水鉱床の形成メカニズムを解明する。

(2) 実施内容:平成 22 年 9～10 月

沖縄トラフ伊平屋北熱水活動域の 5 地点において掘削(水深 885～1,130m、海底下 4～151m)を実施し、全地点においてコア試料を採取するとともに、うち 2 地点の掘削孔において、今後の化学・微生物学的モニタリング研究に利用するため孔壁の保護パイプ(ケーシングパイプ)を設置し、人工熱水噴出孔を創出した(図 10)。

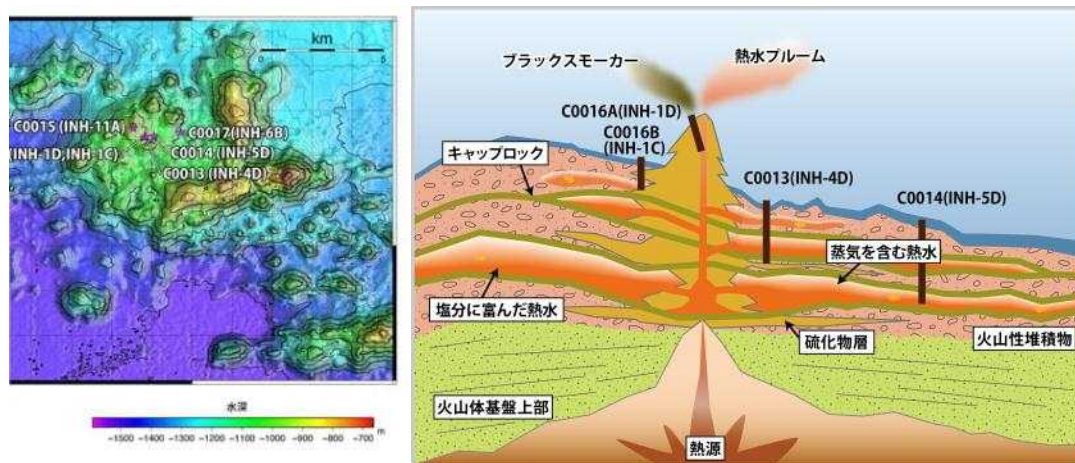


図 10 沖縄熱水海底下生命圏掘削の概要

(3) 科学的成果

- ① 海底下に広がる非常に広大な熱水帯構造と熱水変質帯の発見 (C0013、C0014、C0016、C0017) (図 11)

高温熱水噴出孔(図 12)の地点 A)から約 100m 及び 450m 程度離れた、従来は活発な熱水活動はないと考えられていた 2 地点(C0013、C0014)において、ごく浅い掘削深度で急激な温度上昇と高温熱水の噴出を確認した。また、コア試料(C0013、C0014、C0016)の分析によって、海底下深部から上昇する高温熱水と海底下の地層に浸透する海水との混合過程で変質した地層(熱水変質帯)が存在し、これにより海底下に幾重もの不浸透性の層(キャップロック構造)が発達して、海底下を熱水が水平方向に流れていることを明らかにした。高温熱水噴出孔から約 2km 離れた地点(C0017)においても、海底下深部で急激な温度上昇を確認し、この地点の海底下にも

熱水循環と変質帯が存在する事が確認された。

これまでは中央海嶺に比べて沖縄トラフのようなプレート沈み込み帯における熱流量が小さいので、比較的熱水循環系(熱水鉱床)の規模が小さいと考えられてきたが、これらの発見はその概念を覆すものとなった。

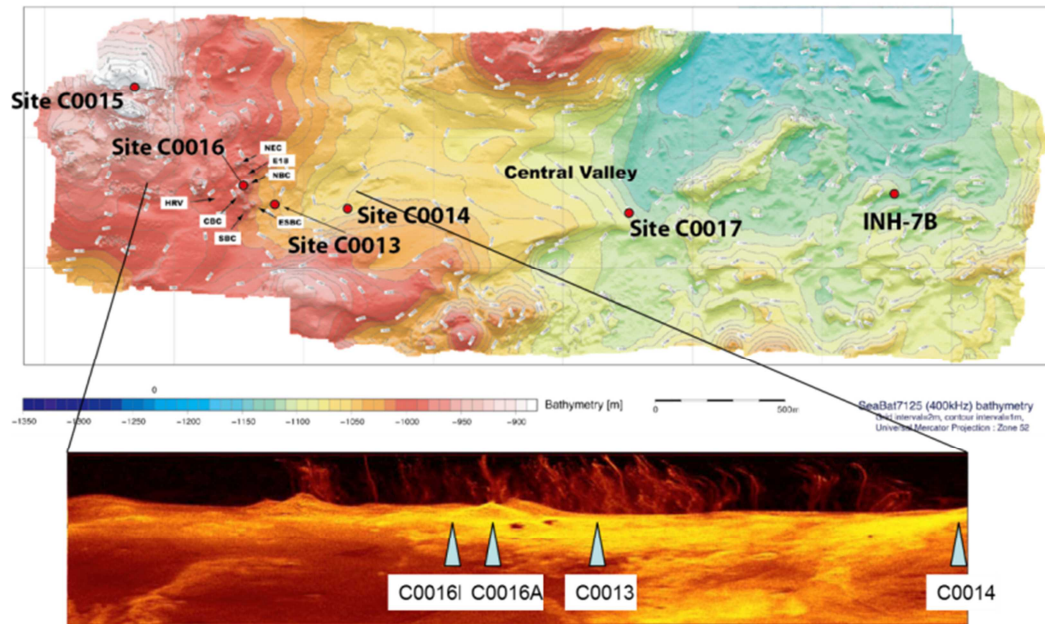


図 11 沖縄トラフ伊平屋北熱水域地形図(上段)と音響的に捉えた熱水噴出のゆらぎ(下段)

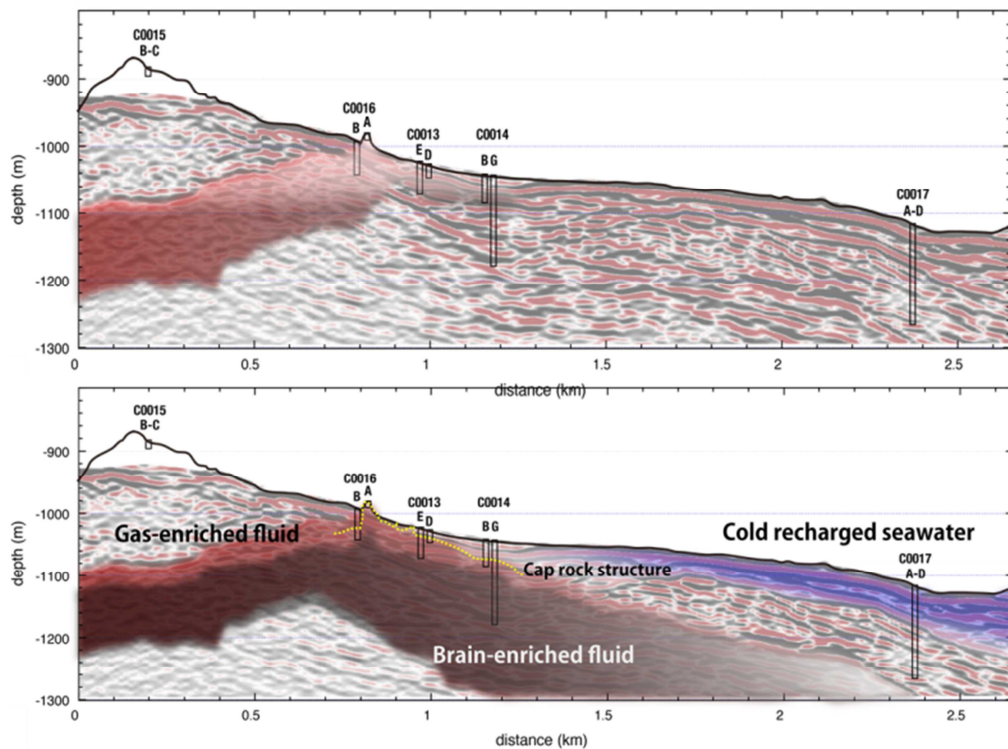


図 12 海底下の熱水滞留帯のイメージ(上段:掘削前、下段:掘削後)

② 熱水滞留帯の化学組成の解明(C0013、C0014、C0016、C0017)

コア試料の間隙水(試料内部に含まれている水)の化学組成解析の結果、海底下に存在する熱水滞留帯の上部には蒸気を含む軽い熱水が、下部には塩分に富んだ重い熱水が滞留していることを確認した(図 13)。

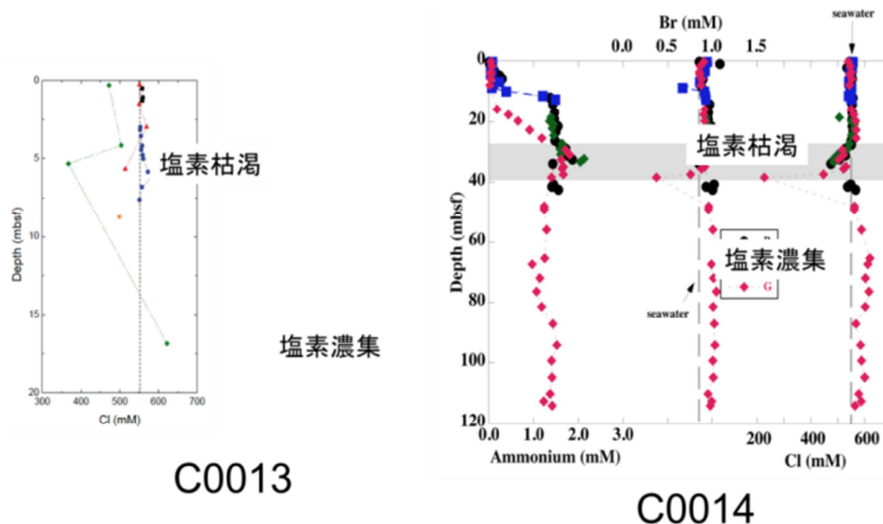


図 13 流体の相変化

③ 海底下の硫化鉱物生成層の発見(C0013、C0014、C0016)

採取されたコア試料の中に熱水的作用によって生成された金属硫化物が観察され、2 地点(C0013、C0014)においては熱水変質帯の下部に脈状の硫化鉱物生成層が、1地点では海底下に数 m に渡る塊状の金属硫化物層(黒鉱)が発見された。これまでに陸上では過去に生成された熱水鉱床が発見されているが、実際に海底下の熱水滞留帯で黒鉱鉱床が生成されている現象が確認されたのは世界で初めてであった(図 14)。

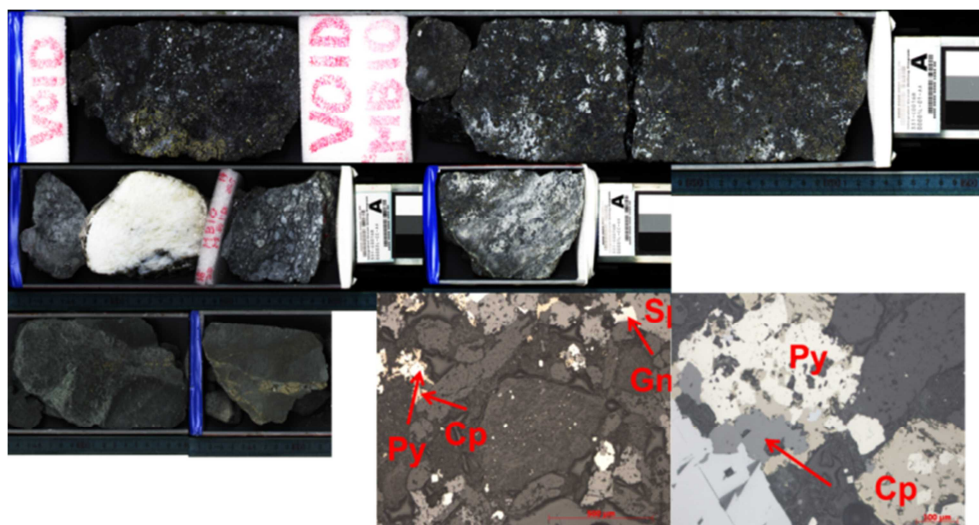


図 14 金属硫化物試料の例

④ 海底下極限環境における生命-非生命圏境界を発見し、限界生命圏の成り立ちを解明

海底下熱水溜まりや流路に強く影響を受ける 4 地点(C0013、C0014、C0016、C0017)のコアにおける間隙水とガスの測定、及び微生物活動の評価を通じて、C0014 と C0017 地点のそれぞれ海底下 15m と 140m の深さに明瞭な生命活動領域と生命非存在領域の境界が存在する事を明らかにした。海底下における生命-非生命圏境界の発見は、世界で初めての事ことであり、しかもその境界がおおよそ 150°C の温度によって支配されている事を見いだした。生命-非生命境界以浅の環境においては、熱水から供給されるメタンや水素、二酸化炭素、アンモニアに依存した化学合成微生物生態系の活動パターンが詳細に明らかにされた。海底下生命圏の活動や存在が海底下熱水循環の物理・化学条件に強く支配されている事が初めて明らかにされた(図 15)。

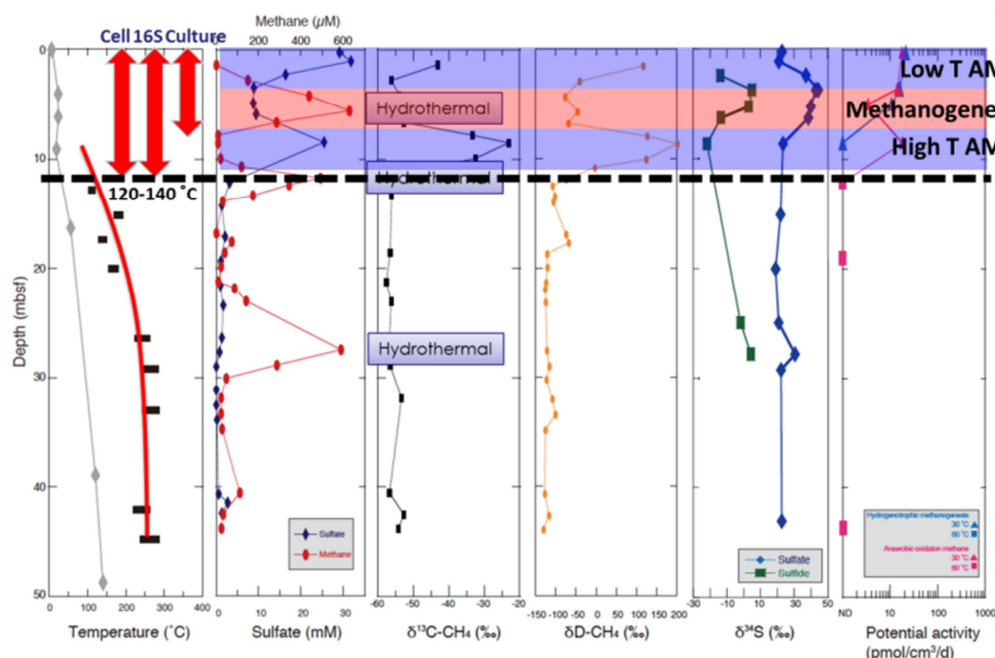


図 15 海底下 15km 付近における生命活動領域境界の例

(4) 研究目標と進捗状況(2013 年 8 月時点)

沖縄トラフ熱水域における熱水噴出孔周辺を掘削し、柱状地質試料(コアサンプル)を採取する事により、熱水活動域の海底下で活動している微生物群集の規模および種組成、更にその生態系の実態を世界に先駆けて解明することを目指す。また掘削によって出来上がる人工熱水孔について、熱水活動の変動や海底下微生物の活動を長期的に研究する基盤を整備する。

- ① 熱水噴出口周辺での掘削、および試料採取
 - ピンポイントの位置精度の掘削作業を要した、露岩を含む5地点(熱水噴出口掘削も含む)での掘削、試料採取に成功した。
 - 熱水滞留帯や、熱水域の地下構造を明らかにし、金属硫化物の生成を確認した。
- ② 採取した試料から微生物群衆の規模、種組成の解析を行う
 - 現在微生物の培養作業は継続中。化学組成や温度計測等から、生命の生息限界を同定した。
- ③ 人工熱水孔を研究基盤として整備
 - 2地点にケーシングを設置し、継続的な観測点を構築した。掘削後にROVによる観察、実験等が行われている。