

# 極域北大西洋のノルウェー調査船 G. O. Sars 号ならびに AUV HUGIN を用いた 2010 年海洋地質調査航海の概要

中村光一

産業技術総合研究所 地質情報研究部門 海洋地質研究グループ

## Arctic North Atlantic Marine Geological Expedition by Norwegian R/V G. O. Sars and AUV HUGIN in 2010

Ko-ichi Nakamura

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)  
Institute of Geology and Geoinformation (IGG), Marine Geology Research Group

2010 G. O. Sars cruise led by Prof. Rolf Pedersen at Centre for Geobiology, University of Bergen was performed between July 8 and 20 in three areas in the Arctic Atlantic, Haakon Mosby Mud Volcano (HMMV), Knipovich Ridge and Loki's Castle hydrothermal field. AUV HUGON 1000 test dives were conducted at HMMV for the detailed seafloor topographic survey and seafloor photographic survey. Then, limited-days reconnaissance survey for hydrothermal system was done on the Knipovich Ridge by CTD and HUGIN dives. Detailed sampling by the ROV Argus as well as detailed seafloor topographic mapping by HUGIN followed in the Loki's Castle hydrothermal field.

アイスランドよりも北の極域北大西洋はパンゲア大陸の分裂としての大西洋の拡大が最も遅く始まったところであり、現在も世界で最も遅い海底拡大をしている地域のひとつである。海洋拡大軸に直接、ヨーロッパ側の安定大陸棚の堆積物が流れ込んでおり、sedimented ridge の様相を呈している。海底で確認されている世界最北のブラックスモーカーを含む海底熱水系がある他、約 3 万年前の大規模海底地滑りの後に生じた Haakon Mosby Mud Volcano(HMMV)は世界で最も研究が進んでいる海底冷湧水系-泥火山のひとつである。また、この海域は世界の海洋深層大循環の起源水が深海に潜り込む場所でもある。

標記航海はベルゲン大学の時限付 COE である Centre for Geobiology を率いる Rolf B. Pedersen 教授が首席を勤め、2010 年 7 月 8 日～20 日、Tromsø 入出港で実施された。この航海は今年度航海の後半部分になり、内容は大きく三つに分けられ、Forsvarets forskningsinstitutt (FFI, Norwegian Defence Research Establishment)の AUV (Autonomous Underwater Vehicle) HUGIN 1000 の運航試験を兼ねた HMMV の探査、Knipovich 海嶺の CTD と HUGIN による海底熱水探査、2008 年に発見された世界最北のブラックスモーカー海底熱水系 Loki's Castle での ROV による試料採取と HUGIN による微地形詳細探査であった。

G. O. Sars 号は 2003 年建造のノルウェー調査船中最新鋭の総トン数 3,800 トンの大型調査船である。水産資源の調査を主目的に建造されているため、長さ 77.5m に対して幅が最大で 18.6m と広く、中央に 2 系統のトロール設備がある。そのため、通常の海洋調査機器はほとんど舷側から操作されるように作られている。冬季のバレンツ海や南氷洋で水産資源の基礎調査を実施する必要から、幾重にも安全面に配慮してかつ少人数で各種作業をこなすことができるような設備になっており、また、現在可能なほとんどすべての種類の音響機器が装備されている。船内居住環境は優美で広く充実しており、steward の居室整備が毎日入り、世界の調査船の中で最も快適な環境である。今回、備船日数の初期 4 日を費やして、HUGIN の着揚収装置の設置のため船尾ならびに船尾甲板の改造を Tromsø で行った。

出港後、フィヨルド内で HUGIN と ROV の試験を行い、続いてノルウェー沿岸から遠くない HMMV で HUGIN によるマルチビーム地形探査と subbottom profiling を実施し、回収、充電後、高度を低く取って海底白黒写真撮影潜航を実施した。HUGIN に装着した中村の Eh センサーでメタン泡湧出に伴う H<sub>2</sub>S 由来の酸化還元電位異常も観測することができた。

その後、Knipovich 海嶺の Connelly et al.(2007)で報告されている熱水プルーム検出地点を中心に 5 点の垂直 CTD と HUGIN 2 潜航を実施した。この調査は今回の数日間では成果を狙ったものではなく、この海嶺全体を調査する手法の予備実験的なものであった。それは広い意味で遅い拡大速度を持つ海嶺での海底熱水探査の手法を見いだすことにつながっている。即ち、以下に述べるような科学的意義と技術的課題を内包している。

高速拡大海嶺は拡大軸に位置する中軸谷の幅が狭く、中軸谷沿いの 1 回の CTD-tow-yo で海底熱水活動起源の熱水プルームをほぼ外すことなく特定することができる。しかし、低速や超低速海嶺では、熱水プルームが周囲の海水による混合希釈で浮力を失って広がる non-buoyant plume で平均的に期待されるプルームの幅よりも中軸谷の幅が広く、北大西洋の TAG 海底熱水系をはじめとして海底熱水活動が中軸谷の中央に存在するという保証はない

ことを示す事例も多数存在するので、拡大軸に沿う1回のCTD-tow-yoで熱水活動の有無に決着をつけることができない。German et al. (2008) で提唱したAUVを用いた海底熱水活動の3段階探査手法の論文ではGermanとの間でAUVは潜航でカバーできる範囲が狭いので、AUVの投入に最適な場所を絞り込むPhase 0調査の重要性を議論し、その点を強調したつもりであったが、AUVでPhase 1から3への絞り込みで海底に熱水活動を絞り込むことができるという幻想が広がり、多額の資金を投入した2007年北極海Gakkel海嶺海底熱水探査のように、Phase 0での絞り込みが不十分で主目的は果たせず終わった航海もでているのが現状である(本シンポジウムの中村他の2007年北極海ガッケル海嶺探査の報告参照)。低速や超低速海嶺のもうひとつの問題は水深が4,000mを超えることが多く、Tow-yoという手法が効率的でないことである。つまり、CTDケーブルの繰り出しが長い状態では前進速度を速めてもケーブル傾角がすぐに大きくなるので航走速度をせいぜい1knot程度にしかできないのである。昨年のカリブ海Cayman Troughの調査では水深が5,000mを超えるため、Tow-yoではなく、一定間隔の垂直CTDでPhase 0の絞り込みを行おうとしたが、途中からAUVのPhase 1調査を並行させたため、Phase 0の絞り込みが中途半端になり、航海中に海底での熱水活動場所の特定には到らなかった(German et al., 2010)。Cayman Trough航海ではHybrid-ROV NEREUSのAUV modeの潜航でCTD-tow-yoもどきの運動もさせたが、海底面上の遅い巡航速度に設計されたAUVでは上下方向の運動を速く行うことは難しいことが実証されるに留まった。

G. O. Sars航海ではCTDウィンチのブロックが曳航に不適な形状をしているため、海底水深はAUV HUGIN 1000の可航深度3,000mを超えていたが、想定されるnon-buoyant plume levelを挟んで上下させながら航走する実験を行った。HUGINは魚雷型をしており、3.5 knotまで航走可能であるため通常のCTD-tow-yoに充分匹敵する2 Knotをわずかに下回る速度で時間当りのカバー率にしてほぼ同等な海水中の垂直二次元探査を実現することができた。また、優れた着揚取システムを備えているため、着揚取も迅速かつ少人数で実施でき、CTDにひけを取らない。CTD rosetteのように採水することはできないが、Kongsbergの全面的協力の下に開発されている水中データ伝送システムは温度やEhのデータを潜航中に詳しく船上で見ることができ、音響指令によって途中で自在に潜航プログラムを変更することができる。つまり、AUVというよりも完全にuntethered ROV (Remotely-Operated underwater Vehicle)になっているのでケーブルで繋がったCTDで常時取得中のデータを船上で見ると同じ調査が可能である。今年装着していなかった濁度計の装着について技術的な情報は乗船中にすべて伝えた。安全航走にかかせない前方障害物探査ソナーを装備する経費が手当されれば、完全にCTD-tow-yoを置き換える調査が可能になると考えられる。

最後に調査した海底熱水系Loki's CastleはEastern Mohns海嶺からKnipovich海嶺へ方向が変化する場所の玄武岩質枕状熔岩からなる火山性リッジ上に位置し、317度の熱水を噴出するブラックスモーカーが存在する。熱水の塩分濃度は海水より少し低く、海底下の沸騰、相分離を示唆する他、メタンやアンモニアの濃度から熱水への堆積物の寄与も示唆される。昼間のROV Argusの潜航と夜間のHUGIN潜航を組み合わせた調査を実施し、2箇所の海底熱水噴出地点それぞれに対して形成されているTAGクラスの規模のマウンドの詳細地形図を完成させた。

## References

<http://www.uib.no/geobio/en>

<http://www.uib.no/gosars/>

<http://www.mil.no/felles/ffi/hugin>

<http://www.argus-rs.no/>

[http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2008-07/uow-sbr072408.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2008-07/uow-sbr072408.php)

<http://www.interridge.org/en/node/5581>

Connelly, D. P., C. R. German, M. Asada, K. Okino, A. Egorov, T. Naganuma, N. Pimenov, G. Cherkashev and K. Tamaki, Hydrothermal activity on the ultra-slow spreading southern Knipovich Ridge, *Geochem. Geophys. Geosyst.* 8, Q08013, doi:10.1029/2007GC001652, 2007

German, C. R., D. R. Yoerger, M. Jakuba, T. M. Shank, C. H. Langmuir, K. Nakamura, Hydrothermal exploration with the Autonomous Benthic Explorer, *Deep Sea Res.*, I, 55, 203-219, 2008

German, C. R., A. Bowen, M. L. Coleman, D. L. Honig, J. A. Huberd, M. V. Jakuba, J. C. Kinsey, M. D. Kurz, S. Leroy, J. M. McDermott, B. Mercier de Lépinay, K. Nakamura, J. S. Seewald, J. L. Smith, S. P. Sylva, C. L. Van Dover, L. L. Whitcomb, and D. R. Yoerger, Diverse styles of submarine venting on the ultraslow spreading Mid-Cayman Rise, *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S.*, 107, p.14020-14025.