

伊豆・小笠原弧における海底熱水鉱床の新探査法

松本 勝時¹⁾・熱水調査チーム²⁾

1. はじめに

1960年代中頃, スーダンとサウジアラビアとの間に横たわる紅海で銅, 亜鉛等の硫化物に富む重金属泥が発見され, 当時の西ドイツの「プロイサーク社」が資源量評価のためにボーリング等の調査を行ってから, 20年余りがすぎた。

紅海における発見から10数年後, 太平洋のガラパゴス海嶺や東太平洋海膨の中央海嶺の拡大軸部で, 熱水噴出を伴う硫化物チムニーなどが生成されている事が明らかになり, その成因を解明するためにカナダの太平洋側のミドルバレーやエスカナバトラフなど, また大西洋中央海嶺のTAGにおいて国際深海掘削が実施された。これらの掘削によって中央海嶺における鉱床の硫化物量がより正確に明らかにされた。

1980年代後半から, 西太平洋に多く存在する島弧・縁海系の海底熱水鉱床の存在について, 日本を初め, アメリカ, フランス, ドイツ等により盛んに調査された結果, これらの地域にも硫化物の存在が報告されるようになってきた。我が国における海底熱水鉱床の調査・研究は, 1984年から地質調査所によって伊豆・小笠原弧において6年間実施された。また, 1985年から, 金属鉱業事業団/深海資源開発(株)によるメキシコ沖の東太平洋海膨を対象とした海底熱水鉱床の賦存状況調査が, 「海底熱水鉱床探査基本計画(第1期1985年3月制定および第2期1994年3月制定)」に基づき旧通商産業省資源エネルギー庁の委託事業として, 1994年度まで実施された。さらに, 1995年度から1999年度まで沖縄トラフを対象とした熱水性硫化物鉱床の調

査を実施して来た。これまで, 沖縄トラフ伊是名海穴(Halbach *et al.*, 1989), 伊豆・小笠原弧の火山フロントに位置する明神海丘(Iizasa *et al.*, 1999)や水曜海山(春日・加藤, 1992)では, 黒鉱型鉱床に類似する金や銀などに富む硫化物鉱床の存在が内外の研究機関によって明らかにされてきた。しかしながら, これらの鉱床のデータはごく表層のものに限られており, 潜在的資源量を把握するための精度を上げた試料収集が待ち望まれていた。

金属鉱業事業団/深海資源開発(株)では経済産業省の委託を受けて, 日本周辺海域における硫化物鉱床の潜在的資源量を正確に把握するために, これらの鉱床の深部試料を採取することを島弧での調査では, 世界で初めて試みることにした。その手始めに1999年の暮れ, 20mの掘削能力を持つオンライン制御の海底着座式深海底ボーリングシステムによる試掘を伊豆・小笠原弧水曜海山の海底熱水鉱床において実施した。その結果, 熱水変質物を伴う硬石膏帯を約10m掘削することに成功した(松本・皿田, 2000)。

本報告では, 平成12年度から6年計画でスタートした伊豆・小笠原弧における海底熱水活動に伴う硫化物の潜在的な資源量調査のために, ボーリング機器を使用した本調査計画での探査方法等について述べる。

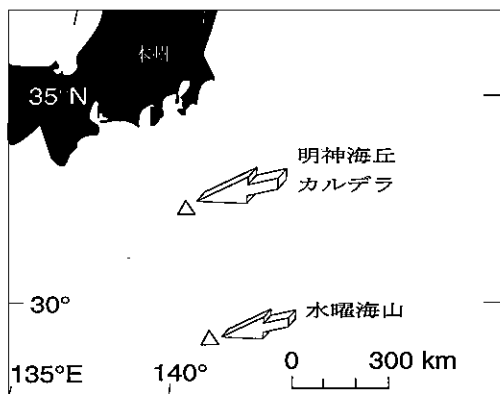
2. 探査海域

東京の南方に位置する伊豆・小笠原弧の火山フロントやその付近の海域には, これまで10を越える海底カルデラの存在が報告されている。本調査

1) 深海資源開発株式会社

2) 深海資源開発株式会社(斎藤洋男, 村山信行, 岡崎正次, 松井一徳, 飯 博行, 柴崎洋志, 杉浦則清)

キーワード: 海底熱水鉱床, 新探査法, ボーリング, 伊是名, サンライズ



第1図 平成12年度の海底熱水鉱床調査航海における重点調査海域。

ではこれらの中のひとつ、八丈島南方およそ100kmに位置する明神海丘カルデラの巨大な黒鉱型鉱床(サンライズ鉱床)および父島北西方およそ220kmにある水曜海山の熱水鉱床を、当面の重点調査海域としている(第1図)。サンライズ鉱床は、水深約1,300m程の平均傾斜が約20度ほどのカルデラ壁直下に400m四方の範囲に分布し、その産状も非常に変化に富んでいる。鉱床周辺には500m以上のほぼ垂直にも近いカルデラ壁が迫っている。この海域は、黒潮の影響を特に受けやすく、表層付近の流速は3ノットにも達し、ボーリングをするために調査船を定点保持することが非常に困難であることが予想されている。このような事前のデータをもとに、ボーリングによる試料採取をどのような地点で行うかが本調査の課題でもある。一方、水曜海山の熱水鉱床は、狭い火口底に位置しているため曳航型のサイドスキャンソナー等による海底調査が難しいものの、火口底は比較的平坦でしかも熱水活動域はそれほど起伏に富んでいないことから、ボーリング機を設置する場所の選定にはそれほど困難は伴わないことが予想されている。

これらの重点調査海域の周辺海域について、地形調査や堆積物の採取を主体に全磁力等の物理探査も行い、熱水鉱床の有望地を選定するデータ収集を実施している。探査期間は、1海山をそれぞれ3ヵ年とし、年間約30～70日間の航海で合計6年間を計画している。

第1表 使用機器一覧。

| 分類 | 探査方法 | 調査機器・間システム | 略号 | 備考 | |
|-------------|--------------|---------------------------|--|------|-----|
| 位置測定 | 衛星航法 | Global Positioning System | GPS | | |
| 海底地形・地質調査 | 音響調査 | 測深及び海底地形 | Multi-Narrow Beam Echo Sounder | MBES | |
| | | | Narrow Beam Echo Sounder | NBS | |
| | | 表層堆積物調査 | Narrow Beam Sub-Bottom Profiler | nSBP | |
| | 音速水深調査 | | 電気伝導度・水温・水深測定装置 | CTD | |
| | | | 水温・水深測定装置 | TD | |
| | サンプリング | | Benthic Multicoring System/Boring Machine System | BMS | |
| | | | 大口径コアラ | LC | |
| | | | TV付きパワーグラブ | FPG | |
| | 海底観察及び写真撮影調査 | | 深海TVカメラ | FDC | 曳航式 |
| | | | スチールカメラ | | |
| | | パイロットカメラ付き大口径コアラ | LCカメラ | | |
| 海底地質・微細構造調査 | | サイドスキャンソナー | SSS | 曳航式 | |
| 物理探査 | 全磁力調査 | Proton Gradio-Meter | PGM | 曳航式 | |
| データ収録処理装置 | オンライン機能 | データ解析システム | | DAS | |
| | データ蓄積機能 | リアルタイム作図システム、データ収録器 | | | |
| | オフライン機能 | MBES オフラインシステム、ワークステーション | | | |
| | ↓ | 解析パソコン、SBP画像処理パソコン | | | |
| 装置 | 航跡図・海底地形図 | 画像処理パソコン | | | |
| | 各種平面図・断面図 | LAN, PC | | | |

第2表 海底熱水鉱床調査/探査方法。

| 項目 | 新規海域概査 | 既存鉱床精査 |
|----------|---|---|
| データコンパイル | 既存データのコンパイル 海域の選定 | 既存データのコンパイル 海山・鉱床の選定 |
| 地形調査 | MBES | MBES, SSS, FDC |
| 試料採取 | LCによるグリッド・サンプリング | LC, FPG, BMSによるグリッド・サンプリング |
| 海底観察 | LCカメラ FDC | LCカメラ FDC |
| データ収集・解析 | GPS, MBES, MFES(音圧強度データ)、SBP, FDC, TD, CTD, PGM, LC | GPS, MBES, SSS, MFES(音圧強度データ)、SBP, FDC, TD, CTD, LC, FPG, BMS |
| | 広域海底地形図、広域三次元陰影図、音圧図、海底写真、TVビデオ、磁力異常図、LC柱状図、硫化物分布図 | 海底地形図(海山海)、三次元陰影図、水温異常分布図、海底写真、TVビデオ、柱状図、鉱床分布図、品位分布図、資源量、地質環境、鉱床モデル |

3. 探査方法及び使用機器

海洋調査には、その調査の目的に合った機器の使用とともに、その調査海域の特殊性を考慮した計画立案が要求されることは言うまでもないことであろう。それというのも、海洋調査は風、潮の流れ、うねり、水圧等の陸上にはない様々な自然条件の影響を受け、好条件に恵まれる日が少ないためである。

平成12年度の重点調査海域では、第2白嶺丸に

装備している探査機器類による調査を十分実施することとした(第1, 2表)。調査の手順として、まずマルチビーム音響測深器による精密な海底地形図の作成および海底露岩域の分布等の把握を行った。鉱床の分布や微地形を把握するためにサイドスキャンソナーによる調査を行うとともに、海底のリアルタイム観察を実施するために海底直上を曳航する深海TVカメラによる方法を採用した。また、多少の悪天候のもとでも使用可能な大口径の柱状採泥器を利用した表層堆積物採取法も併用した。以上の調査から得られたデータとこれまで報告されている資料等を総合して、ボーリング地点を選定した上で、金属資源の賦存密度及び品位分布を把握するために、ボーリングによる鉱床深部の試料採取およびカメラ付きパワーグラブサンプラーによる鉱床表層のサンプリングを実施した。

4. 新規海域概査

海洋での資源調査・探査は気象・海象等の自然状況に大きく左右されることが多く、毎日決まった計画通りのスケジュールで調査作業を進めることが困難な場合が多々ある。特に、日本近海は、夏場には台風による大時化に見舞われ、冬場は西高東低の強風に悩まされる。春先は次々に発生する低気圧に襲われ、本調査海域の伊豆諸島近海は蛇行する黒潮の影響を受けやすい。従って、新規海域調査には、既存データを基に有望な海山等が分布する広範囲な海域をあらかじめ抽出した上で、第2表に示した機器類により効率的な調査を実施している。

5. まとめ

明神海丘カルデラや水曜海山の表層には軽石や砂等の堆積物が厚く覆っており、硫化物層とその周辺の熱水性粘土鉱物等の産状を明らかにするためには、これらの堆積物の下部に分布する熱水鉱床試料を採取する必要がある。今回の調査航海ではボーリング試料の回収率が悪かったものの、今

後、コア回収率の向上を図るための方策を考えている。また、ボーリング孔を利用した検層調査の可能性も模索している。

堆積物に覆われた未発見の熱水鉱床を探査することは、陸域の潜頭鉱床探査と同様に難しいため、当面は広域調査で得られた音響データから作成した三次元陰影図により海底のリニヤメント解析を行い海底下の熱水鉱床賦存海域の推定も試みることとしている。また、海底浅部の地質構造を把握できる物理探査システムの導入あるいは開発も必要と考えている。

謝辞：本文に述べた伊豆・小笠原弧の海底熱水鉱床調査及びその計画は経済産業省(旧通産商業省)資源エネルギー庁の委託事業の一環で、金属鉱業事業団・深海資源開発(株)が実施している。本文を作成するに当たり経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課、金属鉱業事業団技術開発部、産業技術総合研究所海洋資源環境研究部門及び第2白嶺丸を運航している(株)海洋技術開発の遠藤船長を始め乗組員の方々等多くの関係者の各位に絶大なる御協力を頂いた。ここに記して深い謝意を表す。また、産業技術総合研究所海洋資源環境研究部門の臼井 朗・飯笹幸吉両博士には、本文執筆に当たり貴重な助言を賜った。

参考文献

- Halbach, P., Nakamura, K., *et al.* (1989) : Probable modern analogue of kuroko-type massive sulphide deposits in the Okinawa trough back-arc basin. *Nature*, 338, 496-499.
- Iizasa, K., Fiske, R. S., *et al.* (1999) : A Kuroko-type polymetallic sulfide deposit in a submarine silicic caldera. *Science*, 283, 975-977.
- 春日 茂・加藤幸弘(1992) : 伊豆・小笠原弧水曜海山の火口底における海底熱水性硫化物鉱床の発見。しんかいシンポジウム報告書, 8, 249-256.
- 松本勝時・皿田 滋(2000) : 伊豆・小笠原弧水曜海山の海底熱水鉱床ボーリング。資源地質50, 35-43.

MATSUMOTO Katsutoki and on-board scientists (2002) : A new research device for marine volcanogenic massive sulfide deposits in the Izu-Ogasawara arc.

< 受付 : 2002年1月18日 >