

海洋資源調査SOPAC海域  
資源開発協力基礎調査報告書  
(第2巻)

フィジー諸島共和国

平成 14 年 3 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

はしがき

日本国政府は南太平洋応用地球科学委員会(South Pacific Applied Geoscience Commission) [SOPAC] の要請に応え、加盟国沿岸における深海底鉱物資源賦存の可能性を検討するため、地質調査等の鉱物資源探査に関する調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから、この調査を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は平成 12 年から 2 期 (6 ヶ年) にわたって行われるものであるが、今年度はその 2 年次にあたり、フィジー諸島共和国の EEZ 内を調査の対象としている。金属鉱業事業団は平成 13 年 11 月 29 日から平成 14 年 1 月 4 日までの 37 日間、深海底鉱物資源探査専用船第 2 白嶺丸を現地に派遣し、フィジー諸島共和国政府の協力を得て調査を予定通り完了した。

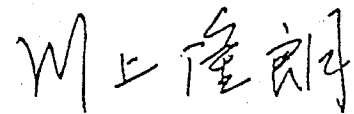
本報告書はフィジー諸島共和国 EEZ での調査結果を取りまとめたものである。

本調査実施にあたってご協力いただいた SOPAC 事務局、フィジー諸島共和国政府並びに外務省、経済産業省、在フィジー諸島共和国日本大使館及び関係各位に衷心より感謝の意を表すものである。

平成 14 年 2 月

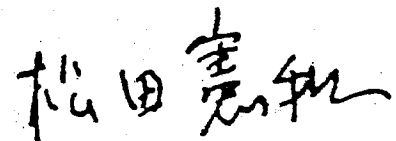
国際協力事業団

総裁 川上隆朗



金属鉱業事業団

理事長 松田憲和



## 要 旨

SOPAC 諸国に対する資源開発協力基礎調査(海底鉱物資源調査)は、平成 12 年度に第 2 期 6 ヶ年計画として新たに開始した。本年度は、その 2 年次にあたり、平成 13 年 11 月 29 日から平成 14 年 1 月 4 日まで、フィジー諸島共和国の排他的経済水域 (EEZ) 内を対象として調査を行った。現地調査日数は 37 日間、調査対象資源は海底熱水鉱床である。

北フィジー海盆の Central Spreading Ridge 上に位置する三重点地域においてボーリング調査を主とする熱水鉱床の調査及び環境調査を実施した。三重点地域は、火山性の高まりを成す Central Dome の中心部からやや北側に寄った地点で、西側の尾根、幅約 2 km の中軸谷及び東側の尾根に至る斜面からなる既存鉱徴地の SO99 地点から Pere Lachaise 地点の地域である。三重点地域では全体的に玄武岩質の溶岩に覆われ、中軸谷底を覆って広く分布するシート状溶岩、地形的に比較的高い地点に分布する枕状溶岩、断層崖に見られる塊状溶岩の三つに区分される。

FDC 及び BMS による海底観察の結果、三重点地域における鉱徴地の分布は東経 173° 55.2' を境にその西側とその東側に集中する傾向があり、それぞれの地域を西部地区及び東部地区とした。鉱徴地は、高さ 5~10m 程度の高まりを成す、チムニーを伴う熱水性マウンドで、表層にはチムニーの残骸、鉱石片が分布し、一部、塊状硫化鉱が露出する部分も見られる。西部地区では 11 ヶ所、東部地区では 22 ヶ所で鉱徴地を確認し、これらの内でマウンドの広がり 100m 程度と規模の大きい鉱徴地は西部地区で 4 ヶ所、東部地区で 7 ヶ所である。

各鉱徴地のマウンド上及びマウンド近傍で行ったボーリング調査からマウンド構成物の様相が明らかとなった。表層に塊状硫化鉱が存在し、その厚さはほぼマウンドの周囲の海底面からの盛り上がりの程度に相当し、マウンドの外側には塊状硫化鉱の分布は見られない。塊状硫化鉱の下部は変質したハイアロクラスタイトが存在し、鉱体下盤の変質帯をなす。変質帯及びストックワーク帯がマウンド外側にも見られ鉱体縁辺部の鉱化・変質作用を特徴づけている。主に黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱からなる塊状硫化鉱を、西部地区及び東部地区で、それぞれ、三鉱徴地で捕捉した。

三重点地域の鉱徴地のマウンドは、規模の大きいもので広がり 100m 程度、高さ 10m 程度であり、このマウンド上に高さ 3~5 m 程度のチムニーが存在する。チムニーの近辺ではチムニーの残骸から成る礫が集積する。鉱化作用の進行に伴いマウンドの表層部はチムニーの崩壊した礫の集積物を主な構成物とする鉱体が形成され、黄銅鉱、白鉄鉱、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱から成る平均品位 Cu4.04%、Zn3.17%、Au1.83g/t、Ag71.20g/t の Zn、Au、Ag に富む鉱体が分布する。マウンドの中心部では主に黄銅鉱、黄鉄鉱からなる平均品位 Cu6.93%、Zn0.61%、Au0.85g/t、Ag24.39g/t の Cu に富む鉱体を形成する。西部地区のボーリングでは上部の Zn-Au-Ag に富む鉱体は捕捉されず、直接、Cu に富む鉱体が露出している部分があり、鉱徴地 W3 では Cu に富む鉱体は厚さ 6.0~7.5m 程度に達する。一方、東部地区では Cu に富む鉱

体が捕捉されず、Zn、Au、Agに富む鉱体の一部を捕捉したのみである。東部地区の鉱徴地は斜面に分布するものが多く、マウンド上にチムニーの残骸等の岩片が多く集積し、ボーリング調査でマウンドの主体を成すCuに富む鉱体に到達できなかったと考えられる。

マウンド上で2孔のボーリングを行った鉱徴地W3では、推定鉱量7万t程度で、平均品位Cu6.93%、Zn0.61%、Au0.85g/t、Ag24.39g/tの鉱体が存在することが推定される。陸上の銅鉱床と比較すると鉱体の規模は小さいが、Cuの品位は高い。海底観察の結果ではこのような規模の鉱体が7ヶ所程度存在すると思われ、更に詳細な調査を行うことにより、その数は増える可能性がある。

環境調査は深海資源開発に伴う海洋環境に与える影響を予測するためのベースライン調査として実施した。水質・バクテリア調査において、水温、メタン濃度、光透過度および浮遊性バクテリアの異常分布が海底面上の数十mで確認され、熱水噴出に伴うプルームが存在していた可能性を示唆する。また、底質・底生生物調査において、堆積物中の5cm以深に極めて高い濃度で無機炭素が存在する試料が得られ、熱水由来の炭酸カルシウムが堆積物中で析出していたことが推定される。

今回の環境調査結果から本海域における熱水活動の影響を示唆する徴候が認められた。しかしながら、光透過度低下の原因となる懸濁物を浮遊物質として捉えることができなかった。また熱水由来と推定した無機炭素の多かった測点とその他の測点において、底生生物量に大きな違いが見られなかった。これらのことから、将来において実施すべき課題として、調査項目の検討や試料数の増加などあげられる。

## 目 次

### はしがき 要 旨

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1章 調 査 要 項           | 1  |
| 1-1 調査件名             | 1  |
| 1-2 調査目的             | 1  |
| 1-3 調査海域             | 1  |
| 1-4 調査期間             | 1  |
| 1-5 調査員等             | 1  |
| 1-6 調査実績             | 3  |
| 1-7 調査機器             | 3  |
| 2章 調 査 方 法           | 9  |
| 2-1 調査計画             | 9  |
| 2-2 付番               | 9  |
| 2-3 船位の決定            | 10 |
| 2-4 地形調査及び磁気調査       | 10 |
| 2-5 サンプルング           | 10 |
| 2-6 調査データの処理及び解析     | 10 |
| 2-7 採取試料の室内試験        | 12 |
| 2-8 環境調査             | 12 |
| 2-8-1 調査目的           | 12 |
| 2-8-2 調査項目           | 12 |
| 2-8-3 調査方法           | 12 |
| 3章 調査結果              | 15 |
| 3-1 調査海域の概要          | 15 |
| 3-1-1 北フィジー海盆の概要     | 15 |
| 3-1-2 北フィジー海盆の地質     | 15 |
| 3-1-3 三重点付近の地質及び鉱化作用 | 18 |
| 3-2 地形・磁気調査          | 22 |
| 3-2-1 地形             | 22 |
| 3-2-2 磁気調査           | 22 |
| 3-3 熱水鉱床の調査          | 29 |

|         |                  |     |
|---------|------------------|-----|
| 3-3-1   | 地質状況             | 29  |
| 3-3-2   | 鉍徴地              | 41  |
| 3-3-3   | LC、MCによる試料採取     | 53  |
| 3-3-3-1 | 試料の記載            | 59  |
| 3-3-3-2 | LC及びMCの調査のまとめ    | 66  |
| 3-3-4   | ボーリング調査          | 66  |
| 3-3-4-1 | 西部地区             | 66  |
| 3-3-4-2 | 東部地区             | 77  |
| 3-3-4-3 | ボーリング調査結果の検討     | 85  |
| 3-3-5   | 火山岩の性質           | 99  |
| 3-3-5-1 | 薄片観察結果           | 101 |
| 3-3-5-2 | 玄武岩の化学組成         | 108 |
| 3-3-6   | 鉍化作用の検討          | 110 |
| 3-3-6-1 | 鉍石研磨薄片の観察        | 110 |
| 3-3-6-2 | 鉍石品位分析           | 127 |
| 3-3-6-3 | X線回折試験結果         | 130 |
| 3-3-6-4 | 鉍徴地の地化学的性質       | 132 |
| 3-3-6-5 | 鉍徴地の特徴           | 139 |
| 3-4     | 環境調査             | 143 |
| 3-4-1   | 調査海域             | 143 |
| 3-4-2   | 水質・バクテリア調査       | 143 |
| 3-4-2-1 | 水質調査結果           | 143 |
| 3-4-2-2 | バクテリア調査結果        | 150 |
| 3-4-2-3 | 水質・バクテリア調査結果のまとめ | 150 |
| 3-4-3   | 底質・底生生物調査        | 161 |
| 3-4-3-1 | 底質調査結果           | 161 |
| 3-4-3-2 | 底生生物調査結果         | 163 |
| 3-4-3-3 | 底質・底生生物調査結果まとめ   | 166 |
| 4       | まとめ              | 167 |
| 4-1     | 熱水鉍床の調査          | 167 |
| 4-2     | 環境調査             | 169 |
| 参考文献    |                  | 170 |
| [添付資料]  |                  | 巻末  |

[添付資料]

- 添付資料 1 海底観察による海底状況写真
- 添付資料 2 LC 及び MC の柱状図
- 添付資料 3 LC 及び MC の海底写真
- 添付資料 4 ボーリングコア写真
- 添付資料 5 ボーリングコア柱状図
- 添付資料 6 ボーリング掘削地点の写真
- 添付資料 7 典型的な試料の写真
- 添付資料 8 岩石薄片の顕微鏡写真
- 添付資料 9 室内試験の試験方法
- 添付資料 10 研磨薄片の顕微鏡写真
- 添付資料 11 研磨薄片の記載
- 添付資料 12 環境調査サンプリング結果一覧表
- 添付資料 13 気象・海象データ
- 添付資料 14 ヒートフローの測定結果
- 添付資料 15 航跡図

挿入図

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 図1-3-1   | 調査海域位置図   | 2   |
| 図1-7-1   | 調査機器の写真   | 7   |
| 図2-6-1   | データ処理及び解析系統図  | 11  |
| 図3-1-1-1 | 南西太平洋の地質概念図   | 16  |
| 図3-1-2-1 | 北フィジー海盆の地質構造図   | 17  |
| 図3-1-2-2 | Central Spreading Ridge の海底地形図                        | 19  |
| 図3-1-3-1 | Central Spreading Ridge の鉍徴地の分布                       | 21  |
| 図3-2-1-1 | 調査海域の地形図  | 23  |
| 図3-2-1-2 | 三重点地点付近の陰影図   | 25  |
| 図3-2-2-1 | 海底地形図と磁気異常図   | 27  |
| 図3-3-1   | 調査計画図   | 31  |
| 図3-3-2   | 試料採取位置図   | 35  |
| 図3-3-1-1 | BMS 曳航ルート図  | 37  |
| 図3-3-1-2 | 三重点地域の地質図   | 39  |
| 図3-3-2-1 | 三重点地域の鳥瞰図   | 43  |
| 図3-3-2-2 | 西部地区の鉍徴地分布図   | 45  |
| 図3-3-2-3 | 東部地区の鉍徴地分布図   | 47  |
| 図3-3-3-1 | LC 及び MC の試料採取位置図                                     | 55  |
| 図3-3-3-2 | LC の対比柱状図   | 57  |
| 図3-3-4-1 | ボーリング対比柱状図  | 88  |
| 図3-3-5-1 | SiO <sub>2</sub> と主要元素図                               | 111 |
| 図3-3-5-2 | SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O 図及び AFM 図          | 113 |
| 図3-3-5-3 | TiO <sub>2</sub> -MnO·P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 図 | 115 |
| 図3-3-5-4 | Nb-Zr·Y 図   | 117 |
| 図3-3-5-5 | スパイダー図  | 119 |
| 図3-3-5-6 | 希土類元素のコンドライト規格化図                                      | 121 |
| 図3-3-6-1 | 鉍物の晶出時期   | 126 |
| 図3-3-6-2 | タイプ別試料の元素の濃集度   | 140 |
| 図3-3-6-3 | 鉍徴地のモデル図 (北フィジー海盆)                                    | 141 |
| 図3-4-1-1 | 環境調査の試料採取位置図  | 145 |
| 図3-4-2-1 | 各測点における物理観測結果の鉛直分布                                    | 147 |
| 図3-4-2-2 | 浮遊性細菌の分布特性  | 153 |
| 図3-4-2-3 | T-S ダイアグラム  | 155 |
| 図3-4-2-4 | ポテンシャル水温異常の鉛直分布                                       | 157 |
| 図3-4-2-5 | 光透過度とポテンシャル水温異常の関係                                    | 159 |



|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 図3-4-3-1 | 01SFMC05における有機態炭素量、全窒素量、<br>無機態炭素量及びC/N比の鉛直分布 | 162 |
| 図3-4-3-2 | バクテリアの細胞数の鉛直分布                                | 164 |
| 図3-4-3-3 | 測点別のメイオベントスの出現数                               | 165 |
| 図3-4-3-4 | 測点別のメイオベントスの鉛直分布                              | 165 |

挿入表

|          |                           |     |
|----------|---------------------------|-----|
| 表1-6-1   | 調査実績一覧表                   | 4   |
| 表1-6-2   | 調査日程表                     | 5   |
| 表1-7-1   | 調査使用機器                    | 6   |
| 表2-8-3-1 | 項目別試料の処理及び保存方法            | 13  |
| 表3-3-1   | 1999年度のFDC観察による鉱徴地の記載     | 33  |
| 表3-3-2-1 | 鉱徴地の記載                    | 49  |
| 表3-3-3-1 | LC及びMCの試料採取結果             | 54  |
| 表3-3-4-1 | ボーリング調査結果一覧表              | 67  |
| 表3-3-4-2 | ボーリング調査結果のまとめ             | 86  |
| 表3-3-5-1 | 薄片及び化学分析試料リスト             | 100 |
| 表3-3-5-2 | 薄片顕微鏡観察結果一覧表(西部地区、玄武岩)    | 102 |
| 表3-3-5-3 | 薄片顕微鏡観察結果一覧表(西部地区、火砕岩等)   | 103 |
| 表3-3-5-4 | 薄片顕微鏡観察結果一覧表(東部地区、玄武岩)    | 104 |
| 表3-3-5-5 | 玄武岩類の全岩分析結果               | 109 |
| 表3-3-6-1 | 鉱石の研磨薄片と品位分析の試料リスト        | 123 |
| 表3-3-6-2 | 研磨薄片の観察結果一覧表              | 124 |
| 表3-3-6-3 | 鉱石品位分析の結果                 | 128 |
| 表3-3-6-4 | 平均品位                      | 129 |
| 表3-3-6-5 | X線回折試験結果                  | 131 |
| 表3-3-6-6 | 地化学分析の分析結果                | 133 |
| 表3-3-6-7 | タイプ別試料の基本統計量              | 135 |
| 表3-3-6-8 | 相関係数表                     | 137 |
| 表3-4-2-1 | メタン分析結果                   | 149 |
| 表3-4-2-2 | 浮遊物質分析結果                  | 149 |
| 表3-4-2-3 | バクテリアの分析結果                | 151 |
| 表3-4-3-1 | 全硫化物(T-S)と有機態炭素(TOC)の鉛直分布 | 161 |
| 表3-4-3-2 | 出現生物一覧                    | 164 |