

21年間の南太平洋海域におけるSOPAC調査の成果

金属資源技術グループ/深海底技術チーム

はじめに

地球表面の約7割は海洋に覆われており、その深海底には、未開発の鉱物資源が膨大に眠っている。当機構では、長期的な視点から、我が国鉱物資源の安定供給を図るため、昭和50年度からハワイ南東方沖の公海上においてマンガン団塊の賦存状況調査を皮切りに、海底熱水鉱床及びコバルト・リッチ・クラストを対象とした深海底鉱物資源調査を順次実施してきている。

一方、こうした調査と併行して、当機構では、国際協力の一環として、昭和60年度（1985年度）から、南太平洋諸国の排他的経済水域（EEZ: Exclusive Economic Zone）において、深海底鉱物資源探査（通称「SOPAC調査」）を行ってきた。

SOPAC調査は、我が国の技術協力の一環として、経済産業省からの委託により国際協力機構（JICA）と当機構が共同で、SOPAC（ソパック）と呼ばれる国際機関からの要請に基づいて行ってきたもので、本年度をもって21年間の調査が終了する。

これまでに12のSOPAC加盟国のEEZにおいて、深海底鉱物資源の賦存状況を把握すると同時に、多くの有望海域を抽出するなど、多大な成果をあげてきた。また、本調査を通じて、南太平洋諸国に対し、海洋調査手法・ノウハウの技術移転も行い、当該国の技術向上に資することができた。

これらの成果については、本年9月に、南太平洋諸国の関係者が一同に会するSOPAC年次総会において報告し、各国より高い評価を受け、同時に感謝の意が表明された。

本稿において、この21年間の調査成果について、深海底鉱物資源の概要紹介を交えながら、報告する。

1. 深海底鉱物資源とは何か

深海底には、ニッケル、銅、コバルト、マンガンを含むマンガン団塊やコバルト・リッチ・クラスト、亜鉛、銅、銀に富む海底熱水鉱床が眠っており、これらは地球上に残された最大の鉱物資源である。

マンガン団塊は水深4,000～6,000mの平坦な海底面上、コバルト・リッチ・クラストは中～西部太平洋に分布する海山の頂部から斜面部（水深800～2,400m）、海底熱水鉱床は水深数百～3千数百mの海底拡大軸や背弧リフト帯といった火山活動が活発な海域に分布している（図1）。

マンガン団塊

直径2～15cm程度の球形ないし楕円状の鉄・マンガン酸化物の塊で、ちょうどジャガイモ様をした鉄・マンガン酸化物である。マンガンを主成分とし、特に、ステンレス合金などに使用するニッケル、コバルト等の有用金属が含まれている。

海底熱水鉱床

銅、亜鉛、鉛、金、銀等の多様な金属成分が含まれている硫化物であり、東太平洋海嶺、大西洋中央海嶺などの海底拡大軸に分布している。海底から噴出する熱水中に含まれる重金属が海水と接触して海底に沈殿して、マウンドや煙突状の突起物（チムニー）を形成する。

コバルト・リッチ・クラスト

マンガン団塊と類似の鉄・マンガン酸化物で、海山の斜面や頂部の玄武岩等の基盤岩を厚さ5～15cmのアスファルト状に覆っている。特にマンガン団塊に比べてコバルトの品位が3倍程度高く、また微量の白金を含むのが特徴である。

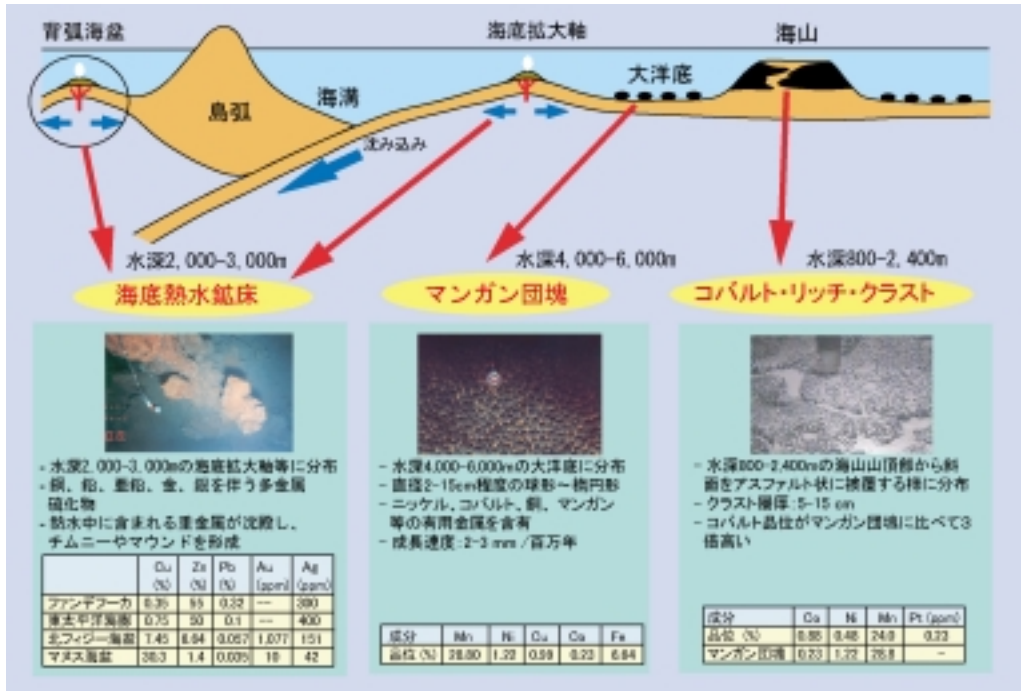


図1 深海底鉱物資源の概要

2. SOPAC 調査の背景

南太平洋諸国は、国土面積は55万km²と非常に小さいものの、大小7,500の島々が点在するが故に、そのEEZは約3,000万km²と広大である。ただ、国土面積の大半を占めるのはパプア・ニュー・ギニアであり、これを除くと、国土は9万km²に対し、そのEEZは2,700万km²であり、実に陸地の300倍（日本は12倍）

を誇る（図2）。

EEZ内にある深海底鉱物資源は、沿岸国が国内法（日本では鉱業法）によって、自由に探査・開発が可能である。このため、我が国EEZの6倍を有する南太平洋諸国にとっては、水産資源はもとより、深海底鉱物資源の開発は、地域の持続的な発展のために非常に重要なことと言える。

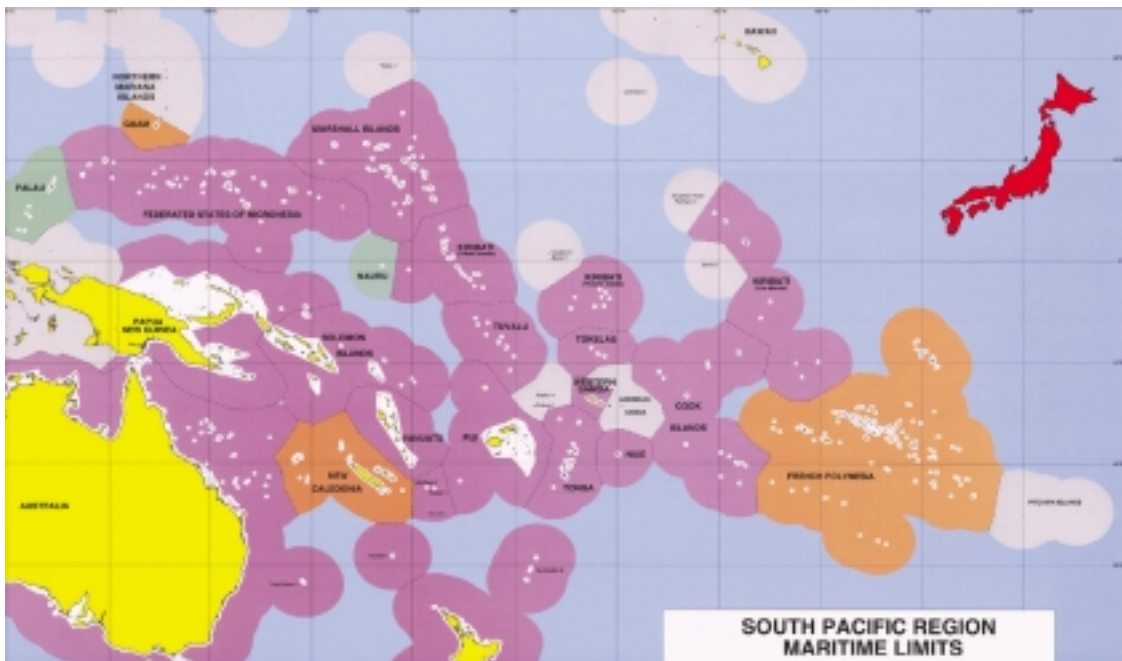


図2 南太平洋諸国の国土と排他的経済水域（現在調整中を含む）（比較として日本国土を图示）

3. SOPAC 調査の概要

こうした背景の下、当機構は、南太平洋応用地球科学委員会（SOPAC: South Pacific Applied Geoscience Commission）の要請に基づき、昭和60年度（1985年度）から、当機構所有の深海底鉱物資源探査専用船「第2白嶺丸」を用いて、南太平洋諸国のEEZにおいて、マンガン団塊、海底熱水鉱床及びコバルト・リッチ・クラストを対象に海底鉱物資源調査を国際協力機構（JICA）と共同で実施してきた。

本調査は第1期と第2期に分けられ、そのうち第1期は、3つのフェーズ（5年間/フェーズ）からなり、主に鉱物資源の賦存ポテンシャルの把握を目的に音響調査やサンプリング調査を実施した。

平成12年度（2000年度）からは第2期に移行し、第1期調査で抽出された有望海域について、深海用ボーリングマシンなどを用いて、より詳細な調査を実施して概略資源量を把握するとともに、併せて将来の開発に必要な水質データや海底の微生物などの生息状況などの環境ベースラインデータの取得にも努めた（表1）。

表1 調査海域及び対象資源一覧

期	フェーズ	調査年	調査国	調査海域	調査対象資源	目的		
1	1	1985	クック諸島	北ベンリン海盆	マンガン団塊	概略資源ポテンシャル把握		
		1986	クック諸島	南ベンリン海盆	マンガン団塊			
		1987	キリバス	フェニックス諸島	マンガン団塊			
		1988	ツバル	エリス島及びエリス海盆	マンガン団塊			
		1989	キリバス	ライン諸島	マンガン団塊			
	2	1990	クック諸島	南クック諸島	マンガン団塊			
		1991	サモア	サモア周辺	マンガン団塊及びコバルト・リッチ・クラスト			
		1991	キリバス	ギルバート諸島	マンガン団塊及びコバルト・リッチ・クラスト			
		1992	ババ・ニュー・ギニア	マヌス海盆	海底熱水鉱床			
		1993	ソロモン諸島	ウッドラーク海盆	海底熱水鉱床			
	3	1994	バヌアツ	コリオリトラフ	海底熱水鉱床			
		1995	トンガ	トンガリッジ、東ラウ海盆	海底熱水鉱床			
		1996	マーシャル諸島	北部	コバルト・リッチ・クラスト			
		1997	ミクロネシア連邦	全域	コバルト・リッチ・クラスト			
		1998	マーシャル諸島	南部	コバルト・リッチ・クラスト			
	2	1	2000	クック諸島	南ベンリン海盆		マンガン団塊	有望海域における概略資源量把握と環境ベースライン調査
			2001	フィジー	北フィジー海盆		海底熱水鉱床	
			2002	マーシャル	抽出3海山		コバルト・リッチ・クラスト	
		2	2003	キリバス	ギルバート諸島		コバルト・リッチ・クラスト	
2004			ニウエ	全域	マンガン団塊			
2004			フィジー	北フィジー海盆	海底熱水鉱床			
2005			ミクロネシア連邦	抽出2海山	コバルト・リッチ・クラスト			

SOPACの概要

1972年に国連アジア太平洋経済社会委員会（UNESCAP）の下に設立された南太平洋沿岸鉱物資源共同探査調整委員会（Committee for Co-ordination of Joint Prospecting for Mineral Resources in South Pacific Offshore Areas: CCOP/SOPAC）が前身となっている。

CCOP/SOPACは、南太平洋沿岸を対象として石油、マンガン団塊、コバルト・リッチ・クラスト、砂金等の海洋鉱物資源の評価を行うことを目的として設立されたものである。

1989年に組織名をCCOP/SOPACから現在のSOPACに変更するとともに、翌1990年にはUNESCAPから正式に独立し、地域の政府間機関（Inter-governmental Organization）として現在に至っている。

SOPACは、1990年以降、水資源、エネルギー、災害評価、環境分野等への事業展開が図られ、現在、南太平洋の20の政府・地域を加盟国（3準加盟国を含む）に持つ地球科学全般を担う政府間機関となっている。

4. 調査の実績

21年間の調査において、航海日数は延べ1,000日を超え、音響（音波）調査のための航走距離は地球4周に相当する約16万km、深海テレビカメラによる海底観察の総延長1,350km、サンプリング約2,000点以上と、膨大な調査データを取得した（表2）。これらの調査結果については、毎年、クルーズレポートにとりまとめ、SOPAC事務局や調査対象国（沿岸国）へ提示している。

表2 主な調査実績

調査項目	マンガン団塊	海底熱水鉱床	コバルト・リッチ・クラスト	合計
音響調査（測線長） （地形図作成等）	52,200km	53,700km	53,900km	159,800km
深海TVカメラによる 海底観察（測線長）	500km	450km	400km	1,350km
得られた海底写真 枚数	1,718枚	11,157枚	8,527枚	21,402枚
サンプリング（FG、CB、 AD、FPG等）	1,080点	295点	644点	2,019点
ボーリング調査		27孔、96.4m	52孔、27.2m	79孔、123.6m

5. 調査の方法

深海底鉱物資源の賦存する海域は、水深数千m、

水圧数百気圧、水温2～3の暗黒の極限環境である。このため、深海底鉱物資源の探査には最新のハイテク技術が使用されている。

探査では、海上、海中、海底において様々な機器、手法が用いられているが、海中は光や電波を通しにくいいため、音波（音響）調査が最も効果的な手段となっている。

このため、深海底鉱物資源の探査では、まず音響調査等によって海底地形や海底の様子を大まかに把握し、その後、深海テレビカメラによって、海底の様子を観察し、産状等の分布状況を把握し、最後に、実際に試料を採取して分布密度や鉱床の厚さ、品位を把握する。

本調査は、当機構所有の深海底鉱物資源探査専用船「第2白嶺丸」を用いて実施した（写真1）。

第2白嶺丸は、深海底鉱物資源探査を実施するために求められる地形図作成、海底の映像撮影、サンプリングを行うための全ての機器が備わっている(図3)。特に、同船は、日本の地質調査船の中でも、特にサンプリング性能が高く、通常の海底の岩石や鉱石を引っ掻いたり、掴んだりして採取するドレッジやグラブ等のサンプリング機器の他、海底下鉛直方向に最大20mのコア試料を採取できる深海用ボーリングマシンシステム(BMS)(写真2)が備わっており、鉛直方向に分布するコバルト・リッチ・クラストや海底熱水鉱床の調査に適している。



写真1 深海底鉱物資源探査専用船「第2白嶺丸」

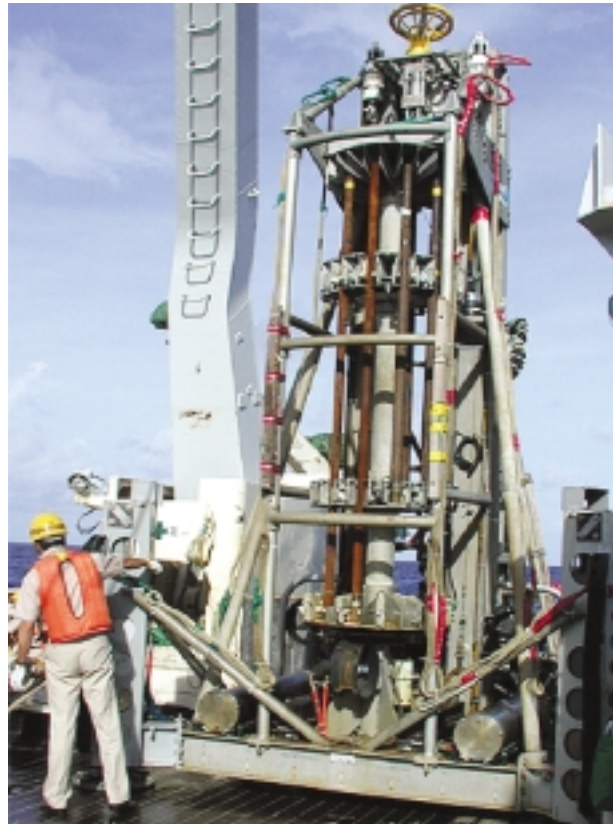


写真2 深海用ボーリングマシンシステム

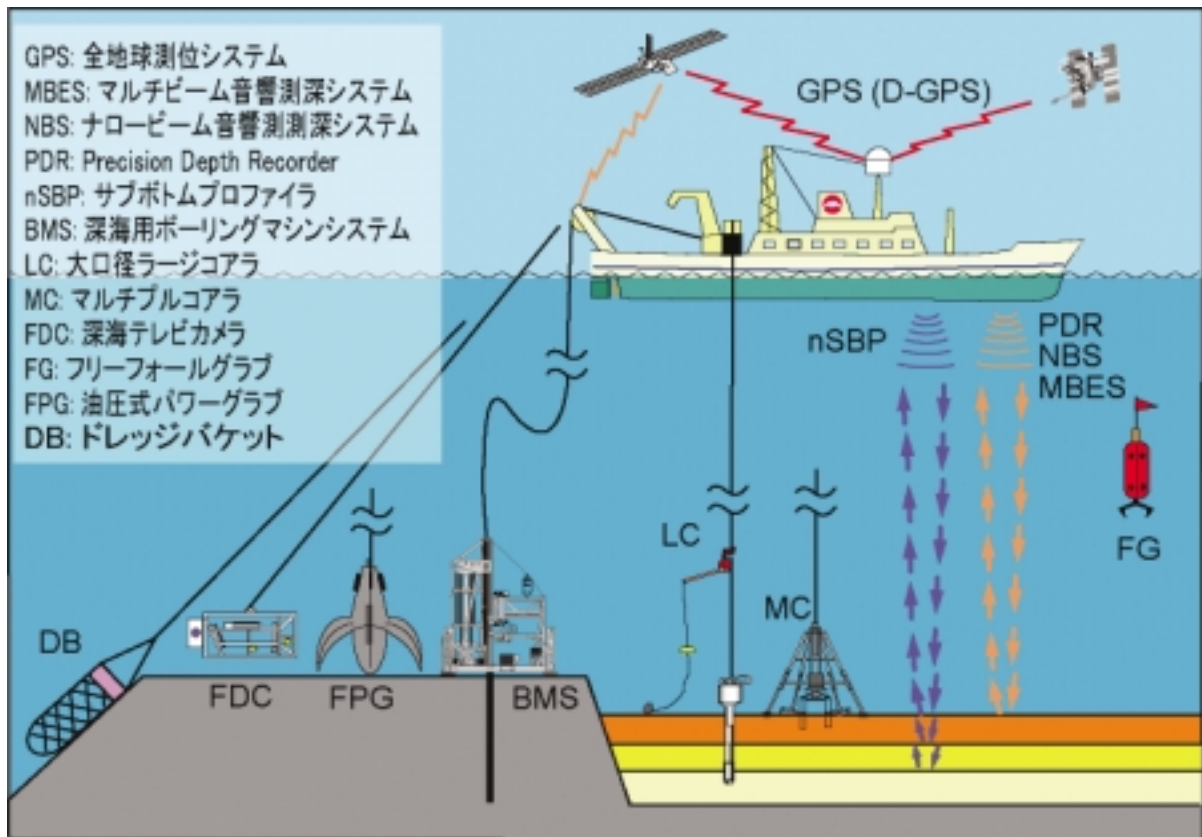


図3 調査方法及び第2白嶺丸に搭載している主な調査機器

6. 21年間の調査成果の概要

(1) マンガン団塊

クック諸島共和国海域でコバルトに富む高密度域を把握。高密度域における概略資源量は、約2億tで、その中に含まれるコバルトは日本の消費量の約100年分に相当。

マンガン団塊を対象とした海洋資源調査では、クック諸島、キリバス、ツバル及びサモアの4か国のEEZにおいて、フリーフォールグ

ラブ (FG) やスピードコアラ (SC) を用いてサンプリング調査を行った。その結果、図4に示すように、主にクック諸島海域において1m²当たり25kg以上という非常に高い密度でマンガン団塊が分布する海域を確認した。また、この海域でのマンガン団塊は、通常のものに比べてコバルト品位が2倍程度高いことも分かった。

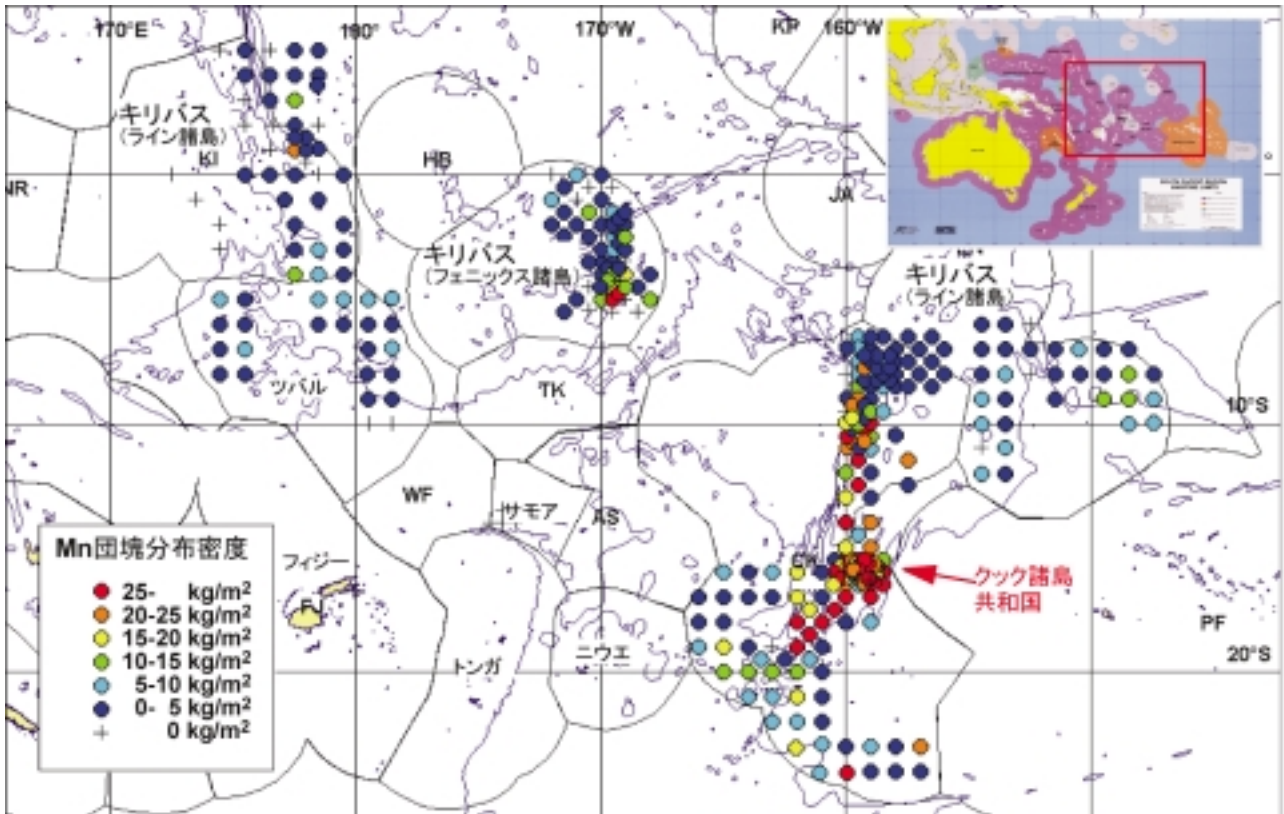


図4 南太平洋海域におけるマンガン団塊の分布状況

この結果を踏まえ、特にクック諸島中央部の高密度域において、ポリゴン法と呼ばれる手法を用いて、概略の資源量を計算した。図5はクック諸島中央部のポリゴンブロック図で、特に1m²当たり30kg以上の高密度部分（ピンク色）のみを抽出して、資源量を算定すると、その分布域は8,000km²以上にもなり、概略資源量として約2億tのマンガン団塊が分布し、その中に含まれるコバルトは金属量ベースで97万tが存在することになる（表3）。この量は、日本の消費量に換算すると約100年分に相当する。

表3 クック諸島共和国海域中央部におけるマンガン団塊の概略資源量とコバルト金属量

採取地点 No.	分布密度 (kg/m ²)	含水率 (%)	Co品位 (%)	面積 (km ²)	概略資源量 (千t)	Co金属量 (t)
86410	33.09	31.10	0.49	1,031	23,506	115,178
86425	34.57	28.60	0.48	304	7,504	36,017
86429	31.00	31.50	0.56	2,177	46,229	258,880
86442	31.54	30.50	0.55	369	8,089	44,487
86445	32.93	26.40	0.51	99	2,399	12,237
00208	31.18	22.20	0.50	325	7,884	39,419
00211	32.39	27.93	0.54	651	15,197	82,062
00212	31.14	23.73	0.55	325	7,719	42,454
00216	34.81	29.96	0.53	373	9,094	48,199
00217	32.16	25.99	0.46	378	8,997	41,386
00221	36.66	23.37	0.46	403	11,321	52,078
00223	33.08	30.33	0.58	368	8,481	49,191
00225	30.44	22.94	0.46	522	12,245	56,325
00229	32.96	27.52	0.52	369	8,815	45,839
00231	32.93	24.91	0.51	205	5,069	25,852
00234	30.63	33.63	0.44	185	3,761	16,548
合計				8,084	186,309	966,153



図5 クック諸島共和国のEEZ中央部の有望海域 (Okamoto, 2005)

(2) コバルト・リッチ・クラスト

マーシャル諸島、キリバス、ミクロネシア連邦海域においてコバルト・リッチ・クラストの発達を確認。特に、マーシャル海域では有望3海山でボーリングマシンによる掘削調査を実施し、詳細なクラスト層厚を把握。概略資源量は約3億tでその中に含まれるコバルトは約130万t(日本の消費量の約130年分に相当)と算定。

キリバス、ツバル、サモア、マーシャル諸島及びミクロネシア連邦5か国のEEZで調査を実施し、同海域でのコバルト・リッチ・クラスト

の賦存状況を把握するとともに、特にマーシャル諸島、キリバス、ミクロネシア連邦において、クラストの発達が顕著な海域を抽出した(図6)。

特に、マーシャル海域の東部の有望3海山については、深海用ボーリングマシンを用いて、コバルト・リッチ・クラスト層厚の精密な把握に努め、海山斜面中部から頂部にかけての概略クラスト資源量は約3億t、その中に含まれるコバルト含有量は約150万t(日本の消費量の約7年分に相当)、ニッケル含有量は約130万t(日本の消費量の約130年分)と算定された。

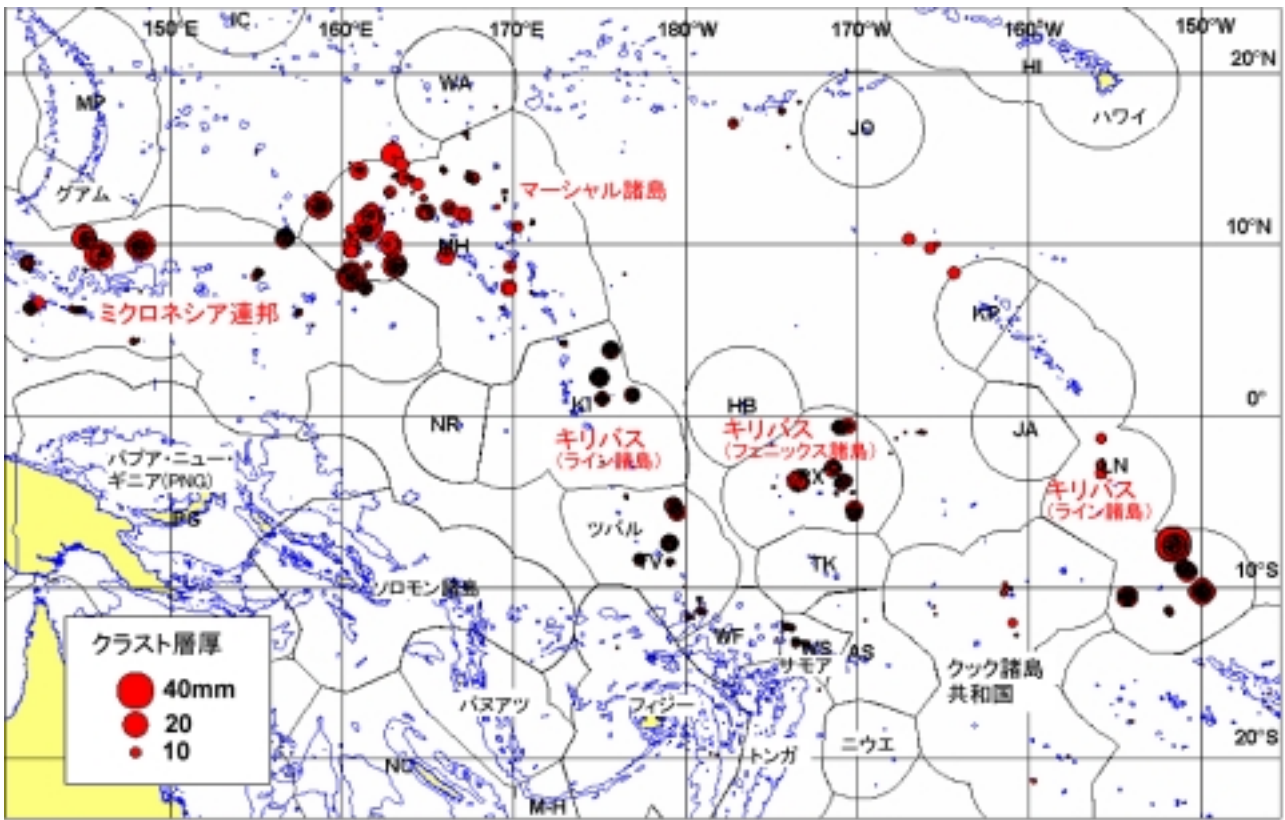


図6 南太平洋諸国におけるコバルト・リッチ・クラストの発達状況

(3) 海底熱水鉱床

フィジー海域において、深海 TV カメラにより、1 km² の範囲で、硫化鉱物からなる多数のマウンドやチムニーを確認。これらの地域において深海用ボーリングマシンを用いてコア試料を採取した結果、概略資源量は約 50 万 t 程度であることが判明。

パプア・ニュー・ギニア、ソロモン諸島、バヌアツ、トンガ及びフィジーの 5 か国の EEZ の拡大軸付近を中心に、海底地形調査による拡大軸の抽出や海底観察による熱水活動の把握に努め、油圧式パワーグラブ (FPG) などを用いて、硫化物の採取を行った。

その結果、ソロモン、バヌアツ、フィジー海域で海底熱水鉱床の賦存を確認した。特にフィ

ジー海域では、海底観察により、詳細な熱水活動範囲を特定し、深海用ボーリングマシンを用いてコア採取 (22 孔、述べ 147m) を行ったところ、硫化物の厚さが 7m を超えるマウンドが確認できた (図 7)。これをもとに、マウンドの広がりや海底観察結果から 100 × 30m と仮定し、鉱体の厚さを 7m と仮定すると、概略資源量は 7.4 万 t になる。また、この周辺には、こうしたマウンドが少なくとも 7 箇所存在することから、この範囲での概略資源量は、約 50 万 t 程度になることが分かった。

なお、南太平洋海域では、従来から多くの熱水鉱床サイトが知られており、今後、内外の調査研究機関による調査により、詳細な賦存状況が明らかになることが期待される。

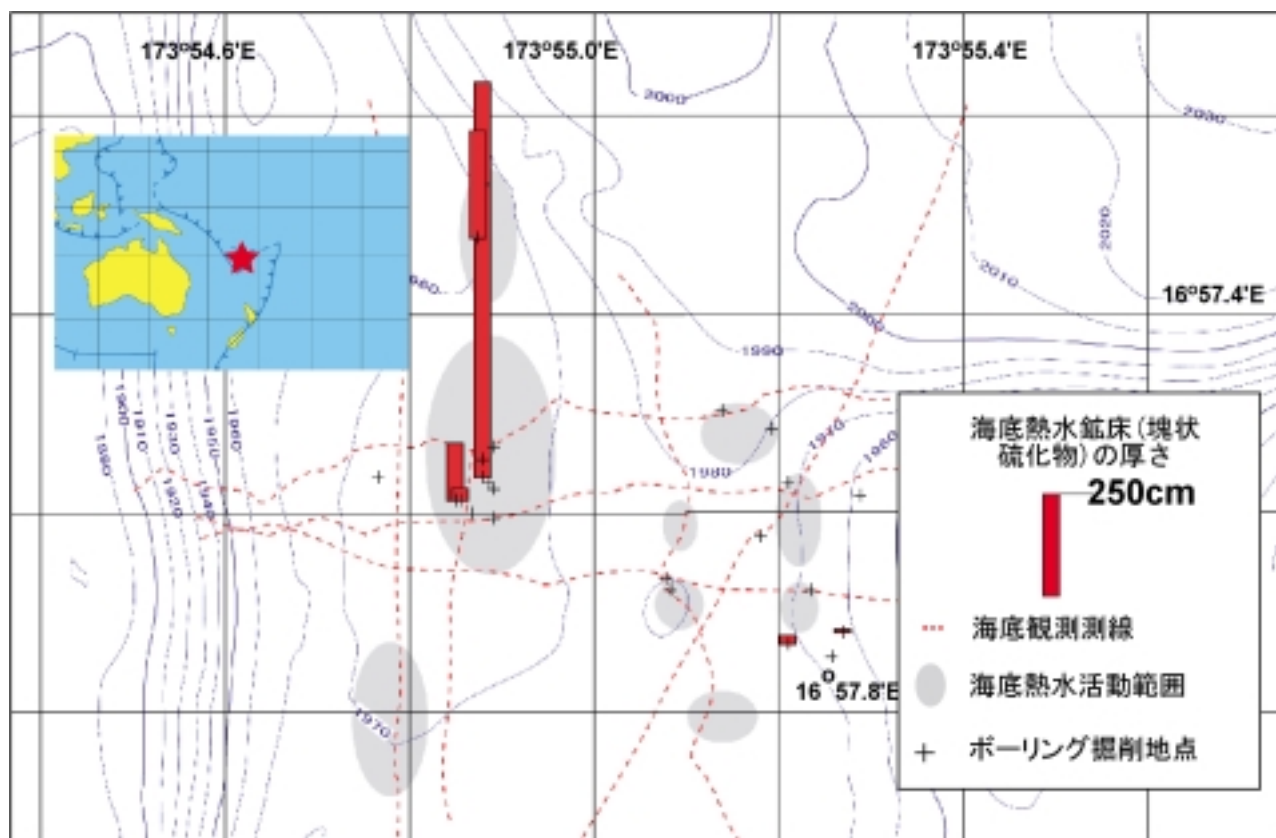


図 7 北フィジー海盆で確認した熱水活動範囲とボーリングで確認した硫化物鉱床の三次元的分布

(4) その他の成果

環境ベースライン調査

平成12年度(2000年度)からの第2期においては、賦存状況調査だけでなく、将来の開発に向けて環境ベースラインデータの取得にも努めた。主に、海底の堆積物中に生息する微生物などを把握するため、マルチプルコアラ(MC)と呼ばれる堆積物を乱さないように採取する特殊なサンプリング機器を用いて調査を行った。この結果、クック、フィジー、マーシャル諸島、キリバス、ニウエ、ミクロネシア連邦海域における環境ベースラインデータを取得し、将来の開発に資する基礎データとしての活用が期待される。

海洋調査技術の移転

本調査を通じて、南太平洋諸国の技術者に海洋調査の方法・ノウハウなどの海洋調査技術の移転を図ることも重要である。このため、毎年、調査対象国の技術者を洋上研修員として受け入れ、調査技術の習熟に努めた(写真3)。また、JICAのカウンターパート研修の一環として、毎年1名程度を受け入れ、調査結果の協議や日本の海洋調査技術の習得に努めた。



写真3 洋上研修の様子(中央:マーシャル諸島共和国海洋資源管理局から参加)

7. 成果報告の実施

SOPACでは、毎年9月に、加盟国及び支援国が一同に集まって、年度の事業報告や次年度計画を策定するための、年次総会が加盟国の持ち回りで開催されている。

今年は9月にサモア独立国の主催で、首都アピアで開催された。当機構では、この機会を捉え、資源エネルギー庁鉱物資源課、産業技術総

合研究所及び高知大学の協力をいただき、洋上調査の実施機関である深海資源開発(株)とともに、21年間の成果について報告を行った。この結果、参加各国から高い評価を受けるとともに、感謝の意が表明された(写真4)。



写真4 SOPAC総会における成果報告

8. まとめ

21年間の調査によって、南太平洋諸国のEEZ内の深海底鉱物資源の賦存状況を把握することができ、特にクック海域ではマンガン団塊、マーシャル諸島ではコバルト・リッチ・クラスト、フィジー海域では海底熱水鉱床を対象とした詳細な調査を実施し、概略資源量まで算定することができた。

南太平洋海域での海洋調査は、これまで我が国を始め、ドイツ、フランス、豪州、米国、韓国等により、主に海洋学調査を中心に行われてきている。ただ、当機構のように、系統かつ継続的に深海底鉱物資源調査を行ってきた機関はなく、これまでに取得したデータは非常に貴重なものと言える。

深海底鉱物資源の商業生産は、まだ相当時間がかかると言われているが、そうした中、南太平洋諸国では1997年末、世界に先駆けて、自国の排他的経済水域に分布する海底熱水鉱床を対象に、民間企業に探査鉱区を付与するというニュースがあった。1997年末、パプア・ニュー・ギニア政府は、豪州(現在カナダ)のノーチラス社に探査鉱区を付与し、2005年1月から世界的な鉱山会社であるプレーサードーム社(カナダ)の出資により詳細な物理探査が行われ、さらに2006年1月からはボーリング船による掘削調査を予定している。また、ノーチラ

ス社は、他の南太平洋諸国のEEZ内の海底熱水鉱床にも興味を示しており、関係政府に対し積極的な働きかけを行っている模様である。

このように、深海底鉱物資源の開発に対し、南太平洋海域では、世界で唯一、民間企業による出資が行われるなど、積極的な展開が見られ、これまでにない動きがあることも事実である。

本調査で得られた成果は、少なからず、こうした鉱区取得の動きに影響を及ぼしており、将来、南太平洋海域における深海底鉱物資源の商業生産に移行できることを期待し、本報告を終わることとする。

(2005.12.9)