

**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17年3月
(2005年)

はしがき

日本政府は、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、同委員会加盟諸国の排他的経済水域における深海底鉱物資源賦存の可能性を検討するために、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(現、独立行政法人 国際協力機構)に委託した。同事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査・探査という専門的分野に属することから、この調査を金属鉱業事業団(現、独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構)へ委託することとした。

本調査は、平成15年度(2003年度)から3ヵ年計画で開始されたステージⅡフェーズ2の第2年次調査として、フィジー諸島共和国の排他的経済水域を調査対象としている。

石油天然ガス・金属鉱物資源機構は、平成16(2004)年12月15日から平成17(2005)年1月11日までの28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の協力を得て、予定通り調査を完了した。本報告書は第二年次の調査結果を取りまとめるとともに、これまでに同国海域で実施された調査結果を総括している。

本調査の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ならびに外務省、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の感謝の意を表す。

平成17年2月28日

独立行政法人 国際協力機構

担当理事 伊沢 正

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

理事長 大澤 秀次郎

要 旨

SOPAC 諸国への資源開発協力基礎調査（海洋鉱物資源調査）は、昭和 60 年度に始まったが、平成 15 年度からは、新たな 3 ヶ年計画調査、ステージⅡフェーズ 2 が開始されている。平成 16 年度は、その第 2 年次としてフィジー諸島共和国の EEZ 内の調査が計画された。同国の EEZ では、これまで平成 11 年度と同 13 年度に調査が実施され、特に平成 11 年度の調査によって、Central Hill と ERZ A 両地域が、海底熱水鉱床胚胎有望地域として抽出された。平成 16 年度の調査は、これら 2 箇所、海底熱水鉱床発見を目的に、地形、FDC、FPG、AD 調査を、さらに同海域の環境特性把握のための環境調査、RO と MC 調査を実施した。

その結果、Central Hill では、固体貫入した超塩基性岩体の頂部に、北へ下がる尾根の西から北斜面に、南北延長約 180m、幅約 30m の範囲に、青緑色・黄色の熱水変色域と熱水活動に特有な生物群の生息を認め、現在も活動中の熱水活動範囲を特定できた。熱水活動に伴う鉄酸化物層が岩石を薄く被覆するのを認めたものの、硫化物鉱化作用によるマウンドやチムニーは発達しないことが判明した。現在活動中のこの熱水域の周辺には、FDC で温度異常と貝の遺骸のコロニーが多数観察されているので、かつての熱水活動域は、この尾根を中心に、広い範囲に及んでいたと考えられる。

ERZ A では、南北方向に噴出した玄武岩溶岩からなる尾根が発達し、テラス状平坦面とその東の急斜面との境界付近に、延長約 250m の黄色・茶褐色の変色域と、それに重複するような温度異常が認められた。変色は、岩石の表面を薄く覆う鉄酸化物で、熱水活動に伴う硫化物鉱化作用は認められなかった。

このように、平成 16 年度の調査では、Central Hill と ERZ A のそれぞれで、海底熱水活動の範囲を特定し、特に Central Hill では現在も活動中の熱水活動域を確認したが、海底熱水鉱床を形成するような硫化物鉱化作用は認められなかった。

環境調査では、両地域で柱状の水溫異常を認めるとともに、Central Hill では、熱水に由来すると考えられる炭酸カルシウムと化学合成生物群に属する生物の存在が判明し、環境に関する基礎情報を得た。

今年度調査の Central Hill と ERZ A の海底熱水活動は、0.7Ma から現在まで活動中の北フィジー断裂帯に位置すること、さらに過年度調査では北フィジー海盆中央拡大軸に連なる三重点の海底熱水活動とそれに伴う硫化物鉱化作用を認めていることから、今後のフィジー諸島共和国の EEZ での海底熱水鉱床の調査は、現在も活動中の北フィジー海盆の中央拡大軸と北フィジー断裂帯を対象とした調査が望まれる。

目 次

はしがき
要 旨
目 次

1章 調査要項

1-1	調査件名	1
1-2	調査海域	1
1-3	調査目的	1
1-4	調査期間	1
1-5	調査員	1
1-6	調査機器	2

2章 調査方法

2-1	調査概要	8
2-2	船位の決定	8
2-3	地形調査 (MBES)	8
2-4	海底観察 (FDC)	8
2-5	試料採取 (AD・FPG)	9
2-6	測線・試料などの記号と番号	9
2-7	採取試料の室内試験	9
2-8	計測データの処理及び解析	9
2-9	環境調査	9

3章 調査結果

3-1	調査海域の概要	12
3-1-1	地形	12
3-1-2	地質及び地質構造	12
3-1-3	海底熱水活動	12
3-1-4	これまでの調査	13
3-2	Central Hill の調査	14
3-2-1	過年度の調査	14
3-2-2	今年度の調査	15
3-2-3	室内試験	18

3-2-4	考察	21
3-3	ERZAの調査	23
3-3-1	過年度の調査	23
3-3-2	今年度の調査	24
3-3-3	室内試験	25
3-3-4	考察	25
3-4	環境調査	31
3-4-1	調査結果	31
3-4-2	考察	31

4章 結論

4-1	調査海域	32
4-1-1	地質と地質構造	32
4-1-2	海底熱水活動	32
4-1-3	まとめ	32
4-2	フィジーEEZ内のこれからの調査	33
4-3	環境調査	34

文 献	38
-----	----

[図表一覧]

図1-1	調査海域図	3
図1-2	調査機器	7
図2-1	データ処理及び解析系統図	11
図3-1-1	北フィジー海盆の地質構造概略図	13
図3-1-2	調査海域の地形と磁気構造図	14
図3-2-1	Central Hillの地形及び調査実績図	19
図3-2-2	Central HillのFDC調査平面図	20
図3-2-3	Central Hillの水温異常図	21
図3-2-4	Central Hill総合解析図	23
図3-3-1	ERZAの地形及び調査実績図	27
図3-3-2	ERZAのFDC調査平面図	28
図3-3-3	ERZAの水温異常図	29
図3-3-4	ERZAの総合解析図	30
図4-1	海底熱水鉱床探査フロー	37

表 1 - 1	調査実績表	4
表 1 - 2	調査日程表	5
表 1 - 3	調査使用機器一覧	6
表 2 - 1	室内試験試料一覧表	10
表 4 - 1	SOPAC 調査実績総括表 (フィジー諸島共和国海域)	35
表 4 - 2	SOPAC 調査概要 (フィジー諸島共和国海域)	36

[添付資料]

添付資料	1	航跡図・水深対音速値表・気象と海象データ
添付資料	2	FDC・FPG・AD 調査作業実績表
添付資料	3	FDC・FPG・AD 写真
添付資料	4	FDC 温度・地形断面図
添付資料	5	室内試験
	5 - 1	超塩基性岩類及び塩基性岩類の鉱物学・記載岩石学
	5 - 2	1. 岩石の研磨薄片の作成と顕微鏡観察
		2. 火山岩の全岩化学分析
		3. 火山岩の K-Ar 年代測定
	5 - 3	1. 変質鉱物等の X 線回折試験
		2. 鉱石の化学分析
		3. 未固結堆積物の化学分析
		4. 未固結堆積物の化石鑑定
添付資料	6	環境調査

1章 調査要項

1-1 調査件名

平成16年度資源開発協力基礎調査（海洋資源調査）フィジー諸島共和国海域

1-2 調査海域

平成12年（2003）2月27日に、日本側調査担当機関と南太平洋応用地球科学委員会との間で締結された共同調査実施計画に基づき、平成16年（2004）9月に両者間で協議した2004年度調査実施計画により、フィジー諸島共和国の排他的経済水域（EEZ）内の次の各点を結んで得られる範囲を調査海域としている（面積約2,000km²、図1-1参照）。

	緯度	経度
①	16° 00' S	177° 15' E
②	16° 00' S	177° 35' E
③	16° 30' S	177° 35' E
④	16° 30' S	177° 15' E
①	16° 00' S	177° 15' E

1-3 調査目的

本調査は、調査海域内のCentral HillとERZ Aを対象に、海底熱水鉱床の発見及び同海域の環境特性把握を目的としている。

1-4 調査期間

現地調査：平成16年12月15日から平成17年1月11日までの28日間（移動日と寄港日を含む、表1-1及び表1-2参照）

解析など：平成16年4月1日から平成17年3月31日の間

1-5 調査員

協定折衝

日本側：	細井 義孝	（独立行政法人	石油天然ガス・金属鉱物資源機構）
	安野 博之	（経済産業省	資源エネルギー庁 鉱物資源課）
	亀山 正義	（独立行政法人	石油天然ガス・金属鉱物資源機構）
	山路 法宏	（独立行政法人	国際協力機構 資源開発調査課）
	神谷 夏実	（独立行政法人	石油天然ガス・金属鉱物資源機構 キャンベラ事務所長）

相手側：	Kodaro GALLEN	(ミクロネシア連邦)
	Taina T. TAGICAKIBAU	(フィジー諸島共和国)
	Bhaskar RAO	(フィジー諸島共和国)
	Meita BEIABURE	(キリバス共和国)
	Alfred SIMPSON	(ニウエ)
	Alfred SIMPSON	(SOPAC 事務局)
	Russell HOWORTH	(SOPAC 事務局)
	Cristelle PRATT	(SOPAC 事務局)
	Nobuyuki OKAMOTO	(SOPAC 事務局)

現地指導監督

日本側：	岡本 信行	独立行政法人	石油天然ガス・金属鉱物資源機構
	佐々木昌章	経済産業省	資源エネルギー庁 鉱物資源課
	神谷 夏実	独立行政法人	石油天然ガス・金属鉱物資源機構 キャンベラ事務所長

相手側：	Bhaskar Rao	SOPAC 事務局
	Wong Hen Loon	フィジー諸島共和国

調査団

富沢 尚明	深海資源開発 (株)	今井 松男	海洋技術開発 (株)
斉藤 洋男	〃	吉野 芳和	〃
近藤 六夫	〃	濱崎 雅弘	〃
野口 浩承	〃	橋本 豊	〃
角島 和之	〃	一ノ瀬 登	〃
内山 昭憲	〃	小川 憲一	〃
宮向 智興	〃	畑中 義博	〃

さらに、フィジー諸島共和国鉱物資源局の Wong Hen Loon 氏が技術研修員として乗船、調査船、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構所有の第2白嶺丸は、遠藤守雄船長以下乗組員 34 名が運航した。

1-6 調査機器

調査に使用した主要調査機器類を表 1-3 に、その写真を図 1-2 に示す。

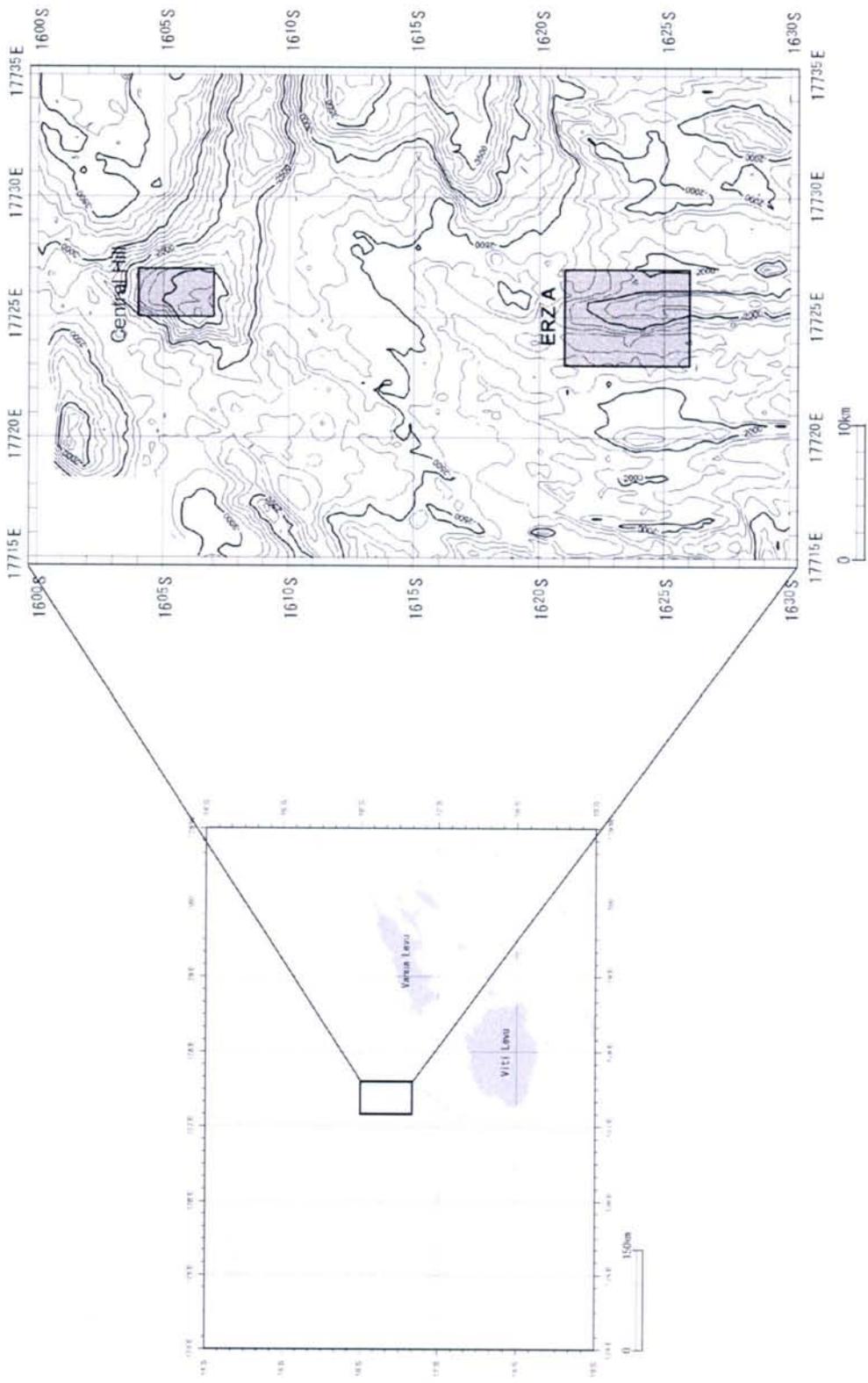


図 1-1 調査海域図

表 1-1 調査実績表

項 目		実 績		
調査 日程	マジュロ出港	12月17日	10:00	
	調査海域 到着	12月22日	11:22	
	調査開始 (Central Hill)	12月22日	11:22	
	調査終了 (Central Hill)	12月28日	16:40	
	調査海域 離脱	12月28日	16:40	
	船橋基地入港	01月11日	10:00	
	実調査日数	7日間		
調 査 地 域		Central Hill	ERZ A (Extensional Relay Zone A)	小 計
サンプル 採 取	アームドレッジ(AD) 採試点数(点)	5	4	9
	採取量 (Kg)	406.4	1132.8	1539.2
	岩石 (Kg)	381.4	1116.2	1497.6
	その他 (Kg)	25.0	16.6	41.6
	パワーグラブ(FPG) 採試点数	3	0	3
	採取量 (Kg)	117.9	0	117.9
	ロゼッタ採水器 (RO) 採試点数	1	1	2
	マルチプルコアラー (MC) 採試点数	5	0	5
採取量 (kg)	18.5	0.0	18.5	
海 底 観 察	FDC 測線数(本)	6	4	10
	測線長(曳航距離, nM)	4.4	2.7	7.1
	有効写真枚数	676	320	996
	映像ファイル数(容量)	6(12.2GB)	4(8.2GB)	10(20.4GB)
CTD	FDC取り付け	6	4	10
	RO取り付け	1	1	2
音響 調査	MBES (15.5 KHz) n.m	470.3		470.3
データ 処 理	図面作成	等深線図(海底地形図)、地形陰影図、音圧図、航跡図		

表 1-2 調査日程表

日数	日付	曜日	海域	調査項目	地形航走
					単位:カイリ (n.m.)
1	12月15日	水		マジロ停泊	
2	12月16日	木		マジロ停泊	
3	12月17日	金		マジロ出港(10:00)、移動(マジロ→フィジー調査海域)	
4	12月18日	土		移動(マジロ→フィジー調査海域)、 遭難船保護・曳航(19:10~24:00)	
5	12月19日	日		移動(マジロ→フィジー調査海域)	
6	12月20日	月		移動(マジロ→フィジー調査海域)	
7	12月21日	火		移動(マジロ→フィジー調査海域)	
8	12月22日	水	C.H.	調査海域到着(C.H.)(11:22)、調査開始(11:22) 04SFRO06, 04SFFDC15, 04SFFDC16 RO 1測点、FDC 2測線	
9	12月23日	木	C.H.	04SFFDC17, 04SFFDC18, 04SFFDC19, 04SFFDC20, 04SFMC08 FDC 4測線、MC1測点(C.H.)	88.7
10	12月24日	金	ERZ A	04SFRO07, 04SFFDC21, 04SFFDC22, 04SFFDC23, 04SFFDC24 RO 1測点(C.H.), FDC 3測線	73.1
11	12月25日	土	C.H.	04SFMC09, 04SFMC10, 04SFMC11, 04SFFPG01, 04SFFPG02 MC 3測点、FPG 2測点	76.9
12	12月26日	日	C.H.	04SFFPG03, 04SFMC12, 04SFAD01 FPG 1測点、MC 1測点、AD 3測点	77.0
13	12月27日	月	ERZ A	04SFAD02, 04SFAD03, 04SFAD04, 04SFAD05 AD 4測点	114.2
14	12月28日	火	C.H.	04SFAD06, 04SFAD07, 04SFAD08, 04SFAD09 AD 4測点 調査終了(16:39)、調査海域離脱(ERZ A)(16:40)	40.4
15	12月29日	水		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
16	12月30日	木		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
17	12月31日	金		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
18	1月1日	土		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
19	1月2日	日		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
20	1月3日	月		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
21	1月4日	火		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
22	1月5日	水		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
23	1月6日	木		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
24	1月7日	金		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
25	1月8日	土		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
26	1月9日	日		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
27	1月10日	月		移動(フィジー調査海域→船橋基地)	
28	1月11日	火		船橋基地入港(10:00)	

C.H.: Central Hill, ERZ A: Extensional Relay Zone A

注) 日付・時間は船内時間

地形航走総延長 470.3 n.m

表 1-3 調査使用機器一覧

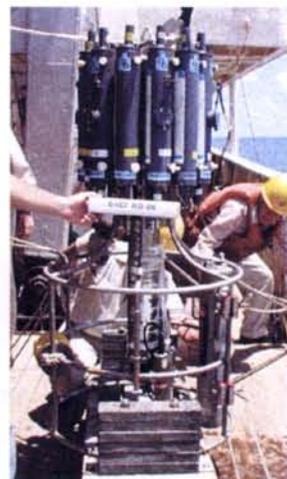
分類	探 査 方 法	調査機器・同システム	略 号	備 考	
位置測定	衛星航法	Global Positioning System GPS+GLONASS	GPS		
海底地形地質調査	音響調査	測深及び海底地形	Multi-narrow Beam Echo Sounder Narrow Beam Echo Sounder	MBES NBS	
		表層堆積物調査	Narrow Beam Sub-Bottom Profiler	nSBP	
	音速水深調査	電気伝導度・水温・水深測定装置	CTD		
		水温・水深測定装置	TD		
	磁気調査	プロトン・グラジオ・メータ	PGM		
	サンプリング	大口径コアラ	LC		
		ファインダー付パワーグラブ	FPG		
アーム型ドレッジ		AD			
海底写真	海 底 写 真	ワンショットカメラ ファインダーTV付深海カメラ	深海カメラ FDC	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			
	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			



ファインダー付パワーグラブ (FPG)



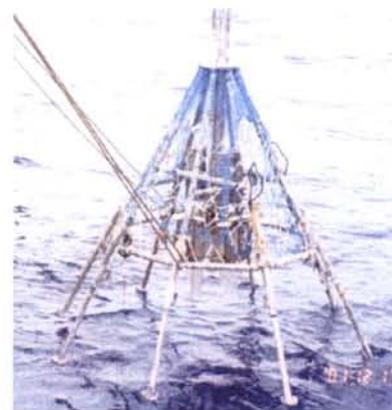
アーム型ドレッジ (AD)



ロゼットサンプラー (RO)



ファインダーテレビ付深海カメラ (FDC)



マルチプルコアラ (MC)



ピンガー



電気伝導度・水温・水深測定装置 (CTD)

図 1-2 調査機器

2 章 調査方法

2-1 調査概要

SOPAC 諸国への資源開発協力基礎調査（海洋鉱物資源調査）は、昭和 60 年度（1985）から開始されている。その後、平成 15 年（2003）2 月には、日本側関係機関と SOPAC との間に、ステージ II フェーズ 2 計画が締結され、その SCORPE OF WORK に基づき、平成 16 年度（2004）には、その第二年次調査としてフィジー諸島共和国の EEZ 内で調査が実施されることとなった。

フィジー諸島共和国では、平成 11 年度（1999）に、海底熱水鉱床を対象に、地形調査、磁気調査、海底観察調査（FDC）、試料採取調査（LC、AD、BMS）が実施された結果、同国の排他的経済水域（EEZ）内の Central Hill と ERZ A が、海底熱水鉱床有望地域として抽出された。さらに、平成 13 年度（2001）には、同海域の三重点で既知鉱床調査を実施している。

このため、平成 16 年（2004）9 月、日本側関係機関と SOPAC 事務局及びフィジー鉱物資源局との間で合意したフィジー諸島共和国の EEZ の共同調査実施計画に基づき、同海域内の Central Hill と ERZ A の 2 箇所において、海底熱水鉱床発見及び同海域の環境特性把握に係る環境調査を実施することとなった。

2-2 船位の決定

船位の決定は、海底鉱物資源調査では最も重要な項目の一つで、第 2 白嶺丸には 3 箇所に船位測定計器が装備されている。通常、船位は船橋に設置されている GPS（Global Positioning System）を使用している。しかしながら、FDC の場合には、調査機器が船尾後方の海中にケーブルで曳航されているので、船尾に設置されている GPS を使用し、船尾の位置と音響測深による水深、そしてケーブル長からピタゴラスの定理を用いて FDC 搭載の曳航体の海底位置を算出している。さらに、RO と MC では、その投入位置近傍に配備されている右舷ギャロスの GPS を用いて位置を決定している。

なお、測地座標系は WGS84、船内の各種機器の時刻表示はグリニッチ標準時、そして、船内の生活時刻表示は現地標準時を用いている。

2-3 地形調査（MBES）

本調査は、調査海域を測線間隔 1 nm、東西方向に平行な測線を航行して調査している。船速は 10～12 ノット、音響発信間隔は MBES 調査では 8～12 秒毎であった。

2-4 海底観察（FDC）

本調査は海底地質状況及び新たな鉱徴地の発見を目的として、ファインダーTV 付き

深海カメラ (FDC) システムを使用して海底観察を行い、全測線データをビデオテープに収録するとともにベントススチールカメラを用いて海底状況写真を撮影した。

2-5 試料採取 (AD・FPG)

試料採取は、試料を確実に十分採取できるよう、気象・海象状況の制約を考慮して FPG そして AD を行った。

2-6 測線・試料などの記号と番号

各種調査測線、試料の番号は、次の要領で付番した。調査年度の西暦下 2 桁 (2004 → 04) と SOPAC フィジーを表す 04SF に続き、使用機種と番号を付した。番号は使用機種ごとの通し番号としている。

- ・試料採取 : 04SF AD01 (AD 試料の場合)
04SF FPG01 (FPG の場合)
- ・FDC 測線 : 04SF FDC15 (FDC 番号は、1999 年度調査の測線番号 14 からの連番としている)
- ・地形航走の測線 : 04S に続き、測線緯度を、度と分を続けて追記した。

2-7 採取試料の室内試験

FPG 及び AD で採取された岩石試料などを対象に、その性状把握を目的に、全岩化学組成分析、品位分析、化学分析、研磨片の観察、X 線回折試験、化石鑑定等の各種室内試験を行った (表 2-1)。

2-8 計測データの処理及び解析

計測データ処理及び解析は、船上ではデータ解析システム、MBES オフライン処理システム及びパソコンを使用し、図 2-1 に示すデータ処理を行い、詳細な解析は現地調査終了後に行った。

2-9 環境調査

海底資源開発に伴う深海底の環境に対する影響を予測するための基礎資料を取得する目的で、ロゼット (RO) による採水調査とマルチコアラ (MC) による底質試料採取調査を実施した。

表 2-1 室内試験試料一覧表

海 域	採 試 点 番 号	水 深 (m)	深 度 サンプル 枝 番	堆 質	試 料							薄片観察	モード 測定	鉱物化学 組成分析	備 考	
					全岩 化学組成	K-Ar 年代測定	XRD	鉱石分析	生物種 測定	未 地 域 検 査 化 学 分 析	未 地 域 検 査 化 学 分 析					未 地 域 検 査 化 学 分 析
Central Hill	04SFFP001	1,971		蛇紋岩中を貫く白色脈			XRD01					2 枚				
				黒色の蛇紋岩				CR01								
				黄褐色の蛇紋岩					CR02							
				底生生物					MC01							
	04SFFP002	1,967		底生生物							MC01	1 枚				
	04SFFP003	1,968		白色変質部と その周囲の蛇紋岩								CR01	4 枚	1 試料	2 試料	
				赤褐色沈積物が 付着した層岩								CR02				
				青灰色粘土質部								CR03				
				黒色変質部				XRD01								
				表層の黒色沈積物				XRD02								
				碎屑性砂質粘土				XRD03								
				淡青灰色粘土				XRD04								
				淡青灰色粘土中の 暗灰色層部				XRD05								
				赤褐色沈積物				XRD06								
		青灰色粘土質部中のGamma に見られる白色針状結晶				XRD07										
				底生生物							MC01					
	04SFAD01	2,000 →1,961		底生生物								MC01	1 枚			
04SFAD07	1,910 →1,784		ダナイト、ウェールライト、 黒鉛結晶、斑レイ岩									47 枚	9 試料	20 試料		
04SFM01	1,946	0.00	表層の黒色および 白色沈積物				XRD01									
		0.10 ~0.18	有孔虫砂									FS01				
		0.10 ~0.15	有孔虫砂									CS01				
		0.15 ~0.18	有孔虫砂				XRD02					CS02		XRD02は 黒色沈積物の分析		
ERZ A	04SFAD02	1,956 →1,803		ラバーフローに見られる 緑色変質部				XRD01								
			C3	玄武岩溶解表面の ガラス質部	CA01	KR01							TS01			
			C5	急冷された環状玄武岩	CA02									TS02		
			C10	変質玄武岩						XRD01						隙の外縁部
										XRD02						繊維状部
										XRD03						岩芯の外縁部
	C11	変質玄武岩					XRD04						繊維状部			
							XRD05						不規則繊維状部			
	04SFAD03	1,954 →1,801	C5	小型ピローもしくはチューブ	CA01	KR01							TS01			
			C6	ラバーフロー表面の 殻状部	CA02									TS02		
	04SFAD04	1,941 →1,926		底生生物									MC01			
C1			白磁溶解岩片	CA01									TS01			
04SFAD05	2,072 →1,955	C3	ピローラーの一部	CA02	KR01								TS02			
		C2	白磁溶解岩片	CA01	KR01								TS01			
		C5	ピローラーの一部	CA02									TS02			
試料数の合計					8	4	16	6	5	2	1	63	10	22		

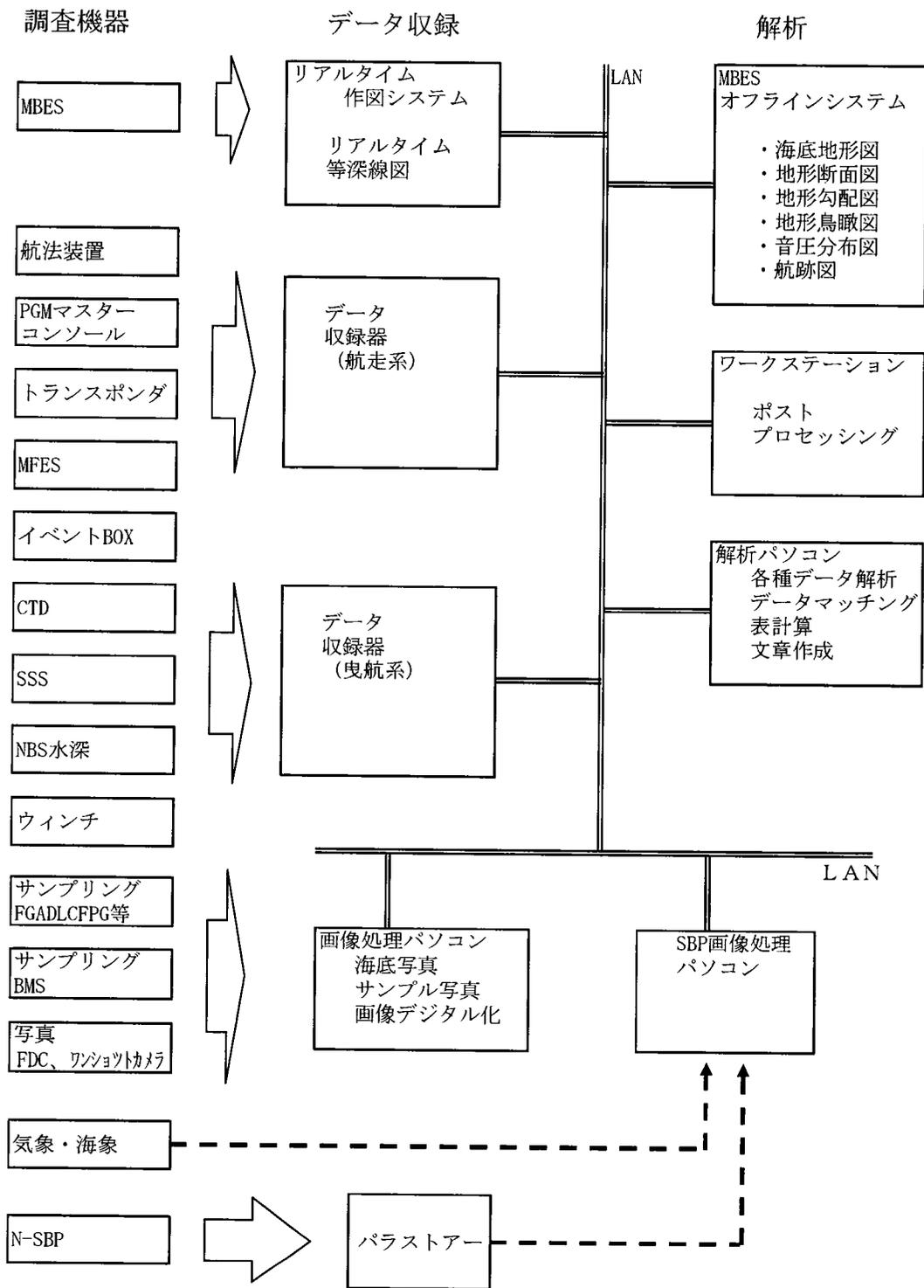


図 2-1 データ処理及び解析系統図

3章 調査結果

3-1 調査海域の概要

3-1-1 地形

調査対象の Central Hill と ERZ A を含む海域は、北フィジー海盆 (North Fiji Basin) に位置し、地質構造を反映した複雑な海底地形を呈する。Central Hill は、ほぼ東西に走る北フィジー断裂帯 (North Fiji Fracture Zone, NFFZ) に位置する山頂水深約 1,800m の巨大な山塊地形を呈し、ERZ A は、NFFZ 内にある小規模な南北系拡大軸を反映した南北方向に伸びる最浅部水深約 1,800m の尾根地形を呈する (図 3-1-2)。

3-1-2 地質及び地質構造

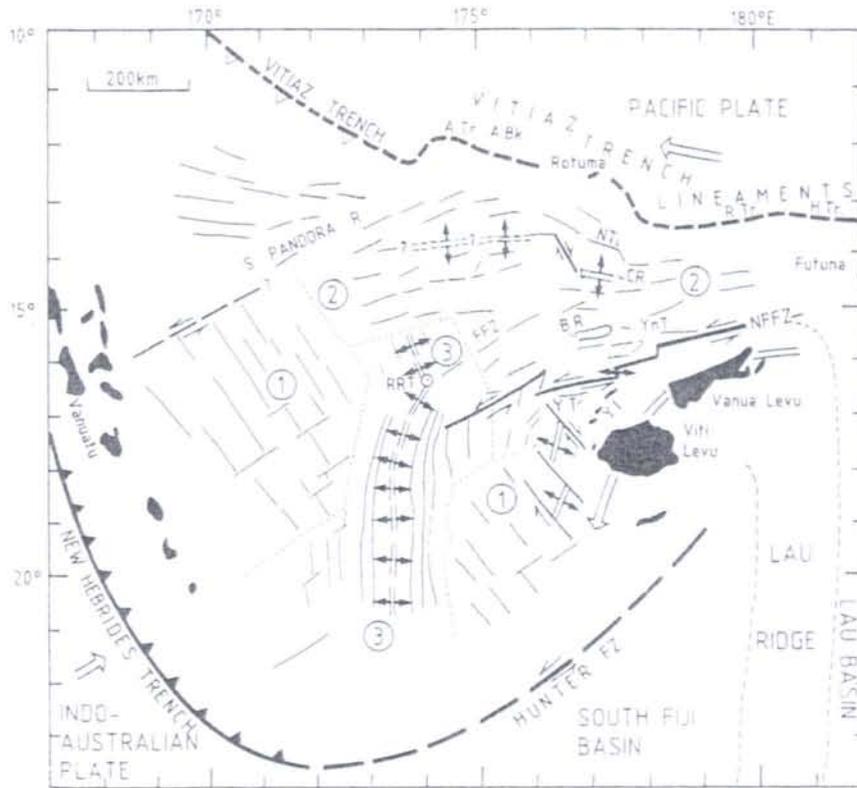
調査地域の属する北フィジー海盆は、北を Vitiaz Trench で、西を Vanuatu Islands で、そして南を Hunter Fracture Zone でそれぞれ境される海盆で、高い熱流量、相対的に薄いクラスト、浅い水深 (ほぼ 3000m)、そして薄い堆積物で特徴付けられる。

本海盆は、10-3Ma の時代は、Vanuatu Islands から Viti Levu・Vanua Levu へ連なる北西-南東方向の "Vitiaz Arc" を形成していたが、その後、Vitiaz Arc は反時計方向に回転する Vanuatu Island Arc と時計方向に回転する Viti Levu を含むフィジープラットフォームに分裂し、その境界に三重点 (Triple Junction) から南北方向に走る拡大軸と東西方向に走る左横ずれ断層の北フィジー断裂帯が形成されたと考えられている (図 3-1-1)。

北フィジー断裂帯の活動は、0.7Ma 前に始まり、その変移量は 9.5cm/a と測定されている。基本的には東西方向に走る北フィジー断裂帯であるが、その南緯 16-25S 付近には、南北方向に長さ 9-18km に走るリッジとトラフで特徴付けられる顕著な断裂帯が認められている。ここは、北フィジー断裂帯中の "leaky transform fault or extensional relay zone" と説明され、海底拡大の場となり、新鮮な通常の中央海嶺玄武岩 (N-MORB) と背弧海盆玄武岩 (BABB) 溶岩が活動し、後者には局部的に熱水性硫化物鉱化作用が認められている (図 3-1-1、Stackelberg and Rad, 1990 より)。

3-1-3 海底熱水活動

北フィジー海盆には、10-3Ma、0.7-0Ma と時期の異なる拡大リッジが各所にみられ、三重点に多数の海底熱水活動と硫化物鉱化作用が認められているが、調査対象海域は、上述の北フィジー断裂帯中の extensional relay zone に唯一の海底熱水活動が知られているのみである (ERZ A と呼ばれている)。そのほかには、現在は活動を終えたリッジに熱水性クラストが認められるが、その上位を水成マンガン酸化物が覆っていることから、その生成は古期と考えられている (Stackelberg and Rad, 1990)。



拡大軸：①=10-3 Ma, ②=3-0.7 Ma, ③=0.7-0 Ma

NFFZ：北フィジー断裂帯 RRT：三重点

図 3-1-1 北フィジー海盆の地質構造概略図

Stackelberg and Rad (1990) による

3-1-4 これまでの調査

これまでに、調査対象海域では、1990年のSONNE Cruise SO-35 Leg 3及び1999年の日本・SOPACの調査が行われている。

SONNE Cruise SO-35調査は、海底地形調査、磁気調査、海底写真撮影、ドレッジによる試料採取調査を行い、上述のような地形・地質特性を明らかにし、さらにERZでは海底熱水活動を発見している。

日本・SOPAC調査では、本調査海域を含む約17,000 km²の範囲を対象に音響調査(MBESなど)と磁気調査(PGM)を実施して、地質構造・磁気構造から海底熱水活動の可能性のある海域としてCentral HillとERZAを抽出した(図3-1-2)。さらにこれら両海域について海底観察調査(FDC)、試料採取調査(LC、CB、BMS)を行ない、その有望性を認めている。

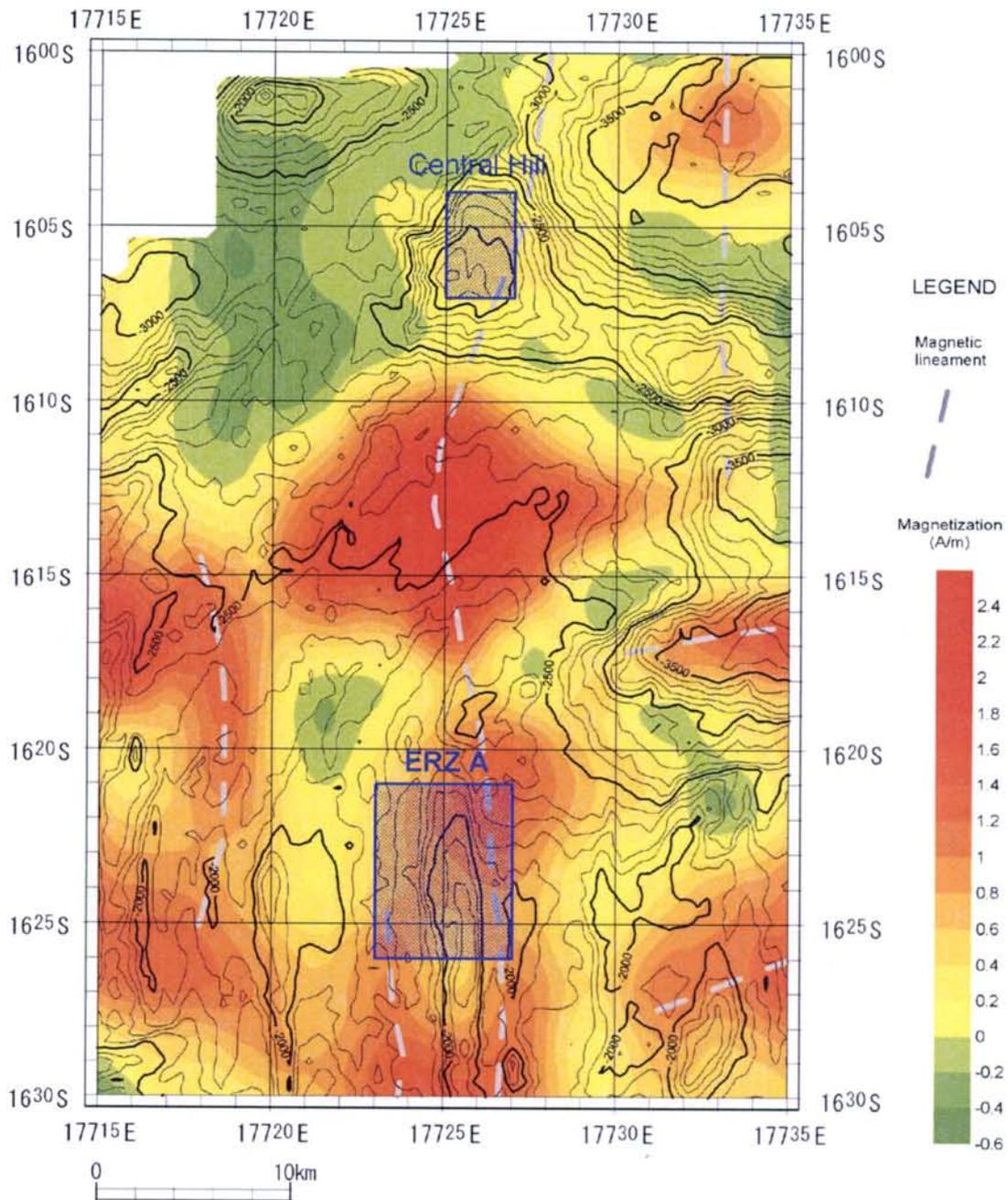


図 3-1-2 調査海域の地形と磁気構造図

3-2 Central Hill の調査

3-2-1 過年度の調査

Central Hill は、ERZA の北方延長約 35km、16°06'S、177°26'E 付近に位置する山頂水深約 1,800m の山塊で、山頂部に N-S 方向の割れ目地形とその中に高まり (マウンド地形)

が存在すること、さらに谷部分に ERZ A から北へ伸びる磁気リニアメントが走ることから、海底熱水活動が存在する可能性がある地点として、1999 年度に日本・SOPAC の調査で、FDC、CB、LC を実施した（表 1-4）。その結果、300m×300m の範囲に二枚貝の貝殻片の集積、岩石や堆積物の変色域、マウンド様の隆起、水温異常などが認められた。さらに、BMS で黄鉄鉱を含む堆積物を採取した。

3-2-2 今年度の調査

平成 16 年度（2004）の日本・SOPAC 調査は、海底熱水鉱床の発見と本海域の環境特性を把握する目的で、平成 11 年度（1999）の調査で貝殻片の集積・岩石や堆積物の変色域・水温異常を認めた範囲を中心に、FDC による海底観察を行なって海底地質状況、熱水活動域などを確認した後、FPG と AD による試料採取を行なって、熱水活動域の特定と性状を探ることとした。さらに、今後の採掘に伴う環境変化に関する基礎資料を得るための環境調査として、RO と MC を実施した（図 3-2-1）。

（1）FDC 調査（図 3-2-2、添付資料 2～4）

1) 04SF FDC15 :

過年度調査で認められた貝の遺骸、温度異常などの東延長の確認を目的として計画したが、実際の航跡は、南へやはずれたため、南延長を確認する測線となった。観察結果では、貝の遺骸の分布が認められたが、熱水活動を示すような変色域は認められなかった。

2) 04SF FDC16 :

FDC15 と平行に、その北約 350m へ、過年度に認められた貝殻の遺骸の分布などの北延長の確認のため設定した。観察結果は、貝の遺骸の分布は認められたが、熱水変質を示す変色域などは認められなかった。

このように、過年度調査で認められた熱水活動域の南北への広がり、これらの両測線では、認められず、変色域は、FDC15 と FDC16 の間に限られると想定し、両測線間の中間に FDC17 を設定した。

3) 04SF FDC17 :

南北方向に谷間平坦部から東側の上り斜面に入った岩盤部分を主に、変色域・貝の遺骸・膠着物のみられる突起部など（まとめて変色帯と称する）を通過し、平坦な岩盤から未固結堆積物分布域へ入った。この変色帯部分は、谷から斜面が立ち上がり、その斜面を経て平坦部に至るまでの間、その表面にへばりつくように分布する変色帯のように観察される。この FDC17 の観察結果に基づき、その北への広がりを確認する目的で、FDC18 を実施した。

4) 04SF FDC18 :

FDC17 と同様に、谷から斜面が立ち上がり、その斜面を経て平坦な斜面部までの間、その表面にへばりつくように分布する変色帯、変色域と貝の遺骸が観察された。しかしな

がら、変色域と貝の遺骸の分布は、ともに FDC17 の観察に比較して小規模で劣るので、これ以上北への延長を期待しても、さらに北方の FDC16 では貝の遺骸の分布が認められるのみでありことから、FDC18 から北へ向かって変色帯は劣化すると考え、FDC18 と FDC17 の間により優勢な活動域を期待して、FDC19 を実施した。

5) 04SF FDC19 :

やはり、FDC17 と同様に、谷から斜面が立ち上がり、その斜面を経て平坦な斜面部までの間、その表面にへばりつくように分布する変色帯、変色域と貝の遺骸が観察された。さらに、ここでは、変色帯にシンカイヒバリガイやコシオリエビなどの熱水活動域に特有の生物群の棲息が認められ、斜面最上部には、膠着物に被覆された高まり様も認められた。このように、FDC17、FDC18、FDC19 の3箇所で、貝の遺骸、変色域、さらに熱水活動域の特有の生物群の生息などが認められ、なかでも FDC19 が変色域の発達が顕著で、シンカイヒバリガイなどの生息も多く、これらのうちでは熱水活動の最も盛んな場所で、現在も海底熱水活動のある範囲と考えられた。

これらの変色帯の平面的な位置関係は、ほぼ南北に連なることが判明したので、これら変色帯を南北方向に縦断することを期待して、FDC20 を設定した。

6) 04SF FDC20 :

北から南へ移動しながら観察した結果、南北方向の変色帯のすぐ西を通過しながら、南下するにしたがって次第に変質域に接近して行った。そして、変色域、貝の遺骸のある変色帯の斜面を登り降りした後、平坦部の未固結堆積物分布域へ達した。

7) FDC のまとめ

6 測線、測線長合計 4.4km に及ぶ FDC 調査の結果、過年度調査で認められた変色帯の分布範囲を順次確認しながら、その分布域を特定することができるとともに、その性状が明らかにされ、次の試料採取位置が選定できた。

Central Hill の変色帯は、南北に連なる浅い谷の東に位置する尾根の西側斜面から北斜面に位置することが判明した。変色帯は、斜面基部から斜面を経て頂部に至る部分に観察される。この変色帯の南北延長は、FDC18 と FDC17 間で約 95m、その南北への延長を見込んで全体で約 180m、幅は FDC17、FDC18、FDC19 では約 30m 程度が見込まれることが明らかにされた。さらに、この変色帯周辺の未固結堆積物と岩盤には、貝の遺骸が分布すること、測線沿いの温度異常が広く分布することが認められた (図 3-2-3)。

(2) FPG と AD によるサンプリング

FDC の結果、南北約 180m、幅約 30m 程度に広がると考えられる変色帯を代表する試料を採取するために FPG 3 箇所と AD 2 箇所、さらに Central Hill を構成する岩体の性状解明のための試料採取のために AD 2 箇所を実施した (図 3-2-1、添付資料 2、同 3)。

FPG

1) 04SF FPG01 :

FDC19 測線で認められた変質帯のうち、変色域と熱水活動がもっとも盛んと考えられる位置に FPG を降ろし、採取可能地点を探しだし、試料採取した。採取位置は、変質帯のほぼ中斜面、表面を黄色・褐色の変色域が覆う岩石とその基部に貝が生息、えびなどの生物も多い場所であった。採取試料は、総重量 85.2kg、採取生物はシンカイヒバリガイなど、岩石は、割れ目の発達した蛇紋岩化した超塩基性岩であった。岩石表面は黒色、一部に黄褐色が認められ、白色脈が観察されるが、肉眼では硫化物鉱物は認められなかった。

2) 04SF FPG02 :

FDC19 測線のやや南の変質域で、同様の産状部分を採取した。試料総重量は 232.7kg であった。貝などの生物は比較的少ない。岩石は、乳白色の細脈の発達した暗灰色の蛇紋岩化した超塩基性岩で、肉眼では硫化物鉱物は認められなかった。

3) 04SF FPG03 :

FDC19 では、尾根頂部近くに、やや盛上り、膠着物に覆われて外形が滑らかな部分と、その上に発達した膠着物で表面が滑らかにみえる突起が観察されている。このような部分の試料採取を目的に FDC19 測線の斜面上に FPG03 を下ろした。その結果、ほぼ斜面を登りきった部分に、見かけチムニー様で周囲が膠着物でおおわれ、ぬめぬめした感じの露頭を確認、その部分を採取する。試料総重量は約 800kg で、表面は、黒色マンガン酸化物あるいは酸化鉄様の赤褐色酸化物が 1mm 程度に被覆していて、その下は、蛇紋岩化した黄褐色超塩基性岩で淡青色粘土化部分、白色変質脈などが観察された。チムニー様突起は、節理で柱状化したような超塩基性岩露頭の表面を酸化鉄様物質と黒色物質がごく薄く表面を被覆し、露頭全体が滑らかな見かけを呈していることが判明した。肉眼では、硫化物鉱物らしいものは認められなかった。

AD によるサンプリング

1) 04SF AD01 :

本ドレッジは、南北に伸びる変色帯を北西から南東へ斜めに切るように設定した。その結果、採取試料のほとんどは、pebble 大のガブロで、試料総重量は 24.4kg であった。

2) 04SF AD06 :

Central Hill を形成する岩体の性状解明のための試料採取を試みた。AD 位置は、変質帯西部を形成する尾根の下部で、採取試料は、ガブロと玄武岩で、総重量 113.4kg であった。

3) 04SF AD07 :

AD08 と同様の目的で、同一尾根のさらに上部で実施した。採取試料は、ガブロと蛇紋岩で、総重量 232.4kg であった。

4) 04SF AD08 :

変色帯北限付近で実施した。採取試料は、一部にマンガン酸化物が付着した礫岩で、総重量 26.9kg であった。

5) 04SF AD09 :

変色帯南限付近で実施した。採取試料は、緑色片岩と黒色物質で被覆された軽石で、総重量 6.8kg であった。

(3) FPG と AD のまとめ

FPG では、モニターで観察しながらの試料採取が可能で、3箇所です期の試料採取ができた。しかしながら、AD は、岩盤や岩石礫などの硬い試料の採取には適すると考えられるが、変色帯での熱水生成物質などの採取には適さないと考えられる。

3-2-3 室内試験

AD と FPG で採取した試料について、基盤岩と海底熱水活動の性状を解明するために、薄片観察、鉱物化学組成分析、モード測定、X線回折、鉱石分析、生物種鑑定などの室内試験を行った(表2-1、添付資料5、添付試資料6に詳述)。

薄片観察 55 件、鉱物化学組成分析 22 件、モード測定 10 件の結果、Central Hill で採取された基盤岩類と思われる岩石は、基本的にかんらん石と単斜輝石の二つの鉱物と少量のクロムスピネルを含み、強い蛇紋岩化作用を受けた、超塩基性岩類と塩基性岩類、ダナイトーウェールライトー単斜輝岩ーガブロ系岩石で構成される。超塩基性岩類は、岩石標本と薄片観察の両方で、層構造が認められ、層状複合岩体の一部を構成していたと考えられるが、これとは特徴の異なる均質なダナイトも認められている。ガブロは、多くの場合、超塩基性岩類に網脈状に注入しているような産状を呈する。岩石の鉱物化学分析、とくにクロムスピネルの $Cr/(Cr+Al)$ 原子比値から、Central Hill を構成する基盤岩類の起源は、海洋域ではなくすべて島弧域であると示唆される。

基盤岩類の表面あるいは割れ目に沿う変質部分を対象とした 10 件の X 線回折では、蛇紋石を主とする粘土鉱物と炭酸塩鉱物が、うち 1 件で、1wt% の黄鉄鉱が同定されている。

基盤岩を対象とした 5 件の鉱石分析では、ニッケルが 0.15% 程度、クロムが 0.4% 前後認められる。そのほかは、白金が 7-24ppb、コバルトは 0.01% 台以下、金が検出限界以下、そして銅・鉛・亜鉛も 0.01% 台以下であった。変色域近傍の MC で採取された未固結堆積物の品位分析では、白金とコバルトは数 ppb 台、金は検出限界以下、ニッケル・クロム・銅・鉛・亜鉛は数十 ppm 台であった。変色域に生息する生物は、化学合成生物群と鑑定された。

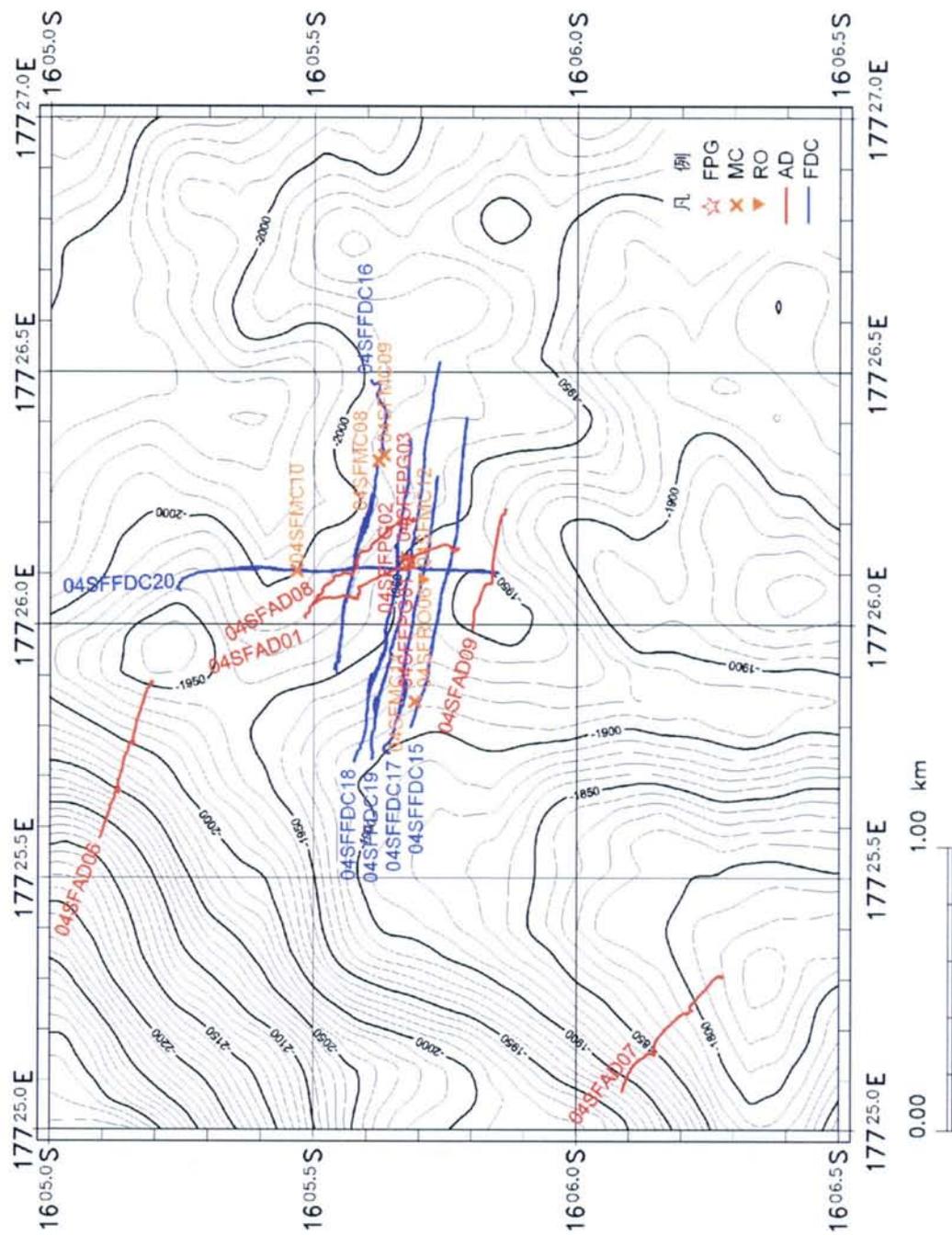


図 3-2-1 Central Hill の地形及び調査実績図

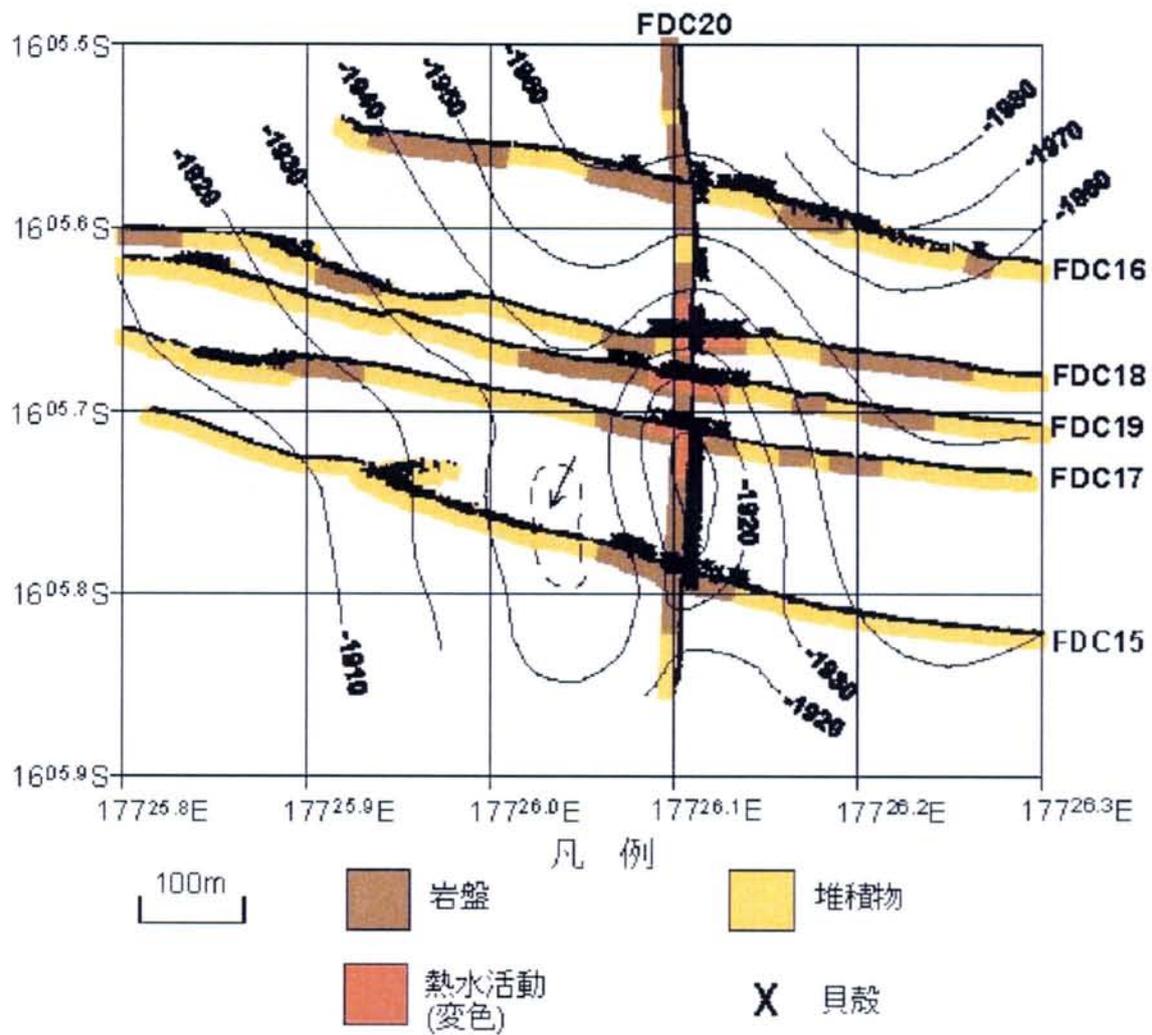


図 3-2-2 Central Hill の FDC 調査平面図

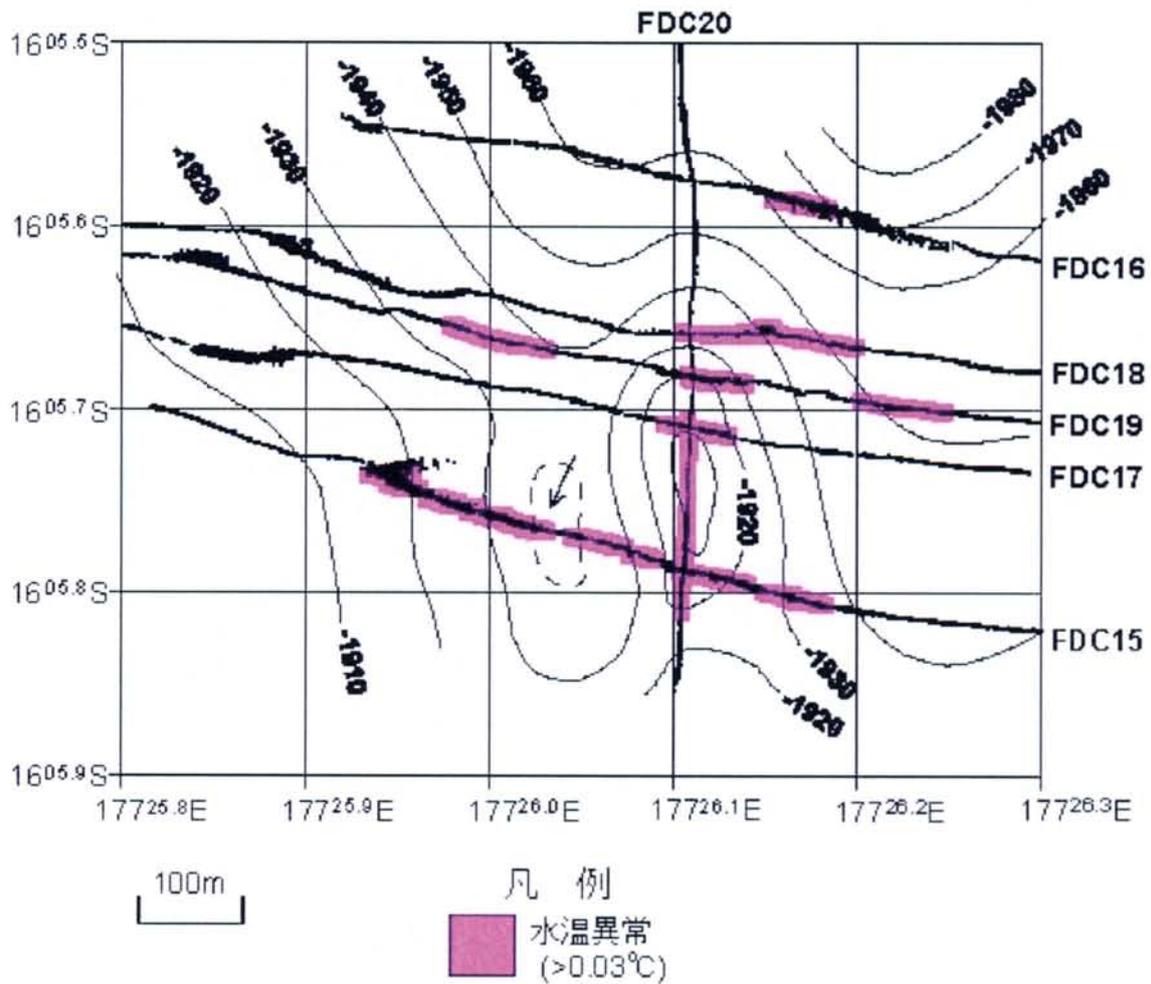


図 3-2-3 Central Hill の水温異常図

3-2-4 考察

Central Hill は、ERZA の北方延長約 35km、16°06'S、177°26'E 付近に位置する山頂水深約 1,900m の山塊で、山頂部に N-S 方向の割れ目地形とその中に高まり (マウンド地形) が存在すること、さらに谷部分に ERZA から北へ伸びる磁気リニアメントが走ることから、海底熱水活動の可能性のある地点として、1999 年度に、FDC、CB、LC、BMS を実施した結果、300m×300m の範囲に二枚貝の貝殻片の集積、岩石や堆積物の変色域、黄鉄鉱を含む堆積物などが認められた。

このような結果から、平成 16 年度の調査は、海底熱水鉱床の発見と本海域の環境特性を把握する目的で、この範囲を中心に、FDC、FPG と AD を行って、熱水活動域の特定と性状を探ることとした。さらに、今後の採掘に伴う環境変化に関する基礎資料を得るた

めの環境調査を行った。

FDC 調査は、過年度確認の範囲の南北延長範囲を確認後、その内部の性状を探るように設定した。その結果、6 測線、測線長合計 4.4km に及ぶ FDC 調査により、Central Hill の変色帯（変色域、熱水活動特有の生物群、熱水性膠着物などの分布域）は、南から北に落ちる浅い谷の東に位置する尾根の西側斜面から北斜面に南北延長は約 180m、幅は約 30m 程度が見込まれることが明らかにされた（図 3-2-2）。この変色帯周辺の未固結堆積物と岩盤には、貝の遺骸が分布すること、測線沿いの温度異常が広く分布することが認められた（図 3-2-3）。

貝の遺骸の分布範囲ならびに温度異常の広がりと比較して、現在の熱水活動域が狭いことは、かつての熱水活動域は、現在認められた範囲以上に広がっていたが、時間の経過とともにその範囲が狭まったように解釈される。このような熱水活動に伴うような硫化物鉱化作用は、認められなかった（図 3-2-4）。

海底熱水活動域及びその周辺で採取された FPG・AD 試料は、超塩基性岩類と塩基性岩類である。超塩基性岩類は、基本的にカンラン石と単斜輝石の二つの鉱物からなり、少量のクロムスピネルを伴い、ダナイト、ウェールライト、カンラン石単斜輝岩、単斜輝岩に区分される。塩基性岩類は、ほとんどが単斜輝石、斜方輝石及び斜長石からなる斑レイ岩である。斑レイ岩は、網脈状に超塩基性岩類に注入している。これらの岩石は、蛇紋岩化、緑色片岩化等の変質・変成作用を受けている。このような超塩基性岩類と塩基性岩類は、北フィジー断裂帯に固体貫入したと考えられ、その起源は、鉱物化学分析、とくにスピネルから、すべて島弧起源であると示唆される。

このように、Central Hill の海底熱水活動は、現在は衰退傾向にあるものの、過去にはある程度の活動度で存在していたと考えられる。固体貫入した超塩基性岩類と塩基性岩類を母岩とするこのような熱水活動の熱源としては、固体貫入した超塩基性岩類と塩基性岩類の蛇紋岩化作用に伴う発熱反応、あるいは南の ERZ A から連続する磁気リニアメントから推定される、北フィジー断裂帯中に形成された南北方向の拡大軸の火成活動が考えられる。変色域に生息する生物群は、硫化水素臭が強く、化学合成生物群と鑑定されているので、硫化水素は、これらの熱源により海水中に含有される炭酸塩の還元作用によって発生している可能性が考えられる。

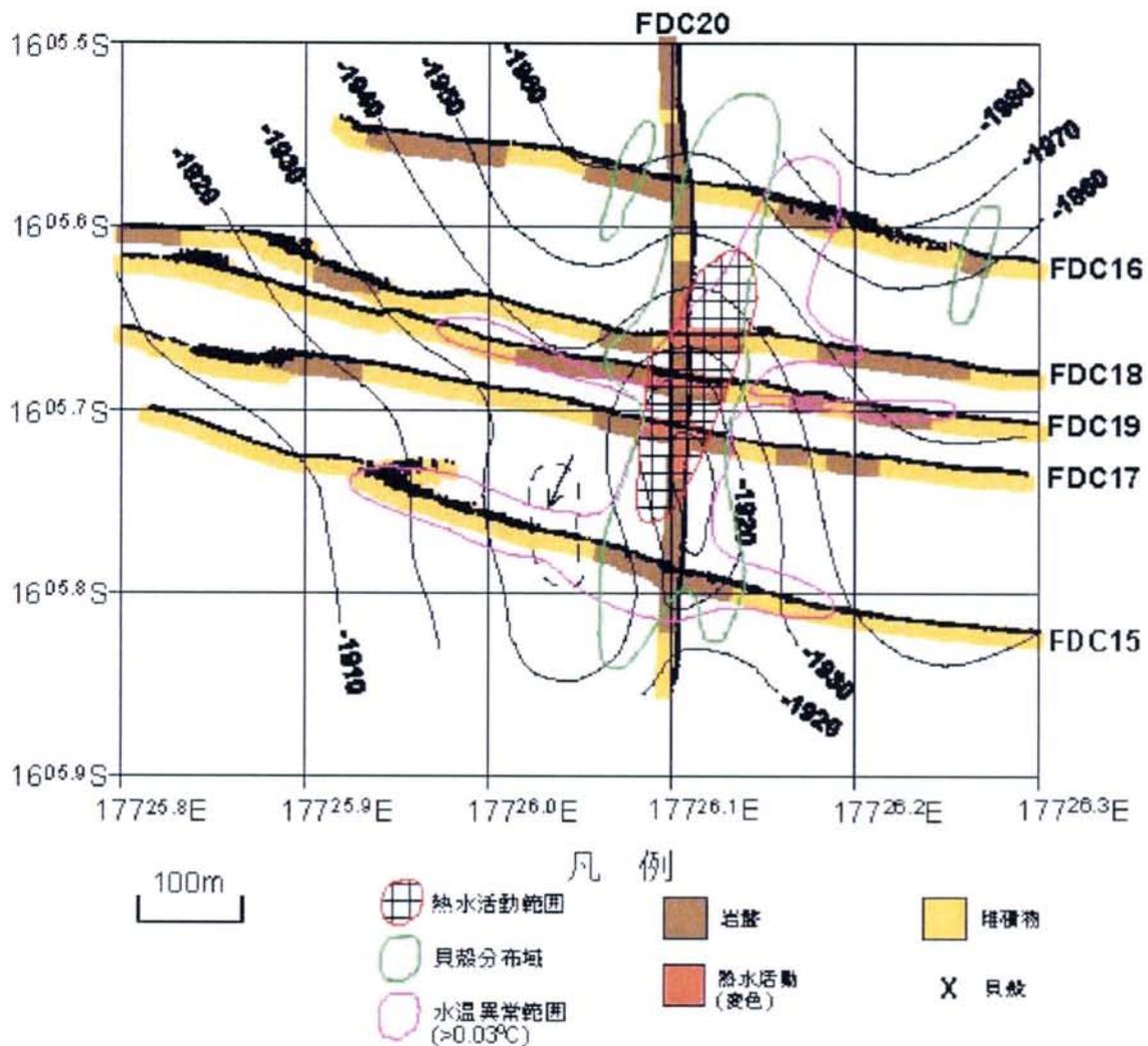


図 3-2-4 Central Hill の総合解析図

3-3 ERZ A の調査

3-3-1 過年度の調査

ERZ A は、東西方向に伸びる北フィジー断裂帯中に形成された ERZ (Extensional Relay Zone) と考えられ、N-S 方向に伸びる谷・尾根地形を呈する。過年度の日本・SOPAC 調査の FDC では、南北方向に延びる尾根の上面を形成するテラス（平坦面）とその東側の上り急斜面との地形変換部付近に変色域と温度異常を認めている。さらに、急斜面上の平坦面で行なった AD 及び BMS 試料の中には、黄鉄鉱を伴う玄武岩も得られた。このような調査結果から、地形の急変するテラスと斜面の境界付近に、変色域をもたらすような海底熱水活動の存在する可能性が考えられた。

3-3-2 今年度の調査

1999年度の調査で熱水に起因すると考えられる変色域の範囲内に、新鉱床発見を目的として、FDC、ADを計画した(図3-3-1、添付資料2~4)。

(1) FDC

過年度の日本・SOPAC調査で認められた変色域と温度異常範囲を確認するように、南北性の崖の基部に沿う測線(FDC21)を、その後、これに斜交する2測線(FDC22、FDC23)を計画した。さらに、過年度調査でテラス西端部に認められた変色域に対して、FDC24を計画した。

1) 04SF FDC21 :

本測線は、南北性の崖基部に沿う変色域の南北方向の範囲を確認するために、崖基部沿いに通過するように設定した。その結果、破碎された火山岩、枕状溶岩の表面に、延長250m程度の間黄色、一部茶褐色に変色した部分が認められた。

2) 04SF FDC22 :

本測線は、FDC21で認められた変色域の東西方向の幅を確認するために、FDC21と交差するように設定した。その結果、FDC21と同様の産状の変色域が、崖基部に広く分布する枕状溶岩から崖の少し上部の破碎された火山岩までの区間に、これら岩石の表面に認められた。

3) 04SF FDC23 :

FDC22で認められた変色域の北方延長を探るため、FDC22の北約200mに設定した。変色域の産状は、FDC22と同様であった。

4) 04SF FDC24 :

さらに、テラス状の尾根が西へ傾斜する部分に認められている変色域の性状を確認するために、FDC24を設定した。その結果、破碎された火山岩の分布域に、変色域が認められたが、散点状でまとまりに欠けた。

5) FDCのまとめ

4測線、測線長合計2.7kmに及ぶFDC調査の結果、過年度調査で認められた変色域の分布範囲を順次確認しながら、その分布域を特定できるとともに、その性状が明らかにされ、次の試料採取位置が選定できた。

南北性崖の基部に沿う変色域の規模は、3測線の調査で南北延長約250m、最大幅約30m程度と考えられる(図3-3-2)。温度異常は、この変色域と重複するような範囲と斜面の2箇所認められる(図3-2-3)。さらにテラス西部の変色域は、1測線であるが、散点状でまとまりに欠けると推定される。

ERZAの変色域は、岩石表面に付着した変色域とそれに重複したり近傍に温度異常域が認められるが、熱水活動に特有な生物群の生息や貝の遺骸などは認められなかった。

(2) ADによるサンプリング

FDC 観察結果から、変色域の広がり の概要を把握できたので、その性状と生成環境の解明のため、AD による試料採取を4箇所で行なった(図3-3-1)。

1) 04SF AD02 :

FDC21 で認められた温度異常域を横切るように、テラス部分から斜面までドレッジするように計画した。採取試料は、粘土化、緑泥石化、褐鉄鉱などが認められる表面ガラス質の暗色灰色溶岩で、総重量 180.2kg であった。

2) 04SF AD03 :

FDC23 と平行に、変色域と温度異常域を横切るように、テラス部分から斜面までドレッジするように計画した。採取試料は、表面ガラス質の暗色灰色溶岩で、総重量は 116.4kg であった。

3) 04SF AD04 :

FDC22 と平行に、変色域と温度異常域を横切るように、テラス部分から斜面までドレッジするように計画した。採取試料は、少し発泡痕のある暗灰色塊状玄武岩で、総重量 19.4kg であった。

4) 04SF AD05 :

FDC24 近くに、変色域と温度異常域を横切るように、斜面からテラス部分までドレッジするように計画した。採取試料は、角礫状破碎の玄武岩で、総重量 816kg であった。

5) AD のまとめ

4回のADのすべてで、破碎火山岩が多量に採取され、破碎された硬い岩石の採取には、ADの適用性が高い。

3-3-3 室内試験

AD で採取された岩石試料について、基盤岩と海底熱水活動の性状を解明するために、薄片観察、全岩化学分析、X線回折、K-Ar年代測定、生物種同定などの室内試験を行った(表2-1、添付資料5、添付資料6に詳述)。

8件の薄片観察と全岩化学分析、6件のX線回折では、ERZAで採取された基盤岩類と思われる岩石は、少量の斜長石斑晶を含む玄武岩及び無斑晶玄武岩である。前者の構成鉱物は、主に単斜輝石、斜長石、そしてかんらん石である。変質鉱物としては、少量のスメクタイトとゲーサイトが同定されている。4件のK-Ar年代測定では、 $144.3 \pm 6.8\text{Ma}$ から $3.1 \pm 1.6\text{Ma}$ の年代が得られたが、対象試料が枕状溶岩であり、過剰な ^{40}Ar の影響で年代値がばらついたものと推定される。また、ADで採取された生物種は、化学合成生物群が認められている。

3-3-4 考察

ERZ A は、Central Hill の南方、約 35km の 16-24S、177-25E 付近に位置し、水深約 1,800m 程度の南北方向に伸びる尾根地形からなる。1999 年度の調査では、このような特徴的な尾根地形及びとこれと調和するような磁気リニアメントが認められたことから、FDC、CB、BMS を実施した。その結果、尾根上から西斜面を下り平坦面へ至る地形の変換点付近に変色域と温度異常、また、尾根上では玄武岩中に黄鉄鉱が認められた。

このような結果から、平成 16 年度の調査では、FDC と AD を実施して、海底活動域の特定と性状の把握、さらに、今後の採掘に伴う環境変化に関する基礎資料を得るための環境調査を行なった。

4 測線、測線長合計 2.7nm に及ぶ FDC 調査の結果、南北方向の地形変換点の変色域の規模は、南北延長約 250m、最大幅約 30m 程度と推定され、この変色域と重複するように温度異常も認められた。AD で採取された基盤岩石は、表面がガラス化した玄武岩質溶岩で、変色物、あるいは変質物の被覆は認められなかった。このような FDC と AD との調査結果から、ある種の熱水活動が認められたが、Central Hill で認められたような熱水活動域に特有な生物群や硫化物鉱化作用は認められなかった (図 3-3-4)。

このようなごく小規模熱で局所的な海底熱水活動は、北フィジー断裂帯中に形成された南北方向の拡大軸の火成活動に伴うものと考えられる。

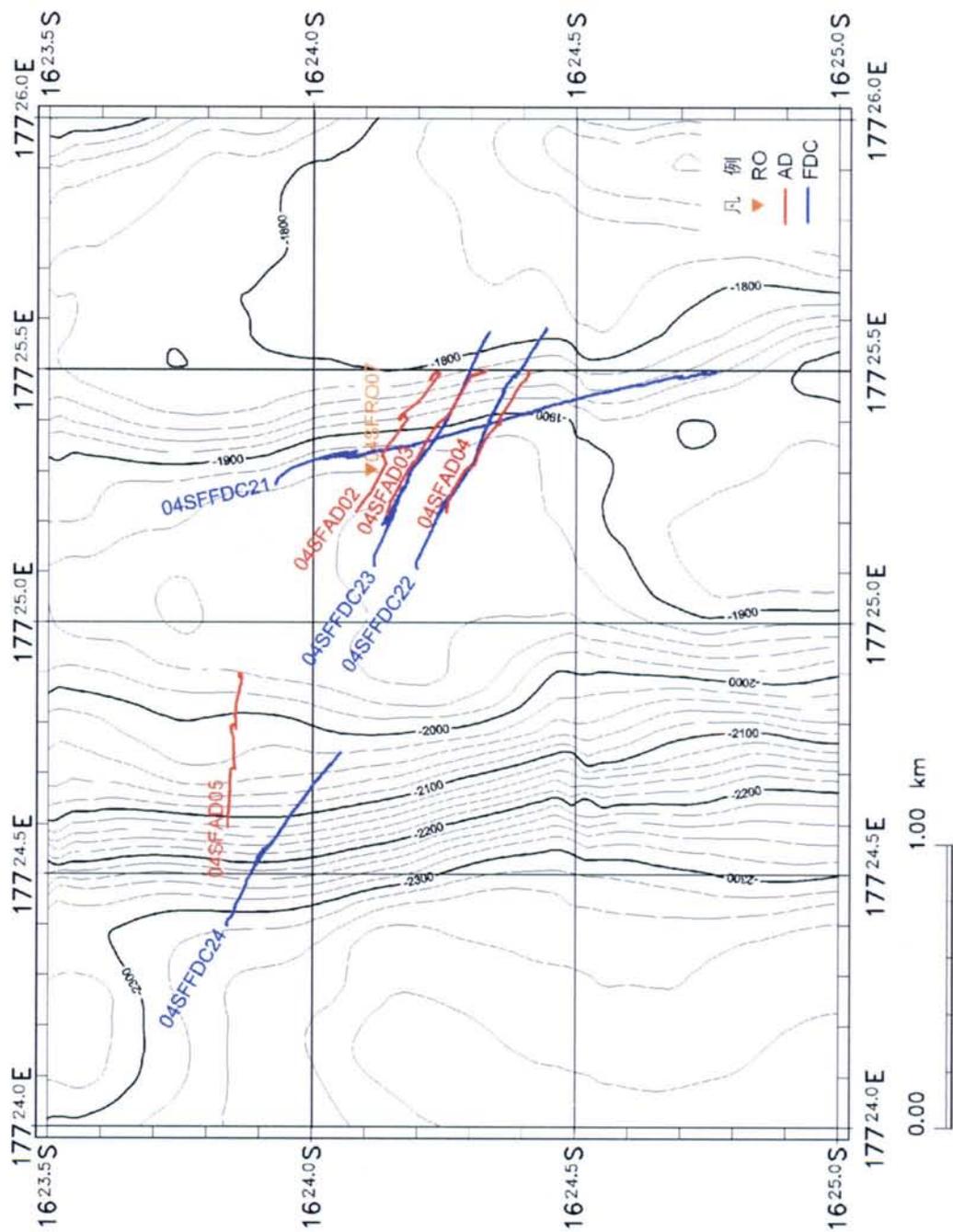
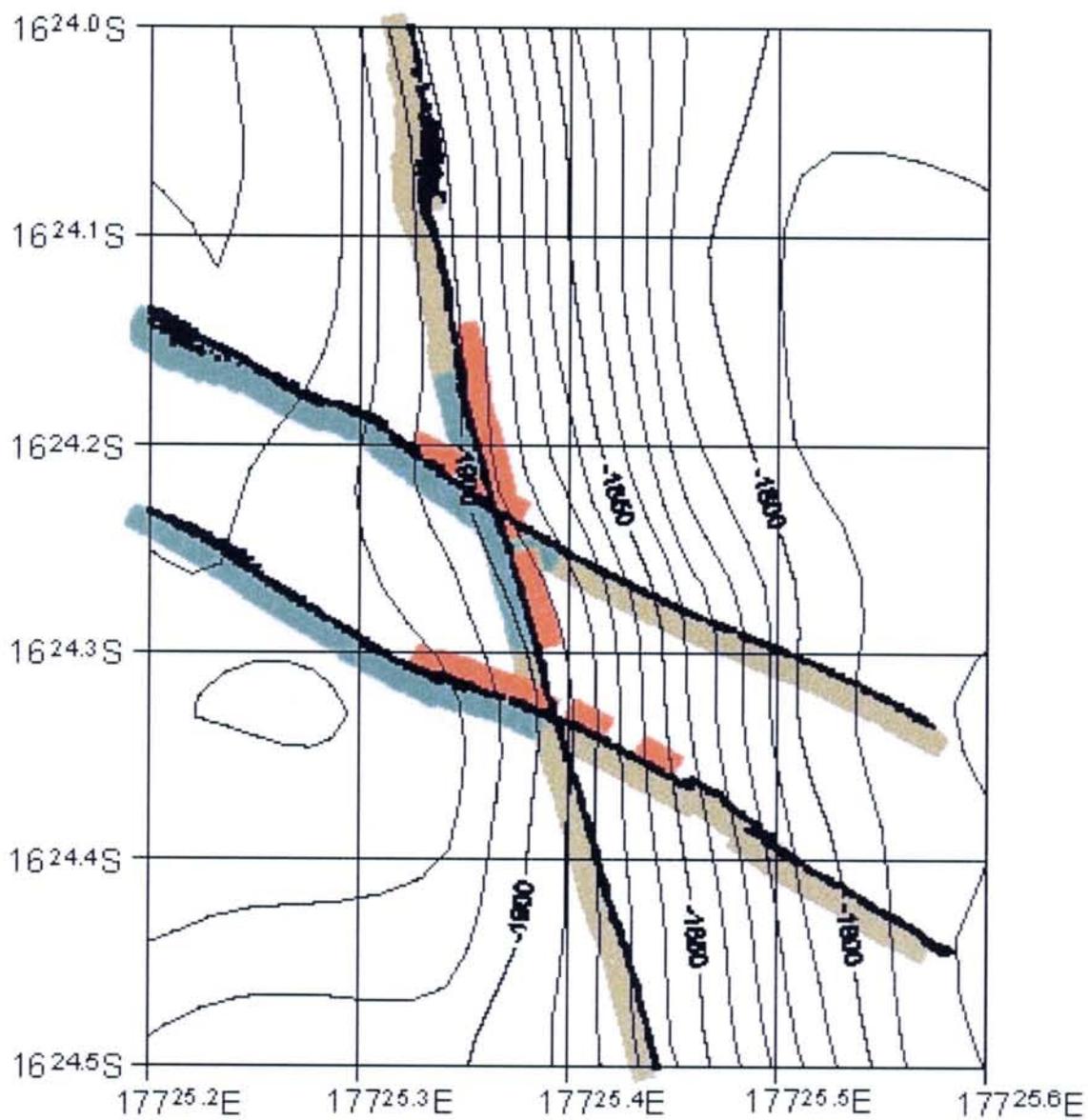


図 3-3-1-1 ERZ A の地形及び調査実績図



100m

凡 例



枕状溶岩



火山角礫



変色

図 3-3-2 ERZ A の FDC 調査平面図

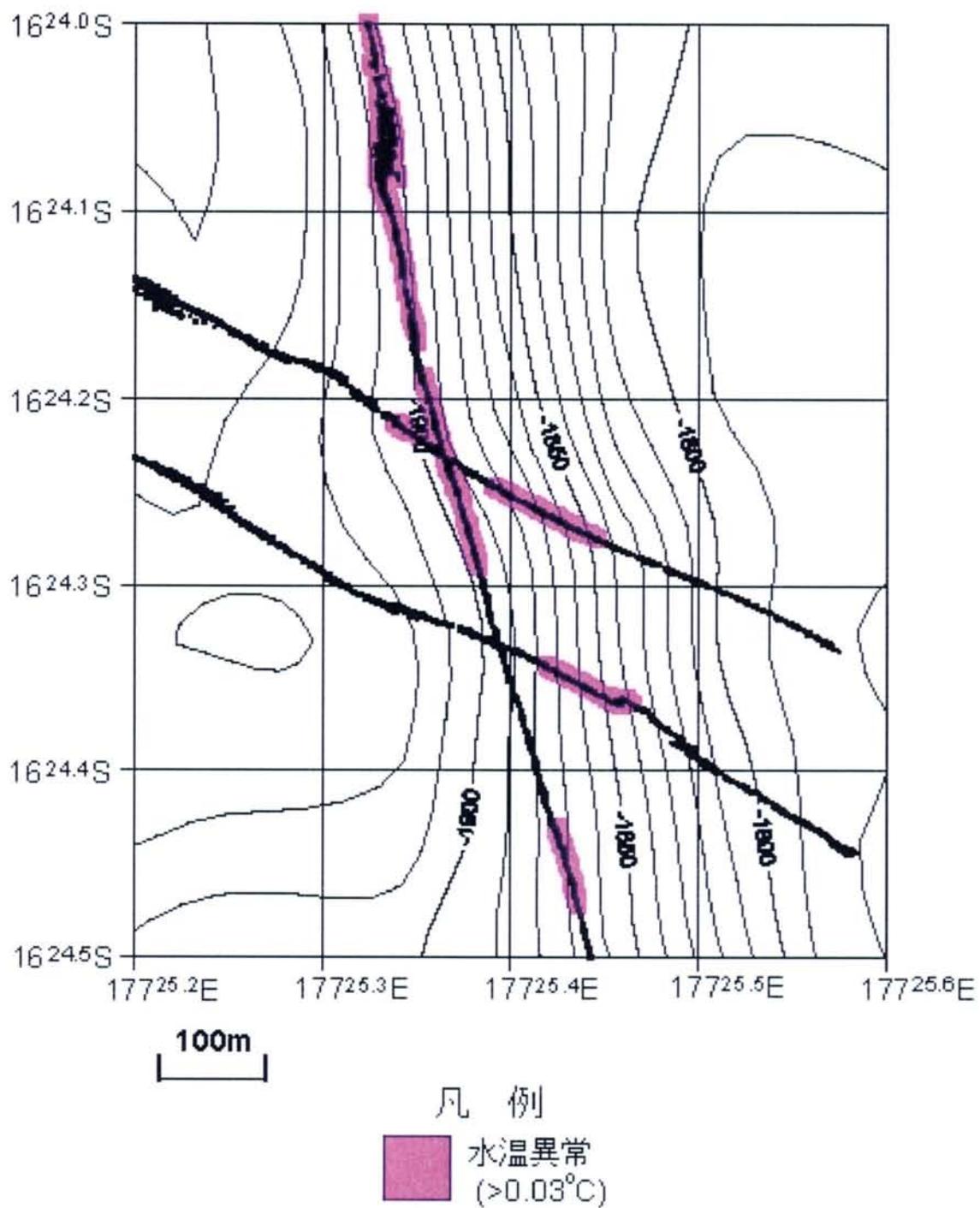


図 3-3-3 ERZ A の水温異常図

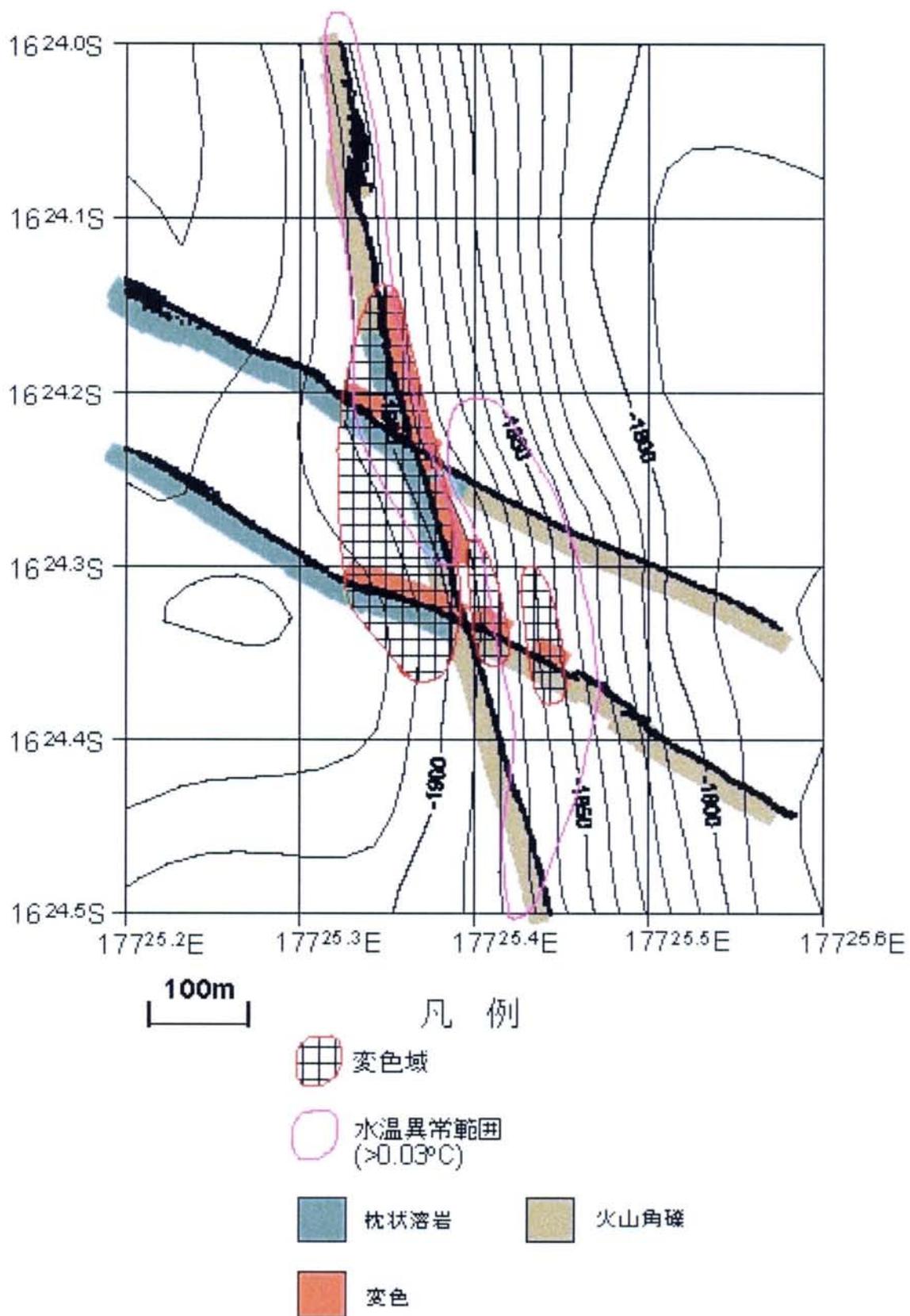


図 3-3-4 ERZ A の総合解析図

3-4 環境調査

3-4-1 調査結果

水質調査では、熱水鉱床由来のプルームを確認するため、両測点の水深 1,400m から 1,600mまでの水温と塩分の回帰直線、1,400m 以深の T-S ダイアグラムを作成した。両測点とも低水温・高塩分領域、すなわち海底付近で水温と塩分の回帰式から推定される値より高い方向へシフトすることが示された。そこで、水温と回帰式で求めた値の差分を水深ごとに示した結果、1,600m以深ではその差分が大きく同水深帯の水温異常を明らかにした。また、水温異常を示す水深はバクテリア細胞数が増加した層とも対応していた。

底質調査では、04SFMC09 と 04SFMC10 において含水率、炭酸カルシウム、有機態炭素、全窒素、比重の鉛直分布特性が類似するが、04SFMC11 では各項目とも他の 2 測点と異なる鉛直分布特性がみられた。特に炭酸カルシウムでは他の 2 測点に比べ 5-6 cm 層で顕著に多かった。底生性バクテリアの細胞数、メイオベントスの出現数に関しても 04SFMC09 と 04SFMC10 よりも 04SFMC11 で顕著に多く、04SFMC09、04SFMC10 と 04SFMC11 の測点間の違いが明らかであった。マクロベントスの調査は 04SFFPG01 と 04SFFPG03 においてハオリムシ類、シロウリガイ属などの化学合成生物群が出現した。メイオベントスと各底質項目の相関では、有機態炭素と全窒素で比較的高い相関がみられた。

3-4-2 考察

水質・浮遊性バクテリア調査結果を総合的に判断すれば、調査海域周辺では熱水が放出されているため、プルームが発生し、海底付近に水温異常が出現し、プルーム内の化学成分をエネルギー源にするバクテリアの細胞数の増加が観察されたと考えられる。

底質調査結果を総合的に判断すれば、04SFMC09 と 04SFMC10 の底質環境は類似しているが、04SFMC11 は他の 2 測点と異なる底質環境であった。04SFMC11 の炭酸カルシウムが他の 2 測点に比べ 5-6 cm 層で顕著に多かったことは、炭酸カルシウムが熱水の噴出に伴って堆積物中に析出したものであると考えると、04SFMC11 はほかの 2 測点よりも海底熱水活動の影響が強かったことが考えられる。マクロベントスの調査は底質、底生性バクテリア、メイオベントスの調査とは採集方法も調査地点も異なるので、底質、底生性バクテリア、メイオベントスの結果との比較対応はできないが、04SFFPG01 と 04SFFPG03 でのハオリムシ類、シロウリガイ属など化学合成生物群の出現は、熱水鉱床の存在を示唆する証拠となった。

メイオベントスと各底質項目の相関では、有機態炭素で比較的高い相関がみられた。これは底質中の有機態炭素をメイオベントスが食物として利用している可能性が考えられた。

4 章 結 論

4-1 調査海域

4-1-1 地質と地質構造

Central Hill と ERZ A を含む調査海域は、地質構造上、北フィジー海盆を東西方向に走る左横ずれ断層、0.7Ma から現在まで活動中と考えられている北フィジー断裂帯 (NFFZ) 中に位置するが、両海域の構成岩石と地質構造には大きな違いが認められる。

Central Hill は、東西方向の北フィジー断裂帯に固体貫入した、強く蛇紋岩化作用を受けた超塩基性岩と塩基性岩類の巨大な岩体で、その起源は、鉱物化学分析、とくにスピネルから、すべて島弧起源であると示唆されている。

一方、ERZ A は、基本的には東西方向に走る北フィジー断裂帯中に形成された南北方向の長さ 9-18km に及ぶリッジとトラフで特徴付けられる拡大軸断裂帯に位置し、北フィジー断裂帯中の "leaky transform fault or extensional relay zone" で、現在も海底拡大の場であり、ハイアロクラスタイトや枕状溶岩の分布が認められている。

このように、Central Hill と ERZ A との地質と地質構造は異なるが、1999 年の日本・SOPAC 調査では、ほぼ南北に約 35km 隔てて並ぶ Central Hill と ERZ A を結ぶように、南北方向に磁気リニアメントが認められ、高い磁性体の存在が推定されている (図 3-1-2)。

4-1-2 海底熱水活動

Central Hill の熱水活動は、固体貫入した超塩基性岩類と塩基性岩で構成される岩体中に、南北方向に伸びる熱水活動域として認められ、現在も活動中である。一方、ERZ A は、北フィジー断裂帯中に形成された南北方向のリッジの火山岩斜面基部に認められる熱水活動である。

これらの熱水活動の熱源としては、ERZ A では、北フィジー断裂帯中に形成された南北方向の拡大軸の火成活動が、そして Central Hill では固体貫入した超塩基性岩類と塩基性岩類の蛇紋岩化作用に伴う発熱反応、あるいは南の ERZ A から連続する磁気リニアメントから推定される北フィジー断裂帯中の南北方向の "extensional relay zone" での火成活動が考えられる。

4-1-3 まとめ

日本・SOPAC 調査の結果、1999 年度の調査により Central Hill と ERZ A 両地域を熱水活動の可能性のある地域として選定し、今年度の調査により、両地域の熱水活動域の産状と性状の解明が進んだ。

過年度の調査は、17,000 km²という広大な海域から、音響探査 (MBES) と磁気調査 (PGM) による、地質構造と磁気構造解析から両地域を選定して、FDC による海底観察と LC・CB・BMS による試料採取により、両地域の海底熱水鉱床胚胎の有望性を認めた。

今年度の調査は、FDC 測線を効率的に設定することにより、短期間で熱水活動域を特定するとともに、FPG と AD により熱水活動域を主とする岩石・変質試料を採取し、室内試験を実施することで、両地域の地質状況と熱水活動の性状の解明に努めた。

Central Hill では、固体貫入した超塩基性岩類と塩基性岩類からなる岩体の頂部付近で実施した、6 測線、測線長合計 4.4nm 及び FDC 調査の結果、北へ下がる尾根の西から北斜面に、南北延長約 180m、幅約 30m の範囲に、青緑色・黄色の熱水変色域と熱水活動に特有な生物群の生息を認め、現在も活動中の熱水活動範囲を特定できた。熱水活動に伴う鉄酸化層が岩石を薄く被覆するのを認めたものの、硫化物鉱化作用によるマウンドやチムニーは発達しないことが判明した。現在活動中のこの熱水域の周辺には、FDC で温度異常と貝の遺骸のコロニーが多数観察されているので、かつての熱水活動域は、この尾根を中心に、広い範囲に及んでいたと考えられるが、今回の調査では、これらの範囲で有望な海底熱水鉱床を発見することはできなかった。Central Hill の熱水活動の母岩は、蛇紋岩化、緑色片岩化などの変質・変成作用を受けた超塩基性岩類や塩基性岩類などの固体貫入岩であった (図 3-2-4)。

ERZ A では、北フィジー断裂帯中に発達した南北方向の拡大軸に沿って噴出した玄武岩溶岩からなる尾根が発達し、急斜面とテラス状平坦面との境界付近に、南北延長約 250m と推定される黄色・茶褐色の変色域と、それに重複するような温度異常が認められたが、熱水活動に特有な生物群や硫化物鉱化作用は認められなかった (図 3-3-4)。

これらの熱水活動の熱源としては、ERZ A では、北フィジー断裂帯中に形成された南北方向の拡大軸の火成活動が、そして Central Hill では固体貫入した超塩基性岩類と塩基性岩類の蛇紋岩化作用に伴う発熱反応、あるいは南の ERZ A から連続する磁気リニアメントから推定される北フィジー断裂帯中に形成された南北方向の拡大軸の火成活動が考えられる。

4-2 フィジーEEZ 内のこれからの調査

フィジー諸島共和国 EEZ 内における日本・SOPAC 調査は、STARMER(1987-1992)、SO-35 (1990)、SO-134(1998)などの結果を受けて、平成 11 年度、13 年度、そして 16 年度に実施された (表 4-1、表 4-2)。これらの調査の結果、フィジーの EEZ 内の Central Hill で、弱いながら現在も活動中の熱水活動を特定できたが、硫化物鉱化作用はほとんど認められなかった。しかしながら、今年度調査の Central Hill と ERZ A の熱水活動が、0.7Ma から現在も活動中の北フィジー断裂帯に位置すること、さらに過年度調査では北フィジー海盆中央拡大軸に連なる三重点で海底熱水活動とそれに伴う硫化物鉱化作用を認め

ていることから（図3-1-1）、今後のフィジー諸島共和国 EEZ 内の調査は、北フィジー海盆の中央拡大軸と北フィジー断裂帯を対象に、既存データコンパイルから広域調査へ、そして詳細調査へと、段階を追った系統的な調査を継続することが、新たな海底熱水鉱床発見につながると考える（図4-1）。

4-3 環境調査

水質・浮遊性細菌調査において、水温及び浮遊性細菌の異常分布が 1,600 m 以深で確認され、このことから海底熱水噴出に伴うプルームが存在していた可能性を示した。また、底質・底生生物調査において、04SFMC11 では 04SFMC09 と 04SFMC10 に比べて熱水由来によると思われる炭酸カルシウムが多く存在し、熱水活動の影響を受けていることが推察された。マクロベントスの調査に関しても、04SFFPG01 と 04SFFPG03 でハオリムシ類など化学合成生物群集に属する幾つかが出現したことにより、熱水活動の存在を強く示唆した。今回の調査から当該海域における環境に関する基礎情報を得ることができた。

表 4-1 SOPAC 調査量実績総括表 (フィジー諸島共和国海域)

調査	手法	単位	H11FY(1999)			H13FY (2001)	H16FY(2004)		合計	総計
			海域1	海域2	合計		Central Hill	ERZ A		
音響探査	NBS(30.0kHz)	nm	305.0	3,224.4	3,528.4	420.6	-	-	-	3949.0
	PDR(12.0kHz)	nm	-	-	-	420.6	-	-	-	420.6
	SBP(3.5kHz)	nm	305.0	3,224.4	3,528.4	420.6	-	-	-	3949.0
	MBES(15.5kHz)	nm	305.0	3,224.4	3,528.4	-	470.3	-	470.3	3998.7
	SSS(59.0kHz)	nm	9.9	19.4	29.3	-	-	-	-	29.3
磁気探査	PGM	nm	-	1,100.0	1,100.0	420.6	-	-	-	1520.6
	CTD	測点	1	1	2	-	1	1	2	4
海底観察 試料採取	FDC	本、nm	7,5.4	7,13.0	14,18.4	-	6,4.4	4,2.7	10,7.1	27,25.5
	LC	測点	2	1	3	20	-	-	-	23
	CB	測点	-	3	3	-	-	-	-	3
	AD	測点	-	-	-	-	5	4	9	9
	FPG	測点	-	-	-	-	3	-	3	3
環境調査	BMS	本、m	-	5,9.1	5,9.1	22,50.06	-	-	-	27,59.16
	RO	測点	-	-	-	5	1	1	2	7
	MC	測点	-	-	-	7	5	-	5	12
ヒートフロー	LCと同時測定	測点	-	-	-	13	-	-	-	13
		件	1	-	1	25	-	-	-	26
	研磨片観察	件	1	19	20	15	55	8	63	108
		件	1	-	1	-	-	-	-	1
	薄黄同位体測定	件	5	16	21	23	10	6	16	60
		件	-	2	2	9	-	8	8	19
	全岩化学分析	件	-	1	1	21	5	-	5	27
		件	1	6	7	41	2	-	2	50
	化学分析	件	-	2	2	-	-	-	-	2
		件	-	-	-	-	-	4	4	4
	Ar-Ar年代測定	件	-	4	4	-	-	-	-	4
		件	-	3	3	-	-	-	-	3
	K-Ar年代測定	件	-	1	1	-	-	-	-	1
件		-	-	-	-	1	-	1	1	
スミアスライド	件	-	-	-	-	-	-	-	-	
	件	-	-	-	-	-	-	-	-	
微化石鑑定	件	-	-	-	-	-	-	-	-	
	件	-	-	-	-	-	-	-	-	
貝化石鑑定	件	-	-	-	-	-	-	-	-	
	件	-	-	-	-	1	-	1	1	
未固結物化石鑑定	件	-	-	-	-	-	-	-	-	
	件	-	-	-	-	1	-	1	1	

表 4-2 SOPAC 調査概要 (フィジー諸島共和国海域)

調査対象	H11FY(1999)		H13FY(2001)	H16FY(2004)	
	海域1	海域2	三重点付近	Central Hill	ERZ A
SOPAC調査 (詳細は表4-1)	地形、FDC、LC	地形、磁気、 LC、CB、BMS	地形、磁気、 FDC、LC、BMS	地形、FDC、 FPG、AD	地形、FDC、AD
そのほかの調査	STARMER ('87-92) SO-35(1990) SO-134(1998)	SO-35(1990)	SO-35(1990) SO-134(1998)	SO-35(1990)、 ADで火山岩採取	SO-35(1990)、 付近に熱活動の 徴候を認める
調査位置・範囲	三重点(16-54S、 173-56E)を中心 とする約470km ²	北フィジー裂罅 帯を主とする約 36,000km ²	三重点付近	16-05.7 S、 177-26.1 E	16-24.5 S、 177-25.5 E
地形	南・北西・北東 へ走る水深約 2,500m谷と水深 2,000m未満に達 する尾根	東西・南北両方 向の地質構造を 反映した複雑な 地形、水深約 1,000mから 4,500mに及ぶ	南北方向の水深 約2,000mの地溝 帯とその両側の 尾根地形(最浅部 水深1,860m)	東西方向の北 フィジー裂罅帯 中の巨大山塊、 山頂水深約 1,800m	北フィジー裂罅 帯内の南北方向 に伸びる尾根、 水深約1,900m
磁気特性	地質構造に規制 された磁気構造 (SO-35)	ERZに調和的な南 北方向の磁気リ ニアメントがERZ Aを走り、 Central Hillに 達する	三重点で交差す る地溝帯と調和 的な磁気構造か	ERZに調和的な南 北方向の磁気リ ニアメントの北 延長部に当たる	ERZに調和的な南 北方向の磁気リ ニアメントが走 る
地質概要	北フィジー海盆 中央拡大軸の活 動に伴う火山岩 類、主に玄武岩	北フィジー裂罅 帯の活動に伴う 火成岩類	北フィジー海盆 中央拡大軸の活 動に伴う玄武岩 が分布	北フィジー裂罅 帯中の超塩基性 岩貫入岩体	北フィジー裂罅 帯中のERZ帯に噴 出の火山岩、枕 状溶岩
マウンド・変色 帯・変質帯	チムニー様突起 と変色域のある マウンドが多数 分布	Central Hillと ERZ Aで、変色 域・貝の遺骸な ど認める	層厚5-10mのマ ウンドとその上 のチムニー	青緑・黄色の変 色帯とシンカイ ヒバリガイなど の熱水活動特有 の生物群が生息	枕状溶岩を主に 黄・褐色の変色 域が分布
チムニー	9箇所のマウ ンドで確認	未確認	高さ3-5mのチ ムニーがマウ ンド上に認めら れる	これまでの調査 では認められず	発達しない
温度変化・熱水活 動	22箇所水温変 化を認める、 Max. 0.077°C	変色域と一致す るように0.02°C 以上の水温変化 を認める	0.1-0.6°Cのヒ ートフローを認 めるが、直接的 な熱水活動は不 確か	>0.03°Cの温度 変化が熱水域特 有の生物が生息 する変色帯域及 びその近傍に認 められる	>0.03°Cの温度 変化域が変色帯 域内に分布
鉱化作用	黄鉄鉱・白鉄鉱 と微量の黄銅 鉱・閃亜鉛鉱	未確認	金・銀・銅・亜 鉛を主とする硫 化物鉱化作用	鉄・マンガン酸 化物の被覆層	鉄・マンガン酸 化物被覆層
鉱化・変色帯の分 布範囲	750x450m、 600x400mの東西2 箇所に集中分 布、個々の範囲 は延長100m程度	Central Hillで は300x300mの範 囲に貝の遺骸が 分布、ERZ Aでは 変色域を認める	東部：22箇所、 西部：11箇所、 個々の鉱化範囲 はMax. 100m程度	南北長約185m、 幅約35mの熱水活 動域	南北方向に約 250mの変色帯
鉱化・変色帯分布 範囲の位置	三重点分岐付近	ERZを南北に走る 磁気リニアメント と調和的な位置	三重点分岐付 近、南北方向の 地溝帯の東西2箇 所に集中	南北方向に伸び た小山の西斜面	尾根上の平坦部 と崖部分との境 界
熱水活動のステ ージと強度	衰退期？、チム ニー多数、硫化 物鉱化作用	温度変化の認め られる熱水活動	衰退期？、チム ニー多数、硫化 物鉱化作用	衰退期、かつて は現在より広い 熱水活動域で あった	弱い熱水活動
まとめ	三重点に分布す る既知熱水・硫 化物の分布を多 数確認する	Central Hillと ERZ Aに有望とさ れる熱水活動を 認める	既知の硫化物 鉱化作用、かつて の熱水活動が広 範囲に及ぶ	熱水活動域を発 見、硫化物鉱化 作用は微弱	熱水活動を認め る、硫化物鉱化 作用は微弱

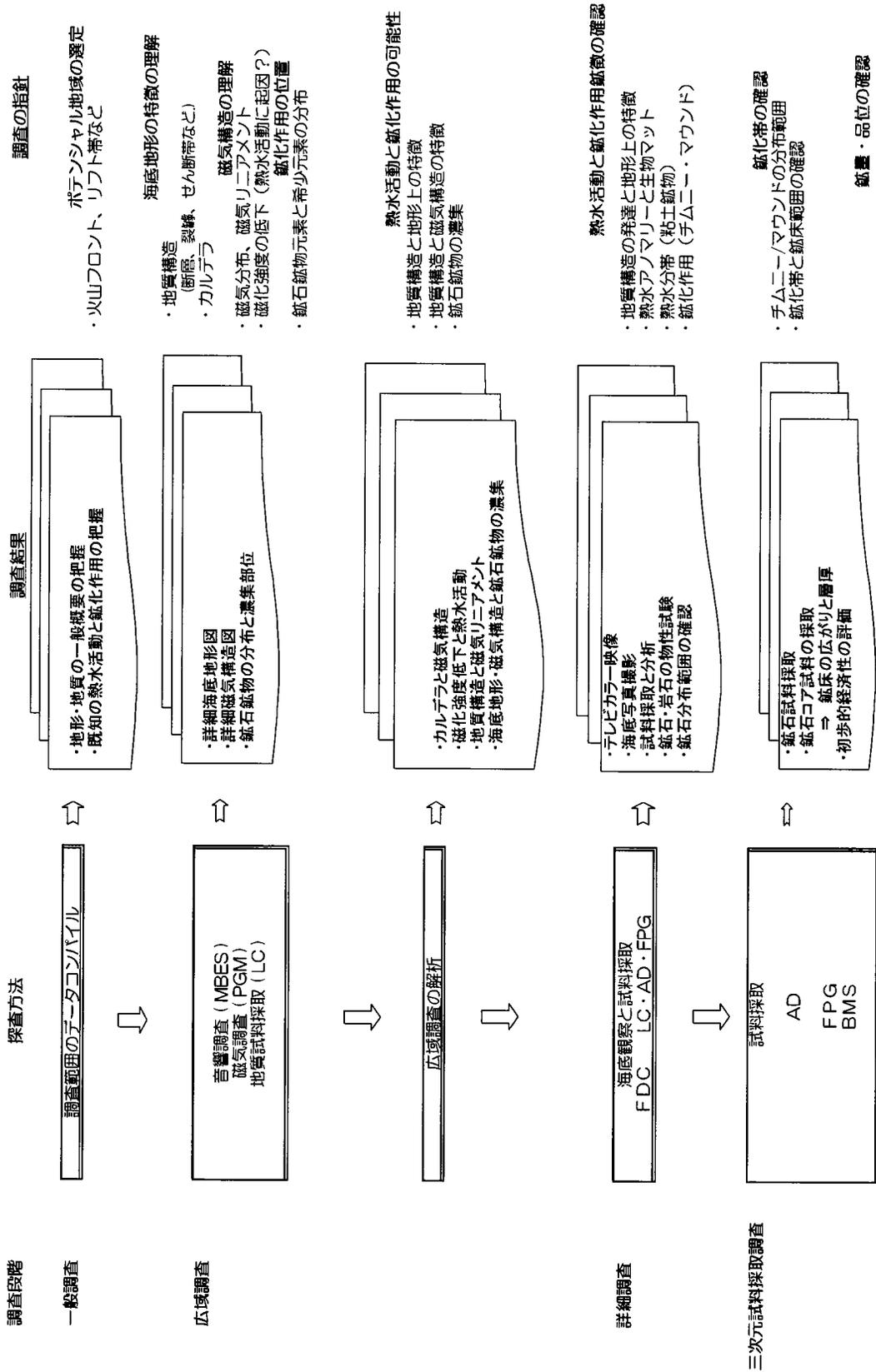


図 4-1 海底熱水磁床探査フロー

文 献

FU Berlin and Partner, 1998, Hydrothermal Fluid Development, Material Bilancing and Special Biological Activity in the North Fiji Basin, Technical Cruise Report HYFIFLUXII -SO 134-, P148, Berlin, 1998

国際協力事業団、金属鉱業事業団、2000、海洋資源調査 SOPAC 海域、資源開発協力基礎調査報告書、フィジー諸島共和国

国際協力機構、金属鉱業事業団、2002、海洋資源調査 SOPAC 海域、資源開発協力基礎調査報告書、フィジー諸島共和国

STACKELBERG, U. von and RAD, U. von, 1990, Geological Evolution and Hydrothermal Activity in the Lau and North Fiji Basins (SONNE Cruise SO-35) - a Synthesis, Geol. Jb. D92, 629-660, Hanover 1990

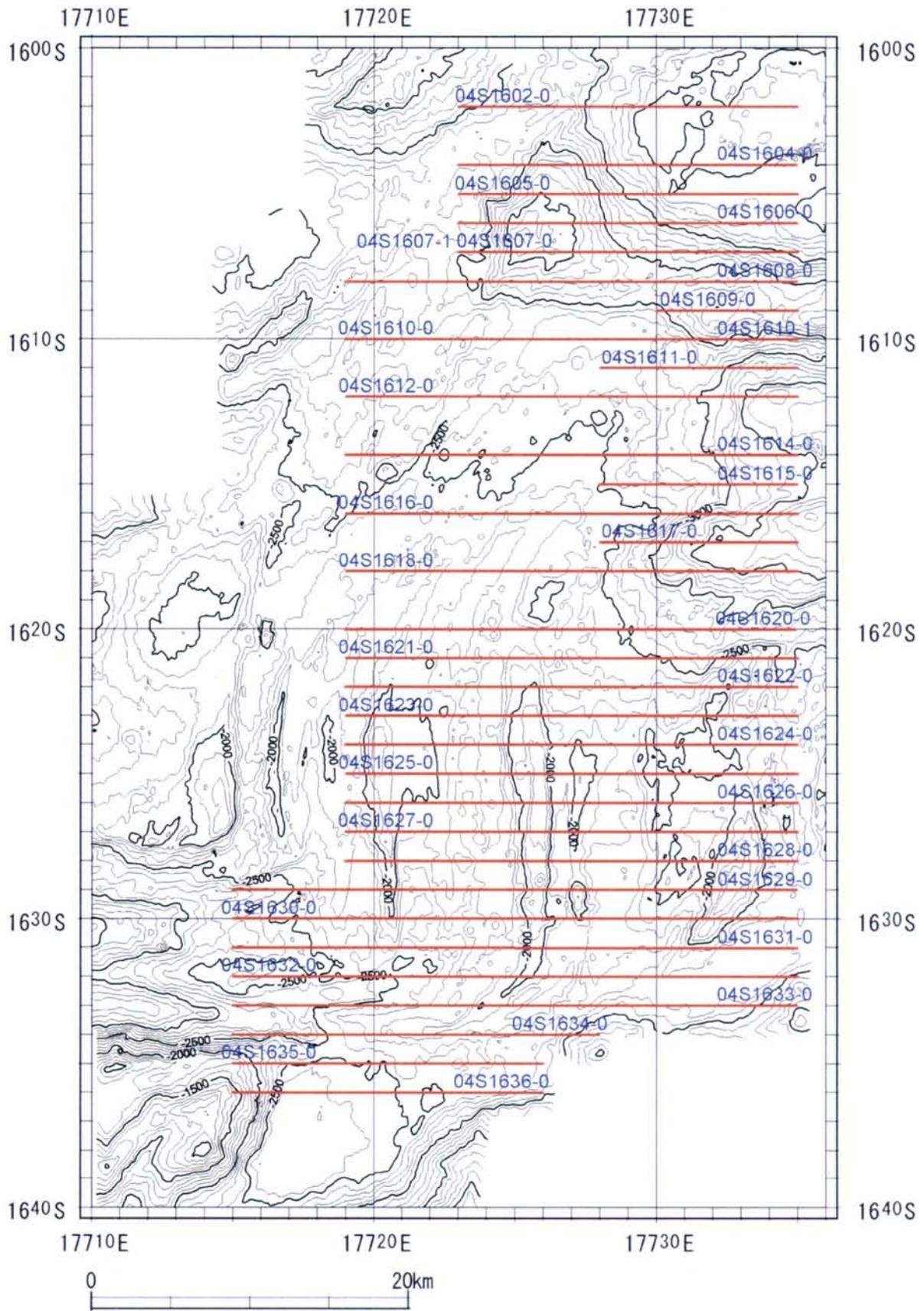
浦辺徹郎、Jean-Marie AUZENDE、Christine DEPLUS、Jean-Philippe EISSEN、Daniel GRIMAUD、Philippe HUCHON、石橋純一郎、上嶋正人、Yves LAGABRIELLE、Catherine MEVEL、仲 二郎、Etienne RUELLAN、田中武男、棚橋 学、1990、北フィジー海盆中央拡大軸における熱水鉱床ーリーチル号による潜水調査予報、鉱山地質第 40 巻 2 号、117-124

添付資料 1

航跡図

水温対音速値表
気象と海象データ

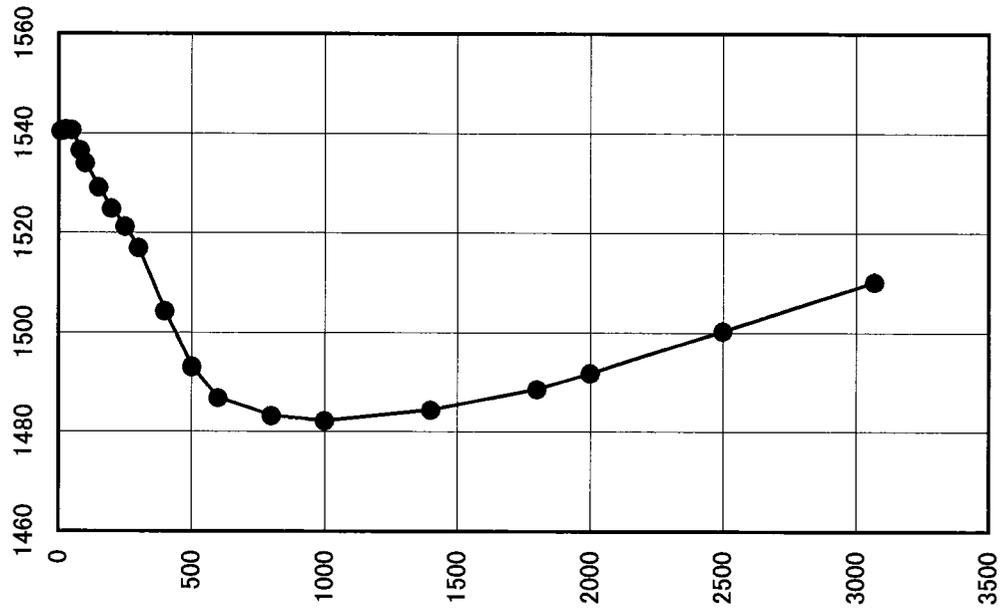
(1/350000 AT 16° 00' S)



航 跡 図

使用した水深対音速値表

測定位置		Lat.	17° 14.600' S
		Long.	173° 59.811' E
水深 (m)	音速 (m · s ⁻¹)		
10	1,540.4		
20	1,540.6		
30	1,540.8		
51	1,540.7		
81	1,536.6		
101	1,534.1		
151	1,529.2		
200	1,524.9		
251	1,521.3		
301	1,517.1		
401	1,504.4		
502	1,493.2		
600	1,486.9		
801	1,483.3		
1,000	1,482.2		
1,401	1,484.4		
1,801	1,488.6		
2,000	1,491.9		
2,500	1,500.3		
3,072	1,510.2		
平均音速		1,496.5	



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

気象・海象データ(12月)

表-1 風向月別出現頻度

風向	CALM	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	不明	合計
度数	0	0	0	2	14	18	86	34	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
%	0.00	0.00	0.00	1.27	8.92	11.46	54.78	21.66	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

表-2 風速別出現頻度

(風速:単位 m/sec)

風速	CALM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20-	合計
度数	0	0	0	2	3	15	25	31	23	22	20	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
%	0.00	0.00	0.00	1.27	1.91	9.55	15.92	19.75	14.65	14.01	12.74	3.82	6.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

注) CALMは、0.0m/secを示す。

風速0は、0.1m/sec以上1.0m/sec未満を示す。

風速3は、3.0m/sec以上4.0m/sec未満を示す。

風速20-は、20.0m/sec以上を示す。

表-3 天気日数別出現頻度

天気	晴	曇	雨	不明	合計	短時間降水
度数	5	3	0		8	3
%	62.50	37.50	0.00	0.00	100.00	37.50

注) 雨:r、d、p、qが5回以上あった日

晴:雨の日以外でb、bcが半分以上の日

曇:晴、雨以外でr、d、p、q、c、oが半分以上の日

短時間降水:晴または曇の日でr、d、p、qがあった

注) 天気の記号

b: 晴天(快晴)

bc: 半晴(晴れ)

c: くもり

o: 満天曇(曇天)

r: 雨

d: 細雨

p: 驟雨

q: スコール

f: 霧

m: 霾

表-4 日平均気圧月別出現頻度

気圧	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	
度数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
気圧	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014
度数	0	0	0	0	0	0	1	6	19	39	41	30	17	2	2	0	0	
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	3.82	12.10	24.84	26.11	19.11	10.83	1.27	1.27	0.00	0.00	
気圧	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030-	不明	合計
度数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

注) 気圧1000は、1000.0mb以上1001.0mb未満を示す。

気圧980は、980mb未満を示す。

気圧1030-は、1030.0mb以上を示す。

表-5 うねり2の方向月別出現頻度

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	不明	合計
度数	0	0	32	20	25	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	157
%	0.00	0.00	20.38	12.74	15.92	0.64	3.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.13	100.00

表-6 うねり2の周期月別出現頻度

(周期:単位 Sec)

周期	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	不明	合計
度数	0	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	157
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.13	100.00

表-7 うねり2の高さ月別出現頻度

(波高:単位 m)

波高	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	不明	合計
度数	0	31	40	12	0	0	0	0	0	0	0	74	157
%	0.00	19.75	25.48	7.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.13	100.00

表-8 曇量月別出現頻度

曇量	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	不明	合計
度数	0	0	7	18	27	30	46	20	9	0	0	0	157
%	0.00	0.00	4.46	11.46	17.20	19.11	29.30	12.74	5.73	0.00	0.00	0.00	100.00

表-9 うねり3の方向月別出現頻度

方向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	不明	合計
度数	1	0	0	5	4	9	19	0	0	0	7	4	0	0	0	0	108	157
%	0.64	0.00	0.00	3.18	2.55	5.73	12.10	0.00	0.00	0.00	4.46	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	68.79	100.00

表-10 うねり3の周期月別出現頻度

(周期:単位 Sec)

周期	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	不明	合計
度数	0	0	0	0	0	1	43	4	1	0	0	0	0	0	0	0	108	157
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	27.39	2.55	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.79	100.00

表-11 うねり3の高さ月別出現頻度

(波高:単位 m)

波高	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	不明	合計
度数	0	8	41	0	0	0	0	0	0	0	0	108	157
%	0.00	5.10	26.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.79	100.00

添付資料 2

FDC・FPG・AD 調査作業実績表

FDC調査実績表

No.	測線名	項目	実施月日・時刻		曳航体位置		曳航方向	水深 (m)	曳航距離	設定基準	観察状況
			(GMT)		緯度・経度						
1	04SF FDC15	捕底	12月22日	03:23:36	177°25.8939' E	16°05.7113' S	NNW-ESE	1,895	0.7	Central Hill、 過年度確認の貝の遺骸分布の南延長確認	貝の遺骸、岩盤、 未固結泥質砂
		離底	12月22日	04:11:31	177°26.6591' E	16°05.8369' S		1,953			
2	04SF FDC16	捕底	12月22日	05:17:00	177°26.3997' E	16°05.6354' S	NNW-ESE	1,981	0.6	Central Hill、過年度確認の貝の遺骸分布の北延長確認	貝の遺骸、岩盤、 未固結泥質砂
		離底	12月22日	05:58:54	177°25.7857' E	16°05.5280' S		1,941			
3	04SF FDC17	捕底	12月22日	20:40:03	177°25.8222' E	16°05.6488' S	NNW-ESE	1,893	0.7	Central Hill、過年度確認のチムニ一様隆起物の性状確認	貝の遺骸、変色域、岩盤、未固結泥質砂
		離底	12月22日	21:24:09	177°26.5178' E	16°05.7805' S		1,954			
4	04SF FDC18	捕底	12月22日	23:09:17	177°25.8345' E	16°05.5988' S	NNW-ESE	1,903	0.8	Central Hill、FDC17で認めた変色域の北延長と性状確認	貝の遺骸、変色域、岩盤、未固結泥質砂
		離底	12月22日	23:58:31	177°26.6284' E	16°05.7231' S		1,925			
5	04SF FDC19	捕底	12月23日	02:05:04	177°25.8329' E	16°05.6264' S	NW-SE	1,894	0.9	Central Hill、FDC17とFDC18で認めた変色域の中間部の性状確認	貝の遺骸、変色域、生物生息群集、膠着物のある岩盤と盛上り、岩盤、未固結泥質砂
		離底	12月23日	03:00:30	177°26.7973' E	16°05.7813' S		1,955			
6	04SF FDC20	捕底	12月23日	04:50:41	177°26.1016' E	16°05.3038' S	N-S	1,950	0.7	Central Hill、FDC17、18、19で認めた南北方向の変色・生物生息域の追跡	貝の遺骸、変色域、岩盤、未固結泥質砂
		離底	12月23日	05:38:44	177°26.1139' E	16°05.9964' S		1,933			
7	04SF FDC21	捕底	12月23日	22:33:51	177°25.3098' E	16°23.9893' S	NNW-SSE	1,927	1.0	ERZ A、過年度調査で認めた変色域の分布・性状確認	枕状溶岩、破碎火山岩、黄色・一部褐色の変色域が約250間に断続分布
		離底	12月23日	23:37:19	177°25.5622' E	16°24.9666' S		1,814			
8	04SF FDC22	捕底	12月24日	01:23:28	177°25.1801' E	16°24.2381' S	NW-SE	1,911	0.6	ERZ A、FDC21で認めた変色域の広がり確認	枕状溶岩、破碎火山岩、黄色・一部褐色の変色域を認める
		離底	12月24日	02:06:24	177°25.7753' E	16°24.5455' S		1,750			
9	04SF FDC23	捕底	12月24日	04:04:19	177°25.1840' E	16°24.1421' S	NW-SE	1,907	0.6	ERZ A、FDC21で認めた変色域の広がり確認	枕状溶岩、破碎火山岩、黄色・一部褐色の変色域を認める認める
		離底	12月24日	04:40:19	177°25.7249' E	16°24.4078' S		1,752			
10	04SF FDC24	捕底	12月24日	06:29:47	177°24.4907' E	16°23.8955' S	NW-SE	2,241	0.5	ERZ A、過年度調査で認めた変色域の広がり性状確認	破碎火山岩の突出部に黄色変色が認められる
		離底	12月24日	07:02:24	177°24.9233' E	16°24.1729' S		1,981			
合計								7.1			

MC・AD・FPG調査実績表 (Central Hill)

No.	測線名	項目	実施月日・時刻		曳航体位置		方向	水深 (m)	曳航距離 (n. m.)	採取物と重量 (kg)	設定基準
			(GMT)		緯度・経度						採取物
1	04SFAD01	着底	12月26日	01:51:16	177° 26. 049' E	16° 05. 491' S	NW-SE	2, 000	0. 3	岩石 (19. 5) その他 (5. 3) 合計 (24. 8)	変色域を北西から南東へ横切る 斑レイ岩、輝岩、軽石などの小礫主体。
		離底	12月26日	02:36:11	177° 26. 182' E	16° 05. 766' S		1, 961			
2	04SFAD06	着底	12月27日	20:39:03	177° 25. 603' E	16° 05. 098' S	NW-SE	2, 125	0. 3	岩石 (108. 4) その他 (5. 4) 合計 (113. 8)	変色域周辺の基盤岩の性状 変質した斑レイ岩、ドレイフト、玄武岩の礫を採取。
		離底	12月27日	21:14:33	177° 25. 915' E	16° 05. 202' S		1, 947			
3	04SFAD07	着底	12月27日	23:05:39	177° 25. 097' E	16° 06. 106' S	NW-SE	1, 910	0. 3	岩石 (229. 7) その他 (4. 4) 合計 (234. 1)	変色域周辺の基盤岩の性状 斑レイ岩、蛇紋岩、輝岩などの礫を採取。
		離底	12月27日	23:37:38	177° 25. 332' E	16° 06. 292' S		1, 784			
4	04SFAD08	着底	12月28日	1:27:22	177° 26. 072' E	16° 05. 505' S	NW-SE	2, 002	0. 2	岩石 (21. 5) その他 (5. 4) 合計 (26. 9)	変色域の北側延長と周辺の地質状況把握 マンガンクラスト、母岩は緑色岩を主体とする礫岩。
		離底	12月28日	1:47:34	177° 26. 246' E	16° 05. 691' S		1, 988			
5	04SFAD09	着底	12月28日	3:32: 9	177° 26. 017' E	16° 05. 800' S	NW-SE	1, 967	0. 2	岩石 (2. 3) その他 (4. 5) 合計 (6. 8)	変色域の南側延長と周辺の地質状況把握 緑色岩の小礫及び軽石などを採取。
		離底	12月28日	3:54:19	177° 26. 253' E	16° 05. 864' S		1, 947			
6	04SFFPG01	着底	12月25日	3:50:38	177° 26. 120' E	16° 5. 675' S	-	1, 971	-	岩石 (82. 9) その他 (2. 3) 合計 (85. 2)	FDC19測線付近、変色域の最も顕著な部分 一部変色した蛇紋岩及び、数種の生物も採取。
7	04SFFPG02	着底	12月25日	6: 0:25	177° 26. 131' E	16° 5. 670' S	-	1, 967	-	岩石 (231. 9) その他 (0. 8) 合計 (232. 7)	FDC19測線付近、変色域の最も顕著な部分 変質したドレイフト〜カプロ及び、数種の生物も採取。
8	04SFFPG03	着底	12月25日	21:03:16	177° 26. 126' E	16° 5. 682' S	-	1, 968	-	岩石 (約800) その他 (2. 4) 合計 (800. 0)	FDC19測線付近、変色膠着物と突起物が分布 変質した蛇紋岩、カプロ〜ドレイフト及び、数種の生物も採取。
9	04SFMCO8	着底	12月23日	7:29:10	177° 26. 323' E	16° 5. 623' S	-	1, 990	-	-	変色域東部の底質物採取 作動不良のため試料採取できません。
10	04SFMCO9	着底	12月24日	20:37:10	177° 26. 335' E	16° 5. 634' S	-	1, 980	-	有孔虫砂 (8. 9)	変色域東部、MCO8近くの底質物採取 4 / 4 本採取。
11	04SFMCO10	着底	12月24日	22:36:59	177° 26. 104' E	16° 5. 468' S	-	2, 006	-	有孔虫砂 (7. 6)	変色域西部の底質物採取 4 / 4 本採取。
12	04SFMCO11	着底	12月25日	0:36:33	177° 25. 847' E	16° 5. 692' S	-	1, 946	-	有孔虫砂 表層にMn酸化 物層あり (2. 0)	変色域北部の底質物採取 3本でサンプル採取。1本は破損。
13	04SFMCO12	着底	12月25日	23:05:15	177° 26. 121' E	16° 5. 682' S	-	1, 974	-	-	変色域近傍の底質物採取 作動したが、試料採取はできません。
合計								1. 3	1, 542. 8		

A D 調査実績表 (ERZ A)

No.	測線名	項目	実施月日・時刻		曳航体位置		曳航方向	水深 (m)	曳航距離 (n. m.)	採取物と重量 (kg)	設定基準
			(GMT)		緯度・経度						採取物
1	04SFAD02	着底	12月26日	20:38:47	177° 25. 240' E	NW-SE	1, 956	0. 3	岩石 (175. 8) その他 (4. 4) 合計 (180. 2)	FDC21で認められた変色域の状況と基盤岩石の採取	
					16° 24. 094' S						
		離底	12月26日	21:39:07	177° 25. 502' E		1, 803				
					16° 24. 2376' S						
2	04SFAD03	着底	12月26日	23:25:22	177° 25. 236' E	NW-SE	1, 954	0. 3	岩石 (111. 4) その他 (5. 4) 合計 (116. 8)	FDC21、FDC23で認められた変色域の状況と基盤岩石の採取	
					16° 24. 162' S						
		離底	12月27日	00:17:33	177° 25. 525' E		1, 801				
					16° 24. 340' S						
3	04SFAD04	着底	12月27日	02:07:10	177° 25. 253' E	NW-SE	1, 944	0. 3	岩石 (15. 5) その他 (3. 9) 合計 (19. 4)	FDC21、FDC22で認められた変色域の状況と基盤岩石の採取	
					16° 24. 258' S						
		離底	12月27日	02:47:44	177° 25. 530' E		1, 802				
					16° 24. 415' S						
4	04SFAD05	着底	12月27日	04:46:08	177° 24. 615' E	W-E	2, 072	0. 3	岩石 (813. 5) その他 (2. 9) 合計 (816. 4)	FDC24で認められた変色域の状況と基盤岩石の採取	
					16° 23. 842' S						
		離底	12月27日	05:29:26	177° 24. 927' E		1, 955				
					16° 23. 860' S						
合 計								1. 2	1, 132. 80		

添付資料 3

FDC・FPG・AD 写真

04SF FDC19

Photo No.060



2004/12/23 2:36:10, 水温2.298°C
16° 05.680' S, 177° 26.093' E 水深1922m
青緑色の変色域

Photo No.061



2004/12/23 2:36:16, 水温2.301°C
16° 05.680' S, 177° 26.095' E 水深1922m
白色変色域と貝殻

Photo No.064



2004/12/23 2:36:32, 水温2.296°C
16° 05.680' S, 177° 26.102' E 水深1921m
貝・えびなどの熱水性生物群集

Photo No.066



2004/12/23 2:36:44, 水温2.303°C
16° 05.682' S, 177° 26.102' E 水深1918m
貝・えびなどの熱水性生物群集と岩石を
覆う被覆層

Photo No.069



2004/12/23 2:37:02, 水温2.306°C
16° 05.681' S, 177° 26.109' E 水深1919m
貝殻の群集

Photo No.073



2004/12/23 2:37:30, 水温2.327°C
16° 05.683' S, 177° 26.109' E 水深1922m
未固結堆積物と貝殻

04SF FDC21

Photo No.035



2004/12/23 22:56:55, 水温2.360°C
16° 24.158' S, 177° 25.346' E 水深1889m
枕状溶岩と変色域

Photo No.052



2004/12/23 23:00:08, 水温2.371°C
16° 24.193' S, 177° 25.354' E 水深1894m
水中火山岩と変色域

Photo No.064



2004/12/23 23:02:19, 水温2.386°C
16° 24.226' S, 177° 25.363' E 水深1895m
水中火山岩と変色域

Photo No.066



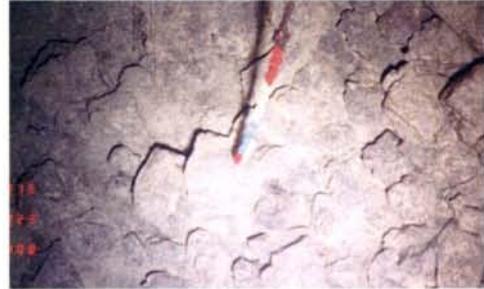
2004/12/23 23:02:31, 水温2.382°C
16° 24.222' S, 177° 25.362' E 水深1894m
水中火山岩と変色域

Photo No.072



2004/12/23 23:04:01, 水温2.378°C
16° 24.245' S, 177° 25.369' E 水深1894m
巨大枕状溶岩

Photo No.098



2004/12/23 23:15:32, 水温2.380°C
16° 24.407' S, 177° 25.416' E 水深1876m
ハイアロクラスタイト水砕火山岩

04SF FPG01



日時: 2004/12/25, 3:50:38

緯度: 16° 05.675' S

経度: 177° 26.120 'E

水深: 1971m

採取重量: 85.2kg

採取物概要:

一部変質した蛇紋岩 熱水性生物



04SF FPG02



日時: 2004/12/25, 6:00:25

緯度: 16° 05.670' S

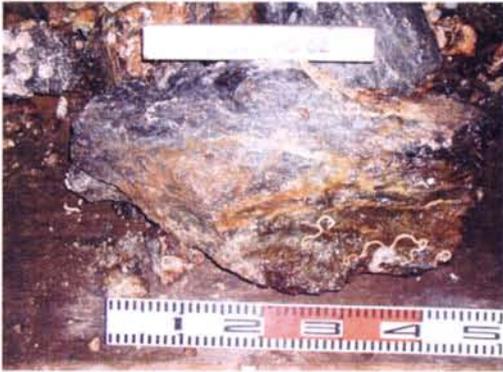
経度: 177° 26.131' E

水深: 1967m

採取重量: 232.7kg

採取物概要:

変質したドレライト～斑レイ岩
熱水性生物



04SF FPG03



日時: 2004/12/25, 21:03:16

緯度: 16° 05.682'S

経度: 177° 26.126' E

水深: 1968m

採取重量: 800kg

採取物概要:

変質した蛇紋岩、斑レイ岩～
ドレライト、熱水性生



04SF AD01

日時: 2005/12/26, 01:51:16 - 02:36:11

緯度: $16^{\circ} 05.491' S$ - $16^{\circ} 05.766' S$

経度: $177^{\circ} 26.049' E$ - $177^{\circ} 26.182' E$

水深: 2000m - 1961m

採取重量: 24.8kg

採取物概要:

斑レイ岩、輝岩、軽石



04SF AD02



日時: 2005/12/26, 20:38:47 - 21:39:07

緯度: $16^{\circ} 24.094' S$ - $16^{\circ} 24.238' S$

経度: $177^{\circ} 25.240' E$ - $177^{\circ} 25.502' E$

水深: 1956m - 1803m

採取重量: 180.2kg

採取物概要:

玄武岩、変質が認められる



04SF AD03



日時: 2005/12/26, 23:25:22 - 00:17:33

緯度: 16° 24.162' S - 16° 24.340' S

経度: 177° 25.236 'E - 177° 25.525 'E

水深: 1954m - 1801m

採取重量: 116.8kg

採取物概要:
玄武岩



04SF AD04

日時: 2005/12/27, 02:07:10 - 02:47:44

緯度: 16° 24.258' S - 16° 24.415' S

経度: 177° 25.253' E - 177° 25.530' E

水深: 1944m - 1802m

採取重量: 19.4kg

採取物概要:

玄武岩、変質部分あり



04SF AD05



日時: 2005/12/27, 04:46:08 - 05:29:26

緯度: 16° 24.615' S - 16° 24.927' S

経度: 177° 24.615' E - 177° 24.927' E

水深: 2072m - 1955m

採取重量: 816.4kg

採取物概要:

玄武岩、表面ガラス質



04SF AD06



日時: 2005/12/27, 20:39:03 - 21:14:33

緯度: 16° 05.098' S - 16° 05.202' S

経度: 177° 25.603 'E - 177° 25.915 'E

水深: 2125m - 1947m

採取重量: 113.8kg

採取物概要:

変質した斑レイ岩、ドレライト、玄武岩



04SF AD07



日時: 2005/12/27, 23:05:39 - 23:37:38

緯度: 16° 06.106' S - 16° 06.292' S

経度: 177° 25.097 'E - 177° 25.332 'E

水深: 1910m - 1784m

採取重量: 234.1kg

採取物概要:

斑レイ岩 蛇紋岩 輝岩



04SF AD08



日時: 2005/12/28, 01:27:22 - 01:47:34

緯度: 16° 05.505' S - 16° 05.691' S

経度: 177° 26.072 'E - 177° 26.246 'E

水深: 2002m - 1988m

採取重量: 26.9kg

採取物概要:

マンガンクラスト、母岩は緑色岩主の礫岩



04SF AD09

日時: 2005/12/28, 03:32:09 - 03:54:19

緯度: 16° 05.800' S - 16° 05.864' S

経度: 177° 26.017' E - 177° 26.253' E

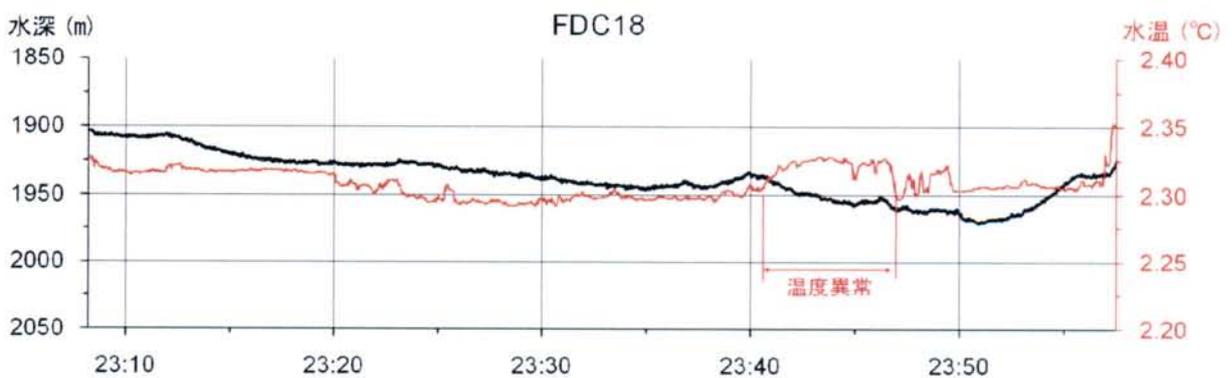
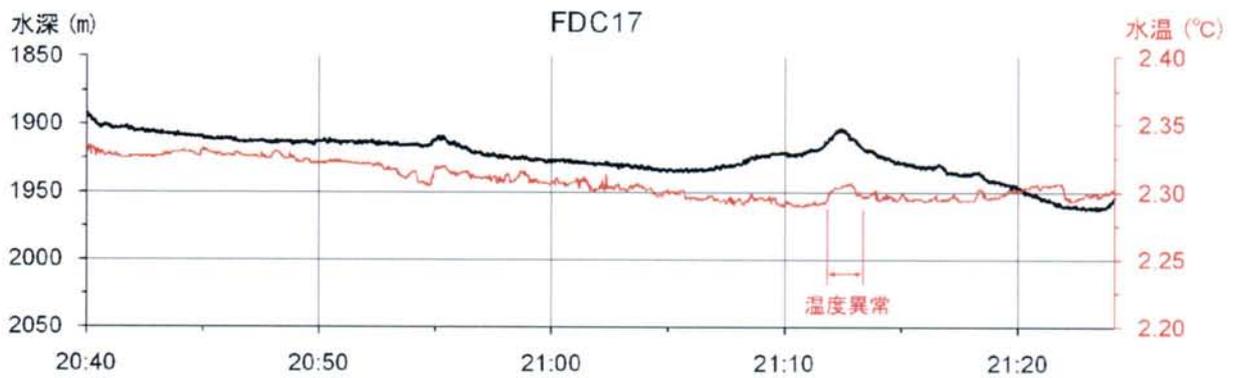
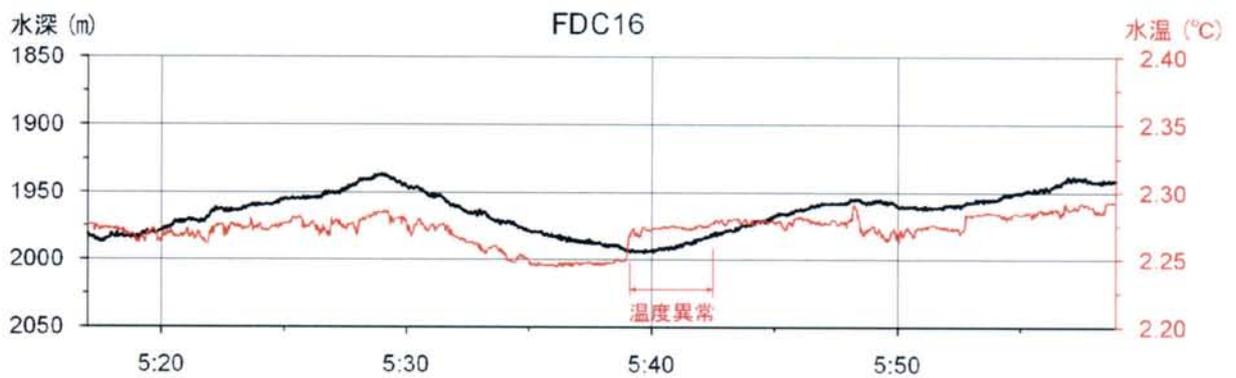
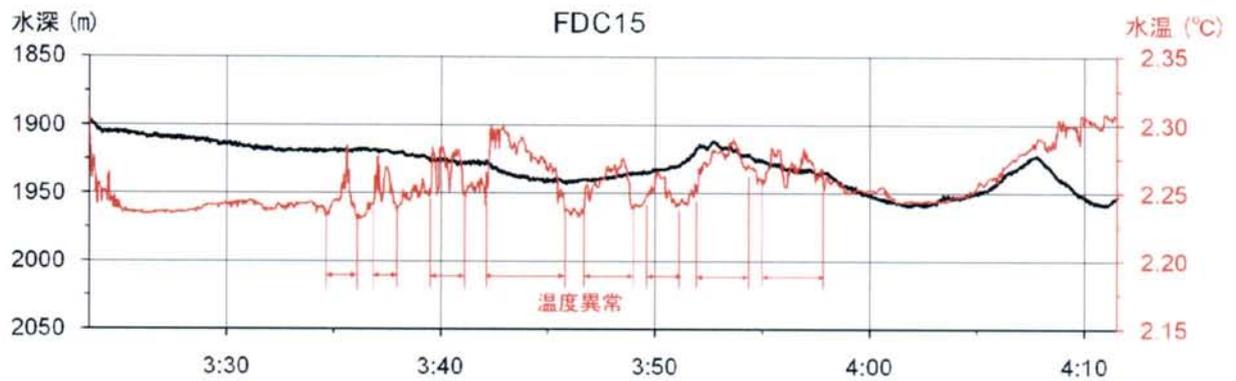
水深: 1967m - 1947m

採取重量: 6.8kg

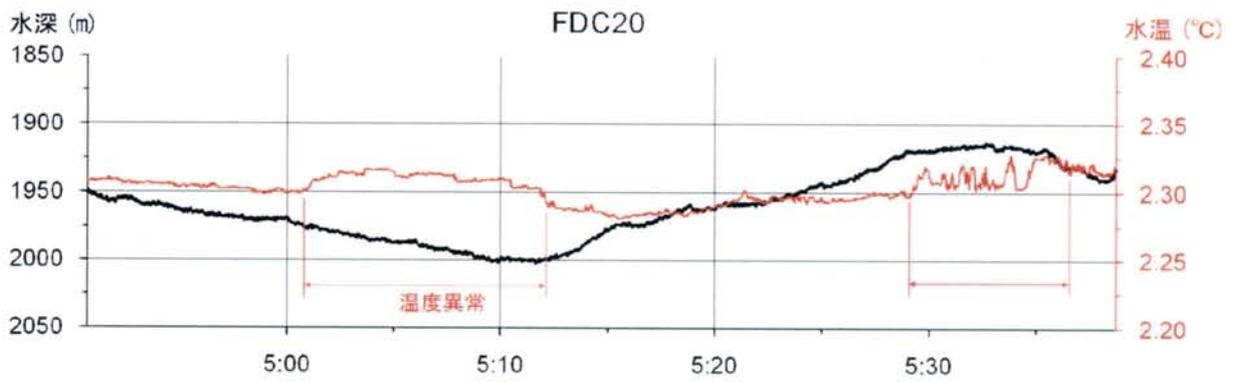
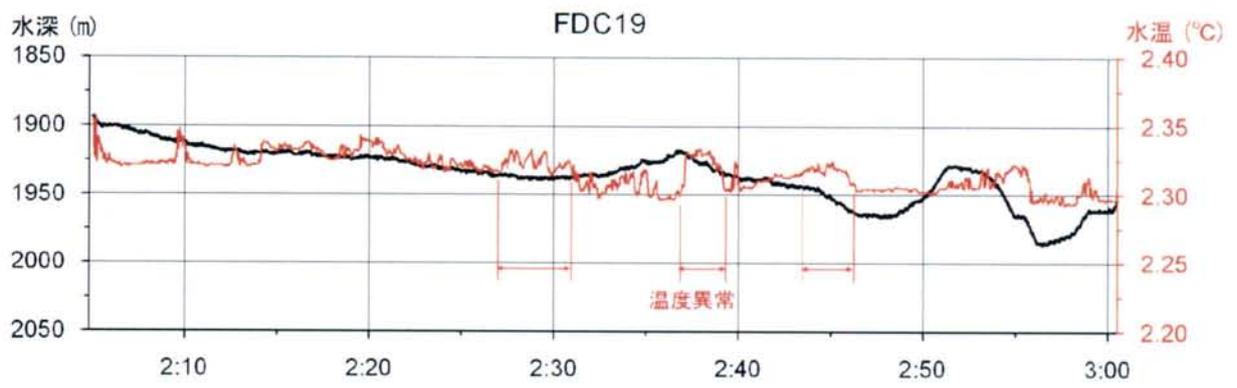
採取物概要:
緑色岩の礫と軽石



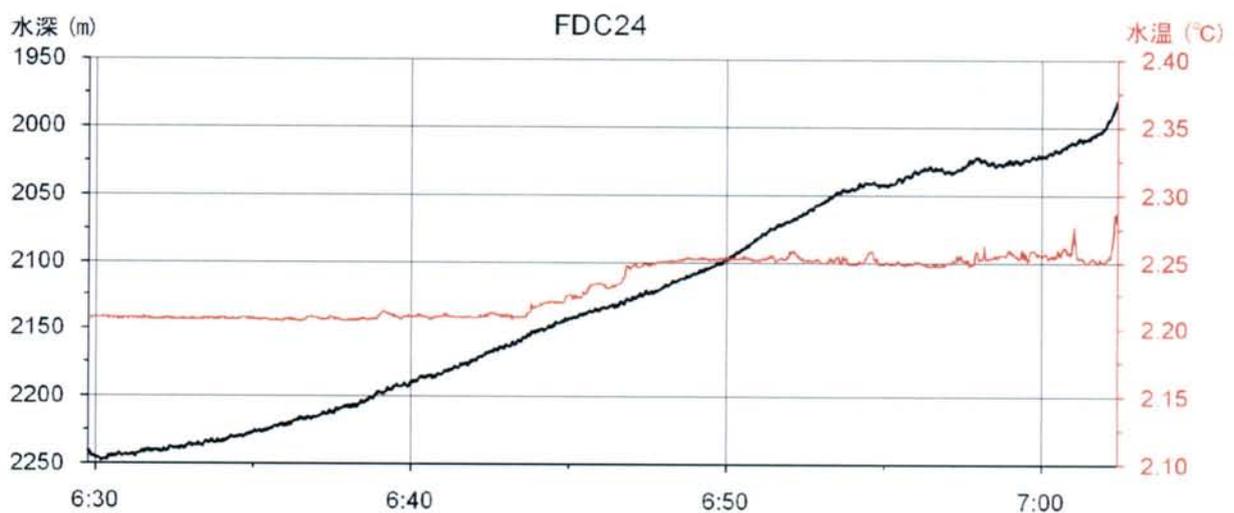
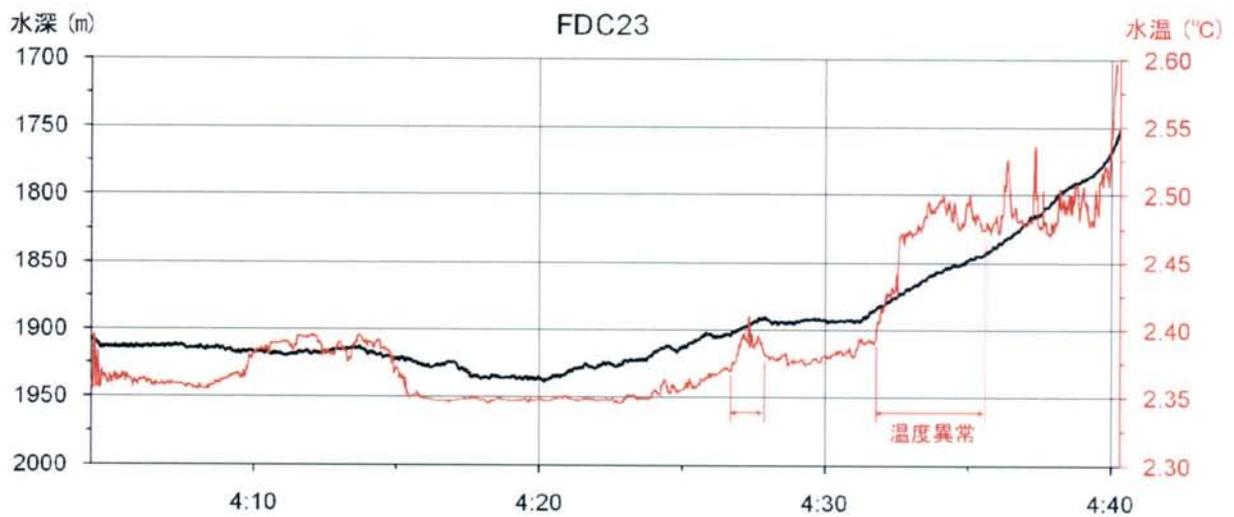
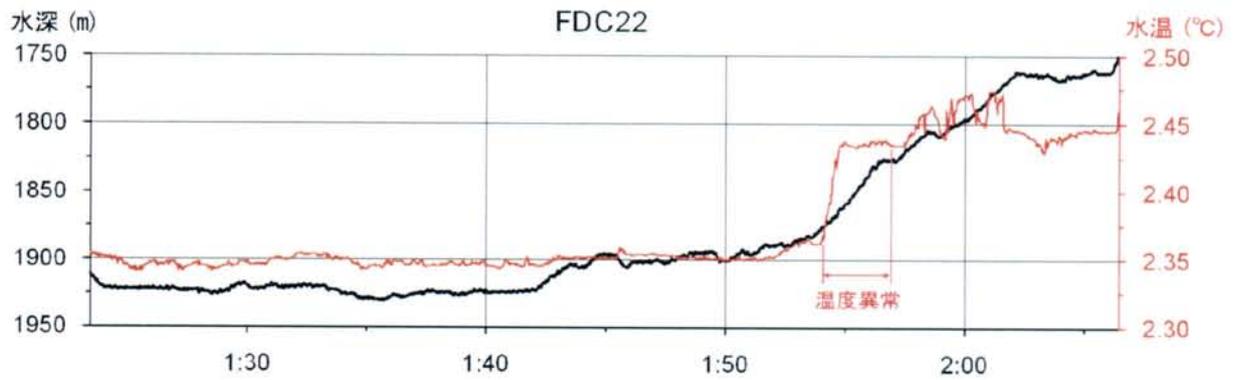
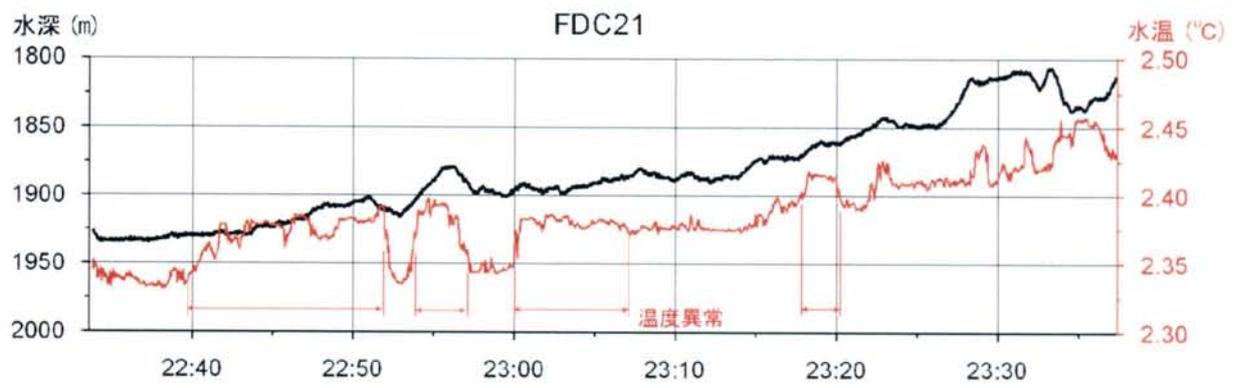
添付資料 4
FDC温度・地形断面図



Central Hill (1) CTD による地形断面と温度分布図



Central Hill (2) CTD による地形断面と温度分布図



ERZ A CTD による地形断面と温度分布図