

「しんかい6500」によるマリアナ海域潜航調査 1992 (Y9204航海) : 中部熱水域の再訪及び 南部海域における熱水ベントの発見

蒲生 俊敬*1 千葉 仁*2 バトリシア・フライヤー*3 石橋純一郎*4
石井 輝秋*1 リン・E・ジョンソン*6 ケヴィン・ケリー*3
益田 晴恵*6 太田 秀*1 アナ・ルイズ・レイゼンバッハ*7
ピーター・A・ロナ*8 柴田 次夫*9 玉岡 迅*10 田中 宏明*6
角皆 潤*4 山口 寿之*11 藤岡換太郎*12

1992年11月から12月にかけて、海洋科学技術センターの潜水調査船「しんかい6500」と母船「よこすか」によるマリアナ中部から南部海域の調査を行い、合計10回の潜航調査を通じて多くの知見を得た。アルビン号が1987年に発見して以来、5年ぶりの再訪となった中部マリアナトラフ熱水域 (Alice Springs Field: 18°13' N, 144°42' E) では、5年前とほぼ同様の海底熱水活動が継続していることを、熱水の温度 (280°C)、熱水生物の分布状況、及び熱水の化学組成より確認した。南部マリアナ海域では、海溝陸側斜面に初めて潜航し、地殻下部ないし上部マントルに由来する岩石を採取した。前弧の断層面からは、最近の火成活動を示唆する玄武岩を採取した。また、南部マリアナ島弧と背弧海盆の接近域での潜航調査では、島弧玄武岩と背弧海盆玄武岩との中間的性質をもつ玄武岩を採取した。さらに、南部マリアナ島弧海山

-
- * 1 東京大学海洋研究所
 - * 2 九州大学理学部
 - * 3 ハワイ大学地球物理学研究所
 - * 4 東京大学理学部
 - * 5 スミソニアン博物館
 - * 6 大阪市立大学理学部
 - * 7 インディアナ大学生物学教室
 - * 8 米国大気海洋局
 - * 9 岡山大学理学部
 - * 10 海洋科学技術センター深海環境プログラム
 - * 11 千葉大学理学部
 - * 12 海洋科学技術センター深海研究部
 - * 13 Ocean Research Institute, University of Tokyo
 - * 14 Faculty of Science, Kyushu University
 - * 15 Hawaii Institute of Geophysics, University of Hawaii
 - * 16 Faculty of Science, University of Tokyo
 - * 17 Smithsonian Institute
 - * 18 Faculty of Science, Osaka City University
 - * 19 Department of Biology, Indiana University
 - * 20 National Oceanic and Atmospheric Administration
 - * 21 Faculty of Science, Okayama University
 - * 22 Deep-sea Environment Exploration Program, Japan Marine Science and Technology Center
 - * 23 Faculty of Science, Chiba University
 - * 24 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

(13°24' N, 143°55' E) の山頂付近において、温度202°Cの熱水を噴出するチムニー群を発見した。本潜航調査航海の成果をもとに、我々はマリアナ海域全域の海溝-島弧-背弧海盆テクトニクスと海底火成活動・熱水活動の総合的解明に向けて、大きな1歩を踏み出すことができるであろう。

キーワード：中部マリアナ海域、南部マリアナ海域、島弧、海溝、背弧海盆、海底熱水活動

Mariana 1992 Diving Surveys by "Shinkai 6500" (Y9204 cruise) : Revisits to the Mid-Mariana Hydrothermal Area and Discovery of Hydrothermal Vents in the Southern Mariana Region

Toshitaka GAMO*¹³ Hitoshi CHIBA*¹⁴ Patricia FRYER*¹⁵
Jun-ichiro ISHIBASHI*¹⁶ Teruaki ISHII*¹³ Lynn E. JOHNSON*¹⁷
Kevin KELLY*¹⁵ Harue MASUDA*¹⁸ Suguru OHTA*¹³
Anna-Louise REYSENBACH*¹⁹ Peter A. RONA*²⁰
Tsugio SHIBATA*²¹ Jin TAMAOKA*²² Hiroaki TANAKA*¹⁸
Urumu TSUNOGAI*¹⁶ Toshiyuki YAMAGUCHI*²³
Kantaro FUJIOKA*²⁴

We had ten dives of the submersible "Shinkai 6500" together with its mothership "Yokosuka" of JAMSTEC in the mid-to southern Mariana areas during November to December, 1992. We revisited to the mid-Mariana Trough hydrothermal site (Alice Springs Field : 18°13' N, 144°42' E) five years after the discovery by the submersible Alvin in 1987. It was confirmed that the site had maintained the similar hydrothermal activity during the five years, because the highest fluid temperature (280°C), density of biological vent communities, and chemical composition of the hydrothermal endmember were compared well with those observed five years ago. In the southern Mariana area, we dove to an inner trench wall to recover ultramafic rocks originated from lower crust or upper mantle. Fresh basaltic lavas were found to outcrop on the side of a southern Mariana forearc fault, suggesting recent forearc volcanism related to the fault activity. In a transient zone between the southern Mariana arc and backarc systems, basaltic rocks with intermediate characteristics were recovered. It should be emphasized that a new hydrothermal vent site with 202°C fluid was discovered at the summit (depth : 1,470m) of an arc seamount at (13°24' N, 143°55' E) in the southern Mariana Trough. These new findings obtained during the Y9204 cruise will help us make much progress toward synthetic understanding of trench-arc-backarc system associated with volcanic activity all through the Mariana area.

1. はじめに

日本海溝及びその南側に続くマリアナ海溝では、太平洋プレートがフィリピン海プレートの下側に沈み込んでいる。マリアナ海溝の西側には、南北方向に細長く続く島弧の火山列があり、はるか北方で日本列島とつながっている。さらに島弧列の西側には、マリアナトラフと呼ばれる背弧海盆がある。ここでは大洋中央海嶺と同じように、地球深部より高温のマグマが上昇し、海底が東西方向に拡大しつつある。このような海底のプレート拡大軸では、熱い地殻内にしみ込んだ海水が熱水となり、岩石からさまざまな化学成分を溶かしだして海水中に噴出している。一方前弧海盆においても、太平洋プレートの沈み込みに伴う冷湧水のしみだしが起こり、蛇紋岩の海山が形成されている。このような海底の熱水・冷水活動によって、地殻の化学組成や、海洋の物質循環がどのように影響を受けているのか、まだ未知の問題が山積している。

1982年に行なわれた東大海洋研の白鳳丸KH82-1次航海で、マリアナトラフ中部海域の深層水中に海底熱水活動に起因するとみられるメタンガス濃度異常が初めて検出された (Horibe et al., 1986)。マリアナトラフは一躍注目を集め、1987年にはアメリカの潜水船アルビン号が当海域の海底を精査、水深3,600mの海底で温度287°Cに達する熱水噴出現象 (e.g. Craig et al., 1987) や、前弧海盆において冷水を湧出する炭酸塩チムニーを発見した (Fryer et al., 1990)。しかしそれ以後、当熱水域での潜航調査の機会はなく、熱水・冷水活動のさらに詳細な観測や、経年変化の長期観測など、重要な研究が停滞していた。

折しも我が国では、1990年に海洋科学技術センター (JAMSTEC) が、世界最深の潜航能力を有する「しんかい6500」の運航を開始し、マリアナ海域が射程距離内に入ってきた。JAMSTECは直ちにTRANSARC計画 (島弧横断潜水計画) に着手し、その一環として、マリアナ海域の潜航調査が1992年11月から12月にかけて実施される運びになった。

2. 航海及び研究成果

本航海の成果概略はすでに速報されている (Gamo et al., 1993a, b; 蒲生, 1993) が、ここではさらに詳しく航海報告をまとめる。

「しんかい6500」を搭載した母船「よこすか」は、11月5日13時にグアム島を出港し、11月19日13時から11月20日16時まで研究者の一部交代のためにサイパン島に寄港したほかは、12月1日9時に再びグアム島に帰港するまで、潜航調査と海底地形調査を続行した。以下11月5日から19日までを第1レグ、11月20日から12月1日までを第2レグと呼ぶことにする。

2.1 第1レグ

乗船研究者は、蒲生・太田・柴田・山口・千葉・玉岡・益田・石橋・田中・Rona・Reysenbach・Kellyの12名であった。

第1レグは、中部マリアナトラフの海底熱水活動の学際的調査を目的とし、1987年にアメリカの潜水調査船アルビン号が発見した熱水活動域 (通称Alice Springs Field: 18°13' N, 144°42' E) 及びその周辺を集中的に調査した (図1参照)。この地点では、本航海に先だて行なわれた「よこすか」のY9203航海 (首席研究員: 藤岡換太郎・徳山英一) ですでに2回潜航調査が行なわれ (潜航#140及び141)、その際に係留されたトランスポンダー (3基) がそのまま本航海でも活用できた。当初9回の潜航を計画していたが、現場海域の風とうねりが予想外に強く、結局5回の潜航にとどまった。海況の悪かった原因は、日本付近を通過する移動性高気圧が例年になく南側にはり出し、そこからの吹き出しによる強風とうねりが終始卓越していたこと、及びレグ1の後半に非常に強い台風 (31号) がグアム島付近を通過したことなどである。

5回の潜航の潜航者及び専門分野は以下のとおりである: #152 (蒲生, 地球化学), #153 (太田, 生態学), #154 (Rona, 地球物理学), #155 (玉岡, 微生物学), 及び#156 (柴田, 地質学)。各潜航では、それぞれ異なる研究分野からこの熱水活動系の詳しい調査と試料採取が行なわれた。Alice Springs Fieldの熱水活動が再確認され (写真1参照)、その熱水活動状況が5年前のアルビン調査の時とほぼ同じであることが明らかになった。熱水の最高温度は280°Cで、5年前に観測された287°Cとほぼ同一であった。また熱水性生物群集の生息状況が、1987年のアルビン潜航と今回の潜航の両方に参加した太田によって直接比較され、5年前にはほとんど見られなかった一種の白色巻き貝がやや繁殖していた点を除くと、この5年間で大きな変化のないことが確認さ

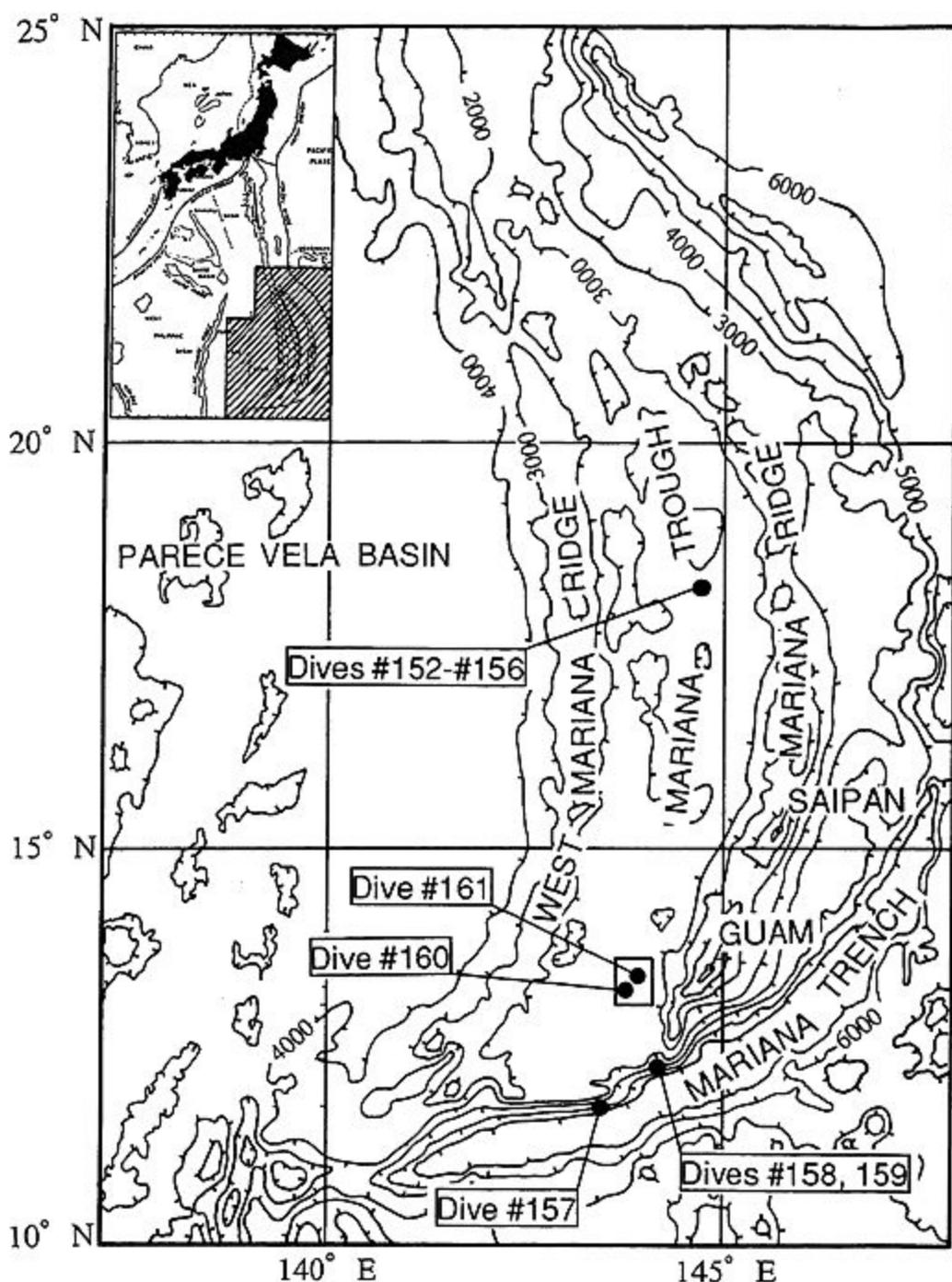


図1 マリアナトラフ海域における1992年の「しんかい6500」潜航調査点の位置
 Fig. 1 Location of the ten dives of "Shinkai 6500" in the Mariana Trough during the Y9204 cruise in 1992.

れた。熱水ベント付近を中心とする50m×50mの範囲内の熱水活動状況と海底直上の水温分布が詳しくマッピングされ、熱フラックスは 6 ± 2 MWと見積られた (Rona et al., 未発表)。

試料採取は主に潜航研究者の研究目的に基づいてな

れたが、必要に応じて、船上研究者あるいは陸上に待機する研究者からの要請も考慮された。例えば、当初予定していた Reysenbach の潜航は海況不良のためキャンセルされたが、彼女の持参した熱水性微生物採取用 Vent cap の設置と回収が、それぞれ潜航#154と#156

を利用して行なわれた。また、熱水噴出孔に特有の貴重なフジツボ類の採取も行われた。

湧出する熱水の採取は、潜航#154で主に行われた。熱水の採取には、「しんかい6500」用に製作した熱水採水器（蒲生ほか，1994）を用いた。得られた試料は、Mg濃度が~1mMで、ほとんど純粋な熱水エンドメンバーと考えられる。表1に、今回の熱水の化学分析結果と、1987年にアルビンが同熱水域より採取した熱水の分析データ（Campbell et al., 1987; Kusakabe et al., 1990）との比較を示した。これらの化学成分で比較するに、1987年から1992年の5年間に、熱水の化学組成に大きな変動はないことがわかる。

採取された熱水チムニーの鉱物組成は、大阪市立大学のXRDを用いて測定中である。表2にこれまでに得られたデータの間接報告を示す。潜航#152の試料は、重晶石や硬石膏のほかに黄鉄鉱・閃亜鉛鉱など硫化物を豊富に含んでいる。このような熱水チムニーをはじめとする海底試料や熱水活動の詳細な映像が、我が国の主導で入手されたのは本航海が初めてのことであり、今後それらの分析や解析による多くの研究成果が期待される。

2.2 第2レグ

乗船研究者は、蒲生・石井・益田・角替・田中・Fryer・Johnsonの7名であった。このレグでは、中部マリアナの前弧及び海溝域の調査が予定されていた。しかし、第1レグ終了時に、強い台風（31号）がグアム島近海を通過中で、さらに、非常に強い台風（30号）が東からグアム島に接近中であった。このような気象状況からみて、中部マリアナ海域は第2レグのかなりの長期にわたり潜航不能の荒天が続くと予測された。そこで急

表1 中部マリアナトラフ Alice Springs Fieldで、今回（1992年）の潜航調査で得られた熱水と、1987年のアルビン調査の際に得られた熱水との間での、主要化学成分濃度の比較。後者のデータは Campbell et al. (1987) 及び Kusakabe et al. (1990) による。

Table 1 Comparison of major chemical components of hydrothermal endmembers from Alice Springs Field in the mid-Mariana Trough between this study and the 1987 Alvin dives (Campbell et al., 1987; Kusakabe et al., 1990).

	Alvin 1987	Shinkai 6500 1992
T (°C)	287	280
pH (25°C)	4.4	3.9
Alkalinity (mM)	0.4	0.06
Li (μM)		590
Na (mM)		438
K (mM)	31	48
Rb (μM)	30	
Cs (nM)	800	
Be (nM)	22	
Mg (mM)	0	0
Ca (mM)		22
Sr (mM)	90	72
Mn (μM)		295
Fe (μM)		5.2
B (mM)	0.81	0.71
Al (μM)		7.0
Si (mM)	14	12.3
Cl (mM)	557	544
Br (mM)	886	
SO ₄ (mM)	0	0
H ₂ S (mM)	<2.6	2.5
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.7036	0.7038

表2 潜航#152及び#161で採取された熱水チムニーの鉱物組成

Table 2 Mineral assemblage of hydrothermal deposits collected during the dives #152 and #161.

Sample Name	Dive #152						Dive #161	
	P3CY	P3CB	P3CW	P5G	P5W	P9, 10	W	BW
<u>Mineral</u>								
Barite	++	++		+++	+++	+++		++
Anhydrite	++		+++				+++	+++
Gypsum			+++	+			+++	+++
Pyrite	+++	+++		++				+
Sphalerite	+++	+++		++				
Chalcopyrite	++	++		++				
Galena	++			+				+
Natrolite	+							+
Paragonite	+	+		+				+
Montmorillonite	+							
Muscovite		+						

きよ、第2レグの潜航海域を台風30号の予想進路の南側へシフトさせ、南部マリアナ海域（北緯11-14度付近）の海溝の陸側斜面、前弧域、及び背弧海盆（南部マリアナトラフ）を、新たな潜航ターゲットにすることとした。

この海域での潜航（5回）は、いずれも世界で最初のものである。それぞれの潜航者及び専門分野を以下に示す：#157（石井、地質学）、#158及び#159（Fryer、地質学）、#160（益田、地球化学）、及び#161（Johnson、地質学）。潜航点の位置は図1に示した。潜航#157は、海溝の陸側斜面（最深地点：6,086m）に潜航し、海底断面の観察を行なうとともに、地殻下部～マントル起源の岩石試料（ハルツバージャイト）を採取した（Ishii et al., 1993）。潜航#158及び#159では、大規模な前弧断層の斜面から比較的新鮮な玄武岩質溶岩が採取され、前弧域における火成活動と流体循環がこの断層活動と連携していることが指摘された（Fryer, 1993）。ここで採取された海水、堆積物及び岩石は、今後詳しい化学分析が行なわれる予定である。

最後の2潜航は南部マリアナトラフ内で行われた。まず当海域の詳しい海底地形図が、「よこすか」のマルチナロービームによって作成された（図2）。これによると、トラフ拡大軸は、N20°Eの方向に雁行して続いており、その東側には大小いくつもの海山がほぼ南北方向に並列していることが明らかになった。潜航#160は、トラフ拡大軸のすぐ東側にある海山（山頂の水深約3,000m）をターゲットとし、海山の麓において、拡大軸に平行する活動的な裂け目を観察した。しかしこの海山の火成活動はすでに停止していた。続いて潜航#161が、さらに東側の海山の1つ（山頂の水深約1,500m）で行われ、その山頂付近で、最高202°Cの熱水を噴出する海底熱水活動が発見された（Gamo et al., 1993a; Johnson et al., 1993）。この熱水域は“Forecast Vent Field”と名付けられ、惜しくも熱水は採取できなかったが、チムニー物質や岩石試料が多数採取された（写真2参照）。また、中部マリアナトラフのAlice Springs Fieldと類似の熱水生物群集を伴うことも明らかになった。

これまでマリアナ海域では中部トラフ域にのみ知られていた高温の海底熱水系が、南部マリアナ海域まで広がっていることが確認されたことは、マリアナ海域からの熱・物質フラックスを正確に見積るうえできわめて重要な発見と言わねばならない。

潜航#160及び#161で採取された玄武岩の主要化学成分分析より、#161岩石はマリアナ島弧型玄武岩の範

ちゅうにあるのに対し、#160岩石はマリアナ島弧とマリアナ背弧海盆との中間的な玄武岩の性質を示すことが明らかになった（益田ほか、1993）。また、潜航#161で採取された熱水チムニーは、表1に示したように硬石膏と石膏を主成分とし、潜航#152のチムニーに比べて硫化物をほとんど含んでいないという特徴を示す。

2. 3 マルチナロービームによる地形調査

本航海では、「よこすか」に装備されているマルチナロービームを、潜航海域の事前調査に用いる以外に、時間（特に夜間を利用）と海況の許すかぎり、より広域の海底地形のマッピングに活用した。以下に調査した海域をまとめて示す（図3参照）。

海域A：第1レグの11月6日～9日にかけて調査。潜航地点（#152～156）の北西方向、北緯18度30分～19度00分、東経143度30分～144度35分で囲まれた西マリアナ海嶺（Remnant arc）である。

海域B：第2レグの最初（11月22日～24日）、台風避難のために南方に移動し、北緯6度50分～7度50分、東経142度25分～143度25分で囲まれたカロリン海嶺Sorol Troughの3重点と思われる海域を調査した。

海域C：南部マリアナ海域の精密海底地形図が全くなかったため、正確な潜航地点を決める目的で、南部マリアナ海域をいくつかのブロックに分けて調査した。特に潜航#158と159の行なわれた海溝陸側斜面（ほぼ12°15'～12°35'N, 144°00'～144°20'Eの範囲）と潜航#160と#161の行なわれた背弧海盆（13°00'～13°35'N, 143°40'～144°05'Eの範囲）が詳しく調査された。前者はFryer（1993）に一部紹介され、また後者のデータは図2としてすでに示した。その他、潜航#157海域から#158海域へ向かうエリアも調査したが、海峡が悪く、得られたデータはノイズが非常に多いものである。

その他：グアム島北西のTracey Seamount（13°38'N, 144°24'E）を11月5日と11月21日に、またサイパン島北方のRuby Seamount（15°37'N, 145°34'E）を11月20日に、それぞれ調査した。これらの海山はいずれも現在活動的な海底火山と考えられており、今後の詳細な調査が期待されている。

3. ま と め

1992年11～12月にかけて行われたマリアナ海域における「しんかい6500」による潜航調査、及び母船「よこすか」船上で得られた研究成果についてまとめた。本航海で得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) 中部マリアナトラフの、1987年にアルビン号が最

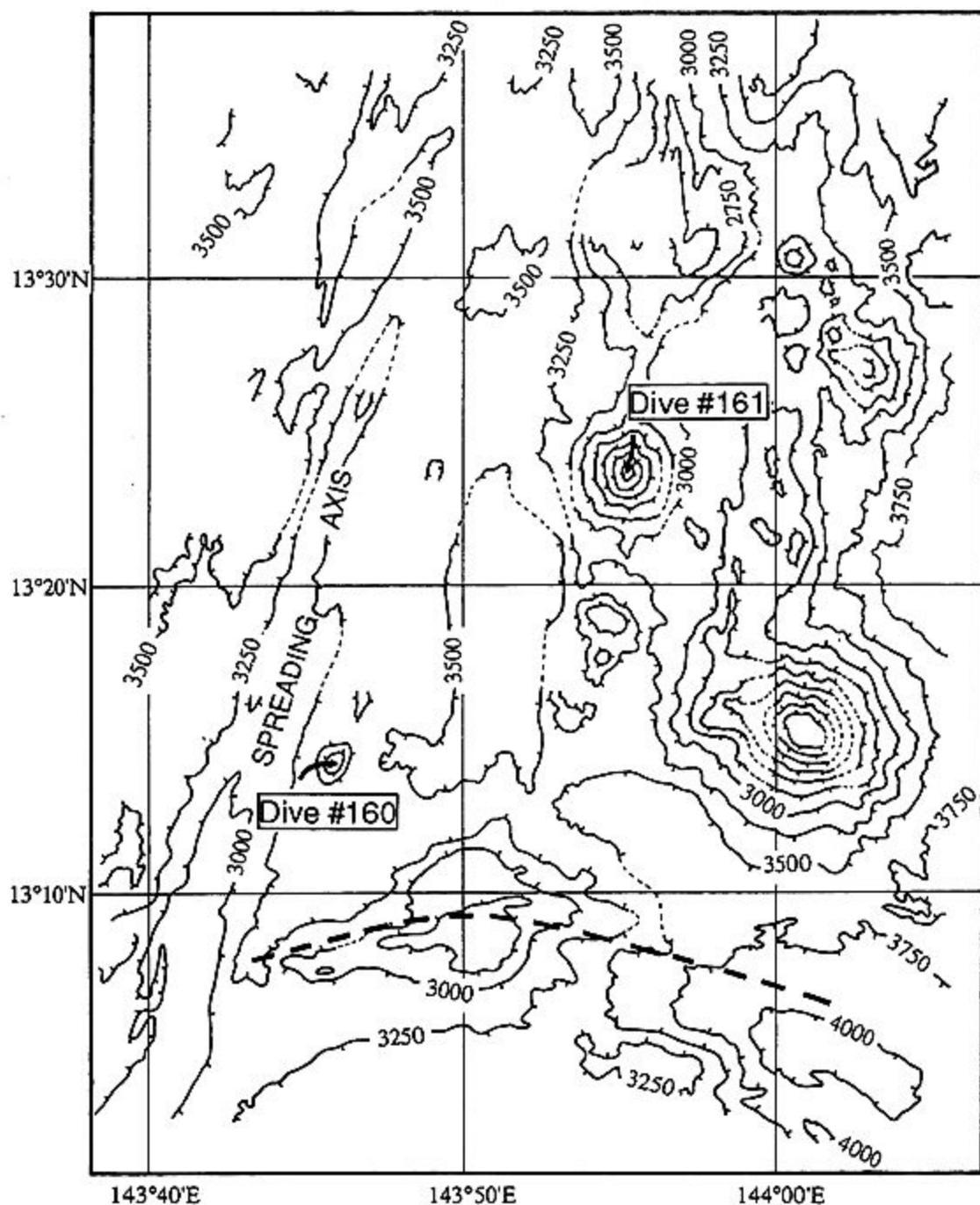
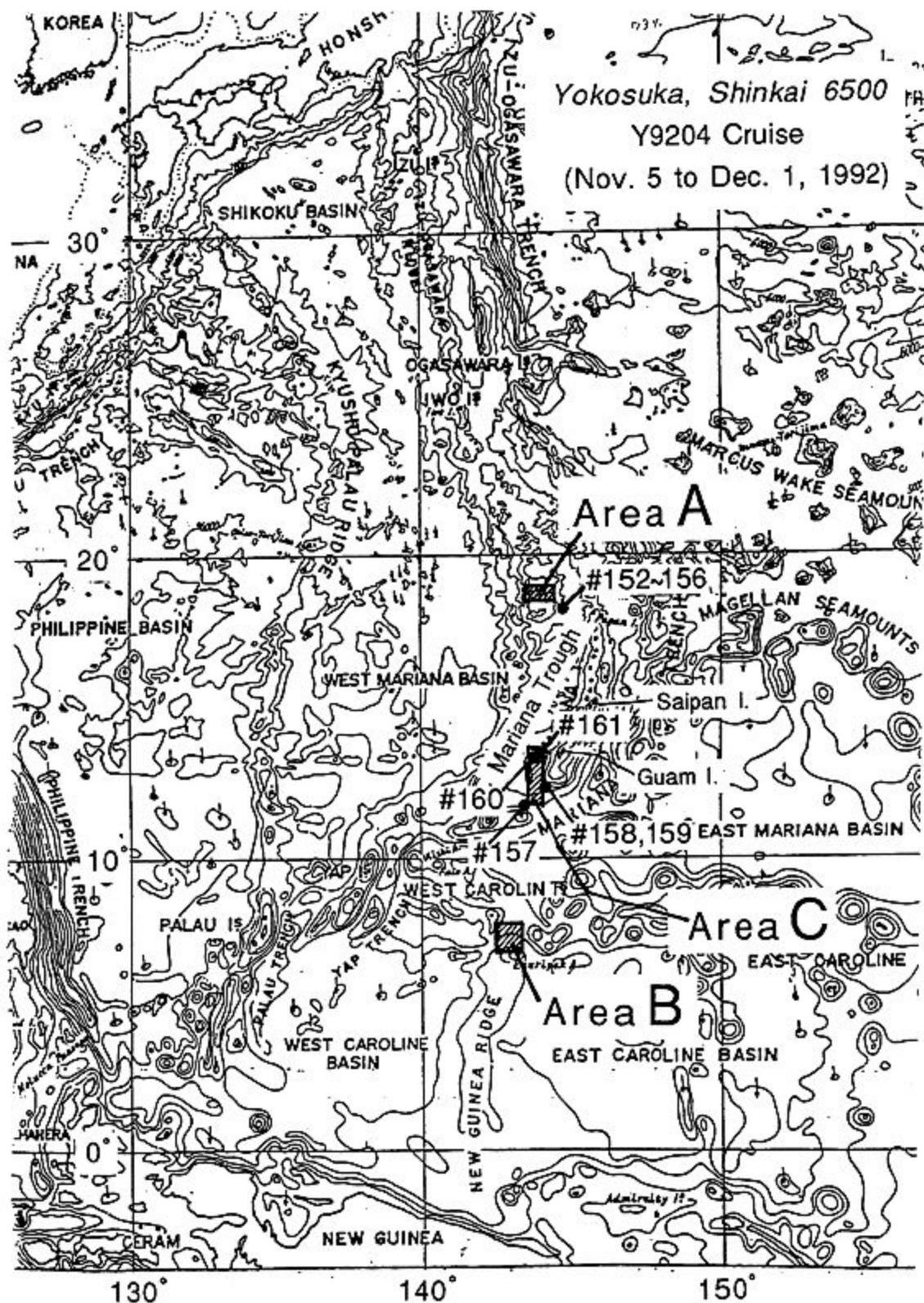


図2 南部マリアナ海域の海底地形（「よこすか」のマルチナロービーム調査による）と、「しんかい6500」潜航点の位置
 Fig.2 Bathymetric map of the southern Mariana region (obtained by multi-narrow beam observation on board "Yokosuka") and the locations of dive sites of "Shinkai 6500".

初に熱水活動を発見したサイト（Alice Springs Field）を再訪し、熱水活動が1987年とほぼ同程度に継続していることを、熱水の最高温度、熱水性生物群集の密度、及び熱水の化学組成から明らかにした。

(2) 南部マリアナ島弧—海溝域において、最初の潜水船調査を行った。マリアナ海溝陸側斜面の海底の観察と露岩のサンプリングを行った。

(3) 南部マリアナ島弧—背弧海盆系（13°00'～13°40'



Yokosuka, Shinkai 6500
Y9204 Cruise
(Nov. 5 to Dec. 1, 1992)

図3 「よこすか」のマルチナロービームで海底地形探査を行った海域 (A, B, 及びC) と「しんかい6500」潜航点 (#152~#161) の位置。海底地形は海上保安庁による (海図番号: 6301, 6302, 6304, 6901)。
Fig. 3 Map showing the locations (A-C) of bathymetric surveys by the multi-narrow beam on board "Yokosuka" as well as those of the dive sites of "Shinkai 6500" during the Y9204 cruise. (Bathymetry is from JMSA chart No. 6301, 6302, 6303, 6304 and 6901)

N) のマルチナロービーム海底地形図を初めて作成した。拡大軸付近の海山と島弧の海山を潜航調査し、海底玄武岩の採取を行った。13°24' N付近の島弧海山の山頂付近で、温度202°Cの熱水湧出を発見した。マリアナ海域の海底熱水活動が、中部から南部にかけて広範な広がりを持つことが確認された。

謝 辞

本航海中、潜航調査・研究に最大限ご協力くださった「しんかい6500」の坂倉勝海司令・井田正比古副司令・福井勉整備長・田代省三潜航長・橋本菊夫航法管制長ほか運航チームの皆様、JAMSTEC 運航部運航課の加藤美志彦課長・井内敏正主任ほかの皆様、また母船「よこすか」の兵頭博船長をはじめとする乗組員の皆様に対し、心よりお礼申し上げます。本研究の一部は、文部省科研費・重点領域研究「海洋フラックス」(研究代表者：酒井均)の補助を受けて行われた。

参考文献

- Campbell, A.C., J.M. Edmond, D. Colodner, M.R. Palmer and K.K. Falkner (1987): Chemistry of hydrothermal fluids from the Mariana Trough, back arc basin in comparison to mid-ocean ridge fluids. EOS, 68, p. 1531.
- Craig, H., Y. Horibe, K.A. Farley, J.A. Welhan, K.-R. Kim and R.N. Hey (1987): Hydrothermal vents in the Mariana Trough: results of the first Alvin dives. EOS, 68, p. 1531.
- Fryer, P. (1993): The relationship between tectonic deformation, volcanism, and fluid venting in the southeastern Mariana convergent plate margin. Proc. JAMSTEC Symp. Deep Sea Res., 9, 161-179.
- Fryer, P., K.L. Saboda, L.E. Johnson, M.E. MacKay, G. P. Moore and P. Stoffers (1990): Conical Seamount: SeaMarcII, Alvin submersible, and seismic reflection studies. Proc. ODP, Initial Report, 125, 69-80.
- 蒲生俊敬 (1993): 「しんかい6500」によるマリアナ海底熱水系の潜航調査。重点領域研究「海洋フラックス」ニュースレター, 9, 8-11.
- Gamo, T. and the shipboard scientific party of the Y 9204 cruise (1993a): Revisits to the mid-Mariana Trough hydrothermal site and discovery of new venting in the southern Mariana region by the Japanese submersible "Shinkai 6500". InterRidge News, 2, 11-14.
- Gamo, T., H. Chiba, K. Fujioka, J. Ishibashi, K. Kelly, H. Masuda, S. Ohta, A.-L. Reysenbach, P. Rona, T. Shibata, J. Tamaoka, H. Tanaka and T. Yamaguchi (1993b): Alice Springs hydrothermal field, mid-Mariana Trough 1992 revisit. EOS, 74, 360.
- 蒲生俊敬・石橋純一郎・下島公紀・中塚 武・角皆潤・増澤敏行・酒井 均・満澤巨彦 (1994): 東部南海トラフ付加体における冷湧水の化学的性質 (KAIKO-TOKAI計画): 「しんかい6500」潜航#113報告. JAMSTEC深海研究, 10.
- Horibe, Y., K.-R. Kim and H. Craig (1987): Hydrothermal methane plumes in the Mariana back-arc spreading centre. Nature, 324, 131-133.
- Ishii, T., H. Yokose, H. Maekawa and Y. Ohara (1993): Ultramafics from the inner slope along the Izu-Ogasawara-Mariana Trench—The SHINKAI 2000-632 and 6500-157 dives—, Abstract for 1993 Japan Earth Planet. Sci. Joint Meeting (E-22-06), p. 141.
- Johnson, L.E., R. Fryer, H. Masuda, T. Ishii and T. Gamo (1993): Hydrothermal vent deposits and two magma sources for volcanoes near 13°20'N in the Mariana backarc: a view from Shinkai 6500. EOS, 74, p. 681.
- Kusakabe, M., S. Mayeda and E. Nakamura (1990): S, O and Sr isotope systematics of active vent materials from the Mariana backarc basin spreading axis at 18°N. Earth Planet. Sci. Lett., 100, 275-282.
- 益田晴恵・蒲生俊敬・パトリシア・フライヤー・石井輝秋・リン・E・ジョンソン・田中宏明・角皆潤・松本哲志・升本真二・藤岡換太郎 (1993): 南部マリアナトラフの主要化学成分からみた火成作用と地形との関係。しんかいシンポジウム報告書, 9, 181-189.

(原稿受理: 1994年6月30日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載



写真 1 潜航#152で観察された、中部マリアナトラフ Alice Springs Fieldの熱水チムニー群。チムニーの高さは50~100cmで、それらの基部には多数のワダツミリンゴガイ (*Alviniconcha Hessleri*) が見られる。

Photo 1 Hydrothermal chimneys observed at the Alice Springs Field of the Mid-Mariana Trough during the dive #152. Their heights are between 50 and 100cm. Enormous gastropods (*Alviniconcha Hessleri*) are seen at the foot of the chimneys.

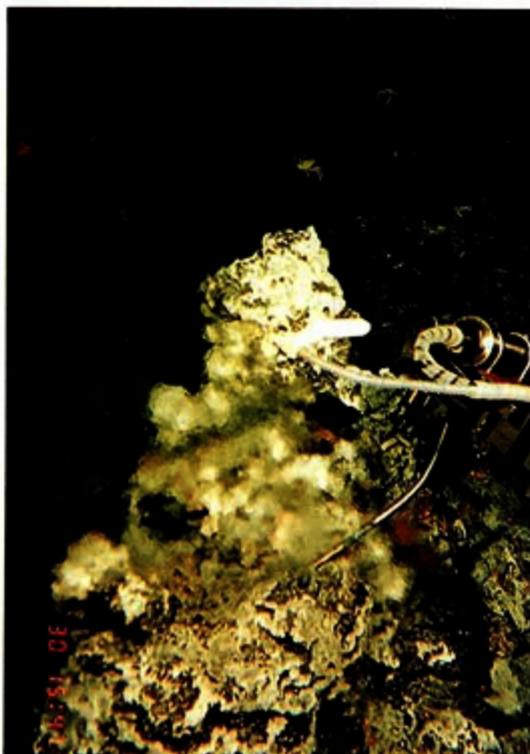


写真 2 潜航 #161 の海山の山頂で発見された熱水チムニー。チムニーの高さは約1メートル

Photo 2 A hydrothermal chimney discovered at the summit of the dive #161 seamount. The height of the chimney is about 1m.