

八重山諸島沖黒島海丘周辺のピストンコア・熱流量調査 (「かいよう」KY03-09航海) の概要

町山 栄章*¹ 秋元 和實*² 小松原純子*³ ロバート・ジェンキンス*³ 武内 里香*³
 藤野 恵子*⁴ 山崎 梓*³ 大久保功史*⁵ 山岡 香子*⁶ 山野 誠*⁷

南西諸島八重山諸島沖黒島海丘周辺において、海洋調査船「かいよう」を使用したピストンコア・熱流量調査航海 (KY03-09) を実施した。本航海では、八重山海盆から黒島海丘頂部を経て北方の海底谷に至る海域を対象に、1) 冷湧水現象を理解するために必要な地球化学的データの取得、2) 海丘周辺の熱構造を把握するための熱流量データの取得、ならびに3) 採泥試料の堆積学的・古地磁気学的・古生物学的・微生物学的検討を通じた形成環境等の解明を目的とした。作業として、グラブ採泥1回、ピストンコア採泥10回(うち、ヒートフローピストンコア採泥1回)、熱流量単独測定1回を、4つのサイトにおいて実施した。その結果、冷湧水域から6本、海盆から2本の、主に泥からなるコアを、頂部縁辺域から炭酸塩堆積物からなる2本のコアをそれぞれ採取した。また熱流量測定の結果、海盆で良質なデータが得られた反面、頂部における熱構造の把握が困難である事が判明した。

キーワード：黒島海丘, 冷湧水, ガスハイドレート, ピストンコア, 熱流量

Outline of R/V Kaiyo KY03-09 Cruise (piston coring and heat flow surveys) in the Kuroshima Knoll area, southwestern part of the Ryukyu Arc

Hideaki MACHIYAMA*⁸ Kazumi AKIMOTO*⁹ Junko KOMATSUBARA*¹⁰
 Robert G. JENKINS*¹⁰ Rika TAKEUCHI*¹⁰ Keiko FUJINO*¹¹ Azusa YAMAZAKI*¹⁰
 Koji OOKUBO*¹² Kyoko YAMAOKA*¹³ Makoto YAMANO*¹⁴

In the KY03-09 Cruise, piston coring and heat flow surveys using R/V "Kaiyo" were carried out around the Kuroshima Knoll, off Yaeyama Islands, southern part of the Ryukyu Arc. The purpose of this cruise is the acquisition of geochemical and heat flow data to understand the methane seep process and the geothermal structure around the knoll, and the paleoenvironmental reconstruction around the knoll through sedimentological, paleomagnetic, paleonto-

-
- * 1 海洋科学技術センター深海研究部
 - * 2 熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター
 - * 3 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
 - * 4 日本大学大学院総合基礎科学研究科地球情報数理科学専攻
 - * 5 熊本大学理学部地球科学科
 - * 6 東北大学理学部地圏環境科学科
 - * 7 東京大学地震研究所
 - * 8 Deep Sea Research Department, JAMSTEC
 - * 9 Center for Marine Environment Studies, Kumamoto University
 - * 10 Department of Earth & Planetary Science, The University of Tokyo
 - * 11 Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University
 - * 12 Department of Earth Sciences, Kumamoto University
 - * 13 Department of Geoenvironmental Science, Tohoku University
 - * 14 Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

logical, and microbiological studies. We carried out one grab sampling, ten piston corings (including one heat flow piston coring), and one heat flow measurement at four sites. In the piston coring operation, we sampled six muddy cores from two methane seep sites, two muddy cores from the Yaeyama Basin, and two carbonate cores from the marginal area of the top of the knoll. The result of heat flow measurement indicates that it's hard to understand the geothermal structure around the top of the knoll.

Keywords : Kuroshima Knoll, cold seep, gas hydrate, piston core, heat flow

1. はじめに

九州中部から台湾に連なる琉球弧は、全長1200kmにも及ぶ、時代的に若い島弧-海溝-背弧系である。フィリピン海プレートの北西方向への沈み込み(現在、年間5~7cm : Seno et al., 1993), ならびに背弧である沖縄トラフのリフティングに伴い、本島弧は様々なテクトニックな変動を被ってきているが、その地史は未だ不明な点が多い。特に琉球弧南部の前弧域は、活動的な熱水域が分布する沖縄トラフ域に比較して調査が少なく、造構史を語るにはあまりにデータが少ない状況である。

近年、南西諸島西部、八重山諸島の石垣島南方沖約26kmに位置する黒島海丘頂部において、1771年に発生し

た八重山地震津波に関連する調査の過程で、化学合成生物群集と冷湧水によって形成されたとみられる炭酸塩岩類等が発見された(図1; 松本ほか, 1997, 1999など)。これまでの一連の調査航海によって、頂部平坦面北側での化学合成生物群集やチムニー等の炭酸塩岩類の分布が明らかにされてきている(町山ほか2001a・b, 2003; 新城ほか, 2001)。特に、冷湧水炭酸塩岩類は日本周辺海域においては最大規模の分布を示しており、平成13年度の潜航調査において、大規模なシンカイヒバリガイコロニーを伴う、現在もアクティブなメタンガス噴出口が複数(15ヶ所程度)発見された(町山ほか, 2001b)。また、現生のシロウリガイやシンカイヒバリガイ類のコロニー・ポックマーク様凹地が頂部に存在する

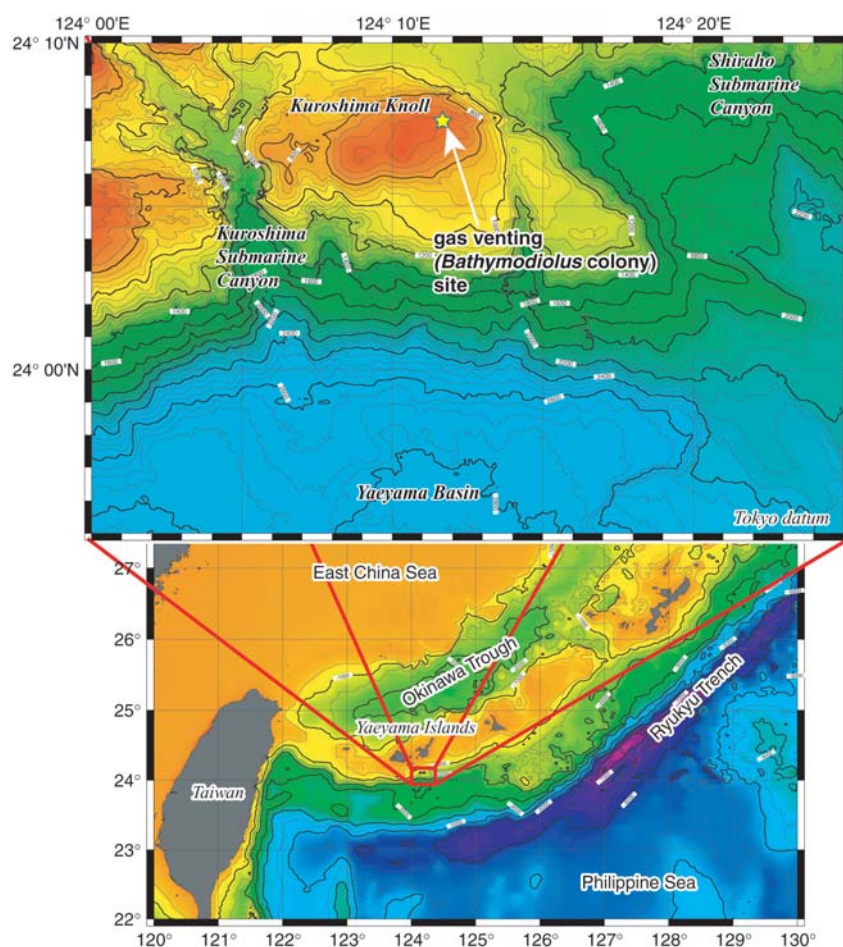


図1 黒島海丘位置図.

Fig. 1 Location map of the Kuroshima Knoll.

表1 実施概要.

Table 1 Operation summary of piston coring/heat flow measurement.

No.	Date/Time	Location				Depth (m)	Recovery		
		Latitude		Longitude			Location	(cm)	Operation
GS-01	Aug. 24, 07:37	24°	07.79 N	124°	11.47 E	645	Site A	—	Grab sampling
HF-01	Aug. 24, 09:43	24°	07.80 N	124°	11.45 E	645	Site A	—	Heat flow measurement
PC-01	Aug. 24, 12:11	24°	07.80 N	124°	11.46 E	655	Site A	205.0	Piston coring
PC-02	Aug. 24, 15:05	24°	07.81 N	124°	11.45 E	645	Site A	222.5	Piston coring
PC-03	Aug. 24, 17:05	24°	07.83 N	124°	11.34 E	644	Site B	72.0	Piston coring
PC-04	Aug. 25, 08:15	23°	51.98 N	124°	14.96 E	2,857	Site 2	325.5	Piston coring with heat flow measurement
PC-05	Aug. 25, 12:01	23°	52.00 N	124°	14.98 E	2,854	Site 2	81.0	Piston coring
PC-06	Aug. 25, 15:32	24°	04.30 N	124°	12.64 E	1,043	Site 5	208.0	Piston coring
PC-07	Aug. 25, 17:41	24°	07.82 N	124°	11.36 E	649	Site B	379.9	Piston coring
PC-08	Aug. 26, 06:59	24°	09.83 N	124°	08.48 E	1,072	Site 10	135.5	Piston coring
PC-09	Aug. 26, 09:11	24°	07.80 N	124°	11.45 E	652	Site A	139.5	Piston coring
PC-10	Aug. 26, 10:47	24°	07.81 N	124°	11.45 E	650	Site A	57.5	Piston coring

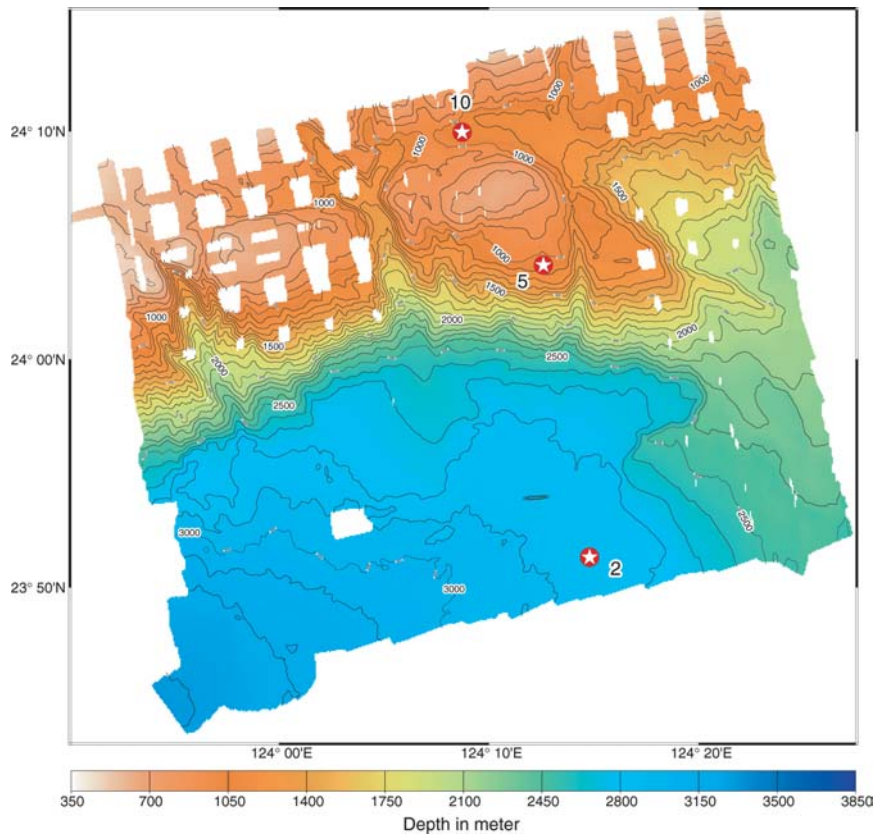


図2 黒島海丘周辺での採泥地点位置図.

Fig. 2 Location map of the piston coring sites.

事、産状観察や年代測定から炭酸塩岩形成が複数ステージにわたっている事などの、冷湧水に関わる諸現象が明らかとなりつつある。また、化学合成生態系や微生物学的調査も実施されている(例えば、藤倉ほか, 2003など)。

一方、これら炭酸塩岩類の炭素・酸素同位体比の検討の結果、ガスハイドレートの分解水が冷湧水形成に関与した事が示唆されている(武内ほか, 2001; Takeuchi et al., 2001

など)。ガスハイドレートは、水と主にメタンガスとから構成された氷状固体結晶であり、海洋の溶存炭素量の1/4以上を固定していると推定されている(例えば、松本, 1995)。このガスハイドレートは、自身の体積の約170倍ものメタンを保持し、かつ温度・圧力変化に敏感に応答し容易に分解することから、不安定な炭素リザーバーとして環境変動や炭素サイクル等の地球システムに多大な影響を与えていると

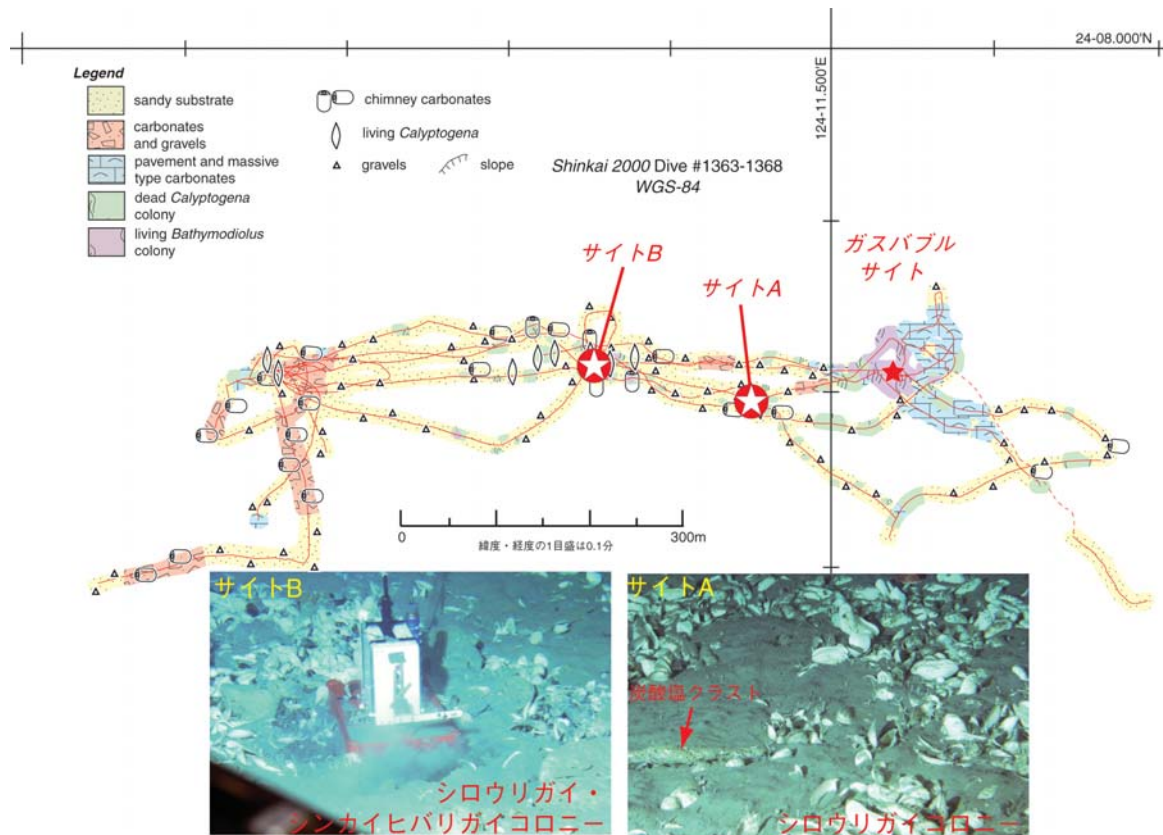


図3 黒島海丘頂部での採泥地点位置図。

Fig. 3 Location map of the piston coring sites at the top of the Kuroshima Knoll.

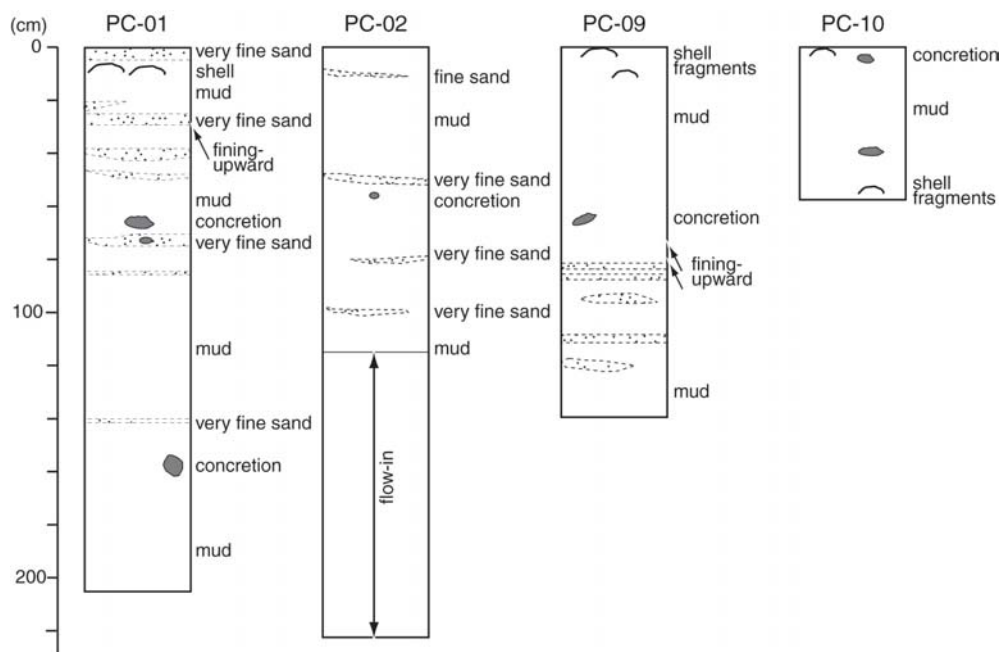


図4 サイトAで採取したコア試料の簡略化した柱状図。

Fig. 4 Simplified columnar sections at Site A.

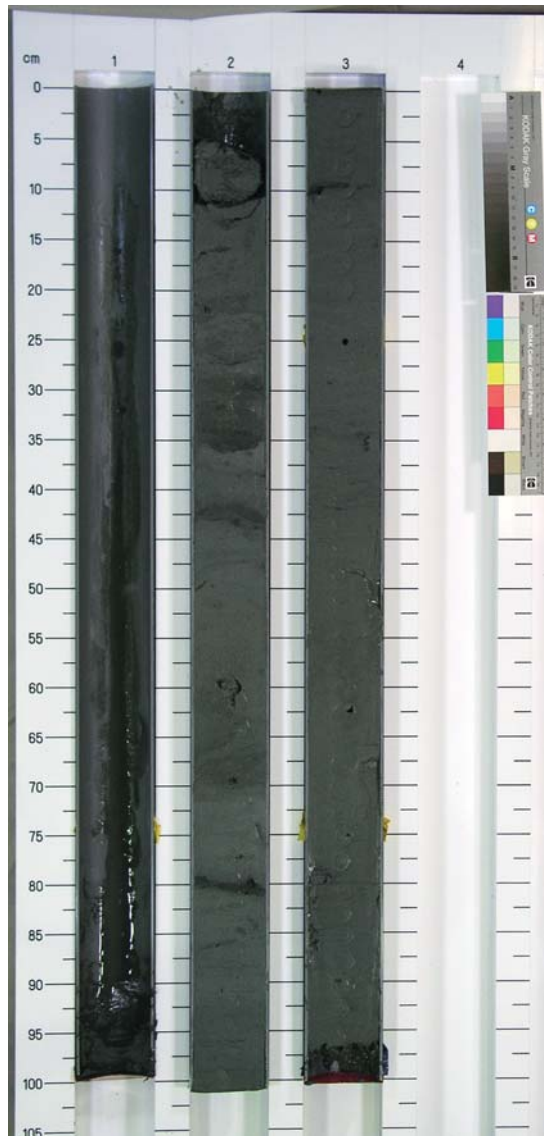


図5 サイトAで採取したPC-01コア試料の写真.
Fig. 5 Photograph of PC-01 core at Site A.

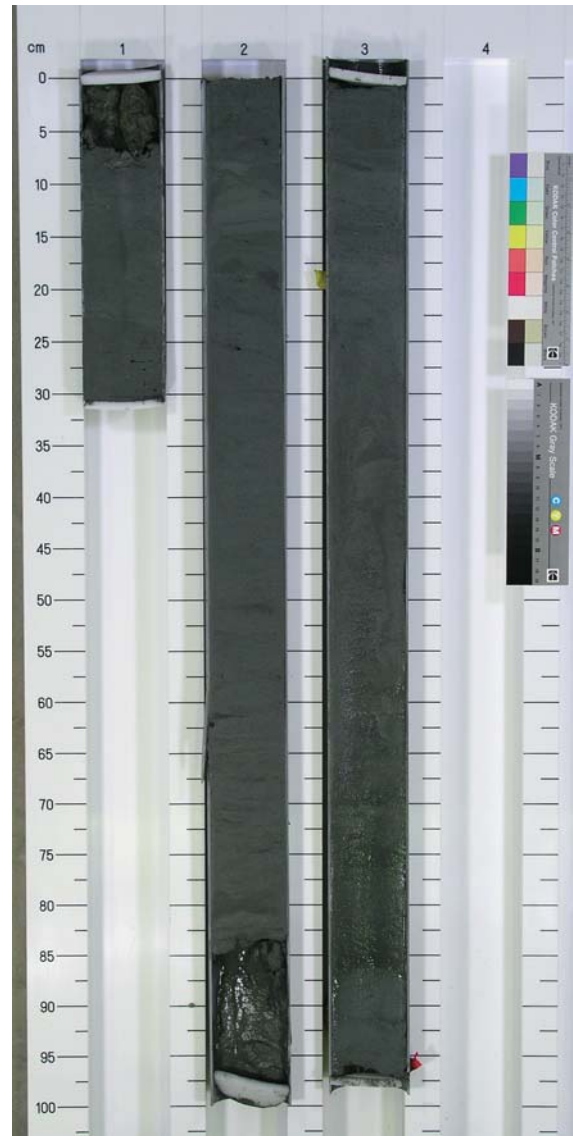


図6 サイトAで採取したPC-02コア試料の写真.
Fig. 6 Photograph of PC-02 core at Site A.

考えられている(例えば, 松本, 1995; Kennet *et al.*, 2000など)。したがって, ガスハイドレートの生成・分解に伴う諸現象の解明は, 地球表層環境変動の理解に重要な意義を持つ。とりわけ当該域は, ガスハイドレートの安定性(温度・圧力条件)が非常にセンシティブな場であるため, ハイドレートの分解現象解明には最適のフィールドの一つと考えられる。

本報告では, 黒島海丘周辺海域において, 平成15年8月18日~30日(那覇出港~センター着岸)にかけて実施された, 海洋調査船「かいよう」を使用したピストンコア・熱流量調査航海(「かいよう」KY03-09)の実施概要を報告する。本調査では, 八重山海盆から黒島海丘頂部を経て北方の海底谷に至る海域を対象に, 1) 冷水現象を理解するために必要な地球化学的データの取得, 2) 海丘周辺の熱構造を把握するための熱流量データの取得, ならびに3) 採泥試料の堆積学的・古地磁気学的・古生物学的・微生物学的検

討を通じた形成環境等の解明を目的とした。残念ながら, 近隣で発生した3つの台風による海況悪化のため, 実作業2日半という当初予定の1/3程度しか調査を実施できなかったが, グラブ採泥1回, ピストンコア採泥10回(うち, ヒートフローピストンコア採泥1回), 熱流量単独測定1回を, それぞれ実施した(表1)。

2. 採泥結果概要

上述した海況悪化のため, 黒島海丘の周囲では3地点(図2), 黒島海丘頂部の冷水水域では2地点(図3)の柱状採泥をそれぞれ実施したにとどまった。

使用したピストンコアラの鍾部は, 離合社製type 5182(円筒形, 全長180cm×中心部径70cm, 重量500kg)を用い, 天秤式トリガーの先端にユーイング型パイロットコアラを装着した。アウターパイプは, 全長6m, 外径89mm・肉厚

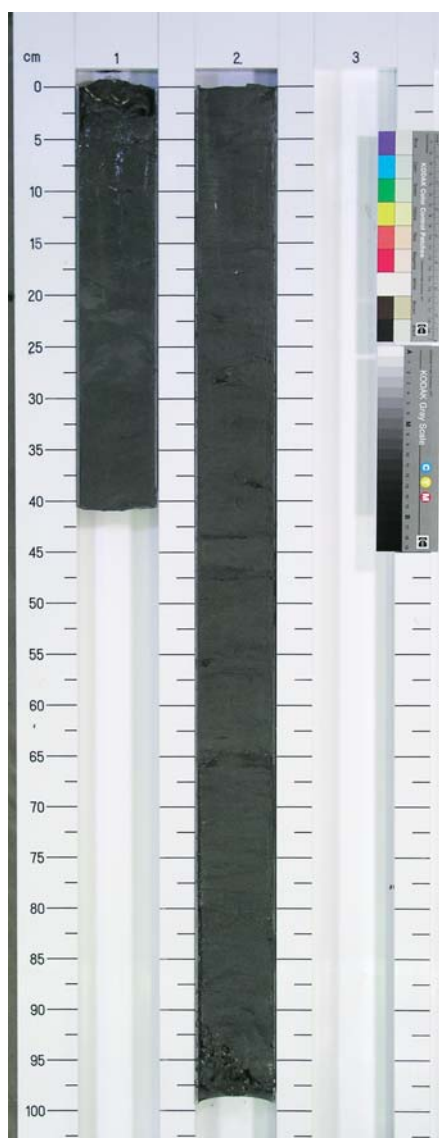


図7 サイトAで採取したPC-09コア試料の写真。
Fig. 7 Photograph of PC-09 core at Site A.

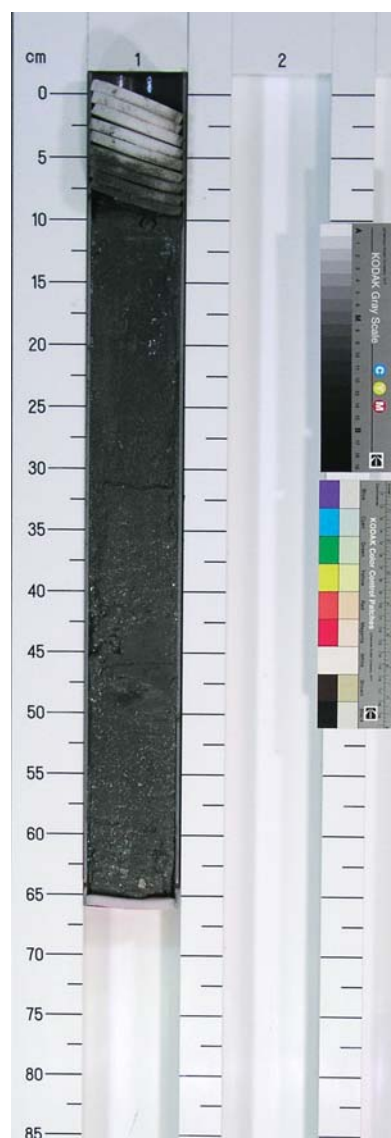


図8 サイトAで採取したPC-10コア試料の写真。
Fig. 8 Photograph of PC-10 core at Site A.

4mmのステンレス製のものを、また、インナーパイプは外径7mm・肉厚2mmの塩化ビニール製を使用した。なお、ピストンコアラーのフリーフォールは5mに設定した。ピンポイントで着底予定地点に貫入させる必要があったため、天秤上部から50m上にトランスポンダ (XT-6000, RX: 6.5 (13.0), TX: 14.0 (14.0)) を取り付け、SSBL方式によってピストンコアラーを誘導した。

グラブサンプラーは、離合社製「天秤式グラブ採泥器」(材質: SUS304, 総重量: 190kg, 採取面積: 40cm×40cm) を用い、天秤式トリガーの先端にパイロット用重錘 (20kg) を装着して使用した。なお、天秤と観測ワイヤーとの間に重錘 (50kg) × 2個を連結して取り付けた。

以下、サイトごとにまとめて報告する。なお、作業のまとめは表1に示した。

2.1. サイトA

本地点は、メタンガス噴出サイトの西方約140m付近の水深約650mに位置する(図3)。これまでの潜航調査の結果、全体的に凹地様の地形的特徴を持ち、白色を呈する新期のシロウリガイ死貝コロニー (規模は数10cm～2m程度) が数10mの範囲に散在しており、まれではあるが10個体以上の生貝が生息している箇所 (バクテリアマットも散見される) も認められる事が明らかとなっている (町山ほか, 2003)。また、シンカイヒバリガイの生貝もわずかではあるが認められ、断続的なメタンガスバブルも観察されている。

本地点では、グラブ採泥1回、ピストンコア採泥4回、熱流量単独測定1回を実施した(表1)。このうちグラブ採泥では、表層の炭酸塩岩の中礫を採取したのみである。以下、採取したコア試料について記述する。なお、熱流量測定結果については後述する。

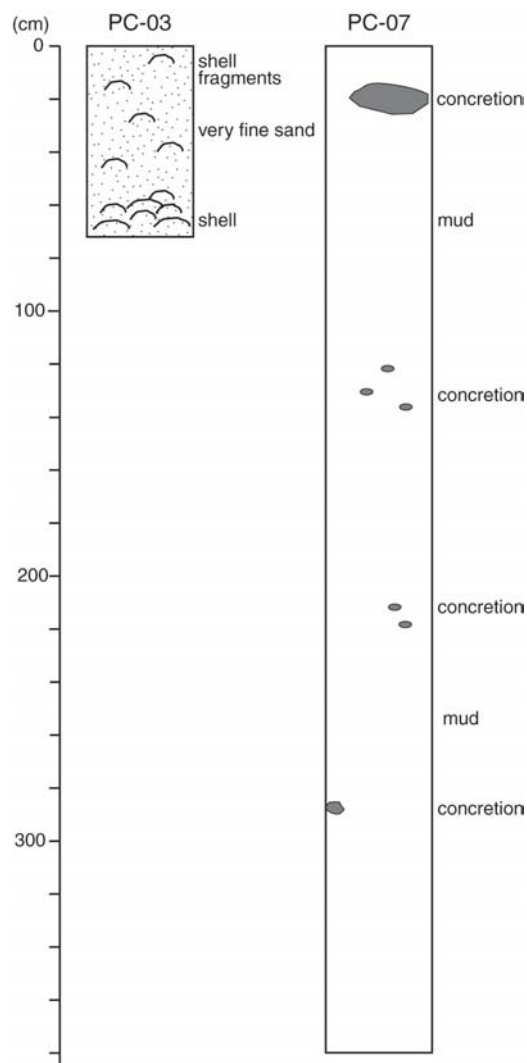


図9 サイトBで採取したコア試料の簡略化した柱状図。

Fig. 9 Simplified columnar sections at Site B.

PC-01 (図4・5)：暗緑灰色～暗オリーブ灰色を呈する泥から主に構成され、シロウリガイ殻片を含む最上部と上部の数層準に極細流砂の薄層・パッチを挟在する。海底下約40cm付近では極細流砂から泥に至る上方細粒化が認められる。またコンクリーションが3層準から産する。

PC-02 (図4・6)：緑灰色～灰色を呈する泥から主に構成され、最上部にはシロウリガイ殻片や炭酸塩岩礫が含まれる。また頻繁に極細粒の薄層・パッチを挟在する。全体に生物擾乱が認められ、一部に生痕も観察された。なお、海底下115cmより下位はフローインであった。

PC-09 (図4・7)：暗緑灰色～暗オリーブ灰色を呈する泥から主に構成される。最上部にはシロウリガイ殻片が、また全体に極細流砂の薄層・レンズ状パッチが認められる(海底下80～90cm付近の極細粒砂の薄層は上方細粒化を示す)。海底下約70cm付近にはコンクリーションが産する。コア全体に生痕や生物擾乱が発達している。

PC-10 (図4・8)：暗緑灰色を呈する泥から主に構成され



図10 サイトBで採取したPC-03コア試料の写真。

Fig. 10 Photograph of PC-03 core at Site B.

る。コア全体にシロウリガイ殻片が散在しているが、特に最上部と下部には比較的多い。またコンクリーションも散在している。コア底部では、コンクリーションとともにシンカイヒバリガイ類殻が共産した。なお、コア全体に生痕や生物擾乱が発達している。

本地点のコアの泥中には、有孔虫類が普遍的に認められる。また全般に生物擾乱が発達している。なお、いずれのコアも硫化水素臭を有している。

2.2. サイトB

本地点は、メタンガス噴出サイト西方約300m付近の水深約650mに位置する(図3)。これまでの潜航調査の結果、現在も生きているシロウリガイ・シンカイヒバリガイ類、ならびにバクテリアマット(縁辺部)からなるコロニー(2～3m規模)が分布する事が明らかとなっている(町山ほか, 2003)。ま

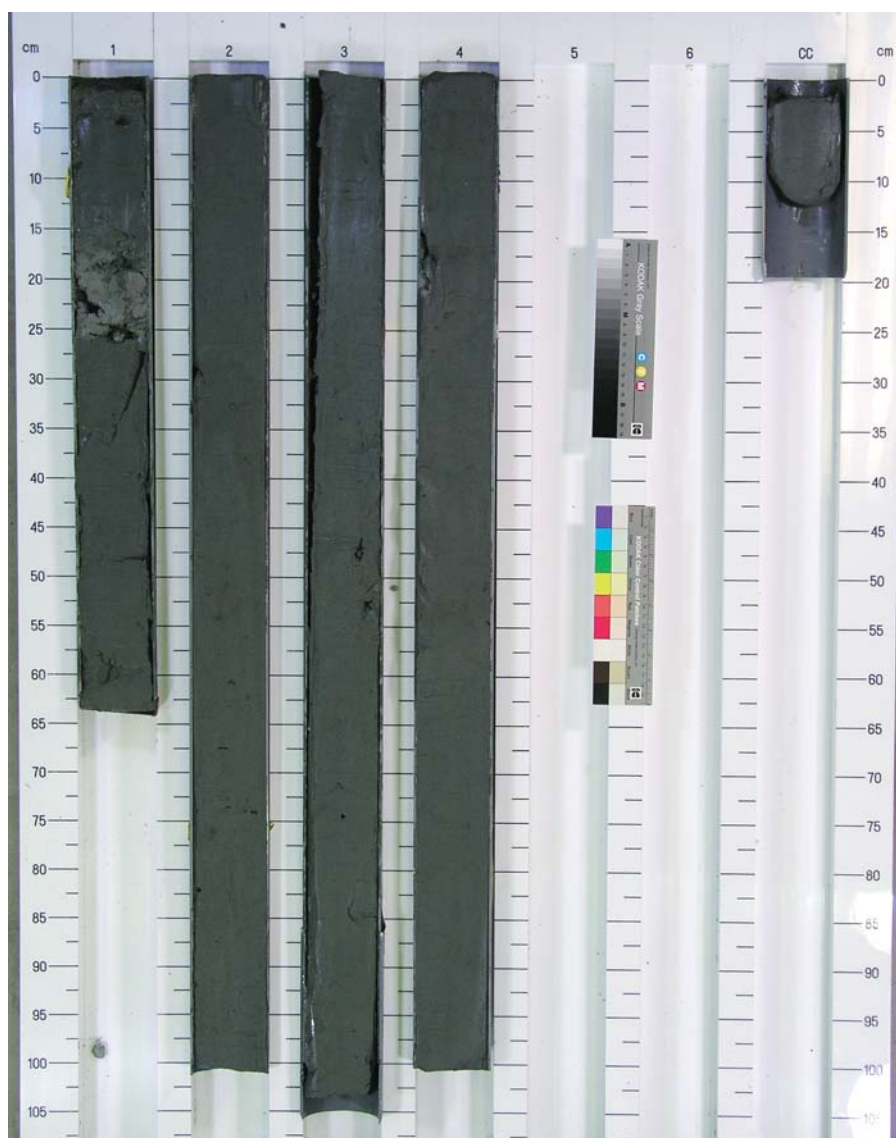


図11 サイトBで採取したPC-07コア試料の写真.

Fig. 11 Photograph of PC-07 core at Site B.

た、弱いものの複数箇所にはガス噴出が認められている。サイトB付近にはしばしば生きているコロニー群が分布しており、西方には同様な構成生物からなるコロニーが、また東方の2ヶ所ではシンカイヒバリガイ類の小コロニーの存在が確認されている(このうち1ヶ所では、わずかではあるが2地点より継続的なガスバブルが観察されている)。

本地点では、ピストンコア採泥2回を実施した(表1)。以下、採取したコア試料について記述する。

PC-03(図9・10)：本コアは表層72cmが採取された。コアの擾乱があるが、全体に暗緑灰色～灰オリーブ色を呈する極細粒砂(ビスケット状)から構成される。シロウリガイ・シンカイヒバリガイ類・巻貝の貝殻片が多数含まれる。コア基部には、原形を保持した貝殻が密集する産状が認められる。

PC-07(図9・11)：暗緑灰色を呈する泥から主に構成される。コンクリーションが数層準にわたり散在しており、特に

海底下20～25cmには比較的大きなものが認められた。また、コア全体に生痕や生物擾乱が発達している。

両コア中には有孔虫類の散在が観察され、またPC-03は硫化水素臭を有している。

2.3. サイト2

サイト2は、黒島海丘南方の水深約2850～2860m付近の八重山海盆に位置する。本地点では、ピストンコア採泥2回(うち、PC-04は熱流量の同時測定も行った)を実施した(表1)。以下、採取したコア試料について記述する。

PC-04(図12・13)：コア全体は生物擾乱の発達する泥より主に構成される。海底下40cmまでは酸化したオリーブ黄色～黄褐色を呈し、その直下10cmインターバルはオリーブ灰色を呈する。またその下位は暗オリーブ灰色～暗緑灰色を呈する。海底下21～23cmおよび173～178cmの層準には、

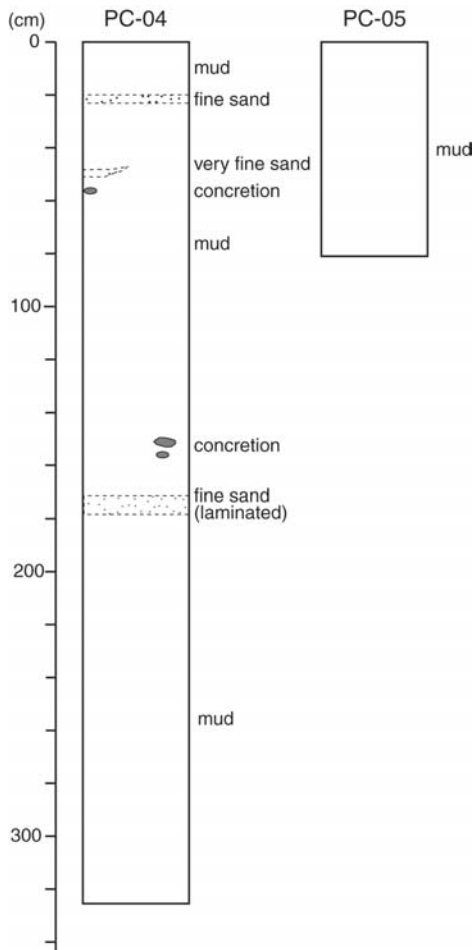


図12 サイト2で採取したコア試料の簡略化した柱状図.

Fig. 12 Simplified columnar sections at Site 2.

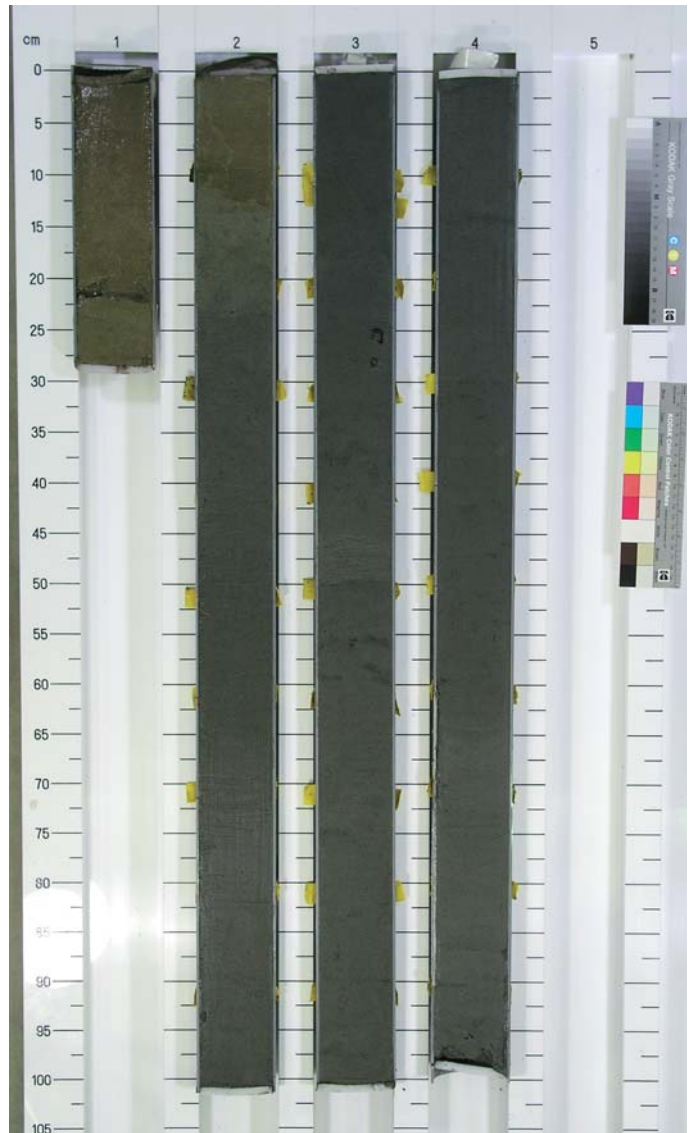


図13 サイト2で採取したPC-04コア試料の写真.

Fig. 13 Photograph of PC-04 core at Site 2.

浮遊性有孔虫類殻が多数含まれる細粒砂層が挟在されており、後者には平行葉理が発達する。海底下56cmと155cm付近にはコンクリーションが認められる。

PC-05(図12・14):コア全体は生物擾乱の発達する泥より主に構成される。海底下10cmまでは酸化した灰オリーブ色～灰色を呈し、その下位は暗オリーブ灰色～灰色を呈する。

2.4. サイト5および10

サイト5(PC-06)は黒島海丘南側斜面上部の水深約1040m付近に位置する。サイト10(PC-08)は黒島海丘北側の海底谷付近(水深約1070m)に位置する。各サイトでそれぞれ1回のピストンコア採泥を実施し、いずれも炭酸塩堆積物が採取された(表1)。以下、採取したコア試料について記述する。

PC-06(図15・16):灰色～灰黄色を呈する、未固結の淘

汰度の良い中粒～粗粒の浮遊性有孔虫類から構成される炭酸塩砂(unlithified foraminiferal packstone)を主体とする。コア全体にわたり生物擾乱が発達しており、粗粒堆積物(粗粒～細礫サイズの翼足類殻片等の生物骨格片)で充填されたパッチ状の生痕が多数認められる。生物骨格としては、翼足類殻・浮遊性ならびに底生有孔虫類・棘皮類棘などが含まれる。海底下88cm～101cm, 105cm～121cmおよび140cm～146cmの層準には、浸食面を介して、灰白色を呈する細～中礫サイズの翼足類殻片から主に構成されるrudstone(pteropod rudstone with coarse- to medium-grained foraminiferal packstone matrix)が発達する。これらは上方細粒化をし有孔虫砂に漸移する。rudstone中には、二枚貝殻や巻貝片が多数含まれており、一部には軽石片も含まれる。

PC-08(図15・17):浅黄色を呈する炭酸塩砂～礫より構成される。含水していたため、コア揚収後に著しい擾乱を

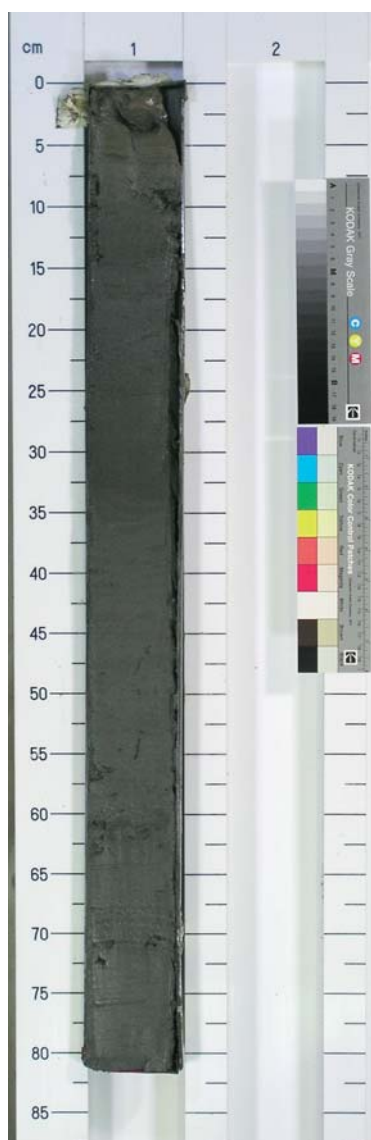


図14 サイト2で採取したPC-05コア試料の写真。
Fig. 14 Photograph of PC-05 core at Site 2.

被った結果、本来のサクセッションは保持していないと推定される。コア上部60cmまでは、深度方向に細粒砂から粗粒砂に至る有孔虫砂 (unlithified foraminiferal packstone) から構成される。下部は、中礫サイズの生物骨格片を含むrudstone (unlithified rudstone with medium-grained foraminiferal packstone matrix) から構成される。含まれる粗粒生物骨格片としては、大型有孔虫を多数含む浅海棲底生有孔虫類、浮遊性有孔虫類、棘皮類棘、貝殻片、石灰藻類 (Halimeda 等)、ならびにコケムシが主である。

2.5. コア試料岩相の予察的検討

PC-07を除くサイトAならびにサイトBのコアは、いずれも硫化水素臭を有し、シロウリガイ殻片や炭酸塩コンクリーションを含むことから、冷湧水域近傍から採取されたと結論できる。一方、PC-07中にはコンクリーションが含まれるもの

の、シロウリガイ等の化学合成生物遺骸は含まれていない。このことから、本コアは冷湧水域から離れた地点で採取されたものと推定される。黒島海丘頂部から採取されたコアは、有孔虫類を産し、多数の生物擾乱が発達しており、琉球弧の陸上に分布する島尻層群に類似した特徴を持っている。これまでの潜航調査から、海丘頂部に露出する砂岩・泥岩中の石灰質ナノ化石年代が沖縄本島の知念層に対比される年代 (1.0~1.5Ma) を示す事が報告されており (松本ほか, 1999)、本海域に分布する島尻層群の年代は琉球弧南部ではより新期まで及ぶ事になる。今後の石灰質ナノ化石・有孔虫化石年代の検討が待たれる。

八重山海盆のサイト2から得られたPC-04および05コアは、基本的に泥から構成されており、重力流堆積物を頻繁に挟在していない。したがって、本コア中には海洋環境の変遷が記録されていると考えられ、Ujiié et al. (1997) によって報告されている八重山諸島の島棚周辺のタービダイトコアとの比較検討が可能である。また最近、南西諸島東方での黒潮の分流が観測されている (Zhu et al., 2003)。東シナ海を流れる黒潮の約1/4が、八重山諸島の南東側を北上している可能性もあり、本コアの検討から、この分流の変遷を検出する事が可能かもしれない。

海丘南側斜面上部のサイト5から採取されたPC-06コアは、主に有孔虫砂から構成される炭酸塩堆積物からなる。この岩相はこれまでの潜航調査では報告されていない。また、コア中に挟在されるpteropod rudstoneは明らかな重力流堆積物であり、浅海棲の生物遺骸はほとんど含まれていない。宮古島西方海域における現世炭酸塩堆積物の検討から、浮遊性有孔虫砂質堆積物が水深約200m以深の島棚に広く分布している事が明らかとなっており、それらが速い潮流によって形成されている事が示されている (辻ほか, 1993; Tsuji, 1993)。したがって、本コアにおいてもそのような環境下で形成されたものと推察される。層位的には海丘頂部に分布する島尻層群の上位に位置しており、コア基底部の年代の検討が待たれる。

黒島海丘北側の海底谷付近のサイト10から採取されたPC-08コア中には、大型有孔虫を多数含む浅海棲底生有孔虫類や石灰藻類 (Halimeda等)、ならびにコケムシ・サンゴといった浅海域の生物骨格が多数含まれている。これら生物相はサイト5とは異なったものである。本コアは揚収後に著しい擾乱を被ったため、本来のサクセッションは保持していないが、少なくとも、海丘北側には石西礁湖を含む八重山諸島周辺のサンゴ礁域からの堆積物流入が生じている事が明らかとなった。

3. 熱流量測定結果概要

本航海では、黒島海丘周辺の熱構造を把握する目的で熱流量測定 (ピストンコア採泥との同時観測ならびに熱流量単独観測) を実施した。なお、上述した海況の悪化の影響のため、海丘頂部サイトAでの計測と海盆のサイト2での計測のみ行うに留まった (図2・3, 表1)。

熱流量の単独観測時においては、錘部 (円筒形、重量

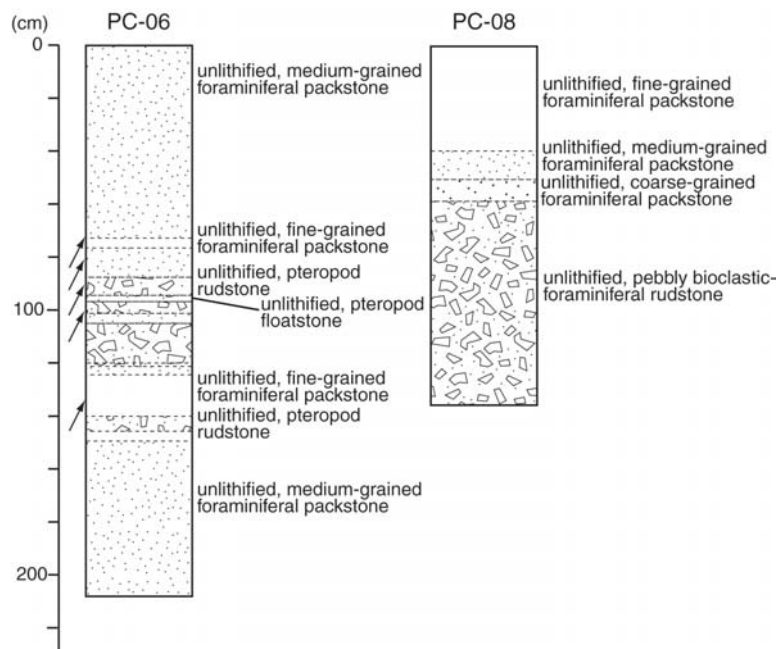


図15 サイト5・10で採取したコア試料の簡略化した柱状図。矢印は上方細粒化を示す。

Fig. 15 Simplified columnar sections at Site 5 and 10. Arrows indicate a normal grading.

800kg)と槍部(長さ3m)からなり、槍部にバイオリンボウ型のセンサー(全長:2.5m;温度センサー数:6)を配置した機器を使用した(図18)。ピストンコア採泥との同時観測時においては、ピストンコアラのアウトパイプにバイオリンボウ型のセンサー(全長:6.5m;温度センサー数:7)を配置したものを使用した。温度分解能は1/1000Kである。データロガー(海洋電子製)は錐部に装填され、音響信号(周波数:15kHz;計測間隔:30秒)により船上で傾斜角が把握できるようになっている。また、ピストンコアラと同様にピンポイントで着底・貫入させるため、錐部から50m上にトランスポンダ(XT-6000, RX:6.5(13.0), TX:14.0(14.0))を取り付け、SSBL方式によって熱流量単独観測時の機器を誘導した。また、ピストンコアラによる頂部でのコア採取時に海底付近の水温を計測するため、小型深海用温度計ANTARES Temperature Datalogger (ANTARES Datensysteme GmbH製)をコアラの錐部に取り付けての測定をPC-07(サイトB)で実施した。

以下、サイトAおよびサイト2での計測結果の概要を報告する。なお、これら計測結果の詳細、ならびにPC-02(サイトA)・PC-04(サイト2)ホールコアの熱伝導率測定やPC-07(サイトB)での水温測定結果については、機会を改めて別途報告する予定である。

3.1. サイトA(HF-01)

黒島海丘頂部のサイトAにおいて、熱流量単独観測を実施した。結果を図19に示す。なお、以下の作業手順で計測を行った。

1) 08:33・・・観測機器投入(図19中の①)

2) 09:01・・・海底50m直上にて水温測定(図19中の②)

3) 09:11・・・機器貫入後、横倒しになり失敗(図19中の③)

4) 09:22・・・再度50m引き上げ、姿勢安定後、水温測定(図19中の④)

5) 09:43・・・貫入後、20分間測定(図19中の⑤)

6) 10:05・・・観測機器引き上げ(図19中の⑥)

センサーは、上部ロガー側のセンサー1から槍部先端側のセンサー6までの6個設置したが、このうちセンサー5(ロガー側から槍部先端へ向けて5番目)は不具合が生じていたため検討から除外した。

第一回目の水温測定から貫入への過程(②→③)と第二回目の水温測定から貫入への過程(④→⑤)においては、海底直上50mから海底面上へ至る間に0.5K以上の温度低下がみられる。第一回目の貫入(③:横倒し状態)と第二回目の貫入(⑤)を比較すると、貫入・計測時(⑤)のセンサー3・4・6の温度は約0.3K低下している。これに対して、センサー1・2の温度は変動があるものの③とほぼ同程度である。したがって、堆積物中に貫入したのはセンサー3・4・6までで、上部のセンサー1・2は水温を測定していたと考えられる。

図20は、ある4つの時刻(図19中のT2・T3・T4・T5)での温度プロファイルをまとめたものである。本海域では、海底面と海底上50mとの温度差が約0.6Kと非常に大きい(②④と③⑤)。また、横倒し時の水温(③)と貫入時(⑤)を比較すると、センサー2の温度は等しいのに対して、センサー1の温度は貫入時の方が高くなっている。これは、海底直上の水温の鉛直勾配が極めて大きいことを示しているのかもしれない。

水温測定の区間(④)では、どのセンサーも同じような変



図16 サイト5で採取したPC-06コア試料の写真.

Fig. 16 Photograph of PC-06 core at Site 5.



図17 サイト10で採取したPC-08コア試料の写真.

Fig. 17 Photograph of PC-08 core at Site 10.

動を示しており、変動幅は最大で0.3Kを超える。貫入時(⑤)のセンサー1・2についても、この区間において最大約0.1Kの変動を示している。また、貫入時(⑤)のセンサー3・4・6は堆積物中の温度を計測しているが、海底面上の水温より約0.3K低い。これは、以前の海底水温が現在よりも低かったことを示唆している。このような水温変動に関しては、過去に長期観測されている水温データとの比較検討を要する(町山ほか, 2003)。

これらの結果から、海丘頂部では激しい水温変動が海底下の温度分布に多大な影響を及ぼしているものと考えられる。したがって、頂部海域での熱流量測定によって海丘頂部周辺の熱構造を把握する事は現時点では困難であり、今後は水温変動の影響を取り除くためのデータを取得するといった計測戦略を練る必要があろう。

3.2. サイト2(PC-04)

海盆域のサイト2において、ピストンコア採泥との同時観測を実施した。図21に観測結果を示す。温度センサーはピストンコアラの OUTER パイプに沿って7個設置したが、上部2個のセンサーは海底に貫入せず水温を計測したため、この値を除外して地温勾配の計算を行った結果、41mK/mという値を得た(図22)。本サイトにおいては良好な状態で観測を行えたと考えられる。これまでこのようなデータは黒島海丘を含めた周辺海域において取得されておらず、今後、このような観測点を増やすことが必要である。なお、熱伝導率測定結果を含めた詳細は別途報告する予定である。

4. おわりに

本報告は、平成15年度に実施された、海洋調査船「かい



図18 バイオリンボウ型の温度センサーを用いた熱流量測定機器の写真.

Fig. 18 Photograph of the heat flow equipment with a violin-bow type temperature probe.

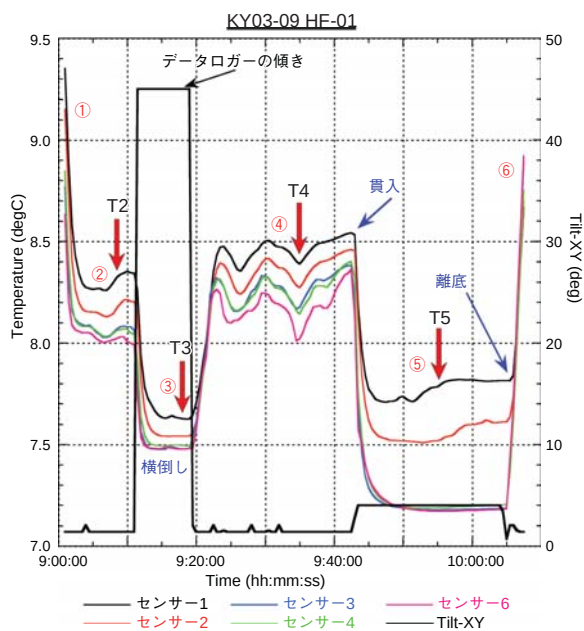


図19 HF-01 (サイトA)で測定された温度記録. 詳細は本文参照.
Fig. 19 Temperature records measured at Site A (HF-01).

よう」を使用した調査航海 (KY03-09) のクルーズレポートを基にまとめたものである。この航海で得られた採泥試料については、堆積学的・古地磁気学的検討や地球化学的検討のほか、浮遊性・底生有孔虫や石灰質ナノ化石による古生物学的検討、微生物学的検討が行われる。これらの成果は、順次、学会や論文等で報告される予定である。

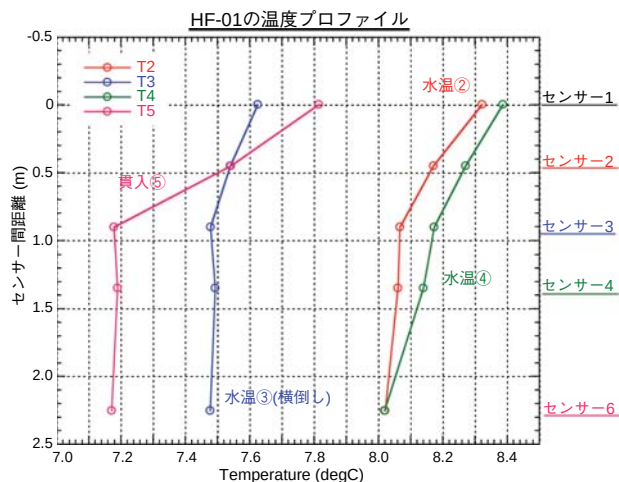


図20 HF-01 (サイトA)における温度プロファイル. T2・T3・T4・T5は図19に示した. 詳細は本文参照.

Fig. 20 Temperature profiles obtained at Site A (HF-01). T2, T3, T4, and T5 are shown in Fig. 19.

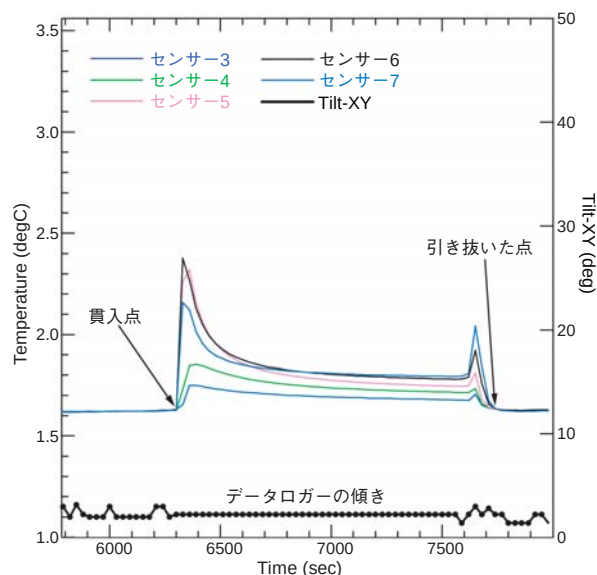


図21 PC-04 (サイト2)で測定された温度記録.
Fig. 21 Temperature records measured at Site 2 (PC-04).

最後に、本調査航海は、石田貞夫船長をはじめとする「かいよう」乗組員の方々、ならびに採泥作業を支援して下さい (株) マリンワークジャパンの小泉 透・前田玲奈・荒木佐和子・吉田和弘の各氏の多大なご協力により成り立ったものである。また、海洋科学技術センター研究業務部の方々をはじめとする関係諸氏には航海前後を含めてご支援を賜った。一同心より感謝を申し上げる次第である。なお、本研究には町山栄章に交付された平成15年度日本学術振興会科学研究費 (課題番号14740296) の一部を使用した。

引用文献

藤倉克則・青木美澄・藤原義弘・一林信亮・今村牧子・石

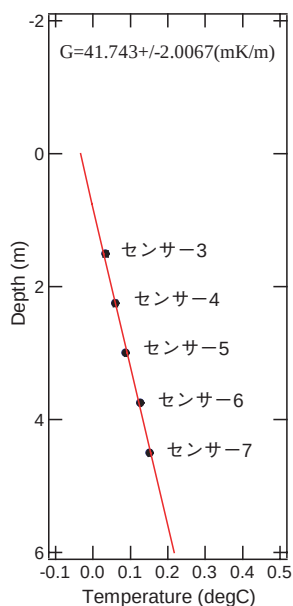


図22 PC-04(サイト2)における堆積物中の温度プロファイル。
Fig. 22 Temperature profile in sediment obtained at Site 2 (PC-04).

橋純一郎・岩瀬良一・加藤憲二・小坂紋子・町山栄章・三宅裕志・宮崎淳一・溝田智俊・森本祐介・長沼毅・中山典子・岡本和洋・大越健嗣・大越和加・奥谷喬司・佐藤知子・Laszlo G. Toth・土田真二・角皆 潤・若松弥記・渡部裕美・山中寿朗・山本啓之,「しんかい2000システム」による南西諸島海域鳩間海丘・黒島海丘の化学合成生態系調査(生物・地球化学統合調査), JAMSTEC深海研究, 22 (2003).

Kennet, J.P., Cannariato, K.G., Hendy, I.L., and Behl, R.J., Carbon isotopic evidence for methane hydrate instability during Quaternary interstadials, *Science*, 288, 128-133 (2000).

町山栄章・新城竜一・服部陸男・岡野真治・松本 剛・木村政昭・中村 衛・當山元進・岡田卓也, "Dolphin-3K 南沖縄トラフ・黒島海丘潜航調査(NT00-05航海)の概要", JAMSTEC深海研究, 18, 15-30 (2001a).

町山栄章・松本 剛・松本 良・服部陸男・岡野真治・岩瀬良一・戸丸 仁, しんかい2000黒島海丘潜航調査(NT01-05 Leg 1航海)の概要. JAMSTEC深海研究, 19, 45-60 (2001b).

町山栄章・岩瀬良一・Kevin M. Brown・松本 良・牧 陽之助・中山典子・小坂紋子・藤倉克則・三宅裕志・奥谷喬司・長沼 毅・渡部裕美・荻原成騎・武内里香・ロバートジェンキンズ・陳 毅風・青木美澄・今村牧子・徐 垣,「しんかい2000」黒島海丘調査潜航(NT02-

07&08地質系潜航調査)と海底長期計測の概要, JAMSTEC深海研究, 22, 199-210 (2003).

松本 良, 炭酸塩の $\delta^{13}\text{C}$ 異常の要因と新しいパラダイム「ガスハイドレート仮説」, 地質学雑誌, 101, 902-924 (1995).

松本 剛・木村政昭・西田史朗・中村俊夫・小野朋典, "八重山南岸沖の黒島海丘で発見された化学合成生物群集と海底表面の破碎について(NT97-14次航海)", JAMSTEC深海研究, 14, 477-491 (1999).

松本 剛・上地千春・木村政昭, "南西諸島宮古・八重山沖海域精密調査より求められた1771八重山地震津波波源での変動現象", JAMSTEC深海研究, 13, 535-561 (1997).

Seno, T., Stein, S., and Gripp, A.E., A model for the motion of the Philippine Sea plate consistent with NUVEL-1 and geologic data, *Jour. Geophys. Res.*, 98, 17,941-17,948 (1993).

新城竜一・町山栄章・牧 陽之助・本山 功・當山元進・外窪周子・鍾 孫霖, 沖縄トラフ西端部と黒島海丘での潜航調査概要-「しんかい2000」NT00-06 Leg 1航海-, JAMSTEC深海研究, 19, 109-121(2001).

武内里香・町山栄章・松本 良, メタンハイドレートの分解に起因する炭酸塩類形成-黒島海丘における冷湧水炭酸塩類を例として-. 堆積学研究, 53, 77-80 (2001).

Takeuchi, R., Machiyama, H., and Matsumoto, R., The formation process of the cold seep carbonates at the Kuroshima Knoll, *JAMSTEC J. Deep Sea Res.*, 19, 61-75 (2001).

辻 喜弘・須内寿男・山村恒夫・古田土俊夫・結城智也・岩本 博, 琉球列島宮古島西方海域の現世炭酸塩堆積物とその石油地質学的意義, 石油公団石油開発技術センター研究報告, 24, 55-77 (1993).

Tsuji, Y., Tide influenced high energy environments and rhodolith-associated carbonate deposition on the outer shelf and slope off the Miyako Islands, southern Ryukyu Island Arc, Japan, *Marine Geol.*, 113, 255-271 (1993).

Ujiié, H., Nakamura, T., Miyamoto, Y., Park, J.-O., Hyun, S., and Oyakawa, T., Holocene turbidite cores from the southern Ryukyu Trench slope: suggestions of periodic earthquakes, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 103, 590-603 (1997).

Zhu, X.-H., Han, I.-S., Park, J.-H., Ichikawa, H., Murakami, K., Kaneko, A., and Ostrovskii, A., The Northeastward current southeast of Okinawa Island observed during November 2000 to August 2001, *Geophys. Res. Lett.*, 30(2), 1071 (2003).

(原稿受理:平成16年1月16日)