

海洋放射線測定, 1998, 1999年度の成果

服部 陸男^{*1} 岡野 眞治^{*1}

この報告は、主として1998, 1999年度の潜水調査船, 無人潜水機による海底 γ 線計測の成果とこれまでの調査について述べたものである。我が国周辺海域では, 男鹿半島沖, 礼文島沖, 忍路海山, 渡島大島から奥尻海嶺, 道東沖, 釜石沖で冷湧水環境の存在を示唆する γ 線計測値を得た。南西諸島海域石垣島南東の黒島海丘, パプア, ニューギニア, シッサノラグーン沖の計測では, 主としてトリウム系列の放射性核種の濃度が大きい(30-45 ppm)ことが最近に活動した, 活断層か地回り堆積物の存在を示唆することを示した。熱水活動域での計測では, 明神海丘で, 1299 cps, 石垣島北西沖の鳩間海丘, 石垣海丘群が1775から5609 cpsと言う高い γ 線強度を示した。また, MODE'98による大西洋中央海嶺, 南西インド洋海嶺3重点付近では, 熱水活動が活発な海域を指摘し, 特にインド洋では, トリウム系列の放射性核種に富み, 461潜航では, 強度が66 cpsの時最大33 ppmに達することを見いだした。

キーワード: 海底 γ 線計測, NaI(Tl), 熱水域, 冷湧水域, γ 線強度

Results of sea bottom gamma ray survey in 1998 and 1999

Mutsuo HATTORI^{*2} Masaharu OKANO^{*2}

The paper describes about results of sea bottom gamma ray survey using manned and unmanned submersibles, especially the results in 1998 and 1999. Cold water seep areas are recognized by their gamma ray intensity and contents of radionuclides. they are off Oga peninsula, off Rebun Isl., Oshoro sea mount, Toshimaohshima, Okujiri ridge, Hiroo canyon off east Hokkaido and off Kamaishi, Sanriku. It is suggested that Th-series rich sediments are distributed around recently activated active fault and landslide such as Kuroshima knoll and off Sissano lagoon, PNG. High values of gamma ray intensity are recognized at Myojin knoll (1299 cps), and Hatoma knoll (1775 cps) and Ishigaki knolls (5609 cps), NW off Ishigaki Isl. Measurement of Mid-oceanic ridges are carried out under the program of MODE'98. It is clarified that the most active area of thermal vent in the area studied and that southwest Indian Ocean around triple junction of ridges are dominant in Th-series radionuclides. The maximum value of Th-series contents of 33 ppm are found at dive 461, when the intensity is 66 cps.

Key words : sea bottom gamma ray measurement, NaI(Tl), active thermal area, cold seep area, gamma ray intensity

* 1 海洋科学技術センター深海研究部

* 2 Deep Sea Research Department JAMSTEC

1. はじめに

海洋科学技術センターでは、1996年より「しんかい2000」、1998年より「しんかい6500」に γ 線センサ (NaI (TI) シンチレーションスペクトルメータ)をほとんど常時装備し、定期的にデータを収録している。さらに、1997年より無人潜水機「ドルフィン-3K」の機体の前後にそれぞれ1台のセンサを搭載した、デュアルシステムによる計測も開始した。取得したデータの解析により、全計数率 (cps (counts per sec.) 放射線強度)、カリウム、ウラン系列、トリウム系列の放射性核種の濃度が計算される。

1998年、1999年に測定が行われた海域のうち、初めて測定が行われた海域や特に注目すべきデータの得られた海域について、データ処理・解析した結果を報告する。それらは、

熱水海域：伊平屋海嶺群、石垣、鳩間海丘群、明神海丘
冷水海域：黒島海丘、パプアニューギニアのシッサノラグーン海域

「しんかい6500」によるMODE 98調査海域のうち大西洋中央海嶺、インド洋(マダガスカル東方、南西インド洋海嶺3重会合点付近)等である。

海底 γ 線の測定は、筆者等が乗船している時は、センサの着底状況や出来るだけ着底する事等に注意して潜水船、「ドルフィン-3K」の運用をお願いしている。しかし、これまでのほとんどの調査は、当然であるが、乗船研究者の計画に従って着底等を行うため、各潜航調査での計測値が必ずしも潜航地点付近の代表的な値を示すとは限らない。海底での γ 線測定は、水中では γ 線の減衰が大きいので、必ず着底して3分間以上測定するようにしている。潜航研究者にお願いしたいことは、出来るだけ確実に着底して頂きたいことである。また、これまでの測定データを近日中にホームページで公開することを計画しており、データを利用される研究者にも上記の事情をご理解頂きたい。

2. 日本周辺海域海底 γ 線強度、核種濃度分布

2.1 全体概要

日本周辺海域の特徴的な海域は、「しんかい2000」、「ドルフィン-3K」によりこれまでに計測され、データ解析された海域の γ 線強度の分布図(服部・岡野、1998)から把握出来る。今年度は、これらに加え「しんかい6500」による日本海東縁、三陸沖日本海溝周辺、「しんかい2000」による北海道、道東沖(広尾海底谷)のデータが加わった。これらのデータを加えた日本周辺海域の γ 線強度分布図を図1に示す。以下各海域の概要を述べる。

日本海は、主要な潜航結果を図2に示す。潜航番号875が渡島大島沖、876が男鹿沖、877が佐渡海嶺、878-880が富山市沖、964-966が経ヶ岬北北西沖、967、968が渡島大島沖、969が奥尻沖、1038が忍路海山、1039が礼文島西方、1040忍路海山南方、1041が神居トラフ、1042、1043が男鹿半島沖、1118が富山湾図、1120が富山市沖、1121が奥尻東方、1123が茂津多海脚西方、D6KD480-486は松

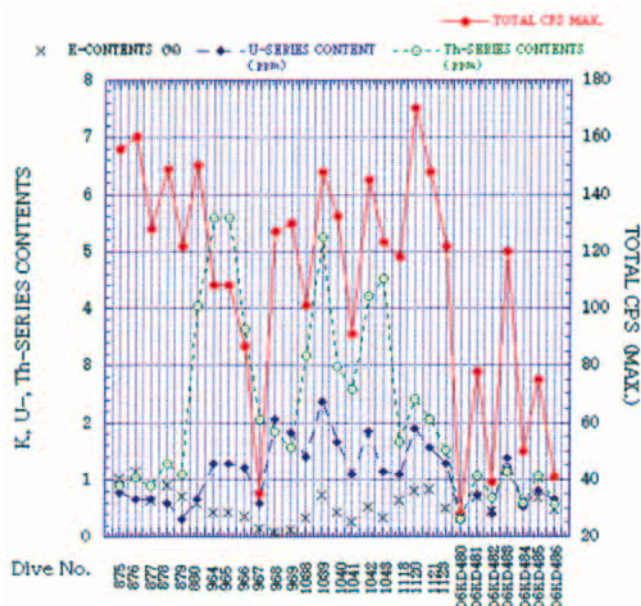


図2 日本海の γ 線強度、核種濃度

Fig. 2 Gamma ray intensity and contents of radionuclids in Japan sea.

前、奥尻、後志沖水深約2800-3700 mである。富山市沖や、富山湾内で比較的高強度(120 - 170 cps)で、トリウム系列の核種の濃度が1 - 4 ppmと比較的高い値を示す。これは海域の底質が形成された地質の特徴を示すようである。経ヶ岬北北西沖は、3.6 - 5.6 ppmと言う日本海では高いトリウム-系列濃度を示し、断層等の存在が予想できる。男鹿半島沖では、ウラン-系列濃度1.2 - 1.8 ppm、トリウム-系列濃度4.2 - 4.5 ppm、強度は、123 - 145 cpsで冷水環境の存在を示差する。礼文島沖(1039 潜航)、忍路海山(1038 潜航)も同様に冷水環境の存在を示差する。なお、「しんかい2000」の968-970潜航、渡島大島から奥尻海嶺では、データは示さないが、冷水湧出海域の特徴を持っている。

道東沖(深部)から三陸沖にかけては、これまでほとんど計測が行われなかった。1999年度は、道東沖の広尾海底谷から三陸沖にかけて「しんかい2000」、「ドルフィン-3K」、「しんかい6500」による計測を行うことが出来た。ただし、「しんかい6500」の計測に関しては、ほとんど着底しないで、調査が行われたようで、またデータのクオリティも悪く、図3に示すように海底のデータはほとんど取得できていない。広尾海底谷は、潜航番号1126-1129であるが、シロウリガイ等の独立栄養動物群集を伴う冷水湧出環境を示しており(橋本ほか、1998)、相模湾の冷水環境とほとんど同等の γ 線計測値を示す。「ドルフィン-3K」の三陸沖での計測は、ODP、LEG 186の掘削孔内に設置した地殻ひずみ計等を設定する作業に便乗したが、掘削孔付近で、比較的高い5.6 - 8.5 ppmというトリ

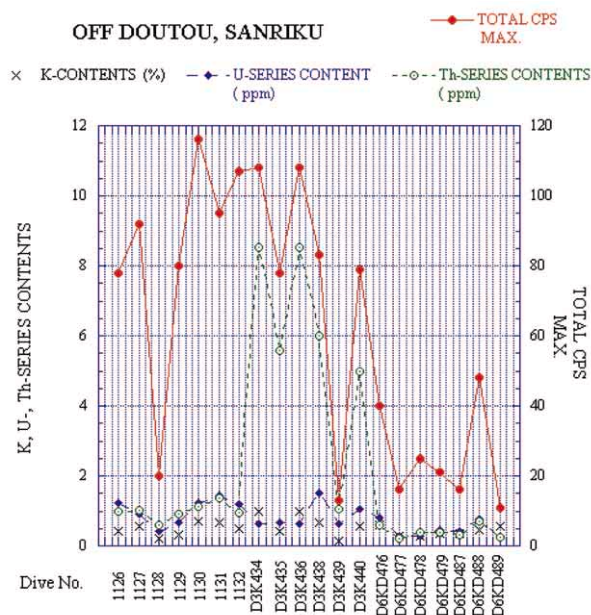


図3 道東沖(広尾海底谷)三陸沖のγ線強度, 核種濃度
Fig. 3 Gamma ray intensity and contents of radionuclids off East Hokkaido (Hiroo canyon) and off Sanriku.

ウム-系列の濃度を示した。これは掘削孔付近で海水の湧出があることを示唆している。D6KD476-D6KD489は「しんかい6500」による三陸沖日本海溝水深約5200-6500 mであるがこのデータで見る限り特に活発な冷湧水の湧出地点での計測は行っていない様である。

その他の独立栄養動物群集を伴う冷湧水湧出環境は、東部南海トラフ、西表島、喜界島沖、黒島海丘等である。図4に西表島、喜界島沖のγ線強度, 核種濃度のグラフを示す。喜界島沖では冷湧水環境を示す動物群集の存在が報告されている(塚原ほか, 1998)。図4に示す多くの潜航で冷湧水の湧出を指示するデータが得られているのが判る。図5に黒島海丘の、「しんかい2000」と「ドルフィン-3K」による計測結果のグラフを示す。「ドルフィン-3K」は、機体の前部と後部にそれぞれ1台の3.5インチ球形、NAI(Tl) センサを搭載しているデュアルシステムで計測を行った。この海域の特徴は、独立栄養動物群集を伴う冷湧水湧出環境を示すほか、堆積物が地這りで形成されたと言う特徴を有する(松本ほか, 1998)。γ線の核種の濃度も特異的で、「ドルフィン-3K」による測定によると、海底土に埋まっている前部センサは、ウラン-系列、海底からわずかに離れている後部センサはトリウム-系列の核種の濃度が高いことを示している。相模湾で、早くからシロウリガイ群生地の上に着底するとき、着底寸前にトリウム-系列の濃度が上がり、着底するとウラン-系列の濃度が上がる現象が認められていた。これは、ウ

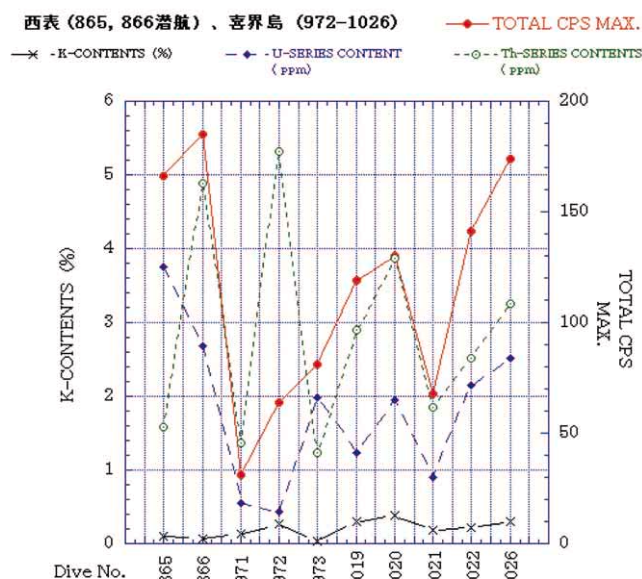


図4 西表島, 喜界島沖のγ線強度, 核種濃度, γ線強度。放射性核種濃度も冷湧水環境を示唆する。
Fig. 4 Gamma ray intensity and contents of radionuclids off Iriomote and Kikai Is. Intensities of gamma ray and contents of radionuclids suggest cold seep environment.

ラン-系列の核種は、水に溶けやすく、トリウム-系列の核種は懸濁物に吸着し易いことで説明できそうである。恐らく、ラドンの子孫核種であるラジウムやビスマスは、海底堆積物表層近くの間隙水中には多く存在し、水中では早く拡散する、一方トリウム-系列の核種は、懸濁物に付着して、底層近くに比較的長い時間滞留すると思われる。冷湧水海域としては、ウラン-系列あるいはトリウム-系列の濃度が異常に高いことは、後述する、パプアニューギニア沖シッサノラグーン沖(PNG, SISSANO LAGOON)でも認められ、最近に地這りで形成された堆積物の縁辺部か活断層の位置で測定したと推定出来る。

次に熱水環境として、海嶺系の概要を示す。図6に七島一硫黄島海嶺群と西七島海嶺群の海丘の概要を示す。図6で判るように、天保、水曜、明神、安永の海山、海丘がこの海域では比較的強いγ線強度を示す。特に明神海丘には、最近この海域では最も高強度の場所があることが判った。しかし、初期の頃の潜航では、他の海山とあまり変わらないγ線強度を示しており、調査が行われるにつれ、高強度の場所が見つかるにつれ、高強度の場所が見つかる可能性はあるかもしれない。マリアナ海域は、「しんかい2000」と「ドルフィン-3K」で調査されている。図7に調査結果の概要を示す。この海域では、北日吉海山が最も強度が高く、γ線強度282 cps, ウラン-系列濃度11.35 ppmを示す。南硫黄島南方、「しんかい2000」982潜航で、171 cps,

黒島海丘, 「しんかい2000」と「ドルフィン-3K」の潜航

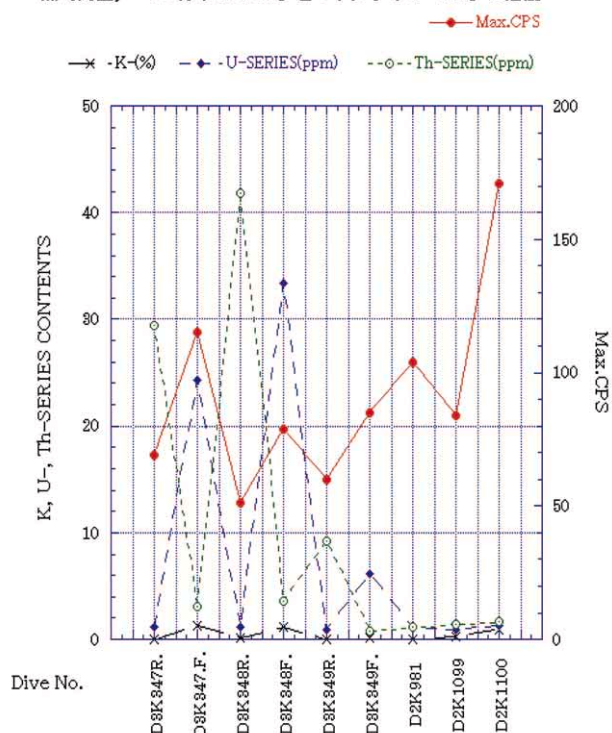


図5 黒島海丘における9回の潜航の γ 線強度, 核種濃度, D3k347と348潜航は, ウランとトリウム系列の核種に富み最近に活動した断層か地じりの存在を示唆する。

Fig. 5 Gamma ray intensity and contents of radionuclids of Kuroshima knoll, abundance of U- and Th-series radionuclids suggests that there are recently active faults or submarine landslide.

ウラン系列濃度1.93 ppm, 987潜航, 第2春日海山で128cps, ウラン系列濃度1.984 ppm, トリウム系列濃度3.635 ppmを示す。また, 「ドルフィン-3K」の350潜航(D3KD350), 第2春日海山では, γ 線強度282 cps, ウラン系列濃度18.2 ppmを示している。第3春日海山は, 「ドルフィン-3K」357潜航(D3KD357)で, 強度152 cps, カリウム2.68%, ウラン系列41.71 ppm, トリウム系列14.18 ppmを示す。これら海域ではより詳細な調査を行うための根拠の1つを, γ 線のデータが提供していると言える。

2.2 特徴的な海域

2.2.1 熱水噴出域

熱水噴出海域で, 現在注目している海域は, 南西諸島海域の鹿児島湾, 北部伊平屋海嶺群, 伊是名海穴, 石垣海丘群, 鳩間海丘, 南方諸島海域の, 七島一硫黄島海嶺の水曜海山, 明神海丘, マリアナ海域の既に述べた南硫黄島南方, 第2春日海山, 第3春日海山等が注目している海域である。

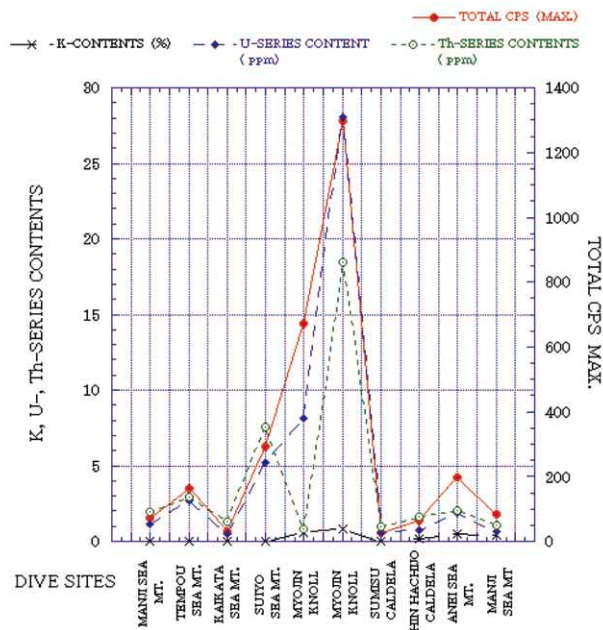


図6 七島一硫黄島海嶺の海丘, 海山の γ 線強度, 核種濃度。明神海丘, 天保海山, 水曜海山, 安永海山が強いやや強い γ 線強度を示す。

Fig. 6 Gamma ray intensity and contents of radionuclids of Shichito-Iojima Ridges. The values of myojin knoll, tenpou sea mt, suiyo sea mt. and anei sea mt. suggests highest or higher thermal activity.

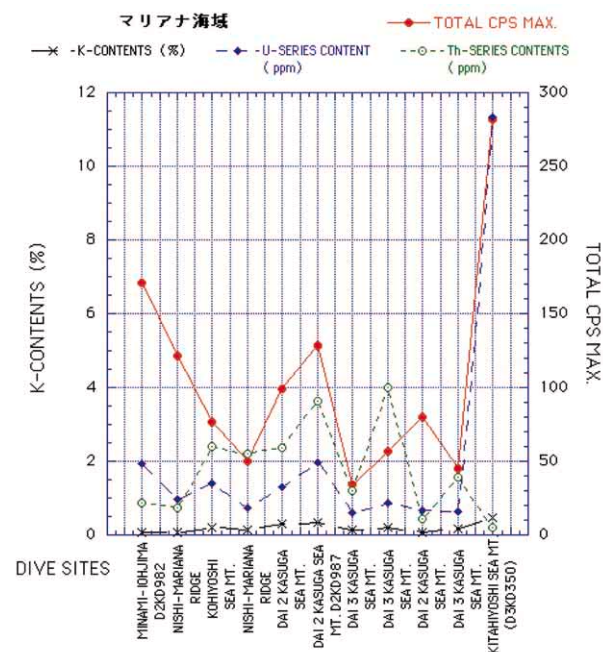


図7 マリアナ海域の海山の γ 線強度, 核種濃度。南硫黄島近海, 第2, 第3春日海山, 北日吉海山が熱水活動の存在を示唆する。

Fig. 7 Gamma ray intensity and contents of radionuclids of Sea mounts in Mariana area. Minami iojima, dai2 and dai3 Kasuga sea mounts and Kitahiyoshi sea mount indicate presence of thermal activity.

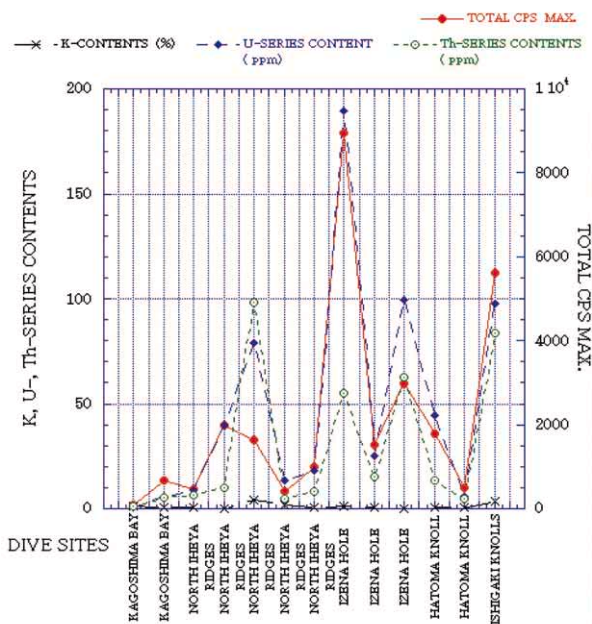


図8 南西諸島海域の γ 線強度，核種濃度。伊是名海穴，北部伊平屋海嶺群，鳩間海丘，石垣海丘群が高い γ 線強度，核種濃度を示し，活発な熱水活動を示す。

Fig. 8 Gamma ray intensity and contents of radionuclids at Nansei Syoto(Okinawa Trough) area. Izena Hole, north Iheya ridges, Hatoma knoll and Ishigaki knolls show high radioactivity and indicate intensive thermal activity.

鹿児島湾を含む南西諸島海域では，図8に示す様に伊是名海穴，北部伊平屋海嶺群，石垣海丘群，鳩間海丘が γ 線強度が高い。図9に伊是名海穴，図10に北部伊平屋海嶺群の例を示す。北部伊平屋海嶺群は，比較的潜航調査が多く行われており， γ 線強度の等強度線図を作ることが出来る。図11に例を示す，この図により熱水活動の中心が明らかになる。ただし，今年度調査のデータを加えていないので，熱水噴出の中心は他にも存在する可能性は十分ある。なお南部伊平屋海丘群は， γ 線強度は弱く，これまでに最大82 cpsの計測値を得ている。

さらに南方の石垣島北西沖の鳩間海丘，石垣海丘群において，1999年に新たな熱水活動域が発見された(渡辺，1999)。鳩間海丘では，図12に示すように，かなり活発な熱水活動が認められる。石垣海丘群は，最大5609 cps，カリウム3.5%，ウラン系列97.51 ppm，トリウム系列83.55 ppmを示すが，特に目立った熱水噴出口やチムニーは認められないと言う(渡辺，私信)。石垣海丘群の時系列 γ 線強度，放射性核種の濃度を図13に示す。これら海丘は，より詳細な調査をすれば，伊是名海穴，北部伊平屋海丘群に比肩できる活発な熱水活動についての貴重な情報が得られる。この他の，未調査の海丘の調査も重要である。

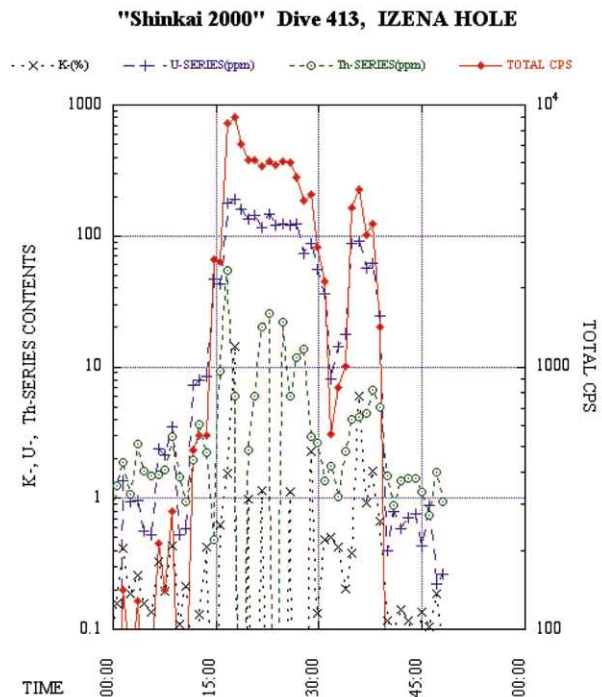


図9 伊是名海穴「しんかい2000」413潜航の時系列 γ 線強度，核種濃度。これまでに調査されたうちで最大の強度を示す。ウラン系列の高い濃度は，海底ラドン温泉の存在を示す。

Fig. 9 Time series graph of gamma ray intensity and contents of radionuclids about Izena hole, "Shinkai2000", dive 413. The values are highest in our measurement. High value of U-series radionuclids suggests activity of sea bottom radon spur.

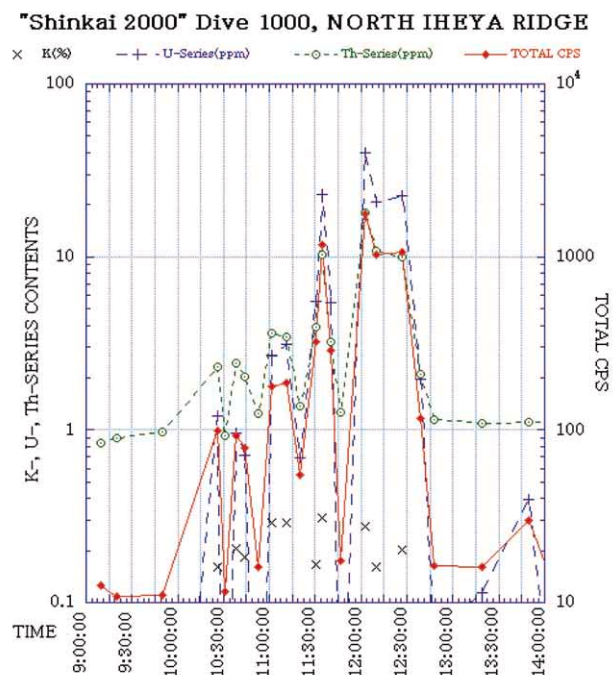


図10 「しんかい2000」1000潜航における時系列 γ 線強度，核種濃度。
Fig.10 Time series graph of gamma ray intensity and contents of radionuclids, dive1000 of "Shinkai2000".

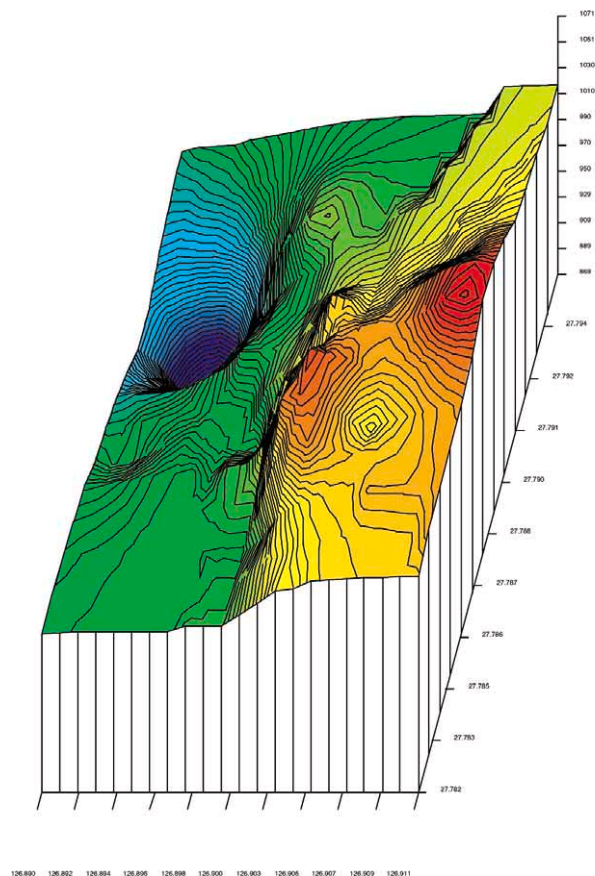


図11 北部伊平屋海嶺群周辺の γ 線強度の3次元等強度図。1998年以前のデータによる。
Fig.11 3D map shows equal intensity of gamma ray around north Iheya ridges. Data are compiled from dives before 1998.

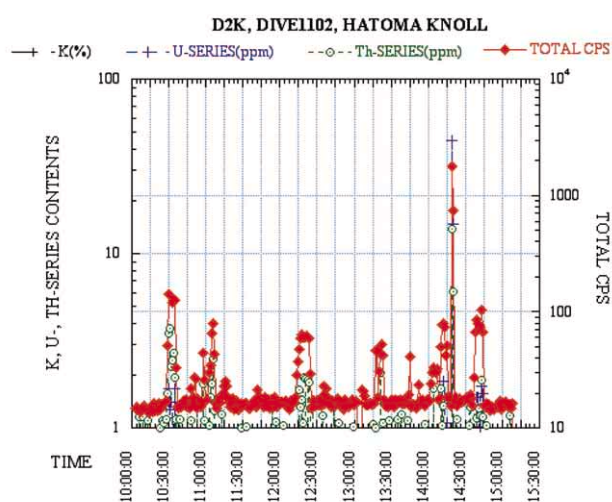


図12 鳩間海丘「しんかい2000」1102潜航の時系列 γ 線強度，核種濃度。活発な熱水活動を示す。
Fig.12 Time series graph of Hatoma knoll, "Shinkai2000" dive 1102. The graph indicates intense thermal activity.

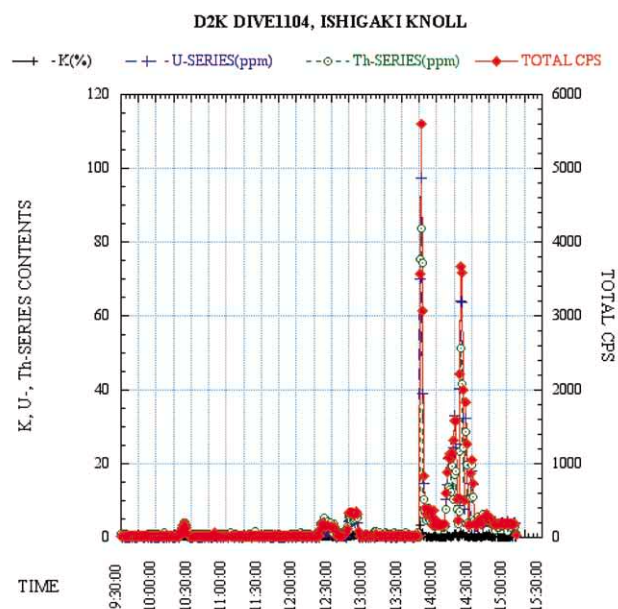


図13 石垣海丘群「しんかい2000」1104潜航の時系列 γ 線強度，核種濃度。伊是名海穴に次ぐ高い γ 線強度，核種濃度を示す。
Fig.13 Time series graph of Ishigaki knolls, "Shinkai2000", dive 1104. The values of gamma ray intensity and contents of radionuclides are highest, except for Izena Hole.

南方諸島海域では、明神海丘が最も注目すべきである。明神海丘は飯笹ほか(1997, 1998)により鉱床学的な調査が行われており、チムニーの分布も詳細に描写されている。飯笹の図と γ 線強度と併せて考えると、 γ 線の強度は、明らかに活動中のチムニーの場所にあり、しかも最も活発なチムニーの場所を特定することが可能であった。図14に最も γ 線強度の高かった、「しんかい2000」1112潜航(潜航研究者：山口寿之)の時系列グラフを示す。1115潜航(潜航研究者：土田真二)、1116潜航(潜航研究者：藤原義弘)で、採集されたチムニーの γ 線強度は、 $0.42 \mu\text{Sv/h}$ (1116潜航採集チムニー)と比較的弱かった。現在、これら試料について、Ge半導体検出器等で分析中である。

「しんかい6500」による、大西洋中央海嶺中部、南西インド洋海嶺3重点の調査がMODE'98として行われ、 γ 線も測定出来た(岡野ほか, 1998)。図15に大西洋中央海嶺域、図16にインド洋の潜航全体の γ 線データのグラフを示す。442潜航(RAINBOW)が最も活発で、次に $15^{\circ}20'$ の断裂帯の424, 425潜航がこの海域では高い値を示す。放射性核種では、 $15^{\circ}20'$ の断裂帯はむしろトリウム系列に富み、442潜航海域はウラン系列に富む。大西洋中央海嶺系のデータを得られたことは貴重な基礎資料となる。南西インド洋では、 γ 線強度は6-59 cpsと弱いが、トリウム系列の放射性核種の濃度が高いことが特徴である。インド洋ではすでに海水中のトリウム系列放射性核種の濃度が高いことは報告されているが(Goldberk et al., 1980), 今回はじめて海底での高濃度が実証された。この特徴は、インド洋全体の地殻構造に深い関わりがあると考えられる。

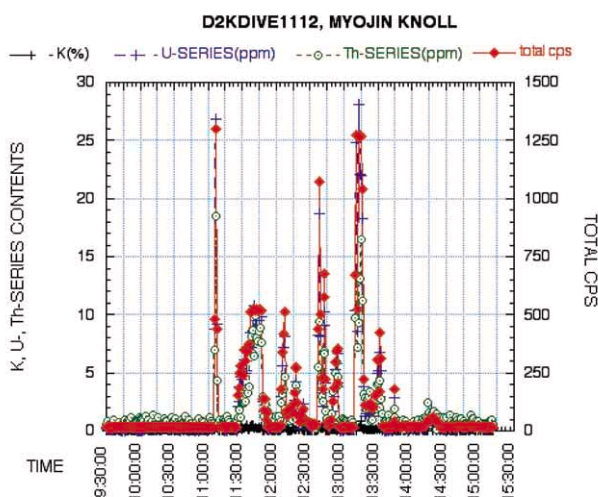


図14 明神海丘「しんかい2000」1112潜航の時系列 γ 線強度、核種濃度。南方諸島海域では一番活発な熱水活動を示す。
Fig.14 Time series graph of Myojin knoll, "Shinkai2000", dive 1112. The graph represents highest value around Sichertou Iojima Ridges.

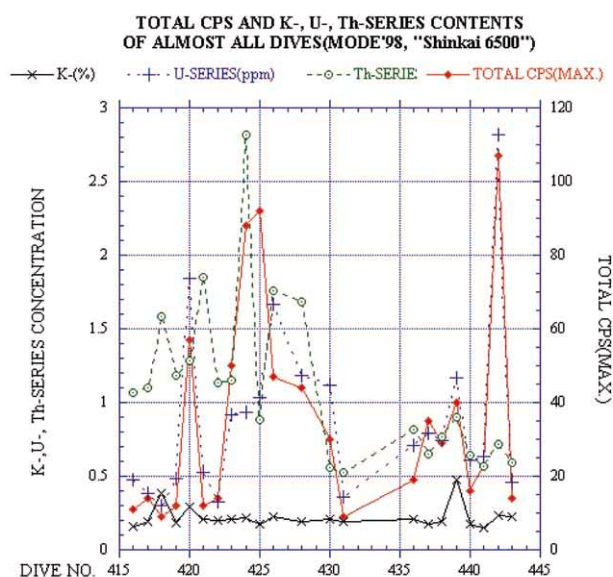


図15 MODE'98, 大西洋中央海嶺の γ 線強度、核種濃度。
Fig.15 Gamma ray intensity and contents of radionuclides of Mid-Atlantic Ridge, MODE'98 survey.

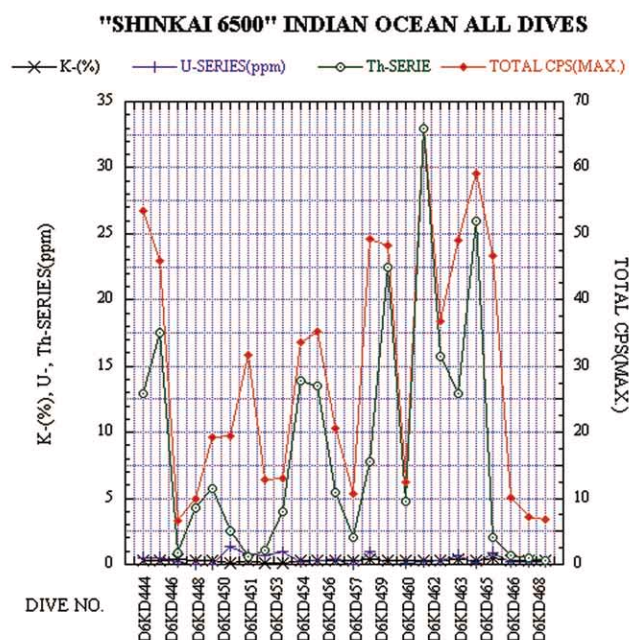


図16 南西インド洋、海嶺3重点付近の γ 線強度、核種濃度。トリウム系列の放射性核種に富むことが判る。
Fig.16 Gamma ray intensity and contents of radionuclides of south west Indian ocean around Tripe junction of ridges. Th-series radionuclides are abundant in almost all dives.

2.2.2 冷湧水湧出海域

相模湾、東部南海トラフの γ 線計測についてはその概要はすでに報告されている(服部, 岡野, 1996, 1997, Hattori, Okano, 1998)。相模湾は「しんかい2000」, 「ドルフィン-3K」の潜航により, 多数のデータが蓄積されている。両海域についてはより詳細な報告を考えているので, ここでは特に触れない。

1998年に松本を主任研究者とする, パプア・ニューギニア(PNG), シッサノラグーン沖の調査が行われた(松本ほか, 1999)。「ドルフィン-3K」による潜航調査では, γ 線測定を依頼し, 良質なデータを得た。この海域では, 先に述べた黒島海丘と同様に, トリウム系列の放射性核種の濃度が極めて高い場所があるのが特徴的である。図17, 図18にこの特徴を示す潜航の例を示す。「ドルフィン-3K」の潜航, 398と402が最も顕著にこの傾向を示し, 398潜航では, 最大強度が65 cpsの時, トリウム系列の濃度は, 38 ppmである。402潜航でも強度78 cpsの時, トリウム系列の濃度は, 45 ppmである。このようにトリウム系列(場合によってはウラン系列)の放射性核種の濃度が, 他の冷湧水湧出域に比較して特に濃いときは, 東部南海トラフ, 黒島海丘等の例から推定して最近に活動した, 活断層あるいは地回り堆積物の縁辺部の存在を示していると推定できる。松本ほか(1999)によ

ると, 398潜航では, 大規模でフレッシュなクラックが存在し, その延長は402潜航で観察される。これは, 明らかにトリウム系列の濃度が高いところは, 極く最近形成されたクラックであるという証拠である。 γ 線計測により, 冷湧水域や最近の地震により活動した断層, 地回り堆積物等の存在は, 識別出来る事が判った。

2.2.3 採集したチムニーの放射線強度

過去に, 放射線強度の極めて高いチムニーが伊是名, 伊平屋海域で採集されたようであるが, 船上から投棄された。1999年度は, 「なつしま」の船倉に, 保管するための設備を整え, 高強度の試料も保管できるようにした。また, 採集した試料は, 船上で計測して, 高強度放射線試料保管用の区画に保管し, センターでは, 再度放射線強度等を計測の上, 規準に従って, 極めて強度の高い試料は, 放射線防護区域に保管している。「ドルフィン-3K」で調査するときは, 船上で放射線強度をリアルタイムでモニタ出来るので, 強度の高いチムニー試料を選択して採集することが可能となった(木下ほか, 1999)。

放射線強度の高いチムニー試料を採集した目的は, 試料を分解能のよいGe半導体検出器で測定し, 放射性核種の濃度, 濃度比等からチムニーの形成年代, 放射性核種の動態等を把握するためである。

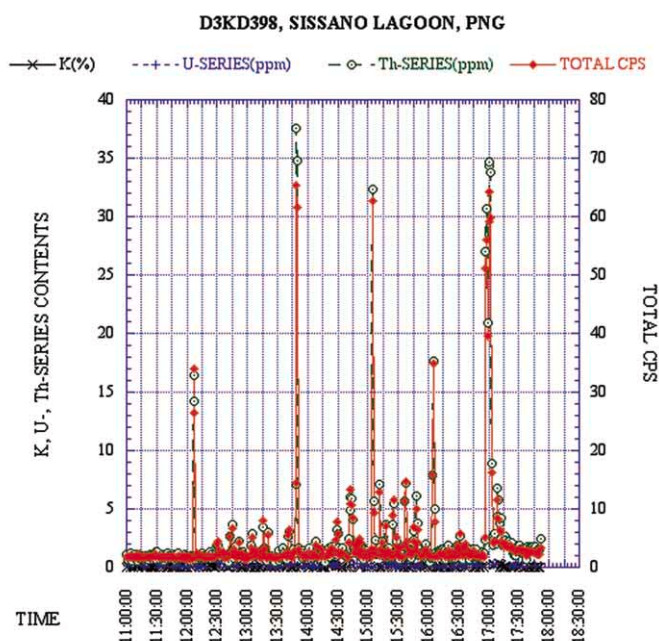


図17 シッサノラグーン沖, 「ドルフィン-3K」398潜航の時系列線強度, 核種濃度。トリウム系列の放射性核種の多い地点は, 新しい地回りやクラックの存在を示差する。

Fig.17 Time series graph of Sissano Lagoon, "Dolphin-3K", dive 398. Abundance of Th-series radionuclides indicates presence of active faults or submarine landslide that are took place recently.

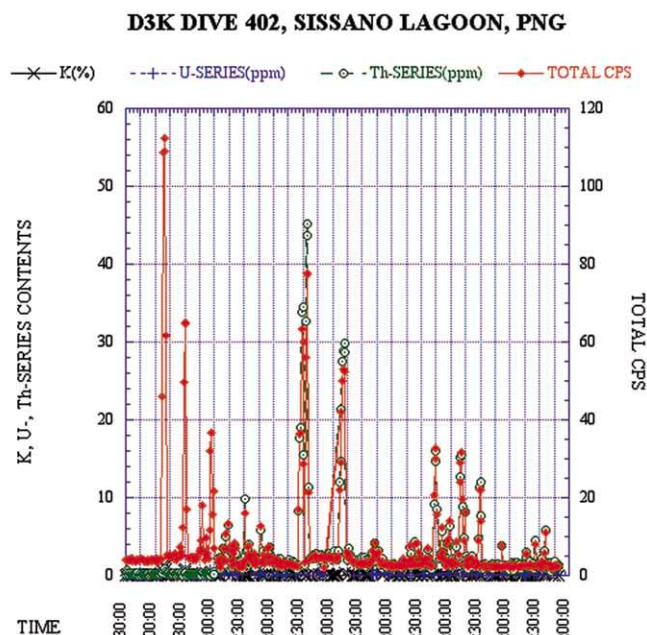


図18 シッサノラグーン沖, 「ドルフィン-3K」402潜航の時系列線強度, 核種濃度。トリウム系列の放射性核種の多い地点は, 新しい地回りやクラックの存在を示差する。

Fig.17 Time series graph of Sissano Lagoon, "Dolphin-3K", dive 402. Abundance of Th-series radionuclides indicates presence of active faults or submarine landslide that are took place recently.

明神海丘，北部伊平屋海嶺群においてチムニーの試料を採集，あるいは採集したチムニーを提供して頂いた。明神海丘では，2地点でチムニーを採集し(潜航研究者：センター，土田真二，藤原義弘)，陸上で γ 線を測定した。これは，安全の観点から，当センター，安全管理室により測定された物で，測定器は，電離箱式サーベイメータ(AE-133)を使用して行われた。測定は，当センター放射線管理者，五十嵐健治，副管理者岡野真治，管理員荒井孝二により行われた。最も放射線強度の強いチムニーは，北部伊平屋海嶺群からのもので(「ドルフィン-3 K」415潜航，試料番号415-3)，試料重量4.38kg，Ra-226の量501 kBq，ウラン-238の量約40gr，濃度120Bq/gであり，ウラン-238の量は，核原料物質として使用の届け出が必要な370Bq/gの約1/3であった。表1に，伊平屋海嶺群から採集され，筆者らが使用可能なチムニー試料の放射線強度の概要を示す。表2に最も高強度の北部伊平屋海嶺「ドルフィン-3 K」潜航D3KD415で採集した試料番号415-3の距離10 cmで測定した強度，核種濃度を示す。ウラン系列の放射性核種の濃度が高いことが判る。

現在，これらのチムニーの試料でGe半導体検出器による詳細な放射性核種の測定を行っている。

3. 考察

これまでの調査により，我が国周辺及び飛び飛びではあるが，世界各地の γ 線に関するデータが蓄積され，各海域の特徴，特定な地質環境と γ 線データとの相関が明らかになりつつある。

今後も調査を続け，さらに，採集したチムニー等をGe半導体検出器により測定し，放射性核種の詳細な分析を行って，熱水や冷湧水生成物の生成環境，年代，起源等を明らかにしたい。また，潜水船内部や，無人潜水機の場合は船上で，リアルタイムに γ 線強度をモニターし，熱水噴出口や活断層域に効率よく到着するための表示装置を開発し，「ドルフィン-3 K」の三陸沖および東部南海トラフの調査に使用し，十分実用出来ることを確認したが，潜水船内で使用可能な，より小型で取り扱いが簡単なデータ収録装置を開発するつもりである。

4. おわりに

採集した γ 線高濃度試料の，計測データを引用させて頂いた当センター安全管理室 五十嵐健治，荒井孝二氏，「しんかい2000」運航チームの依田司令始めチームの皆様，「しんかい6500」の今井司令始めチームの皆様，「なつし

表1 北部伊平屋海嶺群から採集したチムニー試料の γ 線線量
Table1 Gamma ray dose of chimneys collected from north Iheya ridges.

試料番号	計測距離(10 cm) $\mu\text{Sv/h}$	岩石表面 $\mu\text{Sv/h}$	採集海域	採集者
D3KD415-1	0.1	0.2	北部伊平屋海嶺群	服部 陸男
D3KD415-2	0.1	0.1	北部伊平屋海嶺群	服部 陸男
D3KD415-3	8.3	16.0	北部伊平屋海嶺群	服部 陸男
D3KD416-1	0.9	1.8	北部伊平屋海嶺群	服部 陸男
D2KD1092	4.5	8.3	北部伊平屋海嶺群	千葉 仁

表2 北部伊平屋海嶺群「ドルフィン-3 K」潜航，D3KD415-3試料の γ 線強度，核種濃度

Table 2 Gamma ray intensity and contents of radionuclides collected from north Iheya ridges, dive number is D3KD415 and sample number is D3KD415-3.

測定日	時間	TOTAL CPS	K (%)	U-SERIES ppm	Th-SERIES ppm
1999.6.11	15:39:36	1674	1.7710	203.9409	0.0000
1999.6.11	15:48:59	1124	2.3153	29.2447	135.5294
1999.6.11	15:53:29	211.2	0.3249	20.9688	4.0706
1999.6.11	15:58:29	493.8	0.7615	86.5846	0.9638
1999.6.11	16:02:59	347.8	0.8929	38.7356	1.8544
1999.6.11	16:07:59	329.6	0.2424	43.4154	1.2418
1999.6.11	16:10:59	626.7	0.5969	87.7011	2.2885

ま」,「よこすか」の船長始め乗員の皆様に感謝いたします。また,明神海丘でのチムニー試料の採集を行って頂いた海洋科学技術センター,土田真二博士,藤原義弘博士,明神海丘潜航の主席研究者,千葉大学の山口寿之博士,伊平屋海嶺群チムニーの試料を提供頂いた岡山大学,千葉 仁博士に謝意を表します。また, γ 線計測の機会を与えて下さった「しんかい2000」,「しんかい6500」,「ドルフィン-3K」の調査潜航の主席研究者及び潜航研究者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) FUJIMOTO Hiromi, CANNAT Mathilde, FUJIOKA Kantaro, GAMO Toshitaka, GERMAN Cristopher, MEVEL Catherine, MUNCH Ute, OHTA Suguru, OYAIZU Masahisa, PARSON Lindsay, SEARIE Roger, SOHRIN Yoshiki and YAMAASHI Tomohiko, "Submersible investigations of the Mid-Ocean Ridges near the Triple junctions in the Indian Ocean", JAMSTEC Jour. of Deep Sea Research, No.15, II. Geology, Geochemistry, Geophysics and Dive survey, 1-6 (1999).
- 2) GOLDBERG Edward D., HORIBE Yoshio, SARUHASHI Katsuko, "228Ra in Sea Water", Isotope Marine Chemistry, 247-258 (1980).
- 3) FUJIOKA Kantaro, CHIBA Hitoshi, NAGANUMA Takeshi, MASUDA Harue, OOMORI Tamotsu, RONA Peter, TUCHOLKE Brian, ISHIHARA Takemi, KATO Kazuhiro, LEE Suyoung, GREEN Darryl, AOKI Misumi, YAMAMOTO Hideki, "Hydrothermal activity and Architecture of Slow-Spreading ridges at TAG and Rainbow hydrothermal fields and Dante's Domes Megamullion in the Mid-Atlantic ridge - MODE'98Leg2 MEGATRAIN cruise results summary-, JAMSTEC Jour. of Deep Sea Research, No.15, II. Geology, Geochemistry, Heophysics and Dive survey, 39-49 (1999).
- 4) 橋本 惇・藤原義弘・James HUNT・山本智子・豊川雅哉・津田 敦・戸田龍樹・菊池知彦, "釧路沖広尾海底谷のシロウリガイ群集", 第15回しんかいシンポジウム予稿集, 138 (1998).
- 5) 服部陸男・岡野眞治, "相模湾, 初島沖冷湧水環境の現場放射能調査の概要", KAICO-TOAKIニューズレター, **8**, 6-9 (1996).
- 6) 服部陸男・岡野眞治, "「しんかい2000」による東部南海トラフの γ 線測定 of 概要", KAICO-TOKAIニューズレター, **9**, 14-17 (1997).
- 7) HATTORI, Mutsuo and OKANO, Masaharu. "In situ Sea Bottom Gamma Ray Survey at Eastern Nankai Trough by Manned Submersibles and ROV", Abstract, WPGM98, W117, 1998.
- 8) 服部陸男・岡野眞治, "有人潜水船, 無人潜水機による海中, 海底 γ 線調査", JAMSTEC深海研究, **14**, 639-660 (1999).
- 9) 飯笹幸吉・仲 二郎・湯浅真人・リチャードフィスケ, "明神海丘カルデラにおける硫化物チムニーを伴う熱水活動", JAMSTEC深海研究, **13**, 443-456 (1997).
- 10) 飯笹幸吉・石橋純一郎・藤原義弘・橋本 惇・堀井善弘・石塚 治・小山純弘・湯浅真人, "明神海丘のアクティブ熱水フィールドとブラックスモーカー", JAMSTEC深海研究, **14**, 223-236 (1998).
- 11) 松本 剛・木村政昭・西田史郎・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 (1998).
- 12) 松本 剛・TAPPIN David R.・ANTON Lawrence・CROOK Keith A.W.・HILL Peter・岩淵 洋・金松敏也・富倉和幸・LAFOR Yves・LUS Wilfred・松本良浩・松山昌史・MOIHOI Mathew・村上嘉謙・MURTRY GARY MC・中村 衛・佐竹健治・都司嘉宣・WALSH II John Patrick・WATTS Philip・YEH Harry・小寺 透・樋泉昌之・斎竹弘恭・菅原 敏・鷺島克啓, "ニューギニア北岸シッサノ・ラグーン沖津波調査結果速報", JAMSTEC深海研究, **16**, 51-61 (1999).
- 13) 塚原潤三・藤倉克則・山本智子・伊藤健二・加藤幸弘・三浦知之・橋本 惇, "喜界島北東海域の冷水湧出帯生物群集 -NT98-09航海成果-", 第15回しんかいシンポジウム予稿集, 46-47 (1998).
- 14) 渡辺一樹, "沖縄トラフ南部, 鳩間海丘の海底熱水活動", 第16回しんかいシンポジウム予稿集, 29-30 (1999).

(原稿受理1999年12月28日)