

海洋放射能測定最近の成果

服部 陸男^{*1} 岡野 真治^{*1}

「しんかい2000」, 「しんかい6500」, 「ドルフィン-3K」に装備したNaI(Tl) γ 線検出器による最近の計測結果について述べる。これまでに「しんかい2000」で285潜航, 「しんかい6500」で144潜航, 「ドルフィン-3K」で92潜航のデータが解析されホームページで公開されている。「しんかい6500」により南部沖縄トラフ海域で初めて熱水活動が観察され, γ 線の計測も行われた。活動中のチムニーでの計測値は, 第4与那国海丘で最大強度884 cps, U-系列19 ppm, Th-系列38 ppmであった。石垣海丘群では最大強度7666 cps, U-系列317 ppm, Th-系列103 ppmの値が計測されたが, 放射線源は謎である。鳩間海丘, 黒島海丘については, 放射能強度, 放射性同位元素の濃度から熱水, 冷湧水の活動について述べている。また, 初めて西部南海トラフの計測の概要について報告した。

キーワード : 海底 γ 線, 南部沖縄トラフ, 黒島海丘, 鳩間海丘, 西部南海トラフ

New results of sea bottom radioactivity measurement

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

Recent results of sea bottom gamma ray surveys by manned submersibles “Shinkai2000”, “Shinkai6500” and ROV “Dolphin-3K” were reported. The numbers of total analyzed dives were 285 by “Shinkai2000”, 144 by “Shinkai6500” and 92 by “Dolphin-3K”. New thermal vent sites were found by “Shinkai6500” at western Okinawa trough and sea bottom gamma ray was measured at the sites. Measured values of the active chimney at Dai4 Yonaguni knoll were 884 cps(intensity), 19 ppm (U-series) and 38 ppm (Th-series). Strong radioactive site at Ishigaki knoll was surveyed by “Dolphin-3k”. Measured values were 7666 cps, 317 ppm (U-series) and 103 ppm (Th-series). The origin of the strong radioactivity was not clarified. The activity of hot vent at Hatoma knoll and cold seep at Kuroshima knoll were described based on intensity and contents of radionuclides. Preliminary results of measurement at western Nankai trough were reported.

Keywords : Sea bottom gamma ray, Southern Okinawa Trough, Kuroshima knoll, Hatoma knoll, Western Nankai trough

* 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

平成12年度には、「しんかい2000」及び「しんかい6500」の全ての潜航にNaI(Tl)シンチレーションスペクトルメータを搭載して計測することが潜水調査研究推進委員会で認められ、計測が行われている。また、「ドルフィン-3K」については、センター内部の承認を得て殆ど全ての潜航で計測を行った。これまでに解析の終了した潜航数は「しんかい2000」で285潜航、「しんかい6500」で144潜航、「ドルフィン-3K」で92潜航である。海域は、日本周辺からマリアナトラフ北部、マヌス海盆、大西洋中央海嶺、インド洋南西部及びハワイ周辺に及ぶ。これらのデータはコンパイルされ、データベースが作成された。データベースは γ 線のホームページで公開している。また、平成12年3月には相模湾初島沖に「深海底総合観測ステーション」2号機が設置された。これにはNaI(Tl)シンチレーションスペクトルメータが初めて取り付けられ、良質のデータが順調に伝送されている。ただし、設置した場所が当方が希望した断層の近くや、冷湧水域、特に赤褐色変色域とは離れているので、極めて強度が弱く変化に乏しいデータしか得られていない。機会があれば設置場所を赤褐色変色域等に移動したい。

2. 平成12年度の計測結果の概要

「しんかい6500」で注目すべき結果は、初めての潜航が行われた沖縄トラフ南部の中軸部で得られた。ここでは第4与那国海丘と八重山海底地溝の東部で活動中のチムニーが発見され、可成り高い γ 線の強度を示した。また、「しんかい6500」により熊野舟状海盆から室戸沖にかけての潜航調査が初めて行われた。その結果概要も示す。

6月に行われた、「ドルフィン-3K」のNT00-05航海では、Dolphin-3K南沖縄トラフ・黒島海丘潜航調査(NT00-05航海)の概要(町山ほか, 2001)に述べられているように、石垣海丘群で2潜航が行われ、その最初のD3KD457潜航で、最大強度7667 cps, U-系列放射性同位元素の含有量317 ppm, Th-系列103 ppmと言う高い強度を示す場所が発見された。これは前年の「しんかい2000」によるD2KD1104潜航でも5609 cpsと言う高い値を示した場所の近くで計測された。計測された場所は、軽石質火山岩の分布する中であって、白色から茶褐色に変色している、泥質の底質の場所であった。同じ場所で採集された泥は、軽石と同等の低い放射能強度を示した。これまでで最大の γ 線強度を示したのは沖縄トラフの伊是名海穴における計測値で(D2KD413潜航)、最大強度8936 cps, U-系列含有量190 ppm, Th-系列55 ppmを示した。石垣海丘群の高強度放射線の源は不明であるが、U-系列、Th-系列含有量でこれまで最大であった伊是名海穴の約2倍を示し、その放射線源の謎は深まるばかりである。より詳細な調査が望まれる。

10月に行われた、「ドルフィン-3K」の明神海丘調査では、熱水噴出地帯で初めて日本原子力研究所が開発したGe半導体検出器が搭載され、計測に成功した。高分解能のGe検出器と、検出効率の良いNaI(Tl)検出器による極めて貴重な同時の計測データが得られた。結果については別の

機会に報告する。

熱水噴出地帯では、沖縄トラフの北部伊平屋海嶺群、鳩間海丘、七島硫黄島海嶺群の明神海丘、水曜海山等で潜航が行われたので、かなり詳細な放射線強度、放射性核種の濃度の分布図が作成可能となった。上記の海域の一部についても解析結果を報告する。

なお冷湧水湧出海域では、黒島海丘の詳細な調査が行われており、活断層、地回り堆積物とTh-系列の同位元素の含有量の関係も明らかになりつつある。現在活動中の活断層に沿って、あるいは最近の地回りの境界に沿ってTh-系列の同位元素の含有量が増加しており、活動が衰えると含有量が減少することが確かめられた。このような海域の経年変化を確認するための調査が、毎年継続して行われることを希望する。

3. 海中におけるU-, Th-子孫核種の振る舞い

海水中にはU-系列のRa-226, Th-系列のRa-228, Ra-224が存在し、K-40とともに放射線のバックグラウンドと成っている。これらバックグラウンドは海底堆積物や湧出する熱水、冷湧水の放射線量と比べるとわずかなもので、海底の放射線について論じるときは無視できる。ただし、地下からの物質の湧出や噴出のある地点の近辺は別のバックグラウンド環境にあると言える。

例えば、潜水船や無人潜水機にNaI(Tl)検出器を装備して船上から海中に釣り下ろし、海中を潜航して海底に至る一連の行動中にバックグラウンドはどの様に变化するか述べる。図1は、無人潜水機「ドルフィン-3K」による例で、8時10分頃電源を投入し、8時45分頃吊り上げて海面へ、9時頃に潜航開始、9時30分頃海底近くに到着、9時50分頃放射能強度の高いところに着底、海底近くを随時着底しながら、走航し、11時15分頃浮上開始、11時45分頃海面、12時5分頃吊り上げ開始し、12時10分頃甲板上に回収された。ここで急激に放射能強度と、Th-系列の濃度が増すのは、サンプルバスケットに採集した、放射能レベルの高いチムニー試料が入っているためである。着水前に船上にある時の、K(%), U-系列, Th-系列の濃度(ppm), 放射線強度の平均はそれぞれ、0.096, 0.121, 0.762, 12であり、潜航中の平均値は、0.042, 0.0005, 0.110, 4であった。この値を水中でのバックグラウンド値と見なした。表1に各海域の水中のバックグラウンドの例を示す。水中の γ 線強度は4 cpsから最大で8 cps程度で、その他の核種の濃度も小数点以下である。但し、内湾や冷湧水等の海域では、表1の黒島海丘、相模トラフ、駿河湾、松崎沖、富山湾の例に示すように強度は14-17 cpsとなっている。水中の、特に海底近くの計測値は、冷湧水や熱水に伴う水塊やプルームの広がり等を探知するのに使用できる。

堆積物中や海底近傍の海水中における放射性核種の振る舞いについて少し考察する。

U-系列の子孫核種は、Ra-226に由来するもので、その半減期は1600yである。U-系列は以下の壊変を経て、 γ 線を放出するBi-214となり、 γ 線検出装置により検出される。

D3KD414, NORTH IHEYA RIDGES

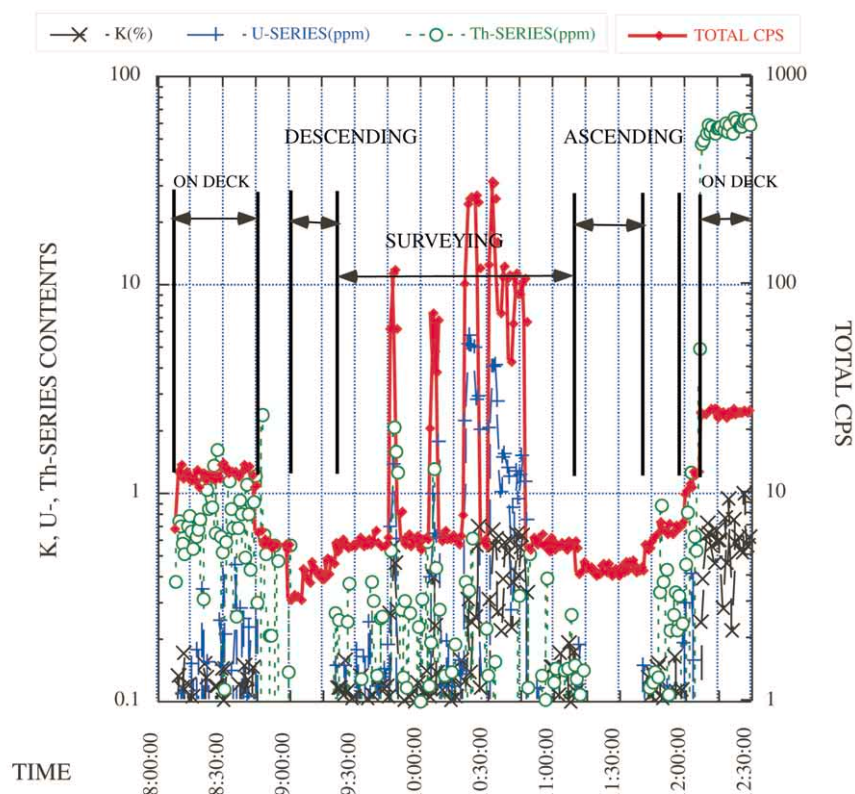


図1 γ 線測定バックグラウンド変化の例。海水中のバックグラウンドは「ドルフィン-3K」の下降時と上昇時の値の平均値。

Fig. 1 An example of gamma ray background exchange. Sea water background values were mean gamma ray values during descending and ascending operation of the vehicle.

表1 海水中の γ 線バックグラウンドの例。

Table 1 An example of sea water background values of gamma ray measured by submersibles.

Locality	DIVE NO.	INTENSITY	K(%)	U-SERIES(ppm)	Th-SERIES(ppm)
Mid atlantic Ridge	D6KD424	5	0.09	0.06	0.42
INDIAN OCEAN	D6KD456	5	0.17	-0.34	0.48
OFF HAWAII	D6KD516	6	0.10	0.03	0.20
OFF SANRIKU	D3KD434	5	0.03	-0.18	0.70
NORTH IHEYA RIDGES	D3KD464	7	0.02	0.05	0.06
KUROSE HOLE	D3KD488	7	0.16	0.02	0.07
DAI2KASUGA SEA MT.	D3KD353	8	0.01	0.32	-0.05
OFF AKITA CITY	D3KD471	4	0.06	-0.10	0.67
OFF MUROTOMISAKI	D6KD483	4	0.06	0.06	0.59
KUROSHIMA KNOLL	D3KD348	4	0.00	-0.19	0.68
KUROSHIMA KNOLL	D2KD1179	18	0.02	0.23	0.69
SAGAMI TROUGH	D2KD1201	15	0.07	0.19	0.85
OFF MATSUZAKI	D2KD1199	17	0.10	0.07	0.66
CENTRAL PART OF TOYAMA BAY	D2KD1118	15	0.01	0.12	0.17

Ra-226(1600y) → Rn-222(3.825d) → Po-218(3.11 m) → Pb-214(26.8 m) → Bi-214(19.9 m)

また、Rn-222は、岩石中に捕獲されていたものが、地殻活動の活発化により、岩石が圧縮され、破壊される過程でマイクロクラックの生成により、放出され、地下水中で急激に増加するので、地震発生の直前にその増加を検出出来る(Igarashi et al, 1995, 五十嵐, 1997)。この場合の半減期は4日弱であるので直前の急激な増加もNaI検出器により検出可能であろう。なお、Rn-222のモニタリングによる活断層や地震予知の研究は多くの国で行われている。

Th-系列の子孫核種は、Ra-228, Ra-224に由来するもので、Ra-228の半減期は5.75yである。Ra-228は、半減期1.9181yのTh-228から半減期4日弱でγ線を放出するRa-224子孫核種のTl-208となる。この過程で生成するRn-220もRn-222と同様にガス体であるが半減期は56sと短い。

Ra-228(5.75y) → Ac-228(6.13h) → Th-228(1.913y) → Ra-224(3.66d) → Rn-220(56s) → Po-216(0.15s) → Pb-212(10.64h) → Bi-212(60.5m) → Tl-208(3.053m)

上記のTh-系列がU-系列より半減期が短い事と、これまでに計測した海底における、放射性核種の濃度分布、地質状況を合わせて解釈すると、以下のような事が言える。

冷湧水や熱水海域では：

- (1) 現在活発に冷湧水の湧水活動が見られる海域では、Th-系列の、またはTh-, U-系列両方の濃度が高い。すなわち、最近に活動している活断層や地回り地帯等では、Th-系列の濃度が高いと言える。また、大きな川の河口近くでは、Th-系列の濃度が高い。

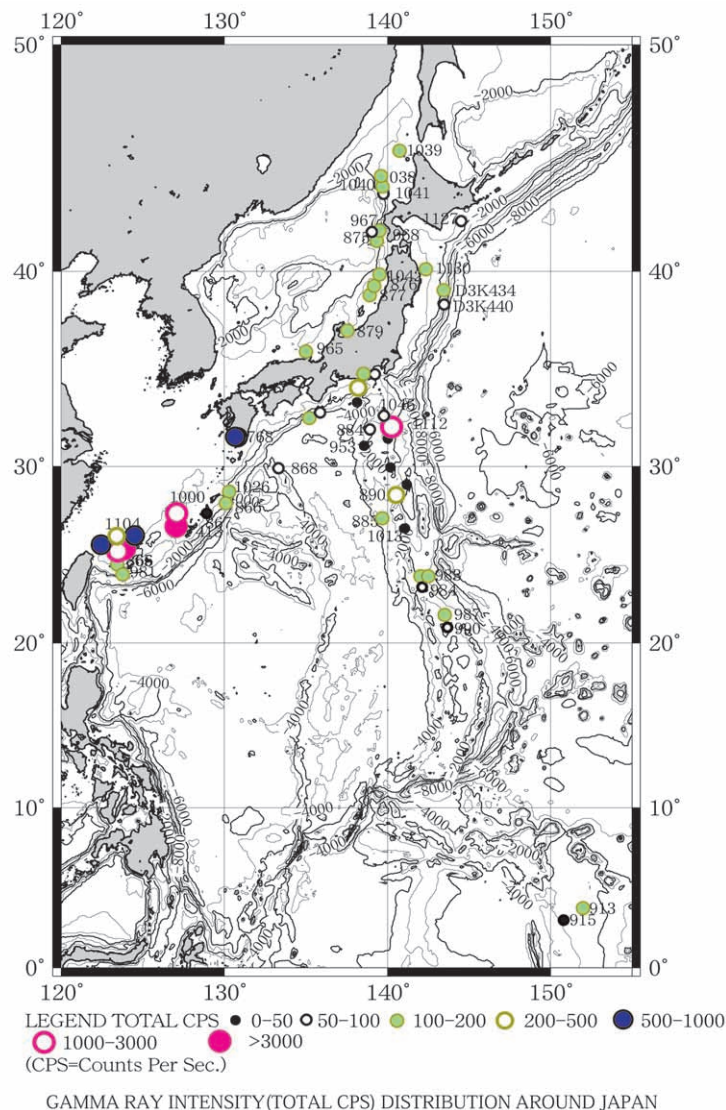


図2 日本周辺海域のγ線強度分布。

Fig. 2 Gamma ray intensity (cps) distribution around Japan.

- (2) Th-系列に比してU-系列が高いところは、マイクロクラックが進行している地点を除いては、Th-系列に富む場所より古い時代の湧水地帯である。
- (3) 熱水地帯では、伊是名海穴に見られるようなRnが放出されている活動中のチムニーは、U-系列に富む。この様に生成初期のチムニーで、U-系列の核種に富むものは、マグマや熱水の上昇過程で周辺の岩石を破壊し、含まれていたRn-222の放出により、丁度地震活動直前にRn-222が増加すると同様な理由でU-系列に富む熱水を噴出し、熱水生成物を形成しているものと推定される。
現在活動中の熱水チムニーでは、Th-系列、U-系列に富むものがあり、一般的にTh-系列の多い方が新規に活動しているチムニーである。逆にU-系列に富む活動的でないチムニーや熱水生成物は生成年代が古い。
- (4) 相模湾の様に同じ湾内でも、冷湧水の起源の相違により、U-系列、Th-系列の濃度に差異が見られ、湧水の供給源が特定できる。

4. 最近の測定結果からの知見

図2に我が国周辺の γ 線強度分布を示す。これまでに公表した図(服部, 岡野, 1999, 2000)に比べ、南部沖縄トラフ、三陸沖、西部南海トラフ、七島・硫黄島海嶺、日本海の九十九湾から積丹岬北方にかけて等のデータが追加されている。以下注目すべき結果を得た海域について述べる。

4.1. 沖縄トラフ南部

この海域では、2000年4月から6月にかけて「ドルフィン-3K」、「しんかい2000」、8月に「しんかい6500」による潜航調査が行われた。ここでは、「ドルフィン-3K」による石垣海丘群の調査、「ドルフィン-3K」、「しんかい2000」による黒島海丘、事前調査、調査潜航、「しんかい6500」による南部沖縄トラフ調査の γ 線測定結果について述べる。

4.1.1. 石垣海丘群、謎の放射線源

ここでは、1999年の「しんかい2000」、1104潜航(乗船研究者、渡辺一樹)により、 γ 線強度5609 cpsの地点が見つかった。この潜航で、放射線強度の高い地点で採集され、渡辺により提供された軽石と軽石質の泥は、約0.017マイクロシーベルトと低い放射線強度を示した。2000年5月に「ドルフィン-3K」の457、460潜航(潜航担当研究者、服部陸男)が行われた。457潜航では、最大7666 cpsの強度を示す地点が見いだされた。測定地点は、軽石質の火山岩の分布する地域の中に、白色のバクテリアマット状の表層部や黒色に変色した泥質物がパッチ状に分布する地点で、変色域は数平方メートルの狭い範囲であり、湧水やガス等の湧出の徴候は観察されなかった。ここでは、柱状コア(長さ約10 cm)も採集したが、船上で γ 線を計測した結果、「しんかい2000」、1104潜航の試料と同様の非常に低い値を示した。「ドルフィン-3K」457潜航と、比較のためにこれまでに最大の計測値を示した、伊是名海穴の「しんかい2000」413潜航との γ 線測定値の解析結果を図3に示す。伊是名海穴での

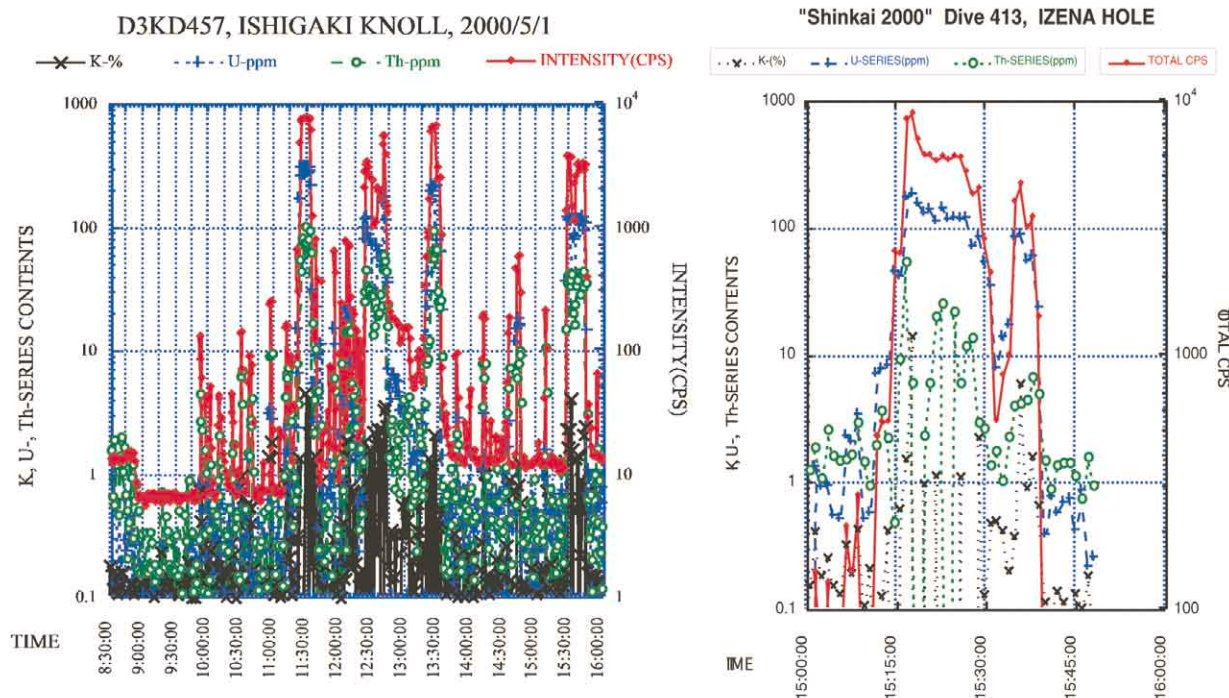


図3 石垣海丘群(左)と伊是名海穴(右)の計測値比較。

Fig. 3 Comparison of measured data from Ishigaki knoll (left) and Izena hole (right).

最大計測値は、K(%), U-系列, Th-系列の濃度(ppm), 放射線強度(cps)の順に14 %, 190 ppm, 55 ppm, 8936 cpsであり、石垣海丘群, 「ドルフィン-3K」457潜航の値は、それぞれ5 %, 317 ppm, 103 ppm, 7666 cpsであった。伊是名海穴に比べ石垣海丘群はU-, Th-系列に富む。

海底で着底して計測する γ 線の情報は、およそ地下30 cmまでの放射性物質からのものでそれ以深の物質の放射線は堆積物により遮閉される。従って、地下30 cm迄の所に放射線源が存在するはずであるが、今回までの調査では特定出来なかった。この放射線源としては、岩石、未固結堆積物、あるいは岩石や堆積物中に滞留しているガス等が考えられる。石垣海丘群を構成する岩石はほとんど軽石質であることがこれまでの調査で判ってきた。また、放射能強度の高い変色域の分布範囲は、海丘群全体に比して非常に狭いようである。

この放射線源の謎を解明する為には、より詳細な調査が望まれる。

4.1.2. 南部沖縄トラフ、八重山海底地溝-第4与那国海丘

2000年7月-8月にかけて行われたYK00-06(よこすか)航海で、南部沖縄トラフ海域では初めての「しんかい6500」の潜航が行われた(松本他, 2001,)。この航海の海底 γ 線計測のデータ解析等は、加賀谷(東海大学大学院, 海洋科学技術センター深海研究部研究生)が乗船して行い、結果の

概要は報告されている(木下他, 2001)。この海域では第4与那国海丘と八重山海底地溝東端の2カ所に活動中のチムニーが発見された。図4にこれら各潜航の γ 線計測値の最大値を示す。図4左側の高い値は、第4与那国海丘での560潜航で、右側の高い値は八重山海底地溝東端の567潜航の結果である。これら2回の潜航海域付近では、現在熱水活動が進行中であることが海底 γ 線計測結果からも判る。

計測している γ 線の検出器は、「しんかい6500」では、右側マニピュレータの付け根の底部近くに取り付けてあり、「しんかい6500」が着底すると、ほとんど海底に接触するようになっている。従って、チムニー観察中の計測値は、多分多くの場合チムニーの付け根付近、大きなチムニーの場合はその根元付近での計測値となり、熱水生成物の放射線を計測している事になる。

560, 567潜航ともTh-系列の濃度が高いことから、非常に最近に形成された新しいチムニーであることが判る。

図5に2回の潜航の計測結果を示す。567潜航の11:30-12:00の間の計測値は、U-系列の濃度が多い。これは、Rn-222が、マグマや熱水の上昇に伴い、周囲の岩石中でのマイクロクラックの形成に伴い放出された結果に由来すると仮定すれば、正に生成の極初期の段階のものである可能性がある。これらの仮定は、実際のチムニーの観察と結びつけられれば実用的なものとなろう。

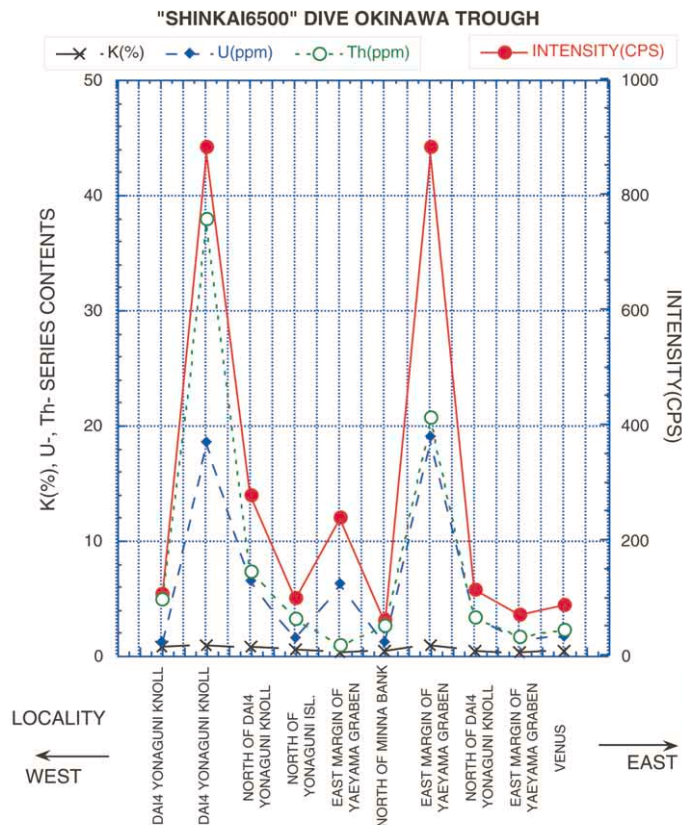


図4 南部沖縄トラフでの「しんかい6500」潜航毎の最大計測値。

Fig. 4 Plot of maximum values of gamma ray of "Shinkai6500" dives at southern Okinawa trough.

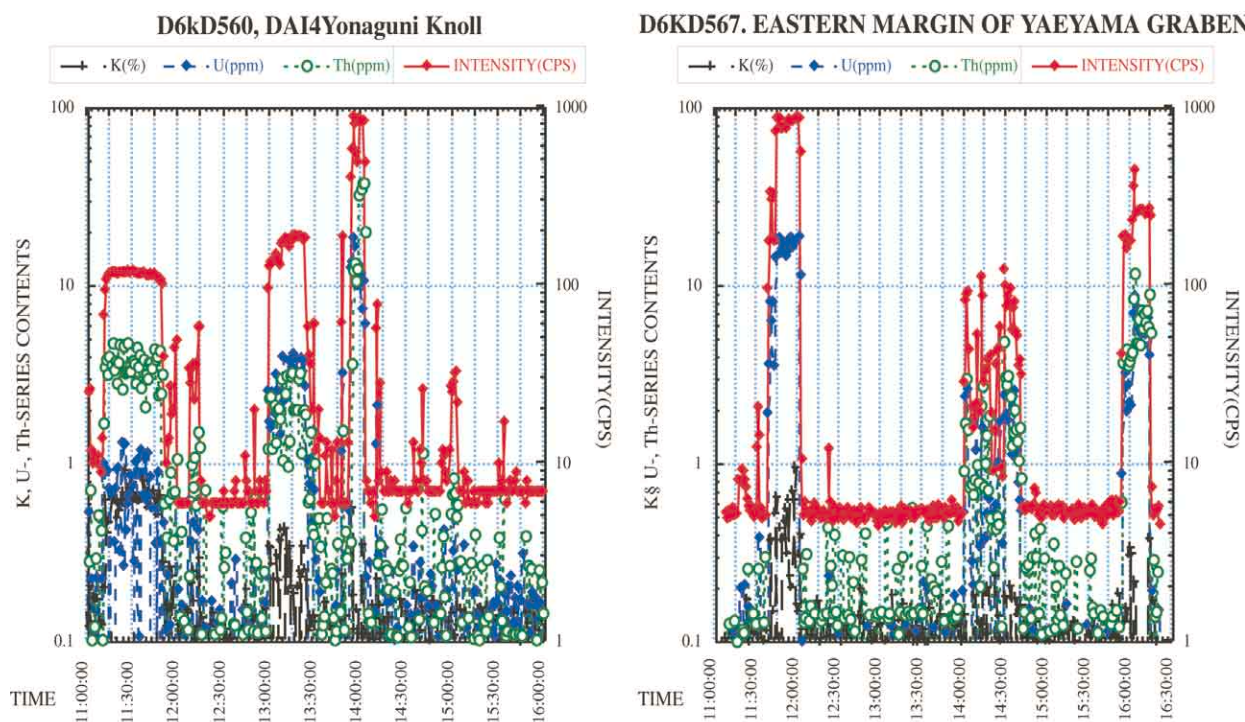


図5 南部沖縄トラフ、第4与那国海丘と八重山海底地溝東端の熱水活動域のγ線計測値。

Fig. 5 Gamma ray plot of active vent sites from Dai4 Yonaguni knoll and eastern margins of Yaeyama graben, southern Okinawa trough.

4.1.3. 鳩間海丘

鳩間海丘は、「しんかい2000」により、1999年に活動中のチムニーが発見され(渡辺, 1999), 2000年5月に9回の潜航調査が行われた(土田他, 2000, 2001)。熱水活動域の分布図も作成されている(土田他, 2000)。2000年5月の潜航調査では、1181, 1185, 1186潜航が高いγ線の計測値を示した。図6に1181と1185潜航のγ線解析結果のグラフを示す。最大計測値は、K(%), U-系列, Th-系列の濃度(ppm), 放射線強度(cps)の順に1181潜航は、0.71(%), 35.71(ppm), 97.42(ppm), 2471 cps, 1185潜航は、0.37(%), 59.13(ppm), 71.1(ppm), 2972 cpsであった。活動中のチムニー近辺の計測値では、伊是名海穴に次ぐ放射線強度であり、北部伊平屋海嶺群よりも活発で新しい熱水活動が続いているようである。図6のグラフは、1分毎の計測値であり、6秒毎に結果を出すと非常に強いピークが見られる。なお、図6で着底していないのに、記録全体に渡ってU-, Th-系列が1 ppm以上の値を示すのは、熱水のプルームの雰囲気中にあるからである。図7に「しんかい2000」の航跡図の着底時のデータから抽出した、位置、深度の値による3次元深度図とγ線強度データの3次元図を示す。これらの図に基づく限りにおいては、地形的にもγ線強度からも北側と南側のブロックに分かれ、間に多分東西方向の断層の存在が示差される。図8にU-, Th-系列の濃度の3次元図を示す。やはり北と南のブロックに分かれているようである。おそらく北側のU-とTh-系列のピークの場合は最も熱水活動が盛んであると推定される。

「ドルフィン-3K」でチムニーに接近して詳細な計測を行えば熱水活動の詳しい説明が可能となろう。

熱水海域では、上記の他に北部伊平屋海嶺群、明神海丘(「ドルフィン-3K」の1潜航)、水曜海山での調査結果が興味深いので、次の機会に報告する。

4.2. 冷湧水海域

冷湧水海域では、石垣島南方の黒島海丘の調査が「ドルフィン-3K」、「しんかい2000」により行われ、多くの成果が得られている(町山他, 2001)。また、東部南海トラフから室戸沖南海トラフにかけての「しんかい6500」の潜航調査により、熊野トラフから室戸沖にかけて初めて海底γ線の計測値が得られた。以下それらの潜航の海底γ線計測結果について述べる。

4.2.1. 黒島海丘

黒島海丘は、南西諸島海域の石垣島南方に位置する小海丘である。松本他により1977年に最初に調査され、その後調査が続けられている。2000年度は、4-5月に「ドルフィン-3K」による4潜航、5月に「しんかい2000」による4潜航が行われた。黒島海丘は、過去に活動した冷湧水の証拠として、多くの炭酸塩類チムニー、独立栄養動物群集の死殻、炭酸塩類中に取り込まれたシロウリガイ類やシンカイヒバリガイ類が発見され、採集されている。ここでは、これまでγ線の計測が行われた全ての潜航を対象とする。表2にこれまでγ線の計測の行われた潜航におけるγ線強度等の最

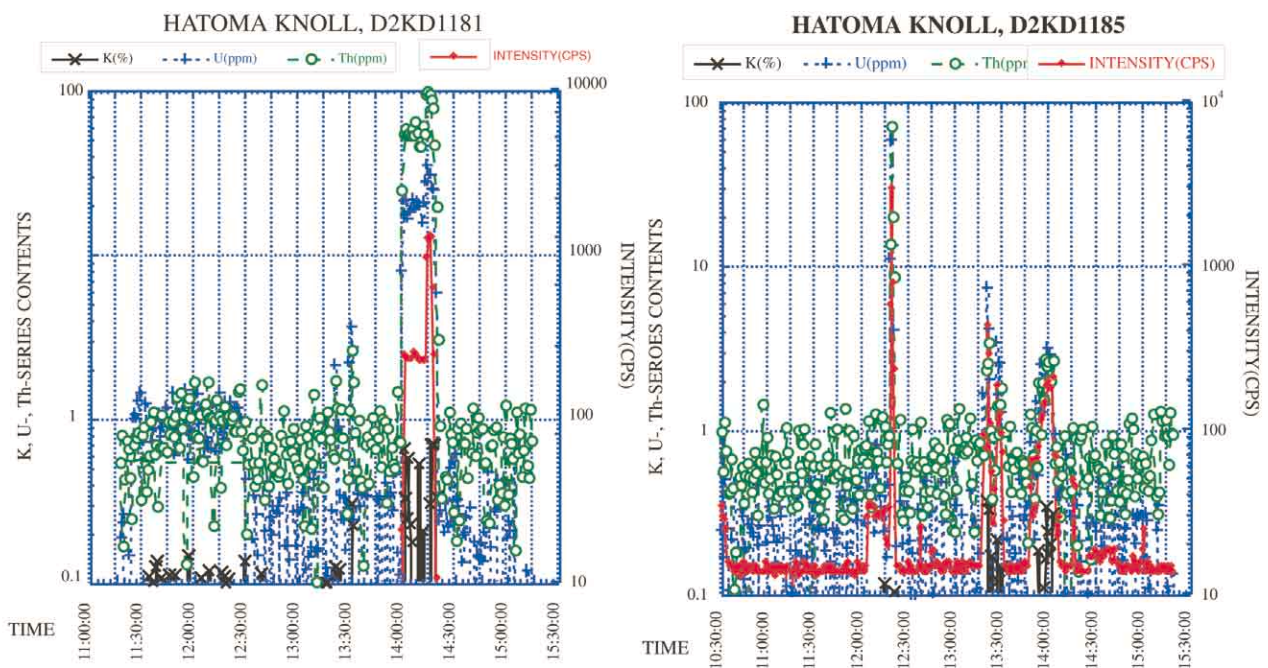


図6 鳩間海丘の熱水活動域での γ 線計測値。UとTh系列の値から非常に新しい熱水活動であることが判る。

Fig. 6 Plots of gamma ray values at Hatoma knoll. Contents of U- and Th-series radionuclides suggest that presence of new active thermal vents.

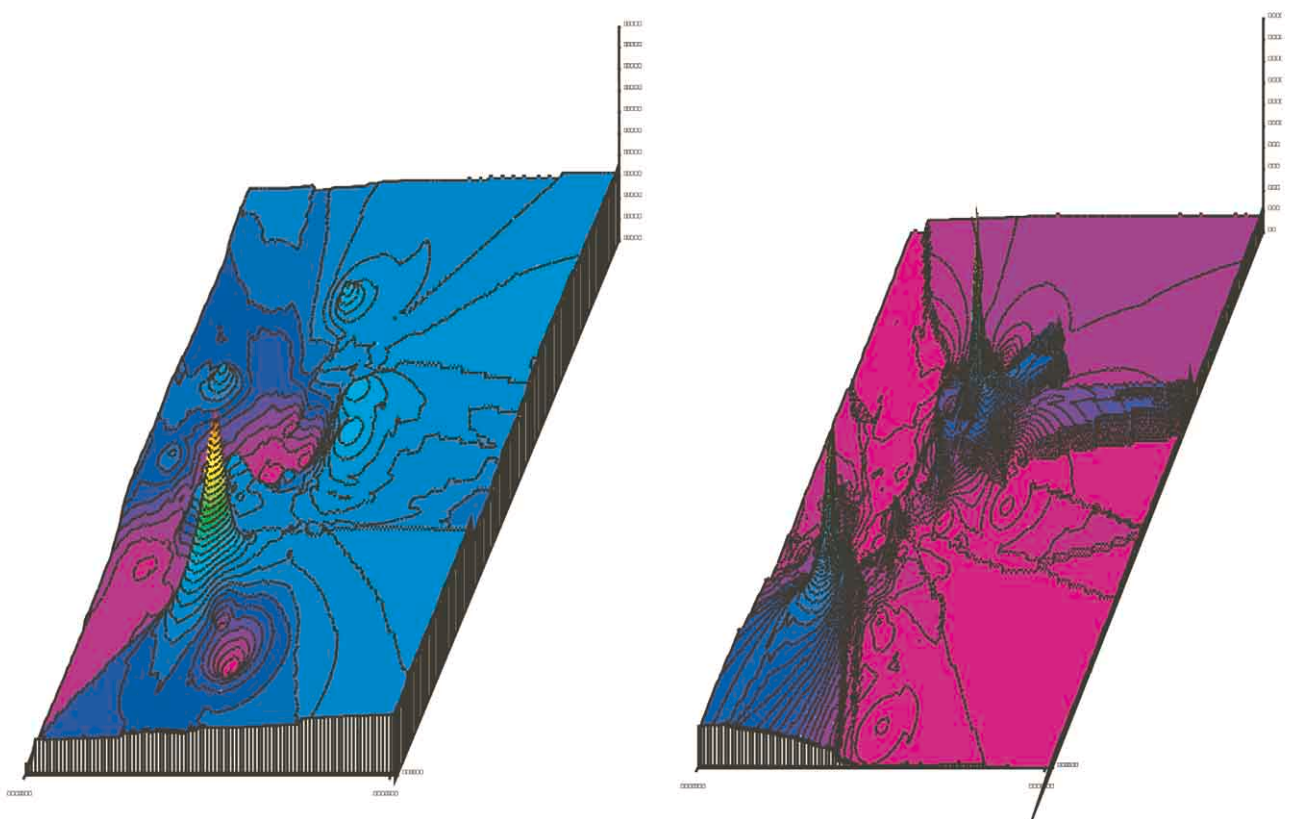


図7 鳩間海丘の地形の3次元表示(左)と γ 線強度の3次元表示(右)，“しんかい2000”の航跡データによる。

Fig. 7 3D expression of Topography (left) and gamma ray intensity (right), based on the track data of “Shinkai2000”.

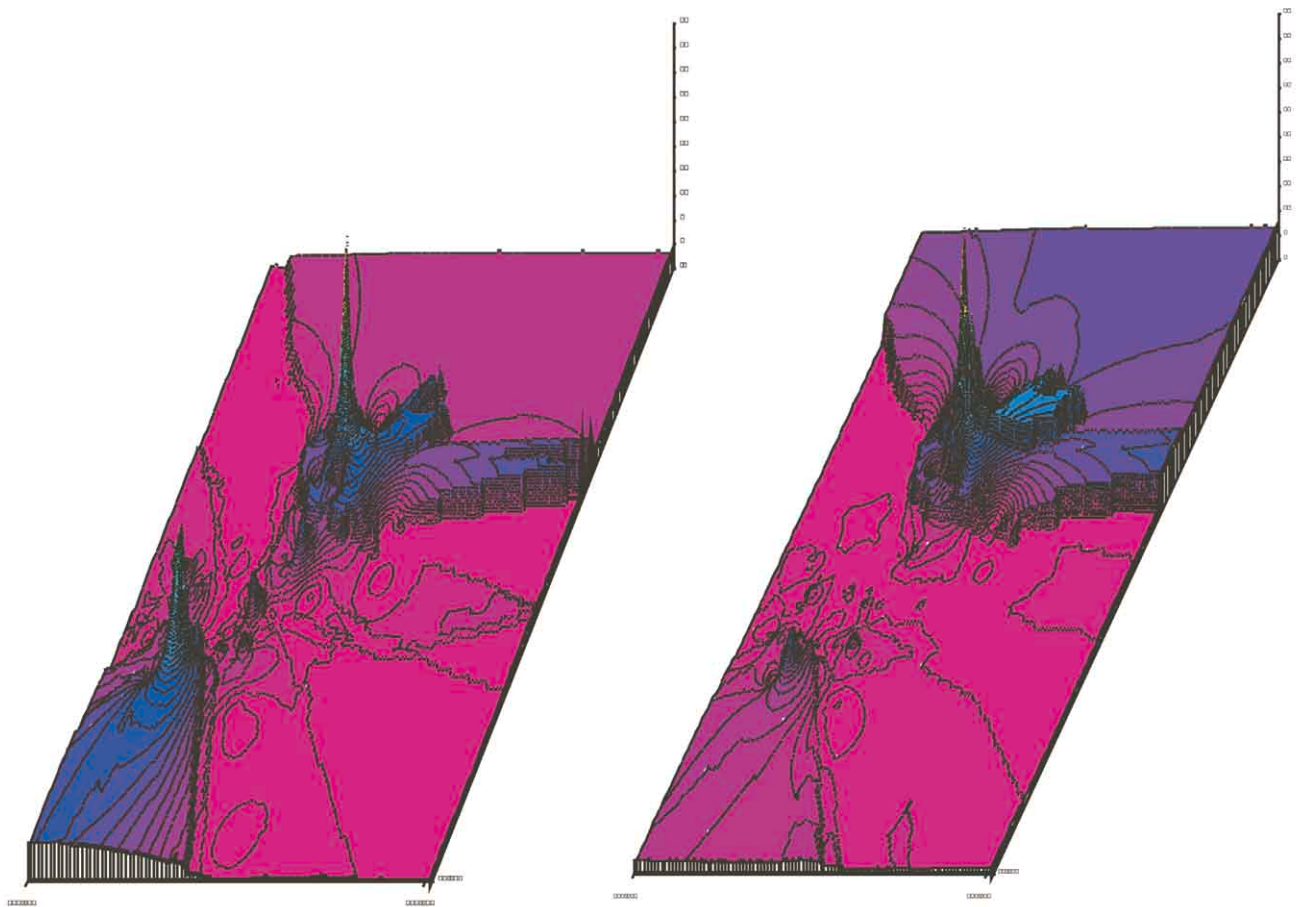


図8 鳩間海丘, U-系列(左)とTh-系列(右)の濃度3次元表示。

Fig. 8 3D expression of U-series contents (left) and Th-series contents (right) of Hatoma knoll.

表2 黒島海丘,「しんかい2000」と「ドルフィン-3K」の各潜航のγ線最大計測値。

Table 2 Maximum gamma ray values of all dives by “Shinkai2000” and “Dolphin-3K”, Kuroshima knoll.

SUB NAME	DIVE NO	LONG.	LAT.	DEPTH (M)	INTENSITY (CPS)	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)
D2K	981	124.2000	24.1250	800	104	0.08	1.02	1.11
D2K	1099	124.1000	24.0917	1411	84	0.31	0.90	1.39
D2K	1100	124.1833	24.1167	691	171	0.94	1.28	1.69
D2K	1179	124.1917	24.1333	720	134	0.23	1.98	2.72
D2K	1180	124.2083	24.1333	878	76	0.19	0.89	2.02
D3K	347	124.2000	24.1250	810	53	0.36	2.05	4.01
D3K	348	124.2000	24.1250	688	50	0.28	1.11	3.88
D3K	349	124.2000	24.1250	675	39	0.27	1.02	3.46
D3K	455	124.1917	24.1333	1032	212	1.63	3.40	10.00
D3K	456	124.1917	24.1333	659	201	1.57	3.47	9.52
D3K	461	124.2083	24.1333	881	161	1.41	1.75	6.74
D3K	462	124.1750	24.1250	656	109	0.64	1.97	4.60

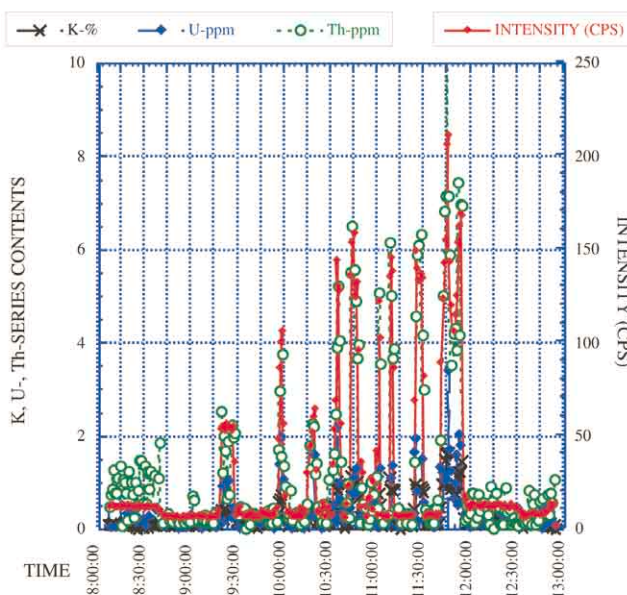
大値を示す。「ドルフィン-3K」による比較的最近の計測値が「しんかい2000」の計測値より値が高い傾向が見られるが、これは、主として全体の状況が判ってきて、最も冷湧水活動の活発な地点に潜航できるようになったことによる。表2で最も冷湧水活動が活発と思われる、「ドルフィン-3K」の455, 461潜航の計測結果のグラフを図9に示す。455潜航では γ 線最大強度212 cps, U-系列濃度, 3.4 ppm, Th-系列濃度, 10 ppmであり、これまでに冷湧水域で計測された、東部南海トラフ、東海断層沿い、金洲ノ瀬沖「しんかい2000」899潜航のデータ, 235 cpsに次いで高い値を示す。ちなみに899潜航の時のU-, Th-系列の濃度は3.54, 3.31 ppmであった。455潜航で上記の最大値を示した地点は24.2138°N, 124.3326°E(Tokyo Datum), 水深679 mであった。この地点周辺でもっとも活発な冷湧水の湧出が続いているものと推定できる。U-系列も可成り含まれることから、マイクロクラックの形成が進行中なのかも知れない。図10に「しんかい2000」と「ドルフィン-3K」の潜航時の航跡図の位置、深度、とその位置に相当する γ 線データから作成した3次元図を示す。地形的には北東側(右上)が高く、南西側に深くなっている。但し西側は一段深くなっている。 γ 線強度は、北東側で最も高く、西側の一段低いところでやや高くなっている。図11は、同様にU-とTh-系列の濃度の3次元表示である。北東の端にU-, Th-系列とも高い場所があり、この近辺で現在最も冷湧水の湧出が活発であると推定できる。多分この場所の地下では断層によるクラックが発達し、それらに沿って冷湧水が湧出しているのであろう。U-系列の南西側での高まりはここでも破壊が進行していることを表しているのかも知れない。しかし、これらのデータのポイントは、調査した航跡が北東と南西方向に集中しており、よ

り詳細な解釈のためには、満遍なく着底して、海域を網羅したデータが必要である。今後の調査が望まれる。

4.2.2. 西部南海トラフ

東部南海トラフでは、少なからぬ γ 線の測定が行われている。熊野トラフから室戸沖にかけては、2000年度に2潜航での計測が行われたただけであった。しかし、今年度は、「しんかい6500」により15潜航のデータを取得できたので概要を報告する。図12に15潜航の、各潜航における計測値の最大値を示す。ほとんどの潜航の γ 線計測値が、冷湧水の存在を示差するレベル以上にある。ただし室戸沖の592潜航については、 γ 線計測値だけでは冷湧水の存在は疑わしい。この海域で、実際に冷湧水環境の存在する場所で計測し、潜航概要の報告があるのは、2000年に行われた519潜航である。ここで519潜航について検討してみる。519潜航では2カ所の独立栄養動物群集の存在が認められている(齊藤他, 2001)。図13の11:15付近と12:00付近にそれぞれピークがあり、これらが群集の場所に相当する。室戸沖では、強度30から53 cps, Th-系列1.06から1.18 ppm, U-系列0から0.65 ppmでも冷湧水環境を示している。このことから図12の578, 591潜航も冷湧水環境を示唆しているようである。図13の588潜航は、12:30から14:30頃に冷湧水湧出地点に着底しており、その付近ではかなり活発な冷湧水の湧出があると推定できる。最大値は、強度104 cps, U-系列1.7 ppm, Th-系列3.6 ppmで15潜航中最大である。多分、活断層等に沿って冷湧水の湧出がかなり盛んなのであろう。U-系列の値は、多少なりとも地層の破壊が進行していることを示唆しているのかも知れない。より詳細な検討は、潜航調査に関する報告が公表されてから行う。

DOLPHIN-3K, DIVE 455, 2000/4/30, KUROSHIMA KNOLL



D3KD461, 462, KUROSHIMA KNOLL

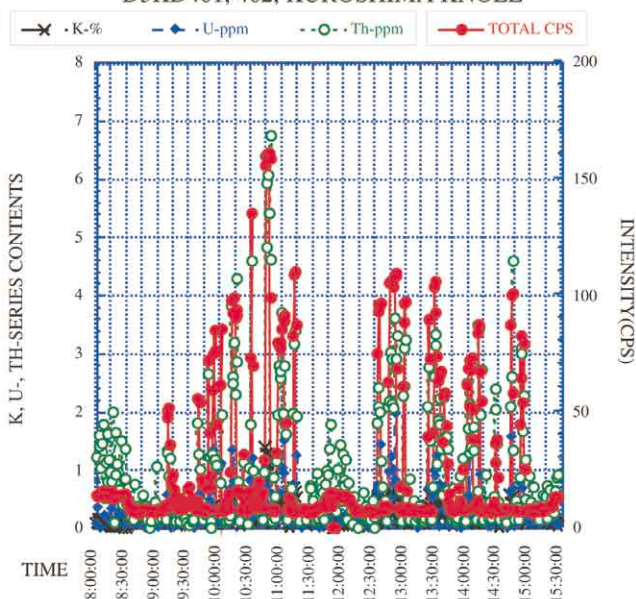


図9 黒島海丘の γ 線測定グラフ。Th-系列の多いことが判る。

Fig. 9 Gamma ray graph of Kuroshima knoll, abundant contents of Th-series radioisotopes is ascertained.

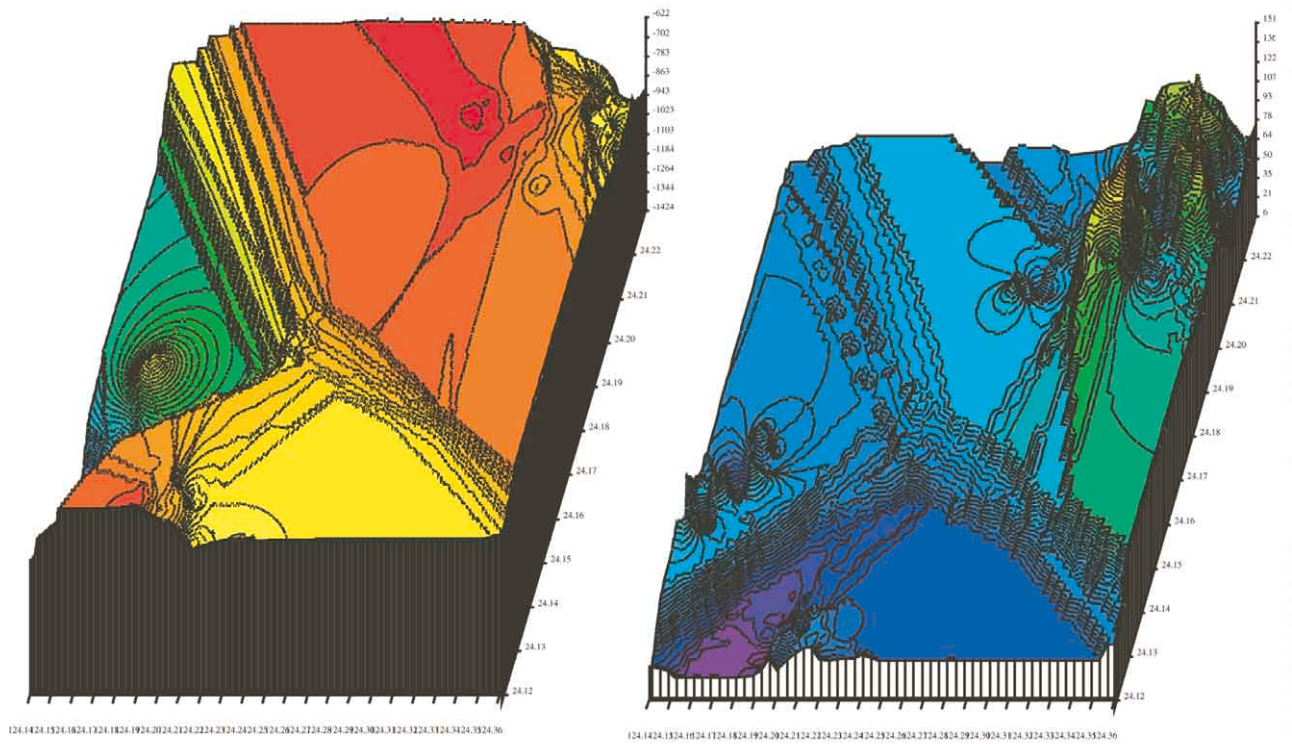


図10 黒島海丘の地形の3次元表示(左), γ 線強度の3次元表示(右)。

Fig. 10 3D topography (left) and 3D gamma ray intensity of Kuroshima knoll.

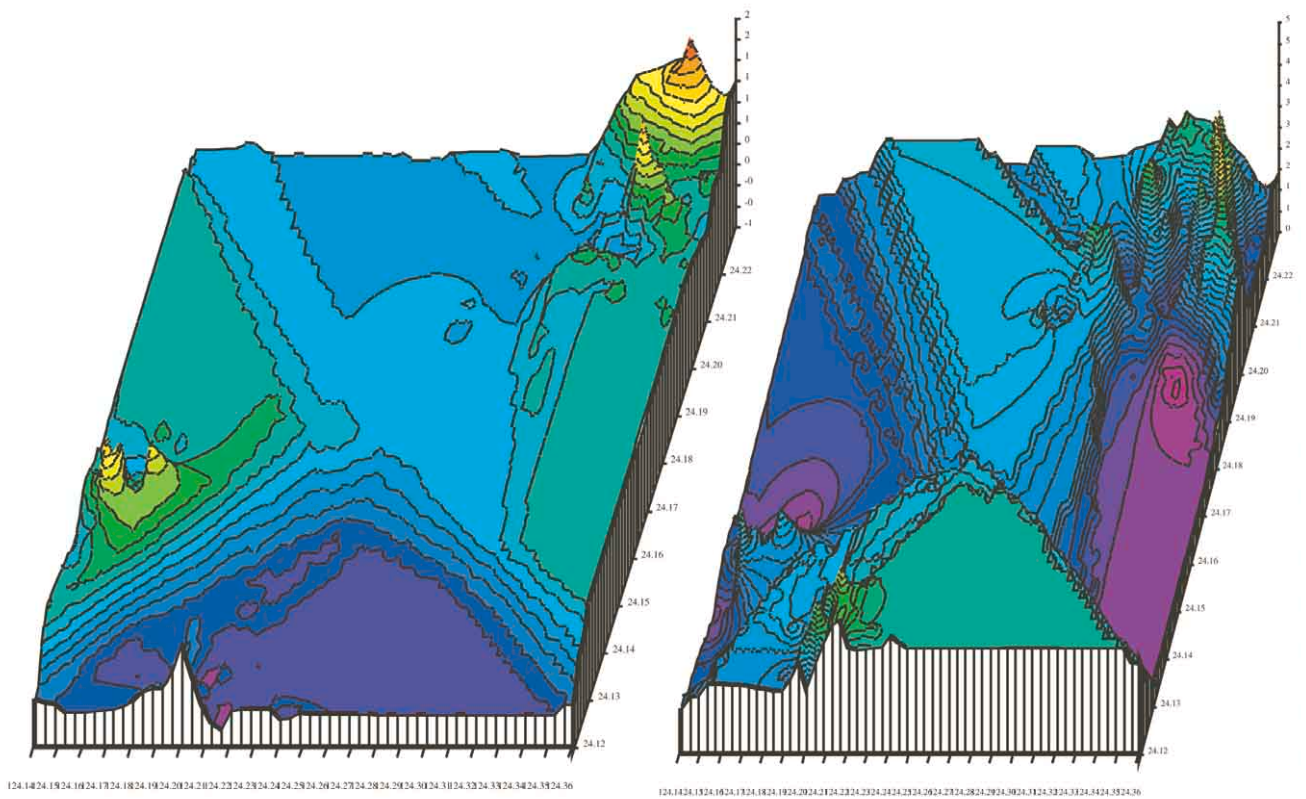


図11 黒島海丘の放射性同位元素濃度分布。左図は、U-系列、右図はTh-系列の濃度の3次元表示。

Fig. 11 3D expression of U-series (left) and Th-series (right) radionuclides contents (ppm) of Kuroshima knoll.

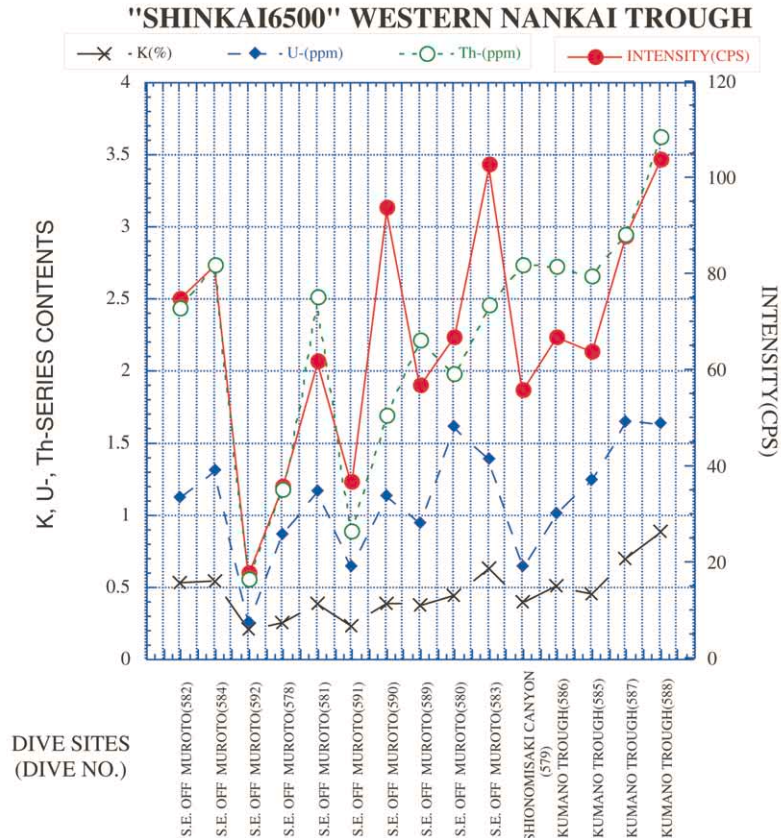


図12 熊野トラフから室戸岬沖にかけての、「しんかい6500」潜航(YK00-10)のγ線最大計測値。ほとんどの潜航で冷水環境を示す計測値が得られている。

Fig. 12 Gamma ray maximum values of “Shinkai6500” dives(YK00-10). Almost dives show values of gamma ray that suggest “cold seep environment”.

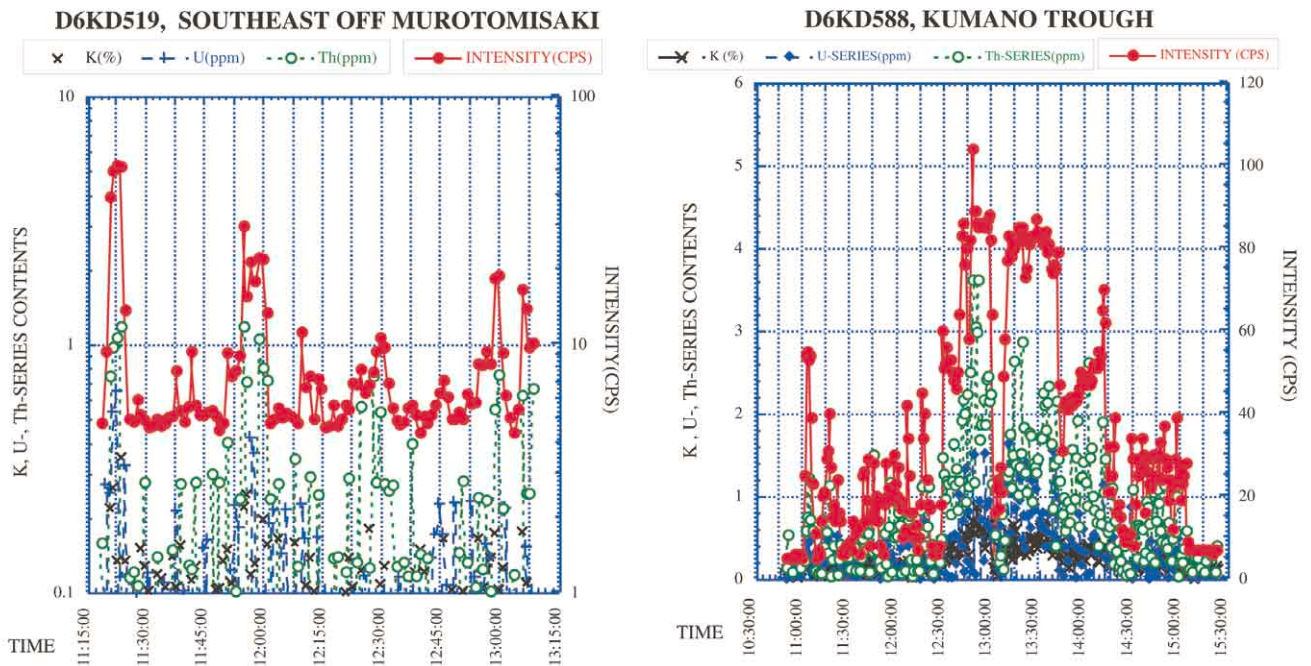


図13 室戸沖と熊野トラフのγ線グラフ。室戸沖「しんかい6500」519潜航の2つのピーク、11:15と11:30の間と12:00付近、は潜航調査により独立栄養動物群集の存在が確かめられている。

Fig. 13 Gamma ray graphs from off Muroto (left) and Kumano trough (right). Two peaks of Muroto between 11:15 and 11:30 and near 12:00 were ascertained presence of chemosynthetic animal community by observer.

5. おわりに

海底 γ 線調査も、データが集積するに連れ海底 γ 線の分布が明らかになり、データの解釈も確かになってきた。今後はODPの検層結果もデータベースに加える等海底 γ 線のデータセンター的機能を持つように努力したい。

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。

また、計測にご尽力いただいた「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、「なつしま」、「よこすか」の船長始め乗員の皆様に謝意を表します。

参考文献

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).

服部陸男・岡野眞治, “ 海洋放射線測定, 1998, 1999年度の成果 ”, JAMSTEC深海研究, 16 II, 57-67 (2000).

Igarashi, G., Saeki, S., Takahata, N., Sumikawa, K., Tasaka, S., Sasaki, Y. and Sano, Y., “ Ground-water radon anomaly before the Kobe earthquake in Japan ”, Science, 269, 60-61 (1995).

五十嵐丈二, “ 地殻におけるマイクロクラックの形成と地下水の化学変化 ”, 月間地球, 号外, 18, 6-11 (1997).

木下正高・加賀谷一茶・館川恵子・Jean-Claude SIBUET, Chao-Shing Lee, 松本 剛, “ 沖縄トラフ石垣第4与那国海丘北方域の熱水地帯マッピング ”, 第17回しんかいシンポジウム予稿集, 103 (2001).

町山栄章・新城竜一・服部陸男・岡野眞治・松本 剛・木

村政昭・中村 衛・當山元進・岡田卓也, “ドルフィン-3K南沖繩トラフ・黒島海丘潜航調査(NT00-05航海)の概要 ”, 第17回しんかいシンポジウム予稿集, 113-115 (2001).

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).

松本 剛・木下正高・中村 衛・「よこすか」YK00-06乗船研究チーム, “ 沖縄トラフ西端部の構造とテクトニクスー「よこすか」／「しんかい6500」YK00-06航海の成果速報一 ”, 第17回しんかいシンポジウム予稿集, 37 (2001).

斉藤実篤・芦寿一郎・石村豊穂・岡田 誠・岡本拓士・倉本真一・角皆 潤・友杉貴茂・中村光一・Greinert, Jens, Gulick, Sean P.S., Rickert, Dirk, Suess, Erwin・平朝彦, “ 室戸沖南海トラフ付加体における巨大逆断層群の構造と冷水水生物群集 ”, 第17回しんかいシンポジウム予稿集, 98-99 (2001).

土田真二・渡辺一樹・石橋純一郎・三宅祐志・渡部 元・山口寿之・北島登美雄・中野綾子・村松美奈子・渡部裕美, “ 鳩間海丘および水納海丘における熱水噴出現象に関する生物, 地質, 地球科学的調査概要報告 ”, JAMSTEC深海研究, 17, 35-42 (2000).

土田真二・渡辺一樹・三宅祐志・渡部 元・山口寿之・石橋純一郎・北島登美雄・中野綾子・渡部裕美, “ 南部沖縄トラフ鳩間海丘および水納海丘における熱水活動と生物群集 ”, 第17回しんかいシンポジウム予稿集, 108 (2001).

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: 2001年1月30日)