

有人潜水船，無人潜水機による海中，海底 γ 線調査

服部 陸男*1 岡野 真治*1

海洋科学技術センターでは、1997年11月より「しんかい2000」に γ 線センサー、NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータを装備して本格的な常時測定を実施している。目的は、基本的な海洋計測項目としての、日本周辺の海中・海底 γ 線の測定とデータベースの作成、公開。全体的な傾向を把握して後の、特徴的な海域の重点的な調査であり、現在全体的な傾向、興味深い海域等が明らかになりつつある。特徴的な海域としては、冷湧水海域で、相模湾、駿河湾、東部南海トラフを、熱水噴出海域では、鹿児島湾、沖縄トラフの伊平屋海嶺群、伊豆名海穴、南方諸島海域の多くの海山を調査した。これら各海域の特徴と、地質構造等他の調査結果等との関連を検討した。東部南海トラフでは、最も隆起量の多い断層、衝上断層沿いに最も全計数率が高いことが判る等、重要な成果が上がりつつある。

キーワード： γ 線，冷湧水，熱水， γ 線全計数率，NaI(Tl)

In situ Sea Bottom Gamma Ray surveys by manned submersibles and ROV

Mutsuo HATTORI*2 Masaharu OKANO*2

Since November 1997, γ -ray spectrometer utilizing NaI(Tl) sensor has been usually operational that is equipped to the manned submersible "Shinkai2000". The purpose of measurements are to establish subsea and seabottom γ -ray data base around Japan as one of fundamental oceanographical measurement data. After that, the characteristic areas that show high total count per sec.(cps) value of γ -ray and high contents of U-, Th-series radionuclides. These areas that are recognized as important are cold water seep areas such as Sagami Bay, Suruga Bay and Eastern Nankai Trough. Also hydrothermal vent areas such as Kagoshima Bay, Southern Kyushu, Izena Hole and Iheya Knoll of Okinawa Trough and many sea mounts of Shichito-Iojima Ridge are recognized as remarkable areas. These areas have been surveyed as frequently as possible. The relationships between geological structure and gamma ray intensity were studied. Many remarkable results were obtained, such as the fact that highest gamma ray total counts were obtained along active fault and thrust of highest elevation at Eastern Nankai Trough.

Keywords : gamma ray, cold seep water, hydrothermal water, gamma ray total cps, NaI(Tl)

*1 海洋科学技術センター

*2 Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

海洋科学技術センターでは、1987年より日本原子力研究所の委託および独自の研究で、海洋環境の放射能測定を行ってきた。基本的なシステムは理化学研究所において研究開発されたスペクトルサーベレーコーダ (SSR) と呼ばれる環境放射線測定システムを海洋に適用するように改造したものである。このシステムは、「しんかい2000」「しんかい6500」ならびに「ドルフィン-3K」に搭載され、現在稼働している。

深海に於ける現場での放射能調査は、筆者らの知る限りでは、我が国では、気象庁の照洋が、シンチレーションスペクトロメータにより水深3,000 mまでの測定を行っている。なお、水深3,000 m以深では、大西洋に沈没した原子力潜水艦THRESHER号の捜索の時に、曳航体に取り付けたガイガー管による測定が試みられた (Wakelin, 1964)。

その後測器の進歩により、浅海域での人工放射能モニタリングを中心として、海洋における放射能の現場計測が行われてきた。

我が国では、近年無人潜水機、潜水船にスペクトロメータとして、NaI(Tl)シンチレータ、まれであるがゲルマニウム半導体検出器を使用しての深海—浅海放射能現場計測システムが稼働していることは、曳航体による海底放射能調査が行われているにすぎない諸外国と比較して顕著な実績である。NaI(Tl)シンチレータは主として空間 γ 線エネルギースペクトルの測定、ゲルマニウム半導体検出器は放射線核種の同定と定量に利用される。

海洋底の放射能計測で最も実績があるのは、NaI(Tl)シンチレータを使用した深海掘削 (ODP) における掘削孔中での γ 線検層であり、これは基本的な測定項目として行われている。 γ 線検層の主目的は、岩相の対比である。

一般的に、海水、海底泥、岩石、生物中の放射性同位元素の分析は、採集した試料を研究室に持ち帰って行われており、短寿命の核種の認定や、現場を観察した上での測定においては、潜水船や無人潜水機による現場 (In situ) での計測に勝るものはない。

2. 海洋環境放射線測定システム

システムの概念図を図1に示す。「しんかい2000」の場合、潜水船の脚 (ソリ) 部に放射線検出器として使用している直径、長さ共に76.3mm (3インチ) の球形NaI(Tl)シンチレータと、信号波高値を処理してデジタルコード化するインターフェースを設置し、データ収録は耐圧殻内で行っている。耐圧殻に収納したNaI(Tl)セ

ンサと信号処理部は、「しんかい2000」の着底脚 (ソリ) 部に格納され、着底時は完全に泥の中に埋まる様になっている。データは、シンチレータの出力信号の波高値を実時間でそれぞれデジタル化し、収録用8mmビデオテープレコーダ (VTR) の音声部に収録するとともに、映像信号としてエネルギースペクトルの収録も行っている。8mm VTRには「しんかい2000」の船外に装備したTVカメラの映像も記録され、測定した環境が容易に判るようになっている。なお潜水船内でもモニタ映像処理インターフェースを用いることにより、放射線強度・測定エネルギースペクトルをモニタすることができる。「しんかい6500」には1998年に3インチセンサを装備し、現在計測中である。「ドルフィン-3K」には、日本原子力研究所よりの委託研究により、1996年度から計測システムを開発している。現在ブイ機体の前部と後部に2つの3インチセンサを装備したデュアルシステムで計測を行っている。このシステムの特徴は、データ収録用VTRの収録操作のみで、多くのスペクトル情報が実時間で収録でき、併せて「しんかい2000」の船外TVカメラの映像から計測した環境、潜水船の行動も知ることが出来ることである。このように、計測システムはデータ収集のための労力の軽減、運用の単純化を計っている。

3. データ処理・解析

測定したデータは、VTR (8mmステレオ音声収録部) に収録されており、このデータは、2チャンネル音声に13ビットのシリアル信号で、R, Lチャンネルにビット開始を同時に信号し、これに続く信号ビットは、R, Lチャンネルのいずれかに“1”、“0”の信号を入れコード化している。再生に際しては、収録シリアル信号をパラレルとし、パーソナルコンピュータに送り、1分毎の収録スペクトルとして希望するファイル (ハードディスクまたはフロッピーディスク等) に保存される。

保存されたデータファイルの内容の処理・解析は、目的に応じて行われるが、現在標準的な解析は、科学技術庁放射能測定法シリーズ (空間 γ 線スペクトル測定法) を参考とし、 γ 線エネルギースペクトルとしている。データ処理によって得られた γ 線エネルギースペクトルは、さらに着目した放射性核種の γ 線ピーク (特定のエネルギー) 解析と、天然放射性元素であるK, U-, Th-系列のエネルギー領域の解析との組み合わせにより目的とする情報の把握に役立っている。なおこの解析ソフトの一部は市販されている。表1に解析データの例を、図2にこのデータに基づいて作成したグラフを示す。このグ

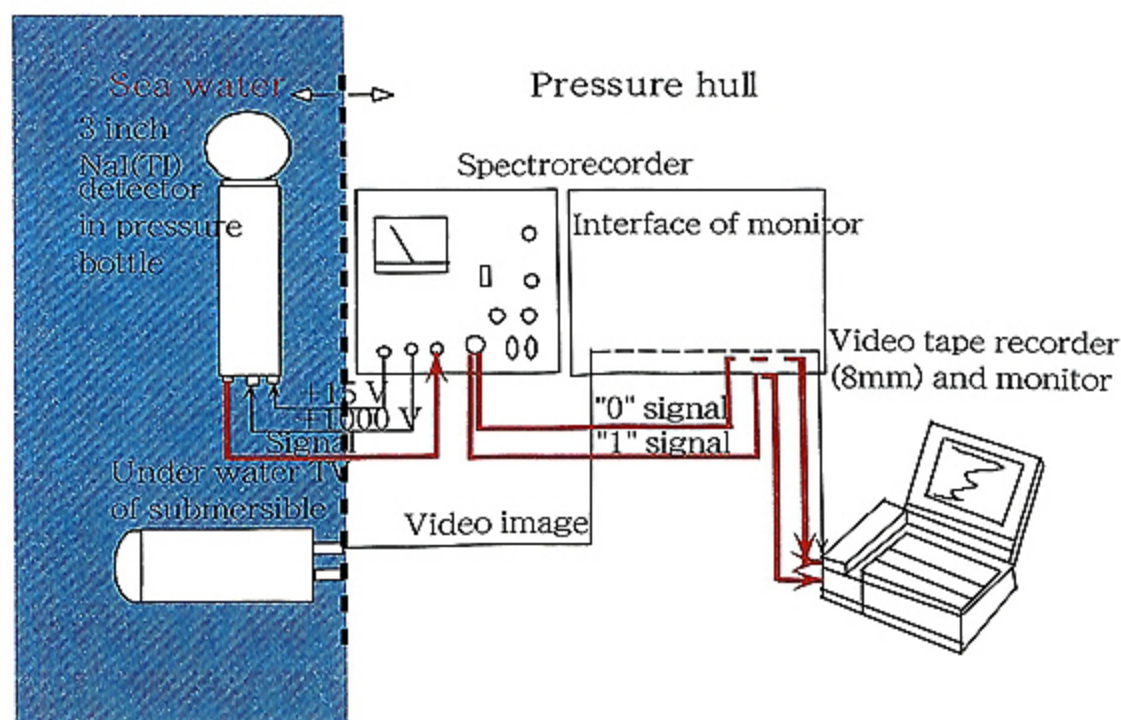


図1 「しんかい2000」の放射能測定システム概念図
Fig. 1 The radioactivity measurement system of "Shinkai2000"

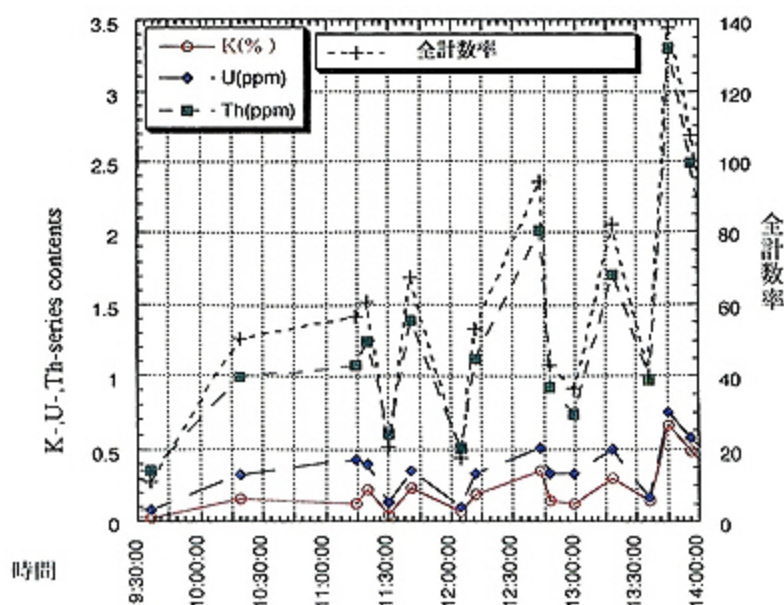


図2 解析データの例
Fig. 2 An example of analysed data.

スペクトルファイル名	測定日	測定開始時刻	K(%)	U(ppm)	Th(ppm)	全計数率
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87001.CHN	1996/6/11	9:20:00	0.031	0.086	0.3426	12.86
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87002.CHN	1996/6/11	9:36:00	0.022	0.08	0.3523	10.97
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87003.CHN	1996/6/11	10:19:00	0.160	0.324	0.9897	50.72
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87004.CHN	1996/6/11	11:14:00	0.118	0.425	1.0819	56.72
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87005.CHN	1996/6/11	11:20:00	0.220	0.402	1.2465	60.67
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87006.CHN	1996/6/11	11:30:00	0.049	0.13	0.6039	20.63
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87007.CHN	1996/6/11	11:41:00	0.228	0.348	1.3874	67.36
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87008.CHN	1996/6/11	12:05:00	0.067	0.105	0.5052	17.87
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87009.CHN	1996/6/11	12:12:00	0.184	0.328	1.1184	53.34
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87010.CHN	1996/6/11	12:43:00	0.350	0.502	2.0197	94.23
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87011.CHN	1996/6/11	12:48:00	0.142	0.334	0.9261	43.2
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87012.CHN	1996/6/11	12:59:00	0.121	0.329	0.7397	36.68
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87013.CHN	1996/6/11	13:18:00	0.303	0.497	1.7039	82.58
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87014.CHN	1996/6/11	13:36:00	0.145	0.163	0.9684	39.89
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87015.CHN	1996/6/11	13:45:00	0.656	0.747	3.3065	137.8
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87016.CHN	1996/6/11	13:56:00	0.486	0.571	2.4845	107.4
G:\D870SUM\SUMSUM\SMD87017.CHN	1996/6/11	14:21:00	0.054	0.142	0.429	14.9

表1 解析データの例 (図2に対応)

Table 1 AnExample of analysed data,that is correspond to Fig.2

ラフには、全計数率とK, U-, TH-Seriesの放射性同位元素の濃度が示されている。通常は、このようにしてデータの処理・解析を行っている。

また放射性核種の種類が同定出来れば、生成した時期・年代を推定可能である。図3に例としてウラン系列・トリウム系列の放射性核種の放射性元素子孫(従来は娘・親と言われてきた)核種壊変図を示す。図3の壊変計数の中には鉛、ラドン、ラジウム、ビスマスなどいくつかの元素が見られるが、これらの元素の物理的・化学的な性質と放射能のもつ半減期の違いから環境における分布に変化が生ずる。これらの濃度を把握することが、生成した環境の推定のために重要である。図3の元素ウラン(U), ラジウム(Ra), ラドン(Rn)は水によく溶ける元素で、子孫関係の系列からそれぞれの濃度を測定し、その挙動で年代や物質循環を知るのに役立っている。ウランについて言えば、 ^{238}U と ^{234}U の比率から数十万年単位の年代が判る。また、沖縄トラフの伊是名海穴・伊平屋海嶺群(海門)において、熱水により生成されたチムニーの周辺ではラジウム(^{228}Ra)とその子のトリウム(^{228}Th)が認められこれらの比率からチムニーの作られた年単位の年代を知ることが出来る。これらの放射性同位元素からはそれぞれ特定のエネルギーを持ったガンマ線が放出されており、スペクトルを解析することにより元素の同定が可能である。図4に理論的な、U, Th系列の主要放射性核種のエネルギースペクトラムを示す。図5

に、シンチレーションスペクトロメータで測定した、スペクトルを示す。潜水船中のモニタに表示されるスペクトルはこれらのスペクトルの総和として示される。

環境放射線量測定法とデータ処理・解析の詳細については岡野(1997, 1998)を参照されたい。

4. 潜航調査のデータ

4.1 目的・何が判るか

海洋における各種計測データは、調査手法の進歩により膨大な量となり各種データベースの作成、公開等によりその利用も一般的になりつつある。著者らの測定も海洋計測データの一つとして、有効な利用が行われることを願うものである。

海洋でγ線を測定する目的を以下に示す。

①日本周辺の海底における、基本的な海底環境の指標の一つとして海底、海中自然放射線強度、放射性核種の濃度の分布の把握と陸上の後背地あるいは海底の地質との関連付けを行う。また、データベースを作成し、公開する。

②全体の傾向を把握して後、特徴的な海域の重点的な調査を行う。これにより冷湧水湧出海域では、γ線量と冷湧水湧出量との相関、また活断層の活動度との相関等が把握できる。熱水噴出海域では、海底下の地質構造の相違による海域毎の放射線量、放射性核種の相違が明ら

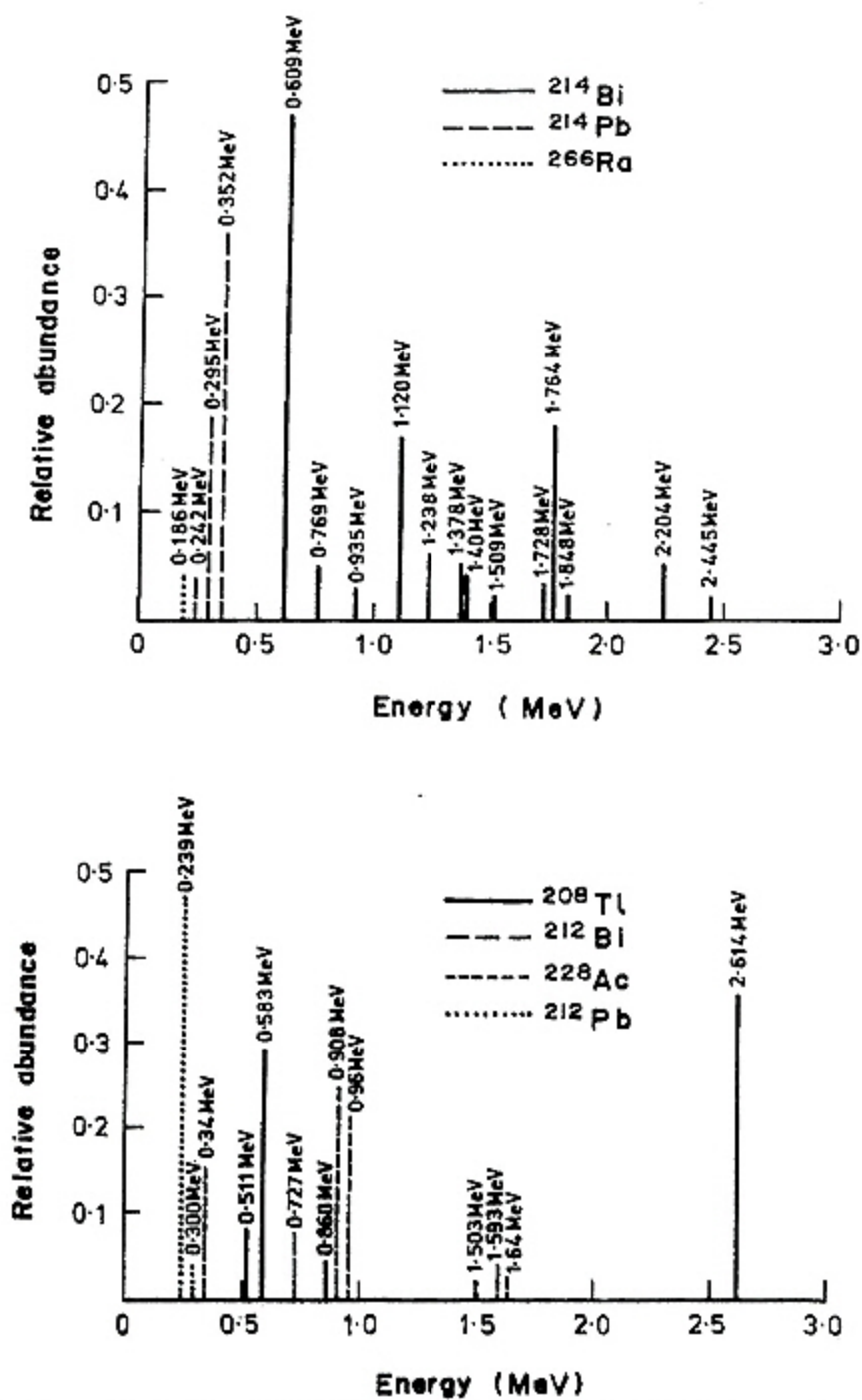


図4 U- (上図), とTh- (下図) 系列により照射される主要な γ 線の理論的なエネルギースペクトラム、すなわち代表的な γ 線と放出割合。

Fig. 4 Theoretical energy spectrum of principal gamma-rays emitted by the ^{238}U decay series(top) and the ^{232}Th decay series(bottom).

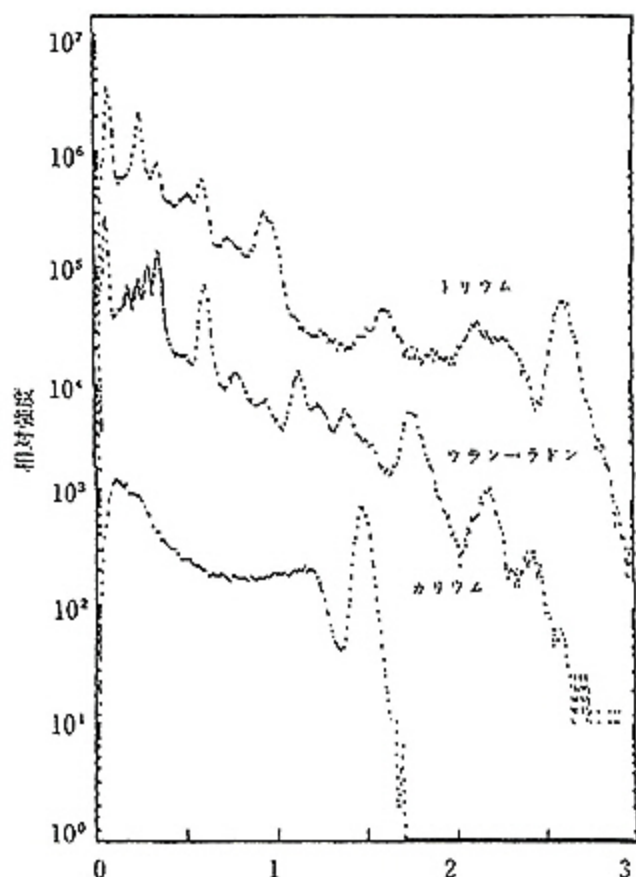


図5 ウラン系列・トリウム系列並びにカリウム資料のシンチレーションスペクトル

Fig. 5 γ -ray spectrum of U-, Th-Series and K samples.

かになり、また熱水や熱水性堆積物の年代、性質、噴出の中心、ブルームの形態、規模等が推定できる。

③海底に設置する長期観測ステーション等に装備するための準備として、特定海域での放射線量の経年変化を測定する。なお、長期観測の目的は、陸上の地下水井戸におけるラドンのモニタリングと同様な目的で行うことを目指している。ラドンのモニタリングは、計測している場所、現場の環境等について非常に幸運であれば、阪神地震の前にラドンの含有量が急上昇したという報告がある (Igarashi *et al.*, 1995) ように地殻運動の変化を予測できる可能性がある。

④海底下の地層の地質構造、地質年代、隆起、沈降量等のデータあるいは「地震総合観測ステーション」等からのリアルタイムの地中温度、CTD、地震、潮汐等のデータとの相関を検討し、変数相互間の相関を把握、 γ 線量との関連を検討する。実際には、地質構造はMCS-

OBS調査、地質年代は主として石灰質ナノ化石、地層の堆積深度は底生有孔虫等の解析によるものである。

⑤詳細なスペクトル解析により、放射性核種の同定を行う。これにより特に短寿命な核種が同定でき、熱水や、熱水性堆積物等の噴出した時期が明らかになる。

4.2 日本周辺海域の海底 γ 線線量

有人潜水調査船「しんかい2000」は、潜航回数1,000回を越えなお活躍中であるが、著者らは1995年11月から「しんかい2000」に γ 線センサーをほぼ常備して我が国周辺の海中、海底 γ 線測定を行って来た。測定は「しんかい2000」のパイロットにお願いし、各潜航研究者に対しては、潜航前に「しんかい2000」司令から測定を行うことと、データの帰属、利用等についてあらかじめお願いして頂いている。

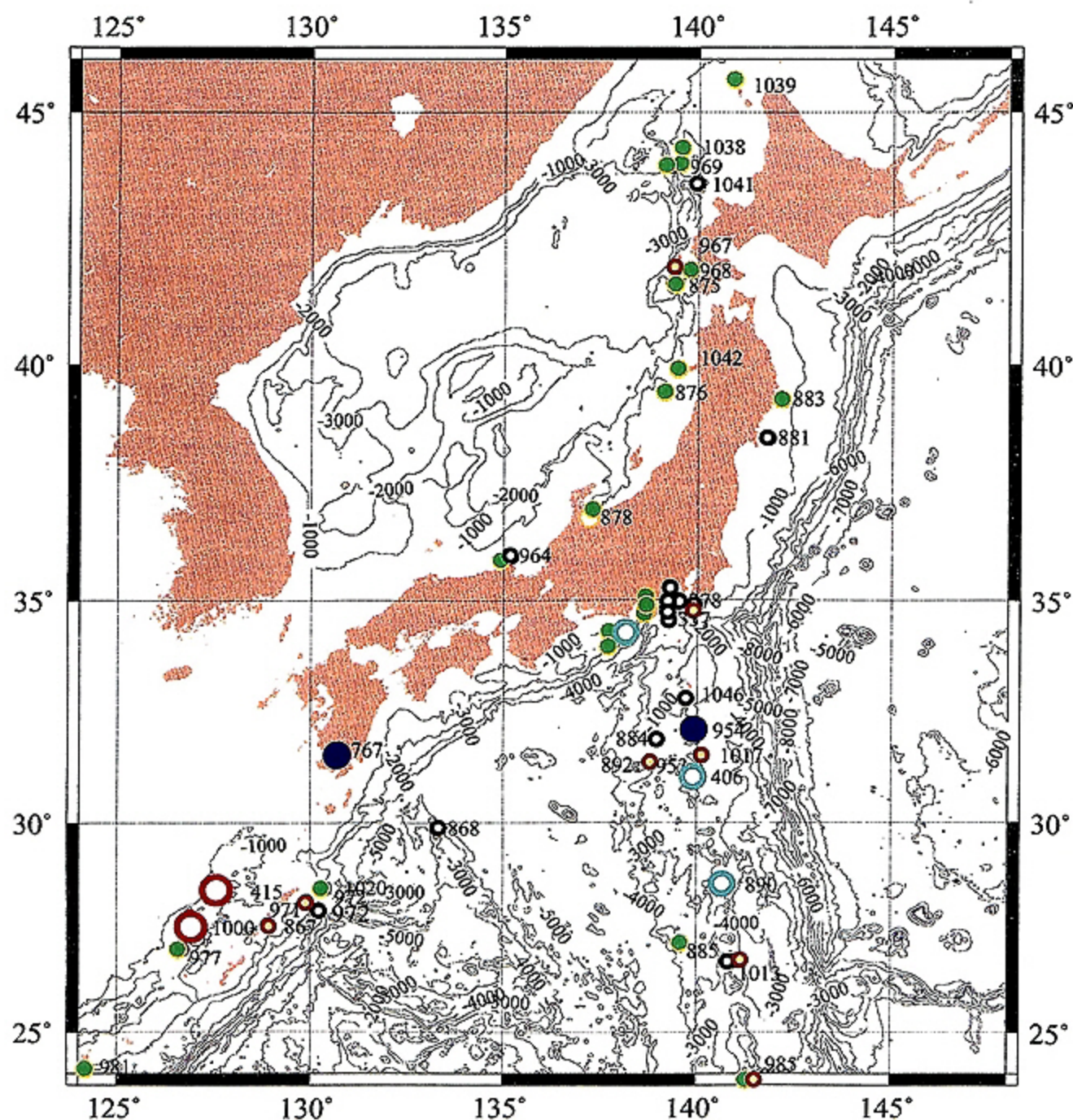
なお、最初の「しんかい2000」による海底 γ 線の測定は、相模湾初島沖で1996年5月に行われた (吉田・塚原, 1997)。

これまでの測定により、十分ではないが我が国周辺海域の海底 γ 線全計数率、K-, U-, Th-系列の放射性核種の濃度分布が明らかになりつつある。

図6に我が国周辺の海底 γ 線全計数率を示す。なお放射性核種の系列毎の濃度の解析は進行中である。「しんかい2000」の潜航場所は公募により決定されるので、著者らは計測する場所を選ぶことが出来ない、そのため測定海域にバラツキが見られるがこれらは「ドルフィン-3K」による測定で順次埋めて行く予定である。図6と、図7に示す陸上の放射線強度分布 (Furukawa, 1993) を合わせてみると、後背地と海底の放射線量の関係が推察できる。

以下日本周辺海域での全体的な傾向を述べる。

①日本海は全般的に着底した時の、 γ 線全計数率の最低値が80-100 cps (count per sec.)と、他の熱水や、冷湧水の確認されていない海域と比較して高い値を示す。また最高値も140-190 cpsと高い値を示す。特に富山市沖では、ウラン、トリウム系列の濃度の高いことから、我が国の内陸で最も放射線レベルの高い (100-160 nGy/h, 古川, 1993) 中央山岳地帯を後背地に持つことを反映していると推定される。ちなみにこのシステムでは、約4 cpsが生活環境の1 nGy/h (nGy/h: 1時間当たりの空気吸収線量、ナノグレイ) に相当している。従って、上記の100-160 nGy/hは、400-640 cpsに相当し、通常の我

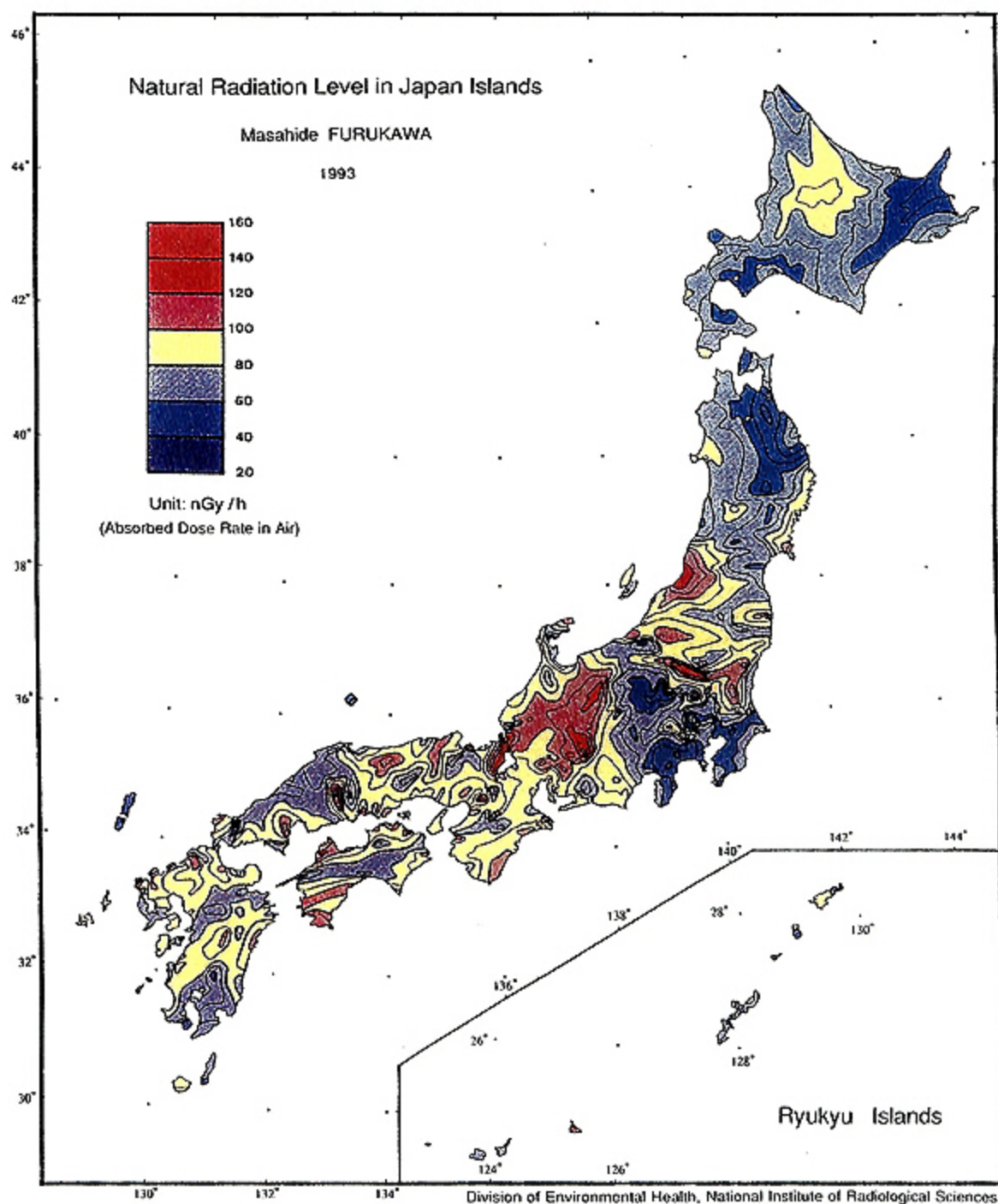


LEGEND TOTAL CPS ● 0-50 ● 50-100 ● 100-200 ● 200-500 ● 500-1000 ○ <1000

TOTAL CPS(INTENSITY) OF GAMMA RAY AROUND JAPAN

図6 日本周辺海域の海底γ線全計数率

Fig. 6 Gamma ray total cps at sea bottom around Japan.



自然放射線レベル（地表から 1m の高さにおける空気の吸収線量率）の地理的分布
をコンター図によって示した。等値線の間隔は 10nGy/h。（本文参照）

（古川雅英）
（Masahide FURUKAWA）

図 7 日本国内放射線レベル（Furukawa,1993）、約4cpsが生活環境の1nGy/h（nGy/h：1時間当たりの空気吸収線量、ナノグレイ）に相当する。

Fig. 7 Natural radiation level in Japan Islands(After Furukawa,1993). About 4 cps compatible to 1nGy/h.

が国の陸上の生活環境120-400 cpsに比べ相当高いことになる。

②冷湧水湧出海域では、相模湾は、最低が30-50cps、冷湧水湧出地点での最高が82 cpsで、東部南海トラフは、最低が30-50cps、最大が115-235 cpsと相模トラフと比較して高い値を示す。これらの最大値は、冷湧水に伴う化学合成独立栄養動物群集の存在が認められている、活断層の周辺で計測された。

③熱水噴出海域では、南西諸島海域の沖縄トラフ、鹿児島湾で高く、南方諸島海域で低い。これは、大陸地殻を有する沖縄トラフ、鹿児島湾と大陸地殻を有しない火山からなる海嶺の地殻構造の相違を反映している。南方諸島（七島・硫黄島海嶺、西七島海嶺）は、最低は30-40cps、最高は水曜海山の200 cpsである。沖縄トラフでは、伊是名海穴、伊平屋海嶺群（海凹）で、最大9,000 cpsを記録しており、これらの値はラジウムに起因するものである。また鹿児島湾内で、最大800 cpsの全計数率を示す。

表2にこれらの中から代表的な例として全計数率、K-, U-, Th-系列放射性核種の濃度を示す。

4.3 特徴的な海域での測定とデータ処理・解析例

4.3.1 冷湧水帯

我が国周辺の長大な海溝系には、数多くの海域から、断層等に沿って湧出してくる冷湧水系に伴うシロウリガ

イ類、シンカイヒバリガイ類、チューブワーム等の化学合成独立栄養動物群集の報告があり、それらの多くは現地性の炭酸塩類を伴う。相模湾や東部南海トラフの冷湧水系のγ線調査の概要についてはすでに一部報告した（服部・岡野, 1996, 1997, Hattori and Okano, 1998）。

相模湾は、冷湧水地帯の中でも全計数率が低く、全計数率は30-82 cpsで、後述する駿河トラフ、東部南海トラフと比べても低いレベルである。これは、フィリピン海プレートの北西進により絞り出される、相模湾湾奥の厚い堆積物中の間隙水の性質によるものであろう。

図8に海底近くを走航中あるいは着底中の全計数率の時系列グラフを示す。海底近くの海中を走行中の値は10-15 cps程度と低く、推定断層、シロウリガイ群集中でも、この潜航では最大58 cpsと低い値である。また、シロウリガイ群集でも、場所により全計数率に相違が見られる。図9に全計数率とK-, U-, Th-系列の濃度をプロットしたものを示す。特徴的なことは、Th-系列の濃度がピークルの機体が着底しない状態でも、比較的高い値を示すことで、Th-系列の放射性核種を吸着した浮遊粒子の存在が推定される。同様な傾向は伊豆半島の西側の土肥沖のシロウリガイ群集における計測でも見られるので、これは初島沖で、角皆等（1994）により指摘されているように、伊豆半島からの地下水の供給と関係が有るのかもしれない。図10に、初島沖の3D水深図とこれにプロットした推定断層を示す。図11に同じ海域の全計

DIVE SITES	Dive No.	DEPT H	TOTAL CPS MIN.	TOTAL CPS MAX.	K-CONTENTS %	U-SERIES CONTENTS ppm	Th-SERIES CONTENTS ppm
Off Toi (Suruga Trough)	869	1532	40	80	0.027	1.490	2.278
Off Fujigawa (Suruga Trough)	870	1151	65	150	0.043	8.180	5.076
Off Toi (Suruga Trough)	871	1521	45	120	0.697	0.452	0.733
Ryuyo Canyon (Eastern Nankai Trough)	897	1118	45	158	0.061	0.474	1.150
Ryuyo Canyon (Eastern Nankai Trough)	898	1098	40	130	0.061	1.865	3.260
West off Kanasunose (TOKAI THRUST)	899	1249	40	235	0.046	3.540	3.314
Foot of Kanasunose	900	331	50	125	0.060	2.074	3.496
Northern Tenryu Canyon (ENSHU F.)	901	1247	40	195	0.024	10.200	7.050
Southwest off Kanasunose	902	1761	35	166	0.065	2.070	4.827
Ryuyo Canyon (Eastern Nankai Trough)	903	1087	40	150	0.069	2.316	4.189
Off Hatsushima (Sagami Bay)	872	1160	45	80	0.230	0.420	0.980
Off Hatsushima (Sagami Bay)	998	1160	20	47	0.300	0.700	1.950
Iheya Knoll (North), Okinawa Trough	864	1000	13	299	0.758	3.461	0.970
Iheya Knoll (North), Okinawa Trough	1000	1048	15	2000	0.300	40.000	10.000
Iheya Knoll (North), Okinawa Trough	1004	1015	10	1640	3.890	79.000	98.000
Suiyo Sea Mount (Shichito-Iojima Ridge)	891	1353	60	200	0.080	1.540	2.630
Myojin Sea Mount (Shichito-Iojima Ridge)	892	1399	40	120	0.130	1.670	0.750
Off Toyama City, Japan Sea	880	979	80	150	0.600	0.660	4.060

表2 日本周辺海底のデータの代表的な解析例
Table 2 Example of result of data analysis around Japan.

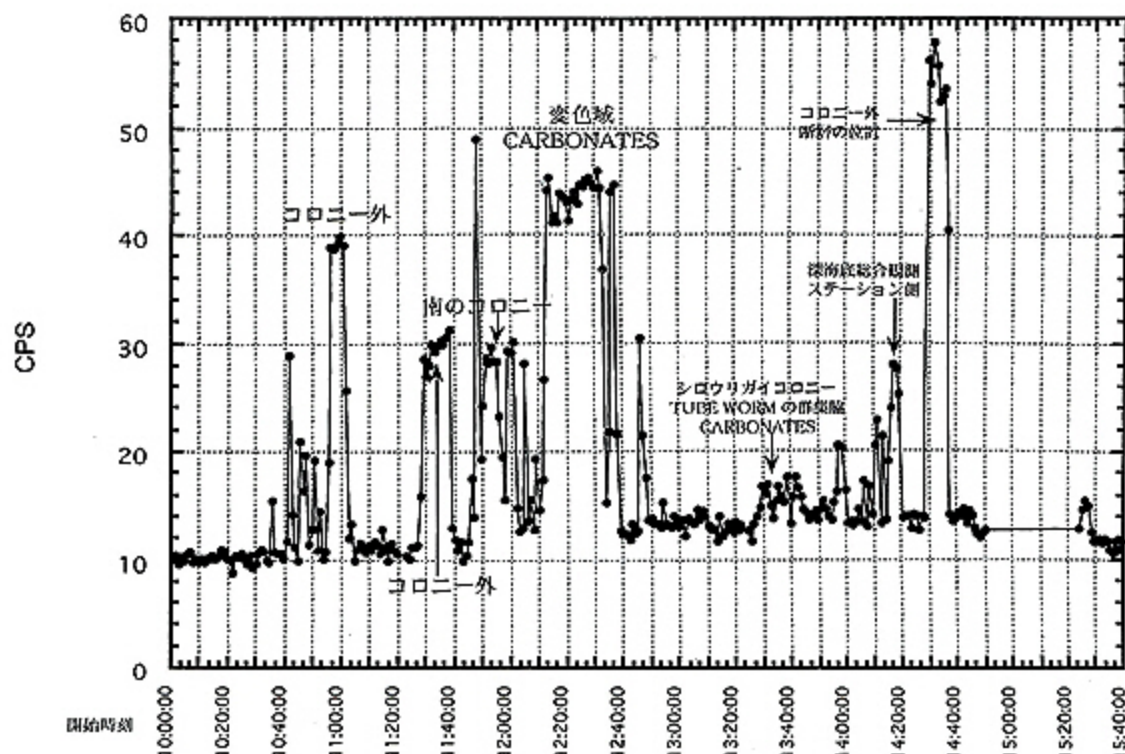


図8 全計数率の計数値の時系列グラフの例、第833潜航、相模湾初島沖

Fig. 8 An example of time-series expression of total gamma ray cps. Dive 833, off Hatsushima Isl., Sagami Bay.

数率の等計数率線図を示す。これら2つの図を比較することにより全計数率の高いところは、推定断層沿いに分布していることが判る。

図12に駿河トラフ土肥沖のシロウリガイ群集地点の全計数率とK-, U-, Th-系列の濃度をプロットしたものを示す。駿河トラフは、先ほど述べた相模湾初島沖と同様に、水中にトリウム系列の核種を吸着した浮遊粒子が存在することを示しており、伊豆半島を挟んで両側に、類似した放射性核種の性質を示す冷水水地帯があることは注目に値する。

東部南海トラフは、主として日仏KAIKO-TOKAI計画の実施に伴う調査中に計測を行った。この海域の特徴は、相模湾、駿河湾と比較して、冷水湧出海域での全計数率が高いことである。冷水水地帯外側の、隣接するPelagic Sedimentsの値は、他の海域と同様であるので、高い全計数率は、湧水に起因するものであろう。図13に、東部南海トラフのシービームマップを示す。これは、日仏KAIKO-TOKAI計画の際、L'Atalante(1996)により実施されたシービームマップをベースとしている。この図に図14と図15の位置をあわせて示す。また、活断層沿いの数字は石灰質ナノ化石により決定された地層の時代であるが、ここでは詳しくは述べない。

図14に東海スラスト沿いの地点の計測値を示す。最大全計数率は235 cpsとこの海域中で最も高く、熱水海域を除いて今まで調査した中で最も高い。ちなみにこの地点で採集した岩石の、石灰質ナノ化石による年代は、5-7 Maである。図15にこの海域で2番目に高い値を示す、海域の北側の遠州断層沿いの地点の解析例を示す。最大全計数率は、195 cpsであり、ウラン-系列が10 ppm、トリウム-系列が7 ppmと冷水水環境にしては高い値を示す。この地点の石灰質ナノ化石年代は、1.48-1.22 Maである。これらの断層の変移量は、岩石からの底生有孔虫による深度解析から、東海スラストで約500 mスラストの上盤側が上昇し、遠州断層では、約1,000 m北西側のブロックが上昇していることが推定された(秋元・服部, 1998, MS)。

東部南海トラフでは、断層、スラストの変移量とγ線全計数率の間に明らかに相関があり、断層等の変移量の大きい所では、γ線の線量も多いことが明らかになった。熱水海域では、南方諸島の多くの海山、鹿児島湾、沖縄トラフの伊是名海穴、伊平屋海嶺群の調査を行った。伊平屋海穴は、浮き魚礁用のブイが設置されているため、現在潜航中止となっている。図16に、七島-硫黄島海嶺の内明神海丘の例を示す。このあたりの海域では、水曜海山が最も、全計数率が高いが、最大200 cps程度である。

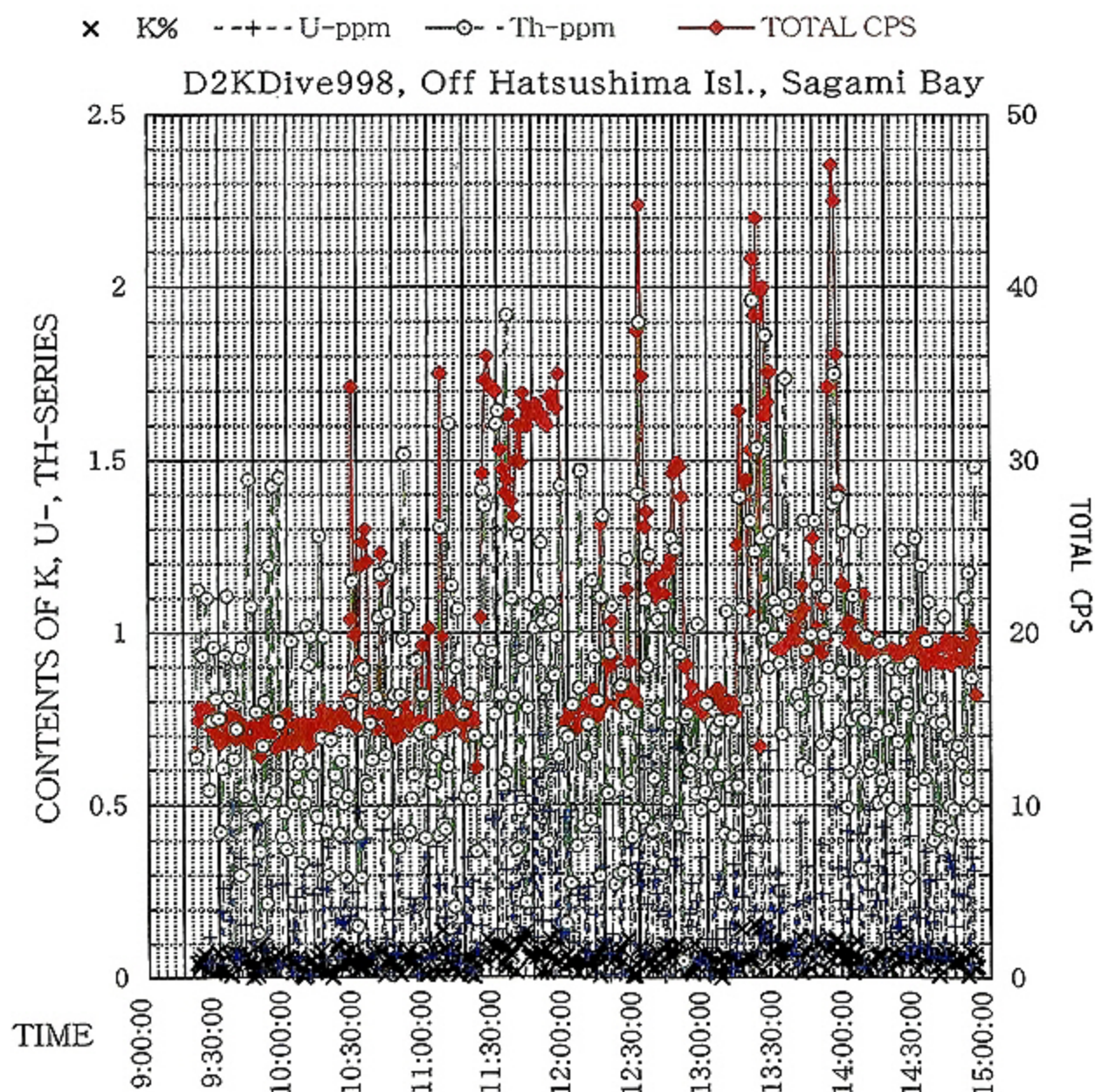


図9 相模湾、初島沖、冷湧水湧出海域における、全計数率、カリウム、ウラン系列、トリウム系列の濃度、全計数率が15cps程度と低いときトリウム系列の濃度が増加している。これは水中に懸濁している粒子に吸着しているトリウムの多い水塊の存在を示唆する。

Fig. 9 The graph shows total gamma ray cps(right)and contents of K,U-,Th-Series radionuclids. The abundance of Th-Series radionuclids in water indicates that there are water mass of cold seep water that contains Th-Series rich particles.

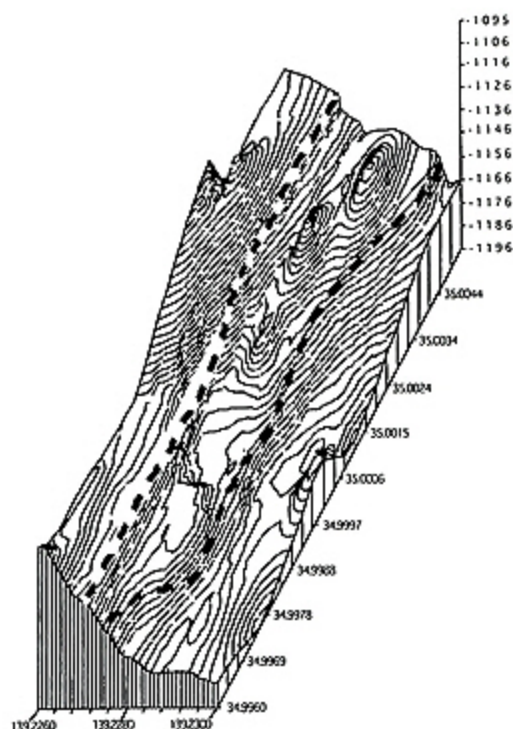
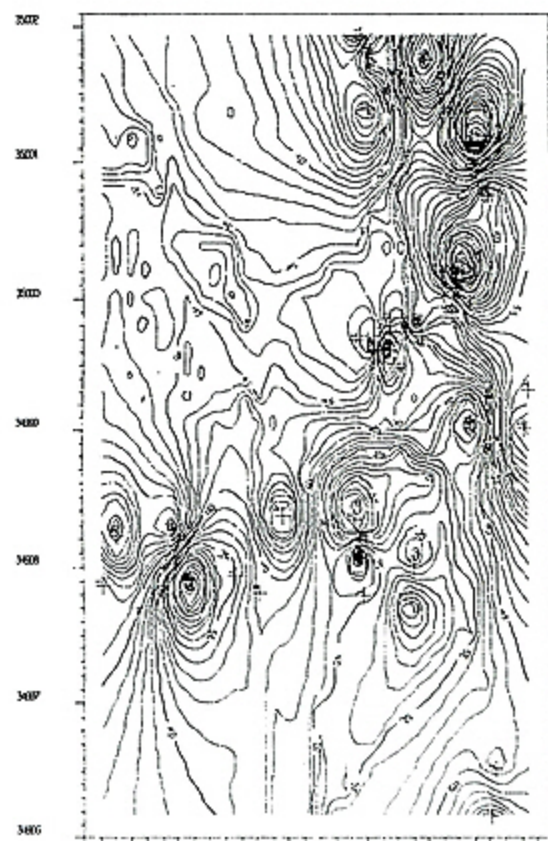


図10 相模湾、初島沖の3D等深線図と推定断層
Fig. 10 3D contour map and supposed faults, off Hatsushima Isl.



869 DIVE OFF TOI, SURUGA BAY

× K CONTENTS %
 + U-SERIES CONTENTS PPM
 ● Th-SERIES CONTENTS PPM

◆ TOTAL CPS

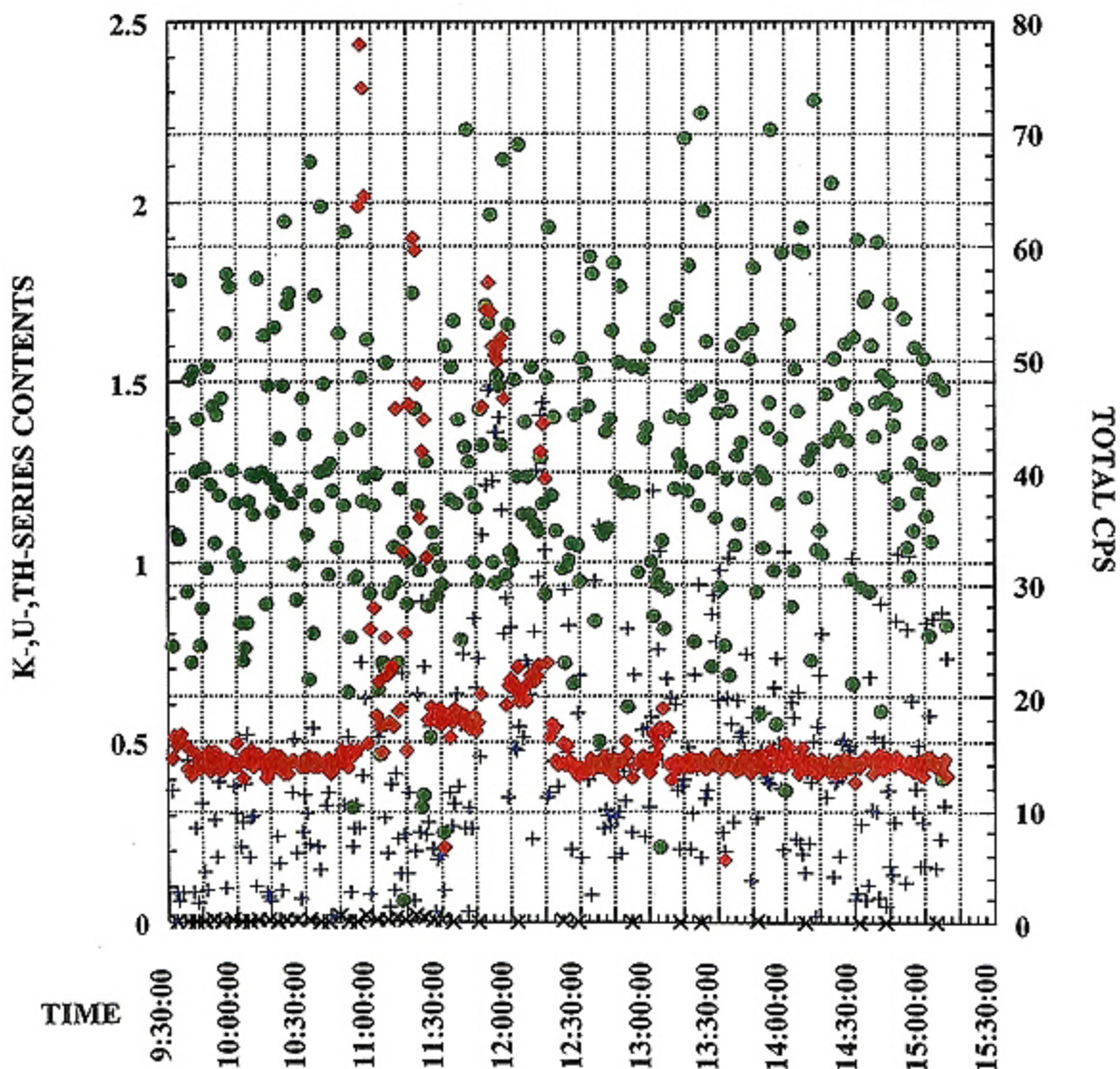


図12 駿河トラフ、土肥沖のγ線全計数率とカリウム、ウラン-、トリウム-系列の放射性同位元素の濃度。相模湾、初島沖の例(図9) 戸同様にトリウムが、潜水船が着底していない時に高く、着底すると減少している。

Fig. 12 The graph shows gamma ray total cps values and contents of K,U,Th-series radionuclides. Contents of Th-series are high when the submersible is not landed on the bottom and decrease when the submersible is landed on the bottom. This shows the same tendency as the case of off Hatsushima, Sagami Bay (Fig.9).

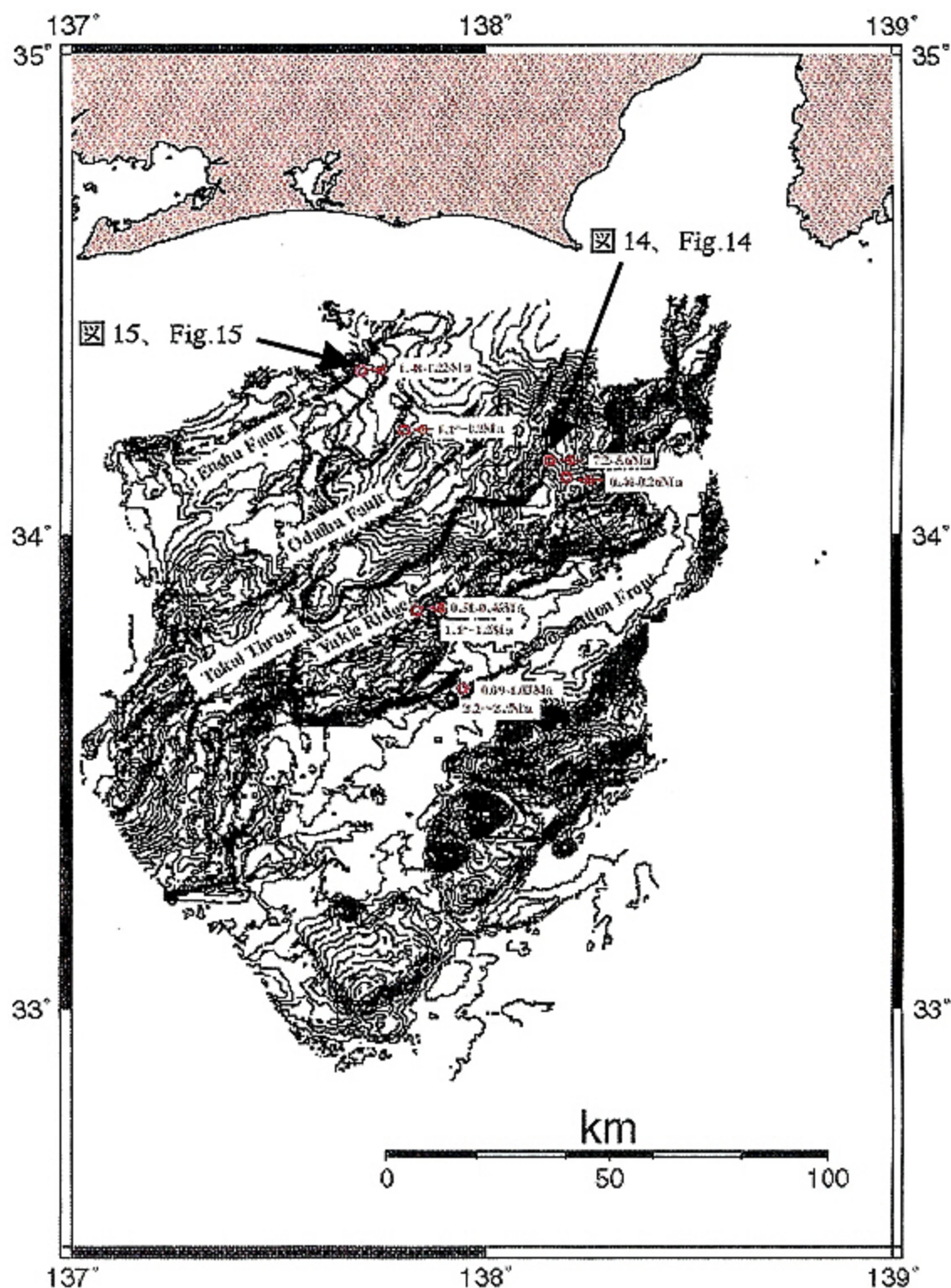


図13 東部南海トラフ海域のシービームマップ、データはL'Atalante (1996) による。図中のFig.14とFig.15はそれらFig.の計測した場所を示す。

Fig. 13 Sea beam map of eastern Nankai Trough(based on the sea beam map of R/V L'Atalante(1996).Fig.14 and Fig.15 show the position of these Figs.

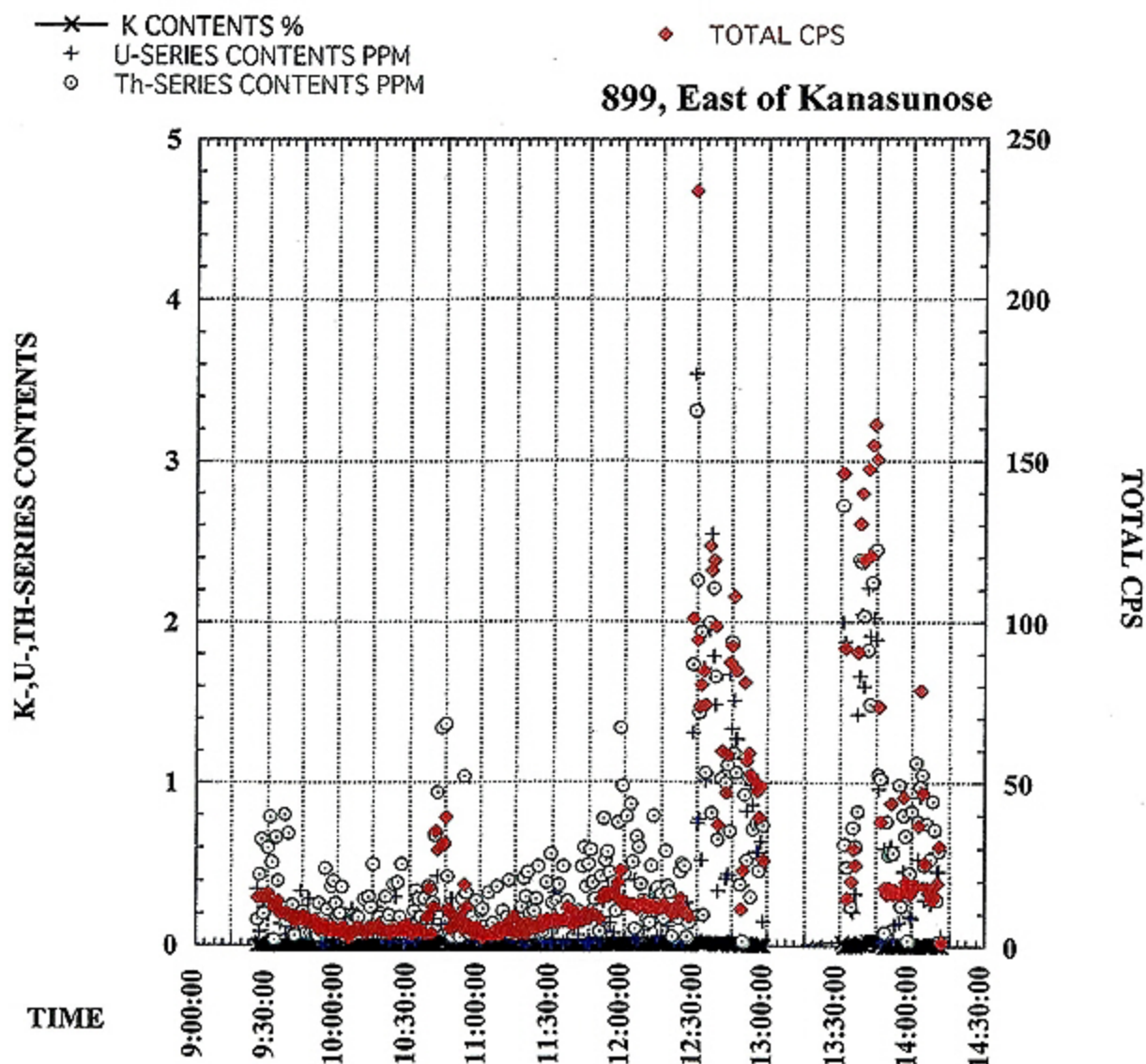


図14 東海スラスト北東部沿いの γ 線全計数率とカリウム、ウラン、トリウム系列の濃度。全計数率は最大235cpsとこの海域では最も高い値を示す。

Fig. 14 The graph shows gamma ray total cps and contents of K, U, Th-series radionuclides along northeastern margin of the TOKAI-THRUST. The value of total cps shows the highest value of 235 cps in the area.

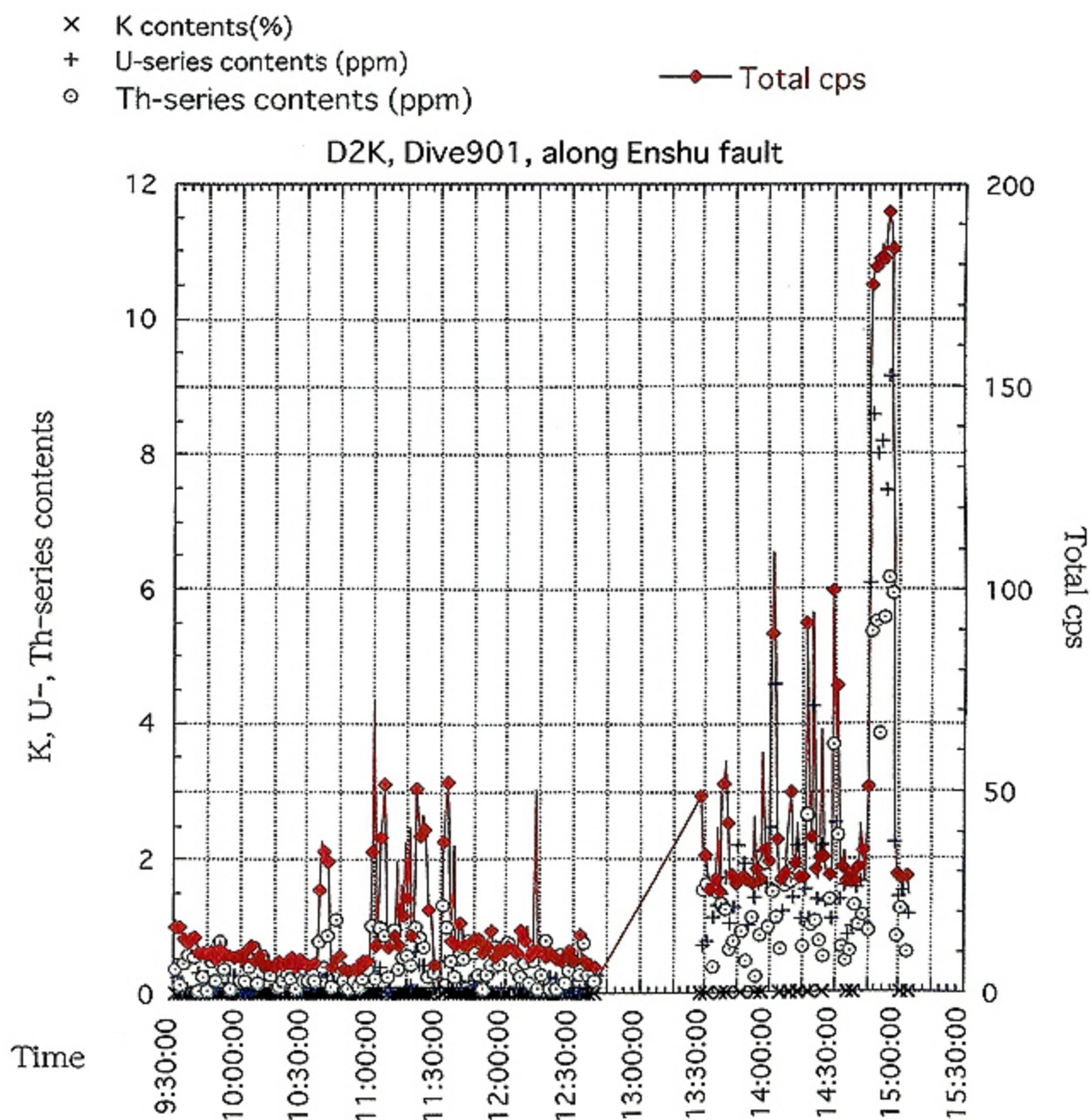


図15 遠州断層沿いの調査地点の全計数とカリウム、ウラン、トリウム-系列の同位元素の濃度。最大全計数率は、195cpsで、ウランが10ppmトリウムが7ppmと高い値を示す。

Fig. 15 The graph shows gamma ray total cps, K, U-, Th-series contents along Enshu Fault. The maximum total cps is 195 cps, U-series contents is 10 ppm and Th-series contents is 7ppm in highest values.

D2KDive895, Myojin Knoll

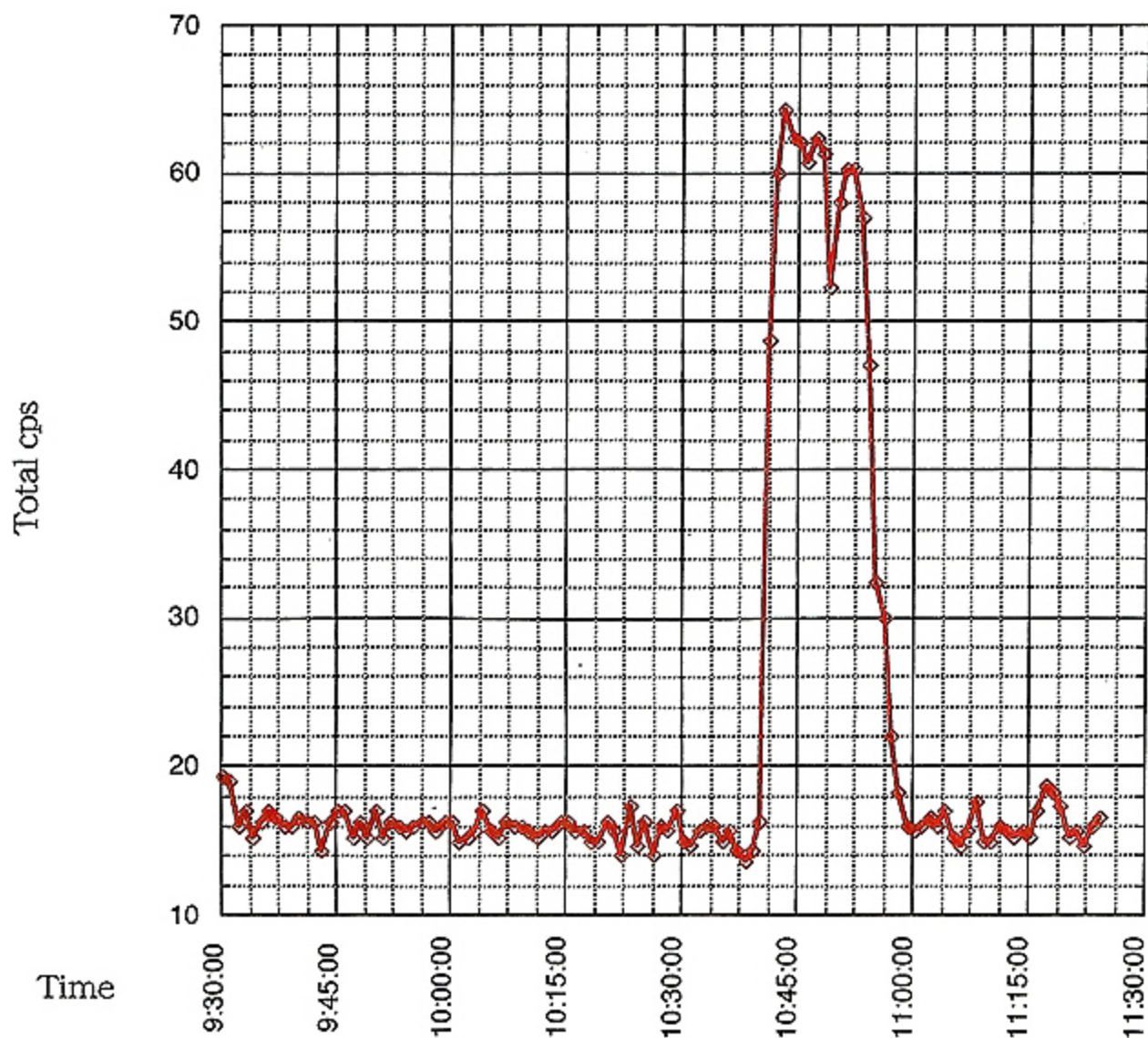


図16 七島-硫黄島海嶺、明神海丘の例。最大65cpsと低い値を示す。

Fig. 16 The graph shows an example of Sichitoh-Iohjima Ridge, Myojin Knoll. The maximum gammaray cps is only 65 cps.

鹿児島湾では、最大800 cpsを示すが、詳細な処理・解析は進行中である。沖縄トラフ、伊是名海穴、伊平屋海嶺群は、熱水海域で、シロウリガイ類、シンカイヒバリガイ類、チューブワーム、マキガイ等が化学合成独立栄養動物群集として知られている。両海域とも、ブラックスモーカー、ホワイトスモーカーが知られており、最大全計数率は9,000 cpsに達する。図17に伊是名海穴での全計数率の時系列グラフを示す。この潜航では、最大全計数率は3,000 cpsであった。伊平屋海嶺群は、最初南部が調査され、最近北部にブラックスモーカーが発見され調査されている。図18に北部伊平屋海嶺群での計測例を示す。これは「しんかい2000」の1,000回目の潜航の際に計測されたデータで、最大全計数率は2,000 cps、

ウラン-系列は40 ppm、トリウム-系列は10 ppm含まれている。最大値を示す地点付近にはブラックスモーカーが観察された。図19に同じ北部伊平屋のもう一つの例を示す。最大全計数率は、1,640 cps、カリウム、ウラン-、トリウム-系列は、それぞれ3.89%、79 ppm、98 ppmと非常に高い値を示す。これはこの海域のブラックスモーカーの特徴である。なお、着底していないのに（全計数率が低い）、トリウム-系列の濃度が高いのは熱水のブルームの存在を示唆する。伊平屋の熱水海域での計測はまだ十分に解析されていない。今後のより詳細な解析により、チムニーや熱水沈積物、熱水ブルームの時期（年代）が明らかになるであろう。

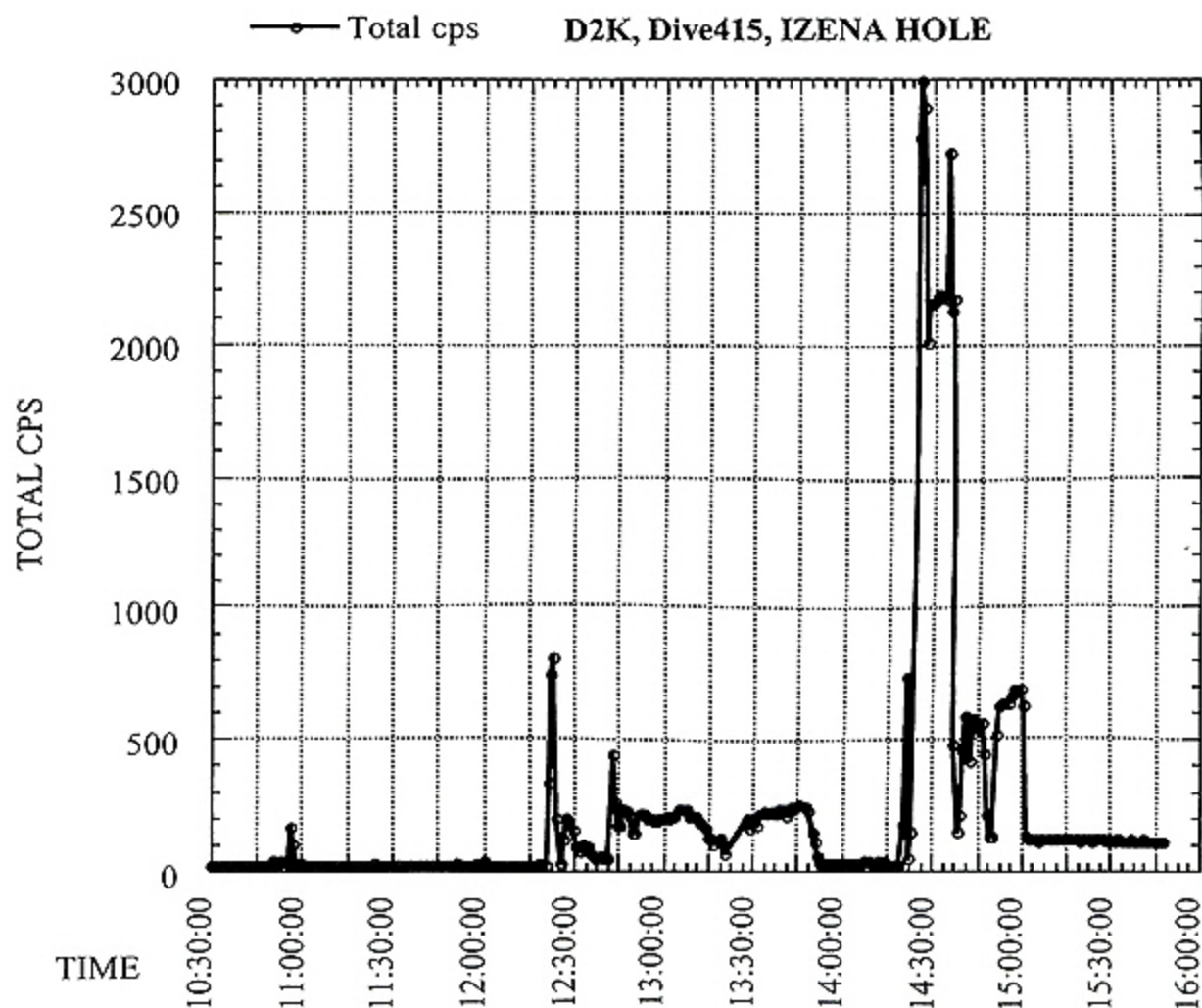


図17 沖縄トラフ伊是名海穴の測定例、最大全計数率はこの潜航では3,000cpsである。
Fig. 17 An example of gamma ray total cps at Izena Hoke, Okinawa Trough, the maximum value is 3,000 cps in the Dive.

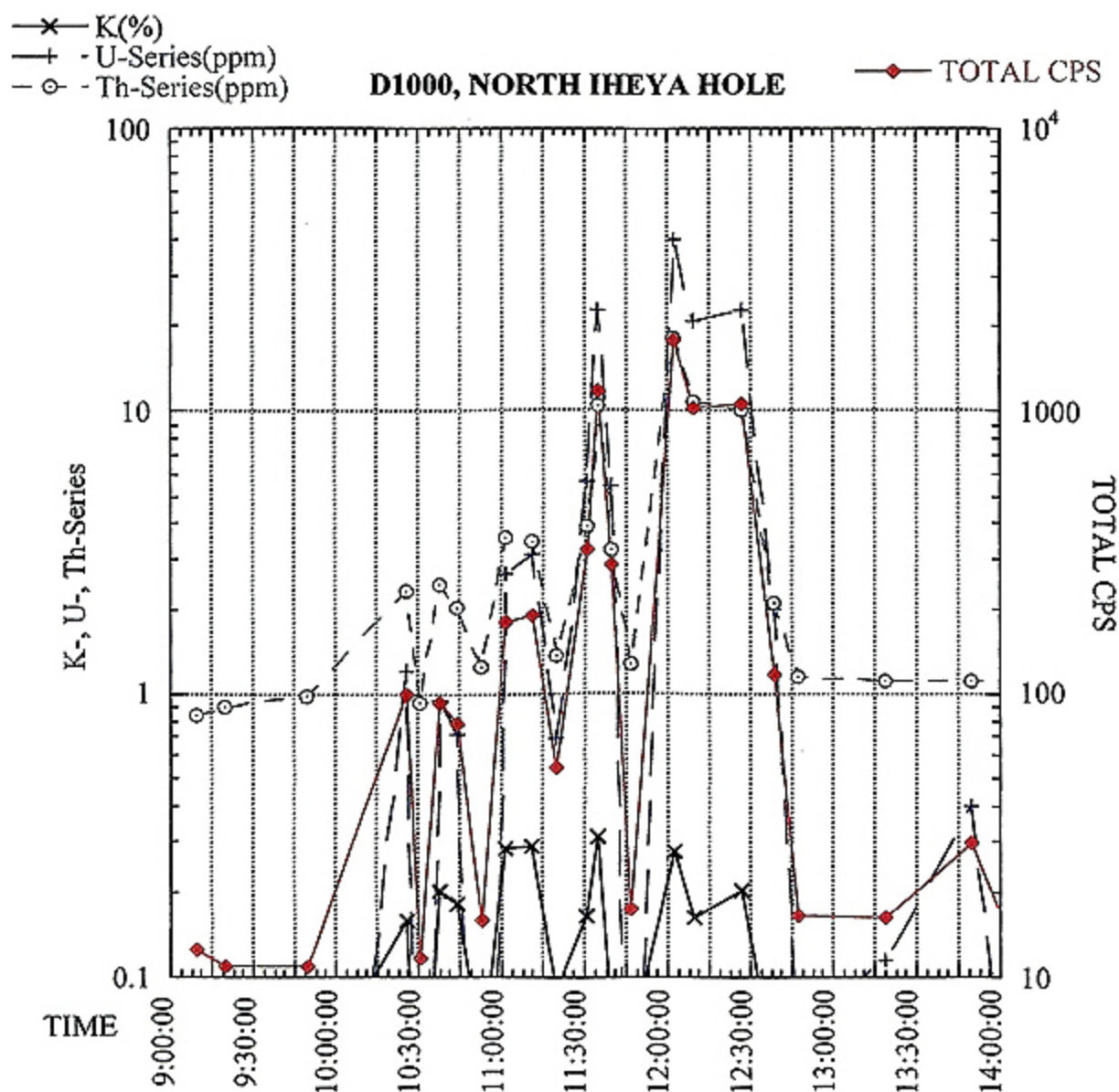


図18 北部伊平屋海嶺群での計測例、Y1、Y2軸の目盛は対数。全計数率は、最大2,000cps、ウラン-系列の濃度は40ppm、トリウム-系列の濃度は10ppmである。

Fig. 18 An example of gammaray measurement at north Iheya Ridge, scale of Y1 and Y2 is logarithmic. The maximum total gamma ray cps is 2,000 cps and the maximum U- and Th- series contents are 40 and 10 ppm respectively.

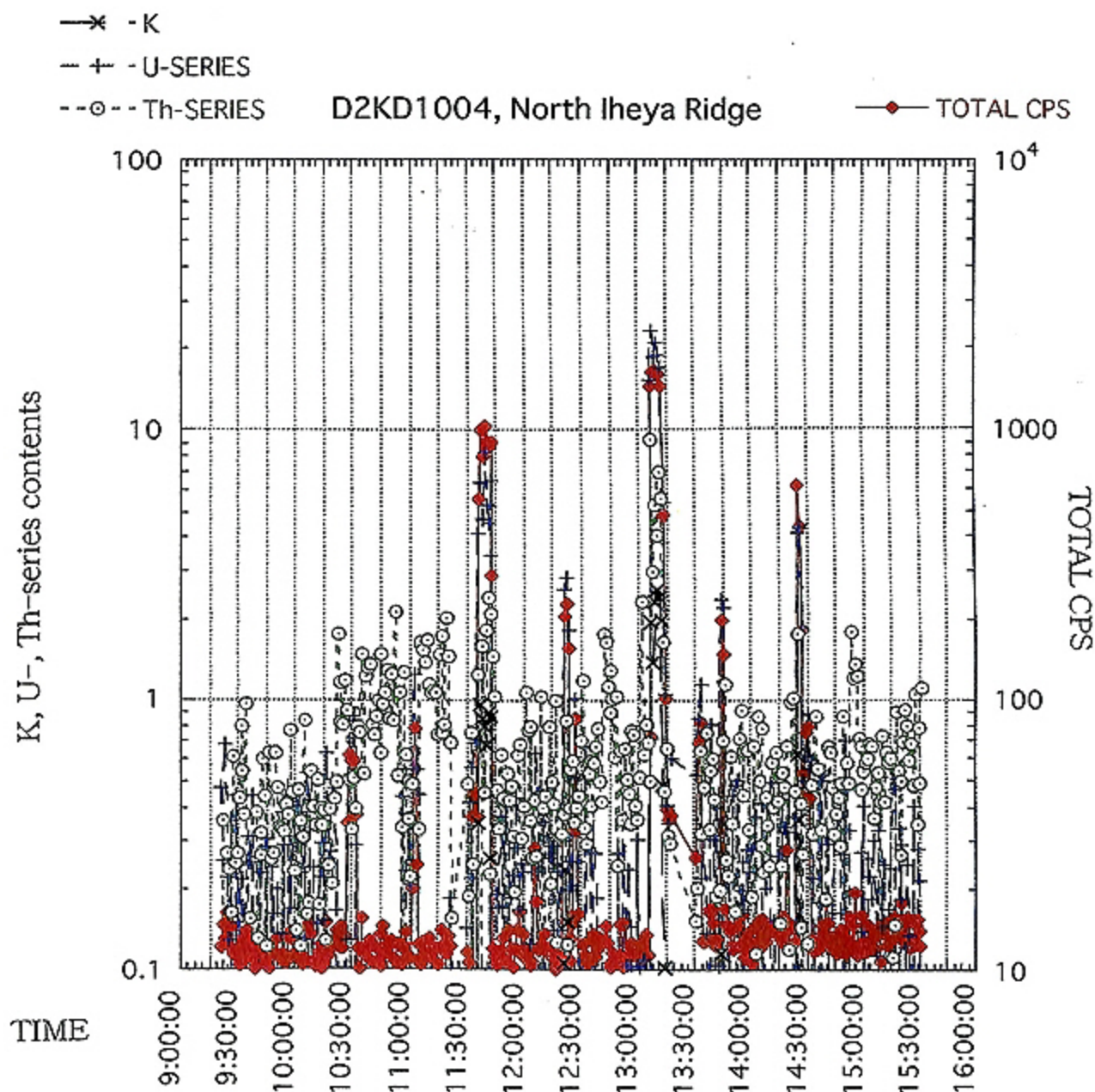


図19 北部伊平屋海嶺群での計測例。全計数率は最大1,640cps、カリウムは3.89%、ウラン-系列は79ppm、トリウム-系列は98ppm最大値を示す。10時30分から11時30分にかけて、着底していないのにトリウム-系列の値が高いのは、熱水のブルームの存在を示唆する。

Fig. 19 Another example of gamma ray measurement at north Iheya Ridge. The maximum total gamma ray cps is 1,640 cps, maximum contents of K, U, Th-series radionuclides are 3.89%, 79ppm and 98ppm respectively. Values of Th-series contents are high at 10:30:00 to 11:30:00 but value of total cps is not high that indicates the submersible is not landed, so it is supposed that there are hot water plume around there.

5. おわりに

有人潜水船・無人潜水機に搭載した γ 線測定システムにより、我が国周辺のデータは集積されつつある。今後とも「しんかい2000」、「しんかい6500」、「ドルフィン-3K」にセンサーを常備して計測を続けたい。

最後に、データの収集にご尽力頂いた「しんかい2000」、「ドルフィン-3K」運航チームの皆様、「なつしま」、「よこすか」の船長を始め乗組員諸氏、海洋科学技術センターの橋本 惇主幹、(株)湘南の長井義春氏、海洋科学技術センター研究業務部の諸氏に感謝いたします。

参考文献

- 古川雅英 (1993): 日本列島の自然放射線レベル。地学雑誌, 102, 868-877.
- 服部陸男・岡野真治 (1996): 相模湾、初島沖冷水環境の現場放射能調査の概要。KAIKO-TOKAI ニューズレター, 8, 6-9.
- 服部陸男・岡野真治 (1997): 「しんかい2000」による東部南海トラフの γ 線調査の概要。KAIKO-TOKAI ニューズレター, 9, 14-17.
- Hattotri, M. and Okano, M. (1998): In situ Sea Bottom Gamma Ray Survey at Eastern Nankai Trough by Manned Submersibles and ROV. Abstract, WPGM98, W117.
- Igarashi, G., Saeki, S., Takahata, N., Sumikawa, K., Tasaka, S., Sasaki, Y., Takahashi, M. and Sano, Y. (1995): Ground-water radon anomaly before the Kobe earthquake in Japan. Science, 269, 60-61.
- 岡野真治 (1997): 放射線の測定技術を海洋科学に利用する。JAMSTEC, 9(2), 24-33.
- 岡野真治 (1998): 環境放射線測定法 (ストリッピング法による空間 γ 線スペクトル測定法)。J. OAC, 32, 14-27.
- 角皆 潤・石橋純一郎・脇田 宏・蒲生俊敬・中塚 武 (1994): 相模湾初島東南沖「冷水」の起源: 「しんかい2000」第720潜航の結果。JAMSTEC 深海研究, 10, 395-403.
- Wakelin, J. H. Jr. (1964): Thresher: Lesson and Challenge. National Geographic, 25(6).
- 吉田則夫・塚原弘昭 (1997): 潜水調査船「しんかい2000」を利用したシロウリガイ群生地でのガンマ線探索。JAMSTEC DEEPSEA RESEARCH, 3, 105-112.

(原稿受理: 1998年7月31日)