

## 海底 $\gamma$ 線測定 - 成果とモデル化 -

服部 陸男\*<sup>1</sup> 岡野 眞治\*<sup>1</sup>

2001年度の海底  $\gamma$  線測定結果と海底放射能環境のモデル化について述べる。「しんかい16500」潮岬沖の潜航調査(YK01-04)において、612と616潜航で冷湧水環境ではこれまでで最大の  $\gamma$  線強度377と349cpsの測定値を得た。U - 系列の濃度は、612潜航で8.64ppm、616潜航で9.56ppmの高い濃度を示した。612と616潜航は水深約2500mの断層崖の麓に位置し、約1キロ離れている。この活断層は、Park et al(2001)のSplay Faultに相当し、室戸沖から東部南海トラフのTokai Thrustへ連続する断層と考えられる。U - 系列の大きな値は、地下で岩石の破壊が進行し、ラドンガスが放出されていることを示し、この活断層が南海トラフ海域で最も活発な断層であることを示差する。また日本海東縁後志海山、トラフ域、水曜海山における調査結果についても述べる。

これまでの解析結果を基に海底放射能環境のモデル化を試みた。それらは熱水環境放射能モデルと冷湧水環境放射能モデルで、U - 系列核種とTh - 系列核種の濃度に着目してモデルを構築した。

キーワード：海底ガンマ線、冷湧水放射能環境、熱水放射能環境、南海トラフ

## Sea bottom gamma ray measurement - Results of study and modeling of sea bottom radioactive environment -

Mutsuo HATTORI\*<sup>2</sup> Masaharu OKANO\*<sup>2</sup>

This paper describes about results of sea bottom gamma ray measurement in 2001 and modeling of sea bottom radioactive environment.

Largest values of gamma ray intensity and contents of U-series radionuclides in cold seep environment are obtained at Nankai Trough, off Kumano, Kii Peninsula, during submersible survey by "Shinkai6500" (YK01-04). The outstanding large values of gamma ray intensity are 377 and 349 cps and these of U-series are 9.64 and 9.56 ppm in dives 612 and 616 respectively. Dives 612 and 616 are situated at frank of fault scarp about 2500 m in depth and about 1 km away from each other. The active thrust fault is the same as Splay Fault of Park et al., (2001) and further extending to the Tokai thrust of eastern Nankai trough. The large values of U-series contents indicates development of microcracks in rocks under shearing stress and release of Rn-222. This indicates the thrust fault is most active one in Nankai trough region. New results from Okushiri Sea Mt. and Trough along eastern margin of Japan sea and Suiyo Sea Mt. in Sichito-Iojima Ridge are also reported.

2 models of radioactive environment are proposed. They are cold seep radioactive environment and hot thermal radioactive environment, focused on contents of U- and Th-series radionuclides.

**Keywords** : sea bottom gamma ray, cold seep radioactive environment, hot thermal radioactive environment, Nankai trough

---

\* 1 海洋科学技術センター

\* 2 JAMSTEC

### 1. はじめに

海底  $\gamma$  線測定は、平成11年度より有人潜水船2隻、無人潜水機、ドルフィン-3Kのほとんどの潜航調査で行われている。これまでに「しんかい2000」で370潜航、「しんかい16500」で179潜航、ドルフィン-3Kで136潜航のデータが解析された。

海洋科学技術センターでの海底  $\gamma$  線研究は、これまで主として経常研究、受託研究、プロジェクト研究「深海調査研究」の一環として行って来たが、今年度から、経常研究の他、委託研究および共同研究を新たに開始した。委託研究は、海底  $\gamma$  線調査結果の解析とデータベースの製作を委託するもので、これにより研究の進展が期待されるとともに研究者の負担は大幅に減少する。共同研究は、国内で海底  $\gamma$  線現場計

測を実際に行っている、日本原子力研究所、日本海洋科学振興財団とセンターの3者で3年間に渡り行うもので、主として測定機器の運用とデータ解析手法について研究を行う。

これまでの測定結果と放射性核種の挙動を基に対象のモデル化を試みた。モデルは冷湧水環境と熱水環境の2つに大別し、それぞれの環境の特徴と放射性核種の挙動を考慮して構築した。

### 2. 海底 $\gamma$ 線計測結果の概要

日本周辺海域における  $\gamma$  線強度分布図は、ある程度データが蓄積するたびに書き加えているが、図1はその最新の分布図である。今回は、潮岬沖南海トラフや奥尻海嶺域、日本

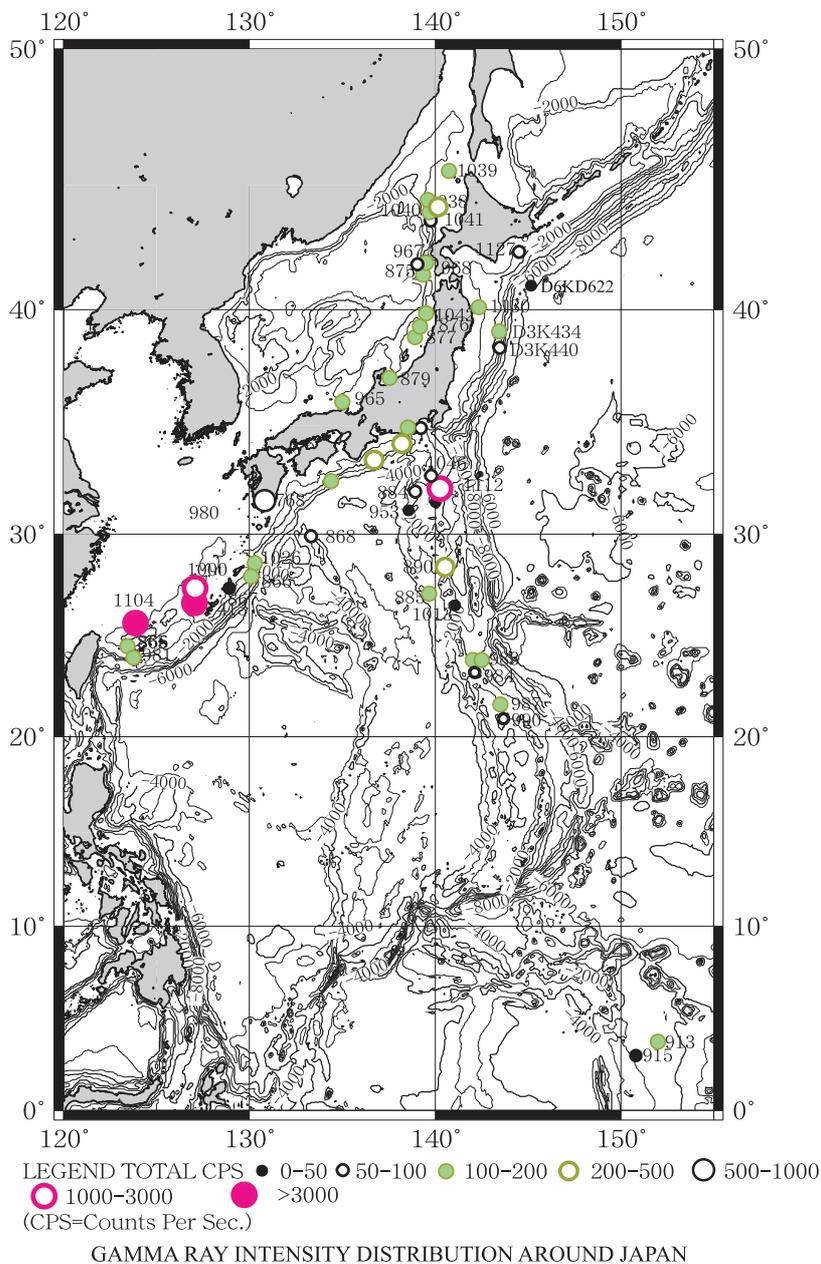


図1 日本周辺海底  $\gamma$  線強度分布

Fig. 1 Sea bottom gamma ray distribution around Japan.

海溝等のデータが追加されている。図1で明らかのように、沖縄トラフ海域が最も放射能強度が強く、次に七島 - 硫黄島海嶺域及び潮岬沖南海トラフ等、その他の冷湧水域の順に強度が弱くなっている。これら海域毎の最大放射能強度、最大核種濃度の関係をまとめると図2のようになる、図2ではあくまでも最大強度で表現してあるので、海域により地殻構造により放射能強度や核種濃度がどこまで強く、あるいは濃くなりうるかの目安として今後参考になると思われる。

図2の内容を以下に要約する。

熱水海域では、最も放射能レベルの高い海域は、沖縄トラフで、次に伊豆 - 小笠原海嶺群海域であり、これは、大陸地殻の存在と密接な関係がある。インド洋、大西洋中央海嶺、ハワイ周辺海域等の大洋域では熱水生成物は海洋地殻、主として玄武岩を経由して上昇してくるので、放射能強度は高くなれない。ただし、インド洋はTh - 系列に富むのが特徴的である。

すなわち、地殻構造(地殻の組成)によりγ線の測定値は一定の限界を示す。現在判っている最大値は：

沖縄トラフ(大陸地殻をもつ背弧海盆)

最大強度 8636cps, K, 14%, Th - 系列, 103ppm, U - 系列, 317ppm

伊豆 - 小笠原海嶺群(古い地殻の断片を地下に有する火山弧)

最大強度 1299cps, K, 0.83%, Th - 系列, 18.5ppm, U - 系列, 28.1ppm

インド洋(南西インド洋海嶺)

最大強度 66cps, K, 0.48%, Th - 系列, 33ppm, U - 系列, 1.36ppm

MAR(大西洋中央海嶺)

最大強度 107cps, K, 0.48%, Th - 系列, 2.81ppm, U - 系列, 6ppm

ハワイ周辺(HOT SPOT)

最大強度 150cps, K, 0.63%, Th - 系列, 1.91ppm, U - 系列, 8ppm

### γ線環境比較

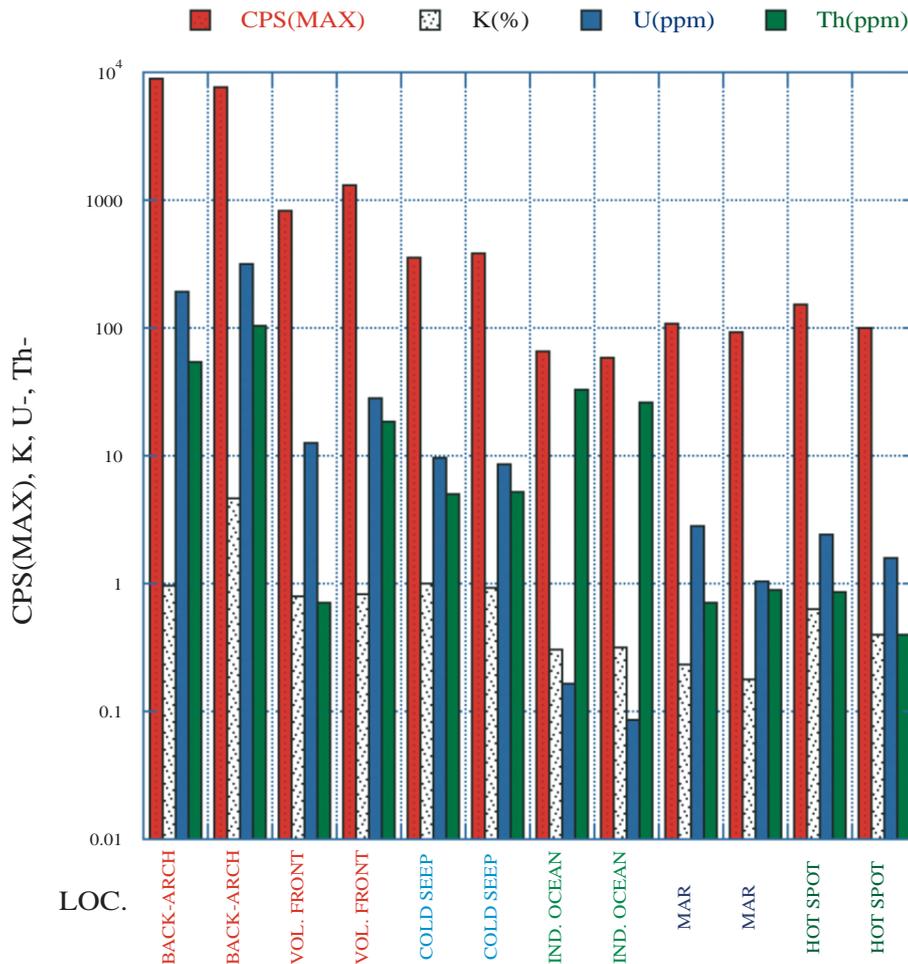


図2 特徴的な海域別の最大γ線強度、最大核種濃度

Fig. 2 Maximum values of gamma ray intensity and contents of radionuclids in distinct sea area.

上記のように地殻組成の特徴により、 $\gamma$ 線の値が支配される事が判る。ただし、事例の少ない海域では、値の上限は上がるかも知れないが大きな変化は無いと推定している冷湧水地帯では、活断層や地回り生成物周辺で、Th - 系列の濃度が高く、また最も新しいと思われる活断層地帯ではU - 系列の濃度も多くなる事が判った。

最も強度が高い海域(熊野沖南海トラフ)が図2に示してあり、最大 $\gamma$ 線強度377cps、K濃度1%、Th - 系列濃度5.17ppm、U - 系列濃度9.56ppmである。冷湧水海域では、黒島海丘、東部南海トラフ、後志海山西方等がこれに次ぐ強度の高い海域である。

冷湧水海域でTh - 系列の多いことは、ニューギニアのSISSANO LAGOON沖やODPのGAMMA LOGデータを参照すると、N. BARBADOS RIDGEやCOSTA RICA CONVERGENT MARGINでも同様である。

### 3. 2001年調査結果のハイライト

#### 3.1. 熊野沖南海トラフ「しんかい16500」YK01-04潜航

2001年度の調査結果で最も注目すべき海域は、「しんかい16500」潜航調査、YK01-04における熊野沖南海トラフである。YK01-04の $\gamma$ 線調査の概要についてはすでに報告されているが、この海域では6回の潜航調査が行われ、612と616

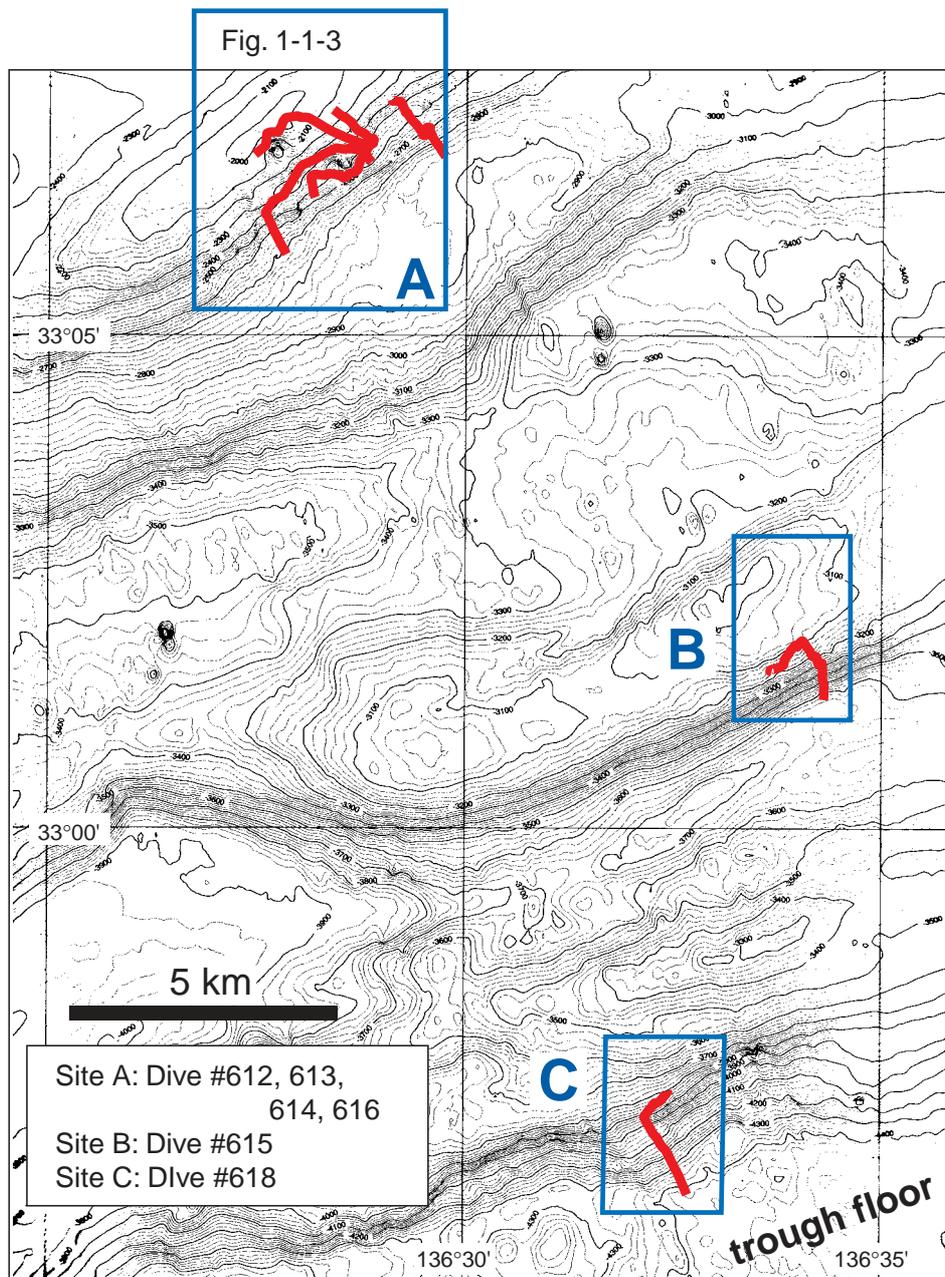


図3 熊野沖調査海域と潜航地点(クルーズレポートによる)

Fig. 3 Map of surveyed area and diving points from cruise report, off Kumano, Kii Peninsula.

潜航では冷湧水海域としては極めて強い $\gamma$ 線強度を計測した(芦ほか,2001,朴ほか,2001)。

熊野沖の南海トラフ付加プリズム斜面では,デコルマ面から派生した序列外スラスト(OOST(アウトオブシーケンススラスト))が付加プリズム全体を切って大きな断層崖を形成している(芦ほか,2001,朴ほか,2001)。6回の潜航は,これら断層崖を横切るようにして行われ,断層崖の基部から中腹にかけて冷湧水環境特有の動物群集やバクテリアマットを観察している(YK01-4 CRUISE REPORT)。

熊野沖の $\gamma$ 線データを解析中に,著者等にとっては驚くほど高い値の $\gamma$ 線強度の潜航が2潜航あり,これらのデータは

後述する冷湧水環境モデルを積極的に指示するものであった。圧縮応力による岩石破壊の初期には,マイクロクラックの生成により $Rn-222$ が解放され,U-系列の放射性核種が増加する。これは,兵庫県南部地震の直前に地下水井戸のラドンが増加したこと等で良く知られている(Igarashi et al., 1995)。クルーズレポートによる調査海域図(図3),断面図(図4)を示す。Dive612と616の2潜航は,約1キロ離れており,3段ある断層崖の一番上の崖の下の同じ活断層沿いで $\gamma$ 線の計測を行っている。Dive612の $\gamma$ 線解析結果の時系列グラフを図5に,Dive616のグラフを図6に示す。Dive612と616の $\gamma$ 線解析値の最大値は,強度377と349cps,U-系列,

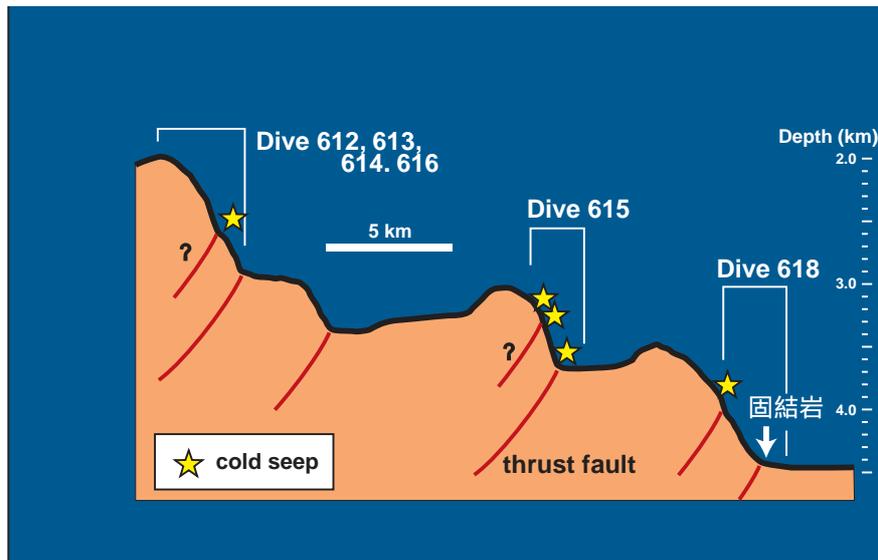


図4 熊野沖断面図(クルーズレポートによる)

Fig. 4 Cross section of surveyed area, off Kumano, from cruise report.

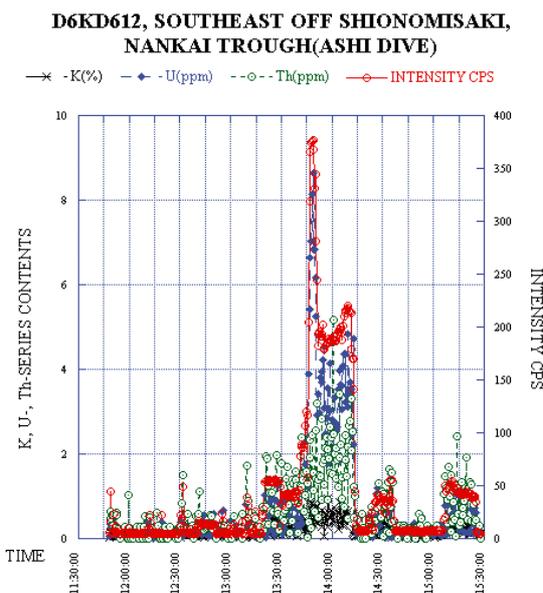


図5 612潜航の $\gamma$ 線時系列グラフ

Fig. 5 Time series graph of gamma ray values, 612 dive.

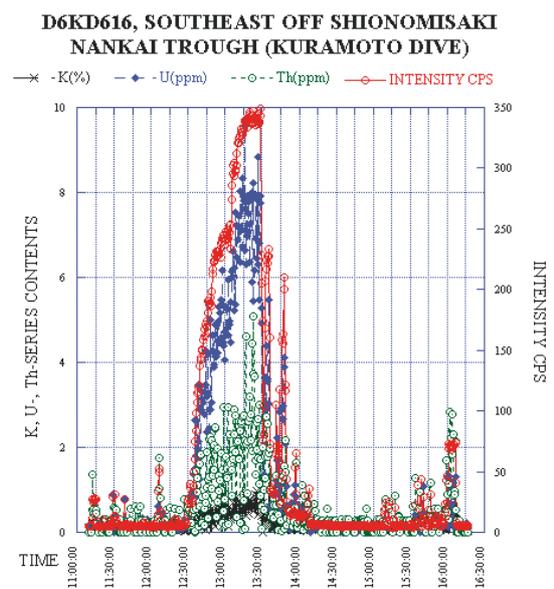


図6 616潜航の $\gamma$ 線時系列グラフ

Fig. 6 Time series graph of gamma ray values, 616 dive.

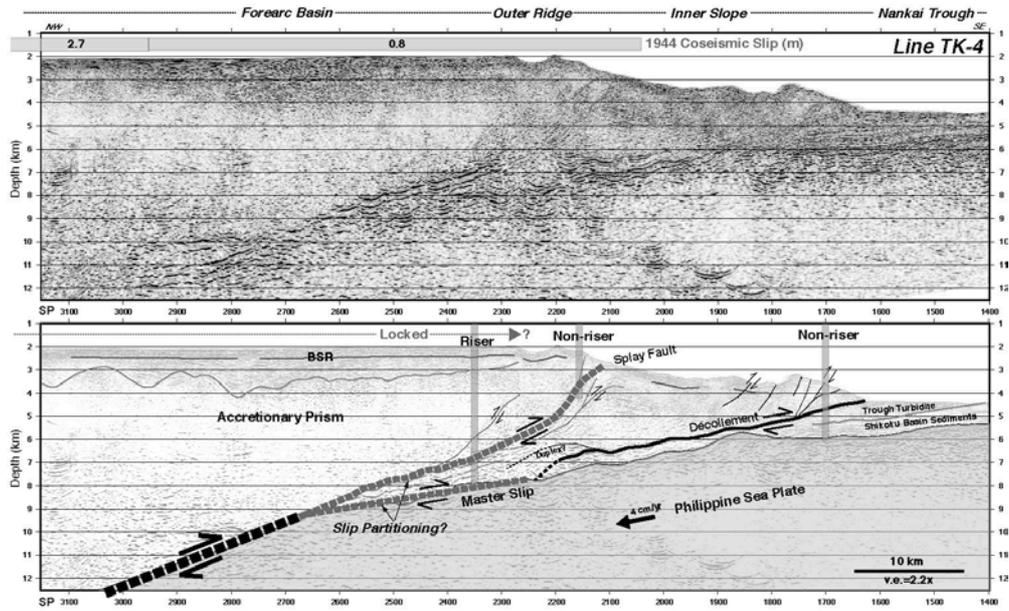


図7 熊野沖マルチチャンネル断面図( Park et al., 2001 )  
 Fig. 7 Mulchichannel section of off Kumano Nankai trough (Park et al., 2001).

8.64と9.56ppm ,Th - 系列5.17と5.08ppm ,Th/U比0.60と0.53である。冷湧水環境でのこれまでの最大強度は ,この断層の東方への延長と考えられる東部南海トラフTOKAI THRUSTの235cps ,Th/U比0.94で ,これら2潜航のγ線強度 ,Th/U比がいかに高いか判る。

このような断層に沿ったγ線強度の異常は ,フィリピン海プレートの沈み込みに伴う断層に沿った剪断変形の進行を示唆しているものと考えられ( 服部ほか ,2001 ) ,この断層は恐らく室戸沖から東部南海トラフに連続する一連のラストで ,デコルマから派生しているSplay Fault( 朴ほか ,2001 ,図7)として活動し ,地震発生に関与していると思われる。

### 3.2. 水曜海山

七島 - 硫黄島海嶺の水曜海山は ,この海嶺域では明神海丘に次いでγ線強度が強く ,現在も熱水活動が活発な海山である。クルーズレポートによる水曜海山の位置を図8に( 渡辺ほか ,1994 ) ,七島 - 硫黄島海嶺の代表的潜航でのγ線最大強度を図9に示す。水曜海山では ,1996年から「しんかい2000」による潜航調査が行われており ,γ線の測定された潜航は15潜航である。この間の潜航での最大強度は1996年に熱水チムニーが発見された時の890潜航で ,強度294cps ,K ,0.04% ,U - 系列 ,5.20ppm ,Th - 系列 ,7.55ppmであった。2001年8月から10月にかけて行われたNT01-08航海では ,20潜航でγ線計測値を得ることが出来た。図10にこれら35潜航でのγ線最大値を示す。潜航番号1298-1312が2001年度の潜航で ,γ線強度200cps以上の潜航が8潜航ある。この中から1309と1310潜航の時系列グラフを図11 ,図12に示す。図11は比較的長時間同じ場所にとどまっており ,その間γ線計測値はそれほど変動していない例として ,図12は ,12 : 30頃にU - 系列に富むチムニー付近に着底してお

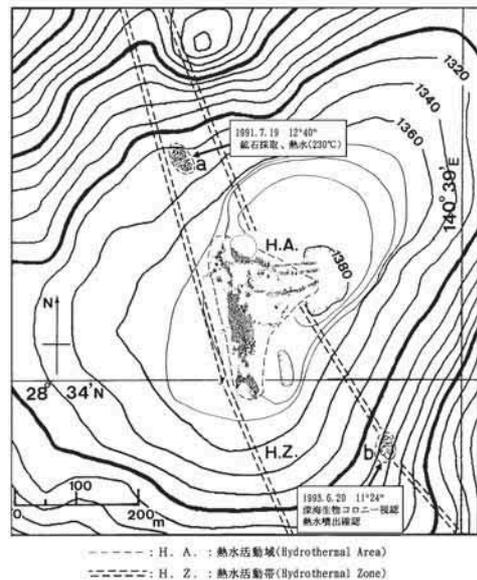
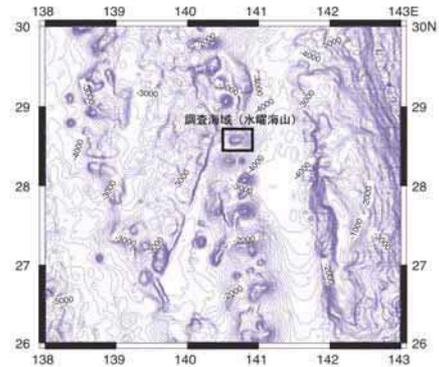


図8 水曜海山の位置図と地形図( クルーズレポート )  
 Fig. 8 Position and bathymetric map of Suiyo sea mountain, from cruise report.

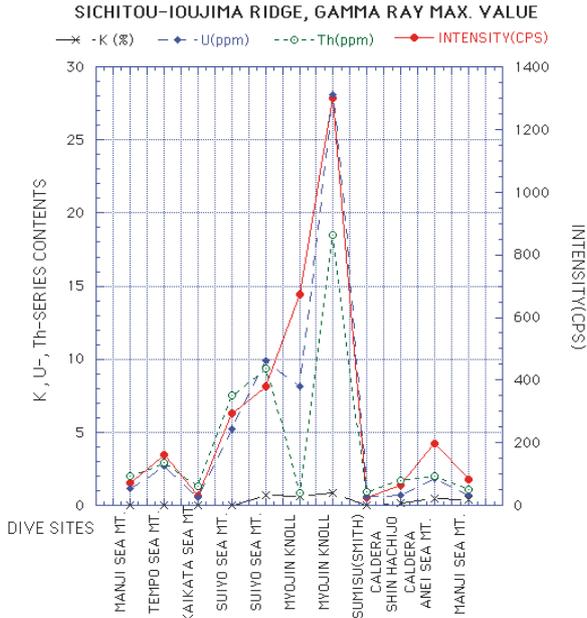


図9 七島 - 硫黄島海嶺のγ線最大値グラフ  
 Fig. 9 Graph shows maximum gamma ray values of dives at Sichitou-Ioujima ridge.

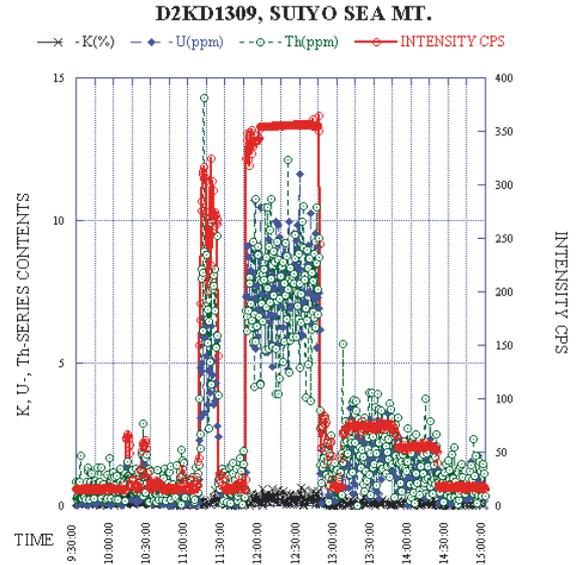


図11 1309潜航のγ線時系列グラフ  
 Fig. 11 Time series graph of dive 1309 at Suiyo sea mount.

MAX. VALUES OF GAMMA RAY, SUIYO SEA MT.

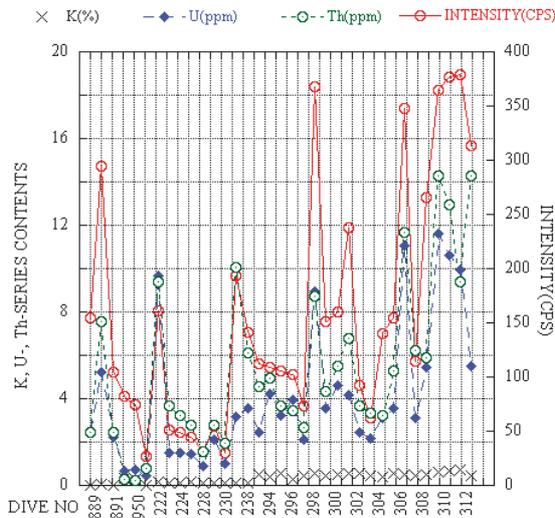


図10 水曜海山でγ線計測の行われた全潜航のγ線最大値  
 Fig. 10 Gamma ray maximum values of all dives in which gamma ray were measured at Suiyo sea mount.

D2KD1310, SUIYO SEA MT.

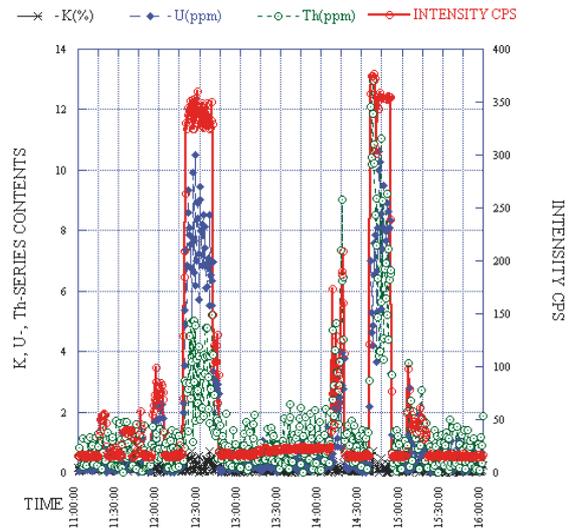


図12 1310潜航のγ線時系列グラフ12時30分頃にU - 系列に富む最近形成されたと思われるチムニーで計測している。  
 Fig. 12 Time series graph of dive 1310 at Suiyo sea mount, chimney that is abundant in U-series radionuclides is measured and the value suggests new age of the chimney.

り,このチムニーはラドンの湧出のある最近に活動を始めたかマグマ活動の活発なチムニーと考えられる。2001年のデータのみでγ線強度,核種濃度図を書くため,着底地点の図を作成した(図13)。図13によるとγ線を着底して測定した地点はかなり多く,極端な偏りなく分布しているので,2001年の潜航データのみで分布図を作成した。図14にγ線強度の

2次元図を示す。北西側が主要なチムニーの場所と推定できる。図15にU - 系列の2次元表示を示す。この図で濃度が高いところが現在のチムニーでの噴出の中心であろう。図16にTh - 系列の2次元表示分布図を示す。この図で濃度が高いところが現在のものとそれより古いチムニーの位置と考えられる。これら3つの図を比べても,この図域の北西部が

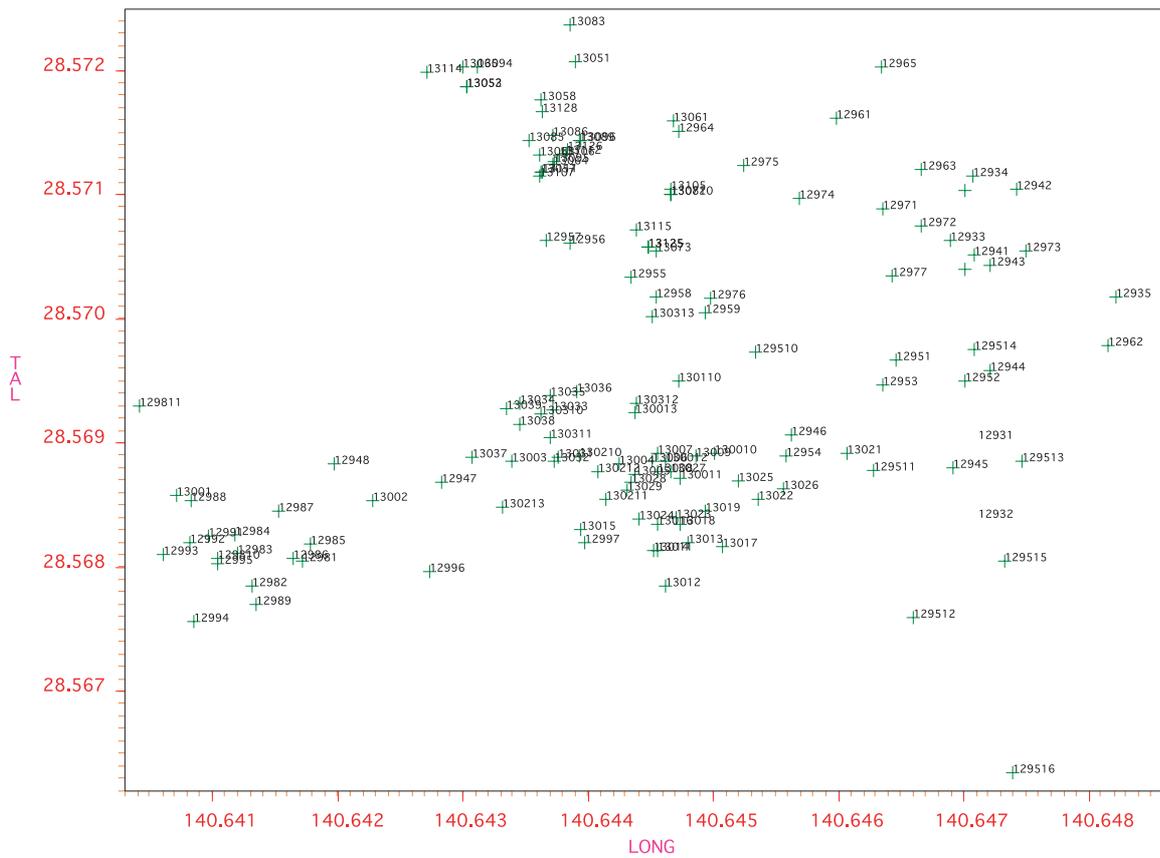


図13 水曜海山における $\gamma$ 線測定地点(着底地点)  
 Fig. 13 A map shows gamma ray measured point (landing point).

GAMMA RAY INTENSITY SUIYO SEA MT.

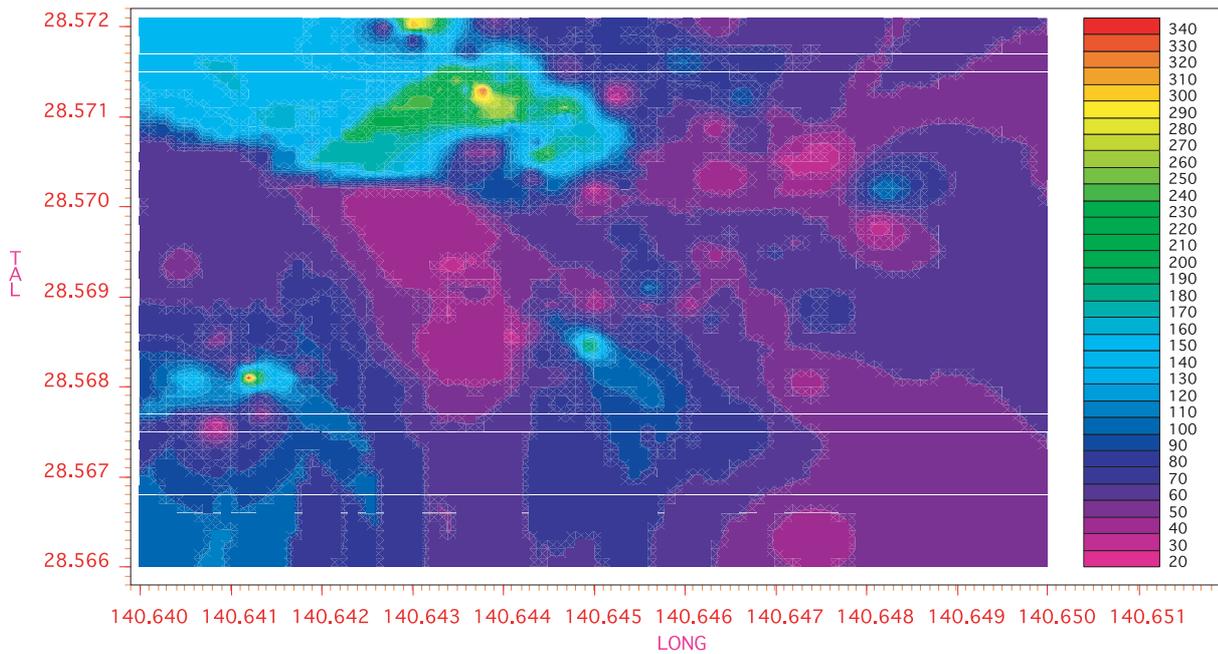


図14 水曜海山における $\gamma$ 線強度分布  
 Fig. 14 Gamma ray intensity (cps) distribution map in Suiyo sea mount.

GAMMA RAY U-SERIES CONTENTS, SUIYO SEA MT.

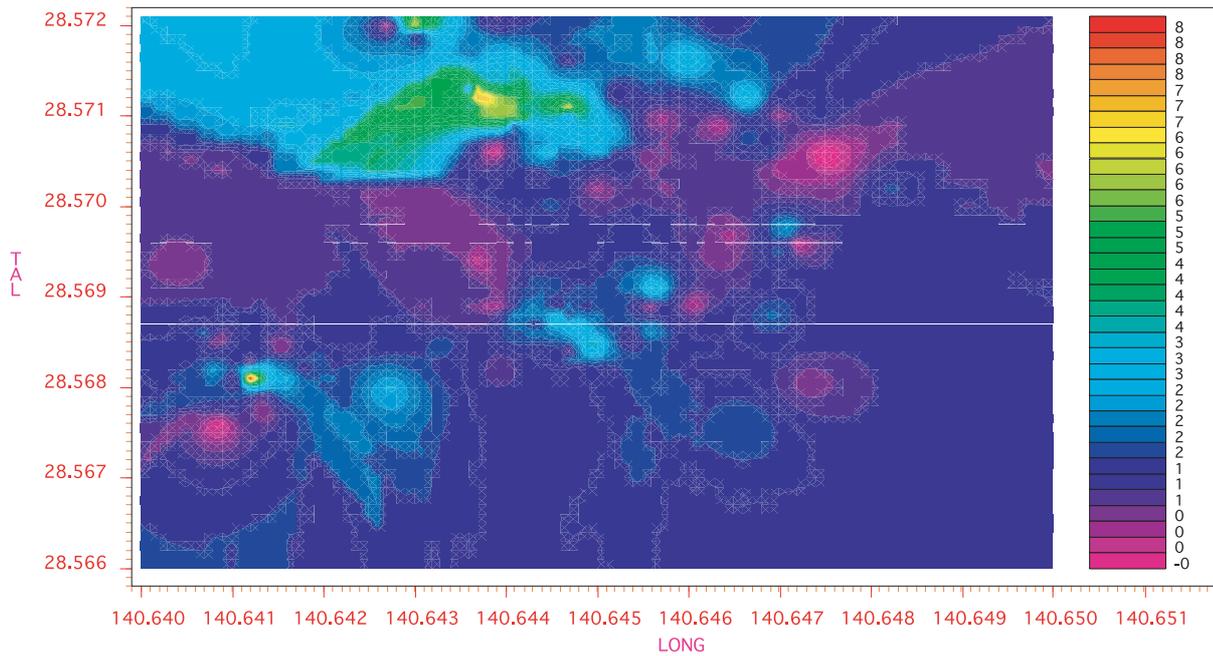


図15 水曜海山におけるU - 系列放射性核種の濃度分布( ppm )

Fig. 15 Distribution map of U-series radionuclides in ppm, Suiyo sea mount.

Th-SERIES CONTENTS, SUIYO SEA MT.

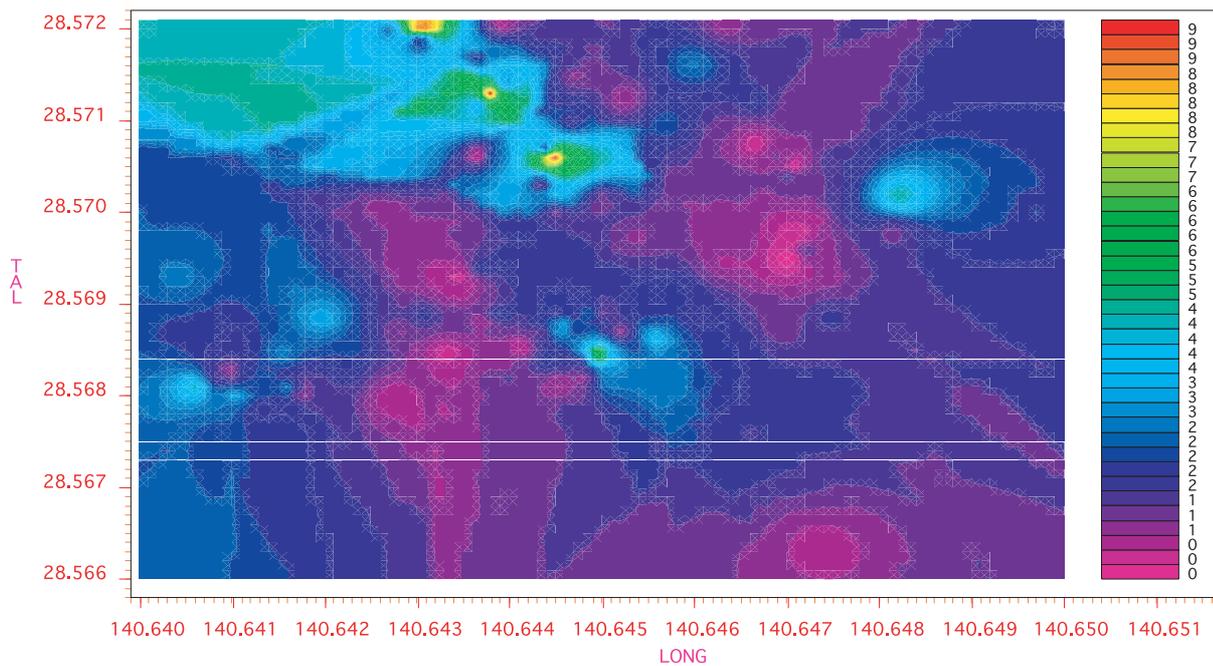


図16 水曜海山におけるTh - 系列放射性核種の濃度分布( ppm )

Fig. 16 Distribution map of Th-series radionuclides in ppm, Suiyo sea mount.

熱水噴出の中心であることは確かである。また、図の中央部にもいくつかの明瞭なチムニーが見られる。図17と図18に $\gamma$ 線強度とU-系列の濃度の3次元表示を示す。これらの図により熱水噴出のセンターが明瞭にイメージ出来、水曜海山での今後の調査の参考として役に立てれば幸いである。

3D MAP OF SUIYO SEA MT. GAMMA RAY INTENSITY

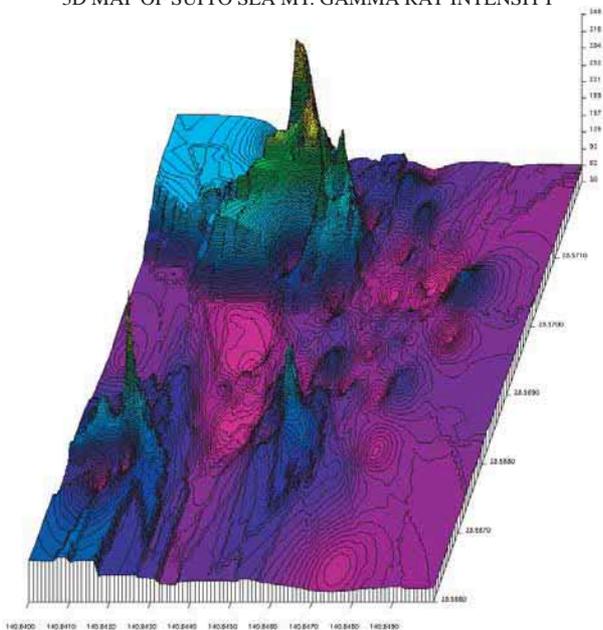


図17 水曜海山における $\gamma$ 線強度の3次元表示  
Fig. 17 3D map of gamma ray intensity in Suiyo sea mount.

SUIYO SEA MT. U-CONTENTS 3D

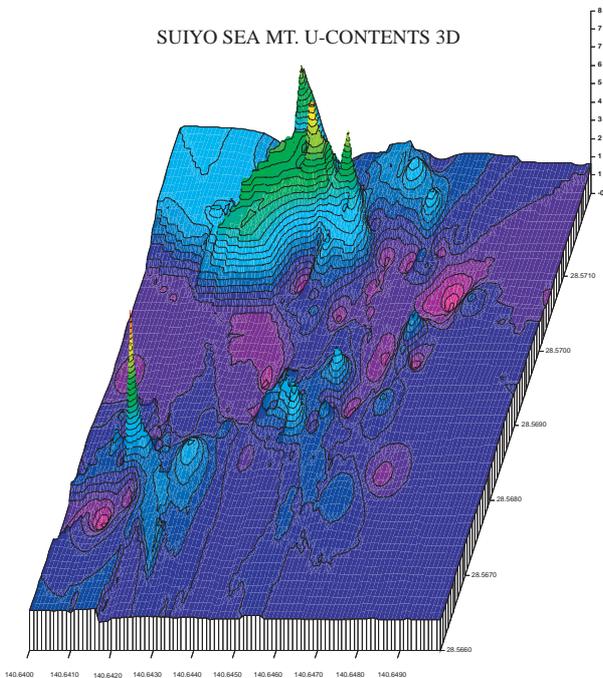


図18 水曜海山におけるU-系列放射性核種濃度の3次元表示  
Fig. 18 3D map of U-series radionuclides content (ppm) in Suiyo sea mount.

### 3.3. 奥尻海嶺域、後志海山と後志トラフ

プレートの収束境界であると考えられている日本海東縁の潜航調査は、「しんかい2000」、ドルフィン-3K(事前調査)及び「しんかい16500」により行われてきたが、北海道沖、特に奥尻海嶺域では「しんかい16500」による調査が1999年と2001年に集中的に行われた。しかし、「しんかい16500」による1999年の調査では、 $\gamma$ 線センサの位置が適当でなく $\gamma$ 線計測値がかなり低く出ているので、ここでは2001年の調査結果について述べる。「しんかい16500」の潜航調査航海、YK01-06の概要については、岡村ほか(2001)を参考にした。後志海山周辺の「しんかい16500」潜航調査位置については、クルーズレポートの図を主席研究者、岡村行信氏の許可を得て転載させて頂いた。

日本海東縁のプレート収束域と想定される海域でのこれまでの潜航のうち代表的な潜航の $\gamma$ 線最大計測値を図19に示す。この中で男鹿半島沖、奥尻島東沖、後志海山、後志トラフ、礼文島西が $\gamma$ 線強度も強く地下からの湧水の存在を暗示している。実際、男鹿半島沖、奥尻島東沖以外ではバクテリアマット等冷湧水の湧出を支持する証拠があることが報告されている(岡村ほか, 2001)。このことは、日本海プレート収束域では、奥尻海嶺特に後志海山周辺が今後最も注目すべき海域であることを示差している。

図20にYK01-06航海のクルーズレポートによる、奥尻海嶺での潜航調査地点を、図21に後志海山、トラフ海域での「しんかい16500」による $\gamma$ 線計測値の最大値を示す。後志海山西方の626と630潜航、後志トラフ南東方(茂津多沖バクテリアマット域)の624、631潜航が $\gamma$ 線強度が強く、U-系列、Th-系列の放射性核種に富む。後志海山西方は、活断層が存在する海域であり、冷湧水域を形成している(竹内ほか、

JAPAN SEA PLATE BOUNDARY, MAX. VALUES OF GAMMA RAY

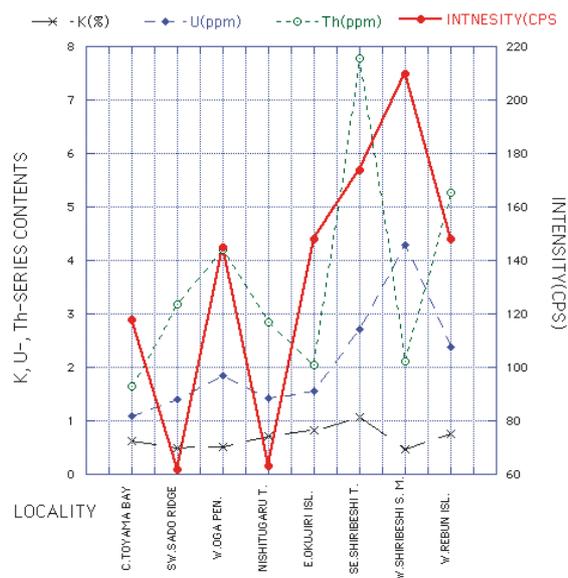


図19 日本海プレート収束域における潜航の $\gamma$ 線最大強度  
Fig. 19 Gamma ray maximum values of submersible dives at Plate convergent area in Japan sea.

# YK01-06 dive sites

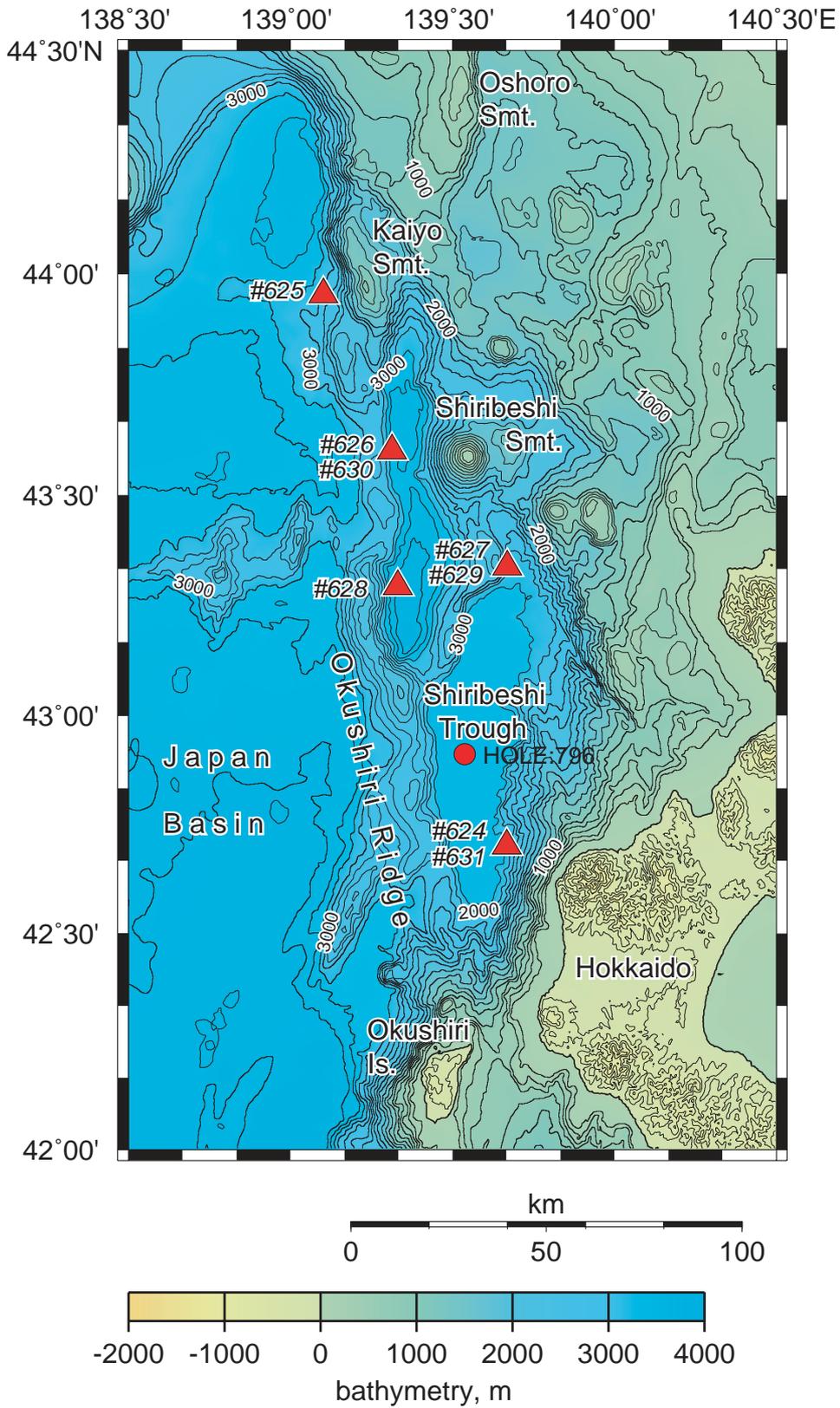


図20 日本海遠縁, 奥尻海嶺域の地形図と潜航地点(クルーズレポートによる)  
 Fig. 20 Bathymetric map and diving points at eastern margin of Japan sea, Okushiri ridge area from cruise report.

2001) 630潜航では、極短時間であるがこの海域としては最高の $\gamma$ 線強度210cpsを示し、K、0.46%、U - 系列、4.30ppm、Th - 系列、2.12ppmの最大値を示す(図22)。U - 系列がTh - 系列より多いことは、この地点の地下で岩石の破壊が進行中であることを示差する極めて重要な証拠である。

茂津多沖では、最初の調査潜航が1999年に行われ、「しんかい16500」485潜航において水深3145m付近で巨大なバクテリアマットと礫質堆積物が観察された(竹内ほか、2000)。茂津多沖の後志トラフでの今年度の潜航、624と631は典型的な冷湧水環境の $\gamma$ 線計測値を示す。624潜航の時系列グ

ラフを図23に示す。茂津多沖では、広大なバクテリアマットが発見されており、「その分布域は東西800m、南北900m、水深差約100mで斜面上の面積は約800,000m<sup>2</sup>に達すること、地形的には茂津多岬崩壊地から供給された巨石帯(デブリの帯)のほぼ先端部に対応することなどが判明した”(竹内ほか、2001)。図23のグラフにおける $\gamma$ 線最大強度は174cps、K、1.07%、U - 系列2.72ppm、Th - 系列、7.78ppmであり、Th - 系列の値が大きいことが特徴である。活断層や地入り地帯の周辺部で $\gamma$ 線強度及びTh - 系列の濃度が増加することはこれまで、いろいろの海域で認められていた

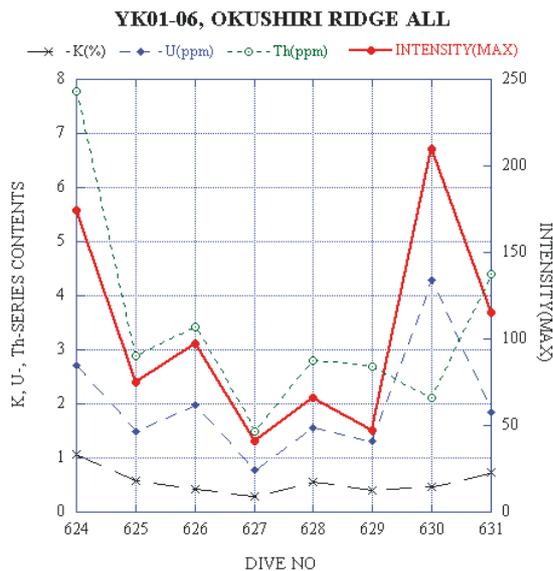


図21 奥尻海嶺域、Yk01-06航海の全潜航 $\gamma$ 線最大値  
Fig. 21 Maximum values of gamma ray in all dive at Okusiri ridge area, Yk01-06 cruise.

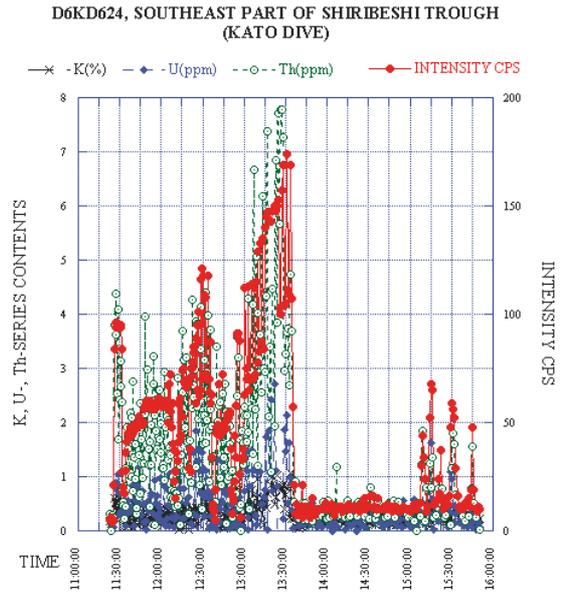


図23 624潜航の $\gamma$ 線時系列グラフ  
Fig. 23 Gamma ray time series graph of dive 624.

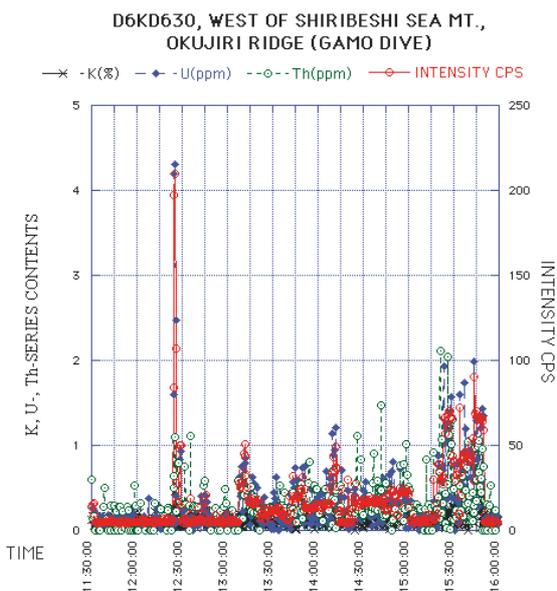


図22 630潜航の $\gamma$ 線時系列グラフ  
Fig. 22 Gamma ray time series graph of dive 630.

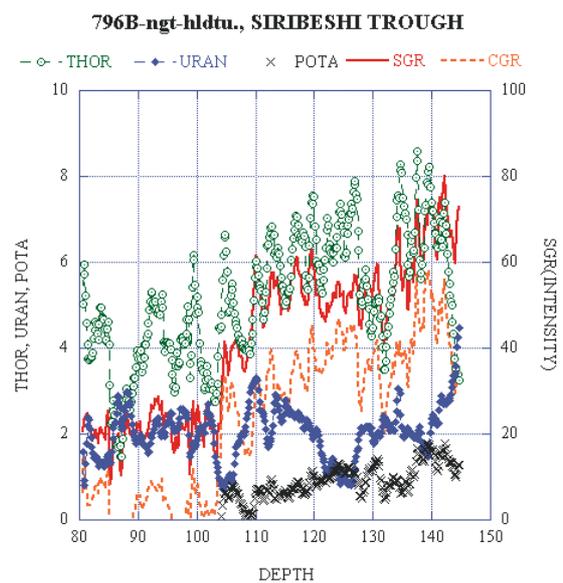


図24 後志トラフODP、Hole 796Bの $\gamma$ 線検層  
Fig. 24 Gamma ray Log of ODP, Hole 796B.

が、明らかな地じり(斜面崩壊)の先端部で、これほど明確に冷湧水の存在と $\gamma$ 線値の特性が確認されたのは初めてである。冷湧水は恐らく、崩壊堆積物自体とその下の堆積物中の間隙水がオーバーロードにより絞り出され、礫質堆積物の中を通過して斜面崩壊堆積物の陸側の先端部から湧出しているのであろう。

これらの海域で起こった地震活動や、海底地じりはODPの掘削にどのような形で残されているのだろうか。ここでは、先入観なしでGamma Logのみに基づいて少し検討の試みを行う。図24にODPのHole796BのGamma Logを示す。 $\gamma$ 線解釈の経験から推定できることは、105m付近で多分花崗岩質の岩質に変わること、95m付近、110m付近、135m付近で $\gamma$ 線強度、核種濃度もピークを作っているが、これは断層活動等に伴う岩石の破壊を示差すること等である。Th-系列や $\gamma$ 線強度(SGR)にみられる規則的にも見えるピークは、周期解析等を行い、他の物理的パラメータや岩相、時代等と併せて解析すればより詳細な情報を得ることが出来るであろう。

現在、日本周辺の掘削孔を対象として、海底表層 $\gamma$ 線調査とODP Gamma Logの結果の比較やODP Gamma Logの解釈を行っている。

#### 4. 海底放射能環境のモデル化

##### 4.1. モデル化の基礎

これまでの海底 $\gamma$ 線研究の過程を通じ、 $\gamma$ 線強度、核種濃度に計測した環境によりいくつかのパターンがあることが判ってきた。それらは：

冷湧水域で、通常はTh-系列がU-系列の数倍多いが、U-系列の方が多い場所があり、これらは活動的な活断層と想定されている活断層に伴う。U-系列の増加は、圧縮応力や剪断変形の増加により地下の岩石の破壊が進行すると岩石中にマイクロクラックが発生し、封じ込まれていたRn-222が解放され、同時にU-系列の放射性核種も湧水中に溶け出して海底面に湧出するが、冷湧水環境では、海底面下数センチから十数センチの深さの硫酸還元環境下で4価のウランとしてトラップされることによる。熱水噴出域の最も活動的なチムニーと思われる場所でU-系列の濃度がTh-系列より多いところがある。熱水環境下でもマグマの上昇の初期あるいは最盛期にはマグマの上昇に伴い周囲の岩石をおしのけあるいは取り込むので、岩石は変形され、マイクロクラックが発生しRn-222が解放されるとともに溶かし込まれた岩石中の成分のうち結晶中に取り込まれにくいアクチノイドは溶液中に最後まで残りチムニーから噴出するガスに混ざって噴出する。ただし、酸化環境下で海水中に溶けたウランは速やかに拡散する。トリウム系列、特にTl-208は底層の浮遊粒子に吸着され、チムニー周辺にブルーム状になって滞留する。またパライトなどの硫酸バリウム(BaはSr、Pb、Caと置換することがある)系統の鉱物が硫化鉱床に伴って生成するときは、高濃度のU-系列核種が集積することがある。たとえば、沖縄トラフ伊是名海穴で採取された北投石( $Ba, Pb$ ) $SO_4$ などがその例である。

上記の計測結果と目視観察等による現場の環境状況から、以下の2つのモデルを想定した。

##### 4.2. 冷湧水放射能環境モデル

冷湧水環境における調査を行っているうち、最初に相模湾初島沖の調査データが蓄積し、シロウリガイコロニーの内特定な場所に着底するとU-系列が増加することに気がついた。一方相模湾でも相模海丘や沖ノ山堆などの沖ノ山堆列では、着底すると $\gamma$ 線強度、Th-系列濃度が増加する“通常”の冷湧水環境の値を示した。初島沖の冷湧水はマグマ起源ではないが、一部伊豆半島側からの地下水が混入していると言え(角皆ほか、1994)、しかしこれは一カ所では確認されておらず、湧水の性質は場所によりかなり変化がある可能性が指摘されている(増澤、1995)。初島沖で実際に湧水が目視されたのは、赤褐色変色域で、この場所から採水した湧水が低塩分であった。このように初島沖(初島南東沖)の冷湧水環境は単純ではないが、研究は他の海域に比べて集中的に行われており、「しんかい2000」、ドルフィン-3Kによる潜航回数も多く、 $\gamma$ 線の計測を行った潜航も他の海域に比べて圧倒的に多い。服部ほか(1996)は、相模湾初島南東沖を例として冷湧水環境モデルについて報告したことがあるので、同じモデルを転用して、冷湧水放射能環境モデルの作成を試みた。

図25に冷湧水放射能環境モデルを示す。このモデルを支持する証拠は、東部南海トラフの東海スラスト東端、これまでに述べた熊野沖南海トラフ、後志海山西方、西表島周辺(「しんかい2000」865潜航、服部、岡野、2000)、黒島海丘等で見つかった。

##### 4.3. 熱水放射能環境モデル

沖縄トラフや七島-硫黄島海嶺域の熱水環境の調査が進み、 $\gamma$ 線の強度や核種濃度の分布図を作成出来るようになって来ると、それまで目視観察により活動的なブラックスモーカーが認められる地点でU-系列の濃度が高くなると考えていたことが明らかになってきた。伊是名海穴、北部伊平屋海嶺群での例を示す(図26、図27)。図26に見られるように、U-系列の濃度がTh-系列より多いグラフ中央部が活発なブラックスモーカー活動の観察されたところで、対象としたチムニー群は正に活動の最盛期にある。図27でもグラフ中央部でU-系列の濃度が卓越しており、巨大なチムニーから黒色のスモークを揚げている。ただし、伊平屋海嶺群のチムニーは活動の初期ではない。同じような、U-系列に富むスモーカーは、鳩間海丘、第4と那国海丘、八重山地溝東端のチムニー群(服部、岡野、2000、2001)、七島-硫黄島海嶺域の明神海丘、水曜海山で見つかった。またスモーカーではないが、メタンの大量の放出が続いている鹿児島湾、八オリムシ群集海域でもU-系列が卓越した地点が見つかった。

図28に熱水放射能環境モデルを示す。

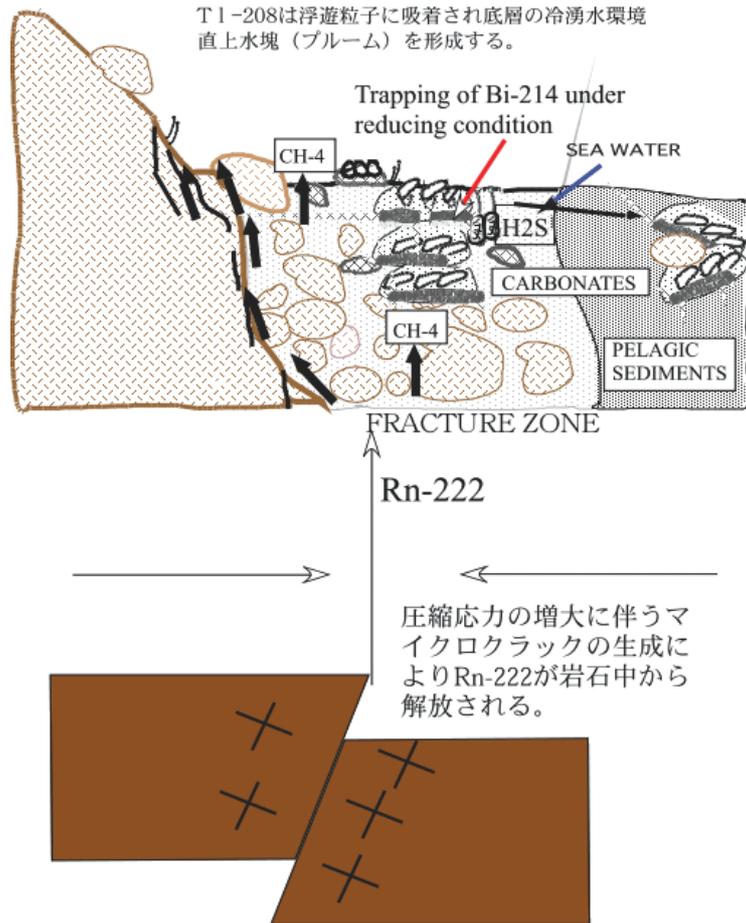


図25 冷湧水放射能環境モデル  
Fig. 25 Model of cold seep radioactive environment.

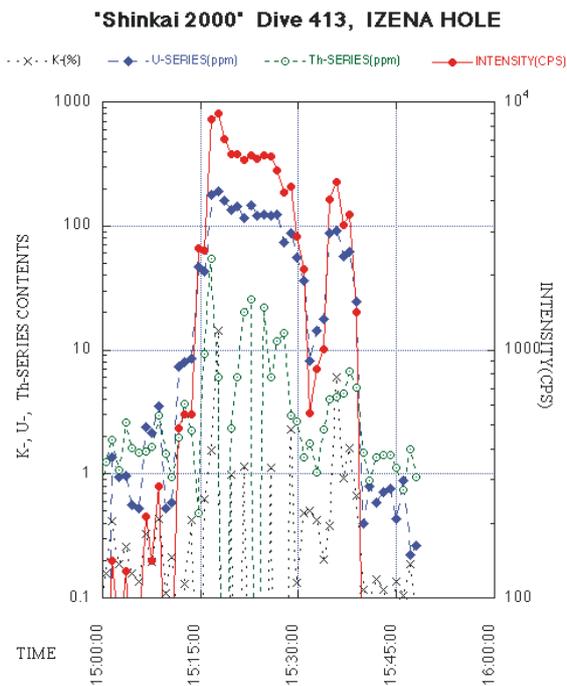


図26 伊是名海穴413潜航のγ線時系列グラフ  
Fig. 26 Time series graph of 413 dive, IZENA HOLE, Okinawa trough.

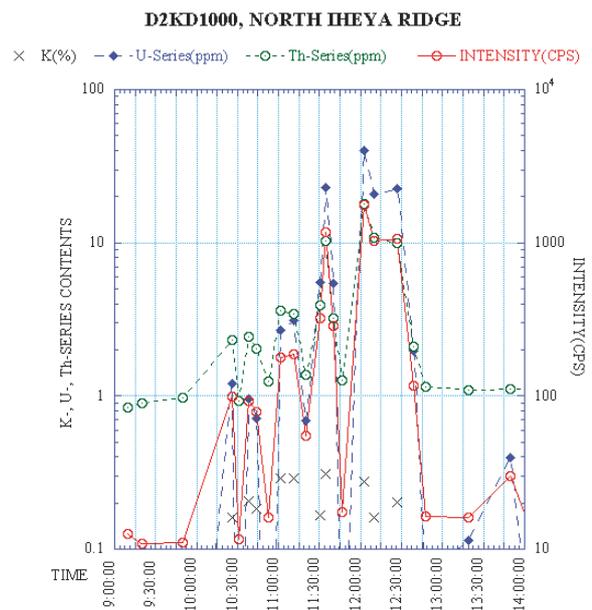


図27 北部伊平屋海嶺群1000潜航(「しんかい2000」)のγ線時系列グラフ  
Fig. 27 Time series graph of "Shinkai2000" 1000 dive, North Iheya Ridges, Okinawa trough.

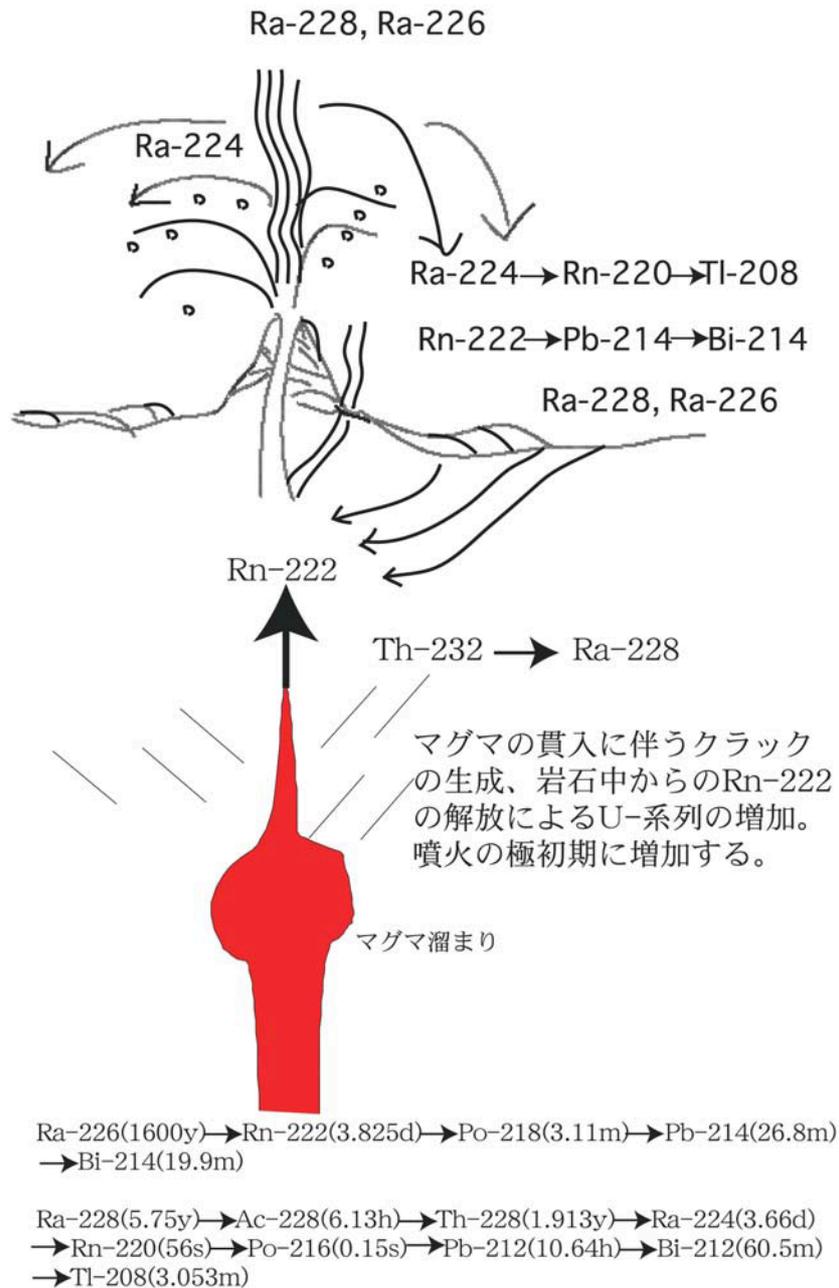


図28 熱水環境放射能モデル

Fig. 28 Model of hot thermal radioactive environment.

## 5. おわりに

少ない研究メンバーで続けてきた海底  $\gamma$  線調査も今年度辺りから、研究者、研究に対する理解者が増えて来ており、関係者各位のご協力に感謝します。

2001年度航海のクルーズレポートからの図の引用を許可頂いた産業技術総合研究所、岡村行信、東京大学海洋研究所、芦 寿一郎、海洋科学技術センター、木下正高の諸氏に感謝します。また、 $\gamma$  線計測にご尽力頂いた「しんかい2000」運航チームの依田司令始めチームの諸氏、「しんかい6500」の今井司令はじめチームの諸氏、「なつしま」、「よこすか」の船長はじめ乗員の諸氏に感謝します。

## 参考文献

- 1) 芦 寿一郎, 蔵本真一, 森田澄人, 角皆 潤, 亀尾浩司; 南海トラフ付加体プリズムの成長プロセスと物質循環, しんかいシンポジウム予稿集, 18, 19-20(2001).
- 2) 服部陸男, 蟹江康光, 大場忠道, 秋元和實; 相模湾の沈み込み帯の冷湧水帯に伴う炭酸塩類と化学合成独立栄養動物群集の環境, 化石, 60, 13-32(1996).
- 3) 服部陸男, 岡野真治; 海洋放射能測定, 1998, 1999年度の成果, JAMSTEC深海研究, 16, 57-67(2000).
- 4) 服部陸男, 岡野真治, 海洋放射能測定最近の成果, JAMSTEC深海研究, 18, 1-13(2001).

- 5) 服部陸男, 芦寿一郎, 岡野眞治, “南海トラフの地質構造と海底  $\gamma$  線解析結果の解釈”, しんかいシンポジウム予稿集, 18, 100-101(2001).
- 6) 木下正高ほか, NT01-08調査航海「物理・化学環境の時間変動観測による島弧型熱水循環系の様式の推定」航海報告書, 海洋科学技術センター, 2001.
- 7) 増澤敏行, “深海”冷湧水“生態系 - 相模湾初島沖深海シロウリガイ群集 - ”, 月刊海洋 / 号外 (8), 180-187 (1995).
- 8) OKAMURA, Y. et. al., "SHINKAI6500/YOKOSUKA YK01-06 CRUISE ONBOARD REPORT, June 25-July20, 2001. JAMSTEC", (2001).
- 9) 岡村行信, 竹内 章, よこすかYK01-06乗船研究者, “日本海東縁の活構造・冷湧水及び生物活動に関する潜航調査 - YK010-航海の日本海での潜航・調査の概要”, しんかいシンポジウム予稿集, 18, 55-56(2001).
- 10) 朴 進午, 鶴 哲朗, 小平秀一, 金田義行, “東部南海トラフで発見された地震断層: きれいな反射法地震探査航海(KR01-08)の結果”, しんかいシンポジウム予稿集, 18, 21-22(2001).
- 11) 竹内 章, 岡村行信, 加藤幸弘, 池原 研, 張 勁, 佐竹健治, 長尾哲史, 平野真人, 渡辺真人, “日本海東縁。奥尻海嶺および周辺の大地震と海底変動”, JAMSTEC 深海研究, 16, 29-46(2000).
- 12) 竹内 章, 岡村行信, 佐竹健治, 蒲生俊敬, 笹山雄一, 池原 研, 七山 太, 加藤千明, 高江洲盛史, 生田純也, 堀田洋平, 山腰祐子, 廣田明成, 小寺 透, “日本海東縁の海底変動地形: SY01-06潜航調査の成果”, しんかいシンポジウム予稿集, 18, 143-144(2001).
- 13) 角皆 潤, 石橋純一郎, 脇田 宏, 蒲生俊敬, 中塚武, 中村岳史, “海底からのメタンの放出と湧水の起源 - 相模湾初島南東沖冷湧水の場合 - ”, 1993年度日本地球化学会講演要旨集, 48-49(1993).
- 14) 渡辺一樹, 芝田 厚, 梶村 徹, 石橋純一郎, 角皆潤, 青木正博, 中村光一, “海底火山とそれに伴う海底熱水鉱床の調査手法 - - 伊豆・小笠原弧の水曜海山におけるしんかい2000の潜航調査を例として - - ”, 海洋調査技術, 6, 1(no.11), 29-44(1994).
- 15) YK01-4 CRUISE REPORT, Leg2 ~ 駿河湾・南海トラフ, 海洋科学技術センター, 2001.

(原稿受理:平成14年1月15日)