

九州・パラオ海嶺及び伊豆・小笠原弧の石灰岩試料の ストロンチウム同位体層序年代

西村 昭*¹ 野原 昌人*¹ 臼井 朗*¹

海山地域などで潜航調査で採取される石灰岩試料は、過去における浅海の存在を示す重要な試料であるが、精密な年代を示す微化石が入っていなかったり取り出せないなど年代決定が困難な場合が多い。九州・パラオ海嶺及び伊豆・小笠原弧海域の潜航調査において採取された石灰岩試料について、ストロンチウム同位体層序による年代決定を試みた。今回分析した試料は、化石や同地点で採取された岩石の年代などからの予想年代と概ね一致する結果が得られ、今後この手法を潜航調査やドレッジで採取した試料などの層序的位置や年代決定に有効であることが示された。

キーワード：九州・パラオ海嶺，伊豆・小笠原弧，年代，石灰岩，ストロンチウム同位体層序年代

Strontium Isotope stratigraphic ages of limestones taken during the submersible survey using “Shinkai 2000” in the Kyushu-Palau Ridge and the Izu-Bonin Arc.

Akira NISHIMURA*² Masato NOHARA*² Akira USUI*²

Strontium isotope stratigraphy is applied to the age determination of shallow water limestones taken from the seamounts of the Kyushu-Palau Ridge and the Izu-Bonin Arc during the submersible survey by “Shinkai 2000”. We got the age data almost coincident to the ages estimated based on other data, such as microfossils, macrofossils, and stratigraphic relation to basement rocks and overlying sediments. Our results show that Strontium isotope stratigraphy is a useful tool for age determination of limestone samples without precise age indicator taken through a submersible survey and at dredge hauls.

Key words : Kyushu-Palau Ridge, Izu-Bonin Arc, chronology, limestones, and Strontium isotope stratigraphy

* 1 地質調査所海洋地質部

* 2 Marine Geology Department, Geological Survey of Japan

1. はじめに

サンゴ、石灰藻、大型有孔虫を含む浅海で形成された石灰岩は伊豆・小笠原海域などの海山の頂部などから採取されている。石灰岩は浅海環境の過去の存在を指示するものとして、海山の形成史や海山の昇降運動に重要なデータを提供する。石灰質堆積物のストロンチウム同位体比 ($^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$) はその堆積時の海水の同位体比を記録している。最近、海水のストロンチウム同位体比の地質時代全体についての変遷が明らかになり、それと石灰質堆積物のストロンチウム同位体比の対応関係が年代の決定に利用されるようになってきた。日本やその近海の試料については、あまり適応された事例がなく、伊豆小笠原海域の ODP 掘削試料 (Nishimura *et al.*, 1992) と

北大東島ボーリングの石灰岩試料 (Ohde and Elderfield, 1992) について分析例があるのみである。「しんかい 2000」による海山の調査等で採取した九州-パラオ海嶺の駒橋第 2 海山と伊豆・小笠原海域の石灰岩試料について、ストロンチウムの同位体比による層序年代を決定した。その結果について紹介する。

2. 試料と分析方法

分析した試料を表 1 に示す。天保海山と大町海山の試料はドレッジで採取した試料で、それ以外は「しんかい 2000」潜航調査により採取した試料である (図 1)。

試料は海水の汚染などの影響を除くために、まず、1~5 mm 大程度に粉碎した後、イオン交換水を加え、

表 1 分析試料採取位置データ
Table 1 Locations of analyzed samples.

Sample No.		Latitude (N)	Longitude (E)	water depth (m)
1 Dive 688-10	Ogasawara Plateau	26°07.58'	144°10.00'	850
2 D731	Ohmachi Smt.	29°09.04'-08.94'	140°42.76'-43.55'	2645-2435
3 D732-1	Ohmachi Smt.	29°12.05'-11.93'	140°46.19'-46.75'	1700-1700
4 Dive 625-5	Tenpo Smt	27°11.28'	139°37.76'	1175
5 D725-4	Tenpo Smt	27°11.80'-10.91'	139°38.11'-37.89'	1670-1160
6 Dive 820-5-#1	Komahashi-Daini Smt.	29°52.69'	133°20.00'	1100
7 Dive 820-5-#5	Komahashi-Daini Smt.	29°52.69'	133°20.00'	1100

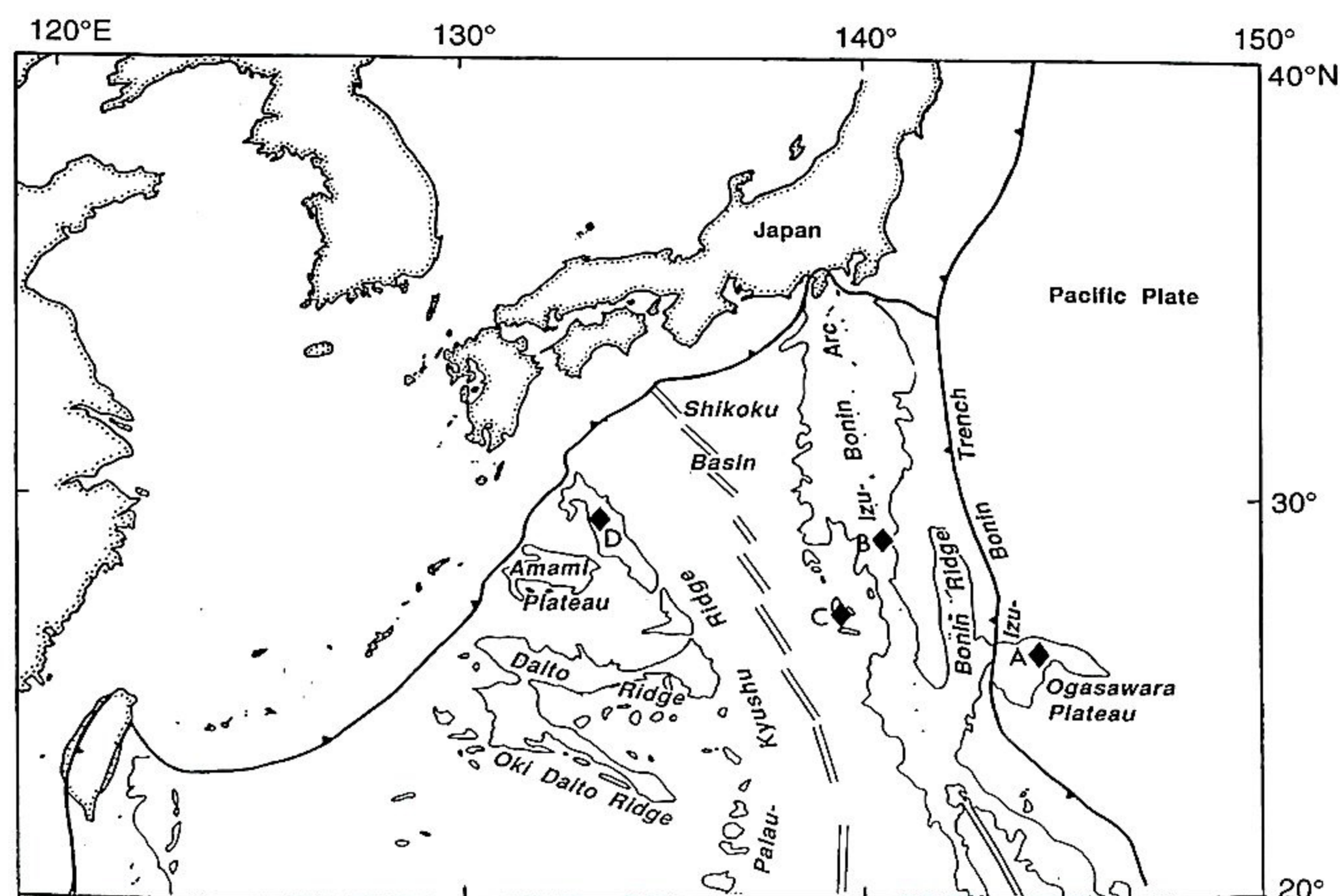


図 1 試料採取地点全体図

A : 小笠原海台東海山 B : 大町海山 C : 天保海山 D : 駒橋第 2 海山

Fig. 1 The location of the analyzed samples.

A : Higashi Seamount B : Ohmachi Seamount C : Tenpo Seamount D : Komahashi-Daini Seamount.

超音波洗浄器に20~30分間かけ、水を捨てイオン交換水を加えるという操作を5回程度繰り返した。その後、乾燥し、メノウ乳鉢で粉状になるまですりつぶした。超純粋エチルアルコールで洗浄を繰り返した後に乾燥し、0.5 N 塩酸 (HCl) で溶解した。ストロンチウムの分離・精製には陽イオン交換樹脂 (200-400 メッシュ) を用いた。ストロンチウム同位体比は可変マルチコレクター付 MAT262 質量分析装置を用いてスタティックモードで測定した。今回の分析での標準試料 NIST. SMR987 の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比分析値は 0.710237 ± 0.000011 である。

3. 分析結果及び解釈

海水のストロンチウム同位体比は過去5億年の顕生代全体にわたって明らかにされている (Burke *et al.*,

1982)。それを利用して、石灰岩などの生成年代の決定に利用されている。分析結果を表2に、それら結果をストロンチウム同位体変遷の層序位置を示したものを図2と図3に示す。ストロンチウム同位体比の変動が一方向でなく、また一様でもないで、石灰岩の形成年代により、年代の決定の精度も異なる。また、データの多い中新世以降では太平洋と大西洋の同位体比の変動が異なる回帰線になることが指摘されており、今回の試料については太平洋のデータ (伊藤, 1993) に基づいて年代を決定した。

分析結果の解釈を既存データとの関連を含め各海域ごとに以下に記述する。

3.1 小笠原海台東海山 (図4)

小笠原海台は太平洋プレート上の大きな高まりで、その上の東海山は基底部で直径約40 kmで頂部の水深は

表2 ストロンチウム同位体層序年代分析結果
Table 2 Analyzed results of strontium isotope stratigraphy.

Sample No.		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio	Age (Ma) based on Sr Ratio
1	Dive 688-10 Higashi Smt.	0.707479 ± 12	ca. 100
2	D731 Ohmachi Smt.	0.707736 ± 10	39.65 ± 0.71
3	D732-1 Ohmachi Smt.	0.707910 ± 12	34.23 ± 0.78
4	Dive 625-5 Tenpo Smt.	0.708826 ± 12	11.79 ± 0.57
5	D725-4 Tenpo Smt.	0.708849 ± 14	10.73 ± 1.12
6	Dive 820-5-#1 Komahashi-Daini Smt.	0.708255 ± 15	24.13 ± 0.49
7	Dive 820-5-#5 Komahashi-Daini Smt.	0.708305 ± 14	23.26 ± 0.44

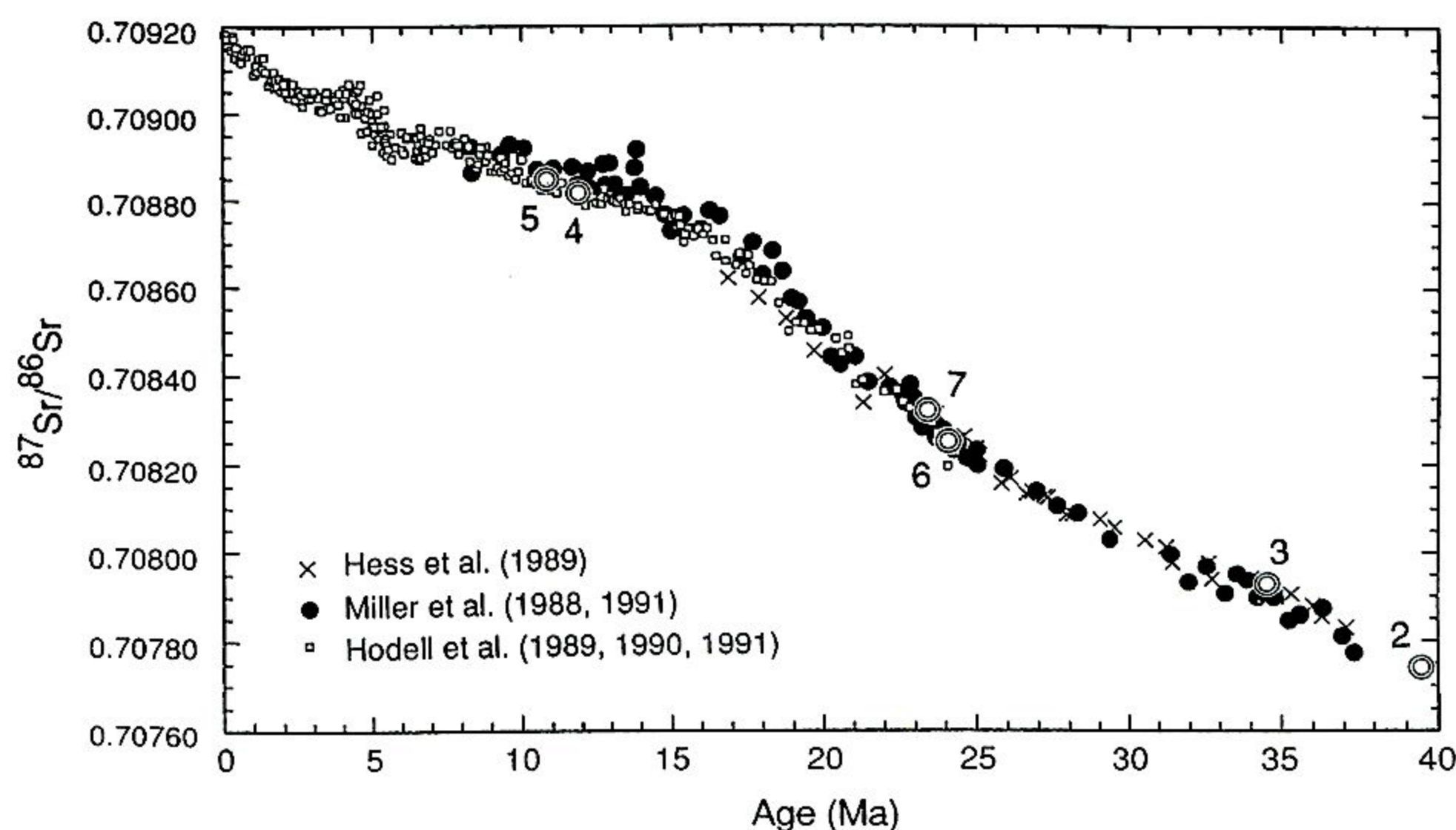


図2 4,000 万年以降のストロンチウム同位体組成の変動 (伊藤, 1993) における分析試料位置
図中の試料番号は表1, 表2の試料番号に対応する。図中の引用は伊藤 (1993) 参照

Fig. 2 Strontium isotope variation since the Tertiary through the Quaternary (Ito, 1993) with the interpreted positions of the analyzed samples.

Numbers in figure correspond to the sample numbers in Tables 1 and 2. See the reference list in Ito (1993) for the quoted references in figure.

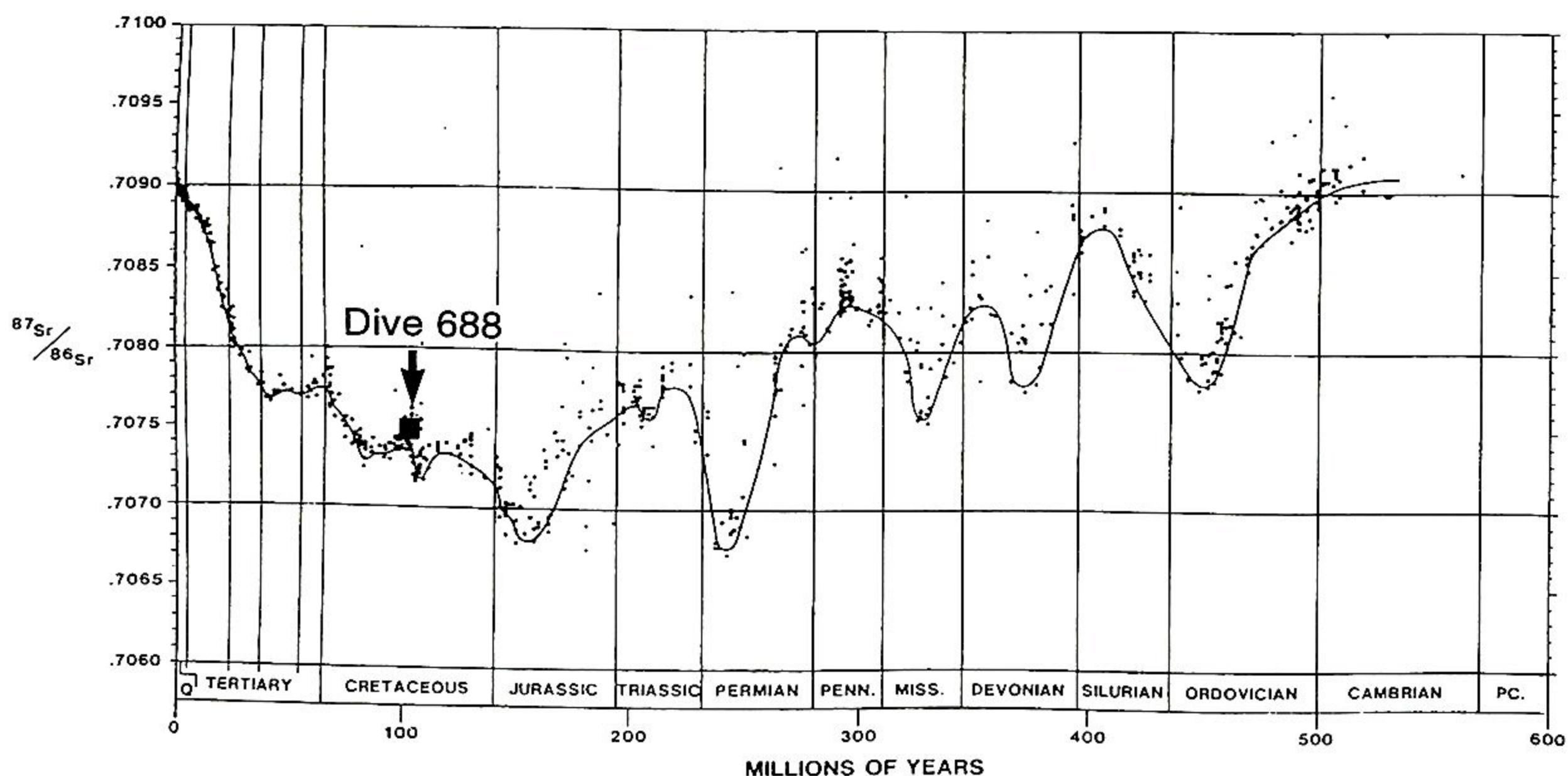


図 3 顕生代ストロンチウム同位体組成の変動 (Burke *et al.*, 1982) における分析試料位置。小笠原海台東海山の試料の分析位置を示す

Fig. 3 Strontium isotope variation through the Phanerozoic Era (Burke *et al.*, 1982) with the interpreted position of the analyzed sample. Solid square shows the position of the sample from the Higashi Seamount on the Ogasawara Plateau.

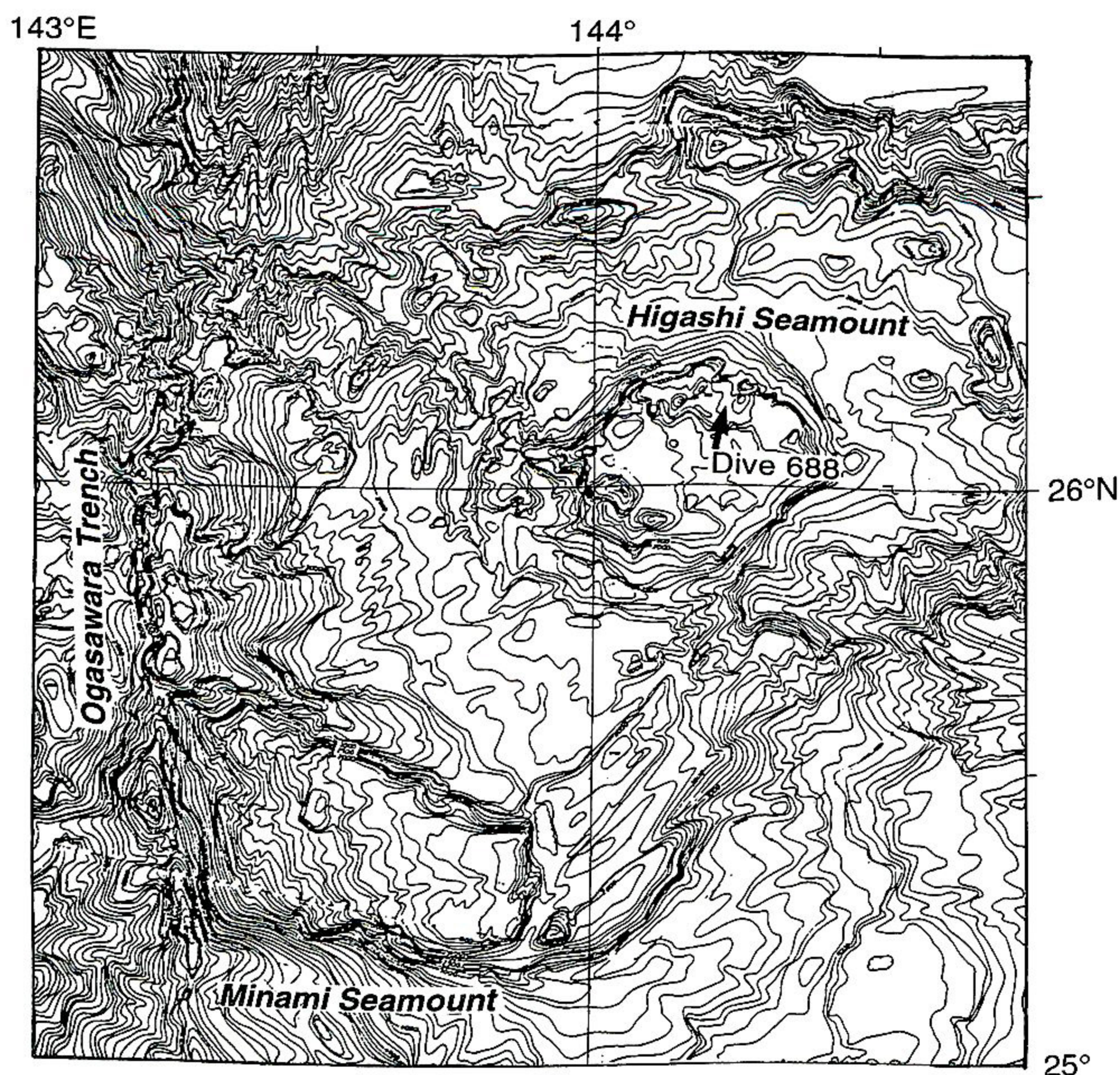


図 4 小笠原海台東海山の地形と試料採取位置

Fig. 4 Topography of the Higashi Seamount on the Ogasawara Plateau and the sampling location.

800~1,400 m の環礁状の地形を残している。中央を北西-南東に横切る断層で変位していて、北東側が南西側より 300 m 以上高くなっている。東海山では 2 つの潜航調査 (Dive 687 及び Dive 688) が実施されているが、今回の分析は Dive 688 において東海山中央部を横切る断層の斜面で採取された石灰岩について行った。同地点では潜航調査では表面全体に白亜紀の巻貝のネリネア (*Nerinea* spp.) のモールドが見られる石灰岩の巨大ブロックが観察された (西村・臼井, 1994)。分析試料はそれらと同じ岩相のネリネアを含む石灰岩である。Konishi (1985) は同海山から採取された石灰岩について、含まれる化石の厚歯二枚貝、巻貝のネリネア類、大型有孔虫などから白亜紀中期の Albian~Cenomanian (91~113 Ma) の年代としている。白亜紀前期ではストロンチウム同位体比の変動は大きな波型を呈して、同じ値に対しても 2 つの年代が対応するので一つの同位体比で年代を特定することはできないが、産出化石を参考にして、ストロンチウム同位体層序年代の推定を行うと

約 100 Ma 前後にある同位体比の分散している層準に対応する (図 3)。小笠原海台には東海山以外に大きな高まりがいくつもあり、また、小笠原海台の小笠原海溝への沈み込域においても、浅海の石灰岩が観察・採取されている (沖野ほか, 1994)。今後、それぞれの礁の形成年代を明らかにすることは海山の形成・発達史に大いに貢献するものと考えられる。

3.2 大町海山 (図 5)

大町海山は礫岩の南方の伊豆・小笠原弧の火山フロント近くの前弧側にある東西約 30 km, 南北約 70 km の海山である。東は小笠原トラフの北端部付近に接し、西側では七曜海山列の日曜火山、月曜火山、火曜火山と谷を隔てている。西之島トラフの東を区切る NNE-SSW 方向の礫岩構造線の北延長部分にあたる位置にある。また、海山西側斜面は伊豆・小笠原弧の北部から中部に顕著な火山フロント付近に発達する南北性のリフト形成構造に関連する断層と思われる。海山は北に礫岩に続く北部、一番浅いピークがある中部、中部と東西

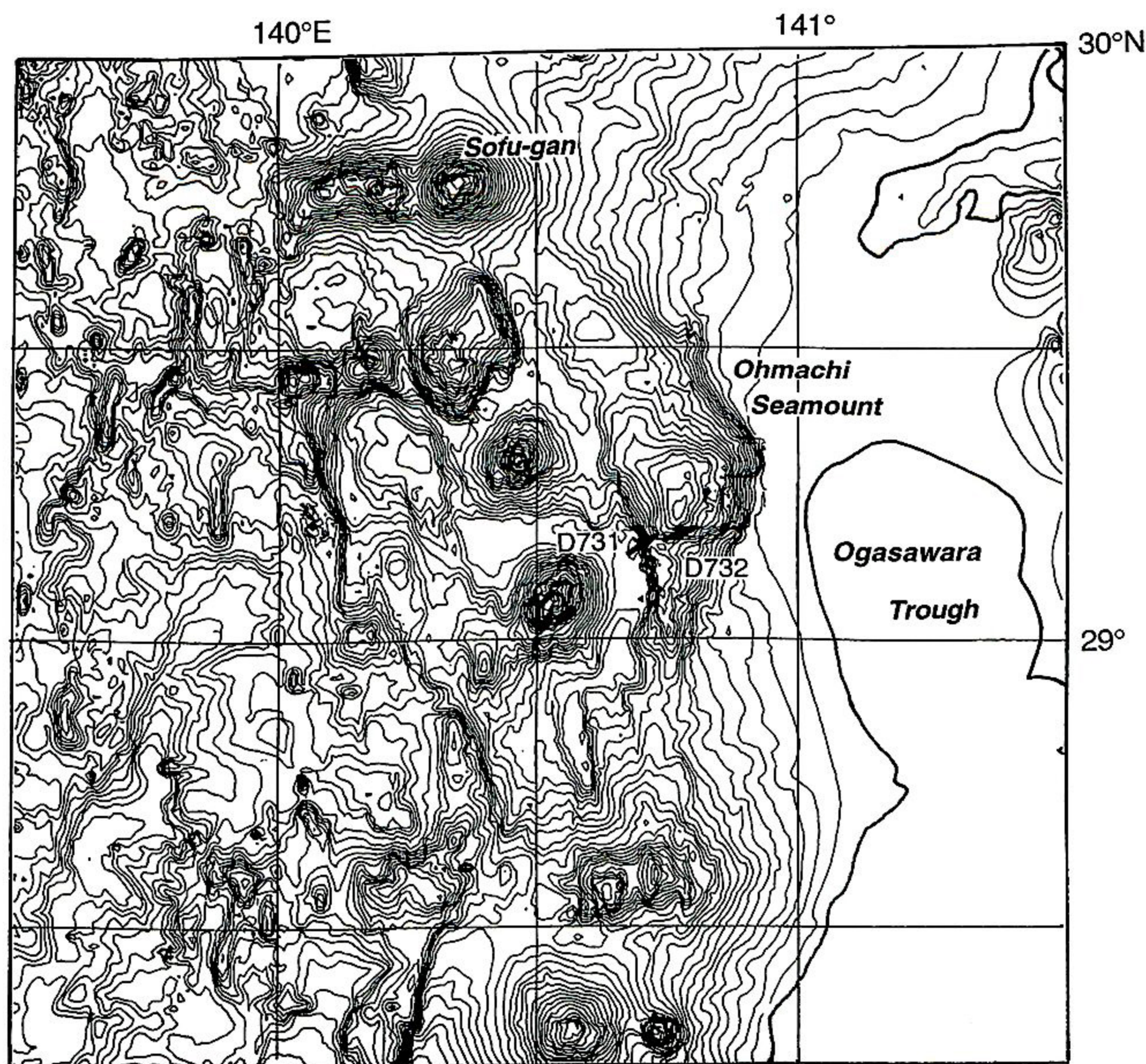


図 5 大町海山の地形と試料採取位置
Fig. 5 Topography of the Ohmachi Seamount and the sampling locations.

性の斜面で区切られた南部に3分される。今回の分析試料は地質調査所の実施した白嶺丸による調査の際に、その中部の南西側の崖と南の崖からドレッジにより採取された石灰岩試料である。石灰岩とともに採取された安山岩のK-Ar年代として 31.9 ± 1.2 Maと 33.6 ± 1.2 Maが報告されている(湯浅ほか, 1988)。今回の分析試料と同時に採取した石灰岩に含まれる大型有孔虫 *Biplanispira mirabilis* (Umbglobe) から、始新世後期の年代が推定されている(Nishimura, 1992)。今回のストロンチウム同位体層序年代値は、石灰質の有孔虫を含む基質部分のほうが礫の年代よりやや古い年代を示すが、始新世後期から漸新世前期の大型有孔虫からの推定年代とよく一致している。

1996年に「しんかい6500」で本海山の南部西側の崖で潜航調査が行われた(Yuasa *et al.*, 1997)。同海山の南部は中部と異なり、西之島トラフ底に続く堆積層がその上部を形成している。

3.3 西七島海嶺の天保海山(図6)

礫岩構造線沿いの西七島海嶺にある比較的大きな海山で南北約50 km, 東西約25 kmで基底部の水深が3,000~3,500 m, 頂部の水深が1,100 mである。マンガン団塊やクラストの調査のため3回の「しんかい2000」による潜航調査(Dive 556, 557, 625)が行われている。マンガン団塊やマンガンクラスト, 熱水性のマンガン酸化物などが広く分布する(Usui *et al.*, 1993)。地形は断層などで変形されており, 断層でステップ状に

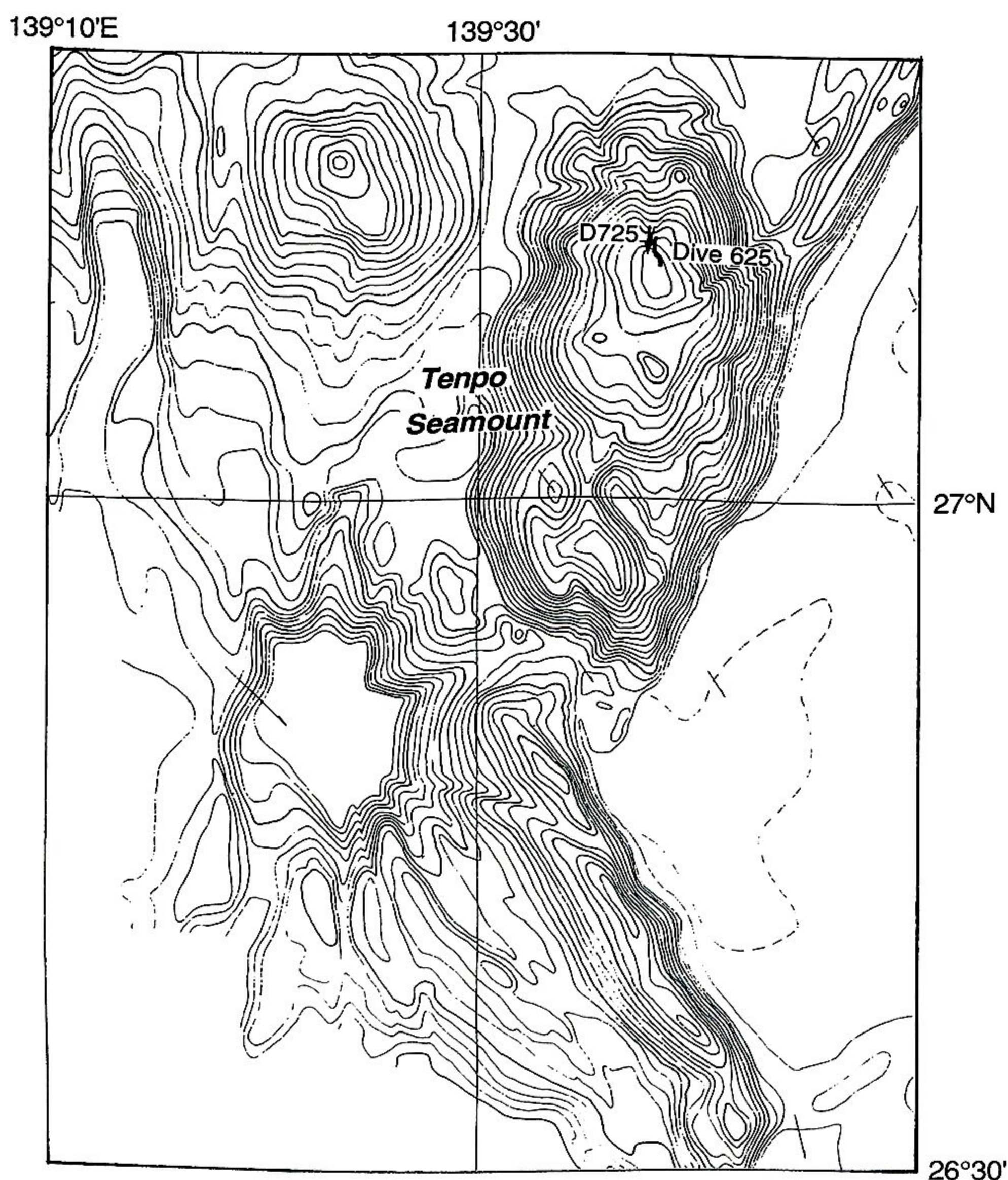


図6 西七島海嶺, 天保海山の地形と試料採取位置
Fig. 6 Topography of the Tenpo Seamount on the Nishi-Shichito Ridge and the sampling locations.

なっている。頂部付近に広く大型有孔虫を含む浅海で形成された石灰岩が分布する。海山は現在は南北に長い地形をしており頂部の平坦面も広くはないが、もともとは広い石灰岩に覆われた平坦地形を持つ海山であったと考えられる（臼井・西村，1993）。石灰岩に含まれる浮遊性有孔虫やその上位にある石灰質軟泥の再堆積化石から、同海山から採取の石灰岩の年代は14~15 Ma，その上位に堆積する石灰質軟泥は10 Ma以降と報告されている（碓・西村，1991）。今回分析した試料は海山の北側斜面での潜航調査試料（Dive 556）と白嶺丸GH85-1航海の際のドレッジ採取試料（D625）で、年代は両者とも11 Ma前後の中期中新世を示した。今回の結果は、石灰質軟泥の堆積の直前まで海山において石灰岩の形成があったことを示し、10~11 Maに海山の沈降があった可能性を示す。

3.4 九州・パラオ海嶺の駒橋第2海山（図7）

駒橋第2海山は九州・パラオ海嶺の連続的な高まりの北端付近にあり、東側は急斜面で四国海盆と接し、西側は南北性の北奄美海底崖から続く斜面となっている。頂部の水深は289 mとされている。1970年代に調査が行われ、採取されたトータル岩の 37.4 ± 6.4 Ma,

37.5 ± 1.9 MaのK-Ar年代と $51 \text{ Ma} \pm 20\%$ のフィッシュントラック年代の報告がある（西村，1975，柴田・奥田，1975，Shibata *et al.*, 1977）。石灰岩については大型有孔虫と浮遊性有孔虫から中期中新世かそれ以降の年代が推定されていた（紺田ほか，1975）。駒橋第2海山では1995年と1996年に1度ずつ2回（Dive 820及びDive 868）の潜航調査が実施されている（臼井ほか，本報告）。今回分析した試料は、Dive 820で北東斜面から採取された石灰岩試料である。Dive 820-5-1試料とDive 820-5-5試料はともに大型有孔虫，小型底生有孔虫，浮遊性有孔虫，石灰藻，ウニ骨片を含むバイオスバライトである。Dive 820-5-1試料はマンガン酸化物のスポットが認められる。ストロンチウム同位体層序の年代は両者とも中新世初期を示している。マンガン団塊の研究では、この海山のマンガン団塊の形成は鮮新世に始まったとの報告もある（Harada *et al.*, 1985）。石灰岩の形成された中新世初期には浅海環境が推定されるが、それから鮮新世まで海山の沈降があまり進んでいなかった可能性がある。九州・パラオ海嶺では沖ノ島島は現在もサンゴ礁を発達させている島である。各島の垂直変動史などは今後の検討課題である。

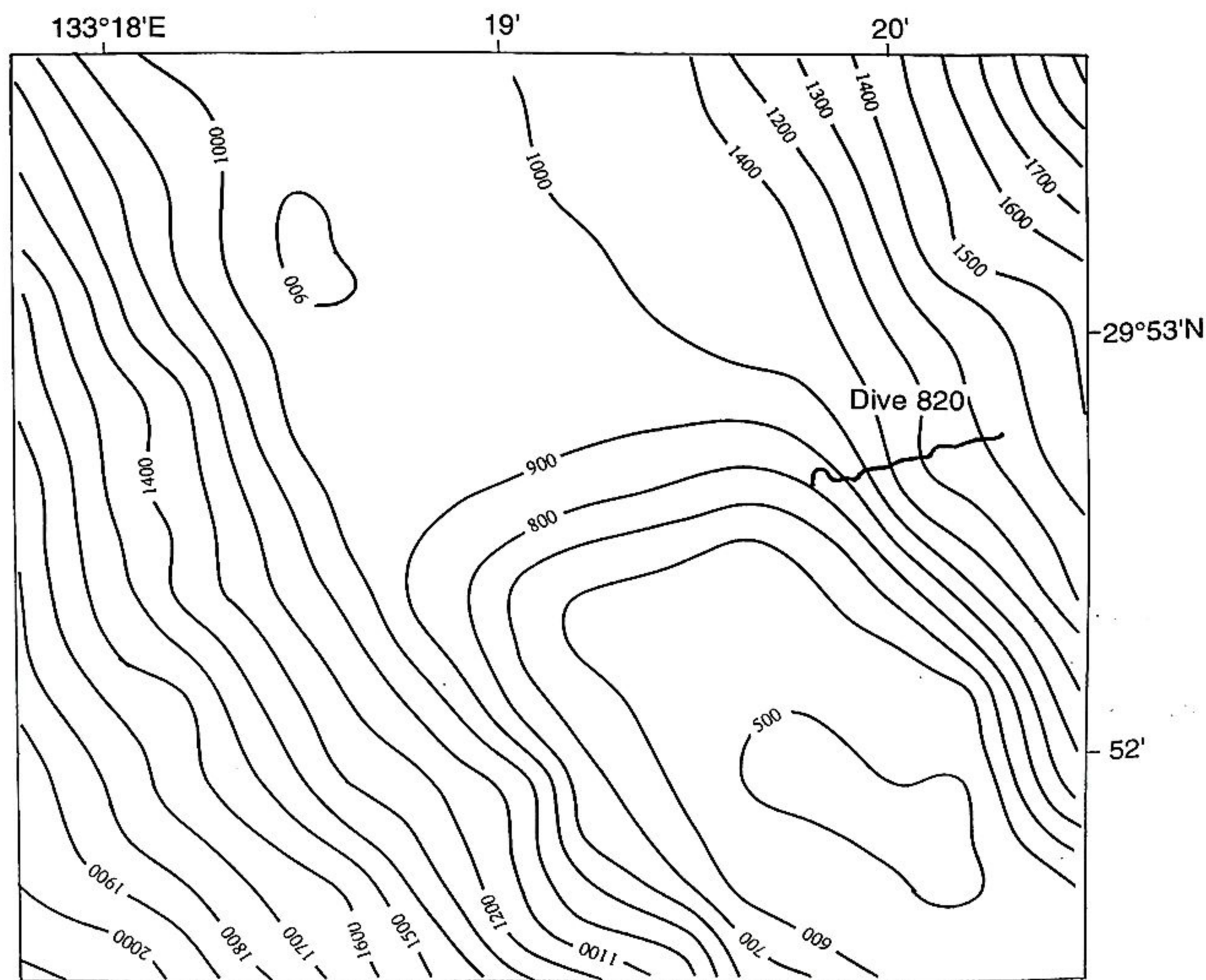


図7 九州・パラオ海嶺、駒橋第2海山の地形と試料採取位置

Fig. 7 Topography of the Komahashi-Daini Seamount on the Kyushu-Palau Ridge and the sampling locations.

4. おわりに

「しんかい2000」の潜航調査やドレッジにより採取した浅海成の石灰岩試料で年代が予想されていたものについてストロンチウム同位体層序年代を決定し、ストロンチウム同位体層序が石灰岩の年代を決定するのにはきわめて有効であることが示された。潜水調査やドレッジといった層序的に不連続な試料しか採取できない場合には、特に有効な年代決定手段であると考えられる。今回取り扱った試料は浅海成の石灰岩のみであるが、固結して微化石の取り出せない深海で形成された石灰岩・磷酸塩岩などについても、「しんかい2000」「しんかい6500」による潜航調査での採取試料に適応できる年代決定方法の一つと考えられる。

同海域では、今回扱った以外の海山からも石灰岩が採取されており、今後同手法を適用して、海山の形成史やその昇降運動など伊豆・小笠原弧やフィリピン海の構造発達史に新たなデータを提供したいと考えている。

謝 辞

本研究で使用した試料は1992～1995年の海洋科学技術センター「しんかい2000」による潜航調査、白嶺丸による1992～1993年の地質調査所の海洋地質調査航海の際に採取した試料である。試料採取を始め研究を進めるにあたり種々便宜をいただいたそれら調査航海の乗船研究者、乗組員の方々と年代の解釈など同海域の地質学的な問題について常日頃より種々議論いただいている地質調査所海洋地質部湯浅真人博士に感謝したい。

引用文献

- Burke W. H., Denison, D., Hetherington, E. A., Koepnick, R. B., Nelson, H. F., and Otto, J. B. (1982): Variation of sea-water $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ throughout Phanerozoic time. *Geology*, 10, 516–519.
- Harada, K., Nishida, S., and Ishibashi, K. (1985): Formation of manganese nodules from Komahashi-Daini Seamount of the Kyushu-Palau Ridge and its geological implication. In: Shiki, T. (ed.) *Geology of the northern Philippine Sea*, Tokai Univ. Press, 202–211.
- 碓 京子・西村 昭 (1991): 伊豆・小笠原弧, 西七島海嶺天保海山の地史. *地調月報*, 42, 19–41.
- 伊藤 孝 (1993): 新生代海水 Sr 同位体組成データの評価と Sr 同位体層序学. *地質学雑誌*, 99, 739–753.
- 紺田 功・原田憲一・北里 洋・松岡数充・西田史朗・西村 昭・大野照文・高山俊昭 (1975): GDP 航海, とくに GDP-1, 8, 11 における古生物学的結果. *フィリピン海の地質学的諸問題*, 91–98.
- Konishi, K. (1985): Cretaceous reefal fossils dredged from two seamounts of the Ogasawara Plateau. Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH84-1, 169–180.
- Nishimura, A. (1992): Carbonate bioclasts of shallow-water origin at Site 793. Taylor, B. and Fujioka, K., et al., *Proc. ODP, Sci. Results*, 126, 231–234.
- Nishimura, A., Mita, N., and Nohara (1992): Pelagic and hemipelagic sediments of the Izu-Bonin region, Leg 126: Geochemical and compositional features. Taylor, B. and Fujioka, K., et al., *Proc. ODP, Sci. Results*, 126, p. 487–503.
- 西村 昭・臼井 朗 (1994): 小笠原海台東海山の地史とマンガンクラストの産状観察. *JAMSTEC 深海研究*, 10, 99–110.
- 西村 進 (1975): 駒橋第二海山マンガンノジュール核花崗岩のフィッシュントラック年代. *フィリピン海の地質学的諸問題*, 104.
- Ohde, S. and Elderfield, H. (1992): Strontium isotope stratigraphy of Kita-daito-jima Atoll, North Philippine Sea: implications for Neogene sea-level change and tectonic history. *Earth and Planetary Sci. Lett.*, 113, 473–486.
- 沖野郷子・徳山英一・加藤幸弘 (1994): 小笠原海台周辺域のテクトニクス—「しんかい6500」第145, 146潜航の結果—. *JAMSTEC 深海研究*, 10, 111–122.
- Shibata, K., Mizuno, A., Yuasa, M., Uchiumi, S., and Nakagawa, T. (1977): Further K-Ar dating of tonalite dredged from the Komahashi-Daini Seamount. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 28(8), 503–506.
- 柴田 賢・奥田義久 (1975): 第二駒橋海山より採取された花崗岩礫の K-Ar 年代. *地調月報*, 26(2), 71–72.
- 臼井 朗・西村 昭 (1993): 伊豆・小笠原弧, 西七島海嶺天保海山のマンガン団塊・クラストと石灰岩の産状. 第9回しんかいシンポジウム報告書, 9, 117–131.
- Usui, A., Nishimura, A., and Iizasa, K. (1993): Submer-

sible observation of manganese nodule and crust deposits on the Tenpo Seamount, Northwestern Pacific. *Marine Georesources and geotechnology*, 11, 263-291.

臼井 朗・西村 昭・石塚 治 (1997): 九州・パラオ海嶺, 駒橋第二海山のマンガンクラスト・団塊の潜航調査—「しんかい 2000」第 820 及び 868 潜航—. JAMSTEC 深海研究, 13, 127-144.

湯浅真人・内海 茂・西村 昭・柴田 賢 (1988): 伊豆・小笠原弧の火山フロントに隣接する前弧側海山の K-Ar 年代. 日本火山学会講演予稿集, 188(2), 63.

Yuasa, M., Ishizuka, O., Nishimura, A., and Nohara, M. (1997): "Paleogene" forearc seamount close to the volcanic front of Izu-Ogasawara Arc: preliminary results of a submersible study #341 by SHINKAI 6500. *JAMSTEC Journal of Deep Sea Research, Special Volume, Deep Sea Research in Subduction Zones, Spreading Centers and Backarc Basins*, 223-227.

(原稿受理: 1997 年 7 月 4 日)