

駿河トラフ中軸部における精密重力測定ならびに トラフ底と静岡側トラフ斜面の観察

里村幹夫*¹ 大塚謙一*¹ 新妻信明*²

駿河トラフは、フィリピン海プレートが西南日本に沈み込むプレート境界であり、想定されている東海地震の震源域にあたる。ここでのプレートの沈み込みの実体を解明することは、学術的に重要であるとともに防災上の急務でもある。そこで、「しんかい2000」により駿河湾中央部の潜航調査を実施した。

プレート運動に伴う地殻変動を実測するため、駿河トラフ底において2台のラコストG型重力計による精密重力測定を実施した。2台の結果はそれぞれ980.06055 gal と 980.06069 gal で、それらの間には約 140 μ gal の差が見られるが、その原因についての検討には、今回使用した重力計の定数検定が必要である。また、今回の測定結果からトラフ軸周辺の岩石密度を見積ると、2.33 g/cm³ となった。

重力測定の後、トラフ底と静岡側トラフ斜面の地形・地質の観察を行なった。

トラフ底には堆積物重力流により堆積した粗粒の砂礫が堆積しており、トラフ底西側には赤く変色したり赤い付着物が付いた礫が見られた。この変色は構造運動に伴う湧水による可能性も考えられ、今後の調査が期待される。

静岡側トラフ斜面は、構造的な擾乱を受けた堆積岩でできており、その基部は、それらが破碎された角礫により覆われている。これらは、プレートの沈み込みを受けている側の斜面の特徴と考えられる。

PRECISE GRAVITY MEASUREMENT ON THE FLOOR OF THE SURUGA TROUGH, AND RESULTS OF GEOLOGICAL OBSERVATIONS ON THE TROUGH FLOOR AND ITS SHIZUOKA SLOPE

Mikio SATOMURA*³ Kenichi OTSUKA*³ & Nobuaki NIITSUMA*³

Suruga Trough represents a plate boundary where the Philippine Sea Plate subducts beneath the Eurasia Plate, and it is regarded as the focal region of the expected Tokai Earthquake. It is very important to clarify the mechanism of the subduction system in this region both for academic reasons and for the prediction of large earthquakes. A submarine survey was made in the central part of the Suruga Trough by the submersible *SHINKAI 2000*.

In order to measure the crustal movements caused by plate motion, precise gravity measurement was undertaken on the floor of the Suruga

*¹ 静岡大学教養部地学教室

*² 静岡大学理学部地球科学教室

*³ Institute of Geosciences, Shizuoka University

Trough by two LaCoste and Romberg gravimeters, model G. One gravimeter gave a value of 980.06055 gal and the other gave a value larger by about 140 μ gal. To examine the cause of this discrepancy, the scale values used on the gravimeters must be calibrated. The rock density near the trough was estimated at 2.33 g/cm³ from the gravity value.

In addition to the gravity measurements, topographic and geological observations were carried out on the trough floor and its Shizuoka slope.

The trough floor is filled mainly with pebble-sized gravels, which may have been supplied by sediment gravity flows. Along the western edge of its floor, some gravels are coated with red extraneous materials. In relation to the study of the squeezing out of interstitial venting water by tectonic stress, a further detailed survey of the reddish gravels is necessary in the future.

It was determined that the trough slope nearer to Shizuoka consists of tectonically disturbed mudstones intercalated by tuff layers. Brecciated mudstones were observed in the basal part of the trough slope. Such geological features of the trough slope seem to be related to the tectonic processes due to the plate subduction.

1. はじめに

駿河トラフは南海トラフの北東方延長部であり、フィリピン海プレートが西南日本に沈み込むプレート境界にあたる。駿河トラフの北方延長部は南部フォッサマグナ地域であり、丹沢・伊豆の衝突により海成堆積物が広く陸上に露出している。また、この地域は想定されている東海地震の震源域と考えられており、この衝突と沈み込みの実体とその進行状況、そしてその歴史を解明することは、学術的に重要であるとともに防災上の急務でもある。

このような認識のもとに、プレートの運動に伴う地殻変動を実測するためトラフ軸上における精密重力測定を実施した。さらにトラフ底と静岡側トラフ斜面の地形、地質、堆積、構造変形を観察した。潜航調査は1986年8月28日に駿河湾中央部において「しんかい2000」により実施した。

2. 潜航の概略

潜航地点の位置は、北緯34°44.0′、東経138°35.3′、水深1929mで、図1に示すように駿河トラフが細くくびれた峡谷部の南端部にあたる。トラフ軸上で重力測定に適した地点を捜し、着底し

た。「しんかい2000」の動揺を減らすためにタンクを満水にし、重力を測定した。さらに、この地点における再測定を考慮し、海底に標識を2個設置した。その後、図2に示すように、潜航地点から西方に移動し、トラフ軸部および水深1670m以深の静岡側トラフ斜面を観察した。

この峡谷部の北側で行なわれた従来の潜航(Dive 86: 大塚・新妻, 1985)では、トラフ軸方向の非常に速い底層流がみられ、狭い峡谷部分での潜航には困難があると予想されていた。しかし、今回の潜航では、トラフ軸方向の南から北へ向かうゆるやかな底層流(約0.4 kt)が観察されただけで、潜航調査ならびに作業は順調に実施できた。このことは、細い峡谷部分での潜航が実施可能であることを示している。

3. 重力測定

重力測定は、静岡地方気象台地震計室の1等重力点を基準点とし、トラフ底において2台のラコスト重力計G-719およびG-822を用いて実施した。海底に着底した「しんかい2000」内でラコスト重力計による重力測定が可能なのはすでに確かめられているが(柳・平岩, 1985)、海底での

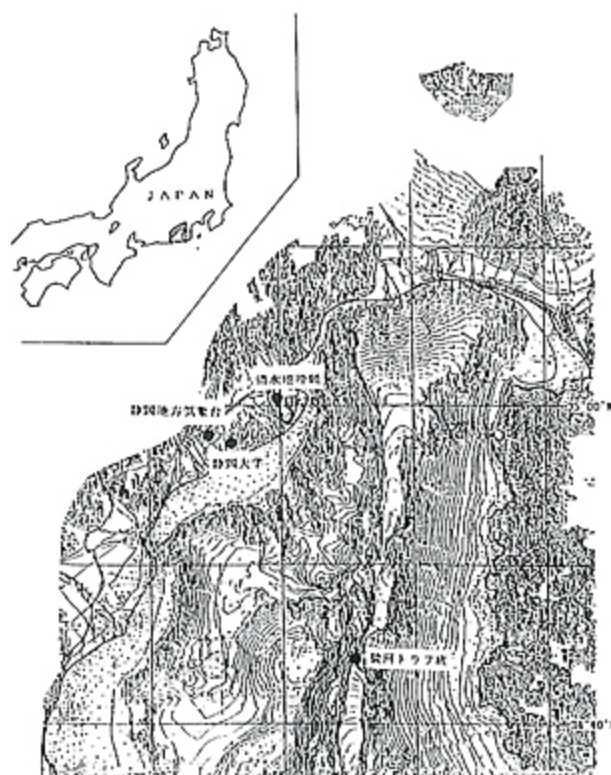


図1 潜航地点および重力測定点。
Location of the dive and gravity
points.

動揺の影響を小さくするように、念のため重力計の感度は通常の約2分の1に設定した。基準点での重力測定は、潜航前日の午後と当日の「なつしま」下船後に実施し、また、重力計のドリフトの状態を調べるために、「なつしま」乗船前後に静岡大学構内および清水港埠頭でも測定を実施した。これらの測定点を図1に示す。

静岡地方気象台の JGSN 75 の重力値 (979.74144 gal) を基準にして求めた各点の測定結果を表1に示す。海底の測定点の水深は STD の値に海底から STD までの距離 3 m を加えたものである。この海底から重力計を設置した「しんかい2000」の床までの高さは78 cm であり、測定値から海底の重力値を求める際には、この78 cm の間についてフリーエア補正と海水 (密度 1.028 g/cm³) の無限平板による引力の補正を行なった。

表1に示したように、陸上の測定点では2台の重力計の結果がよく一致しているが、海底の測定点では両者に約 140 μ gal の差がみられた。海底での測定精度は「しんかい2000」の動揺 (重力計のアイピースでイメージの揺れが1~2目盛りあり、この揺れは重力で200~400 μ gal に相当する) 等の影響のために陸上よりも悪いが、2台の

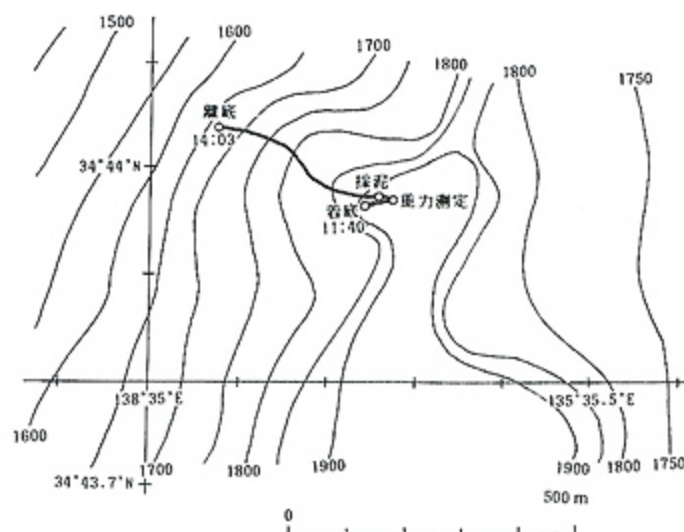


図2 「しんかい2000」の航跡。
Dive tracks of the submersible "SHINKAI 2000".

表1 重力測定結果 (単位: mgal)

Table 1 Results of the gravity measurement (unit in mgal)

	緯度	経度	標高	G-719	G-822	差
静岡地方気象台	34°58'4" N	138°24'4" E	10.0 m	0.0 (979741.44)	0.0 (979741.44)	-
静大理C421	34°57'6"	138°26'1"	90	-18.120 (979723.32 ₀)	-18.105 (979723.33 ₅)	-0.015
静大養C603	34°57'6"	138°26'0"	59.8	-14.384 (979727.05 ₆)	-14.402 (979727.03 ₈)	0.018
清水港江尻埠頭	35°01'0"	138°29'6"	2	-11.043 (979730.39 ₇)	-11.054 (979730.38 ₆)	0.011
駿河トラフ底	34°44'0"	138°35'3"	-1929	319.110 (980060.55 ₀)	319.253 (980060.69 ₃)	-0.143

測定値の差は 4.5×10^{-4} ($140 \mu\text{gal} / 319 \text{mgal}$) 程度であり、他の重力計の例から見て、2台の重力計の定数に差があるために生じたものとも考えられる。陸上では仙台付近でこの海底とほぼ同じ重力値を示すので、この2台の重力計により静岡と仙台以北で測定すれば、この重力計の定数を検定できる。なお、この潜航の間、重力計のドリフト等にはとくに異常は認められなかった。

重力測定を実施した海底には、将来同じ地点での再測定が可能のように、写真1に示す赤と黄色の標識を図3のような配置で設置した。

この海底の重力値を2台の重力計の平均値 980.0606 gal とし、海底地形の凹凸を無視すると、その上の海面での重力値は、

$$g_0 = g - \frac{\partial g}{\partial z} d + 4\pi G \rho_w d$$

となる。ここで $\frac{\partial g}{\partial z}$ は重力の鉛直勾配 (0.3086mgal/m)、 G は万有引力定数 ($6.673 \times 10^{-8} \text{cm}^3 \text{g}^{-1} \text{s}^{-2}$)、 ρ_w は海水の密度 (1.028g/cm^3)、 d は深さ (1929 m) である。同緯度での正規重力値は 979.7111 gal であるので、大気補正 0.9 mgal を加えてフリー・エア異常は -78.6mgal となる。一方、水路部 (1986) のフリー・エア異常図から読み取ったこの地点のフリー・エア異常値は約 -20mgal である。この両者は大きく異なっており、海底地形の影響が無視できないことを

示している。

重力を測定した北緯 $34^\circ 44.0'$ の海底地形の東西断面を図4に示す。この地域のトラフ軸はほぼ南北に走っているので、図4に示すような海底地形がそのまま南北に長く続いていると考え、岩石の密度を重力の補正に通常用いられる 2.67g/cm^3 として、岩石と海水の密度差による引力を計算した。その結果は、

海底にかかる上向きの引力が 29.6mgal 、

海面にかかる下向きの引力が 44.2mgal

となり、これらの値を補正したフリー・エア異常値は -4.8mgal となる。この値は水路部の海上におけるフリー・エア異常値よりもかなり大きいので、海上でのフリー・エア異常値が一致するような岩石の密度を求めると、 2.33g/cm^3 となった。

4. トラフ底での観察結果

「しんかい2000」は、最初静岡側トラフ斜面に到着し、その後重力測定のためトラフ中軸部へ海底に沿って移動した。斜面到着から中軸部に着底するまでの STD による1分毎の水深の記録を図5に示す。また、重力測定後、トラフ底および静岡側トラフ斜面を海底に沿って移動したときの同様の記録を図6に示す。これらは海底地形断面そのものではないが、ほぼそれに近いものと考えられる。これらの記録、「しんかい2000」の窓から

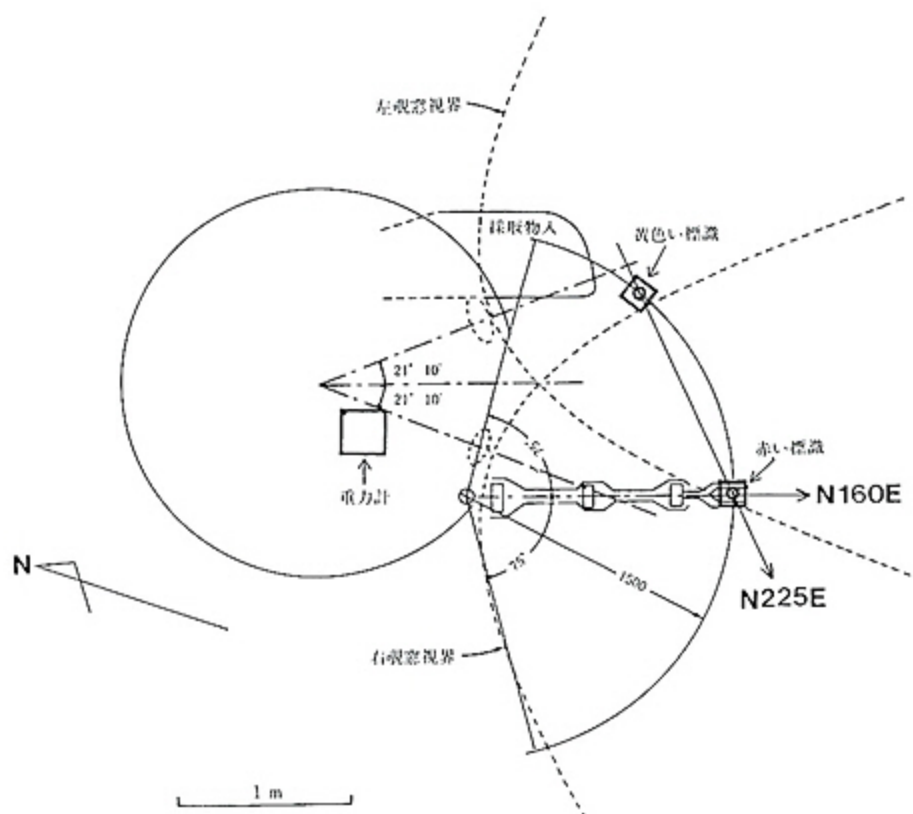


図3 重力計と標識の位置関係。
Positions of the gravimeter and
submarine marks.

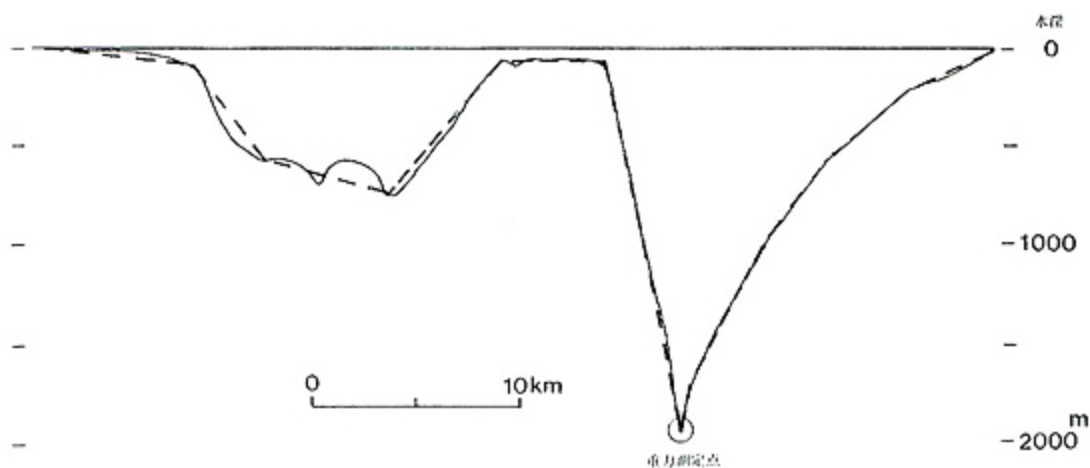


図4 北緯 34° 44.0' の海底地形断面。引力の計算の際は、破線のように近似した。
Bathymetric cross-section along 34° 44.0' N. Dashed lines show the approxi-
mate bathymetry used in the estimation of attraction.

の肉眼での観察およびビデオテープの解析から得られた結果は以下の通りである。

トラフ底は、全般にかなりトラフ軸方向（南）に向かって傾斜している。静岡側トラフ斜面基部に沿って、谷ないし溝状の地形が見られ、その深さは5～6 m程度である。トラフ底中央部はこの溝状地形より盛り上がり、トラフ軸方向（南方）へ伸長する舌状地形をしているものと考えられる。この盛り上がった部分にはトラフ軸方向へ伸びる畝状の微地形が認められ、その表面は最大10～20 cm 大の礫を含む砂礫で覆われている。この礫の長軸はトラフ軸と直交する方向を向く傾向が認められる。

静岡側トラフ斜面基部の溝状地形の部分には、底層流の方向と直交する、写真2に示すようなリップルマークが観察された。このリップルマークは、白色の泥質層上に薄く分布している黒色の粗粒砂に見られる。この地点でコアによる堆積物の採取を試みたが、コアの貫入が悪く不成功に終わったため、これらの砂泥の詳細は不明である。

以上のことから、潜航地点付近は、粗粒な粒子を含む高密度の堆積物重力流が高速でトラフ軸方

向へ流下し、トラフ中央部の砂礫よりなる盛り上がった舌状の堆積体を形成したものと考えられる。静岡側トラフ斜面基部の溝状地形は、そのときの周縁相であった部分が堆積物重力流により侵食され生じたものであろう。その溝状地形の部分に堆積物重力流でもたらされた黒色粗粒砂が、現在の底層流のためにリップルマークを作って分布しているものと考えられる。

トラフ底中央やや西側の砂礫の分布域には、赤く変色した礫や、赤い付着物のある礫が観察され、写真3に示すように、その周囲の砂質部にも赤く変色した所が見られた。この変色域は、静岡側トラフ斜面基部の溝状地形に沿ってトラフ軸方向に伸びているようである。また、この変色域の中には触手を持った動物も見られた。この変色域は、南海トラフ、相模湾等で見出されているシロウリ貝が生息する湧水域（例えば Hotta *et al.*, 1986）と異なるタイプの湧水域である可能性も考えられ、今後の調査が必要である。

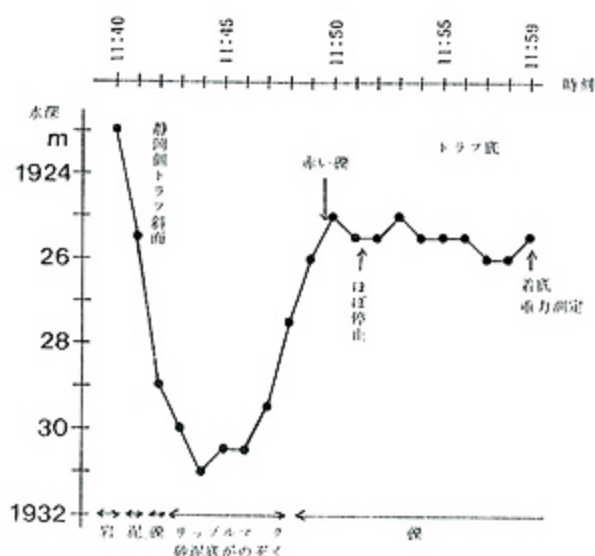


図5 トラフ斜面到着から中軸部に着底するまでの「しんかい2000」の水深。

Depth change of the submersible SHINKAI 2000 with time from the basal part of the trough slope to the trough axis.

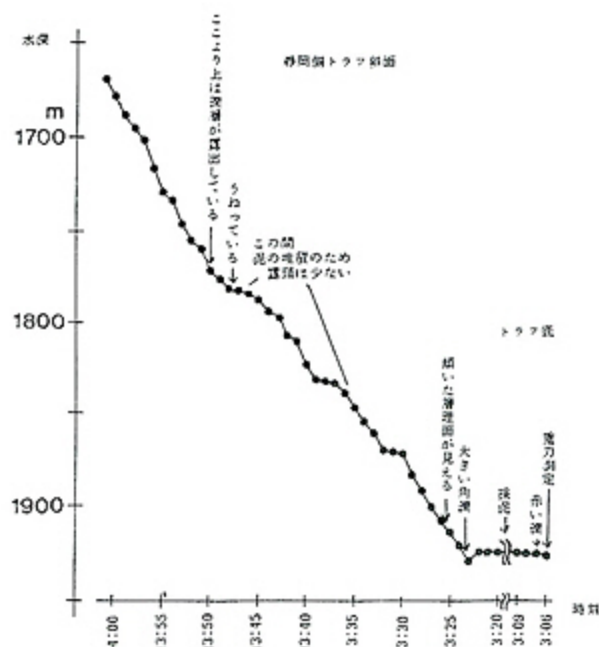


図6 トラフ底から静岡側トラフ斜面に沿って移動したときの「しんかい2000」の水深。

Depth change of the submersible SHINKAI 2000 with time from the trough axis to the trough slope on the Shizuoka side.

5. 静岡側トラフ斜面の観察結果

潜航地点の静岡側トラフ斜面基部は、写真4に示すように、この斜面を構成する泥質堆積岩が破碎された角礫により覆われている。静岡側トラフ斜面はステップ状の地形をしている。とくにその下部は露出がよく、泥質の固結した堆積岩よりなる。この泥質の堆積岩は、凝灰質あるいは砂質の層を挟在しているため、層理がよく発達し、構造的な擾乱を受けている様子がよく観察された（写真5）。これらは沈み込みを受けている側の斜面の特徴と考えられ、KAIKO計画で報告されている相模トラフ、房総海底谷（Takeuchi, 1986）および日本海溝（Fujioka, 1986）の例とよく似ている。また、静岡側トラフ斜面の水深1750～1670mでは、写真6に示すようにかなり大きい粒径の礫岩層が観察されているが、その詳細については不明である。

6. まとめ

プレート運動に伴う地殻変動を実測するため、駿河トラフ底において2台のラコスト重力計による精密重力測定を実施した。その精度についての検討には、今回使用した重力計の定数検定が必要である。また、今回の測定結果からトラフ軸周辺の岩石密度を見積ると 2.33 g/cm^3 となった。

重力測定の後、トラフ底と静岡側トラフ斜面の地形・地質の観察を行なった。

トラフ底には堆積物重力流により堆積した粗粒の砂礫が堆積しており、その中には赤く変色したり赤い付着物が付いた礫が見られた。この変色は湧水による可能性も考えられ、今後の調査が期待される。

静岡側トラフ斜面は、構造的な擾乱を受けた堆積岩でできており、その基部は、それらが破碎された角礫により覆われている。これらは、プレートの沈み込みを受けている側の斜面の特徴と考えられる。

謝 辞

潜航、測定、解析にあたって教示、助力をいただいた海洋科学技術センターの堀田宏・井田正比古・桜井利明、静岡大学教育学部の狩野謙一、静岡大学理学部の岩橋悟・長谷川靖、東京大学地震

研究所の中村一明、フランス Ecole Normale Supérieure の X. LePichon の皆様にお礼を申し上げます。

（追 記）

1987年3月に、静岡・仙台・水沢間で、今回使用した2台の重力計の定数検定を実施した。その結果、G-719の補正定数は1.00067、G-822の補正定数は1.00062となった。この定数を用いると、トラフ底での重力値はG-719で 980.06076_4 gal 、G-822で 980.06089_2 gal となり、両者の差は $128 \mu\text{gal}$ となった。

文 献

- Fujioka, K., 1986, Submersible transects of the Japan Trench—from Kashima No.1 seamount to the Japan Trench forearc—, Abstracts, International Kaiko Conference on Subduction Zones, Tokyo and Shimizu, 66.
- Hotta, H., J. Hashimoto, T. Tanaka, S. Matsuzawa and S. Ohta, 1986, Precise investigations of the colonies of the giant clam, *Calyptogena soyoe* by means of 'JAMSTEC Deep Tow Systems' and 'SHINKAI 2000' along the slope of Hatsushima Island, Sagami Bay, Japan. Abstracts, International Kaiko Conference on Subduction Zones, Tokyo and Shimizu, 58–59.
- 海上保安庁水路部, 1985, 20万分の1重力異常図 駿河湾。大陸棚の海の基本図, 6362 G.
- 大塚謙一・新妻信明, 1985, 駿河トラフの構造運動と堆積地質—松崎沖の駿河トラフ底および伊豆側斜面の潜航調査—。海洋科学技術センター試験研究報告, 特別号, 44–55。
- Takeuchi, A., 1986, Subduction breccias in the Sagami Trough, off central Japan. Abstracts, International Kaiko Conference on Subduction Zones, Tokyo and Shimizu, 116–117.
- 柳 武・平岩恒広, 1985, 海底重力測定。海洋科学技術センター試験研究報告, 特別号,

(原稿受理 1987 年 3 月 10 日)

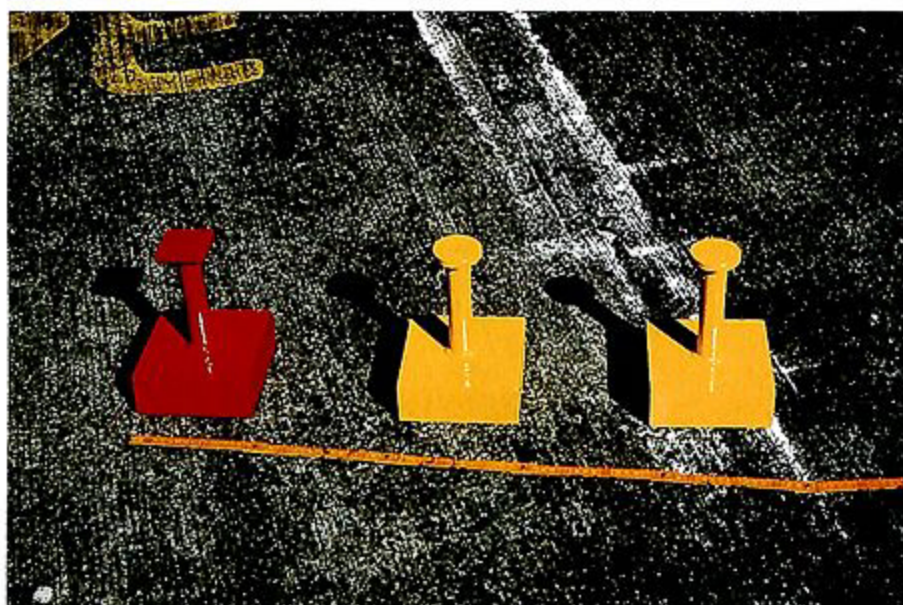


写真1 重力測定点に設置する標識。
Submarine marks of the gravity point.

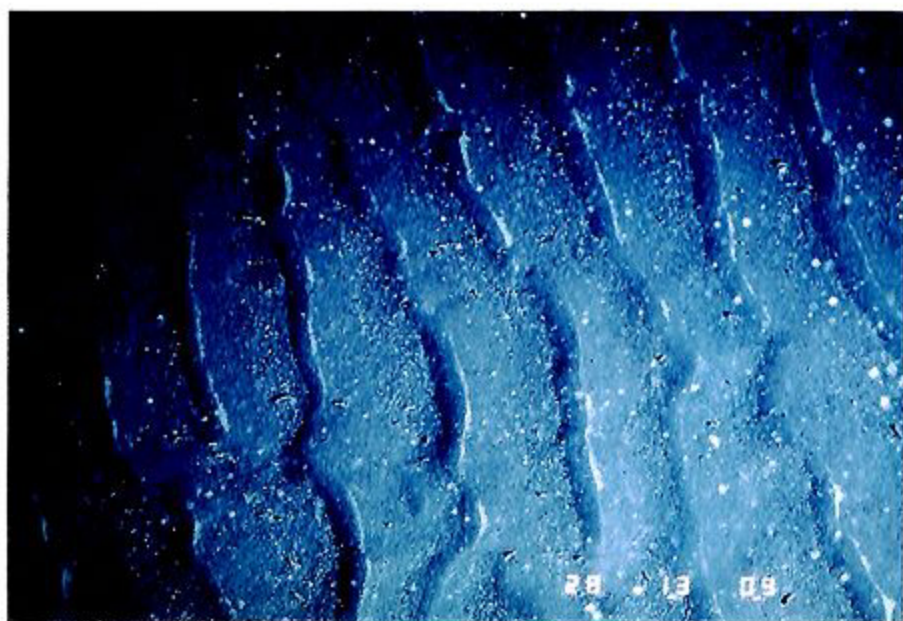


写真2 トラフ斜面基部の溝状地形の部分に見られるリップルマーク。
Coarse sand ripples distributing in the channel between
the trough slope and the trough floor.



写真3 トラフ底部の赤く変色した海底。
Red colored sediments covering the bottom of the trough floor.



写真4 静岡側トラフ斜面基部を覆う角礫泥岩。
Brecciated mudstones covering the basal part of the trough slope on the Shizuoka side.

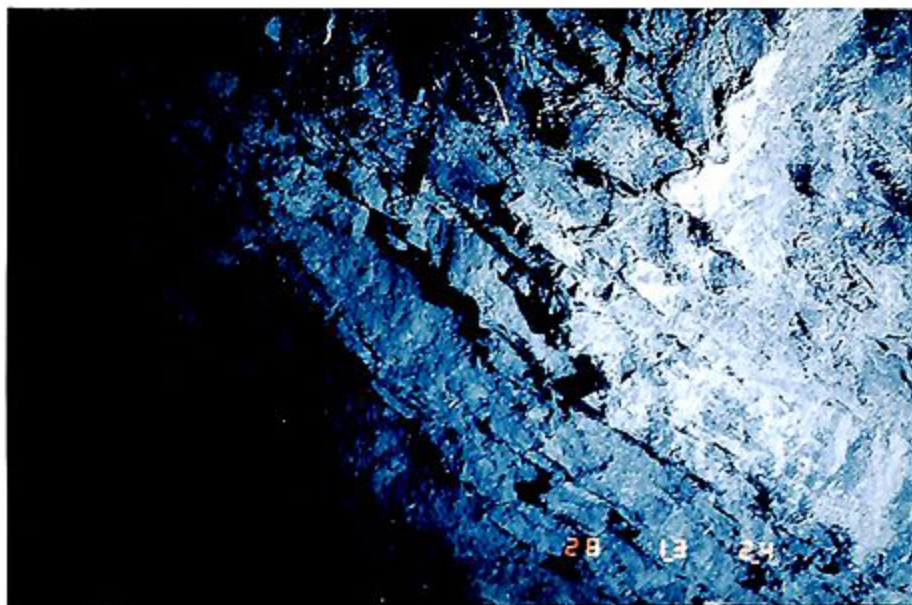


写真5 静岡側トラフ斜面下部の堆積岩。層理が傾いている。
Sedimentary rocks at the lower part of the trough slope on
the Shizuoka side. Note the remarkably tilted beds.

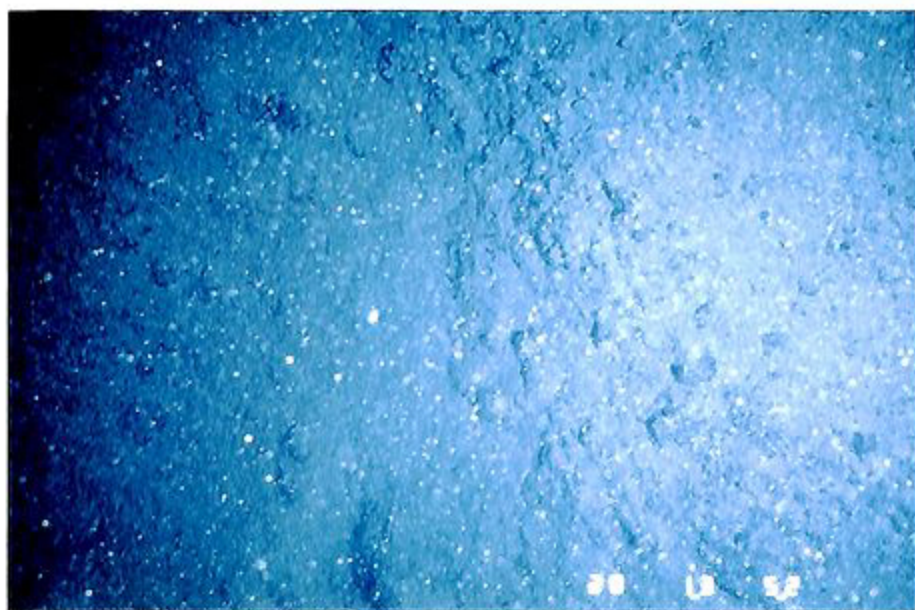


写真6 静岡側トラフ斜面（水深1750～1670 m）の礫岩層。
Conglomerate bed observed at the trough slope on the
Shizuoka side (depth : 1750～1670 m).