

深海底層流と底質の調査について

— 底層流測定を試み —

緑川 弘毅*¹ 松本 剛*¹

駿河湾の湾口部付近松崎沖の水深約2000 mのトラフ底に潜航し、マリンスノーを目視により底層流の観測を行った。始めの着底点で2.8 cm/secの南々西向きの流れが認められたが、約600 m北上した尾根の付近では反対向の1.7 cm/secの流れが得られた。また、そこでは砂紋の峰幅の短い、そして処々に菱形あるいは蜂の巣状のものが観察された。

この現象は砂紋を作った流れが尾根の背後で複雑に地形の影響を受けたためと推定される。潜航調査の記録から同湾における湾口から湾中央部にかけての底層流と潮時との関係を調べてみた。湾口部付近では下げ潮時に湾口に向う流れ（南下流）が多かった。

これらの観測に併せて、底質の採取やそれらの鉱物分析、化学分析を行った。

On the Relation Between Deep Sea Currents and Bottom Sediments — Observation of Bottom Currents —

Koki Midorikawa*² and Takeshi Matsumoto*²

Measurements of deep sea current at the bottom of the Suruga Trough off Matsuzaki were conducted from the submersible "SHINKAI 2000" by measuring the speed of the motion of marine snow particles.

A southwestward current of 2.8 cm/sec was observed at Point A (34°42.5'N, 138°36.0'E), and at Point B (about 600 meters away to the north of Point A) near a small topographic high, north-northeastward current of 1.7 cm/sec was observed.

At Point B, honey-comb-like short-wavelength ripple marks were seen. It is suspected that these were formed by water flow disturbances generated by topographic effects. The consistency of the direction of the deep sea current with that of the tidal current was also recognized. The result of the analysis of the sediment sampled at both of these points shows that the content of basic minerals was higher in the sediment of Point B than that of Point A.

*¹ 海洋科学技術センター深海研究部

*² Japan Marine Science and Technology Center

はじめに

海岸の現象で良く知られている水の運動と漂砂の移動の関係には密接、かつ整然としたものがあり、水の運動による砂粒子の淘汰作用はその神秘的な技に驚きの目を見張らせると同時に自然に対して畏敬の気持を起させるものである。

深海における底質についての文献では、砂紋の種々の形の紹介や流れとの定性的な関連についてのみ述べられている。上記の沿岸現象のような深海における流れや内部波との綿密な関係を記した文献は見あたらない。そこで、深海の底層流がどの程度のものであるかを測ったり、底質についてもその化学的性質が沿岸の浅海におけるものと比べて、どのように異なるものであるかを調べることにした。

先づ、深い海で、かつ強い流れの生じ易い条件を備えた駿河湾口付近のトラフ底を観測点として選んだ。潜水船による潜航で海底付近のマリンス

ノーの移動を観測したり、超音波流速計による底層流を計測した。また砂紋の大きさや形状を観察し、採泥を行い、底質の性状を調べた。

1. 観測について

しんかい 2000 による第 1 回目の潜航調査は 1985 年 4 月に駿河湾の松崎沖海底谷、水深 1980~1960 m の海域で行った。最初の着底点は図 1 に示された A 点であるが、これはトランスポンダの設置された点（北緯 34° 43.0'、東経 138° 35.2'）より、ほぼ真南に 600 m の処であった。

潜水船の着底後、マニピュレーターに取付けたメジャーを流れに平行に向け、マリンスノーが 10 cm 移動する時間をストップ・ウォッチで繰返し計った。平均流速は 2.8 cm/sec で、230° を向いていた。この流速値は細砂の移動限界を少し下回る値である。

海底面は細砂の上に浮泥がおおっている様子で

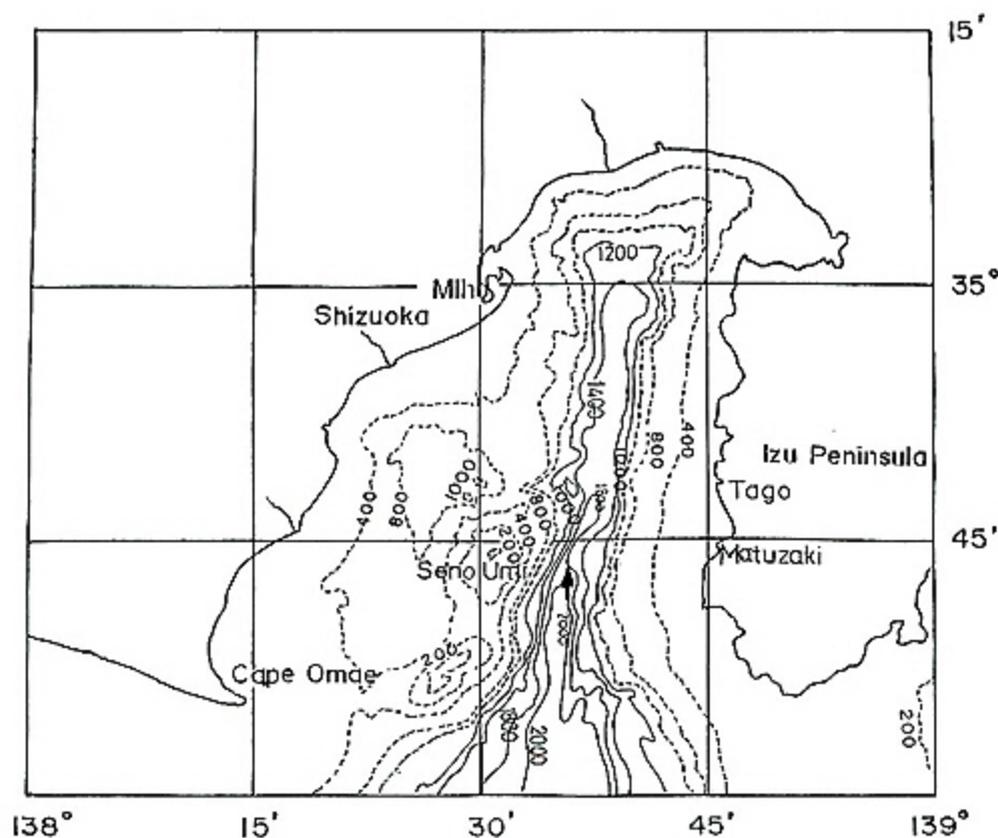


図 1. 潜航調査の海域、中央付近の矢印が航跡を示す。

Survey area in this work. The arrow shows the track of the submersible.

あり、砂紋は形成されていなかった。採泥を2本行って、トランスポンダに向って北上を始めた。周囲に岩や礫は見あらず、ほぼ平坦であった。

約600m北上し、B点にトランスポンダを見つけて着底し、測流や採泥を行った。流れはなく憩流状態の様に思われたが、マリンスノーを良く見ると流れていることが分った。速さは1.7cm/sで30°、すなわち尾根の方に、向っていた。A点の流速値に比べて小さく、向きはほぼ逆である。

底質はA点と同様に細砂で、以前に形成されたと思われる砂紋がその表面に刻まれてあった。砂紋の形は良く見かける峰幅のどちらかの方向に長く続いたものとは少し異り、短く途ぎれたものが多かった(写真1)。そして、ところどころに多角形、あるいは楕円のように閉じた形の砂紋もあった。マニピュレーターでメジャーを持ち、砂紋のスケールを測った。砂紋の波長は20cmで高さは5cm程の小さなものであった。

第2回の潜航調査は、第1回目海域よりも数百メートル北を目指し潜航中、水深1400m付近で

船水船に不具合が生じたことが判明し、調査を中断して浮上した。この潜航調査は、深海における底層流の測定のために作られた超音波流速計を搭載しており、これをマニピュレーターにより海底に設置して計測を行う予定であった。このため潜水船の沈降及び浮上中の対水速度が記録されていた。この流速計は他日、同様の方法で当海底域付近に短時間ではあるが設置試験が行われた。それらについては後節で検討したい。

当海域付近は2回の潜航において強い流れは認められなかった。しかし当海域の北々東約5km付近の潜航記録(1984, 2, 静岡大)には、砂紋や溪流に見られる様な洗掘の様子が示されている(写真2)。当海域は海底谷のかなり狭くなった処であり、潜水船の流速計は0.6kt(30cm/s)を記録していた。

2. 流れ、砂れんの計測結果

図2は第2回目の潜航調査で、超音波流速計を潜水船に搭載して沈降及び浮上の途中において記

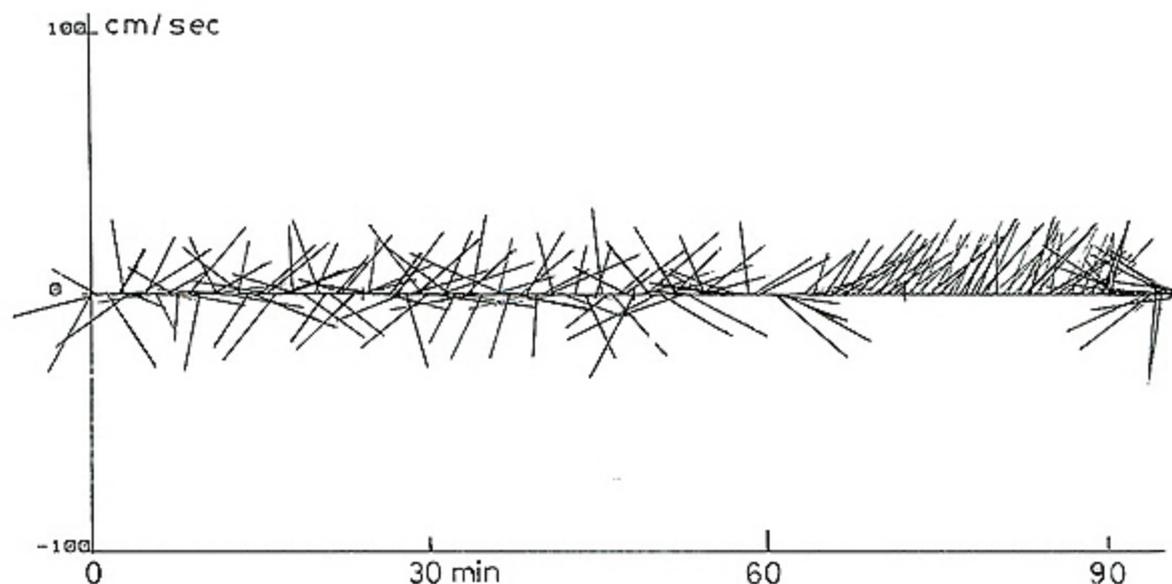


図2. 潜水船の沈降並びに浮上時に搭載された流速計によって記録された流れのベクトル図。始めの60分間が沈降時で、後の30分間が浮上時の記録。沈降時の見かけ上の流向の変化は、潜水船の旋回によるものである。

Vector diagram of the flow recorded when the vessel is sinking (from the beginning to about 60 minutes) and is rising (after 60 minutes to the end) measured on September 30, 1985. Each stick shows the speed and the direction of the current around the submersible. The arbitrary variation of the flow direction at the time of sinking of the submersible is due to its rotation.

録された流れのベクトルを示すものである。まず始めの方の約1時間に沈降中に生じた流れで、その向きが不規則にばらついているように見える。しかし、これを順を追って良くみると東から北へ、そして西から南へと旋回していることが分る。次に示される時系列図ではその周期性が分り、さらに進行ベクトル図では旋回の様子が理解できる。ベクトル図で、約65分から後では向きが比較的揃っているが、これは浮上時の記録であり、潜水船は旋回していないことを示している。

図3は流れの各成分毎の時系列を示したもので、水平成分にはその規則性が良く現れており、その周期は約150secである。

図4は進行ベクトル図で、ここにも沈降開始から約1時間は左回りの見かけ上の流れが示されている。ここで潜水船の旋回の向きであるが、これも流れの向きの変化と同じく左回りということになる。

同曲線で、開始後60分ごろからU字形に廻っているが、これは浮上開始前にサイドスラスタを左舷側及び右舷側を交互に数分間作動させてきた航跡である。その後120分（潜航開始後2時間）に至るまでの浮上中には潜水船の旋回はなく、北東に移動しているだけである。これは沈降時においても同様であり、このことは当海域の表層か

ら水深1400mに至る一般流がその方向を向いていることを示している。

図5は同流速計を当トラフ底に設置試験を行うため潜水船に搭載して潜航を行ったときのベクト

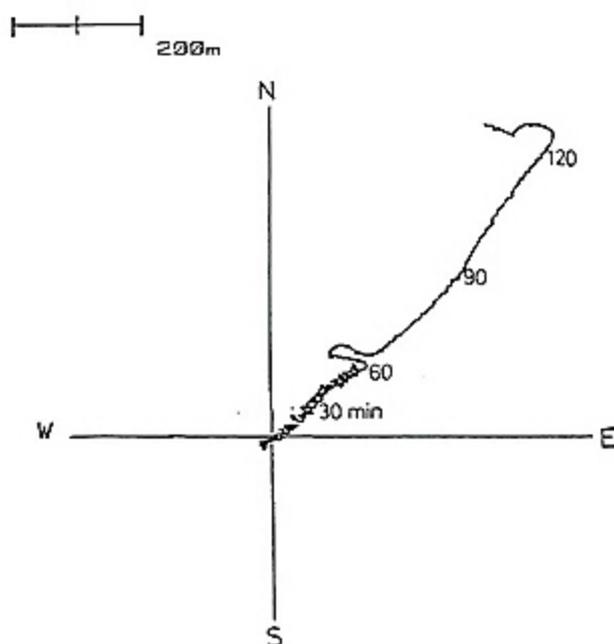


図4. 図2に示したベクトルをつなぎ合せた進行ベクトル図

The progressive vector diagram recorded on September 30, 1985 based on the vector shown in Fig. 2.

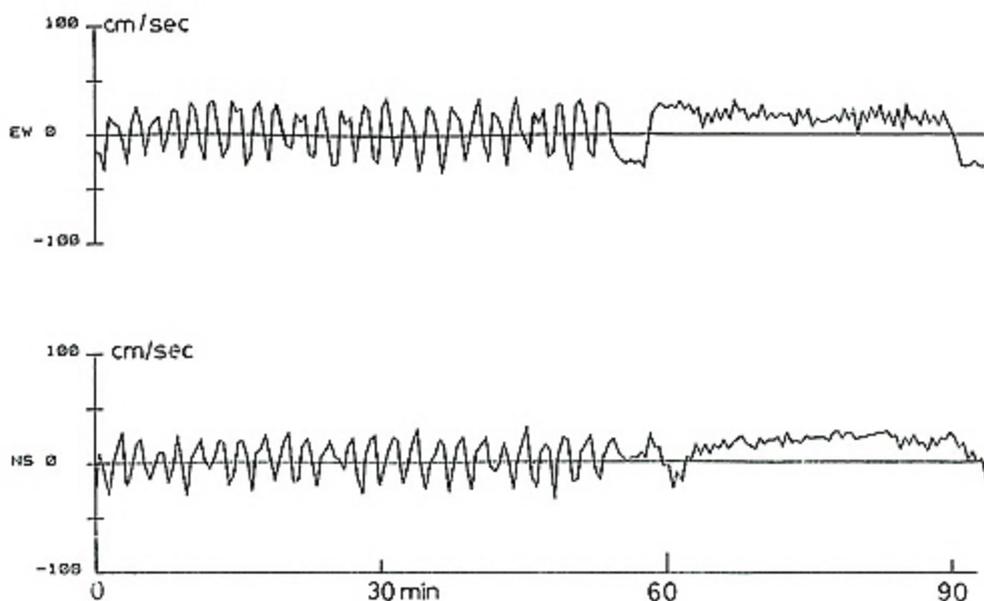


図3. 前図に示した流れの成分

EW-component and NS-component of the current mentioned in Fig. 2.

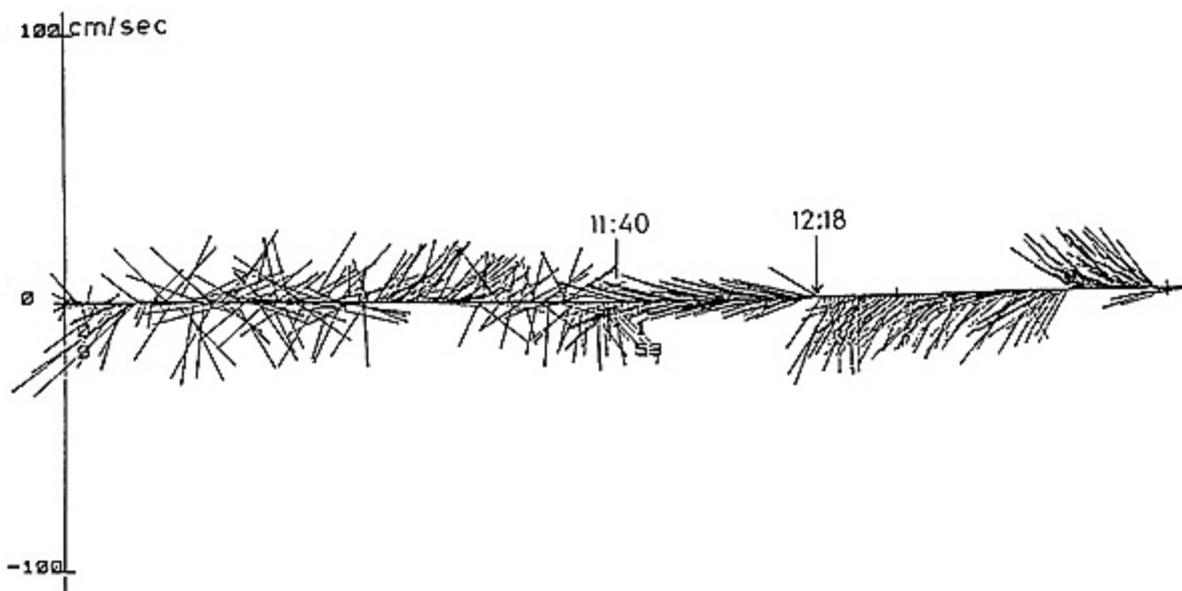


図5. 超音波流速計で得た低層流のベクトル図
Stick diagrams of the current by an ultrasonic current meter measured at the bottom of Suruga Bay on September 25, 1985.

ル図である。時刻11:40~12:18の間の記録は流速計を海底に設置して得られたものである。ベクトルの向きは、ほぼ真西を中心に南北側に15度ぐらいの変動がある。この変動は海底地形の影響に起因するものだろうか。流速計のセンサーの位置は、海底上20cm程のところである。進行ベクトル図は約500m/36minであるから平均の速さは0.23m/secであり、これはほとんど真西に向けて進行している。

底質は細砂でリップルマークが形成されていた。マリンスノーが多かったが、海底面を覆っている様子でもない。

3. 鉍物分析

各点で行った採泥資料の鉍物分析結果を表に示す。

径74 μ m以上の粒についての重鉍物(比重2.9以上)の軽鉍物に対する比は、A点の資料では93%、B点では95%であった。径74 μ m以下の粒子についてはX線分析を行い、径74 μ m以上の粒子については実体顕微鏡及び偏光顕微鏡による観察及び鉍物分析を行った。

細粒成分及び粗粒分のうちの軽鉍物成分については、双方共殆んど違いは認められなかった。重

鉍物については、A点の方が角閃石・黒雲母の成分が多く、またB点の方が斜方輝石の成分が多いことから、B点の方により多くの塩基性岩起源の鉍物が含まれることがわかる。

考察

潜航は図1の矢印に示した様に、トラフ底の水深2000m弱をほぼ南から北へ向って進んでいる。この辺の海底域は、トラフ軸に当り東西に迫る斜面に挟まれ狭くなっている。北の方には東側から屋根状の盛り地形が突出して、この谷底を一段と狭くしている。

最初の着底点(A点)では流速は2.8cm/secで230°の向きであったが、約600m北上してB点に着くと流速は1.7cm/secと弱く、流向は20°と反対になっていた。当点では砂紋が在ったが、それらの幅は短く処々に多角形の干渉文様がみられた。

はじめに、この砂紋について考察を行う。干渉模様様の砂紋は沿岸の浅海域ではよく見かける。沿岸では海面の波の運動が砂紋を形成する機会が多いが、この様な模様様の砂紋が出来る海岸地形は近くに崎のように突出した形があったり、或いは小さな入江になっているなど、波のエネルギーが発散

するような処に限定されているようである¹⁾。

これは突出した尾根に回折し収束した波が反射したものと、後から入射した波が交差し重ね合さって干渉を生じたものと考えられる。すなわち二つの波源から発生した波同志の干渉と同じ原理である。

当観測海域，“B点付近”，は東側から突出した尾根状の海底地形により東内至北側は遮られている。

もし当海底域に前方からの流れ、すなわち北に向う流れがあれば流れは北東部の斜面にぶつかり、回折し、あるいは急に狭くなるトラフ底において流れは複雑にその向きを変えて相至に干渉を生起させることが考えられる。したがって、当海底域に認められた多角形の干渉模様は少し前に北向（逆向の）流れが在って、それによって形成されたものと考えられる。

その転流についての議論を行う前に、A、B两点で観測された流況について考察を行う。尾根状地形から離れたA点では南向きの、尾根に近づいたB点では尾根に向っているこの尾根逆向の二つの流れが同時に存在していたとの仮定に基づいて考えてみる。尾根から離れたA点で、尾根に近づいたB点におけるよりも強い流れであったのであるから、A点における流れの向きがほぼこの付近の全体的な流れの向きであると考えて良い。そうすると、この付近における底層の流れは尾根を越えてすぐ背後になっているB点に達し、尾根の遮蔽効果により反対向の流れを生起したものと解釈される（図6）。

この様な現象は、流動水槽の実験でもみられるが、空気中でも同じく、尾根の背後に風による渦

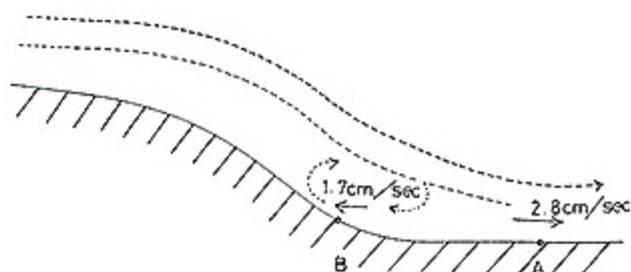


図6 潜航点付近の流れの推定図

Presumptive current near the observation points.

が木の葉や粉雪を巻いているのを見かけることがある。

次に底層流の転流については、相模湾中央部において、潮汐に対応して向きを変えていることが認められている²⁾。また6,000 mを越える海域において潮汐の1日周期の変動が、平均流に比べて顕著である³⁾ことが知られている。したがって、駿河湾の湾口の海底付近では干満潮の間に転流が在るものと考えられる。

駿河湾の海底付近の流れと潮汐との関係を知るために、1,400 m以深の潜航調査で着底時における流向、流速の記録と潮時について調べた。

今回の潜航も含めて昭和60年10月までの25回の潜航で、6回の憩流に近い状態を除いて湾口に向う流れが多く8回あり、次いで西側方面の5回であった。潮時との関係は、湾口に向う流れ（ほぼ南下）8回は下げ潮時で、0.5 ktを越える湾奥に向う流れ（北流）の3回は上げ潮時であった。また西側方面に向う流れは下げ潮時が多かった。

今回の潜航調査に関しては、A点到着時は低潮時に相当し、A点に達した時には上げ潮に入って1時間半を経過していた。A点においては流れの慣性から、表層、中層共に潮流は湾外への流出であったものと考えられるが、底層においても事実南下流であった。

B点における流れは既に潮時は上げ潮であったが、潮時と海底付近での潮流との時間の位相差が未定数である。したがって6回に示したA点とB点における互に反対向の流れが、同時に存在したものなのか、あるいはB点に到着した時には既に転流の後であったのかが断定し得ない。

参考文献

- 1) 緑川弘毅，“三保半島付近の並岸流と底質の移動について”，日本海洋学会，沿岸研究ノート，13-1，1976
- 2) 岡崎守良，“深海底層流の観測”，ラ・メール，NOV. 1984
- 3) 飯田隼人他，“B点における測流について”，日本海洋学会要旨集，1981（春）

（原稿受理：1986年4月8日）

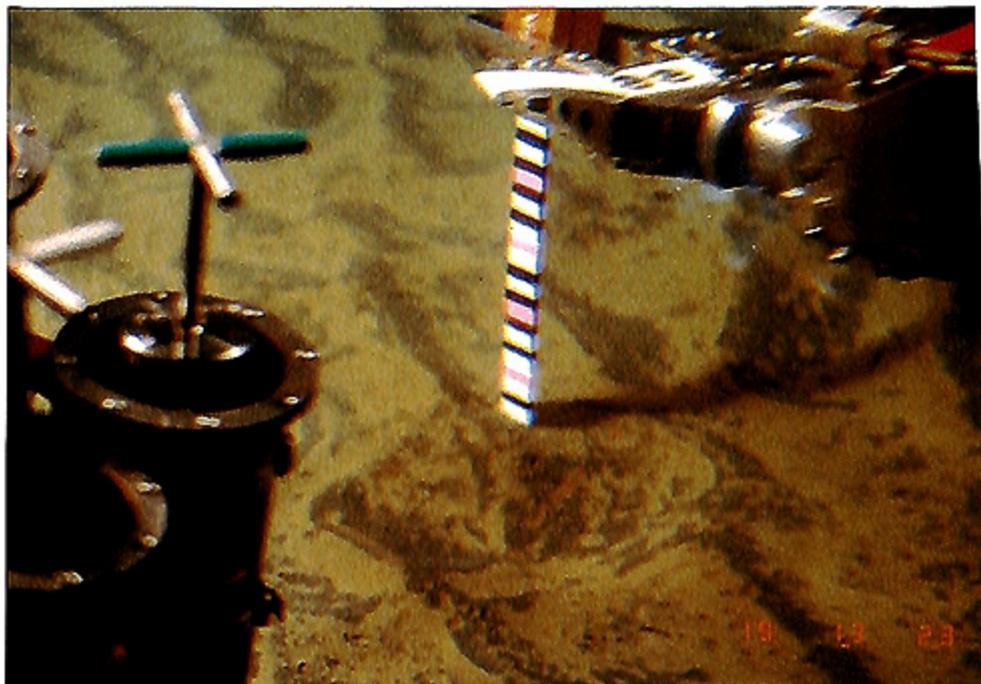


写真1. B点において砂紋のスケールを測っているところ
measuring of a ripple mark at point B on April 19, 1985.



写真2. 強い流れによって形成された砂れんと洗堀の様子
Ripple marks and erosion occurred by the strong current in
Suruga Trough on February 14, 1984.