

## 「しんかい2000」による深海底直上での プランクトン採集の試み

菊地知彦\*<sup>1</sup> 戸田龍樹\*<sup>2</sup>  
根本敬久\*<sup>2</sup> 太田 秀\*<sup>2</sup>

1989年6月と10月、沖縄伊平屋海嶺の熱水噴出域と相模湾初島沖の冷水湧出域において、これらの水域に特異的に見られる底生生物群集の直上に分布していると考えられる、深海近底層性プランクトン群集の採集を目的に、新たに考案した開閉装置を持つ二種類のプランクトンネットを、「しんかい2000」に付置し曳網を試みた。また相模湾初島沖においては、極近底層性プランクトンの採集を目的に、餌トラップによる調査も試みた。2種類のネットは潜水船の底部と採集籠の外側にそれぞれ付置され、開閉は海底の状況、海底からの距離を目視しつつ潜水船のマニピュレーターにより行われた。餌トラップはネット作業に先だって底生生物群集内に設置され、浮上開始直前に回収された。

### Preliminary survey on the deep-sea near bottom zooplankton by means of deep-sea submersible "SHINKAI 2000".

Tomohiko KIKUCHI\*<sup>3</sup> Tatsuki TODA\*<sup>4</sup>  
Takahisa NEMOTO\*<sup>4</sup> and Suguru OHTA\*<sup>4</sup>

During the course of ecological studies on deep-sea benthic organisms of the hydrothermal vent and cold seep communities in the western North Pacific, we had the opportunity to collect near bottom organisms, using two types of newly-designed plankton nets and baited trap. Plankton nets attached to the submersible "SHINKAI 2000" of the Japan Marine Science and Technology Center (JAMSTEC). At the cold seep area of the Sagami Bay, baited trap sampling was also carried out in the area of *Calyptogena* colony.

The structures and sampling procedure of these nets and baited trap are briefly described.

\* 1 横浜国立大学 教育学部生物学教室

\* 2 東京大学海洋研究所

\* 3 Department of Biology, Faculty of Education, Yokohama National University

\* 4 Ocean Research Institute, University of Tokyo

## 1. はじめに

海底直上の領域には、沿岸の浅海帯から深海帯に至る全ての深度範囲において、その全生活史を浮遊して過ごすもの、幼生の一時期を浮遊して経過するもの、さらには、成体が摂餌や移動・逃避などのために底質中から一時的に水中に出現するものなど、浮遊時間に長短はあるものの、浮遊期間をそれぞれの生活史の中に持つグループが、大きな生物量を持って分布していることが知られている (Grassle, 1983, 1985, 1986)。深海底でも特に、熱水噴出域や冷水湧出域に高密度で分布する底生生物群集の直上に、その特殊な環境に適応した近底層浮遊性の動物群が次々に報告されている。

熱水・冷水の吹き出す特異な環境のみならず、海底全般にわたり、これらプランクトンとベントスをつなぐ動物群の研究は、未知の種が発見されるとともに、海底付近での物質の流れを探る上からも、詳細な研究が求められている。

しかし、これら動物群の研究は、分類の難しさも手伝って他の底生生物に比べ大きく立ち遅れているのが現状であり、特に深海域においてはその調査の技術的問題から、なおさら研究が遅れている。そこで、深海底での熱水噴出域と冷水湧出域に特異的に高密度で分布する底生生物群集の直上に分布していると考えられる、「深海底直上浮遊性」の動物プランクトンについて、その分類学的ならびに分布生態に関する知見、それらの食性を中心とする生態学に関する知見、また、深海域での成長過程における生物地理、分散の実態を把握する上での補助的な資料の収集を目的に、海洋科学技術センターの潜水調査船「しんかい2000」に、新たに製作した2種類のプランクトンネットを付置し、深海底直上での採集を実施した。さらに、ネットの曳網が不可能な海底上から10数cmの範囲に分布する動物群については、トラップを用いた採集も併せて実施した。

採集の成果については解析を進めており、新たに知見が得られつつある。

本報告では、深海底熱水噴出、冷水湧出域直上の浮遊性の動物群について、「しんかい2000」による調査潜航に用いた採集器具ならびに調査方法について、その概要を速報的に紹介する。

## 2. 調査日時及び海域

調査は1989年6月10日～11日、沖縄伊平屋海嶺付近の熱水噴出域 (最大水深約1400m) (27°32.5'N, 126°58.5'E) における Dive 409, 410 (潜航観察者: 太田) ならびに1989年10月23日、相模湾初島沖の冷水湧出域 (最大水深約1200m) (35°00.0'N, 139°13.5'E) における Dive 452 (潜航観察者: 菊池) における3潜航において実施された (図1)。

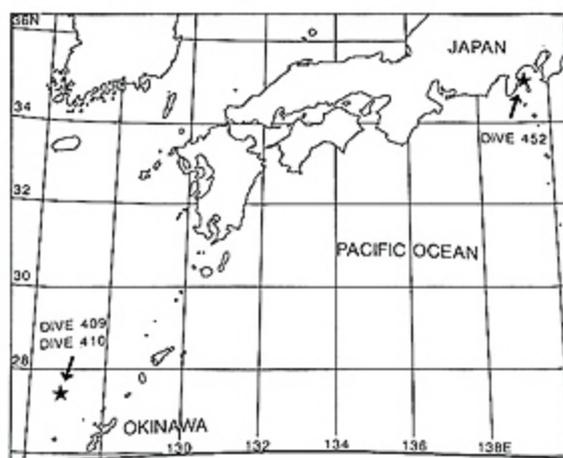


図1 潜航調査地点

Fig. 1 Location of the diving points.

## 3. 各ネットの仕様および取り付け位置

深海底直上において、動物プランクトンを効率よく採集するため、開閉装置を備えた2種類のプランクトンネット (以下ネットA、ネットB) を新たに考案し、「しんかい2000」に付置した (図2)。ネットの製作に当たっては、次の3点に注意が払われた。①海底上数10cm以内ならびに2～3m以内の層別採集が出来ること。②開閉装置を持ち、深海底直上において潜水船のマニピレーターによる操作が容易であること。③潜航および浮上時に、表層・中層性種の混入がないよう、開閉装置の作動が完全であること。④潜水船の覗き窓からの視界を遮ることなく、また潜水船の運航に支障の無い範囲で、網口面積とネットの長さを可能な限り大きく取ることが出来ること。

### 3.1 ネットA

ネットAは潜水船の庇下部に、網口が潜水船

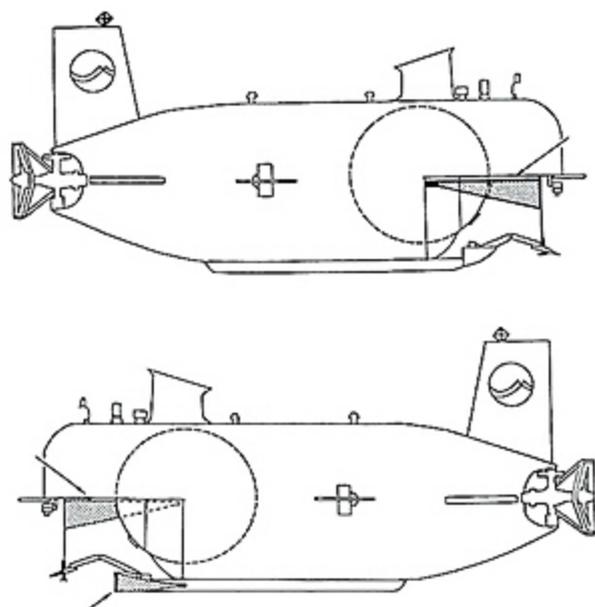


図2 2種類のパラクトンネットの取り付け位置側面

Fig. 2 Lateral view of the "SHINKAI 2000" with two types of plankton net.

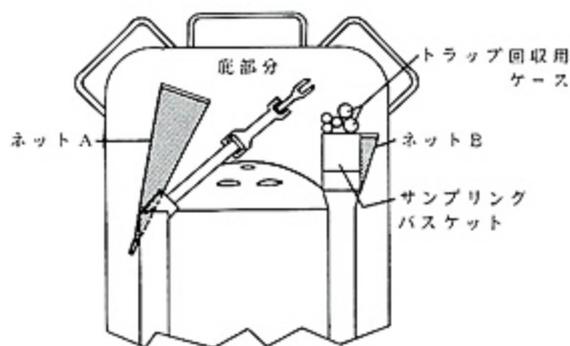


図3 2種類のパラクトンネット取り付け位置腹面  
Fig. 3 "SHINKAI 2000" with two types of net, ventral view of the anterior part of the submersible.

の進行方向に対し約20度内側に向いた状態で付置された(図3)。ネットの形状は50×30cmの長方形の枠(網口面積0.15m<sup>2</sup>)を持つ側長165cmの四角錐型であり、メッシュサイズは95 $\mu$ (NXX 13)。コッドエンドは塩化ビニール製の円筒型で、身網と同じメッシュサイズの網地で被われた

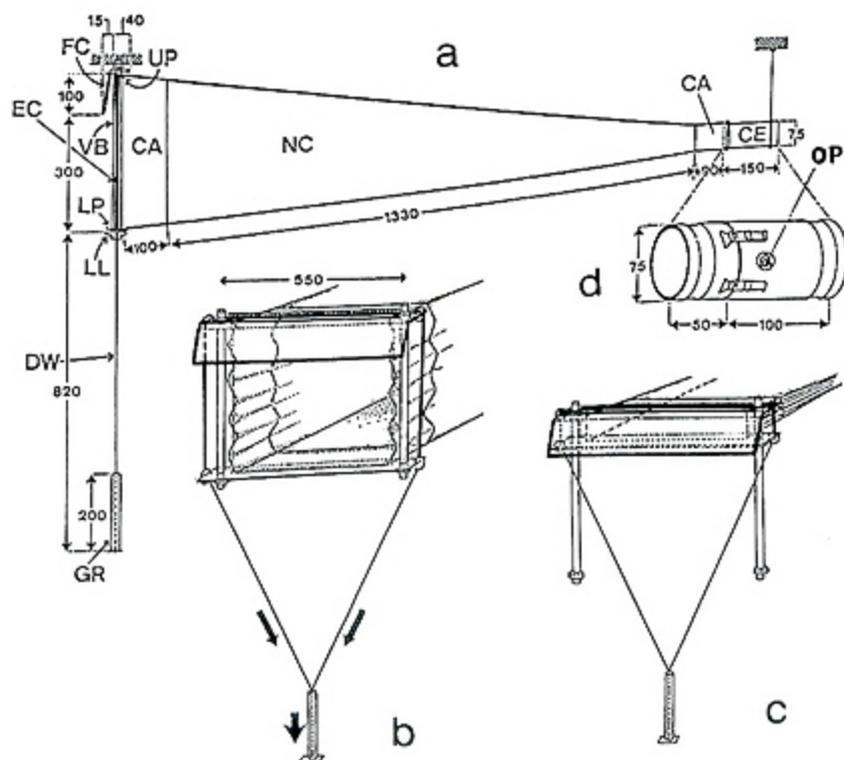


図4 ネットA。a) 側面, b) ネット開口時, c) ネット閉口時, d) コッドエンド  
Fig. 4 Net A. a) lateral view, b) net open, c) net close, d) cod-end.

空気抜きの小穴が取り付けられてあり（図4）、ネットの開口比は2.8である。

閉鎖装置はRMT-ネット（Clarke, 1969）同様、水平に取り付けられた上下2本のプレートのうち、下部のプレートがゴム製のケーブルにより引き上げられ、閉じるように設計された。

ネットの開閉はマニピュレーターにより自在に行われ、状況に応じた開閉が可能である。ネットは潜水船が着底し、近底層を移動するまで閉じられており、底生生物群集の直上を移動すると共に、マニピュレーターによりグリップを掴み、引き下げ、網口を開口し潜水船が着底時および反転時などは閉じられた（写真1）。

### 3.2 ネットB

ネットBは潜水船の採集籠の左側面に付置され、網口直径は20cm（網口面積は0.03m<sup>2</sup>）、側長は68cmの円錐型で、メッシュサイズはネットAと同じである（図5）。ネットの開口比は2.2である。

Dive 409と410でのネットの開閉は、所定の深度において、潜水船のマニピュレーターにより、ネット全面の遮蔽板を取り除くことにより開口、採集終了後、身網中央部分をゴム製のコードで絞り込むことにより閉じるよう設計された。しか

し、これでは連続した開閉が不可能であり、海底直上の希望する範囲を曳網することができないため、Dive 452においては状況に応じてネットの開閉が自在に行えるよう、ネット枠口に遮蔽板を設け、マニピュレーターにより上下に移動するように改良した。採集開始時、ネット全面の遮蔽板に取り付けたワイヤーの一方の端に取り付けられた硬質ゴム製のボールを、マニピュレーターで掴み上げることにより遮蔽板を引き上げネットを開口する。

ネットA、Bともに各々がマニピュレーターによる開閉を行うため、二つのネットの同時曳網は行えなかった。

ネットへのフローメーターの装着は、①潜水船の移動速度（対水速度）が小さいこと、②潜水船の走行が海底地形に左右され、必ずしも直線的、かつ定速で進まないことなどの理由で行わなかった。

### 4. ネットの曳網方法

ネットの曳網は、海底の状況を潜水船の覗き窓から直接目視し、海底からの距離を一定に保ちつつ、底生生物群集上およびその周辺を速度0.51～1.03m/sec. で往復して行い、底生生物群集上を通過するときのみにネットを開口し、潜水船が

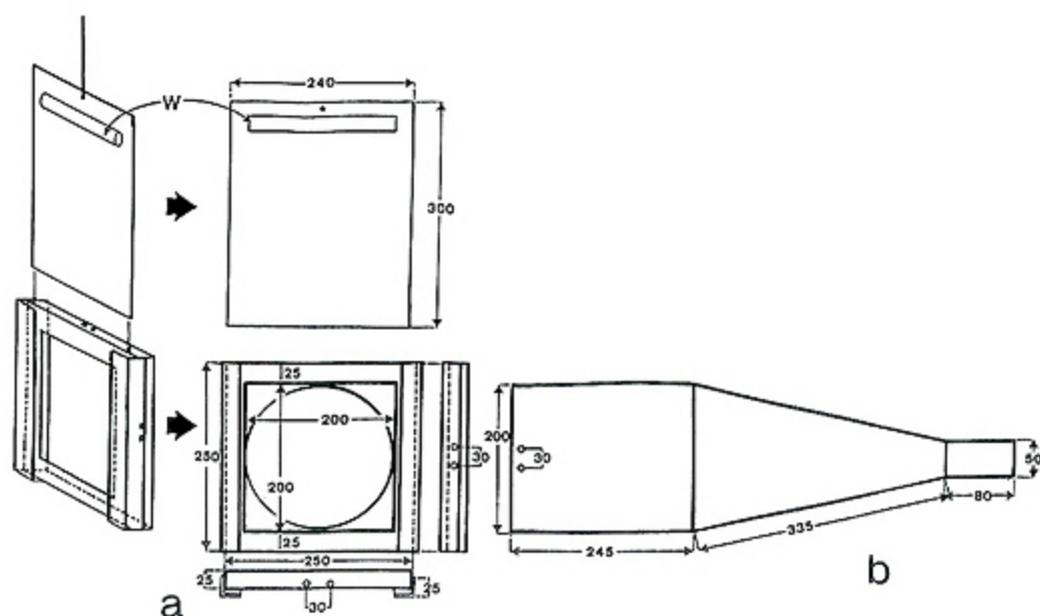


図5 ネットB。a) 正面, b) 側面

バック、反転する場合には閉じられた。曳網層は、ネット A が海底から約2.0~2.5m、ネット B は海底から30~50cm の範囲になるように設定された。

相模湾初島沖で行われた Dive 452においては、調査地が東に向かって下っている斜面上に、しかも鳥状に分布するシロウリガイ群集上であったため(図6)、曳網に際し潜水船の上昇・下降・反転が短時間の内に繰り返された。このため、特に潜水船下部の採集籠の側面に付置されたネット B では、海底の起伏の変化に合わせて開閉を頻繁に行わなければならなかった(表1)。

曳網時間は海底地形や調査の進行状況に合わせて、トータルで15分から30分の範囲になるように行われた。

### 5. 餌トラップの仕様および調査法

餌トラップによる調査は、Dive 425の潜航において行われた。トラップは2lのスティロール瓶に鉛製のオモリとイワシの切身を入れ、それに濾過海水を満たし蓋を閉めたものである。蓋にはそれぞれ直径2.0mmと5.5mmの孔がつけられた。

トラップは、潜航時に潜水船の採集籠に付置され、海底に到着次第マニピュレーターにより底生生物群集上に設置され、調査終了後浮上時に専用の筒に重ねて収納し回収した。

### 6. 調査結果および考察

曳網調査は沖縄伊平屋海嶺海域と相模湾初島沖において合計3回行われ、二つのネットは共に終始安定した状態で曳網され、曳網中の網口からの水の流入によるネットの膨張や、ネットの静止時に見られる身網のたるみは認められなかった。また、網口直前の粒子がスムーズにネット内へ流れ込んでいる様子が、潜水船の覗き窓越しに観察された。ネットの開閉は潜水船のマニピュレーターにより円滑に行われ、開閉途中での異常は全く認められなかった。

プランクトンネットの濾過効率については、ネットの開閉比を少なくとも3.0以上にする必要があるが(Tranter and Smith, 1968)、今回用いた2種類のネットはともに、ネットを付置する位置とスペースからその値を下回らざるをえなかった。しかし、今回の曳網に関する限り、曳網状態や採集物がネット内へ流れ込む状況の観察から、

表1 Dive 452におけるプランクトンネット曳網記録  
Table. 1 Tow data of plankton nets in Dive 452.

	曳網時間 (網口開口時間)	水深(m)
ネットA	11:42 - 12:06	1161 - 1183
	12:07 - 12:13	1166 - 1180
ネットB	12:17 - 12:19	1161 - 1164
	12:25 - 12:27	1160 - 1162
	12:28 - 12:30	1157 - 1160
	12:32 - 12:33	1153 - 1154
	12:36 - 12:40	1154 - 1161
	13:05 - 13:07	1160 - 1162
	13:08 - 13:12	1153 - 1159
	13:13 - 13:17	1155 - 1160

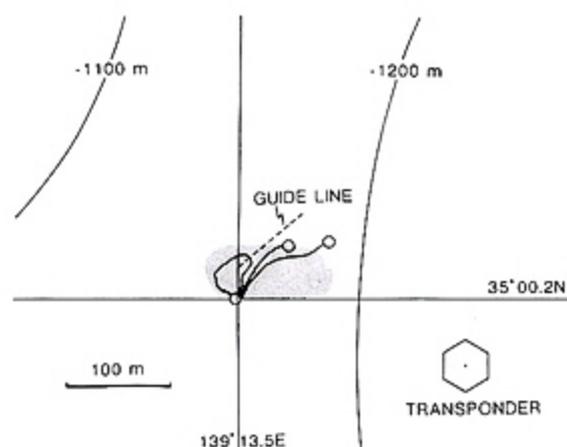


図6 Dive 452における「しんかい2000」の航跡、斜線部はシロウリガイのコロニー

Fig. 6 Dive tracks of the submersible "SHINKAI 2000" (Dive 452). Shadow indicates the area of *Calyptogenia* colony.

顕著な濾過効率の低下が二つのネットに生じてはいなかったと考えられた。一方、ネット曳網中、潜水船の覗き窓からは活発に運動する多くの粒子(その多くは“かいあし類”と思われる)が観察されたが、調査終了後二つのネット内には、それらが予想外に少ない印象を受けた。潜水船の覗き窓からの観察ではネット逃避の様子は認めることが出来なかったが、これは曳網速度が低いことに原因する生物の網口逃避、あるいは一度網に入ったものが網が再び開口した時に網口より逃げ出した可能性を示唆するものと考えられた。

近底層での、しかも狭い限られた範囲での曳網

調査において、潜水船の上昇・下降・反転には多大の時間を要し、またその時に、スクルーや、補助動力装置の作動による底質の巻き上げが起こる。Dive 452においても巻き上げが起こり、視程が数10cm以下となる状態がしばらく続き、作業が中断した。この“巻き上げ”は作業自体を遅らせるばかりでなく、ネットに“巻き上げ”を取り込ませた結果としての底生生物の混入を招く危険性ととも、多量に取り込ませた場合には、ネットの目詰まりを生じさせる恐れを伴うこととなる。動力を持つ調査機器を用いた近底層での作業において、この底質の巻き上げは、その発生を極力抑える手段を構じるとともに、“巻き上げ”の影響がおよばぬような曳網手順を考えて調査に望むことが重要であろう。

二つのネットのうち潜水船の庇下部に付置したネット A には、表層性の種が若干見いだされた。潜水船は降下時、また調査終了後の浮上時の速度は約25m/min.であり、その間二つのネットはしっかり閉じられていて、水流の影響によるたわみ・歪み・ぶれなどはほとんど認められず、ほぼ静止した状態が観察された。一方、潜航調査の前後に潜水船が海面にある時には、ネットおよびトラップは波浪の影響を大きく受け、激しく揺れ動く様子が観察された。ネット A に見いだされた表層性の種は、この時点で混入した可能性が高いものと考えられた。

調査に用いた餌トラップには開閉装置が備えられていなかったが、海底直上のみ分布するであろうと考えられる種が圧倒的に多い印象を受けた。餌トラップは、ネットの曳網出来ない深海の海底上数cm以内に分布する“極近底層性”とでも呼ぶことの出来る生物群集の定性的な調査に対しては、かなり有効な採集器具である。しかし、採集された生物の生態に関する情報を得たり、またそれらの定量的な解析を行うためにはトラップによる調査だけでは不可能である。本調査では用いなかったが、吸引ポンプによる採集 (Smith, 1973; Smith, 1982 など) はこれら“極近底層性”の生物群集各種の分布ならびに定量的解析にとって有効な手段であり、今後の調査においてその使用を検討中である。

## 7. む す び

今回行った3回の潜航により得たプランクトン試料は現在解析を進めており、種はおろか属や科レベルで未知の“かいあし類”が多く発見されている。さらに、深海底直上でのこれらの鉛直分布や、生物量に関する生態的知見も得られつつある。二つの異なる深海底の貧酸素高硫化物環境下に、特異的な分布を示す底生生物群集上にみられる動物プランクトン群集についての知見の集積は、底生生物群集自体の分布・系統・生物地理を考える上からも、極めて重要な情報を提供するものと期待される。しかし、いずれにしても、これら動物群集の研究は、極めて調査・観測の困難な限られた海中での作業が中心であり、「しんかい2000」などの潜水船を用いて、はじめて詳細な知見の獲得が達成されるものである。今後は、従来“すみわけ”的に分かれ、平行して研究を進めてきたベントスとプランクトンの研究者間での協力と研究体制の組織化を促進し、より詳細な調査の継続が望まれる。

## 参考文献

- Clarke, M. R. 1969. A new midwater trawl for sampling discrete depth horizons. *J. mar. bio. Ass. U. K.*, 49, 945-960.
- Grassle, J. F. 1983. Introduction to the biology of hydrothermal vents. In: P. A. Rona, K. Bostrom, L. Laubier, and K. L. Smith, Jr. (eds.), *Hydrothermal processes at seafloor spreading centers*. 665-675. Plenum Press, New York.
- Grassle, J. F. 1985. Hydrothermal vent animals: distribution and biology. *Science* 229, 713-717.
- Grassle, J. F. 1986. The ecology of deep-sea hydrothermal vent communities. *Adv. Mar. Biol.*, 23, 301-362.
- Smith, K. L. 1982. Zooplankton of a bathyal benthic boundary layer: *in situ* rates of oxygen consumption and ammonium excretion. *Limnol. Oceanogr.*, 27, 461-471.
- Smith, W. L. 1973. Submersible device for collecting small crustaceans. *Crustaceana*, 25, 104-105.

(原稿受理 1990年3月31日)

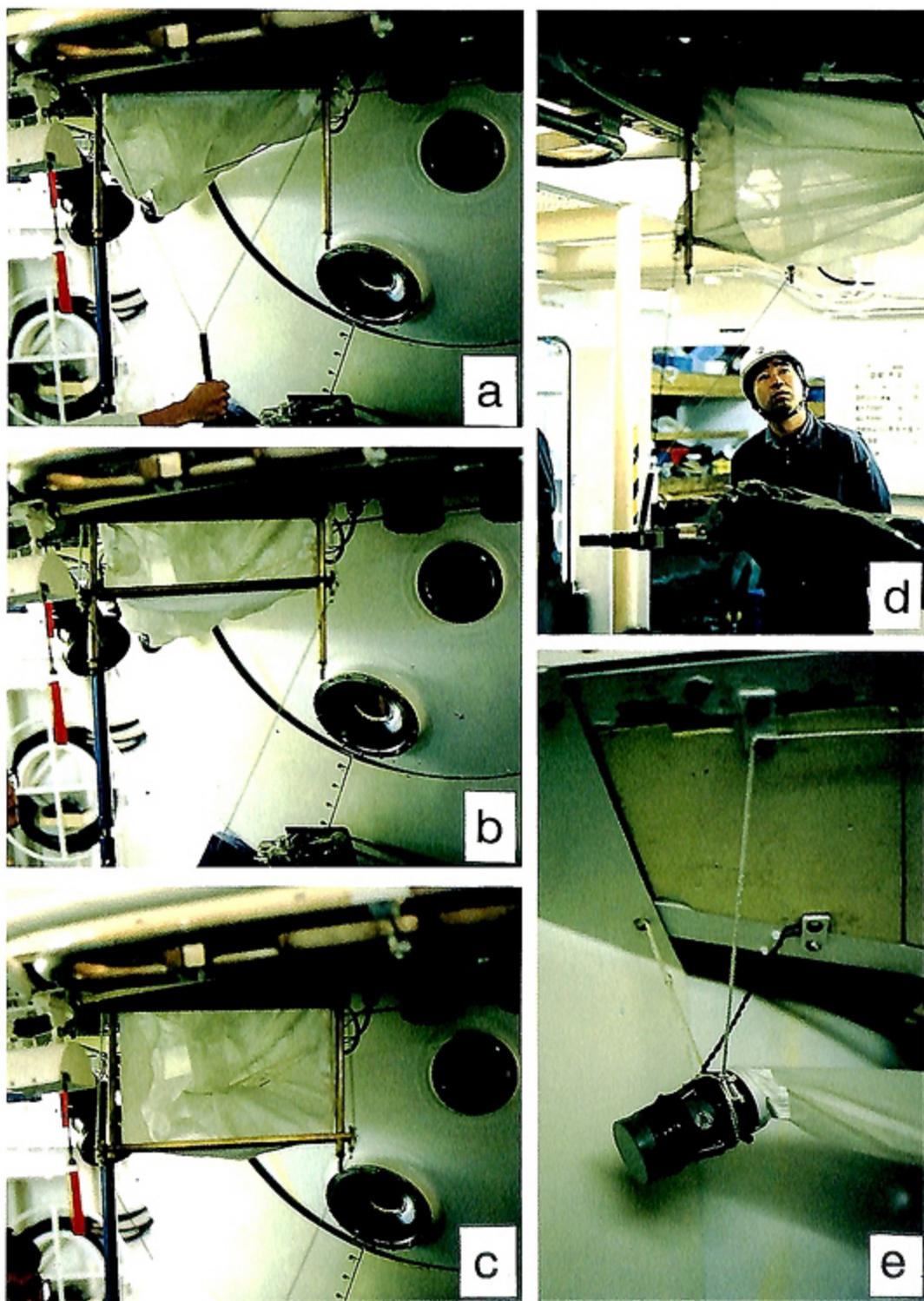


写真1 ネットA, a-c) 作動状況, d) 網口側面, e) コッドエンド

Photo. 1 Net A. a-c) sequence of operation, d) frontal part in lateral view, e) cod-end.

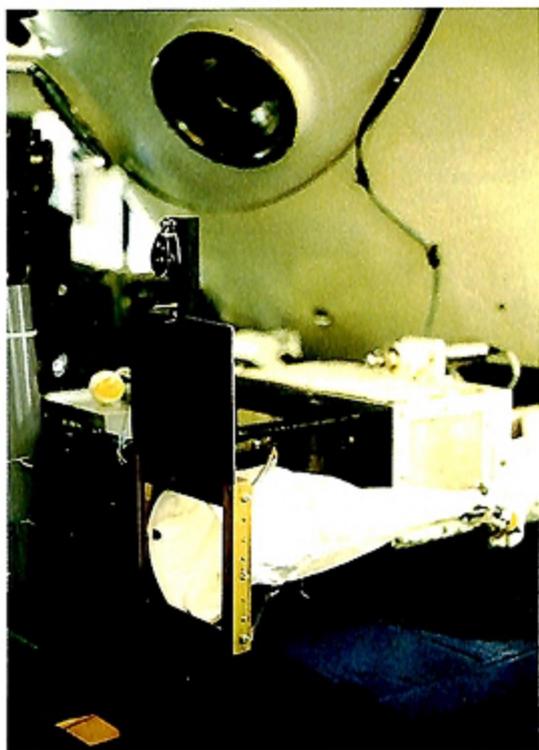


写真2 ネットBの作動状況  
Photo. 2 The sequence of the operation of the Net B.

