

JAERI-M

7780

海洋処分にそなえた放射性廃棄物パッケージの深海中健全性実証試験

—多重構造パッケージおよびセメント均一固化体の海中吊下ろし—回収試験—

1978年7月

関 晋・大内 康喜・比佐 勇・伊藤 彰彦
森下 悟・丸山 享・倉品 昭二^{*}・下田 喜内^{**}

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

海洋処分にそなえた放射性廃棄物パッケージの深海中健全性実証試験

一 多重構造パッケージおよびセメント均一固化体の
海中吊下ろし－回収試験一

日本原子力研究所環境安全研究部

関 晋・大内康喜・比佐 勇・伊藤彰彦・

森下 悟⁺・丸山 享⁺⁺・倉品昭二^{*}・下田喜内^{**}

(1978 年 7 月 5 日受理)

D-50多重構造パッケージおよびM級ドラム缶づめセメント均一固化体(模擬廃棄物パッケージ)の海洋における水深5,000mまでの吊下ろし－回収試験を行なった。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 模擬廃棄物パッケージの吊下ろし－回収試験について所期の計画を達成した。
- 2) D-50パッケージの深海中の連続写真撮影は成功し、鮮明な写真が得られた。
- 3) 回収したD-50パッケージについてはドラム缶の外面、ドラム缶を取り除いた内張コンクリートの外面および内張コンクリートの切断面の目視検査、ならびに海中の連続写真撮影観察の結果、また、回収したM級パッケージ(セメント均一固化体)についてはドラム缶の外面、ドラム缶を取り除いた固化体の外面の目視検査の結果、それぞれの模擬廃棄物には安全上問題となる変化はないと結論した。

+ 東海研究所保健物理部

++ 大洗研究所放射性廃棄物処理課

* 海上保安庁水路部

** 東豆凌設株式会社

Integrity Demonstration test of Radioactive Waste
Packages deep-Sea Disposal

— Hanging down-drawing up sea tests of multistage
type and monolithic solid type packages —

Susumu SEKI, Kouki OUCHI, Isamu HISA, Akihiko ITO,
Satoru MORISHITA⁺, Toru MARUYAMA⁺⁺, Shoji KURASHINA^{*}
and Kinai SHIMOTA^{**}

Division of Environmental Safety Research,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received July 5, 1978)

Hanging down-drawing up tests in the sea were carried out down to 5000m depth of the model wastes, i.e. D-50 multi-stage type package and monolithic solid type package (packed in M class drum).

- 1) Hanging down-drawing up tests in the sea were successful.
- 2) In consecutive photographing a D-50 multi-stage package in deep sea, clear photographs were obtained.
- 3) For the D-50 multi-stage type package, visual inspection of the drum outside and lining outside and cross-section and the consecutive photographs, and for the cement monolithic solid type package, the visual inspection of the drum outside and solid outside, showed no problems in safety.

Keywords : Deep Sea Disposal, Integrity Tests, Low-Level
Radioactive Wastes, Multi-Stage Type Package,
Cement Monolithic Solid, Successive Photograph

+) Waste Management and Decontamination Section,

++) Waste Management and Decontamination Section,
Oarai Research Establishment, JAERI

*) Hydrographic Department of Maritime Safety Agency

**) Tozu shunsetsu Kabushiki Gaisha

目 次

1. 緒 言	1
2. 試験用機器	2
2.1 使用試験体	2
2.2 深海カメラ	2
2.2.1 構 成	2
2.2.2 作 動	2
2.2.3 耐圧ガラス球	3
2.3 吊 り 具	3
3. 深海カメラの陸上試験	3
3.1 インターバルタイマーと降下姿勢の決定	3
3.2 露出(絞値)の決定	4
3.3 水中で使用する距離目盛の作成	4
3.4 カメラー試験体間の撮影距離の決定	4
4. 海洋試験	5
4.1 試験船“昭洋”	5
4.2 試験海域	5
4.3 試験方法	5
5. 試験結果と考察	6
5.1 試験体表面の写真撮影	6
5.2 回収試験体の検査	6
6. 結 言	7
参考文献	8
付 錄	9

Contents

1. Introduction	1
2. Experimental Instrument	2
2.1 Packages Used	2
2.2 Camera for Deep Sea	2
2.2.1 Construction	2
2.2.2 Movement	2
2.2.3 Hydraulic Pressure-resistance Glass Sphere	3
2.3 Hanger	3
3. Tests of Camera for Deep Sea	3
3.1 Interval Timer and Dropping form of Packages	3
3.2 Exposure	4
3.3 Distance Scale	4
3.4 Distance to the Subject	4
4. Test in Sea	5
4.1 Testing Ship "SHOYO"	5
4.2 Sea Area for Test	5
4.3 Experimental	5
5. Results and Discussion	6
5.1 Photograph of Packages Surface	6
5.2 Inspection of Packages Returned	6
6. Conclusion	7
References	8
Appendix	9

1. 緒 言

放射性廃棄物の最終処分法の一つとして、我が国でも海洋処分が具体的に計画されている¹⁾。

海洋処分を実施するに際し、事前の安全評価の中で深海の高水下における放射性廃棄物パッケージの機械的挙動は特に重要な項目であり、従って、この点に関し、パッケージの安全性は十分検討されなければならない。

原子力委員会²⁾では、処分用パッケージは海底に到達するまでの間、内容物が出るような破壊を生じないこと、さらに深海に到達した後もできるだけ長期間パッケージとしての健全性を保持することなどの諸条件を満すことを規定している。OECD/NEAのパッケージ指針³⁾では、パッケージが海底に着底するまで、その内容物が完全に保持されることを必要条件としている。

著者らは以上のようなことに鑑み、深海圧を模擬した放射性廃棄物パッケージの高水圧試験を、200ℓドラム缶づめセメント固化体については原研の実大固化体高圧RI浸出試験装置⁴⁾により、また、それ以上の大きさの固化体、例えば原研大洗研究所で使用している多重構造パッケージB-I, B-IIIについては(財)海洋科学技術センターの高圧実験水槽によって実施した。^{5), 6)} その結果、それぞれ安全上問題となるような変化は認められなかった。ただし、パッケージに与える影響はほとんどないと思われるが、これら陸上における深海条件のシミュレーションは、海洋における実証試験と比較して種々の点で異なる。すなわち、高水圧試験では海水を用いていないこと、高压水槽ではパッケージ内部へ水が浸入する場合加圧速度が減少し、加圧条件は海洋におけるパッケージの落下に伴う加圧速度と異なること、従って水温の降下速度も実際とは異なることなどが上げられる。

このように陸上の試験では困難と思われる知見を得るために、著者らは海洋における実証試験を行なうよう計画を進めてきた。

本報告は、200ℓドラム缶づめセメント固化体を試験体として、これら試験体の吊下ろし一回収試験を海洋で水深5000の範囲で行ない、同時に試験体上部に取付けた深海カメラの連続写真撮影により、昇降時における試験体表面の変化を観察し、その後さらに詳細な検査を行なうものである。

なお、本研究の海洋処分にそなえた放射性廃棄物パッケージの深海中健全性実証試験は“多重構造パッケージおよびセメント均一固化体の吊下ろし一回収試験”と“多重構造パッケージの海中自由落下試験”から成っている。前者に関しては、試験船として海上保安庁水路部所属の昭洋を使用し、本報告で述べているが、後者については、試験船として東豆浚設株式会社所属のきよ丸を使用し、別稿で報告する予定となっている。

2. 試験用機器

2.1 使用試験体

試験のため準備した試験体は、図1に示すD-50型多重構造パッケージ(以下D-50パッケージと呼ぶ)2個、および図2に示すJIS Z 1600 M級ドラム缶づめセメント均一固化体(以下M級パッケージと呼ぶ)1個である。このうちD-50パッケージ1個は予備試験体として準備した。各々のパッケージの製作仕様を表1に示す。D-50パッケージは、大洗研究所放射性廃棄物処理課で、またM級パッケージは、東海研究所放射性汚染処理課でそれぞれ製作した。

D-50パッケージは、50mmのコンクリート内張を施した板厚1.2mmのM級ドラム缶を用いた多重構造パッケージであって、パッケージ内外の圧力差が大きになると容器胴体部と後うち部の間に水みちにより、パッケージ内外の圧力を均等に保とうとする機構を有する。また、M級パッケージは、セメントおよび廃液などを均一に練り混ぜて養生固化したセメント均一固化体である。

2.2 深海カメラ

水深5000mまでのパッケージを吊り下ろす際の機械的变化を追跡、記録するため、深海カメラを使用した。深海カメラのシステムは、海洋科学技術センターが開発したものである。

2.2.1 構成

深海カメラは、カメラとストロボをそれぞれ耐圧ガラス球内に収容し、これらにアクリル製フランジを取付けて鋼製フレームに固定したものである。深海カメラの外観を図3に示す。

カメラにはフィルムマガジン(フィルム容量250駒・10m)2個を収納したフィルムバッグ、モータードライブおよびコントロールグリップが取付けられている。フィルム巻上操作には、コントロールグリップに収納した単3電池12本を電源とした。さらにカメラが収容されているガラス球には、撮影開始および発光間隔の2系統を指令するタイマー1式と小型ストロボが収納されている。タイマーおよび小型ストロボ動作電源として、それぞれ単1電池4個、単3電池4個が用いられている。

ストロボ用ガラス球には、ストロボ2個、パワーパック2個および315V乾電池2個、さらにUSターミナルで接続した増灯器が組込まれている。

2.2.2 作動

カメラのモータードライブスイッチ、小型ストロボスイッチをONにしてからタイマーを設定し、タイマースイッチをONにしてガラス球を閉じる。タイマーが作動時間に達するとモータードライブがフィルムを巻上げ、同様にタイマーで設定した発光間隔毎に小型ストロボが発光す

る。ストロボを収納してあるガラス球では、増灯器が小型ストロボの光を受けてストロボを被写体に向けて発光させ、同時にカメラのシャッターが働く。以上の動作はフィルムの巻上完了まで続行する。

2.2.3 耐圧ガラス球

耐圧ガラス球は、外径 $360\text{ mm}\phi$ 、肉厚 15 mm である。表2に耐圧ガラス球の物理的性質を示す。耐圧ガラス球2個のうち1個には、カメラ、タイマー等を、他の1個にはストロボ等を内装した。詳細な部品名は表3に掲げる。

耐圧ガラス球は2個の半球からなり、この組立にはかなりの熟練を要するので、これに関し、海洋科学技術センターから“耐圧ガラス球取り扱いマニュアル”に基づき種々教示を受けた。簡単に記すと次のようになる。

- 1) トルエンを含ませた紙ウエスで球全体および摺り合わせ面を拭拭する。両半球の摺り合合わせ面全面にシリコングリースを塗る。
- 2) 片半球を持ち上げ他の半球の上に重ねる。この時摺り合わせ面に気泡が残らないよう強く摺り合わせる。
- 3) 摺り合わせ面の外側に防食テープを2重に巻く。テープ外側から摺り合わせ面の上にホースバンドで固定する。

2.3 吊り具

深海中の試験体表面の写真撮影を実施するため、試験体が横吊りで安定であること、ワイヤがねじれにより支障を起きないこと(回転自由であること)、試験体の重量(最大 480 kg)、フレームの重量(70 kg)、試験体とカメラの距離(2 m)、耐圧ガラス球の取付け、取外し易さおよび船の揺れなどを考慮に入れて図4に示す吊下ろし回収用吊り具を製作した。寸法は図6に示すとおりである。

3. 深海カメラの陸上試験

3.1 インターバルタイマと降下姿勢の決定

写真フィルムは最大250枚撮りのものを使用した。パッケージの降下速度を 1 m/sec と計画した。写真撮影は、船上で約25駒、降下時に200駒、水深 5000 m 保持時に25駒できるように計画した。このため、シャッター間隔用インターバルタイマーを25.7秒とした。

また、被写体であるパッケージは、降下姿勢が比較的安定であることおよび表面の最大部分を観測できることから横吊りとした。

る。ストロボを収納してあるガラス球では、増灯器が小型ストロボの光を受けてストロボを被写体に向けて発光させ、同時にカメラのシャッターが働く。以上の動作はフィルムの巻上完了まで続行する。

2.2.3 耐圧ガラス球

耐圧ガラス球は、外径 $360\text{ mm}\phi$ 、肉厚 15 mm である。表2に耐圧ガラス球の物理的性質を示す。耐圧ガラス球2個のうち1個には、カメラ、タイマー等を、他の1個にはストロボ等を内装した。詳細な部品名は表3に掲げる。

耐圧ガラス球は2個の半球からなり、この組立にはかなりの熟練を要するので、これに関し、海洋科学技術センターから“耐圧ガラス球取り扱いマニュアル”に基づき種々教示を受けた。簡単に記すと次のようになる。

- 1) トルエンを含ませた紙ウエスで球全体および摺り合わせ面を拭拭する。両半球の摺り合合わせ面全面にシリコングリースを塗る。
- 2) 片半球を持ち上げ他の半球の上に重ねる。この時摺り合わせ面に気泡が残らないよう強く摺り合わせる。
- 3) 摺り合わせ面の外側に防食テープを2重に巻く。テープ外側から摺り合わせ面の上にホースバンドで固定する。

2.3 吊り具

深海中の試験体表面の写真撮影を実施するため、試験体が横吊りで安定であること、ワイヤがねじれにより支障を起きないこと(回転自由であること)、試験体の重量(最大 480 kg)、フレームの重量(70 kg)、試験体とカメラの距離(2 m)、耐圧ガラス球の取付け、取外し易さおよび船の揺れなどを考慮に入れて図4に示す吊下ろし回収用吊り具を製作した。寸法は図6に示すとおりである。

3. 深海カメラの陸上試験

3.1 インターバルタイマと降下姿勢の決定

写真フィルムは最大250枚撮りのものを使用した。パッケージの降下速度を 1 m/sec と計画した。写真撮影は、船上で約25駒、降下時に200駒、水深 5000 m 保持時に25駒できるように計画した。このため、シャッター間隔用インターバルタイマーを25.7秒とした。

また、被写体であるパッケージは、降下姿勢が比較的安定であることおよび表面の最大部分を観測できることから横吊りとした。

3.2 露出(絞り値)の決定

深海中には太陽光線が届かないので、写真撮影にはストロボが必要である。今回の試験にはガイドナンバー 34 (ASA 100・m) のストロボ 2 個を使用した。

露出度テストは、深海を模擬して暗夜を選び、水槽周辺の電灯を消し、図 5 に示す 50 ℥ ドラム缶の水中ストロボ撮影を行い、現像写真の観察を行った。絞り値は次の計算式⁷⁾を用いて計算した。

$$\text{絞り値}(F) = \text{ガイドナンバー} \times (\text{ストロボ個数})^{\frac{1}{2}} \div \text{撮影距離} \div 3$$

撮影距離は 2.0 m (この場合はドラム缶蓋を撮影した), 1.5 m, 1.0 m の 3 点としたので、絞り値は上式より

$$2.0 \text{ m の場合 } F = 34 \times \sqrt{2} \div 2 \div 3 = 8$$

$$1.5 \text{ m の場合 } F = 34 \times \sqrt{2} \div 1.5 \div 3 = 11$$

$$1.0 \text{ m の場合 } F = 34 \times \sqrt{2} \div 1.0 \div 3 = 16$$

となる。この値が実際に適正であるか否かを確認するため、その前後の値 (2 m では 5.6 と 11, 1.5 m では 8 と 16, 1 m では 11) とともに各距離別に撮影した結果、いずれも上記計算値が適正露出であった。なおシャッタースピードは 1/60 秒である。

深海での本実験では撮影距離を 2 m とした。フィルムはタンクステンタイプの ASA 160 のものを使用した。ASA 値が変り、露出倍数 2 のフィルターを使用したので撮影距離 2 m の場合の絞り計算は

$$F = \text{ガイドナンバー} \times (\text{ストロボ個数})^{\frac{1}{2}} \div \text{撮影距離} \div (\text{フィルター露出倍数})^{\frac{1}{2}} \div 3 \\ = 43 \times \sqrt{2} \div 2 \div \sqrt{2} \div 3 = 7.17$$

となる。従って深海での本実験の絞り値を 8 とした。

3.3 水中で使用する距離目盛の作成

深海カメラのピント合わせは、カメラがガラス球内に封入されるので、ファインダーで行うこととはできない。またカメラの距離目盛は空気中での値なので、屈折率の異なる水中では、これも使用できない。そこで水中でのピント合わせに使用できる距離目盛を作成した。

まずカメラの距離環の上に距離目盛を書き入れるためのグラフ用紙を貼り付けた。それから図 5 に示すように水を満たした水槽上部にアングルを渡し、その上にカメラを固定したガラス半球を水に接して取付けた。被写体はピントテスト用測深治具の底部バーである。つぎにカメラと底部バーが 1.0 ~ 2.0 m の距離範囲で 10 cm 間隔毎に測深治具をアングルに固定し、各距離毎にファインダーでピントを合わせ、そのときの距離をカメラ距離環のグラフ用紙に記入しながら撮影を行った。空気中と水中との距離目盛を対比して図 6 に示す。現像写真の観察により、いずれもピントは正確であることを確認した。

3.4 カメラ、試験体間の撮影距離の決定

使用するレンズ(24mm)の画角(視野角)は空気中で84°(カタログ表示)であるが、水中では屈折率の相違により小さくなる。まず水中での画角を求めるため、既知寸法の被写体を基準距離で水中撮影し、写真画面寸法と被写体画像寸法の比から角度を計算した結果64°であった。つぎに試験体である200ℓドラム缶が、海中降下時にファインダーから外れることのない寸法比(被写体／画面)を0.3とし、画角64°で作図した結果、カメラ試験体間距離は2mが適当であると判断した。(図7参照)

4. 海洋試験

4.1 試験船“昭洋”

海洋での試験は、海上保安庁水路部所属の「昭洋」(2,000トン)を使用して行なった。本船のクレーンは、巻上荷重が8トン、揚程は角度45°の位置で高さ10mである。ワインチ(油圧式電動巻上機)は、馬力が34HPであり、ワイヤーの太さは端末部で7mmΦが2,000m、根本部で9mmΦが4,000m、全長6,000mである。ワイヤー繰出しおよび巻きとり速度は60～150cm/secで、变速可能である。

4.2 試験海域

試験は、8月20日千葉県野島崎沖90海里(160km)、東経143°10'、北緯33°50'で行なった。図8に試験海域を示す。天候は曇時々雨、波荒く、船は大きく動搖した。試験時の気象海象状況は表4に示すとおりである。吊下ろし回収試験は最初D-50を、次にM級パッケージについて行なった。深海カメラおよびパッケージ(以下ユニットと呼ぶ)は海流、風による影響で流されるので船中央に設けてあるBOW-THRUSTERにより適宜船を操縦してワイヤを常に垂直状態に保持するようにした。そのため船は図9に示す航跡をたどった。水深は5140～5180mであった。

4.3 試験方法

試験の前日8月19日、原研から持参した試験予定表(表5)にしたがって試験の作業手順などについて、航海長はじめ現場の作業員とミーティングを行なった。図10にその試験条件を図示する。

8月20日は風雨が強く海が荒れていたが、船長の判断によって、試験の実施にふみきった。作業は、深海カメラの点検から始めた。まず、焦点距離及び絞りが適正值であることを確認

使用するレンズ(24mm)の画角(視野角)は空気中で84°(カタログ表示)であるが、水中では屈折率の相違により小さくなる。まず水中での画角を求めるため、既知寸法の被写体を基準距離で水中撮影し、写真画面寸法と被写体画像寸法の比から角度を計算した結果64°であった。つぎに試験体である200ℓドラム缶が、海中降下時にファインダーから外れることのない寸法比(被写体／画面)を0.3とし、画角64°で作図した結果、カメラ試験体間距離は2mが適当であると判断した。(図7参照)

4. 海洋試験

4.1 試験船“昭洋”

海洋での試験は、海上保安庁水路部所属の「昭洋」(2,000トン)を使用して行なった。

本船のクレーンは、巻上荷重が8トン、揚程は角度45°の位置で高さ10mである。ワインチ(油圧式電動巻上機)は、馬力が34HPであり、ワイヤーの太さは端末部で7mmΦが2,000m、根本部で9mmΦが4,000m、全長6,000mである。ワイヤー繰出しおよび巻きとり速度は60～150cm/secで、変速可能である。

4.2 試験海域

試験は、8月20日千葉県野島崎沖90海里(160km)、東経143°10'、北緯33°50'で行なった。図8に試験海域を示す。天候は曇時々雨、波荒く、船は大きく動搖した。試験時の気象海象状況は表4に示すとおりである。吊下ろし回収試験は最初D-50を、次にM級パッケージについて行なった。深海カメラおよびパッケージ(以下ユニットと呼ぶ)は海流、風による影響で流されるので船中央に設けてあるBOW-THRUSTERにより適宜船を操縦してワイヤを常に垂直状態に保持するようにした。そのため船は図9に示す航跡をたどった。水深は5140～5180mであった。

4.3 試験方法

試験の前日8月19日、原研から持参した試験予定表(表5)にしたがって試験の作業手順などについて、航海長はじめ現場の作業員とミーティングを行なった。図10にその試験条件を図示する。

8月20日は風雨が強く海が荒れていたが、船長の判断によって、試験の実施にふみきった。作業は、深海カメラの点検から始めた。まず、焦点距離及び絞りが適正值であることを確認

した。インターバルタイマーは25.7秒に設定した。カメラ、ストロボが正常に作動することを確認してから次いで耐圧ガラス球を閉じ、鋼製フレームに固定した。

以下ユニット(前述)の着水までの手順を説明する。ユニット吊下げ用のシャックルにワインチのワイヤーの先端シンプルをつなぎ、クレーンでユニットを吊上げて船尾の舷側に振り出し、海面に降ろす。ユニットが着水すると同時にワイヤを少し巻いてワイヤのたるみを無くすると円滑にユニットの荷重はクレーンからワインチのワイヤに移る。この時、クレーンのフックは遊ぶことになるので、フックをユニットからはずし、ワインチのワイヤを繰り出す。ワインチの繰り出し速度は0.6～1.5m/secであるが、ワイヤロープを繰り出すにつれて最高速度は減少するので本試験では1m/secの繰り出し速度とした。

最初に行なったD-50パッケージの吊下し作業は9時40分に始まり、9時50分に着水した。M級パッケージについては14時27分に着水した。実験は頭初の計画どおり、比較的順調に行なわれた。表6に各試験体の水深到達時間を示す。

5. 試験結果と考察

5.1 試験体表面の写真撮影

試験は、D-50パッケージについてはドラム缶の蓋を外した状態で、またM級パッケージは蓋をつけたままで行なった。試験開始および着水状況を図11, 12に示す。

試験体表面の写真撮影は、D-50パッケージについては成功した。しかし、M級パッケージの場合は海が荒れていたため、船が大きく揺れ、深海カメラユニットが舷側に衝突した。そのためフィルムの巻上げが止まり、写真撮影は成功しなかった。

図13にD-50パッケージの海中吊下ろし－回収試験での表面状態を写真によって示す。この位置から撮影した写真では、変化は全く認められなかった。

5.2 回収試験体検査

5.2.1 D-50パッケージの検査

試験体は水深5,000mに到達後、10分間保持し、これを回収してその表面を観察した。

図14, 15にD-50パッケージ底部の海中吊下ろし－回収試験前後の写真を示す。

ドラム缶底部に直径40cm ϕ 、深さ2cm程度の陥没が生じた。これは、D-50パッケージに充填された封入物の間隙および封入物が圧力上昇ならびに温度降下⁸⁾にともない収縮^{9, 10)}したためと考えられる。しかし、この凹みによりパッケージから放射性物質が早期に外部へ洩れる可能性は少ないと考える。確認のため、後日D-50パッケージのドラム缶外被を外して、コ

した。インターバルタイマーは25.7秒に設定した。カメラ、ストロボが正常に作動することを確認してから次いで耐圧ガラス球を閉じ、鋼製フレームに固定した。

以下ユニット(前述)の着水までの手順を説明する。ユニット吊下げ用のシャックルにワインチのワイヤーの先端シンプルをつなぎ、クレーンでユニットを吊上げて船尾の舷側に振り出し、海面に降ろす。ユニットが着水すると同時にワイヤを少し巻いてワイヤのたるみを無くすると円滑にユニットの荷重はクレーンからワインチのワイヤに移る。この時、クレーンのフックは遊ぶことになるので、フックをユニットからはずし、ワインチのワイヤを繰り出す。ワインチの繰り出し速度は0.6～1.5m/secであるが、ワイヤロープを繰り出すにつれて最高速度は減少するので本試験では1m/secの繰り出し速度とした。

最初に行なったD-50パッケージの吊下し作業は9時40分に始まり、9時50分に着水した。M級パッケージについては14時27分に着水した。実験は頭初の計画どおり、比較的順調に行なわれた。表6に各試験体の水深到達時間を示す。

5. 試験結果と考察

5.1 試験体表面の写真撮影

試験は、D-50パッケージについてはドラム缶の蓋を外した状態で、またM級パッケージは蓋をつけたままで行なった。試験開始および着水状況を図11, 12に示す。

試験体表面の写真撮影は、D-50パッケージについては成功した。しかし、M級パッケージの場合は海が荒れていたため、船が大きく揺れ、深海カメラユニットが舷側に衝突した。そのためフィルムの巻上げが止まり、写真撮影は成功しなかった。

図13にD-50パッケージの海中吊下ろし－回収試験での表面状態を写真によって示す。この位置から撮影した写真では、変化は全く認められなかった。

5.2 回収試験体検査

5.2.1 D-50パッケージの検査

試験体は水深5,000mに到達後、10分間保持し、これを回収してその表面を観察した。

図14, 15にD-50パッケージ底部の海中吊下ろし－回収試験前後の写真を示す。

ドラム缶底部に直径40cm ϕ 、深さ2cm程度の陥没が生じた。これは、D-50パッケージに充填された封入物の間隙および封入物が圧力上昇ならびに温度降下⁸⁾にともない収縮^{9, 10)}したためと考えられる。しかし、この凹みによりパッケージから放射性物質が早期に外部へ洩れる可能性は少ないと考える。確認のため、後日D-50パッケージのドラム缶外被を外して、コ

ンクリート内張の底部の凹みを観察した。その写真を図16に示す。さらにパッケージを縦方向に2分割し、各断面を観察した。その写真を図17に示す。多重構造パッケージは内外圧が均衡して深海の高水圧による容器の破損を避けることを設計思想としているので、このような水圧変化が生じないように水みちが確実に作動するための技術向上を要する。

5.2.2 M級パッケージの検査

試験体(試験前は図18参照)は水深5,000mに到達後30分間保持し、これを回収した。ドラム缶蓋とドラム缶内の固化体との間にある隙間部は、蓋が凹んでほとんど消滅した。わずかに残った隙間には海水が浸入していた。図19に見られる通りその部分のドラム缶外周部は、一様に巾2cm程度の凹みを生じた。固化体とキャッピング部の境界にあたるドラム缶外周部もわずかに溝状に凹んでいた。固化体には、き裂等の破損現象は発生しておらず、外見上の変化は全く認められなかった。このような現象は、陸上における高水圧試験の結果⁵⁾と同様であった。

6. 結 言

D-50多重構造パッケージおよびM級ドラム缶づめセメント均一固化体(模擬廃棄物パッケージ)について、海洋における水深5,000mまでの吊下ろし－回収試験を行なった。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 模擬廃棄物パッケージの吊下ろし－回収試験について所期の計画を達成した。
- 2) D-50パッケージの深海中の連続写真撮影は成功し、鮮明な写真が得られた。
- 3) 回収D-50パッケージについてドラム缶の外面、ドラム缶を取り除いた内張コンクリートの外面および内張コンクリートの切断面の目視検査ならびに海中の連続写真撮影の観察を、また、回収M級パッケージについてドラム缶の外面、ドラム缶を取り除いた固化体の外面の目視検査を行なった。

以上の結果より、それぞれの模擬廃棄物パッケージには安全上問題となる変化はないことが分った。

なお、試験をかえりみて、海洋での試験は天候の影響を著しく受けること、場所および時間の制約が甚しくあること、このため細心な準備が必要であり、従って事前に綿密な試験計画を作成する必要があること、計画どおり実施するにあたっては、細心な注意と相互の協力が必要であることを痛感した。

終わりに本研究の実施にあたり、海洋における船の運転および船上での機器取扱い操作に海上保安庁水路部測量船昭洋の平野征爾船長はじめ航海長、機関長、乗組員の方々から全面的な援助をいただいた。また、(財)海洋科学技術センター橋本惇氏に深海カメラの撮影技術に

ンクリート内張の底部の凹みを観察した。その写真を図16に示す。さらにパッケージを縦方向に2分割し、各断面を観察した。その写真を図17に示す。多重構造パッケージは内外圧が均衡して深海の高水圧による容器の破損を避けることを設計思想としているので、このような水圧変化が生じないように水みちが確実に作動するための技術向上を要する。

5.2.2 M級パッケージの検査

試験体(試験前は図18参照)は水深5,000mに到達後30分間保持し、これを回収した。ドラム缶蓋とドラム缶内の固化体との間にある隙間部は、蓋が凹んでほとんど消滅した。わずかに残った隙間には海水が浸入していた。図19に見られる通りその部分のドラム缶外周部は、一様に巾2cm程度の凹みを生じた。固化体とキャッピング部の境界にあたるドラム缶外周部もわずかに溝状に凹んでいた。固化体には、き裂等の破損現象は発生しておらず、外見上の変化は全く認められなかった。このような現象は、陸上における高水圧試験の結果⁵⁾と同様であった。

6. 結 言

D-50多重構造パッケージおよびM級ドラム缶づめセメント均一固化体(模擬廃棄物パッケージ)について、海洋における水深5,000mまでの吊下ろし一回収試験を行なった。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 模擬廃棄物パッケージの吊下ろし一回収試験について所期の計画を達成した。
- 2) D-50パッケージの深海中の連続写真撮影は成功し、鮮明な写真が得られた。
- 3) 回収D-50パッケージについてドラム缶の外面、ドラム缶を取り除いた内張コンクリートの外面および内張コンクリートの切断面の目視検査ならびに海中の連続写真撮影の観察を、また、回収M級パッケージについてドラム缶の外面、ドラム缶を取り除いた固化体の外面の目視検査を行なった。

以上の結果より、それぞれの模擬廃棄物パッケージには安全上問題となる変化はないことが分った。

なお、試験をかえりみて、海洋での試験は天候の影響を著しく受けること、場所および時間の制約が甚しくあること、このため細心な準備が必要であり、従って事前に綿密な試験計画を作成する必要があること、計画どおり実施するにあたっては、細心な注意と相互の協力が必要であることを痛感した。

終わりに本研究の実施にあたり、海洋における船の運転および船上での機器取扱い操作に海上保安庁水路部測量船昭洋の平野征爾船長はじめ航海長、機関長、乗組員の方々から全面的な援助をいただいた。また、(財)海洋科学技術センター橋本惇氏に深海カメラの撮影技術に

ついて有効なご教示を賜った。東豆浚設株式会社重永哲彦社長、神保正春氏には四国沖で行なった模擬廃棄物パッケージの自由落下試験の関連で種々測面的なご配慮をいただいた。さらに大洗研究所放射性廃棄物処理課および東海研究所放射線汚染処理課(当時)の多数の方々の寄与により試験体が製作された。本研究の実施と遂行にあたっては天野惣環境安全研究部長、阪田貞弘元環境安全研究室長(現日揮株式会社)ならびに荒木邦夫廃棄物処理処分研究室長(現高レベル廃棄物処理処分研究室長)に深い关心とご理解をいただいた。

これら諸氏に対し謹んで感謝の意を表する。

7. 文 献

- 1) 放射性廃棄物処分検討会：同報告書（上下），実業公報社，（1971）
- 2) 科学技術庁原子力安全局：試験的海洋処分の環境安全評価に関する報告書，（1976）
- 3) OECD/NEA，“Guidelines for Sea Disposal of Radioactive Waste”，Paris, Nov. (1974)
- 4) 関 晋他：実大固化体高圧 RI 浸出装置，JAERI-M6382，(1976).
- 5) 関 晋他：海洋投棄にそなえたセメント均一固化体の高水圧試験，JAERI-M6364，(1976)
- 6) 関 晋他：海洋処分にそなえた多重構造パッケージの高水圧試験，JAERI-M7633，(1978)
- 7) 海洋科学技術センター，橋本 悅私信。
- 8) 海上保安庁：放射性固体廃棄物の海洋投棄のための海洋環境調査，(1975).
- 9) 社団法人アスファルト同業会：アスファルト及びその応用 P. P. 49 ~ 50, (1965).
- 10) R. N. J. Saal, W. Heukelom, P. C. Blokker : J. Inst. Petr., 26, No. 97, (1929).

ついて有効なご教示を賜った。東豆浚設株式会社重永哲彦社長、神保正春氏には四国沖で行なった模擬廃棄物パッケージの自由落下試験の関連で種々測面的なご配慮をいただいた。さらに大洗研究所放射性廃棄物処理課および東海研究所放射線汚染処理課(当時)の多数の方々の寄与により試験体が製作された。本研究の実施と遂行にあたっては天野恕環境安全研究部長、阪田貞弘元環境安全研究室長(現日揮株式会社)ならびに荒木邦夫廃棄物処理処分研究室長(現高レベル廃棄物処理処分研究室長)に深い关心とご理解をいただいた。

これら諸氏に対し謹んで感謝の意を表する。

7. 文 献

- 1) 放射性廃棄物処分検討会：同報告書（上下），実業公報社，（1971）
- 2) 科学技術庁原子力安全局：試験的海洋処分の環境安全評価に関する報告書，（1976）
- 3) OECD/NEA，“Guidelines for Sea Disposal of Radioactive Waste”，Paris, Nov. (1974)
- 4) 関 晋他：実大固化体高圧 RI 浸出装置，JAERI-M6382, (1976).
- 5) 関 晋他：海洋投棄にそなえたセメント均一固化体の高水圧試験，JAERI-M6364, (1976)
- 6) 関 晋他：海洋処分にそなえた多重構造パッケージの高水圧試験，JAERI-M7633, (1978)
- 7) 海洋科学技術センター，橋本 悄私信.
- 8) 海上保安庁：放射性固体廃棄物の海洋投棄のための海洋環境調査，(1975).
- 9) 社団法人アスファルト同業会：アスファルト及びその応用 P. P. 49 ~ 50, (1965).
- 10) R. N. J. Saal, W. Heukelom, P. C. Blokker : J. Inst. Petr., 26, No. 97, (1929).

表 1 試験体作製仕様

1) D-50 パックージ

	水・セメント比 (%)	スランプ (cm)	単位セメント量 (kg/m ³)	単位粗骨材 (kg/m ³)	単位細骨材 (kg/m ³)	単位水 (kg/m ³)	4過圧縮強度 (kg/cm ²)
同体部コンクリート	45	10.8	438	1045 (10mm以下)	870 (5mm以下)	197	374
後打部コンクリート	45.2	17.6	442	1088 (10mm以下)	605 (5mm以下)	203	354

内容物	封入物		固化体重量 (kg)
	容重(t)	重量(kg)	
アスファルト+砂	103	161.5	424

2) M級パックージ

	普通ポルトランドセメント (kg/m ³)	粗骨材	細骨材	水	エチルアルコール	硫酸ナトリウム (無水)	4過圧縮強度 (kg/cm ²)
固化化	120	—	250 (5mm以下)	50	0.25	1.5	—
後打部コンクリート (kg/m ³)	346	994 (25mm以下)	648 (5mm以下)	173	—	—	390

表2 耐圧ガラス球の物理的性質

(JIS-R-3502による)

タ イ プ	JIS 1級相当硬質ガラス (硼珪酸ガラス)
膨 張 係 数	3.5×10^{-7}
耐 热 性	250 °C
耐 水 性	0.02
屈 折 率	Nd = 1.475
热 伝 導 率	2.5 cal/cm sec. deg
ヤ ン グ 率	6,500 kg/cm ²
ボ ア ソ ン 比	0.2 ~ 0.25

表3 ガラス球内機器構成

カ メ ラ 用 ガ ラ ス 球			
機 器 名	商 品 名	数 量	備 考
カ メ ラ	オリンパス OM-1	1	35mm フォーカルレン 一眼レフ
レ ン ズ	ズイコー 24mm	1	F 2.8
フィルムバック	250フィルムバック 1	1	オリンパス
フィルムマガジン	250フィルムマガジン	2	"
モータードライブ	モータードライブ 1	1	"
グ リ ッ プ	M. 18V コントロールグリップ 1	1	"
リレーコード	リレーコード 1.2m	1	"
ストロボ	PS 200 クイック	1	"
レンズフィルター	オプティカルフィルター W 10	1	ケンコー
タイマー		1	海科技センター製
フィルム	コダックエクタクローム 160	30.5m	タンクステンタイプ

ス ト ロ ボ 用 ガ ラ ス 球			
機 器 名	商 品 名	数 量	備 考
ス ト ロ ボ	クイックオート 310	2	オリンパス
パワーパック	315V パワーパック	2	"
シンクロコード	TTL オートコード 0.6m	2	"
増 灯 器	ワイヤレス増灯器 PW-4	1	ナショナル
乾 電 池	315V 積層乾電池	2	
U S ターミナル		1	

表 4 気象海象状況(昭洋航海日誌から抜粋)

時 刻	風 向	風 速 (m/sec)	風 浪	う ね り	天 候	雲 形		視 程 (+10mb)	気 温 (°C)	海 水 温 (°C)	湿 度 (%)
						雲 量 注3)	雲 量 注4)				
06	WS	5	SW	2	SSE	9	◎	AC NC SC	9	7	0.4.9
07	WSW	7	WSW	2	"	9	◎	"	8	7	0.4.7
08	"	10	"	2	"	9	●	"	10	5	0.4.9
09	"	8	"	3	SSW W	9	●	"	10	6	0.5.1
10	"	8	"	3	SW WNW	9	●	"	10	6	0.4.8
11	W	7	W	3	"	9	●	"	10	6	0.4.5
12	WSW	5	WSW	2	WSW W	9	●	"	10	6	0.4.7
13	"	7	"	2	SSW W	9	◎	"	10	7	0.3.7
14	W	9	W	3	W	9	◎	AS NS SC	8	7	0.3.3
15	N	9	N	3	"	9	◎	AS NS SC	8	7	0.3.6
16	NNE	11	NNE	3	SW N	9	●	NS AS	10	6	0.4.2
17	N	10	N	3	SW N	9	◎	NS ST	9	7	0.4.6
18	N	7	N	3	SW N	9	◎	NS ST	9	7	0.5.5

○ 快晴 ◎ 雲 ● 雨
 ⊖ 晴 ● 雨
 ◑ 晴
 10 合風
 NC 乱積雲
 NS 亂層雲
 ST 層雲
 10 全天雲
 0 視界 0

注1)注2) 0 鏡面
 注3) AC 高積雲 SC 層積雲 AS 高層雲
 10 合風 NC 乱積雲 NS 亂層雲 ST 層雲
 10 全天雲 0 視界 0

注4) 0 快晴
 10 快晴
 88

注5) 0 快晴
 10 快晴
 92

表5 廃棄物固化体の吊下し回収試験予定表

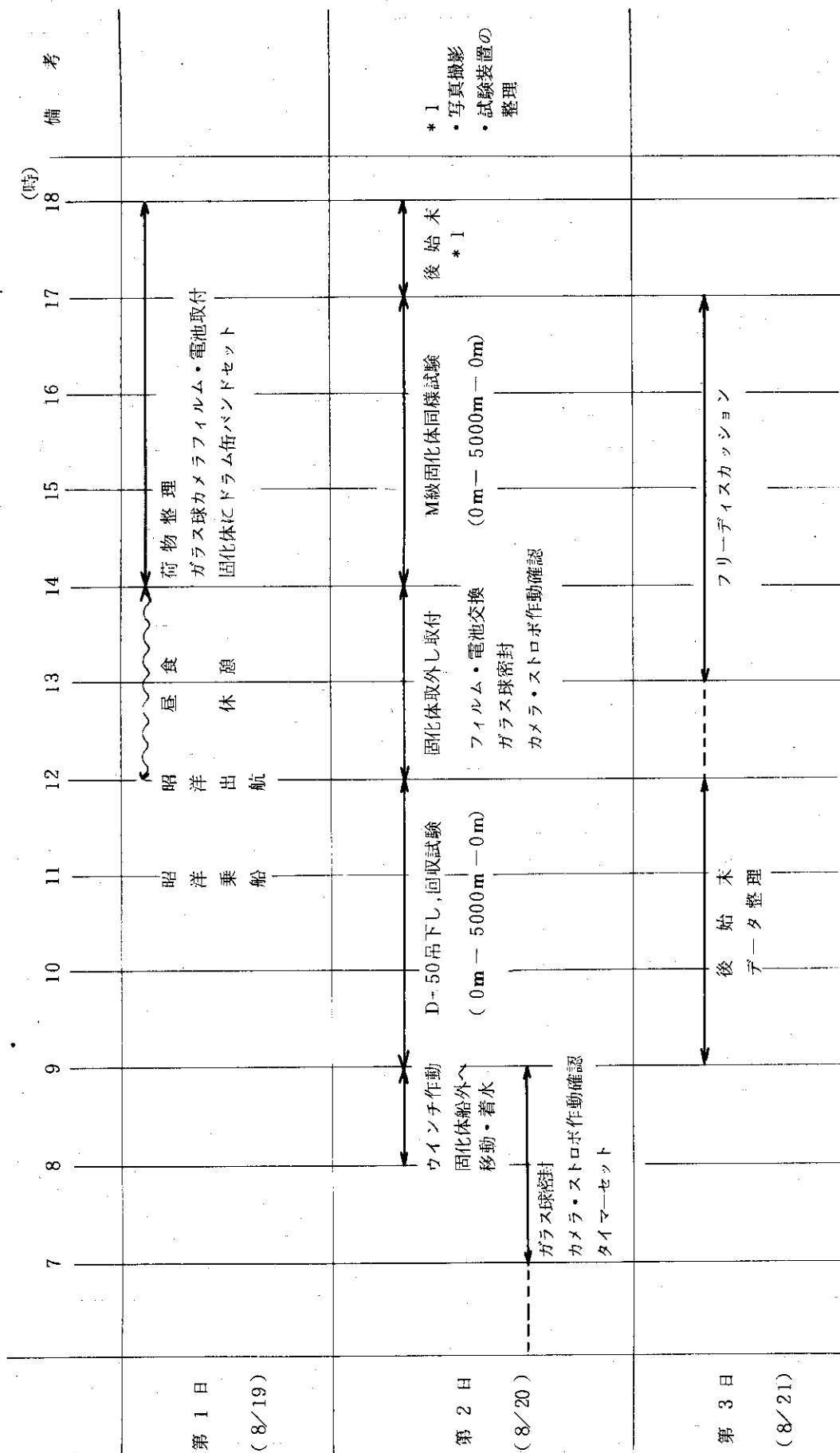
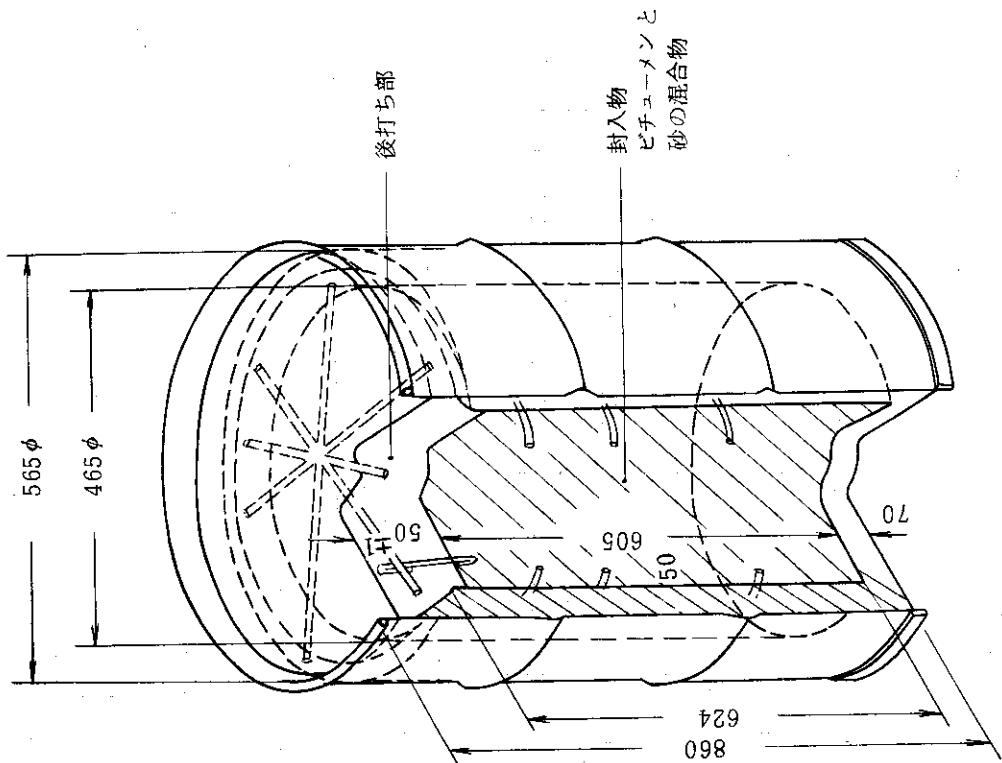
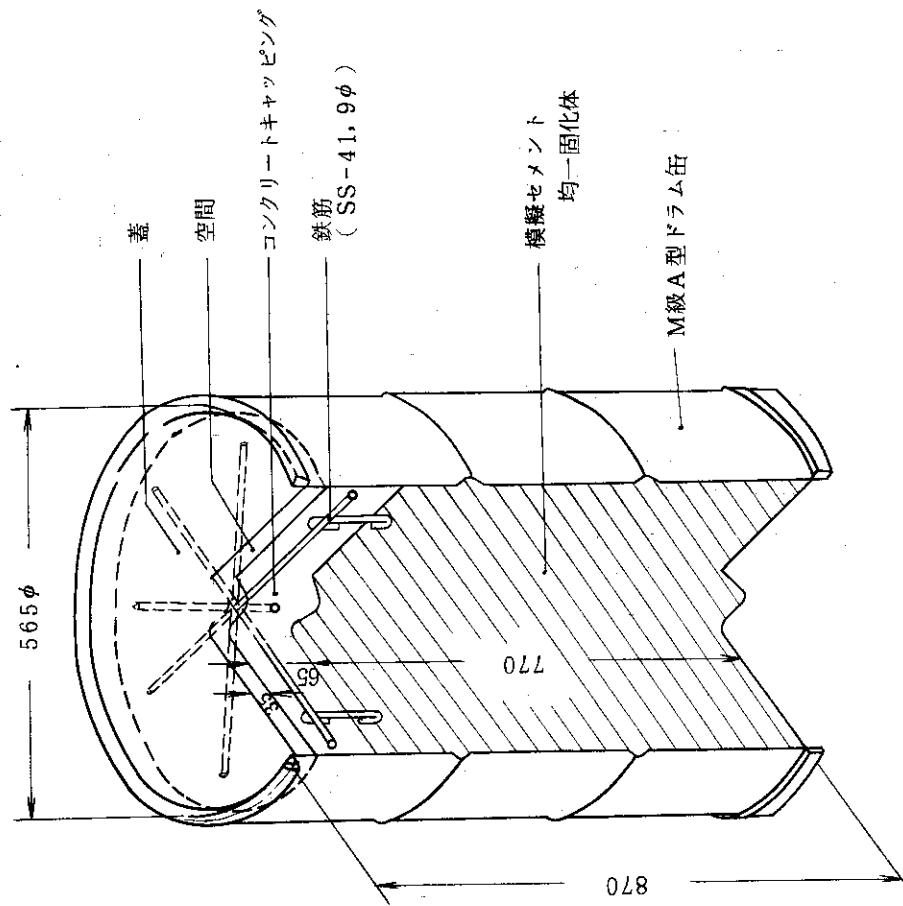


表 6 試験体の各深度到達時刻

D - 50 パックージ		M 級 パックージ															
到達深度 (m)	時 刻	下		上		昇		降		下		上		昇			
		時	刻	備	考	時	刻	備	考	時	刻	備	考	時	刻	備	考
0	9:50					11:30		0	14:27	5140m		5000	16:25				
500	10:00			試験海域水深 5180m	5000	4500	11:39		500	14:40	25		4500	16:34			
1000	10:08 ⁴⁵				4000		11:47		1000	14:48	30		4000	16:43			
1500	10:17 ³⁰				3500		11:56		1500	14:57	40		3500	16:51			
2000	10:25 ²⁵				3000		12:05		2000	15:06	20		3000	17:01			
2500	10:34 ⁴⁰				2500		12:13		2500	15:15			2500	17:09			
3000	10:43 ²⁵			5162m	2000		12:21		3000	15:24	35		2000	17:18			
3500	10:52 ²⁰				1500		12:29		3500	15:33	15		1500	17:26			
4000	11:01 ³⁰				1000		12:38		4000	15:38	50		1000	17:35			
4500	11:10 ²⁰				500		12:47		4500	15:47	30		500	17:44			
5000	11:19 ²⁰	5150m 10分保持	0		12:57				5000	15:56	40	5140m 夕食のため 30分保持	0	17:54			



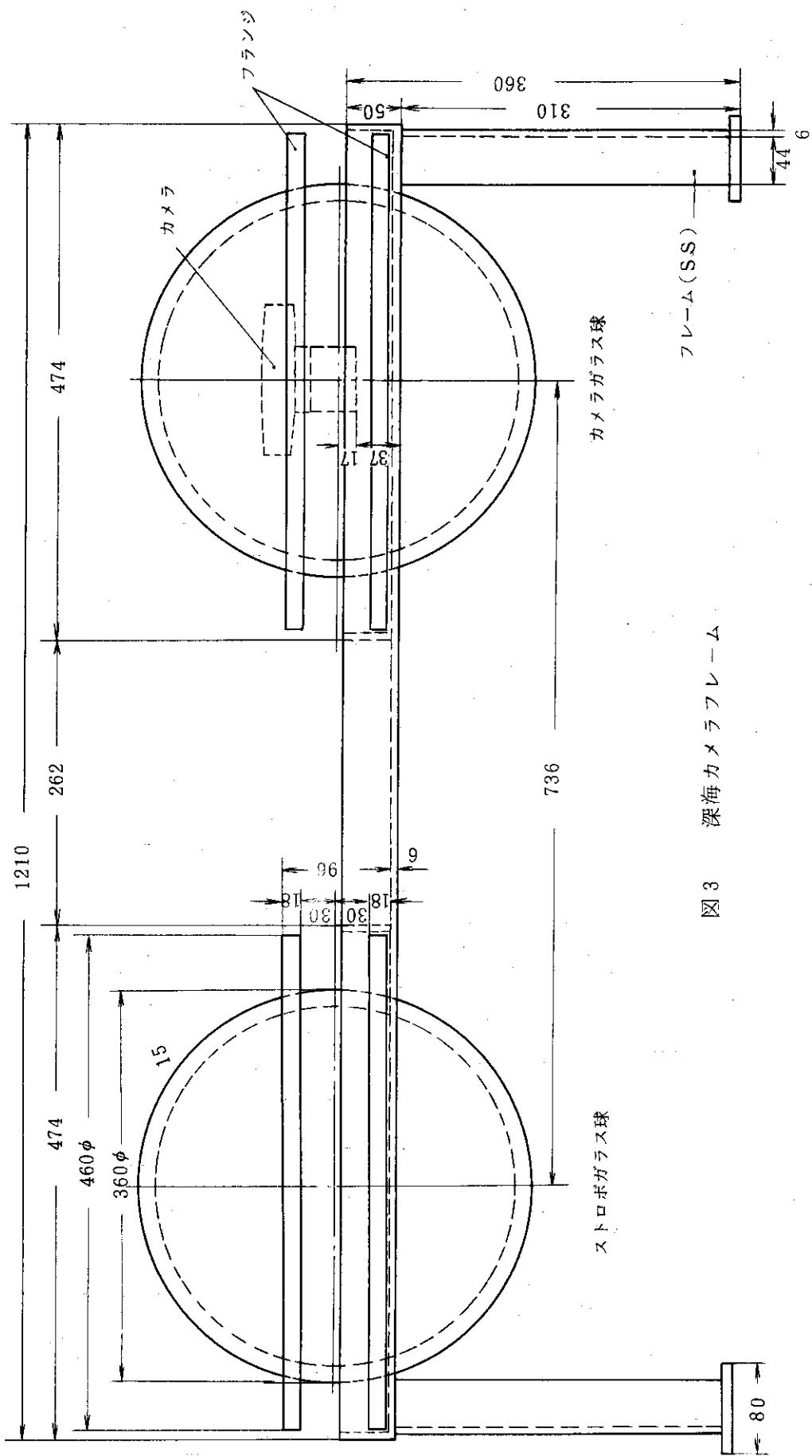


図3 深海カメラフレーム

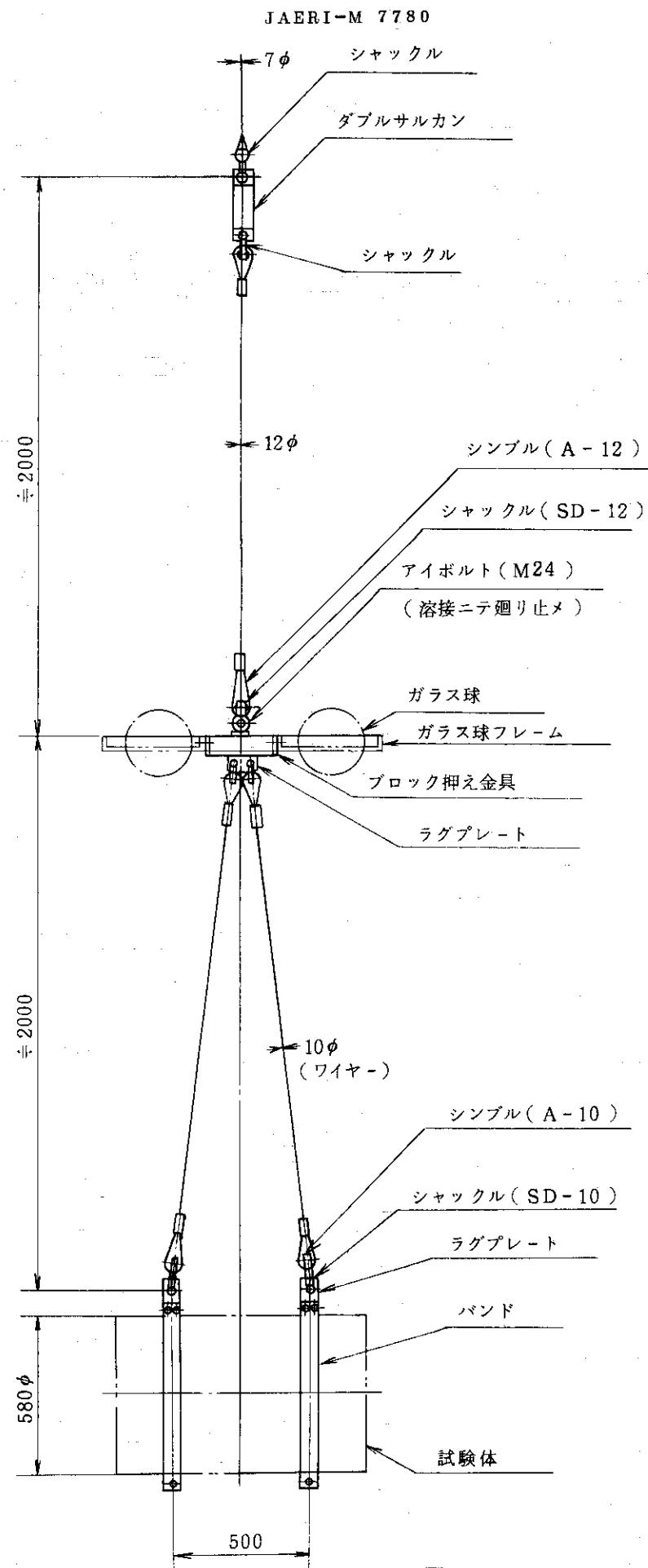


図4 吊り具

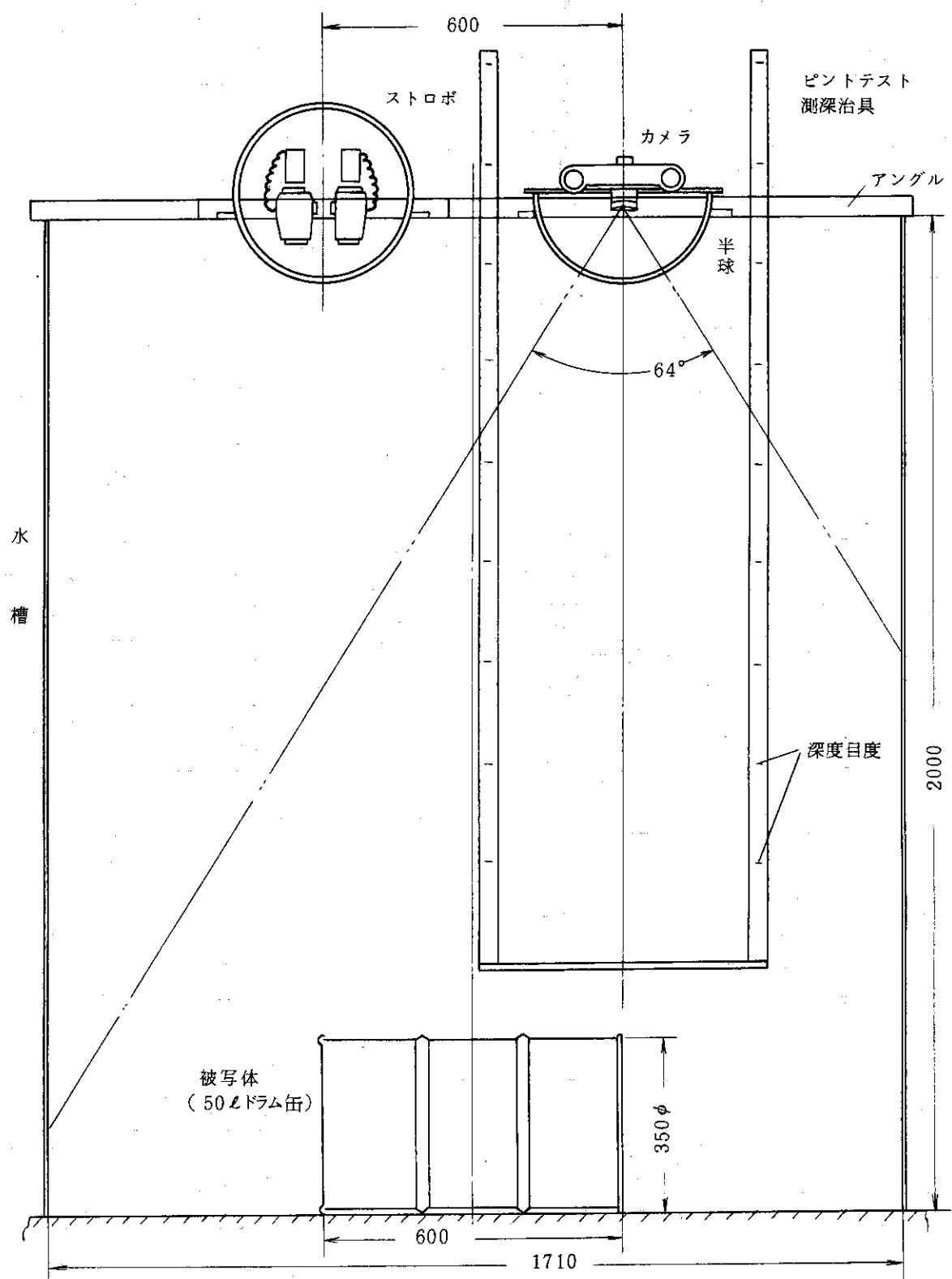


図5. 深海カメラ、ストロボ性能テスト配置図

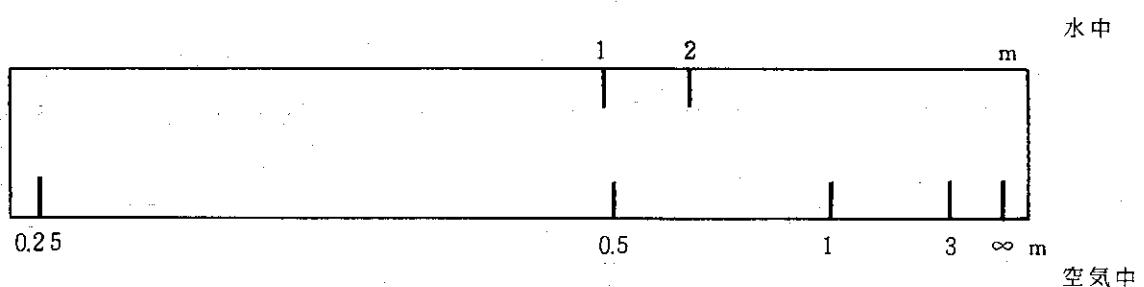


図6. 深海カメラの距離計目盛

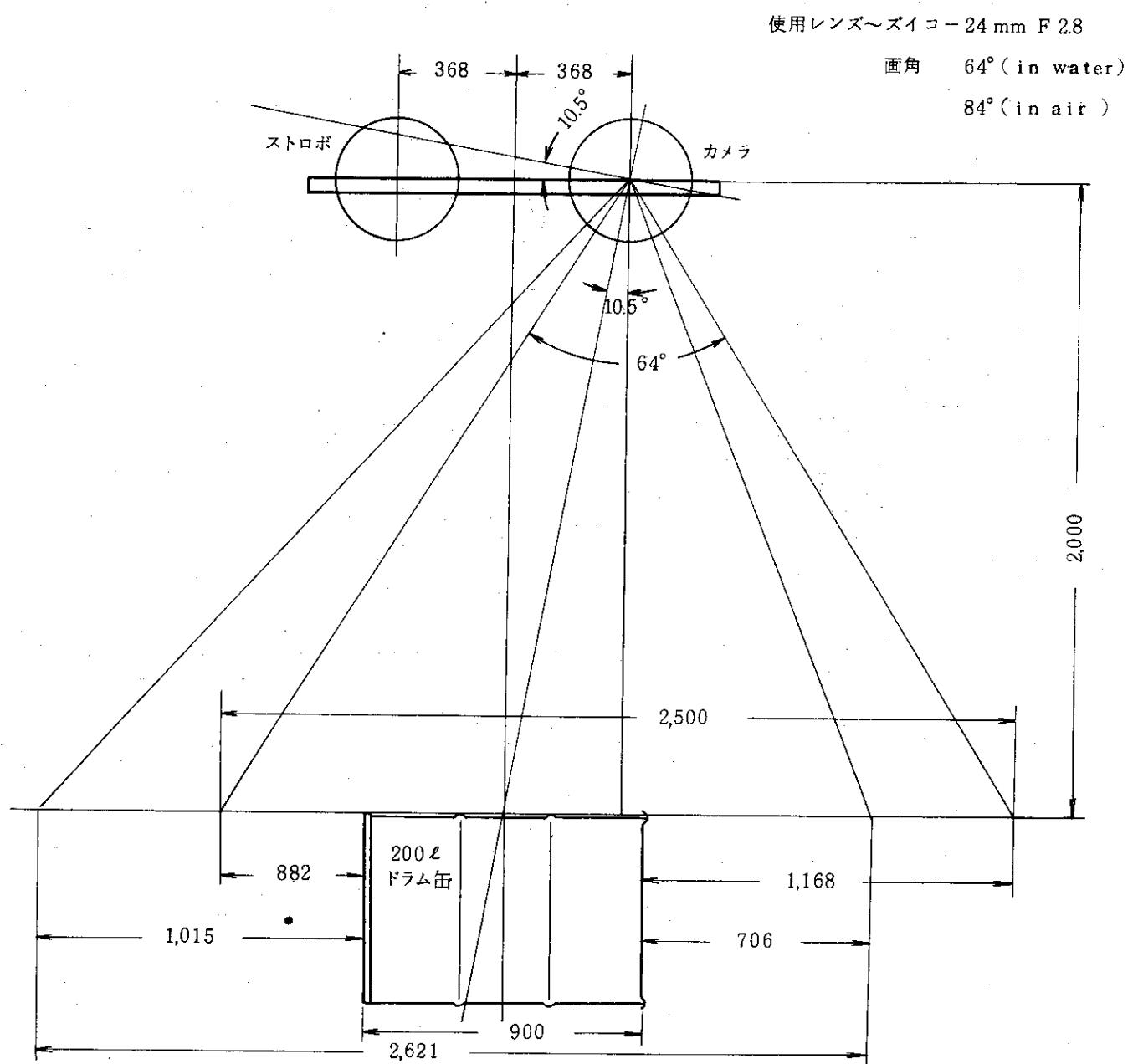


図7. 探海カメラの視野

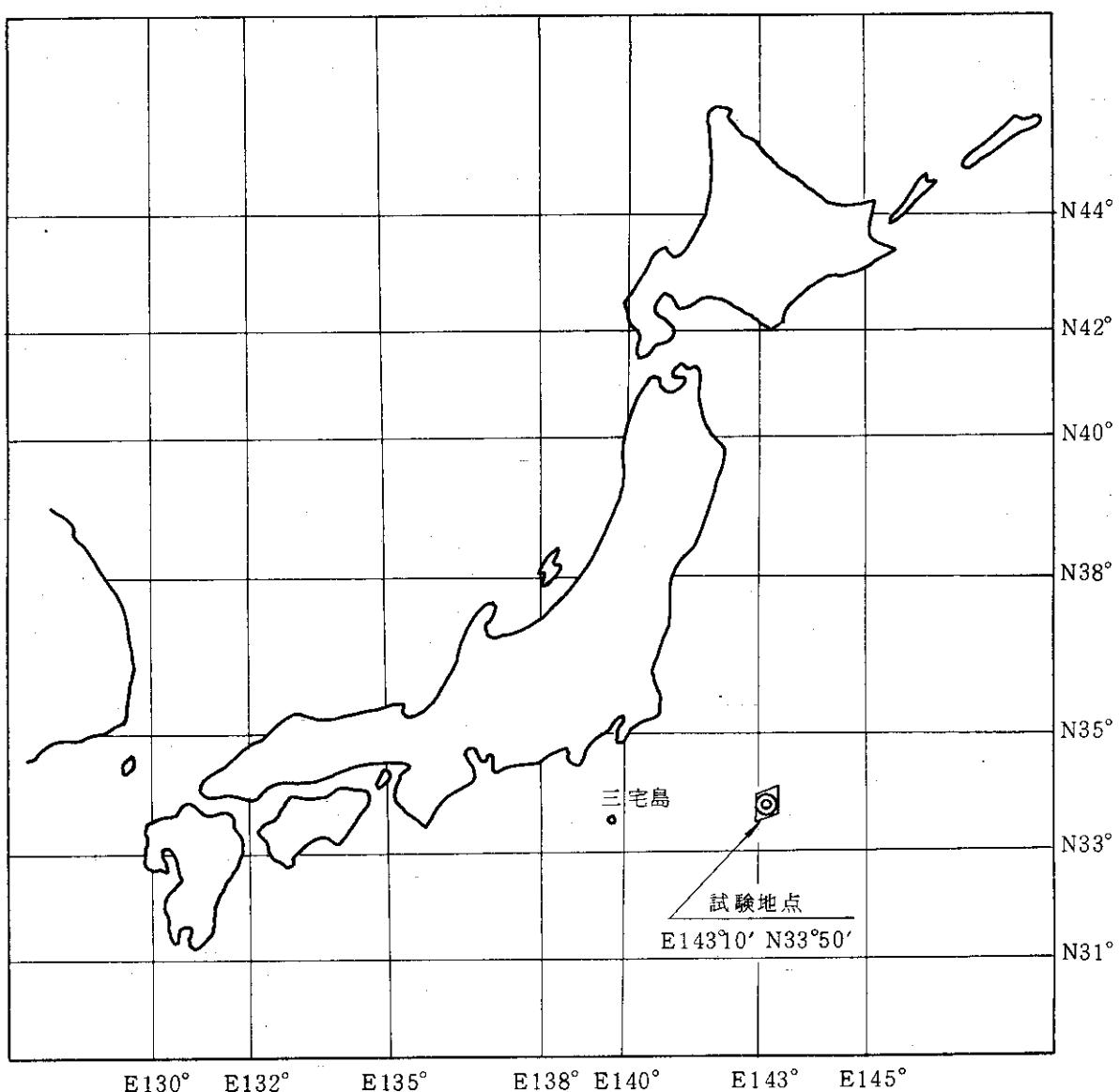


図 8 試験海域

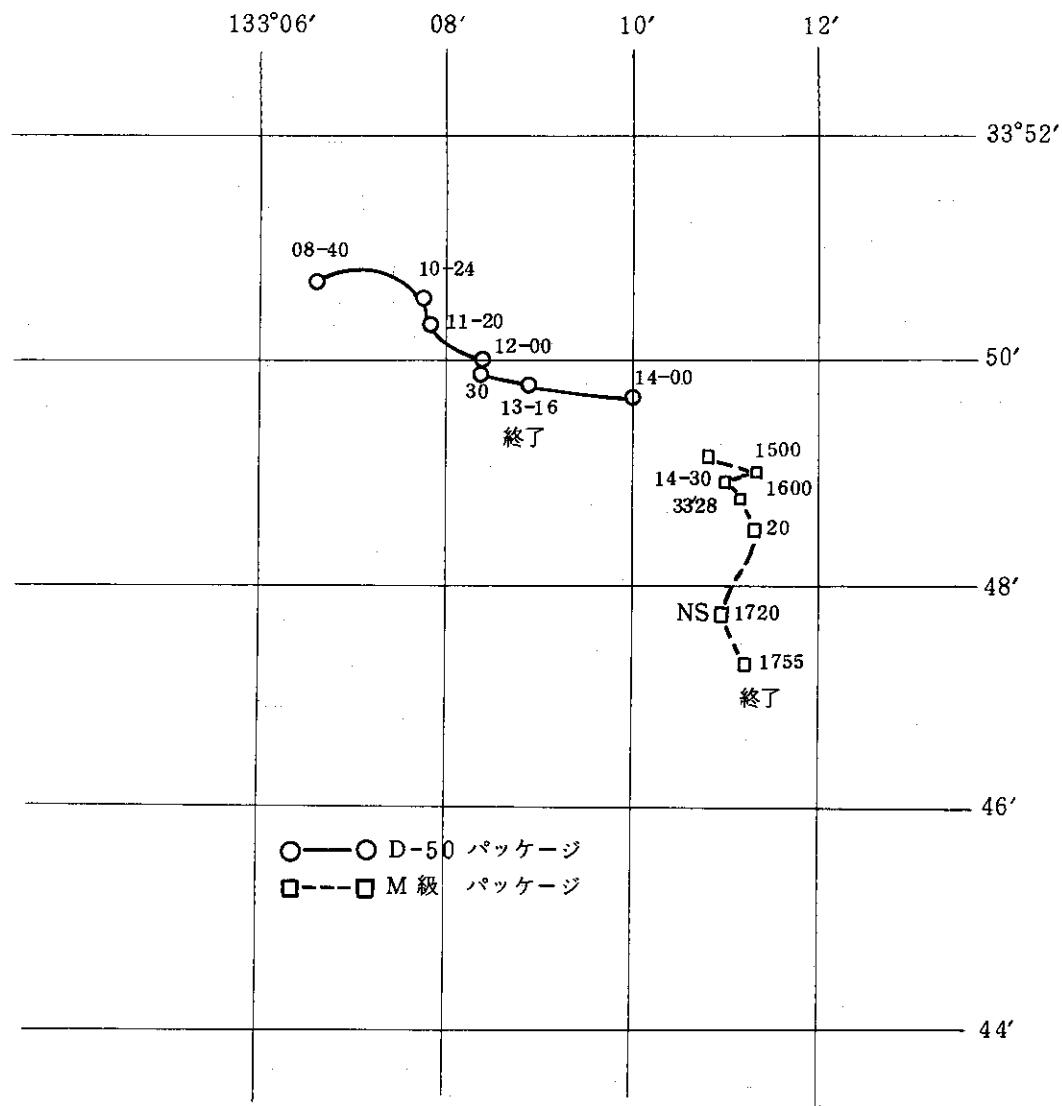


図 9 試験時の航跡

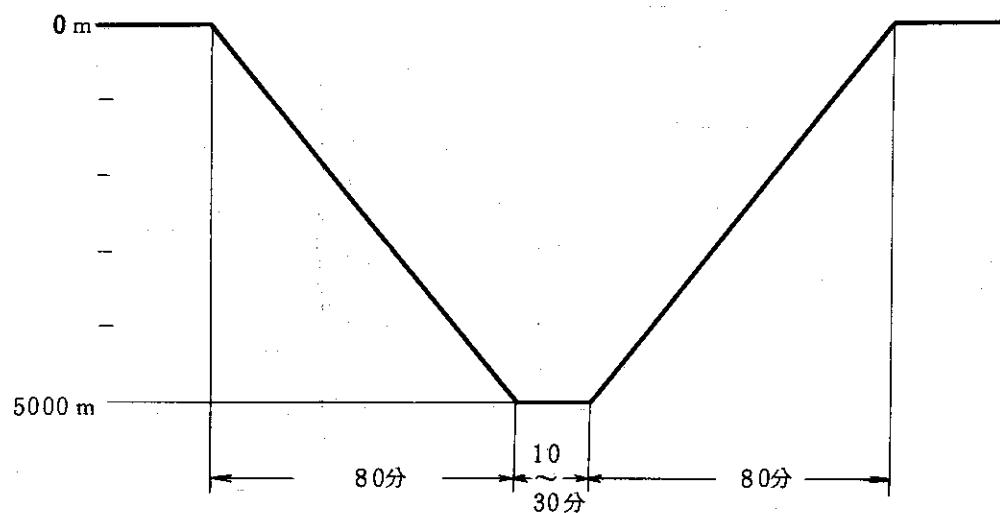


図 10. 吊下ろし回収試験条件

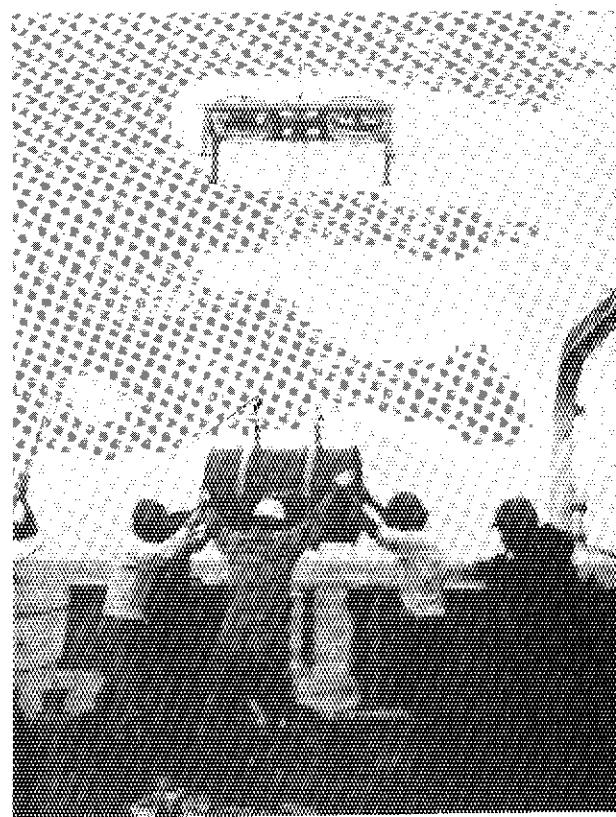


図 11. 試験開始状況

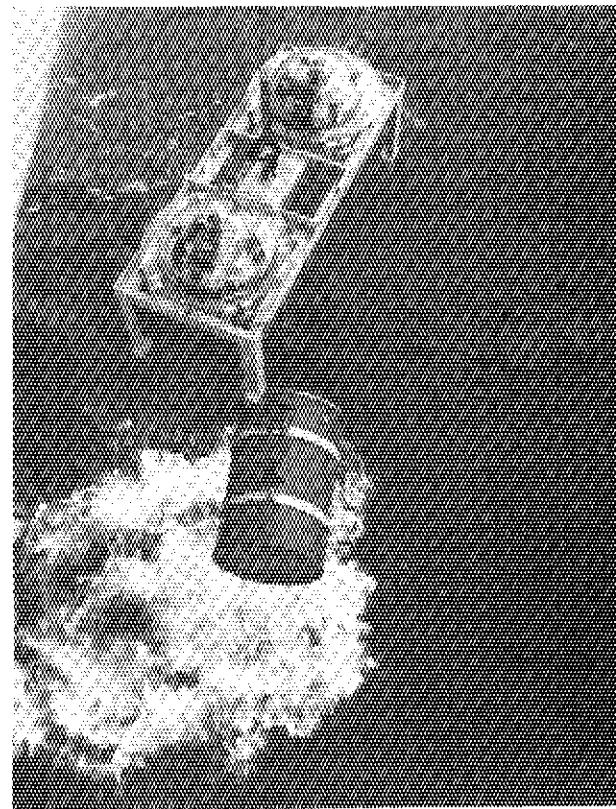


図 12. 試験体の着水状況

着 水

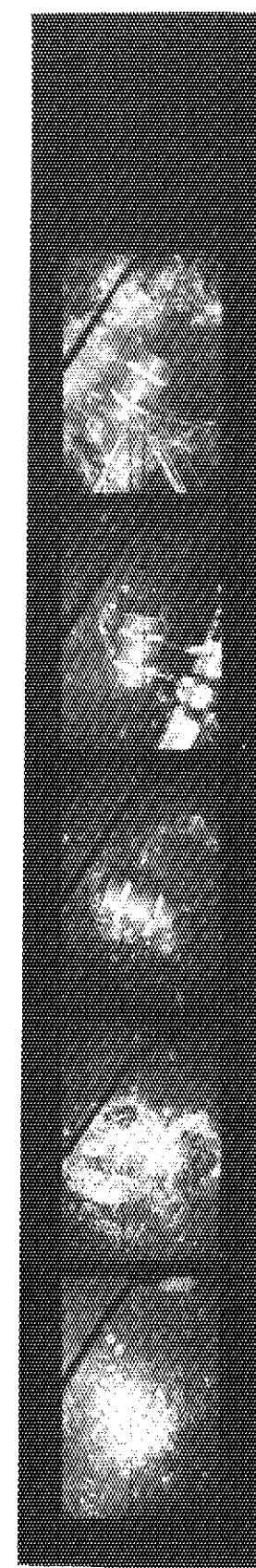
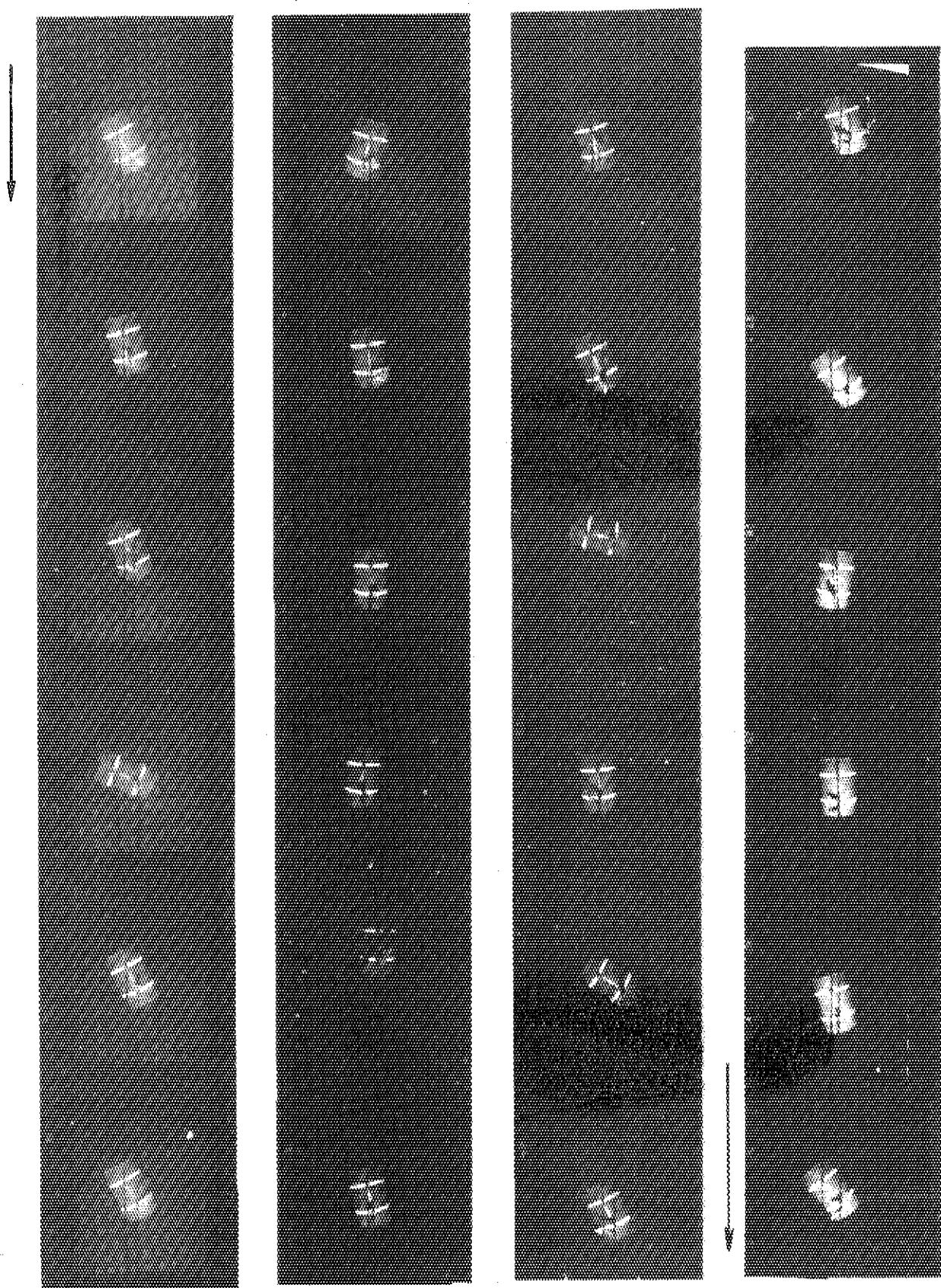
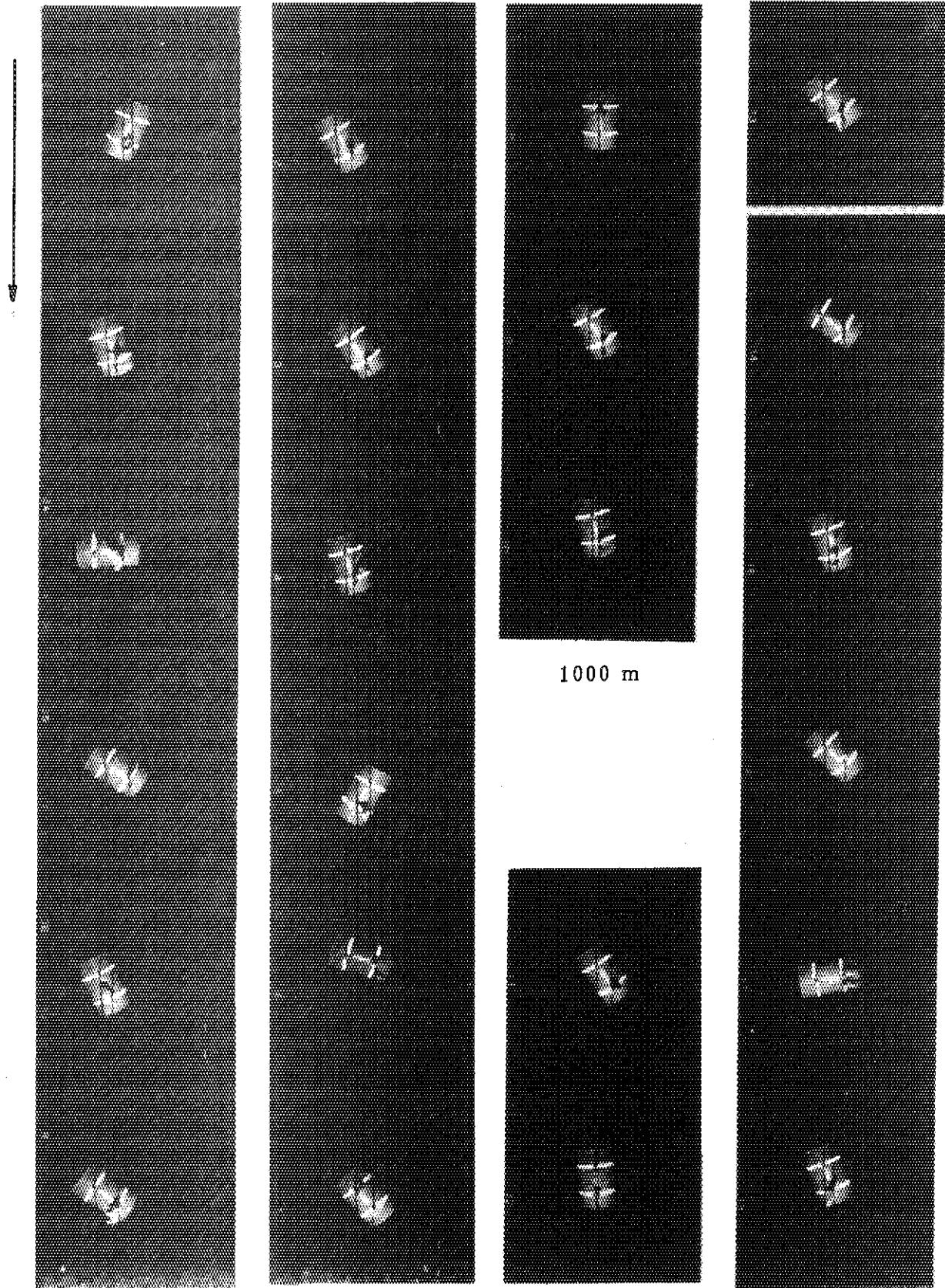
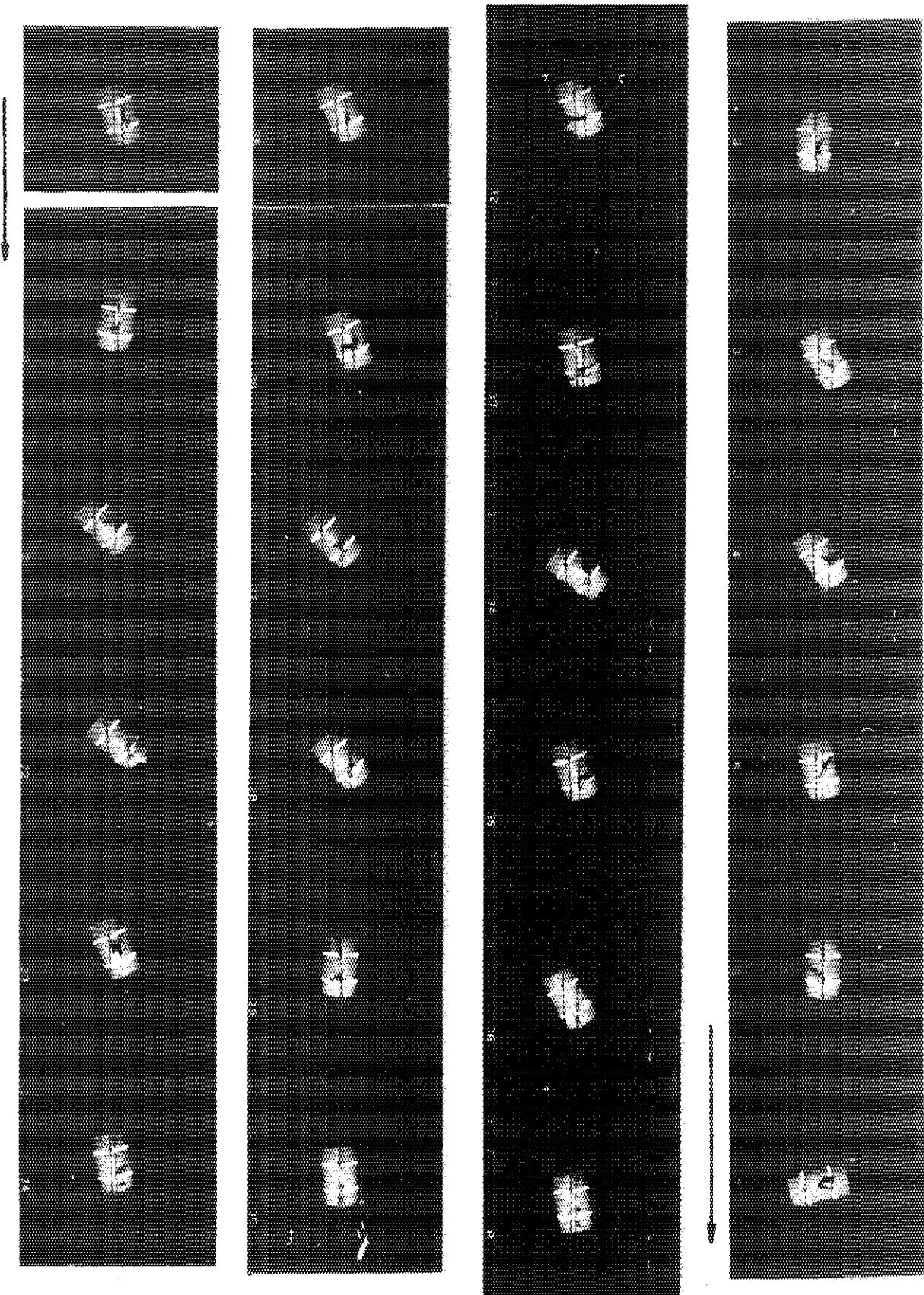


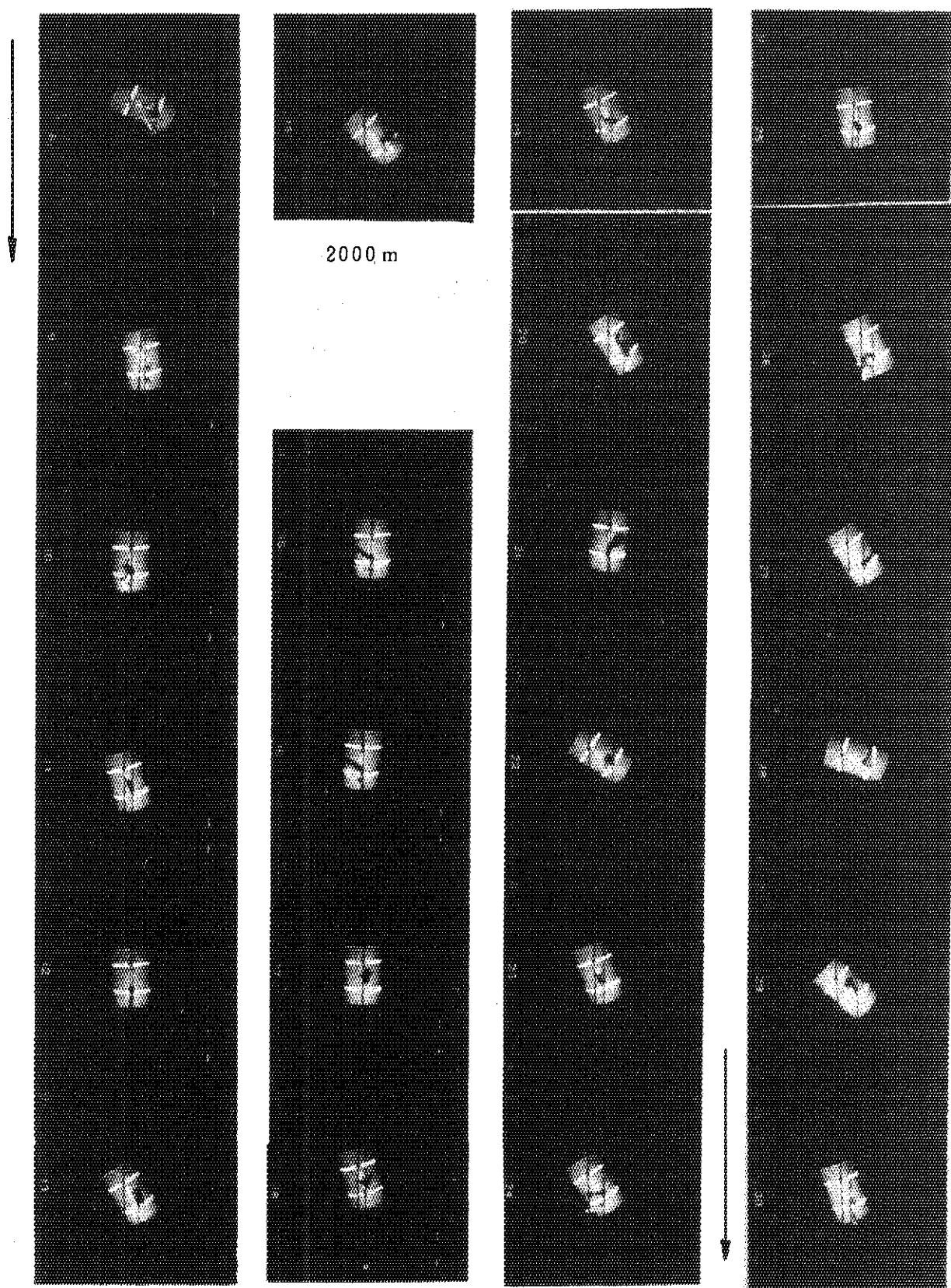
図 13. D-50 パッケージの海中での表面状況(連続撮影)

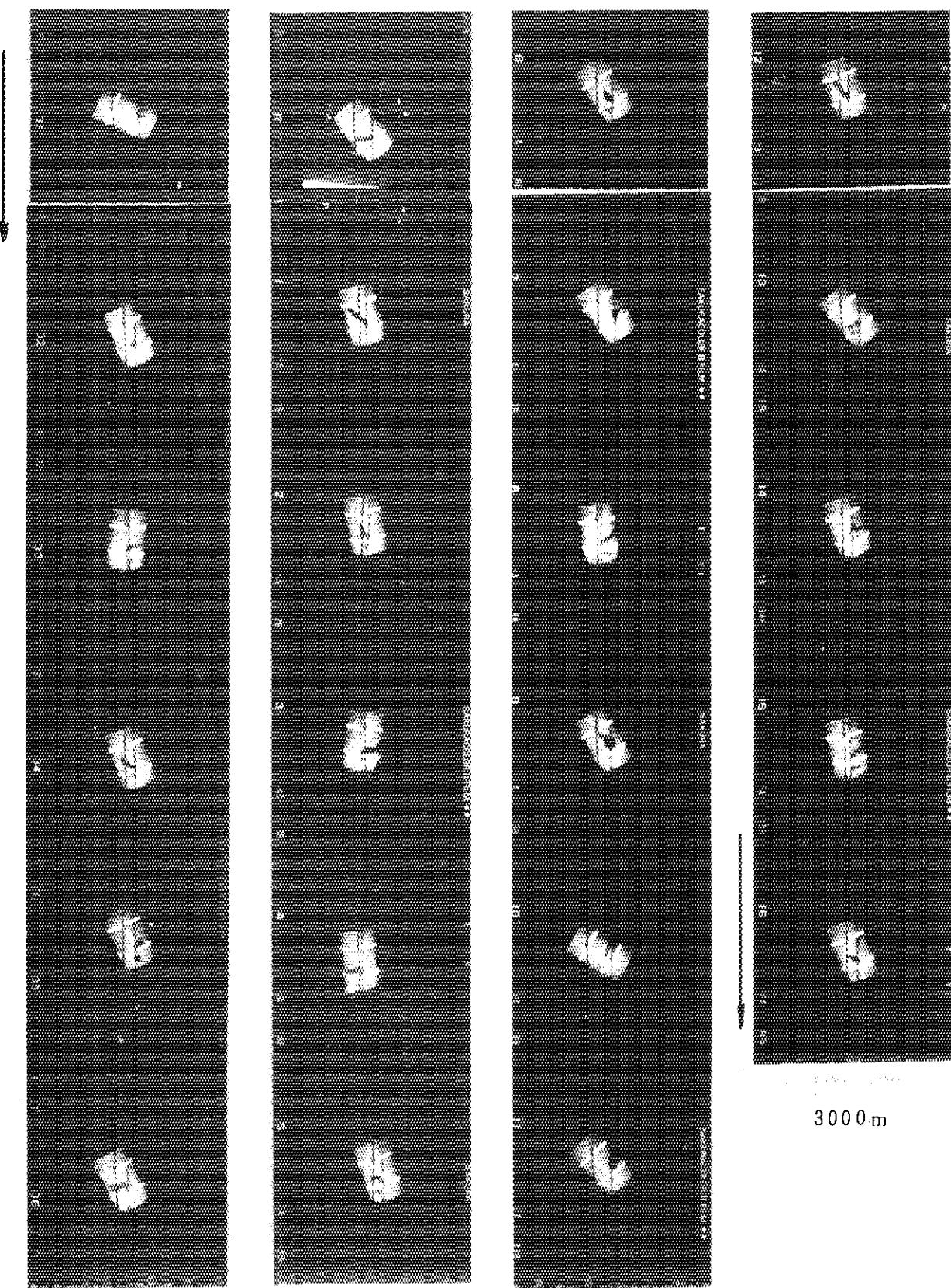
0 m

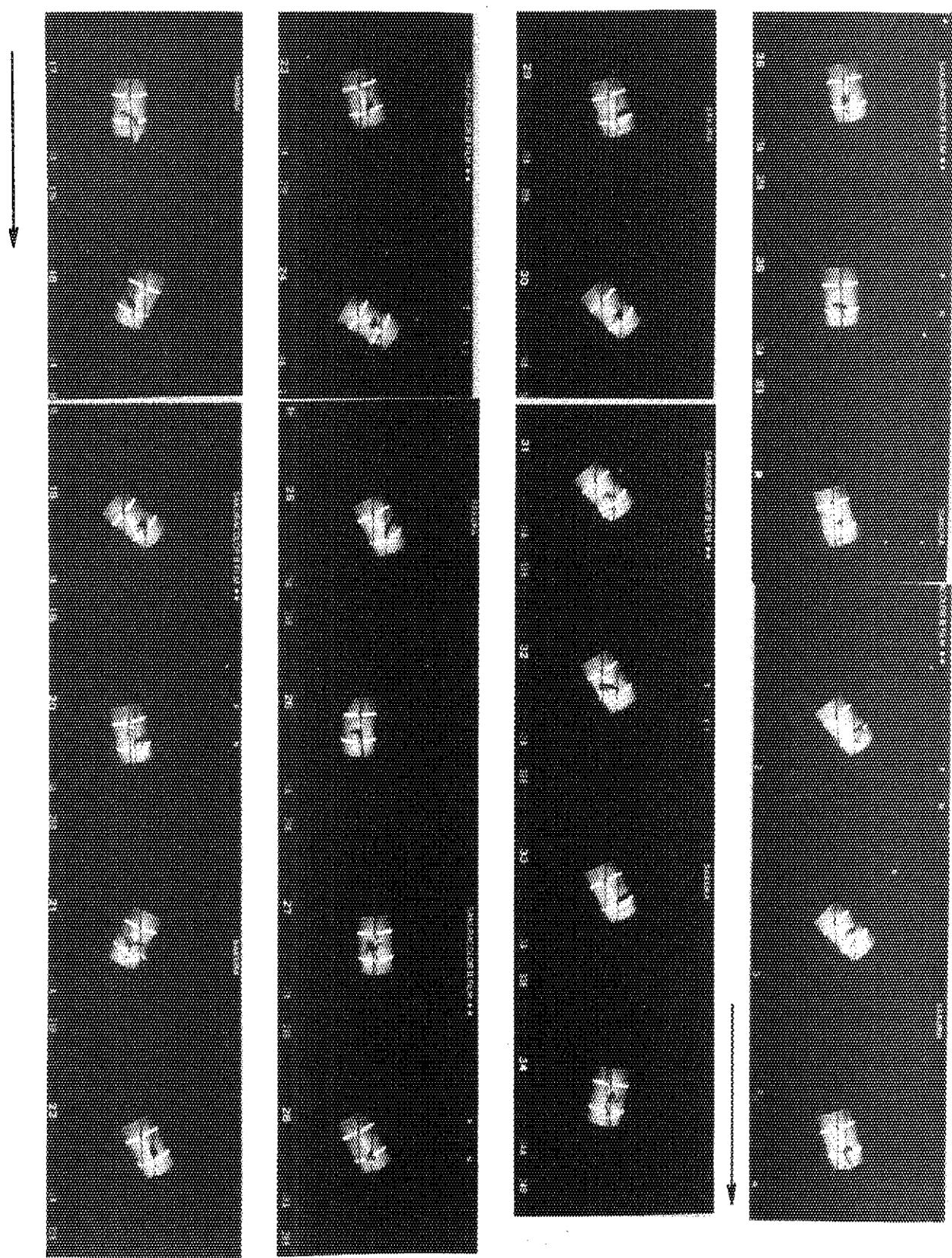


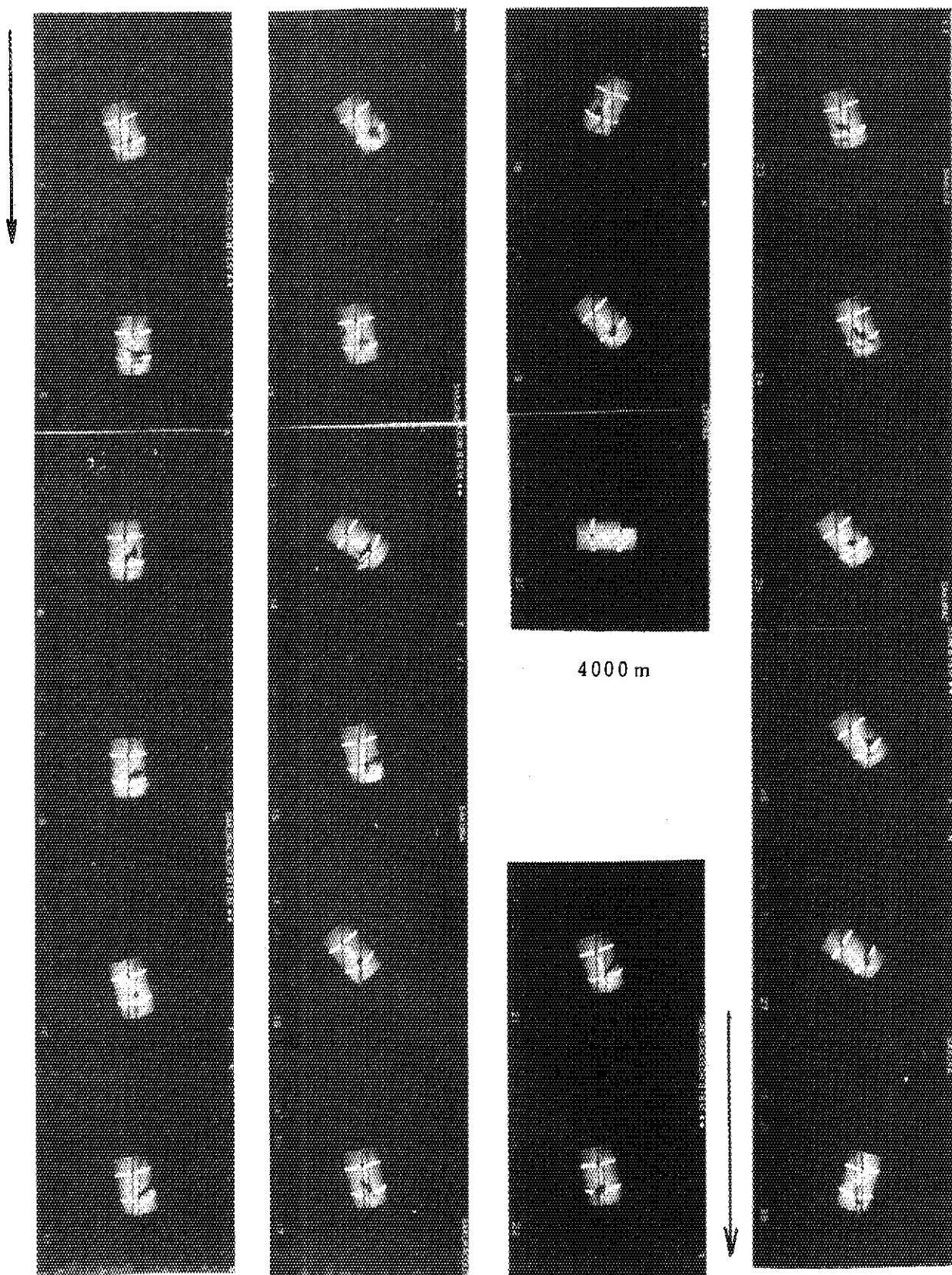


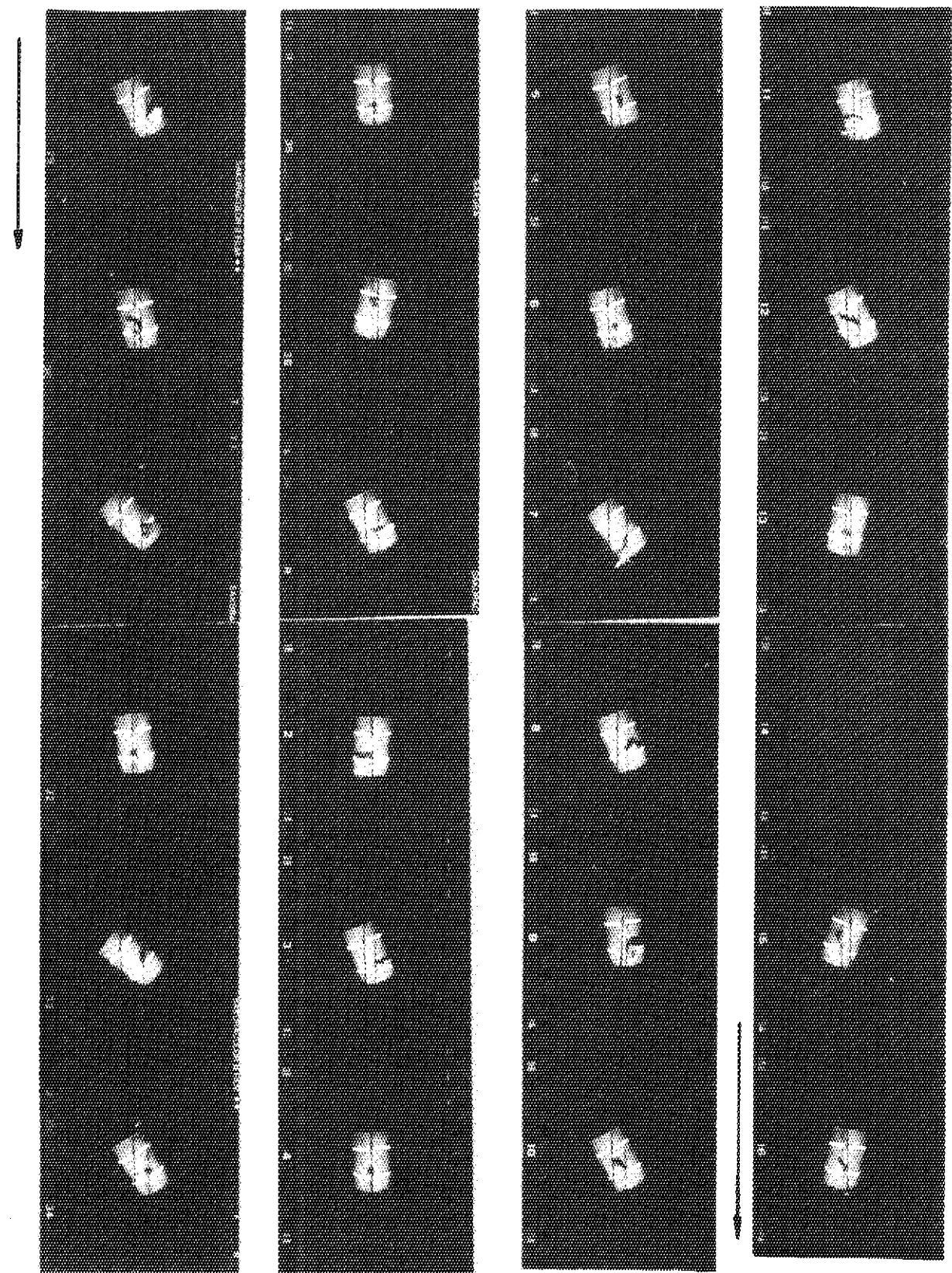


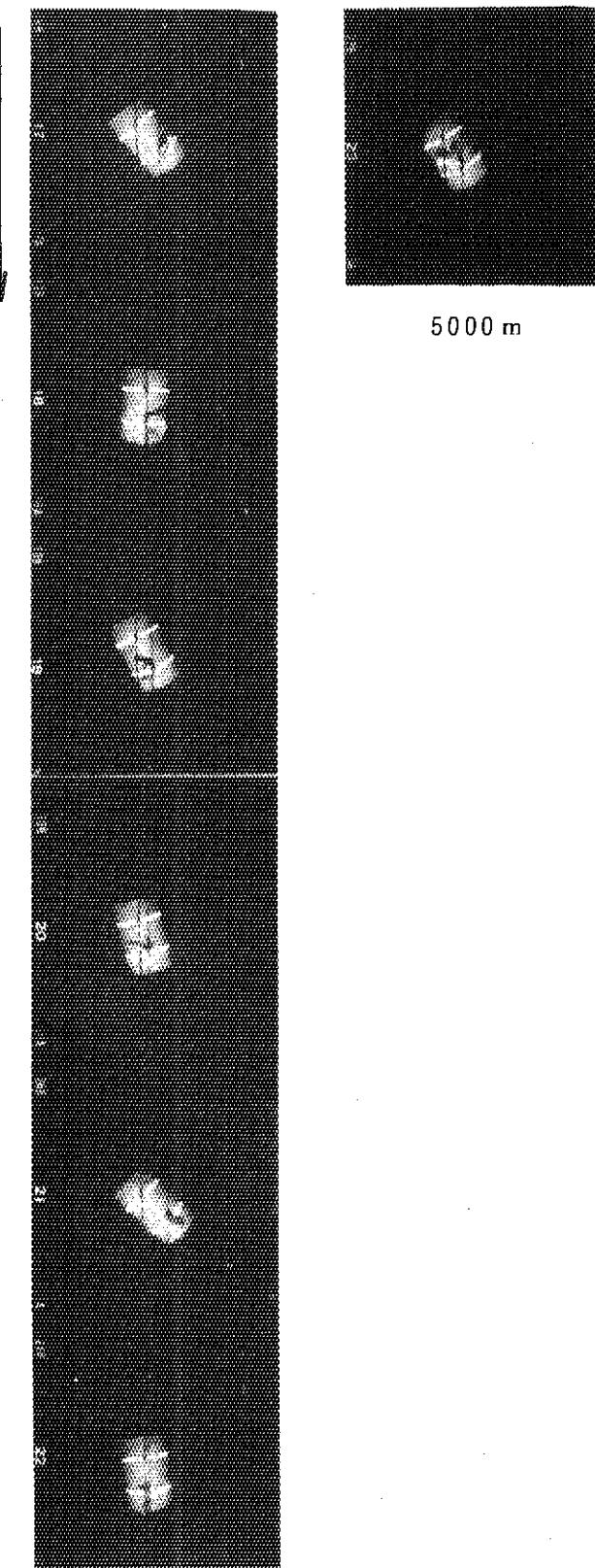




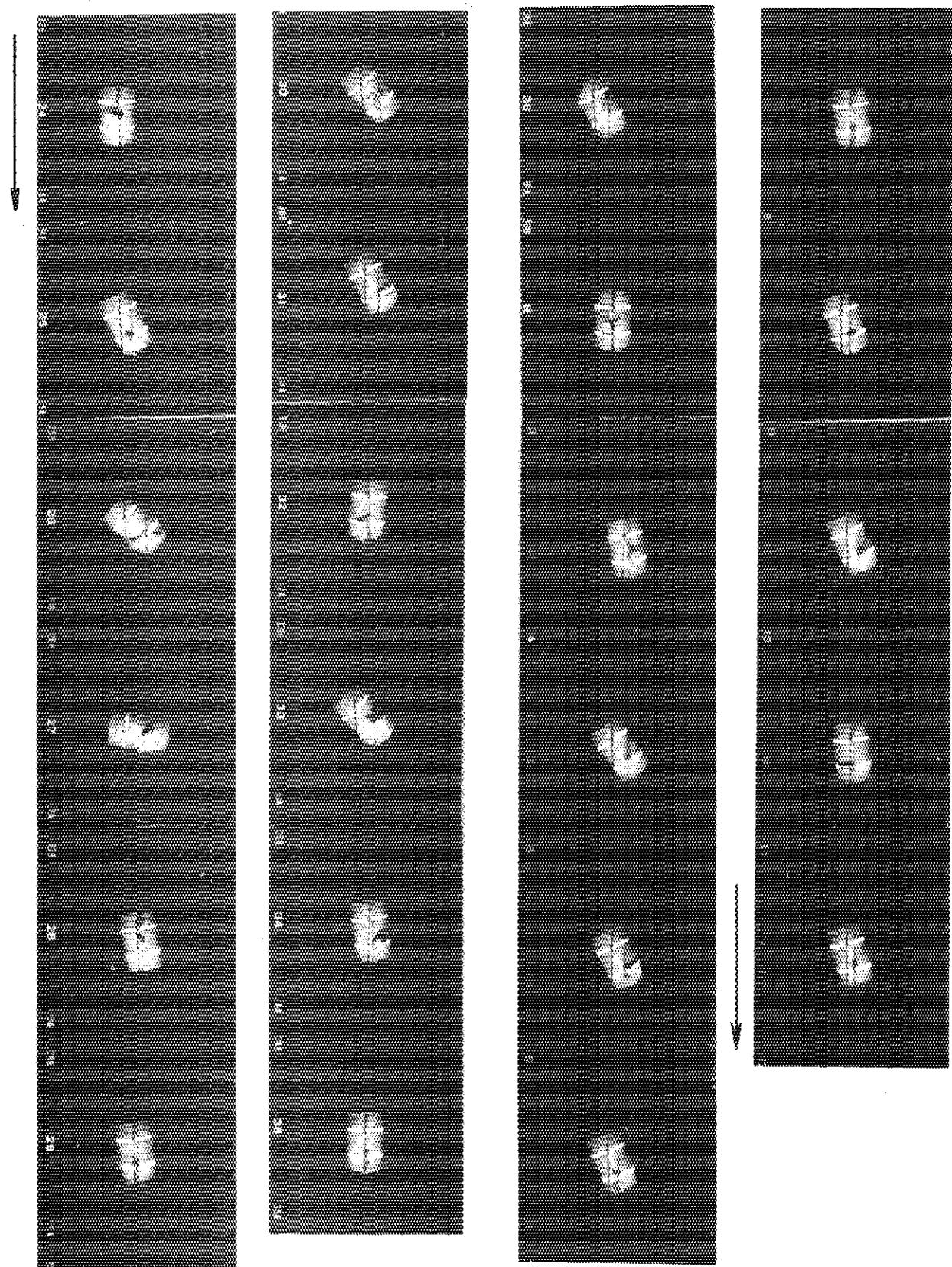


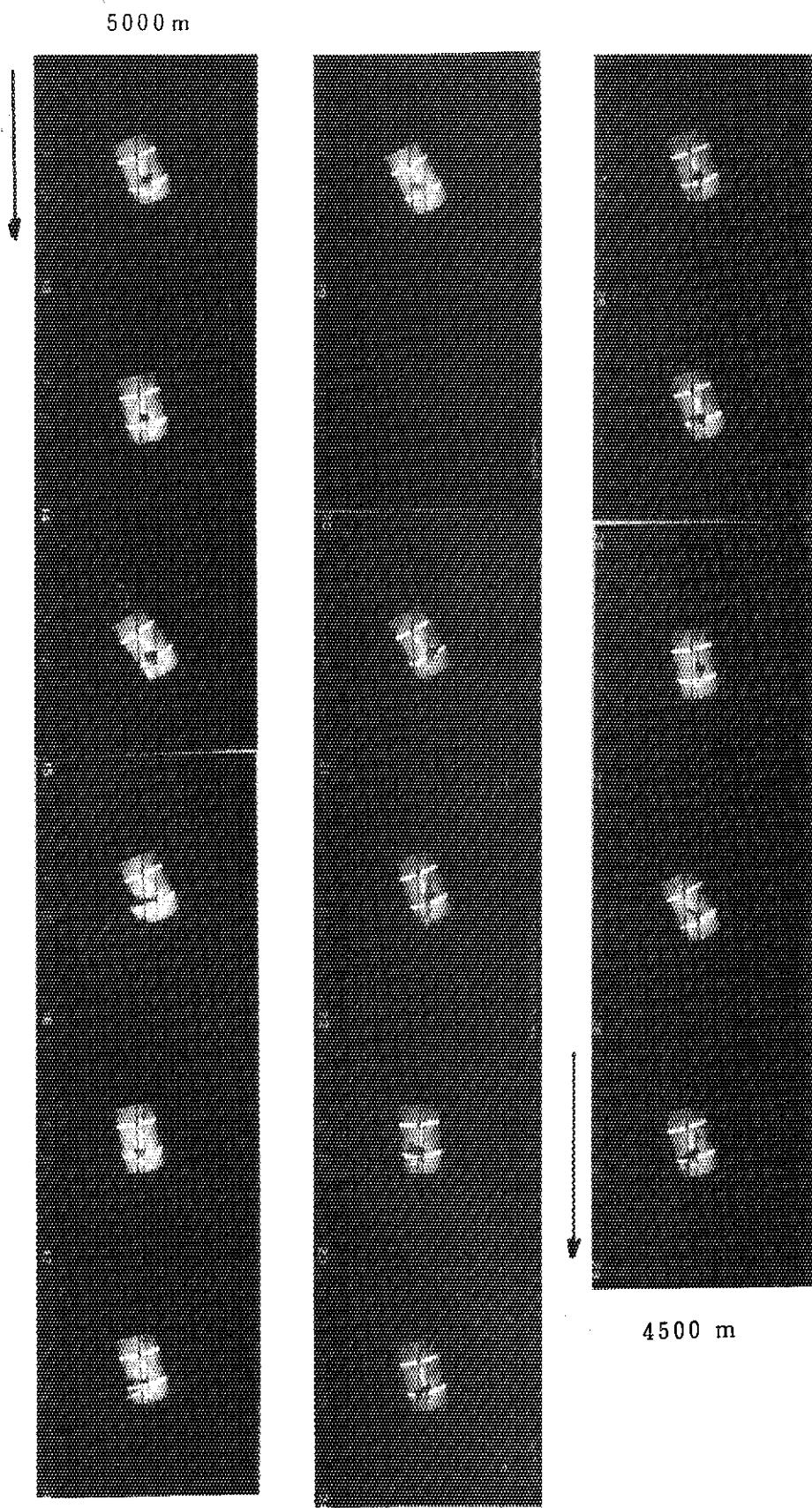






水深 5000 m 10 分間保持





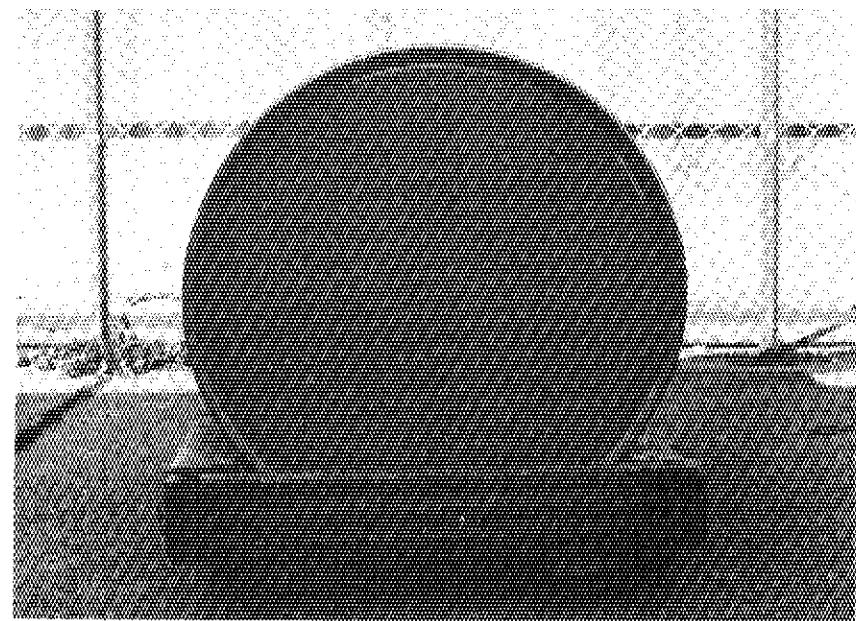


図 14. 試験前の D - 50 パッケージ底部

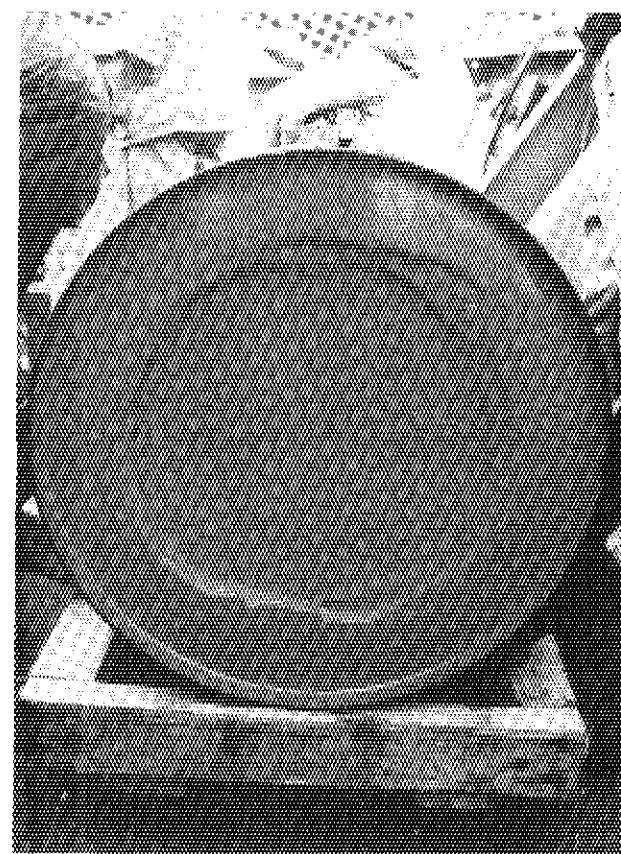


図 15. 試験後の D - 50 パッケージ底部

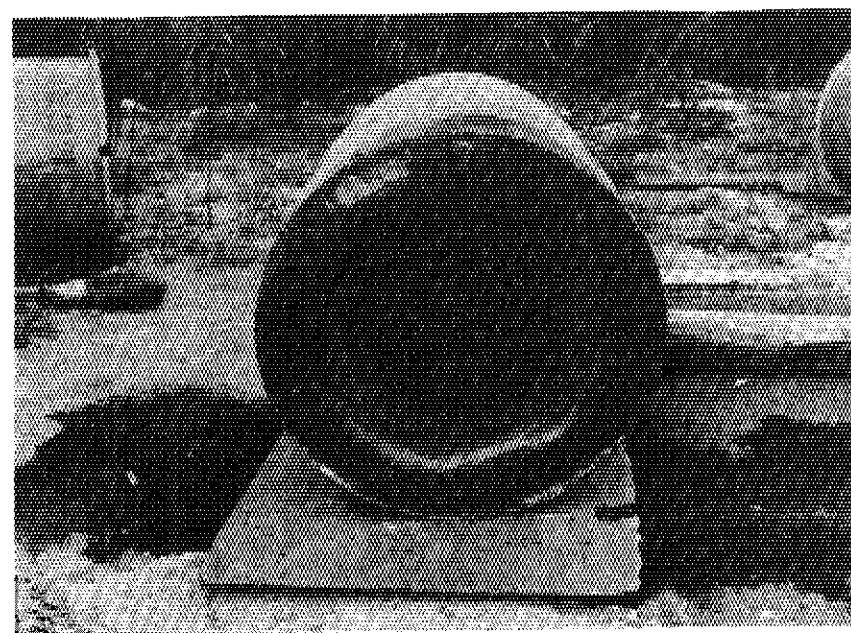


図 16. ドラム缶外被を外すしたD-50パッケージの底部

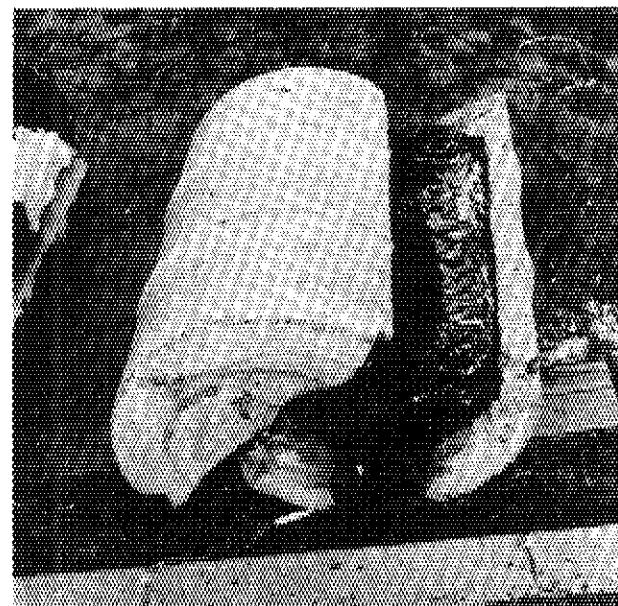


図 17. D-50パッケージの断面

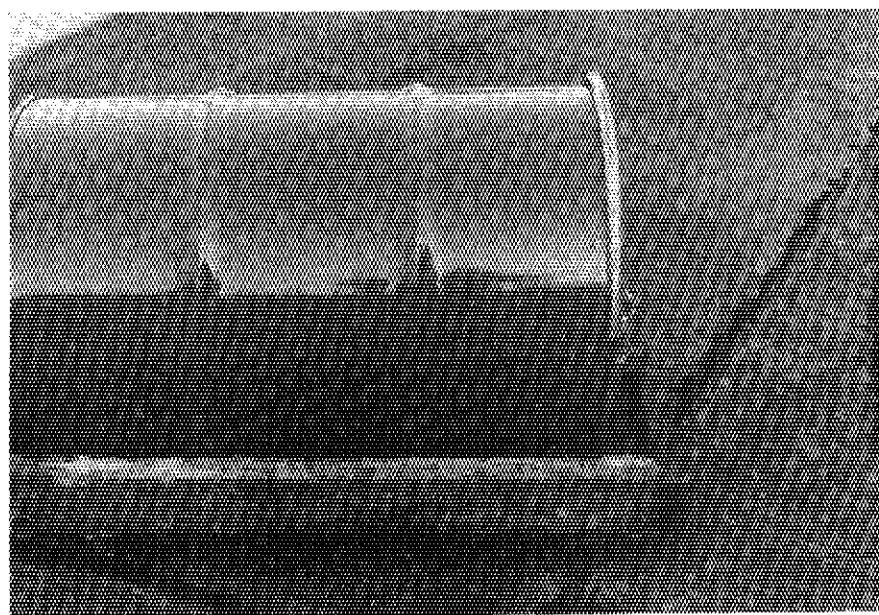


図 18. 試験前のM級パッケージの表面

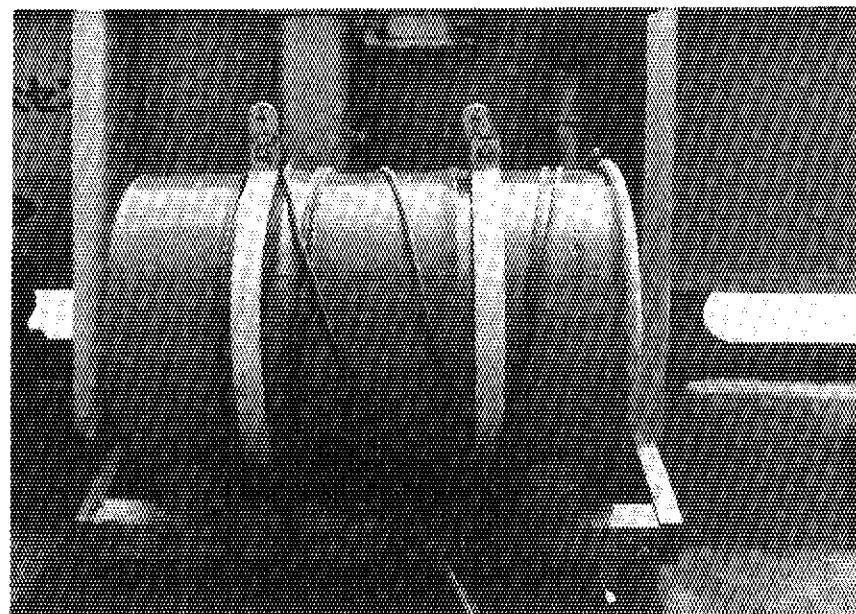
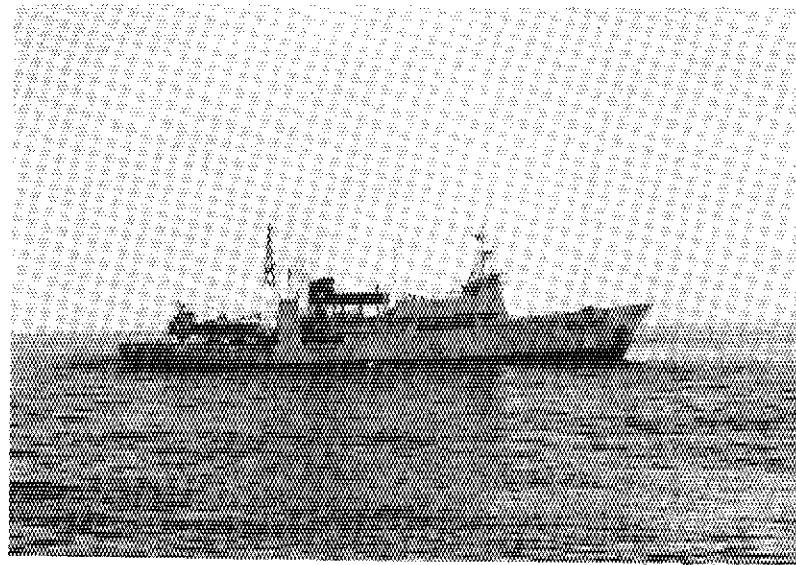
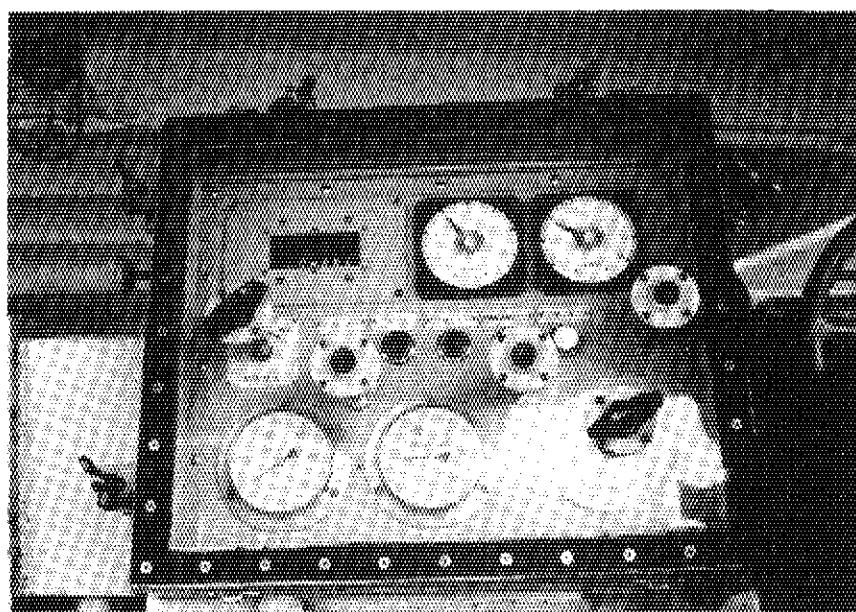


図 19. 試験後のM級パッケージ表面
(蓋締付けバンド隣りに帯状の溝が見られる)

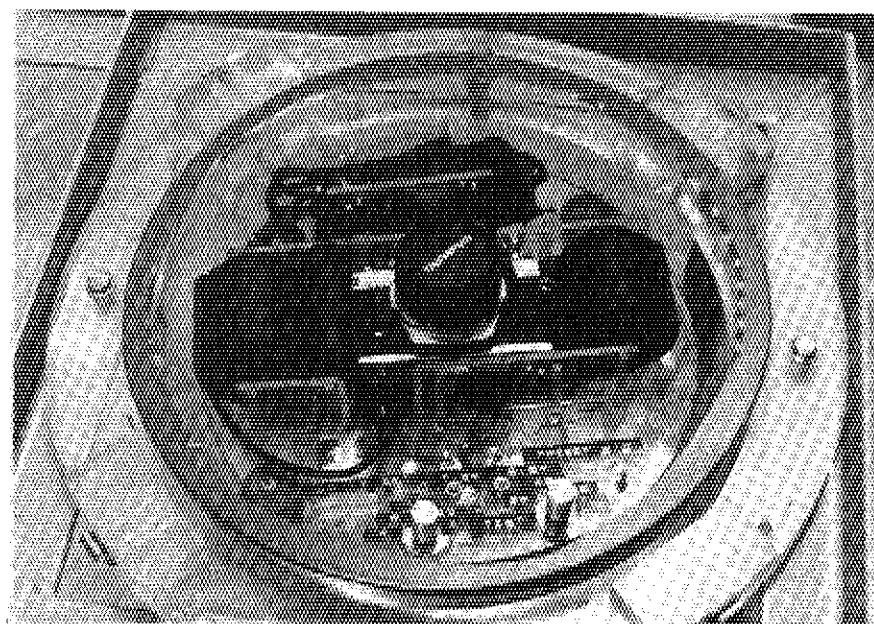
付
録



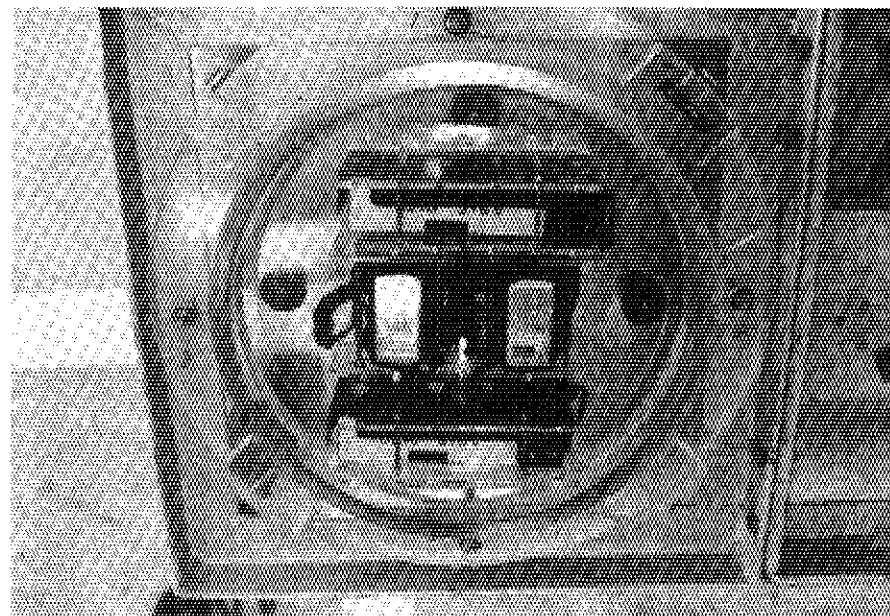
試験船“昭洋”



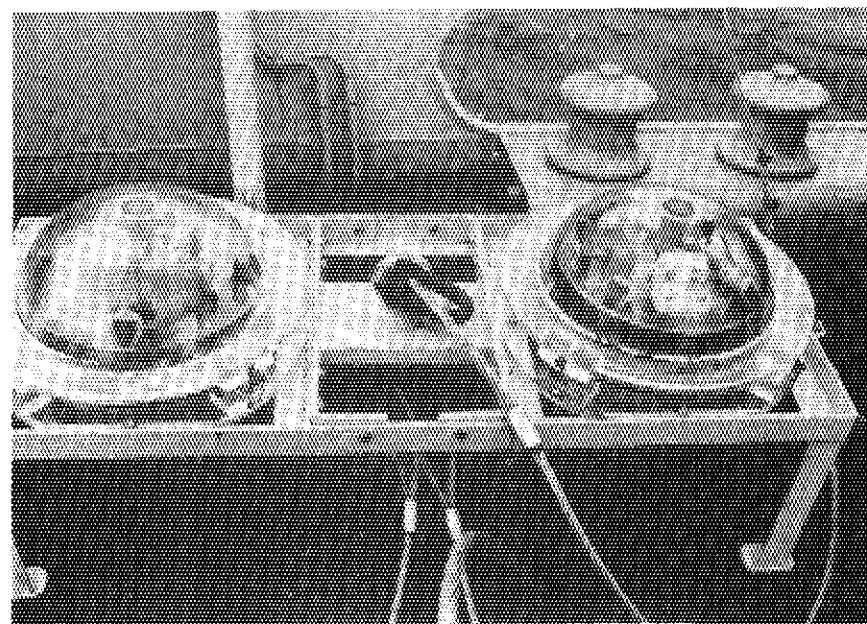
落下速度、吊下げ荷重および到達深度の各計器



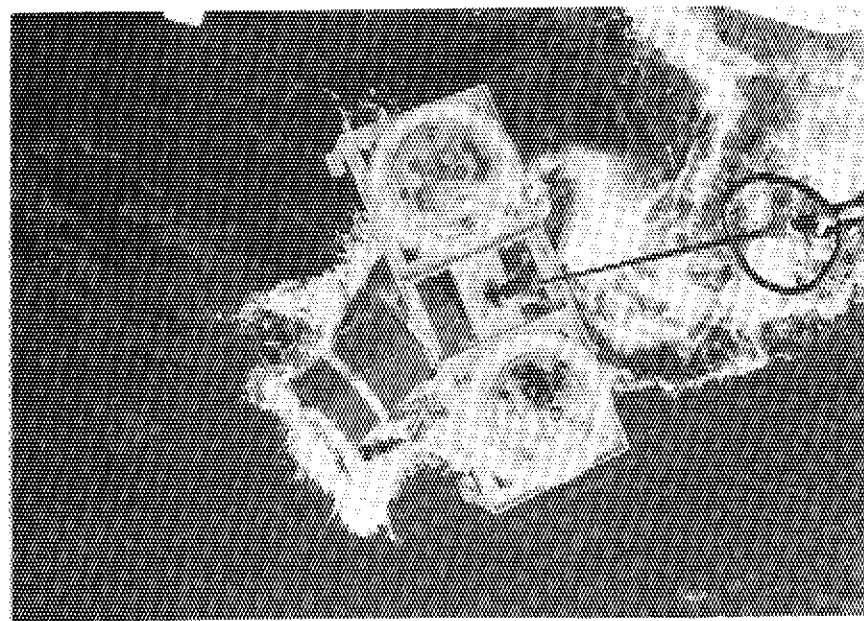
ガラス球内カメラの配置



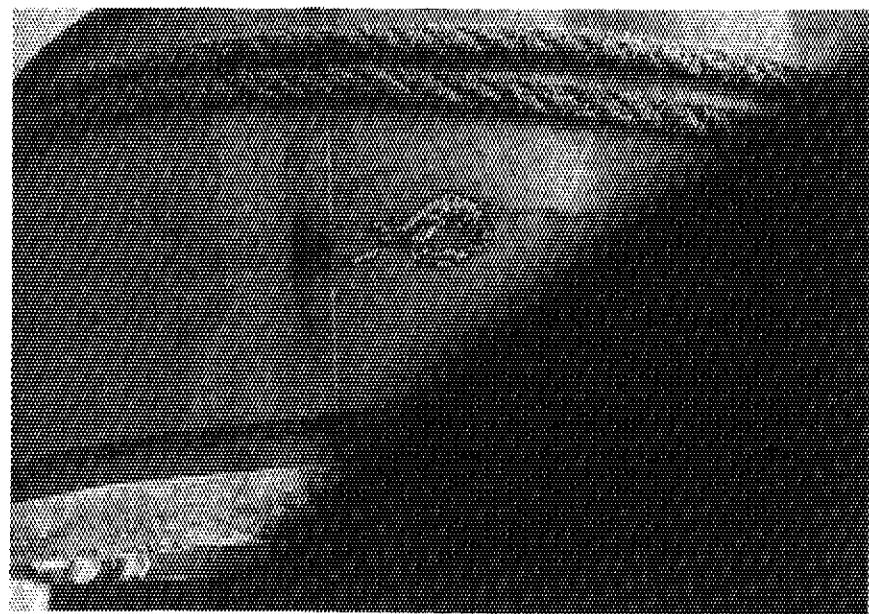
ガラス球内ストロボの配置



カメラおよびストロボ用ガラス球



試験体を海中から吊上げるところ。深海と海洋表面
との温度差によりガラス球が曇っている。



試験後のM級固化体表面。(セメント固化体とドラム缶との間の間隙
あるいは、巣(ボイト)などのところは、高水圧によって凹みを生ずる)

正 誤 表 (JAERI-M 7780)

	誤	正
P 1. 2行	高 水 下	高 水 圧 下
P 1. 22行	水深 5000 の	水深 5000 m の
P 1. 28行	東 豆 浚 設	東 豆 浚 澞
P 3. 21行	寸法は 図 6	寸法は 図 4
P 8. 1行	東 豆 浚 設	東 豆 浚 澞
P 8. 2行	測 面	側 面
P 8. 3行	放 射 線	放 射 性
P 19. 図 6		(実物の 3.1 倍) を挿入