

JAERI-M

8525

放射性廃棄物多重構造パッケージの自由  
落下による深海中健全性実証試験

1979年11月

伊藤 彰彦・大内 康喜・比佐 勇・関 晋

服部 洋司良・高橋 孝三・進士 義正

背戸 義郎<sup>\*</sup>・神保 正春<sup>\*\*</sup>

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、複製などのお問い合わせは、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.

放射性廃棄物多重構造パッケージの自由落下  
による深海中健全性実証試験

日本原子力研究所東海研究所環境安全研究部

伊藤 彰彦・大内 康喜・比佐 勇<sup>+</sup>

関 晋・服部洋司良<sup>++</sup>・高橋 孝三<sup>+++</sup>

進士 義正<sup>++</sup>・背戸 義郎<sup>\*</sup>・神保 正春<sup>\*\*</sup>

(1979年10月4日受理)

模擬放射性廃棄物を封入した多重構造パッケージB-I型, B-III型, LD-75型の, 水深約4,300mの海底への自由落下による健全性実証試験を, 四国沖350kmの大平洋において実施した。自由落下試験に際しては, ブイの下方に深海カメラ, フラッシュ, 切離し装置を吊り, さらに切離し装置の下方に廃棄物パッケージを連結して海中を落下させ, 落下中及び着底後しばらくの間パッケージの写真を撮影した。深海カメラ, フラッシュ等は, 切離し装置の作動によってパッケージから切り離され, ブイの浮力により海面へ浮上したところで, これを回収した。深海カメラ, フラッシュ等の回収には全て成功した。B-III型パッケージの試験ではフラッシュが作動せず撮影は不成功に終ったが, B-I型, LD-75型では写真からパッケージの健全性は保持されたと判定した。

+大洗研究所材料試験炉部

++東海研究所保健物理部

+++大洗研究所管理部

\*海上保安庁水路部 \*\*東豆浚渫株式会社

Integrity Demonstration Test of Multi-stage Type Packages  
of Radioactive Wastes by Free Descent to Deepsea Bed

Akihiko ITO, Koki OUCHI, Isamu HISADA, Susumu SEKI, Yoshiro HATTORI,  
Kozo TAKAHASHI, Yoshimasa SHINJI, Yoshio SETO<sup>\*</sup> and Masaharu JINBO<sup>\*\*</sup>

Division of Environmental Safety Research,  
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received October 4, 1979)

Free descent tests of the multi-stage type packages, i.e., B-I(4.3 ton), B-III(2.6 ton) and LD-75(1.4 ton), containing simulated wastes, to deepsea bed of 4300 m depth were carried out in the Pacific Ocean 350 Km off Shikoku Island to demonstrate their integrity in sea dumping. A deepsea camera, a flash and a releaser were hung from a buoy by steel wire and the package was connected to the releaser, when dumped into sea. The package was successively photographed during its descent and for a short time after its arrival at the seabed. Subsequently, the camera, flash, etc. were disconnected from the package by action of the releaser, and recovered when they rose on sea surface. Recovery was successful at every dumping test.

According to the judgement based on the photographs, the packages B-I and LD-75 remained intact; photographing of the package B-III was unsuccessful due to failure of the flash.

Keywords : Radioactive Waste, Multi-Stage Type Package, Sea Disposal, Deepsea Bed, Free Descent, Integrity, Demonstration Test, Photographing, Deepsea Camera, Releaser, Recovery

+ Division of JMTR Project, Oarai Research Establishment, JAERI

++ Division of Health Physics, Tokai Research Establishment, JAERI

+++ Division of Administrative Services, Oarai Research Establishment, JAERI

\*\* Hydrographic Department, Maritime Safety Agency

\*\* Tozu Shunsetsu K. K.

## 目 次

1. 緒 言 .....	1
2. 試験用機材 .....	2
2.1 模擬廃棄物パッケージ .....	2
2.2 試験船 .....	2
2.3 試験用海中機器 .....	3
2.3.1 切離し装置 .....	3
2.3.2 深海カメラ及びフラッシュ .....	3
2.3.3 ブイ及び木枠 .....	4
2.3.4 水没式フラッシャー及びラジオビーコン送信機 .....	4
2.3.5 ロープ等 .....	5
3. 自由落下システム .....	21
3.1 システム構成 .....	21
3.2 システムの落下速度の計算 .....	21
3.3 パッケージ切離し後のシステムの浮上速度の計算 .....	23
4. 試験準備 .....	31
4.1 試験海域の選定 .....	31
4.2 深海カメラのピントおよび露出テスト .....	32
4.3 機材確認、強度試験及び試験作業の打合せ .....	33
4.4 西大寺港での準備（きよ丸） .....	33
5. 海洋試験 .....	39
5.1 試験方法 .....	39
5.2 試験経過 .....	40
6. 試験結果と考察 .....	44
6.1 システムの自由落下速度と浮上速度 .....	44
6.2 パッケージの落下姿勢 .....	45
6.3 パッケージの健全性 .....	46
7. 結 言 .....	56
8. 文 獻 .....	58
付 錄 .....	59

## Table of Contents

1. Introduction .....	1
2. Materials and Equipments .....	2
2.1 Simulated Waste Packages .....	2
2.2 Ships .....	2
2.3 Equipments Used in Water .....	3
2.3.1 Releasers .....	3
2.3.2 Deepsea Camera and Flash .....	3
2.3.3 Buoy and Wood Frame .....	4
2.3.4 Submersible Flasher and Radio Beacon Transmitter .....	4
2.3.5 Rope etc .....	5
3. Free Descent Systems .....	21
3.1 System Configuration .....	21
3.2 Calculation of Descent Velocity .....	21
3.3 Calculation of Rising Velocity .....	23
4. Preparation for Test .....	31
4.1 Selection of Test Site .....	31
4.2 Focusing and Exposure Test of Deepsea Camera .....	32
4.3 Inventory of Materials, Strength Test and Meeting for Test Operation .....	33
4.4 Preparation at Saidaiji Port (Kiyo-Maru) .....	33
5. Test at Sea .....	39
5.1 Method of Test .....	39
5.2 Operations Log .....	40
6. Results and Discussion .....	44
6.1 Free Descent Velocity and Rising Velocity of Systems .....	44
6.2 Falling Posture of Packages .....	45
6.3 Integrity of Packages .....	46
7. Concluding Remarks .....	56
8. References .....	58
Appendix .....	59

## 1. 緒 言

低レベル放射性廃棄物の海洋処分に関する安全評価の一環として、我が国ではセメント均一固化体の安全性が評価され、基準化も行われた。即ち、セメント均一固化体に関しては、高水圧の影響<sup>1,2)</sup>、放射性核種の浸出<sup>1,3~8)</sup>、及び海洋投棄における健全性実証についての試験がなされ、又「放射性廃棄物の廃棄に関する技術的基準」が定められた。しかし、発生する放射性廃棄物のなかには、セメント固化しても十分な強度の得にくいものが多量にあり、又、パッケージの表面線量率を低下させるため遮蔽の増強を必要とするものもある。これらの廃棄物を海洋処分するには多重構造パッケージ化するのが適当と考えられる。

我が国では現在のところ、多重構造パッケージを採用しているのは原研大洗研究所のみであるが、今後はその汎用性及び容器の強度と遮蔽効果などの特長に着目して広く採用される見込みである。そのためには、セメント均一固化体と同様に十分な安全評価と基準化が必要である。<sup>12)</sup>

試験的海洋処分の環境安全評価に関する報告書によれば、「海洋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、さらに海底に到達後も出来るだけ長期間パッケージとしての健全性を保持するなどの諸条件を満足しなければならない」と述べている。<sup>13, 14)</sup> 原研では多重構造パッケージについて、従来、衝撃試験、高水圧試験など陸上で行える安全評価試験を行って良好な結果が得られた。セメント均一固化体について実施されたように\*、多重構造パッケージも最終的には海洋における実証試験によって健全性を確認すべきであるとの観点から、海上保安庁水路部及び東豆浚渫(株)の協力を得て多重構造パッケージ数種及びM級ドラム罐詰セメント均一固化体の深海中健全性試験を実施した。このうち、200ℓドラム罐の大のもの(D-50型及びM級ドラム罐詰セメント均一固化体)については、ワイヤロープを用いた吊下ろし一回収試験を、又、大型のパッケージ(LD-75, B-I, B-III型)<sup>9)</sup>には自由落下法による試験を行った。前者については既に報告をまとめた。

自由落下法による健全性試験では、パッケージの海中自由落下中及び海底到達後しばらく、深海カメラにより撮影しこれを回収してえたパッケージの写真から健全性を判定した。この様な自由落下・深海からの回収は、軽量のものについて、例えば海流調査のための流速計の設置及び回収のように屢々用いられている。しかし、今回使用したパッケージは重量1.4~4.3tもあり、その海中落下速度は非常に大きいと予想された。そのため、回収用ブイに落下の際、力が局部的にかかるないよう工夫し、又写真撮影に用いた深海カメラ及びフラッシュも水中抵抗の少ないものを選ぶなどの配慮を行った。

本試験により、放射性廃棄物パッケージの海洋投棄に関する安全性評価に欠くことのできない健全性についての実証例を得たのみならず、海中自由落下の応用技術を一步進めたものと考える。

\* セメント均一固化体の海洋における健全性実証試験は、海洋処分のモニタリング技術に関する研究として<sup>10)</sup>海洋科学技術センターが担当、実施した。

## 2. 試験用機材

### 2.1 模擬廃棄物パッケージ

本試験に使用した模擬廃棄物の多重構造パッケージはLD-75型、B-I型及びB-III型パッケージである。表2.1及び表2.2に仕様を示す。又、図2.1及び2.2に概略図、図2.3及び2.4に配筋図、図2.5にB-I及びB-III型パッケージ用鋼製円筒容器（廃棄物封入容器）の図をそれぞれ示す。LD-75型パッケージは東海研究所放射性汚染処理課で、B-I型及びB-III型パッケージは大洗研究所放射性廃棄物処理課でそれぞれ作成した。

多重構造パッケージは海中を落下するにつれて外部の水圧が増大すると、容器胴体部と後打ち部の間の水みちから海水が浸入し、内外の圧力を均等化し、パッケージの健全性を保とうとする機構を有する。

### 2.2 試験船

深海カメラ、ブイ等を装備したパッケージの自由落下システム（以下単に自由落下システムと記す。図3.1参照）の投下及び、回収作業を行うための船として、東豆漁業（株）所属の産業廃棄物投棄船「きよ丸」を使用した。又、水深の測定、水中音響切離し装置との間の音響発信と受信、浮上してきたブイの発見（眼鏡及びラジオビーコンによる）等を行うため海上保安庁水路部の測量船「昭洋」の協力を得た。

表2.3～2.4に「きよ丸」及び「昭洋」の諸元並びに装備を示す。（両船の写真及びきよ丸の概略図を付録に収録した。）

昭洋には今回の試験のため臨時に自動方向探知機（OAR社、ADFS-210-1）を搭載した。本機は水没式ラジオビーコン送信機（2.3.3参照）からの電波を受信し、陰極線管上に方向が指示されると共に、スピーカーから受信音を発する。自由落下システムが海面に浮上するとブイに取付けた送信機が直ちに電波を送信するので、本機によって浮上の時期と浮上の方向を知ることができる。

#### 仕 様

受信波長	27MHz ± 0.25 MHz (セレクター 10 点)
方向指示精度	± 3°
受信範囲	水平線内
電源	12 VDC
アンテナ	アドコックアンテナ

## 2.3 試験用海中機器

### 2.3.1 切離し装置

本装置は、海洋に投下した自由落下システムが海底に到達した後、パッケージを切離し、深海カメラ、フラッシュ等を浮上させるため使用する。使用した装置は、船上からの指令音波によって、切離しを実行する水中音響切離し装置と設定時間になると自動的に切離しを行なうタイマー式切離し装置の2種類を用いた。

#### 1) 水中音響切離し装置 (AMF社 水中装置242型)

装置の構成は応答ピンガー(位置の確認)、点火装置(切離しの実施)、デコーダー(指令音波の分類)および送受波器からなっており、測量船「昭洋」に積載している切離し指令装置からの指令音波により作動する。外観を図2.6に示す。

#### 仕 様

耐圧深度	20,000 フィート (6100 m)
負荷	10,000 ポンド (4500 kg)
空気中重量	130 ポンド (59 kg)
水中重量	70 ポンド (32 kg)

#### 2) タイマー式切離し装置 (開発工業社 KT-1型)

装置の構成は、タイマー、電源部、火薬からなりタイマーの働きにより設定時刻に火薬が自動点火され、切離しが行なわれる。外観を図2.7に示す。

#### 仕 様

耐圧深度	10,000 m
負荷	8,000 kg
空気中重量	36.5 kg (深海カメラ、フラッシュの取付具共)
水中重量	31 kg (同 上)
タイマー	1 ~ 10,000 hr

### 2.3.2 深海カメラ及びフラッシュ

パッケージの海中自由落下中及び着底時における挙動及び変化を連続的に写真記録させたため使用した。

#### 1) 深海カメラ (図2.8参照)

#### 仕 様

型 式	BENTHOS #372
フィルム容量	800駒, 30m(100 feet)スタンダード35mmフィルム
スプール直径	93 mm
レンズ	UWニッコール 28mm F 3.5, 焦点距離37mm(水中), 28mm (空気中), 絞値, F 3.5 ~ F 22
	最近接撮影距離 600mm
視野角	35° × 50° (水中) (図4.5参照)

シャッター	メタルフォーカルプレンシャッター
	1/25~2/5 及び 1/100~1/200 秒
使用深度	12,000 m
使用温度	- 2 °C ~ 50 °C
電 源	DC 28V, 0.4 A (フラッシュの電池より供給)
連続撮影速度	3秒 1駒未満
材 質	17-4 PH ステンレス鋼 (外筒)
寸 法	123mm $\phi$ × 642 mmL
重 量	21 kg (空気中), 16 kg (水中)

## 2) フラッシュ (図 2.9 参照)

## 仕 様

型 式	BENTHOS # 382
使用深度	12,000 m
電 源	バッテリー (Benthos # 389) DC 28 V Ni-Cd 電池
コンデンサー	262 $\mu$ F 800 V
フラッシュ入力 エネルギー	100 watt/sec
発光回数	約 1000 回, 自然光
発光間隔	3秒 ~ 120 秒可変
閃光時間	1/1000 秒
作動開始時間	0 ~ 200 秒可変
材 質	17-4 PH ステンレス鋼 (外筒)
寸 法	123 mm $\phi$ × 905 mmL (ランプカバー: 210 mm $\phi$ )
重 量	31kg (空気中), 23kg (水中)

## 2.3.3 ブイ及び木枠

ブイはパッケージと深海カメラとの切離しが実行された後にカメラ等を浮上させるために、また木枠は自由落下開始時にブイに加わる衝撃を緩和させるため用いた。以下その仕様を示す。

## 1) ブイ (BENTHOS 社 Model 3750-8)

43.2 cm  $\phi$  ガラス球を Ribbed Hardhat に納めたもの 8 個を十字に組合せたプラスチックフレーム (1.49 × 1.22 m) 中に固定してある。(図 2.10 参照)

浮 力	182kg
耐圧深度	6700 m

## 2) 木枠

木枠は杉材で製作した。外観及び寸法の概略は図 2.11 の通りである。

## 2.3.4 水没式フラッシャー及びラジオビーコン送信機

浮上した自由落下システムの位置の発見には水没式フラッシャーとラジオビーコン送信機を利用した。仕様概要は次の通りである。

## 1) 水没式フラッシャー (OAR社, SF 500-1-100 PC)

耐圧深度	7000 m
発光時間	100 時間
夜間到達距離	6 ~ 10 マイル (9,600 ~ 16,000 m)
発光間隔	1 秒 1 閃
発光部	キセノンランプ
電 源	アルカリ電池 (単 2 × 4 本)
寸 法	38.1 mm $\phi$ × 546 mmL
重 量	1.3 kg (空気中), 0.63 kg (水中)

本器は感圧スイッチの働きにより、電源が水中では自動的にOFFとなり、水面に出るとONになる。

## 2) 水没式ラジオビーコン送信機 (OAR社, ST 206-100 PS)

耐圧深度	7,000 m
使用時間	100 時間
有効距離	10 海里 (18.5 km)
波 長	26.995 Hz 及び 27.045 Hz
電 源	アルカリ電池 (単 2 × 4 本)
寸 法	38.1 mm $\phi$ × 425 mmL (アンテナ長, 約 1170 mm)
重 量	1.1 kg (空気中), 0.58 kg (水中)

なおラジオビーコンより発信された電波は、測量船昭洋に搭載した自動方向探知機にて受信した。

## 2.3.5 ロープ等

ロープについては船上における作業の容易さを考慮し、ポリプロピレンエイトロープ (直径 26 mm, 切断荷重 8 t) をパッケージの係留索として用いた。

ワイヤロープは直径 14 mm $\phi$  × 長さ 1m, 直径 16 mm × 長さ 1.6m および直径 18 mm $\phi$  × 長さ 1.6m のものをパッケージを吊るために使用した。又化繊ロープ製角網を製作し、ブイ用木枠を囲み、その下部にポリプロピレンエイトロープを繋いだ。仕様は下記の通り

寸 法	1400 × 1400 × 2400 mm
目 合	200 mm 角目
親 網	26 mm $\phi$ (立方体の稜の部分)
子 網	16 mm $\phi$
吊 網	26 mm $\phi$ × 3 m × 2 本 (エイトロープに結ぶ)

ワイヤ、ロープ等のより戻しのために用いたスイーブルは、2 t 用 (切断荷重 10 t) のものを 1.4 t 及び 2.6 t のパッケージに、3 t 用 (切断荷重 14.5 t) を 4.3 t のパッケージに使用した。シャックルは径 16 mm 及び 19 mm のものを使用し、パッケージ重量に合わせて使用した。

水中音響切離し装置と深海カメラ及びフラッシュを連結するための用具を図 2.12 に示す。なお、用意したロープその他の数量を付録の表にまとめた。

表 2.1 LD - 75 型パッケージの製作仕様

固 化 容 器		LD - 75		
ド ラ ム 缶 の 種 類		600 ℥コンクリート内張ドラム		
固 化 体 打 設 年 月 日		S 52. 7. 12		
キ ャ ッ ピ ング 年 月 日		S 52. 7. 21		
封 入 固 化 体 配 合  kg m <sup>3</sup>	普通ポルトランドセメント	120		
	川砂(最大寸法 5 mm)	250		
	水 道 水	50		
	無水硫酸ナトリウム	1.5		
	エチルアルコール	0.25		
キ ヤ ッ ピ ン グ  kg m <sup>3</sup>	耐硫酸塩セメント	346		
	砂利(最大寸法 25 mm)	994		
	砂 (最大寸法 5 mm)	648		
	水 道 水	173		
圧 縮 強 度  kg cm <sup>2</sup>	固 化 体	393		
		388	390	
		390	(平均)	
空 気 中 重 量 ( kg )		1400		
体 積 ( ℥ )		603		
水 中 重 量 ( kg )		797		
比 重 ( kg/ρ )		2.32		

表 2.2 B-I 及び B-III 型パッケージの製作仕様

作成年月日		昭和52年7月8日	
固化容器 封入及び固化		B-I	B-III
封入	容 器	Cタイプ(鋼製円筒)	
	内 容 物	鉄パイプ, アングル	
	容 量 (ℓ)	25	25
	重 量 (kg)	22.5	21.5
胴部 コンクリート 性状	水・セメント比 (%)	48	48
	スランプ (cm)	7.5	7.8
	単位セメント量 (kg/m³)	338	338
	単位水量 (kg/m³)	162	162
	単位粗骨材量 (kg/m³) (25mm以下)	1045	1045
	単位細骨材量 (kg/m³) (5mm以下)	870	870
	4週圧縮強度 (kg/m³)	361	337
後打ち部 コンクリート 性状	水・セメント比 (%)	44	45.8
	スランプ (cm)	16.1	19.5
	単位セメント量 (kg/m³)	442	442
	単位水量 (kg/m³)	195	203
	単位粗骨材量 (kg/m³) (25mm以下)	1088	1088
	単位細骨材量 (kg/m³) (5mm以下)	605	605
	4週圧縮強度 (kg/m³)	389	383
空 気 中 重 量 (kg)		4300	2560
体 積 (ℓ)		1860	1060
水 中 重 量 (kg)		2440	1500
比 重 (kg/ℓ)		2.31	2.42

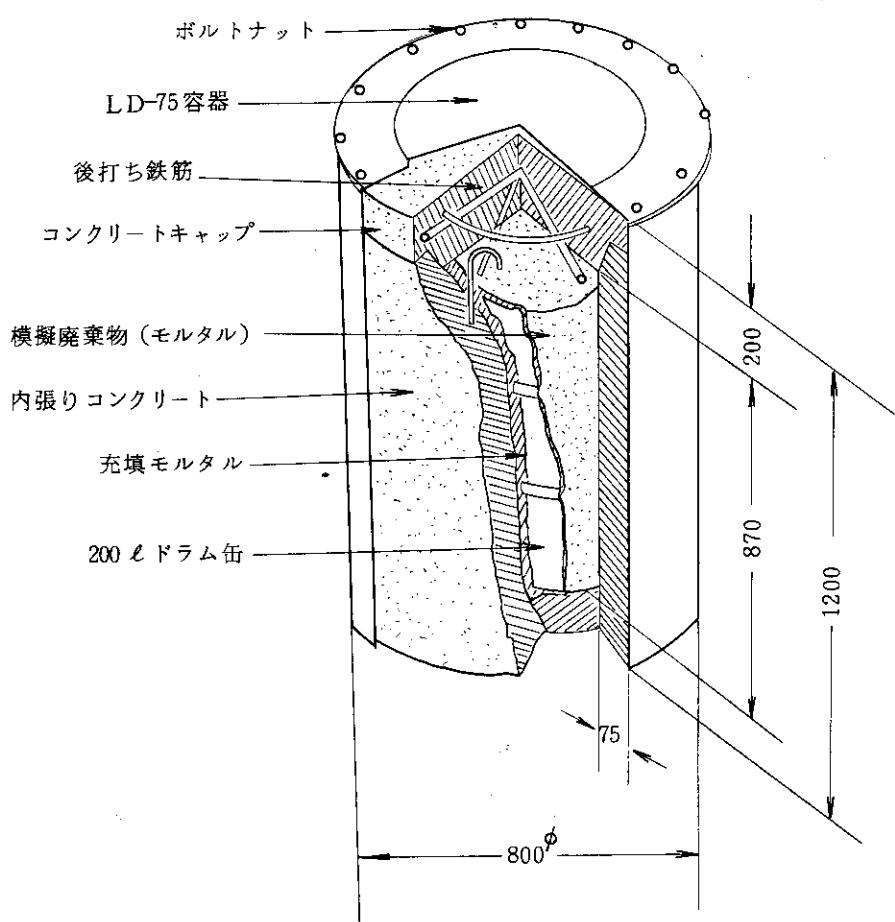


図 2.1 LD-75型パッケージ概略図

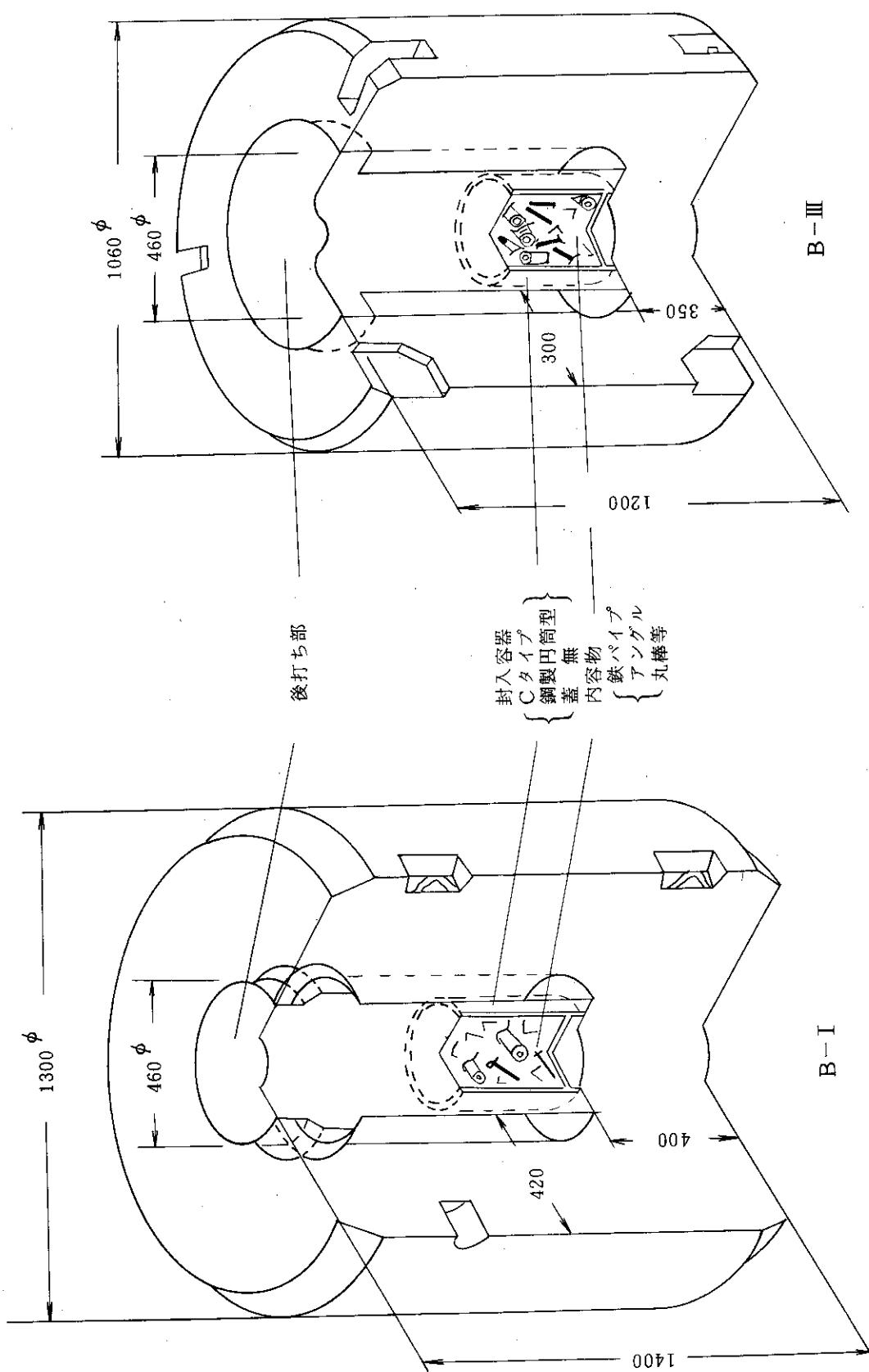


図2.2 B-I型及びB-III型パッケージ概略図

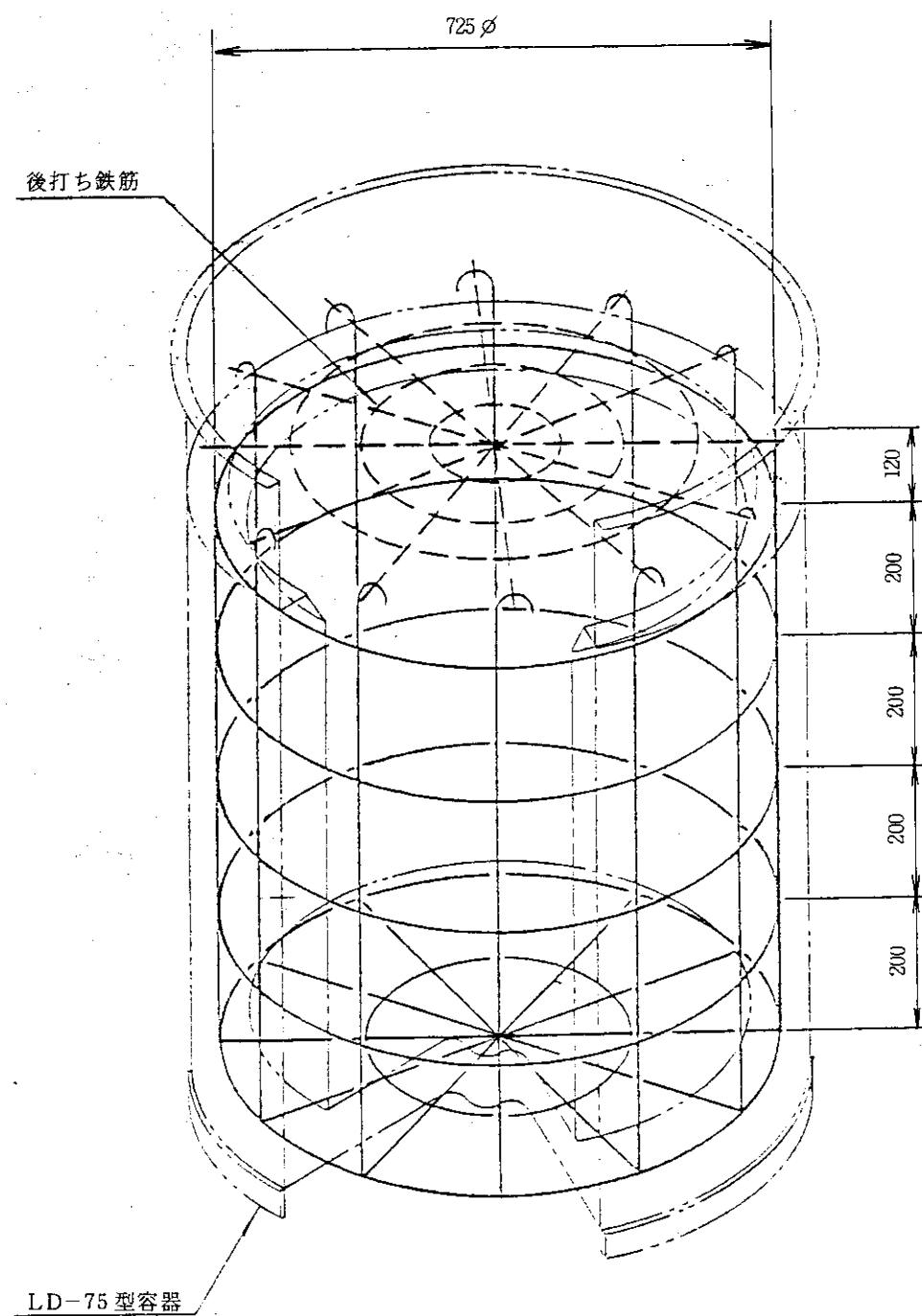


図 2.3 LD-75 型容器配筋図

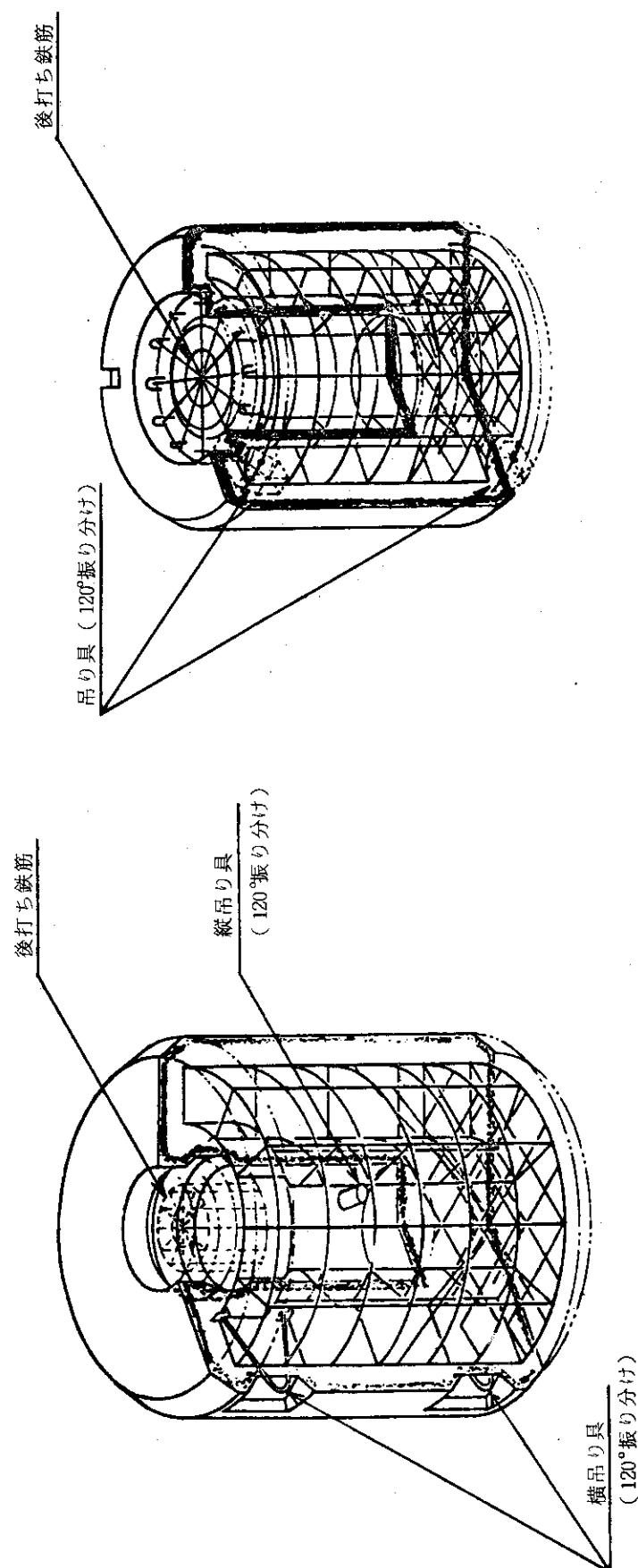


図 2.4 B - I型及びB - III型容器配筋図

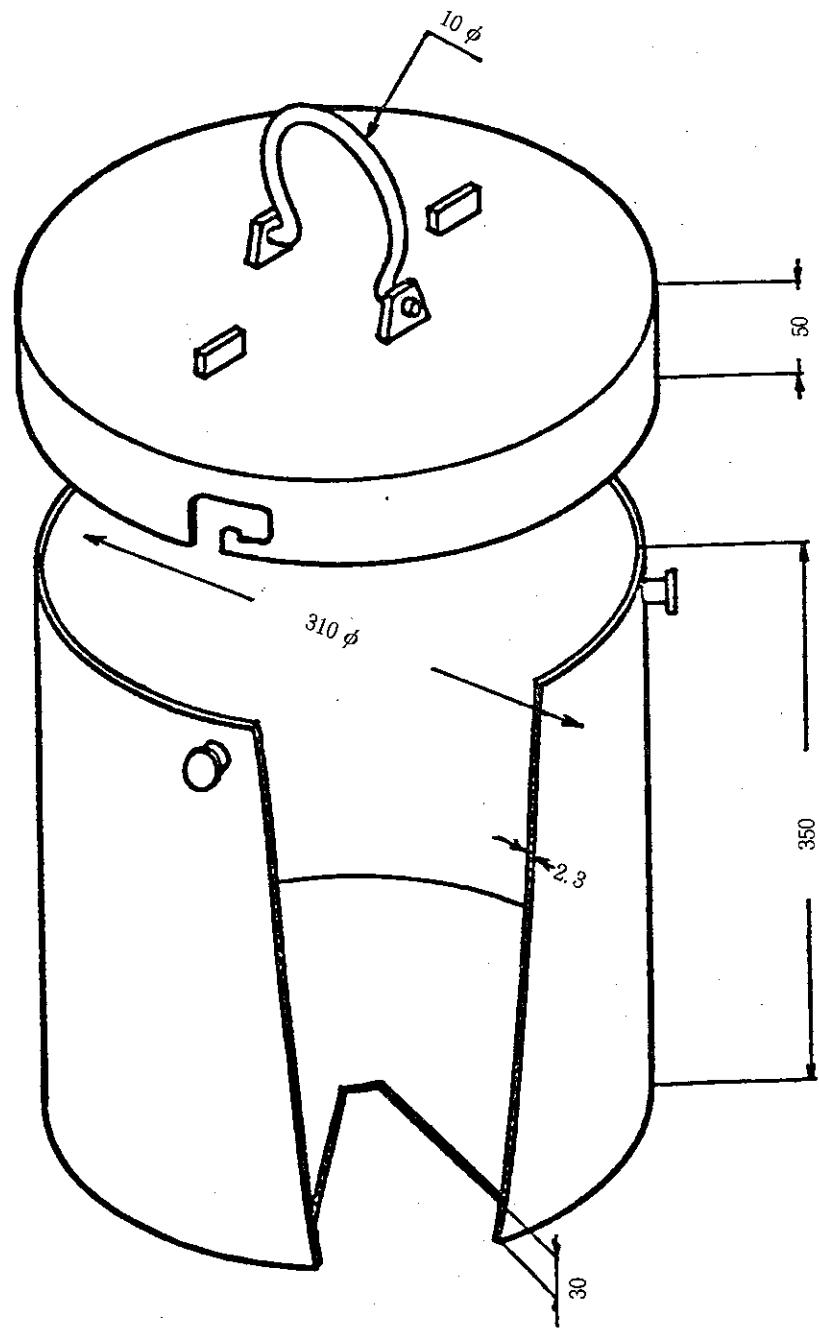


図 2.5 B-I型及びB-III型パッケージ用  
鋼製円筒型容器（廃棄物封入容器）

表 2.3 きよ丸の諸元及び装備

総 屯 数	重量 屯数	船体主要寸法 ( m )			吃 水 (m)		主機 馬力 (Ps)	速 力 (Kt)	航 行 区 域	乗 組 定 員	製 造 年	製 造 者
		長	幅	深	空	満						
551.20	1200	63.50	11.0	6.10	0.80	2.70	1800	11.5	近海	12	昭和49	焼津ドック
					3.20	4.20						

クレーン (積込用)	制限荷重 30°(t)	制限荷重 70°(t)	ワイヤーロープ	原動機	製造年	製造者
	5.4	13.7	24m/m	ヤンマーディーゼル	昭和48	四国建機
ポンプ (排出用)	原動機	馬力 (Ps)	揚水量	排出弁	製造年	製造者
	キャタピラー三菱	280	2000m <sup>3</sup> /時	口径400m/m	昭和51	三共鉄工

自動航行記録装置	古野電気(株) LR-8 P型
ロランA受信器	古野電気(株) LJ-5型
船位測定機器レーダー	東京計器(株) MR-100-14-8型
通信設備	古野電気(株) SSB送受信器 出力 A3 J 10 ワット

表 2.4 昭洋の諸元及び装置

総 屯 数	排 水 量	船体主要寸法 ( m )			吃 水 (m)	主機 馬力 (Ps)	速 力 (Kt)	航 行 区 域	乗 組 定 員	航 続 距 離 (海里)	連 続 行 動 日 数	減 搖 タ ン ク	製 造 所
		長	幅	深									
1770	1950	80	12.3	6.5	4.2	2400 (2基)	16	遠洋	73	12000	40	NKK式	日立造船 舞鶴工場

主要観測機器	ロラン航跡記録装置, 深海用連続音波探査装置, プロトン磁力計, 海上重力計, 採泥・採水用捲揚機, STD, この他臨時に自動方向探知機を搭載した。	主要機器	発電機 (AC450V, 3相500KVA) 2台, 同 (250KVA) 1台, 造水装置

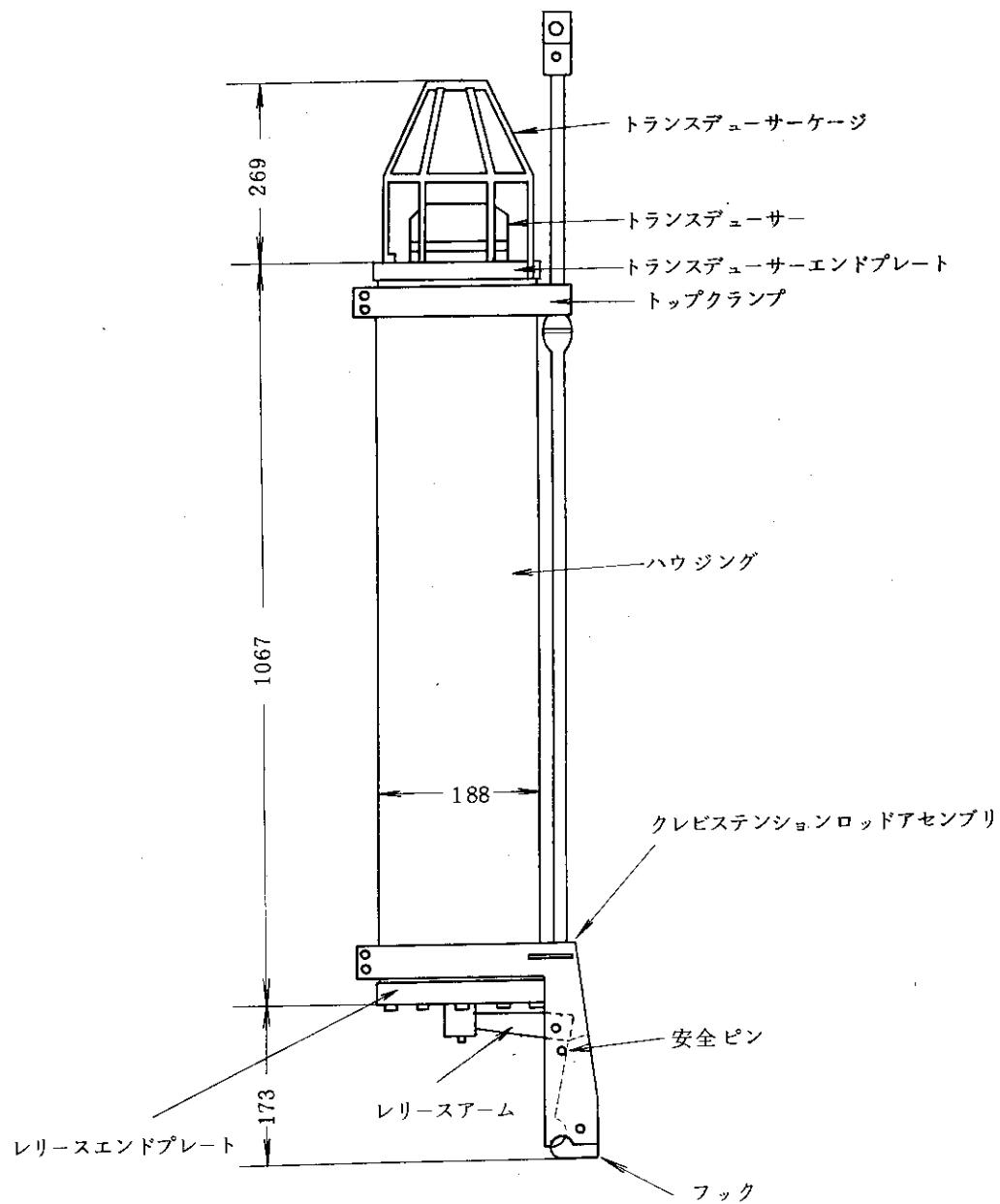


図 2.6 水中音響式切離し装置（AMF 製）外観図

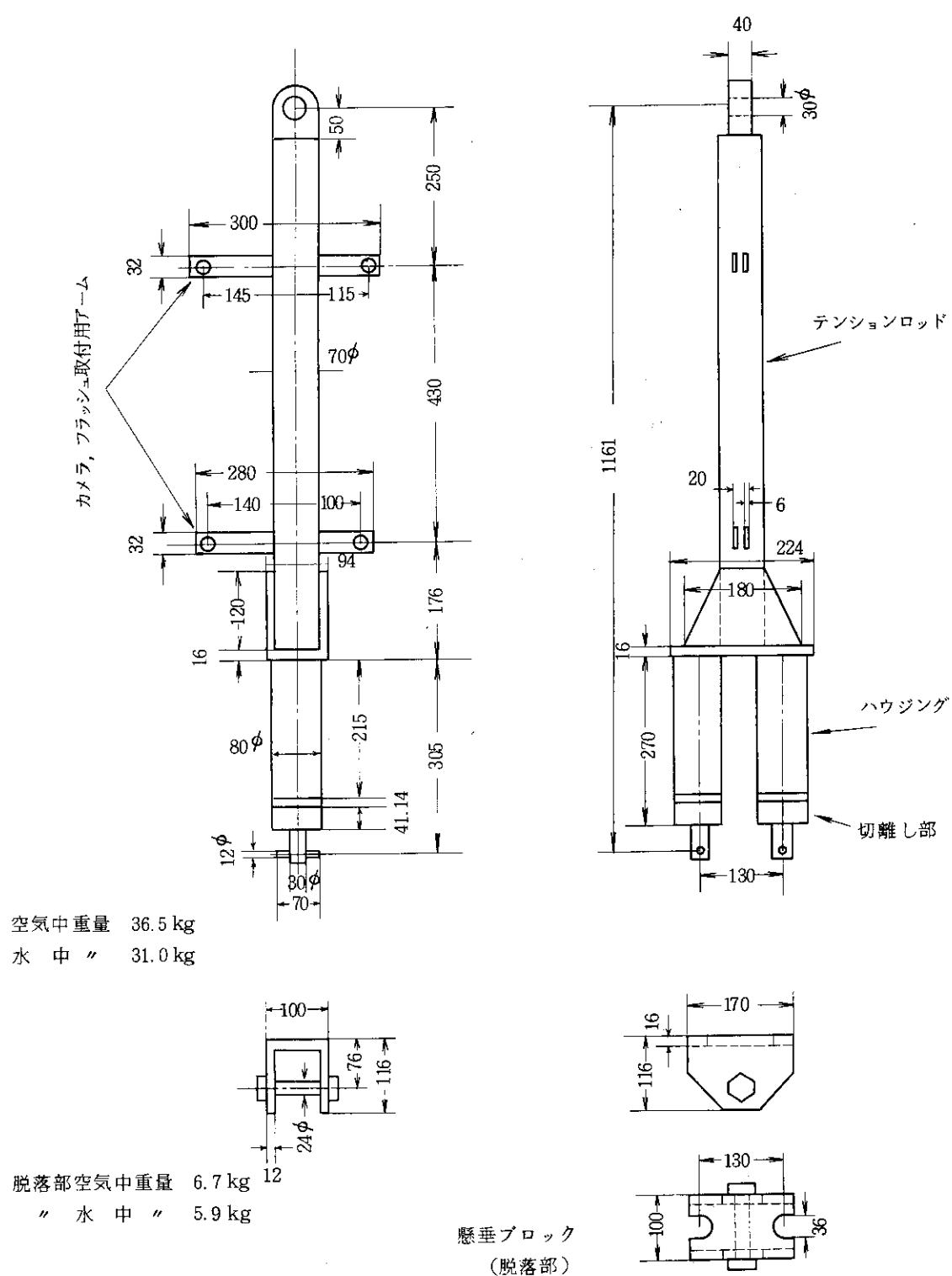


図 2.7 切離し装置（開発工業製）外観図

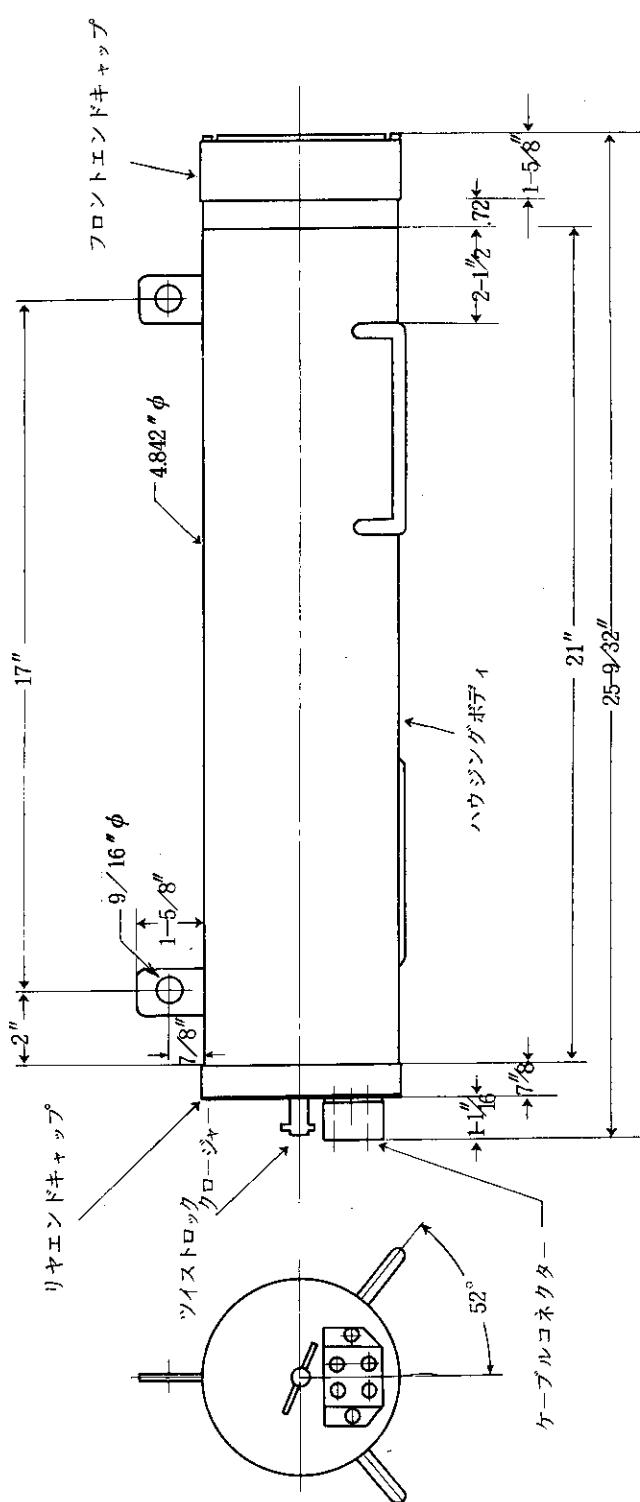


図 2.8 カメラ寸法図

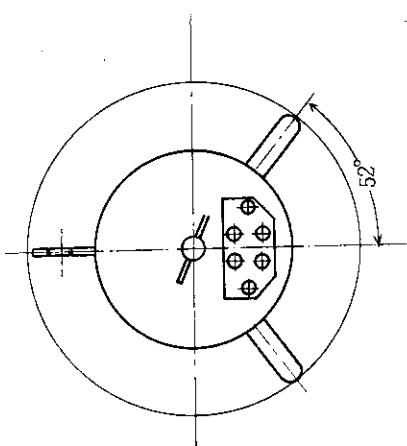
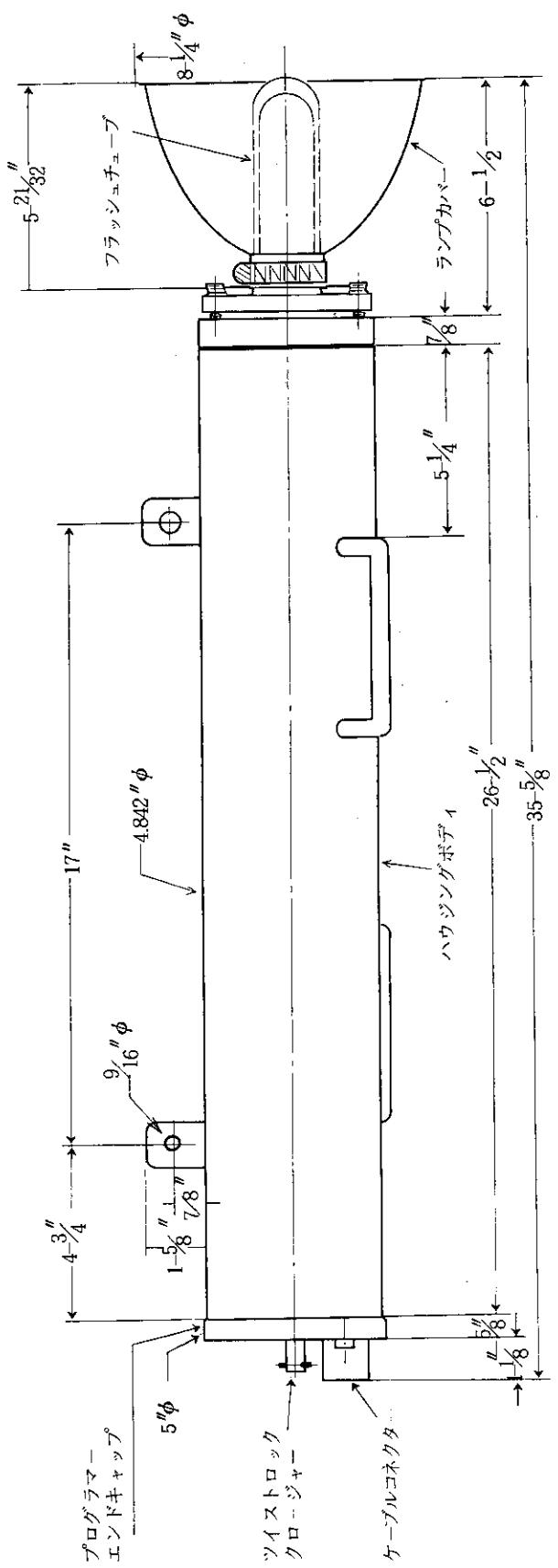


図2.9 フラッシュユーチュ法図

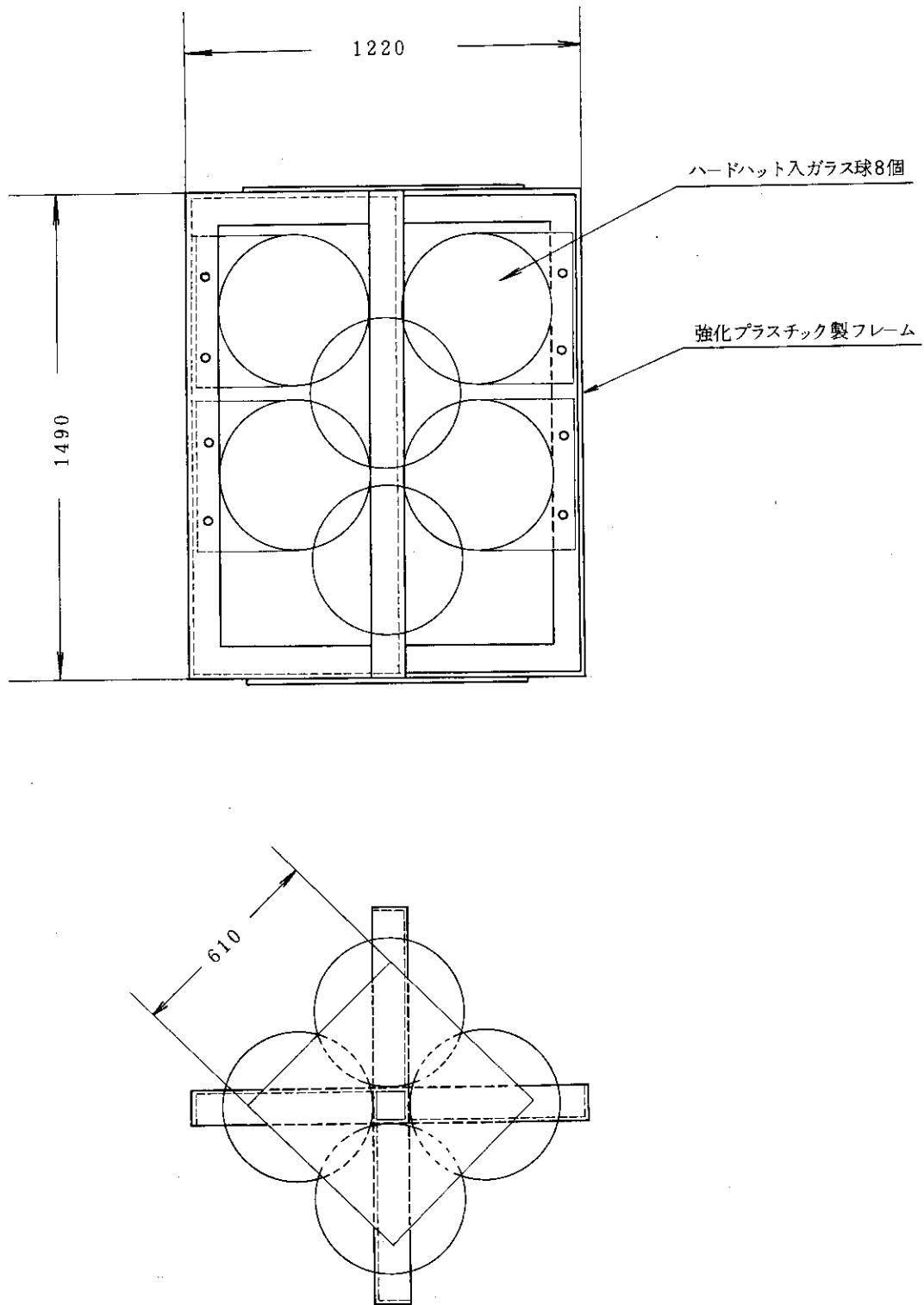


図 2.10 ブイ概略図

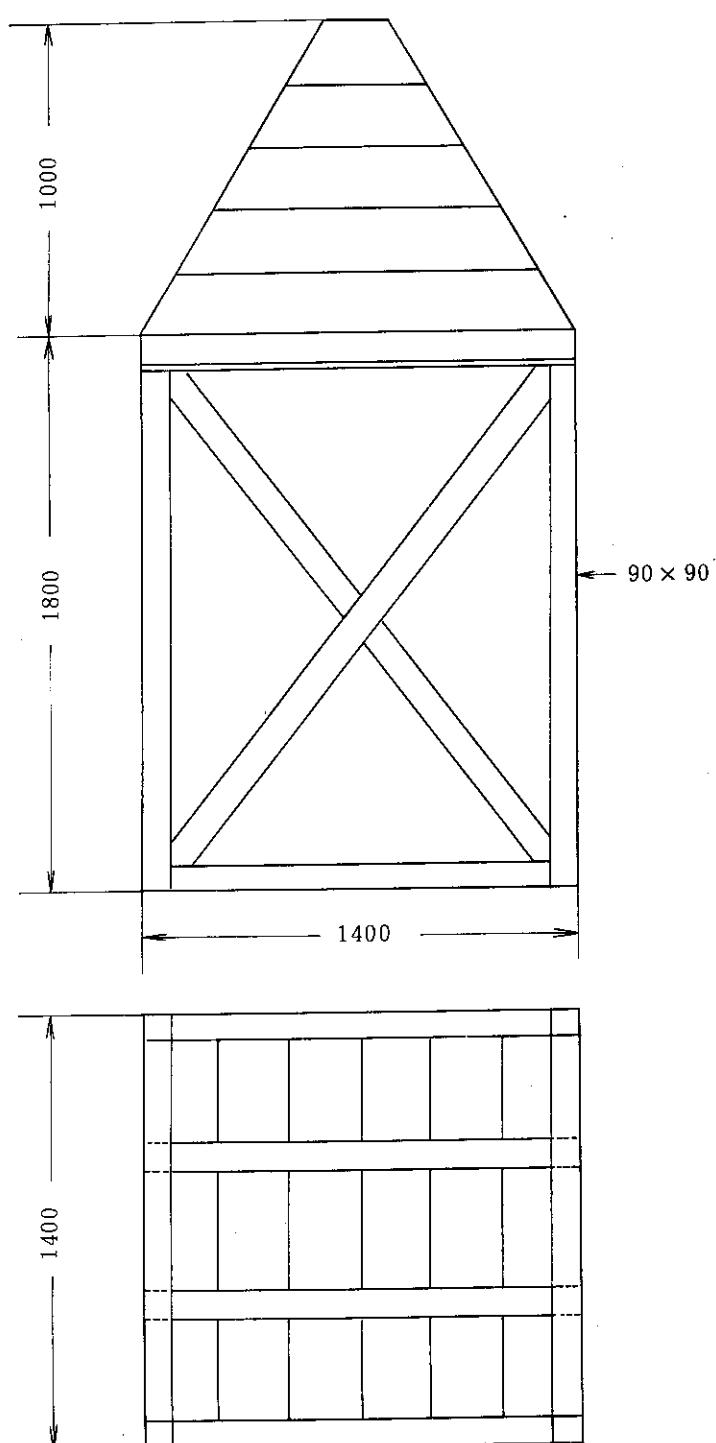


図 2.11 ピアノ用木枠概略図

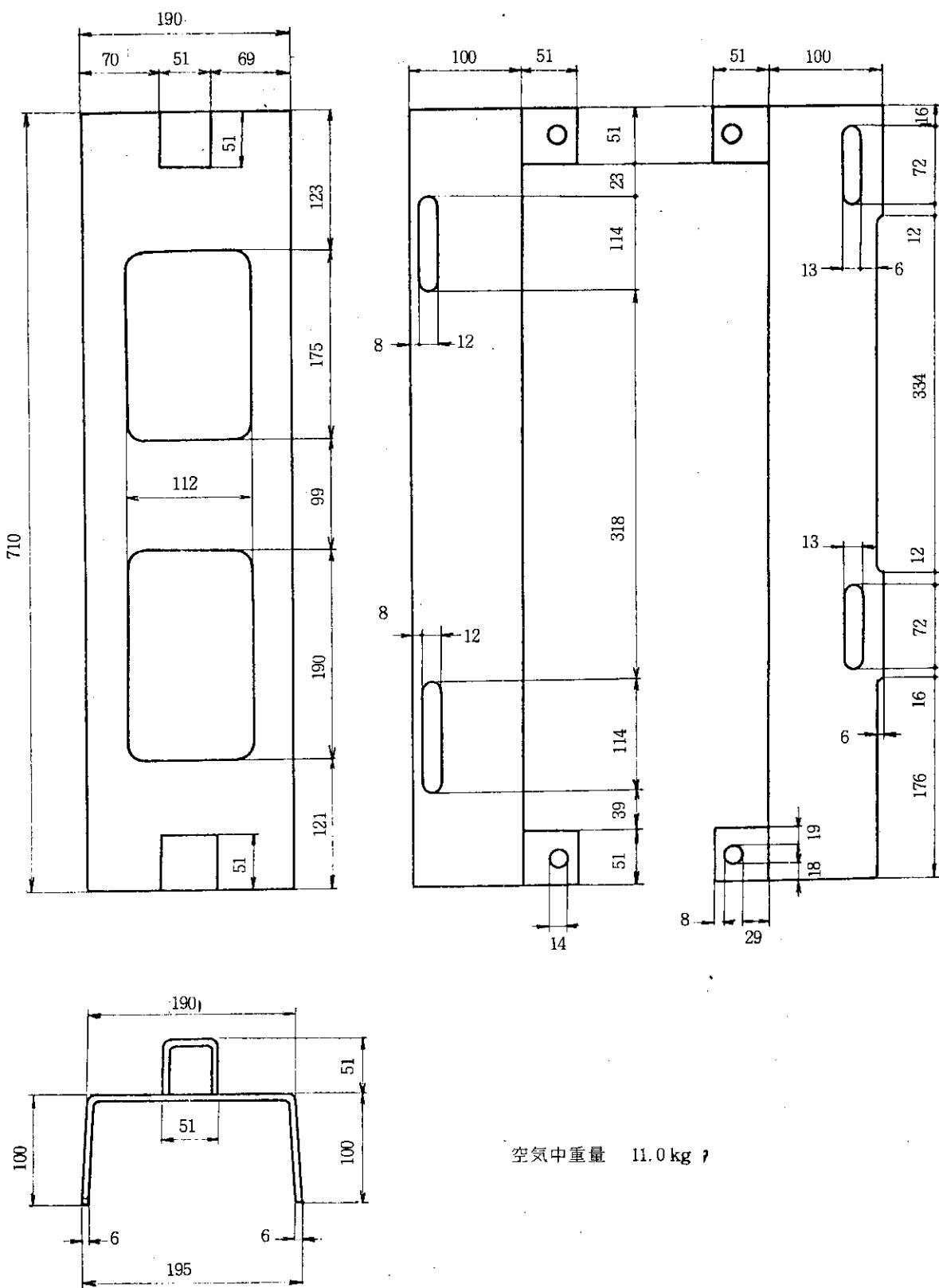


図 2.12 AMF 切離装置とカメラ、フラッシュとの連結具（鉄製）

### 3. 自由落下システム

#### 3.1 システム構成

各機器（ブイ，水没式フラッシャー，ラジオビーコン送信機，深海カメラ，フラッシュ，切離し装置，パッケージ）の接続構成の概略は図3.1に示す通りである。このシステムを構成する上で考慮した点を述べる。

パッケージの重量が1~4 tonもあるため、ロープを直接ブイのフレームに結ぶと、パッケージの落下開始時にブイに強い衝撃が加わる。この衝撃を緩和するため、ブイの周囲を木材で囲い、木枠とブイのフレームをロープで結んだ。木枠は落下時の抵抗を少なくするため、落下方を方錐形とした。さらに木枠の周囲を網で囲み、木枠には網に接する広い面から力が伝達されるようにした。網に結ばれた化繊ロープの先端を切離し装置に接続し、さらに切離し装置にワイヤロープ等によりパッケージを連結した（図3.1参照）。

パッケージを吊るワイヤロープ、シャックル、スイブル等の組合せ及び深海カメラとパッケージの間の距離（ワイヤロープ等の長さ）を図3.2及び3.3に示す。

#### 3.2 システムの落下速度の計算

システムの落下速度を予め推定することは実験計画を策定するために重要である。システムは木枠、ブイ等複雑な形状の物体を含むため正確な速度を計算によって得ることは容易でない。しかし、目安としての値であっても有用であり、又、実験後実測値と比較すれば、この様な重量物を自由落下させた例が知られていないため貴重なデータとなることが考えられる。そこで、システムを形の単純な構成要素の集りとして次のように計算した。海水中を物体が自由落下する際の運動方程式は

$$m \frac{dv}{dt} = g \sum_{n=1}^N F_n - \frac{\rho v^2 \sum_{n=1}^N C_{DN} \cdot A_n}{2} \quad \dots \dots \dots \quad (3.1)$$

ここで

$m$  : 物体の質量

$v$  : 落下速度

$t$  : 時間

$g$  : 重力の加速度 (9.8 m/sec<sup>2</sup>)

$F_n$  : 物体の水中重量

$\rho$  : 海水の密度 (1025 kg/m<sup>3</sup>)

$C_{DN}$  : 物体の抵抗係数

$A_n$  : 物体の基準面積 (m<sup>2</sup>)

等速運動においては、

$$g \sum_{n=1}^N F_n - \frac{\rho v^2 \sum_{n=1}^N C_{DN} \cdot A_n}{2} = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (3.2)$$

$$v = \left( \frac{2g \sum_{n=1}^N F_n}{\rho \sum_{n=1}^N C_{DN} \cdot A_n} \right)^{1/2} \quad \dots \dots \dots \quad (3.3)$$

抵抗係数は一般にレイノルズ数 ( $Re$ ) の関数となるので、落下速度  $3 \text{m/sec}$  として B-I 型パッケージに関するレイノルズ数を計算してみると

$$Re = \frac{V D}{\nu} = \frac{300 \times 130}{0.018} = 2.17 \times 10^6 \quad \dots \dots \dots \quad (3.4)$$

ここで  $D$ : 代表長さ (円筒直径をとる)

$\nu$ : 動粘度係数

図<sup>16)</sup>から  $C_{DN}$  を求めると  $C_{DN} = 0.3$  となる。なお臨界レイノルズ数は  $4 \times 10^5$  付近であり、レイノルズ数が  $10^4 \sim 10^5$  では  $C_{DN} = 0.63$  となると思われる。表 3.1 に木枠、ブイガラス球などのシステム構成要素の  $C_{DN} \cdot A_n$  の値を B-I 及び B-III 型のパッケージのシステムについて示す。なお  $C_{DN}$  は文献 16, 17 から求めた。

他方、同システム構成要素の水中重量を表 3.2 に示す。システムの海中落下速度は式 (3.3) から、

$$V_{B-I} = \left( \frac{2 \times 2286 \times 9.8}{1025 \times 2.4} \right)^{1/2} = (18.2)^{1/2} = 4.27 \text{ (m/sec)}$$

水深 4300 m の海底に到達する所要時間は約 17 分となる。

表 3.1 から求めた  $\sum C_{DN} \cdot A_n$  は構成要素間の影響を無視している点からは過大な値を与える可能性があるが、逆に木枠にかぶせた化繊ロープ製網その他は計算にはいっていないので、両者の影響を併せ考えると落下速度の概略値としてほぼ妥当な値と思われる。

B-III 型パッケージ自由落下システムの海中落下速度  $V_{B-III}$  は

$$V_{B-III} = \left( \frac{2 \times 1368 \times 9.8}{1025 \times 2.3} \right)^{1/2} = (11.4)^{1/2} = 3.37 \text{ (m/sec)}$$

水深 4300 m の海底に到達する所要時間は約 21 分となる。

LD-75 型パッケージの自由落下システムでは、AMF 社製切離装置を使用した。表 3.3 及び 3.4 に構成要素の  $C_{DN}$ ,  $A_n$  及び水中重量を夫々示す。LD-75 型パッケージ自由落下システム

の海中落下速度  $V_{LD-75}$  は

$$V_{LD-75} = \left( \frac{2 \times 689 \times 9.8}{1025 \times 2.2} \right)^{\frac{1}{2}} = (5.99)^{\frac{1}{2}} = 2.45 \text{ (m/sec)}$$

水深 4300 m の海底に到達する所要時間は約 29 分となる。

尚、式 (3.3) によりパッケージのみを自由落下させた場合の落下速度を計算すると

$$U_{B-I} = \left( \frac{2 \times 2396 \times 9.8}{1025 \times 0.546} \right)^{\frac{1}{2}} = 9.16 \text{ (m/sec)}$$

$$U_{B-II} = \left( \frac{2 \times 1478 \times 9.8}{1025 \times 0.382} \right)^{\frac{1}{2}} = 8.60 \text{ (m/sec)}$$

$$U_{LD-75} = \left( \frac{2 \times 782 \times 9.8}{1025 \times 0.288} \right)^{\frac{1}{2}} = 7.21 \text{ (m/sec)}$$

ここで、 $U_{B-I}$ 、 $U_{B-II}$ 、 $U_{LD-75}$  はそれぞれ B-I、B-II、LD-75 型パッケージ（寸法及び重量は表 2.1 及び 2.2 に示したもの）の海中落下速度である。

### 3.3 パッケージ切離し後のシステムの浮上速度の計算

模擬廃棄物パッケージの自由落下試験では、パッケージの切離し後、ブイの浮力によってカーメラ、フラッシュ等を海面まで浮上させ、撮影したフィルムを回収する。回収を確実に行うため、切離後、海面までシステムを浮上させるに要する時間を予め把握しておく必要がある。計算には式 (3.3) を用いた。浮上速度を 0.6 m/sec として、ブイのガラス球についてのレイノルズ数を式 (3.4) により計算してみると

$$Re = \frac{60 \times 43.5}{0.018} = 1.45 \times 10^5$$

球の限界レイノルズ数はほぼ  $3 \times 10^5$  であるから、計算値は限界以下であることがわかる。表 3.5 に B-I 及び B-II 型パッケージに用いたシステムの  $C_{DN}$  及び  $A_N$  の値を示す。固化体切離し後のシステムの浮力は 110 kg (表 3.2 参照) であるから、浮上速度  $V'_{B-I, B-II}$  は

$$V'_{B-I, B-II} = \left( \frac{2 \times 110 \times 9.8}{1025 \times 4.12} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.721 \text{ (m/sec)}$$

水深 4300 m の海底から海面までの浮上所要時間は 1 時間 40 分となる。

LD-75型パッケージに用いたシステムのパッケージ切離し後の浮上速度を計算するため、構成要素の  $C_{DN}$  及び  $A_N$  を表 3.6 に示す。固化体切離し後のシステムの浮力は 93 kg (表 3.4 参照) であるから、浮上速度  $V'_{LD-75}$  は

$$V'_{LD-75} = \left( \frac{2 \times 93 \times 9.8}{1025 \times 4.15} \right)^{1/2} = 0.655 \text{ (m/sec)}$$

水深 4300 m の海底から海面までの浮上所要時間は 1 時間 50 分である。

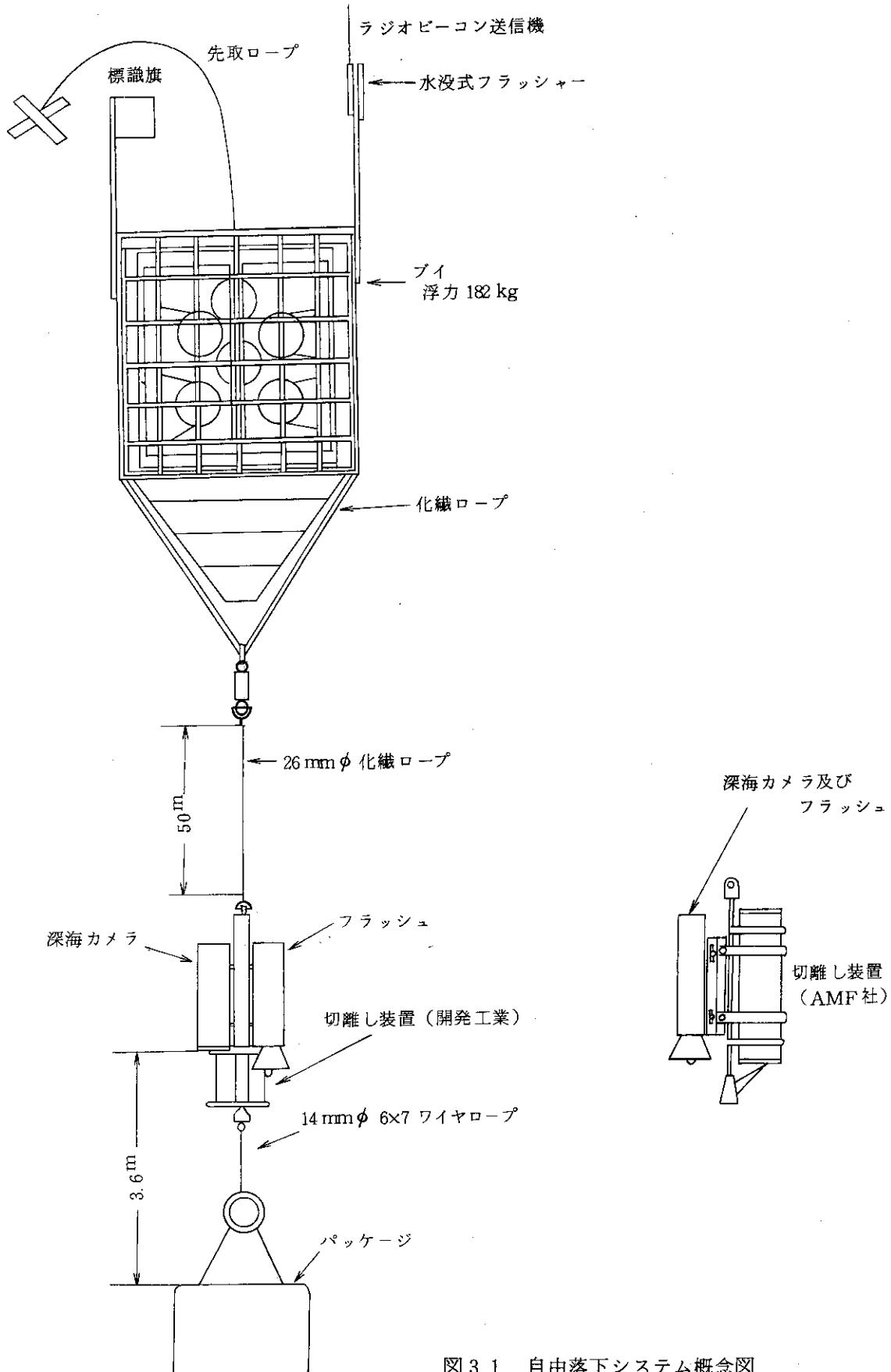


図 3.1 自由落下システム概念図

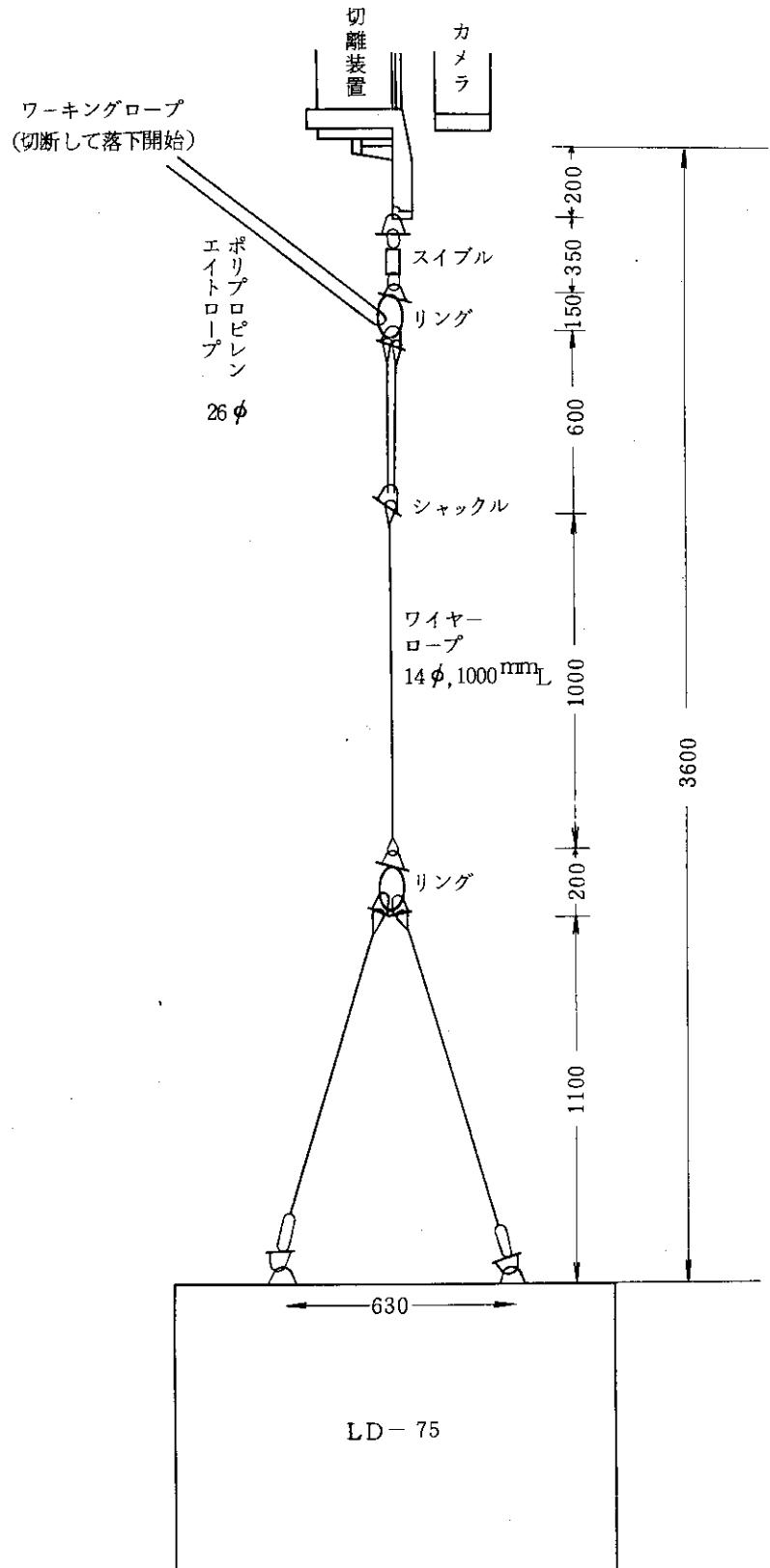


図 3.2 LD-75型パッケージ自由落下システムロープ等寸法図

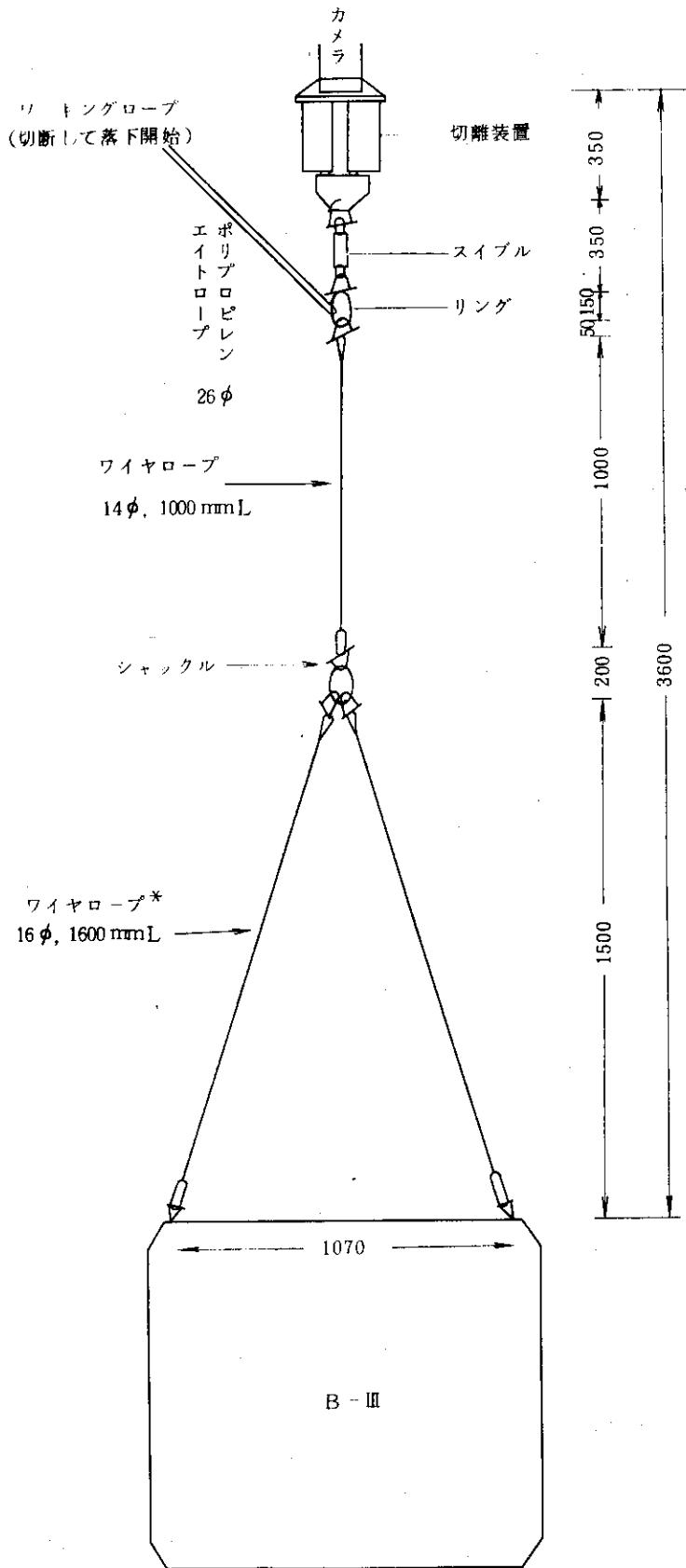


図 3.3 B-III型パッケージ自由落下システムロープ等寸法図  
(B-I型の場合も同じ、但し\*印ロープは18φ)

表 3.1 B-I 及び B-III型パッケージ自由落下システム構成要素  
素の抵抗係数<sup>\*</sup>と代表面積

構成要素	$C_{DN}$	$A_N (m^2)$	$C_{DN} \cdot A_N (m^2)$	構成要素	水中重量 (kg)
木枠	0.5	$1.4 \times 1.4 = 1.96$	0.98	ブイ	- 182
パッケージ(B-I)	0.3	$1.4 \times 1.3 = 1.82$	0.546	パッケージ(B-I)	2396
" (B-III)	0.3	$1.2 \times 1.06 = 1.27$	0.382	" (B-III)	1478
ガラス球 (ハードハット入)	0.2	0.149	(0.030) $\times 8 = 0.24$	切離し装置(開発工業) カメラ	25 19
四角平板	1.17	0.372	0.435	フライシユ	23
アンダル	1.2	$0.36 \times 0.1 = 0.036$	(0.043) $\times 4 = 0.173$	シャックル	5
カメラ	0.45	0.012	0.005	合計	B-I システム 2286
フライシユ	1.4	0.035	0.049		B-III システム 1368

B-I型パッケージのシステム  
B-III型パッケージのシステム

$$\sum C_{DN} \cdot A_N = 2.4$$

$$\sum C_{DN} \cdot A_N = 2.3$$

\* 木枠の水中重量は0とした。

表 3.2 B-I 及び B-III型パッケージ自由落下システム構成要素  
の水中重量<sup>\*</sup>

表 3.3 LD-75型パッケージ自由落下システム構成要素の抵抗係数と代表面積

表 3.4 LD-75型パッケージ自由落下システム構成要素の水中重量

構成要素	$C_{DN}$	$A_N (m^2)$	$C_{DN} \cdot A_N (m^2)$	構成要素	$C_{DN}$	$A_N (m^2)$	水中重量 (kg)
木枠	0.5	$1.4 \times 1.4 = 1.96$	0.98	ブイ			- 182
パッケージ (LD-75)	0.3	$1.2 \times 0.8 = 0.96$	0.288	パッケージ (LD-75)			797
ガラス球 (ハンドハシト入)	0.2	0.149	(0.030)	切離装置 (AMF)			32
		$\times 8 = 0.24$		カメラ			19
四角平板	1.17	0.372	0.435	フライシュ			23
アンダル	1.2	$0.36 \times 0.1 = 0.036$	(0.043)	カメラ・フライシュ連結具			10
		$\times 4 = 0.173$		シャックル類			5
カメラ	0.45	0.012	0.005	合計			689
フライシュ	1.4	0.035	0.049				
切離装置	0.45	0.028	0.025				
				$\sum C_{DN} \cdot A_N = 2.2$			

表 3.5 浮上時のシステム構成要素の抵抗係数<sup>\*</sup>と代表面積—  
パッケージ (B-I 及び B-III) 切離し後

構成要素	$C_{DN}$	$A_N (m^2)$	$C_{DN} \cdot A_N (m^2)$	構成要素	$C_{DN}$	$A_N (m^2)$	$C_{DN} \cdot A_N (m^2)$
木枠	1.4	1.96	2.74	木枠	1.4	1.96	2.74
ガラス球 (ハンドハックト入)	0.5	0.149	(0.075)	ガラス球 (ハンドハックト入)	0.5	0.149	(0.075)
			$\times 8 = 0.6$				$\times 8 = 0.6$
四角板	1.17	0.372	0.435	四角板	1.17	0.372	0.435
アングル	2	0.036	(0.072)	アングル	2	0.036	(0.072)
			$\times 4 = 0.288$				$\times 4 = 0.288$
カメラ	0.9	0.012	0.01	切離装置	0.9	0.028	0.025
フーリッシュ	1.4	0.035	0.05	カメラ	0.9	0.012	0.01
			$\Sigma C_{DN} \cdot A_N = 4.12$	フーリッシュ	1.4	0.035	0.05
							$\Sigma C_{DN} \cdot A_N = 4.15$

\* 切離装置の抵抗は無視した。

表 3.6 浮上時のシステム構成要素の抵抗係数と代表面積—  
パッケージ (LD-75) 切離し後

$$\Sigma C_{DN} \cdot A_N = 4.15$$

## 4. 試験準備

### 4.1 試験海域の選定

試験的海洋処分が行われる予定の海域は  $147^{\circ}\text{E}$ ,  $30^{\circ}\text{N}$  付近の B 点であり、東京湾口から約 800 km 東南の太平洋上にある。B 点でパッケージの健全性試験を行うことができれば最も良いが、往復の所要時間だけで 4 ~ 5 日かかるなど、経費の点からも他の海域を考慮せざるを得なかつた。

今回の試験を実施した海域の選定の条件として次の事項を考慮した。

1. 港から試験海域までの所要時間は 36 時間（約 500 km）以内であること。
2. 水深は 5000 m 程度であること。
3. できるだけ海流が弱いこと（できれば表層 1 ノット以内）。
4. 海底は比較的平坦であって B 点と同じ土質、即ち赤粘土 (red clay) であること。

このような条件を厳密に満足させる海域を見つけることは困難であつて、2, 又は 3 のいずれかの条件を若干緩める必要がある。前述したように、海中自由落下試験は相当な技術的困難を伴うものであり、何トンもある重量物を扱うために未知の要素が多いので、3 は浮上したシステムの発見の条件として重要である。このほか、音波測深機 (echo sounder) などを搭載して試験を支援しうる船の協力がえられることが望ましい。具体的には、 $143^{\circ}\text{E}$ ,  $34^{\circ}\text{N}$  付近の産業廃棄物排出 A 海域で海洋汚染調査を行うとともに、原研が実施する「海中吊下ろし一回収法による放射性廃棄物模擬パッケージ (D-50 型多重構造パッケージ等) の深海中健全性試験」<sup>9)</sup>に協力（便宜供与）する海上保安庁水路部測量船昭洋に、本試験においても協力をあおぐことを考慮し、 $135^{\circ}\text{E}$ ,  $31^{\circ}\text{N}$  付近の産業廃棄物排出 A 海域で試験を行うこととした。この海域の深度を図 4.1 に示す。又、この海域を含む四国沖の太平洋における海流の流速分布を図 4.2 に示す。海底の流速及び方向は時期及び場所による相違があり、水路部が 1976 年 9 月 29 日から 10 月 13 日までの間に  $134^{\circ}51.3'\text{E}$ ,  $30^{\circ}58.7'\text{N}$  (水深 4240 m) の海底から 30m 上に設置した流速計の測定結果によれば、<sup>18)</sup>  $0 \sim 5 \text{ cm/sec}$  の流速で北から南へ流れていることが多かった。流速が  $10 \text{ cm/sec}$  に達することは殆んどなかったが流れの方向は変化していた。又、海底土は赤粘土であつて  $135^{\circ}11.1'\text{E}$ ,  $31^{\circ}15.5'\text{N}$  (水深 4.310 m) 及び  $134^{\circ}45'\text{E}$ ,  $30^{\circ}44.2'\text{N}$  (水深 4.280 m) で採取したものの粒度は  $4 \mu$  以下が約 50% (粘土)  $63 \mu$  以下が 90% (粘土とシルト (silt)) であった。<sup>18)</sup>

なお、 $133^{\circ}50'\text{E}$ ,  $31^{\circ}35'\text{N}$  (産業廃棄物排出海域の外) に水深約 5000 m の海域があるが海流が可成り強いと思われる所以、 $135^{\circ}\text{E}$ ,  $31^{\circ}\text{N}$  付近での試験が成功し、更に試験を継続する場合の試験海域として考慮した。

---

\*参考のため我が国の産業廃棄物排出海域を付録に示す。

#### 4.2 深海カメラのピント及び露出テスト

パッケージの自由落下試験における海中撮影の準備として、四国沖海域での海洋試験に先立ち、陸上において深海カメラおよびフラッシュの性能テストを水槽内で行った。テスト事項は、水中における適正なピント、およびフィルムに対する露出度の確認である。以下に試験方法ならびに結果を記す。

この深海カメラはファインダーがなく、ピント合せはレンズ鏡胴部前面にある距離目盛によって行う。しかしこの目盛は大気中撮影用であり、屈折率の異なる水中ではそのまま用いるとピントボケを生ずるので、取扱説明書記述に従い、水中での距離目盛設定値は次式の計算値(Da)を用いた。

$$Da = D \times \frac{3}{4} \quad \dots \quad (4.1)$$

ここで Da = 距離目盛設定値（水中）

D = カメラ、被写体間距離

試験はピントおよび露出度の同時テストとし、図4.3に示すように、水槽内に被写体と撮影装置を組込んだ。

海中において水深 150 m 以上では太陽光線が届かず、暗黒となるのでフラッシュを使用せず、撮影を行うことはできない。そこで暗夜を選び、午後 8 時頃、水槽周辺の電灯を消して水槽内フラッシュ撮影を行った。フィルムは本実験で使用するコダックのエクタクローム 200 ディライト（リバーサルタイプ ASA 200）を用いた。シャッタースピードは 1/20 秒である。

絞り値 F は図4.4 および計算式 (4.2) により得た値と、それより 1 段小さい絞り値の 2 例についてテストした。被写体とカメラの距離はこの性能テストの場合、水槽の大きさに制限されるので 1.6 m (5.3 feet) であった。図4.4 の下側カーブを用いると Z は 6.6 となる。なお Z は (4.2) 式で定義される。

$$Z = \frac{1.6 \times \sqrt{ASA \times WS}}{F} \quad \dots \quad (4.2)$$

ASA = 200, WS(光の強さ) = 100 watt/sec であるからこれらの値を代入すると

$$F = \frac{1.6 \times \sqrt{200 \times 100}}{6.6} = 34$$

となる。この絞り計算値はカメラにないので、露出を 1/2 に落すフィルターをつけた。この場合、 $34 \div \sqrt{2} = 24$  であるから、この値に最も近い絞り値 F 22 と、1 段小さい絞り値 F 16 の両方について撮影を行った。現像フィルムの観察により、距離目盛の設定値が適当かどうか、またどの絞り値が適正露出かを判定した。以下試験の結果について述べる。

ピントテストでは (4.1) 式より得た距離目盛設定値によるピントは正確で、鮮鋭な像が得られた。また露出については (4.2) 式による絞り値 F 22 より 1 段小さい絞り値 F 16 の方が適正絞られた。

であった。故に本実験では距離目盛設定値は(1)式の計算とし、露出は(2)式の計算値より1段小さい絞値とした。

なお海洋試験における被写体、カメラ間の距離は3.6m(11.8 feet)に設定したのでカメラの距離目盛は $3.6 \times \frac{3}{4} = 2.7$ となる。(図4.5参照)

絞値については図4.4からZ=19.68となるので(4.2)式よりF値は

$$F = \frac{1.6 \sqrt{200 \times 100}}{19.68} = 11.5$$

1段絞りの小さい値は $11.5 \div \sqrt{2} = 8$ となるので、絞値をF8と決定した。

#### 4.3 実験作業の打合わせ、機材確認および強度試験

実験現場は四国沖350km(約200海里)の海上であり、使用機材の部品が不足すると全部の作業が徒労に帰する可能性がある。これを考慮し、すべての機材を東海研究所に集中し、充分な点検を実施した。なお購入機材は米国よりの輸入品が多く、納期が3~4ヶ月を要するので、昭和52年3月より準備を進め、部品、ワイヤー等の特注雑具を含めて準備は7月下旬完了した。

7月29、30の両日にわたり、原研、海上保安庁水路部および東豆漁業(株)の各関係者が東海研究所において作業要領の打合わせ、パッケージの検分、ワイヤ等特注雑具の数量等の確認を行い、ポリプロピレンエイトロープおよびアイクランプ付ワイヤーについては、パッケージをクレーン車で吊り上げロープ及びワイヤーの強度試験ならびにパッケージとカメラとの距離実測を行った。次いでタイマー式切離し装置(開発工業製)の切離し実験も行った。また灰黒色のパッケージは鮮明に撮影できるよう白色に塗装した。水中音響切離し装置(AMF社)については、7月30日、分解点検と部品確認を行い、8月3日に“昭洋”の船上装置との連動点検のため、東京港13号地に繫留中の昭洋に持込み、4日、連動作動確認と最終組立てを完了後、5日には東海研究所に持帰った。

#### 4.4 西大寺港での準備作業(きよ丸)

実験用機材の輸送は、2台のトラックに積載、8月22日午後、東海研を出発し、24日9:30予定通り“きよ丸”繫留の西大寺港に到着した。“きよ丸”には実験作業に好都合の吃水にするバラスト用に、西大寺港にある帝国化工場の産業廃棄物である緑ばん( $\text{Fe SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ )を特に工場に依頼して8月23日に積込んだ。これは船内で重量物のパッケージを載せた場合、転倒移動を防ぐにも役立ち、結果的にはこの構想は極めて有効であった。

きよ丸への積込みは、パッケージ4体を前方ハッチの緑ばん内に安定させ、ブイについては木枠内にセットし更に化繊ロープ製角網に収納した状態にして後部ハッチボード上にラッシング固定した。その他の機器も甲板上に固定した。

出港は8月24日19:00の予定が、台風7号の接近で1日延期、25日に変更した。25日の日中

出港迄の時間、航海中に予定した作業を、岸壁繫留のまま実施し、クレーンにて切離し装置を吊上げ、カメラと被写体との距離を調整する等、細部の準備作業を進めた。

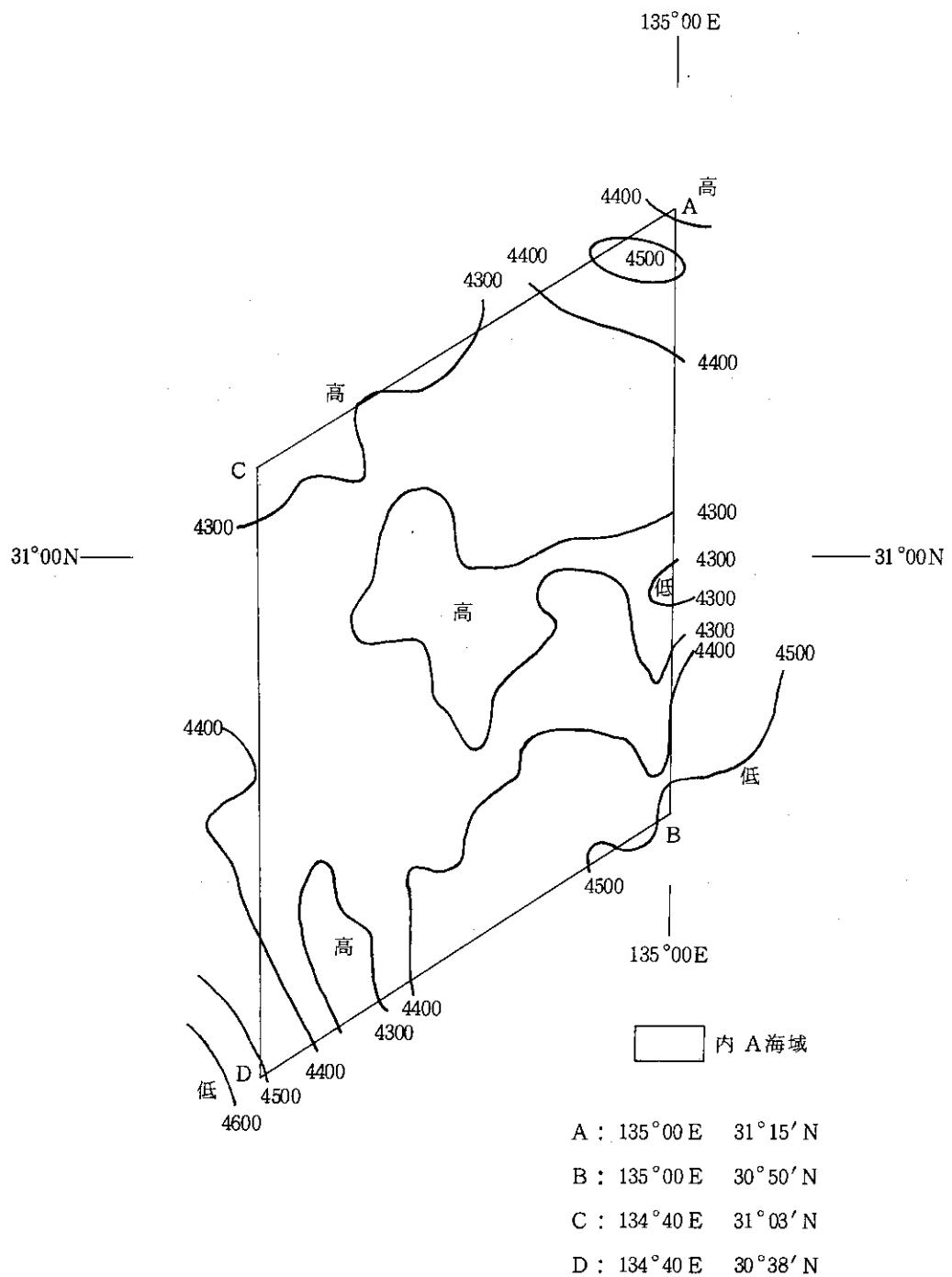


図4.1 四国沖産業廃棄物排出A海域付近  
の海底地形図\*（1/500,000）

\* 海上保安庁水路部提供

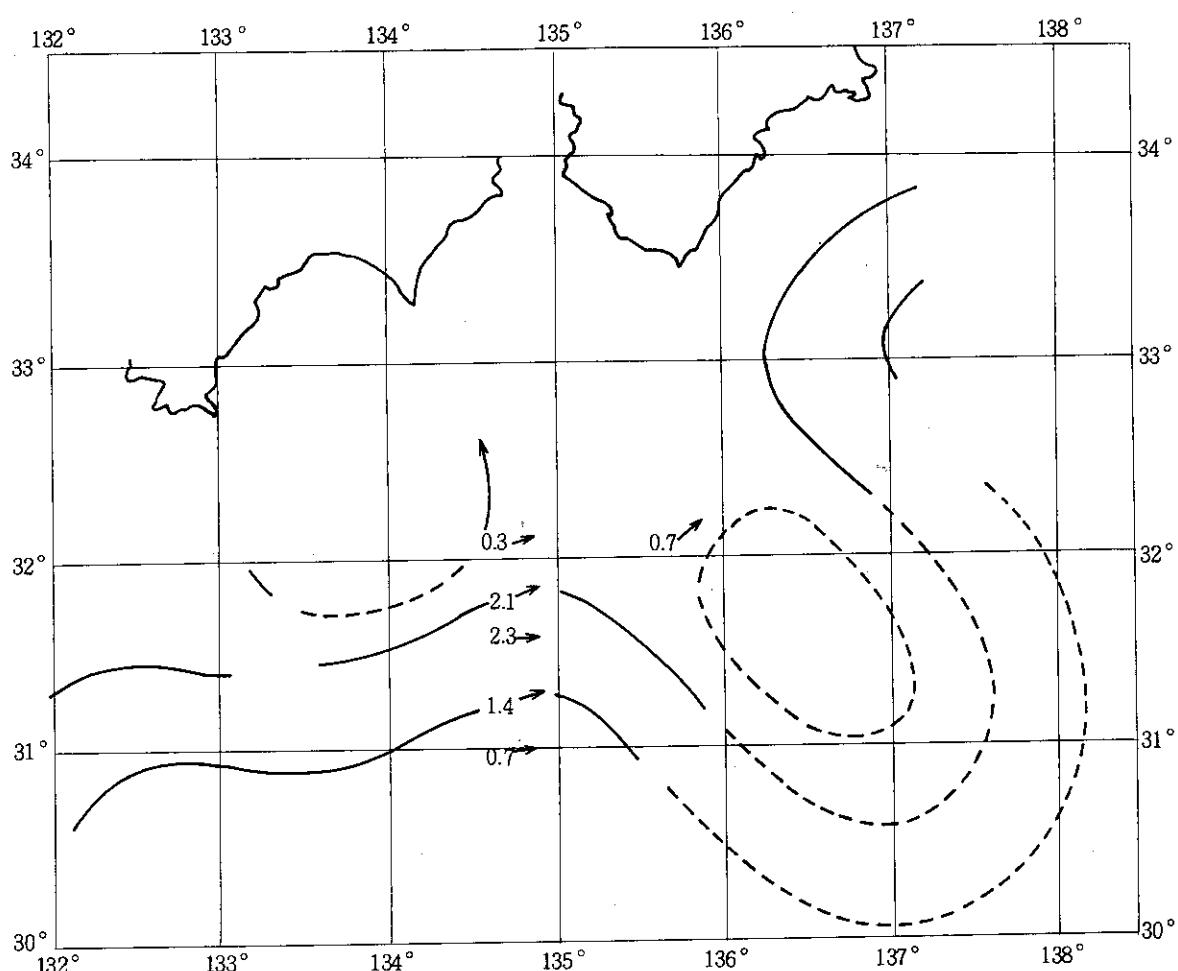


図 4.2 四国沖海流流速分布図\*

(流速の単位はノット)

\* 海上保安庁水路部提供

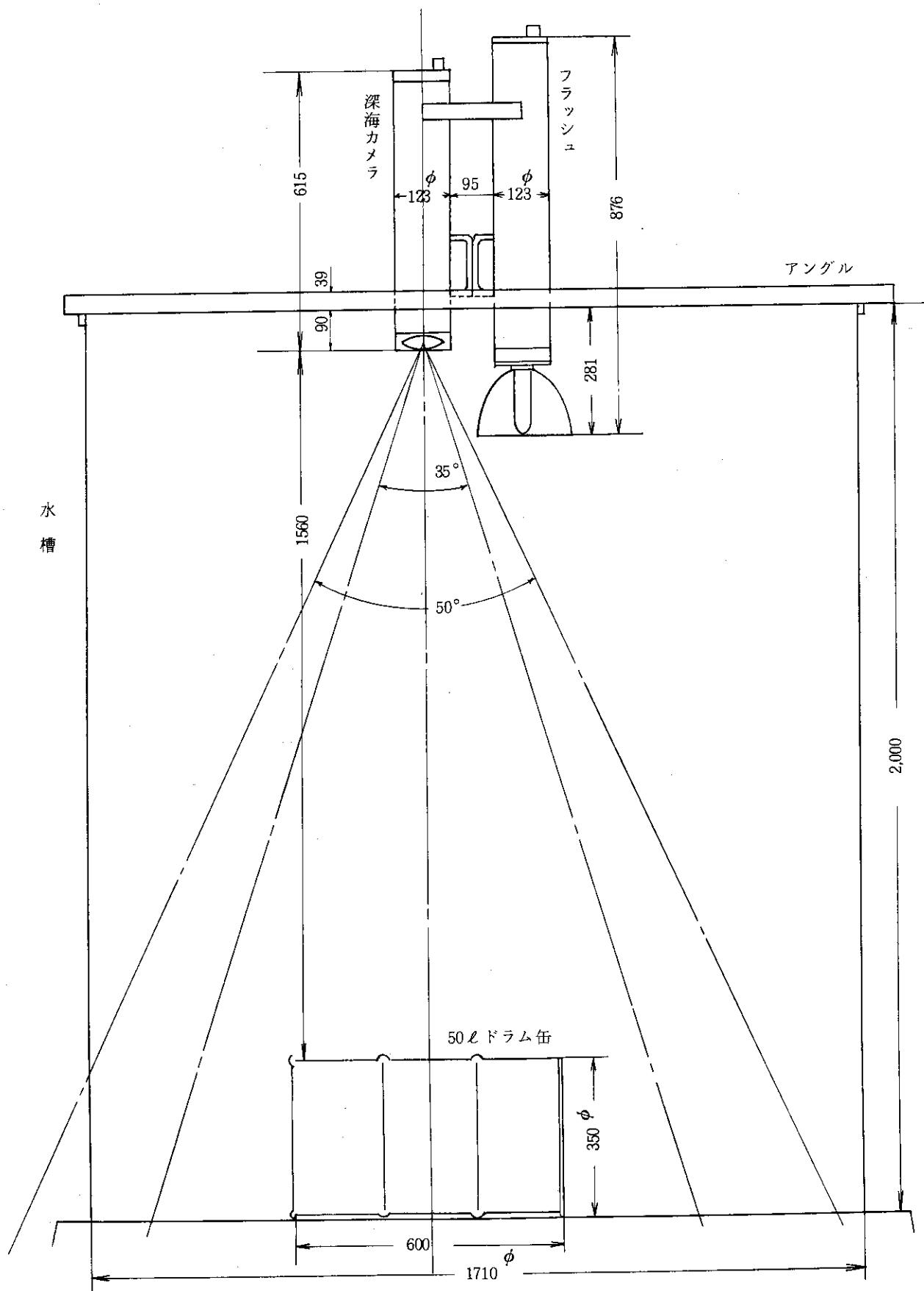


図 4.3 深海カメラ、フラッシュ性能テスト配置図

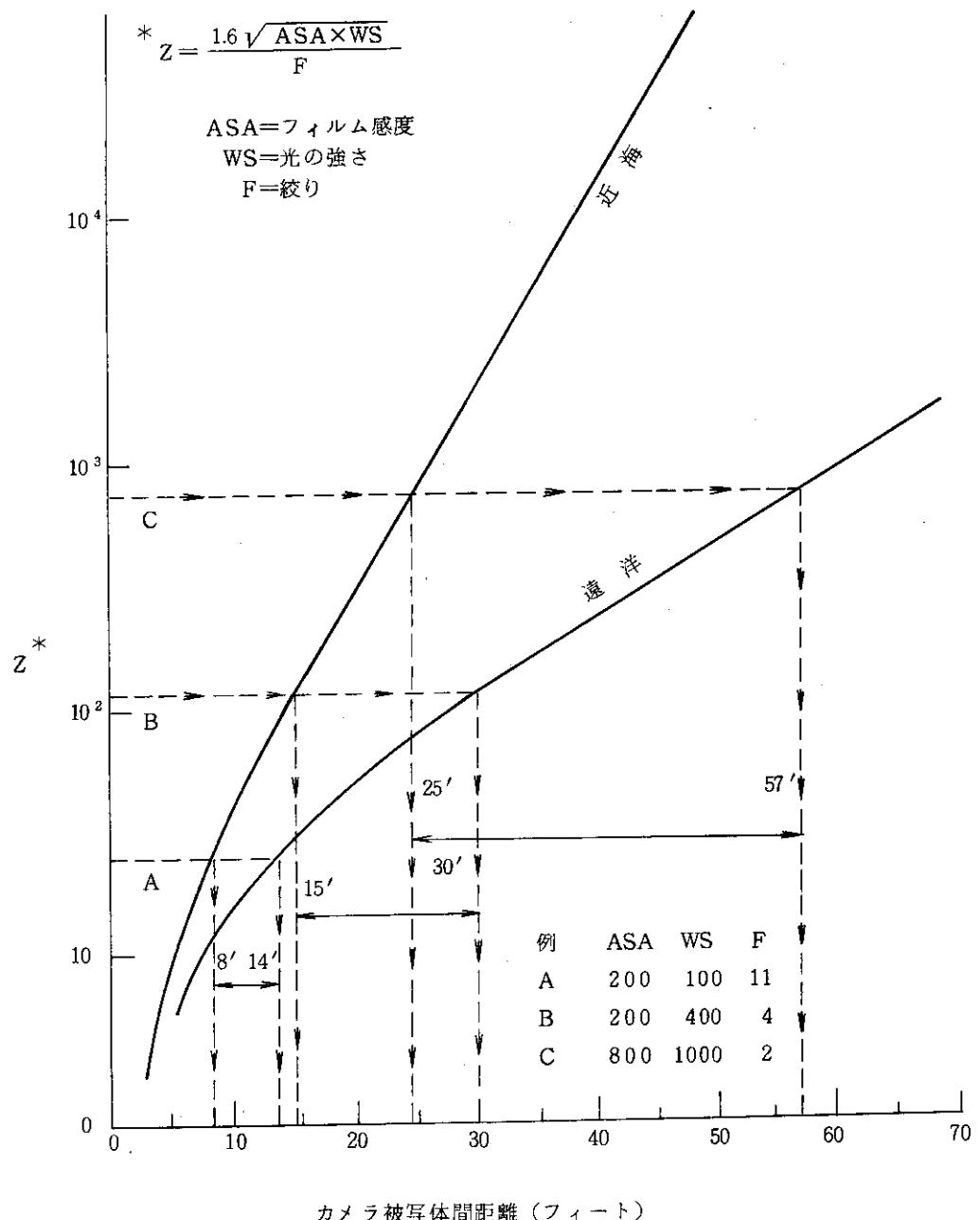


図 4.4 適正露出換算表 (水中)

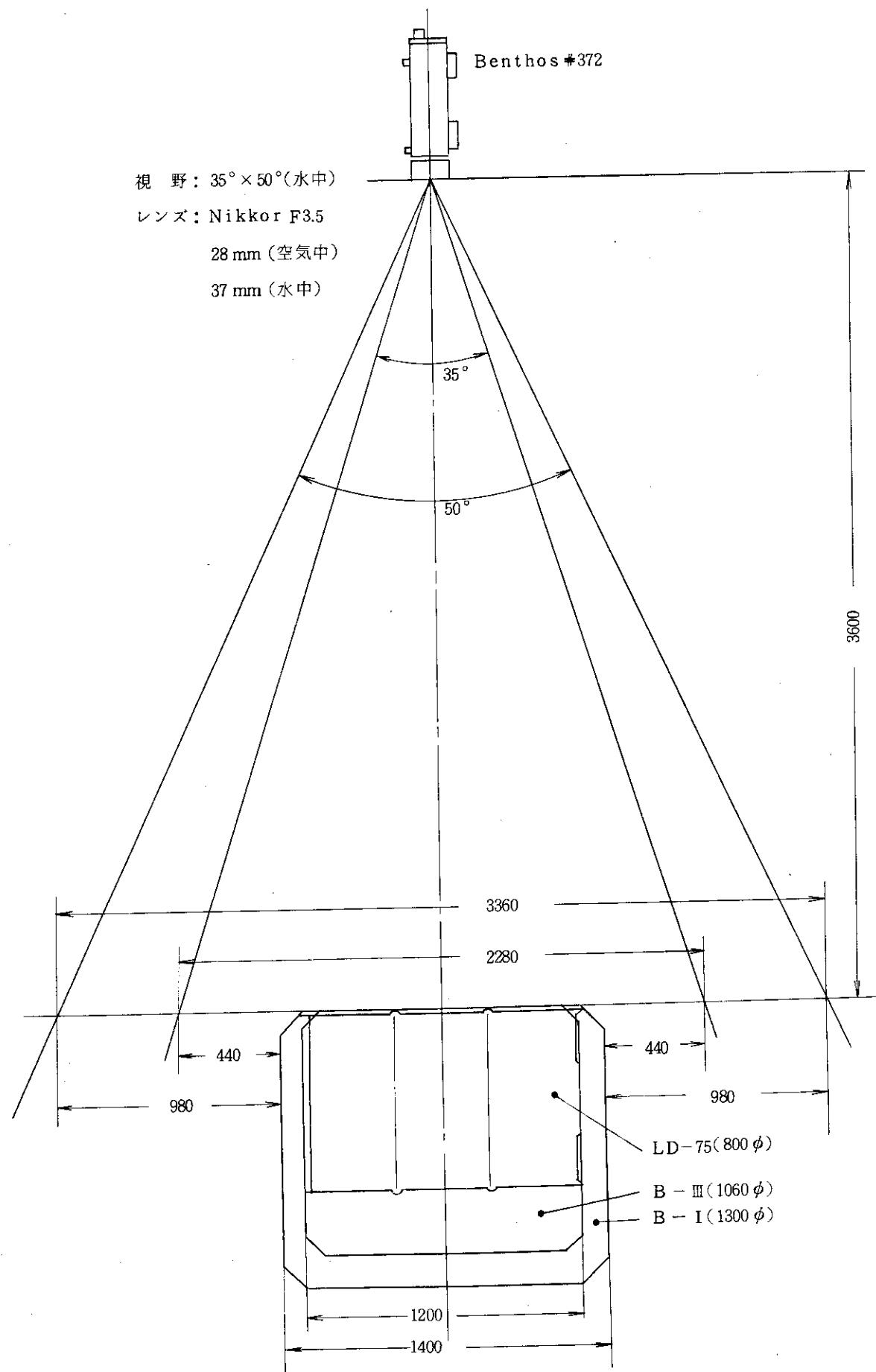


図 4.5 深海カメラのレンズ視野

## 5. 海 洋 試 験

### 5.1 試験方法

#### (1) 自由落下システムの整備

AMF切離し装置の電池は落下および着底時の衝撃による接触不良を防ぐためハンド付けした。切離し装置(AMF), 深海カメラおよびフラッシュの内部は, フレオンガスでエアバージを行ない, 海中落下で温度の低下による内面結露を防ぐ措置を行った。また水の浸入を防ぐため各ハウジングのOリング類はグリースを塗布した。

フラッシュに使用する乾電池は完全に充電されていることを確認(約34V)し, カメラの距離目盛は2.7m 絞りF8を確認後, 長尺フィルム(30.5m)を装填した。

#### (2) 自由落下システムの投入手順

- ① 切離し装置に深海カメラ及びフラッシュを取り付け, カメラ, フラッシュ間をコネクターケーブルで接続し, フラッシュのテストスイッチを入れ, 30駒撮影テストを行う。
- ② 浮上用ブイに水没式フラッシャー及びラジオビーコン送信器, 標識旗, 切離し装置への係留索(プロピレンエイトロープ), 先取りロープを取り付け, クレーンで洋上に降す。予め待機させてあったボートで先取りロープを引張り, 浮上用ブイを船から離す。切離し装置用係留索の末端部は船のクリートへ結んでおく。
- ③ パッケージに吊上げワイヤーを取り付け, クレーンで舷外に吊り出し, リングの中にストッパーを通し, クレーンを徐々に降ろし, ストッパーに固化体の荷重がかかる所でクレーンのフックを外す。
- ④ カメラ, フラッシュ付切離し装置をワーキングロープを用いてクレーンで舷外に吊り出し, 切離し部にパッケージ吊上げワイヤーを取付ける。次いで, ②浮上用ブイにつながった切離し装置用係留索を切離し装置の上部に接続する。
- ⑤ パッケージを吊下げているストッパーを徐々に弛め, 固化体の荷重が切離し装置にかかる所でストッパーを取去る。荷重はワーキングロープにかかる。
- ⑥ フラッシュの作動スイッチをONとし, 発光が開始したことを確認してからワーキングロープを徐々に弛め, 切離し装置を水面近くまで降ろし, ボートで引張っていた先取りロープを離し, ワーキングロープをナイフで切断し, 投入を終了する。

#### (3) 回収手順

- ① 浮上用ブイを海面上に認めたたら, 船をブイに近づけ, ボートで先取りロープを取り, 船のクレーンを用いてブイを船上に吊り上げる。
- ② 切離し装置, カメラ, フラッシュを人力で引上げる。
- ③ 切離し装置を真水で洗浄し, 水をふき取った後, 火薬及び電池の詰替えを行い, 次の試験に備える。カメラ及びフラッシュは同様に真水で洗浄清拭する。

## 5.2 試験経過

8月24日

原研4名、海上保安庁1名、東豆陵瀬より10名の総員15人が岡山西大寺港にてきよ丸に乗船、機材のチェックを行った。出港は19:00の予定であったが台風7号の接近で1日延期し、25日19:30とした。

8月25日

昼間、4.4に述べたように細部の試験準備作業を実施し、深海カメラのフィルム装填（暗室使用）等を行った。19:30予定通り西大寺港を出発、明石海峡友ヶ島水道を通過して四国沖産業廃棄物排出A海域に向う。

8月26日

台風7号崩れの低気圧が紀伊水道附近に停滞しており、6:00頃外洋に出る。若干のうねりがあったが作業可能の見通しを得た。

19:30、海上保安庁所属の昭洋より無線電話があり

19:55、昭洋の灯火発見、21:15昭洋と会合した。や々悪化した天候は前線の通過により次第に良好となった。

8月27日

6:00、準備作業開始

LD-75型パッケージを甲板上に取出す。ブイに赤色標識旗を取り付け、深海カメラ、フラッシュの発光（30回）テスト

7:30～8:30、浮上ブイの発見に使用するラジオビーコン発信器をボートにのせ、昭洋を回遊して自動方向探知器（昭洋搭載）の作動チェック。

### (イ) 第1回落下試験

LD-75型パッケージ（1.4トン）、切離し装置（AMF社製）投入位置～30°55'N, 134°45'E、水深～4250m、天候極めて良好、多少うねりあるも風力0、昭洋との距離180m。

8:45、クレーン操作による投入準備

9:28、切断投入

9:38、昭洋にてピンガーボ音確認

9:51、昭洋より切離し指令を発信する

11:38、ブイ発見、浮上位置30°57.8'N, 134°53'E,

12:40、深海カメラ、フラッシュ、切離し装置及びブイ回収完了。

12:55、第2回試験海域に向け、昭洋、きよ丸とも発進、13:00より回収フラッシュのバッテリー交換、同じくカメラの撮影フィルム抜取と新フィルム装填、

### (ロ) 第2回落下試験

パッケージ～B-III型（2.6トン）切離し装置～開発工業製

14:45、試験海域到着、30°57.8'N, 134°43'E準備開始

15:27、切離し装置のタイマーを1時間にセット

15:36、深海カメラ撮影開始

15:45, 切断投入, 推定位置  $30^{\circ}44'N$ ,  $134^{\circ}43'E$ , 水深 4280m

18:20, 昭洋よりブイ発見の通報, 同船より 1500m

19:25 試験機器回収完了

20:00～フィルム抜取及び装填, バッテリー交換, フィルム約 10mが未撮影のまゝ残っていた。

8月 28日

(v) 第3回落下試験

パッケージ～B-I型(4.3トン), 切離し装置～開発工業製, 快晴, 波静か

6:30 作業準備開始

6:50 スタンバイ漂泊中の昭洋向け航行開始

7:15 昭洋と会合, 投入作業準備

7:56 切離し装置のタイマーを1時間にセット

8:10 深海カメラ撮影開始

8:15 切断投入  $30^{\circ}45'N$ ,  $134^{\circ}44.8'E$ , 水深 4280m

8:56 切離しのタイマー作動

10:49 昭洋より通報と同時にきよ丸にて浮上ブイ確認,  $30^{\circ}44'N$ ,  $134^{\circ}45'E$

11:25 機器回収終了

12:00 最終回の試験海域水深 5050m,  $31^{\circ}46'N$ ,  $134^{\circ}08'E$ に向い出発, 切離し装置(開発工業製), 深海カメラ等整備

18:45  $31^{\circ}46'N$ ,  $134^{\circ}08'E$ に到着, 日没寸前にして風波次第に高く, 機器回収は夜間作業となる等危険な状況が予想されるので, BIII(2回目)の試験は中止した。

8月 29日

6:00 四日市向け航行開始。6:30～11:30 バラスト用錆ばん投棄作業

8月 30日

8:05 四日市入港, 試験後の総括打合わせ, 機材の整理を行う。

試験船きよ丸の航跡を図 5.1 に, また試験中の気象および海象記録を表 5.1 に示す。

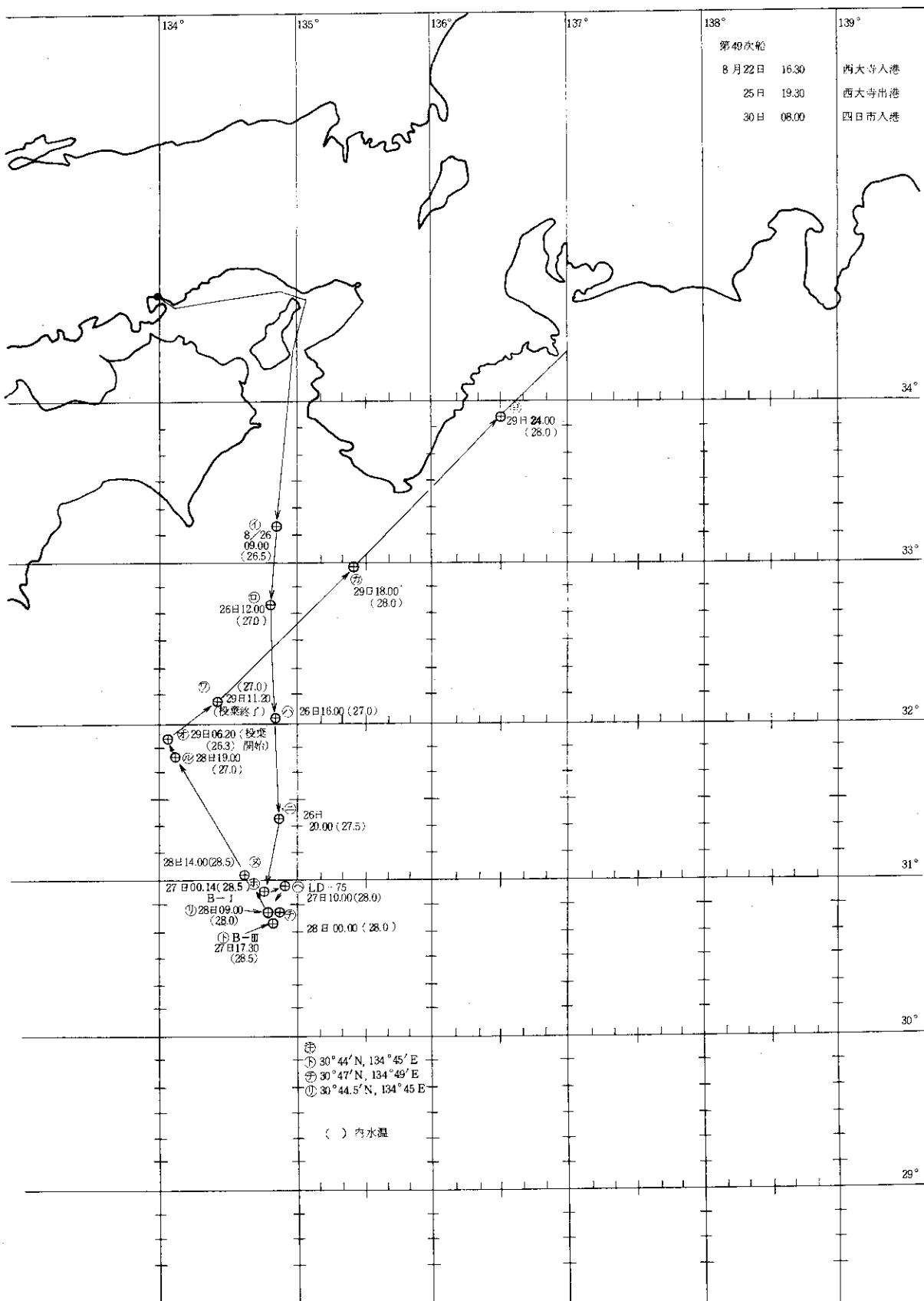


図 5.1 試験船「きよ丸」の航跡

表 5.1 気象海象状況（昭洋の航海日誌より抜粋）

月 日	時 刻	風		風浪		うねり		天 氣	雲		視 程	氣 壓 $(\text{mb})$	氣 溫 $(^{\circ}\text{C})$	海 水 溫 度 $(^{\circ}\text{C})$	濕 度 (%)
		風 向	風 速 $\text{m}/\text{sec}$	方 向	階 級	方 向	階 級		雲 形	量					
8 27 (土)	06	SSW	1	SSW	1	N	9	①	Ac Cu	3	7	6.1	27.3	28.2	74
	07	"	1	"	1	"	9	"	"	3	8	6.7	27.8	28.2	70
	08	SW	1	SW	1	"	9	"	Sc Cu	3	8	7.2	28.5	28.2	68
	09	WSW	1	WSW	1	N W	9	○	Cu,Cb Ac	1	8	7.5	28.1	28.0	73
	10	S	1	S	1	W	9	①	"	2	8	7.0	29.0	—	74
	11	SE	1	SE	1	"	9	"	"	2	8	7.8	29.6	—	72
	12	ESE	3	ESE	1	"	9	"	"	2	8	7.6	29.0	28.3	72
	13	"	4	"	1	"	9	"	"	3	8	7.0	29.0	28.8	75
	14	"	5		2	W ENE	9	"	"	4	8	7.0	28.5	28.4	75
	15	"	4	"	1	ENE	9	"	"	4	8	6.8	30.0	28.4	69
	16	"	5	"	2	"	9	"	"	4	8	6.9	30.2	28.1	70
	17	"	5	"	2	"	9	"	"	3	8	7.0	28.6	27.5	74
	18	"	3	"	2	"	9	"	"	3	8	7.1	28.1	28.6	74
8 28 (日)	06	E	2	E	1	"	9	①	As Sc,Cb	6	8	8.4	27.7	28.2	76
	07	"	2	"	1	"	9	"	"	4	8	8.8	27.8	28.2	74
	08	"	5	"	1	"	9	"	"	4	8	9.0	28.1	—	74
	09	"	3	"	1	"	9	"	As,Cu Cb	7	8	9.1	28.3	28.2	80
	10	ESE	5	ESE	2	"	9	"	"	6	8	9.6	29.0	28.2	74
	11	"	7	"	2	"	9	◎	Ac,Cu Cb	9	8	9.7	29.0	28.4	74
	12	"	6	"	2	"	9	①	"	6	8	9.4	28.0	28.5	82

## 6. 試験結果と考察

### 6.1 システムの自由落下速度と浮上速度

模擬廃棄物パッケージの自由落下中及び着底後に深海カメラにより撮影した長尺フィルム（自由落下試験1回につき約30m）の各駆に、カメラのデータチャンバーにより同時に記録されたデータから計算した結果、カメラ作動開始より落下開始までの時間（落下準備時間）及び自由落下時間等は次表の通りとなった。なお撮影は3秒間隔で行った。各パッケージの代表的な海中写真を写真1～3に示す。

表 6.1 自由落下試験結果

パッケージ	LD-75	B-III	B-I
試験月日	52年8月27日am	52年8月27日pm	52年8月28日am
落下準備時間	1分	11分	4分
自由落下時間（実測）	23分15秒	—	15分45秒
自由落下時間（計算）	28分54秒*** (24分29秒)	21分10秒	16分42秒
水深*	4,250 m	4,280 m	4,280 m
浮上時間**（実測）	1時間42分	1時間53分	1時間52分
浮上時間（計算）	1時間48分 (1時間32分)***	1時間39分	1時間39分
備考	着底前に切離しが行われた。何時切離されたかは後述する。	舷側への衝撃により、落下開始後、間もなくフラッシュの発光が不調となり、その後の撮影は行われていない。	3回の試験のうち最も良く撮影されており、着底の瞬間も撮れている。

\* 音響測深により測定した。

\*\* 切離し装置の作動より、浮上ブイ発見までの時間

\*\*\* 切離し深度を3,600mとした場合の所要時間（計算）

実測された自由落下時間と計算値とを着底の瞬間が撮影されているB-I型パッケージについて比較してみると、表6-1の如く計算値では6%過大な値がえられている。この程度の誤差であれば、抵抗係数を個別に計算する方法によって実用上支障のない予測が可能といえる。B-III型パッケージの試験では、前述のようにカメラが舷側に衝突したため、フラッシュが正常に作動せず、写真撮影ができなかったので（詳細後述）、自由落下時間も実測できなかった。舷側又は船尾に油圧駆動のA-Frameがあれば、この点心配が少なく、特に荒天の場合は都合

がよいと考えられる。LD-75型パッケージでは、手違いのため自由落下システムの着底以前に切離しが行われた。自由落下時間の計算値と実測値の差が大きいのはそのためである。

一方、B-I及びB-III型パッケージの試験において、浮上時間は実測値の方が計算値に比べ13%大きな値であった。B-I及びB-III型パッケージの自由落下システムは浮上時間がほとんど同じ(1分間の違い)であるのは、水深が同じであり、又、パッケージ切離し後のシステムが全く同じであるところから当然の結果といえる。実測値と計算値が多少一致しなかったのは  $\sum C_{DN} \cdot A_N$  の計算値が実際の値と若干異ったためと考え、実測値から  $\sum C_{DN} A_N$  を式(3.3)を用いて逆算すると

$$V'_{B-I, B-III} = 0.637 \text{ m/sec} = \left( \frac{2 \times 110 \times 9.8}{1025 \sum C_{DN} A_N} \right)^{1/2}$$

$$\sum C_{DN} A_N = \frac{2 \times 110 \times 98}{1025 \times (0.637)^2} = 5.18 (\text{m}^2)$$

LD-75型パッケージ自由落下システムの浮上部分の  $\sum C_{DN} A_N$  も切離し装置を除いて、B-I型パッケージ自由落下システムの浮上部分と同じであるので、前者の  $\sum C_{DN} A_N = 5.18 \text{m}^2$  として浮上速度を計算すると

$$V'_{LD-75} = \left( \frac{2 \times 93 \times 9.8}{1025 \times 5.18} \right)^{1/2} = 0.586 (\text{m/sec})$$

この値を用いて切離しの行われた深度を計算すると、3600mとなる。これから落下速度を計算すると

$$V_{LD-75} = 2.58 (\text{m/sec})$$

となる。

3600mを自由落下及び浮上する場合、計算で求めた  $\sum C_{DN} A_N$  の値を用いて得た自由落下時間(計算)と浮上時間(計算)を表6-1の該当欄のカッコ内に記す。夫々5%及び11%の誤差である。

以上、システムの自由落下速度と浮上速度について、実測値と計算値を比較したが、比較的よい一致が得られた。

## 6.2 パッケージの落下姿勢

海中落下時のLD-75型パッケージについては、画面の枠から外れて撮影されたものではなく、撮影面(パッケージ側面を上方から撮影)及びパッケージ像の大きさ(カメラとパッケージの距離)は終始不変で、安定した姿勢を保っていた。パッケージの水平方向の動き(回転)はカメラ及びパッケージともフリーな状態におかれているので、相対的な動きしかわからない。連

続写真からカメラに対するパッケージの水平方向の相対的な動きには規則的なものはなかった。

(付録図4参照)

カメラ、フラッシュの作動状態を現像フィルムより検討した結果、巻上げ総駒数808駒(フィルム装填および作動テスト60駒を含む)のうち落下開始後425駒(21分15秒)は正常に働いたが、その後フラッシュの発光が1~2駒おきとなった。なお切離し装置の作動は落下開始後465駒(23分15秒)である。(付録図4)

B-III型パッケージの試験時、落下直前にナイロンロープがカメラに巻きつき、それを引離す作業中、撮影装置が数回舷側に衝突した。回収カメラのフィルム抜取時30.5m(約800駒)のうち10.4m(約250駒)が未撮影で残っており、また現像フィルムより、フラッシュの発光はカメラ作動開始後約200駒で停止していることがわかった。船上での試し撮り(30駒)が正常に行われたにもかゝわらず、落下準備中の写真が2~3重写しとなっていることから前記の衝撃により、カメラおよびフラッシュが作動不調となったものと思われる。なおフラッシュの作動200駒(10分間)に対し、カメラはフラッシュが停止した後も452駒(23分間)作動した。

B-III型パッケージはLD-75型にくらべ高さ/直径の比が小さく、横振れを起す可能性も考えられたが、撮影された写真から、LD-75型パッケージと同じように、中心軸を水平方向とした安定した姿勢で落下していることが認められた。

回収直後のカメラの外筒、先端およびカメラのガラス窓に少量泥の付着が認められた。パッケージが着底の際舞上げた泥が一時接近したカメラに付着したものと思われる。

B-I型パッケージの試験は3回のうち、重量が一番大きかったにもかゝわらず、最も順調であった。落下中パッケージはLD-75と同様に横吊りで安定な状態を保った(パッケージの撮影面および画像の大きさは終始不变)。カメラとパッケージの相対的な動きは、不規則ではあったが大きな振れはなかった(付録図5参照)。着底後パッケージに対するカメラの方向変動は撮影終了まで全くなかった(付録図5参照)。

撮影装置の作動は現像フィルム(全767駒)から、落下開始より136駒(6分48秒)までは正常で、その後着底までの180駒(9分間)のうちフラッシュ作動のなかった駒数が107あった。また着底直後連続8駒の未露光があった。しかし着底の瞬間が鮮明に撮影されていた。そのあとフィルム巻上げ完了まで1駒の未露光もなく正常に働らき、着底のとき固化体の周辺に舞上った海底土が次第に消失する状況が鮮やかに写しとられた。落下開始からフィルム巻上げ完了まで611駒、30分33秒を要し、切離し前に撮影を終了した。

B-I型パッケージの着底後撮影された写真(約30分間)から、ほぼ同方向の緩い流れがあり、着底により舞上った海底土は約30分後には完全に視界から去っていた。パッケージは中心軸を水平に、その $1/2$ 以上を海底土の表面から出して着底していることが写真3-(11)からわかる。

### 6.3 パッケージの健全性

深海カメラにより撮影されたパッケージの写真により判定を行うため、パッケージの細部の変化を観察することは困難であるし、また、要求されている健全性の判定にはその様な必要はない。

ない。すなわち、OECD/NEA のパッケージ指針<sup>19)</sup>には、"The packages should be designed to ensure containment of the waste during their handing, transportation, dumping at a water depth corresponding to the dumping site in use but at any rate not less than 4000 m, descent to and impact upon the sea floor, and to minimize to the extent reasonably achievable subsequent release of radionuclides to the sea" と述べている。また、原子力委員会によって定められた「放射性廃棄物の廃棄に関する技術的基準」<sup>11)</sup>によれば、"海面衝突時、海中降下時、及び海底衝突時において、放射性廃棄物が容易に飛散せず、又は漏えいしないこと。" となっている。パッケージの健全性を上述のような内容と定義すれば、パッケージの一方の方向から撮影された連続写真によって十分判定できると考えられる。

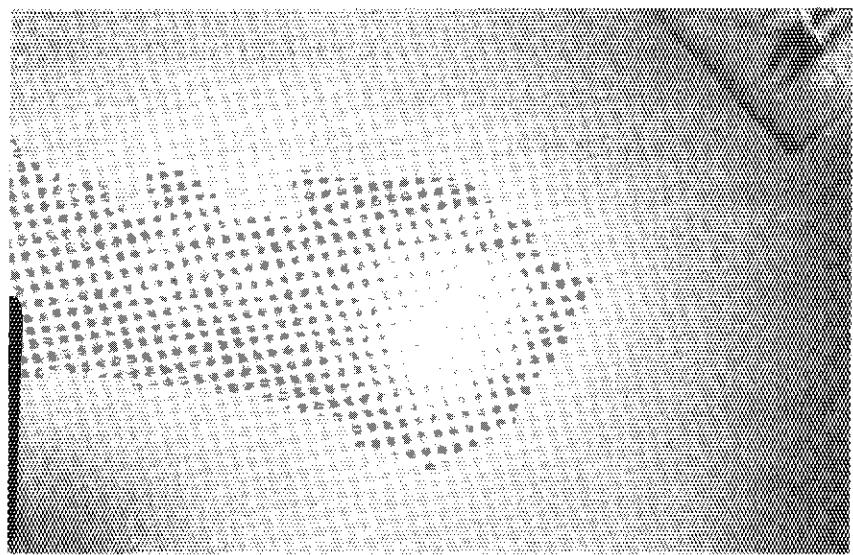
写真撮影が順調に行われたB-I型パッケージの試験では、落下中及び着底後30分間に撮影されたパッケージの写真に全く変化が認められないことから、健全性は保持されたと判定される。LD-75型では、写真が撮影された水深3,600mまでは健全性は保持されている。

この試験においては、パッケージのおかれる条件は実際の海洋投棄の場合に近い。しかし、落下速度はパッケージのみの落下速度より小さいことは既に3.2で述べた。B-I型及びB-III型パッケージを高圧水槽中において10分間で600 kg/cm<sup>2</sup>まで加圧する試験を行い、その際健全性は保持されたことは既に報告した。<sup>15)</sup>この様な種々の試験によって、原研で使用しているコンクリートブロック型多重構造パッケージの海洋投棄における健全性保持は実証されたと考えられる。

(1) 落下前



(2) 落下開始の瞬間



(3) 海中落下時

(落下開始後 450 秒)

深度 1260m

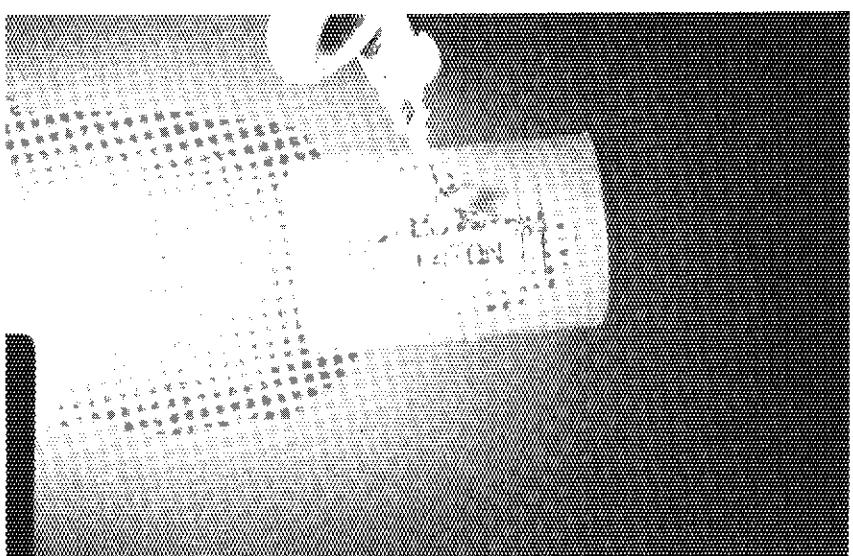
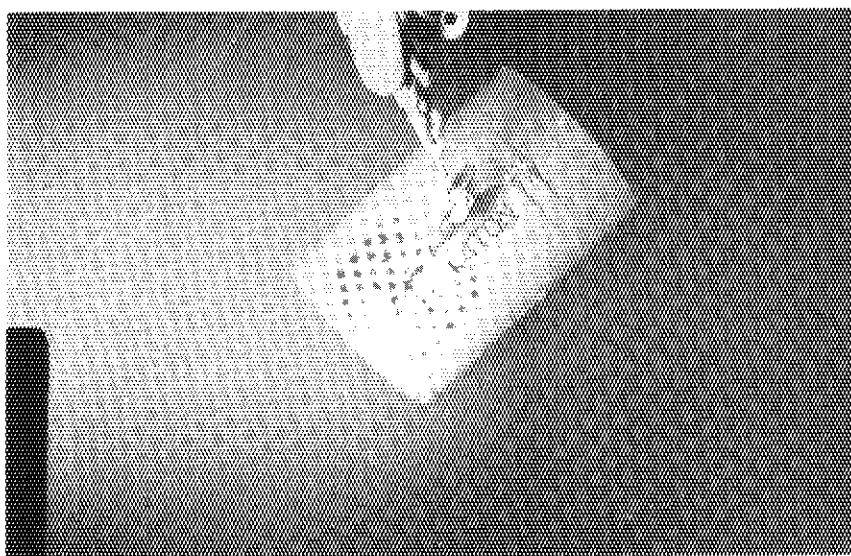
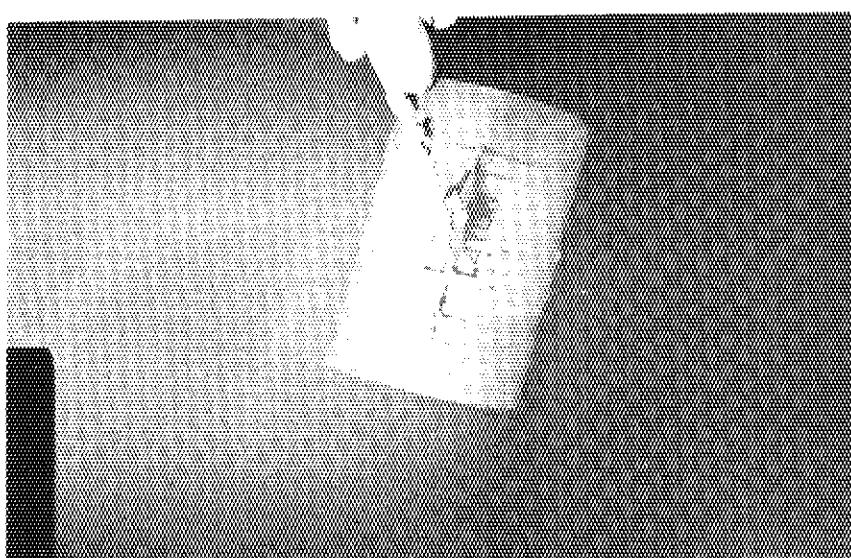


写真 1 模擬廃棄物パッケージ LD-75 型海中写真

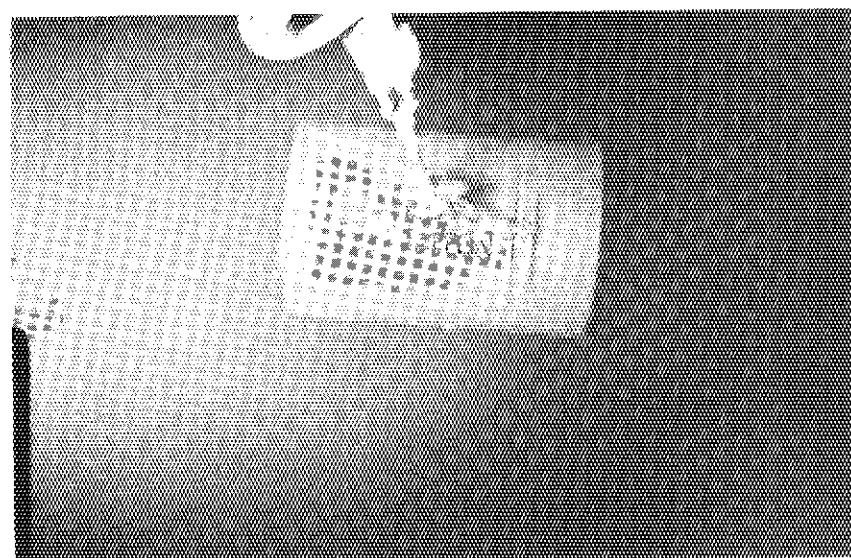
(4) 海中落下時  
(落下開始後 900 秒)  
深度 2520m



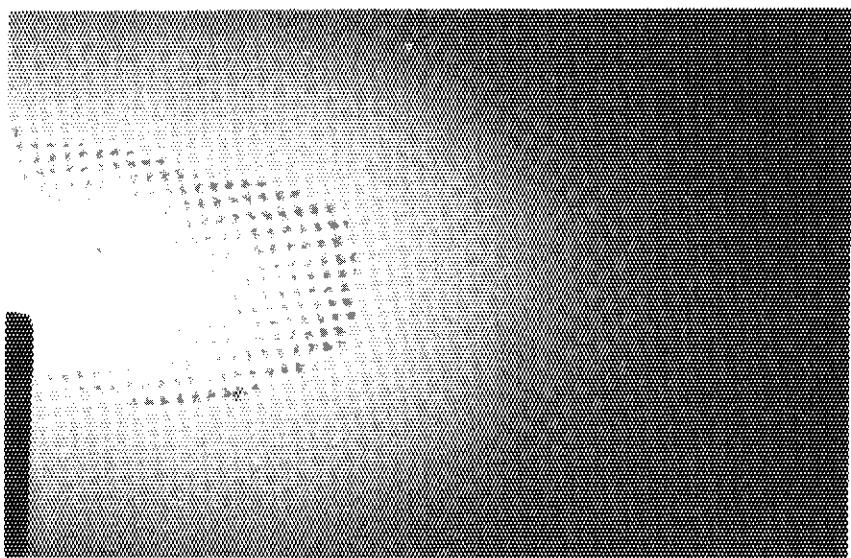
(5) 海中落下時  
(落下開始後 1353 秒)  
深度 3790m



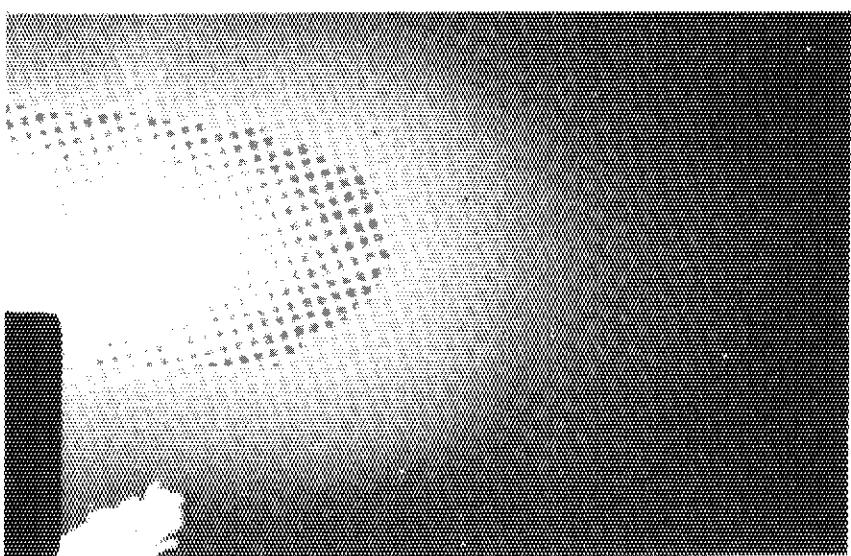
(6) 海中落下時  
(落下開始後 1395 秒)  
切離直前  
深度 3900m



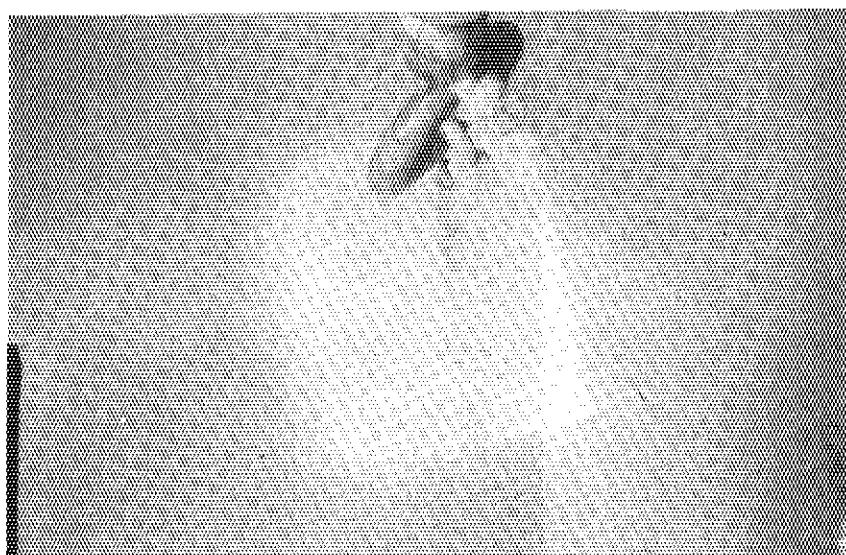
(7) 切離直後  
(切離後 12 秒)



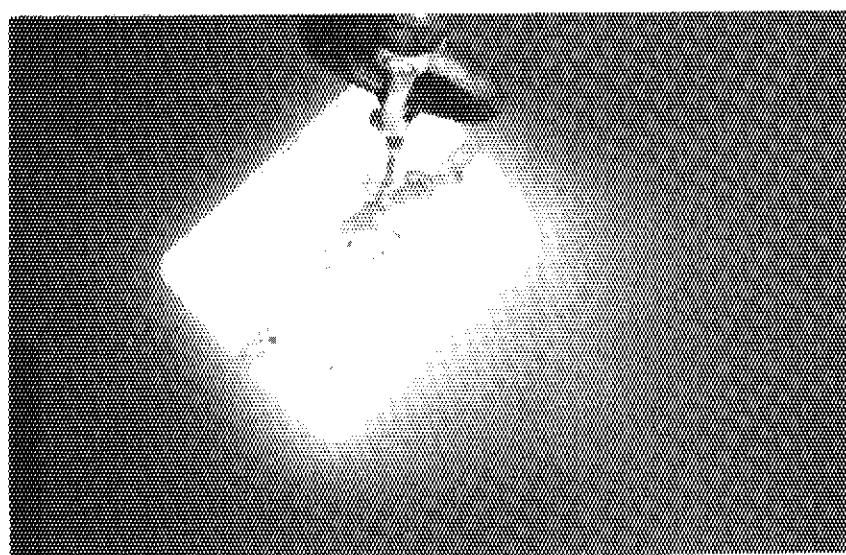
(8) 切離浮上時  
(切離後 48 秒)  
左下の影像是ナイロン  
ロープの先端



(1) 落下前



(2) 落下開始の瞬間



(3) 海中落下時

(落下開始後 21 秒)

深度約 70m

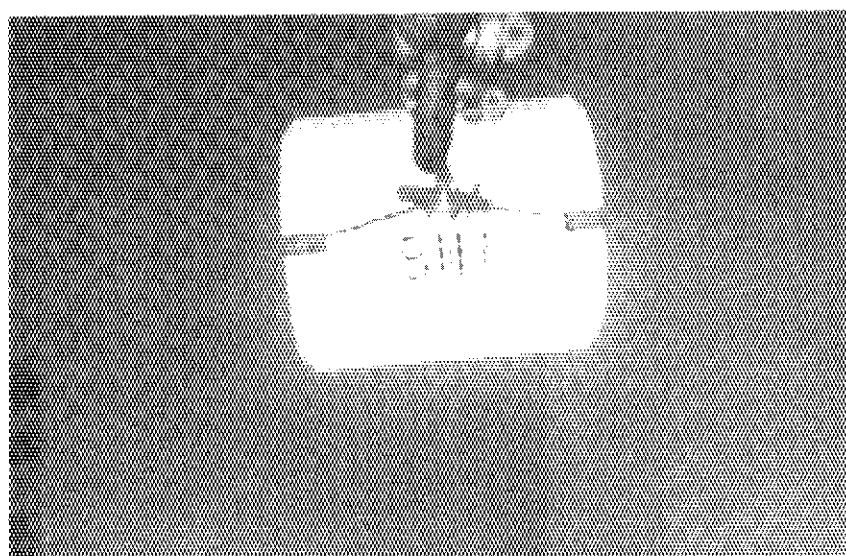
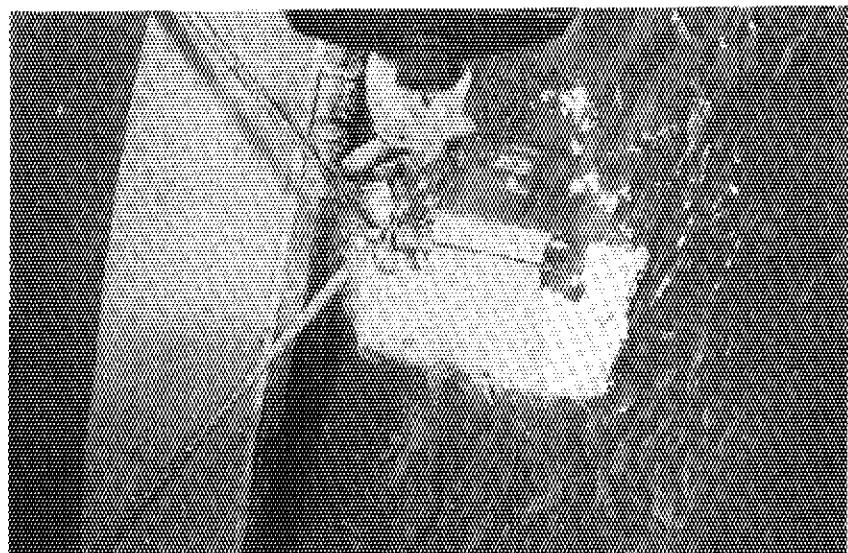


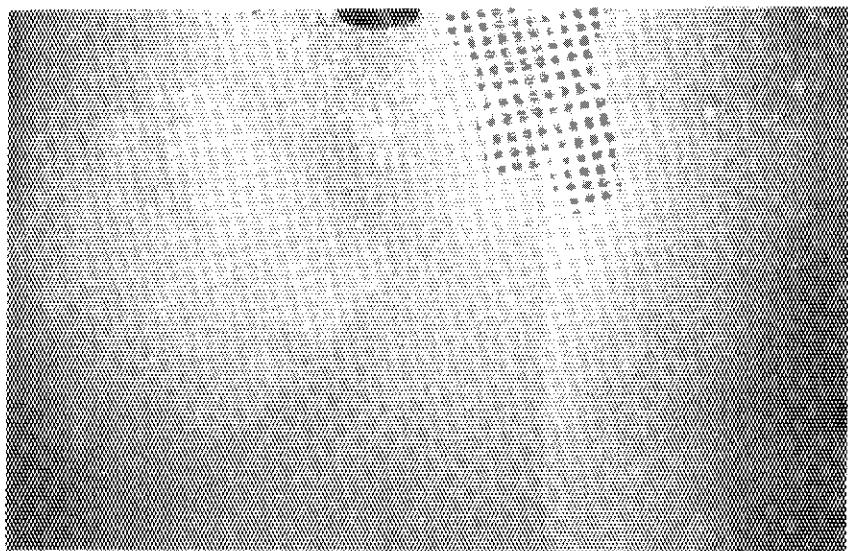
写真 2 模擬廃棄物 パッケージ B-III型海中写真

(1) 落下時

(舷側部)



(2) 落下開始の瞬間



(3) 海中落下時

(落下開始後 3 秒)

深度 14 m

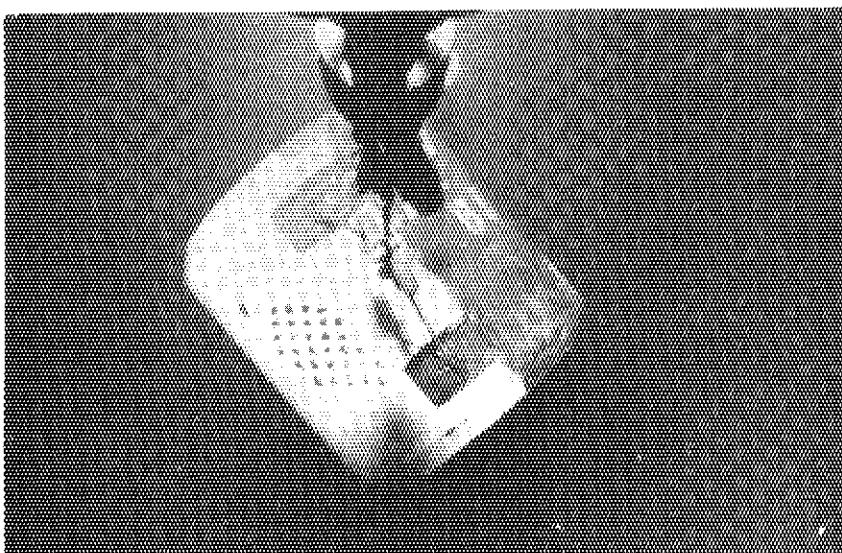


写真 3 模擬廃棄物パッケージ B-I 型海中写真

(4) 海中落下時

(落下開始後 300 秒)

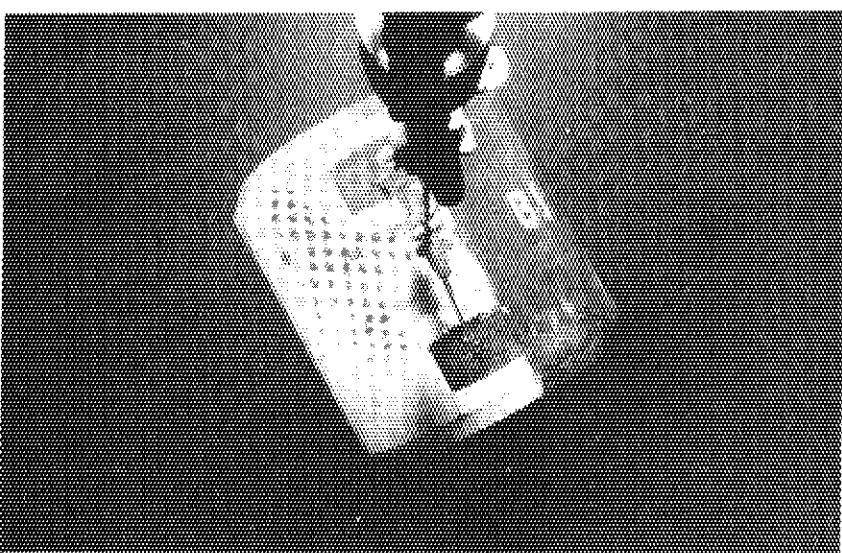
深度 1350m



(5) 海中落下時

(落下開始後 666 秒)

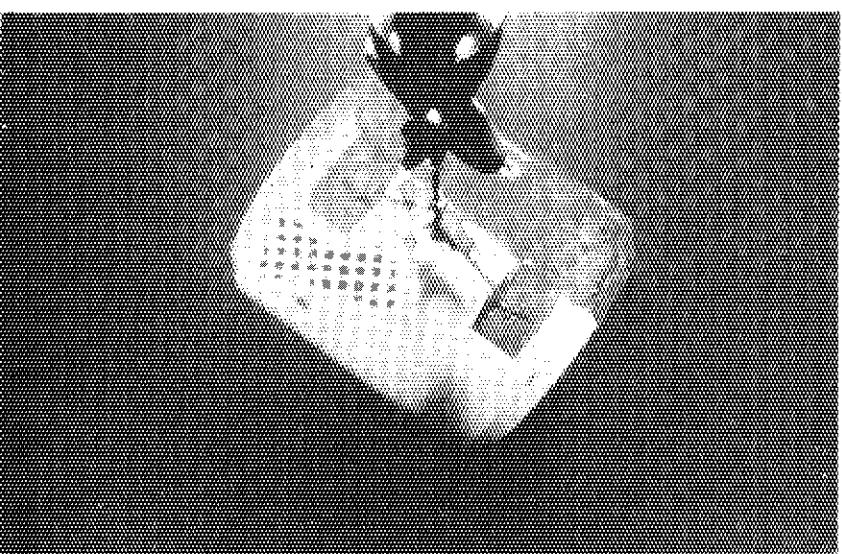
深度 3000m



(6) 海中落下時

(落下開始後 945 秒)

深度 4250m



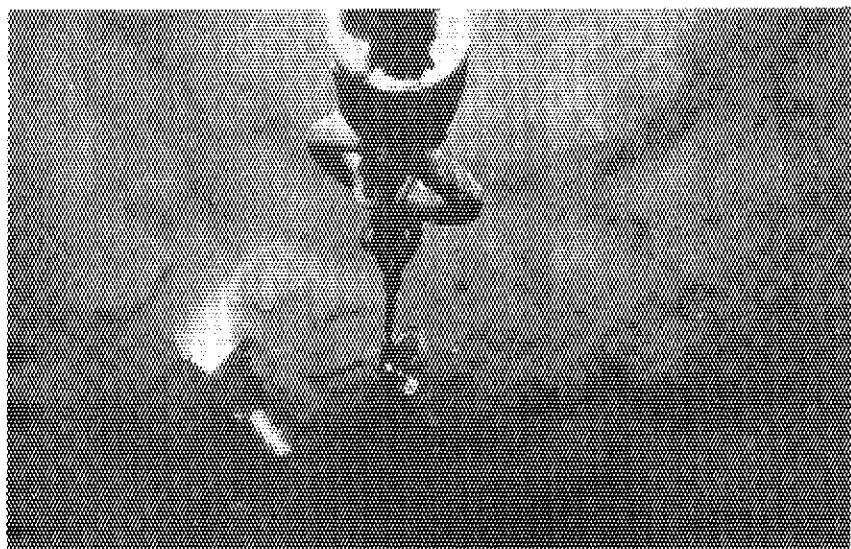
(7) 着底の瞬間

水深 4280m



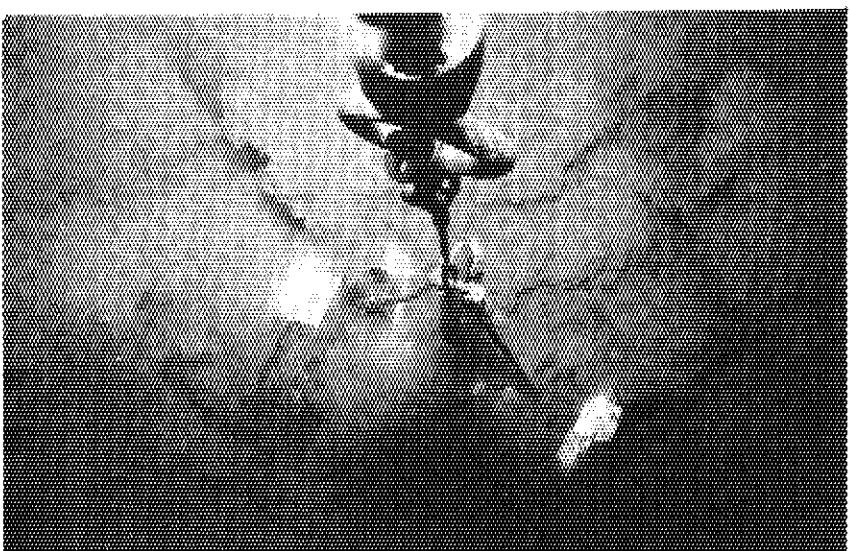
(8) 着底後

(着底後 33 秒)



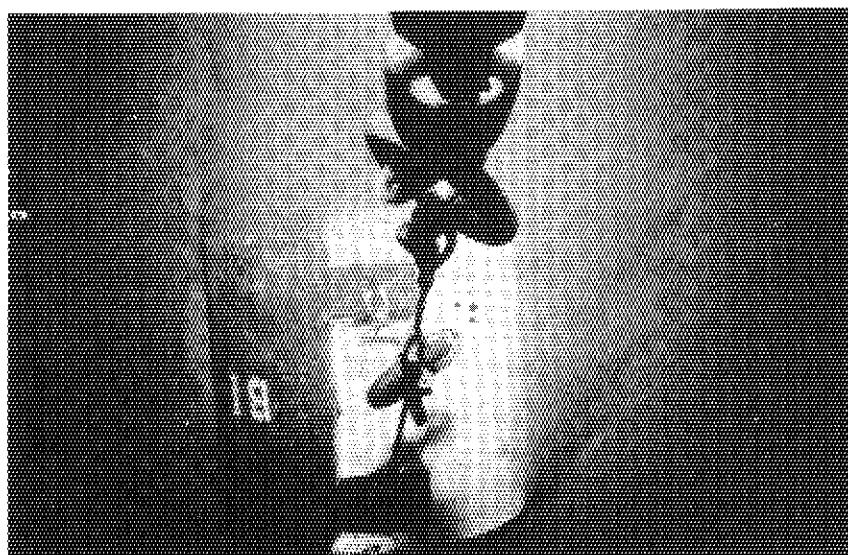
(9) 着底後

(着底後 36 秒)



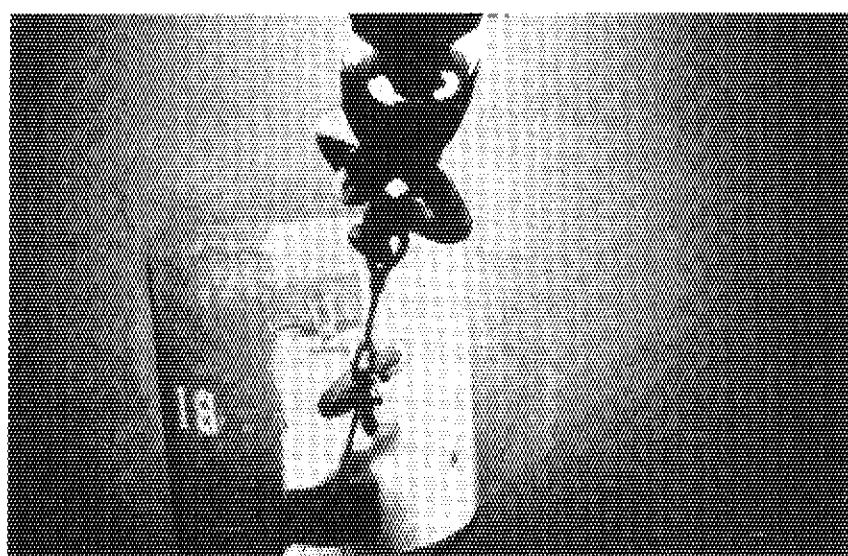
(10) 着底後

(着底後 1230 秒)



(11) 着底後

(着底後 1833 秒)



## 7. 結 言

模擬放射性廃棄物の多重構造パッケージ 3種の深海中健全性実証試験を自由落下法により、四国沖水深 4,300m の太平洋において実施した。主要な結果は次の通りである。

- 1) ブイの下方に深海カメラ、フラッシュ、切離し装置を吊り、さらに切離し装置の下方に模擬廃棄物パッケージを連結した自由落下システムを用いて試験を行い、落下中及び海底に着底後しばらくの間撮影した写真により、パッケージの深海中健全性を実証した。
- 2) 自由落下システムの落下速度(実測)は計算値と比較的よく一致した。
- 3) 模擬廃棄物パッケージは、落下中円筒状のパッケージの中心軸を常に水平に保った安定な姿勢であった。
- 4) 着底後、パッケージは中心軸を水平に、半分以上を海底土上に現わして横たわっていた(B-I型パッケージ)。
- 5) 切離し後、自由落下システムはパッケージを海底に残して海面まで浮上させた。その回収にはすべて成功した。
- 6) 自由落下システムの浮上速度(実測)は計算値と比較的よく一致した。
- 7) 深海カメラ及びフラッシュの動作不良(B-III型パッケージ試験時) - これらの機器が舷側に衝突した時の衝撃が原因と思われる - 等により、頭初予定した目標を達成できなかった部分もあった。しかし、本試験に使用したパッケージは最大のもので重量が 4.3 トンあり、このような重量物についての自由落下試験は従来試みられたことがなく、非常に技術的な困難を伴うものである。従って、試験全体としては成功であったと考える。

以上のような成果を得るに当って効果的であった事項を挙げると、

- 1) 切離し装置の取扱いをはじめ種々の海洋測定で実績のある海上保安庁水路部及び洋上の重量物取扱いの経験と優れた装備をもつ東豆満業(株)の協力がえられ、作業が円滑にすすめられた。
- 2) 陸上で予め慎重な計画の検討と試験の準備を行った。落下開始時ブイに局部的に応力が加わらないよう、木枠を用いたのも事前の検討の結果である。
- 3) 良好的な天候に恵まれた。台風の来襲で一日日程が短くなつたが、その後、2日間の晴天と風があり、その間に殆んどの試験を終えることができた。特に重量物の取扱いは波浪の影響を大きく受けるものと思われる。

今後、本試験の経験と実績を基盤として、海洋における健全性実証試験を発展させるためには、下記のような点に留意すべきであろう。

海洋処分の環境安全評価は公衆の被曝線量を評価することで行われ、被曝に対する防壁は、<sup>12)</sup>深海底から海面までの拡散の間におこる放射能の減衰と海洋の希釈能のみを考慮している。これに対応して、従来、放射性廃棄物パッケージの海洋処分に当っては、パッケージの健全性を着底まで保持すればよいとの考え方がある。しかし、これは安全側の評価になるが、実際の状

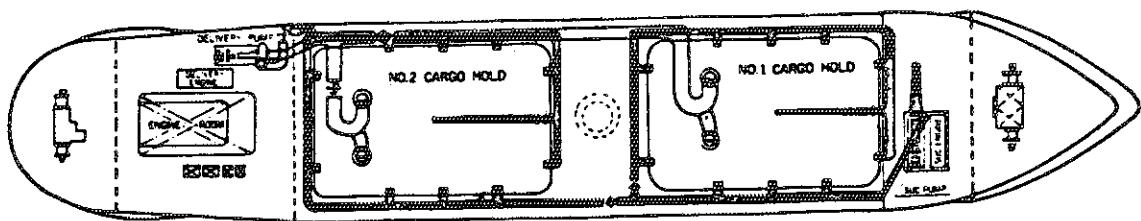
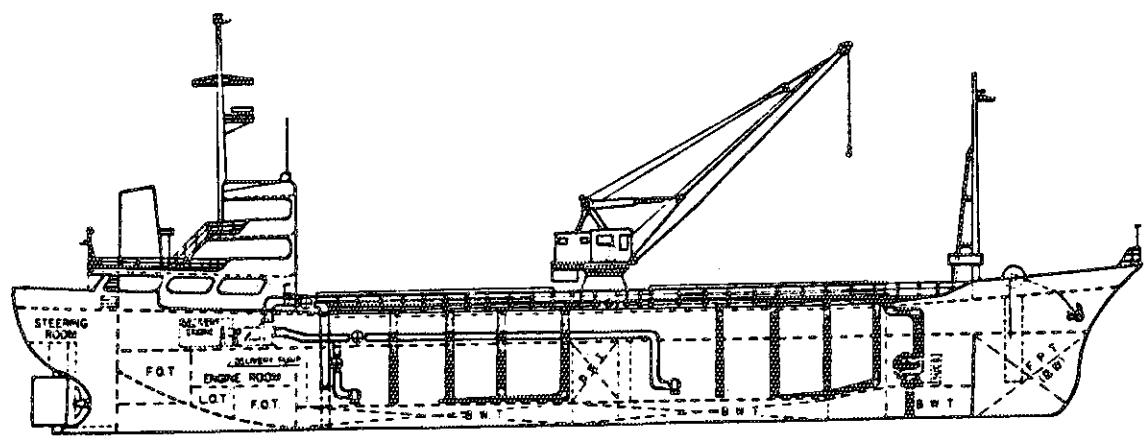
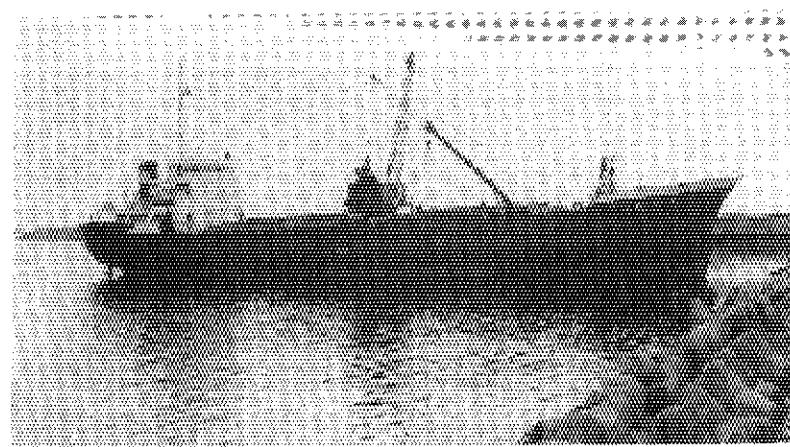
態とは異なると考えられる。又、今後の傾向として、着底後のパッケージの長期健全性も重視されるので、<sup>12,19)</sup>今回ほぼ成功をおさめた自由落下試験を応用して長期健全性を実証することが望まれる。最近の海洋測定機器の性能は著しく向上して、投棄後2年程度経過したパッケージの健全性を調べることは技術的に可能であり、比較的軽量のパッケージであれば回収することも考えられる。

今回の試験では専ら写真によりパッケージの健全性を判定した。多重構造パッケージは均圧機構をもち、その作動によって投棄時の健全性が保たれる。従って、均圧機構の作動状況を調べるために、パッケージの内外圧を測定することが試験結果を解析する上で望ましい。そのためには、パッケージに圧力センサーを埋込み、その信号をテレメータで試験船に送信する方法の採用が考えられる。

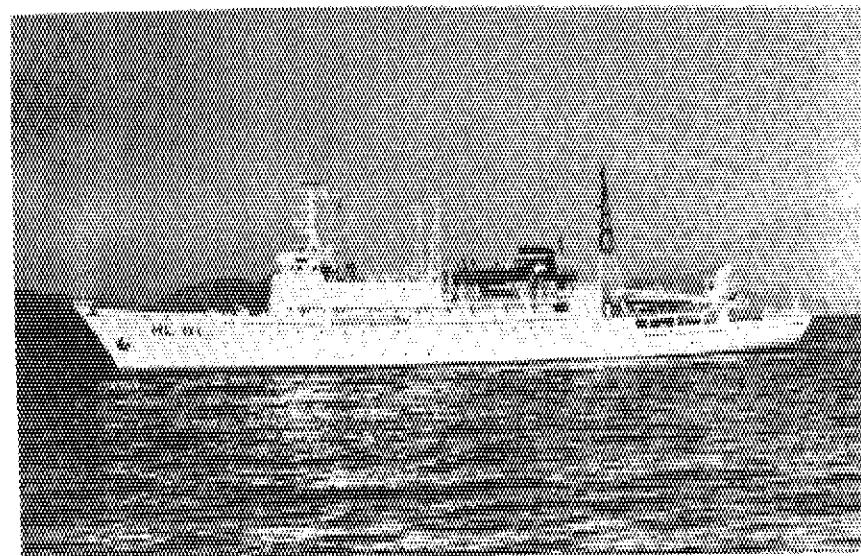
終りに、海上保安庁水路部、特に倉品昭二主任海象調査官、測量船昭洋の平野征爾船長はじめ航海長、機関長、乗組員の方々、東豆漁業(株)の重永哲彦社長、下田喜内氏並びに原研森下悟、丸山享両氏の御協力に感謝する。また、大洗研究所放射性廃棄物処理課および東海研究所放射性汚染処理課のパッケージ作成に御協力いただいた方々、本試験の実施に当たり御支援と御指導をいただいた天野恕環境安全研究部長、阪田貞弘元環境安全研究室長(現日揮(株))、荒木邦夫廃棄物処理処分研究室長(現高レベル廃棄物処理処分研究室長)、亀井放射性汚染処理第一課長、三戸放射性廃棄物処理課長、松元同課長代理(現放射性汚染処理第二課長)、並びに本報告を閲読していただいた和達低レベル廃棄物処理処分研究室長に御礼申し上げる。

## 8. 文 献

1. 関, 大内, 比佐, 伊藤: 海洋処分に備えたLWR廃液実大セメント固化体の高水圧浸出試験,  
日本原子力学会誌, 20, 887 (1978)
2. 阿部, 永倉, 村野, 岡沢, 服部, 満木: 原子力発電所廃棄物のドラム罐容器づめセメント  
固化体の高水圧下の力学的挙動に関する実験的検討(第1報), 電力中央研究所技術第二研  
究所報告, 71005 (1970)
3. S. Kadoya, S. Sugimoto, T. Hayashi, T. Murata, H. Yusa, K. Kamiya, Y. Ando:  
"Protecting the Ocean and Atmosphere from Contamination by Radioactive  
Waste Disposal Activities", Proc. 4 th Int. Conf., Geneva, UN/IAEA, Vol.  
11, A/CONF, 49/P/250, 305 (1972)
4. 寺島: セメント固化体中  $^{137}\text{Cs}$  の浸出に対する固化物の化学的特性および浸出条件の影響,  
日本原子力学会誌, 15, 52 (1973)
5. 寺島, 青山, 岩井, 井上: セメント固化体中  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{60}\text{Co}$  の溶出機構について, 土  
木学会論文報告集, 201, 51 (1972)
6. H. Matsuzuru, N. Moriyama, Y. Wadachi, A. Ito: "Leaching Behavior of  
Cesium - 137 in Cement - Waste Composites", Health Physics, 32, 529 (1977)
7. H. Matsuzuru, N. Moriyama, Y. Wadachi, A. Ito: "Behavior of Co-60 in Cement  
Composites", Atomkernenergie, 29, 287 (1977)
8. H. Matsuzuru, A. Ito: "Leaching Behavior of Sr-90 in Cement Composites",  
Ann. Nucl. Energy, 4, 465 (1977)
9. 関, 大内, 比佐, 伊藤, 森下, 丸山, 倉品, 下田: 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, JAERI-M 7780 (1978)
10. 海洋科学技術センター: 放射性固体廃棄物の海洋処分のモニタリング技術に関する対策研  
究 (1978)
11. 原子力委員会: 放射性廃棄物の廃棄に関する技術的基準 (1978)
12. 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)
13. 日本原子力研究所: 保健物理と安全管理, No. 15, JAERI-M 5370, 185 (1973)
14. 日本原子力研究所: 保健物理と安全管理, No. 17, JAERI-M 6224, 154 (1975)
15. 関, 佐藤, 高橋, 進土, 伊藤: 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-M 7633 (1978)
16. 機械工学便覧改訂第5版, 第8章, 日本機械学会, 東京 (1973)
17. S. F. Hoerner: Fluid-Dynamic Drag, Chapter III, Published by the Author, Mid-  
land Park, New Jersey (1957)
18. 上野義三, 私信
19. OECD/NEA: Guidelines for Sea Disposal Packages of Radioactive Waste,  
Revised Version, Paris (1979)



付録 図1 産業廃棄物投棄船きよ丸

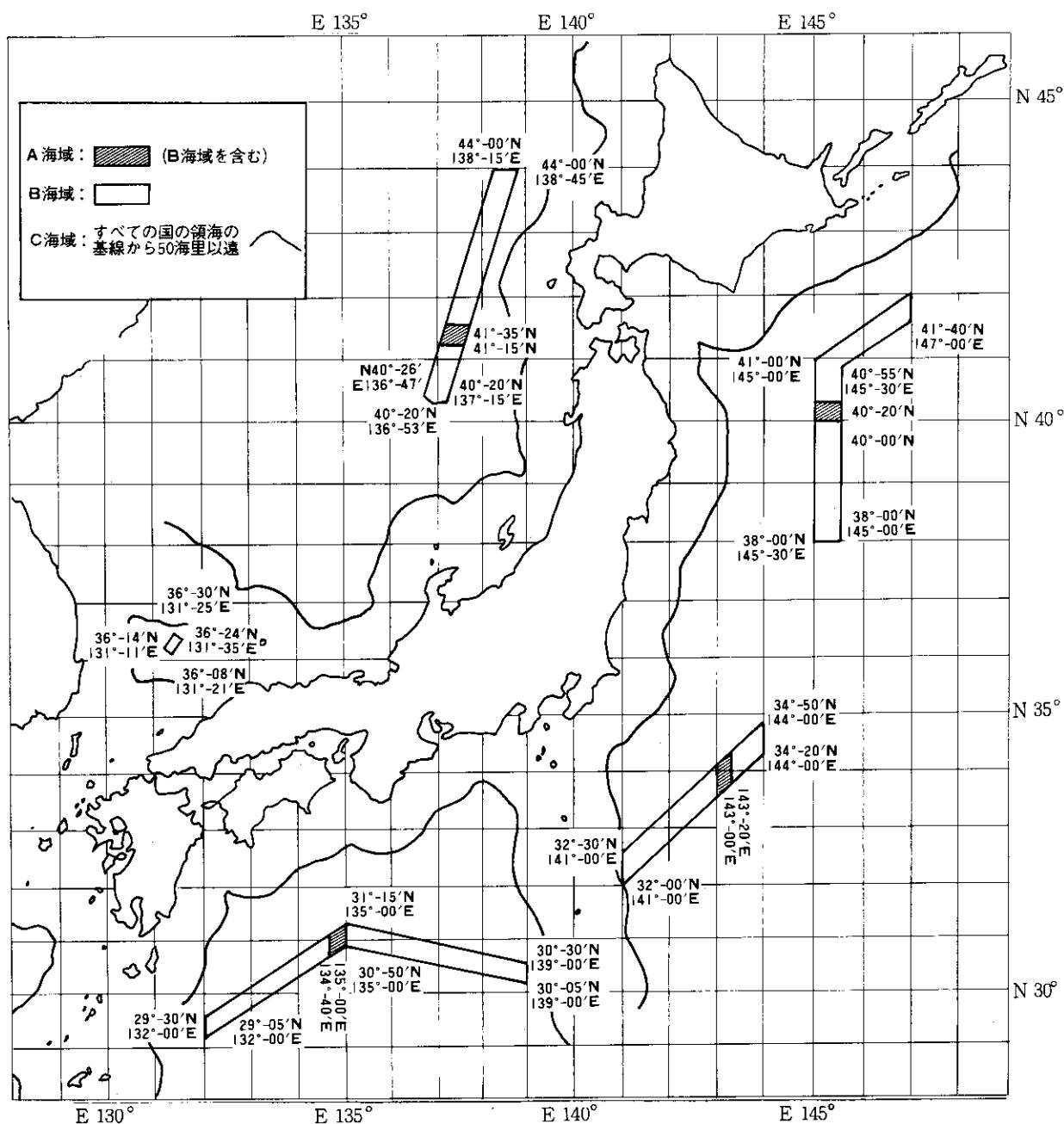


付録 図2 海上保安庁測量船昭洋

## 付録表 1 ロープ、ワイヤー類

## 購入品目及び数量

品 目	数 量
ポリプロピレンロープ 26φ 100m	2巻
同 上 26φ 50m	4巻
ワイヤーロープ 14φ 1m	15本
シャックル 16φ	10ヶ
同 上 20φ	35ヶ
木製滑車 (マニラ50φ用)	2ヶ
合成繊維用シンプル (26φ用)	5ヶ
スイブル 5トン用	2ヶ
スイブル 3トン用	3ヶ
布製旗 オレンジ色 450×600	5枚
旗 筏 (塩ビパイプ 24φ, 2mL)	4本



付録 図3 廃棄物排出海域

LD-75

駒 数	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450
1	落 下	→	/	/	/	/	→	—	/	/	↑	↓	↑	—	/	↑
2		↖	→	→	/	/	→	—	/	↑	↓	↑	—	↑	—	·
3		↖	→	—	/	/	→	—	/	—	↓	/	—	/	↑	·
4		↖	→	/	/	/	→	—	—	→	—	/	—	/	—	·
5		↖	→	/	/	/	→	—	—	→	↑	—	—	—	—	—
6		↖	→	↑	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7		↖	→	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8		↖	→	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9		↖	→	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10		↖	→	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10	40	70	100	130	160	190	220	250	280	310	340	370	400	430	460
1	↖	—	←	—	—	—	—	—	—	—	↑	→	—	—	—	—
2	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	切離
7	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	↖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注・印は未露光  
(フラッシュ不作動)

付録 図4 落下後のカメラと固化体との相対的変動（3秒間隔）

B - 1

駒 数	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420
1	落 下	↙	↙	→	·	↖	↖	↖	↖	↖	↗	↗	↑	↑	↑
2	↑	↖	←	→	↓	↖	·	·	·	·	↖	↑	↑	↑	↑
3	←	←	←	↙	↖	↖	·	·	·	·	↖	↑	↑	↑	↑
4	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
5	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
6	↖	·	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
7	↓	·	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
8	↓	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
9	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
10	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
	10	40	70	100	130	160	190	220	250	280	310	340	370	400	430
1	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
2	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
3	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
4	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
5	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
6	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑
7	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
8	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
9	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
10	↓	↓	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
	20	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320	350	380	410	440
1	↓	↓	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
2	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
3	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
4	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
5	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
6	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
7	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
8	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
9	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑
10	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↑	↑	↑	↑

注  
・印は未露光  
(フラッシュ不作動)

611

付録 図5 落下後のカメラと固化体との相対的変動（3秒間隔）

## JAERI-M 8525 正誤表

ページ、行	誤	正
英文要旨本文 3 行	350 Km	350 km
p.2 20 行	(2.3.3 参照)	(2.3.4 参照)
p.4 6 行	3 秒 1 駒未満	1 駒 3 秒未満
" 18 行	作動開始時間	作動開始タイマー
p.5 下から 3 行	19mm のものを使用し、パッケージ重量に合わせて使用した。	20mm のものを使用した。
p.21 式 (3.1)	$\frac{\rho V^2 \sum_{n=1}^N C_{DN} \cdot A_n}{2}$	$\frac{\rho V^2 \sum_{n=1}^N C_{DN} \cdot A_n}{2}$
" 下から 8 行	m : 物体の質量	m : N 個の物体の合計質量
" " 7 行	v : 落下速度	V : 落下速度
" " 4 行	$F_N$ : 物体の水中重量	$F_N$ : N 番目の物体の水中重量
" " 2 行	$C_{DN}$ : 物体の抵抗係数	$C_{DN}$ : N 番目の物体の抵抗係数
" " 1 行	$A_N$ : 物体の基準面積 ( $m^2$ )	$A_N$ : N 番目の物体の基準面積 ( $m^2$ )
p.22 式 (3.2)	$\frac{\rho V^2 \sum_{n=1}^N C_{DN} \cdot A_n}{2}$	$\frac{\rho V^2 \sum_{n=1}^N C_{DN} \cdot A_n}{2}$
" 式 (3.3)	$V =$	$V =$
p.23 下から 4 行	限界レイノルズ数	臨界レイノルズ数
p.58 9 行	Proc. 4Hs Int.	Proc. 4 th Int.