

# 高知大学海中探査機 KUMS-1 の開発

満塩 博美\*・山崎 堯右\*\*・八塚 剛\*\*\*

垣内 保夫\*\*\*\*・福田 豊\*\*\*\*

\* 高知大学理学部地学科海洋地質学研究室

\*\* 高知大学農学部農業工学科機械工学研究室

\*\*\* 高知大学海洋生物教育研究センター

\*\*\*\* 垣内商店KK

## Development of the Kochi University Marine Surveyor, KUMS - 1

Hiromi MITSUSHIO\*, Takasuke YAMASAKI\*\*, Ko YATSUZUKA\*\*\*,

Yasuo KAKIUCHI\*\*\*\* and Yutaka FUKUDA\*\*\*\*

\* Department of Geology, Faculty of Science, Kochi University

\*\* Laboratory of Mechanical Engineering, Faculty of Agriculture, Kochi University

\*\*\* Usa Marine Biological Center, Kochi University

\*\*\*\* Kakiuchi Shops Co. Limited

**Abstract:** A newly devised marine surveyor, that was easy to operate and possible to dive below the order of  $10^2$  meter deep, was constructed and tested as No. 1 model of the Kochi University Marine Surveyor, KUMS-1.

As the results of the test working of it three times, it was made possible to observe the conditions of submarine bottoms through its monitor camera on an operation ship. The performance of KUMS-1 was enough to attain our first objects, and it is desirable to remodel it to a manned mobile submergible.

### 1 緒 言

近年、海洋開発における対象深度も、いわゆる  $10^3$  m オーダの深海域から  $10^2$  m オーダの比較的浅い水域までの広範多岐な領域に及び、関連分野も基礎科学から工学的応用機器の開発まで著しい進展がみられる<sup>(1)(2)</sup>。

しかしながら、その主流の多くはいわゆるトータル・システムとしてアプローチされてきたために、比較的大規模かつ高度な技術を背景に特定の課題に限定されており、少数の研究者に負うところが多かったことも否めない事実である。

しかしながら、今後の海洋開発の発展のためには、各方面からの学際的な協力態勢が必要であり、また、多くの未解決の課題に対処していくためには、海洋科学にとり組む底辺のより多くの研究者の存在が不可欠であろう。

そのためには、これらの水深域により多くの研究者がとり組む必要があり、比較的少ない経費で容易に観測できる手段が非常に望まれるところである。

海洋研究にとり組む手段としては、人間社会により近い浅海域への研究の着手が、巨大科学としての深海開発に先だって行われるべきことは当然の方向と考えられる。

ところで、浅海域のうちとくに沿岸域については、すでに純理学的立場のみならず土木工学（海岸工学）においても古くから研究開発の行われてきた分野であり、今後ともなお一層の進展がみられるものと思われる。しかし、 $10^2$  m オーダの海中となると、水産学上・音響工学上の諸問題がいはいまだに未開拓の分野であり、多くの重要な課題が山積されているといっても過言ではない。

単にこの程度の水深における観測技術に限ってみても、アクアラングやサルベージ上からも能力の限界であって、誰でも容易に観測できないため各種の観測機器の開発がなされてきた<sup>(1)(2)(5)</sup>。

しかしながら、これらの機器のほとんどは従来の設計理念に沿ったいわゆるぜいたくな設計であったために、とかく経費もしくは維持費がかさみ過ぎ、現況の諸研究機関の実情に合わず、有効に活用されているとは言い難い。

この傾向の原因の一つは、海中探査機を有人化した場合その安全性の立場から製作・運搬上多くの法規上の制約が設けられ（潜水船特殊基準〔昭和41年9月29日付舶制第303号および昭和53年2月14日付舶査第706号〕）、容易にとり組むことが許されず、制作に全万の態勢を要し莫大な経費と時間を要することによっている。

ここでは、こういった要請と背景からとりあえず遠隔操作による無人観測機方式を採用し、比較的安価で手軽に利用されうることを目標に、100 m 潜水可能な海中探査機の開発を行い、実際に利用することによって今後のこの種の開発にあたって問題とすべき点を明らかにしようとしたものである。

一般にはモニター・テレビジョンカメラのみを沈める装置もすでに開発市販されているが、ここでは将来各種の観測機器の搭載計画を考慮しかつ有人船への資料もえることを含めて、代表寸法が10<sup>2</sup> cm オーダの大きさを採用した。そして、海中探査機1号機を完成し、これを運転した結果所定の性能がえられ、かつ、今後に留意すべきいくつかの実際上の知見がえられたのでその詳細をここに報告する。

## 2 設 計 概 要

### 2-1 仕 様

#### (i) 本 体

重 量 ケーブルをのぞき 1400 kgf

材 料 本体 SS 41, フロート SUS 304

窓枠, 上部入口, ケーブル貫通部分 SUS 304

窓寸法 水平方向 3個  $\phi$  250 mm

下 方 1個  $\phi$  315 mm

#### (ii) 浮上用空気源

常用浮上用ポンベ 容積 14  $\ell$  圧力 150 kgf/cm<sup>2</sup> 6本, 緊急用2本

#### (iii) 常時搭載機器

1) 圧力調整弁（減圧弁） 一次側 250 kgf/cm<sup>2</sup> 用

二次側 可変

2) 遠隔操作電磁開閉弁 沈降弁 7 kgf/cm<sup>2</sup> 100 Volt

浮上弁 27 kgf/cm<sup>2</sup> 100 Volt

非常弁 30 kgf/cm<sup>2</sup> 12 Volt（内部取付バッテリー用）

3) モニター・テレビジョンカメラ取付電動旋回装置 電源 100 Volt

旋回角度 上下方向 各 45°

水平方向 各 340°

を底窓を含めて各側窓に向くよう取付

4) スチール・カメラ（自動巻上）

シャッター, フラッシュのみ遠隔操作

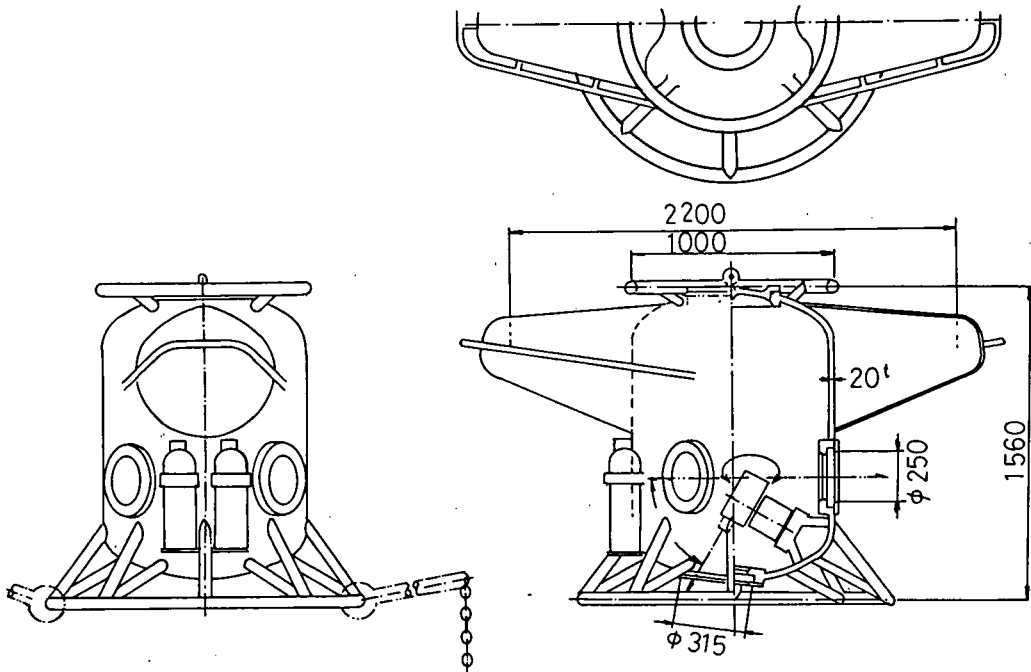


Fig. 1 Outline of the Main Shell of the Kochi University Marine Surveyor, KUMS-1 (海中探査機本体概略図)

- 5) 圧力調整用一次, 二次圧用ブルドン管
- 6) モニター・テレビジョンカメラ (ズームレンズ付)

(iv) 照 明

シールド・ビームランプ (500 w) 本体外部に取付け, 点滅スイッチ, 電源は母船上にあってケーブルで配線

(v) コントロール・パネルおよびモニターテレビジョン 母船に設置

制御スイッチ

- 1 沈降用電磁弁開放スイッチ
- 2 通常浮上用電磁弁開放スイッチ
- 3 ズームコントロール スイッチ
- 4 ピントおよび照度調整 スイッチ
- 5 モニター・テレビジョンカメラ旋回装置用 スイッチ
- 6 スチール・カメラ シャッター用 スイッチ
- 7 フラッシュランプ用 スイッチ
- 8 室内照明用ランプ点滅スイッチ

(vi) ケーブル

- 1 テレビジョン用同軸ケーブル
- 2 各種制御弁用16芯 3本
- 3 照明用 1本

## 2-2 本体の概要説明

図2に明らかなように、モニター・テレビジョンカメラ、スチールカメラ、その他の計器を内蔵した本体が海中に沈降・浮上し、観測者・操縦者は海上の台船上で操作観測を行う。海上の本体を台船近くにひき寄せるためのワイヤは一応備えてはいるものの、本来このワイヤで海面からつり下げ、ひき揚げるのではなく、本体に搭載された圧縮空気充填ボンベからフロート部への空気の供給による本体自体の浮力の変化によって沈降・浮上を行わしめる。

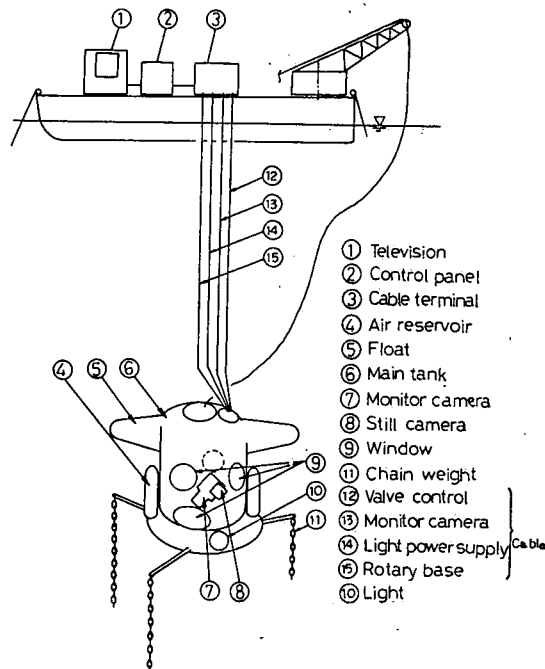


Fig. 2 Operation System of the KUMS-1 (系統概略図)

この方式を採用した理由は、第1に、海中もしくは海底での姿勢を常に水平に保たしめ、海流によるケーブルの drift や kink などによって本体が傾斜するような障害を避けたかったこと、第2に、浮力をつけて、本体を下流に流す場合安定した姿勢で移動を行わしめること、第3に、洋上での波浪による上下運動がワイヤを通じて本体に振動を与えないこと、第4に、隔離したバッテリー室、メモーションカメラの装備、タイマーによる一定時間後の浮上などの性能に改造すれば、海底に長時間放置したまま各種データを記録したのち、一定時間後に自動的に浮上してくる海中観測ブイの開発の可能性にもつながると考えたからである。

浮上・沈降の本機の原理は次のとおりである。上記のごとく、本機の外壁に搭載した6本の市販アクアラング用ボンベから両側に突出したフロートへ遠隔操作によって開いた電磁弁を介して空気が供給され、フロートに浸入している海水を排除することによって本体は浮力を増加して浮上する。沈降時はフロート上部の電磁弁を開き、フロート中に残って自重と平衡していた空気を排出し、海水を注入することによって沈降せしめる。フロートには海水の出入があることから、ステンレス材 SUS 304 とし、海水取入れ口にはフロート内壁への諸生物の付着とパイプ中の閉塞を防ぐため80~150井のフィルターを取付けた。このメッシュが小さいほど圧力損失によって海水の注入が遅くなるため沈降時の応答時間が長くなるが、諸整備上の不注意による不慮の沈没事故を防ぐための余裕時間となって、必ずしも不都合なことではない。

塔載ポンペ6本のうち、2本2組みは通常の浮上用のものであり、他の2本は緊急時に自動的に本体内部への海水の漏洩を検出して電磁弁を作動させ、本体内部に一気に空気を放出するようにしてある。これによって本体内部の空気圧を高めて浮力の低下を防ぎ、洋上に浮上せしめるようにしてある。

これらの沈降・浮上の操作はすべて台船上のコントロール・パネル上のスイッチの ON・OFF によって電磁弁の開閉を行ない、ポンペからの空気の流入・遮断によって行なう。

空気圧系統の電磁弁より下流にはすべてチェック弁を介し、万一のときの海水の流入を防いでいる。またこのチェック弁より下流はすべてステンレス製で腐蝕に対して留意してある。

ポンペからの一次圧は充填時はほぼ  $150 \text{ kgf/cm}^2$  であるから、減圧弁を介してこれを減圧して空気をフロート内に供給する。この減圧弁に付してある一次・二次圧のブルドン管圧力計上の目盛は本体塔載計器と同様に、モニター・テレビジョンカメラを通じて海上で観測できるので、ポンペ内の残余の空気量や電磁弁の作動状況は、これら一次圧・二次圧の状況からも判断しうる。また、外海に直結したブルドン管圧力計も本体内に設けてあるので、モニター・テレビジョンカメラを通じてこれからも水深の概略を把握できる。

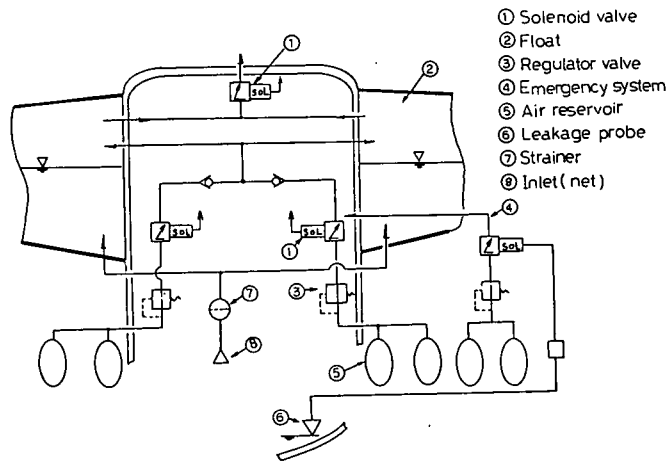


Fig. 3 System of the Air Valve of the KUMS-1 (空気圧系統図)

モニター・テレビジョンカメラは、本体の水平方向 $120^\circ$ 方向に3個直径 250 mm、下向に直径 315mm 1 個の透明アクリル樹脂製の窓を通じて海中および海底を撮影できるように、旋回装置を水平方向に  $340^\circ$  垂直方向に  $45^\circ$  遠隔操作で動かして任意の方向に向け、かつ、ズームレンズを適当に動かして焦点を合わせるようにしてある。

これらの遠隔操作ケーブルとモニター・テレビジョン用同軸ケーブルは、本体内部と外海とを仕切っている本体外壁を貫通しなければならない。ところで、潜水深度が深くなるにつれて外圧によってケーブル直径が小さくなり、海水の本体への漏洩が心配される。このことが本体の沈没につながるどころから、本設計で最も留意したところである。このため図3に示すようなグラッド・パッキング方式として内外両方から間に充填したウレタン材をグラッドによって圧入し、ケーブルに圧着せしめて海水の流入を遮断する方式を採用した。本体にとりつける以前にこの方式の性能テストを行った。すなわち実尺通りのプロトタイプ・モデルを作成し、この片側の外海に相当する側に  $150 \text{ kgf/cm}^2$  の油圧をかけて約 6 時間放置し、加圧側を油圧源から弁で遮断してその減圧具合から漏洩するか否かを調べた結果、途中ケーブルを横に折っても全く減圧しなかった。このことから10

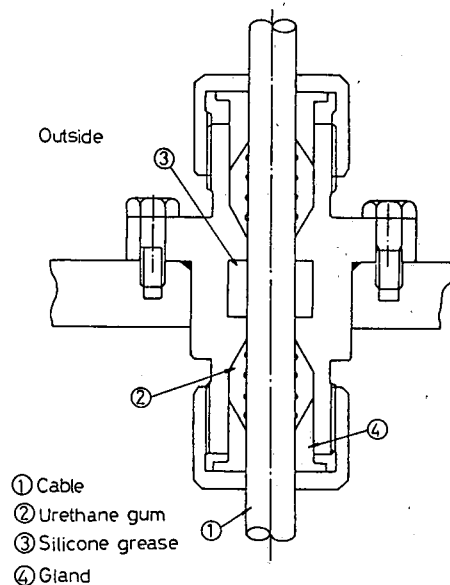


Fig. 4 Structure of the Cable Penetration (ケーブル貫通部構造)

気圧程度に対しては十分使用しうるものと判断できた。またその状況でのモニター・テレビジョンの映像上のムラもほとんど影響が認められなかった。

照明は本体外側の下部に設置したハロゲン・ランプで、電源は台船上の発電機から供給している。

図1と写真1にみられるように下部にのびている腕とつり下げられた鎖は、本体が海底に降りたとき、自重とちょうどつり合うまで鎖が海底にたわむように工夫したものである。

### 2-3 強度計算

1. 本体耐圧強度 薄肉円筒、座屈強度を評価して、 $40 \text{ kgf/cm}^2$  以下（ただしフェアバーンの式その他の外圧に対する圧壊強度はこれより大となるが、窓部の応力集中を考慮しない）
2. 窓の耐圧強度 周辺固定の分布荷重として引張強度を  $490 \text{ kgf/cm}^2$  として、やはり、 $40 \text{ kgf/cm}^2$  以下と評価。

したがって安全係数を4として水深 100 m までとする。

### 2-4 静的安定性

海上で評価すれば、重心は本体上部端より 1070 mm、浮心は 914 mm（ただし鎖を考慮しない場合）である。

### 2-5 波浪中の運動

1/13の縮尺模型を波浪水槽中において、種々荷重を変化させてその運動を調べたが、予想がいに drift の量が多かった。詳細はここでは省略する。

### 2-6 浮上特性

非常運動時の抗力係数は不明の点が多く、かつ、供試体のような複雑な形状の場合は既往のデータからの評価は困難である。ここでは空気圧系の圧力損失は準一次的に取扱ひ、海中探査機の

外形も完全な球体として、海底からの浮上特性を数値計算の上から検討すれば 50m 水深でも数 m 毎秒のオーダーと比較的高速で浮上してくる。実際の場合にもこのようなことが予想されるので、途中で何度か電磁弁の開閉を繰り返して減速する必要があると考えられる。そこで検討した数値計算結果も別にあらためて報告することとし、ここでは詳細は省略する。

### 3 試運転の結果

前後 3 回の試運転が実施され、特に漏水、耐圧強度、各種弁の作動、モニター・テレビジョンの映像状態、スチールカメラの作動、照明、浮上・沈降性能、洋上・海中・海底における姿勢と安定性、取扱い上の問題点などに主眼をおいてテストされたが、いずれも所定通りの性能がえられ、成功裡に試作は完了した。

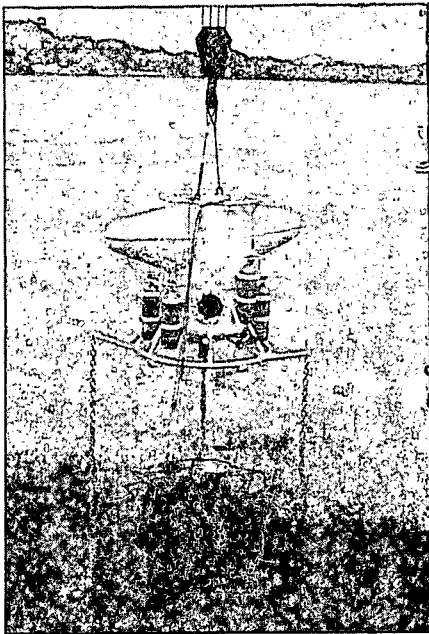


Photo. 1 Whole view of the KUMS-1 (海中探査機の全景)

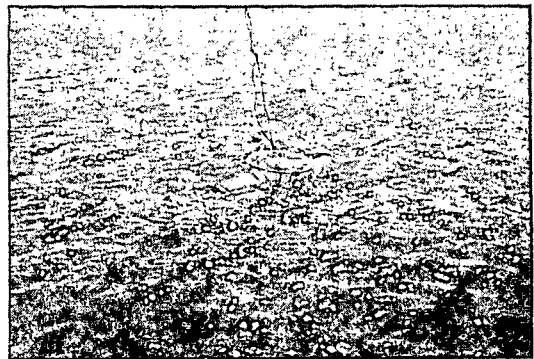


Photo. 2 Floating KUMS-1, just before diving (潜水直前の海中探査機)

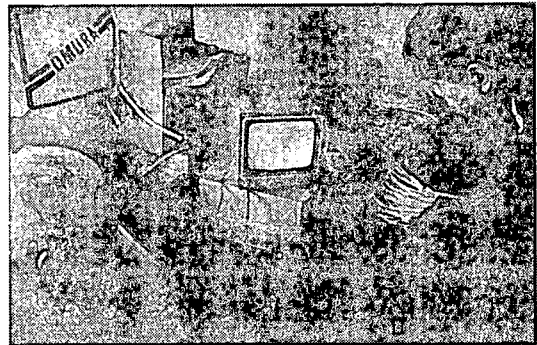


Photo. 3 Condition of the submarine bottom at 50m deep about 4 km off the Uranouchi Bay, that was observed on the monitor television field (海底の撮影状況)

とくに第 2 回目には、本機は高知県浦ノ内湾南東沖約 4 km で水深約 50 m の地点まで台船にのせて曳航され、目的地点で降ろされて試験された。この時潮流は比較的速かったにもかかわらず、海中・海底での姿勢は安定しており、海底の状況がモニター・テレビジョンに極めて鮮明に撮影された。

設計当初スラスターの設置という案もだされていたが、外洋の潮流の速さから判断してスラスターによる位置ぎめは無理であり、これを削除したことは妥当な判断であった。極めて静穏な海底で

ないかぎり数ノットのスラスターの設置は實際上ほとんど役立たないと判断される。

このように激しい潮流の中での海中・海底観測には海底の堆積物のまい上りによる障害はほとんど問題とならないかわりに、位置ぎめが極めて困難なゆえに潮流にまかせて流しながらの観測か水中ブルドーザ方式（マニピュレータ付）が妥当であろう。

上記のように本機の搭載計器の性能については十分活用されうるところから、さらに多くの各種計器をとりつけてより有用な海洋観測の資料をえることを期待したい。

#### 4 結 言

高知大学海中探査機1号機の開発によって、アクアラングその他の潜水具による潜水のできない水域まで多人数の同時観測を容易になしうる方法が開け、また、このような手法がより多くの海中・海底からの情報を得ることに役立ちうることが期待される。また、さらに将来完全に自航できる有人の潜水艇に改造することも期待される<sup>6)</sup>。これらをつうじて高知大学海洋学部設置の一つの機運となることも期待される。

本機の製作は文部省、運輸省海運局、高知大学、関連各企業の関係各位の献身的な御厚意と御努力によってなしたことに對しまして、ここに深甚の謝意を表します。

#### 文 献

- 1) 佐々木忠義監修，海洋開発第6巻，株式会社海洋開発センター出版局，昭和45年版。
- 2) 坂本正義監修，アメリカの海洋開発，ラテイス社，昭和44年版。
- 3) 浜田，日本機械学会誌，昭和55年4月，p. 382。
- 4) 柴田，同上，p. 445。
- 5) 遠藤，同上，p. 437。
- 6) 満塩・山崎，高知大学海中探査機 KUMS-1 の開発，日本地質学会関西・西日本支部会報87号，昭和55年10月，p. 21-22。

(昭和55年9月30日受理)

(昭和56年2月16日発行)