

自航式ビークルJTV-1の開発と実用試験

青木太郎*¹ 服部陸男*¹

水深 200 m までの大陸棚上の海底地質、生物や海洋構造物等の調査に利用できる、小型で軽量なリモートコントロール式ビークルを開発し、実用試験を行った。このビークルは、マイクロコンピュータ (Z-80) 制御方式の採用によって、小型化され、信頼性が高い。第 1 号機である JTV-1 に続いて、製品化のための試作機として、(株)キュー・アイと共同で JTV-2 (DTL-300) を製作した。1981年11月~12月に相模湾の水深 24~95 m で、1, 2 号機の試験を行い、良好に作動することを確認した。

Development and Utility Tests of the Tethered Vehicle JTV-1

Taro Aoki*², Mutsuo Hattori*²

Small-size, lightweight vehicle were developed and tested in JAMSTEC. These vehicles could be used for geological and biological surveys, and for the inspection of submarine artificial structures on the continental shelf not exceeding 200m. These vehicles are controlled by microcomputer so they are small in size and highly reliable. After completion of the first vehicle JTV-1 (JAMSTEC Tethered Vehicle 1), a commercial-type vehicle JTV-2 (DLT-300) was constructed under the co-operation of JAMSTEC and Q.I. Co. (Tokyo) during Nov. to Dec. in 1981. These vehicles were tested at Sagami Bay at depths between 34 to 95 meters and exhibited superior operability.

1. まえがき

ケーブルコントロール式テレビシステムの試作についてはすでに報告¹⁻²⁾した(名執ほか 1980, 服部, 名執 1981, HATTORI 1981)。

1981年4月には、中性浮力ケーブルの開発(昭和電線電纜株式会社と共同研究)、プールでの走航試験、浅海域での試験も終了し、1号機(JTV-1)はほぼ完成した。このころ、株式会社キュー

・アイからJTV-1を原型にして、製品化のためのビークルを当センターとの共同研究で製作したいとの申込みがあった。この種の小型、軽量のビークルが製品化され、普及して広く使われることが、われわれの目標であるので、センターと(株)キュー・アイとの間に製品化のための共同研究契約を結んだ。製品化のための試作機 JTV-2 (当センターの名称)、DTL-300 [(株)キュー・アイの名

*1 海洋利用技術部

*2 Marine Exploitation Technology Department

称)は10月末に完成した。

この1, 2号機の実用テストは、相模湾の久留和(横須賀市)沖で、3トンの漁船(久留和漁港, 武丸)を使用して11月~12月に行った。水深は24m~95mであった。1, 2号機ともに良好に作動し、海底も明瞭に観察できた。この時点から、JTV-1は、テレビカメラをカラー(日立VKC-1000, MOSタイプ)に変え、スチルカメラも装備した。この後、各地で海域調査に使用しており、実用段階に達したと言える。

この研究を進めるにあたって、当センター元研究員 名執薫, 当センター研究員 富安和徳, 関邦博, 設楽文朗, 水島康男の各氏にご協力いただいた。また中性浮力ケーブルに関する共同研究では、昭和電線電纜株式会社通信技術部, ビークルの製品化に関する共同研究では、株式会社キュー・アイ開発部の諸氏にご協力いただいた。また相

模湾における海域実験では、横須賀市大楠漁業協同組合にご協力いただいた。以上の各位に謝意を表す。

2. JTV-1の概要

JTV-1の開発は1979年に開始し、改造の後、1981年4月にほぼ現在の型になった。

プールでの走航テストの結果、前進 2ノット、後進1.5ノット、左/右進 1ノット、上昇 0.6ノット、下降 1ノット、回転 120°/秒の速度を示し、設計値を満足した。

また1981年12月の海域実験では試験的に白黒テレビカメラの代わりに、カラーテレビカメラ[単板式(MOS)カラーカメラ, 日立VKC-1000]を使用したところ、雑音も少なく、浅海では自然光でかなり遠くまで観察可能であることがわかったので、今後、透明度の良い海域ではカラーカメラを使用

表1 中性浮力ケーブルの仕様

Specifications of neutrally buoyant cable

種類 Kinds of cable	仕様 Specifications
同軸心 I coaxial cable I	特性インピーダンス 7Ω characteristic impedance 減衰量 attenuation 96 dB/km (10MHz)
同軸心 II coaxial cable II	特性インピーダンス 50Ω characteristic impedance 減衰量 attenuation 85dB/km (10MHz)
電源心 I power conductor I	0.75mm ² × 2 (芯)
電源心 II power conductor II	0.5mm ² × 2 (芯) (遮蔽付, with shield)
テンションメンバー tension member	ケブラ線: 許容張力 70kg kevlar allowable tension

することにした。

このカラーカメラは最低照度100ルクスであるが、50ルクスくらいまで、すなわち、150Wのタングステンハロゲンライト2燈で、水中距離1.5くらいまではカラーとして使用できる。なお、このカラーテレビ使用の際は、ワインドドライブの35ミリスチルカメラも一緒に組込んで使用することにした。テレビの焦点、カメラのシャッターはコントロールボックスのスイッチで操作できるようにした。

ビークルが、海中で自由に行動するためには、要求される行動範囲の長さの中性浮力ケーブルが必要である。

もしケーブルの比重が海水よりも重いと、海底近くで行動する際、ケーブルが海底で引きずられることになる。その場合、海底からの突起物とケーブルとのからみ、海底を引きずるための摩擦等でビークルの行動が妨げられる。また流れによる抵抗を考えると、ケーブルにブイや浮力材を取りつけるのは、小馬力のビークルの場合には得策ではない。

以上の理由から1980年に、当センターと(株)昭和電線電纜との共同研究によって中性浮力ケーブルを開発した。このケーブルは外径16mmφで、水深500mまで中性浮力を有する。心線構成等を表1に示す。

写真1はビークルとコントロール装置を示す。また表2にはJTV-1システムの主要な諸元を示す。

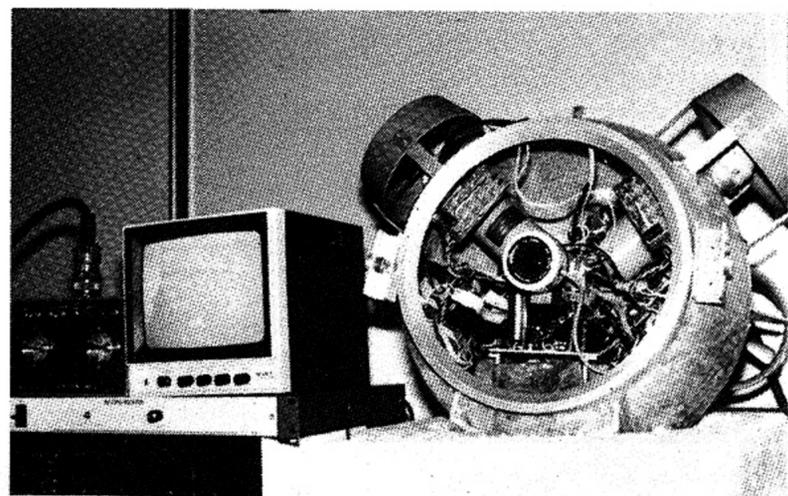


写真1 本体、コントロール/表示装置、コントロールボックスおよびモニタテレビ (JTV-1)

The vehicle, control/display, control box, and monitor TV

3. JTV-2 (DTL-300) の概要

JTV-2はJTVタイプの2号機であり、製品化の研究のため、センターと(株)キュー・アイとの共同研究で製作した共同所有のビークルである。

センターからJTV-1の回路図、設計図、プログラム等をすべて提供し、(株)キュー・アイが製作にあたり、10月に完成し、センターの潜水訓練プールで走航試験を行い、良好に作動することを確認したのち、11月～12月にJTV-1と一緒に海域実験を行った。

JTV-2はセンターの設計以外の機能の追加、製品化のために必要な回路のプリント基盤化等の改良を行っている。したがって重量はJTV-1よりも増加しているが、2～3名で運搬可能であり、JTV-1と同様に、3トン程度の小舟でも運用できる。写真2はJTV-2、写真3はコントロール表示装置を示す。

表3はJTV-2の主要な諸元を示す。

JTV-2の主要な追加機能として、船上でビークルの方位を知る方位計(16方位)、ビークルの回転数表示、カメラ上下角(6等分)、自動方位保持等が加わった。また、主ケーブルと中性浮力ケーブルの間に水中中継器を追加した。この中継器はAC 220VをAC 100Vに変換するもので、主ケーブルでの電圧降下を減少させている。中性浮力ケーブルは12.5mmφで最初の試作品の16mmφよりもケーブル径が細くなっている。

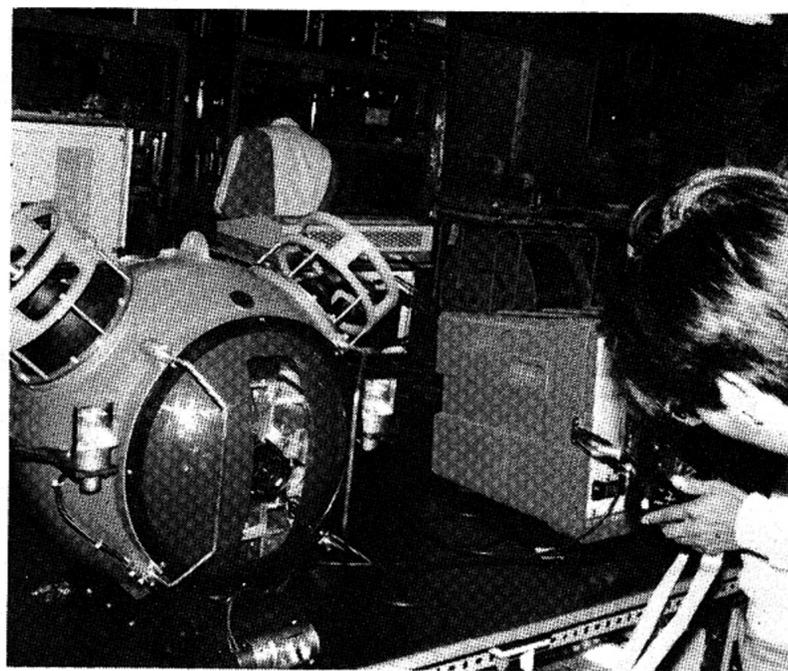


写真2 ビークル (JTV-2; DTL-300)
Vehicle

表2 JTV-1の主要な諸元
Specifications of JTV-1

項 目 Item	仕 様 Specifications																								
1. 使用深度 operation depth	200 m																								
2. 寸 法 dimension	52(L) × 64(W) × 50(H) (cm)																								
3. 重 量 weight	43kg																								
4. 浮 力 buoyancy	約 1 kg about 1 kg																								
5. 速 度 speed	<table border="0"> <tr> <td>前進</td> <td>2 kt,</td> <td>後進</td> <td>1.5kt</td> </tr> <tr> <td>forward</td> <td></td> <td>reverse</td> <td></td> </tr> <tr> <td>左/右</td> <td>1 kt,</td> <td>上昇</td> <td>0.6kt</td> </tr> <tr> <td>port/stbd</td> <td></td> <td>ascent</td> <td></td> </tr> <tr> <td>下降</td> <td>1 kt,</td> <td>回転</td> <td>120°/sec</td> </tr> <tr> <td>descent</td> <td></td> <td>r o t a t i o n</td> <td></td> </tr> </table>	前進	2 kt,	後進	1.5kt	forward		reverse		左/右	1 kt,	上昇	0.6kt	port/stbd		ascent		下降	1 kt,	回転	120°/sec	descent		r o t a t i o n	
前進	2 kt,	後進	1.5kt																						
forward		reverse																							
左/右	1 kt,	上昇	0.6kt																						
port/stbd		ascent																							
下降	1 kt,	回転	120°/sec																						
descent		r o t a t i o n																							
6. 構 造 structure	<p>アクリルドーム (厚さ 8 mm) 窓付, 耐食アルミニウム合金製耐圧球殻, 内部に各種装置収納</p> <p>TV, electronics and sensor, etc. are installed in a spherical pressure hull of casted allumimum alloy with aclyric dome port (thickness 8 mm).</p>																								
7. 電 源 power source	<table border="0"> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>AC 115V</td> <td>500VA</td> </tr> <tr> <td>AC 80-120V</td> <td>720VA</td> </tr> </table> <p>30(L) × 16(W) × 16(H) (cm) 14kg</p>	{	AC 115V	500VA	AC 80-120V	720VA																			
{	AC 115V		500VA																						
	AC 80-120V	720VA																							
8. スラスタ thrusters	<p>DC 100V, 70W × 4</p> <p>シリンダ型マグネチックカップリング cylinder type magnetic torque coupling</p> <p>ギャップ 5 mm, トルク 7 kg · cm gap torque</p> <p>プロペラ (3翼, コルトノズル付) propeller 3 blade with colt nozzle</p>																								

<p>9. 装 備 instrumentation</p>	<p>(1) テレビカメラ (最低照度0.5ルクス) ±60°チルト可 TV camera (black and white sensivity 0.5 lux/ color MOS type) tilt ±60°</p> <p>(2) ハロゲンランプ (150W×2) halogen lamp</p> <p>(3) 方位計 , (4) 深度計 compass depth sensor</p> <p>(5) カラーテレビ, (6) スチールカメラ color television, still camera</p>
<p>10. 船上機器 deck equipment</p>	<p>(1) コントロール/ディスプレイ部; control/display 38(L)×28(W)×13(H) (cm), 8 kg</p> <p>(2) モニタテレビ (3) VTR monitor TV</p>
<p>11. ケーブル cable</p>	<p>(1) 主ケーブル (16mmφ) 100m main cable</p> <p>(2) 中性浮力ケーブル (16mmφ) 30m neutrally buoyant cable</p>

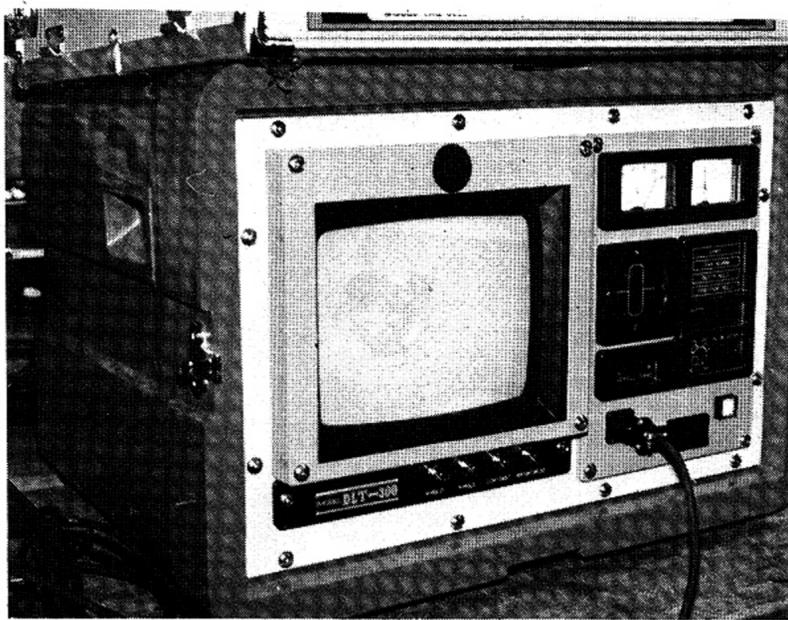


写真3 コントロールとモニタ部
(JTV-2, DTL-300)
Control/monitor

4. 海域での実用試験

1981年11月~12月にかけて, JTV-1 および JTV-2の海域実験を横須賀市久留和沖で行った。実験には久留和漁港所属の武丸(3トン)を使用。水深は24~95mで, JTV-1 およびJTV-2の2台を搭載しておき, 交互に使用した。

実用試験の内容は,

- (1) 着水, 揚収方法の確立
- (2) 海面から海底, 海底から海面への移動方式
- (3) 海底観察
- (4) 中性浮力ケーブルを追跡して重錘(JTV-1) または中継器(JTV-2)に接近する。
- (5) 方位計によってビークルの進行方向を確認しながら, 中継器を中心にして東西南北方向の海底を観察する。
- (6) 海流のビークルに対する影響等であった。

着水, 揚収については, 写真4に示すように, 船上に, あらかじめ丸太を組んでおき, 線長計付の滑車1個と, 吊上げ吊下し用の滑車1個を取りつけた。

着水方法は, 別にフック付のロープを用意してビークル先端のロープにかけて吊上げ, ビークルが海面に到達したらフックをはずすことにした。揚収はビークルを運転して, または中性浮力ケーブルを引いて舷側に接近させ, フックをビークルのロープにかけて引き上げた。

表3 JTV-2 (DTL-300) の主要な諸元
Specifications of JTV-2 (DLT-300)

項 目 Items	仕 様 Specifications
1. 使用深度 operating depth	200m
2. 重 量 weight	46kg 浮力 0 ~ - 1 kg buoyancy
3. 電 源 power source	A C 220 V, 1.200VA
4. スラスト thrusters	DC 100 V, 100W×4
5. 装 備 instrumentations	(1) テレビカメラ (白黒/カラー) TV camera (black and white/color) (2) ハロゲンランプ (100W×3) halogen lamp (3) 方位計 (4) 深度計 magnetic compass depth sensor
6. 表 示 display	(1) 電源電圧, 電流 volt meter and ammeter (2) 方位, 深度 vehicle heading (3) ビークル回転数 vehicle rotation (4) スラスト回転方向 thruster rotation(CW/CCW) (5) カメラ上下角 camera tilt angle (6) 自動進路深度保持ランプ lamps of automatic depth and heading
7. コントロール, モニタ control/monitor	550(W)×480(L)×370(H) (mm) 25kg

8. 中継器 transformer	206φ×730 (mm) 25kg
9. 主ケーブル main cable	16mmφ, 330kg/km, 100m
10. 中性浮力ケーブル neutrally buoyant cable	12.5mmφ, 120kg/km, 25m

着水したビークルは流れの上手方向に進ませておき、6mmφのロープの先端に重錘10kgを取りつけて、線長計付の滑車にかけて、主ケーブルをビニルテープで6mmφのロープに止めながら吊下した。このとき、ビークルは降下させておき、ビークルを降下させながら6mmφのロープに主ケーブルを10m毎程度にビニルテープで止めながら吊下した。海底の5～6m上でモニタテレビに海底が見えはじめたら、ビークルを除々に降下させ、海底が明瞭に見えたら自動深度保持にする。6mmφロープ先端の重錘は、海底から5m程度上まで降下させ、船上で固定する。ビークルを海底から適当な高度に保持しながら海底観察を行う。

揚収の場合は、6mmφのロープを巻上げ、ビークルはその速度に合わせて除々に浮上させる。主ケーブルの揚収が終了してからビークルを浮上させ、船に接近させて揚収した。図1は上述した運用の状況を示す。

JTV-1の場合について述べたが、JTV-2の場合は6mmφのロープと重錘を使用せず、主ケーブルで中継器を吊り下す点がJTV-1と異なる。写真5は着水状況を示す。

前述の試験は、流れが1ノット程度までならビークルの行動も自由で、試験内容の(1)から(5)はすべて行うことができ、ビークルの運用方法も確立できた。流れが1.5ノットを越えると、主としてケーブル抵抗によってビークルの行動が妨げられ、自由な行動ができなくなった。

写真6は、JTV-2でケーブルを伝わって中継器を観察したときのビデオテープ録画を写真撮影したシーンを示す。水深は約24mである。

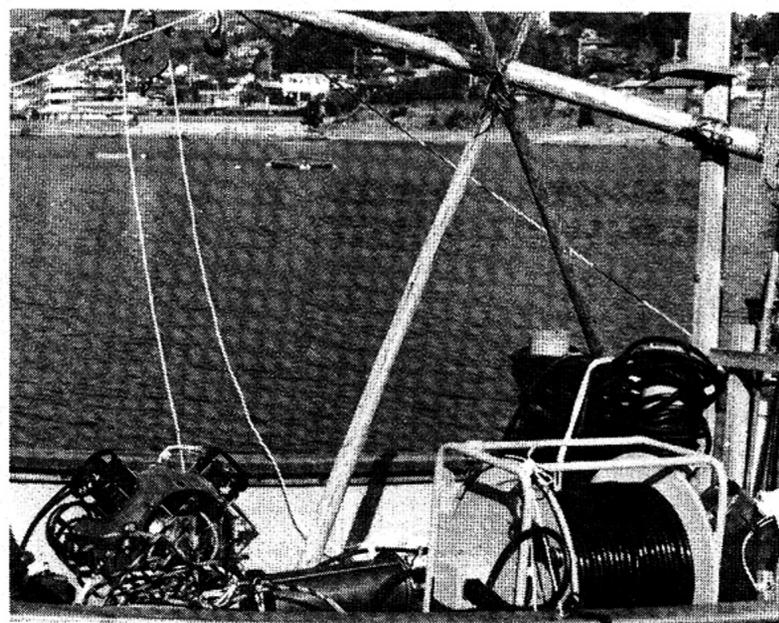
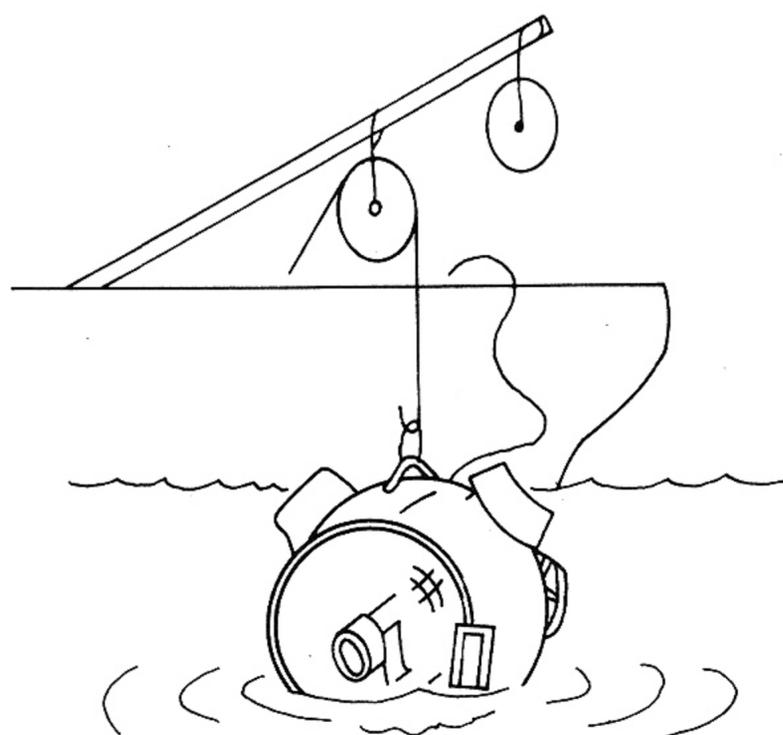


写真4 揚収装置、ビークルとケーブルドラム
Handling gear, vehicles and cable drums.

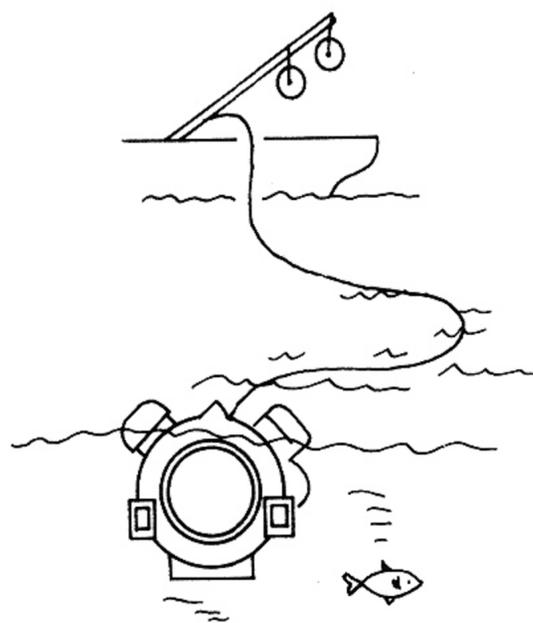
写真7には水深95mで観察されたナマコを示す。上記の久留和の試験で、1, 2号機とも良好に作動し、予期通りの性能を示した。この試験のとき、JTV-1は途中からカラーカメラ（日立VKC-1000, MOS型, 単板式）を使用した。

このカラーカメラは、白黒カメラよりも雑音が少く、予期したよりも遠方まで観察できたので、それ以後、カラーカメラを使用した。このカラーカメラを使用するときは、35mmワインダドライブのスチルカメラも取り付けて使用することにした。

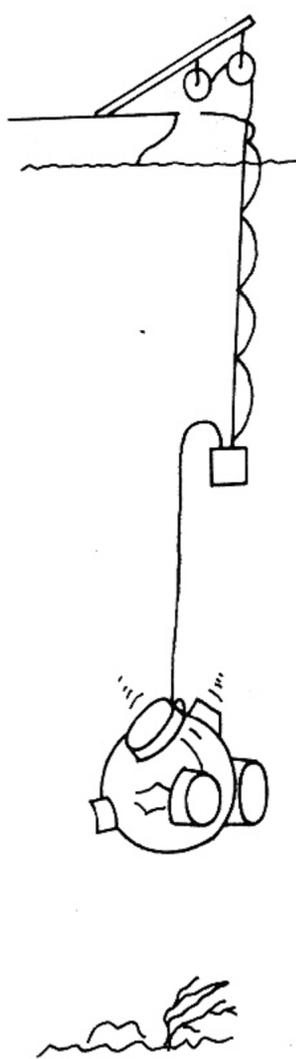
久留和沖の試験後、3月初旬、JTV-1は東京湾の剣崎沖での天然魚礁調査を行った。このときはセンターのダイバーと共同で調査し、水深の浅い方は主としてダイバーが、深い方はビークルが



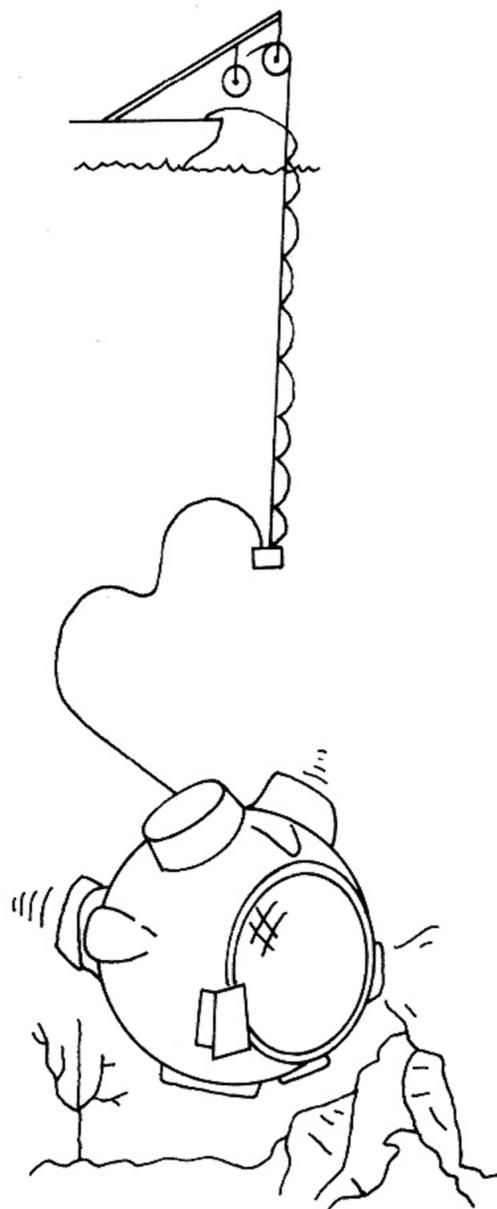
(1) 着水
launching



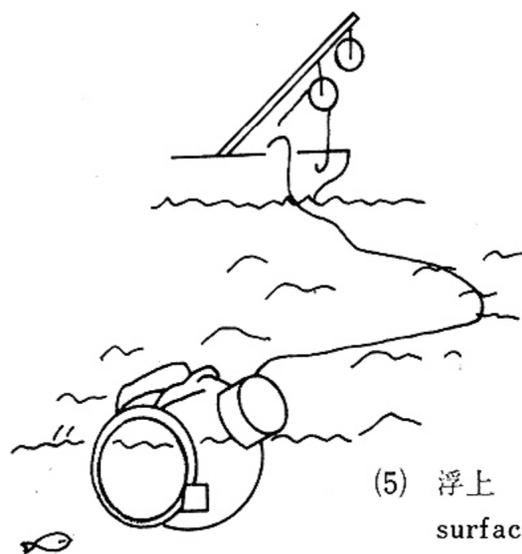
(2) 潜航開始
start of dive



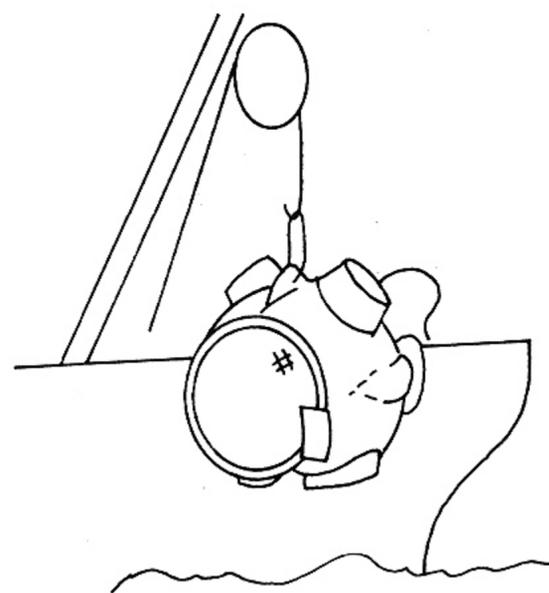
(3) 潜航中
dive



(4) 調査
under survey



(5) 浮上
surfacing



(6) 揚収
retrieve

図1 ビークル運用状況
Operation of the vehicle

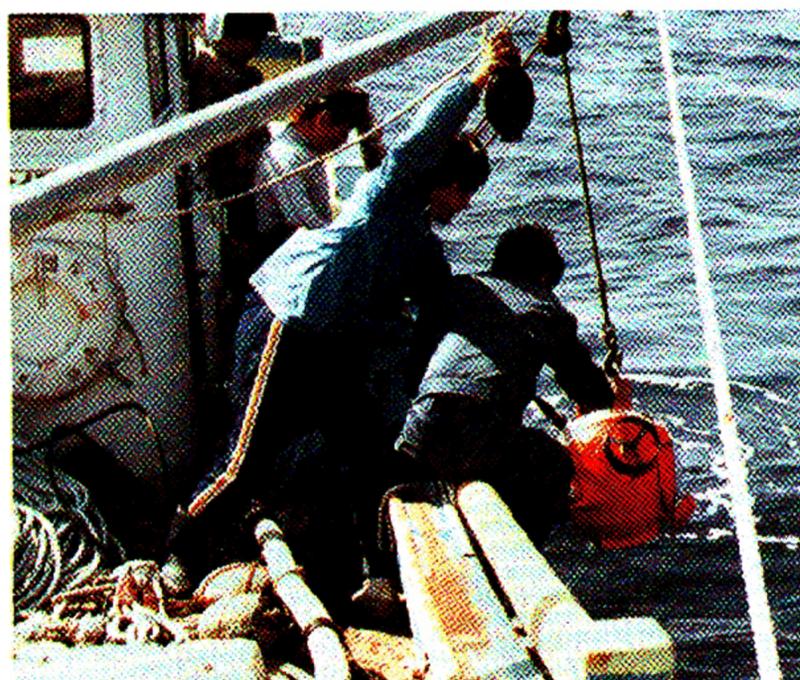


写真5 着水状況 (JTV-1)
Launching

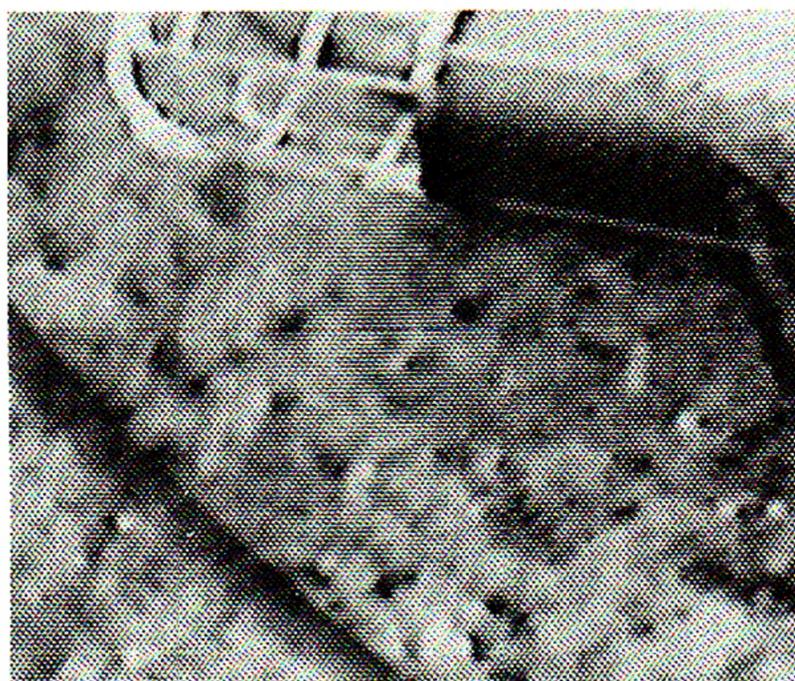


写真6 中継器 (水深24m)
Transformer (depth 24 m)

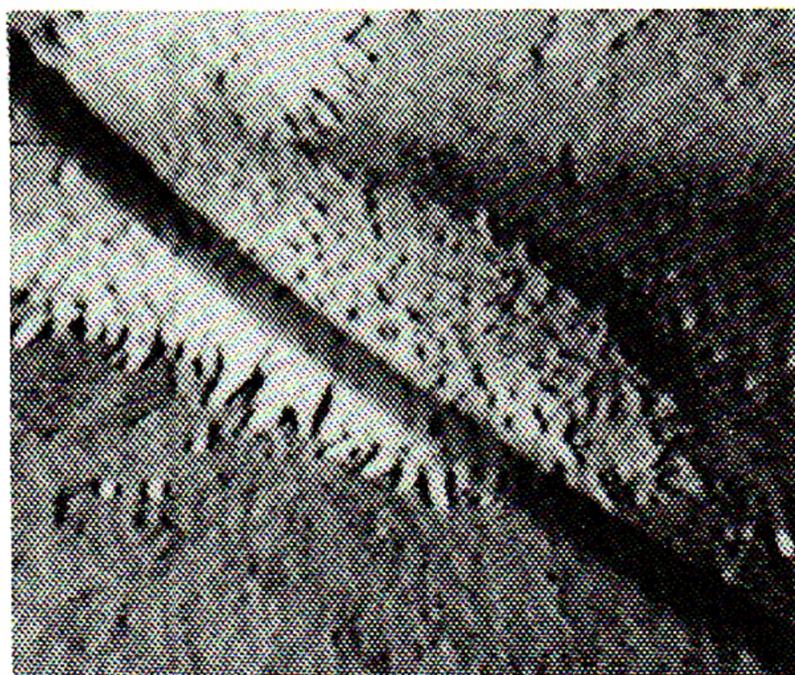


写真7 ナマコ (水深95m)
Sea cucumber (depth 95 m)



写真8 ビークル内の35mmスチルカメラ
による写真(剣崎沖, 水深約30m)
A photography taken by still
camera installed in the Vehi-
cle. (Off Kenzaki, Tokyo Bay,
depth about 30m)



写真9 ビークルとダイバー(剣崎沖, 水深約15m)
JTV vehicle and diver. (Off Kenzaki,
Tokyo Bay, depth about 15m)

担当した。このときは水深17mから40m程度までの魚礁を調査し、ビデオテープ記録、スチル写真撮影等を行った。

写真8はスチル写真を示す。水深は約30mで、リップマーク、エイ等が見られる。

写真9にはセンターのダイバーが撮影したビークルとダイバーを示す。

1982年3月中旬には、NHK松山放送局の依頼で、高知県の柏島沖で、サンゴの漁場調査を行った。水深40～105mまで6回潜水し、良好なビデオ記録を得ることができた。上記の試験および調査期間を通じ、かなり過酷な海象条件（最大流速約4ノット）のときも使用したが、なんらの故障も生じなかった。

5. まとめ

JTV型のビークルは1, 2号機とも、海域実験を終了し、その実用性を確認することができた。今後は位置表示装置を使用しての本格的な海洋調

査等を行い、実用性を実証するとともに装置の普及のための努力を行う予定である。

JTV型のビークルの開発に成功したので、1982年度にはさらに強力で、水深500m程度まで使用できるビークルを開発する予定である。

文 献

- 1) 名執薫, 青木太郎, 服部陸男, 1980, “ケーブルコントロール式テレビシステムの試作”, JAMSTECTR (3), 69—78
- 2) 服部陸男, 名執薫, 1981, “ケーブルコントロール式テレビシステムの試作 (第3報)”, JAMSTECTR (7), 25—32
- 3) HATTOR, M, 1981, “A Micro-Computer controlled Tetherer Vehicle, JTV—1”, OCEANS 81, Conference, Vol. 2, 1139—1142