

海底地質調査技術の開発について

——水中テレビ機による予備実験——

堀本 健次* 小野寺 公児* 丸山 修司**

An Experiment on the Use of "UWTS"

By

Kenji HORIMOTO, Kōji ONODERA & Shiyuji MARUYAMA

Abstract

An experimental study on the use of "Under-water Television System" (UWTS), which can be considered as one of the adequate methods for geological observation of the sea bottom, was made near the Isonozaki cape, Chiba prefecture.

This work is one of the preliminary studies for the investigation of iron placer on the sea bottom.

As results of the experiment, the writers found that sufficient geological data can be obtained by using this system, but some modification such as use of the remote control-system for rotating the T. V. Camera will be necessary in the future.

They also deduce that the combination with Industrial Video Tape Recorder will be much efficient for geological works.

要 旨

筆者らは海底地質鉞床調査研究にもっとも適応した観察法の一つとして水中テレビ機の活用を考え、千葉県磯根岬南部海域の海底砂鉄調査研究の一環として日本電気(株)製の水中テレビ機を使用し、海底地質観察技術確立のための予備実験を実施した。その結果、水中テレビカメラ、受像モニターなどの優秀性が実証され観察装置として充分使用可能の見通しを得た。しかし、地質鉞床調査研究上の装置としてさらに船上からの遠隔操作によるカメラ首振り旋回、カメラ指向方位などの角度の掌握、受像記録の多目的使用を目標とした I.V.T.R 装置の併用などの必要性を感じた。

なお、本研究の予備実験と実験後の検討に際し、日本電気(株)大野 孝・中川 豊・和田健治の3氏に種々御協力を賜わった。明記して厚く謝意を表する。

1. ま え が き

本研究は大陸棚海底砂鉄調査研究業務の一環として、

水中テレビ機使用による海底地質観察装置の試作を考え、昭和37年5月、日本電気(株)特定機器工場技術陣の協力を得て同社で試作された水中テレビ機を使用し、岩石片、砂などの試料により地質観察の可能性についての水槽撮像実験の機会を得たのをはじまりとする。その後、解像度が高感度に改良された水中テレビ機「NVW-193 101型」の完成を得て、昭和38年10月28日から4日間、東京湾口海域(千葉県磯根岬南部海域)の調査研究の一環として同機による海底地質観察の実験を実施する段階となった。

これまでに実施された海底観察法としては水中用写真機によるもの、特殊潜水球によるものなどがあるが、これらは海底の各種概要を観察する方法であって詳しい海底地質調査研究には適当なものといえない。またこれまで行なわれてきた、(1)ドレッジ、探泥器、ボーリング法などの底質試料採取技術、(2)重力、地震、音波、磁気などの物理探査法による海上調査技術とは異なり、海底地質観察技術はまだ充分な技術が確立されていない。

本所では昭和34年に長崎沖、大村湾を対象とした海

* 技術部
** 鉞床部

底写真法による海底観察の実験がはじめて行なわれた (上島 宏)^{注1)注2)}。

この方法は海底地質状況がある程度予測して写真機を海底に下し撮影し、現像された写真上から地質の詳細を観察検討するもので、資料価値のある点を選定し記録することが不可能という大きな欠点があった。

これに比して水中テレビを利用する本方法は海底写真法の欠点を補い、広く観察し資料選定が容易であり、さらに一度の調査で得られた撮像は記録記事の挿入と撮像再生が容易な記録法により他の海底研究目的にも利用し得る多目的的特性がある。

2. 使用機器と実験地点

2.1 使用機器

今回の実験に使用した機器は日本電気(株)製「NVW-193 101 型」水中テレビ機でその機器構成は第1図に

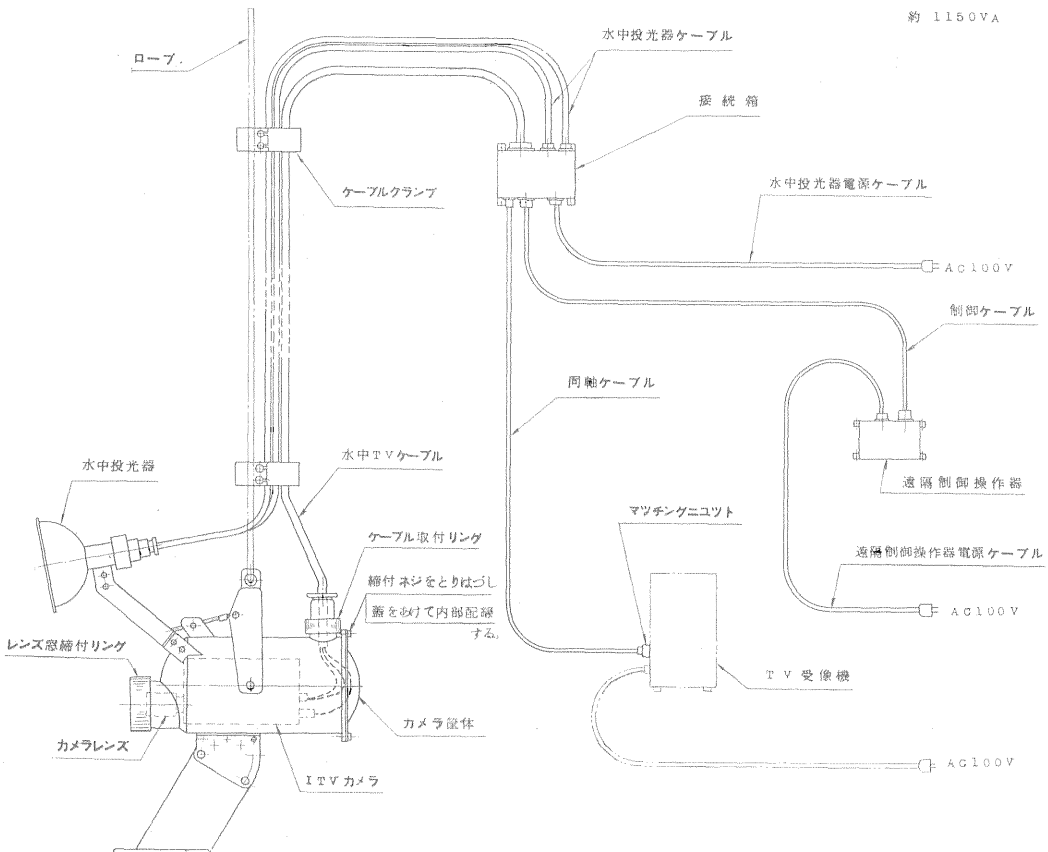
示した。その性能の概要は次のとおりである。

[A] 水中テレビ装置：機器構成

- (1) TV カメラ (図版 1) 1 台
型式: TI-105 (R) 型 ITV カメラ
性能: 解像度 450 本
レンズ 広角 12.5 mm F. 1.4
被写体距離 1~5 m
- (2) 投光器およびカメラ筐 (図版 2)
投光器: 500W 2 灯
カメラ筐の耐深度 100 m 以下
- (3) カメラ安定脚 (図版 3) 1 脚
型式: L 型鉄製角錐型
上台 280×590 mm
下台 1200×1200 mm
高さ 1200 mm
カメラ取付角度: 30°

所要電圧 AC100V 50/60%

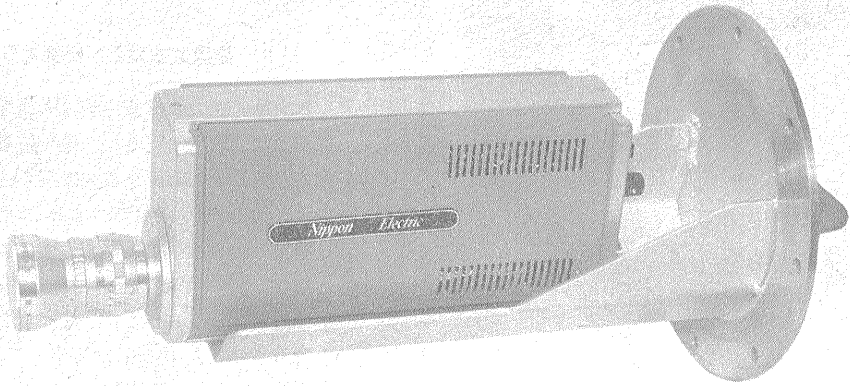
約 1150VA



第 1 図

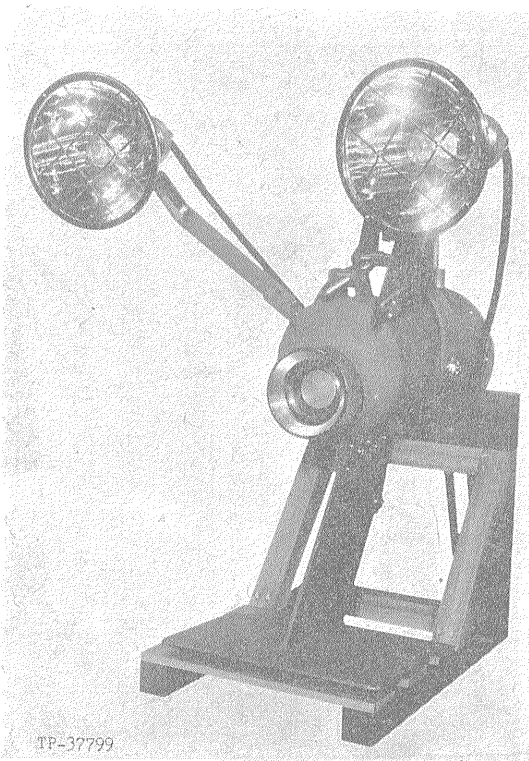
注1) 上島 宏 (1958-2), 地質ニュース, No. 52

注2) 上島 宏 (1961-5), 地質ニュース, No. 81

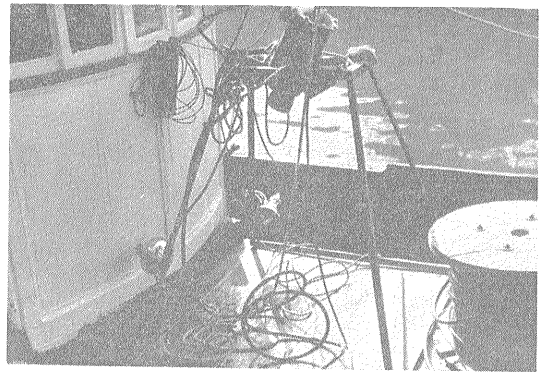


TP-37801

図版 1

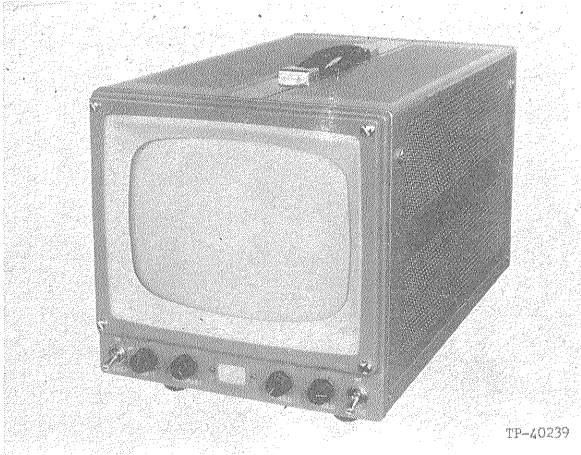


図版 2



図版 3

- (4) 遠隔制御操作器 1 台
電源スイッチ
ターゲット調整
ビーム調整
- (5) 受像器 (図版 4) 1 台
型式: 8 吋モニター
性能: 解像度 650 本
電源スイッチ
明るさ調
コントラスト調整
水平同期調整
垂直同期調整
- (6) ケーブル (図版 3) 2 本
水中カメラケーブル 130 m 1 本



図版 4

水中投光器ケーブル 130 m 1 本

[B] 水中投入装置の全重量および所要電源

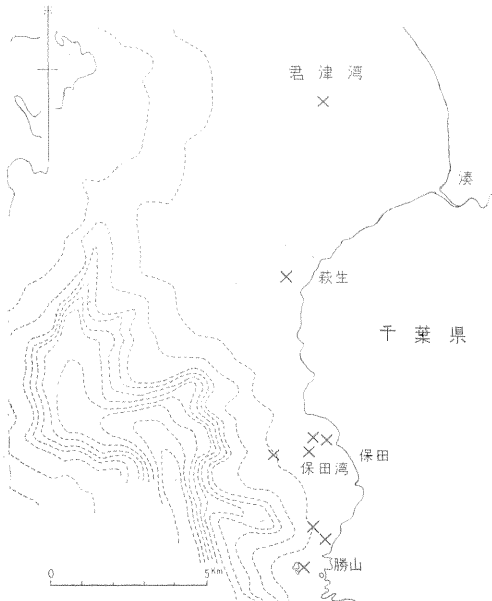
- (1) 水中カメラ装置およびケーブル重量 約 110kg
- (2) 所要電源

AC 100 V 50/60 cs 1,150 VA

以上の機器のうち今回の実験のため用意した[A]-(3)のカメラ安定脚はカメラ筐と投光器を切離し、別々に取付けられるよう製作したものである。(図版 2,3 参照)

2.2 実験地点

実験地点の選定については地質観察装置試作のための適応性を検討する目的から撮像対象を海底露岩床地帯と



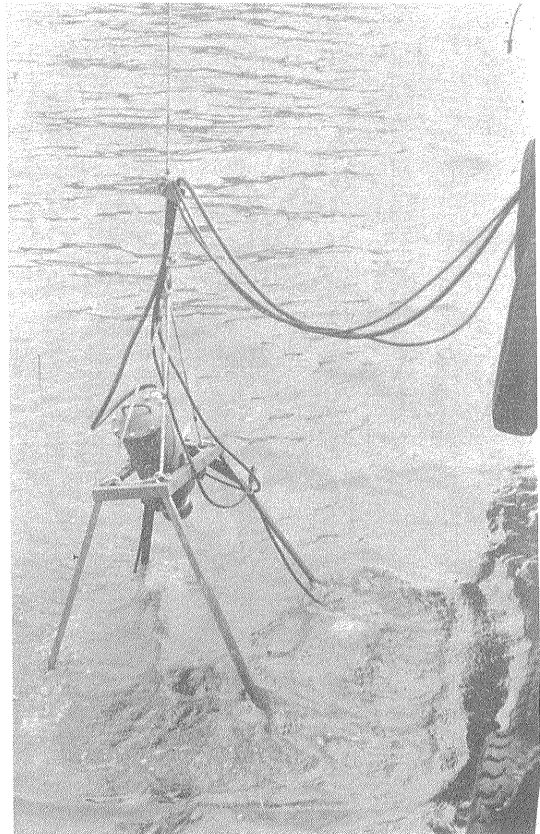
第2図 水中TVによる実験位置

新期堆積物の分布地域とに分け、第2図に示した水深 10~50m の9地点において観察実験を実施した。

3. 撮像方法および受像と記録方法

本実験に用いた撮像方法は海底地質観察のため撮像面積を約 2 m^2 とし、被写体を詳かに観察できるようにこれに適応する角錐型カメラ安定脚 (2.1 参照) を用意し、高さ 1.2 m の同脚上台にテレビ機のカメラ筐 (投光器 2 灯とフロートを取外したもの) を傾角 30° で取付け、対物距離を 1.4 m、撮像面積を 1.7 m^2 にし、投光器 2 灯を安定脚の前脚内側の高さ 0.5 m に固定して、備船の舷側からクレーンによって吊下す方法を用いた。(図版 3,5 参照)

カメラを制御、操作するための遠隔制御操作器と被写体を受像する受像モニターは船倉内に設置し、モニターに受像された映像画面の記録は三脚を用いた「ミノルタ SRI 型」写真機により「さくら SS」フィルムを使用し、シャッター速度、 $1/15$ 、 $1/30$ 秒、F 5.6 で撮影し



図版 5

た。

4. 撮像結果

4.1 撮像状況

撮像実験は水深 53 m, 水深 45 m, 水深 15 m, 水深 10~8 m の 4 段階に分けて実施した。

水深 53 m では遺棄された古い漁網, 古碇, 蛸つぼが散乱し, 緩い凹凸状の砂地に無数の細かい貝穴があり, 水深 45 m では海谷に大きな貝穴のある青泥状態が観察され, 水深 15 m では岩礁地帯の露岩の形態と節理の方向性などがみられ, 水深 10 m の所は無数の小貝穴を有する砂の分布地域で漣痕状態を示す砂の堆積場があり, 水深 8 m では岩礁地帯に繁茂する海草の波にゆらく状況, 岩の亀裂にはさまれた蛸つぼ, 貝殻の散乱など各地点とも鮮明に受像することができ, とくに救生沖水深 15 m 付近では間断なく一定方向に流動する沈積物が海底で砂けむりを上げているような状況が観察され, 堆積環境の解明上重要な手掛りとなる状況資料を得られることが明らかとなった。

これらの撮像には水深 10 m より浅い場合は自然光で充分観察できるが, これより深い場合は投光器の照射が必要であり, 日照度はあまり影響しないが, 水の清濁度が大きな影響をおよぼすことが確認された。

4.2 撮像結果

以上の撮像実験の結果, 本機を基体とした海底地質観察装置および観察法の開発は充分可能であるという確信を得るとともに, 次に記する事項について機能および装置の改善を行なう必要があると考える。

4.2.1 実験中の問題点

今回の実験に使用した角錐型カメラ安定脚は前項 3. において述べた目的から暫定的に作製したので, 4 本脚とその構造および投光器の高さと照射角度の点で多くの改良すべき点が認められた。

次に 4.1 項において述べた撮像状況から気付いた問題点を要約すると下記のとおりである。

(1) 水中投入部の機構と電源設備について

① 角錐型カメラ安定脚の脚の開き角度が不十分であり, さらに 4 本の脚先のうち 3 面に横材をはかせたためかえって海底面の凹凸上に落着くことができず, 非常に不安定な状況となりついにはカメラ台 (安定脚) が横転することがしばしば起った。

② 投光器を角錐型カメラ台の前脚 2 本の内側に取付けることにより, 被写体に近

づけて被写体からの反射光を強めるように考えた方法は撮像面積 1.7 m² の被写体に投光器のフィラメント弧が反映して不均一な照射状況となり海底物質の映像観察上大きな障害となった。(図版 6)

③ 水中テレビ機電源として筆者らが用意した 2 kW 交流発電機はプーリーが小さいため発電周波数 (50 c/s) の安定性を欠き, 水中カメラ本体の電源電圧が規定の変動率 $\pm 5\%$ をこえることから映像がしばしば流れてひんぱんな調整を必要とした。

(2) 実験中の水中テレビ機の撮像機能の不備について

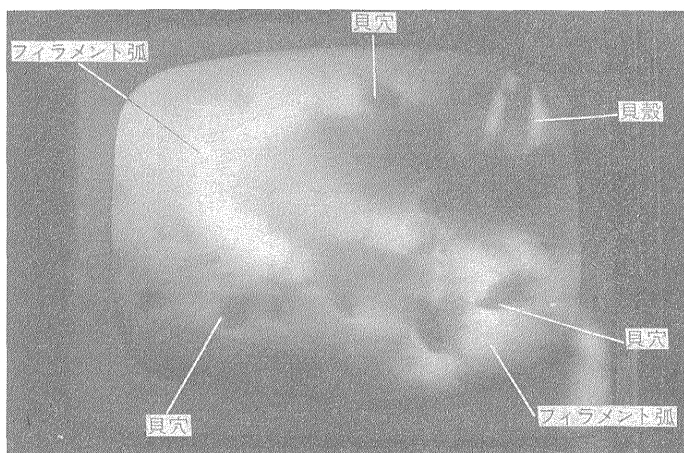
① 地物や海谷および青泥の堆積状況などの概要的な撮像状況 (たとえば水深 53, 45 m の撮像状況) についてはこのままの機能で良いが, 水深 10~15 m 付近で撮像された砂の起伏のある堆積状況や微粒砂の流動状況などの現象の場合, とくに水中カメラの指向方位角検出機能とその指示機構の必要性を痛感した。

② 岩礁地帯の露岩形態と節理の方向性などの撮像 (たとえば水深 15 m 付近の撮像状況) については ① の設備機構のほか, カメラの俯仰角変化, 水平回転操作およびこれらの角度検出機能と指示機構がなければこれらの形態の把握が困難である。

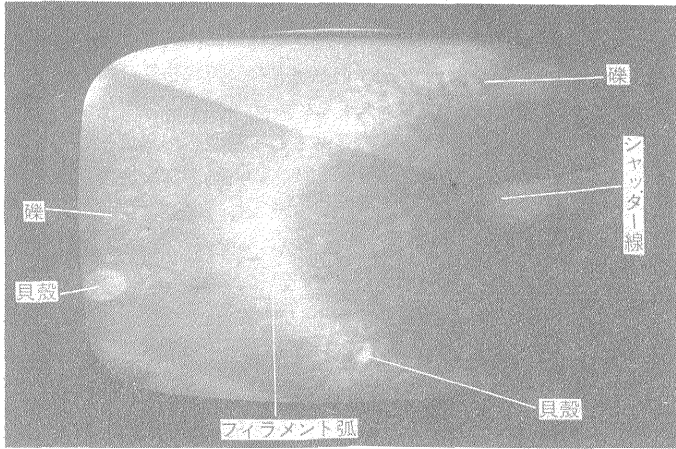
③ 露岩の形態, 性状の撮像については ①, ② の設備のほかに広角レンズの水中テレビカメラに狭角接眼レンズを併用し, 必要に応じて広角, 狭角レンズの切換操作およびレンズ絞りの調整を行なう装置を付加することにより観察精度の向上が期待される。

4.2.2 実験中の映像記録の問題点について

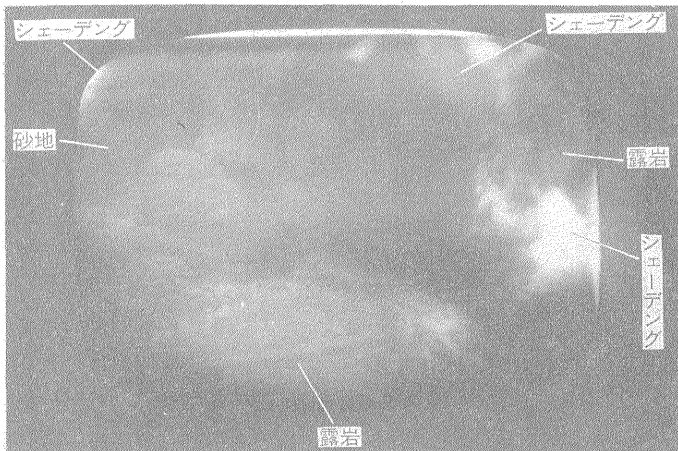
一般に水中テレビカメラを陸上の撮像に使用した場合, その映像画面は鮮明であるが, 水中撮像による映像画面は水中微生物の乱反射などのため被写体の解像度が



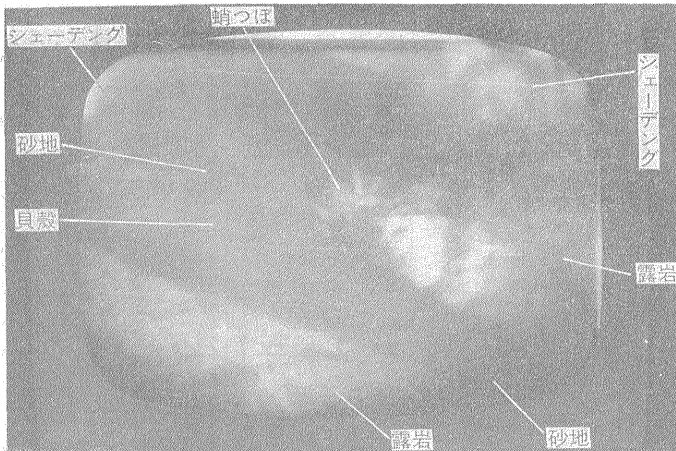
図版 6 投光器の照射角度, 高さが悪いのでフィラメント弧ができた写真 (水深 45 m の海谷頭付近の大きな貝穴がある青泥状態)



図版 7 シャッター線が入った写真 (水深 15m の岩窟付近で貝殻が散乱しているところ)



図版 8 シェーディング現象を起している映像画面の写真 (水深 13m 付近の露岩地帯——投光器を使用していない写真)



図版 9 右側上部にシェーディング現象を起している写真 (水深 13m 付近の砂地に突起している岩礁に引っかかった暗つぼ——投光器を使用していない写真)

空気中よりやや劣るといわれている。しかし、本実験の結果によれば映像画面の鮮明度は一応肉眼観察には十分な鮮明さをもっていた。

映像画面の記録は前項 3. に述べたように三脚を用いた「ミノルタ SRI 型」写真機を受像モニター前に据えて撮影したが、現像された写真のほとんどは露出不足の原因から鮮明さを欠いており、また鮮明なものには写真機のシャッター切線 (左から右に切れる。図版 7 参照) による斜線が入っているため観察が妨げられ、肉眼観察したときに感じた鮮明さと非常に隔たりがあり記録の検討にははなはだ不十分である。

この原因として考えられるものを次に列記すれば

(1) 受像モニターの映像画面の鮮明さについて

① 映像画面の明るさは肉眼で感じているよりも実際は約 5~10 倍暗い。

② 画面に映る被写体の像は被写体の反射光の多少によって鮮明さが変わり、その変動が激しい。

③ 被写体の反射光が少ないときは受像モニターのターゲット電圧やビーム電流を高目に調整し、映像を鮮明にさせようとするときシェーディングを起し易く、フォーカスも多少甘くなる。このときの画面の背景は四隅が白くなる (図版 8, 9) ので明るさが不均一になる。(肉眼観察では気付かない)

(2) 映像画面の写真撮影のシャッター速度について

① 受像モニターの映像は (1) の各項の鮮明さと無関係に上から下へ向かって周期 $1/25$ 秒の早さ (走査する早さ $\frac{625 \times 2.5}{12.7}$ mm/sec) で画面を送っており、写真機のシャッター速度を周期 $1/25$ 秒より早い速度で撮影するとシャッター線が記録写真を斜めに分断したように記録される。

② 被写体の反射光のコントラストによりシャッター速度を $1/30$ 秒より早い

速度で撮影すると露出不足がひどくなる。また反射光のコントラストの変化により映像の鮮明度の変化が激しいので一定速度で撮影できない。

③ シェーディング現象を起している映像画面の記録撮影はおそいシャッター速度で行なっても四隅が抜けて原形がはっきりしない。

④ 相当早く移動している被写体があるときは映像画面の明るさとの関係で、シャッター速度をそれほど早くすることができないから写真記録がピンボケを起し易い。

以上の諸因により、映像画面の写真撮影による記録は像の不鮮明や露出不足などが起りやすく、満足な結果を得ることが困難であると思われる。

5. 結 語

以上のように今回の実験の結果、海底地質観察装置に水中テレビ機を基体として使用した場合は「NVW-193 101 型」水中テレビ機の撮像性能の結果からみて、同機の大部分がこのまま充分使用に耐えられるものであるとの確信を得たが、4.2 において述べた実験中に生じた問題点および撮像と記録装置の不備を解決するため次に記す諸装置を付加することが必要と考える。

すなわち、

(1) 水中テレビカメラ装置について

① カメラ筐の脚部は撮像能率上の理由から曳航式三角錐のソリ型にして海底面を滑走させる。

② カメラ筐内に (a) カメラ 旋回機構一方位角 $0\sim 340^\circ$ 、俯仰角 $+20^\circ\sim -90^\circ$ をスキャニングさせる、(b) カメラの水深、方位、傾角の検出装置、(c) 海底面傾斜角検出装置を付加させる。

③ テレビカメラに、(a) ターレット方式によるカメラレンズ 12.5 mm と 50 mm の 2 段切換装置、(b) カメラレンズの絞り調整機構を付加させる。

④ 投光器は広角ヘッドライト型の均一照射方式による 500 W 2 灯に代える。

(2) 水中テレビカメラケーブルについて

① ケーブルはカメラと投光器用のものを 1 本のケーブルに収容し、船の曳航に耐える強さを有し、長さを $150\sim 170\text{ m}$ (撮像範囲 水深 100 m 以内) とする。

② ケーブル巻取りは専用の巻取り機を使用する。

(3) 船上遠隔操作装置について

① 14 吋受像モニター。解像度 650 本

② 水中カメラ装置の遠隔制御操作機器

③ 水中カメラ装置の方位、傾角、水深などの検出指示機構および海底滑走面の傾斜角検出指示機構。

④ 電源変動率 $\pm 5\%$ 以内を保持するため電圧計および電圧調整器を加える。

(4) 撮像記録方法について

テレビの映像画面は水中カメラが撮像した被写体の電気パルス信号の走査によって映し出されているものであるから、これを直接記録するためにはフィルムの感光によるものよりも、電気パルス信号をそのまま記録する I.V.T.R. 装置 (ビデオ装置) を使用すれば受像モニターの映像画面と同精度のものが得られるため、次に記すような非常に優れた利点がある。

すなわち、

① 4.2.2 の (2) に述べたような現象は起らないし、調査中に受像モニターに映像されたものがそのまま容易に再生できる。

② 撮像された被写体の位置、形態などの測定に必要な水中テレビカメラの首振り旋回角の各角度、レンズ切換え、水深度などの検出指示数の記録値、No. の記事は銀テープに記入し、I.V.T.R. で録画するとき挿入することによって簡単に映像画面の隅に記録できる。

③ 写真にする場合は受像モニターに映像を再生させ、ビデオテープの回転を止めて画面を静止状態におくことにより、被写体の反射光のコントラストの変化も止まり、その鮮明さに合せて適当なシャッター速度を選定し撮影することができる。

以上述べたような機能を付加させることによって海底地質観察だけでなく地質調査研究実施上での技術的問題点、たとえば、底質試料採取法や堆積環境研究のための海況測定機器の改良なども、本装置でこれらの機器の水中での実態を直接観察することによってその改善に必要な資料が容易に得られ、海底地質調査研究の発展に大いに貢献するものと考えられる。

(昭和 40 年 10 月脱稿)