

曳航式深海底探査テレビシステムの開発

土屋利雄^{*1} 大塚 清^{*1}

深海テレビシステムは、無人曳航体に搭載され、深海底を実時間で観察するために使用される。

われわれは二重鎧装同軸曳航ケーブルを使用した深海テレビシステムを開発してきたが、このシステムを実際の海底観察に使用し、長時間の海底の画像を得ることができた。

本報告では、この深海テレビシステムの概要と使用結果について簡単に記述する。

Development of the Deep-Ocean Floor Survey Television System

Toshio Tsuchiya^{*2}, Kiyoshi Ohtsuka^{*2}

A Deep Sea TV system has been realized, which makes real time observations of the deep sea floor. The Deep Sea TV system was developed using a double armored coaxial tow cable. Lengthy video projections of the deep sea floor were achieved.

This report presents the outline of the Deep Sea TV system and the results of its deployment.

1. ま え が き

近年の海洋開発の活発化や調査機器の性能向上に伴って、調査海域の水深がますます増大してきた。将来有望と思われる海底資源の調査や、防災的な見地から海底斜面や海溝系の調査等の一手法として、われわれは数年前より、観測機器を多数搭載した曳航体を船尾から吊り下ろし、それを曳航しながら深海底の探索調査を行っている。この調査システムについては、過去3回にわたり試験研究報告紹介したので、今回は深海底の光学的な観察を行うことのできる深海テレビシステム〔以

下DTV (Deep-sea Television) システムと呼ぶ〕を開発し、数回の海底観察を行った結果をここに紹介する。

2. DTV システムの方式

今回開発したDTVシステムは、観測機器を海底付近まで吊り下ろし、それを曳航しながら深海底を光学的に精査観察する方式で、船上部と水中部から構成されている。水中部とは金属フレームに高感度白黒テレビカメラ、35mmスチルカメラおよびストロボライト等が装備された曳航体であ

*1 深海開発技術部

*2 Deep Sea Technology Department

る。

テレビカメラのビデオ信号伝送方式には、スライド式に画像を伝送する低速走査方式と普通に見えるいわゆる標準走査方式がある。われわれは標準走査による同軸ケーブル方式を用い、調査海域の水深により 7,900m, 4,000m および 2,000m の 3 本のケーブルを使い分けている。

標準走査方式は、ビデオ信号（白黒）の伝送に約 4 MHz の周波数帯域を必要とする。最近では、伝送周波数帯域が広く信号の減衰量が非常に少ない光ファイバケーブルを使用することができるようになった。しかし、光ファイバケーブルは、電力の伝送が現状ではできないため、別に電力伝送用電線を用意しなければならない。これを同軸ケーブルを使用して伝送する場合、伝送信号の減衰量は周波数が高くなるにつれて大きくなるので、長いケーブルの場合は周波数に対する減衰量の補正を必要とし困難であるが、直流電力を同時に伝送することができる。

われわれが現在使用しているケーブルは二重鎧装同軸ケーブルで、前述のように 3 種を使い分けており、最適な補正回路を検討しながら DTV システムを製作した。

3. DTV 装置を搭載する曳航体

今回製作した曳航体 DTV システムは、写真 1 に示すような曳航用フレーム（曳航体）に搭載されている。この曳航用フレームを二重鎧装同軸ケーブルで吊り下げ、海底近くを曳航しながら、海底面の光学的な調査観察を行う。この曳航フレームには、DTV 装置の他に船上装置からのコマンド信号により駆動するスチルカメラとストロボライト（米国 Benthos 社製）および水中の位置出しを行うための音響トランスポンダ（米国 ORE 社製）が搭載されている。

4. DTV システムの構成

図 1 に DTV システムの全体の構成ブロック図を示す。以下個々の構成部について説明する。

4.1 曳航用ケーブル

われわれの製作した DTV システムは、外径 17.2mm の既存の二重鎧装同軸ケーブルを使用することを前提として設計した。このケーブルの外

観を写真 2 に示す。写真中⑤⑥は鎧装ワイヤで、①②③が同軸ケーブルである。この同軸ケーブルは RG-8 U と同等の特性をもつものである。表 1 に RG-8 U の電気的特性を表す。

図 2 に「なつしま」に搭載されている長さ 4,000 m の深海曳航用ケーブルの減衰量と周波数との関係を示した。この図でわかるように、2.5 MHz 帯域を専有するビデオ信号を伝送する場合、2.5 MHz では約 35 dB 減衰する。したがってビデオ信号のケーブルによる減衰量の補正を行わないと、高い周波数成分が小さくなって解像度が大幅に劣化する。この補正が DTV システムの性能を決定すると言っても過言ではない。この補正方法については 4.2.5 項で述べる。

また、この同軸ケーブルで信号と同時に電力を伝送するためには、船上部と水中部とで信号と電力の分離を行わなければならない。この方法については 4.2.3 項で述べる。

4.2 水中部

水中部は 3 項で述べたような曳航フレームに搭載されており、写真 1 に示すようにテレビカメラヘッドを収納した耐圧容器と電源やビデオアンプ等を収納した耐圧容器および水中ライトから構成されている。

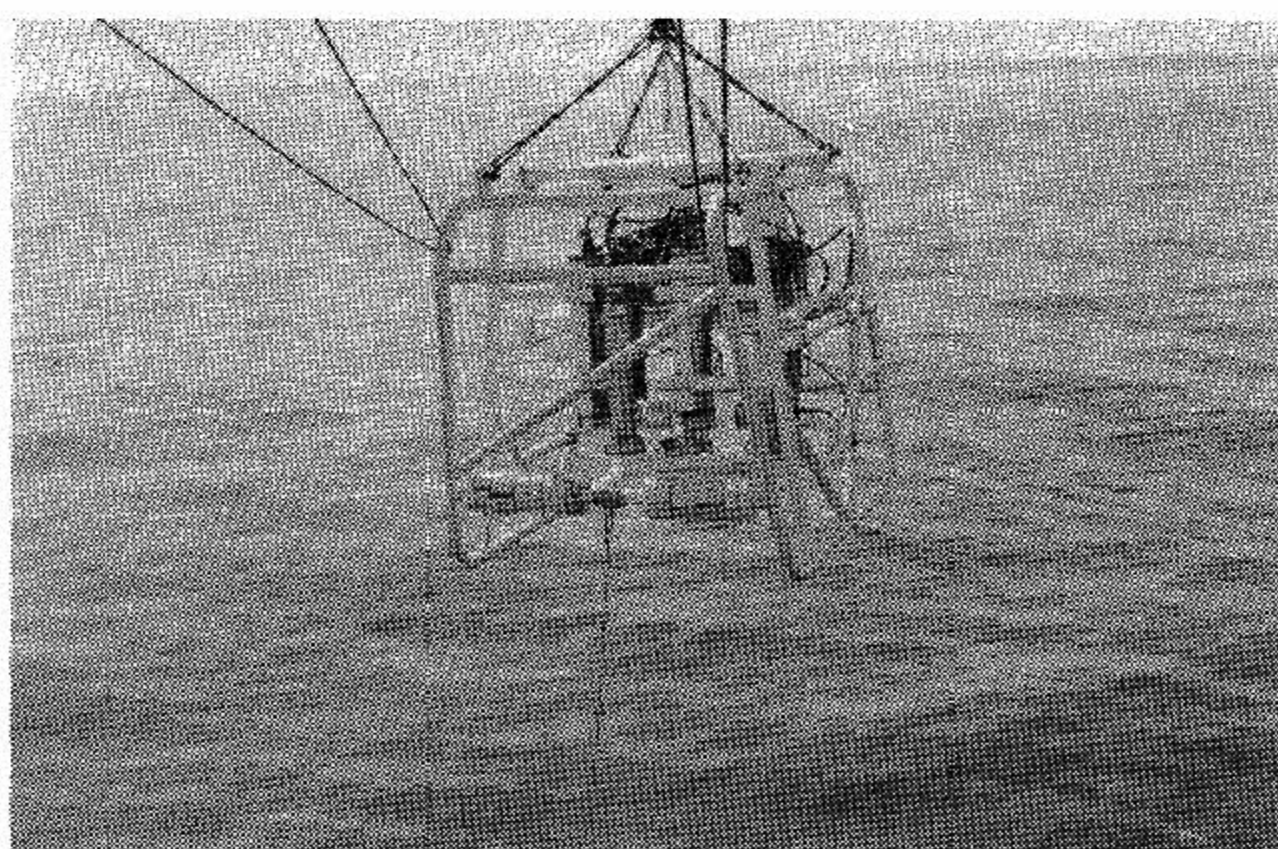


写真 1 DTV システムを搭載した曳航体の外観
Appearance of tow vehicle mounted
DTV system

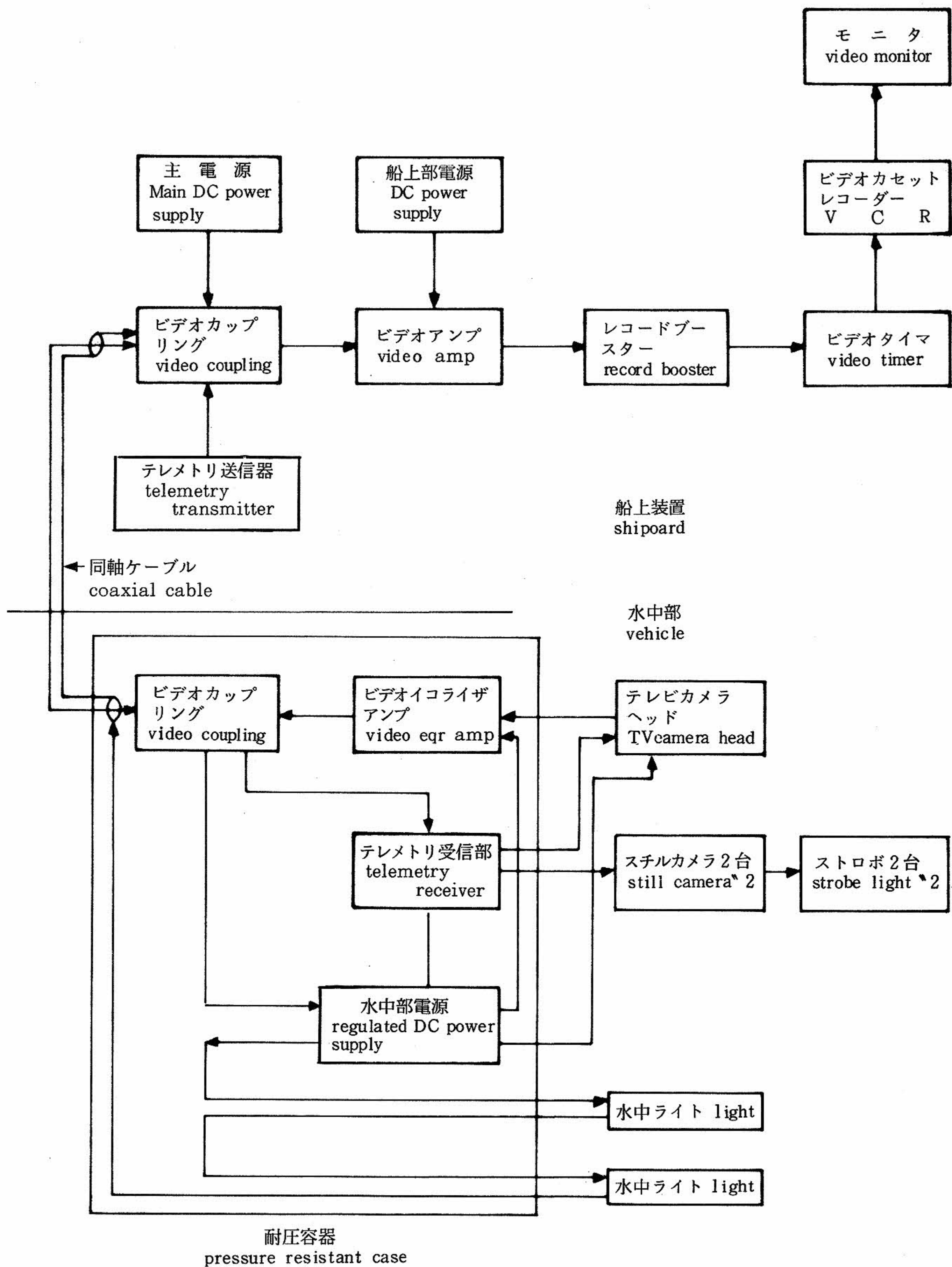
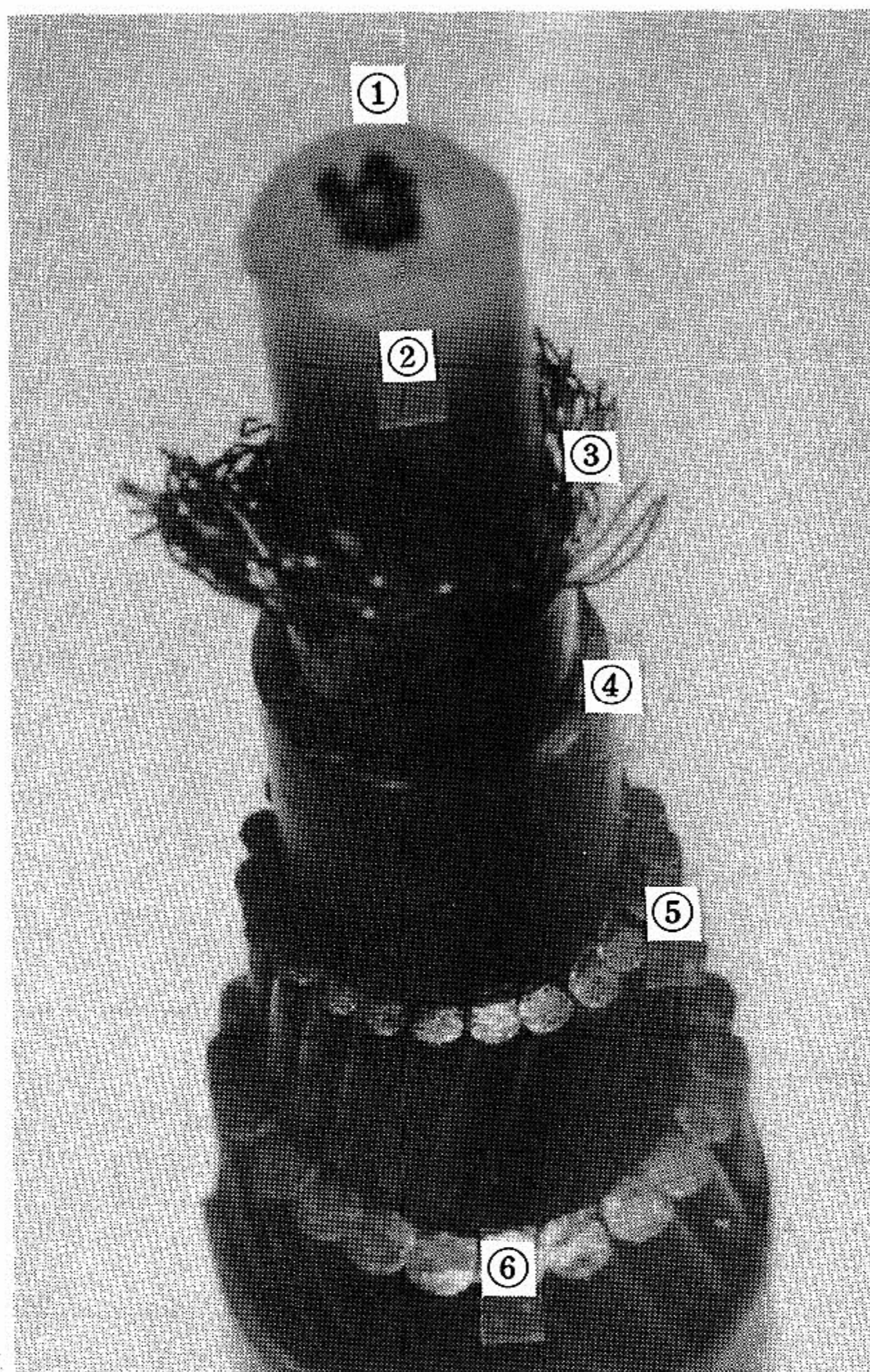


図1 DTVシステムブロック図
Blockdiagram of DTV system



- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| ① 中心導体 (芯線), inner conductor | } 同軸ケーブル, coaxial cable |
| ② 絶縁物 (ポリエチレン), insulator | |
| ③ 外部導体, outer conductor | |
| ④ 絶縁物 (ポリエチレン), insulator | |
| ⑤ } 鎧装ワイア, armor wire | |
| ⑥ } | |

写真2 曳船用二重鎧装同軸ケーブル外観
Appearance of towing double armored coaxial cable

表1 RG-8Ωの電気的特性
Electrical characteristics of RG-8Ω coaxial cable

伝送減衰量 transmission loss	特性インピーダンス characteristic impedance	標準静電容量 standard capacitance	最大使用電圧 maximam valtage
16 dB / km at 4 MHz	$52 \pm 2 \Omega$	96.8 nF / km	5 kVrms

表2 TVカメラヘッドの定格
Characteristic of TV camera head

要 目 items	定 格 specification
電 源 入 力 input power	DC 12 V 0.52 A
消 費 電 力 power consumption	約7 W about 7 W
撮 像 管 video tube	S4000 1インチ セパレートメッシュ型 ニュービコン (松下電器) S4000 1 inch separate mesh type Newvicon(Matsushita Electric)
同 期 方 式 synchro method	NTSC標準内部同期 NTSC standard inter synchro
走 査 方 式 scan method	2 : 1 インターレース 2 : 1 interless
水平走査周波数 horizontal scanning frequency	15.734 KHz
垂直走査周波数 vertical scanning frequency	59.94 KHz
映像信号出力 video signal output	1.0 V p - p / 50 Ω
映像信号帯域 video signal band width	6 MHz $\pm$ 3 dB
水平解像度 horizontal resolution	500本以上 (中心部) 500 lines (center part)
垂直解像度 vertical resolution	300本以上 (中心部) 300 lines (center part)
感 度 調 整 sensitivity adjustment	EE方式レンズによる自動絞り auto iris by EE method
最 低 照 度 minimum luminous iutensiry	0.35 Lux
焦 点 調 整 focus adjustment	電気信号によるモータ駆動 motor drive by electric signal
レ ン ズ 系 lens system	焦点距離 8.5 mm 絞り 1.5 ~ 360 撮影距離 0.2 m ~ ∞ foucs range 8.5 mm, iris 1.5 ~ 360

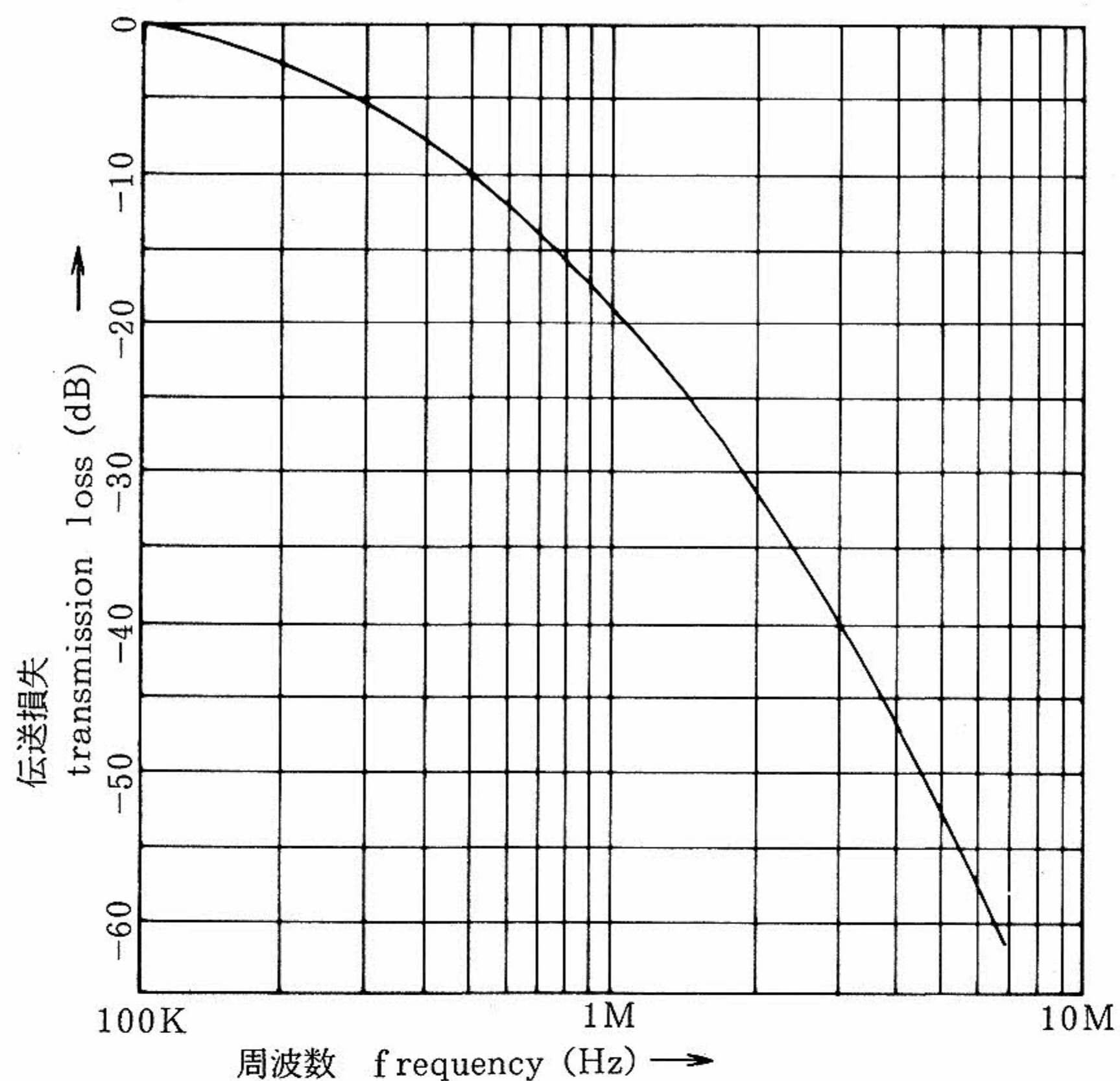


図2 「なつしま」に搭載されている
長さ 4000m の深海曳航用ケーブルの減衰特性
Transmission loss characteristics of the
towing cable (4000m length) installed
in support ship "NATSUSHIMA"

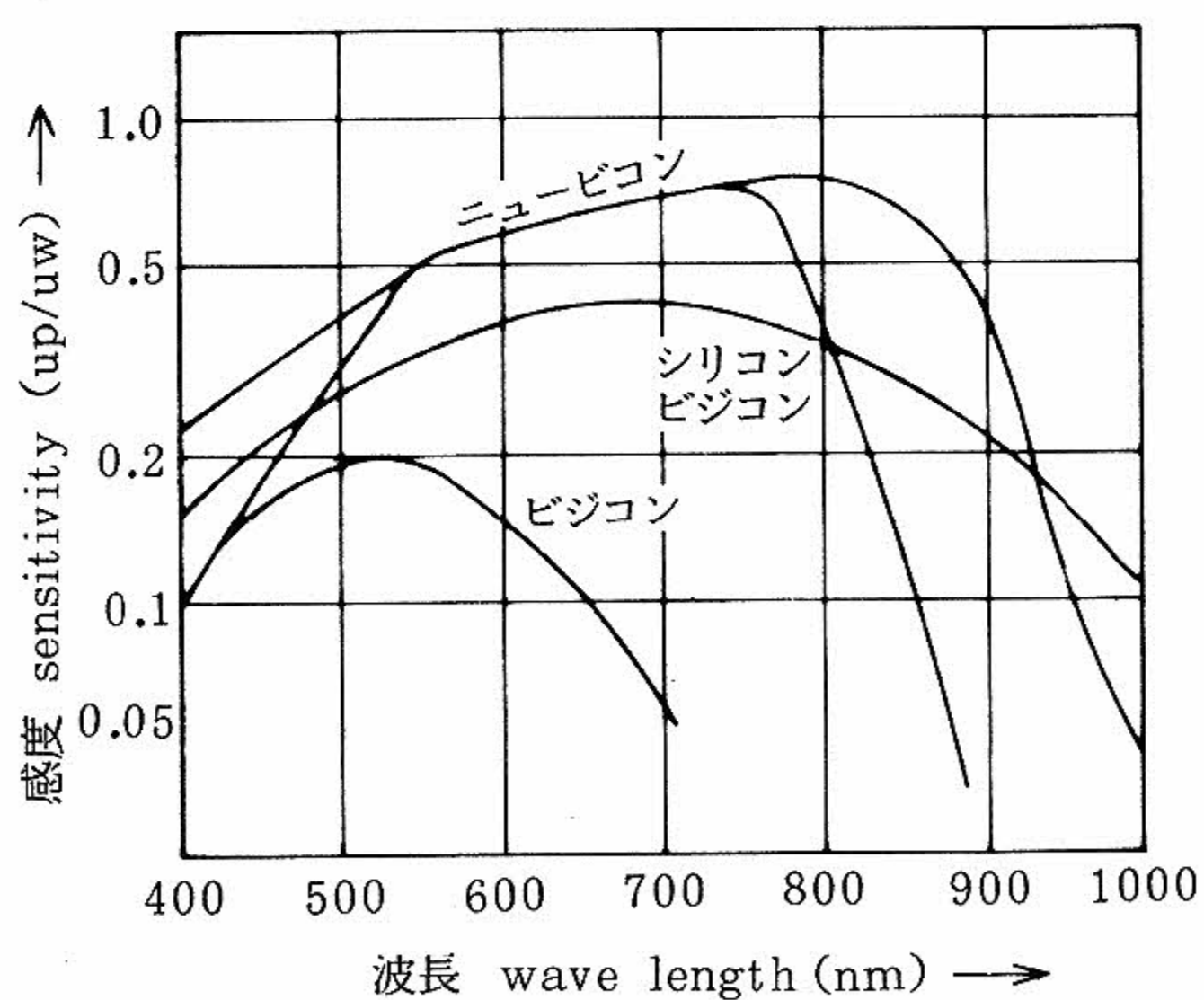


図3 撮像管の感度特性
Sensitivity characteristic of
video camera

4.2.1 テレビカメラヘッド

テレビカメラヘッドは撮像管とレンズ系、それに付随する電子回路を耐圧容器を封入したものである。

撮像管はDTVシステムの性能を決定する重要な部分であり、これには次のような条件が求められる。

- ① DTVは、水中ライトに送る電力の制限から、できるだけ低照度で作動する必要がある。
- ② 海底を微細に観察できるように高い解像度を必要とする。
- ③ 船上や水面付近等、明るい場所でも撮像画に焼き付きが生じない保護が必要である。

以上のような条件を満足する撮像管として、ニュービコンを採用した。ニュービコンは次のような特徴をもっている。

- ① 分光感度特性が、図3に示すようにビジコンやシリコンビジコンに比較して高い。
- ② 低照度（ビジコンの約1/4の照度）で作動し、均一性も優れている。
- ③ 限界解像度はビジコンと同程度で、水平500本以上、垂直300本以上である。
- ④ ブルーミング現象がなく、焼き付きも少ない。

以上のように、ニュービコン撮像管はDTV用として優れている。表2に今回製作したDTVカメラヘッドの主な定格を示す。このDTVカメラヘッドに使用されているレンズは8.5%の広角レンズで3m離れた場所で約3m×2mの範囲を撮影することができる。

このテレビカメラヘッドの外観を写真3に示す。テレビカメラヘッドの耐圧容器は米国 Hydro Products 社製で材質はステンレス鋼である。

4.2.2 水中ライト

暗黒の深海低において鮮明な映像を得るには十分な照明が必要であり、効率の良い水中ライトの使用は不可欠である。ここでは米国 Hydro Products 社製のヨウ化タリウムランプ（LT-7型）を2灯使用している。ヨウ化タリウムランプは水銀灯などと同様の放電型のランプであり、フィラメント型と比較して光変換効率が低い。また、海中で透過率の良い5,500～4,900 Åのスペクトル成分を多く含んでいる。表3にLT-7型水中ライトの主な仕様を示す。

水中ライトはDTVシステムの構成装置の中で最も消費電力が多く、2灯で約500Wの電力を消費する。したがって曳航ケーブルでの電圧降下が大きくならないように、2灯のライトを直列に接続して、電流を増加させないようにしている。このライトは、点灯してから最大照度になるまで約12分かかるので、実際に点灯させるためには時間的な余裕が必要である。また、発熱量が大きいので、水中で点灯しなければならず、消灯後も十分に冷却する必要がある。

4.2.3 ビデオカップリング

同軸ケーブル1本で信号と電力を同時に伝送するためには、船上装置と水中部で信号と電力の合成、および分離を行わなければならない。この部分はビデオカップリングと呼ばれ、基本的には図4に示すように、コンデンサとチョークコイルによって構成されている。

ここで、コンデンサCの容量リアクタンス X_C とチョークコイルLの誘導リアクタンス X_L はそれぞれ次式で表わされる。ただし、ここでは位相は考慮に入れない。

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (\Omega)$$

$$X_L = \omega L \quad (\Omega)$$

ただし、 $\omega = 2\pi f$

C : 静電容量 (F)

f : 周波数 (Hz)

L : インダクタンス (H)

したがって、周波数が低くなると X_C は大きな低抗値をもつようになり、 X_L は逆に小さな値となる。直流($f = 0$ Hz)では、理論上 X_C は $\infty(\Omega)$ 、 X_L は $0(\Omega)$ となるため、直流電流はチョークコイルにだけ流れることになる。したがって、直流成分(電力)と交流成分(信号)とを分離することができる。

実際の装置にはCの値は400(μ F)、Lは、2(H)を使用しているため、 X_L および X_C の値は図5に示したようになる。10 KHzでもその抵抗の差は $10^6 \Omega$ もあり、十分に電力と信号を分離できることがわかる。ビデオカップリングは写真4に示すようにアルミ製の耐圧容器に収納されている。

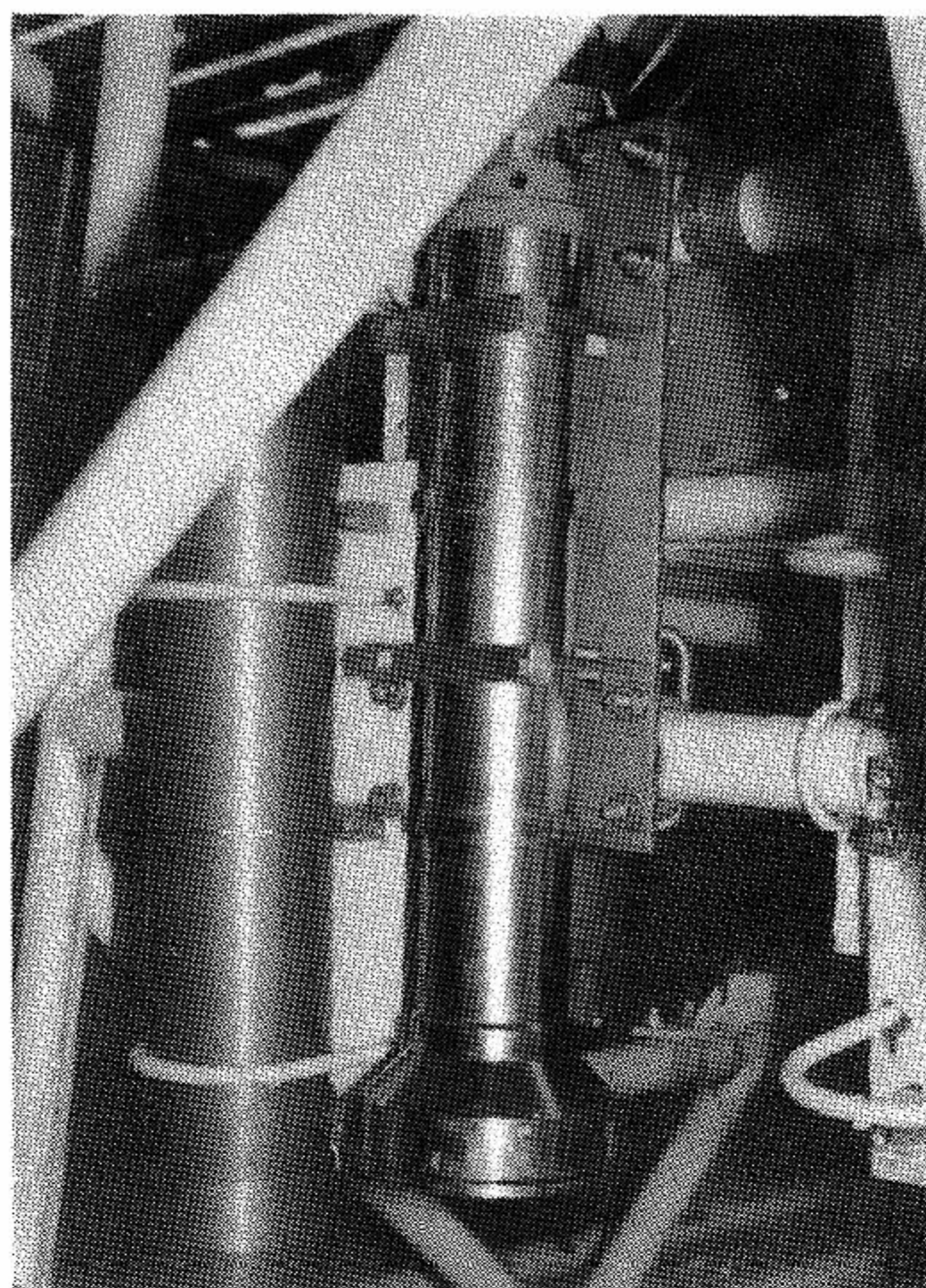


写真3 TVカメラヘッドの外観
Appearance of TV camera head

表3 LT-7型ランプの主な仕様
Specification of TYPE LT-7 lamp

要 目 Items	定 格 specification
ラ ン プ 型 式 (lamp type)	ヨウ化タリウムランプ (thallium iodide lamp)
使 用 電 力 (operating power)	250W (250 watts)
光 出 力 (light output)	4000 カンデラ (ビーム中心) (4000 centerbeam candle power)
照 射 角 (beam angle)	水平 $\pm 50^\circ$ 垂直 $\pm 50^\circ$ (半減角) (the horizontal and the vertical beam) (widths are $\pm 50^\circ$ to $\frac{1}{2}$ intensity)
使 用 時 間 (operating time)	500時間 (500 hours)
周 囲 温 度 (temperature range)	$0^\circ \sim +50^\circ \text{C}$ (0°C to 50°C)
ウオームアップ時間 (warm-up time)	最大12分 (12minutes maximum)
重 量 (weight)	水中4.1 kg 空中3.2 kg (9 pound in air, 7 pound in water)
最 大 深 度 (maximum operating depth)	8000 m (8000 meters)

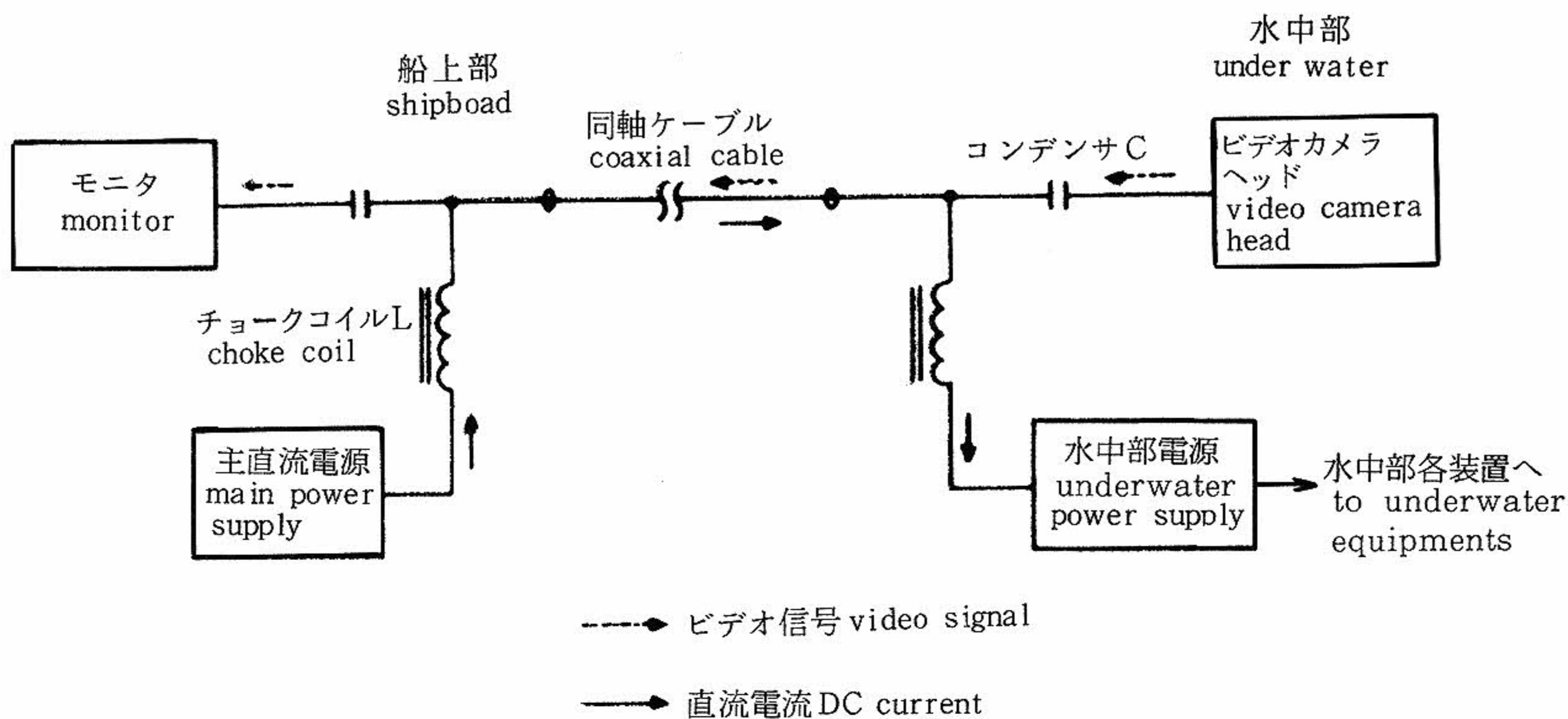
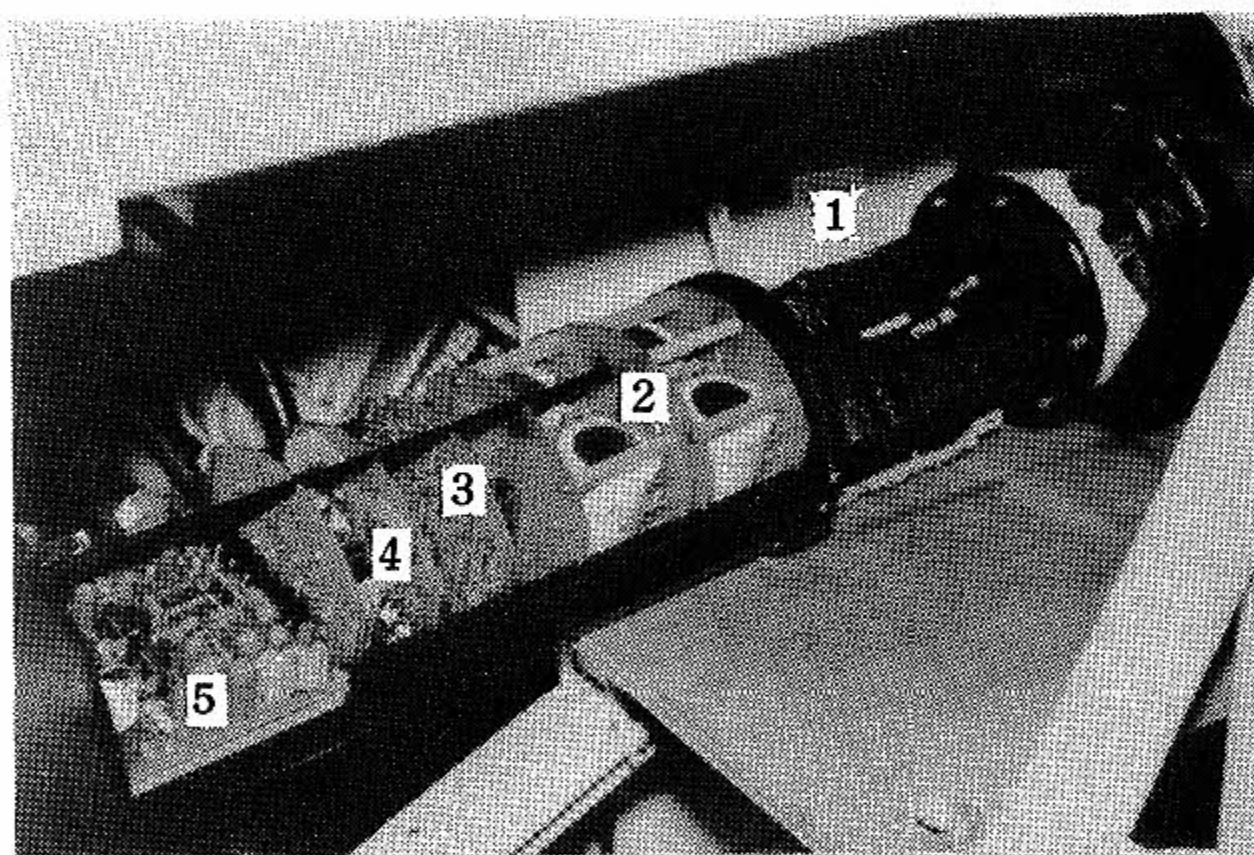


図4 信号と直流電流との分離方法の原理
Principle of signal and DC current separation



1. チョークコイル, cholk coil
 2. コンデンサ, capacitance
 3. テレメトリ受信器, telemetry receiver
 4. ビデオイコライザおよび送出アンプ, video equalizer and transmit amp
 5. 水中部電源, underwater power supply
- } ビデオカップリング, video coupling

写真4 耐圧ケース内部
Inside of pressure resisting case

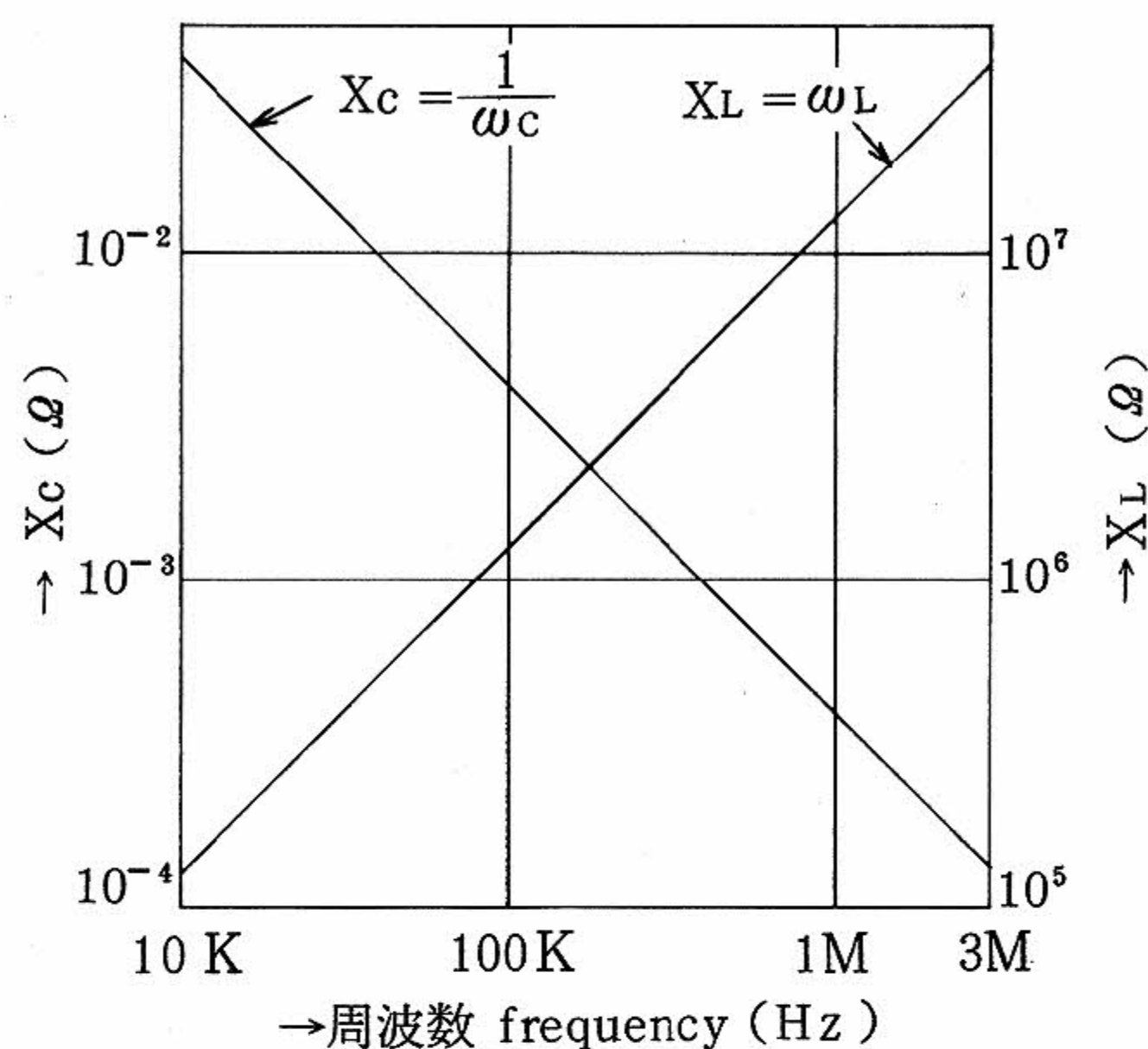


図5 ビデオカップリングにおける
XL 及び Xc と周波数の関係
Relation between XL, Xc and frequency

表4 水中部電源の定格

Specification of under water power supply

使用機器 (equipments)	最大電圧, 電流 (maximum current,) voltage
ビデオアンプ (video amp)	+ 35 V, 0.3 A
TVカメラヘッド (TV camera head)	+ 12 V, 1 A - 12 V, 0.5 A
テレメトリ回路 (telemetry circuit)	+ 5 V, 1 A

4.2.4 水中部電源

ビデオカップリングで分離された電力を、水中部の各装置に適正な電圧にして供給するためには、安定化電源が必要である。各装置を安定に作動させるために、この安定化電源は入力電圧が変動しても、長時間、電圧変動のない電力を、各装置に供給できる回路でなければならない。そのため、この回路の主要部には、シリーズパスレギュレータに比較して、数10%効率の良い、スイッチングレギュレータを採用している。この電源回路のブロック図を図6に示す。この図で、入力された1.6 Aの電流は、トランジスタとダイオードにより電流/電圧変換され、+48 Vの電圧となる。この電圧は分枝して、一方はビデオアンプ用として通常のシリーズパスレギュレータで+35 Vに変換される。他方は、スイッチングレギュレータユニットに入力され、そこで+12 Vおよび-12 Vの電力がつくられる。この+12 VはTVカメラヘッドおよび各部に供給され、さらに、三端子レギュレータにより、テレメトリ回路用の+5 Vがつくられる。この電源回路に接触して、放熱が行われる。また、スイッチングレギュレータで最も問題となるスイッチング雑音を防止するために、メイズフィルタを設けている。なお、表4は水中部電源の出力電圧・電流についてまとめたものである。

4.2.5 ビデオ補正用イコライザアンプ

4.1で述べたように、同軸ケーブルは周波数が高くなると減衰量が大きくなるという性質がある。これは、同軸ケーブルがL・C・Rから成る等価回路をもっているためである。「なつしま」に搭載されている長さ4,000 mの曳船用同軸ケーブルの減衰量特性を図7の①に示す。このDTVシステムでは、ビデオ信号の帯域を市販のVCR（ビデオ・カセット・レコーダ）と同じ約2.5 MHzとした。このため、図2に示した同軸ケーブルの減衰特性から、2.5 MHzでは約35 dBの減衰があることがわかる。したがって、イコライザアンプの特性が図中②になるように設計することにより、曳船用同軸ケーブルで伝送された後の船上部では、図中③のようなほぼ平坦な特性になる。このような特性のイコライザアンプの設計および製作が、本システムの性能を左右するところである。

このイコライザアンプでは、2.5 MHzで最大30

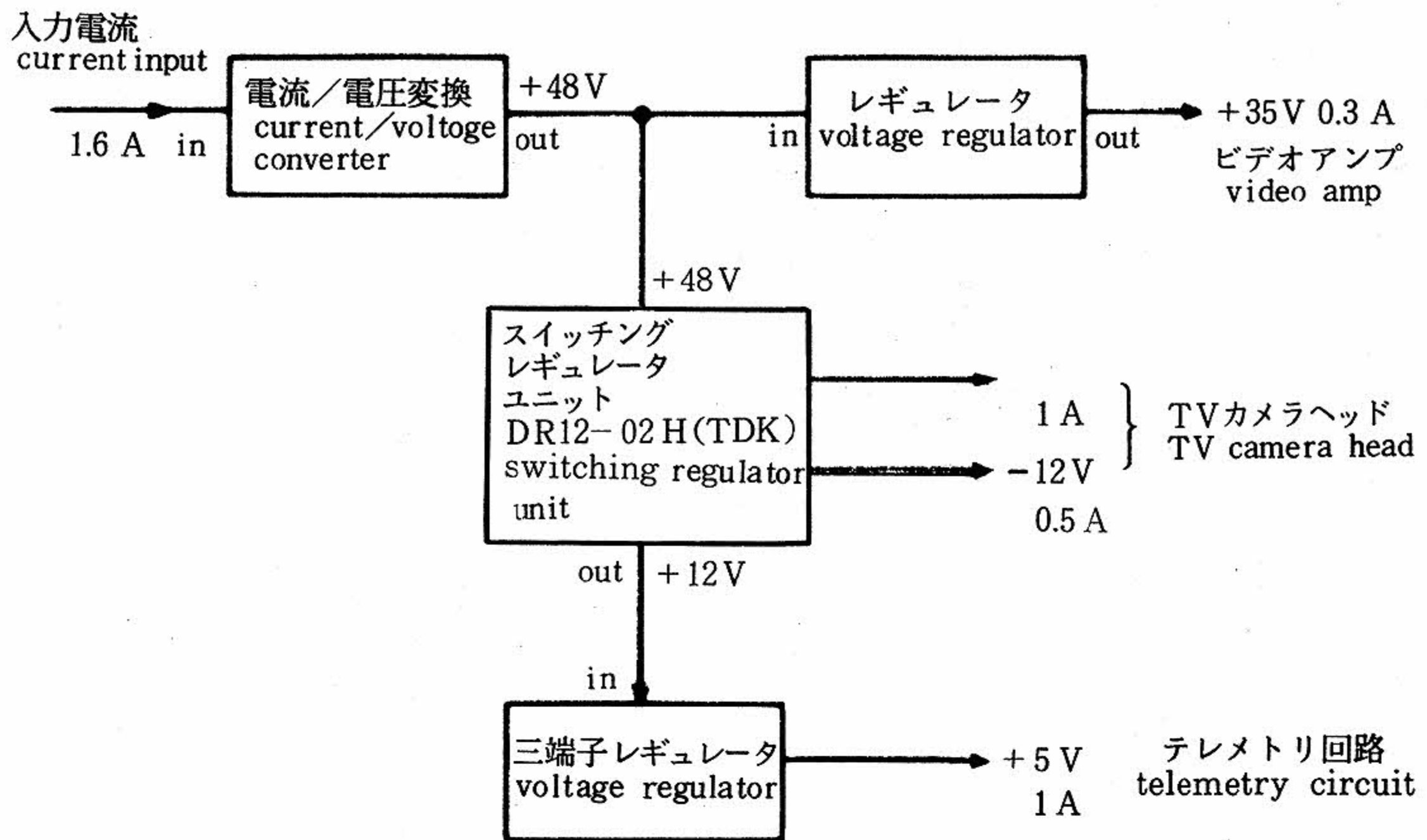


図6 水中部電源のブロック図
Block diagram of underwater power supply

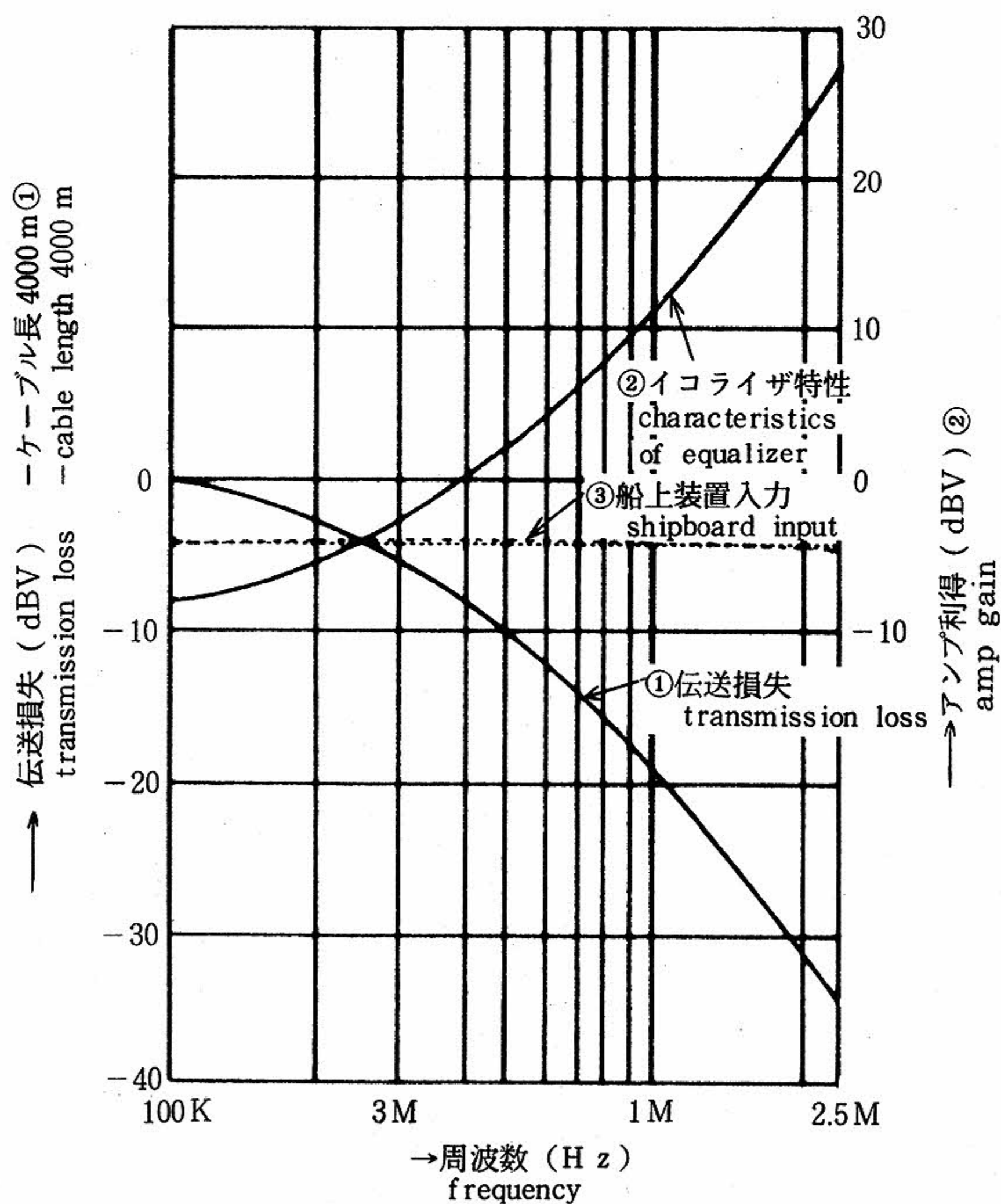


図7 イコライザアンプ特性
Characteristic of equalizer amp

Vp-p (約30dB) までビデオ送出電圧を得ることができる。しかし、出力用の水中ケーブルの一部(約50cm)が同軸ケーブルではないため、送出電圧を上げ過ぎると、回り込みによる発振が起こる。これを防止するために、現在は送出電圧を20Vp-p (約26dB)に抑えている。この送出電圧では、船上装置の入力部で約-4dBの電圧が得られるので、必要な信号レベルである1Vp-pまで船上装置のビデオビデオアンプで増幅している。このビデオアンプは利得を可変することができ、ケーブル長最大8,000mまで使用できるように設計されている。

4.3 船上装置

船上装置は写真5に示すような外観をしている。以下、この船上装置の各装置について説明する。

4.3.1. 主電源

主電源は水中部へ電力を供給する装置である。同軸ケーブルで消費される電力を極力少なくするため、電流を制御する必要がある。本システムでは、HP (ヒューレット・パカード) 社の6448 B型安定化電源を使用している。この電源は最大600V, 1.6Aの容量をもっている。

表5に各構成装置で消費される電力を示した。このうち、ケーブルで消費される電力Pは次式のように表わされる。

$$P = I^2 (R_1 + R_2)$$

ただし、I : ケーブルに流れる電流

R_1 : 芯線の直流抵抗

R_2 : 外皮の直流抵抗

ここで、ケーブルに流れる電流Iを1.6Aとすると、 R_1 と R_2 は実測値でそれぞれ11 Ω , 12 Ω であり、これらの値を上式に代入するとP=59Wとなる。

表5に示すように消費電力の合計は671Wとなり、主電源では420V 1.6Aの容量で十分である。しかし、水中ライトに使用しているヨウ化タリウムランプでは、点灯時に600V程度の電圧が必要であるので、十分に余裕のある電源が要求される。

4.3.2 レコードブースタ

レコードブースタの本来の機能は、VCRからVCRへのダビングや編集を行う場合に画質の低下を防止するためのものである。この装置をDT

V装置に使用することにより、同期信号の波形成形や、映像信号のエッジを強調する作用があり、解像度の改善や映像同期の安定化に効果を発揮する。

4.3.3 ビデオタイマ

ビデオタイマは画面上の任意の場所に月、日、時、分、秒のデータを表示するものである。このデータはビデオ信号とともにVCRに録画される。したがって、後で記録を再生しながら、スチルカメラで撮影した写真の時間データと照合することが可能となる。

4.3.4 モニタ

船上装置には9インチの白黒高解像度モニタが収納されている。また、外部モニタが接続できるように出力端子を設けている。もし、外部モニタを操舵室やウインチ操作室などで見る必要がある場合は、ケーブル補償装置(外付き)を使用することにより、約200mまで鮮明な画質を損なわずに伝送することができる。

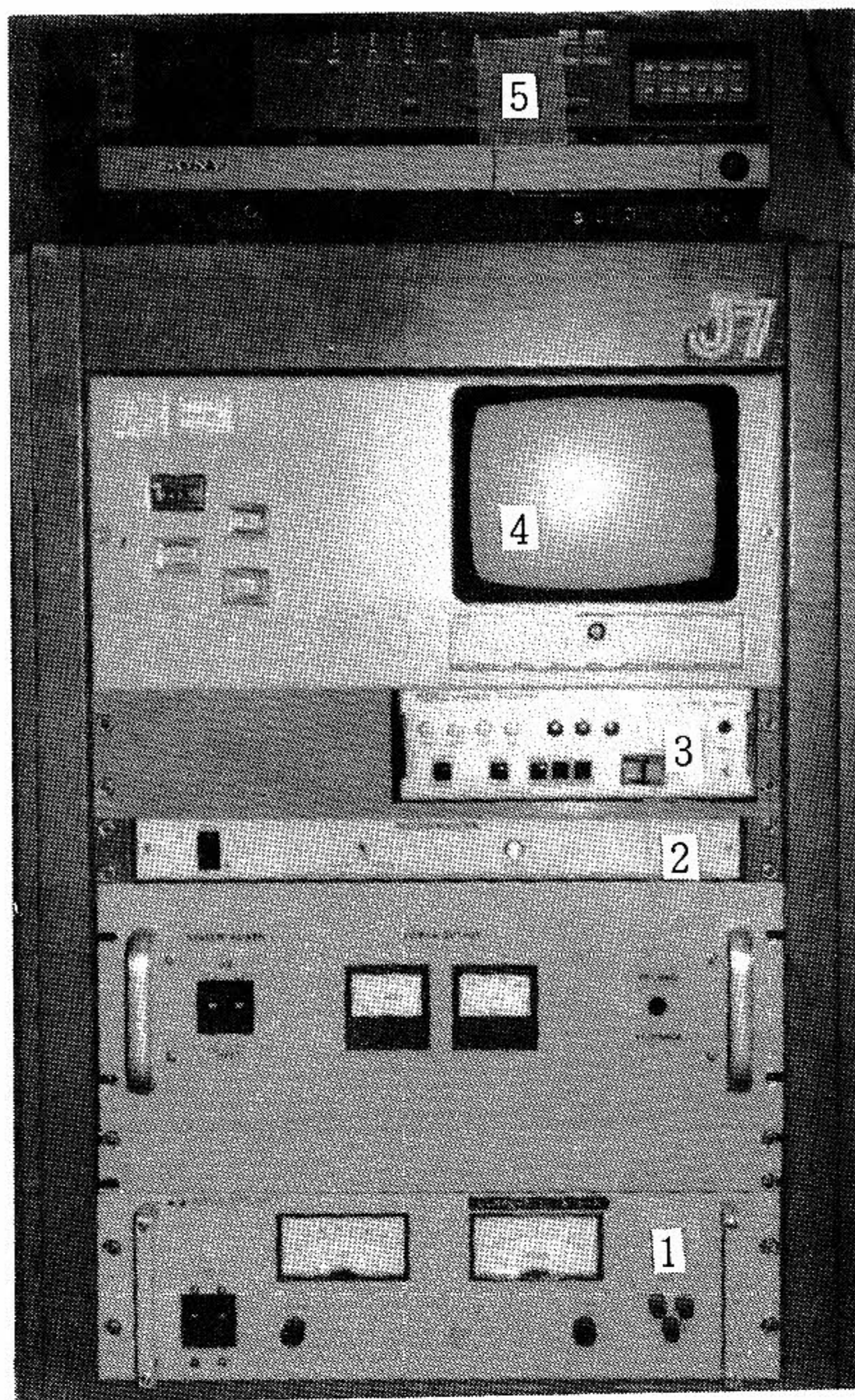
4.4 テレメトリ回路

船上で海底の映像をモニタしながら、必要に応じて写真撮影を行うためには、曳航体に取り付けられたスチルカメラにシャッタ駆動信号を送らなければならない。これが本システムの特徴の1つでもある。

本システムでは、ビデオ信号のうち垂直同期信号の一部にテレメトリ信号を挿入することにより、モニタ画像に妨害を与えないような方式を採用している。図8は、この方式の信号挿入方法を簡単に図示したものである。垂直同期信号は1秒間に60回発生するので、船上装置ではこの信号を検出、分離して同期をとり、テレメトリ信号を挿入しなければならない。

図9にテレメトリ回路のブロック図を示す。この図で、まずテレビカメラヘッドから出力されたビデオ信号は、水中部で同期信号分離回路に入力され、垂直同期信号が分離され、ゲート回路③に入力される。

一方、曳航ケーブルを通して船上装置に伝送されたビデオ信号は、パルス消去回路でパルス成分を消去されたのち、同期信号分離回路に入力され、単安定マルチバイブレータで一定の長さのパルスに成形される。このパルスは、ゲート④に入力さ



1. 主電源, main power supply
2. レコードブースター, record booster
3. ビデオタイマ, video timer
4. モニタ, monitor
5. VCR

写真5 船上部外観図
Appearance of shipboard equipment

表5 各装置の消費電力

Power consumption of equipments

各装置 equipment	消費電力 power consumption
水中部 underwater equipment	117 W
曳航ケーブル tow cable	59 W
水中ライト2灯 underwater light × 2	495 W
合計 total	671 W

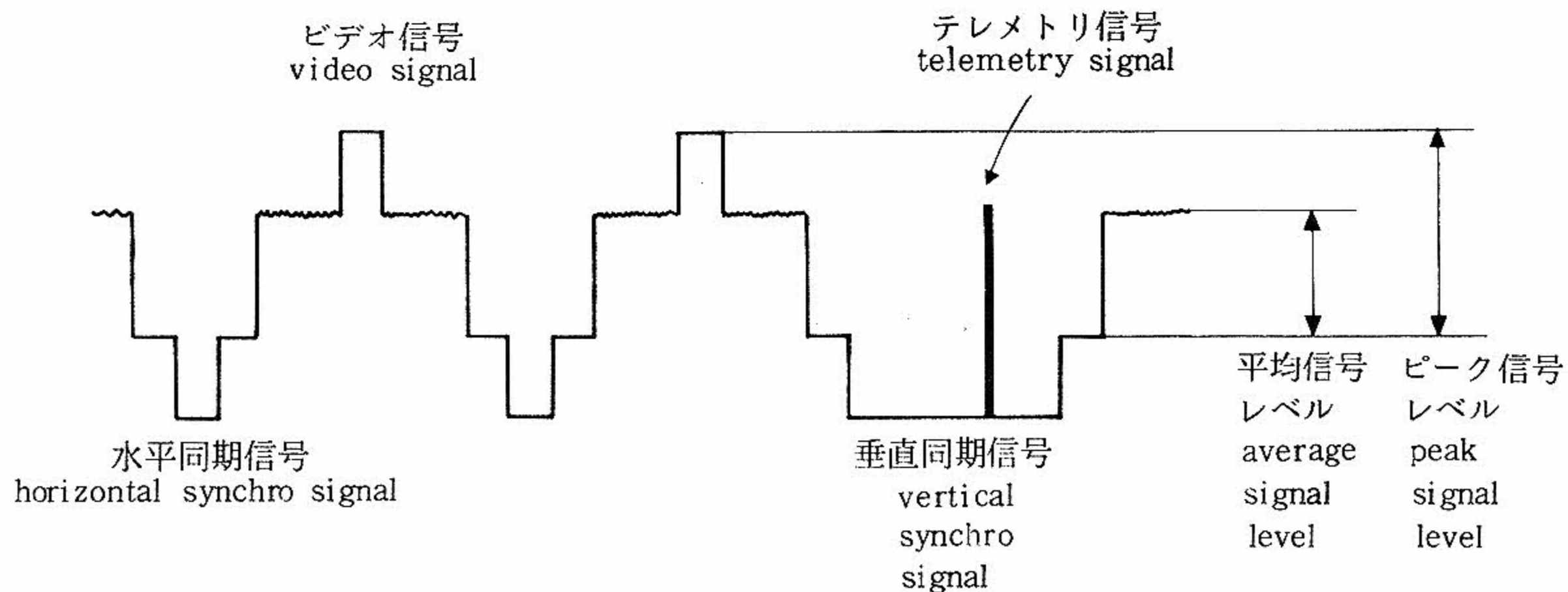
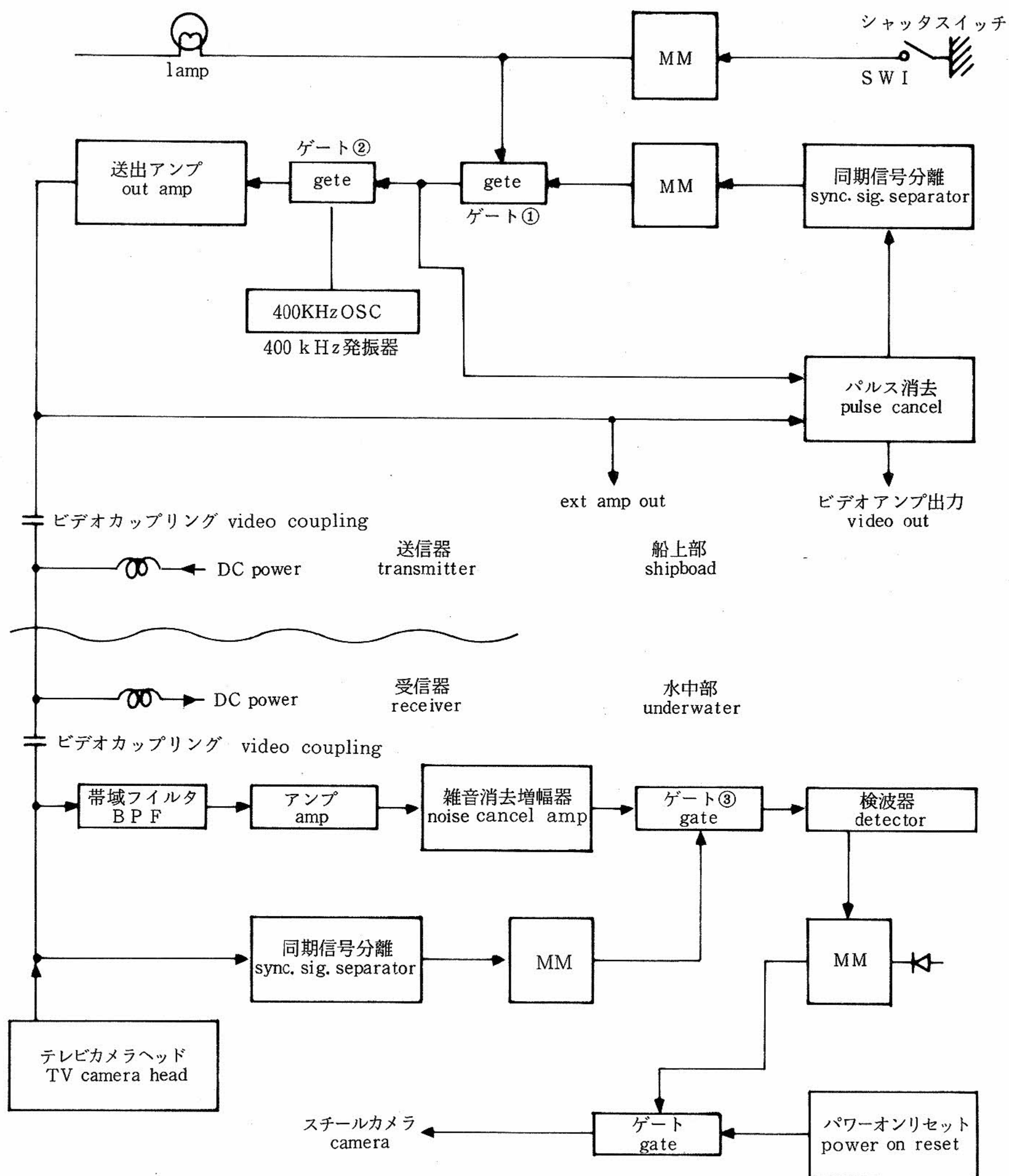
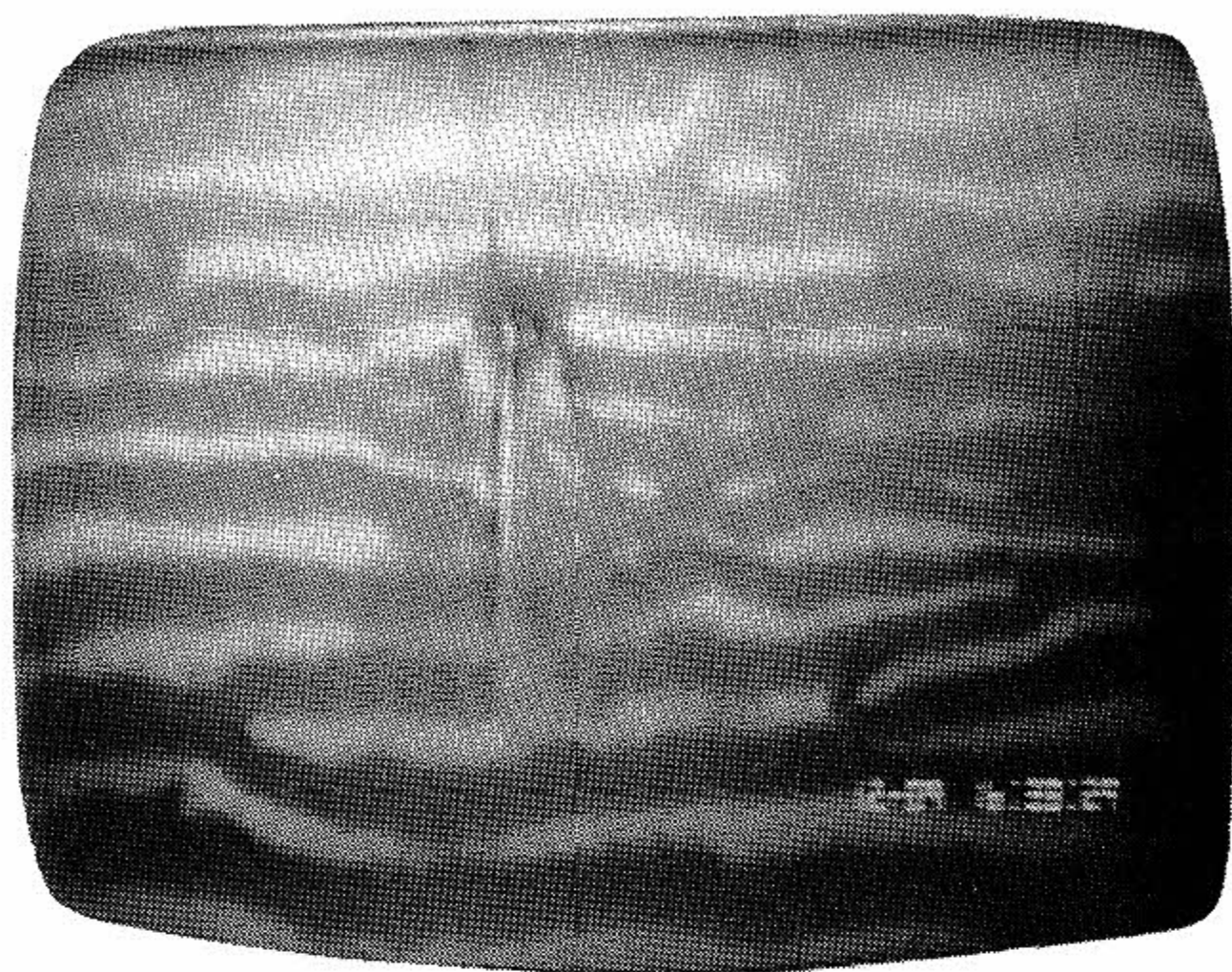


図8 テレメトリ信号の挿入方式
Transmission system of telemetry signal

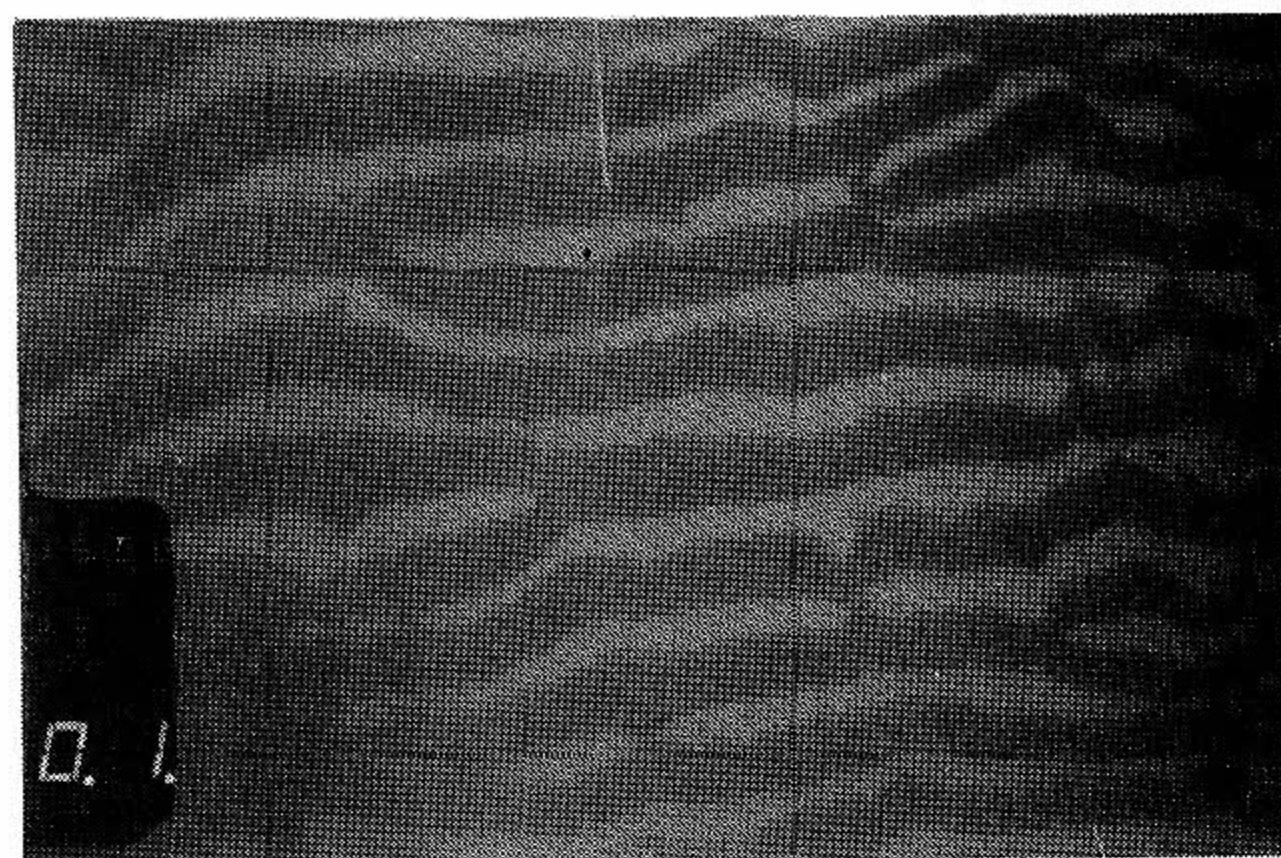


注 MM; mono stable multi vibrator
単安定マルチバイブレータ

図9 テレメトリ回路ブロック図
Blockdiagram of telemetry circuit



(1) DTVによる画像
Image by DTV



(2) スチルカメラによる写真
Photo by still camera

駿河湾水深約 1700 m (Suruga Bay about 1700 m depth)

写真6 DTVによる画像とスチルカメラの写真の比較
Compare with image of DTV and photograph by still camera

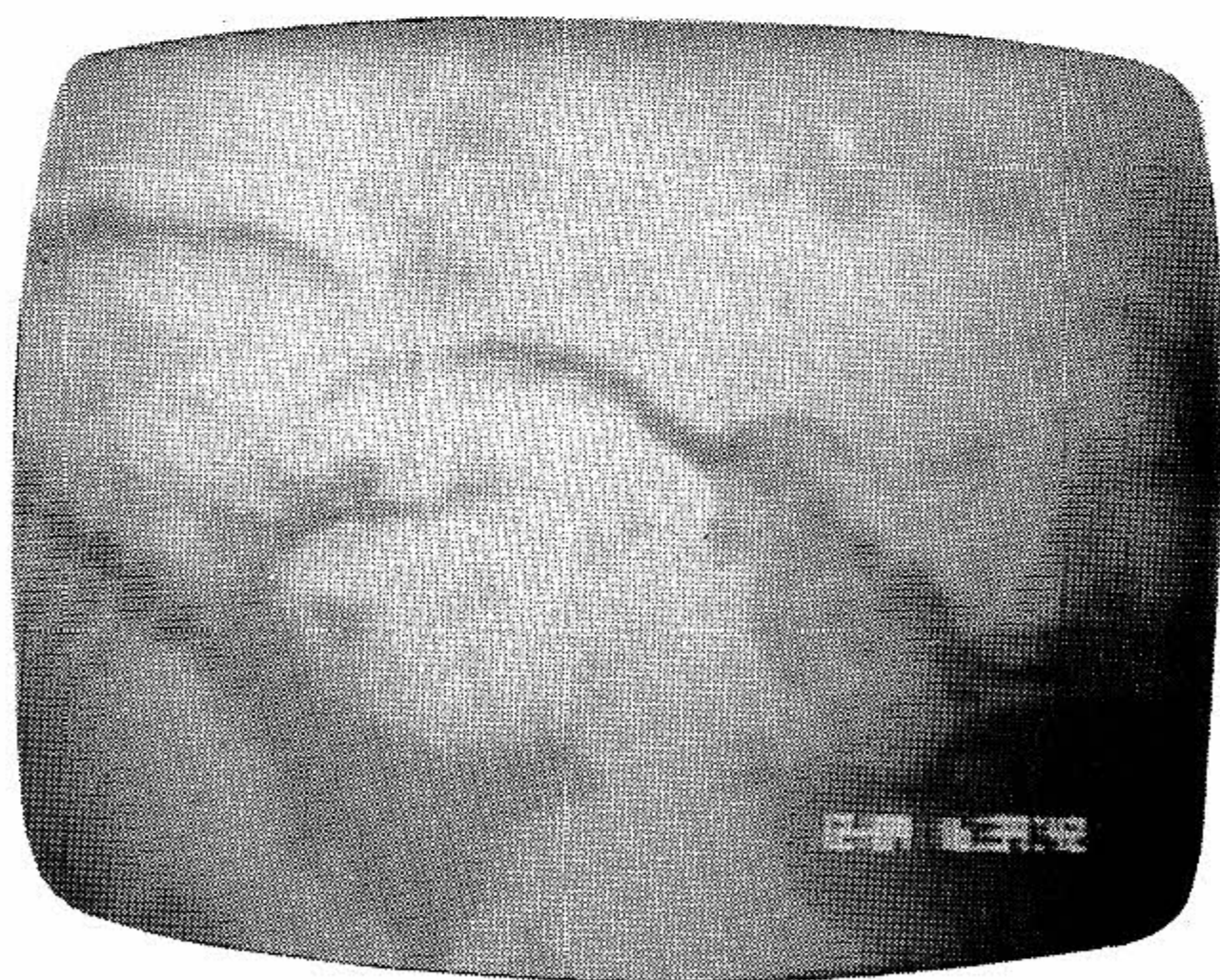


写真7 DTVによる画像
Image by DTV
(岩 場)

駿河湾水深約 1700 m
Suruga Bay about 1700 m depth (rocks)

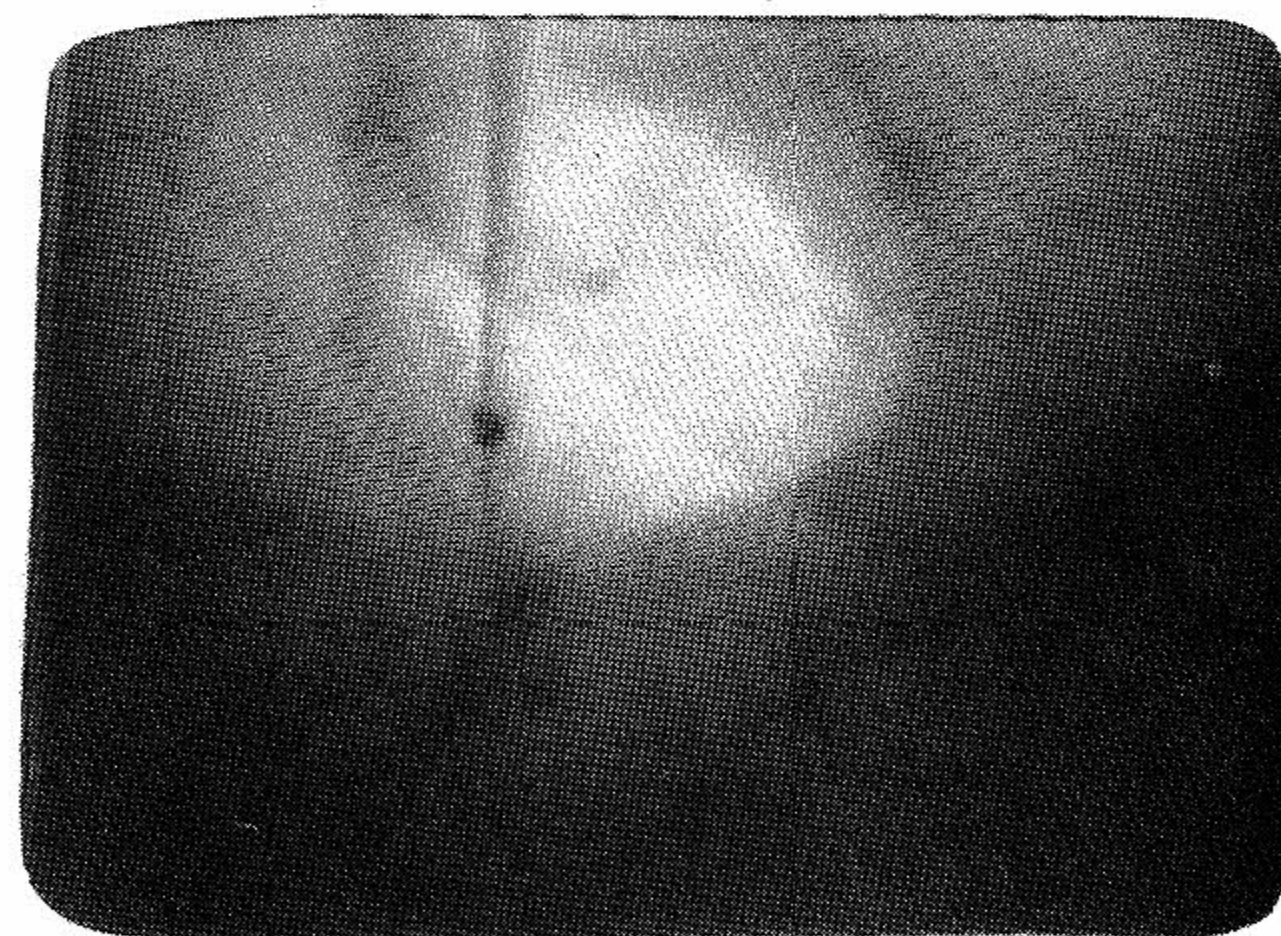


写真8 DTVによる画像
Image by DTV
(Rock)

駿河湾水深約 2000 m
Suruga Bay about 2000m depth (rocks)

表6 DTVシステムの使用実績
Operate result of DTV system

年 year, month	観 察 場 所 observation site	調 査 水 深 operation Depth	使用ケーブル長 cable length
1981 年 7 ~ 8 月 July to Aug. 1981	北西太平洋 nothwest pacific	6200 <i>m</i>	7900 <i>m</i>
1981 年 12 月 Dec. 1981	駿 河 湾 suruga bay	700 ~ 1400 <i>m</i>	2000 <i>m</i>
1982 年 10 月 Oct. 1982	駿 河 湾 suruga bay	100 ~ 2000 <i>m</i>	4000 <i>m</i>
1982 年 11 ~ 12 月 Nov. to Dec. 1982	駿 河 湾 suruga bay	100 ~ 2000 <i>m</i>	4000 <i>m</i>

れ、押しボタンスイッチ SW1 が ON になったとき、出力パルスが発生する。このゲート①からの出力パルスはゲート②に入力され、400 KHz の発振器により 400 KHz のバースト信号となる。

このバースト信号は、出力増幅器で増幅され、曳航ケーブルを通して水中部の狭帯域フィルタに入る。フィルタで 400 KHz 以外の周波数成分を除去したのち、アンプで適当な大きさに増幅し、雑音除去アンプでスパイク性の雑音を除去する。

その後、このバースト信号はゲート③に入力され、分離された垂直同期信号と一致した時だけ出力が発生する。この出力は検波器で検波され、+5 V のパルスとなり、単安定マルチバイブレータにより 100 m sec の長さのパルスに成形される。このパルスでトランジスタがスイッチングされ、リレー接点を ON にし、スチルカメラのシャッター機構が駆動する。この図中、パワーオンリセット回路は、DTV システムの電源を投入したときに電源電圧のふらつきによる誤動作を防止する目的で設けてある。

5. DTV システムの使用結果

本システムを使用して深海底の観察を行った日時、海域等を表 6 にまとめた。これらのべ 70 時間にわたって行った海底観察で良好な画像が得られた。

得られた画像の一部を写真 6 ~ 8 に示す。写真は VCR の再生画面を撮影したものであり、実際よりも画質が多少落ちている。海底からの高さは約 3 m である。写真 6 は同じ場所でのモニタ画像とスチル写真との比較である。両者を比較するとわかるように、本システムで十分良質な TV 画像が得られている。

なお、画面中央付近に見えるものは、方位と曳航体の高度を知るために曳航体から吊り下げられたコンパスである。また、右下スミに時間情報が入っているのが見える。

6. 結 言

今回、本報文書に紹介した DTV システムの原形は、昭和 48 年度に製作されたが、その後の機器、電子部品等の発達に伴って海底海察を行いながら、システムの機能の拡大、性能の改善、信頼性の向

上等を実施してきた。したがって、今回のDTVシステムの姿が完成するのに、数年の歳月を要した。今後は、6,000 m 海域の深海底の光学的観察に威力を発揮するものと期待できる。

われわれはさらに、これらの技術をもとにして、57年度にカラーDTVシステムの製作を行っている。これについては、次の機会に報告したいと考えている。

最後に、海域実験、陸上実験に際し多大な協力を頂いた、深海研究運航室の堀田宏室長、門馬大和副主幹、橋本惇研究員、深海開発技術部中西俊之主幹および東海大学海洋学部研究生中村泰之君、佐藤真君に謝意を表す。また、適切な助言をいただいた相南高周波機の稲葉安彦氏および長井義春氏に深謝する。

文 献

- 1) 堀田 宏, ほか, 1980, “深海底探索システムの基礎実験”, JAMSTECTR (5), 27 ~ 44

- 2) ————— 1978, “深海用試験システムの6,000 m 海洋実験”, JAMSTECTR (2), 57 ~ 73
- 3) 大塚 清, ほか, 1982, “曳航式深海底探索システムのソーナー”, JAMSTECTR (8), 1 ~ 27
- 4) 海洋科学技術センター, “海底変動地形の精査・目視に関する調査研究成果報告書”(1981)
- 5) 住友電気工業(株)編, “電線技術資料”, (1978), 897-1340, 住友電気工業(株)
- 6) 松下電器(株)編, 1982, 撮像管, ビジコン, シリコンビジコン, ニュービジコン”, ナショナルテクニカルレポート 28 (2)
- 7) 鈴木正太郎, 1971, “SWレギュレータノイズ解決の鍵”, トランジスタ技術 243-314
- 8) 宮川 洋, 渡部 叡編, “画像エレクトロニクスの基礎”, (1975), コロナ社, 44-55