

「ドルフィン-3 K」用CTD計測システムの開発

渡辺 正之^{*1} 服部 陸男^{*2} 青木 太郎^{*2}
野本 昌夫^{*2} 段野 洲興^{*1} 藺田 敏晴^{*1}

無人探査機システム「ドルフィン-3 K」の機能向上の一環として開発し、昭和63年度に搭載したCTD計測システムについて報告する。

CTD計測システムはConductivity:電気伝導度, Temperature:水温, Depth:水深を計測するシステムである。「ドルフィン-3 K」用CTD計測システムは市販されているCTD装置(カナダ Guildline 社製)と本システムのために製作した光通信装置とこれらを繋ぐインターフェイスより構成され、「ドルフィン-3K」のビークル部にCTDセンサーを搭載して使用するものである。本計測システムの搭載により「ドルフィン-3 K」の潜航調査中にリアルタイムで高精度の電気伝導度, 水温, 水深が計測できるようになった。

実海域では、平成元年4月に駿河湾の水深2600mでCTD計測システムの試験を行い正常に作動することが確認できた。又、取得されたデータも「ドルフィン-3 K」用深度計のデータ、及び同時に投入されたXBT記録と良く整合していることが確認された。

キーワード:ドルフィン-3K,CTD装置,光通信

Development of CTD Measurement System for DOLPHIN-3 K

Masayuki WATANABE^{*3} Mutsuo HATTORI^{*4}
Taro AOKI^{*4} Masao NOMOTO^{*4}
Kunioki DANNO^{*3} Toshiharu SONODA^{*3}

The deep ROV DOLPHIN-3K which has been operated since 1987 was improved and installed new instrumentation for scientific surveys through operational experience and needs for advanced. This paper describes about a CTD (Conductivity,

*1 運航部

*2 深海開発技術部

*3 Ship Operation Department

*4 Deep Sea Technology Department

Temperature, Depth) measurement system which was developed and test in 1989.

The system consists of CTD devices (Guildline CO.Ltd., Canada) and the optical communication devices with the interface developed by us for this system. The sensing probes of the CTD device are fitted on the vehicle. The real time CTD data is provided by the system through operation of vehicle.

Sea going test of the system was carried out successfully at depth up to 2600m in Suruga bay on April, 1989. The data obtained by the test was fitted with the data of depth meter of the vehicle and XBT measurement system.

Key word : DOLHIN-3K, CTD Device, Optical communication

1 はじめに

無人探査機システム「ドルフィン-3 K」は、深海調査及び潜水調査船「しんかい 2000」の救難を目的として開発され、昭和 62 年に完成した。(図1-1,1-2: 詳細は参考文献 1 を参照されたい。)

「ドルフィン-3 K」を用いた調査では、TV カメラ 4 台(カラーカメラ: 1 台, モノクロカメラ: 3 台)により海底等の状況を観察し、状況に応じて 2 本の腕(マニピュレータ, グラバ)を用いて選択的に必要なサンプルを採取することができる。

近年、深海底で大規模な熱水鉱床の発見が相次ぎ、日本海でも熱水活動が確認されている中、海水物理量(水温等)の微妙な変化を連続的に把握することが要求されている。「ドルフィン-3 K」の調査においても、高精度の CTD 装置による電気伝導度、水温、深度のリアルタイムな計測は、調査効率の飛躍的な向上と同時に、調査精度の向上にも不可欠であった。

そこで、海洋科学技術センターでは高精度の CTD 装置(カナダ Guildline 社製 Expandable Precision Digital CTD System Model 8755)を購入し、改造を加え、さらに光通信装置を製作して、「ドルフィン-3 K」に搭載可能な CTD 計測システムとして完成させた。

2 「ドルフィン-3 K」用 CTD 計測システムの開発

本 CTD 計測システムは、「ドルフィン-3 K」のビークル上の CTD センサー部(model8755)・

光通信装置(送信装置)と、船上部の総合制御室の光通信装置(受信装置)・CTD データ処理表示装置(model 8710A)・データ記録装置により構成されている。

図 2 に本装置のシステム構成図を示す。

本 CTD 計測システムは「ドルフィン-3 K」が完成した後の追加装備のため、特にビークル側への搭載には寸法・重量の制限等があり、極力小型・軽量化する必要があった。又、ビークルと船上装置の通信回線は「ドルフィン-3 K」システムの予備光ファイバーを利用した。

2.1 CTD 装置

CTD 装置は、小型軽量で高精度な測定ができるとともに、ビークル本体に搭載された過酷な条件下で使用されるため機器に対する高い信頼性が要求された。

上記の条件を満たす CTD 装置として、Guildline 社(カナダ)製の 8755 型を選定した。

図 3 に CTD 装置のシステム構成図を示す。

CTD 装置は以下の機器より構成される。

- Model - 8755 CTD センサー(水中部)
(写真 1-1, 2-2)
- Model - 8710A データ処理表示装置(船上部)
(写真 2)
- データ記録装置(船上部) (写真 2)

8755 型は本来停船状態の船上より鉄線アーマードケーブルにより吊り下げられた状態で使用され、CTD センサー部への電源供給及びデータの通信はアーマードケーブル内の同軸ケーブルにより行われるよう設計されている。このため「ドルフィ

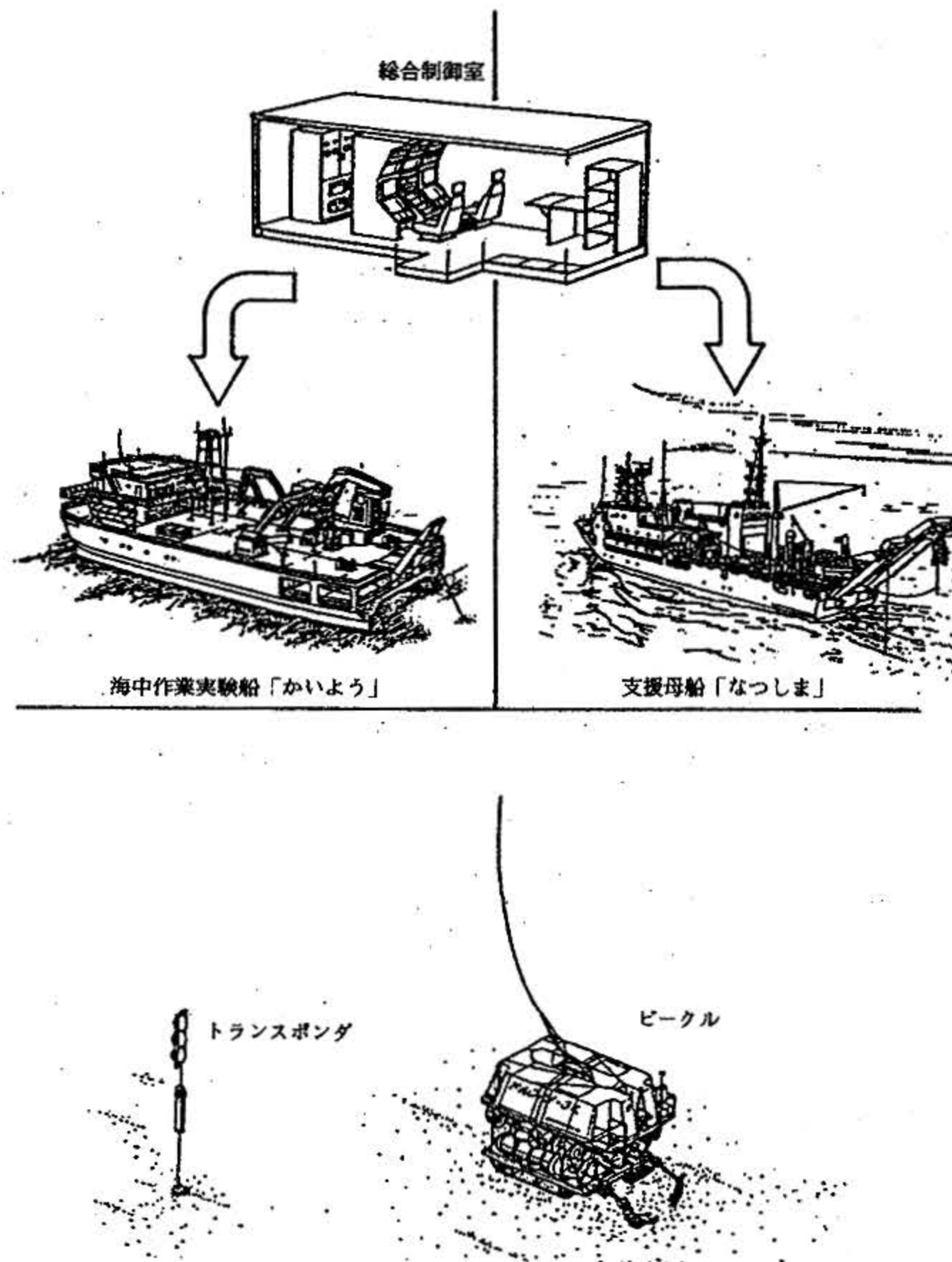


図 1-1 「ドルフィン-3K」システム概略図
Fig. 1-1 Configuration DOLPHIN-3K System

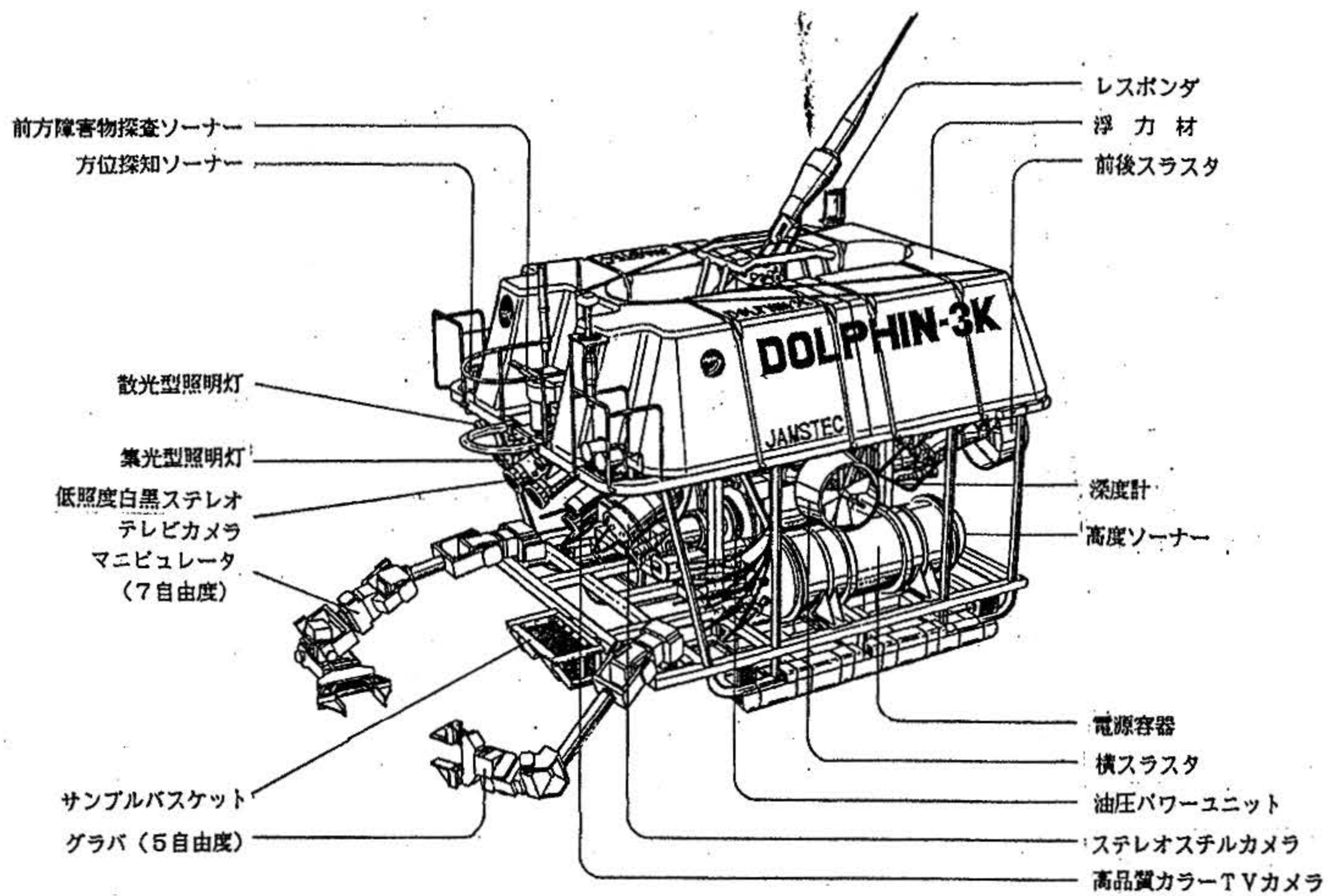


図 1-2 「ドルフィン-3K」ビークル部構成図
Fig. 1-2 Detail of DOLPHIN-3K's Vehicle

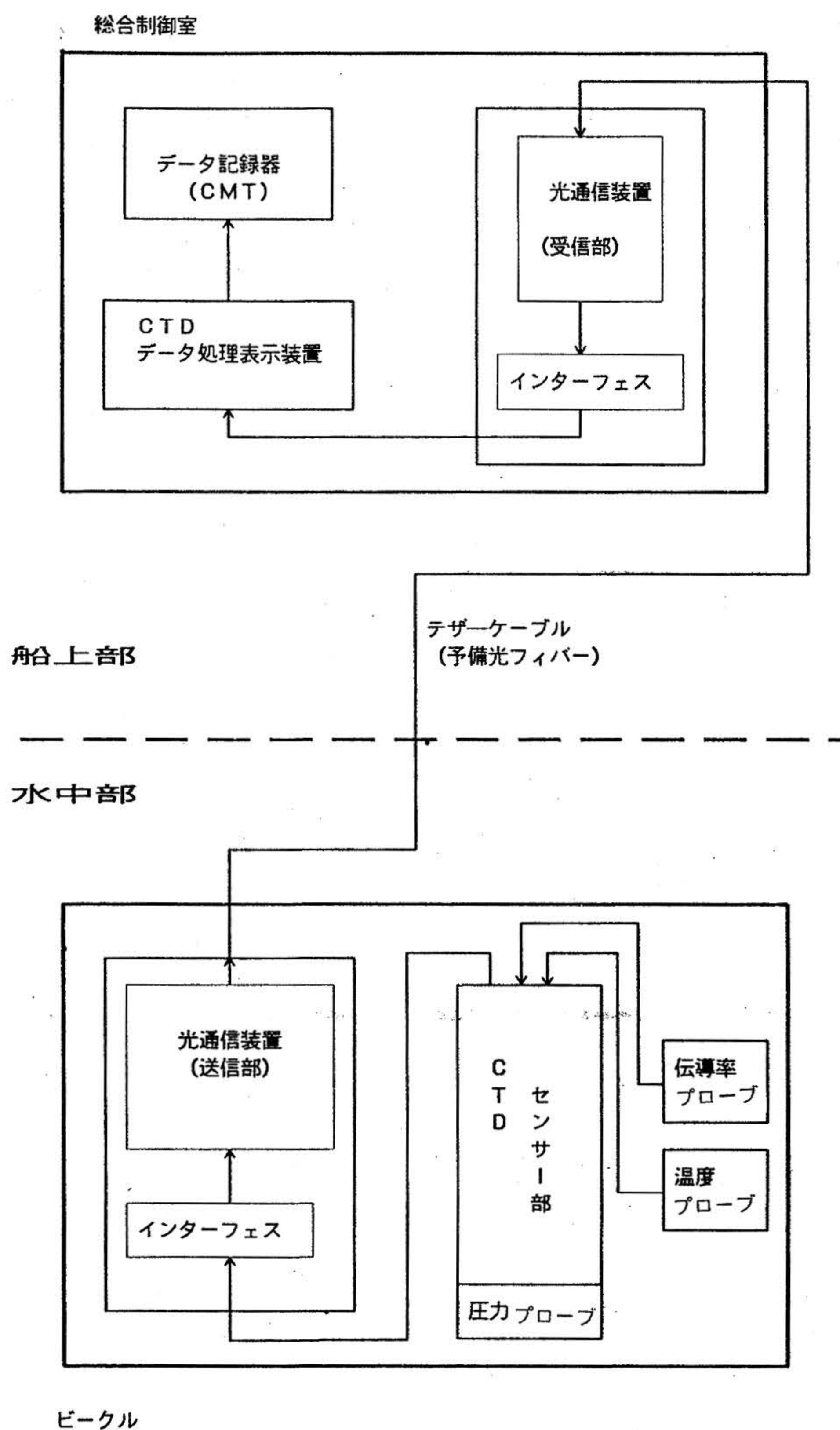


図 2 「CTD 計測システム」システム構成図

Fig. 2 Configuration of CTD measurement system for DOLPIN-3K

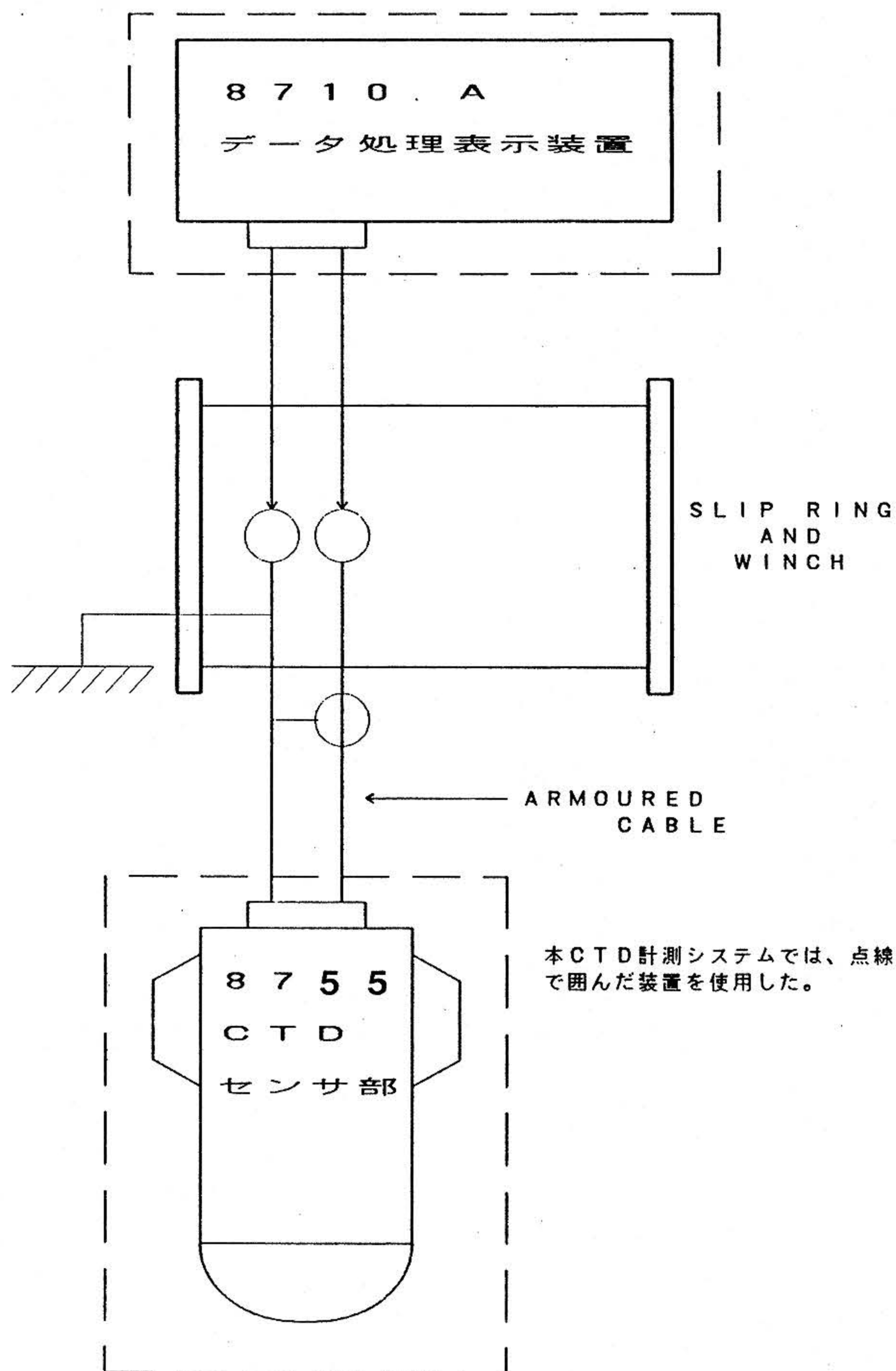


図 3 「CTD 装置」システム構成図
Fig. 3 Configuration of CTD devices

ン-3 K」への搭載に当たり改造する必要があった。

改造を加えた箇所は以下に示す（図4に回路ブロック図を示す。）。

・CTD センサー（水中部）

① データの送信は光通信で行える様改造

する。

② データの送信と電源供給は別系統で行うこととし、電源は光通信装置（水中部）より供給を受けられるよう改造する。

・データ処理表示装置

① 光通信装置により船上まで上がって来

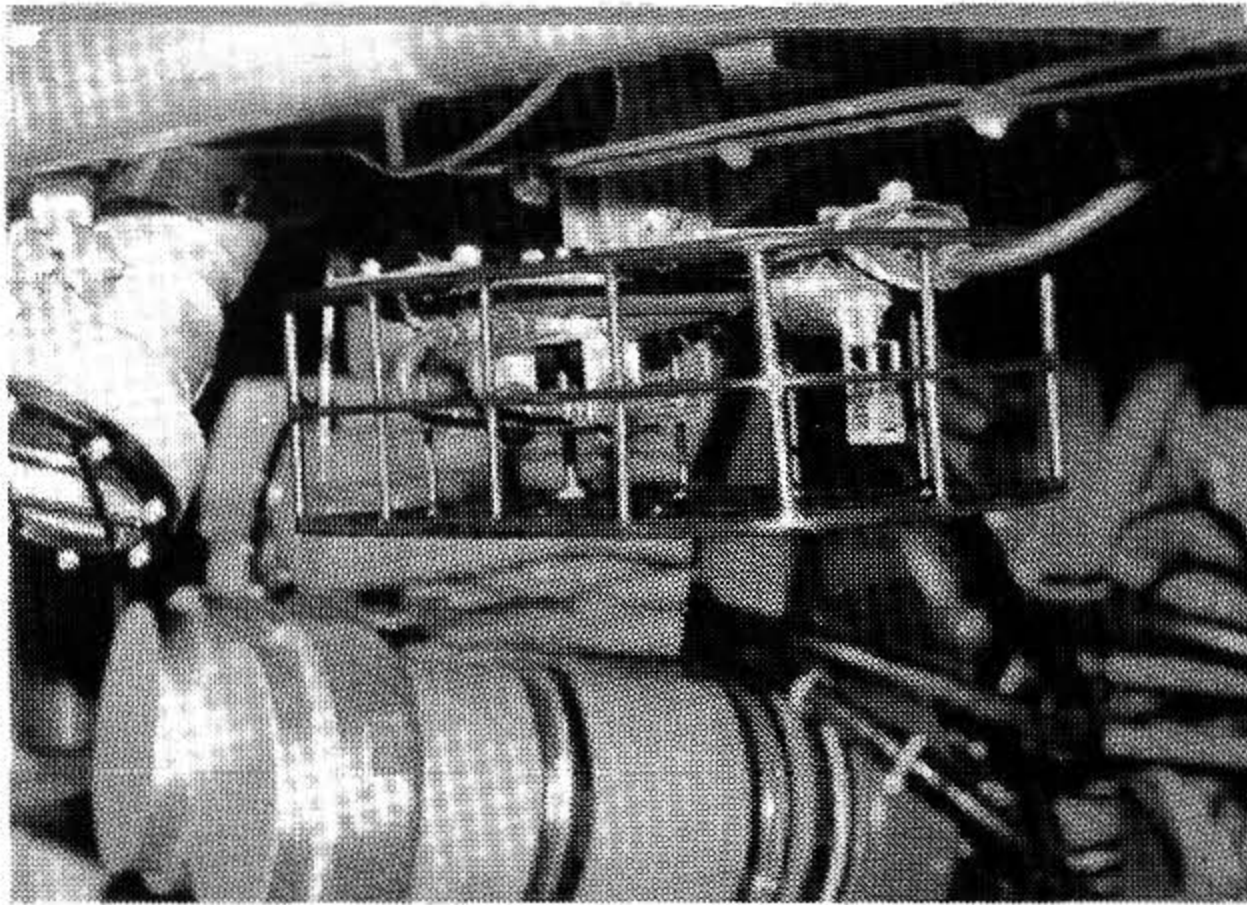


写真1-1 電気伝導度・水温 プローブ
Photo 1-1 The probes of Conductivity and Temperature

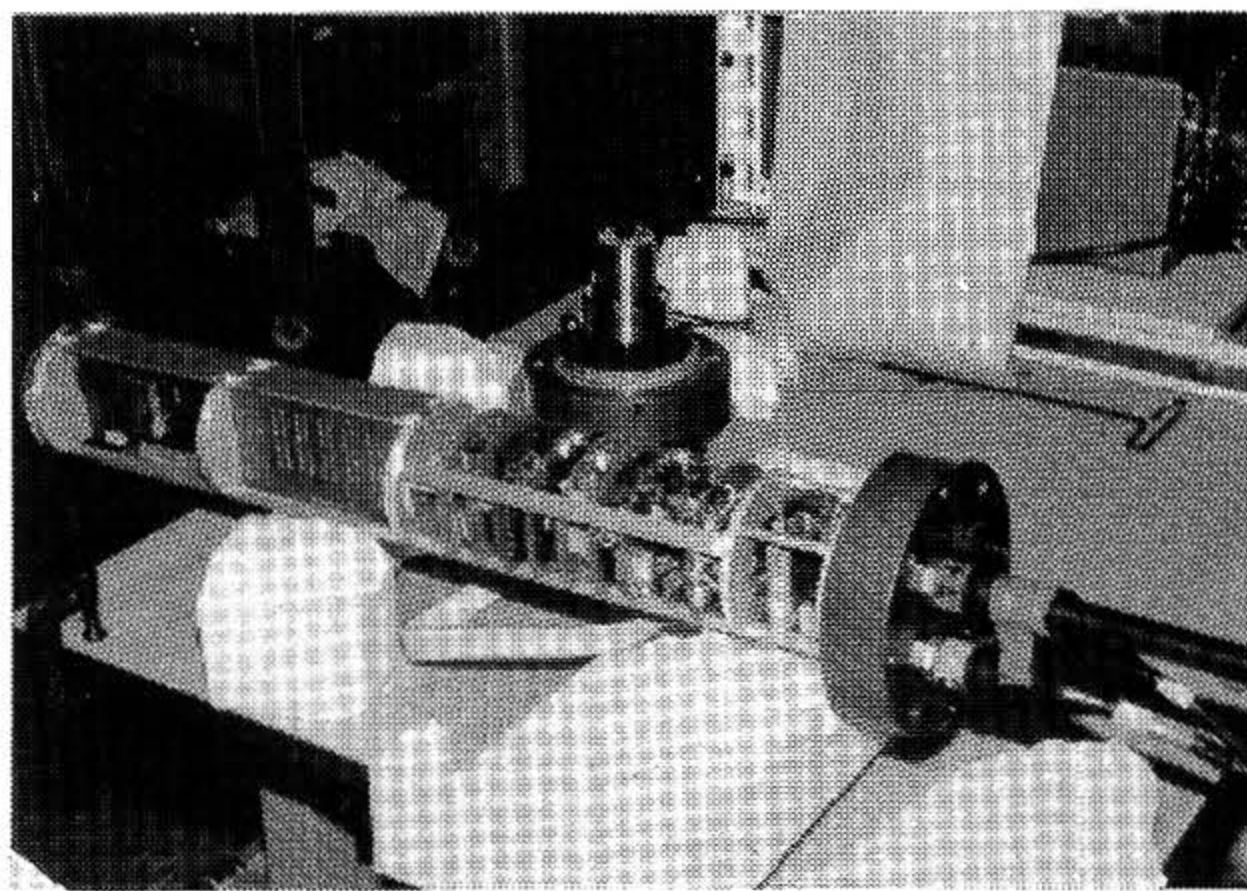


写真1-2 本体及び深度 プローブ
Photo 1-2 Under sea sensor control unit and the probe of depth

たデータは本装置のデータ入力回路に直接入力できる様改造した。

② 本装置内の CTD センサー用電源装置は使用しない。

2.1.1 CTD 装置の基本的な性能

本 CTD 装置の基本的な性能を表 1 に示す。

2.2 光通信装置

2.2.1 光通信装置の概要

本光通信装置「ドルフィン-3 K」のビークル部に取り付けた CTD センサー（水中部）と船上のデータ処理表示装置との間のデータ通信の装置である。

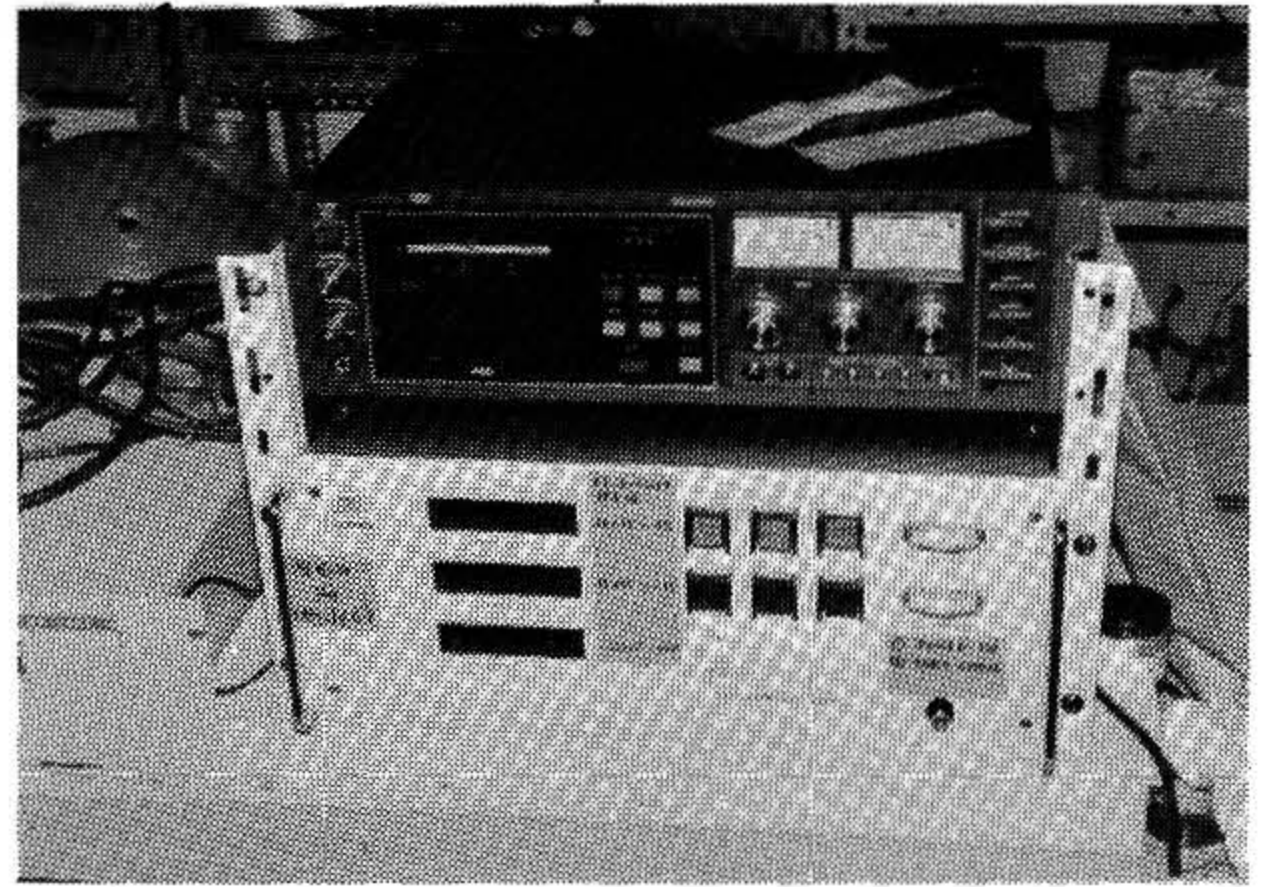


写真2 データ処理表示装置とデータ記録装置
Photo 2 On-board control unit and data recorder

「ドルフィン-3 K」システムは、光ファイバー 1 本を用いて水中のビークルと船上制御装置間でデータの送信受信を行っている。船上のケーブルウインチの回転軸両側に光ロータリーコネクタが装備されており 1 個を「ドルフィン-3 K」システムのため使用し、他 1 個を予備としている。又、テサーケーブルには光ファイバーが 4 本装備されているが、「ドルフィン-3 K」システムではその内の 1 本のみを使用し、他は予備としている。

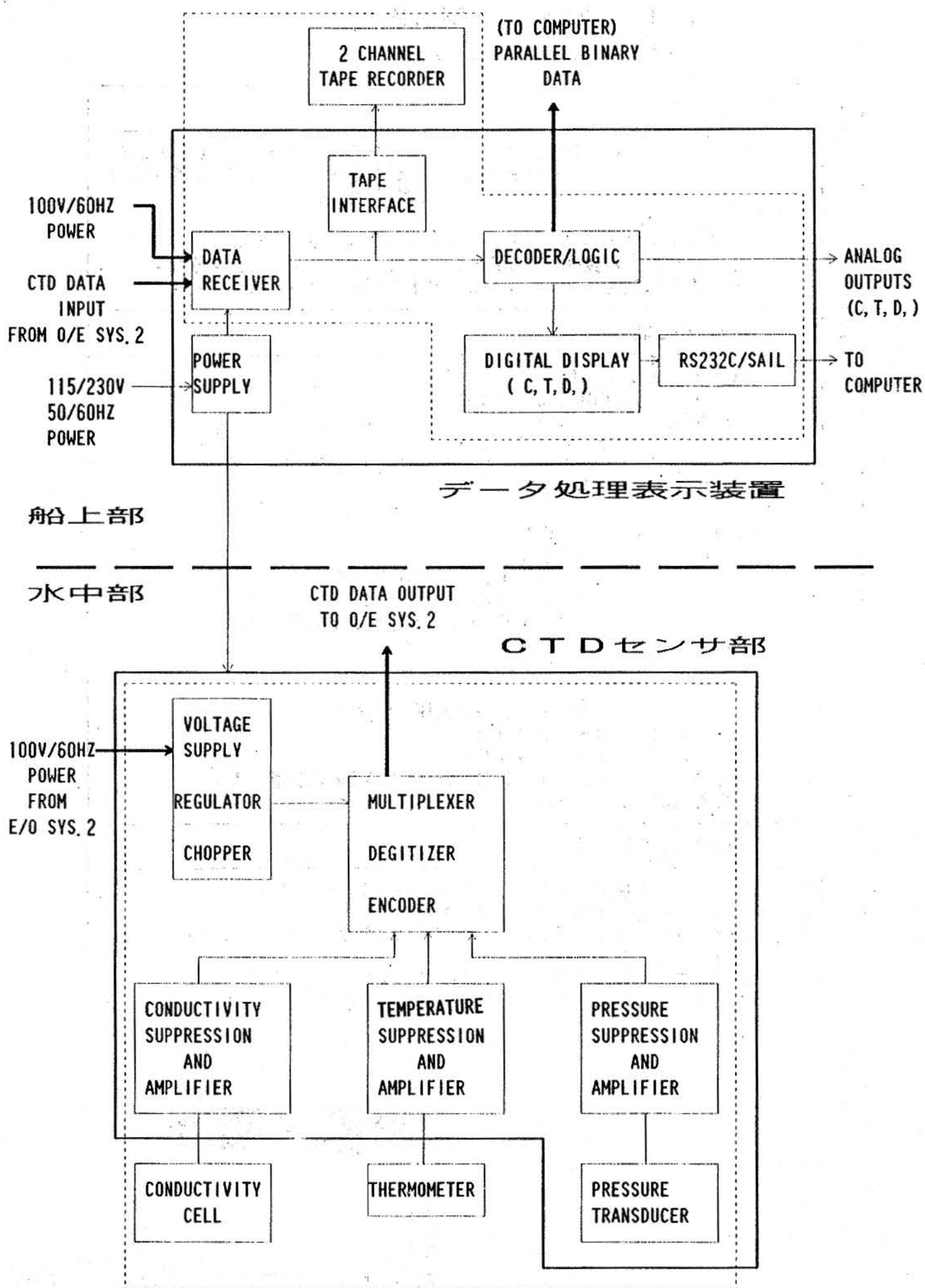
CTD 計測システムの追加装備に当たり取得データの通信を既存の装置内に組み込むことを検討したが、既存の制御回路を収納している通信容器には新たに電子機器を追加するスペースがなく、さらに通信装置にも空きチャンネルが無いため新設する必要があった。

このため、「ドルフィン-3 K」システムで使える上記の予備ロータリーコネクタ及びテサーケーブルの予備光ファイバーを用いて光通信装置を構築することにした。これに伴い前述の CTD 装置の改造内容も考慮して新規に本 CTD 計測システム用の光通信装置を製作した。

図 5 に CTD 計測システム用に製作した光通信装置のシステム構成図を示す。

本装置上特筆すべき項目を以下に示す。

- ・ 水中接続箱内は絶縁油で油漬けされているため光 FC コネクタ等の接続では光信号の減



注:

- ・ 本CTD計測システムでは、点線内の機器を使用した。
- ・ 改造箇所はナニ線で示す。

図 4 「CTD 装置」回路ブロック図

Fig. 4 Block diagram of CTD devices

表 1 CTD 装置の基本性能
Table 1 Specification of the CTD devices

1	一般性能						
	・電源 CTDセンサー : DC 20~150Vで 350mA データ処理表示装置 : AC 115/230V、50/60Hz が選択できる ・寸法、重量(空中) <table> <tr> <td>CTDセンサー部</td><td>120cm×φ15cm、36kg</td></tr> <tr> <td>データ処理表示装置</td><td>48cm×18cm×51cm、15kg</td></tr> <tr> <td>データ記録装置</td><td>48cm×13cm×30cm、5kg</td></tr> </table>	CTDセンサー部	120cm×φ15cm、36kg	データ処理表示装置	48cm×18cm×51cm、15kg	データ記録装置	48cm×13cm×30cm、5kg
CTDセンサー部	120cm×φ15cm、36kg						
データ処理表示装置	48cm×18cm×51cm、15kg						
データ記録装置	48cm×13cm×30cm、5kg						
2	各プローブの性能						
	・Conductivity プローブ プローブ : 銅線抵抗式温度計 計測範囲 : 0.00400~1.60000 精度 : ±0.00015 分解能 : 0.00002 (データ処理表示装置にて) 応答速度 : 50ms ・Temperature プローブ プローブ : 4電極セル 計測範囲 : -2 ~ +30℃ (計測範囲) 精度 : ±0.005℃ 分解能 : 0.001℃ (データ処理表示装置にて) 応答速度 : 50ms ・Depth プローブ プローブ : ストレイン・ゲージ式圧力変換器 計測範囲 : 0~6000m 精度 : ±0.25%FS 分解能 : 0.01%FS (データ処理表示装置にて) 応答速度 : 1ms以下						
3	データ処理表示装置の機能						
	①伝導率、水温、深度のデータをフロントパネルに表示する。 ②CTDセンサー部の定電流電源装置である。 ③CTDセンサー部より送信されてくるデータを各サイクルごとにデータ・チェックを行なう自動エラー検知機能を持つ。 ④CTDプロファイルをプロットするためのアナログ出力ができる ⑤バイナリー・パラレル・データ出力コネクタを装備し、コンピュータと接続できる。						

衰が著しいためコネクタによる接続ができない。このため光ファイバーの融着加工を行い接続した。

水中接続箱内は外部と均圧されていて融着加工部は加圧状態となるがこの状態でも支障なく光の伝送を行えることが確認できた。

- ・水中接続箱及び光通信装置用耐圧容器の光ファイバー用貫通部は本システムを安価にするため当センターで独自に設計した貫通金物を用いた。(写真3) この貫通金物の構造は単純であるが均圧及び耐圧の両タイプに使用でき、高圧環境下でも十分な機能を果たした。

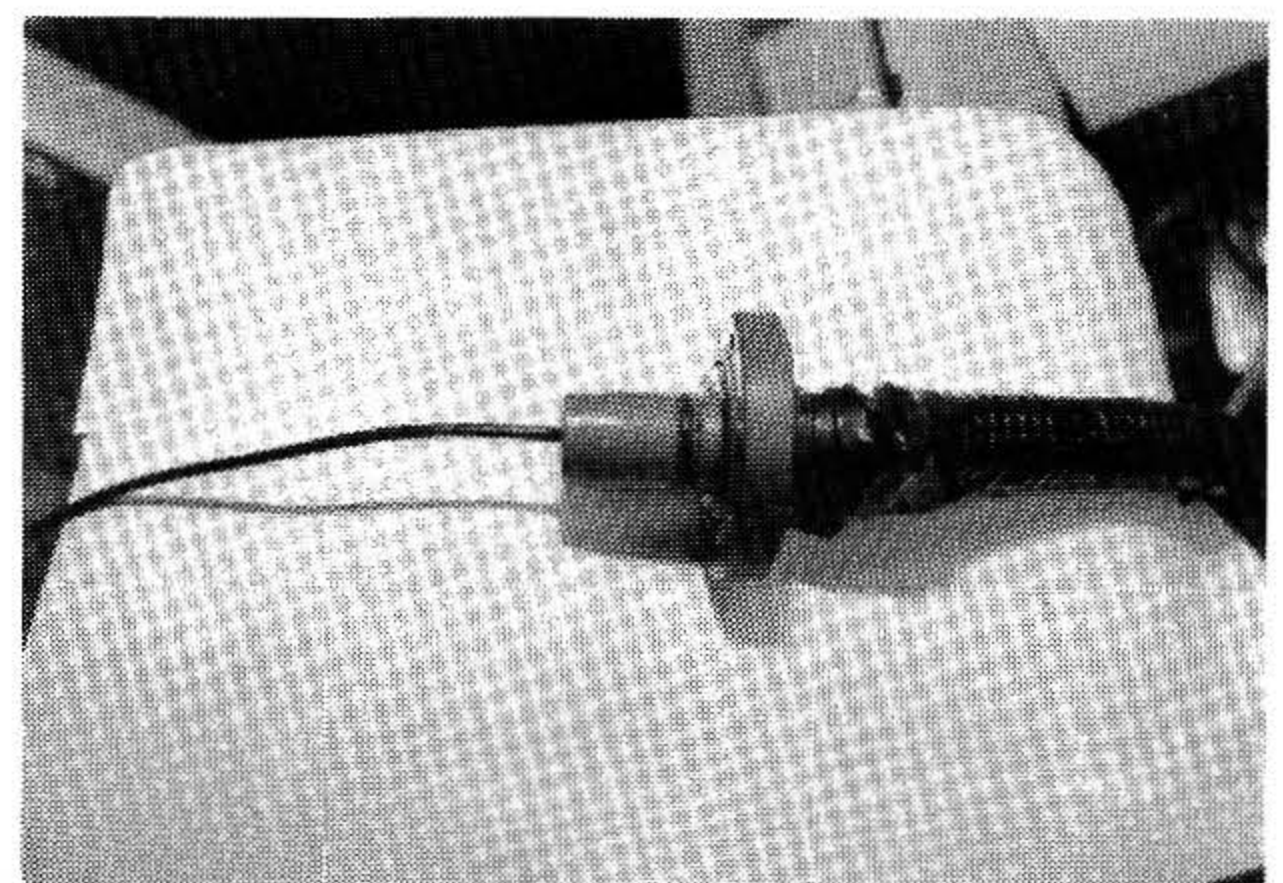
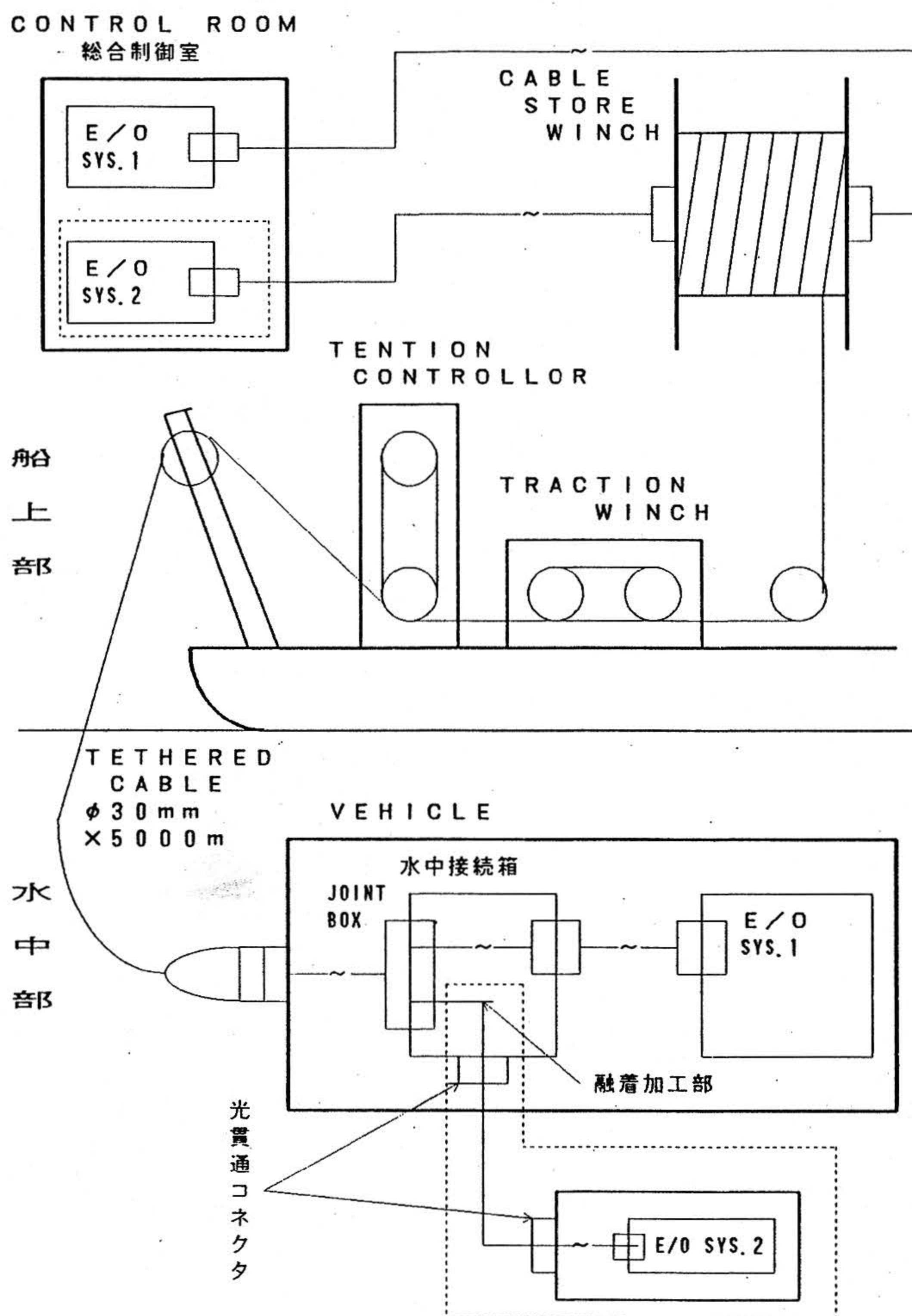


写真3 光ファイバー用貫通金物
Photo 3 Connector of optical cable



- 注:
- ・ E/O SYS. 1 はビークル制御用光通信装置
 - ・ E/O SYS. 2 はCTD計測システム用光通信装置
 - ・ 点線内はCTD計測システムのため増設された光通信装置

図 5 CTD計測システム用光通信装置システム構成図

Fig. 5 Configuration of optical communication devices for CTD measurement

又、本光通信装置は、後日新たに「ドルフィン-3 K」にTVカメラ、計測器類を追加搭載できるように予備チャンネルを設け、拡張性のあるシステムとしている。

2.2.2 光通信装置

本装置は、水中のビークルに取り付けてあるCTDセンサーで計測された高精度のデータを正確に船上のデータ処理表示装置に送るための装置である。

本装置で転送されるデータは大きく分けて以下の3種類である。

1. ビデオ信号 (将来装備)
2. 8チャンネルアナログ信号 (CTD データ 1CHを含む。)

各チャンネル $\pm 10V$ 、周波数帯域はDCから10kHz

3. 4チャンネルデジタル信号

各チャンネル TTLレベルで最大9600bps
ビデオ信号の光源には $1.3\mu m$ 光波長のレーザーダイオードを、またアナログ信号及びデジタル信号は $1.2\mu m$ 光波長のものを使用し、2波長多重伝送方式を採用した。

本装置の水中部はビークル本体に搭載されるため小型軽量化が図られ、新規に製作された耐圧容器内に格納されている。

本装置は以下の機器より構成される。

・水中装置部 (写真4)

①インターフェース

外部装置 (CTD センサー) からの電気信号を処理し、多重化する装置。

②光通信装置 (送信器)

多重化された電気信号を光信号に変換し、さらに光合波器により光多重化を行い船上にデータを送出する装置。

・船上装置部 (写真5)

①光通信装置 (受信機)

母船の「ドルフィン-3 K」総合制御室に設置され、水中から送られて来る多重化された光信号を分波器により分離し、分離後に安定した状態で電気信号変換を行なう装置である。

②インターフェース

多重化された電気信号を分離し、各外部装

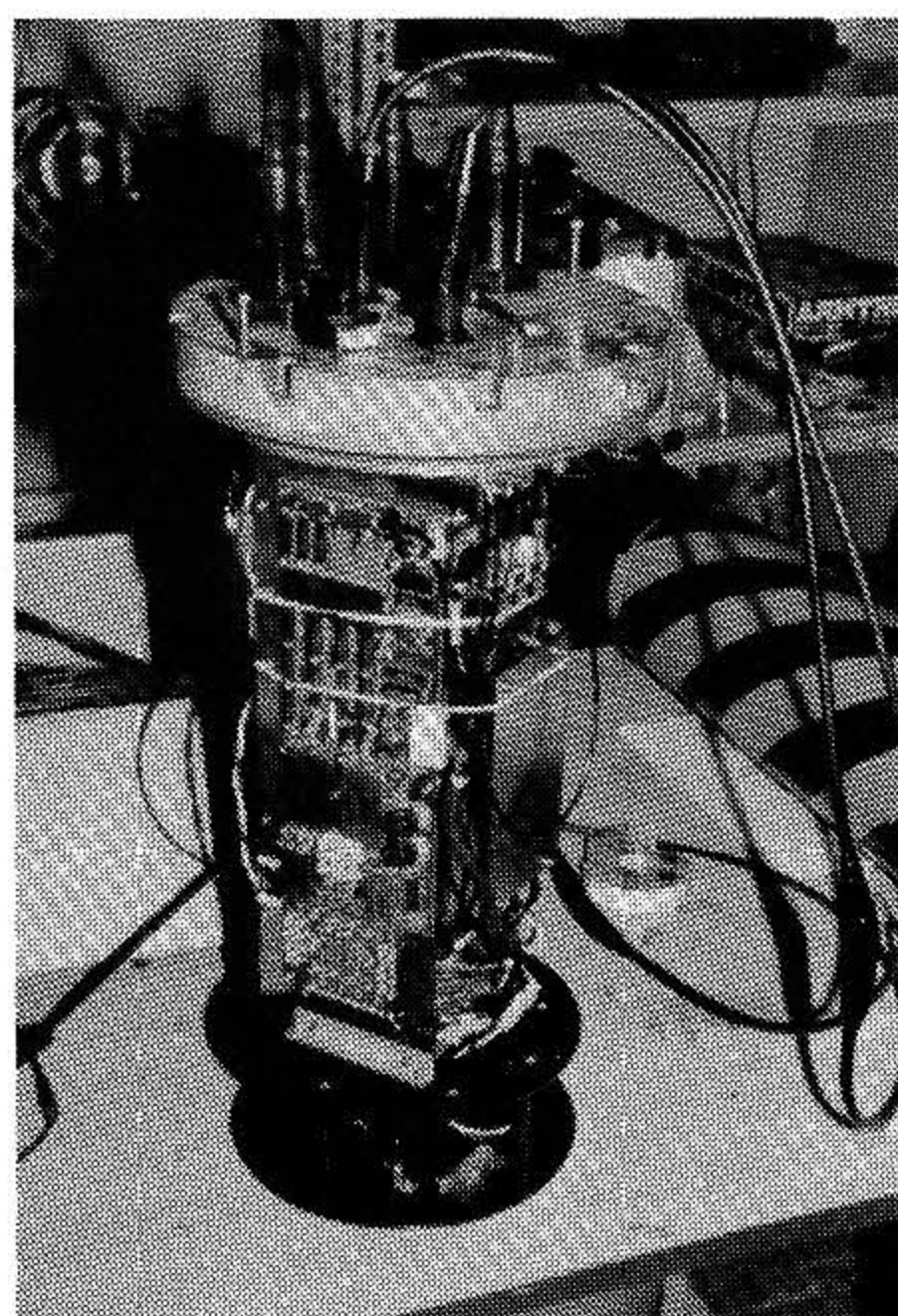


写真4 光通信装置水中部 (光送信器)

Photo 4 Optical communication unit which is used in under water (E/O Transmitter unit and interface)



写真5 光通信装置船上部 (光送信器)

Photo 5 Optical communication unit which is used on board (O/E Transmitter unit and interface)

置 (データ処理表示装置等) へデータを送出する装置。

図6に上記のCTD計測システム用通信装置の回路ブロックを示す。

本装置の投受光差は約28dbであるが受信器の最低受光レベル (M. R. L.) まで約7dBの受信マージンがまだ残っており、十分に余裕のある

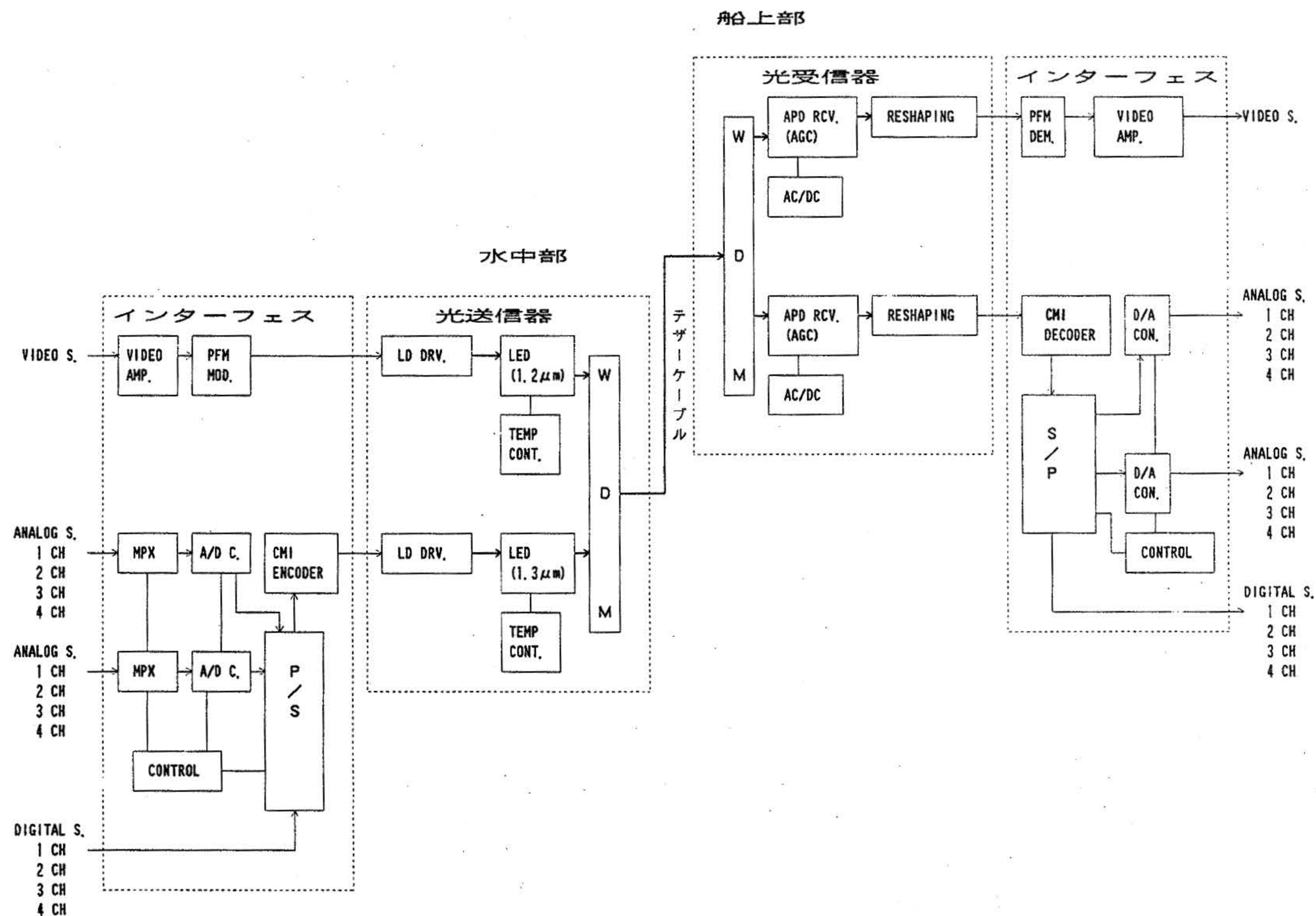


図 6 CTD計測システム用光通信装置システム回路ブロック図

Fig. 6 Block diagram of optical communication devices for CTD measurement system

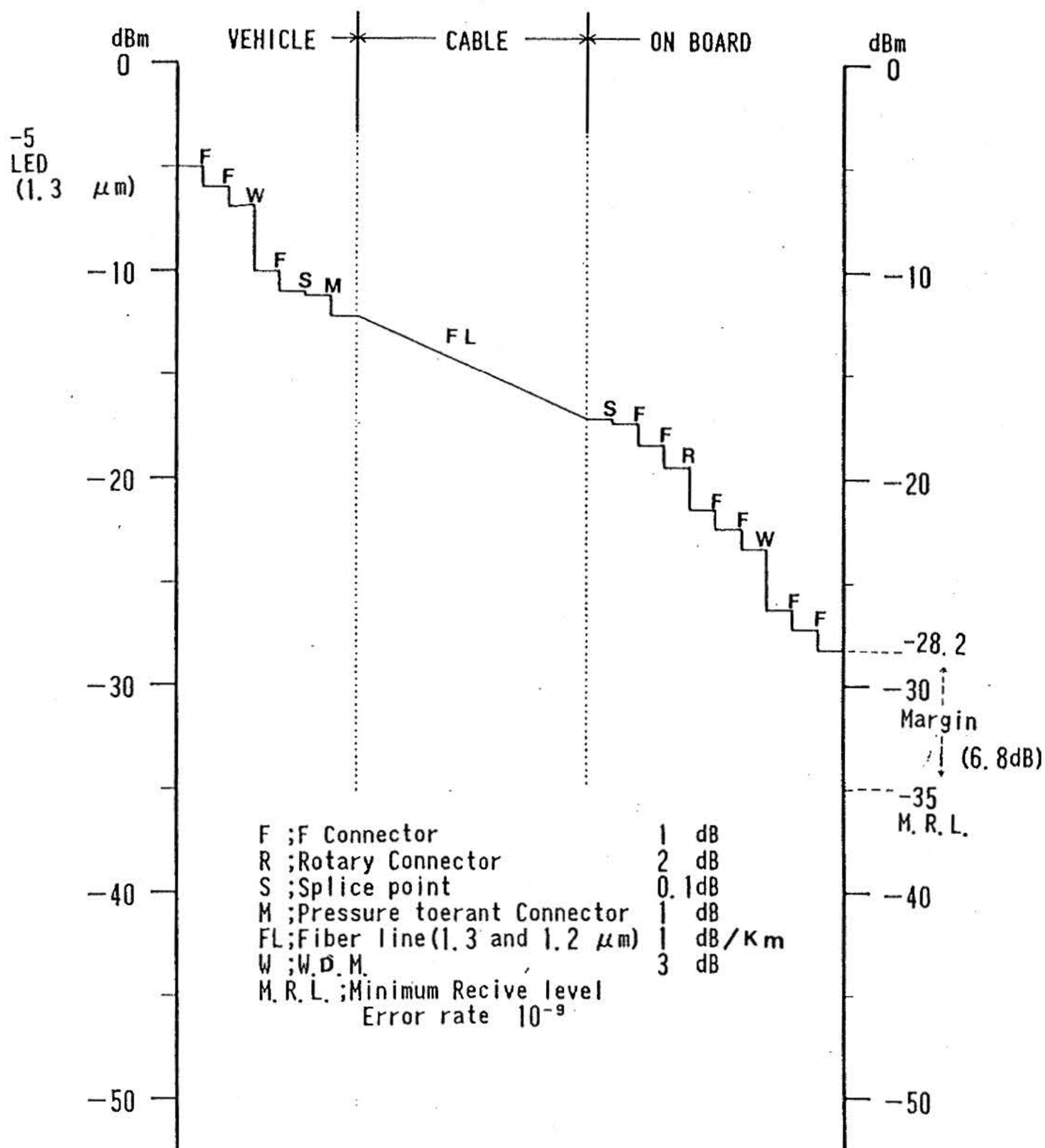


図 7 光通信装置システム減衰ダイヤグラム

Fig. 7 Transmission loss diagram of optical communication systlm

システムとなっている (図 7)。

2.2.3 光通信装置及びインターフェスの基本的な性能

本光通信装置及びインターフェスの基本的な性能を表 2 に示す。

3 「ドルフィン-3 K」用 CTD 計測システム搭載及び試験結果

3.1 搭 載

「ドルフィン-3 K」のビークル前部の配置は、

マニピュレータ、テレビカメラ、スチールカメラ等の観測機器が集中して配置されているため前後トリムのバランスを保つためにビークル後部にカウンターバランス用バラスト (約 80kg) を搭載していた。

このため、CTD 計測システムの重量物はバラストを取り外してビークル後部に搭載した。(写真 6) また、温度プローブ及び電気伝導度プローブはビークル前部のフレームに取付けた。(写真 7)

表 2 光通信装置及びインターフェースの基本性能

Table 2 Specification of the optical communication devices and interface

1	一般性能		
	動作温度：0℃～40℃ 使用電源：単相AC100V 寸法：船上部光通信装置及びインターフェース 480×500×142 水中部光通信装置及びインターフェース φ230×550		
2	入力信号仕様		
	no	信号名	信号仕様
	1	ビデオ	75Ω不平衡 1Vp-p
	2	アナログ	±10V出力 DC～10KHZ 1CH～8CH
	3	デジタル	TTLレベル 9600dps MAX 1CH～4CH

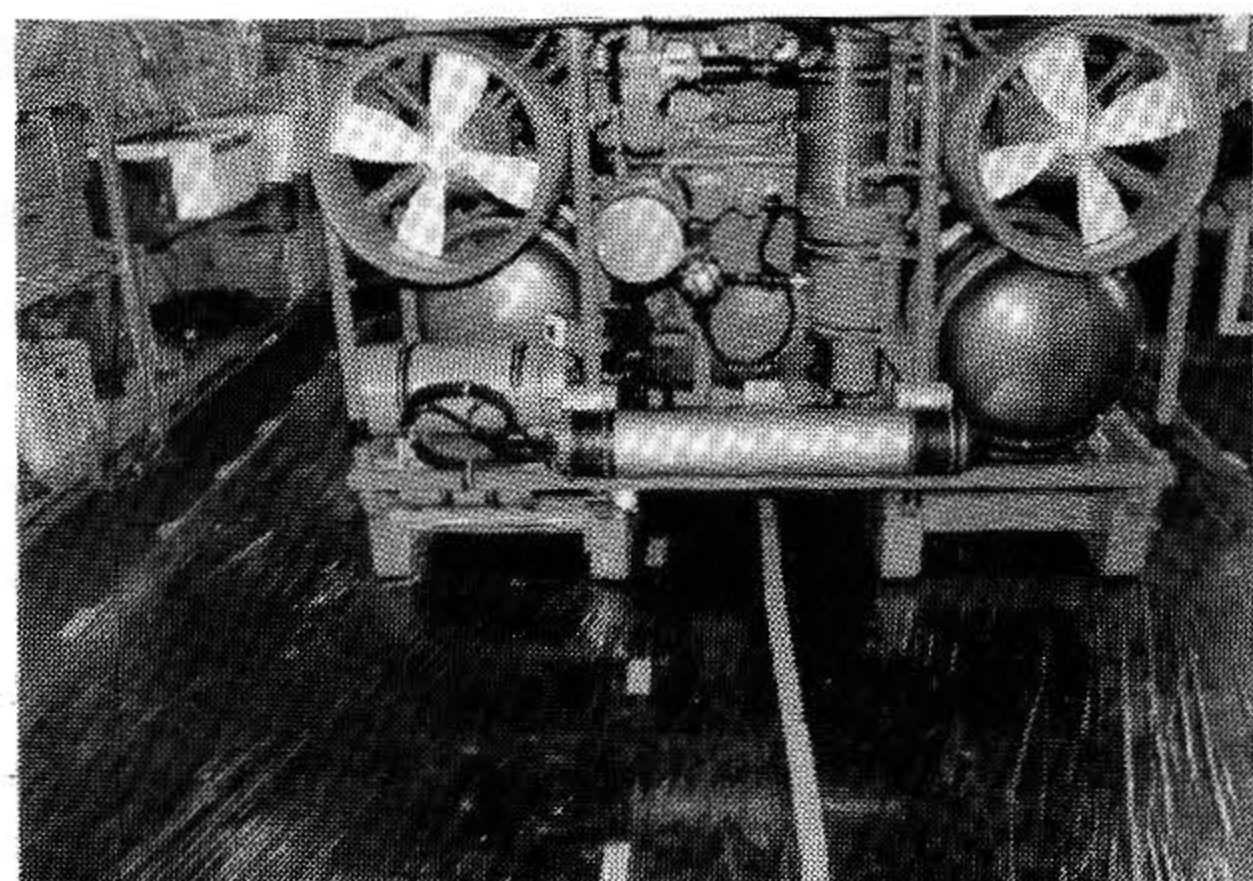


写真6 CTDセンサー本体及び光通信装置水中部の搭載状況

Photo 6 Fitting of under sea sensor control unit and optical communication unit on Vehicle

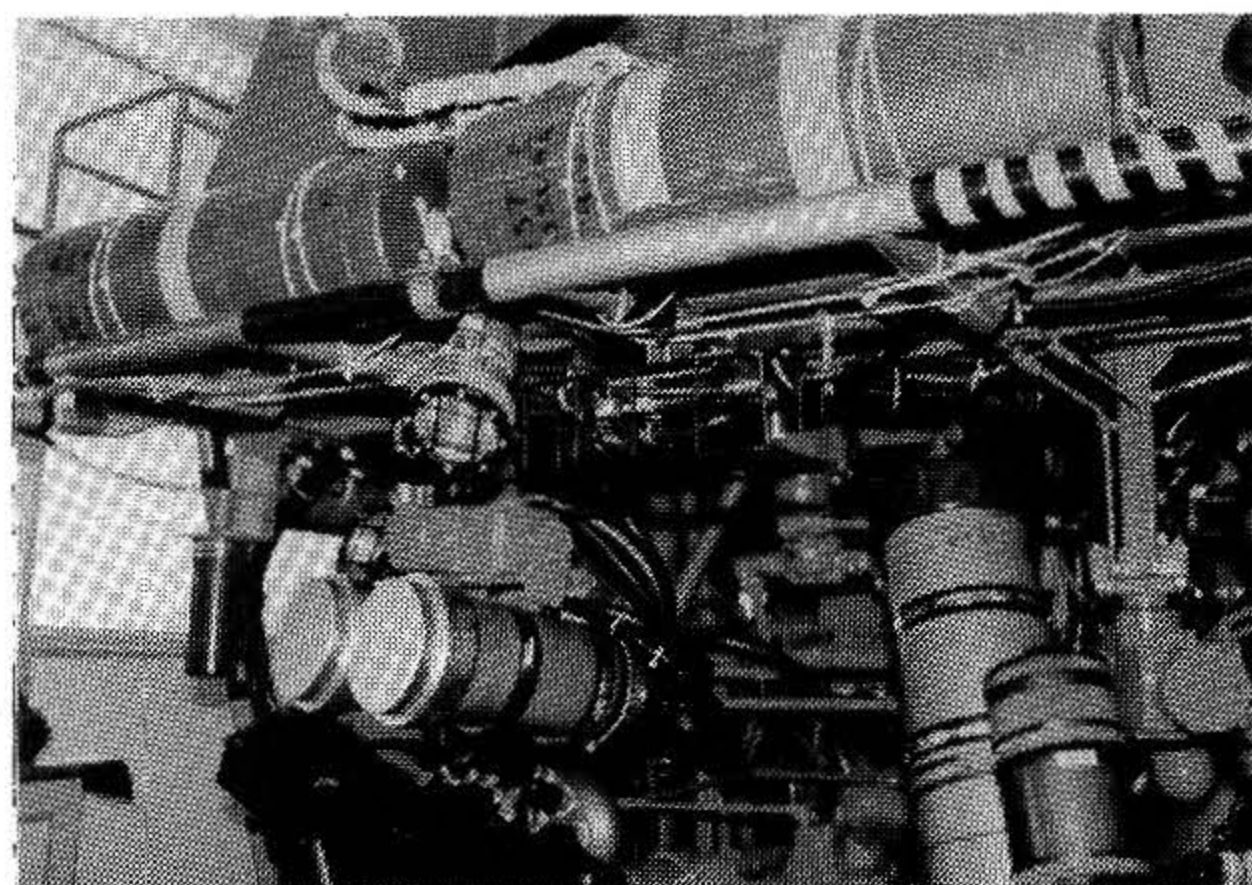


写真7 電気伝導度・水温プローブの搭載状況

Photo 7 Fitting of the probes of Conductivity and Temperatnre on Vehicle

船上装置は総合制御室内に装備した。写真8にその装備状況を示す。

3.2 試験結果

平成元年4月5日、6日に実地した「ドルフィン-3Kの実海域試験」においてCTD計測システムの性能確認を行った。

図8に「ドルフィン-3K」の深度計のデータと本計測システムで計測された深度データを示す。

図9に「ドルフィン-3K」潜航とほぼ同時刻に計測されたXBT (Expendable Bathy Thermograph)のデータと本計測システム計測されたデータの比較を示す。

深度データ、温度データの両者ともに近似した値が得られており本CTD計測システムによるデータには充分信頼性があることが確認された。

また、電気伝導度のデータに関しては比較するデータがなく、陸上において校正試験を行い精度の確認を行い、さらに船上ではダミープローブにより計測系が安定していることを確認した。



写真8 船上装置の搭載状況

Photo 8 Fitting of On-board devices in DOLPIN-3K's control ban

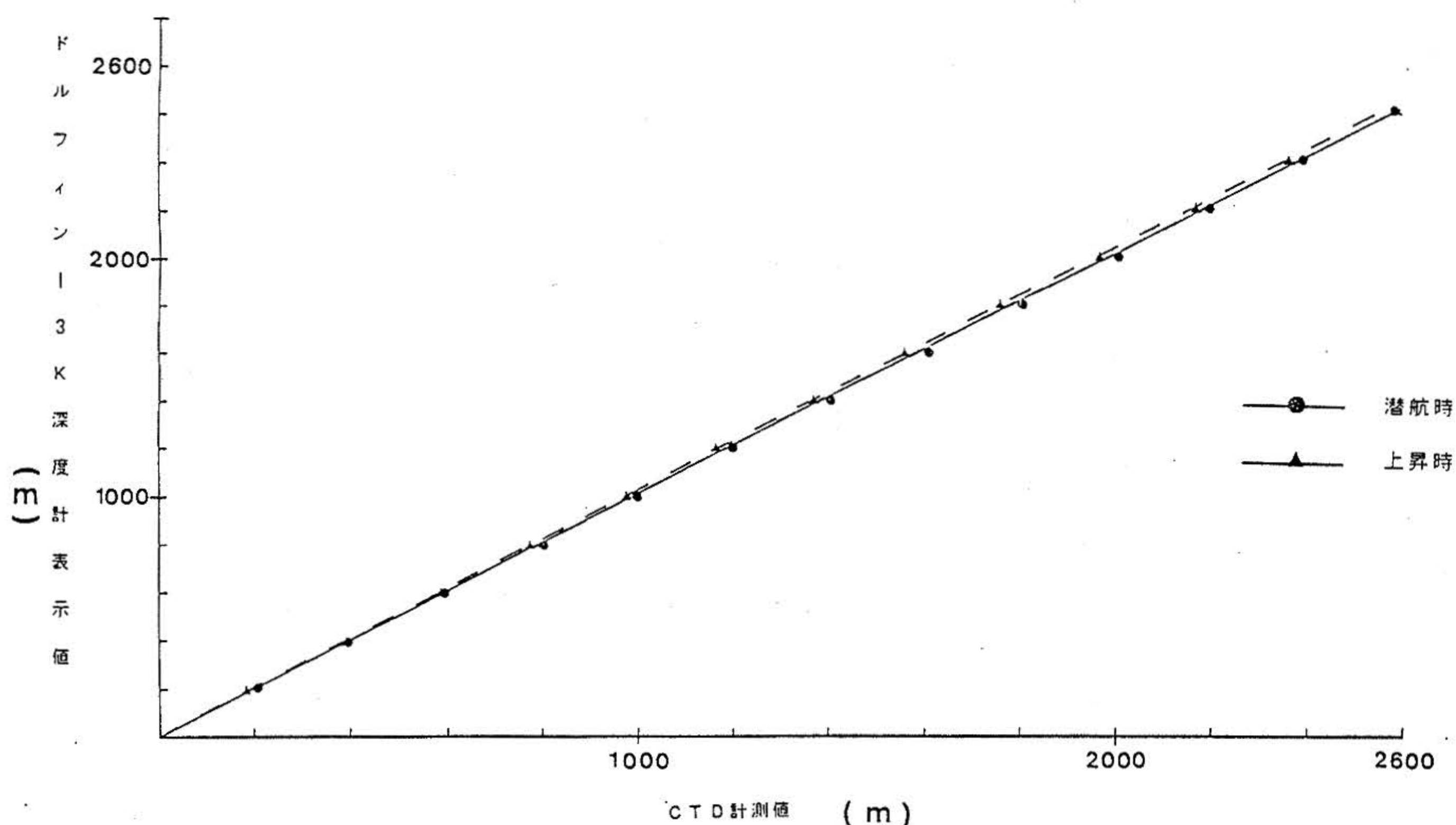


図8 深度データ計測結果 (平成元年4月6日, 駿河湾)

Fig. 8 Measurek results of depth data (in Saruga Bay on 6 April, 1989)

(Comparison of depth data measured by CTD system with those by dewth mlter of DOLPIN-3K)

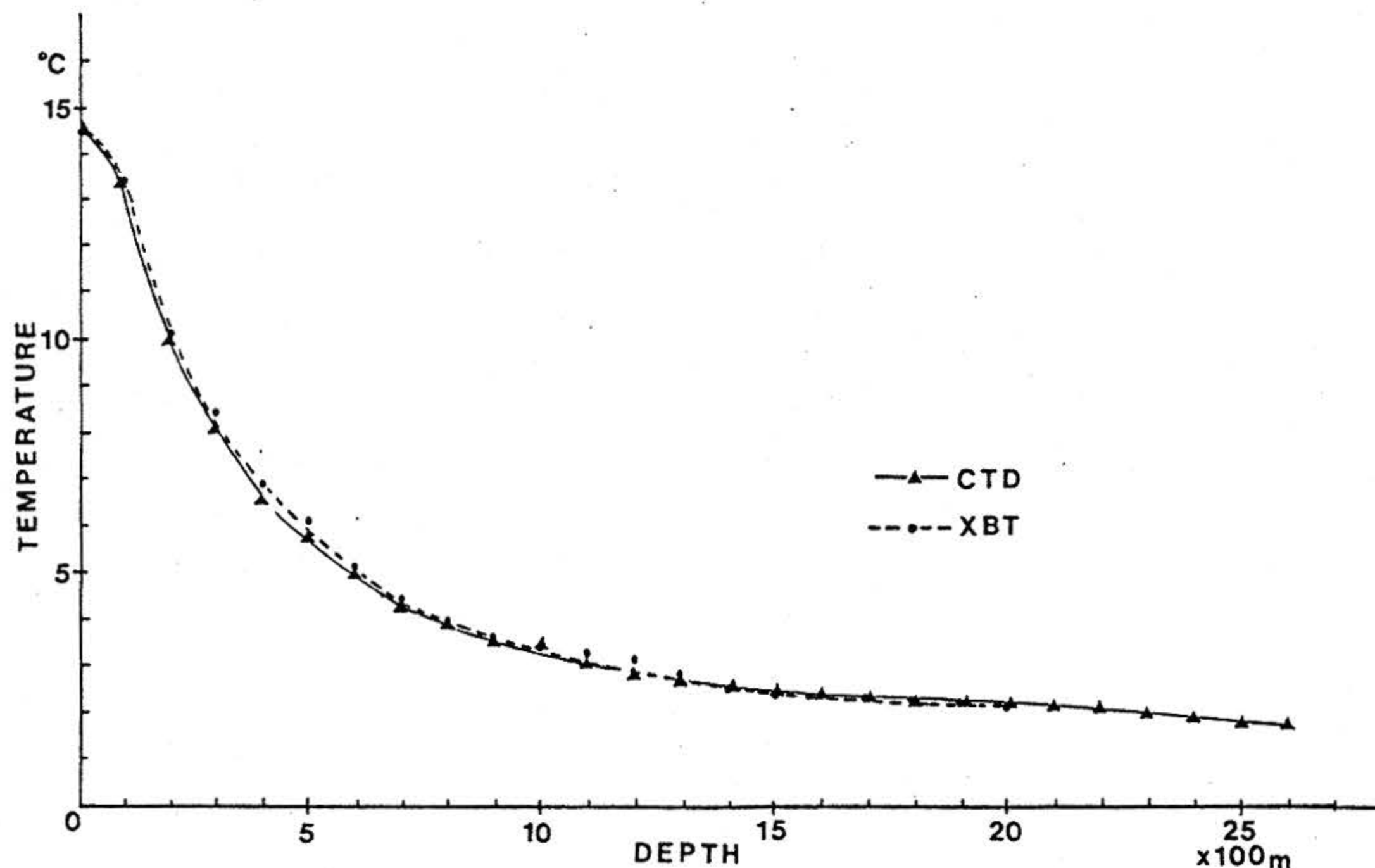


図 9 水温データ計測結果 (平成元年 4 月 6 日, 駿河湾)

Fig. 9 Measurek results of temperature data (in Saruga Bay on 6 April, 1989)

(Comparison of temperature data measured by CTD system with those by dewth mlter by XBT-3K)

4 ま と め

今回, 搭載した CTD 計測システムにより, 「ドルフィン-3K」の深海調査において海底を観察しながら電気伝導度, 水温, 深度をリアルタイムかつ高い精度で計測が行えるようになり, 調査の迅速化とともに調査の効率を上げるという所期の目的を基本的に達成できたと考える。

又, 本装置の搭載により, 今後多様化する調査ミッションに対して CTD 計測システムの光通信装置の予備通信回線を使用することにより, 簡便に「ドルフィン-3K」に各種計測装置を取り付け, 船上でデータを取得することが可能となった。

最後に「かいよう」「なつしま」の乗員諸氏に感謝を表します。

参考文献

- 1) 服部睦男:「深海用 ROV ドルフィン-3K の概要」海洋開発ニュース, Vol, No5, 9月号, (1988)

(原稿受理: 1989年11月24日)