

# 内湾における水温観測について

## I. IC温度センサーとデジタルプリンターを用いた水温記録

宗 景 志 浩

(農学部水産土木学研究室)

## On the Measurements of Water Temperature in Ocean Inlets

### I. The Method of Temperature Measurements by IC Sensors and a Dot Printer Recording System

Yukihiro MUNEKAGE

Laboratory of Fisheries Engineering, Faculty of Agriculture

**Abstract:** Many types of water temperature variations in the ocean—sudden, slow, synchronized with tides—can be measured with the apparatus described here.

Internal waves can often be detected and measured by continuously recording the temperature in the layers of density discontinuity in the summer ocean.

In this report, a method of the temperature recording system in the many layers was arranged. IC sensors (LM3911) were used in measuring the water temperature. Analog outputs from the sensors were converted to a 12 bit digital signals by the use of A/D converter, and these digitized temperature data were printed in octal code (base 8) by a small size dot printer (PU1100). The variations of water temperature can be measured with great accuracy over a wide range.

### 緒 言

夏期、密度の成層化が著しい内湾では、潮汐変動に対応した内部波がしばしば観測される<sup>2),3)</sup>。しかしながら、内部波は密度躍層付近の水温変化から僅にうかがうことができるだけで、その存在を身近に感ずることは少ない。海洋における内部波はメテオールの水温観測によって確認され、LaFond<sup>1)</sup>のサーミスターチェーンを用いた多層観測によって急激な進歩をみた。

水温の場合はセンサーの汚れなどにも影響されることが少なく、長期にわたる海洋での観測でも信頼し得るデータを得ることが出来る。しかし、海上で多点のデータを同時に、しかも長期にわたって観測するとなると容易なことではない。すなわち、①多点のセンサーを同じような応答性(時定数)と絶対温度が得られるように調整すること、②電源のない海上で長期にわたって記録を得ること、③記録の回収後、簡便かつ迅速に解析する方法などの点で問題は多い。もちろん、このような問題に対応した機器も開発されてはいるが、現状ではかなり大がかりな計測システムであることが多い。ここで目的とするシステムは、浦の内湾、野見湾などの比較的小規模の内湾における海洋の微細構造を研究するための手段であって、基本的なデータの収録さえ可能なら、機器の設置から計測、解析に至るまでなるべく単純な機構で構成され、かつ簡便に使用し得るものが望ましい。

ここでは、浦の内湾、野見湾で内部波観測を目的として開発した水温観測システムの概要と、この方法の利点と問題点について主として述べる。

## 水温測定装置の概要

## 1. 水温センサーおよびアンプ

今回用いた水温センサーは、感温部を含め定電圧回路、増幅回路、リニア回路およびバッファ回路のすべてが1つのチップに封入された集積回路素子 (LM3911) である<sup>4)</sup>。この感温素子に所定の電圧を加えると、絶対温度に比例して約 $10 \text{ mV}/1^\circ\text{C}$ の直線化された出力が得られる。しかし、今回は摂氏温度に変換するためのレベルシフト用アンプ、さらに精度を上げるための温度更正回路および出力側バッファを加えて外部アンプを構成した。Fig. 1 は水温測定用のアンプである。防水加工したセンサーを2つの異なる水温をもつ水中に入れ、VR1, 2を用いてレベルと利得 (GAIN) の調整を行なうことができる。

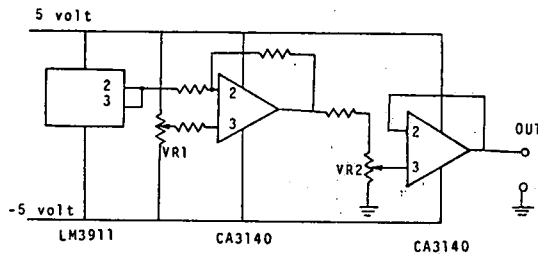


Fig. 1. Amplifier for LM3911 temperature measuring sensor.

## 2. プリンターを用いたデータの記録

プリンターを用いたデータ記録装置の回路の主要部を Fig. 2, 3, 4に示した。温度センサー (LM3911) および前置増幅器から得られる摂氏温度に比例した出力電圧は、Fig. 2, IC-8のアナログマルチプレクサー (MC14051) からセレクト信号によって順番に選択される。任意の

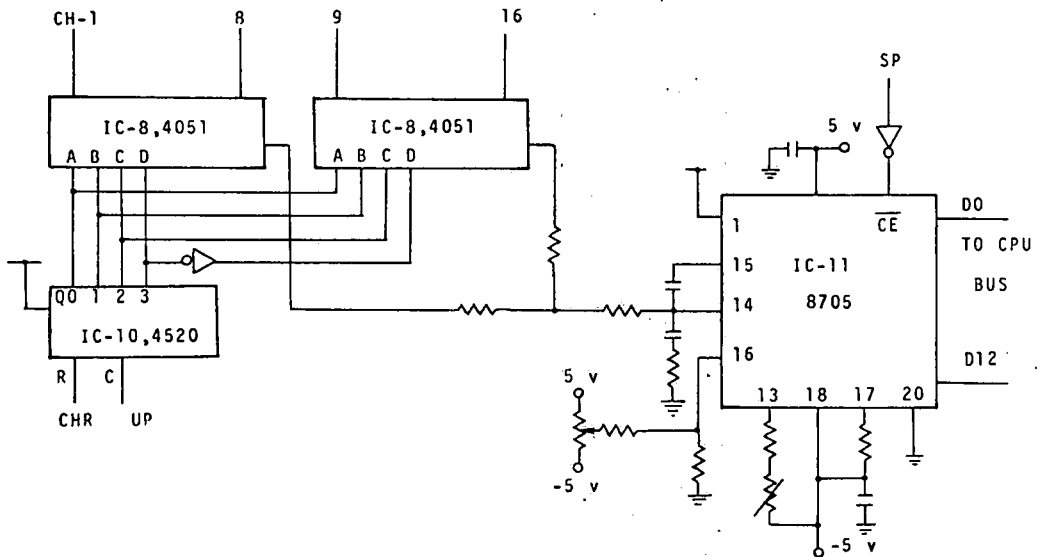


Fig. 2. Channel selector and A/D converter.

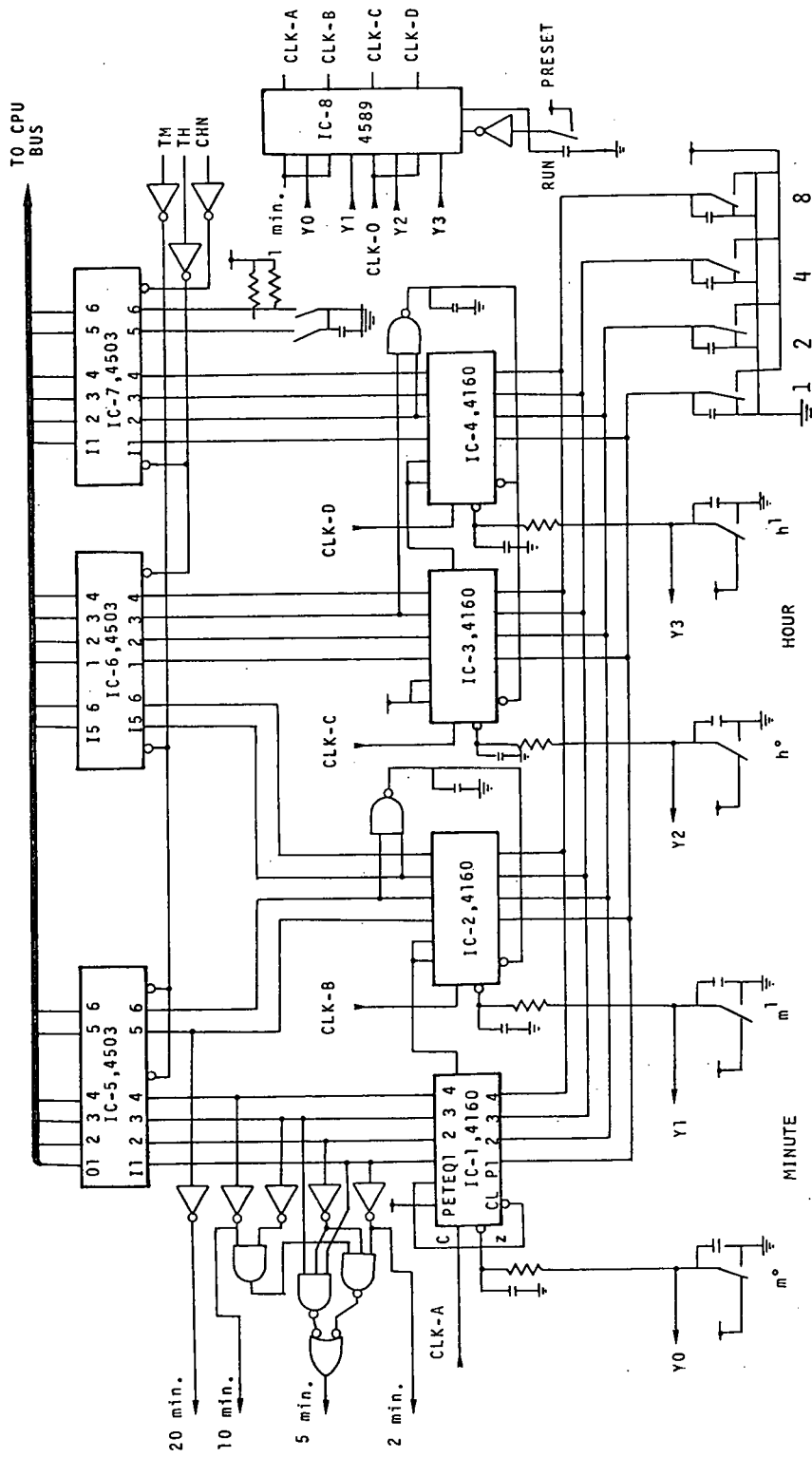


Fig.3 Preset timer.

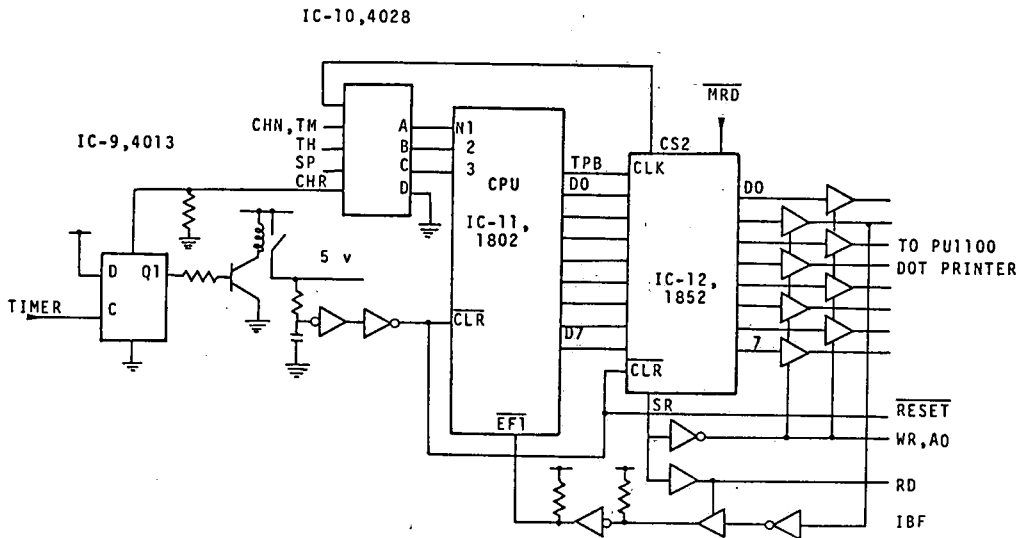


Fig. 4. Interface for PU1100 dot printer.

チャンネルのアナログ信号は 12 bit A/D コンバーター (8705)<sup>5)</sup> によって Binary 信号に変換され、この 12 bit の信号は 3 bit ずつ 4 桁の数値として、上位桁から順にプリンター (オリベッティ, pu-1100 ドットプリンター<sup>6)</sup>) に送られる。3 bit の Binary 信号から作られる Decimal 数値は 0~7 であるから、プリンターには Octal (8 進) 4 桁の数字として打ち出される。

Fig. 3 に示すタイマーから 2, 5, 10, 20 分の任意の間隔 (スイッチで選択される) でデータの収録開始信号が出される。この信号によりシステムの全回路に電力が供給されると、まず測定開始からの日付、時間、分が印字され、8 または 16 チャンネル (切り換え可能) のデータが順番に Octal 4 桁で 1 行に 4 個ずつ打ち出される。プリントが終ると、リレーによって直ちにタイマー以外の回路は切り離される。タイマーは時間および分のプリセット機能を持ち、しかも BCD 出力であるから、プリンターには Decimal (10 進) で正確な時刻が印字される。これら入力チャンネルの切り換え、サンプリング、収録時刻の入力、プリンターへのデータの転送などはマイクロプロセッサを用いてコントロールされている (Fig. 4)。

### 3. 測定精度

12 bit の A/D 変換器を用いてアナログ電圧をデジタル化することは、所与のダイナミックレンジをもつ電圧、すなわち、ここでは温度測定幅  $20^{\circ}\text{C}$  で  $0\sim 1\text{ Volt}$  を 12 bit、すなわち 10 進で  $0\sim 4095$  の範囲に分解することである。従って、この A/D コンバーターの分解能の最大の精度で分解できるなら、 $20^{\circ}\text{C} \times (1/4095) = 0.0049^{\circ}\text{C}$  の精度が得られるはずである。しかし、A/D コンバーターのもつ誤差、前置増幅器のアナログ回路に含まれるドリフト、水温センサーの時定数の違いによる誤差などがあり、温度検定の結果、総合的には  $\pm 0.04^{\circ}\text{C}$  程度の精度であった。

### 4. 水温観測システムの消費電力

水温センサー、アンプおよびデジタルプリントシステムを構成する電子部品のほとんどすべてを CMOS タイプの集積回路素子を用いて構成したため、消費電力を低くすることができた。常時作動する部分はタイマーのみで、わずかに  $5\text{V } 8\text{ mA}$  程度であるが、印字動作の行なわれる時、プリンター (pu-1100) は約  $17\text{ V } 400\text{ mA}$  の電力を必要とする。16 チャンネル (4 行) の印字で

わずかに 2 秒程度であるから、20 分間隔程度の間欠的な記録を行なう場合ならそれほど問題にはならない。

今回は 12 Volt のバッテリーを昇圧、降下させて必要な電圧を得たため、タイマー作動時 12 Volt 13 mA、印字時 12 Volt 700 mA 程度の電力消費であった。20 分間隔に 8 チャンネルの記録を 1 ヶ月得るためには 12 Volt 20 Ah 程度のバッテリーで充分である。

結 果

Fig. 6 は 1979 年 8 月 29 日から 9 月 9 日にかけて野見湾々口部 (水深 18m) で行なった 6 層の水温連続記録である。また、Fig. 7 に示す記録は 1981 年 8 月 18 日～27 日の間、浦の内湾中央部の長崎沖 (水深 16m) で得られたものである。いずれの場合も 6 個の水温センサーを 2 m 間隔でロープに取り付け、コンクリートアンカーと浮子を用いて固定した。これら観測システムの設置の方法は Fig. 5 に示す。

Fig. 6 に示す野見湾での観測記録によると、1979 年 8 月 29 日～31 日の間に、特に底層部の水温は 3～4°C の上昇する傾向があり、細かく見ると記録の初期の段階では潮汐周期の激しい水温変動を伴うが、9 月 3 日頃からは 1～2 日程度のゆっくりした変動がみられる。

浦の内湾の場合 (Fig. 7) は、野見湾の記録に比較し全体の水温変動幅は小さく 1°C 程度で

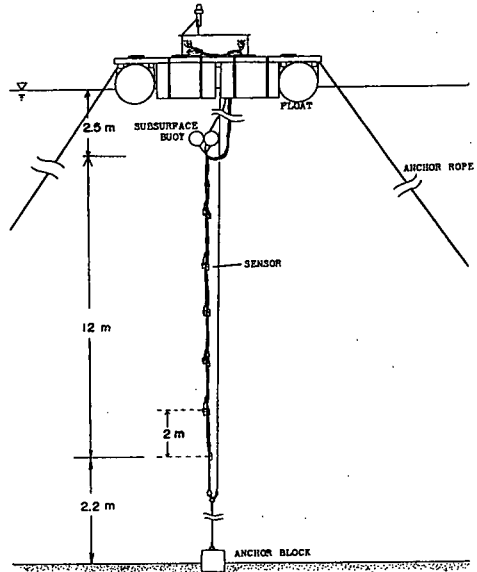


Fig. 5. Schematic diagram of fixed raft with observig system.

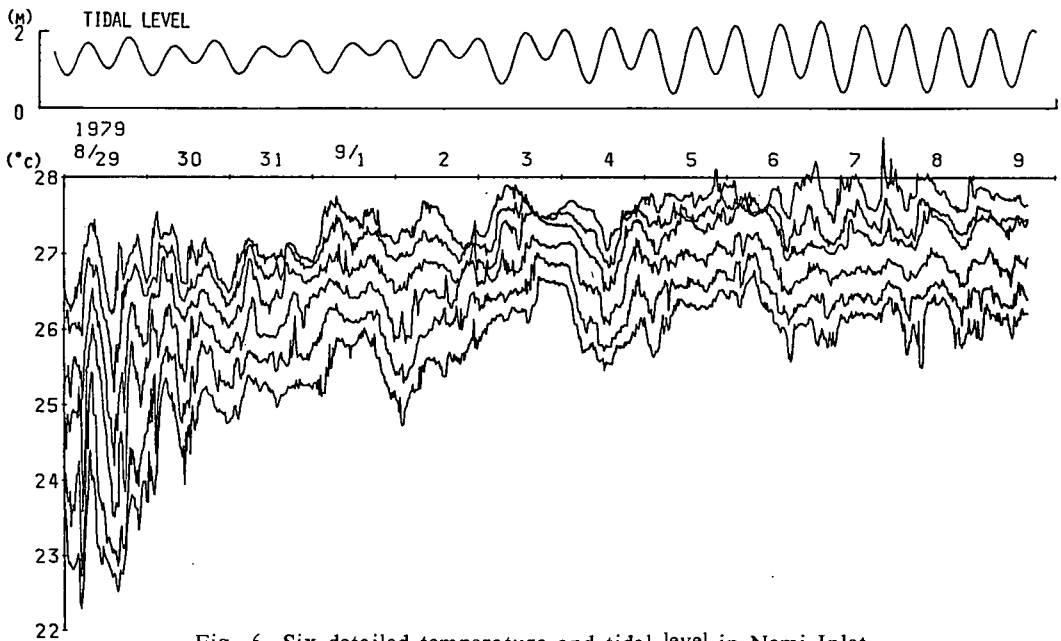


Fig. 6. Six detailed temperature and tidal level in Nomi Inlet.

あるが、下層部では潮汐に対応した非常に明瞭な特徴ある周期変化がみられた。

いずれの場合も、夏期の成層期の内湾では、わずか10日間程度の観測でも、幅のある水温変化と微細な周期的変化がみられる。これらを同時に記録するとなると、アナログ的な記録方式では十分な精度は得られず、まして交流電源の得られない海上ではほとんど不可能である。今回行なったようにアナログ量をデジタル化し、数値としてプリントアウトする方法を用いてダイナミックレンジを充分広くとり、しかも測定精度の向上を計ることが可能となった。

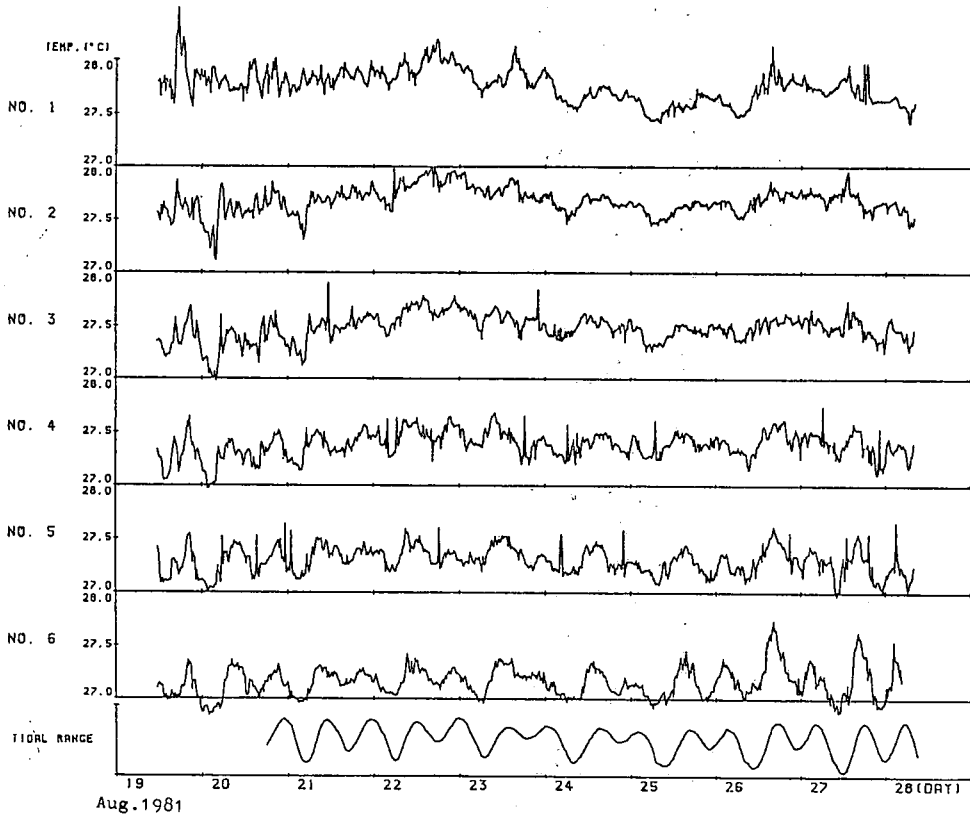


Fig. 7. Six detailed temperature and tidal level in Uranouchi Inlet.

## 考 察

海洋で観測される水温変動には、グエイサラ振動周期（通常は5～20分）程度のものから内部潮汐に起因する半日程度の比較的短周期で規則性の高いものが多い。それ以外にも異常降雨、急潮<sup>7)</sup>、あるいは台風時の鉛直混合などによる急激な水温変化、さらには季節的なゆるやかな変化も存在する。これらは先に述べた短周期の水温変動に比べ変動幅も一般に大きい。

前述したような比較的規則性のある変動現象を記録する場合、従来は紙送り式の自動平衡記録計を用いる方法がもっとも一般的であった。しかしながら、夏期の成層の発達した海洋でも、水温は意外に大きな変動を示すことがあり、記録紙上で短周期の細かい変動を記録するために感度を上げようとするれば、温度の測定幅（ダイナミックレンジ）は当然狭くなるから、スケールアウトが生じ、その結果断続的なデータしか得られなくなる。従ってこのような相反する要求をペン書き記録計に求めることはできない。そのためにはダイナミックレンジを広くしても容易に、しかも十分な精度

を上げることが可能な A/Dコンバーターを用いたデジタル記録方式がもっとも効果的である。

今回試作した水温計およびプリンターによる記録装置を用いて、土佐湾沿岸の代表的な内湾である野見湾および浦の内湾で2度にわたって水温観測を行なった。得られた記録は Fig. 6, 7 に示し、ここではデータのデジタル化による記録がきわめて有効であることを示した。これらの観測結果による水温変動機構ならびに海水流動機構に関する考察は別にゆずった<sup>2),3),8)</sup>。

さて、今回の観測では、いずれも20分間隔で印刷されたオクタル表示の記録を、紙テープにパンチし、計算機を用いてグラフ化した。これらの処理はかなりの時間と人手を必要とするから決して最良とは言えない。また、この方法には機構部をもつプリンターを有しているため、低消費電力化を計るにも限度があり、しかも機構部分は振動に弱く様々な故障の原因となる。そこで、低消費電力化を計り、かつ機構部を用いずデータの記録が可能で、しかも紙テープを作製することなく直接データの解析が可能な方法が望まれる。このようなデータの記録方式については次報<sup>9)</sup>で述べる。

## 要 約

内部波の現象は密度躍層近傍の水温変動を連続的に観測することによって、しばしばその存在が明らかにされてきた。しかし、海洋における水温変化のパターンは様々で、これらを欠測なく観測し記録することは、高度に機器の発達した今日でも容易なことではない。

今回は、水温多層観測のために試作した観測機器の概要と、これを用いた水温観測の一例を示した。用いた水温センサーはサーミスターとは異なり、温度計測に必要なすべての回路がパッケージ化された IC センサーである。さらに、水温出力は 12 bit の A/D 変換器を用いてデジタル化し、低消費電力の小型プリンターで打ち出すことによって記録を得た。この方法により、水温測定幅（ダイナミックレンジ）を充分広くとり、なおかつ測定精度を飛躍的に向上させることができた。

しかし、数値として打ち出された水温記録は、紙テープ作製後計算機で解析するにしても、かなりの時間と人手を要する。さらに、記録装置は機械的なプリンターを用いているため低消費電力化にも限度があるし、振動などによる様々なトラブルが生じるなどの問題点が指摘される。これらの問題点を改良した記録方式については次報で述べる<sup>9)</sup>。

## 参 考 文 献

- 1) LaFond, E. C., Internal Waves. In "The Sea, Volume 1: Physical Oceanography" ed. dy Hill, M. N., P731-751, Interscience Pub., New York (1966)
- 2) 宗景志浩・木村晴保, 成層の発達した場合の浦の内湾の海水流動について, 第29回海講論文集, P 560-564 (1982)
- 3) 宗景志浩・木村晴保, 成層期の浦の内湾の水温変動と海水流動について, 水産土木, Vol, 19, No. 1 P1-7 (1982)
- 4) National Semiconductor Corp., Linear Data Book, P9-84-9-90 (1976)
- 5) Teledyne Semiconductor, Data Conversion Design Manual, P15-19 (1979)
- 6) Teijin Advanced Products Corp., PU1100 Printer Interface Manual P1-14 (1978)
- 7) 永田豊, 湾内水温の急変現象と外洋条件, 沿岸海洋研究ノート, P103-111 (1982)
- 8) 宗景志浩, 野見湾の潮流調査について, 昭和55年度日本水産学会春季大会講演要旨集 P181 (1980)
- 9) 宗景志浩, 内湾における水温観測について, II. EPROM を用いたデータ収録装置の開発, 高大研報告, Vol, 31, No. 11, (1983)

(昭和57年 9 月 30 日 受理)

(昭和58年 2 月 15 日 発行)

