

# 熱電堆水温計の試作実験\*

藤 田 親 男

## Experiments on the Trial Manufacture of Thermopile Thermometer

Tikao HUZITA

### 1. 緒 言

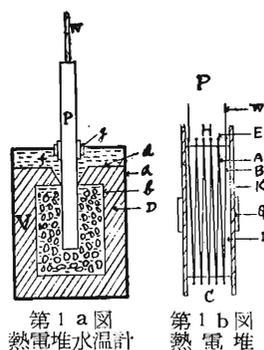
海の表面水温は連続的に測定出来るが、表面以深の時間的空間的連続測定は容易でないので現在実施困難である。しかし、このような観測に対する要望は大きい<sup>1)</sup>。この目的のために古くから使用されていた電気水温計も、筆者がこの研究を始めた昭和23年頃はあまり普及されていなかったが、現在では2, 3の製品が出ている。Sverdrup等<sup>2)</sup>によれば、この種の装置は米国においても未だ充分満足すべき程度に達していないので、Spilhausが作ったブルドン管利用のBathythermographや、Mossbyが作ったInvarと真鍮の膨張差を利用したThermosounderが観測に使われている<sup>3)</sup>。

一般にいうところの電気水温計は、原理的には、抵抗線の熱による抵抗変化を利用したものである。筆者はこの原理によらない電気水温計を試作した。即ち、従来の常識によれば熱電流による水温測定は出来ないと考えられていたが、熱電流を使つても水温測定が出来る装置を考案したので、特許第19517号にもとづいた水温計を試作し、2~3の実験を行つたので、その成果についてのべる。

### 2. 熱電堆水温計の構造及び作動

熱電堆水温計は、第1 a 図の如く熱電堆Pと冷点容器Vの2部分より成りたつている。

熱電堆 P: 第1 b 図に熱電堆の略図を示す。φ=0.55m/m の銅線A及コンスタンタン線Bの10対を接続して、熱電堆とした。各素線は、磁性管にて被覆し、之を直径22m/m長さ45cmのブリキ製円筒Kにおさめ、その空隙には白蠟Dを注入して、素線のガタツキと海水の浸入防止とに役立たしめた。各接合点Eの表面には、白蠟をなるべくうすい皮膜としてかぶせるようにし、海水との電気絶縁に留意し、Eは温点H、冷点Cの両接合点共、円筒Kより内部に10mm位内側に入れて、接合点が機械的にこわされぬようにし、温点Hの一端には起電力測定用のため約50cmの被覆銅線Wをハンダ付けとした。



第1 a 図  
熱電堆水温計

第1 b 図  
熱電堆

\* 日本水産学会九州支部例会 (昭25.12) 日本物理学会広島支部例会 (昭26.6, 27.12) にて講演

1) 高橋淳雄: 鹿大水産学部紀要 2 (1952) 33

2) Sverdrup and others: The Oceans. P352

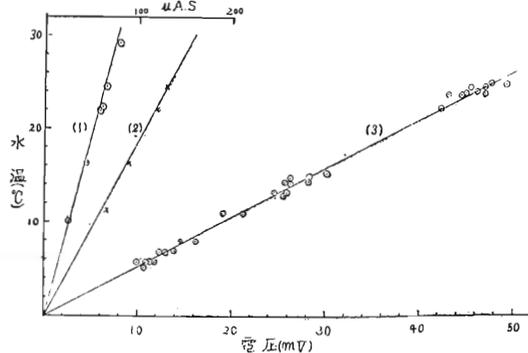
3) 地球物理学文献抄: 第2集 第4分冊 75頁

冷点容器 V：この外罐 a は、直径 10.5 cm、高さ 23.5 cm、内罐 b は、夫々 7.2 cm、18.2 cm で、内罐の容積は 750 cc である。a、b、d の間隙には白蠟 D を充填した。上部から b に碎氷を入れやすいように、漏斗形の d をつけた。d、a に取り囲まれたる容積 f は 100 cc である。容器のネジ g と P のネジ G とて両者を締めつけるようにした。各部の要領は第 1 a 図に示す通りである。

使用法：冷点容器になるべく小さく砕いた氷をいれ、且つ f 部分迄、0°C の水を入れた後、P を螺入する。尙この前に水温計には、あらかじめ測定すべき最大深度までの長さのキャブタイヤ導線を連結し、キャブタイヤの他端には通常電圧計 (mV 計) を連結しておく。こうした後、水温計を除々に海面下に降下せしむれば、水温計所在深度の水温は船中の mV 計に電圧として指示される。それ故、あらかじめ mV 計の目盛板に温度目盛をつけておくか、又は電圧：温度の校正表を用意して、これで換算すれば水温計所在深度の水温を知る事が出来る。

### 3. 10対熱電堆水温計の実験

冷点 C を Dewar 瓶中に浸し、温点 H は一つの容器中におき、この容器に所定温度の水が流れ込み、H を通り且つ流れ去るようにした。この容器中の水温をもつて温点の温度とした。この時の種々の水温に対する指示電圧は第 2 図 (1) の通りであり、電圧を x、水温を y とすると実験式は、 $y = 3.86x$  で示される。尙指示計としてマツダ照度計用の  $\mu A$  計を用いた結果は第 2 図 (2) の通りで、電流 x、水温 y との実験式は、 $y = 0.187x$  である。図中の  $\mu A. S.$  とは  $\mu A$  計の目盛であり校正表より  $\mu A$  を求める。この時使った熱電堆及 38 m の二心キャブタイヤの抵抗は、例へば 22.4°C で、夫々 10.55, 1.58  $\Omega$  であつた。24.4, 22.4, 16.4, 9.4°C の各水温の時の抵抗測定を



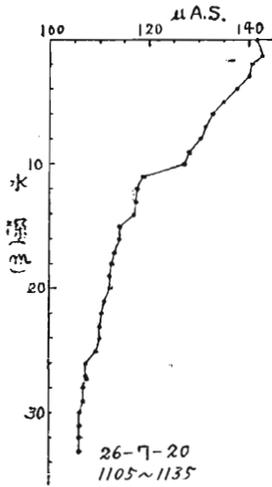
第 2 図 電圧 (電流) 対水温実験

を行い、各水温の抵抗値の数回づつの平均値を求め、之より各水温の組合せにより、すなわち、 $\theta_2, \theta_1$  における抵抗を  $R_{\theta_2}, R_{\theta_1}$  とし、熱電堆及導線の温度係数  $\left( \frac{R_{\theta_2} - R_{\theta_1}}{R_{\theta_1}} \cdot \frac{1}{\theta_2 - \theta_1} \right)$  を算出し、之を平均すると、熱電堆...0.0036 導線...0.0041 であるし、又両者の抵抗は約 12  $\Omega$  となる。この程度の抵抗は水温の変化によつて電圧の指示に大きな影響を及ぼすほどではない。今の実験では、50 mV, Int. R. 306  $\Omega$  の電圧計及び照度計用の  $\mu A$  計を使ったが、指示計器としてどんな型式を選ぶかは、精度を論ずる上に大事なことである。この事については次の機会にのべる予定である。

尙第 3 図には、この水温計を用いて、鹿児島湾の水温を測定した 1 例を示した。

### 4. 50 対熱電堆水温計の実験

10 対の熱電堆では、29.2°C で、8.0 mV を指示し、1°C 当りの読みが小さいので、熱電対を 50 対にして起電力を増すことにした。絶縁にはワニス W-25 を用いてエナメル焼付



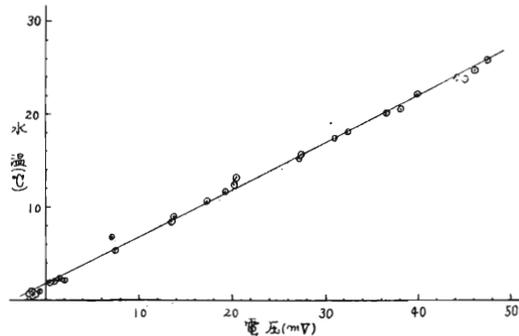
第3図 鹿児島湾における測温例

を行つた。この熱電堆を前のブリキ円筒におさめ、白蠟をつめて水密と絶縁とに役立たしめた。又温点には白蠟はつけずに、しかもKより約20m/m外に出し、且つ各温点をお互に離しておいた。

(1) 校正実験

あらかじめ定めた温度の水を水槽の中に準備して、この水が水槽からたえず温点容器に流れ込むようにして実験したことは前と同様である。冷点は三角漏斗に水を砕いて入れ、これに温度計を挿入して冷点の温度とした。こうしてつくつた校正図を第4図に示す。この実験では冷点が完全に0°Cとなつていない。10対の校正実験では冷点は正しく0°Cを示したが、今度は三角漏斗を用いたので充分冷却されていなかつたものと考えらる。これに対し次項のTime Lag 実験から、水温と電圧との関係を求めたものが第2図(3)である。これは約6°, 14°, 24°Cの3種類

の水を貯えた水槽中に、水溫計を入れて実験したときの水槽温度と水溫計が一定指示となつたときの電圧との関係である。この実験式は  $y = 0.532x$  で  $y$ ,  $x$  は前と同様夫々水温、電圧である。この実験値より誤差を求めると、信頼度 99% として 0.26°C (95%……0.20°C) である。この値は現在の市販品と同程度である。なおこの誤差は、更に小さくならしうる見込みはあるが、このためには水溫計の改良と校正実験装置の改善とを必要とする。



第4図 電圧対水温実験 50対熱電堆

(2) Time Lag 実験

この実験は次の様にした。即ち4斗樽A, B, Cに、違つた温度(約6°, 14°, 24°C)の水を用意して、例えばBの樽(水槽)中に水溫計全体をある時間沈めておき、指示計の指示が一定になつたのち、水溫計を出来るだけ速かにA樽(水槽)にうつし、指示値が一定になるまでの時間と電圧との関係をしらべた。B水槽より引きあげた時刻をZero Timeとし、A水槽における水溫計の指示値を5秒おきに読んだ。なほ水溫計とmV計の間は、80mキャブタイヤ導線(抵抗は、熱電堆とキャブタイヤとで29.3Ω, キャブタイヤのみは1.34Ω)で連結しておいた。一つの水槽より他の水槽に水溫計をうつす時、温点を手際よく沈めるには約3秒を要した。水槽中では約15秒で一定値を指示するようになり、おそくとも30秒以内には一定となつた。次にA水槽に60秒間水溫計を沈めておき、その後之を速かに引きあげ、もとのB水槽に移した。この引きあげた時刻をZero Timeとし、前と同様に各時間に対する電圧を読んだ。こうして得た実験成績の1例を第5図に示す。図中のAB・BA-2とは、水溫計をAから

Bにうつし (A→B), 更にBからAにもどし (B→A) た第2回目の実験の意味である. 系列A→B, B→C, C→Aの各過程 (→) は夫々 3~4回づつ実験してその実験値を平均し, 各過程の水温対時間表を作つた. 系列では夫々 5, 6, 5回の実験を繰返した.

水温計の指示が最初は  $T_0$  であり, 測るべき温度が  $U_0$  (一定) である時  $t$  秒後の指示は時定数を  $\lambda$  とすると,

$$T - U_0 = (T_0 - U_0) e^{-\frac{t}{\lambda}}$$

であるので, 第5図の AB・BA-2 の実験値から時間  $t$  における温度  $T$  は

$$A \rightarrow B: T - 26.3 = (12.7 - 26.3) e^{-\frac{t}{4.9}}$$

$$A \leftarrow B: T - 12.7 = (26.3 - 12.7) e^{-\frac{t}{4.4}}$$

で示される. 単位は, mV, sec.

各系列についての  $\lambda$  の平均値は, 夫々 5.5, 5.7, 4.6 で, 実験全体を通じての  $\lambda$  は 5.3 となる.

5 $\lambda$  以上の時間がたてば正しい温度を示すと考えてよい<sup>4)</sup> から, この水温計では約 25 秒以内に周囲と同一温度を示すことになる. 抵抗水温計では 1分<sup>5)</sup> であるから, 熱電堆水温計の方がはるかに速かに周囲温度を指示するわけである.

$\lambda$  を小さくするにはエナメル焼付を更に上手に行い, 薄い皮膜で絶縁がよい様に製作すればよい.

## 5. 結 論

従来の電気水温計と異つた原理にもとづく水温計即ち熱電堆水温計を試作し, 実験を行つた成果は次のようである.

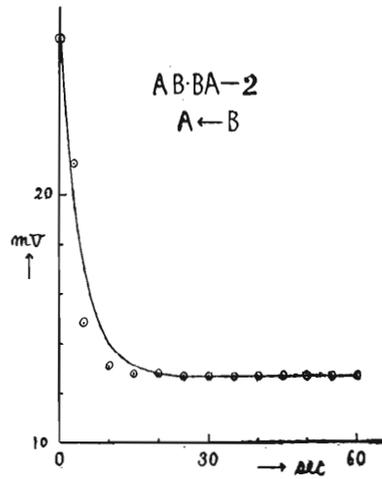
1. 指示計器として熱電高温計用の 50 mV 電圧計を用いるならば 10 対の熱電堆の起電力は小さすぎるが, 50 対の方ならば充分である. 10 対に対しては  $\mu A$  計を用いてもよい.

2. 冷点容器につめる碎氷はなるべく小さく碎く必要がある. 校正実験には Dawar 瓶を使用した方がよい.

3. 50 対水温計の誤差は,  $\pm 0.20^\circ C$ , 時定数は 5.3 である. 前者は市販の電気水温計と同程度であるが, 後者ははるかに小さいので周囲温度に速に追従することが出来る.

4. 本水温計は筆者の自作で, 取扱が若干不便であるので之を改良し, 冷点容器の放熱実験及び熱電堆の冷点と温点との熱交換をなるべく小さくし, 誤差をさらに小さくしたもののについての実験をしなければならぬ.

5. 要するにこの実験は, 従来原理的に不可能とされていた熱電流を利用しての海水温



第5図  $\lambda$  測定実験

4) 宮内鉄也: 温度測定 128 頁

5) 井上直一: 日本水産学誌 7 (1938) 191

尙市販品では, この Time Lag は明示されていない. 田島の実験 (気象集誌 10 (1932) 34) によれば転倒寒暖計の  $\lambda$  は 25 位で, アルコール寒暖計では約 50 である.

度の測定に成功したものであり、この水溫計は従来の電気水溫計と同程度の誤差( $\pm 0.20^{\circ}\text{C}$ )を有するが、時定数は非常に小さい( $\lambda=5.3$ )ので、速かに周圍溫度に追従し得る。それ故、今後実用的方面の研究が完成されるならば充分利用出来る。

終りに、御指導を仰いだ広島大学藤原教授に対し深く感謝の意を表す。

(28—3—31)

### Résumé

In order to observe the vertical temperature distribution of the sea water, the resistance thermometer have hitherto been utilized, but the thermocouple have never been utilized. The thermopile thermometer consisted of 50 junctions and cooling set was devised (Patent No. 19517) and manufactured by the writer. It gives a maximum error of not more than  $0.2^{\circ}\text{C}$ , and its time constant  $\lambda$  is about 5.3. The thermometer reaches the temperature of the surrounding water in about 25 seconds. This apparatus is more rapid device for the almost simultaneous observation along a vertical line in the sea water than the resistance thermometer because of the smaller time constant.