



Title	海温用抵抗温度計の精度について
Author(s)	小藤, 英登; KOTO, Hideto
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 3(3), 216-220
Issue Date	1953-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/22757">https://hdl.handle.net/2115/22757</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	3(3)_P216-220.pdf



# 海温用抵抗温度計の精度について

小 藤 英 登 (海洋学教室)

## ON THE ACCURACY OF THE RESISTANCE THERMOMETER USED FOR MEASURING SEA WATER TEMPERATURE.

Hideto KOTO

(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

The resistance thermometer inevitably contains errors caused by the Joule's heat generated in the temperature measuring bulb, and by the variations in the resistance of the lead wires due to the variations in temperature. But, when thermometer is used in the sea water, the former of these errors decreases as the water current velocity increases, and tends to attain a constant value with increasing water velocity.

The author designed a resistance thermometer, and measured its accuracy and time constant.

In the present paper, he reports that the resistance thermometer designed by him can be used to measure the temperature with an accuracy of  $0.01^{\circ}\text{C}$ , the sensibility  $10\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$  in the sea water running at an ordinary velocity, though its time constant 13.5 sec. is not a small value.

### 1. 緒 言

電気抵抗温度計は夙くから海洋測器として使われたが、その精度についての充分な検討は行われなかつたようである。これを裸線として気温の測定に使用する場合については、さきに渡辺氏による自熱誤差及び time lag の報文<sup>(1)</sup>がある。しかし水温の測定に使用する際は、感温部を水密性にする必要から構造が複雑となるために、その性能も著しく変つて来る。感温部の構造には種々の方法はあるが、以下筆者試作使用のものについてその精度を検討した結果を報告する。

### 2. 予 備 的 考 察

感温部を流れる電流による Joule's heat の影響を自熱誤差と呼ぶこと、及びその表示を以下渡辺氏に踏襲する。

ブリッジの検流計で読み取られる電流値は、感温部の外囲の温度に比例する量と自熱誤差による量との和

$$I = i_G + \Delta i_G \dots (1) \text{ である。}$$

感温部の温度と外温との差  $\theta$  の時間的变化は

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{C}(dQ - dq) \quad \text{但し } dQ = \frac{i^2 R}{4.185} \quad (\text{単位時間の発熱量}) \quad dq = f(k, v)\theta \quad (\text{単位時間の放熱量})$$

と表わされる。ここに  $i, R$  は感温部を流れる電流及びその抵抗値、 $C, k$  は夫々感温部の構造による常

数、 $v$ は外囲の流速である。

$t=0$  で  $\theta=0$  のとき上式の解は

$$\theta = \theta_0 (1 - e^{-t/\lambda}) \quad \text{但し} \quad \theta_0 = \frac{i^2 R}{4.185 f(k, v)} = B(k, v) i^2, \quad \lambda = \frac{C}{f(k, v)}$$

である。この $\theta_0$ が温度としての自熱誤差量である。

測温流体の温度を $T$ とすれば、温度計としての感度は $\frac{dI}{dT} = Ai$  ( $A$ はブリッジの回路について一定)であるから、(1)式は

$$I = ATi + ABi^3 \dots\dots(2) \quad \text{と表わされる。}$$

温度計の感度を高めるためには $i$ の値を大きくしなければならないが、そうするとそれに伴つて自熱誤差量が著しく大きくなる。しかし自熱誤差量が大きくとも、感温部の一つの構造について流速の実際的範囲内でその変化が小さければ、 $B(k, v) i^2 = \text{const.}$ としてその値を含めたまゝ calibrateすれば感度を高くしても差支えないわけである。

上式中 $\lambda$ は time lag を表わすものではあるが、 $B$ の値から  $f(k, v)$  の値が定つても、 $C$ の値が決らなければ $\lambda$ は決らない。 $C$ は感温部の簡単な構造ではその熱容量であるが、構造が複雑なときは感温部内の温度分布が外部の流速によつて変化し、即ち流速の函数と考へなければならぬので、 $\lambda$ の値は別に実験的に決めなければならない。

### 3. 実験方法及び結果

#### i. 自熱誤差の測定

測定装置： Fig. 1は筆者使用の抵抗温度計回路図である。150 $\mu$ Aの検流計を使用し、感度を10 $\mu$ A/ $^{\circ}$ Cとするために測温範囲を(0~15 $^{\circ}$ C)、(10~25 $^{\circ}$ C)の2段切換えにしてある。 $R_2$ を構成する抵抗

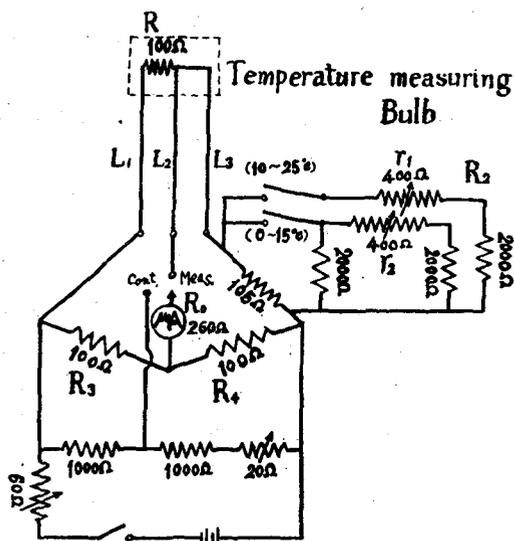


Fig 1. Temperature measuring Circuit.

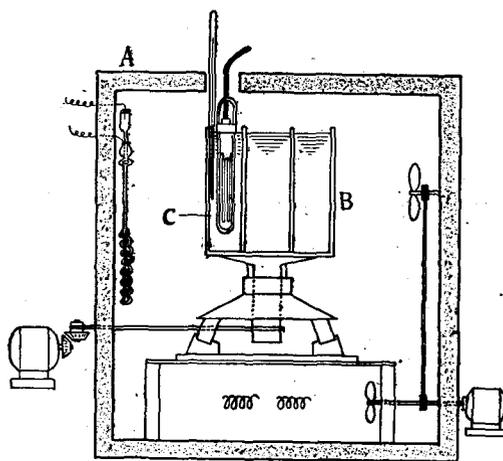


Fig 2. Diagram of Apparatus.  
A: Thermost  
B: Rotating Water Vessel  
C: Temperature measuring Bulb.

中の $r_1, r_2$ によつて検流計の目盛を温度の読みと一致させ得る。回路中 1,000 $\Omega$ , 2,000 $\Omega$ の高抵抗を使ったのはスイッチの抵抗変化の影響を避けるためである。感温部は0.08mmの銅線を1.5mmのアルミニウム管を絶縁したもの4本の上に巻き、夫々を内径3mmの銅管4本に直列に挿入してこ

れを水密にし、Fig.2に見られるような形状のものとした。

Fig.2 は恒温水流を得るための実験装置図である。恒温水流を得るために、恒温箱内にて円錐形水槽を廻転台の上に置き、これを外部からモーターによつて廻転させる。こうすることによつて大体定常的な層流を得ることが出来た。水槽を二重にしたのは、水槽の中心に近づくほど流速が著しく減ずるのを防ぐためである。流速は二重の水槽の中央部に2本の硝子管を挿入して動圧、静圧の差を以て測り、この速度を感温部の位置の流速とした。

測定及び測定結果： 恒温箱内の水槽中の温度 T が上下に於ても温度差なく、且つ一定流速になつたことを確かめた後(2)式の I を測定する。T の測定にはベックマン寒暖計を用い、測定の前々2分間の温度変化を  $5/100^{\circ}\text{C}$  以下に保つ。感温部を流れる電流 i は Fig.1 の導線 L<sub>1</sub> 中に検流計を挿入して測定した。

流速を一定に保ち、電源電圧を変えて i を変化させ、数個の i の値に対して I を読みとり、夫々の I, T, i を(2)式に入れて A 及び AB、従つて A 及び B を決定する。次に T, i の同じ条件で流速を種々に変化させて夫々の流速に対する A 及び B を決定する。それらの測定は T が  $18.33^{\circ}\text{C}$  から  $18.35^{\circ}\text{C}$  の範囲内で行つた。

得られた流速 v に対する A, B の値を Table 1 に、B と流速 v との関係を Fig.3 に示す。B の値は流速の増加とともに減少し、流速  $8.0\text{cm/sec}$  以上では一定の値になつてしまう。Fig.3 の曲線を

Table 1. Values of A and B in eq. (1) for various Water Velocities.

v cm/sec.	A × 10 <sup>5</sup>	B × 10 <sup>-3</sup>
1.3	75	1.30
4.3	"	1.25
8.0	"	1.09
10.0	"	"
16.9	"	"

$B \times 10^{-3} = 0.39e^{-0.32v} + 1.09 \dots (3)$  と表し、これから得られる B の値による自熱誤差  $Bi^2$  と流速 v との関係を感度  $10\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$  から  $2\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$  まで5種の値について図示すると Fig.4 のようになる。即ち自熱誤差は感度が低いほど小さく、且つ感度が低いほど流速の小さい値で一定値に近づく。それでいま温度計を calibrate する際、自熱誤差がこの極限值を示す充分速い流速のもとで行つたとして、それを基準に  $1/100^{\circ}\text{C}$  の精度を許容し得る流速

の下限を知ろうとすれば、Fig.4 からわかるが、(3)式から

$$(B - 1.09 \times 10^{-3}) i^2 = 0.39e^{-0.32v} \times 10^3 i^2 < 0.005$$

として、上記夫々の感度について v の値を求めると、次表のようになる。

dig/dT	$10\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$	8	6	4	2
v	$7.9\text{cm/sec}$	7.1	5.0	2.4	0

実際の使用に際しては、波による船の動揺及び海潮流による感温部と海水との相対速度が大休常に  $8\text{cm/sec}$  以上にあることを考慮すれば、このような温度計を感度  $10\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$  として  $1/100^{\circ}\text{C}$  の精度にて測定することは十分に許容し得るものとし

て差支えないことがわかる。

## ii. Time lag の測定

測定装置： Time lag の測定には自熱誤差の測定に使用した Fig. 2 の装置をそのまま使用した。

先づ恒温箱内の水槽の温度を一定に保つて廻転させる（但し温度計の感温部は恒温箱外にある）。一定速度の層流を得たとき、恒温箱外で水温より約  $4^{\circ}\text{C}$  の低温に保つた感温部を恒温箱の上部にあけた小穴から急速に落下させて水槽内の水流中央に置く。この時から 5sec. 毎に検流計の指度を読みとつ

て、普通の方法<sup>(2)</sup>で time constant を決定する。

測定及び測定結果： 温度計の感度が $10\mu A/^{\circ}C$ で測定の精度が $1/100^{\circ}C$ を許容し得る水流の流速範囲で $12\text{cm/sec.}$ の流速を選んだ。水槽の始めの温度は $18.06^{\circ}C$ 、感温部の始めの温度は $13.98^{\circ}C$ 、感温部の挿入とともに水槽内の流速も温度も急速に変化して約 $20\text{sec.}$ を経た後一定状態を示し、水温は $18.04^{\circ}C$ 一定を維持した。 $12\text{cm/sec.}$ の流速は $20\text{sec.}$ 以後の流速である。

検流計で読取られた温度の時間的变化をFig.5 (実線部分) に示す。

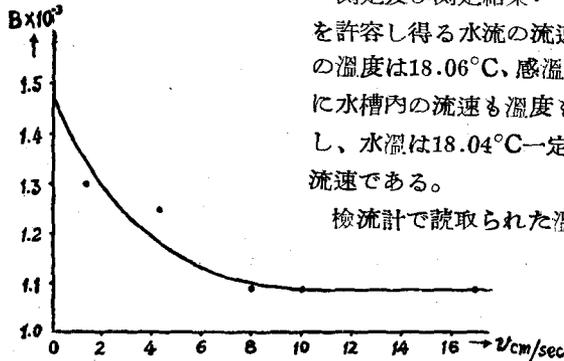


Fig. 3. Relation between B in eq.(2) and Water Velocity

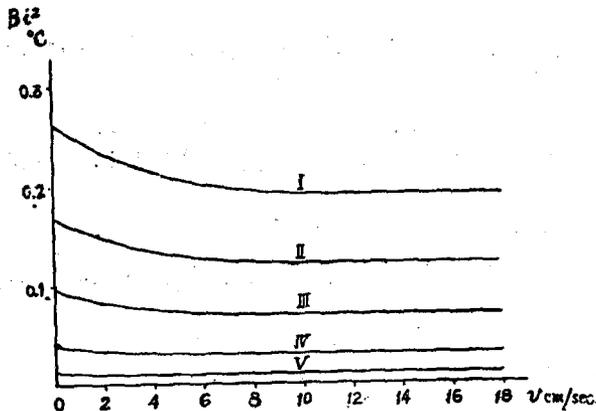


Fig. 4. Temperature Error Curves for various Sensibilities I:  $\frac{di_g}{dT} = 10\mu A/^{\circ}C$ , II:  $8\mu A/^{\circ}C$ , III:  $6\mu A/^{\circ}C$  IV:  $4\mu A/^{\circ}C$ , V:  $2\mu A/^{\circ}C$

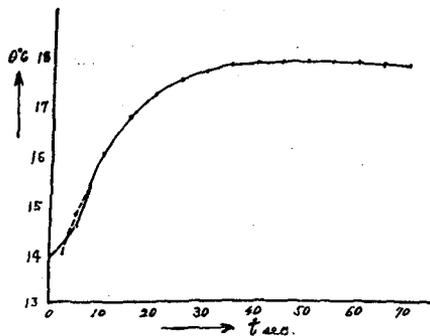


Fig. 5. Rise of Temperature of Temperature measuring Bulb.

lead wireの温度変化に伴う抵抗変化による誤差を小さくするために、一般にFig. 1 のように3本の lead wire によつて連結する。しかし温度計を海洋測器として使用する場合は lead wire も長いもの

始めの数秒間は感温部の構造及び流速の変化等のために温度変化も異状を示すが、10 sec. 以後の温度上昇曲線は

$$\theta = \theta_0 - (\theta_0 - \theta_i) e^{-0.074t}$$

と表わされる。但し $\theta_0$ は外圍の温度、 $\theta_i$ は感温部の始めの温度である。従つて time constant は $1/0.074 = 13.5$ となる。上式の表す曲線は始めの数秒間は Fig.5 の点線で示された部分となるので、実際の指度の遅れは上述の time constant で求められる遅れより数秒大きいものと考えれば充分である。但しこゝで指度の遅れは検流計の指度の遅れを含んでゐること勿論である。

#### 4. 感度及び精度に影響する諸種の検討

##### i. 温度による感度の変化

2 に於て、前記渡辺氏の表示を踏襲して感度を $\frac{di_g}{dT} = Ai$ と表し、感度は單に感温部を流れる電流のみによるものとして一定温度に於てAの値を決定したが、嚴密には

$$\frac{di_g}{dT} = \frac{Ai}{1 + \alpha T} \quad \text{但し } \alpha: \text{ 測温部抵抗の温度係数}$$

であつて、感度は測温の温度によつて異なるのである。但し $(Ai)$ は $0^{\circ}C$ に於る感度で且つ $0^{\circ}C$ に於て $R=R_0$  即ち  $i_g=0$  とする。

従つて上式より感度は温度が高い程減少して、 $T=15^{\circ}C$ では $0^{\circ}C$ の94%に、 $30^{\circ}C$ では88%と低下する。

##### ii. Lead wire の温度変化による影響

抵抗温度計は感温部とブリッジとの間の

を使用するし、また船上に於る使用時の温度が調整検定時に於る温度と余程異なるので、その部分の温度変化による誤差は多少とも免れ得ない。

いま調整検定時の感温部 $T^{\circ}\text{C}$ に於る検流計の電流値を $i_g$ とし、使用時の温度変化による1本のlead wireの抵抗変化を $\Delta R$ としてそのときの感温部の同じ $T^{\circ}\text{C}$ に於る電流値を $i'_g$ とすると、

$$\frac{i'_g}{i_g} = \frac{3\Delta R}{2R_0 + R_2 + R_4 + 3\Delta R} \left( 1 + \frac{\alpha T \Delta R}{R_2(1 + \alpha T) + \Delta R} \right)$$

で1本のlead wireの抵抗を $2\Omega$ とすると、温度変化が $30^{\circ}\text{C}$ ならば $\frac{i'_g}{i_g} = 0.999$ となつて0.1%の誤差が表われるが、 $10^{\circ}\text{C}$ 程度ならば1.000で $1/100^{\circ}\text{C}$ の精度に影響しないことがわかる。

## 5. 結 言

抵抗温度計の許容精度を検討するため、筆者試作の温度計について自熱誤差を外囲流速の函数として測定した。その結果感度を $10\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$ に高めても自熱誤差は流速 $8\text{cm}/\text{sec}$ .以上では一定となるのでその流速範囲内でcalibrateすれば $1/100^{\circ}\text{C}$ の精度で使用し得ることを示した。尙感温部の温度による感度の変化は $30^{\circ}\text{C}$ で $0^{\circ}\text{C}$ のときの12%減、導線の温度変化による誤差は $10^{\circ}\text{C}$ 程度ならば $1/100^{\circ}\text{C}$ の精度に影響しないことを検討した。

Time lag 測定の結果time constant は13.5sec. で、これは比較的大きな値で抵抗温度計を単に遠隔測器として船上で読み取り得るといふ便のためには差支えないが、測定時間の短縮、特に短時間の変化を読み取る等のためには更に測温部の構造を改良しなければならない。

近時この種の抵抗温度計が広く使われる向きがあるに際し、実験を試みて一文を草した。本文を草するに当り御指導御鞭撻を賜つた井上教授に、また実験に援助を頂いた内海、茄子川、前田の三君に厚く感謝の意を表する次第である。

## 文 献

- (1) 渡辺貫太郎 (1948): 抵抗寒暖計の自熱誤差量とタイムラグの測定について、海と空、第26巻第5,6号, 8~10頁.
- (2) 中谷・吉田(1939): 物理実験学, 第2巻, 157~158頁, 河出書房.

(水産科学研究所業績 第127号)