

温度計較正システムの整備

温度計の較正やサーミスタなどを利用して温度計を自作するとき、純物質の三重点や融点を温度定点として利用することができます。当施設では本レポートNo. 1 (1984) に紹介した水の三重点セル(0.01 °C) の他に、新たにガリウムの融点セル(29.7723 °C) とサクシノニトリルの三重点セル(58.0796 °C) をNBSより購入し、較正実験上に使えるよう恒温槽を整備したので紹介します。また水晶温度計を基準にしたサーミスタ温度計の目盛づけについても報告します。

(1) ガリウム融点セルは、純度99.99999%のガリウム約25 gがテフロンとナイロンでできたセルに封入されています。サクシノニトリル三重点セルは純度99.999%から99.9999%のサクシノニトリル約60 gがホウケイ酸ガラスのセルに封入されています(図1参照)。これら

はよく温度制御された水恒温槽に浸して使用します。今回新たに製作した水恒温槽は室温付近で ± 0.4 mK, 57 °C付近で ± 1 mKの精度で制御されます。

いずれのセルも較正する温度計の挿入井戸が中央部にあります。ただしこれらの井戸はなるべく温度勾配ができないよう狭くつくってありますので(ガリウムセルで3.6 mm ϕ , サクシノニトリルセルで5 mm ϕ), 温度計がこれよりも太い場合には別の熱電対を井戸にさし込んで温度定点セルとの温度差がゼロになるよう制御された別の恒温槽に、温度計を入れて較正することになります。

(2) サーミスタは高感度であり、小さく、安価であるなどの多くの利点を持っていますが、抵抗(R)—温度(T) 特性が線型でない上に、自己加熱の影響が大きいので、温度測定に要求される正確度に応じて較正してやる必要があります。

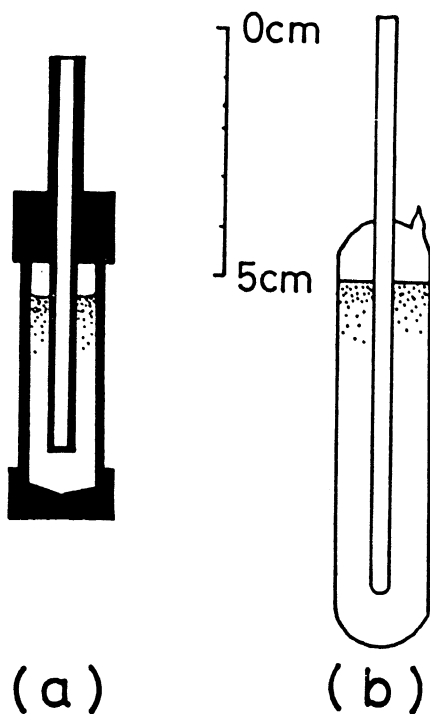


Fig. 1 Cross-sectional sketches of (a) the gallium melting-point cell and (b) the succinonitrile triple-point cell.

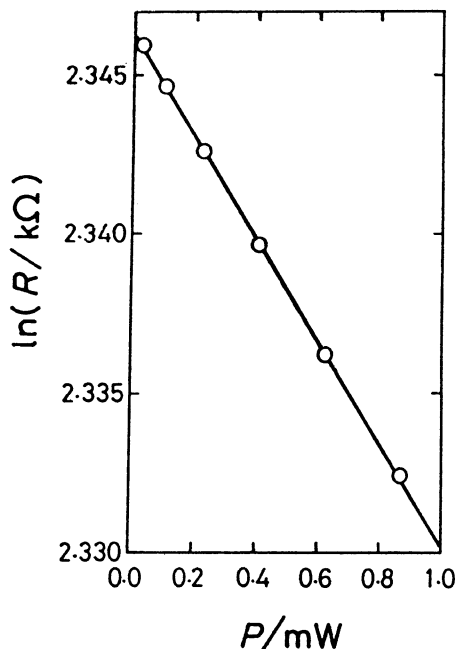


Fig. 2 Power dependence of resistance of a thermistor.

図2にサーミスタ（芝浦電子製作所BSB1-42G）を、一端を閉じた外径1/8インチの銅管に入れ、中をシリコンオイルで満たし、十分攪拌されている水恒温槽に浸したときのサーミスタの抵抗(R)—電力(P) 特性を示します。近似的に $t = A \ln R + B$ が成り立つことがわかっていますから P に対して $\ln R$ をプロットしています。ほぼ直線的に減少していますので、サーミスタの自己加熱の影響であることがわかります。0.1 mWにつき17 Ω も減少しており、これは温度にすると43 mKの上昇に相当します。

サーミスタがこのように大きな電力依存性を示すのは、この素子の単位体積当りの熱発生が、外界との熱交換速度と比べて無視できなくなっているためです。したがって、精密な温度測定には必ず電力による補正が必要です。また、温度測定の対象となる物体との接触を常に一定に保ち、サーミスタの較正のときにもできるかぎり同じ環境を設定すべきです。

図2にプロットされた点はよく見ると下に凸のゆるやかな曲線に乗っていることがわかります。このことは直線で近似するにしても実際の温度測定で使う電力付近の傾きを使うことが望ましいことを示しています。デジタルマルチメータによる抵抗測定では通常0.1 mW位です。また、ホイートストンブリッジを用いてさらに高感度の測定をする場合には0.7~0.8 mWになります。

最後にこのようにして電力補正をしたサーミスタの温度目盛の水晶温度計（HP2801A）の示す温度からのずれを図3に示します。黒丸は $t = A \ln R + BP + C$ で合わせた場合、白丸は

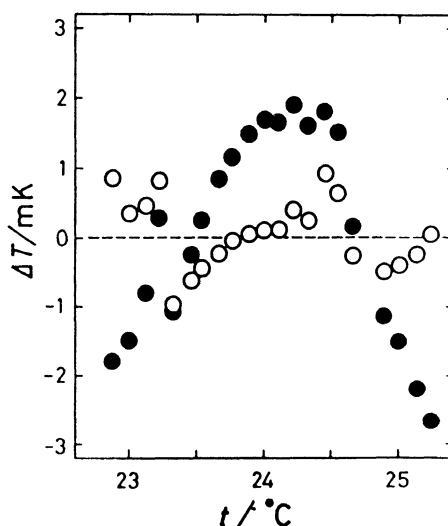


Fig. 3 Deviation plot of the calibrated temperature of a thermistor from the temperature measured by a quartz thermometer (HP 2801A). Closed and open circles are due to equations: $t = A \ln R + BP + C$ and $t = A \ln R + B(\ln R)^2 + CP + D$, respectively.

さらに近似を上げて、 $t = A \ln R + B(\ln R)^2 + CP + D$ で合わせた場合です。わずか2.4 Kの狭い範囲ですが、正しい値からのずれを1 mK以下にするためには2次の項 $(\ln R)^2$ まで導入する必要があるようです。

参考のために、温度定点セルに関する文献を掲げておきます。

- B. W. Mangun and D. D. Thornton ed., *Natl. Bur. Stand. (U. S.), Spec. Publ.*, 481 (1977).
B. W. Mangun, *Rev. Sci. Instrum.* **54**, 1687 (1983).