

ニーズに応えた低温域の温度計校正サービス

酸素の三重点温度(-218.7916 °C)までの校正開始

低温域の国際温度目盛

0.01 °C (273.16 K) 以下の低温域は、食品産業、医療医薬品産業、液化天然ガスプラント、宇宙開発など数多くの産業で利用されている。これらの産業で用いられている温度計が示す温度値は、現在の温度標準である1990年国際温度目盛 (ITS-90) [1] へのトレーサビリティが確保されることで国際整合性が保証される。産総研の役割はそのITS-90を実現し、校正サービスを行うことによって、各種産業で利用されている温度計がトレーサビリティを確保できるルートを提供することにある(図1)。

図2に0.01°C以下の低温域のITS-90を模式的に描いたものを示した。低温域ではITS-90は上から白金抵抗温度計、⁴Heまたは³Heの気体温度計、⁴Heおよび³Heの蒸気圧温度目盛により定義され、最低温度-272.5 °C (0.65 K) まで規定されている(さらに近年、超低温度域においても0.9 mKから1 Kまでの暫定低温目盛 (PLTS-2000) が国際的に合意採択されている [2, 3])。

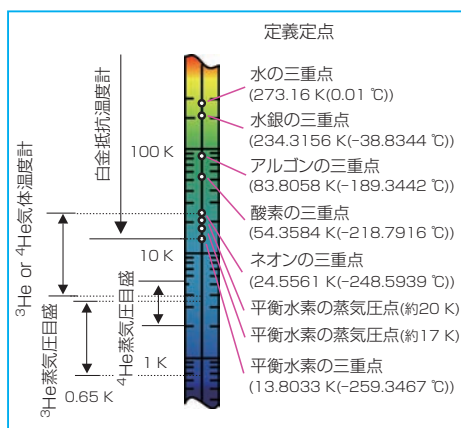


図2 1990年国際温度目盛の低温域の模式図
温度目盛は対数で表示している。

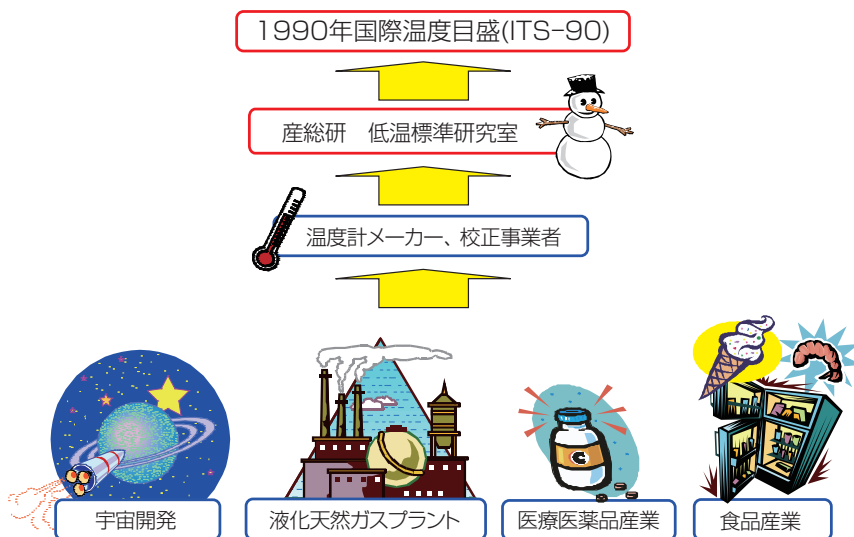


図1 低温領域での温度目盛のトレーサビリティの模式図
図中では低温を利用している産業の例を示している。

産総研ではITS-90の下限温度まで(将来的にはPLTS-2000まで)実現するシステムを開発するとともに、産業界で特に利用が多い温度域から先行して校正サービスを開始している。

白金抵抗温度計の校正サービス

白金抵抗温度計の形状には、5 cm

程度の白金センサーが小さな金属製のカプセルの中に封入されているカプセル型と、同様の白金センサーが40 cmを超える長い鞘の先端内部に装着されているロングステム型の主に2種類がある(図3)。低温域でのITS-90の実現には、室温からの熱流入の影響を抑制出来る利点からカプセル型白金抵抗温度計がよく用いられている。

白金抵抗温度計によりITS-90を実現するには、まず、ITS-90で規定された水の三重点などの定義定点(図2)を実現し、その温度での抵抗値を求める校正作業を行う。そして、定義定点の温度とそこでの校正値の関係を基に、ITS-90の規定に従って定義定点温度の間を結ぶ補間式を作ることでその温度計の温度目盛が決定される。

産総研ではカプセル型白金抵抗温度計に対して低温域での定義定点を実現するためのシステムを独自に開発してきた [4]。しかし、水の三重点以外



図3 白金抵抗温度計の模式図

の定義定点の実現はその操作が複雑であり、1つの定点実現に1か月以上の長時間を要するため、低温度域の校正サービスを定点実現により行うのは非効率的であるという問題点があった。この問題を解消するために産総研で採用した方法は、ITS-90に従って温度目盛の値付けを行った温度計を基準温度計とし、それと校正対象の温度計を定義定点温度で比較することで校正サービスを行うものである。

図4にその校正サービスを行う装置の断面図を示した。低温の生成には機械式冷凍機を用いており、温度計を装置に設置した後はコンピュータによる操作のみで校正が行え、効率性が非常に高いものになっている。さらに、性能面では基準温度計と校正対象の温度計を設置している銅ブロックの温度が、目的の温度に設定すると12時間以

上にわたり温度変動幅0.1 mK未満で安定にコントロールできる（このような機械式冷凍機を用いた校正装置を開発したのは産総研（旧計量研）が世界初であり^[1]、現在用いている装置はさらに性能を向上させたものである）。この装置により産業界での利用が特に多い酸素の三重点温度（-218.7916℃）までの校正サービスを既に開始している。この装置を用いた校正の合成標準不確かさは0.1 mK程度で、この不確かさの小ささは世界トップレベルである。

ところで、図3で示したもう一方の、ロングステム型白金抵抗温度計に対しても、近年、産業界ではアルゴンの三重点温度（-189.3442℃）までの校正のニーズが高くなってきていた。それに対応するべく、産総研では昨年より校正サービスを開始し、より一層社会ニーズに応えることを目指している。

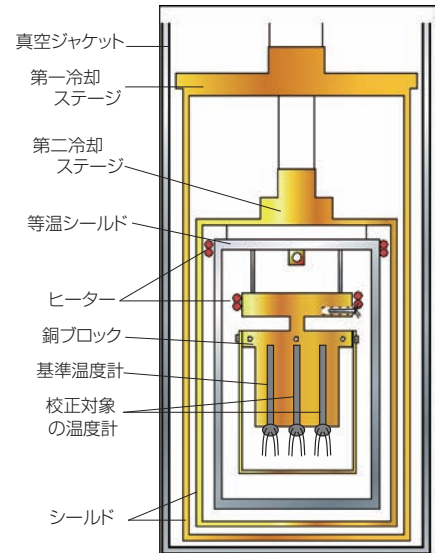


図4 カプセル型白金抵抗温度計の校正装置の断面図

今後の展開

産総研では今後、校正温度範囲をより低い温度域に拡張し、ITS-90の下限温度0.65 Kまでの校正サービスを2008年に開始することを予定している。さらにITS-90よりも低い0.9 mKまで規定されているPLTS-2000の実現、およびそれに基づいた、校正サービスと次世代の国際温度目盛の改訂に寄与することを目指し研究開発を開始している^[3]。

参考文献

- [1] 「1990年国際温度目盛 [日本語訳]」, 計量研究所報告 Vol. 40 (1991) 308-317
- [2] 「低温度標準における最近の動向 - 暫定低温度目盛 PLTS-2000 について -」, 島崎毅, 計測と制御, Vol. 42 (2003) 894-899
- [3] 「超低温目盛の実現に向けて」, 中川久司, 産総研計量標準報告 Vol.4, No.2 (2005) 99-115
- [4] 「新世代密封セルによる平衡水素三重点の実現」, 中野享, AIST Today, Vol. 3, No. 8 (2003) 34
- [5] "Cryogenic thermometer calibration apparatus using a GM type closed cycle helium refrigerator", H. Sakurai and O. Tamura, Tempmeko Vol. 90 (1990) 112-117

計測標準研究部門（つくばセンター）

中野 享

E-mail : tohru-nakano@aist.go.jp

現在の温度標準である1990年国際温度目盛 (ITS-90) の低温度域を実現するために新世代の要素技術を開発し^[1]、世界トップレベルでの温度標準の設定を可能にしている。また、ITS-90の問題点とその解決方法を共同研究者とともに明らかにし、国際温度目盛の向上に貢献している。今後、温度標準のさらなる向上を目指すとともに、校正サービスを通してこれまでに開発してきた温度標準を産業界に利用して頂ける体制を整備し、社会に貢献して行きたい。

共同研究者：田村 収、櫻井 弘久

