

国際測温諮問委員会の活動

三井清人*

1. 国際温度標準の誕生と発展

「国際」という形容詞を伴った温度標準が初めてこの世に現われたのは今から約100年前、すなわちメートル条約誕生の時である。「国際」標準とは、国際度量衡総会の決定によって権威づけられたものであることを示しており、また同時に、国際的な専門委員会によって検討されたものであることを示している。現在では、温度標準に関する基本的な問題や国際的な課題は、すべて測温諮問委員会(Comité Consultatif de Thermométrie, 略称 CCT)において討議され、その結論や提案は国際度量衡委員会(CIPM)の検討を経た上で総会にもち込まれる。最近の CCT の活動を紹介するに先立って、このようなシステムが誕生し、発展してきた経緯のあらすじを述べておきたい。

国際温度標準の発展の歴史は、実用目盛の再現精度を高めるための測温技術の改良と、熱力学温度に対してより密接に近似させるための基礎的研究を組合わせて、これを実用性の高いシステムにまとめていく努力の歴史であった。現在用いられている 1968 年国際実用温度目盛(International Practical Temperature Scale of 1968, 略称 IPTS-68)¹⁾ の原形である 1927 年国際温度目盛(略称: ITS-27) が誕生してから今日までに、温度標準をめぐる交わされた多くの国際会議の中で、具体的な対象こそ移り変わっているものの、意味の上では同様な議論が何度か繰返されてきた。

メートル条約が締結されたのは 1875 年のことであるが、この結実に至るまでの新単位系設立への努力は、フランス革命直後の 1790 年から始められていた。新単位系の基礎を築くための多くの実験研究、たとえば有名なラポアジェの水の密度の精密測定や、また、メートル原器の熱膨張率の精密測定などの結果を集約する段階において、統一的な温度標準が必要とされたのは当然である。

このために、1870 年ごろの国際度量衡局(BIPM)において水素を用いた気体温度計が製作されて、標準温

度目盛を作るための実験が行なわれた。17 世紀から実用されていた液体封入ガラス温度計は、たとえ寸法の正確なキャピラリを用いたとしても、封入物質の違いによる温度目盛の差は避けられず、このことが当時すでに実用上の問題となっていた。一方、18 世紀後半から 19 世紀前半にかけて長足の進歩をとげた熱力学の理論は、特定の計器や物質によらない理想の温度目盛の存在を示唆していた。ただ 1 つの温度定点を定義することによって一義的に定まる熱力学的温度目盛がケルビンによって提案されたのは、1854 年のことである。

前述の気体温度計は、この理想の目盛に最も近い値を与える計器として選ばれたものである。ただし、このメートル系最初の標準温度目盛を作る実験においては、それまでの慣習に合わせて、1 標準気圧における氷の融解点および水の沸点を、それぞれ 0 度および 100 度と定義する百分目盛の方法が採用された。この実験の結果は、BIPM が当時のガラス製温度計作りの名人トネローに命じて特製させた水銀温度計に移されて、実際の測定に使用された。1889 年に開かれた第 1 回国際度量衡総会において、国際原器に基づく「メートル」と「キログラム」の定義が宣言され、この基準を伝達する手段として、各国原器の 1 組づつが BIPM からメートル条約加盟各国へ配布された際に、これに添えて 0.0001 °C の桁まで校正値を付された 2 本のトネロー温度計が各国へ送られた。これが最初の国際的な実用温度標準である国際標準温度目盛(0~100°C)を担うものであった。

19 世紀末から 20 世紀初頭にかけて、先進諸国において重工業が急速に発展し、それに伴ってドイツ、ソ連、イギリス、アメリカ、オランダなどの各国で、計量標準に関する研究機関が相次いで整備された。このころから国際標準を新設あるいは改良するための研究の主力が、BIPM から各国の標準研究機関へと移っていった。前述の ITS-27 の骨子は、これらの機関を代表する専門家たちの国際会議によってまとめられたものである。この会議は、のちに BIPM の機関として常設されることとなり、今日の測温諮問委員会(CCT)となった。

ITS-27 は、氷の融解点(0°C)と水の沸点(100°C)の 2 定点によって定義される熱力学的セルシウス目盛に

* 計量研究所：東京都板橋区加賀

Kyoto Mitsui: National Research Laboratory of Metrology

準拠していた。実用目盛の定義にあたって、数個の温度定点に指定値を与え、補間用標準計器として、白金抵抗温度計(-190~660℃)、白金ロジウム/白金熱電対(660~1,063℃)、光高温度(1,063℃以上)を用いるやり方は、のちの IPTS-48 と同様である。

第1回の CCT 会合は 1939 年に開かれたが、ここで早速 ITS-27 の改訂問題が取り上げられている。これは、いわば ITS-27 決定時の議論の継続であって、ケルビンによって提唱された、ただ1つの定点による熱力学温度の定義を採用しようというものである。この方式が、2定点による定義法に比べて学問的に優れていることには全く異存はなかったのであるが、実際の切換えの方策についてはいろいろと問題があり、中でも、実験によって熱力学温度を決定する精度、たとえば、水の融解点の熱力学温度値の決定精度が十分とはいえないことが最大の難点であった。

これらの議論が第2次大戦によって一時中断された後、1948年に至って ITS-27 の欠点を補う改訂が実行され、ITS-48 が誕生したが、このときの改訂は比較的小規模なものにとどめられた。根本問題に挑戦するには、研究成果の蓄積が十分でなかったというのが実情である。温度値にかかわる変更は、銀の凝固点の指定値が 960.5℃から 960.8℃に上げられたこと、金の凝固点以上での補間式として、それまで用いられてきたウィーンの様式を変えてプランクの式を採用し、同時に公式中の定数 c_2 の値を 14.32 mmK から 14.38 mmK に変えたことによって、この領域での ITS の値が多少低くなったこと(1,500℃で-2.2℃、2,000℃で-6℃)などである。

1954年の第10回度量衡総会において、ついに長年(100年!)の懸案であった唯一定点による熱力学温度の定義法が採択されるに至り、国際温度標準の基礎が、水の3重点の温度を 273.16 K とする熱力学的ケルビン温度におかれることとなった。水の3重点の温度値決定には、わが国から提出された気体温度計実験の結果(東工大、大石ら)が貢献している。

この新しい定義を盛込むために、1960年に ITS-48 が修正されて、その標題も **国際実用温度目盛**(略称 IPTS) と改められた。この修正版テキストが、**IPTS-48 (1960年修正版)** として 1968 年まで用いられたことは周知のとおりである。1960年のテキスト修正に際しては、温度値にかかわる変更は一切行なわれず、定義の改定のほかには、測温技術上の改良がつけ加えられたにとどまる。IPTS-48 が熱力学温度から無視できないほどずれていることは、当然すでに明らかであったが、解決策をただちに準備するほどには機は熟していなかった。

2. 1968年の目盛改訂をめぐる活動

IPTS の熱力学温度への近似を改良し、また、IPTS を 90 K 以下の極低温領域へ拡張するという根本問題に CCT が本格的に取組んだのは、1962年の第6回会合(わが国から計量研、高田が出席)からである。このころ、計量研究所の温度部門の研究が軌道に乗りはじめて、国際的な討論に仲間入りする時代を迎えた。1963年には、新目盛の準備のために、国際的な作業部会が CCT のもとに設けられて、熱力学温度に関する各種のデータの整理・検討を進める一方、カプセル形白金抵抗温度計のもちまわりによる 90 K 以下の各国暫定目盛の比較実験が企画・実行された。これらの結果は、1964年の第7回 CCT 会合(わが国から計量研大山、三井が出席)、1967年の第8回 CCT 会合(わが国から計量研、高田が出席)において熱心に討議されたほか、書状による討論が新目盛誕生の前夜まで精力的に続けられた。

1968年の改訂は、このための作業に取組む時点から、ITS-27 以来の懸案を一挙に解決する大規模なものとして予定されていた。したがって、この改訂に間に合わせようと多くの関連研究が各国で行なわれて、それらの結果が続々ともち寄せられた。いろいろな原理、方法による熱力学温度の測定、温度定点の実現技術の改良、補間温度計と補間方法の改良などに関する研究結果のうちで、最もきびしく議論が斗わされたのは、やはり熱力学温度の測定結果についてであった。熱力学温度と IPTS の差を、現在の(当時の)熱力学温度に関する知識の正確さの限界内におさめるといのが改訂の大目標であったが、実際問題として、最良の知識に基づく値を定めて、その正確さの限界を推定することはきわめて困難である。いわばこの困難さのゆえに、第1回 CCT 以来の懸案が 30 年間も持越されたわけで、慎重になりすぎて決断の時を失ってはならぬ、とする実務派の意見がなければ、このときの議論も際限なく続くことになったかもしれない。とにかくこの難しい議論に1つの結末を与えた新 IPTS の草案は、イギリス NPL の C.R. パーバー氏の努力によってまとめられたものである。同氏がいうように、たとえ満点の答案でないとしても、IPTS-48 の欠陥の大部分を解消できることは確かであるし、関係者から強い要望が寄せられている 90 K 以下の国際標準の設立も、もうこれ以上遅らせることは許されなかった。大きく意見が対立する問題点については、関係者の間で実験の詳細に立ち入る討議が交わされ、ときには急拠新しい実験が行なわれたりして、妥協点が求められた。こうしてでき上がった草案は、1968年の第13回国際度量衡総会で承認されて、**1968年国際実用温度目盛**(IPTS

-68¹⁾の名のもとに、1968年1月に公布された。
 新目盛の原案作成の段階で、当時の最良の知識に基づく熱力学温度と IPTS-48 との差は、図1に示すとおり

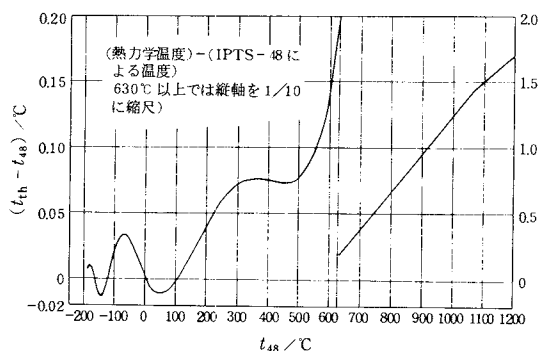


図1 熱力学温度と IPTS-48 との差(1968)

であると認定されて、この差を実質的にゼロとするような定点の指定値と補間方法が工夫された。また、テキストの作文に当っては、国際単位系(SI)²⁾の考え方と表記法を全面的に採用することとした。

IPTS-68 と IPTS-48 の実質的な相異点はつぎのとおりである。

- i) IPTS-68 において、13.81~90.188K の極低温領域に新たに実用目盛が設けられた(定義定点5個新設)。
- ii) 90K 以上の領域において、IPTS の定義定点に対する指定値が表1のように変更された。数値に変更がなかったのは、熱力学温度の定義点である水の3重点(273.16K)のほかには、水の沸点(100°C)だけである。

表1 1968年に改定された温度定点の値

定 点	t_{68}	t_{48}	$t_{68} - t_{48}$
酸素の沸点	-182.962°C	-182.97°C	+0.008°C
亜鉛の凝固点	419.58°C	419.505°C	+0.075°C
銀の凝固点	961.93°C	960.8°C	+1.13°C
金の凝固点	1,064.43°C	1,063°C	+1.43°C

- iii) 630.74°C 以下の領域での補間計器である白金抵抗温度計に対して、特性の制限がきびしくなった。すなわち、抵抗比 $R(100^\circ\text{C})/R(0^\circ\text{C})$ の値に対する要求が、IPTS-48 では 1.3920 以上であったのに、IPTS-68 では 1.3925 以上となった
- iv) 90.188~273.15K の領域において、IPTS-48 で用いられた補間公式(Callendar-Van Dusenの式)が廃止され、IPTS-68 ではその代わりに基準関数 $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$ を用いることとなった。
- v) 0°C~630.74°C の領域において、IPTS-48 で用い

られた補間公式(Callendarの式)に対して、熱力学温度への近似を高めるための補正が導入された。

- vi) 1,064.43°C 以上の領域において、温度の決定に用いられるプランクの放射則中の定数 c_2 の値が精密化され、IPTS-48 では 14.38 mmK であったものが、IPTS-68 では 14.388 mmK となった。

IPTS-68 で新設された90K以下の実用目盛は、それまでにローカルな標準として用いられていた各国目盛、すなわちNBS-55目盛(アメリカ)、NPL-61目盛(イギリス)、PRMI-54目盛(ソ連)、PSU-54目盛(ペンシルバニア州立大、アメリカ)の平均値を基礎とし、これに新しい熱力学温度の測定結果を加味した上で適当なスムージングを行なって得られたものである。この際、酸素の沸点の指定値(90.188K)の決定には、わが国のデータ(計量研、望月らの気体温度計実験の結果)が加味された。各国目盛と IPTS-68 との差については、図2および文献3)を参照されたい。

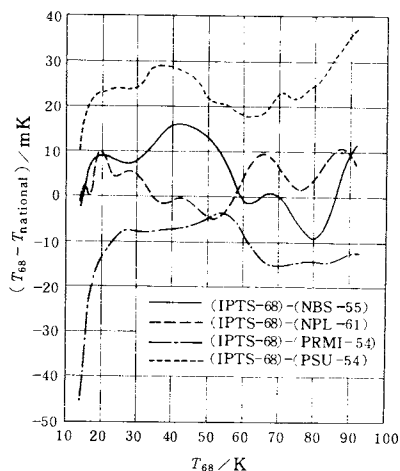


図2 IPTS-68 と各国目盛との差

IPTS-68 において採用された新しい補間方法は、定点の途中における熱力学温度への近似を改良すると同時に、実用目盛の再現性となめらかさ(1度の幅の均一性)を改良するよう工夫されたものである。特に、630.74°C 以下の白金抵抗温度計領域についての改良が著しく、個々の温度計の特性差に起因する実用目盛の non-uniqueness は測定精度の限界($\sim \pm 1$ mK)内に納まったと考えられ、また、1度の幅の non-uniformity (すなわち、SIの理想からのずれ)は、 ± 0.5 mK/K(0.05%)より小さいと考えられる。各定義定点の再現技法の改良と相まって、この領域では普遍性をもったミリケルビン・サーモメトリーが可能となった。

3. IPTS - 68 以後の進展

新目盛が公布されて以来、各国でその普及に力が入れたことは周知のとおりであるが、当然のことながら、普及の段階で新目盛の欠点や問題点がいろいろと指摘された。また、新目盛に基づいて、熱力学的諸量や種々の物性値の測定が行なわれた結果、新目盛を評価する材料が豊富になっていった。このような状況のもとで、新目盛公布後初めてのCCT会合(第9回)が1971年7月にパリで開催された。この会合には、残念ながら日本代表を送ることができなかったが、会合の帰路に計量研究所を訪れたオーストラリアNSL^(註)代表ケンブ氏から、会議の新鮮な情報を得ることができた。(註:現在は、NML, National Measurement Laboratoryと改称している)

第9回CCTでは多くの具体的な宿題が提出されたので、これらに対する諸研究所での取組みを効果的に進めるために、

- 1) 進行中の研究を見守ること
- 2) 結果を評価すること
- 3) より効果的なテーマを選定すること

を任務とする4つの作業部会が結成された。各作業部会のテーマは、

第1作業部会: IPTS-68の改訂の準備

第2作業部会: 2次基準点と実用的測温技術

第3作業部会: 100K以上の熱力学温度

第4作業部会: 100K以下の熱力学温度

である。この会合での議論は、いわばこれらの作業部会への課題を明示するために行なわれたようなもので、第5回温度シンポジウム(1971, ワシントン)で提起された問題や、CCTに寄せられた資料をもとに、IPTS-68の問題点が整理された。この議論の内容は、各作業部会の報告書が出そろった時点、すなわち第10回CCT会合(1974年)において復習されることになる。

各作業部会は、いずれも3~4名の委員で構成されていたが、委員たちは2年余の間、文献調査、文書・電話・会合による討論、また、必要に応じて比較・追試の実験をみずから企画・実行するなどの活動を展開し、その成果をまとめた報告書を1974年初めにCCTの全委員へ配布した。

4. 第10回CCT会合における討論

第9回CCT会合が宿題を列挙する会合であったのに対して、第10回会合は、これらに対する答案をとりまとめて修正版テキストを作ることをおもな目的として、

1974年5月にパリで開催された(わが国から計量研、

三井が参加)。

会合の冒頭で座長のプレストン・トーマス氏が説明したように、IPTS-68の手直しのための作業は今回会合をもって一応の終りとし、次回の会合からは、1983年以後と考えられているIPTSの根本的改訂にそなえての議論を開始することになろう。今回合の主旨である修正版テキストの作成に当っては、IPTS-68の温度値に変更をきたすような修正は一切行なわず、最新の知見に照し合わせてテキスト中の技術情報を改良し、また、現時点では不適当と考えられるような記述を修正するにとどめる。温度値にかかわる根本問題はすべて次回以降の議題とし、次期大改訂までの間に十分に時間をかけて討議する。この基本方針に従って、前節で述べた各作業部会の報告書をおもな討議資料として討議が進められた。

第1作業部会のテーマは、全体の議論を総括して修正版テキストの草稿を作ることにあるので、これに関する討議は最後にまわされて、まず第2作業部会の報告に関する討議から始められた。この作業部会の最大の労作は、IPTS-68のテキストの第6表に記載されている2次基準温度のすべてについて、それらの数値が由来する実験結果(従来は明示されていなかった)、およびその後の関連の実験結果を集めたリストを作成したことである。これを見ると、2次定点のいくつかについては、独立に行なわれた複数の測定結果が必ずしも一致しておらず、数mK~10数mKの差が見られる。この中から、最も確からしい値を選ぶことは一般に困難であるが、比較的最近の測定例が多く事情がはっきりしているものについては、テキスト第6表の温度値を表2のように修正することが作業部会から提案され、CCTにおいて承認された。表2にカッコ付きで示した白金の凝固点の値については現在まだ検討続行中であり、表の値はNPL値とNML値

表2 2次基準点の値の修正案(1974)

2次定点	提案された値(A)	現行テキスト(B)	A-B
ネオンの3重点	-248.589℃	-248.595℃	+0.006℃
窒素の3重点	-210.004℃	-210.002℃	-0.002℃
窒素の沸点	-195.806℃	-195.802℃	-0.004℃
アルゴンの沸点	-185.856℃	—	—
水銀の凝固点	-38.841℃	-38.862℃	+0.021℃
銅-アルミニウムの共晶点	548.26℃	548.23℃	+0.03℃
アンチモンの凝固点	630.755℃	630.74℃	+0.015℃
アルミニウムの凝固点	660.46℃	660.37℃	+0.09℃
銅の凝固点	1,084.88℃	1,084.5℃	+0.38℃
コバルトの凝固点	1,495℃	1,494℃	+1℃
白金の凝固点	(1,769℃)	1,772℃	(-3℃)
アルミナの凝固点	2,054℃	—	—
ニオブウムの凝固点	2,447℃	—	—
モリブデンの凝固点	2,623℃	—	—
タングステンの凝固点	3,422℃	3,387℃	+35℃

を単純に平均した暫定値である。また、その優れた再現性が報告されたアルゴンの3重点については、現行の1次点である酸素の沸点の代替に用いてもよいこととし、

$$T_{\text{Ar}} = 83.798 \text{ K} \quad (t_{\text{Ar}} = -189.352^\circ\text{C})$$

の数値と共に、テキストの第1表、すなわち IPTS 68 の定義定点表に書き込むことが決定された。

温度値が変更された定点については、その事情はいろいろであるが、たとえばアンチモンの凝固点について述べるとつぎのとおりである。この定点を IPTS 68 の標準計器（白金抵抗温度計）で測定した値が、カナダ NRC とイタリア IMGC と違っていたことから、アンチモン試料や温度計を交換してくわしい検討が行なわれた。その結果、

- 1 アンチモン試料中の酸素を十分よく取除くこと（その程度は、過冷却の深さによって判定する）、
- 2 抵抗温度計の絶縁劣化に対する補正を行なうこと（その温度での絶縁抵抗を実測する）、

の2点を励行すれば良い一致が得られることがわかった。こうして得られた値は、従来いわれていたものより 0.015 °C だけ高い 630.755 °C である。

測温技術に関する最大の問題は、630~1,064 °C の領域の標準補間計器にかかわるもので、現行の白金ロジウム/白金熱電対の精度を向上させる方策が討議された。一言でいえば、熱電対という計器に特有の不均質誤差（素線材料の不均質に基づく寄生起電力）とその経年変化をいかに制御するか、ということであって、熱処理法、判定法をめぐって討議された結果、テキストの関連部分がかかなり書き改められることになった。そこに新しく盛り込まれた諸注意を忠実に守ったとしても、この計器で 0.2 °C より良い精度を得ることは困難である旨も書きそえられた。

この領域での IPTS の精度向上を図るには、他の計器の開発がぜひ必要と思われるが、中でも一番有力な候補と目されている高温用白金抵抗温度計に関して、1つの進展が報告された。それは、最近開発された数種の市販品（アメリカ、イギリス、日本製）に対するテストの結果で、これによると、いずれの計器も熱電対より少なくとも1桁良い再現性を有していることが認められた。特に、日本製（計量研究所の指導による千野製作所製のもの、使用範囲：-183~900 °C）は、これらの中で最も良い再現性を有しており、各委員の注目を惹いた。このような温度計が入手できるようになった事情にかんがみて、各国の標準研究所において高温域（630 °C 以上）での白金抵抗温度計の研究を促進するよう呼びかけが行なわれた。

630~1,064 °C の領域の補間法の他の可能性は、1,064 °C 以上での標準計器である光高温計、あるいは、他種の

放射温度計を利用しようというもので、これについては、900 °C 程度までなら従来の機器と手法で必要な精度（熱電対より一桁良い精度）が得られることが確認され、さらに、フォトン・カウンティング方式の光高温計を用いれば、630 °C まで測定することも可能であることが NPL から報告された。

補間技術に関する他の問題点として、補間公式の改良が議論されたが、今回は温度値に手を加えないという原則に照らして、0 °C 以下での白金抵抗に対する基準関数 $W_{\text{CCT-68}}(T_{\text{Ar}})$ の簡素化された表現形式（値は従来のものと同じ）を採用することだけが、修正案に盛り込まれた。

第2作業部会の報告に関連して、CCTが温度の2次基準、あるいは実用的な標準の問題にどこまで関与すべきかが議論された。この議論は、1,064 °C 以上で用いられる高温用熱電対の起電力表を2次基準温度の表に加えるかどうか、という点に端を発したもので、この種の問題は工業標準（たとえば国際的な ISO, IEC, アメリカの ASA, ASTM, 日本の JIS など）で扱うべきだとする意見と、1次標準の伝達手段として、特に開発途上国における有用性を挙げて CCT の守備範囲に入れようとする意見が斗わされた。一応の結論として、利用度や重要性に応じてそれらの信頼性を CCT が裏書きすることの必要が認められた。

2次基準点に関する新しい話題として、NBS から医用の温度定点を開発する必要が指摘された。

第3作業部会の任務は、100 K 以上の熱力学温度に関する情報を整理・検討することである。CCT はつねに IPTS と熱力学温度との差を監視して、最新情報をユーザに伝えることが義務づけられているので、現時点における見解をまとめるための議論が交わされた。

1つの論点は、プランクの放射則における定数 c_2 を実測する際の、空気の屈折率の波長依存性に対する補正に関するもので、最近の理論的研究の結果に基づいて、これまでの多くのデータの再計算が行なわれた。波長 0.65 μm の放射を観測するふつうの光高温計に対しては、この再計算による補正量はそれほど大きなものではなく、測定値の一致の程度を全般的に改良するとも思えない。しかし、波長 2 μm および 4 μm の放射を用いて、垂鉛の凝固点（420 °C）を基準に金の凝固点の熱力学温度を求めた NPL ホール氏の実験（1965年）の結果は、この再計算によれば約 0.3 °C もち上げられることになり、発表当時に問題となった他の測定結果との差が約半分になることとなる。

もう1つの大きな論点は、現在 NBS で進行中の精密気体温度計実験の中間結果をめぐるものである。この実験は、10年以上の歳月をかけて製作された精密圧力計

と、気体の吸脱着現象に対する細心の注意とによって特徴づけられるものであり、従来の同種の測定結果との差が注目されていた。第5回温度シンポジウムで発表された水の沸点の測定結果が以前から大きな話題となっていたが、今回発表されたはずの凝固点と亜鉛の凝固点の測定結果も水の沸点の場合と同様の傾向を示しており、従来の値より約0.03%低い。これはまだ中間結果の段階であるし、また、たとえ最終結果が同様なものであっても、国際値の変更までには多くの検討を経なければならず、約8年後と考えられる IPTS の実質的改訂の時期までに十分に時間をかけて討論されることになる。さしあたっての問題として、テキストの第7表に述べられている IPTS-68 と熱力学温度との差の推定値の取扱いをめぐって議論が白熱したが、小委員会を設けての調停によって得られた結論は、問題となっている第7表をテキストから削除して、その代わりとなる情報を文章化して本文中に加えようというもので、文案の検討が第1作業部会へまわされた。

第4作業部会のテーマは100K以下の熱力学温度であるが、主として30K以下の極低温領域を取扱っている。この作業部会では、委員の1人であるNML ケンプ氏の努力によって、気体温度計、音速温度計、磁性温度計などによる各国研究所の極低温目盛の比較実験を実行した。比較は、ゲルマニウム温度計を介して行なわれたが、全般に予想以上の良い一致を示し、特に磁性温度計の優れた特性が注目された。たとえば、ISU (アイオワ州立大) の磁性温度目盛と KOL (カメリンク・オネス研究所) のそれとは、2.2K, 4.2K, 20K, 27K で値を合わせれば、この領域全体にわたって ± 0.5 mK より良い一致を示した。

一方、極低温での実用標準として広く利用されているヘリウム蒸気圧目盛、 $T_{58}({}^4\text{He})$ および $T_{62}({}^3\text{He})$ は、熱力学温度に対して、なめらかではあるが約0.2%低い方へずれていることが明らかになった。たとえば、 ${}^4\text{He}$ の沸点 ($T_{68} = 4.215\text{K}$) の熱力学温度は、4.222K であるらしいことをいくつかの新結果が示唆している。

また、20K以下の IPTS-68 は、熱力学温度に対してやや不規則にずれているらしいことが指摘された。その差は最大5mK程度で、この領域での IPTS-68 の目標精度 ± 10 mK を満してはいるが、1度の幅の均一性の目標 ± 0.5 mK/K に対しては問題があることがわかった。

以上のような結果を総合して、現時点において最も良いと思われる“1~30K領域のなめらかな温度目盛”の案がこの作業部会から提出され、CCTの承認のもとに、その基礎となった磁性温度目盛の詳細を Metrologia 誌

上に発表して、一般の研究者の利用に供することとなった⁵⁾。

第1作業部会の任務は、以上に述べたような討論を総合して、修正版テキストの草稿をまとめ上げることにある。この作業部会では、会合に先立つ数か月の間に書状による討論を重ねていたため、全委員の同意を得た第2次草稿がすでに用意されていた。これと、この会合の席上での討論を組合わせた第3次草稿が会合の最終日に審議され、ところどころで委員から提出される部分的代案と対比しながら、全委員が合意できる最終案へとまとめられた。総じてこの修正案は、現行テキストより簡潔になっており、表現もわかりやすい。これは、IPTS-68 の原案をまとめる段階での妥協の苦しさに比べれば今回のほうが深刻さは少なく、また、新目盛に関する技術的洗練が進んだなどの事情によるものといえる。

こうしてでき上がった修正版テキスト案は、語句や表現に関してCCU (単位に関する諮問委員会) と調整を行なった上で、CIPM (国際度量衡委員会) に提出された。2~3のやりとりの後、結局この原案のまま CIPM を通過し、1975年5月に開かれた第15回国際度量衡総会の決議を経て、1968年国際実用温度目盛 (1975年修正版) として公布された¹⁾。

第10回CCTで討議されたその他の話題を簡単に紹介しておく。

前回会合からの宿題であった4,000K以上の温度測定に関しては、いくつかの研究所から関連の研究、すなわち安定化プラズマ装置、真空紫外域分光装置などによるプラズマ状態の観測実験の進捗状況が報告された。これに関連して、局所熱平衡の定義、いいかえればこの領域での温度の定義を明確にするための理論的研究を推進すべきことが指摘された。

逆の極端条件である1K以下の極低温領域についても類似の事情があり、標準確立にあたって温度の定義にかかわる基本的問題を解決しなければならない。この領域での標準確立も現在の重点課題であるとして、各国の研究所へ呼びかけがなされた。

今回大きな成果を上げた作業部会については、その任務とメンバーに多少の変更を加えた上ですべて存続することとなり、新たに、極低温実用目盛をテーマとする第5作業部会を結成することが決定された (メンバーとして筆者の参加が決定)。

5. あとがき

IPTS-68 (75年修正版) は、その前文に明記されているように、実質的には (温度値の上では) IPTS-68 (初版) を変更するものではない。しかしながら、本稿

で紹介したようにかなり重要な変更を多く含んでおり、温度標準の関する最新・最良の情報を必要とする研究者・技術者には、一刻も早くその全容をお知らせしたいと思うところがわが国では、計量標準に関する基本的事項は、計量法及びそれに関連する政令、省令で定められており、その記載事項の変更には多くの手続きと時間を必要とするため、未だこの修正版テキストの邦訳版は発行されていない。必要とされる方々は、参考文献4)の英語版を利用していただきたい

文 献

1) “1968年国際実用温度目盛”, 計量研究所, コロナ

社(1971)

- 2) “国際単位系(SI)”, 計量研究所, 日本産業技術振興協会(1973)
- 3) R. E. Bedford, M. Durieux, R. Muijlwijk, C. R. Barber, *Metrologia* 5-2, 47/49 (1969)
- 4) The International Practical Temperature Scale of 1968. Amended Edition of 1975, *Metrologia* 12-1, 7/17 (1976)
- 5) T. C. Cetas, *Metrologia* 12-1, 27/40 (1976), この報告は磁性温度計に関するものであり, 「1~30 Kの目盛案」に関する報告は現在なお準備中で, 近く *Metrologia* に掲載される。

発売中 !!

JANAF 熱化学データ表 完結編(上・下)

JANAF Thermochemical Tables (Second Edition)

本データ表は、NBSによる初版発行後、ルーズリフによる補正・追補を重ね、今回最後の作業として6年間にわたる大改正を行ない、最終完結編として再版されたもので、約1100の表から成っております。

各種物質について、熱容量、 $\text{Cal}\cdot\text{deg}\cdot\text{mol}$ 単位によるエントロピー、標準状態における自由エネルギー関数、エンタルピー、生成熱、使用定数、記号および

述語、熱力学データの評価、計算方法および化学記号による索引、物質名による索引が収録されています。

発行所 榎堀越研究所 A4版 上・下セット
1157頁 定価 60,000円

お問合せ・お申込みは下記へ

(株)科学技術社 〒113東京都文京区湯島1-5-31
第一金森ビル内(03-815-8163)

AN INTRODUCTION TO THERMOGRAVIMETRY

2nd Edition - Trebled in Size.

C. J. Keatch and D. Dollimore.

- * The only definitive textbook on Thermogravimetry
- * Well illustrated and tabulated sections on practical applications
- * Comprehensive guide to methods of interpreting data

The importance of Thermogravimetry, not only in pure and applied research but also in routine control laboratories, is rapidly increasing. This is amply evidenced by the fact that the second, revised edition of this book has not only trebled in size, but also acquired a second author.

An Introduction to Thermogravimetry assumes no prior knowledge of thermal methods. Starting with detailed chapters on the origins of the technique and development of balances, the authors go on to present a comprehensive guide to the presentation of data and methods of interpretation. This section is used to show the value of the technique as an interpretive method in its own right.

The three chapters on the operation of the thermobalance and its associated equipment emphasize the versatility of the technique.

The remainder of the book is devoted to practical applications in inorganic, organic and polymer chemistry, minerals and applied sciences. These chapters are well-illustrated and tabulated; they cover the wide variety of uses for the thermobalance and provide a valuable reference source for all workers in this field.

Each chapter is completed by extensive references, and there are author and subject indexes. It will be particularly useful for chemistry and chemical engineering students, as well as technical workers in industrial and academic applications.

ISBN 0 85501 096 7 176pp May 1975 £3.60 \$9.90 DM 30.00

HEYDEN

Heyden & Son Ltd., Spectrum House, Alderton Crescent, London NW4 3XX
Heyden & Son GmbH, 4440 Rheine/Westf., Münsterstrasse 22, Germany.