

◆時間・長さ・音響標準分野

標準の整備状況

知的基盤整備特別委員会の整備計画に基づいて、限られた人的資源であるが、多種の標準供給をできるように順調に研究開発や業務を行っている。2000年度以前において13量の標準供給を行っているとともに、2001年度においては、14量の標準供給を開始している。写真1は、角度標準供給の一つとして我が国独自の技術により開発したロータリーエンコーダーの校正装置である。この結果、当分野における標準供給に関しては基幹となる量の供給が出来つつあると言ってよい。

国際比較の状況

精度の高い標準の確かさを担保するためには、異なる標準システムを保有する外国機関との比較が唯一の方法である。このため、メートル条約下におけるCCTF(時間・周波数諮問委員会)、CCL(長さ諮問委員会)およびCCAUV(音響・超音波・振動諮問

委員会)においては、各種の量の国際比較が実施されている。さらに、このような基幹比較の他に、アジア太平洋計量計画(APMP)においても独自の国際比較が各種実施されている。

時間・波長標準の分野においては、セシウム原子の高度な周波数標準を実現し、常時国際度量衡局にデータを送り、世界における主標準機関としての責務を担っている。波長標準の分野においては、長さの基本標準として数多くの国際比較を実施している。写真2は、1.5 μm の波長領域における光通信技術の標準として期待を寄せられているアセチレン分子安定化レーザーの例である。

また、長さ標準の分野においては、ブロックゲージ等の12量の基幹比較を実施し(写真3)、これらの結果を国際度量衡局(BIPM)のデータベースに登録し始めている。音響標準分野においても、マイクロホン、振動加速度、硬さ、衝撃値等の多くの国際比較に参加している。これらの国際比較の結果が幹事国から報告され始めており、当研究部門の結果は世界の標準機関の中でトップレベルの技術を有し

ていることが実証されつつある。

これらの結果は、計量法によるJCSS(計量法校正事業者認定制度)に反映され、また、品質システムの構築と共に、BIPMデータベースに登録しつつある。

期待される次世代標準・計測技術

高度な産業の要求に応えるため、レーザー光によって冷却された原子を光によって投げ上げ、マイクロ波との相互作用を利用する「原子泉」方式の時間・周波数標準が期待される。また、フェムトコム技術は周波数標準と表裏一体であり、メートル条約の基本単位系を高度化するものとして重要である。フェムトコム技術は、高速で波高値の高い超短パルス技術、高品質ブロードスペクトルを提供できるので、光周波数計測(AIST Today Vol.1, No.6, p13参照)だけでなく、新しい計量標準や低コヒーレンス干渉等による計測技術体系の展開が期待され、高度光波干渉技術等の開発に着手している。また、ナノ分野の標準や工業標準を支える基盤技術等にも着実に取り組んでいる。(松本 弘一)



写真1 角度校正装置

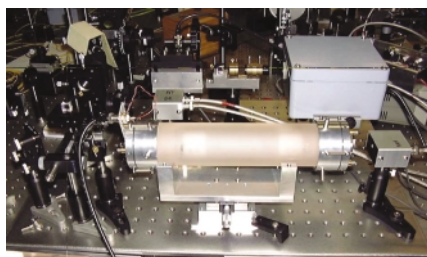


写真2 光通信に寄与するアセチレン波長標準



写真3 ブロックゲージ校正装置

◆力学流量標準分野

力学流量標準の整備と供給

当分野は、「もの」の総量の評価の上にたつ通商・社会活動、安全技術、宇宙・輸送機器、ロボティクスから半導体デバイス等の技術開発、また燃料電池利用技術の競争力や自動車排ガス規制施策を支える国家計測システムなど、広く社会基盤分野に係わる。

ニーズの高い質量、力、圧力、気体流量、液体流量、気体流速の校正事業、質量計、力試験機、圧力計の技能試験事業を実施の一方、トルクメーター、真空計および重力加速度は今年度で供給体制整備の完了を予定している。また、石油大流量標準施設がつくばセンターつくば北に完成し、供給のための技術開発が加速される。国際度量衡機関国際比較では、質量標準での長きに

わたる定評ある実績に基づいて、2kg以下の領域での国際比較の主導(パイロット)を行っている。その他、力分野、圧力分野での国際比較参加実績が多い。トルクに関しては3カ国間比較を完了した。とりわけ、流量作業部会においては、風速分野での国際比較のパイロットラボラトリーを担当、またさらにアジア太平洋計量計画(APMP)では流量技術委員会の議

長国を務め、この分野のリーダーとしての役割を果たしている。

最新の研究成果に係わる成果

力等の標準に係わる重力加速度標準のために、自由落方式の絶対重力計と安定な基準サイトを整備し、昨年8月、国際度量衡局 (BIPM) で国際比較に参加した。今後、我が国の重力加速度網のトレーサビリティ確立のために国土地理院との協力を進める予定である (AIST Today Vol.2, No.1, p26 参照)。

流量分野では、正確なダイヤモンド超精密加工によるノズル(写真)を気体の流路に導入することにより、そのレイノルズ数によって決定される流速基準と断面形状から規定される流量標準を確立した。この直径は流量に応じて $10\ \mu\text{m}$ ~ 20mm 程度であるが、世界に先駆けてレイノルズ数 200 (毎分 5mg に相当) の微小流量までの標準流量の実現ができるものとした。これを用いることにより、半導体製造や環境計測で用いられるガス微小流量計の信頼性を高めると共に、

燃料電池技術開発で用いられるガス流量計測の高精度化を図ることができる。(田中 充)

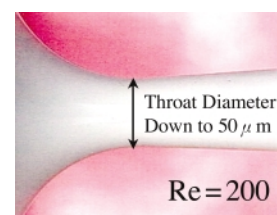


写真 気体小流量ノズルの断面
マイクロ音速ノズルを利用した半導体製造および環境計測分野の流量標準供給と校正事業者の認定開始

◆温度・熱物性標準分野

温度標準

温度計は産業や生活のあらゆる場面で用いられており、使用される個数が最も多い計測器の一つである。表は計量法標準供給制度のもとで産総研が校正サービスを行っている温度計と校正の不確かさである。今後、供給範囲の低温・高温への拡張が課題であり、また産業界で多用されている熱電対の校正サービスをまもなく開始する予定である。

高温の温度標準で最近著しい技術進歩が見られた。標準白金抵抗温度計の性能が 1000 付近まで大きく向上し、将来国際温度目盛の高精度化が期待できる (AIST Today Vol.2, No.2, p16 参照)。また従来国際的な協約 (国際温度目盛) では、銅の凝固点 (1084.6) 以上で温度定点は実現されていなかったが、純粋な金属の代わりに金属と炭素の共晶を利用することにより、2800 までの超高温領域で 10 種類以上の安定な定点が見い出された。図 1 はモリブデン炭化物と炭素の共晶が融解・凝

校正対象物	校正対象物のタイプ	校正の温度 (あるいは温度範囲)	校正の不確かさ
密封セル	水の三重点	$0.01\ ^\circ\text{C}$	$0.2\ \text{mK}$
抵抗温度計	ロングステム型標準白金抵抗温度計	$-38.8\ ^\circ\text{C}$ (水銀点)	$0.7\ \text{mK}$
〃	〃	$156.6\ ^\circ\text{C}$ (インジウム点)	$1\ \text{mK}$
〃	〃	$231.9\ ^\circ\text{C}$ (すず点)	$1\ \text{mK}$
〃	〃	$419.5\ ^\circ\text{C}$ (亜鉛点)	$2\ \text{mK}$
〃	〃	$660.3\ ^\circ\text{C}$ (アルミ点)	$3\ \text{mK}$
定点黒体炉	亜鉛の凝固点	$419.5\ ^\circ\text{C}$	$0.21\ ^\circ\text{C}$
〃	アルミニウムの凝固点	$660.3\ ^\circ\text{C}$	$0.2\ ^\circ\text{C}$
〃	銀の凝固点	$961.7\ ^\circ\text{C}$	$0.18\ ^\circ\text{C}$
〃	銅の凝固点	$1084.6\ ^\circ\text{C}$	$0.2\ ^\circ\text{C}$
放射温度計	標準用 波長 $0.65\ \mu\text{m}$	$960\ ^\circ\text{C} \sim 2000\ ^\circ\text{C}$	$0.3\ ^\circ\text{C} \sim 1\ ^\circ\text{C}$

表 温度計と校正の不確かさ

固する時の温度変化を観測したものであり、融解・凝固の平坦部の再現性は 0.1 よりよい。これにより従来は数の測定の不確かさが避けられなかった超高温領域で、0.1 程度の測定精度が達成できる見通しである (AIST Today Vol.1, No.1, pp5-8 参照)。

薄膜の熱物性計測

光ディスクなどの記録媒体では、熱を用いて薄膜の微小領域に高速で情報を書き込むことが行われている。この時材料の熱的な性質はデバイス

設計のために重要なパラメーターの一つであるが、ピコ秒パルスレーザーを用いたポンプ・プローブ法を開発して、薄膜の熱拡散率 (熱の伝わり易さ) が測定できるようになった。図 2 は測定の原理とデータを示すが、薄膜の基板側の表面をピコ秒レーザーで瞬間的に加熱し、裏面の温度応答を高速で観測する。薄膜の厚さと温度応答の速さから、薄膜の熱拡散率が得られる。図中には厚さ 100 nm 程度のモリブデン薄膜の熱拡散率が示されている。(小野 晃)

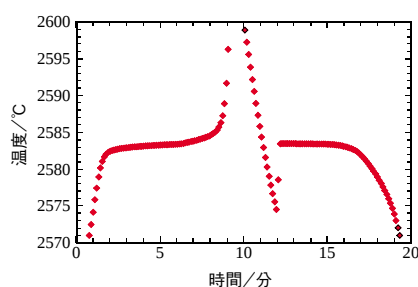


図 1 モリブデン炭化物と炭素の共晶の融解・凝固過程における温度変化

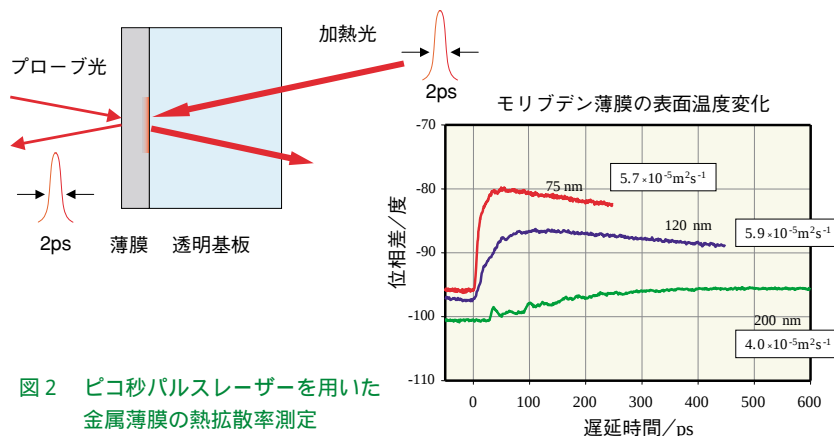


図 2 ピコ秒パルスレーザーを用いた金属薄膜の熱拡散率測定

◆電気・量子放射標準分野

標準整備戦略

第1期(～2004年度)においては、グローバル相互承認協定との関連で、外国に対して遅れている標準供給項目の充実および標準を担う人員構成の空洞化対策を中心テーマとしている。特に、諸外国に比較し、標準供給の大幅不足が指摘されている電気分野では、我が国輸出産業にとって重要であることから、一時的には外国から標準供給を受けることも視野に入れた標準整備の前倒し計画作成を進めている。計画作成にあたっては、業界団体を始め、種々の意見交換の場を積極的に広げることにより進めている。一方、我が国は、先進技術国として世界へ貢献する標準の研究開発も大変重要な責務である。エレクトロニクス研究部門や光技術研究部門などの協力を得て世界をリードする標準研究開発を進めている。

次世代ジョセフソン電圧標準研究開発

現在のジョセフソン電圧標準に対して、定電圧ステップの電流幅増大による耐雑音性(数十から百倍改善)と操作性の大幅向上、20GHz近傍のマイクロ波利用によるシステム価格の大幅コストダウン、交流電圧標準への応用拡張が期待されるプログラブルジョセフソン電圧標準(PJVS)の開発が米国国立標準技術研究所(NIST)を中心に進められている。産総研では上記特徴に加え広範な応用を目指し、究極的とも言える液体ヘリウムフリーのPJVSの開発を目指している(e-measure

プロジェクト、図1)。素子ならびに冷凍機開発は、エレクトロニクス研究部門が、精密計測のための装置は当研究部門が担当している。素子開発は、既に先行しており、小型冷凍機動作(10 K)が可能なNbN系素子により第1段階目標の1V発生素子開発も近い(図2)。また、このPJVSチップを利用した交流電圧標準の実験も既に着手している(2001年萌芽的研究テーマ“ジョセフソンDAを用いるファスト・リバースDC法の高度化の研究”)。今後、1年以内に4.2K動作PJVSシステムの開発、3年以内にプロトタイプ“液体ヘリウムフリーPJVSシステム”、5年以内に10 Vシステムの開発を目指している。

(小柳 正男)

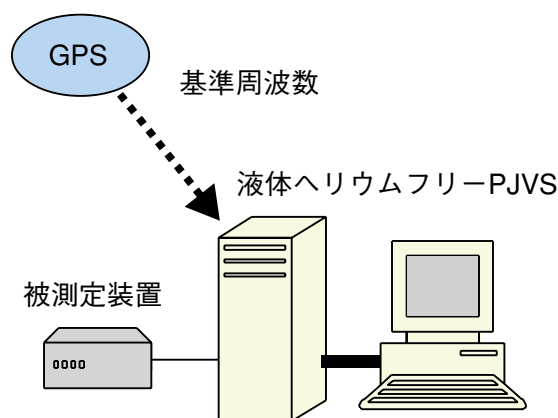


図1 e-measure プロジェクトで目指すPJVSの概念図

GPSから基準周波数を受けて1Vまでの任意の標準電圧が発生する。液体ヘリウムフリーであり、電源が有ればどこでも標準電圧が得られることとなる。

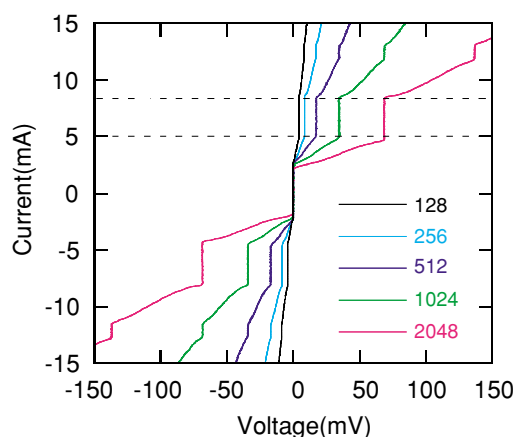


図2 温度10Kにおける定電圧ステップの例

周波数16GHzの場合、定電圧ステップ幅がおおよそ数mAと従来のものに比較して数十倍の大きさである。素子数(色分け)を選ぶことにより電圧の調整が出来る。(エレクトロニクス研究部門 東海林 彰氏提供)

◆化学標準分野

標準物質の開発と供給

環境問題の解決、より健康かつ安全な生活を求めて、多数の環境分析、臨床分析、食品分析等が日々行われており、政策決定、診断、規制の実施には正確な分析データが必須である。工業製品、特に先端材料の開発には、微細なレベルでの精密・正確な測定が要求されている。測定に用いる分析

機器の校正、サンプリングから測定に至るまでの分析精度管理には、その物質中の特性値が正確に値付けされた標準物質を用いることが不可欠である。必要とされる標準物質の種類は多いが、産総研 計測標準総合センター(NMIJ)では、緊急に整備すべき重点分野として、高純度基準物質(無機・有機)、環境分析用組成標準物質、先端材料標準物質、の3分野で研究・開発、供給を推進している。

高純度基準物質

高純度基準物質は無機および有機標準液の原料物質として用いられる。産総研の高純度物質開発では、最も正確なSIトレーサブルな基準分析法を用いて、認証値の決定と不確かさの付与を行っている。写真に示すNMIJ標準物質(揮発性有機化合物「VOC」、エタノール)は、断熱型熱量計または示差走査熱量計を用いて純度決定されており、環境基準項目



写真 NMIJ標準物質
VOC化合物およびエタノール

のルーチン分析等に不可欠な標準物質である。

環境分析用組成標準物質

環境分析用の組成（マトリックス）標準物質は、天然試料を原料として均質かつ安定な試料を調製し、認証値を定めた標準物質である。最も需要が多い底質試料については2種類（有害金属用、有機スズ用）を近く供給開始する。PCB分析用の底質標準物質についても、現在、開発を進めている。

先端材料標準物質

先端材料分野では、図に示すGaAs/AlAs超格子標準物質を開発、供給しており、約24nmの厚さの4層の膜厚について認証値を定めている。SiO₂多層膜標準物質に続き、より高度な薄

膜/多層膜標準物質の開発を行う。非鉄金属分野では、偏析のない表面分析（EPMA等）用標準物質の供給を2002年度中に開始する予定である。（岡本 研作）

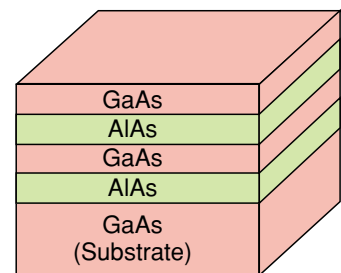


図 GaAs/AlAs超格子標準物質の構造
（各層の厚さは約24nm）

◆法定計量分野

公正さの保証

法規制のための計測で特に公正さを保証する国家体制を支える技術開発、技術の実施業務、調査を行う。計量法が指定する特定計量器は、通商・財務・環境・安全から、医療・バイオ分野へと広がりつつあり、見直しが国際的に起こりつつある。この中で我が国に最も適合した計量器の公正さを保つと共に計量器の取引を支える国際的な基盤を作り出すための技術基準作成、調査を行う。

我が国の特定計量器は現在24種類であるが、今後ダイオキシンなどの環境分野、医療分野での計量器に係わる法整備が進められつつあり、産総研の役割は拡大しつつある。

標準の整備・供給の成果

上記の計量器の検定に必要な基準となる基準器の検査を実施し、すべての検定の信頼性を保証している。その種類は極めて多種である一方、ユーザーは都道府県、計量器製造事業者におよび、過去年間数千件に上る大きな需要に対応してきた。また、特に多数利用される水道メーター等の計量器では、その型式を認定した計量器を認める型式承認制度が発足したが、これを支えるあらゆる技術課題を担っている。例えば、計量器の目盛の正しさの試験、環境温度試験、耐圧試験、耐久試験方法を開発した

り調査することにより技術基準を作成し、さらに型式承認の厳正な審査を行う。

トレーサビリティ制度や計量法の国際的な基準整備の観点から、基準器の検査技術に国家計量標準JCSS（計量法校正事業者認定制度）を導入するための技術的要件整備および計量器適合性評価技術のJIS化の作業を進めている。

最新の研究成果に係わる成果

200kgまでの容量の非自動はかりの型式承認試験システム図の開発、技術基準の整備および品質システムを完成させてきたが、さらに今年度

は、我が国のはかりに関する計量法の高度化（国際法定計量委員会規格一級完全対応）に基づく高精度はかり性能試験システムの開発に取り組み整備を完了させる（写真）。我が国における初めての完全国際基準整合化となり、これを受け、上記国際基準に基づき国際的に通用する試験成績書の発行体制が完成することとなっている。

その他、2002年1月1日からアジア太平洋法定計量フォーラムの議長国を務めるなど、国際法定計量分野での活動が加速されつつある。

（田中 充）



写真 性能試験装置(200kg)