

計測標準技術分野における研究の現状と今後の展開

量子放射部長 小林直人(標準推進副委員長)
電子基礎部長 小柳正男(標準推進委員長)

1. はじめに

計測標準技術は科学技術の基盤である。あらゆる学術や技術の根幹には精度の高い計測技術が必要であり、同時にそれが標準として確立している必要がある。当所においては、従来より長期に亘り、基礎計測部、光技術部、量子放射部、極限技術部を中心に電気(直流低周波)、高周波、音響、測光放射、放射線(能)、真空等の精密計測技術の研究開発とそれを基にした計測標準の確立・維持・供給に関する研究および業務を行ってきた。本彙報は最近のこれらの研究活動の報告である。その内容は、各標準研究グループの報告の項を参照頂きたい。

周知の通り、平成13年度から工業技術院の研究所は独立行政法人・産業技術総合研究所となるが、従来電子技術総合研究所、計量研究所、物質工学工業技術研究所に分かれていた標準研究部門は一体となって計測標準研究部門を構成することになっている。この研究部門に課せられた使命は、(1)計測標準における世界最先端の技術開発を担う研究集団であること、(2)国内の計量標準トレーサビリティを確保し産業界・学界に標準を供給する一次機関としての任務を果たすこと、(3)国際的な整合性・同等性をもちアジア太平洋地域を始め世界における標準技術開発とその普及に貢献することであろう。このためには、新たな研究部門で国内外の期待に応えられるよう体制整備を含めて継続的な努力が必要である。以下では新たな研究部門で展開する標準研究とその供給等に関する展望や、標準研究および業務に関する今後の課題を述べる。

2. 今後の標準研究展開

2.1 電気標準

電気(直流・低周波)標準においては、「ジョセフソン効果電圧標準」と「量子ホール効果抵抗標準」が量子標準として確立されたことが、標準の新しい側面を切り

拓いたとすることができる。今後はこれらの量子標準の精度・安定性の向上、対象範囲の拡大に努め、さらにその維持・供給を図ることを目指す。またこの技術を集成して標準抵抗器の電流依存性が測定可能な技術開発を進めることにより、実用的な「直流電流標準」を目指す。また「中電圧標準」、「高抵抗標準」、「静電容量標準」については、標準供給を念頭におき、それぞれ標準装置の開発を行う。また、LCRメータの校正に重要な「交流抵抗」と「損失係数」標準の研究を開始したい。世の中のニーズの高い「交流電圧標準」については研究開発体制を整備し早急に研究を進める予定である。先端研究分野では、デジタルボルトメータをも校正可能なポータブル次世代ジョセフソン電圧標準の研究に着手するとともに「単電子トンネル」を利用した量子電流標準については、これまでの実験結果を整理し可能性を検討する。

2.2 高周波

高周波標準では通信、情報はじめ電磁波利用技術の高周波化・広帯域化に伴って、技術基盤である各種計測器が対象とする量の種類や範囲も急速に拡大し、周波数域は、1MHzから100GHzに至っている。これら計測器の性能や精度を保証するために標準とトレーサビリティ整備が必要となり、さらに、その高度化が求められている。高周波に関連するものは、電圧、電力、インピーダンス、減衰量、電磁界強度および雑音など様々な量があり、これら高周波の標準とトレーサビリティに関する研究を進める。また電磁界標準では標準の範囲を広げて、産業界の要請に応えられる体制作りを行いたい。具体的にはアンテナ空間電磁界での周波数範囲の拡大、物質の誘電特性評価などが必要である。高周波、レーザ関連の民生利用については、我が国は諸外国に比べて進んでいるが、これらの精密計測技術の研究、機器の開発は光ファイバ分野の一部を除いて非常に遅れている。標準の開発とトレーサビリティは、ごく一部の特定周波数のみで実現されているため

その早急な整備を図りたいと考えている。また高周波・レーザ分野は、周波数(波長)、伝送形態により様々な標準が存在しうる。外部からのニーズも多様であるが、伝送路に応じてある程度広帯域でなければ実用的なニーズに応えられない。この分野においても今後標準の種類と範囲を拡大する予定である。

2.3 音響

音響標準では、産業界からの要請や国際的な相互承認に十分対応できる音圧レベル標準のトレーサビリティ体制を整備するため、可聴周波数全帯域における標準マイクロホンの高精度音圧感度校正法を確立する必要がある。特に、音圧レベル標準の高度化とともに音響パワーや音響インテンシティなどの新しい標準の確立を図る必要がある。そのため、標準マイクロホンの音場感度校正を実用化するとともに、音場の空間的測定技術を開発する予定である。音圧レベル標準に関しては、騒音計の検定制度並びにトレーサビリティ制度に基づいて標準マイクロホンの校正を行っており、現在CCAUV(Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration)の基幹比較に参加しているため、今後ともその精度向上に努める予定である。超音波標準に関しては、我が国は超音波機器の開発は盛んであるものの標準に関する技術蓄積がなく欧米諸国に大きく遅れており、早急な標準の確立に向けた研究が必要である。超音波標準は、当面、0.5MHz～15MHzを対象として放射圧を用いた超音波パワー標準と光干渉技術を用いた超音波音圧標準に関する研究を行っており、今後大きな展開を図る必要がある。

2.4 測光放射

光標準関係は、産業界からの多様な要求がある。従来供給を行っている光度、全光束、分布温度、照度、分光放射照度に関してはその精度向上・供給システムの確立に関する研究を進めるとともに、シンクロトロン放射(SR)を利用した真空紫外・紫外域の分光応答度の研究を進める。また産業界からの要請が強い標準白色板を早急に供給すべく、分光反射率の測定技術を確立するとともに基幹国際比較に参加する予定である。さらに紫外域の分光放射照度標準(光源)、分光応答度標準(検出器)の供給のための技術開発に力を入れるとともに、現在供給している測光標準関連技術の改良・

改善を図り、基幹国際比較に積極的に参加して良好な結果を示すよう研究を進める予定である。日本の光度標準のレベルは現在諸外国の中で高いところにあるが、従来より供給体制の不備等により世の中のニーズに充分対応することは困難であった。今後は体制整備や供給システムの充実により、新たな研究所の責務を果たすことが必要である。

2.5 放射線(能)

平成11年秋に起こった茨城県東海村におけるJCOの事故は原子力関係者をはじめ多方面に強い衝撃を与えたが、その際防護に必要となる放射線計測技術についても改めてその重要性が認識されたと言える。放射線計測技術は原子力関連施設や放射線利用加工施設等のみならず、近年では医療現場でも多くのニーズがあるため、放射線標準の充実を図る必要がある。このためX線・ γ 線標準に関して軟X線用標準電離箱の設計・製作、コバルト γ 線照射線量標準の再設定等を行い、国際比較への対応を整備するとともに標準照射場の範囲拡大・精度向上を行う。またSRを利用した軟X線(数100eV)標準研究については、精密な希ガス光吸収断面積等のデータベース化に着手するとともに、軟X線のフルエンス率の絶対測定精度を向上させて標準として完成させる予定である。放射能標準ではそのトレーサビリティ確立のため、認定事業者への標準トランスファ技術開発を行う。特に、 γ 線を放出しない核種の標準確立に必要な解析ソフトの開発やそのシステム移植を図り、放射能全般についてのトレーサビリティ体系を確立する。環境レベルの極微量放射能を高精度で測定するため、イメージングプレートなどの新しい技術を導入し、これまでより2桁程度、測定限界を下げることを目標とするとともに、簡便で確実な測定手法を確立する。また中性子フルエンス標準では、世界における標準研究機関が少ないことにも鑑み、CIPM基幹相互比較に対応しその成果をAPMP関連諸国の相互比較等に活かす予定である。さらに高エネルギー中性子発生源を、KEK-JAERI共同開発予定の大強度陽子線加速器に求め、その標準化へ共同研究を実施する。また基礎研究から標準トランスファー技術の高度化に関する幅広い研究と国際協力を実践し、国際標準高度化の牽引役を果たす予定である。

2.6 真空

近年の科学技術の発達により計測やプロセスの分野で、真空を利用するニーズが高まっている。特に超高真空から極高真空の分野においては、真空環境そのものの導出が新たな科学や技術の創出につながる側面が大きい。真空標準においては、現在開発中の膨張法装置(10^{-4} ～1Pa)を完成し、標準供給方式の信頼性評価の研究を行う予定である。またオリフィス法(10^{-7} ～ 10^{-2} Pa)の装置を整備し、基本性能(到達圧力、圧力の安定性、標準圧力発生)の評価を行う。これにより緊急課題の膨張法とオリフィス法による 10^{-7} ～1Paの国家標準の確立とトレーサビリティの構築を行い、基幹比較やアジア地域における国際比較に参加する予定である。また今後はさらに我が国のオリジナリティを發揮して、 10^{-7} Pa以下の極高真空標準、分圧標準、極微量標準リークの研究を行う予定である。

3. 今後の課題

近年の新たな動向として注目すべきことは、通商・貿易のグローバル化に伴う国際的な相互認証の必要性である。特に通商・貿易においては、それぞれの国の製品がそれぞれの国際的な整合性を有する国家標準へのトレーサビリティが確保されていることが必要である。平成11年10月パリで開催された第21回度量衡総会の際に開かれた第3回計量標準研究所長会議において、国際相互承認(Global MRA (Mutual Recognition Arrangements))が加盟38カ国および2国際機関の代表の署名により発効することになった。このMRAはメートル条約加盟各国の計量標準研究所がお互いの国家計量標準(標準物質を含む)の技術がある基準以上の同等なレベルにあることと、これらの研究所の発行する校正証明書をお互いに認め合うことを目指している。従来、主として先進国間では計量標準の各量の国際比較を行っておりその技術レベルの同等性はお互いに確認されていたが、今後はCIPM(国際度量衡委員会)が主催する基幹比較(Key Comparison)に参加して技術水準を示し、その同等性を確保することになる。また国家標準機関は第三者認証などにより品質システムを確保する必要がある。このMRAに基づく国際的な認証制度はまだ端緒についたばかりであるが、いよいよ標準の世界もグローバル化に向けて動き出した

一つの象徴とすることが出来る。MRAに基づく同等性の保証が実現されれば、輸出国の製品性能と輸入国のその同等性が保証されるため、我が国としても貿易等の発展に益する所が極めて大きいものがある。

一方、このようにこのグローバルMRA実現のために、各国(各経済単位)の国家標準機関は国際比較を通してその技術水準を明らかにし、また標準供給の第一次機関としての品質システムを担保する必要がある。そのためにはまず現在各国が属する地域計量組織(RMO; Regional Metrology Organization)の中で域内のSupplementary Comparisonを行ったり技術水準や品質システムの評価方法等を議論することが求められている。その組織がアジアの場合APMP(Asia Pacific Metrology Program)であり、ここにおいても昨年大きな動きがあった。我が国からは従来APMPには計量研究所のみが加入していたが、平成11年11月台湾新竹市で開かれた第15回APMP総会で電子技術総合研究所、物質工学工業技術研究所および通信技術総合研究所(郵政省)が加入することを表明し、我が国における足並みも揃うことになった。これに加えてこの総会以降我が国が議長国を務めてAPMPをリードしていくことになり、アジア太平洋地域の計量標準分野において我が国が今後果たすべき役割も大きなものになる。通産省の最近の試算によるとAPEC(アジア経済協力会議)域内の貿易・投資自由化により各国のGDPは約4%押し上げられるそうであるが、まさにAPMPの活動はそれに大きく貢献することと考えられる。

さらに国内のトレーサビリティ・システムに目を向けると計量法の改正に伴う変化や、国立研究所や製品評価技術センターの独立行政法人化に伴うシステムの変更等がありうる。計量法による国内トレーサビリティの体系は発足して既に5年を超える。発足以来の課題については、認定事業者の階層構造の導入等、計量法改正等により、国際整合性の確保等、改善が進められつつある。計測標準研究部門としては何よりもまず、国家計量標準の設定、供給を充実することが求められている。トレーサビリティ体系の構築においては、特に上記の国際的な相互承認が実現可能な水準での品質システムを有する体制整備が必要であり、また体系全体の透明性確保に努める必要がある。

計測標準研究部門においては、これらの国内外の動きに対応するためのシステムや体制を整備する必要

があるが、同時に研究の水準においても国際的に極めて高い活動を維持・展開する必要がある。また特に計測技術の研究開発においては研究所内外の諸分野との連携が必要である。これらの課題を克服し新たな展望を切り拓くための研究者の意欲的かつ継続的な研究活動とそれを支える体制の充実を期待したい。

4. おわりに

我が国の国立標準研究所は長い歴史を通じて、国内外に応分の貢献を行ってきたと自負しており、当所においても特に電気を中心とした標準の分野において我が国の産業の役に立つ仕事をしてきた。近年ではジョセフソン効果を利用した電圧標準の確立、量子ホール効果による抵抗標準の確立等新たな量子標準の確立が特筆すべきことである。またシンクロトロン放射を利用した測光・放射標準の研究も世界に数少ない先端的標準技術の一つである。今後も新たな標準開発とその維持・供給に向けた研究を行っていくが、体制整備を含め解決すべき課題は多い。しかしながらこの研究活動は我が国の学術分野のみならず産業・貿易や国民生活の向上に必須のものであり、新たな研究所の計測標準研究部門ではその推進に全力を傾注する所存である。関係各位の今後の一層のご支援をお願いしたい。