23. 電気複合量の一括校正技術の活用事例

■リアルタイム校正とは

米国のすべての電気製品は、製品の安全性の確保のため、UL規格を満たす必要がある。
UL規格では、検査する電子計測器の国家標準へのトレーサビリティが必要となっている。
事業者にとって、電気複合量の一括校正等を実現できる技術（リアルタイム校正）が必要不可欠。

リアルタイム・
キャリブレーション装置

■リアルタイム校正の供給

特徴：
・計測器の電気複合量校正を一度に実現
・生産現場で、計測器の校正がいつでも可能
・国家標準へトレース可能
・装置自体の校正は長期間（5-10年）不要

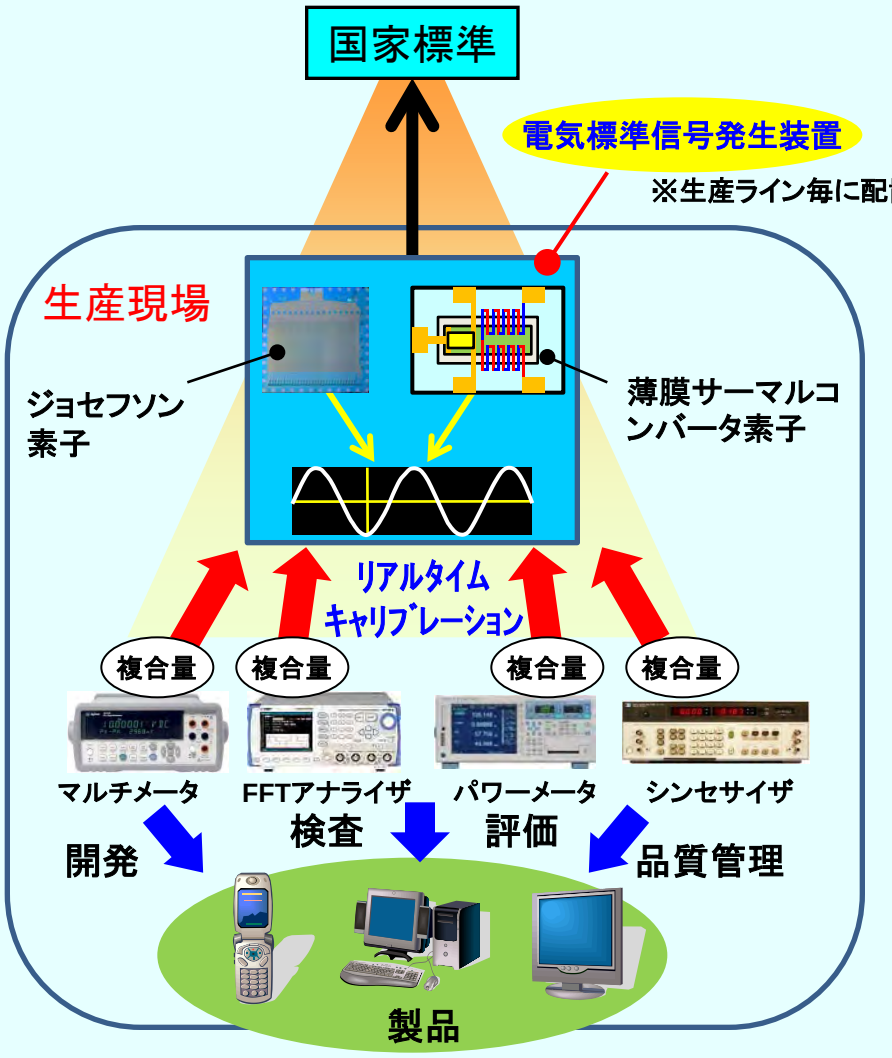
●リアルタイム校正を実現する装置（リアルタイム・キャリブレーション装置）は、産業現場で電子計測器の校正が可能で、国家標準へのトレーサビリティの確保も容易な装置。

●電気標準の中でも特に環境に依存しないジョセフソン電圧標準装置と薄膜型サーマルコンバータ交直変換標準を利用しており、ユーザーは常に校正された値を利用できる。

産業界のニーズ

●リアルタイム・キャリブレーション装置を用いた自動校正により、校正負担のさらなる軽減。

電気製品や電子部品の輸出を支援

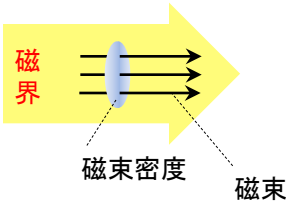


＜新たなトレーサビリティ体系＞

24. 磁界の精密測定活用事例

■磁界とは

磁界は、電流が流れている電線路等の周囲に発生する場を表すもので、一般に磁束密度(T:テスラ)という物理量で表されている。



基本的磁気量については、ある空間中の平面を貫く磁力線の本数を表す磁束(単位:Wb～ウェーバ)及び単位面積あたりの磁束の本数を表す磁束密度(単位:T～テスラ)の校正体系が確立されている。

■磁気標準の開発・整備・供給

核磁気共鳴形磁力計

電磁石で発生させた磁界を、核磁気共鳴型磁力計を用いて測定することで磁束密度標準を確立。

標準ヘルムホルツコイル

- 直流磁束密度(校正範囲:2.5 T～1 μT)
- 交流磁束密度(校正範囲:3 mT～0.1 mT, 50 Hz, 60 Hz)
- 磁束(校正範囲:10 Wb～1m Wb)

磁性材料の性能評価や周囲環境磁場の測定に貢献

◆心磁図や脳磁図による健康診断，磁気治療器として普及している交流磁気治療器やパルス磁気治療器などの性能試験，磁気ネックレスや磁気マットレスなど

◆ロケットや人工衛星などの姿勢制御，宇宙開発，地磁気観測による地震予知や火山噴火予知等の計測器など

◆航空貨物の帯磁物の測定や金属探知機など

低周波領域の電磁界に関する防護指針のうち，たとえば，国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)ガイドラインでは，制限値(参考レベル)は「ばく露された人の前身についての空間的平均値」として定められている。この空間的平均値の実際的な測定方法については，ICNIRPは国際電気標準会議(IEC/TC106)等の任務との認識を示しているが，現在のところ国際的な規格が存在せず，IECにおいて作業すべき優先課題である。

25. 振動・衝撃加速度標準の活用事例

■振動・衝撃加速度計測とは

物体の運動状態（振動または衝撃）を計測することを指す。地震予知、振動公害、自動車の衝突試験等の「安全・安心」に係る分野で特に必要とされ、計測には、主に加速度計や振動レベル計が用いられる。

■標準の開発・整備・供給

振動計測機器で測定する対象に加速度（振動または衝撃波形）を与え、そのときの加速度と共に、振動計測機器から出力される電気信号を、長さ・時間・電気の各量にトレーサビリティが確保された測定装置（一次校正装置）を用いて測定し、感度を算出することで、標準供給が行われる。

jcss校正サービス（2011年3月末時点）
- 超低周波振動加速度（0.1 Hz - 2 Hz）
- 低周波振動加速度　（1 Hz - 200 Hz）
- 中周波振動加速度　（20 Hz - 5 kHz）
- 高周波振動加速度　（5 kHz - 10 kHz）

依頼試験サービス（2011年3月末時点）
- 衝撃加速度（200 m/s^2 – 5000m/s^2）

産業界のニーズ

- ●衝撃加速度校正と遠心加速度校正との整合性検証
- ●角速度計に関する信頼性確保

社会の安全・安心の確保と産業の国際展開に貢献

引用：北陸発電工事株式会社HP
http://www.hokuhatsu.co.jp/skill/prev_mainte.html

①プラント設備点検・診断：
原子力発電所・火力発電所をはじめとする大型プラント内に設置された振動計や可搬型振動校正装置の信頼性確保に活用
（低・中周波振動加速度に対応）

②自動車等の安全・品質保証：
衝突安全性能試験やエンジン開発等で使用される加速度計の信頼性確保に活用
（中・高周波振動加速度に対応）

③振動公害（建築現場、幹線道路、鉄道）：
計量法で定められる振動レベル計・振動基準器の信頼性確保に活用
（低周波振動加速度に対応）

④地震予知・地質調査研究：
気象測器である震度計検定をはじめとして、地震計の信頼性確保に活用
（超低周波・低周波振動加速度に対応）

26. 超音波標準の活用事例

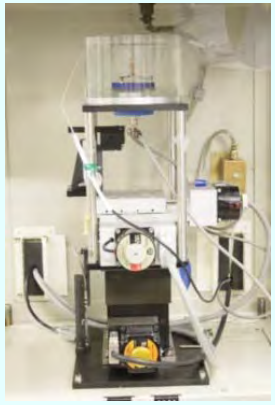
■ 超音波標準とは

主に水中超音波の音響パワー、音圧等の計測に必要な計量標準を指す。現在は、主に、医用超音波機器出力校正に利用されている。一方、超音波洗浄機など、産業用機器に対するニーズも高まりつつある。

■超音波標準の開発・整備・供給

●超音波音圧標準
（ハイドロホン感度校正）
ハイドロホンは水中超音波音圧測定用デバイスであり、その感度を校正する。周波数範囲は0.5 MHz～20 MHz。IEC 62127-2に準拠したレーザ干渉計による校正。

●超音波パワー標準
（超音波振動子出力校正）
超音波振動子から放射される超音波パワーを校正する。周波数、パワー範囲は0.5 MHz～20 MHz, 1 mW～15 W。IEC 61161に準拠した「天秤用」による校正。



●超音波音場パラメタ
医用超音波機器の生体安全性指標となる音響強度、ピーク負音圧などを校正する。IEC 62127-1等に準拠。 周波数範囲は0.5 MHz～20 MHz。

産業界のニーズ

- ●高出力、高音圧の医用超音波機器における計測標準の確立
- ●医用超音波機器の高周波化に伴う対応

医用超音波機器の「効果」と「安全性」の評価に貢献

超音波医療の安全確保のため、医用超音波機器メーカは、 IEC 等の規格に基づいて信頼できる測定を実現し、超音波パワーや音圧の上限を決定するが、それには、国家標準に基づく測定機器校正が不可欠である。産総研では、メーカ等からの依頼により、水中超音波の主要な物理量計測に必要な標準供給を行っている。

◆超音波音圧標準
（ハイドロホン感度校正）
高音圧超音波に付随するキャビテーションは、生体組織を破壊するが、一方で治療応用もあるため、音圧の正確な計測が不可欠である。産総研では、ハイドロホン感度校正を依頼試験で行っている。

◆超音波パワー(振動子出力校正）
超音波パワーは生体温度を上昇させる。意図しない温度上昇は生体を破壊して危険であるが、発熱を利用した治療法も実用化されており、正確な超音波パワー計測が求められる。年間数件の依頼試験を想定しており、産総研で超音波パワー校正の依頼試験を行う。

◆超音波音場パラメタ
超音波音場パラメタは、超音波照射による生体組織へ損傷の程度を与える目安となる。産総研で校正を行っている。

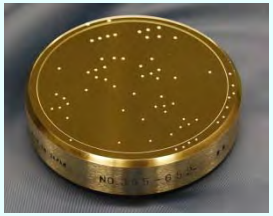
27. 硬さ標準の活用事例

■硬さとは

定まった形状の圧子を試料に押し込み、その永久変形の大きさ(例えばくぼみサイズ)を測定することで、材料の変形抵抗を測る方法。引張強さとより相関があるため、材料の強さの指標としてあらゆる産業で利用されている量である。一方測定対象となる材料の形状や大きさなどにより様々な硬さ測定法があり、試験方法が異なると値には互換性がない。

■硬さ標準の開発・整備・供給

硬さは試験方法が定められて初めて定義できる工業量でありロックウェル硬さだけでも15種類(ISO規格)ある。それぞれの値に対して互換性がないため、ユーザニーズを考慮し順次標準開発と供給を行っている。



ロックウェル硬さ標準片

標準供給を行っている硬さ

◇ ロックウェルCスケール硬さ (試験機・標準片)
数値での直接読み取りが可能で自動車など工業会で広く使われる。

◇ ビッカース硬さ (試験機・標準片)
試験力依存性が少なく材料や厚み等の対応範囲が広い

◇ ブリネル硬さ (標準片)
比較的大きな面積の平均的な硬さ値が求まる

◇ 微小硬さ (標準片)
薄膜や材料強度分布測定など μm 以下の領域が主。弾性特性も求められるため半導体産業やハードコーティング等の計測に用いられる。

産業界のニーズ

- 広い範囲で標準供給を行うための技術開発と供給体制整備
- 試験方法規格が硬さ値を定めるためISOにおける標準化活動

材料強度の信頼性確保と産業への貢献

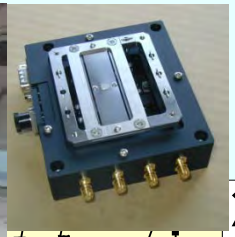
◆トレーサビリティ体系整備と硬さ値の信頼性向上
- ロックウェル・ビッカース・ブリネル硬さ標準-

・国際基幹比較・補間比較への参加とホスト研究所
・新規標準のための国内持ち回り試験
・校正事業者も10事業者以上と年々増加
・ISO規格改定への技術専門家派遣

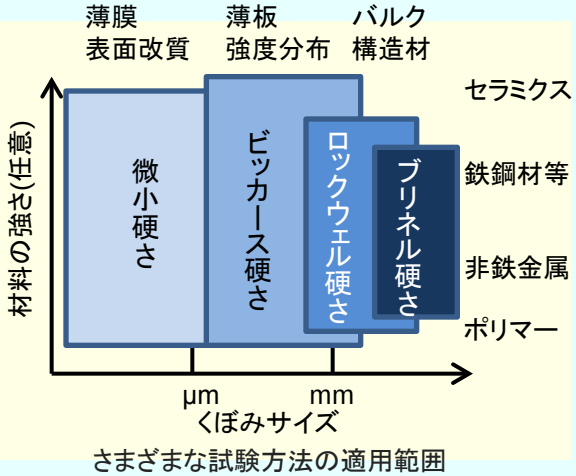
硬さ測定値の信頼性向上

◆微小材料の機械特性評価技術開発と信頼性向上
- 半導体薄膜・微小領域で用いられる微小硬さ標準 –

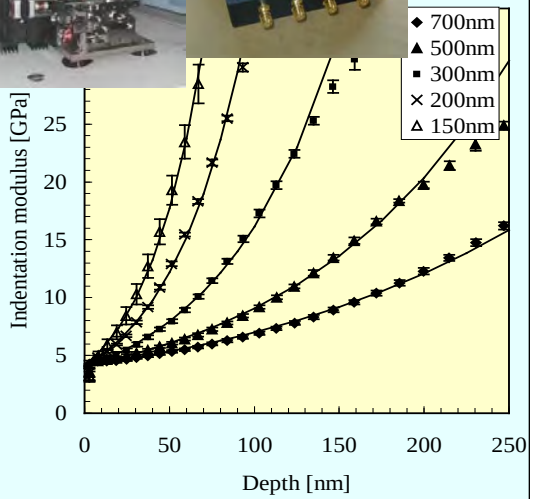
・試験機の校正用干渉計の開発
・表面接触点の検出手法の開発
・ISO 14577による国際標準化活動
・共同研究を通じた産業界へのフィードバック



信頼性確保のための技術開発と供給体制整備



さまざまな試験方法の適用範囲



数100nm領域での機械特性評価
校正技術や解析手法の開発と共同研究

28. EMC測定(～6 GHz以下)用アンテナ標準の活用事例

■EMC測定技術とは

アンテナ標準を利用して測定する、各種電気電子機器から放射される不要電磁波の国際的規制に対応する測定技術。各企業は、自社製品のEMC規制対応が必須となっている。

■EMC規制測定に必要なアンテナ標準整備

EMC規制測定に必要となる以下のアンテナ標準を整備し、供給を開始している。

・ダイポールアンテナ
・バイコニカルアンテナ
・ログペリオディックアンテナ
・リッジドガイドホーンアンテナ

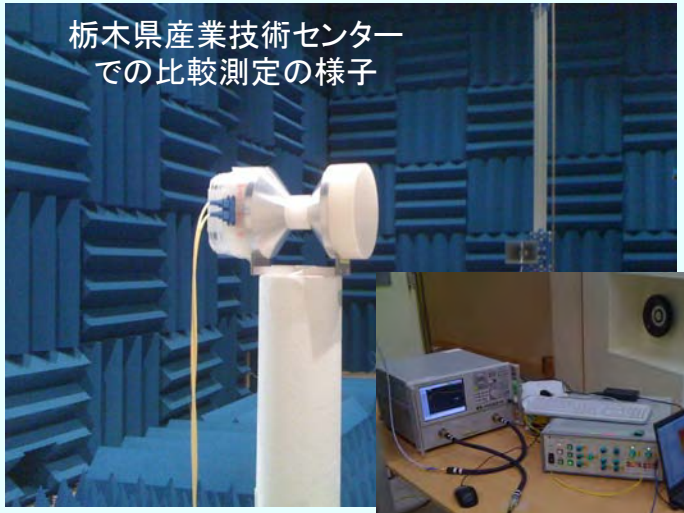
ダイポールアンテナ標準測定の様子

ログペリオディックアンテナ標準測定の様子

産業界のニーズ

●地方公設研へのアンテナ標準の普及による中小企業の開発機器の規制対応への貢献が必要

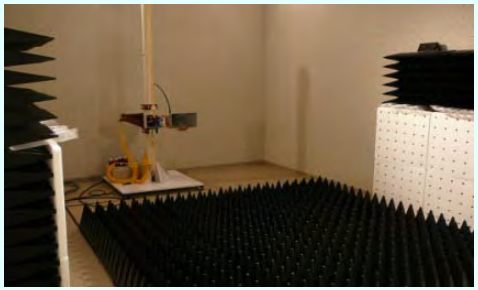
アンテナ標準で電磁波を精密測定して EMI規制対応に貢献



栃木県産業技術センターでの比較測定の様子

・アンテナ標準とその測定技術を活用して、公設研が所有するアンテナに国家標準レベルの基準データを賦与し、公設研設備の評価と育成を実施して、トレーサビリティ確立を支援

・EMC測定の認定取得に必要な、比較測定(技能試験)技術を開発し、各公設研の測定用電波暗室にて比較測定を実施、認定試験所と同等性の確立を支援



山口県産業技術センター電波暗室評価測定の様子

29. 高周波アンテナ標準の活用事例

■各種通信・レーダへのアンテナ標準の活用とは

トラックなど商用車両衝突回避レーダ：
衝突防止機構等の搭載が必須となる規制施行が決定しており、国際整合性の確立したアンテナ標準、散乱体標準が必要である。

安全・安心を向上する自動車用ミリ波レーダのイメージ

米国NISTの取り組み：
人体検知等を主目的として、マイクロ波ミリ波帯のさまざまな周波数の散乱体標準の開発が現在実施されている。

JAXA等が実施する天空観測等：
天空観測には、マイクロ波ミリ波帯の様々な周波数の電波が用いられており、国際整合性の確立したアンテナ標準が必要である。

レーダ用アンテナの写真

■マイクロ波、ミリ波アンテナ標準の開発・整備・供給

各種通信・レーダ等への利用を目的としたマイクロ波ミリ波アンテナ標準開発

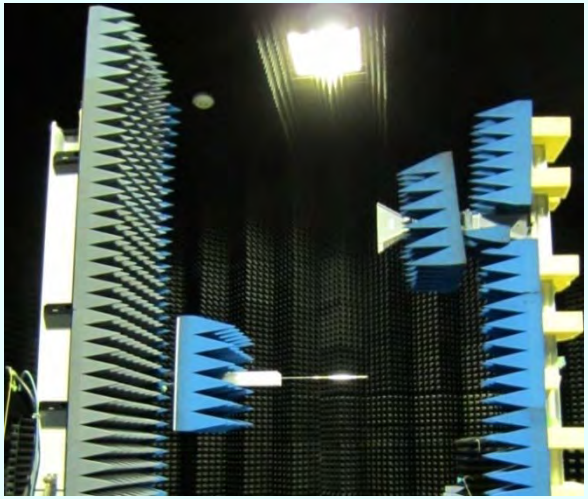
- 1 GHz～110 GHzにわたる超広帯域周波数範囲のアンテナ標準開発
- 携帯通信用途等に応じた周波数での測定を可能とする新測定法開発とサービス実施
- 企業で安価に導入可能な、光デバイスを用いた安価でコンパクトな測定装置開発

産業界のニーズ

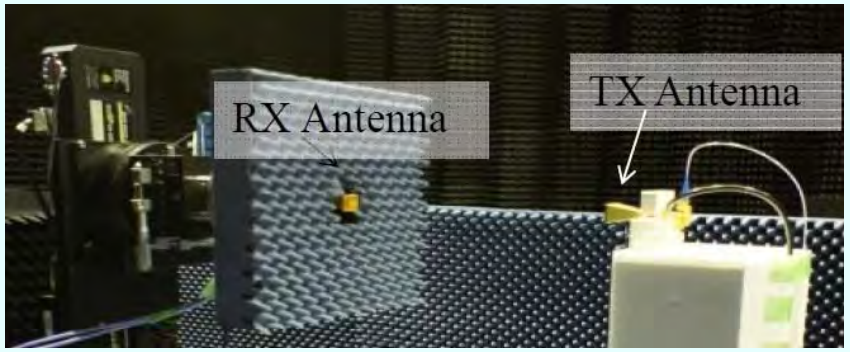
- 通信用途によってアンテナ形状が違うため、すべてのアンテナに対応が必要
- 将来普及が予想される110GHz～THz帯域のアンテナ標準開発が必要

マイクロ波ミリ波帯のEMC規制等に対応したアンテナ標準開発と供給による公設試、企業支援

◆規制開始に先駆けて、規制対応アンテナ標準を供給。公設研を通じた産業界への普及を促進



光デバイスを用いたEMC規制測定用アンテナの校正の様子



光デバイスを用いたミリ波アンテナ特性測定の様子

30. 伝導性EMC試験の活用事例

■伝導性EMC試験とは

伝導性EMC試験とは、電子機器等から発生する電磁波雑音が電源線を通じて影響を与える程度を測定し、国際規格への適合性を評価する試験である。電磁波雑音信号を高周波受信機等で測定する際に、雑音信号源と電磁波測定器の同軸インピーダンス変換器として、擬似電源回路網(LISN)が用いられる。近年では、LED照明や電子化が進む自動車内蔵部品のEMC試験等での利用が不可欠となっている。

■擬似電源回路網等EMC試験機器の校正に向けた取り組み

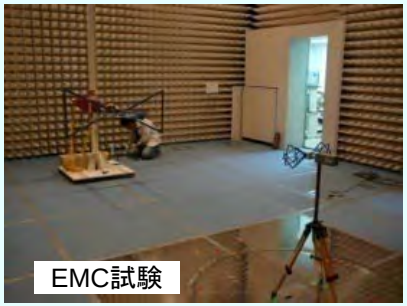
1. 高周波特性のトレーサビリティ確保
   - RF帯域における標準整備（9 kHz~は海外事例なし）
   - 新方式による独自標準の確立
   - 校正技術の確立(Sパラメータ評価技術)
   - JCSSによる標準供給
2. CISPR 16-1-2適合した擬似素子の開発
   - 規格に明記された特性を模擬する擬似素子を実現
   - 擬似素子に対して校正値と不確かさを付与
3. 擬似電源回路網の簡便な校正および適合性判定方法の開発
   - ベクトルネットワークアナライザ（VNA）の評価を必要としない校正方法・適合性評価方法の確立
4. 擬似電源回路網(LISN)を用いたEMC試験の検証方法の開発
   - 擬似素子を用いて複数試験サイトにおけるLISNの設置条件の差異を検証
   - 適合性評価方法、検証方法の技術文書および試験・校正の技術的適用指針の整備

産業界のニーズ

- 擬似電源回路網の校正には、VNAの評価といった技術的に極度に難度の高い評価が必要

効率的な伝導性EMC試験の普及に貢献

擬似素子群



産 総 研
- 国家計量標準の設置
- 擬似素子の開発
- 擬似素子による校正方法の確立

共同研究
技術移転

公設試・EMC試験所
- 擬似素子を用いたEMC試験精度の向上
- 新分野への試験サービスの適用

共同研究
技術移転

技術交流
情報共有

内部校正
部署の支援

サービス提供

校正機関
- 擬似素子の開発
- JCSS制度でのLISN校正
- 適合性評価

国内企業
- タイムリーで容易なEMC適合性評価
- LEDや電気自動車等の新産業市場獲得へ

擬似電源回路網(LISN)

・LED電球

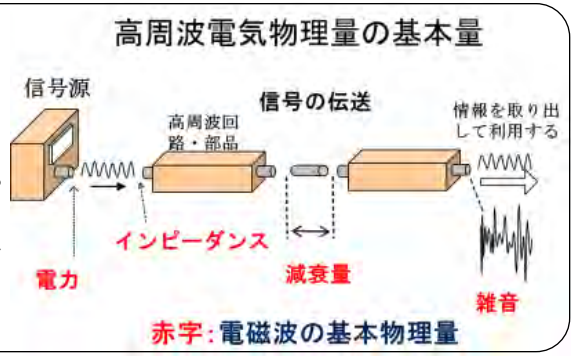
・自動車内の電気信号配線

産総研・公設試・校正・試験事業者の連携による
校正・適合性方法の産業界への普及・定着を推進

31. 高周波標準の活用事例

■高周波標準とは

高周波標準は、電波の特性を測定するために必要な物理量の基本的な計量標準。電波を安心して利用するために、正しい計測が必要。



■高周波標準の開発・整備・供給

- ◆ 電波の利用周波数はギガヘルツ（GHz）帯まで拡大し、さらなる大容量通信、高速通信のために、100 GHz以上の利用に向けた研究開発が進められている。
- ◆ 基本的な高周波標準量に関して、100 GHz帯までの校正サービスを社会に提供している。

産業界のニーズ

- ●電波利用の高周波化が進められており、拡大する周波数利用に対応した高周波標準の整備が必要
- ●誘電体材料や機能材料の高周波物性評価に対するニーズが増大

電波の高精度標準計測により電気通信機器の安全利用に貢献

高周波標準の例

導波管型電力比較校正装置（75-110 GHz）

高周波計測機器の測定結果の信頼性向上のため、計量トレーサビリティにより測定精度を保証

社会での利用シーン

放送局などから送信される電波の出力電力を計量標準に基づき規制

EMC規制に関わる電子機器の性能が、基準を満たしていることを証明

32. 照度標準の活用事例

■照度とは

測光量は、国際単位系(SI)の中では長さ，重さ，電圧などの物理量と異なり、人間の目を基準にした感覚量である。
測光量の中でも照度は、平面状の物体に照射された光の明るさを表す心理的な物理量である。単位は、国際単位系ではルクス（lx）またはルーメン毎平方メートル（lm/m^2）である。

■照度標準の開発・整備・供給

特定標準器により校正された特定副標準器を用いて当所の特定二次標準器及び常用参照標準器を校正し、照度計の標準器として維持管理している。
これとは別に、特定副標準器を用いて、日本電気計器検定所の照度基準器を検査し、法規制のための特定計量器（照度計）の検定を行っている。

産業界のニーズ

- 現在、市販されている各製造メーカーのディジタル照度計については、測定範囲が高照度に渡っているため校正範囲の拡大についてのニーズがある。

生活、労働及び教育環境における安全管理のための照度の信頼性向上に貢献

☆オフィスをはじめ、様々な労働環境や学校，図書館，病院などにおいて、作業効率の向上，安全の確保や健康を守るために、照度の基準に適合しているかを正確に測定しなければならない。

☆取引や証明に用いる照度計は、計量法や関係法令による検定に合格したものでなければならない。

◆学校（屋内）
教室，実験実習室，図書閲覧室，保健室⇒200～700 lx

◆学校（屋外）
バスケット・バレーコート，水泳プール⇒50～150 lx
陸上競技場，サッカー場⇒30～75 lx

◆病院
手術室・・・750～1500 lx
診察室，処置室・・・300～750 lx

◆工場
制御室（計器盤，制御盤）
・・・1500～3000 lx
制御室（一般製造工程）
・・・300～750 lx

33. LED測光標準の活用事例

■LED測光標準とは

LED(発光ダイオード)とは電圧を加えると発光する半導体素子であり、白色LEDは次世代省エネ光源として脚光を浴びている。
LED光は従来光源と異なる分光分布・配光分布を持つため、従来の測光方法・標準が使用できない。

■LED測光標準の開発・整備・供給

●**LED測光標準の確立**
LEDの測光量校正に適した校正装置を独自に開発。厳密な不確かさ評価を実施することにより、LED測光量校正技術を確立、校正サービスを開始。また、LED校正の国際的同等性を確保するため、LEDでは世界最初の国際比較(APMP PR S3-a, S3-b, S3-c)に参加。

●**LEDのための標準器の開発**
LEDメーカと共同で標準器(標準LED)を開発。標準LEDは標準器専用に設計開発したLEDの採用と、独自の温度制御機能を付けることにより高い信頼性を実現。

産業界のニーズ

- LEDの全光束値の高強度化、照明用LEDの急速な普及により、校正ニーズが増加。
- UV(紫外)-LEDの開発が進み、水銀ランプ代替ランプとして普及(紫外線硬化樹脂用光源、ブラックライト代替など)。このためUV-LEDの放射束校正用の標準に対するニーズが増加。

信頼の高い明るさ計測を通じてLED普及に貢献

◆標準LEDを用いた校正サービス

供給範囲: 光度 0.1cd -10 cd, 光束 0.1lm-10 lm
JCSS(計量法校正事業者登録制度)またはJNLA(試験事業者登録制度)の技能試験・現地審査における巡回器物への校正サービス(参照値の校正)を実施。適切な校正サービスを提供することにより、JCSS登録事業者やJNLA事業者の拡充、能力確認に貢献。

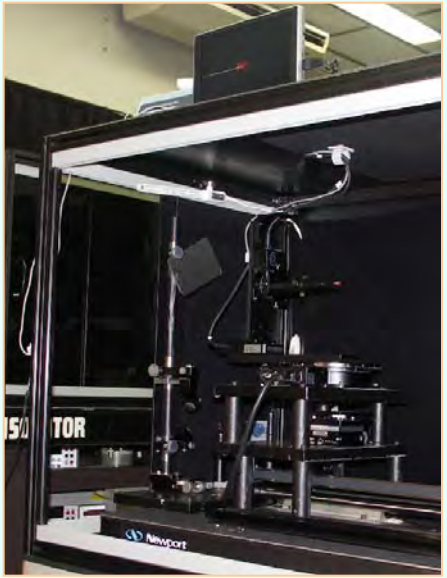
光度用標準LED(手前)と
光束用標準LED(奥)

◆開発された標準LED仕様はJIS規格で引用

この標準LEDのスペック・利便性は非常に高かったため、JIS C 8152:2007 “照明用白色発光ダイオード(LED)の測光方法”では、 LED校正に最適な標準器として当該標準LEDの性能仕様が引用された。そのような背景もあり、当該標準LEDは国内LEDメーカ数社において品質維持のための標準器として採用され、メーカの校正能力向上に貢献している。

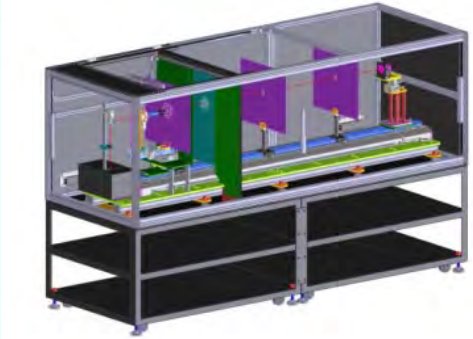
◆公設試験機関及びメーカが産総研開発のLED校正装置を導入

公設試験機関・LEDメーカ等の要望に応じ、産総研が独自開発したLED校正装置を試験機関の測定用途に最適化して再設計。同装置を導入した機関は、当該測定装置を用いたJCSS校正を計画中。



産総研開発のLED測光量校正装置

産総研開発装置を元に製作され,公設試験機関に導入された校正装置



34. 分光拡散反射率標準の活用事例

■分光拡散反射率とは

ある試料に入射した光（放射束）に対する、試料から半空間に反射される光（放射束）の比
→ 光学特性の基礎指標であり、材料の分析・同定・評価手段として、幅広い分野で利用
「分光拡散反射率標準」は分光拡散反射率測定での校正基準となる。

■分光拡散反射率標準の開発・整備・供給

- 積分球を用いた独自の絶対反射率測定
  - 反射率不均一性（最大の不確かさ要因）を従来の約1/10に低減した積分球の開発
  - 積分球の不完全性に対する補正方法の考案
- 世界最高レベルの分光拡散反射率標準の実現

国際整合性の確保

- 基幹国際比較（CCPR-K5）での同等性確認
- 校正・測定能力（CMC）の登録

校正サービス

- 依頼試験による校正サービスの提供

世界最高レベルの高精度測定を可能とした新型積分球

校正サービスに用いる高精度比較校正装置

産業界のニーズ

- 幾何条件および波長範囲の拡張
- 測定方法の標準化、技術文書の整備、技術移転等

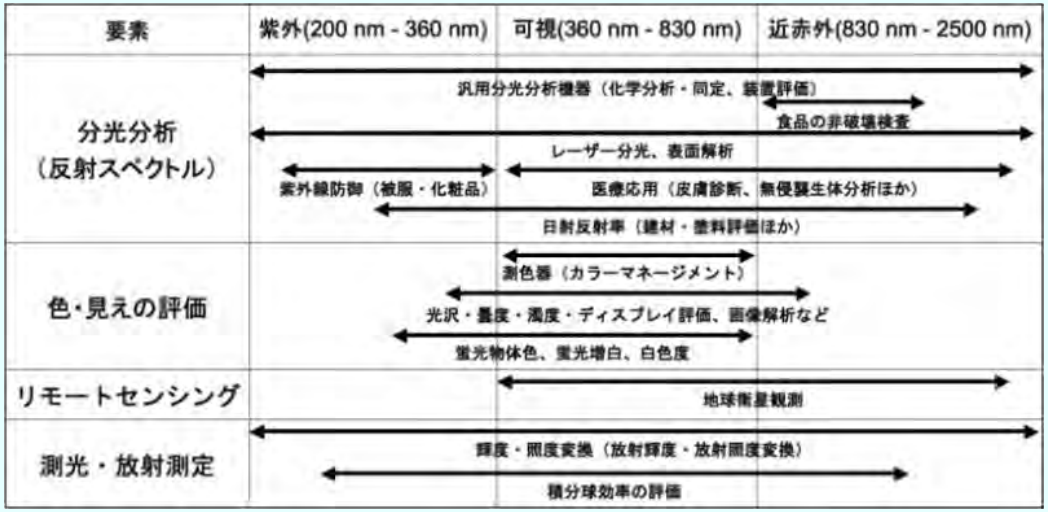
光の反射を精密計測して最先端の材料評価に貢献

◆**依頼試験による校正サービス：累計42件**（2003.4 - 2012.3までの実績）
波長範囲：360 nmから1600 nm （可視域、近赤外域）
幾何条件：2種類 （0º:*d*e、*d*e:0º）

◆**物体色測定の基準となる標準拡散板のトレーサビリティの確立**
白色基準（およびグレースケール基準）のトレーサビリティ確保および国内への普及
→ 色彩関連産業での長年の懸案（国内トレサ確保困難）解消へ大きく前進
物体色測定におけるトレーサビリティの普及促進
→ JIS Z8722（色の測定－反射および透過物体色）でのトレーサビリティ要件
→ 測定結果の信頼性向上への貢献

◆**産業応用を支える分光分析技術の信頼性向上**
分光光度計等の各種分光分析機器の校正基準
→ 分光分析技術とその応用技術の信頼性を支える基盤要素を提供
例：遮熱塗料の日射反射率の測定基準（JIS K5602）

国家標準トレーサブルな標準拡散板の例

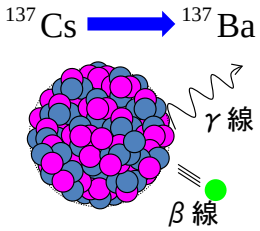


分光拡散反射率標準によって測定の信頼性が確保される主たる応用領域（紫外、可視、近赤外域）

35. 放射線標準の活用事例

■放射線とは

放射線とは、X線、γ線、β線など物質をイオン化することのできる電磁波や粒子線のことをいう。標準としては吸収線量・空気カーマ（Gy：グレイ）を供給しているが、実際に放射線の線量を測定するときには、人体への放射線の効果を考慮した線量当量（Sv：シーベルト）が用いられている。



放射性セシウムからはγ線とβ線が放出される。

■放射線の線量標準の開発・整備・供給

γ線標準

グラファイトで製作された電離箱（グラファイト壁空洞電離箱）を用いて、空気カーマ標準を供給している。γ線の線源は、Co-60とCs-137を数種類用いて、環境レベルから工業レベルの放射線標準を供給している。

X線標準

平行平板型自由空気電離箱を用いて、X線空気カーマ標準およびマンモグラフィX線標準を供給している。W、Mo、Rhのアノード材料で作られたX線管を用いて得られるX線を利用する。管電圧は10～300 kVの範囲。

産業界のニーズ

- 国内のサーベイメータ・個人線量計の斉一性をより確実にするためにγ線・X線の線量当量標準（Sv)の供給
- 除染基準である0.23 μSv/hなど環境レベルに対応するため放射線標準の下限値の拡大

放射線計測の信頼性と安全に貢献

◆サーベイメータ・個人線量計の校正

産総研の放射線標準（空気カーマ）を校正事業者に供給している。校正事業者では、サーベイメータや個人線量計の校正を行っている。

サーベイメータ

個人線量計

◆照射装置・標準線源の校正

放射線照射装置の線量校正や密封線源に線量の値をつけて標準線源をして頒布などが行われている。これらの校正された照射装置や標準線源を用いて、サーベイメータ等の校正を行っている。

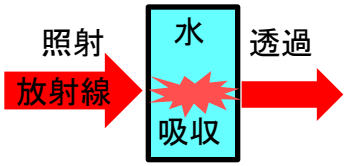
Cs-137 γ線源

照射装置校正の様子

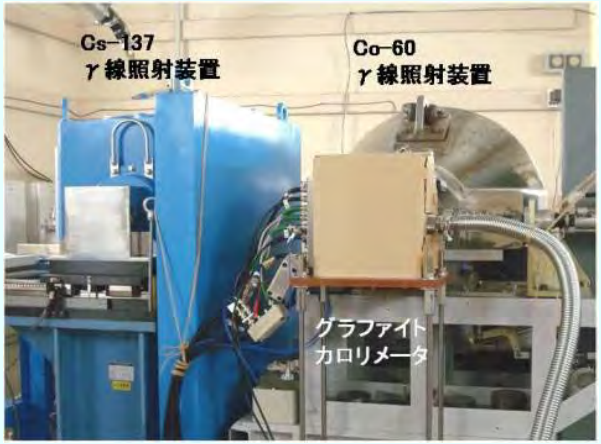
36. 医療用放射線標準の活用事例

■水吸収線量とは

水吸収線量は、人体の主成分である水1kgに放射線が吸収されるエネルギーのことを言う。放射線治療の際に照射する放射線量は、水吸収線量によって決めている。



■Co-60γ線水吸収線量標準の開発・整備・供給



Co-60γ線の水吸収線量をグラファイトカロリメータを用いて評価し、Co-60γ線に対する水吸収線量標準を開発した。

産業界のニーズ

- 医療用リニアックの線量評価における不確かさの向上
- 医療技術の発展に対応した標準の開発（Ir-192、Ru-106標準など）

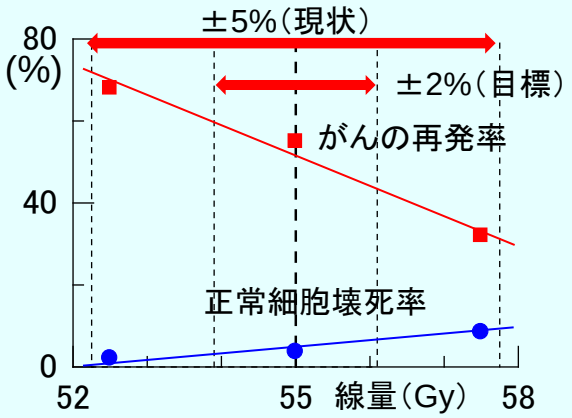
高精度線量評価で放射線治療の信頼性向上

◆高精度の線量評価が必要

線量が5%少ないと、放射線治療の効果は10%以上損なわれ、逆に線量が多いと深刻な副作用が現れる。そのため、正確な線量の評価が要求されている。

◆水吸収線量標準により線量評価の不確かさが向上

グラファイトカロリメータの開発により、医療現場における放射線の水吸収線量評価の不確かさが、2012年度中に、現状の5%程度から3%程度への向上が期待される。



腫瘍と正常細胞に対する放射線の効果

引用：Stewart & Jackson, Laryngoscope, 85, 1107 (1975)

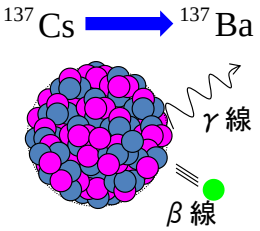
グラファイトカロリメータによる高精度水吸収線量計測

医療用リニアックの高精度線量評価

37. 放射能標準の活用事例

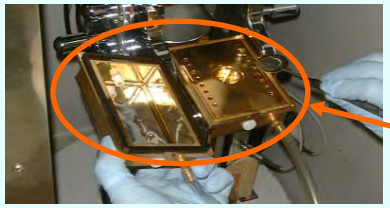
■放射能とは

放射能とは、原子核が壊変して放射線を出す能力のことをいう。放射能の単位はBq（ベクレル）であり、1秒間に原子核が壊変する数を表す。



放射性セシウムの壊変

■放射能濃度標準の開発・整備供給



4πβ-γ同時測定装置

4πβ-γ同時測定装置を用いて、放射能標準を開発した。この装置を用いて、放射能濃度の値を付けた標準放射能溶液を製作し、校正事業者の機器を校正する。また、国際度量衡局が主催する放射能測定の国際比較に継続的に参加し、放射能標準の国際整合性に努めている。

産業界のニーズ

- 核種分析試験所の能力検査のために用いる標準試料の頒布体制の構築
- 環境レベルに対応するため放射能標準の濃度下限値を20Bq/kgに拡大

放射能精密測定技術で社会を守る

◆核種分析装置・表面汚染サーベイメータの校正

産総研の放射能標準を校正事業者に供給している。校正事業者では、放射能濃度の標準体積線源やβ線の放出率を校正している放射能標準面線源を頒布している。これらを用いて、核種分析で用いられているGe半導体検出器やNaIシンチレーションスペクトロメータ、さらに表面汚染サーベイメータを校正して、トレーサビリティのとれた検査が行われる。

産総研で値を付けた標準放射能濃度溶液。校正事業者の測定器を校正するために用いる。

放射能標準体積線源。これを用いて核種分析装置を校正する。

Ge半導体検出器による核種分析

放射能標準面線源

面線源を用いて表面汚染サーベイメータを校正する。

38. 中性子標準の活用事例

■中性子標準とは

放射線の一つである中性子は、原子力産業、製鉄所等の生産現場、研究開発など多くの分野で利用されており、中性子精密測定技術が必要とされている。同時に、中性子による被ばくから作業者を守るために、様々なエネルギーに対する中性子フルエンス、中性子線量当量標準が必要とされている。

■中性子標準の開発・整備・供給

- **中性子フルエンス標準（中性子検出器感度校正）**：熱(0.025 eV)～14.8 MeVまでの広いエネルギー領域の単色中性子を発生し、中性子フルエンスの絶対測定から中性子検出器の応答を校正する。
- **中性子線量当量標準（中性子線量計校正）**：Am-BeやCf-252中性子線源から放出される中性子を利用して、中性子個人線量計や中性子サーベイメータの感度を校正する。
- **性子放出率標準**： Am-BeやCf-252中性子線源といった放射性同位元素による中性子源からの時間当たりの中性子放出数(s^{-1})を校正する。

中性子フルエンス
絶対測定装置群

産業界のニーズ

- 宇宙線の高エネルギー中性子によって起こす問題や航空機飛行中の搭乗員の被ばく線量評価への対応
- 中性子利用施設で実際に人が出入りする環境の中性子スペクトルを模擬した作業環境場への対応

社会の安全・安心と信頼性確保に貢献

①中性子発生施設の安全安心

原子力発電所・核燃料施設をはじめとする中性子発生施設において、中性子標準にトレーサビリティのある中性子線量計やサーベイメータで従事者及び周辺環境を管理することにより放射線に対する安全安心および信頼性確保に活用されている。
（中性子フルエンス、中性子線量当量標準）

水力発電所

中性子放出率簡易測定器

②中性子線源の産業利用

製鉄所や道路工事、水力発電所等で利用される中性子線源の中性子放出率の信頼性確保に活用されている。
（中性子放出率標準）

③トレーサビリティの普及

多くのニーズに対応するためJCSS(校正事業者登録)を通じて標準が供給され、校正事業者の校正範囲も順次拡張されている。
（中性子フルエンス標準、中性子線量当量標準、中性子放出率標準）

平坦応答中性子検出器

高分解能
中性子スペクトロメータ

④高精度中性子測定技術の研究開発

新たな中性子測定技術の開発を行い、社会の変化と新しいニーズに応えるための研究開発や、大学・企業との連携や研究開発支援にも活用されている。

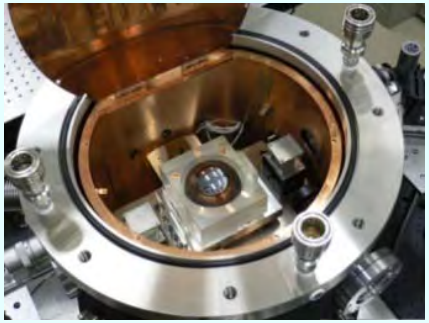
39. 密度・屈折率・粘度標準の活用事例

■密度・屈折率・粘度標準とは

石油，化学，食品，アルコール，醸造，印刷など様々な産業分野における製造工程・品質管理や材料開発評価に利用されているのが密度・屈折率・粘度であり，それら各物性の計測器のスケールを校正するための基準である。

■標準の開発・整備・供給

● 密度標準：
密度絶対測定技術，精密密度比較技術の開発により，単結晶シリコン球体密度を頂点とするトレーサビリティ体系を実現するとともに，アボガドロ定数精密測定，固体密度差検出やPVT性質精密測定技術を開発



シリコン球による密度標準の設定

液中ひょう量による固体密度のjcss標準供給

● 粘度標準：
水の粘度（ISO勧告値）を基準とする精密粘度比較技術による広範囲粘度域をカバーする粘度標準液の校正・供給体系を整備

● 屈折率標準：
液体屈折率精密測定技術を開発しトレーサビリティ体系を確立

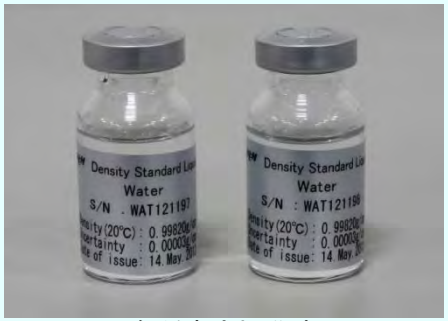
産業界のニーズ

●省エネルギー技術開発における新開発材料に対する評価ニーズに対応するため、地球温暖化係数の小さい作動流体やバイオ燃料等の新燃料の物性評価に資する標準や標準データ提供

様々な液体利用分野を支える 高精度・高信頼性基準

密度・粘度のトレーサビリティ体系

シリコン単結晶球体（密度標準）	1次標準	20℃，大気圧の蒸留水（粘度標準）
↓		↓
液中ひょう量装置	校正装置	細管式粘度計
↓		↓
密度標準液	標準物質	粘度標準液
↓		↓
汎用密度計など	ユーザー	汎用粘度計など



各種密度標準液
（京都電子工業株式会社）

13種類のJIS粘度標準液
（日本グリース株式会社）

◆ 固体密度標準の供給：約10件/年，粘度標準液の校正：約20件/年
◆ 標準液のユーザへの供給
- 密度標準液：約3500/年（JCSS校正証明書発行件数）
- 粘度標準液：約7000本/年
- 屈折率標準液：約700/年（JCSS校正証明書発行件数）

◆ 振動式密度計，屈折率計のJCSS校正

製造工程管理，品質管理や材料評価に貢献
燃料・潤滑油等の石油製品試験・評価，インク材料品質管理，アルコール濃度管理，糖度・塩分等の食品管理，化粧品開発，食品開発，重油燃料管理，作動流体物性評価等

40. 石油流量標準の活用事例

■石油用流量計とは

石油製品の取引や課税の数量の根拠として、また石油化学プラントの生産管理など様々な分野で使用されている。石油用流量計を高精度で使用するためには、実流校正が求められる。

■石油流量標準の開発・整備・供給

石油流量の国家標準（特定標準器）である石油流量校正設備は、世界最高レベルの高精度（不確かさ:0.030 %）が達成された超精密大型設備である。

石油大流量標準設備

石油中流量標準設備

灯油・軽油（一部スピンドル油を含む）に対して流量範囲0.01 ~ 300 m^3/hで校正が可能である。将来は、0.0005 m^3/hまで流量下限を拡大する予定

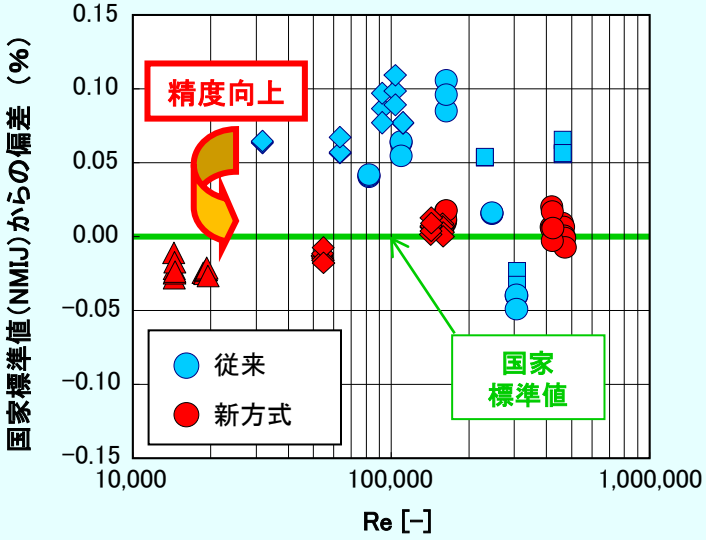
産業界のニーズ

- 現在の流量範囲・校正液種は限定され、 低温流体であるLNG、LPGや、高粘度流体であるC重油、重油などの流量標準が不十分
- 液種によっては現在の校正事業者での校正精度では不十分であるケースも見られる。

石油を正確に測定して省エネルギーと公正な取引に貢献

民間流量計校正能力の向上

国家標準を活用することにより国内校正機関の校正能力が著しく向上



計量トレーサビリティの普及

多種多様な石油類、広い流量範囲で流量計を使用する産業界のニーズに対応するために、国家標準からJCSS制度を通じて、校正事業者での校正可能な流量範囲（～810 m^3/hへ）及び液種（ガソリン・重油へ）が拡張されている

校正事業者の校正設備

流量計開発プラットフォームとしての役割

計量器産業の流量計開発プラットフォームとして、重要な役割を担っている。流量計のもつ粘度特性を要因とする不確かさの低減や作業効率の向上を図るべく流量計メーカーと共同で高精度流量計の開発を継続的に実施し、国内産業力の強化に貢献している。

流量計の新型回転子

新型流量計

41. 水素ガス流量標準の活用事例

■水素ガス流量標準とは

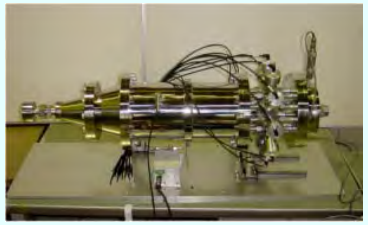
地球温暖化対策やエネルギー問題などの解決へ向け、急速な発展が期待される燃料電池において、燃料である水素ガスの適切な計量取引の実施のため、水素ガス流量標準の整備が必要である。

■水素ガス流量標準の開発・整備・供給

実用標準ノズルはISO 9300で規格化された臨界ノズルで、計量法を用いた特定標準器によって校正されている。

校正の効率化と流量拡大のため、臨界ノズルを複数組み込んだ実用標準マルチノズルによって、水素ガス関連実証研究を進めている。

流量範囲5mg/min-100g/minについて2014年度中に標準供給を開始する予定である。



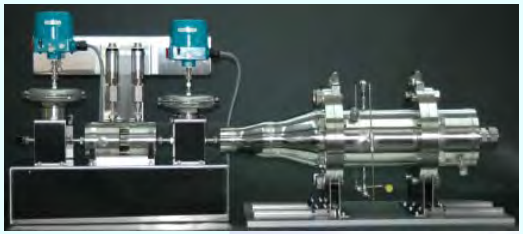
産業界のニーズ

- 100MPa級化に伴い、標準流量範囲の拡大が必要である。
- 高圧水素大流量供給設備を民間企業が単独で整備するのは難しい。

次世代燃料の水素の普及を目指して

◆水素ステーション用高圧流量計の校正技術の構築

岩谷瓦斯株式会社との共同研究において、水素・燃料電池自動車インフラ整備に関連して、国家標準トレーサブルな高圧水素大流量供給設備の整備と流量計校正技術の確立を目標としている。これまでに、高圧水素用臨界ノズル式流量計の臨界背圧比や流出係数についての実在気体特性評価や、国内で進められている実証水素ステーションディスペンサーで使用されているコリオリ式流量計の性能評価を実施してきた。
研究成果を踏まえて、高圧水素用流量計の校正技術の確立し、校正事業化を計画している。また、世界に先駆けた業界・工業規格の整備や国際標準化を目指している。



◆家庭用燃料電池の水素計量システムの技術検証

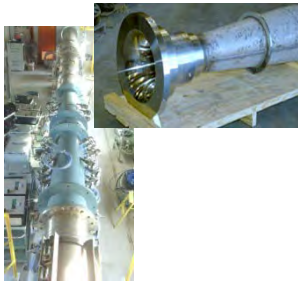
岩谷産業株式会社との共同研究において、家庭用燃料電池普及に向けて、流量計を用いた安定かつ安全な水素供給の実現、将来の水素商取引を想定した計量システム構築を目的として、計量トレーサビリティを考慮した計量方法の確立や計量システムの性能評価及び長期安定性評価を実施中である。実証試験はHySUT(水素供給・利用技術研究組合)事業の一つである北九州水素タウン(北九州市東田地区)内実証住宅で実施中である。

水素ガスに加え、都市ガス流量標準の整備・供給も2014年度中に予定している。

42. 高レイノルズ数流量標準の活用事例

■高レイノルズ数流量標準とは

発電プラントにおいては、非常に高いレイノルズ数（流体力学的相似則が成立する無次元数）における流量計測が行われている。省エネおよび安全性向上の観点からは、ここで使用する流量計を実際と同じ高いレイノルズ数において校正する必要がある。



■水流量標準の開発・整備・供給

●高レイノルズ数流量校正設備は水流量に関する国家標準（特定標準器）の一部として構築された。本設備は世界最大規模の水流量校正設備である。

●最大レイノルズ数 2.0×10^7、最大流量 $12000 m^3/h$ を達成。このレイノルズ数は世界最大で、実プラントでの値に相当する。校正の不確かさは0.08%～0.10%。また最高水温80 ℃まで試験が可能。

産業界のニーズ

●実温度における試験が必要であり、高温高圧における試験設備に関して不十分な面がある。

発電プラント等における省エネルギー、安全性向上に貢献

◆原子力発電所用給水流量計

原子力発電所の熱出力管理に使用される給水流量計（従来はASME-PTC6に準拠したFlow Nozzle）に、超音波流量計を適用し、その基礎試験を実施。

本試験では、レイノルズ数のパラメータ（水温や流量など）のほか、上流側配管条件をより実機に近づけるために立体配管による試験も実施。

米国では低レイノルズ数の校正結果から、外挿等を用いて、実プラントの校正値を得ているが、本研究では正確な流量測定ためには高レイノルズ数における校正が必要であることを実証。

◆発電プラント等蒸気タービン評価

Flow Nozzleは、発電プラントにおける蒸気タービンの性能評価に広く使用されている。高レイノルズ数流量標準により実プラントと同じ高いレイノルズ数での試験を実施し、ASME規格における外挿方法についての問題点を明らかにしつつある。また、本ノズルにおいても、実流（実レイノルズ数）校正の必要性が高いことが明らかにされつつある。

また、実プラントに納品されるFlow Nozzleについての校正も実施してきている。

※発電プラントの海外における積極的な建築にともない、高レイノルズ数校正設備の唯一性から、今後、より海外に向けた高レイノルズ数水流量に関する標準供給が期待される。

※上記の他、大型ポンプ評価に用いる流量計の校正等への標準供給が期待される。