

G-QuAT-KRISS 量子ワークショップを開催

産総研 量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル研究センター(G-QuAT) 企画室長 浦野 千春

本年1月、産業技術総合研究所(産総研)と韓国標準科学研究所(KRISS)の間で締結済みであった既存の研究協力覚書(MOU)に量子案件を追加する形で包括的MOUが締結されました。このMOUをベースとした人材交流や合同シンポジウムを通じた情報共有、共同研究等を進めていくための連携相手を探すための第一歩として、8月1日に産総研つくばセンターにおいて「G-QuAT-KRISS 量子ワークショップ」が開催されました。ワークショップでは、G-QuATとKRISS双方の量子技術に関する概要に続き、量子計算機、量子センシング技術、量子計算機の実装技術やテストベッド、といった量子技術周辺の個別の取り組みが双方から紹介されました。その後、ランチ懇親会を挟み、ラボツアーとして2時間かけて5つの実験室を見学していただきました。

今回のワークショップにおいては、今後の展望や課題等について活発な議論が交わされ、連携に向けて良いスタートが切れたと思われま



左: Dr. Ho Seong Lee (KRISS院長)、右: 村山宣光 (産総研副理事長)



参加者の集合写真



物理計測標準研究部門首席研究員挨拶

物理計測標準研究部門 首席研究員 福田 大治

19世紀より幕を開けた物理学や量子力学はその後急速な発展を遂げ、21世紀を迎えた今では応用に向けて新たな段階を迎えています。特に近年では、量子力学を駆使した量子コンピュータや量子センサは、既存を遥かに上回る大規模計算や検出性能が得られるものとして、大きな期待が寄せられています。これらの新しい量子アプリケーションでは、原子や電子、光子の持つ普遍的な量子性と密接に係わっており、その点、計量標準とも切っても切れない関係があり

ます。例えば、絶対的な安全性を持つ光通信方式の一つである量子鍵配布では、伝送路中の光子の定量性が通信の秘匿性を担保する重要な物理量となります。今後、数々の新しい量子アプリケーションが登場し、それが社会実装としてビジネス展開していくことが予想され、それを支える Metrology の重要性も益々高まっていくことでしょう。このような背景の下、量子技術の進展に追従した高度計測技術を開発しその技術力を維持するとともに、新しいアプリケーション展開に向け日本企業が容易に新量子産業に参入できるような環境作りが、これからの計量研究機関に求められていると感じています。

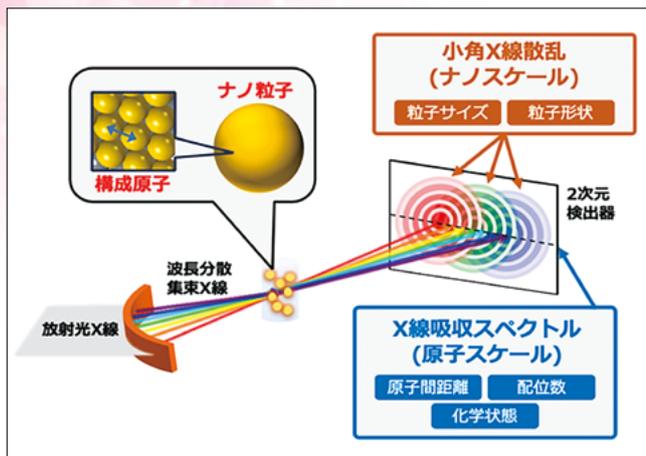
研究トピックス

ナノ材料のマルチモーダル分析に向けた X 線吸収分光と小角 X 線散乱の同時計測技術の開発

白澤 徹郎

燃料電池をはじめとした様々な工業製品を構成するナノ材料の機能を左右するのは、ナノ構造の大きさや形状といったナノスケール構造、および原子間距離、配位数、化学状態といった原子スケールの特性です。小角 X 線散乱法と X 線吸収分光法は、それぞれ、ナノスケールと原子スケールの構造観察に用いられる計測法であり、ナノ材料分析に相補利用されてきました。

NMIJ では、ナノ材料分析技術を高度化するための研究開発を進めており、白色放射光 X 線から作り出した波長分散集束 X 線と 2 次元検出器を活用して、小角 X 線散乱と X 線吸収スペクトルを同時かつ高速に計測する技術を開発しました。



開発した X 線吸収スペクトルと小角 X 線散乱の同時計測技術

本技術を用いて、燃料電池の電極を構成する貴金属ナノ粒子の計測を行い、ナノスケール構造と原子スケール構造を 0.1 秒で同時観察することに成功しました。さらにナノ材料分析の高効率化だけでなく、本技術を材料機能の発現中に計測するオペランド観察に活用することにより、ナノスケール構造と原子スケール特性およびそれらと材料機能との相関を明らかにできます。本技術で得られるマルチモーダルな情報を統合的に分析することにより、機能を最大化するためのナノ材料の構造や特性の予測が可能になると期待されます。

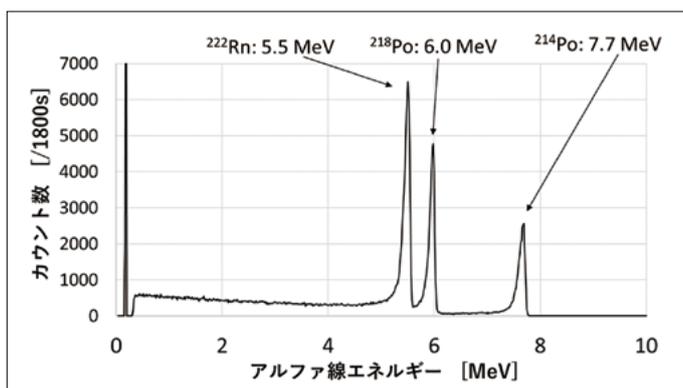
参考文献：

T. Shirasawa et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.* **26**, 18493, 2024, <https://doi.org/10.1039/D4CP01399A>

比例計数管によるラドンの放射能標準の開発

古川 理央、原野 英樹

^{222}Rn (ラドン) は岩石等を発生源とする天然由来の放射性希ガスです。天然由来の放射性物質のうち、ラドンとその子孫核種は世界平均で一般公衆の被ばくの最大の要因です。それらに由来する内部被ばくによる肺がんリスクを適切に管理するため、ラドンの放射能濃度 [Bq m^{-3}] を測定するための様々な種類のラドンモニタが流通しています。他の放射性希ガスと異なり、ラドンは子孫核種も放射性で、さらに一部の子孫核種は正に帯電した金属イオンであるという特徴があります。NMIJ では子孫核種が内壁表面に付着する可能性を考慮し、有効体積を正確に求められる工夫を施した比例計数管 (多電極比例計数管、Multi-electrode proportional counter: MEPC) を用いた標準開発を行っています。MEPC の測定効率にはラドンと子孫核種からの放射線の幾何条件によって決定されます。NMIJ は数値計算等を用いて測定効率を評価し、MEPC で暫定的にラドン濃度を決定する事に成功しました。今後は MEPC の測定条件を最適化し、他の標準との比較等を通して、より高精度な測定を目指します。また、第 3 期知的基盤整備計画に則り、2026 年度をめどに校正システムの整備にも取り組みます。

MEPC により得られたラドンと子孫核種の α 線スペクトル

参考文献：

R. Furukawa, et al., *Appl. Radiat. Isot.* **202**, 111076, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2023.111076>



多電極比例計数管

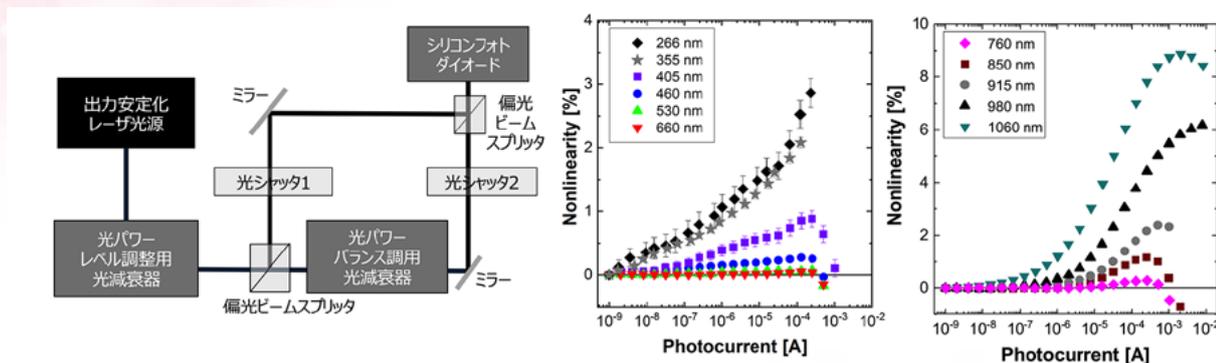
シリコンフォトダイオードを用いた広い光パワー評価法の開発

田辺 稔

シリコンフォトダイオード (Si PD) は、紫外域から近赤外域の波長、数百ピコワットから数ミリワットの入射光に対して光パワー精密測定が可能です。しかし、その広い光パワー範囲に対して、応答が直線的であることが理想ですが、実際には非直線的応答を示す範囲が存在し、かつ、その値が入射波長によっても異なります。この応答非直線性は、Si PD を利用する測光・放射測定・測色の分野での測定精度に影響を及ぼします。

NMIJ では、紫外域から近赤外域の入射波長に対する Si PD の応答非直線性を精密に測定できる装置を開発しました。数種類の Si PD の応答非直線性を評価したところ、その特性は種類によって大きく異なり、また強い波長依存性を示すことが分かりました。Si PD の応答非直線性の発生機構をモデル化した理論との比較検討も進め、応答非直線性の理論的な予測も可能にしました。これらの研究成果を用いることで、多様な波長に対する Si PD の応答非直線性を予測、補正することができ、広い光パワー範囲での測光・放射測定の高精度化が可能となります。

参考文献：M. Tanabe, *Meas. Sci. and Technol.* **35**, 022001, 2024,
<https://doi.org/10.1088/1361-6501/ad080c>



Si PD の応答非直線性測定装置 (左) と測定結果 (中：紫外・可視域、右：近赤外域)

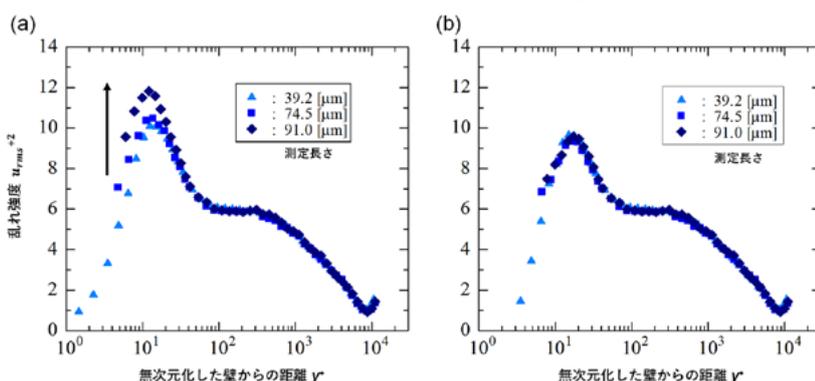
空間分解能の補正によるレーザードップラー流速測定方法の高精度化

小野 満里絵、古市 紀之

水道からプラントまで、様々な流体が管路を通して輸送されています。管内の流動状態を正確に知ることは、安全性の向上や輸送にかかるエネルギー削減の観点から非常に重要です。しかし、発電および大型製造プラント等で見られる大流量 (高レイノルズ数) に対しては、実験設備の不足や計測難易度の高さから基本的な特性すらも明らかになっていません。このような場において、管内の流速分布を正確に計測することは、流動状態を明らかにする重要な鍵の一つとなります。レーザードップラー流速測定 (LDV) は流れに対して非侵襲的に計測できる手法であり、液体を作動流体とする流れ場において有用です。しかし、大流量の流れ場では LDV 装置の測定体積に由来する空間分解能の問題が顕在化し、流速と流速の RMS 値である乱れ強度の測定値に大きく影響を与えます。

我々は水大流量国家標準設備において LDV によって流速を計測し、空間分解能の影響評価を行いました。測定体積のうち、計測結果に直接影響する長さを測定長さとして定義し、異なる測定長さで流速を計測したところ、測定長さの増大とともに壁近傍の乱れ強度が増大する結果が得られました (図 (a))。この影響を補正するためには、測定長さを正確に得ることが重要になります。そこで、細線回転式 LDV 校正装置を新たに測定長さの実測に応用しました。

得られた測定長さとして流れ場の速度勾配に基づいて補正を適用したところ、図に示すように異なる測定長さで計測した乱れ強度の値が整合する結果を得ることができました (図 (b))。今後、ドイツ PTB との共同研究により、我々が開発した補正方法の妥当性の検証を行っていく予定です。



円管内の各位置における流速の RMS 値 (a) 実測値 (b) 補正後の値

参考文献：

M. Ono et al., *Phys. Fluids* **34**, 045103, 2022,
<https://doi.org/10.1063/5.0084863>

注目のトピックス

第 19 回 NMIJ-KRISS サミット

2024 年 7 月 30 日、NMIJ と韓国標準科学研究院 (KRISS) の両機関は、NMIJ (つくば市) にて、第 19 回 NMIJ-KRISS サミットを開催いたしました。

近年はコロナ禍により、オンラインでの開催を余儀なくされていましたが、今年度は 5 年ぶりの対面会議となりました。

KRISS からの 7 名の代表者と NMIJ の各部門の代表者は、前回の協力パッケージ (2019 年) のレビューを行い、また KRISS が新たに提案した協力パッケージなど様々なトピックについて議論を交わしました。本サミットでは、両機関のデジタルトランスフォーメーションおよび量子技術開発についての発表も行われました。

7 月 31 日には NMIJ のラボツアーが開催されました。KRISS からの代表者は 6 ヶ所のラボをめぐり、また水素燃料電池自動車を間近で見学するなど、両機関の専門家による技術的および科学的な情報交換が行われました。

本サミットでは、引き続き議論を要するトピックもある中、水素計測や光時計のリアルタイム国際比較などで協力を推し進めることで合意に達しています。両機関の技術協力のさらなる強化が期待されます。



第 44 回 日韓法定計量協力委員会を日本にて開催

2024 年 7 月 11 日、12 日、横浜にて、第 44 回日韓法定計量協力委員会が開催されました。本委員会の目的は、NMIJ と韓国技術標準院 (KATS) 等の MOU に基づき、日本と韓国の法定計量に関する情報交換及び交流を図り、国際社会における協力体制を築くことです。

日本からは、経済産業省より平林氏、木地本氏、菊地氏、日本電気計器検定所 (JEMIC) より手塚氏、渡邊氏、山外氏、NMIJ より 部門長 大田、三倉、森中、伊藤、神長、島田、堀越の 13 名が参加しました。韓国からは、KATS より Yonghyun LEE 氏を含む 2 名、韓国計量測定協会 (KASTO) より 2 名、韓国機械電気電子試験研究院 (KTC) より 1 名、韓国産業技術試験院 (KTL) より 1 名、韓国化学試験研究院 (KTR) より 1 名の計 7 名、全 20 名が参加しました。

7 月 11 日の主な内容は、日本の計量法、日本の法定計量制度に対する韓国からの質問及びその回答、各参加機関の年次報告、両国の EV 充電器システム及び関連業務、国際法定計量機関との連携等でした。翌 12 日には韓国側の希望により、株式会社タツノを訪問し、水素充填設備等を見学しました。本委員会の開催により、法定計量に関する両国の協力関係を更に強めることができました。次回は、2025 年に韓国で開催する予定です。



第 44 回 日韓法定計量協力委員会



株式会社タツノ ショールームにて

国際度量衡局 (BIPM) との MOU を更新

NMIJ と BIPM は、2024 年 6 月 9 日に研究協力覚書 (MOU) を更新しました。NMIJ と BIPM は、2014 年に締結された MOU の枠組みのもと、約 10 年にわたり研究連携を継続してきました。これまでの MOU では、定量 NMR に関連した研究分野に重点的に取り組み、多くの成果を創出してきました。本 MOU 更新では、量子科学や放射線計測等の注目度の高い分野を中心に連携対象を広げています。この更新によって、両機関における研究連携体制がよりいっそう強化され、計量計測分野全体の発展が加速されると期待されます。



総合センター長 臼田



Dr. Milton, BIPM 局長

タイ王国科学サービス局 (DSS) と MOU を締結



総合センター長 臼田

MD, FETP, Rungrueng Kitphati,
Director General, DSS

NMIJ と DSS は、2024 年 7 月 11 日に MOU を締結しました。

これまで両機関が結んでいた研究協力に関する意向書 (LOI、2015 年から約 7 年間締結) は、長さおよび質量関連の校正が主な技術交流の対象となっていました。

今回、両機関は、校正範囲拡大の動きとニーズの多様化に対応するため、計測分野における全方位的な連携強化の必要性を認識し、計量標準総合センター内の 4 部門にまたがる技術を包括的に扱うためにも個別 MOU の締結が適切との判断に至りました。これからの計測分野における技術交流のさらなる拡張が期待されます。

ドイツ物理工学研究所 (PTB) と LOI を更新

2024 年 8 月 23 日、NMIJ とドイツ物理工学研究所 (PTB) は研究協力に関する意向書 (LOI) を更新しました。この LOI は、2015 年の初回調印より継続されており、キログラムの実現精度を向上させるための協力研究に主眼を置いています。これまで、NMIJ と PTB は研究協力を進め、世界最高水準の精度でのキログラム実現に成功しています。現在、世界各国の質量の国家標準は、NMIJ と PTB を含む、複数の研究機関によるキログラム実現結果にもとづき決定されており、両機関の研究協力は、国際的な質量基準の精度を高める鍵となることが期待されています。



総合センター長 臼田

Prof. Dr. Cornelia Denz
PTB 所長

APMP 質量関連量技術委員会 (TCM) 新議長挨拶

工学計測標準研究部門
上級主任研究員
大串 浩司

私は計量標準総合センター、工学計測標準研究部門にて、26 年間にわたり力とトルクの計量標準並びに計測技術の研究に従事してきました。この度、アジア太平洋計量計画 (APMP) の 12 技術委員会の一つである質量関連量技術委員会 (TCM) にて新議長に選出されたことを心より感謝し、光栄に思います。任期は 2023 年 12 月から 2026 年 11 月までの 3 年間です。

TCM 議長として、加盟メンバー機関との国際研究協力、国際比較、CMC 承認取得、KCDB への登録を円滑に推進していきたいと考えています。TCM は質量、密度、力、トルク、圧力、真空、硬さ、重力加速度といった多岐にわたる量を担当しています。これらの目標を達成するためには、多くの専門家の協力が不可欠です。

TCM メンバー全員が一丸となってこれらの目標に向かって取り組めるよう、精一杯努めたいと思います。NMIJ 内外の皆様のお力添えをどうぞよろしくお願い申し上げます。

NICTとのBeyond 5G/6Gを支える計量標準・校正技術ロードマップ

物理計測標準研究部門 高周波標準研究グループ長 木下 基



NICTと共同制作し、公開されたロードマップ

次世代通信システムであるBeyond 5G/6Gの実現のために、計量標準に基づいた測定によって無線機の性能を担保する必要があります。そのため、無線局免許に必要な測定器の国内最上位の校正サービスを実施する情報通信研究機構(NICT)と高周波分野における国家計量標準機関である産総研の研究開発スケジュールを示すことで、産業界におけるBeyond 5G/6Gに関する技術開発計画の策定が可能となります。

今回、NICTと産総研が共同で「Beyond 5G/6Gを支える計量標準・校正技術ロードマップ」(以下、ロードマップ)を制作し、2024年5月に公開しました。ロードマップにはBeyond 5G/6G時代に必要な計量標準および校正技術に関する重要な指針が示されています。特に、現状では未整備となっている330 GHzから1.1 THzまでのテラヘルツ帯における計量標準と校正技術の研究開発計画を示すことで、無線機の開発と実用のための重要な指針として活用されることが期待されます。ロードマップは、リーフレットとして頒布されているほか、NICTと産総研のWebサイトからダウンロード可能であり、今後の技術開発に向けた重要な資料となります。

— 共同プレスリリース —

産総研：https://www.aist.go.jp/aist_j/news/pr20240520.html

NICT：<https://www.nict.go.jp/press/2024/05/20-1.html>

— ダウンロードサイト —

産総研：<https://unit.aist.go.jp/nmij/news/2024/pdf/20240520.pdf>

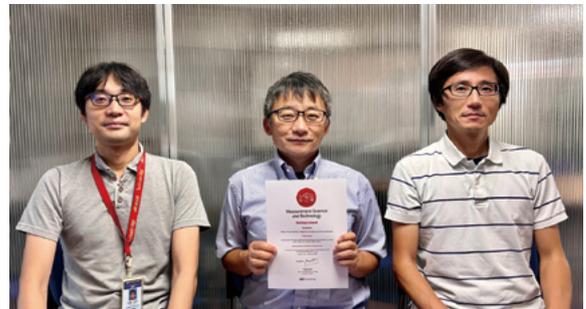
NICT：<https://rri.nict.go.jp/#download>



金子晋久、岡崎雄馬、田中隆宏がMeasurement Science and Technology Centenary Awardを受賞

物理計測標準研究部門 首席研究員 金子晋久と同部門 量子電気標準研究グループ 主任研究員 岡崎雄馬と分析計測標準研究部門 放射線標準研究グループ 主任研究員 田中隆宏が執筆した論文「Perspectives of the generation and measurement of small electric currents」がMeasurement Science and Technology Centenary Awardを受賞しました。この論文では、微小電流(主に 10^{-15} Aの領域)の発生と測定について、歴史的背景と現状、そして将来展望を、NMIJの研究成果を含めて包括的に解説しました。国際単位系(SI)が2019年に改定され、特に微小電流の標準の実現には単一電子の制御による量子的アプローチが不可欠となり、NMIJでも多くの研究成果を上げてきました。微小電流の関連技術は、特に放射線の線量計測や気体中の微粒子計測を支える基盤でもあるため、NMIJの研究成果が一日も早く社会実装できるように研究を進めていきます。

参考文献：N.-H. Kaneko et al., *Meas. Sci. Technol.* 35, 011001, 2024, <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ad03a2>



左：主任研究員 岡崎雄馬、中央：首席研究員 金子晋久、右：主任研究員 田中隆宏

一般社団法人日本環境測定分析協会設立50周年



記念式典・祝賀会の様子
提供：(一社)日本環境測定分析協会

一般社団法人日本環境測定分析協会(JEMCA)が設立50周年を迎え、2024年5月28日に記念式典・祝賀会が開催されました。JEMCAは、環境測定分析事業の適正な管理の推進を図ることにより環境保全に貢献することを目的に、精度管理をはじめとする多様な事業を継続して行っています。NMIJも委員派遣等で活動に協力してきたことから、設立50周年記念協会功労者表彰において、計量標準普及セン



左：計量標準専門主務 黒岩貴芳
右：招聘研究員 高津章子

ターの計量標準専門主務 黒岩貴芳と招聘研究員 高津章子が「協会の事業の推進への長年の貢献、業界発展への寄与」の功績により表彰されました。

BIPMにおける量子ワークショップ開催

昨今、量子コンピュータ、量子センサーなどの技術における標準・標準化の重要性が注目を集める中、2024年3月21日、22日、BIPMにおいて、Workshop on Accelerating the Adoption of Quantum Technologies through Measurements and Standardsが開催されました。産総研からはNMI長として計量標準総合センター長 白田孝が講演をし、首席研究員 福田大治、上級主任研究員 中村秀司が参加しました。また首席研究員 金子晋久が9機関からなるオーガナイザー委員の一人として会議準備・運営・司会などを行いました。想定を上回る39カ国・経済圏の43の国家計量機関・指名計量標準機関から149名の参加者が集まり、現状の整理、今後の国際的な連携の重要性について活発な議論が行われました。



©Carole Martin

詳しくは、<https://www.bipm.org/en/bipm-workshops/quantum-tech> に情報がありますのでご覧ください。

Emerging Scientist Workshop (日中韓若手研究者ワークショップ、ESW) 2024 参加報告

金子 晋久

日本、中国、韓国の国家計量標準機関の若手研究者が参加する Emerging Scientist Workshop (ESW) が、2024年8月26日から8月28日までの3日間、中国計量科学研究院 (NIM、北京、中国) で開催されました。ESWはNMIJ、NIM、韓国標準科学研究院 (KRISS) が持ち回りで毎年開催するワークショップであり、今回はNIMとKRISSは現地参加、NMIJからはリモートでの参加となりました。NMIJから選抜された8名の若手研究者を含む合計49名の研究者が参加し、口頭発表およびポスター発表による研究紹介などを通じて相互交流を深めました。特に、研究紹介には十分な時間が割かれ、履歴や周辺技術なども紹介することができ、活発な意見交換が実現しました。各参加機関の国際的に活躍する先輩研究者による招待講演も実施され、参加者が今後のキャリア形成を検討していく上での大変良い刺激となる有意義なワークショップでした。



NMIJでのオンライン参加の様子

NCSLI/CPEM Workshop & Symposium 2024



CPEMセッションでの発表の様子

からはCPEMセッションにおいて電気計測や電磁気及び高周波計測等に関する最新の研究成果を発表するとともに、NCSLI展示ブースにも出展しました。

* Conference on Precision Electromagnetic Measurements

** National Conference of Standards Laboratories International

関連Website: https://ncsli.org/mpage/WS_2024

2年毎に開催されるCPEM*が、米国コロラド州デンバーのGaylord Rockies Resort & Convention Centerを会場として2024年7月に開催されました。本会議は2020年に同会場にて、毎年米国内にて開催されるNCSLI** Workshop & Symposiumと現地共同開催の予定でしたが、新型コロナウイルス感染拡大によりオンライン開催を余儀なくされ、今回晴れて現地共同開催となりました。世界各国から500人を超える参加者が集まり、活発な議論や技術交流が行われました。NMIJから



NMIJ展示ブースの様子

世界計量記念日（5/20（月））に生配信

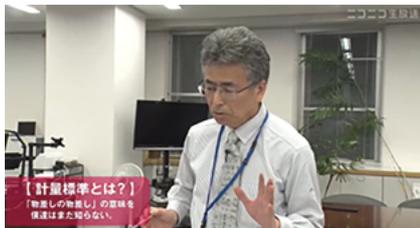
5月20日は、度量衡の国際的な統一を目的とするメートル条約が、1875年5月20日にパリで締結されたことを記念して定められた、世界計量記念日です。この世界計量記念日に合わせて行った取組を紹介いたします。

「世界計量記念日 計量標準の世界を覗いてみよう ～産総研の研究者だけど質問ある？ #3～」

（ニコニコサイエンス生配信）



世界計量記念日の5月20日に、計量標準やNMIJを広く一般の方に知っていただくため、「世界計量記念日 計量標準の世界を覗いてみよう～産総研の研究者だけど質問ある？ #3～」をニコニコサイエンスにて生放送しました。「計量標準とは？」から始まり、質量、力、法定計量、秒の世界について、研究者が現場から紹介させていただきましたが、19時開始で、月曜日にも関わらず、1万人以上の方にご視聴いただきました。ご視聴いただいた皆様には、この場を借りて厚くお礼申し上げます。ご覧いただけなかった方、改めてご覧になりたい方は、下記よりオンデマンドで視聴可能ですので、お時間ある時に是非ご覧ください。 <https://www.youtube.com/watch?v=IYg6si8Zn54>



「産総研マガジン」

産総研マガジンは、産総研が進める研究開発が、社会でどう活用されているか？社会問題となっているさまざまな課題の解決にどのように役立っているのか？などを紹介したり、最近話題のキーワードについて解説を行ったりしていくWebマガジンです。今年の世界計量記念日に合わせ、「標準物質とは？」「計量トレーサビリティとは？」「1ミリグラムよりも小さな質量でも正しく測定できるように」の3つの記事を連続で公開しました。その他、これまでNMIJが紹介してきた記事もご覧いただけますので、記事検索から「計量標準総合センター」と入力してご覧ください。また、メールマガジンにご登録いただければ、新着情報を逃さず確認できますので、是非ご利用ください。 https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/index.html



成果発表会予告

2024年度 計量標準総合センター 成果発表会

開催期間：2025年1月16日（木）、1月17日（金）

開催場所：つくばセンター 共用講堂（対面開催：事前登録制）

※プログラムや参加登録等、詳細は決まり次第、下記ウェブページでご案内いたします。

今年度も昨年度に引き続き、サテライトイベントも企画中です。

<https://unit.aist.go.jp/nmij/public/events/seika/2024/index.html>

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター
計量標準普及センター 国際計量室
〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1

お問い合わせ：info_imco-ml@aist.go.jp <https://unit.aist.go.jp/qualmanmet/nmijico/>

©2024 NMIJ All Rights Reserved