

平成29年度
研究評価委員会
(計量標準総合センター)
評価報告書

平成30年6月



国立研究開発法人
産業技術総合研究所 評価部

評価報告書 目次

1. 評価委員会議事次第	1
2. 評価委員	3
3. 評価資料（委員会開催時 ¹ ）	5
4. 説明資料（委員会開催時 ¹ ）	23
5. 評価資料（年度末確定値）	89
6. 評価委員コメント及び評点	91

¹ 平成 30 年 3 月 2 日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成 29 年度 研究評価委員会（計量標準総合センター）
議事次第

日 時：平成 30 年 3 月 2 日（金）10:00-17:00

場 所：国立研究開発法人 産業技術総合研究所 つくばセンター 本部・情報棟 ネットワーク会議室

開会挨拶	理事・評価部長	加藤 一実	10:00-10:05
委員等紹介・資料確認	評価部研究評価室	西村 聡	10:05-10:10

計量標準総合センターによる説明（質疑含む） （議事進行：宮城 善一 評価委員長）

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

(1) 領域の概要 10:10-10:20
 （説明 10 分） 計量標準総合センター長 臼田 孝

(2) 領域の研究開発マネジメント 10:20-11:10
 （説明 20 分、質疑・評価記入 30 分） 研究戦略部長 藤本 俊幸

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究） 11:10-11:45
 （説明 15 分、質疑・評価記入 20 分） 物理計測標準研究部門長 中村 安宏

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発 11:45-12:20
 （説明 15 分、質疑・評価記入 20 分） 物質計測標準研究部門長 高津 章子

昼食・休憩（40 分） 12:20-13:00

現場見学会（80 分） 13:00-14:20

単一光子分光イメージング技術 [目的基礎]	物理計測標準研究部門	量子光計測研究 G	福田 大治
色・見え方の定量化技術 [橋渡し後期]	物理計測標準研究部門	光放射標準研究 G	薮 洋司
超低周波振動加速度測定技術 [知的基盤]	工学計測標準研究部門	強度振動標準研究 G	服部 浩一郎
キログラムの定義改定のためのプランク定数の決定への貢献 [知的基盤]	工学計測標準研究部門	質量標準研究 G	藤井 賢一
	物質計測標準研究部門	表面・ナノ分析研究 G	黒河 明

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発 14:20-14:55
 （説明 15 分、質疑・評価記入 20 分） 分析計測標準研究部門長 野中 秀彦

休憩（30 分・休憩場所でのポスター展示含む） 14:55-15:25

3. 知的基盤の整備 15:25-16:05
 （説明 20 分、質疑・評価記入 20 分） 工学計測標準研究部門長 高辻 利之

総合討論・評価委員討議・講評 （議事進行：宮城 善一 評価委員長）

総合討論（総合センター等への質疑を含む）	（15 分）	16:05-16:20
評価委員討議（総合センター等役職員 退席）	（15 分）	16:20-16:35
評価記入（総合センター等役職員 退席）	（15 分）	16:35-16:50
委員長講評（総合センター等役職員 着席）	（5 分）	16:50-16:55

閉会挨拶	理事・評価部長	加藤 一実	16:55-17:00
------	---------	-------	-------------

評価委員

計量標準総合センター

委員長	氏名	所属	役職名
○	宮城 善一	明治大学理工学研究科 機械工学専攻	教授
	江藤 学	一橋大学 イノベーション研究センター	教授
	金澤 秀子	慶應義塾大学 薬学部	薬学部長、教授
	野田 華子	アンリツ株式会社 技術本部	先進技術開発センター長
	橋本 秀樹	株式会社 東レリサーチセンター	常務取締役 営業部門長
	吉田 佳一	株式会社 島津製作所	顧問

所属・役職名は委員会開催時

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

平成 29 年度 研究評価委員会（計量標準総合センター）

評価資料

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

(1) 領域全体の概要・戦略

計量標準総合センター（NMIJ）は、計量標準の整備と供給（産総研法に定める第3号業務）を主要課題として活動し、質・量ともに欧米諸国に比肩しうる計量標準や、環境、エネルギー、医療、健康に寄与する計量標準を立ち上げ、これら計量標準の維持・高度化を継続するとともに、法定業務である特定計量器の型式承認、基準器検査を着実に執行し、計量人材の育成や国内校正ラボの整備のための標準供給体制の整備、国際比較を通じた国際同等性の確保、途上国支援を行ってきた。

基本的な計量標準の整備が進む一方、量目・範囲が多岐に渡る新たな計量標準（標準物質を含む）が求められている。同時に、開発した計量標準・標準物質を末端のユーザーに効率的に届ける、いわゆるトレーサビリティ体系を構築すること、計量標準の開発を通じて培った知見・計測技術を直接産業競争力に結びつける、いわゆる橋渡しも求められている。

そこで、NMIJは、上述した計量標準の的確な整備と普及に加えて、計量標準に関連した計測技術を元に産業界への橋渡しを行うことを目指す。また、SI基本単位の定義改定に象徴されるような国際計量標準・基礎科学への寄与、及びいわゆる目的基礎研究や知的基盤として将来必要となる技術を先導して開発することにも積極的に取り組む。

産総研第4期（平成27年度～平成31年度）における領域のミッションは、次の6項目である。

(中核ミッション)

- ① 確立した計量標準の着実な維持と供給及び普及促進
- ② ユーザーニーズ調査に基づいた計量標準の開発と供給
- ③ 国際的な枠組みでの計量標準確立への貢献
- ④ 計量法業務の的確な遂行及び人材育成

(新たな挑戦としてのミッション)

- ⑤ 標準整備により築かれた高精度計測技術及びその派生技術を生かした橋渡し機能強化
- ⑥ 長期的な観点から、将来の科学や産業で必要とされる計量標準や知的基盤の整備に向けた目的基礎研究の推進

研究開発の方針とマネジメント：

ミッション達成に向けて、平成29年度の方針は以下とした。

- ・計量標準整備計画の策定へ参画し、計画に則り計量標準を整備する [ミッション①②]
- ・SI基本単位定義改定に関連した研究開発を行う [ミッション③]
- ・法令で定められた業務を確実に実施する [ミッション④]
- ・イノベーションコーディネータ（IC）を中心とした取り組みや技術コンサルティングなどの制度を活用して民間資金獲得や知財実施契約につなげる [ミッション⑤⑥]
- ・人材育成や評価制度の中で研究活動をモニタリングしながら論文発表数の増加に努める [ミッション①②③④⑤⑥]

【実績・成果】

研究開発の方針に則り、次の対応を行った。予定されている計量標準の整備に必要な研究開発を適切に行うこととして、経済産業省基準認証政策課と連携し、整備計画進捗モニタリングを行うと共に、ホームページに通年で専用ページを設けて計量標準のユーザーニーズ調査を行った。必要に応じて計量標準を整備するためのリソースを投入した。技術コンサルティングの件数・契約額の拡大等により更なる民間資金獲得やコンサルティングでの技術シーズの提供と知財実施契約を目指すこととし、平成 27 年度から引き続き領域の月次マーケティング会議を設置し、連携進捗状態の確認、問題の把握、大型化への取り組みを行った。また、計測機器業界を中心に領域長による企業訪問を行い、経営層レベルでの連携強化を図った。研究活動をモニタリングしながら論文発表数の増加に努めることとし、若手研究者を対象とした萌芽研究及び在外研究の制度を設けて予算的な支援を行った。計量標準の持続的発展のために必要な策を検討し、実施に移すため、テクニカルスタッフの最適な配置、長期的な設備計画の更新を行った。

知的基盤整備計画（平成 25 年度～平成 34 年度）に基づく着実な計量標準の整備及び法定計量業務の実施と人材の育成に取り組むとともに、計量標準に関連した計測技術の開発として、計測・分析・解析手法及び計測機器・分析装置の開発、高度化を進め、目的基礎研究、「橋渡し」研究前期、「橋渡し」研究後期の研究課題に取り組んだ。

目的基礎研究では、単一光子検出技術による微弱光の分光イメージングや過渡吸収分光計測技術による次世代有機 EL の発光メカニズム解明に関する研究開発を実施した。トルク計測や小型実用原子時計、材料評価の技術を高度化し、計量標準機関の競争力根幹に関わる成果や将来の橋渡しにつながる技術シーズを開発した。論文の合計引用数は 2,541 回（平成 29 年 12 月時点）（目標 2,600 回を達成見込み）、論文数は 171 報（平成 29 年 12 月時点）（目標 200 報を達成見込み）であった。

「橋渡し」研究前期では、国家戦略や法令や規制への対応につながる研究開発（水素ステーションにおける水素計量器の校正・検査技術、誘導結合プラズマ質量分析法によるガス状水銀のリアルタイム分析技術）を実施した。また、計量標準の開発を通じて培った知見・計測技術を発展させた実用技術（光コム温度計測技術、加工用レーザーパワー制御技術、均質粒子製造技術、結晶転位の可視化技術）を創出した。公的資金の獲得状況は、平成 29 年 12 月時点で 7.1 億円と平成 28 年度並であった。

「橋渡し」研究後期として、民間企業との共同研究において、計測用 X 線 CT 装置の高精度化に協力し、pH 自動調整装置が製品化された。また、企業と共同開発したインフラ診断用 X 線非破壊検査システムの実用性を実証した。精密変位計の評価技術やミリ波帯の平面回路評価技術、物体の色や見え方の精密計測技術を実現して、計測のソリューションを提供する形での民間製品の性能評価や高度化支援に貢献した。“計測”の強みを活用した技術コンサルティングは、平成 29 年度 12 月時点で 1.7 億円（150 件）、平成 28 年同時期の 1.1 億円（106 件）と比べ 1.5 倍となり、連携の拡大強化が進んだ。技術コンサルティング及び共同研究や受託研究等を合わせて、民間資金の獲得額は平成 29 年 12 月時点で 5.6 億円（平成 28 年同月比 140 %）であり、平成 29 年度は目標額を達成見込みとなった。

計量標準及び産業界でのものづくりにおける研究開発の基盤強化に資する信頼性の高いデータベース（DB）を公開している。有機化合物スペクトル DB 及び固体 MNR スペクトル DB（3,000 万件アクセス）や熱物性 DB（200 万件アクセス）の更新・拡充を行った。（平成 29 年 4 月-12 月）

【アウトカム】

知的基盤の計量標準の整備と利活用促進の結果、多岐に渡る計量標準の整備が進んだ（平成 29 年度に新規供給開始された標準：物理標準 17 件、標準物質 10 件）。

法定計量業務の実施と人材の育成は、法令で定められた業務であり、長年継続的にかつ着実に行って社会貢献する。

計量標準の普及活動については、講習会・研究会等（12 件）を通じた情報提供やコンソーシアムを利用した技術研修・技能試験（4 件）を通して、末端ユーザーに開発した計量標準や標準物

質を効率的に届ける取り組みを行い、中小企業や末端ユーザーレベルでの計量標準の利活用が促進された。

計量標準に関連した計測技術の開発では、ユーザーが抱える計測課題の解決に取り組んだ。計量標準の開発において得られた知見や技術を用いて、目的基礎研究、「橋渡し」研究前期・後期を多様な研究テーマでの実施に加え、ユーザーが抱える計測課題に対して技術コンサルティングで個別に連携を展開することで1.7億円（150件）と平成28年度の140%となり、共同研究や受託研究と合わせた民間資金獲得は目標6.0億円を達成できる（見込み）。

【課題と対応】

以上の取り組みに対する課題と対応は、次の通りである。

計量標準の整備と利活用促進に向けて、多様化する計量標準のニーズへの対応が課題である。ニーズに合った計量標準を整備するために定期的なニーズ調査を行って整備計画へ反映させる。また、利活用促進のためには長期的に標準供給を続ける必要があるため、継続的な研究開発及び国際比較への参加による技術力の維持が重要となる。

法定計量業務では、法令で定められた業務の着実な実施と人材育成が継続的に求められている。これに対応する必要から、試験検査・承認業務の効率化に努め、法改正に対応した体制整備を随時行う。講習会や研修等で法定計量技術者の育成に寄与し、そのレベルの向上に貢献する。

計量標準の普及活動では、中小企業や末端ユーザーレベルでの計量標準の利活用が課題である。情報提供や講習・技能研修活動の拡充により、校正事業者ではなく末端ユーザーへ直接働きかけを行う。また、工業標準化及び国際標準化を行って技術基準の普及に貢献する。

計量標準に関連した計測技術の開発では、産業界や個別ユーザーが抱える計測課題の解決が期待されていることを考慮し、目的基礎研究、橋渡し研究においてテーマ選別を的確に行い、期待に応える技術開発を推進する。

(2) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

【実績・成果】

[技術コンサルティング]

計測分析・計量標準・校正などに関する基盤的かつ先端的な技術や豊富な知識を元に、認証や校正に関する技術指導、計測機器の特性や信頼性評価、製品化のためのアドバイスなど、コンサルティング業務をさらに拡大した。その結果、平成29年度の契約件数は150件（平成29年12月、平成28年度同時期に比べ1.4倍）、契約金額は約1.7億円（平成29年12月現在、平成28年度同時期に比べ1.5倍）の成果を上げた。

[分析計測機器の公開]

つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点（TIA-nano）の先端機器共用イノベーションプラットフォーム及び文科省事業・微細組織解析プラットフォームに参画して先端分析計測機器を公開した。企業や大学研究機関に対して技術相談、機器利用時の技術補助、技術代行（測定代行）などを実施した。計測分析の支援は55件（平成29年11月時点、平成28年度同時期と同程度）であった。

[計測クラブ活動]

国家計量標準を普及かつ共有する場として、22の計測クラブを運営した。それぞれの計測クラブで、研究会・講演会、技術相談、情報発信等（16件）を行い、登録会員（複数クラブへの重複参加を含む全体で約3,200名）との交流を通じて産業ニーズの把握及び施策への反映に努めた。

[ピアレビューアー、JCSS等に係る技術委員会委員及び技術アドバイザー等の派遣]

国際的に認められた計量標準・計測に関する知見及び技術ポテンシャルを活かして、海外の国

家計量標準機関へ技術審査員（ピアレビューアー）として9ヶ国のべ28人を派遣した。国内では、計量法に基づく校正事業者登録制度（JCSS）等に係る技術委員会委員（10回）及び技術アドバイザー（60件）、試験所・校正機関の認定に関する各種認定委員会委員（委員委嘱14名）を派遣し、技術的助言を行った。

【アウトカム】

技術的指導助言等の取組状況においては、技術コンサルティング制度を積極的に活用しながら、技術指導や信頼性評価に取り組み、契約数が150件にのぼるなど、先導的な役割を果たした。また、先端的な分析計測機器の公開では、公開している装置や技術により、計測に関する課題の解決に貢献した（計測分析の支援55件）。計測クラブ活動を介した広報、普及、情報収集に努め、末端ユーザーサイドでの計量標準の利活用の浸透が促進された。計量標準の国際同等性の継続的な確保のため、海外9ヶ国での技術審査（ピアレビュー）にも貢献した。

【課題と対応】

計量標準の分野では、末端のユーザーまで届くトレーサビリティ体系の構築やユーザーが期待する計測・分析・評価に関する多様な課題に対する技術的指導助言等に対して、継続的な取り組みが求められる。計測クラブ等の活動による情報提供は有効であり引き続き実施するが、それだけでは十分ではない現状がある。技術コンサルティングで対応し、マッチングの質・量ともに増加に繋げる取り組みを行う。加えて、分析計測機器の公開とその利用者の課題解決支援においても、今後も継続的に取り組む。海外での技術審査は、国際同等性の確保のため、技術審査員に資する技術ポテンシャルを維持・向上して派遣を行う。

（3）マーケティング力の強化

【実績・成果】

[連携の推進体制]

計量標準総合センター長、研究戦略部長、研究企画室長、各ユニット長、各部門の連携担当、IC、知財オフィサー（PO）をメンバーとする技術マーケティング会議を月1回程度開催し、連携活動の情報共有、方針等の決定を行った。研究現場では、部門幹部等がコーディネータ的に活動し、研究員も主に技術コンサルティングを経験することによってノウハウの共有や最適化が進み、個々の研究者の技術マーケティング能力の強化につながった。また、新人研修において企業見学を組み入れるなど、早い段階から連携マインドを醸成させた。

[企業との連携]

計量標準総合センター長を筆頭とする幹部で、包括連携を進めている企業等を訪問するなどし、トップ会談等で組織的な連携の構築と強化を図った。同一企業の複数部署への連携を促進した。また、連携担当や研究者が産総研テクノブリッジフェア in つくば（平成29年10月19-20日）、計測・分析フェア in 京都（平成30年1月23日）、アグリテクノフェア北海道（平成30年3月予定）の展示会に出展、その後、企業との技術交流会等に参加するなど個別連携の展開を図った結果、民間資金獲得額の目標達成に至った。

[コンソーシアム活動]

当領域で運営する6つの産総研コンソーシアム（光学式非接触三次元測定機精度評価法標準化コンソーシアム、高濃度オゾン研究会、X線新技術産業化コンソーシアム、3次元内外計測コンソーシアム、精密電気計測コンソーシアム、残留農薬分析の技能試験コンソーシアム）を通じて、計量標準の開発で培った知見や計測技術をコンソーシアムの研究会等を通して発信して橋渡しの可能性を拡げた。当領域が運営する産総研コンソーシアムの会員数は、約270名（平成29年12月現在、法人会員、個人会員、重複参加を含む）である。平成29年度は、研究会・講演会・

技能試験等を合計 16 件実施した。コンソーシアム内での企業及び地域の中小企業や公設試験機関との連携に務め、平成 29 年度は国際標準化への新規提案 2 件、共同研究・技術コンサルティング 9 件へ発展した。

平成 25 年に計測・分析装置メーカー 5 社と産総研で設立した「ナノ計測ソリューションコンソーシアム (COMS-NANO)」では、ナノテクノロジーの進展に重要なナノ材料の評価手法・装置の開発をオールジャパン体制で推進している。ナノ材料規制における該否判定への利用に向けてナノ粒子複合計測システムプロトタイプの高度化を進めるとともに、平成 28 年度に新たに材料系メーカーをメンバーに加え、個別材料系への詳細な適応を進め、平成 29 年度は、複合計測システムの中核技術の国際標準が制定される成果を得た。

以上の取り組みから、平成 29 年度は、民間からの資金獲得額が目標値 6.0 億円に対し、実績値：5.6 億円（平成 29 年 12 月時点）（年度末には目標達成見込み）と平成 28 年度を上回る実績が得られた。

【アウトカム】

マーケティングの取組状況においては、独自の技術マーケティング会議を通じた所内連携体制の元、積極的な企業訪問等のトップマネジメントを行う一方で、研究者による産総研テクノブリッジフェア出展や、企業連携のノウハウ共有等のボトムアップによる個々の研究者のマーケティング力の向上も図るなど、橋渡しを推進するための組織的な活動に取り組んだ。その結果、技術コンサルティング 150 件（平成 29 年 12 月時点）で 1 件当たり 109 万円と平成 28 年度を上回る成果を得て、企業への橋渡しや民間資金獲得額の目標達成などにつなげることができた。また、技術コンサルティングを通じて、計測及びそれを必要とする分野における日本の産業競争力の強化を行った。

【課題と対応】

連携の推進体制では、組織のマーケティング能力向上が課題である。平成 27 年度から継続して行っている領域内技術マーケティング会議の主導による連携体制を今後も継続して活用する。研究現場で蓄積された情報やノウハウ、経験を共有して、効率的に企業連携を進める。

企業との連携では、きっかけ作りが課題である。マッチングを検討する機会を増やすことが重要であると考え、イベントや展示会への出展やプレスリリースなどを通じて、領域保有技術を積極的に広報する。

コンソーシアム活動は、研究開発成果の普及と国内の末端ユーザーでの計測の技術力のボトムアップが目的となる。目的達成のため、コンソーシアム活動では研究会等での情報発信の他、技能試験とそのフォローアップを通じて末端ユーザーへ直接技術を伝える。

(4) 大学や他の研究機関との連携強化

【実績・成果】

大学や他の研究機関との連携においては、計量標準の開発で培った知見及び技術を、大学や他の研究機関との連携を展開し、大学との共同研究を 82 件、他の研究機関との共同研究を 52 件、実施した。（平成 29 年 12 月時点）

計量標準の分野における日本の国際競争力を向上させる意図で、計量標準の同等性評価の仕組み作りへの代表派遣、ポスト獲得が課題である。平成 29 年度は、メートル条約に関連した活動として、国際度量衡総会・国際度量衡委員会・諮問委員会・作業部会、国際法定計量機関 (OIML) 条約に関連した活動として、国際法定計量委員会 (CIML)、OIML 総会、アジア太平洋計量計画 (APMP) では、APMP 総会、技術委員会、アジア太平洋法定計量フォーラム (APLMF) では APLM 総会へそれぞれ専門家を派遣した。一方で、国際比較の幹事を引き受けたり、二国間 MoU 等に基づき、アジ

ア地域を中心として9ヶ国に28名の専門家を派遣して派遣先の国家計量システムへの技術審査・アドバイスや技術研修を実施、また APMP による途上国向け招聘事業を活用して5ヶ国から16名を招聘・研修を行った。その結果、OIML 条約に関連した CIML 第二副委員長のポスト、国際度量衡委員ポスト（継続）、APMP 議長ポストを獲得するに至った。これらにより、我が国の計量分野の国際プレゼンスが向上した。

産業技術連携推進会議（産技連）の知的基盤部会の活動を行った。知的基盤部会（総会・見学会：佐賀県、平成29年12月15日）、電磁環境分科会（EMC 研究会、千葉県、平成29年10月26日-27日）、計測分科会（形状計測研究会、温度・熱研究会、光放射研究会：兵庫県、平成29年12月6日-7日）、分析分科会（佐賀県、平成29年12月14日）を開催し、参加公設試験研究機関に共通の課題解決に関する情報交換を実施した。平成29年度の参加者は、のべ約500名であった。

【アウトカム】

大学や他の研究機関との連携においては、計量標準の開発で培った知見及び技術を、大学や他の研究機関に展開し、大学との共同研究82件、他の研究機関との共同研究52件の実績につながった。産業技術連携推進会議を通じた全国の公設試験研究機関との広範な連携ネットワークによる橋渡し拠点を活用し、公設試験研究機関に共通の課題解決に関する情報交換を行って、地域企業からの計測ニーズへの対応力向上に貢献した。国際度量衡委員会をはじめとした国際計量関係の委員会や作業部会等の重要ポストを獲得・維持すると共に、多数の専門家を派遣して国際計量分野の発展に寄与した。

【課題と対応】

大学や他の研究機関との連携における課題は、産総研が保有する計測技術と大学や他の研究機関とのマッチングの拡大である。課題解決のために、目的基礎研究に資する研究テーマの選定を行うとともに、連携大学院や技術研修生受け入れ等の人材育成の機会を通じて共同研究等への発展を検討する。地域企業からの計測ニーズへ階層的に対応するため、公設試験研究機関との連携の維持が必要である。単年度で完成するものではないため、公設試験研究機関との情報交換を引き続き行う。国際連携活動では、国際計量分野での日本の国際競争力向上が課題である。海外の国家計量標準機関との連携の継続と各種委員会への研究者の継続的な派遣の他、国際機関で活躍する人材の養成や次世代を担う若い研究者の養成に努める。

(5) 研究人材の拡充、流動化、育成

【実績・成果】

イノベーション人材育成人数は、今年度の目標10人に対して、イノベーションスクール生3名とリサーチアシスタント12名（修士課程9名、博士課程3名）の計15名を受け入れ、目標を達成した。また、ポスドク7名、技術研修生114名（うち連携大学院生5名、企業8名、外国人3名）も受け入れて指導した（平成29年12月時点）。連携大学院の客員教授等は、6大学に対し10名を派遣した。

産総研・計量標準総合センター「研究職5days インターンシップ」プログラムを実施した。平成28年度は当領域では初めての開催であったことと開催時期が2月で年度末であったことから学生の受入人数は10名に留まったが、2回目の平成29年度は、開催時期を再考して夏休みの8月21日-25日に設定し、カリキュラムを見直して受入態勢を整え、大学へ積極的な広報を行った結果、大学院学生（修士及び博士課程の学生を合わせて）23名の受け入れに至った。インターンシップ終了後も産総研及び当領域への興味を失わないよう各種イベント案内を随時行った。定員の都合でインターンシップに参加できなかった大学院学生に対して別途見学会を実施した。ダイバーシティ推進室が主催したイベント、例えば女子大学院生・ポスドクと産総研女性研究者と

の懇談会（平成 29 年度 11 月 20 日-21 日）では、インターンシップ応募者へ案内を展開して参加者増加に貢献するとともに、ポスター展示や懇談会へ数名を派遣した。一般社団法人 日本計量機器工業連合会主催の学内説明会「計量計測業界セミナー」等のイベントへ研究戦略部キャリア主幹や企画主幹更には研究者が参加し、領域で独自に作成した就職に関するパンフレットの配付や説明を行った。

若手研究者の育成について、領域独自の新人研修（不確かさ研修、企業訪問、調査研究等）、3 年目成果報告会などを通じ、強化している。若手研究者を中心に、萌芽研究予算の支給（8 名）や在外研究予算の支給（2 名）を行った。国内の産総研外向けの若手研究者育成活動として、ナノテクキャリアアップアライアンス事業で博士後期学生～若手研究者を対象に先端量子ビーム分析法に関する講義・実習コース（平成 29 年度 12 月 4 日-5 日）を開催し、3 名の学生を受け入れた。また、修士学生～若手研究者向けの TIA 連携大学院の事業の一環として、筑波大学や高エネルギー加速器研究機構と協力して先端計測・分析サマースクール（8 月 28 日-30 日）を開講した。全日程 3 日のうち 1 日を担当し、ガスをを用いた放射線検出器、過渡吸収分光法、陽電子消滅法の講義・施設見学を実施した。

国外連携における人材の拡充、流動化、育成として、The Emerging Scientist Workshop 2017 (ESW)（平成 8 月 30 日-9 月 1 日）を主催した。産総研つくばセンターで開催し、日本・韓国・中国の国家計量標準機関から若手研究者を中心に約 50 名が参加した。

国際度量衡局（BIPM）との連携、OIML や APMP 及び APLMF での議長等のポストを継続して獲得し、専門家を派遣した。

【アウトカム】

技術経営力の強化に資する人材の養成として、連携を主導する人材及び研究現場の両方でマーケティング能力向上を図った。平成 29 年度から女性のユニット長を登用し、そのサポート体制を整えた。イノベーション人材における採用人数の数値目標を達成するとともに、新規の人材育成事業として、平成 28 年度から開始したインターンシップは開催時期と内容を再考し、23 名の大学院生を受け入れた（平成 28 年度の 2 倍）。若手研究者育成活動では、ナノテクキャリアアップアライアンス事業や TIA 連携大学院の事業の一環である先端計測・分析サマースクールを開講した。また、計量標準の国際的な人材育成の支援として、平成 29 年度は ESW を主催し、研究討論やワークショップを通じ、日中韓で約 50 名の参加者が交流を深め、国内外の人材育成・連携活動に幅広く貢献した。

【課題と対応】

技術経営力の強化としてマーケティングに関する人材育成が課題である。主導的立場の専門職のスキル向上及び研究現場の経験の積み重ねとノウハウ共有を行う。

ポストドク等若手研究者の育成での課題については、産総研イノベーションスクール及びリサーチアシスタント制度を活用し、一定数の受け入れを継続する。

将来の計量標準を担う人材育成も大きな課題である。インターンシップの主催や企業採用セミナー参加等による新人採用に向けた活動に積極的に取り組む。若手研究者の養成として、新人研修、萌芽研究予算や在外研究予算の支給による研究支援を行う。

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

【実績・成果】

将来の「橋渡し」につながる技術シーズや、世界トップレベルの成果の創出を目指した「目的基礎研究」においては、これまで当領域が築いてきた精密計測技術における強みを生かし、計量標準機関の競争力根幹に関わる計測、分析、評価技術について、次世代の計量標準に必要となる量子化による高分解能化・高精度化、分析技術の開発・効率化、新たな現象を評価する技術の開発に取り組んだ。

当領域では、各研究部門が所掌する単位に関連して、正確な目盛（国家標準とトレーサビリティ）を必要とする計測技術を中核的な競争力と位置付け、目的基礎研究の研究テーマを設定した。将来的な製品化や事業化を見据えて、研究開発の結果を基盤的な試験方法や計測方法として標準化する道筋も重視している。更に、国内の校正事業を網羅的に把握している利点を生かして、校正から連続的に広がる計測の現場や製品開発レベルまでトレーサビリティ体系の構築に努めた。正確な目盛の実現に関する国際的な競争力を源泉としつつ、世界トップレベルの成果を生み出ししており、テーマ設定は適切であった。

平成 29 年度の具体的な研究開発について、成果、アウトカムを以下にまとめる。

単一光子分光イメージング技術の開発：

超伝導光検出器を搭載した光子顕微鏡を世界で初めて開発。産総研が保有する光子 1 個を検出する技術を利用し、光子 1 個～20 個の微弱な光強度レベルでの分光イメージングを実現。細胞反応等を可視化できる研究用機器として生体観察や医療への応用や産業的にも微生物による石油代替燃料生産などの開発への貢献が期待できる。[IF 付国際誌 1 報、特許出願 1 件、共同研究 3 件、受託研究 1 件、プレスリリース 1 件（平成 29 年 4 月 5 日）]

過渡吸収分光法による次世代有機 EL 材料の評価：

12 桁秒に渡るシームレスな過渡吸収分光測定を実現し、次世代有機 EL 発光メカニズムを解明した。基礎科学志向の時間分解分光法による材料評価が実用材料の開発を支援するツールとして有効であることが実証されることで、次世代有機 EL 材料の発光メカニズムから特性を予測した材料設計が可能となり、実用化に向けた次世代材料・デバイス開発の加速に貢献が見込める。[IF 付国際誌 2 報、受賞 1 件、プレスリリース 1 件（平成 29 年 5 月 11 日）]

電磁力によるトルク計測技術の開発：

キップルバランス法の原理に基づいた世界で唯一の電磁式トルク標準機の測定範囲の下限の拡大を図り、国際単位系 SI にトレーサブルな世界最小 ($0.27 \mu\text{N}\cdot\text{m}$) のトルク計測を実現した。微小なトルク計測が可能になることで、超音波小型モーターの高性能化が期待され、モーターを用いたカメラの高機能・小型化や低侵襲治療デバイスなどの医療機器の信頼性確保への貢献、基礎物理定数の精密測定など学術基礎研究への貢献が期待できる。[科研費 1 件、助成金 1 件、特許(共同出願) 1 件、戦略予算 1 件(一部)]

小型実用原子時計の開発：

マイクロ波原子時計の技術を応用し、cm オーダーに小型化及び mW オーダーに低消費電力化することで基板へ搭載可能な原子時計を開発し、かつその性能を詳細に評価した。GPS 信号の活用が困難な環境での高精度な時間モニタやインフラ安全診断の簡便・高精度時刻同期網の構築などの実用化が見込める。[特許出願 1 件]

固液界面の原子の動きを評価する X 線回折法の開発：

波長分散集束光学系を X 線回折へ適用し、表面 X 線回折プロファイルを同時に測定する新規計測技術を開発して従来比 100 倍の超高速化を実現し、固液界面の原子の動きの観測（燃料電池のモデル電極表面での白金電子のリアルタイム観測）に成功。燃料電池等の界面反応機構の解明に応用可能と期待。[IF 付国際誌論文 1 報、プレスリリース 1 件（平成 29 年 10 月 25 日）、招待講演（国際 1 件、国内 1 件）]

遮熱コーティングトップコートの熱拡散率の異方性評価：

試料調整の工夫により遮熱コーティングトップコートの熱拡散率の面内方向評価技術を開発したことで、従来方法の板厚方向測定と合わせて熱伝導特性の異方性があることが明らかとなった。異方性を考慮した材料設計による遮熱コーティングの遮熱特性向上と火力発電におけるタービン発電効率の向上、ひいては CO₂ 排出量の削減へ寄与が期待できる。[IF 付国

際誌 1 報、学会発表 3 件（国内 2、海外 1）]

上記を含む研究開発の結果、論文の合計被引用数は、2,541 回（平成 29 年 12 月時点）であり、目標値 2,600 回を達成する見込みである。インパクトファクター付き専門誌等の論文数の平成 29 年度の目標値は 200 報に対し、平成 29 年 12 月時点においては 171 報で前年度同月の 129 報の比 132 %で推移していることから年度末での目標を達成する見込みである。

大学や他の研究機関との連携においては、計量標準の開発で培った知見及び技術を、大学や他の研究機関に展開し、大学との共同研究を 82 件、他の研究機関との共同研究を 52 件、実施した。（平成 29 年 12 月時点）

【アウトカム】

次世代の計量標準に必要な計測技術と潜在的な社会的ニーズを見据えた上で、計量標準機関の競争力根幹に関わる計測、分析、評価技術について、量子化による高分解能化・高精度化、分析技術の開発・効率化、新たな現象を評価する技術の開発に取り組んだ。単一光子分光イメージングを実現した光子顕微鏡、過渡吸収分光法の高度化による次世代有機 EL 材料の発光機構の解明など世界初の成果を創出した。計量標準機関の競争力根幹に関わる計測・分析・評価技術の高度化としてのトルク計測技術や小型実用原子時計、当領域が築いてきた精密計測技術における強みを生かした材料評価技術など、世界トップレベルの成果や将来の橋渡しにつながる技術シーズを実現した。

【課題と対応】

当領域における目的基礎研究では、計量標準をベースにした、将来の「橋渡し」につながる技術シーズや世界トップレベルの成果の創出を目指している。これまで当領域が築いてきた精密計測技術における強みを生かし、計量標準機関の競争力根幹に関わる計測、分析、評価技術について、量子化による高分解能化・高精度化、分析技術の開発・効率化、新たな現象を評価する技術の開発への取り組みを「橋渡し」につなげることが課題である。そのために、将来的な製品化や事業化を見据えて、研究開発の結果を ISO や JIS などに標準化する道筋を重視した研究開発を行う。普及という点では、校正から連続的に広がる計測の現場や製品開発レベルまでの連携を拡充する仕組みとしての標準供給体制とトレーサビリティ体系の構築を活用する。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

【実績・成果】

当領域は、国家戦略や法令や規制に対する貢献も期待されている。将来の産業ニーズや技術動向等を予測し、企業からの受託研究に結び付くことを目指す「橋渡し」前期研究においては、社会インフラ整備や規制対応につながる研究開発及び新たな測定評価法の開発と共に、ユーザーの階層を広げる技術開発に重点的に取り組んだ。

平成 29 年度の具体的な研究開発について、成果、アウトカムを以下にまとめる。

高圧水素流量計測技術の開発：

平成 29 年度は水素ステーションにおける水素計量器の校正・検査のための高圧水素流量計測技術を開発し、高圧水素流量計校正設備を整備した。水素社会実現への貢献に資する成果である。[国際標準化 1 件（OIML 勧告改定）、共同研究 1 件]

光コムを用いた温度計測：

デュアルコム技術と新たな解析方法により高速・高精度な気体の温度計測技術を実現した。分子種毎の温度計測の実用化によりエンジン内の温度計測が可能となり、エンジンの燃焼効率向上が見込める。[IF 付国際誌 1 報投稿中、プレスリリース 1 件（平成 29 年 8 月 23 日）]

加工用高出力レーザーのパワー制御技術の開発：

エバネッセント光を利用したパワー調整素子を開発し、計測・評価技術と組み合わせて高出力レーザーのパワーを高精度制御するシステムを製作した。システムを用いてレーザー出力を安定化できることでレーザー加工の品質・歩留りの向上が期待できる。また、加工現象の解明やレーザーを用いた新しい分析・計測技術の研究開発へ応用できる。[依頼論文1報、特許出願2件、プレスリリース1件(平成29年6月14日)]

誘導結合プラズマ質量分析法(ICPMS)を用いた気体試料の直接・多元素分析に関する研究：

ICPMSを用いて、従来は困難であった環境大気中に極微量(数ng/m³)に存在するガス状水銀を直接・リアルタイム分析することに世界で初めて成功した。リアルタイムな水銀の分析が実現することにより、大気中の水銀量モニタによる環境への放出の削減、水俣条約履行評価などに資する測定技術に結びつく。[IF付国際誌1報、特許出願1件]

スプレー乾燥技術を用いた人工参照物質の開発：

従来は困難であった微細液滴化能力と目詰まり耐性の両立を可能にするスプレーノズル及び微量元素濃度均質化のための分散方法を開発した。スプレーノズルと分散方法により微量元素濃度が均質な各種粒子製造が簡易・迅速化できることで、食品検査等の重金属分析用などの参照物質の開発の効率化や材料開発における各種粒子製造プロセスへのスプレーノズルのへ応用展開が期待できる。[特許出願2件、技術コンサルティング1件]

モアレを利用した微小変位・ひずみ分布計測技術開発：

2次元フーリエ変換とサンプリングモアレ法を組み合わせることで、従来目視観察で検出していた転位分布を、広視野で自動検出できる技術を世界で初めて確立した。目視観察であった検出が自動化されることで、次世代パワー半導体の製造プロセスにおける検査効率が向上し、次世代パワー半導体を必要とする電気自動車の開発や省エネが促進されると期待。[IF付国際誌1報、特許出願1件、プレスリリース1件、つくば奨励賞受賞他]

「橋渡し前期」においては、主に国家プロジェクトやコンソーシアムなどの資金活用の下、将来の技術展開や受託研究へ結び付く成果を目指している。当領域では、国家戦略や法令や規制に対する貢献と計量標準・標準物質の開発を通じて培った知見・計測技術を発展させ、ユーザーの階層を広げる新たな価値創造に重点を置いた。これらの観点はそれぞれのテーマにおいて以下の通り適切に反映されている。

- ・高圧水素流量計測技術の開発：国家戦略の一つとなっている水素社会実現に向けて技術を確立した。
- ・光コムを用いた温度計測：これまで困難であった気体の温度を高速かつ非接触に測定する新しい計測技術を価値創造した。
- ・加工用高出力レーザーのパワー制御技術の開発：産業界で使用されているレーザー加工に役立つ新しい技術を価値創造した。
- ・誘導結合プラズマ質量分析法(ICPMS)を用いた気体試料の直接・多元素分析に関する研究：気体中の多元素分析技術によるガス状水銀のリアルタイム分析技術を確立して、水俣条約実施へ貢献が期待される技術である。
- ・スプレー乾燥技術を用いた人工参照物質の開発：従来技術の課題であった微細液滴化能力と目詰まり耐性を向上させ、微量元素濃度を均質化した噴霧乾燥粒子の製造技術を価値創造した。
- ・モアレを利用した微小変位・ひずみ分布計測技術開発：目視観察であった転位の検出を自動化できる技術を価値創造した。

以上、国家戦略や法令や規制に対する貢献とユーザー階層を広げる新たな価値創造を得たこれらの課題は、テーマ設定として適切である。

特許の実施契約数は92件(平成29年度12月時点)であり、平成28年度同月時(75件)と比較して122%と増加した。また、目標値は85件であるので、目標を達成した。知財実施および知財譲渡における新規案件を着実に獲得し続ける一方で、知財実施では長く活用される継続案件を

多く含むなど、質的状況においても良好な知財創出がなされた。

戦略的な知的財産マネジメントの取り組みとして、専任の PO の助言の元、知的財産の活用範囲を見極めながら、国内特許および必要に応じて国際特許取得を目指すなどの戦略的な取り組みを実施した。

【アウトカム】

国家戦略の促進や社会インフラ整備、法令・規制の順守に必要とされる計測技術の確立と新しい測定方法や評価方法の社会実装を目指した研究開発を推進した。具体的には、水素社会実現に不可欠な社会インフラ整備、水俣条約等の法令・規制への対応が期待される研究成果が達成された。また、新たな測定・評価方法及び装置化に発展することが期待されるアウトカムとして、レーザー加工の品質・歩留り向上、材料加工の精密分析・評価の研究開発への貢献、分子種毎の気体温度計測によるエンジンの燃焼率向上の研究開発への寄与、食品等の重金属スクリーニング分析の信頼性確保への貢献、半導体製造における目視検査の自動化を実現するための研究開発がある。

【課題と対応】

民間企業との連携の促進による「橋渡し」への移行が課題である。橋渡しのために、展示会やプレス発表等の情報発信を通じた技術シーズの広報に取り組む。ニーズ調査や技術相談の集計結果の分析による橋渡し前期の研究開発の課題検討や、IC や PO を中心とした企業とのマッチングを促進する。

テーマ設定を適切化するため、当領域では、これまで校正事業者のみを対象としていた計測技術を発展させ、末端ユーザーレベルまで計量標準のユーザーの階層を広げる新たな価値創造に重点を置き、国家プロジェクトやコンソーシアムなどの資金活用の下、将来的に民間からの測定依頼や受託研究へ結び付く成果を目指す。これらの観点はそれぞれのテーマにおいて適切に反映され、世界トップレベルの成果の他、民間への技術移転などを視野に入れた橋渡し後期へと発展する顕著な成果を得る。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

【実績・成果】

「橋渡し」研究後期では、計量標準・標準物質の開発を通じて培った計測技術の技術移転や製品化に重点を置いた研究開発と、受託研究や共同研究、技術コンサルティングとして製品開発における性能評価や性能向上において計測を必要とする個別案件に測定サービスやソリューションを提供する形の研究開発に取り組んだ。

資金提供型共同研究等を活用した民間企業との共同研究において、計測用 X 線 CT、X 線非破壊検査システム、pH 自動調整装置の製品化に貢献した。精密変位計の評価技術やミリ波帯の平面回路評価技術、物体の色や見え方の精密計測技術を実現して、計測のソリューションを提供する形で民間製品の性能評価や高度化支援を行った。また、産総研の 3 次元 (3D) 計測技術を公設試験機関及び企業との地域横断的な連携体制で情報共有することにより国内の 3D スキャナ性能評価技術力の向上と製品の高度化につなげた。

平成 29 年度の具体的な研究開発について、成果、アウトカムを以下にまとめる。

計測用 X 線 CT の共同開発

内部形状の測定精度の高度な検証方法を確立し、世界最高水準の計測精度をもつ純国産初の幾何形状計測用 X 線 CT 装置の開発に寄与。計量標準と国際標準化の連動により、日本の 3D 計測機器企業の国際競争力強化につながると期待。[特許出願 1 件、企業プレスリリース 1 件、設備提供型大型共同研究 1 件、論文 1 報]

高精細フラットパネル型検出器を用いたインフラ診断用 X 線非破壊検査システム開発：

産総研の放射線イメージング技術・X線源技術と民間企業のX線検出器用パネル開発技術等を組み合わせて、従来よりも広範囲の検査が可能となる高精細なX線画像の計測技術とそれを用いた大型配管検査システムを開発した。施設の配管の減肉検査をする装置の製品化がなされ、予防保全にも貢献した。[IF付国際誌3報、プレスリリース1件]

pH自動調整装置の高度化

色素の吸光度変化を利用した計測手法を採用し、3.0-8.0の広いレンジでpHを自動調整可能な装置を企業と共同開発。排水試験等における重金属分析の信頼性向上に貢献が見込まれる。
[学会発表3件、企業の展示会出展4件]

色・見え方の定量化技術の開発：

角度可変方式の分光測定に基づき世界最高レベルの測定精度を持つ三次元反射・透過計測技術を開発したことで、物体の色や見え方の違いを与える光学因子の特定・評価が可能となった。タイヤや自動車塗装等の色材等の品質向上や視感覚と整合した新しい測色技術及び計測器の開発が見込める。[受託研究1件、技術コンサルティング3件]

精密変位計をピコメートル精度で評価可能に：

レーザホモダイン干渉計の非線形誤差を1 pm以下に抑える技術を開発し、企業の精密変位計の非線形誤差評価が可能となった。精密測定・微細加工技術の精度向上することで、半導体素子の高集積化が更に進む。[IF付国際誌2報(うち1報査読中)、国際会議招待講演1件、企業・大学との共同研究(資金提供有)1件]

3Dスキャナと3Dプリンタによる地域連携：

3Dスキャナと3Dプリンタを最大限活用するために、産総研の3D計測技術・知見を46の公設試験機関と、企業・大学の横断的連携ネットワークへ提供して共有するため、計測用ワークの試作とその持ち回り計測を行った。国内の3D計測技術の向上により、国際競争力の強化につながった。国内の標準機関としての産総研の認知度と技術力の向上と日本のものづくり産業界の活動基盤を下支えに貢献。[国際標準開発PL2件、企業共同研究11件、論文1報]

ミリ波帯平面回路精密測定技術の開発：

電気信号測定からプローブ接触位置を決定する手法を考案して一桁測定精度が向上した測定装置を開発。車載用ミリ波レーダー等のミリ波帯機器の高性能化や社会実装の促進が見込める。[IF付国際誌2報、特許出願7件、受託・共同研究11件、技術コンサルティング9件]

これらの研究成果により、民間資金獲得額の目標額6.0億円に対し、平成29年12月時点で5.6億円が達成されており(平成28年度同月比151%)、目標をほぼ達成できる見込みである。平成27年度の約4.1億円、平成28年度の約4.7億円を大きく上回る成果となった。産総研における計量標準の領域で培われた高精度な計測技術に対して広く産業界からの関心が得られて「橋渡し」機能の強化につながり、平成29年度には民間企業からの資金提供型共同研究費などを多く獲得するに至った。

研究契約数全体に対する中堅・中小企業の研究契約件数の比率は平成29年度は41%であり、大企業のみならず中堅・中小企業にも注力している。

戦略的な知的財産マネジメントの取り組みとして、専任のPOの助言の元、知的財産の活用範囲を見極めながら、国内特許および必要に応じて国際特許取得を目指すなどの戦略的な取り組みを平成28年度に引き続き実施した。同時に戦略的見地から、国際標準化への反映等、知財のオープン化も並行して検討、展開している。標準化や知財のオープン化は計量標準総合センター長、研究戦略部長、研究企画室長、各ユニット長、各研究部門の連携担当、IC、POをメンバーとする技術マーケティング会議においても知的財産に関する事項の情報共有ほか、有効的な活用法を議論している。

【アウトカム】

資金提供型・装置提供型共同研究等の制度を積極的に活用し、計量標準の開発を通じて培った

知見・計測技術を産業界や民間企業へ直接橋渡しすることで、高精度な装置の製品化や市販装置の信頼性の高い性能評価を実現した。その結果、産業競争力向上への貢献が期待される。具体的な例としては、計測技術の技術移転や製品化を目標とした共同研究の成果として、日本の3D計測機器企業の国際競争力強化に貢献した。また、経験や技術伝承に依存しない、客観性・再現性の高い新しい計測技術として、測色技術やミリ波帯平面回路精密測定技術を確立することで、生産性の効率化、性能評価の向上を実現し、企業の製品化やサービスの向上に貢献した。

【課題と対応】

民間企業との連携強化による研究開発の発展と国際競争力強化をさらに推進するために、製品化・事業化後も、技術の蓄積を有効に活用し、引き続き製品の高度化や信頼性等の付加価値強化を企業と連携して図るとともに、必要に応じて国際標準化も視野に入れて、日本企業の国際競争力強化へ貢献する。

3. 知的基盤の整備 (地質調査総合センターと計量標準総合センターのみ)

【実績・成果】

[計量標準の整備と利活用促進 [ミッション①②③]]

知的基盤整備計画(平成25年～平成35年)に基づく計量標準整備として、物理標準の供給開始(17件)及び範囲拡大等(6件)、水道法への規制対応や材料評価用の標準物質の供給開始(10件)を行った。平成29年度も継続して標準供給を行った(校正事業者向けの校正等338件、一般ユーザー向け依頼試験197件、標準物質頒布1,450件)。

平成30年度に見込まれるキログラムの定義改定に際して、プランク定数を世界最高レベルの精度(相対標準不確かさ 2.4×10^{-8})で測定し、科学技術データ委員会(CODATA)によるプランク定数の平成29年特別調整値の決定において用いられた8つのデータのうち4つのデータに貢献した。4つのデータのうち、1つは当領域単独で測定した値であり、新たなキログラムの定義の基準となるプランク定数の決定に大きく寄与した。計量標準の利活用促進では、多数の標準物質を必要とするトレーサビリティ体系に代わり少数の標準物質の組み合わせで計量標準の利活用促進が可能な、定量NMRを用いた有機化合物の純度評価について、幹事として国際比較を実施した。

[法定計量業務の実施と人材の育成 [ミッション④]]

法定計量の適切な執行のため、試験検査・承認業務を着実に実施した(基準器検査1,290件、型式承認88件(平成29年12月時点))。

計量制度検討(計量制度審議会答申関係)に関連して、型式承認試験成績書の受け入れ(民間試験所の活用)システムの整備、自動はかり技術基準の整備、政省令手数料改正、JCSS技術的要求事項適用指針(圧力/圧力計:JCT20501)の改正を行った。また、水銀汚染防止法の施行に伴い、水銀汚染法関連JISの改正や基準器追加の省令基準等の整備を行った。更に、新たな技術基準として、排水流量計、圧縮天然ガスメータに関するJIS原案を作成した。

計量教習・講習・研修を目標値20回を超える35回(修了書606通(平成29年12月時点、見込))開催し、法定計量セミナー、クラブ、計量講習会などでのべ450名の参加者を受け入れ、人材育成に取り組んだ。

[計量標準の普及活動 [ミッション①②]]

計測クラブ等を通じた情報提供(講演会・研究会等16件)やコンソーシアムにおける技能試験や技能研修(4件)により主に末端ユーザー対象とした技術支援を行った。BIPMやOIML、APMPなどの関連機関との連携促進、国際比較等を通じた計量標準の管理、工業標準化・国際標準化へ平成29年度も貢献を行った。

[計量標準に関連した計測技術の開発 [ミッション⑤⑥]]

計量標準の開発と高度化、SI 基本単位の定義改定や国際勧告値に関わる物理定数の精密測定の実現、次世代計量標準の開発への貢献を考慮して、知的基盤としての研究開発を行った。

平成 29 年度の具体的な研究開発について、成果、アウトカムを以下にまとめる。

キログラムの定義改定のためのプランク定数の決定への貢献：

同位体濃縮シリコン単結晶球体の形状と表面の超精密計測によって、CODATA によるプランク定数の平成 29 年特別調整値の決定に貢献。プランク定数の決定に用いられた 8 つのデータのうち、4 つのデータに寄与（そのうちの 1 つは NMIJ 単独で測定）し、キログラムの定義改定に貢献。[プレスリリース 1 件（平成 29 年 10 月 24 日）、新聞掲載 30 紙以上、IF 付き論文 10 報]

ジョンソン雑音温度計によるボルツマン定数測定の研究：

産総研の開発した超伝導エレクトロニクスを用いた量子電圧雑音源を用い、この量子電圧雑音を基準信号源として組み込んだジョンソン雑音温度計により抵抗器の熱雑音を測定してボルツマン定数の算出を実現。温度の SI 単位定義改定への貢献及び熱力学温度測定に基づいた温度標準確立への寄与に期待。[IF 付国際誌 2 報、外部資金 1 件]

海水密度絶対測定：

シリコン固体密度標準に基づいた液体密度測定技術と測定中の海水の密度変化を防ぐノウハウを用いた独自方法により、6 桁精度の海水密度の絶対測定が実現した。観測データ（温度・圧力・密度・塩分）を相互変換する海水の状態方程式の信頼性を評価。海洋観測における海水密度測定の高精度化に不可欠な参照値の提供が可能となり、海洋大循環の解明や海洋科学観測における SI トレーサビリティの確立が期待される。[ニュースレター誌 1 報、国際会議報告 2 件]

超低周波振動加速度測定技術：

超低周波振動加速度計測技術を高度化し、加速度センサ校正の不確かさの大幅低減（6 %→0.2 %）を実現。インフラ老朽化診断技術・地震観測・被災度判定技術の信頼性確保とインフラ輸出事業における付加価値向上への貢献が期待できる。[計量標準整備 2 件、論文・解説 2 報、民間企業共同研究・技術コンサルティング 6 件]

光格子時計による次世代時間・周波数標準の開発：

イッテルビウム原子を用いた光格子時計のハードウェアを開発した。開発したハードウェアではアライメント及び光源の周波数ロックが堅牢化され、水素メーザーによる国家標準 UTC の校正には十分長い 5 時間連続運転に成功した。次世代時間・周波数標準の確立に貢献が期待されている。[外部資金研究 2 件]

水道法などの規制に対応した標準物質の開発：

世界初の有機体炭素の含量を認証したフタル酸水素カリウム認証標準物質ならびにポストカラム反応 GC の活用によるかび臭物質 2 種混合標準液の値付け技術を開発し、水道法改正に伴う水道水質検査の水質基準に対応可能な 43 項目を整備完了。計量法に基づく標準液の供給体制も整備。[IF 付国際誌 1 報、共同研究 2 件、プレスリリース（新聞掲載）11 報（予定）、認証標準物質 1 物質、依頼試験開始 4 項目（平成 30 年 4 月開始予定）]

定量 NMR に関するトレーサビリティ体系構築のための基準物質の開発：

定量 NMR 用の基準物質のための精確な計測技術を開発し、 ^1H NMR と ^{19}F NMR の両者に使用できるトレーサビリティ体系の頂点に相当する最上位の基準物質を確立。国際同等性確立に向けた国際度量衡委員会物質諮問委員会（CCQM）における国際比較（CCQM-P150. b）を幹事として実施。SI にトレーサブルな標準物質の開発・供給による定量 NMR の利用範囲の拡大と信頼性向上への貢献が期待できる。[定量 NMR 用認証標準物質 1 物質、国際学会発表 3 件]

放射線利用施設の安全安心を支える計量標準：

人の目の被ばく線量を評価するための標準（3 mm 線量当量）、大形の放射性汚染検査装置の校正に用いる大面積線源用の標準、中性子線量計の試験に必要な中性子標準を開発した。標準整備により原子力利用、医療、先端計測等の放射線利用施設での放射線利用時の線量計測

の信頼性が確保されることにより、安全安心の確保に寄与できる。[受託研究 1 件、民間共同研究 2 件、大面積面線源に対する荷電粒子放出率標準の供給開始]

【アウトカム】

計量標準総合センターは知的基盤の整備について、ニーズに基づいた適切で計画的な計量標準の整備、計量標準の円滑な利用に向けた環境整備、着実な業務の実施を通して、我が国の国家計量機関としての機能を十分に果たしている。平成 29 年度は、計量標準の精度向上（不確かさ低減 1 件）とメニューの充実（物理標準供給開始 17 件、範囲拡大 6 件、標準物質供給開始 10 件）がなされ、多岐に渡る計量標準の整備が進んだ。知的基盤整備計画（平成 25 年度～平成 35 年度）に基づく着実な計量標準の整備により、ニーズに合わせたトレーサビリティ体系が構築され、信頼性が確保がされた計測・分析技術に下支えされた社会が実現がする。

法定計量業務の実施と人材の育成は、法令で定められた業務であり、長年継続的にかつ着実に行う必要がある。計量法校正事業者登録制度（JCSS）における校正事業者向けの校正等が 338 件（平成 29 年 12 月末時点、以下同じ）、一般ユーザー向け依頼試験が 197 件、標準物質の頒布が 1,450 件、基準器検査 1,290 件、型式承認 88 件、計量研修生 606 名（平成 28 年度 679 名）を受け入れるなど、知的基盤の整備に着実に取り組んでいる。

キログラムの定義改定に際して、CODATA によるプランク定数の平成 29 年特別調整値の決定に関与し、国際勧告値に関わる物理定数の精密測定において日本の国際的なプレゼンスが向上した。次世代計量標準に関する研究開発の積み重ねにより、世界の計量標準の基盤技術への貢献が見込める。

【課題と対応】

計量標準の整備についての課題は、社会のニーズに応じた計量標準の開発・整備・維持・供給を継続することである。計量標準に対する社会のニーズは、定期的な調査等で常に把握し、研究開発を継続して技術力を維持して対応する。

計量法に関わる業務については、法令で定められた業務の着実な実施が課題である。試験検査・承認業務の効率化と法改正に対応した体制整備を行っていく必要がある。法定計量技術者の人材育成とレベルの向上への貢献として、講習、研究を実施する。

計量標準の普及に対しては、中小企業や末端ユーザーでの計量標準の利活用が課題である。末端ユーザーに届く情報提供や講習・技能研修活動をクラブやコンソーシアム、技術コンサルティングを通じて拡充する。また、工業標準化・国際標準化への貢献を行う。

知的基盤における研究開発の課題は、次世代計量標準及び基礎科学研究に必要な計測技術の創出と、社会インフラ整備に役立つ計測技術の研究開発である。計量標準の開発で培った知見・技術を元に、目的基礎研究から橋渡し研究に向けて研究を展開する。

4. 前年度評価コメントへの対応

（1）領域の概要と研究開発マネジメント

・コメント：

企業での研究開発は短期で成果を得られるものが増えてきており、NMIJ には基礎研究にもっと力をいれて欲しい。出口探索のためのマーケティングとフィードバック、成果のアピールを強化していくことで、基礎研究の意義を拡大し、基礎研究の強化を望む。標準に関しては利益に直結しないため企業では取り組めない分野だが、産業を下支えするものであるため、今後も強化をお願いしたい。

対応：

公的研究機関として長期的取り組みが必要な研究テーマも実施している。例えば、SI 単位再定義に関わる研究、水道法関連、放射線利用施設の安全安心を支える評価技術など。国家計量標準（物理標準、標準物質）の整備に関するユーザーニーズ調査を通年で実施して

ニーズの把握に努め、それを考慮したマーケティングとフィードバックを進めている。

・コメント：

コンサルティングには、計測だけではなく、製造や開発など幅広い知識がある方がさらに有効に進められる。分析等をあまり知らない人への問題解決のための提案力・コミュニケーション力を高めるような人材育成や仕組みを考えることが必要である。

対応：

研究現場では、若手のうちから技術コンサルティングの経験を積んで、ノウハウの蓄積や共有を図っている。

・コメント：

若手の積極的な活用をさらに推進することも取り組みとして必要。

対応：

海外 NMI の研究者に対する技術研修（フィリピン）や ESW2017 の主催（若手が参加）を実施した。内部的には、新規採用研究職員発表会、3 年目発表会、若手研究者を主軸とした萌芽研究、在外研究予算の支給を通して若手育成に取り組んでいる。

(2) 「橋渡し」のための研究開発

(「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）)

・コメント：

基礎研究については、国際的な学術雑誌への掲載等で成果をプレスリリースなどで大きく広報することにより、社会にアピールし、公的資金の獲得につなげる努力を継続してほしい。

対応：

基礎研究も含めて顕著な成果は積極的にプレスリリースして発信した。例えば、キログラムの再定義、光子 1 個を検出するイメージング、電子 1 個を検出する技術など

・コメント：

知的財産獲得についても今後も積極的に行い、産業化につなげてほしい。

対応：

NMIJ 技術マーケティング会議の設置や専任の PO の活動により、知的財産獲得と事業化につなげる体制を整備して進めている

(「橋渡し」研究前期における研究開発)

・コメント：

具体的に対象を決めて取り組んでいることを評価した反面、橋渡し前期としてはあまりにも対象を特定しすぎているのではないかと感じる。この技術がどのような対象に適用可能かも含めてまとめられていると適用範囲が広げられる（アピールした際に、受け取る側が自分の持つ課題解決につながるかどうかという見方ができる）のではないかと感じた。

対応：

テクノブリッジフェアの展示パネルや研究カタログでは、可能なものについては期待できる応用先を明記するなどの対応をした。

・コメント：

独自に開発する力がある大企業ばかりでなく、ベンチャーや中小企業と共同研究することにより実用化を促進する取り組みを行って頂きたい。

対応：

民間企業との連携において、大企業に対する中堅・中小企業の比率は平成 29 年度は 41% となっており、ベンチャーや中小企業との連携も行っている。

(「橋渡し」研究後期における研究開発)

・コメント：

テーマを考える際には、マーケットの大きさ（採算性）だけでなく、社会的なインパクトも考慮して進めてほしいと思います。

対応：

採算性以外のことも考慮してテーマ設定を行っている。例として、水道法関連の評価技術や標準物質の開発がある。

(3) 知的基盤の整備

・コメント：

データベース（DB）や図の出し方など、ソフト的な標準も重要なので、今後も新たなものも含めて整備の計画ができるとうよいと思います。

対応：

DB は継続的に更新に取り組んでいる。標準整備に関するニーズ調査を通年で行い、Plan-Do-Check-Act Cycle (PDCA) を回して対処している。DB について、平成 29 年度の実績では、有機化合物及び固体 NMR スペクトル DB はデータ更新 376 件、アクセス数 31,263,417 ページビュー、熱物性 DB は、データ更新 119 件、アクセス数約 2,000,000 ページビューであった。

・コメント：

継続して新しい質量の定義に関する広報を積極的に行い、産総研の研究が子供から大人まで身近な関心としてとらえられるようなアピールを行ってほしい。

対応：

NMIJ ホームページにキログラムの定義改定についての特設ページを開設、SI プロモーション委員会などの広報活動、マスコミや雑誌の取材対応、様々な機会を通じての宣伝活動を通して広報する。変更の際にも産業界への情報提供を行う。

(4) 領域全体

・コメント：

広報について、最先端の興味深い成果が出ているのであるから、一般の方にも産総研の成果がわかるような、社会的に NMIJ を認識してもらえらるような新しい視点での努力を続けて頂きたい。

対応：

プレスリリース、ホームページの更新、各種イベント・展示会への参加などの広報活動を実施した。一般向けとして、一般公開で積極的に出展している。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
平成29年度 研究評価委員会
(計量標準総合センター)

説明資料

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

平成30年3月2日

1. 平成29年度の目標と代表的成果

(1) 計量標準の整備と利活用促進

- ・ 知的基盤整備計画に沿った、物理標準の開発・範囲拡張・高度化等の整備、化学・材料評価のための標準物質の開発。
- ・ 水道法等の規制に対応した標準物質の開発、定量NMRに関するトレーサビリティ体系の構築。
- ・ キログラムの新しい定義に用いるためのプランク定数の決定に貢献。

(2) 法定計量業務の実施と人材の育成

- ・ 特定計量器の基準器検査、型式承認試験等の効率的な実施。
- ・ 計量教習、計量講習、計量研修の実施、法定計量技術の人材育成。

(3) 計量標準の普及活動

- ・ 計量標準の利用を促進するため、情報提供及び講習・技能研修活動の拡充を図り、関連する工業標準化、国際標準化へ貢献。
- ・ 水素ディスプレイの計量値を、国家標準にトレーサブルに校正・試験する技術を開発。
- ・ 計量標準の管理、計量法トレーサビリティ制度に定められた参照標準等の供給を実施。計量法の運用に係る技術的な審査に関連する支援、アジア・太平洋地域等への技術協力を実施。

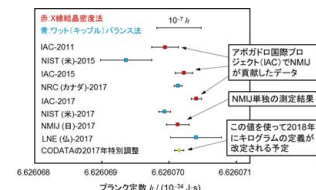
(4) 計量標準に関連した計測技術の開発

- ・ 開発、高度化した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置を利用して、ユーザーが抱える計測課題を解決、技術指導や機器公開による計測支援等を実施。
- ・ 目的基礎研究(小型実用原子時計等)、「橋渡し」研究前期(光コムによる温度計測等)、「橋渡し」研究後期(pH自動調整装置の高度化等)の研究課題への取組。
- ・ スペクトルデータや熱物性データに関する情報を更新、ユーザーの利便性向上を目指した高度化を実施。

さらばキログラム原器、新たな定義実現への歴史的な貢献



プランク定数測定に用いたシリコン単結晶球体

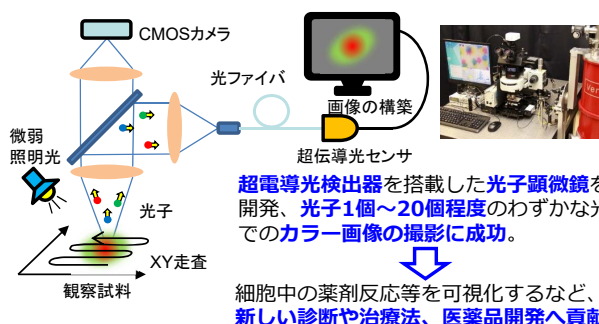


新たにキログラムの基準となるプランク定数の値の決定に寄与した8個のデータ中4個のデータの測定に貢献

プランク定数を世界最高レベルの精度で測定。新たにキログラムの基準となる予定のプランク定数の決定に貢献。

平成30-31年予定の**130年ぶりとなるキログラム定義改定**に貢献

世界初、光子一つが見える「光子顕微鏡」



2. 特筆すべき成果

【知的基盤】

- ・ シリコン単結晶球体を用いて**プランク定数を世界最高レベルの精度で測定**し、科学技術データ委員会による新たにキログラムの基準となるプランク定数の決定に米、独、カナダ、仏とともに寄与。平成30-31年実施予定の**130年ぶりとなるキログラム定義改定**に大きく貢献。**新聞掲載30紙超**。
- ・ 気体高圧力、電界強度、低温温度計、放射性表面汚染等の**物理標準17件を開発/範囲拡張/高度化**。化学/材料評価用の**標準物質10件を整備**。
- ・ **水道水質検査方法の改正に対応**、計量トレーサビリティが必要な**水質標準のほぼ全て(43項目)の標準整備を完了**。**定量NMRに関するトレーサビリティ体系構築**のための標準物質を開発、国際比較を主催。特定計量器の**型式承認に民間試験所の試験成績書活用**を開始。
- ・ 校正事業者向け校正338件、依頼試験197件、標準物質頒布1,450件、基準器検査1,290件、型式承認88件、計量研修生606名(平成29年12月末)を達成。スペクトルデータベース(**3000万件アクセス**)、熱物性データベース(**200万件アクセス**)を更新・拡充。

【目的基礎】

- ・ **論文の合計引用数は**2,541回(平成29年12月末)で目標2,600回を達成見込。論文数は171報(平成29年12月末)で目標200報を達成見込。
- ・ **次世代の量子計測技術シーズ**である**単一光子分光イメージング技術**を世界で初めて開発。過渡吸収分光計測技術を高度化して次世代有機EL材料の発光原理を解明したほか、**センサネットワーク同期用小型原子時計**、微小トルク校正技術、先端材料開発を支援する高度な表面評価技術など、計量標準研究機関としての競争力強化や、将来の橋渡しに繋がる**革新的計測技術シーズ**を開発。

【橋渡し前期】

- ・ **公的資金**の獲得状況は、平成29年12月時点で7.1億円と平成28年度並の高水準。
- ・ **国家戦略や、法令・規制への対応に繋がる技術を開発**(**水素ステーション用水素計量器の校正・検査技術を開発**、ガス状水銀のリアルタイム分析を誘導結合プラズマ質量分析法で実現)。計量標準の開発を通じて培った知見・計測技術を発展させ、**実用的計測・制御技術を開創**(**光コムによる温度計測**、加工用レーザーパワーの精密制御、均質な分散マイクロ粒子の製造、半導体結晶転位の自動検出)。

【橋渡し後期】

- ・ **民間資金**の獲得額は平成29年12月時点で5.6億円(平成28年同月比140%)、平成29年度は目標額(6.0億円)を達成見込み。
- ・ **技術コンサルティング**制度を活用した連携を拡大強化。本年度は12月時点で1.7億円(150件)、前年同時期1.1億円(106件)と比べ1.5倍。
- ・ 民間共同研究により、**3次元計測用X線CT装置**、**pH自動調整装置**、**インフラ診断用X線非破壊検査システム**などの製品化に貢献。
- ・ 物体の色や見え方の精密計測技術や、ピコメートル精度の微小変位計評価技術、ミリ波帯の平面回路評価技術を実現、製品の性能評価・付加価値創造を通じて**ものづくり支援、産業創出**に貢献。全国規模で**3Dスキャナと3Dプリンタを通じた地域連携**を推進。

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

(1) 領域の概要

計量標準総合センター 総合センター長

臼田 孝

平成30年3月2日

産総研の人員

研究職員数(うち外国籍)	2,315名(128名)
●うちパーマナント	1,939名
●うち任期付	376名
事務職員数	698名

平成29年7月1日 現在 職員合計3,013名

役員	13名
招聘研究員	212名
ポスドク	243名
テクニカルスタッフ	1,543名

平成29年7月1日 現在

●産学官連携制度等による研究員等受入実績数

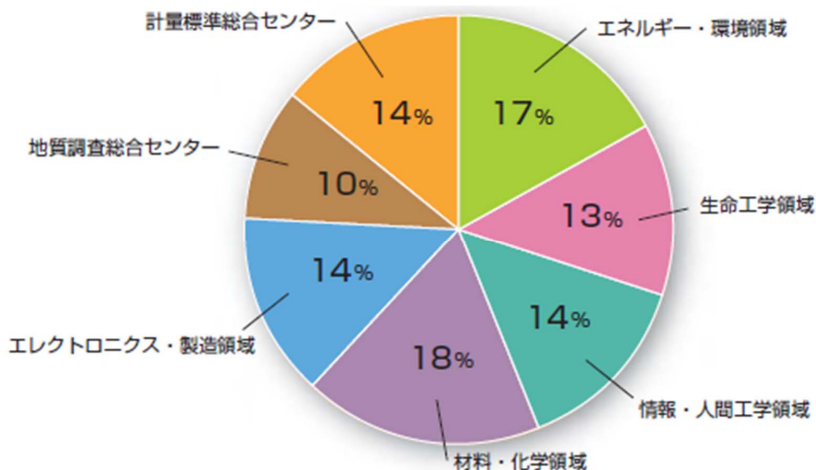
企業から	1,885名
大学から	2,228名
独法・公設試等から	1,000名

(平成28年度 受入延べ数)



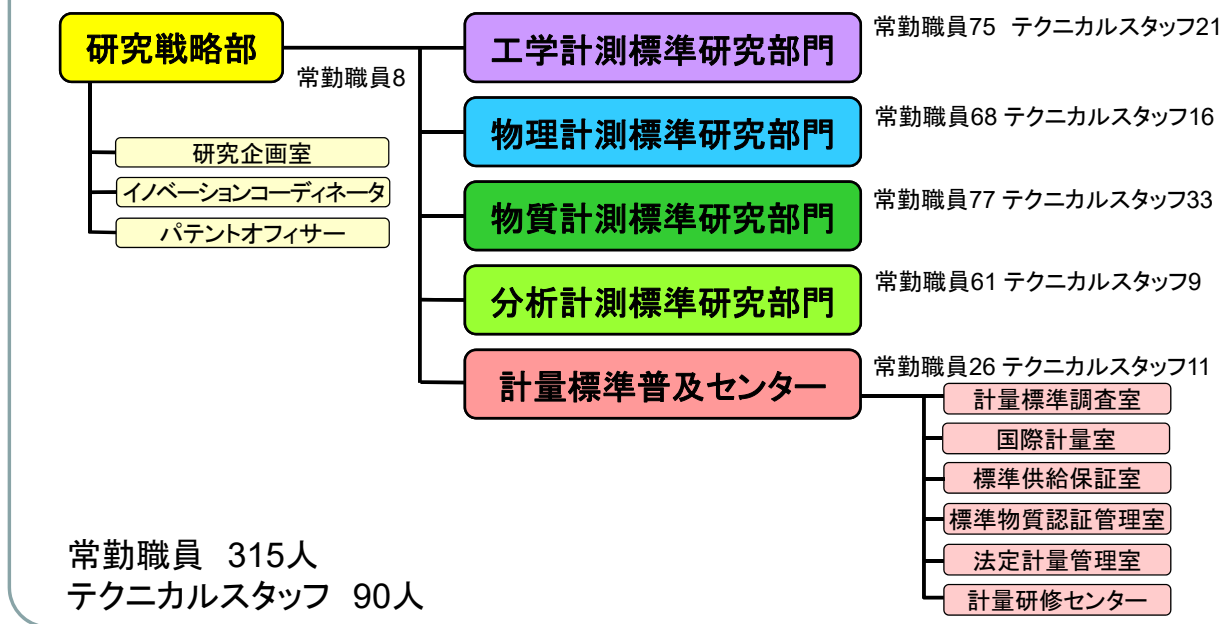
領域別の研究職員構成

(平成29年7月1日現在)

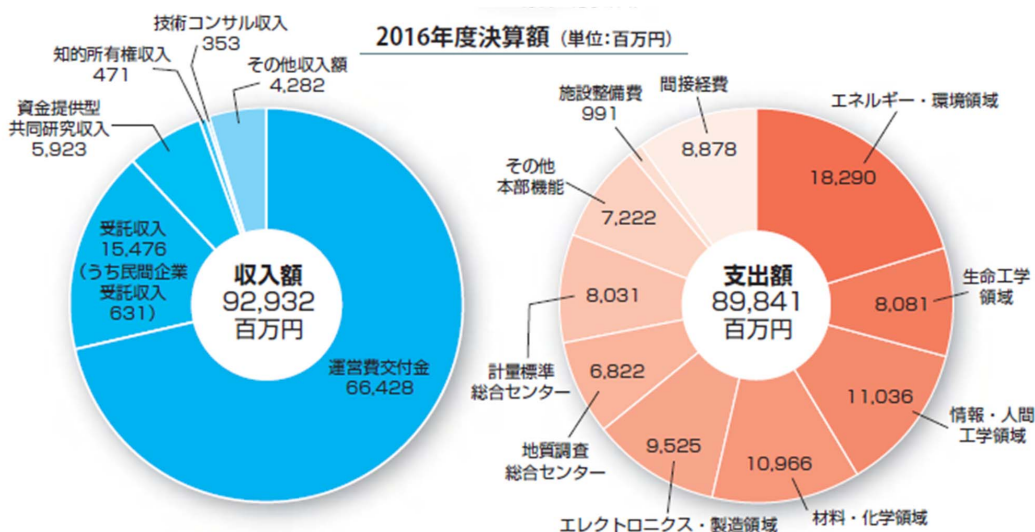


NMIJ 組織概要 (平成30年1月1日現在)

計量標準総合センター (National Metrology Institute of Japan)

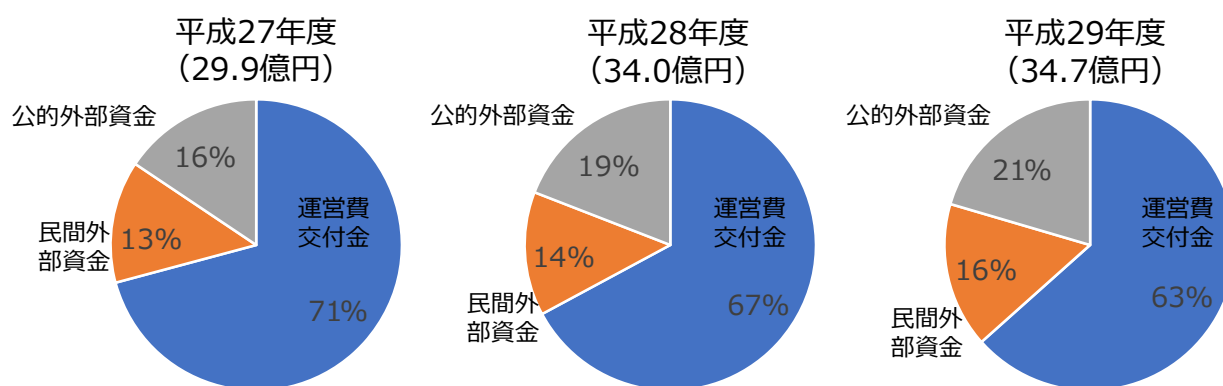


産総研全体の予算



[注1] 百万円未満四捨五入のため、合計と一致しないことがある。
 [注2] 収入及び支出の額は、独立行政法人通則法第38条に規定する「決算報告書」の決算額である。

当領域における予算構成



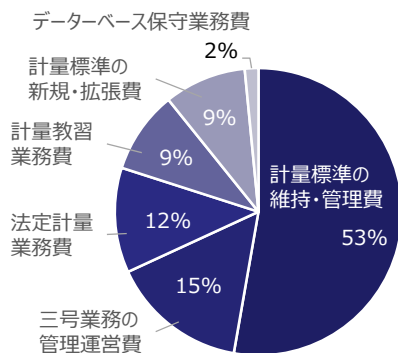
(億円)	平成27年度**	平成28年度**	平成29年度
運営費交付金*	21.2	22.8	22.0
民間からの外部資金	4.1	4.7	5.6
公的外部資金***	4.7	6.5	7.1
合計	29.9	34.0	34.7

2017年12月末時点

※ 所内競争的予算を含む
 ** 平成27・28年度は確定値
 *** 再委託費は除く

当領域の特徴

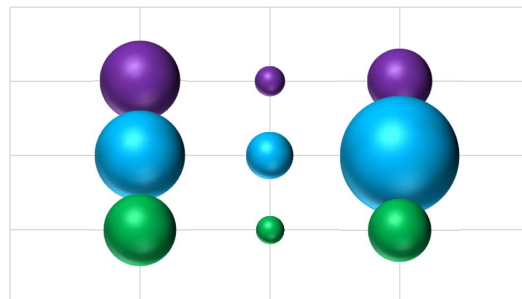
知的基盤業務に必要な経費
業務別の内訳



民間資金獲得状況から見た当領域の特徴
(平成29年度)

標準・校正技術
による連携

- 標準・校正技術の開発・評価
- 標準・校正技術による分析・評価
- 標準・校正技術を応用した製品開発



共同研究 受託研究 技術コンサルティング

契約形態

領域のロードマップ

知的基盤整備計画

http://www.meti.go.jp/committee/summary/0003843/pdf/007_03_02.pdf
http://www.meti.go.jp/committee/summary/0003843/pdf/007_03_03.pdf

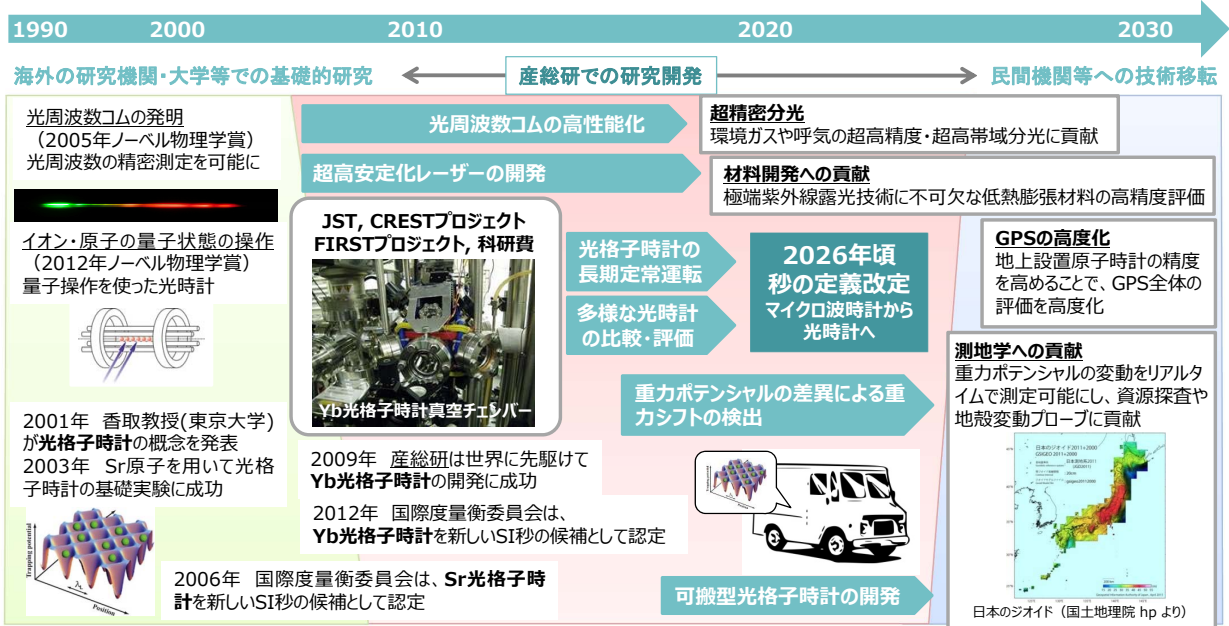
区分	種類	項目 (単位)	供給計画	平成26年度まで	平成29年度まで	平成34年度まで	整備理由
SI基本単位	時間	時間	平成34年度まで：新たな原理に基づいた時間標準の開発			○	現在の時間標準であるセシウム原子時計を光領域の原子時計に置き換えることにより、時間標準の精度が大幅に向上する見込みである。次世代の時間標準は、秒の再定義や時間標準にリンクされた各種国家標準の精度向上に貢献する。
	質量	質量	平成34年度まで：新たな原理に基づいた質量現示法の開発			◎	キログラム定義改定に関わる国際的な計量標準のトレーサビリティの確保に寄与する。特に微小質量側へ標準供給範囲の拡張と微小質量の不確かさ低減が期待できる。
	基礎物理定数	基本単位定義改定に関わる基礎物理定数の決定：質量	平成29年度まで：アボガドロ定数、プランク定数の精密決定			◎	SI定義改定に向けて、各国計量標準機関において基礎物理定数であるアボガドロ定数及びプランク定数の精密決定に関する研究開発が進められており、測定値提出によって国際的な計量標準の高度化に寄与する。アボガドロ定数が決まればプランク定数もほぼ同等の不確かさで基礎物理定数の関係式から決められる。

計量標準整備計画（物理標準）から抜粋

上記を含む102種類の整備計画を策定し、計画に沿って開発を推進。PDCAサイクルをまわして業務を継続的に改善。

計測技術等の開発計画

(例) 産総研における光周波数標準の研究・開発

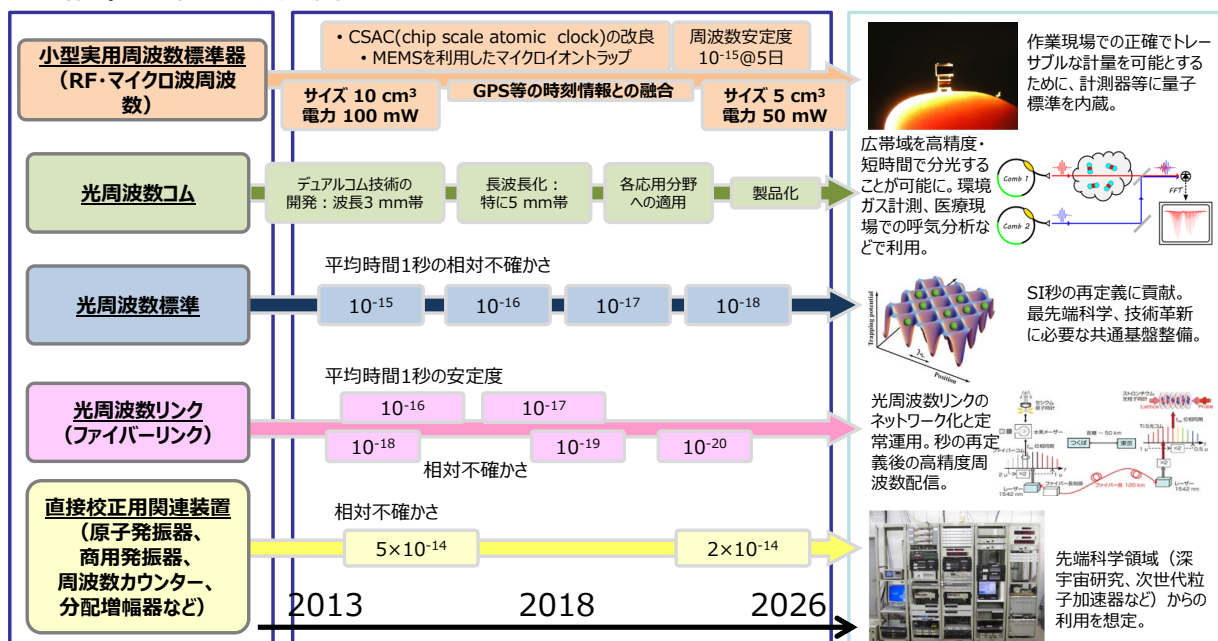


技術戦略マップ

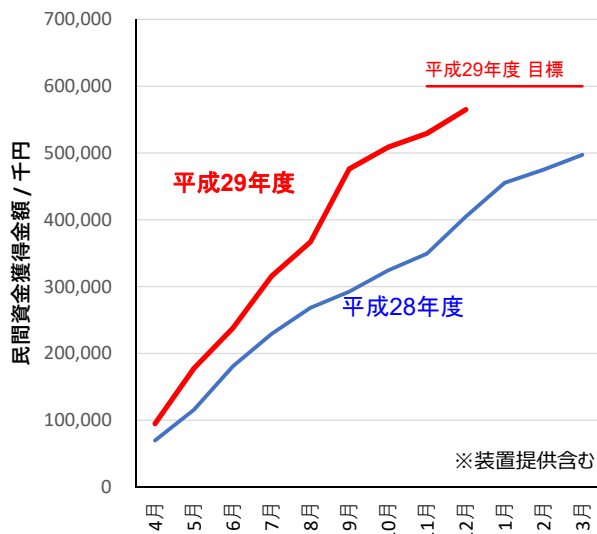
<https://www.nmij.jp/public/report/senryaku/2015/>

今後必要になることが予想される計測技術に対してロードマップを作製

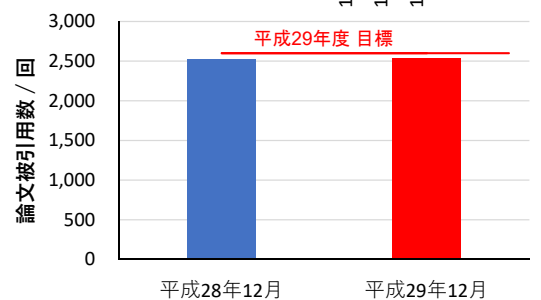
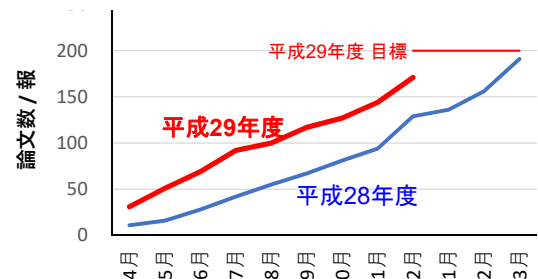
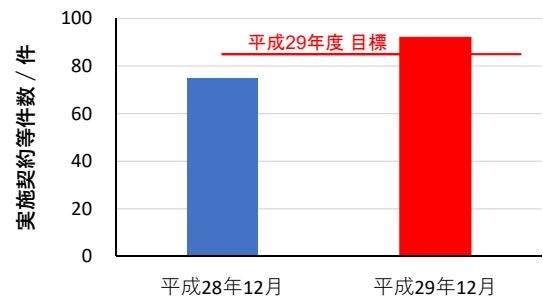
(例) 時間周波数計測



今年度(平成29年度)の実績



民間資金獲得に関して、平成29年度は達成見込み。
 実施契約等件数は、平成29年度は目標を達成済み。
 論文発表数は平成28年度を上回って、順調に増加。
 論文被引用回数は、平成29年度は達成見込み。



産総研を巡る動きと当領域の対応

- 第4期(平成27年4月より5年間)の開始
 民間資金獲得が目標として設定
 新たな連携制度(技術コンサルティング)の導入
- 平成28年10月1日付で特定国立研究開発法人に指定
 中長期計画の改定: 標準化への寄与が明示
 → 以前から多数の標準化に関与(産総研が役職を勤める国際委員会のうち約1/3ポストに当領域関係者が対応)

産総研の2030年に向けた研究戦略を策定

- 主要課題であるデジタルものづくり(3次元形状計測)、水素社会の実現(水素流量)、単一電子・光子・原子の計測(量子標準)、分子レベルの素材制御(標準物質)、社会リスク低減(インフラ診断)等を先導

産総研への期待に的確に対応

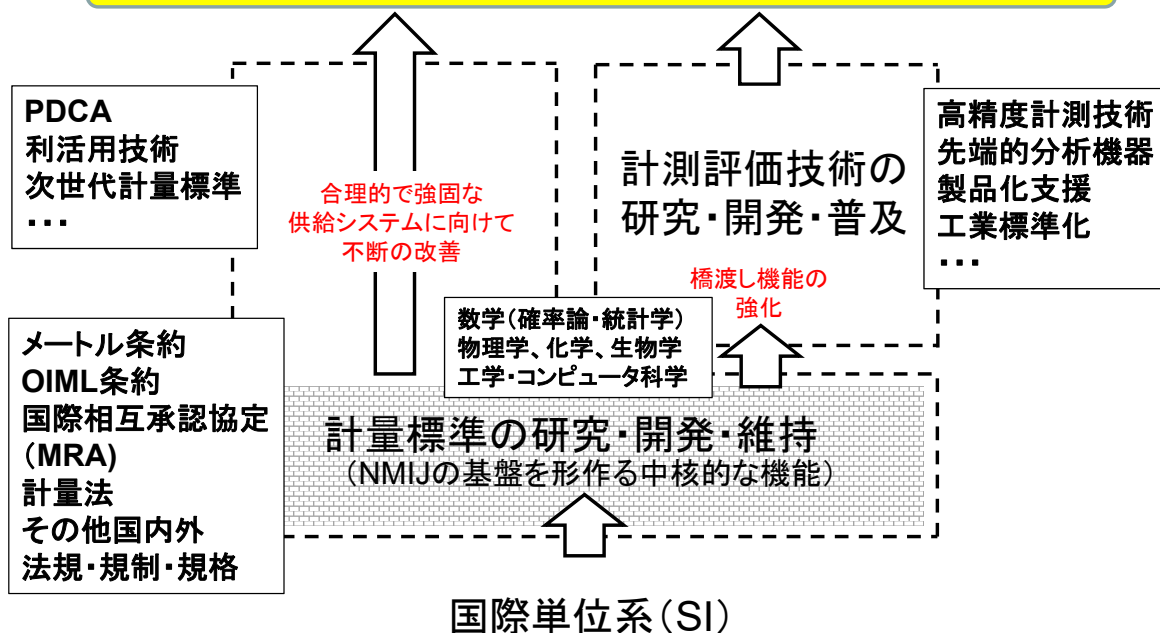
知的基盤整備と計量標準供給への対応

- 計量標準の整備
 - 業界との対話により整備計画の見直しを行い整備項目を的確に達成
- 計量標準の普及
 - 昨年度並みのjcss校正に加え技術コンサルティングを援用した校正+αの付加価値の提供、標準物質頒布数は順調に増加
 - 各種セミナー・計測クラブの開催、比較試験プログラム・普及啓発資料提供
- 法定計量業務
 - 経常的な計量教習の実施に加え、全国でセミナーを開催
 - JIS原案作成
- 国際計量標準への寄与
 - 国際ポスト獲得、途上機関への支援、水素ディスペンサ国際勧告文書対応

当領域固有業務へも的確に対応

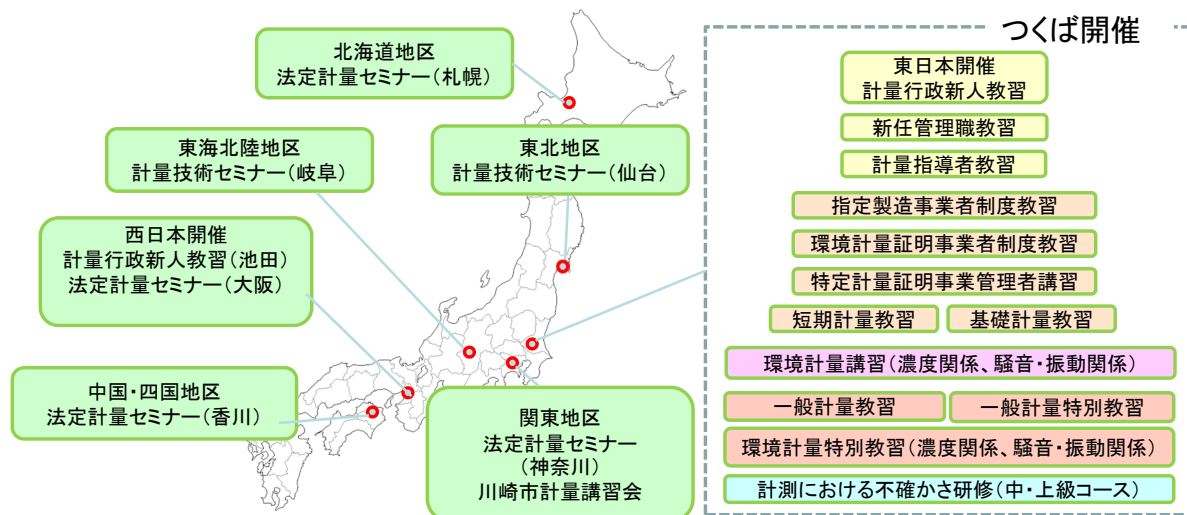
計量標準総合センターの業務

計量標準を核として知的基盤・橋渡しのデュアルユースへ



知的基盤の普及：法定計量に係る人材の育成

平成29年度末で、計量研修センターは単年度ベースで**606名**（見込数：修了証書発行分**559名**＋未発行分**47名**）。その他、法定計量セミナー、クラブ、計量講習会などで述べ**450名**（参加見込み数）。



知的基盤の普及：国際支援

- ・ **日中韓若手研究者ワークショップ（ESW）**を8月30日～9月1日に開催した。日中韓の中堅・若手研究者40名がNMIJの先輩研究者との議論と交流、将来の機関連携を考えるグループディスカッションなどを行った。
- ・ **JSTさくらサイエンスプラン**により、アジア5か国の国家計量標準機関から合計9名を招へいた。NMIJ研究者による講義を受講するとともに、同時期に開催したESWに参加し、同世代の日中韓の研究者とも交流することで、若手同士の連携活動強化につなげた。
- ・ **海外産業人材育成協会（AOTS）研修**（12月4日～15日）の開催を支援した。アジア13か国から国家計量標準機関の研究者および職員が13名が参加した。計量標準、法定計量に関連した研修を産総研、企業、東京都等で行った。
- ・ **フィリピン国家計量標準機関の研究者への技術研修**を行った。8月に長さで2名、10月に体積・密度で3名、圧力で2名、12月に質量で3名の研修生を受け入れた。



ESWの参加者



さくらサイエンスプランの講義



AOTS研修参加者

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

(2) 領域の研究開発マネジメント

計量標準総合センター 研究戦略部長

藤本 俊幸

平成30年3月2日

第3期までの主要課題と成果

- 産総研第1, 2期(2001~2009年度)
 - 欧米諸国に比肩しうる計量標準の整備
 - MRA(相互承認協定)への対応
- 産総研第3期(2010~2014年度)
 - 環境、エネルギー、医療、健康に寄与する計量標準の整備

得 ら れ た 能 力	欧米諸国並みの一次標準	}	MRA対応
	計量標準の開発により培った計測・分析技術と計量標準の一体的開発能力		
	一次校正事業者に対しての国内供給体制		
	国際比較で培った同等性評価技術		
	国際ポスト取得とルールメイキングへの関与		

第4期の領域目標・戦略

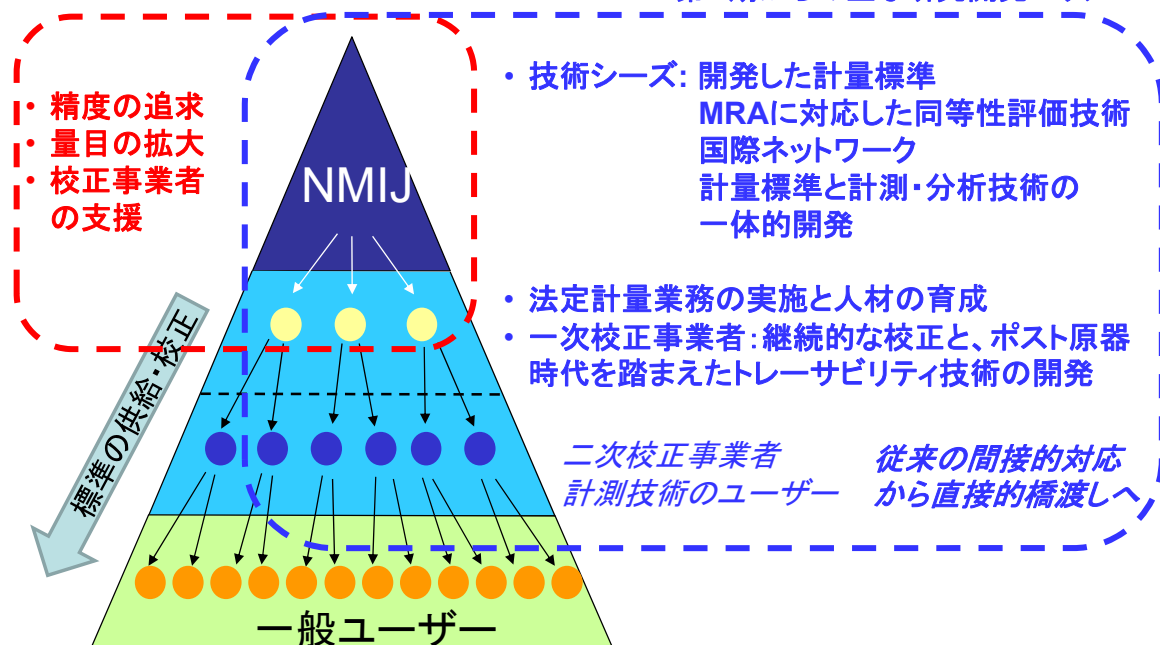
- ・ 継続的な計量標準、法定計量業務の供給
- ・ さらなる計量標準の精度向上、効率的開発
- ・ 標準供給サービスから一歩進んだソリューション提供、標準化支援、技術の普及
- ・ 計量標準、精密計測技術を新たな産業技術へ転換するデュアルユース開発、産総研他領域や企業との協業による研究開発

ポストMRA、ポスト原器(SI定義改定)時代の計量トレーサビリティシステムに向けた研究開発

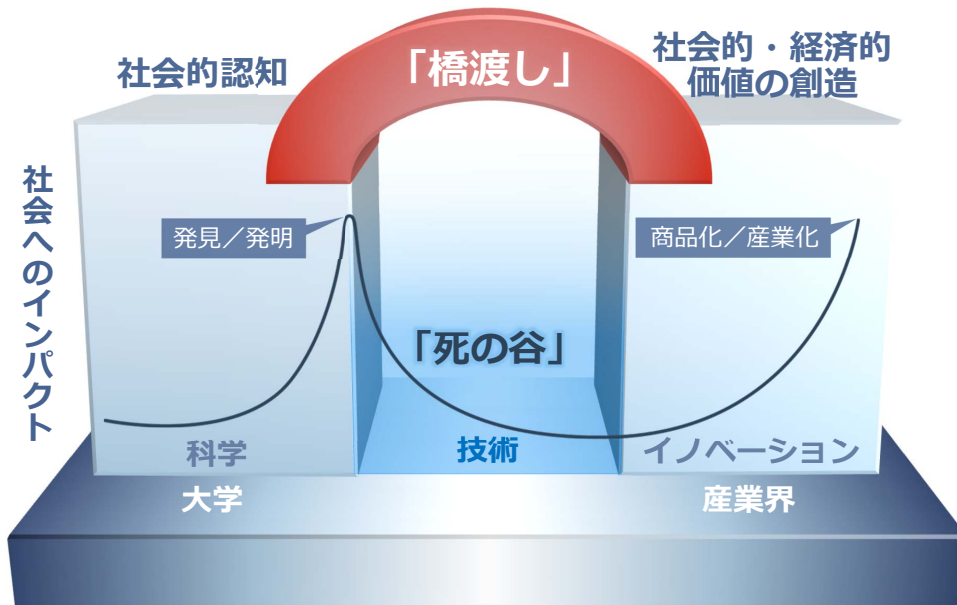
第4期における研究開発の方向性

第3期までの主な研究開発エリア

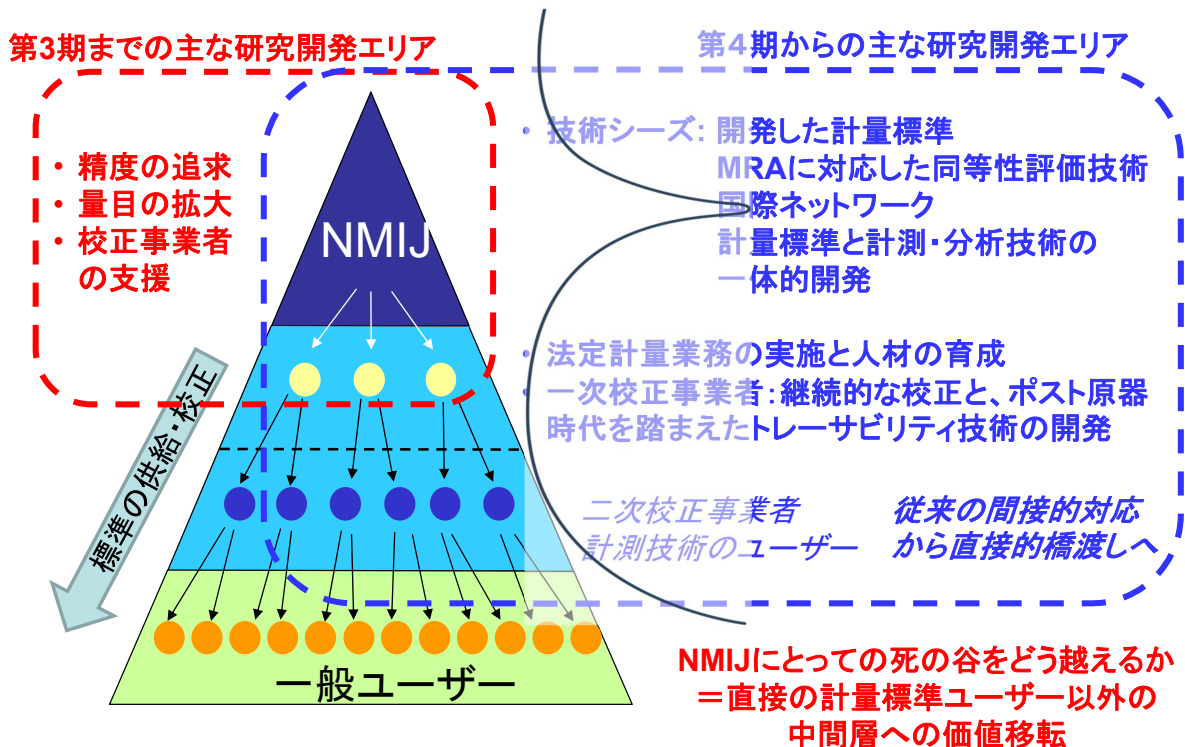
第4期からの主な研究開発エリア



産総研の橋渡し機能

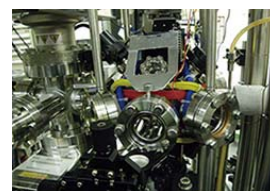


当領域にとっての橋渡し機能

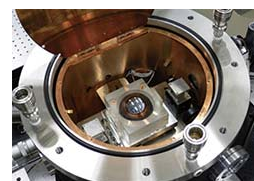


当領域の特徴

- 標準確立のための技術開発
- 顧客は自身 + 標準供給事業者
- **それ自体の(営利)事業化は難しい**



光格子時計



アボガドロ定数

領域のコアコンピタンス
標準・校正技術等

関与のフェーズ

1. の技術開発
2. による分析評価
3. を応用した製品等開発

領域のコアコンピタンスを
磨くことで企業ニーズの
各フェーズに関与

校正・依頼試験

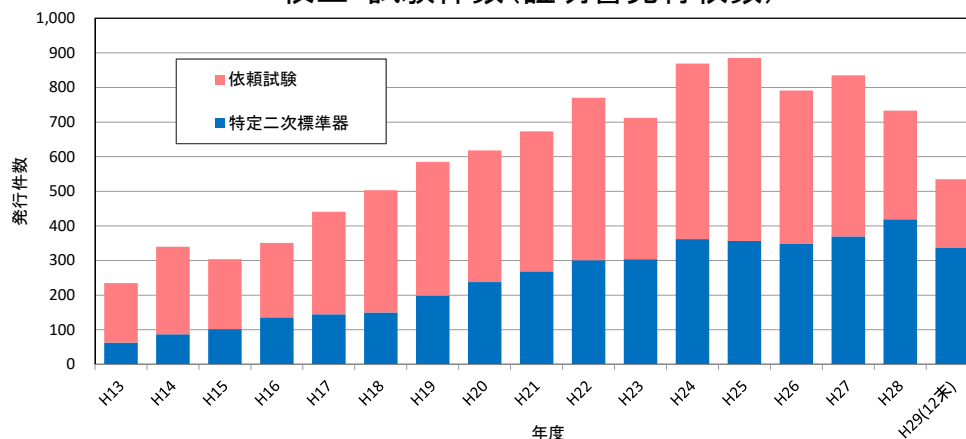
- 計量標準総合センターの業務として実施する(三号業務)
- 校正・依頼試験の**費用は定められている。**
- 結果は**校正証明書として発行される。**
- 校正・依頼試験の対象は**決められた校正器物のみ**である。
- 校正・依頼試験は**決められた方法・手順**で実施され定期的監査を受ける。
- 新たな校正品目・項目の制定は**一定数以上の需要**の存在する案件に限られ、また制定には**長時間**を要する。

計測技術コンサルティング

- 校正・依頼試験の**リストにない**測定・分析対象や条件・手法による測定・分析の実施。
- 依頼者の要望に応じた**オーダーメイド**の測定・分析の実施。
- 測定・分析の原理や手法に関する**情報提供・技術指導。**

校正・試験業務とコンサルティング

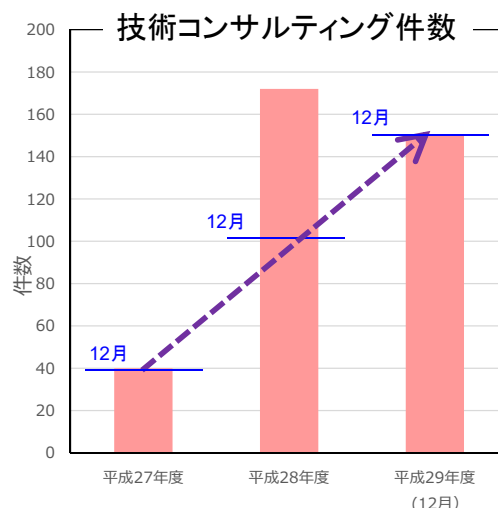
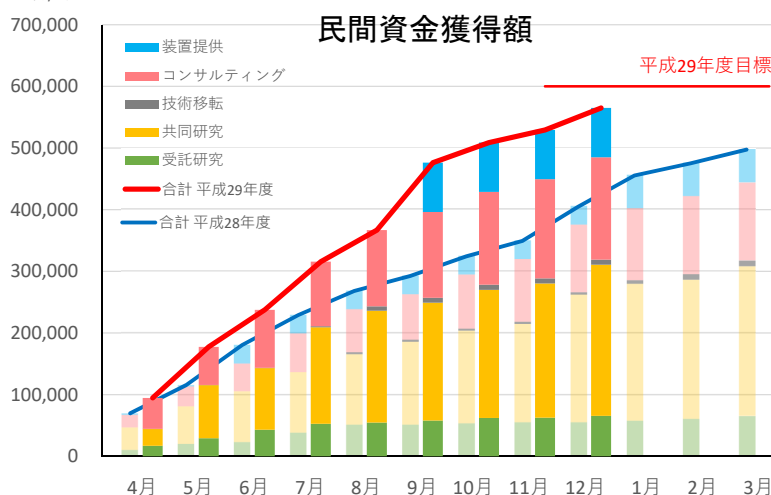
校正・試験件数(証明書発行枚数)



計量法に基づく特定二次標準器校正は、前年度並み
依頼試験は、一部は技術コンサルティングに移行がみられる。

民間資金獲得額と技術コンサルティング

金額 / 千円



技術コンサルティング(オーダーメイドの測定・分析)でサービスを加速。

(技術コンサルティングの金額・件数ともに増加傾向。)

件数: 42件→106件→150件(契約締結ベース、各年度12月時点)

コンサルティングに対する産業界の反応

- ・ 計測のスペシャリストによる高度な技術指導の有償化は理解できる。
- ・ 無償だと依頼しにくい。有償化によりサービスの確実性・継続性が確保されれば有り難い。

研究者にとっての利点

- ・ 負荷が限定的 > 公開知見の提供、時間契約
- ・ 複数企業に同内容のコンサルティングが可能
- ・ **産業界ニーズ(問題)把握の好機**

連携の入り口として有効に機能 大型連携へのステップ

- ・ 企業との連携チャンネルが増えると共にコンプライアンス面の配慮も重要に

NMIJとしてのブランド・信頼性の維持と ユーザーニーズへの対応・顧客満足の上両立を目指す

基盤技術段階でのパートナーシップ構築

- 先端計測分析機器の公開による計測支援 -



陽電子プローブマイクロアナライザー



過渡吸収分光装置、蛍光寿命計測装置



リアル表面プローブ顕微鏡装置



固体NMR装置

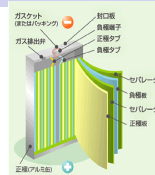
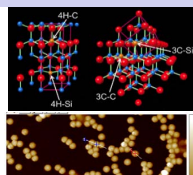
- 産総研: イノベーション創出機器 共用プラットフォーム (IBEC)
- 文科省: ナノテクノロジープラットフォーム 微細構造解析プラットフォーム

NanotechJapan
Nanotechnology Platform

ANCF
AIST Nanocharacterization Facility

先端的な計測・分析技術や装置を開発、公開

大学や企業の研究開発、材料開発等を支援



支援件数(文科省事業)

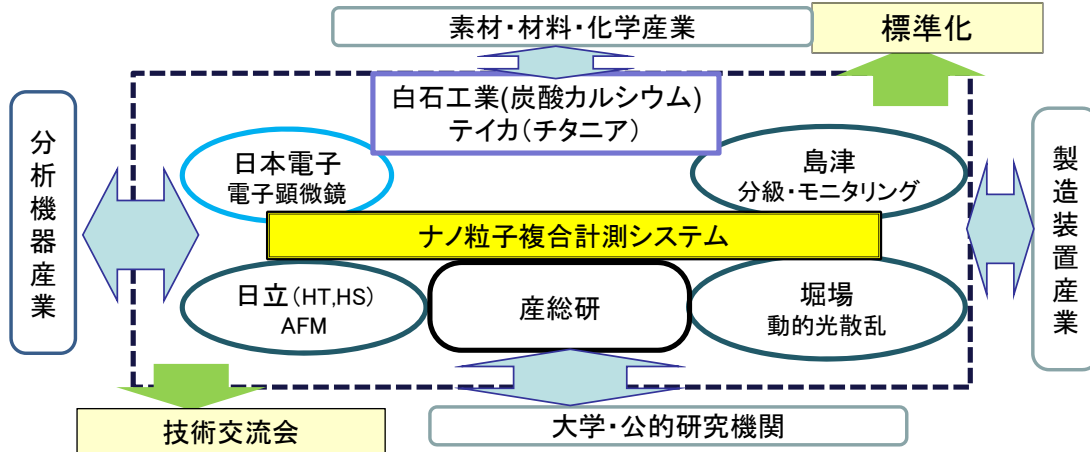
- ・ 技術相談
 - ・ 技術補助
 - ・ 技術代行
 - ・ 機器利用
 - ・ 共同研究
- 平成27年度: 65件
平成28年度: 73件
平成29年度: 55件(途中集計)
- 利用の約半数は企業

公開利用から共同研究や受託研究にも展開

基盤技術段階からの組織的連携

－ ナノ計測ソリューションコンソーシアム (COMS-NANO) －

ナノテクノロジーの進展に重要なナノ材料の評価手法・装置の開発をオールジャパン体制で推進するため、2013年6月に島津製作所、日本電子、リガク、日立ハイテクノロジーズ、堀場製作所の5社と産総研でコンソーシアムを設立した。2016年4月からスタートした第2期では、ナノ材料規制における該否判定への利用に向けてナノ粒子複合計測システムプロトタイプ的高度化を進めるとともに、新たに材料系メーカーをメンバーに加え、個別材料系への詳細な適応を進めている。



H29年度では複合計測システムの中核技術の国際標準を制定。

地域創生への寄与

－ 産業技術連携推進会議(産技連)活動 －

産技連
知的基盤部会

- ◇計測分科会
 - ・材料評価技術研究会
 - ・形状計測研究会
 - ・温度・熱研究会
 - ・光放射計測研究会
- ◇分析分科会
- ◇電磁環境分科会
 - ・EMC研究会
- ◇地質地盤情報

- 全国の地域公設試験所と連携
- 兵庫、佐賀、東京、千葉で討論会・講演会を開催
- のべ参加人数は約500名(見込)
- 討論会・講演会以外にラウンドロビンテスト等を実施



12月15日 佐賀県佐賀市で開催した知的基盤部会総会

成果普及、広報、中小企業支援・計測クラブ等の活動

国家計量標準を普及かつ共有する場として22の計測クラブを運営

会員：約3,200名
(平成30年1月9日現在)
(※複数クラブへの重複参加を含む)

主な活動

・研究会・講演会

・共同研究の開催

・技術相談

・情報発信、解説
計量標準、国際計量活動
経産省の施策

・要望の施策への反映

分野	名称	今年度の主な実績
時間・周波数・電気・温度・湿度・光	物理計測クラブ	平成29年度 計量標準総合センター成果発表会(平成30年2月2日)
長さ 幾何学量	長さクラブ	平成29年度長さクラブ講演会(平成30年3月13日予定)
力 圧力 真空	力・トルク計測クラブ	NMIJ力・トルク計測クラブ第7回全体会合(平成29年11月8日)
	圧力真空クラブ	平成29年度 圧力真空クラブ研究会(平成30年3月2日予定)
音響 振動	超音波音場計測クラブ	第13回 超音波音場計測クラブ会合(平成30年2月予定)
	流量	第14回 NMIJ流量計測クラブ会合(平成29年12月8日) 第1回 次世代エネルギーのための流量計測ワーキンググループ(平成29年4月20日) 第2回 次世代エネルギーのための流量計測ワーキンググループ(平成29年10月5日)
	物性 材料	流体物性クラブ 第12回流体物性クラブ会合(平成30年3月開催予定)
		微粒子計測クラブ 平成29年度エアロゾル先端計測技術開発研究会(平成30年3月7日予定)
	放射線・放射能	放射線・放射能・中性子計測クラブ研究会 -放射線規制の動向- (平成29年5月23日) 第26回放射線・放射能・中性子計測クラブ研究会 -放射線利用、放射線標準の動向- (平成29年11月14日)
	無機分析・有機分析	標準ガスクラブ 平成29年度標準ガスクラブ講演会(平成30年3月8日予定)
		定量NMRクラブ 定量NMRクラブ第6回会合(平成29年11月24日)
	法定計量	法定計量クラブ 第9回 NMIJ 法定計量クラブ(平成30年2月23日)
	不確かさ・計量文書	不確かさクラブ 第12回不確かさクラブ総会(平成30年1月22日)

産総研コンソーシアムの活動

国家計量標準及びその研究開発で培った技術の普及・利活用を促進するため、6の産総研コンソーシアムを運営。

会員：約270名
(平成30年1月末)
(※法人会員・個人会員・特別会員、重複参加を含む。)

主な活動

・研究会・講演会・技能試験

・共同研究の開催

・技術相談

・情報発信、解説

・要望の施策への反映

名称	今年度の主な実績
光学式非接触三次元測定機 精度評価法標準化コンソーシアム	第36回総会：平成29年 7月 5日(水) 第37回総会：平成29年12月14日(木) 第38回総会：平成30年 3月 19日(予定)
高濃度オゾン研究会	研究会：平成30年3月(予定)
X線新技術産業化コンソーシアム	X線新技術産業化コンソーシアム研究、平成30年3月5日参加人数30名(予定)
3次元内外計測コンソーシアム	第7回総会・研究会：平成29年 6月29日(木) 参加者60名超 第8回総会・研究会：平成29年12月20日(水) 参加者60名超 第9回総会・研究会：平成30年 3月23日(予定)
精密電気計測コンソーシアム	第5回会合：平成29年 5月19日(金) 参加者36名 第6回会合：平成29年 7月10日(月) 参加者40名以上 第7回会合：平成30年 2月22、23日に開催予定(約30名) 第4回高抵抗巡回比較(技能試験の代替手法) 募集期間：平成29年 8月30日(水)から 9月 8日(金)、3事業者が参加 第4回高抵抗巡回比較(テスト測定) 募集期間：平成29年12月20日(水)から12月28日(木)、7事業者が参加
残留農薬分析の技能試験 コンソーシアム	平成29年農薬技能試験 “玄米中の農薬分析” (分析期間：平成29年 3月23日(試料着日)～5月31日(結果報告締切日)) フォローアップセミナー参加人数(平成29年 9月22日実施)：参加人数 37名 平成30年農薬技能試験 “玄麦中の農薬分析” (分析期間：平成30年 3月23日(試料着日)～5月31日(結果報告の締切日))

各研究開発段階における方向性・意識付け

目的基礎: 計量標準機関としてのコアコンピタンスの醸成に資する研究

- 量子標準への挑戦
- 標準を内包 (Intrinsic) する計量標準への挑戦
- 校正能力の向上、定量化・精度向上への挑戦

橋渡し前期: ユーザーの階層を広げる新たな価値創造

- 企業における計測技術、計測装置開発への寄与
- 計測技術による製品価値、企業価値向上への寄与

橋渡し後期: 企業への計測技術の移転、製品化

- 民間への技術移転に重点、民間校正設備の精度向上も視野
- 計測装置自体の製品化

若手研究者の育成、次世代のテーマ

- 若手研究者の育成
 - 職員の研修
 - 初年度: 新人研修の中で、ほぼ全量目の計量標準の研究内容を学習
調査研究を実施し、研究の方向性を確認 (報告書、口頭発表)
複数の企業を訪問し、生産現場を見学
 - 三年目: 成果報告会を実施し、研究進捗状況を確認
- 在外研究
 - 平成29年度は、BIPM, PTB, CERN(欧州原子核研究機構), CNRS(フランス国立科学研究センター), 大学等へ 7名を派遣 (うち3件を領域フェロウシップ事業として支援)
- 萌芽研究加速制度 (領域事業)
 - 若手研究者を対象に領域内で審査、助成
 - 上限400万円、8件採択

国外連携：国際機関での幹事ポスト、 専門家の派遣・招聘

* 国際度量衡局(BIPM)との連携

- メートル条約、メートル法

- ・国際度量衡委員ポストを継続獲得
- ・国際度量衡委員会に専門家を派遣
- ・諮問委員会、作業部に専門家を派遣

* 国際法定計量機関(OIML) - 計量器の円滑な通商

- ・国際法定計量委員会第二副委員長ポストを継続獲得
- ・国際法定計量委員会およびOIML総会に専門家を派遣

* アジア太平洋計量計画(APMP)における先導的活動

- ・技術委員長の3ポストを継続・獲得
- ・議長のポストを継続

* アジア太平洋法定計量フォーラム(APLMF)での活動

- ・APLMF総会に専門家を派遣

* 二国間MoU等に基づく技術専門家の派遣と

- アジア地域を中心とした専門家派遣と研修生受入
 - 我が国の計量分野の国際的プレゼンス向上
- ・派遣(peer reviewer、講師、技術指導など): 2か国へ18名
- ・招聘(MEDEAプロジェクトの研修など): 5か国から16名

専門家を派遣した委員会等

日程	諮問委員会等(分野)	参加人数
2017/1/19	新SIタスクフォース	1
2017/3/13-14	CIPM MRA Review WG	1
2017/3/20-24	CCEM(電気)	2
2017/4/21-28	CCQM(物質)	10
2017/5/15-19	CCM(質量)	4
2017/6/1-2	CCT(温度)	5
2017/6/6-9	CCTF(時間)	3
2017/6/12-30	CCRI(放射線)	3
2017/6/13-14	CC Presidents	1
2017/9/2	JCRB	2
2017/9/4	CODATA(科学技術データ)	1
2017/9/5-7	CCU(単位)	2
2017/9/19-22	CCAUV(音響振動)	3
2017/10/16-20	NMI長、CIPM	4
2018/1/25	新SIタスクフォース	1
2018/3/14-15	JCRB	2

標準化活動

* 国際標準化への当領域の参画人数: 346名(重複含)

日本代表委員	13名
コンビーナ	8名
セクレタリ	1名
プロジェクトリーダー	15名
国際議長	2名
国際幹事	4名
エキスパート	83名

* 委員会等:

- 国際標準化機構(ISO)
- 国際電気標準会議(IEC)
- 国際照明委員会(CIE)
- 国際放射線単位測定委員会(ICRU)
- 国際法定計量機関(OIML)
- 新材料及び標準に関するベルサイユプロジェクト(VAMAS)

専門家を派遣した委員会等

機関	委員会等(分野)	人数
ISO	CASCO, PC302, REMCO, TC12, TC24, TC28, TC30, TC61, TC69, TC85, TC86, TC108, TC112, TC135, TC146, TC147, TC163, TC164, TC201, TC202, TC206, TC213, TC229, TC256, TC274, TC276	133
IEC	PC118, SyC Smart Cities, TC13, TC29, TC34, TC38, TC45, TC46, TC56, TC62, TC76, TC77, TC85, TC86, TC87, TC103, TC106, TC111, TC113,	52
CIE	JTC2, JTC5, JTC8, Division2	12
ICRU	-	2
OIML	MAA, TC1, TC3, TC4, TC5, TC6, TC7, TC8, TC9, TC10, TC11, TC13, TC16, TC17, TC18,	143
VAMAS	-	1

国際標準化に大きく貢献。日本の工業標準化へも大きな寄与

平成28年度評価委員コメント

- 広報について、最先端の興味深い成果が出ているのであるから、一般の方にも産総研の成果がわかるような、社会的にNMIJを認識してもらえるような新しい視点での努力を続けて頂きたい。
- キログラムの定義改定は一般の方にも計量へ関心を寄せてもらう絶好の機会なので、政府や業界を巻き込んでさらにPRを積極的に推進することが望ましい。
- 産総研の研究が、子供から大人まで身近な関心として捉えられるようなアピールをする必要がある。
- 若手の積極的な活用をさらに推進することへの取り組みも必要。
- 大学や企業向けの人材育成への貢献も期待したい。

広報活動

SI基本単位改定への貢献を様々な媒体を用いてPR

- プレス発表：質量の単位「キログラム」の新たな基準となるプランク定数の決定に貢献（平成29年10月24日）
 - 報道状況：テレビニュース(NHK)、新聞(読売、朝日、毎日、日経、産経など38報)
- SI定義改定国内プロモーション委員会による組織的なPR活動(平成29年4月～)
 - 大学・高校教員を含む外部有識者などからなる委員会を設置
 - 多方面へSI定義改定について周知するとともに、NMIJの貢献をPR
- SI定義改定に関する特設ページをNMIJホームページに設置(平成29年5月20日～)
 - 定義改定に関する最新の情報を継続的に発信

<https://www.nmij.jp/transport.html>



- YouTube:「日本国キログラム原器紹介」(平成29年11月5日～)
 - 質量の国家標準の管理に果たすNMIJの役割をPR

広報活動

* 一般公開(平成29年7月22日)

- 特別企画「ー前身機関誕生から135年ー 歴史テーマを巡る」: メートル原器
- サイエンストーク: 長さ標準と光学トンネル
- チャレンジコーナー:
「はかるんGO 偏光フィルムでスタンドグラスを作ろう! /音を測る! 音で測る! /空気の力! 雲のでき方!」, 「pHを測ろう!」, 「身近な材料で「はかり」を作る!」

* 各種セミナー・シンポジウムの開催や学会等での講演

- NMIJ 標準物質セミナー2017 (平成29年9月7日)
- JASIS2017 コンファレンス 分析計測標準研究部門第3回シンポジウム(平成29年9月8日)
- NMIJ 国際計量標準シンポジウム 2018 (平成30年1月24日)
- 2017年度 計量標準総合センター成果発表会 (平成30年2月1-2日)

* 研究成果のプレスリリース

産総研プレス発表14件、NMIJ研究トピックス4件

- 平成29年 4月 5日発表 光子一つが見える「光子顕微鏡」を世界で初めて開発
- 平成29年 5月11日発表 次世代有機EL用発光材料の発光メカニズムの謎を解明!
- 平成29年10月24日発表 質量の単位「キログラム」の新たな基準となるプランク定数の決定に貢献 ...等

* 海外への情報発信(ホームページ、ニュースレター)

人材育成・リクルーティング

インターンシップ

産総研・計量標準総合センター
「研究職5days インターンシップ」
プログラム

- 日時:平成29年8月21日～25日
- 場所:産総研つくばセンター
- 対象:大学院生
- 参加者:23名
- 11研究グループで受入、実習・施設見学

インターンシップは昨年度(平成28年度)から開始。
今年度(平成29年度)は、昨年度の経験を踏まえて、

- 実施時期を夏休みに設定
- 多様な研究テーマを用意

■ 大学院生対象

**国立研究開発法人
産業技術総合研究所
インターンシップ 参加受付中!**

◇日時: 8月21日(月)～25日(金) 5日間
◇会場: 産総研 つくばセンター(茨城県つくば市)
◇内容:

研究者になるには「博士号」を取ってから...
いいえ、そんなことはありません。
産総研 計量標準総合センター (NMIJ) では
“世界最高”精度の計測技術開発に
修士卒(専攻不問)の研究者が貢献しています!
実際の研究室に配属されて5日間、
『計量標準分野』の研究業務を体験してみませんか?

◆お申し込み◆
リクナビより
ご応募ください!
<https://goo.gl/LDddep>

【お問い合わせ】
産総研インターンシップ事務局
TEL : 029-862-6282
E-mail : aist-intern-ml@aist.go.jp

人材育成・リクルーティング

先端計測・分析サマースクール

- 修士学生～若手研究者向けのTIA連携大学院の事業の一環
(学生は旅費・宿泊費補助、筑波大学の単位取得可能)
- 筑波大学主催、NMIJと高エネルギー加速器研究機構共催の下、4回目の開催
- 全体で3日間、NMIJはその内1日を担当。十数名の参加
(内容: ガスを用いた放射線検出器、過渡吸収分光法、陽電子消滅法、講義・施設見学)
<https://tia-edu.jp/sentan2017/>

ナノテクキャリアアップアライアンス(CUPAL)事業

- 博士後期学生～若手研究者向けを対象に、NMIJでは1コースを開催
- 先端量子(X線・陽電子)ビーム分析法入門コース
- 2日間、3名参加
- 陽電子、X線など量子ビームの発生・計測・応用に関する講義・実習・施設見学
(いずれも参加者の今後の研究に活かしたいとの回答)
<https://nanotechcupal.jp/whatsnew/open/108/>

領域の研究開発マネジメント総括

- 「橋渡し」における領域の強みを分析
- 分析に基づく橋渡し各ステージを意識付け
- 橋渡しのアーリーステージから連携を強化する試み(機器公開、標準化までを視野に入れたコンソーシアム、等)を加速
- 知的基盤の整備、普及も例年並みに実施し、さらに新たな連携策(コンサルティング等)でユーザーを開拓
- 広報活動を強化
- 計量計測の専門機関として教育機能を強化

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究 (目的基礎研究)

物理計測標準研究部門長

中村 安宏

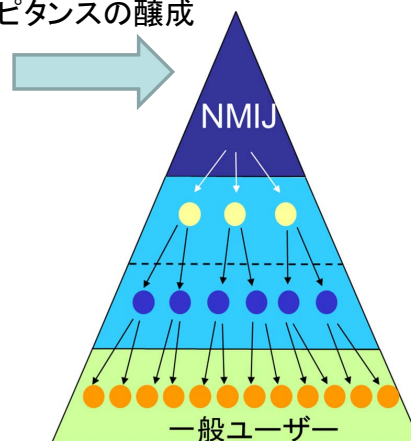
平成30年3月2日

目的基礎研究における戦略

計量標準機関としてのコアコンピタンスの醸成に資する研究

- ・ 単一電子、単一光子、単一原子といった量子単一ユニット標準への挑戦
- ・ 標準を内包 (Intrinsic) する計量標準への挑戦
- ・ 高感度、高分解能、高安定度な標準への挑戦
- ・ 計測場を乱さない新規技術
- ・ 標準供給を効率化するゲームチェンジ
- ・ 新たな分析、計測技術への挑戦

計量標準機関としての
コアコンピタンスの醸成



本日紹介する目的基礎研究テーマ

課題名	研究の概要	備考
単一光子分光イメージング技術の開発	世界初の光子顕微鏡で、超微弱な光強度でのカラー画像撮影を実現 → 新たな計測・分析技術、量子標準	見学あり
過渡吸収分光法による次世代有機EL材料の評価	サブピコ秒からミリ秒に渡る過渡吸収分光測定を実現、次世代有機EL発光メカニズムを解明 → 計測・分析技術の高度化、実用材料開発支援への展開	ポスター発表あり
電磁力によるトルク計測技術の開発	キップルバランスの原理に基づくトルク計測技術 → 量子標準、高感度・高分解能な標準	ポスター発表あり
小型実用原子時計の開発	超小型ガスセルによる、小型・低消費電力な原子時計を開発 → Intrinsic標準、標準供給を効率化	
固液界面の原子の動きを評価するX線回折法の開発	表面X線回折測定の超高速化により界面反応過程のリアルタイム観測を実現 → 新たな計測・分析技術	
遮熱コーティングトップコート熱拡散率の異方性評価	試料調整の工夫により遮熱コーティングトップコートの熱拡散率異方性を評価 → 計測・分析技術の応用	

「単一光子分光イメージング技術の開発」 (目的基礎)

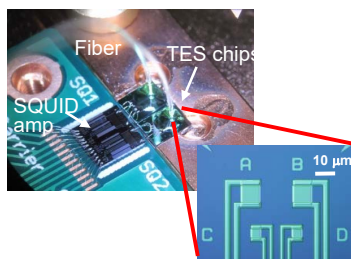
研究の目的

- 光の最小単位である光子を検出・測定することで、生きた細胞の発光や微量な化学物質の分析が可能な超高感度イメージング技術を開発する。
- 超伝導光子検出技術を用いて光子の波長を識別可能な独自の手法を確立する。

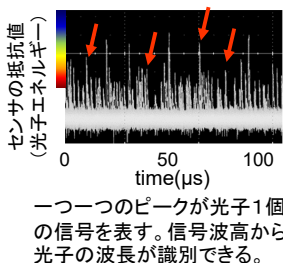
平成29年度成果

- 超伝導光検出器を搭載した、光子顕微鏡を世界で初めて開発。
- 通常の顕微鏡では観察できない、光子数1個～20個程度のわずかな光でのカラー画像の撮影に成功。

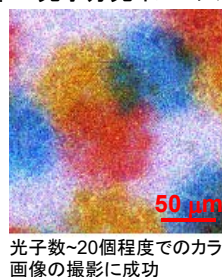
開発した超伝導光子検出技術



光子検出信号波形例

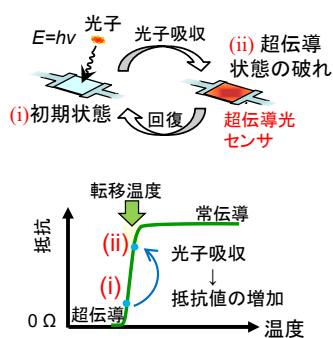


走査型光学顕微鏡による単一光子分光イメージング

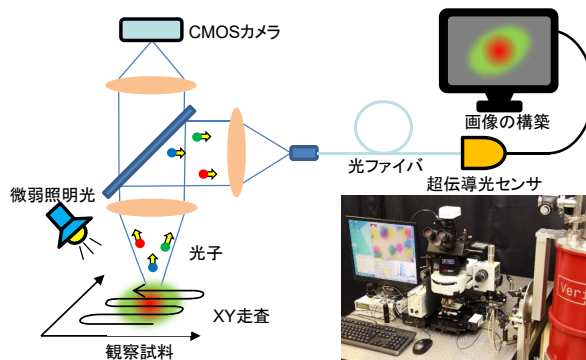


「単一光子分光イメージング技術の開発」

超伝導光センサで、単一光子の波長を測定



超伝導光センサを搭載した光子顕微鏡



技術開発の要点

単一光子分光が可能な超伝導光センサを光学顕微鏡等と組み合わせた、超高感度で広帯域なイメージングシステムを開発した。これにより従来の顕微鏡では測定できない微弱な光強度レベルで、カラー観察することに成功した。

アウトカム

細胞の薬剤反応等を可視化できる研究用機器として、新しい診断や治療法、医薬品開発への貢献が期待。また、微弱光を利用した診断用機器として、癌手術などの医療現場での応用が可能。産業的にも微生物による石油代替燃料生産などの開発に貢献。

成果リスト

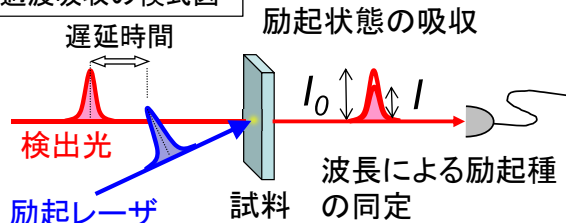
論文発表: IF付国際誌1報、特許出願1件、共同研究3件、
受託研究1件(JST-CREST、研究代表者)、外部資金1件、プレスリリース1件

「過渡吸収分光法による次世代有機EL材料の評価」 (目的基礎)

研究の目的

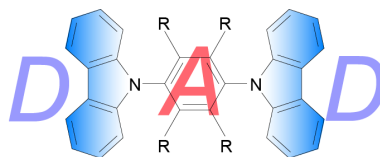
- 先端的な分光分析法の開発:
特に過渡吸収分光計測技術による波長・強度・時間情報の取得を高度化
- 高度化した分光分析法の応用:
特に、室温の熱を吸収して100%の発光を示す次世代有機EL用発光材料—熱活性化遅延蛍光(TADF)材料—における発光メカニズムの解明

過渡吸収の模式図



平成29年度成果

- サブピコ秒からミリ秒に渡る過渡吸収分光測定を実現
- TADFに必要な真の発光メカニズム (励起一重項状態と励起三重項状態の異なる励起種間のエネルギーに依存してTADFは発現)の解明と、これに基づく新しい分子設計の提案



高効率TADF材料の分子構造。電子アクセプター(A)を電子ドナー(D)で挟み込むことで、共鳴効果に基づくTADFが放出。

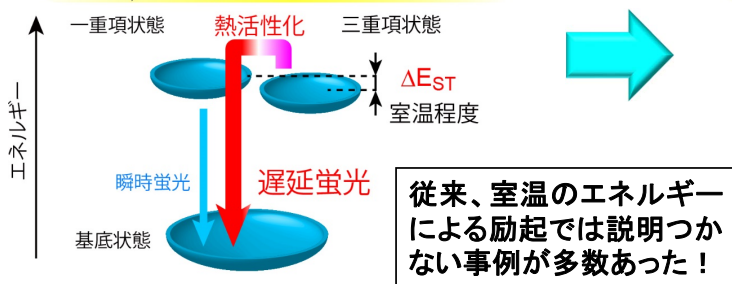


との共同成果

「過渡吸収分光法による次世代有機EL材料の評価」

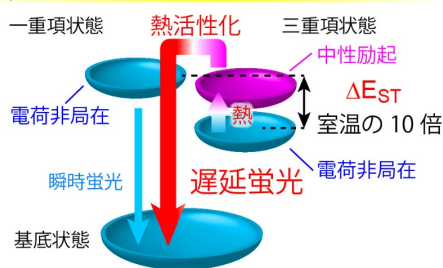
従来考えられていたTADFの発光メカニズム

⇒ ΔE_{ST} だけを考慮



今回明らかになったTADFの発光メカニズム

⇒ ΔE_{ST} と発光に重要な励起種を考慮



技術開発の要点

- サブピコ秒からミリ秒の12桁秒に渡るシームレスな過渡吸収分光測定を実現
- これを用いたTADF材料の詳細な励起状態ダイナミクスを計測・解析 (異種励起種(三重項状態の二つの励起種)とそのエネルギー差の相関を解明)

アウトカム

- 基礎科学志向の時間分解分光法の実用材料開発支援への有効性を実証
- 発光性励起種の解明に基づき、高効率化を実現するTADF材料の分子設計指針を提案して、ディスプレイや照明等の次世代デバイスの低コストでの実用化を先導

成果リスト

論文発表: IF付国際誌2報、受賞1件、プレスリリース1件

[1] T. Hosokai et al., *Science Advances* 3 (2017) e1603282(1-9). [2] H. Nakanotani et al., *Adv. Opt. Mater.* 5 (2017) 1700051 (1-5).

「電磁力によるトルク計測技術の開発」 (目的基礎)

研究の目的

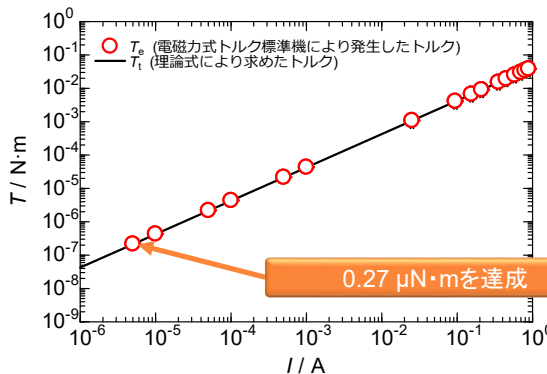
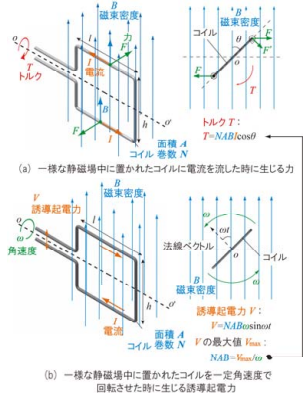
- 自動車内電動機器、OA機器等に使用される高性能小型モータの性能評価、微小精密機器の組立・制御に必要とされている 10 mN・m を下回る微小トルク計測技術の確立。
- キログラム定義改定に関する研究で用いられているキップルバランス法の原理に基づいた、電磁力による新しいトルクの計測技術の開発。
- キップルバランス法の原理に基づいた、万有引力定数 G の精密計測。

平成29年度成果

- 国際単位系SIにトレーサブルなトルクとしては**世界最小**となる $0.27 \mu\text{N}\cdot\text{m}$ を達成。
- キップルバランス法の原理に基づいた世界で唯一の電磁力式トルク標準機による、トルクメータの**校正技術の開発に成功**。

校正実施条件

「電磁力によるトルク計測技術の開発」



技術開発の要点

産総研のトルク計測技術とキップルバランス法に関する知見に基いて開発した、世界で唯一の電磁力によるトルク標準機で、今年度は、国際単位系SIにトレーサブルなトルクとしては**世界最小**となる $0.27 \mu\text{N}\cdot\text{m}$ までの発生に成功した。さらに、この電磁力式トルク標準機によるトルクメータの**校正技術を確立**した。

アウトカム

超音波小型モータの高性能化によるスマートフォン用カメラの高機能・小型化や低侵襲治療デバイスなどの医療機器の信頼性確保への貢献が期待できる。また、基礎物理定数の精密測定など、学術基礎研究への貢献が期待できる。

成果リスト

科研費(新規): 1件、助成金(新規): 1件、特許(共同出願): 1件

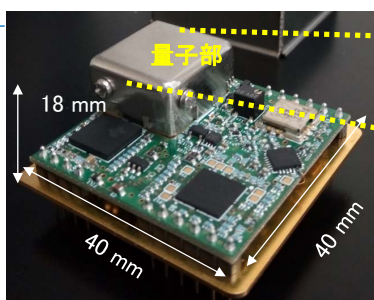
「小型実用原子時計の開発」 (目的基礎)

研究の目的

- GPS受信困難地域において利用可能な、基板搭載用小型(cmオーダー)・低消費電力(mWオーダー)の原子時計実現を目指す。
- 時計のコアとなる超小型セシウム封入セル(ガスセル)を開発する。

平成29年度成果

- 環境温度依存性を低減した、外形2mm角の超小型ガスセルを実現。
- NEDOプロで作製するプロトタイプへ搭載、屋外フィールドでの検証実験へ適用。



プロトタイプ原子時計内部構造(40×40×18 mm³)



真空断熱型量子部外観
(11×11×5 mm³)

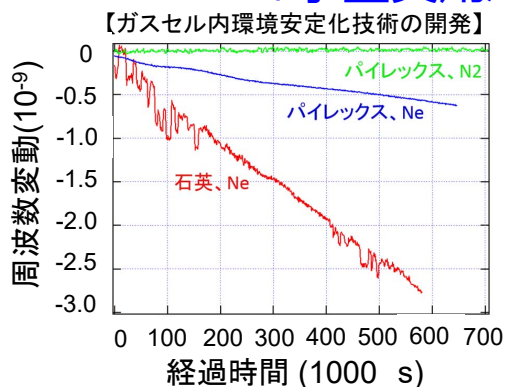


真空封止部

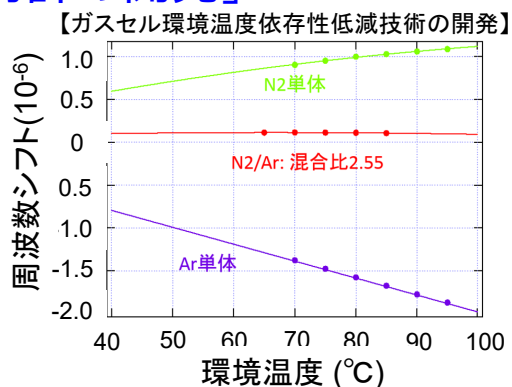
産総研製作ガスセル
(2×2×2 mm³)

VCSEL: 面発光レーザー
(Vertical Cavity Surface Emitting Laser)

「小型実用原子時計の開発」



• バファガス種とガスセル素材が周波数安定度に与える影響を定量的に解明



• 温度係数を考慮し混合バファガスを設計することで、Ar単体ガスを利用したときと比べて約100倍の動作可能範囲を実現。

技術開発の要点

産総研の**マイクロ波原子時計の技術**を応用した、超小型ガスセルの開発、及びその精密評価。
→ 実用化への目途を付けると共に、NEDOプロの包括的開発推進を主導。

アウトカム

- 海底資源探査等のGPS信号の活用が困難な環境での、高精度な時間モニタ。
- インフラ安全診断のセンサーネットワークに必要な簡便・高精度時刻同期網の構築。

成果リスト

特許出願1件

「固液界面の原子の動きを評価するX線回折法の開発」 (目的基礎)

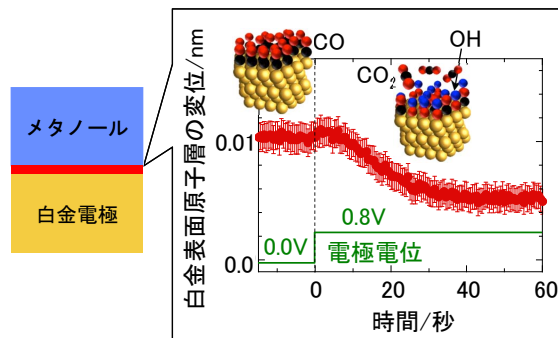
研究の目的

- 燃料電池や蓄電池などの性能を決める電極反応の解明には、固体と液体の界面構造をリアルタイムで観察できる技術が必須である。
- 固液界面の原子配列を非破壊評価できる唯一の方法である表面X線回折法を界面反応過程のその場追跡に適用するための新規計測技術を開発し、実証した。

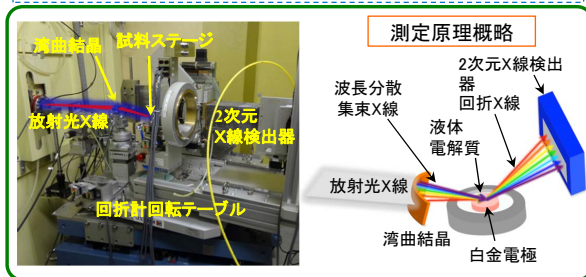
平成29年度成果

- 表面X線回折測定 of 超高速化 従来比 100倍
- 燃料電池のモデル電極表面での白金原子のリアルタイム観察に成功

メタノール電気分解中の白金原子の変位



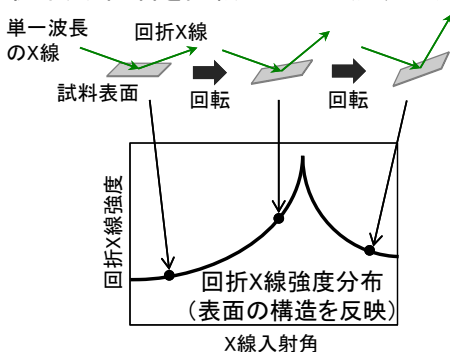
T. Shirasawa, et al., JPC C, 121, 24726 (2017)



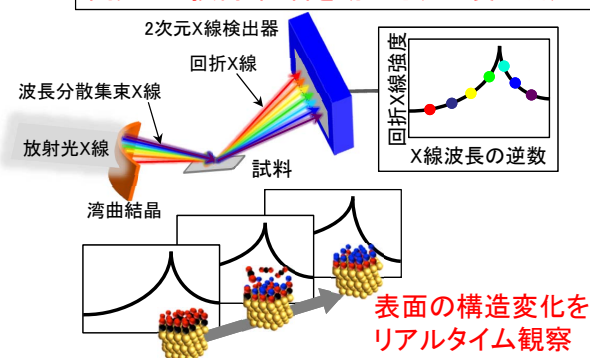
「固液界面の原子の動きを評価するX線回折法の開発」

- 白色の放射光X線を"プリズム"に相当する湾曲結晶を用いて波長ごとに異なる方向から一点に集束する多波長のX線 (波長分散集束X線) を生成
- 試料の一点から波長ごとに異なる方向に回折したX線を2次元検出器で計測して回折X線強度分布を一度に測定

従来法: 試料を回転しながら1点ずつ測定



開発した技術: 試料を動かさず一度に測定



表面の構造変化をリアルタイム観察

技術開発の要点

波長分散集束光学系のX線回折への適用による、表面X線回折プロファイルを同時に測定するための新規計測技術

アウトカム

電気化学反応中の電極表面の原子の動きをリアルタイムに観察でき、燃料電池などの性能向上に資する界面反応機構の解明に应用可能

成果リスト

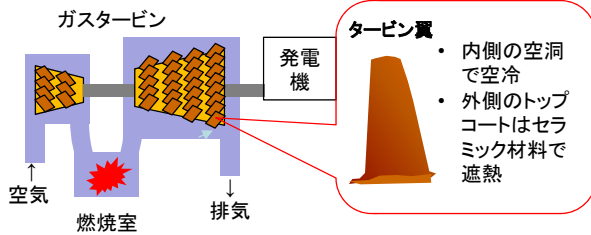
IF付国際誌論文1報、プレス発表1件、招待講演(国際1件、国内1件)

「遮熱コーティングトップコートの熱拡散率の異方性評価」 (目的基礎)

研究の目的

ガスタービンの高温部材に用いられる遮熱コーティングのトップコートについて、

- 熱伝導性の精密評価と異方性確認
- 熱拡散率の精密評価技術の実現
- 熱伝導性と微細組織の関係性の解明を目指す。

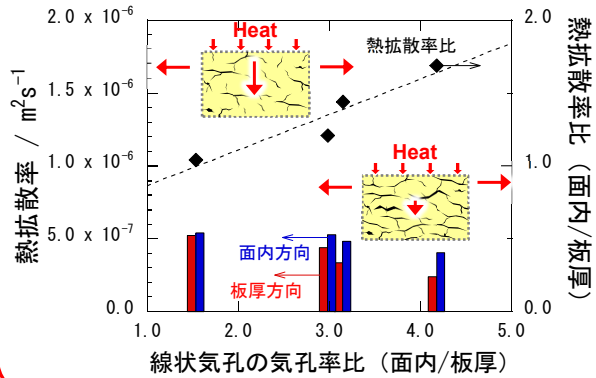


タービン翼に生じる温度分布が遮熱コーティングの剥がれの一因？
⇒ 温度分布緩和を材料と冷却の両面から要検討。

平成29年度成果

遮熱コーティングのトップコートについて、

- 熱拡散率の面内方向測定技術を開発
- 熱拡散率の異方性の存在を明示
- 水平方向の線状気孔(亀裂)が熱拡散率低下に寄与していることを実証

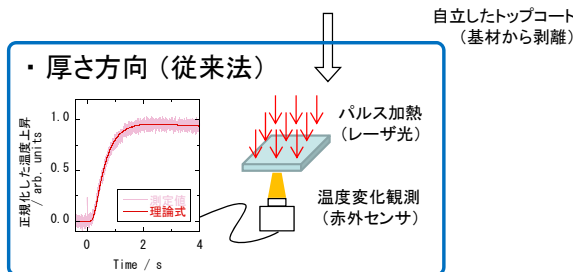


本研究は、科研費 15K06490 (研究分担者) 及び経済産業省平成29年度「省エネルギー等国際標準開発」の成果を含みます。

「遮熱コーティングトップコートの熱拡散率の異方性評価」

レーザフラッシュ熱拡散率測定技術

- 平板の厚さ方向の熱拡散率測定
- パルス加熱後の温度上昇速さから熱拡散率算出
- 短時間・非接触な測定
- 簡便かつ高信頼性
- 温度範囲: 室温~1000 °C



・面内方向(本研究) パルス加熱 (レーザー光)

90° 回転させて立てる 束ねる

温度変化観測 (赤外センサ)

正規化した温度上昇 / arb. units

時間 / s

5mm

以前の課題: 束ねることに嫌疑

- 測定結果の妥当性が未確認
- ハンドリングが面倒

解決

測定技術: 妥当性確認、束ねる方法の効率化

治具: ハンドリング容易な設計、高温まで使用可能、試料と同素材

メリット:

- 同じ測定方法で厚さ方向・面内方向を測定可能(信頼性向上)
- 試料を束ねるだけで従来法と同様に精密測定が可能

技術開発の要点

これまで板厚方向のみ評価されてきたガスタービンの高温部材に用いられる遮熱コーティングに施されるトップコートの熱伝導性について、面内方向の熱拡散率を評価技術を開発し、異方性評価を実現、トップコートが異方性を有することを実証。

アウトカム

遮熱コーティングの遮熱特性の向上によるガスタービンによる発電効率の向上、ひいてはCO₂排出量の削減への寄与が期待できる。

成果リスト

IF付国際誌1報、学会発表3件(国内2, 海外1)

(1) 目的基礎研究 (平成28年度評価委員コメントへの対応)

- 基礎研究については、国際的な学術雑誌への掲載等で成果をプレスリリースなどで大きく広報することにより、社会にアピールする努力を継続してほしい。

単一光子の検出技術による微弱光カラーイメージング、過渡吸収分光法の高度化による次世代有機EL材料の発光機構の解明など、世界初の成果を創出した。

次世代の量子計測技術シーズとして、生命・材料科学に貢献するほか、物理定数の量子化計測を通じた次世代の計量標準の実現にも資する。

計量標準機関の競争力根幹に関わる計測・分析・評価技術の高度化、当領域が築いてきた精密計測技術における強みを生かした材料評価技術など、世界トップレベルの成果や将来の橋渡しに繋がる革新的技術シーズを開発した。

平成29年度は、産総研プレス発表(14件)を行い、成果を社会にアピールした

- 平成29年 4月 5日発表 光子一つが見える「光子顕微鏡」を世界で初めて開発
- 平成29年 5月11日発表 次世代有機EL用発光材料の発光メカニズムの謎を解明！
- 平成29年10月24日発表 質量の単位「キログラム」の新たな基準となるプランク定数の決定に貢献 など

(1) 目的基礎研究(総括)

– 具体的な研究開発成果(評価指標)

- 計量標準機関の競争力根幹に関わる計測、分析、評価技術について、量子化による高分解能化・高精度化、分析技術の開発・効率化、新たな現象を評価する技術の開発に取り組んだ

– 引用被論文回数(評価指標)

- 実績値 2,541回(平成28年同月比 101%) ⇒ 目標値(2,600回) 達成見込

– 論文数(モニタリング指標)

- 実績値 171報(平成28年同月比 133%) ⇒ 目標値(200報)を達成見込

– テーマ設定の適切性(モニタリング指標)

- 電気量、力学量、化学量等を包括的に取り扱う計量標準機関としての強みを活かし、量子計測技術(単一光子分光イメージング、キップルバランス援用トルク標準等)、計測・分析評価技術(小型実用原子時計、高速表面X線回折法)等の研究開発に取り組んだ。
- 知的基盤整備と一体的に研究開発に取り組んだ。

2. 「橋渡し」のための研究開発

(2) 「橋渡し」研究前期における 研究開発

物質計測標準研究部門長

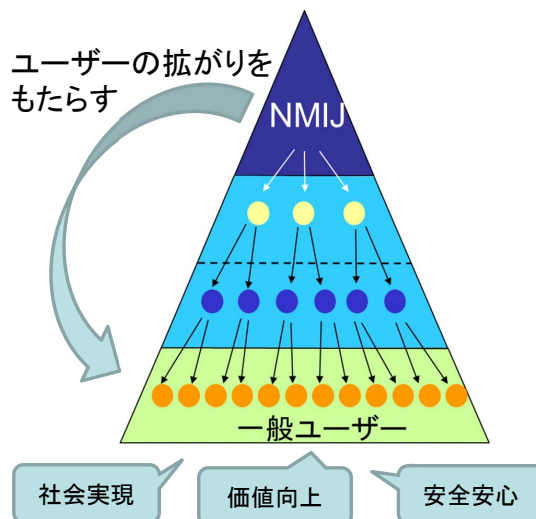
高津 章子

平成30年3月2日

橋渡し研究前期における戦略

NMIとしてのコアコンピタンスを元に
イノベーションを加速し政策的な目標を実現するための
新たな計測技術の創設

- 計量標準を付加価値として新たなユーザーに拡げる
- 企業における計測技術、計測装置開発支援
- 計測技術による製品価値、企業価値の向上
- 社会の安全、安心への貢献



本日紹介する橋渡し研究前期テーマ

課題名	研究の概要	備考
高圧水素流量計測技術の開発	水素ステーションにおける水素計量器の校正・検査のための高圧水素流量計測技術を開発(昨年度の知的基盤から橋渡し研究へ発展) →水素社会実現へ貢献	ポスター発表あり
光コムを用いた温度計測	光コムを用いた高速・高精度な温度計測技術を実現 →ものづくり、イノベーション、産業界の計測技術支援	ポスター発表あり
加工用高出力レーザーのパワー制御技術の開発	加工用レーザーのパワーを高精度に制御するシステムを実現 →ものづくり、イノベーション、製品高度化	
誘導結合プラズマ(ICP)質量分析法を用いた気体試料の直接・多元素分析に関する研究	環境大気中に存在する極微量のガス状水銀の直接・リアルタイム分析を実現 →水俣条約履行評価などの測定技術への展開、安全安心	
スプレー乾燥技術を用いた人工参照物質の開発	スプレー乾燥技術により人工粒子の均質製造を実現 →食品検査等への貢献、安全安心	ポスター発表あり
モアレを利用した微小変位・ひずみ分布計測技術の開発	透過電子顕微鏡にモアレ技術を適用、半導体結晶の欠陥部を自動検出 →ものづくり、製品の高度化	

「高圧水素流量計測技術の開発」 (橋渡し前期)

研究の目的

- 水素ステーションにおける水素燃料取引に使用される計量器で適正計量が行われることは、消費者保護の観点から必要不可欠である。
- 水素計量器の最重要部品であるコリオリ流量計の計量性能・耐久性の評価を行い、計量値の信頼性を向上する。
- 計量値に対する重要な補正量である脱圧量(充填ノズル取外しの際に大気中に放出される配管内の水素ガス量)の算出方法の確立を目的として、配管内体積や脱圧量の実測方法の精度を検証する。

平成29年度成果

- 水素ステーションにおける水素計量器の校正・検査のための高圧水素流量計測技術を開発した。
- 中高圧領域(～350気圧)高圧水素流量計校正設備を整備した。
- 開発した高圧水素流量計測技術でコリオリ流量計の計量性能評価を行い、誤差3%以内を確認することができた。
- 高圧水素ガス脱圧量の実測方法を開発した。

経済産業省からの委託費「平成29年度工業標準化推進事業委託費(戦略的国際標準化加速事業(国際標準共同研究開発事業:水素燃料計量システム等に関する国際標準化))」により研究開発を実施

「高圧水素流量計測技術の開発」

350気圧高圧水素流量計校正設備を整備



中高圧領域における水素実流試験が可能

コリオリ流量計器差試験



メーカー間器差評価

技術開発の要点

- 水素ステーション計量器検査のための臨界ノズルステップアップ法を用いた世界最高水準の高圧水素流量計測技術を開発した。
- 中高圧領域(～350気圧)で実流評価試験を行うことができる高圧水素流量計校正設備を整備した。

アウトカム

- 水素ステーションにおける水素燃料適正計量による消費者保護
- 燃料電池自動車の普及および水素社会実現への貢献

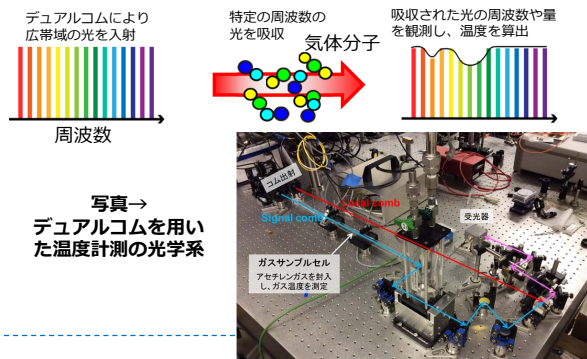
成果リスト

国際標準化1件(OIML勧告改定)、共同研究1件

「光コムを用いた温度計測」 (橋渡し前期)

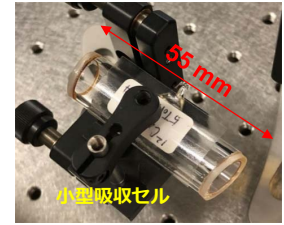
研究の目的

- 燃焼場等での高温混合ガスのリアルタイム温度計測を目指し、精密で高速な非接触温度計測技術を開発する。
- 複数種の気体温度を高感度に見分け、検出する。

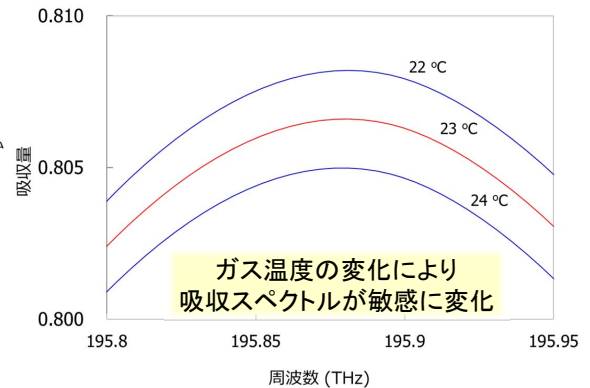
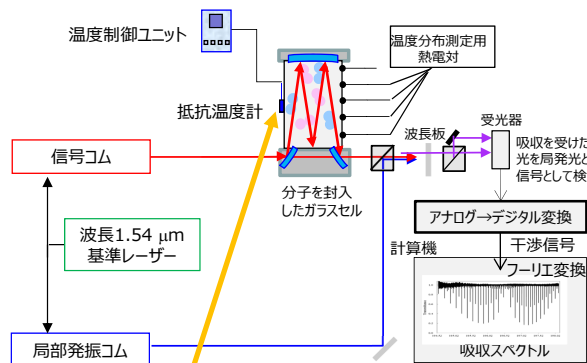


平成29年度成果

- 新たな解析法により、デュアルコム分光を利用した温度計測として最高の精度(1°C以下)を実現した。
- 測定パラメーターの最適化で、この精度として最高の高速測定(約50秒)を実現した。
- 小型吸収セルを用いて同様の測定を行い、装置の小型化が可能であることを確認した。



「光コムを用いた温度計測」



白金抵抗温度計によるガラスセル温度
:296.04K (22.89°C)

□ プレス発表:平成29年8月23日:「光コム」で気体の温度を測定

技術開発の要点

産総研の持つ高性能デュアルコム技術と新たな解析手法で従来の吸収分光では実現できなかった高速・高精度な温度計測技術を実現
今後、測定可能な分子種の拡大および温度範囲の拡張を目指す

アウトカム

分子種ごとの高速かつ精密な温度計測により、エンジンの燃焼効率の向上等の研究開発へ寄与

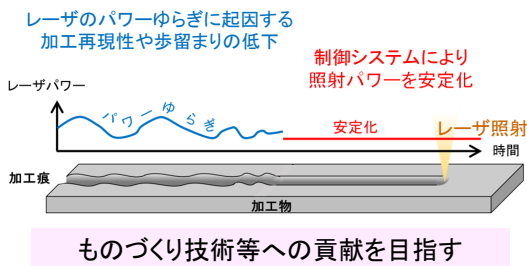
成果リスト

論文発表:IF付国際誌1報投稿中、プレスリリース1件

「加工用高出力レーザーのパワー制御技術の開発」 (橋渡し前期)

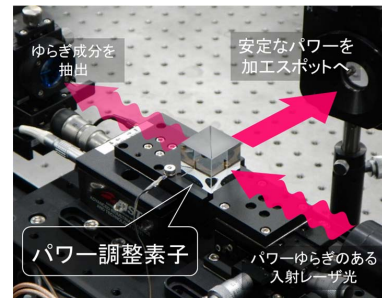
研究の目的

- 加工用高出力レーザーに適用できるパワー制御技術の開発
- 加工用レーザー特有の高い光強度や様々な偏光に対応可能なレーザーパワー調整素子の開発



平成29年度成果

- エバネッセント光を利用したパワー調整素子を開発し、制御システムを構築
- kW/cm²級の高強度なレーザー光に適用し、耐久性とパワー制御精度の両立を実証(世界初)



「加工用高出力レーザーのパワー制御技術の開発」

パワー調整素子の原理

パワー制御システムの開発

加工用レーザー(2 kW/cm²)による評価

プレス発表：平成29年6月14日
「加工用レーザーのパワー制御システムを開発」

技術開発の要点

新たに開発した耐久性の高いパワー調整素子と、産総研の高出力レーザーパワー計測・評価技術を組み合わせ、加工用レーザーのパワーを高精度に制御するシステムを実現

アウトカム

- 照射条件の高精度化による、レーザー加工の品質・歩留まり向上、レーザー加工現象の精密分析、計測等の研究開発への貢献
- かつてない制御ツールがもたらす新しいレーザー応用技術の創出

成果リスト

依頼論文1件、特許出願2件、プレスリリース1件

「誘導結合プラズマ (ICP) 質量分析法を用いた 気体試料の直接・多元素分析に関する研究」

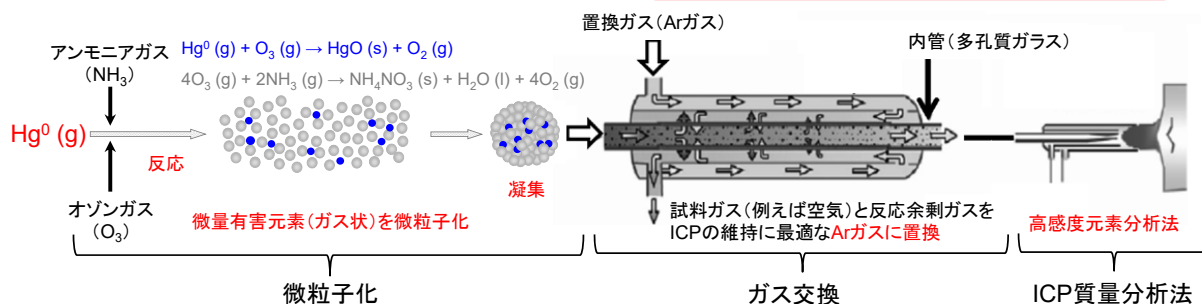
研究の目的

(橋渡し前期)

平成29年度成果

- 石炭ガス複合発電やボイラー等では、排ガス中微量有害元素のリアルタイムモニタリングが必要
- それを可能にする技術「微粒子化・ガス交換・ICP質量分析法」を開発

- これまで困難であった環境大気中に極微量(数ng/m³)に存在する**ガス状水銀 [Hg⁰ (g)]**を直接・リアルタイム分析することに成功。

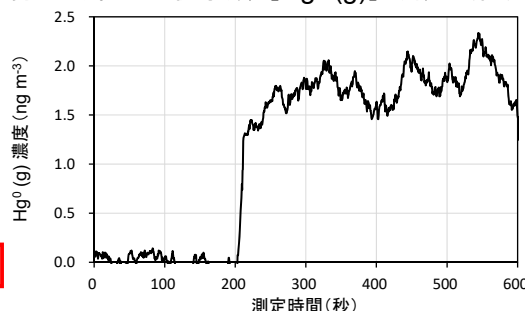


J. Anal. At. Spectrom., 2017, 32, 717-722 Analytica Chimica Acta 891 (2015) 73-78 Anal. Chem. 2014, 86, 10025-10029 BUNSEKI KAGAKU Vol. 62, No. 9, pp. 785-791 (2013)

「誘導結合プラズマ (ICP) 質量分析法を用いた 気体試料の直接・多元素分析に関する研究」



微粒子化・ガス交換・ICP質量分析法による
環境大気中ガス状水銀 [Hg⁰ (g)] 測定 (例)



技術開発の要点

実際に必要とされる様々なガス種への応用が可能であることを実証。特に環境大気中に極微量(数ng/m³)に存在する**ガス状水銀 [Hg⁰ (g)]**の**直接・リアルタイム分析は世界初**。

アウトカム

現場でのリアルタイムモニタリングにより、環境への放出の削減、**水俣条約**履行評価などに資する測定技術に結びつく可能性がある。

成果リスト

論文発表: IF付国際誌1報、特許出願: 1件

公開番号: 特開2017-198558

「スプレー乾燥技術を用いた人工参照物質の開発」 (橋渡し前期)

研究の目的

- 食品検査等の重金属分析において簡易スクリーニング分析法の利用拡大が期待されているが、検査の信頼性確保に不可欠な校正用参照物質が不足しているのが現状。
- 校正用参照物質整備のボトルネックは天然物から参照物質調製することによる生産性の低さである。本研究では、スプレー乾燥によって任意成分濃度の人工参照物質を迅速に製造可能な技術を開発する。

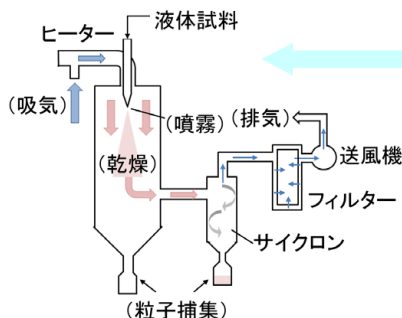
平成29年度成果

- **マイクロ粒子分散液用の連続噴霧ノズルを新規開発**。従来技術の課題であった微細液滴化能力と目詰まり耐性の両立を可能にした。
(平成29年9月に特許出願)
- **噴霧乾燥粒子の微量元素濃度均質化技術を開発**。粒子濃度中 10^{-6} g/kg レベルで精度 1 % 前後の均質化を可能にした。
(平成30年3月に特許出願)

「スプレー乾燥技術を用いた人工参照物質の開発」



粒子濃度中 10^{-6} g/kg レベルで精度 1 % 前後の均質化が可能



日本ビュッヒ株式会社 ミニスプレードライヤー B-290 カタログ
スプレードライの仕組みと装置の構造をもとに作成



微細液滴化能力と目詰まり耐性の両立を実現可能なノズルを開発

技術開発の要点

従来技術の課題である微細液滴化能力と目詰まり耐性の両立を可能にするスプレーノズルの開発(特許出願)。
微量元素濃度均質化技術の開発(特許出願)。

アウトカム

参照物質の簡易・迅速開発により、食品等の重金属スクリーニング分析の信頼性確保に貢献。

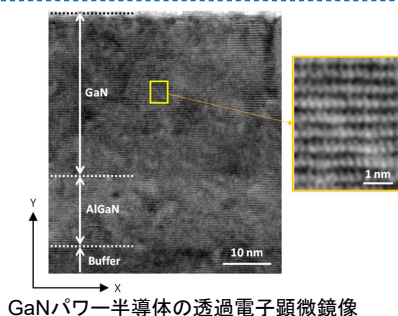
成果リスト

特許出願2件、技術コンサルティング1件

「モアレを利用した微小変位・ひずみ分布計測技術の開発」 (橋渡し前期)

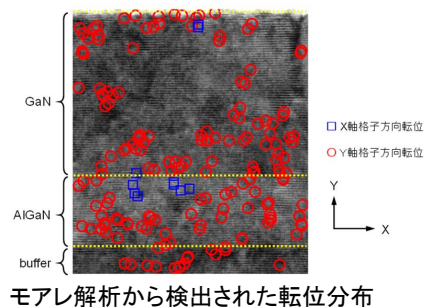
研究の目的

- 完全結晶の製造が困難な化合物半導体のプロセス改善のためのモアレを利用した転位分布自動検出技術の開発
- 透過電子顕微鏡像の画像処理による転位分布評価の自動化

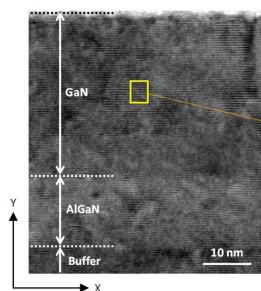


平成29年度成果

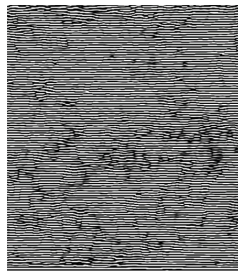
- 2次元フーリエ変換とサンプリングモアレ法を組み合わせ、**結晶構造の不完全部を自動検出する技術を開発**
- GaNパワエレデバイスの転位分布を評価



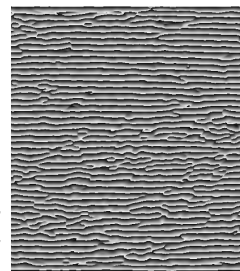
「モアレを利用した微小変位・ひずみ分布計測技術の開発」



2次元フーリエ変換からY軸格子のみを抽出



サンプリングモアレ法により格子像を拡大



目視観察から転位検出は困難

転位に相当するモアレ縞の不連続点の確認が容易

民間企業との共同研究「モアレ法によるデバイス中の転位欠陥検出に関する研究」
→デバイスの長寿命化、高性能化のために必要な転位分布を制御するためのプロセス確立に貢献

技術開発の要点

従来、目視観察で行ってきた転位分布検出を2次元フーリエ変換とサンプリングモアレ法を組み合わせることで、広視野で自動検出できる技術を開発(世界初)

アウトカム

完全結晶を作ることが難しいSiC, GaNなどの次世代パワー半導体の製造において転位欠陥の少ないプロセス技術を開発することで、高信頼性パワーデバイスが実現され、電気自動車の普及促進や省エネを実現することができる

成果リスト

IF付国際誌1報、特許出願1件、プレスリリース1件、つくば奨励賞受賞他

(2) 橋渡し研究前期 (平成28年度評価委員コメントへの対応)

- 技術がどのような対象に適用可能かも含めてまとめられていると適用範囲が広がられる
- 展示会の来客層に合わせたPRを行い、多数の問い合わせや引き合いを得た。
 JASIS 2017 (平成29年9月6-8日)
 産総研テクノブリッジフェアinつくば (平成29年10月19-20日)
 産総研 計測・分析フェアin京都 (平成30年1月23日) ...etc.
- 技術マーケティング会議による情報共有と、ICによるフォローアップにより連携を加速した。
- 橋渡しに向けて、知財管理等についてはルールを決める等、競合企業への対応ができているか

産総研全体のルールに則り、連携の検討段階、連携の実施段階など各フェーズでICやPOと情報共有し、知財化、利益相反などの懸案に対応している。

IC : イノベーションコーディネータ
 PO : パテントオフィサー

(2) 橋渡し研究前期 (総括)

- 具体的な研究開発成果 (評価指標)
 - 水素ステーション用水素計量器の校正・検査技術等、**国家戦略や法令・規制への対応につながる技術を開発**
 - 計量標準の開発を通じて培った知見・計測技術を発展させ、光コムによる温度計測、均質な分散マイクロ粒子製造等、**実用的計測・制御技術を創出**
- 知的財産創出の質的量的状況 (実施契約件数等) (評価指標)
 - **実績値 (平成29年12月時点) : 92件 (平成28年同月比123%)**
 ⇒ **目標値 (85件) を達成**
- 公的資金の獲得状況
 - **平成29年12月時点で7.1億円 (平成28年同月並みの高い水準)**
- テーマ設定の適切性 (モニタリング指標)
 - プレスリリースや展示会出展等で**多くの企業から照会を受ける**など、企業ニーズ、社会ニーズに密着した課題について多くの成果を挙げた

2. 「橋渡し」のための研究開発

(3) 「橋渡し」研究後期における 研究開発

分析計測標準研究部門長

野中 秀彦

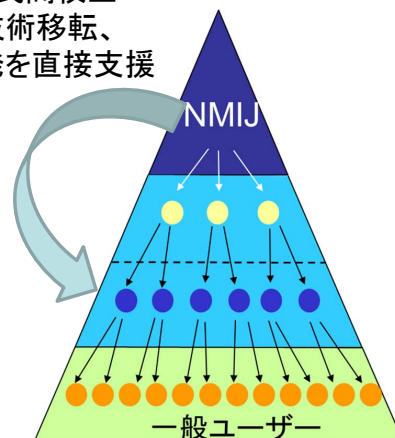
平成30年3月2日

橋渡し研究後期における戦略

企業への計測技術の移転、製品・企業活動の付加価値向上、
計測技術自体の製品化

- 民間への技術移転
- 民間校正設備の精度向上、新たなトレーサビリティ技術（センサー・校正装置）の開発
- 校正、計測技術による製品価値、企業価値の向上
- 計測装置自体の製品化

トレーサビリティ中間層の担い手である民間校正事業者への技術移転、計測機器開発を直接支援



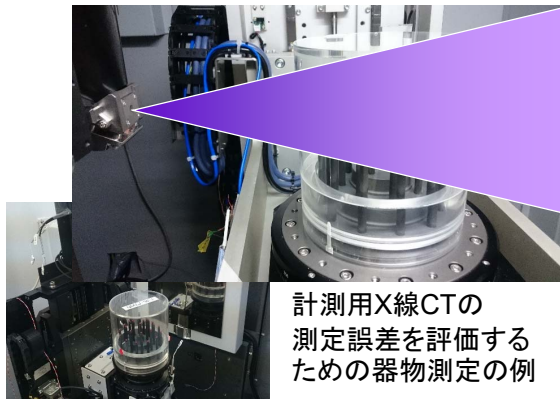
本日紹介する橋渡し研究後期テーマ

課題名	研究の概要	備考
計測用X線CTの共同開発	世界最高水準の計測精度をもつ純国産初の幾何形状計測用X線CTの製品化を支援 →製品化、国際標準化	
高精細フラットパネル型検出器を用いたインフラ診断用X線非破壊検査システム開発	高精細フラットパネル型検出器を用いたインフラ検査用X線非破壊検査システムを企業と共同開発 →製品化、技術移転	ポスター発表あり
pH自動調整装置の高度化	色素の吸光度変化を利用した計測手法を採用し、pHを3.0-8.0の広いレンジで自動調整可能な装置を企業と共同開発 →技術移転、製品化	
色・見え方の定量化技術の開発	角度可変方式の分光測定に基づく、三次元反射・透過計測システムを開発 →受託研究、技術コンサルティング	見学あり
精密変位計をピコメートル精度で評価可能に	精密変位計の周期誤差の最小化を実現しピコメートル精度で評価 →共同研究	
3Dスキャナと3Dプリンタを通じた地域連携	3D計測と3D造形の連携により全国公設研の領域横断的連携基盤を構築 →国内技術向上、国際標準化	
ミリ波帯平面回路精密測定技術の開発	高周波プローブ接触位置を電気信号測定から決定する手法を考案、測定精度を一桁向上 →共同研究、技術コンサルティング	ポスター発表あり

「225 kV 計測用X線CTの共同開発」 (橋渡し後期)

研究の目的

- 精密なものづくり産業で必要とされる純国産初の計測用X線CTを共同開発する。
- NMIJが保有する3D幾何形状計測における幾何誤差補正の知見と、計測分析機器メーカーの知見とをタイムリーにマッチング。



計測用X線CTの測定誤差を評価するための器物測定の例

平成29年度成果

- **世界最高水準**の μm オーダーの計測精度をもつ**純国産初の製品化**において、保有する三次元計測技術を用いて装置の精度評価と高精度化を全面支援。
- 平成29年12月12日製品発表・プレス発表(日刊工業新聞等4誌掲載)。
- 更なる高度化に向けた連携。

「225 kV 計測用X線CTの共同開発」



第1期共同研究:NMIJに設置(2011年)のプロトタイプX線CT



第2期共同研究:国際規格開発に知見を反映



第2期共同研究:成果として製品化された計測用X線CT

2009

2011

2014

2017

技術開発の要点

既存の幾何形状の測定機では対応が不可能な内部形状の測定精度の高度な検証方法を確認した。また製品の性能を適切に評価できる国際規格をプロジェクトリーダーとして開発中。

アウトカム

計量標準整備計画(X線CTによる幾何形状)および国際規格(計測用X線CT)の主導的開発との連動による測定の信頼性向上が図れ、我が国の3D計測機器企業の国際競争力の強化に資する。

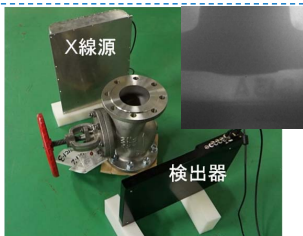
成果リスト

特許出願1件、プレス発表1件、論文1報

「高精細フラットパネル型検出器を用いた インフラ診断用X線非破壊検査システム開発」 (橋渡し後期)

研究の目的

- 配管などの産業インフラの老朽化が深刻な問題となっており、効率的な検査・メンテナンス技術の確立が喫緊の課題となっている。
- 化学プラント等の長距離・大型配管を効率的に検査するために、大面積/リアルタイムX線検出器と小型X線源を開発し、従来のX線検査技術と比較して大幅に検査タクトを短縮するX線非破壊検査システムを構築する。



配管検査用X線源・検出器



大型配管での実証実験

平成29年度成果

- 最高峰の国産ディスプレイ製造技術をX線検出器開発に転用し、市販品に対して2倍以上も鮮明な画像が得られる**高精細フラットパネル型X線検出器(X線FPD)の民間共同開発**に成功
- バッテリー駆動の超小型X線源と組み合わせてインフラ診断用X線非破壊検査システムを構築
- 大型配管にて本技術を用いた実証実験を実施し、従来のX線検査技術より検査スループットが1桁以上向上し、且つ、従来以下の漏洩線量で配管の減肉検査を行うことができることを**現場で実証**

「高精細フラットパネル型検出器を用いた インフラ診断用X線非破壊検査システム開発」



図1 従来型X線検出器(左)と本研究で開発したX線FPD(右)で撮影した電球フィラメント部

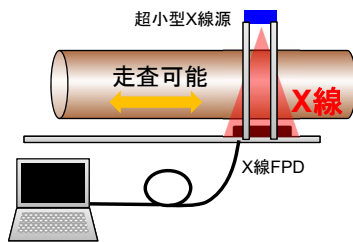


図2 インフラ診断用X線非破壊検査システム

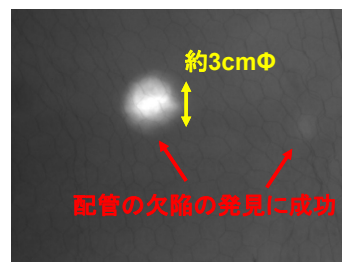


図3 産総研・水流量校正設備の大型配管で発見した減肉部

技術開発の要点

- 産総研の放射線イメージング技術と民間企業のディスプレイ製造技術を組み合わせ、高精細なX線画像が得られるX線FPDを開発(図1)
- バッテリー駆動超小型X線源を搭載した、自走式インフラ診断用X線非破壊検査システムを開発(図2)

アウトカム

- 大型プラント配管でX線非破壊検査を実施し、配管の減肉箇所を発見(図3)
- プレスリリース(平成29年10月17日 東レ株式会社「セル方式X線シンチレータパネルの開発について—高精細隔壁形成技術により高鮮明なX線画像を実現—」)
- X線新技術産業化コンソーシアム等の企業と連携して製品化目指す

成果リスト

論文発表: プレスリリース1件

「pH自動調整装置の高度化」 (橋渡し後期)

研究の目的

- 排水試験等で用いられる重金属イオン分析において、信頼性確保上、重要だが煩雑な操作を必要とする固相抽出時のpH調整を自動化。
- 電極を用いる汎用pH計測では、電極が測定対象元素の汚染源となることから、色素の吸光度変化でpH計測する手法を採用。
- 色素の吸光度変化をモニタしながら、アルカリ液の添加量を微量でコントロール可能なシステムをシステム・インスツルメンツ社と共同開発。

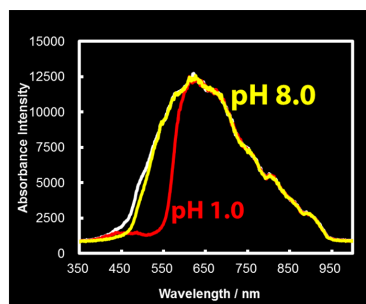
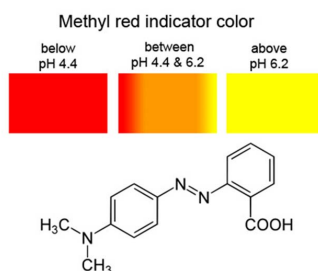
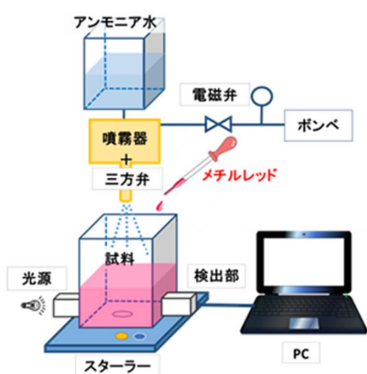
平成29年度成果

- 利用する色素を検討し、調整可能なpHレンジを4.5-6.0から3.0-8.0に拡大することで、弱酸性および弱アルカリ性において選択性が発現する固相を用いた分析にも適用可能なシステムに改良。
- 企業と共同で、学会にて成果発表を行うとともに、製品を国内展示会および国際学会展示会に出展。



開発したpH自動調整装置

「pH自動調整装置の高度化」



色素 (例はメチルレッド) の吸光度プロファイル変化でpHを測定。
色素を替えることで広範囲のpH値の調整が可能。

技術開発の要点

pH変化を色素の吸光度変化でモニタリングしながら、アルカリ液の添加量を微量でコントロール可能なシステムを開発

アウトカム

pH調整の再現性を確保できるようになり、排水試験等における重金属分析の信頼性が向上

「無電極自動pH調整装置」として共同研究企業より製品販売開始

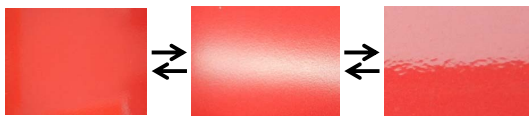
成果リスト

学会発表3件, 展示会出展4件

「色・見え方の定量化技術の開発」 (橋渡し後期)

研究の目的

- 経験や技術伝承に依存しない、客観性・再現性の高い、物体の色や見え方の定量化の実現
- 様々な光の照射および受光条件での物体の反射・透過特性(分光情報、空間分布)を、高精度に評価可能な計測システムの開発



光の照射の仕方起因する色の違い(例)



物体の表面状態・パターン起因する見え方の違い(例)

平成29年度成果

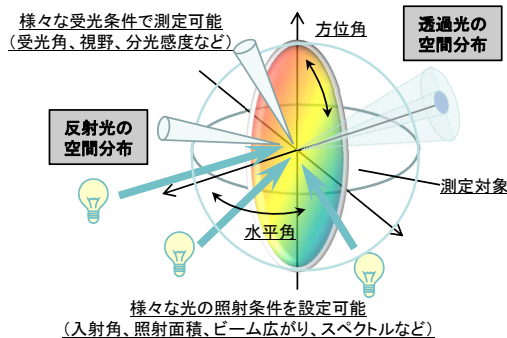
- 角度可変方式の分光測定に基づく、三次元反射・透過計測システムを開発
- 自動車塗膜および建材に適用し、観測方法に依存した色や見え方の違いと光学特性との相関を検証



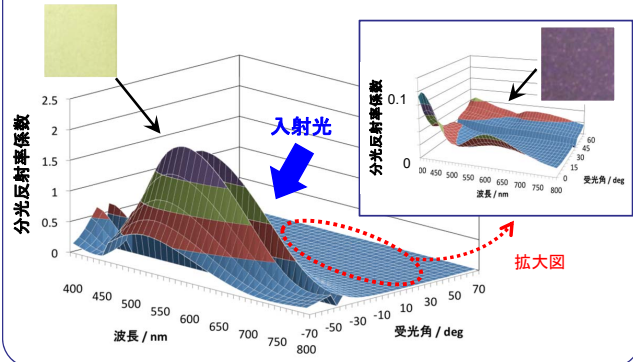
三次元反射・透過計測システム

「色・見え方の定量化技術の開発」

三次元反射・透過計測システムのイメージ



自動車用塗膜の評価例(45度入射の場合)



技術開発 の要点

物体の色や見え方の違いを与える光学因子を特定・評価するための、世界最高レベルの測定精度を持つ三次元反射・透過計測技術の開発

アウト カム

- 質感を向上させた高付加価値製品の創出および色材等の品質向上
- 視感覚と整合した測色技術、計測器、シミュレーション技術の開発
- 高度情報化社会に対応した色再現技術への貢献

成果リスト

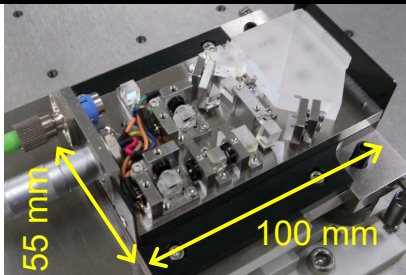
受託研究 1件、技術コンサルティング 3件

「精密変位計をピコメートル精度で評価可能に」 (橋渡しし後期)

研究の目的

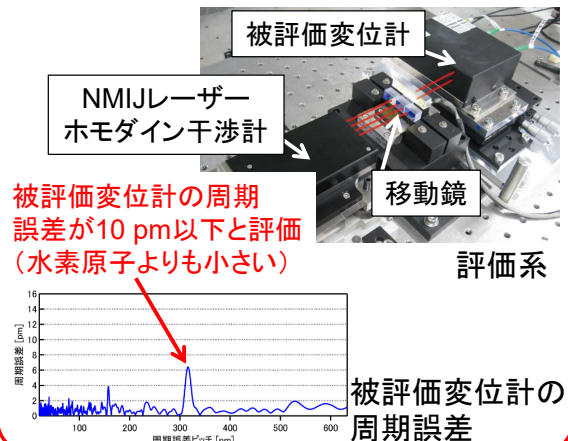
- 半導体露光装置や非球面加工機などの加工精度向上のため、変位測定の高分解能化、高信頼性が求められている。
- 10 pm以下の精度で変位計の非線形性を評価できる持ち運び可能な小型干渉計を開発する。
- リニアエンコーダーや静電容量センサーなどの精密変位計の非線形性を評価する。

NMIJが開発したレーザーホモダイン干渉計



平成29年度成果

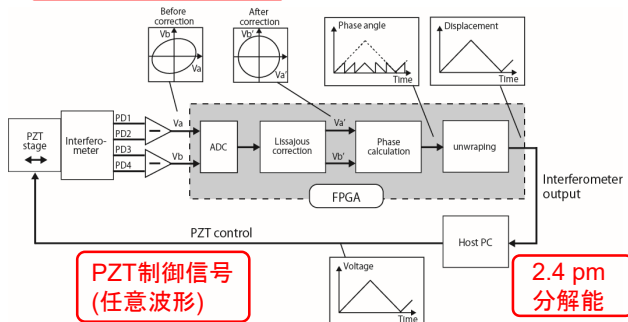
NMIJレーザーホモダイン干渉計の非線形誤差を1 pm以下に抑え、非線形誤差10 pm以下を目指して開発された企業の精密変位計の性能を評価



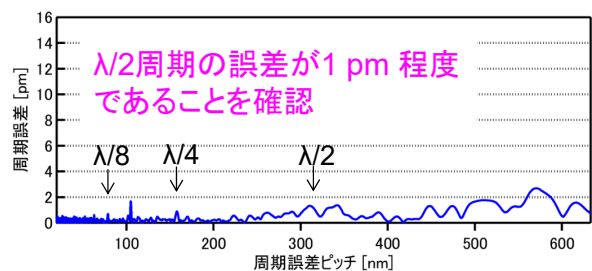
「精密変位計をピコメートル精度で評価可能に」

リサージュ図形の補正

位相接続



NMIJレーザーホモダイン干渉計のブロックダイアグラム



NMIJレーザーホモダイン干渉計の周期誤差自己評価結果(自身の干渉信号の振幅から周期誤差を評価)

技術開発の要点

NMIJレーザーホモダイン干渉計のリサージュ図形をデジタル信号処理により補正して周期誤差を最小化。その振幅変動からNMIJの評価装置の周期誤差を自己評価し、1 pm程度であることを確認。

アウトカム

精密変位計の信頼性ある性能評価に寄与することにより、それらが使用される半導体露光装置や非球面加工機、走査型プローブ顕微鏡などの精密測定・微細加工技術の精度を向上させ、半導体素子の高集積化などに貢献。

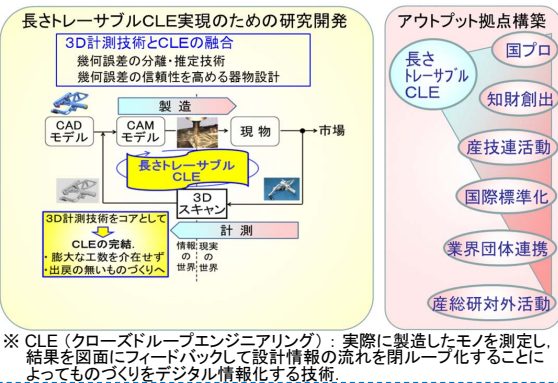
成果リスト

論文発表: IF付国際誌2報(うち1報査読中)、国際会議招待講演1件、企業・大学との共同研究(資金提供有)1件

「3Dスキャナと3Dプリンタを通じた地域連携」 (橋渡し後期)

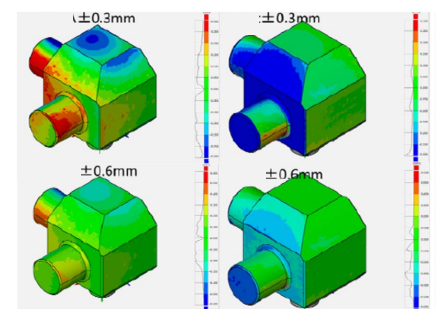
研究の目的

- 3D計測(産総研シーズ)と3D造形(3D計測のユーザ)との連携により、ものづくりのクローズドループ化・高度化へ貢献。
- 産総研の3D計測技術と公設研との連携ネットワークの発展的深化による橋渡し拠点の構築。



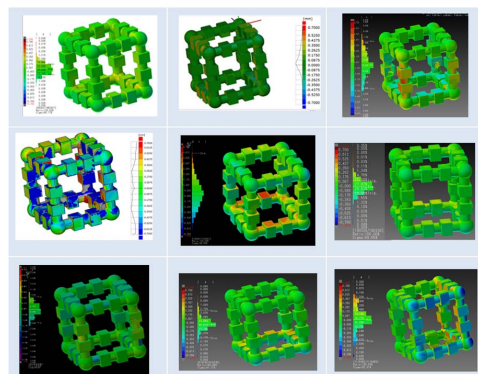
平成29年度成果

- 3D造形器物(3Dプリンタで造形)の3D形状データ(3Dスキャナで計測)から、3Dプリンタの補正情報の元となる幾何誤差を抽出することができた。

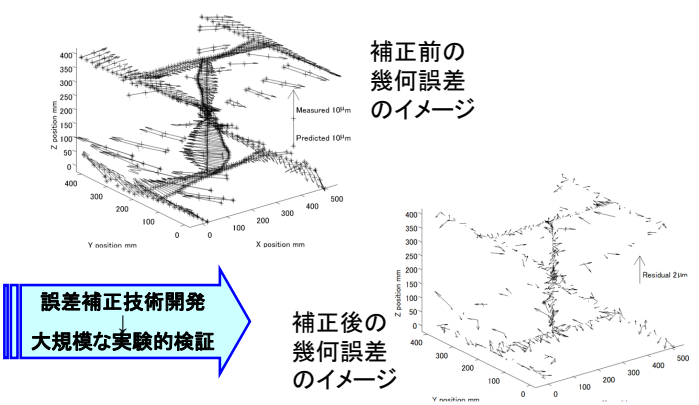


3D造形器物による幾何誤差の評価

「3Dスキャナと3Dプリンタを通じた地域連携」



各公設研でデジタル化した造形誤差情報を集積



誤差補正技術開発
大規模な実験的検証

技術開発の要点

- CLEにより、3D計測結果をデジタル設計データにフィードバックして高精度化するための補正技術開発と大規模な実験的検証。
- 地域連携による、地域毎に特色ある企業活動に即した支援体制の構築。
- 3Dスキャナ性能評価法の国際規格開発およびラウンドロビンの企画と実施。

アウトカム

各公設研の得意とする3D計測／3D造形技術を持ち寄り、オールジャパン体制で我が国の3Dものづくり競争力を強化。

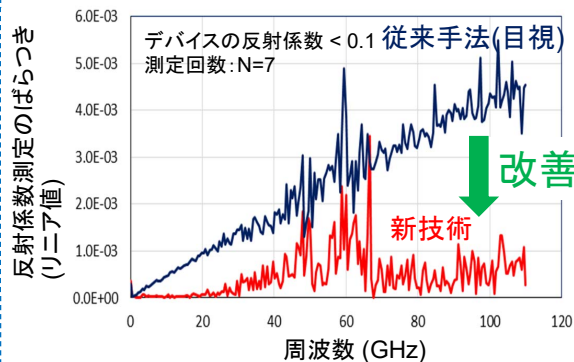
成果リスト

国際規格開発PL: 2件, 企業共同研究11件, 論文2報

「ミリ波帯平面回路精密測定技術の開発」 (橋渡し後期)

研究の目的

- 電気信号解析によるプローブコンタクト位置の高精度制御技術により、自動車衝突防止レーダーなどのミリ波帯平面回路を高精度に計測する技術を実現する。



開発した手法による測定再現性の改善(1桁程度の改善)

平成29年度成果

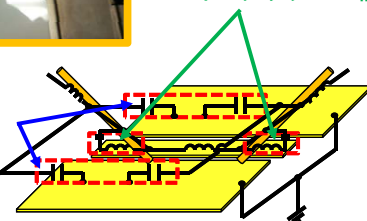
- プローブコンタクト位置の**高い再現性**を実現し、ミリ波帯における平面回路の**高精度計測**を実現。
- 作業者やプローブ製品の違いによる**測定結果への影響**を排除。
- 高精度を実現する校正手法の適用が可能となり、**測定結果の不確かさが改善**

「ミリ波帯平面回路精密測定技術の開発」

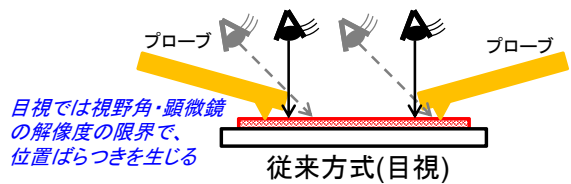


信号線コンタクト位置により決まるインダクタンス値

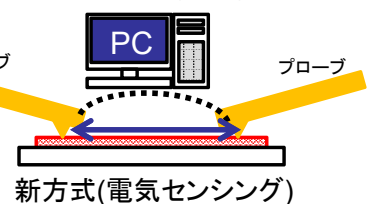
接地線コンタクト位置により決まるキャパシタンス値



プローブ測定概要と解析モデル



電気測定で位置を決定



技術開発の要点

電気信号測定からプローブ接触位置を決定する手法を考案、それを実施可能とする測定装置を開発し、一桁の測定精度の改善を実現(従来技術 4.0% → 開発した技術 0.5% @ 100 GHz)

アウトカム

車載用ミリ波レーダー等のミリ波帯機器の高性能化に貢献
研究開発期間の短縮にも寄与し、ミリ波機器の社会実装を促進

成果リスト

論文発表: IF付国際誌 2報、特許出願 7件、受託・共同研究 11件、技術コンサルティング 9件

(3) 橋渡し研究後期 (平成28年度評価委員コメントへの対応)

- テーマを考える際には、社会的なインパクトも考慮して進めてほしいと思います。

計測用X線CTなどの急速に市場が立ち上がりつつある計測器の開発に関与した、また社会的な課題であるインフラの老朽化に対して効果的なX線診断装置を開発するなど、社会的なインパクトのあるテーマに取り組んだ。

- 企業に限らず国研等も含めて外部とのテーマ連携や人材交流などの取り組みが必要だと思われる。

産総研の取り組みとして、JAXAや理研と合同研究会等でマッチングを進める動きがあり、当領域も情報共有をして連携を検討している。また、現状でも企業以外にも国研や公的機関等との共同研究を多数進めている。

例) ・JAXAとの共同研究「微量水分計測に関する研究」

・農研機構との共同研究「牧草水分量のリアルタイム測定に関する研究」...etc.

(3) 橋渡し研究後期(総括)

ー 民間からの資金獲得額(評価指標)

- 平成29年12月時点で5.6億円 (平成28年同月比140%の伸び。)

平成29年度目標値6.0億円は達成見込み

- 総額だけでなく、技術コンサルティングでは契約件数が1.4倍 (平成28年度同月比)となる等、**多数の新規ユーザーを獲得**

ー 中堅・中小企業比率(中堅・中小企業数 / 全体の企業数)が高い (モニタリング指標)

- 基準値:35% ⇒ 平成29年12月時点:40.3% (中堅・中小企業支援にも注力)

ー 事業化の状況(モニタリング指標)

- 計測用X線CT装置やpH自動調整装置の**製品化に寄与**
- インフラ検査用X線非破壊検査システムを**現場に適用し**、配管の減肉検査で実用性を実証

3. 知的基盤の整備

工学計測標準研究部門長

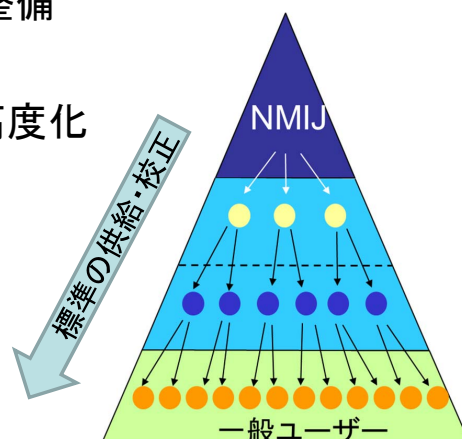
高辻 利之

平成30年3月2日

知的基盤における方針

計量標準の整備と利活用促進、法定計量業務の実施と人材育成、計量標準の普及活動、計量標準に関連した計測技術の開発

- 知的基盤整備計画に基づく計量標準整備
- 計量標準の普及活動
- 計量標準トレーサビリティシステムの高度化
- 計量法にかかる業務の着実な実施
- 法定計量業務の人材育成
- 次世代計量標準の開発



国の知的基盤整備計画に基づいた 知的基盤の整備

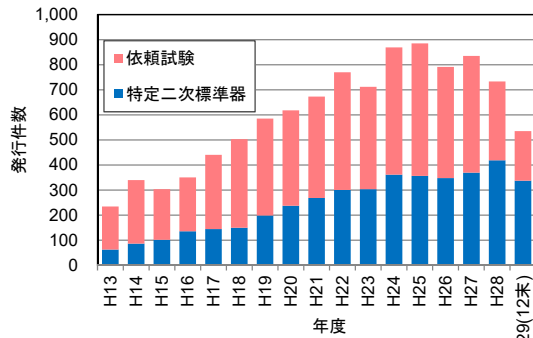
① 整備状況

- 物理標準においては、気体高圧力、電界強度、低温温度計、放射性表面汚染計測関連の標準を整備(開発・範囲拡張・高度化)した。
- 化学標準物質においては、無機標準液、標準ガス、材料評価のための標準物質などの整備(開発)、および既存標準物質の有効期限延長を行った。
- 今年度も引き続きPDCAを主体的に行い、ニーズの調査および集約を行った。

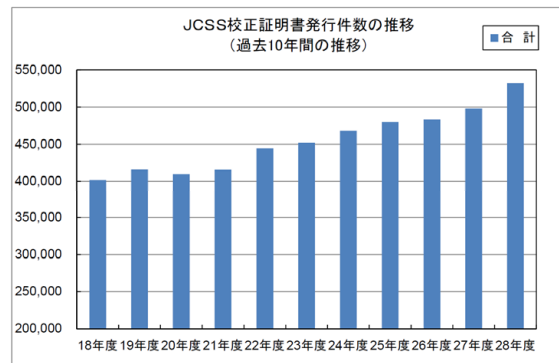
国の知的基盤整備計画に基づいた 知的基盤の整備

②普及状況 校正、依頼試験およびJCSSへの寄与

校正・試験件数(証明書発行枚数)



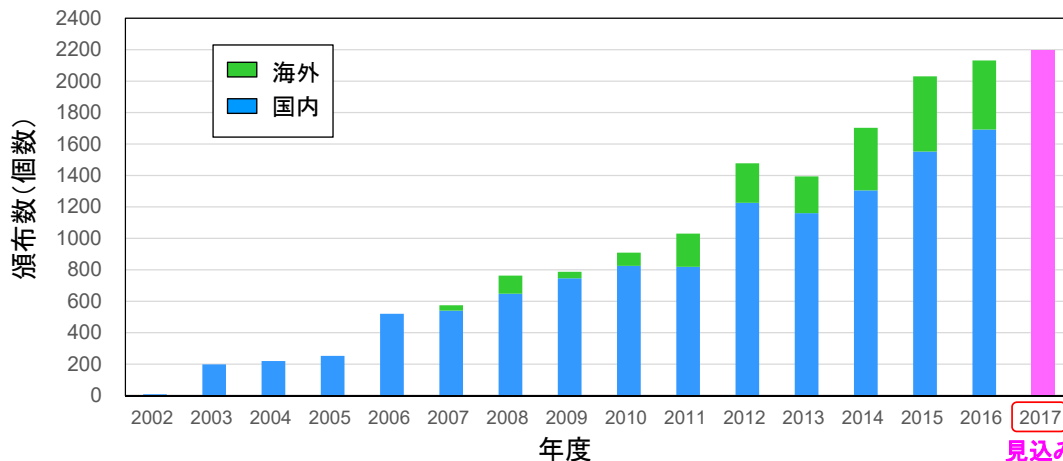
事業者審査への技術アドバイザー派遣他、各種委員会に参画し、計量法校正事業者登録制度(JCSS)を強かに支援



計量法に基づく特定二次標準器の校正および依頼試験を着実に実施し、計量トレーサビリティの普及に貢献。

また技術コンサルティングにより依頼試験+αのソリューションを提供

③普及状況 標準物質の供給



見込み

※2017年11月30日時点実績
頒布数 1,450個

- 主な頒布: 有機標準物質が約43%、環境・食品標準物質が約27%、グリーン調達対応標準物質が約12%
- 頒布の傾向: 定量NMR分析用CRMは11月30日時点で昨年比2.5倍に増加
環境・食品は横ばい傾向

※いずれも件数ベース

計量法に関わる業務

* 計量制度見直し関連:

- 型式承認試験成績書の受け入れ(民間試験所の活用)
- 自動はかり技術基準(JIS)を整備
- 政令手数料の改正への対応
- JCSS証明書の活用拡大(血压計用圧力計の基準器検査への活用)

* 水銀汚染防止関連

- 水銀汚染法関連JISの改正(ガラス製温度計、浮ひょう)
- 基準器を新たに追加
水銀未使用の血压計用基準圧力計)

* 特定計量器に関する試験

- 基準器検査 1,290 件
- 型式承認 88 件
(平成29年12月末時点)

* 新しい技術基準(JIS)の作成

- 排水流量計、CNG(圧縮天然ガス)メータ

法定計量に係る人材の育成

- **計量教習、計量講習、計量研修、法定計量セミナー、法定計量クラブ**など合わせて35回(予定含む)開催し、国内計量関係技術者の技術力向上に貢献。
 - JIS改定に伴う説明会及び講習をタイムリーに実施した。
 - 計量制度見直しに対する検討を支援。
- **計量士の資格認定に関わる作業**にNMIJまたは職員が協力。
 - 国家試験問題作成委員として延べ40名が参加。
 - 計量行政審議会計量士部会委員として延べ10名が参加。
 - 計256名の計量士候補を講習会(延べ10回)に受け入れた。
- 国内計量関係機関の初任者や海外途上国計量関係機関からの初学者に対し計10件の**見学対応で支援**。

データベースの整備

* 有機化合物スペクトルデータベース (SDBS)

- 平成29年度のアクセス数: 31,263,417 ページビュー(4月~12月)
- 収録データ数: 116,147(公開中) + 376(新規追加予定)
- URLをブックマーク可能なスペクトルのランディングページ11万件、化合物のランディングページ3万4千件を公開(予定)
- 操作性の向上
(データへのアクセス方法、アクセス性、データ引用、検索、参照等が容易化。)
- 外部との連携可能性。

* 分散型熱物性データベース

- 平成29年度のアクセス数: 2,000,000件(平成28年度と同様規模)(4月~12月)
- 収録データ数: 11,650(公開中) + 119(新規追加予定)
- データベースシステムの機能を拡張し、評価試料の製造プロセス情報の体系的な収録・表示を可能とした。
- マテリアルズインフォマティクス向けのデータ提供を開始(NIMSとの共同研究)。

(平成29年12月現在)

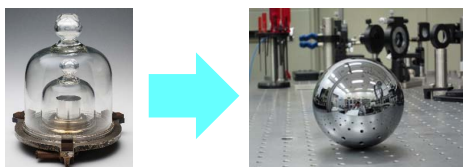
本日紹介する知的基盤研究テーマ

課題名	研究の概要	備考
キログラムの定義改定のためのプランク定数の決定への貢献	同位体濃縮Si単結晶球を用いたプランク定数決定→ 最も基本的な知的基盤の整備、国際貢献、科学的プレゼンス	見学あり
ジョンソン雑音温度計によるボルツマン定数測定の研究	産総研独自の量子電圧雑音源を基準とした精密測定→ 最も基本的な知的基盤の整備、国際貢献、科学的プレゼンス	
海水密度絶対測定	シリコン固体密度標準に基づく液体密度測定技術、海洋観測に不可欠な参照値の提供→ 知的基盤の整備	
超低周波振動加速度測定技術	インフラ老朽化診断・地震観測・被災度判定の信頼性確保に寄与する測定技術→ 知的基盤の整備(拡張)、普及	見学あり
型式承認試験成績書の受け入れ(民間試験所の活用)	民間試験所の試験結果を活用するシステム構築により型式承認試験の効率化を実現→ 法定計量、国際標準化	
光格子時計による次世代時間・周波数標準の開発	将来的な秒の定義改定に対応した時間標準の構築→ 最も基本的な知的基盤の整備、国際貢献、科学的プレゼンス	ポスター発表あり
水道法などの規制に対応した標準物質の開発	水道検査方法の改正に対応する標準液の値付け方法の開発→ 計量法に基づく標準液、知的基盤の整備、普及	ポスター発表あり
定量NMRに関するトレーサビリティ体系構築のための基準物質の開発	定量NMRの最上位の標準物質・計測技術の開発と国際比較の実施→ 知的基盤の整備、国際貢献	ポスター発表あり
放射線利用施設の安全安心を支える計量標準	放射線利用施設に必要な計測機器の標準整備→ 知的基盤の整備	ポスター発表あり

「キログラムの定義改定のためのプランク定数の決定への貢献」 (知的基盤)

研究の目的

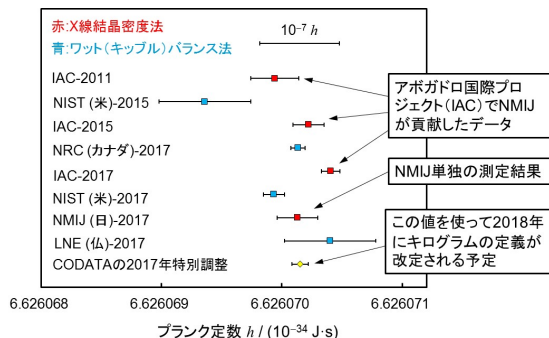
- 人工物によって定義される最後のSI基本単位「キログラム」の定義を改定、より安定で普遍的な単位を実現する
- 130年ぶりの定義改定に貢献し、**原子の数**にもとづく**新しい質量標準**を開発する



キログラム原器 1 kgの²⁸Si濃縮結晶球

平成29年度成果

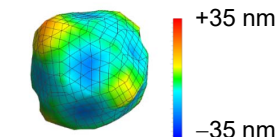
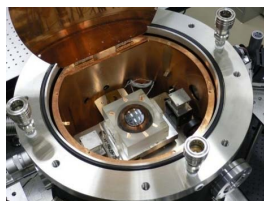
- プランク定数を世界最高レベルの精度で測定し、科学技術データ委員会(CODATA)によるプランク定数の2017年特別調整値の決定に貢献
- 特別調整値の決定に用いられた8つのデータのうち、4つのデータに貢献(そのうちの1つはNMIJ単独で測定)



「キログラムの定義改定のためのプランク定数の決定への貢献」

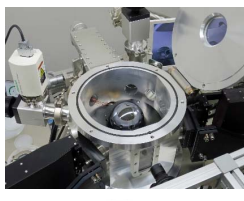
技術開発の要点 同位体濃縮シリコン単結晶球を用いたプランク定数の決定

シリコン球の直径及び体積の測定



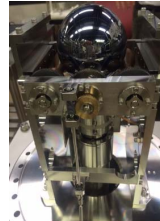
0.5 nmの精度で直径を測定

空気中と真空中におけるエリプソメトリー



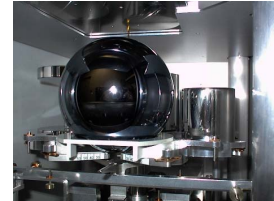
表面層の光学的厚さを評価

X線光電子分光法(XPS)



表面層の質量評価

真空天びんによる超精密質量比較



プランク定数の
決定精度: 2.4×10^{-8}
1 kg に換算すると 24 μ g

国際キログラム原器
(IPK)の質量の
長期安定性: 50 μ g

アウトカム キログラムの定義改定、物理定数測定の高精度測定など学術基礎研究への貢献

成果リスト プレスリリース1件、新聞30紙以上に掲載
インパクトファクター付英文論文 11報発表

「ジョンソン雑音温度計によるボルツマン定数測定の研究」 (知的基盤)

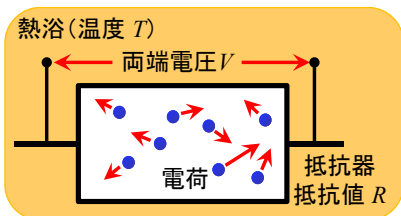
研究の目的

- 2018年に予定されている熱力学温度の単位「ケルビン」の定義改定への貢献
- 広い温度範囲で利用可能な熱力学温度測定法として展開

平成29年度成果

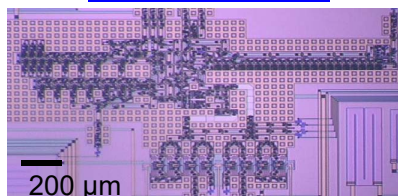
- 水の三重点 (0.01 °C) においた抵抗器の熱雑音を集積型量子電圧雑音源を基準として測定し、新たにケルビンの基準となる予定のボルツマン定数を求めた
- 熱雑音測定によるボルツマン定数の決定に成功しているのは世界でも三つの研究機関のみ

ジョンソン雑音温度計の原理



抵抗器の雑音電圧のパワースペクトル密度、熱浴の温度からボルツマン定数 k を測定

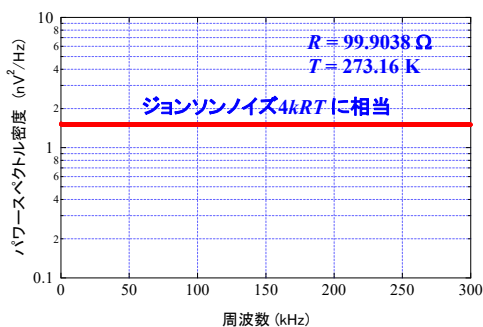
集積型量子電圧雑音源



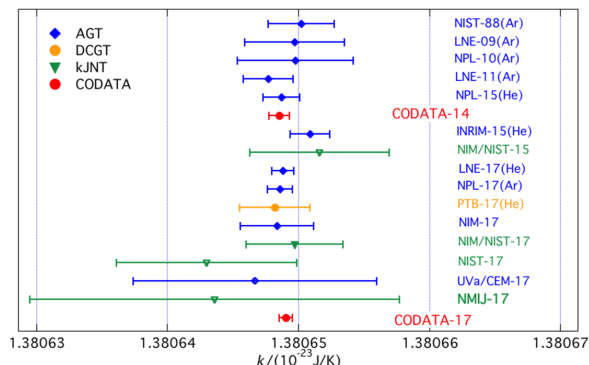
産総研で独自に開発したパワースペクトル密度測定のための基準信号源

「ジョンソン雑音温度計によるボルツマン定数測定の研究」

集積型量子電圧雑音源を基準として測定した抵抗器の熱雑音のパワースペクトル密度



各種実験手法によるボルツマン定数 k の値



技術開発の要点

超伝導エレクトロニクスを用いた産総研独自の量子電圧雑音源を基準とした抵抗器の熱雑音の精密測定からボルツマン定数を精密に測定した。

アウトカム

温度のSI単位定義改定への貢献。
熱力学温度測定に基づいた温度標準確立への寄与。

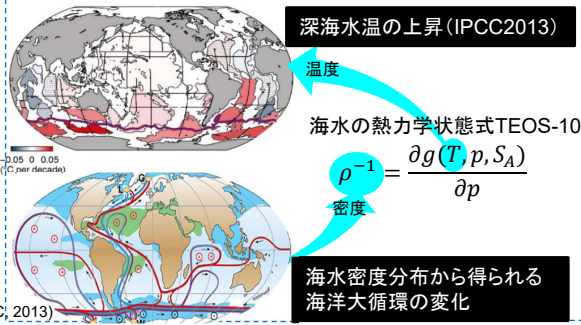
成果リスト

論文発表: IF付国際誌2報、外部資金1件

「海水密度絶対測定」 (知的基盤)

研究の目的

- 中長期的な気候変動の予測に不可欠な海洋観測を支援
- ppmレベルの精度の海水密度測定に必要な**標準海水の密度参照値を提供**
- 観測データ(温度・圧力・密度・塩分)を総合して海水温上昇等を予測するのに必要な相互変換ツールである、**海水の熱力学状態式TEOS-10の高精度化**



技術を社会へ Integration for Innovation

117

平成29年度成果

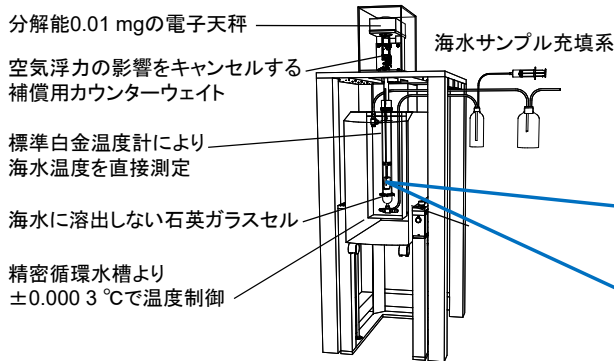
- NMIJで独自に開発した海水密度測定装置(精度1.3 ppm)の妥当性を確認
- 有機液体密度の測定値は、密度の国家計量標準を直接用いて決定した値と1.2 ppm以内で一致
- 純水密度の測定値は、水の密度の国際推奨式と0.9 ppm以内で一致
- 溶存酸素分析用標準海水の密度絶対測定を実施
→ 現行の海水状態方程式には、式の不確かさ(5 ppm)を超える誤差があることを示唆



溶存酸素分析用標準海水 Pre18RM(環境総合テクノス)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

「海水密度絶対測定」



$$\rho_{\text{sinker}} = 2.329\,052\,77(56) \text{ g cm}^{-3}$$

海水密度絶対測定のための小型液中秤量システム

密度測定の基準となるシリコン単結晶シンカー

技術開発の要点

産総研独自の、シリコン固体密度標準にもとづく6桁精度の液体密度測定技術 + 測定中の海水の密度変化を防ぐ独自開発の測定ノウハウ
→現時点で海水密度を6桁精度で絶対測定できる世界唯一の計測技術

アウトカム

- 海洋観測における海水密度測定の高精度化に不可欠な参照値の提供
- 海水の温度・圧力・塩分・密度を相互変換する状態方程式の信頼性評価
- 海洋大循環→中長期気候変動→より正確な地球温暖化メカニズムの解明

成果リスト

論文発表: ニュースレター誌1報、国際会議報告2件

「超低周波振動加速度測定技術」 (知的基盤)

研究の目的

社会インフラを取り巻くリスク：
災害と経年劣化

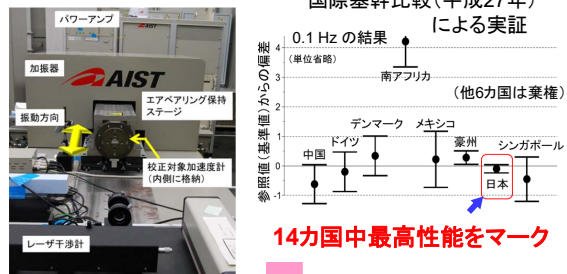


超低周波(0.1 Hz~)の微小振動を
加速度計を用いて計測する

技術的難度が高く、信頼性確保には
高度な校正技術の保持とその普及が重要

平成29年度成果

超低周波振動加速度標準の高度化
(平成26年度より実施)

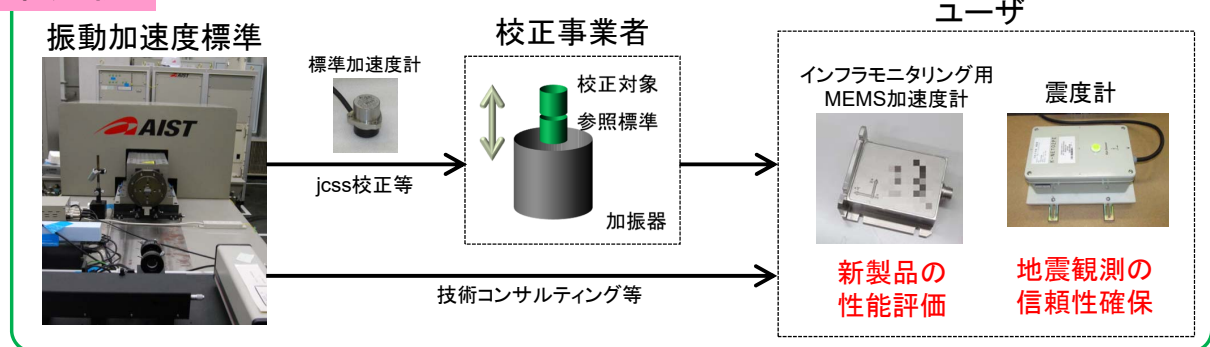


平成29年度

- ① 感度校正(jcss)の**不確かさを大幅に低減**(最大6% → 0.2%)
- ② **位相校正(依頼試験)**の開始
- ③ **コンサルティング等による産業界への知見提供**

「超低周波振動加速度測定技術」

活用例



技術開発の要点

- ・ データのS/N比を高めるため、デジタルフィルタ処理技術を導入
- ・ 加振器の微小なゆがみ(曲率: 約16 km)を補正する技術を導入
- ・ 不確かさを大幅に低減し、**世界最高水準の測定能力を実現**

アウトカム

- ・ インフラ老朽化診断技術・地震観測・被災度判定技術の信頼性確保
- ・ インフラ輸出事業における付加価値向上

成果リスト

計量標準2件、論文・解説2報、民間企業共同研究・コンサル6件

「型式承認試験成績書の受け入れ（民間試験所の活用）」 （知的基盤）

研究の目的

・経済産業省の所管する計量行政審議会の答申を受け、高い技術力を有する民間の製造事業者・試験所等の計量制度への参入の促進をはかる。

・使用者ニーズの多様化等に伴い、新型の計量器の速やかな市場投入が求められている。これに応えるべく、特定計量器の型式承認試験に係る審査を迅速化する。

平成29年度成果

型式承認試験における民間試験所の試験成績書の活用を開始

- ・第三者機関から認定を受けた民間試験所が実施した試験の結果を、NMIJでの型式承認試験で活用できるシステムを構築した

ASNITE試験事業者
計量法第71条第1項
第一号の技術上の基
準で規定する試験方
法に係る認定の特定
要求事項
(第1版)

2017/9/22
NITE認定センター

特定計量器の型式承
認申請のための試験
結果の証明書添付に
あたっての必要事項
(第1版)

2017/9/22
NMIJ

審査期間の短縮:3ヶ月→1ヶ月

「型式承認試験成績書の受け入れ（民間試験所の活用）」

ASNITEプログラムの作成

ASNITE試験事業者
計量法第71条第1
項第一号の技術上の
基準で規定する試験
方法に係る認定の
特定要求事項
(第1版)

2017/9/22
NITE認定センター

特定計量器の型式承認
申請のための試験結
果の証明書添付に
あたっての必要事項
(第1版)

技術適用指針

2017/9/22
NMIJ

特定計量器技術習得研修

技術マニュアル
・技能試験の代替
・要員の技能の確保/
維持

2017/11/1
NMIJ

成績書受け入れの流れ



技術開発 の要点

信頼性、正確性、安全性を考慮しつつ、型式承認の試験データについてASNITE認定を取得した試験所の証明書(試験成績書)の活用を行う。

アウト カム

- ・製品開発速度の効率化
- ・市場への流通・消費者ニーズへ迅速に対応
- ・民間試験所の活用

成果リスト

ASNITE認定プログラムを運用するための技術適用指針の策定、技術マニュアルの整備、特定計量器技術習得研修実施:3事業者8名

3. 知的基盤の整備 (平成28年度評価委員コメントへの対応)

整備, 研究・開発が急がれるテーマに対して、

- 概略計画, 工程等を明らかにして欲しい。
- 実行する上での課題, 人材・シーズ技術の過不足、外部機関や国際的連携で進めることの利点, 早期実用化の可能性などについて、見解や具体的な取組み計画を発信して欲しい。

* 標準整備の計画や工程表を公開

- * 標準整備に関するニーズ調査
- * 標準整備計画
- * 2015技術戦略マップ

* 具体的な取り組み

- * 民間企業への技術移転
- * 人材育成・シーズ技術の掘り出し
- * 外国標準機関と個別MoU14件、LoI2件締結し連携推進

3. 知的基盤の整備(総括)

– 計量標準及び標準物質の整備状況(評価指標)

- 物理標準、化学標準物質について知的基盤整備計画を達成(見込)
- 4単位の定義改定に貢献。特に、「キログラム」の新たな定義の基準となるプランク定数の決定に米、独、カナダ、仏とともに寄与。130年ぶりとなる定義の改定に大きく貢献
- 水道法等の規制に対応した水質基準のための標準物質を開発

– 計量標準の普及活動の取り組み状況(モニタリング指標)

- 国家計量標準機関として校正業務を遂行
- 特定計量器の型式承認に民間試験所の試験成績書活用を開始
- スペクトルデータベースでは3000万PV以上のアクセス

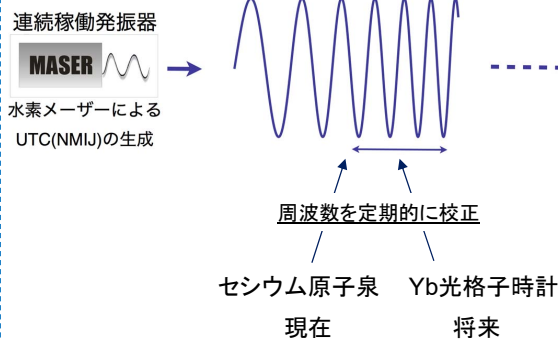
– 計量法にかかる業務の実施状況(評価指標)

- 計量法にかかる基準器検査、型式承認を実施
- 法定計量人材の育成を実施(講習、研修、セミナーを多数開催)
- 計量士の育成業務も継続

「光格子時計による次世代時間・周波数標準の開発」 (知的基盤)

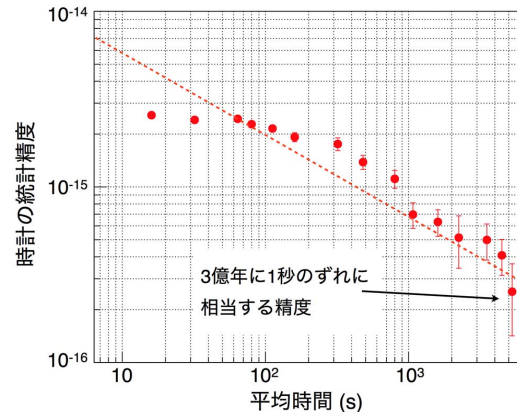
研究の目的

- イッテルビウム原子を用いた光格子時計の長期運転技術を開発し、光格子時計による国家標準UTC(NMIJ)の確立を目指す。



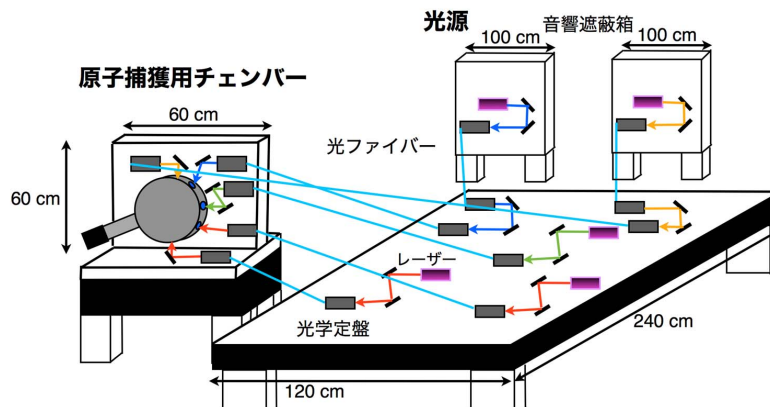
平成29年度成果

- 光格子時計のハードウェアを開発した。
- UTC(NMIJ)の校正に必要な5時間の連続運転に成功した。



「光格子時計による次世代時間・周波数標準の開発」

長期運転を目指した光格子時計のハードウェアを開発した



技術開発の要点

- 光学系の小型化、光ファイバーによるレーザービームの空間伝搬距離の低減 → **アライメントに対する堅牢化**
- 光源の防音、防振の改善 → **光源の周波数ロックの堅牢化**

アウトカム

今後予想される秒の定義改定に対応した時間標準の構築

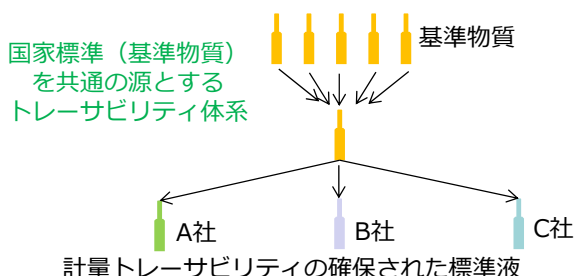
成果リスト

外部資金: 2件

「水道法などの規制に対応した標準物質の開発」 (知的基盤)

研究の目的

- 水質検査方法の改正(平成27年度)に伴い、信頼性確保のために計量トレーサビリティの確保された標準液の供給が求められるようになったことへの対応として、国際単位系にトレーサブルな値付け方法を開発し、計量トレーサビリティの確保された標準液の供給体制を整える。



平成29年度成果

- 世界初の有機体炭素の含量を認証したフタル酸水素カリウム認証標準物質ならびにポストカラム反応GCの活用によるかび臭物質2種混合標準液の値付け技術を開発し、これまでの成果と合わせて、計量標準が必要な水質基準44項目のうち43項目の標準整備を完了。
- 計量法に基づく標準液として、新たに4種類の標準液*の供給体制を整えた。

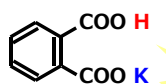
*亜塩素酸イオン標準液、フェノール類6種混合標準液、ハロ酢酸4種混合標準液、かび臭物質2種混合標準液

「水道法などの規制に対応した標準物質の開発」

全有機体炭素分析の基準となる標準物質の開発

一対多型の校正技術を活用した有機混合標準液の開発

フタル酸水素カリウム



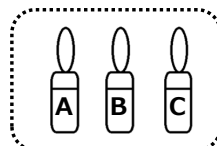
従来：酸としての評価(中和滴定)のみ

酸およびカリウムの分析と、各種不純物分析を組み合わせ、総合的なフタル酸水素カリウムの組成評価を実施し、有機体炭素としての含量を評価

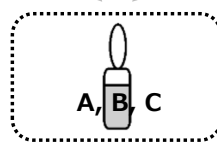


世界初の有機体炭素(有機物の量を炭素として表わしたもので、水道水の汚れの指標の一つ)の含量を認証したフタル酸水素カリウム認証標準物質

[従来の校正技術] 成分ごとの純度評価が必要



質量比混合法

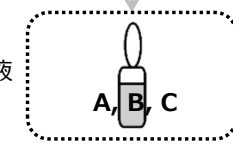


混合標準液

[一対多型の校正技術] 成分ごとの純度評価が不要



ポストカラム反応GCによる混合標準液の直接定量



技術開発の要点

- フタル酸水素カリウムに対してSIトレーサブルな値付け方法を確立し、世界初の有機体炭素の含量を認証した認証標準物質を整備
- ポストカラム反応GCの活用により個別成分ごとの評価をすることなく、有機混合標準液の直接値付けを実現

アウトカム

計量標準が必要な水質基準項目のほぼ全てに対応し、水道水質検査の信頼性確保に貢献

成果リスト

論文発表: IF付国際誌1報, 共同研究:2件, 新聞記事:1件(予定)
認証標準物質の開発:1物質, 依頼試験開始4項目(H30.4開始予定)

「定量NMRに関するトレーサビリティ体系構築のための基準物質の開発」 (知的基盤)

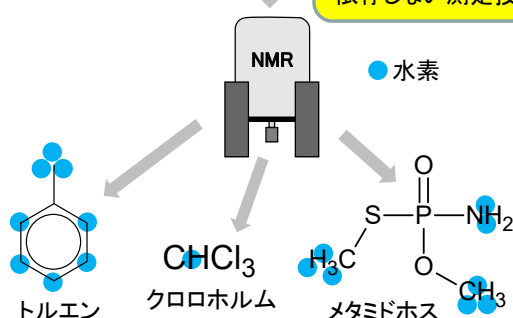
研究の目的

- 定量NMR用の最上位の基準物質の開発ならびに基準物質の相互比較で得られた知見の発信により、同法の信頼性向上や国際的な利用促進を図る。

水素核を基準とした例

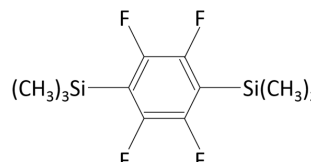
¹H信号の基準物質

原子核をものさしとした分子構造に依存しない測定技術



平成29年度成果

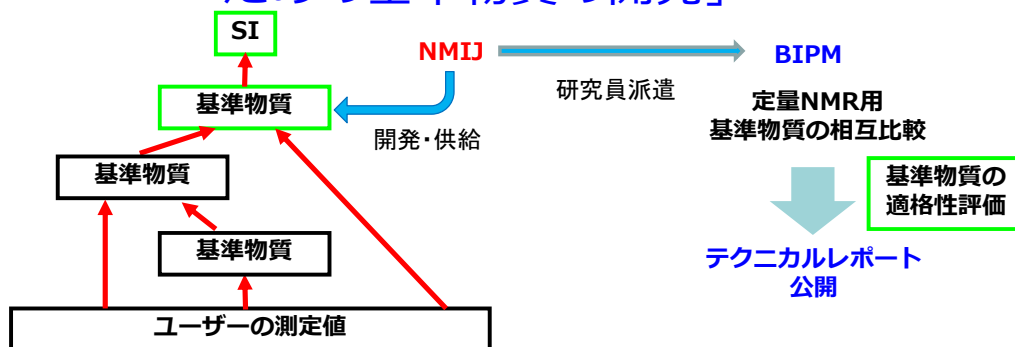
- ¹H NMRと¹⁹F NMRの両者に使用できる最上位の基準物質を開発した。



BTMSB-F4 : 認証値 (0.9998 ± 0.0003) kg/kg)
定量NMR用として世界最小の不確かさ

- 国際度量衡局 (BIPM) との MoU に基づく基準物質の相互比較を実施し、定量NMRへの適格性を評価した。
- 定量NMRの高度化を目的として、国際度量衡委員会物質諮問委員会 (CCQM) における国際比較を主催した。

「定量NMRに関するトレーサビリティ体系構築のための基準物質の開発」



技術開発の要点

- 定量NMR用の基準物質のための高精度な計測技術の開発
- 定量NMR用基準物質 (10物質) の適格性評価のためのスキーム構築
- 定量NMRのための国際比較の Protokol 策定

アウトカム

- 定量NMR用の最上位の基準物質の開発・供給による定量NMRの信頼性向上と国際同等性確立への貢献
- 基準物質の適切な使用のためのテクニカルレポート公開 (BIPMのWebサイト) による分析機関における定量NMRの利用促進

成果リスト

定量NMR用認証標準物質: 1物質、国際学会: 3件

「放射線利用施設の安全安心を支える計量標準」 (知的基盤)

研究の目的

放射線利用施設に必要な計測機器の標準整備

- ① 眼の水晶体被ばく線量計測に必要な標準の確立
 - －国際機関(ICRP, IAEA)が提唱する眼の水晶体の線量限度が 150 mSv/年から20 mSv/年(100 mSv/5年)に引き下げ
 - －日本でも法令取入れの議論があり、現状把握のために実測が不可欠
- ② 放射性汚染検査装置を効率よく校正できる標準の確立
- ③ 中性子線量計の感度特性評価のために1.2 MeV単色中性子フルエンス標準の確立

平成29年度成果

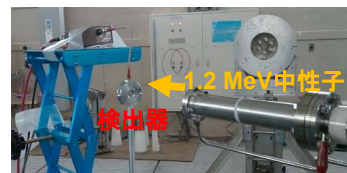
下記3件の放射線標準を開発した。

- ① 光子に対する眼の水晶体被ばく線量管理に必要な3 mm線量当量の標準を開発
- ② 大きな有感面積を持つ放射性汚染検査装置を効率よく校正するために、従来よりも大きな10 cm × 15 cmの面線源を用いた荷電粒子放出率標準の供給を開始した。
- ③ 1.2 MeV単色中性子フルエンス標準を確立するために、反跳陽子型中性子検出器^(注)の開発およびフルエンスを導出するためのモンテカルロ計算の信頼性評価を実施した。
(注: 中性子の衝突により水素原子核(陽子)が放出される現象を利用した検出器)

「放射線利用施設の安全安心を支える計量標準」



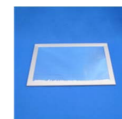
水晶体の線量限度低減により、特にX線透視を使った医療現場や高エネルギーベータ線環境場が問題



1.2 MeV単色中性子フルエンス標準



10 cm × 15 cm の面線源を校正できる多線式比例計数管を製作した。



インクジェットプリンタにより均一性の高い面線源を製造する手法を開発した。

技術開発の要点

- ・光子に対する眼の水晶体被ばく線量管理に必要な3 mm線量当量の標準を開発
- ・従来より大きな有感面積を有する多線式比例計数管の製作及び高均一性面線源の製造方法の開発
- ・1.2 MeV中性子フルエンスを測定するための反跳陽子型中性子検出器を開発し、加速器による1.2 MeV中性子発生に付随して生じて中性子測定妨げとなるγ線の影響を低減するためにその構造を改良した。

アウトカム

- ・線量低減の法令化に向けて、現場の被ばく管理を行う線量計の校正が可能
- ・大きな有感面積を持つ放射性汚染検査装置を効率よく校正できるようになり、放射線利用施設の安全安心が向上
- ・国際規格に則った線量計特性評価試験の実現を行う中性子エネルギーの充足

成果リスト

受託研究1件、民間共同研究1件、企業共同研究1件
大面積面線源に対する荷電粒子放出率標準の供給開始

評価資料（年度末確定値）

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
民間からの資金獲得額	5.6 億円	7.2 億円	
リサーチアシスタント採用数	12 名	12 名	
イノベーションスクール採用数	3 名	3 名	
大企業に対する中堅・中小企業の研究契約件数の比率	40.3 %	38.4%	
技術コンサルティング	150 件 1.7 億円	187 件 1.7 億円	
計測クラブの研究会・講演会	16 回	16 回	
産総研コンソーシアムの研究会・講演会等	研究会等 12 回 比較測定 2 回 技能試験 2 回	研究会等 12 回 比較測定 2 回 技能試験 2 回	
2 国間 MoU 等に基づく技術専門家派遣	8 ヶ国 28 名*	8 ヶ国 31 名	ピアレビューアー、講師、招待講演者含む
途上国向け技術研修生受入	11 ヶ国 25 名	14 ヶ国 32 名	
博士研究員	7 名	7 名	
技術研修生（うち連携大学院生）	97 名** (5 名)	105 名 (6 名)	
連携大学院客員教授及び准教授	6 大学 10 名	6 大学 11 名	

* 委員会では、「9 ヶ国 28 名」と報告したが、正しくは「8 ヶ国 28 名」であった。

** 委員会では、「114 名」と報告したが、正しくは「97 名」であった。

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
論文の合計被引用数	2,541 回	2,626 回	
論文発表数	171 報	239 報	
知的財産の実施契約等件数	92 件	97 件	目的基礎、橋渡し前期、橋渡し後期の合計値

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
知的財産の実施契約等件数	92 件	97 件	目的基礎、橋渡し前期、橋渡し後期の合計値
公的資金獲得額	-*	7.1 億円	

* 委員会説明では、再委託費を一部含む値を用いており定義が異なるため、本表には示さない。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
民間からの資金獲得額	5.6億円	7.2億円	議事1の項で示した指標の再掲
大企業に対する中堅・中小企業の研究契約件数の比率	40.3%	38.4%	議事1の項で示した指標の再掲
知的財産の実施契約等件数	92件	97件	目的基礎、橋渡し前期、橋渡し後期の合計値
大学・公的機関との共同研究・受託研究	大学：82件 公的機関：52件	大学：87件 公的機関：66件	

3. 知的基盤の整備（地質調査総合センター、計量標準総合センターのみ）

各種指標	委員会説明	年度実績（確定値）	備考
国家計量標準の供給	338件	419件	
産総研依頼試験	197件	249件	
標準物質頒布	1,450件	2,218件	
基準器検査	1,290件	1,645件	
特定計量器の型式承認	88件	110件	
技術アドバイザー派遣	60件	79件	
校正事業者評定委員会	10回	10回	
試験事業者評定委員会	-	10回	委員会で報告なし
標準物質・生産者評定委員会	3回	3回	
新規校正・試験項目	17件	17件	範囲拡大・高度化含む
新規標準物質	10件	10件	
特定標準器による校正の上程（jcssサービスの開始）	6件	6件	
計量研修	606名	606名	
法定計量に関連する教習及びセミナー	35回	35回	計量研修センター29回 セミナー・クラブ・計量講習会6回

【総括表】

（一部再掲、目的基礎、「橋渡し」前期、「橋渡し」後期の重複なし）

評価指標/モニタリング指標	年度実績（確定値）	領域としての目標値
民間からの資金獲得額	7.2億円	6.0億円
論文の合計被引用数	2,626	2600回
論文発表数	239報	200報
リサーチアシスタント採用数	12名	合計で10名
イノベーションスクール採用数	3名	
知的財産の実施契約等件数	97件	85件

評価委員コメント及び評点

1. 領域の概要と研究開発マネジメント

(評価できる点)

- ・産総研法に定める業務の遂行に高い意識を持ち、計量標準の整備、供給、さらにその基盤となる計測技術の研究に取り組んでいる。そのマネジメントの指針となる領域のミッションと年度方針を明確に設定している。
- ・当領域の知的基盤の整備、構築に関する取り組みは国内の産業基盤を支えるものであり、その役割を持つ研究機関として高度な研究および業務を行っている。
- ・国際標準化への新規提案や量の定義に対する長年の研究の多大な寄与が認められ、国際的計量標準機関としての立場を確立している。
- ・アウトカムと課題・対応が明確に示されている。
- ・技術コンサルタント制度は、ニーズを吸い上げる意味でも、研究者の目的意識を明確にする上でも、社会的役割の上からも効果が期待できる取り組みである。その予算も職員に還元され、国際会議での発表数の増加につながり、研究のアクティビティにつながる。
- ・業務実績の年度確定値より、各種指標の年度目標の達成、さらに上乘せ出来ていることが確認できる。
- ・産総研の橋渡し機能のコンセプトに沿って知的基盤研究の特殊性を踏まえた研究開発マネジメントを実践し、数値目標を達成している。
- ・新規に供給開始となった標準物質 10 件、物理標準 17 件と知的基盤の計量標準の整備が進んでいる。
- ・技術ポテンシャルを活かしたコンサルティング業務は、昨年と比較し件数及び契約金額ともに約 1.5 倍に拡大している。ソリューション提供を行っており、産業界ニーズの把握にもつながっている。
- ・海外の国家計量標準機関への技術審査員（ピアレビューアー）の派遣により国際同等性確保の継続を図っている。
- ・マーケティング強化の結果が、技術コンサルティングの拡大や民間資金獲得につながっている。
- ・研修制度、萌芽研究加速制度などの若手研究者育成を推進している。
- ・インターンシップの受け入れが増加している。
- ・YouTube の利用など広報活動も昨年と比較し努力している。
- ・獲得に時間と高い技術レベルを要し、営利化が困難な技術開発に取り組んでいる。
- ・民間資金獲得額が増加していることから、民間から高く評価され、期待が高まっていると理解できる。
- ・All 産総研としての最適化を考慮しつつ、研究戦略を策定され実行されている。
- ・NMIJ の認知度向上の取り組みが着実に進められている。
- ・標準化が目的ではなく、産業界にとって必要な標準化を技術的にリードしている。
- ・民間資金を着実に拡大できている。
- ・民間への橋渡しやコンサルティングなど民間企業に役に立つということを意識して運営されている。
- ・地域への広報活動などにおいて成果が出ている。
- ・若手育成制度、萌芽研究加速制度は有効と考えられる。
- ・中長期の計画に基づいて実施できている。
- ・日本を代表する計量標準機関として、日本の国際競争力を強化するために、国際的な計量に関する委員会に専門家を派遣し、また、幹事ポストを獲得する努力を続けていることは高く評価できる。特に、ナノ材料測定では、開発技術が国際標準に制定された。X 線計測でも国際標準化を進めている。
- ・橋渡し研究、技術別コンソーシアムの強化は産業界から期待されている機能であり、デュアルユース開発や企業との協業については徐々に成果があがっている。
- ・運営交付金 1%減ルールの中で所内競争資金を獲得して、総量が減っていないのは所内での評価が高い証拠といえるだろう。
- ・外部資金の拡大が顕著。計量標準は外部資金獲得が最も難しい分野だと思うので、この額は素晴らしい。
- ・クラブ・コンソーシアム活動がよく行われている。
- ・国内審議団体が日本規格協会であるものをコンソーシアムで対応する仕組みはよい。
- ・若手研究員への支援や若手の標準化活動への参加は素晴らしい。

(改善すべき点及び助言)

- ・アウトカムと課題・対応が明確に示されており、計量標準研究機関として国際的な地位を確立するための多くのアクティビティを理解できるが、職員個々が年度方針を理解し、研究業務に携わっているかど

- うかが不明である。組織のマネジメント指針の全体周知の方法と活動の可視化が必要かと思う。
- ・ 大学、他研究機関との連携について、大学にも沢山の技術相談があり、それらは産総研の研究・業務レベルでの対応が必要となる相談がある。これらの課題対応を産総研にお願いできる仕組みもあって良いかと思う。
 - ・ アウトカムとしての標準供給数の目標達成値を当該年度の実績として示しているが、これらの成果は単年度で出せる成果ではないので、供給までの年数や取り組み方の自己評価があっても良い。
 - ・ 研究開発と計量標準供給の取り組みにおける、PDCA の実施の具体的な手続きが読み取れない。どこで、だれが、何を実施しているかを示すと良い。
 - ・ 産総研指針に沿った橋渡しの各フェーズにおける研究成果に対する評価指針とその方法が把握できない。
 - ・ 組織的マーケティング能力の向上にさらなる努力と工夫が必要である。
 - ・ コンソーシアムの活動の効果は、どのようにあがっているのか明確に示す必要がある。COMOS-NANO は、画期的な取り組みと思うが、さらなるステップとして実用化展開は各企業のコンセンサスをどのように得ていくのか。
 - ・ 計量標準を担う人材育成を積極的に推進して頂きたい。
 - ・ 計測分野の研究者の底上げのために、研究者の自由な発想から生まれる貴重な研究の芽をつまないように基礎研究への予算配分を減額することのないようにすべきである。
 - ・ 各部署単位でなく部門全体としてのPDCAをどのようにまわせれば良いのか、さらなる検討が必要である。
 - ・ 他部門との協力体制をさらに明確化し、研究開発を進展させて頂きたい。
 - ・ 標準化されなければ致命的だったケースを示されるとともに重要なテーマについては政策的に取り組んでいる一方で、担当者の判断によるところもあるとのこと。戦略的に標準化に組み込み、その効果を定量的に判断し評価することが、かかわる方のモチベーション維持・向上につながるものと考えます。
 - ・ 先端技術開発とコンサルティングなどのバランス、目的基礎と橋渡しのバランスを考え、研究者がどのくらいの比率までコンサルティングや民間の仕事をするのが良いのかが重要。
 - ・ コンサルティングを行っている研究者の負荷があまり大きくならないように配慮してほしい。今後も民間からの仕事が増えても先端的な基礎研究をできるようにしてほしい。
 - ・ 国際計量分野での日本の国際競争力向上のために引き続き各種国際委員会への専門家の派遣や幹事ポストの獲得に努力されたい。他の先進国の活動と比較を行い、不足する部分は是非強化されたい。
 - ・ 産総研内研究への貢献量が知りたい。その部分で産総研内から期待される組織になってほしい。
 - ・ 標準化活動にどの程度のリソースをかけるべきかの戦略検討が重要。
 - ・ 国際標準化会議でのノウハウを内外に移転してほしい。

2. 「橋渡し」のための研究開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

（評価できる点）

- ・ 計量標準とそれに関わる、計測技術の社会的ニーズを捉え、当該分野における国際的競争力のある研究成果を配信している。特に次世代計量標準に寄与する量子分野の研究として、世界で初めて開発された光子顕微鏡の実現に関する研究成果は、今後多方面への大きな寄与が期待される。
- ・ 研究成果の公表に関しては、論文数の妥当な目標が設定され、今年度は目標値を超えるなど、着実に計測技術の科学的研究成果が蓄積されている。
- ・ 目的研究で実施されている研究成果を新たな標準や試験法・計測方法として標準化する道筋を重視した取り組みを行っており、その成果は工業製品の国際競争力を高める上で重要である。
- ・ 領域で蓄積された他の研究成果を活用した研究が実施されている。
- ・ 計量標準機関としてのコアコンピタンス、光子顕微鏡による単一光子分光イメージング技術の開発、過渡吸収分光法による次世代有機EL発光メカニズムの解明、世界最小トルクの発生、固液界面のX線回折超高速測定などの成果があがっており、国際的にも評価されている。
- ・ 被引用論文、論文数ともに目標を達成している。
- ・ プレス発表14件により研究成果を社会にアピールしている。
- ・ 萌芽的な研究テーマに取り組むとともに、産総研の有する複数の知見を活用した研究開発が進められている。コンピテンシーを活用することで効率的なアウトカムの創出が可能と理解する。
- ・ 他団体・企業との協業のうえ、NMIJの持つ強みを生かした研究活動に取り組んでいる。
- ・ 各分野・基礎的なものから応用的なものまでカバーしており、いずれもインパクトのある成果が出ている。

- ・ 出口を考えて進めているところは非常に良い。
- ・ 論文数も目標を達成している。
- ・ 将来的な製品化や事業化を見据えて、研究開発の結果を基盤的な試験方法や計測方法として標準化する道筋を重視している。
- ・ 研究開発の結果、論文の被引用数は目標値 2600 回を達成した。
- ・ インパクトファクター付き専門誌などの論文数は目標値 200 報を達成した。
- ・ 量子化による高分解能・高精度化、分析技術の開発・効率化、新たな現象を評価する技術の開発に取り組んでいる。
- ・ 総じて研究内容は高いレベルにあると評価できる。
- ・ 各テーマとも着実に研究が進んでおり、画期的成果もあるようだ。
- ・ 産総研のミッションが目的基礎で説明されている中で、必要な純粋基礎研究もきちんと行われているので、研究マネジメントはきちんと行われていると思われる。

(改善すべき点及び助言)

- ・ 重点研究の選定、テーマ選定の根拠が不明瞭で、一部の研究でその必要性と成果の有効性のより明確な説明が必要。
- ・ 年度の評価として、今年度は何が出来たのかなど、単年度の成果がわかりにくい。
- ・ 物理量だけでなく、産業活動の信頼性を評価する上で工業量、標準物質の標準化も重要で、工業製品の国際競争力を高めるためにも、当該研究分野を基盤とした標準化に関する戦略的な目的基礎研究の設定も必要かと思う。
- ・ 成果のあがった基礎研究を橋渡しにつなげていくための体制を整えていくべきである。
- ・ 次世代の計量標準につながる計測技術の開発等、目的基礎の「テーマ」設定は、ボトムアップも大切であるが、広い視野で探すことも必要であり、若手研究者には積極的に国際経験を積み、他分野との交流も重要である。
- ・ 引用被論文→被引用論文では？
- ・ 今回ご提示いただいた資料のように、アウトカム（効果）まで見える化された研究成果報告をお願いします。今回ご説明いただいた各目的基礎研究の成果において、アウトカムまで表現されているので産業界において、利用可能かが想定できる。例えば、新たな分野に参入する、現在の事業分野の隣接領域への展開の際に、その分野について知見がない場合にも、その技術の活用の可能性が理解できる。
- ・ 橋渡し基礎研究のためのシーズを生み出す基礎研究を継続していただきたい。未来の競争力の高い橋渡しのための技術には、現在の要素技術が必須と考える。企業にはできない（短期的な効果が測れない研究開発）も、研究機関の役割の一つと考えていただきたい。
- ・ 今後、他の方法との比較などにより長所や改善点などを明確にし、向上させてほしい。
- ・ 各研究について、世界の中での位置づけが見える化することも良いかもしれない。
- ・ 研究開発の結果を ISO や JIS などに標準化する道筋を重視した研究開発を行うことが重要としている。この観点で、具体的研究開発成果として挙げられている 7 つのテーマについて、今後の標準化へ向けて積極的な活動を希望する。
- ・ 計量標準部門は純粋基礎研究も行っていることをアピールしてもよいのではないか。
- ・ 全体期間の中で今年の成果は順調なのかがわかりにくい。今年は画期的な成果が出たのはどれかが分かるようにしてほしい。

(2)「橋渡し」研究前期における研究開発

(評価できる点)

- ・ 将来の技術動向や受託研究に結び付く成果を目指していることを示すなど、当該研究領域としての研究の橋渡し前期における研究テーマの重点化を図っている。
- ・ 成果の指針として、年度毎に特許実施契約数の目標を設定し確実に成果を上げている。今年度は前年度を越えている。
- ・ 公的資金の獲得額が高い水準を維持している。
- ・ 社会インフラへの寄与を意識した研究目標を設定している。
- ・ 特許件数は前年度と比較し順調に増加している。
- ・ 関連の法令や規制に対し貢献する計測技術として高圧水素流量計測技術などの整備は評価できる。
- ・ 橋渡し研究前期の成果により、民間との共同研究が開始されるなど、研究開発の成果が出ている。
- ・ 知財が IC、PO との連携により管理され、企業の知財権を守る取り組みがなされている。

- ・特許出願件数ではなく、実施された特許の件数で評価され、その件数が 97 件に達していることから、実質的な知財活動がなされているものと理解できる。
- ・発表された成果はいずれも技術的なレベルが高く、社会へのインパクトも高いと考えられる。
- ・後期に向けて期待できる案件が多い。
- ・国家戦略や法令や規制に対する計測技術の研究を実施した。具体的には、水素社会実現に向けた高圧水素流量計測技術や水俣条約等の法令・規制への対応が期待される ICPMS を用いた大気中極微量物質の分析技術は社会の安全・安心に大きく貢献するものと期待される。
- ・紹介された技術については世界トップレベルで、企業との共同研究も進めている。特許出願も多数。
- ・連続系での計測技術を着実に開発しており、時宜を得た研究といえる。
- ・研究実施内容も橋渡しとしてニーズが高いものが選ばれており、産業界への貢献は大きいことが期待できる。産総研が果たすべき役割を最も体現している領域といえるだろう。

(改善すべき点及び助言)

- ・設定した重点研究テーマの成果としての価値創造がユーザー階層の拡大につながる理由が理解しにくい。
- ・今回紹介された研究テーマが橋渡し後期へ移行するために必要な研究成果のスケールアップの方法などの課題や期間が示されると良い。
- ・特許などの定量的な目標設定の妥当性を理解する上で、目標の見積り根拠の説明があると良い。
- ・産業社会のニーズや科学技術動向を的確に予測するための体制強化について今後どのように対応していくか。
- ・各研究成果において NMIJ の技術レベルは同分野の他の技術と比較してどれくらいのレベルであるかについても資料等に明記することにより、社会に対してアピールすることができる。
- ・特許の出願件数、取得件数、実施件数などの記述をより明確にしていきたい。世界レベルの技術であれば国内だけで通用するというのは考えられないため、取得特許のうち国際特許を取得した件数なども資料に入れるべきである。
- ・民間企業との連携のために今後どのような方略を考えていくべきかさらなる検討が必要である。
- ・報告書のまとめ方についてのコメント。橋渡し前期は、ある程度、利用先が見えている技術開発と理解する。現在の課題を明確化した上で目標を数値化したうえで進め、評価においては目標に対する達成度が必要であるが、提示された情報では不足している。(難易度の高い技術を獲得されていることは理解の上コメント)
- ・モアレを使った計測技術など、他の方法(分析や電気測定など)と比較したほうが良い。特に、電気特性など物性と対応できるとよい。
- ・ユーザーの階層を拡げることが「橋渡し」研究前期における研究開発の目的となっているが、その広がりやの定量的指標は何でしょうか？
- ・テクノブリッジなどを通じて所有する計測技術の応用の発展性をアピールし、企業との共同研究を推進して欲しい。この引き合い件数の年度毎推移を示すとわかりやすい。
- ・第 4 期に計画している橋渡し研究前期の研究分野とその件数および進捗を明示すると全体像がわかりやすい。
- ・特許出願数、成立数もきちんと指標としていったほうが良い。
- ・テーマ設定の適切性に関する定量指標の開発が必要か。

(3)「橋渡し」研究後期における研究開発

(評価できる点)

- ・計測技術の民間への技術移転や製品化に重点を置いた研究目標の設定が出来ている。
- ・民間資金獲得金額の目標が設定されており、定量的な成果を示している。今年度は目標値に対して大きく超えた結果を得ている。
- ・中小企業との研究契約増は、国内の産業を支えることにつながる。
- ・橋渡し後期として具体的な成果物を示している。
- ・民間資金獲得額が昨年と比較して大幅に増加していることは研究成果が社会ニーズにマッチしているということであると思われる。
- ・計測用 X 線 CT などの製品化に貢献した。
- ・省庁横断的に外部研究機関と研究開発の効率化を目的とした連携がなされている。
- ・民間からの資金獲得額が昨年度比 140%と伸びていること、技術コンサルティング数が増加していることから、これまでの橋渡し研究の成果が出ているものと理解する。

- ・民間への貢献度を民間からの資金獲得額で評価したとき、昨年度比 150%と伸長していることから評価できる。さらに、NMIJのメンバー個別のマインドが高まったことにより民間への貢献が進んでいるとのことで、産業界への寄与が組織内で浸透していることは大いに評価できる。
- ・持っているシーズを用いて、社会的に貢献できる成果が出ている。
- ・食品等幅広い分野・相手での開発が進んでいる。
- ・計測技術の民間への技術移転や製品化支援を実施した。民間企業との共同研究により、計測用 X 線 CT、X 線非破壊検査システム、pH 自動調整の製品化に貢献した。これらにより、民間資金獲得の目標額 6 億円に対してこれを達成した。これは平成 28 年度の 4.7 億円を大きく上回り、産総研の高精度計測技術が産業界から関心を持たれている証と判断できる。
- ・民間資金を獲得し、件数も増えていることは高く評価できる。産総研の能力を確実に発揮している。
- ・技術コンサルタント制度は非常に価値が高い。その中で、企業や地域公設試ができることは、そちらですべきとして断る姿勢は、外部資金獲得だけを目的としていないということで高く評価できる。

(改善すべき点及び助言)

- ・技術コンサルタントの要望が増えたことは、研究ニーズを調査し研究に反映させる上でも大事な成果であり、民間獲得金額の増加に寄与していると思われるが、その成果が受託研究、共同研究は獲得金額の増加につながるよう継続的な取り組みが必要である。
- ・橋渡し後期における研究テーマの評価として、テーマ自身の製品化による民間資金獲得額だけでなく、その製品化が寄与する市場規模を示すことで、成果がより強調されると思う。また、成果の表現方法として、計量、計測の新技术の開発や高度化の成果だけでなく、計測技術のものづくりの成果への寄与も強調して良いと思う。
- ・橋渡し後期で紹介された研究成果を事例として、そのテーマが橋渡し基礎、前期、後期に至った研究アプローチをモデル化（ロードマップ化）をしてみてもどうか。
- ・世界的にも唯一もしくは最高レベルといわれるような計測技術であるかどうかについて比較データなどを用いた記述があればさらに評価しやすい。
- ・橋渡し後期であることを鑑みると今年度のテーマにあまり社会的インパクトがないように思う。開発するテーマ設定の際には、さらなる検討が必要であると考えます。
- ・どの企業もオープンイノベーションが重要になっている。オープンイノベーションの核として広く認知されるようになると良い。
- ・日本企業に国際競争力を強化するためには、産総研のもつ高精度計測技術を適用して国際標準となり得る計測法・計測装置の研究開発を強力に推進し、この技術を民間企業に移転する必要がある。
- ・第 4 期に計画している橋渡し後期研究の技術分野とその件数を明示すると全体像がわかりやすい。
- ・研究とコンサルタントのバランスが重要。

3. 知的基盤の整備

(評価できる点)

- ・知的基盤計画に基づくミッションが明確に設定されており、それぞれの目標に対応した取り組みが具体的に実施され、成果を上げている。特にキログラムの定義改定に大きく貢献したことで、これは地道な先導研究、基礎研究の長年にわたる成果の蓄積であり、その取り組みは高く評価できる。
- ・この研究の取り組みで発生した計測技術が他の標準設定、供給の成果にも反映されている。
- ・計量標準機関として、長年の確実な研究・業務の蓄積で国内外の立場を確立している。
- ・単年度の目標設定は難しいと思うが、標準供給や依頼試験など具体的な数値目標を設定し、それを年度毎にほぼ達成している。
- ・キログラムの定義改定に CODATA によるプランク定数の特別調整値の決定に寄与し、国際勧告に関わる物理定数の精密測定において国際的なプレゼンスが向上した。
- ・定量 NMR は装置開発から CRM 頒布まで産総研の貢献が大きい。
- ・物理標準・計量標準は順調に整備が進んでいる。
- ・民間の試験所の活用により審査期間の短縮をはかった。
- ・人材育成に積極的に取り組んでいる。
- ・世の中のあらゆる高信頼が求められる定量化（不確かさ付きの測定）において、標準は非常に重要であり、整備を効率的に進められるとともに、それをコアコンピタンスとして省庁横断的に共同研究、技術

提供されている点。

- ・ユニークな標準物質の提供に向けた研究開発を進めることで、世界のNMIJとしての認知度が高まり、標準物質の供給が伸長している点。
- ・国の基盤技術となるものであり、計画に基づいて着実に業務が進められている。
- ・標準物質の作成のような基盤となる業務と、質量や温度のような先端技術が両立できている。
- ・知的基盤整備計画（平成25年～平成35年）に基づいて物理標準の供給開始17件、範囲拡大6件など着実に標準物質の供給を行っている。また、キログラムの定義改定に際して、プランク定数を世界最高レベルの精度で測定し、科学技術データ委員会に供給した。法定計量業務として校正事業者向け校正、一般ユーザー向け依頼試験など着実に知的基盤の整備を進めている。
- ・着実な事業実施が行われている
- ・キログラム定義改定に対する大きな貢献は評価が高い。
- ・所管官庁・関係機関と協力して形式承認試験成績書の受け入れシステムを整備したことは高く評価できる。

（改善すべき点及び助言）

- ・計量標準の整備には時間に必要であり、法定計量業務に関する成果には時間ファクタを入れた評価があると良い。
- ・JCSS 技術的要求事項適用指針の設定、改正などの進行状況を承知していないが、事業者の立場で実施に至るまでの準備期間の妥当性の評価も必要ではないか。
- ・知的基盤整備において、校正・試験件数、標準物質供給量について、今までの増加傾向から産業構造の変化に伴う今後の推移の分析と対応方針の議論が必要かと思う。
- ・標準物質供給量においては、増加分が海外での売り上げが寄与していることについて、今後の標準物質の開発・供給にも関係するので分析が必要かと思う。
- ・標準物質の今後の戦略・展開はどのように考えるかについて明確に示して頂きたい。
- ・国際の場での貢献（新しい標準技術や標準化）を今後も続けられるような運営が望まれる。
- ・標準供給事業の将来像を描く研究をしてほしい。

4. 領域全体の総合評価

（評価できる点）

- ・当研究機関は、長年にわたり地道に計量標準に関わる物理科学的な高度な研究と、工学的な計測技術の研究開発に関する多くの成果を配信し、国内の産業基盤を支えてきている。引き続き国内の産業基盤を支える計量標準による知的基盤整備に努めるとともに、国際的に優位性が保てるように、計量標準に関する研究・標準機関として高い研究レベルを維持し、さらに向上を目指すことを期待したい。
- ・国際的にみても高い水準の技術レベルを持っている。
- ・民間資金獲得や特許実績からも橋渡し研究は順調に進んでいると判断できる。
- ・人材育成に積極的に取り組んでいる。：インターンシップは盛況であった。入所してから学位を取らせるような取り組みも行っている。大学との連携ではRAの雇用などでも努力している。
- ・積極的に広報活動を行っている。
- ・技術コンサルティングが社会のニーズにマッチして順調に増加している
- ・NMIJとして成果を最大化するための、個人の目標設定・評価といったマネジメントがなされており、方針が個人レベルに浸透することで成果が上がっているものと理解した。
- ・世の中のあらゆる高信頼が求められる定量化（不確かさ付きの測定）において、標準は非常に重要であり、整備を効率的に進められるとともに、それをコアコンピタンスとして省庁横断的に共同研究、技術提供されている点。そのための研究開発が着実に進められている。
- ・優秀な人材の活用に向けた活動、外向けの発信が年々進んでいると感じた。
- ・全体的にはアクティブに運営できている。
- ・民間（中小企業）や外部を意識してアイデアを出して成果も出ている。
- ・欧米に比肩する計量標準の整備を目的とした知的基盤整備計画を達成されていることは評価できる。
 - （1）ユーザーニーズや緊急性に即した計量標準の整備、（2）法定計量の実施、（3）計量標準の普及、（4）計量標準に関連した計測技術とその橋渡し研究を着実に実施しており高く評価できる。
- ・単年度で見た場合、十分な成果が出ており、評価は高い。

- ・個別技術で各研究者の能力を十分に発揮して産業界に貢献しており、産総研の価値を高めている。
- ・成果指標に対する達成度が高いため、現在の成果については特に問題となる部分は見られない。

(改善すべき点及び助言)

- ・知的基盤の役割として、他分野の研究推進や産業界における成果の実用のための橋渡し役にもなり得ることを肯定的に捉えた自己評価があっても良いと思う。
- ・領域のマネジメントとして、産総研の指針に沿いつつ、例えば、他分野との連携、マーケティングの強化と領域のブランディング事業、国際化強化、今後の産業界に必要となり得る特徴のある標準の創生など、戦略の重点化が示されると良いと思う。
- ・当領域においては科学、工学それぞれの研究の専門性を有した人材がいることが特徴的で、産総研の橋渡し方針に沿った研究を実施する上で、その特徴を生かしたさらなる効果的な人材活用を期待したい。
- ・当領域の知的基盤計画に沿った計測・標準の研究・業務の在り方について、産業構造の変化にも影響を受けるので将来像の構築の困難さはあるが、継続的な議論は必要と思う。
- ・NMIJとして今後はどのような方向に力を入れていくのか将来計画についても明示していただければと思いました。
- ・計量標準についての海外戦略をより強化してほしい。
- ・基礎研究の各部門での位置づけは違っているようで難しい面もありますが継続していただきたい。
- ・大学等との研究連携について今後もさらに発展させていくべきである。
- ・イノベーションコーディネーター（IC）制度の活用と効果についての記述がなかった。
- ・単年度でない取り組みが多いので、これまでの開発経過や年度ごとの成果など、それがわかるような資料があると評価しやすい。
- ・他部門と協力して行っているものについては、きちんとアピールすべきであると思います。
- ・NMIJとしての全体戦略が数値計画のみに見える。全体戦略と現在の活動状況、成果との関連が見えない。
- ・企業は利益獲得が重視されているため、基礎研究の実施が困難になってきている。このため、企業では自前での技術獲得からオープンイノベーションの活用が必須となっているため、オープンイノベーションの技術獲得先としてNMIJが期待されること、技術課題があるときにはまず産総研に相談する、そういった存在になれることを期待する。そのためにも、基礎研究（純粋ではなく）は今後も力を緩めずに継続していただきたい。
- ・コンサルタント業務は民間に役に立つが、それが主目的になってしまうようにすべきである。
- ・オープンイノベーションをさらに進めてほしい。
- ・うまくいかなかったり、突発的なトラブルなどのリスクを想定し、それへの対応を検討するのが良い。
- ・日本の国際競争力を強化するためには、計量標準に関連した計測技術とその橋渡し研究が重要と考えるが、先進国との比較を行い、強み弱みを認識し今後の活動計画を立案して欲しい。
- ・民間獲得資金以外に目的基礎研究、橋渡し研究の進捗を評価できる指標が必要と思われる。
- ・第4期での技術ロードマップや各目標を定量的に明示し、その進捗を評価指標とするとわかりやすい。
- ・世界の中でどうありたいか、日本の中でどうありたいか、産総研の中でどうありたいか、というNMIJとしての将来像が見えない。その検討をすれば、NMIJとして、新たに持たねばならない能力が見えてくるのではないか。
- ・産総研にNMIJが存在することは、他の組織にはない強みであるので、ぜひ、産総研の中で、産総研の他の部門から期待される組織になって頂きたい。

5. 評点一覧

評価委員 (P, Q, R, S, T, U) による評価

評価項目	P	Q	R	S	T	U
領域の概要と研究開発マネジメント	S/A	S/A	S/A	S/A	A	S/A
「橋渡し」のための研究開発						
「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）	S/A	S/A	A	A	A	S/A
「橋渡し」研究前期における研究開発	A	A	A/B	A	A	A
「橋渡し」研究後期における研究開発	A	A	A	S/A	A	S/A
知的基盤の整備	S	S/A	A	S/A	A	S
領域全体の総合評価	S/A	S/A	A	S/A	A	S/A

6. その他のコメント

- ・産総研の研究開発のコンセプトを強く意識しつつ、計量標準の研究開発の特殊性を踏まえた研究マネジメントを実践していることは、国内の代表する標準研究機関として高く評価できる。
- ・当該分野の研究業務は国内の産業基盤に大きく影響を支えるものであり、将来に向けた研究のニーズ、シーズを踏まえたさらなる知的基盤の整備、構築に関する取り組みと基盤研究の発展を期待したい。
- ・民間への人材供給源としても期待している。
- ・計量法の実施機関でもあり、社会科学系の研究者との連携を進めてほしい。
- ・制度はどうあるべきか、に関する情報を最も入手しやすいポジションにあることを活用してほしい。

平成 29 年度 研究評価委員会（計量標準総合センター） 評価報告書

平成 30 年 6 月 19 日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 評価部

〒305-8561 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 1

つくば中央 1-2 棟

電話 029-862-6096

<http://unit.aist.go.jp/eval/ci/>

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。



AIST16-X00007-3