



技術戦略研究センターレポート

TSC Foresight

Vol. **26**

計測分析機器分野の 技術戦略策定に向けて

2018年2月

| | |
|----------------------------|----|
| 1 章 計測分析機器技術の概要 | 2 |
| 1-1 計測分析機器技術分野の俯瞰 | 2 |
| 1-2 社会ニーズによる計測分析シーンの広がり | 3 |
| 2 章 計測分析機器技術の置かれた状況 | 4 |
| 2-1 市場規模 | 4 |
| 2-2 計測分析機器の技術動向 | 9 |
| 2-3 国内外の研究開発政策の状況 | 14 |
| 3 章 計測分析機器分野の技術課題 | 18 |
| 4 章 おわりに | 20 |

TSCとはTechnology Strategy Center (技術戦略研究センター)の略称です。

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

1章 計測分析機器技術の概要

計測分析機器産業の継続的な発展は我が国の学術・産業の発展の源泉であり、計測分析機器の新市場を創出し、国際競争力を高めることは、我が国の産業競争力を維持する上で必要不可欠である。内閣府による「科学技術イノベーション総合戦略2017」にも、サイバー空間関連技術やフィジカル空間（現実空間）関連技術の開発を横断的に支える基盤技術の1つとして「先端計測技術」への言及があり、さらにその強化にあたって光・量子技術等を含む基礎研究の重要性が述べられている。

1-1 計測分析機器技術分野の俯瞰

計測分析機器に関わる技術分野は幅・奥行きとも広い分野であるため、当該分野を俯瞰する上では、図1に示すレイヤー分類が有効であると考えられる。レイヤーは「技術要素」「計測分析機器」「計測分析対象」「計測分析シー

ン」の4層からなり、最終的には最外層の「社会課題」の解決につながっている。

(1) 技術要素

本レイヤーには、計測分析機器を特徴づける技術が位置づけられる。具体的には、レーザー、放射光、電子・イオンビームなどの観測対象に作用する「線源」や「光源」、光を分けたり、イオンを質量ごとに分けたりする「分離」、光電子増倍管、コイル、アンテナ、CCD検出器、CMOS検出器などの観測対象から情報を取得する「検出器」、検出された信号を電気信号に変換し、最終的にはデジタル信号を得る「電子回路」、デジタル信号を保存し、演算等を実施し、計測の目的に沿ってスペクトルや画像などを出力する「データ処理（技術）」等である。さらにこれらの技術を統合して1つの完成した機器として機能させるための「制御」「自動化」「複合化」「ネットワーク(IT)」などの技術も当該レイヤーに位置づけられる。

(2) 計測分析機器

本レイヤーには、「技術要素」レイヤーの技術を用いた機器が位置づけられる。一般的には、計測分析の手法により、

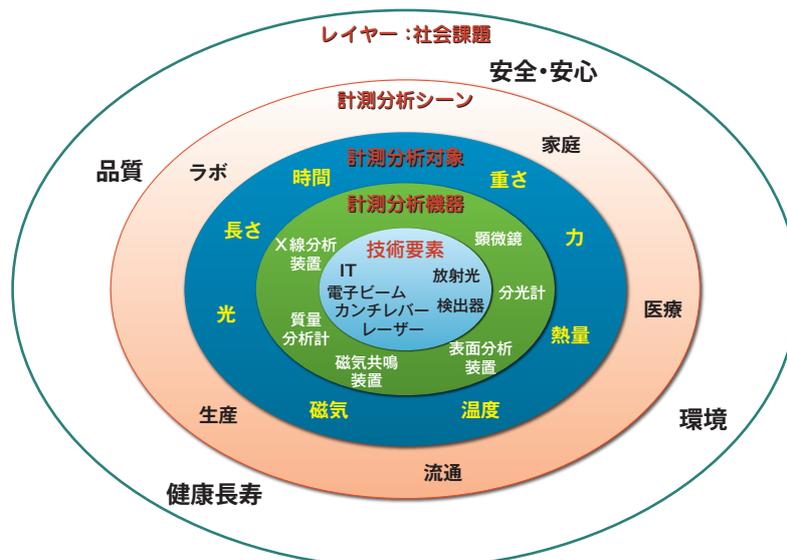


図1 計測分析機器技術分野の俯瞰図
出所：NEDO 技術戦略研究センター作成（2017）

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

「顕微鏡」「分光計」「表面分析装置」「磁気共鳴装置」「質量分析計」「X線分析装置」等に分類される。ただし、新しい原理の機器や、2種類以上の手法を複合化した機器等、従来の分類に収まらない機器も含まれる。

(3) 計測分析対象

本レイヤーには、計測分析する対象が位置づけられる。「重さ」「長さ」「力」「時間」が計測分析対象の基本となるが、それらが複合した「光」「磁気」「温度」「熱量」等も含まれる。なお計測分析機器の種類により、同一の計測対象であっても計測範囲は異なる。例えば「光」の計測であっても、X線計測と赤外線計測は原理も手法も目的も大きく異なる。また、同じX線計測であっても、X線回折とX線吸収は、手法・目的ともに異なり、異なった技術要素が用いられる。

(4) 計測分析シーン

本レイヤーには、計測分析が行われる場（シーン）が位置づけられる。これまで計測分析は、大学や企業の研究所など、いわゆるラボシーンにおいて行われてきた。現在も計測分析機器の大半はラボシーンに設置されている。しかし、計測分析対象をラボシーン以外の「その場」で計測したいという社会ニーズが顕在化しており、屋外（フィールド）を含む「生産現場」「流通現場」「家庭」「医療現場」等にシーンが広がり、当該レイヤーを構成する。そしてこのシーンの広がりにより、計測分析機器の新たな市場の創出が期待され、様々なシーンにおける社会課題の解決に貢献する。

1 -2 社会ニーズによる計測分析シーンの広がり

ラボシーン以外のシーンへの計測分析機器の広がりは、古くはレントゲン（X線）装置を用いた肺の診断、環境汚染の状態把握を目指した環境計測、あるいは半導体製造に用いる超高純度の試薬製造を目指した製品の不純物計測に始まる（図2）。

基本となる技術要素は、分光技術、クロマトグラフィー、pH測定、X線分光などのラボシーンで長年使用されてきた技術である。これらに小型化、簡易化等の要素が加味された技術が使用されている。

近年、健康や生活環境への意識が高まり、それに呼応して計測分析ニーズが高度化・多様化する傾向にある。レーザー、超音波、赤外線に加えて、真空装置が必要な電子顕微鏡や質量分析などの、従来よりも高度な計測分析技術が相次いで生産現場、流通現場、家庭、医療現場などのシーンに実装されてきている。この傾向は今後一層加速され、走査型プローブ顕微鏡（SPM：Scanning Probe Microscope）やシンクロトロン放射光、テラヘルツ光などの最先端の技術要素がラボシーン以外のシーンに投入されていく可能性がある。

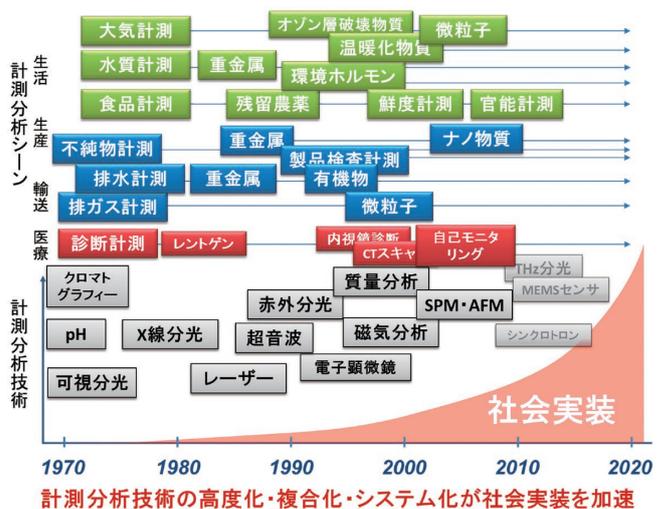


図2 計測分析シーンの広がり
出所：NEDO 技術戦略研究センター作成（2017）

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

2章

計測分析機器技術の置かれた状況

2-1 市場規模

(1) 国内

国産分析機器の生産高は、調査会社や一般社団法人日本分析機器工業会（JAIMA）により調査されている。調査対象機器は、ラボシーン用の計測分析機器が多いが、計測分析技術を用いた検査機器なども一部含まれる。

図3に、2012年から2015年のラボシーン用計測分析機器の国内生産高及び輸出高と、参考として医用検査機器・システム（医療機器）の国内生産高及び輸出高を示す。ラボシーン用計測分析機器は、国内生産高、輸出高ともほぼ横ばいであり、国内生産の約半分程度が輸出されている。一方、医用検査機器・システムについては、国内生産高、輸出高ともに顕著に増加している。さらに製品の大半が輸出されている。

図4に、ラボシーン用計測分析機器の国内市場規模を各機器別に示す。国内市場規模が大きい機器は、日本製品シェアが高い順に、電子顕微鏡、クロマト装置、質量分析（MS：Mass Spectrometer）装置である。

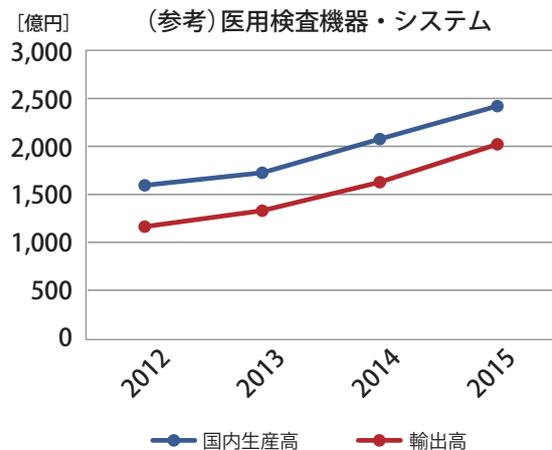
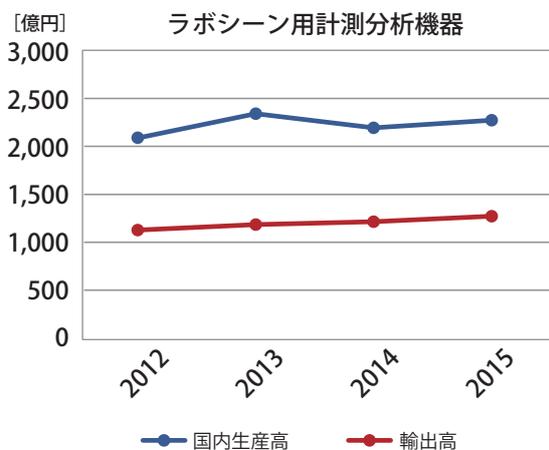


図3 国産分析機器の生産高及び輸出高の推移

出所：日本分析機器工業会の統計を基に NEDO 技術戦略研究センター作成（2017）

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

①走査型電子顕微鏡

(SEM: Scanning Electron Microscope)

国内市場は130億円であり、日本メーカー（日立ハイテクノロジーズ、日本電子）が約8割のシェアを確保し、欧米メーカーより優位に立っている。高付加価値素材分野でのFE（フィールドエミッション型）-SEMのニーズは高くなっており、高額なハイエンドモデルの導入も積極的に行われている。卓上型SEMは顧客層が拡大し、参入メーカーも増えつつある。

②透過型電子顕微鏡

(TEM: Transmission Electron Microscope)

国内市場は70億円であり、日本メーカー（日本電子、日立ハイテクノロジーズ）が約8割のシェアを確保している。TEMの中でも特にCSコレクターと呼ばれる収差補正装置を搭載した高性能装置については日本電子のシェアが高い。

③蛍光X線分析装置

(XRF: X-ray Fluorescence analyzer)

国内市場は85億円であり、日本メーカー（リガク、島津製作所、堀場製作所、日立ハイテックスサイエンス、オリンパス）が約8割のシェアを確保している。利用分野は幅広く、電子素材・部品、機械、鉄鋼、セメント、化学、触媒、食品、薬品など多岐にわたる。活用シーンも研究開発のみならず、生産ラインなどでの検査、品質管理といった需要も大きい。

国内市場は85億円であり、日本メーカー（リガク、島津製作所）が約7割のシェアを確保している。商品開発から品質管理まで多様なシーンでの需要があり、自動車関連での品質管理、化学メーカーでの新素材開発に向けて市場の伸展が見られる。

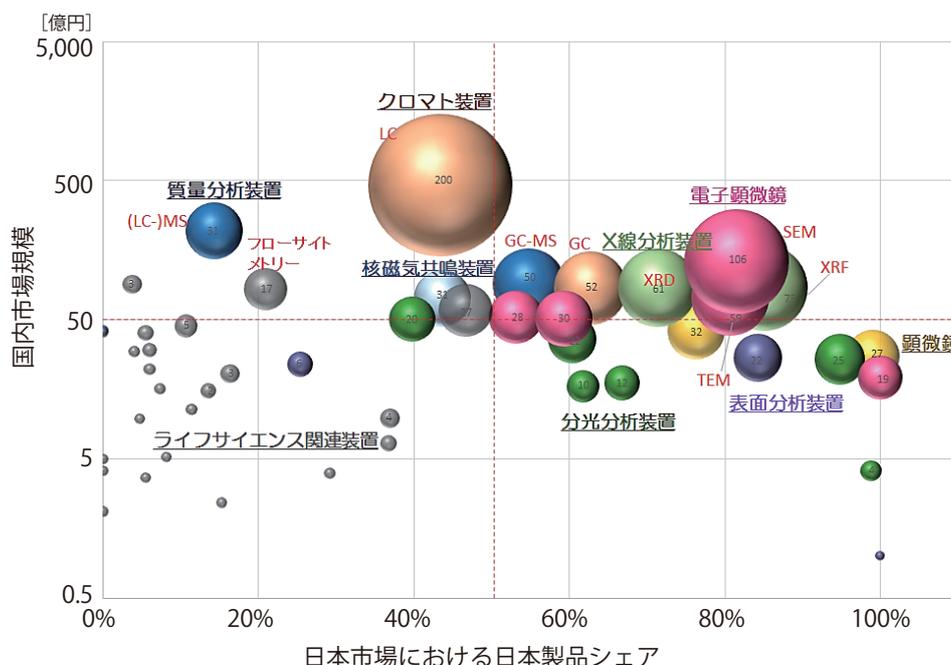
④X線回折装置

(XRD: X-ray diffraction analyzer)

国内市場はクロマト装置が580億円、質量分析装置が310億円であるが、近年、質量分析装置とクロマト装置の複合化が進展し、両者の境界があいまいになっている。日本メーカーのシェアはクロマト装置で約50%、質量分析装置では約15%である。クロマト装置及び質量分析装置の主な用途は、ライフサイエンス・製薬向けと一般化学品向

⑤クロマト装置及び質量分析装置 (MS)

国内市場はクロマト装置が580億円、質量分析装置が310億円であるが、近年、質量分析装置とクロマト装置の複合化が進展し、両者の境界があいまいになっている。日本メーカーのシェアはクロマト装置で約50%、質量分析装置では約15%である。クロマト装置及び質量分析装置の主な用途は、ライフサイエンス・製薬向けと一般化学品向



注：バブルマップの大きさは日本企業の国内の売上げを示す。

図4 主要な計測分析機器の国内市場規模及びシェア (2014年)

出所：(株)アールアンドディ「科学機器年鑑」(2015)を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2015)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

けがある。ライフサイエンス・製薬向けは学術及び開発研究の動向に依存して漸減傾向にあるが、一般化学品向けは品質保証等に関連して根強い需要がある。

質量分析装置は、Thermo Fisher ScientificやAgilent Technologies等の有力海外メーカーが存在するため、質量分析装置に付随して海外のクロマト装置が導入される傾向が顕在化しており、日本メーカーのクロマト装置のシェア低下が懸念されている。

⑥ライフサイエンス関連機器

大きな市場規模をもつライフサイエンス関連機器であるが、非常に多くの機器に分散しており、個々の機器の市場は小さい。試薬を含め海外メーカーのシェアが高く、日本メーカーの国際競争力は低い。生化学・免疫自動分析などの医用検査機器システムは、ドイツ、スイスなど欧州メーカーのシェアが高いが、日本メーカーは生産・技術力を活かしたOEM供給により一部において独自の存在感を保っている。

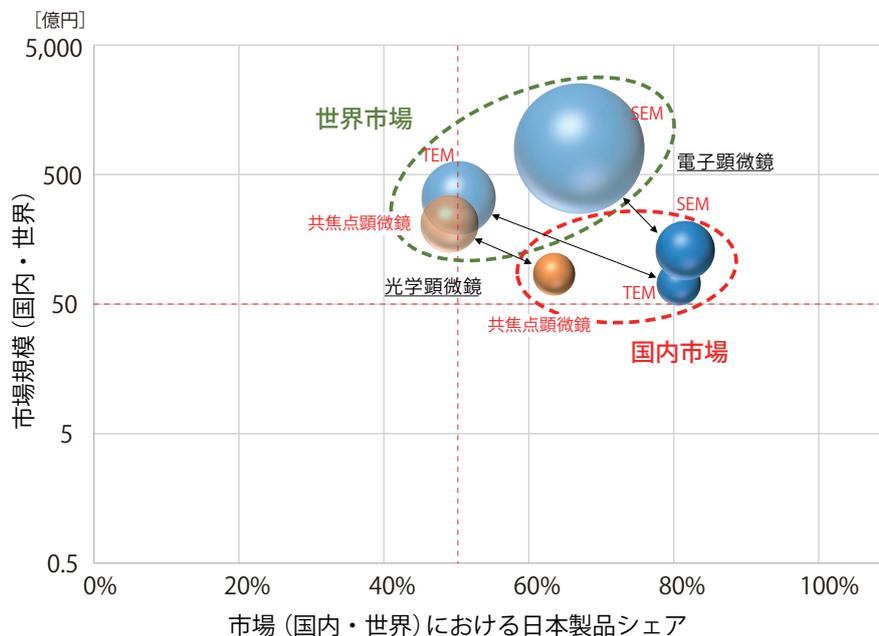
(2) 世界 (国内含む)

2013年の計測分析機器市場は約4兆円で、2001年より年平均約5%で成長していると言われている。最も市場規模の大きいのは、ライフサイエンス機器で今後も成長が予想されている。また、計測分析機器市場シェアのトップは米国で、2位を日本とドイツが争っており、日本の市場シェアは10%程度と言われている。

図5に、ラボシーン用計測分析機器（一部）の国内及び世界市場におけるポジションの比較を示す。いずれの機器も、国内市場において強固な位置を占める計測分析機器であるが、世界市場では日本のシェアは国内よりも低下している。

①SEM

世界市場は約800億円であり、日本メーカー2社（日立ハイテクノロジー、日本電子）と海外メーカー2社（FEI*1、Carl Zeiss）が競合している。世界市場においても日本メーカーは7割弱のシェアを占め、優位に立っている。



注：バブルマップの大きさは日本企業の国内・世界の売上げを示す。

図5 計測分析機器の国内・世界市場におけるポジション比較例 (2014年)

出所：(株)アールアンドディ「科学機器年鑑」(2015)及び「平成28年度日本企業のモノとサービス・ソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集」(NEDO, 2016)を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2017)

*1 FEIはThermo Fisher Scientificに吸収(2016)。

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

② TEM

世界市場は約200億円であり、日本メーカー2社（日本電子、日立ハイテクノロジーズ）とFEIの3社が競合している。世界市場においてはFEIが市場の約半分を占めリードしている。なお2014年の統計にはまだ現れていないが、最近の傾向としてクライオ電子顕微鏡^{※2}と呼ばれる超高性能TEMが発売され、FEIを中心に売り上げを伸ばしている。

③共焦点顕微鏡

共焦点顕微鏡は、光源にレーザーなどを用い、深さごとに画像を観測できる機能を持つ高性能な光学顕微鏡であ

る。日本メーカーにはオリンパス、ニコンなどがあり、海外メーカーとしてはCarl Zeiss、Leica^{※3}などがある。

(3) 各機器市場における主要プレーヤー（世界）

欧米では、企業のM&Aにより寡占化が進むとともに、企業間の競合関係が見られる（図6）。一方、日本では、専門分野に特化する動きが進んでおり、多種類の機器を取り扱う欧米と専門に特化する日本で、企業運営の方向性に差異が見られる。

| 会社名 | 光学顕微鏡 | 走査電子顕微鏡 | 透過電子顕微鏡 | 表面分析装置 | 走査プローブ顕微鏡 | X線回折装置 | 蛍光X線分析装置 | 核磁気共鳴装置 | FTIR分光装置 | ラマン分光装置 | 蛍光分光光度計 | 無機微量分析装置 | MALDI質量分析計 | LC質量分析計 | GC質量分析計 |
|-----------------|--------|---------|---------|--------|-----------|--------------|--------------|---------|----------|---------|---------|----------|------------|---------|---------|
| 島津製作所 | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 日立ハイテック | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | | ○ | ○ | | | |
| 日本電子 | | ○ | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | | | | | ○ | ○ |
| オリンパス | ○ | | | | | | ○ | | | | | | | | |
| ニコン | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| リガク | | | | | | ○ | ○ | | | ○ | | | | | |
| 堀場製作所 | | | | | | | ○ | | | ○ | ○ | ○ | | | |
| 日本分光 | | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | | | | |
| アルバック・ファイ | | | | ○ | | | | | | | | | | | |
| 欧米Thermo Fisher | | ○FEI | ○FEI | ○ | | | | ○ | ○Nicolet | ○ | | ○ | | ○ | ○ |
| 米日Agilent | | | | | | | | | ○ | | | ○ | | ○ | ○ |
| 米Waters | | | | | | | | | | | | | ○ | ○ | |
| 欧米Danahar | ○Leica | | | | | | | | | | | | | ○SCIEIX | |
| 米Perkin Elmer | | | | | | | | | ○ | | | ○ | | | ○ |
| 欧米Bruker | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | ○ | |
| 独Carl Zeiss | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | |
| 欧Spectris | | | | | | ○PANalytical | ○PANalytical | | | | | | | | |

図6 各機器市場における主要プレーヤー^{※4}

出所：NEDO技術戦略研究センター作成（2017）

※2 2017年のノーベル化学賞を受賞。

※3 Leicaは米国Danaharに吸収。

※4 各社の製品ラインナップについては、「科学・分析機器総覧」（日本科学機器協会/日本分析機器工業会編，2017）、各社HPなどを参考に調査。リセール品を含む。

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

(4) 計測分析機器ライフから見た市場

計測分析機器関連の市場としては、装置の耐用年数の中で、リユース・リサイクルや消耗品、性能向上を目指したオプション追加・更新及びバージョンアップ、故障修理を含

むメンテナンス市場もあり、これらを加えると本体市場の約1.5倍はあるものと推測される(図7)。しかし、自動車、建設機器等に見られるような中古市場は、ラボシーン用計測分析機器では確立していない^{※5}。

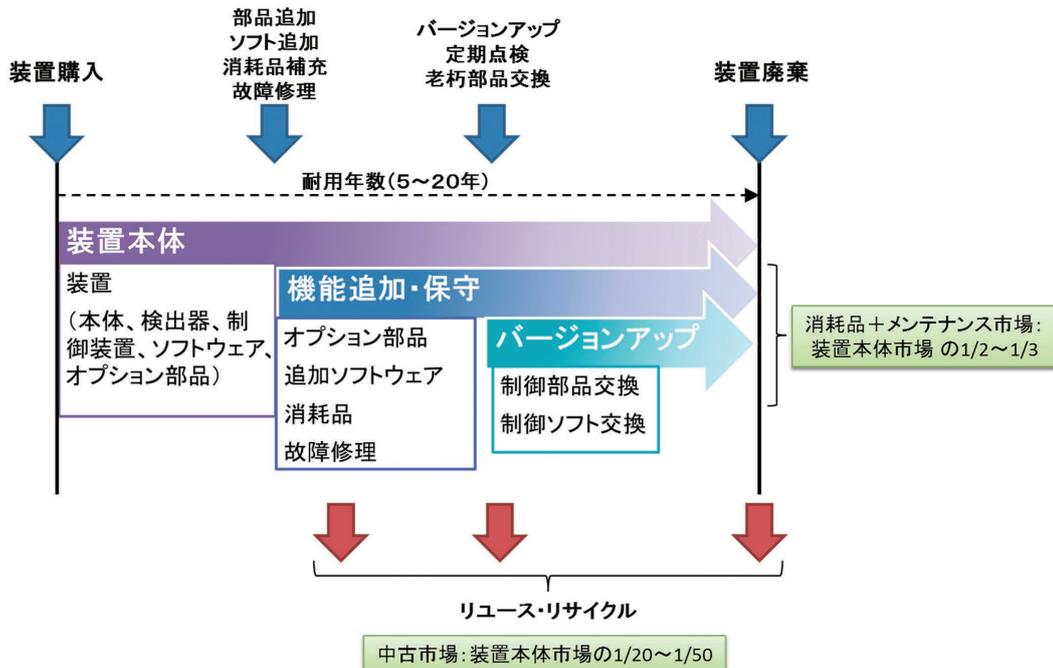


図7 計測分析機器ライフから見た市場

出所：NEDO技術戦略研究センター作成（2017）

※5 国内最大規模の分析機器展示会であるJASIS 2017では、中古計測分析機器をビジネス対象とする企業が出展していた。今後ビジネスとして成立する可能性はある。

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

2 -2 計測分析機器の技術動向

(1) 特許出願の動向

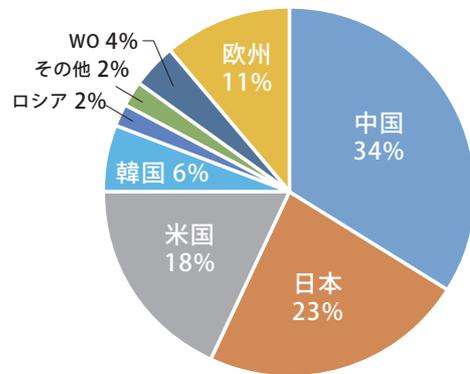
① 国籍別特許出願件数の割合及び経年変化

日本籍出願は世界2位。日米欧籍の出願は横ばいだが、中国籍(1位)の出願は増加している状況である(図8)。

② 出願件数トップ20位

表1に特許出願件数のランキングを示す。トップ20位までに日本企業11社がランクインしており、その後にドイツ(3社)、米国(3社)と続く。出願数首位の日立ハイテクノロジーズは半導体評価装置、化学・医療用の分析装置、電子/プローブ顕微鏡などが、2位のSIEMENSは免疫・生化学、血液医学、糖尿病、血液ガスなどの検査/分析系装置が寄与し、3位以下を圧倒する出願数となっている。

出願件数の割合(2010～2014年)



出願件数の経年変化

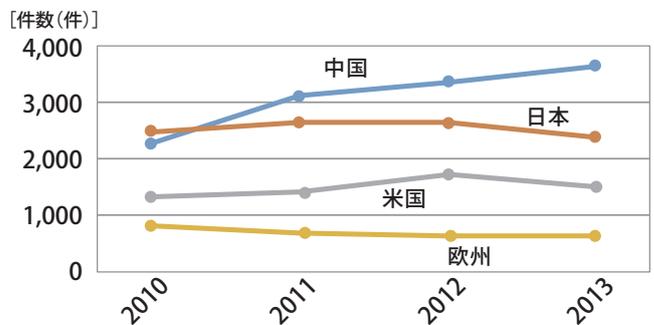


図8 出願人国籍別のシェア・経年変化

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2015)

表1 特許出願件数ランキング

| 順位 | 出願人 | 本社所在地 | ファミリー数 |
|----|--------------------------|-------|--------|
| 1 | 日立ハイテクノロジーズ | 日本 | 1163 |
| 2 | SIEMENS | ドイツ | 1148 |
| 3 | キャノン | 日本 | 696 |
| 4 | オリンパス | 日本 | 680 |
| 5 | 島津製作所 | 日本 | 652 |
| 6 | CARL ZEISS STIFTUNG | ドイツ | 582 |
| 7 | GENERAL ELECTRIC | 米国 | 537 |
| 8 | SAMSUNG ELECTRONICS | 韓国 | 533 |
| 9 | 東芝 | 日本 | 479 |
| 10 | ニコン | 日本 | 462 |
| 11 | セイコーエプソン | 日本 | 450 |
| 12 | KONINLIJKE PHILIPS N.V. | オランダ | 405 |
| 13 | BOSCH | ドイツ | 265 |
| 15 | 東芝メディカルシステムズ | 日本 | 265 |
| 15 | コニカミノルタ | 日本 | 256 |
| 16 | SCHLUMBERGER | 米国 | 254 |
| 17 | STATE GRID CORP OF CHINA | 中国 | 247 |
| 18 | KLA TENCOR | 米国 | 239 |
| 19 | 日立製作所 | 日本 | 238 |
| 19 | ソニー | 日本 | 238 |

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2015)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

③計測分析機器別の国籍別特許出願件数の相対比較

日本は顕微鏡やX線・表面、放射線関係、欧州は磁気共鳴関係、米国は生物や資源関係、中国は分光、品質検査、環境関係の出願が多い(図9)。

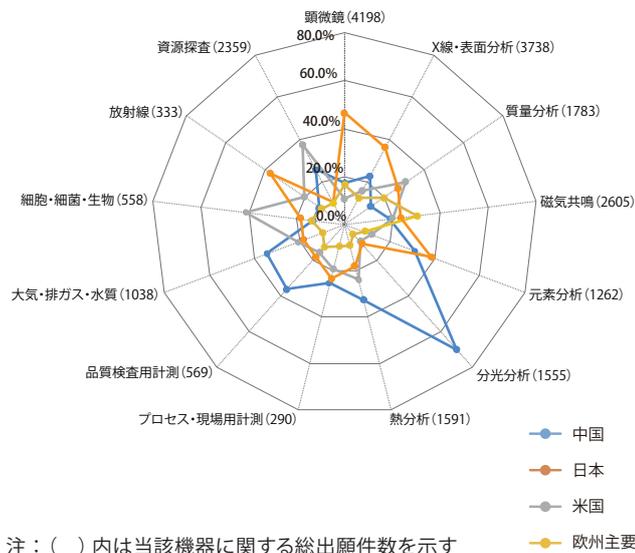
④計測分析機器の課題別の国籍別特許出願件数の相対比較

日本は小型・軽量・省エネ、移動計測、中国は低コスト化、

簡易化、米国はその場計測、高分解能化、計測標準の課題について、出願件数が相対的に多い(図10)。

⑤用途別特許出願件数

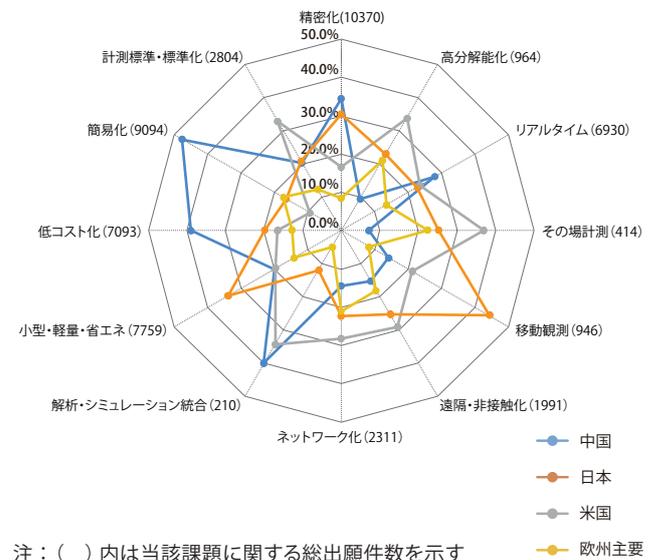
用途別に特許出願件数を見ると、ワールドワイドでは特に「環境・資源分野」や「物質・材料分野」における出願件数が多いことがわかる(図11)。



注：()内は当該機器に関する総出願件数を示す

図9 機器別-国籍別特許出願件数の相対比較 (2010～2015年)

出所：各種公開情報を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2015)



注：()内は当該課題に関する総出願件数を示す

図10 課題別-国籍別特許出願件数の相対比較 (2010～2015年)

出所：各種公開情報を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2015)

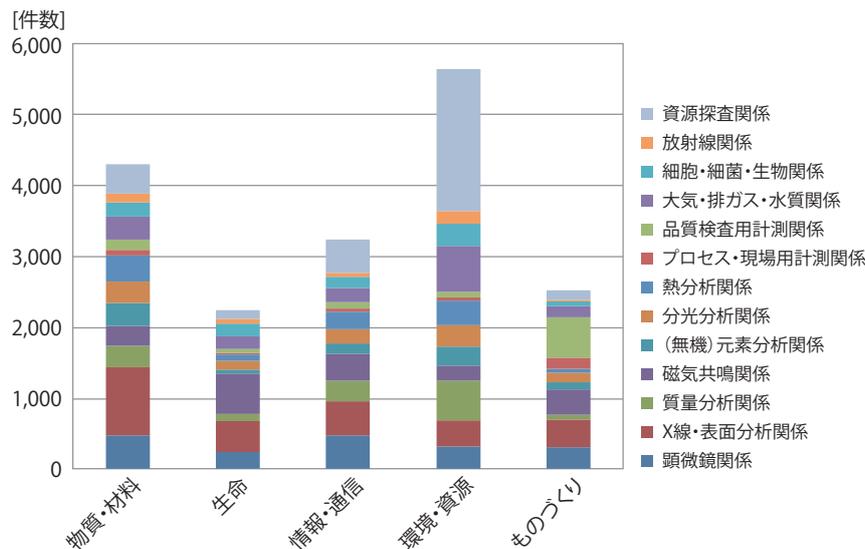


図11 用途別計測分析機器種類の特許出願動向

出所：NEDO技術戦略研究センター作成(2015)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

⑥計測分析機器別、用途別の技術課題

図12に計測分析機器別の技術課題を、図13に用途別の技術課題を示す。機器や用途によらず、精密化、小型・

軽量・省エネ、低コスト化、簡易化などの割合が高いことがわかる。

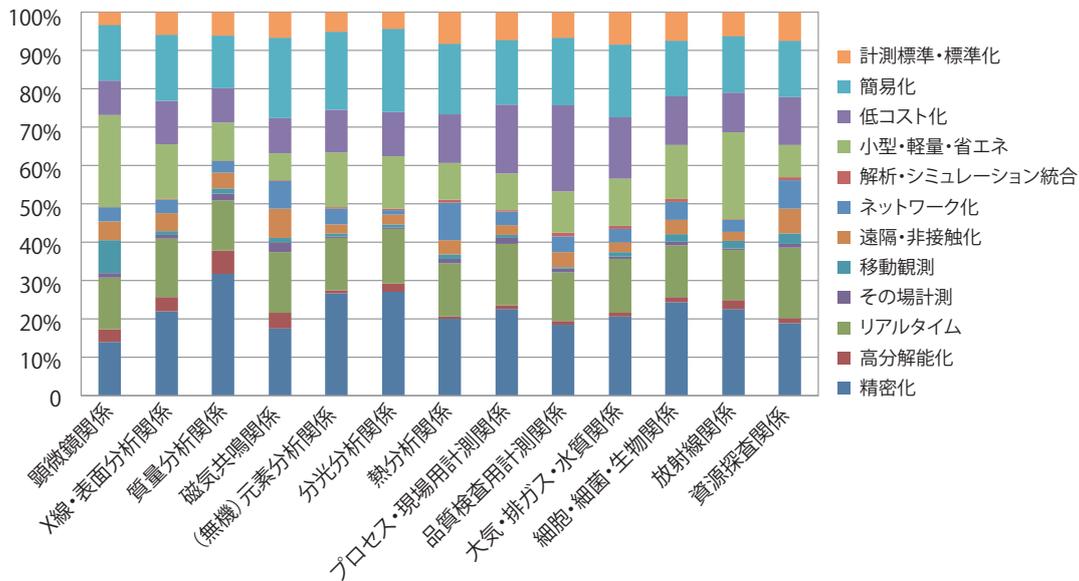


図12 特許分析 計測分析機器別の技術課題内訳

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2015)

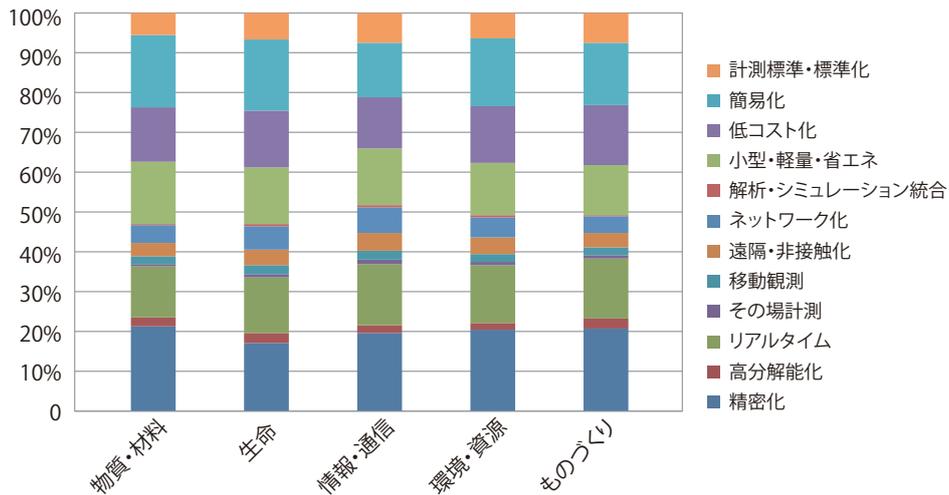


図13 特許分析 用途別の技術課題内訳

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2015)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

(2) 論文発表動向

①論文発表数

論文発表数は年々上昇している。特に2009年以降、中国の伸びが顕著である(図14)。

②国別論文発表数シェア

日本は米国・中国・ドイツに次ぐ第4位である(図15)。

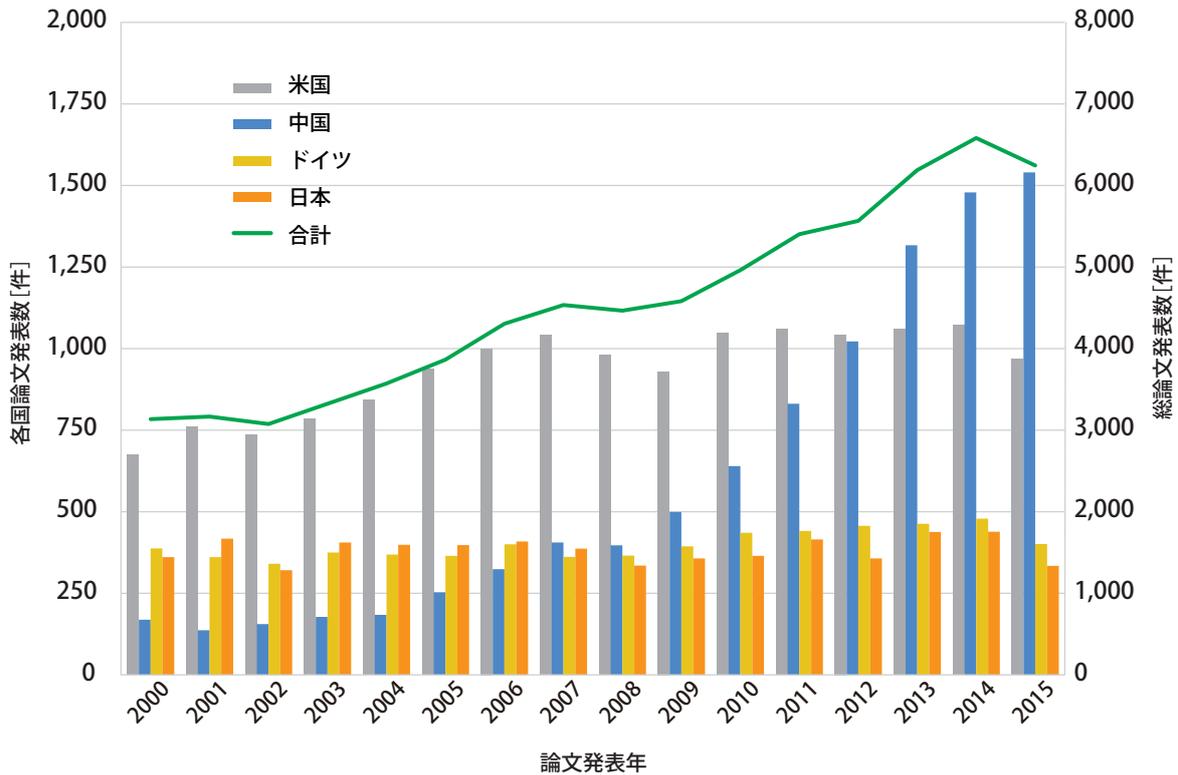


図14 計測分析に関する論文発表数の推移

出所：Web of Science™ Core Collection での検索結果を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2017)

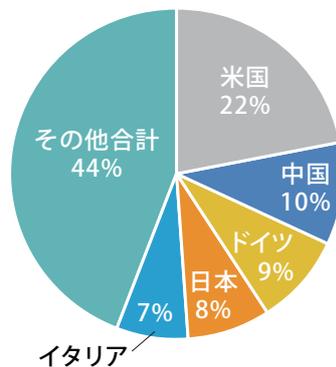


図15 計測分析に関する論文発表数の国別シェア

出所：Web of Science™ Core Collection での検索結果を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2017)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

③ 主要な計測分析装置の論文発表数の国別の経年変化
 欧州は論文発表数がどの分野においても安定して多い。米国はTEM、SEM、MSに強み、中国は分光、X線、

MSに強みがある。インドは分光の発表数の最近の伸びが目覚ましく、中国を猛追している。日本はいずれの分野の発表数も少なく、ここ10年増加の傾向も見られない(図16)。

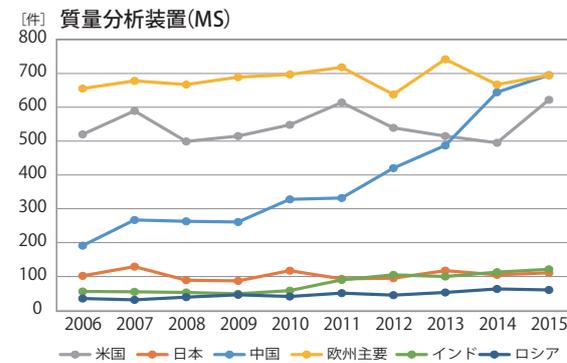
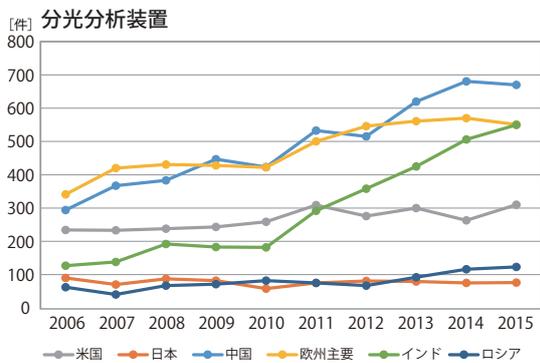
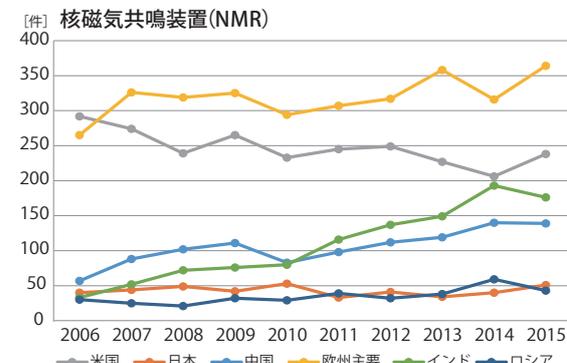
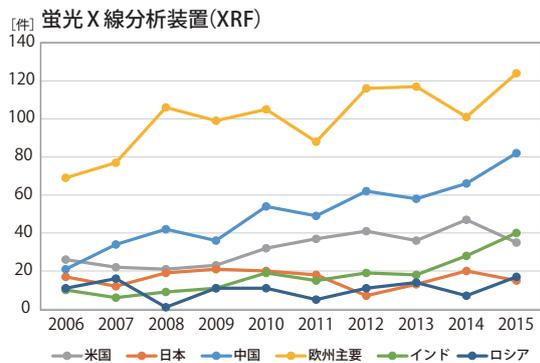
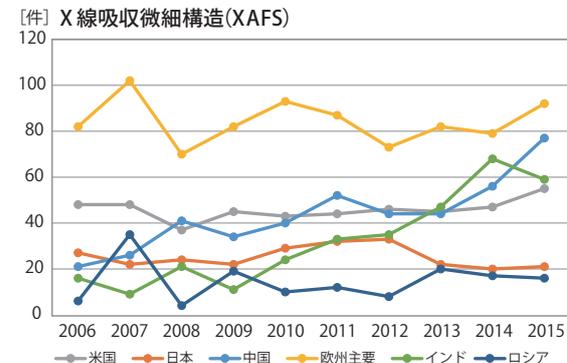
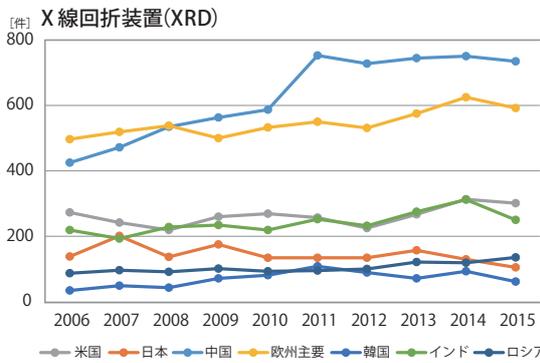
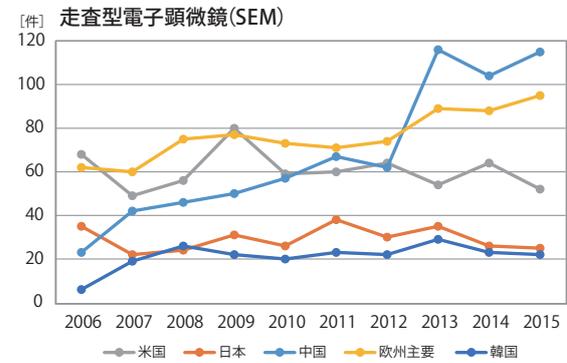
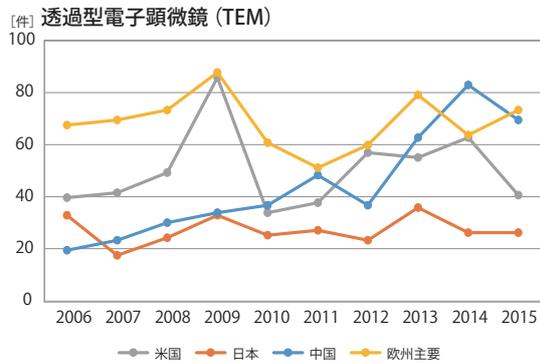


図16 主要な計測分析装置の論文発表数の国別の経年変化

出所: Web of Science™ Core Collectionでの検索結果を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2017)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

(3) 標準化の動向

①国内状況

計測分析技術は標準化と関係が深い。過去のNEDOプロジェクトにおいても、高度分析機器開発実用化プロジェクト(平成18年度～平成20年度)をはじめ、超微量分析技術・装置の開発を行っている。このような研究開発に伴う標準化の例としては、平成18年度における「超高速レーザーフラッシュ法による薄膜熱拡散率計測技術と透明導電膜標準物質の標準化調査研究」「マグネシウム合金の疲労試験法に関する標準化調査事業」など27テーマがあげられ、その後の研究開発プロジェクトについても研究開発成果を標準化に結びつけるため標準化調査研究事業を進め、ISO (International Organization for Standardization) / IEC (International Electrotechnical Commission) などへ提案する国際標準原案の作成、あるいはJIS規格原案等の作成が検討されている。

②海外状況

ISOでは表面分析手法を議論するTC (Technical Committee) 201や計測分析を議論するTC229、及び検

査対象別の検査手法を議論するTC135等がある。

一方、米国の国際規格・標準策定団体であるASTMのcommittee E13 (Molecular Spectroscopy and Separation Science) では、計測分析に関する標準化の議論がなされている。E13には分光分析、質量分析、NMR分析、分離分析といった主要な計測分析方法に関わるsubcommitteeが存在し、加えて、分析データの標準化に関するsubcommittee (E13.15) が存在する。

2 -3 国内外の研究開発政策の状況

(1) 国内の計測分析関係プロジェクト

①NEDO

計測分析機器分野における2007年以降のNEDOプロジェクトを表2に示す。これまでのプロジェクトでは、計測分析機器あるいは技術そのものというより、新材料や新産業技術の研究開発に付随して計測分析手法の研究・開発がなされてきている。

表2 NEDOにおける計測分析関係プロジェクト

| プロジェクト名 | 終了年/CY |
|---|--------|
| 極細径複合型光ファイバによる生体情報計測システムの研究開発・実証 | 2012 |
| 災害対応無人化システム研究開発プロジェクト 計測・作業要素技術の開発 汚染状況マッピング技術の開発 | 2012 |
| 筋骨格・神経モデルと非侵襲的な運動計測に基づく全身筋・神経情報推定装置の開発と応用 | 2012 |
| 標準化研究開発 MEMSにおける形状計測法に関する標準化 | 2010 |
| 先進材料評価のための単原子スケール定量分析手法の開発 | 2010 |
| エバネッセント局在フォトン3次元アクティブ制御による微細加工・計測複合システムの開発 | 2009 |
| 高真空中におけるイオン液体のエレクトロスプレーを用いた正負両極性を選択可能な高集束性クラスターイオンビーム源の開発並びに2次イオン質量分析(SIMS)への展開 | 2008 |
| 水素安全利用等基盤技術開発 水素インフラに関する研究開発 高圧水素用圧力計測技術の開発 | 2007 |
| 「ナノテク・先端部材実用化研究開発 ナノテクベースのバイオセンサーと光増強蛍光・SPR検出型モバイル分析機器の研究開発 (18下採択)」 | 2007 |
| マイクロ抽出分離/表面ソフトイオン化質量分析法による潜在的有害性高分子量化合物の解析技術 | 2007 |
| 単一細胞表面の全方向ナノダイナミクス計測技術の開発 | 2007 |
| 微小領域への低エネルギー電子線照射とナノ材料の表面構造解析 | 2007 |

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2017)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

②科学技術振興機構 (JST)

JSTでは、最先端の研究ニーズ及びものづくりのニーズに応えるため、将来の創造的・独創的な研究開発に資する先端計測分析技術・機器及びその周辺システムの開発を推進するとともに、先端計測分析技術開発の基盤の強

化を目的に、「先端計測分析技術・機器開発事業（実施期間：平成16年度～平成29年度、総額：445億円、採択総件数：305件）^{※6}」を現在実施中である。表3に応募・採択状況を示す。

表3 JST先端計測分析技術・機器開発プログラムの応募・採択状況

| 予算規模 | | 16年度 | 17年度 | 18年度 | 19年度 | 20年度 | 21年度 | 22年度 | 23年度 | 24年度 | 25年度 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|----------------------|---------------------|
| | | 33億円 | 40億円 | 42億円 | 48億円 | 55億円 | 63億円 | 50億円 | 42億円 | 37億円 [50億円] | 35億円 [51億円] |
| 応募課題数 | 要素技術 | 292 | 209 | 127 | 86 | 101 | 135 | 150 | 183 | 80[113] | 211 |
| | 機器開発 | 230 | 71 | 48 | 44 | 47 | 90 | 58 | 64 | 73[94] | 142 |
| | ソフトウェア | - | - | - | - | - | 32 | 17 | 10 | - | - |
| | 実証・実用化 | - | - | - | - | 21 | 27 | 15 | 10 | 8[49] | 14[30] |
| | 普及・促進 | - | - | - | - | - | - | - | 22 | 18 | 26 |
| | 合計 | 522 | 280 | 175 | 130 | 169 | 284 | 240 | 289 | 179[274] | 393[409] |
| 採択課題 (採択率) | 要素技術 | 11(4%) | 10(5%) | 8(6%) | 9(10%) | 19(19%) | 22(16%) | 15(10%) | 8(4%) | 16(20%) [22(19%)] | 16(8%) |
| | 機器開発 | 18(8%) | 8(11%) | 4(8%) | 6(14%) | 12(26%) | 13(14%) | 5(9%) | 4(6%) | 11(15%) [15(16%)] | 13(9%) |
| | ソフトウェア | - | - | - | - | - | 13(41%) | 3(18%) | 1(10%) | - | - |
| | 実証・実用化 | - | - | - | - | 10(48%) | 17(63%) | 5(33%) | 4(40%) | 4(50%) [17(35%)] | 4(29%) [9(30%)] |
| | 普及・促進 | - | - | - | - | - | - | - | 6(27%) | 7(39%) | 3(12%) |
| | 合計 | 29(6%) | 18(6%) | 12(7%) | 15(12%) | 41(24%) | 65(23%) | 28(12%) | 23(8%) | 38(21%) [61(22%)] | 36(9%) [41(10%)] |
| 累積課題数 | 要素技術 | 11 | 21 | 29 | 38 | 57 | 79 | 94 | 102 | 118[124] | 134[140] |
| | 機器開発 | 18 | 26 | 30 | 36 | 48 | 61 | 66 | 70 | 81[85] | 94[98] |
| | ソフトウェア | - | - | - | - | - | 13 | 16 | 17 | 17 | 17 |
| | 実証・実用化 | - | - | - | - | 10 | 27 | 32 | 36 | 40[53] | 44[62] |
| | 普及・促進 | - | - | - | - | - | - | - | 6 | 13 | 16 |
| | 単純累積数 | 29 | 47 | 59 | 74 | 115 | 180 | 208 | 231 | 269[292] | 305[333] |
| 推進課題数 | 要素技術 | 11 | 21 | 27 | 32 | 44 | 56 | 59 | 54 | 51[57] | 50[56] |
| | 機器開発 | 18 | 26 | 30 | 36 | 44 | 46 | 37 | 31 | 31[35] | 32[36] |
| | ソフトウェア | - | - | - | - | - | 13 | 16 | 16 | 5 | 1 |
| | 実証・実用化 | - | - | - | - | 10 | 27 | 29 | 24 | 13[26] | 12[24] |
| | 普及・促進 | - | - | - | - | - | - | - | 6 | 12 | 15 |
| | 当該年合計 | 29 | 47 | 57 | 68 | 98 | 142 | 141 | 131 | 112[135] | 110[132] |
| 終了課題数 | 要素技術 | 0 | 0(2) | 4 | 7 | 10 | 11(1) | 12(1) | 18(1) | 17 | 14[16] |
| | 機器開発 | 0 | 0 | 0 | 3(1) | 11 | 14 | 10 | 11 | 11 | 6[8] |
| | ソフトウェア | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 11 | 3 | 0 |
| | 実証・実用化 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0(3) | 9 | 15 | 5[11] | 4[8] |
| | 普及・促進 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0(1) | 6 |
| | 合計 | 0 | 0(2) | 4 | 10(1) | 21 | 25(4) | 32(1) | 55(1) | 36[42](1) | 30[38] |

注：平成24年度の応募件数、採択課題数、累積課題数、推進課題数は領域非特定型とグリーンイノベーション領域の合計値。平成25年度からは更にライフイノベーション領域を追加した合計値。[]は放射線計測領域の予算、課題数を含めた数値。終了課題数の()は開発期間途中で中止となった課題数。

出所：「先端計測分析技術・機器開発プログラム-10年の成果と今後の展望-」（文部科学省，2016）

※6 平成16年度～平成25年度の積算

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

また先端計測分析プログラムの他にも計測分析技術の開発のための国家プロジェクトが実施されている(表4)。

さらに、2016年9月にはCREST・さきがけの複合領域として、「計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用(インテリジェント計測プロジェクト)」がスタートしている。

③その他

a) 日本学術振興会 研究開発専門委員会

2014年10月から2017年9月まで、ものづくりの現場課題に対する計測分析ソリューションプラットフォーム構築戦略の策定を目的に設置され、現場課題の把握・抽出方法、研究方法と研究体制、オープン・クローズド戦略に基づく計測分析ソリューションの提供・活用法の検討が行われた。

b) 文部科学省「新学術研究領域：3次元半導体検出器で切り拓く新たな量子イメージングの展開(平成25～29年)」

革新的な半導体技術SOI(Silicon-On-Insulator)を使った検出器を通じて量子(テラヘルツ光からX線、中性子、荷電粒子線など)イメージング原理を革新し、素粒子・原子核・宇宙・物質・生命科学のフロンティアを開拓することを目的として実施された。

c) 文部科学省「新学術研究領域：スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成(平成25～29年)」

MRIの計測や宇宙・地球科学に関する計測データに対し情報科学の手法がどのように適用できるか研究されており、

データ量の圧縮やノイズの多いデータからの有用信号の抽出等、産業的な応用が期待できる分野も含まれている。

(2) 諸外国における動向

①米国

米国では2005年ブッシュ大統領が「米国競争力イニシアティブ」を発動し、重要な役割を果たす政府機関としてDOE(Department of Energy: エネルギー省)、NSF(National Science Foundation: 国立科学財団)と並んでNIST(National Institute of Standards and Technology: 国立標準技術研究所)を指名した。NISTは特別予算の配布を受け、イノベーションに必要な計量技術の具体的な必要性の調査を精力的に行った。この政策はその後も引き続き実施されており、現在の「オバマ・バイデン科学イノベーション計画」にまで及んでいる。

2011年に新材料の開発に要する期間とコストを半減することを目的としたMaterials Genome Initiative(MGI)政策が策定されてからは、材料に関わる計測分析技術開発はMGIと関連性を持って推進されている。NSFでは、異なる領域の研究者が共同で推進する材料開発研究やツール・データベース構築の支援などを目的としたファンディングプログラムを運営している。NISTでは、MGIを技術面からサポートすることを目的として、材料開発ツールやデータベース、計算アルゴリズムの構築等、材料開発を効率的に推進する

表4 JSTにおける計測分析関係の国家プロジェクト

| プロジェクト名 | 区分 | 状況 |
|-------------------------------------|------------------|-----|
| テラヘルツ波新時代を切り拓く革新的基盤技術の創出 | 産学共創基礎基盤研究プログラム | 実施中 |
| 革新的次世代高性能磁石創製の指針構築 | 産学共創基礎基盤研究プログラム | 実施中 |
| コンパクト中性子源とその産業応用に向けた基盤技術の構築 | A-STEP産業ニーズ対応タイプ | 実施中 |
| ナノレベルの分解能と識別感度をもつイオンセンサーの実現に向けた技術開発 | A-STEP戦略テーマ重点タイプ | 実施中 |
| 世界初の微粒子磁化率計 | A-STEP | 終了 |
| 超高真空、低音チップ増強ラマン分光イメージング装置の開発 | A-STEP | 終了 |
| X線結晶レンズを用いた高分解能・高速蛍光X線分析モジュールの開発 | A-STEP | 終了 |
| 自己組織化技術に立脚した革新的分子構造解析 | ACCEL | 実施中 |
| 美濃島知的光シンセサイザ | ERATO | 実施中 |
| 百生量子ビーム位相イメージング | ERATO | 実施中 |

出所：NEDO技術戦略研究センター作成(2017)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

研究プロジェクトを支援するファンディングプログラムが運営されている。MGI政策に対しては、2011～2015年合計で5億米ドル以上の予算が投入されており、計測分析技術開発を含めたマテリアルズ・インフォマテックスに関する研究に対し、多額の国家予算が投入されている。

②欧州

EUでは、2001年より、リスボン戦略に基づき「欧州イノベーション・スコアボード(EIS)」を取りまとめて公表しており、2008年にEIS2007を公表した。この中で世界の各国のイノベーションの進展を指標を用いて評価し、例えば「イノベーションの先導国」、「イノベーションの追随国」等のように分類している。

研究開発に関しては、FP7(2007～2013年)と呼ばれるプログラムが実施されている。このプログラムの中に「ESFRIプロジェクト(The European Strategy Forum on Research Infrastructures)」があり、7年間で2,000億円規模の予算を投入して研究基盤関連の整備を行っている。このうち約6割の予算を使って研究基盤の共用ネットワーク化を推進し、2割の予算で新規設備の整備と調査研究を行っている。機器の開発研究等は研究インフラのロードマップに基づいて、EU内3か国以上の共同研究を条件に多数のプロジェクトを推進している。

このように、EUにおける研究インフラの整備は、共用ネットワーク化に重点が置かれている。例えば核磁気共鳴装置(NMR:Nuclear Magnetic Resonance)では、イタリアのフィレンツェに大規模な拠点があり、多くのサテライトを通して全ヨーロッパのネットワークを統括していた。また、このようなプラットフォーム化された共用ネットワーク利用とともに、関連技術・装置の開発研究も精力的に行われており、NMR装置と技術の国際標準化を強力に推進できる体制が完成している。

放射光施設や2017年9月に開所したハンブルクの自由電子レーザー(XFEL)施設においても、FP7に続くHorizon 2020の支援を受けながら欧州内の企業を含めた産学連携による検出器や光源等の研究開発が精力的に行われてい

る。例えば、XFELにおける大型のピクセル検出器(LPD)の開発は英国のRutherford Appleton研究所が開発を担当し、高速のシリコンドリフト検出器はドイツのMax Planck研究所が開発を担当している。

各国別の動向のうちドイツでは、大学、Max Plank協会(基礎研究)→Fraunhofer研究機構(応用研究)→企業(製品化)という基礎研究から製品開発の流れがある。国が最初の10～20台を購入することを保障してプロジェクトがスタートしている場合がある。これにより、新規分析機器が産業として成り立ち、かつその後の普及を助けている。

③中国

中国科学院北京生命科学研究院では、「中国の生物学者が特色ある研究成果を出すためには、研究機器の海外依存からの脱却が一層重要である」との認識のもと、2009年9月「ライフサイエンス機器・技術イノベーションセンター」を設立した。

このセンターの役割は、以下のとおりである。

- ・先端的、基礎的、戦略的科学研究に立脚し、ライフサイエンス関連機器の独自開発を図る。
- ・北京生命科学大型機器センターの重要機器をベースに、大型機器の潜在能力を引き出す。
- ・在北京の関連研究所からの機器開発を受託し、革新的研究開発を行う。
- ・既存技術を強化し、精密機器の設計・加工等の専門技術プラットフォームと技術イノベーションチームを構築する。
- ・科学機器の品質向上を図るための交流会を実施する。

中国における計測分析機器開発に関する政策立案と実施のプロセスは、我が国の「先端計測分析技術・機器開発事業」の発足の理念に大変近い意義と背景に基づいているといえる。さらに現行の科学技術イノベーション第13次5か年計画では、超高速の大型計算機の開発継続に加え、高性能の透過型電子顕微鏡等、高価な計測分析機器を大量に導入しているとの情報もあり、創薬や材料開発の分野において大量かつ高精度の計測分析データを取得しながら薬剤や材料の開発が国家レベルで行われていることが推測される。

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

3章 計測分析機器分野の技術課題

計測分析へのニーズとして最も大きな期待は計測性能の向上が挙げられ、新たな計測分析機器開発が注目されている。計測分析機器の要素技術の高度化に対しては、学術シーズに優位性がある「線源」、「光源」、「検出器」等の性能向上が重要な課題となっている。また、ラボシーンにおける機器開発及びラボシーン以外における機器開発では技術課題がそれぞれ異なるので、以下、2つに分けて整理した。

(1) ラボシーン用計測分析装置の技術課題

表5に、ラボシーン用計測分析機器について手法別の分類により、計測分析装置のポジション（技術面、産業面）、及び課題を示す。

ラボシーン用計測分析機器には、性能向上における技術課題の共通性（検出器の感度向上や高分解能化など）と、複合化、小型化、簡易化といった使いやすさ向上を目指す技術課題の共通性という、2種類の性格の異なる共通性のあることがわかる。

表5 ラボシーン用計測分析機器の技術ポジション及び課題

| 分類 | 機器例 | 技術ポジション | 技術課題 (○性能向上、☆使いやすさ、□その他) |
|-----------------|--|--|---|
| 顕微鏡関係 ①電子顕微鏡 | 透過型電子顕微鏡(TEM) 走査型電子顕微鏡(SEM) | 我が国は、CCDカメラなどの部品間の摺合せ技術により、装置全体の完成度を確保。欧米では生体試料への応用研究が中心 | ○電子線損傷の低減 ○3次元像が得られるソフトウェアの開発 ☆小型化、卓上化、利便性向上 ☆試料前処理の簡易化、実環境化 |
| 顕微鏡関係 ②その他 | 走査型プローブ顕微鏡(SPM) 原子間力顕微鏡(AFM) | 我が国の基礎研究水準は高い。特にAFMは世界をリードする基礎研究成果が多い | ○解像度の向上(多短針化、独立制御) ○多用途化、計測時間短縮 |
| 表面分析装置 | X線光電子分光装置 2次イオン質量分析装置 | 我が国の技術基盤(真空技術、ビーム発生技術)は高い | ○分析深さの制御 ○横方向空間分解能の向上 ○測定対象の拡大 |
| X線・量子ビーム | X線回折装置 X線吸収分光装置 | 我が国はSpring-8等世界最高水準の大型施設から実験室装置まで、広範囲で技術開発研究がなされている | ○ビームの高輝度化、ビーム径の縮小。 ○高感度・高ダイナミックレンジ・高速の検出器の開発 ☆小型化、可搬化 |
| 核磁気共鳴装置 | 核磁気共鳴装置(NMR) | 我が国は高温超電導材料技術をベースに世界最高水準の磁石を開発。測定・データ処理技術は欧米が先行 | ○測定対象の拡大 ○高感度化 ☆装置の小型化、可搬化 |
| 分光分析装置 | FTIR分光装置 ラマン分光装置 | テラヘルツ分光、AFMとの複合化(SNOM)等の技術分野で世界と競う | ○測定対象の拡大 ○マッピング測定、時間分解性能の向上 ☆他の装置との複合化 |
| 質量分析計 | マトリックス支援レーザー脱離イオン化法(MALDI) 各種クロマトグラフ(LC, GC)と組合せ(MS/MS) | 我が国は一部の測定技術開発の先駆となったものの、手法の多様化、他の装置との複合化等は米国がけん引 | ○測定対象の拡大 ☆測定の簡易化 ☆装置の複合化 ☆自動メンテナンス |
| ライフサイエンス関連機器 | DNA増幅・検出装置 DNAシーケンサー | 欧米中心に基礎研究力が強い。日本メーカーは、生産・技術力を活かしたOEM供給により独自の研究が進行 | □日本が得意とする分野からバイオ分野へ適用可能な技術を開発する必要あり |

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成（2017）

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

(2) ラボシーン以外への展開にむけた技術課題

ラボシーン用計測分析技術をベースにラボシーン以外へ展開する場合については、シーンごとに個別課題があり、それら

は主に性能向上や異種技術の統合に整理される。表6に整理例を示す。

表6 計測分析機器のラボシーン以外への展開及び課題

| 展開シーン | 展開事例 | 課題(○性能、☆異種技術の統合) |
|-----------|----------------|--|
| 生産シーン | 半導体集積回路の品質管理 | <ul style="list-style-type: none"> ○製造ラインへの一体化 ☆測長基準(標準マイクロスケール)との統合 ☆自動校正機能 ☆自動計測・検査プログラム(IT技術統合) ☆一元化したデータ管理 |
| 医療シーン | 健康診断の効率化 | <ul style="list-style-type: none"> ☆無人・自動測定、自動洗浄 ☆少量検体の高精度ハンドリング(メカトロニクス統合) ☆測定データの一元管理(IT統合) ☆診断データの自動生成 |
| | 病院内の細菌モニター | <ul style="list-style-type: none"> ○細菌自体をイオン化し質量計測する技術 ☆細菌のMSスペクトルデータベースの構築 ☆データベースから細菌の種類・数量を求める解析アルゴリズムの開発 |
| 家庭(生活)シーン | PM2.5量の種類別常時把握 | <ul style="list-style-type: none"> ○大気試料の自動サンプリング機構 ○光散乱計と質量分析計の接続 ○粒子状物質の効率的な捕捉技術の確立 ○装置の小型軽量化 ☆光散乱-質量分析データの連動(データ処理技術) ☆リアルタイムデータ取得・処理 |

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2017)

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

4章 おわりに

計測分析機器産業の継続的な発展は我が国の学術・産業の発展の源泉であり、計測分析機器の市場を創出・拡大し、計測分析機器の国際競争力を高めることは我が国の産業競争力を維持する上で必要不可欠である。

しかし科学技術を支える計測分析技術の重要性は認識されているが、我が国の計測分析機器産業の産業としての重要性が同じように認識されているとは言い難い。2002年、Maldi-TOFMSという手法の開発で日本の研究者である田中耕一博士がノーベル賞を受賞^{※7}した。これは我が国の計測分析技術の先進性が証明された事例と言えるが、この技術を実用領域まで高めたのは海外の計測分析機器メーカーであった。すなわち、計測分析技術の要素開発だけでなく、その技術を機器の形にして社会に実装していく部分まで含めた開発が重要である。

図17に我が国の計測分析機器メーカーが置かれた状況を示す。要素技術開発では、研究開発資金不足や技術導入の遅れ等の状況があり、機器の社会実装では、国内市場の飽和や海外市場での海外巨大メーカーとの競合といった厳しい状況に直面している。我が国の計測分析機器メーカーが世界に向けて販売するという成長サイクルを回していくためには、優位性のある技術要素を開発し、あらゆる計測分析シーンへ展開させる必要がある。

また、ラボシーン以外の計測分析シーンへの展開により新たな市場を創出していくためには、技術要素の高度化とともに計測分析データの付加価値づけを行い、海外とのし烈な技術開発競争に打ち勝つ必要がある。

今一度ユーザーが真に必要とする計測分析機器が何かを的確に捉え、我が国が強みとする要素技術が何かを熟慮するとともに、要素技術の強みが機器開発のレベルにおいて我が国の強みにつながるような技術開発及び施策が必要とされている。

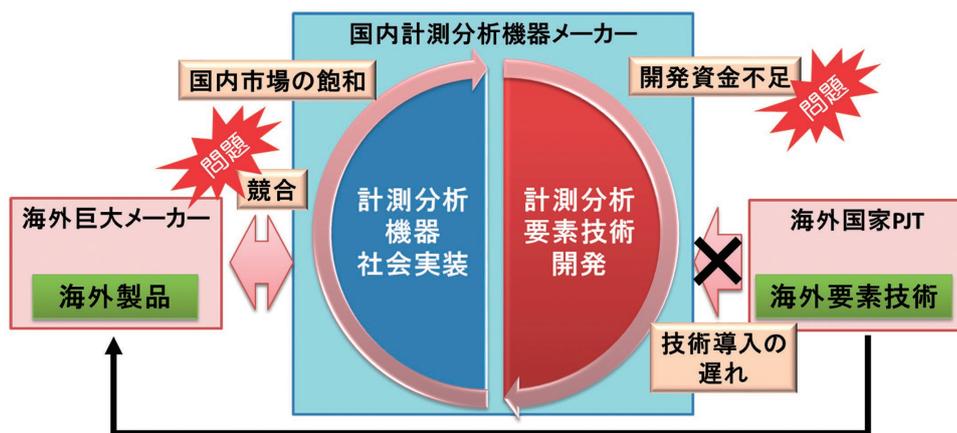


図17 我が国の計測分析機器メーカーが置かれた状況

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成（2017）

※7 生体高分子の同定及び構造解析のための手法の開発（2002年ノーベル化学賞受賞）

技術戦略研究センターレポート

TSC Foresight Vol.26

計測分析機器分野の技術戦略策定に向けて

2018年2月2日発行

TSC Foresight Vol.26 計測分析機器分野 作成メンバー

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター (TSC)

■ センター長 川合 知二

■ センター次長 矢島 秀浩

■ ナノテクノロジー・材料ユニット

・ユニット長 川合 知二(センター長兼任)

・主任研究員 成毛 治朗

・研究員 岡田 明彦

小川ゆめ子(平成28年6月まで)

井関 隆之

鶴田 修一

松下 智子

・フェロー 北岡 康夫 国立大学法人 大阪大学産学連携本部 副本部長

出村 雅彦 国立研究開発法人 物質・材料研究機構 副部門長

● 本書に関する問い合わせ先
電話 044-520-5150 (技術戦略研究センター)

● 本書は以下URLよりダウンロードできます。
<http://www.nedo.go.jp/library/foresight.html>

本資料は技術戦略研究センターの解釈によるものです。
掲載されているコンテンツの無断複製、転送、改変、修正、追加などの行為を禁止します。
引用を行う際は、必ず出典を明記願います。