

研究機器・共通基盤技術の開発について

先端計測分析技術・機器開発プログラムの成果

平成30年3月15日

科学技術基本計画における位置づけ

- 第2期科学技術基本計画（平成13年3月30日閣議決定）において、「計測・分析・試験・評価方法及びそれらに係る先端的機器の戦略的・体系的な整備を促進する」ことの必要性が明記。
- その後、平成16年から先端計測・機器開発プログラムを開始。
- 第5期科学技術基本計画（平成28年1月22日閣議決定）における位置づけ
「広範で多様な研究領域・応用分野を横断的に支える共通基盤技術や先端的な研究機器は、我が国の様々な科学技術の発展に貢献し、また、我が国の基幹産業を支える重要なものである。このため、国は、共通基盤技術に関する研究開発及び複数領域に横断的に活用可能な科学に関する研究開発を推進する。」

背景・課題

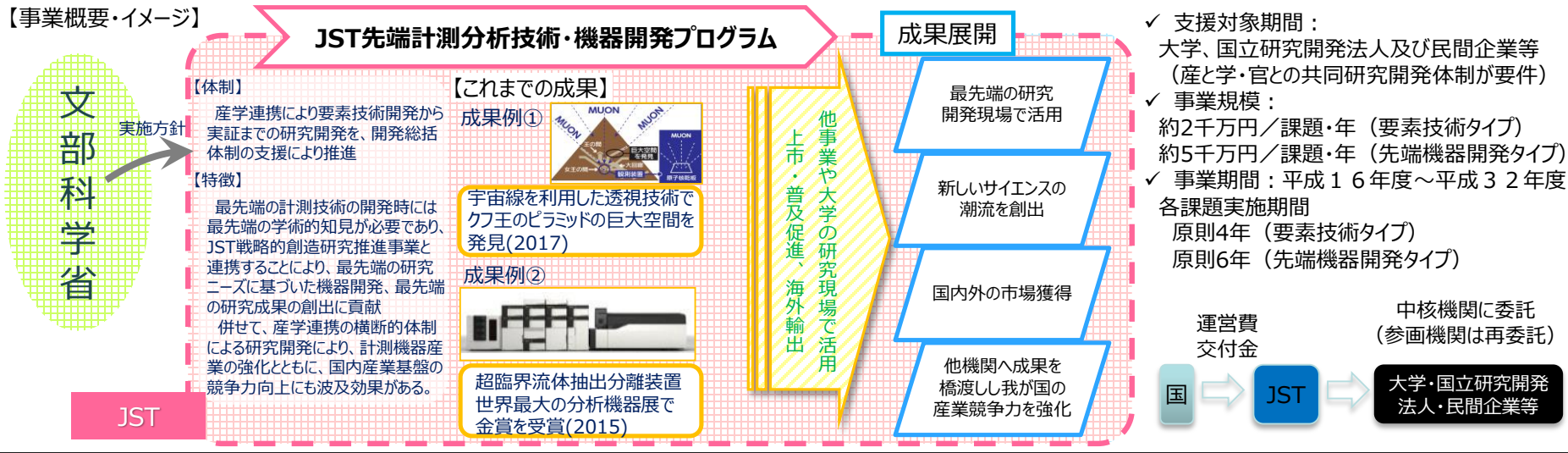
- 第2期科学技術基本計画において、先端機器等の戦略的体系的な整備の促進が明記(H13.3)
- 島津製作所の田中耕一氏が先端計測分析技術に関するノーベル化学賞を受賞(H14)
- 田中耕一氏、野依良治氏の両ノーベル賞受賞者、吉川弘之日本学術会議会長などの学術関係者、及び機械・電気・化学など産業界の研究開発担当役員等により、我が国の研究開発活動における先端計測分析技術や機器に関する海外依存度が高いこと、基礎的学術研究のかかなりの部分が海外製品の購入に充てられていることに対する危機感を表明。このような状況を踏まえ、文部科学省において「先端計測分析技術・機器開発に関する検討会」を設置。(H15)
- 世界最先端の研究者ニーズに答えられる我が国発の「世界のオンリーワン」、「世界のナンバーワン」となる「計測分析技術」と「計測分析機器・システム」を開発することを目的として「先端計測分析技術・機器開発プログラム」が発足(H16)

事業概要

【事業の目的・目標】

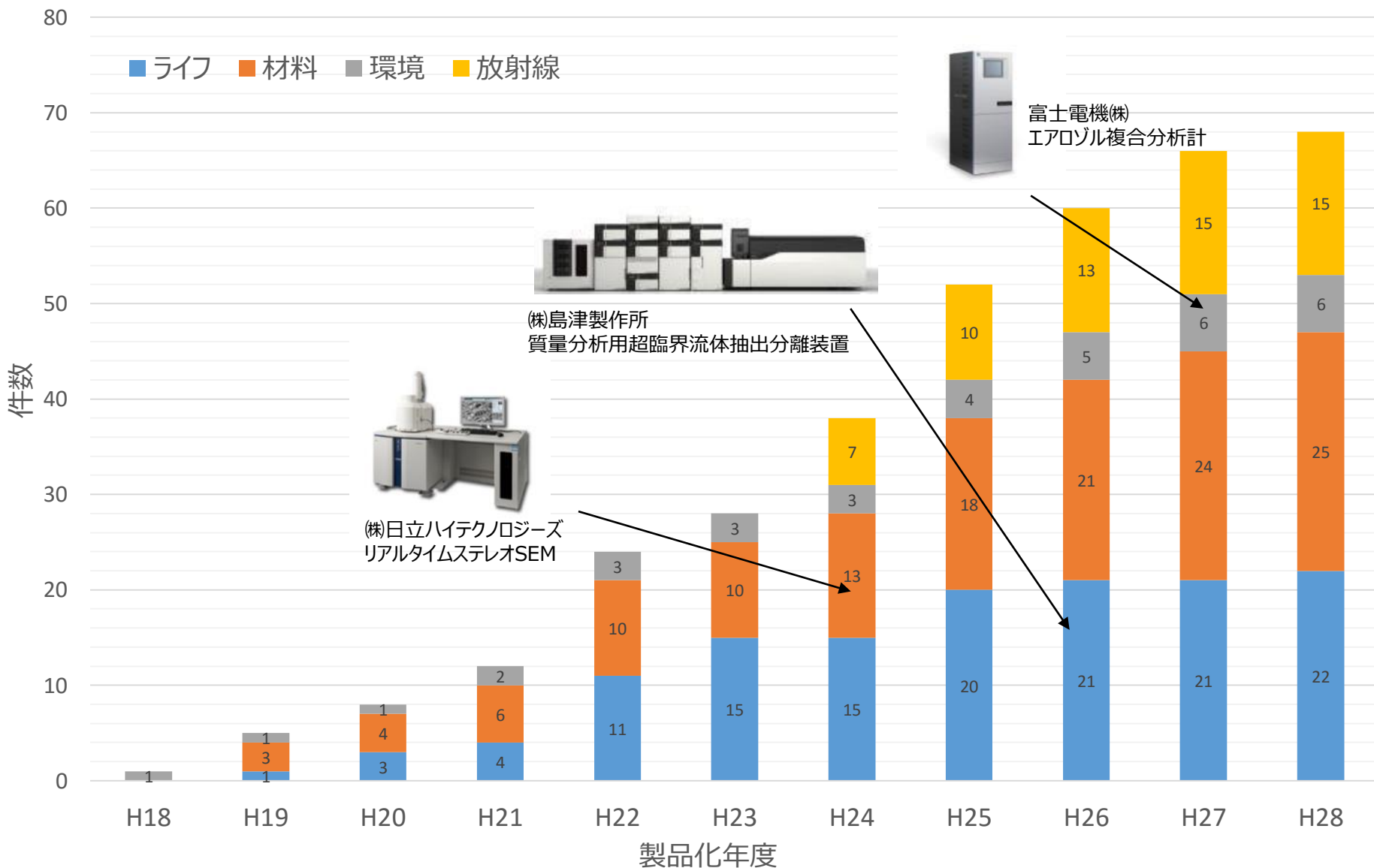
- 我が国将来の創造的・独創的な研究基盤を強化するため、新しいサイエンスの潮流を創出するオンリーワン・ナンバーワンの革新的な計測分析技術・機器・システムを開発することを目的とする。
- 計測分析を行う現場等でのニーズが明確（将来的にユーザーとなることが想定される者との連携体制が開発段階から十分に構築されている）であり、先行して市場を形成している既存の機器に対する優位性が明確（既存の機器との比較が詳細に行われ、開発戦略が十分に検討されている）である技術・機器・システムの開発に投資。
- 戦略創造研究推進事業等のJST事業研究と連携する機器を優先的に開発することにより、開発途中の最新の機器を研究者（ユーザー）が使用できるようにするとともに、最先端の研究者（ユーザー）からフィードバックを受けながら機器開発を進める。

【事業概要・イメージ】



先端計測分析技術・機器開発プログラムの製品化件数（平成18年度～平成28年度）

先端計測分析技術・機器開発プログラムの製品化件数（累計）



顕著な成果例（開発成果が様々な分野で活用・評価された事例－①）

残留農薬検査、バイオマーカー探索などを高速に 超臨界流体抽出／超臨界流体クロマトグラフシステム「Nexera UC」

【開発概要】

この分析システムは、液体と気体の双方の性質を持つ「超臨界流体」を用いた自動抽出装置とクロマトグラフにより、有機溶媒の使用量を大幅に削減するとともに、熟練の技術を要せずに前処理、分離および検出を高感度・高速かつ自動で行います。

- 多成分の一斉分析を複雑な前処理なく全自動かつ高速分析できる世界初の画期的なオンライン分析システム
- 残留農薬検査や疾患バイオマーカーの探索など、多数の検体をより速く、自動分析したい場合に有用
- 空気や光のもとでは酸化や分解してしまう不安定な化合物も分析可能

- チームリーダー 馬場 健史（大阪大学 大学院工学研究科 准教授）
- サブリーダー 富田 眞巳（株式会社島津製作所 分析計測事業部 部長）
- 開発期間：平成24年度～平成26年度 機器開発タイプ
- 参画機関：宮崎県総合農業試験場、神戸大学



残留農薬検査 農薬500種類を50分で検出可能（通常は1週間程度）

○主な適用分野

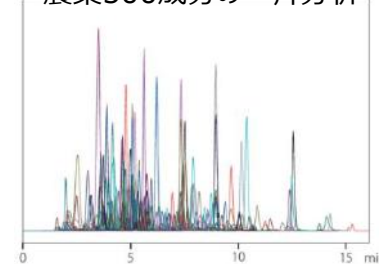
- 医療分野 バイオマーカーの探索、テラーメイド医療
薬効分析 毒性評価
- 食品分野 機能性成分の分析
- 環境分野 汚染物質分析



安全・安心・健康の社会へ貢献

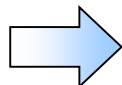
農作物の安全・安心ブランド化 （宮崎県で実施予定）

農薬500成分の一斉分析



平成27年1月 (株)島津製作所より販売開始（価格は1500万円～）
既に食品、化学、製薬関連の企業や研究機関から50件近い引き合いあり

世界最大の分析機器展示会「Pittcon 2015 Conference & Expo」（2015）でPittcon Editors' Awards の金賞を受賞（最も革新的で市場への影響力を秘めた製品として認められる）



先端計測分析技術・機器開発プログラム及び開発元（島津製作所）においても初の快挙！！

- 日刊工業新聞「**2015年 十大新製品賞**」を受賞
- 「技術革新のアカデミー賞」として広く知られ、毎年世界の優れた技術100件に対して贈られる「**2015 R&D 100 Awards**」（米国 R&D マガジン社主催）も受賞

顕著な成果例（開発成果が様々な分野で活用・評価された事例－②）

大型構造物を高速に透視するための原子核乾板要素技術の開発 （原子核乾板を用いた高精度宇宙線ラジオグラフィシステムの開発）

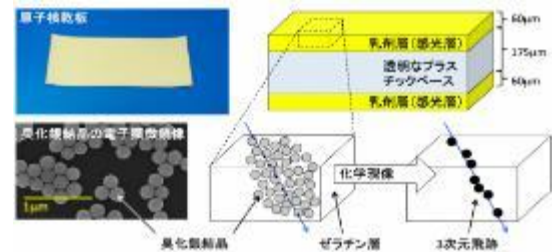
【開発概要】

火山、空洞調査、密度測定、老朽化診断などのさまざまな用途に展開するための原子核乾板を用いた高精度宇宙線ラジオグラフィシステムの開発を行う。具体的には、本計測原理の限界性能に肉薄する高精度を目指し、原子核乾板の乳剤製造、乾板塗布、照射、現像、読み取り、解析を行うためのトータルシステムを構築。性能向上に向け、ニーズや適用可能性のある領域での試験、評価、改良を繰り返し、開発装置の実証を行う。

- 臭化銀粒子の最適化技術と感光した軌跡の解析による大型構造物の透視技術（ミュオンイメージング技術）を開発

※ミュオン：宇宙線に含まれる負電荷を持つ素粒子の一つ

- チームリーダー 中村 光廣（名古屋大学 教授）
- サブリーダー 鈴木 敬一（川崎地質株式会社 課長）
- 開発期間：平成28年度～平成32年度 先端機器開発タイプ
- 参画機関：富士フイルム（株）、（株）サイエンスインバクト



内部の透視が不可能とされていた大型構造物の内部構造の解明が可能

○主な適用分野

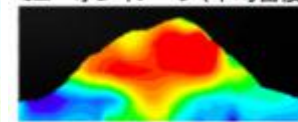
- ・火山等大型構造物の内部情報可視化 ・地すべり断層の調査 ・溶鉱炉内部の耐火壁厚測定
- ・氷河床山体構造の可視化・橋脚構造体、コンクリート構造体内部空洞の可視化
- ・古墳やピラミッドの内部構造や石室調査・気球搭載型γ線望遠鏡による天体観測

写真



昭和新山の可視イメージ

ミュオンイメージ(平均密度分布)

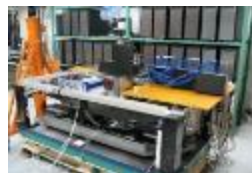


ミュオンイメージ(Tanaka, H.K.M. et. al., 2007)

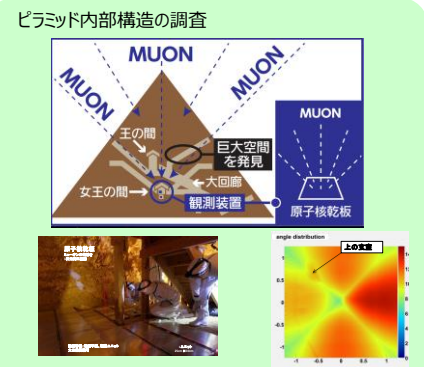
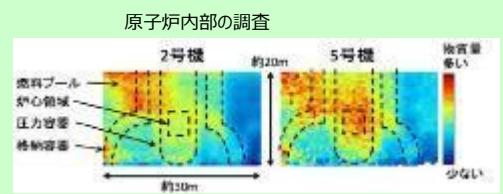
開発成果：



乳剤製造装置



自動飛跡読み取り装置



- 2017年11月7日 NHKスペシャル「大ピラミッド 発見！謎の巨大空間」にて原子核乾板を用いてクフ王のピラミッドに巨大な未知の空間を発見した成果を放映
- 国際学術雑誌 Nature（2017/12）に論文掲載

顕著な成果例（開発成果が様々な分野で活用・評価された事例－③）

携帯できる小型遺伝子検査装置を開発 インフルエンザやノロウイルスの感染を現場で検査（環境中病原性微生物の迅速定量装置の実用化開発）

【開発概要】

環境中の病原微生物を正確、迅速に検出し、水際での封じ込めを可能とするため、これまでに開発した小型軽量なリアルタイムPCRシステムをもとに、食中毒起因菌やウイルスを、測定開始から10分程度で定量できることを目指す。大規模食中毒のリスクを懸念する食品生産・加工会社等において、環境水検査や抜き取り検査器としての有効性を検証し、世界に類のない迅速性と感度、正確性を兼ね備えた手のひらサイズの装置を開発する。

- 細菌やウイルスの集団感染や食中毒が問題になっている現場で高精度に測定することが可能な遺伝子検査機器を開発
- マイクロ流体デバイス技術とマイクロレンズ技術により、PCR装置を手のひらサイズまで小型化
- 高速な遺伝子増幅に対応したPCR試薬の開発成果と合わせることで小型化と迅速化を同時に達成

※PCR（Polymerase Chain Reaction）：特定のDNAを転写試薬の存在化で温度変化を行うことにより増幅する方法

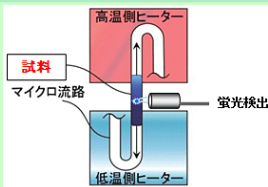
- チームリーダー 福澤 隆（日本板硝子株式会社 主席技師）
- サブリーダー 永井 秀典（産業技術総合研究所 主任研究員）
- 開発期間：平成26年度～平成28年度 実証・実用化タイプ
- 参画機関（株）ゴーフオン



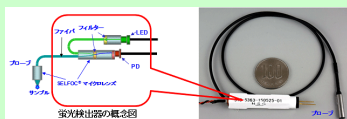
鳥インフルエンザ・ノロ・大腸菌などのウイルス・細菌検査を高感度に現場で実施（通常の抗原検査法による検査と異なり感染初期から検出することが可能）

○主な適用分野

食品生産や加工現場等における有害微生物の迅速検査、遺伝子組換え食品の検査、感染症の予防や水際対策、環境汚染調査、バイオテロ事案における現場対応など

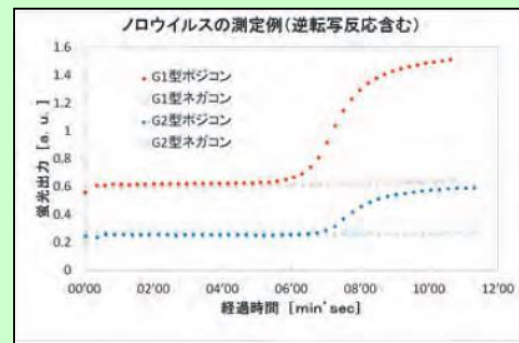


マイクロ流体デバイスの高温部と低温部の間で検査対象を移動させることにより、高速な温度の制御を実現



マイクロレンズと光通信技術により微小な検査対象の外光に影響を受けない高感度な蛍光検出を実現

マイクロ流体デバイスを適用することで高速なPCRを実現し、微小な測定対象からの信号をマイクロレンズ技術で高感度に検出することで、遺伝子検査の高速化と小型化を実現した。



10分程度で菌体やウイルスの定量検査が可能であり、大規模食中毒などの発生を防ぐだけでなく、将来的にはパンデミック等**感染症の流行を阻止する技術**として社会に貢献する。

日本板硝子株式会社にて今後製品販売を予定

すでに、2016年度に鹿児島大学の協力により鳥インフルエンザ対策で利用

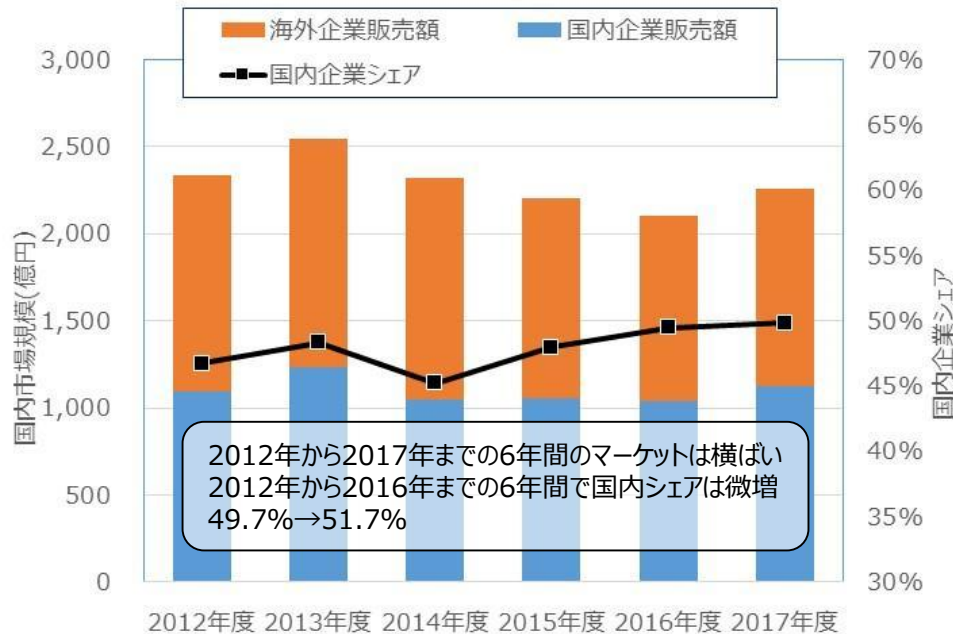
科学機器国内市場規模と国内メーカーシェアの推移

科学機器国内市場における国内メーカーシェアは、50%前後で推移している。
また、国内メーカーの海外への輸出比率も2014年度から55%を維持。

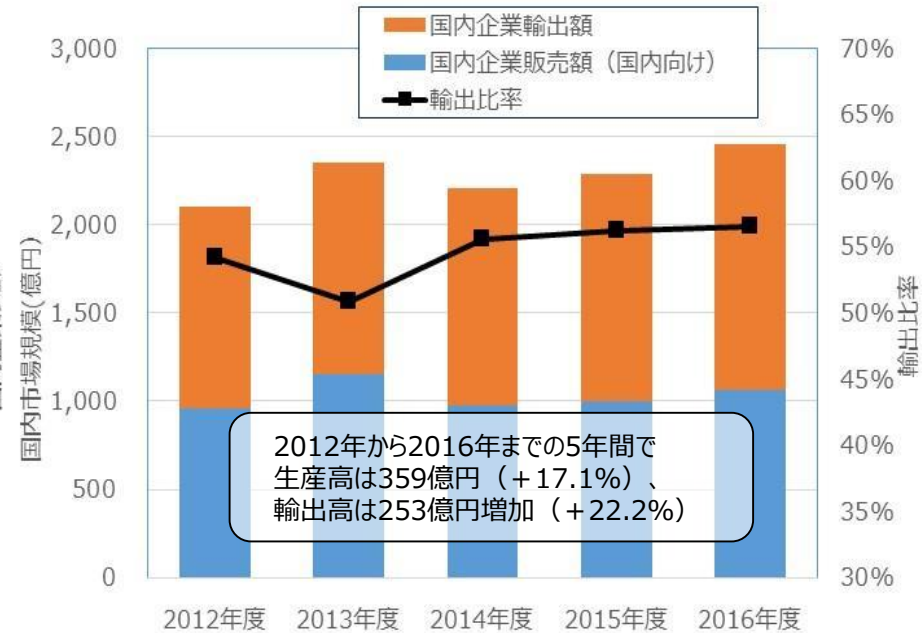
〔生産高：1,797億円（2012年）⇒2,283億円（2016年）〕
〔輸出率： 54.2%（2012年）⇒ 56.6%（2016年）〕

※市場で安定的に収益を維持できる相対的安定シェアは40%
（例：ヤマト運輸、ユニクロ、カルビー）

科学機器主要品目のマーケット及び国内メーカーシェアの推移



国内メーカー（ラボ機器）の生産高と輸出比率の推移



予算の効率化・適正化（研究開発に必要な機器のコスト）

財政審指摘

- 日本で購入される海外製機器の価格は、国産機器より割高ではないか。
- 日本は機器購入に要する費用割合も高く、コスト高になっているのではないか。

海外製機器と国産機器の価格差

- ・ 例えば、NMR（核磁気共鳴装置）、TEM（透過型電子顕微鏡）について、科学機器年鑑から2015年の市場価格を試算すると、海外製機器は国産機器の価格より高い。

（注）NMR、TEMとも、科学機器年鑑2016年版より、文部科学省において試算。

NMR（核磁気共鳴装置）（2015年）

	国産機器	海外製機器
販売台数	61台	48台
単価	3700万円	6300万円

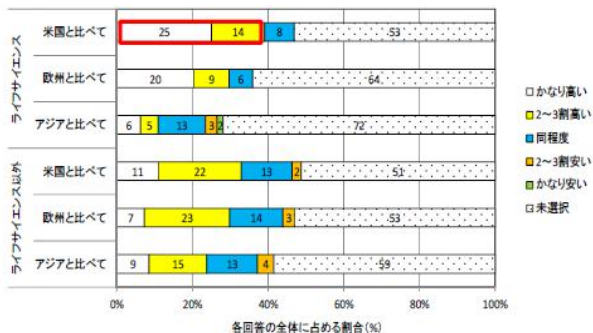
TEM（透過型電子顕微鏡）（2015年）

	国産機器	海外製機器
販売台数	47台	8台
単価	1億3700万円	2億4600万円

研究者に対するアンケート調査結果

- ・ 約4割の研究者が、米国製機器の日本での価格は、米国での価格と比べて高いと回答。

研究者に対する日本での米国製機器価格のアンケート調査



（出典）科学技術・学術審議会総会（第41回） 平成25年1月17日

日米の大学等の機器購入費用の比較

- ・ 大学等の機器購入金額は、研究費に占める割合や一人当たり研究者の金額で比較すると、日本がアメリカの約2倍

大学等が機器の購入に使用した費用（2012年）

	日本	アメリカ
機器等の購入額	2,196億円 (国産961億円、 海外製1,235億円)	19.8億ドル
研究費に占める割合	6.2%	3.2%

（出典）科学技術・学術政策研究所 科学技術動向2014 7.8月号

米国（DOE）におけるクライオTEM研究開発プロジェクト

- ・米国では、TEMの性能・機能制約をブレイクし、革新的な計測機器を創出する基盤技術開発を行う国家プロジェクトTEAM(Transmission Electron Aberration-corrected Microscope)を実施。
- ・期間：2004～2009年（総国家支出：30M US\$）
- ・プロジェクト構成：Lawrence Berkeley National Laboratory, Argonne National Laboratory, Oak Ridge National Laboratory, Frederick Seitz Materials Research Laboratory, **FEI社** (現, Thermo Fisher社), **CEOS社** (ドイツのベンチャー企業)

EMBL-EBI Protein Data Bank in Europe Bringing Structure to Biology

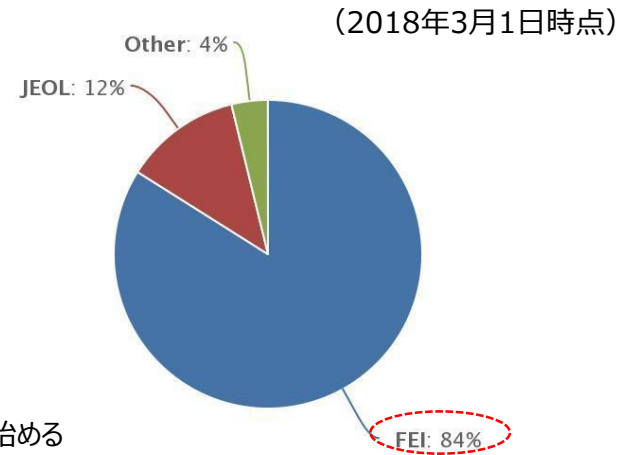
EMDB statistics

Services Research Training About us

Microscope usage trends



Microscope usage distribution

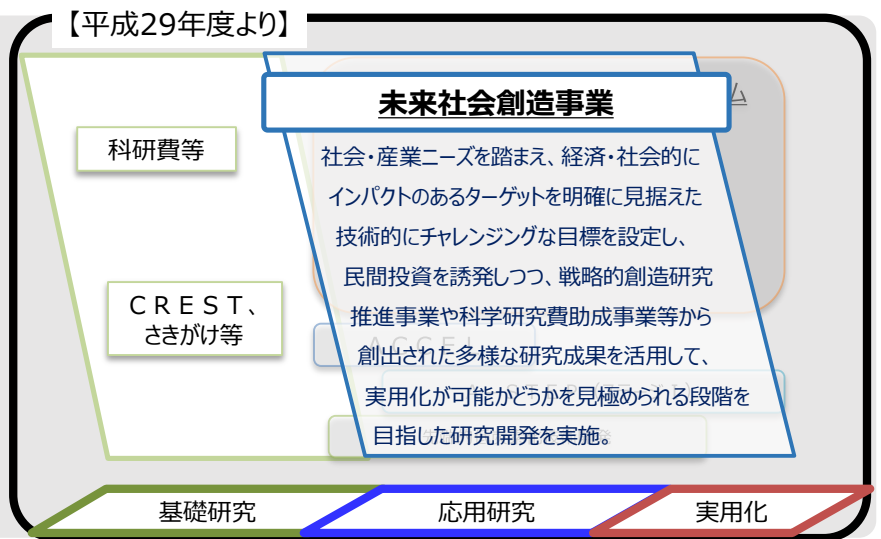
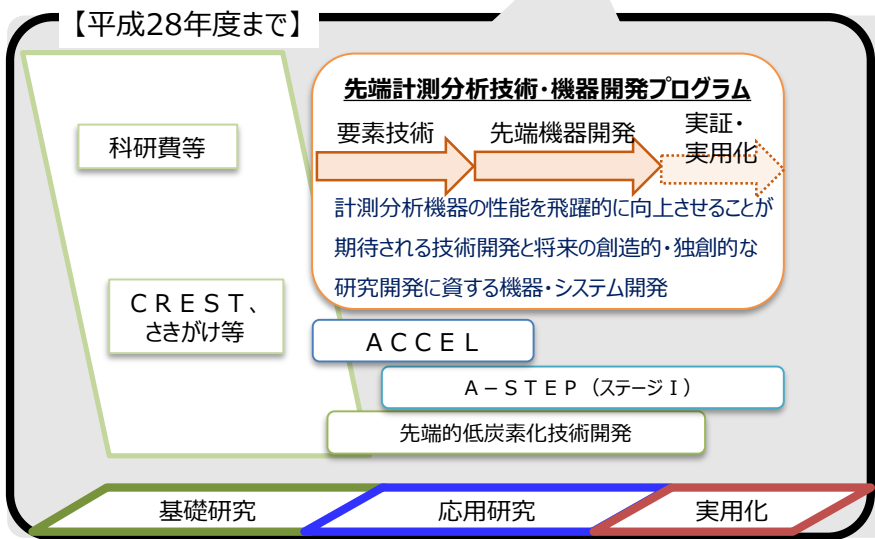


<米国TEAMプロジェクト実施期間>

https://www.ebi.ac.uk/pdbe/emdb/statistics_microscope.html/
出典元：EMDBより抜粋引用

- ✓ 世界初の電子顕微鏡用収差補正器の商品化が実現し、ラボ用機器で直接原子撮像が可能になった。このとき参加した**CEOS社は現在も収差補正器市場のNo.1サプライヤー**である。
- ✓ プロジェクトの**検出器要素技術**開発をもとに、**GATAN社**が世界初の**電子線直接露光カメラ**を商品化し、クライオ電子顕微鏡による生体分子の原子レベル解析が可能となった。

先端計測分析技術・機器開発プログラム（施策マップ）



JST先端計測分析技術・機器開発プログラムの推進体制

先端計測分析技術・機器開発推進委員会

全体を総括し、開発保選の公募、採択、評価を一体的に実施。



林 善夫
委員長
開発主監（プログラムディレクター）

総合評価分科会長（プログラムオフィサー）



市川 昌和
東京大学 名誉教授
【専門分野】
半導体表面・界面の物理と計測

■グリーンイノベーション領域



佐藤 祐一
神奈川大学 名誉教授
専門分野
電気化学（電気めっき）、無機材料学

開発顧問

本事業の円滑かつ効率的な推進に資するために開発顧問を委嘱。先端計測・分析技術分野における技術的な助言、指導を実施。



田中 耕一

（株）島津製作所 フェロー、
田中耕一記念質量分析研究所長

【専門分野】
質量分析装置、質量分析を用いた生体関連物質構造解析手法等の研究

開発総括（プログラムオフィサー）

開発の効率的かつ効果的な運営を図るために、顕著な研究開発実績を有し、専門的な立場から開発チームを支援・アドバイスできる研究者を開発総括（プログラムオフィサー）として委嘱。本事業および開発課題全体のマネジメントを実施。



尾形 仁士
三菱電機（株） 社友
専門分野
半導体材料、超高真空、電子分光



小野 幸子
工学院大学 名誉教授
岡大客員研究員
専門分野
表面化学、電気化学、機能性無機材料



澤田 嗣郎
東京大学 名誉教授
専門分野
新規レーザー計測法の開発、分光学



角山 浩三
JFEテクノリサーチ（株） 顧問
専門分野
表面・極微量分析、金属材料



西本 清一
京都大学 名誉教授／（公財）京都高度技術研究所理事長／（地独）京都市産業技術研究所理事長
専門分野
物理化学、ケミカルバイオロジー



伏見 譲
埼玉大学 名誉教授
専門分野
進化分子工学、分子生物物理学



松尾 由賀利
法政大学理工学部 教授
専門分野
レーザー分光、レーザーアプレーション、量子エレクトロニクス



森田 清三
大阪大学 名誉教授
金沢大学ナノ生命科学研究所 事務部門長・特任教授
専門分野
表面ナノ計測、走査型プローブ顕微鏡法



吉井 淳治
株式会社 CLOUDOH 代表取締役
専門分野
ソフトウェア、バイオインフォマティクス

（50首順）

先端計測分析技術・機器開発プログラム開発成果のJST基礎研究での活用事例①

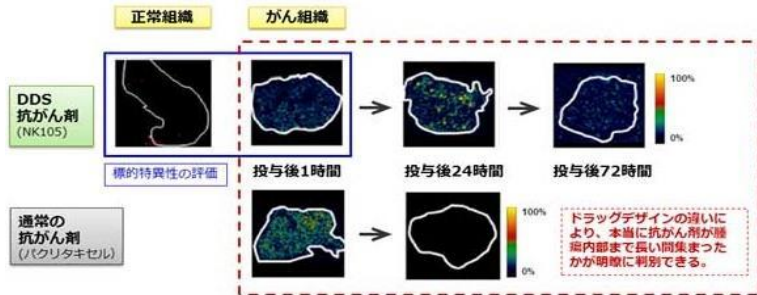
「ERATO」、「CREST」、「さきがけ」で活用

「顕微質量分析装置の開発」

チームリーダー：浜松医科大学 瀬藤教授

参画機関：島津製作所、大阪大学、癌研究会

機器開発タイプ、プロトタイプ実証・実用化タイプ（H16～23）



製品名：イメージング質量顕微鏡 iMScope

販売会社：株式会社島津製作所

生体試料（がん細胞等の病変組織切片等）を光学顕微鏡で観察するとともに、指定領域を即座に質量分析することができる装置。

ERATO※、CREST※、さきがけ※の研究課題において本装置が活用されており、癌等の疾病メカニズム解明に強力なツールとなっている。

※本装置が活用されている研究プロジェクト

事業	研究領域
ERATO	末松カミイイノベーションプロジェクト
CREST	人工多能性幹細胞（iPS細胞）作製・制御等の医療基盤技術
さきがけ	脳情報の解読と制御
	炎症の慢性化機構の解明と制御



装置の外観

http://www.jst.go.jp/sentan/result/products/sentandb_013.html

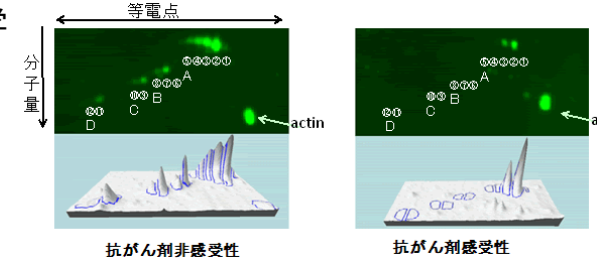
「CREST」で活用

「全自動2次元電気泳動・ウェスタンブロットング装置の開発」

チームリーダー：シャープ（株） 鷗沼部長

参画機関：熊本大学

実証・実用化タイプ（H21～23）



抗がん剤の感受性・非感受性を2次元電気泳動パターンで判断可能

製品名：2次元電気泳動装置 Auto2D

販売会社：シャープ株式会社

タンパク質の分析を行うために用いられている装置。専門家でもなくとも扱えるように、操作を全自動化。分析時間を従来の10分の1（約100分）に大幅短縮。

CREST※の研究課題において本装置が活用されており、タンパク質の分析等、ライフサイエンスの基礎研究分野において再現性よいデータの取得、作業時間の短縮など、研究開発の効率化に大きく貢献。

※本装置が活用されている研究プロジェクト

事業	研究領域
CREST	人工多能性幹細胞（iPS細胞）作製・制御等の医療基盤技術 他7領域で活用



装置の外観

http://www.jst.go.jp/sentan/result/products/sentandb_017.html

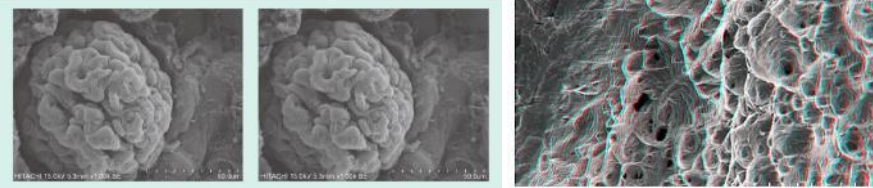
「CREST」で活用

「リアルタイムステレオSEMの開発」

チームリーダー：(株)日立ハイテクノロジーズ 伊東主任技師

参画機関：新潟大学、(株)ナノオ

実証・実用化タイプ (H21～H23)



左右の視差画像を同時に取得することに成功 (ラット腎臓の糸球体)

製品名：リアルタイムステレオSEM (SU3500形)

販売会社：株式会社日立ハイテクノロジーズ

試料最表面の微細形状観察や、試料ダメージの軽減に有効な低加速電圧観察時の分解能を向上させ、生体試料の観察にも対応したSEM。試料の3次元観察が可能。

CREST※の研究課題において本装置が活用されており、微細構造をもつ新材料やナノ構造体の観察に活用され、材料の機能の発現等の研究開発に貢献。



装置の外観

※本装置が活用されている研究プロジェクト

事業	研究領域
CREST	元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出 他4領域で活用

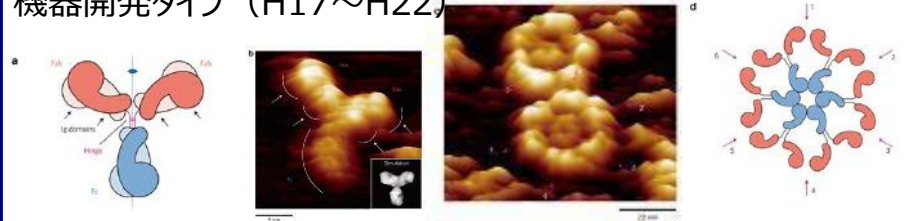
「CREST」で活用

「大気中・液中で動作する原子分解能分析顕微鏡」

チームリーダー：(株)島津製作所 粉川プロジェクトマネージャー

参画機関：金沢大学、北陸先端大、大阪大学、神戸大学

機器開発タイプ (H17～H22)



(a) IgG抗体のモデル (b) IgG分子単体のFM-AFM像とシミュレーション結果
(c) FM-AFM観察により発見されたIgG分子の6量体 (d) IgG抗体6量体の分子モデル

製品名：高分解能走査型プローブ顕微鏡SPM-8000FM

販売会社：株式会社島津製作所

微小な探針が物質の表面をなぞり、生じた探針の振れの周波数をレーザーで検知して原子・分子の形状や性質を観察する顕微鏡。大気中・液中の試料を観察可能。

CREST※の研究課題において本装置が活用されており、液体中のナノ構造体の観察に活用され、電池など材料の機能の発現等の研究開発に貢献。



装置の外観

※本装置が活用されている研究プロジェクト

事業	研究領域
CREST	エネルギー高効率利用のための相界面科学 他2領域で活用

「CREST」で活用

「生物発光リアルタイム測定システム」
 チームリーダー：名古屋大学 石浦教授
 参画機関：(株)中立電気、浜松ホトニクス(株)
 機器開発タイプ (H17~21)
 ソフトウェア開発タイプ (H21~H24)

製品名：高感度生物発光測定装置 CL24、CL96
 販売会社：株式会社中立電気

遺伝子発現を発光レポータの生物発光として、生きたままの細胞でリアルタイムに高感度測定する発光測定装置。

CREST※の研究課題において本装置が活用されており、培養細胞の遺伝子発現等、ライフサイエンスの基礎研究分野において研究開発に大きく貢献。



装置の外観

※本装置が活用されている研究プロジェクト

事業	研究領域
CREST	藻類・水圏微生物の機能解明と制御によるバイオエネルギー創成のための基盤技術の創出 他8領域で活用

http://www.jst.go.jp/sentan/result/products/sentandb_009.html

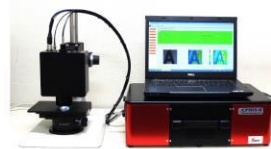
「CREST」で活用

「文化財等複合材料評価用ラマンイメージング装置の開発」
 チームリーダー：(株)エス・ティ・ジャパン 東山部長
 参画機関：埼玉大学、人間文化研究機構、国立民族博物館
 実証・実用化タイプ (H21~H23)

製品名：Raman Imaging System model CPRIS-II
 販売会社：株式会社エス・ティ・ジャパン

波長スキャンやイメージ走査を行わず測定領域の全位置のラマンスペクトルを同時測定できる分光装置。文化財や医薬品の評価に活用。

CREST※の研究課題において本装置が活用されており、生物分野から電子デバイスの評価などに幅広い分野で研究開発に大きく貢献。



装置の外観

※本装置が活用されている研究プロジェクト

事業	研究領域
CREST	太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出 他4領域で活用

http://www.jst.go.jp/sentan/result/seika2012/02_19.html