

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－

平成26年7月29日

科学技術・学術審議会
先端研究基盤部会
研究開発プラットフォーム委員会
先端計測分析技術・システム開発小委員会

目次

1. はじめに	1
2. 本事業発足当初の目的と制度設計	2
2-1) 社会的背景・課題と事業の意義	2
2-2) 研究領域の選定と開発が期待される計測分析技術・機器	3
(1) 早急に着手すべき開発領域の選定の基準	3
(2) 今後開発が期待される計測分析技術・機器	3
(3) 対象とする主要な機器	4
2-3) 事業の進め方	4
(1) 制度の基本設計	5
(2) その他の事項	5
2-4) さらに検討すべき課題	5
3. 本事業における10年間の制度の変遷・進歩と改革	6
3-1) 我が国の科学技術・学術および社会・経済的状况の変化と変遷	6
A. 学術政策の進展	6
(1) 第2期科学技術基本計画(平成13年4月～)	6
(2) 第3期科学技術基本計画(平成18年4月～)	6
(3) 第4期科学技術基本計画(平成23年8月～)	7
B. 社会・経済的状况の変化	7
3-2) 本事業の制度と運営方法の進歩	8
3-3) 10年間に実施した制度に関する改革	9
(1) 第1期(平成16年度～平成19年度)	9
(2) 第2期(平成20年度～平成23年度)	9
(3) 第3期(平成24年度～平成25年度)	9
(4) その他	9
4. 本事業の成果	10

4-1) 本事業における成果の考え方	10
A. 本事業開始時の目標.....	10
B. 第4期科学技術基本計画によりあらたに付加された事業目標	10
C. 東日本大震災からの復興支援のための事業目標.....	11
4-2) 各種研究分野における特記すべき研究開発成果.....	11
4-3) 各種計測・分析法の進歩と成果.....	14
4-4) 研究環境と人材育成.....	14
A. 研究環境について	14
B. 人材育成について	15
4-5) 各種研究分野における代表的開発成果事例	15
(1) 『光断層装置「フーリエ光レーダー」高機能臨床型の開発』	15
(2) 『リアルタイムステレオ SEM の開発』	16
(3) 『実時間型エアロゾル多成分複合分析計の開発』	17
(4) 『革新的超広角高感度ガンマ線可視化装置の実用化開発』	18
5. 本事業における評価手法と事業評価.....	19
5-1) 評価手法の制度設計について	19
5-2) 研究開発課題の評価について	20
A. 事前評価	20
B. 中間評価	21
C. 事後評価	21
5-3) 研究開発成果の学術的・社会経済的評価について	22
5-4) 研究環境と人材育成について	23
5-5) 波及効果に関する評価手法について.....	23
A. 企業における研究開発プロジェクト (R&D 活動) のモデル化の試み	24
B. イノベーション測定手法の開発に向けた調査研究 (日本の場合)	26
C. イノベーション測定手法の開発に向けた調査研究 (米国の場合)	27
D. 計測分析技術と機器開発分野における波及効果の考え方	28
5-6) 国際的視点からの事業評価.....	30
A. 米国の例.....	30
B. EU 諸国の例	31
C. 中国の例.....	31

6. 本事業のマネジメントと成果のまとめ	32
6-1) 本事業のマネジメントの特徴	32
(1) 本事業の性格	32
(2) 事業のマネジメント体制の特徴	33
(3) 事業目標の設定に関する特徴	34
6-2) 本事業の成果のまとめ	34
(1) 主要な目標	34
(2) 主要な成果	35
 7. 今後の展開に向けた課題の同定.....	36
7-1) 本事業の課題	36
(1) 事業の背景における課題	36
(2) 諸外国との比較から見た本事業の課題	37
7-2) 更なる課題の抽出	38
7-3) 課題解決のための指針	39
 8. 先端計測分析技術・機器開発のさらなる発展に向けて	41
8-1) 当面の施策	41
(1) 基本方針	41
(2) 当面(27年度)の施策	42
8-2) 先端計測事業の10年後の有るべき姿！または有りたい姿！	43
 9. 終わりに	47
『参考文献』	48
表1 各種研究分野における代表的研究開発成果の一覧	49
表1 掲載の開発成果概要	51
先端計測分析技術・システム開発小委員会 委員名簿	77

1. はじめに

本事業は、平成15年6月文部科学省研究振興局において「先端計測分析技術・機器開発に関する検討会」が開催され、9名の有識者による精力的な検討により同年8月に報告された文書「先端計測分析技術・機器開発の進め方について」¹⁾に基づき、平成16年4月より開始された事業である。

本事業は科学技術振興機構（JST）により「先端計測分析技術・機器開発プログラム」として実施され、平成25年度で10年間の実績をあげた。

ところで、文部科学省における本事業の担当課は10年間の間に以下の通り変遷し今日に至っている。

第1期 研究振興局 研究環境・産業連携課（平成16年4月～）

第2期 研究振興局 基盤研究課（平成23年4月～）

第3期 科学技術学術政策局 研究開発基盤課（平成25年7月～）

一方、この間に本事業がよって立つところの科学技術・学術および社会・経済的状况が変化し、その変化に対応して本事業の事業目的もしだいに変化している。

また、本プログラムの一部である「ライフイノベーション領域」における研究開発活動は新たに発足する「日本医療研究開発機構」（平成27年4月発足予定）のもとに集約されることとなり、平成26年度から文部科学省、厚生労働省、経済産業省の三省連携に基づく「オールジャパンでの医療機器開発」プログラムに移行・実施されることとなっている。本事業の目的は本質的に変化しないものの、「ライフイノベーション領域」の実施体制は大きく変わるようになる。

以上の経過に基づいて本事業の方針と体制を見直すこととし、平成27年度より新しく再スタートすることとした。また、本事業は昨年度で発足以来10年を経過したので、この機会に本事業10年間の経過と実績ならびにその間の成果をまとめることとし、その結果を踏まえて本事業の今後の展望についてまとめることとした。特に、本事業が継続的な“科学技術創造立国”に向けた先端研究基盤事業であると共に、科学技術イノベーションを創出する支援事業であるという認識の下で、これまでの事業を捉え直し、今後10年に向けた新しい事業をどのように展開すべきか、その在り方について熟慮した上で本事業をより発展させることが狙いである。

2. 本事業発足当初の目的と制度設計

2-1) 社会的背景・課題と事業の意義

本事業は、上述した経緯により平成15年8月に報告された文書「先端計測分析技術・機器開発の進め方について」¹⁾に基づき、平成16年4月より開始された。

発足当時の学術的な背景の第一に、福井謙一氏、白川英樹氏に続いて田中耕一氏が「マトリックス支援レーザーイオン化質量分析法の開発」により平成14年(2002年)ノーベル化学賞を受賞したことが挙げられる。また、平成13年3月制定された「第2期科学技術基本計画」において、「計量標準、計測・分析・試験評価方法及びそれらに係る先端機器等の戦略的体系的な整備を促進する」と記述されていることにも基づいている。さらに、平成15年5月21日、日本学術会議講堂において特別シンポジウム「研究基盤としての先端機器開発・利用戦略」が開催され、学術分野ならびに産業分野の有力者からの強い要望が出されたことも大きな推進力となった。

特に上記特別シンポジウムは科学技術振興事業団ならびに、化学・物理・生物等の関係有力10学会が共催、業界3団体が協賛、政府と日本学術会議が後援し、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・黒川清副会長、黒田玲子総合科学技術会議員など学術関係者が講演すると共に、機械・電気・化学など関連有力産業界の研究開発担当役員等が講演した。

また、我が国の大学、研究機関、企業等における研究開発活動において、特に先端的計測分析技術や機器に関する海外依存度が高く、例えば基礎的学術研究の代表的な補助金である科学研究費補助金のかなりの部分が海外製品の購入に充てられているとの懸念があった。

本来、世界最先端の研究データ等はオリジナルの計測分析技術・機器から生まれるものであるから、世界一流で、真に独創的・創造的な研究開発成果は、既存の技術・機器のみに頼っているだけでは創出することが極めて困難である。したがって、我が国独自の技術・機器を創出するためにも、当該分野の人材を育成し関連企業の活性化を図ることが、我が国における喫緊の課題であった。

以上の様な背景と経緯により、世界最先端の研究者ニーズに応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」の開発を強力に支援することを目的として本事業が開始された。

2-2) 研究領域の選定と開発が期待される計測分析技術・機器

(1) 早急に着手すべき開発領域の選定の基準

上記報告書では、早急に着手すべき開発領域の選定のための基準として以下の項目が挙げられた。

- ①将来の独創的な研究開発に資するもの、
- ②研究者の強いニーズが現実にあるもの、
- ③将来、広範かつ多様なニーズの増大が期待できるもの、
- ④5年後に開発の実現可能性が見越せるもの、
- ⑤研究ニーズと技術シーズがベストマッチした提案を期待できるもの、
- ⑥多様な提案が期待できるもの、
- ⑦既存の技術レベルでは達成できないもの。

(2) 今後開発が期待される計測分析技術・機器

また、ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料、情報通信、環境等の研究分野において、今後開発が期待される計測分析技術・機器として、以下の項目が例示された。

- ①生体内・細胞内の生体高分子の高分解能動態解析（原子・分子レベル、局所、3次元解析）、
- ②単一細胞内の生体内高分子、遺伝子、金属元素等全物質の定量的、網羅的分析、
- ③実験小動物の生体内の代謝の個体レベルでの無・低侵襲的解析、可視化、
- ④人体内の臓器、病態などの無・低侵襲、リアルタイム3次元観察、及び人体中の物質の無・低侵襲定量分析、
- ⑤ナノレベルの物質構造3次元可視化、
- ⑥ナノレベルの物性・機能の複合計測（マルチプローブ等）、
- ⑦ナノレベルの領域における微量元素の化学結合・分布状態・定量分析（ナノキャラクタリゼーション）、
- ⑧極微量環境物質（大気浮遊粒子1粒子等）の直接・多元素・多成分同時計測、
- ⑨生体及び環境試料の超微量物質（ppbレベル）の化学形態別分析。

(3) 対象とする主要な機器

対象とする主要な機器として、当初以下のような種々の原理に基づく多くの分析装置が例示されている。

A. 形状観察：

- ①光学的手法 レーザー顕微鏡（生物用）等
- ②電子ビーム法 透過型電子顕微鏡（TEM）、走査型電子顕微鏡（SEM）、
- ③イオンビーム法 走査型イオン顕微鏡（SIM）
- ④プローブ法 走査型プローブ顕微鏡（大気型）

B. 微小領域の原子、分子の定性・定量分析と空間分布測定：

エネルギー分散型X線分析装置（EDX）、蛍光X線分析装置
電子線マイクロアナライザ（EPMA）、オージェ電子分光分析装置（AES）、
X線光電子分光分析装置（ESCA）、二次イオン質量分析装置（SIMS）、
飛行時間型質量分析計（TOF/MS）

C. 微小領域の原子の化学結合、化学形態分析：

核磁気共鳴装置（NMR）

D. 微小領域の物質構造：

X線回折装置（XRD）、

E. 気体、液体、固体バルクの定性・定量分析：

紫外・可視分光光度計、フーリエ変換赤外分光光度計（FT - IR）、
ガスクロマトグラフィー（GC）、ガスクロマトグラフ質量分析装置
（GC - MS）、液体クロマトグラフィー（LC）、液体クロマトグラフ質量分析
装置（LC/MS）、原子吸光分析装置（AAS）、ICP 発光分光分析装置
（ICP - AES）、ICP 質量分析装置（ICP - MS）

F. その他：

DNA 増幅装置、リアルタイム PCR 装置、DNA シーケクエンサ（キャピタリタイプ）、
UV サンプル撮影・解析装置、マイクロチップ電気泳動装置、
生体分子間相互作用解析装置等。

2-3) 事業の進め方

事業の実施にあたっては、研究者ニーズを踏まえた技術・機器開発を行うと共に、上述した現状の課題を解決するという観点が重視された。

また、特に産学官の連携、開発のスピード、国際標準への取り組み等に配慮

して、下記の様な実施体制が検討された。また、各実施段階では、技術の進歩や国際的動向等を踏まえ、事業の進捗を検討する「目利き」からなる委員会による審議・運営を行うこととされた。

(1) 制度の基本設計

最重要事項である本事業における諸制度の基本設計に関しては、以下の様な原則が示されている。

①競争的資金を活用する

②課題選定の基準

課題の新規性・独創性、

改良・改善ではなく非連続的な向上の実現、

開発期間内での実現可能性の重視、

③開発体制

創造的な研究者、最先端技術を有する複数の企業、大学、研究機関等からなるチームによる推進

中小企業、研究開発ベンチャーの参画

④開発の進め方

第1段階：応用開発、要素技術開発（複数提案を競争）

第2段階：プロトタイプ製作段階（最適提案を選定）

第3段階：実証・検証、プロトタイプによるデータ取得（複数プロトタイプ機による共同利用、性能向上、世界標準を指向）

(2) その他の事項

①技術・機器の実現のためのシーズを育んでいく視点から、日々の研究活動の中で新しい独創的な計測分析技術・手法の開発研究を支援する。

②プロトタイプの実用化・産業化

既にプロトタイプの段階に達している機器等は、実証・検証を行い、その実用化・産業化を早急に促進する。

2-4) さらに検討すべき課題

上に述べた事業の目的、開発課題の選定と研究の方向付け、制度設計と実施の要項等の他に、今後検討をさらに行うべき項目として以下の項目が挙げられている。

①産学官連携のあり方について（知的財産の取り扱い、秘密保持契約の問

題の整理)

- ②中小企業、研究開発ベンチャーの活用方策
- ③人材育成のあり方
- ④計測・分析に拘る研究者が評価される環境の整備
- ⑤政府調達の問題

3. 本事業における10年間の制度の変遷・進歩と改革

3-1) 我が国の科学技術・学術および社会・経済的状况の変化と変遷

A. 学術政策の進展

我が国の発展の基本に「科学技術と学術」を据えることを基本方針とし、5年毎に立案・計画される「科学技術基本計画」に見られる本事業に係わる学術政策の概要を以下にまとめた。

(1) 第2期科学技術基本計画(平成13年4月～)

平成13年3月制定された「第2期科学技術基本計画」では、「知的基盤」政策の一環として「計量標準、計測・分析・試験評価方法及びそれらに係る先端機器等の戦略的体系的な整備を促進する」と記述されている。

(2) 第3期科学技術基本計画(平成18年4月～)

第3期科学技術基本計画では「人類の英知を生む」等の政策目標のもとに、「科学技術の限界突破」などの項目を掲げている。そこで、第一の政策の柱として「科学技術の戦略的重点化」を掲げ、“政策課題対応型研究開発における重点化”の下に、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテク・材料の重点推進4分野と、エネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティアの推進4分野を掲げて、「分野別推進戦略」に特化した政策を展開している。

一方、第二の柱としての「科学技術システム改革の推進」のもとに“科学技術振興のための基盤の強化”を掲げた。この政策の下に、大学や公的機関の施設・設備の整備が優先したが、“先端大型共用研究設備の整備・共用の促進”が図られた。その中で、「知的基盤(生物遺伝資源等の研究用材料、計測標準、計測・分析・試験・評価方法及びそれらに係る先端的機器、関連するデータベース等)の戦略的な重点整備」が目論まれた。特に、「先端的機器については機器開発そのものが最先端の研究を先導する性格を持つことを踏まえ、重要な分野

の研究に不可欠な機器や我が国が比較優位をもちつつも諸外国に追い上げられている機器について、鍵となる要素技術やシステム統合技術を重点開発する」と明記されている。

（３）第４期科学技術基本計画（平成２３年８月～）

第４期科学技術基本計画は本来平成２３年４月から実働する予定であったが、３月１１日の東日本大震災の発生により、急遽、災害からの復興・再生を第一目標とし、防災・減災・安全ならびに持続性の確保とならんで国家存立の基盤となる科学技術を保持する国、科学技術イノベーション政策の一体的展開などが主題となり、同年８月より実施となった。

第二の政策目標は、第３期の基本計画における「重点推進４分野、推進４分野」への戦略的重点化政策が、各分野の連携を失い社会の課題解決に力を発揮できなかったことへの反省に基づいている。即ち、科学技術推進政策とイノベーション重視政策を一体化し、科学技術イノベーション政策として一体的に展開し、国として取り組むべき重要課題の達成に向けた施策を重点的に推進することとしている。

基本方針としては、喫緊の課題として、震災からの復興再生の実現、グリーンイノベーションとライフイノベーションの推進等を掲げると共に、科学技術の共通基盤の充実・強化、国際水準の研究環境及び基盤の形成として、知的基盤の整備、先端研究施設及び設備の整備、共用の促進等を掲げている。特に、「領域横断的な科学技術の強化」として、「先端計測及び解析技術等の発展につながるナノテクノロジーや光・量子科学技術、シミュレーションや e-サイエンス等高度情報通信技術、数理科学、システム科学技術など、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合技術に関する研究開発を推進する」と明記されている。

B. 社会・経済的状況の変化

過去１０年間の社会・経済的状況は多くの困難に満ちた厳しい状況であったと総括出来る。社会の経済状況は永く続く「デフレ不況」であり、その上、平成２０年９月には、いわゆるリーマンショックにより世界中が大きな打撃を受け経済活動が停滞した。また、我が国では平成２３年３月に東日本大震災が発生し、地震と津波の災害に加え、東京電力福島第一原子力発電所の被災と放射能漏れにより、社会経済的に極めて甚大な被害と負の影響が生じ、多くの自治体等は対応に追われた。本事業に係わる最大の課題は放射能による広域汚染問

題であった。特に市民生活環境や農・水産物等の食品への影響が懸念され、早急な放射線モニタリングのための機器システムの整備が喫緊の課題となった。さらに国家予算の上では、多大な復興予算の支出を余儀なくされ、現在に至るまで種々の影響が続いている。

3-2) 本事業の制度と運営方法の進歩

既に述べた通り本事業発足の段階では、ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料、情報通信、環境等幅広い研究分野における技術・機器開発を対象とし、「要素技術」と「機器開発」タイプの研究開発が実施された。ただし、予算の効果的な使用を実現するために、5つの重点開発領域を設定して、研究課題を公募することとした。一方、優れた着想と開発計画を広く公募する目的で、領域非特定の課題も募集した。この考え方はその後平成25年度即ち、10年間をとおして実施されたのである。

本事業開始後5年目（平成20年度）には、当初計画で第3段階と呼ばれた「実証・実用化」タイプの研究開発が開始され、さらに、8年目（平成23年度）には、「実証・実用化」段階を経て完成した装置群を広く活用し普及させるためのプログラムである「開発成果の普及・活用促進」事業を開始した。

以上の基本的な開発段階に加えて、かねてからの利用者側からの指摘、即ち、我が国の計測分析機器・システムはソフトウェアが十分完備されていないために使い勝手が良くない、との指摘に対応して、事業開始6年目（平成21年度）には「ソフトウェア開発」タイプの研究開発プログラムが付け加えられた。（ただしこのプログラムは「機器開発」、「実証・実用化」タイプと併合され、平成23年度で別建ての募集が打ち切られた。）

既に述べた通り、平成23年8月に実施された「第4期科学技術基本計画」には、新しい科学技術イノベーション政策の目玉として、「グリーンイノベーション」と「ライフイノベーション」のための研究開発計画が明示された。

本事業でも行政の方向付けにならい、平成24年度より「グリーンイノベーション領域」と福島原発の事故に基づく放射性物質による環境汚染に早急に対応すべく「放射線計測領域」を立ち上げた。また、平成25年度より「ライフイノベーション領域」を立ち上げ、多くの公募課題から、厳選した研究開発課題を採択して実施している。

3-3) 10年間に実施した制度に関する改革

本事業は、発足以来6年間にわたり比較的順調な予算の伸びが実現したため、当初の事業目的を比較的忠実に実行することが出来たと云える。その後、事業予算は「事業仕分け」により3割減少したが、新しい目論見として「ソフトウェア開発」タイプや「開発成果の普及・活用促進」事業を新たに追加し、さらに、「グリーンイノベーション」、「放射線計測」ならびに「ライフイノベーション」領域を加えるなどの制度改革を行い、事業内容の大幅な拡充を図って現在に至っている。本事業の制度面での改革と進展は、大筋で以下の様にまとめることが出来る。

(1) 第1期(平成16年度～平成19年度)

- # 「要素技術」と「機器開発」の公募・採択・実施を行う。
- # 課題の採択に当たっては「先端計測技術評価委員会」が事前評価、および中間評価を行い、また課題の推進については「開発総括(PO)」が開発進捗状況の把握等マネジメントを行った。

(2) 第2期(平成20年度～平成23年度)

- # 上記タイプに加えて「実証・実用化」の公募・採択・実施を行う。
- # 平成21年度～平成23年度まで「ソフトウェア開発」タイプの公募・採択・実施を行う。
- # 平成23年度より、さらに「開発成果の普及・活用促進」事業の公募・採択・実施を行う。

(3) 第3期(平成24年度～平成25年度)

- # 平成24年度より「グリーンイノベーション」領域と「放射線計測」領域を加え、さらに平成25年度より「ライフイノベーション」領域を加え、公募・採択・実施を行った。

(4) その他

- # 上記の他に制度の見直しとして、本事業開始前に想定していた、第1段階の要素技術開発、応用開発を「複数提案・競争方式」とし、第2段階のプロトタイプ製作段階で「最適提案を選定・製作」する方法を取りやめることとした。その理由は、第2段階で「複数提案・競争方式」の劣後者が使用した予算の無駄が懸念されたためである。

また、第3段階の実証・検証に際して、プロトタイプを複数台作成することはほとんど実行できなかった。

なお、本事業発足当初から、各種研究分野において今後開発が期待される計測分析技術・機器として例示された課題を、優先的「開発領域」として明示しつつ公募を行った。また、平成19年度より一般領域「主として研究現場で使われる機器」と並んで、応用領域「主にものづくり現場で使われる機器」をも公募することとした。

4. 本事業の成果

本章では、本事業による重要な成果を種々の観点から分析し列挙することにより、本事業の幅広い価値と意義を明らかにすることとしたい。

既に述べた通り、本事業の目的は開始当初の「オンリーワン・ナンバーワン」路線から、新たに「イノベーション」重視路線が加わり、言わば「我が国の先端研究基盤を強力に支えるオンリーワン・ナンバーワン」路線と「先端研究基盤強化による科学技術イノベーション創出支援」路線の複合的目標を持つに至っている。その経緯の概略を以下にまとめる。

4-1) 本事業における成果の考え方

A. 本事業開始時の目標

本事業開始時においては、「先端計測分析技術・機器開発の進め方について」において例示されている通り、①医療・生命科学計測、②材料計測、③環境計測などのための各種の先端的な機器開発が期待されていた。一方、上記文書には実施課題の選定について記されており、原則は「多様な提案を公募し、競争的な環境の中で実現していくことが適当である」と記されている。したがって、ボトムアップ型の開発研究方針を採用しており、さらに予算の制約もあるため、かならずしも例示された課題の全てが採択され、実施された訳ではない。

B. 第4期科学技術基本計画によりあらたに付加された事業目標

平成23年8月に実施された「第4期科学技術基本計画」に基づき、平成24年度より「グリーンイノベーション領域」、平成25年度より「ライフイノベーション」を立ち上げた。この領域はあらかじめ内容と採択予定件数を明記した上で公募したため、大項目に該当する開発課題の優れた提案は採択され実施に至っている。

①「グリーンイノベーション」領域

#「太陽光発電」、「蓄電池」、「燃料電池」の飛躍的な性能向上ならびに
低コスト化に貢献する計測分析法の開発

②「ライフイノベーション」領域

#ターゲット（マーカーや症状）を測定するための診断技術・機器および
システムの開発

#ターゲット（マーカーや症状）を解明するための計測分析技術・機器
およびシステムの開発

C. 東日本大震災からの復興支援のための事業目標

この事業目標に関しても、あらかじめ内容と採択予定件数を明記した上で公募したため、該当する優れた提案は採択され実施に至っている。

①「放射線計測」領域

#実用化タイプ：食品・土壌などに含まれる放射性物質質量および放射能濃
度の迅速かつ高精度・高感度な測定装置

#革新技術タイプ：新たなブレークスルーを生み出す革新的な放射線計測
分析技術・機器の開発

以上述べた A. B. C. 3種類の領域について、それぞれ開始年次に応じて、公募、採択された課題については開発研究が実施されている。それぞれの領域における研究開発成果は、当然のことながらそれぞれの領域の事業目的に応じて評価され、特記すべき成果として選定されている。

4-2) 各種研究分野における特記すべき研究開発成果

上述した様に、各領域の特筆すべき研究開発成果は、各領域の事業目的に対応して選定されている。その代表的な事例を表1（P49～50）に一覧表として示す。

一覧表では、各研究開発成果の特徴と評価項目を以下の基準により分類し表示している。

（1）各領域の事業目標に対応した分類：

- 1) 医療・生命科学計測のための機器
- 2) 材料計測のための機器
- 3) 環境計測のための機器
- 4) 放射線計測のための機器

- (2) 実用化に際してのイメージ等
 - 1) 大型装置（卓上設置不可）
 - 2) 高額装置（数千万円以上の価格）
 - 3) 小～中型装置（卓上設置可能）
 - 4) キット・要素技術
 - (3) カタログ製品化され販売されている装置
「製品名」と（製品化企業名）
 - (4) 社会的学術的評価としての分類・評価：
 - 1) オンリーワンタイプ：
革新性、新規性、独創性が高くオリジナルの技術ないしは機器
 - 2) ナンバーワンタイプ：
類似技術・機器よりも格段に高性能、高機能な技術ないしは機器
 - 3) イノベーションタイプ：
特にニーズ志向が強く、市場性が高い技術ないしは機器
 - (5) 開発成果の普及・活用事業の対象：
開発成果の普及・活用のための共用事業の対象となっている機器
 - (6) その他学術的に高い評価を得て各種表彰の対象となっている場合等については、備考欄に記載してある。
- また、本事業の研究開発成果の内、学術的な成果として学術論文の年度別発表件数（累計）を図 1 に、また、年度別特許出願件数（累計）を図 2 に示した。

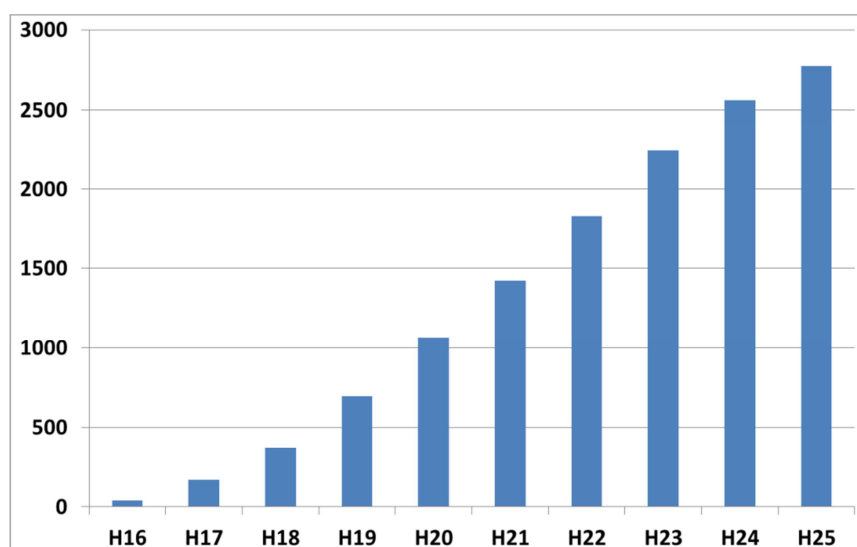


図 1 論文掲載件数（累計）

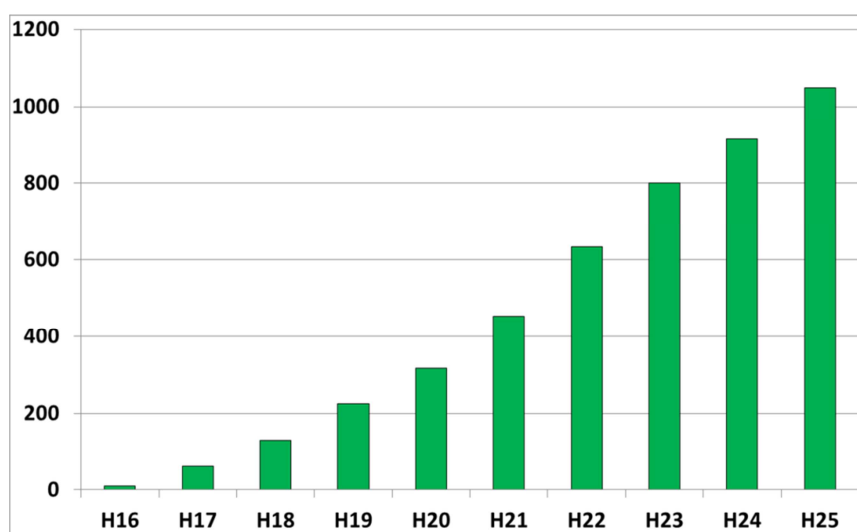


図2 特許出願件数 (累計)

さらに、研究開発成果として、製品化が行われかつ市販された技術・装置の年度別売上額 (累計) を認可予算額 (累計) と共に図3に示した。

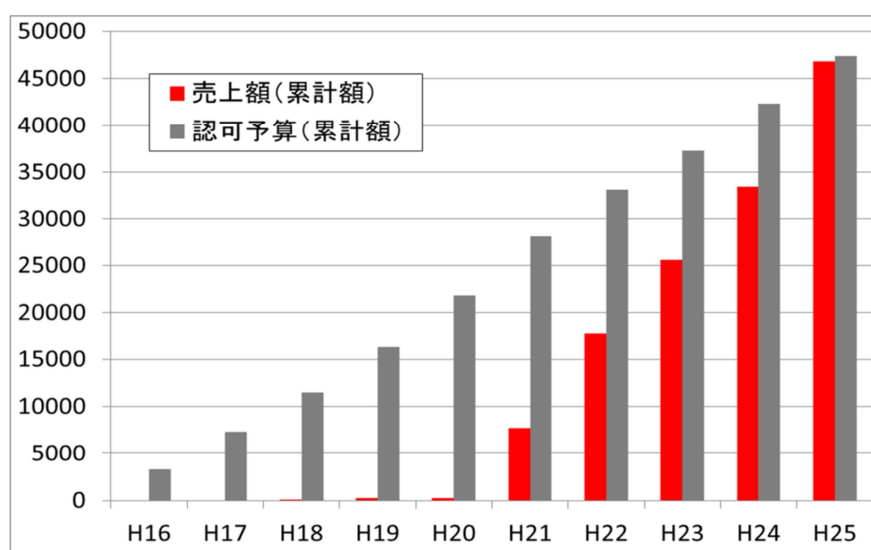


図3 売上額と認可予算の推移 (百万円)

図3に示した通り、事業開始より5年程度経過した後から、製品の売り上げ額が相当額計上される状態となり、年々その累積額が増大し、ほぼ10年目には投入予算額の累積総額と匹敵する状態となった。当然のことながら、売上高の上昇が見られる年度までのリードタイムは機器の種類にもよるが、概ね開発

期間終了後2ないし3年と見られる。

4-3) 各種計測・分析法の進歩と成果

本事業により開発された先端的計測分析技術と機器の内、代表的な成果が表1 (P49～50) に示されている。この表に上げられている各種計測・分析法について、方法論の進歩という観点より抽出した評価すべき特徴とその具体的な内容を検討した。方法論の進歩は、「原理的な進歩」、「装置的な進歩」、「測定対象の拡大」、「新しく生み出された機能」、「新しく開拓された応用」等により具体的に評価できる。

このような評価結果を、「原理①」、「装置②」、「拡大③」、「機能④」、「応用⑤」と分類表記し、具体的な内容を示すキーワードと共に、表1に記載した。

4-4) 研究環境と人材育成

上記の各項目はいわば「研究開発による直接的な成果物」による成果の事例を示すものであった。一方、本事業の成果として、学術的にも社会経済的にも重要である「間接的な成果」を生み出していることに注目して戴きたい。

即ち、研究者、技術者、大学院生等からなる「研究者コミュニティー」に対して、本事業のような、計測技術、分析技術の分野における「装置化」研究の持つ意義について広く知らせ、エンカレッジすることである。

以下に「研究環境」と「人材育成」について述べる。

A. 研究環境について

我が国を代表する基礎研究分野の振興のためのファンディングシステムとして「科学研究費助成事業」がある。その中に、1965年から1996年までは「試験研究」という研究種目があり、計測分析技術・機器開発を支えて来た。実はこの流れを汲む研究種目も2001年をもって公募停止となってしまった。このため、我が国の研究者コミュニティーにおける装置化研究の機運は低迷していた。その後、2004年本事業が発足し、本年で11年間「装置化」研究が復活して来たこととなる。したがって、本事業による「我が国の先端研究基盤を強力に支えるオンリーワン・ナンバーワン」機器等の開発研究の復活は学術の分野で極めて重要な意味を持っていると言ってよい。

本事業は上記「科学研究費助成事業」でカバーされない、企業に属する技術者にも「共同研究をするチャンスを与える」という意味で、研究環境の改善に

大きく貢献している。

B. 人材育成について

本事業は、上述の意味と同程度、あるいはより大きな意義と価値を有する「人材育成」効果を、研究者コミュニティにもたらしている。本事業は、事業に参加している大学は勿論のことであるが、開発研究を分担している企業に対しても、技術の継承に貢献すると共に人材育成を活性化させるチャンスを与えている。特に若い研究者ならびに技術者に対する「ものづくり（Instrumentation）マインド」の喚起と奨励は、我が国の基礎ならびに開発研究の創造性と新規性を高めるために極めて重要である。

このような産学官に及ぶ人材育成機能は、政府の推進している科学技術イノベーション政策の根幹部分に係ることであり、我が国が科学技術により国際競争力を高め、21世紀の世界において確固たる地位を占めることに貢献することができる。

4-5）各種研究分野における代表的開発成果事例

本事業の特記すべき研究開発成果は表1（P49～50）にまとめて列記してあるが、本節では、表中に記してある各種領域の事業目標に対応した4種の分類それぞれの中で、特に傑出した開発成果を挙げた研究開発事例を4件紹介することとしたい。（開発者の所属・肩書きは採択時のもの）

（1）『光断層装置「フーリエ光レーダー」高機能臨床型の開発』

（医療・生命科学計測分野）

本装置は平成16年度から開始された筑波大学谷田貝豊彦教授等による「生体計測用超高速フーリエ光レーダー顕微鏡」の成果を基に、（株）トーマコーポレーション技術部加藤千比呂部長と筑波大学大学院数理物質科学研究科安野嘉晃助教のチームによって、平成20年度より実証実用化タイプで開発されたものである。本装置はレーザー光干渉によって、非接触で前眼部の3次元断層像を高速にイメージングする装置で、高速波長走査レーザー光源を用いた前眼部OCTとしては世界唯一のものである。

日本人の中途失明原因の第一である緑内障や角膜疾患の診断には、前眼部（眼球の角膜から虹彩および水晶体に至る部分）の異常を詳細に捉えることが有効である。従来は、器具の一部を角膜に接触させてこれらの情報を得ていたが、患者への負担も大きく、感染症の危険性もあった。

この装置一台で、角膜形状測定から屈折矯正手術、白内障手術、角膜移植、角膜混濁、円錐角膜の検査・診断、さらに緑内障診断のための隅角解析や緑内障手術の解析までを行うことができ、前眼部に係る多くの疾患に応用されている。

すなわち本装置は、眼科の診断・治療の分野において将に革命的な進歩をもたらしたものと評価され、すでに市場に販売された製品も多数にのぼり、開発投資金額を大幅に上回る販売実績を有している。

表 1（医療・生命科学計測のための機器：成果集番号 1 2 番）及び P57 参照



図 4 前眼部 OCT（CASIA シリーズ）外観

（２）『リアルタイムステレオ SEM の開発』（材料計測分野）

本装置は平成 21 年度から開始された（株）日立ハイテクノロジーズ先端解析システム第一設計部伊東祐博統括主任技師と新潟大学教育研究院医歯学系牛木辰男教授のチームによる「リアルタイムステレオ SEM の開発」の成果である。通常の SEM 装置は、細く縛った電子線を試料表面上で 2 次元的に走査することにより、試料の表面形状を反映した 2 次元画像を得るものである。しかしながら、通常の装置で得られる一方向からの電子ビームによる画像のみでは、ちょうど片目で物体を見た場合の様に表面の凹凸を正しく判断することが出来ない。

開発者らは、電子ビーム照射系に特殊な光学系を採用することによって、人が両目で物体を見るのと同じ様に、2 方向の電子ビームを高速にスイッチしながら試料表面を走査するための電子光学系を製作した。このデータを適宜処理し、モニター上に立体表示することにより、正確な 3D 画像をリアルタイムで

観察できるようにしたのである。最も容易な方法は、立体映画のように２色つき眼鏡をつけて見る方法だが、近年開発された裸眼対応型高解像度３Ｄモニターを用いることにより、眼鏡なしで、詳細な３Ｄ画像を見ることが出来る。

このようなリアルタイムステレオ SEM を用いて試料を観察すると、対象試料の表面の凹凸が正確に判定出来るし、生物試料の細胞や生体組織を観察する場合には、奥行き情報が正確に判るため、メスで切り取るような微小解剖をおこなう際に強力な観察手段となる。

本装置は、すでに製造販売されている走査型電子顕微鏡にオプション機能として付加することができ、相当数が市場に供給されている。

表１（材料計測のための機器：成果集番号２０番）及び P66 参照



図５ リアルタイムステレオ SEM（左）と、裸眼高解像度３Ｄモニター（右）

（３）『実時間型エアロゾル多成分複合分析計の開発』

（環境計測分野）

本装置は平成２０年度から開始された東京大学先端科学技術研究センター竹川暢之准教授と富士電機システムズ（株）電機プラント本部第三統括部商品開発部峰岸裕一郎部長のチームによる「実時間型エアロゾル多成分複合分析計の開発」による開発成果である。

本装置では、大気中粒子を連続的に吸引導入した後、紫外レーザー光を照射し蛍光検出することにより当該粒子が生物起源か否かを判別し（蛍光検出部）、その後、赤外レーザー光を照射し散乱光から粒子径、散乱頻度から粒子数（質量濃度）を求め、白熱光からブラックカーボンを定量する（白熱検出部）。さらに、粒子を真空領域に導入した後、粒子トラップに捕集し、炭酸ガスレーザー

の高出力光を照射することにより加熱・気化し、質量分析計で化学成分（硫酸塩、硝酸塩、アンモニウム塩、有機物）の定量を行うことができる（質量分析部）。

この装置を用いることにより、例えば、都市大気中 **PM2.5** の粒径分布、成分分析をリアルタイムで連続モニタリングすることができ、その成分解析から **PM2.5** の発生源解析も可能となる。また、大気中エアロゾルに含まれるブラックカーボンや酸性粒子を定量することが出来るので、この装置を広く普及させれば、エアロゾルによる太陽光の散乱・吸収特性を推定することに役立ち、気候変動への影響に関する情報が得られる。

表 1（環境計測のための機器：成果集番号 26 番）及び P73 参照

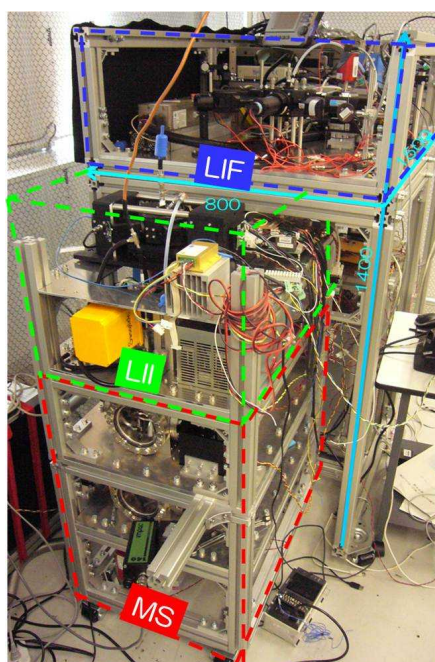


図 6 エアロゾル複合分析装置 試作機外観

（４）『革新的超広角高感度ガンマ線可視化装置の実用化開発』

（放射線計測分野）

本装置は平成 24 年度から開始された独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所高橋忠幸教授と三菱重工業（株）航空宇宙事業本部誘導・エンジン事業部電子システム技術部黒田能克主席技師のチームによる「革新的超広角高感度ガンマ線可視化装置の実用化開発」の成果である。

本装置は、ガンマ線が散乱体に入射した際に生じるコンプトン散乱現象を利

用して、ガンマ線の入射方向とそのエネルギーを同時に計測することにより、ガンマ線を放出する放射性物質の種類とその空間分布を計測し、直接可視化するための装置である。

開発者等は従来から開発してきた X 線天文衛星に搭載するガンマ線検出器を改良し、東日本大震災により発生した ^{134}Cs や ^{137}Cs 等の放射性物質による広域環境汚染に対処するために、視野角 180 度の超広角かつ高感度、高エネルギー分解能の可搬型ガンマ線カメラを製品化した。

本装置により、被災地における放射性物質によるホットスポットの検知や除染処理作業の効率化、ならびに除染処理前後の効果の確認などが可能となった。

表 1（放射線計測のための機器：成果集番号 28 番）及び P75 参照



図 7 超広角高感度ガンマ線カメラ（ASTROCAM 7000HS） 外観

5. 本事業における評価手法と事業評価

5-1) 評価手法の制度設計について

本事業開始時における制度設計では、競争的資金の活用が前提とされており、課題選定、即ち事前評価の基準において、以下の諸項目が重視されている。

- ①技術の新規性・独創性
- ②開発される機器の性能

③開発の実現可能性

また、開発体制としては以下の事項を要件としている。

- ④創造的なアイデアを持つ研究者、最先端技術を有する複数の企業、大学、研究機関が結合したチーム体制での開発。（前処理技術、自動化技術、ソフトウェア開発技術を有する組織を含むこと）
- ⑤中小企業、研究開発型ベンチャーの技術が活かせる開発体制を一定の割合で含むこと。

5-2) 研究開発課題の評価について

本事業による研究開発を希望する申請者は、研究開発計画の事前評価を受けなければならない。書面審査による第一段審査では採択予定課題数の約2倍の件数に絞り込まれ、その後に面接方式による第2段審査を受け評価される。その要領は以下の通りである。

A. 事前評価

1) 事前評価の流れ

- ①応募申請書の提出
- ②評価委員会による申請書類の事前評価
- ③評価委員会による面接選考
- ④PD, PO によるとりまとめの後 JST により採択課題決定

2) 事前評価の観点

「機器開発タイプ」では、

- ①開発を行う技術・機器に新規性・独創性があること
- ②最先端の研究ニーズに応えるものであること
- ③開発構想の実現に向けた科学的・技術的な見通しがたっていること
- ④具体的かつ実施可能な開発計画が立案されていること
- ⑤開発計画の遂行に必要な実施体制を構築できていること
- ⑥開発成果である計測分析機器がより大きな波及効果を生み出すと期待されること
- ⑦応用領域の開発課題については、応用現場（ものづくり現場）のニーズに応えるものであること

「要素技術タイプ」では、

- ①開発しようとする技術・手法に新規性・独創性があること

- ②開発の実現性があり、将来への波及効果が見込まれること
- ③開発目標・開発計画が妥当であること
- ④現在の要素技術に比べ飛躍的に性能を向上させること
- ⑤標準試料、標準試薬となりうるもの等の場合については、波及効果が大きいこと
- ⑥応用領域の開発課題については、応用現場（ものづくり現場）のニーズに応えるものであること

事前審査に通り採択された後開発研究の実施後２年目に、中間評価を受ける。
この評価は以下の手続きと評価基準に従って行われる。

B. 中間評価

1) 中間評価の流れ

- ①開発実施中間報告書の作成
- ②評価委員会の事前査読
- ③中間評価会議の実施
- ④現地調査、再ヒアリングの実施

2) 中間評価の観点

「機器開発タイプ」では、

- ①開発計画の目標達成度および実現可能性
- ②期待される開発機器の性能
- ③開発成果の市場性
- ④プロトタイプ開発に必要な技術の熟成度
- ⑤特許出願、論文発表状況

「要素技術タイプ」では、

- ①開発計画の目標達成度および実現可能性
- ②特許出願、論文発表状況

開発研究がほぼ予定された通り進捗した場合には、定められた実施期間の終了後翌年に下記の通り、事後評価を受けることとなる。

C. 事後評価

1) 事後評価の流れ

- ①開発実施成果報告書の作成
- ②評価委員会の事前査読
- ③事後評価会議の実施

ヒアリングを実施し、必要に応じて現地調査を行い、総合評価をまとめる

2) 事後評価の観点

「機器開発タイプ」では、
(開発面での評価)

- ①当初設定した開発実施計画が達成されたか。
- ②開発成果として得られたプロトタイプ機を用いて最先端の科学技術に関するデータ取得が可能か。
(利用面での評価)
- ③プロトタイプ機もしくは今後の改良機・実用機について、その利用により創造的・独創的な研究開発に資するか、また、広い利用が見込めるか。
(事業化面での評価)
- ④事業化を円滑にするため、戦略的な知的財産の形成がなされているか。
- ⑤事業化の見通しがあるか、市場開拓の見通しは適切か。

「要素技術タイプ」では、
(開発面での評価)

- ①当初設定した開発実施計画が達成されたか。
- ②開発した要素技術が、計測分析奇異の性能を飛躍的に向上させることが可能か。
(利用面での評価)
- ③要素技術もしくは今後の改良機・実用機について、その利用により創造的・独創的な研究開発に資するか、また、広い利用が見込めるか。
(事業化面での評価)
- ④事業化を円滑にするため、戦略的な知的財産の形成がなされているか。
- ⑤事業化の見通しがあるか、市場開拓の見通しは適切か。

5-3) 研究開発成果の学術的・社会経済的評価について

既に述べた如く本事業は現時点において「我が国の先端研究基盤を強力に支えるオンリーワン・ナンバーワン」路線と「先端研究基盤強化による科学技術イノベーション創出支援」路線の複合的目標を持ちつつ現在に至っている。

本事業では第4章で述べている通り、「我が国の先端研究基盤を強力に支えるオンリーワン・ナンバーワン」路線の成果として多くの優れた技術と機器を創出できている。また他方では、「先端研究基盤強化による科学技術イノベーション創出支援」に貢献する多くの成果も創出している。

また、上記の成果の内、我が国のみならず世界の市場で評価され、製品として購入されている成果も少なくない。この事例は、社会経済的観点からの確実な評価であり、客観的な評価軸の一つとして認められるべきものである。

本事業の目的である「先端的な計測分析技術・機器開発」の具体的な成果は、その学術的、社会経済的に、誠に幅広く多様な波及効果を有していることが知られている。即ち、一例を挙げると、「極めて高感度な分子検出技術・機器」が開発されれば、「社会の安全と安心に貢献する方法論」として、「環境安全」、「健康安全」、さらには「防災安全」に関わる客観的な証拠を提供することにより「社会経済的機能」を果たすことが出来る。また、他方では、「学術的研究の方法論」ともなり、さらに、産業競争力を高める「研究開発（R&D）の強力な方法論」を提供する事にもつながるのである。

科学技術の成果物が社会に及ぼす「波及効果」については、章を改めて検討することとしたい。

5-4) 研究環境と人材育成について

本事業が「研究環境と人材育成」に関し、大きな成果を上げていることは前章で既に述べている。ここではその成果をどのように客観的に評価出来るかということが課題となる。以下に、定量的な評価に役立つと思われる項目を列挙する。即ち、計測分析技術に関連する分野における以下の項目に関する統計的な指標とその経年変化を追跡することが役立つものと考えられる。

- ①当該分野の学術論文、特許の数。また、その学術論文が特許に引用される論文数
- ②産業競争力の向上
- ③ノーベル賞、ならびに有力な賞の受賞者の増加
- ④当該分野の研究者、技術者の数

5-5) 波及効果に関する評価手法について

一般に「科学技術重視政策」や「研究開発投資」の効果を定量的に評価する

ことは困難である。近年、このような分野における政府の国民に対する説明責任を果たすために、関係府省庁による検討が成されている。例えば、旧科学技術庁の科学技術政策研究所は 1990 年代から「科学技術連関モデル」の開発を行っている。

A. 企業における研究開発プロジェクト（R&D 活動）のモデル化の試み

まず紹介したいのは、科学技術庁科学技術政策研究所の研究グループが 1990 年 9 月に報告した「科学技術連関モデルの開発—研究開発のダイナミクス—」²⁾ である。この報告は、日本の代表的企業で研究開発投資額上位 50 社から任意で協力可能との回答があった 20 社について、アンケートとヒアリングにより回答を得て、その結果を解析しまとめたものである。

本報告をまとめる元となる概念の一つはシュンペーターが強調した、経済社会の成長と発展の過程には、新しい技術知識を創造し、それらを利用し、かつ、捨てさるという「創造的破壊」が根幹的役割を果たしているとしたことである。この創造と破壊の繰り返しの中から、試行し、学び、新たな挑戦を作り出す生命力がイノベーションをもたらすと考えるのである。一方、レオンティエフは先端技術がもたらす新しい生産活動は、産業分野毎に異なった社会的挙動を示すので、技術と技術、産業と産業の相互関連性を数量的に分析して、経済社会の動的特性を明らかにすることが必要であるとした。即ち、「科学技術連関モデル」にはこの両者の総合が必要であるので、第一には、スタチックなモデルからダイナミックなモデルへの展開が必要であり、第二に、先端技術の性質の把握と経済への影響を考察することが不可欠であるとしたのである。

さらに言えば、第一の「ダイナミックなモデル」には、「研究開発及び製品のライフサイクルにより、経済活動がダイナミックに変質すること」ならびに、「研究開発活動の成果である知識は経済構造に直接・間接の影響を与える」ことを考慮しなければならない。また、第二の「先端技術の性質の把握と経済への影響」については、「研究開発投資においても規模の経済性が働くこと」、ならびに「研究開発段階において技術固有のラグパターンがあること」、および「技術革新はスピルオーバー効果をもっている」ことなどを考慮すべきであることとなる。

以上の様な考え方の基に、日本の代表的な企業において実際に実行された R&D 活動とそれを基にしたプロジェクトの成果との関係を諸データより解析することにより、「企業の研究開発活動に関する新しい理論構築を可能にする事例

とデータの集積を行い、イノベーションプロセスの体系的解明を進めたいと考えたのである。

以上の結果から得られた結論は概略以下のとおりである。

今回の「科学技術連関モデル」の開発の試みにより、いくつかの点が明らかにされた。即ち、**1970～1985** 年における日本企業の **R&D** プロジェクトマネジメントに関し、

- 1) 新製品開発を目的とするプロジェクトにおいて実現されるイノベーションは、表面的にデマンドプル型となるが、要素技術レベルでは積極的に先端技術が追求され、テクノロジープッシュ型がその実現を支えていた。
- 2) 継続的改良型のイノベーションに注力することによって、不確実性を避けて研究開発への傾斜的投資を行うことが出来た。しかし、マーケティングなど製品市場の動向予測に起因する失敗の事例も多い。
- 3) 多くの企業は、社内技術蓄積の高度化を目的にして、知的中間投入材として知的ストック（論文、特許、研究開発支出累積額などを代理指標とする研究成果）の内部蓄積を重視している。
- 4) **1970** 年代以降のキャッチアップの最終段階において、日本企業はある程度成功が約束された **R&D** 投資に注力し、一定の保証されたリターンの下再投資を行うというメカニズムを確立し、日本経済において増大するリターンと長期の成長を実現した。
- 5) しかし、測定された乗数効果からは一定の経済成長を達成するために必要な設備投資の集中化傾向とそれからもたらされる巨額化が推定され、投資資本の回収を可能にする市場をいかに確保するかという問題が発生する。キャッチアップ段階が終了し、探索型 **R&D** プロジェクトに本腰を入れる必要性が強調される段階に入った時点で、日本企業の **R&D** マネジメントはまさに歴史的曲がり角に來たと云える。

以上のように、当時の時代背景と「企業が研究開発プロジェクトを推進するために投資を行う」という調査対象から考えて、誠に妥当な結論が導かれている。したがって報告者が総括している通り、「先端技術が生み出す社会的ダイナミクスの特徴を体系的な枠組みに沿って把握しようとする目論見は、そのためのいくつかの方法論的な糸口を見いだすことが出来た」と言ってよい。

報告者らは報告を締めくくるにあたり、残された課題として今後計量すべき関連項目を以下のように列挙している。

- ①研究開発のリードタイムは先端技術に固有のパターンを示す。知識ストックの投入密度が高くなるとリードタイムは短くなり、設備投資規模が大きくなると長くなる傾向がある。また、事業化以降も社会への普及段階でのリードタイムが存在することに注意する必要がある。
- ②成功した先端技術分野の研究開発投資では、安定した規模の経済性が成り立つ。即ち安定した乗数効果がある。日本企業は一定の乗数効果が期待出来るプロジェクトを選好的に投資している。
- ③技術革新のスピルオーバー効果の定式化が必要である。
- ④製品の収益率とライフサイクルに関する技術的分布特性を検証する必要がある。
- ⑤先端技術によって発生した付加価値額と需要規模に関する定式化が必要である。

B. イノベーション測定手法の開発に向けた調査研究（日本の場合）

次いで、文部科学省科学技術政策研究所が 2008 年 3 月に報告した標記の報告書³⁾を概観したい。

結論から言えば、本調査では以下の諸項目の分析と解析を行い、後述のように産業別にイノベーション分析を行った上で若干の知見を得たと評価出来る。

- ①科学技術の技術への波及プロセスを明らかにすべく、特許と科学論文の関係性を分析し、企業の業種レベルへの適用を図った。
- ②イノベーションを創成している企業・産業と科学研究の結びつきを明らかにするために、企業の研究開発と科学の関係を分析した。
- ③イノベーションの効果を定量的に明らかにするために、企業レベルのデータに基づき、計量経済分析をおこなった。即ち、企業の研究開発活動が全要素生産性に及ぼす効果の分析、研究開発や知的資産が企業価値に及ぼす影響の分析を行った。
- ④科学技術システム改革やイノベーション・システムのガバナンスがイノベーション創出に与えた効果をマクロ（国）レベルで明らかにするために、若干の解析を行った。

以上の分析の結果、概ね以下の様なことが明らかにされた。

- ⑤家電産業、半導体産業を含む電機産業におけるイノベーション分析
 - # 電機産業では研究開発投資が全要素生産性の上昇に優位に寄与した。
 - # 家電分野では、近年は新しい科学的知見や大学等との結びつきが強まる。

- # 近年、家電業界では科学との関係に抑制的な傾向も見られる。
- # 半導体産業においても大学等との関係が強まっている。
- # 半導体産業に関連した学会の関係者の意識では、基礎研究と製品化段階での知識の受け渡しの関係が弱い。

⑥医薬品産業におけるイノベーション分析

- # 医薬品を含む化学産業においても研究開発投資やイノベーション活動が全要素生産性の上昇に寄与し、また、研究開発投資が企業価値（株価）の形成に寄与している。
- # 医薬品産業は新しい科学研究の成果を多数参照し、大学等との関係も密接である。
- # 医薬品業界を含む化学産業は、「サイエンスを重視する傾向」が近年強まっている。

C. イノベーション測定手法の開発に向けた調査研究（米国の場合）

ここでは、2012年5月に報告された“Measuring Science, Technology, and Innovation: A Review⁴⁾”を紹介したい。

この報告書はタイトルに謳っている様に、「科学、技術、イノベーション (STI) を測るための指標」について幅広く議論したものである。しかしながら、STI の関係を正しく評価するためには、その前提として STI システムのモデル化が成されていなければならないが、残念ながらその詳論はされていない。つまり、STI の関係を論ずるために必要となる指標群を詳細に調査しているものであった。

まず、現在米国でこの種の議論に使われている指標群を概観している。米国では、NSF がイノベーションに係る詳細なデータと指標をまとめているようであるが、政府、教育等のセクター、企業など STI システムを形成する各セクター間における「資金」と「知識」の流れと関係づけて、イノベーションに係る指標群を詳細に示している。また、ヨーロッパの EU や世界銀行の例、さらにその他の世界各国（イギリス、ドイツ、アジア）の検討状況も調べている。この中には、上で紹介した日本の報告も紹介されていた。

この報告書の主要な論点は、イノベーションを生み出す要因、プロセス、活動と、イノベーションによりもたらされる成果について、定量的に評価するために役立つデータと指標を明らかにし、それが現在把握されているのか否かを議論することである。

著者によれば、米国の現状では全体的に不十分であり、政府等公的な機関による統計も十分でないが、研究者による更なる調査、研究も必要であるとしている。結論として指摘している事項は以下の項目である。

- ①サービスセクターにおける R&D とイノベーションに関する調査が必要。
- ②プロセスイノベーションにより生じるコスト削減を測ること等の調査が必要。
- ③イノベーションを支える機器とソフトウェアへの投資に関する情報収集が必要。
- ④デザインによる効果に関する情報収集。
- ⑤イノベーションを普及し定着させるための従業員教育に関する情報収集。
- ⑥研究者に対する指標やマイクロデータの、よりタイムリーな開示。
- ⑦研究費助成機関や研究者によるデータの収集や保守を、彼らが他のデータソースに直接リンク出来るようにして行うこと。

もっとも、以上のような検討課題は、基礎的な学術研究全ての分野において共通の課題であるとも考えられるが、特に計測分析技術・機器開発の分野では、その効果の及ぶ範囲が極めて広範囲であることから、その評価が困難である。現時点では、このような評価手法の開発そのものが大きな学術的、社会経済的課題であることは、上記各国の検討事例を見ても明らかである。

D. 計測分析技術と機器開発分野における波及効果の考え方

本事業分野における波及効果について、今後の検討の方向付けに役立てるために、以下に若干のコメントを記すこととしたい。

計測分析技術と機器開発の分野の特徴として以下の項目が挙げられる。

- ①計測と分析の原理に関する基礎研究から、その理論的検討と理論構築、実験的検証のための予備的装置開発、検証目的を十分に達成するための装置化検討、実用化のための装置的システムの検討、実用装置化、合目的化と目的別高性能化等の諸段階の開発研究が必要である。即ち、基礎研究、装置化研究、応用研究の諸段階を含んでいる。
- ②通例、科学技術が産業・社会にもたらすイノベーションの創出過程としては、以下の段階の検討が必要である。
 - # 研究（コンセプトの特許化）、（論文発表による知識の獲得と定着）
 - # 開発（特許取得）
 - # 製品化のための設備投資

- # 応用技術開発（特許取得）（ライセンス料）
 - # 市場への投入（製品化利益）（より広い概念での特許取得）
 - # 市場を通して、社会への波及効果（特定の商品セクターへの便益供与）
- ③計測分析技術と機器の場合には、上記のプロセスに加えて、以下の様な展開が加わり、便益を授与される者は格段に増大する。
- # 研究（論文発表）（知識の獲得）
 - # 開発（特許取得）
 - # 製品化のための設備投資
 - # 応用技術開発（ライセンス料）
 - # 市場への投入（製品化利益）
 - # 市場を通して、社会への波及効果（不特定多数の生産セクターへの便益供与）
 - # 市場を通して、多様な研究開発セクターへの便益供与と研究開発活動の活性化）（大学、公的研究開発セクター、産業セクターを含む）
 - # 各セクターにおける研究（論文発表）（知識の獲得）
 - # 各セクターにおける開発（特許取得）
 - # 各セクターにおける製品化のための設備投資
 - # 各セクターにおける応用技術開発（ライセンス料）
 - # 各セクターにおける市場への投入（製品化利益）
 - # 各セクターにおける市場を通して、社会への波及効果（不特定多数への便益供与）
- ④上で述べた「各セクターにおける研究開発」には「大学と研究機関」と「産業における多様なセクター」が含まれるから、社会的な影響力は通常の製品と比較して、社会的に極めて大きな波及効果をもたらす。
- ⑤上述の A.の記述中で既に述べられている通り、「技術革新の持つスピルオーバー効果」はイノベーションを論じる上で重要な因子であるが、「計測分析技術」の分野における「スピルオーバー効果」は極めて重要な因子となりうる。即ち、場合によっては世界で唯一つしかない装置であっても「世界のナンバーワン技術・機器」は、世界からユーザーを集めて「課題を解決する」機能を発揮することが可能であり、大きな「スピルオーバー効果」を示すことが出来ることとなる。
- 以上、計測・分析を含む科学技術の社会的・経済的波及効果に関する評価手

法を概観した。結論は、いまだもって「波及効果の定量的評価法は確立できていない」ということであり、今後の課題であると云ってよい。

現代社会において生じている科学技術による波及効果の事例をさらに広く見てみるとその複雑さが理解出来よう。例えば、目に見えづらい科学技術の例として、デジタル化したインターネットや検索など高度な ICT により生じる「知識のダイナミックな普及」や「知識伝達の効率化・システム化による新しい創造の喚起」等の事例はよく知られている。また、「プラットフォーム化によりもたらされる、種々の分野における大幅な生産性の向上」などもよく知られているが、このような場合において生じている波及効果も定量的な評価ができていない。このような波及効果も含めて、科学技術の波及効果の評価手法を確立することが出来れば、公的資金による国家プロジェクトや種々の事業の効果を適切に評価することが可能となり、科学技術振興に係る公的な支出の説明責任を果たすことに貢献出来、ひいては社会経済的な貢献度の大幅な向上を実現できるものと思われる。

5-6) 国際的視点からの事業評価

海外諸国において、先端的な計測分析技術と機器システム開発に関わる国家的な重視政策を実施している例は少なくない。以下にその代表的なものを示し、それらとの比較により、本事業の事業評価としたい。

A. 米国の例

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, NSF と並んで NIST を指名した。その理由は「科学と産業を結ぶ計量技術はイノベーションの要である」として「NIST は、科学的発見から技術開発、商用化までを支え、イノベーションのライフサイクルを支えるテクノロジーインフラを提供するイノベーションエージェンシーだ」として認知したのである。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。即ち、科学技術の分野別に計測障害突破のための計測ニーズを調査し、イノベーション加速のための戦略として計測インフラの構築を産学が連携して強力に推進した。この政策はその後もし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。

以上の様に米国では、我が国において「先端計測分析技術・機器開発事業」

が始まった直後から、上記の様な計測分析分野を重視したイノベーション政策を開始していることから、本事業が科学技術重視政策の方向性として妥当であることを裏付けている。

B. EU 諸国の例

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)」をとりまとめ公表しており、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以前より年次計画を立てて鋭意推進しているが、最近の例では、FP7(2007 年～2013 年)と呼ばれるプログラムが実施されている。実は、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 2000 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。その内容は約 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 カ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。

以上の様に 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が、例えば NMR の場合では、イタリヤ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共に、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出来る体制が完成している。

以上、EU の場合も、我が国の先端計測分析技術・機器開発事業の方向性が妥当である証拠となっているが、大規模な予算に基づく共用促進と計測分析技術・機器開発を行うと共に国際標準化の着実な進展を図っていること等が特徴であり、見習うべき方向を示している。

C. 中国の例

中国科学院北京生命科学研究院では、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。その背景は、「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」との認識が高まったからである。

このセンターの役割は、以下の通りである。

- ①先端的、基礎的、戦略的科学研究に立脚し、ライフサイエンス機器の独自開発を図る。
- ②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。
- ③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。
- ④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。
- ⑤科学機器の品質向上を図るための交流会を実施する。

以上の通り、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ことが判る。

以上米国、ヨーロッパ、中国において実施されている、我が国の当該事業と類似している事業の動向をレビューした。この結果、事業の目的と内容、さらにはその方向性においてほぼ同一であり、タイミングにおいてはむしろ我が国が先んじているとも考えられる。このような比較から、本事業は国際的にも相当程度高く評価されているものと考えられる。

6. 本事業のマネジメントと成果のまとめ

以上、「先端計測分析技術・機器開発事業」10年の歴史を振り返り、発足の経緯、制度の変遷、事業の成果、事業の評価について記述した。本章ではさらに、本事業のマネジメントの特徴と成果についてまとめておきたい。

6-1) 本事業のマネジメントの特徴

(1) 本事業の性格

本事業が通常の事業と異なる特徴の第一は我が国の「科学技術創造立国」のための科学技術・学術政策の基本である「優れた人材の養成・確保」と並んで、さらに重要な「研究者の研究開発活動を支える基盤の整備」を目指したものであり、特に、新しく「独創的で先端的な技術と機器」を継続的に生み出していくプロセスを整備する唯一の事業である点にある。

また、特徴の第二は、21世紀に入り世界の先進国がこぞって重視し、その

実現のために国家的なプロジェクトとして開始した「科学技術イノベーション政策」の根幹に係る事業である点にある。以上の様な事業の特性から、本事業は10年間の間に、我が国の基本政策の推移に基づいて、事業の目標と重点がしだいに変遷した。したがって、本事業が生み出した成果も、その評価の基準は一樣ではなく、複眼的な見方による総合的な評価が必要になる。

さらに特徴的な点は、本事業の直接的成果物が科学技術の研究開発活動の基盤的な役割を果たすことから、あらゆる分野の基礎研究、応用研究、生産技術研究など極めて幅広い学術と技術に関わり、さらには、環境安全、防災安全、保健衛生、診断治療等社会経済活動においても大きな波及効果を及ぼす点にある。本報告では、波及効果に係る評価法の現状について、若干の調査とそれに関するコメントをまとめたが、波及効果の総合的な評価に関する方法論の確立は今後の更なる検討が求められている。

最後に、世界における本事業に類似した事例を紹介したが、今後、世界各国において類似の政策が実施され、加速される可能性がある。我が国は比較的早いタイミングで本事業を開始したことは明らかであるので、今後もこの事実を銘記し、今後も継続して本施策に注力すべきことを指摘しておきたい。したがって、今後も常に世界の動向を注視した上で、グローバルな視点でその戦略を検討する必要がある。

(2) 事業のマネジメント体制の特徴

本事業は参考文献1において記載されている通り、研究振興局研究環境・産業連携課において設置された検討会において制度設計され、答申された内容に沿って平成16年度に発足した。事業の実施機関は発足まもない独立行政法人科学技術振興機構(JST)がその任に当たり、今日までしだいに体制の強化を図りつつ手厚い実施責任体制を敷いている。その後当初は、科学技術・学術審議会、技術・研究基盤部会、知的基盤整備委員会に設置された先端計測分析技術・機器開発小委員会により事業の基本的な構想が決定され、その方針に従って上記科学技術振興機構(JST)が実施するという体制が引き継がれている。ちなみに現在は、科学技術・学術審議会、先端研究基盤部会、研究開発プラットフォーム委員会、先端計測分析技術・システム開発小委員会が事業全体の司令塔の役目を果たしている。

以上の様なマネジメント体制の全体像は付属資料において図示されている通りである。

本事業の制度設計段階から特に重視した項目について以下にまとめる。

- ①研究者ニーズを踏まえた技術・機器開発により現状の課題解決を目指す。
- ②研究開発に際して産学官の連携を重視する。
- ③ボトムアップの方式による研究開発体制をとり、競争的資金を活用する。
- ④課題選定に際して、新規性、独創性、革新性、実現可能性を重視する。
- ⑤要素技術、機器開発、実証実用化、成果普及・活用促進等のプログラムを併置し、他省庁の他制度による開発研究との相互乗り入れを可能とする。
- ⑥課題公募にあたって重点開発領域または特定開発領域を設けることにより、政策目標に沿った提案を推奨した。
- ⑦事業実施機関である JST において、特定開発領域毎に技術評価委員会を設置し、専門的技術レベルの高い評価を行う。
- ⑧JST において充実した研究開発管理・支援体制を構築する。
(採択課題毎に開発総括を配置することにより専門的助言と支援を行う等強力なフォローアップを実施した)

(3) 事業目標の設定に関する特徴

- ①「知の創造」に貢献する
 - # 最高レベルの研究に資する最先端の計測分析機器の日本からの発信
 - # チャンピオンデータを取得可能なオンリーワン・ナンバーワン機器の創出
 - # 上記の技術・機器を市場に出し、広く普及させること
- ②「社会的課題の解決」に貢献する
 - # グリーンイノベーション領域の設定
 - # 放射線計測領域の設定
 - # ライフイノベーション領域の設定
 - # 上記の領域を設定し、関連する技術・機器開発の実現を強力に推進
- ③「開発成果の活用・普及促進」に貢献する
 - # 各種機器ならびに技術を完成させた研究者グループによる「機器・技術」の公開と共用を実施

6-2) 本事業の成果のまとめ

(1) 主要な目標

本事業が10年前に立てた目標と、時代の変化に対応した科学技術基本計画の変遷を踏まえて再構築した目標を要約すると、以下の4項目にまとめられる。

- ①先端研究基盤支援強化(オンリーワン・ナンバーワン技術と機器の創出)と
科学技術イノベーション創出支援
- ②計測障害の克服と計測分析限界の突破(医療・生命科学、材料ナノ計測、環
境計測)
- ③優れた学術論文・特許の創出
- ④研究開発に基づく製品・実用化

さらに、本事業を通して間接的に期待する目標として、大学等の研究環境の整備と産学官の研究人材の育成が挙げられる。

(2) 主要な成果

本事業が掲げた目標に対する主要な成果の内、定量的に評価が可能な主要成果をまとめると、下記の4項目になる。

- ①多くのオンリーワン・ナンバーワン技術・装置を開発(表1)
- ②製品化(40件以上)、ベストセラー製品も開発
- ③学術論文(2774件)・特許(1048件)及び多くの賞を受賞
- ④本事業の費用(投入予算)対効果(製品売上高)は、事業開始後10年で
イーブンに達している。

さらに、定性的にしか表せない成果として、下記の2項目が挙げられる。

- ⑤本事業分野の研究環境改善や人材育成に大きく寄与し、間接的に先端研究
基盤強化とイノベーション創出支援に貢献
- ⑥国家的課題である「グリーンイノベーション」「放射線計測」「ライフ
イノベーション」領域に対する直接的なイノベーション創出を支援

ただし、これらの成果は、本事業による科学的・社会的波及効果の一部であり、より大きな成果が見込まれるが、教育・研究や、産業に関連した広域の波及効果に対する評価手法が未確立であるため、現時点では、正当な成果として挙げる事が出来ない。今後の課題である。

以上、目標に対して相当程度の成果を挙げている、と言える。特に、産学官が協同で行った研究開発で、世界に先駆けて製品化に至るオンリーワン・ナンバーワン技術・装置を開発したことは特筆される。

7. 今後の展開に向けた課題の同定

7-1) 本事業の課題

本事業は、既に述べた通り、概ね発足当初の方針に従った推進体制を維持しつつ、国の政策の変遷を反映した事業目標を設定・実施して今日に至っている。従って、ほぼ一貫した方針の基に事業を推進して来たと云ってよい。

しかしながら、本事業開始以降、事業の背景の変化ならびに事業実施上の新たな課題の存在が明らかとなった部分もある。以下、本小委員会が平成22年8月にまとめた報告書⁵⁾に述べられていることを含めて、本事業の課題をまとめた。

(1) 事業の背景における課題

①大学等研究機器開発現場におけるものづくり環境の劣化

- # 運営費交付金の減少による資金の不足
- # 国立大学法人における工作センター等の弱体化
- # 科学研究費補助金における試験研究等の廃止

②開発研究現場における機器ユーザーの問題点

- # 機器使用者は多種類の高性能機器を扱う技能が要求され、機器操作のスペシャリストの養成が望まれている。
- # 機器使用者が海外文献において実績のある外国製機器の利用を好んで選定する傾向が強く、日本製機器の普及を阻んでいる。
- # 研究推進の効率を重視するために、新しい高性能機器の開発・使用を敬遠する傾向がある。

③計測分析機器メーカーの問題点

- # 我が国の機器メーカーは一部の大手企業を除いて企業規模が小さいため開発資金と開発人材が不足しており、新規開発力が必ずしも十分ではない。
- # 諸外国ではベンチャー企業群発の先端機器の成功事例が多いが、我が国のベンチャー企業は依然として育っていない。
- # 国内機器メーカー間における規格統一が進んでおらず、付属機器ならびにソフトウェアの互換性が乏しく、ユーザビリティの向上、ソフト開発の高度化と生産性の向上等を阻害している。

④本事業関係者間の連携強化に関する課題

上記報告書⁵⁾において述べられている「知的創造基盤」に関わるプラットフォーム構築に関して進展が遅れている。

⑤その他の課題

我が国の公的資金による計測分析機器の調達に際して、国産技術の育成等中長期の戦略的発想が不足している。

国産技術により開発された「市場で販売される前段階」の先端的計測分析機器の公的調達に関し、政策的対応が遅れている。

(2) 諸外国との比較から見た本事業の課題

上に述べた通り、本事業の背景である社会的経済的ならびに事業関係者における課題が数多くあり、その中には現在でも解決出来ていないものが多い。このような課題は今後も本事業の当事者が地道な努力を続けなければ解決出来ないものが少なくない。

尚当然のことながら、予算との関係もあるが本事業実施上の課題も少なくない。ここでは、我が国と同様に「計測分析技術・機器開発」を国際競争力重視の観点ないしはイノベーション創出の観点から推進して来た諸外国の政策実施の推進方策と比較衡量することにより、本事業が今後解決すべき課題ないしは、あらたに検討すべき課題を列挙した。

①米国との比較：

科学技術ならびに産業界における計測ニーズの調査をより広範に実施すべきである。

イノベーション創出の観点から、計測分析技術の必要性を精査すべきである。

計測分析技術インフラの構築を産学連携で強力に推進すべきである。

計測分析技術インフラの構築を継続して進めるべきである。

NIST（国立標準技術研究所）のような強力な研究開発拠点を設立すべきである。

②ヨーロッパとの比較：

EU 域内に於いて実施されている「共用プラットフォーム方式」による研究インフラの組織的な強化政策を実施すべきである。

EU 域内におけるテクノロジープラットフォーム形成による核磁気共鳴装置（NMR）、電子顕微鏡等有力な計測分析法の戦略的開発推進プロジェクトを参考とした施策を実施すべきである。

③中国との比較：

精密計測分析機器の設計、加工等「装置化技術」を基盤としたテクノロジープラットフォーム構築を行うべきである。

同上の様な組織により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い、イノベーションに結びつける拠点を構築すべきである。

尚、上述した共用プラットフォームについては、研究基盤部会において別途検討しており、近い将来我が国の大型共用施設を網羅したグランド共用プラットフォームが完成する見込みである⁶⁾。

7-2) 更なる課題の抽出

本事業を推進して来た結果明らかとなった主要な課題は以上のとおりであるが、更なる課題として次の2点を指摘しておきたい。

①世界市場への展開不足(シェアの低迷)

②波及効果を含めた本事業の評価と評価手法の未確立

元々本事業を行うきっかけは、「我が国の産学官の各機関における研究開発活動において、先端計測分析技術・機器の海外依存度が高く、特に、国費での海外製品購入比率が高い」というものであった。また、「世界最先端の研究は、世界最先端のオリジナルな計測分析技術・機器から生まれるものであり、既存の海外製品に頼っているだけでは、世界をリードするイノベーションの創出にも繋がらない。」という基本的な認識もあった。そのために、科学技術創造立国を目指す我が国の重要施策として、オンリーワン・ナンバーワン計測分析技術・機器システムの開発を目指したのである。

その結果、すでに4-2)項で述べたように、多くのオンリーワン・ナンバーワン計測分析技術・機器システムの開発は進んだが、それが必ずしも関連した計測・分析産業の国際競争力には十分につながらず、国際的なシェアの低迷と高い海外依存度が解消されていない。産業の国際競争力は企業の事業戦略に大きく依存する。また、基礎研究から立ち上げた研究開発投資が成果を上げるためのリードタイムを考慮すると、本事業の成果が不十分であるとは言い難いが、産学官が問題意識を持って事業を開始した以上、本事業の戦略の再構築が必要であり、今後の大きな課題である。

さらに反省すべきは、波及効果を含めた本事業の評価と評価手法の開発が不十分であることである。この問題は半導体や、先端電子デバイス研究開発等に

もみられ、本事業に限った問題ではない。しかし、本事業は直接的成果による関連産業分野の成長より、間接的な産業イノベーションへの寄与が極めて大きいと考えられるので、可能な限り定量的に評価を行うことが事業価値を明らかにし、ファンディング効果を示すうえで重要である。したがって、波及効果を含めた事業評価手法の確立が大きな課題として挙げられる。

7-3) 課題解決のための指針

以上に述べたような諸課題の要因を精査すると、今後鋭意検討すべき事項は以下の5項目に纏められる。

- ①先端計測分析分野の世界市場及び真の現場ニーズの調査
- ②イノベーション創出に向けた国家的課題解決のためのニーズ掘下げ
- ③ユーザビリティ、高効率研究開発等を支えるプラットフォーム戦略
- ④開発したオンリーワン・ナンバーワン技術・装置のベストセラー化への戦略
- ⑤重点課題に対するトップダウン型事業戦略

本事業が大きな目標に掲げた医療・生命科学、材料ナノ計測、環境計測等のライフイノベーション、グリーンイノベーション、環境・インフライノベーションに繋がる重要な分野の計測分析限界を突破し、何を実現すればイノベーション創出の支援を行えるのか、と言ったニーズの把握がより必要である。特に、現場の真のニーズや国家的課題解決のためのニーズ掘下げに対して、各分野のロードマップや世界の動向、及び各方面との討議・ヒヤリング、等に基づいた戦略・重点化などが不足していたと考えられる。

例えば、日本の先端的な企業の分析部門や受託分析会社の先端計測分析技術・装置システムに対する最近のニーズを調べた結果、オンリーワン・ナンバーワン技術、ユーザビリティ、コストパフォーマンスに関係する多くのニーズがあることが判った。その中で特徴的なニーズは、下記の3点である。

- ①将来の材料・製品開発のために、既に開発された解析技術領域を空間分解能とエネルギー分解能の軸から分類してみると、いくつかの領域に意外な抜け穴があることが指摘された。そのような領域を埋めるような計測分析技術の開発が求められている。また更に、より空間分解能の高い性能と、よりエネルギー分解能の高い性能を兼ね備えた計測分析法の開発が要望されている。

- ②マクロとミクロを繋ぐ3次元空間・エネルギー分布の立体構造可視化
- ③分析解析エキスパートシステム、すなわち膨大な測定分析・解析データがとられ続けており、それらをデータベース化して、脳型コンピュータ的に回答を提示するようなシステム。人間の限界を超えた価値を創出すると共に、個人の能力では賄いきれない世代を超えた計測・分析研究者・技術者の価値を向上させるシステム。

このようなニーズに加えて、多くのユーザーニーズを総合的に把握し、国家的な戦略的なトップダウン型の事業割合を増やすことも必要である。

産業競争力は、次元の異なる3つの項目(世界トップのオンリーワン・ナンバーワン技術×ユーザビリティ×コストパフォーマンス)の掛け算を継続的に最大化していくことが必要である。これを追求できているところが、世界の科学技術の発展に貢献するベストセラー機を生み出していると考えられる。

本事業は、世界最先端の計測・分析技術を生み出して、それを実用機までに仕上げるという、一気通貫型の事業戦略で臨んできた。また、基礎科学を重視したオンリーワン・ナンバーワン技術の創出に重点を置いてきたため、ユーザビリティやコストパフォーマンスの向上に対する認識が十分では無かったと考えられる。したがって、本事業で開発した桁違いの技術・システムに対しては、世界のベストセラーにするための戦略的課題設定を行うことも必要である。

コストパフォーマンスの向上は、本事業では軽視されがちな内容であるが、最終的な国際産業競争力は、ここに帰着する。世界のものづくりの潮流は、部品からより大きな構造あるいは機能単位のハード・ソフトのコンポーネント化を図り、コンポーネント財産の再利用性向上、設計生産性の大幅な向上とユーザビリティの向上を極限まで追求しよう、という流れである。先端計測分析機器システムのように、精密で複雑な構成からなる製品システム、かつ高いユーザビリティが求められるシステムにおいてこそ、新しいものづくりを行う必要がある。

以上の様なものづくりの動向は、さらに、これらをベースにした、テクノロジーやサービスのプラットフォーム化を図り、パソコンのような世界標準化や互換性の向上を図ることで、各分野のベストセラー機を早期に実現しようとする方向に向っている。例えば、ITの分野のスマートフォンなど、電気・電子計測機器分野のLaBVIEW、自動車分野のJASPARやロボットの分野のRTミドルウェア等、多くの分野に拡大しつつある。先端計測分析分野も例外ではなく、海外

の電子顕微鏡は、コンポーネントベースのプラットフォーム化を図り、世界の周辺装置のプラグイン化やコンポーネント単位の変更を可能にして、ユーザーニーズに対応し、トータルとしてオンリーワン・ナンバーワン技術×ユーザビリティ×コストパフォーマンスの極大化を図ろうとしている。その結果は、日本の先端計測の象徴の一つである電子顕微鏡を猛追し、このままでは、そう遠くない時期に日本でのシェアもトップを取る勢いである。

もう一つの大きな流れは、メンテナンス性の向上である。装置の故障や障害を自動検知・収集し、遠隔操作でメンテナンスを行うとともに、どの程度の時間、どのような使われ方をして、どのようなニーズが求められているか等のデータも自動収集してユーザビリティとコストパフォーマンスを向上させる、所謂小松(製作所)モデルである。ネットワークやセンシング技術の飛躍的な発展により、全ての機器を繋げて、メンテナンスの生産性向上を図ることであり、それがないとユーザー価値が欠落する、という時代に入ってきている。これらの課題は、先端計測分析分野に限らず、日本のものづくりの生産性が国際的に低下して来ていることに繋がっている。本事業で全てを行うことは出来ないが、類似した工夫や戦略で大幅な価値を高めることは可能であり、今後の展開に生かすことが重要である。

以上のような種々の要因を考慮して、世界最先端の計測・分析技術を生み出し、ベストセラー機に育てて世界の科学技術イノベーション創出支援に貢献するためには、これらの3立が図れるような新たな事業戦略立案が本質的に重要である。以上の考察を指針として、以下に今後の展開についてまとめた。

8. 先端計測分析技術・機器開発のさらなる発展に向けて

8-1) 当面の施策

明らかになってきた本質的な課題を解決するには、有識者による調査・討議を行って、半年から1年以内に具体的な戦略・施策を立案する必要がある。

従って、当面(27年度)は、下記の基本方針の下、明らかに見えてきた新しい方向性を加味した施策を取り入れて実行することが望ましい。

(1) 基本方針

①平成27年度は、新たな方向性を取込みながら、これまでの事業を基本的

に継承。

②特に、重点課題を特定領域として設置し、テクノロジープラットフォーム形成の先行事業を開始。

③平成 27 年度以降の戦略は、新たなタスクフォースを作り、新たな方向性を深化させながら、理想的先端計測分析事業案を追求する。

(2) 当面(27年度)の施策

これまでの本事業を継承しながら、前記した実行可能な課題を克服し、更なる発展を遂げるために必要な施策について纏めた。

- ①調査機能の設置；世界と競争するための調査機能を強化し、下記ニーズの継続調査と突破すべき限界の明確化及びこれに対応した公募条件の明確化
 - (a) 研究開発；新製品・デバイス・材料に物理化学的・生物学的根拠と指針の付与
 - (b) 生産・量産；科学的根拠・変動品質管理・標準認証に対する指針の付与
 - (c) 教育・研究；科学的思考のトレーニング、新原理・新発見・オリジナリティの科学的根拠と指針の付与
- ②連携の強化；科学技術イノベーション創出の研究開発部門との連携をより強化(グリーン・ライフ・インフラ、等に関連する省庁横断、先端分析部門との連携強化)
- ③プラットフォーム形成；トップダウン型の特定領域を設置し、先端計測分析のフラッグシップ機器のコンポーネント化(ハード・ソフト)開発を行い、世界と戦うプラットフォームの基本構成を構築
具体的な特定領域として、下記のような案があり、今後具体化していく。

＜立体構造観察顕微鏡＞

- (a) トモグラフィ顕微鏡
 - ・超高压電子顕微鏡、放射光 X 線顕微鏡 (いずれも日本がトップ!?)
- (b) F I B ・ M A L D I 質量分析 (単粒子解析 S I M S ・ M A L D I)
- (c) ナノ領域における極限計測分析(ナノ S I M S , A F M - I R , 等)

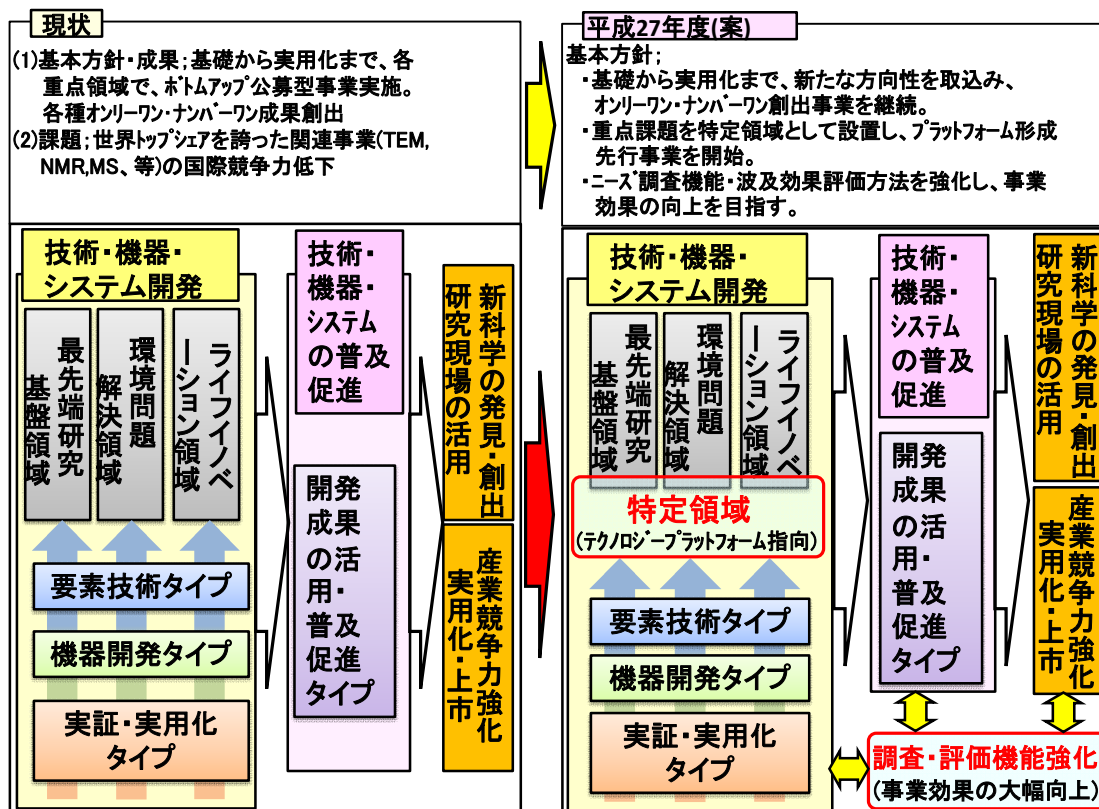
＜応用分野(出口例)＞

- (a) バイオ電子顕微鏡(60～80 kV に特化、コストパフォーマンスの極大化によるベストセラーとプラットフォーム形成狙い)
- (b) デバイス・構造材の新材料開発、劣化現象・余寿命予測(グリーン・環境インフライノベーション創出支援狙い)

④評価機能強化；マザーオブサイエンスとしての本事業を、波及効果を含めて評価する方法を確立し、ファンディング効果の最大化を図る。

以上の基本的な考え方にに基づき、本事業の現状に対して新しい方向性を示す平成 27 年度の事業案を、現在の事業と比較して下図に示した。

先端計測事業 平成27年度事業計画(案)



8-2) 先端計測事業の10年後の有るべき姿！または有りたい姿！

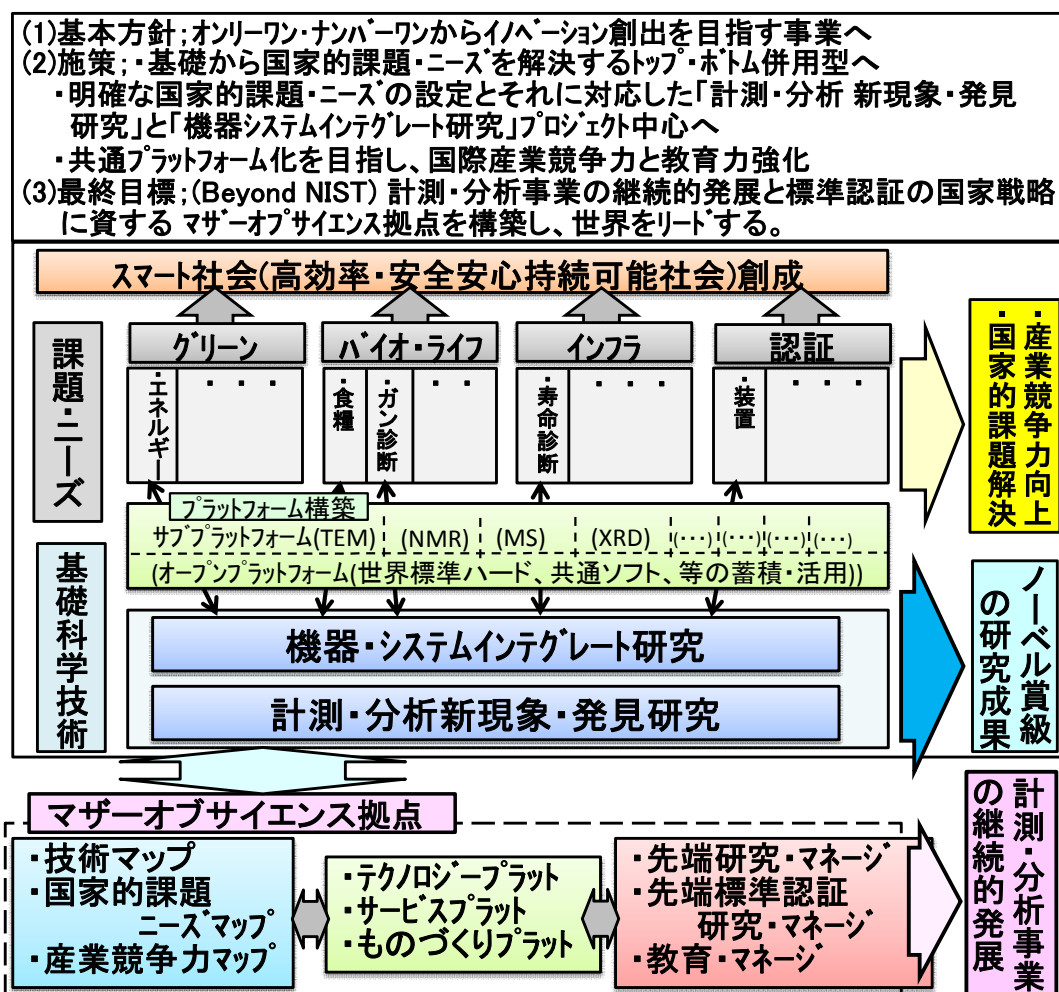
日本が、科学技術創造立国を継続発展させるために必須な先端計測分析分野の研究開発をシステマティックに支援することのできる事業として、以下の目標を目指す必要がある。

- (1)新原理・新発見・新方式かつ広く活用され、世界トップ・ベストセラーを目指すオンリーワン・ナンバーワン計測・分析システムの創出事業
 - そのために、中核拠点とそれを結ぶプラットフォームを構築する事業
 - プラットフォームは、物理的な拠点としてのサブプラットフォーム(EUのNMRの例)と効率的なものづくり・教育研究の土台としてのバーチャルなデジタル サブプラットフォームとを併せ持ったものにする事業

- (2)社会のニーズ・重要課題を解決して科学技術イノベーション創出を支援する
重点開発事業
- (3)先端計測分析分野の象徴であるTEM・STEM/NMR/MSのフラッグシップ機の開発強化
- (4)先端計測分析分野のニーズ調査機能と波及効果評価機能を構築し、理想的な
国家プロジェクトの有り方を示す事業
- (5)先端計測分析分野の標準・認証(国際標準、安全・安心認証)に関する国家戦略
支援事業
- (6)全体を継続的に統括推進し、発展させるための中核拠点形成(マザーオブサイ
エンス拠点)

このような目標を実現する本事業の10年後のあるべき姿として、概略のイメージ図を下記に示す。

先端計測事業 平成27年度以降に向けた事業計画(イメージ案)



基礎から国家的課題・ニーズを一気通貫型で行い、ノーベル賞クラスの研究成果によるオンリーワン・ナンバーワン科学技術の実現と、国際産業競争力を強化し、新たなイノベーション創出を支援する事業である。世界の技術マップや国家的課題・ニーズマップ、科学技術イノベーションを創出する産業競争力マップ、などを明快にして、それらに対応する先端計測分析の基礎科学技術に対応付けること。さらに、それらの間にプラットフォームが絶えず介在し、既存知見(ハード・ソフトのコンポーネント群)の再利用や新たな知見のコンポーネント化を、サポートしながら義務付けて、先端計測分析分野の壮大なデジタルプラットフォーム構築を意識せずに自動形成する戦略である。これまでの多くの事業成果は個々の成果であり、個々の知識として伝承されるケースが多く、事業成果をシステム化して、新たな高い価値を創造する仕組みが不十分である。EUのNMRの仕組みは、知見を利用するという観点ではあるが、プラットフォームの一部を実現しよう、という素晴らしい試みである。今後の本事業が目指すところは、世界標準のハード・ソフト群の蓄積・再利用が可能となり、事業の生産性が向上させることである。さらに、サービスやものづくりのデジタル知識が先端計測分析群に横展開することで、最先端科学技術のシナジー効果により、これまで予想もしていない新たな先端計測分析技術・機器システムを生み出すことが期待されることである。これが継続的に実行できれば、単独企業では事業規模的に開発が不可能な領域でも、既存コンポーネントの組み合わせと新たなデジタル知見とを組合せることにより、わずかな予算で世界トップの機器システムを実現し、大きな効果を挙げる事が可能になる、と期待している。また、新たに生み出された先端計測分析技術・機器システムは、これまでの常識を覆す可能性があるもので、それらを用いた新たな安全や基準の標準認証システムを作り出し、新たな産業を生み出す可能性がある。国際的な産業競争力は、国家的な標準認証やデファクトスタンダード化に強く依存するため、いち早くこれらに貢献し、国家戦略立案の支援につなげることが可能である、と思われる。

さらにこのような事業を継続的に実行するためには、単にファンディングするだけの機能では、不可能で、ファンディング機能を支え、メンテナンスし、先端研究や教育とそのマネージをシステムティックに行う、マザーオブサイエンス拠点が必要である。ここに、物理的な拠点がバーチャルなネットワークでつながり、事業成果を移行させていけるような仕組みにすれば、さらにシナジー

効果が生み出される、と思われる。

このような事業を膨大な予算で、ファンディングを含めて実行しているのは、アメリカの国立標準技術研究所(NIST, 予算約1100億円、人員約3000名、外部研究者受入約2700名)であろう。その公式任務は、「アメリカの技術革新や産業競争力を強化するために、経済を強化し、生活の質を高めるように計測学、規格、産業技術を促進すること」である。しかしその活動範囲は、膨大で、材料計測研究所をはじめ6つの研究所による研究プログラムと外部委託の学外プログラムとからなり、度量衡の標準化・認証をはじめ、標準物質の作成や標準計測・分析測定法、ソフトウェア品質保証、やそれらに対する基礎科学研究を内外の研究者で行っている。対象分野も、バイオサイエンスとヘルス、建築・インフラ、化学・物理・数学、エレクトロニクス&通信、エネルギー、環境/気候、情報技術、製造業、材料科学、ナノテクノロジー、公共安全とセキュリティ、品質、交通、など計測・分析に関わる膨大な範囲に及んでいる。国家として技術革新や、産業競争力強化に対して、世界をリードする先端計測分析技術・機器システムの研究開発がいかに重要であることを物語っている。

このように、アメリカの幅広い分野の先端計測分析技術・機器システム開発体制及びEUで見られる戦略的先端計測機器のプラットフォーム形成及びフラッグシップ機の開発強化、など1000億円前後の予算で研究開発を推進している。これらを考慮すると、本事業は、図に示したようなプラットフォーム化という斬新な戦略で、少ない予算で科学技術イノベーション創出を支援する先端計測事業を行い、産官学が協同して波及効果を発揮して世界をリードすることが重要である。この様に、量ではなく質で勝負し、世界をリードするという意味で、NISTを超える事業であり、Beyond NIST、これが最終目標である。

以上、今後10年後を目指す素案を示した。より具体的な実行可能事業案にするには、さらに各方面の有識者による調査・検討が必要である。今後検討チームを作って、具体化する必要がある。

9. 終わりに

以上、先端計測分析技術・機器開発事業の報告書として『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-』をまとめた。本事業が我が国の科学技術創造立国、科学技術イノベーション政策に貢献し、益々発展することを願って、閉じることとする。

最後に、本報告書を纏めるにあたり、(株)リコー 和多田篤行先生、電気化学工業(株) 稲場徹先生、ルネサスセミコンダクタマニュファクチャリング(株) 朝山匡一郎先生、(株)ニコン 岡本和也先生、(株)グローバルアシスト 坂本武志先生、(株)東レリサーチセンター 吉川正信先生、大阪大学 石田英之先生からご報告を頂くとともに、関係各位の多大なるご尽力をいただいたことに感謝し、お礼申し上げます次第である。

『参考文献』

- 1) 先端計測分析技術・機器開発に関する検討会：
「先端計測分析技術・機器開発の進め方について
—早急に着手すべき開発領域とその開発戦略—」
平成15年8月
- 2) 科学技術庁科学技術政策研究所第一研究グループ：
「科学技術関連モデルの開発（中間報告その2）研究開発のダイナミクス」
平成2年9月
- 3) 文部科学省科学技術政策研究所：
「イノベーション測定手法の開発に向けた調査研究 報告書」
2008（平成20年）年3月
- 4) Bronwyn H. Hall and Adam B. Jaffe:
[Measuring Science, Technology, and Innovation : A Review]
A report prepared for the panel on Developing Science, Technology, and
Innovation Indicators for the future, National Academies of Science
May 2012
- 5) 科学技術・学術審議会 技術・研究基盤部会 知的基盤整備委員会
先端計測分析技術・機器開発小委員会：
「我が国の知的創造基盤の強化に向けて
—世界をリードする先端計測分析技術・機器開発体制の構築—」
平成22年8月6日
- 6) 科学技術・学術審議会 先端研究基盤部会：
「科学技術イノベーションを牽引する研究基盤戦略について
～研究開発プラットフォームによる研究開発力強化策～」
平成24年8月7日

表1 各種研究分野における代表的研究開発成果の一覧

分野	成果集番号 ※3桁の番号は、 成果集への掲載なし		氏名	所属・肩書き ※採択時のもの	開発課題名	開発タイプ	採択 年度	終了 年度	実用化イメージ					オンリー ワン タイプ ↓ 革新性・ 新規性・ 独創性 が高い、 オリジナ ルの技 術・機器	ナンバ ー ワン タイプ ↓ 類似技 術・機器 よりも格 段に高 性能・高 機能	イノベ ーション タイプ ↓ 特にニ ッチ向 きが強く、 市場性 が高い	開発成 果の活 用・普及 促進 チーム リーダー 名	方法論としての特徴・評価		備考
	職務	大型装置 (卓上設置不可)							高額装置 (数千円以上)	小～中型 (卓上設置可)	キット・要素技術	カタログ製品化 「製品名」 (製品化企業)	①「原理的な進歩」 ②「装置的な進歩」 ③「測定対象の拡大」 ④「新しく生み出された機能」 ⑤「新しく開拓された応用」					キーワード		
医療・生命科学計測のための機器	1	チームリーダー サブリーダー	石丸 伊知郎 林 宏樹	香川大学 工学部知能機械システム工学科・教授 アオイ電子(株) 第3 技術部・主査	親指サイズの超小型赤外分光断層イメージング装置の開発	機器開発タイプ	H24	H27			✓				◎	○		原理①	生体組織、無侵襲3D分光イメージング	
	2	チームリーダー サブリーダー	長束 澄也 田中 淳司	コニカミノルタエムジー(株) 開発本部・画像応用開発チームリーダー 埼玉医科大学 放射線科・教授	位相型高感度X線医用診断機器の実用化開発	実証・実用化タイプ	H23	H25	✓					○	◎	○	百生T	原理① 装置② 応用⑤	位相型X線撮像装置、生体軟組織、内部構造の可視化	・東北大・百生教授・第5回 中谷賞、第25回とやま賞
	3	チームリーダー サブリーダー	花岡 健二郎 (なし)	東京大学 大学院薬学系研究科・講師	次世代型蛍光プローブの創製を目指した新規蛍光団の開発	要素技術タイプ	H23	H26				✓	「CaTM-2/ CaTM-2 AM」 (五稜化学(株))		○	◎		原理① 機能④	赤い蛍光発色試薬、マルチカラーイメージング	東大・花岡准教授:「平成23年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞」
	4	チームリーダー サブリーダー	内山 聖一 (なし)	東京大学 大学院薬学系研究科・助教	細胞内温度計測用プローブの開発	要素技術タイプ	H22	H25				✓	「Diffusive Thermoprobe」 (フナコシ(株))	◎				原理①、 機能④	蛍光寿命の温度感応性利用、細胞内温度分布計測	
	5	チームリーダー サブリーダー	馳澤 盛一郎 (なし)	東京大学 大学院新領域創成科学研究科・教授	生物画像のオーダーメイド分類ソフトウェアの開発	要素技術タイプ	H22	H25				✓		○	◎	○		応用⑤	バイオ画像、能動学習型のソフトによる自動分類	
	6	チームリーダー サブリーダー	新井 史人 (なし)	東北大学 大学院工学研究科・教授	マイクロロボットによるオンチップ高速除核・分注技術の開発	要素技術タイプ	H21	H24				✓		◎				装置②	マイクロ閉空間内で動作するマイクロロボット	・名大・新井教授・第11回 産学官連携功労者表彰 文部大臣賞
	7	チームリーダー サブリーダー	鶴沼 豊 荒木 令江	シャープ(株) 研究開発本部 健康システム研究所・室長 熊本大学 大学院医学薬学研究部(医学部)・准教授	全自動2次元電気泳動・ウェスタンブロッティング装置の開発	実証・実用化タイプ	H21	H23				✓	「Auto2D」 (シャープ(株))		◎	○		装置②、 応用⑤	2次元電気泳動装置の高精度全自動化、疾病プロテオミクス	・「第54回2011年十大新製品賞」を受賞
	8	チームリーダー サブリーダー	白木 央 石浦 正寛	中立電機(株) FA事業部・取締役事業部長 名古屋大学 遺伝子実験施設・教授	生物発光リアルタイム測定解析ソフトウェアの開発	ソフトウェア開発タイプ	H21	H24	✓	✓	✓		「高感度生物発光測定装置 CL24、CL96」 (株)中立電機	○	◎	○	石浦T	装置②、 応用⑤	生細胞生物発光のリアルタイム計測、多分野の遺伝子発現の詳細解析	成果物として、卓上設置可能な中型装置と大型装置があり、それぞれ実用化されている。 中型装置はカタログ販売済みで、大型装置も受注販売の実績あり。 ・名大・石浦教授・第83回日本遺伝学会学術原賞
	9	チームリーダー サブリーダー	大森 真二 水谷 修紀	ソニー(株) 先端マテリアル研究所 ライスサイエンス研究部・統括課長 東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科・教授	誘電スペクトロサイトメーターの開発	機器開発タイプ	H21	H24		✓	✓			◎	○	○	勝本T	原理①、 装置②、 応用⑤	単一細胞の電気インピーダンス測定、非侵襲、細胞の分類と分取	
	10	チームリーダー サブリーダー	木戸 博 (なし)	徳島大学 疾患酵素学研究センター・教授	ウイルス感染感受性およびワクチン接種必要性診断技術の開発	要素技術タイプ	H21	H24				✓			◎	○		原理①、 応用⑤	ウイルス感染感受性診断	
	11	チームリーダー サブリーダー	小河 潔 瀬藤 光利	(株)島津製作所 基盤技術研究所・主幹研究員 浜松医科大学 分子解剖学部門・教授	顕微質量分析装置の実用化開発	実証・実用化タイプ	H21	H23	✓	✓			「イメージング質量顕微鏡 iMScope」 (株)島津製作所	○	◎	○	早坂T	原理①、 装置②、 応用⑤	顕微質量分析装置、病理組織中の原因物質解明	・「第56回2013年十大新製品賞」を受賞 ・浜松医大・瀬藤教授:平成20年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞、2012年日本質量分析学会 学会奨励賞
12	チームリーダー サブリーダー	加藤 千比呂 安野 嘉晃	(株)トーマコーポレーション 技術部・部長 筑波大学 大学院数理物質科学研究科・助教	光断層装置「フーリエ光レーダー」高機能臨床型の開発	実証・実用化タイプ	H20	H23				✓	「3次元前眼部OCT CASIAシリーズ」 (株)トーマコーポレーション	○	○	◎		原理①、 装置②、 応用⑤	光による高速三次元トモグラフィ、眼球の高速三次元光断層診断	・筑波大・安野講師:平成24年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞	
101	チームリーダー サブリーダー	安田 賢二 (なし)	東京大学 大学院総合文化研究科・助教授	薬物・医療スクリーニングを目指したオンチップ・セロミクス計測技術の開発	要素技術タイプ	H16	H18				✓		◎	○			原理①	細胞集団ネットワーク、マイクロチップ、スクリーニング		
102	チームリーダー サブリーダー	夏目 徹 (なし)	(独)産業技術総合研究所 生物情報解析研究センター・機能ゲノムグループ タンパク質ネットワーク解析チーム・チームリーダー	超高感度質量分析のためのサンプル前処理・導入システムの開発	要素技術タイプ	H16	H19				✓		○	◎	○		装置②、 拡大③	タンパク質微量解析、質量分析、プロテオミクス		
103	チームリーダー サブリーダー	内海 英雄 水田 幸男	九州大学 大学院薬学研究院・教授(副研究院長) 日本電子(株) 第二技術本部ESRグループ・ESRグループ長	レドックス動態の磁気共鳴統合画像解析システム	機器開発タイプ	H16	H20	✓	✓				○	◎	○		原理①、 機能④	フリーラジカル、酸化ストレス疾患、オーバードーズ・効果MRI、ニトロキシラジカル	内海教授:平成23年秋の紫綬褒章、平成24年度薬学会賞	
104	チームリーダー サブリーダー	大林 康二 (なし)	北里大学 大学院医療系研究科・教授	生体計測用・超侵達度光断層撮影技術	要素技術タイプ	H17	H20	✓	✓				○	◎	○		原理①、 拡大③	光バイオプシー、OCT、光断層画像法、癌の診断		
105	チームリーダー サブリーダー	大木 進野 (なし)	北陸先端科学技術大学院大学 ナノマテリアルテクノロジーセンター・准教授	難易度の高いタンパク質試料の調製と標識技術の開発	要素技術タイプ	H20	H23				✓		◎	○	○		原理①、 機能④、 応用⑤	植物細胞、ウイルスベクター、タンパク質、試料調製		
106	チームリーダー サブリーダー	濱田 和幸 西村 紳一郎	システム・インスツルメンツ(株) 技術部・取締役技術部長 北海道大学 大学院先端生命科学研究院・教授	全自動糖鎖プロファイル診断システムの開発	実証・実用化タイプ	H21	H23				✓		◎	○	○		原理①、 拡大③、 応用⑤	糖鎖、疾患診断、質量分析、バイオマーカー		
107	チームリーダー サブリーダー	楠見 明弘 竹内 信司	京都大学 物質－細胞統合システム拠点・教授 (株)フォトン イメージング部開発グループ 新市場製品開発チーム・チーム長	超高速・超解像1蛍光分子顕微鏡システムの開発	機器開発タイプ	H22	H24				✓		◎	○	○		装置②、 拡大③、	1分子観察、超高速、超解像		
108	チームリーダー サブリーダー	廣瀬 謙造 (なし)	東京大学 大学院医学系研究科・教授	多分子ライブイメージングを可能とする蛍光プローブの開発	要素技術タイプ	H21	H24				✓			○	◎		原理①、 機能④	ハイブリッド型蛍光プローブ、ハイスループット技術、分子イメージング		
109	チームリーダー サブリーダー	丸山 厚 (なし)	九州大学 先端物質化学研究所・教授	高度遺伝子解析のためのシャペロン材料の開発	要素技術タイプ	H22	H24				✓		○	◎			原理①、 機能④	高度遺伝子解析、カチオン性共重合体、分子ビーコン、シャペロン活性		
110	チームリーダー サブリーダー	谷森 達 山本 悦治	京都大学 大学院理学研究科・教授 (株)日立メディコ・執行役 所長	到来方向測定による高感度ガンマ線3Dカメラの開発	機器開発タイプ	H16	H20				✓			◎	○		装置②、 拡大③、	核医学、分子イメージング、ガン画像診断、電子飛跡検出型コンパクトカメラ		
材料計測のための機器	13	チームリーダー サブリーダー	石原 進介 酒井 啓司	京都電子工業(株) 開発推進部・テクニカルエキスパート 東京大学 生産技術研究所・教授	革新的粘弾性計測法「EMS 法 (Electro Magnetically Spinning)」の実用化開発	実証・実用化タイプ	H24	H26				✓	「EMS粘度計」 (京都電子工業(株))	○	◎	○		原理①、 機能④、 応用⑤	四重極電磁石方式の電磁スピニング法、多種類の微小液体試料、高信頼性・簡易計測	
	14	チームリーダー サブリーダー	齊藤 準 蓮村 聡	秋田大学 工学資源学研究科・教授 エスアイアイ・ナノテクノロジー(株) 分析技術部 技術2G・プローブ顕微鏡担当	ベクトル磁場検出・高分解能・近接場磁気力顕微鏡の開発	機器開発タイプ	H23	H26				✓		◎			原理①、 応用⑤	高周波磁場検出法、非接触磁気力顕微鏡、高密度磁気情報デバイス計測		
	15	チームリーダー サブリーダー	須川 成利 (なし)	東北大学 大学院工学研究科・教授	広光波長帯域・高感度・高信頼性撮像素子の開発	要素技術タイプ	H23	H25				✓		◎				装置②、 応用⑤	耐紫外光素子開発、広波長領域撮像素子	

表1 各種研究分野における代表的研究開発成果の一覧

分野	材料計測のための機器	成果集番号 ※3桁の番号は、 成果集への掲載なし	職務	氏名	所属・肩書き ※課題採択時のもの	開発課題名	開発タイプ	採択年度	終了年度	実用化イメージ							オンリーワンタイプ ↓ 革新性・新規性・独創性が高い、オリジナルの技術・機器	ナンバリングタイプ ↓ 類似技術・機器よりも格段に高性能・高機能	イノベーションタイプ ↓ 特にニーズ志向が強く、市場性が高い	開発成果の活用・普及促進 チームリーダー名	方法論としての特徴・評価		備考
										大型装置(卓上設置不可)	高額装置(数千万円以上)	小～中型(卓上設置可)	キット・要素技術	カタログ製品化「製品名」 (製品化企業)	①「原理的な進歩」 ②「経済的な進歩」 ③「測定対象の拡大」 ④「新しく生み出された機能」 ⑤「新しく開拓された応用」	キーワード							
	16	チームリーダー	野田 一房	(株)雄鳥試作研究所・代表取締役社長	小型光ファイバ接続型広帯域波長可変レーザー装置の実用化開発	実証・実用化タイプ	H23	H25			✓			「光用波長可変レーザー光源 λ-Master 1040」 (スペクトラ・クエスト・ラボ(株))	◎	○			原理①、装置②、機能④	連続波長同調型半導体レーザー、小型・高出力・高純度近赤外波長帯波長可変光源			
		サブリーダー	室 清文	千葉大学 大学院理学研究科・教授																			
	17	チームリーダー	平等 拓範	自然科学研究機構 分子科学研究所・准教授	次世代質量イメージングのためのUVマイクロチップレーザーを用いた計測システムの開発	機器開発タイプ	H22	H25			✓				○	◎			装置②、機能④	超小型高輝度UVマイクロチップレーザー	・分子研・平等教授：2014年 米国電気電子学会 (IEEE) フェロー、2012年 国際光工学会 (SPIE) フェロー、2010年 米国光学会 (OSA) フェロー、平成16年度文部科学大臣賞 (第30回研究功績者)		
		サブリーダー	古川 保典	(株)オキサイド・代表取締役社長																			
	18	チームリーダー	遠藤 克己	(株)トヤマ・代表取締役社長	FIB 光イオン化ナノ質量イメージング装置の実用化開発	実証・実用化タイプ	H22	H24	✓	✓			「FIB光イオン化ナノ質量イメージング装置 FILMER」 (トヤマ(株))	◎	○		(放射線計測領域・坂本Tで活用中)	装置②、機能④、応用⑤	固体の高感度元素・分子のイメージング計測、PM2.5の履歴解析	・東工大・藤井教授：日本化学会第31回学術賞			
		サブリーダー	坂本 哲夫	工学院大学 電気システム工学科・准教授																			
	19	チームリーダー	尾崎 幸洋	関西学院大学 理工学部・教授	ラジカル測定用時間分解ATR-FUV分光システムの開発	機器開発タイプ	H21	H24	✓					◎	○			装置②、応用⑤	遠紫外領域ラジカル計測、水中のラジカルモニタリング	・関西学院大・尾崎教授：Pittcon2014 award/The Goblentz Society/ABB – Bomem-Michelson Award			
		サブリーダー	東 昇	倉敷紡績(株) 技術研究所・主任研究員																			
	20	チームリーダー	伊東 祐博	(株)日立ハイテクノロジーズ 先端解析システム第一設計部・統括主任技師	リアルタイムステレオSEMの開発	実証・実用化タイプ	H21	H23	✓	✓			「リアルタイムステレオSEM SU3500」 ((株)日立ハイテクノロジーズ)	○	○	◎		装置②、応用⑤	リアルタイム3D画像取得電子顕微鏡				
		サブリーダー	牛木 辰男	新潟大学 教育研究院医歯学系・教授																			
	21	チームリーダー	久嶋 浩之	浜松ホトニクス(株) 電子管事業部 電子管設計第1G・グループ長	半導体素子増幅による光検出器の実用化開発	実証・実用化タイプ	H21	H23				✓	「デジタルHPD」 ((株)浜松ホトニクス)	◎	○			装置②、機能④	半導体素子利用光電子増倍管、高感度光検出器、1フォトン検出、ニュートリノ検出				
		サブリーダー	相原 博昭	東京大学 大学院理学系研究科・教授																			
	22	チームリーダー	東山 尚光	(株)エス・ティ・ジャパン 研究開発部・次長	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	実証・実用化タイプ	H21	H23			✓		「ラマンイメージングシステム CPRIS-II」 ((株)STジャパン)	○	◎	○		装置②、応用⑤	小型高解像度その場測定用ラマンイメージング装置、文化財の物質情報取得				
		サブリーダー	坂本 章	埼玉大学 大学院理工学研究科 物質科学部門・准教授																			
	23	チームリーダー	樋岡 克哉	日本電子(株) 開発本部第4グループ・グループ長	極細試料管固体NMRプローブの製品化	実証・実用化タイプ	H20	H22	✓				「1mm HXMASプローブ」 ((株)JEOL RESONANCE)	○	◎	○		装置②、機能④	極細試料管とマイクロコイルによる微小試料計測用NMR装置	NMR装置本体が必要なため、大型装置と位置づけ。			
		サブリーダー	山内 一夫	東京農工大学 大学院共生科学技術研究院・助教																			
24	チームリーダー	福山 博之	東北大学 多元物質科学研究所・教授	高度ものづくり支援-超高温熱物性計測システムの開発	機器開発タイプ	H19	H21	✓	✓				◎	○	○	大塚T	装置②、応用⑤	静磁場と電磁浮遊法による高精度熱物性測定装置、各種高融点材料、高純度半導体結晶材料	・東北大・福山教授：第7回 日本学術振興会賞				
	サブリーダー	前田 幸男	アルバック理工(株) 開発部・専門室長																				
111	チームリーダー	中嶋 一雄	東北大学 金属材料研究所・教授	高効率回折・分光のための精密点集光結晶の実用化	要素技術タイプ	H18	H20				✓		○	◎			装置②	点集光結晶レンズ					
	サブリーダー	(なし)																					
112	チームリーダー	一村 信吾	(独)産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門・部門長	AFM探針形状評価技術の開発	要素技術タイプ	H17	H20				✓	「AFM探針評価試料」 (NTTアドバンステクノロジ(株))	○	○	◎		装置②、機能④	原子間力顕微鏡、探針、カンチレバー、プローブキャラクタライザ、CD計測					
	サブリーダー	(なし)																					
113	チームリーダー	中西 彊	名古屋大学 大学院理学研究科・教授	スピン偏極電子源	要素技術タイプ	H17	H21	✓	✓				◎	○		越川T	原理①、装置②、機能④	スピン偏極電子源、輝度、偏極度、投影型表面電子顕微鏡(LEEM)					
	サブリーダー	(なし)																					
114	チームリーダー	新井 康夫	高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所・准教授	SOI 技術による時間・空間X 線イメージセンサー	要素技術タイプ	H19	H22				✓		○	◎		新井T	装置②、拡大③	X線イメージング、SOI、2次元放射線検出、3次元積層化技術、高速時分割測定					
	サブリーダー	(なし)																					
115	チームリーダー	河合 壮	奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科・教授	分子キラリティー顕微鏡の開発	要素技術タイプ	H20	H22				✓		◎	○			原理①、機能④	キラリティー、円偏光発光計測法、					
	サブリーダー	(なし)																					
116	チームリーダー	福澤 健二	名古屋大学 大学院工学研究科・教授	超高密度ハードディスク実現のためのナノ潤滑計測技術	要素技術タイプ	H19	H22				✓		○	○	◎		装置②、機能④	常時接触方式、プローブ型鉛直カレンサー、高速潤滑現象、					
	サブリーダー	(なし)																					
117	チームリーダー	山村 和也	大阪大学 大学院工学研究科・准教授	中性子集光用非球面スーパーミラーデバイスの開発	要素技術タイプ	H21	H24				✓		◎	○			装置②、機能④	中性子集光スーパーミラー、斜入射小角散乱測定、即発γ線分析、中性子粉末回折					
	サブリーダー	(なし)																					
	25	チームリーダー	黒田 章夫	広島大学 大学院先端物質科学研究科・教授	バイオ蛍光法によるアスベスト自動計測ソフトウェアの開発	ソフトウェア開発タイプ	H22	H24				✓	「アスベスト検出試薬 アスベスターシリーズ」 ((有)シリコンバイオ)		◎	○		原理①、装置②、応用⑤	アスベスト結合たんぱく、蛍光画像解析による自動計測、工事現場、災害現場等における簡易、迅速計測	・広島大・黒田教授：平成24年度科学技術分野の文部科学大臣表彰			
		サブリーダー	河崎 哲男	(株)インテックスシステム研究所・取締役																			
	26	チームリーダー	竹川 暢之	東京大学 先端科学技術研究センター・准教授	実時間型エアロゾル多成分複合分析計の開発	機器開発タイプ	H20	H24	✓				○	○	◎		装置②、応用⑤	レーザー散乱・蛍光・白熱光検出、質量分析による複合計測、粒径、主要成分濃度等のリアルタイム同時計測、PM2.5等のリアルタイムモニタリング	・首都大学東京・竹川教授：2013年フジサンケイビジネスアィ先端技術大賞特別賞				
		サブリーダー	峰岸 裕一郎	富士電機システムズ(株) 電機プラント本部 第三統括部 商品開発部・部長																			
	27	チームリーダー	野村 聡	(株)堀場製作所 開発センター 水質・バイオ開発部・部長	高精度高安定pH計測用イオン液体型参照電極の開発	実証・実用化タイプ	H20	H22			✓		「イオン液体塩橋搭載pH電極 PureIL」 ((株)堀場製作所 部長)		◎	○		原理①、応用⑤	疎水性イオン液体型参照電極、希薄水溶液の精密PH測定				
		サブリーダー	垣内 隆	京都大学 大学院工学研究科・教授																			
	118	チームリーダー	内山 一美	首都大学東京 都市環境学部・助教	オンサイト環境測定用マイクロガスクロマトシステム	機器開発タイプ	H17	H19				✓		○	◎			装置②、応用⑤	ガスクロマトグラフ、オンチップカラム、MEMS				
		サブリーダー	小森 亨一	(株)島津製作所 分析計測事業部・プロダクトマネージャー(部長)																			
	119	チームリーダー	柴田 耕志	明星電気(株) 技術開発本部・取締役本部長	世界標準をめざした光学的二酸化炭素自動測定器の実用化開発	実証・実用化タイプ	H22	H24				✓			○	◎		装置②、応用⑤	二酸化炭素、高精度、計測装置				
		サブリーダー	井上 元	大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所・教授																			
		放射線計測のための機器	28	チームリーダー	高橋 忠幸	(独)宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所・教授	革新的超広角高感度ガンマ線可視化装置の実用化開発	革新技術タイプ(機器開発型)	H24	H26			✓	✓	「超広角コンプトンカメラ ASTROCAM 7000HS」 (三菱重工業(株))		○	◎		原理①、装置②、応用⑤	コンプトン散乱による入射方向とエネルギーの同時測定、高性能検出素子、環境放射能の迅速高感度イメージ計測	・JAXA高橋教授：「平成25年度文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門)」	
				サブリーダー	黒田 能克	三菱重工業(株) 航空宇宙事業本部 誘導・エンジン事業部 電子システム技術部・主席技師																	
			29	チームリーダー	薬袋 佳孝	武蔵大学 人文学部・教授	放射能環境標準物質の実用化開発	革新技術タイプ(要素技術型)	H24	H26				✓	「食品放射能標準物質」 ((公財)日本分析化学会)			◎		測定対象③、応用⑤	玄米、牛肉等の放射能測定用標準試料、食品の放射能汚染の高信頼性スクリーニング測定		
	30	チームリーダー	山田 宏治	富士電機(株) 原子力・放射線事業部 放射線システム統括部 営業技術部・次長	食品放射能検査システムの実用化開発	実用化タイプ(中期開発型)	H24	H25	✓				「食品放射能検査システム NMU2」 (富士電機(株))			◎		装置②、機能④、応用⑤	一定形状・重量の食品中の放射性セシウムの連続計測、放射能スクリーニング測定、特定地域産食品の全品測定				
		サブリーダー	高田 真志	(独)放射線医学総合研究所 緊急被ばく医療研究センター 被ばく線量評価部・室長																			