

シンポジウム報告書

JST-CRDS/IRIS共催シンポジウム@JASIS WebExpo®

これからの先端研究機器

—新たな機器開発エコシステム形成へ向けて—

2022年2月16日（水）開催



はじめに

開催趣旨

科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）は、中立的な立場から科学技術イノベーションの動向を調査分析し、政策提言を行う公的シンクタンクである。調査・分析・提言の過程において、政府、内閣府、文部科学省をはじめとした各省、学术界や産業界等との意見交換を実施している。様々な機関における研究開発の在り方を捉え、アカデミアの研究課題の発掘から、産学での研究開発の実施を検討する等の活動を行っている。

CRDSでは、毎年多数の動向分析に関する報告書・提言を発行している。その一つに「研究機器・装置開発の諸課題-新たな研究を拓く機器開発とその実装・エコシステム形成へ向けて-（-The Beyond Disciplines Collection-）」¹がある。報告書では、わが国にとって重要な研究機器開発エコシステム構築に向けた方向性を提起した。報告書を出発点として2021年5月以降は、エコシステム構築の具現化に向け、研究イノベーション学会の「研究基盤イノベーション分科会（IRIS）」と協力し、産学官の関係者との議論を醸成する勉強会を継続している。

〈勉強会の主要な論点〉

- ・ 独創的な研究開発の実行には、研究現場が自ら考案し開発した技術や装置が鍵となる
- ・ 機器開発と開発した機器の利用による新しい研究成果の創出、その先にある産業や社会課題解決が相互にフィードバックするイノベーションエコシステムの構築が重要

報告書発行と勉強会を契機に、さらに多くの関係者と議論を共有すべく企画したのが、JST-CRDS/IRIS 共催シンポジウム「これからの先端研究機器 -新たな機器開発エコシステム形成へ向けて-」である。

シンポジウムは3部構成で開催した。「課題提起」セッションで上述の報告書概要と勉強会での議論を紹介した。「産学からの講演」セッションでは研究機器に関連する産学の間において、第一線で活躍する4名の登壇者に講演いただいた。「パネルディスカッション」では、新たに4名の登壇者からのショートノート講演を行い、8名の登壇者で今後の課題や展望について議論した。シンポジウムは、研究機器開発エコシステムに関する環境・人材・スキーム等について議論を深め、多くの関係者と論点を共有することを目的に、「JASIS WebExpo® 2021-2022」を通じライブ配信形式で開催した。

JASIS WebExpo® 2021-2022（JASIS: 最先端科学・分析システム&ソリューション展）

主 催：一般社団法人日本分析機器工業会、一般社団法人日本科学機器協会

1 CRDS「研究機器・装置開発の諸課題-新たな研究を拓く機器開発とその実装・エコシステム形成へ向けて-（-The Beyond Disciplines Collection-）」（2021年3月）
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-RR-07.html>

開会挨拶 研究力向上を支える研究の環境「研究土壌」を育むために

倉持 隆雄 (JST-CRDS 副センター長)

この度のシンポジウムは、CRDSと研究イノベーション学会の「研究基盤イノベーション分科会 (IRIS)」との共同で開催する。IRISは、わが国の科学技術・イノベーションを支える研究基盤・研究環境の在り方について、産学官のステークホルダーが集まって議論を深めるなど積極的な活動を展開している。2021年3月にCRDSがとりまとめた報告書「研究機器・装置開発の諸課題」を契機に、IRIS主査の東京工業大学の江端新吾教授を始め、多くの関係者と共に勉強会等を通じて検討を深めてきた。今回、公開のシンポジウムの場で議論を実施できることを、誠に意義深く重要な機会であると考えている。

近年、わが国の研究力の低下が指摘されている。その中でCRDSでは、研究力の源泉である「研究環境、いわば研究活動の“土壌”」にまつわる諸問題について様々な視座から検討をおこない、提言等を取りまとめた。本シンポジウムのテーマである「研究機器」も、研究の基盤的な環境を構成する重要なファクターであり、研究力向上に欠かせないものである。その機器開発と、先端研究における利活用からのイノベーションの創出を、如何にして産学のエコシステムとして育て、発展させていくべきか、その方策を考えてきた。このシンポジウムではその概要や課題提起について紹介し、有識者の講演を通じて、研究力向上に必須の先端機器の在り方について議論したい。機器開発とその実装、それらを担うエンジニア等の専門家を含め、研究機器の開発・利用に関わる多様な関係者が協働し、新たな研究成果が持続的に創出されるような、イノベーションのエコシステム形成に関する議論を深めたい。この議論が、関係者と共に行動を起こしていく機会になればと考えている。

本シンポジウムは産学の第一線で活躍する9名の登壇者を招聘している。ご登壇を快諾くださった皆様に、また、多忙の中視聴いただく皆様に、心より感謝申し上げたい。

JST-CRDS/IRIS 共催シンポジウム@JASIS WebExpo®

これからの先端研究機器

—新たな機器開発エコシステム形成へ向けて—

2022. 2/16 WED
13:30 ~ 17:30

JASIS WebExpo®にて配信!

JASISメンバー登録
メニュー画面へ

<https://www.jasis.jp/webexpo/login.php?npjwv>

シンポジウムの参加には、JASISメンバー登録が必要です

新たな科学技術・イノベーションは、新たな装置から生まれる

開催概要 先端技術・機器開発に求められる新しい産学連携のかたちとは。先端科学技術の芽を創出するアカデミア、技術を実装し機器を具現化する産業界、利用研究者・技術者との接続点でもある共用プラットフォームとがつながる、機器開発の新しいエコシステム形成へ向けた展望を語る。

プログラム (敬称略)

開会および課題提起	13:30~14:10	パネルディスカッション	16:00~17:20
13:30-13:40	開会 倉持隆雄 (JST-CRDS 副センター長) 題旨 永野智己 (JST-CRDS 総括ユニットリーダー・フェロー)	16:00-17:20	「先端研究機器開発が切り拓くイノベーション・エコシステム」 江端新吾 (東京工業大学 総括理事・副学長 特別補佐・教授/IRIS主査) 河田 聡 (ナノフォトン 代表取締役会長兼社長) 金丸正剛 (産業技術総合研究所 上級執行役員/TIA推進センター長) 和田隆志 (金沢大学 理事 (研究・社会共創担当) /副学長) ※および前半の演者から 柴田直哉、寺本華奈江、太田悦子、丸山浩平、永野智己 (ファシリテーター)
13:40-13:55	「CRDSにおける研究機器に関する調査検討からの報告」 魚住まどか (JST-CRDS フェロー)		
13:55-14:10	「研究機器開発エコシステム勉強会」からの課題提起 丸山浩平 (早稲田大学 研究戦略センター教授/IRIS幹事)		
産学からの講演		14:10~16:00	
14:10-14:35	「最先端透過電子顕微鏡の今、産学連携による次世代開発の課題と展望」 柴田直哉 (東京大学 総合研究機構長)	17:20	挨拶 文部科学省 閉会 江端新吾 (東京工業大学 総括理事・副学長 特別補佐・教授/IRIS主査)
14:35-15:00	「分析機器企業におけるオープンイノベーションによる新技術・装置開発」 寺本華奈江 (島島律製作所 分析計測事業部 マネージャー)		
15:00-15:25	「半導体製造装置・プロセス技術に求められる多様な開発ニーズおよび対応」 早川 崇 (東京エレクトロン ㈱ コーポレート R&D 部長)		
15:25-15:50	「微細加工・解析プラットフォームへ集まる新技術への期待と課題・DX」 太田悦子 (東京大学/ナノテクノロジープラットフォーム・マテリアル先端リサーチインフラ エキスパート)		

(15:50-16:00 休憩)

主催:

研究基盤イノベーション分科会
Executive Research Association for IIS (Executive-IRIS)

PROFILE

丸山 浩平（早稲田大学研究戦略センター 教授／研究基盤イノベーション分科会（IRIS）幹事）



東京農工大学大学院工学研究科生命工学専攻修了、博士（工学）。機器メーカーで産業用機器の研究開発、技術企画、バイオ計測装置の新規事業開発に従事。2005年より早稲田大学にてバイオセンシング研究を経験。2009年以降は大学の研究マネジメント業務、研究機器共用事業に関与。

柴田 直哉（東京大学大学院工学系研究科総合研究機構 教授）



東京大学大学院工学系研究科材料学専攻修了、博士（工学）。東京大学大学院工学系研究科助手、助教、准教授を経て、2017年より現職。専門は電子顕微鏡材料学。最先端電子顕微鏡の開発と材料研究を融合する研究を推進し、電子顕微鏡の新たな可能性の開拓に挑戦している。

寺本 華奈江（株式会社島津製作所 分析計測事業部 マネージャー）



名城大学大学院農学研究科修了、博士（工学）。食品メーカーの研究員を経て、産業技術総合研究所でMALDI-MSによる微生物分析法を開発。2007年から精密機器メーカーでアプリケーション開発に従事。2017年より島津製作所田中耕一記念質量分析研究所で微生物分析法の開発を行い、2021年からは分析計測事業部にて協創による分析システム開発に従事。

早川 崇（東京エレクトロン株式会社 コーポレートR&D部 部長）



1991年、外資系半導体メーカーにてプロセス技術者を担務し、半導体業界へ。DRAM開発および量産展開まで経験し、1998年に東京エレクトロンに入社、プロセスエンジニア、製品企画業務を経て、現職にて次世代技術開発に従事。

太田 悦子（東京大学／ナノテクノロジーPF・マテリアル先端リサーチインフラ エキスパート）



茨城大学工学部電気工学科卒。光学機器メーカーにて、縮小投影型半導体露光装置（ステッパー）の開発量産部門に勤務。2008年より東京大学工学系研究科にて所属研究室の学術支援専門職員、2016年より東京大学大規模集積システム設計教育センター 学術専門職員、及び文科省ナノテクノロジープラットフォーム事業 微細加工プラットフォーム所属 エキスパート。

河田 聡 (ナノフoton株式会社 代表取締役会長兼社長)



大阪大学工学部応用物理学専攻卒・同大学院博士課程修了・工学博士。93年より阪大教授・特別教授、同フロンティア研究機構長・フォトニクスセンター長など歴任。02年より理化学研究所主任研究員・チームリーダー。応用物理学会会長、日本分光学会会長などを歴任後、現在Optica (元OSA) 会長。03年にナノフoton株式会社を創業、現在会長兼社長。07年、紫綬褒章授章。09年、科学者維新塾設立。

金丸 正剛 (産業技術総合研究所 上級執行役員/TIA推進センター長)



東京工業大学総合理工学研究科電子システム専攻 (工学博士)。電子技術総合研究所および産業技術総合研究所にて半導体プロセス技術やフラットパネルディスプレイ技術の研究開発に従事。現在は6研究機関が運営するオープンイノベーション拠点TIAを中心とした先端研究機器の外部共用や産学連携を推進。

和田 隆志 (金沢大学 理事 (研究・社会共創担当) /副学長)



金沢大学大学院医学研究科修了、博士 (医学)。Harvard Medical School Brigham and Women's Hospital 腎臓部門研究員、金沢大学講師、助教授を経て2007年から金沢大学大学院医学系研究科教授。同大学医学系長、副学長を務めたのち、2022年金沢大学長に就任。大学改革、研究力強化、人材育成の「金沢モデル」確立を進める。

古田 裕志 (文部科学省 科学技術・学術政策局 研究環境課長)



名古屋大学大学院修了、科学技術庁入庁。外務省在ウィーン国際機関日本政府代表部参事官、内閣府政策統括官 (科学技術・イノベーション担当) 付参事官 (戦略的イノベーション創造プログラム担当) 付企画官、海洋研究開発機構経営企画部長、研究開発基盤課長等を歴任。SATREPS、東北メディカルメガバンク計画、SIP革新的深海資源調査技術等の新規立案・立ち上げに従事。2021年10月より現職。

〈主催者：JST-CRDS、IRIS〉

倉持 隆雄（科学技術振興機構 研究開発戦略センター 副センター長）



東京大学大学院理学系研究科修士課程修了、科学技術庁入庁。外務省在米大使館参事官、理化学研究所理事、文科省研究振興局長、内閣府政策統括官（科学技術イノベーション担当）等を歴任。科学技術基本計画の策定、SPring-8やスーパーコンピュータ「京」等の開発・共用促進、科研費の基金化、SIPやImPACTの創設等の科学技術政策や研究開発プログラムに従事。2015年より現職。

永野 智己（科学技術振興機構 研究開発戦略センター 総括ユニットリーダー・研究監）



学習院大学理学部化学科卒、グロービス経営大学院経営学修士（MBA）。JST-CRDSでは主にナノテクノロジー・材料・デバイス・計測技術の他、異分野融合や技術プラットフォームの戦略立案を担当。文部科学省技術参与を兼任。

江端 新吾（東京工業大学総括理事・副学長特別補佐・教授／研究基盤イノベーション分科会（IRIS）主査）



北海道大学大学院理学研究院修了、博士（理学）。専門は宇宙化学、分析化学。北海道大学特任助教、大阪大学博士研究員を経て、2013年より大学経営マネジメントに携わる。2019年より現職。内閣府科学技術・イノベーション事務局上席科学技術政策フェローを兼任。

魚住 まどか（科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー）



京都工芸繊維大学大学院バイオベースマテリアル学専攻修士課程修了。自然科学研究機構分子科学研究所、物質・材料研究機構を経て2019年より現職。分野横断的テーマの調査・検討に携わる。

丸山 隆一（司会）（科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー）



東京工業大学総合理工学研究科修士課程修了。出版社勤務を経て2020年より現職。分野横断的テーマの調査・検討に携わる。

（2022年2月時点）

目次

1	課題提起	1
1.1	CRDS における研究機器に関する調査検討からの報告	1
1.2	“研究機器開発エコシステム勉強会” からの課題提起	4
2	産学からの講演	6
2.1	最先端電子顕微鏡の今： 産学連携による次世代機開発の課題と展望	6
2.2	分析機器企業におけるオープンイノベーションによる 新技術・装置開発	10
2.3	半導体製造装置・プロセス技術：多様な開発ニーズおよび対応 ..	13
2.4	微細加工・解析プラットフォームへ集まる 新技術への期待と課題・DX	15
3	パネルディスカッション：ショートノート	18
3.1	新たな機器開発エコシステムを創る 研究基盤イノベーション人財	18
3.2	エコシステムとスタートアップの課題について	20
3.3	TIA におけるオープンイノベーション拠点運営から見た 機器開発	22
3.4	金沢大学ナノ生命科学研究所の機器開発エコシステム	23
4	パネルディスカッション	24
5	閉会	29
6	参加状況	30

1 | 課題提起

1.1 CRDSにおける研究機器に関する調査検討からの報告

魚住 まどか (JST-CRDS)

●背景と問題意識

報告書「研究機器・装置開発の諸課題」を取りまとめた背景には、日本の研究現場における海外メーカー製品の輸入増加と、それらを活用した研究成果の創出においてわが国が諸外国に後れをとっている状況があった。機器の導入だけでなく、特に日本では新技術・新装置を開発する環境や仕組みが不足していることに懸念がある。この問題意識から、研究機器に関する現状と課題の把握を試み、機器開発エコシステム構築の可能性を検討した。



●機器のグローバル市場動向

日本では、放射光施設やスーパーコンピュータ等の先端大型施設については、強力に整備が進んでいる。一方課題を多く抱えるのが、計測・分析機器や加工・プロセス機器等、価格帯として1,000万円～10数億円の中レンジに該当する先端機器群である。広範な分野の研究開発に影響を及ぼすこれらの先端機器は、日本の研究現場で導入が滞る傾向にあり、産学が自ら開発することも困難になっている。

現状を示すデータとして、先端機器の市場動向を紹介する。2018年時点における機器のグローバル市場の規模は、計測・分析機器が5.2兆円、加工・プロセス機器が4.7兆円であった。いずれの機器も、グローバル市場においてトップシェアを獲得しているのは米国の企業群で、計測・分析機器は3兆円、加工・プロセス機器は2.1兆円に上る。特定領域では日本企業も奮闘しており、加工・プロセス機器はグローバル市場で25%のシェアを獲得している。また、計測・分析機器のうち光学顕微鏡や電子顕微鏡を含む「表面分析装置」のシェアでは日本が米国を上回る等、日本の機器メーカーはグローバル市場でも強みを持っている。ただし、かつて日本企業が大きなシェアを獲得していた先端リソグラフィ装置等は、現在その技術・シェア共にオランダ企業がトップである。その他の現時点で強みを持つ機器種でも、今後は中国勢の台頭が予測されるなど、日本企業がシェアを失っていく懸念がある。

地域別の市場規模で各国の機器の購入額を見てみると、北米が2.4兆円、欧州が1.7兆円、中国が1.5兆円の市場規模を形成する中、日本の市場規模はこれらの地域を下回る1.2兆円である。諸外国と比較して、日本市場は規模の面でも、先端機器の導入の面でも課題がある。

●研究ニーズに応える機器開発

研究開発を実行する際、既存技術では実現できないニーズが生まれることがある。例えば計測技術の場合、研究課題の中にある未知の測定対象について、どのような物理量を、どのようなプローブを用いて測るのか等、ニーズを満たす技術や装置にたどり着くまでにクリアにすべき複数の階層が存在する。既存技術で解決できるニーズもあれば、新たな技術が必要なニーズも存在する。この構造は計測技術に限らず、分析、合成、加工プロセス技術のいずれも同様である。研究上のニーズに応えるためには技術開発が先行することも重要であるが、両者が上手く接続しなければ、相互のフィードバックループが成立しない。

多様な分野・領域で研究ニーズは生まれ続けている。しかし研究ニーズを満たす最先端技術を開発し、それが機器として具現化されなければ、最先端の研究創出も滞る関係にある。

●研究機器の開発・普及・導入と社会課題解決が促進するエコシステムとは

研究機器開発のエコシステム構築において、重要な役割をもつ3つの組織は、「大学・研究機関」「機器メーカー」に加えて「共用拠点」であると考えている（図1-1）。

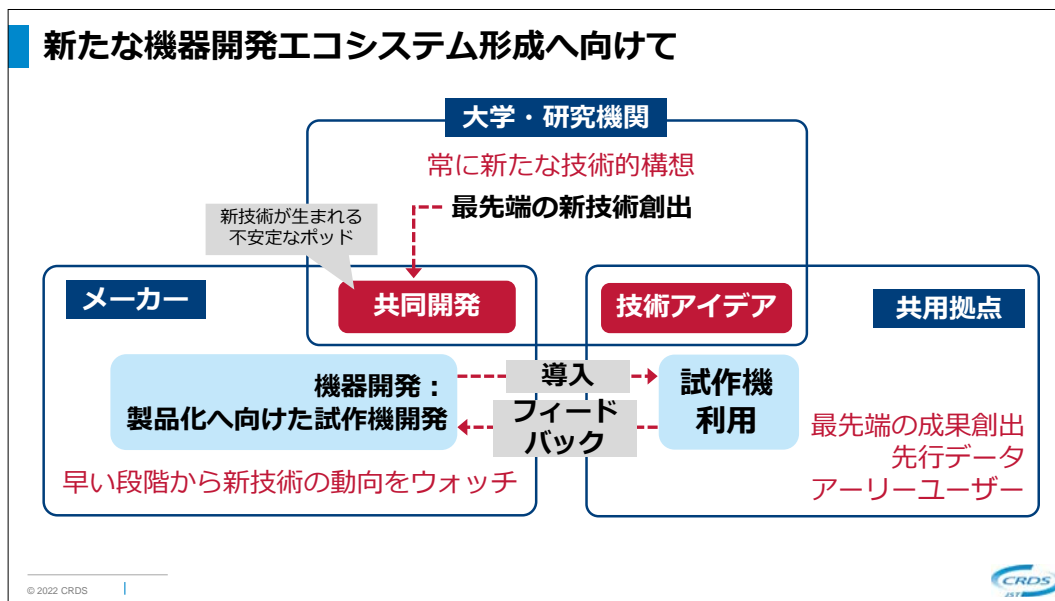


図1-1 新たな機器開発エコシステム形成へ向けて

機器開発には、大学・研究機関が生み出す最先端技術が技術的な起点となる。大学・研究機関は、世界最先端の技術を生み出す場として、そのポテンシャルを維持・成長させる環境整備が必要である。資金はもちろんのこと、中長期的に無形資産である技術的・人的資産を蓄積することで、世界最先端の技術レベルと向き合い、新たな技術的構想を持つことが可能になる。

大学・研究機関から生まれた最先端技術は、機器メーカーも参画する共同開発拠点を通じ機器として具現化していくことが期待される。企業での機器開発を開始する前段階で、機器としてはまだ不安定で、技術の芽を生み育てられるような活性化エネルギーの高い状態にある場が存在することが、開発の初期段階で多様な知見を取り入れることを可能にする。機器メーカーにとっては、機器開発の早い段階で技術動向をウォッチし開発を検討できる場である。

共同開発拠点で育った技術はある段階で、企業が機器開発に着手する段階へと移る。しかし研究機器の場合、この段階で市場の広がりを見通すことが難しく、製品化に向けた開発投資に踏み切れない場合が多い。そこで、試作機を大学や国研等の共用拠点に先行導入することで、この問題にアプローチすることができるのではないか。

大学や公的研究機関における共用拠点は、ここ10年ほどの文部科学省の各種事業によって発展してきた。多様なユーザーが集まる共用拠点に最先端機器を導入することで、アーリーユーザーからのフィードバックを得ながら、開発企業は完成へ向けた開発を進めることができる。アーリーユーザーが創出した先行データや新たな利用方法が、さらなるユーザーを集めることも期待できる。この3組織の連携によって開発した機器が、市場に出てビジネスとして成立した際には、そこからの利益の一部を共同開発拠点に還元することで、研究機器開発のエコシステムを形成することが可能になるのではないか。

提起した研究機器開発エコシステム実現への道のりは遠く、議論も不完全である。3種の組織において、技

術開発に直接関わる関係者だけではなく、経営・執行部門等の様々な立場の視点も交えた検討が必要と考えている。また、3組織だけでなく、スタートアップやインキュベーション機関等の関与も重要だろう。シンポジウムでの議論が、今後の検討と活動に向けた一歩となるよう、私共も努めたい。

CRDS 報告書

The **Beyond Disciplines** Collection

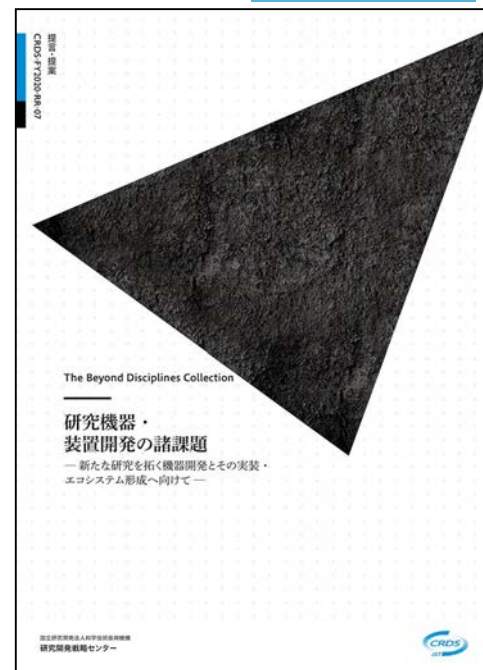
研究機器・装置開発の諸課題

ー新たな研究を拓く機器開発とその実装・エコシステム形成へ向けてー

本書の構成

- 1 研究機器・装置の動向
 - 1.1 研究基盤としての機器・装置への基本認識
 - 1.2 日本における研究機器の開発・普及・導入に関する現状と課題
- 2 研究機器の市場動向に関する調査
- 3 日本における研究機器開発に関する取組
 - 3.1 研究基盤としての機器・装置の開発に関する取組
 - 3.2 先端計測分析技術・機器開発プログラムの振り返り
 - 3.3 イノベティブな機器の登場によって先端研究にゲームチェンジが起きたケース
- 4 科学の未解決問題への研究ニーズに対応する機器開発課題
 - 4.1 科学の未解決問題への研究ニーズ
 - 4.2 研究ニーズに対応する機器開発の課題
- 5 研究機器開発のイノベーションエコシステム形成へ向けて
 - 5.1 新たな機器開発とそれを利用する先端研究成果創出は、win-win の両立が要る
 - 5.2 技術のポッド：不安定で活性化エネルギーの高い開発拠点がイノベーションを生む
 - 5.3 中長期にスパイラルアップする、成長するイノベーションエコシステムへ向けて
- 6 海外の研究機器開発に関する政策的取組
 - 6.1 米国
 - 6.2 ドイツ
 - 6.3 中国

2021年3月発行



CRDS 報告書 | で検索



<https://www.jst.go.jp/crds/report/report04/CRDS-FY2020-RR-07.html>

1.2 “研究機器開発エコシステム勉強会”からの課題提起

丸山 浩平（早稲田大学／研究基盤イノベーション分科会（IRIS））

研究機器開発エコシステム勉強会（以後「勉強会」と表記）は、CRDSの報告書をきっかけに研究基盤に関する諸課題やエコシステム形成について検討することを目的として、産学官の有志の参加者によって2021年5月から実施している。計測機器や加工プロセス機器等、研究基盤として重要な研究機器に関する議論を重ねている。



●勉強会での議論の醸成

先端機器には、大きく分けて研究用途と、工場等にて用いる産業用途の機器があり、どちらにも用いる機器もあるが、利用の目的は異なる。研究用途の先端機器に関する課題は顕在化しにくいこともあり、わが国におけるクリティカルな状況は十分には共有されていない。各組織、各現場間で相互のフィードバックループが機能するような、先端研究機器の機器開発エコシステムの在り方を議論・共有することが重要である。

勉強会には、大学・研究機関、機器メーカー、共用拠点のメンバーが参加しており、様々な話題提供があった。機器メーカー所属の参加者からは、国内メーカーの存在が研究現場に与える経済的・学術的影響について指摘があったほか、わが国の大学・研究機関では、若手研究者の育成など多くの課題があることを改めて認識し、その現状を踏まえ、欧州における先端機器・技術開発の動向や人材育成の方策について議論した。大学における研究基盤の整備に関しては、戦略的に機器の共用、人材育成、産学連携を進める事例を共有した。また、共用拠点に集積するユーザーニーズには、新技術や新装置の開発、製品化へのヒントがあることも明らかになった。

●機器開発エコシステム形成に向けた主要な論点

研究機器の開発と販売を担うメーカーにとっての課題の一つに「開発投資の循環」がある。最先端技術を搭載した機器は開発に莫大なコストを要するため、資金捻出が難しい。特に研究現場で用いる最先端機器は、開発前に市場を見通すことや投資の回収計画を立てることが困難であるため、投資の判断がとりわけ難しくなる。諸外国では、開発の初期段階にある技術の実用化は、ベンチャー企業が重要な役割を担う動向もあるが、わが国では開発期間と投資に高いリスクを伴う機器開発のスタートアップは、まだ未成熟な環境にある。メーカーでの製品化において、ユーザーニーズを迅速に把握する過程が必要である。加えて、ハードウェアの要素技術だけでなく、アプリケーション等も含めたシステムとして機器を完成させ、普及の鍵となるキーテクノロジーを持つことが重要である。

機器開発において大学が担う役割は、最先端技術を生み出すことである。しかし、現在の日本の大学・公的研究機関では、そうした技術開発に研究テーマとして取り組む環境が十分には整っておらず、人材も減少傾向である。技術開発は失敗から得る示唆が大きい、特に若手の研究者にとっては、技術的にハイリスクな課題にチャレンジすることが難しい状況がある。最先端技術を具現化するまでには長い時間を要するにも関わらず、論文等の限られた指標で、短いスパンでの成果創出が求められる日本の評価システムの課題も論じられた。多様な評価システムを取り入れ、開発した技術や装置だけではなく、装置を利用して得られた研究データ等も含めた科学的・学術的価値を評価することが重要である。

勉強会では、以上のような産と学の抱える課題を共有し、その解決の方策として研究機器開発のエコシステムの重要性を再認識した。最後に、機器開発エコシステムの可能性を拓げる場として、ユーザーが関与する共用プラットフォームについて述べる。現在のわが国では、機器共用のプラットフォームは全国各地に拠点

が形成され、各大学等の単位でも共用に向けた取組みが進んでいる。共用プラットフォームに集まるユーザーが持つニーズには、既存装置へのニーズだけでなく、新技術・新装置開発のアイデアへと繋がるものが存在する。試作段階にある最先端の機器を共用プラットフォームに先行導入すれば、開発企業のショールームとしても機能させることが可能である。一方、公的に進めている共用プラットフォームでは、開発企業側がユーザーニーズを十分に抽出することが難しいことや、共用プラットフォームに関与する技術スタッフのスキル向上等、課題が存在している。

勉強会では、メーカー、大学・公的研究機関、共用拠点の各視点から、研究機器開発のエコシステム形成に向けた提案や、検討すべき課題について率直な意見交換を実施してきた。こうした議論を背景に本シンポジウムではより多くの関係者と意見交換を進め、エコシステム形成へ向けた具体的な行動が今後各地で起こっていくことを期待したい。

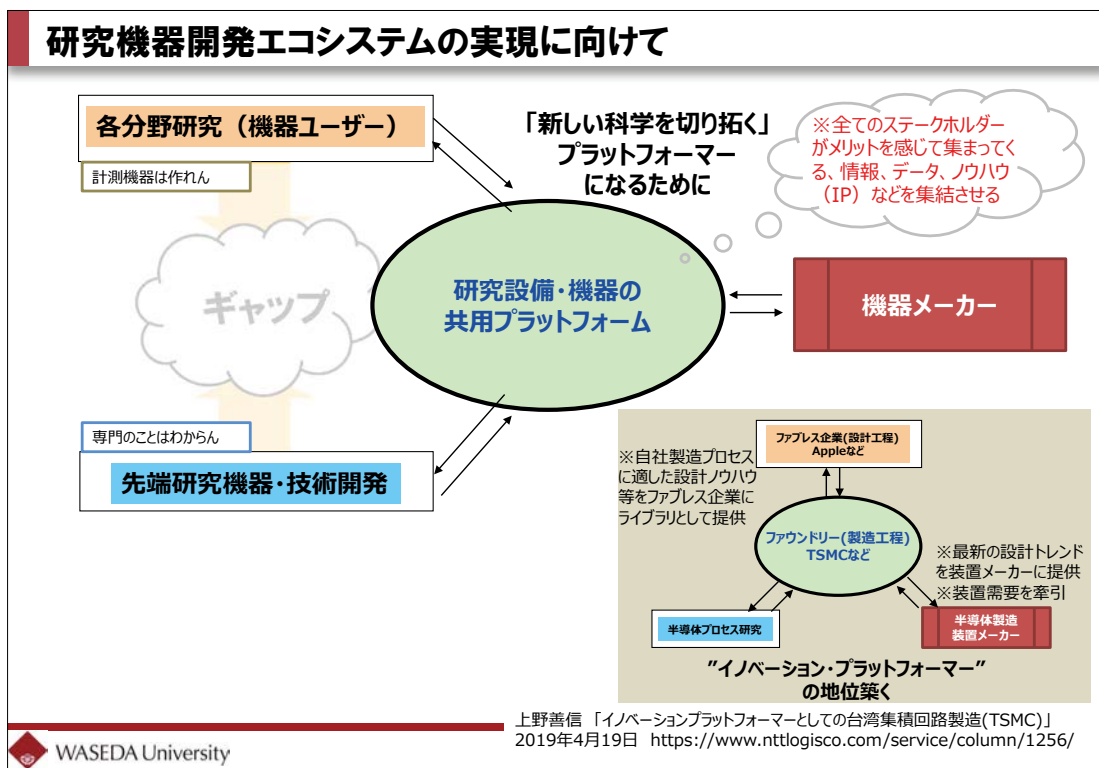


図1-2 研究機器開発エコシステムの実現に向けて

2 | 産学からの講演

2.1 最先端電子顕微鏡の今：産学連携による次世代機開発の課題と展望

柴田 直哉（東京大学）

最先端電子顕微鏡の研究開発の経験を基に、産学連携に関する話題提供をしたい。



●電子顕微鏡の概況

今日の電子顕微鏡は、材料やデバイスがその機能を発現する源である原子や分子のスケールの世界を直接見ることを可能にし、ナノテク・材料等の研究開発分野において極めて重要な研究基盤技術になっている。

過去、光学顕微鏡が波長による分解能の限界を迎えるなか、電子顕微鏡は1931年にドイツで発明される。20世紀終わりには約0.1ナノメートルの分解能が達成、今は第3の波がきており、さらに分解能が上がって0.05ナノメートル以下の空間分解能が実現している。ウイルスの発見など、非常に重要な科学的発見や、人類社会の発展に貢献する成果を上げてきた。

日本における電子顕微鏡の開発はもともと、産学連携から始まった。ドイツから少し遅れること1939年、国産の電子顕微鏡を作るための委員会（通称、瀬藤委員会）が日本学術振興会に設置され、産学のメンバーが結集して電子顕微鏡開発がスタートした。その後、日本の技術力は大きく向上し、日本電子社や日立ハイテク社など、世界的な電子顕微鏡メーカーが誕生して世界市場で活躍。これをもって日本のお家芸とも言われ、1980年代は世界シェアの約8割を誇った。

しかし、最近では欧米を中心に猛追を受け、海外メーカーがシェアを大きく広げている。国別の装置導入の実績においても、欧米はもちろん、中国などアジアがハイエンド装置を盛んに導入し、材料研究やバイオ研究に非常に力を入れている。さらに最近では欧米で巨額の開発投資がなされており、今後も熾烈な国際開発競争が続けられていく状況にある。

こうした状況への危機感をもとに、東京大学は15年前に日本電子社と産学連携室を発足した。さらに2020年からは社会連携講座も設置し、大学とメーカーの知とノウハウ、これらを結集して新しい電子顕微鏡の開発と人材育成に取り組んできた（図2-1-1）。

産学連携に長年携わってきて実感すること、このような最先端の計測研究および機器開発に産学連携の相乗効果として、最先端の科学分野を切り開くことに資すること、大きな波及効果を持ちやすいこと、人が育つこと、の3点がある。

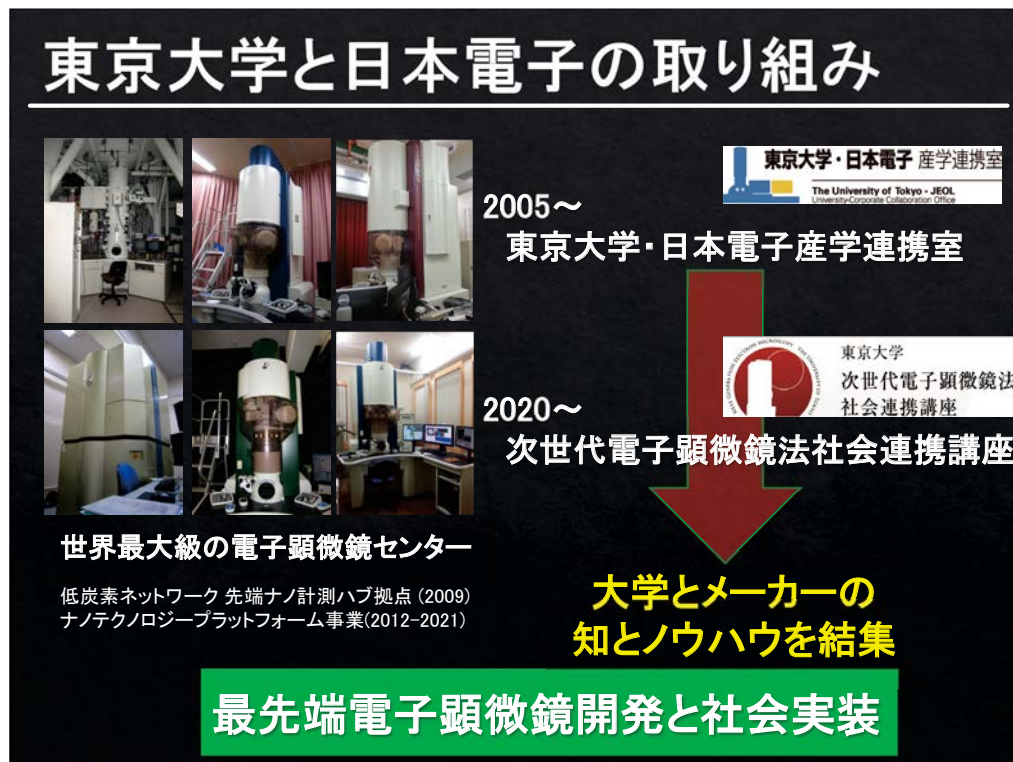


図2-1-1 東京大学と日本電子の取組み

●最先端の計測研究・機器開発における産学連携の効果1：科学が切り拓かれる

自身の研究室では、これまでに二度、電子顕微鏡の世界最高性能記録の更新を実現し、今では40.5ピコメートルという空間分解能を実現している。これは水素原子のボーア半径よりも小さな世界であり、水素原子を含むあらゆる原子を可視化できるようになった。そのうえで「この先、何を見るのか」はアカデミアが考えるべき課題である。いろいろ考えて私たちがたどり着いた一つの課題が、原子の周囲の電場や磁場を可視化するという目標だった。これは走査型透過電子顕微鏡の一手法であるDPC法（微分位相コントラスト法）で実現できる可能性があると考えた。

材料中の電場や磁場は、その中に電子が入射した際の電子線のシフトを検出することで計測でき、入射電子を試料上でスキャンすることで、実空間の電磁場分布が可視化できる。しかし当時は原子分解能に対応できるDPC用の検出器は存在しておらず、その開発を産学連携で実施した。検出面を16個の位置に分割する検出器を開発し、原子分解能像をつくることができた。図2-1-2左のように、中心から電場が外方向に湧き出している様子が見えてきた。場の可視化により原子の中の構造や、さらには、電場分布から電荷分布、つまり原子と原子の間の構造、結合の可視化にもつながるかもしれない。



図2-1-2 電子顕微鏡による電場と磁場の可視化

さらに原子の磁場の可視化にも取り組んだ。磁性材料の多くは原子がそもそも磁石になっていることから、原子の磁場が見えれば磁性材料の開発に役立つ。レンズ内に強い磁場を用いている電子顕微鏡では原子の磁場は見えない、という常識を打ち破るべく、新レンズの開発を産学連携で行った。二つの反対称に作り込んだレンズを組み合わせて、磁場を反対方向にかけると同時に実現した。さらにこの装置を使った原子の磁場の可視化に取り組み、2022年に『Nature』誌で報告した¹(図2-1-2右)。産学の英知を結集すればこうした最先端の計測も可能になるという好例になったのではないかと思う。

●最先端の計測研究・機器開発における産学連携の効果2：波及効果が大きい

先ほど紹介した分割型検出器は今では世界で販売されており、電磁場の観察が一般のユーザーにも可能になっている。私たちの開発技術を元にした磁場フリー環境で原子分解能観察が可能な電子顕微鏡も、商用の第1号機が国内に導入予定で、今後さらに広がっていく可能性がある。このようなオンリーワン技術を備えた装置を開発すると、産業界含め様々な方面から興味をもってもらえる。装置開発や新しい手法開発に特化していくと、新たなユーザーと出会えることを実感している。さらに、文部科学省のナノテクノロジープラットフォームやマテリアル先端リサーチインフラなど大型の共用事業でこうした開発技術が生かされると、さらに大きな波及効果を生むのではないかと期待する。

●最先端の計測研究・機器開発における産学連携の効果3：人が育つ

一番重要なことが、人が育つことである。最先端の計測研究はそれ自体がトップサイエンスであり、挑戦的な計測研究テーマは若い人たちを強く引きつける。最近、私の周辺では博士課程の進学者が年々増えている実感も持っている。見えないものを見ようとする計測研究というのは、科学の「初期衝動」のようなものであり、今の若手にも面白い分野なのだろう。そうした分野で産学連携をすると、学生と社会との接点生まれ、社会の先輩方から様々なことを学び成長するよい機会となる。

一例を挙げると、研究室の博士後期課程の学生が、電子線ダメージで壊れてしまう材料を原子分解能観測できるようにする研究開発を行った。理論から取り組み、新しい手法を開発し、論文発表や特許の取得などを行った。これには開発企業にも非常に興味を持っていただき、システム化、製品化にも関与していった。こ

¹ Kohno, Yuji, Takehito Seki, Scott D. Findlay, Yuichi Ikuhara, and Naoya Shibata. "Real-space visualization of intrinsic magnetic fields of an antiferromagnet." *Nature* 602, no. 7896 (2022): 234-239.

の手法は、今後世界的に販売され、様々な材料分野で活躍する手法となるであろう。先端計測の挑戦は、若い研究者の潜在能力を引き出す大きな可能性をもつことを私自身が学ぶ機会となった。

先端計測は、それ自体が最先端の科学を切り開く「マザー・オブ・サイエンス」であり、日本の科学技術力にとっては重要な基盤であると思う。挑戦的な計測を継続的に行っていくことが重要で、それが新しい若手を育てていく。

【質疑応答】

Q：最先端の装置開発を産学共同で行う際、共通の目標をどのように設定すればよいか。ゴール設定において何が大事か。

A：学側がどんなものを目指したいか、どんな価値があるかということ強く主張するべき。そうすると、産の側もそれを意気に感じて応えてくれるという経験をしてきた。その企業が元々持つ開発への姿勢も重要であると思う。

2.2 分析機器企業におけるオープンイノベーションによる新技術・装置開発

寺本 華奈江（株式会社島津製作所）

機器の使用・開発・提供という立場を担った経験から、オープンイノベーションに関する話題を提供する。



●島津製作所のオープンイノベーションの歴史

創業147年となる島津製作所の歴史は、オープンイノベーションの歴史そのものである。

創業者島津源蔵は、仏具職人の家に生まれ京都に開業していたが、明治維新の廃仏毀釈政策により仏具需要は激減。一方、殖産興業により舎密局（＝工業試験場）を拠点とした西洋の最新技術を導入した産業施設が多数設立していた。そこで、金属加工技術を活かし高価で希少な理化学機器の国産化に着手、産学官の連携で事業化を行った。これが島津製作所のスタートである。その後、知事の要請による軽気球飛行や現京都大学と共同でのX線写真撮影成功、教育用X線装置の開発など、社会の要望や産業の発展に寄り添う形で産学官連携し、装置開発を行ってきた（図2-2-1）。そして2002年、生体高分子の質量分析法のための「脱離イオン化法」の開発を評価され、エグゼクティブ・リサーチフェローで田中耕一記念質量分析研究所の所長・田中耕一がノーベル化学賞を受賞した。

西暦	明治	世間	島津製作所
1868	1	京都府庁 開庁	明治維新、廃仏毀釈等で仏具需要低迷
1869	2	日本初の小学校設立	【殖産興業】
1870	3	京都舎密局 開局	仏具製造で培われた製造技術をコア技術として活用
1875	8	横村正直氏京都府知事就任	島津製作所 創業
1877	10	京都―神戸間鉄道開通	横村知事の要請で軽気球飛場
1895	28	レントゲン博士X線発見	科学標本部設立（植物模型、鉱物標本、人体模型など）
1896	29	第一回オリンピック	X線写真撮影に成功（現：京大と共同）
1897	30	京都帝国大設立	蓄電池（GSバッテリー）製造開始 教育用X線装置の開発
1909	42	鈴木製薬所が味の素を発売	国産初の医療用X線装置の開発



図2-2-1 オープンイノベーションの歴史

●島津製作所の国内オープンイノベーションの拠点

国内のオープンイノベーション拠点は、早期製品化を目指す「ヘルスケアR&Dセンター」、研究開発に関するオープンイノベーションを行う「SHIMADZUみらい共創ラボ」（基盤技術研究所内に建設中）、国際会議の招聘も見据えたワールドワイドなオープンイノベーション拠点「東京イノベーションプラザ」の3カ所により、革新的な成果の創出を目指している。

ヘルスケアR&Dセンター内には、革新的技術の創出を目指した共同研究開発ラボ「KYOLABS」を常設（図2-2-2）。共同研究の前段階として実機を用いたアイデア創出の場として活用できる「共創ラボ」、独立した8

つのラボで共同研究を行う「協働ラボ」、製品化した装置やその成果を常設展示する「展示エリア」、セミナーや講演会などのイベント実施や打ち合わせの場となる「交流エリア」によって構成されている。また、別フロアにはライフサイエンス関連部門が集約されているため、実験中の機器の不具合対処はもちろん、社員との直接の対話により新規分野に挑戦する機会を得やすいというメリットもある。



図2-2-2 ヘルスケアR&Dセンター KYOLABS

●島津製作所のオープンイノベーション事例 ～魔法みたいなフラグメンテーション HiRID-MS/MS～

実際にオープンイノベーションにより出来た新規技術を紹介する。

2014年、田中耕一記念質量分析研究所副所長による、①構造解析のための新規フラグメンテーション技術を開発したい、②強いレーザーを照射したときに発生する水素ラジカルでフラグメンテーションが生じる In-Source Decay を技術的にコントロールしたい、③独自技術のデジタルイオントラップ技術 (MSn) を活かしたいという構想の下議論を開始。プラズマ核融合の研究者2人、ISDメカニズムに詳しい研究者1人を中心とした特許・論文調査の結果、特許にはアイデアレベルで類似のものがあつたが、同著者の論文では実験的に成功しておらず、実験系の抜けがあることに気づく。更に議論を重ね、同志社大学と産業技術総合研究所との共同研究で要素研究を開始、2015年に試作機の開発をスタートさせた。当初、マトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析計 (MALDI-MS) のみに接続し、プロテオミクスに使える技術として紹介したが、社内での反応が不十分だったため、液体クロマトグラフィー質量分析計 (LC-MS) にも接続し、脂質の構造解析に使える技術として紹介したところ注目を集める技術に成長。この技術を応用し、東京大学との共同研究では非常に複雑な分子構造の解明に至っており、この開発はファンダメンタル、装置技術、応用研究まで全て産学官の連携によって成果を出している例と言える。

●島津製作所のモノ作りと人材育成

島津製作所ではモノ作りと人材育成に非常に力を入れている。社内には加工グループ (金属加工) と電子グループ (基板組立) からなるモノ作りセンターがあり、「トップレベルの技能」と「考える力」、「やりきる力」を持つ若手技能職を育成し、重要加工部品の内製化や生産技術力の向上を推進するために、技能五輪に参加し、メダルを獲得する成果を挙げている。

1927年に日本で初めての正規X線技師の養成校「島津レントゲン技術講習所」を開設し、2007年には京都医療科学大学を開学、全国の医療機関に4,000人以上の卒業生を輩出している。

また、科学技術に関し、研究開発の助成及び振興に関する事業を行い、我が国産業の発展と福祉の増進に寄与することを目的として島津科学技術振興財団を設立。科学技術、主として科学計測に係る領域における、著しい成果を挙げた研究者や独創的で今後が期待される研究者に対する顕彰、および若手研究者への研究開発助成を主な事業として実施している。2008年の島津賞受賞者は京都大学の山中伸弥先生であった。

●まとめ

技術も人も、急には育たない。腰を据えて取り組める時間的・資金的・技術的な余裕と、継続的な人材育成と技術の伝承が必要となる。

また、日本が得意とする高精度、高機能な製品製造には、高度なクオリティーコントロールが要求されるため、分析原理、試料調製、解析手法などの高度な分析技術が必要となる。高度な分析のために、ときに高精度 and/or 新しい分析装置が必要であり、装置の継続的な開発・安定供給が求められる。新技術・新規装置の開発には産学官の継続的な連携が非常に重要である。

【質疑応答】

- Q：高精度で迅速な分析機器をオープンイノベーションで開発し、世界の研究市場にグローバルに展開していく際に、これからの課題として何を重視すべきか。
- A：国内も海外も大きく変わらない。むしろ、新しい技術を発表した際の単純な興味に関しては、日本より海外の方が感度が高い印象がある。海外拠点の活用や社外協力者を得ることで、ハードルはなくしていけるのではないか。

2.3 半導体製造装置・プロセス技術：多様な開発ニーズおよび対応

早川 崇（東京エレクトロン株式会社）

●半導体産業の市場・技術動向

電子機器関連産業の市場は、電子機器、半導体、そしてそれを下支えする半導体前工程製造装置市場からなる。製造装置市場は2020年では7兆円（約640億USドル）の規模であり、10年前から倍増している。



半導体製造装置メーカーの世界のトップ10に日本企業は4社が入る（2020年の売上で東京エレクトロン4位、アドバンテスト6位、SCREENセミコンダクターソリューションズ8位、日立ハイテク9位）。今日ではPC、スマートフォンだけではなく、自動車、IoTからの強い半導体需要が顕在化している。ワーキングメモリー（DRAM）、ストレージメモリー（NAND）、AI & データプロセッシング（CPU、MPU）、イメージセンサーといった様々なデバイスを組み合わせて成立するのが、今日の製品の特徴である。

●微細化シナリオ（ムーアの法則）への継続した挑戦

これらのデバイスに関して、新材料や新構造の導入による微細化シナリオが追求され、継続して実現している（図2-3-1）。

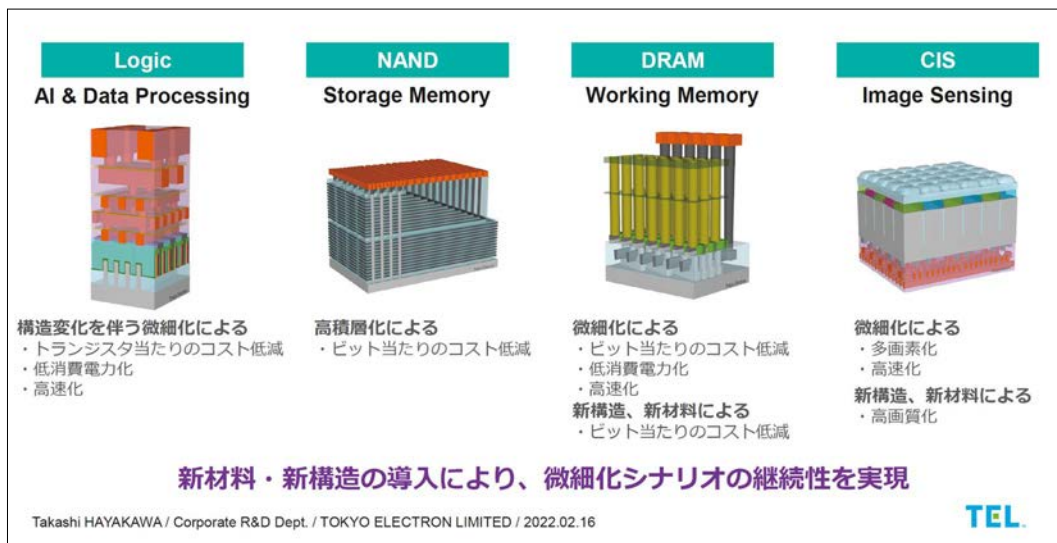


図2-3-1 継続する微細化シナリオ

微細化シナリオへの挑戦において、集積度と性能の向上が図られるが、そこで重要なのが混入するパーティクルの制御である。半導体のシリコンウエハを1,000倍にすると競技場のサイズになるが、この中に混入するスギ花粉の半分のサイズ（15ミクロン）のゴミを10個以下に抑えるという究極制御が必要とされる。

半導体製造プロセスは、シリコンウエハ上に酸化膜や窒化膜を付ける成膜、光を用いてパターンを形成するリソグラフィ、エッチング加工、回路の転写、洗浄、元に戻って成膜、という繰り返して作られていく。そうしてできたものを検査するところまでが前工程であり、その後パッケージング・検査の後工程がある。

半導体製造装置の価格は1台数億～20億円、最先端のEUV（極端紫外線露光装置）では100～300億

円にも上る。半導体製造装置は各コンポーネントを組み合わせた量産技術の結集であり、メカ・エレクトロニクス設計、ソフトウェア設計、計測技術、プロセス技術、シミュレーション技術、それら複合技術が必要とされる。昨今は人工知能技術の活用も課題となっている。

微細化シナリオの継続においては、露光技術（超解像技術を含む）による微細化だけでなく、露光+成膜+加工技術の融合がなされ、波長限界性能を超えた微細化を可能にしてきた。要素プロセスの開発においては、地道なパーティクルの制御が必要となる。現像後と露光プロセス後の欠陥検査だけではなく、全てをエッチングした後のごみの検査も必要となり、全プロセスを通じた制御が求められる。膜中の異物に関しては、当社のnew dispense systemsではフィルターをかけることで20%の削減が実現されている。半導体デバイス製造（量産時）において、おおよそ全体の20%弱の工程数が検査・測定工程となる。

東京エレクトロンでは、半導体やディスプレイの高性能化、低消費電力化に取り組んでいる。脱炭素に向けた使命と責任を果たすべく、ウエハ1枚当たりのCO₂排出量を2018年から2030年で30%削減、事業所、オペレーションに関しては70%削減という目標を掲げている。サプライヤーと協調し、オープンイノベーションで環境技術をつくっていききたいと考えている。

まとめ

半導体はまだ当面は微細化シナリオが続いていく。膜厚、膜質、組成、構造の適正化、再現性ある技術構築が必要となる。半導体製造装置、プロセス技術、製造・ファブ全体、それぞれが要求を満たしていくことが必要とされる。デバイス製造に関してはごみのコンタミネーションの制御によってデバイスの早期立上げをして、歩留り安定化を図っていく。「DX/ICT×グリーン」の流れで、環境への配慮も必要になる。

測定機器に関しては、デバイスメーカーと装置メーカーで、取れるデータの信用性など、共通言語化されていることが重要であり、どうやってこのデファクトを取るかが重要だと考えている。

【質疑応答】

Q：先端半導体のプロセス開発は、まさに加工装置と計測装置が同時に必要で、特に新しい重要技術の場合に特定のレイヤーを競合に寡占されてしまうリスクもある。これからの装置技術、プロセスの開発において何に注力しなければならないか。ひいては日本の装置産業を開発力の観点で、より強化するための課題は何か。

A：いろんなところを強化しなければいけない。ある工程が寡占化されてしまうということで、例えば露光装置メーカーで85%のシェアを持つASML社と東京エレクトロンは共同ができるが、たとえばアプライドマテリアルズ社、ラムリサーチ社は完全に競合となる。あるプロセスを寡占化されてしまうと、東京エレクトロンとしてはその次の工程の評価ができなくなる。今後、どんどん装置メーカーも寡占化されていくと予想され、サンプル（ウエハ）の入手が問題になるだろう。評価のためのサンプルを確実に入手できるということも、新規工程技術への参入には重要である。

2.4 微細加工・解析プラットフォームへ集まる新技術への期待と課題・DX

太田 悦子（東京大学）

東京大学は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業の微細加工プラットフォーム・微細構造解析プラットフォーム（PF）の実施機関である。微細加工PFの拠点は、武田先端知ビルの武田スーパークリーンルーム（武田SCR）である。武田SCRは「成功する可能性を提供します」「あなたの研究室がここにあります」をコンセプトに、ユーザーが信頼できる、安心感を持って利用できる環境を整えている。



●東京大学微細加工PFの利用状況

武田SCRにユーザーとして登録している研究室・組織は現在456あり、登録研究室数の所属元の比率は、東京大学内：企業：学外=2：1：1である。中でも大企業の数が年々急増している。登録人数で見ると、2020年まで、のべ3,945名が武田SCRを利用している。毎年の登録者数700名以上のうち、半数が新規登録者である。開かれたクリーンルーム施設が「あなたの研究室」となり、理念に沿った運営を実現している。

●東京大学微細加工PFでできること

1枚のウエハからICチップやSDカード、それが実装された基盤等が完成するまで、半導体の製造には多くの工程がある（図2-4-1）。各工程間では、オンサイト測定装置や解析装置を用いて、膜の厚さ測定や化学的な成分分析を行う必要がある。東京大学微細加工PFでは、ウエハ洗浄からパッケージングに至るまで、武田SCRに設置している約70台の装置によって全て対応可能である。5名の技術スタッフが中心となって、これらの装置を利用するユーザーへの技術的支援を中心としたサポートを行っている。



図2-4-1 東京大学微細加工PFでできること

●利用成果と支援例

武田SCRには世界最先端の機能を誇る装置があり、それらがユーザーの研究開発を支えることで、東京大学微細加工PFでは年間160件を超える利用研究課題が実施されている。ナノテクノロジーPF事業に参画する全国の共用拠点と合わせると、その利用研究課題数は年間で約3,000件に及ぶ。全3,000件の利用研究から創出された成果の中から、審査によって毎年「秀でた利用成果」を選出・表彰しており、その結果、東京大学微細加工PFのユーザーが3年連続で受賞している。受賞したユーザーは、2019年は大企業、2020年はベンチャー企業、2021年には大学の研究室と、多様なユーザーの成果創出に貢献している。

共用PFのスタッフの主な業務は、ユーザー受け入れの対応、クリーンルーム内の装置の運用・維持管理、ユーザーへの技術支援対応である。装置の運用管理と技術支援に対応している中心メンバーは、企業出身の技術スタッフ5名である。

作製したウエハを、オージェ分光分析装置を用いてオンサイト解析を行った事例を紹介する。Si基板上に窒化チタン(TiN)薄膜及び銅薄膜を2層に成長させたサンプルについて薄膜間及び薄膜と基板間の密着度をテストする場合、よく用いる手法はテープテストである。最上面の銅薄膜にテープを貼り、テープを剥がして持ち上げても2層の薄膜が剥がれなければ、密着度に問題が無いとみなすことが出来るが、ある利用課題では、この密着度テストをクリア出来なかった。その際に、その場で原因究明を行うために用いたのがオージェ分光分析装置である。オージェ分光分析装置を用いてはがれてしまう銅薄膜を観察したところ、窒化チタン基板に密着している裏側、最表面の表側のいずれにも塩素のエネルギーピークが発生していることがわかった。テープテストをクリアした薄膜では塩素のピークは観察されず、塩素成分が銅薄膜の密着度に影響を及ぼしていることがわかった。外部機関に委託することなく、その場で原因を追求できる適切な装置、適切な技術が、研究開発のサポートには欠かせない。

●産学のユーザーから共用拠点に寄せられる期待と課題

ユーザーに成功の可能性を提供し続けるためには、3つの項目を満たすことが重要と考えている。①世界最先端機器の適時の導入と共有、②最先端技術を提供できるスタッフ、③DX対応に向けたデータ収集ネットワークの整備、である。

①は機器開発への期待も含めた課題である。一例として、現在武田SCRが所有する大面積高速描画装置は2013年から稼働しているが、現在も利用者数は多く、連日予約が埋まっている。次世代描画装置の導入を検討すべきであるが、描画装置の価格は数10億～100億円超と高額化しており、大学では購入予算を捻出することが難しい。最先端研究に取り組むユーザーのリクエストに応えるには、スピード・解像度・対応サイズ等、広範囲に対応出来る高性能の装置が必要であるが、今後も継続的に充実した研究環境を整備できるか否かは定かではなく、重要課題と認識している。

②の技術スタッフについては、ユーザーからの期待が大きい。他拠点のスタッフとの交流や、学会への参加、産業や関連市場動向の把握、装置メーカーとの意見交換等により、技術スタッフの継続したスキルアップを行うことで、多くの情報を得ながらユーザーの期待に正確に素早く対応できる体制を整えている。

③については、DX対応として共用設備の利用から生み出される研究データのデータベース化等を進めるマテリアル先端リサーチインフラ事業も既に稼働しており、積極的に関わっていきたい。

●大学共用PFを利用した機器開発エコシステム

先述のとおり、共用PFにてユーザーに継続して成功の可能性を提供するためには、先端研究の実施が可能な研究環境の整備が重要である。共用PFに集まる半導体製造装置のユーザーは、研究用途として最先端の性能をもつ装置を求めているが、常に新装置を導入できる環境は整っていない。ユーザーの最先端の性能への要求は、新装置開発の観点でも重要なアイデアであるが、新たな要求が生まれたばかりの時点では、装置の生産性や経済合理性への見通しが確保されているわけではなく、開発に動くことは難しい。

しかし装置メーカーが先端装置を共用PFに導入する仕組みを構築することができれば、装置への高い要求に応える装置開発に取り組みながら、装置の潜在需要を確かめることが出来る。共用PFのユーザーがデバイス開発に成功すれば、装置の量産化へと繋がっていく。装置メーカーと、技術的知見を持ったエンジニアである技術スタッフが協力しながら、新装置の開発に取り組むことも可能であろう。大学共用施設への最先端装置の導入には、アンカーテナシー契約やSBIR制度により、わが国が必要な民間技術開発を国が買い支えて促進するような制度の導入も検討の余地があるのではないかな。

大学ユーザーだけでなく企業ユーザーからも共用PFへの多くの感謝・期待の声が届いている。“加工装置から解析装置まで、必要な装置が必ず稼働していて安心”、“共用PFで利用した装置を自社でも購入した”等、「あなたの研究室がここにあります」というコンセプトを実現してきた。この場に「最先端の機器開発の場」が加わることで、共用PFの利用と機器開発が促進することを期待している。



図2-4-2 大学・地域との連携における大学支援機構の役割

【質疑応答】

Q：微細加工や構造解析のプラットフォームに集まるユーザーが持ち込む研究課題は、現在の技術では解決できないものもある。それらを潜在的なニーズとして捉え、解決できるような技術を装置として開発し、実装するためにはどのような取組みが有効か。

A：現状の技術では解決できない研究課題については、関連技術に関する知見を持った研究室等と意見交換する場を設ける等、ニーズとシーズを結ぶ窓口を拡げることが有効である。

3 | パネルディスカッション：ショートノート

3.1 新たな機器開発エコシステムを創る研究基盤イノベーション人材

江端 新吾（東京工業大学／研究基盤イノベーション分科会（IRIS））

イノベーションエコシステム形成に関して検討すべき資源として「ヒト」・「モノ」・「カネ」のうち、ハード面「モノ」については政策的にも様々な形で投資がなされ、詳細な議論が蓄積されながら日々最先端の技術が凝縮されてきている。一方、ソフト面、つまりそれを支える人材については議論が煮詰まっていけない現状がある。コアファシリティを構築していく中で人材を人“財”として改めて認識し、実際にそこに関わる人材「研究基盤イノベーション人材」をいかにして養成しながら活躍できる環境を創るかが非常に重要である。



図3-1-1に、東京工業大学における共用化戦略である「次世代研究基盤戦略」のイメージを示した。これまでの共用化は、図の横軸、つまり利用を学内外に広げていくためのシステム整備等が中心の議論となっていたが、東工大では縦軸方向の“人材”をいかに強化していくかを両輪として考える次世代の戦略を掲げている。この東工大の提案は文部科学省のコアファシリティ構築支援事業に採択され、現在積極的に取組みを進めている。

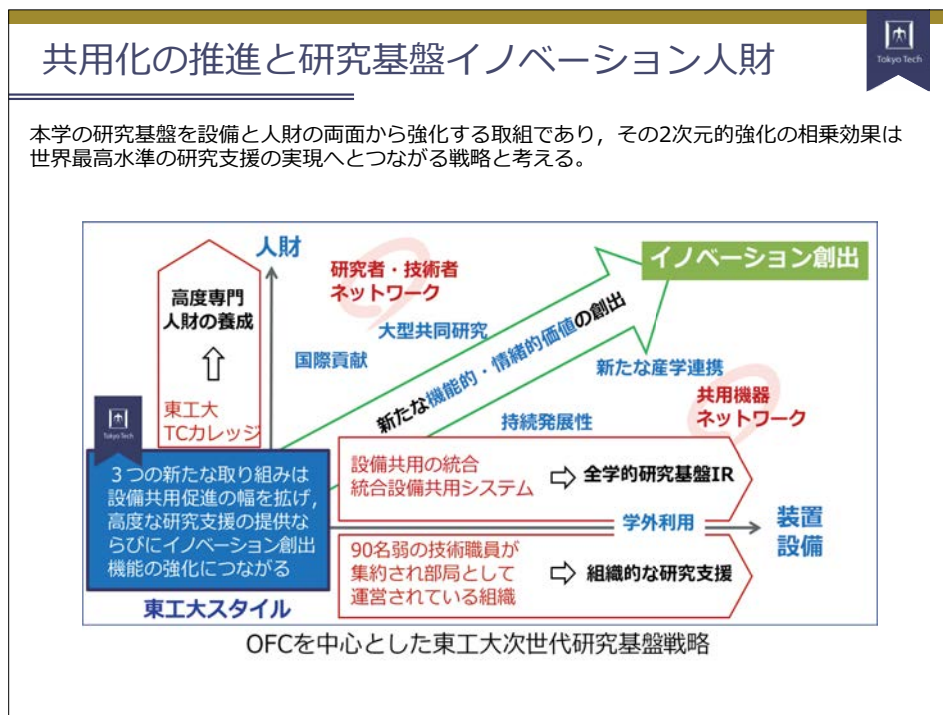


図3-1-1 共用化の推進と研究基盤イノベーション人材

政策においては、文科省の研究基盤部会の第6期科学技術・イノベーション基本計画に向けた提言の中に、研究基盤を支える人材として「技術職員」のキーワードが盛り込まれ、育成や確保が困難であること、活躍

を促進するための取組が必要であることが示された。これにより、研究力強化・若手研究者支援総合パッケージにおいてキャリアパスの確立が施策の方向性として示され、第6期基本計画に明確に記載されたことでより踏み込んだ形で施策が進んでいくことが期待される。自身が座長として関わった「研究設備・機器の共用促進に向けたガイドライン作成」では、技術職員を含めたチーム共用体制の構築を促進することや、技術職員がいかにして共用に関わり技能向上を進めていくか、その環境作りについても取り上げている。

東工大では、コアファシリティ構築支援プログラムの実施要件に技術職員やマネジメント人材のキャリア形成、スキルアップに係わる取組を実施することを明示し、人材育成について発信を行っている。東工大TCカレッジ構想ではプロフェッショナル技術職員を「テクニカルコンダクター（TC）」として認定する制度を導入し、TCの養成を行う（図3-1-2）。TCとして求められる能力やその評価方法、カリキュラムの開発は、国内・海外の研究機関や民間の研究機器メーカーなどの協力を得て進めている。

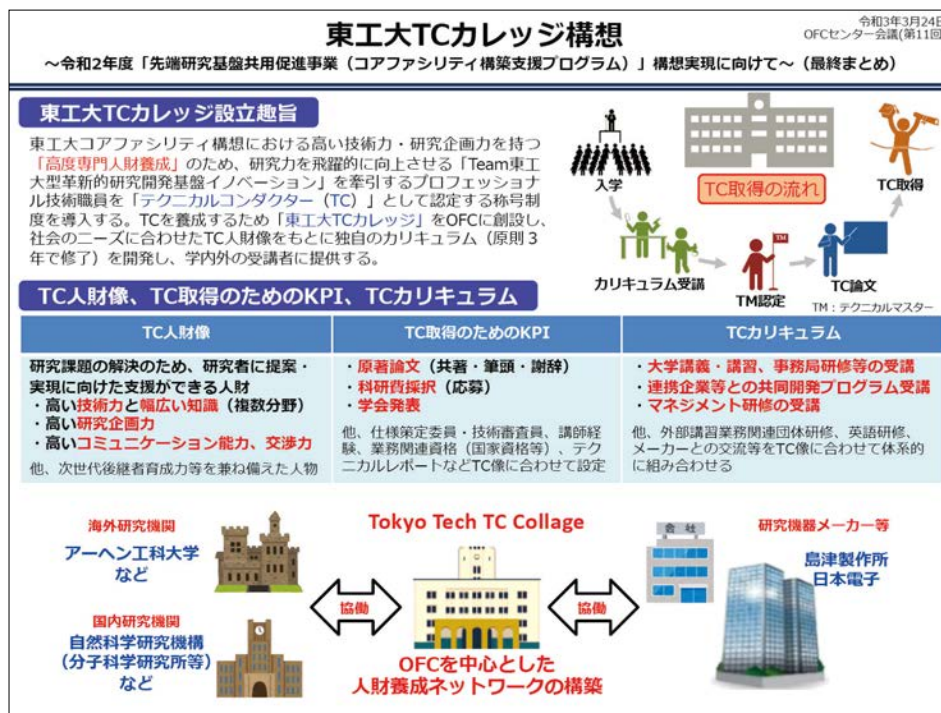


図3-1-2 東工大TCカレッジ構想

国立大学法人においてキャリアパスを考える上で、技術職員の上位階級がないことが問題であり、これは政策的にも議論されている。そこで東工大では、上席技術専門員と主幹技術専門員を新設し、教授相当として横並びできる仕組みを次世代人事戦略として位置づけている。技術職員の能力を明確にし、その能力を適切に評価するために、現在3つのサテライト校、5つの協力企業、共同利用機関法人と連携し、従前から多くの関係機関で実施されている認定制度とは異なる全く新しい概念としてTCの認定を進め、制度の全国展開を開始している。

こうしたキャリア形成の仕組み作りは各大学の制度改革の中で行うべきことであり、その一例として東工大での取組を紹介した。技術職員をいかにして確保し、育成するかについては、代表を務める研究基盤協議会等でも議論が活発な議論がなされているが、多くのステークホルダーを巻き込んださらなる発展的な議論が必要である。

3.2 エコシステムとスタートアップの課題について

河田 聡 (ナノフoton株式会社)

起業家と研究者の両方の経験から、エコシステムについての考えをお話します。

まず、今の日本の産学は共創関係にはない。共に創るのではなく、起業家が大学を「食う」という一方通行の捕食・被食の関係である。エコシステムとは、生態系の食物連鎖で表されるようなループ構造であるはずだ。今の日本においては、国からの研究資金を得て研究者が論文発表をするだけで終わることが多く、仮に研究者が起業し、M & A・上場をしても、まだ循環は完成しない。商品を購入した顧客が更に利益を得ることで納税し、国に入ったお金が研究資金に回って初めてループが完成する。この資金循環が実現しない限りエコシステムは成立しないが、一番肝心なお金の議論が抜けているように思う。



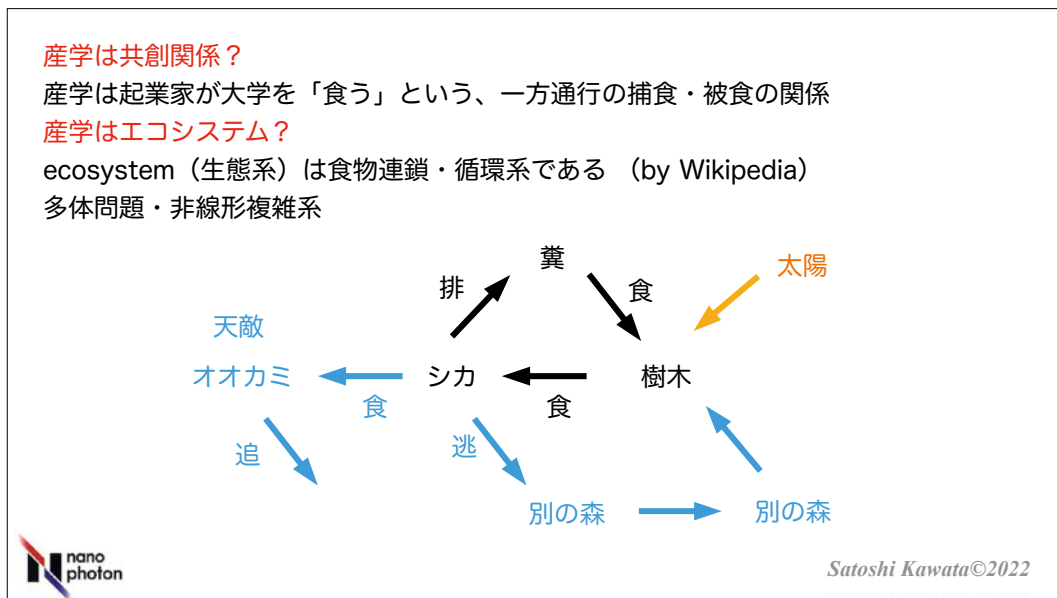
創業者は、開発・製造・営業・経営を他人に頼らず全て自分でこなすべきである。例えば、研究者が起業するには粗利・材料費・キャッシュフロー・在庫の把握の必要があるし、共同研究においては企業研究者と大学研究者は共創というよりライバル（競争）関係であるとの認識が必要となる。

エコシステム実現に向けて、根本的に欠けているのが新陳代謝である。大企業が潰れ、所属していた技術者が多くの会社を立ち上げていくというように、大きなものが壊れれば、そこから新しいものが生まれる。こうしたことが日本の社会では認められていない。

また、海外では、いくら費用がかかってもニーズのあるディフェンス（防衛）に絡むビジネス（砂漠でも宇宙でも動く装置など）が大学発ベンチャーを支えているが、日本ではこれもタブーとなっている。

自身が体験した1979年から1981年のアメリカでは、研究者は論文だけでは満足せず、ガレージでモノを作り実際に売っていた。当時日本では規制が厳しく大学がビジネスに関わることが難しかったが、2002年に兼業兼職規制が緩和されたため私はナノフoton社を創業し、自ら売ることを実現した。M & Aや上場で「会社」を売るのではなく「装置」を売るためには、大企業に潰されないこと、大企業と競わずにインキュベーションする時間が必要である。そこで、ニッチなマーケット、超高性能、多品種少量生産を目指すビジネスが重要であり、ナノフoton社ではレーザー走査ラマン散乱顕微鏡という小さなマーケットから始めた。新陳代謝とディフェンス、この二つの課題をどうするかが大きな問題であり、議論が足りていないと考える。

また、研究開発には競争的資金が非常に役立ったので、大学の研究者だけでなく小さな会社にも資金が回る仕組みがあれば新しい会社が興りやすくなるのではないだろうか。



産学はエコシステム？ (循環系)
 国 (JST: 研究資金) → 大学教授 (論文発表・昇進) = 日本は、ここで終わっている
 国 (JST: 研究資金) → 大学教授 (研究成果) → 起業 → M&A・上場 = 循環していない
何か足りない？
 国 (JST: 研究資金) → 大学教授 (研究成果) → 起業 → **顧客 (納税)** → 国 = これで循環
先端計測装置 → 大企業 (大量生産)
 「産」は「官」の補助金と「学」のナノテクセンター・フォトニクスセンターを食う
創業者は独立自尊・自助論
 他人・他組織に頼らない・ひとりで全部やる (創業者物語を読みましよう)
 文理融合、医工連携、起業 (開発・製造・営業・経営) はひとり (小人数) でこなす
 粗利 (固定費・借金返済・利益) ・材料費 (原価) ・キャッシュフロー・在庫
 研究室内に、物理・工学とバイオと化学と数理のポスドクを雇う
 企業研究者と大学研究者は共創というよりライバル (競争) 関係
本当に足りないもの: 世界の常識 (新陳代謝・Defence)

nano photon
 Satoshi Kawata©2022

3
 パネルディスカッション
 ショートノート

図3-2-1 産学のエコシステム

3.3 TIAにおけるオープンイノベーション拠点運営から見た機器開発

金丸 正剛（産業技術総合研究所）

TIA（つくばイノベーションアリーナ）は、2009年に産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、筑波大学のコンソーシアムとして発足し、その後、高エネルギー加速器研究機構、東京大学、東北大学を加えた6機関で運営している。（1）研究開発拠点（ナノテクだけでなく近年はバイオ系も対象）、（2）外部への施設共用、（3）先端機器を使った集中講義などの研究人材育成、（4）新たなシーズをつくり出すシーズ創出・イノベーション加速、という四つを活動の柱としている。



TIAの大型施設の中には、半導体デバイス系の微細加工を担うクリーンルーム施設、パワーエレクトロニクス用の新しい材料のSiC（シリコンカーバイド）を用いたデバイスをつくるプロセスライン、MEMSデバイスのプロセスライン、材料系の開発施設としてカーボンナノチューブの実験プラントなどがある。そこから、新しい材料を使った不揮発スイッチ素子、SiCの事業化、カーボンナノチューブの量産化などの成果が生まれている。

TIAが提供する共用施設を利用者から使いやすくするためにネットワークを形成している（図3-3-1）。6機関の持つ施設のうち、外部共用可能な装置約700台ほどを集積し、それをウェブ上で一覧にして公開している。利用件数は全体で年間5,000件程度である。

産総所は日本における先端半導体開発の技術力復活を目的とした拠点の活動を開始したところである。300ミリメートルのウエハラインを運営し、ここに新しい機器を導入して国内にはない半導体の最先端技術をインテグレーションしたパイロットラインを構築し、最先端機器の開発に貢献していこうとしている。

共用施設は全国に様々なものがあるが、これをうまく集積させて相乗効果を出すことが非常に重要である。具体的にはプロセスのインテグレーションや計測機器の複合計測評価といったメリットが出てくる。さらに、エコシステムを整えるためには、ユーザーからのニーズに的確に対応し、機器の改良、高度化をし、それをまた新たな拠点に実装していくという、好循環の構築が必要だと考える（図3-3-2）。



図3-3-1 TIAの共用施設ネットワーク

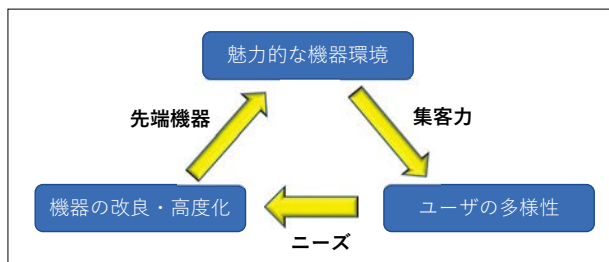


図3-3-2 エコシステム形成の整備に向けて

3 パネルディスカッション
シヨートノート

3.4 金沢大学ナノ生命科学研究所の機器開発エコシステム

和田 隆志 (金沢大学)

先端研究機器開発で最先端の科学を切り拓いている実例として、金沢大学ナノ生命科学研究所（ナノLSI）を紹介したい。金沢大学では、2010年に革新的な走査型プローブ顕微鏡（SPM）の開発を推進するためバイオAFM先端科学研究センターを設立した。以来学内予算を措置して、SPM開発と研究者・技術者の育成を進めてきた。ナノLSIはこうした実績に基づき2017年に設立した。現在、WPI（世界トップレベル研究拠点プログラム）の拠点として発展している。



SPMは先端の曲率半径が10ナノメートルほどの針で、試料の表面をなぞることで表面形状のイメージを得る。電子顕微鏡に匹敵する空間分解能をもちながら、凍結も真空環境も不要で、分子・原子の液中での動きを直接観察できる。ナノLSIはSPMの中でも特に原子間力顕微鏡（AFM）、走査型イオン伝導顕微鏡（SICM）の開発で世界最高峰の研究者を有している。生きた細胞の内部観察、天然変性たんぱく質の構造解析、がん細胞表面のpHイメージングに相次いで成功し、「ナノプローブ生命科学」というべき新たな学問領域を開拓している。がんや感染症などの発生、悪性化のメカニズムの解明に貢献することが今後期待される。

2020年11月には、SPM開発に関わる多様な分野の研究者が一堂に会するアンダーワンルーフ型の研究棟が完成した（図3-4-1）。65台の走査型プローブ顕微鏡（SPM）が振動に強い地下に集約され、ナノLSIを象徴する研究空間を形成している。ナノLSIは世界に広く知られ、世界トップレベルの研究者が集積している（研究者83名中、外国人研究者31名）。極めて高い専門性を持つAFMや電子顕微鏡の高度技術職員も配備する。こうした多様性に富んだ優れた研究開発環境によって、世界最高水準の研究成果を生み続けることを可能にしている。SPMの探針の自作など、装置開発能力も世界最高水準を保つことで測定データと装置開発へのフィードバックが大幅に加速し、類を見ない高度な機器開発を実現している。

今後も最先端の走査型プローブ顕微鏡技術を核として、異分野融合によるナノプローブ生命科学の創成、生命科学の未踏ナノ領域を開拓する世界唯一の国際拠点から、新たな機器開発とイノベーションエコシステムの実現に向けて邁進していきたい。

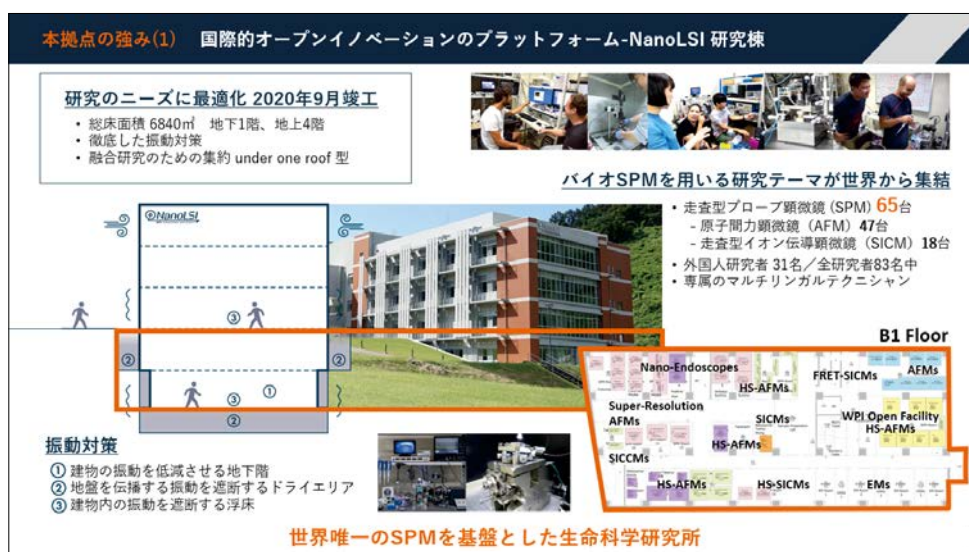


図3-4-1 NanoLSI 研究棟

4 | パネルディスカッション

●登壇者（敬称略）

江端 新吾（東京工業大学／IRIS）
 河田 聡（ナノフoton株式会社）
 金丸 正剛（産業技術総合研究所）
 和田 隆志（金沢大学）
 柴田 直哉（東京大学）
 寺本 華奈江（島津製作所）
 太田 悦子（東京大学）
 丸山 浩平（早稲田大学）



ファシリテーター：永野 智己（JST-CRDS）

●テーマ

先端研究機器開発が切り拓くイノベーションエコシステム

- ✓ 研究力向上に先行して開発・確保が期待される先端技術、新たな研究を切り拓く先端機器開発の課題
 - ✓ 機器開発とその普及が中長期的にサイクルするエコシステム形成の課題
- （産学官の双方の連携、共用スキームとの能動的な接続、技術者／研究者が踏み出せる仕組み）

●ディスカッション

永野：機器開発イノベーションエコシステムの構築に向けた重要事項として、各講演からは研究機器開発に取り組むアカデミアが目標を主張すること、ユーザーサイドのニーズを取り込むことが指摘された。両者の接続点はどのようにするのが良いか。

柴田：技術・機器開発に取り組む研究者、共用拠点に携わる研究者、両サイドの立場を経験した。気を付けなければいけないことは、ユーザビリティ向上を目指す技術と、新たな科学を拓く技術とは異なるものである、ということである。研究者の内発的動機によってしか生まれてこない、挑戦的な開発テーマに取り組むことで、その過程でさらに複層的に新たな技術が生まれてくる。挑戦的なテーマに取り組めるのはアカデミアであり、チャレンジが出来なければその技術領域は枯れてしまう。現在、その危機感を持っている。

永野：TIAのオープンイノベーションのコンソーシアムでは、日本国内ではまだ存在しない・開発に取り組まれていない・世界でも未確立、というような挑戦的な技術開発に取り組んでいる。産業界・ユーザー・研究界との間で、どのような意思決定や合意形成を行えば、挑戦的な最先端の技術開発に取り組める環境づくりが出来るのか。

金丸：ターゲットの選定がポイントなのではないか。産総研が経済産業省所管の組織ということもあって、産業界との連携体制は整っている。コミュニケーションの中で、アカデミアがもつポテンシャル・スキル・ノウハウをどのように活かせるか、選定していく。これからの研究開発においては、解決すべ

き課題を十分に把握・共有出来ていなければ、異なる業界との合意形成は難しい。社会課題解決に資する共通目標を設定したうえで、オープンイノベーションに参画する業界や組織が、それぞれの強みを活かす方策を検討していく、その最初の議論が重要である。

永野：島津製作所では、オープンイノベーションでの技術・機器開発と事業開発を経て、世界のパートナーとの社会課題解決を掲げている。多彩な仕掛けを用意しているが、企業の立場から見た見解は。

寺本：アカデミアの「産業界・社会の課題解決」への取り組みは嬉しく思う一方、先端機器開発において、社会ニーズに短期間で応えることへの期待がどの程度なのか分からない。最先端の技術を10個、100個生み出し、その技術を苦節10～20年かけて育てた際に、ブレイクスルーが起きて花開くイノベーションが創出されることも少なくないと考えている。

永野：島津製作所社内のものでづくりセンターでは、金属加工や電子基盤組立て等の技術部門を擁している。この技術と、技術スキルを持った人材を蓄積する取組みの重要性は、大学においても変わらない。島津製作所がこの取組みを進めるうえで重要視している点は何か。

寺本：機器開発の要であるものでづくり技術は、スキルと感覚を身につけなければいけない。昔であればしっかり時間をかけて習得していたが、近年は就業規則を徹底しており、長時間をかけられなくなった。過去とは異なる時間の範囲でも、何十年もかけて培ってきた知識・技術を若手に伝承することは続けなければいけないと考えている。研究レベルの向上や論文発表も大事であるが、これらを達成するためにも、高度なものでづくり技術が必須である。

永野：大学や国研の研究者、顕微鏡を取り扱うスタートアップ企業の経営者、両方の立場を経験された河田先生は、どのような問題意識をお持ちか。

河田：スタートアップでは人材育成は難しく、優秀な人材を社員にするしかない。引き抜き・引き抜かれ、という競争の中で、新陳代謝を促す発想も必要ではないか。エコシステムは、産学双方向に限らず、より大きな循環が起こる場であるべき。国の事業は数年単位で改新され、事業が終われば維持費を失ってしまう組織もある。国の支援から始まった事業はいずれ自立して、そこで得た利益が国に循環することが重要である。

永野：金沢大学ナノLSIは、大学の技術を公的事业を通じて発展させ社会に広めた好事例である。国際拠点のような多様な最先端科学研究の場を成長させるポイントは何か。また、技術・機器開発によって利益を生み、その利益が循環する仕組みづくりのために大事なことは何か。

和田：多様性があることこそが、重要な要素である。切磋琢磨しながら、目標に向かってベクトルを合わせて研究に取り組む。金沢大学ナノLSIには、ユーザー側と開発側の両視点を持った研究者、URA、技術職員、企業のような人材が集結しており、公用語も英語である。技術・機器開発の観点では、産業界の人材が早い段階で加われる体制が整っていることが重要である。

永野：金沢大学では、装置メーカーからも支持を得て、世界の科学者を糾合している。メーカーと科学者の両者を惹き付けるような魅力はどのようなものか。

和田：参画者が議論を重ね、ノイズと共にベクトルが共有された際にブレイクスルーが起きるのではないかと、そのような場をいかに醸成するかが重要であると考えている。

永野：続いて、東京工業大学の取組みについて伺いたい。東工大では、研究基盤を「設備」「人材」の両面から強化し、世界最高水準の研究支援の実現に向けた取組みを進めている。大学経営の視座から見た課題は何か。

江端：研究者が獲得した研究費で購入した機器を大学運営の共用拠点に導入しても、機器を管理するシステムや人材は大学の経営視点で資源配分する必要があり、予算が二つに分かれてしまう。大学の法人化以前は、研究環境は研究者自身が整えることが通常であった。大学の執行部が経営戦略を持ち、大学全体のビジョンを立てたうえで、研究戦略や教育戦略を検討する考え方は、ここ数年で根づき始めたところである。マネジメントが確立していない中で、研究基盤の整備を進めることは非常に難しい。

永野：研究力の向上には、新しい研究を拓くためのテクノロジー、それを実装した機器を自ら開発することが重要ではないか。技術・機器開発の取組みと、大学の研究環境や共用環境が接続するための戦略は。

江端：産官学と地域の連携が重要である。最先端の技術開発に取り組む研究者を支援する、そのうえで研究者が生み出した成果を確実に社会に還元し、循環によって大学や企業等のステークホルダーに繋げる。各大学には戦略があり、大学によって支援の特色が分かれるだろうが、1つの大学だけが潤沢になるのではなく、日本全体の科学技術力が向上するような仕組みが必要ではないか。共用化はあくまでも手段であり、目的は各機関の研究力の向上、ひいては日本全体の科学技術力の向上であるとマインドセットを変える必要がある。

永野：ここまで、大企業、スタートアップ企業、大学、と様々な組織立場からの見解を伺ってきたが、私立大学の立場から見た場合、新技術や機器の開発への関与の在り方等について、どのような見解があるか。

丸山：私立大学における新技術開発のための研究環境は、特にトップ国立大と比較すると、やはり資金面で劣っている。私立大学が、運営費の多くを学生の学費で賄っていることを考慮すると、獲得した予算や利益の還元先は学生であり、まず整えるべきは学生の要望に応えられるものである。そのため、研究者を対象とした、より高度な研究環境の整備は、二の次になっている。国全体で、各組織の役割やミッションを考慮した研究基盤の整備と、エコシステム構築が重要なのではないかと。

丸山：大学が運営する共用拠点は、現在はまだ過渡期にあると思う。「既製の機器を共用して使う」慣習を広めるところから始めてここまで来たが、ユーザーニーズに対応した装置をどの程度買い揃え、一部改良し、さらに未だ実在しない先端研究機器を如何に開発するか等、大学の戦略的検討は今後の課題である。技術・機器開発のトップ研究者の存在、トップ研究者の開発した技術・機器を求めるユーザー、そのユーザーがさらに論文等の成果を生み出す、その相乗効果が生まれるエコシステムの構築がゴールであると考えている。

永野：東京大学微細加工 PF では、実際にユーザーニーズに応える共用拠点を運営し、1,000人を超える

ユーザーが集まっている。多くの装置が良い稼働状態をキープしているからこそその成果であるが、現状の装置や技術では応えられないニーズも多くある。そのニーズに応えるために必要な仕組みはどのようなものか。

太田：PFで現在所有している装置が次世代のものに換わることで対応できるニーズと、世の中にまだ無い技術が必要なニーズと、2種類ある。いずれにしても、共用PFの技術スタッフは既存の技術や装置から、ユーザーのニーズに対応する方策をまず考える。対応可能な装置を所有していない場合は、他の拠点を紹介するが、世の中にまだない技術が必要な場合、ニーズに対応可能な手法を試行錯誤して検討する。いずれかの方法で解決可能であれば良いが、EB描画装置等は高額化が進んでおり、世界最先端の装置を維持することが難しくなっている。全ての拠点が最先端装置を所有することは難しくても、各拠点との役割分担を考慮した選択と集中を戦略的に進め「日本に無い、またはあっても特定研究所にしか無く、共用利用が開かれていない」という状態を避ける必要がある。共用拠点にとっては、装置と人が重要リソースである。一時的な国の投資では、最先端装置を継続的に導入することも、人材を雇用し育成することも難しいため、サステナブルな先端機器共用の環境にする必要がある。

永野：会場からの質問を取り上げる。「世界のマーケットに先端機器を広く展開したいメーカーに対し、先端機器を有する共用PFや拠点の機能が必要以上に拡大してしまうと、台数や売上高の観点でメーカーはビジネス上の優位性を確保することが難しくなってくるのではないか。この相反関係はどのように解決すべきなのか。」共用の仕組みとメーカーとがwin-winになる関係・構造・場が必要である。

金丸：装置種によって対応策が分かれるのではないか。半導体製造装置に関しては、開発した最先端機器の性能を判断することが、メーカー内だけでは難しくなっている。性能を判断するには300～500に上る半導体の製造工程ラインが必要であり、欧米ではIMECやAlbanyの拠点が整備されその機能を担っている。日本国内には同様の拠点が存在せず、産総研が拠点整備に向けて取り組んでいる。各メーカーが、共用拠点到機器を設置して終わるのではなく、ビジネス展開に向けた性能評価の場とし、次世代機開発に繋げていくスキームが必要である。

河田：機器ベンチャーを経営する者としては、共用PFや分析センターに装置を納品する立場である。共用PFで装置を利用した企業ユーザーが、自社での必要性を感じ、その後購入に繋がった事例もある。共用PFに装置を導入することは、機器ベンチャーとしてもビジネスの好機になる。

寺本：当社が研究開発中の最先端質量分析装置HiRID-MS/MSは、学会発表を行うと多くのユーザーが利用を希望するが、まだ開発途上にあり製品化されていないものである。この段階で、限られた範囲のニーズに向いてしまうと、開発にはフォーカスできなくなる。そこで、社内オープンラボである共創ラボに最先端機器を設置し、ユーザーニーズを探索する場としている。共創ラボでは、装置を操作できる開発者とは別の担当者が中心となって、ユーザーのサンプルを測定する。その間、開発者は開発に集中して装置をブラッシュアップしていく。ブラッシュアップされた装置で、さらにユーザーのサンプルを測定する。技術開発に特化した研究者、試料の前処理や装置の操作に長けた担当者等の様々な専門家が集えるオープンラボを拠点とし、トップデータを創出する。データは論文等で発表され成果となると、装置の購入を希望するユーザーが生まれ、装置の販売促進に繋がっていく。ノウハウの蓄積を含めて共用施設に装置を設置することは意義深い。

永野：研究機器に関わる異なる組織間の役割の連結や時間発展性は、技術と人材の集積と分散に相関している。循環するエコシステムと捉えて、今後その構築をデザインすることも可能なはずである。まずは、研究機器開発のエコシステムが用意されるのを待つのではなく、様々な立場から関与する個人が自ら行動を起こすことが、エコシステム形成において重要な起点であると考えている。

		新技術・機器開発拠点		
大学・研究機関		先端研究に取組むアーリーユーザー	機器の共用拠点	
柴田 直哉・東京大学 〈東京大学の展望〉 ・先端計測開発はそれ自体が最先端科学 ・アカデミアにしかできない チャレンジングなテーマ こそ若手を育てる ・産学連携により、人が育ち、技術が育ち、そして大きな波及効果を生む 〈機器開発への示唆〉 ・世界トップの計測技術開発を核とするエコシステム 大学・研究機関のマネジメント 江端 新吾・東工大/IRIS ・“研究基盤-イノベーション人材”を新たに創りあげるマインドセットの変革が必要 ・研究基盤を 設備と人材の両面から強化 する取組であり、その2次元的強化の相乗効果は、世界最高水準の研究支援の実現につながる		和田 隆志・金沢大学ナノLSI WPI拠点 〈ナノLSIの取組み〉 ・新たな学問領域「ナノプロープ生命科学」 ・独自技術（バイオSPM）をワンルーブ下で更新、オリジナルサンプルが世界から集結 ・機器開発力の維持は最先端テーマによる分野融合を促進させるエコシステムとなる 〈機器開発への示唆〉 ・多様な参加者が集い、 ノイズと共にベクトルの共有化を醸成 する場が重要	金丸 正剛・TIA 産業技術総合研究所 〈TIAの取組み〉 ・国内にない技術を新規に開発する ・機器の集積による相乗効果が生まれている ・AI（AI-インテグレーション）、複合計測・評価 ・先端技術の研究開発を支える機器 〈新規開発技術〉 ・最先端ArF液浸露光・多重露光技術 ・Si/SiGe選択エピ成長、同選択エッチング ・ALDを用いたHKゲート絶縁膜成長技術 ・メタルALDによるトランジスタ閥値制御技術 〈機器開発への示唆〉 ・産学がいかに 共通のターゲット を設定するか	太田 悦子・東京大NPF/ARIM 〈東大NPFの取組み〉 ・研究者へ成功の可能性を提供し続けること ・世界一の機器を導入し最先端を維持すること ・最先端技術を提供できるスタッフ ・「あなたの研究室がここにいます」を実行 〈共用PFの課題〉 ・一時的な公的投資に頼らずに 共用PFを継続する方策 が必要 〈機器開発への示唆〉 ・装置メーカーとの試作機開発 ・アンカーテナンシーやSBIR導入の検討
機器メーカー		機器ベンチャー	研究機器開発のエコシステムとは	
早川 崇・東京エレクトロン(株) 〈社会ニーズ〉 ・進化へ留まるところのない技術要求 ・DX/ICT x Green 技術の実装 〈方向性〉 ・先端メトロロジ、検査・測定機器は、デバイスメーカー & 装置メーカー間で共通言語化の流れ	寺本 華奈江・(株)島津製作所 〈島津製作所の取組み〉 ・オープンイノベーション空間 ・ 双方向の技術・情報の共有 が重要 ・モノ作りセンター加工グループ（金属加工） 電子グループ（基板組立） ・ 技術も人も、急には育たない ・トップ開発者は技術開発に集中し、 社内オープンラボでアプリケーション探索 〈社会ニーズ〉 ・高精度/高品質な分析装置の継続的な開発・安定供給が必要	河田 聡・ナノフoton(株) 〈ナノフoton社の展望〉 ・「会社」を売りたいのではなく、自社の「装置」を売りたい ・ 食物連鎖・循環するエコシステム が重要 ・同床異夢 大学=研究・教育 x 企業=売上 使命も興味も異なる 〈共用拠点との連携〉 ・共用拠点が機器を導入することで、共用拠点が自社のショールームとしても機能している	丸山 浩平・早稲田大学 〈課題〉 ・研究としての先端研究機器・技術開発は、失敗から得られる示唆が大きいが、チャレンジできる場や環境が足りない 〈機器開発の展望〉 ・ユーザーのフィードバックを得ながら開発を進める、共用拠点との接続によって、装置のシステムとしての完成度を上げることに繋がる ・ハードの要素技術などの開発に加え、普及の鍵となるテクノロジーを持つことが重要 ・新技術や装置をユーザーに迅速に見せることが（過去事例）、オープンイノベーションのポイント	

図4-1 これからの先端研究機器に関する各組織の取組み・課題（敬称略）

5 | 閉会

古田 裕志（文部科学省 科学技術・学術政策局 研究環境課長）

研究環境課は、2021年10月の文科省の組織改編によって新たに設置した課である。初代課長として、改めて研究環境についてゼロから勉強すべく、各省の政策文書や研究所のレポート等を読み直した。その一つにCRDS報告書「研究機器・装置開発の諸課題」があった。自身が漠然と思い浮かべていた現状や課題が整理されており、その内容に感銘を受け、この度のシンポジウムも冒頭から参加できたことを嬉しく思っている。

文科省では、江端教授が座長を務める「大学等における研究設備・機器の共用化のためのガイドライン等の策定に関する検討会」にて、「研究設備・機器の共用推進に向けたガイドライン（共用ガイドライン）」の策定を進めている。2021年度中に策定し、2022年度以降は大学ごとに機器共用の方針を定め、研究環境の充実に資するものの一つとして、各大学での研究設備・機器の共用化を推し進めたいと考えている。（注）

パネルディスカッションで指摘のあった「循環するエコシステム」を構築する重要性は非常に共感している。機器・設備の共用は活動の過渡期にあり、各所での取組みが一つ一つ進んでいる。これらの活動は文科省としても非常に高く評価するものであり、今後は循環するエコシステムの構築に向け、出来ることに精一杯尽力していく意向である。

時間軸としては2020年代前半、つまり、今後3年程度が研究環境を集中的に改革する重要期間ではないだろうか。現状の課題解決に着手し活動を進めれば、エコシステムが構築され、サステナブルな研究環境形成が可能になり、研究機器開発も活発になるだろうと考えている。文科省として出来ることに一つ一つ全力で取り組んでいく所存であり、ご批判も含め、今後様々な機会で見聞を寄せていただきたい。本シンポジウムに参加した皆様の、益々の御健勝と御活躍を祈念している。

（注）上記ガイドラインは以下のURLよりダウンロードできます。

https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/163/toushin/mext_00004.html

江端 新吾（東京工業大学 総括理事・副学長特別補佐・教授 / IRIS 主査）

今回、共用ガイドライン策定の検討期間にもある中で本シンポジウムをCRDSとIRISとで共に開催し、様々な組織に属する登壇者とのディスカッションを実施出来たことは、非常に重要な機会となった。

パネルディスカッションでは大変ポジティブな発言をいただくことができた。今回のテーマであるエコシステムに関与する一人ひとりが活動を進め、各々の置かれた組織・立場から責任を果たすことは可能になりつつあると認識している。各人の役割がある程度明確になった現段階からさらに、最終的には日本の科学技術力の向上に到達させることが求められている。それにより日本を発展させ、ひいてはグローバル基準でも人類の幸せにも繋がっていくものと考えている。そのためにもまずは、皆様には日々を幸せに暮らすことを大事にしていきたい。

約500名に上る多くの参加者にシンポジウムを視聴いただいたことに、感謝を申し上げたい。シンポジウムの論点の一つであった「産学連携の新しい形」については、まだ議論が熟していない。産業界の各機器メーカーの皆様、研究者・技術者の皆様含め、産官学が集う場での議論を引き続き発展させたい。本シンポジウムを契機に、イノベーションのエコシステム形成へ向け今後も継続的に場を設けたいと考えている。IRISとしては、文部科学省やCRDSとも協力しながら、さらに多くの方々の声をいただくとともに、皆様へ発信する活動を進めていきたい。

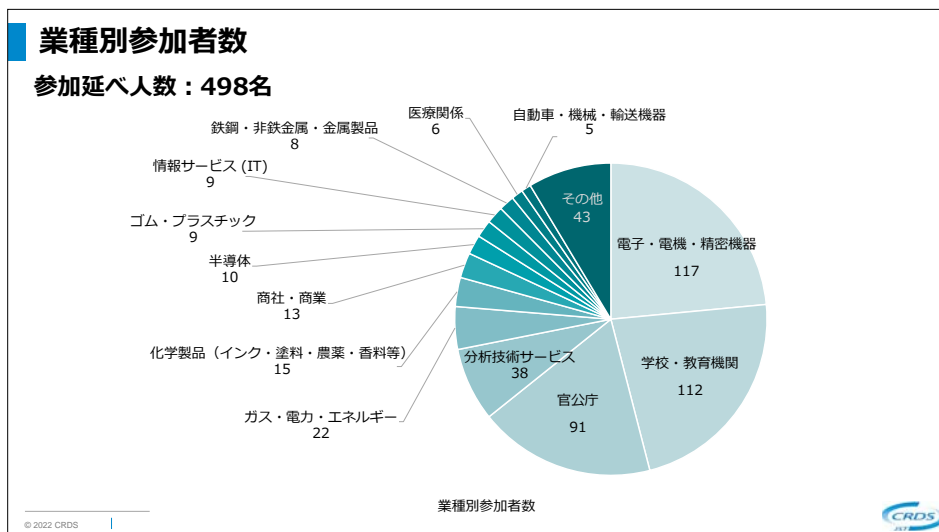
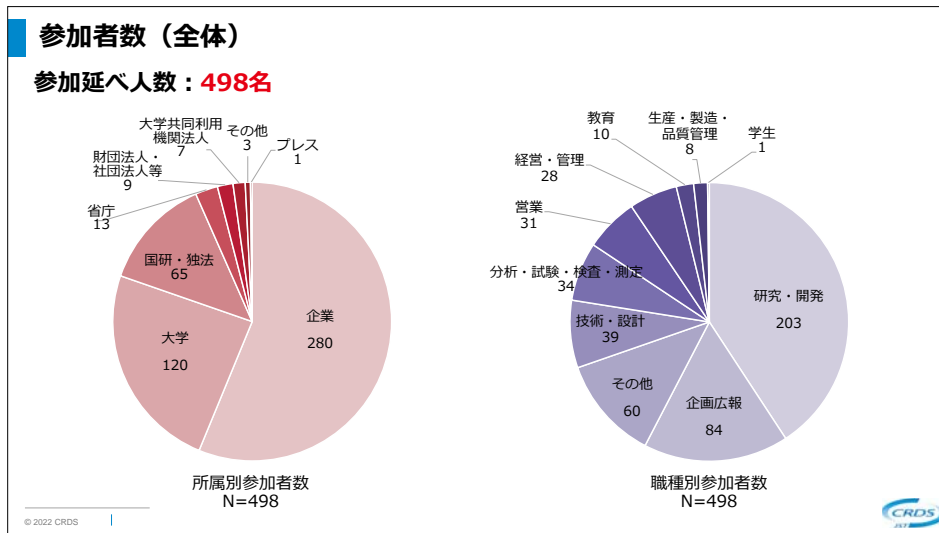
6 | 参加状況

シンポジウム開催概要

- ・開催日時：2022年2月16日（水） 13：30～17：30
- ・開催形態：JASIS WebExpoにおけるライブ配信システム（Vimeo）を通じたオンライン開催
- ・主催：JST-CRDSと研究・イノベーション学会 研究基盤イノベーション分科会（IRIS）の共催

JASISは分析機器、科学機器メーカーが会するアジア最大級の展示会であり、機器メーカー、産学の機器ユーザーが主たる参加者である。本シンポジウムは、新たな科学を拓くこれからの先端研究機器に関する検討を幅広く共有・発信することを企図した。

本シンポジウムの参加延べ人数は、計498名であった。企業・大学・公的研究機関や官公庁等から参加があった。研究・開発をはじめ、技術・設計、経営・管理等の幅広い職種からの参加があり、業種としても研究機器関連業界の他、教育機関や製造業、IT等、広範な関心を集める機会となった。



作成メンバー

リーダー	永野 智己	総括ユニットリーダー	企画運営室
メンバー	魚住 まどか	フェロー	企画運営室 横断・融合担当
	丸山 隆一	フェロー	企画運営室 横断・融合担当
	野澤 陽子	フェロー	企画運営室 横断・融合担当

シンポジウム報告書

CRDS-FY2022-SY-01

JST-CRDS/IRIS 共催シンポジウム@JASIS WebExpo®

これからの先端研究機器

—新たな機器開発エコシステム形成へ向けて—

令和 4 年 5 月 May 2022

ISBN 978-4-88890-796-5

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター

Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's 五番町

電話 03-5214-7481

E-mail crds@jst.go.jp

<https://www.jst.go.jp/crds/>

本書は著作権法等によって著作権が保護された著作物です。

著作権法で認められた場合を除き、本書の全部又は一部を許可無く複写・複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

This publication is protected by copyright law and international treaties.

No part of this publication may be copied or reproduced in any form or by any means without permission of JST, except to the extent permitted by applicable law.

Any quotations must be appropriately acknowledged.

If you wish to copy, reproduce, display or otherwise use this publication, please contact crds@jst.go.jp.

FOR THE FUTURE OF
SCIENCE AND
SOCIETY



<https://www.jst.go.jp/crds/>