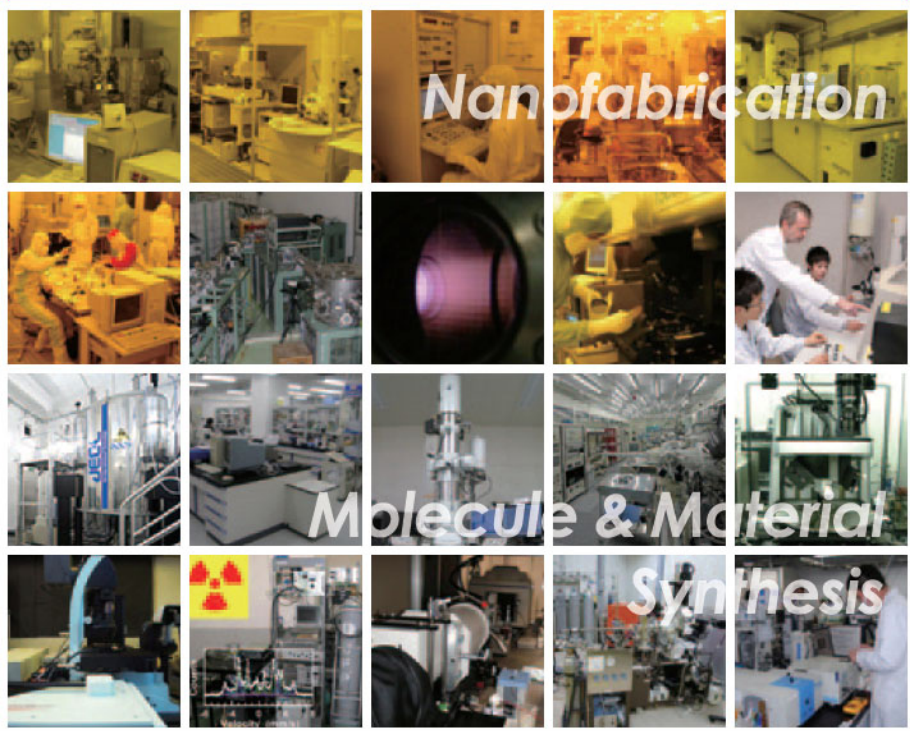




先端共用施設・技術プラットフォーム 展望調査WG報告書（案）概要

実験装置の利用提供による研究・技術開発の新たな展開
A New Direction of R&D with Sharing Equipment



令和 元年 5月 10日
文部科学省ナノテクノロジー・材料科学技術委員会

ナノテクノロジープラットフォーム
先端共用施設・技術PF展望調査WG
主査 田沼繁夫

要旨：ナノテクノロジープラットフォームの成果・課題と共用PFの方向性

➤ ナノテクノロジープラットフォームの存在で達成しつつあること

- 施設・装置の平等な利用機会
- 装置保有・管理からの開放
- 知と装置の有機的なネットワーク
- 高度支援人材の配置



装置利用の意識改革

- ✓ 装置・技術を持たない研究者が先端的な装置と高度な専門技術者の支援を受けて、最先端の研究が実施可能な体制

➤ 現状の問題と課題

- 新しい技術領域への対応難、プラットフォームの装置群は老朽化が進行
- 高度な専門性を持った技術人材を恒常的に雇用・配置することが困難
- ✓ 先端設備・装置の戦略的な導入、既存設備の高度化・更新
- ✓ 技術者の専門性に関するインセンティブ維持・確保や処遇の改善、キャリアパスの構築

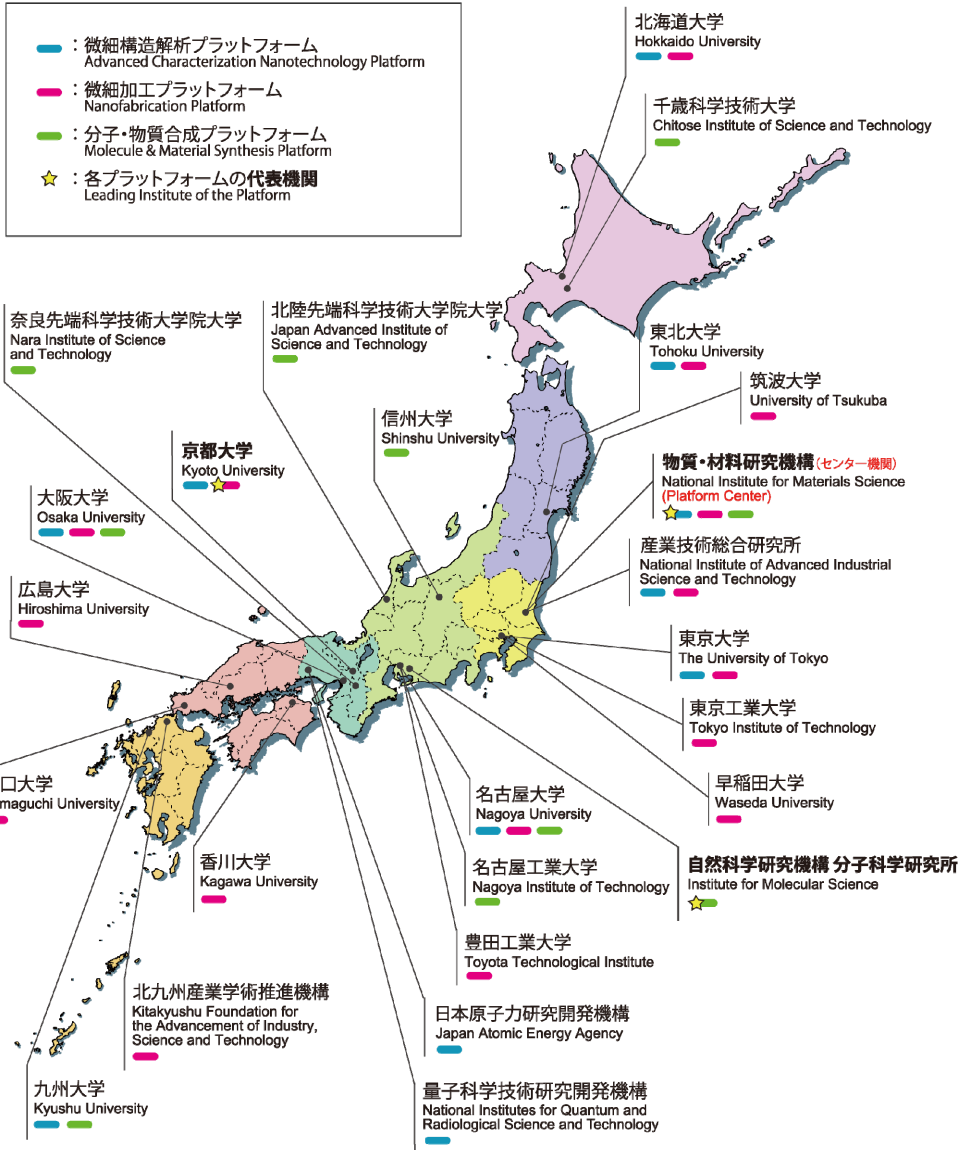
➤ 将来へ向けた方向性

- 日本全国のカバレッジ・アクセス性を考慮した**分散ネットワーク的な配置**
- 中核的なハブ（フルセットの施設・設備）と、各地の機関が蓄積する特徴的な技術領域を軸とした、「**ハブ&スポークのプラットフォーム**」体制⇒ 課題解決の最短化（研究力向上）
- 幅広い分野の研究者へ最先端の基盤的技術・情報を提供し、研究力を向上
- 長期的な視野に立ち、**先端設備・装置の戦略的導入、既存設備・装置の高度化・更新、高度専門技術（支援）人材の安定的な確保**
- ✓ 施設・設備、技術、成果の各情報をデータベース化しプラットフォーム内で共通運用

報告書の目的

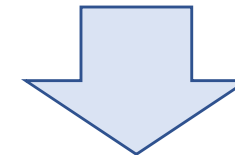


ナノテクノロジープラットフォームの実施体制（全25法人）



目的：わが国の先端共用・技術プラットフォームの展望と課題を、ナノテクノロジープラットフォーム事業の実績と経験にもとづいて

- 現在まで達成されていること
- 解決し得ない構造的な問題
- 今後取り組むべき課題
- 将来へ向けた方向性



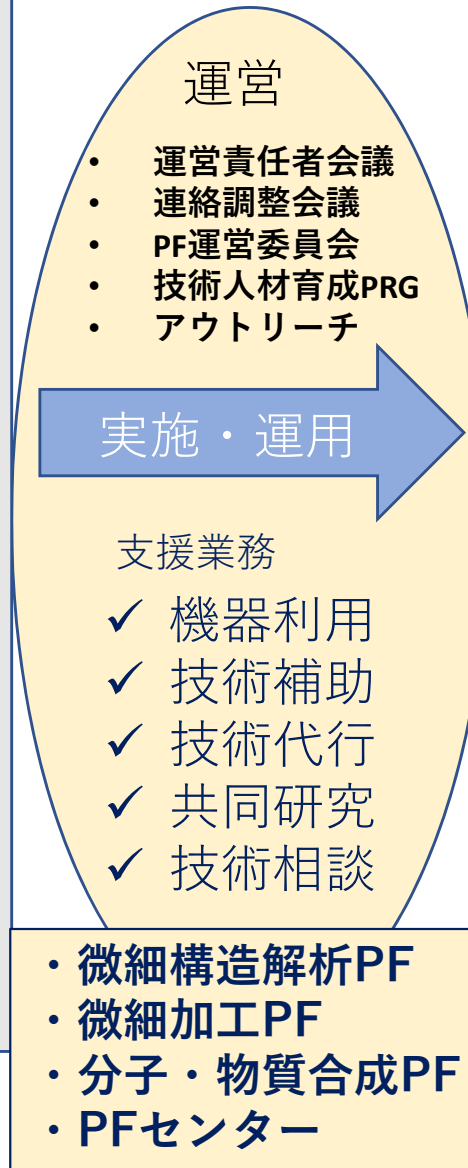
- 活動実績・成果に関するエビデンスの収集・分析
- 説明・表現（指標）の立案・作成
- 各種データから本事業の成果と課題を明示
- 今後の施策設計に求められる事項等を明確化

投入資源

- 実施機関数：37(25法人)
- 運営資金：42 - 47億円/年
(委託費 40%, 運営費交付金 30-40%)
- 人員：850名 (年平均)
(ユーザー対応技術支援者 60%)
- 装置・設備：約1,000台
- 技術等知財：
 - 教授等専門家 350名 40%
 - 支援技術者 500名 60%
 - 内 博士号取得者 25%
 - 認定技術者 30%

- 投入資源と実績 概要 -

H24 - H29



主な業績・成果

- 支援件数：16,467 件 (H29: 3,027 件)
- 企業利用割合：約30%
- 利用者数：20,000名 (公開のみ)
- 新規ユーザー：38% (H29)
- 設備外部共用率：54% (H29)
- 利用料収入：2,494 百万円
576 百万円 (H29)
- ユーザーアンケート回答数：9,747
- 支援人材育成
(認定支援技術者:H30まで)
 - エキスパート : 28名
 - 高度専門技術者 : 86名
 - 専門技術者 : 52名
- 成果発表 (ユーザー：アウトカム)
 - 論文数 : 5,587
 - 口頭発表数 : 17,795
 - 特許出願数 : 492
 - 受賞 : 947

▶ 装置の平等な利用機会

- ✓ 高い「装置共用率」： 54% 高い「企業利用率」： 30%
- ✓ 利用者アンケート：利用手続き、利用装置、技術サポートでは**90%以上が満足**
- ✓ 高い「リピート率」：62% (H29)
- ✓ 共用設備利用案内イエローページ，クイックアクセス(web)：適切な実施機関紹介し、課題解決の迅速化と、効果的な研究開発を推進，アクセス数は59,601件(2018/11/27まで)

▶ 装置の保有・管理からの解放 (純粋に研究に専念，少ない研究費で研究が可能)


- ✓ 高い「若手利用率」 (約50%が20～30代)
- ✓ 大学人材によるナノプラット利用 (H29年度：約2千件) の1/3ほどが国の競争的資金プロジェクトに活用

▶ 知と装置の有機的なネットワークを構築 (3分野のPFの有機的な体制)

- ✓ 最適な実験方法や解析など 高度技術相談 から装置教育、共同研究まで 状況・目的に応じた対応を可能に

▶ 高度な支援をサポートする技術者・研究者の配置

- ✓ 教授等専門家: 350名 (40%) 支援技術者: 500名 (60%) 博士号取得者 25%， 認定技術者 30%
- ✓ 装置共用を通じたユーザーからの教育，ユーザーへの教育 (知識，技術，ノウハウ)

 **研究方法の改革に寄与**

➤人材育成

- ✓ 高度な専門性を有する技術者の確立：保有技術レベルを評価・審査したうえで「**エキスパート**」、「**高度専門技術者**」、「**専門技術者**」の職能名称を付与する制度を事業内で構築（H30年度までで166名,全体の約1/3）
- ✓ 技術スタッフ表彰：**優秀技術賞、技術支援貢献賞、若手奨励賞**
- ✓ 各種教育プログラムの構築
 - ：PF内，PF間，国内，海外研修，ワークショップ，セミナー
- ✓ 広い分野に対応する 技術教育・研修が可能（3PFの有機的結合）
- ✓ 支援を通じた研究者・技術者（企業、大学）教育

職能名称の定義

| 職能名称 | 基本的ガイドライン |
|---------------------------------------|--|
| ①文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム 専門技術者 | 特定の技術（計測、プロセス、合成）について、十分な知識を有し、操作及び解析並びに装置の維持管理が行える。 |
| ②文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム 高度専門技術者 | <ul style="list-style-type: none"> ・特定の技術について、高度な知識並びに操作及び解析等の技術を有する。 ・ユーザーのニーズに対して能動的に対応できる。 |
| ③文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム エキスパート | <ul style="list-style-type: none"> ・複数の技術について、高度な知識を有し、操作及び解析に加えて装置や技術の開発等が行える。 ・ユーザーへの最適なソリューションをアドバイスできる。 ・技術スタッフ等に十分な指導が行える。 |

技術スタッフ表彰

| 賞の名称 | 功績の内容 |
|----------------|--------------------------|
| 優秀技術賞 | 類まれな秀でた技術を有していると認められる者 |
| 技術支援貢献賞 | 技術支援において多大な貢献をしたと認められる者 |
| 若手技術奨励賞 | 35歳以下で、優れた技術支援をしたと認められる者 |

質の高い研究を遂行できる支援（体制構築）

- ✓ 支援から優れた論文が多く創出 ：トップ10%以上の被引用件数の論文 213 報 (H24-28)
- ✓ 論文, 特許, 学会発表 : 論文 5,587 報, 特許申請 492 件, 口頭発表 17,795件
- ✓ プレス発表, 受賞 : プレス発表 881件, 受賞 947件

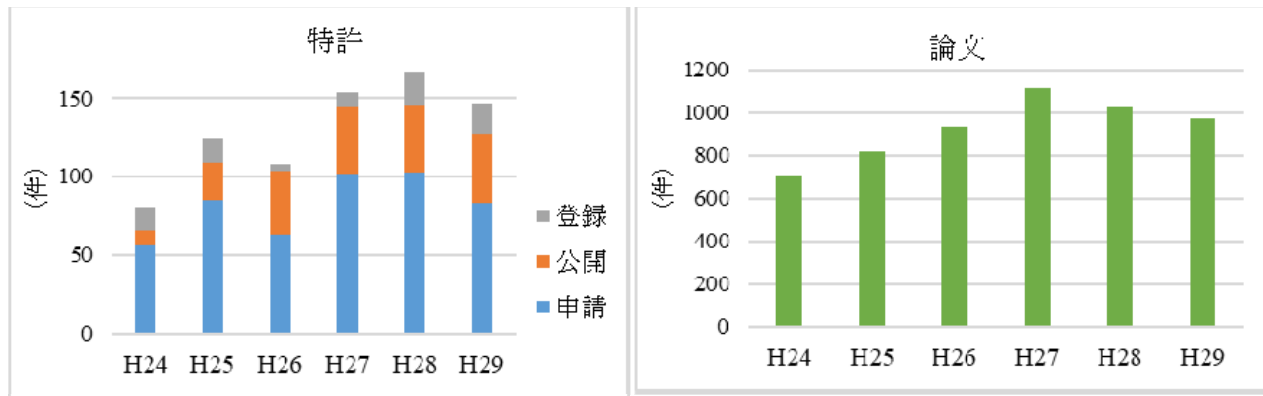


図5.3.3-1 ユーザーが発表した特許数と論文数の年次推移

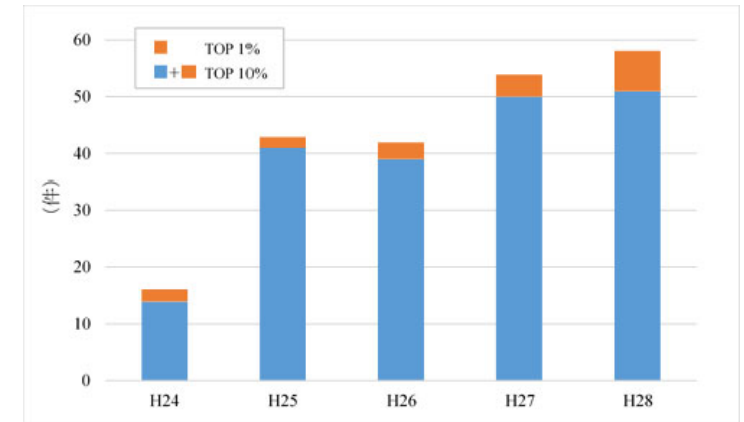


図5.3.3-2 ユーザーが利用後に発表した特許数と論文数 (被引用回数トップ1%, 10%)

ナノテク分野の広い技術領域に渡り「知と装置のネットワークが構築」

➡ 異分野融合による研究の実施が容易になる体制

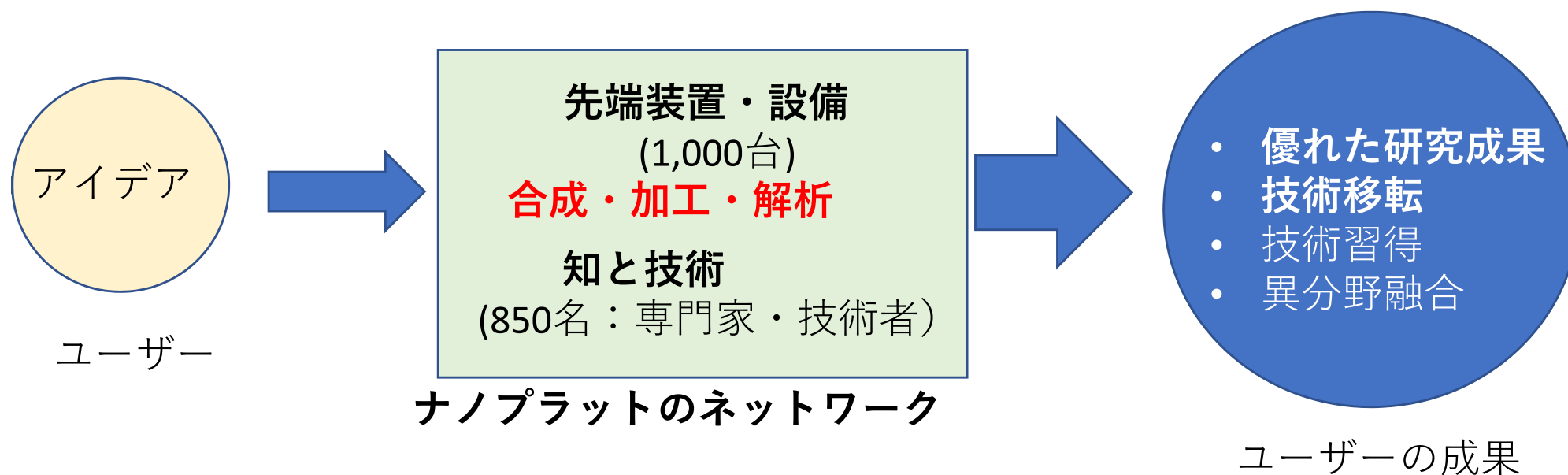
✓ 産業界からの利用増加

➡ ユーザーから数多くの特許が出願

➡ 実用化事例：化粧品、味覚センサー、切削バイト、鉛フリー圧電膜、

MEMSマイクロホン、波長掃引パルス量子カスケードレーザーなど多数。

- ナノプラットの最大の投資効果
- ✓ 装置と技術を持たない研究者が**先端的な装置と高度な専門技術者の支援**を受けて、**最先端の研究を実施**できること、更に**技術移転が進む**こと
- ✓ 特に、**研究立ち上げ期の若手研究者**や、**リソースの十分でない中小・ベンチャー企業**にとっては**レバレッジの効いた成果に至ることを可能**に



- 代表的な効果を3つに分類
 - 1) **ユーザーが獲得する研究開発成果のレバレッジ効果**
 - 2) **ユーザーにとっての研究資源のレバレッジ効果**
(インプットに相当する研究投資の節減効果)
 - 3) ユーザーが利用を通じて成果創出に至るまでの時間の短縮効果

➤ ナノプラットの存在なしには得られなかったであろう研究開発成果の事例

- 研究開発のアイデアはあるが、実行するには設備も技術も不足
- ナノプラットの先端設備と技術・知にアクセスすることを実現し、優れた研究成果創出

✓ 多様な研究開発成果のレバレッジ効果：3つの具体的な利用成果事例

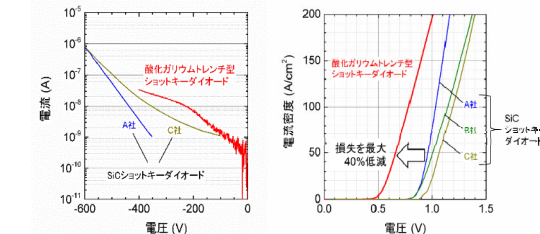
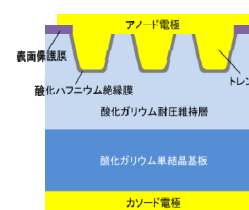
(1) 次世代酸化ガリウムショットキーバリアードの開発

ユーザー：(株)ノベルクリスタルテクノロジー、タムラ製作所

➡ 酸化ガリウムパワーデバイスの本格普及に大きく前進

← デバイス構造

➡ Ga₂O₃トレンチ型ショットキーダイオード特性比較



低い逆方向リーク電流を維持したまま、順方向損失を最大で40%低減することに成功した。

(2) 高温でも使える光で剥がせる液晶接着剤の開発

ユーザー：京都大学、大阪大学、名古屋大学

接着・溶融過程の詳細なメカニズムを解明

「光液化材料を用いた仮固定接着」という科学技術を大きく前進

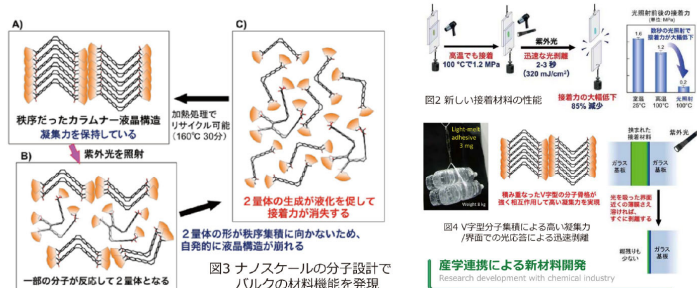


図 5.3.1-3 光で剥がせる接着剤の概要

3) 高性能鉛フリーハンダの開発

ユーザー：有限会社ナプラ

材料の性能向上の理由・原因を解明

➡ 量産化体制を整備、実用化が前進 (国内外の大手企業で採用に向けた評価)

←

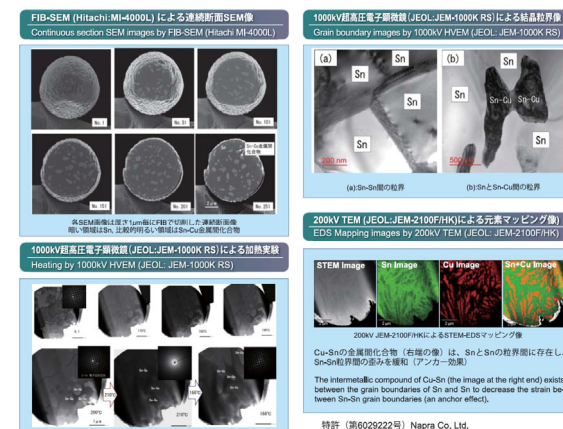
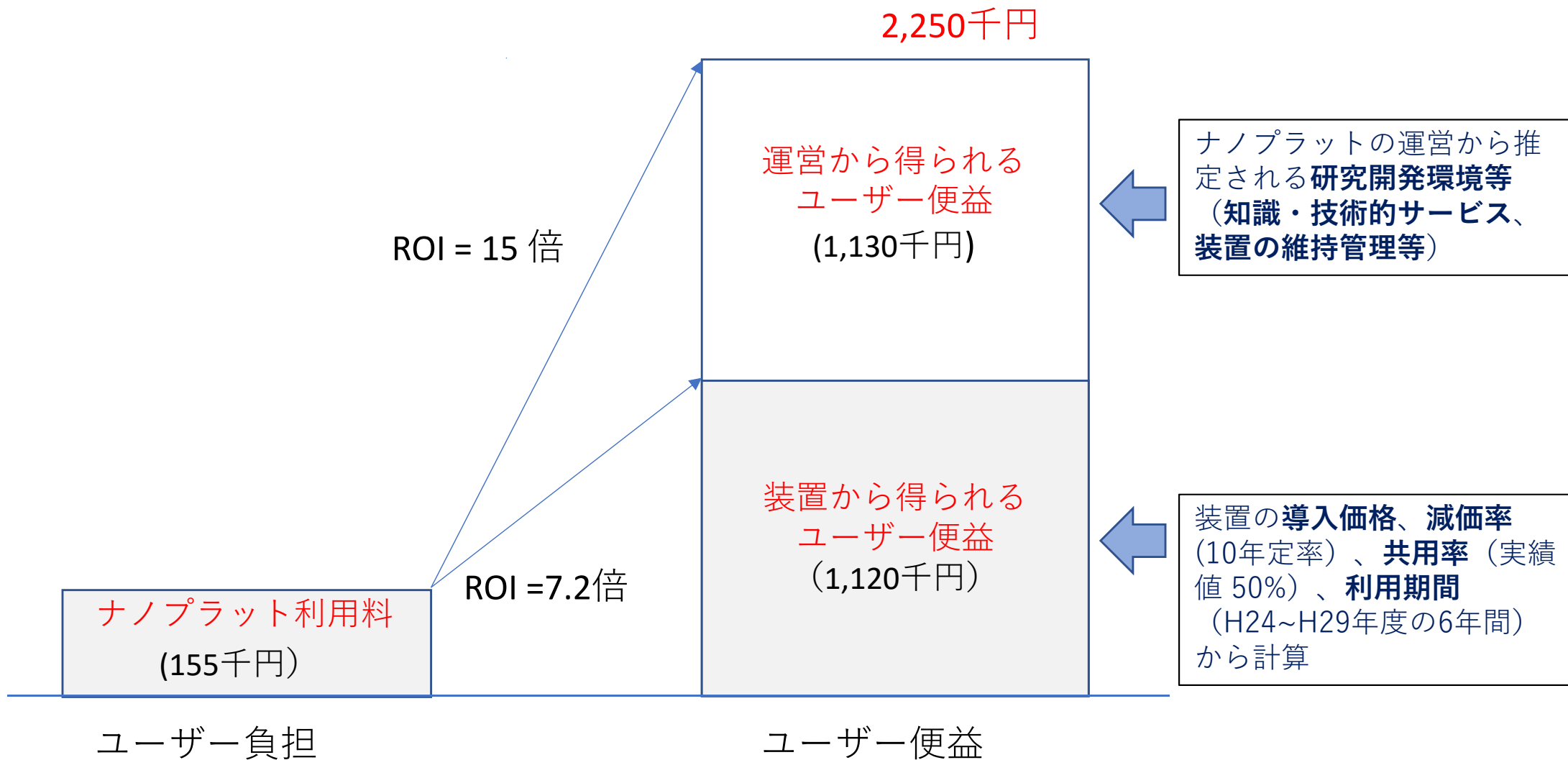


図 5.3.1-4 高性能鉛フリーハンダの連続断面SEM像および透過電子顕微鏡像

- ユーザー自身が独自に装置購入せずとも、最先端の装置を活用した研究を実施できる
⇒ 経済的な効果を「研究資源のレバレッジ効果」



カッコ内の数値はナノプラ利用1件あたりの数値
ナノプラット利用料155千円 (H24~H29における平均)

- ユーザーニーズの**高度化・広がり**（学際領域・異分野融合）
 - ➡ **新しい技術領域への対応難**（現有設備・スキルでの対応不可）
 - ✓ **微細構造解析**関連 ➡ 測定対象のオペランド計測、ソフト系材料の極低温下での高分解能計測のニーズが増加
 - ✓ **微細加工**関連 ➡ 分子系材料の取り扱い、マイクロ流路などを活用するバイオ/ライフサイエンス系の技術に対するニーズが増加
 - ✓ **分子・物質合成**関連 ➡ バイオ/ライフサイエンス関連研究での利用ニーズが増加
 - **プラットフォームの装置群** ➡ **老朽化や陳腐化が進行、最先端ではない！**
 - ✓ 新たに開発された技術を装置と共に導入することは困難
 - ✓ 日本全国のユーザーに支援が行き渡っているとは言い難い（配置地域の問題）
-
- **戦略的な先端設備・装置の導入、既存設備の高度化・更新**
 - 高度な専門性を備えた技術者の存在、技術者のスキルアップが不可欠
 - 新規な**特殊装置を、将来的なスタンダード**として育てる普及施策が必要
 - ナノプラットは、装置技術と新しいニーズに対して豊富な蓄積と情報を保有
 - 利用課題の多様性や広がり → **技術領域を横断したサポート体制の再構築**
 - 微細構造解析、微細加工、分子・物質合成の技術領域
 - 地域性を考慮した技術・設備の配備が課題

- 付加価値の源泉は高度な専門性を持った技術者にあるが、
人材を恒常的に先端設備と共にプラットフォームに配置することが困難
 - 人事制度上や財政上の問題、研究社会における風土や認識の問題
 ➡ 技術者を育成し確保し続けることが困難に
 - 技術者の保有する高度技術やノウハウの継承の必要性強
 - 人員の絶対数の不足と高齢化
 - 人材の安定的な確保 ➡ 任期付きの雇用では10年間といえども困難
-
- 研究環境を支える人材が担う仕事 ➡ 魅力ある「選ばれる仕事」へ
 - 専門性に関するインセンティブ維持・確保や処遇の改善、キャリアパスの構築が課題
-
- 人材に蓄積されている技術的知見（知識、ノウハウ、特許、データ）
 ➡ 資産として利活用可能な形態に

今後の施策設計に求められること： 対象とする技術領域

- IoTやAIの基盤となる技術領域を広くカバー
 - ・ センシング、情報通信、ビッグデータ解析、エネルギー、環境など。
- ナノテクノロジーは、元来科学技術の基盤的技術
 - ・ ナノテク研究者のためだけでなく、幅広い分野の研究者へ最先端の基盤的技術を提供
 - ・ 技術分野を横断し異分野融合を促進する、研究開発分野の最先端を支えるエンジン

ナノテクノロジー・材料分野の研究開発俯瞰図（2019年）



計測技術 ➡ オペランド計測、極低温計測、複合解析技術

加工技術 ➡ MEMS/NEMS、センサー・光・電子エレクトロニクスなど、一連の加工・プロセス技術、3D積層造形技術（ソフト材料含）

合成技術 ➡ 分子の設計・合成から解析評価まで一連の流れのなかでサポート

重要なことは、これら技術領域がいつも別々に運用されているのではなく、ユーザーの期待に対して、総動員可能な運用体制を持つこと

今後の施策設計に求められること： 技術プラットフォームの配置と体制

p. 56 - 57

- 日本全国の研究開発者に対して最適な技術プラットフォームを提供

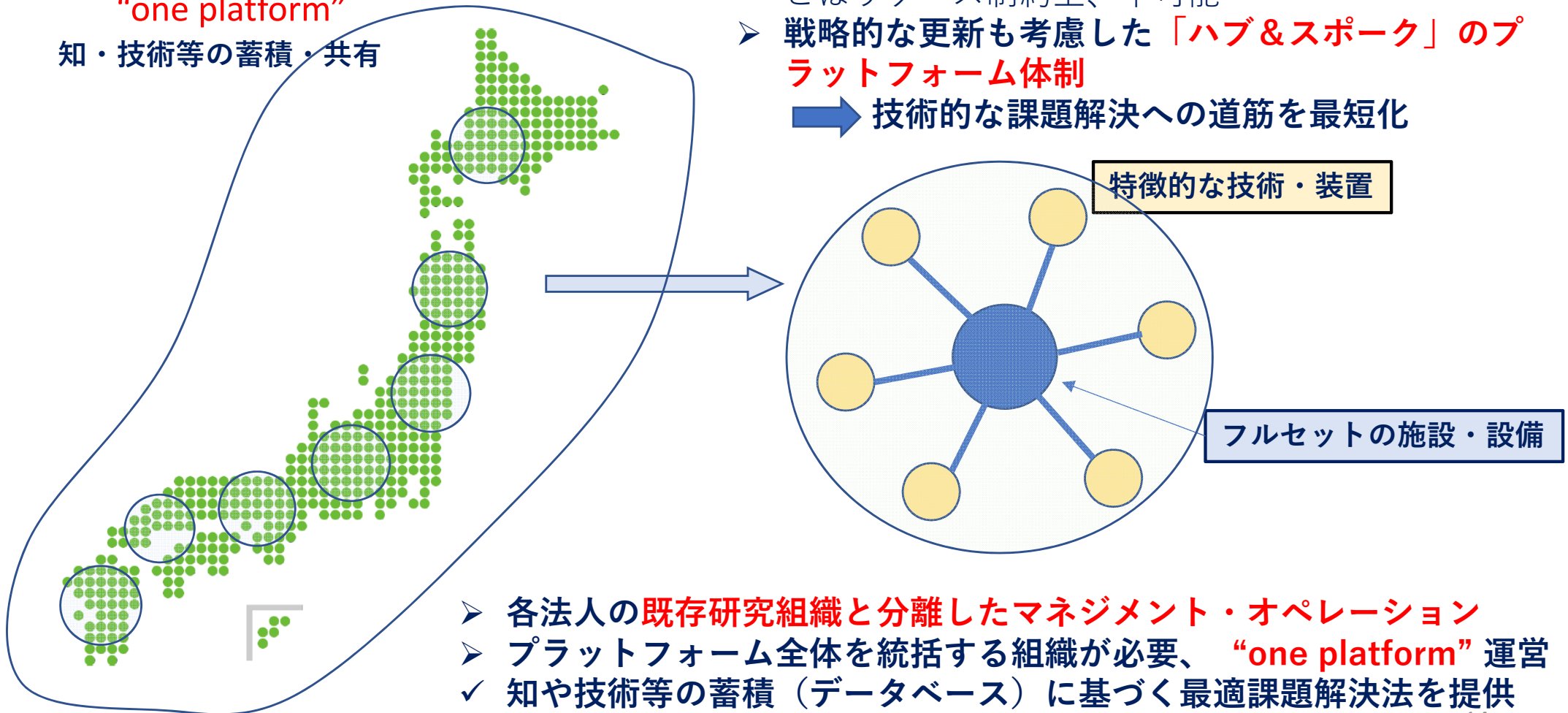
➡ 各地のカバレッジ・アクセス性を考慮した分散ネットワーク的な配置

- フルセットの施設・設備をすべての地に整備することはリソース制約上、不可能

- 戦略的な更新も考慮した「ハブ&スポーク」のプラットフォーム体制

➡ 技術的な課題解決への道筋を最短化

“one platform”
知・技術等の蓄積・共有



- 各法人の既存研究組織と分離したマネジメント・オペレーション
- プラットフォーム全体を統括する組織が必要、“one platform”運営
- ✓ 知や技術等の蓄積（データベース）に基づく最適課題解決法を提供
⇒ 研究力向上

今後の施策設計に求められること： 技術専門人材、情報の共有

p. 57 - 59

技術専門人材

- 高度な専門性を有する技術者が不可欠
- 人材を中長期的な方針を持って雇用・育成
- ✓ 共用施設・設備に係る技術者 ➡ より多様で高度なスキルが要求
- ✓ 異分野の技術者・研究者と交流 ➡ スキルの幅と厚みを広げる方策
- ✓ インセンティブ、キャリアパスなど、緻密な制度設計・方策

- 技術レベルや貢献に応じたスキルアップやキャリアパスモデルを明示
 ➡ 魅力的な「**選ばれる仕事**」

情報の共有

- 施設・設備、技術、成果の各情報をデータベース化し、共通運用、第三者の利活用
- ✓ ストック（知や技術等の蓄積）とフロー（アウトプット、アウトカム）を可視化
 ➡ ユーザーの研究力を向上、オープンサイエンスとイノベーション加速に寄与

- ユーザーの研究開発の進展を追跡（共用事業の評価には重要）
 ➡ ユーザーの負担なしに収集するシステムの構築

今後の施策設計に求められること： 施設・設備の戦略的な更新

➤ 地域性や技術の蓄積を中長期視点に立ち

➡ **戦略的な設備配置と、技術の世代更新を加味した方策を実現する財政的戦略**

➤ 高度な技術支援を支える汎用設備の安定的・継続的な運用も重要

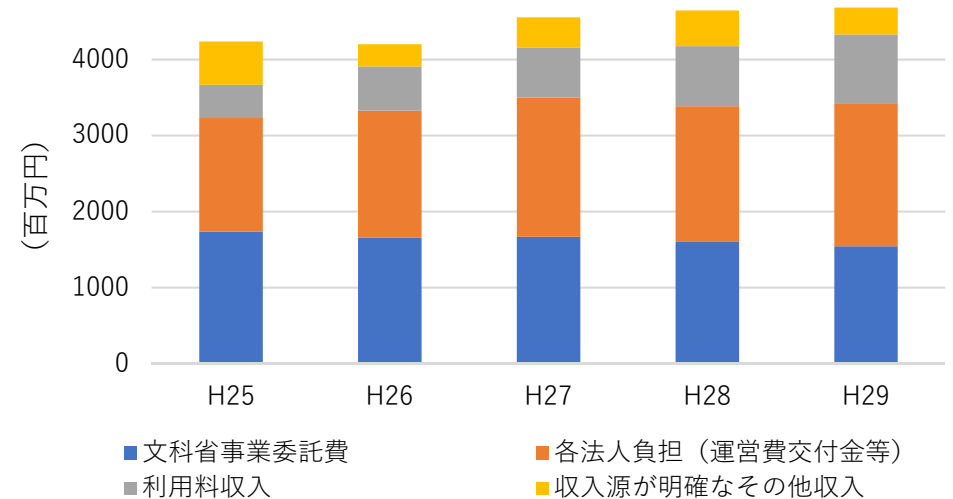
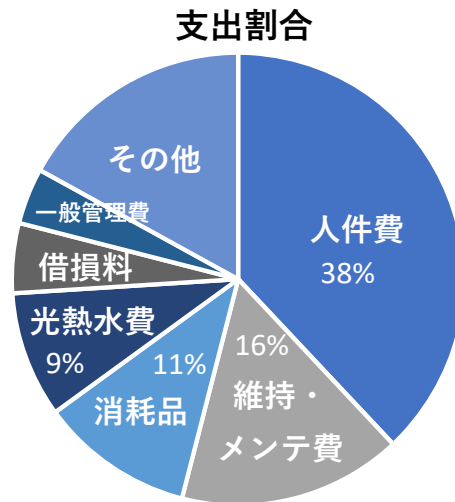
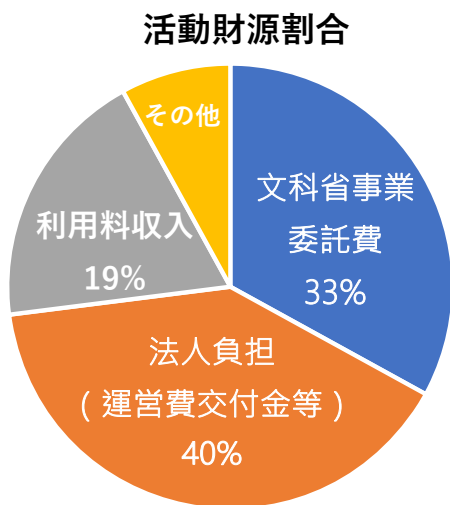
✓ 最先端設備と汎用設備の定常維持・管理

➡ 多様な課題を持ち込むユーザーに解決を提供することが可能、研究力向上

➤ ナノプラットを運用してきた経験から

✓ 公的資金、利用料収入、各参画法人の運営費交付金の三種の財源で賄うことのできる限界値はプラットフォームの日常的なオペレーションコストまで

➡ 先端・高額な設備を戦略的に更新・導入するには、**別の資金戦略が必要**



まとめ：先端共用施設・共用プラットフォームの展望と課題

➤ ナノテクノロジープラットフォームの実績・成果から

- 施設・装置の平等な利用機会
- 装置保有・管理からの開放
- 知と装置の有機的なネットワーク
- 高度支援人材の配置



装置利用の意識改革



研究方法の改革に寄与

- ✓ 装置・技術を持たない研究者が先端的な装置と高度な専門技術者の支援を受けて、最先端の研究が実施可能な体制



“装置や技術がなくても研究できる環境”が作られ、研究者・技術者が自前では行うことができなかった研究開発を遂行

➤ 現状の問題と今後取り組むべき課題

- ニーズの高度化・広がりから**新しい技術領域への対応難**（現有設備・スキルでの対応不可能）
- プラットフォームの装置群は**老朽化や陳腐化が進行**
- 高度な専門性を持った**技術人材を恒常的に雇用・配置することが困難**

- ✓ **先端設備・装置の戦略的な導入、既存設備の高度化・更新が課題**

- ✓ **技術者の専門性に関するインセンティブ維持・確保や処遇の改善、キャリアパスの構築**

⇒ 研究環境を支える人材が担う仕事を**魅力ある「選ばれる仕事」**へ

まとめ：先端共用施設・共用プラットフォームの展望と課題

- ナノテクノロジーは、元来科学技術の基盤的技術
 - 技術分野を横断し異分野融合を促進する、研究開発分野の最先端を支えるエンジン
 - IoTやAIの基盤となる技術領域を広くカバー（センシング、情報通信、ビッグデータ解析、エネルギー、環境など）
- 将来へ向けた方向性（プラットフォームの配置、技術分野、組織構造、設備、人材など）
 - ✓ 日本全国のカバレッジ・アクセス性を考慮した**分散ネットワーク的な配置**
 - 中核的なハブ（フルセットの施設・設備）と、各地の機関が蓄積する特徴的な技術領域を軸とした、「**ハブ&スポークのプラットフォーム**」体制
 - ナノテク研究者のためだけでなく、幅広い分野の研究者へ最先端の基盤的技術・情報を提供
- ✓ 各法人に主体がある既存研究組織と分離したマネジメント・オペレーションが必要
 - 全体で“**one platform**”として**運営**し、かつ各参画法人の有する人的・技術的・物的蓄積と、親和性を持って機能する仕組みを成立させることが必要
- ✓ 長期的な視野に立ち、**先端設備・装置の戦略的導入、既存設備・装置の高度化・更新、高度専門技術（支援）人材の安定的な確保**に関する方策が必要
 - 研究環境を支える人材が担う仕事を、より魅力ある職業へと変えていくことが必要
 - 人材を中長期的な方針を持って雇用・育成を行うことが重要
- ✓ 施設・設備、技術、成果の各情報をデータベース化しプラットフォーム内で共通的運用し、かつ**第三者の利活用**に供する状態を作っていくことが必要
 - ユーザーの研究・開発の発展形をユーザーの負担なしに収集するシステムの構築が必要