

東京工業大学技術部マイクロプロセス部門 における高度専門技術職人材育成としての 技術職員養成の取組み

東京工業大学

技術部マイクロプロセス部門長

松 谷 晃 宏



【東京工業大学 技術部】

技術部は、研究教育の高度化に伴い、大学における**研究教育支援業務が高度化・専門化**してきている状況に鑑み、高い能力を持つ技術職員を養成し優れた人材を確保するとともに、**技術に関する専門的業務**を円滑効率的に処理することにより、**大学の発展に寄与すること**を目的とする。

国立大学法人東京工業大学技術部の組織及び運営等に関する規則第2条

技術職員：約100名

大岡山設計工作部門(大岡山) すずかけ台設計工作部門(すずかけ台)

電気電子部門(大岡山) **マイクロプロセス部門(すずかけ台)**

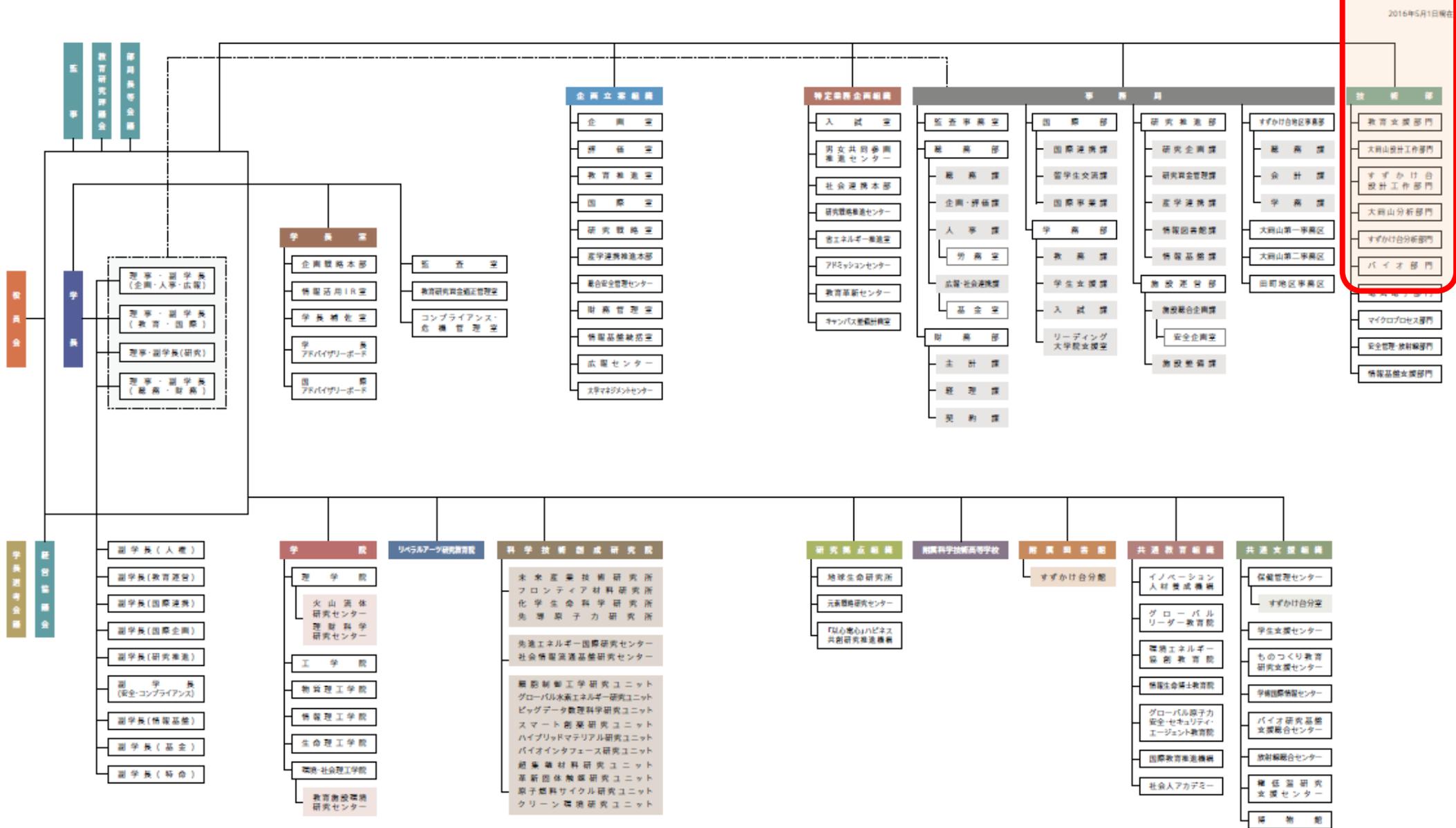
情報支援部門(大岡山) 放射線・安全管理部門(大岡山)

大岡山分析部門(大岡山) すずかけ台分析部門(すずかけ台)

バイオ部門(すずかけ台) 教育支援部門(大岡山)

組織

組織図





Tokyo Tech

部門長・副部門長

【技術部長】大学の職員をもって充て、学長が任命

【主任技術専門員】技術職員のうち、極めて高度の専門的な技術を有する者
その技術に基づき、研究教育の支援のための技術開発及び技術業務並びに技術研修に関する企画及び連絡調整をおこなう

【技術専門員】技術職員のうち、高度の専門的な技術を有する者
その技術に基づき、研究教育の支援のための技術開発及び技術業務並びに学生の技術指導を行うとともに、技術の継承及び保存並びに技術研修に関する調査研究を行う

【技術職員】専門的な技術を有し、その技術に基づき、研究教育の支援のための技術開発及び技術業務並びに学生の技術指導を行う

国立大学法人東京工業大学技術部の組織及び運営等に関する規則



Tokyo Tech

東京工業大学 技術部マイクロプロセス部門

【マイクロプロセス部門】

主な技術支援業務: 半導体プロセスによる集積システム及びMEMS開発支援

支援先は全学の研究室を対象(すずかけ台・大岡山の両キャンパス)

対象分野は→ 半導体 光・電子デバイス
MEMSデバイス
マイクロ流路(バイオ応用)
関連材料の分析



【当部門の方針】

大学の理念 学長:「世界トップ10に入るリサーチユニバーシティ」

当部門:「世界トップ10に入るリサーチユニバーシティのための研究支援」

「自主自律」「世界的なエキスパートたる自覚」

(1) 研究支援→共通施設の管理・運営

＞クリーンルーム運営及び関連実験装置担当

＞装置講習

＞分析評価，プロセス支援，

＞技術相談，実験立ち合い

＞実験装置の保守等に関すること

＞授業支援

＞ユーティリティの管理保守

＞クリーンルーム以外に設置されている学内共用設備の担当

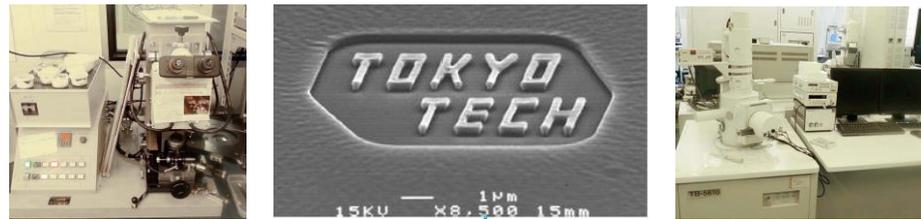
など…



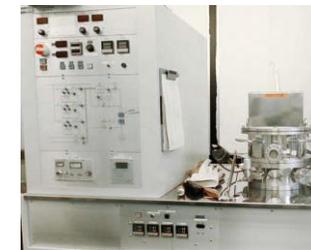
半導体プロセス技術の特徴

(1) 半導体プロセス技術を用いた新しいデバイス製作には、新しいプロセス技術が必要となる。(2) トライアンドエラーを含む実験研究。(3) 複数の装置を用いて評価分析結果を適宜フィードバックしながら進める。

リソグラフィ技術



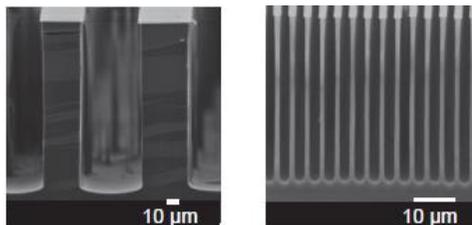
薄膜形成技術



測定・評価・観察・分析



エッチング技術



クリーンルームの研究支援の考え方として見落とされている点

- ・実験装置には固有の特性があること,
- ・プロセス技術はノウハウも多く経験が財産であること

→初心者や経験の浅い利用者では、単なる設備利用では十分な成果を出せないことが多い。この技術分野の特徴。

- ・プロセス技術それ自体が研究分野であることが、ほとんどの場合に考慮されていない。

→装置の時間貸しのような研究支援スタイルだけでは不十分で、親身になって相談して共同実験するスタイルがベスト

メカノマイクロプロセス室の管理・運営

東京工業大学 未来産業技術研究所/東京工業大学 技術部マイクロプロセス部門 メカノマイクロプロセス室

Last updated: 04/02/2019 13:07:52

[MMPLホーム](#)
[担当者等連絡先](#)
[メカノマイクロプロセス室状況](#)
(重要な連絡事項を掲載)

[掲示板\(一般\)](#)
(パスワード制限有り)
[Know-How掲示板](#)
(パスワード制限有り)

[装置予約](#)
(パスワード制限有り)

[利用規約](#)

2019年4月よりマニュアルの
掲示は中止しました。

最新マニュアルは各装置棟に
順次準備します。

講習希望者には担当者より
PDFで配布します。

2019年4月より、手袋、
ダイサーのブレード・ドレッサー
ボード、蒸着のタングステンポ
ードは、研究室より持参し、
使用後は持ち帰ってください。

このサイトは、創造研究棟、メカノマイクロプロセス室での実習に必要な、各種の技術情報を掲載しています。

新着情報 2019年4月より、手袋、ダイサーのブレードとドレッサーボード、蒸着のタングステンポードは研究室より持参し、使用後は持ち帰ってください。
2019年4月より、利用料金を改定しました。詳細は規約をご覧ください。



すずか1ヶ台キャンパスの創造研究棟の3階にある未来産業技術研究所の「100m²のクラス1,000のクリーンルーム」と「90m²のクラス1,000のクリーンルーム」、
微細加工に必要な一連の装置が設置されています。クリーンルームと装置群の管理・運営は技術部マイクロプロセス部門に委託され、学内外の希望者には一定の条件(費用負担を含む)のもとに、設備の使用を認めています。使用者は、初回講習および各装置の講習の受講が必要となります。

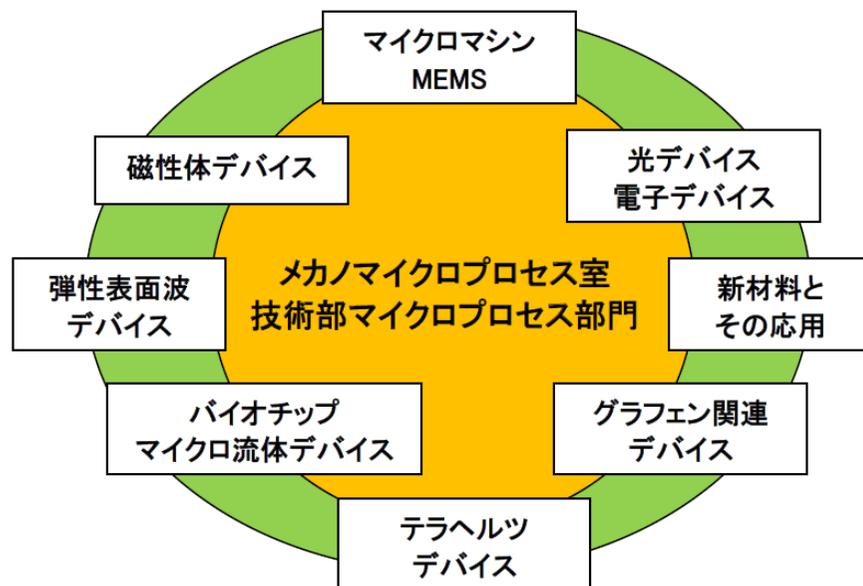
メカプロ室利用案内は[こちら](#)

設置されている主要な研究支援設備は[こちら](#)

メカノマイクロプロセス室

- ・コアファシリティとしての汎用的な共用設備を中心として、他機関から着任したばかりの研究者や若手研究者にもスピーディにかつ自由に研究に打ち込める環境を提供
- ・運営は教職協働体制をとり運営会議を月に2回に開催

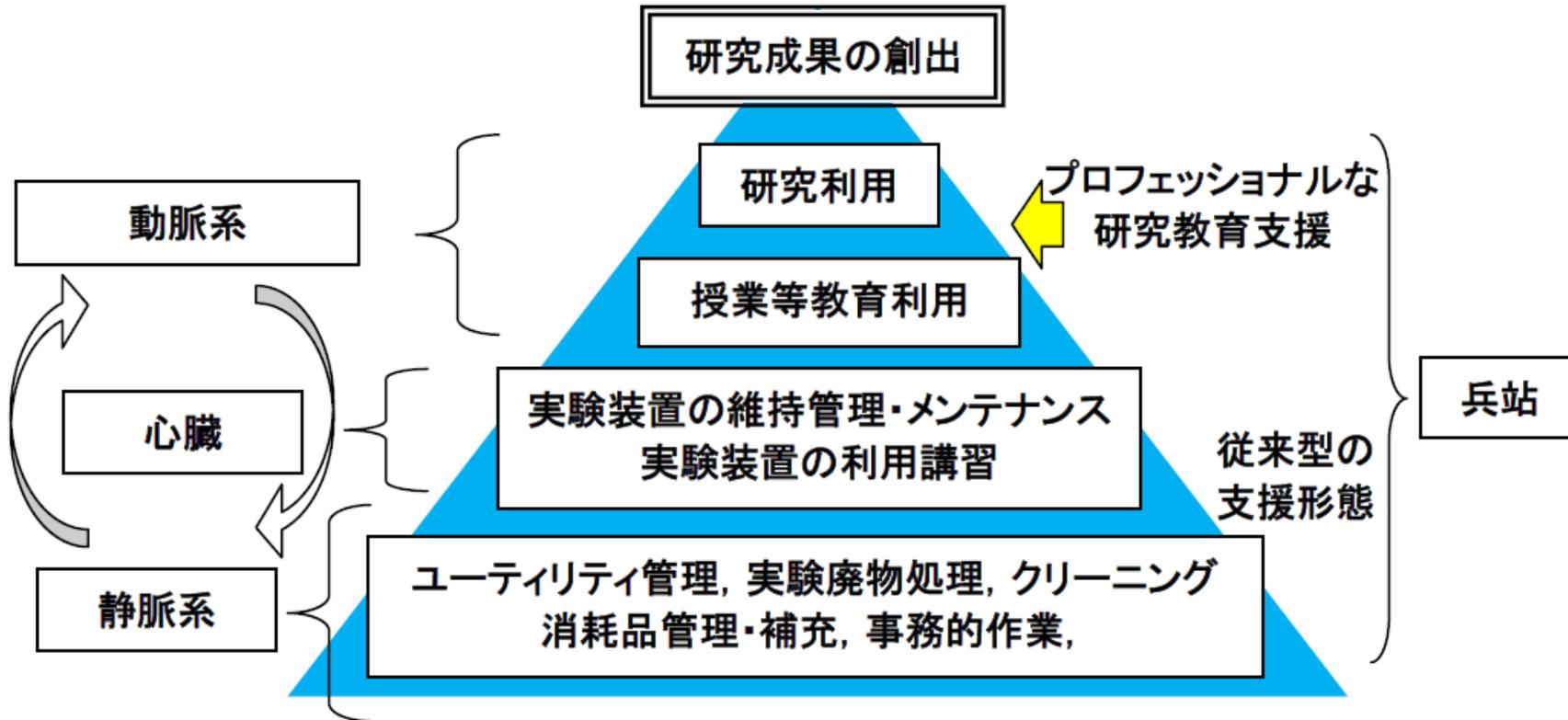
メカノマイクロプロセス室と
技術部マイクロプロセス部門が関係する研究分野



メカノマイクロプロセス室の運営委員会の
教職協働体制



メカノマイクロプロセス室の運営の概略



どれが欠けても円滑な運営が成立せず, 研究成果の創出に結びつかない

メカノマイクロプロセス室の課金システムと管理・運営

半導体プロセス技術の分野は、常に課題解決型・研究型

・課金システムは年会費制

「年会費制のメリット」

・1回毎の実施(時間)の確認やそれに伴う請求事務手続きなどが原理的に発生せず、1 利用研究室に対し当該年度に1 回だけ課金の

手続きをすればよい → 利用者側, 運営側の双方にとって Happy

・運営スタッフも本来の技術的業務に専念(超過勤務もほとんどない)

・毎年度の利用登録は 20 研究室余, 利用登録者数は 100 名余

・装置のリプレースを考慮しない標準的な維持管理費として年間 350 万円程度で運営

研究成果の創出の追跡調査 →リサーチリポジトリの活用

メカノマイクロプロセス室の利用が関与した研究成果（論文，学会発表）の件数

調査対象：2017年～2019年に利用登録した研究室

（22研究室，消滅した研究室を除く）

調査方法：T2R2から**予めピックアップ**したデータの確認依頼

結果：2018年：134件，2019年：92件

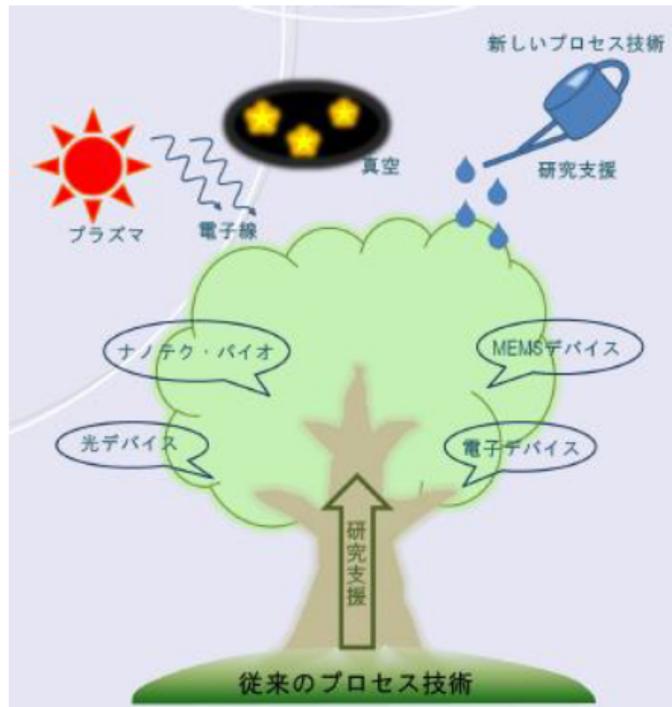
（全数調査，2019年8月末現在）

（2019年度の秋の学会のデータは含まず）

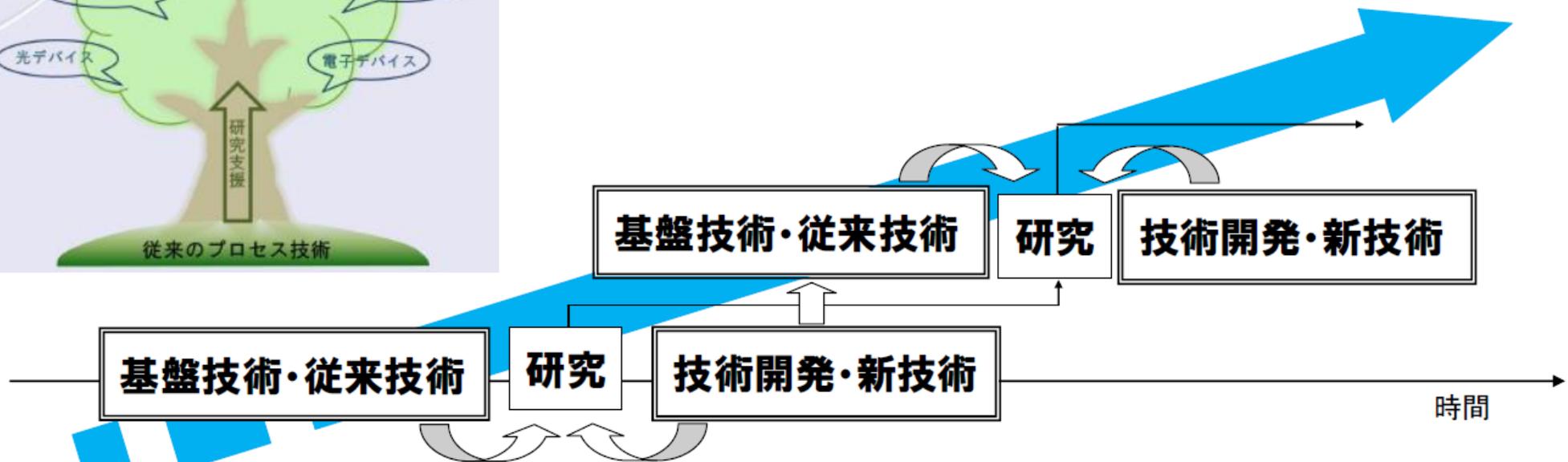
クリーンルームの運営で必要なこと

- ・メカノマイクロプロセス室の運営には**プロフェッショナルな技術者集団による運営が必須**.
- ・共用型クリーンルームの問題点を解決するには**経験豊富な専門家が利用者とコラボレーション**しながら進めることが、時間も含めた効率的な研究成果の創出には**最適な方法**.
- ・言い換えれば、**研究支援するスタッフ自身が研究者あるいは研究的に業務の遂行が可能か少なくとも研究を理解できる力があることが必須**.

技術部マイクロプロセス部門の技術の核と研究支援の考え方



薄膜形成, パタン形成, エッチング, 評価・分析・計測
半導体プロセスや分析・評価等のエキスパートに



あるひとつの専門技術を「軸」に持ち裾野を広げ、支援する研究内容を理解して、的確なサポートを

(2) 新技術の開発, 研究室とのコラボレーション

当部門における新しいプロセス技術の開発例

TiO₂結晶基板のドライエッチングプロセスの開発

1001 Nb-TiO₂ Substrate (Nb=0.5 wt%)
SF₆: 200 sccm
Press: 1 Pa
RF Power: 200 W
Etch Time: 20 min

A. Matsutani, K. Nishioka, M. Sato, D. Shoji, D. Kobayashi, T. Isobe, A. Nakajima, T. Tatsuma, S. Matsushita, Jpn. J. Appl. Phys. 53.

プラズマ表面処理

O₂プラズマによる
SiO₂基板の親水化処理

CHF₃プラズマによる
SiO₂基板の疎水化処理

西岡 剛生 平成24年度東北大学
総合技術研究会 P006A

気相エッチングによるマイクロ流路の形成

Submicron Gap
Resist Mask (PMMA)
F₂ vapor
Si sub.

Flow Direction

CF₄ Suspension
t=0.35 s
t=0.72 s
t=0.95 s

ZEP520A (PMMA)
Si

A. Matsutani and A. Takada, Jpn. J. Appl. Phys. 52, 047001 (2013), 科研費23510141

マイクロピラーアレイ構造を用いた微生物細胞の単一分離技術

Coverglass
Microclosure
Fluid
Culture
Single Cell Isolation
Escherichia coli

懸濁液を滴下するだけで
単一細胞の分離が可能

A. Matsutani and A. Takada, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 087001 (2012)
特許第5622189号

細胞のプラズマエッチングマスク材料への応用

E. coli
GaAs

A. Matsutani and A. Takada, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 087001 (2012).

EB描画とRIEによるナノパターン石英モールドフォトマスクの開発

光ナノインプリントモールドへの応用

遮光用コムパターン
10μm
流路パターン
ピラーパターン

西岡 剛生 平成26年度北海道大学総合技術研究会
P01-02B 科研費26917022

EDX分析におけるX線発生領域の推定

Ni(15 nm)	Cu(190 nm)	Al	Cu
Ti(15 nm)	Cu(190 nm)	Ti	Cu
Cr(15 nm)	Cu(190 nm)	Cr	Cu
Si基板			Si

Cu薄膜のEDX分析におけるX線発生領域を多層膜構造の試料を用いて測定 加速電圧を変化させ、深さ方向の検出範囲について定量的に評価

佐藤 美那, 松谷 寛家, 菅根 正人, 第61回応用物理学会春季学術講演会, 2014, 19p-PA2-4

Deep-RIEによりエッチングされたSi側面の組成分析

EDX analysis region
Cr mask
Etched sidewall
Electron beam
Center of etched depth
Middle
Bottom
Etched bottom
Cleaved target

Intensity (arb. unit)
40000
20000
0
CF₄ C₂ C₁ C₀ F
Wavelength (nm)
200 300 450 600 750 900

Deposition: C₄F₈
75 sccm, 5 s

	Si	C	F	O	S	Al
Top	91.9	4.5	0.8	0.8	0.0	0.0
Middle	95.1	3.9	0.0	0.3	0.0	0.0
Bottom	95.3	3.8	0.4	0.5	0.0	0.0

A. Matsutani, K. Nishioka and M. Sato, Jpn. J. Appl. Phys. 55, 06GH05 (2016).

- ▶ 大学院および学部学生等の研究実験に対する技術的助言
- ▶ プロセス技術によるデバイスの製作支援, 新技術の開発
- ▶ 学会・展示会等における技術情報収集および技術開発の成果発表等

現在も当部門のプロセス関連設備・装置は少しずつ整備中→老朽化に
対処中

→半導体プロセスの装置は同じような装置でも取り扱う材料で使い分けられる。

一般的に高価(数千万円から億/1台)でメンテナンス費用も高い

→装置を導入するのであれば、大学の研究戦略の一環として導入することが望ましい

→既存の装置の改造, 装置の自作も必要

→機器の単なる管理保守だけではなく, 専門技術と工夫で勝負

→「技術力」「行動力」「知識力」で研究支援

組織の運営

Leader ↔ Follower

互いに協力して運営することが重要

信頼関係を基礎にしたい

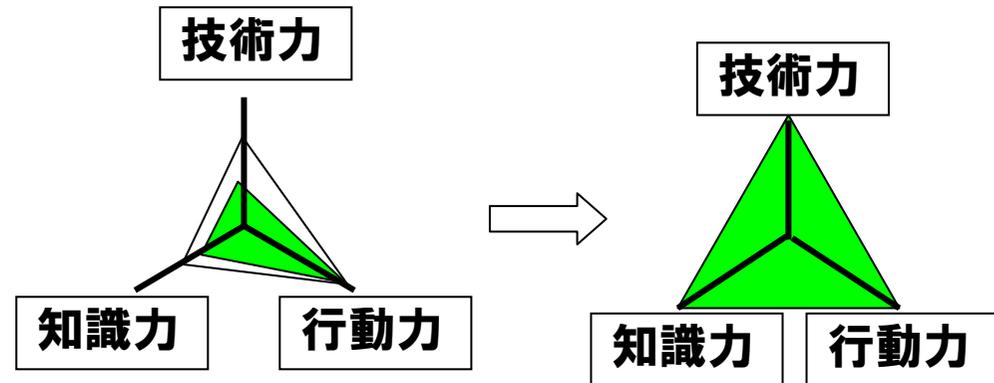
部門長は管理職。組織運営・
統率のプロ！率先垂範！！

こういうふうに成長して欲しい

必要とされるバックグラウンドは半導体プロセス，分析評価，微細加工など

若い時→行動力はある

→技術力・知識力の向上が必要



将来は・・・

自ら研究支援先を探すくらいの力をもつ

→支援先とよい関係を築き，お互いにプラスになるように→さらに幅が広がる

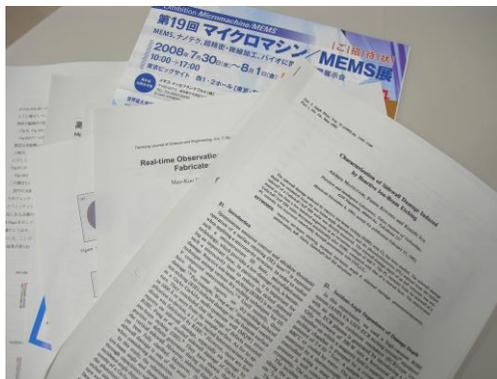
学内外講演会セミナー、修士発表会、博士公聴会でニーズ調査と研究支援内

容の理解

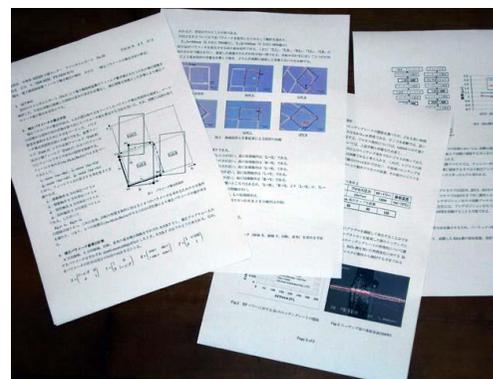
↑これはすぐできる，→業務として指示しています

【定例会議, テクニカルレポート, 論文紹介, 会議報告】

- ・勤務時間:フレックスタイム制 (コアタイム 10:30-15:30)
- ・標準勤務時間帯の空き時間は, **業務の一部として**, 各自の勉強や技術情報収集に充てる。→空き時間という概念はなくなる。



論文紹介, 会議報告



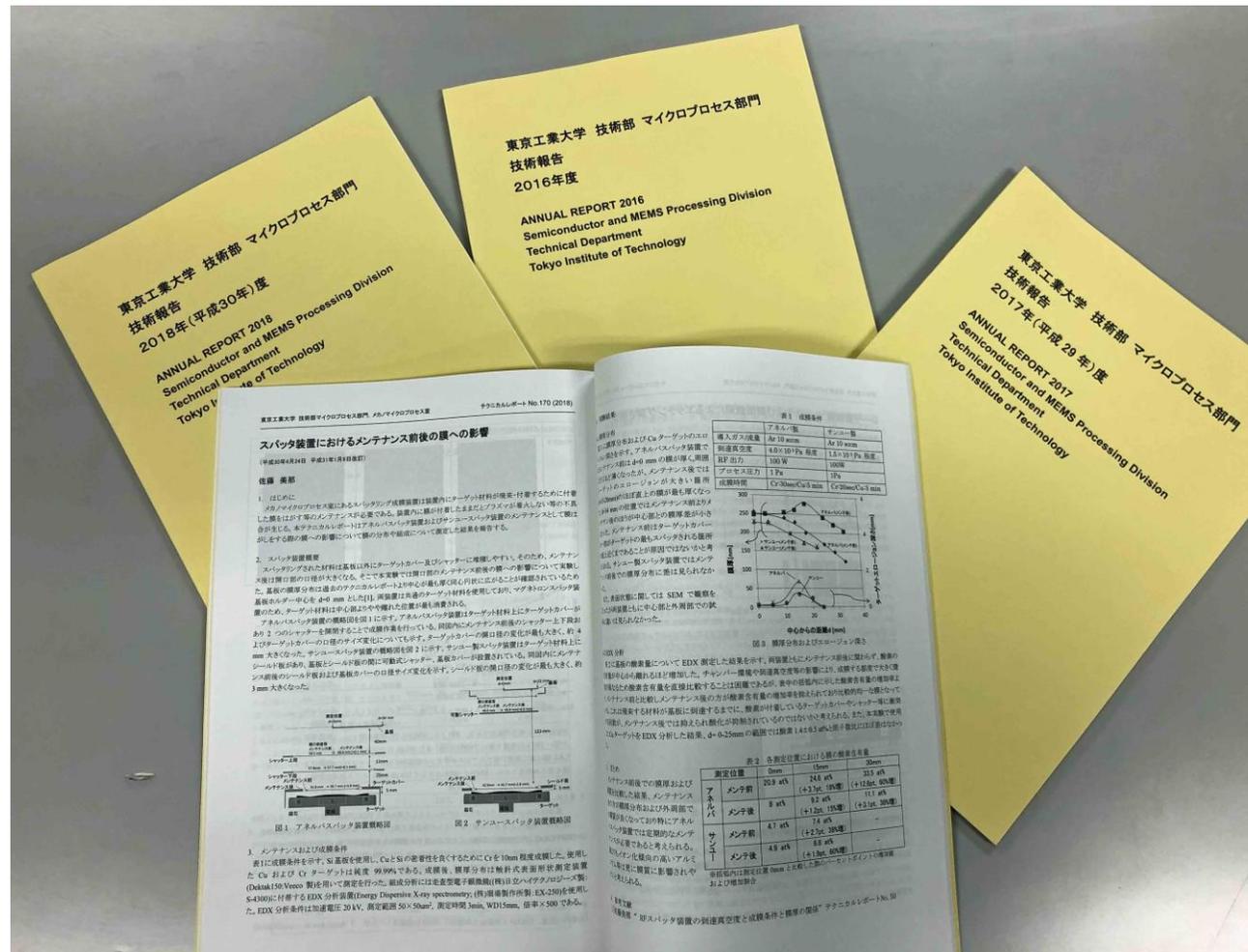
テクニカルレポート

月に2回の会議時に**テクニカルレポート, 論文紹介**を輪番制で
プレゼンテーションし, **情報共有**するとともに,
職員間の**討論・助言**等で, **知識力・技術力・発表力を養成**

技術報告(年報)発行による利用者への技術情報のフィードバック

テクニカルレポートは、12年で約200報

利用者は、基本的データを参考にして自分の実験の条件を考える



【研修・出張等（令和元年度）】 年度初めに予定と人員を決定

4月 OPIE 2019@パシフィコ横浜

7月 ファーマラボ EXPO@東京ビッグサイト 技術研究会のどちらかに必ず発表すること

8月 機器・分析技術研究会@分子研

新人は8月下旬に日本真空学会 真空ウォーキング

新人は8月下旬に
日本真空学会
真空夏季大学

9月 JASIS@幕張メッセ

9月 応用物理学会 秋季学術講演会@北大

10月 BioJapan@パシフィコ横浜

10月 ナノテクノロジー・マイクロプロセス国際会議 MNC2019 @広島

12月 セミコンジャパン@東京ビッグサイト（出展）

2月 nanotech2020@東京ビッグサイト 技術研究会のどちらかに必ず発表すること

3月 総合技術研究会@千葉大

3月 本学技術発表会@大岡山 必ず発表すること

3月 応用物理学会 春季学術講演会@上智大

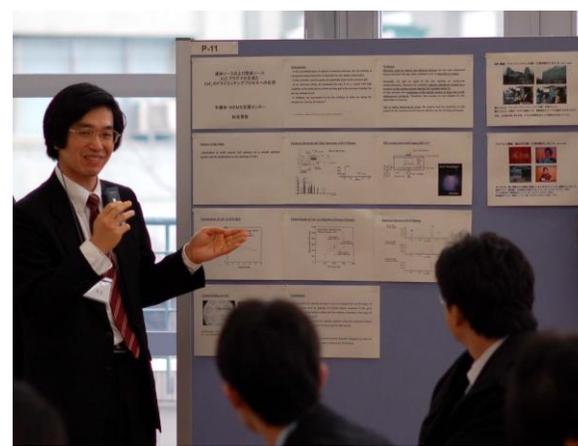
その他、必要とされる展示会、セミナー、学会研究会、講演会、修士発表会、博士公聴会などにも出席可 → ニーズの把握、将来の支援先の調査

【技術部の行事】

8月 技術部夏の企画(現状報告, シンポジウム)

3月 技術発表会(口頭発表・ポスター発表)

必ず発表すること



【科学研究費】

科学研究費(奨励研究:100万円まで)には全員申請:11月ごろ

(博士の学位がある者) 科学研究費(基盤研究など)に申請:10月ごろ

採択されやすいようにいっしょに考えて添削もします。部門長の仕事です。

応募することで、作文の訓練、自分の仕事の整理、将来構想、実験計画の訓練、先行研究の調査などを通して、それぞれに対応した「力」を養います。

- ・これにより、**作文力・プレゼンテーション力**も身に付き、**研究支援先の教員とも高度専門技術者として円滑な会話が可能となり最先端研究への貢献も可能**。
- ・継続した貢献の結果は共著としても現れ、大学の研究力向上に帰する
- ・これらの取り組みの結果として、**約 10 年前の当部門発足当初から数えて 300 件余の学会・論文発表に自著共著として貢献している**。

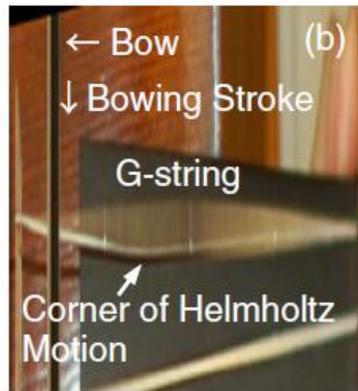
- ・**技術職員の全学集約化による効果が大**
- ・集約化により学内の多くの教員、研究室とコラボレーションできることは、**広範囲な貢献ができるということでありモチベーション向上にも有効**

- ・集約化して**様々な研究領域の「ハブ」として機能**させる部門を運営し、**得られた成果を利用者へ全て還元すれば、だれもが Happy に！**

私事で恐縮ですが、「ヴァイオリン演奏の科学」も研究しています

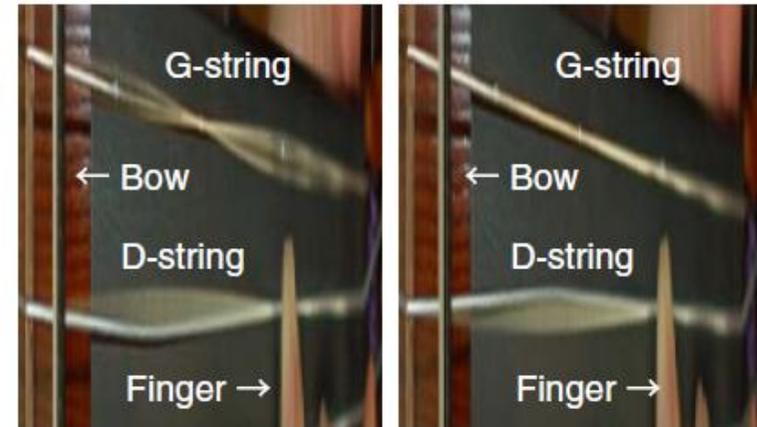
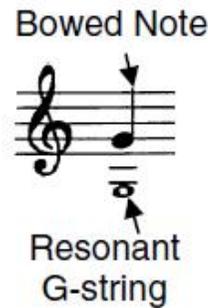
ヴァイオリンは弓毛で弦を擦って音を発生させる楽器(擦弦楽器)
Stick(くっつき) - slip(すべり)運動: ヘルムホルツ運動(波)「へ」

一般的な物理で習う弦の振動は正弦波「~」



正しい位置を押さえれば
共鳴する

正しくない位置では
共鳴しない



A. Matsutani, "Observation of Motion of Bowed Strings and Resonant Strings in Violin Performances", Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 108003 (2013).

共鳴が大切！

弦楽四重奏

- ・弦楽四重奏団は、第1ヴァイオリン、第2ヴァイオリン、ヴィオラ、チェロの**それぞれが1級の演奏家**(**専門家=プロフェッショナル**)からなる
- ・曲の場面に応じて役割が変わり、**それぞれが主役で対等な関係**
- ・第1ヴァイオリンだけでは曲が成り立たない
- ・充実した内声(第2ヴァイオリン、ヴィオラ)と低弦(チェロ)が優れたアンサンブルには重要



特にヴィオラは音楽をよくわかっている必要がある

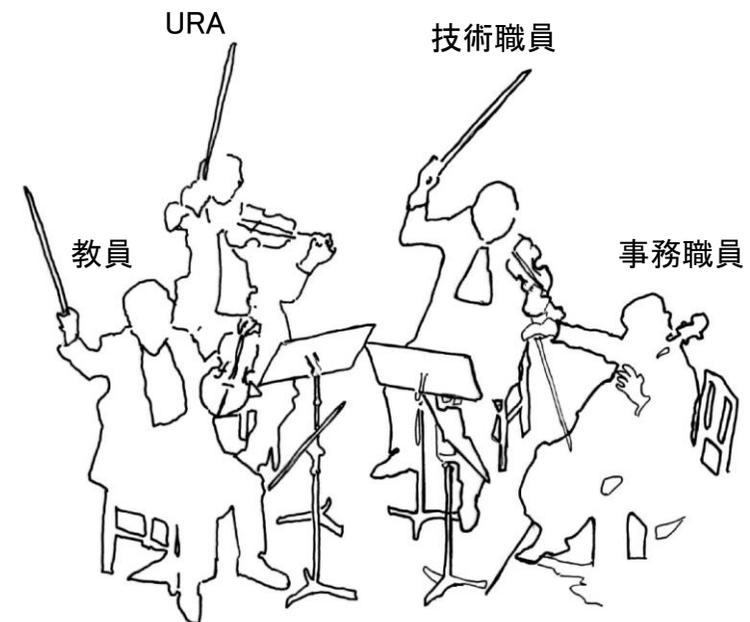
大学運営の弦楽四重奏モデル

・大学運営は、教員，URA，技術職員，事務職員，**それぞれが1級の専門家 (=プロフェッショナル) からなる**

・研究・教育の場面に応じて役割が変わり，**それぞれが主役で対等な関係**

・教員だけでは研究・教育が成り立たない

・充実した内声 (URA，技術職員) と低弦 (事務職員) が，アンサンブル (= 調和した大学運営，研究力向上) には重要。チームワークの重要性。報酬も！



特に技術職員は研究をよくわかっている必要がある

令和2年4月より、東京工業大学技術部は
オープンファシリティセンターとして生まれ変わります！

おわりに

- ・東京工業大学技術部マイクロプロセス部門のクリーンルームの管理運営業務と部門内での技術職員養成について報告した。
- ・大学運営の弦楽四重奏モデルの提唱
- ・我々の取り組みが、高度専門職人材としての技術職員の養成や研究基盤設備の共用化のロールモデルの一つとして、我国の研究力向上の一助となれば幸いである。

ご清聴ありがとうございました。