

平成 28 年度科学技術試験研究委託費
先端研究基盤共用促進事業
(新たな共用システム導入支援プログラム)

国立大学法人京都工芸繊維大学
委託業務成果報告書

平成 29 年 5 月

本報告書は、文部科学省の科学技術試験
研究委託事業による委託業務として、国
立大学法人京都工芸繊維大学が実施した
平成 28 年度新たな共用システムの導入・
運営の成果をとりまとめたものです。

目次

I. 委託業務の目的	
1. 1 委託業務の題目	1
1. 2 委託業務の目的	1
II. 平成 28 年度の実施内容	
2. 1 実施計画	2
2. 2 実施内容	2
研究機関全体での取組内容	2
研究組織別の取組内容	5
研究組織名：大学戦略推進機構グリーンイノベーションセンター	5

I. 委託業務の目的

1. 1 委託業務の題目

「新たな共用システムの導入・運営」

1. 2 委託業務の目的

政府の研究開発投資の伸びが停滞し、我が国の科学技術イノベーションの基盤的な力が急激に弱まっている中で、研究開発への投資効果を最大化し、最先端の研究現場において研究成果を持続的に創出し、複雑化する新たな学問領域などに対応するために、競争的研究費改革と連携し、早急に共用システムを導入、運営する。

京都工芸繊維大学においては、既設のクリーンルームを共用施設とし、当該クリーンルームを改良し高機能化して、そこに学内の微細加工装置を結集する。研究の出口イメージの明確化や国際競争力強化の観点から、材料研究（材料の創製や特性の分析）のみにとどまらず、機能実証（デバイス試作）まで展開することが急務となっている。基本的なグリーンイノベーションデバイス（パワーエレクトロニクスデバイス、センサー、有機デバイス、簡易集積回路など）の試作を、学内資源（製作・加工装置）の再配置・共用化により実現する。機能実証に必要な最低限の機能を持つシステムを構築する。

II. 平成 28 年度の実施内容

2. 1 実施計画

①共用システム導入

学内にある大型装置をクリーンルーム内に集約し、グリーンイノベーションデバイスの試作システムを構築する。

②共用システム運営

研究者が利用するために必要な支援体制を構築するために、クリーンルーム及び微細加工装置について経験豊富な職員を新たに雇用し、本システムの維持管理を修得させる。

2. 2 実施内容

《研究機関全体での取組内容》

1. 大学及び研究機関の経営・研究戦略等における共用システムの位置づけ

国立大学法人京都工芸繊維大学（以下、「本学」という。）は、「国立大学改革プラン」を踏まえ、本学の機能強化の方向性として 3 つの中核拠点（地域貢献拠点（COC）、イノベーション拠点（COI）、グローバル化拠点）形成事業を平成 26 年度から開始した。

イノベーション拠点としては、「デザイン・建築」、「繊維材料・高分子」、「グリーンイノベーション」、「ヘルスサイエンス」の4分野を重点分野に選定している。本事業の共用化は、重点分野であるグリーンイノベーションの中核となるものづくり装置・設備に関するものである。具体的には、クリーンルーム（総床面積 285 m²）に、微細加工に関する学内の装置を結集し、共用化することで、微細加工の学内拠点を形成する。

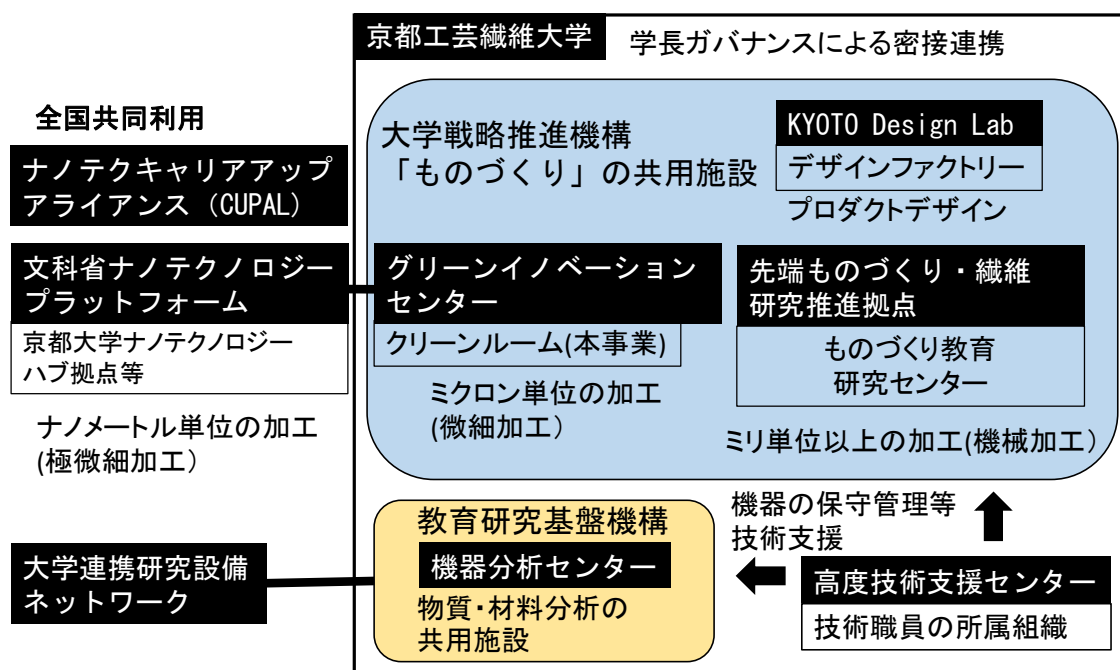


図1 京都工芸繊維大学の設備共用体制

2. 既存の共用システムとの整合性

「ものづくり」の教育研究に関する装置・設備の共用化を、大学戦略推進機構において推進している。具体的には、当該機構に所属する次の3つの全学横断組織で、トップマネジメントのもと共用化を進めている。

- (1) グリーンイノベーションセンター クリーンルーム(本事業)：グリーンイノベーションセンター・クリーンルームに微細加工に関する学内の装置を結集し、共有化することで、微細加工の学内拠点が形成できる。
- (2) 先端ものづくり・繊維研究推進拠点・ものづくり教育研究センター：工作機械などの機械加工に関する装置を共用化している。
- (3) KYOTO Design Lab：プロダクトデザインを担う。先行事例として、

木材加工システム、金属加工システムや 3D プリンターの共用体制を完備している。

本学では上記の 3 つの共用化を進める中で、本事業ではグリーンイノベーションセンター クリーンルームの共用化を進めている。以上により、グリーンイノベーションセンター クリーンルームでのミクロン単位の微細加工から先端ものづくり・繊維研究推進拠点・ものづくり教育研究センターでのミリ単位以上の機械加工まで、ものづくりに関する一貫した共用体制を構築する。微細加工を軸として、機械工学分野と電気電子工学分野、電気電子工学分野とライフサイエンス分野などの分野融合の研究推進が、容易に可能となる。

さらに、KYOTO Design Lab におけるプロダクトデザインや先端ものづくり・繊維研究推進拠点・ものづくり教育研究センターと連携することで、新しい価値創造につながるものづくりにむけた共用体制を構築する。

また、ものづくりと表裏一体の関係にある物質・材料分析の共用施設である機器分析センターとも引き続き、密接な連携を推進する。

3. 研究分野の特性等に応じた運用・利用料金等の規定の整備

クリーンルーム運営委員会を設置し、管理体制の構築、使用料金の策定を進めた。これまで、事実上の共用施設として運用してきたクリーンルームの利用規定を明文化する作業を進めた。

20 台にのぼる多種多様な装置を共用化するためには、マシンタイムの配分ルールと使用料の積算根拠を、公平かつ明瞭に設定することが、円滑かつ持続可能な共用化の鍵となる。本事業の資金を活用し、平成 28 年度は共用化を試行した。本事業で導入したクリーンルーム高機能化機器予約システム（以下、「機器予約システム」という。）と自己資金で導入したクリーンルーム入退室管理システムで精緻な使用記録を取得したのちに、最終的には精度の高いルールを策定することとした。

特に、各装置とも、保守管理に専門知識が必要なことや、これまでの経緯から教員が保守管理に関与する状況にある。平成 28 年度の試行結果をもとに、教員がメンテナンスに寄与した場合、寄与に応じて別装置の使用料負担を免除し、記録として残した。

4. 事業終了後の自立化に向けた取組

クリーンルームおよび共用装置の維持管理費については、まず、積算根拠を明確にするために、前項のように試行ルールで課金を開始した。具体的には、以下のように課金ルールを設定した。

(1) 基本料金：クリーンルームのクリーン度の維持管理に必要な経費（手袋、

マスク、粘着マット等)はクリーンルームの入退室頻度による従量制
(2) 装置使用料：使用時間による従量制

(1)の基本料金の積算根拠となる入退室頻度を、クリーンルーム入退室管理システムを用いて正確に記録できるようにした。これをもとに使用者が納得できる基本料金を設定できることを実証し、事業終了後も捻出できる体制を準備した。

事業終了後に自立化するためには、特に(2)の装置使用料を適切に設定することが重要である。装置使用料は、

(2-A)正常に装置を利用しているときに発生する運転維持費と

(2-B)突発的に発生する修理費

の2つに分けられ、それぞれについて課金ルールを公平かつ明瞭にしておくことが必須である。この2点が明快であれば、共用システムは事業終了後も利用者が各自の研究費から拠出することで、十分維持できる規模である。

(2-A)の運転維持費の積算根拠となる各装置の使用時間の正確な計量を行うために、機器予約システムとクリーンルーム入退室管理システムを連携して運用を開始したことが重要なポイントである。また、運転維持費は有効期限のある高圧ガスなど、年度ごとの必要額が一定の経費が中心である。本事業により使用者が増えることで、結果的に使用料金が低下することを期待している。以上をもとに、装置の運転維持費を、事業終了後も捻出できる体制を準備した。

(2-B)の修理費については、従前から、使用者負担であった。また、装置使用認定制度により学生の装置利用について門戸を広げる一方、機器予約システムやクリーンルーム入退室管理システムを備えること、使用講習を経た学生のみが装置を利用できるようにし、未熟なスキルのまま学生が装置を使用し故障を引き起こす事態を極力避ける体制を構築した。これにより、結果的に修理費の低減を期待している。さらに使用者が増えることで、教員当たりの保守管理負担額が低下することも期待している。

事業終了後に必要な経費の確保については、次のように計画している。事業終了後は事業実施前と比べて、技術職員の雇用費と(1)のクリーンルーム基本料金の2つが増加する。(1)については、本事業により低廉な費用でクリーンルームを維持できるめどをつけた。技術職員の雇用の経費については、料金の値上げと、外部資金の間接経費の充当により維持することを計画している。図2に経費の年次推移を示す。

(2-A)の運転維持費と(2-B)の修理費は事業実施前にも発生していた経費である。上記のように使用者の増加により、1教員当たりの負担額の低減を期待

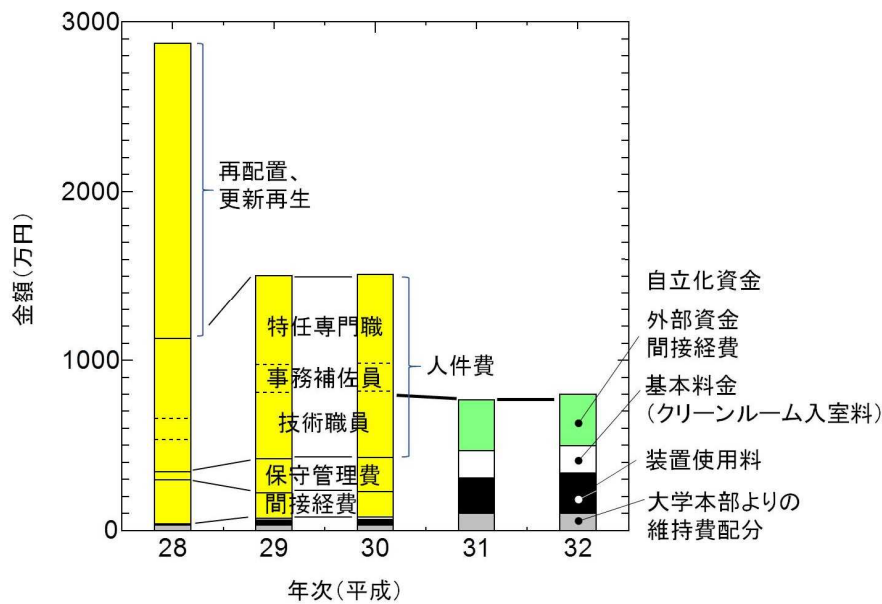


図2 経費の年次推移

している。

また、地域の企業に広報し、共用システムの利用を促すことを平成 29 年 3 月から始めた。

《研究組織別の取組内容》

【研究組織名：大学戦略推進機構 グリーンイノベーションセンター】

①共用システム導入

1) 共通管理システムの構築

本事業で共用化した装置の大半は、クリーンルーム内に設置した。指静脈認証式のクリーンルーム入退室管理システムを導入し、各装置の使用講習を経た学生・教職員のみが、クリーンルームに入室できるようにした。クリーンルームのクリーン度を維持するためには、クリーンウェアや、クリーン手袋、マスク（以下、まとめて「ウェア等」という。）の着用が必須である。これまでは、ウェア等を一括管理していなかったが、本事業で、ウェア等を一括管理することにした。ウェア等の使用者をクリーンルーム入退室管理システムで把握し、入退室の頻度に応じてウェア等の費用を課金した。

共用化した装置の予約を一括して管理するソフトウェアおよびサーバー（機器予約システム）を設置した。パーソナルコンピュータからの予約はもとより、最近の学生の生活様式を考慮してスマートホンからも予

約できるようにした。これにより、装置使用料を課金した。

以上の機器予約システムとクリーンルーム入退室管理システムを用いて、それぞれ、装置使用料とウェア等の費用を課金し、公平で明瞭な費用負担を実現できるシステムを構築した。

2) 機器の再配置・更新再生

本事業を実施する前は、クリーンルームには学生実験用の装置、クリーンルームに設置する必要のない装置、共同利用装置が混在していた。図 3 と図 4 にそれぞれ、移設・再配置の前と後の配置を示す。図 3 中の学生実験区画と不要装置区画の装置や什器を搬出し、別棟から移設したドライエッチング装置をはじめ 12 台の装置を本事業によって再配置した。再配置にあたっては、図 4 に示すように「リソグラフィ」、「成膜」、「ドライエッチング」、「洗浄・ウェットエッチング」、「熱処理」、「分析・評価」の 6 つに区画整理した。図 5 に移設後の「ドライエッチング」、「洗浄・ウェットエッチング」、「分析・評価」区画の配置図を示す。この区画の移設の前後の写真を図 6 に示す。図 7 には、移設後の「成膜」、「熱処理」、「リソグラフィ②」区画の配置図を示す。この区画の移設の前後の写真を図 8 に示す。図 9 に、「リソグラフィ①」区画の配置図と写真を示す。加えて自己資金で導入したパスボックスにより、クリーン度を保ったまま各区画の間で試料がやり取りできるようにした。以上の整備により、同一室内でデバイス製作実験が一貫して行えるようにした。

本事業の装置は、冷却水や窒素ガスを多く消費する。本事業の前は、各装置の管理者が個別に冷却水や窒素ガスの配管類を設置し、管理していた。装置移設にともない、本事業によりクリーンルーム内の冷却水配管と窒素ガス配管を再配置し、統一的に管理した。

薄膜 X 線回折評価装置、電界放出型走査電子顕微鏡、ドライエッチング装置、触針段差計については本事業により更新再生を行った。

微細加工を行う上で、要となるのがドライエッチング工程である。多様なドライエッチング工程に対応するため、ドライエッチング装置 1 台をクリーンルーム内に移設し、既設の 1 台と合わせて 2 台体制とした。ドライエッチング工程の前後には、リソグラフィ工程と洗浄・ウェットエッチング(特に洗浄)工程、分析・評価工程の間を、作業者が繰り返し、スムーズに移動していく必要がある。このため、これらの工程の区画は図 4 に示すよう、隣接して設置した。これにより、作業動線を大幅に改善した。

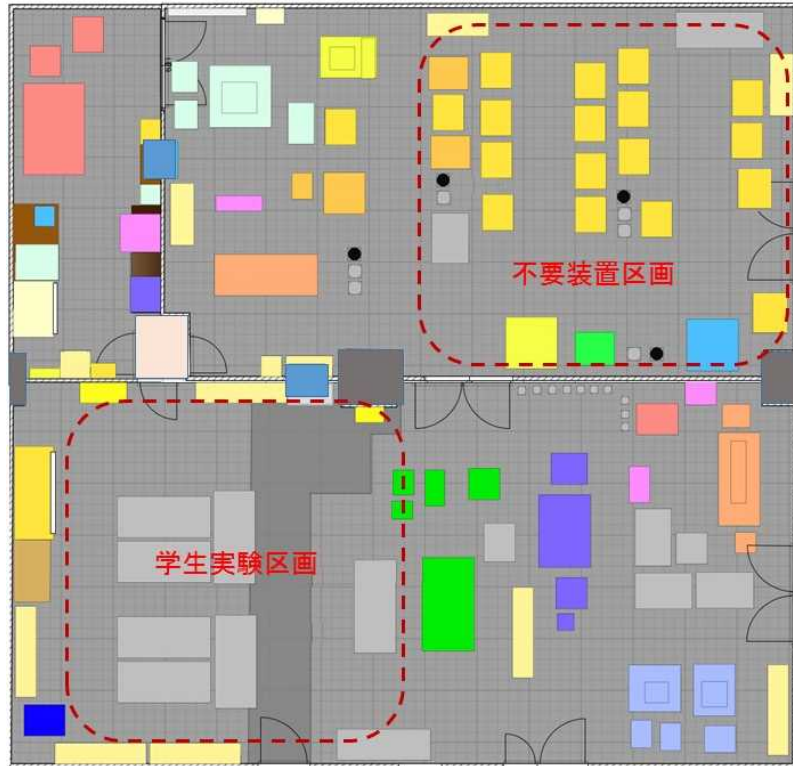


図3 機器の再配置・移設前のクリーンルームの区画割



図4 機器の再配置・移設前のクリーンルームの区画割

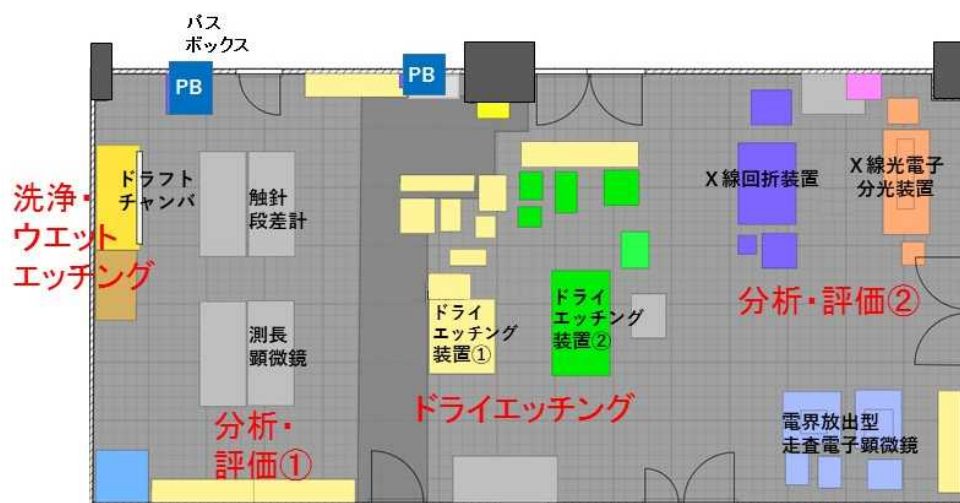


図5 機器の再配置・移設後のクリーンルーム（ドライエッチング、洗浄・ウエットエッチング、分析・評価区画）



移設前



移設後

図6 図5の区画の移設前後の写真



図7 機器の再配置・移設後のクリーンルーム（成膜、熱処理区画）



移設前



移設後

図8 図7の区画の移設前後の写真



図 9 機器の再配置・移設後のクリーンルーム(リングラフィ区画)

熱処理と成膜の工程については、作業者の移動頻度は高くないことから、「ドライエッチング」区画から離れた、クリーンルーム奥に区画を設定した。

別棟からドライエッチング装置を移設することで、クリーンルーム内の空気循環が大幅に変わり、著しくクリーン度が低下することになった。このため、本事業によりクリーンルームの空調のダクト配管等を見直し、クリーン度を維持できるようにした。

これにより、設置後約 20 年を経過したクリーンルームが再生し、微細加工やデバイス製作に対応したものにでき、更新再生の成功例とすることができた。

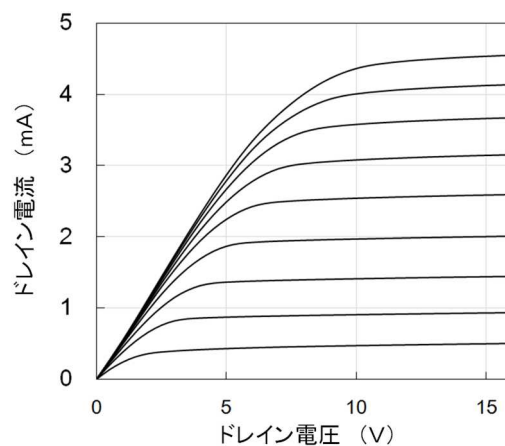
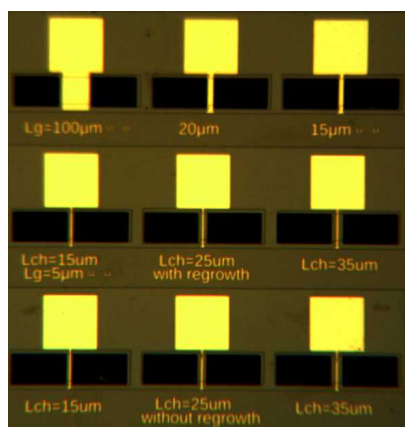


図 10 本事業による機器の再配置、更新再生後にクリーンルームで製作可能となった電子デバイスの製作例：窒化ガリウム (GaN) パワートランジスタの光学顕微鏡写真(左)とその電気的特性(右)。

本事業により機器の再配置、更新再生を行うことにより 1 ミクロン程度の基本寸法をもつ電子デバイスの製作が可能となった。図 10 に、製作例を示す。

3) その他、共用システムの導入に際して実施した事項

文部科学省「地域科学技術実証拠点整備事業」において、共用システムを組み入れた申請を行い、採択された。これにより絶縁膜堆積装置を導入し、デバイスの製作設備としては完結したものとなる。また、地域の産業界に開かれた設備として運用する契機となった。

②共用システム運営

1) 保守管理の実施状況

平成 28 年度に発生した共用装置の保守管理は、特任専門職を中心に一元的に行った。本システムは多種の装置を組み合わせているので、個別の装置の保守管理については、共用化による大きな変動はない。特任専門職が常駐することにより、日々の点検により、今後、結果的に維持管理費が安価になることが期待される。

一元管理の一環として、クリーンルーム内の共用装置に関する冷却用循環水と排ガス押し出し窒素ガスを一元化した。これにより、年間 259 千円程度の維持管理費節減ができた。

【維持管理費節減の内訳】

一元管理による冷却用循環水の節減効果：106 千円

これまで、一部の装置（X 線光電子分光装置、電子ビーム蒸着装置、蒸着装置、急速ランプ加熱炉）は、冷却用循環水装置を備えず、一般水道水を冷却水に用いていた。一元化によりすべて冷却用循環水装置に接続した。

一元化前（概算）：水道代 114 千円

一元化後（概算）：電気代 8 千円

以上の差額 106 千円を節減。

一元管理による排ガス押し出し用窒素ガスの節減効果：153 千円

一元化前は、ドライエッチング装置(2 台)と X 線光電子分光装置の計 3 台に個別に窒素ポンペを接続していた。これを、共用化している窒素供給装置に接続した。

一元化前（概算）：窒素ボンベ（年間 30 本） 159 千円

一元化後（概算）：液体窒素 3 千円＋電気代 3 千円

以上の差額 153 千円を節減

2) スタッフの配置状況

特任専門職 1 名、技術職員 1 名、事務補佐員 1 名を配置した。

特任専門職には、電子産業での豊富な経験を有するシニア人材を配置した。特任専門職はその知見と経験を活かして、クリーンルームの再生と装置移設の企画・運営を担当した。これにより、大学教員のみでは困難であったクリーンルームの再生と高機能化が実現できた。

技術職員は、特任専門職の補佐を担当した。これにより、円滑な移設計画の立案や、クリーンルームの定期的なクリーン度測定の体制構築などを行った。

事務補佐員は、クリーンルーム整備などの共用化に関する物品手配や事務手続き、教員との連絡・連携などの事務全般を行った。

3) 共用化する研究設備・機器の数、稼働率・共用率等の実績

共用化した研究設備・機器の数

クリーンルーム 16 台※

「リソグラフィ」区画：アライナ 1 台、両面マスクアライナ 1 台、レーザ描画装置 1 台、スプレイコータ 1 台、計 4 台

「成膜」区画：電子ビーム蒸着装置 1 台、スパッタ装置 1 台、蒸着装置 1 台 計 3 台

「ドライエッチング」区画：ドライエッチング装置 2 台 計 2 台

「洗浄・ウェットエッチング」区画：（ドラフトチャンバ 1 台※）

「熱処理」区画：電気炉 1 台、急速ランプ加熱炉 1 台 計 2 台

「分析・評価」区画：測長顕微鏡 1 台、電界放出型走査電子顕微鏡 1 台、触針段差計 1 台、X 線回折装置 1 台、X 線光電子分光装置 1 台 計 5 台

※ドラフトチャンバはクリーンルームと一体とみなしてカウントから除外

8 号館 3 階共同測定室 3 台

原子間力顕微鏡、ラマン分光装置、フーリエ変換赤外分光装置 各 1 台

以上 19 台

稼働率・共用率等の実績

すべての装置を 100%共用装置として運用した。また、稼働率を、平成 28 年 6 月 1 日から平成 29 年 3 月 31 日までの日数から土日、年末年始、祝日等を除いた日数（208 日）に対する、使用した日数の比として求めた。

- クリーンルーム：使用日数 187 日、稼働率 89.9%
- 8 号館 3 階共同測定室：使用日数 71 日、稼働率 34.1%

4) 共用システムの運営

・分野融合・新興領域の拡大について

これまで、クリーンルームは電子システム工学課程・専攻の教職員と学生の利用のみであった。共用システムを運用してから、化学系の教員と学生合計 18 名によりクリーンルームの使用登録があり、分析・評価装置を中心に活発に利用されている。本事業により、電気電子工学系と化学系の教職員や学生の交流が活発になった。

・スタートアップ支援について

平成 29 年 3 月 1 日付で、微細加工を日常的に研究ツールとして利用する卓越研究員（文部科学省科学技術人材育成費補助事業）が 1 名赴任し、共用システムの活用の検討を開始した。

・試作機の導入・利用等による技術の高度化について

平成 28 年度は該当なし。

・ノウハウ・データ共有について

初心者が活用できる使用マニュアルを整備し、製作実験や測定のノウハウの蓄積に努めた。

・技術専門職のスキル向上・キャリア形成について

平成 28 年度は、スキル向上・キャリア形成の対象となる若手技術職員に対して、パーティクルカウンタによるクリーン度確認と管理、温湿度と圧力の空調関連管理など、クリーンルームの管理方法の習得を、シニア技術職員である特任専門職によって行った。また、若手技術職員に対して、クリーンルーム入退室管理システムや機器予約システムなどシステムの導入と運用のルーチン化を担わせ、多数の装置からなる共用シス

テムの運用実務に関するスキル向上を図った。

- ・共用施設を利用した教育・トレーニングについて

クリーンルームの利用法については、技術職員が利用者全員に対して、利用申し込みのあった時点で、30分程度の講習を随時行った。

また、装置使用認定制度を導入した。装置を使用する資格が得られる基準としては、簡易マニュアルを見て、装置が適切に使用できるようになることとした。その基準に達しているか否かは、装置担当者（教員）あるいはそれに準ずる者（使用経験の豊富な教員、技術職員、博士後期課程学生等）がトレーニングを行い、基準に達したことを確認し、認定した。トレーニングは各装置1回から5回程度実施した。これまで学生間の不十分なコミュニケーションだけで、未熟なスキルのまま装置を使用し、故障などを引き起こすことが、共用化の大きな妨げになっていた。しかしながら本事業を契機に、装置使用資格を明文化することで、共用システムへの装置の提供を促し、学生の機器に対するトレーニングのレベルアップと、共用設備の安定的運用に寄与することが可能となった。

- ・スペースマネジメントについて

平成28年度は該当なし。

- ・その他、共用システムの運営に伴い実施した事項とその効果について

平成28年度は該当なし。