

## 4-4 先端 ICT デバイスラボの安全運用と効率化へ向けた取組

### 4-4 Safety and Efficient Activities in Advanced ICT Device Laboratory

#### 4-4-1 先端 ICT デバイスラボの環境・安全に対する取組

##### 4-4-1 Efforts for the Environment and Safety at the Advanced ICT Device Lab

松本 勝哉

MATSUMOTO Masaya

先端 ICT デバイスラボの本部 (小金井) では ISO14001 に沿った環境マネジメントシステムを構築し、低環境負荷で安心安全な研究施設を目指し、ラボの実験装置の維持管理等の運営を行っている。研究開発業務では危険性の高い化学物質を数多く取り扱うことから、法令順守はもちろんのこと、それら化学物質等の厳格な運用・管理が必要である。ISO14001 の取得・継続にかかる外部審査を経ることで有益な管理アイデアを創出し、環境負荷低減への最大限の配慮と利用者の安全確保のためのラボ運営を推進している。このような先端 ICT デバイスラボにおける、電力削減等の環境負荷低減や危険有害性化学物質の安全管理により、サステナブルな研究開発環境の構築に寄与できると考えられる。

Advanced ICT Device Laboratory (Koganei, Tokyo, Japan) has established an environmental management system compliant to ISO 14001. We are operating the laboratory's experimental equipment, including maintenance and management, with the aim of creating a safe and secure research facility with a low environmental impact. Since many highly hazardous chemical materials are used in research and development work, strict operation and management of these chemical materials is necessary in addition to legal compliance. Through the external review for ISO14001 certification, we have created useful management ideas and are promoting laboratory operations that ensure maximum consideration for reducing environmental impact and ensuring the safety of users. The reduction of environmental load such as power consumption and the safety management of hazardous chemical materials in the Advanced ICT Device Laboratory will contribute to the creation of a sustainable R&D environment.

## 1 はじめに

先端 ICT デバイスラボは、2012 年度より NICT 本部 (小金井) のフォトニックデバイスラボ及びミリ波デバイス棟の 2 つの研究施設で一体的な運用を開始し、2016 年度より神戸クリーンルーム棟を追加する形で運用している。このうち本部の 2 拠点にて ISO14001 の認証を取得し、環境マネジメントシステムを構築・運用している。環境マネジメントシステムの活用により、研究施設の設備・装置の省エネルギーや省資源化、研究に使用する化学物質の適正管理、廃液などの廃棄物の適正管理、研究施設利用者への環境教育等、環境負荷低減に最大限配慮した取組を行っている。高度な情報通信を支える最先端 ICT デバイスを目指すには

産学官連携研究が重要であり、先端 ICT デバイスラボではオープンイノベーション拠点として大学や産業界の研究者に広く利用されている。

NICT 内外の研究者が安心、安全に活動し、多くの研究成果を生み出せるように、日々、技術スタッフが装置・設備の適切なメンテナンスを行うことで安全管理に努めている。

## 2 ISO14001 に沿った施策

先端 ICT デバイスラボは、埃の非常に少ない状態ほこりに維持されたクリーンルーム (プロセス室) や測定室等を設置し、①電子線や光による極微細パターンほこりの形成、②分子線やプラズマによる高純度成膜、③イオンビー

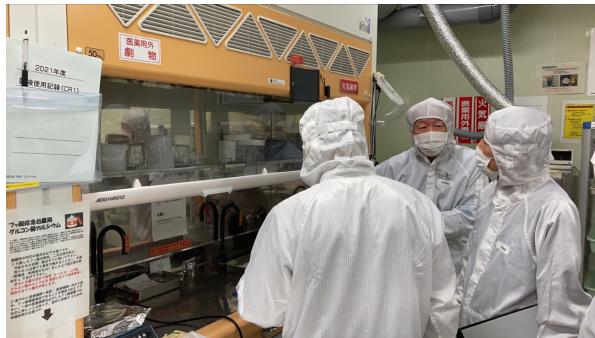


図1 外部審査対応の様子(2022年)



図2 ISO 認証ロゴマーク

ム等による極微細加工、④電極形成や光ファイバとの接続、⑤電子顕微鏡等による微細形状観測や元素分析、その他各種のプロセスや測定のための設備・装置を配備している。このような装置等を利用することで半導体や誘電体材料を用いた様々な革新的デバイスの試作研究開発を推進できる。技術スタッフは、これらの設備・装置が常に適切な状態で使用できるように、標準的な使用条件を利用者に提供できる態勢を整えている。また、防災のための安全対策や、廃棄物、あるいは排気、排水、騒音等に係る環境保全にも最大限に配慮しており、施設利用者が先端 ICT デバイスの試作研究開発に専念できる「研究開発環境」を維持している。

様々な研究開発業務では危険性の高い化学物質や高圧ガス等が利用されており、これらには身体的、環境的なリスクがあるため、安全性を重視した取扱いが求められる。また、これら危険な化学物質や高圧ガスに関しては、法規制に基づく順守事項が多数あり、法令に沿った管理・利用体制の構築が必須となる。ハインリッヒの法則 [1] によれば、1 件の重大な事故・災害の背後には 29 の軽微な事故があり、その背景には 300 の異常（ヒヤリ・ハット事例）が存在すると述べられている。研究開発業務で想定される重大な事故・災害は、扱っている物質等の危険性を考えれば、研究の停滞だけでなく、クリーンルーム等の研究環境の存続すら危ぶまれる事態につながりかねない。化学物質の規制に関する法令は 10 以上あり、対象物質も数万種類に及ぶ [2]。これら法令の順守徹底はもちろん、それ以上の厳格な取組を行わなければ、無事故の研究環境構築は困難と考えている。そこで ISO14001 の規格を導入し、法令順守だけでなく自主的に環境への負荷を最小限にするべく取組を始めている。ISO14001 に沿って環境マネジメントシステムの体制を構築し、その最高責任者に総務系理事、環境管理責任者には先端 ICT デバイスラボのラボ長が務めており、環境管理事務局、維持運用スタッフを構成員として運用している。ISO14001 の認証を更新・継続していくには、毎年行われる外部審査を受けなくてはならない。これは書類だけでなく、現

地：研究環境の視察も含めた審査である。環境マネジメントシステムの中では環境負荷低減や安全対策へ向けた課題を精査し、その解決のための取組方針を「環境目標」として設定している。この環境目標に沿った改善活動を積み重ねていく中で、ISO14001 の外部審査員と環境目標や課題に関して意見交換をすることができる。このような意見交換は、新しい改善のアイデア創出につながることから有効である。外部の目、つまり外部の厳しいチェック体制に身を置くことも認証継続の一つの目的であるが、このアプローチは同種の課題に対して他の企業や団体はどのような取組をしているか、また同様の課題に対する捉え方や考え方に関して多くのヒントがあり、ラボ運営を高度化する上でとても貴重で価値のある取組である。

### 3 電力使用量削減へ向けた施策

先端 ICT デバイスラボは、未来の情報通信技術の基礎となる新概念の創出と新たな道筋を開拓するために、研究開発、外部との協力・支援を通じて最先端の ICT デバイス技術研究開発を行っている。これからの研究開発を実施する上で、研究施設の維持管理において、環境保全に最大限配慮することを基本理念として掲げており、「環境に配慮した共通設備、実験装置の維持運用」を基本的な方針の 1 つに設定している。この方針を実現するために、具体的には電力使用量の把握を環境目標として設定し、継続して消費電力量の推移を監視するとともに、電力削減に向けた改善に取り組んでいる。本部にはデバイスの研究開発環境としてクリーンルームを備えている。埃や塵が入り込まないようにクリーンルーム内を陽圧に維持しているため、多くの給気を必要とする。同時にクリーンルーム内には、塩素ガス・プラズマにより半導体基板をエッチングする装置や、有機溶剤による洗浄作業のためのドラフトチャンパー装置などがあり、各装置から排出される有毒性ガスの種別に応じて独立した排気設備を設けているため、多くの排気を必要とする。つまり、クリーン

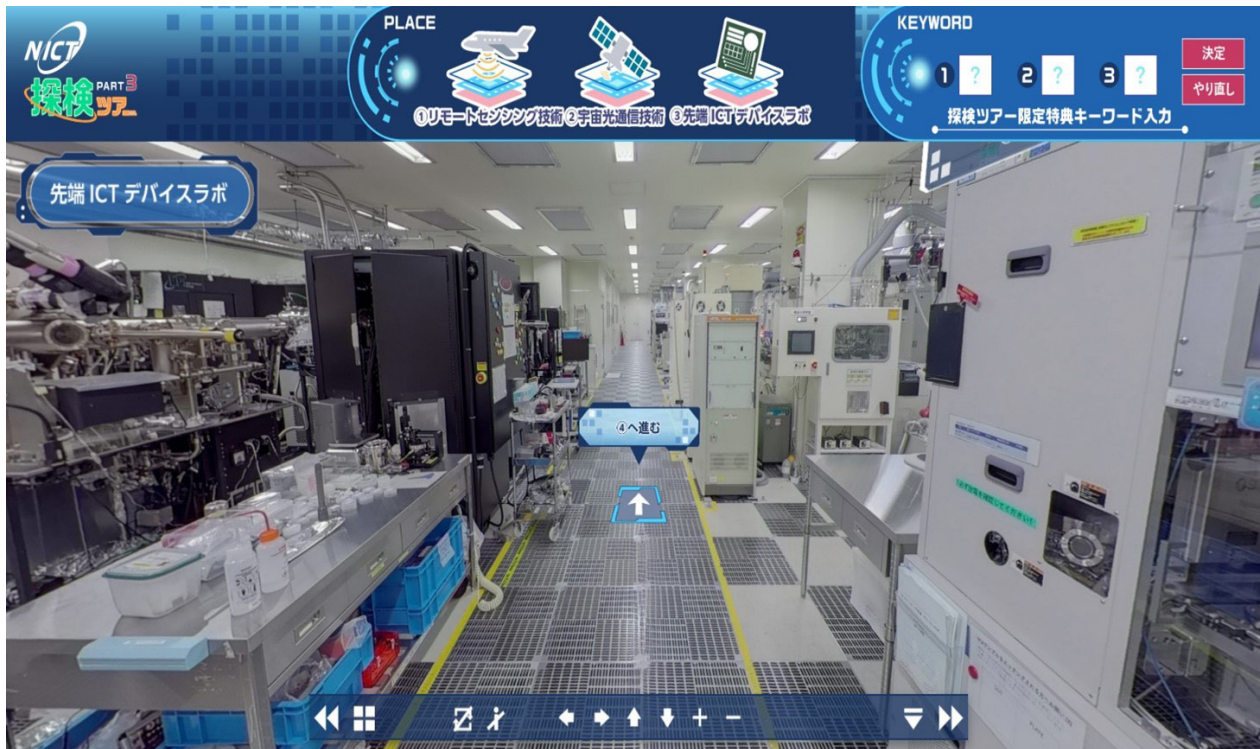


図3 先端 ICT デバイスラボ クリーンルームの様子 (現在 HP で公開中)  
[https://www2.nict.go.jp/publicity/nict-expeditions/vol\\_3/](https://www2.nict.go.jp/publicity/nict-expeditions/vol_3/)

ルームのインフラを維持するには、空調系で多くのエネルギーを必要とする。一方、既存の装置の中の一つである分子線エピタキシ装置は、装置のチャンバ内を宇宙空間並みの超高真空に維持する必要がある、そのためには約 $-190^{\circ}\text{C}$ の液体窒素を大量に消費する。さらに電子ビームをつかって電極用金属を蒸着させる装置や、シンター炉と呼ばれる高熱源を発生させる装置も配備しているため、空調等のインフラだけでなく装置群でも同様に多くのエネルギーが必要である。微細化によるデバイスの小型化や、高効率なデバイス研究は、将来の省エネルギーに寄与することは明らかではあるが、研究活動そのものにおける省エネルギーへの取組は、大きな課題となる。

消費電力の比率は、インフラで約 60 %、装置群で約 40 %である。年間通してラボ全体の 20 %の電力消費を占めているのが、空調用のチラーリングユニット(冷房負荷)である。フォトニックデバイスラボで、この設備は2台あり、それぞれに2つのモジュールが1組となっている。エネルギー消費の削減には、チラーリングユニットの消費しているエネルギーの無駄を省くことであると考え、技術スタッフによる露点温度などを活用した多段階制御を行い、外気温・湿度に応じた効率的な運転を行うことで、前年度対比で電力削減を達成できた。しかしながら、冷房負荷に対して制御できるモジュール数が4つと柔軟性に限界がある。この改善策としては、クリーンルーム内に冷房用内調機

を複数設置して細かい自動制御運転を行うことで、チラーユニットへの冷房負荷の軽減を図ることで電力量削減等の負荷軽減につながると期待している。

#### 4 原単位という考え方

ISO14001 は 2015 年度に改正され、「リスク及び機会への取組み」[3]を検討する項目が追加された。従来、課題(リスク)に対しての対策に注力していたが、ISO14001 への取組によって、ポジティブな発想やアクションが求められることとなった。環境負荷の軽減や省エネルギー対策に関して、最先端研究に沿った新規装置導入やインフラ更新を短いスパンで繰り返す研究施設には、長期的な総量目標は実態にそぐわないと考えられる。そこで、エネルギー管理や $\text{CO}_2$ 排出の重要な指標として用いられている原単位という考え方を導入した。装置利用登録者数を原単位として設定し、電力消費量の管理を行うものである。これは、消費電力量 $\div$ 装置利用登録者数で、消費電力量の削減は継続しつつ、装置利用登録者数(研究者数)を増やしていくことにより、原単位の消費電力量削減に貢献できる取組である。実際、大学で研究活動をする修士・博士課程の学生に関して、そのラボ利用者数は、少子化の中であっても、年々利用が増え続けている。年度平均で延べ5,000人程度の利用がある。現在、このように増加を続ける利用者が安心安全に利用できる研究環境を

## 4 百折不撓・デバイス研究

維持することに全力を投じている。原単位の考え方をモチベーションとし、当ラボの研究成果や研究環境の魅力を伝えることで、将来に向けた新規の利用登録者数の獲得につなげる予定である。

先端 ICT デバイスラボが多くの利用者に支持されている背景には、高い空気清浄度、局所排気設備、超純水など高純度のユーティリティを必要とする実験を想定し設計されているオープンイノベーション拠点が少ないことも要因の一つで、材料・デバイス・システムをつなぐ最先端の研究ができる世界的にも稀有なラボであるためと考えられる。研究活動を支える運営側は、研究者が安全安心で研究に集中できる環境を維持しつづけて、新しいイノベーションの創出を支えることが大きな使命であると同時にそのような環境を社会へアピールし続け、将来の研究者が育つための受け皿になることである。研究者・技術者の努力により地域や社会に貢献する研究成果が創出されるが、一方でエネルギー消費による地球温暖化や地球資源枯渇などの地球環境影響も懸念される。その影響を最小限にとどめる、もしくはゼロとするために、既存の概念に捉われないアイデアを創出し、地球にやさしい研究環境モデルの構築を目指したいと考えている。

## 5 化学薬品・高圧ガスの安全管理 [4]

先端 ICT デバイスラボは NICT 内外の研究者の利用者数が年間延べ5,000人を超える。毎年平均10～20%の利用者増の中で、上項の「電力使用量」の課題以外に、「化学薬品・高圧ガスの利用」による環境影響に配慮し、安全に実験できる状況をどのように維持していくか、という課題がある。1つ目の課題は、頻繁に利用する研究者の注意欠如や近道行動、つまり「慣れ」による危険な事案発生をどう防いでいくのか？ということである。例えば、実験における洗浄作業で濃硫酸を使った

場合について考える。硫酸は法規制等では毒劇物法により劇物指定されており、その危険性はSDSを確認し十分理解してから作業を行うこととなる。通常は硫酸を単独で使うことよりも、過酸化水素水などを混合させてピラニア溶液として利用することが多い。ピラニア溶液によるチップ上のフォトレジスト残渣の洗浄作業を仮定すると、この作業では化学物質を取扱うための厚手の専用手袋を使用して作業することがルール上決められている。しかし、ピンセットでチップを取り扱う際、化学薬品専用の手袋で作業することは難しいことがあり、常時着用 of 薄手のゴム手袋のみでこの作業をしたいという気持ち、つまり、この程度なら大丈夫であろうという「慣れ」の気持ちが芽生える。ルールを無視して化学薬品付着等のケガをしてしまう、このような事例は環境マネジメントシステムのみで言及することは難しいため、安全対策という視点でヒヤリ・ハット事例を活用して、教育に反映させるなどの対策を講じていく必要がある。

以前クリーンルーム内を巡回していた際に、しているはずの手袋をしていない研究者がいた。

慣れによる危険な事案発生に対する環境配慮グッズや安全確保グッズなどハード面の改善や安全対策だけでは、事故0を続けていくには限界があり、ソフト面（とくに周知・教育）での継続した対策やサポートが重要である。

ISO14001 の認証においては、力量評価や環境教育という項目があり、定期的な教育が強調されている。継続的に利用する利用者向けの講習として、廃棄物の分別管理や化学物質の取扱いなどについて定期的に同内容の反復教育を行っている。さらに ISO14001 の 2015 年改正では、化学薬品・高圧ガスの安全管理について環境分野にとどまらず、安全などを含めて複合的に課題へ取組む方向性がより鮮明になったと考えている。



図4 技術スタッフによるオペレーショントレーニングの様子

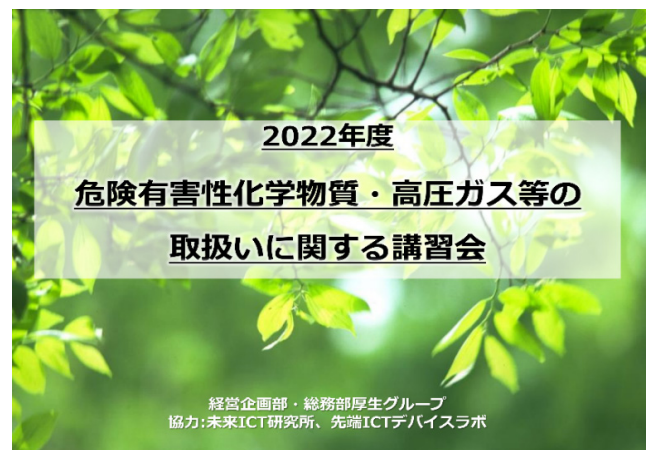


図5 化学物質取扱い講習(オンライン開催)

## 【参考文献】

- 1 大関 親, “新しい時代の安全管理のすべて,” 中央労働災害防止協会, May 22, 2020.
- 2 独立行政法人 製品評価技術基盤機構 化学物質総合情報提供システム (NITE-CHRIP)  
[https://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip\\_search/sltLst](https://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip_search/sltLst)
- 3 JIS Q 14001 :2015 環境マネジメントシステム - 要求事項及び利用の手引  
一般財団法人日本規格協会, Nov.20, 2015.
- 4 厚生労働省 HP 職場における化学物質対策について  
[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou\\_roudou/roudoukiun/anzen/anzeneisei03.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukiun/anzen/anzeneisei03.html)

そのため安全項目として、緊急時に発生する各種事案を明確にし、通報連絡や避難経路などを追加し、講習後には理解度テストを行い、ヒヤリ・ハットに該当するような情報を吸い上げるアンケートも合わせて実施している。アンケート結果を改善活動や講習会の内容に反映させ、労働安全衛生法改正に沿って保護具着用管理責任者を配置し、その任務遂行も合わせてクリーンルーム内や測定室の安全パトロールなどを行っていく予定である。

2つ目の課題は、新規利用者が装置の使用方法を把握していない中でオペレーションを行い、災害・事故をどう防ぐか？ということである。新規に利用する研究者や技術者には、新規利用者向けの講習の受講で、ラボでの利用に関するルールや、装置の使用に関する一般的な注意事項を内容に盛り込んでいる。特に危険なものを抽出して盛り込んではいないものの、装置の使用方法に関してすべてに言及することは時間的に不可能である。そのため具体的な装置のオペレーショントレーニングは、NICT 内の共同研究者・研究技術者等のスタッフが随時担当しており、これにより安心して利用できる実験環境を維持することに努めている。

このように2つの課題を解決していくためには、「継続した」環境安全教育を推進している。NICTでは種々の研究開発業務で危険有害性化学物質や高圧ガス等を利用している。これらには身体的及び環境的なリスクがあるため、安全性を重視した知識とその取扱いが求められる。危険有害性化学物質や高圧ガスに関しては法規制に基づく順守事項が多数あり、法令に沿った管理・利用体制強化が必須である。先端 ICT デバイ斯拉ボは、現在既にクリーンルームにおける化学物質の管理・利用体制、運用のノウハウを水平展開し、NICT 職員向けに、危険有害性化学物質や高圧ガスに対するリスクの理解と安全な管理・利用体制の構築に資することを目的とした講習会を総務部等と連携して開催している。この講習会では、法規制への対策や安全管理の方法について説明し、ラボで行っている事例を写真付きで紹介している。また、高圧ガスや薬品に関わる各種マニュアルについても作成協力を行っている。この2つの成果は先端 ICT デバイ斯拉ボが他部署に先駆けて実施した ISO14001 の認証取得によるものである。足元であるラボへの利用者、NICT 内研究者への展開による成果を積み重ねながら、NICT 内にとどまらず、研究者や化学物質に関する安全管理のモデルケースとして、広く発信しつつ、環境にやさしい社会創出の一助になれば幸いである。



**松本 勝哉** (まつもと まさや)

ネットワーク研究所  
先端 ICT デバイ斯拉ボ  
研究技術員  
半導体、光デバイス、微細プロセス技術