

研究所紹介

名古屋大学ナノテクノロジー プラットフォーム微細構造解析 チームの紹介

～電子顕微鏡を用いた研究支援と原動力となっているスタッフたち～

名古屋大学 未来材料・システム研究所
超高压電子顕微鏡施設

中尾知代

名古屋大学超高压電子顕微鏡施設では、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム微細構造解析プラットフォーム事業(以下、微細構造解析 PF と略す)を実施しており、筆者はこの事業が開始されて少し経過した2014年から参画してきた。電子顕微鏡とは全く縁もゆかりもなかった筆者が名古屋大学の超高压電子顕微鏡施設で働くことが決まったとき、誰よりも喜んだのは祖父である。ゆっくりとした動作で“電子顕微鏡”という語を広辞苑で調べ、こう言った。「電子でものをみるなんて、おじいちゃんにはよくわからんけど、一体何をみるのかね？」これから働こうとしている職場は何をウリにしているのか？彼はそこを突いてきたのである。世の中のどのようなニーズに対応し、どのようなサービスを提供しているかということについてすぐに答えることができなかったことで、この素朴な問いかけが一瞬にして私を不安へと導いたことを記憶している。この事業に携わって4年が経過した。未だ経験や技術など様々な面で至らぬことが多いのだが、電子顕微鏡を使って身の回りに存在する“小さい”世界を覗いた時、なんとも言えない感覚に陥ることが多々ある。ナノスケールレベルで“みる”ということがどんなに特別で並外れたことであるかについて、ひっそりとした興奮を感じながらその瞬間に立ち会っているせいなのかもしれない。今回、恐れ多くも若輩者である筆者が自らの働く環境について紹介する機会を頂いた。右も左もわからなかった私が電子顕微鏡その他諸々の試料作製装置群を使って曲がりなりにも仕事としてなんとかやってきているのは、まさに働く環境そのものに秘密がある。本稿では、名古屋大学における微細構造解析 PF 事業とその支援の主力になっている装置・それら装置をオペレーションするスタッフについてご紹介しながら、当施設の魅力について紹介させていただければと思う(図1)。

この施設では、1000 kV 反応科学超高压電子顕微鏡をはじめとした高性能電子顕微鏡群による観察・分析支援事業を実施している。常駐している人員は、事務職員2名、技術職

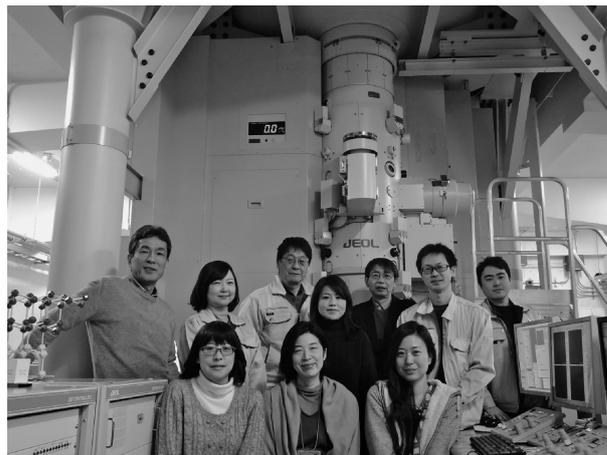


図1 「名古屋大学 超高压電子顕微鏡施設で働くスタッフ」超高压電子顕微鏡の前にて。

後列：左から、武藤俊介教授、中野美恵子事務、荒井重勇特任准教授、太田慶子事務、山本剛久教授、樋口公孝技術職員、山本悠太技術職員。

前列：技術補佐員の榎本早希子、中尾知代(筆者)、雪田千恵子。

員2名、特任教員、施設長、副施設長、そして筆者のような技術補佐員3名を含めた10名ほどで、その他多くの先生方や学生が施設を利用し、電子顕微鏡群を共用している。微細構造解析 PF の事業発足から7年目を迎えようとしている現在、民間企業、他大学、公的機関からの外部利用者は年々増加傾向にあり、新規利用者・リピート率共に増えている。昨年度の成果公開件数は100件以上に達し、そのなかの約20件は、近年増加傾向にあるバイオ・高分子に関連している。過去に支援事例が極めて少なかった新たな分野にも挑戦しながら、幅広く技術支援に対応している。ナノテクノロジープラットフォーム事業では、毎年3000件を超す事業全体の課題の中から特に秀でた利用成果を6大成果として選出している。我々のチームはこの6大成果に3年連続して選ばれており、2016年度には最優秀賞「超高効率水素製造光触媒を実現した新奇薄膜構造の発見とその構造解析」を、2017年度には「塩ストレス下におけるイネ葉の葉緑体の三次元構造解析」を、そして2018年度には「次世代半導体用配線接合材料の高機能材料開発」という支援事例で受賞を重ねるのはちょっとした自慢である。また、支援実施者の技術貢献に対する表彰制度もあり、2016年度に荒井重勇特任准教授が優秀技術賞、山本悠太技術職員が若手技術奨励賞に、そして2017年度には樋口公孝技術職員が若手技術奨励賞に輝いた。高度な技術支援が実施できるのは、専門的な知識で案件ごとにアドバイスして下さる先生方や、経験豊富で卓越した技術を有しているスタッフがいてというのは不可欠な要素である。そして知識と技術に加えて、我々のチームの特徴は、装置管理・運営から試料作製、観察、分析、評価まで役割を分担し、かつ連続的に各段階に加わることで、総合的にチームで依頼案件に対応していることが挙げられる。つまり、スタッフ全員が各作業レベルに応じて技術を習得しやすい環境のもと、互いに切磋琢磨し協力し合いながらニーズに

応えられる体制を日々構築しており、このことが利用成果の評価へと繋がっているのである。

具体的に当施設の共用装置として研究機関に開放している代表的な電子顕微鏡群について以下に紹介する。

(1) 反応科学超高压電子顕微鏡：JEM-1000K/RS

反応科学超高压電子顕微鏡の大きな特徴は、試料周囲に様々なガスを最大0.1気圧まで導入可能なように設計されていることである。大型電子顕微鏡では世界で唯一の機能を有している装置である。この革新的なガス導入システムによって、金属の酸化・還元過程や、触媒反応などの化学反応を原子レベルで動的にその場観察することが実現できる。2000年代に入り、200~300 kV クラスの透過電子顕微鏡において収差補正装置を搭載した新しい装置が登場し原子レベルの超高分解能観察技術が著しく進歩する中、加速電圧が1000 kV を超える大型装置の超高压電子顕微鏡も厚い試料中の転位観察や生物試料の立体観察など、他の電子顕微鏡では観察が困難な研究分野で成果をあげその存在意義を失わないように施設として努力している。40年以上にわたり超高压電子顕微鏡に関わってきた荒井特任准教授は、超高压電子顕微鏡による研究支援についてこう話す。「超高压電子顕微鏡でできることは非常に多くあります。例えば厚みのあるサンプルの観察は200 kV クラスの電子顕微鏡と比較して10倍程度の厚さまで対応できます。また、ガス実験やSTEM EELS マッピングなど分析も得意です。一方、操作については付属の装置が多く全て機能しているのか確認しながら実験を進めることに注意しなければいけません。研究支援では、持ち込まれるサンプルは多種多様であり実験内容も日替わりです。色々できるからこそ、まず、利用者の要望を把握可能な限り詳細な打合せを実施するように心掛けています。利用者の電子顕微鏡の経験レベルや専門性、目的もそれぞれなので、相手の立場に立って技術的なアドバイスを提案することが一番難しいところです。」

(2) 高速加工観察分析装置：MI-4000L(FIB-SEM)

FIB(Focused Ion Beam)による切削とSEMによる加工面の観察をコンピューター管理で繰り返し行うことで連続断面像を取得し、試料の微細構造を立体構造として再構築するCut&See技術は、次世代の構造観察技術として大きな期待が寄せられている。当施設の高速加工観察分析装置は、そのようなFIB-SEMの中でもFIBのイオンビームの軸方向とSEMの観察方向とが直交して配置されているいわゆる直交型タイプであることから、FIB加工により作製した断面に対して、その垂直方向からSEM観察を行うことができるのが最大の特徴である。この特徴は、Cut&Seeにおける連続切片像取得時のSEM観察で非常に有利であり、例えば、3次元再構築時に構築される領域が小さく制限されてしまうことが無い。また、試料深さ方向には、数nmピッチでの切削が可能であるため、ナノスケールレベルでの高品質な3次元再構築像を実現することもできる。近年、試料の構造を理

解するために3次元観察の有用性が高まっている。我々のチームでも、この装置を使って、材料系のみならず生体試料の形態学および分子生物学的な研究支援を行っており、先生方や技術職員のサポート・指導のもと利用者のニーズに寄り添いながら最善を尽くして一つ一つ課題に取り組んでいる。観察技法に正解がないだけに、実際には大いに課題に苦しめられる現実もある。例えば、FIBの切削条件を設定するノウハウの蓄積は、一朝一夕で成しえるものでなく、参考にできる情報が少ない初めての試料では、スムーズに観察などが行えないといったことは日常茶飯事である。そのような中で、皆がチャレンジしていく前向きな姿勢を大切にしている。失敗を恐れず新たな工夫を考え実行しながら、従来のTEMによる平面観察のみでは得ることができなかった知見をこの直交型FIB-SEMによって獲得してきた。他機関にはない名古屋大学微細構造解析PFのオリジナリティを表現するに欠かせない装置である。

多くの研究においてそうであるように、電子顕微鏡を用いた研究支援においても実験をして結果を分析・解析・考察するという一連の流れを繰り返しながらデータを構築していくことがあるかと思う。そして、同時にこの電子顕微鏡を観察ツールとしてきた/している分野において、実験・観察により予期せぬ結果が得られたということもやはり多く起こっているかと思われる。大学機関という公的な環境を生かし、最先端の計測を行うことや、多種多様な材料を対象に新しい知見を輩出し続けることは、当支援事業の魅力の一つに違いない。しかしながら、働く環境として自身の職場を見つめたとき、充実感や達成感を持って日々の業務に望める土台になっているものは、過去に学ぶ精神を大切にしつつ、常に時代の最先端を行く可能性を秘めたアイデアに期待することのできる環境そのものにあるのかもしれない。名古屋大学微細構造解析PFには、記述した以外にも多くの共用装置があり⁽¹⁾、大学や企業などが利用することが可能である。電子顕微鏡を使ったことがない、得られた結果の解釈に困っているなど、利用者それぞれのニーズに合わせて対応しているので、ぜひ支援の際はお問い合わせいただきたい。技術相談のみも歓迎している。

最後に、ナノテクノロジープラットフォーム事業の共用設備を利用する分野が拡大し、新たな研究が新しい発展を遂げられるように、名古屋大学微細構造解析PFチームは今後も邁進していきます。今後とも皆様からのご指導ご鞭撻を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

文 献

- (1) 文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」高性能電子顕微鏡による反応科学・ナノ材料科学研究支援拠点：
<http://nanoplat.nagoya-microscopy.jp/>

(2019年1月15日受理)[doi:10.2320/materia.58.214]
(連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

