

# 最先端の研究を支える “技量・経験・判断”とは

大活躍している「超高压電子顕微鏡(下記参照)」。その機能の素晴らしさは説明するまでもない。だが、たとえ機動戦士ガンダム(※)に登場する各種のモビルスーツは、名パイロットとジョイントすることによって初めて素晴らしい力を発揮するように、超高压電子顕微鏡で正確な計測をするためには、使い手の技量の高さと瞬時の判断が肝要なのだという。

そのあたりについて、まずは施設長の武藤俊介教授に話を伺った。

(※)機動戦士ガンダム=テレビアニメとして1979年から名古屋テレビほかで放映された。日本サンライズ制作のロボットアニメ。



反応科学超高压走査透過電子顕微鏡 JEM 1000K RS 高压タンク

人、技術補佐員2人、特任教員、施設長、副施設長を入れても10人程度の中で、それぞれに役割分担があって、それを心得ていて互いの守備範囲をどうオーバーラップさせていくか、そういったチームワーク、全体への目配り・心配り、それらなしでは運営できません。

——チーム一丸となつての取り組みが、良い計測、良い結果に結びついていると?

もちろんそうです。大学という所はあまり人が入れ替わらないので、毎年みんなが一つずつ歳を重ねていく訳ですが、それと共に技術も、人間的な幅も進化していくので、10年先を見つめながらそういったことを運営に生かしていくんです。うまくいく組織には必ずキーパーソンがいて、事務職員も技術職員もおかげさまで非常に献身的に取り組んでくれて、いつも本当に感謝しています。

施設長

Prof. MUTO, Shunsuke

教授 武藤 俊介



——早速ですが、観察に「使い手の技量の高さ」が求められるとは?

電子顕微鏡っていうのは、とても機能が多いんです。どのカメラあるいは検出器を、どの条件で、どういう風に動かすかと

いった組み合わせや手法がほぼ無限にあるので、まず、ハードウェア(顕微鏡)をよく知っていること、ソフトウェア(コンピュータ)がどんな風に動かすかを熟知していることが不可欠です。その上で、材料がどう反応するかということを見極めて、適切なデータを適切な方法で取るという意味で、オペレーターの技量、知識、バックグラウンド、そういったものが決定的にデータの良し悪しに反映されるわけです。

——そういった勤所は、やはり経験値が大きいんでしょうね。

確かに経験や知識がものを言うので、なるべく若い人も覚えてもらおうと、経験の浅いところから一緒にやって、あえて見てもらっています。彼らは熱心に専用のノートを作って知識の蓄積をしています。今の若い人はまさにコンピュータ化された装置をゲーム感覚で操作するのか、センスの良い人は本当に覚えるのが早いです。今では、かなり高度なものまで、すっかり任せることができます。

——主にどんなものを観察(分析)するんですか?

以前は、電子線が当たることに対して比較的耐久性のある、金属や半導体が主流で、主に結晶をあつかうために固体物理の基礎知識が重要でしたが、最近は複合材料といって、異なる種類の材料が組み合わさっているものが増えました。今はナノテクノロジーの時代で、一つの小さな部分、1μmのオーダーの中に、半導体やら絶縁体やらポリマーやら金属やら、いろいろなものがいっぱい詰まっていますので、それぞれ分析をし分ける必要があります。これから伸びていくのはソフトウェアで、ポリマーや生物関係でしょう。

——ところで、環境がとても素晴らしいと伺いましたが、どういった所が?

「人」ですね。いいスタッフに恵まれているということです。こういう小さな組織は、もちろんたくさんの先生方に支えられていますが、常に常駐しているのは、事務職員2人、技術職員2

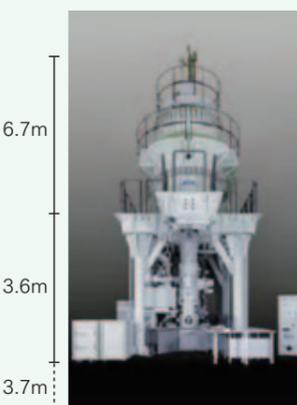
——一方で、依頼があってこそその結果だと思うのですが、どんなところから依頼がありますか?

もちろん他大学や研究機関もありますが、特に今では民間企業が多いです。コーディネーターという、十分に企業で経験



施設のスタッフ一同

## 超高压電子顕微鏡施設プロフィール



メイン顕微鏡

名称 反応科学超高压走査透過電子顕微鏡 JEM 1000K RS  
特徴 非常に厚い試料の3次元立体観察ができること。特に、各種ガスによる金属の酸化や触媒反応など、化学反応を「その場観察」できること。元素分析および走査像によるマッピング機能。  
高さ [上部]高電圧タンク 6.7m+[中部]鏡筒部 3.6m+[下部]除振台 3.7m=14m  
重量 [上部]高電圧タンク 20t+[中部]鏡筒部 10t+[下部]除振台300t=330t  
設置 2010年  
HP <http://hvem.nagoya-microscopy.jp/>

名古屋大学の超高压電子顕微鏡の歴史

1942年	日本の大学として初めて透過型電子顕微鏡を設置(電気学科 榊教授)
1965年	初めての50万ボルト電子顕微鏡を理学部に設置(全国での先駆け)
1972年	100万ボルト電子顕微鏡を工学部に設置
1982年	125万ボルト超高压電子顕微鏡設置
2010年	反応科学超高压走査透過電子顕微鏡(JEM 1000K RS)設置

## 用語解説

●ナノメートルのスケール

人が識別できるサイズはミリ【mm】単位、1ミリの1,000分の1が1マイクロメートル【μm】(たんぱく質や細胞の大きさがこの領域)で、さらにその1,000分の1がナノメートル【nm】。すなわち、1mmの100万分の1となる。つまり、ナノメートルサイズの物質を拡大して目に見えるミリメートルサイズにするためには、電子顕微鏡の倍率を数十万倍から百万倍にする必要があることになる。

●電子顕微鏡(倍率)

光学顕微鏡で見えるものは、光の波長

程度、すなわち約0.5μm(=500nm)ほどだが、光の波長の10万分の1以下の電子線を使った電子顕微鏡を用いると、光学顕微鏡の約1,000倍もの分解能があり、0.1nmの原子も見える。

●電子顕微鏡(しくみ)

電子レンズに電流を流すと電磁石になる性質を利用して電子線を曲げ、最終的に投影スクリーンに映し出されるしくみ。電子線が顕微鏡内の長い距離を進むより、顕微鏡内部は真空になっている。

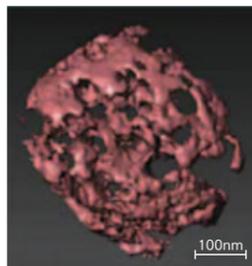
●電子顕微鏡(種類)

・透過型電子顕微鏡(TEM)・・・対象物に電子を透過させて観察する。対象物は厚さ0.1μm以下のものが通常望ましい。  
・走査型電子顕微鏡(SEM)・・・対象物の上に電子線を走らせ「scan」、対象物から出る二次電子の情報から像を描き出す。

●蛍光板

電子が当たると発光する塗料の塗ってあるTEM像、回折図形等を直接観察するためのアナログな道具。

を積まれた特任教授の先生が営業に出ているお陰です。「こういうことができます」と言って仕事を請け負い、結果を持ってフィードバックするんですね。それで評判になり、口コミという事もありますし、リピーターという事もあります。



毛髪中のメラニン顆粒の立体像

例えば、髪染めの「ホーユー株式会社」との毛髪メラニンに関する共同研究、自動車関係も多いです。代表的なものでは、排気ガスを浄化するための触媒が、実際、ガス中でどのように変化するか(P8図1)。

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PF  
<http://nanoplat.nagoya-microscopy.jp/>

—今の顕微鏡を製作する際のエピソードなどあれば。

もちろんメーカー(日本電子株式会社)が作ったんですが、仕様は、前エトピア科学研究所所長の田中信夫先生と当時の技術職員(現在特任准教授)の荒井重勇さんを中心に、主に長年この施設に関わってきた10人ほどの電子顕微鏡専門の先生方が何年にもわたってアイデアを出し合って、いろんな機能を盛り込み、決めていったんです。ですので、今

ではほとんどなくなっているようなアナログな部分を、随所に残してあります。例えば、テレビカメラで見るところを蛍光板でも見られるようにしてあるとか、試料を動かすトラックボールだけでなく、昔ながらの両手ハンドルでも動かせるようになっていて等。それがあって、本当に使いやすいです。

—今後に向けて一言。

今は立派な施設だと言われていますが、5年前まではあまり利用者も多くない状況でした。今の超高压電子顕微鏡ができる前の話です。でも、その苦しい時代に「どんな風に超高压電子顕微鏡というものを使っていくのか」という事をしっかり考えていたことが土台になり、顕微鏡の装置の特徴を最大限活かして計測できる今があるのです。

今後、人も装置もだんだん古くなります。10年後も周囲の方々からも重要だと思ってもらえるよう、必要な更新はしていないといけない。そこは非常に難しい部分でもあります。

●武藤 俊介

1960年生。湯川博士の「理論物理」にあこがれて、京都大学理学部に入。いろいろ紆余曲折の末、「計測」の世界へ。大阪大学基礎工学研究科工学博士、アントワープ大学(ベルギー)ポスドク、'95年 名古屋大学理工学総合研究センター助教授、'04年 同工学研究科教授、'13年～エトピア科学研究所教授、'15年～超高压電子顕微鏡施設長。

名古屋大学は「その場観察」と言って、顕微鏡の中にいろいろな仕掛けを作って、動いているものを見ようという伝統があり、そのためにいろいろなガスを使えるという仕掛けを作りました。



各種試料ホルダーの予備排気装置。顕微鏡内で機械試験可能、-200°Cくらいまで冷やせる、1,000°Cくらいまで昇温できる、その他電氣的測定など、観察試料に必要な環境を作る。

この顕微鏡はとて素晴らしい! 本当に使いやすい、とてもいい顕微鏡です!

電子エネルギー損失分光器を作ってもらいました。それも完全に特注ですが、思っていたよりデータがきれいとてもいいです。顕微鏡の随所に多くの先生たちのアイデアがたくさん詰まっています。



高压タンクが2個ある。ここで100万ボルトの高電圧を作る。高压タンクが2個あるところがミソで、1,000万分の1に近い、高い安定度を誇る。



テレビカメラで見るところを蛍光板でも見られるようにしてあるほか、操作するときに手動でできる部分(両手ハンドル)を残したなどアナログな部分が残っており、とても使いやすい!



次に話を伺ったのは、山本悠太さん。施設長の武藤教授いわく「山本君は、若い精鋭の技術職員で先端電子顕微鏡の素晴らしい使い手だ。例えば、ガンダムのニュータイプパイロット、アムロ・レイ」。

技術職員

YAMAMOTO, Yuta

山本 悠太



—どんな仕事を担当しているんですか?

超高压電子顕微鏡など、様々な先端電子顕微鏡を使って観察や分析することや、見たいサンプルを「電子顕微鏡で見ることのできる状態」に加工することもしています。

ここは多くの人が来られるオープンな施設なので、来られた方がどういふものを見たいかに応じて、どういふ方法を選ぶかという事もしています。

—それはとても重要な役割ですね。

いろいろな方から様々なご希望があるので、時には使った事のない装置の操作が必要になることもあります。そんな時は、予め練習してできるようにしておく、といったような積み重ねで結果的に幅広く技術が身についてきたのではないかと思います。

—今の仕事に就いて5年。振り返って、いかがですか?

これまでは夢中でいろいろなことをやってきて、それなりに技術も身につけてきたかなと思っています。ちょうど今年度は、前の施設長から武藤先生に代わられたところで、「今後は施設をこのように発展させていきたい」という武藤先生の思いがあると思いますので、そのお手伝いができたらなと思っています。

—実際に携わったものがお客さんの手に渡る機会が増えたら嬉しいですね。

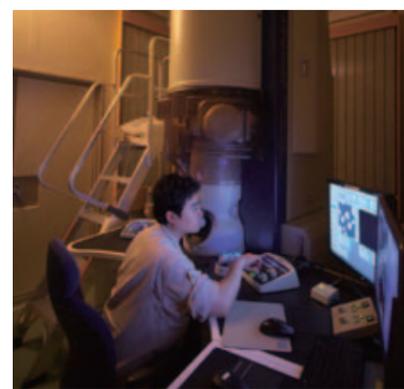
はい。施設としては、学術的な成果を出していくことが一つの大きな目標ですので、自分が取ったデータが論文に載ると嬉しいですね。また、来てくださった先生のご要望に対してちゃんと答えが出せたとき、場合によっては+αで「ここまでできました」というものをお渡しして、それが論文として出たときはやはり嬉しいです。

—仕事に対して思うことは?

今31歳なんですが、施設常駐の技術職員としては、上がいりません。入ったばかりの頃はまだ上の人がいって、その人と同じようなことができるようにならないといけないというプレッシャーがあり、きつと思うことがよくありました。ただ、ある時その人のコピーにならなくても、自分なりに伸ばせるところを伸ばしたり、周りから求められることを高いレベルでこなしていけば良いんだと気づいて、変わりました。それからは仕事が楽しいです。

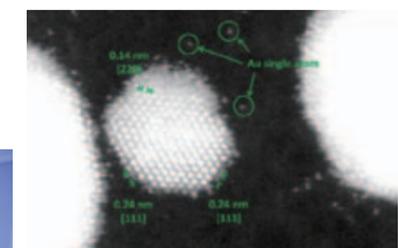
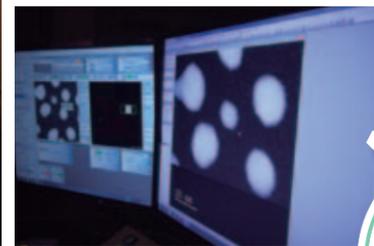
●山本 悠太

1983年生。民間で1年間、医療関係の会社で技術開発の仕事に携わった後、電顕へ。技術職員として5年目。



金微粒子の原子分解能像

大きく見える球体は金の粒子。原子は小さく映っている。「これが原子!? すご〜い!」と思わず声を上げてしまった。次にインタビューした榎本さんに話を伺っていた束の間に山本さんが準備をした。金の原子がたくさん映っており、武藤教授も「素晴らしい」と。



私の学生時代にはこのように操作している最中にしゃべっているとその振動が伝わって像がぼけてしまうので、話をするにはできませんでした。シャッターを切るときなんかは息を止めていたくらいですが、顕微鏡施設が進歩して、話し声くらいにはあまり影響されなくなりました。(武藤教授談)



最後に伺った榎本早希子さんは、文部科学省ナノプラットフォーム事業で雇用されている技術補佐員で、試料作製と、日本に2台しかないCut&Seeで3次元表示のできる走査電子顕微鏡の担当。特に生物系の外部依頼サンプルで、他所では取れないデータを出している。ガンダムのキャラクターで言えば、やさしいながらもしっかりしているフラウ・ボウ。

技術補佐員  
ENOMOTO, Sakiko  
榎本 早希子



—電頭に来られるようになってどれくらいですか？

こちらでお世話になるようになって3年目です。

仕事は主に、顕微鏡で観察するためのサンプルの作製を行っています。また、加工と観察が同時に行えるFIB-SEMという高速加工観察分析装置がありまして、少しずつ試料をずらしてビームで加工しながら断層の写真は何百枚も撮り、場合によっては立体に構築し直すという作業をしています。

—どれくらいの大きさの試料に対して何百枚の写真を撮るんですか？

5mm以内の大きさの試料の希望されているエリアにピントを合わせて、5μm~100μmの幅で像を撮ります。少ないときで50枚くらい、多いときは1,000枚くらい。時間的には、写真を撮るのに大体20時間程かかります。

—これまでに、どんな試料を撮りましたか？

マウスの肝臓細胞、稲の葉っぱ、鉄やアルミなど、生物系から材料系まで幅広く扱っています。珍しいものでは虫歯を撮ったことも。実際見たときには、『歯磨きががんばろう…』と思いま

した。

—どんなふうに見えたんですか？

白と茶色がもしゃもしゃとしていて、まだらの紐みたいなものが走っていて、(宮崎駿アニメの)もののけ姫に出てくるたり神みたいな……(笑)こんな世界が広がっていたんだという事がとても面白いです。菌が菌の組織の中に入り込んでいて、思わず「これ、菌なのかな」って思っていました。

—ところで、ここで仕事をされるようになったきっかけは？

実は、事務補佐員の募集に応募したんですが、その面接のときに声を掛けてもらったことがきっかけです。それまで理系の勉強はしてこなかったので少し不安もあったんですが、思い切って飛び込んでみました。

これまで普通にある身の回りの物が全然違う見え方をするので、それがすごく面白いです。物理なんて全くやってこなかったのが勉強することの方が断然多いんですが、こんな世界があったんだという驚きが大きいんです。

—世界が広がって、やりがいがあるという感じですか？

はい。他のサンプル作製方法もやってみたいと考えていますし、もしできるなら、今後1年で自分で加工したサンプルを電子顕微鏡で観察するところまでいけるようになりたいです。まだまだ修行が必要なんですけど頑張ってみようと思っています。

●榎本 早希子

1989年生。1年別のところで働いた後、転職。電頭へは事務職員の募集を見て応募したが、技術補佐員として働くという縁がありこの世界へ。今年で3年目。



今回話を伺った3人に限らず、スタッフは皆前向きで、常に「次の一手を」と考えているようである。施設長の武藤教授は「この仕事が好きな人が集まっているから」とも話していた。ここを経由して世のために広がる研究が、まだまだ増えるに違いない。

●インタビュー：広報委員会(コニ)

武藤教授談

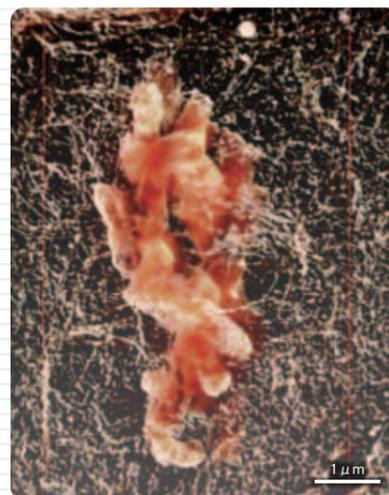
いい計測をするためには、サンプルづくりが重要。8割はサンプルの出来に左右されます。



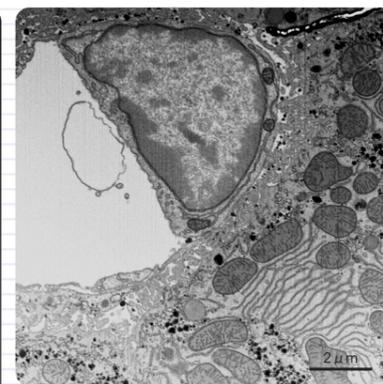
サンプル作製の準備に取り組んでいる榎本さん

# ナノメートルの世界

マウス腎臓由来の増殖細胞中に出現した染色体の立体構築像

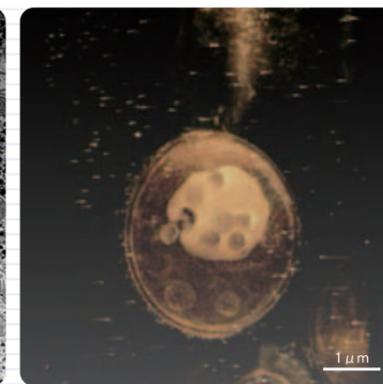


ラットの肝臓細胞小器官のFIB-SEM像



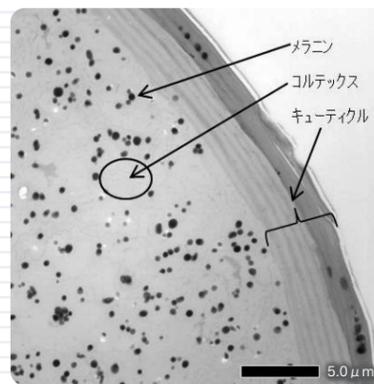
試料提供：藤田保健衛生大学 森山陽介先生

連続傾斜STEM像から3次元構築した出芽酵母菌

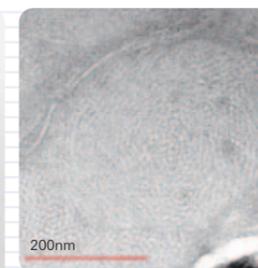


試料提供：生理学研究所 准教授 村田先生 (厚さ1μmの切片試料)

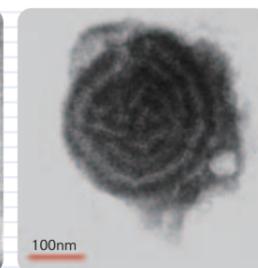
反応科学超高压電子顕微鏡で見たヒトの髪の毛の断面および立体画像



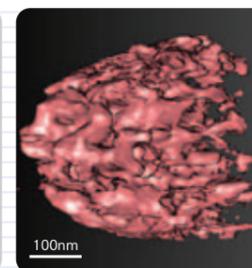
毛髪断面の低倍率像



毛髪組織(コルテックス)の高倍率像



毛髪組織(メラニン)の高倍率像



毛髪中のメラニン顆粒の立体像

毛髪メラニン内部の3D構造が明らかになり、ヘアカラーリングによるメラニンの変化を捉えることに、世界で初めて成功した。(ホーユー(株)との共同研究)

金-ニッケル合金微粒子の化学反応の様子(上段)およびその模式図(下段)

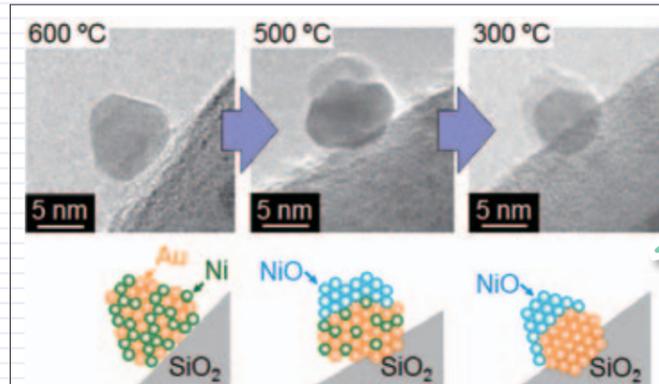


図1 自動車排気ガス触媒の反応その場観察(トヨタ自動車(株)との共同研究)

武藤教授談

例えば、違う種類の金属が混ざっている試料を見たりする場合には、元素の種類毎に色分けができます。電子を当てるとその元素固有のエネルギーのX線が出るので、それによって色分けして表示することができるのです。