

走査型電子顕微鏡を使った教育活動について

— 「のぞいてみよう！ミクロの世界」の試み—

名古屋市科学館 学芸課 主任学芸員 尾坂 知江子

1. はじめに

走査型電子顕微鏡（以下 SEM という）は高い分解能と深い焦点深度により、試料の立体構造を高倍率で観察することができる。光学顕微鏡をもってしても見ることでできないミクロの世界を三次元的に映し出し、直感的に形をとらえることができるため、人間の好奇心をかき立ててくれる。自然史系博物館は主に研究用に SEM を所有しているかもしれないが、科学館でも、SEM は学校では体験できない先端技術として導入され、来館者向けに活用されてきた。SEM メーカーの話から、SEM を持っている科学館は、おそらく 30 館を超えると推定している。名古屋市科学館の場合、理工館開館の 1962 年より SEM を導入し実演を行ってきた。つまり国内の科学館における SEM の実演は、50 年以上の歴史があり、実演自体は目新しいものではない。しかし当館におけるこれまでの SEM を使った実演の多くは、試料を拡大して SEM の性能を紹介することがメインになり、昆虫や工業製品の精緻な構造を見せて終わっていて、生きものそのものの魅力を伝えるのが目的ではなかった。

名古屋市科学館では、2011 年度に生命館 5 階「生命のひみつ」展示室にある実験体験コーナー「生命ラボ」(注 1)を更新した。その時、理工館から走査型電子顕微鏡(JCM5000 日本電子(株))を移設し常置した(写真)。SEM の有効利用を試行錯誤するために、以前より実施している生命科学系実験体験の実演「生命ラボ」に加え、2012 年 3 月より毎週土日に SEM を使った生命ラボスペシャル実演「のぞいてみよう！ミクロの世界」を開催することになった。約 4 年間継続してきたこの実演は、次のような特徴を持つ、新しいタイプの科学館活動と考えているので、ここに報告したい。

- ① 参加者自身による観察・体験と SEM 観察を組み合わせる。
- ② 生物のミクロ・ナノの形態、機能への関心を喚起する。
- ③ ボランティアによる企画・実施。



写真 名古屋市科学館「生命ラボ」のようす
走査型電子顕微鏡は左奥のカウンター上。

2. 実演「のぞいてみよう！ミクロの世界」について

2012年3月、生命科学の実験体験コーナー「生命ラボ」がリニューアルオープンした。以前はカウンターでのデモ実演形式で行っていたが、今回は、参加者のための机と椅子を置き、9組18名が簡易な実験を自ら体験できる場に作り替えた。生命ラボの共通備品として双眼実体顕微鏡10台、双眼生物顕微鏡10台、そしてカウンターにはSEMも常置した。後ろの壁面にプロジェクターで映像を映すことができるので、説明用のコンピュータープレゼンテーション（以下プレゼンという）とSEMの映像を切り換えて利用している。試料作製のためにt-ブチルを使う凍結乾燥機（VFD-21S、(株)真空デバイス）と導電性処理をするためのマグネトロニオンスパッター（MSP-mini、(株)真空デバイス）も購入し、バックヤードに設置した。

生命ラボスペシャル実演「のぞいてみよう！ミクロの世界」の基本情報

日時：毎週土日の13時～、14時～の2回、約20分間

会場：名古屋市科学館（生命館5階）「生命ラボ」

対象：観覧者対象、事前申し込み不要・先着9組18名

参加費：無料

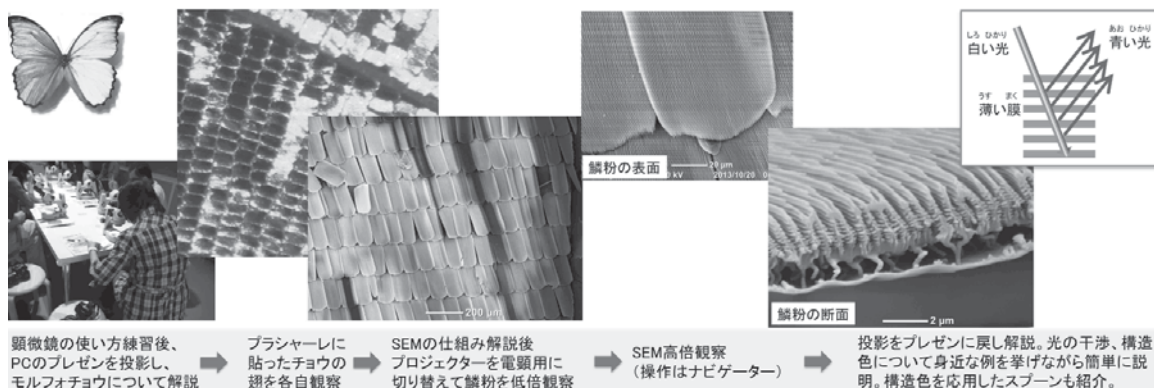
テーマ：担当サイエンスナビゲーターによる。

2015年12月末時点で720回実施し、9,826名が参加した。実施するスタッフは「サイエンスナビゲーター」と呼んでいるボランティアの方々である。ナビゲーターについては後述する。

実施の流れは、テーマによっても少し異なるが、次のようである。①実体顕微鏡や生物顕微鏡の使い方の練習 ②テーマに沿った解説や観察・体験 ③電顕のしくみと特徴を解説後、SEM観察 ④SEM高倍観察 ⑤解説、まとめ。

このように単にSEM画像を見せるだけではなく、前半に参加者自身による観察や簡単な体験を組み入れている。SEMは、リアルタイムで使ったり、稼働させずに撮影したSEM写真をプレゼンで使うこともある。また、SEMの倍率を変えるのはマウスの操作だけでできるので、SEMの操作を参加者に体験してもらうこともある。

図「のぞいてみよう！ミクロの世界」の進め方：「モルフォチョウの青色に輝くひみつ」の場合



具体的な例として「モルフォチョウの青色に輝くひみつ」を図に示した。最初に実体顕微鏡の使い方を練習する。この時、物差しとカラーバーを印刷したものや自分の指にピントを合わせる練習をする。次にモルフォチョウの標本を使い、翅の背腹面の色、輝きや生態などを解説し、関心を高める。プラスチックシャーレに貼った翅の鱗粉表裏を実体顕微鏡30倍で観察してもらってから、SEM観察に移る。実体顕微鏡で参加者自身が鱗粉を観察しているが、SEM数百倍での観察でもその整然とした形態に驚く方が多い。次に青色の秘密解明のために、鱗粉の“断面”を見ることを説明し、SEM1万倍あたりで観察する。この形状を理解してもらってからプレゼンに戻し、構造色について、シャボン玉やCD（コンパクトディスク）などの例を挙げながら簡単に説明する。最後に構造色を応用したスプーンなど実物を使って、身近な応用技術についても紹介している。20分間の中で、SEM観察にかける時間は5分ほどである。

このように実体顕微鏡で観察したり、手でさわったり、においをかいだりと五感で確かめて、より生きものの世界に入り込めるようにした。そしてこの観察体験時の驚きや気づきを伴ったまま、さらにSEMによって映し出される直感的な画像でミクロの世界を見ることになる。SEMの画像は、時としてアートのでもあり、その造形美や奇抜さに関心が行きがちであるが、このようなステップを踏むことにより、その形態の意味が実感できると考えている。これらの活動を通して、参加者が主体的に対照となる生物をじっくり観察するようになってくれればと思っている。

3. なにをテーマにするか

では、SEMで何を観察するか。生きものの面白さはもちろんであるが、科学館らしく身近な技術の理解に役立てたないだろうか・・・。

そこで注目したのがバイオミメティクス（生物模倣工学）である。生物は、40億年の進化の中でさまざまな環境に適応してきた。その生物の形や生態は、今までとはちがった技術へのヒントの宝庫であり、また環境負荷の少ない技術としても期待されているのである。例えば、ハスの葉の表面に水を落とすと玉のように転がる。この超撥水性のしくみをハスの葉の微細構造から解き明かし、ヨーグルトがくっつかないアルミ箔のフタが開発された。その他、ヤモリの指のフォンデルワース力やモルフォチョウの翅の構造色など、生物表面の微細構造が注目されていて、SEM観察は欠かせないのである。そこで、SEM観察テーマはできるだけ技術に結びつくような視点で選び、ストーリーを作って構成するようになってきた。開発実施してきたプログラムは、バリエーションも含めると30件を超える（表）。

このような多彩なテーマを見つけ、観察材料を準備しプログラムを開発実施できたのは、サイエンスナビゲーターのおかげである。やはり、見せたい、これがおもしろいというものを持った人が話をするのが、一番参加していて楽しい。この人材の確保が一番課題となるので、次にサイエンスナビゲーターの募集や養成について、現在の状況を述べていく。

4. サイエンスナビゲーターについて

「のぞいてみよう！ミクロの世界」の企画実施をするサイエンスナビゲーターは、学生や社会人（現職、退職者）によるボランティアである。本事業に対する職員配置は難しかったので、筆者の親しい電顕経験者数人に手伝っていただき試行錯誤が始まった。しかし個人の負担にならずに、さらに確実に継続して実施し、プログラムを豊かにするためには、ナビゲーターを増やすことと新プログラムを開発することが大きな課題になった。幸運にも3年間の笹川科学研究助成を得て、ナビゲーターを養成する手法を手探りすることになった（注2）。

結論的にいうと、電顕入門講座やミニ講演会を年に数回開催したが、参加者を一般公開公募すると、電顕の操作を体験したい人は集まるが、ナビゲーターになるというところにまでは大きな隔たりがあった。とはいえ、入門講座を何回か開催する活動を続けることで、関心のありそうな方や科学コミュニケーターをめざす方、学芸員資格の勉強している方などにも声をかけやすくなり、ナビゲーターへのきっかけとなった。さらに2015年度には、入門講座とは別に、高校の科学クラブへの電顕入門講座も4回開催した。また企画展「バイオなものづくり」（2015年9月12日～23日、10日間実施）でも、SEMコーナーを作り、毎日SEMを使ったナビゲーターによるバイオミメティクスの解説を行った。このときは、参加者が観察する机や顕微鏡は用意しなかったが、ナビゲーター各々が、いろいろ工夫して、SEM観察だけに終わらないようにした。このように実演以外の活動が、ナビゲーターのスキルアップの機会となってきた。

このような活動を続ける中で、現在17名（うち3名は引っ越し、就職等で活動休止）のナビゲーターが活躍している。これは、市民の潜在する能力を活用する術にもなっている。学芸員は裏方に徹したことにより、多様な専門分野の方々に担当してもらうことができ、プログラムも豊富になり、マンネリ化せずに継続できたのだと思う。

5. 謝辞

4年間継続して「のぞいてみよう！ミクロの世界」を実施できたのは、ナビゲーターのみなさん始め、ご協力いただいた関係各位のおかげである。この場を持って感謝申し上げる。また本実践の一部は笹川科学研究助成によって行われたものである。ここにお礼申し上げる。

なお、本稿の内容の一部は、日本生物教育学会研究大会（2013・2016）及び名古屋市科学館紀要第39号39-43（2013）でも報告した。

注1：「生命ラボ」は、生命科学系の実験体験コーナーの場としての名称でもあり、実演の名称でもある。

注2：笹川科学研究助成（実践研究部門）平成25年度～27年度。「走査型電子顕微鏡の有効活用を通じたネイチャーテクノロジー（生き物から学ぶものづくり）を学ぶ魅力的な科

学館教育普及プログラムの開発に関する実践研究」。

注3：ナビゲーターは当初無償であったが、継続して活動してきたので、27年度よりボランティア謝金（交通費に相当）を払うことができるようになった。

表 名古屋市科学館「のぞいてみよう！ミクロの世界」開発・実施プログラムリスト(2015.11現在)

	タイトル	内容	観察*	観察試料	準備
1	トリの羽のふしぎ ～見てさわってたしかめよう	トリ(カラスなど)のフェザーとダウンの羽枝、小羽枝の観察。ダウンの保温性についても解説。	実体	カラス・ハトの羽、赤い羽、	名刺大の紙に羽枝を1本貼る。
2	アワビのひみつ	殻の断面を実体顕微鏡とSEMで観察。真珠層の積層構造を確認。	実体	アワビの殻の小片。	殻断面を上にして台に固定。
3	杉と竹～年輪のあるのはどっち	杉と竹の横縦断面で、年輪の形成層、維管束等の構造を観察する。	実体	杉と竹の小断面	台に貼付ける。
4	生き物に学ぶテクノロジー～超はっ水と超親水	ハスの葉と超はっ水折り紙を観察。	実体	はっ水折り紙	
5	ふしぎふしぎ！生きもののサーフェイス	トクサ、カタツムリの殻、ヤモリの肢の表面観察とその機能(ヤスリ、タイル、テープ)について。	実体	トクサ、ススキの葉、カタツムリの殻	
6	アサガオの葉のひみつ～見てさわってたしかめよう	アサガオの子葉と本葉の表面構造などを触ったり、実体顕微鏡、SEM観察で比較。	実体	本葉が出たところのアサガオ	アサガオの苗。
7	ハスの葉のひみつ	ハスの葉の撥水性の体験と観察。	肉眼	ハス	机に新聞紙を敷き、ハス鉢を置く。
8	シソの香りと舌ざわり	青シソの葉の裏表の構造を観察し、においの所在や舌触りの根拠を考える。	実体	大葉	大葉1組2枚。
9	野菜の気孔(ハナ)を見てみよう！～ニラ編～	ニラの葉の表面を透明マニキュア法や電顕で気孔を観察する。	生物	ニラ	スライドガラス、透明マニキュア
10	モルフォチョウの青色のひみつ	モルフォチョウの翅を肉眼、実体顕微鏡とSEMで観察。構造色について解説する。	実体	モルフォチョウの翅	翅の小片2つを裏表にしてブラジャーレに貼る。
11	炭から見えるつくり	竹炭の維管束、維管束鞘の観察から、消臭効果やスカイツリーの構造にも言及。	実体	竹炭の断面	台に貼付けておく。
12	植物のホネ！?	イネ科の葉にある機動細胞の観察。	生物	イネ科の葉	
13	香りはどこから?	ラベンダー、ローズマリーの葉の観察し、においの元を考える。	実体	ラベンダー、ローズマリー	
14	見る か たまり	塩の結晶を作って観察。塩の結晶をスライドガラス上で作って観察。	生物	塩の結晶	塩水、スライドガラス
15	きみの口ハ どうなかんじ?	口腔内細胞や歯の表面を観察。	生物	口腔内細胞	スライドガラス、カバーガラス、アセトカーミン
16	ブラナリア	生きたブラナリアの実体顕微鏡観察と表面構造の電顕観察。	実体	ブラナリア生体	ブラナリアの飼育
17	眼の構造 -ヒトのレンズ、サカナのレンズ	魚とヒトの目の構造を煮干しの眼の観察などで比較する。魚の眼のレンズを電顕観察し、積層を確認。	実体	煮干しの目玉、その他魚の目玉の標本	名刺大の紙に煮干しの眼を貼る。魚眼球の標本、人の眼球の模型。
18	いろいろな お米～マクロからミクロまで	色々なお米を観察し、最後に米粒のデンプン粒、タンパク質粒や糊殻表面をSEMで観察。	実体	もみ、玄米、白米、黒米、緑米、赤米、その断面など	ブラジャーレに貼っておく。
19	ゴマを観察してみよう-マクロからミクロまで-	ゴマ粒に含まれる油分を確認したり、ゴマの表面・断面構造を観察。	実体	白ゴマ、黒ゴマ、断面	ゴマを小シャーレに貼っておく。
20	きのこどんな	シイタケのひたと胞子紋の観察と電顕観察	実体		
21	きゅうけつき	注射針と蚊を実体顕微鏡、電顕で観察して、刺されても痛くないしくみを考える。	実体	蚊の標本、注射針	ブラジャーレに貼っておく。
22	バナナがそんばなな??	バナナの細胞内のデンプン粒を観察	生物	バナナの果肉細胞	スライドガラス、カバーガラス、ヨウ素
24	か・・・ふ・・・ん	花の花粉を生物顕微鏡と電顕で観察する。	生物	花粉	生花、スライドガラス、カバーガラス
25	髪の毛を観察しよう	自分の髪の毛の表面を液状絆創膏を使い生物顕微鏡観察し、動物、付けまつ毛、動物の毛、毛糸などのSEM観察を交えて髪の毛の表面構造を解説。	生物	参加者自身の髪の毛	スライドガラス、液状絆創膏
26	クジラのヒゲ	ヒゲクジラのヒゲ板を触ったり、顕微鏡・SEMで観察する。クジラヒゲの利用も紹介。	実体	クジラヒゲ各種	名刺大の紙にクジラヒゲと人の髪の毛を1本ずつ貼っておく。
27	竹のふしぎ	竹の維管束を観察し、硬軟の組織像を考える。	実体	竹の割り箸の断面	竹割り箸の横、殺陣、斜め断面を台に貼る。
28	バルサで探ろう！木のひみつ	広葉樹と針葉樹のちがいが、バルサの組織の観察	実体	バルサ、杉の小片	バルサ、杉の小片断面を台に貼る。
29	砂の中にひそむ小さな生きもの	砂の中の有孔虫、放散虫など微化石、星の砂などを観察する。	実体	微化石の豊富な砂、星砂	ブラジャーレに入れておく。
30	タイルになったカタツムリ	新幹線やタイルなど暮らしに応用された生物のミクロナノの構造の観察。	実体	フクロウの風切羽、カタツムリの殻	
31	こうじ中	麹菌の糖化作用の確認と観察。	実体	麹菌	でんぶん寒天
32	ササの葉っぱで水あそび	ササの葉の表裏の濡れ方の違いを観察。	肉眼	ササの葉	水、スポイト、深皿

※SEM観察前の観察機器。実体:実体顕微鏡 生物:生物顕微鏡。