

**コラム** ミクロの世界 ～電子顕微鏡で探る地球・生命～

2007年7月3日

光学顕微鏡では光を使うのに対し、電子顕微鏡では電子線を使って観察します。光に比べ、電子の波長は非常に短いため、光学顕微鏡では見ることのできない微細な構造を鮮明に観察することができます。電子線は空気中では自由に動くことができないため、装置内の電子線の通路は真空中に保たれています。

JAMSTECの電子顕微鏡室には3台の電子顕微鏡があり、地学や海洋学、生物学など様々な分野の研究に活用されています。3台はそれぞれ[走査型電子顕微鏡\(SEM\)](#)、[透過型電子顕微鏡\(TEM\)](#)、[電子線マイクロアナライザー\(EPMA\)](#)の3種類で、微生物の鞭毛や深海生物の組織観察、鉱物の元素分析など、研究目的によって使い分けています。

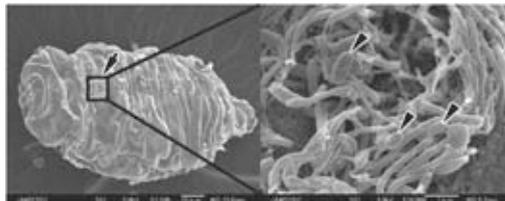
これまでの電子顕微鏡観察から得られたいくつかの研究成果をご紹介します。

情報提供：海洋工学センター・研究設備グループ  
[植松 勝之](#)

[走査型電子顕微鏡\(SEM\)で見る](#)

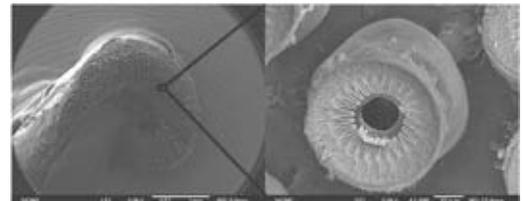


ハオリムシの幼生



[>>解説を見る](#)

ミミカの触腕とその吸盤

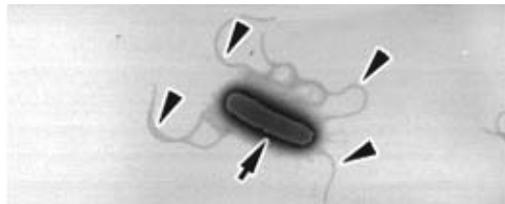


[>>解説を見る](#)

[透過型電子顕微鏡\(TEM\)で見る](#)

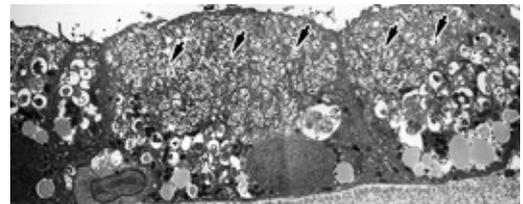


細菌とその鞭毛構造



[>>解説を見る](#)

シンカイヒバリガイの鰓(えら)の細胞



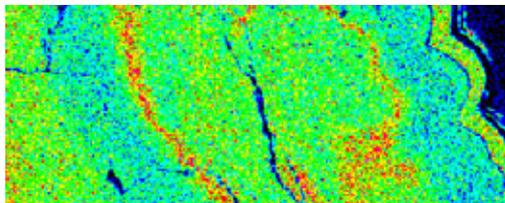
[>>解説を見る](#)

[電子線マイクロアナライザー\(EPMA\)で見る](#)



(生物系)

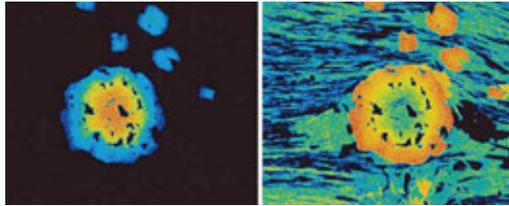
ワカサギ耳石中のストロンチウム(Sr)分布像



[>>解説を見る](#)

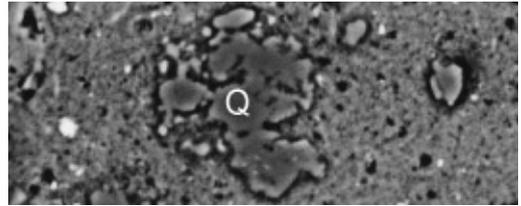
(地質系)

ヒマラヤざくろ石の元素マップ



[>>解説を見る](#)

地震の化石シュードタキライトの反射電子像



[>>解説を見る](#)

植松 勝之(うえまつ かつゆき)

電子顕微鏡一級技士

海洋工学センター 研究設備グループ

2003年、国内で87番目となる電子顕微鏡一級技士(電子顕微鏡特殊技術認定)を取得。

電子顕微鏡技術認定: 電子顕微鏡の技術と知識の程度を評価する制度として(社)日本顕微鏡学会が年1回実施する電子顕微鏡技術認定試験(生物)で、二級技士認定試験と一級技士認定試験とがあります。1979年に本制度が開始されましたが、一級技士の取得者数はわずか93名(2007年6月現在)です。

(海洋地球情報部 広報課)

コラムトップページ

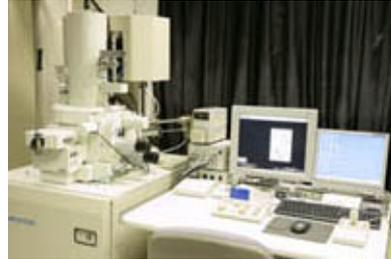
走査型電子顕微鏡(SEM)で見る

透過型電子顕微鏡(TEM)で見る

電子線マイクロアナライザー(EPMA)で見る

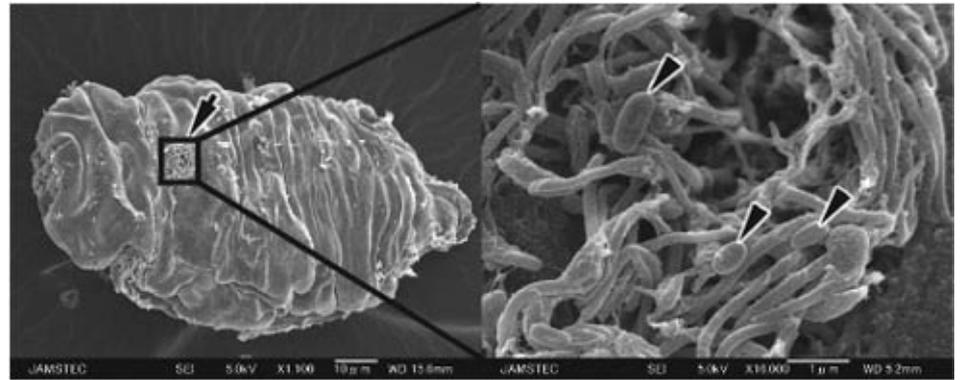
## 走査型電子顕微鏡(SEM)で見る

走査型電子顕微鏡 (SEM)



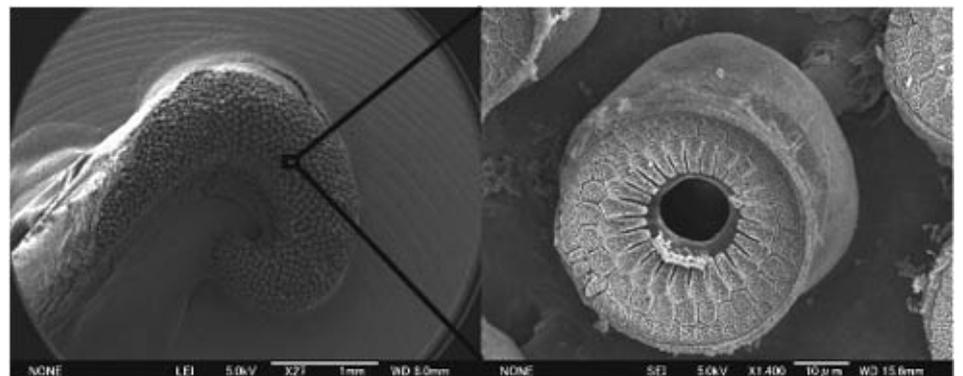
電子線を、走査(スキャン)しながら試料に照射することによって、試料の表面から発生する2次電子を検出し、モニターを通して微細な試料表面の凹凸を立体的に観察することができます。生物試料のように導電性に乏しい場合、試料に金属を薄くコーティングする必要があります。JAMSTECでは主に深海生物の細胞表面構造を観察するために使われています。

ハオリムシの幼生



これはサツマハオリムシの幼生を走査型電子顕微鏡で観察した写真です。サツマハオリムシは**熱水噴出孔**や冷水湧出帯などに生息する環形動物(ゴカイなどの仲間)です。その生体は、口や消化器官を持たず体内に存在する化学合成細菌(硫化水素やメタンを利用して有機物を作り出す細菌)に依存して栄養を得ています。しかし、その幼生の形状は大きく異なり写真のような形状を示します。また、幼生には口(左写真/矢印)が存在していて口の周りに細菌(右写真/やじり印)が付着していることが確認できることから、細菌を食べている様子であると推定されています。(Miyake H, Tsukahara J, Hashimoto J, Uematsu K and Maruyama T (2006) Rearing and observation methods of vestimentiferan tubeworm and its early development at atmospheric pressure. Cah. Biol. Mar. 47 : 471-475.)

ミミイカの触腕とその吸盤



これはミミイカの触腕とその吸盤のSEM写真です。ミミイカは北海道から九州までの温暖な

海域に生息している体長3~5cm 程の小型のイカです。ミミイカの仲間はいくつかの似たような種類が報告されていますが、いずれも概形がとてもよく似ていますので、種を特定するにはさらに細かい構造の違いを調べる必要があります。イカの分類形質の一つとして、触腕（10本のうち2本の特別に長い腕）の吸盤の形態とその配列があります。ミミイカの仲間の触腕吸盤は非常に小さく肉眼でも、普通の顕微鏡でも鮮明に見ることができません。そこで、走査型電子顕微鏡を使って観察を行うと、吸盤の並び方や数、それにひとつひとつの吸盤の構造上の特徴などを鮮明に見ることができ、この標本は別の種ではなく、正真正銘のミミイカであると同定することが出来ました。

コラムトップページ

走査型電子顕微鏡(SEM)で見る

透過型電子顕微鏡(TEM)で見る

電子線マイクロアナライザー(EPMA)で見る

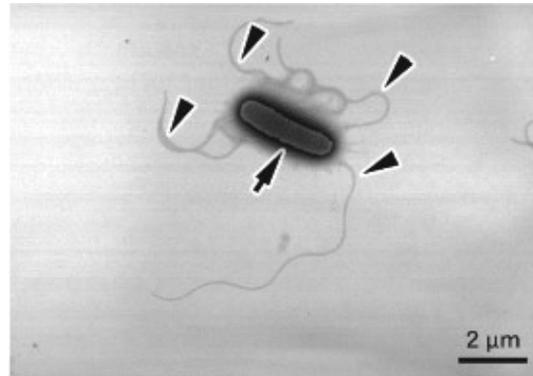
## 透過型電子顕微鏡(TEM)で見る

### 透過型電子顕微鏡(TEM)



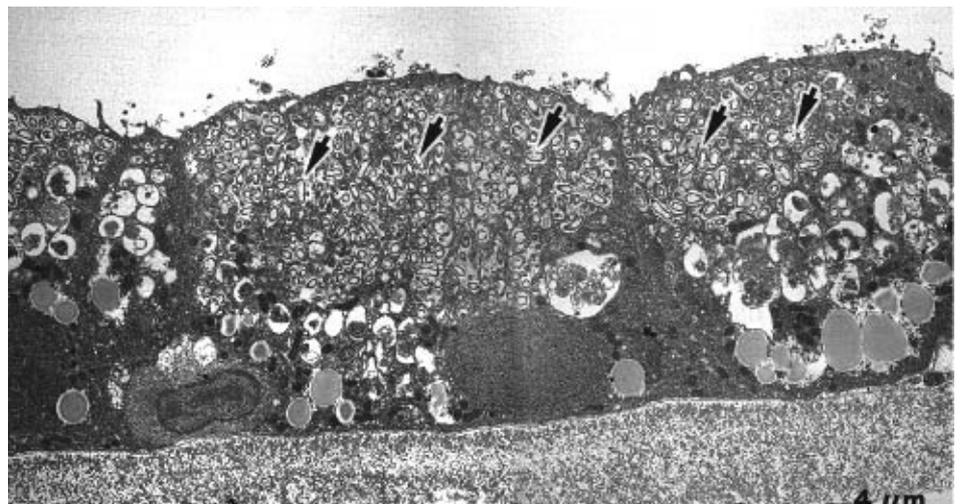
電子線を試料に照射し、試料を透過した電子の分布像を蛍光板上で観察することができます。また必要に応じてフィルムやCCDカメラにて記録することができます。主に試料の内部構造を観察することができます。電子線は物質を透過する能力が低いいため、試料を薄く(100ナノメートル(1ナノメートル=百万分の1ミリメートル))しなければなりません。JAMSTECでは主に深海生物の細胞や細菌の鞭毛を観察するために使われます。

### 細菌とその鞭毛構造



これは細菌(矢印)とその鞭毛構造(やじり印)を透過型電子顕微鏡で観察した写真です。複数の鞭毛が生えている様子を鮮明に見ることができます。JAMSTECでは[熱水噴出孔](#)や冷水湧出帯などから、多数の新種の細菌を報告しています。新種の細菌を報告する際には細菌の運動器官である鞭毛(その数や生え方)を調べる必要があります。これまで多く利用されています。

### シンカイヒバリガイの鰓(えら)の細胞





これはシチヨウシンカイヒバリガイの鰓(えら)を透過型電子顕微鏡で観察した写真です。鰓の細胞内に多数の細菌が分布しています(矢印)。シンカイヒバリガイ類は世界各地の[熱水噴出孔](#)や冷水湧出帯など非常に特殊な環境に分布する二枚貝です。一般的な二枚貝とは異なり鰓の細胞内に化学合成細菌(硫化水素やメタンを利用して有機物を作り出す細菌)を共生させており、自らのエネルギーをその細菌から得ている点が通常の二枚貝と大きく異なります。いわば細菌の牧場を細胞内に持っているようなものです。このような様子をこの写真から読み取ることができます。(試料提供: 極限環境生物圏研究センター 藤原義弘 研究員)

コラムトップページ

走査型電子顕微鏡(SEM)で見る

透過型電子顕微鏡(TEM)で見る

電子線マイクロアナライザー  
(EPMA)で見る

## 電子線マイクロアナライザー(EPMA)で見る

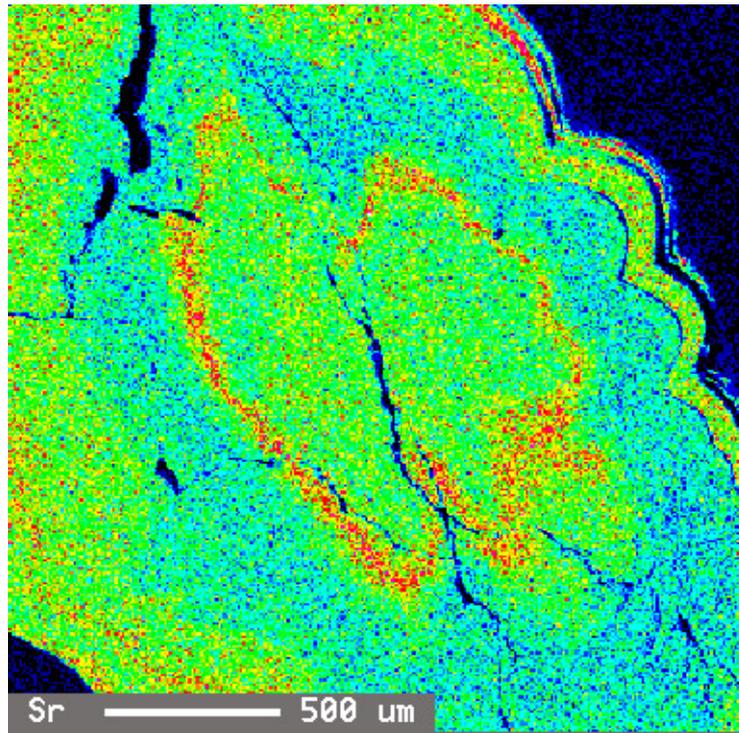
電子線マイクロアナライザー(EPMA)



電子線を試料に照射すると、試料から特性X線、二次電子や反射電子等が放出されます。特性X線は元素によって固有の波長を持っています。このX線を様々な検出器で検出することにより、試料の元素組成の濃度や元素の分布などを調べることができます。また特性X線の検出と同時に試料から発生する二次電子、反射電子を検出することにより、分析点を確認できます。JAMSTECでは主に鉱物の元素組成やその分布を調べるのに使われています。

### 生物系

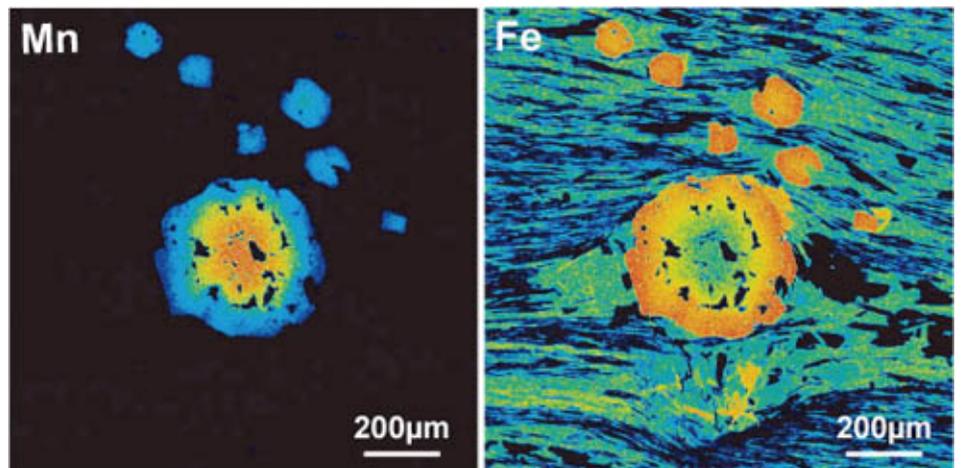
ワカサギ耳石中のストロンチウム(Sr)分布像



これはEPMAによるワカサギ耳石中のストロンチウム(Sr)という元素の分布像です。魚類の頭部には石灰質で出来た耳石と呼ばれる石粒のような構造物が存在します。耳石は、周辺環境中の成分を取り込みながら中心から外側に向かって成長します。そのため、断面をみると樹木の年輪のような形になります。ストロンチウムという元素は河川では濃度が低く、海では高いことが知られています。ワカサギの耳石をみると、ストロンチウム濃度が高い(写真中のオレンジ～赤色)部分と低い部分がリング状になっています。つまり、ワカサギは海で生育した時期と川で生育した時期があることを示します。このように耳石を詳しく調べることにより、ワカサギが川と海をどのように回遊しているのかを知ることができます。(資料提供: 東京海洋大学教育学研究室 佐々木剛 准教授)

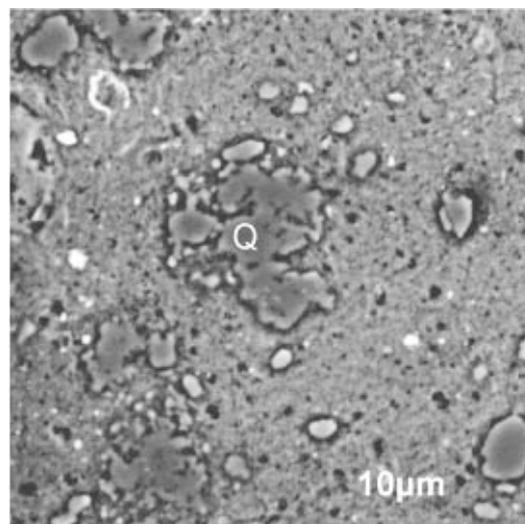
## 地質系

### ヒマラヤざくろ石(1月の誕生石ガーネット)の元素マップ



これは、ヒマラヤ山脈の変成鉱物(地下深くで温度圧力条件が変化して、新しくできた鉱物)のざくろ石です。中心から外側に向かって、マンガン(Mn)が減り(赤→青)、鉄(Fe)が増えて(緑→赤)います。このような元素の変化と、周囲の鉱物との化学反応式から、ざくろ石が成長した際の温度圧力条件を推定することができます。ここでは、成長中に温度圧力が上昇したことが明らかとなり、現在ヒマラヤ山脈の地表にある岩石が、かつては地下深くへもぐり込んでいたことが分かりました。(試料提供: 地球内部変動研究センター 山口はるか 技術研究副主任)

### 地震の化石シュードタキライトの反射電子像



地震のような高速の断層運動が起きると、岩石は破壊するだけでなく、摩擦熱で溶解することがあります。これは、世界で初めて発見された海溝型地震(スマトラ沖や十勝沖地震など。兵庫県南部地震などの内陸地震に比べマグニチュードが大きいのが特徴)の化石とされているものです。全体に分布する明色のもやもや部分が鉱物が熔けて結晶構造を失ってガラス質になった部分です。無数の小さな穴は、気泡と考えられます。石英Q(暗色)の縁辺部は複雑に入り組んでおり、熔けかけたことを示しています。(試料提供: 地球内部変動研究センター 氏家恒太郎 研究員)