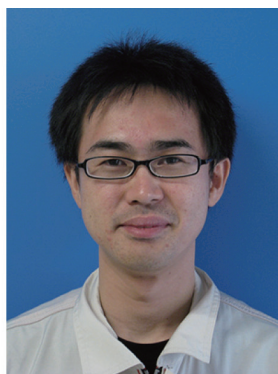


## 超高压走査透過電子顕微鏡で毛髪メラニン内部の 3D 構造が明らかに

ホーユー株式会社 総合研究所 今井 健仁

名古屋大学エコトピア科学研究所 超高压電子顕微鏡施設 荒井 重勇, 樋口 公孝, 山本 悠太



(左から) ホーユー株式会社 総合研究所 今井 健仁,  
名古屋大学エコトピア科学研究所 超高压電子顕微鏡施設 荒井 重勇, 樋口 公孝, 山本 悠太

ホーユー株式会社(名古屋市東区)は名古屋大学エコトピア科学研究所との共同研究により、毛髪の中に存在するメラニン色素の三次元構造観察と、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ました。

名古屋大学エコトピア科学研究所に設置されている超高压電子顕微鏡は、除振台、鏡筒部、100万ボルトの高電圧発生部から構成され、総重量330トンにもおよぶ巨大な電子顕微鏡です(図1)。超高压電子顕微鏡ではナノレベルの観察ができるほか、電子線の透過性が高いため測定物の内部が観察しやすいという特徴もあります。特に今回は、走査透過型とよばれる最新の観察方式を利用したことが観察成功の決め手となりました。毛髪の中にはメラニンとよばれる黒い色素が存在し、メラニンがないと白髪になります。従来、数々の観察手法を用いてもメラニンの内部構造や化学組成の詳細は不明でしたが、今回、超高压電子顕微鏡を用いてメラニンの内部構造を明らかにすることに成功しました(図2)。

また、ヘアカラーで髪を明るくしていくと、メラニンの外側からではなく内側から壊れていく様子も観察されました。この研究成果は、第73回日本化粧品技術者会研究討論会[1]にて発表いたしました。これらの研究成果を元に、必須アミノ酸であるスレオニンにヘアカラーの色

持ちを向上させる効果が見いだされ、今後の商品開発に応用していく予定です。

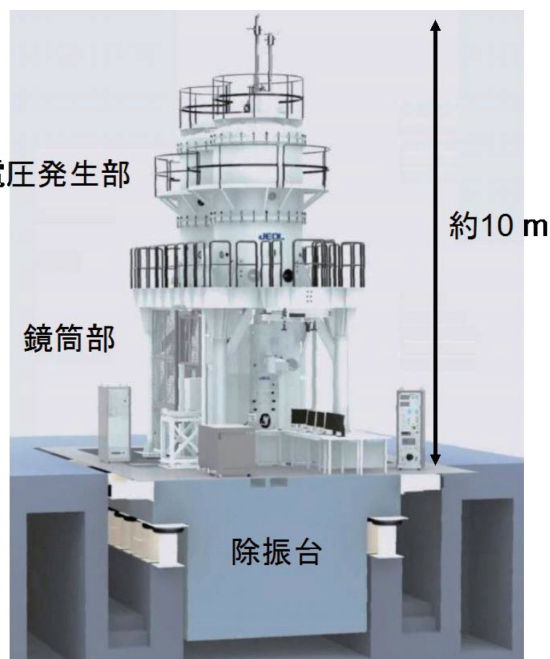


図1 超高压電子顕微鏡 (JEM1000K RS)



## 1. 研究の背景

メラニンとは毛髪以外にも、皮膚、目の虹彩など体に広く存在する色素です。メラニンを含む毛髪が黒髪で(図3)、加齢やストレスなど何らかの要因でメラニンが作られなくなると白髪として生えてきます。白髪予防の点からもメラニンについては現在でも広く研究されていますが、白髪になる原因についてはまだ十分に分かっていないのが現状です。さらに、メラニンはヘアカラー(白髪染め、おしゃれ染め)の染まりにも重要な役割を担う一方で、ヘアカラーの染毛性[2]や毛髪のダメージ[3]にも関わっていることが近年明らかになっています。しかし、メラニンは直径1ミクロン以下と極めて小さい上にあらゆる溶媒に溶けないため、構造観察や組成分析は非常に困難でした。電子顕微鏡においても、通常の加速電圧では電子線がほとんど透過しないため、メラニンは黒く映るだけで内部構造までは確認できませんでした(図4)。

### 1.1 ヘアカラーのしくみ

一般的なヘアカラーは、「染色」と「脱色」の二つの作用を有しています。染色とは髪にさまざまな色を入れる作用で、脱色(ブリーチ)とは毛髪のメラニンを一部壊して髪を明るくする作用です。たとえば黒髪を赤茶色に染めようとする場合は、絵の具と同じように黒色に赤茶色を混ぜても赤茶色にはなりませんので、脱色作用で黒髪を茶色まで明るくすると同時に、赤い色を入れて赤茶色の髪色に仕上げます。

このように、日本人のような黒髪をさまざまな髪色にするためには、ヘアカラーに含まれる脱色作用、つまりメラニンを壊して髪色を適度に明るくするという作用が重要となってきます。



## 2. 実験方法

### 2.1 超高压電子顕微鏡

正式名称は「反応科学超高压走査透過電子顕微鏡」(日本電子製 JEM-1000K RS)で、除振台(地下1階)、鏡筒部および制御部(地上1階)、100万ボルトの高電圧発生部(2階)から構成される高さ10メートル、総重量330トンにもおよぶ巨大な電子顕微鏡です(図1)。走査透過モードでは、100万ボルトに加速された電子線を細く絞って試料を照射し、順次X-Y方向に走査しながら、透過・散乱した電子を検出して微細な構造を画像化します。電子の波長が極めて短いため、1ナノメートル以下という物質を構成する原子のオーダーまで観察できる分解能があり、また、本来真空である電子顕微鏡内の試料近傍に各

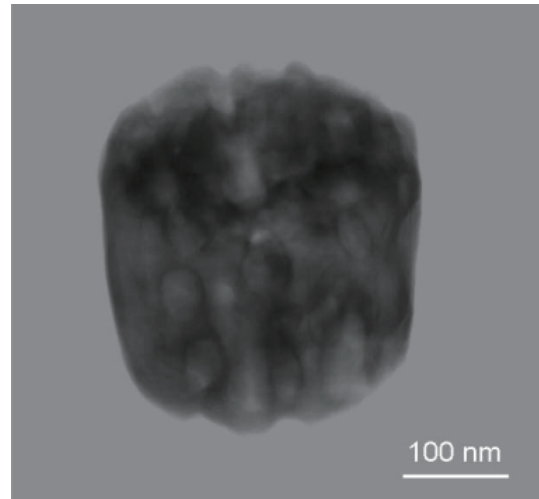


図2 毛髪メラニンの3D構築像  
(動画 <http://www.youtube.com/watch?v=KLucX3QMaPs>)

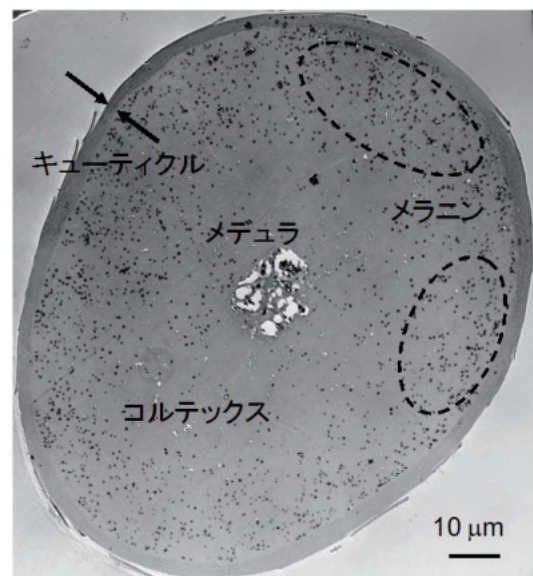


図3 黒髪の横断面像(無数の黒い点がメラニン)

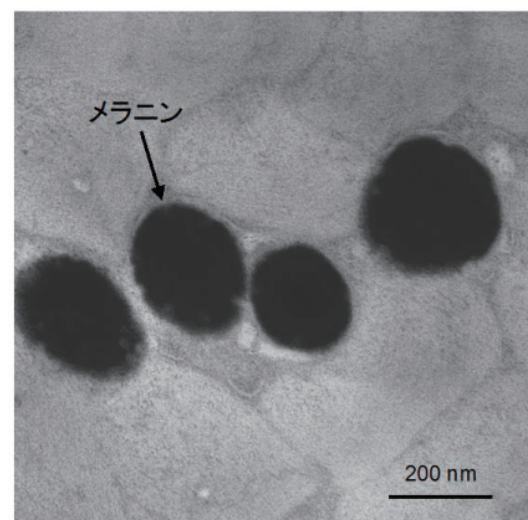


図4 100kV電子顕微鏡によるメラニン像

種ガスを0.1気圧程度まで導入することも出来、燃料電池、光触媒など世界最先端の研究に利用されています。毛髪のような生体試料では強い電子線を照射すると試料自体が壊れてしまうため、電子線を走査させることにより試料への負荷を減らす事が出来ます。また、電子線を適度に透過させてエネルギーを逃がすような厚さの試料を作製したりするなどの工夫も必要となります。

試料として毛髪をエポキシ樹脂で固定したのちにダイヤモンドナイフできわめて平滑な毛髪の横断面切片を作製し、電子染色等の処理を施して超高压走査透過電子顕微鏡で観察しました。毛髪切片を-70度から+70度まで2度ずつ傾けながら約70枚の観察像を取得し、コンピュータ上でメラニンの三次元像を構築しました。



### 3. 結果

メラニンには、球状の部分と毛髪の縦方向に規則性を

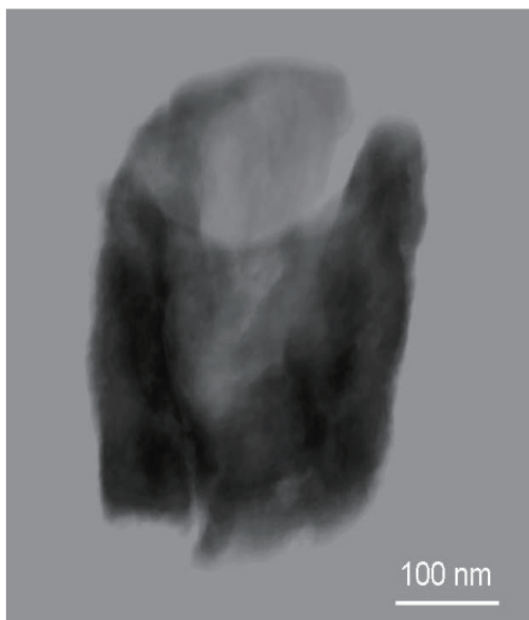


図5 メラニンの分解過程 (3D 構築像)  
(動画 [http://www.youtube.com/watch?v=clxJFxp\\_68](http://www.youtube.com/watch?v=clxJFxp_68))

もった構造を有していることが分かりました(図2)。ヘアカラーで少し明るくした程度の毛髪ではメラニンの構造はあまり変化しませんでした。より明るくした毛髪ではメラニンの外側からではなく、内部から先に壊れていくという意外な様子が観察されました(図5)。



### 4. 今後の展開

最近当社が発表した研究からヘアカラーの染料はメラニンに多く染まることになっており[2]、脱色作用によりメラニンが壊れると染料も流出し、ヘアカラーの色持ちに影響することが予想されます。アミノ酸の一種であるスレオニンにその染料が毛髪外へ流出するのを抑制して色持ちを向上させる効果も見いだされ、今後の商品開発に応用していく予定です。



### 参考文献

- [1] 今井健仁, 荒井重勇他:「超高压電子顕微鏡を利用した毛髪微細構造の観察」第73回日本化粧品技術者会研究討論会, 2013年11月29日, 東京
- [2] T. Kojima *et al.*, Dyeing regions of oxidative hair dyes in human hair investigated by nanoscale secondary ion mass spectrometry, *Colloids Surf. B*, **106**, 140-144 (2013)
- [3] T. Imai, The influence of hair bleach on the ultrastructure of human hair with special reference to hair damage, *Okajimas Folia Anat. Jpn.*, **88**, 1 (2011)

※本記事は、ホーユー株式会社のウェブサイト (<http://www.hoyu.co.jp/corporate/news/2013/1202/index.html>) を基にしています。

(名古屋大学 丹司 敬義)



nanoplat

#### 【お問い合わせ】

微細構造解析プラットフォーム

名古屋大学

☎ 052-789-3631

E-mail [nanoplat@nagoya.microscopy.jp](mailto:nanoplat@nagoya.microscopy.jp)

ホームページ

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