

学部・研究室
レポート

大学の学部・研究室の
「今」を紹介します



目に見えない世界を知りたい！ 極小の世界の面白さ

摂南大学 理工学部 電気電子工学科 教授

井上雅彦さん

物の表面の性質を研究する表面物性工学。そして、その研究に必要な、ナノ単位での分析測定。今回は、それらの研究を行いつつ、小学生にも扱える小型の電子顕微鏡の開発にも力を入れている、摂南大学の井上雅彦先生に、研究の内容や取り組みについて、さまざまなお話を伺いました。



試作中の走査型電子顕微鏡



イオンビーム装置



電気や情報の複合技術を学ぶ 電気電子工学の世界

電気電子工学とは、どんなことを研究するところなのですか。

電気系の学問は、大きく分けて4つの分野があります。具体的には、電気電子、情報、通信の4つです。大学によつては、それぞれが独立して学科となっているところもありますが、当大学では、この4分野がひとつの学科に集まっています。

例えばですが、赤外線の出るリモコンを操作して発光ダイオードを光らせるといっておもちゃを作ったとします。これに必要な発光ダイオードは、電子工学の分野のものです。制御に使うICやソフトウェアは情報工学ですね。赤外線のパルス信号、これは通信工学の分野です。動かすのに使うバッテリー部分は電気エネルギーです。ひとつのおもちゃを作るのにも、この4分野すべての技術が必要なのです。これはひとつの例ですが、通常、我々が利用している技術というのは、複合技術であることがほとんどです。そういう意味で、当学科では、これらの技術を広く学べるように、と考えています。

先生のご専門の表面物性工学とは、どのようなものでしょうか。

私が担当している表面物性工学は、物性工学のひとつです。物性工学とは、物質が持っている性質利用について研究する分野で、特に私の場合は、物質の表面に視点を置いています。

大前提の話はしますが、材料というのは、大きく分けてふたつの使い方があります。ひとつは構造材料として使うもの。柱とかそういうものとしてですね。もうひとつは機能材料といって、材料に何らかの働きをさせるものです。後者の機能材料において、その働きをさせるのに重要なのが、物質の表面なのです。物質が、外界と何らかのコンタクトを取る際、そのコンタクトは、表面を介して行うこととなります。そこがポイントなんです。

身近な例で言うと、コーヒーに角砂糖を溶かすと思います。できるだけ早く溶かそうと思うと、どうしますか。角砂糖を砕きますよね。そうするとなぜ早く解けるのかというと、角砂糖が表面から溶けるからです。四角い角砂糖をふたつに砕いた場合、今まで内側だったところが表に出てきて、表面積が増えますね。表面積が2倍になれば、2倍の速さで溶けるのです。さらに割

ると、そのスピードはもっと速くなります。このように、物質の表面は、反応と密接に関係しています。

さらに例を挙げるなら、鉄と錆びについてです。錆びるといのは、空気中に含まれる酸素や酸素ガスと反応して酸化物になるといことです。これも、先ほどの例と同様に、表面から錆びていきますよね。内側から錆びるといことは、まずありません。つまり、この表面をガードしていれば、錆はつかないのです。だから、錆止めを上から塗ったりもしますね。

では、それをしないで錆びない物質があるのですが、ご存知でしょうか。ステンレスです。ステンレスのステンというのは、錆のことを表します。正式にはステンレススチールですが、つまり錆ない鋼という意味で、主成分は鉄なのです。そして中に、ごく微量のクロムとニッケルが含まれています。18%のクロムと8%のニッケルが含まれているという意味です。鉄には特殊な性質があつて、そういう混ぜものをした場合、ごくわずかに含まれる不純物が、しばらくすると表面に浮かび上がってくるのです。大多数のものが少

数のものを追い出すんですよ。すると表面にクロムの膜ができます。実は、このクロム自体は錆びやすいのですが、酸化クロムは透明で、実に安定した物質なのです。そして、その膜に傷が付いたら、内側からクロムが出てきて即座に空気中の酸素と結びつき、膜を修復するという自己修復機能もあります。ですから結果的に、ステンレスは錆びないのです。

また、物性工学では、異なる物質が接するそれぞれの境界になる表面を界面といい、研究対象としています。半導体のデバイスも、異なる半導体の界面を合わせたその境目で、あらゆる働きをさせるといふシステムになっていきます。表面・界面は、物質の機能を発揮させるためには、とても大事なものなのです。

その表面についての研究として、ナノ単位のもの測るための技術も研究されているんですよ。

そうですね。工学、理工学というもののづくりの分野では、絶対に必要な技術があります。それは、分析、測定、計測という技術です。1mのものを作ろうと思ったら1mを測れなくては行けないのと同じで、原子10個を積もうと思えばそれを測れないといけません

ん。私の研究では、物質の表面の原子や分子などの計測も扱っています。

原子や分子は、非常に小さい世界です。だから、どんな道具を使って計測するかというと、やはり小さいものを使います。イオンとか電子とかですね。それらを測りたいものにぶつけて、反応を見て、測定するのです。

表面を分析するためにはまず、電子やイオンビームを当てて、どんな反応があるのかを確認します。言ってみれば、スイカをたたいてその反応、音によつて中を調べるような感じですよ。実際には見ることができないから、イオンビームなどを当てた反応で、物質の状態を知るといふのが基本です。そして、表面分析技術では、表面の原子一層部分が測れます。原子1個は0.1ナノメートルです。

これでは表面しか測れないのですが、イオンビームは原子より重たいので、ビームを当てると表面を剥がすことができます。どれくらいのイオンビームをぶつけるとどんな元素が、何層剥がれるかを把握しておけば、表面からどれくらい深さかどんな元素があるかということ調べられ、我々のやっている研究になります。

その時に問題になるのが、いかに平らに削るか、なんです。そこで私たち



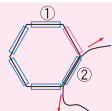
C60(カーボン60) フラーレンを作ってみよう!

カーボン60は、炭素原子60個がサッカーボール型に集まってできあがった、奇跡のように美しい分子といわれています。

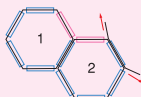
ストローとゴムひもで多面体を作ってみましょう。

① ストローを同じ長さ(3cmくらい)にそろえて切る。ストローは90本必要です。ゴムの長さは360cmくらい。(12個ある五角形の各辺に1回、それ以外のストローには2回通る)ただし、ゴムは伸びるのでこの半分くらいでもOK。

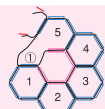
② ゴムひもの中央に最初のストロー①をセットし図のように六角形につないでゆく。フラレンは12個の五角形を含み、このストロー②には両側から合計2回のゴムひもが通る(ピンク色部分は後に五角形になる)。



③ ストロー②を一辺として新しい六角形を作る。これで六角形が2つつながり、最後のストローのところでまたゴムひもがクロスしている。



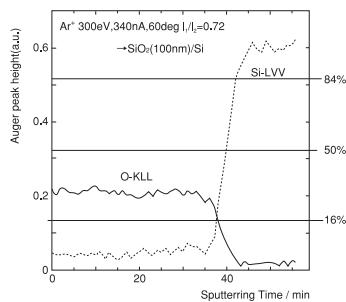
④ 同様に六角形をつないでゆき、5つ目の六角形を作るときには図のように一番最初のストロー①にゴムひもを通す。中央に五角形(ピンク色の部分)ができ、全体がお皿のようにわん曲する。これが最小構造。この要領でサッカーボールを参考に六角形をつないでいく。



参考 URL <http://www.ss.teen.setsunan.ac.jp/c60-straw.html>

摂南大学 理工学部 電気電子工学科
教授・井上雅彦 さん

オージェ電子分光法によって物質表面
(数原子層)を調べた場合



試料である酸化シリコンにアルゴンイオンビームを照射する(グラフ横軸が時間)と、オージェ電子分光法で各元素からの信号の強さが測定できる(グラフ縦軸)。O-KLLというのが、酸素からの信号で、Si-LVVというのがシリコンからの信号。最初は酸化シリコン中の酸素の信号が見えているが、40分くらいイオンビームを照射したところで酸素の信号が弱くなり、代わりにシリコンの信号が強くなっている。これは酸化シリコンの膜が削られて下地の純粋なシリコンが表面に現れてきたことを表している。このように物質に電子ビームをあてて、そのとき物質の表面から出てくる電子の信号を調べることによって表面(厚さ数ナノメートルくらい)にどのような元素があるか知ることができる。

が今、活用しようとしているのが、カーボン60という物質を使ったイオンビームです。炭素原子が60個集まった分子で、サッカーボールのような形をしています。これが非常に重たい分子で、これにより重たいイオンを作ることができます。そして、重たいものを使うほど、その重さが原因して奥に深く入ることが無く、表面は平らに削れるんです。さらに、こういう塊のことをクラスターというのですが、クラスターは、ぶつかるのと、バラバラに広がる性質を持っていきます。だから、表面がまんべんなく削れるのです。それで、なんとかカーボン60のクラスターを用いたビームを作ろうと、学生と一緒に研究をしています。

理科離れ対策の一環として
子どもに扱える電子顕微鏡を！

極小の世界を知る研究といえば、
電子顕微鏡の開発もされているそうですが、
どのようなものなのでしょうか？

走査型電子顕微鏡を使うと対象の表面の形状や凹凸がよくわかるとても迫力のある画像を見ることが出来ますが、装置が大がかりで非常に高価なうえ、操作に専門知識が必要です。

そこで、私たちは今、科学技術振興機構(JST)の支援を受け、企業と協力して、より手軽に使用できるモバイルタイプの走査型電子顕微鏡を開発しています。その目的は、小・中・高等学校でも、身近な学習教材として利用できるようにするためです。

科学への導入として、目に見えないものを見る、というのが、とても良いのではないかと考えました。電子顕微鏡は、今まで見たことのないような画像を見ることが出来ます。アプの複眼や星の砂などを、よく見本に使用していますが、なかなか面白い表情を見ることが出来ますよ。子どもにも扱えるように、操作性も簡単にしています。

屋外に持ち出しての利用もできるように、バッテリーも小型のものを考え

ました。また、電子顕微鏡は、中で電子を走らせるために真空状態を作る必要がありますが、その作業も現在、約5分間に短縮することができています。

まだ開発途中ではあるのですが、安全面なども考え合わせて、良いものに仕上げていきたいと思っています。そして、これを使った子どもたちが、理科や科学に興味を持ってくれたら、大変うれしいと思いますね。

プロフィール

1959年生まれ、愛媛県出身。1986年、大阪大学博士課程工学研究科応用物理学修了。豊橋技術科学大学工学部、名古屋大学大学院工学研究科結晶材料、大阪大学工学部応用物理学科にて助手として勤務した後、1996年より、摂南大学工学部電気工学科で教鞭を執る。応用物理学会、日本物理学会、日本質量分析学会、日本表面科学会、日本真空協会、表面分析研究会に所属。専門は、表面物性工学。



先生からの
Message

見たい、知りたいという興味が新しい世界をひらきます。