

材料科学研究科

Materials Science

川上研究室

ケイ素系高分子のナノスケール構造を制御するー。
前人未踏の領域に踏み込み、
ケイ素化合物の新反応開発、ケイ素系高分子の合成
そして機能材料への展開を目指す。

研究のキーワードのひとつはナノテクノロジー。
ナノスケールにおける結合の特性や構造を制御して
新しい含ケイ素ポリマーをデザインする。

石器が主にフリントと呼ばれるシリカ、すなわち二酸化ケイ素の一種であったことを考えれば、ケイ素と人類との関わりは長い。アポロ計画により月面へ降り立ったアームストロング船長の宇宙服のゴム底は幅広い温度域で柔軟性を保つ“有機ケイ素ポリマー”の一つだった。お菓子の袋に入っている乾燥剤シリカゲルは実は“無機ケイ素ポリマー”である。ケイ素が材料科学の分野で脚光を浴びようになったのは、アメリカのベル研究所の研究員が半導体としての性質に着目し、トランジスタを開発したことがきっかけだった。以来ケイ素はさまざまな場面で活躍を見せている。シリカの形状を制御することで、ゼオライトとしてだけでなく、最近では、シリコンナノチューブとして応用する試みも始まっている。

一般にポリマーの熱物性や光電物性は、それを構成する高分子の分子量や立体化学などのナノスケールの構造に左右される。ケイ素ポリマーについてもそ

れは同じである。しかしケイ素系ポリマーのナノ構造を制御して新しい物性を発現させるという研究は全く未踏の領域であった。そこに新たな一步を踏み出したのが、材料科学研究科の川上雄資教授である。

通常カタカナで表されることが多い“ケイ素”を、川上教授はしばしば“珪素”と漢字で表す。“珪”とは、中国古代、天子が諸侯を封ずる際に与えた玉を指す。

「自分の土地を示すために四隅に置く石、それが珪素のもともとの意味です。自分の宝物という意味があるんですね。私もそんな気持ちから、カタカナではなく、玉偏の“珪”という字を使って“珪素”と漢字で書きます。一般の意味をもつガラスの主成分であるケイ素(珪素)に玉ようになってほしい、それが私の研究に対する姿勢でもあるわけです」。

ケイ素は地球に最も多く存在する元素のひとつ。ガラスや宝石に代表される硬い材料を構成する元素の代表である。その同族元素である炭素は人間の体を構成する主要な元素の一つで、炭素化合物は軟らかさに特徴がある。しかし炭素化合物でも規則正しい構造をとると、ダイヤモンドのように硬い材



料になったり、フラーレンやカーボンナノチューブのように特異な物性を発揮したりする。

ケイ素はどうだろうか。シリコン樹脂やガラスなどさまざまな形で使用されているケイ素だが、それ自体の構造制御、あるいは炭素材料との組み合わせによる構造制御という研究はあまり前例がない。

「軟らかい炭素と硬いケイ素がそれぞれ持つ特長を合わせて、無機元素としてのケイ素に“生命”を与え、新たな特性を生み出すこと。それが私の目指す有機・無機ハイブリッドのナノデザインなんです」。

研究室はケイ素化合物の新反応開発、立体化学制御、分子量制御、そして機能材料への展開に向けて日夜実験と検証を重ねている。

ちなみに川上教授が会長を務めるJAIST公認フットボールサークルの名前は“Chirals(キラルズ)”。部員のキャップには“Si”のロゴが入っている。キラル分子は光学活性があり、液晶などの材料として研究されている。川上教授らしいユニークなサークル名だ。

今までできなかったことを可能にする。
誰かの真似はしない。
それが川上研究室のスタイル。

「他でこんな研究があるから自分もしてみようというのではなくて、自分はこんな考え方を持っているから新しい材料を開発してこんな貢献ができるという観点から研究することが大事。応用だけを目指す研究は本質的な貢献にはなりにくい。なぜそうできるのか基本的な原理を明らかにして応用技術に展開していくことが大学の研究スタンスであるべきです」。

基礎研究を大切にしながらオンリーワンの研究をする、その結果として技術や産業に貢献していく。研究室で開発した反応を利用して新しい材料を開

発する。川上スタイルを体現した研究が実際に工業製品となり市場に出ている。

その一例がコンタクトレンズ、ケイ素-酸素(Si-O)結合の特性を組み込むことで、酸素透過性を大幅に高めたコンタクトレンズだ。

シリコン樹脂は酸素を良く通すが柔軟性に富むSi-Oの結合が長くつながった化合物で、そのため軟らかい性質が生きている。しかし、コンタクトレンズを作るためにはある程度の硬さが必要で、なおかつ気体がよく通る性質が必要である。川上教授は、Si-O結合を枝分かれ型に繋ぐことに成功、この問題を解決した。さらにポリスチレンを結合させることで膜を形作ることが可能となる。有機と無機のハイブリッドである。

これは企業との共同研究プロジェクトであったが、川上教授は「大学の役割はレンズを作るのではなく、レンズを作る材料設計の基本的な原理を提供すること」と強調する。分岐オリゴシロキサンを側鎖に有するポリスチレンの合成、側鎖オリゴシロキサン部位の分子運動性の評価など、科学的なバックグラウンドがあってこそ、酸素を大量に通すコンタクトレンズが生まれたのである。

分岐オリゴシロキサンを側鎖に有するポリスチレンの合成

