

ナノカーボンとバイオの接点

特集によせて

平野 篤

カーボンと言えば、何を想像するだろうか。生物を構成する基本元素を思い浮かべるかもしれないし、低炭素社会やカーボンニュートラルといった解決すべき社会問題と結びつけるかもしれない。いや、鉛筆の芯(グラファイト)のような黒い物体を想像する人も多いだろう。私が初めて見たナノメートルサイズのカーボン(以下、ナノカーボン)の粉末もまさに黒い物体だった。しかし、実はナノカーボンの多くは鉛筆の芯とは異なり、構造の違いによって、赤・橙・緑・青・紫などさまざまな色を呈する。黒くないのである。私が初めて見たあの黒い物体は、実は後になって知ったのだが、さまざまな色のナノカーボンの混合物だったのである。炭素原子のみから構成される物質であるにも関わらず、ナノカーボンには不思議な世界が広がっている。

本特集ではフラーレン、カーボンナノチューブ(CNT)、カーボンナノホーン(CNH)の3つのナノカーボンと生物学の接点について紹介する。「接点」としたのは、ナノカーボンを生物学へ応用した研究もあれば、逆に、生物学の技術をナノカーボン研究に応用した研究もあるからである。本特集の著者は、物理学・化学といった材料科学分野の出身者と、歯学・薬学・微生物学といった生物学あるいはそれに近い分野の出身者で構成されている。生物学とナノカーボン研究が接する融合領域に位置する研究は、異分野の研究者らによって相補的に進んでいる。

構造の違いによってナノカーボンが色を変えることはすでに述べた。言い換えれば、これはわずかな構造の違いによってナノカーボンの電子状態が多様に変化することを意味する。電子状態は化学反応性に深く関わっているため、ナノカーボンの構造を適切に設計すれば、化学反応を制御することが可能である。たとえば、フラーレン誘導体を神経細胞の細胞膜内へ導入し、そこへ光照射することで神経発火を誘発することができる(本特集、高野)。また、フラーレンは自己集合する性質をもつ。その性質に基づき設計した高次構造体を、細胞分化や薬剤輸送の材料として利用することもできる(本特集、南)。細胞分化は、CNTやCNHなど、その他のナノカーボンを用いた場合でも観察される。特にCNHはマクロファージを介した骨芽細胞の分化を誘導し、骨再生を促進する

機能をもつようだ(本特集、平田)。さらに、CNHは大きな表面積をもつ球状の自己集合体を自発的に形成する性質をもつ。この自己集合体を薬剤輸送のキャリアに応用する研究も進められている(本特集、中村ら)。ところで、CNTは、フラーレンやCNHとは異なり、可視光を吸収して近赤外光の蛍光を発する特徴をもつ。その蛍光波長が生体の光透過性の高い領域(いわゆる「生体の窓」と一致すれば、CNTをバイオイメージングに利用することも可能である(本特集、蓬田)。このようなナノカーボンの生体内での物性や動態を厳密に制御するためには、生体内で形成されるナノカーボンとタンパク質の複合体(タンパク質コロナ)の構造やその形成機構の理解も欠かせない(本特集、岩下ら)。さて、上記の研究はナノカーボンの生体内利用を見据えているが、生体外利用を目指す研究も活発に進められている。CNTを利用した柔らかいトランジスタなど、体に密着可能なフレキシブルデバイスはその代表例である(本特集、関口)。デバイスに使われるCNTの特性を最大限に活かすためには、合成時の「黒い」CNT混合物の中から特定のCNTを高純度かつ大量に分離する技術も欠かせない。生物学で多用されているDNAやタンパク質の分離技術がCNTの分離に転用できることが明らかになっている(本特集、田中)。

ナノカーボンと生物学の接点における研究は現在世界中で活発に行われている。本特集では、対象をフラーレン・CNT・CNHに絞ったが、グラフェンの研究も精力的に進められている。近い将来、想像すらできない新たな応用が提案されるかもしれない。ナノカーボンがどう色付くかは、まさに今後の研究にかかっている。本特集によって、ナノカーボンの潜在性と魅力が生物工学分野の研究者にも伝わり、ナノカーボンと生物工学の学際研究が一層活発になれば本望である。宇宙の星間物質の研究の中でフラーレンは発見され、そのフラーレンの研究の中でCNTが発見された。次は生物工学との接点でのハイインパクトな発見を期待したい。フラーレンの発見者の一人でありノーベル賞受賞者であるR. E. Smalleyが在籍していたライス大学の研究室の壁には、彼のスローガンが書かれている。“Be a scientist – save the world.”