

ナノスケール分子の相互認識能力による
ボトムアップストラクチャリング

—究極の物質機能開発手法として—

ナノICTグループ 分子フォトニックプロジェクト
主任研究員 田中 秀吉

ナノテクノロジーの技術的進歩により、物質やデバイスを原子一個一個から任意に作り上げていくことも夢物語ではなくなった。1992年にIBMの研究者がニッケル金属の清浄表面にキセノン原子を並べて描いた原子文字はまさにそれらが現実のものとなりつつあることを世間に知らしめた*。これらは一般に「ボトムアップストラクチャリング」と呼ばれる、ナノテクノロジーが描く近未来コンセプトのひとつである。これらは物質科学やデバイスプロセスにおけるこれまでの研究・開発スタイルを根本から変えてしまう可能性を示しており各方面で盛んに研究が進められている。しかし、現実の物質はきわめて膨大な数の原子から構成されておりこれらをひとつひとつ並び替えて目的とする構造体を作り上げるには途方もない手間と時間がかかる。

未来ICT研究センターでは、この問題を解決するためにナノスケールの有機分子構造体が有する多様性や機能性、特に自己組織化機能を利用しようとする試みを進めている。

一般にポルフィリンやフタロシアニンといった数百程度の原子から構成される数ナノメートルスケールの有機分子は極めて多彩な構造や機能を有することが知られているが近年の化学合成技術によればその基本骨格や反応性や化学活性を定義する官能基はかなりの自由度をもって設計・合成することが可能である。言葉を代えるならば、化学合成手法によれば目的とする特性を有する機能構造体とその構成原子ひとつひとつをブロックのように精密に組み合わせて個々の分子ユニットのレベルまでならば試験管の中で自由にかつ大量に作れるということである。そして、これらを複数用意して有機分子ユニット間の「自己組織化」と呼ばれる性質を利用することで隣接ユニットの相対配置をある一定の規則のもとに制御、結合させることができれば、ちょうどレゴブロッ

クを組み立てていくような感覚で階層的にナノスケール精度の高次構造を形成することができる。こうして作られた構造はもととなる基本ユニットが原子スケールから意図的に作られているという点に注目すれば、まさに冒頭に述べたような原子一個一個から任意に作り上げられたものと本質的に同じものである。これが分子ナノテクノロジーによるボトムアップストラクチャリングのコンセプトである。

このような自己組織化現象は生体内において普通に行われている「生きる」という機能に極めて近い。生物は外部からの操作なしに構造の基本となる各種物質を取り込み、分子レベルで分解・再構成し、それらが自発的に組みあがることによって高機能な構造体を作り上げている。上述のような分子ナノテクノロジーが目指すパラダイムはこういった一般的な生命活動の模倣であるとも言える。

*D.M. Eigler and E.K. Schweizer: Nature 344, 524 (1990).

化学合成手法による個々の分子ユニットの調整

