

コンビナトリアル合成が開く 金属酸化物の新世界



川崎雅司

東北大学金属材料研究所 教授

他種類の物質を 一度に合成

いま酸化チタンや酸化亜鉛など金属酸化物が新しい機能材料として注目を集めている。ナノレベルで構造を制御することで、従来とは全くことなつた機能を持った素材が次々と生み出されているからだ。

東北大学金属材料研究所の川崎雅司教授は、この分野に「コンビナトリアル合成」という新しい手法を導入し、金属酸化物に新しい可能性を切り開いてきた。そして、この方法で酸化亜鉛による青色発光ダイオードや透明なトランジスタを実現するなど画期的な成果を上げてきた。

「コンビナトリアル合成というのは、簡単にいえば、原子レベルでコントロールされた薄膜サンプルを一度にたくさんつくる技術です。ヒントになったのは、有機合成化学の領域でメリフィールドという研究者が開発したコンビナトリアルケミストリーでした」(川崎教授)

メリフィールド法は、ポリスチレンビーズの表面にリンカーという活性部



酸化亜鉛による青色発光ダイオード

位を植え付け、付加したい分子の溶液に浸けては茶こしですくい取るという作業を繰り返して、逐次的に構成分子を結合させる合成方法だ。このとき溶液の種類や浸ける順番を変えることで、容易に多種類の高分子を作り出すという画期的な手法である。

「この方法で製薬会社の研究員は1人で1日に数十万の分子を合成。創薬の効率を格段に高めました。私たちは、それをレーザー-MBE法という薄膜生成技術に応用したのです」(川崎教授)

レーザー-MBE法は、パルスレーザーで原料となる金属酸化物を蒸発させ、原子レベルで制御をしながら基板上に原料を薄く堆積させる技術だ。このとき基板の前に特殊なマスクを装着することで、基板の部位ごとに組成の異なった試料を生成させることができる。またマスクを移動しながら生成させれば、組成比や生成条件に勾配を持たせた試料が合成できる。

例えば、10種類の条件同士を組み合わせれば、1枚の基板の上に100種類の試料が合成可能になる。これまで研究者のアイデアはあっても、条件の組み合わせが複雑なため実験不可能と考えられたことが、多次元のコンビナトリアル合成を取り入れることで現実のものになるといえる。

研究者の交流により 独創的アイデアを創出

酸化亜鉛による青色発光ダイオードも、そうしたコンビナトリアル合成の成果のひとつだ。酸化亜鉛は直接遷移型の半導体であり、発光ダイオードの

材料となる可能性があると考えられてきた。しかし、ダイオードを作るためにはn型とp型の結晶が必要だが、酸化亜鉛の結晶は不純物や格子欠損から供給される電子の数が多く、天然型はすべてn型になる。p型の結晶を作り出すのが困難なため実現しなかったのである。

「高品質の結晶に窒素を導入すればp型になると考えていましたが、窒素は成長温度が高いと結晶のなかに入らないという性質がありました。しかし、温度を下げると結晶の品質は下がってしまう。その矛盾を解決してくれたのが、コンビナトリアル合成装置で開発した技術。特殊なレーザーを用いて、基板温度400度と900度の上下を繰り返すことでした」(川崎教授)

これによって結晶品質を保ちながら窒素を導入することに成功。作られた発光ダイオードは波長400nm近傍の光を発する青色発光ダイオードであることが分かった。すでに市販されている窒化ガリウムを用いたものと比較して原料コストが低く構造も単純だという特長を持つ酸化亜鉛の発光ダイオード。今後、IT製品から一般照明装置に至るまで、幅広く応用される可能性を秘めている。

「このように研究者のアイデアを現実の世界に引き寄せてくれるのがコンビナトリアル合成。私たちも、この手法を応用して未知の機能をもった新物質の合成に挑んでいきたい」と川崎教授。コンビナトリアル合成は、いま金属酸化物に無限の可能性を与えているといえるだろう。