

ディビジョン番号	16
ディビジョン名	有機結晶

大項目	4. 材料
中項目	—
小項目	4-0-7. 有機半導体

概要（200字以内）

半世紀前に日本・イギリス・旧ソ連で見いだされた有機半導体は、エレクトロニクスの牙城にあるシリコンを筆頭とした無機半導体との相補性が近年とくに着目され、分子エレクトロニクスを担うキーマテリアルとして基礎・応用の双方にわたる研究・開発に注力されている。低分子、高分子ともに結晶性・非晶性材料として多角的な観点から、分子設計、合成、物性についての研究が鋭意展開されており、将来的にも有用な物質群である。



図. ソニーの27型有機ELテレビ試作機

現状と最前線

有機半導体は、半世紀前に日本・イギリス・旧ソ連で、それぞれ縮合多環芳香族炭化水素、フタロシアン、色素に注目して見いだされた。ことに日本では、発見者の赤松、井口、松永らが、半導体の電荷注入や後の金属的有機物や有機超伝導体の発見につながる電荷移動系に早くから着眼していたことは特筆に値する。

一方、シリコンを筆頭とする無機半導体がエレクトロニクスの発展を担ってきたことは言うまでもないが、半導体素子の集積度についての限界説や、近年富みに進歩の著しい大面積平板表示素子やその次の展開などが引き金もしくはブースターとなって、分子のスケールやその柔軟性に期待を寄せた分子エレクトロニクス、最近ではよりストレートに「有機エレクトロニクス」に一層注目が集まっている。そして、その主役を演じるのが有機半導体と言えよう。

有機半導体の研究は、その発見当初から基礎・応用の双方について始まり、低分子の集合体とともに高分子も対象とされ、いわゆる物質開発の特徴的な一分野として認識されるようになり現在に至っている。

有機半導体の研究は、その発見当初から基礎・応用の双方について始まり、低分子の集合体とともに高分子も対象とされ、いわゆる物質開発の特徴的な一分野として認識されるようになり現在に至っている。無機半導体に対する有機半導体の一般的な特徴は、微視的には分散力に代表される弱い相互作用が構成粒子間の結合を担っており、巨視的な大きさの高純度単結晶が

得にくい反面、温和な条件下で薄膜化などの成形が容易に行えることであろう。一方でこの特徴は、電子構造・電荷輸送の観点からは無機半導体のエレクトロニクス利用を支えてきたバンド理論が必ずしも適用できず、ポラロンのホッピング伝導が基本的な描像であるという本質的な問題にもつながっている。ことに、電極と有機半導体あるいは異種の有機半導体が接する界面での電子挙動については、素子動作の基礎に直結する重要問題であり近年その基礎研究に展開が認められるが、本質的な理解はまだ課題として残されている。とはいえ有機半導体の応用研究の発展は目覚しく、かつては電解コンデンサの誘電材料や電子写真の光伝導材料に止まっていた有機物質の実用範囲を打ち破り、とくに光電変換素子の核心を担う動作物質として既に種々の市販機器に用いられている。概要欄の図に示したのはその一例で、2007年初頭に発表された有機発光ダイオード（有機EL）を用いた画像表示装置である。

有機半導体を物質に即して眺めると、有機半導体のプロトタイプとしての縮合多環芳香族炭化水素、フタロシアニン系、色素分子は、それらの誘導体とみなせる物質を含めれば、依然として中心的な位置を占める。低分子については、構造有機化学の分野の寄与による金属的有機物や有機超伝導体の開発に関連した分子や、高分子の研究成果の還元ともみなせるオリゴマー分子がそれらに加わっている。一方、高分子については、ポリビニルカルバゾールなど初期のビニル系分子よりは、主鎖に沿ってのあるいは主鎖と側鎖の間の電子的相互作用が顕著な系へのシフトが認められるようである。また、とくに低分子の場合、結晶が得にくいという前述の一般的な有機半導体の特徴を克服して秩序度の高い分子集合系を実現する努力も重ねられており、有機材料すなわち非晶性材料という一時の捉え方を改めるべきような結果も報告されつつある。

印刷技術による素子形成や、電子ペーパー、電子ウェアなど、一部は既に常識の域に達しつつあるが、それらが完全に実現されれば人間の社会生活は一変するかもしれない。そのような状況に導きうる材料こそ有機半導体と考えれば、分子設計・合成、構造、物性などの各方面でその研究展開が図られていることが理解できよう。

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

1. 白色有機発光ダイオードの実用化、2. 有機半導体の分子設計に係る主要指針の確立、3. 有機半導体の電荷輸送特性の決定要因把握

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

1. 柔軟性に富んだ有機電極基板材料の開発、2. 高い分子配列秩序を備えた有機半導体薄膜の調製法確立、3. 有機薄膜界面の電子準位挙動に関する理論構築

キーワード

有機エレクトロニクス、電子構造、ホッピング伝導、光電変換、構造有機化学

(執筆: 佐藤直樹)