

# 電子工学科電子工学基礎論講座



研究室紹介

吉野勝美\*

## 1. はじめに

本講座は、従来、電子工学科第一講座と呼ばれてきた講座であり、現在は従来の概念を超えた新しい電子素子、デバイス、システムの可能性を探究している。

これまでのエレクトロニクスを支えてきたのはSiを始めとする無機系材料からなる素子、デバイスであったが、これらに限界が見え始めたと考えられている。一方、これに対して分子、高分子などの有機系材料は殆どエレクトロニクスの主役とはなりえなかったが、またそれが当然と考えられてきた。この様な背景の中で、有機系分子、高分子材料の中に常識を打ち破るものがあるのか、電子、光等の外に第3、第4の情報伝達、処理、論理演算等の手段の可能性があるか等を主題として研究を進めている。

人間の頭は岩石の主成分であるSiの様な無機物でなく有機物でできていて、しかも極めて高度の働きをしている。Siでできているもの程度の働きしかできないのが、まさに石頭と云えよう。また、蟻や蝦の如き極めて小さな生物が、考え、記憶し、動き、飛び回り、子孫をつくり情報を伝達するという多様な極めて高度の機能、働きをしている事からも明らかな様に、有機素材、分子・高分子材料の中に全く新しい概念の素子、デバイス、システムの可能性が隠されていると考えられる。当講座ではこの様な視点から、C、H、N、O等の元素からなる分

子・高分子系の材料を中心として、その電子的、光学的、磁氣的性質を明らかにすると共に、新しい素材を分子設計、開発し、優れた新しい概念の機能素子、デバイス、システムの可能性を追求している。

## 2. 研究の概要

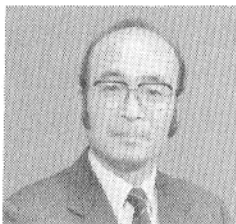
以上の様な考え方で進めている最近の主要な研究課題と成果は次の通りである。

### (1) 共役系高分子に関する研究

高分子は従来電気の流れない絶縁体と考えられてきたが、分子構造によっては半導体、金属、更には超電導体も可能である。

共役系高分子とは、高分子の主鎖の炭素が単結合と二重結合で交互に長くつながった物質であり、これを共役系が発達していると言う。理想的に共役系が十分に長く発達している高分子は原理的に金属になる筈であるが、実際にはパIELS転移やヘテロ原子の存在、側鎖の存在等様々な理由から、禁止帯幅は0とならず、分子構造を反映する禁止帯幅を有する半導体、絶縁体となる。禁止帯幅として0.5eVから3.5eV余りのものまでがある。ところが、これらの導電性高分子に微量のドーパントと称する物質を入れると、金属に転移する。このドーピングによる絶縁体-金属転移は可逆である。

我々は、(SN)<sub>x</sub>、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリパラフェニレンを始めとする種々の導電性高分子を開発し、その電子物性、光物性を調べ、そのメカニズムの解明を進めた。(SN)<sub>x</sub>は超電導性を示す唯一の高分子であり、電子伝導機構等を解明した。また、その他の導電性高分子ではドーピングによる絶縁体-金属転移に伴う物性の変化とそのメカニズムを研究し、ポーラロン、バイポーラロン、ポーラロンバン



\*Katsumi YOSHINO  
1941年12月10日生  
昭和39年大阪大学工学部電気工学科卒業  
現在、大阪大学工学部電子工学科、教授、工学博士、電子工学、  
TEL 06-877-5111

ドモデル等で説明してきている。

一方、これらの導電性高分子の有する特異な物性を生かした様々な機能応用を提案し、その基本的特性を明らかにしてきている。特に、絶縁体-金属転移を利用するディスプレイ素子、各種新型ダイオード、FET等の電子素子、エネルギー変換素子、光記録素子、記憶素子、各種センサ、電磁シールド材、電池等を始め多くの素子を提案し、実証した。中でも分子構造の外場、外的因子による動的変化に伴う光学的性質の変化を利用するサーモクロミズム、ソルバトクロミズム、フォトクロミズム、メカノクロミズム等の現象を見出した事も注目されている。

更に、電気的性質、光学的性質のみならず機械的性質、即ち、その大きさ、形状が大きく変化する導電性高分子ゲルなる新分野を開拓している。これはアクチュエータ、人工筋肉等への応用につながる。

また、絶縁性の分子、高分子を3,000度程度までの高温で熱処理する事によるグラファイト化に伴う物性変化とメカニズムの研究も進めているが、ここでは有名な電気関連研究の原点の一つであるエジソンの白熱電球フィラメントの作製を追試し、現代の技術の目から見て、一体どの様な物質を得ていたのかを探究したり、バクテリアの作製するバクテリアセルロース、更にカニやエビの甲羅を熱処理する等ユニークな楽しい研究も行っている。

## (2) 強誘電性液晶に関する研究

従来、強誘電性は固体のみで可能と考えられてきたが、流動性のある液晶でも、適当な分子設計をする事により強誘電性を付与する事が可能であることがわかってきた。即ち、不斉炭素と双極子を持ち、かつスメクチックC相等を有する液晶は強誘電性を有し強誘電性液晶と呼ばれる。当研究室はこの研究に関しても日本のバイオニアとして注目されてきた。強誘電性液晶は基礎科学的にも実用的にも極めて重要である。

これまで、液晶の分子構造と強誘電性の関係を調べ、DOBA-1-MBC、3M2CPOOB等種々の新しい強誘電性液晶を開発し、どの様な分子構造で大きな自発分極が実現できるかを明らか

にし、実際、世界で最大の値を有するものを得た。

一方、強誘電性液晶の特異な電気的光学的性質を次々と明らかにすると共に、それを生かした、薄層型、DHS型、TSM型を始め種々の新しい電気光学効果とその素子を提案したが、これらは超高速光スイッチ、ディスプレイに応用可能であり、極めて注目されてきている。

また、強誘電性液晶が本質的に非線形効果を発揮せしめるのに向いた構造をしている事に着目し、非線形光学現象、特に光第2高調波発生や、光双安定、光リミッターを始め、様々な光論理素子としての特性を明らかにしてきている。

一方、強誘電性液晶を用いたセンサや、熱電発電、静電変圧器など種々のユニークな新提案を行っている。

## (3) 新機能性高分子

その他、種々の新しい機能、性能を備えた分子、高分子の研究を行っている。

例えば、(SN)<sub>x</sub>を始めとする分子、高分子超電体の研究、分子、高分子強磁性体の研究を行っている。後者では、特に窒素、酸素を含む分子、高分子を熱処理する事によって、強磁性的挙動を示す物質を得る事に成功しているが、オルト、メタ、パラの異性体効果等種々の興味深い現象も見出ししている。従来の無機系強磁性体が遷移金属や希土類金属の3d電子、4f電子のスピンの由来するものであるのに対し、この分子・高分子強磁性体は2p電子が主役を演じており、基礎科学的にも極めて重要であるが、ドーピングにより、強磁性体-常磁性体転移等も原理的に可能であるので将来は実用的にも意義を持ってくる可能性がある。

また、電場、光等によってその形状、大きさが制御できる高分子の研究にも取り組んでおりアクチュエーター、スイッチ、センサを始め多様な応用展開が可能である。

一方、分子、高分子発光素子、デバイスの研究も進めており、既にポリ(3-アルキルチオフェン)を用いた赤色発光、ポリアルキルフルオレンを用いた青色発光を呈する高分子ELを実現しており、様々な新しい可能性を求めて研究を展開中である。

(4) 極限条件下の分子・高分子の研究

100mK 以下の極低温，超低温，3,000 度を超える高温，10 万気圧を越える超高圧，10 万ガウスを超える強磁場，10MV/cm 以上の高電界での分子・高分子の性質，挙動を研究する実験技術を確立し，既に種々の特異な現象を発見してきている。

また，電気・電子機器，デバイスの絶縁材料としての高分子，中でも極低温での超電導機器用絶縁材料としての画期的材料を求め探究している。

(5) 分子エレクトロニクス

以上の研究はそれ自体極めて重要な意義を持っているが，長期的には，それらの成果を基盤に，従来の Si 等を中心とするエレクトロニクスを超えた，全く新しい概念，素子，デバイスに基づく分子エレクトロニクス実現のための研究を踏み出す事ができる。即ちその第一歩と位置づ

ける事ができると考えられるので，教官，職員，学生一丸となって研究を鋭意進めている。

現在の当研究室の教官・職員は，筆者の外，大森裕助教授，尾崎雅則学内講師，河合壮助手，荒木久技官，石川廣重事務補佐員の五名で，その他，森田成紀博士課程学生を始め二十名近くの大学院，学部学生が所属し研究・勉学に励んでいる。

3. お わ り に

以上，我々の研究室の研究内容等一部を簡単に述べたが，これまでの説明から，まさに学際領域の課題が多い事が理解頂けたと思う。このような研究を行うには電子工学以外の物理は勿論化学，高分子，生物等を始めとする様々の異分野の専門家，研究者との協力が極めて効果的であり，今後，多方面の分野の方々のご協力，ご支援をお願いしたいと思っている。

