

井口洋夫先生の文化勲章ご受章を祝して

静岡大学理学部教授 相原 惇一

東京大学および分子科学研究所の名誉教授であられる井口洋夫先生は、このたび分子科学での卓抜した業績により、栄えある文化勲章を受章されました。先生にゆかりのある者の一人として、心よりお祝い申し上げます。この機会に紙面をお借りして、先生の経歴と業績の一端を紹介させていただきます。

井口先生の略歴

先生は1927年（昭和2年）のお生まれで、1948年に東京大学理学部化学科を卒業され、同大学理学部助手などを経て、1967年に同大学物性研究所の教授になられました。1975年には東京大学を去られ、かねてから創設に尽力しておられた国立の分子科学研究所（岡崎）の教授に就任されました。1987年から1993年までは分子科学研究所所長として、その後の2年間は、分子科学研究所など3研究所を統括する岡崎国立共同研究機構の機構長として、3研究所の発展やわが国の学術文化の振興に全力を傾けられました。現在は、宇宙開発事業団の宇宙環境利用研究システム長として、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」で行う実験の準備に携わっておられます。先生は高校の理科教育にも大きな関心をおもちで、1970年（昭和45年）以来、実教出版において高校化学の教科書の著者・監修者を務めてこられました。



井口洋夫先生の近影（中国新聞社提供）

有機物質の半導体特性の発見

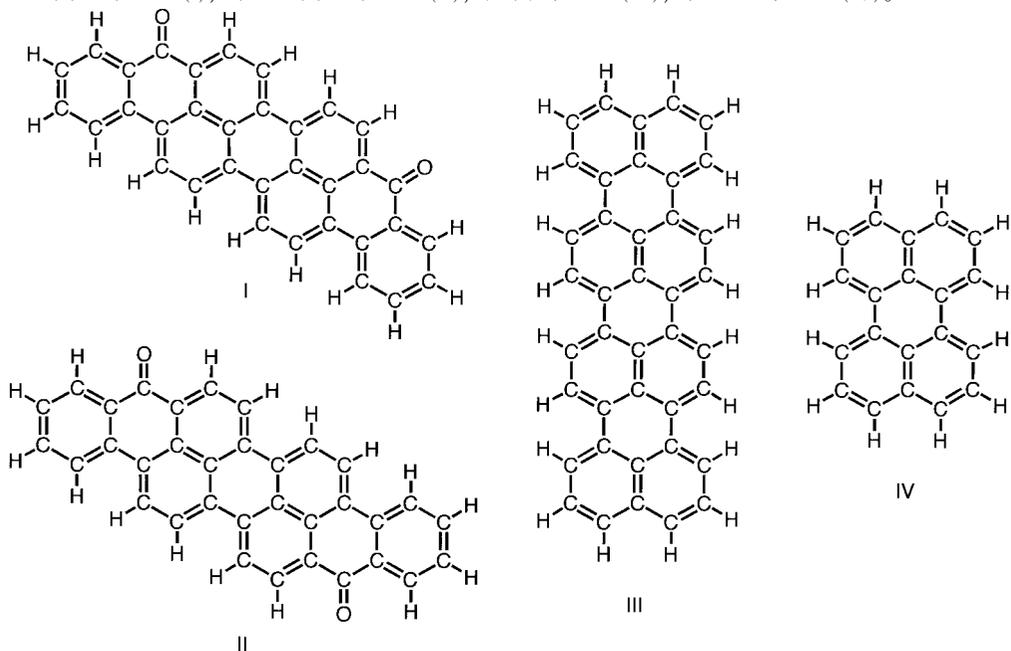
井口先生の最も著名な業績は「有機半導体の発見と、その発展としての有機伝導体、超伝導体への展開、および分子エレクトロニクス分野の先導的開拓」です。今回のご受章もこの業績を対象としたものです。先生が大学を卒業されて間もない1950年（昭和25年）頃は、有機物質は絶縁体であるというのが常識でした。したがって、有機物質には自由電子は存在しないと考えられていましたが、先生はこの常識に挑戦して、努力と忍耐を要する実験を繰り返され、ある種の有機固体がケイ素（シリコン）やゲルマニウムのような半導体特性を示したり、金属のような導体になったりすることを実証されました。

よく知られていますように、炭素の同素体であるグラファイト（黒鉛）は、無数のベンゼン環（亀の甲）が連なった構造をしていて電気をよく流します。井口先生は、いくつかのベンゼン環からなる有機化合物も、分子構造がグラファイトに似ていることから、固体状態でいくぶん電気を通すのではないかと推測されました。先生が最初に着目された物質は、9個のベンゼン環をもつピオラントロン（図1, I）やイソピオラントロン（図1, II）のような芳香族化合物でした。ピオラントロンは木綿などを暗青色に染める高級な建築染料としても使われています。イソピオラントロンはその異性体で、やはり木綿を青紫色に染められます。

有機物が電気を流すとしてもごく微量ですので、エレクトロニクスが未発達だった当時は、その導電性の測定は非常に困難でした。それに加えて、分子量の大きな芳香族化合物の合成や精製も容易ではなかったようです。井口先生はこれらの困難を克服し

図1 代表的な有機半導体

ピオラントロン (I), イソピオラントロン (II), クオテリレン (III), およびペリレン (IV)。



て、芳香族分子が集まってできた固体が電気を流すということを疑う余地なく証明され、さらに、その電気抵抗が温度の上昇とともに急激に減少することも発見されました (図2)。のちに、クオテリレン (図1, III) のような大きな分子からなる固体では、分子と分子の間に酸素分子などの不純物が侵入して導電性を増すこともわかりました。これらの性質はいずれも、無機半導体に特有のものです。そこで、先生は半導体特性をもつ有機固体を有機半導体と名付けられました。

導電性のメカニズムの解明

先生はさまざまな角度から有機物質の導電性を調べられ、有機物が次のようなメカニズムにしたがって電気を流すことを明らかにされました。

芳香族化合物には、パイ電子とよばれる少々身軽な電子が存在します。固体内で十分な熱エネルギーをもらった芳香族化合物の分子は、ある小さな確率で1個のパイ電子を放出します。放出されたパイ電子は固体内で自由電子のように振る舞い、電気を運ぶことができます。一方、パイ電子を失った分子は陽イオンとなります。この陽イオンはとなりの分子からパイ電子をもらって、もとの中性分子になることができます。その場合は、となりの分子が陽イオンとなり…という具合に、陽イオンも固体内を移動

して、電気を運ぶことができます。このように、芳香族化合物からなる固体では、熱エネルギーによって生じた自由電子と陽イオンが電気を運ぶのです。有機物の導電性の発見が遅れたのは、自由電子を作るのにかなり大きな熱エネルギーを必要とし、室温付近で自由電子があまり多く生じないことによりです。

有機導体の発見

井口先生はその後も、研究グループのリーダーとして有機半導体の本質の解明と新たな導電性物質の探索を続けられ、多くの優れた業績を挙げられました。その中で世間から最も注目された研究は、1954年 (昭和29年) になされた有機導体の発見でしょう。ペリレン (図1, IV) を臭素やヨウ素のようなハロゲンの蒸気にさらすことにより、単一成分の有機固体では考えられなかった、金属なみの高い導電性をもつ物質が得られたのです。これは、芳香族化合物とハロゲンが複合体 (錯体) をつくることにより生じる現象でした。それ以来、複数の物質を組み合わせることが、有機物に大きな導電性を付与するための基本操作となり、極低温で電気抵抗が0になる有機超伝導体も、この原理に従って発見されました。先生のグループも同じ原理にもとづいて、数々の新しいタイプの有機導体や有機超伝導体を開発されま

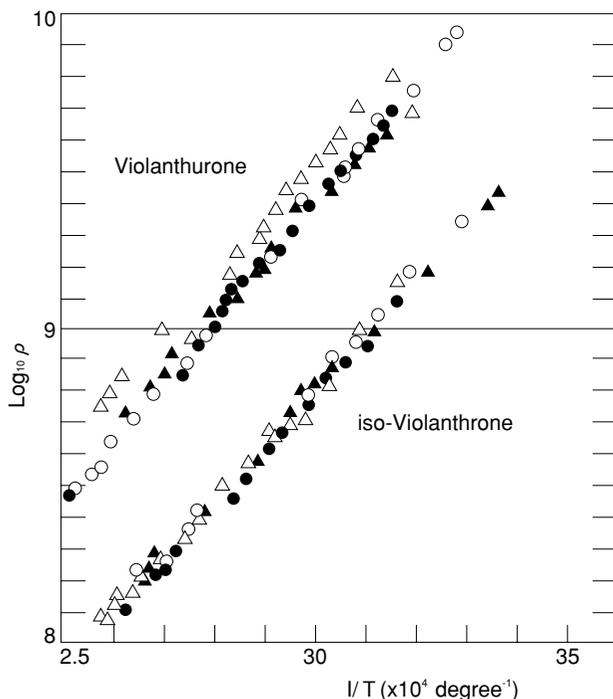


図 2

ビオラントロン (Violanthrone) とイソビオラントロン (iso-Violanthrone) の電気抵抗 (ρ) の温度変化

いくつかの測定条件で得られた結果をまとめて示してある。

した。

導電性有機物質の利用

井口先生が創始され推進された導電性有機物質の研究は、現在に至るまで盛況が続けていて、今では有機超伝導体も珍しくなくなりました。それと並行して、導電性有機物質を利用したいろいろな電子機器の開発も急ピッチで進んでいます。すでに多くの複写機には有機半導体が使われていますし、有機電場発光素子が次世代ディスプレイとして大いに期待されています。導電性ポリマーはコンデンサーなどに使われており、その合成には高分子化合物に適当な物質を添加する方法が採られました。このように、有機化合物をベースにした分子エレクトロニクスは、

私たちの生活に浸透しつつあります。また、分子スケールでの導電性の測定が、ナノテクノロジーの中心的テーマとして注目されています。

先生の受賞歴

井口先生は、これまでの幾多の業績に対して、日本学士院賞 (1965年)、日本化学会賞 (1978年)、藤原賞 (1989年) を受賞され、Kipping Fellow (1984年、英国)、文化功労者 (1994年)、日本学士院会員 (1996)、中国科学院外国人会員 (2000年、中国) にも選奨されました。1994年には、3万余名の会員を有する日本化学会の会長を務められました。このような経緯から考えて、先生の今回の文化勲章のご受賞はしごく当然の成り行きといえましょう。

実教出版の環境図書

定価は2月1日現在、税込

地域からつくるあしたの地球環境 改訂版

B5判/96p./定価 800円

- 高校生を対象とする環境問題の入門書です。

環境工学の基礎 新訂版 地球環境とその保全

B5判/170p./定価1,450円

- 地球環境問題とその対策技術について、やさしく解説したテキストです。