炭素新時代

New Era of Carbon

吉田 善一

京都大学名誉教授

“炭素新時代”には2つの意味が含まれているであろう。

その一つは従来から知られている炭素（ダイヤモンドやグラファイト）についての科学・技術（とくに後者）の著しい発展とそれによる新材料の創出である。次世代高機能半導体素子として注目される気相成単結晶ダイヤモンド膜（スーパーダイヤモンド）で代表されるダイヤモンド膜形成技術はその一例であり、超構造構築技術としても興味深い。ダイヤモンド気相成合法の進歩はまたハードコートを始め、多くの応用分野を開発しつつある。

グラファイトについても、高品質グラファイト作成法やインタカレーション技術の発展がグラファイトに関する従来のイメージを大きく変え、また変えつつある。

白い（無色）炭素、ダイヤモンド（ sp^3 炭素原子からなるアダマンタン骨格の三次元ポリマー）や黒い炭素、グラファイト（ sp^2 炭素原子からなるベンゼン骨格の二次元ポリマーの層状構造体）の作成プロセスおよび構造、物性・機能研究手法の画期的発展はダイヤモンドやグラファイトを先端材料として大きく発展させつつある。まさに炭素新時代といえる。

これに対し、もう一つの炭素新時代とは新炭素時代ともいうべきものである。カルビンと称せられる sp 炭素原子のみからなる炭素がその一例である。しかし、カルビンに関する研究は国際的にも限られており、その科学技術的インパクトは今後の問題であろう。

新炭素時代に最もふさわしい炭素はごく最近における C_{60} を中心とする球状炭素クラスター（フラーレン）の発見である。この新炭素は分子構造のユニーク性に加え、次々と発見される驚異的な物性・機能により世界に大きな衝撃を与えている。ダイヤモンド、グラファイトがダングリングボンドを有する末端のないポリマーであるのに対し、 C_{60} を中心とする球状クラスターは初めての炭素分子である。サッカーボール炭素分子（ C_{60} ）の溶液は魅せられるように美しいパープル色を呈する。

筆者らがサッカーボール炭素分子を世界で初めて予言したのは1970年である。筆者らの研究室では1963年以来三次元芳香族性の研究を行ってきたが、このような系として、正20面体の12個の頂点を切り落してできる切頭20面体の60個の頂点全部に sp^2 炭素原子を置くことにより生ずる C_{60} は 60π 系（ $4n\pi$ 系）ではあるが、超芳香族性のため安定に存在しようと考えた。1985年になり Kroto と Smalley らがグラファイトへのレーザ照射により生ずる蒸気のマスペクトルの中にマスマンバー720のピークを見出し、 C_{60} の存在を示唆したが、1990年 Krätschmer と Huffman らが、グラファイトのアーキ放電により生ずるススから微量ながら C_{60} を単離し、ここで初めて C_{60} が人類の前に姿をあらわすこととなった。

C_{60} の化学的特徴は（1）構造がドデカペントラジアレネン（ペントラジアレネンのドデカマー）であること、（2）反応性がベンゼノイド芳香族とは著しく相異すること、（3）LUMOがTCNEに近く非常に低いこと等である。

最近、チューブ状の炭素クラスターも発見された。これらの新炭素はそのままあるいは誘導体の形で金属や他の元素によるドーピングや金属内包体化することにより電気的、光学的、磁氣的、触媒的機能の上で画期的発見が期待される。さらに、エネルギー材料や医、農業としても大きな期待がもたれる。今後、工業上注目される C_{60} （炭素クラスター）の抜本的製造法の確立により C_{60} を中心とする炭素クラスターやチューブ状炭素クラスターは炭素新時代を支える中心的存在になるであろう。

Zen-ichi Yoshida（自宅 612 京都市伏見区銀座町 4-281）

＜略歴＞1949年京都大学工学部工業化学科卒。京都大学工学部助手、助教授を経て1963年教授、1989年退官、名誉教授。近畿大学教授。