

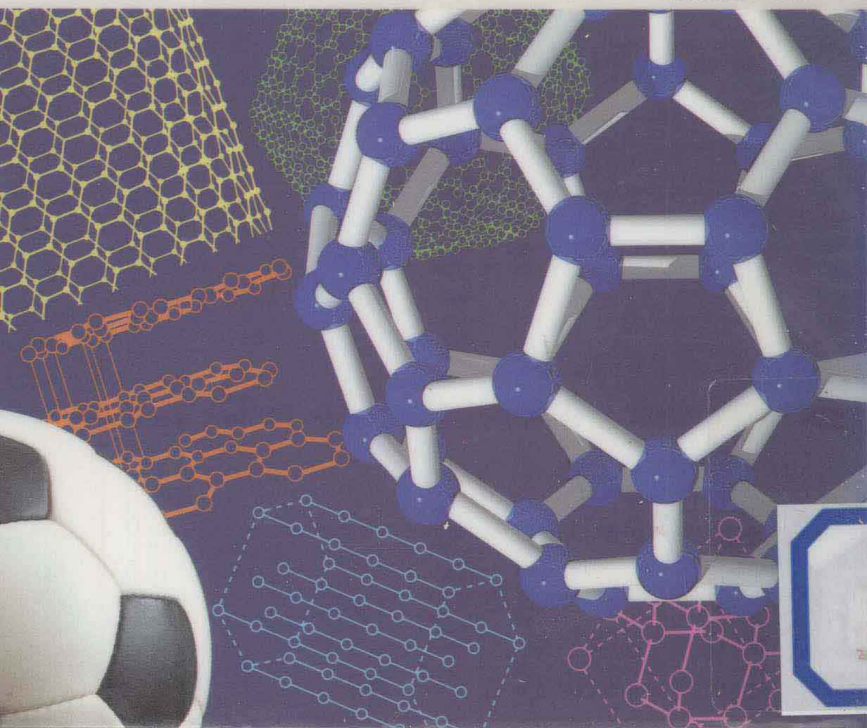
BLUE BACKS

サッカーボール型 分子 C_{60}

フラーレンから
五色の炭素まで

山崎 昶

Yamazaki Akira



N.D.C.435.6 170p 18cm

ブルーボックス B-1168

サッカーボール^{がたぶん し}型分子 C₆₀
フラーレンから五色の炭素まで

1997年4月20日 第1刷発行

著者 やまざき あきら 山崎 昶
発行者 野間佐和子
発行所 株式会社講談社
〒112-01 東京都文京区音羽2-12-21
電話 出版部 03-5395-3524
販売部 03-5395-3626
製作部 03-5395-3615
印刷所 (本文印刷) 豊国印刷株式会社
(カバー表紙印刷) 双美印刷株式会社
製本所 有限会社中澤製本所

定価はカバーに表示してあります。

©山崎 昶 1997, Printed in Japan

落丁本・乱丁本は、小社書籍製作部宛にお送りください。送料小社負担にてお取替えます。なお、この本についてのお問い合わせは、科学図書出版部宛にお願いいたします。

図〈日本複写権センター委託出版物〉本書の無断複写(コピー)は著作権法上での例外を除き、禁じられています。複写を希望される場合は、日本複写権センター(03-3401-2382)にご連絡ください。

ISBN4-06-257168-4(科)

BLUE BACKS

サッカーボール型

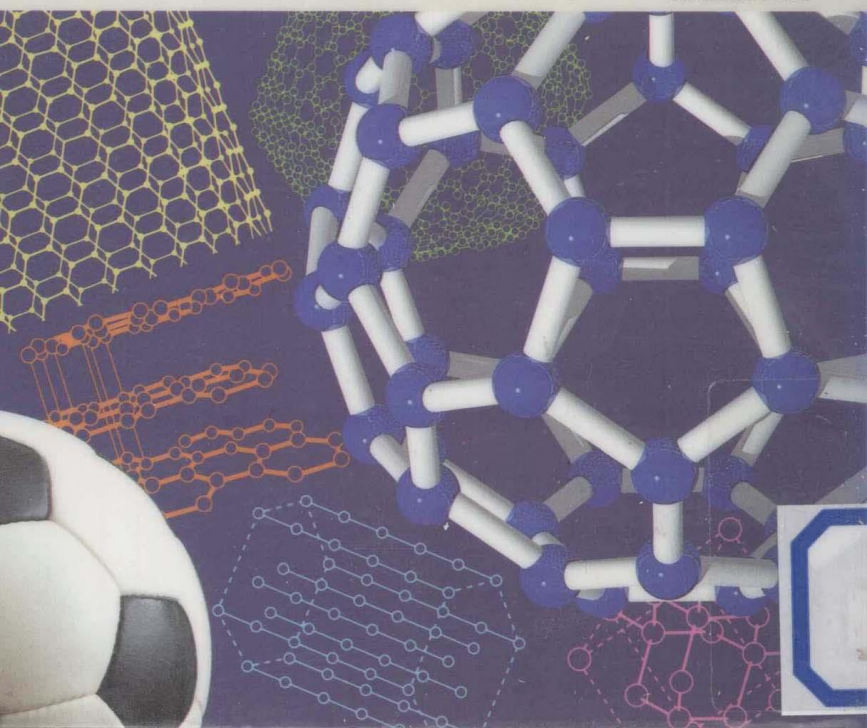
C₆₀

学院图书馆

クラウンから
五色炭素まで

山崎 昶

Yamazaki Akira



ISBN4-06-257168-4

C0243 ¥660E (0)

定価：本体660円

※消費税が別に加算されます。



1920243006609

C_{60} は謎とロマンに満ちた驚異の新物質!!

第I部 フラーレンの発見

- 第①章 新しい炭素分子 C_{60} 発見の衝撃
- 第②章 フラーレンの予言者は日本人

第II部 五色の炭素—フラーレンから木炭まで

- 第①章 赤い炭素
- 第②章 黄色い炭素
- 第③章 青い炭素
- 第④章 白い炭素
- 第⑤章 黒い炭素

第III部 フラーレンと炭素の仲間たち

- 第①章 フラーレンはどのようにできるのか?
- 第②章 "サッカーボール"の仲間たち
- 第③章 夢があるフラーレンの応用
- 第④章 ダイヤモンド
- 第⑤章 グラファイトとカルビン
- 第⑥章 炭素繊維
- 第⑦章 アモルファスな炭素



サッカーボール型分子 C_{60}

フラーレンから五色の炭素まで

山崎 昶 著



ブルーボックス

カバー装幀／芦澤泰偉

本文イラスト／永美ハルオ

本文写真／丸山茂夫、Imperial Press、東レ(株)

本文図版／アドバルーン

はじめに

一九九六年度のノーベル化学賞は、イギリスのサセックス大学教授のハリー・クロートと、アメリカ、テキサス州のライス大学教授のリチャード・スモーリー、ロバート・カールの三人に授与されました。

彼らは炭素六〇個からなる、まったく新しい形をした炭素分子 C_{60} を発見し、それがさまざまな新しい研究分野をひらくことにつながったことが高く評価された結果です。

有史以前から、黒い炭素は私たち人間にとって長いつきあいのある物質で、燃料の木炭や石炭、あるいは墨やインク、鉛筆の原料としても身近なものでした。

科学が発達するにつれて炭素が最も重要な元素の一つであり、炭素原子の同素体がダイヤモンド、グラファイト（黒鉛）、それと無定形炭素の三つであることが明らかになりましたが、クロート教授ら三人が C_{60} を一九八五年に発見するまでは、炭素は「もう調べつくして、新しい研究のタネなど残っていない」とさえ専門家の一部ではいわれたものだったのです。

しかし、「ありふれた元素」とも思われていた炭素の原子六〇個が、サッカーボールそっくり

の見事な形をつくることは世界中の科学者に強烈なインパクトを与え、 C_{60} 研究の大ブームが起きました。現在では、 C_{60} のような構造を持つ炭素の同素体を「フラーレン」と呼んでいます。研究が急速に近づくにつれて、 C_{60} より多い炭素数でサッカーボールに似た構造を持つものや多重構造になったもの、あるいは炭素原子がチューブ状になった「カーボン・ナノチューブ」などが次々に発見され、それらの応用研究も盛んに行われています。もう少し歴史が古く、数十年の歴史があるものの、まだはつきりしたことがわかっていない「カルビン」なども炭素の同素体の仲間入りをしようとしています。

このような新しい視点からの研究が盛んになるとともに、昔から真つ黒なものの代表格であった炭素には、本当に色さまざまなものが存在していることも、この二、三〇年の研究からわかってきました。

フラーレンの発見は、科学史に残る二〇世紀最大の発見の一つであるといわれるのですが、歴史を見ても、まったく新しいサイエンスの分野は、それまで「常識」「定説」とされていたものをくつがえすところから華々しく開けることが少なくありません。

その意味でも、脚光を浴びるフラーレンとともに、黒一色の地味なものと思われる炭素の世界全体をながめておくことが、現在に必要なのではないでしょうか。それが、次の新しい世界

を開くことにつながると思うのです。

一九九七年三月 八王子にて

著
者

はじめに

はじめに 5

第Ⅰ部 フラーレンの発見……………13

第1章 新しい炭素分子 C_{60} 発見の衝撃 14

ノーベル賞につながる三人の出会い／14 炭素原子六〇個の分子はサッカーボールの形になる！
／17 見かけは黒いが有機溶媒に溶けるとワインレッドに／21 マジックナンバー／23

第2章 フラーレンの予言者は日本人 24

スモーリー教授らより一五年も前に／24 英語で書かれなかった予言／26 電子顕微鏡で煤の中
からフラーレンを発見／28 フラーレン研究の「フィーバー」／30 ロマンに満ちた物質／31

第Ⅱ部 五色の炭素——フラーレンから木炭まで……………33

第1章 赤い炭素 35

紅花墨の謎／35 その真相は——／36 紅花の種からの墨／37 「紅花墨」の原料にはフラーレン
が含まれる？／38 蘇東坡は墨に紅を加えた／40



第2章 黄色い炭素 43

炭素原子七〇個以上の分子は黄色に見える／43 世界初のフラーレンの単離？／44

第3章 青い炭素 48

青いダイヤモンド／48 「青いルビー」の真相／50 青墨の正体はフラーレン？／52 墨の色合いは微妙／54 コンテの色／56

第4章 白い炭素 58

炭を飲むと声がかかる？／58 予譲の「炭」は灰だった！／59 ネルトリンゲンの白い炭素／61 白いグラファイト／63

第5章 黒い炭素 67

黒いダイヤモンド／68 石墨／69 糖炭／69 骨炭／70 木炭と白炭／71 獣炭／74 花炭／75 煤／75 チャンネルブラック／77 カーボンブラック／78 天然グラファイト／81 埋もれ木と石炭／82

第Ⅲ部 フラーレンと炭素の仲間たち 85

第1章 フラーレンはどのようにできるのか？ 86

墨の中のフラーレンは——／86 自然に存在するフラーレンは——／89 フラーレンを合成する



／93 フラスコの中でフラーレンを合成できる？／97 C₆₀などのフラーレン構造のでき方は百家争鳴！／100

第2章 サッカーボールの仲間たち 105

- 1 バッキーベビー 105
- 2 バニーボールとファジーボール 107
素の毛が生えている／108
- 3 バッキーオニオン 109
タマネギ状のフラーレン／109
- 4 金属内包フラーレン 113
金属原子が入った鳥かご／113
- 5 カーボン・ナノチューブ 115
ナノサイズのチューブ／115

第3章 夢があるフラーレンの応用 117

高温超伝導の素材になる？／118 分子ベアリングとして／120 理想的なエレクトロニクス部品になる？／121 新しい医療への応用も／122

第4章 ダイヤモンド 125

- 1 ダイヤモンドの構造 125
- 2 合成ダイヤモンドをつくる 130
ハネーの試み／130 モアッサンの実験／132
ブリッジマンが合成に成功／134 超高圧を使わないダイヤモンド合成／135

第5章 グラファイトとカルビン 138

- 1 グラファイト 138



2 カルビン 142 エンジェルヘア / 143

第6章 炭素繊維 146

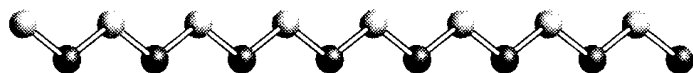
第7章 アモルファスな炭素——無定形炭素 154

無定形炭素とは何か? / 154 フラーレンのアモルファスな集合体はあるか? / 158

おわりに—— 161

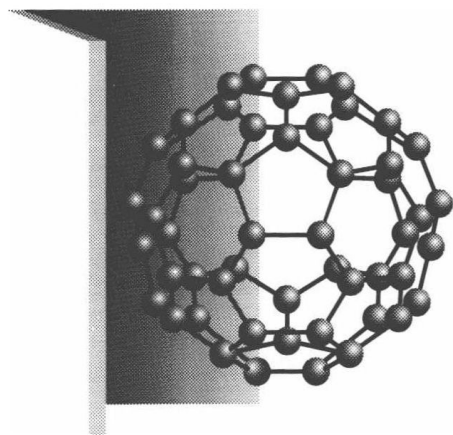
参考図書—— 162

索引—— 巻末



第 I 部

フラーレンの発見



第1章 新しい炭素分子C₆₀発見の衝撃

ノーベル賞につながる三人の出会い――

一九八五年ごろから、わが国をはじめ、世界中の化学（科学）者の間で一大ブームとなったものに、炭素原子六〇個が究極の美しいシンメトリー構造をとる「サッカーボール」とか「バツクミンスターフラレン」と呼ばれる物質があります。

これは、イギリスのサセックス大学のハリー・クロート教授が、炭素クラスターの研究を共同で行っている、アメリカ・テキサス州のライス大学のリチャード・スモーリー教授と一緒に実験を行っている最中に発見したものです。「クラスター」とは、同一または、似た元素の原子が、二個以上集まってひとかたまりに結合している集合体のことです。

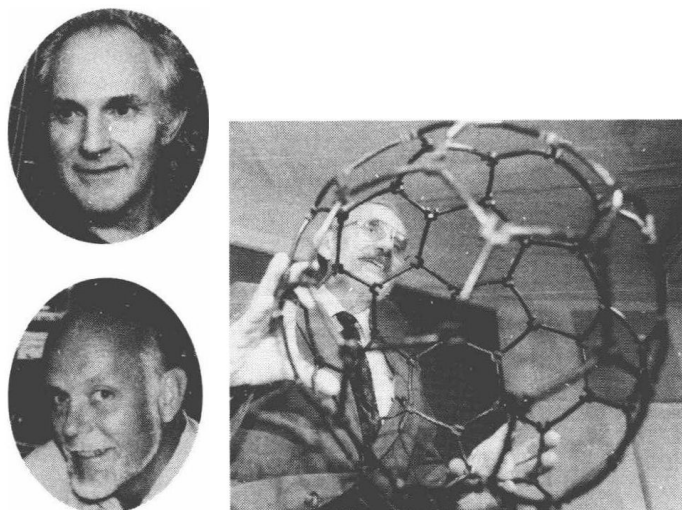


図 I-1 炭素分子 C_{60} の発見によって1996年度のノーベル化学賞を受賞したH・クロート（左上）、R・スモーリー（左下）と、 C_{60} の模型を持つR・カールの各教授

クロート教授は、もともと分光学者で、星間分子の研究者として有名でした。現在はシカゴ大学におられる岡武史先生（筆者の先輩にあたり、星間分子検出の世界的な権威です）が、まだカナダのC R C研究所におられたところに、クロート教授もここへ留学して、マイクロ波を利用して、遠い宇宙の星間分子を探究していました。

その当時はもっぱら、炭素が長くつながった直線状の分子を探索することが流行の研究テーマでもありましたが、クロート教授は炭素原子がいくつも集まった分子を実験室でつくり、それを宇宙からくるマイクロ波の信号と比べてみようとしたのです。

しかし、彼の母国イギリスでは炭素クラスターを合成するための設備もないし、スタッ