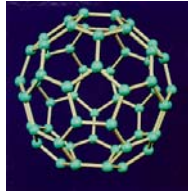


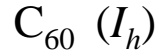
2. 五角形の秘密



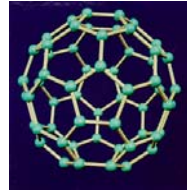
C60分子模型

フラーレン Fullerene

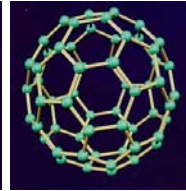
H. W. Kroto *et al.*, *Nature* 318 162 (1985)



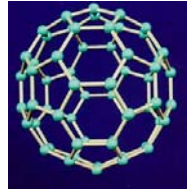
正20面体の対称性 (I_h)



5回軸 (C_5)



3回軸 (C_3)



2回軸 (C_2)



N. Shinohara

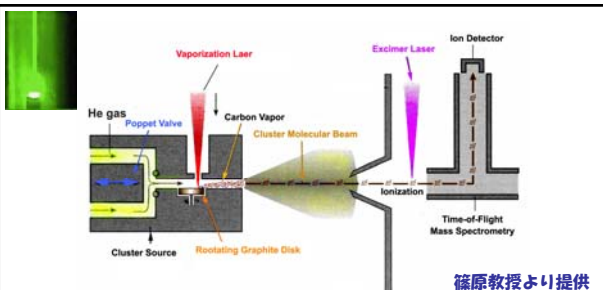
篠原 久典教授 と ハロルド・クロトー 教授

星からのメッセージ

- 星からの信号の中に未知の物質 (星間物質)
- どんな物質か?
- 地球で作れないか?
- 地球で新物質を作って星からの信号を再現



ハロルド・クロトー 教授



篠原教授より提供

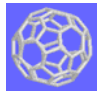
レーザー蒸発クラスター分子線質量分析装置

クラスター：原子のおにぎり

炭素原子が60個のものがたくさんできた

Rice Quantum Institute, Sept. 12, 1985

ライス大学量子研究所 1985年9月12日



ロバート
カール 教授

リチャード クロト 卿

スモーレイ 教授

歴史的なNatureのC60論文の第1ページ

Reprinted from Nature, Vol. 318, No. 6042, pp. 162-163, 14 November 1992
© Macmillan Journals Ltd., 1992

C₆₀: Buckminsterfullerene

H. W. Kroto*, J. R. Heath, S. C. O'Brien, R. F. Curl & R. E. Smalley

Rice Quantum Institute and Department of Chemistry and Electrical Engineering, Rice University, Houston, Texas 77251, USA

During experiments aimed at understanding the mechanisms by which long-chain carbon molecules are formed in interstellar space and circumstellar shells¹, graphite has been vaporized by laser irradiation, producing a remarkably stable cluster consisting of 60 carbon atoms. Concerning the question of what kind of 60-carbon atom structure might give rise to a separable species, we suggest a truncated icosahedron, a polyhedron with 60 vertices and 32 faces, 12 of which are pentagonal and 20 hexagonal. This object is commonly encountered as the football shown in Fig. 1. The C₆₀ molecule which results when a carbon atom is placed at each vertex of this structure has all valences satisfied by the single bonds and was double bond, has many resonance structures, and appears to be aromatic.

The technique used to produce and detect this unusual molecule involves the vaporization of carbon species from the surface of a solid disk of graphite into a high-density helium flow, using a focused pulsed laser. The vaporization laser was the second harmonic of Q-switched Nd:YAG producing pulse energies of ~30 mJ. The resulting carbon clusters were expanded in a supersonic molecular beam, photoionized using an excimer laser, and detected by time-of-flight mass spectrometry. The vaporization chamber is shown in Fig. 2. In the experiment the pulsed valve was opened first and then the vaporization laser was fired after a precisely controlled delay. Carbon species were

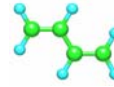
Fig. 1 A football (in the United States, a soccerball) on Texas grass. The C₆₀ molecule featured in this letter is suggested to have the truncated icosahedral structure shown here, by replacing each vertex on the surface of such a ball by a carbon atom.

graphite fused six-membered ring structures. We believe that if distribution in Fig. 3c is fairly representative of the mass distribution of larger ring fragments, when those hot ring clusters are left in contact with high-density helium, the clusters equilibrate by ring- and three-body collisions towards the most stable species, which appears to be a unique cluster containing 1 atom.

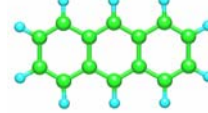
When one thinks in terms of the many fused-ring isomers with unsatisfied valences at the edges that would naturally arise from a graphite fragmentation, this result seems impressive! There is not much to choose between such isomers in terms of stability. If one tries to shift to a truncated diamond around the entire surface of the cluster will be covered with unsatisfied valences. Thus a search was made for some other smooth structure which would satisfy all sp² valences. Only a spherical structure appears likely to satisfy this criterion, and thus Buckminster Fuller's studies were consulted (see, for example, ref. 7). An unusually beautiful (and probably unique) choice is a truncated icosahedron depicted in Fig. 1. As mentioned above all valences are satisfied with this structure, and the molecule

全く新しい多面体分子の発見

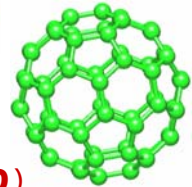
線状分子



環状分子



多面体分子



新しい有機化学の可能性

大澤映二先生の理論 (1970)



1996年度 ノーベル化学賞

BLUE BACKS

ナノカーボンの科学

セレンディピティから始まった大発見の物語
篠原久典

2008年度前期
物理科学の最前線

主催：東北大学理学部物理科学専攻
会場：東北大学理学部物理科学専攻
講義時間：17:00-18:00
一般来聴歓迎 (無料)

5月30日(金) ナノカーボン科学の進展
— 高いスの秘密 —
篠原 久典 氏
東北大学 理学部物理科学専攻
物理学専攻 教授
東北大学ナノエレクトロニクスプロジェクト

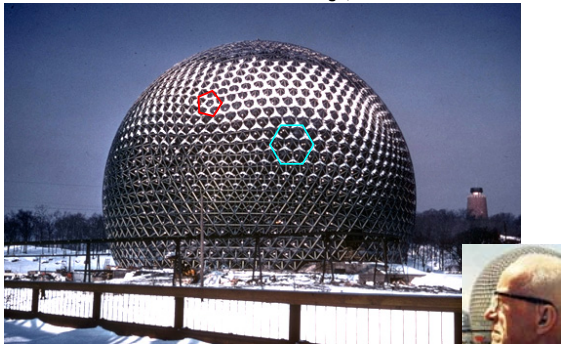
6月13日(金) 新しいナノスケールNMRと
半導体物理
平山 祥郎 氏
東北大学理学部物理科学専攻
物理学専攻 教授
東北大学ナノエレクトロニクスプロジェクト

7月4日(金) 超弦理論とは何か？
— 量子論と一般相対性理論の統一に向けて —
米谷 民明 氏
東北大学大学院
理学文化研究科 物理学専攻
基礎物理学 教授

主催者個人の連絡先
日：022-271-7100 理学部物理科学専攻301前ロビー
担当：長 17:00-18:00 東北大学理学部物理科学専攻
後援：東北大学理学部物理科学専攻 物理 物理文化研究科 基礎物理学 基礎物理学専攻 教授

http://www.phys.tohoku.ac.jp/~blueback/

(c) Buckminster Fuller Institute / Museum of Design, Zurich / Lars Muller Publishers

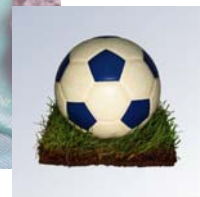
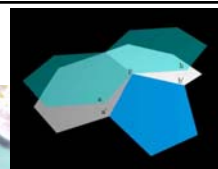


バックミンスターフルーアのドーム建築物 (モントリオール)
Richard Buckminster fuller (1895-1983)

http://www.japandesign.ne.jp/HTML/MATES/08/fuller.html
http://www.erecta.co.jp/dome/d07-Information/dome7-6.html

5角形の秘密

閉多面体を作る条件



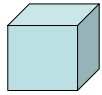
八木山動物園で撮影 2005. 5. 3

Euler (オイラー) の多面体定理

$$V + F - E = 2$$

(点) + (面) - (辺) = 2

例 立方体 (正6面体)



点の数 = 8

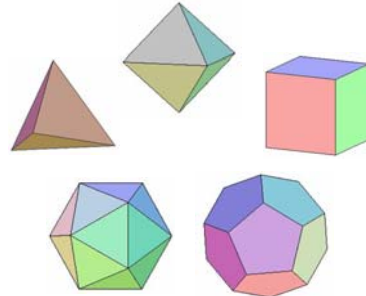
面の数 = 6

辺の数 = 12

$$8 + 6 - 12 = 2$$

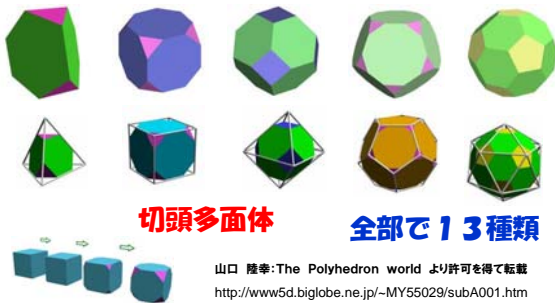
フラトンの多面体

1種類の正多角形だけでできた多面体



アルキメデスの多面体

2種類以上の正多角形だけでできた多面体



切頭多面体

全部で13種類

山口 陸幸: The Polyhedron world より許可を得て転載
<http://www5d.biglobe.ne.jp/~MY55029/subA001.htm>

5角形の不思議を解いてみよう



$$V + F - E = 2$$

(点) + (面) - (辺) = 2

五角形が x 個、六角形が y 個

$$\text{点の数} = (5x + 6y) / 3$$

$$\text{面の数} = x + y$$

$$\text{辺の数} = (5x + 6y) / 2$$

問: 上の式に数を代入して、 x と y の関係式を求めよ

問: 式に点の数などを代入し、 x と y の関係式を求めよ



$$V + F - E = 2$$

(点) + (面) - (辺) = 2

五角形が x 個、六角形が y 個

$$\frac{5x + 6y}{3} + (x + y) - \frac{5x + 6y}{2} = 2$$

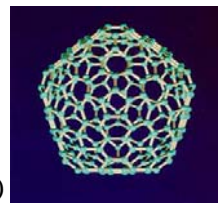
$$\Rightarrow \frac{x}{6} = 2 \quad \therefore x = 12$$

結論: 五角形が12個あれば六角形は何個でも多面体ができる!

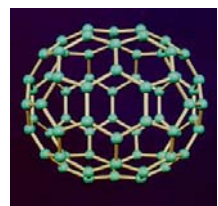
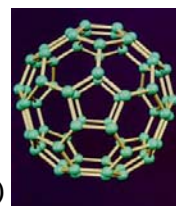
大きなフラレン

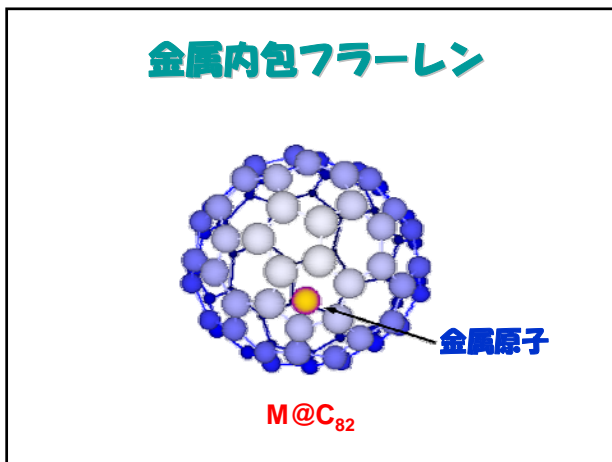
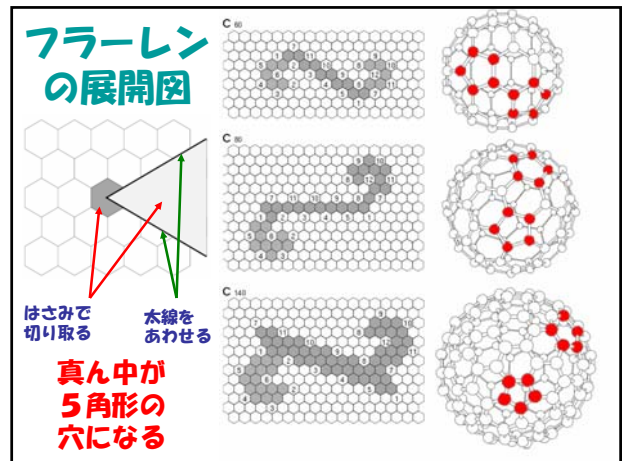
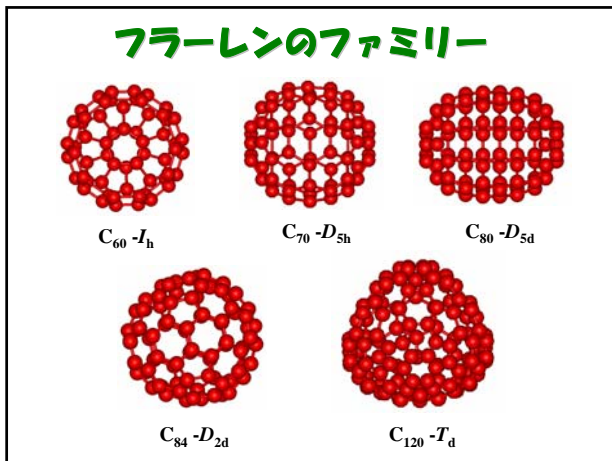
12個の五角形があれば

$C_{240}(I_h)$



$C_{70}(D_{5h})$





核磁気共鳴診断(MRI)用の造影剤

人間ドッグの様子の写真から

$Gd@C_{82}(OH)_n$

Gd: ガドリニウム
毒性あり

核磁気共鳴像 水溶性 $Gd@C_{82}(OH)_n$ を使用

投与前 **1分後** **30分後**

Wistar Rat, male, 10 $\mu\text{mol Gd/Kg}$,
 1 T MAGNETOM Harmony, SIEMENS
 SE TR / TE = 500 / 12 msec,
 FOV: 94x150 mm, Matrix: 160x256, Slice thickness: 2 mm

篠原教授より提供

まとめ：五角形の不思議

- ・ C_{60} 分子の発見：新しい有機化学
- ・ 多面体分子の条件：五角形 12個
六角形はいくつでもOK