

# 3-nmダイヤモンド分散粒子の七不思議

株式会社ナノ炭素研究所  
長野県上田市

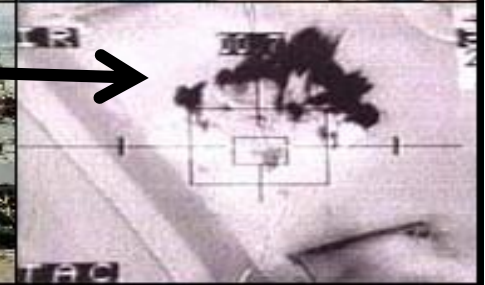
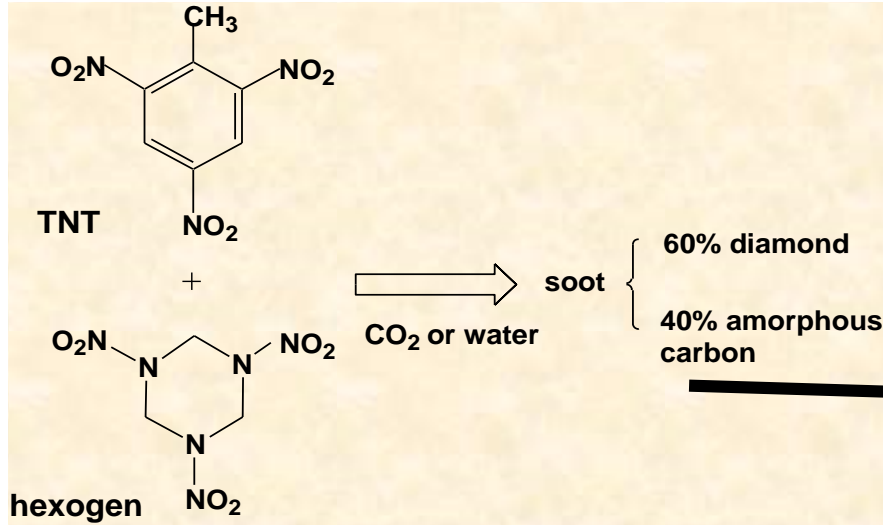
電話0268-75-8381, [office@nano-carbon.jp](mailto:office@nano-carbon.jp), <http://nano-carbon.jp>

# 4大人工ダイヤモンド合成法

製造法 (代表的原料)	発明者・ブレイク スルー (年)	形態 (平均サイズ)	生産国 [開発国]
静的高温高压法 (黒鉛+鉄)	GEグループ (1955)	多面体単結晶粒子 (50 $\mu$ m)	中国
黒鉛衝撃法 (火薬、 黒鉛、銅粉)	DeCarli-Jamieson (1961)	多結晶粒子(50 $\mu$ m)	中国
炸薬爆轟法 (TNT+RDX)	Volkov- Danilenko- Elin(1963)	多面体単結晶 粒子 (3 nm)	[日本]
気相CVD法 (メタ ン、水素)	旧無機材研グループ (1982)	多結晶薄膜 (数 $\mu$ m)	[日本、アメリカ]

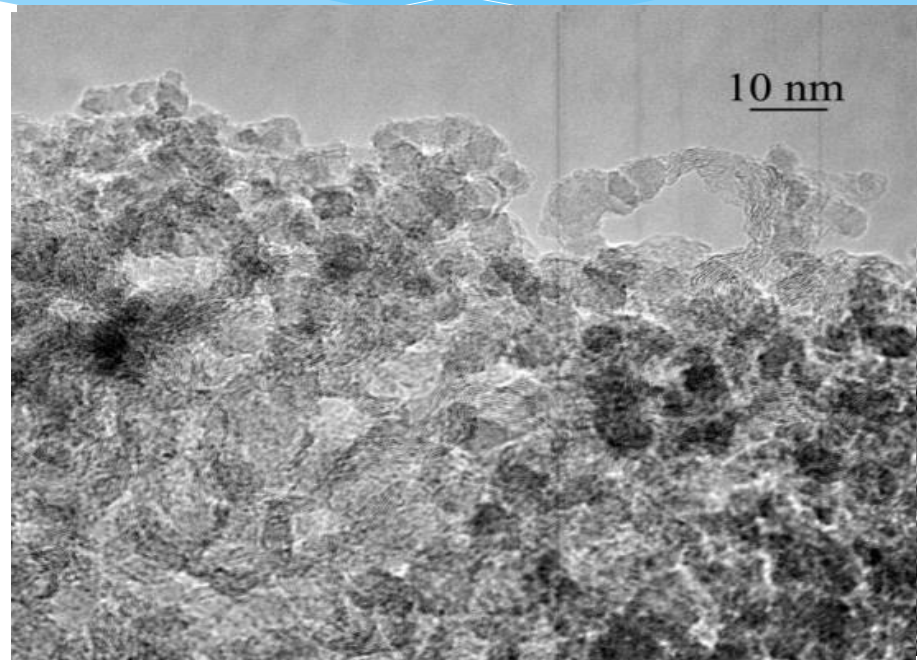
# (1) 出自一軍事用炸薬

## 戦争エネルギーの平和利用



## (2) 不運— 40年間も捨て置かれた

- 粗成物は、一次結晶が強固に結合をした凝膠体
- 凝膠結合は干渉性面間クーロン結合。ごく最近まで未知の結合力であった為に、解砕の試みは悉く失敗に終わっていた



凝膠体のTEM像

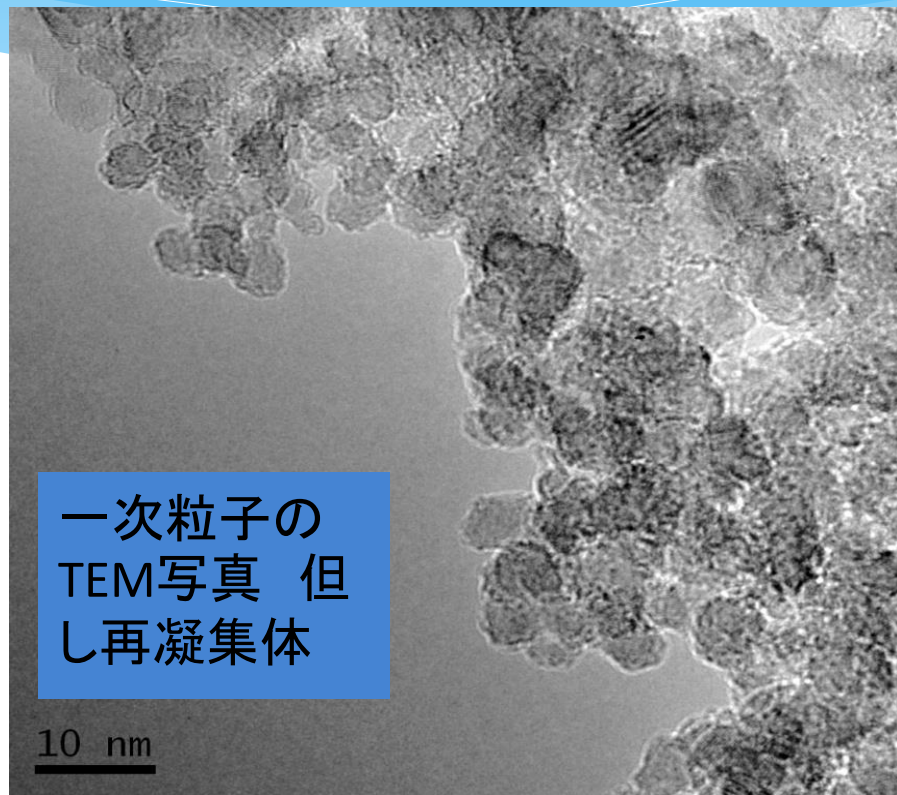
# (3) 個性あり—単なる「小さなダイヤモンドのかけら」ではない

## 複雑な構造

### (111)面上に黒鉛層

- ☺ ナノポケットとなり、安定な層間化合物を作る。
- ☺ 粒子内空間経路軌道相互作用によって表面に強い正負の静電場を作り、多極粒子を与える。

## $O_h$ 点群対称多面体(擬球形)



## (4) 意外性—水に溶ける！

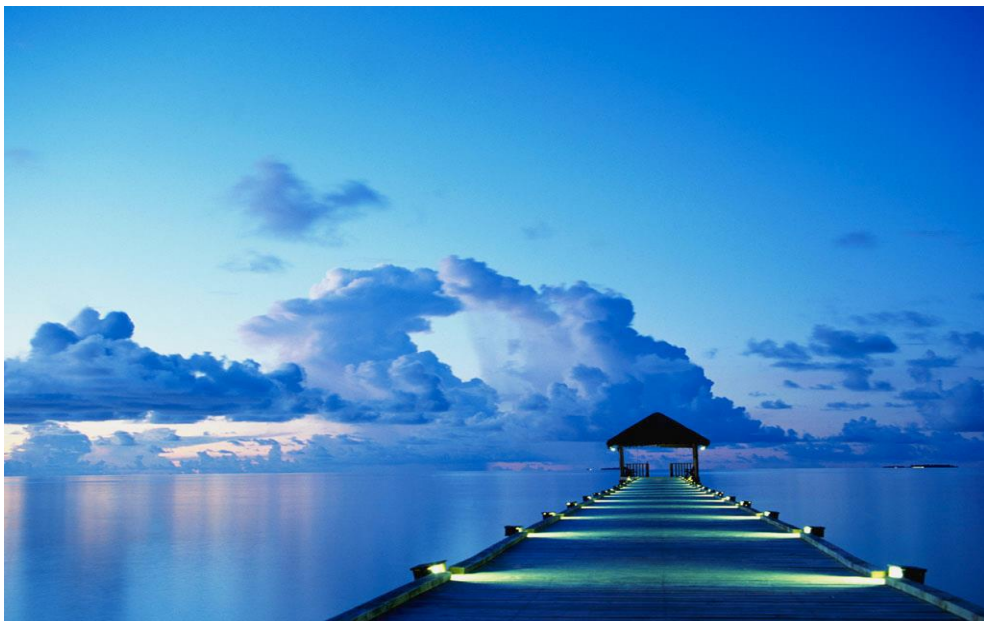
粒子表面が水と強く相互作用し、その結果表面に厚さ1nmの不凍水層ができる、これは $-8^{\circ}\text{C}$ にならないと、凍らない。



水を20%も含んでいるのに、サラサラした粉末！

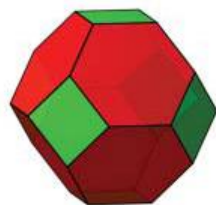
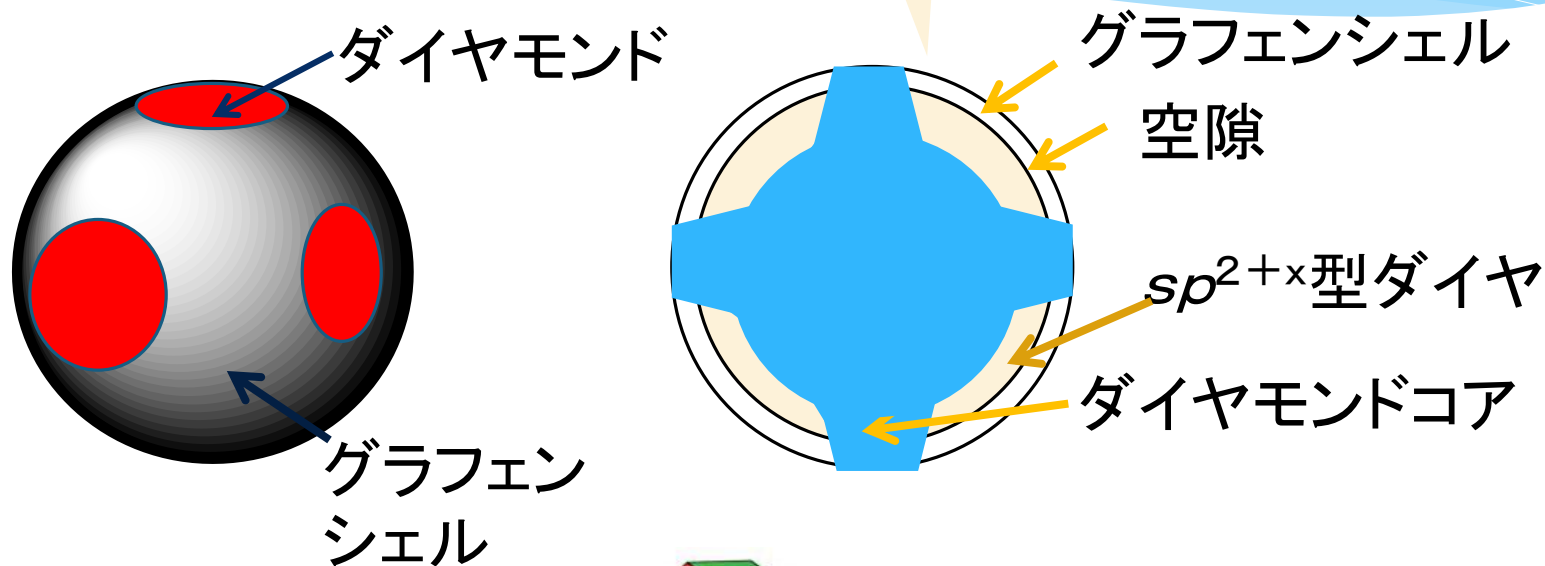
# (5) ブラックダイヤモンド！？ —漆のよう な黒さ

- ◆ 数効果による超多重Rayleigh散乱？
- ◆ 表面黒鉛層(および表面に近い無定形ダイヤモンド層)の強い光吸収？



空が青いのは、大気中の微細な埃によって太陽光線が多重Rayleigh散乱を受けるから。

# (6) 複雑な幾何構造—二重コア・単層 シェル

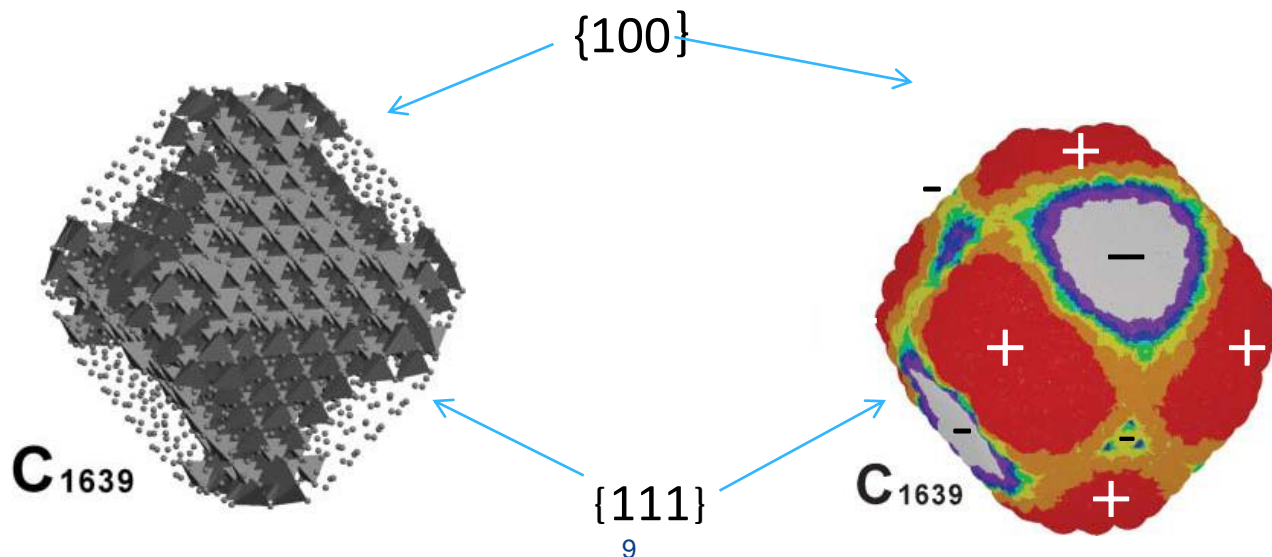


モデルは切頂八面体

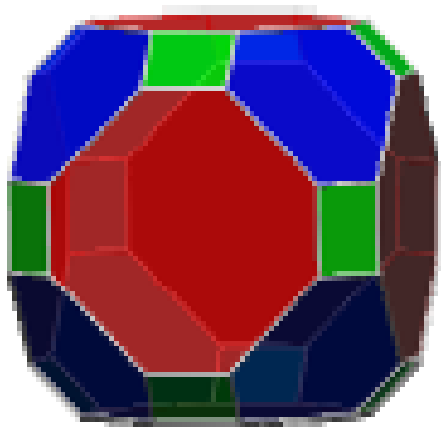


# (7) 最大の特徴—前例のない電子構造 永久電荷

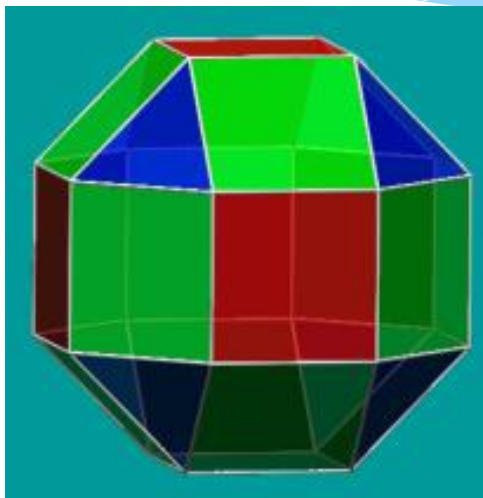
- ① コアからシェルに向かう電子の移動
- ② 結晶面上に大きな正負の静電場が分布
- ③ 水、アルコール系溶媒、DMSOなど極性溶媒に溶解する原因



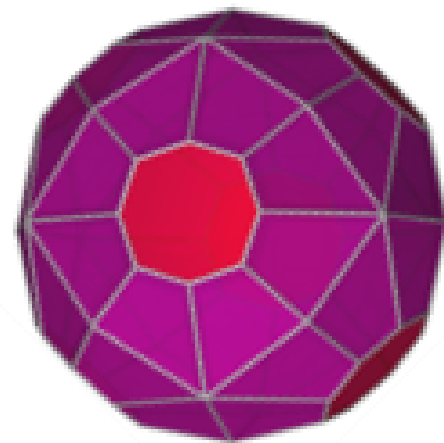
形 TEMで見ると、球形に近い。天然ダイヤモンドも擬球形。  
擬球形多面体構造の有力候補:



斜方切頂立方八面体  
アルキメデス準正多面体  
天然ダイヤモンド中に発見



斜方立方八面体  
アルキメデス準正多面体  
天然ダイヤモンド中に発見



切頂六方八面体  
準正多面体ではない  
天然ダイヤモンド中に発見

# その他の特性

純度

内部標準X線回折強度法

$92.9 \pm 0.3 \%$

比重

ピクノメータ法

$d_{4}^{25} = 2.99 \text{ g/cm}^3$ \*

不純物

ICP法

$\text{ZrO}_2 < 0.02 \%$

粒度分布

DLS法

$3.0 \pm 0.5 \text{ nm (100.00 vol\%)}$

\*天然ダイヤモンド  $3.513 \text{ g/cm}^3$

# おまけ

項目	値
元素分析	(C 89.84, H 1.01, N 2.20, O 5.76, 灰分 1.19)
単位重量当たり粒子数 (比個数)	$2 \times 10^{20}$ 粒子/g
比表面積	Obs (BET) 283.8 m <sup>2</sup> /g, Calc (球形近似) 1665 m <sup>2</sup> /g
ナノ細孔径	3.25 nm (上と同じ試料)
分光学的特性	IR: 特性不明瞭, Raman: 1332 cm <sup>-1</sup> + G band, UV-VIS: 627 nm
ζ-電位(表面動電位)	+52 mV at pH 4.88
バンドギャップ	ca 4.5 eV 参照: バルクダイヤモンドは5.6 eV
蛍光	637, 575 nm (極めて弱い)
細胞毒性	12 皆無

# バルクダイヤモンドは最高の工業素材

光透過性	UV-VIS-IR	地球上の既知物質中最高値
熱伝導度	900-2000 W/m·K	地球上の既知物質中最高値
熱膨張率	$0.8 \cdot 10^{-6} /K$	地球上の既知物質中最小値
硬度	10 Morse	地球上の既知物質中最高値
ヤング率	1050 GPa	地球上の既知物質中最高値
比熱	0.124 cal/K·g (25°C)	非常に小
屈折率	$n_D=2.417$	非常に大
化学反応性	強酸・強アルカリ	侵されない

しかし.....

# ダイヤモンドは成形加工性を欠く 一桁ナノダイヤは例外

種類	加工性
マイクロダイヤモンド粒子	なし。市場狭隘。
CVD多結晶ダイヤモンド膜	なし。膜としての用途はマイクロ粒子より良いが、依然市場限定。 膜の構成要素は2-3nm微結晶だが、取出し不可能
一桁ナノダイヤ粒子	分散粒子、分散粒子を添加剤とする組成物、ゾル、ゲル、粒子集合体それぞれに有望用途あり。

# 三大用途

形状	応用分野	例	現状
単一粒子	CVD結晶成長核	多結晶ダイヤモンド薄膜	世界各地で実施中
ゾル	ナノスペーサー 潤滑液	汎用潤滑剤	G8研究機構課題採 択(2012-2015)
ゲル	ドラッグキャリアー	がん治療	動物試験成功ナショナルジ オグラフィックスチャンネルにて 2010年10月30日サイエンスワール ドにて「ダイヤモンドが未来を変える」 で放映された。使われているのが、 ナノアマンド。