

# 原子レベルで化学反応の可視化に成功

## 電子顕微鏡観察でフラーレン分子の化学反応の仕組みを解明へ



### 越野 雅至

こしの まさのり

m-koshino@aist.go.jp

ナノチューブ応用研究センター  
カーボン計測評価チーム  
研究員  
(つくばセンター)

京都大学の化学研究所で高分解能電子顕微鏡を学んだ時、有機結晶の高分解能写真はいくつもの分子が重ね合わさったもので分子一つのものではないことを知り、いつかは分子一つを観察できないものかと考えていました。産総研での共同研究で、有機単分子の動的観察や化学反応の観察といった、当初は予想できなかったことができるようになりました。今後は各種有機分子や生体分子の反応解析などをおして、科学の本質に迫る研究を目指しています。

### 関連情報：

#### ● 共同研究者

飯島 澄男、末永 和知、岡崎 俊也、片浦 弘道(産総研)、新見 佳子(科学技術振興機構)、中村 栄一(東京大学)

#### ● 共同研究機関

独立行政法人 科学技術振興機構、東京大学

#### ● 参考文献

M. Koshino *et al.* : *Nature Chem.*, 2, 117 - 124 (2010).

#### ● プレス発表

2010年1月12日「原子レベルで化学反応の可視化に成功」

### 化学反応とは

化学反応は、呼吸、消化など生命活動に欠かせない身近なものから化学合成、エネルギー変換などの近代産業を支えるものまでさまざまです。分子の中でどの部分が最も反応しやすいかは理論からある程度予測できますが、実際の化学反応には予測がとて難しいものもあります。いくつもの異なる化学反応が同時に起こったり、多様な生成物が得られるフラーレン分子の融合反応がその一例です。実験的に調べようとしてもこれまでの化学分析手法が多数の分子の平均的な挙動を解析するもので、多様な生成物が混在する反応に対してはあまり有効ではありませんでした。これに対し、新しいナノテクノロジーの分析技術を用いると、個々の分子の挙動を一つずつ解析してその反応を明らかにできると考えられています。特に、化学反応の途中の原子レベルの情報が得られれば、これまでわからなかったさまざまなことが明らかになると期待されています。

### 開発した可視化技術

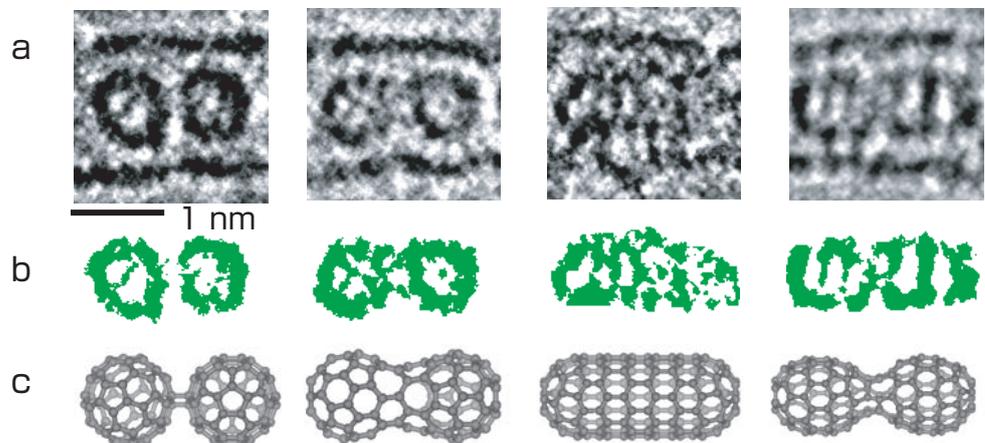
有機分子は炭素などの軽い元素でできています。これまで軽い分子の動きを原子レベルで観察するのはとても困難でした。しかしここ数年、小さい有機分子一つをナノメートルスケ-

ルの内部空間をもつカーボンナノチューブに閉じ込めることで分子の動きを観察できるようになり、分子レベルの挙動解析に応用できることが示されてきました。

今回、カーボンナノチューブに閉じ込めたフラーレン分子を低加速電圧、収差補正機構付電子顕微鏡技術と、高速フーリエ変換を用いた画像処理技術を組み合わせて、反応過程を原子レベルで観察することに成功しました。また電子顕微鏡技術の開発により極低温(-269℃)や低加速電圧(80 kV)などのさまざまな環境での高分解能観察が可能になり、分子の挙動や化学反応をコントロールできることを見いだしました。

### 今後の展開

化学反応を原子レベルで観察し、温度、濃度、分子の向き、金属原子の存在、与えるエネルギーなど実験的な環境を調整することで、分子一つ一つの反応を制御し解析できるようになりました。今後はこの技術を有機分子や生体分子へ応用することにより、生命現象の鍵を握る個別分子の反応機構の解明、分子間相互作用の動的な解析、構造化学に基づく分子設計などへの発展が期待できます。



(a) 電子線照射により二量化が進み融合していく  $C_{60}$  フラーレン分子の変化を捉えた電子顕微鏡像  
左から右にかけて電子線照射量が増加し、化学反応が進行している。  
(b) 分子のコントラスト(明暗)を強調した画像  
(c) 分子のモデル構造