

中村 栄一

東京大学大学院理学系研究科  
特任教授

新しい電子顕微鏡科学を基軸としたゆらぎ分子システムの分子技術

## § 1. 研究実施体制

### (1)「中村」グループ

- ① 研究代表者: 中村 栄一 (東京大学大学院理学系研究科、特任教授)
- ② 研究項目
  - ・非周期性有機固体、分子集合体、有機単分子系の構築と電子顕微鏡観察

### (2)「柳澤」グループ

- ① 主たる共同研究者: 柳澤 春明 (東京大学大学院医学系研究科、助教)
- ② 研究項目
  - ・ペプチド及びタンパクを対象とした超高速 TEM イメージングと単粒子解析法の確立

### (3)「山添」グループ

- ① 主たる共同研究者: 山添 誠司  
(東京大学大学院理学系研究科、助教) 平成 29 年 9 月 30 日まで  
(首都大学東京 都市教養学部、教授) 平成 29 年 10 月 1 日より
- ② 研究項目
  - ・金属クラスター触媒の精密合成と構造・機能の評価および触媒作用機構の解明

### (4)「松田」グループ

- ① 主たる共同研究者: 松田 広久 (三菱ケミカル(株)、主任研究員)
- ② 研究項目
  - ・産業応用における TEM-SEM 将来像の調査研究

## § 2. 研究実施の概要

本研究では、最先端電子顕微鏡科学・技術を、有機化学を基盤とする分子技術研究の基幹的ツールとして磨き上げることを目標とする。有機合成化学と高性能電子顕微鏡(原子分解能透過電子顕微鏡(TEM)とnm分解能の走査電子顕微鏡(SEM))を有機的に結合して、分子科学と分子技術の間に横たわるボトルネックである、ナノ・メゾスコピック領域でのゆらぎ分子システムの解析と制御の問題を解決する。さらに、企業との定期的かつ密接な情報交換を基にして、グリーン、ライフ、元素資源枯渇などの社会的世界的課題の解決に資する分子技術での成果を目指す。

### 【本年度の主たる成果】原子分解能TEMによる有機分子の反応速度論・反応機構解析

TEMで見える化学反応の速度を定量的に扱えることを見出し、これに基づいて反応の活性化エネルギーを求め、反応機構を議論できることができた。我々は、電子により誘起されるC<sub>60</sub>の二量化反応を対象とし、ひとつひとつの化学反応イベントを原子分解能透過電子顕微鏡で観察し、数えることが可能な次元反応系とすることで、ランダムにおこる個々の化学反応の集団的挙動が量子力学的反応遷移状態理論に従うことを初めて実験的に示した。わずか数百個の分子を観察するだけで速度論解析が行えるこの方法は、分子構造の変化を個々の量子力学的イベントとして解析するという意味で分子科学研究を革新する手法になろう。この手法の展開を、今後、鋭意検証していく。

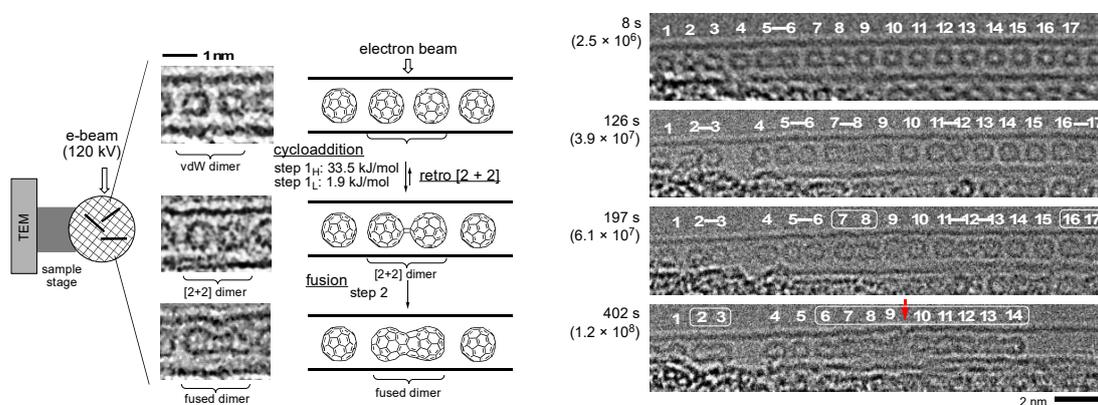


図 カーボンナノチューブに一次元配列した C<sub>60</sub> 分子の電顕観察による反応速度論解析

【代表的な原著論文】

- 1) S. Okada, S. Kowashi, L. Schweighauser, K. Yamanouchi, K. Harano, E. Nakamura, "Direct Microscopic Analysis of Individual C60 Dimerization Events: Kinetics and Mechanisms", *J. Am. Chem. Soc.*, **139**, 18281-18287 (2017). (DOI: 10.1021/jacs.7b09776)
- 2) H. Nitta, K. Harano, M. Isomura, E. H. G. Backus, M. Bonn, E. Nakamura, "Conical Ionic Amphiphiles Endowed with Micellization Ability but Lacking Air- and Oil-Water Interfacial Activity", *J. Am. Chem. Soc.*, **139**, 7677-7680 (2017). (DOI: 10.1021/jacs.7b01596)
- 3) R. Takahata, S. Yamazoe, K. Koyasu, T. Tsukuda, "Structural model of ultrathin gold nanorods based on high-resolution transmission electron microscopy: Twinned 1D oligomers of cuboctahedrons", *J. Phys. Chem. C*, **121**, 10942-10947 (2017). (DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b12198)