

総長室総括プロジェクト機構
「革新分子技術」総括寄付講座・理学系研究科化学専攻



2019年12月

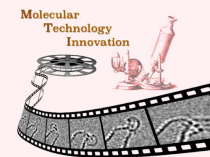
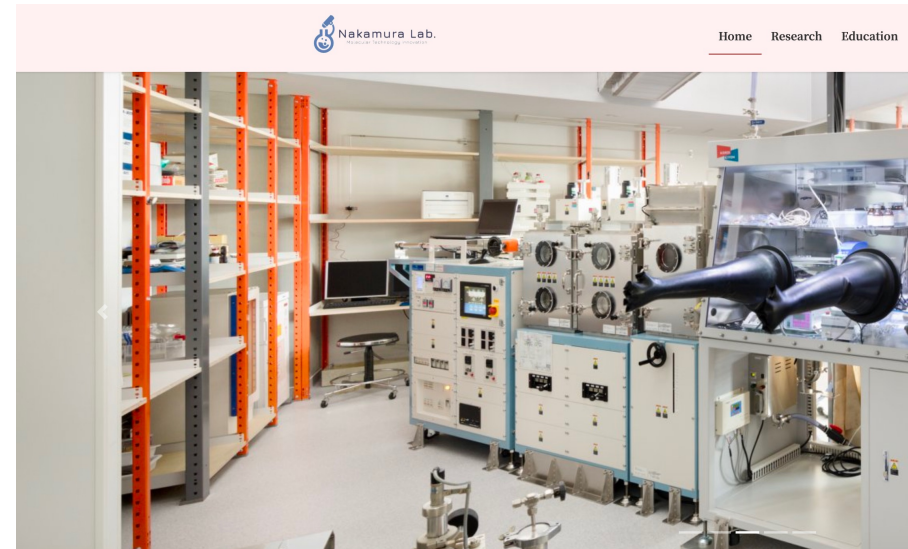


映画「分子の
音色」



オープンキャンパス

研究紹介ビデオ



東京大学 総括プロジェクト
大学院理学系
「革新分子技術」総括寄付講座



Research



Members



Publications

中村研究室のモットー

QUOTES & PHOTOS OF THE YEAR

Chemical & Engineering News Dec 23, 2013 Quotes

A look at some of the **MOST INTRIGUING** statements
and photos that made it onto our pages in 2013

JULY 29

**“Scientists should
provide solutions to
social problems and
dreams for people.”**

EIICHI NAKAMURA, UNIVERSITY OF TOKYO

中村研研究室 メンバー (2022年4月20日)

スタッフ

特別教授 中村 栄一

特任准教授 ルイ シャン

特任准教授 中室 貴幸

秘書 丸山 明美

研究員 兼子 隆雄

客員共同研究員 Xin Li

共同共同研究員 佐藤 済

共同共同研究員 宮下 悟

学生

博士3年 (D3)

坂巻 拓海 (MERIT)

劉 東欣 (学振)

内田 光 (MERIT)

博士2年 (D2)

Olivier Chevalier (FoPM)

Mengqing Chen (学振 DCI)

友塚 壱晶 (FoPM)

博士1年 (D1)

緒方 嵩隼 (MERIT)

福間 翔太 (MERIT)

榊原 正也 (FoPM)

高杉 明憲 (Gspring)

修士2年 (M2)

Yan Zhang

花澤 美幸 (MERIT)

宮崎 陽介 (MERIT)

修士1年 (M1)

王 璞石

Xiu Han

4年生 (B4)

佐藤 正矢



大学院在学中の短期留学(Sending Ph.D. Students Abroad)

1988 UC, Berkeley, USA (Prof. Peter Vollhardt)	山子 茂	2005 RWTH Aachen University, Germany (Prof. Carsten Bolm)	藤本 泰典
1989 University of Cambridge, UK (Prof. Ian Paterson)	伊坂 雅彦	2005 University of Illinois, USA (Prof. Scott E. Denmark)	伊藤 慎庫
1990 Sandoz Co., Basel (現Novartis Co.), Switzerland	徳山 英利	2006 Merck Research Laboratories, USA	真島 紘子
1990 UC Santa Barbara, USA (Prof. Bruce Lipshutz)	荒井 雅之	2006 University of Chicago, USA (Prof. Rustem F. Ismagilov)	Laur Ilies
1991 Sandoz Co., Basel (現Novartis Co.), Switzerland	中村 正治	2007 University of Cambridge, UK (Prof. Ian Paterson)	藤田 健志
1991 Scripps Institute, San Diego, USA (Prof. Dale Boger)	江尻 聡	2007 University of Munich, Germany (Prof. Paul Knochel)	山形 憲一
1992 Sandoz Co., Basel (現Novartis Co.), Switzerland	久保田克巳	2008 MPI for Polymer Research, Germany (Prof. Klaus Müllen)	三津井親彦
1994 Emory University, Atlanta, USA (Prof. Keiji Morokuma)	森 聖治	2008 University of Groningen, Netherland (Prof. Ben L. Feringa)	本間 達也
1995 Princeton University, USA (Prof. Daniel Kahne)	磯部 寛之	2008 Weizmann Institute, Israel (Prof. Milko E. van der Boom)	一木 孝彦
1997 Emory University, USA (Prof. Lanny S. Liebeskind)	平井 敦	2009 MIT, USA (Prof. Mohammad Movassaghi)	中村 優希
1997 SUNY, Stony Brook, USA (Prof. Iwao Ojima)	坂田 剛	2009 University of Ulm, Germany (Prof. Peter B��uerle)	Ying Zhang
1999 Emory University, Atlanta, USA (Prof. Keiji Morokuma)	山中 正浩	2009 University of Michigan, USA (Prof. Melanie Sanford)	松本 有正
2000 SUNY, Stony Brook, USA (Prof. Iwao Ojima)	原 賢二	2010 Philippos-University Marburg, Germany (Prof. Eric Meggers)	南 皓輔
2000 Emory University, USA (Prof. Frank McDonald)	戸叶 基樹	2011 Northwestern University, USA (Prof. Michael R. Wasielewski)	助川潤平
2001 SIOC, Shanghai, China (Prof. L. Wu)	富田 直輝	2011 UPMC, France (Prof. Max Malacria)	浅子 壮美
2002 University of Madrid, Autonomia (Prof. A. Echavarren)	國信洋一郎	2011 University of Groningen, Netherland (Prof. Ben L. Feringa)	小島 達央
2002 University of Munich, Germany (Prof. Paul Knochel)	松尾 敬子	2011 University of Madrid, Autonomia, Spain (Prof. A. Echavarren)	関根 真樹
2002 Stockholm University, Sweden (Prof. Jan B��ckvall)	吉戒 直彦	2012 Eindhoven Univ of Technology, Netherland (Prof. E. W. Meijer)	新田寛久
2002 Hong Kong University, PRC (Prof. Dan Yang)	畠山 琢次	2012 University of Melbourne, Australia (Prof. A. Holmes) Ricardo M. Gorgoll	
2003 University of Geneva, Switzerland (Profs. S. /N. Matile)	Ai-ian Chen	2012 ETH Z��rich, Switzerland (Prof. Jeffery W. Bode)	上田 祥之
2003 SUNY, Stony Brook, USA (Prof. Benjamin Chu)	中西 和嘉	2013 RWTH Aachen University, Germany (Prof. Jun Okuda)	松原 立明
2003 University of Dortmund, Germany (Prof. Norbert Krause)	田原一邦	2013 University of W��rzburg, Germany (Prof. Frank W��rthner)	庄山 和隆
2003 University of Alberta, Canada (Prof. Jeffrey Stryker)	佐藤 宗太	2013 University of M��nster, Germany (Prof. Bart Jan Ravoo)	山田 純也
2003 National Taiwan University, Taiwan (Prof. Tien-Yau Luh)	遠藤 恒平	2013 ESPCI ParisTech, France (Prof. Ludwik Leibler)	岡田 賢
2003 Peking University, PRC (Prof. Zhenfeng Xi)	村松 彩子	2015 University of M��nster (Prof. Frank Glorius)	Junfei Xing
2004 Caltech, USA (Prof. Brian M. Stoltz)	岩下 暁彦		
2005 University of Geneva, Switzerland (Prof. Stefan Matile)	田中 隆嗣		

- ・ 国内外大学・研究機関における活躍
- ・ [教授]
- ・ 北海道大学理学部 澤村 正也
- ・ 東北大学薬学部 徳山英利
- ・ 東北大学薬学部 吉戒直彦
- ・ 山形大学理学部 金井塚 勝彦
- ・ 茨城大学理学部 森 聖治
- ・ 東京大学理学部 磯部寛之
- ・ 東京大学工学部 佐藤宗太
- ・ 立教大学理学部 山中正浩
- ・ 明治大学 田原一邦
- ・ 物質・材料研究機構 原野幸治
- ・ 物質・材料研究機構 中西和嘉
- ・ 理化学研究所 Lauean Ilies
- ・ 名古屋大学・中国科学技術大学 松尾 豊
- ・ 京都大学化学研究所 山子茂
- ・ 京都大学化学研究所 中村正治
- ・ 京都大学理学部 依光英樹
- ・ 京都大学理学部 畠山琢次
- ・ 大阪大学医学部 鈴木一博
- ・ 東京工科大学 原 賢二
- ・ 神奈川大学理学部 辻 勇人
- ・ 九州大学先導研 國信洋一郎
- ・ 慶尚大学校 Sung Chul SHIN
- ・ 慶尚大学校 Sang Gyeong LEE
- ・ 南開大学 Shou-Fei ZHU
- ・ 中国科学院化学研究所 Xiaozhang ZHU
- ・ 中国科学院化学研究所 Yu-Wu ZHONG
- ・ 中国科学院化学研究所 Yunlong GUO
- ・ 北京科学技術大学 Yonggang ZHEN
- ・ 四川大学 Xiaoming ZENG
- ・ 浙江大学化学科 Chang-Zhi LI
- ・ 青島科学技術大学 Zhongming Zhou
- ・ 杭州師範大学 Hua Lu

- ・ Biotech, Thailand 伊坂雅彦
- ・ University of Zurich Cristina NEVADO
- ・ [准教授]
- ・ 東京大学新領域 岡本 敏宏
- ・ 東京大学工学部 伊藤 喜光
- ・ 東京大学理学部 Rui Shang
- ・ 東京大学理学部 中室貴幸
- ・ 東京大学総合文化研究科 小島 達央
- ・ 東京理科大学理学部 遠藤 恆平
- ・ 京都造形芸術大学環境デザイン学科 望月 公紀
- ・ 理化学研究所 浅子 壮美
- ・ Nanyang Technological University 伊藤 慎庫
- ・ 沖縄科学技術大学 (OIST) 成田 明光
- ・ Ecole Nationale Supérieure
- ・ de Chimie de Rennes Loic LEMIEGRE
- ・ Würzburg University Prince Ravat
- ・ Yonsei University Dom Lungerich
- ・ 国家納米科学中心 Zuo XIAO
- ・ 中国科学院大学 Baolin LI
- ・ 中国華東理工大学 Qifan YAN
- ・ 甘肅農業大学 山川 剛
- ・ Mahidol University Nopporn RUANGSUPAPICHAT
- ・ Linköping University Niclas SOLIN
- ・ Polish Acad. of Sci. Adam Mieczkowski
- ・ Visva-Bharati University Alakananda HAJRA
- ・ [助教]
- ・ 東北大学WP I Junfei Xing
- ・ 筑波大学数理物質系化学域 藤田 健志
- ・ 東京大学物性研究所 藤野智子
- ・ 東京大学教養教育高度化機構 中村 優希
- ・ 東京農工大学応用物理 清水俊樹
- ・ 埼玉大学理工学研究科 古川 俊輔
- ・ 奈良女子大学理学部 松本 有正
- ・ 九州大学工学部 戸叶 基樹

我々の開拓する新領域

分子世界
量子力学



分子と実社会を繋ぐ
ナノ・メゾ境界領域



実社会
古典力学

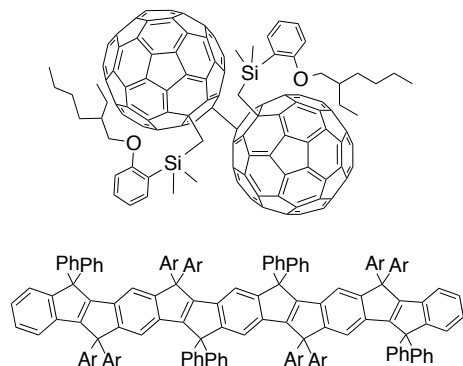
0.1 nm

10 nm

100 nm

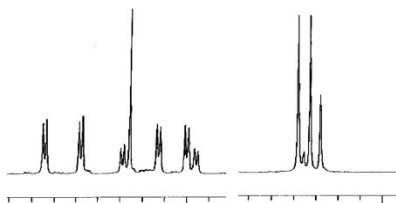
1 μ m

1 mm



X線結晶回折

スペクトル分析

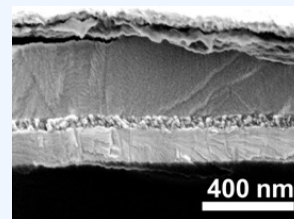
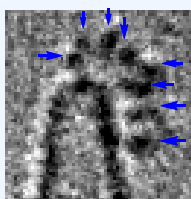


構造の非周期性と
構造のゆらぎ
一分子一分子、一塊
一塊の分子集合体が
異なる挙動を取る

(1) 有機合成

(2) 電子顕微鏡

(3) 物理有機化学

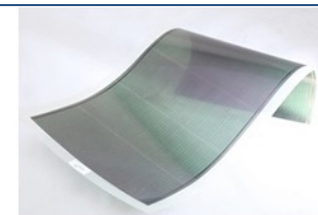


医薬品製造



高効率触媒

プリンタブル太陽電池

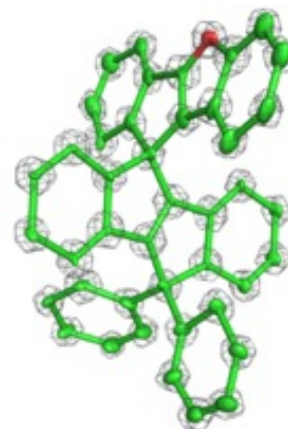
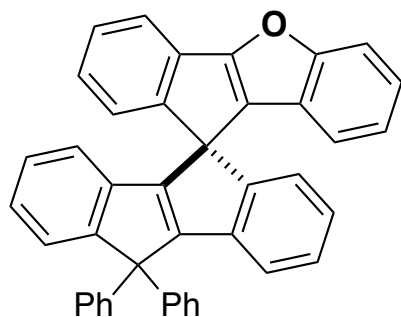


20世紀は「映像の世紀」だった



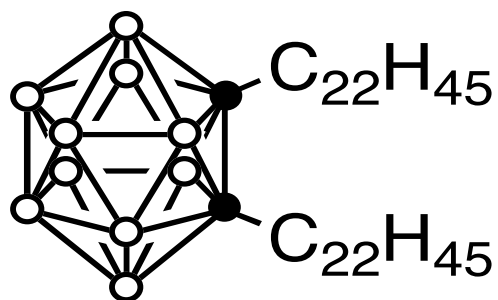
L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat (1895)

20世紀の化学は「分子式と静止画」だった

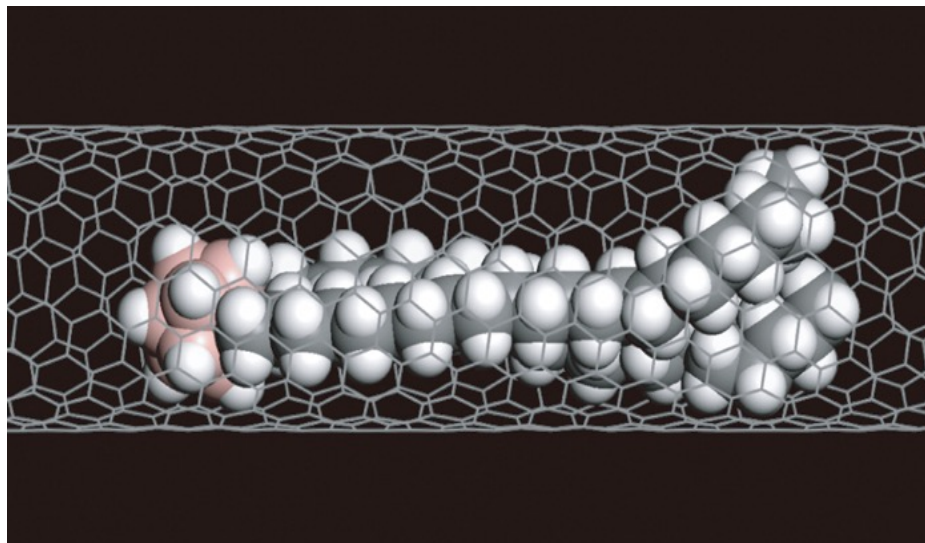
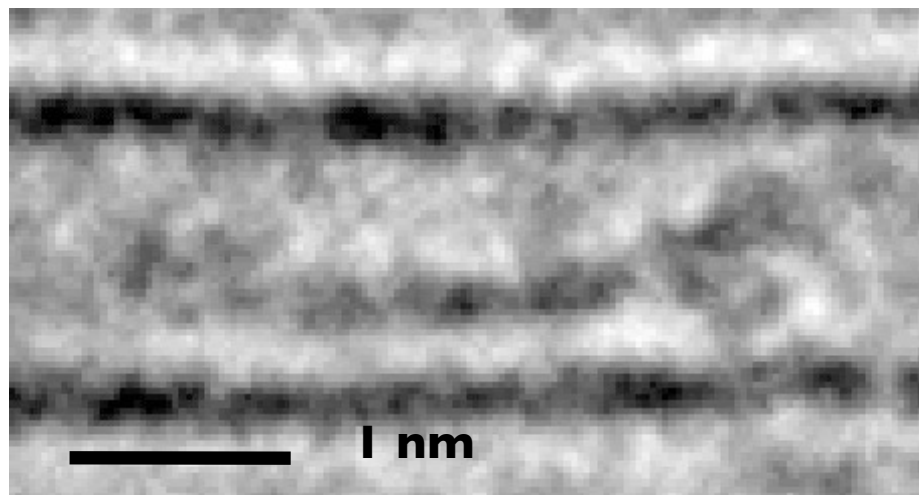


21世紀の化学は「映像分子科学」になった

2007年，有機分子の配座変換の映像を世界で初めて撮影した



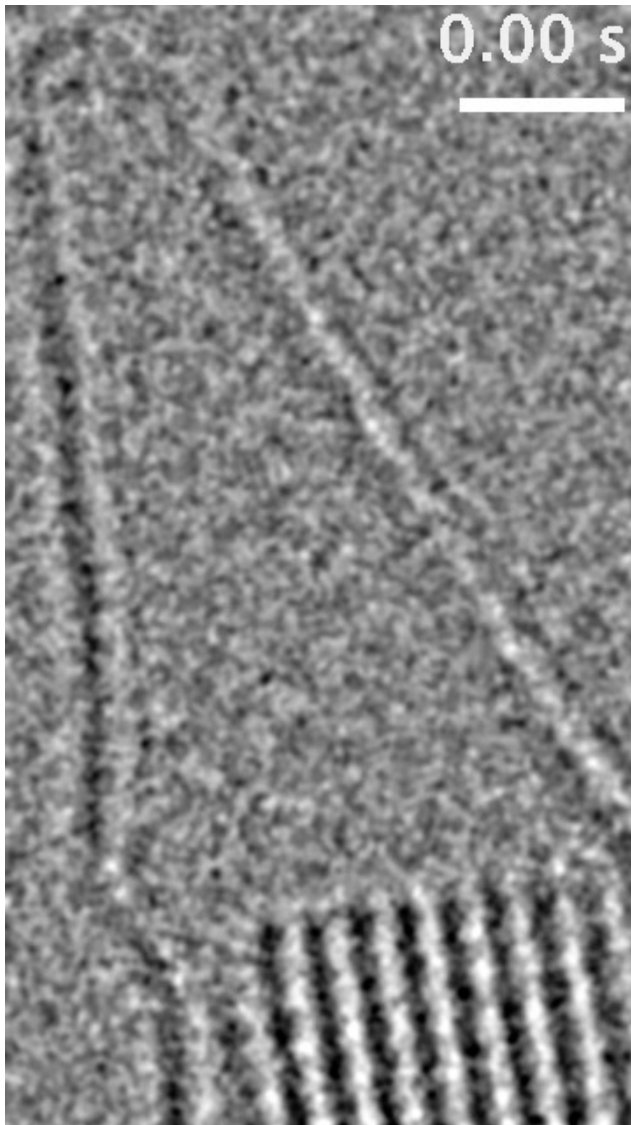
Alkylcarborane



Science **2007**, 316, 853

21世紀の化学は「映像分子科学」の時代に突入した

Capturing the Moment of Emergence of Crystal Nucleus from Disorder
J. Am. Chem. Soc., 143, 1763-1767 (2021).



Article Views

34459

Altmetric

946

Citations

33

[LEARN ABOUT THESE METRICS](#)

第63回科学技術映像祭(2022)

研究・技術開発部門 部門優秀賞

「結晶が出来る瞬間をカメラでとらえた！」



「JSTScience Portal；結晶の誕生」YouTube

科学技術の最新情報サイト「Science Portal」では、「動画ニュース」の他にも耳寄りな科学情報を多数ご用意しています。ぜひご覧ください。◆Science Portal <https://scienceportal.jst.go.jp/>
寄せられたコメントの一部

科学の発見って他のことをしようとしたら偶然、というパターンが多いけど、その偶然を見逃さない観察眼が重要なのかもね
最近結晶の析出を習ったので、それを映像で見れるってのはいい！イノベーションの鍵になりますね！

Confesso minha ignorância no assunto. Mas, como brasileiro, percebo a educação e o interesse pelos estudos feitos. Parabéns!! 🙌🙌🙌🇧🇷🇧🇷🇧🇷

高校では「ほんまにこんな規則正しいんかいな」思って勉強してたけど、実際にそうなのを見ると感動するな...

これはすごい発見だ！！この応用分野で高分子素材が飛躍的に発展するね！

小中高校生の世代にも目を向けた「映像分子科学」のご研究は素敵ですね。科学も身近な文化のひとつであるという、中村先生のご認識の表れだと思います。

映像分子科学で理科離れを防ぐのにも有効、科学に興味を持つ人が多ければ多いほど科学技術の発展に繋がる。モデル図が多いから現実感が無いのも事実、実際の映像があるのはとても良いですね。

アプローチもさることながら、それを偶然に捉えてしまう技術は、流石東大。🤖

先生の声が美輪明宏さんの声に聞こえてすごく神々しい研究分野に感じます。

アングルからして見事な映像。観察技術を極限まで高めたからこそ見えた、素晴らしい偶然の発見だと思います。

磁石のビーズがひとりでに集まり固まってくあれを思い出した。

こんな初歩の事でさえ理論上こうだといってるだけだったというのが驚きだ。

個人的に食塩の結晶よりフラーレンの合成過程の方が感動 サッカーボール状のフラーレンってあんなふうに出るんやなあ

北大で講演を聞いたとき、量子力学というミクロとマクロの境界を見た気がしてとても興奮した覚えがあります。

集落から村に村から街になるみたいで面白い

ありがたい、次世代のことまで考えてくださってるの本当にありがたい

なぜ結晶が析出するのか、どうやって結晶が成長していくのか、教科書には書かれていないので高校生の頃に気になっていたことを思い出した。

내가 가장 좋아하는 채널 ㅎㅎ ♥ 좋은 영상 감사합니다! 너무 신기하네요 ㅠ

中村先生は昔から色々やっててすげえよなあと思う

映像分子科学かー！ナノテクノロジーに興味持ってくれる人が増えるきっかけになってくれればいいですね

やはり最初は端っこの不安定なところから始まるんですね！感動しました！！

基礎最近投稿頻度が上がってきて嬉しい///

元とはいえカーボンナノチューブ屋からしたら、活用してくれて凄く嬉しい

やっぱり東大ってすごいんだな

この研究成果が何に繋がるのか、素材生産技術を どう変化させるのか、ぼくには全くわからなかったけど先生のスクリーンセーバーが渋くてちょっと面白かったw

分子が見えるカメラ、毎秒10兆フレームで光の粒子の動きを捉えるカメラ 最近の技術やばすぎでしょ

これ応用して晶形研究がいかに大事か、中村先生が示してくださってます。国の大学政策に大反対です。

の制御楽にできたりするんかな 反応晶析でもリアルタイムで晶析の様子観察できたらいいね

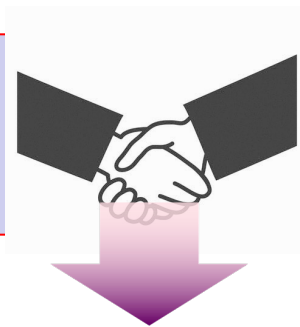
こんなにも身近で当たり前過ぎる現象に疑問を見出だすことも凄い！

すげえ！本当に観測できてるの面白い

また素晴らしいチャンネルを発見してしまった... これからも楽しみにしております。

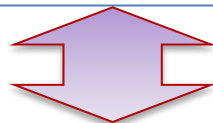
高速高分解能透過電顕で拓く「映像分子科学」の新世界

電顕に馴染みの少ない
有機化学の世界



有機分子に馴染みの
少ない電顕の世界

単分子原子分解能実時間電顕法（SMART-EM法）



触媒，太陽電池，生命科学に関する
基礎科学の革新

Managing the scarcity of chemical elements

The issues associated with the supply of rare-earth metals are a vivid reminder to all of us that natural resources are limited. towards the sustainable

Eiichi Nakamura and K

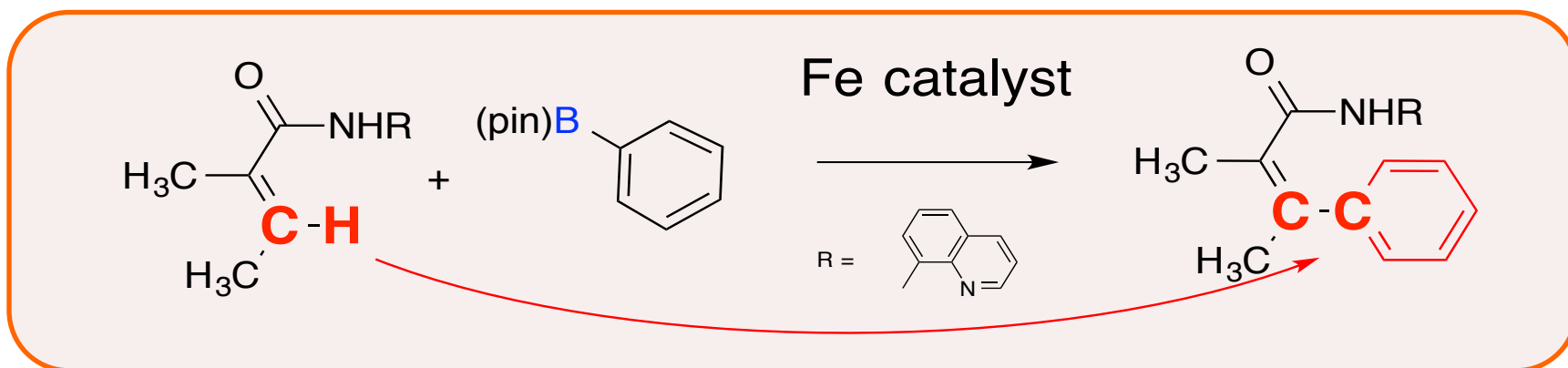
For chemists and materials scientists, the period from the 1960s to the 1980s was an era when pioneers were racing through the unexplored and fertile wilderness of the periodic table, searching for treasure suitable for technical applications. Indeed, a number of new materials

For chemists and materials scientists, the period from the 1960s to the 1980s was an era when pioneers were racing through the unexplored and fertile wilderness of the periodic table, searching for treasure suitable for technical applications.

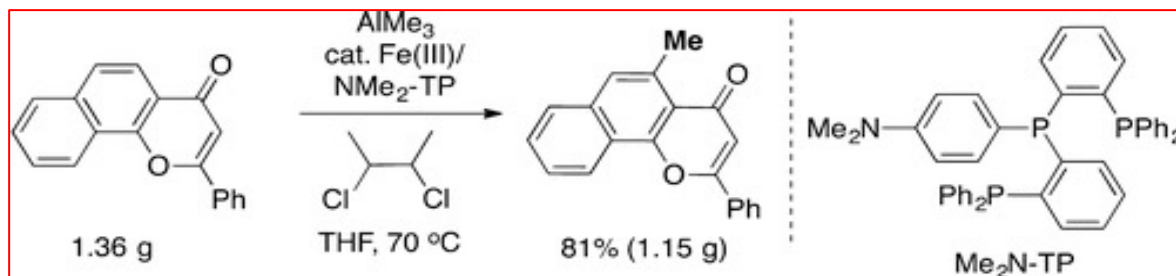
"Element Strategy Initiative" (元素戦略)
Proposed in 2004 for the Japanese Government

鉄やクロムが貴金属 (Pd)を越えた！

鉄触媒を使うと炭素-水素結合を自由自在に
「炭素-炭素結合」に1段階で変換できることを発見！



Pd, Rh触媒で作れない化合物がどんどんできる



「鉄触媒反応を活用して材料科学の発展に寄与したい」

鉄触媒のメリット：存在量が多く，低毒性

鉄触媒のデメリット：

1. 配位状態の変化によって価数とスピン状態が容易に変化
2. 酸化還元電位が小さいので触媒サイクルが不安定

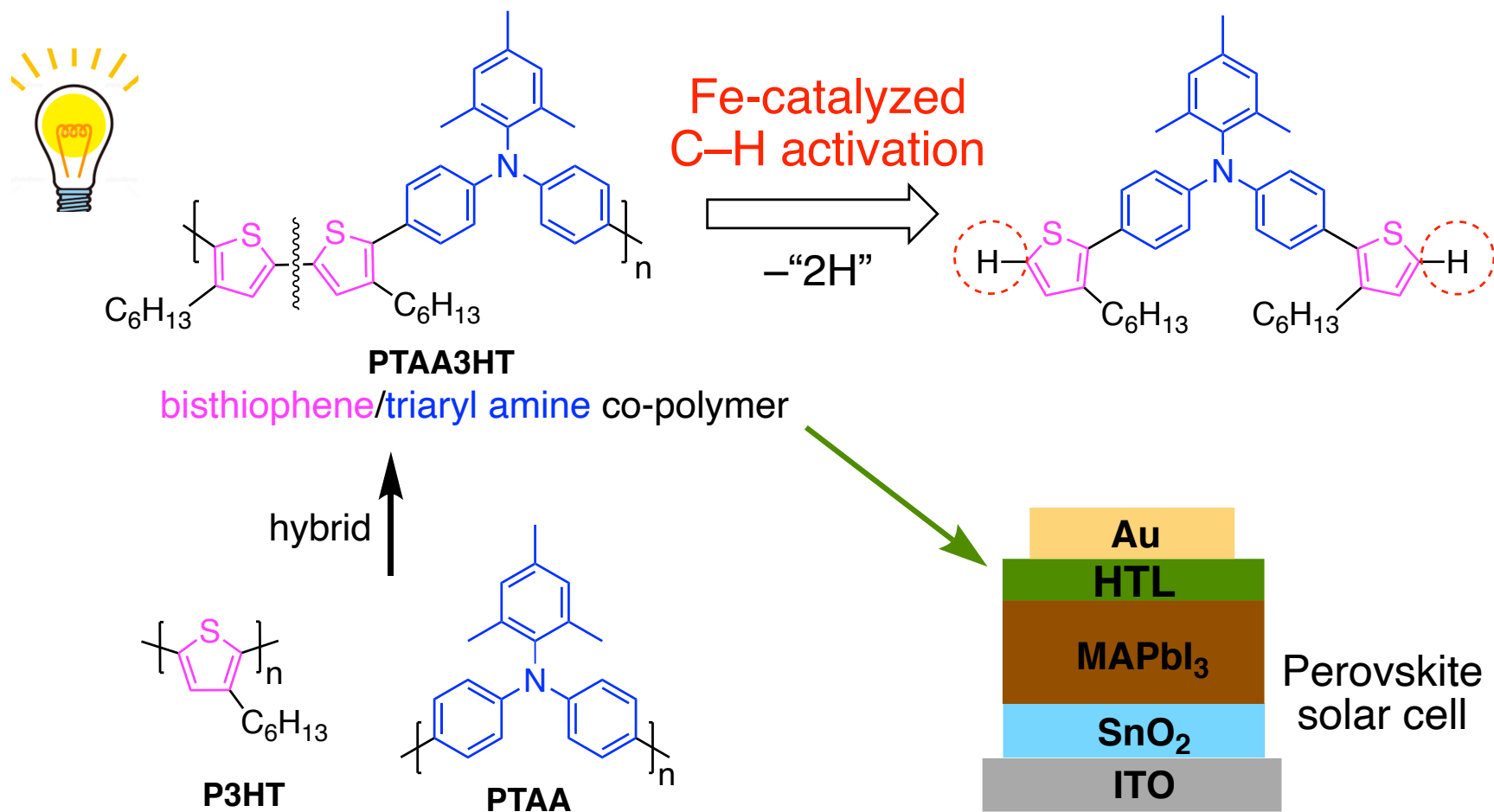
例えば Pd(II)/Pd(0) : 0.915 V vs. Fe(III)/Fe(I) : < 0.55 V

一方でこのデメリットはメリットにもなりえる：

酸化還元電位が小さく，反応性が高いので，
温和な再酸化剤を用いて，素早い触媒サイクルが回せる

高いHOMOを持つ有機化合物は正孔輸送剤やnear-IR材料として注目を集めている。しかし反応性が高く，酸化されやすいために，触媒的な合成が難しい。配位状態と酸化条件に着目して，鉄のメリットを生かすことによって，困難の克服に成功した

New Copolymers Combining P3HT and PTAA



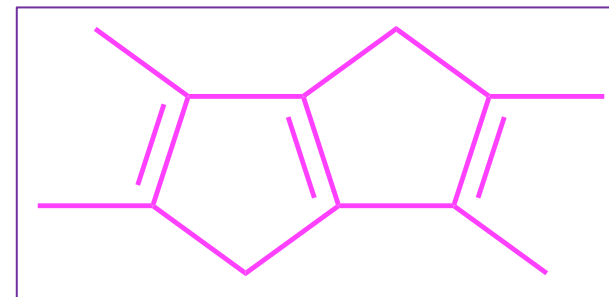
We need new Fe chemistry to control coordination and oxidation!

特願2020-130678

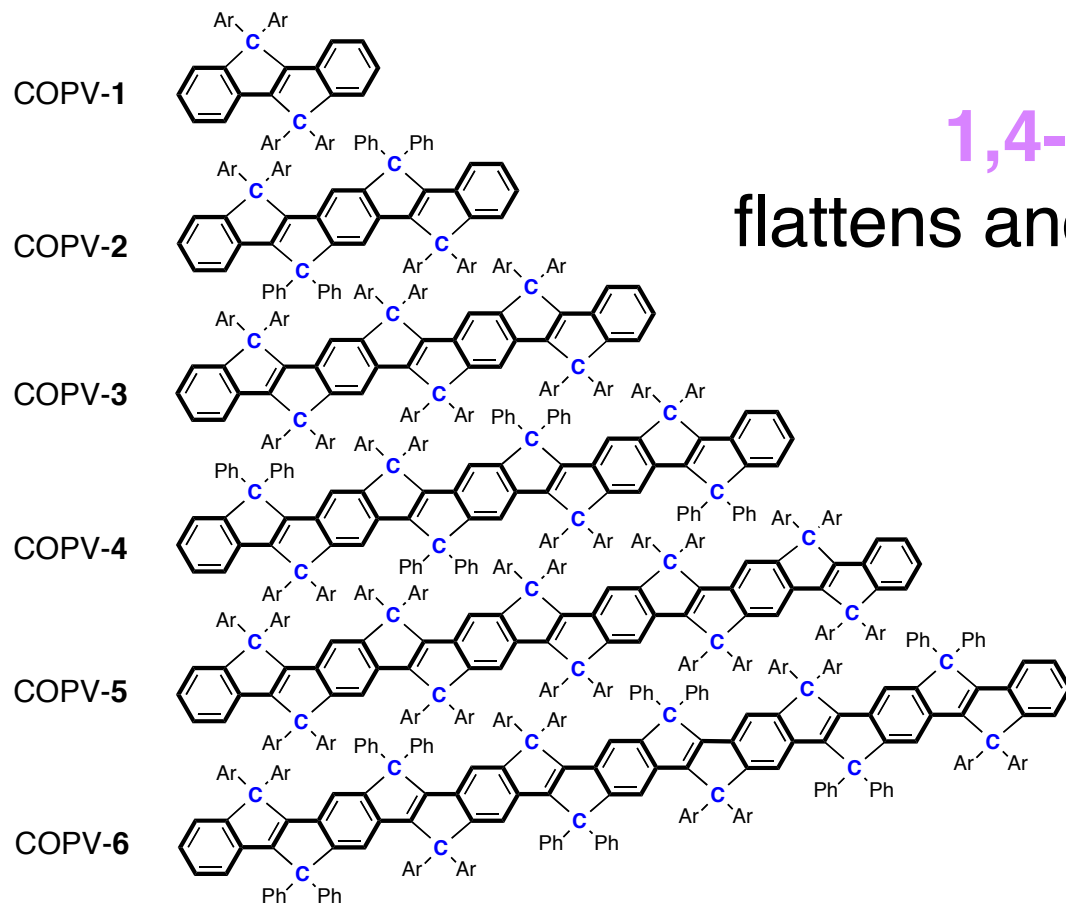
Nat. Catal. **2021**, 4, 631
Angew. Chem. **2022**

Strained 1,4-Dihydropentalene Narrows Band Gap

**Carbon-bridges Oligo
Phenylene-Vinylenes reported
by Nakamura and Tsuji**



The highly strained
1,4-dihydropentalene core
flattens and rigidifies π -conjugation



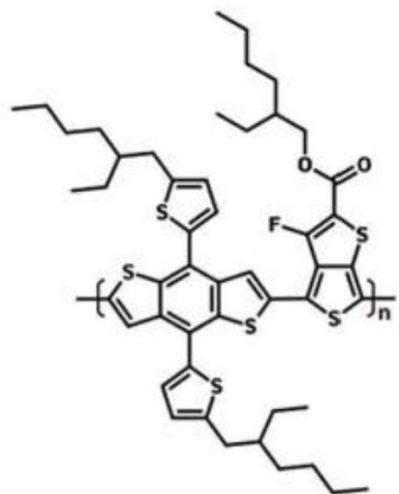
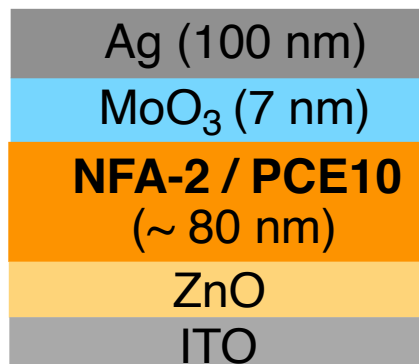
The synthesis requires:

1. Strong Lewis acid
2. Strong reducing agent
3. Long synthetic steps

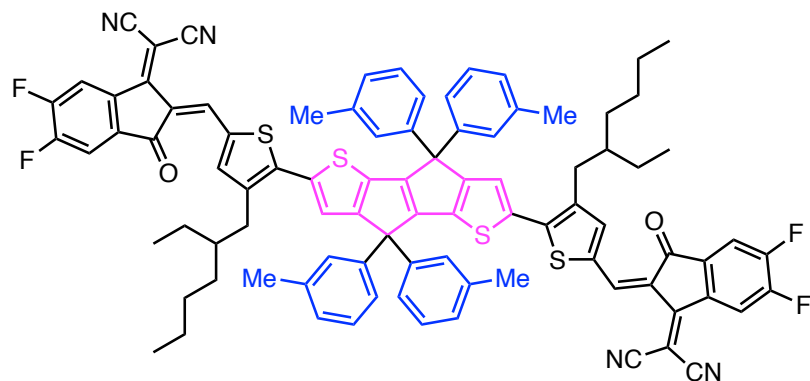


near-IR Photo Detector using NFA-2 Performs as Effectively as Commercial Si Photodiodes

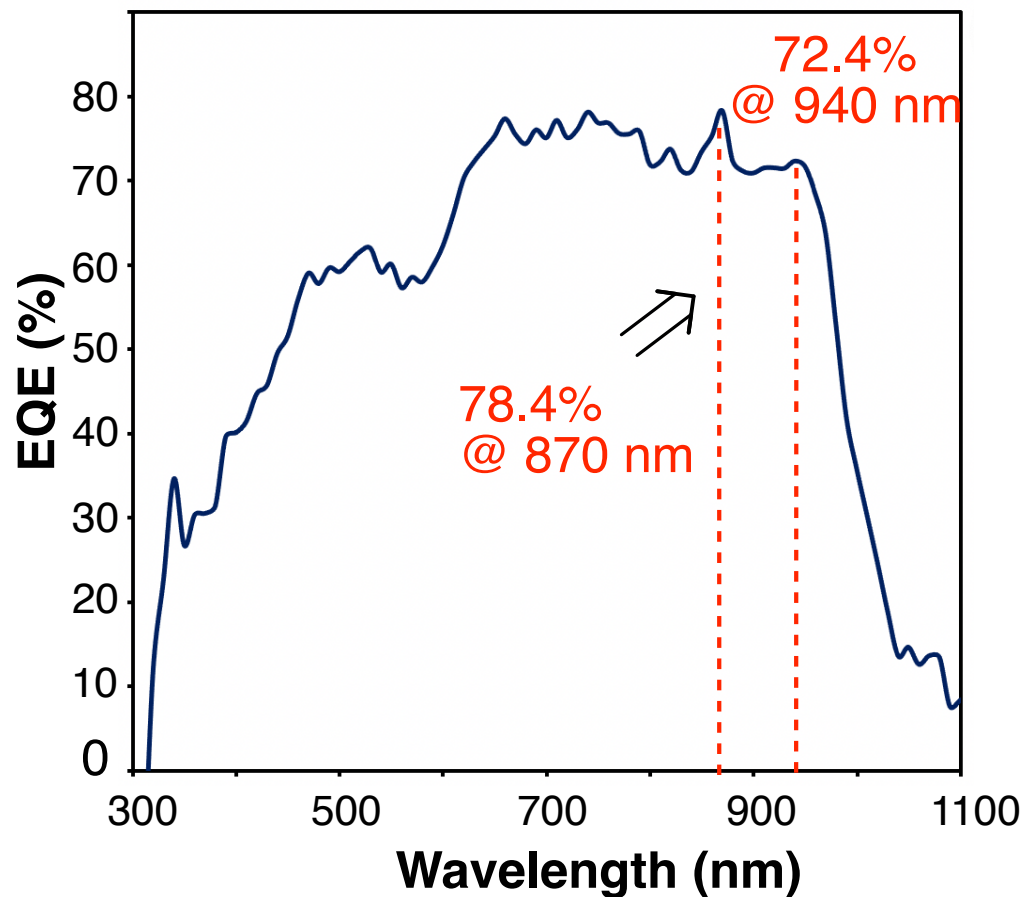
Device structure:



PCE10



NFA-2



fabricated by Mitsubishi Chemical

特願: 2020-130217

目標: 世界から顔が見える科学者を育てる

卒業研究から大学院に向けて身に付けて欲しいこと: 世界に誇る教育と研究

英語で話せる, 読める, 書ける, 生活できる, 世界を知るようになる

- * 外国人学生, 博士研究員, 短期留学生との研究生活
- * 英語文献の英語講読(毎週木曜で年に2回担当)
- * 自分自身の研究の英語発表と英語資料作成(毎週木曜で4週ごとに回る)
- * 外国研究室での短期研究留学(D1学生全員; 欧米・中国)
- * 外国人講演者との昼食会(大学院生)
- * Academic English in Chemistry(DI, COE講義)

良く話せ, 良く人を納得させるようになる

- * 4年生全員が3月の日本化学会で発表を目標
- * サブグループセミナー(非公式討論会; 毎週木曜夕方, 通年・4グループで一順), グループセミナー(公式発表会; 春秋2回, 持ち時間10分で全員発表)
- * 研究室での様々なレベルでの議論(大学研究室とERATO研究室)
- * 国内外研究室との共同研究

「人まねでない研究とは何か」がわかるようになる

そのための必要条件

良く食べ, 良く飲む, 良く遊べる

- * 公式: お花見・新人歓迎会, 春季蓼科セミナー+ハイキング+バーベキュー, 理学部園遊会打ち上げ, 春季研究室運動会, ソフトボール祝勝会, 短期留学歓送迎会, 夏の大掃除, 院試合合格祝い, 秋季研究室運動会, 秋季蓼科セミナー+ハイキング+バーベキュー, 研究室同窓会, 忘年会, 学位審査通過祝賀会
- * 非公式: 各グループ毎の懇親会, スキー旅行

まずは1C: 好奇心(探求心)



ストーク教授(コロンビア大学)と会食

好奇心 (curiosity) を大切にして、勇気 (courage) を持って困難な問題に挑戦すること (challenge)。必ずできるという自信 (confidence) を持って、全精力を集中 (concentration) し、そして諦めずに継続すること (continuation)。その中でも最も重要なのは、curiosity, challenge, continuation の3Cである。これが凡人でも優れた独創的と言われる研究を仕上げるための要素であると私は考える。(本庶佑京大医学部教授)

Our challenges may be new. ...But those values upon which our success depends - hard work and honesty, courage and fair play, tolerance and curiosity, loyalty and patriotism - these things are old. These things are true.

Roald Hoffmann教授と (2016年4月)



習得して欲しいこと：モノ(分子)作りの技術 + コト(概念)作りの考え方

反応機構・電子顕微鏡

- *1 Chemical Kinetics Study through Observation of Individual Reaction Events with Atomic-Resolution Electron Microscopy, E. Nakamura, K. Harano, *Proc. Jpn. Acad., Ser. B*, **94**, 428–440 (2018)
- *2 Atomistic Structures and Dynamics of Prenucleation Clusters in MOF-2 and MOF-5 Syntheses, J. Xing, L. Schweighauser, S. Okada, K. Harano, E. Nakamura, *Nat. Commun.*, **10**, 3608 (2019).

全員が習得：有機・無機合成

- *3 Axially Chiral Spiro-conjugated Carbon-bridged *p*-Phenylenevinylene Congeners: Synthetic Design and Materials Properties
H. Hamada, Y. Itabashi, R. Shang, and E. Nakamura, *JACS* 2020
- *4 Homocoupling-free Iron-catalysed Twofold C–H Activation/Cross-couplings of Aromatics via Transient Connection of Reactants, T. Doba, T. Matsubara, L. Ilies, R. Shang, E. Nakamura, *Nat. Catal.* **2**, 400–406 (2019)

新反応・新分子

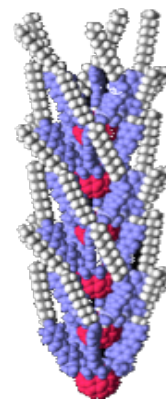
- *5 Air- and Heat-Stable Planar Tri-*p*-quinodimethane with Distinct Iron-Catalyzed C–H Bond Activation, R. Shang, L. Ilies, E. Nakamura, *Chem. Rev.*, **117**, 9086–9139 (2017).
- *6 Interfacial Chemistry of Conical Fullerene Amphiphiles in Water, K. Harano, E. Nakamura, *Acc. Chem. Res.*, **52**, 2090–2100 (2019).

新機能

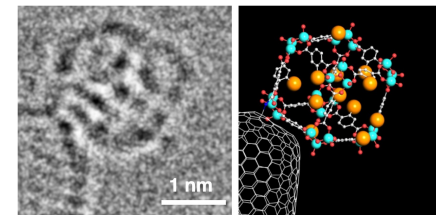
- *7 Design and Functions of Semiconducting Fused Polycyclic Furans for Optoelectronic Applications, H. Tsuji, E. Nakamura, *Acc. Chem. Res.*, **50**, 396–406 (2017).
- *8 Axially Chiral Spiro-conjugated Carbon-bridged *p*-Phenylenevinylene Congeners: Synthetic Design and Materials Properties
H. Hamada, Y. Itabashi, R. Shang, and E. Nakamura, *JACS* 2020

人類の未来を救う(太陽電池・元素戦略・医療)

- 9 Chemical Formation and Multiple Applications of Organic–Inorganic Hybrid Perovskite Materials, K. Liu, Y. Jiang, Y. Jiang, Y. Guo, Y. Liu, E. Nakamura, *J. Am. Chem. Soc.*, **141**, 1406–1414 (2019).
- 10 In vivo gene delivery by cationic tetraamino fullerene, R. Maeda-Mamiya, E. Noiri, H. Isobe, W. Nakanishi, K. Doi, T. Sugaya, T. Homma, and E. Nakamura, *Proc. Nat. Acad. Sci., U.S.A.*, (2010)

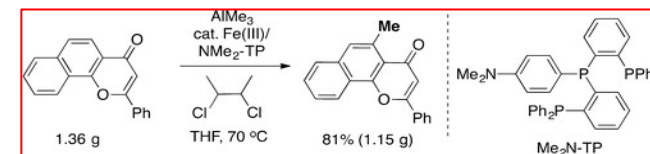


シャトルcock分子集合
Nature 2002, JACS 2006, 7, 10

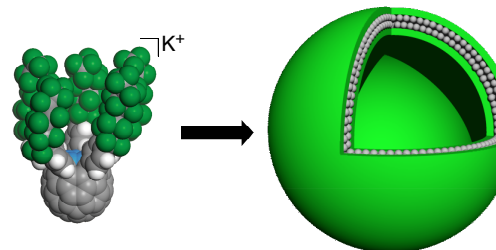


Science 2007
Nat. Nanotech 2008
JACS 2008

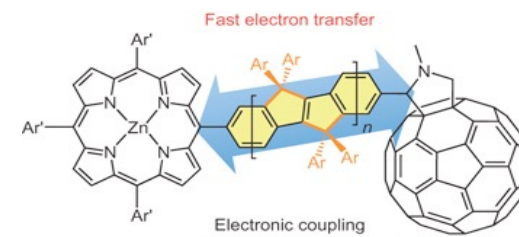
Nat. Chemistry 2010
Nat Materials 2012, 2019



JACS 2008–2020

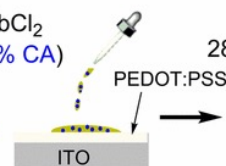
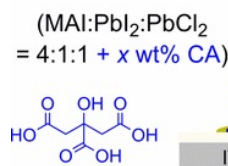


高安定性ベシクル
Science 2001
PNAS 2007
Angew Chem 2010
JACS 2019

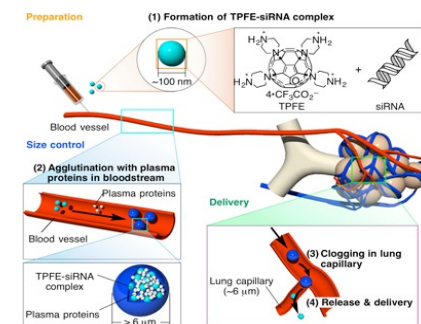


高速電子伝導分子ワイヤー Nat Chem 2014

有機薄膜太陽電池 JACS (2009–19) Ad Mater (2013)



cuboid crystals
16.8% under 1 sun
28.1% under white LED



マウス肺でsiRNA発現 Sci Rep (2014)