

光電子専修コース 千葉研究室

『発光・発電するハイブリッドナノ結晶の創出』

千葉 貴之

山形大学大学院有機材料システム研究科
T-chiba@yz.yamagata-u.ac.jp



城戸・笹部・千葉研究室



城戸 淳二 教授

白色・タンデム
有機EL



笹部 久宏 准教授

有機EL
合成・デバイス



千葉 貴之 准教授

塗布プロセス
量子ドット



佐野 健志 教授

太陽電池
近赤外EL

『エネルギー変換に関する材料・デバイスに関する研究』

電気エネルギー ▶▶▶ 光エネルギー

発光ダイオード

光エネルギー ▶▶▶ 電気エネルギー

太陽電池・X線検出器

2024年から千葉研究室を立ち上げます！！

2023年度

D1 1名, M2 5名, M1 3名, B4 4名



卒業生の進路

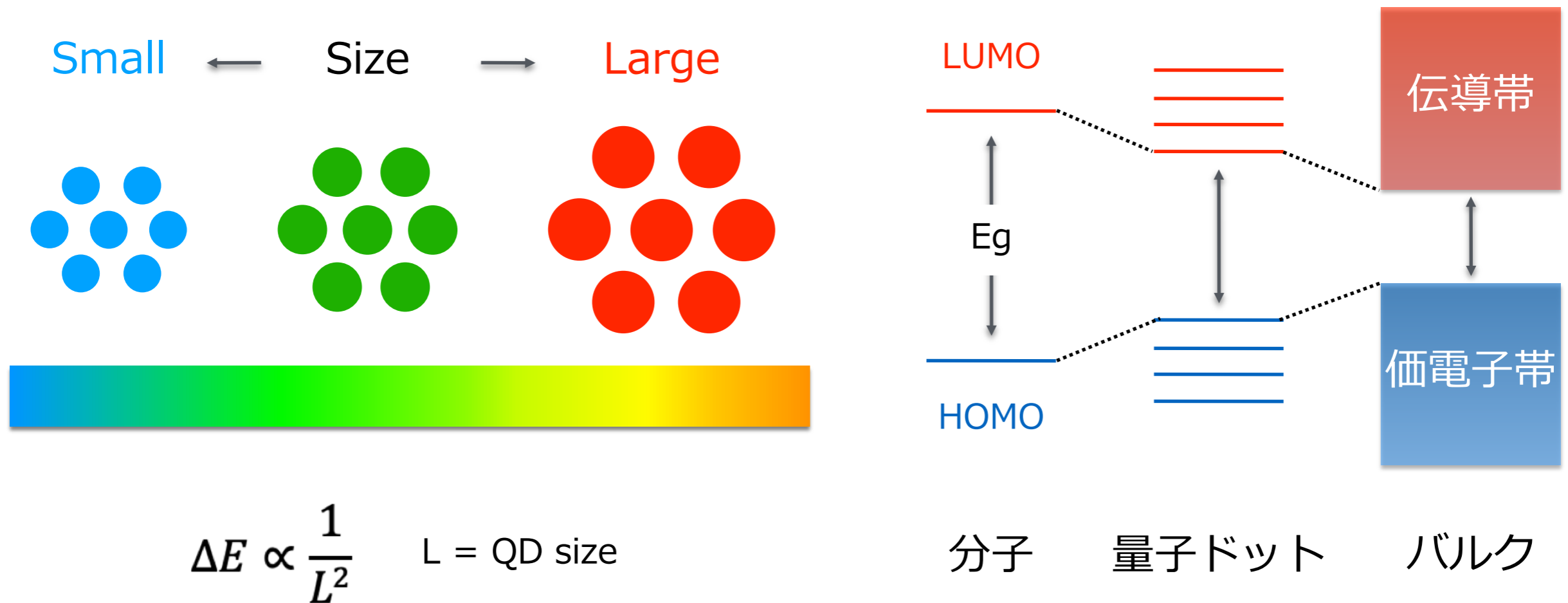
2022 東洋インキ, キオクシア, ローム
2021 ニューフレアテクノロジー, 日立テック
2020 浜松ホトニクス, 東京エレクトロン
2019 東京エレクトロン×2
2018 サムスンJapan, SHARP, AGCエレクトロニクス

留学生受け入れ 9名

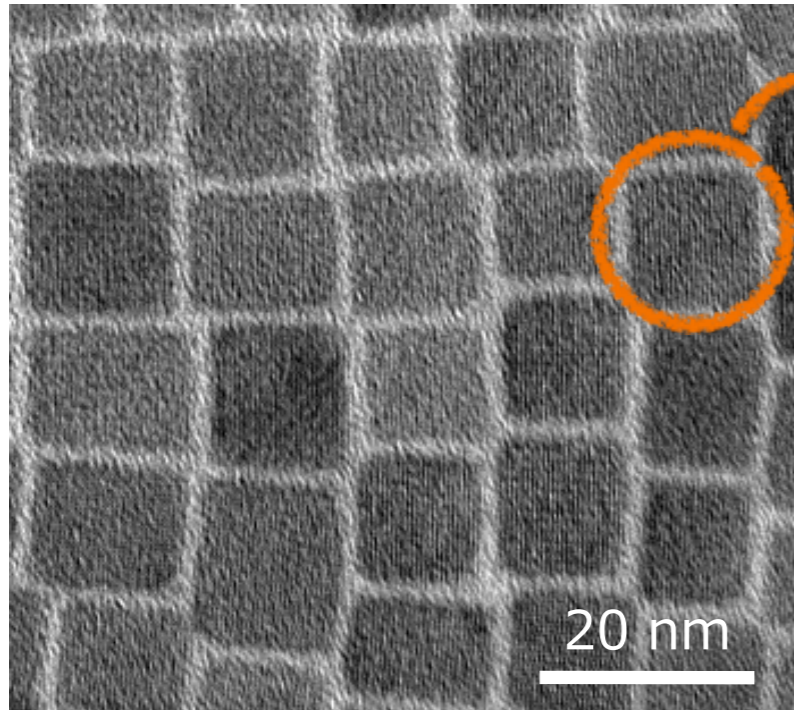
2023 JSB, Liu
2022 Jack, Willa (Taipei Tech)
2020 Jason, Jerry (Taipei Tech)
2019 Hong (National Central University), Fuang (Taipei Tech)
2018 Sally (National Central University)
2017 Rubik, Sou (Taipei Tech)

半導体量子ドット (Quantum dots)

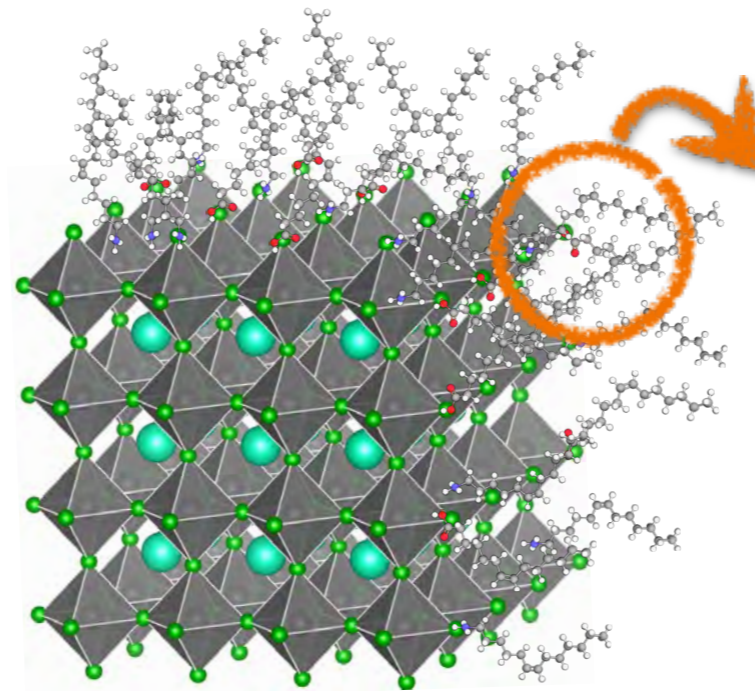
半導体結晶 (粒子) サイズが3次元の全方向で数ナノメートルに留められており、
粒径サイズに依存したエネルギー準位 (量子サイズ効果) をもつ系の総称。
人工原子であり、ナノ粒子 (Nanoparticles) やナノ結晶 (Nanocrystal) とも呼ばれる。



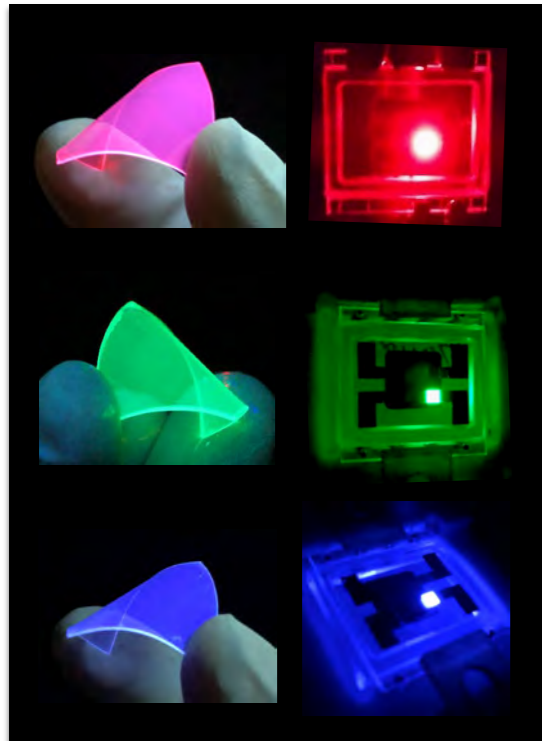
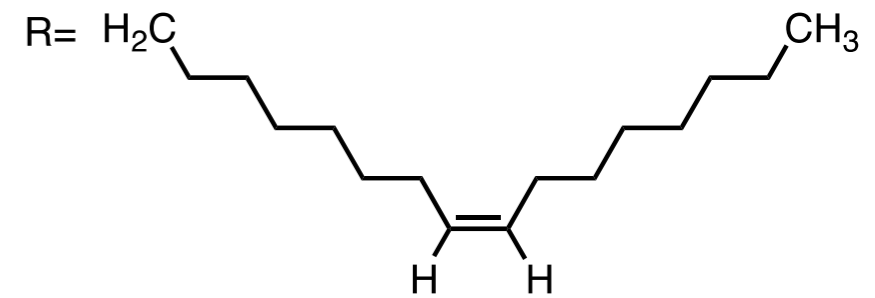
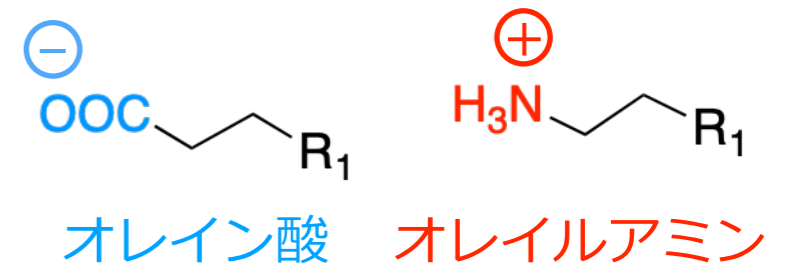
ペロブスカイトナノ結晶：自然界の99%以上の色を再現できる発光材料



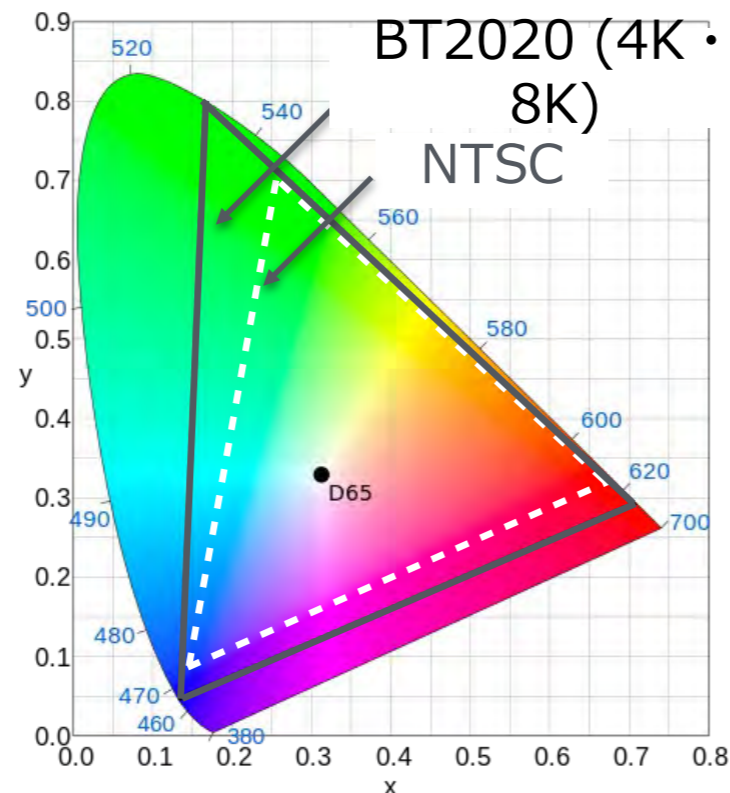
1mm = 10^6 nm



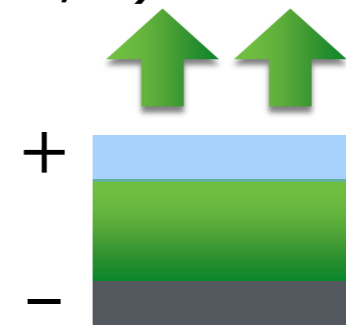
CsPbX_3 (X = Cl, Br, I)



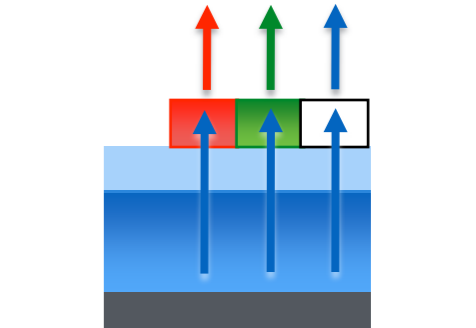
✓ 発光色の制御



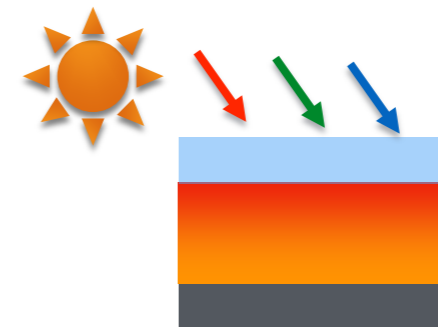
✓ 高色域・高精細



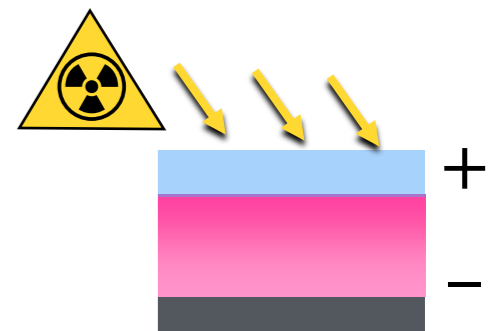
LED



カラーフィルター



太陽電池



X線検出器

✓ 様々なアプリケーションに応用

ペロブスカイトナノ結晶の合成法

ホットインジェクション法
(100~200 °C)

配位子支援再沈殿法
LARP (room temperature)

Cs-OA



PbBr₂,
OA, OAM



CsPbBr₃

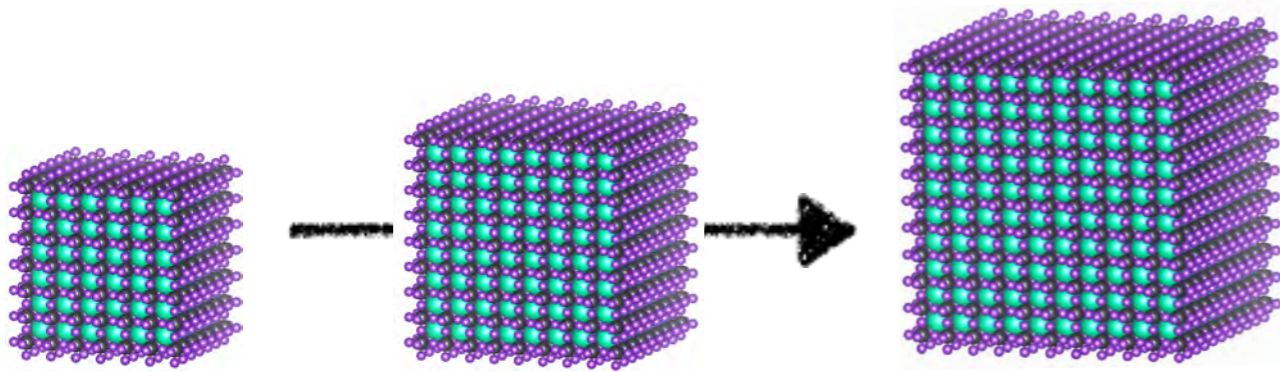


Under UV lamp

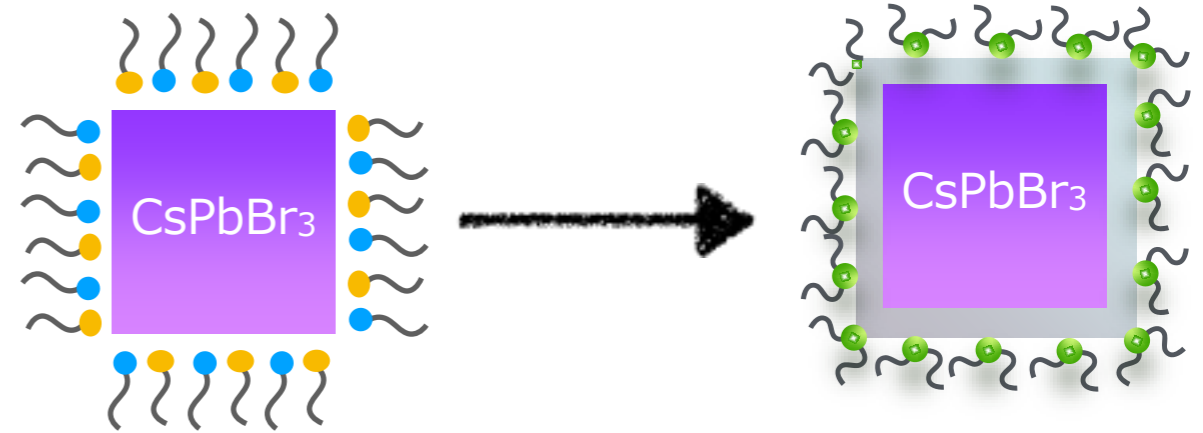


何を研究するのか？

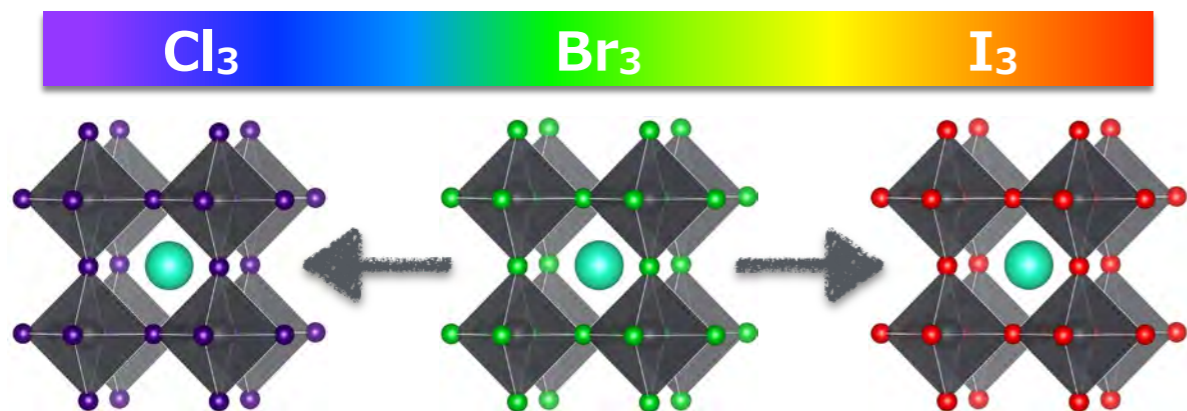
① 結晶のサイズを制御する



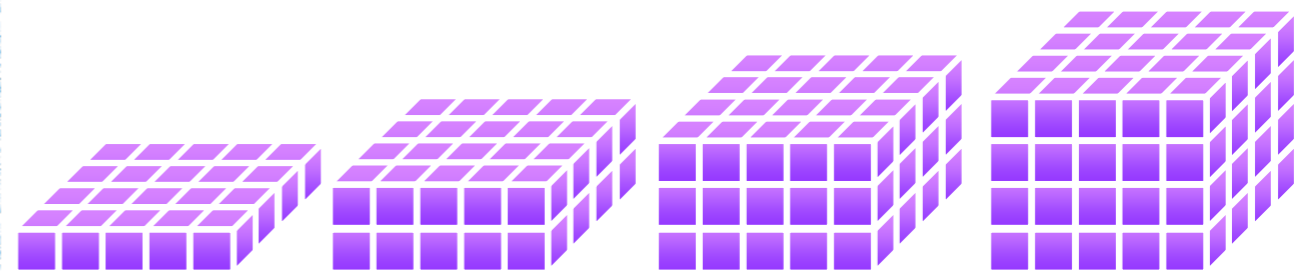
② 結晶の表面を制御する



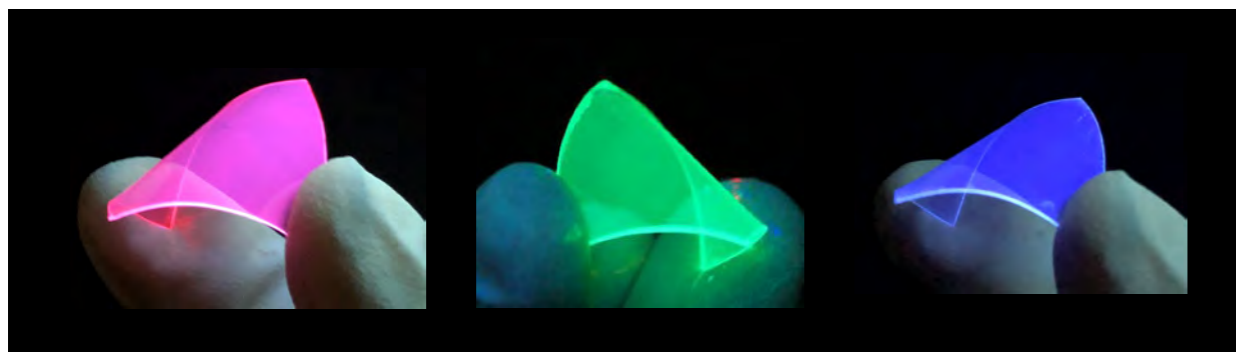
③ 化学組成を制御する



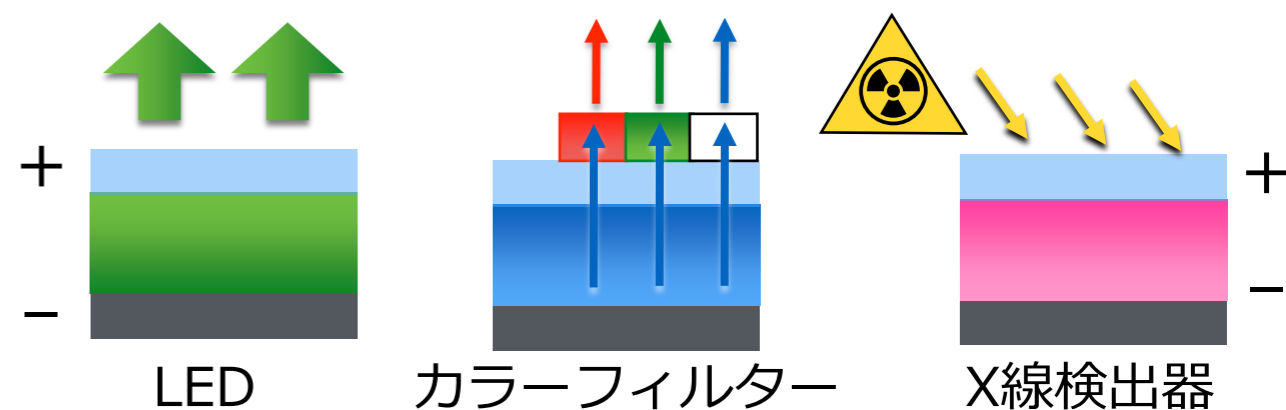
④ 結晶を並べる・重ねる



⑤ 高分子と混ぜる



⑥ デバイスを作る

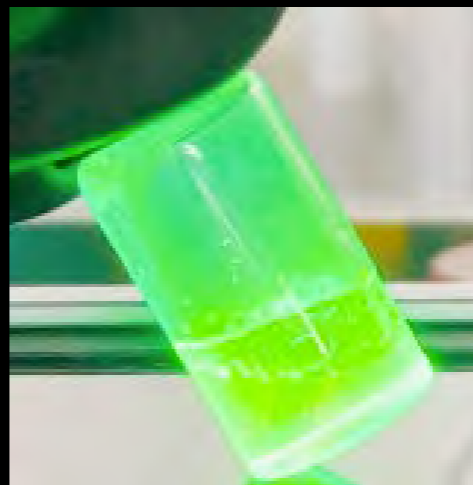


材料設計からデバイスまで

① 合成



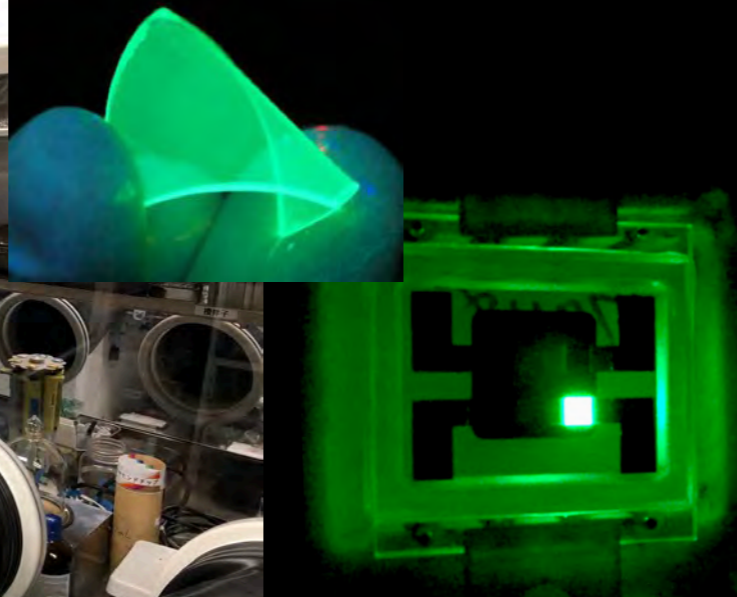
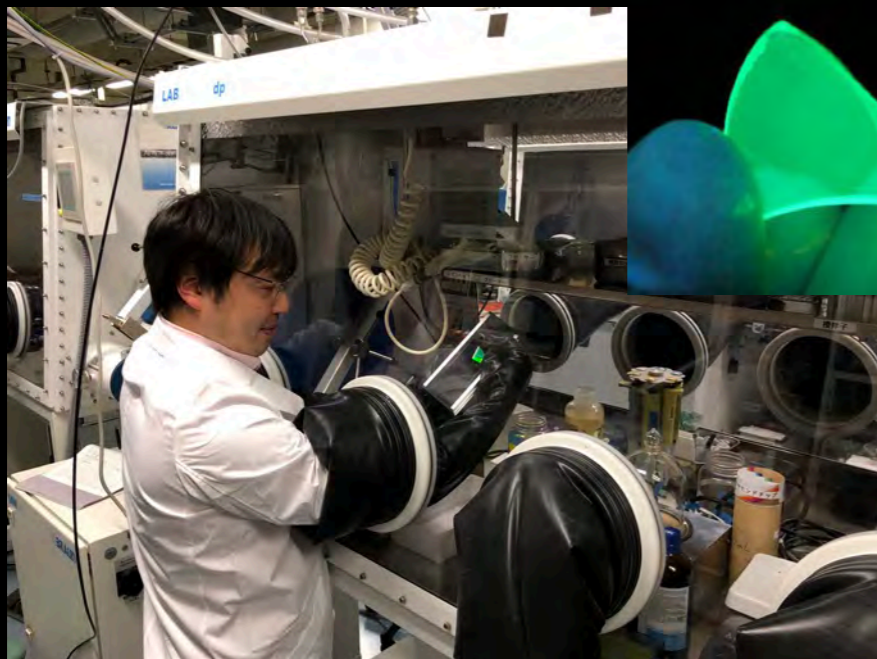
② 精製



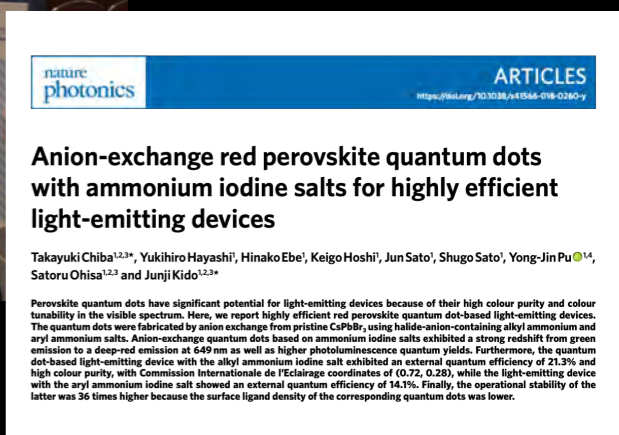
③ 同定・解析

- ✓ ちゃんと合成できたか?
- ✓ どれくらいできたか?
- ✓ 不純物はいないのか?
- ✓ 何色に光るのか?
- ✓ どれくらい光るのか?
- ✓ 電気が流れるのか?
- ✓ 熱には強いのか?

④ 各種デバイスの作製・評価



⑤ 成果報告 (学会・論文)



これまでの研究成果

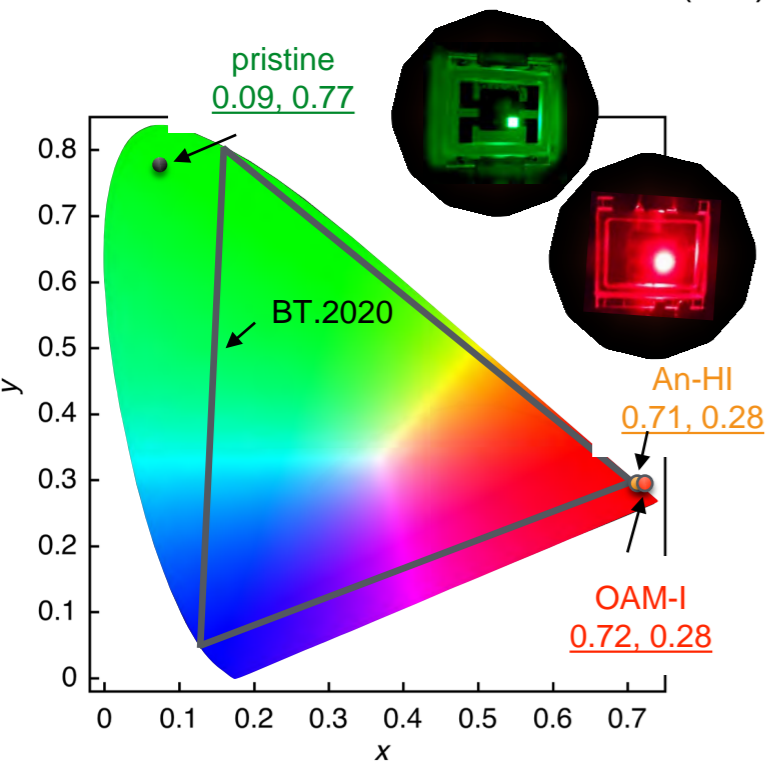
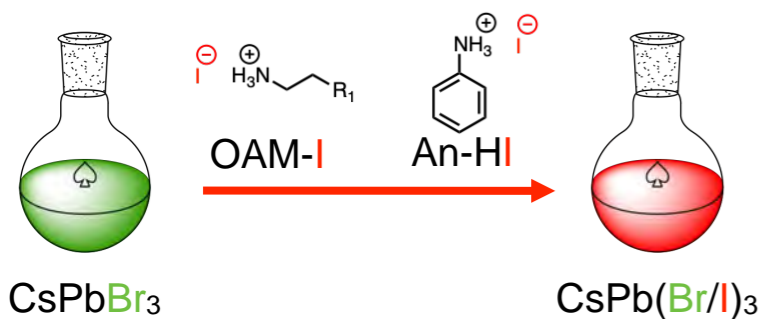
nature
photonics

ARTICLES

<https://doi.org/10.1038/s41566-018-0260-y>

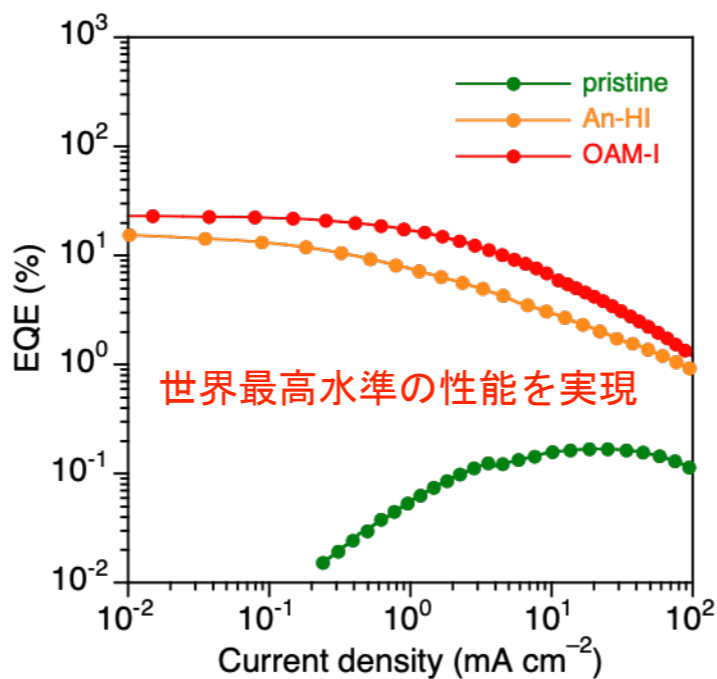
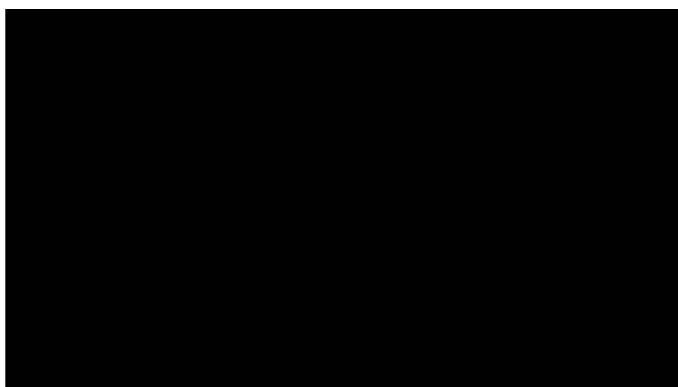
Anion-exchange red perovskite quantum dots with ammonium iodine salts for highly efficient light-emitting devices

Takayuki Chiba^{1,2,3*}, Yukihiro Hayashi¹, Hinako Ebe¹, Keigo Hoshi¹, Jun Sato¹, Shugo Sato¹, Yong-Jin Pu^{1,4}, Satoru Ohisa^{1,2,3} and Junji Kido^{1,2,3*}



T. Chiba et al, *Nat. Photon.* **12**, 681-687. (2018)

Highly cited top 1% paper



山形大学の城戸淳二教授と千葉貴之助教らは、高精細なディスプレイにつながる発光素子を開発した。セシウムなどを含む結晶の微粒子を使って有機ELと同じ構造の素子を試作すると、高純度の赤色を出せた。寿命や

高純度の発光素子開発

山形大 ディスプレー、高精細に

効率などを向上させ、3年以内に技術の確立を目指す。研究チームはペロブスカイトと呼ぶ結晶構造をもつ物質に注目した。直径が10ナノメートルは10億分の1)以前の微粒子に加えると、電気を光に変えられようになる。高純度の色を出せるため、高精細なディスプレイの開発に役立つと期待されている。

原料が安価になり、製造コストの削減にもつながる。セシウムと鉛に臭素を混ぜた結晶の微粒子は緑色の光を出す。臭素の代わりにヨウ素を含む結晶は赤色の光を出す。さらに、電気を光に変えられようになる。高純度の色を出せるため、高精細なディスプレイの開発に役立つと期待されている。

試作した発光素子が電気エネルギーを光エネルギーに変換する効率は21%だった。寿命は約2時間で、微粒子の表面を覆う界面活性剤と呼ぶ物質の量をなどを工夫することで耐久性を高める。鉛を含まず、高効率に光る結晶を目指す。成果は英科学誌ネイチャー・フォトリクスで発表した。

次世代発光材に新製法

山形大開発 赤色LED、最高効率

山形大は1日、千葉貴之助教らが、次世代発光材料として注目されている「ペロブスカイト量子ドット」の新たな製法を開発し、同材料を使った赤色の発光ダイオード(LED)として世界最高水準の発光効率を

実現したと発表した。ディスプレイや照明への応用が期待されるといわれている。ペロブスカイト量子ドットは10ナノメートル(1ナノメートルは100万分の1)ほどの大きさの結晶材料。発光効率や色純度の高さから、有機ELなどに替わる発光デバイス材料として注目されている。

これまで赤色発光のペロブスカイトは結晶構造が不安定で、LEDへの応用や高性能化させることが困難だった。今回の研究では、

革新的な研究開発を支援する科学技術振興機構の「センター・オブ・イノベーション」プログラムの一環で、千葉助教は、有機EL研究の城戸淳二教授らと取り組んだ。千葉助教は「ディスプレイなどへの応用に向けて、耐久性や高効率化といった一つ一つ課題をク

山形新聞 2018/10/2

日経産業新聞
2018/10/17

最近の研究成果

東京大学 中村栄一教授との共同研究

JACS
JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

純青色ナノ結晶 2022.11

pubs.acs.org/JACS

Article

Precision Synthesis and Atomistic Analysis of Deep-Blue Cubic Quantum Dots Made via Self-Organization

Olivier J. G. L. Chevalier, Takayuki Nakamuro,* Wataru Sato, Satoru Miyashita, Takayuki Chiba, Junji Kido, Rui Shang,* and Eiichi Nakamura*

Cite This: <https://doi.org/10.1021/jacs.2c08227>

Read Online

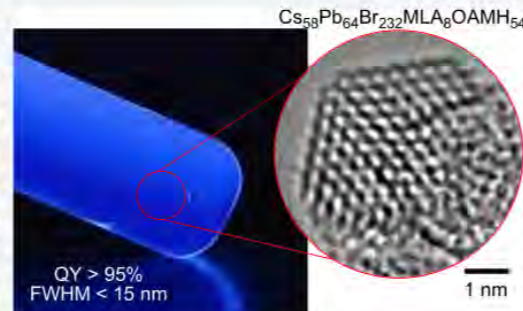
ACCESS |

Metrics & More

Article Recommendations

Supporting Information

ABSTRACT: As a crystal approaches a few nanometers in size, atoms become nonequivalent, bonds vibrate, and quantum effects emerge. To study quantum dots (QDs) with structural control common in molecular science, we need atomic precision synthesis and analysis. We describe here the synthesis of lead bromide perovskite magic-sized nanoclusters via self-organization of a lead malate chelate complex and PbBr_3^- under ambient conditions. Millisecond and angstrom resolution electron microscopic analysis revealed the structure and the dynamic behavior of individual QDs—structurally uniform cubes made of 64 lead atoms, where eight malate molecules are located on the eight corners of the cubes, and oleylammonium cations lipophilize and stabilize the edges and faces. Lacking translational symmetry, the cube is to be viewed as a molecule rather than a nanocrystal. The QD exhibits quantitative photoluminescence and stable electroluminescence at ≈ 460 nm with a narrow half-maximum linewidth below 15 nm, reflecting minimum structural defects. This controlled synthesis and precise analysis demonstrate the potential of cinematic chemistry for the characterization of nanomaterials beyond the conventional limit.



Olivier J. G. L. Chevalier et al,
JACS 144, 21146–21156 (2022).

国立台北科技大学 郭霽慶教授との国際共同研究

ADVANCED MATERIALS

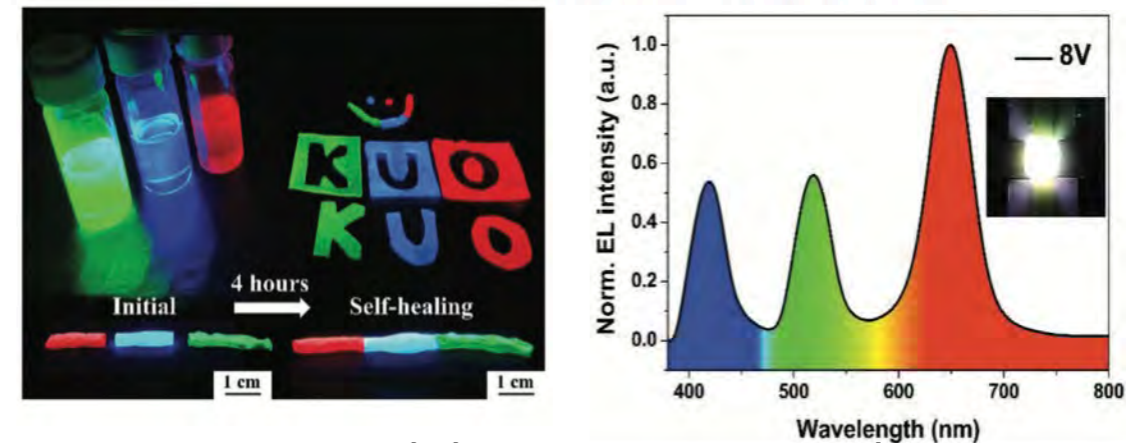
高分子分散と白色LED 2022.11

Research Article

Synergistic Effect of Cation Composition Engineering of Hybrid $\text{cs}_{1-x}\text{FA}_x\text{PbBr}_3$ Nanocrystals For Self-Healing Electronics Application

Fang-Cheng Liang, Fu-Cheng Jhuang, Yu-Han Fang, Jean-Sebastien Benas, Wei-Cheng Chen, Zhen-Li Yan, Wei-Chun Lin, Chun-Jen Su, Yuki Sato, Takayuki Chiba, Junji Kido, Chi-Ching Kuo

First published: 10 November 2022 | <https://doi.org/10.1002/adma.202207617>



T. Chiba, C.-C. Kuo et al.
Adv. Mater. 35, 2207617, (2023).

研究代表としてのプロジェクト

NEDO 官民による若手研究者発掘支援事業マッチングサポートフェーズ (2020-2025年)

『ペロブスカイトナノ結晶を用いた波長変換シートに関する研究』

JST 戦略的国際共同研究プログラム (2021-2024年) チェコ・ポーランド・ハンガリー・スロバキア

『ペロブスカイトナノ結晶を利用したX線検出器に関する研究』

ご清聴ありがとうございました！！

2023年度 高分子・有機材料工学科対抗野球大会 優勝!!



お問い合わせ

山形大学大学院有機材料システム研究科 准教授 千葉 貴之

TEL 0238-26-3595

メール T-chiba@yz.yamagata-u.ac.jp