

MOFを利用した太陽電池の開発

高橋 雅史 (東京大学 工学部学部 応用化学科)

Background

地球温暖化の進行によって、日々の生活に悪影響が出ている

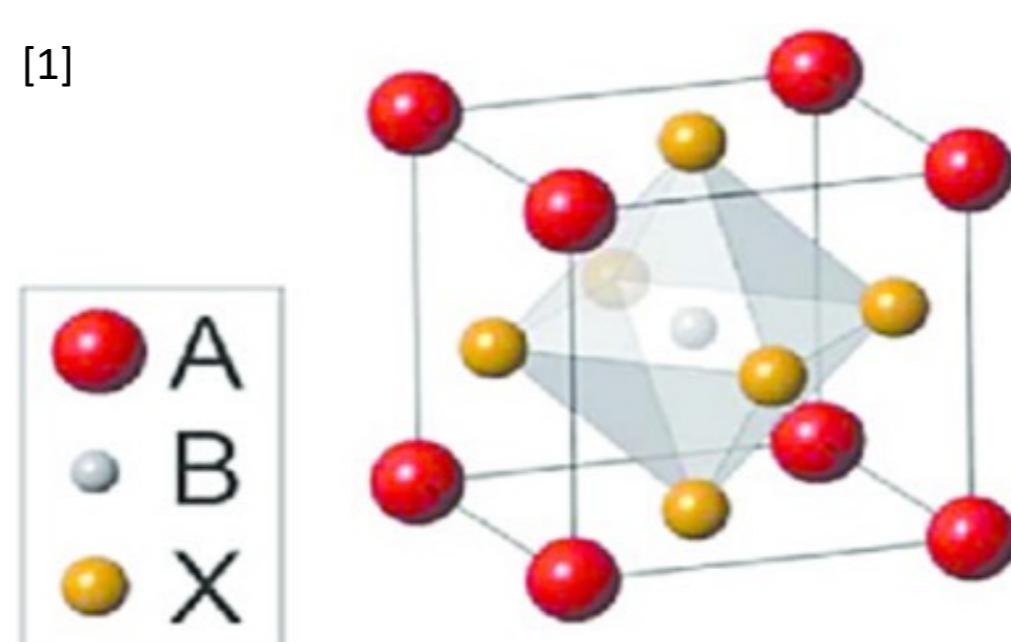
太陽光発電は二酸化炭素を排出しないクリーンな発電方法

しかし、現行の太陽電池にも課題が

- ・パネルの重量
- ・設置制約

→ペロブスカイト型太陽電池という解決策

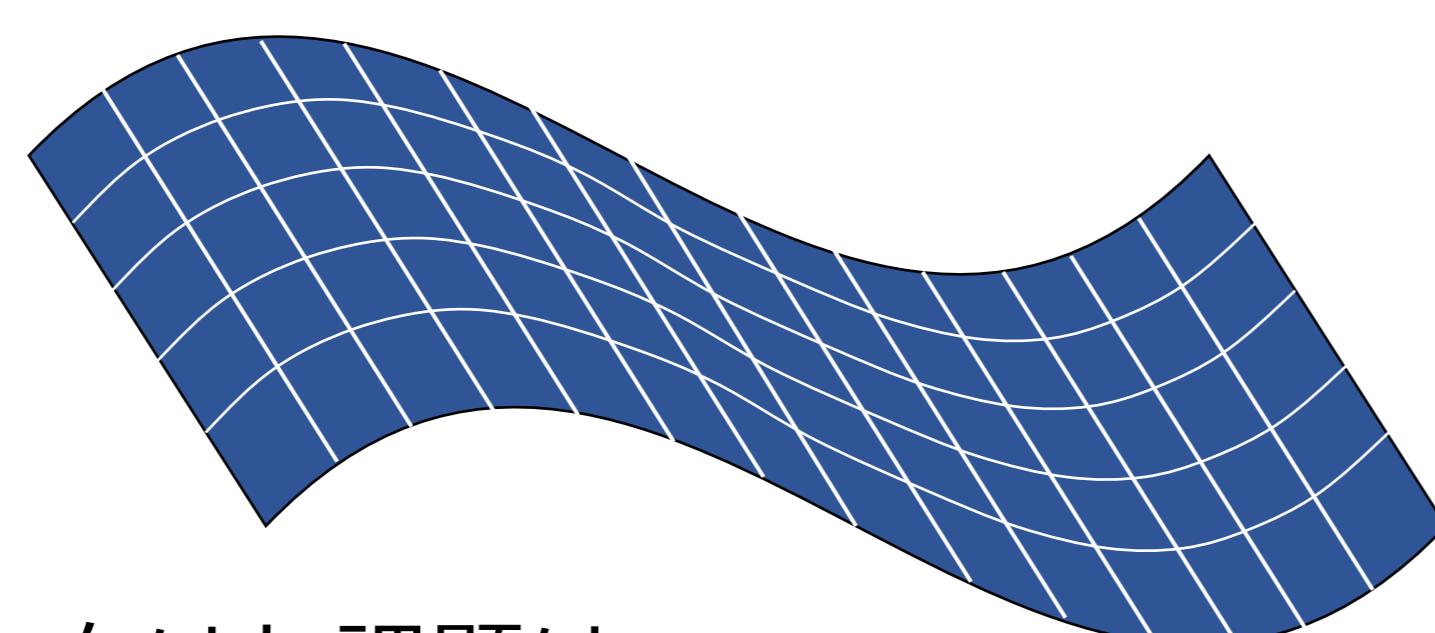
本研究では、ペロブスカイト型太陽電池の社会実装のために、最強の太陽電池を開発することが目的である



Problem

ペロブスカイト型太陽電池の強みは、

- ・製造コストが比較的低い
- ・軽い・曲げられる



ペロブスカイト型太陽電池の実用化に向けた課題は、

- ・水に弱い
- ・発電効率がまだ低い

→堅牢でなければならない

本研究では、MOFでペロブスカイト型太陽電池を保護し、課題を解決する

Solution

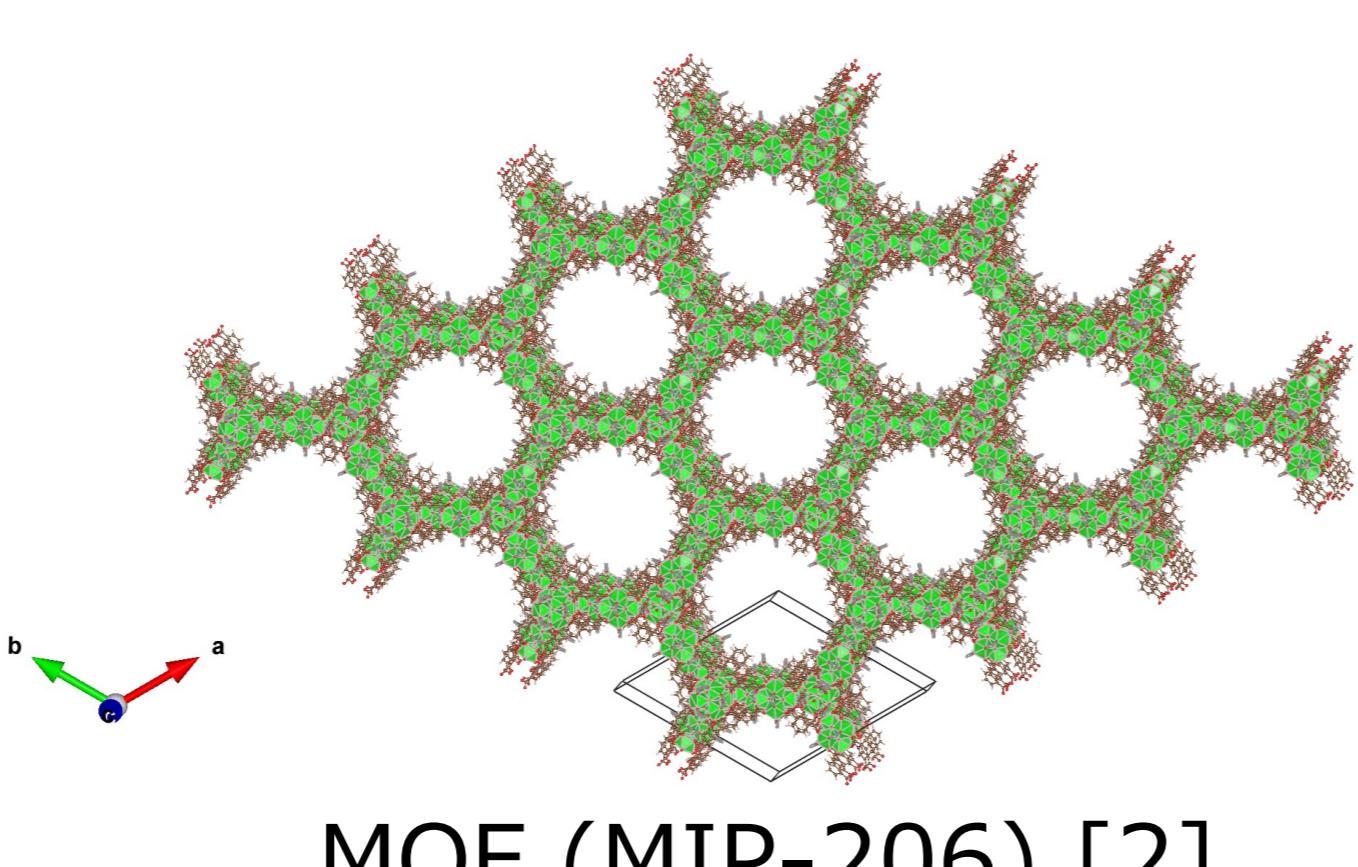
Step 1. MOFについて

金属イオン+有機配位子→MOF

- ・高い表面積
- ・設計可能な結晶構造

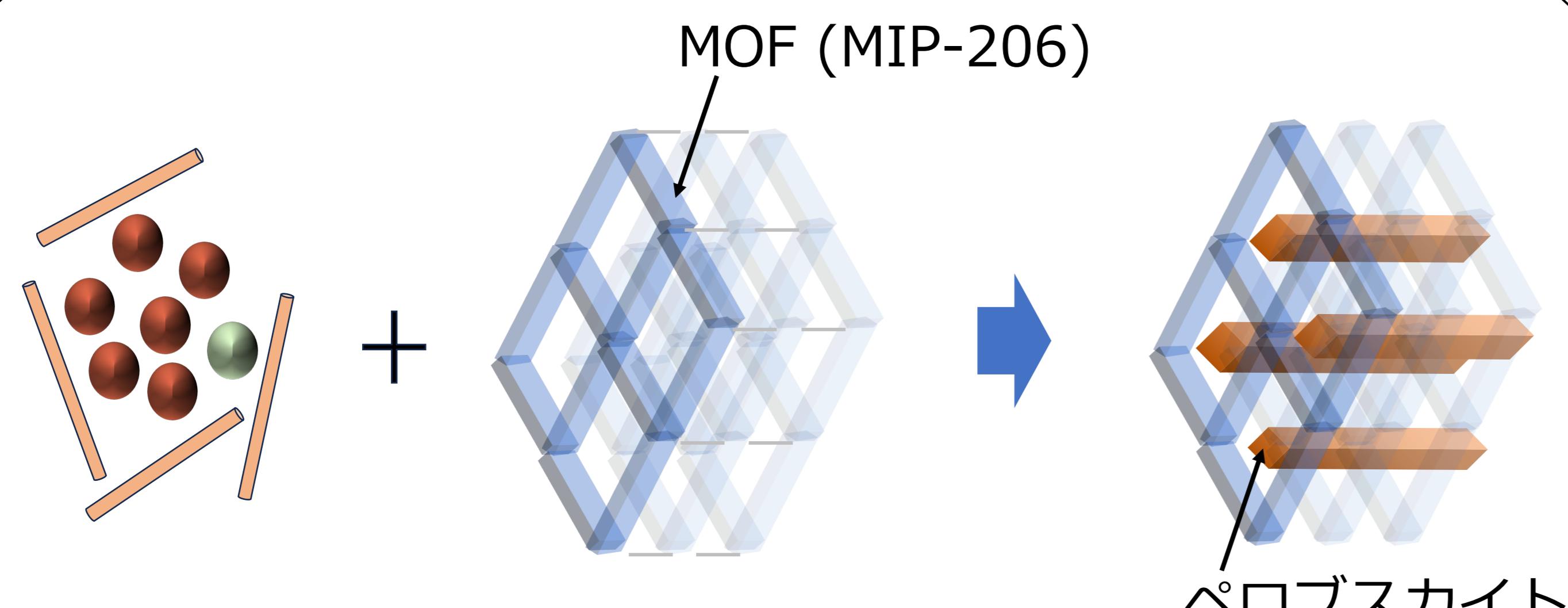
Zrを使うと耐水性が向上

一次元状細孔で電子の移動度を向上



MOF (MIP-206) [2]

Step 2. 合成方法



1. MOFの薄層を基盤状に合成する
2. MOFの細孔内部にペロブスカイトの原料を拡散させる
3. 加熱し、ペロブスカイトを細孔内部で合成する

MOFがペロブスカイトを保護する

→水から守る

ペロブスカイトと水が接触すると、結晶構造の一部が水和し、構造が破壊される [3]
→太陽電池として使えなくなる

Step 3. 発電効率の向上

	既存	本アイデア
構造	ランダム 基盤 (TiO_2) 従来の太陽電池	perovskite nanowire MOF 基盤 (TiO_2) perovskite@MOF 太陽電池
移動度	△	○
効率	○	○

発電機構

1. MOF細孔内部でペロブスカイトが規則正しく整列する
2. 太陽光によってペロブスカイト部分で電子と正孔が生じる
3. 電子と正孔が反対方向に一直線に移動する
→電子と正孔の移動が妨げられず、発電効率が向上

界面がランダムな構造だと表面積は大きくなるが、電子と正孔が衝突し、再結合することで発電を妨げる可能性がある

Novelty

- ・ペロブスカイトをMOFで保護することにより、弱点である耐水性を補う
- ・電子の移動を直線上に制限することで、発電効率の向上と安定した動作を目指す
- ・MOFによる空間制御によって、従来のナノワイヤよりも細い材料を合成できる
→太陽電池だけではない、新規の高感度センサーや触媒開発につながる

Next Step

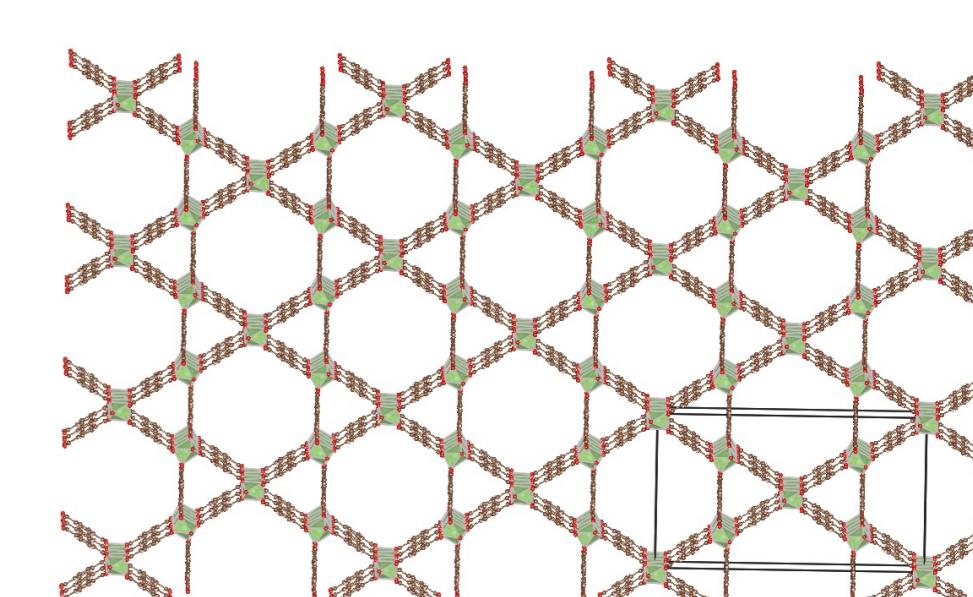
Step 1

MOF + ペロブスカイトの合成

MOFの種類を再検討

Step 2

耐水性と発電効率の測定



候補となるMOF (MIL-68) [4]

Step 3

様々な場所で使える太陽電池として社会実装

壁面や曲面持ち運びできる

Reference

- [1]: DAWA, Tenzin; SAJJADI, Baharak. Exploring the potential of perovskite structures for chemical looping technology: A state-of-the-art review. *Fuel Processing Technology*, 2024, 253: 108022.
- [2] Sujing Wang, Liyu Chen, Mohammad Wahiduzzaman, Antoine Tissot, Lin Zhou, Ilch A. Ibarra, Aida Gutiérrez-Alejandre, Ji Sun Lee, Jong-San Chang, Zheng Liu, Jérôme Marrot, William Shepard, Guillaume Maurin, Qiang Xu, Christian Serre, *Matter*, 2021, 4, 182の結晶データよりVESTAを用いて作成
- [3] CHENG, Shangjun; ZHONG, Haizheng. What happens when halide perovskites meet with water?. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 2022, 13.10: 2281-2290.
- [4] VOLKRINGER, Christophe, et al. The Kagomé topology of the gallium and indium metal-organic framework types with a MIL-68 structure: synthesis, XRD, solid-state NMR characterizations, and hydrogen adsorption. *Inorganic chemistry*, 2008, 47.24: 11892-11901.の結晶データよりVESTAを用いて作成