



# 光エネルギーデバイス研究室

長岡技術科学大学 電気電子情報工学専攻 准教授 田中久仁彦  
URL: <http://femto5.nagaokaut.ac.jp> E-mail: [tanaka@vos.nagaokaut.ac.jp](mailto:tanaka@vos.nagaokaut.ac.jp)

本研究室では環境に優しく安い太陽電池・光電極の作製を目標とし、以下の条件を満たす太陽電池・光電極の作製に取り組んでいます。

- ①地球上に豊富にある元素のみを用いる=貴重な資源を用いない, 安価.
- ②毒性の高い物質は使用しない.
- ③大気圧下で作製する: 真空装置は非常に高価.

2021年4月現在は大まかに分けて以下の4つの研究を進めています.

## Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub>(CTS)系薄膜太陽電池の作製

◆CTSは以下の特徴をもつp型半導体.

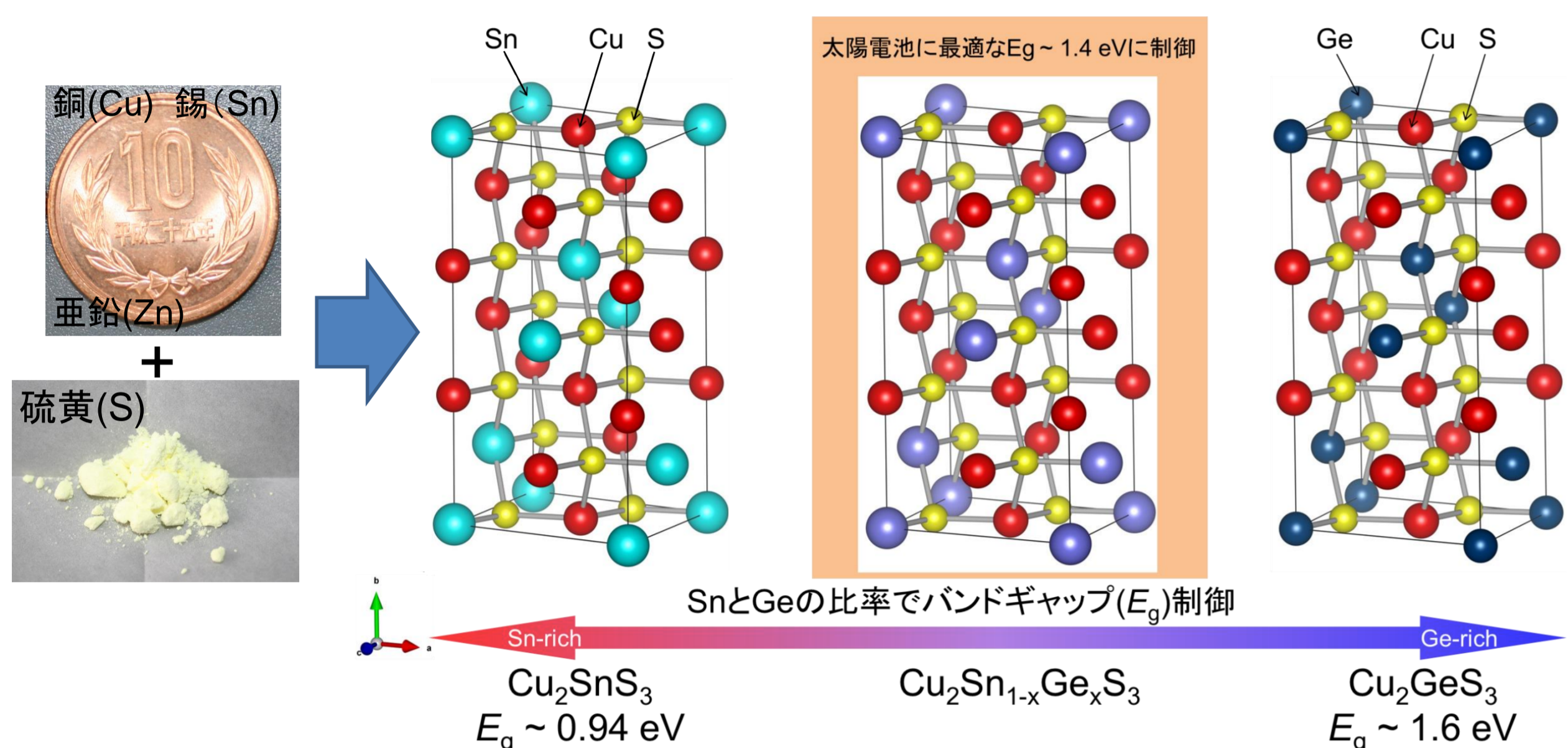
✓環境に優しい材料である

地殻中に豊富に存在し安価. 汎用無毒性元素で構成されている.  
(ちなみに十円玉はCu(銅), Zn(亜鉛), Sn(錫)でできている)

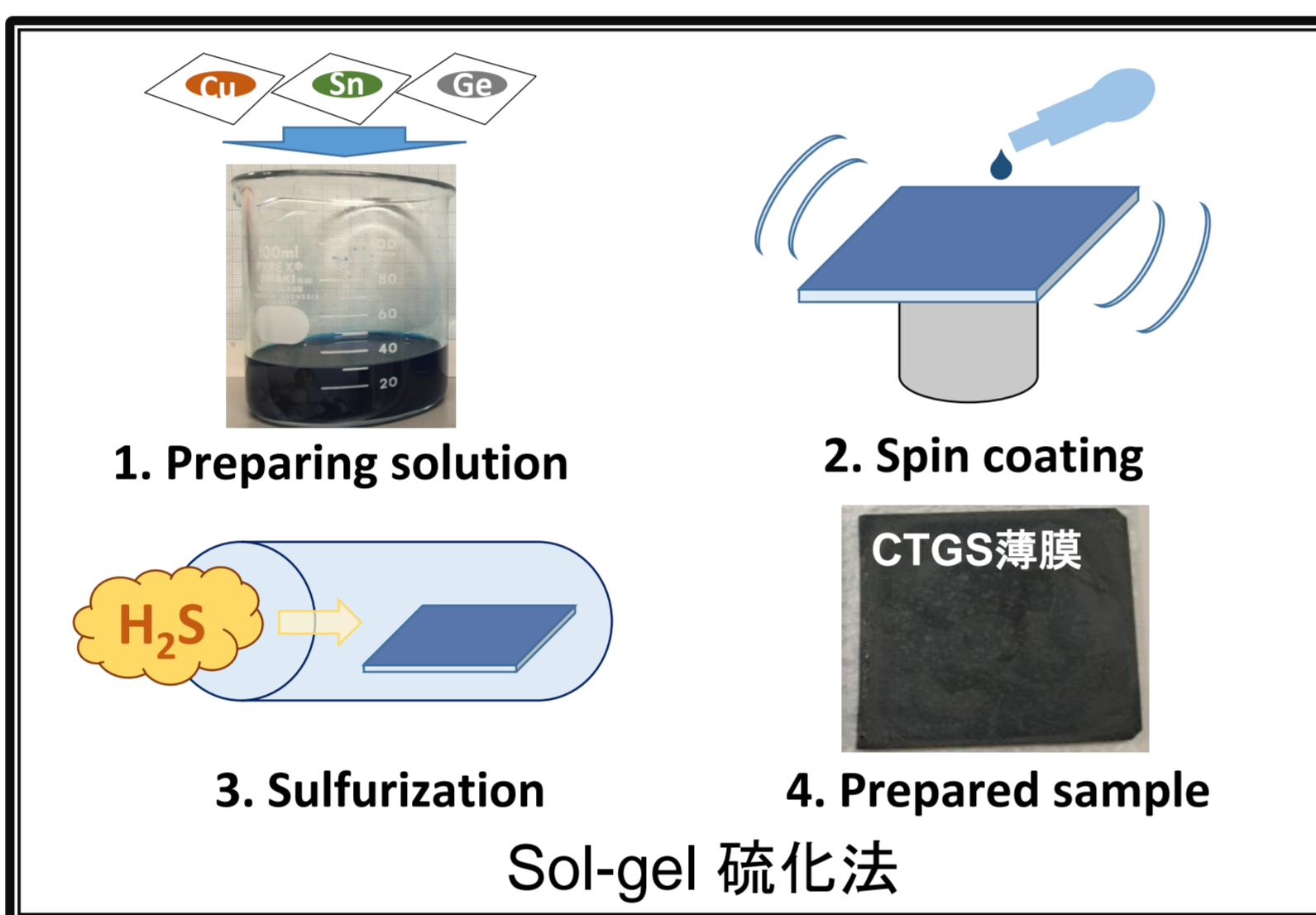
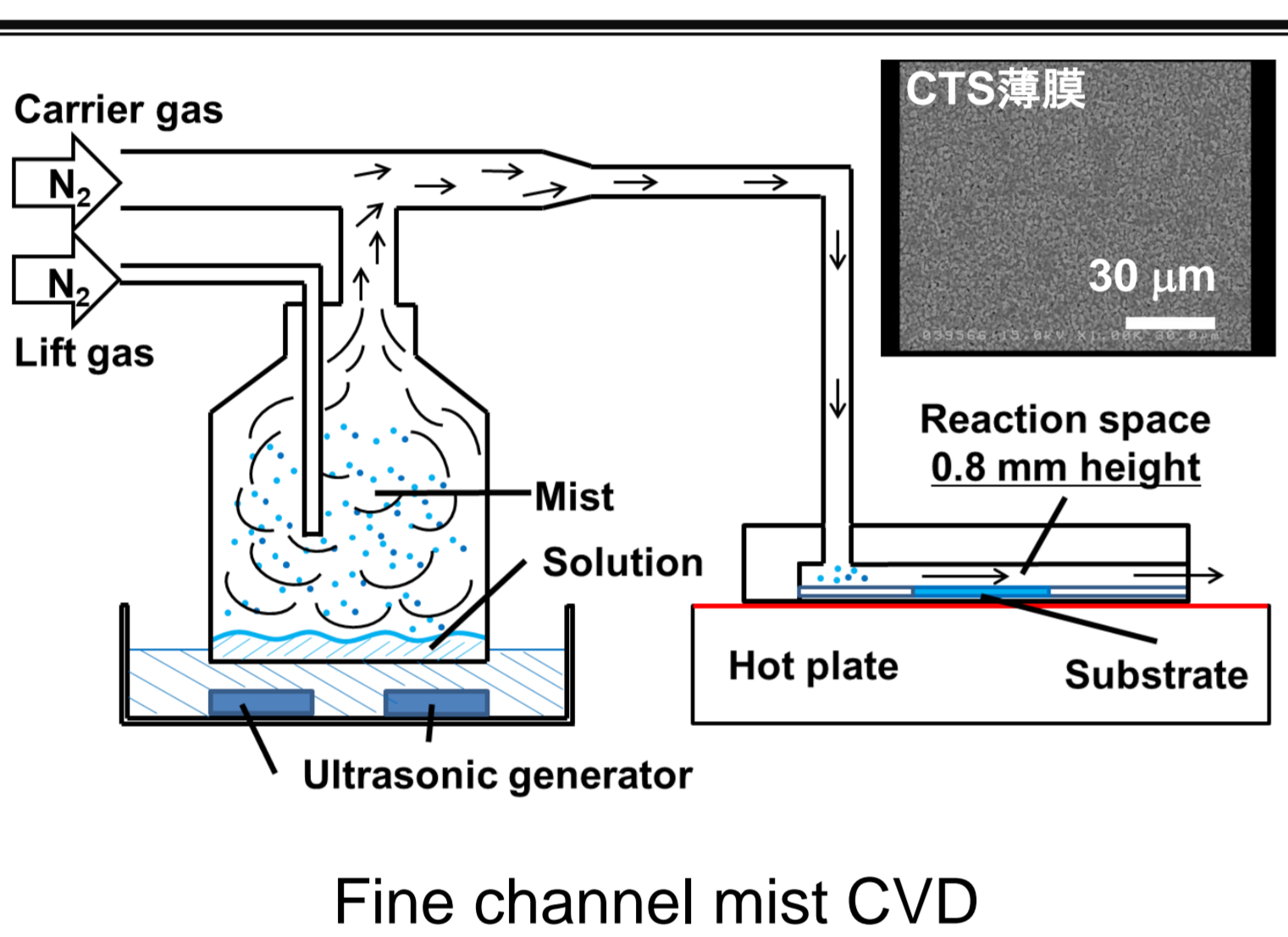
✓単接合型太陽電池に適した光学特性

光吸収係数が可視域で10<sup>4</sup> cm<sup>-1</sup>後半. →薄膜化が可能→低コスト

バンドギャップE<sub>g</sub> ~ 1.0eV→Snの一部をGeやSiで置き換えると太陽電池に最適な約1.4 eV実現可.



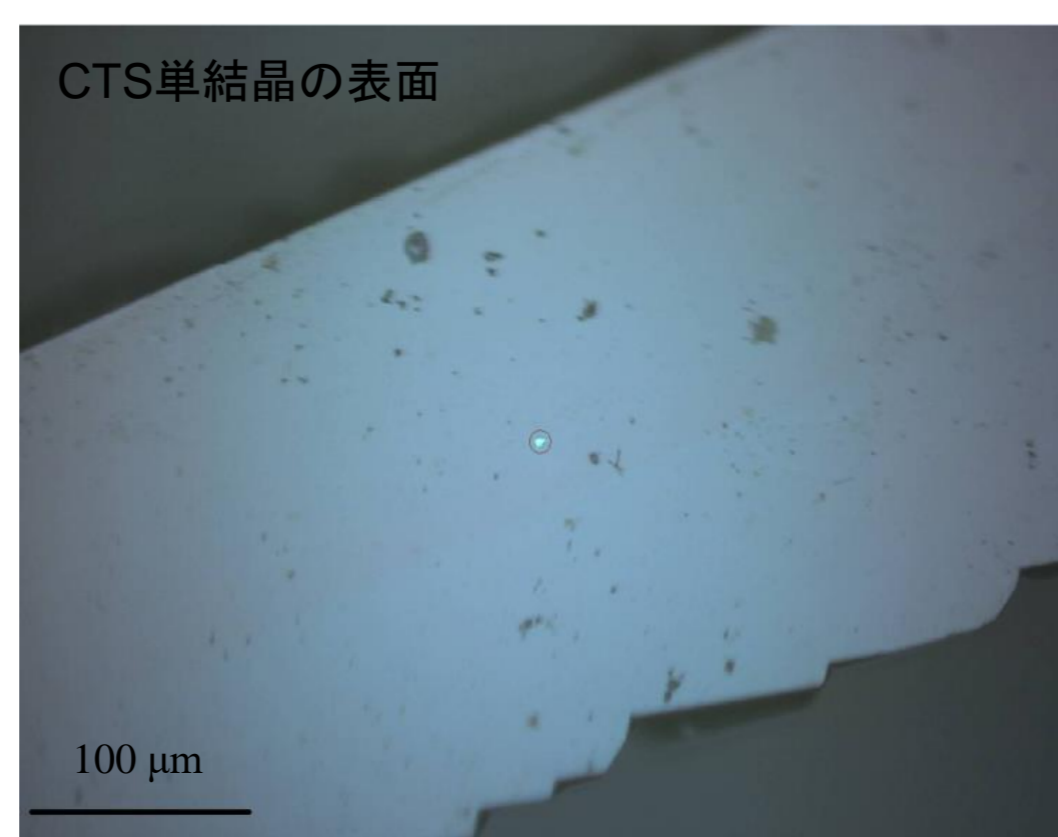
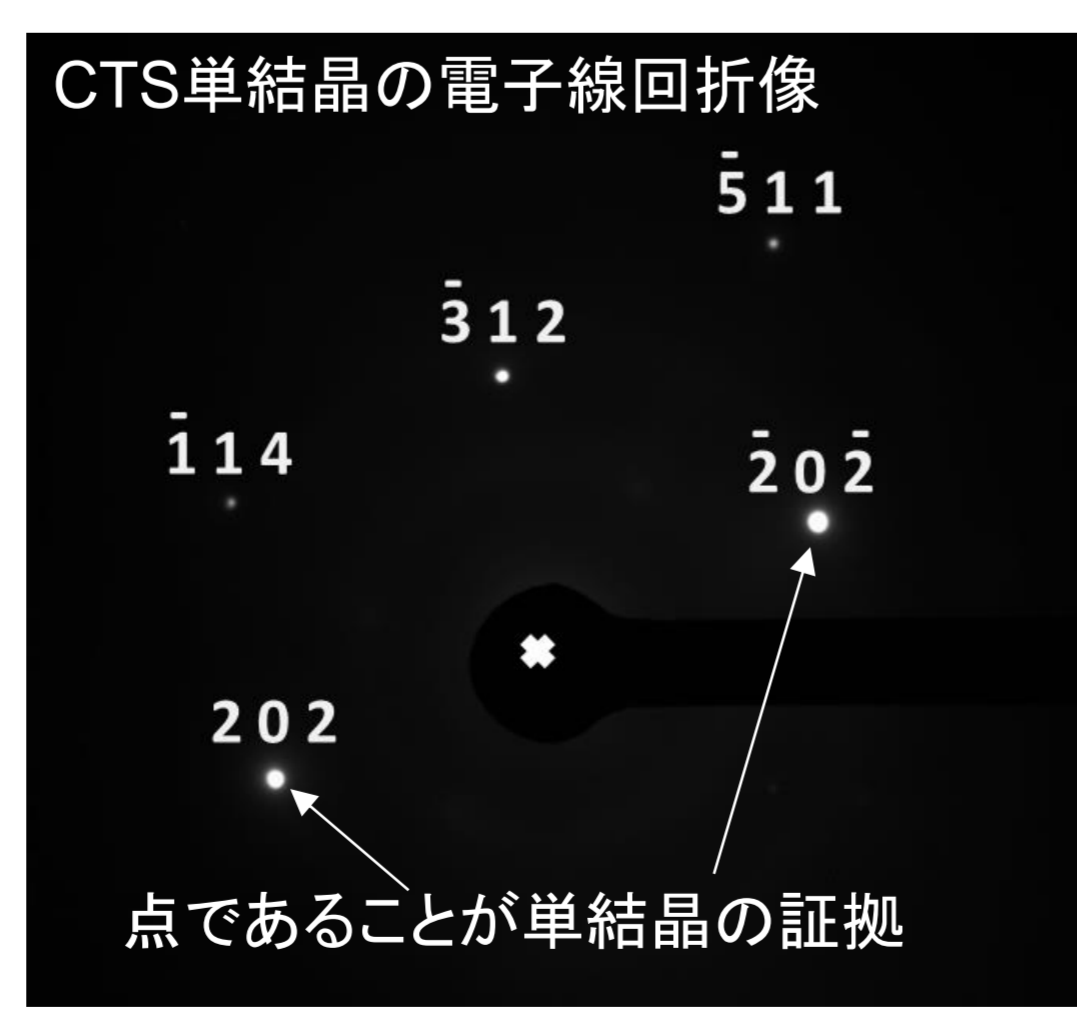
### ◆様々な方法で薄膜を作製



## 太陽電池材料の単結晶・多結晶成長

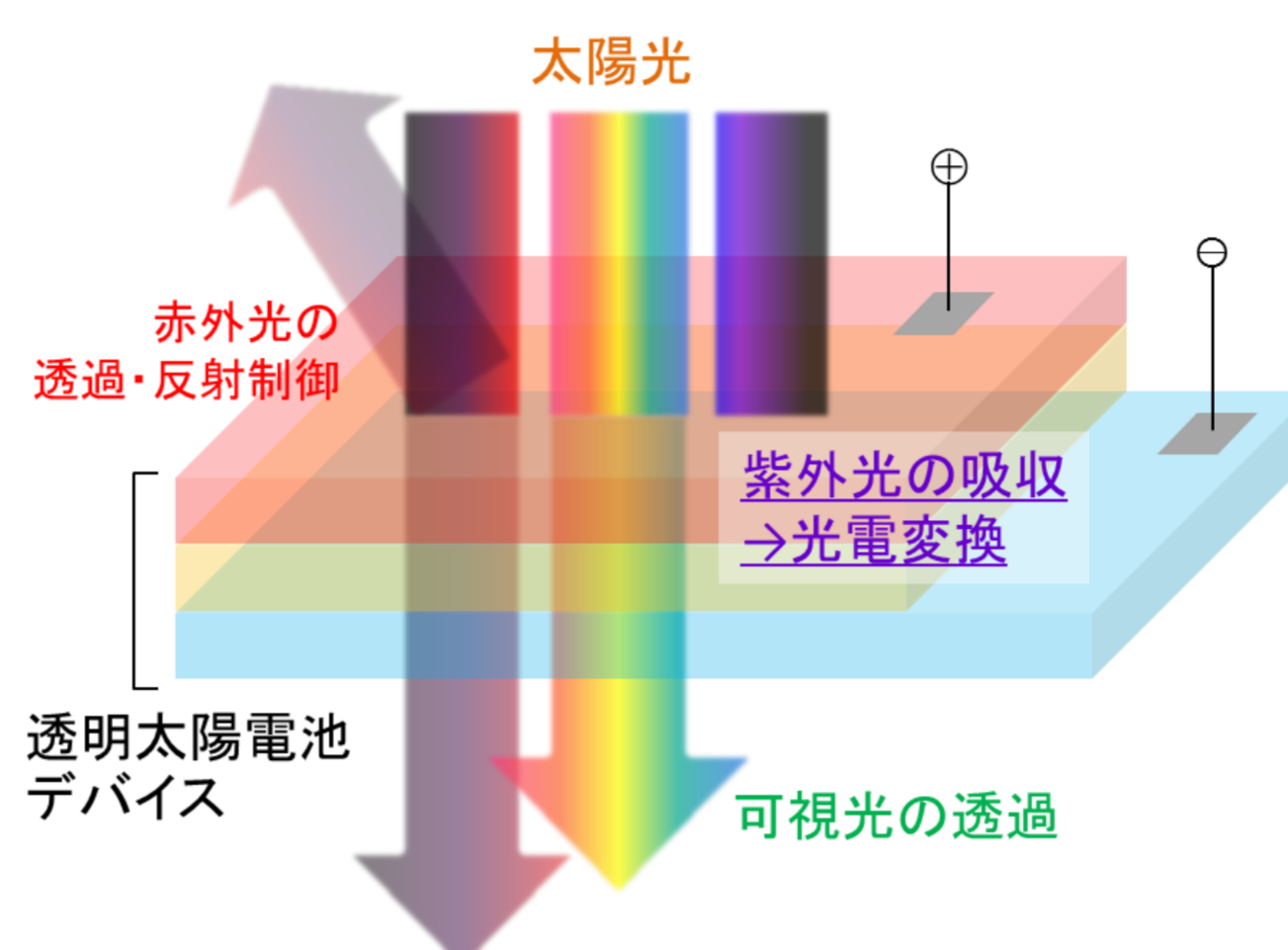
高効率太陽電池を実現するには、太陽電池の心臓部となる光吸収層の特性を調べる必要がある。特性を調べるのに「きたない」試料を調べても、その物質本来の特性なのか、欠陥や不純物に由来する特性なのか分からない。そのため非常に「きれい」な試料である単結晶の作製に取り組んでいる。CTS系は単斜晶構造で最もよく発電することが知られているが、単斜晶構造以外にも立方晶、正方晶などの結晶構造となることが知られている。本研究室ではヨウ素輸送法により初めてCTS系化合物の単斜晶構造を持つ単結晶の作製に成功している。また、組成比制御が容易な多結晶バルクの作製にも取り組んでいる。

### ◆ヨウ素輸送法による単斜晶構造CTSの作製

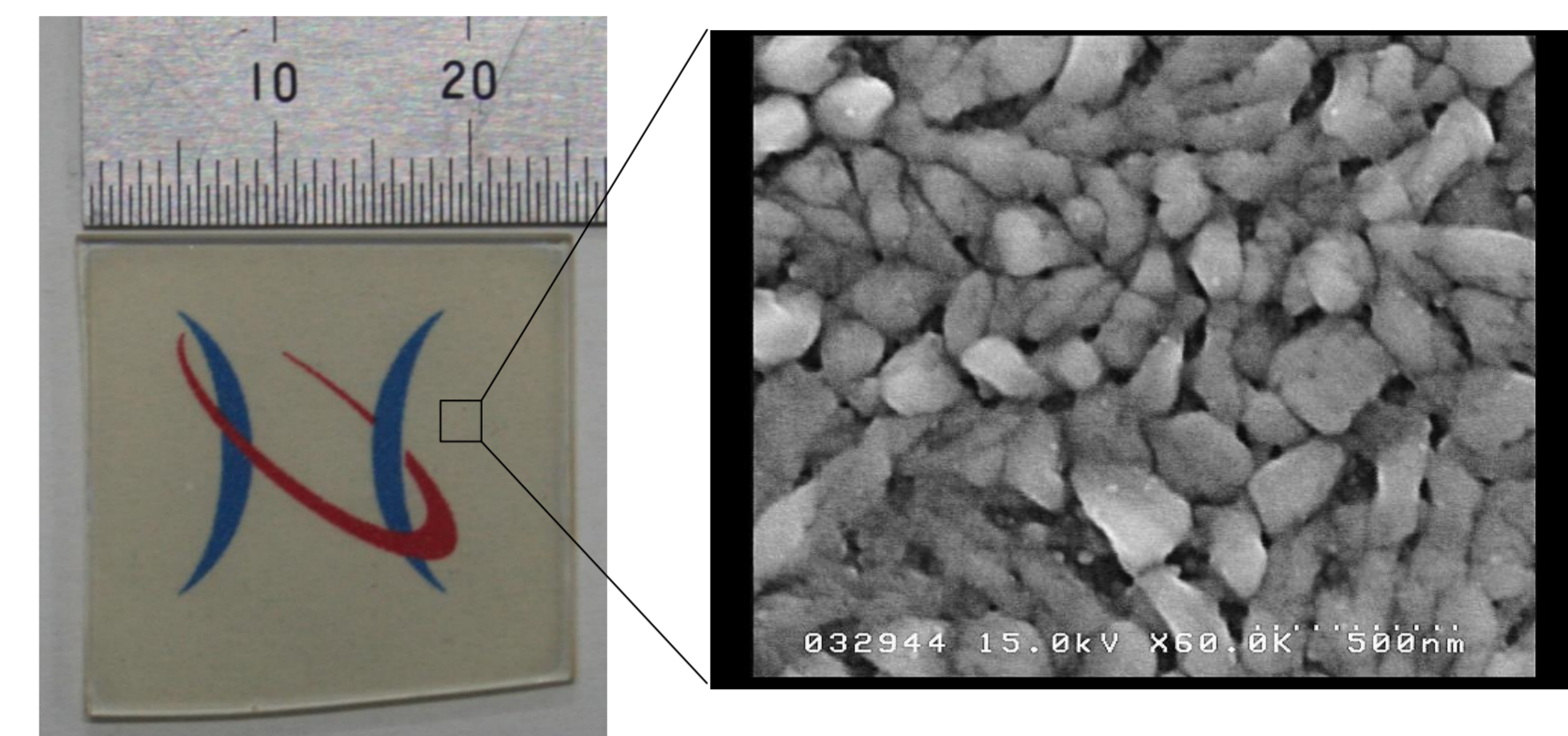


## 透明p型半導体薄膜の作製と太陽電池応用

透明な太陽電池の作製をめざし、透明p型半導体の作製を行っている。透明n型半導体は研究がかなり進んでいるが、透明p型は研究例が非常に少ない。本研究室ではCuI+CuBrに着目し、溶液塗布による透明p型半導体の作製および、その諸特性の分析、透明太陽電池の構築を目指している。

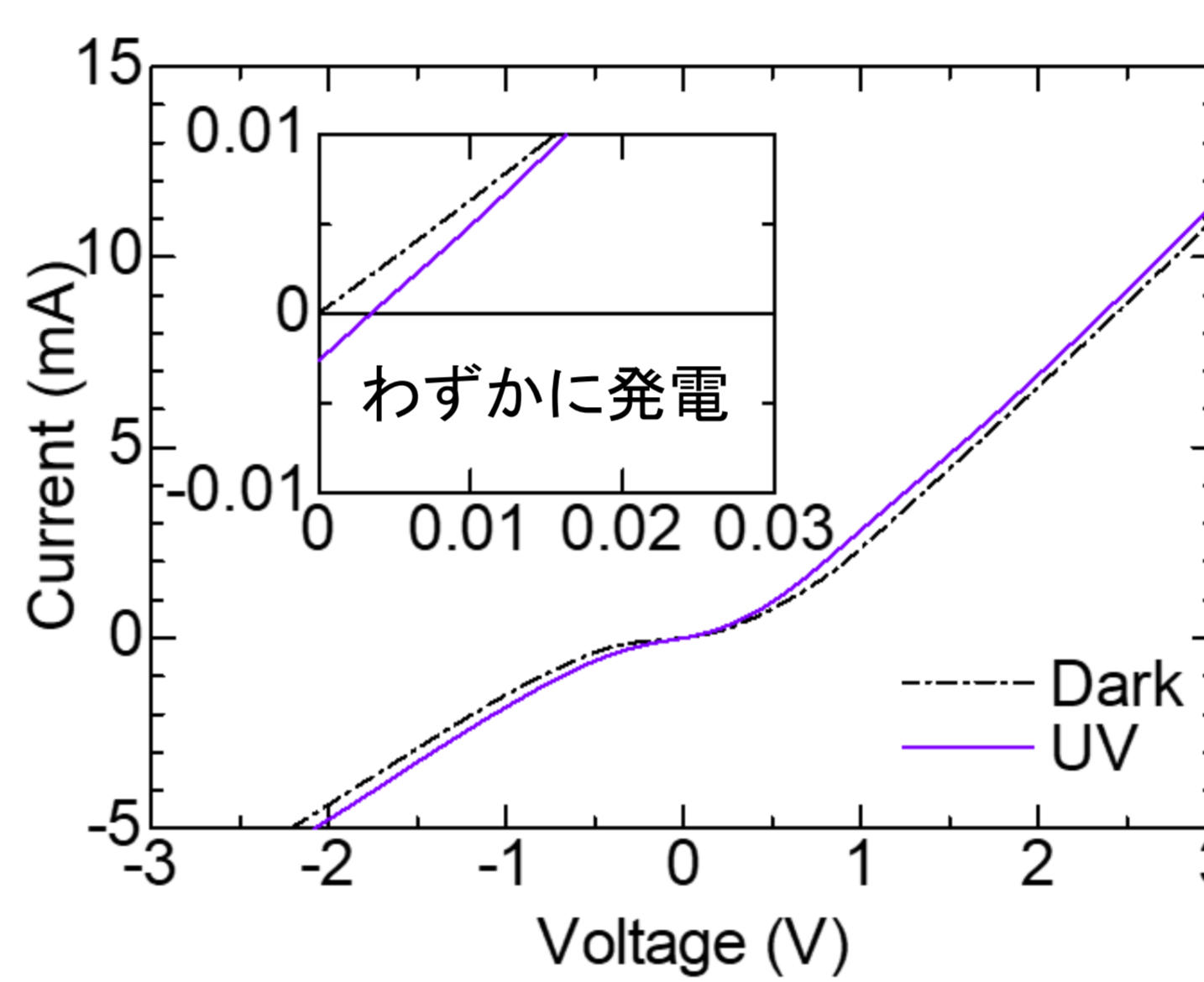


### ◆CuBr<sub>1-x</sub>I<sub>x</sub>薄膜試料の外観と表面SEM像

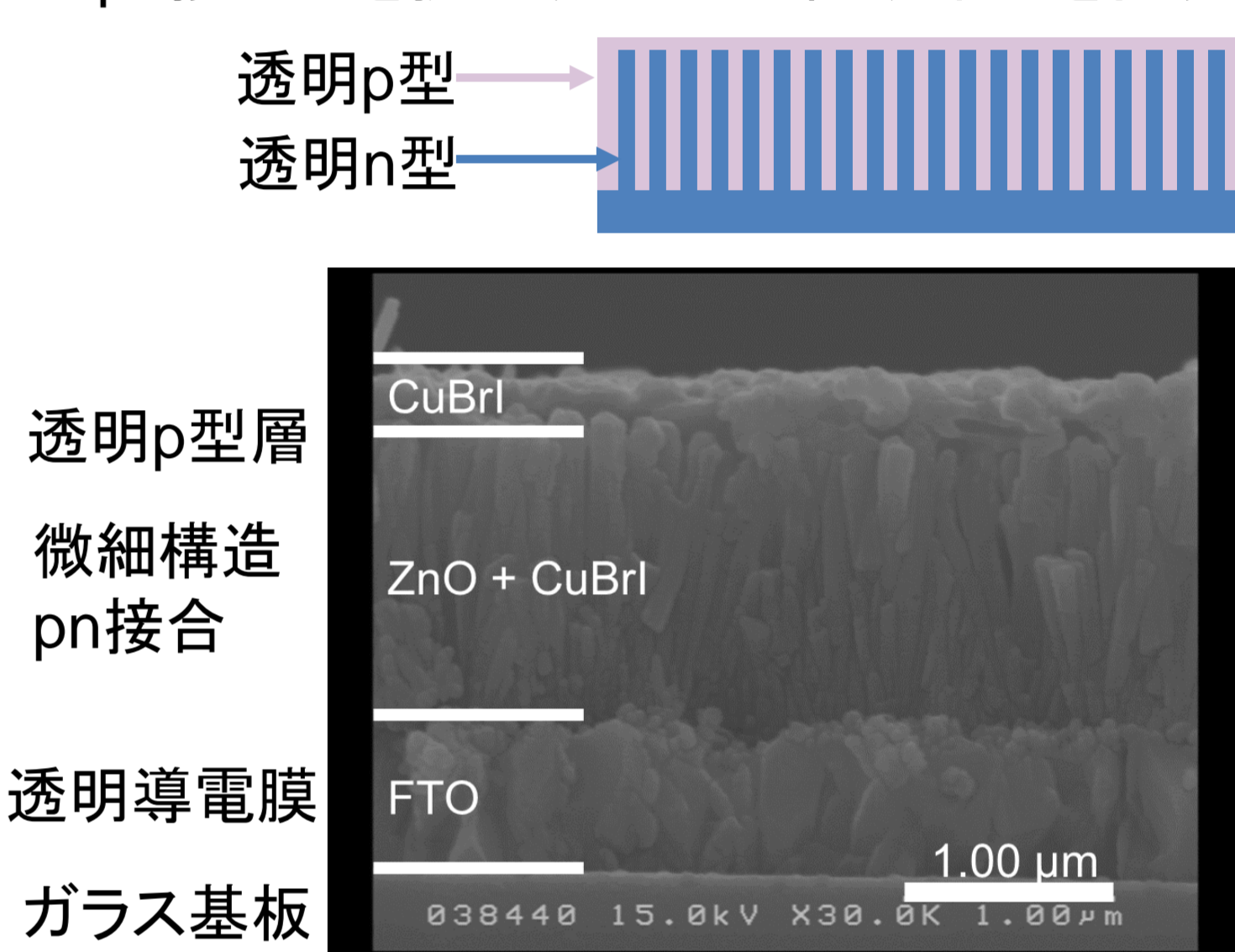


SLG/FTO/n-ZnO nano-rod/p-CuBr<sub>1-x</sub>I<sub>x</sub>/Carbon構造の透明なpn接合で整流特性は確認している。IとBrの量を変えることにより、光学的・電気的特性が変化するため、諸特性のI/Br比依存性を調べ、透明太陽電池に適切な割合や、製膜法などの検討を行っている。

### ◆透明太陽電池の整流特性とデバイス構造



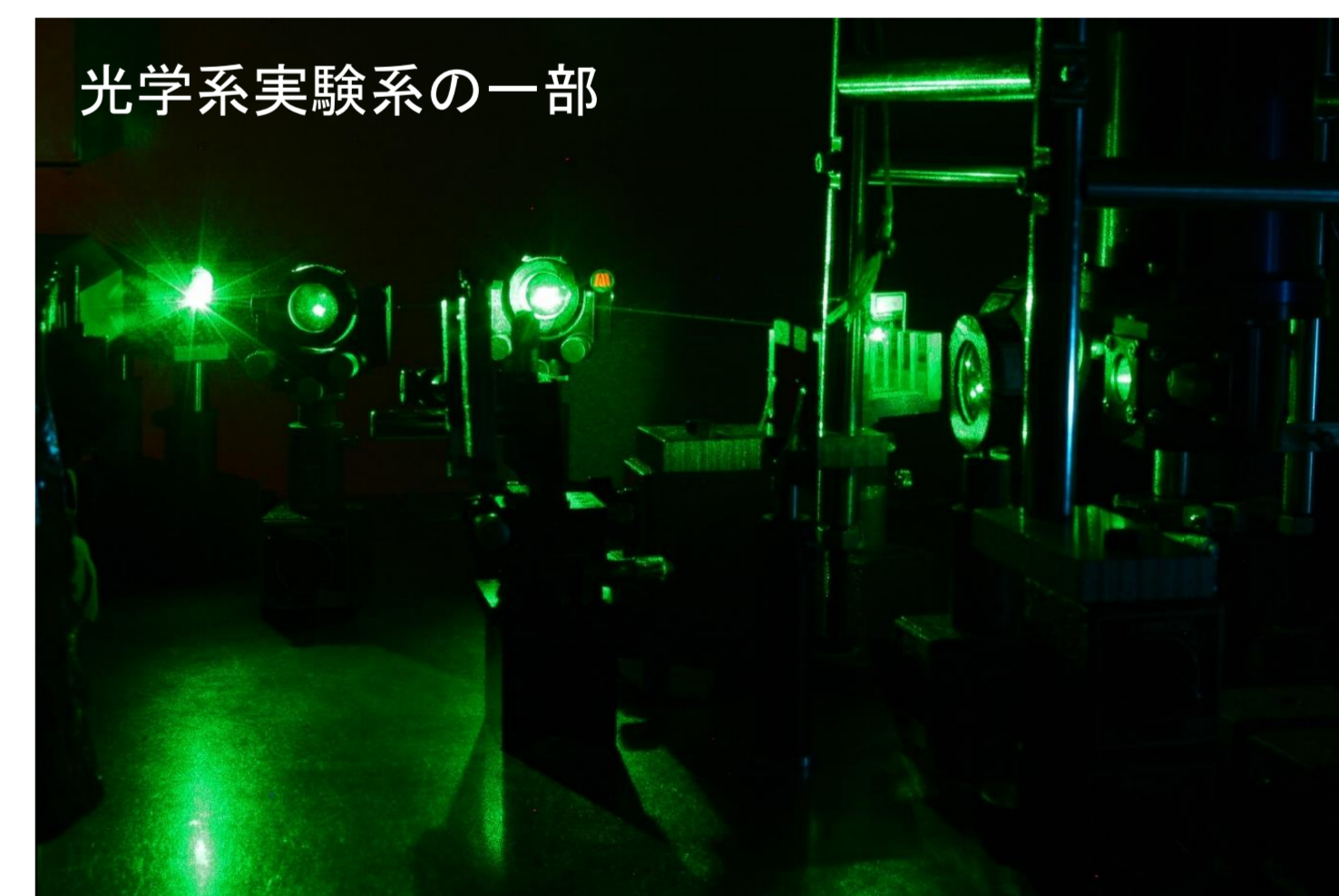
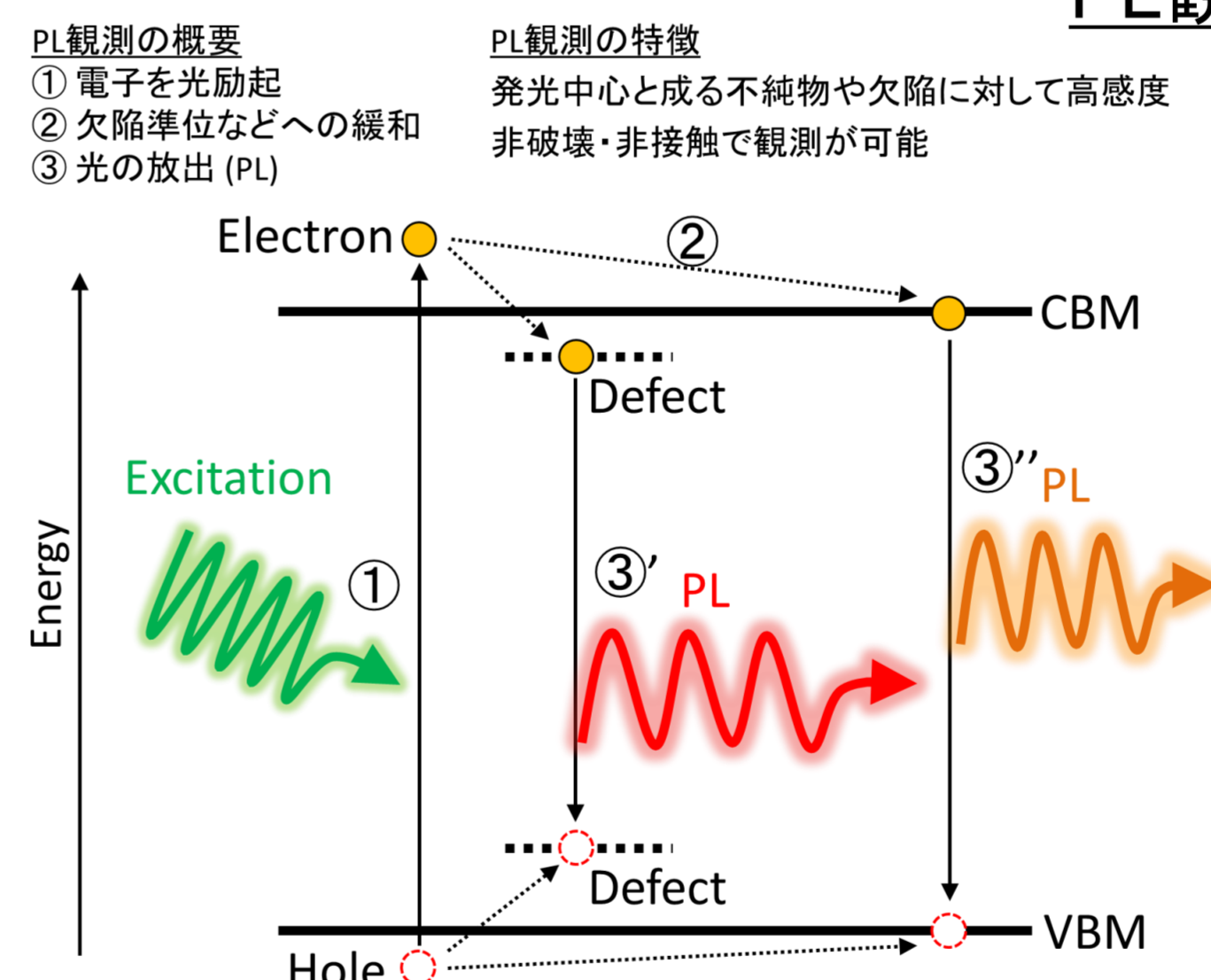
太陽光中の紫外光が少ないので微細構造にしてpn接合面を拡大することで高効率化を狙う



## 太陽電池材料の発光分光

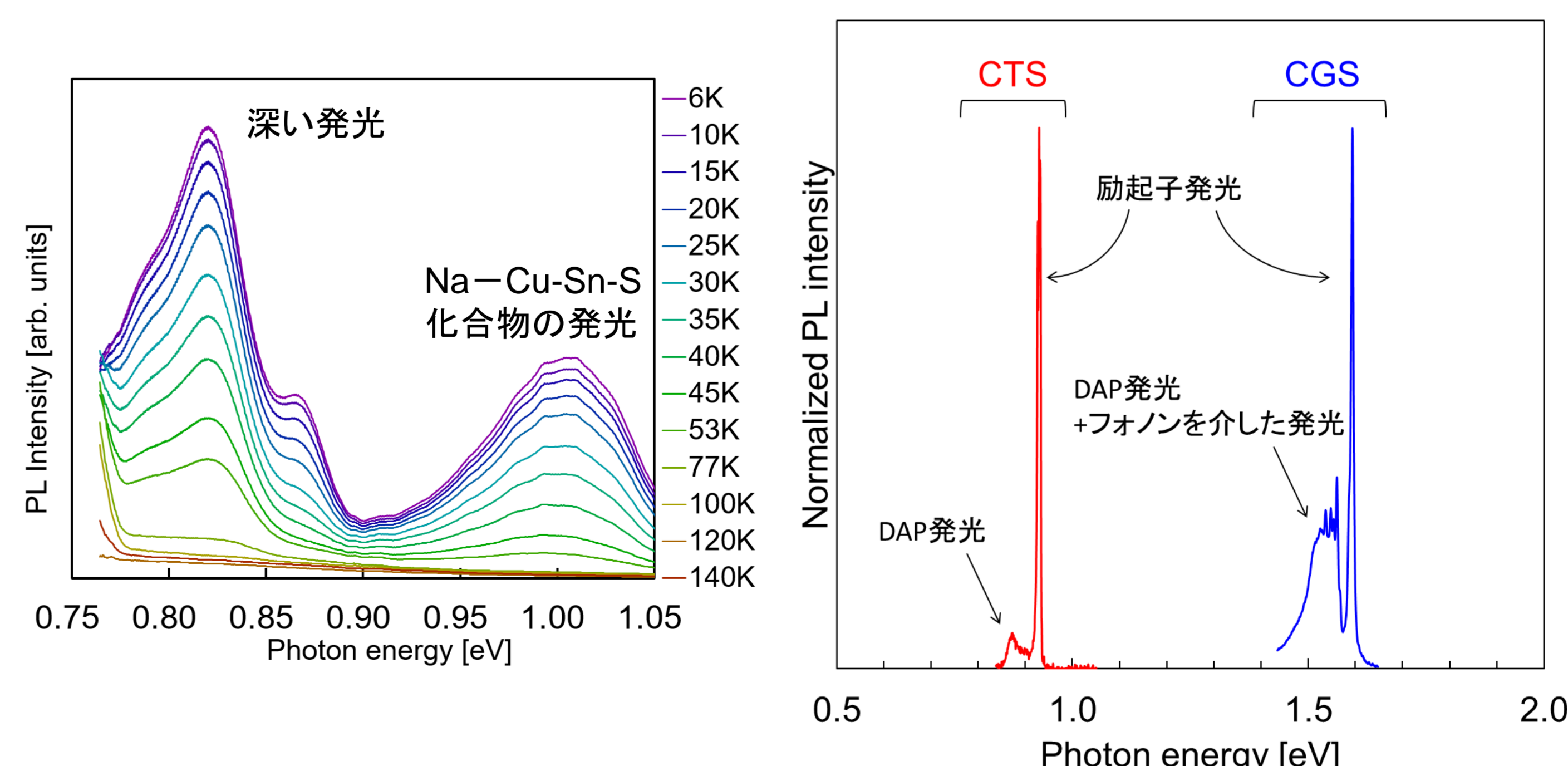
CTS系の研究は、デバイス、薄膜作製の研究が殆どで、基礎物性の研究報告例が少ないため、効率低下要因が不透明である。そのため太陽電池デバイスの作製を念頭に置き、基礎物性を把握する必要がある。そこで本研究室ではフォトルミネッセンス(PL)観測を中心とした分光学的手法により太陽電池材料の光学特性を調べている。

### PL観測の概要



PL観測は、試料にレーザー等の光でエネルギーを与え、発生するキャリアの遷移過程で生じる発光を検出する手法である。この発光スペクトルを解析することで、キャリアの遷移機構や欠陥のエネルギー準位などの半導体の特性がわかる。

### ◆PLスペクトルの例(左: Na添加CTSと右: CTSとCGS単結晶)



Na添加CTS: Na添加によりNa系化合物の発光が観測された。また、深い発光が強くなった。CTS, CGS: 両バルク単結晶から初めて励起子発光を観測。