

ZnOを用いた色素増感太陽電池の 短絡電流向上に関する研究

仲野雅都、飯田時由、松浦秀治

大阪電気通信大学大学院

工学研究科 総合電子工学専攻

発表の流れ

- ・背景
- ・色素増感太陽電池の構造・動作原理
- ・目的
- ・色素増感太陽電池の作製方法
- ・実験方法
- ・実験結果
- ・結論

背景

シリコン太陽電池の種類	製造工程	価格	変換効率
単結晶シリコン太陽電池	複雑	高価	13~25%
多結晶シリコン太陽電池	やや複雑	やや高価	10~20%
アモルファス太陽電池	容易	安価	9~13%

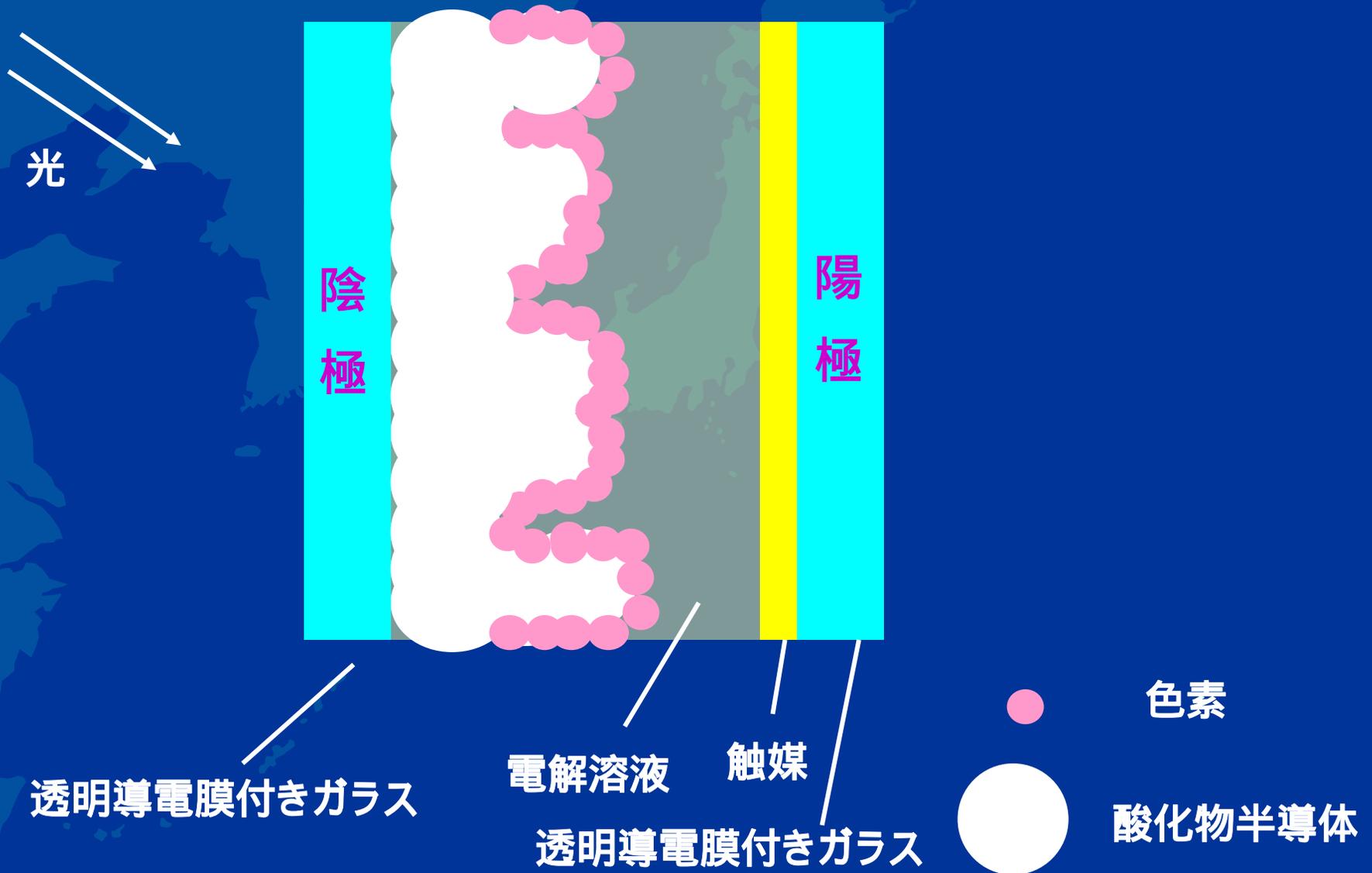
製造工程が容易で高い変換効率の太陽電池が必要



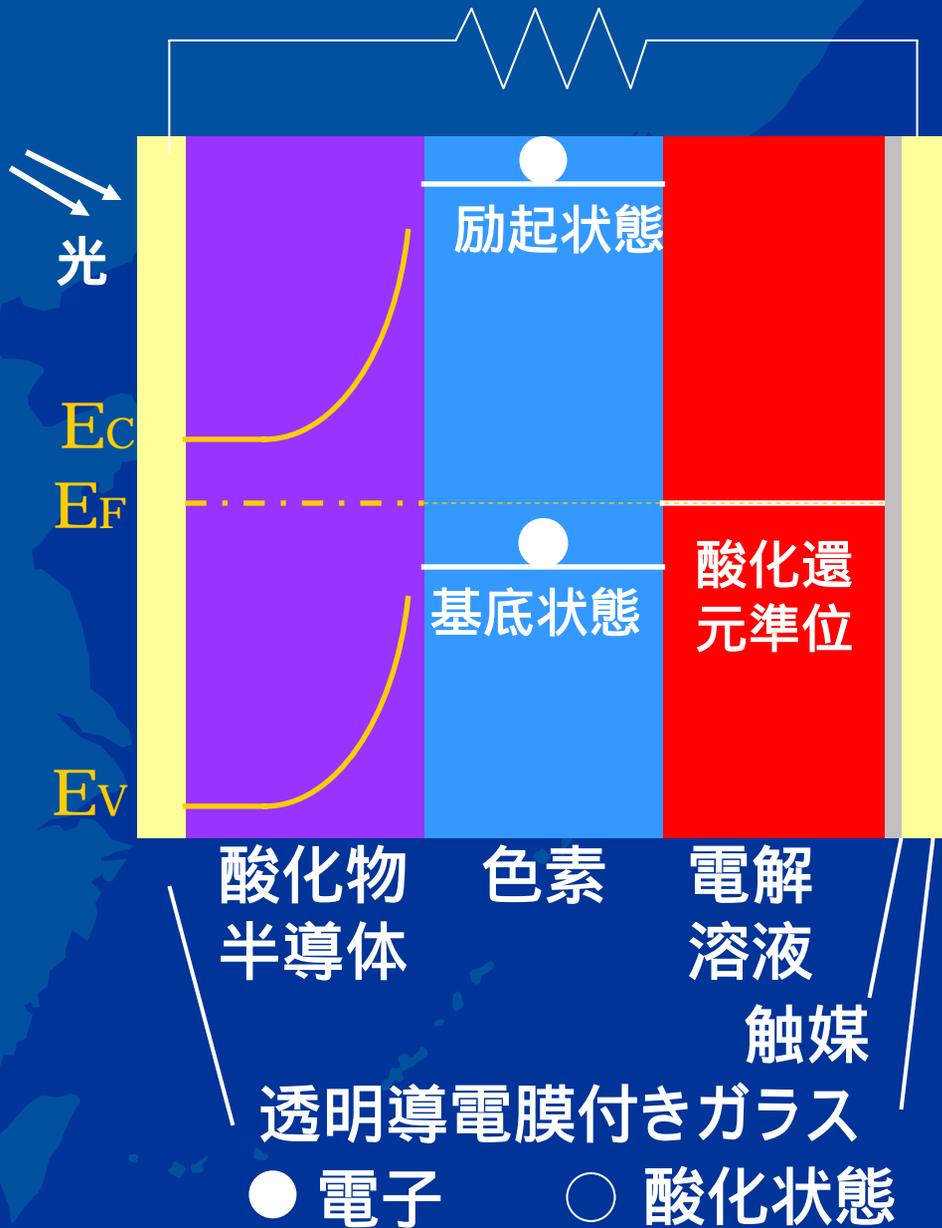
色素増感太陽電池

長所	短所
変換効率の理論最大値が単結晶シリコン太陽電池と同等以上 製造工程が容易 製造コストが安価	現段階では、変換効率は低い 電解溶液が液体の為、長時間の使用に問題

色素増感太陽電池の構造



色素増感太陽電池の動作原理



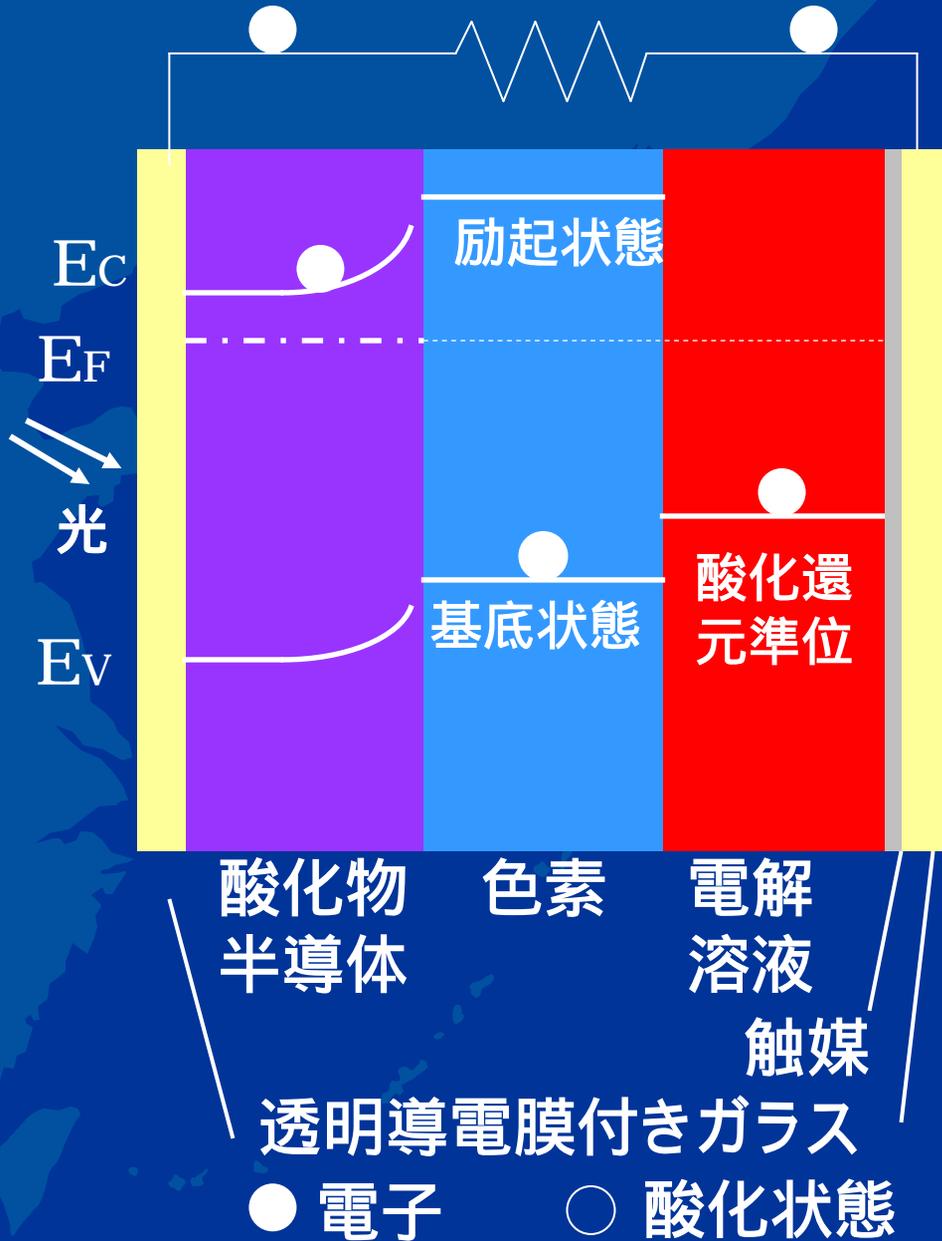
色素に光が当たると基底状態から励起状態に電子が遷移する

励起状態の電子は酸化物半導体の伝導帯に移動する
この時、色素が酸化する

伝導帯に移動した電子は外部負荷を
通って陽極に流れ、触媒を介して
電解溶液に移動する

酸化した色素は電解溶液から
電子を奪い、還元する

色素増感太陽電池の動作原理



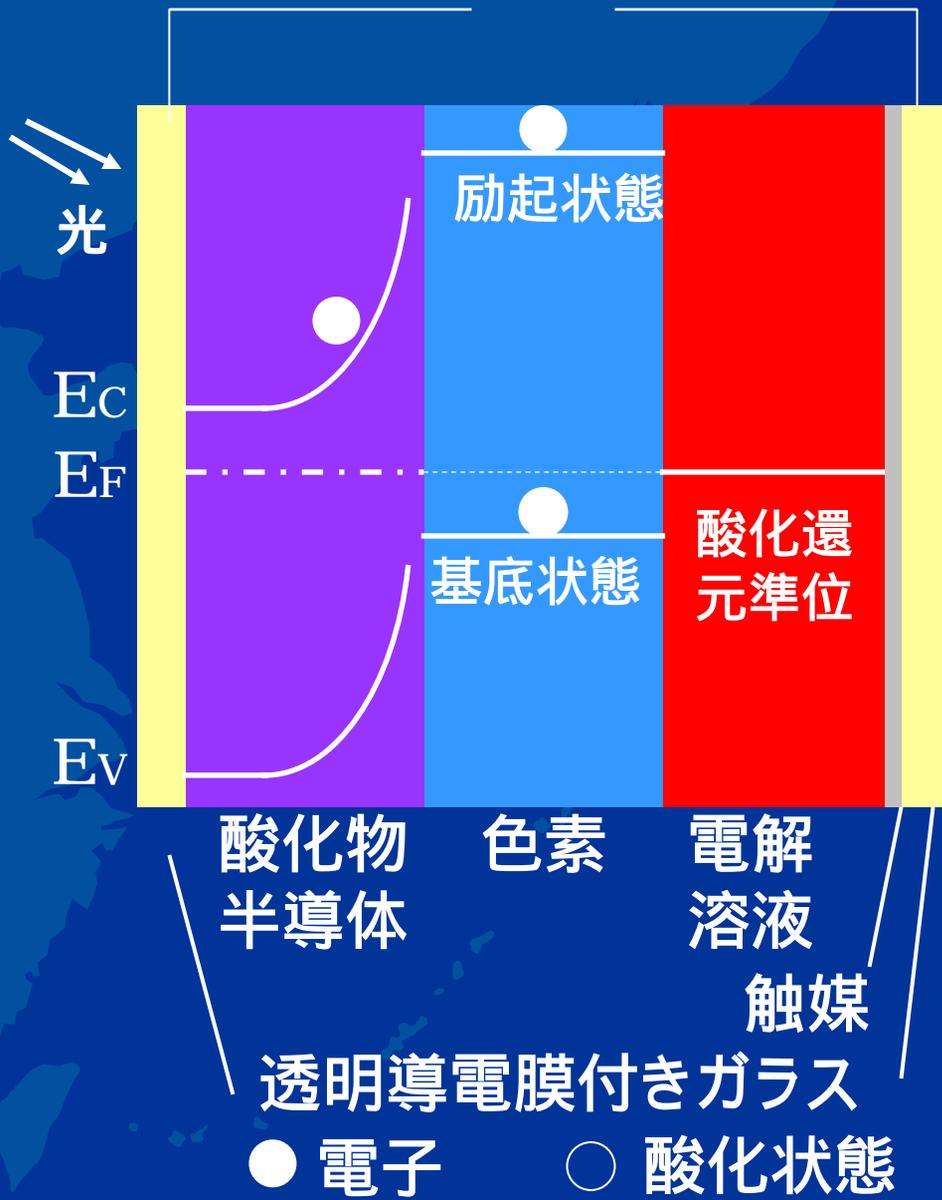
色素に光が当たると基底状態から励起状態に電子が遷移する

励起状態の電子は酸化物半導体の伝導帯に移動する
この時、色素が酸化する

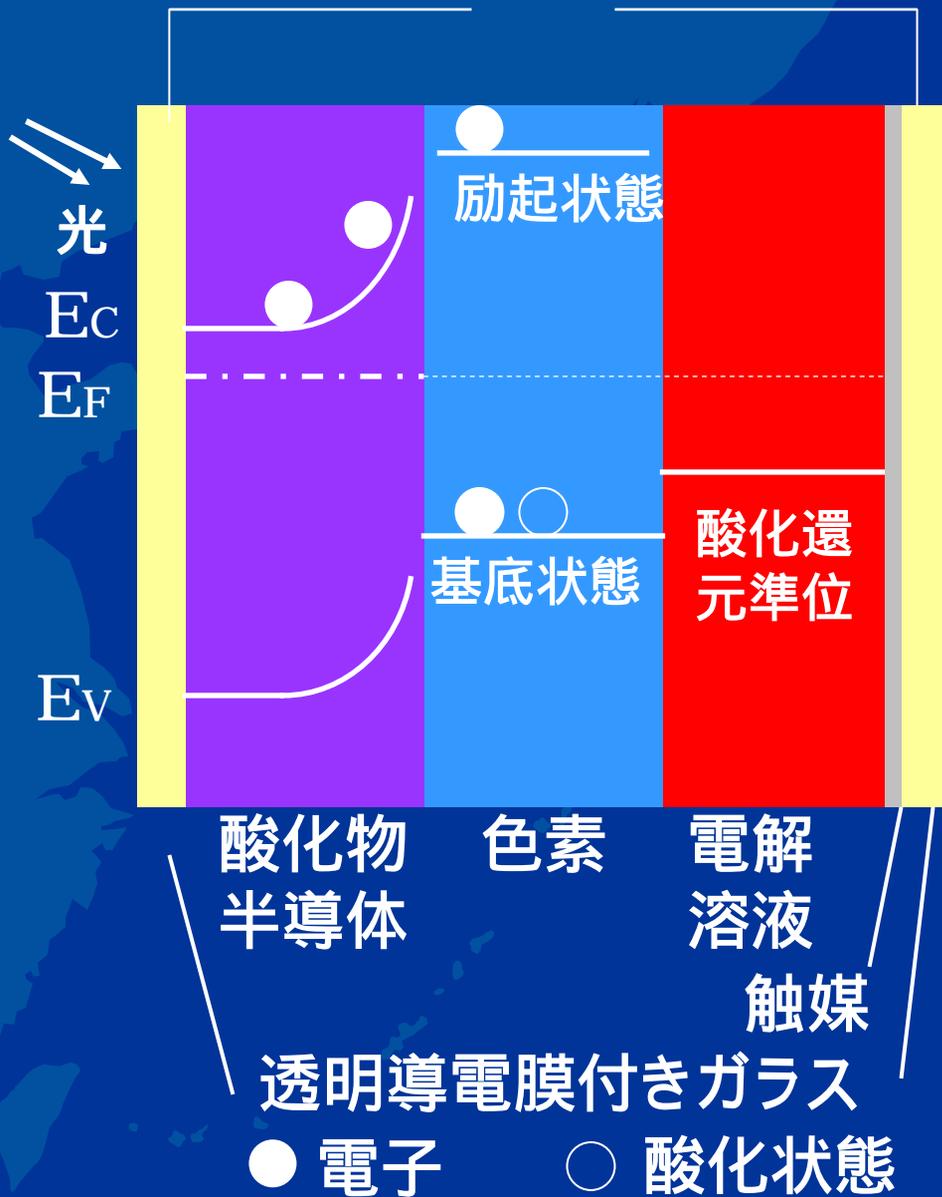
伝導帯に移動した電子は外部負荷を
通って陽極に流れ、触媒を介して
電解溶液に移動する

酸化した色素は電解溶液から
電子を奪い、還元する

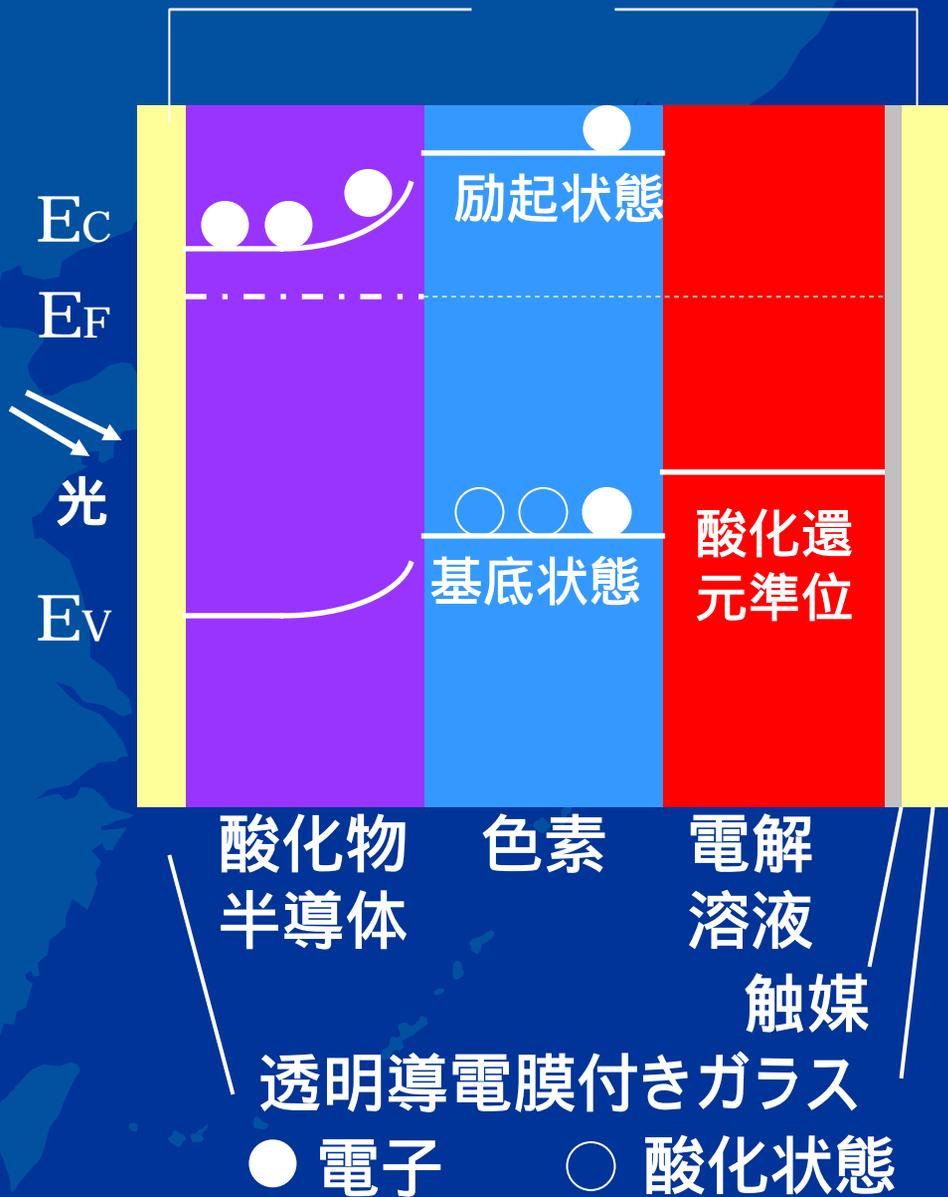
色素増感太陽電池の開放電圧 (ZnOとTiO₂の特性を比較)



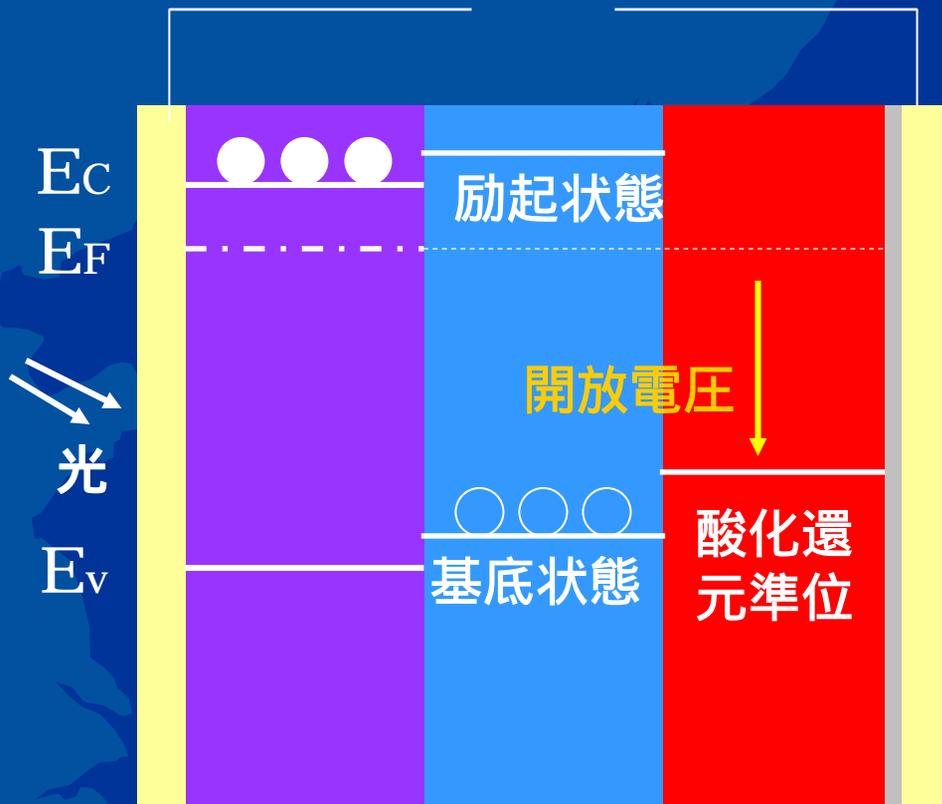
色素増感太陽電池の開放電圧 (ZnOとTiO₂の特性を比較)



色素増感太陽電池の開放電圧 (ZnOとTiO₂の特性を比較)



色素増感太陽電池の開放電圧 (ZnOとTiO₂の特性を比較)



開放電圧

酸化物半導体のフェルミ準位と
電解溶液の酸化還元準位との
エネルギー差

酸化物
半導体

色素

電解
溶液

触媒

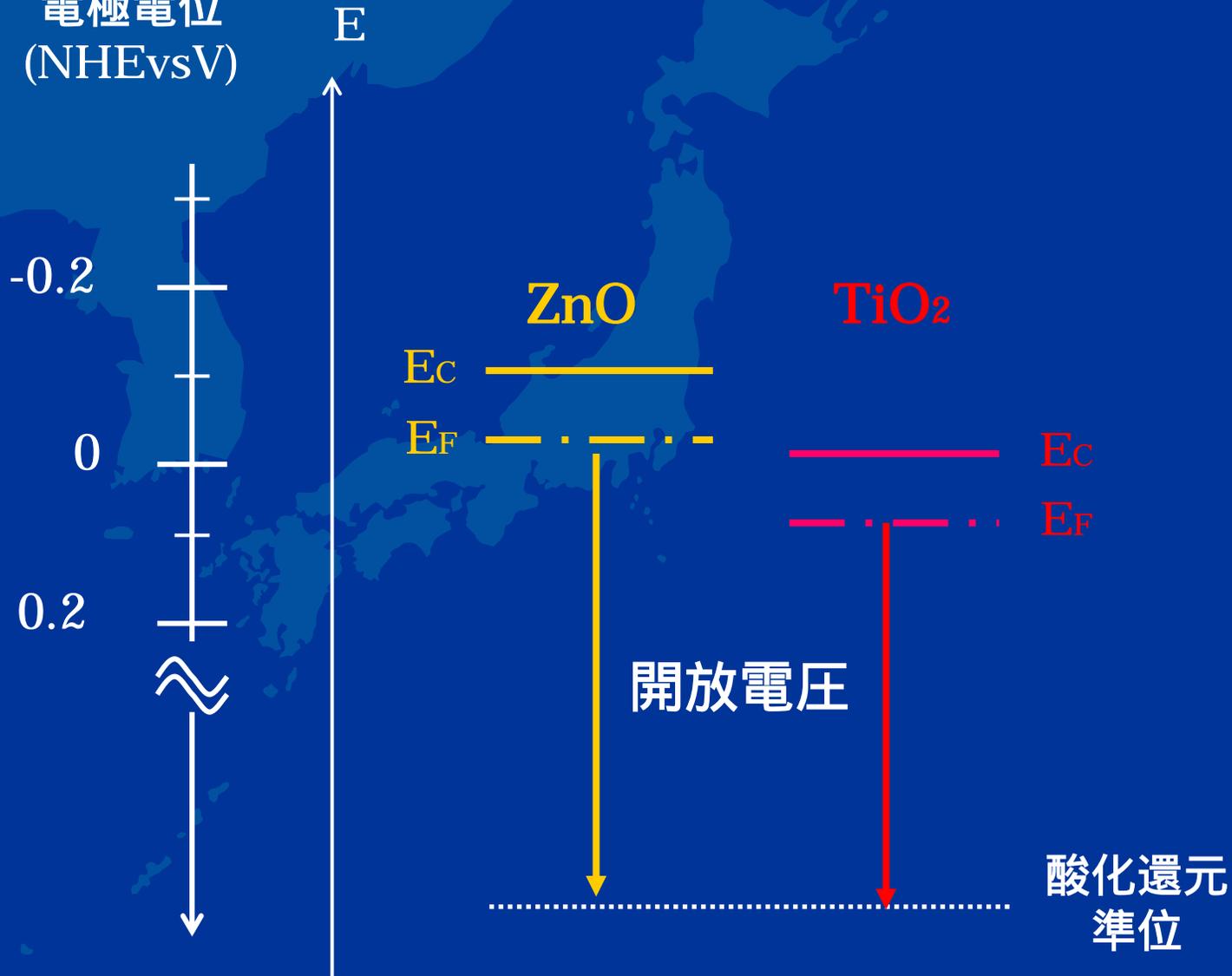
透明導電膜付きガラス

● 電子

○ 酸化状態

ZnOとTiO₂の開放電圧の比較

電極電位
(NHEvsV)



目的 1

開放電圧の高いZnOを用いた色素増感太陽電池の開放電圧を調べる

TiO₂、ZnO電極の作製

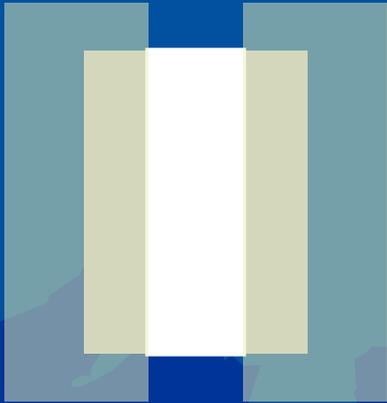
ジルコニアボール 50 g
純水 6 ml

TiO₂を
3.0 g加える

ZnOを
3.0 g加える

コンディショニングミキサーを用いて
自転360 rpm、公転900 rpmで2時間攪拌

ペーストの完成



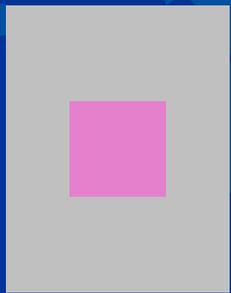
作製したペーストを、透明導電膜付きガラスにスピンコート法で塗付する

ペーストを乾燥させ、450℃の電気炉で30分間焼成する

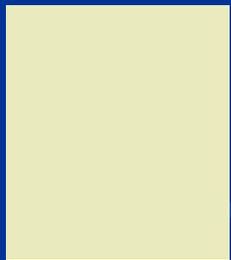
膜を削り大きさを整える

Ru色素(N3)に12時間漬ける

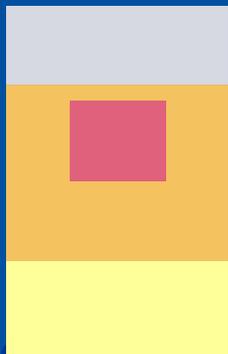
半導体電極(陰極)の完成



半導体電極とは別の透明導電膜付きガラスに、白金をスパッタリングする



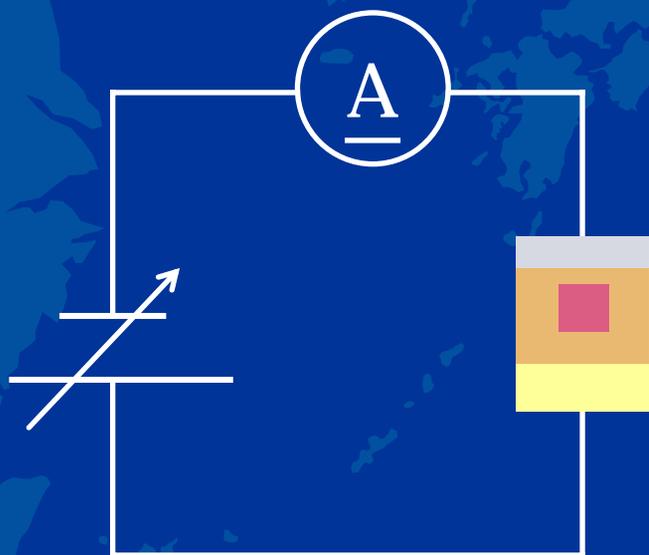
対極(陽極)の完成



作製した半導体電極と対極を、電極と白金が内側になるように重ね合わせる

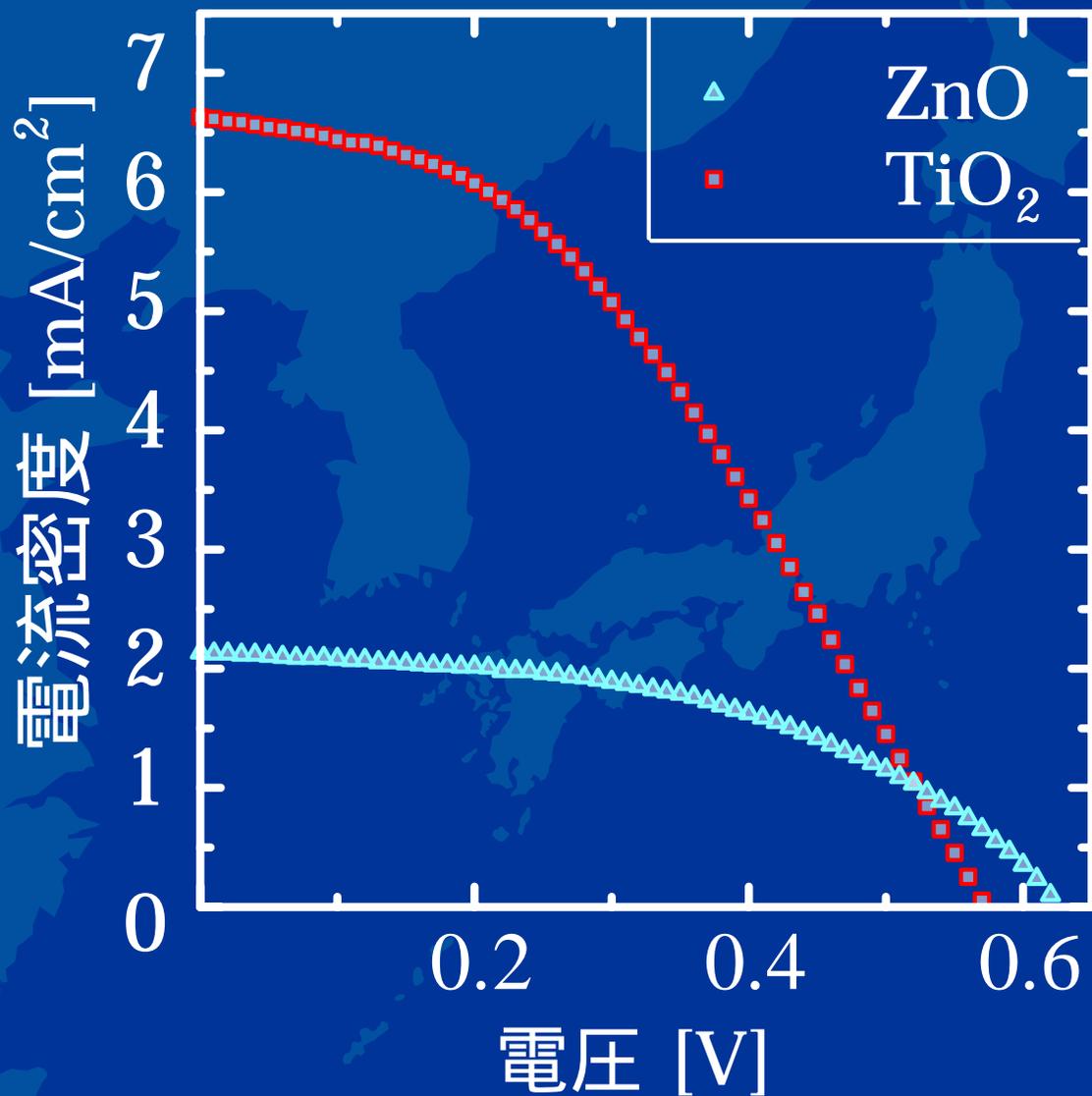
その間に電解溶液を流し込む

色素増感太陽電池の完成



完成した色素増感太陽電池に、ソーラーシミュレータを用いて 100 mW/cm^2 の擬似太陽光に当て、I-V(電流 - 電圧)特性を測定する

TiO₂、ZnOで作製した色素増感太陽電池のI-V特性の測定結果



開放電圧

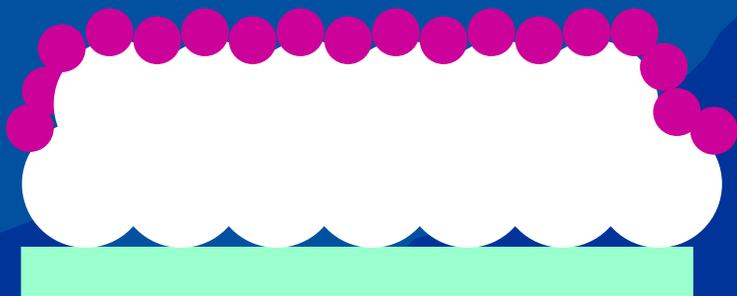
TiO₂よりZnOの方が大きい

ZnOの短絡電流密度が小さい

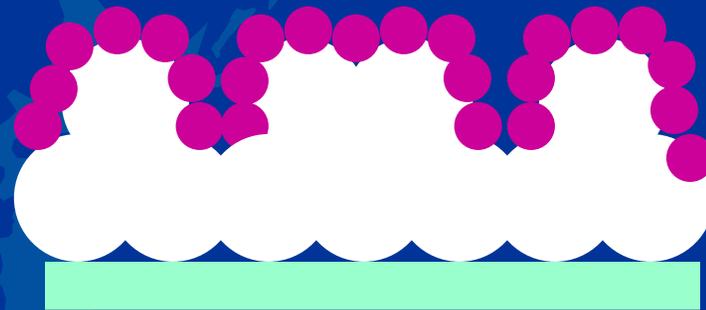


半導体電極表面に問題

酸化物半導体表面の状態と短絡電流の関係



表面が平坦



表面が多孔質

表面が平坦



色素の吸着量の減少



短絡電流密度の減少

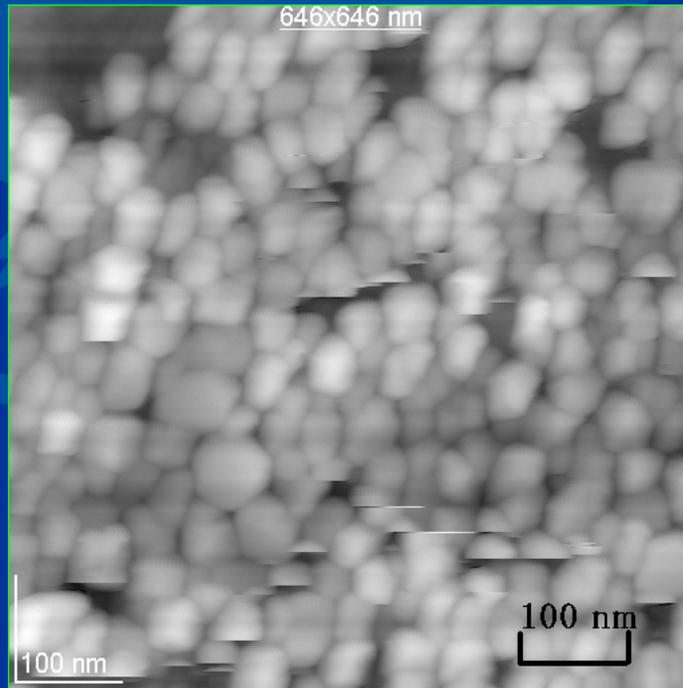


原子間力顕微鏡(AFM)を用いて表面観察

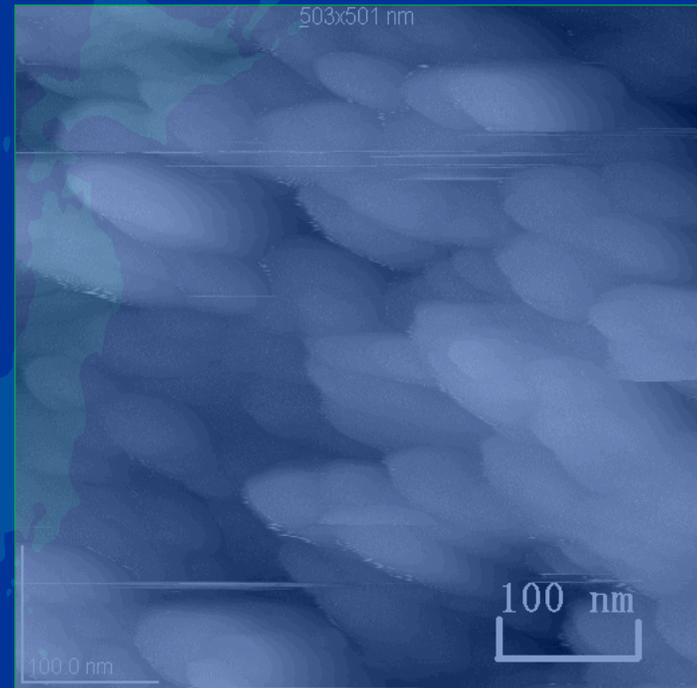
● 色素

○ 酸化物半導体

AFMで観察した各試料の表面状態



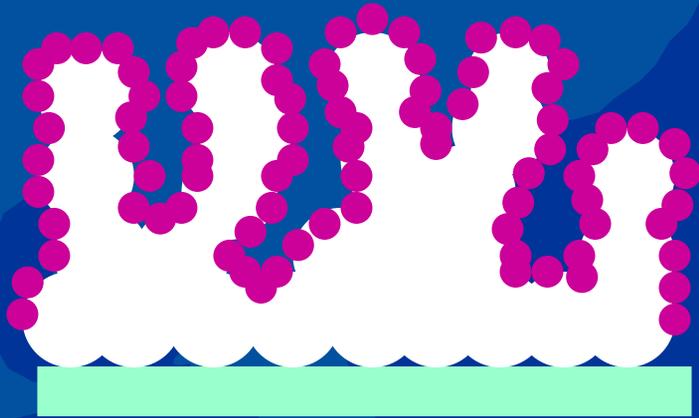
TiO₂の表面状態



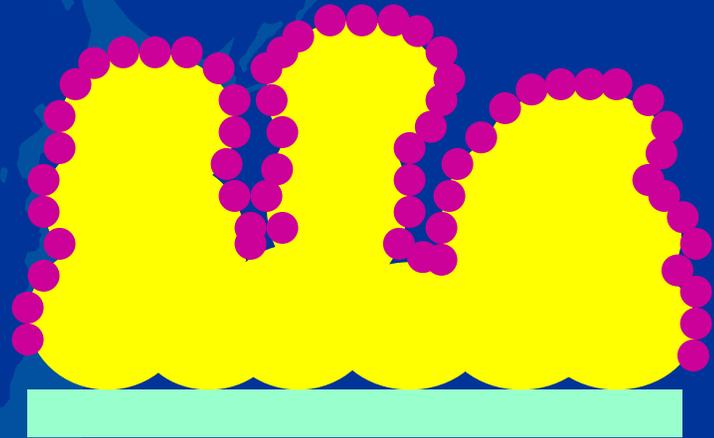
ZnOの表面状態

TiO₂の2次粒子の大きさは30~60 nm程度
ZnOの2次粒子の大きさは70~120 nm程度

粒子径と短絡電流の関係



TiO₂電極の表面



ZnO電極の表面

ZnOの粒子が大きい



色素の吸着量減少



短絡電流密度の減少

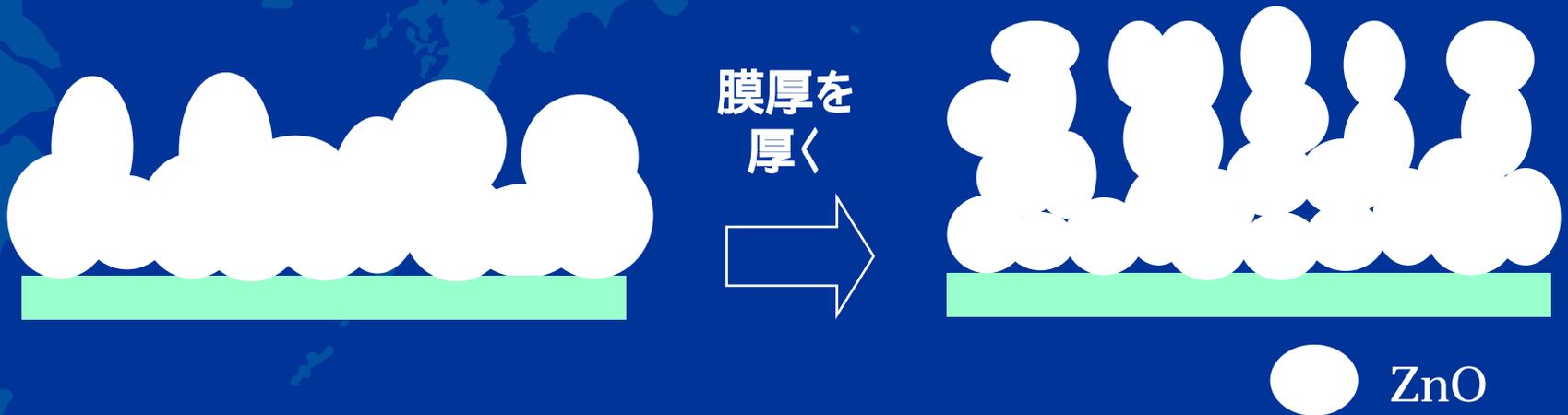
● : TiO₂

● : ZnO

● : 色素

目的2

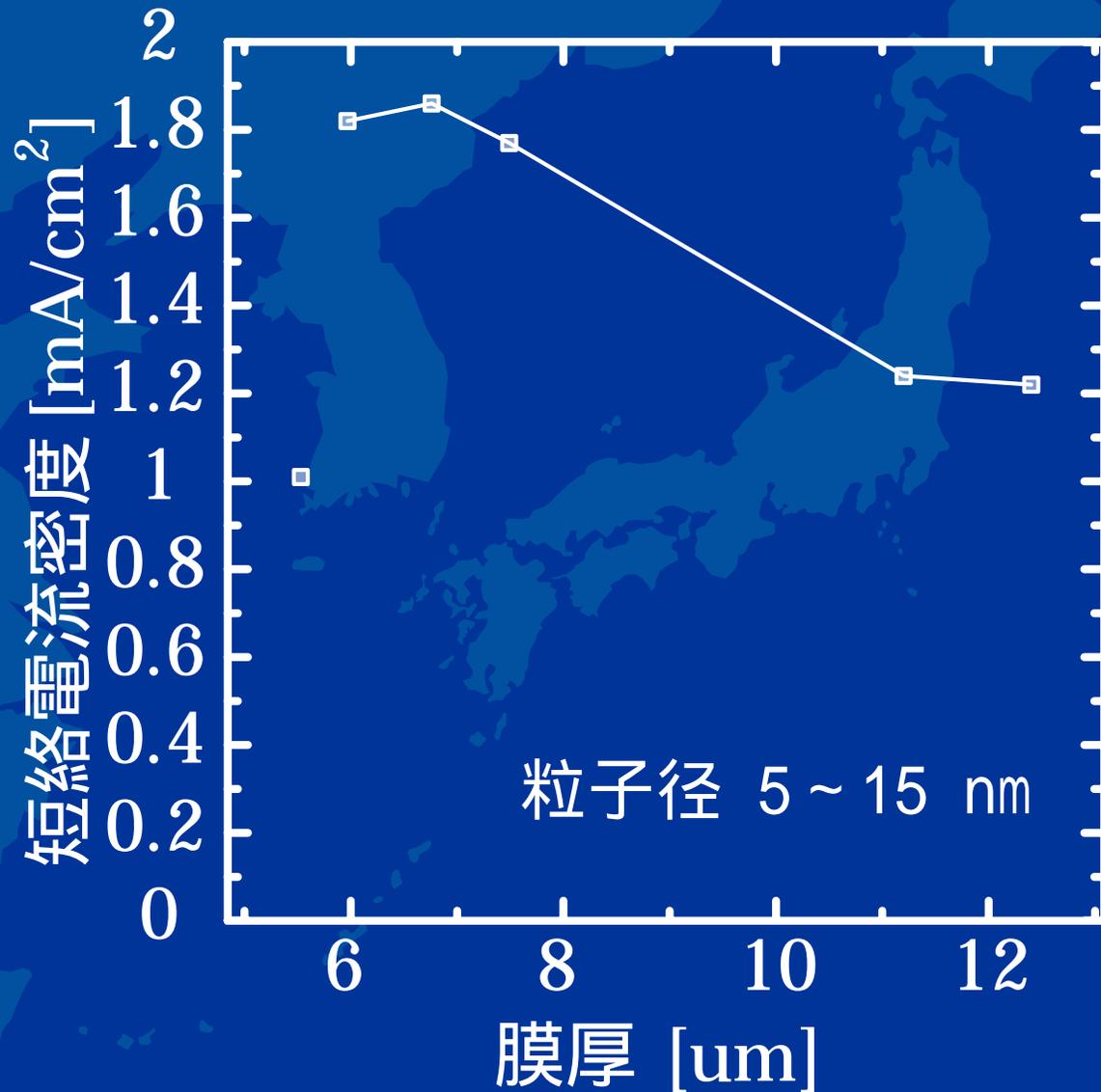
粒子径の小さなZnOを用いて、膜厚の厚い色素増感太陽電池を作製する



粒子径の小さなZnOを使用

	粒子径 [nm]
今までのZnO	70 ~ 120(2次粒子)
微粒子ZnO310	15 ~ 35
微粒子ZnO350	10 ~ 30
微粒子ZnO410	5 ~ 15

各膜厚に対する短絡電流密度



ZnO電極の膜厚を
増加させても
短絡電流密度は
増加しなかった

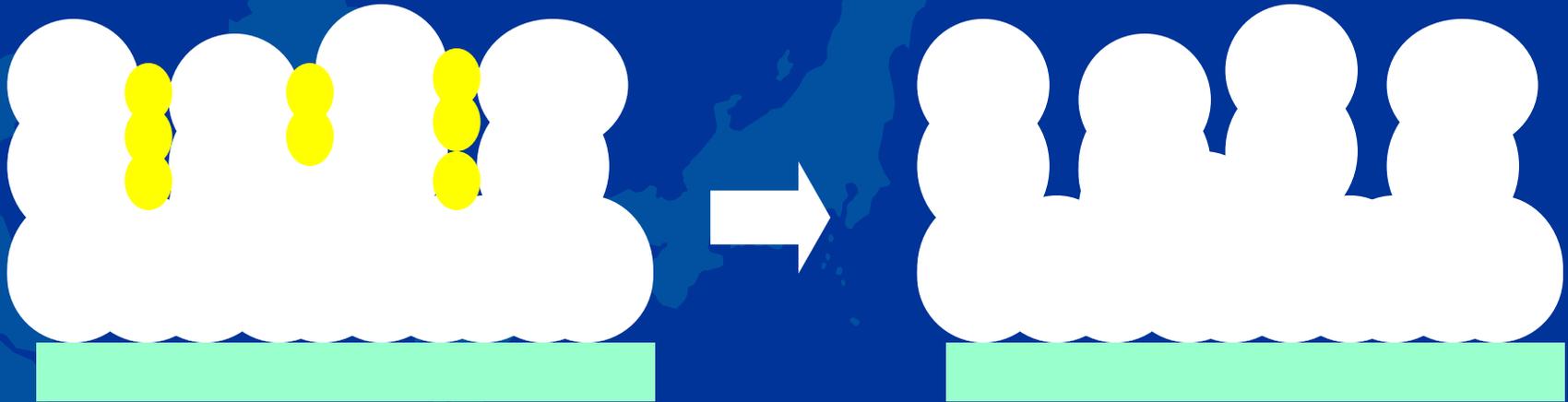
膜厚と短絡電流



膜厚が厚く多孔質な膜が必要

目的3

PEG(ポリエチレングリコール)を用いて
多孔質で厚いZnO電極の作製



焼成前

焼成後

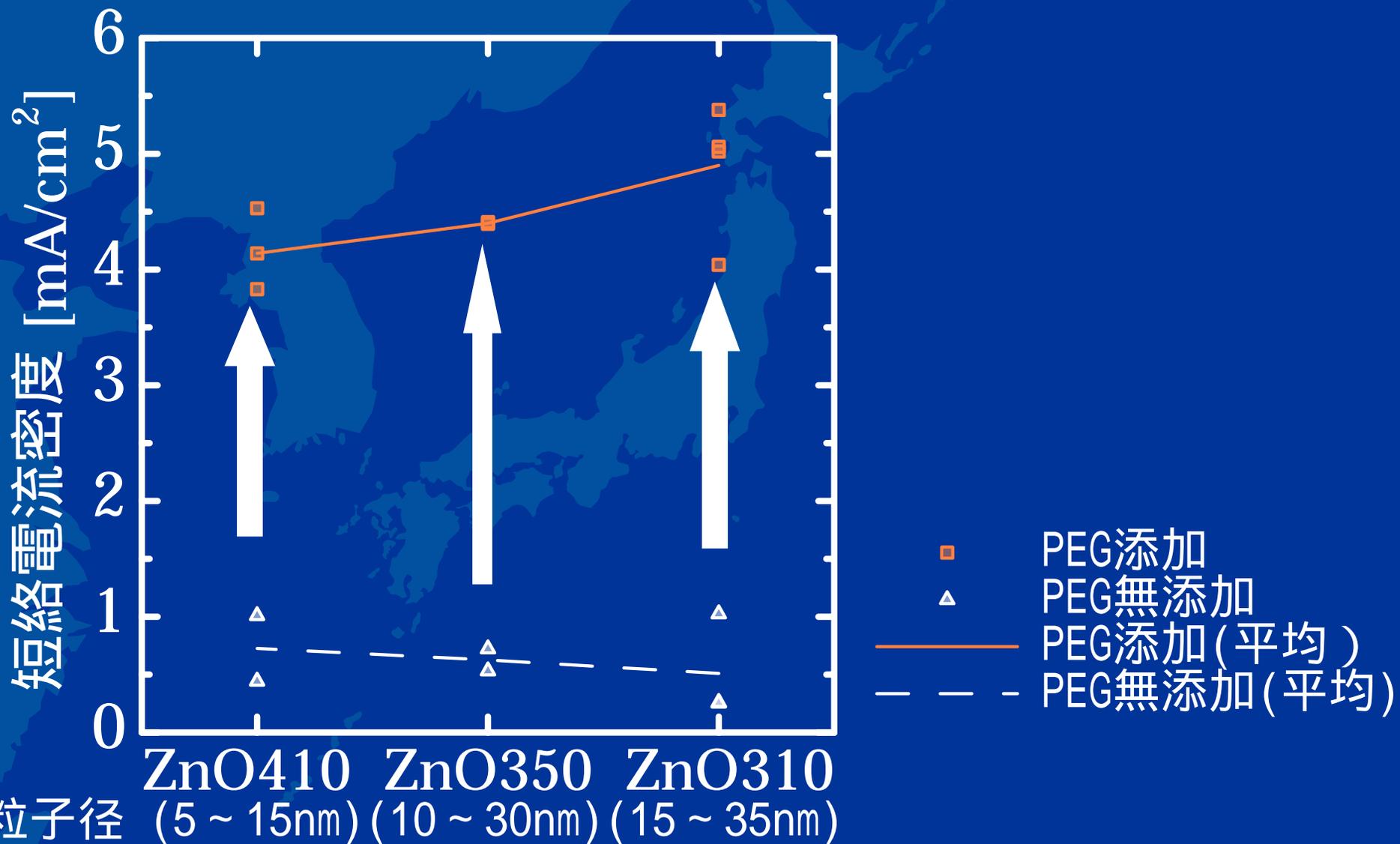


PEG



ZnO

PEGを添加した時の各試料に対する短絡電流密度



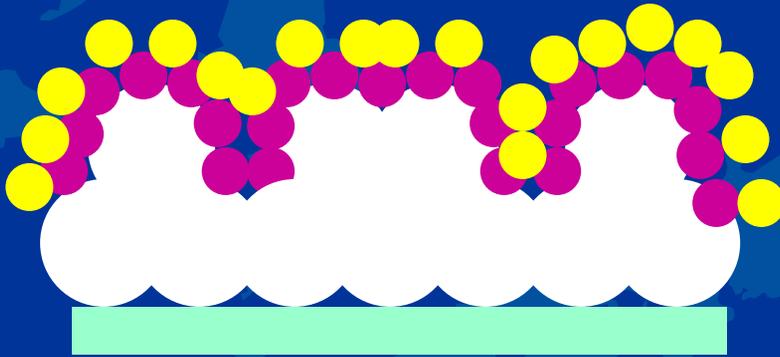
PEG添加により膜が多孔質



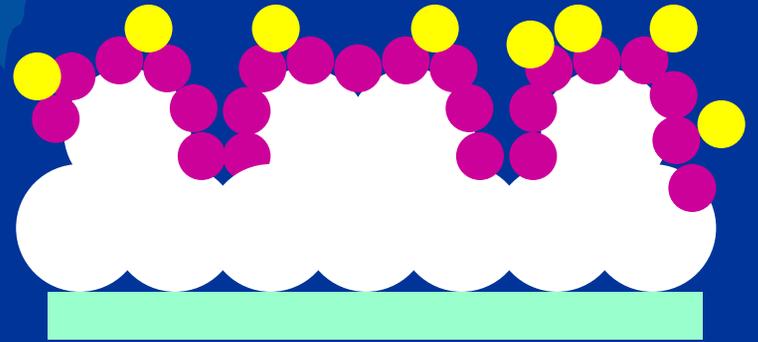
短絡電流密度の向上

目的4

色素の濃度を变化させる事で
電流に寄与しない色素を減らす



濃度が高い



濃度が低い



酸化物半導体

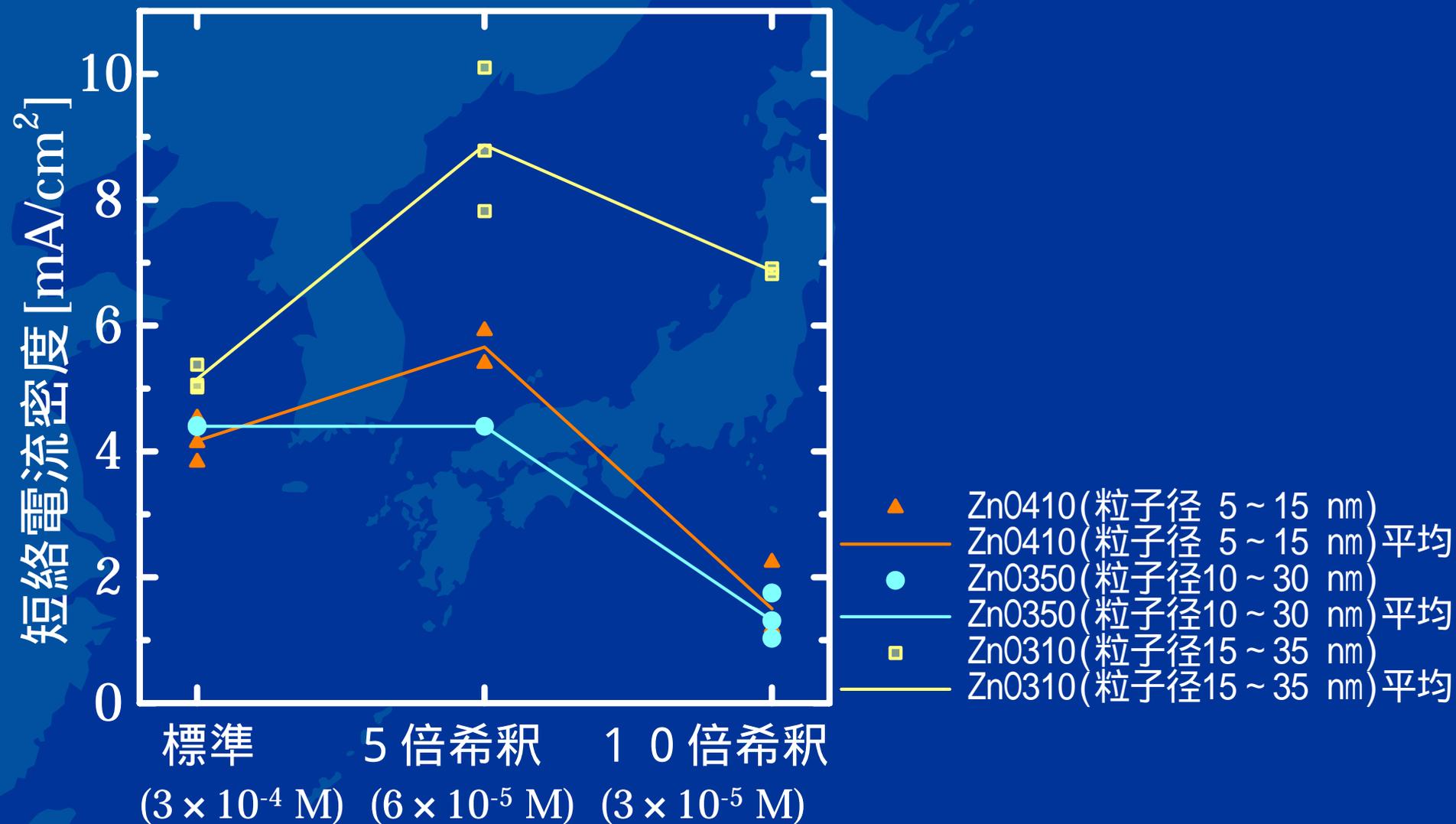


色素



電流に寄与しない色素

各色素濃度に対する短絡電流密度



色素濃度: 標準 (エタノール100 mlに対してRu色素0.0356 g溶かした溶液3 × 10⁻⁴ M)

結論

- ・ZnOの開放電圧はTiO₂の開放電圧より高い
- ・PEGを添加する事で、ZnO電極が多孔質になり短絡電流密度が向上した
- ・ZnO電極に使用する粒子径は15 ~ 35 nmが最適であった
- ・色素の濃度は5倍希釈(6×10^{-5} M)が最適であった
- ・最適化により短絡電流密度を10.1 mA/cm²出す事ができた