

色素増感太陽電池用高効率半導体電極の開発

(茨城工技セ*, (株) アート科学**, 茨城大工***) ○石川 洋明*, 飯村 修志*, 長谷川 良雄**, 阿倍 修実***

Development of high efficiency semiconductor electrode for Dye-Sensitized Solar Cell

H. Ishikawa*, S. Iimura*, Y. Hasegawa**, O. Abe*** (Ibaraki Industrial Technology Institute*, Art Kagaku Co.,Ltd.***, Ibaraki Univ.***)

1. 目的

色素増感太陽電池は、有機系色素を光電変換に活用した化合物系の太陽電池であり、製造工程が容易であることやカラフルな色調を演出できること等の特長から、次世代の太陽電池として注目されている。しかし、現在の色素増感太陽電池は、既存のシリコン系太陽電池に比べて光電変換効率が低いという問題がある。本研究では、光電変換効率を高める手法として、受光面における色素の量を増加させることにより色素による光吸収の収率を高めることを試みた。

2. 方法

半導体電極は、透明導電性ガラス (FTO) を基板として、その上にペースト状の酸化チタン材料を塗布した後、焼成温度 500°C で 1 時間焼き付け処理を行って作製した。ペースト状の酸化チタンは、チタンテトライソプロポキシドを用いた金属アルコキシド法により作製した酸化チタンゾルをアンモニア水で沈殿させた後乾燥し、加熱処理した酸化チタン粉末を原料として、分散剤等を配合し、遊星型ボールミルによる 30 分間の粉碎・混合処理により作製した。

色素増感太陽電池は、色素 (N3 (ペクセル・テクノロジーズ (株))) を吸着させた半導体電極と白金を蒸着した導電性ガラスを組み合わせ作製した。電池性能の評価は、太陽光と波長域に近い Xe ランプを光源として照射し、その際の電流-電圧特性をカーブトレーサー (横河電機 (株)) により計測した。

3. 結果および検討

金属アルコキシド法による酸化チタンゾル作製過程において、少量のリンを添加することでリン添加酸化チタン複合材料を作製し、

色素増感太陽電池用電極とした。この電極に N3 色素を吸着させると、リンの添加量に応じてその吸着量も増大した。なお、この傾向は水系の色素 (ルテニウムレッド) についても同様に見られ、リン添加酸化チタンは水系、非水系に関わらず色素吸着性の高い材料であることが分かった。

N3 を吸着させた電極を用いて作製した色素増感太陽電池について、Xe ランプ光を照射して短絡電流を測定した結果を図に示す。リン添加による色素吸着量の増加と短絡電流の増加量の間には関連性が見られ、酸化チタンにリンを添加した材料を用いて作製した電極は、添加していないものに比べて大きな短絡電流を得ることができた。

このように、リン添加酸化チタン複合材料を用いることで色素吸着性の高く、かつ、短絡電流の大きい半導体電極を作製することができた。本発表では、カーブトレーサーによる電流-電圧特性の測定結果も併せて報告する予定である。

なお、この研究は独立行政法人科学技術振興機構による地域イノベーション創出総合支援事業重点地域研究開発プログラム「平成 20 年度地域ニーズ即応型」における受託研究補助金を受けて実施したものである。

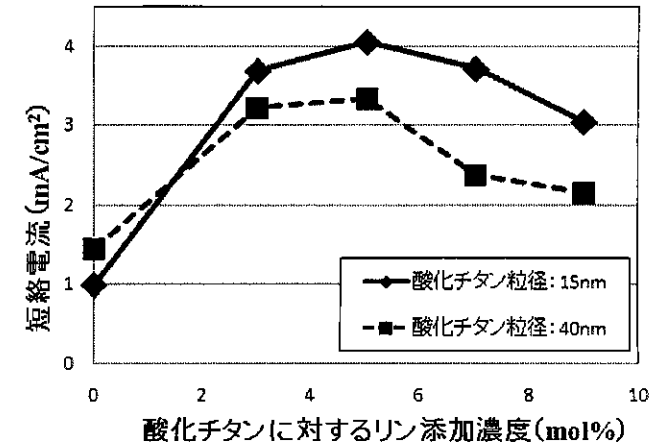


図 リン添加酸化チタン複合材料を用いて作製した色素増感太陽電池の性能評価試験結果

色素増感太陽電池用高効率酸化物半導体電極の開発

茨城県工業技術センター

株式会社アート科学

茨城大学

○石川洋明, 飯村修志

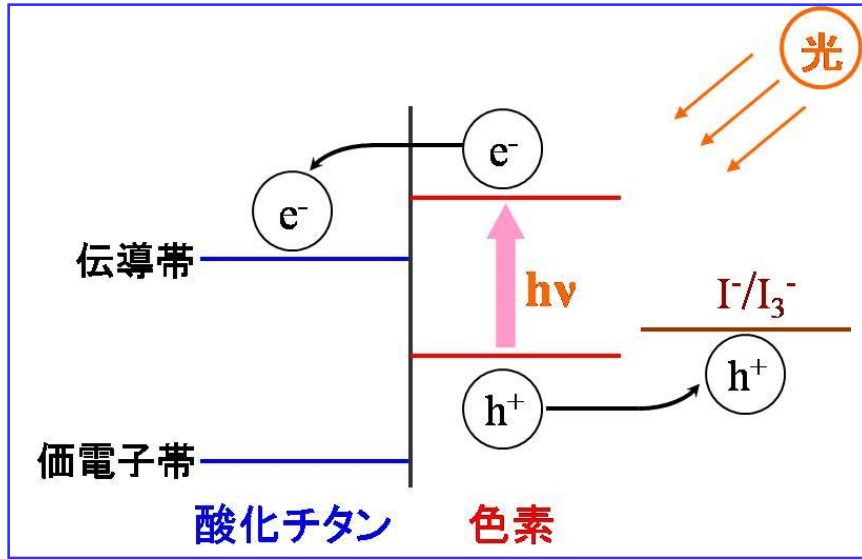
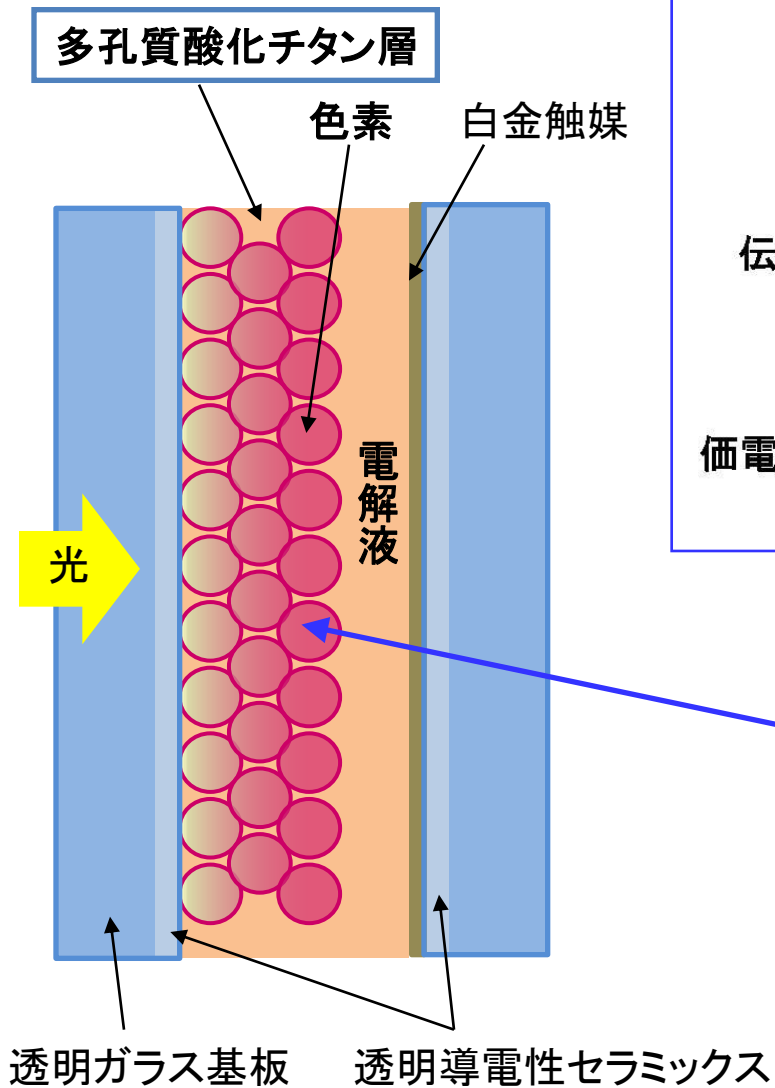
長谷川良雄

阿部修実

はじめに: 本日の発表概要

- 1 リン添加酸化チタンの色素吸着特性及び電極性能評価
- 2 新規材料の色素吸着性評価
- 3 新規材料を用いた色素増感太陽電池の特性評価

研究の着目点【色素増感太陽電池の構造と発電メカニズム】



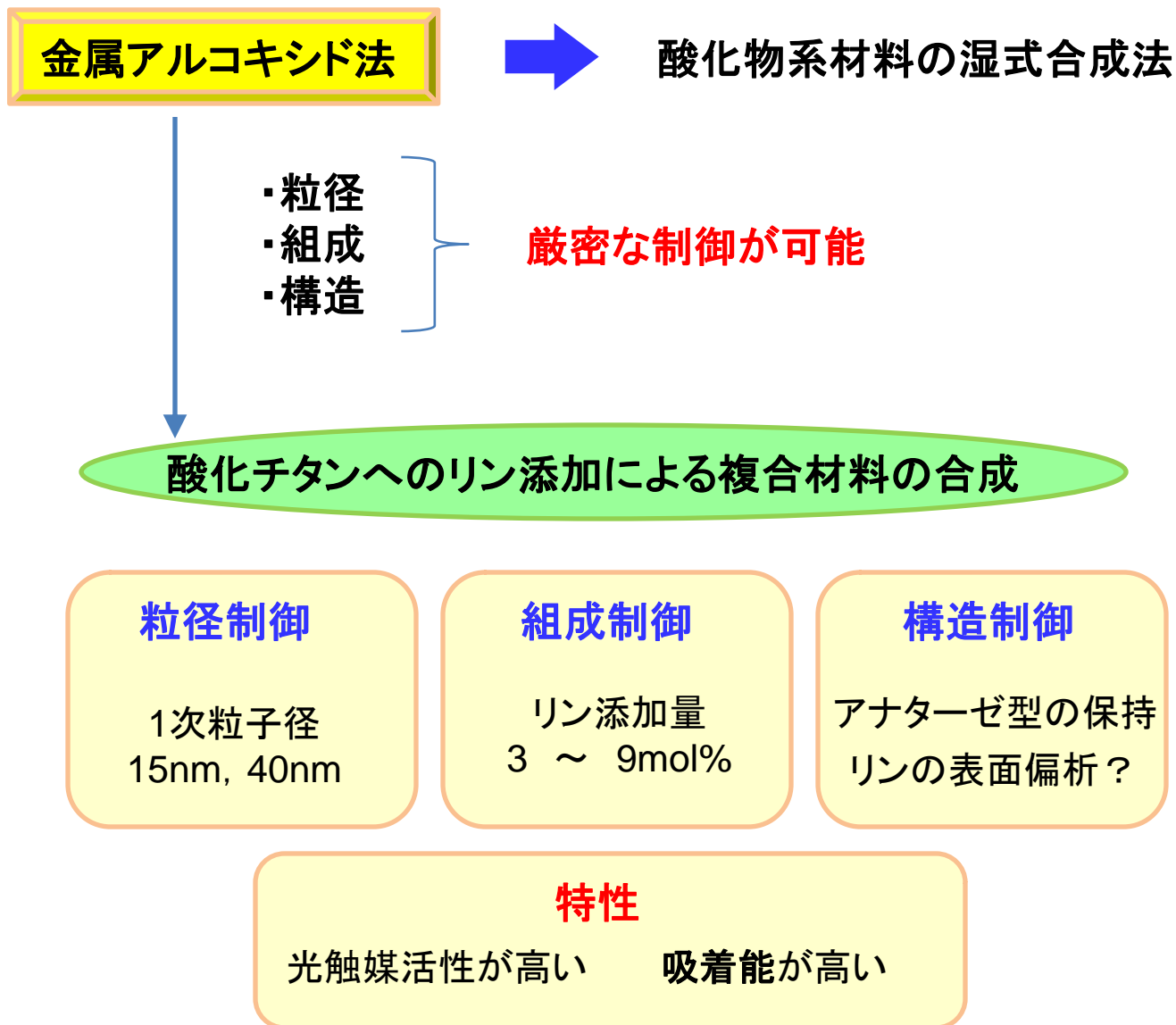
着目した高効率化の方法

電極表面に存在する色素の量を増加

光の吸収効率を高める

「系で生じる電流量の増加」

研究開発の手法【ナノ複合化による材料改質】



リン添加酸化チタン複合材料 【材料の調製】

表. リン添加酸化チタン材料を作製する原料配合

試料名	粒径 (nm)	リン添加量 (mol% [vs.Ti])	溶液配合 (wt%)				
			リン酸	チタンテトラ イソプロポキシド	イソプロピル アルコール	水	硝酸
15P0	15	—	—	5	15	80	2
15P3		3	0.3				
15P5		5	0.5				
15P7		7	0.7				
15P9		9	0.9				
40P0	40	—	—	17	3	80	2
40P3		3	1.0				
40P5		5	1.7				
40P7		7	2.4				
40P9		9	3.1				

リン添加酸化チタン複合材料の着色試験

【色素(N3エタノール溶液)】

試験方法

- ①色素溶液(0.22g/L) 10mL に 粉末試料0.1g を加えて, 40°C 2時間 保持
- ②遠心分離器で粒子を沈降させた後, 上澄み液を吸光光度計で測定
- ③溶液中の色素残留濃度から, 吸着した色素量を算出

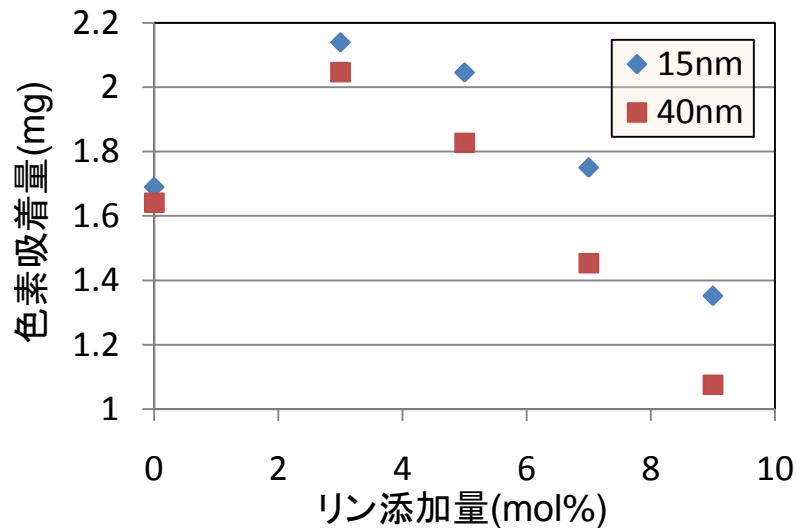
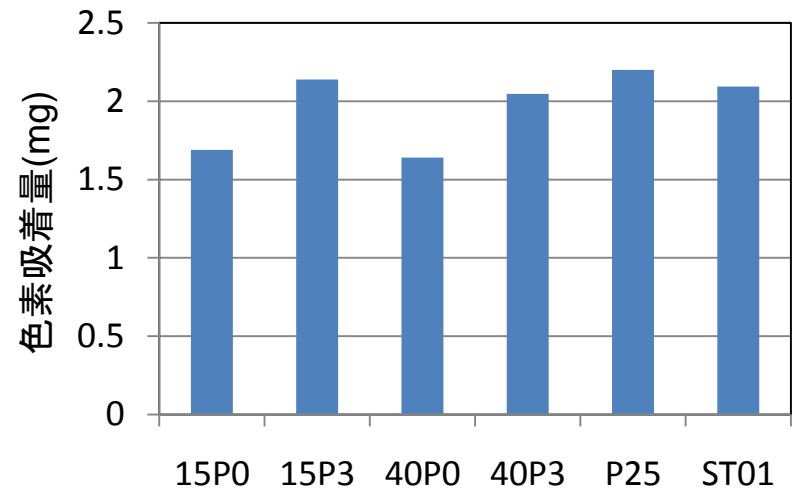


図. 酸化チタンへのリン添加量の違いによる影響



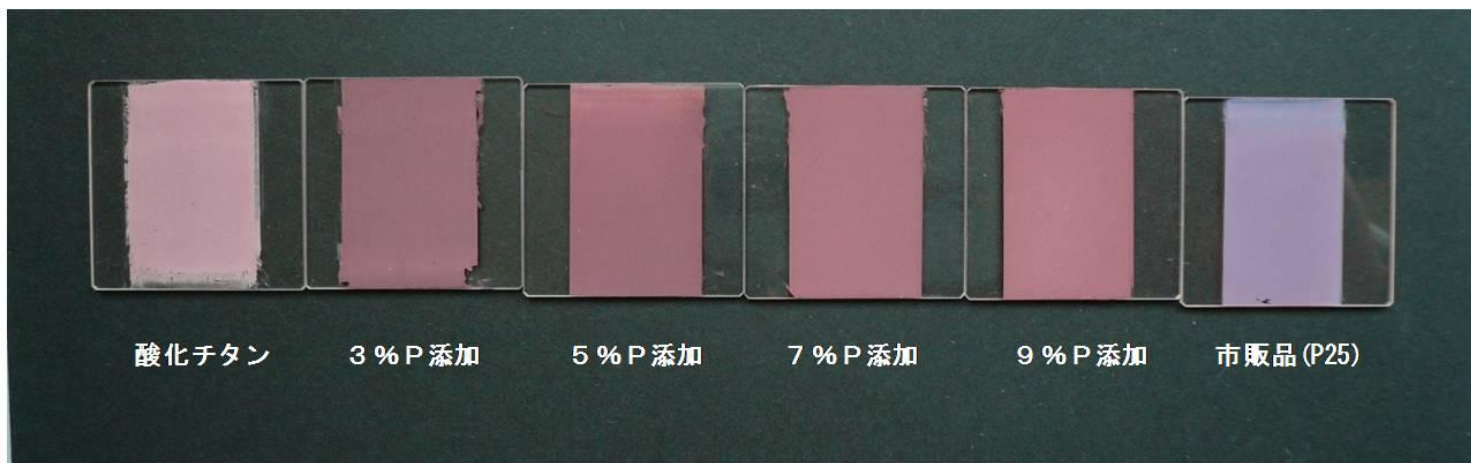
P25: 日本アエロジル社

図. 種々の材料による吸着能の比較

リン添加酸化チタン複合材料電極の着色試験

【色素(N3エタノール溶液)】

15nm



40nm

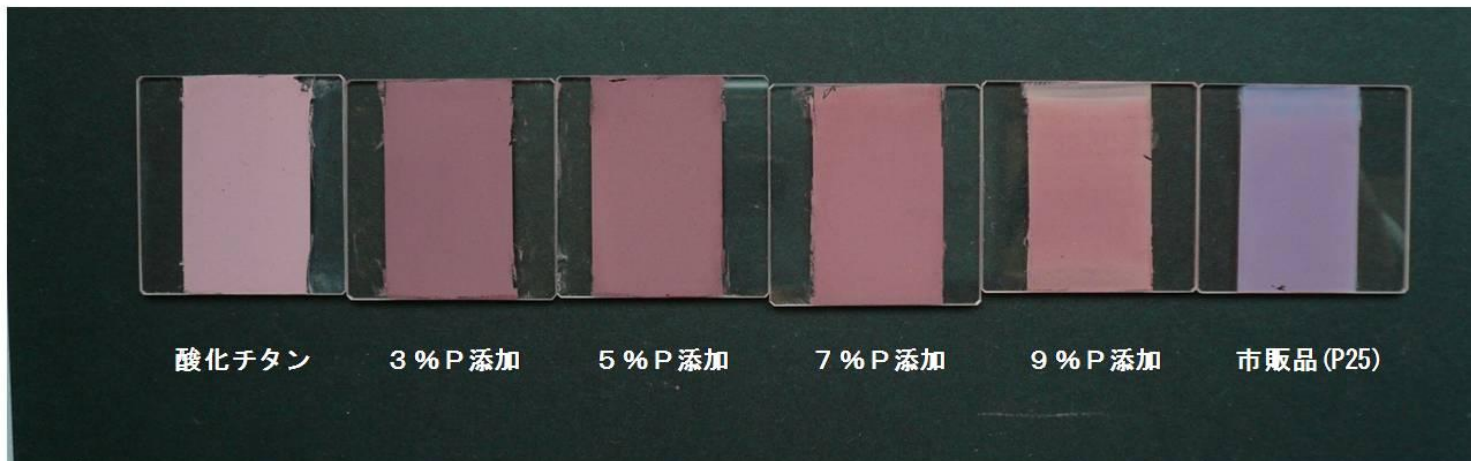


図. N3エタノール溶液を用いたリン添加酸化チタン薄膜の着色状態

リン添加酸化チタン複合材料電極を用いた色素増感太陽電池 【性能評価試験(Xeランプ全光)】

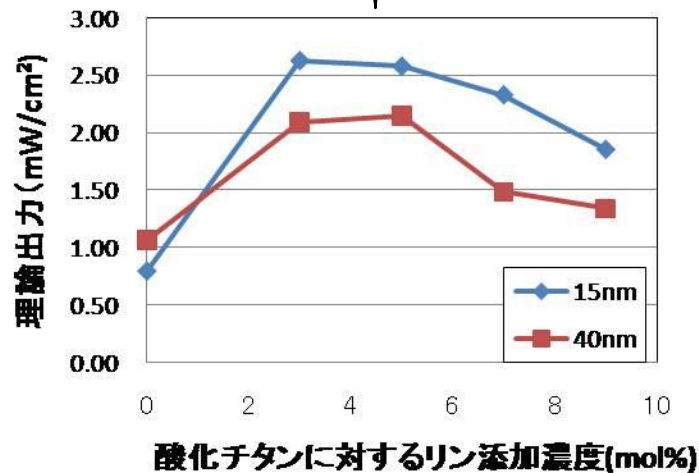
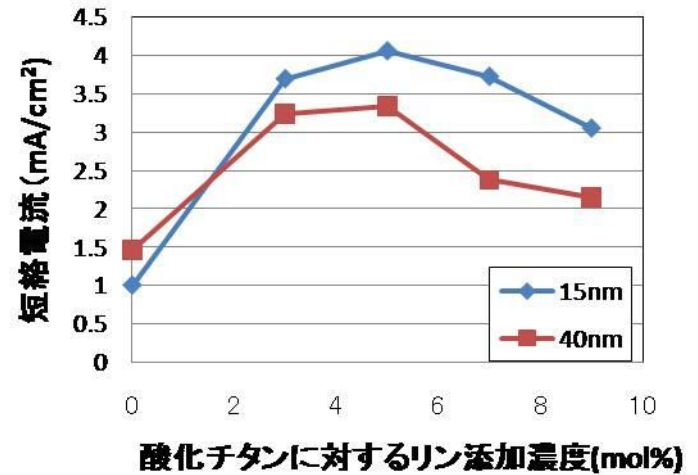
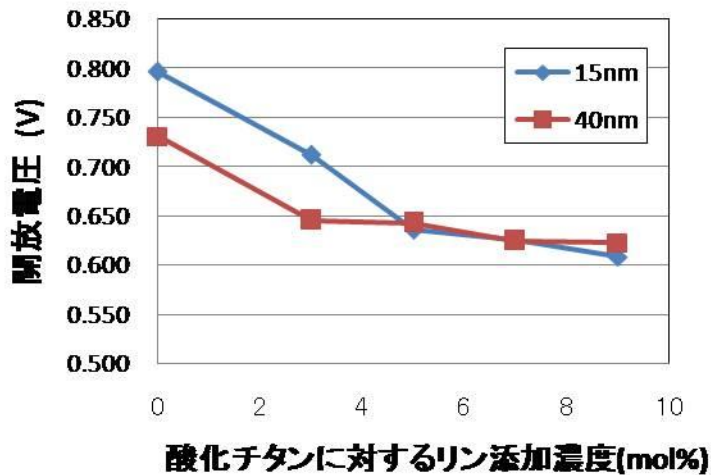
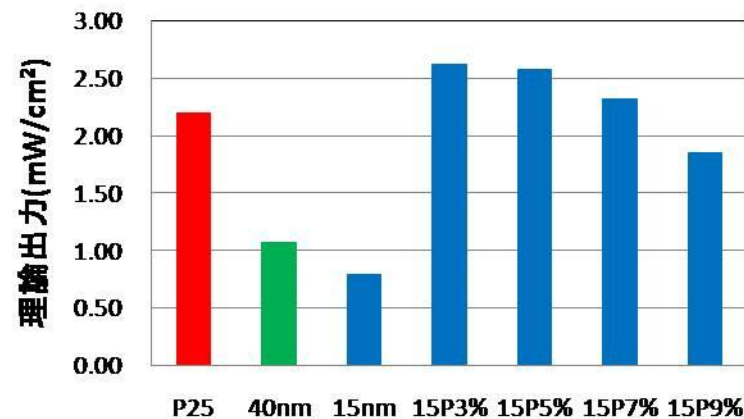
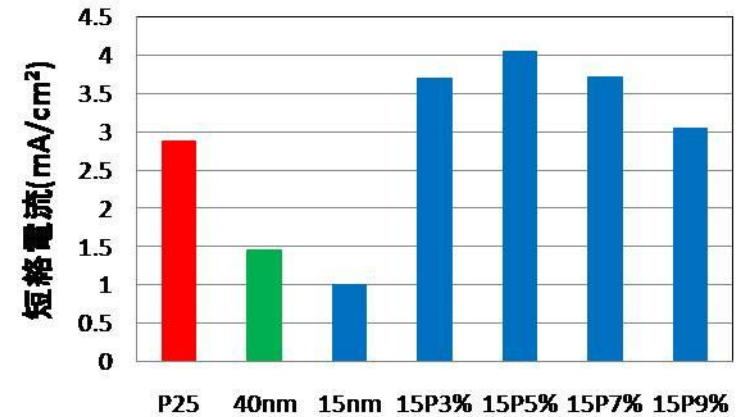
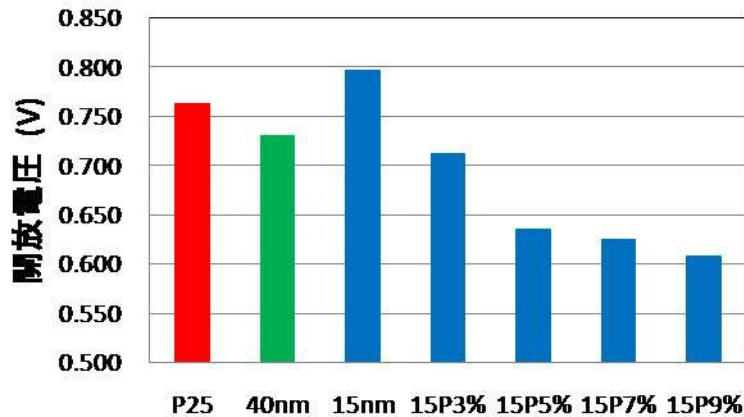


図. Xeランプ全光照射により測定したリン添加酸化チタン薄膜の電池性能評価試験

リン添加酸化チタン複合材料電極を用いた色素増感太陽電池 【性能評価試験(Xeランプ全光)】



P25: 日本アエロジル社

図. Xeランプ全光照射により測定した電池性能評価試験結果の市販材料との比較

リン添加酸化チタン電極の改良

リン添加酸化チタン

色素吸着量の増加



短絡電流 増

開放電圧 低下

出力が僅かに上昇



P25・・・開放電圧が高い
15P3・・・短絡電流が大きい

市販の酸化チタン粉末(P25)とリン添加酸化チタンの混合

➤ ゼル溶液の添加
(粉末の表面コーティング)

- ① P25+15P3ゾル
- ② 15P0+15P3ゾル
- ③ 15P3+15P0ゾル

➤ 粉末混合

- ① P25[10%]+15P3[90%]
- ② P25[50%]+15P3[50%]
- ③ P25[90%]+15P3[10%]

新型酸化物半導体電極【電極作製】

電極の作製工程

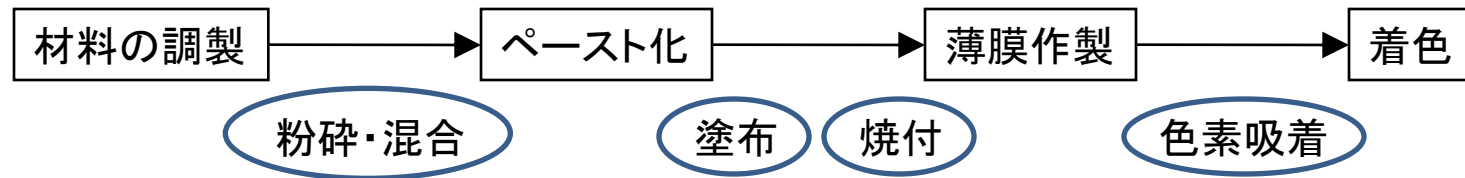


表. 電極作製用酸化チタンペーストの配合条件

	添加量 (g)
TiO ₂ 粉末	4.0
アセチルアセトン	0.5
1wt% トリトン-X水溶液	0.4
蒸留水	8~12

← リン添加無: 8g
リン添加有: 12g

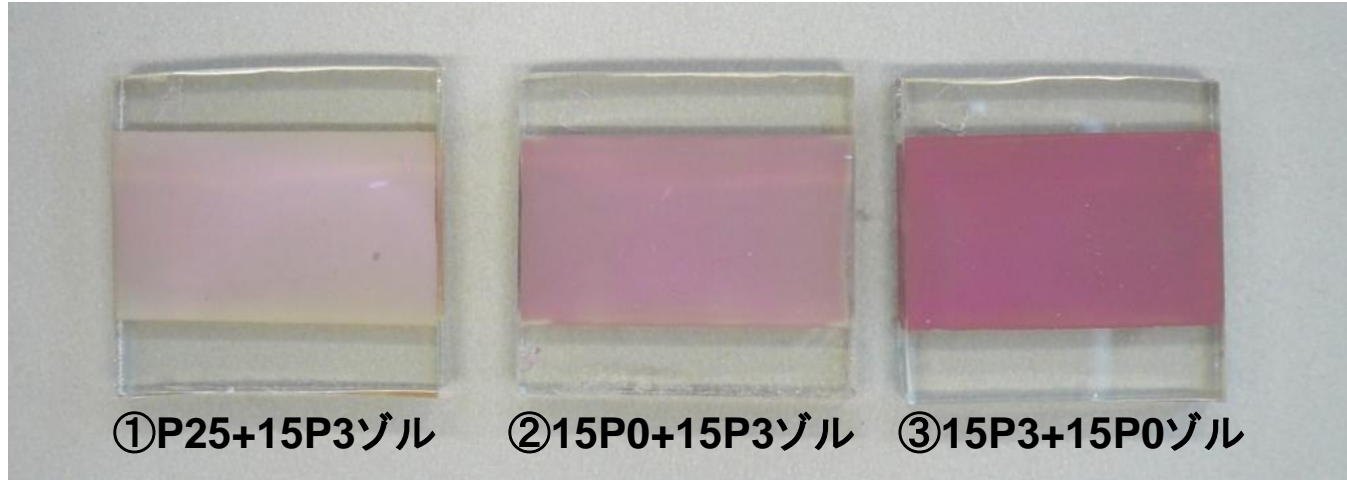
遊星ボールミルにより粉砕・混合 (500rpm, 30分)

	添加量 (g)
10wt% ポリエチレングリコール水溶液 (平均分子量: 20000)	2.0
濃硝酸	0.2

← リン添加無: 0.2g
リン添加有: 0g

新型電極の着色試験 【色素(N3エタノール溶液)】

➤ ゾル溶液の添加



➤ 粉末混合

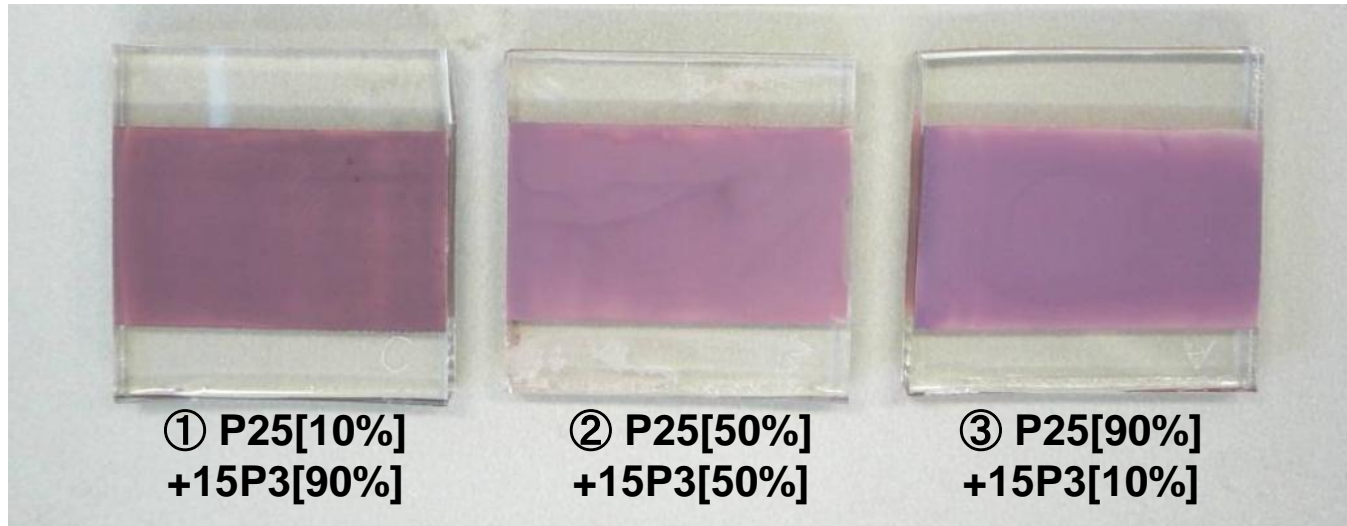


図. N3エタノール溶液を用いたリン添加酸化チタン薄膜の着色状態

新型電極を用いた色素増感太陽電池の作製及び特性評価条件

表. 色素増感太陽電池の作製に用いた電解液の組成

化学式	名称	配合量
I	iodine	0.127 g
LiI	lithium iodide	0.134 g
$(C_5H_4N)C(CH_3)_3$	4-tert-butylpyridine	0.646 g
$(CH_3)_2(n-C_3H_7)C_3H_3N_2$	1,2-dimethyl-3-propylimidazolium iodide	1.601 g
CH_3OCH_2CN	methoxyacetonitrile	10.0 mL

電池特性評価

- ・ 光源: キセノンランプ → 400-800nm: 38.143mW/cm²
- ・ 測定: I-Vカーブトレーサー(横河電機: GS820)



開放電圧, 短絡電流により評価

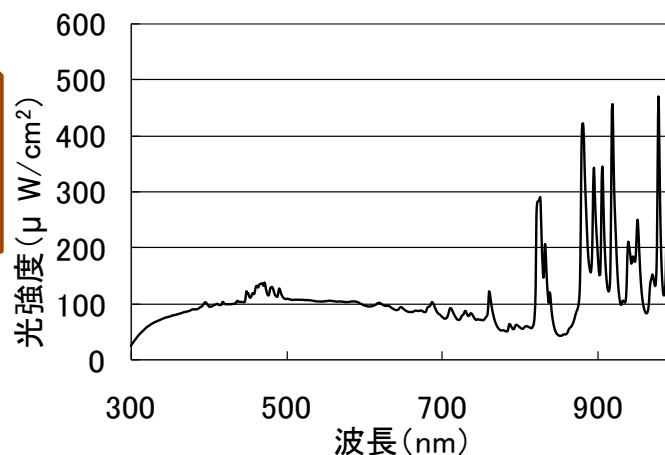


図. 照射光の波長分布

新型電極を用いた色素増感太陽電池

【性能評価試験(Xeランプ全光)】

➤ ゾル溶液の添加

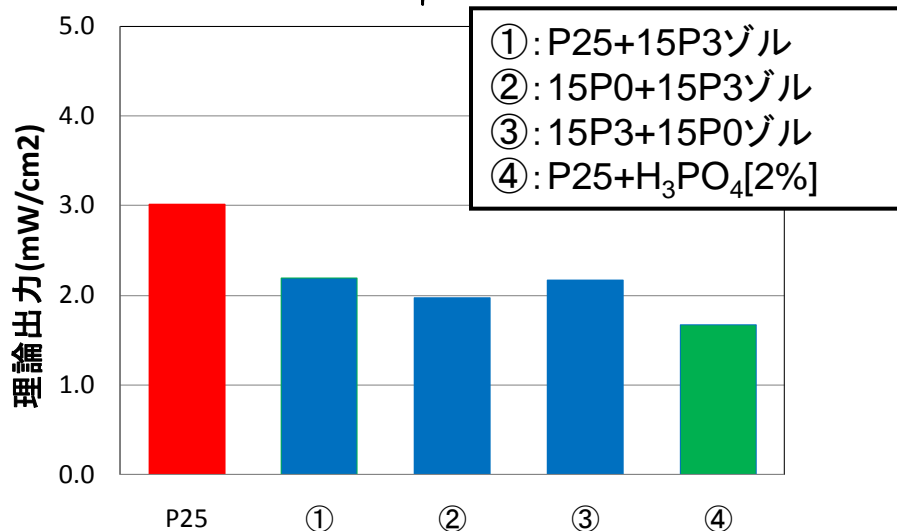
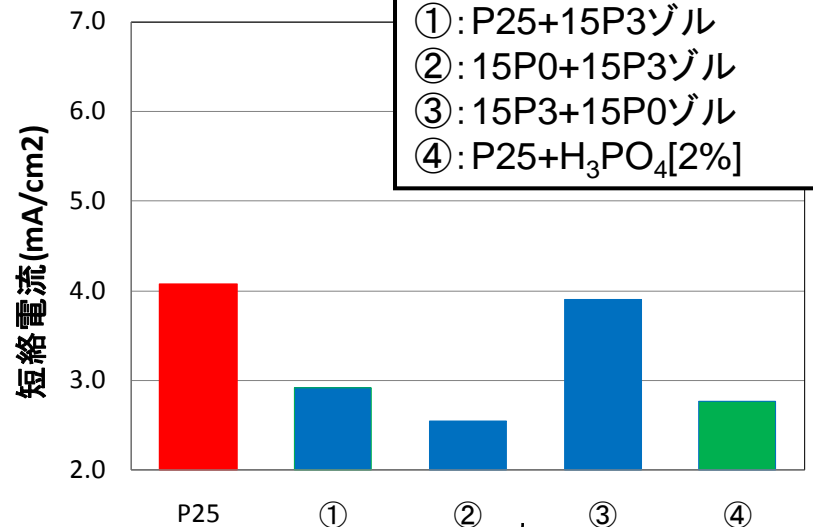
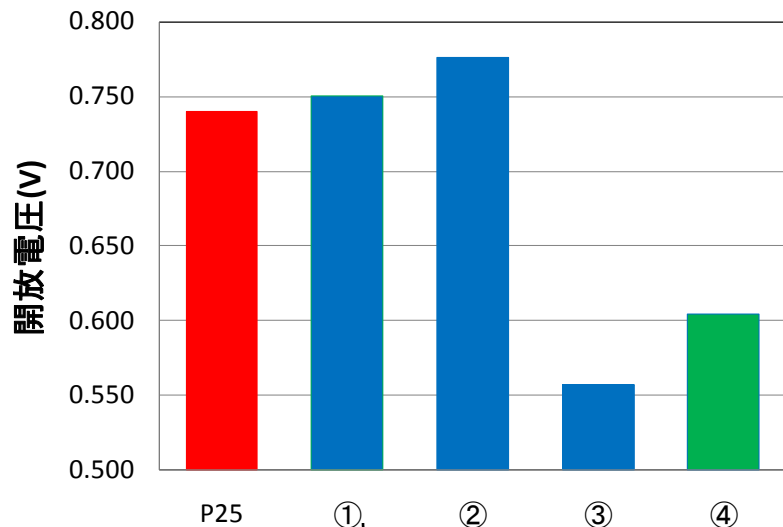
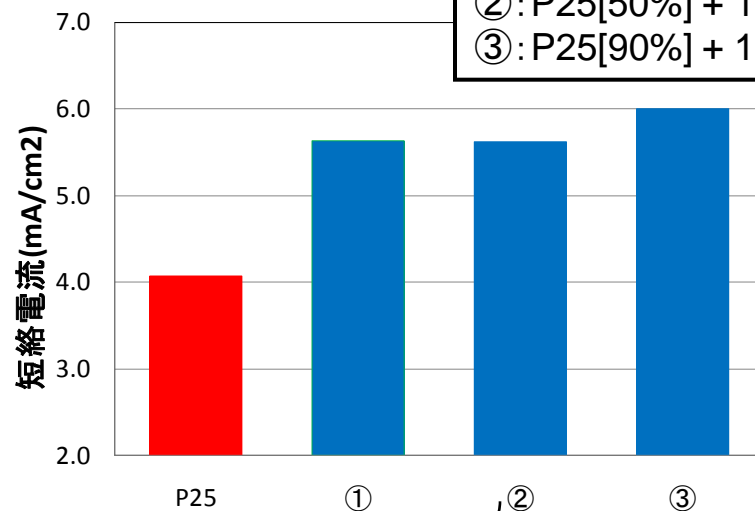
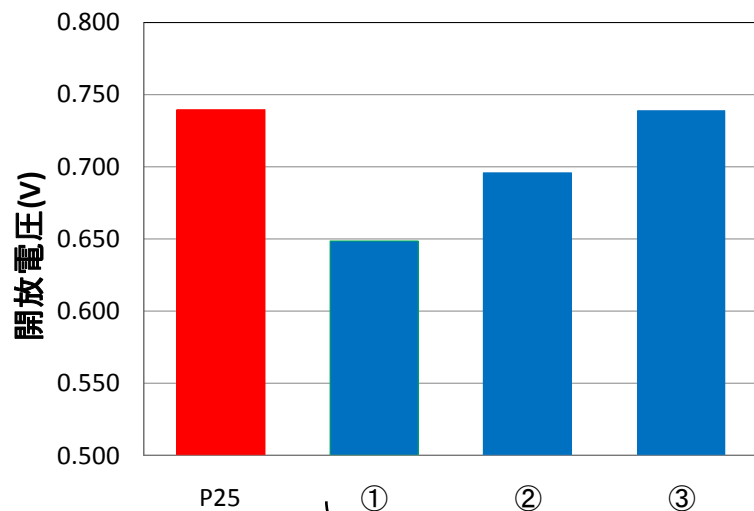


図. Xeランプ全光照射により測定した電池性能評価試験結果

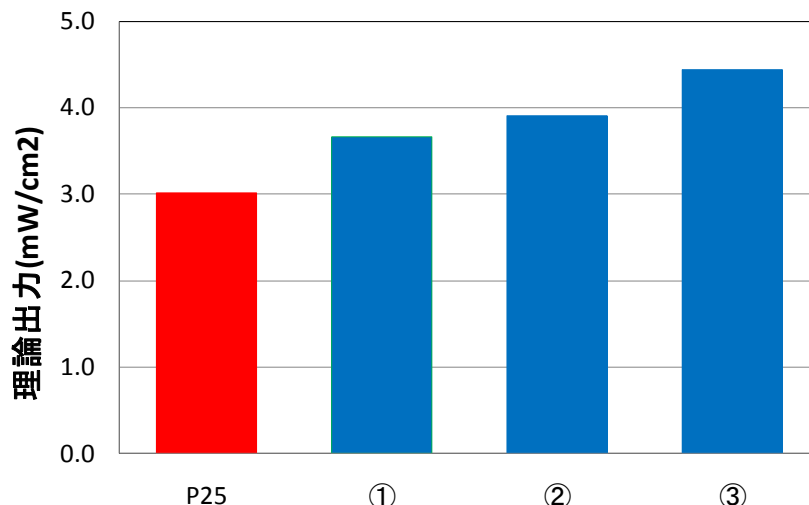
新型電極を用いた色素増感太陽電池

【性能評価試験(Xeランプ全光)】

➤ 粉末混合



- ①: P25[10%] + 15P3[90%]
- ②: P25[50%] + 15P3[50%]
- ③: P25[90%] + 15P3[10%]



- ①: P25[10%] + 15P3[90%]
- ②: P25[50%] + 15P3[50%]
- ③: P25[90%] + 15P3[10%]

図. Xeランプ全光照射により測定した電池性能評価試験結果

まとめ

➤ 金属アルコキシド法を用いて、粒径等の構造を制御して作製したリン添加酸化チタン複合材料は、市販の酸化チタン粉末(P25)に比べて、色素吸着特性の向上が見られ短絡電流は増加するが、開放電圧が減少するため理論出力が減少するという課題があった。



➤ リン添加酸化チタンと市販の酸化チタン粉末:P25(日本アエロジル社)を混合することで、開放電圧を低下させることなく、短絡電流を増加させることができた。



色素増感太陽電池の高効率化