

色素増感太陽電池用電極のナノ構造制御による表面改質

茨城県工業技術センター 先端技術部門 飯村修志 石川洋明

研究開発の着目点

近年の化石燃料の高騰、CO₂排出量の削減等
環境エネルギー関連の問題

太陽電池など持続可能なエネルギーの
研究開発が社会的な課題

その中で、色素増感太陽電池は...

製造方法が簡単 製造コストが安価 カラフルな色調

安価で加飾性のある次世代太陽電池として期待！

実用化までの大きな課題

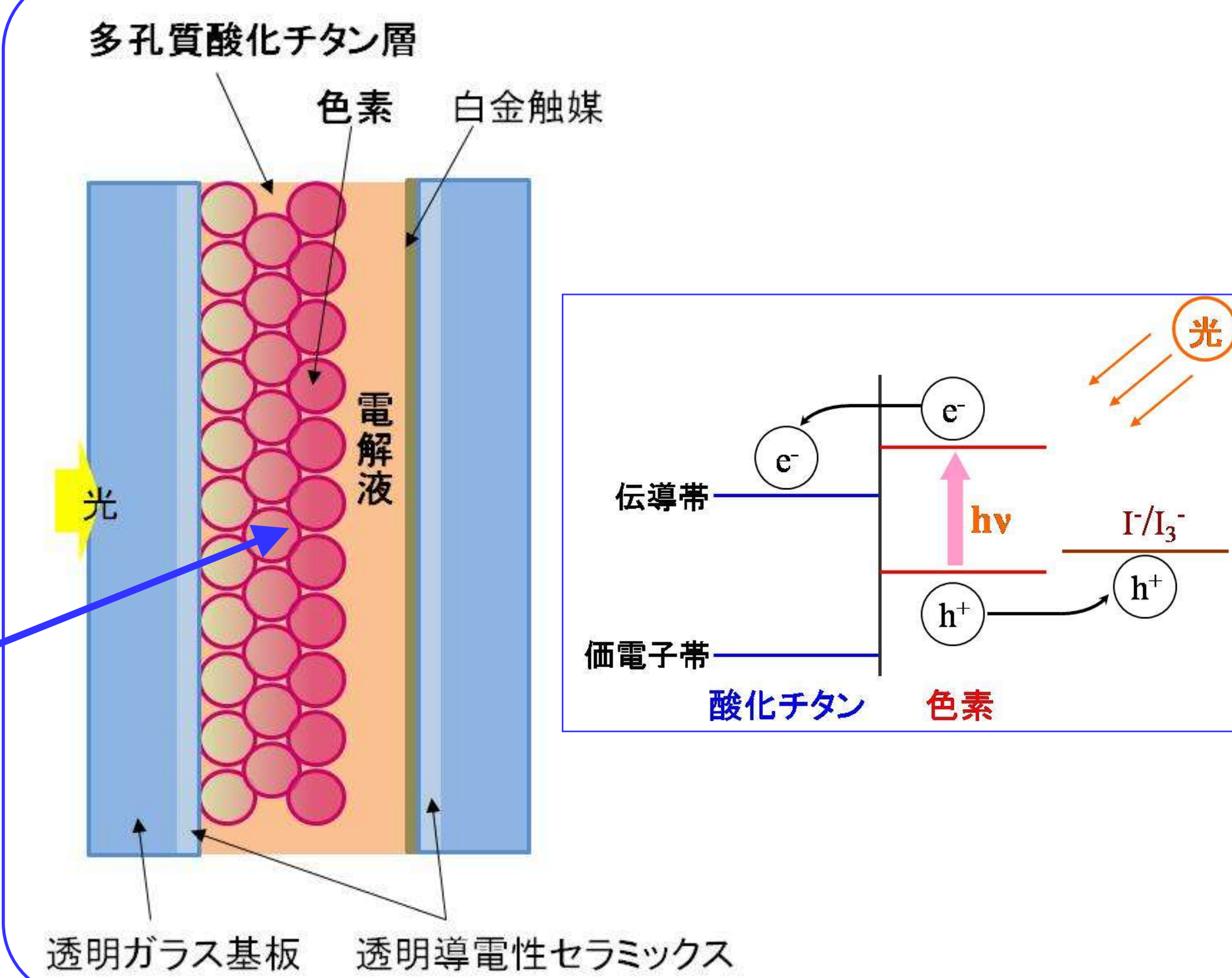
★シリコン型と比べ光電変換効率が低い
液漏れや素材の劣化など耐久性が低い

着目した高効率化の方法

「系で生じる電流量の増加」

電極表面に存在する色素の量を増加
させることで、光の吸収効率を高め、
発生する電流量を増やす

【色素増感太陽電池の構造と発電メカニズム】



研究開発の手法【ナノ複合化による材料改質】

金属アルコキシド法

酸化物系材料の湿式合成法

・粒径
・組成
・構造

厳密な制御が可能

酸化チタンへのリン添加による複合材料の合成

粒径制御

1次粒子径
15nm, 40nm

組成制御

リン添加量
3 ~ 7mol%

構造制御

アナターゼ型の保持
リンの表面偏析？

特性

光触媒活性が高い 吸着能が高い

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 | | | | |

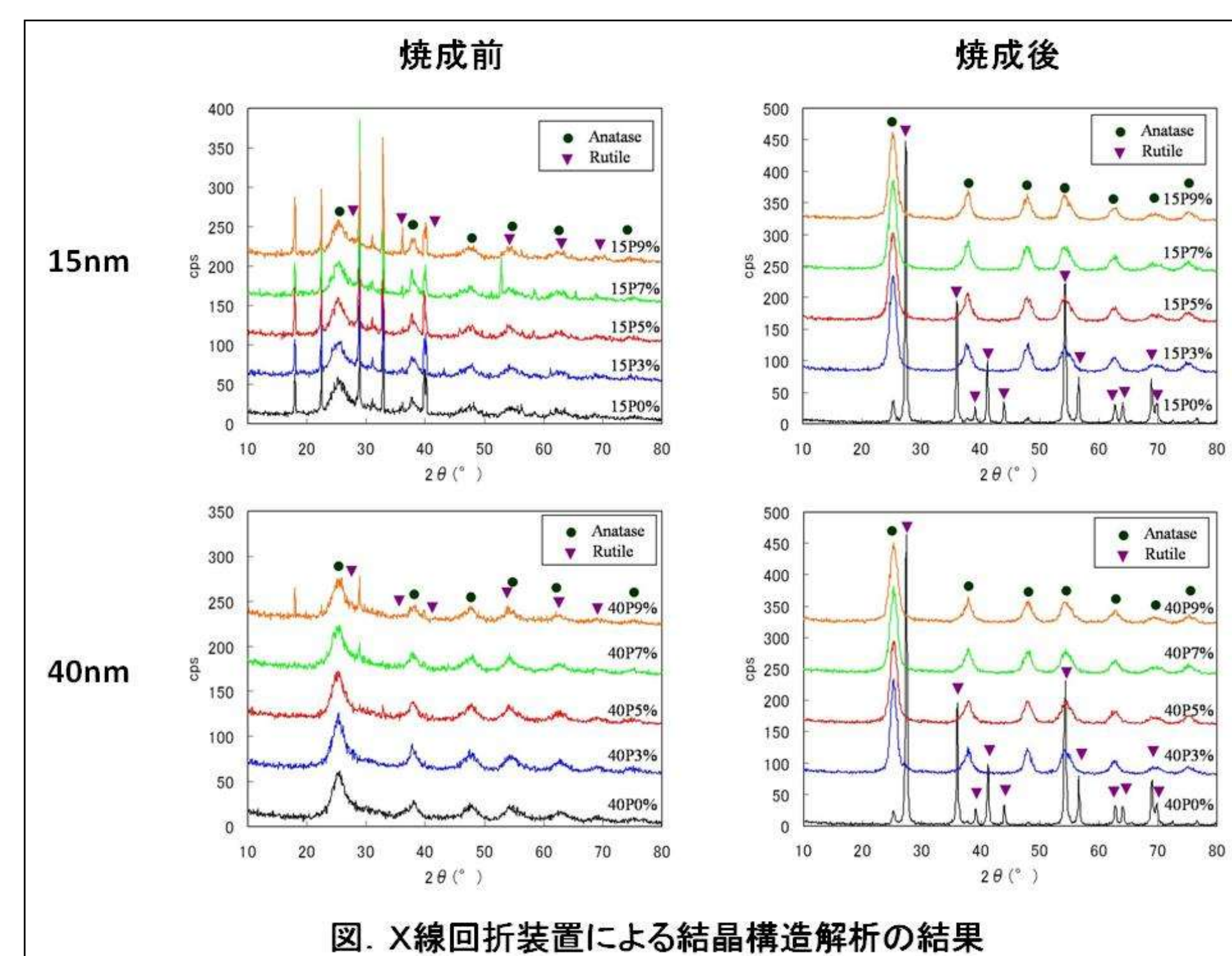


図. X線回折装置による結晶構造解析の結果

粒径及びリン添加量に着目して材料合成を行った。

リンを添加した材料は、加熱後もアナターゼ型の
結晶構造を維持する特性があることがわかった。

リン添加酸化チタン複合材料の着色試験

試験方法

- ①色素溶液(0.2g/L) 10mL に 試料0.1g を加えて、40℃ 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

結果

酸化チタンにリンを添加して作製した材料は、
水系・非水系溶媒下でともに優れた色素吸着性
を有することが確認できた。

色素選択の幅が広がる。
製造工程の脱有機溶媒化に有効。

【色素(ルテニウムレッド水溶液)】

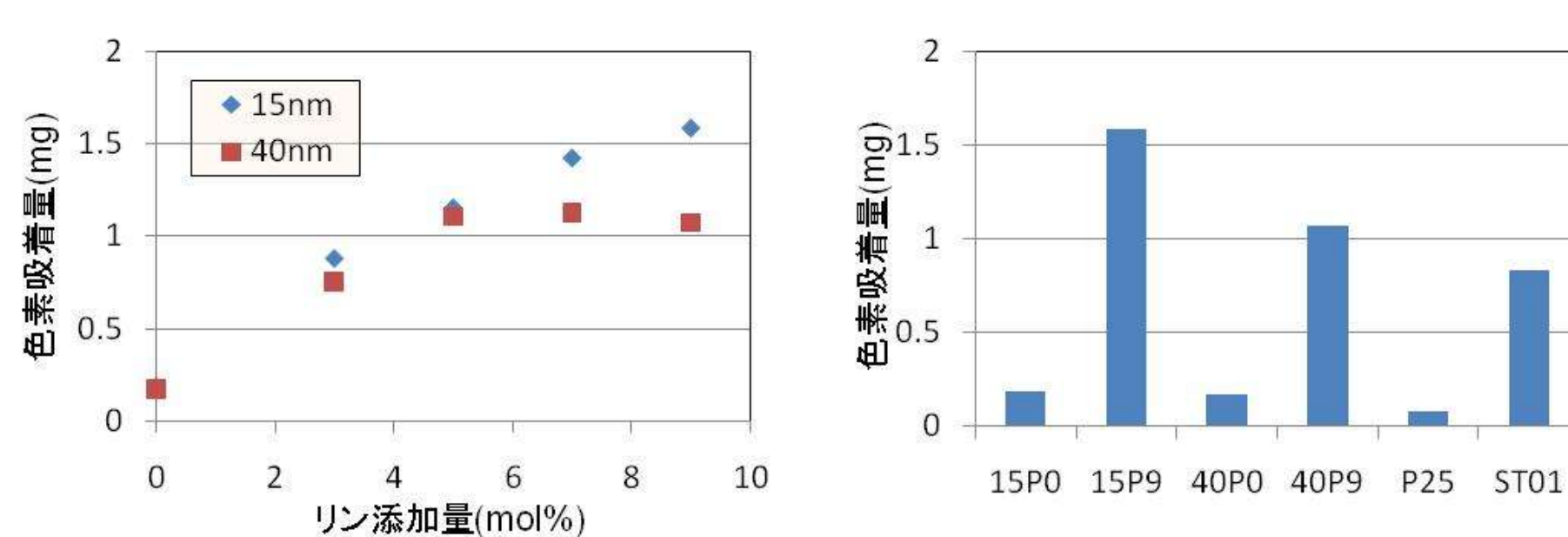


図. 酸化チタンへのリン添加量の違いによる影響

図. 種々の材料による吸着能の比較

【色素(N3エタノール溶液)】

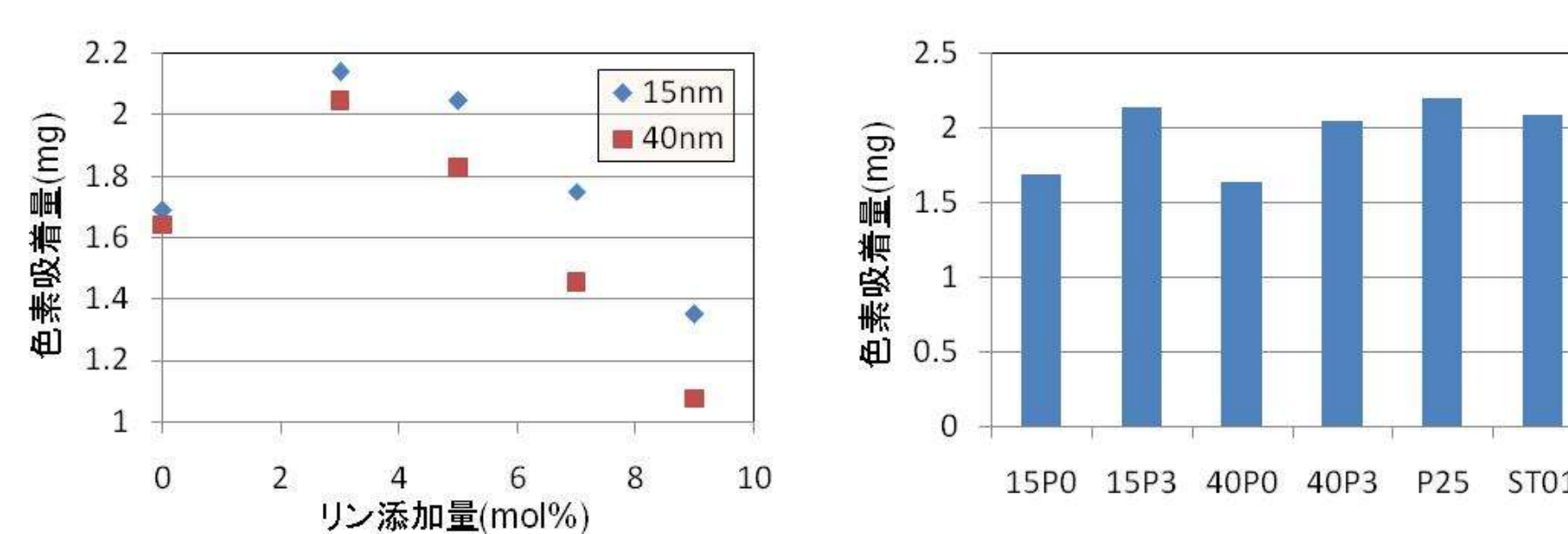


図. 酸化チタンへのリン添加量の違いによる影響

図. 種々の材料による吸着能の比較

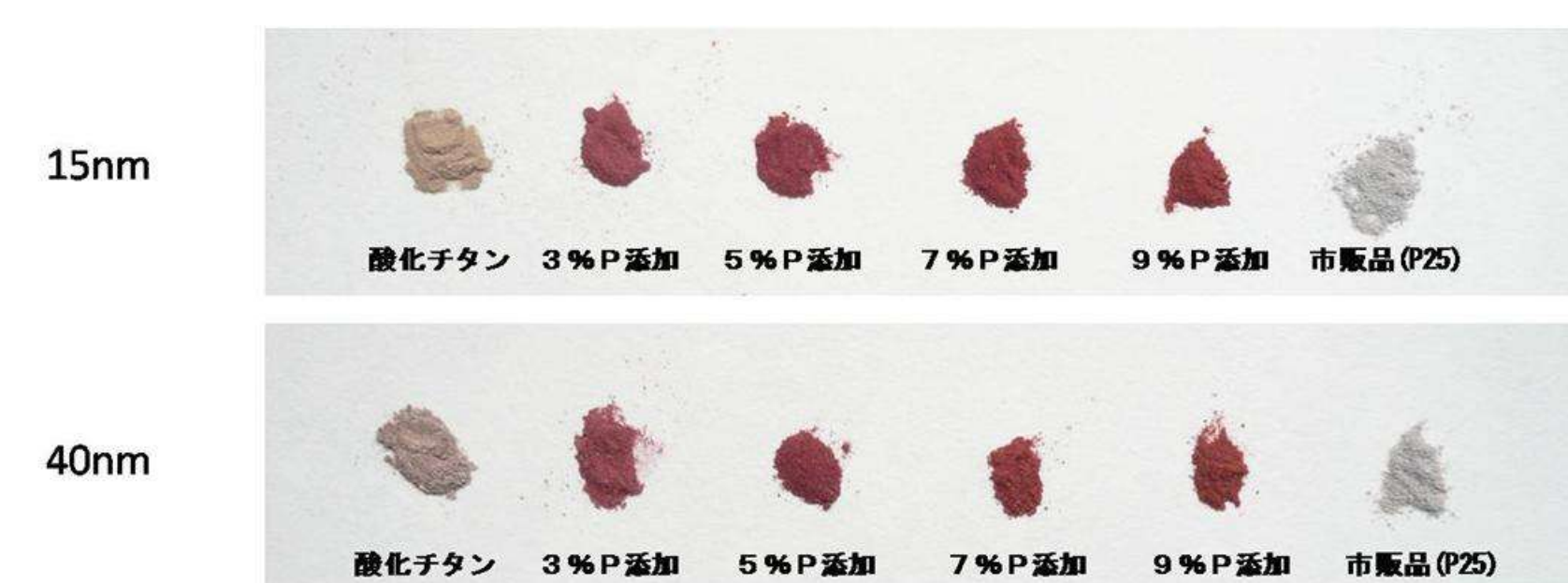


図. ルテニウムレッド水溶液を用いたリン添加酸化チタン粉末の着色状態

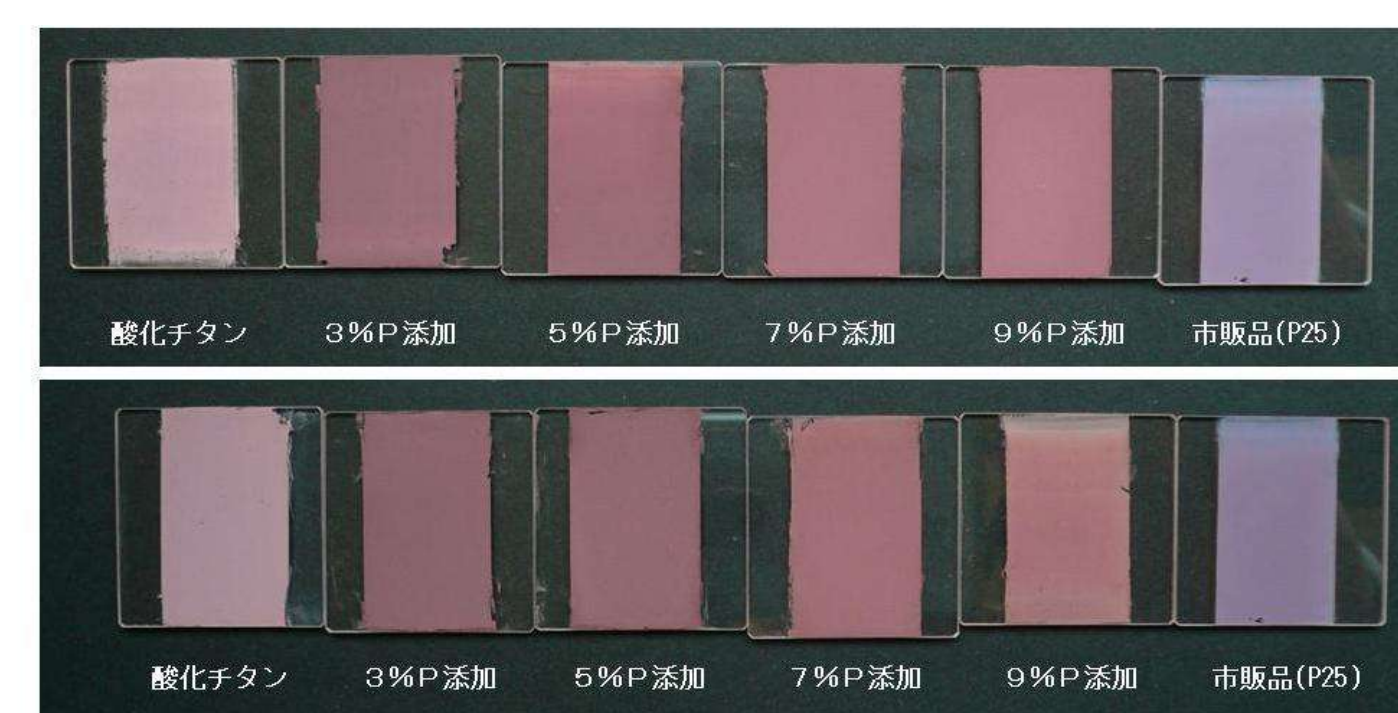


図. N3エタノール溶液を用いたリン添加酸化チタン薄膜の着色状態

リン添加酸化チタン複合材料を用いた色素増感太陽電池の性能評価試験

【試験条件】

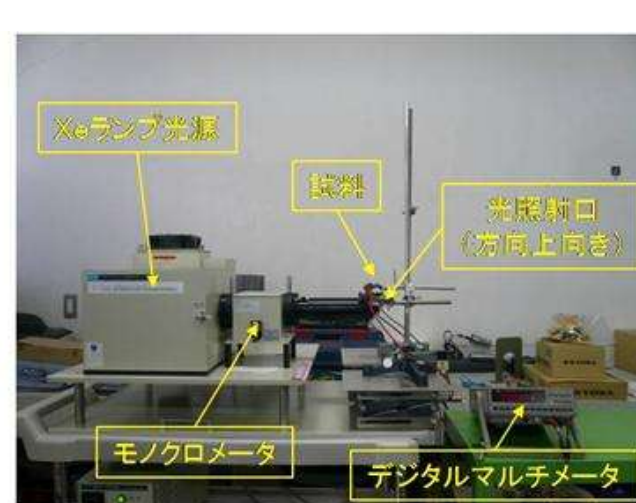


図. 太陽電池性能評価試験装置の構成

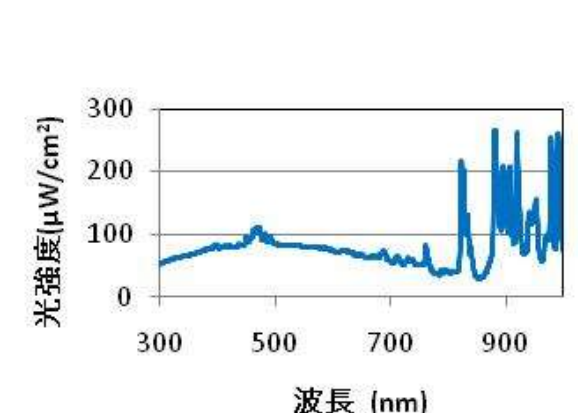


図. 照射光の波長分布
(400nm—800nm: 598.87μW/cm²)

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 ₂ | iodine | 0.127 g |
| LiI | lithium iodide | 0.134 g |
| (C ₈ H ₈ N)(C(CH ₃) ₃) ₃ | 4-tert-butylpyridine | 0.646 g |
| (CH ₃) ₂ (n-C ₃ H ₇)C ₃ H ₅ N ₂ | 1,2-dimethyl-3-propylimidazolium iodide | 1.601 g |
| CH ₃ OCH ₂ CN | methoxyacetonitrile | 10.0 mL |

【粒径及びリン添加量の影響】

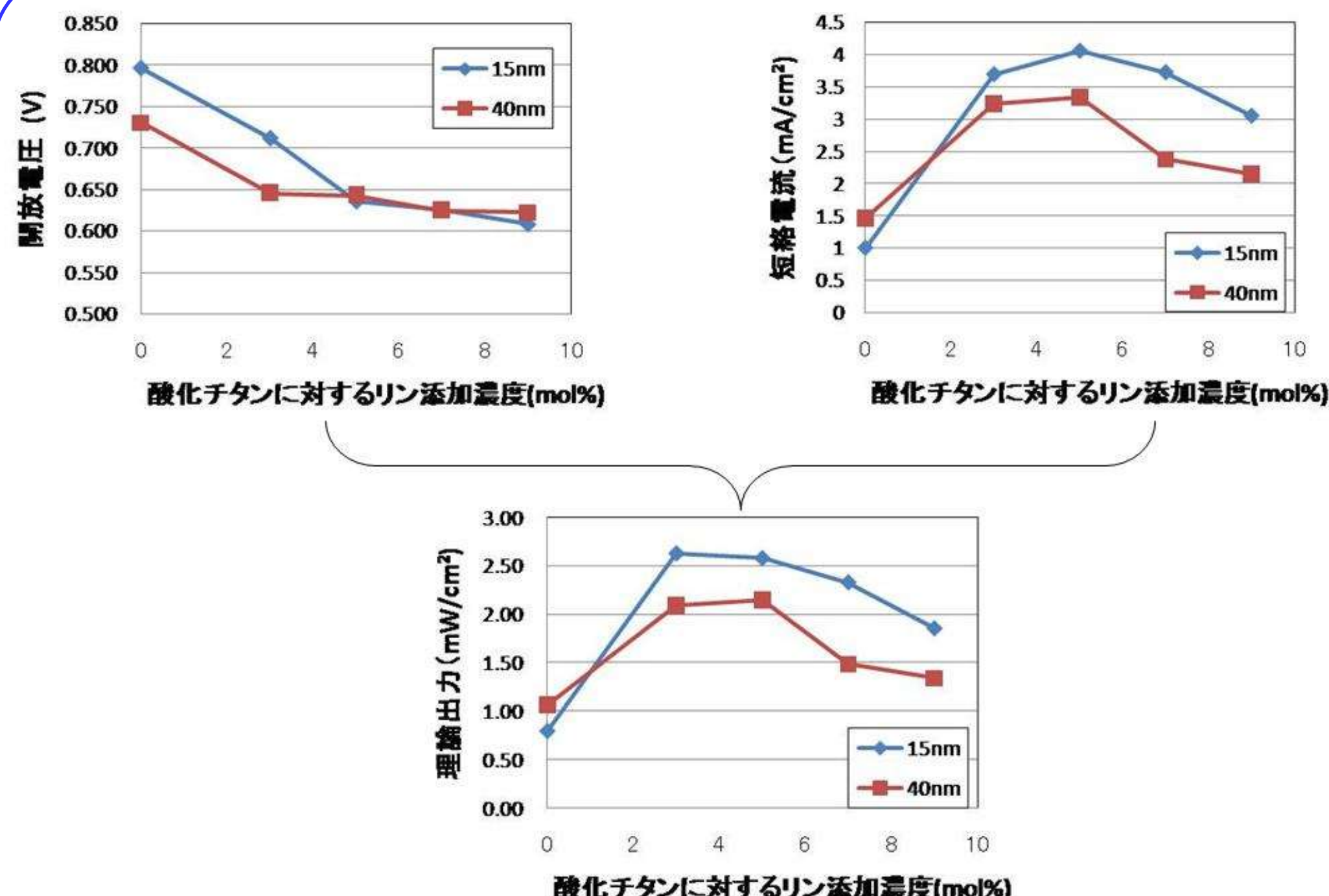


図. Xeランプ全光照射により測定したリン添加酸化チタン薄膜の電池性能評価試験

【市販の材料等との比較】

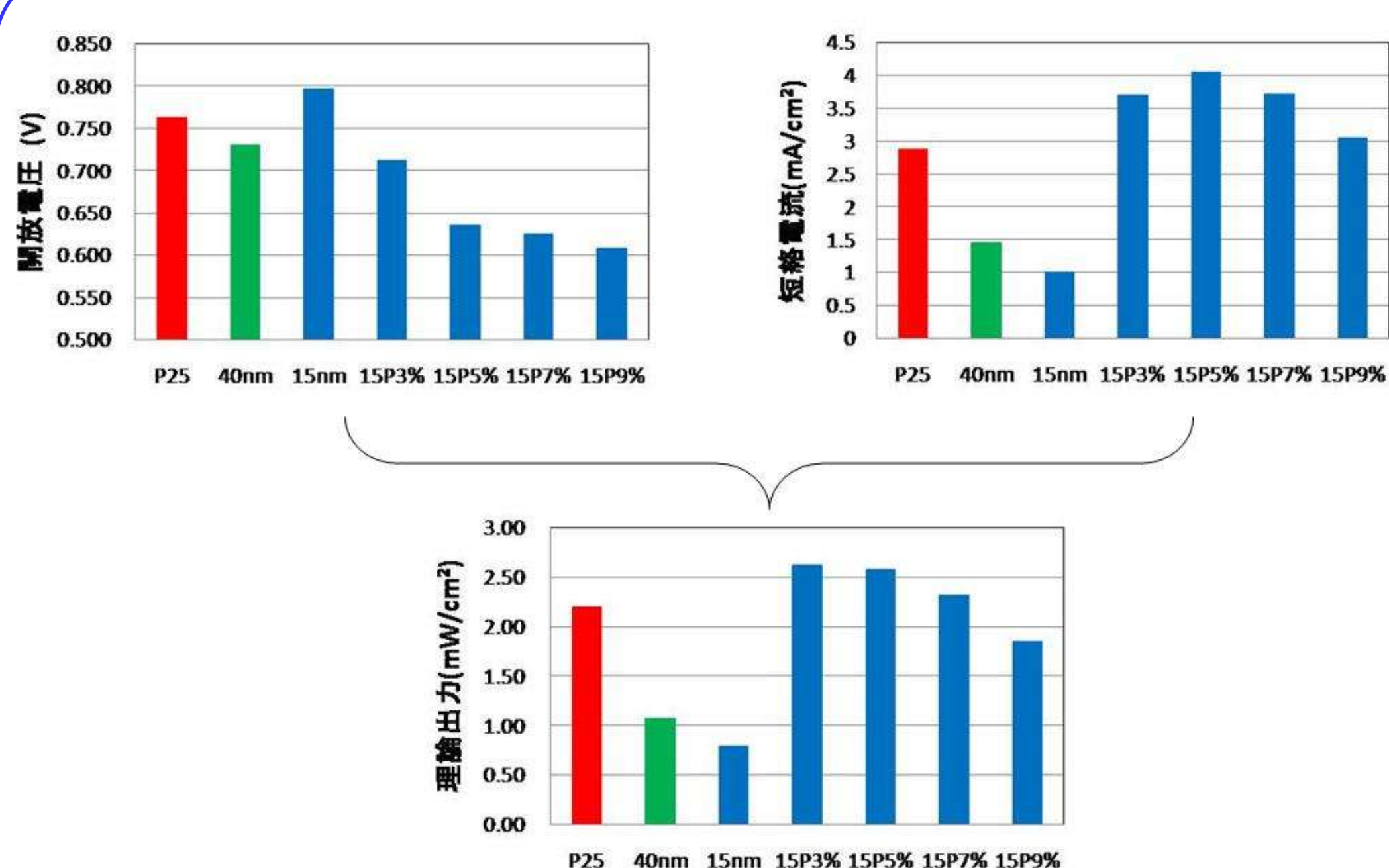


図. Xeランプ全光照射により測定した電池性能評価試験結果の市販材料との比較

色素吸着量の高いリン添加酸化チタンを用いて電極を作製することで、色素増感太陽電池の効率が大きく向上し、色素増感太陽電池の開発において多用されている市販の材料(P-25)に比べて、理論効率で約1.2倍の性能を得ることができた。