

研究成果報告書

研 究 題 目		太陽光エネルギー変換型金属ナノ材料の開発とそれらを利用した環境調和型光エネルギー創生システムの構築	実 施 年 度
			27・28 年度
代 表 研 究 者	所 属	独立行政法人 国立高等専門学校機構 呉工業高等専門学校 自然科学系分野・准教授	
	氏 名	田中 慎一	印
1. 研究の目的・背景			
本研究では、<u>近赤外領域まで太陽光を利用できる新規の光学材料の開発及びそれらを利用した太陽光発電システムの構築</u>に主眼をおいている。特に、太陽光には可視光が約 50%、近赤外光が約 40%含まれているので、近赤外領域まで太陽光を利用することによって、可視光領域のみを利用している従来の半導体や有機蛍光色素を使用した太陽光発電システムに比べてエネルギー変換効率を飛躍的に向上させることが期待される。 本研究で開発する光学材料（金属ナノクラスター）は毒性の低い金、銀、白金などの貴金属を用いて合成できるだけでなく、化学的にも光物理学的にも安定であることから次世代の光学材料として期待されている。さらに、この金属ナノクラスターは従来の半導体材料や有機蛍光色素と比べて、<u>高い量子収率を有することから高い光エネルギー変換効率が期待されるだけでなく、光安定性が高く細胞毒性がほとんどないため長期間安定に使用できる上、環境にも優しいことから、太陽電池に使用する光学材料として最適である。</u>加えて、合成条件を最適化することで光学特性（吸収波長、蛍光波長、量子収率）を規定でき、近赤外領域の光まで利用可能な金属ナノクラスターの合成もできることから、本研究を遂行することによって、<u>従来の太陽電池よりも高効率、安全でかつ半永久的に使用可能な太陽光発電システムを開発する</u>ことが期待される。 そこで、本研究では<u>新規の光エネルギー変換型金属ナノ材料として金属ナノクラスターの開発を実施し、それらを利用した新しい太陽光発電システムの構築を目指す。</u>			

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

本研究では鋳型分子である PAMAM Dendrimer (PAMAM) と還元反応を使用して青色、緑色、赤色蛍光性金属ナノクラスターを合成し、太陽電池の試作及び電気特性について評価した。

金属ナノクラスターの合成では化学的に安定でかつ人体や環境への影響が少ない貴金属（白金）を用いた。合成した金属ナノクラスターについては、光学特性（励起波長、発光波長、量子収率（発光効率））を評価した。その結果、白金ナノクラスターの発光波長と量子収率はそれぞれ青色：470 nm、18%、緑色：520 nm、28%、赤色：630 nm、1%であった。また、生化学実験で使用する人の癌細胞に金属ナノクラスターを導入し、12、24、48 時間後の細胞の生存率を評価したところ、80%以上の細胞が生存していたことから、金属ナノクラスターは細胞無毒であることが明らかとなった。

金属ナノクラスター型太陽電池は2つの FTO 透明電極の片側の電極に粒形 10～20 nm の酸化チタン (TiO₂) 微粒子を塗布し、その表面に白金ナノクラスター（濃度 600 nM）を化学修飾した後、2枚の FTO 透明電極の間にコバルト (Co²⁺/Co³⁺) を含んだ電解質溶液を満たして構成した。

作製した太陽電池の電気特性については、ソーラーシミュレーターを用いて人工太陽光照射時（1000 W/m²）における起電力を測定し評価した。測定には金属ナノクラスターを担持した太陽電池と担持していない太陽電池を準備し、光起電力について比較した。その結果、金属ナノクラスターを用いて作製した太陽電池は人工太陽光照射時において、起電力の発生が確認されたが、金属ナノクラスターを使用していない太陽電池は起電力を発生しなかった。さらに、金属ナノクラスター型太陽電池の発電効率について評価したところ 0.01%で、一般的な色素増感型太陽電池（色素濃度：0.2～0.3 mM 発電効率 2.6%）よりもかなり低いことが明らかとなった。しかし、金属ナノクラスターの濃度（600 nM）は色素増感型太陽電池の色素濃度よりも 500 分の 1 とかなり少なかったため、今後は金属ナノクラスターの濃度を濃くすることで濃度依存性や電子顕微鏡観察による金属ナノクラスターの密度分布の観察を行い太陽電池の構造と起電力との相関について詳細に評価する。

本研究結果から、金属ナノクラスター型太陽電池の試作及び電気特性評価まで実施でき、当初の研究計画の約 70%は達成できた。

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

経費については申請時の計画通り、以下の物品について購入した。

平成27年度は太陽電池を作製するために電極材料（FTO 透明電極）、液体クロマトグラフィー用カラム、ガラス切、廃液回収容器、合成用試薬と、その光学特性を定量的に評価するために人工太陽光装置（ソーラーシュミレーター）を購入した。

平成28年度は太陽電池を作製するために電極材料（FTO 透明電極）、合成用試薬を購入した。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

これまでに、申請者は微量ながらも近赤外領域に光学特性を持つ白金ナノクラスターの合成に成功している。そこで、今後の展望として、今回、合成した3種類の金属ナノクラスターに加えて近赤外蛍光性白金ナノクラスターを同時に担持させた金属ナノクラスター型太陽電池を作製することで、幅広い波長の光を利用可能な太陽電池の実現が期待される。さらに、金属ナノクラスターの合成条件について改良・最適化することによってさらに長波長側（約 1500 nm）の光を利用できる金属ナノクラスターを合成できれば赤外光まで利用でき、さらなる高効率化も期待できる。

今後の発展性については多色の金属ナノクラスターを利用した量子サイズ効果型太陽電池の作製及び金属ナノクラスターの長波長化を実施することによって、既存の太陽電池に比べて飛躍的に高い起電力と高効率化を実現させた次世代の太陽光発電システムの構築が可能となる。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

特に該当ありません。