

平成 22 年 6 月 9 日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006年度～2008年度

課題番号：18205022

研究課題名（和文） 有機無機ハイブリッド高効率光二次電池の開発

研究課題名（英文） Development of Highly Efficient Energy Storable Organic/Inorganic Hybrid Solar Cells

研究代表者

瀬川浩司（Segawa, Hiroshi）

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号 50216511

研究成果の概要：

色素増感太陽電池などの有機系太陽電池と蓄電池を一体化した「光二次電池」の高性能化に向けた研究を行った。太陽電池構成部材の薄膜化や、メッシュ電極上に導電性高分子薄膜を形成した電荷蓄積電極を複数組み込むなどの工夫により、光充放電効率や放電容量を改善させた。また、酸化タングステンを経済蓄積電極材料とすることで、光二次電池の放電初期電圧の向上に成功した。太陽電池システム開発に向け、種々の光照射条件下で出力安定性を評価し、光二次電池の有用性を実証した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	19900000	5970000	25870000
2007年度	10000000	3000000	13000000
2008年度	9000000	2700000	11700000
総計	38900000	11670000	50570000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・機能材料・デバイス

キーワード：太陽電池、二次電池、有機系太陽電池、色素増感太陽電池、光二次電池、光充電、有機無機ハイブリッド、光エネルギー変換、

## 1. 研究開始当初の背景

太陽光発電は、わが国の再生可能エネルギー利用の中核を担うものとして期待されている。しかしながら、太陽光発電の大規模導入が進むと、系統への過大な逆潮流やその変動が問題となり、外部二次電池等のエネルギー貯蔵システムが必要になる。この点では、低コスト化が求められている太陽電池にさらに高価な二次電池を組み合わせることに問題があり、何らかの異なる解決策が求められる。われわれは、以前の文部科学省科学研究費補助金萌芽研究で、太陽電池そのものに電気をためられる「エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池」を開発してきた。この太陽電池

は、電力貯蔵のほか出力安定化も可能であり、前述の課題を解決する太陽電池になりうる。本研究では、このエネルギー貯蔵型色素増感太陽電池の改良を進め、有機無機ハイブリッド型についても検討し、蓄電可能な太陽電池の高性能化を行い、最終的な実用化に近付けることをねらう。

## 2. 研究の目的

太陽電池には本質的に光強度に依存する出力変動があり、出力安定化対策が必要になっている。本研究では、太陽電池の普及拡大に向けた取組として、地基礎増感太陽電池をはじめとする有機系太陽電池と蓄電池を一

体化した「光二次電池」について、高性能化に向けた様々な材料や構造について検討し、最終的な実用化に近付けることを目的とした。

### 3. 研究の方法

湿式太陽電池の一つである色素増感太陽電池の主要な過程が光エネルギーの化学エネルギーへの変換反応であるという点に着目し、太陽電池そのものに蓄電池の機能(エネルギー貯蔵機能)を付与する方法を考え、導電性高分子や酸化物半導体電極を組み合わせることで充放電が可能な光エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池を開発した(図 1)。太陽電池と蓄電池を一体化したものでは、エネルギー変換効率が低い欠点を蓄電によって補うことができる。本研究では、これまでの研究で得られた基礎的な知見を発展させ、以下の3項目について研究を進めた。

- (1) 高効率充放電が可能な光二次電池の開発
- (2) 光量子収率の高い光二次電池の開発
- (3) 全固体化を目指した有機太陽電池を用いた光二次電池システムの開発

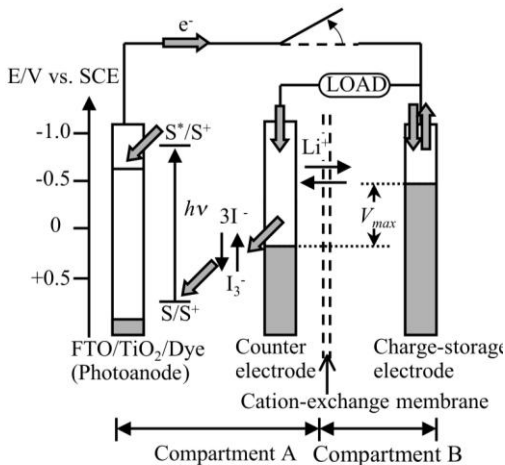


図1. 光二次電池の構造と作動原理。

### 4. 研究成果

- (1) 高効率充放電が可能な光二次電池の開発

#### ① ポリピロール電極を用いた光二次電池

萌芽研究で開発した光二次電池(I型、図3)は、電荷蓄積電極(ES)としてInドープSnO<sub>2</sub>(ITO)基板に電解重合したポリピロール(PPy、図2)電極を用いていた。これは、光充電時間の増加とともに放電電気量は増大し、光充電時間30minにおいては、放電電気量が飽和する傾向を示し、満充電に近い状態になる。このとき、電解重合時の電流量50, 100, 200mC/cm<sup>2</sup>のPPy電極を用いた光二次電池の放電電気量は、それぞれ1.91, 4.68, 7.75mC/cm<sup>2</sup>であった。PPy電極のサイクリッ

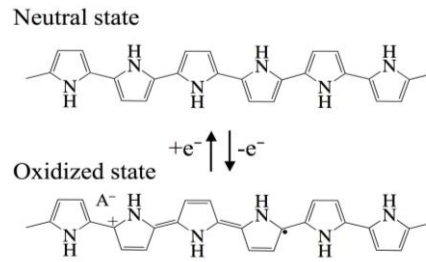


図2. 電荷蓄積材料PPyの電気化学反応。

クボルタもグラムの酸化電流値の積算値より、光二次電池における50, 100, 200mC/cm<sup>2</sup>のPPy膜の容量成分の利用効率を見積もると、それぞれ23, 30, 24%であることがわかった。したがって、I型セルでは、PPy膜の容量成分の利用効率は、2から3割程度であり、本来利用できるはずの容量が使えていないことがわかる。そこで、PPyを用いた光二次電池の高性能化を目指し、新規光二次電池の構造ならびに構成部材の検討を行った。

図3に開発した光二次電池のセル構造をまとめた。II型は、カチオン交換膜(薄膜M)を電荷蓄積電極上に直接塗布した構造で、カチオン交換膜を1/6程度に薄膜化ができ、I型よりも内部抵抗が低減するため、15分光充電(AM1.5 100 mA/cm<sup>2</sup>)後の放電量が、1.35mC/cm<sup>2</sup>から6.13mC/cm<sup>2</sup>に向上し、PPy容量の利用効率も約3割から7割程度まで増大させることができた。III型は、電荷蓄積電極をメッシュ構造にし、対極と位置を入れ替えた構造であり、電荷蓄積電極の表面積の増大による高

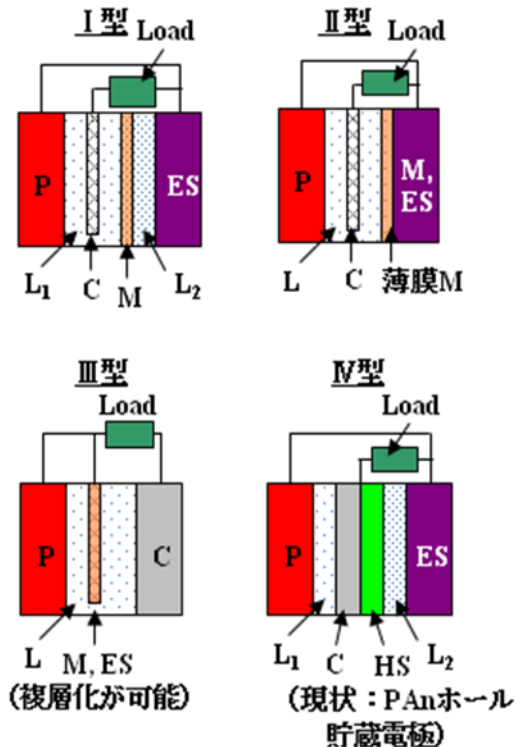


図3. 開発を行った各種光二次電池の構造。

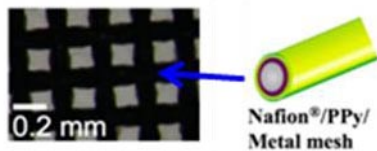


図 4. III 型光二次電池の電荷蓄積電極 Nafion/PPy/SUS メッシュ電極.

出力化と、活物質を増やせることにより高容量化が期待できる。特に PPy/SUS メッシュ電極(図 4)は、光二次電池の蓄電材料として好都合な特性を有していることも重要な点である。電解重合量  $0.2\text{C}/\text{cm}^2$  の PPy/SUS メッシュ電極を用いた III 型は PPy の容量の利用効率が 9 割程度まで向上した。さらに、電解重合量  $5\text{C}/\text{cm}^2$  の PPy/メッシュ電極を 3 枚用いた光二次電池において放電電気量  $588\text{mC}/\text{cm}^2$  と、これまでで最大の容量を達成することができた(図 5)。IV 型は、電解液中の  $\text{I}^-$  量以上の蓄電容量を貯蔵するために、ホール貯蔵電極を対極の裏側に導入した構造である。他の構造に比べ電極部材を多く必要とし、反応のステップが余分に多いために過電圧のロスがあるが、カチオン交換膜が不要であるため蓄電部分の内部抵抗を小さくすることができる。ホール貯蔵材料として、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、ポリアニリン(PAn)を検討したが、PAn において、放電初期電圧が約  $0.7\text{V}$  と最も高い値を達成した。現状では III 型よりも蓄電容量は小さいが、ホール貯蔵電極を改良すれば、さらに増大できると考えられる。

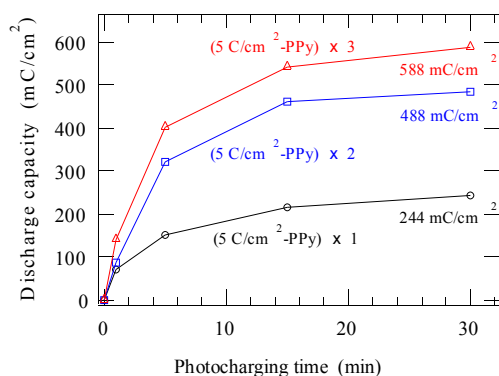


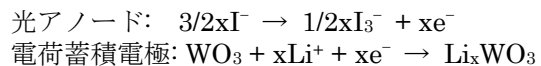
図 5.  $5\text{C}/\text{cm}^2$ -Nafion/PPy/SUS メッシュ電荷蓄積電極の枚数と III 型光二次電池の各光充電時間における放電電気量変化.

## ②光二次電池の電荷蓄積電極としての酸化タングステン電極の検討

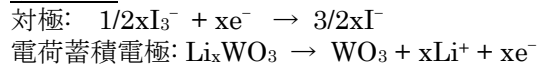
光二次電池の放電電圧の向上を目指して、 $\text{TiO}_2$  の伝導帯の底よりも深いエネルギー位置に伝導帯の底があり、充放電が可能な酸化物半導体の一つである  $\text{WO}_3$  に着目した。 $\text{WO}_3$  は

$-0.2\text{V}$ (vs SCE)から負の領域に幅広い容量成分を持つため、光二次電池の電荷蓄積材料として用いた場合、PPy を用いた場合よりも電圧の向上が期待できる。酸化タングステンの  $\text{Li}^+$  を含む電解液中での光充放電反応は以下の通りである。

## 光充電過程



## 放電過程



酸化タングstenは、作製方法によって結晶形、モルフォロジー、化学組成などが変化し、電気化学特性に大きく影響する。そこで、

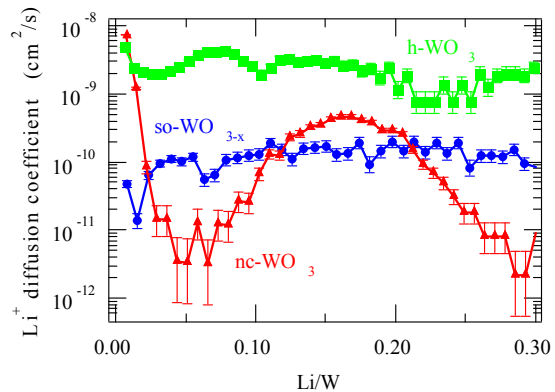


図 6. 異なる 3 種類の酸化タングsten電極膜中の  $\text{Li}^+$  拡散係数の  $\text{Li}$  濃度依存性.

酸化タングsten電極の作製方法について三種類の方法を検討した。ナノ結晶酸化タングsten(nc- $\text{WO}_3$ )は、市販のナノ結晶粉末を焼き固めた多孔質膜で、スクリーン印刷により作製した。表面酸化タングsten膜(so- $\text{WO}_{3-x}$ )は、金属タングstenの熱酸化により、表層に得られる酸化膜である。六方晶酸化タングsten(h- $\text{WO}_3$ )は、タングsten酸の水熱処理により合成した  $\text{WO}_3 \cdot 1/3\text{H}_2\text{O}$  を含むペーストを印刷し、 $420^\circ\text{C}$  で熱処理して作製した。酸化タングstenの詳細な結晶構造は、XRD、ラマン測定により明らかにした。

三種類の酸化タングstenの充放電特性や酸化タングsten中のイオン拡散挙動を検討した。nc- $\text{WO}_3$  電極, so- $\text{WO}_{3-x}$ , h- $\text{WO}_{3-x}$  の初期放電容量密度は、それぞれ、 $21.8$ 、 $29.4$ 、 $51.4\text{mAh}/\text{g}$  と、h- $\text{WO}_{3-x}$  が最も高い値を示した。また、200 サイクルの充放電後では、それぞれ、 $15.7$ 、 $31.9$ 、 $47.6\text{mAh}/\text{g}$  であり、h- $\text{WO}_{3-x}$  が良好なサイクル安定性を示した。図 6 より、h- $\text{WO}_{3-x}$  における  $\text{Li}^+$  挿入反応による構造変化も、それほど大きくないと考えられる。h- $\text{WO}_{3-x}$  は、六角形の広いオープンスペースを持つことで、ホストと挿入  $\text{Li}^+$  間のクーロン相互作用

用が抑えられて、構造変化が抑制されたと考えられる。そのため、格子内に多くのイオンを取り込むことが可能であり、高い容量密度を示したと思われる。さらに、このオープン構造は、 $\text{Li}^+$ 拡散においても有利に働き、 $\text{so-WO}_{3-x}$ よりも10倍程度の高い拡散係数を与えた要因と考えられる。

三種の酸化タングステン電極を持つ光二次電池の特性を比較すると、 $\text{h-WO}_3$ を用いたセルが容量密度、エネルギー密度、出力の点で優れていることがわかった。 $\text{h-WO}_{3-x}$ は六角形の広いオープンスペースを持つことで、構造変化を起こすことなく結晶格子に $\text{Li}^+$ が挿入でき、かつ、 $\text{Li}^+$ 拡散が速いため、高い容量密度と出力を示したと考えられる。

$\text{h-WO}_3$ を用いたセルについて、更なる高容量化、高エネルギー密度化を目指して活物質を増やした。膜重量を2.78、4.95、7.24mgとした $\text{h-WO}_3$ 電極を用いた光二次電池の各光充電における放電電気量は、それぞれ269、518、626 $\text{mC/cm}^2$ と増大した。7.24mgの $\text{h-WO}_3$ を用いたII型光二次電池の放電エネルギー量は224 $\text{J/cm}^2$ であり、PPy電極を3枚用いたIII型光二次電池の放電エネルギー量129 $\text{mJ/cm}^2$ よりも高い値を示した。これらの酸化タングステンとPPyの特性の違いは、酸化還元電位のより負の酸化タングステンの方が高いポテンシャルのエネルギーを貯蔵することができ、かつ、挿入イオンが $\text{Li}^+$ という小さいイオンでイオン挿入サイトを有する酸化タングステンの方が構造変化を起こさずにイオンの挿入・脱離が可能であることが関係していると考えられる。

## (2) 光量子収率の高い光二次電池の開発

光量子収率を向上させるには、光二次電池の太陽電池(DSSC)部分の光電変換効率を高めることが重要である。そこで、光アノードの重要な構成部材である酸化チタンナノ多孔体に着目して、光二次電池の光量子収率改善検討を行った。本研究では、これまで使用してきた $\text{TiO}_2$ 膜付きFTO(Fドープ $\text{SnO}_2$ )基板(西野田電工社製、以後N-TiO<sub>2</sub>)と $\text{TiO}_2$ ペースト(Solaronix SA Ti Nanoxide D)より成膜した電極(以後S-TiO<sub>2</sub>)で作製した異なる2つの光アノード(それぞれ、光アノードA、光アノードBを記載)を用いた。

N-TiO<sub>2</sub>とS-TiO<sub>2</sub>の表面のSEM観察を行った結果、N-TiO<sub>2</sub>の平均粒子径は33nm、S-TiO<sub>2</sub>は35nmであり、N-TiO<sub>2</sub>は粒子のかたまりが非常に疎に分布しており、密度の低い膜であることがわかる。一方、S-TiO<sub>2</sub>は、N-TiO<sub>2</sub>よりも非常に密度の高い膜が、ITO上に形成できていることがわかった。そのため、膜厚の違い(N-TiO<sub>2</sub>: 7~8 $\mu\text{m}$ 程度、S-TiO<sub>2</sub>: 6~7 $\mu\text{m}$ 程度)を考慮しても、平均粒子径が小さく、密度の高いS-TiO<sub>2</sub>の方が、より多くの色素を吸

着し、光吸収に有利であると考えられる。また、酸化チタンナノ粒子同士の良好なネッキングによるキャリア輸送性能の向上などが期待できる。光アノードAとBで作製したIII型光二次電池の光照射下(AM1.5 100  $\text{mW/cm}^2$ )で測定したI-V曲線より、 $J_{sc}$ 、 $V_{oc}$ 、FFはそれぞれ、10.4と2.37  $\text{mA/cm}^2$ 、0.734と0.789V、0.515と0.597が得られた。S-TiO<sub>2</sub>の方が $V_{oc}$ に劣るものの、 $J_{sc}$ の増分がこれよりも大きいため光電変換効率 $\eta=3.94$ となり、N-TiO<sub>2</sub>を用いた場合( $\eta=1.12$ )を上回った。

これらのIII型光二次電池の放電電気量の光充電時間依存性を図7に示す。光アノードAを用いた5 $\text{C/cm}^2$ -Nafion/PPy/SUSメッシュの光二次電池よりも、光アノードBを用いたセルの方が、いずれの充電時間においても多くの放電電気量を与えることが分かった。よって、本研究では、主として光アノードBを用いた。

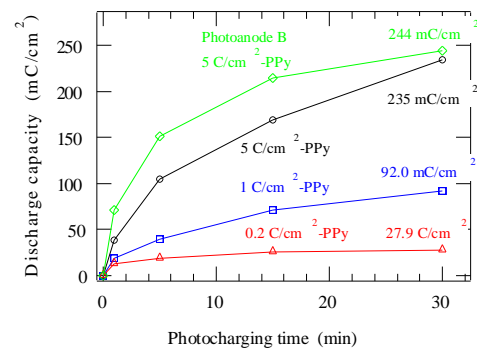


図7. 異なる光アノードを用いたIII型光二次電池の放電電気量の光充電時間依存性。光アノードA( $\Delta$ 、 $\square$ 、 $\circ$ )、光アノードB( $\diamond$ )

## (3) 全固体化を目指した有機太陽電池を用いた光二次電池システムの開発

光二次電池の実用化を視野に入れて、これまで検討されていない光照射条件でのセル特性を検討した。具体的には、光二次電池特性の光量依存性、自己放電特性、さまざまな条件での出力安定性、光二次電池のシステム化を想定した2直列接続セルの評価を行った。幾つかの検討結果を以下に示す。

3つの光照射条件で、光二次電池の太陽電池部分のI-V曲線を測定した。 $J_{sc}$ は光量の変化とほぼ比例する傾向を示し、 $V_{oc}$ も光量の減少とともに減少するものの、その変化量は光量の変化に比べて小さかった。その結果、光電変換効率は、光量100、21.2、1.9 $\text{mW/cm}^2$ でそれぞれ3.37、4.66、3.80%であり、光量が減少した条件において、光強度100 $\text{mW/cm}^2$ の条件よりも高い変換効率を示した。

次に、異なる3つの照射光量条件で、放電容量や放電エネルギーなどの光充放電特性を検討した。光量を100 $\text{mW/cm}^2$ から1.9 $\text{mW/cm}^2$ と約1/50に減らしても、放電容量は74%、放

電エネルギーは 61%の値を保持できることを明らかにした。これにより、光二次電池は光量の少ない曇天時や室内光においても有効活用できることが分かった。

太陽電池モジュールに部分的な陰が生じた場合の出力特性を調べた結果を図 8 に示す。通常の DSSC では、部分影により著しく出力が変化するが、光二次電池は、出力電圧の著しい降下を抑えることができた。このように、光二次電池の出力安定化機能は実用上問題となる部分的な陰による出力変動の抑制にも有効であることがわかった。

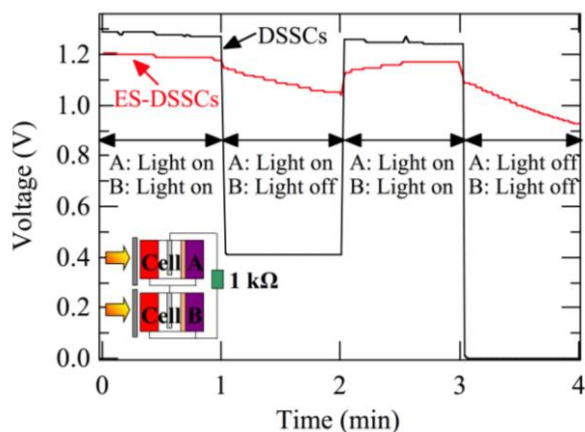


図 8. 直列接続した 2 つの光二次電池 (ES-DSSC) と通常の DSSC の異なる照射条件における出力変化

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 13 件)

- Yosuke Saito, Akira Ogawa, Satoshi Uchida, Takaya Kubo, Hiroshi Segawa, Energy-Storable Dye-Sensitized Solar Cells with Interdigitated Nafion / Polypyrrole-Pt Comb-Like Electrodes, Chem. Lett., 査読有, Vol. 39, 2010, pp. 488-489,
  - Yosuke SAITO, Satoshi UCHIDA, Takaya KUBO, Hiroshi SEGAWA, Surface-Oxidized Tungsten for Energy-Storable Dye-Sensitized Solar Cells, Thin Solid Films, 査読有, Vol. 501, 2010, pp. 3033-3036,
  - Yosuke SAITO, Satoshi UCHIDA, Takaya KUBO, Hiroshi SEGAWA, Surface-Oxidized Tungsten for Energy-Storable Dye-Sensitized Solar Cells, Proceedings of 6<sup>th</sup> International Symposium on Transparent Oxide Thin Films for Electronics and Optics, 査読無, 2010, pp. 218-221,
  - Joanne Ting DY, Koichi TAMAKI, Yoshitaka SANEHIRA, Jotaro NAKAZAKI, Satoshi UCHIDA, Takaya KUBO, Hiroshi SEGAWA, Meso-meso Linked Porphyrin Dimers for Dye-sensitized Solar Cells, Electrochemistry, 査読有, Vol. 77, 2009, pp206-209,
  - Yosuke Saito, Satoshi Uchida, Takaya Kubo, Hiroshi Segawa, Energy-Storable Dye-Sensitized Solar Cells with Tungsten Oxide Charge-Storage Electrode, ECS Trans. 査読有, Vol16, No. 25, 2008, pp. 27-34,
  - Makoto KOMATSU, Koichi TAMAKI, Jotaro NAKAZAKI, Satoshi UCHIDA, Takaya KUBO, Hiroshi SEGAWA, Push-Pull Quinoid Dye for Dye Sensitized Solar Cell, 査読有, Vol. 16, No. 25, 2008, pp. 65-72,
  - 瀬川浩司, 次世代有機系太陽電池開発の未来、高分子、査読有、59巻、4号、2010、pp219-224
  - 久保貴哉、藤沢潤一、瀬川浩司、有機無機ハイブリッド太陽電池の新展開、Electrochemistry、査読有、77巻、11号、2009、pp977-980、
  - 瀬川浩司、植物の光合成に学ぶ色素増感太陽電池の研究開発、光合成研究、査読有、19巻、3号、2009、pp135-140
  - 齊藤陽介、瀬川浩司、エネルギー貯蔵と出力平準化に向けた蓄電機能付き太陽電池の開発、化学工業、査読無、60巻、2009、pp. 300-305、
  - 瀬川浩司、導電性高分子材料を用いた色素増感型光二次電池、工業材料、査読無、56巻、2008、pp42-45、
  - 瀬川浩司、光をあてると電気がたまるエネルギー貯蔵型太陽電池、太陽エネルギー、査読無、34巻、2008、pp. 25 - 29、
  - 齊藤陽介、瀬川浩司、光エネルギーを電気エネルギーに変換して”蓄える”新型太陽電池、化学工業、査読無、58巻、2007、pp. 227-232、
- [学会発表] (計 25 件)
- Hiroshi SEGAWA (Invited), Pioneering development of next-generation organic photovoltaics, International Symposium on Chemical Conversion of Light Energy, 2010年3月28日、近畿大学
  - Hiroshi SEGAWA (Invited), Current Situation and Future Prospects of Next-Generation Organic Photo-voltaics, International Workshop on Electronics and Spintronics, 2010年3月9日、Meitetsu New Grand Hotel
  - Hiroshi SEGAWA (Invited), Development of Organic Photovoltaics toward Pioneering Next Generation Solar Cell Technologies, Workshop on the Future Direction of Photovoltaics, 2010年3月1日、青学会館
  - Hiroshi SEGAWA (Invited), Novel Photovoltaics based on Direct Interfacial Charge Transfer Transition from Surface-Bound Organic Compounds to Semiconductor, The 11th anniversary of the International Symposium on Eco-materials Processing and Design (ISEPD2010)、2010年1月10日、大阪府立大学
  - Hiroshi SEGAWA (Invited), Current Situation and Future Prospects of Next-generation Organic Photovoltaics, EcoDesign2009 (6th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing)、2009年12月9日、ロイトン札幌、
  - Hiroshi SEGAWA (Invited), Novel Photovoltaics based on Direct Interfacial Charge Transfer Transition from Surface-Bound Organic Compounds to Semiconductor, FINNISH-JAPANESE WORKSHOP ON FUNCTIONAL MATERIALS, 2009年5月25日、Helsinki University of Technology
  - Hiroshi SEGAWA (Invited), Novel Photovoltaics based on Interfacial Charge Transfer Transition from Surface-bound Dicyanomethylene Compounds

- to TiO<sub>2</sub>, Asian Academic Seminar 2009、2009年3月3日、Kanagawa Science Park
8. Hiroshi SEGAWA (Invited), Novel Photovoltaics based on Interfacial Charge Transfer Transition from Surface-bound Dicyanomethylene Compounds to TiO<sub>2</sub>, The 3rd Japan-Korea Bilateral Workshop on Dye-sensitized and Organic Solar Cell, 2008年12月19日、北九州国際会議場
  9. 瀬川浩司 (招待講演)、実用化に向けた有機系太陽電池の研究開発、日本化学会第90春季年会、2010年3月27日、近畿大学
  10. 瀬川浩司 (招待講演)、有機系太陽電池の新展開、日本化学会第90春季年会 アドバンス・テクノロジー・プログラム (ATP)、2010年3月26日、近畿大学
  11. 瀬川浩司 (招待講演)、光合成に学ぶ次世代低コスト太陽電池の研究開発、第57回応用物理学関係連合講演会、2010年3月19日、東海大学
  12. 瀬川浩司 (招待講演)、太陽光発電の大規模普及に向けた次世代太陽電池の開発、化学工学会 第75年会、2010年3月18日、鹿児島大学
  13. 瀬川浩司 (招待講演)、内部に電気をためられる蓄電機能つき太陽電池と関連研究動向、電子情報通信学会、2010年3月17日、東北大学
  14. 瀬川浩司 (招待講演)、実用化に近づいた有機系太陽電池の新展開、高分子学会 2009年度 印刷・情報記録・表示研究会、2010年2月16日、東京大学
  15. 瀬川浩司 (招待講演)、太陽光発電の普及拡大に向けた蓄電機能つき太陽電池の開発、日本学術振興会第181委員会講演会、2009年12月15日、早稲田大学
  16. 瀬川浩司 (招待講演)、有機材料が拓く新型太陽電池と光蓄電素子、2009年度光電気化学研究懇談会講演会、2009年11月20日、神奈川県近代文学館ホール、
  17. 瀬川浩司 (招待講演)、有機系太陽電池の新技術、大阪工研協会 第79回ニューフロンティア材料部会例会、2009年11月19日、KKR HOTEL OSAKA
  18. 瀬川浩司 (招待講演)、低炭素社会に向けた有機系太陽電池技術の展開、オルガノテクノ2009セミナー、2009年11月10日、ベルサール八重洲
  19. 瀬川浩司 (招待講演)、有機系太陽電池の新展開、第1回薄膜太陽電池セミナー (第36回アモルファスセミナー)、2009年10月29日、じゅうろくプラザ
  20. 瀬川浩司 (招待講演)、エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池、マイクロエネルギー研究会、2009年3月5日、山上会館
  21. 瀬川浩司、尾川 彰、齊藤陽介、内田 聡、久保貴哉 (依頼講演)、エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池—複合電極を用いた新構造セル、第57回高分子討論会、2008年9月26日、大阪市立大、
  22. 瀬川浩司 (招待講演)、光二次電池—光をあてると電気がたまる蓄電機能付き色素増感太陽電池、光機能材料研究会第20回講演会、2008年7月29日、東京大学、

23. Yosuke SAITO, Satoshi UCHIDA, Takaya KUBO, Hiroshi SEGAWA, Energy-Storable Dye-Sensitized Solar Cells with Tungsten Oxide Charge-Storage Electrode、2008年電気化学日米合同大会、2008年10月15日、ヒルトン・ハワイアン ヴィレッジ
24. 齊藤陽介、尾川彰、内田聡、久保貴哉、瀬川浩司、エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池 (21)、日本化学会第88春季年会、2008. 3. 27、立教大学、
25. 齊藤陽介、内田聡、久保貴哉、瀬川浩司、エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池—高分子で作る光二次電池、第56回高分子討論会、2007年9月21日、名古屋工業大学、

[図書] (計2件)

1. 久保貴哉、瀬川浩司、技術情報協会、「太陽電池に用いられるフィルム、樹脂の高機能化とその応用」第5章第1節：導電性高分子の有機薄膜太陽電池への応用について、2010、375-391
2. 齊藤陽介、瀬川浩司、「蓄電機能を付与した色素増感太陽電池」、最新太陽電池総覧、技術情報協会、第2部第1節[4]、2007、286-296  
[産業財産権]  
該当なし  
[その他]  
該当なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

瀬川 浩司 (SEGAWA HIROSHI)  
東京大学・先端科学技術研究センター・教授  
研究者番号：5 0 2 1 6 5 1 1

### (2) 研究分担者

久保 貴哉 (KUBO TAKAYA)  
東京大学・先端科学技術研究センター・特任准教授  
研究者番号：1 0 4 4 7 3 2 8  
小川 桂一郎 (OGAWA KEIICHIRO)  
東京大学・大学院総合文化研究科・准教授  
研究者番号：5 0 1 1 4 4 2 6  
中崎 城太郎 (NAKAZAKI JOTARO)  
東京大学・大学院工学系研究科・助教  
研究者番号：1 0 4 4 4 1 0 0

### (3) 連携研究者(2009年度から)

久保 貴哉 (KUBO TAKAYA)  
東京大学・先端科学技術研究センター・特任准教授  
研究者番号：1 0 4 4 7 3 2 8  
中崎 城太郎 (NAKAZAKI JOTARO)  
東京大学・大学院工学系研究科・助教  
研究者番号：1 0 4 4 4 1 0 0