

課題番号	GR100
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成23年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	太陽エネルギーの化学エネルギーへの革新的変換技術の研究
研究機関・ 部局・職名	独立行政法人産業技術総合研究所・エネルギー技術研究部門・研究グループ長
氏名	佐山 和弘

1. 当該年度の研究目的

光電気化学的手法による新規半導体の探索と多孔質半導体光電極の高性能化に関しては、高速自動スクリーニング装置を活用してn型およびp型の酸化物半導体材料の探索を行う。自動スクリーニング装置の改良も行う。探索した新規および既存の半導体を用い、ナノスケールで膜構造を制御するための成膜手法を改良して水分解用光電極の高性能化・高効率化を行う。また、レドックス媒体を用いる光触媒—電解ハイブリッドシステムに関しては、電荷分離および酸化還元サイトの分離を促進するため、特定の結晶が成長している粒子を調製する手法を見いだして活性向上させる。光電気化学的手法で見いだした新規半導体の活用や鉄イオン以外のレドックス媒体も検討する。

2. 研究の実施状況

水分解用光電極の高性能化に関しては、ナノ構造を制御した $WO_3/SnO_2/BiVO_4$ の三層構造の多孔質光電極を高濃度の炭酸塩電解液中で反応する事で $BiVO_4$ 系としては最も高い太陽エネルギー変換効率(外部バイアスロス考慮済み)を得られ、さらに光閉じ込め構造を利用することで全ての酸化物光電極の中で世界最高効率の 1.35%を達成した(2012.3.12 プレス発表)。この値は従来報告されている酸化物光電極の変換効率の約 2 倍である。通常、電解による水の分解反応では、理論上 1.23 V 以上、実際には過電圧の影響で 1.6 V 以上の電解電圧が必要である。しかし、光電極を用いれば、低い補助電源電圧(この光電極では 0.7 V 程度)で水を分解して水素を生成できるので水素製造の低コスト化につながる。また、光電気化学的手法による新規半導体の探索と多孔質半導体光電極の高性能化に関しては、n型半導体だけでなくp型半導体の探索を行い、銅との 2 元系や 3 元系複合半導体でカソード光電流を向上させる組成をいくつか見いだした。本自動スクリーニング装置を活用して長期安定性を持つ半導体膜や保護膜を探索することができた。また、レドックス媒体を用いる光触媒—電解ハイブリッドシステムに関しては、 WO_3 半導体の結晶構造が光触媒活性と強く相関することを初めて見出した。鉄イオンに替わるレドックスとして V^{5+}/V^{4+} イオン対が新規レドックス媒体として有望であることを確認できた。さらに、光触媒粉末の高速自動スクリーニング装置の開発も行い、その有用性を確認した。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計1件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計1件 ・Rie Saito, Yugo Miseki, Kazuhiro Sayama, Highly efficient photoelectrochemical water splitting using a thin film photoanode of BiVO₄/SnO₂/WO₃ multi-composite in a carbonate electrolyte, CHEMICAL COMMUNICATIONS, 48 巻-32 号, 2012, pp.3833-3835. (掲載済み一査読無し) 計0件 (未掲載) 計0件</p>
<p>会議発表 計18件</p>	<p>専門家向け 計14件 ・人工光合成 ～太陽エネルギーによる水分解水素製造～, 佐山 和弘, 第7回 新エネルギー技術シンポジウム, 筑波大学, 2012/03/14 ・レドックス媒体と光触媒を用いた太陽エネルギー変換, 佐山 和弘、三石 雄悟, 光触媒研究討論会, 神奈川, 2011/07/21 ・太陽光と光触媒による水分解水素製造, 佐山 和弘, エネルギー技術シンポジウム 2011, 東京, 2011/12/13 ・太陽光と光触媒による水分解水素製造, 佐山 和弘, IEA/HIA 水素実施協定活動報告会, 東京, 2012/02/22 ・光触媒を用いた Fe(III)水溶液からの酸素生成反応に与えるアニオンの影響, 三石 雄悟、草間仁、杉原 秀樹、佐山 和弘, 第 30 回光がかかわる触媒化学シンポジウム, 東京工業大学, 2011/06/10 ・Zスキーム型反応機構による可視光水分解における光触媒の表面処理の検討, 藤吉 聡、三石 雄悟、郡司 天博、佐山 和弘, 2011 年電気化学秋季大会, 朱鷺メッセ(新潟市), 2011/09/11 ・可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発, 三石 雄悟、佐山 和弘, NEDO 燃料電池・水素技術開発 平成 22 年度成果報告シンポジウム, 東京国際交流館, 2011/10/04 ・Z スキーム型可視光水分解における光触媒の表面処理の検討, 藤吉 聡、三石 雄悟、郡司 天博、佐山 和弘, 第 1 回 CSJ 化学フェスタ—2011 世界化学年記念大会—, 早稲田大学, 2011/11/15 ・太陽エネルギーの革新利用技術, 佐山 和弘, 長野県工業技術総合センター講演会, 長野県松本市, 2011/11/28 ・Zスキーム型可視光水分解に用いる Cr,Taドープ SrTiO₃ 光触媒の調製条件検討, 藤吉 聡、三石 雄悟、郡司天博、佐山 和弘, 日本化学会第 92 春季年会(2012), 慶応大学, 2012/03/26 ・炭酸塩電解質下における BiVO₄ 薄膜光アノードによる水の高効率光電気化学分解, 齊藤 里英、三石 雄悟、wang nini、藤本 一正、佐山 和弘, 電気化学会第 79 回大会, アクトシティ浜松, 2012/03/29 ・WO₃ 光触媒による V イオンを用いたエネルギー蓄積反応の高効率化, 三石 雄悟、佐山 和弘, 電気化学会第 79 回大会, 浜松, 2012/03/29 ・水分解水素製造のための FTO/WO₃/BiVO₄ 積層光電極の高性能化の研究, 藤本 一正、齊藤 里英、三石 雄悟、郡司天博、佐山 和弘, 日本化学会第 92 春季年会(2012), 慶応大学, 2012/03/27 ・Fe³⁺還元反応および酸素生成反応のための WO₃ 光触媒の高活性化, 間島 悠、三石 雄悟、郡司天博、佐山 和弘, 日本化学会第 92 春季年会(2012), 慶応大学, 2012/03/27</p> <p>一般向け 計4件 ・人工光合成技術の現状と展望, 佐山 和弘, むつ小川原工業地域立地企業連絡会講演会, 青森, 2011/07/13 ・太陽光エネルギー変換の新展開, 佐山 和弘, 神奈川大学工学部講演会, 神奈川大学, 2011/09/14 ・人工光合成技術, 佐山 和弘, インテレクチャルカフェ, つくば, 2011/10/13 ・人工光合成技術の実現に向けて, 佐山 和弘, 京都産学公連携フォーラム 2011, 京都, 2011/11/18</p>

様式19 別紙1

<p>図書 計3件</p>	<p>・レドックス媒体を利用した光触媒による水分解水素製造, 三石 雄悟、佐山 和弘, 可視光応答型半導体光触媒, 技術教育出版社, pp.251-258、2012/01、 978-4-907837-23-5 ・人工光合成の実現に向けて, 佐山 和弘, フォトサイエンス 生物図録, 数研出版, pp.64-65、2012/01、978-4-410-28144-0 ・Photoelectrochemical Hydrogen Production, Mixed Metal Oxide Photoelectrodes and Photocatalysts, 佐山 和弘, Springer, pp157-172、2011/12/08、978-1-4614-1379</p>
<p>産業財産権 出願・取得状況 計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>研究者・研究グループの Web ページ http://unit.aist.go.jp/energy/groups/slegc.htm</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>・上述図書の記載ように、高校生向けの生物教科書の補助教材(数研出版)の中で人工光合成・太陽光水素製造のトピックス解説を掲載した(見開き 2 ページ)。全国の多くの高校生が人工光合成の概要や原理、重要性を学習する機会を得ることになる。 ・開成中学高校(東京)の化学部の依頼で人工光合成・太陽光水素製造の出前出張講座を開催した。2011/11/14 ・上述の一般向け講演会を 4 件行った。</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計5件</p>	<p><u>一般雑誌:解説(査読無し)</u> ・半導体を用いた人工光合成反応, 佐山 和弘、三石 雄悟, 月刊機能材料, 32-1, pp.21-27、2011/12</p> <p>新聞・報道 ・化学工業日報 朝刊 10 面 「太陽光用い水素製造」(2012.3.12) ・日本経済新聞:web 電子版 http://release.nikkei.co.jp/print.cfm?relID=305196 「酸化物光電極を用いた水分解による水素製造で高性能な積層光電極を開発」(2012.3.12) ・日刊工業新聞 朝刊 17 面 「光電極で水素生成」(2012.3.14) ・マイナビニュース :web 電子版 (2012.3.14) http://news.mynavi.jp/news/2012/03/14/033/ 「産総研、酸化物半導体光電極による人工光合成の効率を従来の約 2 倍にアップ」</p>
<p>その他</p>	<p>・プレス発表 酸化物光電極の水分解水素製造の世界最高効率を達成, 佐山 和弘、斉藤 里英、2012/03/12</p>

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	126,000,000	43,000,000	0	83,000,000	0
間接経費	37,800,000	12,900,000	0	24,900,000	0
合計	163,800,000	55,900,000	0	107,900,000	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	42,742,863	0	0	42,742,863	24,998,896	17,743,967	
間接経費	12,822,859	0	0	12,822,859	12,822,859	0	
合計	55,565,722	0	0	55,565,722	37,821,755	17,743,967	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	17,611,756	光電極反応時定数評価システム、窒素ガス等
旅費	261,060	電気化学会、日本化学会発表旅費等
謝金・人件費等	5,429,991	博士研究員人件費等
その他	1,696,089	WO3スパッタ成膜加工、ラマン分光装置の改造等
直接経費計	24,998,896	
間接経費計	12,822,859	
合計	37,821,755	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
ソーラーシミュレー タ	株式会社三永電 機製作所	1	945,000	945,000	2011/7/13	産業技術総合 研究所
マイクロプレート リーダー	東新株式会社 つ くば営業所	1	3,273,900	3,273,900	2011/8/26	産業技術総合 研究所
加圧電解セル装置	耐圧硝子工業株 式会社	1	1,184,728	1,184,728	2012/1/20	産業技術総合 研究所
光電極反応時定数 評価システム	ビー・エー・エ ス株式会社	1	5,827,500	5,827,500	2012/2/8	産業技術総合 研究所