

日中韓フォーサイト事業 平成23年度 実施報告書

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	東京大学大学院工学系研究科
中国側拠点機関：	中国科学院 大連化学物理研究所
韓国側拠点機関：	浦項工科大学

2. 研究交流課題名

(和文)： 高効率な水分解を指向した複合型光触媒システム
(交流分野： 触媒化学)

(英文)： Composite Photocatalytic Systems for Efficient Overall Water Splitting
(交流分野： Catalysis)

研究交流課題に係るホームページ：

<http://www.domen.t.u-tokyo.ac.jp/collaboration/foresight/index.html>

3. 開始年度

平成22年度 (2年目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関：東京大学大学院工学系研究科

実施組織代表者（所属部局・職・氏名）：大学院工学系研究科・研究科長・北森武彦

研究代表者（所属部局・職・氏名）：大学院工学系研究科・准教授・久保田純

協力機関：筑波大学

事務組織：東京大学 工学系・情報理工学系等事務部

相手国側実施組織（拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。）

(1) 中国側実施組織：

拠点機関：(英文) Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences

(和文) 中国科学院 大連化学物理研究所

研究代表者（所属部局・職・氏名）：(英文) Professor and Vice-Director・LI, Can

協力機関：(英文) none

(和文) なし

(2) 韓国側実施組織：

拠点機関：(英文) Pohang University of Science and Technology

(和文) 浦項工科大学

研究代表者（所属部局・職・氏名）：(英文) Department of Chemical Engineering

・ Professor ・ JAE, Lee Sung

協力機関：(英文) none

(和文) なし

5. 全期間を通じた研究交流目標

太陽エネルギーと粉末光触媒を利用した水の分解反応は、クリーンで再生可能な水素エネルギーの大規模生産を可能とする究極の反応として注目され、近年では可視光で駆動する光触媒材料の開発が盛んに行われている。実施組織である日本、韓国、中国のグループでは、可視光照射下で水から水素を製造する光触媒材料の研究開発に従事し、その成果を国際会議での講演や論文発表などを通じて公表してきた。これまでのところ各グループは独立して研究を進めてきたが、本交流プログラムでは各国が独自に培ってきた水分解光触媒開発に関する知見を融合させ、これまでにない世界最先端の研究協力体制を構築する。具体的には、それぞれの国から研究者を招聘してセミナーを開催し、3ヶ国間での情報交換を密接に行う。これに関しては、大学院生やポスドク研究員などの若手研究者同士の交流も積極的に盛り込む予定である。可視光で水を分解する光触媒の開発は、1972年の本多・藤嶋効果の発見にはじまり、それ以来日本が世界をリードしてきた。近年では、中国や韓国でも研究が活発に進められてきており、本事業の韓国と中国の研究代表者2名は、それぞれの国における代表的な研究者である。したがって、このような3ヶ国間での連携には大きな意義がある。

このように、各国間での綿密な研究連携体制をとることでそれぞれがもっている独自の知見を融合し、夢の化学反応と言われる可視光水分解を高効率に進行させる光触媒を開発すること、それを通じて、国内外を問わずに活躍できる優れた人材を育成することを目的とする。

6. 平成23年度研究交流目標

平成23年度においては、日本国内でセミナーを開催することが前年度のセミナー中の会議によって決められた。中国・韓国側から参加研究者を招き、直近の研究の進捗状況を報告し合うことが目的である。また、中国・韓国側から大学院生を主とする参加研究者を招き、実験技術の交流を行う。

光触媒による水からの水素の製造はエネルギー問題が緊迫する中で極めて重要な課題であり、人工光合成的反応であることから学術的な注目が高まりつつある。日本側は「水分

解のための非酸化物系複合体光触媒」という副題の下で水の分解のための酸窒化物系光触媒の開発とカルコゲナイド系光触媒電極の研究開発を引き続き行う。前年度において韓国側との共同研究によって得られた p/n 接合構造を応用した光触媒開発することを目標とする。

平成 23 年度においてもまた、大学院生等を交換し実際に中国側・韓国側で実験をさせることによって詳細な実験手法の交換を行う。前年度までに訪問の機会に恵まれなかった大学院生についても順次派遣し技術交流を行う。特に前年度は主にセミナー参加・研究討論のための訪中、訪韓だったため実際に実験室で実験をする機会が乏しかった。研究発表からは汲み取れない実験の細部について情報交換することにより、本研究課題の飛躍的な進歩が期待できる。

7. 平成 23 年度研究交流成果

(交流を通じての相手国からの貢献及び相手国への貢献を含めてください。)

7-1 研究協力体制の構築状況

平成 23 年度においては前年度の中国側大連化学物理研究所で平成 23 年 1 月に 4 日間に渡るセミナーに引き続き、平成 23 年 12 月に 4 日間に渡るセミナーを東京で開催し、中国側参加研究者から 13 名、韓国側研究者から 12 名を招き、研究の進捗状況を討論した。このセミナー中において日本側の研究施設の見学を行った。

また、平成 23 年度においては中国側参加研究者のうち大学院生 2 名、および韓国側参加研究者から大学院生 2 名を各約 3 カ月間日本側研究室に招き入れ、研究活動をさせた。これにより各国の研究室の実験現場の状況を互いに知ることができ、実際に相互の研究室の長所を生かした共同研究の体制が更に強固なものとなった。

7-2 学術面の成果

光触媒による水分解の研究は本多藤嶋効果に端を発する我が国独自の科学技術であるが、本事業により中国や韓国における同分野の研究がかなり進んできていることが明らかになってきた。特に韓国は太陽光による光合成的な化学物質生産に関わる研究プロジェクトが始まっており、本分野への注目は高くなっている。本事業を遂行したことにより、例えば、平成 22 年度に行った韓国から日本への大学院生派遣のときに始められた。酸窒化タンタル (TaON) 光電極表面上に p 型半導体であるカルシウムフェライト (CaFe₂O₄) で修飾すると水の光電気化学的分解の光電流が大幅に増加することなどが見出されつつあり、平成 23 年度においても帰国後に研究を続け、更なる成果を見出している。また、平成 23 年度においては上に述べたように 4 名の招へいを行い、新たな研究テーマを開始したので、3 ヶ月の招へい期間中では目覚ましい成果は見られないものの、継続的に研究を進めることにより、次年度以降に成果が望めるものと考えられる。

7-3 若手研究者養成

平成 23 年度に東京で行われたセミナーにおいては、日本側参加者 32 名のうち 26 名が博士研究員・大学院学生であり、主に大学院学生を含む若手研究者を中心にした研究討論が行われた。若手研究者には、国際学会、英語での研究討論をする機会が少なく、セミナーの休憩中の雑談や食事中を含めて、他国の大学院生、若手研究者と交流を持ち、各人の進路を含め、将来を考える良い機会になったと思われる。

また、中国側、韓国側、から全 4 名の大学院生を各約 3 ヶ月招き入れ研究させたことは、彼らにとって海外研究経験という貴重な経験である。特に、博士取得を目指す大学院生を招へいたことにより、将来の科学技術を担う若手にとって有意義であったと考えられる。

7-4 社会貢献

本研究テーマは社会的にも注目を浴びている研究テーマである。事実、平成 23 年度 12 月に東京で行われた The 6th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology 国際学会においては、中国側 PI の Can LI 教授、韓国側 PI の JaeSung Lee 教授、日本側研究者の堂免一成教授の 3 名全員が招待講演され、本事業での成果を含め研究発表をした。太陽光からの化学燃料の直接生産は社会的要請の極めて高いテーマであり、各国参加研究者は数多くの学会発表や新聞発表、学術論文のみならず、一般雑誌の記事などに多くの成果を発表している。これらは特に、東日本大震災を被災し、エネルギー問題が顕著になる日本では、将来のエネルギーを問う大切な研究課題だと認識されていて、広く国民に夢を与えるものであると考えられる。

7-5 今後の課題・問題点

各国の研究状況はお互いによく知ることができているが、依然、各国の研究室が独自に研究を進め、その進捗を報告し合っている傾向が強い。共同研究となる部分は、大学院生を招へいし実験を行わせた研究に係る部分のみである。ビザや学務上の問題で招へいは 3 ヶ月間程度しか行えないが、この機関内でスタートでき、ある程度の成果を望める共同研究テーマの設定が容易でなく、本年の 4 名の招へい者の研究が今後どのような成果に結び付くかも不安な点が残る。

また、光触媒による水分解については、日本側の研究室では現実的に水を分解する光触媒を調製できているが、中国韓国側は、テーマは掲げているものの、水の分解までには程遠い犠牲試薬の分解実験で留まっている。このレベルの差を如何に埋めるかも今後の課題と考えられる。

7-6 本研究交流事業により発表された論文

平成 23 年度論文総数 4 本

相手国参加研究者との共著 0 本

(※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)

(※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。)

8. 平成23年度研究交流実績概要

※「10. 平成23年度研究交流実績状況」の概要について記載してください。

8-1 共同研究

日中韓の各研究機関とも本事業課題の「高効率な水分解を指向した複合型光触媒システム」に則った研究を行った。その途中経過は次項の東京でのセミナー開催によって相互に報告した。セミナー参加者のうち、研究者招へいで来日中の中国側参加研究者2名、韓国側参加研究者2名、及びセミナーを聴講した日本側参加研究者16名分のセミナー参加に係る費用を共同研究費用で支出した。

また、韓国で平成23年5月に行われた日韓触媒シンポジウムにおいて、日本側参加研究者6名が出席成果発表を行い、また韓国側PIも同シンポジウムに出席成果発表を行った。

平成23年9月より中国側から博士課程学生2名を日本側に約3カ月招へいし、カルコゲナイド系光触媒によるCO₂還元の研究とSm₂Ti₂S₂O₅光触媒の研究の2つの研究テーマに沿った実験を行った。さらに、同年12月から韓国側から博士課程学生2名を日本側に約3カ月招へいし、光触媒とグラフェンとの複合化の研究とMVO₂N(M=Ba,Ca,Sr)光触媒の研究を行った。

8-2 セミナー

日本側機関の近隣の東京グランドホテルにおいて平成23年12月に本事業2回目のセミナーを開催した。中国側参加研究者から13名、韓国側研究者から12名、日本側からは本事業の研究代表者を含む32名が参加した。合計30件の口頭発表と、10件のポスター発表が行われた。各国PI及び、参加研究者の中の全教授が初めて一堂に会し討論が行われたセミナーであり、活発な討論が行われた。また、光触媒による水分解のテーマに留まらず、生産した水素の有効利用法などの視点から、燃料電池触媒など水素利用に関するテーマにまでセミナーは広がりをもち、若手研究者に広い視野を与えるものであった。また、セミナー中に参加者が日本側研究室の見学を行い、研究施設、研究装置について見学し、諸性能、機能について討論を行った。

8-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

本プログラムでは共同研究に基づく参加研究者の派遣・受け入れを行うが、それ以外の研究者交流は行わなかった。

9. 平成23年度研究交流実績人数・人日数

9-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元		日本 〈人／人日〉	中国 〈人／人日〉	韓国 〈人／人日〉	合計		
日本 〈人／人日〉	実施計画	/	10/40	10/40	20/80		
	実績		0/0	6/30	6/30		
中国 〈人／人日〉	実施計画		19/100	/	(4/40)	19/100 (4/40)	
	実績		13/206 (2/8)		0/0	13/206 (2/8)	
韓国 〈人／人日〉	実施計画		14/80		(4/40)	/	14/80 (4/40)
	実績		12/200 (2/8)		0/0		12/200 (2/8)
合計 〈人／人日〉	実施計画	33/180	10/40 (4/40)		10/40 (4/40)		53/260 (8/80)
	実績	25/406 (4/16)	0/0		6/30		31/436 (4/16)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。（なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。）

※日本側予算によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。（合計欄は（ ）をのぞいた人・日数としてください。）

9-2 国内での交流実績

実施計画	実 績
40/140 〈人／人日〉	61/241 〈人／人日〉

10. 平成23年度研究交流実績状況

10-1 共同研究

— 研究課題ごとに作成してください。 —

整理番号	R-1	研究開始年度	平成22年	研究終了年度	平成25年
研究課題名	(和文) 高効率な水分解を指向した複合型光触媒システム (英文) Composite Photocatalytic Systems for Efficient Overall Water Splitting				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 久保田純・東京大学大学院工学系研究科・准教授 (英文) KUBOTA, Jun・School of Engineering, University of Tokyo・Associate Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	LI, Can・中国科学院 大連化学物理研究所・教授 JAE, Lee Sung・浦項工科大学・工業化学科・教授				
交流人数 (※日本側予算によらない交流についても、カッコ書きで記入のこと。)	① 相手国との交流				
	派遣先	日本 〈人/人日〉	中国 〈人/人日〉	韓国 〈人/人日〉	計 〈人/人日〉
	派遣元				
	日本 〈人/人日〉	実施計画	10/40	10/40	20/80
		実績	0/0	6/30	6/30
	中国 〈人/人日〉	実施計画	4/40	(4/40)	4/40(4/40)
		実績	2/162	0/0	2/162
	韓国 〈人/人日〉	実施計画	4/40	(4/40)	4/40(4/40)
		実績	2/160	0/0	2/160
	合計 〈人/人日〉	実施計画	8/80	10/40(4/40)	28/160(8/80)
		実績	4/322	0/0	10/352
	② 国内での交流 44人/173人日				
23年度の研究 交流活動	中国から2名、韓国から2名、各約3ヶ月の大学院生を日本側に受け入れて共同研究をした。中国・韓国に於いて実験実施を行う研究者派遣は適任者がいなかったため実現できなかった。				
研究交流活動成 果	研究者招へいにより新たに4件の研究テーマが立ち上がった。また約3ヶ月間の研究をする機会により、若手研究者の研究意欲の向上につながった。				
日本側参加者数					
	43名	(13-1 日本側参加者リストを参照)			
中国側参加者数					
	19名	(13-2 中国側参加研究者リストを参照)			
韓国側参加者数					
	17名	(13-3 韓国側参加研究者リストを参照)			

10-2 セミナー

—実施したセミナーごとに作成してください。—

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) JSPS フォーサイトセミナー：高効率な水分解を指向した複合型光触媒システム (英文) JSPS Foresight Program Seminar: Composite Photocatalytic Systems for Efficient Overall Water Splitting
開催時期	平成 23 年 12 月 15 日 ～ 平成 23 年 12 月 18 日 (4 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 東京グランドホテル (日本、東京) (英文) Tokyo Grand Hotel (JAPAN,TOKYO)
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 久保田 純 東京大学大学院工学系研究科・准教授 (英文) KUBOTA, Jun・School of Engineering, University of Tokyo・Associate Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	

参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (日本)	
	A.	
日本 〈人/人日〉	A.	17/68
	B.	16/64
	C.	0/0
中国 〈人/人日〉	A.	11/44
	B.	0/0
	C.	2/8
韓国 〈人/人日〉	A.	10/40
	B.	0/0
	C.	2/8
合計 〈人/人日〉	A.	38/152
	B.	16/64
	C.	4/16

A.セミナー経費から負担

B.共同研究・研究者交流から負担

C.本事業経費から負担しない(参加研究者リストに記載されていない研究者は集計しない)

てください。)

セミナー開催の目的	フォーサイトプログラム中間点である2年目につき、各研究室の研究進捗状況を発表し、相互に確認する。本プログラムの残された期間で取り組むべき課題を明らかにし、太陽光による水素生産の可能性について深く検討する。特に若い研究者の発表・交流の機会を増やし、日中韓の研究分野の基盤を築くことを目的とする。				
セミナーの成果	本事業では中国と韓国の研究室から前年度1名、本年度4名の大学院生を2～3カ月間受け入れて共同研究を進めているが、彼らの進捗状況、帰国後の研究の進展・展開などについて研究発表を聞き討議できたことは極めて好ましいことであった。特に韓国側PIの基調講演では日本に派遣した大学院生の韓国での研究の進捗が詳しく発表され、本事業の重要性を認識させるものであった。また、日本側の研究室の博士研究員や大学院生などが全員セミナーに参加することによって、中国や韓国の研究室の研究状況を知ることから、彼らの研究へのモチベーションが高揚し、更なる研究の発展が見込まれた。				
セミナーの運営組織	日本側参加研究者によって運営した。 セミナーのプログラム等の内容に係る部分は、各国PIが電子メールで協議して進めた。				
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容	会議開催費	1,756,740円	金額
			宿泊費	921,000円	金額
			国内旅費	560,000円	金額
	中国側	内容	外国旅費	金額	2,000,000円(推定)
	韓国側	内容	外国旅費	金額	1,200,000円(推定)

10-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

※平成23年度は実施せず

11. 平成23年度経費使用総額

	経費内訳	金額（円）	備考
研究交流経費	国内旅費	6,536,460	
	外国旅費	802,080	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	389,222	
	その他経費	2220,890	
	外国旅費・謝金等に 係る消費税	51,348	
	計	10,000,000	
委託手数料		1,000,000	
合 計		11,000,000	

12. 四半期毎の経費使用額及び交流実績

	経費使用額（円）	交流人数<人/人日>
第1四半期	1,051,053	9/36
第2四半期	5,540,190	22/247
第3四半期	3,014,446	61/394
第4四半期	394,311	0/0
計	10,000,000	92/677