

日中韓フォーサイト事業 平成22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/collab/foresight/index.html>

3. 開始年度

平成22年度 (1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22年度研究交流目標

平成22年度においては水分解のための非酸化物系複合体光触媒の開発のための研究協力体制を構築することに重点を置く。まず、研究者を相互に派遣し、相手国研究室での触媒の開発装置や活性評価手段の視察や、触媒物性の分析手法の相互理解や得られる解析法など、統一的な解釈が得られるような討論を重ねることにより、これまで各研究室の研究者

が独自の判断で行っていた活性評価や物性評価の規格化が図られ、相互が開発した材料の比較検討が容易に行うことができるようになる。また、交流において光触媒材料を交換し合い正確にその特性評価が行われていることをクロスチェックする。共同研究により、各研究室の実験技術の共通化や特殊な合成法の分担化が 22 年度の目標となる。

また、光触媒を用いる水素製造は、その反応メカニズムなど未知な部分が多く、研究者間でも議論が分かれるところでもある。日中韓の中心的な光触媒研究者が相互に交流することによって学術的に統一した見解が得られる。また、各々が見出した材料系を本事業の下で比較検討することから新たな材料開発の方針が見出されるものと確信できる。

若手研究者には中国、および韓国側の研究室に訪問し、実験装置を直接視察することから自分達の行っている実験の精密性や問題点を明らかにすることができ、また英語で討論をすることから国際的に活躍できるコミュニケーション能力や、中国、韓国での現場の研究環境に触れるよい機会を与えることを目標とする。

7. 平成 22 年度研究交流成果

7-1 研究協力体制の構築状況

平成 22 年度においては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を開催し、このセミナー中において研究施設の見学を行い、また研究討論を行った。さらに韓国側浦項工科大学においても視察・研究討論を行い、各国側の研究者が直接研究討論を行うことにより、相互に研究方針や研究設備を確認することができた。また、平成 22 年度に韓国側参加研究者を約 3 カ月間、日本に招聘し実際に実験を行い、日本・韓国間で直接的な人的・材料的な交流による共同研究をする体制を確立した。

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。しかしながら、未だ中国や韓国は水を全分解可能な光触媒の開発には至っておらず日本との技術の差は明確であった。本事業により中国や韓国側の研究者に日本側の技術レベルが広く知られることができた。また、日本側としても中国側、韓国側の研究機関の研究設備の斬新さに直接触れることができ、中国側や韓国側の研究者らが発表している学術論文のレベルを知ることができた。光触媒による水分解の分野では本事業の日中韓 3 研究室が世界をリードする研究室であり、教授レベルでの交流ではなく実際に実験を進めている研究者レベルで共同研究基盤を確立させ、科学的な実験結果の解釈や論理の共通認識を得たことは、当該分野において国による実験結果の解釈の相違などをなくすために重要なことであった。

7-3 若手研究者養成

平成 22 年度の本事業のセミナーや共同研究に基づく視察・研究討論においては、

セミナーでは日本側参加者 14 名のうち 11 名が博士研究員・大学院学生であり、視察・研究討論では 6 名中 3 名が大学院学生であることから、主に大学院学生を含む若手研究者を中心にした事業展開が行われた。また韓国側からの研究員受け入れも博士課程学生であることから、若手研究者の国際活動の活性化が図られた。また、中国でのセミナーは研究所内に開示されて行ったため、大連化学物理研究所に所属する研究者リストに含まれない多くの大学院学生が聴講したことも若手研究者育成につながったものだと考えられる。通常、大学院学生に英語で口頭発表をする機会は多くないが、研究室の多くの大学院学生に他国での研究発表の機会が与えられたことは若手研究者の教育に極めて望ましいことであったと考えられる。

7-4 社会貢献

光触媒による太陽エネルギーを用いる水素製造は、エネルギー問題が高まる中で世界中からの注目が集まっている分野である。近年、米国や韓国では当該分野において国家機関から大規模な研究資本が投入されているが、日本では該当する研究資金が乏しい。本事業は一般的な研究予算に先だって日中韓で当該研究分野の国際交流活動を始めたものであり、太陽エネルギー利用の重要性を 3 国間の社会に大いに示したものである。また、セミナーにおいては、大連化学物理研究所の多くの研究者・学生の聴講者が集まり、彼らに太陽エネルギーから化学エネルギーを生産する重要性など今後のエネルギー社会のありかたについて考える機会を与えたものであると考えられる。

7-5 今後の課題・問題点

本事業は平成 22 年度の 8 月から開始され計画書の受理も遅れたため、開始後、実質約半年しか活動を行っていない。平成 23 年度よりさらに 3 国間での研究者の行き来による、共同研究を活発化させる必要がある。また、各国の研究方針はかなりかけ離れている面があり、それぞれ重複していないので独自性が高いという見方もできるが、共同研究として相互に研究資材を出し合って行う研究のテーマの設定が困難であるという側面が具現化している。韓国側とは研究者受け入れによる研究を平成 22 年度中に行い、相互のこれまでの研究成果や相互の既存の技術を融合させた研究テーマを実施しているが、殆どの研究テーマについては各機関で独自に行い、成果だけを報告し合うという傾向が見られる。今後においては、公式な研究発表ではなく研究室内のゼミのようなプリミティブな実験結果を持ち寄って討論をするような場を日中韓 3 国間で行う必要があると考えられる。

7-6 本研究交流事業により発表された論文

平成 22 年度論文総数 5 本

うち、相手国参加研究者との共著 0 本

うち、本事業が JSPS の出資によるものが明記されているもの 0 本

8. 平成22年度研究交流実績概要

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中国側でのセミナーや、共同研究に基づく視察・研究討論のための韓国側機関への派遣によって相互に報告した。次項のセミナーへは日本側から14名の参加者のうち6名を共同研究経費として旅費を支出した。また韓国側は6名を派遣して研究討論を行った。これらの共同研究を通し光触媒の新たなメカニズムの解明などが成され、現在、論文発表や学会発表などの準備を進めている。

韓国側機関への派遣においては韓国側研究者らの所属する研究室の研究展開について本事業の研究課題以外の部分まで詳細に知ることができ、研究室のバックグラウンドを熟知できたことから、韓国側研究室の中での本事業に係る研究の位置づけを明確にできた。また、日本側の研究室の研究内容を紹介することから相互の研究内容の交差点を見出し、以下に述べる共同研究を始めるに至った。

平成23年1月より韓国から博士課程学生を日本側に約3カ月招聘し、n型半導体光触媒電極表面のp型半導体材料による修飾効果の研究を開始した。n型半導体とp型半導体の組み合わせは韓国側副題の「Junctioned Composite Photocatalyst for Water Splitting」に沿ったものであり、これに日本側研究者のもつn型半導体材料(TaON)と、韓国側研究者が得意とするp型半導体材料(CaFeO₃)を組み合わせることにより、高い光電流密度を得られる光触媒電極の構築に成功した。本共同研究課題は招へい期間終了後も韓国側の研究室内で継続的に行われている。

8-2 セミナー

中国側大連化学物理研究所内において平成23年1月にセミナーを開催した。日本側からは本事業の研究代表者を含む14名が参加した（うち6名は共同研究経費、3名は他予算からの支出とした）。これらのうち12名は口頭発表を行い、日本側の研究内容について説明・討論を行った。韓国側からは9名、中国側からは11名の口頭発表があった。韓国側からの参加者は1名が助教(Assistant Prof)であったが他は大学院学生であり、若手研究者を中心とした活発な討論が行われた。本セミナーは光触媒による水分解を中心にした発表がほとんどであったが、水分解によって生成される水素の利用法など、水素エネルギー生産・利用に関する各研究室の多方面からの研究発表もなされ、今後のエネルギー社会を視野に入れた大きな視点でのセミナーであった。

さらにセミナーにおいては日本側代表者と中国側代表者が直接会談をすることができ、今後の共同研究の方針や、以降のセミナーの計画などを検討し、初年度のスタートアップセミナーとして十分な成功を収めた。

8-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

平成22年度では共同研究とセミナー以外の交流は計画書通り行わなかった。

9. 平成22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		日本	中国	韓国	合計		
派遣元		<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>			
日本 <人/人日>	実施計画	/	8/29	2/6	10/35		
	実績		11/44 (3/12)	5/23 (1/3)	16/67 (4/15)		
中国 <人/人日>	実施計画		3/9	/	(2/6)	3/9 (2/6)	
	実績		0		0	0	
韓国 <人/人日>	実施計画		2/6		(6/22)	/	2/6 (6/22)
	実績		1/67		(9/54)		1/67 (9/54)
合計 <人/人日>	実施計画	5/15	8/29 (6/22)		2/6 (2/6)		15/50 (8/28)
	実績	1/67	11/44 (12/66)		5/23 (1/3)		17/134 (13/69)

※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
10/20 <人/人日>	2/4 <人/人日>

10. 平成22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	① 相手国との交流					
(※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。)	派遣先		日本	中国	韓国	計
	派遣元		<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>	<人/人日>
	日本	実施計画		3/9	2/6	5/15
	<人/人日>	実績		6/24	5/23 (1/3)	11/47 (1/3)
	中国	実施計画	3/9		(2/6)	3/9 (2/6)
	<人/人日>	実績	0		0	0
	韓国	実施計画	2/6	(2/6)		2/6 (2/6)
	<人/人日>	実績	1/67	0		1/67
	合計	実施計画	5/15	3/9 (2/6)	2/6 (2/6)	10/30 (4/12)
	<人/人日>	実績	1/67	6/24	5/23 (1/3)	12/114 (1/3)
② 国内での交流 2/4 人/人日						
22年度の研 究交流活動	日中韓の研究室間で研究設備の視察および実験方法の討論のために研究者の交流を行った。					
研究交流活動 成果	韓国側研究室に視察・研究討論のために派遣をし、韓国側の研究室の実験施設や人員・研究方針を知ることができた。また韓国から研究者を受け入れ、共同研究に基づく実験を日本で実施した。					
日本側参加者数						
41 名		(13-1 日本側参加者リストを参照)				
中国側参加者数						
17 名		(13-2 中国側参加研究者リストを参照)				
韓国側参加者数						
12 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) 日本学術振興会 日中韓フォーサイト事業 高効率水分解のための複合化光触媒システム
	(英文) The First Workshop of A3 Foresight Program Junctioned Composite Photocatalytic Systems for Efficient Overall Water Splitting
開催時期	平成 23 年 1 月 9 日 ~ 平成 23 年 1 月 12 日 (4 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 大連化学物理研究所 (中国、大連)
	(英文) Dalian Institute of Chemical Physics (China, Dalian)
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)	LI Can 中国科学院 大連化学物理研究所・教授 兼 副所長

参加者数

派遣先 派遣元	セミナー開催国 (中国)	
	A.	B.
日本 〈人/人日〉	A.	5/20
	B.	6/24
	C.	3/12
中国 〈人/人日〉	A.	0/0
	B.	0/0
	C.	11/44
韓国 〈人/人日〉	A.	0/0
	B.	0/0
	C.	9/54
合計 〈人/人日〉	A.	5/20
	B.	6/24
	C.	23/110

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でください。)

セミナー開催の目的	光触媒の研究を中心としたセミナーを開催し、プログラム内の研究者が研究発表を行う。初年度では各研究室のこれまでの研究成果を討論し、本プログラムで取り組むべき研究課題を明らかにする。エネルギー問題に対する光触媒による水分解の可能性について多角的に検討を進める。また若い研究者が他国の研究者と交流することにより、研究に対する方針や将来性など、直接触れ合わなければ学べないことを習得することも目的とする。	
セミナーの成果	スタートアップセミナーとして各研究機関のこれまでの研究成果について研究発表を行い、相互に研究室の研究方針を確認した。若手研究者らにも発表を行わせることによって国際的な活動をする能力の育成にもなった。本セミナーを通して今後の本事業の活動方針を相互に確認した。	
セミナーの運営組織	中国側参加研究者を中心に運営された。 日本側および韓国側はセミナープログラム編成などを補助した。	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 外国旅費 金額 687,000 円
	中国側	内容 会議費 金額 2,000,000 円
		滞在費 1,500,000 円
韓国側	内容 外国旅費 1,000,000 円	

10-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

計画通り、研究者交流は行わなかった。

1 1. 平成22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	887,020	
	外国旅費	1,902,370	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	2,012,230	
	その他経費	1,290,671	
	外国旅費・謝金等に 係る消費税	92,238	
	計	6,184,529	
委託手数料		700,000	
合 計		6,884,529	

1 2. 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	0	0/0
第2四半期	0	0/0
第3四半期	993,135	2/4
第4四半期	5,191,394	17/134
計	6,184,529	19/138