

日中韓フォーサイト事業 平成25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/index_framepage.html

3. 採用期間

平成22年 8月 1日～平成27年 7月 31日

(4年度目)

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・原田昇

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：京都大学

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. 研究交流目標

5-1. 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。

5-2. 平成25年度研究交流目標

平成25年度は、中国側においてセミナーの開催を行い、本事業期間の研究成果を総括する。各研究室においては、このセミナーに向けた実験を押し進める。近年、本研究領域は飛躍的な進歩を遂げている一方、中国や韓国などアジア諸国の雑な論文発表が多数あることが認められる。光触媒による水分解の物理化学的な議論の手法について3研究室間で深く検討し、各国の当該研究分野の手本となるような、正確かつ丁寧な研究を推進できるよう検討する。

また、今後も活発に研究の連携が行われるように、交流の枠組みを議論する。

本年度のセミナーにおいてもこれまでと同様に大学院学生を中心とした研究発表を行い、

若手研究者の国際活動能力を磨くことに注力する。大学院生のほとんどは修士課程の学生であり昨年度にフォーサイトセミナーで発表した学生は既に修了し、新たな大学院生が研究の中心となっている。これらの学生に国際経験の場を与えることは、継続的な若手研究者の育成に必要なことである。

また、本年度においては、セミナー以外にも大学院生の招へいを行う。中国と韓国から大学院生各1名を約90日間招へいし、日本で研究を行わせる。本事業では、このような招へい活動が成功し、連名の論文執筆につながったものもある。共同研究としての研究を確立させるために、若手研究者の招へいは有効であると考えられる。さらに、若手研究者の招へいは、日本側の若手研究者の研究にモチベーションを与えるものである。

6. 平成25年度研究交流成果

6-1 研究協力体制の構築状況

平成25年度は、中国側、大連化学物理研究所においてセミナーの開催を行い、日本側から12名が参加した。また、8月以降の期間延長が決定したため、本年度は中国側から大学院生1名が約90日間、韓国側から大学院生1名が約70日間、来日し日本側の研究室で研究活動を行った。これらを通し、水分解のための光触媒の研究体制を確認するとともに、実験技術の交流を行い、相互の研究レベルを高め合うことができた。また、本プログラムと直接関連はないが、本プログラム期間中に、日本側研究室の特任教員が中国側研究室に異動になった例が1件、逆に中国側研究室の研究員を日本側研究室で採用した件が1件あり、特に日本側研究室と中国側研究室の研究員等の人的交流は進んでいる。よって、相互の研究内容や実験技術は深く認識されているため、十分な研究協力体制が構築されていると考えられる。

6-2 学術面の成果

本年度は中国側から大学院生1名が約90日間、韓国側から大学院生1名が約70日間、来日し日本側の研究室で研究活動を行った。中国から来日した学生は、中国の研究室では合成が困難なタンタル窒化物の光触媒の合成を日本において行った。中国側研究室は酸化物、硫化物の光触媒を得意とし、窒化物光触媒の合成をこれまで行っておらず、これを実際に体験することから、自国に帰ってから窒化物光触媒の研究を始められる可能性が出てきた。韓国からの学生も自国の研究室では行われていないテルライド系光電極の硫化カドミウムなどの表面修飾に関して日本で研究を行った。日本側の研究室ではp型カルコゲナイド系光電極をn型の硫化カドミウムで修飾すると光電流が飛躍的に増大することを以前から見出していたが、韓国側の研究室にこの技術を伝授することにより、今後韓国側で行っているテルライド系光電極への応用が広がるものと期待できる。

6-3 若手研究者育成

平成25年度は、中国側、大連化学物理研究所においてセミナーの開催を行い、日本側か

ら 12 名が参加した。日本側からは 8 名の大学院生が口頭発表、3 名がポスター発表を行った。日本の大学院生が国際学会で口頭発表する機会は非常に少なく、特に修士課程学生については全くないことが多い。英語での発表、討論は国際的に活躍する研究者になるために非常によい機会になったと考えられる。また、本プログラムも 4 年目になり、日本に中国韓国側の大学院生を受け入れての研究も、延べ 7 名となっている。

また、日本に中国韓国側の大学院生を受け入れての研究は本プログラムがなければ、通常の研究費では到底行うことのできないことである。学生のうち海外において研究する機会を与えられることは、学術的な研究成果に留まらず、本人の貴重な経験になり大学院修了後の本人の将来に好ましい影響を与えるものであると考えられる。また、中国や韓国側の大学院生を日本側の研究室に受け入れることにより、日本側の大学院生が自己の研究態度、生活態度を見直す良い機会になったと考えられる。招へいされた外国の大学院生は、研究室を代表して招へいされている自覚が高いためか、非常に研究態度や生活態度が優れていて、日本側の大学院生の手本となるものである。研究室相互の交流は研究内容以外にも研究室に多大なる寄与が認められる。

6-4 その他（社会貢献や独自の目的等）

光触媒による水分解、光電気化学的手法による水分解は、世界の再生可能エネルギーへの注目が高まる中、社会的にもさらに注目されている研究分野である。特に我が国は、諸外国に比べ、化石エネルギーへの依存度が極めて高く、光触媒による水分解の世界最先端の技術を牽引していくことには大きな意義がある。世界各国では太陽光エネルギーや再生可能電力から化学エネルギーを生産する多くの研究プロジェクトが推進されているが、本フォーサイトプログラムもその一環と位置付けられる。化石エネルギーからの脱却は社会の夢であり、その一つの可能性として本テーマが脚光を浴びることは、社会の目を科学技術に集めるためにも重要である。

6-5 今後の課題・問題点

今後、次年度以降も中国や韓国から大学院生の受け入れを、引き続き行うことを計画しているが、予算の執行状況を鑑みながら、人数、期間を決めるため、十分な研究計画を立てる前に、大学院生の受け入れになっている場合も多々ある。早めに計画することを心がける。また、日本に派遣された大学院生が帰国後にどのような研究テーマで研究を進めているかは、各国の PI の指導によるところが大きく、日本側からフォローアップがしにくい面もある。次回のフォーサイトセミナーで日本派遣で行った研究の報告などを丁寧に行ってもらい、漫然とした留学にならないよう注意する必要がある。

6-6 本研究交流事業により発表された論文

平成 25 年度論文総数	12 本
相手国参加研究者との共著	0 本

7. 平成25年度研究交流実績状況

7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成22年度	研究終了年度	平成27年度
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	(英文) LI, Can・中国科学院 大連化学物理研究所・教授 LEE, Jae Sung・浦項工科大学・工業化学科・教授				
参加者数	日本側参加者数	21名			
	中国側参加者数	17名			
	韓国側参加者数	8名			
25年度の研究 交流活動	25年度においては中国側から大学院生1名が約90日間、韓国側から大学院生1名が約70日間、来日し日本側の研究室で研究活動を行った。中国から来日した学生は、中国の研究室では合成が困難なタンタル窒化物の合成を日本において行い、韓国からの学生も自国の研究室では行われていないテルライド系光電極の硫化カドミウムなどの表面修飾に関して日本で研究を行った。いずれも自国内の研究室だけではできない実験であり、大学院生を直接派遣して実際に実験を行うことは重要であると考えられる。				
25年度の研究 交流活動から得 られた成果	大学院生の受け入れ、実験実施によって、中国、韓国側の学生に日本での研究経験を積ませることができ、彼らの今後の研究意欲の向上につながったと考えられる。いずれの大学院生の受け入れについても、自国の研究室では行っていない実験操作を覚えたため、来年度からの中国、韓国側の研究室の実験技術の展開が期待できる。事実、本プログラムの初年度に韓国から日本に派遣された大学院生も、その帰国後に日本で行っていた研究を続け、2年後に論文発表をして博士の学位を得ていることから、大学院生派遣は短期的な留学経験のみならず将来的に成果が得られるものと考えられる。				

7-2 セミナー

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「高効率な水分解を指向した複合型光触媒システム」 (英文) JSPS A3 Foresight Program “Composite Photocatalytic Systems for Efficient Overall Water Splitting “
開催期間	平成 25 年 5 月 28 日 ~ 平成 25 年 5 月 31 日 (4 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 中国科学院 大連化学物理研究所 (中国、大連) (英文) Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian, China
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)	(英文) LI, Can Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Professor and Vice-Director

参加者数

派遣先 派遣	セミナー開催国 (中国)	
	A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	12 / 48
	B.	0
韓国 〈人／人日〉	A.	8 / 32
	B.	0
〈人／人日〉	A.	
	B.	
合計 〈人／人日〉	A.	20 / 80
	B.	0

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	中国側研究代表者の申し出によって、本年度5月に4回目のセミナーを開くことになった。これまで3年間の研究成果を総括し、研究室相互で確認することが本セミナーの最大の目的である。また、今後の本交流事業を3研究室間でどのように続けるかについて研究代表者間で相談することも重要な目的である。	
セミナーの成果	今回のセミナーも前回までと同様に、大学院生や博士研究員など、これまでにA3フォーサイトセミナーで発表を行っていない研究を中心に研究発表が行われた。既に4年目であり、大学院生などの派遣など双方の研究室間の交流が進んだ後のセミナーだったため、忌憚のない意見交換が行われた。特に日本側から参加した修士課程学生などは国際学会口頭発表の経験はA3フォーサイトセミナーを除けばほとんどない。このような若手研究者に英語で研究討論をする機会を与えることは非常に有意義であると考えられる。また、ポスター発表などは実験装置の原理など基礎的なことなどから、若手研究者間で話し合いがもたれ、今後の研究を進める上で非常によいモチベーションになったものと考えられる。また、学術的にもそれぞれの研究室の得意な実験がより明らかになり、今後の研究活動の方向が明らかになった。	
セミナーの運営組織	セミナーは中国側参加研究者を中心に企画運営された。各国の研究室で自分の研究室の発表件数や要旨集原稿をとりまとめ、実際の会場手配、宿泊施設手配、プログラム編成、要旨集印刷は中国側参加研究者が分担して行った。	
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 国外旅費 1,466,990 円 国内旅費（成田空港まで） 70,560 円 外国旅費・謝金等に係る消費税 64,848 円
	中国側	内容 宿泊費・食費 1,500,000 万円（推定） 要旨集印刷・名札等 300,000 円（推定）
	韓国側	内容 国外旅費 金額 1,400,000 万円（推定） 国内旅費 金額 280,000 万円（推定）

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

平成 25 年度は実施していない。

8. 平成25年度研究交流実績総人数・人日数

8-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元	四半期	日本	中国	韓国		合計
日本	1		12/ 48 (0/ 0)	()	()	12/ 48 (0/ 0)
	2		()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3		()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	4		()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	計		12/ 48 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	12/ 48 (0/ 0)
中国	1	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	2	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3	1/ 73 ()		()	()	1/ 73 (0/ 0)
	4	1/ 17 ()		()	()	1/ 17 (0/ 0)
	計	2/ 90 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	2/ 90 (0/ 0)
韓国	1	()	(8/ 32)		()	0/ 0 (8/ 32)
	2	()	()		()	0/ 0 (0/ 0)
	3	()	()		()	0/ 0 (0/ 0)
	4	2/ 66 ()	()		()	2/ 66 (0/ 0)
	計	2/ 66 (0/ 0)	0/ 0 (8/ 32)		0/ 0 (0/ 0)	2/ 66 (8/ 32)
	1	()	()	()		0/ 0 (0/ 0)
	2	()	()	()		0/ 0 (0/ 0)
	3	()	()	()		0/ 0 (0/ 0)
	4	()	()	()		0/ 0 (0/ 0)
	計	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)
合計	1	0/ 0 (0/ 0)	12/ 48 (8/ 32)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	12/ 48 (8/ 32)
	2	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)
	3	1/ 73 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	1/ 73 (0/ 0)
	4	3/ 83 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	3/ 83 (0/ 0)
	計	4/ 156 (0/ 0)	12/ 48 (8/ 32)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	16/ 204 (8/ 32)

※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。)

※本事業経費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。

8-2 国内での交流実績

1	2	3	4	合計
5/ 20 (# 0)	23/ 69 (# 0)	6/ 8 (# 0)	12/ 40 (# 0)	46/ 137 (0/ 0)

9. 平成25年度経費使用総額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	3,403,060	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。
	外国旅費	1,466,990	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	4,139,710	
	その他の経費	418,525	
	外国旅費・謝金等に係る消費税	71,715	
	計	9,500,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		950,000	研究交流経費の10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。
合 計		10,450,000	