

平成31年 3月 26日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 201880302

氏名 加藤 邦彦

(氏名は必ず自署すること)

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先: 都市名 トゥーン (国名 スイス)

2. 研究課題名 (和文) :

マイクロ波加熱スイッチングによる非量論酸化物合成と可視光応答型光触媒材料への応用

3. 派遣期間: 平成30年12月1日 ~ 平成31年2月28日 (90日間)

4. 受入機関名・部局名: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa)

5. 派遣先で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

派遣先のスイス材料試験研究所 (Empa) では主にシングルモードマイクロ波照射装置へのインピーダンス制御機器追加実装、マイクロ波プラズマ照射による非量論型酸化物合成を行った。

(※なお、当初の研究計画であったサブ秒の時間分解能を持つ金属から酸化物相への構造転移と加熱メカニズム解明に関する研究は先方の装置の都合により内容が変更となった。)

受入グループ所有のシングルモードマイクロ波照射装置は、材料物性変化に応じて最適な周波数のマイクロ波を照射することにより常に最大効率で加熱することができる世界に2つとない装置である。今回は真空中の装置内で発生させたマイクロ波プラズマを用いて酸化物表面の改質を行うことにより非量論型酸化物の合成を試みた。しかし、マイクロ波プラズマが生じた際にマイクロ波発振器と共振器内のインピーダンスギャップが大きくなってしまい、照射したマイクロ波がほとんど反射して戻ってきてしまうことから物質に効率よくマイクロ波エネルギーを伝送することができないという問題点に直面した。そこで国内で培った知識を駆使し、インピーダンス制御が可能な機器を別の装置から取り出し本装置に実装することにより問題解決を図った。さらに、市販のペン型プラズマ発生器を用いた表面処理と比較したところ、マイクロ波プラズマによる表面改質が優れた還元反応を引き起こすことが明らかになった。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

帰国後は得られた合成酸化物の化学表面構造をラマン分光法および X 線光電子分光法を用いて解析・評価を行なうとともに、可視光照射下での光触媒活性評価を行なうことでマイクロ波プラズマによる酸化物の表面改質プロセスの可視光応答性光触媒への実用性を調査する。さらには、マイクロ波照射時の有機物の分解挙動を調査することで、通常加熱では到達しえない特異な熱履歴により急激な還元反応が促進されていることを証明する必要がある。さらに、今回派遣研究機関から3カ月間の研究延長機会をいただいた。上記のマイクロ波プラズマ法では酸化物表面の改質により短時間で効率的に高濃度の表面欠陥を導入できるという長所があるものの、真空中かつ高い表面温度で処理を行う必要がある。そこで、本研究遂行過程で発見した有機高分子粒子との混合粒子への加熱による還元促進反応に着想を得て、大気圧下で短時間マイクロ波照射をするだけで還元型酸化チタン/炭素複合粒子を低温合成できる手法を考案した。本手法を用いた場合、通常加熱で作製したものと比較して処理温度がはるかに低いのに関わらず高い可視光応答性と狭いバンドギャップを示すことを現在までに明らかにしている。本手法では1つの合成プロセスで酸化物の還元反応と炭素との複合化を同時に進行させることができるだけでなく、黒鉛化粒子を酸化チタン上に均一に分布させることが可能である。マイクロ波照射中における還元促進反応は、有機高分子の分解過程におけるラジカルの生成が寄与していると現在推測しているが、これらの反応機構についてマイクロ波照射中における被加熱物質の熱物性をその場観測及び解析することにより今後明らかにしていく予定である。以上の調査を行った後に成果をまとめ次第、国際科学雑誌への投稿及び、特許取得、学会等での発表の準備を順に進めていく予定である。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

本プログラムで得られたことの中でも特に印象的だったのが、日本と海外でのコミュニケーションスタイルの違いである。私と受入研究者 Dr. Sébastien Vaucher の共通の趣味はお茶を楽しむことで、その日の気分にあったお茶を各自持ち寄り、毎朝出勤後と昼食後には必ず「お茶会」を開いた。日本から持参した日本茶(煎茶、ほうじ茶、和紅茶)をはじめ、中国茶やスイス国産ハーブティーをテイastingしながら、どこの地方のどの品種か?どのような味や香りで構成されているのか?その地方でお茶作りが盛んになった背景は?など様々な観点からディスカッションを行っていた。そして次第に研究の話題へと移り、ある研究課題に対するアイデアを出し合ったり、自身の研究の進捗状況等を説明したりする場として利用した。他チームの研究者の方々にもお茶でもてなす機会が頻繁にあり、お茶会をきっかけとした交流の場は研究のアイデア創出の場としてだけでなく、自国の文化を通じた国際交流・発信能力と、研究者としてのコミュニケーション術を磨く場として利用できることに気づいた。またディスカッションを通じて、何にでも興味を持ち常にいろいろなところにアンテナを向けられる知的好奇心が科学の真理探求につながっていると感じた。一日中閉ざされた空間の中での実験が続き、研究室メンバーとの交流にほとんど時間が割けない研究生活を送っていた私にとって、今回の滞在での経験は非常に新鮮だった。日本ではチーム内での阿吽の呼吸による一体感を求めるが、積極的にコミュニケーションをとり忌憚なく自由に意見をぶつけ合うことで小さな発見を蓄積し研究のブレークスルーにつなげていくものなのだと感じた。今回の海外派遣は本プログラムの支援なしには実現しえない貴重な経験であり、このような機会を与えていただいたことに感謝する次第である。