

令和3年 4月 30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 201980383

氏 名 石田 崇人

(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 パリ (国名 フランス)
- 2 研究課題名 (和文) : 構造物長寿命化への材料科学的支援: 表層におけるソフトマテリアル劣化メカニズム解明
- 3 派遣期間: 令和 2年 1月 8日 ~ 令和 2年 3月 28日 (81日間)
- 4 受入機関名・部局名: パリ国立工芸学校 Processes and Engineering in Mechanics and Materials lab
- 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)

派遣先では、自身の研究テーマの重要な一部分となる高分子材料の劣化反応kineticモデルの構築を実施した。派遣先のパリ国立工芸学校のPIMMラボは当該分野において長い研究歴を有し、ミクロスケールの劣化反応スキームを構築し、それを反応速度論的に連立微分方程式に落としとして解くという手法を様々な試料の様々な劣化現象へと適用することで多くの実績を残している。派遣先では、自身の対象とする系に対して当該のモデル構築を行うために指導を受け、最終的には、材料劣化に伴う物性変化と一定の相関を示す指標を考案し、構築した劣化反応kineticモデルから相関性を再現することに成功した、その結果に関する論文は現在投稿中である。

私はこれまで、対象とする建築材料の塗膜用途として用いられる熱硬化性樹脂の光（紫外線）劣化現象について検討を進めてきた。ミクロスケールの反応からマクロスケールの物性までを連続的に議論する「マルチスケール劣化解析」によって、劣化に伴う材料の物理化学的性質変化のメカニズムを実験的アプローチによって明らかにしてきた。一方で、理論的解析による検討はまだ十分とは言えず、社会的に必要とされる「材料寿命予測」などの技術構築のためには劣化を再現するシミュレーション基盤を構築することが必要となる。当然、劣化現象はミクロからマクロまで幅広いスケールに影響を及ぼすが、その最も小さいスケールが化学反応スケールであり、ここで構築した劣化反応kineticモデルがそれにあたる。このモデルはマルチスケール起こる劣化現象を記述するシミュレーション構築へ向けた第一歩であり、さらに大きいスケールの現象を記述するモデルと組み合わせることで包括的な劣化予測を可能とするモデル構築を今後目指していく。

## 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)

本プログラムで得られた主要な成果に関する論文を1報、北海道大学、産業総合技術研究所、パリ国立工芸学校の3者国際共同執筆論文として国際論文誌に投稿中である。また、ここで得られた成果は高分子材料劣化の国際会議（たとえば、Modification, Degradation and Stability of Polymers, MoDeStやPolymer Degradation Discussion Group, PDDG）ではよく知られる有名なアプローチであるが、国内でその手法はそれほど知られていないため、国内学会等で本研究成果を発表し、当該モデルの有効性をアピールしたいと考えている。

当初予定していた研究成果発表等の計画と比べて、新型コロナウイルス感染症流行の影響により成果発表は遅れてしまっている。しかし、研究計画デザインや想定外の現象により研究内容を変更する必要はなく、両国で研究活動がかなり制限される中でも、派遣先研究機関の技術職員や大学院生が実験を手伝ってくれたことで最終の研究成果をまとめることができたため、彼らには感謝したい。

今回の渡航で実施した研究は熱を駆動力とした酸化劣化反応機構の解明と劣化反応kineticモデルの構築であったが、私の研究計画の中で対象としたいのは光劣化に伴う劣化現象であるため、熱劣化を対象に構築したモデルを光劣化へと外挿を今後試みる。熱劣化と光劣化では、劣化が開始される駆動力が異なるが、両者の劣化反応機構は極めて類似している。光劣化はいくつかの特異的な反応プロセスを含むため、最初から光劣化に取り組むことはkineticパラメータの決定が難航することが予想されたために熱劣化のモデルを最初に構築した。光劣化における特異的な機構に関する描像はこれまでの実験的検討からある程度理解が進んでおり、定量解析が可能な形で光劣化時の化学構造変化のデータを収集することが次のステップとなる。基本的なパラメータ同定手順は派遣期間中に行った方法と同じでプログラムコードの作成も済んでいるために、継続的にメール、web会議等の打ち合わせを受け入れ研究者と行い、光劣化へのモデル拡張に向けてさらに検討を進めたいと考えている。

## 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)

本プログラムに採用され、2020年1月から渡航したが、2020年3月に新型コロナウイルス感染症流行のため派遣先研究室が閉鎖となり帰国を余儀なくされた。研究室閉鎖が決まり、最後の登校日に試料の整理や今後の実験計画をまとめ直し、自分が積み残して帰国せざるを得ない実験を技術職員や現地の大学院生に依頼して回る時間があつた。当然、これからもその場所で研究を続けていく先生方や大学院生とは違い、私の作業は非常に大変で多くの方の手伝いのおかげでどうにか計画を修正することができた。通常通り登校し研究ができていた時期には、毎朝コーヒータ임을全員で研究や趣味の話を楽しみ、昼食も全員でとり、その後にもまたディスカッションという名のコーヒータimestepsがあり、それらのコミュニケーションの中で信頼関係を築くことができていたために、いざという時に、彼らも大変な状況にも関わらず私を助けてくれたと思われる。

フランスの研究室にいる大学院生や先生方は、通常時は17時にはきっちり帰り、金曜日はさらに早く帰宅し週末に備え、週末は家族と出かけたりして、研究のことを考える時間は少ないという。しかし、publicationを見ると素晴らしいペースで興味深い論文を出し続けている。何がそれを可能にしているかを注意深く観察してみると、実験は必要最小限に抑え、捻出した時間でとにかく多数の論文を読んでいた。日本の研究室にいる大学院生も文献調査として多くの論文を読んでいるはずだが、自分の分野の論文を読むことがほとんどだと思う。フランスの大学院生はその点はかなり違っていて、自身の分野の調査は抜かりなくしっかりと進めるが、関連分野、あるいは関連分野とも言えないかもしれないくらい離れた分野の論文もしっかり読みこんでいるのである。たとえば、派遣先研究室は材料科学の研究室だが、科学哲学の論文を読んだり、超電導の論文を読んだりしていた。その理由を聞いてみると、「今の自分の研究分野のみが自分の興味ではなく、他にも単に興味がある分野がたくさんあるから読んでいる」という。彼らは自分の分野に過度に固執することなく科学全般を楽しもうとしている姿勢を持っており、結果的に、科学分野一般を俯瞰した視点で論文を書いたり発表したりするために、異分野とのつながりや自然科学の基礎につながる見せ方ができ、興味深いのだと理解した。これを見習って私も他の分野にたくさん触れるきっかけを今後作っていかうと思う。