

平成31年3月27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 201880149

氏名 山口 敦史

(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 バイロイト (国名 ドイツ)
2. 研究課題名 (和文): 土・水環境中の物質の運命予測に向けたヘテロなコロイド間相互作用の解明
3. 派遣期間: 平成 30年 4月 1日 ~ 平成 31年 2月 28日 (333日間)
4. 受入機関名・部局名: Physical Chemistry II, University of Bayreuth
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)

土・水環境中には粘土や有機物などの微細なコロイド画分が存在する。コロイドは小さな汚染物質を吸着しながら、より大きな物質に吸着し複合体を形成したり、砂などに付着したりしながら環境中を移動するため、その吸着挙動の解明は、物質の運命を予測し、効率的な農業や環境保全を達成するために不可欠である。一般に、コロイドやコロイドが吸着する基盤の表面には電荷が存在し、吸着挙動を左右する。しかしながら、基盤の表面電荷の吸着挙動への影響は十分に明らかではない。

派遣期間の前半では、電気化学と水晶振動子マイクロバランスを組み合わせた装置 (EQCM) を用いて、正電荷を持つ球状高分子電解質である polyamidoamine (PAMAM) デンドリマーの吸着量を、基盤となる金表面の電位を変化させながら測定することで、最新の吸着理論モデルである 3-body Random Sequential Adsorption (RSA) モデルの妥当性を示した。また、PAMAM が十分に帯電しているとき、基盤となる金表面の電位によって、吸着機構は 3 段階に分けることができることを示した。すなわち、基盤の負電荷が大きい方から順に、PAMAM 間の反発力が十分に小さくジャミングリミットに達する領域、2 つの PAMAM と基盤の 3 体間の静電相互作用により吸着量が決まる領域、吸着量が PAMAM と基盤の間の反発力に支配される領域である。この研究結果は吸着の基礎的な知見を与えるものであり、農学分野のみならず、製薬・化粧品・塗料などの幅広い分野に展開する。

派遣期間後半では、PAMAM のように電荷が一様に分布した粒子から一歩進んで、正負の電荷が不均一に分布したタンパク質であるリゾチームの吸着挙動について研究した。EQCM を用いた研究では、リゾチームの吸着においても PAMAM の場合と同様に、リゾチーム間だけではなく基盤の影響も含めた 3 体間の相互作用が重要な役割を果たすことを示した。さらに、QCM と原子間力顕微鏡 (AFM) を組み合わせることで、リゾチームの吸着には、電荷の不均一さから優先される配向があり、単純なランダムな吸着ではなく、リゾチームの配置が吸脱着挙動に影響することが示唆された。

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)

派遣期間前半に行った EQCM を用いた PAMAM の吸着挙動の研究については、この分野におけるトップレベルの国際学術雑誌へ原著論文として投稿すべく、現在執筆を行っている。より詳細な分析および理論解析を加えたうえで、論文が完成し次第速やかに投稿し、受理されるように進めていく。加えて、今年開催される国際・国内学会にて成果を発表する。

本研究は派遣期間中に一定の成果をあげ、一連の流れに区切りがついている。一方で、研究を進める中で、本研究では着目していなかった吸着の速度論に関する興味深い現象が確認された。つまり、吸着する PAMAM と基盤となる金表面が同符号に帯電する場合には、単純な不可逆の吸着とはみなせず、吸着量および速度が複雑に変化する領域が存在することが示唆された。今後は、派遣先機関と相談して、この領域の吸着速度論を研究する可能性がある。

派遣期間後半に行ったリゾチームの最大吸着量と吸着したリゾチームの配向に関する研究については、日本で行っている研究と併せて、国際学術雑誌に投稿すべくデータの整理を行っている。派遣先および国内の指導教員と相談しつつ、論文原稿を作成し、投稿・掲載できるように進めていく。また、国際・国内学会にて本研究の成果を発表することを予定している。

QCM による吸着量の測定ではリゾチームを流し始めて数分で吸着が飽和して変化しなくなるが、AFM を用いてリゾチームのシリコン基板上での配向を観察すると数十分から数時間かけて配向が変化することが観察された。この結果は、吸着量に大きな変化は現れなくても、吸着現象は長い時間をかけて進行しており、吸着したリゾチームの安定性などに影響を与える可能性を示している。今後の研究では、QCM と AFM を用いて、リゾチームのシリコン表面への吸脱着量とリゾチームの表面配向の関係を明らかにしていくことを計画している。

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)

報告者は、学部から博士課程まで一貫して筑波大学に在学しており、他研究機関に滞在し研究活動を行った経験がなかった。本プログラムを通して海外研究機関に長期間在籍し、新しい環境で研究を行ったことは、研究に対する姿勢や研究室運営の仕方の違いを体験し、自分の仕事の仕方を効率的にするための知見を得ることにつながった。日本では農業工学の分野に属しているが、より基礎的な研究を行うために派遣期間中は物理化学分野の研究室に滞在していた。そのため、派遣期間先の同僚とは背景知識が異なり、これまでにあまり学んだことのない電気化学や分析機器の使用方法を習得する機会が得られた。これにより、研究の幅が広がると同時に、新たな分野へ挑戦することへの抵抗感が薄れ、今後研究を発展させていくために必要な姿勢が身についた。

海外で研究するにあたり、議論を深めよりよい知見を得るために、英語による円滑なコミュニケーションが取れることの必要性を改めて痛感した。一方で、研究を進めるにあたって必要な知識や技術は、国や言語によらず共通していることに気づき、自分の中に科学への深い知見や経験を積み上げていくことの重要性を認識するに至った。この経験は、今後、海外の研究機関へ所属する際や、海外研究者と交流する場面で大いに役立つことが予想される。

本プログラムに採用されたことで、派遣期間は本プログラムを利用せずに海外研究機関で研究する以上に実りあるものとなった。具体的には、本プログラムに採用されることを目指して、受け入れ教員と派遣後の研究内容についてあらかじめ丁寧な方針を立てていたことは、滞在開始後に速やかに研究を始め、方針に惑うことなく研究を続けることに重要な役割を果たした。派遣期間においては、本プログラムより支給された滞在費を用いて不自由なく生活用品を揃えられたことで、研究に集中するための環境を作り維持することができ、結果として質の高い研究成果を得ることができた。また、金銭面での問題がなく、研究室の行事や同僚との交流の場に参加できたことは、同僚との関係を良好にし、ドイツの研究体制や文化への理解を深めることにつながった。