

二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月8日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]
東北大学・環境保全センター
[職・氏名]
教授・渡邊 賢
[課題番号]
JPJSBP1 20192901

1. 事業名 相手国: フランス (振興会対応機関: CNRS)との共同研究
2. 研究課題名
(和文) 亜臨界水一超臨界二酸化炭素共用によるセルロースからの基幹化合物合成プロセス
(英文) Coupling of high pressure water and CO2 for platform molecule synthesis from cellulose
3. 共同研究全実施期間 2019年4月1日 ~ 2022年3月31日 (3年0ヶ月)
4. 相手国代表者(所属機関・職・氏名【全て英文】)
Toulouse University, Professor, Severine Camy
5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		4,712,500 円
内訳	1年度目執行経費	2,337,500 円
	2年度目執行経費	2,375,000 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究全実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	5名
相手国側参加者等	9名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	4	0	2(0)
2年度目	0	0	0(0)
3年度目	0	0	0(0)
4年度目	-	-	- (-)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:本委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は本委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流実績の概要・成果等

(1)研究交流実績概要(全期間を通じた研究交流の目的・研究交流計画の実施状況等)

特にフランス側(Camy のグループ)では、超臨界流体技術の戦略的利用に積極的であり、実際 Toulouse 大学には多くの実験設備がある。本研究に関連したところであれば、水-超臨界 CO₂ 二相間での Fructose からの 5-HMF 連続合成・抽出を可能とするシステムを有し、スケールアップを念頭に置いた実証スケールに近い超臨界炭素関連の設備も有している。一方で日本側では、水-超臨界 CO₂ 二相間の分配係数測定装置や触媒合成の技術がある。分配係数測定を始めとする物性研究には操作ならび調整に子細な注意を有し、十分な経験を積み高度な技術を習得する必要がある。また、後者の触媒合成に際しても、これまでの知見の蓄積を利用した官能基の賦活技術が要求される。これらの知見・技術を組み合わせることで相補的に研究を進められるものと考えたため、人材交流を含む研究交流を進めることにより、研究計画の実現を目指したものである。

研究交流計画の実施状況としては、初年度は、相手側の修士学生が 5 月から 3 ヶ月間日本に滞在し、渡邊の下で水-CO₂ の 2 成分間の分配係数測定を中心とした実験を行った。また、時期を同じくして相手側の Camy 教授を 1 か月間招聘し、関連データ蓄積並びに研究計画の策定を行った。一方で渡邊のグループからは、渡邊と、平賀助教、修士学生 1 名の 3 名が 10 月に Camy 教授・Condoret 教授の大学を訪問し、平賀助教は 2 ヶ月間滞在することで現地の助教らとディスカッションを重ね、分配係数測定や二相間での 5-HMF 合成に関する実験を行った。

二年目は、新型コロナウイルス感染症の世界的な蔓延に伴い、現地を訪問する等の実地の交流は行えなかった。一方で、オンラインでのミーティングを定期的に行い、相互に実験の進捗を確認するとともに、フランス・Bordeaux で行われた国際会議(オンライン)に参加した。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

まず、Fructose からの合成対象となる 5-HMF であるが、水-超臨界 CO₂ 間の分配係数については推算値があるのみで実測値が存在していなかった。本事業によりこれを実測できたため、二相間における分配係数が温度依存性を含んだ情報として定量的に明らかとなった。

また、固体酸触媒添加時の 5-HMF の合成についても、回分式反応器を用いた試験によりその反応メカニズムおよび反応速度定数を明らかにし、実際それを用いた半回分式反応器を用いた試験へと展開できた。結果として、連続的に CO₂ を供給する半回分式反応においては、CO₂ の流通に伴う水分の同伴現象が無視できないということが明らかとなり、新たな速度論モデルの構築の必要性を説いた。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

(2)で述べた水-超臨界 CO₂ 間の分配係数について、その実験装置の骨格となる部分は Camy のグループから招聘した修士学生とともに構築したものであり、分配係数測定はこの交流によって実現できたものである。また、前述の CO₂ 同伴現象については渡邊グループでも、Camy のグループでも認識されていたため互いに情報を共有し、実際 Camy のグループでは枯渇する水を補うべく、ポンプを追加し水を供給するラインを新たに設置することでその影響を抑える方法を取った。これにより、効率的に反応を進められる可能性が示唆されている。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

当該研究はバイオマス由来物質を原料として、これを有用な物質に変換することを念頭に置いている。このとき、環境負荷を可能な限り抑えたグリーン溶媒(水・二酸化炭素)を使用することにより、低環境負荷なプロセスを構築することを目指したものである。現時点では基礎研究のため直接的に社会的貢献を行えるレベルに達してはいないものの、将来的には出発原料を実バイオマスにし、また実験規模をスケールアップし、連続プロセスを構築することによって持続可能型社会の実現に向け社会的貢献を行えるものと考えている。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取り組み、成果)

特に初年度において平賀助教が 2 ヶ月間渡仏し、Camy のグループにおいて研究を行ったことが研究者養成への貢献として大きいものとする。平賀助教は期間中、Camy のグループの助教である Oriez と同じ居室・

実験室で研究を重ねた。当人にとってこれだけの期間海外で研究を行った経験が無かったため、非常に有意義な経験になっている。また、このような研究交流を進めることで、現地の研究者とのコネクションも作れたものとする。また、当該研究に参画した修士学生は、相手型研究室を訪問し報告会に参加したり、定期的なオンライン会議に参加し議論を重ねたり、さらにはオンライン開催の国際会議に口頭発表者として登壇したりと、当該二国間研究に参加することで得られる数多くの経験を得ることができた。

(6)将来発展可能性(本研究交流事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本事業に直接的に関連するところとしては、水-超臨界CO₂二相システムにおける5-HMF合成については、継続して研究を進めることにより、より実証的な試みを行えるものとする。また、本事業で構築した交流関係を生かし、他のプロセス(たとえば二酸化炭素固定)などについても議論を交わすことで、広く炭素循環型社会への貢献を目指した、超臨界二酸化炭素の有効利用について研究を進められるものとする。

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記述してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞、産業財産権の出願・取得など

相手側のCamy氏は、現在、東北大学大学院工学研究科のクロスアポイントメント教授として採用されており、継続的に研究交流を行っている。