

二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月18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]
埼玉大学・理工学研究科
[職・氏名]
准教授・荒木 稚子
[課題番号]
JPJSBP1 20193505

1. 事業名 相手国: ドイツ (振興会対応機関: DAAD) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 次世代エネルギー技術を担う超耐熱性 MAX 相基複合材料の開発

(英文) Unveiling the limit of MAX phases for energy applications by merging experimental and simulation approaches

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】)

RWTH Aachen University・Junior professor・Jesus Gonzalez-Julian

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		3,756,140 円
内訳	1年度目執行経費	1,870,000 円
	2年度目執行経費	1,886,140 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	8 名
相手国側参加者等	4 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)

・概要

世界的な環境・エネルギー問題の解決のため、新たなエネルギー技術の開発が進められている。種々のエネルギー技術は、稼働温度を高めることにより高効率化を図ることができるため、超耐熱材料の開発は必須の課題である。しかしながら、現在使用されているニッケル耐熱合金の使用上限温度は約 1150℃であり、現在開発が進むセラミクス基複合材料(CMC)は高温化が望めるものの製造・加工が高コストであるなど、課題が山積している。そこで新たな超耐熱材料として最近注目されるのが、「MAX 相」である。MAX 相は、金属でもセラミクスでもなく、互いの弱点を補う特性を有する新規材料であり、合金よりも高い耐熱性を示し、CMC よりも低コストでの作製が期待されることから、超耐熱材料としての利用が期待されている。MAX 相の実用化・普及に向けては、複合化技術等による特性のさらなる向上と、変形・破壊挙動の機構解明・予測法確立が大きな課題となっている。

そこで本研究では、エネルギー技術の高効率化を担う超耐熱材料として、MAX 相を基材とする新規材料の創成を目指し、MAX 相基材料として多孔質材、繊維強化複合材、熱遮蔽コート(TBC)材とその複合体の開発を行うことを目的とした。特に、日本側では酸化被膜形成と力学挙動に着目して研究を進めた。

若手研究者養成・交流の観点からは、本関連研究に従事する博士前期課程学生等を相手国に滞在させ、実験・解析を進めるとともに、将来国際的に活躍することが期待される若手研究者を加え、現地でミーティングを行う予定とした。また、相手国側の博士後期課程学生を本研究室で受け入れる計画とした。若手の日本人研究者・学生が、日本およびドイツにて一緒に実験・解析やミーティングを行い、国際的な環境で議論を交わしながら研究を進めることは、彼等にとって非常に貴重な経験となることが期待された。

・実施状況

1 年目は主に、多孔質 Cr₂AlC を中心として共同研究を行った。若手研究者および博士前期課程学生の相手国研究機関への訪問・派遣を行った。博士前期課程学生は、現地で基本 MAX 相試料の作製方法を学ぶと同時に、相手国参加者との学術的・文化的交流を図った。続いて、日本側代表者の研究室において相手国代表者および参加者の受入れを行った。双方の訪問および対面でのディスカッションは、本共同研究の進捗および研究交流基盤の形成に大いに役に立った。

2 年目は主に、Cr₂AlC にセラミクス繊維を混合した複合材料について共同研究を行った。相手国側研究室で材料を作製し、日本側で特性評価を行った。コロナ禍のため派遣・受入や対面での議論が不可能となったが、オンラインや郵送での試験片・データやり取りおよびディスカッションを通じて、研究交流を保つよう努めた。また研究期間を延長して、3 年目にコロナ禍が明けた際に対面交流の機会を持つこととした。

3 年目は主に、Ti₂AlC にセラミクス繊維を混合した複合材料について、共同研究を行った。2 年目と同様、相手国側研究室で材料を作製し、日本側で特性評価を行った。研究期間の延長をしたものの、コロナ禍は継続し、実際の派遣・受入は難しいと判断される状況であったため、昨年度同様オンライン・郵送での交流により共同研究を進めることになった。しかしながら、本コロナ禍での国際共同研究の経験を通じて、若手研究者らがコロナ後の将来における国際共同研究や国際交流を考える上では大変よい経験になった。

(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)

・新たな知見・概念の展開

本共同研究を通じて、特に日本人学生の派遣により基本的な MAX 相に関する作製技術および知見が相手国より提供された。また相手国で作製・提供された試験片に基づいて行われた国内での各種試験により、新規 MAX 相複合材料の構造および特性に関する最新かつ貴重な知見が日本側にもたらされた。今後、これらの知見に基づき、国内での試料作製の試みや数値解析技術の確立など、さらなる発展研究が行われる予定である。(下記(7)参照)

・学術的成果

本共同研究を通じて、国際学術論文 1 件、国際学会口頭発表 2 件、国内学会口頭発表 2 件への成果につながった。また、2・3 年目に得られた複合材料に関する研究成果については、現在国際学術雑誌へ投稿するための論文を共同執筆中である。

(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)

・研究的成果

新しいクラスの方法である MAX 相、特に多孔質構造体と各種セラミクス繊維入りの新規複合材料などについて、その酸化機構や力学的特性、また酸化被膜等が力学的特性におよぼす影響について解明することができた。これは、本新規材料を作製することが可能な相手国研究者と、力学評価に詳しい日本国研究者の学術協力がなければ、なしえなかった成果であり、大変有意義な研究交流であった。

・教育的効果

相手国および様々な国籍の研究者との派遣および受入れによる交流によって、日本側の若手研究者・学生の研究・勉学モチベーションの向上につながった。

(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)

・諸問題解決による社会貢献

本共同研究成果により、MAX 相新規複合材料の構造・特性の解明が行われ、超耐熱材料として有用性が示されたことから、今後将来的に、世界的な環境・エネルギー問題や材料・資源問題の解決という観点から社会に貢献することが大いに期待される。

(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)

・1 年目

1 年目は、若手研究者や修士学生の相手国研究機関への派遣・訪問・交流などを行った。また、相手国側代表者・参加者の受入れを行い、研究に関するディスカッションや文化交流を行った。日本側参加者の研究および勉学、国際的フィールドでの活躍、日本社会貢献へのモチベーション向上につながった。

・2 年目・3 年目

コロナ禍により、日本国・相手国参加者の派遣・受入が困難となり、対面での交流やディスカッションが難しくなったが、試験片やデータの郵送やメール授受、オンラインでのディスカッション、国際学会(オンライン)での発表など、国際的な研究を身近に感じながら進めていくことができるよう配慮した。その結果として、各国の違い(状況や政策等)を理解しながら共同研究を進めていくことができ、また今後(コロナ後)の国際共同研究の形・あり方について考える機会となったことから、将来の科学技術・本分野の研究を担う若手研究者や学生にはよい経験となった。

(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)

・研究

MAX 関連研究の日本国内での活性化や本共同研究により形成された研究基盤のさらなる強化につながることを期待される。(下記(7)参照)

・交流・育成

若手研究者や学生等参加者の積極的な国際共同研究・国際交流や若手間での次世代の研究ネットワーク基盤構築につながることを期待される。

(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

・科学研究費(国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B)))の採択

本事業を通じて得られた研究基盤に基づき、上記科研費への応募・採択につながり、今後さらなる本研究の発展、国内作製技術および数値解析技術の基盤構築、さらに MAX 相研究分野の日本国若手育成につながることを期待される。また本共同研究で得られた成果の様々な場での発信を通じて、国内での新たな共同研究および若手研究者の参画につながった。