

令和 4 年 10 月 15 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 202080368

氏 名 岡 健太

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 ワシントン州プルマン (国名 米国)
2. 研究課題名 (和文) : 高温高压下での水素-ヘリウム系の状態図の決定と木星内部構造の制約
3. 派遣期間: 令和 4 年 2 月 15 日 ~ 令和 4 年 9 月 16 日 ( 214 日間)
4. 派遣先機関名・部局名: ワシントン州立大学 Institute for Shock Physics
5. 派遣先機関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)

派遣先機関にて、以下の通り複数の研究課題に取り組んだ。

- 1) H<sub>2</sub>O-He 系における高压高温相図の制約、特に超イオン相の観察  
私は、純水 H<sub>2</sub>O と H<sub>2</sub>O-He の二種類の試料について、室温の「高压氷」から高温の「超イオン相」への相転移を放射光 X 線を用いた X 線回折で観察し、He を含む系ではより低い温度で超イオン化することを確認した。He の影響によりカイネティクスの変化した可能性や、超イオン相の結晶構造・ダイナミクスが純 H<sub>2</sub>O の超イオン相とは異なる状態に変化した可能性が考えられる。
- 2) CS<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> 系における圧力誘起金属相転移の観察  
2020 年に Nature 誌に報告され、現在も多く期待と疑義を投げかけられている C-S-H 系の室温超電導に関する追試として行った。室温で透明な液体である二硫化水素 CS<sub>2</sub> は、50 万気圧以上で金属化、極低温領域では超伝導体に相転移することが知られている。私は、CS<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> の混合試料の電気抵抗測定を 70 万気圧までの圧力、4-300K の温度でおこない、水素の影響により超伝導相転移温度が変化するかどうかを調べる実験を行った。純 CS<sub>2</sub> 系と同じく室温 50 万気圧付近で試料が金属化したこと、260 K 未満では試料が金属から非金属に相転移してしまうことを確認した。
- 3) RbBr における高压下でのバンド構造変化の実験的観察と、金属相転移圧力の制約  
ハロゲン化アルカリ金属の高压下における物性測定実験は、新規工学材料の探索や高压下における材料物性を理論計算により予想する上で重要な情報を与える。先行研究において、臭化ルビジウム RbBr は、130 万気圧付近でバンドギャップが閉じ、金属化することが予想されていた。私は、180 万気圧までの室温高压下電気抵抗測定を行い、理論予測された 130 万気圧では金属化せず、160 万気圧付近まで透明 (=金属化していない状態) だった試料が、170-180 万気圧付近で黒色化 (=バンドギャップが閉じ始めた) し、半導体的な電気抵抗を示すことを確認した。

## 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)

当初予定していた研究課題 ( $H_2$ -He 系の高圧高温相図の決定) について、派遣先到着後に受入研究者と相談した結果、技術的課題が大きいため、同じく物質科学的・惑星科学的意義の大きい「1)  $H_2O$ -He 系における高圧高温相図の決定、特に超イオン相の観察」という研究課題に切り替えて研究を行った。この研究課題について、派遣期間中に重要なデータを得ることができ、私の取った XRD 測定結果をメインデータとして研究成果を査読付き原著論文として発表した (Kim & Oka et al., (2022) J.Phys.: Condens. Matter, 34:394001 <https://doi.org/10.1088/1361-648X/ac8134>)。

今回行うことができなかつた  $H_2$ -He 系の高圧高温相図の決定に関しても、受入教員からは、私の博士課程修了後に共同研究として進めていきたいというお言葉を頂いており、私としても今回の派遣で得た知見を応用すれば技術的困難を解決することができると確信しており、将来的にぜひこの研究を形にしたいと考えている。

また「3) RbBr における高圧下でのバンド構造変化の実験的観察と、金属相転移圧力の制約」についても、従来の実験圧力を 2 倍程度拡張した超高圧下電気抵抗測定を行うことができた。私が測定した電気抵抗測定結果から、ハロゲン化アルカリ金属の高圧下でのバンド構造変化という物質科学的に重要な情報が得られたことから、この結果を査読付き論文に投稿するべく、受入教員と執筆に関して調整を行っているところである。

## 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)

本プログラムを通して得られたこととして、具体的な研究・実験手法で言えば

- ・ラマン分光測定による高圧下での相同定
- ・高圧下電気抵抗測定による、絶縁体-金属転移、超電導相転移の観察
- ・クライオスタットを用いた室温から 4K までの高圧物性測定

等が挙げられる。私の所属研究室では、高圧その場で行う測定は X 線回折測定くらいで、主な測定は試料を常圧回収してから行うことが多い。上記の派遣先機関での実験手法は、試料回収を前提としない高圧その場測定が主であり、高圧下における試料の化学結合状態や物性を解析する手法を習得することができた。今後、私の研究手法・研究対象の幅を大きく広げることができると期待される。

私にとって、今回の渡航が初めての海外留学経験であった。また、他の研究室との共同研究を行う機会もあまりなく、現在の所属研究室の中で正しいとされている実験の手法や研究の進め方しか学んでこなかった。今回、低温高圧下光学・抵抗測定という、いままで触れてこなかった実験技術を得意とする研究室に派遣され、これまで自分が研究の中で測定・観察してきた事象が、高圧での試料の物理的・化学的状态のごく一面を捉えていたに過ぎなかったことを実感し、大いに視野を広げられた。また、所属研究室では主に 1 人の学生が 1 つのテーマを持って、各自が実験から解析、論文文化に至るまでを一通りすべて行うことが普通であった。派遣先研究室では、1 つのテーマに対して複数の学生と助教が共同でコミットするスタイルであり、一人で研究が完結しない、チームワークでの活動が私にとっては新鮮であった。実験や解析など得意分野の異なる複数名で研究を進めることで、自分一人では得られない気づきや視点が得られることを実感することができた。

今後の研究者としてのキャリアを考える上でも、多くの視点が得られた。派遣先での研究者たちとの議論を通じて、海外でも英語を使って研究に関するコミュニケーションを取ってゆけるという自信を得ることができた。また、自分が日本で培ってきた実験技術・研究遂行能力が海外で通用し、時には重宝される、という場面も多くあった。将来のキャリアとして、派遣前にはなかった海外での研究生活も視野に入るようになった。しかし一方で、派遣期間後半、特に最後の 2 ヶ月間は、周囲に日本語で話せる友人や同僚がいないことで強い孤独感に苛まれ、一時は体調を崩してしまうこともあった。依然として海外における研究生活が素晴らしいものだと思う一方で、今後の研究者人生の中で海外での研究を行う機会を得られたなら、研究以外の私生活を心身ともに健康に過ごせるような環境づくりの工夫を忘れてはならない、という教訓を得ることができた。