

(様式D-2)

(別 紙)

令和 4 年度 海外派遣研究員研究報告書

令和 5 年 5 月 8 日

日本大学理事長 殿

日本大学学長 殿

所 属 生産工学部 (生産工学研究所)

資格・氏名 教授・久保田正広

令和 4 年度海外派遣研究員 (短期 A) の研究実績を、下記のとおり報告いたします。

記

1 区 分 短期 A

2 研究課題

軽金属の高強度と高機能化を実現するためのプロセス条件と特性の解明に関する研究

3 派遣期間 西暦 2023 年 2 月 17 日 ~ 2023 年 4 月 9 日

4 派遣先 オーストラリア

5 研究目的

約 7 週間の予定で、当研究室で作製した材料から得られている知見を基にオーストラリアを代表する Monash 大学, Melbourne 大学, RMIT 大学, Deakin 大学, Sydney 大学を訪問し、これらの研究機関に所属する世界的に著名な各教授と軽金属の高強度化と高機能化のプロセスや組織解析について議論することを目的とする。

Nie 教授 (Monash 大学) では Al-Mg-Ag 合金の析出挙動の研究を行う予定である。電子顕微鏡を用いた析出物の構造解析について議論する予定である。また、粉末冶金プロセスで創製したマグネシウム合金の強化機構について議論する予定である。

Melbourne 大学や RMIT 大学では、三次元プリンターを用いた軽金属の創製について装置の見学やプロセス条件と特性について協議する予定である。

Deakin 大学では、構造解析について協議を予定している。

Sydney 大学で Ringer 教授と軽金属の高機能化について協議する予定である。

6 研究概要

低炭素社会の構築を目指す日本では輸送機器の軽量化が必須であり、特に輸送機器に構造材料として使用されている軽金属の軽量化および高強度化は構造体の設計に重要な影響を与える。これまでの構造材料は、溶解・鋳造および塑性加工や熱処理を組み合わせた製造プロセスにより作製されているため、合金開発や力学的特性の改善は平衡状態図に大きく依存する。したがって、これまでに開発されてきたマグネシウム合金の機械的性質は合金設計やプロセス設計の観点から自由度が大きく制約を受けており、要求される特性の飛躍的な向上の妨げとなっている。特に高強度と高弾性率を兼備しているマグネシウム合金に関する情報は皆無に等しいのが現状である。また、マグネシウム粉末のハンドリングの難しさから国内外で粉末冶金プロセスを積極的にマグネシウムへ適用した例は限られている状況である。以上のことから、マグネシウムに対する添加元素の探査や最適組成の探査および特性の評価は、今後の学問領域を拓げるために必要不可欠である。

近年、構造材料の軽量化のため要求される特性にカスタマイズされたマグネシウム合金が必要とされている。これらを実現するために新規プロセスの適用による高強度かつ高弾性率を兼備した新しいタイプのマグネシウム合金の創成が急務とされている。粉末冶金法は、自由度の高い合金設計やプロセス設計が可能な手法として知られており、構造材料の機械的性質を大幅に改善することができる可能性を秘めている。

これまでに当研究室で作製したマグネシウム系材料の特性を導き出している組織的な要因をオーストラリアの研究機関に所属する各専門家と協議し、合金設計およびプロセス設計の指針を確立したい。

7 研究結果・成果

約7週間の滞在中、Monash大学、Melbourne大学、RMIT大学、Deakin大学を定期的に訪問し、各先生方と研究成果について協議を行った。

Nie教授(Monash大学): Al-Mg-Ag合金の析出挙動は、出張者が約20年前に発見した特異な現象である。Al-Mg-Ag合金を溶体化処理後、水焼き入れによって過飽和固溶体が形成し、その後の熱処理によって過飽和固溶体からT相($Mg_{32}(Al, Ag)_{49}$)が析出し、これによって合金が高強度化することが知られている。T相の結晶構造は約60年前にX線回折によって明らかにされてはいたが、電子線回折によって結晶構造の特定に関しては出張者が明らかにした。その構造は、準結晶の特徴でもある5回対称である。しかしながら、過飽和固溶体からT相が形成されるまでの原子の挙動については未だに明らかにされておらず、この分野で最も多くの知見を有しているNie教授と議論した。現在、博士後期課程の大学院生がこの課題に取り組んでおり、まだ論文等で公表する段階には至っていないとのことだった。今後、連名で研究論文を執筆する予定である。

(様式D-2)

Xia 教授 (Melbourne 大学) : マグネシウム粉末の固化成形に関するプロセスとそれによって得られる材料の特性との関係について議論した。Xia 教授は粉末からバルク材へ固化成形するプロセスに関して、金型内で粉末を前方のみならず後方から圧力を加える BP-ECAP という固化成形プロセスを世界で初めて開発した先生として知られている。比較的低温でバルク化が可能な本プロセスから得られる材料特性と出張者の研究室で長年取り組んできた放電プラズマ焼結から得られる材料特性について、情報共有や意見交換を活発に実施した。打ち合わせの結果、今後、お互いのデータを使用し、解説論文を執筆する予定である。

Leavy 教授 (RMIT 大学) : 三次元プリンターを用いた軽金属の創製について装置の見学やプロセス条件と特性について協議を行った。軽金属粉末から三次元プリンターを使用することによって、その目的に応じた様々な形状の造形が可能であり、これまでの伝統的な加工法である鋳造や塑性加工よりも形状付与の自由度が高いことが示された。しかしながら、造形の準備段階として粉末の形状や大きさの選定、造形に用いる形状の三次元データの構築、実際のプロセス条件の検討など、多くの十分な知見を融合させなければ最適な造形が得られないことも分かった。Leavy 教授の研究グループでは、これらの分野ごとにチームを構成し、そのエキスパートによって最適な造形を達成していることが伺えた。三次元プリンターを用いた軽金属粉末の造形に関しては、その分野が細分化されており、一人の力で達成することの困難さを感じ取ることができた。応用品としては、生体材料が最も有力であり、各個人によって例えば骨や臓器の形状が異なることから造形に必要な三次元データの構築などに対して個々のカスタマイズが可能であることが利点として挙げられる。ただし、造形に必要な三次元形状のデータの構築には多くの困難を要するとの事だった。応用品の完成度を高めたり、精度を高めるためには三次元形状のデータの精度を高める必要があることを改めて実感した。今後は継続的に連絡を取り合いながら、生体材料への適用を視野に入れた粉末の作製を日本大学で実施し、その粉末を用いた三次元造形を RMIT 大学で実施し、粉末の特性、プロセス条件と造形品の特性を検討することとした。

Cizek 先生 (Deakin 大学) : 粉末冶金プロセスで創製した材料の組織解析について協議し、高強度化と高機能化を引き出すためのプロセス条件などの検討を行った。特にマグネシウム合金の組織観察を積極的に実施している Cizek 先生から所属する研究所内を案内して頂き、実際に組織観察で使用する電子顕微鏡を見学させて頂いた。様々な協議を行い、粉末冶金プロセスで作製した材料の特異な組織構造解析に関して日本大学から材料を提供し、Deakin 大学で組織観察を行い、共著で研究論文を執筆することとした。

Ringer 教授 (Sydney 大学) : 先方の都合で訪問することができなかった。

以 上