

戦略的創造研究推進事業(ALCA)  
技術領域(実用技術化プロジェクト)  
課題名「軽量構造部材創製のための  
革新的汎用マグネシウム合金の開発」

## 終了報告書

研究開発期間 平成 24年 10月～令和 2年 3月

研究開発代表者: 鎌土 重晴  
(長岡技術科学大学 技学研究院、教授)

## ○報告書要約（和文）

研究開発代表研究者：長岡技術科学大学 教授 鎌土 重晴

研究開発課題名：軽量構造部材創製のための革新的汎用マグネシウム合金の開発

### 1.研究開発の目的

わが国では、2030年度に温室効果ガスの排出量を2013年度比で26%削減することを公言している。温室効果ガス排出量のおよそ80%はCO<sub>2</sub>であり、日本の運輸部門がCO<sub>2</sub>排出量の17%を占めることを考えると、輸送機器の燃費向上は温室効果ガス削減に大きな効果を持つ。マグネシウム合金は、軽量な構造用金属材料といわれるアルミニウム合金よりもさらに軽量の金属材料である。しかし、マグネシウム合金の製造コストは高く、輸送機器の構造部材としての実用化に向けた活発な研究開発は行われていなかった。本研究開発では、既存の鉄鋼材料やアルミニウム合金の代替材料として使えるマグネシウム合金の開発を目的として、各種シミュレーション技術とマルチスケール解析を駆使した原理・原則に基づく高性能マグネシウム合金展伸材の設計指針構築を進めた。また、本研究開発の成果をいち早く実用化できるよう、企業との連携研究も推進した。鉄鋼部材から新規マグネシウム合金の置換による軽量化効果により想定される我が国の自家用乗用車のCO<sub>2</sub>排出削減量は、年間で約1549万トンにも達し、我が国の自家用乗用車からの温室効果ガス総排出量の約14.2%もの削減を期待できる。

### 2.研究開発の概要

#### (1)内容:

- ・析出形態予測や強度特性予測を可能とするマルチスケールシミュレーション技術の開発
- ・優れた押し出し加工性や室温プレス成形性を持つ新規時効硬化型マグネシウム合金の開発
- ・マグネシウム合金製の実用部材製造に必要なプロセス技術の開発と加工熱処理条件の最適化

#### (2)成果:

既存 Al-Mg-Si 系アルミニウム合金と同程度の押し出し加工性や室温プレス成形性を持つ新規時効硬化型マグネシウム合金を見出し、高強度発現機構や高延性化メカニズム解明を進めた結果、実用に耐えうる強度特性や延性を具現化するための合金組成や加工熱処理条件を確立した。また、各種シミュレーション手法を用いて新規マグネシウム合金の析出形態予測や強度特性予測手法も構築し、開発合金のさらなる高性能化に向けた組織設計指針や合金設計指針を得た。一連のラボレベル実験より明らかになった組織制御技術や金設計指針を基に、新規マグネシウム合金の実機スケール模擬部材試作を進め、実用化には欠くことのできない溶解・鑄造技術や金型設計技術、大型部材の組織制御技術を提案した。

#### (3)今後の展開:

新規時効硬化型マグネシウム合金の利用用途拡大に向けて、表面処理技術・異種材料接合技術の開発や、一層のスケールアップも必要となる。これらの研究開発は大型・量産に関連する研究で、企業だけで進めるにはリスクも大きいことから、素材メーカー、加工メーカー、ユーザーとの連携のもと、企業が中心となって進めるべき内容である。そのため、産学官連携のもと、NEDO プロジェクトのような公的資金による研究開発への展開が必要と考えられる。

## ○Report summary (English)

Principal investigator: Nagaoka University of Technology, Professor Shigeharu Kamado  
R & D title: Development of advanced magnesium alloys for light weight structural applications

### 1. Purpose of R & D

Japan has promised to reduce greenhouse gas emissions by 26% from the 2013 levels by 2030. In Japan, almost 80% of greenhouse gas emissions are caused by carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and transportation sector accounts for ~17% of the CO<sub>2</sub> emission; therefore, improving fuel efficiency of transportation vehicles significantly contributes to reduce greenhouse gas emissions.

Magnesium alloy is a light-weight material, and its density is much lower than aluminum alloy which is widely known as a light metal material. However, production of magnesium alloy products requires high cost and thus there are few R&D studies for the development of magnesium alloys which are usable as structural members for transportation vehicles. In this R&D theme, for the development of new magnesium alloys which can become alternative materials to current steels and aluminum alloys, we have tried to propose a design guideline of high-performance wrought magnesium alloys via multi-scale analysis including multiple simulation technique and in-depth microstructural characterization. In addition, to accelerate the practical applications of newly developed magnesium alloys, we have promoted the collaborative research with industries.

If the newly developed magnesium alloys will replace existing steels in automobiles, it can be expected that the reduction of CO<sub>2</sub> emission will reach about 1.5 million ton, which equals the reduction of greenhouse gas emissions by about 14% in automobiles.

### 2. Outline of R & D

#### (1) Contents:

- Establishment of multi-scale simulation technique which predicts precipitation morphology and precipitation hardening.
- Designing age-hardenable magnesium alloys with excellent extrudability/room-temperature formability.
- Development of processing technique and optimizing thermomechanical conditions for production of large-scale magnesium products.

#### (2) Achievements:

We have designed new age-hardenable magnesium alloys and successfully optimized the alloy compositions and thermomechanical processing conditions leading to the development of high-speed extrudable/room-temperature formable magnesium alloys with comparable strengths and ductility to current Al-Mg-Si alloys. We have also established simulation technique which predicts precipitation morphology and precipitation hardening, and the simulation results extract the alloy design strategy for further improvement of properties of magnesium alloys. As well as the development of new magnesium alloys and simulation technique, we have proposed melting technology, mold design technology, and microstructural control technology for manufacturing large-scale magnesium products with high-performance.

#### (3) Future developments:

To expand the applications of newly developed age-hardenable magnesium alloys, innovative surface treatment technology and joining technology will be necessary. Further scaling up is also an important. However, to avoid the risk of failure in business, such kind of projects should be carried out under a government-industry-academia collaboration; therefore, further R&D project will be required using public funds like NEDO project.