

# 革新的マルチ機能を有するマグネシウム合金の開発

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター 河村能人 (rivervil@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

## ■ 高熱伝導の軽量・高強度材料の必要性



- 要求性能**
- ・ 軽量
  - ・ 高熱伝導
  - ・ 高強度

情報電子機器やヒートシンク等の**放熱性**が必要とされる製品においても**軽量化**の要求が高まっている。

## ■ マグネシウム合金の特徴

**軽量**

実用金属で最も軽量

1.8 Mg

Al 2.7

Fe 7.8

**豊富な資源**

クラーク数第8位

実用金属

1. Si
2. Al
3. Fe
4. Mg

**人体・環境に優しい**

人体の必須金属元素

人体に含まれる金属元素

1. Ca
2. K
3. Na
4. Mg

**高いリサイクル性**

再溶解して再生

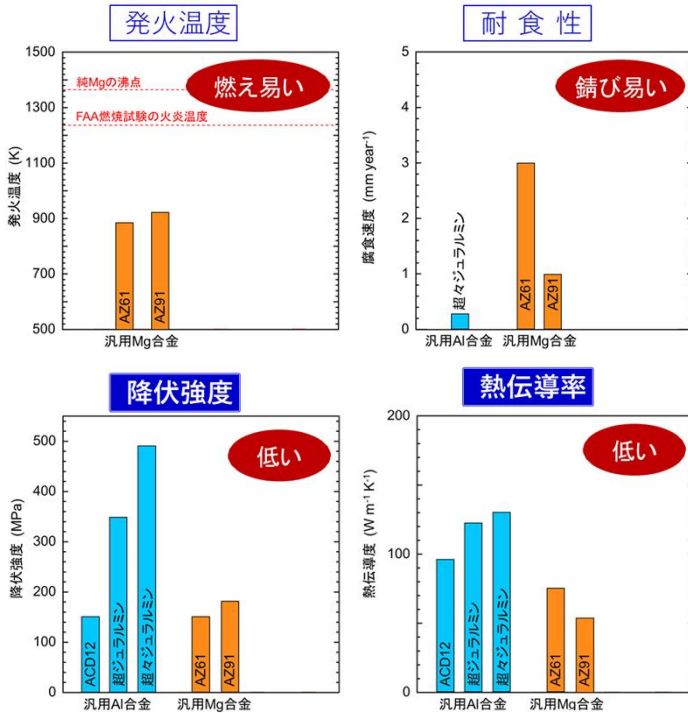
# Mg

輸送機器の軽量化による省エネ・CO<sub>2</sub>ガス排出抑制を可能にする21世紀の材料

出典 日本マグネシウム協会

## ■ 汎用マグネシウム合金の材料特性における課題

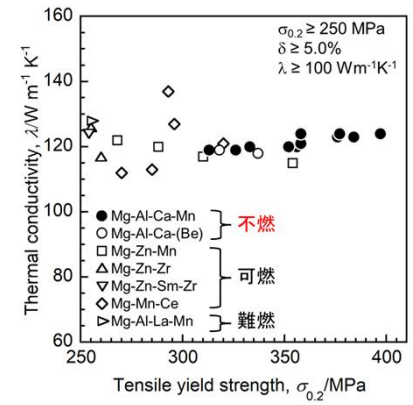
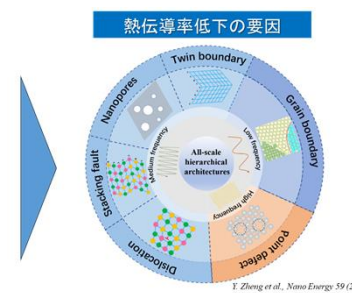
## ■ 開発した合金の特性



**Mg-4.5Al-2.5Ca-0.02Mn (at.%)**  
 最適熱処理条件: 673 K × 2.5 h, CFC  
 最適押出条件: T<sub>e</sub>=473 K, R=20, V<sub>f</sub>=2.5 mm/s

- 熱伝導率: 124 Wm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> (純Mgの79%)
- 引張降伏強さ: 397 MPa (AI7075-T6に比べて25%高い比降伏強さ)
- 引張伸び: 5.5% (降伏強さと伸びはトレードオフ)
- 発火温度: 1355 K (不燃性) (純Mgの沸点に近い発火温度)
- 腐食速度: 0.49 mm/year (AZ91D合金の約2倍)
- 比重: 1.76 g/cm<sup>3</sup> (純Mgの1.01倍)

- 材料強化法**
- 固溶強化 → 溶質元素
  - 加工強化 → 格子欠陥
  - 微細化強化 → 結晶粒界
  - キンク強化 → 積層欠陥
  - 分散強化 → 第二相粒子
  - 析出強化 → 第二相粒子



**機械的強度と熱伝導率の両立が困難**

# 革新的マルチ機能を有するマグネシウム合金の開発

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター 河村能人 (rivervil@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

## 合金の製造工程と組織変化

**【合金成分】**  
機械的強度・熱伝導率・発火温度・耐食性の向上

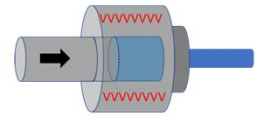
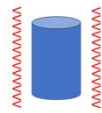
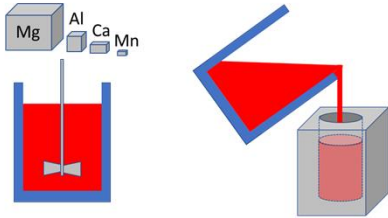
**【熱処理条件】**  
熱伝導率の向上

**【押出条件】**  
機械的特性の向上

溶解 → 鋳造

熱処理

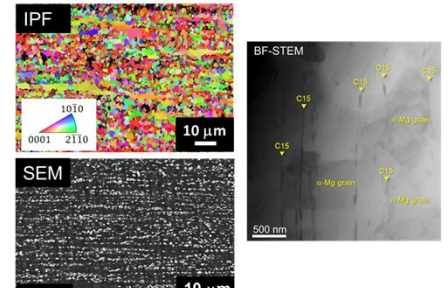
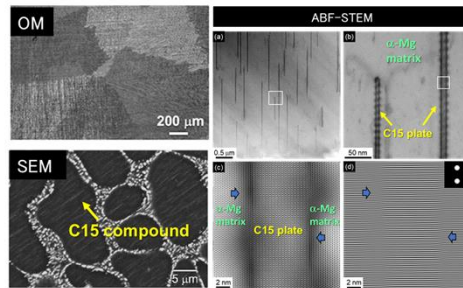
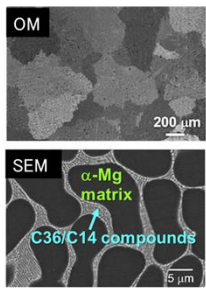
押出加工



鋳造まま材

熱処理材 (673 K × 2.5 h)

押出加工材 ( $T_e=473$  K,  $R=20$ ,  $V_f=2.5$  mm/s)



$\alpha$ -Mg + C36/C14共晶化合物

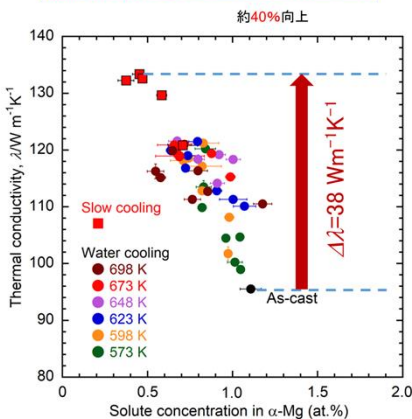
$\alpha$ -Mg粒径: 700  $\mu$ m、ネットワーク状共晶化合物  
 $\alpha$ -Mg母相中にC15型化合物 ( $\text{Al}_2\text{Ca}$ ) が半整合析出  
 $t=8$  nm,  $L=2$   $\mu$ m,  $W=1$   $\mu$ m

$\alpha$ -Mg粒径: 1.3  $\mu$ m、化合物微細分散 (粒径1  $\mu$ m)

## 熱処理による熱伝導率の向上

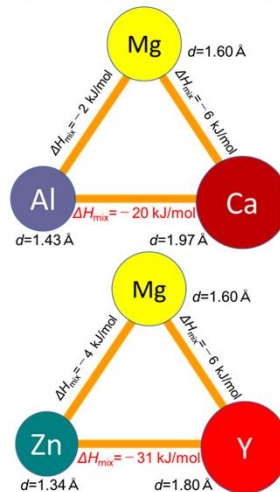
●C15( $\text{Al}_2\text{Ca}$ )化合物の析出  
⇒  $\alpha$ -Mg母相の高純度化

$\alpha$ -Mg相が熱のとおり道となり  
熱伝導率が向上 ( $\Delta\lambda=38$   $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ )



## 他合金系の探索

混合エンタルピーが負に大きい



### Mg-1.88Zn-0.75Y (at.%)

最適熱処理条件: 738 K × 24 h

最適押出条件:  $T_e=523$  K,  $R=15$ ,  $V_f=1.0$  mm/s

- 熱伝導率: 131  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  (純Mgの83%)
- 引張降伏強さ: 361 MPa以上 (Al7075-T6に比べて15%高い比降伏強さ)
- 引張伸び: 9.7%以上 (高い降伏強度と延性を両立)
- 発火温度: 1050 K (難燃性) (融点以上の発火温度)
- 比重: 1.84  $\text{g/cm}^3$  (純Mgの1.06倍)

## 知的財産権情報

- ①Mg-4.5Al-2.5Ca-0.02Mn (at.%)合金  
「マグネシウム合金及びその製造方法」  
PCT/JP2021/005388 (2021年)
- ②Mg-1.88Zn-0.75Y (at.%)合金  
「マグネシウム合金及びその製造方法」  
PCT/JP2023/037309 (2023年)

## お問い合わせ先

- 株式会社MG Port  
代表取締役 原 豊  
<https://www.mgport.co.jp/>
- 熊本大学先進マグネシウム国際研究センター  
センター長/教授 河村 能人  
<https://www.mrc.kumamoto-u.ac.jp/>