

# 日本が開発した高強度マグネシウム合金はなぜ強いのか —「その場中性子回折実験」で変形中の構成相それぞれのふるまいを解明—

**課題** 日本が開発したマグネシウム合金（LPSO-マグネシウム合金）は強度など様々な利点があるが、LPSO-マグネシウム合金は高温押出加工で強度が増すが、そのメカニズムは不明だった

**成果** J-PARC の中性子を使用した「その場中性子回折実験」でメカニズムを解明。合金を構成するマグネシウム相・LPSO相のそれぞれで強度が高められていた

**想定される活用例** 目的に応じた性質を持つLPSO-マグネシウム合金の作製が可能に！  
航空機や自動車など、輸送機器の軽量化な構造材料として期待！

## マグネシウムの特徴

鉄	チタン	アルミニウム	マグネシウム	メリット
				+ 実用金属で一番軽い + 資源が豊富
密度 7.87	4.50	2.70	1.74	<b>デメリット</b> - 強度が低い - さびやすい - 燃えやすい
比重 1	0.57	0.34	0.24	

（鉄を1とする）

## LPSO-マグネシウム合金

通常のマグネシウムの結晶構造  
**六方最密充填構造**

2層周期で規則正しく原子層が積み上がる

通常のマグネシウムの結晶構造  
(二次元模式図)

LPSO相を持つマグネシウム合金の結晶構造  
(二次元模式図)

LPSO相を持つマグネシウム合金の電子顕微鏡写真

LPSO相が Mg-Zn-Y合金の強さの秘訣の可能性

※LPSO : Long-Period Stacking Order (長周期積層) マグネシウム相の中に Zn-Y相が周期的に表れる構造

## LPSO-マグネシウム合金の応用

軽くて丈夫な LPSO-マグネシウム合金

航空機や自動車など、輸送機器の軽量化を担う材料として期待！

## LPSO-マグネシウム合金の作り方

LPSO-マグネシウム合金の作り方には大きく2つの方法がある

**急冷法**

急冷薄片の作製 → 予備形成体の作製 → ビレット (金属塊)

**鋳造法**

半連続鋳造ビレットの作製 (金属塊) → 皮むき加工 → ビレット (金属塊) → 押出加工

押出加工することで強度が大きく向上する

強度増加のメカニズムとしてLPSO相のキンク帯形成がある  
しかし、完全には解明されていない

高温押出加工によりLPSO相に形成されたキンク帯  
※キンク帯 結晶に見られる変形構造のひとつ 局所的に折れ曲がっている領域 キンク帯が入ることで構造的に強くなる

## 工学材料回折装置 TAKUMI による「その場中性子回折実験」

工学材料回折装置「匠(TAKUMI)」  
材料研究のための飛行時間型中性子回折装置  
材料の内部応力や集合組織など、新材料の設計などに役立つ情報を得ることが可能。

その場中性子回折実験  
測定したい材料の試験片を引張もしくは加圧しながら、「その場」で中性子回折を行う実験法。  
従来の手法では、各状態ごとに試験片を取り換える必要があり、状態変化の途中経過など連続データを取ることができなかったが、本手法では試験片で起こっている変化をその場でダイレクトに観測できる。

**LPSO-マグネシウム合金の強度増加メカニズムの解明へ**

## LPSO-マグネシウム合金の「その場中性子回折実験」の結果

LPSO-マグネシウム合金  
LPSO相 25%  
高温押出加工 350℃

Mg相の中に異なる組織形態が混在している  
⇨ マルチモーダル

再結晶組織  
変形組織

色付き：マグネシウム相  
黒塗り：LPSO相

押出比 5.0

押出比 12.5

出口が細くなると押出比が上がる

変形組織のマグネシウム相が見当たらない

铸造材

押出比 5.0

押出比 12.5

応力 (MPa) vs 荷重ひずみ (%)

## LPSO-マグネシウム合金の強度増加のメカニズム

**低い押出比**

マグネシウム相の細かい結晶粒の存在

**高い押出比**

LPSO相におけるキンク帯の発達

**これらの要素が LPSO-マグネシウム合金の強度増加メカニズムに関与**

マグネシウム相の (強力な集合組織 高い欠陥密度)

集合組織の発達

**マグネシウム相とLPSO相の比や、マルチモーダル化を制御することで、延性や剛性など目的に応じた性質を持つLPSO-マグネシウム合金を作製可能に！**