

(様式第5号)

X線吸収分光によるシンクロ型 LPSO-Mg 合金の局所構造解析 Local structure analysis of LPSO-Mg alloy by X-ray absorption spectroscopy

西堀麻衣子・二宮翔

Maiko Nishibori・Kakeru Ninomiya

- ※1 先端創生利用（長期タイプ）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後2年以内に研究成果公開（論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表）が必要です（トライアル利用を除く）。
- ※3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※4 共著者には実験参加者をご記載ください（各実験参加機関より1人以上）。

1. 概要（注：結論を含めて下さい）

$Mg_{85}Zn_6Y_9$ 一方向凝固材（18R-LPSO 相材）中に形成されたクラスタの局所構造解析を、X線吸収分光法により試みた。得られた Zn-K 吸収端 XANES スペクトルから、 $Mg_{85}Zn_6Y_9$ 中の $L1_2$ クラスタ中心には Mg が存在することが示唆された。

(English)

Local structure analysis of Zn-Y cluster in $Mg_{85}Zn_6Y_9$ has been tried by Zn K-edge X-ray absorption spectroscopy. It is suggested that Mg exists at the center of $L1_2$ cluster in $Mg_{85}Zn_6Y_9$.

2. 背景と目的

Mg は構造用金属材料として最も軽量であることから、輸送機器などを軽量化するための材料として多くの研究開発がなされている。一方で、既存の Mg 合金は、力学特性、耐食性、発火性に未だ問題がある。2001 年に開発された長周期積層（LPSO）型 Mg 合金[1]は、降伏強度が従来の Mg 合金を大きく超えるものであり、新材料として大きな期待を集めている。

シンクロ型 LPSO-Mg 合金とは、原子配列の構造変調と濃度変調が長周期に同期したものであり、純 Mg の結晶構造である hcp 構造とは異なる。シンクロ型 LPSO-Mg 合金では、塑性変形にともなう結晶内への著しい粒内方位差の導入によりキンクが形成され、材料強化につながる。しかしながら、キンク形成・強化のメカニズムは未だ明らかにされておらず、高機能な材料創成のためにもその解明が待たれているところである。

シンクロ型 LPSO-Mg 合金のキンク形成・強化機構を議論するためには、マクロスケールでの力学特性を司る組織の構造や形態などの情報とともに、原子・分子レベルで組織が生成する原因（駆動力）と硬質・軟質層間の相互作用を明らかにし、ナノスケールとマクロスケールの現象を統合的に理解する必要がある。本課題では、その第一段階として、 $Mg_{85}Zn_6Y_9$ 一方向凝固材（18R-LPSO 相材）中に形成されたクラスタの局所構造変化を X線吸収分光法により試みた。

[1] Y. Kawamura, et al., Mater. Trans., 42, 1172 (2001).

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

試料には、 $Mg_{85}Zn_6Y_9$ (一方向凝固材、合金インゴット $\Phi 12 \times L20$ 、18R-LPSO相材) を用いた。合金インゴットから切り出した試験片を研磨し、 $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 0.3 \sim 2.0 \text{ mm}$ に成形した。なお、合金インゴットからの切り出しは図1に示す通りとし、XAS測定の前に走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を実施した。

XAS測定は、SAGA-LS BL11において透過法で行った。

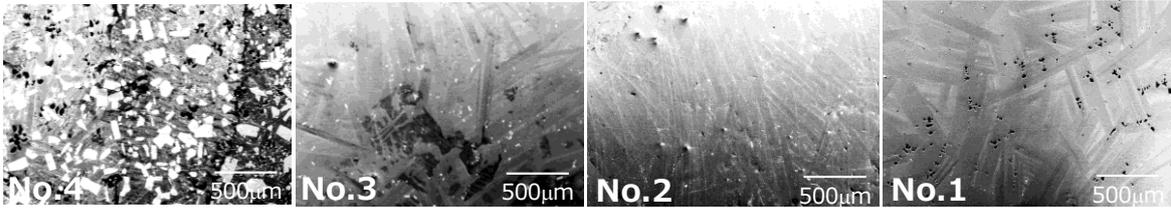
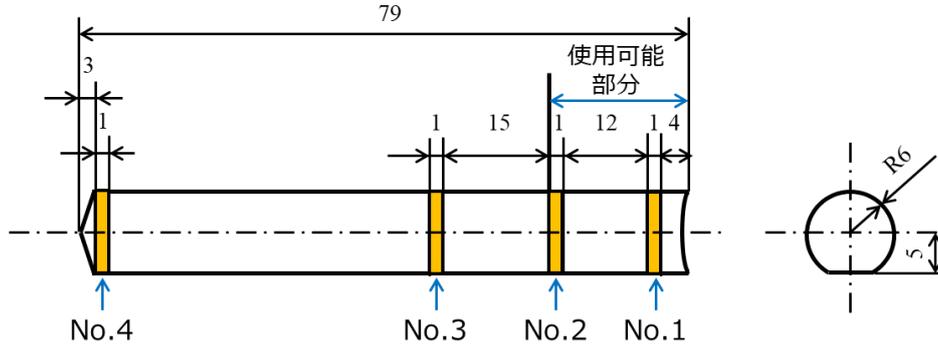


図1 合金インゴットからの切り出し部位と SEM 写真

4. 実験結果と考察

図1のNo.1近傍から切り出した部位からのZn-K吸収端XANESスペクトルを図2に示す。なお、スペクトルに生じた特徴的なピークに対し、記号を付した。得られたスペクトルから $Mg_{85}Zn_6Y_9$ のクラスタ環境を解析するために、Egusaら[2]が報告した構造を基に、 L_{12} クラスタ中心にMgを配置した構造モデル(図3)を作成し、スペクトルシミュレーションを実施した。

図4にシミュレーションで求めたZn-K吸収端XANESスペクトルを示す。図2の測定スペクトルに生じた特徴的なピークの形状および各ピーク間の距離は、図4に示した L_{12} クラスタの中心にMgが存在するモデルから求めたスペクトルと良く一致する。したがって、 $Mg_{85}Zn_6Y_9$ 一方向凝固材(18R-LPSO相材)中の L_{12} クラスタ中心にはMgが存在することが示唆される。

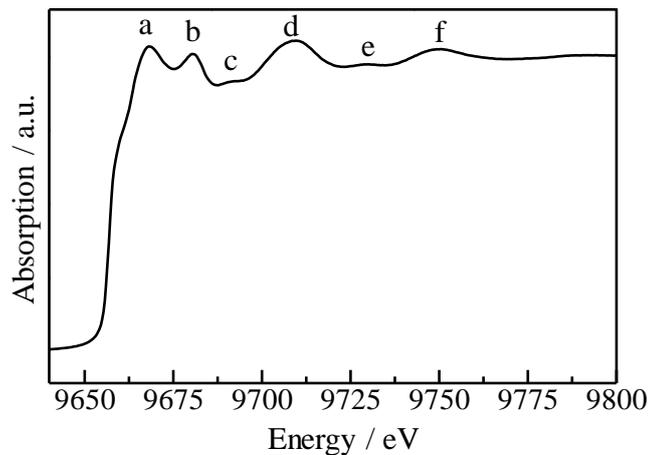


図2 $Mg_{85}Zn_6Y_9$ のZn-K吸収端XANESスペクトル

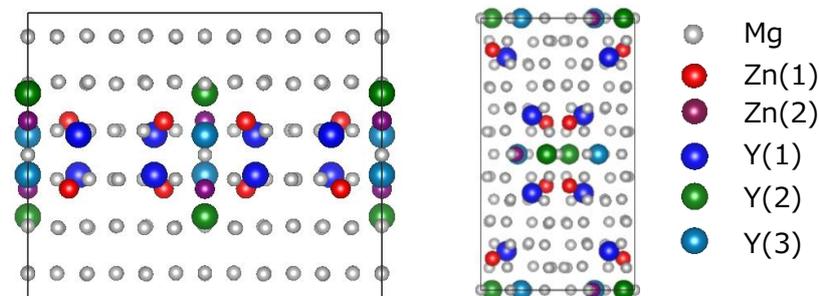


図3 L₁₂ クラスタ中心に Mg を配置した構造モデル

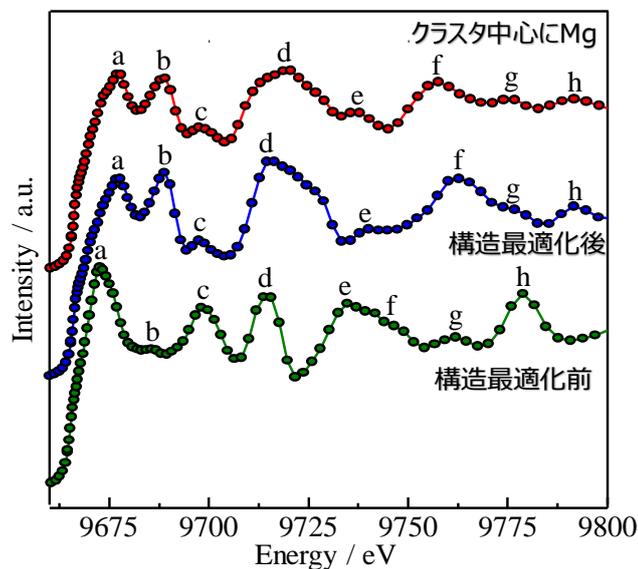


図4 シミュレーションで求めた Zn-K 吸収端 XANES スペクトル

5. 今後の課題

LPSO 構造の形成過程における溶質原子の局所構造変化を XAS 測定により追跡するとともに、リンク導入前後のスペクトル変化を検討する。

6. 参考文献

- [1] Y. Kawamura, et al., Mater. Trans., 42, 1172 (2001).
 [2] D. Egusa, E. Abe, Acta Mater., 60, 166 (2012).

7. 論文発表・特許 (注: 本課題に関連するこれまでの代表的な成果) なし

8. キーワード (注: 試料及び実験方法を特定する用語を2~3)
 LPSO 型 Mg 合金、X 線吸収分光、クラスタ中心原子

9. 研究成果公開について (注: ※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文(査読付)発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください。提出期限は利用年度終了後2年以内です。例えば2018年度実施課題であれば、2020年度末(2021年3月31日)となります。長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。)

① 論文(査読付)発表の報告 (報告時期: 2021年3月)