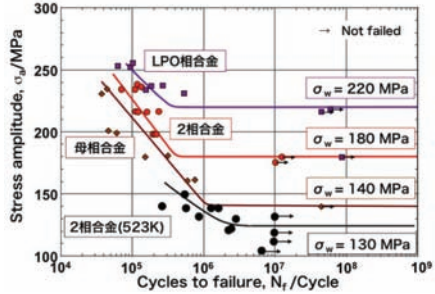
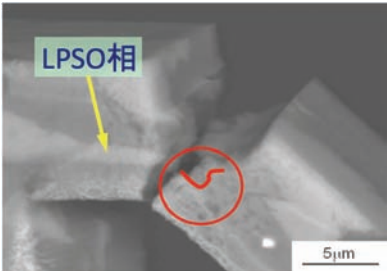


研究成果

<p>テーマ：次世代耐熱Mg合金材料設計開発 サブテーマ：1－3強化メカニズム解明 小テーマ：破壊メカニクス解明</p>	
<p>サブテーマリーダー（所属、役職、氏名）：東田賢二（九州大学 教授） 研究従事者（所属、役職、氏名）：山崎倫昭（熊本大学 准教授 兼 テクノ産業財団 雇用研究員）、北原弘基（熊本大学 助教 兼 テクノ産業財団 雇用研究員）、高島和希・頓田英機・安藤新二（熊本大学 教授）、大津雅亮（福井大学 教授）、森田繁樹（佐賀大学 准教授）</p>	
<p>1. 研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要 本プログラムで開発しているMg合金の破壊・疲労特性の特徴を実験的に明らかにするとともに、材料科学の基本的知見を基にその発現メカニズムの解明を目指す。このため、マイクロスケールからマクロスケールに至る破壊特性の実験観察を遂行し、内部組織と疲労・破壊挙動との関連を明らかにする。</p> <p>②研究の独自性・新規性 他に類を見ないマイクロスケール試験片を用いた本Mg合金の室温及び高温における破壊挙動の観察により、合金全体に破壊挙動に及ぼすLPSO相の役割を明確化した。また、高サイクル疲労試験により本合金に特徴的な亀裂伝播挙動を明らかにした。</p> <p>③研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）</p> <p>【フェーズⅠ】 Mg₉₇Zn₁Y₂合金押出材の破壊特性及び疲労特性を的確に把握するための実験解析手法を確立し、これを活用して各特性の発現挙動を明らかにするとともにそのメカニズムの検討を行う。</p> <p>【フェーズⅡ】 マイクロスケール試験片を用いてLPSO単相材の破壊挙動を調べるとともに、この手法を高温へ拡張しての破壊挙動を明らかにする。また、中型試験片により室温及び高温での疲労挙動、及び高サイクル疲労試験による疲労破壊挙動を調べ、その特徴を抽出するとともに高靱性材料設計への指針を提案する。</p>	
<p>2. 研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）</p> <p>フェーズⅠでは室温における破壊メカニズムを明らかにするため微小領域の破壊靱性評価を可能にする手法（マイクロスケール試験）の本合金への適用を検討し、その確立を達成した。また、微小試験片による疲労特性を評価した。図1は二相合金押出材、母相組成合金及びLPSO相組成合金の各押出材の疲労特性を示したS-N曲線である。本LPSO型Mg合金は疲労限を持ち、それは10の6乗サイクル程度で現れ、疲労強度は降伏強度の約45% (180MPa)であることが明らかとなった。また、LPSO単相材にも疲労限が現れ、合金の疲労強度はLPSO相と母相の中間程度の値となることが示された。</p> <p>フェーズⅡでは、フェーズⅠでの成果を踏まえて、母相単相、LPSO単相及び二相合金それぞれについて室温と250℃におけるマイクロスケール試験を遂行し、破壊挙動を捉えた。その結果、二相合金では高温で延性が発現し、LPSO単相合金では室温、高温ともに破壊靱性値が1.5~1.7MPam^{1/2}であることがわかった。また、亀裂の微視的観察より、LPSO単相合金では温度によらず亀裂の進展面は底面に平行であり、二相合金では亀裂がLPSO相で一旦停止し母相界面に沿う傾向が明らかとなった（図2）。これはLPSO相そのものの集合組織形成、及び合金中のLPSO相の形状や分布により破壊靱性を向上させ得る可能性を示す。</p> <p>一方、Mg₉₆Zn₂Y₂及びMg₉₇Zn₁Gd₂合金中型材の回転曲げ疲労試験を室温と250℃において遂行し、疲労挙動を調べた。各二相合金のLPSO相の体積比はGd合金で約10%、Y合金では約25%であったが、両者の疲労強度は室温でともに185MPa程度であり、高温でも両合金でほぼ同様の値を示した。これはGd合</p>	 <p>図1 各押出材の疲労挙動</p>  <p>図2 亀裂進展の様子</p>

金の疲労強度の向上に特にLPSO相の効果が大きいことを示唆する。また、 $Mg_{96}Zn_2Y_2$ の室温における軸力疲労試験でも、回転曲げ疲労試験と同様の疲労強度を得るとともに、疲労限度図を作成し図中の応力比=-1での疲労強度と降伏応力を結ぶ直線（Soderberg線）以下では破断しないことを明らかにした。

以上、二相合金の破壊・疲労挙動にLPSO相が影響を及ぼし、破壊靱性の向上にLPSO相の担う役割は大きいことが明らかとなった。

3. 主な成果

具体的な成果内容：

LPSO型Mg合金の室温及び高温における破壊・疲労特性に及ぼすLPSO相の影響を、マイクロスケール力学試験、回転曲げ疲労試験及び軸力疲労試験により調査した。

二相合金、LPSO単相合金ともに疲労限を示し、室温、高温とも疲労強度の向上にLPSO相の効果が明瞭に現れた。微視的観察より亀裂はLPSO相により停止し界面に沿って進展する傾向、また、LPSO単相合金では特定の結晶面に平行に進展する傾向が見出された。

特許件数：0件 論文数：21件 口頭発表件数：115件

4. 研究成果に関する評価

①国内外における水準との対比

LPSO型Mg合金の室温及び高温における破壊・疲労特性を調査し、疲労挙動と亀裂進展過程の解明へ向けて他に類を見ない実験手法を駆使した詳細な検討を行い、独自の結果を得ることができた。

②実用化に向けた波及効果

LPSO型Mg合金の室温及び高温における破壊・疲労挙動に対するLPSO相の重要性及び亀裂進展への影響因子が明らかとなり、この知見を元に高靱性材料設計への指針を得た。

5. 残された課題と対応方針について

フェーズⅡまでに得られた常温及び高温における破壊・疲労特性のマクロ及びミクロな視点からの靱性向上因子を系統的に整理し、より高い靱性を材料に付与するためのLPSO相の形状や分布条件を明確化する。

	JST負担分(千円)							地域負担分(千円)							合計
	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	小計	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	小計	
人件費	63	158	119	118	118	79	655	3,130	7,622	2,747	2,571	1,725	49	17,844	18,499
設備費	0	8,037	15,878	3,099	2,926	1,344	31,284	0	0	12,434	0	4,184	0	16,618	47,902
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	0	4,089	2,056	1,740	1,924	1,750	11,559	1,587	16,635	5,810	3,110	2,470	1,600	31,212	42,771
旅費	0	105	69	28	0	55	257	129	375	1,163	1,116	1,351	81	4,215	4,472
その他	206	35	368	260	364	440	1,673	0	150	37	1,184	1,011	723	3,105	4,778
小計	269	12,424	18,490	5,245	5,332	3,668	45,428	4,846	24,782	22,191	7,981	10,741	2,453	72,994	118,422

代表的な設備名と仕様 [既存（事業開始前）の設備含む]

JST負担による設備：回転曲げ疲労試験機、サーボパルサー、引張試験機

地域負担による設備：電界放出型透過電子顕微鏡、FIB加工機、表面試料イオン研磨装置等