

研究代表者	所属機関	名古屋工業大学	
	職名	助教	
	氏名	徳永 透子	
共同研究者 (対応者)	所属機関	熊本大学	
	職名	教授	
	氏名	山崎 倫昭	
研究課題	新規高強度複相 Ti 基合金の開発と微細組織と力学特性の相関解明		
共同研究テーマ  ※該当するものに✓をつけてください。	<input checked="" type="checkbox"/> 全国共同利用・共同研究助成 <input type="checkbox"/> 国際共同利用・共同研究助成 <input type="checkbox"/> 共通試料提供・共同研究助成 <input type="checkbox"/> 試料分析評価受託・共同研究助成	<input checked="" type="checkbox"/> 重点テーマ <input type="checkbox"/> 輸送機器材料開発 <input type="checkbox"/> 生体材料開発 <input type="checkbox"/> 橋梁・建築用材料開発 <input checked="" type="checkbox"/> キンク強化 <input type="checkbox"/> 自由テーマ	
使用設備名 (ILM 保有のもの)	FE-SEM (Ti 基合金の組織観察・結晶方位解析のため) コンフォーカル顕微鏡 (Ti 基合金の組織観察のため)		
配当額	旅費 ( 240,000 円)	消耗品 ( 60,000 円)	
<b>研究成果内容</b> ※「研究成果」、「展望」、「具体的な成果」について、簡潔に記述してください。			
<b>【主な研究成果】</b> 近年、硬質相と軟質相の交互積層構造に由来したキンク帯の形成により、高強度と延性を同時に発現する、長周期積層構造(LPSO; Long Period Stacking Order)相が注目を集めている。しかしながら、その変形発現機構については未だ十分には明らかになっていない。また、この高強度・延性の同時発現はMg基・Al基合金の一部合金系のみに限られており、その一般的展開はほとんどなされていない。 そこで申請者は、新規Ti基高強度・高延性ミルフィーユ材料の創成およびキンク帯の導入によるさらなる力学特性向上を目指し、研究を遂行してきた。また、その過程において微細組織と力学特性の相関を系統的に整理することで力学特性の発現機構を明らかにするとともに、新規高強度材料開発のための新たな方法論の確立を目指した。 本研究では、Ti-32.5Fe (mass%)共晶合金、Ti-30.0Fe (mass%)亜共晶合金をアーク溶解により作製した。アーク溶解の際には合金底部に接する銅製のハースを水冷するため、ハースに接触する底部から上部にかけて熱流が生じる。これにより、本研究で溶解した合金においては、共晶合金特有の層状組織が熱流方向に沿って配向した組織が得られた。共晶合金では、ロッド状の組織の周りを板状組織が囲うような花びら状のコロニーが形成していた。一方亜共晶合金においては、層状組織は熱流方向に配向していたが、初晶の存在により花びら状のコロニーは形成していなかった。 これら試料に対して結晶成長方向に平行に荷重軸をとり、室温～800°Cで圧縮試験を行った。室温、400°Cにおいては、共晶合金においては2 GPaを超える高い降伏強度を、亜共晶合金においても室温においては2 GPaに迫る高い降伏強度を達成した。600°C以上の試験においては、いずれの合金においても降伏応力は低下したものの、400°C以下で見られた脆性的な破壊は見られず、変形能の向上が見られた。圧縮試験後の変形組織を観察したところ、配向性の高い組織を有する共晶合金においては、高い降伏強度を示した室温、400°Cの変形組織において、細かいすべり線とともにクラックの形成が生じた。一方で、塑性変形が可能であった600°C以上の試験片においては、試験片全体において期待通り微細なキンク帯形成が確認された。以上の結果から、本合金においては、高い配向性を持つ組織制御を実現すれば、適切な温度で変形させることでキンク帯形成の誘導が可能であり、強度をある程度保ったまま延性が向上する可能性が示唆された。また本研究のTi-Fe共晶合金においても、先行研究で示された結果と同様に、コロニーサイズが小さいと形成するキンク帯サイズも小さくなることが明らかとなった。			
<b>【今後の展望】</b> 本研究の圧縮試験において、キンク帯を微細にかつ試験片全体に均一に形成させるためには、コロ			

ニーサイズをより微細に制御する必要性が示された。このためには、層状組織の配向性の向上が必須である。これに対し現在、アーク溶解で作製した母合金に対する一方向性凝固を検討している。しかし、Ti合金は反応性が高く、一般的なアルミナ坩堝ではAlの混入により配向制御が不可能であった。今後は、反応性の低い坩堝の選定を行い、配向化組織制御を実施することで、微細キンク帯の形成によるさらなる高強度・高延性Ti合金の開発を目指す。また、これら合金の変形機構を体系的に整理することで、強度と延性のバランスの取れた合金開発法および力学特性制御法の構築と発展が強く期待できる。

#### 【具体的な成果】

##### ●学会発表

1. 米村 拓哉, 徳永 透子, 萩原 幸司  
「ミルフィーユ構造を有するTi-Fe合金の高強度化とキンク帯形成」日本金属学会 2024年春期(第174回)講演大会, 東京
2. 米村拓哉, 萩原 幸司, 徳永 透子 (優秀ポスター発表賞 受賞)  
「Ti-Feミルフィーユ材料の開発, 力学特性評価」軽金属学会 第145回秋期大会, 東京
3. 米村拓哉, 萩原 幸司, 徳永 透子  
「Ti-Fe系組織型ミルフィーユ合金の力学特性評価」日本金属学会・日本鉄鋼協会 東海支部 第33回材料フォーラムTOKAI [軽金属学会部門], 名古屋
4. 徳永 透子, 米村 拓哉, 萩原 幸司  
「Ti基共晶合金の微細組織制御による高強度化」日本機械学会 M&M2023 材料力学カンファレンス, つくば
5. 徳永 透子, 米村 拓哉, 萩原 幸司  
「Ti基共晶合金の微細組織制御による力学特性の向上」一般社団法人 軽金属学会 第144回春期大会, 香川
6. 徳永 透子, 米村 拓哉, 萩原 幸司  
「新規高強度Ti基合金の創製および力学特性評価」日本金属学会2023年春期(第172回)講演大会, 東京

#### 注意事項

- ・成果報告書はこの様式を用いて作成し、2024年5月10日(金)までにメール記載の専用URLよりアップロードください。
- ・提出いただいた共同研究報告書は、先進軽金属材料国際研究機構共同研究報告(年報)を発行し、上記ホームページに掲載いたしますので、公表できる範囲において作成してください。
- ・記載欄が不足する場合は、適宜ページを追加してください。