



MFS
MATERIALS

MFS MATERIALS NEWS

ミルフィーユ構造の材料科学



2018~2022年度 文部科学省科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)

WHAT TO DO NEXT?

次なる、ゴールを目指して。

CONTENTS

p2 message / 代表メッセージ

領域代表: 阿部 英司 (東京大学)

p3 Interview / スペシャル鼎談

寺田 大将 (千葉工業大学)、

眞山 剛 (熊本大学)、唐 永鵬 (九州工業大学)

p6 Latest News / 最新研究ニュース

染川 英俊 (物質・材料研究機構)、湯浅 元仁 (同志社大学)、

萩原 幸司 (名古屋工業大学)、榎 学 (東京大学)、

岸田 恭輔 (京都大学)、板倉 充洋 (日本原子力研究開発機構)、

兼子 佳久 (大阪市立大学)、戸木田 雅利 (東京工業大学)

p8 Activity / MFS 活動報告、

Topics、編集後記



vol. **06**

Message / 代表メッセージ

WHAT TO DO NEXT?

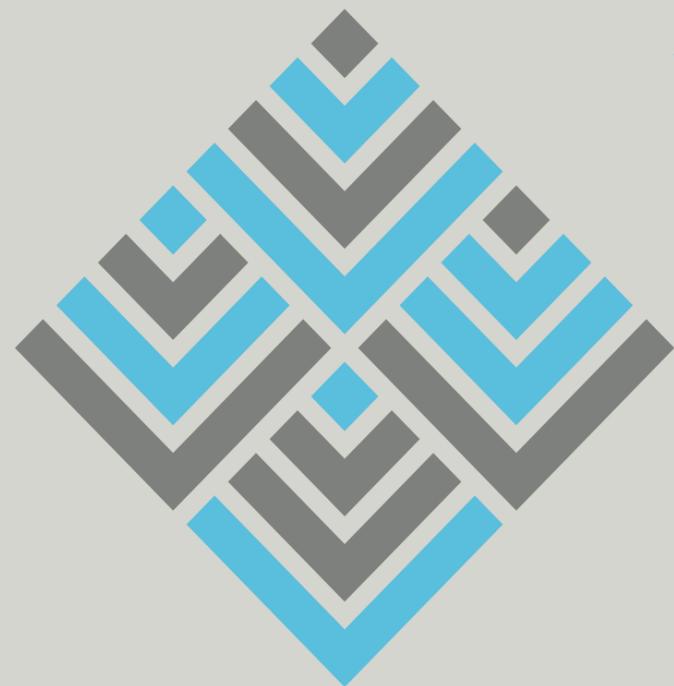
次なる、ゴールを目指して。

「キンク強化理論の構築」と「3大材料への展開」を掲げてスタートした私たちのMFS新学術も、折り返し点を過ぎ、いよいよラストパートをかけるステージへと突入しました。メンバーの皆様が、昨年より続くコロナ禍の状況にあっても、オンラインでのミーティング等を積極活用しながら研究進捗を遂げている様子を拝見し、大変心強く感じております。各研究班をリーディング頂いている班長・研究代表者の皆様に、改めて御礼申し上げます。

現時点で最も重要なことは、「正しく問題設定ができていないか」にあります。キンクを初めて耳にした方、Mg合金に触れたこともない方などを含めて、本領域の実に半数を超えるメンバーは異分野から参画頂きました。金属・セラミックス・高分子の材料の垣根を越え、さらには地層学、応用数学から集ったエキスパートが、これまでの集中的・横断的な議論を通して課題を共有してきたことでしょう。この間、それぞれプロフェッショナルの視点から、問題の本質をどのように捉えたかが肝要です。現在、皆さんの頭の中にあるアイデアが、本新学術期間中に実を結ぶことを期待します。ぜひ、論文としてしっかり着地下さい。

真に本質的なアイデアや概念は、それまでは個別に捉えられていた事象が一つとなって流れ出す、知的興奮の機会をもたらしてくれます。まさに“The noblest pleasure is the joy of understanding”であり、科学に携わる者全てが目指す至福の瞬間です。私たちの「キンク強化理論」へのチャレンジは、必ずやその場を与えてくれることでしょう。キンク理論がもたらす新たな視座は、これまで目が届かなかった域に潜むcutting-edgeな問題を再び照らし出してくれます。科学というパズルでは、正しくピースをはめ込んだ者には、次にあてはめるべき新しいピースを最初に手にすることが許されるのです。What to do next? — 私たちは常に自分に、そして互いに問いかけつつ、先頭を走って参りましょう。

皆さんから数多のアイデアをお聞かせいただくMFS新学術の最終報告会が、今から楽しみでなりません。その時はメンバーが一同に集い、祝杯をあげることを祈りつつ。



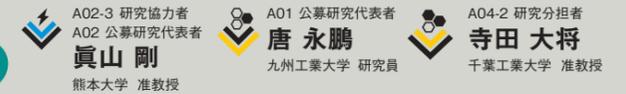
MFS
MATERIALS

領域代表（東京大学教授）：

阿部 実司

Interview / スペシャル鼎談

変形・加工を極めてキンクの本質を追求する



新学術領域研究「ミルフィーユ構造の材料科学」も残り期間が2年を切り、第二期公募研究者23名を新たに迎え入れるなど、キンク強化理論の構築に向けた研究活動が加速しています。今回は材料の変形・加工について実験や計算を武器に精力的に取り組まれている研究者3名にオンライン上で対談頂き、キンク変形・キンク強化の本質に迫るために必要な領域内での連携、マグネシウム合金以外の材料への展開、領域の活動・支援に期待する点などについて熱く語って頂きました。

領域内での連携

真山：領域内での連携の話からはじめたいと思いますが、連携する際に重要なことは、具体的に役に立つ結果が出せるようなテーマ設定をすることだと思います。実験と全く同じことを計算で実施することができれば、それはもちろん素晴らしいのですが、少なくとも私の行っている結晶塑性解析^{*1}のような手法ではなかなか難しいです。ですから、例えば、変形量や温度の影響等は思い切り単純化して、その代わり実験的に同じ加工法を使っても、材料によってこういう違いが出るかもしれませんよ、という予測を示す。具体的には同じ加工でもMFS材料だと沢山キンクが形成されるけれど、アルミニウムだとぜんぜん形成されませんか。他には寺田先生が行われているアルミと亜鉛の接合のように材料によってすごく違うというようなものと、アプローチしやすいですね。すべり系、塑性異方性を変えると、少なくとも変形の不均一性に違いが出て、実験のここと計算のここが対応しているんじゃないかと、まずそういうところから連携を始めるのが良いかな、と思っています。

寺田：真山先生は特性の違う材料が積層になったものをシミュレーションの中で圧縮すると、どういうふうにはずみ分布するのか、応力が分布するのかを研究されていて、応力-ひずみ曲線の形なども描かれています。私は同じ形で、現実世界で、アルミと亜鉛を接合した材料（Al-Zn）を圧縮すると、どう変形が進むかということをやっています。圧縮している最中の画像をずっととらえながら、ひずみがどう分布していくのかを実験的にやっています。実験なので、結果は出てくるのですが、どうしてそうなるのかという考察の足掛かりを得るのがなかなか難しい。そういうところを数値計算結果から、アイデアの種みたいなものが得られないかと思っています。

例えば、Al-Znのケースだと、3層から始めて層を重ねていくのですが、最初のうちは圧縮してもキンク帯は出ずにそれぞれの層が変形します。ですが、どんどん層を重ね合わせていって各層が数μmくらいの厚さの状態では圧縮するとキンク帯のようなもの

が出てきます。集合組織が変わることが効いているのか、それとも層厚みみたいな組織的な要素が効いているのか、そのあたりがまだよくわかっていません。結果として、加工を続けていくとキンク帯が出るようになる。何をパラメータにしたらキンクの形成挙動をうまく整理できそうか、考察するきっかけとして、真山先生が行われているような研究成果が参考になるのではないかと考えています。ですから、是非連携研究させて頂ければと思っています。

真山：そういう話を聞けるとすごくありがたいです。オフィシャルな会合などで結果を話すときには、すごくうまくいったものを話しますよね。ですが、キンクが出なかったという結果も非常に重要で、そのあたりの情報は私としては大変ありがたいです。計算上の前提はいくらでも設定できるのですが、現実的にありえる組み合わせとか、そういうところのおよそのオーダーでも知ることができて、対応する計算を実施して、一方はキンクが出て他方は出ないという定性的にでも一致する結果が得られれば、非常にやる気が出ます。

寺田：唐さんは巨大ひずみ加工がご専門ですが、私もARB^{*2}という形での巨大ひずみ加工を行っています。唐さんのほうでは今回HPS^{*3}がメインなんではないでしょうか。

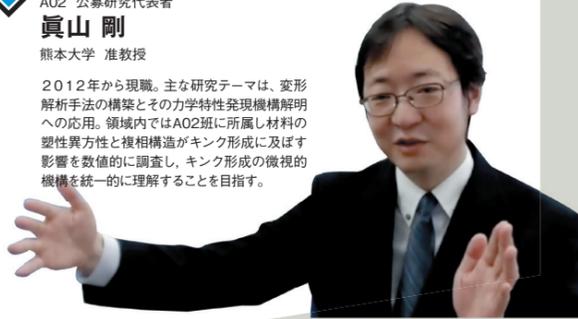
唐：はい、今回の研究はHPSがメインです。私はこれまでECAP、ARB、HPT、HPSによる巨大ひずみ加工を用いて、強度・延性に優れた構造用金属材料の研究開発に携わってきたのですが、今回の公募研究ではHPS加工によるキンク形成とその高強度化について調査することを提案しています。HPS加工は、板状試料や棒状試料に適用できる特徴を有しており、また、このような形状の試料に大きなひずみ勾配を導入することができます。ひずみ量やひずみ勾配がキンク形成に及ぼす影響を系統的に調べ、高強度化との関係を調べることが本研究に参加する重要な目的となっています。

寺田：同じ巨大ひずみ加工なんですけど、私のほうはどちらかというと、圧縮変形がメインで、唐さんのほうはせん断変形ですよ。だから、変形モードが違う場合に、キンク帯が入りやすい、入

変形・加工を極めてキンクの本質を追求する

A02-3 研究協力者
A02 公募研究代表者
眞山 剛
熊本大学 准教授

2012年から現職。主な研究テーマは、変形解析手法の構築とその力学特性発現機構解明への応用。領域内ではA02班に所属し材料の塑性異方性と複相構造がキンク形成に及ぼす影響を数値的に調査し、キンク形成の微視的機構を統一的理解することを目指す。



A01 公募研究代表者
唐 永鵬
九州工業大学 研究員

2020年から現職。主な研究テーマは、金属材料のナノ組織制御と力学特性評価。領域内ZではA01班に所属しHPS法による巨大ひずみ加工でMg系LPSO材にキンクを導入し、キンク形態とキンク強化との対応関係を解明する。



A04-2 研究分担者
寺田 大将
千葉工業大学 准教授

2014年から現職。主な研究テーマは、構造用金属材料の力学特性向上を目的とした組織制御。領域内では、A04-2計画班に所属し、新規金属系ミルフィーユ材料の創製とキンク制御、キンク強化に関する研究を進めている。キンク形成とキンク強化に影響を及ぼす組織因子の解明を目指す。



新学術領域研究終了後の展望

眞山: 新学術領域研究終了後の展望ですが、顕著なキンクができるということは、非常に強い塑性異方性に、少なからず起因していると思います。それは確かに特殊かもしれませんが、FCC金属のようにすべり面が多くて等方な材料の場合は、単一のすべり面の現象が重なって起こっていると理解することもできるかもしれません。そうすると、キンク帯や他の変形帯といった単位で変形を理解するというのも不可能ではないかもしれません。大きな目標としては、そういう特徴付け等ができるようになれば、一定期間キンク変形に注力した甲斐があったなと思いますので、そういうふうにつなげていきたいと思っています。

寺田: キンク強化を明らかにできれば、組織制御の中にキンクを入れるという要素が新たに加わると思います。粒径の制御や、析出の制御と同様に、キンクの制御というのが加わって、材料を作る上でのバリエーションが増えることになれば、構造材料を設計する視点で見た時に、大きく広がっていきけるのかなと感じています。

もう一つ、キンクは変形している最中に起こる、いわば動的組織変化です。キンク強化をうまくコントロールできれば、そういう動的な組織変化によって、TRIP鋼やTWIP鋼のように、材料の特性を向上させる上で大きな手法が新たにできるかなと、そういうのがうまくできたら面白そうだなと思っています。これはちょっと夢物語な側面が強いです、そういうところまでいけたらなと思っています。

唐: 今回の私の研究対象はLPSO型マグネシウム合金ですが、これでうまくいければ、今後はセラミックスや硬い材料についてもやりたいと思っています。

りにくい、そういう話はいろいろできるかと思っています。今回唐さんはマグネシウムを対象にされるのでしょうか。

唐: はい。LPSO型マグネシウム合金でHPS加工を行います。

寺田: 我々も、LPSO型マグネシウム合金でもARBをやってみようかなと思っていて、計画班の染川先生が冷間圧延をされているんですが、それ以上の強ひずみをかけて、冷間圧延の延長上に来るような話になるのか、それともひずみ量が大きくなると違う効果が出てくるのか、そのへんに着目しながらこしLPSO型マグネシウム合金についてやってみようと思っています。

唐: 私が領域内連携に期待する点ですが、HPS加工を用いた本研究と比較するため、例えば、豊橋技術科学大の戸高先生が行われているようなHPT加工で導入したキンクの構造やLPSO相の体積分率についての測定結果が共有できればよいな、と考えています。また、キンク構造を解析するため、組織評価分野の先生と共同研究できるといいですね。あと、計算の先生方との連携ですが、先ほど申し上げましたが、HPSの特徴のひとつとして材料内に大きなひずみの勾配を導入することができるという点があります。せん断ひずみは試料断面中央部に限られてくるため、試料断面中央部から離れるにつれて導入ひずみ量は減少します。さらに、HPS加工法では押棒を押す長さによって導入ひずみ量を定量的に調整することができます。こういった手法、ひずみ量とひずみ勾配がキンク形成に及ぼす影響を調べ、それでキンク形成と力学特性との対応関係を求めたいと考えています。そこで、眞山先生にちょっとお伺いしたいのは、ひずみの導入量と、キンク形成との関係はシミュレーションでできるのでしょうか。

眞山: 1cmくらいの厚さがある材料の結晶粒を全部をシミュレートするのは、規模として難しいです。ですが、通常の有限要素法でひずみ分布を出して、そのひずみに対応する負荷が加わる小さな領域を計算する、というのはできると思います。真ん中と端のほうでこういうふうに違いますよという実験結果があるとして、それを考察するのに役に立つ計算ができる可能性はある

と思います。もう少し実験の様子や結果等を知ることができたら、どのへんで一緒にできるかというのがわかると思います。あと、組織観察という意味で、先生は転位組織だとか、そういったところに興味があるのかなと思っているんですが、もう少し広くEBSDみたいな観察でどうなるかというのも、僕としては非常に興味がありますね、ひずみの勾配とキンク形成の関係だとか。EBSD観察などはなされる予定はありますか。

唐: できればやりたいですね。その際は、是非ご協力をお願いいたします。

マグネシウム合金以外への展開

寺田: マグネシウム合金以外への展開ですが、今回公募班で参加されたNIMS(国立研究開発法人物質・材料研究機構)の森田さんとMAX相セラミックスについて、同じくNIMSの上路さんと鉄鋼材料のパーライト組織について共同研究を進めさせていただいているところです。マグネシウム合金以外にも、Al-Ag合金や他のAl系合金の共晶組織などでは、すでにキンクが出そうだと報告されていて、層状構造をつくり込んで、応力軸をうまくコントロールしてあげればキンクは入ってくれそうです。では、本当に強化するのかわかるのは中々難しく、残りの期間はそこに注力して、キンク帯が入った、では、ちゃんと強化として作用するのかわかるというところの評価に力を入れていきたいと思っています。そのあたりがうまく解決できれば、例えば、キンク帯を入れてあげるという組織制御での新しい一面が、材料設計というところでひとつの新しい風が吹き込むきっかけになるのかなと思っています。どちらかというと、私は原理原則みたいなところを追求したいところもありますが、最終的にはやはり工学として、うまく実用に近づけるような視点がつくれたらなと思っています。

唐: 私はセラミックスの加工はやったことはありませんが、いろいろな材料をやっている、アルミニウムとか、マグネシウムとか、ニッケル基合金のインコネル718とか、硬い材料も加工しています。ですのでマグネシウム合金以外でもHPSでキンクを入れる

というようなことはやってみたら面白いと思います。

寺田: そういう意味では、我々で何かつくったものを提供する、サイズのところが難しいかもしれませんが、提供できるような試料があれば、提供してみたいと思います。加工法として大きく異なるので。

唐: お願いします。

眞山: MAX相セラミックスについて結晶塑性の計算が可能かといえば、すべり系がわかりさえすれば、特にMAX相は特に底面が支配的ということなので、非常に強い塑性異方性という特徴を表現するには適していると思います。

領域の活動・支援への期待

眞山: 私はSPring-8のオンライン見学会に参加するなど領域の活動や支援を有効利用させて頂いています。ただ、新しく入って来た方は情報交換も難しいとかあるのではないかと思います。そういう面でも、あまりオフィシャルすぎる会だと雑談もしくいですし、何かちょっと考える必要があるかなと、自分自身でも思っているところです。唐先生の実験手法も、公募研究会で拝見しましたが、十分に理解する前に終わってしまっていたので、もっと良く知る機会があればいいと思います。今回の鼎談はそう言った機会になっているわけですが。

唐: 私は合宿研究会での情報交換を希望しています。他の手法の強化効果とか、聞きたいと思っています。また、キンクの構造を解析するために、熊本大学の先進マグネシウム国際研究センター(MRC)の組織解析装置、SEMやTEMなどを使わせていただきたいですね。

眞山: 大丈夫だと思います。そういうご希望があるんですから、私が連絡係をやりますので、大歓迎です。

寺田: 千葉工大に共通装置としてARB装置を導入しました。もし圧延や巨大ひずみ加工をこの材料でやってみようという要望があれば、こちらのほうで対応しますので、是非お声掛けください。

◆用語解説

*1 結晶塑性解析手法

材料の微視的塑性変形機構を考慮した解析手法のことであり、単結晶の異方性や多結晶の集合組織発展を合理的に表現できる。特に有限要素法の構成式として用いた手法のことを結晶塑性有限要素法と呼び、結晶粒内の不均一変形も表現することができる。

*2 ARB

巨大ひずみ加工法の一つである繰り返し重ね接合圧延(Accumulative Roll-Bonding)のこと。同形状の2枚の板を重ね合わせて圧下率50%で接合圧延した後、2倍に延びた板を半分に切断することで加工前と同じ大きさの2枚の板ができる。加工前後で同じ形となるため何度でも接合圧延を繰り返すことができ、大きな塑性ひずみを累積させることができる。

*3 HPS

試料を上下2つの金型と押棒の間に入れ、上下から高い圧力をかけながら、押し棒を上下の金型に対して相対的にはスライドさせることでせん断ひずみを導入する方法。

Latest News / 最新研究ニュース

溝口圧延Mg-Y-Zn合金の微細組織と力学特性

Microstructure and mechanical properties of caliber rolled Mg-Y-Zn alloys, Materials Science and Engineering A, 780, 139144 (2020). DOI: 10.1016/j.msea.2020.139144



本研究では、溝口圧延Mg-Y-Zn合金を対象に、キンク形態と力学特性の相関性について調査した。キンク形態の一つであるキンク屈曲角度は、溝口加工時の圧延回数によって制御できることが分かった。この形態因子は、キンク強化に起因した硬度特性と密接な関係を示し、屈曲角度の大角度化にともない高硬度化を呈した。他方、屈曲角度が15~20°を超えると、硬度向上(キンク強化増加分)が鈍く、熱処理材はその傾向が顕著であった。展伸加工法と加工熱処理を併用制御することで、キンク強化に寄与する影響因子を個別抽出できるバルク材の創製に成功した一例である。なお、溝口圧延加工によって導入したキンク三次元観察動画は、本論文の supplementary movie fileにある。様相理解の一助になれば幸いである。

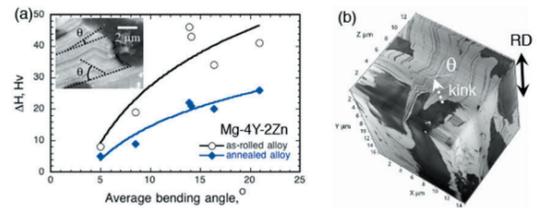
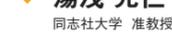


図 (a)キンク強化に起因した硬度増分とキンク屈曲角度の関係 (b)三次元微細組織観察例

Mg-Y-Zn合金の高温圧縮変形挙動に及ぼすLPSO相の体積分率の影響

Hot compression deformation, behavior of Mg-Y-Zn alloys containing LPSO phase, Materials Science and Engineering A, 792, 139777 (2020). DOI: 10.1016/j.msea.2020.139777



LPSO相の体積分率の異なるMg-Y-Zn鋳造材を高温圧縮試験に供することにより、LPSO相の体積分率がその変形挙動に及ぼす影響を明らかにした。LPSO相の体積分率が数%の合金(希薄合金)では流動応力の速度依存性は小さく(図1(a))、圧縮後の組織には双晶が観察された。その一方で、LPSO相の体積分率が30%以上の合金(LPSO合金)では流動応力は速度依存性を示し(図1(b-d))、圧縮後の組織にはキンク導入が確認され、双晶はほとんど観察されなかった。以上の結果は、LPSO相の体積分率が一定値を超えると双晶形成が抑制され、変形の律速過程が双晶変形から転位すべりに変化したことを示している。本研究をはじめとする種々の体積分率のMg系LPSO合金を規格化プロットにより整理した結果、LPSO相の体積分率が高温圧縮挙動に及ぼす影響は小さいことが示唆された(図2)。

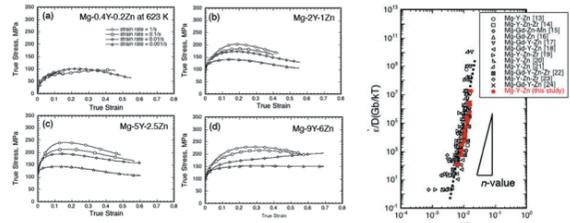


図1 (左) 圧縮変形挙動 図2 (右) 種々のLPSO合金の高温圧縮試験の規格化プロット

アトムプローブ法と走査透過電子顕微鏡法での相補観察によるLPSO相形成過程の解明

Correlative atom probe tomography and scanning transmission electron microscopy reveal growth sequence of LPSO phase in Mg alloy containing Al and Gd, Scientific Reports, 11, 3073 (2021). DOI: 10.1038/s41598-021-82705-3



本研究ではLPSO相の形成過程を明らかにするため、Mg-Al-Gd三元合金中に形成されたLPSO相の成長端近傍の原子配列構造と元素分配挙動をアトムプローブ法(APT)と走査透過電子顕微鏡法(STEM)を相補的に用いて調査した。Mg系LPSO相を特徴づける4枚の連続した(0001)原子層への溶質原子の濃化に明らには、Gd原子の濃化がAl原子の濃化よりも先行することを実験的に明らかにした。またLPSO相の(0001)面に沿った方向への成長は{1100}あるいは{1120}面を晶癖面とするレゾ機構により生じていることがわかった。これらの結果から、Mg-Al-Gd系LPSO相を特徴づける溶質原子濃化層におけるAl₁Gd₉原子クラスターの形成ならびにレゾ機構によるLPSO相の成長はいずれもAl原子の拡散により律速されていることが明らかとなった。

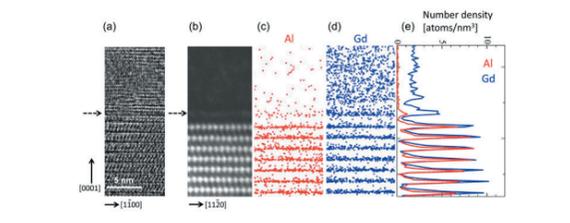
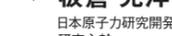


図 Mg-Al-Gd合金中のLPSO相/Mg母相界面の同一領域から得た(a,b)高分解能TEM/STEM像、(c,d)APTマップおよび(e)元素分布

Mg-Y-Zn系LPSO合金における溶質原子クラスター形成の第一原理計算

Density functional theory study of solute, cluster growth processes in Mg-Y-Zn LPSO alloys, Acta Materialia, 203, 116491 (2021). DOI: 10.1016/j.actamat.2020.116491



Mg-希土類(RE)-遷移金属(TM)からなるLPSO合金ではRE₉TM₆からなるL₁₂型溶質原子クラスターが形成され、その中心には格子間原子が存在することが実験と計算の両方で示されている。格子間原子は通常、空孔と出会うことで対消滅するが、LPSO構造の形成には空孔拡散を通じた原子位置交換による溶質原子の移動が必要であり、空孔が多い状況で格子間原子が安定に存在するのは特異的な性質と言える。第一原理計算により、Y₆Zn₆クラスターの場合に格子間原子と空孔は反発し対消滅しないこと、またクラスター形成過程で自発的に格子間原子と空孔が対生成し、空孔が放出されることが分かった。LPSO相の形成過程ではクラスターと同等の空孔が生成され、空孔濃度は熱活性による平衡濃度より数桁高い値となるため、異なるLPSO相の形成促進や転位の上昇運動などに繋がっている可能性が考えられる。

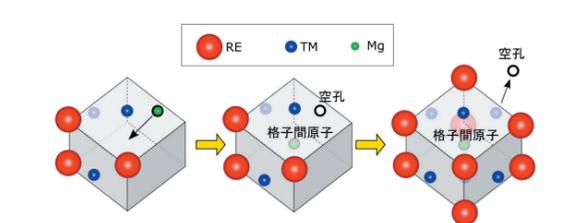
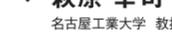


図 Y₆Zn₆クラスター形成と格子間原子・空孔生成過程

一方向性凝固したMg/Mg₂Yb、Mg/Mg₂Ca共晶合金におけるキンク帯形成

Kink-band formation in directionally solidified Mg/Mg₂Yb and Mg/Mg₂Ca eutectic alloys with Mg/Laves-phase lamellar microstructure, Journal of Magnesium and Alloys, in Press DOI: 10.1016/j.jma.2021.02.006



新規高強度Mg合金の開発にC14型Mg₂YbやMg₂Caなどの高強度ラーベス相の利用が期待されている。しかしこれらラーベス相は「極めて脆い」という問題点を有する。本研究では、LPSO相の結晶構造をマクロ組織レベルで模倣した「組織型ミルフィーユ構造」を作りこむべく、Mgとの共晶組成に着目した一方向性凝固を行うことで、軟質Mg層と硬質ラーベス層との層状組織化を行った。この結果、LPSO相と同様、キンク帯形成が誘導され、高強度を維持しつつ、300℃以上では塑性変形が可能になった。すなわちミルフィーユ構造制御により、構成相自体がもたない新たな変形モード(キンク帯形成)を誘導し、延性を獲得できることが明らかになった。本結果は、キンク帯形成を利用した、新しい高強度材料開発の可能性を示している。

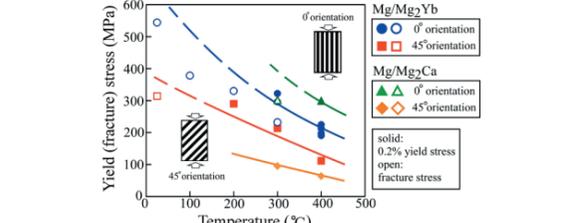


図 Mg/ラーベス相ミルフィーユ構造合金の降伏応力の温度依存性 CC BY-NC-ND 4.0により論文から引用

Mg/LPSO押出二相合金の疲労挙動に及ぼす18R-LPSO相の効果に関する実験および数値解析

The effect of the 18R-LPSO phase on the fatigue behavior of extruded Mg/LPSO two-phase alloy through a comparative experimental-numerical study, Journal of Magnesium and Alloys, 9, 130-143 (2021). DOI: 10.1016/j.jma.2020.07.005



実験と結晶塑性有限要素シミュレーションを組み合わせた研究により、長周期積層構造相の体積分率が異なる4つの押出Mg-Y-Zn合金の疲労挙動を調査した。ひずみ制御の低サイクル疲労実験により、Mg₉₉Zn₁Y₀合金では限定的な繰返し硬化、Mg_{99.2}Zn_{0.2}Y_{0.6}およびMg₉₇Zn₁Y₂合金では軟化することが明らかになった。LPSO相の体積分率の増加に伴う疲労寿命の減少が観察され、それは押出LPSO粒の限られた延性に関連していた。応力-ひずみヒステリシス曲線を用いて、双晶生成と双晶消滅を考慮した結晶塑性モデルの較正および検証を行った。粗い再結晶化されていない粒における変形双晶活性が予測され、LPSO相の体積分率の増加につれて消失する傾向があった。LPSO相の体積分率の増加に伴う疲労限の向上は、押出中の動的再結晶活動度が高いことによる、粗い再結晶化されていないα-Mg粒子の存在が減少することに関連していた。

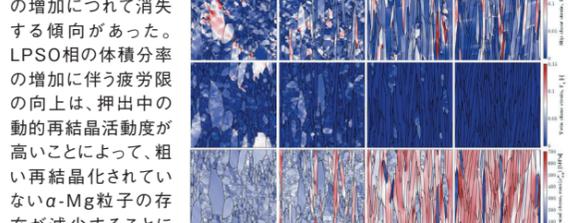
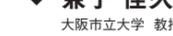


図 低サイクル疲労試験中の累積ひずみ分布の計算結果

電気めっき法により成膜したCu/ナノ構造Ni積層膜の摩耗特性

Sliding-Wear Properties of Electro-Deposited Films with Cu and Pulse-Plated Ni Multi-Layers, Materials Transactions, 61, 1102-1108 (2020). DOI: 10.2320/matertrans.MT-M2019330



金属の積層構造は、異なる電位を交互に印加する合金電気めっき法で成膜することができる。本研究では、さらにパルス波形を利用して構成層をナノ結晶化することで、軟質Cu層と高強度なナノ結晶Ni層からなる積層膜を成膜することに成功した。層厚さを5 nmから950 nmに変化させたCu/ナノ結晶Ni積層膜を準備し、すべり摩擦試験を実施した。下図は摩耗速度の構成層厚さに対する依存性である。軟質Cu層が厚いもしくは体積比が大きい膜では摩耗速度が速いものに対し、高強度なナノ構造Ni層を多く含む膜では優れた耐摩耗性を示した。しかし、単なるナノ構造Ni膜よりも、10 nmのCu層と190 nmのナノ結晶Ni層とを組み合わせた積層膜の摩耗速度が遅く、高強度な均一組織よりも軟質層を適切に挿入させた積層構造のほうが摩耗特性が改善されることが見出された。

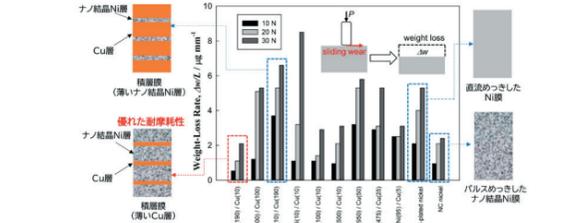


図 種々の構成層厚さを有する積層膜の摩耗速度

液晶ブロック共重合体のマイクロ相分離ラメラ構造:ラメラの分断とその修復

Long-Range Lamellar Formation in Blends of Divided-Lamellar-Forming Liquid Crystal Block Copolymers with Liquid Crystal Homopolymers, Polymer, 211, 123086 (2020). DOI: 10.1016/j.polymer.2020.123086



液晶性高分子の両端に非液晶性高分子が結合したABA型液晶ブロック共重合体のマイクロ相分離形態は、相分離界面に垂直に配向した液晶の影響を受け、幅広い組成でラメラ状となる。各セグメントは界面から垂直に伸長した形態をとるけれども、長い非液晶ブロック鎖はエントロピー獲得のために界面方向にも広がる。結果、非晶ブロック鎖の分子量が大きい共重合体は非晶鎖が液晶ブロック鎖のラメラを分断した「分断ラメラ構造」を形成する。本研究では、分断ラメラ構造を形成する共重合体に液晶(Bブロック)ホモポリマー添加すると、分断ラメラを長距離ラメラに修復できることを見出した。液晶ブロックラメラ厚と同程度の分子鎖長のホモポリマー添加が、長距離ラメラ構造形成に有効であること、長距離ラメラのラメラ間隔は非晶ブロック鎖の分子量増加に伴って増加することを示した。

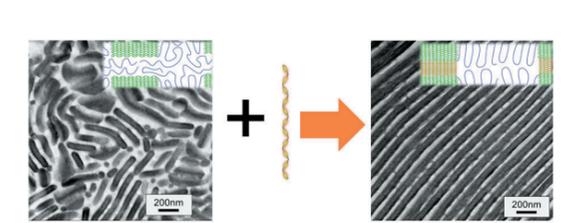


図 分断ラメラ構造(左)と長距離ラメラ構造(右)

Activity / MFS 活動報告

2021.04.24

第二期 公募研究23課題、始動！

新学術領域研究(研究領域提案型)「ミルフィーユ構造の材料科学」では、昨年秋に第二期公募研究(研究期間:2021年度～2022年度)の募集を行った。前回第一期の公募と同様、多数の応募を頂き、今年4月に当初の予定を上回る23課題が採択された(うち継続して採択された研究代表者13名、新規に採択された研究代表者10名)。コロナ禍で、なかなか集まっていた研究会合が開催できない現状の中、4月24日に第二期公募研究のキック

オフ会議がオンラインで行われた。阿部領域代表の挨拶、計画研究の各班の研究代表者からの研究内容紹介に引き続き、公募研究者24名がそれぞれの研究内容、研究計画について紹介を行った。その後も、各公募研究者は各班での研究会や領域内での共同研究に積極的に取り組まれており、2年間という短い研究期間の間にも優れた成果を上げられることが期待される。

公募課題一覧はこちら

<https://www.mfs-materials.jp/news/2021/040601.html>



Topics 2021~2022

【これまでの活動】

2021

- ◆ 4/24: 第二期公募キックオフ会議 (WEB開催)
- ◆ 5/15-16: 軽金属学会春期大会 (WEB開催)
- ◆ 6/1-5: Thermec'2021 (WEB開催)
- ◆ 6/15-18: Mg2021 (WEB開催)

【今後の活動】

2021

- ◆ 9/14-17: 日本金属学会講演大会 (WEB開催)
- ◆ 11/12-14: 軽金属学会秋期大会 (WEB開催)

2022

- ◆ 3月頃: 年次報告会 (詳細未定)

編集後記

通常の生活がなかなか戻ってきません。皆様との距離を気にせず議論し合い語り合った日々は、なんと貴重なことであったのかと痛感する毎日です。一昔前までは、物語の中でしか起こらなかったような多くのことが現実になり、これまでの常識をアップデートしないとイケない状況が続いているように思います。ネガティブなアップデートも多い一方で、ポジティブなアップデートも沢山あります。最新研究ニュースでご紹介したとおり、当新学術領域では日々さまざまな発見がなされ、関連学問が怒涛の勢いでアップデートされています。ひとつの学問領域がみるみるうちに体系化されていく歴史的な瞬間に立ち会っていることを、一研究者としてはとても幸せに感じています。



A03-1 研究協力者
光原 昌寿
九州大学 准教授



編集長 / 情報発信・知財部会長
三浦 誠司 (北海道大学)

編集委員 / 江村 聡 (NIMS)
小川 由希子 (NIMS)
藪 浩 (東北大学)
安藤 大輔 (東北大学)
瀧 健太郎 (金沢大学)
光原 昌寿 (九州大学)
江草 大佑 (東京大学)

プロデューサー / 磯部 志保 (STUDIO F)
クリエイティブ・ディレクター / 森 葉子 (STUDIO F)
デザイナー / 赤池 有花
取材・制作 / STUDIO F

発行 / 2021年9月
編集発行 / MFS事務局

<http://www.mfs-materials.jp>

MFS事務局：九州大学大学院総理工学府内 中島・光原研究室
MFS@mms.kyushu-u.ac.jp 092-583-7619

