

Advanced Materials

～夢をかたちに～

新素材 CRDAMNewsletter ニュース

共同研究開発センター

Vol.1
2013.5

CONTENTS

新素材共同研究開発センターニュース Vol.1 刊行にあたって

センター長 牧野 彰宏

表彰：H24 年度共同利用研究課題最優秀表彰

活動報告：Wojciech Dmowski 先生による講演会開催

研究成果：世界初の高速燃焼炎を用いたアトマイズ装置の開発

退職者挨拶：准教授 木村久道

H24 年度外国人客員研究員 研究成果報告

Lupu Nicoleta

H24 年度国内客員研究員 研究成果報告

土谷 浩一 市坪 哲

展示室見学・視察一覧

東北大学 金属材料研究所 附属新素材共同研究開発センター

Cooperative Research and Development Center for Advanced Materials, IMR, Tohoku University

◆「新素材共同研究開発センターニュース Vol.1」
刊行にあたって

本センターは1987年に本所が全国共同利用型研究所に改組された時に、将来の技術革新を支える新素材の開発を目的として開設されました。以降、諸先輩方の財産である種々の材料作製から評価、分析に至る多様な装置を全国共同利用として全国の材料研究者に開放し、材料コミュニティの発展に重要な役割を担ってきました。

2005年に金属ガラス総合研究センターへと改称後、現在まで、バルク金属ガラスの研究は多くの成果を生み、一定の役割を果たしたものと評価できます。また最近、本センターで新しいナノ結晶軟磁性材料が開発されるなど、材料研究開発が大きな変曲点を迎えたことから本センターの組織名を変更するに至りました。

今後も材料コミュニティを牽引し、広く材料分野の発展に寄与してゆく所存です。今後ともご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。



2013年5月

新素材共同研究開発センター
センター長 牧野 彰宏

表彰

◆平成24年度金属ガラス総合研究センター
第7回共同利用研究課題最優秀賞表彰

平成 25 年 5 月 21 日（火）、平成 24 年度金属ガラス総合研究センター第 7 回共同利用研究課題最優秀賞表彰式が行われました。

この賞は、共同利用研究の促進のため前年度の採択課題のうち審査委員による高得点採択課題および顕著な成果を上げた採択課題を候補とし、その中から 2 件程度を東北大学金属材料研究所附属金属ガラス総合研究センター共同利用研究課題最優秀賞として表彰をしたもので、平成 24 年度は下記の 2 名が受賞されました。

「Na を利用して作製した金属シリサイド粉末の焼結と熱電特性評価」

東北大学多元物質科学研究所 山田 高広

(共同研究対応教員 牧野 彰宏)

「マイクロ抵抗溶接を用いた Zr 基金属ガラスと異種金属の接合」

大阪大学大学院工学研究科 福本 信次

(共同研究対応教員 横山 嘉彦)

(文責：横山 嘉彦)



活動報告

◆ テネシー大学 Wojciech Dmowski先生による講演会開催

平成 24 年 12 月 14 日（金）、国際教育研究棟セミナー室において、テネシー大学准教授 Wojciech Dmowski 先生による講演会が開催されました。

先生は同大学およびホクリッジ国立科学研究所を兼務しておられる江上毅教授とシンクロトンX線およびスパレーション中性子を用いた液体構造および金属ガラスの研究をされています。

今回は、“Atomic Structure and Mechanical Deformation in BMG”と題してご講演いただき、沢山の学生、研究者に聴講をいただき大変盛況でした。

Wojciech Dmowski 先生は、本年度 7 月に新素材共同研究開発センター客員准教授として 1 か月の滞在を予定しております。

(文責：横山 嘉彦)



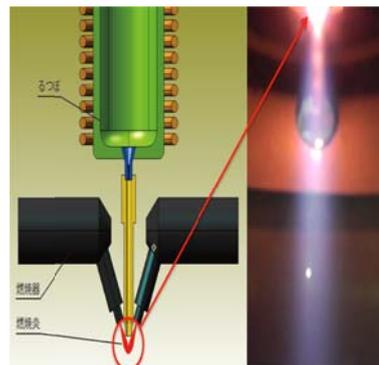
研究成果

◆世界初の高速燃焼炎を用いたアトマイズ装置の開発

高速燃焼炎を用いたアトマイズ装置の開発をハード工業有限会社と共同開発し、更に安定した燃焼と酸化の抑制を実現するため岩手大学の協力を得て鉄基のアモルファス粉末の製造に特化した世界初のアトマイズ装置の開発に成功しました。共同開発した複数の技術について、東北大学、岩手大学そしてハード工業有限会社との共同出願で特許を申請しております。

この成果は、2013年1月29日付の東奥日報と岩手日報に、英国の専門雑誌 “Powder Injection Moulding” 2013年3月号 に掲載されました。

(文責：横山 嘉彦)



退職者挨拶

◆ 新素材開発施設の設立当時

金属ガラス総合研究センター准教授 木村久道

本センターが初代施設長増本 健先生の発想により設立されて、今年の5月で26年目になります。当然、時代の流れで体制が変わり、また評価委員のご助言により、組織の運営方針は変わっていくものと思います。しかしながら、26年の間に多くの新任の先生方が入所されており、定年退職する私が当時の理念を記しておくことは大切かと思い筆をとりました。

1987年2月2日(月)付けの河北新報14版の所に、共同利用型に衣替え—東北大金属材料研—国内外の研究者受け入れへ、“新年度から”“新素材開発に的”“付属施設を新設”“学際領域開拓へ道”との記事が掲載されました。この中から本施設に関するところの記事を抜粋すると、「改組に伴い、付属施設として新素材開発施設を新設。これまでにない新しい構造を持つ物質を作り出すと同時に、その物質の構造制御法や性能評価・分析法の確立も目的としており、そのための設備や機器を集中的に設置して共同研究のための中核施設とする。また、近い将来には、材料に関する二次情報まですべてそろったデータベースとも言うべき「材料科学情報センター」の設置も計画している。」と記されています。

実際に、本施設が設立されたのは1987年5月でした。概算要求の要求事由、その概要は下記の通りでありました。



本所を全国規模の共同利用研究所として改組するに当たり、最も重要な位置を占めるのが「新素材開発施設」の新設であり、所外の共同研究のためのセンターとしての役割を果たすものである。本施設設置の目的は、所内の基礎研究から生まれた新しい発想や方法、技術を新素材の開発と効果的に結びつけるため、また所外からの広領域分野の研究者、技術者と共に新素材開発に関する共同研究を積極的に推進するための中枢機関とすることにある。この目的のために、新素材開発に関する重要な材料作製処理装置、物性の評価・分析のための最新の高性能・大型機器の集中的かつ有機的に配置する。本施設は、物質合成部、材質制御部、性能評価・分析部、技術開発部で構成する。

上記した物質合成部、材質制御部、性能評価・分析部、技術開発部への技術部からの職員の出向は、本人の希望でなされました。希望先は、教授が技術部職員全員に二階の部屋で担当する装置の説明と、それで得られる研究成果について講義した内容を、職員が判断して決めました。各部門で得られた57件の研究成果が掲載された右図に示す報告書は1990年6月に発行を行いました。報告書は設立当初から、必ず発行することを決めていました。それは、当時本施設には運営費がついていなかったためです。そのため実績を作り運営費を取ってくることを考えていたからです。この報告書のロゴマークを含めた表紙作り、また紙質(費用との兼ね合い)やその色には、神経を使ったことが走馬灯のように蘇ってきました。

この新素材開発施設も、新素材設計開発施設、金属ガラス総合研究センター、さらに、本年4月1日から新素材共同研究開発センターへと改組になりました。本センターは増本 健先生、菊地迪夫先生はじめ諸先生、技術職員の英知で立ち上げてきた歴史がありますので、将来に渡って全国共同研究の一翼を担って行って頂ければ幸いに存じます。



H24 年度外国人客員研究員研究成果報告

◆ The influence of additions on microstructure and magnetic properties of Fe-Si-B-Cu-P nanocrystalline alloys

Dr. Lupu Nicoleta

Magnetic Materials and Devices Department

National Institute of Research and Development for Technical Physics, Iasi, Romania



From 1st of October to 30th of November 2012, I worked as a visiting professor at the Advanced Research Center of Metallic Glasses, Institute for Materials Research, Tohoku University, working with Professor Akihiro Makino. It was a great pleasure and a privilege to work once again with Professor Makino and his group, and continue our joint collaboration started in the autumn of 2010, when I was first visiting professor at ARCMG.

During this visit, I have been focusing my research on the investigation of magnetization processes and coercive field mechanisms in Fe-based amorphous or/and nanocrystalline soft magnetic alloys with important implications in the industrial applications. In particular, the interest was to study the effect of small Mn additions on the microstructure, thermal stability and magnetic properties of Fe-B-P-Cu-Si alloys. Mn is known to increase the castability of the materials and has also a moderate influence on the enhancement of the magnetic properties.

The work was split between the 2 labs. The melt-spun ribbons with the nominal compositions $\text{Fe}_{85}\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$, $\text{Fe}_{84}\text{Mn}_1\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$, and $\text{Fe}_{82}\text{Mn}_3\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ as well as their preliminary structural and magnetic characterization were obtained/performed in Sendai. Glass-coated submicron wires with similar compositions, the diameter of the metallic core ranging from 400 nm to 1 μm , and the total diameter of about 11 μm , as well as their magnetic characterization, which implies a home-made equipment very sensitive to tiny samples, were produced/performed in Iasi.

The differential scanning calorimetry (DSC) measurements performed for the melt-spun ribbons indicate an increase in the thermal stability when Fe is partially replaced with Mn (Fig. 1). The addition of Mn

increases the interval between the nanocrystallization (first peak in Fig. 1) and crystallization (the second peak) temperature, which is an indication of a larger stability of the nanocrystals in Mn containing alloys. Additionally, the energy required for nanocrystallization is larger for Mn alloys compared with the one without additions, i.e. the disordered structure is more stable in the first ones compared with the basic ones.

The ribbons were subsequently annealed for 10 min. at 420^oC to achieve the optimum nanocrystalline structure. XRD patterns of annealed melt-spun ribbons do not show significant differences in the nanograins size, independent of the presence or not of Mn additions (Fig. 2).

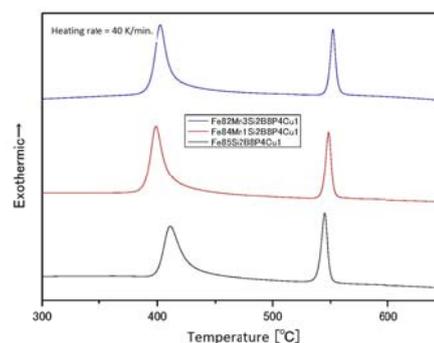


Fig. 1. DSC curves of $\text{Fe}_{85-x}\text{Mn}_x\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ melt-spun ribbons ($x = 0; 1; 3$ at.%).

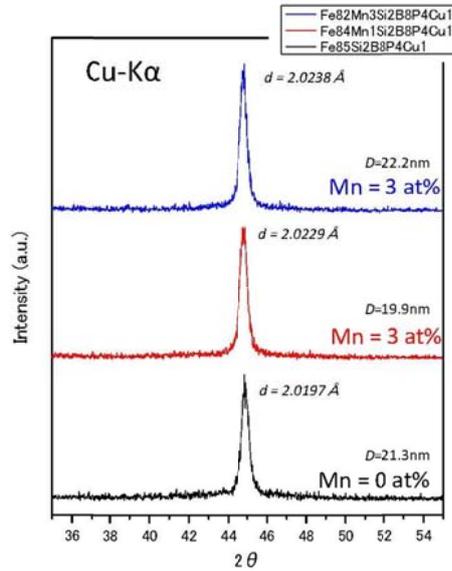


Fig. 2. XRD patterns of $\text{Fe}_{85-x}\text{Mn}_x\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ melt-spun ribbons ($x = 0; 1; 3$ at.%) annealed at 420°C for 10 min. indicate similar nanograins size independent of the composition.

However, the addition of Mn produces the increase of the coercive field (Fig. 3). Since the nanograins size is similar for ribbons with and without Mn addition, most probably the increase of the coercive field is determined by the larger number of grains in the detriment of the amorphous residual matrix. Additional HR-TEM combined with electron nanobeam diffraction investigations are required to confirm this hypothesis.

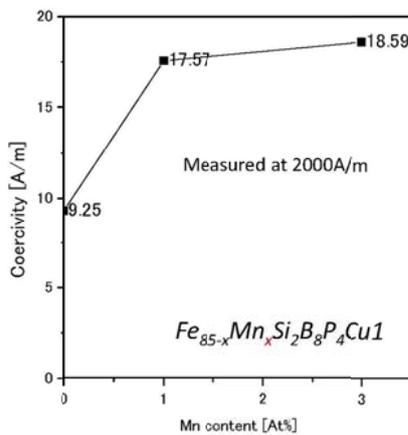


Fig. 3. The evolution of the coercive field with the Mn content for $\text{Fe}_{85-x}\text{Mn}_x\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ melt-spun ribbons ($x = 0; 1; 3$ at.%) annealed at 420°C for 10 min.

To understand the role of the Mn addition on the microstructure and magnetic domains structure, glass-coated submicron wires from the same

compositions were produced by using a modified Taylor technique. The preliminary magnetic hysteresis loops are presented in Fig. 4.

All samples are magnetically bistable, irrespective of dimensions and structure, as shown in Fig. 4. However, the coercive and switching fields are decreasing significantly for the glass-coated submicron wires with additions of Mn. The larger the Mn content the smaller the coercive and switching fields are. and The bistability is preserved even for the annealed samples at temperatures ranging from 250°C to 550°C for 30 min., which is a characteristic of the uniaxially magnetized materials, and indicates the formation of a central magnetic domain in the amorphous state. However, the submicron wires annealed below 425°C are much softer (the coercive field is decreasing), whilst after annealing above 425°C the coercivity increases significantly as the results of the increase of the grains size over the critical limit. One can also notice that the decrease in the thickness of the glass coat results also in a strong decrease of the coercive field and switching field, respectively, for the same diameter of the metallic core, most probably as the result of the different distribution of the internal stresses in the glass-coated submicron wires. Additionally, for the same total diameter, the smaller the diameter of the metallic core the larger the coercive field is.

Additional studies on the measurement of the domain wall velocity in these glass-coated submicron wires are in progress. The measurement of the domain wall velocity offers a more accurate image over the microstructure developed in glass-coated submicron wires than the conventional magnetic measurements (permeability and switching field) as previously demonstrated [Chiriac *et al.*, *J. Appl. Phys.* 113 (2013) 17A329].

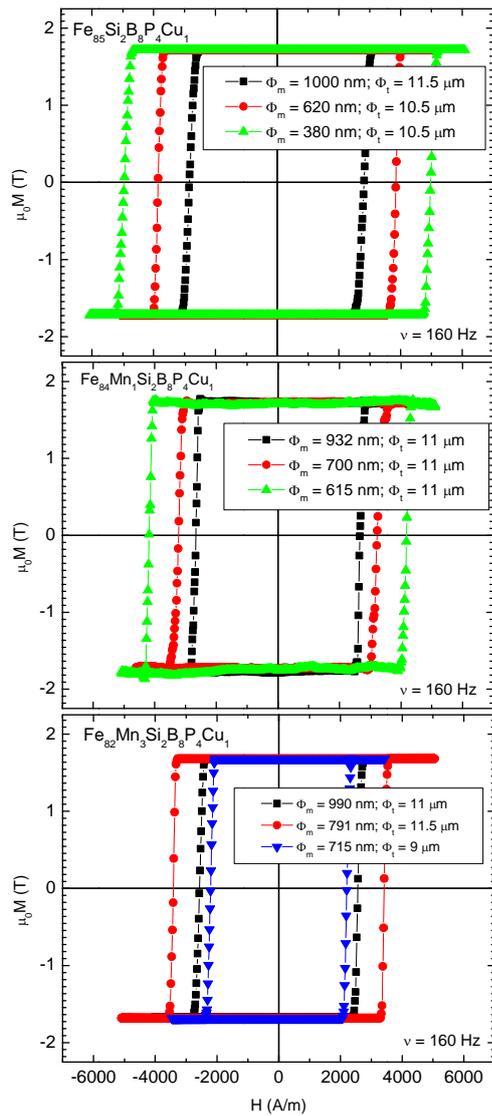


Fig. 4. Magnetization curves of glass-coated $\text{Fe}_{85-x}\text{Mn}_x\text{Si}_2\text{B}_8\text{P}_4\text{Cu}_1$ submicron wires in the AQ state. The frequency of the applied field is 160 Hz.

I would like to express my sincere gratitude to Professor Akihiro Makino for the invitation to IMR and to Dr. Parmanand Sharma and Mr. Yasunobu Yamada for helpful discussions and support with the experiments. I would also like to express my gratitude for Ms. Yuka Chiba for her constant help with the administrative paper work and very useful daily life advices and support.

Domo arigato gozaimasu!

Sayonara KINKEN!

H24 年度国内客員研究員研究成果報告

巨大ひずみ加工を利用した Zr-Cu-Al 合金の組織の組織と特性制御

独) 物質・材料研究機構 構造材料ユニット
土谷 浩一

平成 24 年 4 月から 9 月まで金属材料研究所附属金属ガラス総合研究センターの客員研究員を務めさせて頂き、大変有意義な時間を過ごすことができました。

巨大ひずみ加工(Severe Plastic Deformation, SPD)はバルク金属材料の組織極微細化を top-down 式に実現する方法として世界的にも非常に活発に研究が行われています。その加工法としては Equal Channel Angular Press (ECAP)法、Accumulative Roll Bonding (ARB) 法、High-Pressure Torsion(HPT)法、多軸鍛造法など

がありますが、中でも HPT 法は静水圧下に近い状態で試料に大変形を加える事ができるため、比較的脆い材料にも適用可能であるという利点があります。私はこれまで HPT 法を用いて金属間化合物をナノ結晶化・非晶質化する研究を行ってきました。本研究ではこの方法をガラス形成能の高い事で知られる Zr-Cu-Al 合金に適用し、ガラス状態の Zr-Cu-Al を HPT 加工した時の特性変化について



も詳細に調べるとともに、結晶状態の Zr-Cu-Al 合金の HPT 加工による非晶質化についても調べました。

Zu₅₀Cu₄₀Al₁₀ 金属ガラスの HPT 加工による異常軟化：傾角鋳造法で作製した直径 10 mm の円柱状インゴットから厚さ 0.85 mm の円盤を切り出し、圧力 5 GPa、回転速度 1 rpm で 50 回転まで HPT 加工を行いました。加工後の構造を X 線回折と高分解能 TEM で、熱的性質を Perkin-Elmer Diamond DSC で、力学特性をナノインデンテーション法 (Hysitron Tryboindenter) により調べました。

HPT 後の試料の X 線回折、高分解能 TEM 観察により、結晶化は起こっておらず、50 回転加工後も非晶質構造を維持していることが確認されました。図 1 にはナノインデンテーション法で測定された硬さと弾性率の変化を示します。硬さ・弾性率とも HPT 加工の回転数(N)とともに顕著に低下し、特に弾性率が約 30%も低下するのは特筆に値します。さらに 50 回転加工後の試料を 673 K で 1 時間熱処理した所、硬さ・弾性率ともほぼ加工前の値に回復しました。図 2 にはナノインデンテーションの圧痕の SPM 像です。加工前の試料では三角形の圧痕の周囲に多くの剪断帯が生成していますが、50 回転加工後の試料では剪断帯が生成せず、変形様式が HPT 加工により変化した事を示します。50 回転加工後、673 K で 1 時間熱処理すると再び剪断帯が現れました。HPT 加工後の試料について DSC 測定するとガラス転移温度よりも低温の広い温度域に構造緩和に対応する発熱が見られ、この発熱量と硬さ・弾性率変化は非常によく対応する事がわかりました。HPT 加工による原子配列変化の情報は Dmowski らによって調べられており、HPT 加工は PDF のピーク位置の原子密度を低下させ、ピーク間の不安定位置へと移動させている事が明らかになっています。つまり HPT 加工は金属ガラスの原子配列がよりランダムになる“構造若返り (structural rejuvenation)”を引き起こしていると言えます。原子間ポテンシャルの鞍点の様な不安定

位置にある原子は応力や熱などの外場に応答してすぐ安定な位置に移動すると考えられ、硬さや弾性率の低下と剪断帯抑制をよく説明できます。

結晶状態の Zr-Cu-Al 合金の HPT 加工による非晶質化：試料は Zr₅₀Cu_{50-x}Al_x(x=4,6,10)の 3 種類の合金のインゴットから厚さ約 1 mm の円盤を切り出したものです。これらの試料に 1073 K で 72 時間の熱処理を行いました。熱処理後の組織は x = 4 の試料は準安定相の ZrCu マルテンサイト相単相、x = 6 と 10 では安定相の Zr₂Cu 相(正方晶)、ZrCuAl 相(六方晶)、ZrCu マルテンサイト相からなっていました。いずれの試料も 50 回転までの HPT 加工で非晶質相が生成しましたが、TEM 観察の結果、初期組織が最も微細な x=10 が加工初期からの非晶質化を示す事が明らかになりました。50 回転加工後の試料の DSC 曲線は、非晶質を加工した時と同様の約 450 K 以上の温度域で構造緩和による発熱とガラス転移を示しました。ガラス転移の存在は高温での粘弾性測定によっても確認されています。以上により、HPT 加工によるガラス相の生成が可能であることが明らかになり、鋳造法では作製が難しい様なガラス生成能が低い合金でも HPT などの強加工によるガラス化が可能である事を示唆しています。

金研訪問時は E.S. Park 教授 (ソウル大学)、P. K. Liaw 教授 (テネシー大学) からも滞在しており、非常に有意義な議論をすることができました。また満開の桜、金研ビアパーティー、七夕など、仙台の多様な魅力を満喫する事ができました。

この様な機会を与えて頂いた関係者の皆様、共同研究者の横山嘉彦准教授、TEM を使用させて頂いた AIMR 中山幸仁准教授、事務室の千葉ゆか様、善積利佳子様にもこの場を借りて厚く御礼を申し上げます。

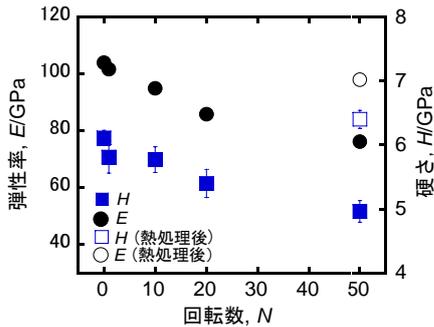


図1 HPT加工による硬さと弾性率の変化

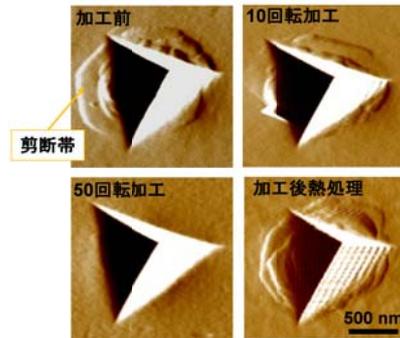


図2 ナノインデンテーション圧痕のSPM像

金属ガラスの動的緩和分布の測定と不均質モデルに基づくその解釈

京都大学大学院工学研究科材料工学専攻

准教授 市坪 哲



平成24年10月から半年間、東北大学金属材料研究所附属金属ガラス総合研究センターの客員准教授を務めさせていただきました。私は現職の前に、平成15年4月から平成17年6月まで同研究所の助手として勤務させていただきました

ので、またこうやって同研究所の一員として職務につけたことを大変誇りに思い、また感慨深く思います。最近では、金属ガラス以外に、蓄電池研究を遂行しており、金属ガラスを蓄電池の部材として利用

することの視野に入れて研究を行っております。長周期規則構造を持たない種々のガラス材料は、結晶材料と比して過剰なエントロピーを凍結して熱力学的に準安定な状態に留まります。従って、熱、応力、周期振動や高周波磁場・電場などの外場揺動を受けた場合には、これに順応した更なる準安定平衡化をはかるため“緩和”が生じます。つまり種々のガラスの諸性質の中で、「緩和こそがガラス材料の本質である」と言っても過言ではないでしょう。例えば、過冷却液体-ガラス固体間の顕著な状態変化は熱活性で生じる α 緩和（動的ガラス遷移）であり、またガラス固体が熱活性によって凍結された過剰自由体積を減少させる不可逆現象は構造緩和と呼ばれています。一方、力学的には、応力緩和、クリープの他、降伏や大規模な粘性流動現象がガラス材料の代表的な緩和現象として知られています。一般に、ガラス材料の緩和現象は、そのガラス自体の構造や組織に密接に関連し、小さく動き易いセグメントの運動に起因する緩和ほど、活性化エネルギーが低いからより低い温度から観測されます。金属ガラスは指向性の低い金属結合で成立つため、構造的に均質で、

そのことが高いガラス形成能を発揮する要素であると信じられてきました。ところが2000年に我々は、現在までに開発された金属ガラスの中で最も高いガラス形成能を有することで知られるPd-Ni-Cu-P系金属ガラスに対して、超音波振動を与えながらガラス遷移温度直下で長時間保持した場合、ガラス母相内に動的部分結晶化相が網目状に発達する結果を導き出すことに成功しました。フラジイルなガラスには β 緩和と呼ばれるより速い緩和過程が観察されるのですが、その緩和周波数と超音波周波数が一致した時、つまり確率共鳴を起こした時に部分的な結晶化が促進されると考えられます。均質ガラスの筆頭例であるべきこの金属ガラスに、元々内在的に、図1に模式的に示すような強結合領域（SBR）と弱結合領域（WBR）によって構成される数nm程の不均質構造が内在的に存在していたことが示唆され、現在、金属ガラスの不均質性と諸特性との関係に国の内外を問わず注目が集まっています。このような背景において、今回取り組んだ研究テーマは、「金属ガラスの動的緩和分布の測定と不均質モデルに基づくその解釈」です。金属ガラスに周期的なひずみ振動を施し、応答として得られる応力振動の大きさや、ひずみ振動との位相のズレから、動的変形過程を弾性的変形成分と粘性的変形成分に分解して抽出するが出来ます。その粘性成分である損失弾性率の周波数分布は、金属ガラス内の緩和時間の分布に該当し、これは、我々が注目する構造的な不均質性を反映しているものと考えられます。

Pd_{42.5}Ni_{7.5}Cu₃₀P₂₀金属ガラスの貯蔵弾性率および損失弾性率の角周波数分散 ($\omega = 10^{-3} \sim 10^2$ rad/s) の温度依存性を153 K~ガラス遷移温度近傍である563 Kまでのガラス固体温度域において調査し、その結果を図2に示しました。図2(上)より、Pd基金属ガラスには、周波数が小さく遅い（活性化エネルギーの大きい）側から順に α 緩和、slow β 緩和およびfast β 緩和の三種類の緩和モードが観測され、図2(下)に示した周波数の温度依存性から得られた活性化エ

エネルギーと頻度因子 ω_0 は、それぞれ 7.98 eV と 5.1×10^{68} s、1.39 eV と 1.0×10^{14} s、および、0.25 eV と (1×10^{-14} s) と見積もられました。従って、 α 緩和は、5 原子程度の原子間協調運動、slow β 緩和は単原子ジャンプ、および、fast β 緩和はラトリングにそれぞれ起因すると考察されます。我々が 2000 年の報告で不均質性を炙りだした動的熱処理条件 (0.1 MHz、573 K) は、図 2 (下) より slow β 緩和を励起する領域に入るため、弱結合領域から slow β 緩和が発生していたものと考察されます。よって、slow β 緩和が明瞭に観測される金属ガラスは弱結合領域が発達して不均質性が高い構造を有していることになります。Pd 基金属ガラスや La 基金属ガラスは、明瞭な slow β 緩和を示しますが、興味深いことに、Zr 基金属ガラスでは、slow β 緩和が明瞭には観測されず、同じ条件域では α 緩和からの区別の難しいexcess wing という微弱な緩和が観測されます。このことは、Pd 基金属ガラスには、明瞭な不均質性が発達し、その一

方で、Zr 基金属ガラスは逆に不均質性が低い (均質性が高い) ことを意味しています。不均質性・均質性の定量的な解析 (体積分率や弾性率差等) がこれからの課題です。金属ガラスに内在するナノスケールの不均質性は、金属ガラス過冷却液体の粘性率の温度依存性 (=フラジリティ) やガラス固体のポアソン比 (~延性) に大きく関与していると考えられ、金属ガラスの本質を把握する上で大変重要な研究課題と言えます。今後も金研および新素材共同研究開発センター (旧金属ガラス総合研究センター) との関わり合いを継続し、ガラス材料の本質に関わるこの重要研究課題に取り組み続けるつもりです。

最後になりましたが、この度、本職の機会を与えて下さいました同センター長・牧野彰宏教授、またご推薦頂きました加藤秀実准教授、ならびに他の関係者の方々に心より感謝申し上げます。また、センターの事務職員、加藤研の事務補佐員の方々にも大変お世話になりました。誠に有難うございました。

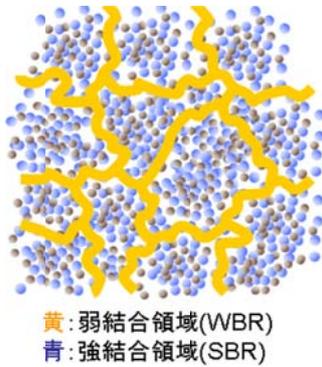


図 1 金属ガラス中に発達する内在不均一性(強結合 (SBR) と弱結合 (WBR) 領域)を示す模式図

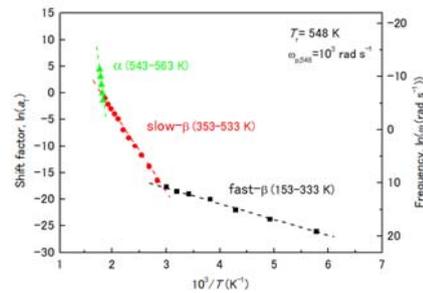
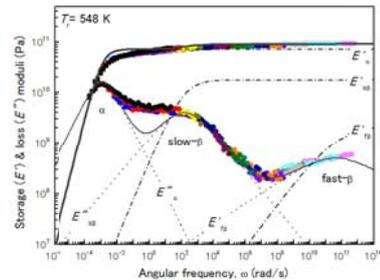


図 2 Pd-Ni-Cu-P 系金属ガラスの 548 K における貯蔵および損失弾性率の周波数依存性(上)と観測された α 緩和(ガラス遷移)、slow β 緩和および fast β 緩和における周波数の温度依存性(下)

各展示室見学・視察一覧

2012 11/29 仙台経済界 1名

12/13 戦略的基盤技術高度化支援事業第3回研究開発推進委員会出席者 9名

2013 1/29 芝浦工業大学学生 1名

1/30 兵庫県産業労働部産業局工業振興課長他 3名

2/12 田中貴金属工業(株)技術開発部門チーフマネージャー 中安昭夫氏

2/14 日経BP社日経 Automotive Technology 編集委員 浜田基彦氏

3/15 LG化学 日本研究所部長 松原恵子様他 1名

3/25 デクセリアルズ株式会社開発技術部門 金子直人様他 2名

4/ 8 ドイツ パイロイト大学 Prof. Monica Willert-Porado

5/ 1 マテリアル・開発系1年生 40名

新素材共同研究開発センターニュース vol. 1
2013年5月31日

**東北大学 金属材料研究所
附属新素材共同研究開発センター**

〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1
TEL 022-215-2371 / FAX 022-215-2137
E-mail crdam@imr.tohoku.ac.jp
URL <http://www.crdam.imr.tohoku.ac.jp>