

就任のご挨拶

金属ガラス総合研究センター ミクロ組織制御材料合成研究部
教授 牧野 彰宏



10月1日付で秋田県立大学からミクロ組織制御材料合成研究部に着任致しました。2002年10月から半年間金属ガラス総合研究センターの前身である新素材設計開発施設で客員教授を務めさせていただきました、この度本センターに採用されました。

私は約30年ほど前に金研の旧増本研で大学院時代を過ごし、民間企業の研究開発部門、秋田県立大学を経て再び金研へ戻って来たこととなります。その間、軟磁性アモルファス合金、ナノ結晶合金や金属ガラスに関する研究を行なってまいりました。軟磁性材料分野は機能材料全体の中では、市場規模が大きく、また比較的が高価格が許容されておるため、新素材が参入しやすく、アモルファス、ナノ結晶合金はすでに工業材料として広く用

いられております。

軟磁性金属ガラスは他の結晶材料、アモルファス及びナノ結晶合金と比べ、低保磁力、低鉄損であり、次世代の1つのエコマテリアルとしての高いポテンシャルを持っていると考えられます。

金研で生みだされた金属ガラスを中心とした非平衡相材料の研究ができることは真に幸せなことであると思ひますし、これらの学術的発展、実用化に少しでも貢献できるよう微力ではございますが、精一杯がんばる所存です。何とぞ皆様からの御指導、御支援を宜しくお願い申し上げます。

H17年度後期 客員研究員 就任のご挨拶

金属ガラス総合研究センター
後期客員教授 浅見 勝彦

この度、前期の花田先生に引き続いて当センターの客員教員（平成17年度後期）をさせていただくことになりました。

当センターの前身の新素材設計開発施設においては、生体用チタン材料の研究、非平衡物質の開発と応用に関する研究、地球環境浄化用新材料の研究、新素材の性能評価、構造解析および状態分析法の開発、各種耐環境性金属材料の研究などを行ってまいりました。客員として限られた時間の中で、当センターのために寄与できることとして、これまでも取り組んできた各種バルク金属ガラスの耐食性の研究を考えております。同時に施設の中期目標・中期計画の中のテーマである生体福

祉材料ならびに社会基盤材料等にかかわる研究も進めることができると考えております。

金属ガラスを実用化する上で耐食性は非常に重要な因子です。従来、アモルファス合金に関しては、系統だった研究を行い、各種の高耐食性合金を生み出してきました。これに対して、バルク金属ガラスの耐食性に関する研究はまだ充分とは言えない状況にあります。Mg基合金などのように反応性の高い合金を別にすれば、主なバルク金属ガラスはすでにある程度の耐食性付与元素を含み、通常的环境下ではある程度の耐食性はもっています。しかし、塩化物イオン等の存在下のような腐食性の激しい環境では耐食性が充分ではありません。

これまでの研究では耐食性を付与する元素を添加するとガラス形成能が下がる場合が多く、今後、耐食性改善を図りつつ、ガラス形成能を低下させないような元素の組み合わせを検討することが必要であろうと思われれます。

センターならびに金研の皆様のお力添えにより、微力ながらも当センターの発展に貢献できればと考えております。どうか皆様のご協力をよろしくお願い申し上げます。

H17 年度前期 客員研究員 研究成果報告

Dr. Benjamin P. BURTON
Ceramics Division,

National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg Maryland, USA

I am honored that Associate Professor Marcel H.F. Sluiter and Professor Yoshiyuki Kawazoe invited me to the Advanced Research Center of Metallic Glasses (ARCMG) in the Institute for Materials Research (IMR) as a visiting professor from May to October, 2005. These past five months have an unusually productive and stimulating time for me. It has been a great pleasure to work here, and to experience a (too) little of Japanese culture.

During my stay in IMR, I completed a review article on relaxor ferroelectrics, and continued my work with Professor Sluiter on the lead free relaxor system $[\text{Na}_{1/2}, \text{Bi}_{1/2}]\text{TiO}_3$. I also started two additional additional projects on lead-free relaxors that were motivated by interactions with researchers at NEC Tokin:

- 1) In collaboration with Umesh V. Waghmare, who is also a visiting professor at IMR, I did first principles calculations of supercell energies for perovskite- and lithium niobate-based supercells along the pseudobinary join $\text{KNbO}_3 - \text{LiNbO}_3$. Combining these results with previous total energy calculations for tungsten-bronze structure phases (done by U. V. Waghmare) helps to elucidate the ternary phase relations that govern tungsten-bronze-phase stabilities; and will therefore help with the design of desired tungsten-bronze structure phases that are stable.
- 2) I performed over 20 relaxed total energy calculations for ordered supercells in the system $\text{NaNbO}_3 - \text{KNbO}_3$. All calculated formation energies are greater than zero, which implies a phase diagram with a miscibility gap. This is scientifically interesting because it means that it may be possible to synthesize crystals of composition $\sim[\text{Na}_{1/2}\text{K}_{1/2}]\text{NbO}_3$ which have spinodal decomposition induced concentration waves, and these are expected to promote relaxor properties. Technologically, it suggests the possibility of a new high- T_C lead-free relaxor to replace the industry standard, $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$, which is being regulated out of the EU market.

I'm hopeful that the fruitful collaboration we have established with my visit will continue in the years to come. In particular, I look forward to hosting visitors from the Kawazoe laboratory at my home institution, NIST, and hope to return here myself at the earliest possible opportunity.

平成 17 年 4 月から半年間、生体用チタン合金に関する研究を客員研究としてさせていただいた。目標としたのは低弾性率高強度チタン合金の開発で、加工プロセス工学研究部門で見出された細胞毒性の低い Ti-Nb-Sn 合金をさらに高機能化させるとともに、整形外科用インプラントなど生体医療分野へ応用するための基盤をつくることを目指した。

低弾性率化に関しては、多くのマルテンサイト変態する合金の弾性率が変態温度直上で異常に低下する現象(Lattice softening)に注目した。まず、Ti-Nb-Sn 合金のマルテンサイト変態温度が室温直下になるような準安定なベータチタン合金の組成を Nb(または Sn)の関数として実験的に決定し、焼入れ状態で合金が低弾性率であることを確認してから、強加工(圧延)した。その結果、大量のマルテンサイトが応力誘起され、圧延方向の弾性率は焼入れ状態よりさらに低下した。これは、応力誘起マルテンサイトの等価な針状プレート(バリエーション)の中の一種類のバリエーションが圧延方向に整列するためである。この圧延板は強圧延により加工硬化しているため、このままでも低弾性率高強度が必要とされる骨プレートなどに応用することが可能と思われる。さらに興味深いのは、圧延後にマルテンサイト逆変態のための熱処理を行うと低弾性率を維持したままで、高強度化が達成できることである。逆変態して生成した母相の組織は加工マルテンサイト組織を引き継いでいるため著しく微細化しているうえ、圧延で導入された高密度の転位には微細な α (hcp)相が析出するためである(α 相の体積率が大きくなり過ぎると弾性率も上昇するので、低弾性率高強度化のための最適熱処理条件が存在する)。このような加工熱処理法においては、準安定なベータチタン合金の特徴、

すなわち、応力誘起マルテンサイト変態が極めて低応力で発生する、極めて延性的で大変形が可能である、準安定相であるため加工後の時効で析出硬化する、を効果的に利用することができる。

以上の研究結果に基づいて、高齢化社会の到来とともに今後ますます需要が増大すると予想されている人工股関節用インプラント(ステム)を冷間鍛造により試作した。現在、ステムに多用されている合金は Ti-6Al-4V であるが、冷間加工性が劣るうえ、耐酸化性もよくないので、ステムの加工には雰囲気制御と 900°C 以上の温度での熱間鍛造が必須である。企業との共同研究で金型形状、素材形状、潤滑、加工工程などを検討することにより、冷間鍛造による Ti-Nb-Sn 合金ステムのニアネットシェイプ化に成功した。合金の優れた切削性を利用して簡単に最終形状に加工できる。また、冷間鍛造したステムを時効することにより、析出硬化することを確認した。従って、合金組成、冷間鍛造中のメタルフローに伴う各部のひずみ、時効条件などを検討することにより、さらなる高強度化が期待できる。実用化に際しては、疲労強度が重要な機械的性質のひとつとなるが、疲労試験の結果はすでにステムの ASTM 規格値をクリアしている。その他の機械試験、生物学的安全性試験など治験までにはいくつかの研究課題が残されているが、本客員研究のお陰で実用化へ向けて一歩前進することができた。

本客員研究を行なうにあたり格別のご配慮とご支援をいただいた井上明久センター長、木村久道助教授および実験に協力いただいた渡辺貞夫技術補佐員、松本洋明教務補佐員に厚くお礼申し上げます。次第である。

最近の研究成果報告

金属ガラス総合研究センター ナノ構造制御機能材料研究部
助手 山浦 真一

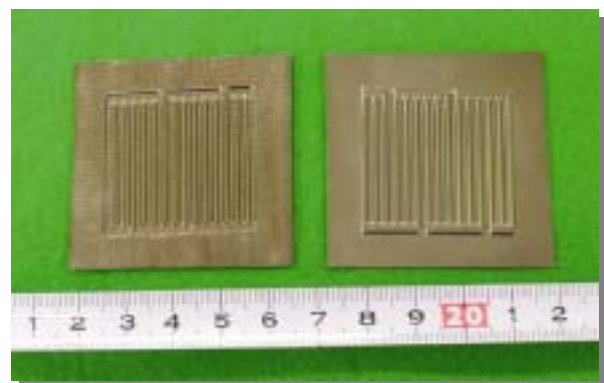
最近、当センターでは金属ガラスを用いて固体高分子形燃料電池用の安価なセパレータを開発しました。燃料電池は化石燃料の持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに代えるものであり、従来の内燃機関等に比べて効率がが高く、二酸化炭素の排出を大きく削減することが可能です。燃料電池の中でも固体高分子形燃料電池は、高出力密度、低温作動等の特徴を活かして家庭用、電気自動車用電源等として普及が期待され、開発が進められています。

固体高分子形燃料電池の主要な構成部品には、電解質膜、触媒、セパレータなどがあります。セパレータの役割は燃料（水素ガス）と酸化剤（空気）を反応場に送り、反応生成物（水）を排出し、電気を集め、セルを機械的に支持することです。これらの重要な役割を担うセパレータは燃料電池全体に対し、重量で60%以上、コストで30%以上の割合を占める部品です。セパレータは現在、緻密黒鉛が主流ですが、複雑な形状の加工が難しくコストがかさむこと、強度が弱いため薄く出来ないこと（～燃料電池のコンパクト化に逆行）から、安価で大量生産可能な金属製セパレータの開発が望まれています。セパレータ材質を従来の緻密黒鉛から金属材料に代えることで、重量、体積、コストが劇的に低下することが期待できます。最も簡単な代替材としてはステンレスが考えられます。しかしステンレスでは不動態皮膜を生成して電圧降下を起こし問題があります。

そこで私たちは全く新規の材料である金属ガラスをセパレータとして使用することを検討し、研究を進めてきました。金属ガラスは優れた高強度、高耐食性を有する材料ですが、アモルファスと異なる最大の特徴は過冷却液体状態における粘性流

動加工が可能であるという点です。セパレータには水素ガスおよび空気を通す複雑な流路を溝加工する必要がありますので、金属ガラスを過冷却液体状態に加熱して温間プレスにて溝成形出来れば、低コストな金属系セパレータを作ることができると考えました。写真は Ni-Nb-Ti-Zr 四元系金属ガラス薄帯を単ロール液体急冷凝固法を用いて作製し、その薄帯に複雑な流路形状を持つサーペンタイン型の溝加工を行ったものです。図から明らかなように、極めて精度の高い形状寸法を持つ溝成形を行うことができました。溝加工のために過冷却液体状態まで加熱しますが、降温後に組織を確認してもガラス構造を保持していることが確認されています。発電試験を行っても、実用上十分な発電特性を持ち、なおかつ経時劣化も少ないという、素晴らしい成果を得ています。

今後は、研究を遂行する中で分かってきたいいくつかの課題を克服し、実用化への道筋を立てたいと考えています。



複数溝サーペンタイン型流路の溝加工

活動報告

..... イノベーション・ジャパン 2005 に参加して

大学発「知の見本市」としてのイノベーション・ジャパン 2005 が東京有楽町の東京国際フォーラムを会場として、9月27日から29日までの3日間の日程で開催されました。主催は独立行政法人科学技術振興機構（JST）および独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）であり、共催は文部科学省、経済産業省および日経 BP 社でした。

この催しは、我が国の経済社会が国際競争力を強化・維持するためには、優れた知の創造と知による活力の創出により社会を活性化することが重要で、その推進のため大学のシーズと社会のニーズとのマッチングの機会を設けることが必要不可欠であることから、昨年に引き続き実施されました。来場者は、主催者発表によると、プレス関係者も含めてのべ約3万人とのことでした。

会場には、大学ゾーンとしてナノテクノロジー・材料、ライフサイエンス・バイオ、医療・福祉、IT、環境・エネルギー、製造技術・ロボット、知財本部等の257ブース、TLO(技術移転機関)ゾーンでは23ブース、大学発ベンチャーゾーンでは16ブース、大学発ベンチャー支援ゾーンでは8ブース、研究機関(関連の独立行政法人)ゾーンでは5ブース、主催者・共催者ゾーン等の展示コーナーやマッチングコーナー等が設けられ、またフォーラムとして基調講演、特別講演、併催セミナー、特別協賛ワークショップ、新技術説明会等が開催されました。

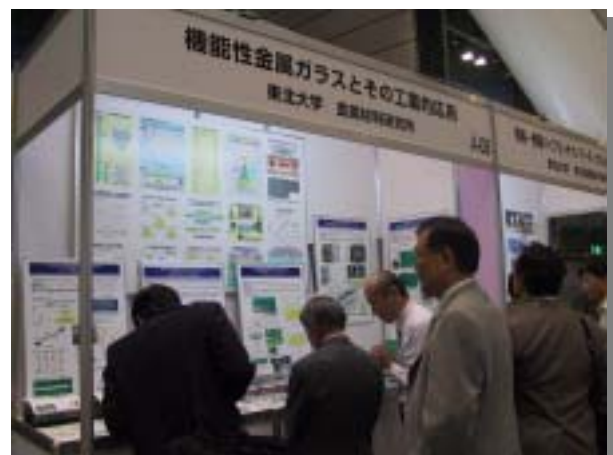
今回、新技術説明会の講演者として RIMCOF の浦田氏が参加され、また大学ゾーンの A-06 ブースには「機能性金属ガラスとその工業的応用」との展示コーナーが設けられ、その担当として吉田(肇)、三浦、笹森の3名が派遣されました。このブース

アードモーター、圧力センサー、高感度流量計等の個別の説明用パネル、並びに金属ガラス素材や試作品、製品等が所狭しと展示され、またリーフレットも並べられ、それらを有効に活用しながら、我々は来場された方々に対し丁寧に金属ガラスの説明を行いました。金属ガラス説明用のカラー刷リーフレットは約200枚、個別の説明用は各80枚ほど用意したものの、あっという間に品切れとなり、あわてて白黒コピーでリーフレットを増刷りして配る毎日でした。概算ですが、我々のブースには800名ほどの方々が足を運ばれたと思います。目の前のお客さんに一生懸命説明していると、いつの間にか鈴なりになっていたりして、立ちっ放しによる足の痛みも忘れる程でした。

A-06 ブースでの説明に没頭し、周囲をさほど見渡していないことから、他のブースの様子は良く分かりませんでした。熱心に質問される方が多かったので、我々の展示コーナーは活気があったと思っております。ただ残念なことに、A-06 ブース自体が会場の隅(場末?)だったので、出来ることなら会場中央が望ましいと感じた次第です。

最後になりますが、今回、標記催しに説明役として派遣させていただき、また何かとご協力いただきました方々に厚く感謝申し上げます。

(文責：笹森 賢一郎)



夏期講習会の実習について

平成 17 年度金研夏期講習会が 7 月 27 日～29 日の 3 日間開催されました。その中で実習は 7 月 29 日 9:00～16:00 でありました。実習は 5 テーマあり、本センターでは「金属ガラスの作製と諸性質に関する測定演習」、「 YMnO_3 、 CaF_2 単結晶の作製および基礎評価」の 2 件を担当しました。

前者では、井上明久先生の「バルク金属ガラスの創製と工業化」の講義内容(7月27日)をより理解するために、基礎的な知見を確実に習得することを目的として、次の実習を行いました。(1)液体急冷法により金属ガラス薄帯を作製し、示差走査熱量計による結晶化過程の測定、X 線回折および透過電子顕微鏡観察による構造や結晶化過程の解析、インストロン試験機やビッカース硬度計による機械的試験および走査電子顕微鏡(SEM)による引張試験破断面の観察などを行

いました。(2)傾角鋳造法で作製したバルク金属ガラスの粘さと強さを実感して頂くために引張試験を行い、試験片の破面をマクロに肉眼で観察し、さらにミクロに SEM 観察を行い粘り破壊形態の痕跡を考察しました。受講者数は 22 名でありました。(文責:木村 久道)

後者では、磁氣的興味から研究されてきた YMnO_3 の単結晶を光加熱・帯域溶融(FZ)法により、広範な光学的用途をもつ CaF_2 単結晶を溶融引き上げ(Cz)法により作製して、得られた単結晶に対し基礎評価を行いました。特に、2 種類の結晶作製手法を自ら体験できたことは今後の大きな財産になる、というご意見を参加者全員から頂きました。受講者数は 6 名で、その内訳は企業研究所の研究員 3 名、私大教員 1 名、院生 2 名でありました。(文責:穴戸 統悦)

各種受賞・表彰

2005 年 4 月 18 日

笹森賢一郎

文部科学大臣賞「創意工夫功労者表彰」

ナノ準結晶分散型耐熱 Al 合金作製プロセスの考案。ナノスケールの準結晶を Al 相中に均一分散させた粉末を作製し、その固化成形により高耐熱 Al 基合金バルク材を作製するプロセスを確立したことが評価されたものです。

2005 年 9 月 26 日

池田一貴、中森裕子、折茂慎一

3rd International Conference on Nanomaterials by Severe Plastic Deformation (NanoSPD3)、Excellent Poster Award

ミリングプロセスで合成した Mg-Ni 合金の水素化特性に関する研究

2005 年 9 月 28 日

井上明久

日本金属学会技術開発賞

金属ガラスパイプを用いた高感度コリオリ流量計の開発

2005 年 9 月 29 日

加藤拓也、二宮彬仁、中森裕子、折茂慎一

第 5 回日本金属学会優秀ポスター賞

B-H および Al-H 結合を含む水素化物の水素貯蔵特性に関する研究