

Advanced Materials ～夢をかたちに～

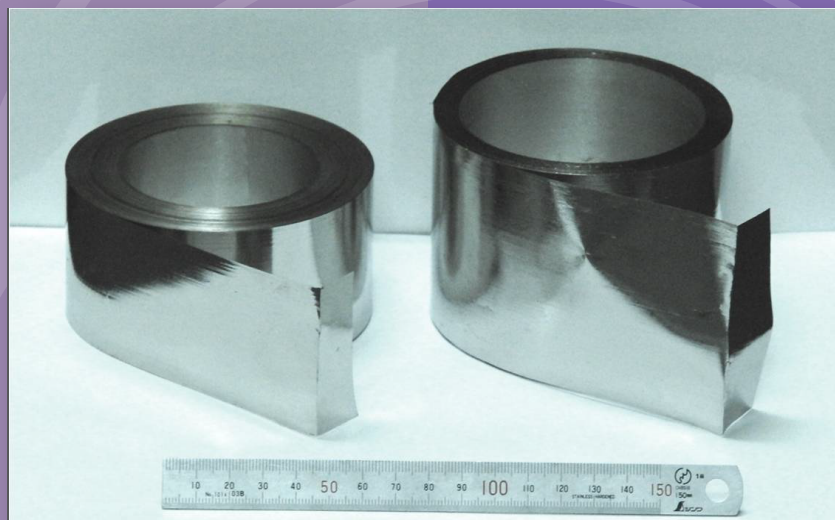
金属ガラス

ARC MG Newsletter

ニュース

総合研究センター

vol. 12
2011. 11



企業との共同研究により試作した (a) 50mm、(b) 70mm幅広Fe-Si-B-P-Cuナノ結晶薄帯の外観写真。製造プロセスの確立により高効率トランスやモータ等の磁心材料として実用化に目処。

CONTENTS

- ニュース: 瑞鳳殿 弔魂碑改修落成式
- 活動報告: 片平まつり2011「きんけん一般公開」出品・展示
- 活動報告: 技術交流会～宇部工業高等専門学校～
- 活動報告: 「ナノ・マイクロ構造科学研究センター
キックオフフォーラムに参加して」
- 就任挨拶: ロディオン ベロスルドフ
- H23年度外国人客員研究員研究成果報告: Guangyin Yuan
- 展示室見学・視察一覧

ニュース

◆瑞鳳殿 弔魂碑改修落成式

平成 23 年 7 月 27 日、仙台市から委託を受け金属ガラスセンターで修復した瑞鳳殿敷地内にある戊辰戦争弔魂碑の改修落成式が行われ、金属ガラスセンターから後藤センター長、横山准教授、湯蓋准教授、非平衡物質工学部門から加藤准教授が参列しました。戊辰戦争戦没者ご遺族、伊達家現当主、市議会議員、仙台藩士会など多くの方がご参列する中、後藤先生が改修工事概要報告として「弔魂碑修復の経緯」を述べられました。

本弔魂碑は明治 10 年に建立された铸铁性の慰霊碑で、伊達家をはじめ仙台藩の有志により、戊辰の役や函館戦で亡くなられた仙台藩士や米沢藩士ら 1260 名の御霊を弔うために建立されました。130 年以上もの年月の経過により老朽化が進んでいることから平成 22 年 9 月、仙台市が調査および修繕業務を金属材料研究所に委託。これを受け平成 22 年 10 月、当センター後藤センター長を中心に具体的な調査を開始致しました。

調査の結果、本弔魂碑の希少性が十分に理解でき、修繕作業は 耐震強化による安全対策のほか、本碑の歴史的・文化的な価値を極力損なわないよう慎重にすすめられました。東日本大震災も無事に乗り越え、所内外の多くの方のお力添えのもと、改修作業中におこった平成 23 年 7 月に無事修復が完了し落成式の運びとなりました。

弔魂碑はねずみ铸铁で出来ており、南方の上部側板から欠落した欠片を用いて ICP 分析した結果、合金組成は炭素 3.3%、ケイ素 1.5%、燐 1.3%、マンガン 0.36%、バナジウム 0.14%、硫黄 0.12% (重量%)、その他にも少量の Mo が認められました。基地である铸铁の損傷が著しいため、今回の補修には欠損もしくは亀裂についてはニッケル系の溶火棒を用いての溶接による補修を余儀なくされ、且つ細かな穴等の修復にはポリマー等を用いて穴埋めをおこないました。また内部中央にステンレス鋼製の柱と梁を設置し、石垣土台の内部に鉄製の柱を埋め込むなどの対応をして十分な強度と耐震性を確保しました。本弔魂碑は、明治時代に建立された現存する鐵碑としては非常に珍しくしかも大型であります。日本が近代製鉄に移行する直前の貴重な鉄として本弔魂碑は学術的にも大きな意味を有すると考えられます。また、ボルトには鍛鉄が使用されており、当時貴重な輸入品が本弔魂碑には使用されています。

このたびの修復に伴う作業によって本弔魂碑は奇跡的に東北地方太平洋沖地震の被害を免れることができました。弔魂碑前の戊辰戦争没者を弔う石灯籠が全て倒壊したように本弔魂碑が倒壊していたら恐らく修復が困難な状態まで破壊されたことでしょう。強運かつ貴重な仙台の弔魂碑を今後も皆様と共に見守ってまいります。



修繕に関して解説・説明をする後藤センター長



修繕された弔魂碑



【戊辰戦争弔魂碑】

瑞鳳殿敷地内一仙台市青葉区霊屋下 23-2-

(文責：横山 嘉彦)

活動報告

◆ 片平まつり2011「きんけん一般公開」に出店・展示

平成23年10月8日、9日の二日間にわたって片平まつり2011「きんけん一般公開」が開催されました。

この催しは、大学内7つの研究所等が行う一般公開行事で、今回で7回目の開催となり「実験！発見！ビックリ体験！」をキャッチフレーズに日頃の研究成果について教職員が分かりやすく説明をさせていただき、来場者に楽しんでいただける参加型のイベントです。

当センターにおいては金属ガラス製のパターを用いてパターゴルフに挑戦いただきエコカイト等の景品を配布しました。ナノ結晶材料や機能性結晶を含めた金属ガラス等を数多く展示し、多くの方々から質問を受けました。

また共同研究をしている企業（日新技研株式会社）と共同開発した小型傾角鋳造アーク炉を実演展示し、多くの小中学生たちに金属ガラス等の鋳造を体験していただきました。

（文責：横山 嘉彦）



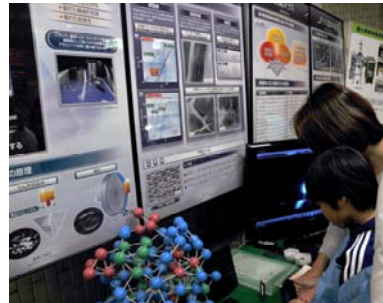
パターゴルフに挑戦



賞品ゲット！



金属溶解・鋳造装置を実演・展示



展示物に興味津々

◆ 宇部工業高等専門学校 技術交流会

平成23年10月7日、宇部工業高等専門学校 教授 藤田和孝先生、技術職員 安部英明様、藤重誠様においでいただき、金属材料研究所にて技術交流をおこないました。

多数の共同研究者から高い評価を得ている、特に他に類を見ない精微な小型引張試験片を、テクニカルセンター基盤技術室の臼井和也様に作製していただき、金属ガラスの性質や試験片の施削加工方法について技術指導を行いました。共同利用施設、そして共同研究を進める上で、研究用の装置試料作りはとても重要であり、我々は常日頃よりテクニカルセンターの皆様にご多大なるご協力をいただいております。この技術交流が今後の共同研究の推進につながることを期待します。（文責：横山 嘉彦）



.....◆「兵庫県立大学大学院工学研究科ナノ・マイクロ構造科学研究センターキックオフフォーラム
～大学間の新しい連携とこれからの展開～」における研究紹介報告

平成 23 年 4 月、兵庫県立大学大学院工学研究科にナノ・マイクロ構造科学研究センターが発足した。これを祝して 9 月 9 日に兵庫県立大学姫路書写キャンパスで開催されたキックオフフォーラムに於いて、当センターの研究についてパネル展示を行ったので報告する。

このフォーラムが開催された姫路書写キャンパスは姫路工業大学が前身であり、その起源は昭和 19 年開校の兵庫県立高等工業高校まで遡る。明治の文明開化と共に開港した神戸を県庁所在地とするハイカラな歴史が影響しているのか、平成元年に世界最高性能の大型放射光施設 SPring-8 を県南西部に誘致するなど、兵庫県は産官学連携を最も積極的に推進している地方自治体の一つである。今回のフォーラムも、兵庫県立大学、東北大学、兵庫県立工業技術センター、カールスルーエ工科大学(ドイツ)等との連携を中心に、兵庫県が誘致した我が国の大型プロジェクトである SPring-8・X 線自由電子レーザーならびに次世代スーパーコンピュータ「京」も活用して、超微細加工用新素材の創製ならびにその実践的なナノ・マイクロ構造部材の開発を推進し、新たな産官学連携の発展を狙ったもので、兵庫県下の製造業の国際競争力強化を足がかりに、その効果が我が国全体に波及することが期待される。

フォーラム前半は兵庫県立大学学長清原正義先生と東北大学総長井上明久先生の挨拶で開会した。続いて兵庫県立大学と東北大学金属材料研究所(以下金研)の産官学連携の取り組みについて説明があった後、当センターの客員教授でもいらっしやったナノ・マイクロ構造科学研究センター長山崎徹先生、金研関西センター長 正橋直哉先生、兵庫県立工業技術センター次長 富田友樹様から、それぞれ具体的な事例が紹介された。

昼のナノ・マイクロ構造科学研究センター施設見学会を挟み、午後は「ナノ・マイクロ構造科学研究センター・金属ガラスイノベーションフォーラム合同講演会」として、金属ガラスの今後の展望、海外における超微細加工技術、ナノ・マイクロ構造科学の今後の展望について、井上先生ならびに金研関西センター早乙女康典先生を始め、カールスルーエ工科大学、国立清華大学(台湾)、兵庫県立大学の先生方から具体的に説明があり、いずれも今後の展開に大きな期待を抱かせる研究内容であった。

最後に夕刻から 2 時間の交流会の中で、ナノ・マイクロ構造科学研究センターの研究紹介を中心に、超微細加工に適した金属ガラスの紹介や、協力企業の研究成果・商品化事例などのパネル展示が行われた。本フォーラムには、学術関係者だけでなく、多数の企業関係者に参加いただいた。交流会では金属ガラスについて多くの質問があり、地元製造業の金属ガラスに対する関心の高さが大変刺激的であった。

兵庫県南西部の播磨地方では、姫路市で新日本製鐵と山陽特殊製鋼が鋼材を、相生市で石川島播磨重工業が造船を、それぞれ戦前より手がけている。これほどまでに金属材料と固い絆で結ばれている地域に兵庫県立大学にナノ・マイクロ構造科学研究センターが発足したことで、この地域で取り扱う金属材料のスケールはキロメートル (10^3m) からナノメートル (10^{-9}m) まで、実に 1 兆倍に広がった。このパワー(べき数)メリットを産官学連携で活用した新たな挑戦により、新素材ひいては新産業が創出されることが期待される、ナノ・マイクロ構造科学研究センターが研究対象とする超微細加工は、結晶粒径や結晶異方性がない等方材料である金属ガラスが真価を発揮する学域である。今後、兵庫県立大学と金研、特に金属ガラスに特化する当センターの間で研究交流が促進され、ナノ・マイクロ構造科学研究センターが益々発展されるよう微力ながら協力する次第である。

(文責：山本 篤史郎)



就任挨拶

◆ 金属ガラス総合研究センター 材料設計部

准教授 ベロスルドフロディオンプラジミロヴィチ

It is a great honor for me to be promoted to Associate Professor of the Advanced Research Center of Metallic Glass of the IMR, Tohoku University. The major subject of my research is computer simulation of physical-chemical properties of complex materials that are great scientific interest and have promising applications.



As an example of previous research, the cooling process of pure Ni was investigated using an *ab initio* molecular dynamics simulation in collaboration with Prof. D. Louzguine group (WPI, Tohoku University). The results obtained suggest that the reduced glass transition temperature is only an indicator of how easily a glass can be formed and that its stability is a significantly more important feature. Moreover, the high sorption ability for acetylene on metal-organic framework (MOF) material was determined in collaboration with Prof. S. Kitagawa group (Kyoto University), using both extensive first-principles calculations and different experimental measurements, which ascribe to the double hydrogen bond support between the acidic acetylene proton and its acceptor basic site on the channel surface. It has been shown that the concept using designable regular MOF could be applicable to a highly stable, selective adsorption system.

My current research subjects are related to materials for hydrogen and carbon dioxide storage, early cancer diagnosis and treatment, effective targeted drug delivery and separation and molecular electronics. Therefore the future plan of my research will be connected to computer simulation of physical-chemical properties of materials related to these areas. Moreover, I have an interest in studying the properties of amorphous solids and the thermodynamic nature of glass transition phenomena.

宮城県を中心に起こった先の地震で多くの方が被害を受けました。その時、わたしはあらためて自分の仕事の目的を再確認することができました。そのため、今回のことは私にとっていい節目になり、今は一段とやる気に満ち溢れています。

今の私があるのは皆さんのおかげであり、今後もまだまだ未熟な私のサポートをよろしくお願いします。ここのセンターでは6年間働き、様々なことがあり、いい経験をさせてもらいました。今後もその経験をいかして少しでも貢献できるように身を粉にして頑張っていきますのでご指導ご鞭撻のほどよろしくおねがい申し上げます。

H23 年度外国人客員研究員研究成果報告

Preparation and characterization of novel biodegradable metals for medical application

Prof. Guangyin Yuan

School of Materials Science & Engineering, Shanghai Jiao Tong University, China

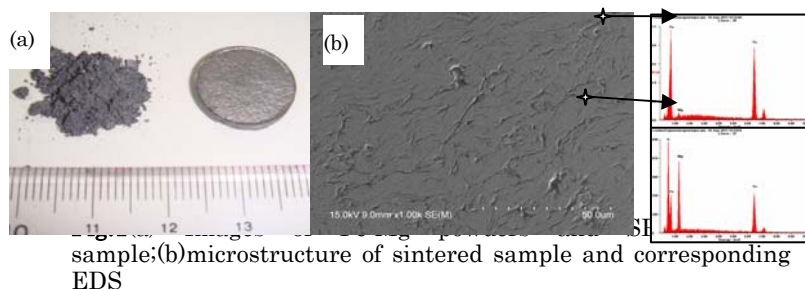
From 19th of July to 18th of September 2011, I worked as a visiting professor in Professor Hidemi Kato's Lab at IMR of Tohoku University. It was a great pleasure for me to come back to the same Lab where I've worked as JSPS researcher 7 years ago, at that time working closely with Professor Akihisa Inoue, now the president of Tohoku University.

During the two months visit, my research work focused on the preparation and characterization of novel biodegradable metals for medical applications, in particular the preparation of novel Fe-based and Mg-based

biomaterials by using the advanced apparatus of IMR and WPI of Tohoku University. Being biocompatible and biodegradable, Iron-based and magnesium-based alloys are considered as the promising biomedical degradable implant materials, such as for cardiovascular stents, bone fixtures, plates and screws, which would avoid secondary surgeries to remove after the tissue healed.



The challenge for the current Fe-based alloys as biomaterials is the low corrosion rate and they would corrode at a speed that is too low for most prospective implant applications. In order to enhance its corrosion rate greatly, I design binary Fe-Mg alloys and succeeded in fabricating such binary alloy samples by spark plasma sintering (SPS)(Fig.1). The primary corrosion test results showed that the corrosion rate in simulated body fluid(SBF) increased from 0.0018mm/y for pure Fe sample to 0.0053mm/y for Fe-Mg sample. The biocompatibility evaluation is under way.



during deformation, which may be explained the high deformability of the alloy.

Be contrary to Fe-based metals as biomaterials, the challenge for Mg-based alloys as biomaterials is the too high corrosion rate and to slow down its degradation rate is necessary. Meanwhile, the deformability of Mg alloys used as cardiovascular stent should be high enough. My group have developed a patent Mg alloy reinforced with icosahedral quasicrystals phase(I-phase) (Chinesepatent:ZL200610026842.X), which showed excellent deformability and middle strength and can be considered to produce the stent. In order to elucidate the mechanism of excellent deformability, the microstructure was checked by TEM. Fig.2 showed the as-extruded microstructure and it can be found that the I-phase existed in Mg-rich Mg-Zn-Gd-based alloys in two morphologies: (1) μm -scale dendritic I-phase formed in solidification;(2) Nano-scale I-phase particles precipitated in extrusion process(Fig.2). Fig.3 (a) showed the high resolution micrograph of an i-phase particle in the matrix. The matrix is in [100] while the i-phase particle in a 2-fold zone-axis orientation. Fig.3(b) is the SAD patterns of the i-phase along 2-fold zone-axis orientation. Fig.3(c) showed the Fourier transformed patterns of the matrix. The following orientation relationship were observed: $[12]//[100]_{\text{Mg}}$; $2\text{-fold}//(001)_{\text{Mg}}$; $5\text{-fold}//(0\text{-}11)_{\text{Mg}}$ with a slight misorientation($\sim 2^\circ$). The $(001)_{\text{Mg}}$ planes are nearly parallel to one set of two fold icosahedral lanes, as shown in Fig.3a. The local coherence of interface between the I-phase and matrix can be more effectively preserved

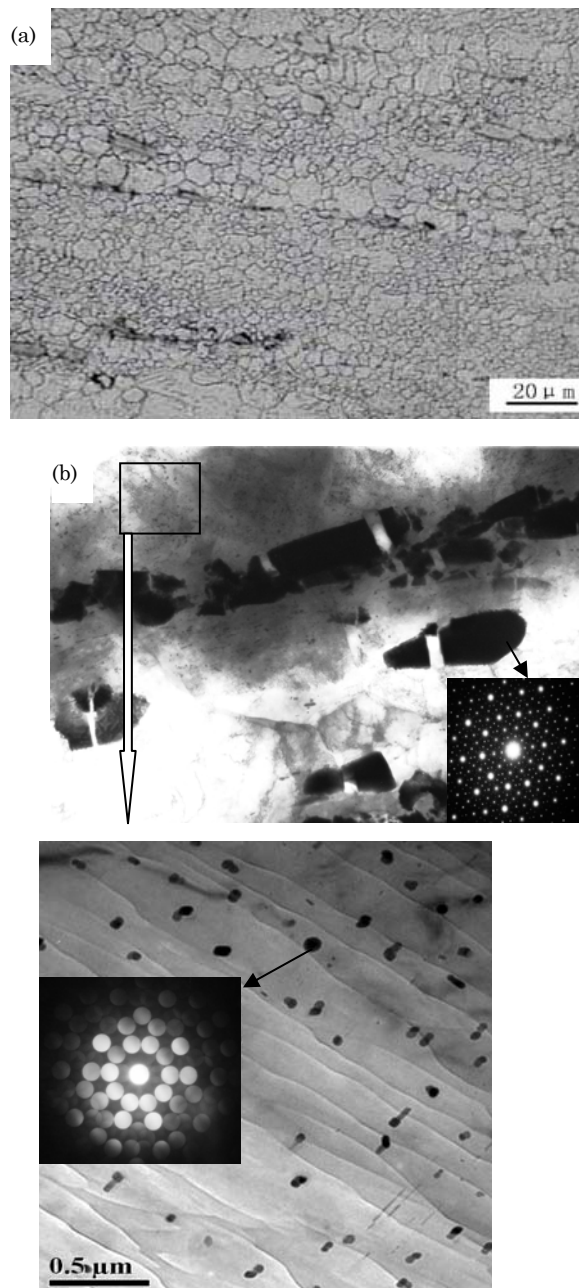


Fig.2 As-extruded microstructure of $\text{Mg}_{96}\text{Zn}_{3.5}\text{Gd}_{0.6}$ alloy (a)O.M. image (b) TEM image indicated I-phase existed in two morphologies: (1) μm -scale dendritic I-phase formed in the solidification;(2) Nano-scale ellipsoids-shape particles precipitated in extrusion.

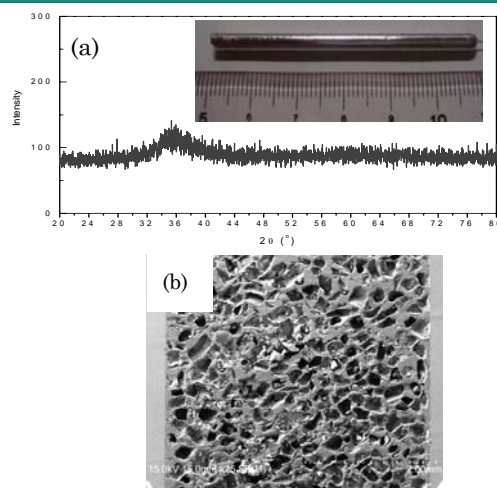
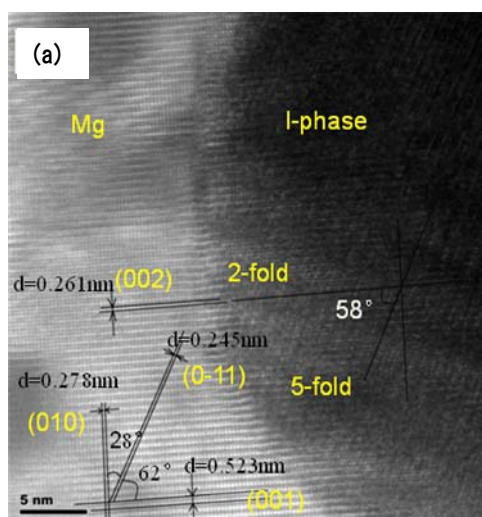


Fig.4 Mg₆₆Zn₃₀Ca₄ glassy rod(a) and its porous sample

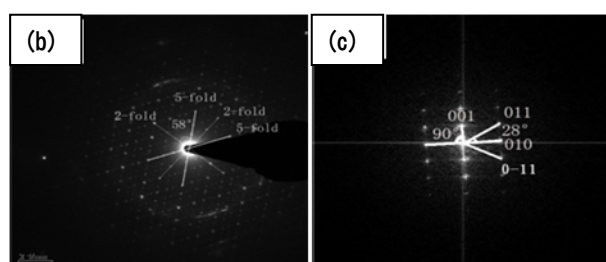


Fig.3 (a) High resolution micrograph of an i-phase particle in the matrix. The matrix is in [100] while the i-phase particle in a 2-fold zone-axis orientation. (b) SAD patterns of the i-phase along 2-fold zone-axis orientation. (c) The Fourier transformed patterns of the matrix.

In addition, during my this visit I also explore the possibility of Mg-Zn-Ca-based Porous Bulk Glasses(Φ4×60mm) for degradable Bone Tissue scaffold application(Fig.4a-b). Although the result is not very good because of its brittleness of Mg-based metallic glasses, the synthesis method can also be applied to produce the porous Mg-based crystalline alloys.

During the two months of collaboration with Prof. H.Kato and staff members, we have done some valuable

explorations to synthesize some novel biodegradable metals by using the advanced apparatus in IMR and WPI. These materials have a great potential for medical applications. Firstly, I'd like to express my sincere gratitude to Prof. H.Kato for the invitation to IMR of Tohoku University, and all his co-workers in the Lab(Dr. T.Wada – for porous samples preparation and fruitful discussions, Dr. A.D. Setyawan and Dr. X. Li—for very supportive and helpful discussions, Mr. H.Wang and Mr.W.Guo—for samples preparation and XRD, DTA measurement). I also extend my thanks to Prof. G.Q.Xie for his enormous help in SPS samples preparation, Dr.Z.C.Wang and Dr.C.L.Chen in WPI for their great help in TEM work. Many thanks to Prof.X.M.Wang and Prof.W.Zhang—for their valuable discussions and great help in my life in Sendai. Many thanks to Ms. K.Sekiguchi and Ms.Chiba, for their many help with the administrative paper work and very useful daily life advices. Finally, I'd like to express my deepest acknowledge to Prof.A.Inoue who continuously encourage and support my research work.

Thank you all again and Sayonara Kinken.

各展示室見学・視察一覧

- 2011 6/ 8 マテリアル・開発系 学部1年生 30名
- 6/15 オランダ王国大使館科学技術部参事官 他2名
- 7/21 経済産業省 技官 他1名
- 7/21 ㈱リガク様
- 7/26 国立台北科技大学材料及資源工程系教授 林於隆氏
華佑(株)顧問他 2名
- 8/10 文部科学省 馬場補佐 他2名
- 9/28 駐日中国大使 御一行
- 10/12 中国地質大学副校長他 3名
- 10/13 宮城県工業高校1年生 40名
- 10/21 文部科学省 学術機関課長 1名

金属ガラス総合研究センターニュース vol.12
2011年11月25日 発行

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

〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1
E-mail arcmg@imr.tohoku.ac.jp
URL <http://www.arcmg.imr.tohoku.ac.jp/>