



ものづくり基礎講座
第42回技術セミナー
兵庫県立工業技術センター セミナー室
兵庫県神戸市須磨区



東北大学金属材料研究所
創立百周年 記念ロゴマーク
(平成28年に創立百周年を迎えます)



兵庫県立大学
創立10周年
創基85周年
記念ロゴマーク
(平成26年に創立10周年・
創基85周年を迎えました)

子平町の藤屋敷 (千田氏邸) (宮城県仙台市青葉区子平町)

桜前線は3月から5月初旬まで、一月以上の時間をかけて日本列島を縦断し、日本人の心を和ましてくれます。日照時間が短く、寒さとの戦いを強いられる北国の住民にとって、薄氷とおぼろ月は待ちに待った春の到来の証しです。私たちは日々の生活や仕事に追われるあまり、足元にばかり目をとられがちですが、規則正しく巡る四季は現代人の無粋な営みに彩りを与えてくれます。春の訪れを機に、一服し、少し離れて物事を見つめることで新しい息吹をよびおこし、より豊潤な日常へと導きたいものです。平成23年度に始まった関西センター事業は、折り返しを迎えた昨年、これまでの業績の取りまとめと、事業後半の活動を考える目的で中間報告書を発行しました。活動の足跡をたどることで、様々な反省と活動の改善策が頭をよぎります。春の陽の中、寒さで丸くなった背中を伸ばし、気持ち新たに産学官活動に取り組みたいと考えます。

CONTENTS 目次

1ページ

表紙メッセージ / 関西センター長 正橋直哉 教授

2ページ

最近の研究 /

「環境改善材料への復興支援・産学連携活動」

応用生体材料分野

中平 敦 教授

「革新的新構造材料等技術開発における鉄鋼の高強度化」

低炭素社会基盤構造材料分野

古原 忠 教授・宮本吾郎 准教授・佐藤充孝 助教

3ページ

トピックス / 「マイクロファクトリの開発研究」

次世代機能材料分野 早乙女 康典 教授

イベント報告 / ものづくり基礎講座(第42回技術セミナー)

東北大学セミナー in MOBIO-Cafe

4ページ

金研関西センターNews / 早乙女 康典 教授 最終講義

早乙女 康典 教授 退任あいさつ

技術補佐員 着任

編集後記 / 先端分析技術応用分野 今野豊彦 教授

環境改善材料への復興支援・産学連携活動

応用生体材料分野

中平 敦 教授

現在、当該研究グループは、科学技術振興機構・研究成果展開事業・研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)の復興支援助成を受け、三井金属鉱業株式会社との産学連携を進め、環境関連セラミックス材料の開発を進めている。この研究開発のターゲットとなる材料は、パーライトと呼ばれる天然に産する物質である。パーライトは真珠岩を原石として産するもので、真珠岩の採取原石を機械的に粉碎して粒度をそろえて、加熱処理により生産される発泡体材料である。その化学組成は、珪酸アルミナを主成分としており、結晶構造としては非晶質状態をとり、発泡性の多孔質セラミックス材料である。これらパーライトは耐薬品性に優れ、発泡微細構造の制御によりPNGタンクなどの内張り用の断熱材、建築材料、保水材、濾過助剤などとして広く市場展開されている。しかしながら、パーライトの国内の需要にも限りがあり、新たな応用分野を開拓するため、パーライトに関する材料開発に関する研究を行っている。

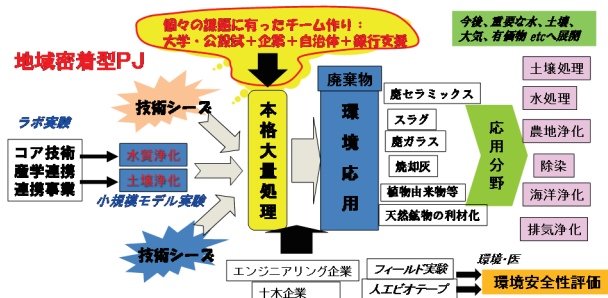
今回の研究開発は、福島にて産する真珠岩の新たな機能化を図るべく、社会人ドクターの研究者および他企業の技術シーズも取り入れながら、積極的な人的交流により産学連携を進めることでパーライトの機能化に関する研究を進めている。

当該研究室では、これまで環境関連セラミックス材料の研究を多方面から進めてきた。光触媒セラミックス、ゼオライト材料などのようなマイクロポラス材料あるいはメソポラスシリカなどのメソポラス材料、層状ナノ空間を有する各種層状化合物や粘土

さらに各種イオン交換材料の研究も進めてきた。また一方で、20年来、磁性を付与した磁気スカベンジャー担体の開発を進めており、磁性粘土、磁性ゼオライト、磁性活性炭などの磁性を付与したセラミックス材料を開発することで、磁気分離研究などを行ってきた。それら技術シーズを活かして、例えば、ヒ素や鉛、カドミウムなどの重金属イオンの除去、福島原発事故以降、セシウムの除染に向けた取り組みを進めている。現在、このようなシーズとマッチングを目指し、パーライトからのゼオライトの合成や光触媒性能の獲得など多方面から高機能化に関する研究を行っている。特にLTAやFAU等のユニークなマイクロ細孔構造を持つゼオライトをパーライトから合成する研究を進めている。また光触媒性能の獲得並びに可視化に向けた研究も行っている。

また、当研究室は以下のような地域密着型のPJを目指し、スラグや各種灰、建材、ガラス廃棄物、火山灰、各種バイオマスなど多様な材料のリサイクルや利用後の廃棄プロセス開発なども含めた様々な材料についての利材化を進め環境負荷低減のためのプロセス開発を進めている。

廃棄物高度利材化の地域密着型PJ:高度利材化と実用化



革新的新構造材料等技術開発における鉄鋼の高強度化

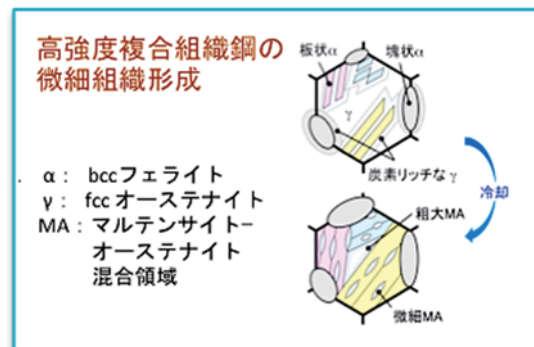
低炭素社会基盤構造材料分野

古原 忠 教授・宮本吾郎 准教授・佐藤充孝 助教

自動車用の高強度・高加工性薄鋼板では、軟質のフェライト地に硬質相であるマルテンサイトやベイナイトを含む複合組織が広く用いられ、強度・延性バランスとして引張強度と全伸びの積で $TS \times EL = 20 \text{ GPa}\%$ に達する優れた特性が達成されています。しかし、自動車を含めた輸送機器の抜本的な軽量化に向けて、鉄鋼、アルミニウム合金、チタン合金、マグネシウム合金、炭素繊維および炭素繊維強化樹脂(CFRP)など主要な構造材料の高強度化技術の必要性が指摘されています。この開発を異種材料接合と合わせて一体的に推進する「革新的新構造材料等技術開発」プロジェクトが、経産省未来開拓事業として平成25年度から10年間の計画で遂行されています。その一環として私たちは従来より高強度が期待される中高炭素薄鋼板について、引張強度 1.5 GPa 、全伸び20%、 $TS \times EL = 30 \text{ GPa}\%$ という画期的な特性を目指した材質設計原理の確立に取り組んでいます。

高強度化のキーとなるのは、ベイナイト、マルテンサイト組織利用のより高炭素な鋼種への展開です。右図は塊状フェライト+オーステナイト二相状態から冷却して低温変態処理(オーステンパー)を行った場合のベイナイト組織形成過程を示しています。変態処理温度が低下すると、ベイナイト組織が微細化し高強度化されます。この過程では、ベイナイト変態時の炭化物析出をSi添加で抑制すると、炭素が未変態オーステナイト領域に濃縮し、

室温まで冷却すると残留オーステナイトが得られます。高炭素の残留オーステナイトは適度の強度と延性を有するとともに、変形時の応力誘起変態によって硬質相マルテンサイトに变化することで、変態誘起塑性(TRIP)を通じて歪みを発生させます。現在の高強度鋼板でも、この現象を利用してフェライトの加工硬化の向上と高延性化を図っているのですが、本プロジェクトでは化学組成の不均一性を活用し、さらに高強度側での延性改善を目指しています。オーステナイトからのフェライト/ベイナイト変態では、成長相と母相の間に形成される界面の移動が、偏析や格子欠陥などの障害で阻害されるために、状態図から期待される平衡状態とは異なる非平衡な合金元素分配が生じますが、その高炭素な元素分配の制御がプロジェクトでも大きな課題です。まだ不明な点が多々ありますが、開発と実用化を担当する鉄鋼会社と協力し、学理面での貢献により目標を達成すべく鋭意努力していきます。



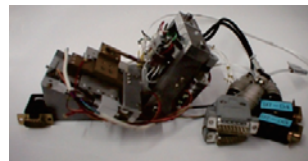
(担当者: 古原 忠)

トピックス マイクロファクトリの開発研究

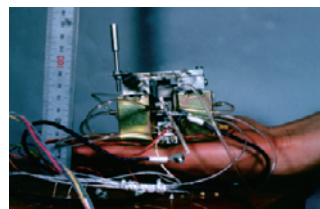
「小さい部品は小さい機械で」を合言葉として生まれた日本発の「マイクロファクトリ」構想は、1991年からの10年間展開されたマイクロマシン技術研究開発プロジェクトの一環としても採りあげられ、「デスクトップ工場」、「手のひらサイズの機械」ゆえに、注文を受けてから移動車内で生産するなど、従来になかったビジネスモデルも実現できます。ダウンサイジングによる省エネルギー、省資源、省スペース化と高集積化ばかりでなく、小さな熱量、質量に起因する精密加工、高応答の熱・力学制御システムが可能となる点も注目されます。たとえば(a)の装置は厚さ数十 μm の金属ガラス箔を急速加熱し、過冷却液体状態での著しい粘性の低下現象を利用した高速ナノインプリント装置です。小さな負荷での成形が可能のため小型のリニアアクチュエータを用いて、従来30分以上要していた加工時間を僅か0.5秒とし、グレーティングなどの回折光学素子を成形することができます。同様に図(b)もボイスコイル型リニアモータを用いた超高速射出成形装置です。金属ガラスの成形で最も大きな課題であるポアやウェルドなどの鑄造欠陥および結晶化を抑制すること、またこれによって金属ガラス部材の信頼性と、優れた機械的性質を生かした部品製造を目指しています。この装置では、1回の射出成形で直径0.28mmの歯車を約90個製造します。一方、図(c)の装置は電子顕微鏡(SEM)の真空チャンバー内に収まる大きさで、インクリメンタル(逐次)成形方式により厚さ0.01mmの板から幅0.6mm、長さ0.9mmの自動車の凸ボディを叩出します。また、加工中の多結晶金属箔の微視的変形挙動の解析を行うことができます。図(d)は文字どおり手のひらサイズの超塑性押し出し加工装置です。図(e)と(f)はSEM内でのマイクロ材料試験装置で、破壊挙動のその場観察、ミクロ解析を行うことができますが、同様に図(g)では、レーザ顕微鏡による摩耗面の連続観察を行うことができます。以上のように、マイクロ加工や材料試験では、絶対寸法が小さいために従来にはなかった様々な試みを行うことができ、国際会議のほか、国内では精密工学会マイクロ生産機械システム専門委員会やDTF(DeskTopFactory)研究会で研究がつづけられています。



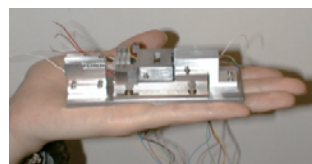
(a)急速加熱制御・金属ガラス用ナノインプリント装置



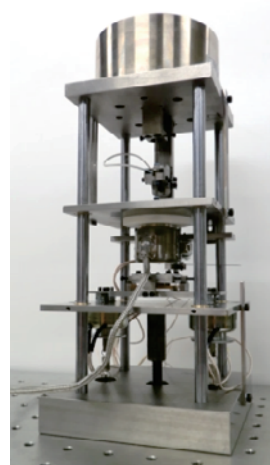
(c)走査電子顕微鏡(SEM)内で動作するマイクロ・逐次加工板成形装置



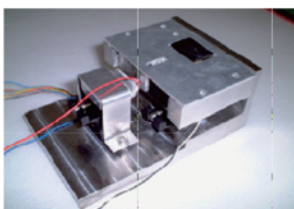
(d)超塑性押し出し加工装置



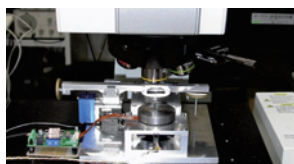
(f) SEM内で動作する引張試験装置



(b)金属ガラス用超高速射出成形装置



(e)微小試験片の疲労試験機



(g)レーザ顕微鏡下で動作する磨耗試験機

次世代機能材料分野分野 早乙女 康典 教授



イベント報告 *Close up!*

■ものづくり基礎講座 (第42回 技術セミナー) 「金属ガラスに関する公開講座」 (1月29日(木))

兵庫県立大学ナノ・マイクロ構造科学研究センターと合同で、金属ガラスに関する公開講座を兵庫県立工業技術センターにて開催しました。午前中の実習では、ナノ・マイクロ構造科学研究センターが設置するアーク溶解炉や単ロール装置により金属ガラスを作製し、組織観察を行なうという一連の実習を9名の方に行なっていただき、試料を手にしながらの質疑も行われました。また、午後の講義では、東北大学の山浦准教授、早乙女教授、網谷特任准教授、名古屋大学の桜井准教授、兵庫県立大学の山崎教授の5名の講師による講義が行われました。翌日の1月30日には、同会場で日本材料学会と粉体粉末冶金協会の主催による金属ガラスに関する公開講座も開かれ、二日間で延べ66名のご参加を頂戴し盛況に終わることができました。(網谷健児 特任准教授)



早乙女教授

■東北大学セミナーin MOBIO-Cafe 「オープンイノベーション時代に大学が企業にできること」 (3月2日(月))

バブル経済崩壊後に行政主導のもとで推し進められてきた現代の産学連携の姿は1980年に米国で制定されたバイドール法にその原型をみることができますが、日本では明治維新後から産業界と学界のつながりが深く、日本の経済の牽引力となってきました。また、ハーバード大学のチェスブロウ教授らによって提唱されているオープンイノベーションも、シリコンバレーなどで自然発生的に起こったものですが、現代、様々な形での展開をみせています。このセミナーではこのような観点から企業と大学のこれからの姿について熱い議論をかわすことができました。(今野豊彦 教授)



早乙女 康典 教授 最終講義

この3月末にご定年を迎えられた本センターの早乙女康典先生による最終講義「金属ガラス、実用化技術の現状と展望」が、2月27日に金属材料研究所にて開催されました。先生は平成18年10月に群馬大学から本学金属材料研究所に赴任され、関西センターの前身の大阪センター教授に着任されました。平成23年3月まで大阪府立大学にて、その後は兵庫県立大学ナノ・マイクロ構造科学研究センターにて、金属ガラスの実用化のための開発研究に従事し、その間、戦略的基盤技術高度化支援事業や共同研究企業とのベンチャー企業創設など、数多くの産学官連携活動をされました。ご定年は私たちにとって悲しみではありますが、先生には今後ともご指導頂き、これからのご活躍とご健勝をお祈り致します。（正橋直哉）



金研関西センター News

早乙女 康典 教授 退任あいさつ



平成18年10月からの8年6か月を金属材料研究所附属研究施設大阪センター、同関西センターでお世話になりました。金属材料研究所、大阪府商工労働部中小企業支援室ものづくり支援課、兵庫県立工業技術センター、大阪府立大学大学院工学研究科物質・化学系専攻マテリアル工学分野、兵庫県立大学大学院工学研究科物質系工学専攻、ナノ・マイクロ構造科学研究センターそして戦略的基盤技術高度化支援事業などにより金属ガラスの実用化開発の研究を共に行った皆様に心より御礼申し上げます。皆様の温かいご支援ご厚情に支えられ、金属ガラスの研究と産学間連携研究に専心できましたこと、とくに製品開発から事業化の間に立ちただかる深い「死の谷」との格闘や、産学連携でなければ見出すことがなかったであろう貴重な現象との出会いなど、充実した時間を過ごすことができました。ここに改めて心より御礼申しあげます。今後は開業して金属ガラスの研究と事業化に向けた企業支援を行って参りたいと考えておりますので、変わらぬご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。まずは御礼かたがたご挨拶申し上げますとともに、皆様のご健勝と益々のご発展を祈念しております。ありがとうございました。

石黒 三岐雄 Mikio ISHIGURO
技術補佐員
B型・やぎ座



平成24年3月 金属材料研究所定年退職
平成24年4月 同研究所・技術補佐員
平成27年4月 関西センターに技術補佐員として採用

関西センターに 石黒 三岐雄 技術補佐員 着任

関西センターに石黒技術補佐員が着任しました。石黒氏は長年東北大学金属材料研究所にて化学分析の業務に携わってきました。豊富な経験と知識に裏打ちされた、確かな分析技術が持ち味です。特に、金属材料の化学組成分析などでご相談がありましたら遠慮なく御連絡下さい。

編集後記

次世代機能材料分野の早乙女教授と大阪府内の企業により成された金属ガラスによるネジ開発の物語は、我々に産学連携活動に潜む大きな可能性を教示してくれました。歪み-応力曲線が示唆する機械的性質を見た大学人であれば、ほぼ確実に行わなかったであろう実験に果敢に挑戦し、理論があとから追従する形で創造された転造加工による金属ガラスネジの写真は、「産業は学問の道場」とであると語りかけてくれるようです。また、同時にセレンティビティが我々の身近にあることを実感させられます。

私も関西センターでは産業界-学界-行政という異なったバックグラウンドを有する者が日常的に接触し、研究開発だけでなくセミナー等のイベントを行っています。このような多様な環境こそが、これからの時代に求められていると感じる今日このごろです。

先端分析技術応用分野
今野豊彦 教授

「藤（ノダフジ）」花言葉：優しさ、歓迎



東北大学 金属材料研究所
附属研究施設関西センター

KANSAI CENTER for Industrial Materials Research,
Institute for Materials Research, Tohoku Univ.

編集・発行

<http://www.kansaicenter.imr.tohoku.ac.jp/>
Email : kcoffice@imr.tohoku.ac.jp

大阪オフィス

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-2
大阪府立大学 地域連携研究機構8F
TEL 072-254-6372 FAX 072-254-6375

兵庫オフィス

〒671-2280 兵庫県姫路市書写2167兵庫県立大学
インキュベーションセンター2F
TEL 079-260-7209 FAX 079-260-7210

仙台オフィス

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1
TEL 022-215-2124 FAX 022-215-2126

MOBIO(クリエイション・コア東大阪)

〒577-0011 東大阪市荒本北1-4-1 (南館2F-2207室)
TEL 06-6748-1023 FAX 06-6745-2385