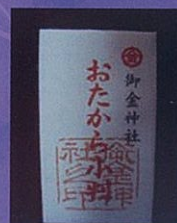




金属系「ものづくり」フォーラム
大阪府立大学学術交流会館



御金神社 (みかねじんしゃ)
京都府京都市中京区



青葉城 (仙名城)
伊達政宗の騎馬像
宮城県仙台市青葉区



どんと祭
宮城県仙台市青葉区
大崎八幡宮



寒さの身にしみる季節となってまいりましたが、皆様、いかがお過ごしでしょうか？ 私ども東北大学金研大阪センターにとって秋から冬にかけて「ものづくり基礎講座」を大阪府のご協力の下でスタートするなどに加え、いくつもの新しい風を吹き込む出来事がありました。

まず大阪府立大学大学院工学研究科の中平敦教授に当センターの客員教授として応用生体・機能材料分野を担当していただくことになりました。21世紀の高齢化社会においては一人一人の生活の質を向上することが求められています。中平先生のご専門は人間の身体に優しく適合する材料の研究開発で、これまでと一味違った形での産学連携が期待されています。また昨年12月には大阪府立大学工学研究科と金属材料研究所の間に研究教育に関する覚書が交わされました。昨今、国公私立の枠を超えた学々連携が様々な形で謳われていますが私どもも今後、大学院生・社会人学生の方々を含んだ幅広い形での「ものづくり教育」を推し進めていければと思います。

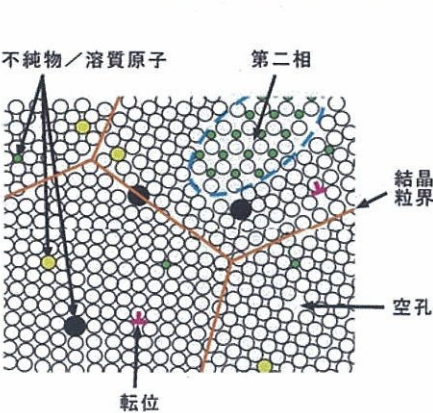
東北の冬には何といても白銀の山々が似合います。厳しい季節であることも事実ですが、この寒さをくぐり抜けた向こう側には新しい世界が広がっていることを知っています。私どもセンター員一同、この冬は研究成果の着実な樹立目指して地道に活動していく所存ですので、どうかご指導ご鞭撻のほど、よろしく願いいたします。



鉄鋼材料における結晶粒微細化の重要性

鉄鋼材料は、年間国内生産量が約 1.1 億トンを超え(金属総生産量の約95%以上)、自動車、機械、電気機器等の日本の輸出産業を支える掛け替えのない素材です。その材料の歴史は数千年の長きにわたるにも関わらず、物質としての性質も不明な点が多く、構造/機能材料として多くの可能性を秘めています。近年は、建築物の超々高層化や、自動車の省エネ、CO₂排出削減に不可欠な軽量化や衝突安全性設計等で、鉄鋼の更なる高強度・高延靱性が求められていますが、この資源枯渇、低環境負荷がキーワードとなる困難な状況下で更なる特性の向上の達成や新合金開発を行うために、今までにない精緻かつ新しい視点での材料研究が何よりも必要です。

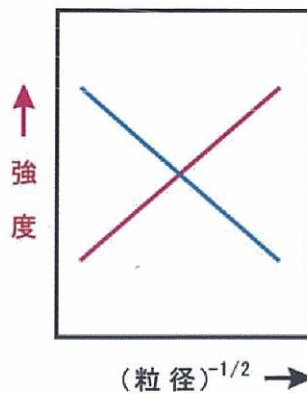
鉄鋼に関わらず、材料の性質は図1に示す微細組織によって大きく左右され、化学組成や製造プロセス条件を適切に選択して組織の最適化を図ることが重要です。金属材料の高強度化は、塑性変形を担う転位の運動に対する障害を高密度に導入することで達成されます。強化機構には、固溶強化、転位強化、結晶粒微細化強化、析出/分散強化の4つがあります。図1では各強化機構における転位運動の障害が描かれていますが、固溶強化では不純物や合金元素としての溶質原子が、転位強化では既存の転位が、それぞれ転位運動の障害となります。結晶粒微細化強化では方位の異なる結晶間に形成される結晶粒界が転位の移動を障害し、析出/分散強化では構造や組成の異なる第二相が強化原因です。通常材料を強化すると延性、靱性は悪化しますが、結晶粒微細化強化は高強度と高靱性を両方保つことができる唯一の機構です。これが、構造用金属材料の強靱化を目的として結晶粒微細化の原理/技術の追求がまだに行われている所以です。鉄は固体状態でオーステナイト(γ :面心立方晶) \rightarrow フェライト(α :体心立方晶)への構造変化(相変態)を起こす金属であり、鉄鋼の組織制御では相変態をうまく起こさせて幅広い機械的特性を実現しています。相変態を用いた結晶粒微細化では、新相の結晶粒の生成(核生成)をできるだけ多くすることが最も重要であり、核生成サイト密度および核生成の駆動力の増加が図られます。



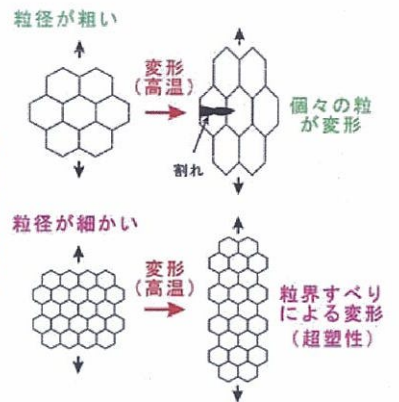
(図1) 多結晶金属材料の微細組織の模式図

例えば構造用厚鋼板等で用いられる低炭素鋼では、オーステナイト母相からの初析フェライト変態によるフェライト粒微細化のために、代表的な加工熱処理である制御圧延・加速冷却(TMCP)を施して(1)母相粒の微細化(粒界の導入)、(2)加工母相状態からの変態(転位の導入)、(3)冷却速度の増大(駆動力の増加)の3つの原理を利用しています。現在の実用鋼でのフェライト組織は直径5ミクロンがチャンピオンデータになっています。

これに対して、最近の約10年間では、超鉄鋼・スーパーメタル等の国家プロジェクトを中心に鉄鋼の組織微細化をさらに推し進め、1ミクロン以下の多結晶性をバルク材として得るための研究が盛んに行われました。超微細粒を得る手段としては、急冷凝固、メカニカルアロイング、アモルファスの結晶化などが従来よりあり、最近でも種々の超強加工プロセスを用いた研究が盛んに行われています。しかし、その多くの手法はバルク材への応用が容易ではないという問題点があります。鉄鋼材料の国家プロジェクトでは、従来の加工熱処理法の極限を追求して相変態と再結晶の2つの手法でフェライト粒径を1ミクロン以下まで微細化することに成功しています。



(図2) 結晶粒微細化の効用
常温の強靱性(ホール・ペッチ則)



(図3) 結晶粒微細化の効用:高温超塑性

結晶粒微細化は、図2に示すように著しい強度上昇と脆性破壊の抑制をもたらします。もう少し詳しく言うと、フェライトの強度(降伏および引張強度)は結晶粒径の1/2乗に逆比例して大きくなり、延性-脆性遷移温度はやはり結晶粒径の1/2乗に逆比例して低下します。実際に国家プロジェクトにおいてフェライト単相材で粒径を5ミクロンから1ミクロンに微細化することで、引張強度は400MPaから800MPaの約2倍に上昇し、延性-脆性遷移温度は-120℃から液体窒素温度以下まで低下しました。より高強度のパーライト組織(フェライトとセメンタイトの層状二相組織)やオーステナイト状態から焼き入れて生成するマルテンサイト組織でも結晶粒の微細化は延靱性の向上につながります。また、超微細粒化は高温で粒界すべりという特異な変形を生じ、図3に示すような低い変形応力で何百%も伸びる超塑性変形を生じます。超塑性変形は難加工材の成形やより部品の最終形状に近づけるための機械加工を少なくするようなニアネット成形にも有効です。

しかし、超微細粒鋼の実用化には幾つかのクリアすべき課題があります。例えばフェライト単相での超微細粒化では低い加工硬化による延性低下、衝撃吸収エネルギーの低下が起こるため、強度-延性バランスを考慮すると最適粒径は3ミクロン程度とされています。しかし超微細フェライト粒材の延性は、炭化物などの硬質第二相の微細分散による加工硬化の増加や、比較的粗粒とのバイモダル組織にすることによって改善の余地があります。私達も、セメンタイトを多く含む高炭素鋼で1ミクロン以下の超微細フェライト組織を得て、優れた強度-延性バランスや高温超塑性が得られることを見出しています。また板厚内部は従来のフェライト粒径のまま、表面のみを超微細粒にすることで疲労特性の向上が図られたりしています。

鉄鋼材料では、目標特性を得るために種々の合金元素の添加を行うことが多いですが、その中には希少元素や環境にとって有害な元素が含まれる場合があります。低環境負荷やリサイクルの容易さの問題を考えると、これらを使用しない単純組成鋼(例えばFe-C-Mn-Si合金)の利用が望まれます。またスクラップなどのリサイクル鉄源を利用する場合、不純物を多く含む鉄鋼材料を製造することになるため、これらの元素の無害化や積極的利用のための研究が続けられています。例えばリン(P)や硫黄(S)は粒界に偏析して粒界破壊を助長して延靱性を阻害しますが、フェライトを超微細粒にすると結果的に粒界に存在するこれらの元素の濃度が薄められる形でこれらの不純物としての欠点が克服され、Pなどは固溶強化の大きい元素としてフェライト鋼の高強度化にむしろ利用できる可能性があることが指摘されています。今後単純組成鋼やリサイクル鉄の利用拡大を図る必要性が高くなりますが、その中で結晶粒微細化が大きな役割を果たす材料設計です。種々の手段を駆使することで、これから幅広い分野で超微細粒鋼が応用されることを期待しています。

ものづくり基礎講座

金属系新素材を紹介する「ものづくり基礎講座」が開催されました。ここでは、21世紀に最も期待される新素材、金属材料のひとつである「金属ガラス」に関する技術セミナーと技術講習会について紹介します。

「技術セミナー」では、「耐食性金属ガラスとその応用」、「金属ガラスの機械的性質とその応用」のテーマでそれぞれ昨年11月12日および1月16日に開催されました。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および企業からの研究者によるわかりやすい解説と具体的な実用化の例と方法が紹介されました。約30名の参加者からは熱心かつ具体的な質問が多く寄せられ、終了時間を大幅にオーバーする一幕もありました。次回のテーマは「金属ガラスの電磁特性とその応用」で、来る3月5日(水)に開催されます。お誘いあわせの上、ぜひご参加ください。

「技術講習会」のテーマは「金属ガラスの特徴を生かした実用化技術の理論と実技」で、金属ガラスをより身近なものとして見て、触って、その加工実験を体験し、感じていただくために企画されました。開催は、昨年11月12日、12月14日、本年1月16日の3回で、毎回の参加人数を10人程度とし、多忙な現場技術者にも参加いただけるよう、夕方5時半からの開催としました。また、この講習会の前後には、各企業参加者の取り組み希望テーマについて個別相談を行い、大阪府よりご準備いただきました金属ガラス素材をお持ち帰りいただきました。今年度3月末までに、その結果についての個別相談と、実用化と事業化の可能性を含めた検討を行う予定です。ぜひわが社も金属ガラスを体験したい、とのご希望があれば下記までご連絡ください。



技術セミナー(左)、技術講習会(右)の様子(第1回 2007年11月12日開催)

金属材料研究所大阪センター
新素材製造分野教授
早乙女康典
TEL 072-254-6372

クリエーションコア東大阪
技術コーディネータ
玉置省三
TEL 06-4708-3550

Email : imrosaka@imr.tohoku.ac.jp

金属系「ものづくり」フォーラム

金属系新素材に関する学術面・研究面での東北大学金研大阪センターと大阪府立大学金属系新素材研究センターの連携を更に深化するために、また、大阪中南部地域に集積する金属材料加工関連企業に対して金属系新素材の普及を図るために、両センター連携による金属系新素材に関するフォーラムが平成19年12月12日(水)午後大阪府立大学学術交流会館で約150名の参加者をもって開催されました。

フォーラムは3部構成からなり、第1部では大阪府立大学から間瀬博教授(金属系新素材研究センター長)、高杉隆幸教授、中平敦教授による講演、第2部では東北大学金研から正橋直哉教授、古原忠教授、早乙女康典教授による講演、第3部では「産学連携と学々連携について」、東北大学金研大阪センター長今野豊彦教授、大阪府立産業技術総合研究所橋堂忠氏、堺市産業センター吉田諭悟氏、岸和田市産業部理事藤本誠氏の講演がありました。講演後は懇親会も開かれ盛大に行われました。

大阪府における「新素材」を核にした「ものづくり」に関する輪が一層広がる予感を抱かせる有意義なフォーラムでした。



開会挨拶: 安保正一
(大阪府立大学工学研究科長・教授、産官学共同研究会理事)



会場・質疑応答



研究成果パネル展示

M Matching F Fair

ビジネスマッチングフェア

(池田銀行主催・日刊工業新聞主催)

大阪産業人クラブ主催「第2回ビジネスマッチングフェア」(日刊工業新聞社大阪支社、11月27日)と、TOYRO新事業創出推進協議会主催「第8回TOYROビジネスマッチングフェア」(マイドーム大阪、12月4日・5日)にそれぞれ開催され、大阪センターは各教官の研究成果のパネルを展示し参加しました。両フェアとも、民間企業、国公私立大学、地方自治体から多数の参加があり、多彩な技術交流を深めることができました。新材料や分析技術に関する質問や相談が多数寄せられ、センターへの関心の高さが伺えましたが、一方で教授自らが参加説明し、他大学とは違うスタイルも評価頂きました。



研究成果パネル展示・説明

日刊工業新聞主催「第2回ビジネスマッチングフェア」

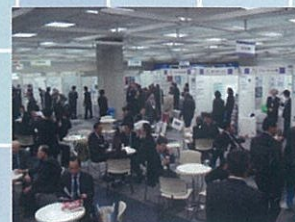


質問・相談の様子



会場受付

池田銀行主催「第8回TOYROビジネスマッチングフェア」



研究成果会場パネル展示

トピックス 応用生体・機能材料分野 (客員)

中平 敦 教授



中平 敦 (Nakahira Atsushi) 教授

大阪府立大学大学院
工学研究科マテリアル工学科
東北大学金属材料研究所
附属研究施設大阪センター

また、材料開発を進める上での環境影響や生体影響も絶えず意識しながら、“世の中に役立つ新しい材料づくり”に邁進すべきと考え、セラミックスや金属をベースとした材料を中心にバイオマテリアルの研究を進めています。さらに21世紀の長寿命社会では、高いQOLを維持するためには、健康な肉体の維持のみならず、一方で、人間生活を営む上で生活環境の重要さも再認識されねばなりません。このような背景の下、社会貢献度の高いマテリアルの研究に加えて、環境浄化に関わる環境触媒材料・プロセス研究、CO₂削減のための材料開発を中心に企業と共同研究も併せて進めています。

そのため、これまでと同等或いはよりQOLの高い生活を送るためには、骨や歯といった硬組織代替バイオマテリアル(セラミックスや金属)の研究、特に高性能なバイオマテリアルの研究は、ますます緊急を要するテーマです。我々の骨や歯はアパタイトという物質(リン酸カルシウム的一种)から出来ており、代替関節や骨折部位への補填材などに利用する高性能バイオマテリアルの開発が望まれています。当分野では、金属とセラミックスの複合化あるいはコーティングに関する研究を進め高性能なバイオマテリアルの研究開発を進めています。この研究を進める上で、生体活性の役割を担うアパタイトの高性能化が必須であり、アパタイトの構造解明やその高機能化へのアプローチも極めて重要です。

例えば我々の骨は、加重を支えるといった役割の他に、更に恒常性の維持のための種々の必須微量金属の貯蔵庫として重要な役割を果たしています。そこで、微量の金属種ドーパアパタイトの材料合成とSpring8放射光施設による構造解析を進めた結果、図1のような骨ミネラル成分であるアパタイトの初期の構造クラスターの解明に成功しました。これら高機能アパタイト材料を金属表面にコーティングしたり(図2)、さらに複合化するために良好な界面構造を解明する研究を現在展開中です。

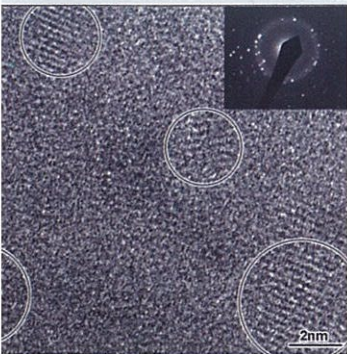


図1) ハイドロキシアパタイトのクラスター

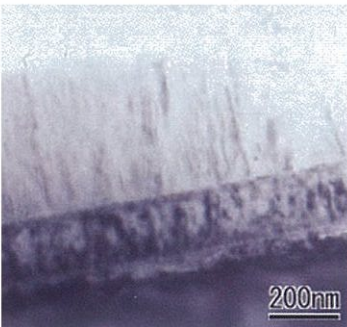


図2) Ti上へのリン酸カルシウムコーティングの界面

現在、日本の65歳以上の占める人口割合が20%を超え、また少子化問題、団塊世代退職と多くの問題が噴出しています。長寿命社会の到来は日本や欧米各国が先行していますが、近々多くの国々が直面する課題です。

イベントスケジュール



2月14日 (木)	『資源・環境問題と最近の熱処理技術』に関する講習 講師：東北大学 金属材料研究所 高純度金属材料科学研究部門 古原忠教授 ほか 場所：新梅田研修センター 時間：午前9時10分～午後4時50分
3月5日 (水)	第4回技術セミナー テーマ『金属ガラスの電磁特性とその応用』 講師：東北大学金属材料研究所、金属ガラス総合研究センター 牧野彰宏教授 ほか 場所：クリエイションコア東大阪 時間：午後2時～4時
3月19日 (水)	『金属ガラスの粘性挙動と超精密微細成形加工への応用』 講師：東北大学金属材料研究所大阪センター早乙女康典教授 ほか 場所：クリエイションコア東大阪 時間：午後1時30分～5時

【技術セミナー】

クリエイション・コア東大阪HPより案内・申込書をダウンロードしてください。
<http://www.m-osaka.com/jp/event/index.html>

金研大阪センター News

2007年11月5日付けで、新素材創製研究室(正橋研究室)に松田優技術補佐員が着任しました。松田さんは大阪府立大学生命環境科学科・植物分子生物学研究室にて、実験補助員としてポリメラーゼ連鎖反応(PCR)や電気泳動などの実験に従事されていました。電気化学および超音波化学を駆使した材料創製とその評価実験を担当していただく予定です。



松田 優 技術補佐員

Yu Matsuda
A型・山羊座

- ・大阪体育大学 卒業
- ・3歳の女の子をもつ一児の母
- ・鉄道好き
- ・ホームベーカリーに夢中

編集後記

2007年12月15日、第3回牧方産学公連携フォーラムにて政策研究大学院大学の橋本久義先生のお話を伺う機会を得ました。ご存知の方もおられると思いますが、先生は通産省時代から「現場に近いところで行政を」をモットーに、全国の中小企業を中心とした3000以上の工場を訪問し、技術者、経営者と接してこられました。欧米、アジアの国々に対して日本の中小企業でしか成しえないこと、について説かれました。その基にあるのは、古来より美德とされてきた日本のよき精神文化で、「ものづくり」は「ひとづくり」の文化であることを考えさせられました。

「現場主義」といえば、金属材料研究所の初代所長であり、77年前に大阪府金属研究所の初代所長に就任された本多光太郎博士のことば、「産業は学問の道場なり」の重さをかみしめている今日このごろです。

新素材製造分野 教授 早乙女康典

東北大学金属材料研究所

<http://www.osakacenter.imr.tohoku.ac.jp/index.html>

編集・発行

附属研究施設大阪センター

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-2
大阪府立大学 産学官連携機構8F
TEL 072-254-6372 FAX 072-254-6375
Email imrosaka@imr.tohoku.ac.jp

大阪センター仙台サテライトオフィス

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

クリエイション・コア東大阪

〒577-0011大阪府東大阪市荒本北50-5 (南館2F-2207室)
TEL/FAX 06-4708-3550