



ビジネス・エンカレッジ・フェア2013
大阪国際会議場
(グランキューブ大阪)
大阪府大阪市北区



兵庫県立大学
書写キャンパス正門
兵庫県姫路市



大阪府立大学
地域連携研究機構棟
大阪府堺市中区

東北大学片平キャンパス (宮城県仙台市青葉区)



明けましておめでとうございます。午年の干支にあやかり、新年は駿馬のように駆け巡り産学官連携活動に励む所存です。本年もどうぞ宜しくお願い申し上げます。福島原発の事故に端を発し、科学者の社会的責任を問う場面に度々出会います。原爆を開発した科学者達の苦悩は有名ですが、研究者は自分の研究の発展を描けても、その成果がどのように利用されるかの大局観や先見描写は必ずしも得意ではありません。現実には、政治、経済、社会情勢、そして世相といった科学とは別の力が時代を築きます。研究者はこうした面にも、研ぎ澄まされたアンテナを張り続けることを心掛け、「研究のための研究」に没頭するのではなく、ジェネラルな価値創造を目指すべきと考えます。私たちは今後とも、社会の声に耳を傾け、現場を直視することを怠らない活動を通して、真の意味での社会貢献を全うしたいと考えます。

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 / 「水素脆化を利用した微細粉末作製プロセスの開発」
メゾスコピック組織制御工学分野
岩瀬彰宏 教授・千星聡 准教授

「原子直視観察によるMg合金LPSO構造変態機構の解明」
先端分析技術応用分野
今野豊彦 教授
木口賢紀 准教授・佐藤和久 助教・濱岡巧 助教

3ページ

トピックス / 「ナノ析出利用による鉄鋼材料の高強度化」
低炭素社会基盤構造材料分野 古原 忠 教授
イベント報告 / 「東北大学セミナー in MOBIO-Café」 千星 聡 准教授
「ビジネス・エンカレッジ・フェア 2013」 正橋直哉 教授

4ページ

関西センターNews / 技術相談の回答がテレビで放映
教員の受賞
イベント案内 / ものづくり基礎講座
編集後記 / メゾスコピック組織制御工学分野
岩瀬彰宏 教授

水素脆化を利用した微細粉末作製プロセスの開発

メゾスコピック組織制御工学分野

岩瀬 彰宏 教授・千星 聡 准教授

ノートパソコン、スマートフォンなどモバイル機器の急速な普及に呼応して、小型で高性能な固体電解コンデンサーが広く利用されています。モバイル機器を構成する固体電解コンデンサーの中で主力であるのが、タンタルおよびニオブコンデンサーです(図1(a))。これらは純タンタル(Ta)粉末もしくはニオブ(Nb)粉末が原料であり、素材粉末から多孔質焼結体を成形した後、その表面に誘電体層となる陽極酸化皮膜を形成させた構造となっています(図1(b))。固体電解コンデンサーはこのようなプロセスで製造されるため、その特性は原料粉末の粒度分布および純度が大きく影響します。すなわち、固体電解コンデンサーの高性能化を図るためには、原料粉末が微細(1 μm 以下)かつ清浄であることが重要となります。

一方、Ti、Nb、Taなどの4A、5A族金属・合金は水素吸収により著しく脆化し、水素化過程によっては自己崩壊的に粉末化することが知られています。我々のグループでは、この現象を積極的に利用すれば微細粉末が作製できると着想し、鋭意研究を進めています。例えば、ニオブ素材インゴットを適切に水素化させると粉末化に至ります(図2(a))。素材粉末は水素化により脆化しているためボールミリング等の粉砕法により低エネルギーで微細化されます(図2(b,c))。粉末中の水素は、その後の脱水素化過程(真空中熱処理)により完全に解離することができます。すなわち、このプロセスにより平均粒径がサブミクロンオーダーで、かつ不純物濃度の極めて少ない高品位の粉末が得られます。

本研究成果は、固体電解コンデンサーにおける多孔質焼結体用の

原料粉末を製造する手法として非常に有望です。また、本手法はタンタルやニオブだけでなく、これらの合金にも適応可能です。従来の固体電解コンデンサーにとどまらず、将来の「合金型」固体電解コンデンサーの実現にも一役を担うポテンシャルを秘めている技術です。

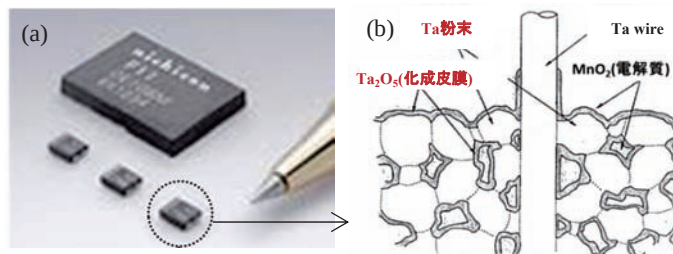


図1 (a)タンタル固体電解コンデンサー。(b)タンタル固体電解コンデンサーの構成図。比表面積の高い多孔質Taに優れた誘電体特性をもつ陽極酸化被膜(Ta_2O_5)を形成させた構造となる。つまり、Taおよび電解質の導体間に誘電体層(Ta_2O_5)があるため、コンデンサー特性が発現する。

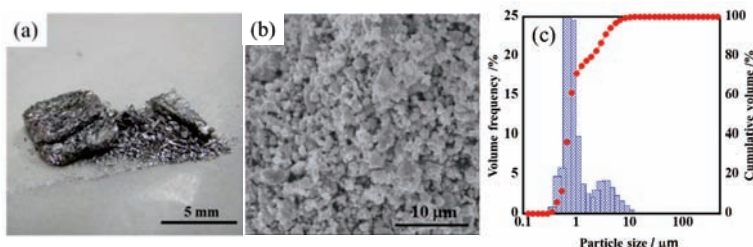


図2 水素脆化を利用したニオブ(Nb)の微細粉末作製:(a) 水素化したニオブインゴット。数100 μm の水素化ニオブ(NbH)となる。(b)ミリング後の粉末外観、(c)ミリング後の粒度分布。比較的容易にサブミクロンオーダーの微細粉末が作製できる。

原子直視観察によるMg合金LPSO構造変態機構の解明

先端分析技術応用分野

今野豊彦 教授・木口賢紀 准教授・佐藤和久 助教・濱岡巧 助教

近年、輸送機器の軽量化による燃費の向上は環境的な面だけでなく、経済的な面からも非常に重要な研究開発課題となっています。軽量高強度材料の開発が求められており、そのような材料の候補としてMg合金が注目されてきました。Mg合金は、軽量かつ比強度がAlより高い、制震性、耐疲労性といった機械的性質に加え、豊富な天然資源、高いリサイクル性、生体適合性、高い水素吸蔵特性など様々な特徴を持っています。これらの特徴を使って、自動車のエンジンや携帯電話・パソコンなどの電子機器の筐体への応用がなされてきました。しかし、六方晶のため冷間加工性、耐熱性・耐酸化性に乏しいことが問題となり実用化の障害となってきました。

ところが、2001年にMgに微量のZnとYを添加することで、降伏強度610MPa、室温で5%もの伸延、さらには優れた耐熱・耐酸化性を持つMg合金が発見されました。このような優れた機械的性質の理解とその応用のためには、材料中の原子配列の理解が不可欠です。原子番号コントラストを利用した構造解析(HAADF-STEM)により、図1のような非常に特徴的な長周期積層構造(LPSO)が形成され、これが特性の向上に寄与していることが明らかになりました。このLPSOには4種類の多型が知られており、YとZnが濃化したFCC型の濃化層と α -Mgからなる非濃化層の2つのブロックの組み合わせで理解できます。時効処理によって多型間で相変態することが知られているのですが、その機構については長年未解決の課題でした。私たちは、HAADF-STEM法によって相変態の機構を明らかにし、局所的にFCC-HCP-FCC型の2重の積層変化とHCP型の遷移領域にて面外方向に濃化元素の短範

囲拡散が送るDiffusional-Displaciveな相変態であることを原子レベルで明らかにしました(図2)。

私ども関西センターでは、この様に電子顕微鏡を活用することにより、構造から特性を明らかにするといった視点から次世代材料の研究を進めています。

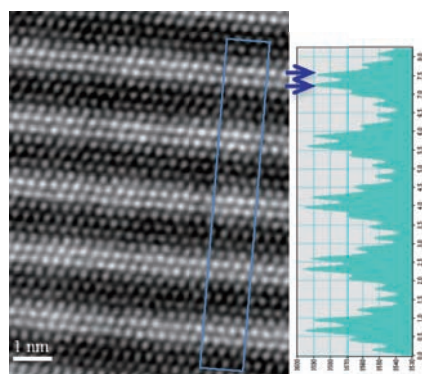


図1 $\text{Mg}_{97}\text{Zn}_1\text{Y}_2$ の18R型LPSO構造のHAADF-STEM像

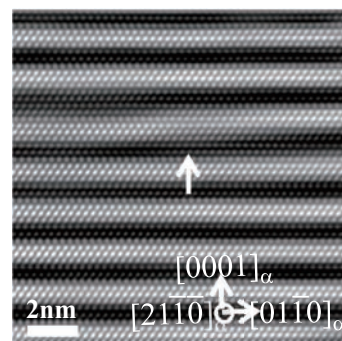


図2 HAADF-STEM像によるLPSO相変態過程の直視観察

トピックス ナノ析出利用による鉄鋼材料の高強度化

近年、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・高延靱性化が求められています。国家プロジェクトでは、実用プロセスに重きを置いた鉄鋼の組織と特性に関する研究が推進されてきましたが、そのキーワードは結晶粒微細化と第二相のナノメートルサイズの微細分散による高強度化でした。代表的な析出強化の利用例には、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)、ニオブ(Nb)、バナジウム(V)などの炭化物生成元素を添加したマルテンサイト鋼での合金炭化物の微細析出による焼戻し二次硬化や、銅(Cu)のナノ析出を用いた極低炭素鋼での焼付硬化性の向上や、マルエージング鋼や析出強化型ステンレス鋼などでの金属間化合物の析出による高強度化があります。図1は、析出粒子が分散する場合の臨界せん断応力の上昇分と粒子半径との関係を示したものです。析出量が多いほど転位の移動は困難になり、強度は析出量(体積率 f)の1/2乗に比例して上昇します。一方、粒子サイズに対する依存性は複雑です。粒子が微細な場合は、粒子が転位の通過により切断され、強度上昇量は粒子半径の1/2乗に比例しますが、ある程度粒子が大きくなると粒子そのもののせん断強度が変形を支配し、応力は粒子サイズに対して変化しなくなります。さらに粒子径が大きくなると、粒子周りに転位ループを残して転位が通過するオロワン機構が働き、強度上昇量は粒子間距離(図中の L)あるいは粒子半径に反比例します。図を見てわかるように、この強化機構の変化は析出粒子の剪断強度 τ_p に依存し、硬質な合金炭化物ではオロワン機構が、軟質なCuの析出では切断機構による強化が主となります。

自動車などのコネクティングロッドやクランクシャフトなどの機構構造用部材に用いられる熱間加工後の連続冷却で製造される中炭素非調質鋼の高強度化では、フェライト/パーライト変態時にフェライト/オーステナイト界面で合金炭化物の析出が起こる相界面析出が利用されています。最近のプロジェクトでは、合金設計と鍛造/冷却プロセス制御でのさらなる高強度化に加えて、部材内の局所的な強度分布の制御、微細組織と材質予測のモデリングまで追求されました。また、相界面析出を利用した高強度・高延性の低炭素フェライト薄鋼板も実用化されています。

図2は低炭素鋼フェライトにおけるTiCの相界面析出の事例です。(a)ではフェライト変態時の相界面で周期的に核生成が起こることで、TiCがシート状に分布して析出しているのがわかります。(b)は相界面析出材を引張変形した時に導入された転位組織のTEM写真ですが、TiCのナノ析出が転位の運動の障害となって働くことで、フェライト母相中に転位ループが形成されています。このような鋼では、析出物のサイズが微細なほど降伏強度は高くなると共に、均一な転位の分布により動的回復が促進され程良い加工硬化が達成されます。また居所的に変形が集中せずボイド形成が抑制されることで優れた局部延性も得られます。今後は、ナノ析出物の微細化のみならず析出物の構造やその安定性も考慮した材料設計がますます要求され、最先端解析技術や計算材料科学の応用による更なる展開が期待されます。

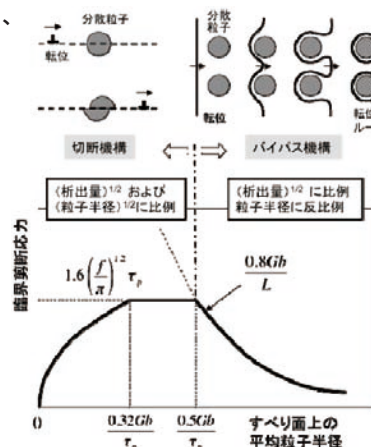


図1: 析出強化機構に対応した強度(臨界せん断応力)の上昇量の粒子サイズ依存性。G: 剛性率、 f : 析出量、 τ_p : 析出粒子の剪断強度、 L : 粒子間隔(粒子サイズに比例)、 b : 転位のバーガースベクトル。

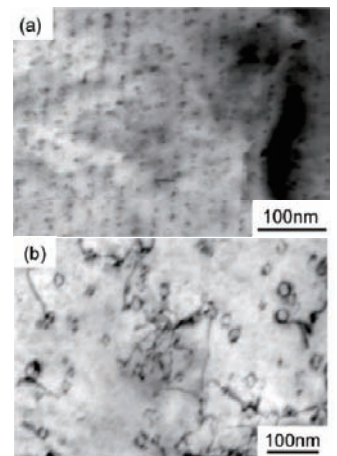


図2:(a) 低炭素鋼フェライト中のTiC相界面析出組織および (b) 10%引張変形材の転位組織のTEM写真。

低炭素社会基盤構造材料分野 古原 忠 教授



イベント報告 Close up!

■東北大学セミナー in MOBIO- Cafe (10月29日(火))

「セレンディピティに学ぶ新材料・技術創製術」～偶然を幸運にかえるヒント～というタイトルにて、標記の講座をクリエイション・コア東大阪にて開催しました。本講演は、関西センター 准教授・千星聡が講師を務めました。材料研究開発に関連したセレンディピティ(ふとした偶然がきっかけになった予期せぬ幸運)をいくつかトピックスをもとに紹介し、事例を通して企業のものづくり現場にも潜んでいるセレンディピティを見つける秘訣を講習しました。18:30からの開始にも拘らず、当日は34名もの参加を頂きました。講演の後の交流会にも多数参加いただき、盛況のうちに終わることができました。改めて、ご参加いただいた方々とご協力いただいた関係各位に御礼申し上げます。(千星 聡 准教授)



■ビジネス・エンカレッジ・フェア 2013 ～関西と東北 未来へ進むチカラが集う～ (12月3日(火) ～ 4日(水))

12月3日(火)と4日(水)の両日、池田泉州ホールディングスと池田泉州銀行が主催の「ビジネス・エンカレッジ・フェア2013 ～関西と東北 未来に向かうチカラが集う～」が大阪国際会議場(グランキューブ大阪) 3階のイベントホールで開催されました。関西センターはブースを出展し、センターの産学官連携活動をはじめ、企業との共同研究成果や大学のシーズ研究の紹介を行いました。当日は二日間で40社ほどと名刺を交換し、即興の技術相談も何件か頂きました。フェアは主催者側発表で約6700名の入場者があり、盛況裏に終了しました。(正橋直哉 教授)



金研関西センター News

技術相談の回答がテレビで放映

日本テレビ系列で放映されている「世界まる見え！テレビ特捜部」において、当センターが受けた技術相談が放映されました(10月21日(月))。番組では45口径のピストルの銃弾が、固定したステンレス製のバターナイフにあたった時に、銃弾が破断される理由の説明を担当しました。一般の銃弾はPb-Sn合金が使用され、その強度はステンレスの1/100程度です。銃弾の持つ運動エネルギーは固定したバターナイフに衝突すると、バターナイフに力を与えられると共に銃弾に対し反力が発生します。強度(衝撃靱性)に乏しい銃弾はこの反力に耐えられず破砕します。番組最後のエンディングロールに関西センターが放映されました。



放映されたエンディングロール

教員の受賞

- メゾスコピック組織制御工学分野の岩瀬彰宏教授が、日本金属学会第153回秋期講演大会において第11回学術貢献賞を受賞しました。
- 先端分析技術応用分野の佐藤和久助教が日本金属学会第153回秋期講演大会において第10回村上奨励賞を受賞しました。
- 大阪府立大学マテリアル工学分野・照射場マテリアル科学研究グループの津田紘之君(指導教官: 関西センター 岩瀬彰宏、千星 聡ら)が、日本鉄鋼協会第166回秋季講演大会にて学生ポスターセッション最優秀賞(「Ni基超々合金の熱伝導率に及ぼす組成及び組織の影響」)を受賞しました。
- メゾスコピック組織制御工学分野の千星准教授、前関西センター客員教授の高杉隆幸大阪府立大学 名誉教授、他5名が、日本銅学会第53回講演大会において「第47回論文賞」(「抽出分離法を利用したCu-Ti合金中時効析出物の定量的評価」)を受賞しました。



「第47回論文賞」授賞式および賞状等



イベント案内

Close up!

ものづくり基礎講座 ～金属の魅力を見直そう～ 「プロセス」編の開講

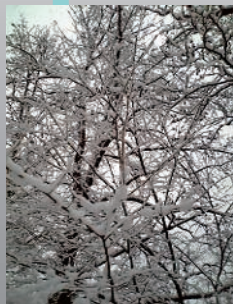
「ものづくり基礎講座～金属の魅力を見直そう～」を新年より開講します。平成23年～24年にかけて開講した「金属素材」編に続き、今回は「プロセス」編として連載で開講します。第一回は2月か3月を予定していますが、詳細はホームページやメール等で逐次掲載しますので、宜しくご期待ください。

編集後記

つい先ごろまで夏の名残を感じる日々でしたが、あっという間に冬が来てしまいました。体調を崩された方も多いのではないのでしょうか。

さて、平成25年4月に金研関西センターの仲間に加えていただき、早くも8か月が過ぎようとしています。その間、関西センターの先生方と色々なお話をさせていただいたり、ものづくり基礎講座に参加したり、いままでとは違った視点から金属材料科学を見つめる機会を多く得ることができて、大変勉強になりました。金属における様々な現象は奥が深く、まだまだ解明すべきことがたくさんあるように思います。知的好奇心にもとづく現象メカニズムの解明と、その応用・実用への展開をいかにうまくバランスをとって学生たちと共に進めていくべきか、これからも考えていきたいと思っています。(平成25年11月)

メゾスコピック組織制御工学分野
岩瀬 彰宏 教授



大阪府立大学構内



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