

# NIMS

2010年 9月号

# NOW

次世代の構造材料研究が  
これからの社会基盤を築く



## 次世代の構造材料研究が これからの社会基盤を築く

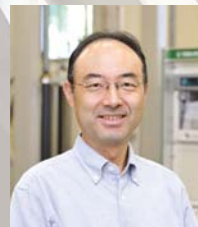
構造材料国際クラスター リーダー 大村孝仁

私たちの安心で豊かな社会生活は、金属、セラミックス、ポリマーなどの様々な構造材料に支えられています。構造材料は身近で当たり前の存在であるために、その役割に気付かないことが多いのですが、構造材料の発達が私たちの社会を発展させてきました。

環境問題が深刻化し、社会の在り方の転換が求められている現代では、社会を支える構造材料に大きな責任が求められています。その責任を果たすため、構造材料は更なる進化を遂げなければなりません。

NIMS は、材料研究のトップランナーとして、構造材料の研究に力をいれています。2009年に発足した構造材料国際クラスター (International Cluster for Structural Materials: iSM) は、構造材料研究に携わる若手研究者を中心に、対象材料、特性、手法の違いを超えて研究者間の連携を深めることにより、従来の経験則依存から脱却した構造材料研究の新機軸を確立し、次世代の材料開発に貢献することを目指しています。

定期開催されるコロキウムによる自由な討論や、国内外の研究者を集めたシンポジウムなどを通じて国際的な交流を促進し、高性能材料を具現化する最短ルートを探索することによって、安心・安全で持続可能な未来社会の基盤構築に貢献します。

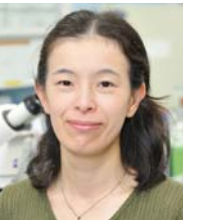


**おおむら たかひと**  
博士(工学)。東京大学大学院工学系研究科修了。1996年金属材料技術研究所入所、2001～2002年千葉大学工学部非常勤講師、2002～2003年米国カリフォルニア大学バークレー校客員研究員などを経て新構造材料センター 金相グループ。2009年より構造材料国際クラスター リーダーを兼務。

構造材料国際クラスター Webサイト  
<http://www.nims.go.jp/nims-ism/>

## マグネシウム合金の 高耐食性アパタイト被膜の開発

生体材料センター 金属生体材料グループ  
廣本 祥子



患部の治癒に伴い、溶解・吸収・消失する生体吸収性金属材料が求められています。マグネシウム合金は、比強度が高いため、生体吸収性の骨折固定材やステントへの応用が期待されています。しかし、既存のマグネシウム合金では耐食性が低すぎるという課題があります。

わたしたちは、骨の成分である水酸アパタイト(HAp)をマグネシウム表面に被覆する水熱処理法を開発し、マグネシウムの耐食性を向上させることに成功しました。

図は、HApを被覆した純マグネシウムの疑似体液及び海水濃度の3.5wt%NaCl溶液中でのアノード分極曲線です。両溶液中でHAp被覆材の電流密度が未処理材より低

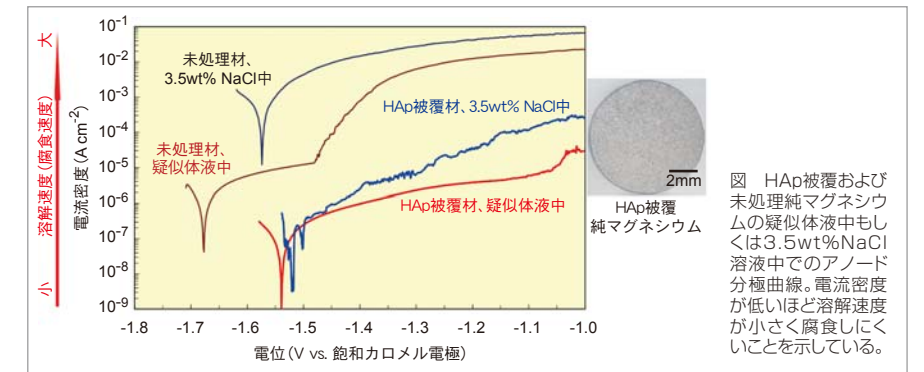


図 HAp被覆および未処理純マグネシウムの疑似体液中もしくは3.5wt%NaCl溶液中でのアノード分極曲線。電流密度が低いほど溶解速度が小さく腐食しにくいことを示している。

いことは、HAp被覆により耐食性が大きく向上したことを示しています。

HAp被膜の形態と腐食挙動の関係の検討により、さらに高い耐食性の被膜を開発することが可能です。さらに本HAp被膜は、構造

材料用マグネシウム合金の環境調和型耐食性被膜としての応用も期待できます。

**Profile**  
ひろもと さちこ 博士(工学)。早稲田大学大学院修士課程修了。1997年金属材料技術研究所(現NIMS)入所、2003年～04年スイス連邦工科大学ローザンヌ訪問研究員などを経て、2009年より現職。

## 基材を傷めない耐酸化コーティング材の開発

ハイブリッド材料センター コーティンググループ  
村上 秀之



ジェットエンジンやガスタービンなど内燃機関の高効率化は、低炭素社会の実現に直結する課題です。カルノーサイクルの理論熱効率からも明らかなように、効率を高めるには運転温度を高くするのが最も効果的です。実際、ガスタービン入り口の燃焼ガス温度はここ30年で約500℃上昇しており、現在では1700℃を目標としたプロジェクトも立ち上がっています。

このような過酷な条件で用いられる動翼(ニッケル(Ni)基超合金)の寿命を保つために、様々な技術開発がすすめられています。酸化による基材劣化を防ぐ、耐酸化コーティングもそのひとつですが、高温中では基材とコーティング材の相互拡散によって組織変化が起こり、基材の高温特性に悪影響を及ぼしてしまいます。

そこでわたしたちは、白金族金属である白金(Pt)とイリジウム(Ir)の合金を電気めっき法によって被覆する、新しいコーティング手法を開発しました。

図は(a)白金、(b)白金イリジウム合金をそれぞれ

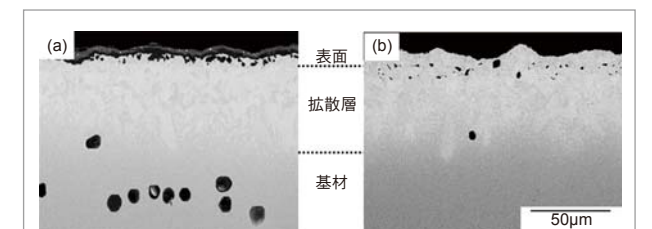


図 ナノ-ミクロン階層型炭素繊維強化高分子系ハイブリッド複合材料の組織組成と応力-ひずみ関係

れめっき法でニッケル基単結晶超合金に被覆後、1100℃1時間で真空熱処理した試料について、大気中で1125℃1時間加熱後60分空冷するという行程を100サイクル行った後の試料断面です。白金被覆材では基材中にボイド(穴)が多数生成しているのに対し、白金イリジウム合金被覆材ではボイドが抑制されていることが明らかです。これはイリジウ

ムの添加によって相互拡散が抑えられたためであり、基材の寿命を延ばすことに効果があります。

本研究は株式会社HIと共同で行われました。

**Profile**  
むらかみ ひでゆき 博士(工学)。東京大学大学院修了、1991年4月金属材料技術研究所入所、1992年4月～94年3月英国ケンブリッジ大客員研究員、2002年4月～05年3月東京大学大学院助教などを経て現職。

カルノーサイクル:熱力学的に最も効率のよい可逆的な熱サイクル。

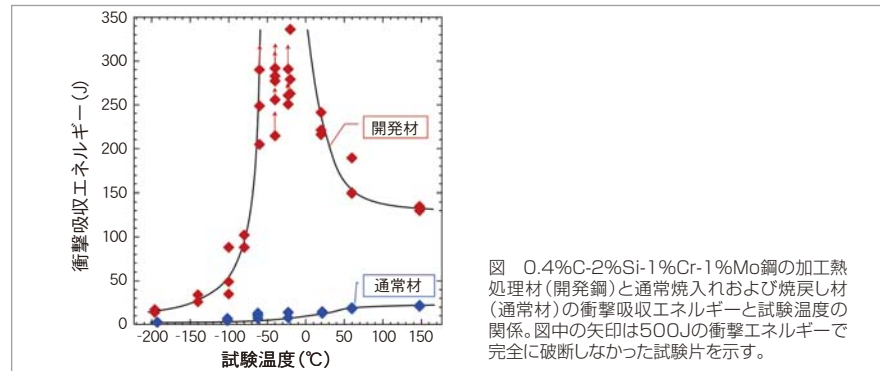
## 超高強度・低合金組成鋼の低温域での靱性発現

新構造材料センター 金相グループ  
木村 勇次

構造材料の基本性能は大きな荷重を支えること(強度)です。最近、次世代の鋼構造物の実現やCO<sub>2</sub>削減による地球温暖化防止のための輸送機の更なる軽量化を目指し、引張強度が1500MPa以上の超高強度鋼開発への期待が高まっています。とくに安価でリサイクル性に優れた合金元素を少量添加し鋼を高強度化できれば、経済上の大きなメリットがあります。

一方、粘り強く壊れにくい性質を靱性(じんせい)といいます。構造材料を安全に安心して使うには靱性が重要な指標になります。これまで、1500MPa超級鋼では靱性が低く、適用範囲が限定されてきました。

図は、開発した鋼の衝撃吸収エネルギーの温度依存性です。単純な加工熱処理



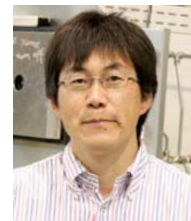
によるナノ～ミクロの階層的組織制御で1800MPa級鋼の衝撃靱性を大幅に改善することに成功しました。

また、60℃～-60℃の温度域で低温ほど靱性が上昇するという靱性の逆温度依存性も発見しました。靱性の逆温度依存性はいく

つか確認されていますが、このような超高強度かつ低合金組成の鋼の低温域での発現は画期的です。

**Profile**  
きむら ゆうじ 博士(工学)。主幹研究員。九州大学工学部助手を経て、1999年金属材料技術研究所入所、2001年NIMS主任研究員、2009年現職。

MPa: 圧力の単位。1MPaは、10.197kgf/cm<sup>2</sup>

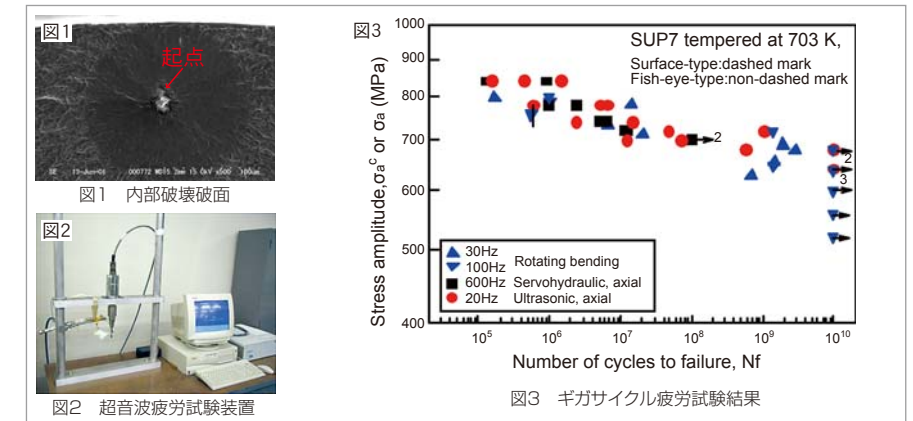


## ギガサイクル疲労メカニズムの解明と特性評価法の確立

材料信頼性センター 疲労研究グループ  
古谷 佳之

高強度鋼を中心にギガサイクル疲労の研究をすすめています。高強度鋼では図1のような内部破壊により疲労限が消滅するため、内部破壊をいかに評価し、克服するかという点が課題の中心です。

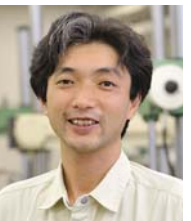
これまでの研究で、内部破壊の評価には超音波疲労試験(図2)による加速試験が有効なことが明らかとなりました。図3にギガサイクル疲労試験結果の一例を示しますが、内部破壊の場合には超音波疲労試験の結果と通常の疲労試験の結果がよく一致していることがわかります。この成果を基礎に内部破壊の研究をすすめると同時に、超音波疲労試験による介在物検査法のような応用技術の開発もすすめています。



また、近年では疲労グループのメンバーと協力し、チタン合金やマグネシウム合金といった非鉄金属のギガサイクル疲労の研究もすすめています。特にニッケル(Ni)基超合金の研究では、高温用超音波疲労試験機の開発と

いった新たな技術開発にも挑戦しています。

**Profile**  
ふるや よしゆき 博士(工学) 九州大学大学院工学研究科博士課程修了。2000年金属材料技術研究所研究員、2001年NIMS研究員、2005年同主任研究員を経て、2010年より現職。

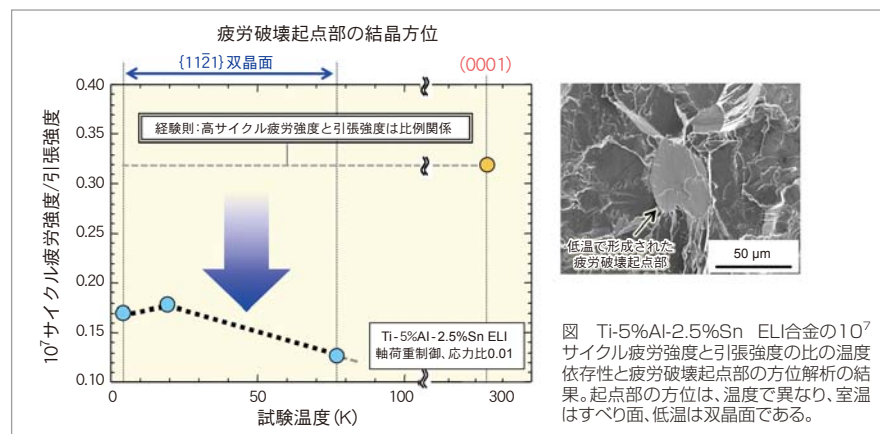


## 低温用構造材料の信頼性評価

材料信頼性センター 極限環境グループ  
小野 嘉則

機械や構造物を設計する時には、使う材料が使われる環境でどのような特性を示すか、どのように変形し壊れるのかを理解しておくことが重要です。例えば、ロケットエンジンは、液体水素(20K)と液体酸素(90K)を推進薬として、それらの燃焼反応エネルギーを推力に変換しています。これらの液体環境で使用される材料は、低温にさらされるため、低温での特性と変形・破壊挙動についてよりよく理解することが重要であり、それがロケットの信頼性向上に繋がっていきます。

現在、私が所属するグループでは、独立行政法人 宇宙航空研究開発機構(JAXA)とロケットエンジン用材料に関する共同研究をおこなっています。その中で、エンジンに使用されるチタン合金の高サイクル疲労特性は、経験則に反して、低温で低くなる特異な温度

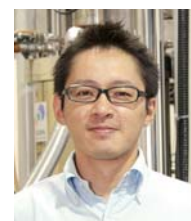


依存性を示すことが分かりました。この原因について、破面観察・解析をもとに検討した結果を図に示しています。疲労特性が低くなる低温では、疲労破壊に双晶変形が関与していることがわかりました。現在は、このような破壊と高サイクル疲労特性の特異な温度依

存性との関係について、さらに詳細な調査をすすめるとともに、特性の改善手法についても検討しています。

**Profile**  
おの よしのり 博士(工学)。2001年3月九州大学大学院工学研究科博士後期課程修了。2001年4月からNIMSに勤務し、現在に至る。

ELI: Extra Low Interstitialの略。O, Fe, Cなどの元素を極力抑えた合金を意味している。



## ナノ・ミクロン階層型炭素繊維強化高分子系ハイブリッド複合材料の開発

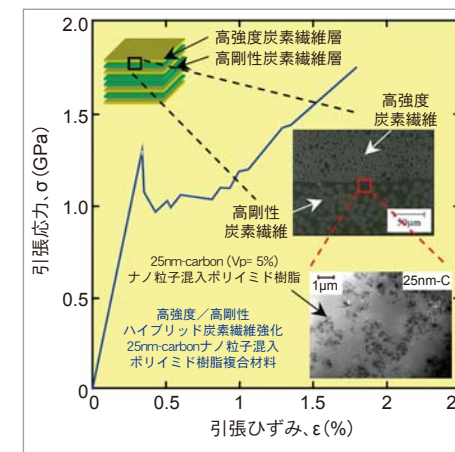
ハイブリッド材料センター 複合材料グループ  
内藤 公喜

炭素繊維強化プラスチックは現在、航空機の機体や翼構造体にも適用され、その使用量は増加の一途にあります。今後は、省エネルギー自動車などにも適用が拡大してい

くことが予想されます。このような材料系ではより高度で多様な要求に応えられる材料開発が必要です。

従来の炭素繊維強化プラスチックはひずみの増加に対して応力が線形的に増加する挙動を示し、材料が限界値に達すると一瞬にして破壊に至ることが知られています。

そこで、許容荷重を超えて破壊がはじまってもある期間には荷重を負担できるフェイルセーフ機能



を持つ高分子系ハイブリッド複合材料を開発しました。(図参照)

具体的には高剛性/高強度炭素繊維(マイクロレベル)とナノ組織混入ポリアミド樹脂(ナノレベル)を複合化したナノ・ミクロン階層型炭素繊維強化ポリアミド樹脂ハイブリッド複合材料です。

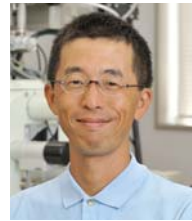
これからもハイブリッド複合材料のインターフェース(界面)の組織・組成を最適化し、最大のフェイルセーフ機能を発現するための条件やその破壊機構を解明していきます。

**Profile**  
ないとう きみよし 博士(工学)。三菱電機株式会社鎌倉製作所相模工場技術課を経て、2005年～現在、NIMS主任研究員。



## 金属間化合物を箔にする!

燃料電池材料センター 金属間化合物触媒グループ  
出村 雅彦



金属間化合物は、元素の組み合わせ次第で思わぬ性質が現れる興味深い材料です。例えば、私たちが研究しているNi<sub>3</sub>Alは、高温ほど強度が上がるといふ、構成元素のニッケル(Ni)やアルミニウム(Al)からは予想もつかない性質を持っています。これは、耐熱構造材料として大変、魅力的な特徴です。

わたしたちは、金属間化合物を箔にできれば優れた耐熱金属箔になると考えました。耐熱金属箔は、高温化学反応器の容器材料や排ガス浄化用のコンバータ材料として使用されます。これまでは、金属間化合物は脆く、箔にするのは現実的ではないと考えられてきました。Ni<sub>3</sub>Alの場合でいえば、結晶粒界の脆性、そして、圧延能の結晶方位異方性が箔の圧延にとって障害となります。

私たちのグループでは、一方向凝固という手法を用いて、結晶方位がそろったインゴットを育成し、冷間圧延で箔を作製することに成功しました(写真)。これは、脆い粒界の排除、容易圧延方位の選択という二つの条件が揃ったことで、成し遂げられたものです。

現在、このNi<sub>3</sub>Al箔をつかって、コンパクトな水素製造装置を開発する研究をすすめています。詳しくは、<http://www.nims.go.jp/imc/>をご覧ください。

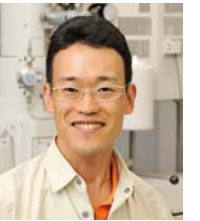


冷間圧延で作製した金属間化合物Ni<sub>3</sub>Al箔(厚さ23μm)

**Profile**  
でむら まさひこ 博士(工学)。1995年金属材料技術研究所入所。2005年NIMS主任研究員。

## 耐熱鋼の組織変化予測法の確立

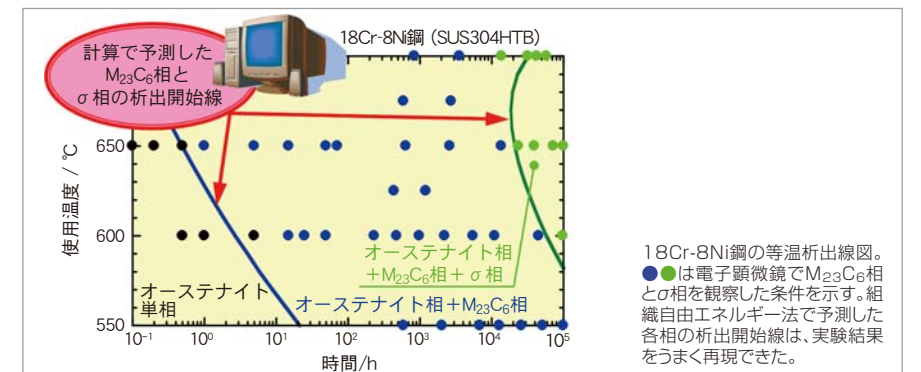
新構造材料センター 耐熱グループ  
戸田 佳明



エネルギー資源の節約やCO<sub>2</sub>排出量の削減を図るため、新しい高強度耐熱材料を開発し、火力発電プラントのエネルギー効率を高めることが求められています。しかし、耐熱材料の新開発には、使用温度での10万時間(約11年4ヶ月)後の組織変化を解明しなければならず、実験的な手法のみで開発を行うには、多くの試料と長い時間が必要でした。

そこで、わたしたちは実用耐熱材料の組織変化を計算により予測する手法の確立を試みています。

例として、オーステナイト系耐熱鋼18Cr-8Ni鋼の析出遷移過程を組織自由エネルギー法で予測しました(図)。この手法により、実用材料の基礎的な物性値から、エネルギー論を用いることで、M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>炭化物の他に、約1~10年



後の金属間化合物σ相の析出開始を予測できました。

今後、このような予測法を確立することにより、耐熱材料を効率的に開発したり、実用材料の熱処理プロセスを容易に最適化できるように期待されます。

**Profile**  
とだ よしあき 博士(工学)。2000年金属材料技術研究所入所。NIMS若手任期付研究員、NIMS研究員を経て、2007年よりNIMS主任研究員。横浜国立大学客員准教授(兼任)。

## 計量3D/4D形態学の構築

材料信頼性萌芽ラボ 基盤研究グループ  
足立 吉隆

材料信頼性萌芽ラボ 基盤研究グループ  
佐藤 直子

材料信頼性萌芽ラボ 基盤研究グループ  
小島 真由美



組織解析のひとつの理想像は、形態、結晶学、組成、弾塑性ひずみを任意の倍率で、任意の方向から、任意の時間に評価することです。

本研究では、従来二次元(2D)で評価されてきた材料組織を三次元(3D)で、さらには時間軸を入れて四次元(4D)で評価する手法の構築とその応用に関する研究をおこなっています。

シリアルセクションング像の再構築によって得た3D像を、オイラー評数、ガウス曲率、種数などのパラメーターを通し、位相幾何学、微分幾何学に基づいて定量評価することが可能です(図1)。この研究では同時に、全自動シリアルセクションング装置の開発もおこなっています。

一方、目に見えない応力、弾性ひずみを定量評価し、可視化する手法についても、変形・加

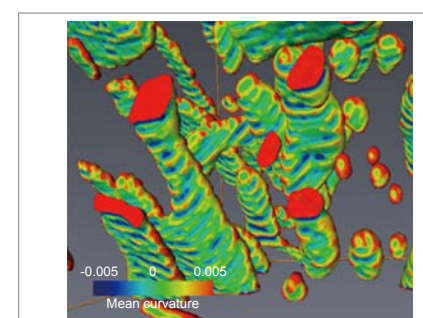


図1 部分球状化パーライト組織の3D像上にプロットした平均曲率マップ

熱EBSDステージの開発と並行して、すすめています(図2)。中性子線による弾性ひずみ測定と相補的に用いることで、組織中の弾性ひずみ・応力の階層的評価が可能となります。

これら4D解析とモデリング手法を連携させることで、変形・加熱中の組織変化に関する理解が飛躍的に向上すると期待されます。

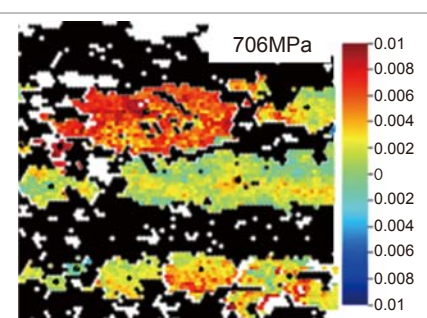


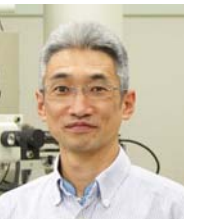
図2 DP鋼フェライト粒間で生じた応力分配(変形中その場EBSD-Wilkinson法)

**Profile**  
あだち よしたか 博士(工学)。2003年NIMS主幹研究員。2009年より九州大学大学院工学府先端ナノ材料工学コース 連係准教授。  
おじま ゆみ 博士(工学)。2009年NIMSポスドク。さとう なおこ。2010年九州大学大学院(NIMS連係)博士後期課程(D1)。

シリアルセクションング:試料を薄く削ぎ取ってSEMでの観察を繰り返す。そこで得た2次元画像を積み上げることにより3次元像をつくる手法。

## 分析電子顕微鏡による構造材料の組織評価

ナノ計測センター 先端電子顕微鏡グループ  
原 徹



多くの構造材料では、多種類の元素を微量添加したり、複雑な加工や熱処理のプロセスを施すことによって、要求される特性を実現しています。その複雑な組成や組織の中で、添加した微量元素が、どこにどのような形態で分布しているかを知ることは、機能や特性の発現メカニズムを解明し、さらなる材料設計の指針を得るために重要な知見を与えます。

複雑な組織の観察と局所領域の組成分析には、通常、電子顕微鏡による観察とそれに付設した分析装置を用います。わたしたちは、透過型電子顕微鏡(TEM)のエネルギー分散型X線分光(EDS)分析の機能と性能を追求した装置・手法の開発とその応用に関する研究をおこなっています。

図1は、元素分布観察のためのSTEM-EDS装置で、より迅速に元素分布を描画す

るための装置構成となっています。TEMではあまり用いられていない、高いX線計数率を持つシリコンドリフト型検出器を早くから導入し、迅速に元素分布像が得られる構成になっています。

図2は、独自に開発中の世界最高の元素ピーク分離能力を持つ、マイクロカロリメータEDSを搭載した世界で唯一のTEMです。この検出器は、通常型の検出器の10倍以上のエネルギー分解能を誇り、これまで不可能だった近接したX線ピークを分離して測定することが可能で、ほぼ全元素のX線ピークを個別に計測できます。

これらの装置により、複雑な組織でもナノスケールの局所領域の高精度な組成分析を実現することを目指しています。



図1 JEOL JEM2010F + SDD-EDS  
図2 JEOL JEM2010 + マイクロカロリメータEDS

**Profile**  
はら とおる 博士(工学)。古河電工(株)、帝京大学を経て1998年金属材料技術研究所研究員、2006年よりNIMSナノ計測センター先端電子顕微鏡グループに所属。

## 第1回構造材料国際クラスターシンポジウムを開催

平成22年4月26・27日の2日間にわたり、第1回構造材料国際クラスターシンポジウムが国内8学協会の協賛のもと開催されました。NIMSにおける構造材料研究の紹介を通じて、学協会および産業界の方々と次世代を担う若手の構造材料研究者との間で議論と交流を深め、我が国の構造材料研究の一層の活性化を図ることを目的として開催されたものです。ポスターセッションにおいては、力作ぞろいのポスター発表の中から、ポスター賞5編が選ばれました。受賞者と発表内容を以下に紹介いたします。



### 応力分配からみた加工硬化

材料信頼性萌芽ラボ 基盤研究グループ 小島 真由美

本研究グループでは、金属材料における力学的特性の完全予測を目指し、変形挙動の3D(三次元)/4D(動的)高精度評価をすすめています。シンポジウム当日は、「単相多結晶体の弾塑性域における加工硬化発現機構に及ぼす応力分配(結晶粒単位の不均一変形)の影

響]について、①変形中その場中性子回折法、②変形中その場電子後方散乱法、③TEM 観察により得られた実験事実を元に議論しました。その結果、応力分配(ある巨視的歪みレベルでの外部応力の増分という意味で)加工硬化発現の一要因であることを示しました。

Profile: おじま まゆみ 博士(工学)。茨城大学大学院理工学研究科修了。2006-2009 9月 NIMS研究業務員を経て2009 10月 NIMSポスドク在籍。

響]について、①変形中その場中性子回折法、②変形中その場電子後方散乱法、③TEM 観察により得られた実験事実を元に議論しました。その結果、応力分配(ある巨視的歪みレベルでの外部応力の増分という意味で)加工硬化発現の一要因であることを示しました。

Profile: おじま まゆみ 博士(工学)。茨城大学大学院理工学研究科修了。2006-2009 9月 NIMS研究業務員を経て2009 10月 NIMSポスドク在籍。



### TEM内その場ナノインデンテーション法による変形の観察

新構造材料センター 金相グループ Zhang Ling

透過型電子顕微鏡(TEM)内その場ナノインデンテーションは、物質の応力-変位挙動と微細構造変化の直接観察画像とを関連づけるために用いられています。

体心立方であるFe-3%Si合金の単結晶のインデンテーションによ

Profile: 張 玲/ザン リン 博士(工学)。北京科学技術大学 材料工学専攻博士後期課程修了。2007年から現在までNIMSポスドク研究員。

て、ポップイン挙動の発生と荷重曲線の変化が、変形モードが変わることに起因していることを見出しました。

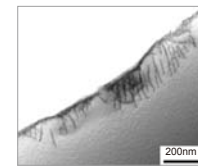


図 ナノインデンテーション試験後のSTEM像



### タービンディスク用Ni-Co基鍛造超合金の粒成長機構

超耐熱材料センター 高強度材料グループ 長田 俊郎

Ni-Co超合金はNIMS超耐熱材料センターが提唱する新しいコンセプトで合金設計された合金であり、現在、ディスク用鍛造超合金として世界最高の耐用温度(700℃以上)を有しております。私は、力学特性の更なる改善のため、結晶粒径を溶体化熱処理によりコントロール

Profile: おさだ としお 博士(工学)。横浜国立大学大学院 工学府機能発現工学科 博士課程後期修了、2007-9年日本学術振興会特別研究員(DC2)などを経て、2009年NIMSポスドク研究員。

する手法の開発を試みております。本研究では、 $\gamma/\gamma'$ の二相域で熱処理する手法に着目し、粒成長をZener-Smithのピンニングモデル及びLSW粗大化機構の両方で整理することで、新規粒成長モデルの提案をしております。



### 鋼の変形挙動における固溶Cの影響

新構造材料センター 金相グループ 関戸 薫子

固溶Cを母相に含むULC鋼と、含まないIF鋼のそれぞれ低転位密度材と高転位密度材を用いてナノインデンテーションによる変形挙動解析をおこないました。荷重-変位曲線上に現れる塑性変形の開始応力 $P_c$ は、低転位密度材ではULCの方がIFより高い値を示しました。こ

Profile: せきど かおる 2009年より筑波大学大学院、及びNIMSジュニア研究員。

れはULC中の固溶Cがすべりへの摩擦抵抗を高めているためと考えられます。一方、高転位密度材では $P_c$ は低下し、かつ2種類の鋼の差異は現れません。これは、固溶Cの影響が小さい初期転位の挙動が支配的となったためと考えられます。



### Fe-Mn-Si-C形状記憶合金の金属組織に及ぼすSiの影響

新構造材料センター 金相グループ 小山 元道

本研究の目的はFe-Mn-Si基形状記憶合金における未解決課題の一つ、「必須元素Siの役割」を明らかにすることです。今回の発表では、ベース組成に関わらずSiの最適添加量が6mass%であること、および、Si添加量が6%になると加工硬化率が低下し、転位すべり変形の開始

Profile: こやま もとみち 修士(工学)。2008年から2010年現在までNIMSジュニア研究員として筑波大学博士課程在籍。

に必要な臨界ひずみが大きくなることを報告しました。即ち、Siの役割の一つは加工硬化率の低下にあり、これを通じて「転位すべり変形」が抑制され、記憶特性に寄与する応力誘起εマルテンサイトが優先的に生成することが明示されました。

## NIMSは若い研究者が力をつけるのに最適の場所

日本金属学会 会長  
東京工業大学 教授

### 三島 良直

2010年4月、日本金属学会第59代会長に就任された三島良直教授。NIMSは20~30代の若い研究者が力をつける場、そしてインキュベーションの場として最適と語る。

—日本の材料研究は強いといわれています。

確かに世界的にリーダーシップを持っているといえるでしょう。機能材料では、新発見や新しい材料の創製が次々に見られますし、構造材料でもナノ制御などですぐれた研究があります。金属材料の研究も盛んで成果もあがっている。研究レベルは非常に高く、いい状況ではありますが、一般の方々にもう少し分かってもらえないといけないかもしれません。

—ヒーローが出るのでしょうか。

スーパーアロイ(超合金)など、使うのが日本であってほしいですね。今は航空機産業が日本にないので、ロッキード(アメリカ)にいてしまいますが、自分の国で使えたら、存在感は増すと思いますよ。

ヒーローも必要だけど、材料研究の面白さをもっと地道に訴える努力が必要でしょう。何のために、どういう研究をしているかをアピールするという…。やはり研究があって成果が出たら、新しい産業が興るというプロセスが欲しいですね。一番いいのは、今までなかったこんな素晴らしい材料ができたので、それによってこんな製品が作れるようになった、というサクセス・ストーリーがあらわれることです。

—若い研究者について、どんなことをお感じになりますか。

まずは、今の研究者はずごいなと思いま

す。時代が変わったんでしょうね。機器が急速に進歩したために、いろいろなことがわかってきました。むかしは実験の蓄積だけだったのが、今ではアトムプローブ、三次元解析、組織シミュレーション、フェイス・フィールド法、原子・分子レベルの観察など、厳密なアプローチ手法を駆使して根本から現象を捉えてみていく。そのため、アイデアが私達のおよびもつかないところまでいくんです。したがって、新奇な材料が原理的に出てくる可能性があります。年寄りにはできない発想で、取得できるデータの精度のよさが、大いに貢献しています。

—幅の広さ、たとえば異分野への興味などに懸念があるという声も聞きますが。

大学でのドクター教育をどうするかが問題ですね。学位をとるために教員と1対1になるのでプラスアルファが少ないんです。上澄みのすぐれた層の幅を厚くする必要があると思います。トップはいいが、層が薄いんです。外国へ出たがらないというか、出られないのも、若手の研究者にかかる雑用の負担が多いのが一因です。外へ行って武者修行はしたいけれども、その間に仲間が先へ進んでしまう。言ってみれば、目の前のものを片づけるのに精いっぱいなんです。

—NIMSについてはいかがですか。

独法化以降、工夫されてわかりやすくなりましたね。1年半前に外部評価に参加させていただきましたが、研究者、特にポスドクより少し上の若い方ががんばっているのが印



象的でした。そこで考えたのですが、「NIMSは大学とも企業とも違う使命を持っている。それは材料研究の中核を担う人材の育成だ。NIMSは20代後半から30代の研究者が力をつけるのに最適の場所である。そこで育った人を各界に送り出すインキュベーションの場になってほしい」ということです。

—NIMSをブランドにせよということですね。

NIMSから出ていく人はこんなに各界で活躍している、ということになればいいじゃないですか。材料研究者の登竜門になるのです。私の専門の鉄鋼でいえば、一見、鉄とナノは離れているように見えますが、実はそうではない。ナノテクノロジーをつかって、鉄鋼材料の特性を飛躍的に改善するのがNIMSの真骨頂である、といわせてください。

Profile

みしま よしなお  
1949年東京生まれ、61歳。1973年東京工業大学工学部金属工学科卒業、1975年同大学院金属工学専攻修士課程修了、1979年カリフォルニア大学バークレー校材料科学専攻博士課程修了。1981年東京工業大学精密工学研究所助手、1989年同助教授、1997年同大学院総合理工学研究科教授、現在に至る。専門は耐熱構造用金属材料、金属間化合物材料。

# カチオンドーピングによる 構造セラミックスの粒界制御と高温機械特性

ナノセラミックスセンター  
高融点微結晶グループ  
吉田英弘

ナノセラミックスセンター  
高融点微結晶グループ  
森田孝治

ナノセラミックスセンター  
高融点微結晶グループ  
金炳男

ナノセラミックスセンター  
高融点微結晶グループ グループリーダー  
平賀啓二郎

セラミックスに陽イオン(カチオン)を添加すると、ナノサイズの粒界領域に特異な化学結合状態が形成され、粒界エネルギーなどが変化する。なぜそうした変化が起こるのか、セラミックス内部ではどのような変化が起きているのか、その原理を解明する。

セラミックスの中でも、酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )やジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )などの酸化物多結晶体は、その耐熱性や高強度、イオン伝導性といった特長をいかし、耐熱材料や酸素センサーなどとして用いられています。こうしたセラミックスの材料開発には、従来、結晶粒のナノ化、粒子分散・複合化(※1)といった手法がとられてきました。一方、最近の研究により、高純度の酸化物に極微量の金属イオンを添加(カチオンドーピング)することによっても、セラミックスの高温機械特性など各種特性や材料組織が大きく変化し得ることがわかりました。

例えば、正方晶ジルコニア多結晶(TZP)の高温変形応力や引張り伸びは、添加するカチオン種および添加量(0.1~数mol%程度)に依存して変化します。TZPにおいては、カチオンのドーピング量や合成プロセスの最適化を図ることで、延性を大幅に向上させることが可能になりました。

図1は、 $1400^\circ\text{C}$ ・初期ひずみ速度 $1 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$ の一定速度で引張り変形させた

ときの変形量(横軸)と変形に必要な力(縦軸)の関係を示します。カチオンドーピングしていないTZPにおいては、元の長さの1.4倍程度の伸びしか得られません。一方、ゲルマニウム(Ge)・チタン(Ti)をドーピングしたTZPでは、ドーピングしていないTZPの4分の1の力しか変形に必要とせず、且つ元の長さの10倍(公称ひずみ1000%)を超える伸び値が得られます。一方、逆に、変形を起こりにくくする(変形応力を大きくする)バリウム(Ba)などのカチオン種のドーピングにより、耐熱性を向上させることもできます。こうした効果はTZP以外の酸化物においても確認されました。

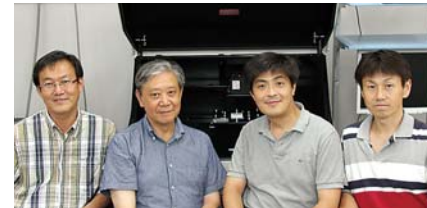
高分解能透過型電子顕微鏡や局所領域の分析(EDS(※2)など)により、多くのセラミックスと添加カチオンの組み合わせにおいて、添加した微量のカチオンは、図2のようにセラミックス結晶粒界の近傍に濃縮し、偏って存在していることがわかりました。また、ドーピングによって粒界ナノ領域の構造・組成を変化させ、拡散や粒界エネルギー(※3)を制御できる

ことも確認されました。これらの現象は、高温変形における変形応力や粒界損傷(キャビティ)核生成過程に影響を及ぼすため、結果として高温変形能の制御に寄与するものと考えられます。

このカチオンドーピング効果はセラミックス特有の現象であり、とりわけ焼結や相変態、組織形成、高温変形といった高温物質輸送現象の制御に有効です。最近では、ドーピング技術の最適化により、難焼結性酸化イットリウム( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )の焼結温度を数百 $^\circ\text{C}$ 低減し、かつ結晶粒の微細化を図ることも成功しています。

ドーピング効果は、構造セラミックスのマクロな特性が粒界近傍のナノ構造に支配されるとい、とてもユニークな現象に由来します。ドーピングによる粒界ナノ構造制御と材料特性との間にある基本原理を明らかにすることは、将来のセラミックス材料設計・開発の上で役立つものと期待されます。

Profile



よした ひでひろ(中右) 博士(工学)。日本学術振興会特別研究員、東京大学大学院新領域創成科学研究科助手を経て2004年4月NIMS入所。2008年より現職(主幹研究員)。  
もりた こうじ(右) 博士(工学)。日本学術振興会特別研究員を経て、1997年4月金属材料技術研究所入所。2008年より現職(主幹研究員)。  
きむ びゅうなむ(左) 博士(工学)。東京立大学助手、東京大学助手を経て、1998年3月金属材料技術研究所入所。2003年University of Pennsylvania客員研究員。2006年より現職(主席研究員)。  
ひらが けいじろう(中左) 博士(工学)。1978年4月金属材料技術研究所入所。高融点微結晶グループグループリーダー(ディレクター)、北海道大学大学院工学研究科物質化学専攻連携講座客員教授。

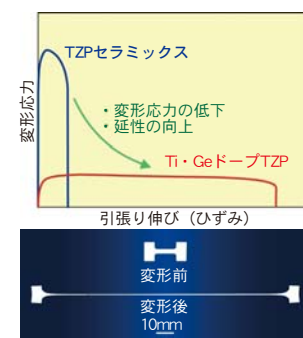


図1  $\text{Ti}^{4+}$ および $\text{Ge}^{4+}$ のドーピングによるTZPの高温変形挙動の変化(模式図)と、1000%を超える引張り伸びを示したサンプル。

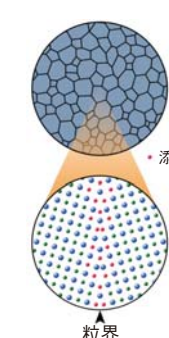


図2 微量カチオンの粒界偏析の様子(模式図)。カチオンの偏析にともない、粒界ナノ領域に特異な化学結合状態が形成され、粒界拡散や粒界エネルギーが変化する。

- ※1 粒子分散・複合化:母材とは異なる第二相・第三相を少量母材中に分散させるか、母材と同程度まで混合して複合材料とする手法。
- ※2 EDS:エネルギー分散型X線分光。電子顕微鏡内で、電子線照射によって試料から発生した特性X線を半導体検出器で検出し、試料の構成元素とその濃度を測定する装置。
- ※3 粒界エネルギー:単結晶と比較して、結晶粒界が存在する多結晶体の方がエネルギーが高い状態にあり、その差を結晶粒界の面積あたりに換算した値。粒界の安定性などに関係する。

# 構造用超微細粒金属材料における 結晶粒界のナノ構造

ハイブリッド材料センター  
構造的機能研究グループ  
井 誠一郎

ほとんどの金属やセラミックスは多結晶材料と呼ばれる単結晶の集合体だ。多結晶材料の特性解明のため、結晶同士の境界である「結晶粒界」の構造を原子レベルで読み解く。

身の回りで使用されている大多数の構造材料は多結晶材料であり、多結晶材料の内部には結晶粒界が存在します。一般に、金属やセラミックスにおける結晶粒界は変形を担う転位(※1)の障害となり、材料における強度や靱性などの機械的特性を理解する際に重要です。近年は、この結晶粒界を強度や靱性向上に対して積極的な利用に関する研究がおこなわれています。

その一つとして、相当ひずみ4以上の塑性ひずみ(※2)をバルクの金属材料に付与する強ひずみ加工法により、金属材料の結晶粒界を1mm以下まで超微細化させ、強度や靱性など構造材料における重要な特性改善を試みた研究が国内外で注目されています。

強ひずみ加工によって作製された超微細粒金属材料は、単位体積中に存在する結晶粒界の割合、すなわち結晶粒界の体積占有率が飛躍的に上昇することから(図1)、超微細粒材料における結晶粒界の役割は、非常に重要となります。さらに種々の特性に及ぼす粒界の役割を明らかにするためには、まずはその粒界そのものを理解する必要があります。

そこでわたしたちは、透過型電子顕微鏡法を駆使することにより、超微細粒材料中の結晶粒界原子構造を明らかにすることを目的とした研究をおこなっています。

図3は、強ひずみ加工法の一つである繰り返し重ね圧延接合プロセス(図2)によって作製された工業用純アルミニウム(Al)の(a)微細組織およびその(b)粒界原子構造です。

- ※1 転位:結晶性の材料におけるすべり変形を起こした領域と起こしていない領域の境界。一般に線状欠陥であり、転位が移動することにより塑性変形が進行する。
- ※2 塑性ひずみ:対象材料に加压をおこなう塑性変形の後、加压を取り除いたあとに材料に残るひずみ(歪み、伸びあるいは縮み)。これにより材料の結晶粒にまで変形を及ぼし、特性などを変化させることができる。
- ※3 構造ユニット:結晶粒界において観察される特徴的な原子配列。粒界に応じて様々な構造ユニットが構築され、粒界破壊等の粒界に起因した現象に大きな影響を及ぼす。

参考文献

Y. Saito, N. Tsuji, H. Utsunomiya, T. Sakai and R.G. Hong Scripta Mater.,39(1998), 1221.

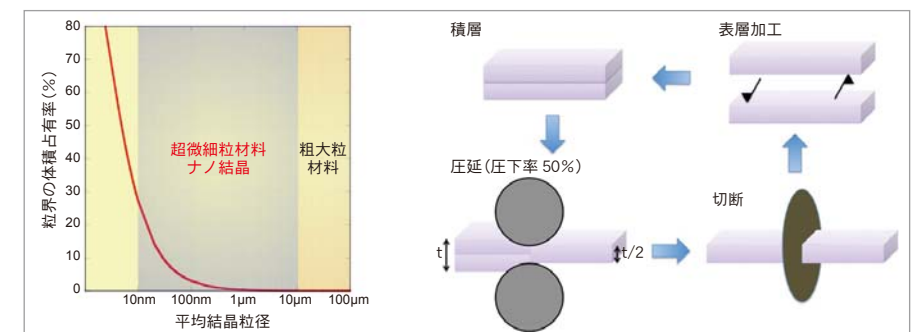


図1 平均結晶粒径と厚さを1nmと仮定した結晶粒界の体積占有率の関係。

図2 繰り返し重ね圧延接合プロセスの模式図。

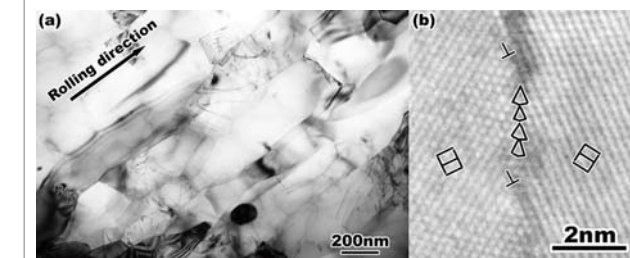


図3 強ひずみ加工法(繰り返し重ね圧延接合プロセス)によって作製された純Alの微細組織(a)およびその結晶粒界原子構造(b)。

本手法によって作製された材料は、(a)のように圧延方向に伸長した特徴的な微細組織を持っていることがわかります。ただし、組織の形成が加工によっておこなわれるため、内部には転位も多数観察されています。

(b)は圧延方向に平行な結晶粒界(ラメラ粒界)を観察した代表的な結果です。この粒界近傍の原子配列を調べ、粒界原子構造を決定しました。それにより、超微細粒材料においても粗大粒材料と同じ「構造ユニット」(※3)の考え方で粒界原子構造の解釈が可能な事を明らかにしました。

また、図中”L”で示した箇所に変形を担う転位が存在することも確認。これが、加工プロセス

中に形成された超微細粒材料における結晶粒界構造の特徴であることを結論づけました。

現在は、本研究をさらに発展させ、超微細粒中に存在する結晶粒界のナノ構造を系統的に明らかにすることで、超微細粒材料における物性の本質を解明することに取り組んでいます。

Profile



いいい せいいちろう 博士(工学)。熊本大学大学院・自然科学研究科・博士課程修了。東京大学博士研究員、九州大学博士研究員、崇城大学助手・准教授を経て、2008年10月NIMS入所 主任研究員。

# 材料と薬剤により細胞応答を制御する 生体親和性冠動脈ステント

生体材料センター  
生体材料システム化グループ  
井上元基

生体材料センター  
生体材料システム化グループ  
田口哲志

企画部連携推進室  
NIMS連携コーディネータ  
NIMS特別研究員  
片田康行

生体材料センター  
センター長  
宮原裕二

東京大学医学部附属病院  
循環器内科 特任助教  
藤生克仁

東京大学医学部附属病院  
循環器内科 特任准教授  
眞鍋一郎

東京大学医学部附属病院  
循環器内科 教授  
永井良三

虚血性心疾患の血管を拡げる治療に使われている「ステント」。その使用により血栓症を引き起こす可能性もあったため、新構造のステント開発が望まれていた。

狭心症や心筋梗塞などの虚血性心疾患は、日本人の死因の第2位ですが、心臓に酸素や栄養を送る血管が詰まってしまうために起こります。この治療には、ステントと呼ばれる金属でできた網状の筒を、詰まった血管の中で拡げて血流を確保する手術がおこなわれています。

現在、この手術には、拡げた血管が再び詰まってしまう「再狭窄」を抑えるために、薬剤を高分子材料に混ぜてステント表面にコーティングした薬剤溶出性ステントが使われています。再狭窄は、血管を形成している平滑筋細胞の過剰な増殖によって起こります。そのため、現在の薬剤溶出性ステントには、薬剤と薬剤を徐放する高分子が搭載されていますが、このステントにより増殖を抑制したい平滑筋細胞だけでなく、血管内皮細胞の増殖をも抑制することにより、留置後に「ステント血栓症」を引き起こす可能性が増加することが知られています。そのため、図1のように特異的に平滑筋細胞の増殖を抑

制し、ステント留置後において血栓が形成されず、血管内皮細胞が被覆される性質を持った冠動脈ステントの開発が望まれていました。

そこで我々は、まず、血管内皮細胞の足場となり、薬剤を放出する高分子材料として、ゼラチンをクエン酸で化学的に架橋した高分子マトリックスを開発しました。

この高分子マトリックスは、架橋密度を制御することで、血管内皮細胞接着性と抗血栓性という薬剤溶出性ステントに適した性質を示します。我々は、開発した高分子マトリックスに、平滑筋細胞の増殖を特異的に抑制するタミパロテン(Am80)という薬剤を組み込み、ステント表面にコーティングすることでAm80溶出性ステントの開発に成功しました。

このステントは、留置後の炎症反応が最も強い1-2週間において80%近くのAm80を放出した後、8週間という長期にわたってAm80を持続的に放出し、望ましい薬剤放出挙動を

示しました。また、Am80溶出性ステントをブタ冠動脈へ2週間留置すると、図2に示すように、良好な血管内皮の形成により、血栓形成も全く認められず、再狭窄率が市販のベアメタルステントと比較して非常に低いことが明らかとなりました。

今回開発した冠動脈ステントは、現在使用されている薬剤溶出性ステントを超える有効性・安全性を持つことが考えられ、現在、東京大学医学部附属病院、ニプロ株式会社と共同で臨床応用へ向けた研究開発をすすめています。

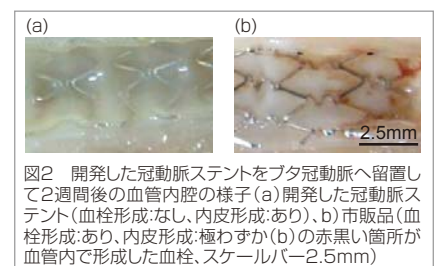
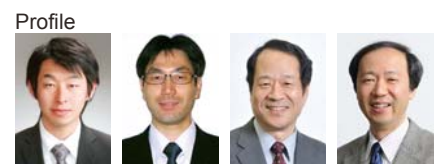


図2 開発した冠動脈ステントをブタ冠動脈へ留置して2週間後の血管内腔の様子(a)開発した冠動脈ステント(血栓形成:なし、内皮形成:あり)、(b)市販品(血栓形成:あり、内皮形成:極わずか)(b)の赤黒い箇所が血管内で形成した血栓、スケールバー=2.5mm)



このうえもと(左上) 博士(薬学)。NIMSポスドク研究員。たぐちてつし(左中) 博士(工学)。2002年入所。MANA研究者(ナノバイオ領域)(兼任)。  
かただ やすゆき(右中) 博士(工学)。1981年金属材料技術研究所入所。グループリーダー、ステーション長、人材開発室長を経て、2010年に定年退職。  
みやはら ゆうじ(右) 博士(工学)。日立製作所中央研究所を経て2002年10月入所。生体材料システム化グループリーダー、生体材料センター長、MANA主任研究者(ナノバイオ領域)(兼任)。\*2010年9月より東京医科歯科大学。

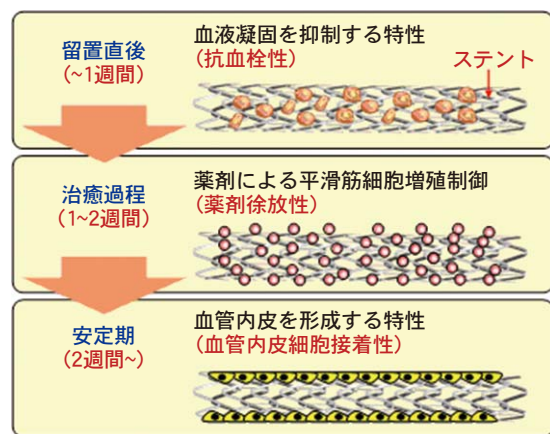


図1 冠動脈ステントに求められる性質

# 鉄系超伝導体の電子状態を探る

ナノ物質萌芽ラボ  
ナノ量子輸送グループ  
寺嶋太一

超伝導の究極の夢である室温での超伝導発現。そのためには、超伝導の電子状態の正確な測定が欠かせない。NIMSの強磁場共用ステーションでおこなわれている実験で、理論計算とは異なる測定結果がでた。

超伝導は絶対零度(摂氏-273.15度)に近い低温で固体中を電気が抵抗なしに流れる現象ですが、できるだけ室温に近い温度で発現すればそれだけ応用範囲が広がります。最近発見された鉄とヒ素を含む鉄系超伝導体は、絶対温度55度(摂氏約-218度)と比較的高い温度で超伝導を示し、現在開発のすすんでいる銅酸化物高温超伝導体の強力なライバルになるかもしれません。

超伝導は電気伝導を担う伝導電子がペアを組むことにより起こりますから、鉄系超伝導体中の電子がどのような状態、性質であるかを知ることは、鉄系超伝導体がなぜ高温超伝導を示すのかを解明するのに不可欠です。さらに、究極の目標である室温で超伝導を発現する新たな超伝導体を探る指針を得るためにも重要です。

わたしたちは、強磁場共用ステーションの強磁場磁石を用いたドハース・ファンアルフェン(dHvA)振動\*の測定により、この研究に挑んでいます。今回、鉄系超伝導体KFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>の測定に成功し、その電子状態を詳細に明らかにしました。

測定をおこなう試料は大きさが1mmあるかないかの小さなものですが、強磁場かつ絶対零度に近い超低温の測定環境に送り込むため、検出コイルに入れて、長さ3.5mもあるプローブと呼ばれる棒の先に取り付けます(図1)。検出コイルは、試料の微弱な磁気的信号を感度よく検出するため、直径0.02mmの極

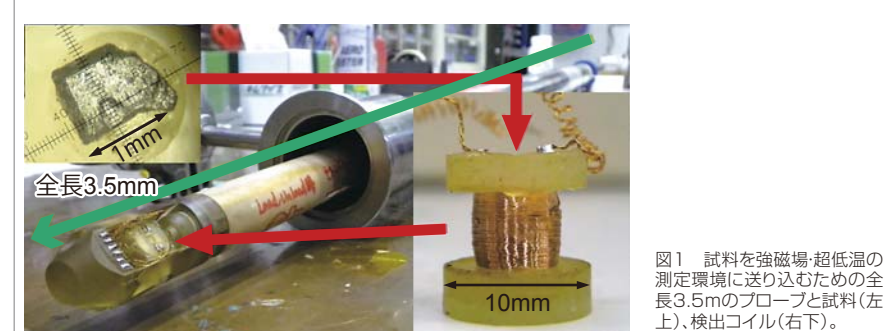
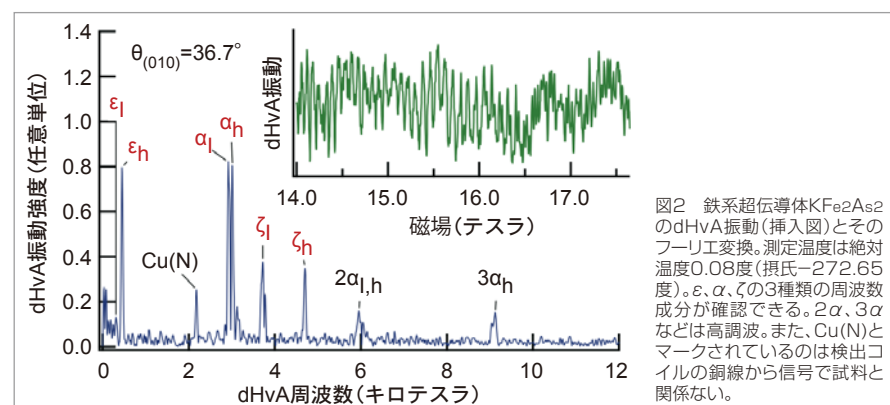


図2 鉄系超伝導体KFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>のdHvA振動(挿入図)とそのフーリエ変換。測定温度は絶対温度0.08度(摂氏-272.65度)。ε、α、ζの3種類の周波数成分が確認できる。2α、3αなどは高調波。また、Cu(N)とマークされているのは検出コイルの銅線から信号で試料と関係ない。

細の銅線を何千回も巻いて作ります。図2の右上図は、観測されたdHvA振動の一例を示しています。振動に含まれる周波数成分を調べると、ε(イプシロン)、α(アルファ)、ζ(ゼータ)と名付けた性質の異なる電子に対応する3種類の周波数成分があることがわかりました(図2下図)。

同様の測定を、磁場をかける方向や温度を変えて多数おこない、電子構造計算と呼ばれる理論計算と比較すると、理論計算との顕著な食い違いが明らかになりました。これは、この

物質の電子と電子の間の相互作用が通常よりも遙かに強く、強相関の状態にあることを示している、鉄系超伝導のメカニズム解明と更なる高温超伝導体探索にとって重要な知見となります。



寺嶋太一 博士(理学)。1993年4月金属材料技術研究所入所。1997年10月-翌年9月米国国立強磁場研究所滞在。2001年4月NIMS入所。2010年4月ナノスケール物質萌芽ラボ ナノ量子輸送グループ主席研究員。

\*ドハース・ファンアルフェン(dHvA)振動:物理学では波数空間という数学的仮想空間を使って電子状態を考えるが、dHvA振動は波数空間における電子の分布を知るための実験手法。その測定には強磁場、超低温、高品質な試料が必要となる。

## NIMS Conference 2010開催

ナノ材料科学環境拠点が中心となり開催。  
総来場者数550名、熱い議論が交わされる。

平成22年7月12日～14日の3日間、“ナノ材料科学の挑戦—環境・エネルギー問題の解決に向けて—”をテーマに、つくば国際会議場においてNIMS Conference 2010を開催しました。NIMS賞には、リチウムイオン電池の容量、寿命、安全性の改善において大きな成果を挙げた、フランス Picardie Jules Verne大学のジャン・マリー＝タラスコン(Jean Marie Tarascon)教授が選ばれました。タラスコン教授は材料科学的アプローチにより、リチウムイオン電池の電極、電解質さらにシステム全体について数多くの開発業績を挙げ、実用化され多大な市場規模に発展するに至ったリチウムイオン2次電池の開発に極めて大きな貢献をしています。(P15のスペシャルインタビューをご覧ください)

基調講演は東京理科大学学長の藤嶋昭教授が、TiO<sub>2</sub>光触媒の原理と応用について、特に超親水性と有機物の酸化分解反応を利用した浄化効果、冷却効果などの実用例を数多く示しながら紹介されました。潮田理事長によるNIMSの研究ハイライトとナノ材料科学環境拠点の紹介に引き続き、米国Notre Dame大学のPrashant Kamat教授が量子ドット太陽電池を中心とした新型太陽電池の開発最先端について講演し、さらに大野隆央ナノ材料科学環



藤嶋昭教授による基調講演



NIMS賞選考委員長の国立環境研究所安岡善文理事(左)Jean Marie Tarascon教授(中)潮田理事長(右)

境拠点マネージャーから、ナノ材料における界面現象の理解と制御に向けたシミュレーション技術についての紹介がありました。

産業界を代表してトヨタ自動車の小浜恵一電池研究部グループ長から高性能二次電池への期待が述べられ、最後にドイツのHelmholtz-Centre Berlin for Materials and EnergyのSebastian Fiechter博士から、光誘起水分解と、二次電池および燃料電池へのグラフェン基板の応用に関する紹介がありました。

2日目および3日目には、環境エネルギー材料関連の8つのオーガナイズドセッション

が開催され、どの会場も多くの参加者で溢れ、熱い議論が交わされました。特に外国人聴講者の姿が目立ち、国際会議としてNIMS Conferenceが定着したことを実感させました。材料技術のブレークスルーにより、世界の持続的発展に貢献するのが、ナノ材料科学環境拠点およびその中核機関としてのNIMSの使命です。総来場者が550名に及んだNIMS Conference 2010は、その使命達成のために求められている異分野融合と産学独の密接な連携、人材の育成・交流のトリガーになったと確信しています。



オーガナイズドセッションの様子

## 情熱を持ち、オープンコミュニケーションで研究に挑む

Picardie Jules Verne 大学教授  
NIMS AWARD受賞者

ジャン・マリー＝タラスコン

リチウムイオン2次電池の電極、電解質さらにシステム全体について数多くの開発業績に基づき、2010年度のNIMS AWARDを受賞されたタラスコン教授。オープンコミュニケーションと研究への情熱の重要性を語っていただきました。

—これまでの研究活動の概要を教えてください。

ベル研究所とベルコアに在籍した時代を含め、米国で15年間にわたり新たな化合物の合成と解析・計測をおこなってきました。初期は超伝導体、後には電極に取り組み、新たな電解質組成の構築と、より性能の高いリチウムイオン電池の開発に傾注しました。この時の新型電解質は、「LP30」という商標名で、現在製品化されています。同じ時期にポリマーリチウムイオン電池技術の開発もおこないました。

フランスに戻り15年以上、LRCS\*で研究をおこないつつ、同じアミアンにある Picardie Jules Verne 大学で教鞭をとっています。さらに、ヨーロッパにおける研究ネットワークであるALISTORE、電池に関する研究を主たるテーマの一つとするヨーロッパの21の研究施設と14の企業の連携拠点にも関わっています。

この間ずっと、リチウム電池の材料研究を続けていますが、対象はバルクからナノ材料に変わり「持続可能性」という考え方を新たに取り入れました。

リチウム電池の正の電極材料としては、リチウム-コバルトベースの酸化物が広く用いられていますが、天然資源としてのコバルトの量は限りがあります。50年後にはコバルトの欠乏により、自動車産業界は化石燃料の欠乏と同じ問題に直面する可能性があります。

そこで新たな材料開発とコンセプト構築が必要なのです。我々は今、硫酸化やカルボキシリ化など、環境効率の良い過程を経て生成される、リチウム電池のための新しい無機化合物や有機化合物を対象とした研究に取り組んでいます。

—現在、重点的に取り組んでいるテーマについて教えてください。

研究の底流にあるのは持続可能性の追求です。低いコストで豊富に存在する電極材料を求めています。有用な物質として鉄、チタン、マンガン为基础にした化合物が広く用いられていますが、これらの生成には、高温(1,000°C)での処理が不可欠で、結果的にCO<sub>2</sub>の発生に結びついてしまいます。そこで現在、自然由来の有機物質や生物学的な反応過程の利用といった研究をすすめているところです。

生物学的な反応過程は大変魅力的なテーマですが、進行が遅く、結果の再現性にも難点があり、特に大量生産を目指すには問題があります。ところが私たちは材料科学者のチームですので、このテーマについてはいわばアマチュアです。これが、私たちが、優秀な生物学の研究者を含む、より大きなチームを目指さねばならない理由です。私たちは、フランスで基礎研究から技術移転、工業化研究まで、全分野を網羅する研究者のネットワーク拠点を構築しようとしています。私の研究チームも約60名のメンバーで構成されている大きなものです。

—ベルコア時代の経験で今も活かしていることは何ですか。

ベルコアでははじめ、超伝導体を扱っていましたが、研究者は自分の好きな研究をしてもよい、ただしその分野でNo.1となるようにとだけ言われていました。その後、1990年代のカリフォルニア大地震後に予備電池の不具合が多数見られたため、研究分野を変え、業務用電池に注力するようになりました。

これは私にとって大きな転機となりました。まず、ゴールが変わりました。電池研究の課題解決に集中することが求められ、遂行に役立つ新たな研究分野を探すことも求められました。提案作成、プロジェクトの企画立案、プレゼンテーション、売り込み方、一緒に仕事をする人々のモチベーションの高め方



など、大いに経験を積むことができました。楽しくかつ刺激に満ちた経験でした。

幸運なことに研究自体も成功し、よい結果を出すことができました。分野横断的な仕事をすすめられたこと、他分野の専門家たちと交流できたことは、私にオープンコミュニケーションの偉大な意義を認識させてくれました。

—材料研究者に対して、何か一言。

これまでの研究活動を通して、NIMSがセラミックス、金属、水素化合物、水素貯蔵などの分野で著名な機関であることは、よく知っていました。今回の訪問により、これらに加え、固体リチウムセラミックの分野におけるNIMSの研究水準の高さに触れることができました。

皆さんには、まずは、もっともっと実験をおこなうこと、そして研究所を移ったり、研究対象を変えたりすることに尻込みしないこと、人と会うこと、議論と交流の機会を増やすこと、そして、研究にまつわる興奮や刺激を絶えず分かちあうことをお勧めします。研究を前に進める原動力は、研究への情熱です。私は、自分が研究への情熱を持つことができたことを幸運だと思っています。そして、特に若い研究者の皆さんには、同じように、そうした情熱をもって研究に打ち込まれることを願っています。

\*LRCS:Laboratory of Reactivity and Chemistry of Solids

Profile  
Jean-Marie Tarascon  
コーネル大学、ベル研究所を経てベルコア社に1994年まで在籍。現在はPicardie Jules Verne 大学教授、フランス国立科学センター(CNRS)所属。2010年度NIMS AWARD受賞。  
[http://www.nims.go.jp/nimsconf/2010/award\\_e.html](http://www.nims.go.jp/nimsconf/2010/award_e.html)



**真夏の体験型学習、NIMSで続々開催!**

今年も、子供たちが参加する夏の体験型学習が、NIMSでおこなわれました。小学生から高校生まで、それぞれのプログラムを楽しみ、充実した体験ができたという好評でした。

**サマー・サイエンスキャンプ2010**

7月28日～30日 主催:独立行政法人 日本科学技術振興機構

今年のサマー・サイエンスキャンプ参加者は全国から集まった高校生16名。研究者と3日間交流を持ちました。

サイエンスキャンプに集まってくる高校生は、通常の見学者よりもじっくりと研究者と向かい合うことができます。1日目の交流会では約20名のNIMSの研究者と夕食をともにしながら、研究内容や、研究者になるにはなどの質問をし、活発な交流がおこなわれました。

講義内容にも積極的。生徒は十分下準備をしてきており、詳細な質問をする姿も見受けられました。それに応える研究者も、未来の科学者を前に、思わず指導に熱が入ります。

3日間という短くも濃密な時間をともにして、生徒同士の交流も深まり、友達になった参加者もいました。



**つくばサイエンスラボ 8月6日 主催:つくば市**

つくばサイエンスラボは、つくばエクスプレス沿線に住む小学生を対象に、つくば市の魅力ある自然と科学技術をより知ってもらうという事業です。今年も、つくば市だけでなく都内からも参加した32名の小学生が、はじめて見る実験や設備などに目を輝かせていました。

午前中は施設見学、午後は-200℃の液体窒素をつかった超伝導材料の実験や、形状記憶合金を使った実験など、実際にNIMSで研究されている材料を体験しました。これを通して子どもたちは、身近な研究施設であるNIMSではどのような研究がおこなわれているか、楽しみながら学びました。



**つくばサイエンスキャスティングワークショップ 8月10日 主催:つくば国際会議場・JTB法人東京**

つくばサイエンスキャスティングワークショップは、今年からはじまった新しい事業です。つくばの各研究所を茨城県下の高校生が訪ね、より実際の研究に近い体験をすることが目的です。NIMSには13名の参加者が集まりました。はじめに自ら電子顕微鏡をのぞいたり、金属の熱処理などを体験し、NIMSの研究をリサーチ。その後場所をつくば国際会議場に移し、それぞれリサーチしてきた研究機関を「つくばで見つけた未来の宝」というテーマでプレゼンテーションしました。NIMSにやってきた参加者は、どんな未来の宝を見つけたのでしょうか。



**つくばちびっこ博士 8月24日 主催:つくば市・つくば市教育委員会**

毎年協力している小中学生参加型の実験イベント「つくばちびっこ博士」。今年も総勢59名の元気な小中学生がNIMSにやってきました。

今年のコースは「形状記憶合金について学ぼう」、「金属の不思議」、「とても冷たい世界のできごと 超伝導のはなし」の3つ。それぞれにおこなわれる研究者のデモンストレーションに子どもたちは興味津津!

講義では実際に液体窒素で凍らせた花びらを自分の手で砕き、極低温下での性質の変化を体験したり、形状記憶合金ばねを用いて形状記憶と超弾性について学んだり、身近な金属をたたいたり熱したりしてその特性の変化に驚いたり。付き添いで来ていたご家族も一緒に、みなさん引き込まれるように実験を楽しんでいました。

最後は「ちびっこ博士パスポート」にスタンプを押しもらい大満足! 実験終了後も、質問を続ける子供たちに、研究者も手ごたえを感じていました。



**第10回NIMS フォーラム開催決定!**  
10月20日(水)、東京国際フォーラムにて

昨年に引き続き、NIMSの最先端の研究成果展示および、それらを企業ニーズとマッチングさせることを目的としたシンポジウムと展示会、「NIMSフォーラム」を下記のとおり開催します。

第10回の節目を迎えた今回は、ポスター

セッションを各ユニットから100枚近く掲示。オーラルセッション(講演)は各センターの最新研究動向がわかる内容となっています。

詳しくは<http://www.nims.go.jp/nimsforum/>をご覧ください。

