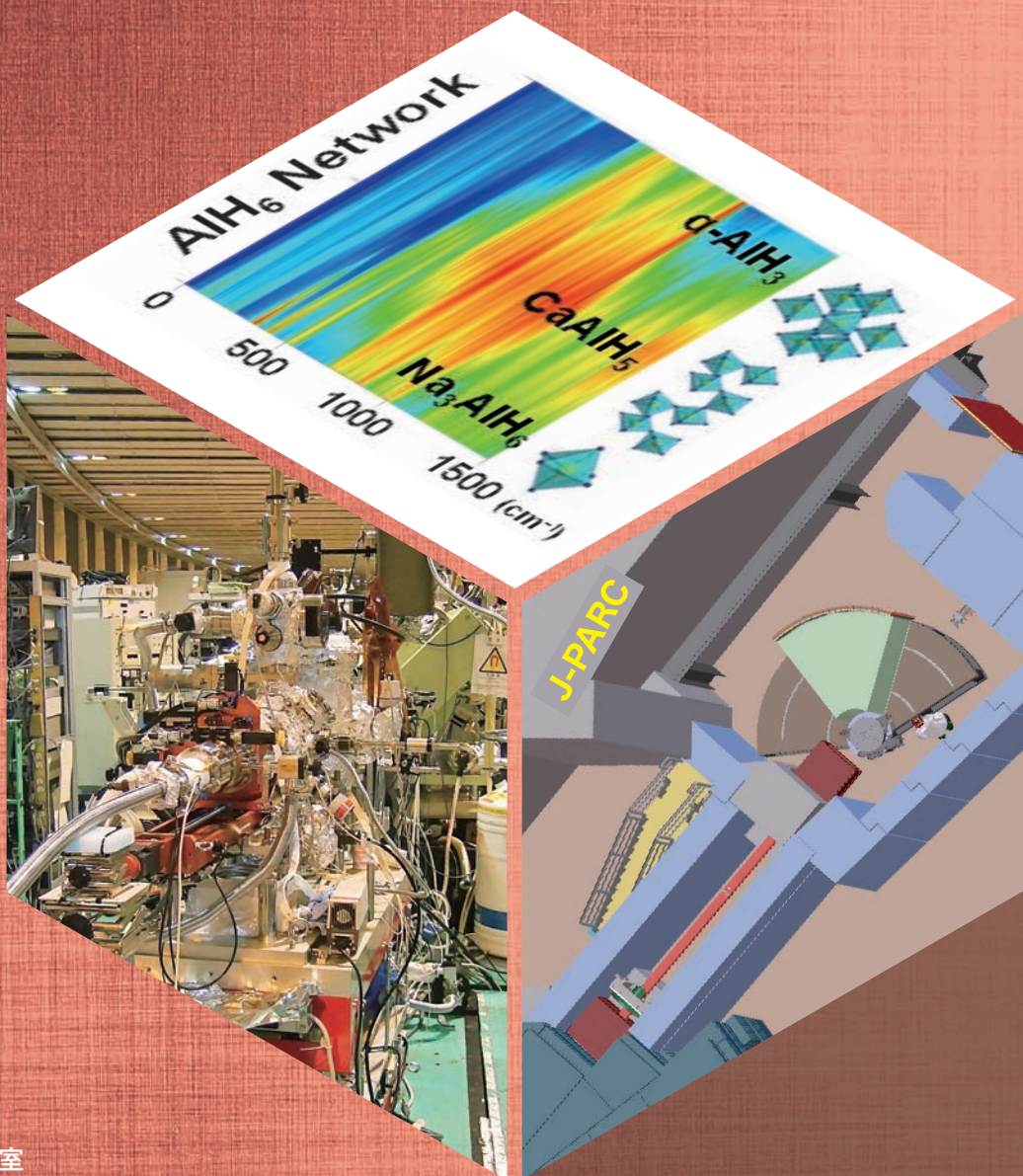




CONTENTS 目次

- トップメッセージ／所長 新家光雄
- 研究室紹介／加藤研究室 佐々木研究室
- 研究最前線／超伝導を引き起こす電子と超伝導を壊す電子の識別に成功
世界初のパルス磁場と軟X線の融合 ― 超強磁場中で磁性体の磁化を元素別に見る ―
- Front Line／次世代癌治療用近赤外線発光シンチレータの系統的研究開発
- 退職のご挨拶／小林典男
- 金研物語 第二部／アルミニウム合金
- 金研ニュース／第81回金研夏期講習会報告
「平成23年度みやぎ県民大学」を開催して
材料科学国際週間2011 (Material Science Week 2011) 発動!!!
～材料科学の灯火を東北にかかげて～
- RESEARCH INDEX／原子炉の安全・安心のための材料研究の最前線

上／AlH6ユニットの振動 右／J-PARCに建設予定の偏極中性子分光装置
左／世界最強パルスマグネットを備えた超強磁場軟X線MCD測定装置
写真提供：上・右／山田研究室 左／野尻研究室



所長
新家 光雄

震災後の新たな展開!

金研は東北地方太平洋沖地震を経験し、現在では震災の前と変わらない通常業務体系となり、新たな展開を伴う復興に向け教職員が研究・開発および職務に励んでいます。前号で紹介しました震災にてダメージを受けた所長室にある本多光太郎先生の胸像の台座も修復され、これまで通り、しっかりした土台の上で前を見据え、金研精神の支えとなっております。本号では、震災後のさらなる飛躍を目指して復興に邁進する金研の新たな展開について紹介させていただきます。



震災後の本年度早々の4月から東北大学金属材料研究所附属研究施設大阪センター（以下、金研大阪センター）の後を受け、6年間の計画で東北大学金属材料研究所附属研究施設関西センター（センター長 正橋直哉教授：以下、金研関西センター）が発足しました。金研関西センターでは、これまでの大阪府および大阪府立大学との官学連携および学学連携に兵庫県および兵庫県立大学が新たに加わって、さらに強力な独自の研究・開発とともに関西圏の中小企業を中心とした共同研究・開発を進めることが可能となります。また、同センターでは、グリーンイノベーションによる環境・エネルギー大国戦略に貢献すべく、グリーンイノベーションに相応しい研究分野とするため、金研大阪センターで展開した新素材創製、新素材製造、新素材加工、新素材企画部、応用生体材料および応用構造分野を改組し、環境・エネルギー

材料分野、次世代機能材料分野、ナノ組織制御材料創成分野、先端分析技術応用分野、応用生体材料分野、低炭素社会基盤構造材料分野とし、新たに革新グリーン材料設計分野を設置しています。兵庫県立大学には、次世代機能材料分野および新たに設けられた革新グリーン材料設計分野の2つの研究室が置かれ、他の研究分野の研究室は、これまで通り大阪府立大学と金研に置かれています。



金研関西センター発足を記念して、7月12日（火）にものづくりビジネスセンター大阪にて金研関西センターキックオフフォーラムが開催されました。金研関西センター看板上掲が行われた後、金研大阪センターおよび連携する各機関の紹介、産学連携の取組事例の紹介、さらにはこれからの技術連携のあり方と盛りだくさんの発表があり、それらに対する質問やコメントが活発に取り交わされました。大阪エリアから関西エリアの企業群を視野に入れた広域産学官連携事業の展開を実現させたこととなります。なお、参加者120名以上（申込者130名）、懇親会参加者50名以上と大盛況でした。

本年度の金研夏期講習会（第81回）は、7月27日（水）-29日（金）に名古屋で開催されました。仙台を離れての金研夏期講習会は、平成20年に第78回東大阪開

催に次いで2度目となります。今回の夏期講習会は、開催に多大なご尽力を頂いた経済産業省中部経済産業局（以下、中部経済産業局）との共催で、本多光太郎先生生誕の地である岡崎市のある愛知県での開催となりました。また、東三河産業創出協議会、豊橋商工会議所およびチタノミックス研究会と東三河地域の機関のご後援を頂きました。講演参加者は、100名を超え（講師等関係者を入れると130名）これまでで最大の参加者数となりました。会場はトヨタテクノミュージアム産業技術記念館で、トヨタ自動車の創始者である豊田佐吉氏が自動織機の開発のために設立した試験工場であった建物です。ここには、繊維機械館、自動車館、蒸気機関展示館やテクノランド等があり、講演に参加するとともに我が国の産業の歴史等を目で見ながら学ぶこともできます。さらには、金属加工技術の実演コーナーまであり、例えばちょっとした鍛造品の製造を実際に目で見て、かつそれを手に入れることができるので参加者の方には講演以外での基盤産業や技術を楽しむことが出来たと思われます。



講演会2日目終了後には、中部経済産業局の主だったメンバーの方々と面談が持たれ、懇親も兼ねることができ、中部経済産業局の大学等との連携事業構想についても知ることができました。講演会プログラムにある正規の懇親会はもちろんですが、それだけでなく講演会後に講師の先生方と懇親会を自主開催したりと、日頃知り得なかった意外な面も知ることができ、有意義な時間を過ごすことができました。

講演会だけでなく名古屋・知多周辺地域および東三河周辺地域の企業見学も行いました。見学をさせて頂いた企業は、名古屋・知多周辺企業では東邦ガス(株) 技術研究所、新日本製鐵名古屋製鐵所およ

びあいち臨空新エネルギー実証エリアで、東三河周辺企業では(株)野口製作所、オーエスジー(株)、豊国工業(株)でした。企業見学への参加者も44名と多く、特に東三河周辺企業見学への参加希望が予想した以上に多くありました。

第81回金研夏期講習会は、1年以上前から準備が進められて開催を実現しています。上述のように盛大に講習会を開催出来たのは、参加者の皆様を始め多くの方々のご尽力によるものと感謝申し上げますとともに、特に多くの労力を尽くされました中部経済産業局産業部製造産業課長 岩田則子氏、見学をさせて頂いた各企業様、金研講習会実行委員長 松岡隆志教授および金研庶務係に感謝します。なお、同夏期講習会でのアンケートを分析しましたが、満足度は高く安堵した次第です。しかし改善点も多々ご指摘頂き、これからの金研夏期講習会運営に反映して行きたいと思います。

最後に災害復興に関連しての新しい試みとして、金研のICC-IMR（センター長：野尻浩之教授）が中心となり、材料科学国際週間2011（Material Science Week 2011）の開催を決定しています。実施期間は本年10月11日（火）-12月10日（土）で、実施場所は金研ほか宮城県仙台市全域です。この期間中に開催される金研教員が関係する国内・国際会議およびイベントを対象としており、9月22日（木）現在で16のイベントが予定されています。その中で材料科学国際宣言2011調印式（10月11日（火））、第122回金研所内講演会（11月24日（木）-25日（金））、金研復興祭（11月25日（金））および市民講座（12月3日（土））が目玉となります。ICC-IMRでは、これをきっかけとして、金研が独自に開催する国際会議へと発展させることを目指します。

さらなる飛躍を目指して、金研教職員一同が復興とともに新たな研究・開発の展開を進めて行くよう鋭意努力を積み重ねて参る所存でおります。今後とも皆様のご支援・ご協力を何卒宜しくお願い申し上げます。



研究室紹介

混合熱を指標とした金属の 非晶質化とオープンポーラス化

非平衡物質工学研究部門
加藤 秀実

金属過冷却液体が非晶質構造をそのまま凍結しやすい合金は、共晶組成の近傍にあり、その構成元素が互いに負の混合熱を有して引き合い、かつ、原子半径差が12%以上であって充填密度が高いことを特徴しています。このような指針に基づき、非平衡物質工学研究部門では、約40年間に渡って、アモルファス合金や金属ガラスといった非晶質合金を数多く見出して産学界に貢献してきました。現在もこの流れを引継ぎ、その基礎研究、接合や複合材料開発等を行っています。また近年、非晶質合金設計によって蓄積された知見に基づいて、“金属溶湯を用いたデアロイング法”を考案し、3次元ナノオープンポーラス構造を有する卑・半金属・合金の研究・開発にも新たに取り組んでいます。

1 その場反応による金属ガラス複合材料の設計・開発

非晶質合金は、単軸変形環境下において塑性変形能に乏しいため、その改善を目的とした複合材料の設計・開発が行われています。脆性を改善する複合組織は、分散強化材の大きさ、その分散間隔とプロセスゾーンの大きさが同程度であることが分かっています。このプロセスゾーンの大きさは、合金系・組成に依存して大きく変化するため、合金に応じた複合設計が求められます。現在、実用性の高いMgやZr基金属ガラスを中心にその場反応析出型複合材料の開発に取り組んでいます。

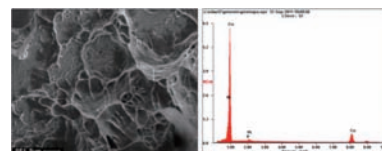


図1：活性接合によって接合した無酸素銅/PtNiP金属ガラスろう材の引張破壊面に発達した銅のディンブルパターン(左)とEDS解析結果(右)

2 金属過冷却液体の精密転写接合

高真空中で金属表面にイオン照射を施すことによって、酸化物等の表面被膜を取除き、活性化した金属表面同士を加圧接合する表面活性化接合が提案されています。この技術では、活性表面上の元素同士が接合可能距離内に近づく必要があるため、比較的大きな圧荷重と、超精密平坦性を有する接合表面が必須であり、これらが実用化への大きな障害となっています。私達は、金属ガラス過冷却液体が数nm~100μm寸法の表面凹凸を正確に転写することに着目し、これを“ろう材”として使用することにより、表面凹凸による接合不良を最小限に抑えられると考えました。現在、金属過冷却液体を“活性接合のろう材”に応用した新しい接合技術を提案し、その基礎研究を行っています(図1)。

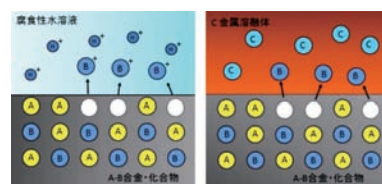


図2：水溶液を用いた従来のデアロイング現象(左)と、金属溶融体を用いた新しいデアロイング現象(右)を示す模式図

3 オープンナノポーラス卑・半金属の開発

オープンナノポーラス金属は、緻密材に比して桁違いに大きい表面積を有し、電極、触媒やフィルター等の高機能材料への応用が期待されています。その作製には、酸水溶液中で多元合金からより卑な金属を選択腐食するデアロイング現象が利用されていますが、卑金属元素はこの酸化環境に耐えられずに酸化してしまうため、卑金属のオープンナノポーラス体を作製することは一般に困難でした。私達は水溶液の代わりに金属溶湯を脱成分媒体に用いて、混合熱を指標とする元素間の親和性の違いに着目した冶金学的デアロイング法(図2)を提案し、種々の卑金属・半金属元素のオープンナノポーラス化を行っています(図3)。

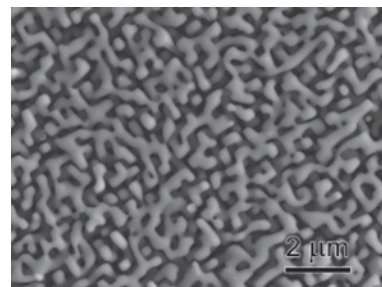


図3：金属溶融体を用いた新しいデアロイング法により作製したオープンポーラスbcc-チタン合金

■加藤研究室URL <http://www.nem.imr.tohoku.ac.jp>

やわらかい有機物質を舞台にした 多彩な電子物性の開拓

低温電子物性学研究部門
佐々木 孝彦

低温電子物性学研究部門では、有機分子の集積によって構成されている分子性有機導体を主な研究対象として、有機物質ならではの電子物性の解明、新奇現象の発見、開拓を目指しています。分子で構成されている有機物質の特徴は“やわらかい”ことです。無機金属系物質には無い構造的やわらかさという特長を生かして、有機ELデバイス、有機トランジスターなどの軽量で“曲がる”エレクトロニクス材料として注目されています。また、有機物質には、単に構造的なやわらかさだけではなく、複合的な電荷-スピン-格子の自由度とその結びつきにより電荷やスピンの性質にも特徴的な“やわらかさ”が現れます。“やわらかい”有機物質が示す多様な個性と物理現象の統一性を融和させた新しい物質科学の創成を目標にして、電子物性物理の重要で興味ある問題にチャレンジしていきます。

1 やわらかさを生かした電子相制御

強相関電子系の物性研究において、最も興味ある現象のひとつが金属や超伝導状態と絶縁体状態との間の相転移に関する問題です。そのなかでもモット転移は、最重要な課題のひとつです。有機物質系が持つ特徴的なやわらかさを巧みに生かして、分子-格子を化学的、物理的に変化させてモット転移と超伝導発現に関する研究を行っています(図2)。

2 電荷自由度と新しい電子誘電性の開拓

最近、BEDT-TTF分子がダイマー構造を形成する有機絶縁体において、ダイマー上の電荷が電子相関のために秩序化せず、“やわらかい”不均一性が低温まで残り、これを原因とする誘電異常が現れることを明らかにしました。この誘電性はこれまで知られている誘電応答とは異なるタイプのものです(図3)。このような、有機物質が本質的に持っている“やわらかな”電荷-スピン-格子の複合的な自由度に起因する新しい電子状態を探索する研究を行っています。

3 高分子導電体の構造-伝導機構相関の解明

現在、一部の電気伝導性高分子材料が実用化され、電子製品のなかで使われています。さらに広範な実用化やオール有機物エレクトロニクスデバイス実現のためには更なる高電気伝導化が必要とされています。しかし、やわらかい高分子ゆえの複雑な構造のために、電気伝導機構の詳細はよく解っていません。高電気伝導化への指針獲得を目指した伝導メカニズム解明を行っています。

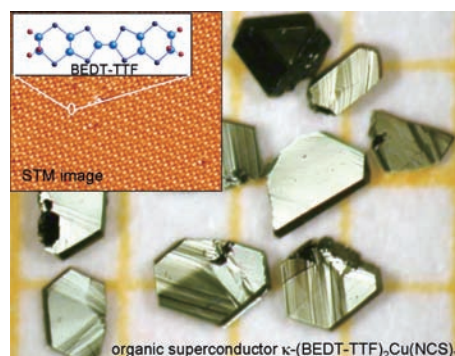


図1：有機超伝導体 κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu(NCS) $_2$ 単結晶と表面STM分子像

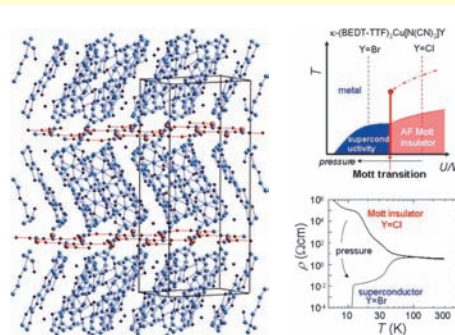


図2：有機超伝導体 κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu(N(CN) $_2$)Br と超伝導-モット絶縁体転移の様子

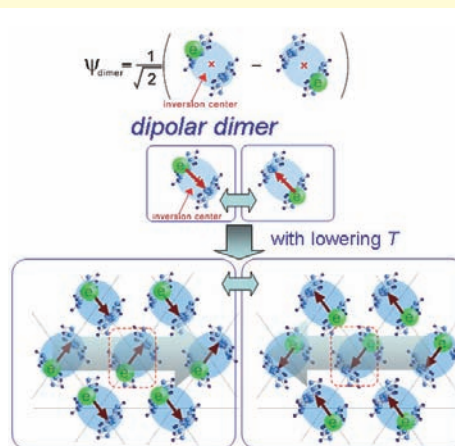


図3：分子ダイマー構造と電子誘電性発現の模式図

超伝導を引き起こす電子と 超伝導を壊す電子の識別に成功

量子ビーム金属物理学研究部門 山田 和芳

真空中では電子は自由な運動をしますが、物質中の電子は、原子核やスピンあるいは周りの電子らによって、その運動が制約されます。原子核の周りに束縛された電子や、特定の軌道状態を取りながら物質中を動き回ったり、ほとんど、自由に動き回る電子になったりと様々です。物質の電気的、磁氣的性質のほとんどは、この物質中の電子の動きによって作られます。1986年に発見され、超伝導転移温度の最高記録をいまだに持つ銅酸化物超伝導体は、反強磁性絶縁体の中に、キャリア（動き回る電子や、電子の孔（ホール））を導入し、金属化させたもので、低温で超伝導が現れます。しかし奇妙なことに、キャリアの濃度をもっと増やすと金属のままで超伝導は消えてしまいます（図1）。

我々のグループでは、超伝導が何故起こるか、また何故濃度を上げると超伝導が消えてしまうのかということを解明するために様々な実験、特に中性子散乱を用いて反強磁性と超伝導との関わりを調べてきました。その結果、超伝導の出現と消失には、磁氣的状態が密接に関連していることが明らかになりました（図2）。特にホールのキャリアで現れる超伝導では、銅が持つスピンの特徴的揺らぎが見えますが、高濃度状態では、これらの揺らぎが消えてしまいます。このような研究から、ホール濃度が変化することにつれて、超伝導を起こす酸素の電子軌道から、超伝導を壊す銅のd電子軌道へと移り変わってくるのではないかと推測していました（文献1）。しかし実験による証明は分光手段の発達を待つしかありませんでした。

近年、放射光の強度と輝度が格段に向上し、光電子分光やコンプトン散乱という量子ビーム分光を用いて、物質中の電子の運動状態を精密に研究することが出来るようになってきました。我々は、高純度の単結晶を用いた高分解能コンプトン散乱による研究をJASRIの櫻井博士らと共同でSPring-8の装置を用いて行い、導入したホールに直結する軌道状態を精度良く取り出すことに成功しました。その結果、超伝導が現れる状態と、過剰にホールを入れ、超伝導が消失した状態では、明らかに軌道状態が異なっていることを可視化することに成功しました（図3）。

この研究は、中性子散乱研究から約13年、コンプトン散乱研究から約8年がかりで実ったものですが、銅酸化物超伝導の基礎的性質の理解に貢献し、今後さらに高い転移温度の超伝導を探索する上での重要な指針を与えられと考えられます。

[参考文献]

- 1) K. Yamada et al., Phys. Rev. B 59 6165 (1998).
- 2) Y. Sakurai et al., Science 332 698 (2011).

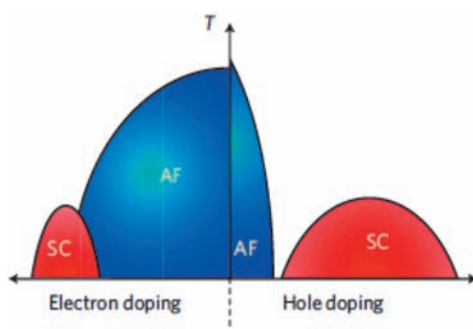


図1：銅酸化物超伝導の相図（AF：反強磁性相、SC：超伝導相）電子やホールのドーピングを増やすと、超伝導が現れるが、ドーピングを増やし過ぎると超伝導が消えてしまう。

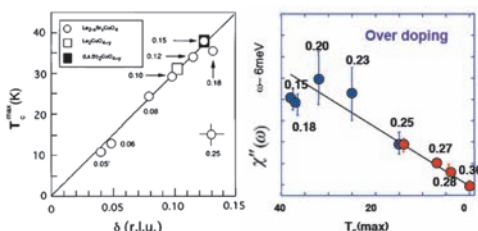


図2：ホール型銅酸化物 $\text{La}_{2-x}\text{CuO}_4$ の超伝導と磁性的関係。（左）ドーピングが少ないときには、ドーピングと共に、磁気モーメントの空間変調周期が短くなり、超伝導の転移温度が比例して高くなる。（右）ドーピングをさらに増やすと、超伝導転移温度が低下し、それと共に、磁気信号が弱くなる。

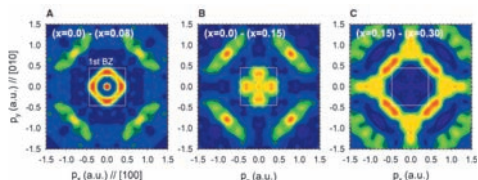


図3：ホール型銅酸化物超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{CuO}_4$ にドーピングされたキャリアの電子軌道（結晶中での運動量分布）。（A）、（B）図2の左図と対応して、ドーピングと共に、超伝導の転移温度が比例して高くなる場合の電子軌道。（C）図2の右図と対応して、ドーピングと共に超伝導転移温度が低下していく場合の電子軌道。Bの $x=0.15$ の電子軌道を除いて表示しているため、 $x=0.30$ ではBとCの両方の状態が混じっている。（文献2）

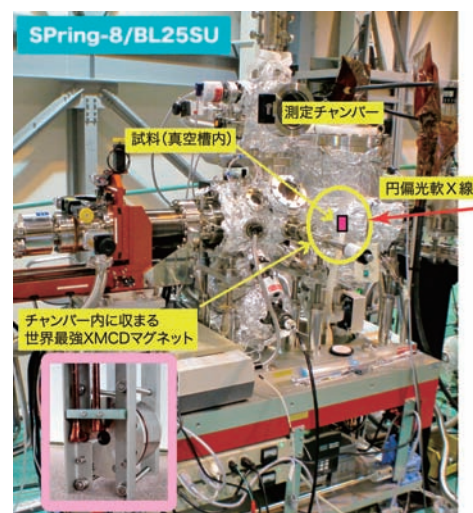
世界初のパルス磁場と軟X線の融合 —超強磁場中で磁性体の磁化を元素別に見る—

磁気物理学研究部門 鳴海 康雄

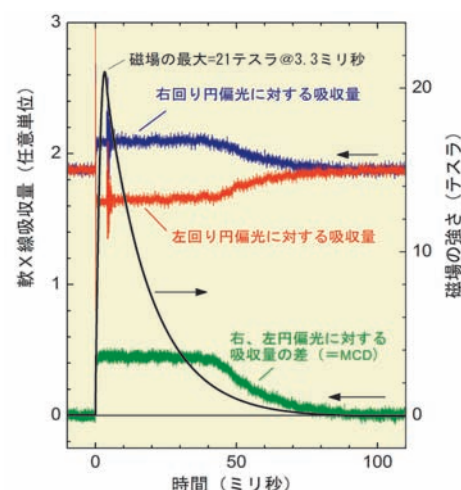
永久磁石のように自発的に磁化を有する強磁性体では、少しの磁場でも簡単に磁化を誘起することができますが、磁気モーメントが反平行に並んで全体として磁化を打ち消している反強磁性体の場合、磁化を引き出すために強い磁場が必要になります。近年、様々な反強磁性体において、巨大磁気抵抗効果や電気磁気効果と呼ばれる、磁場を加えることで磁化以外に電気抵抗や誘電性など複数の物理量が同時に変化する現象が、新しい素子開発への期待から注目されています。これらの物質群は複数の元素から構成される化合物として初めてその特徴を示すため、現象を理解しその特性を高めるためには、強い磁場の中で、どの元素がどれだけ磁化しているかを個別に評価する事が重要になります。

磁気物理学研究部門では、超伝導磁石がカバー出来ない20テスラ(1テスラは地磁気の2万倍)以上の超強磁場を発生できるパルス磁場装置を使って、新奇な磁性体の研究を行っています。今回我々は、高輝度光科学研究センターの中村哲也主幹研究員、東京大学の金道浩一教授らとの共同で、21テスラの超強磁場中で元素別に磁化を測定できる新しい技術を開発しました。このカギとなるのが「磁気円二色性(以下MCD)」という現象です。MCDとは光の物質に対する吸収強度が左右の円偏光で異なる現象で、その差が概ね物質の持つ磁化に比例することから光による磁化測定法として利用されています。この時重要なことは、光のエネルギーを軟X線領域(300-3000電子ボルト)にある元素固有の吸収ピークに合わせることで、磁石材料として重要な鉄やコバルトからネオジウムなどのレアアースまで、個々の元素が担う磁化を分離して測定できるのです。しかしこれまで、パルス磁場と軟X線MCDを組み合わせた実験装置の開発を行った人はいませんでした。なぜなら、超強磁場発生に必要な最大1万アンペアを超える大電流が流れるパルスマグネットの中で、X線の信号として試料に流れる約10億分の1アンペアという微弱な電流を検出する事が非常に困難と考えられていたからです。我々は、パルス磁場によるノイズの影響を受けにくい信号配線や特殊な構造の測定チャンバーを開発することでこれらの課題を克服し、本研究を成功に導きました。図は、SPRING-8に設置されている実験装置の写真と、ハードディスクの読み取りヘッドに用いられているCoFe/MnIr薄膜の実験例です。磁場の変化に対応して、CoによるX線吸収量が明瞭に変化していることがわかります。高磁場側(約ゼロから40ミリ秒の領域)の振る舞いはCoの磁化飽和に対応しており、この値が一定であることは装置の安定性の証明にもなっています。

今回開発した新しい測定法は、基礎的な研究からレアアースに依存しない新しい高性能磁石開発などの応用研究まで、広く磁性研究に貢献できると期待されます。また、さらなる感度向上や最高磁場を2倍に引き上げる技術開発も継続して進めて行きたいと考えています。



SPRING-8の軟X線ビームラインBL25SUに設置されている超強磁場軟X線MCD測定装置。測定チャンバーの内部には液体窒素でマイナス200度に冷却されたパルスマグネットが収まっている。測定試料はさらにその内側の超高真空槽内に設置され、超強磁場中で軟X線の照射を受ける。



CoFe/MnIr薄膜のCoに関するMCD測定の結果。青、赤の実線はそれぞれ右回り、左回り円偏光の軟X線吸収強度の時間変化。緑は吸収強度の差でMCDに相当する。用いた軟X線のエネルギーは約780電子ボルト。黒線はパルス強磁場の時間変化。約100分の5秒の短時間で20テスラ以上の強磁場を発生する。

Front Line

最先端研究紹介

第96回総合科学技術会議（平成23年2月10日開催）において、「最先端・次世代研究開発支援プログラム（ライフ・イノベーション）」に採択される研究者が決定し、金属材料研究所からは吉川彰教授が選ばれました。このプログラムは将来、世界をリードすることが期待される潜在的可能性を持った研究者に対する支援制度です。

次世代癌治療用近赤外線発光シンチレータの系統的研究開発

先端結晶工学研究部 吉川 彰

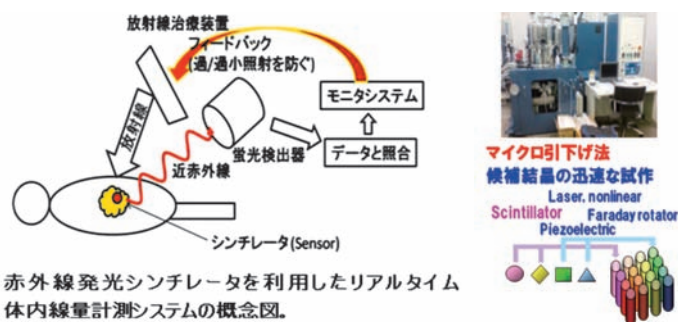
世界一高齢化が進む我が国では患者の肉体的負担が少ない放射線による癌治療は重要です。現在の放射線治療では照射した放射線量を正確に計測できず、最適な放射線量による治療を行えないという問題があります。そこで、本研究では人体に無害な近赤外線を用いて放射線量のリアルタイム計測を可能にし、適切な放射線量を用いたより安心・安全で効果的な癌治療に役立てることを考えました。

研究開発目標としては、放射線が当たると人体に無害な近赤外線で発光し、20cmの肉厚（腹囲125cm相当）をも透過し、体外から検出可能なほど明るく光る赤外発光材料を開発することとしています。

赤外発光材料を用いたリアルタイム放射線量計の研究が世界初の試みである上に、赤外に発光するシンチレータ材料の研究自体も前例は殆ど無く、学術的にも新規性の極めて高い研究です。先行研究では拳大の線量計を体内に埋込むものや、光ファイバーを体内から引き出すシステム等が想定されておりますが、これらに比して体への負担が少なく、臨床現場のイノベーションを念頭に置いていることも特色です。

長波長発光のシンチレータなので、既存のものよりも ΔE_g の小さな物質を母材とすることで、放射線からのエネルギーデポジットの際に、より多くのe-hペアを生成することを考えております。また、赤外域での発光はレーザー等で多くの研究があるため、賦活剤までのエネルギー輸送が済んだ際に発光効率が良いものがどれかは豊富なデータベースがあります。材料開発は、これらを考慮に入れつつ発光中心の候補・母材の候補を絞り、その後は、材料開発の王道である絨毯爆撃方式で最適材料・組成の探索を行います。その際、研究室で独自開発したマイクロ引下法という迅速単結晶作製法を活用します。当該法は従来法のCZ法やブリッジマン法に比して、数十倍程度高速に単結晶を作製することができる画期的な融液成長法です。

本研究の枠外には本学大学病院との共同研究体制も構築されておりますので、実用化レベルの材料が開発され、リアルタイム線量計が完成した場合、大学病院にて数万人規模の臨床データを蓄積することで、将来的には日本人の典型的な体型と腫瘍の種類を分類し、シミュレーションのみで治療計画を立てて癌治療を行うことも可能になると期待されます。



退職のご挨拶



ゴマメのつぶやき

小林 典男

昭和46年4月に物理学専攻の大学院学生として低温物理学研究部門(武藤芳雄教授)に所属して以来、40年6ヶ月にわたって金属材料研究所にお世話になりました。大学入学から含め

ると東北大学100年のうちのほぼ半分の歴史に関わってしまったことになります。かつては学生時代の所属研究室を引き継ぐことは名誉なことでしたが、今では決して勤められる事ではなく、ときどきは研究場所を変えていつでも身の振り方と考え方を自由でフレッシュに保つことが大事なことのように思います。

金研にやってきて最初の仕事は、当時の2号館(低温棟)の1階にあった高さ3メートル近くになる電磁石を使って超伝導合金の熱伝導を測ることでした。武藤研究室は立ち上がったばかりで、液体ヘリウム配管の敷設から始めなければなりませんでした。周辺にあったヘリウム配管や真空配管を参考にしながら、半年かかって図面を引いて工場に持っていくと、設計の仕方や部品の使い方を丁寧に教えていただき、技官の方との付き合い方を学びました。技官との付き合い方ということでは液化室の技官の人たちが極めて印象的でした。コンプレッサーのものすごい騒音の中で、仙台弁で話されるので意味がわからず、いつも怒鳴られているように思ったのですが、少し理解できるようになると「お前のところの教授は…」などといった噂話をしていることに気付く様になりました。ところで、この大型電磁石は外部から3000Vで受電し、モータージェネレータ(MG)を使って直流電流を供給するタイプのものでした。長さが60cmもある3000Vの大型スイッチを入れるとモーターが轟音を立てて回り始め、夕方から夜にかけて一人で運転するのは大変に心細いものでした。大学院に入ったばかりの新人にとって、こうした経験は新鮮でかつ緊張するものでしたが、この辺りに私の原点があるように思います。

この頃“超伝導の研究は終わった”ということをよく聞くようになりました。武藤研究室でも超伝導の研究を続けるかヘリウムの超流動に方向転換するかといったことが話し合われていました。結局、超伝導でも物質の個性が現れる化合物超伝導に方向が絞られ、私は博士課程の学生として小さな単結晶の熱容量をはかる装置を開発し、層状化合物超伝導体

の熱的な性質を調べることになりました。この手法は今では自動化されて市販されています。自分の手で自動化が出来なかったことが残念です。

博士課程を修了した昭和51年はオイルショックの直後で就職先がありませんでしたが、幸いに日本学術振興会の研究員に採用され、低温センターに導入されることになった希釈冷凍機の建設とお守りを担当することになりました。この装置はmK領域で誰でも物性実験が出来るようにと導入されたもので、その後金属-非金属転移近傍の電子局在の研究や磁性と超伝導の相関の研究で威力を発揮しました。

超伝導の研究は、構造の特異性、磁性と超伝導の共存・競合、新物質開発などの分野で研究が続けられ、フラーレンの超伝導、磁性超伝導、重い電子系超伝導などの発見がありましたが、基本的枠組みの変更はありませんでした。この枠組みを革新的に打ち破ったのが1986年に発見された銅酸化物超伝導体でした。

高温超伝導フィーバーがまだ続く中、1990年に教授に昇進させていただきました。高温超伝導は、そのメカニズムはもちろん、超伝導現象そのものもそれまでの超伝導体とは基本的に異なったイメージが必要で、その立場に立つとかつての化合物超伝導体の一部の挙動も無理なく説明できるという体験をしました。また、高温超伝導の発見によって多くの研究者が参入することで実験手法が格段に進歩し、走査トンネル顕微鏡を使ったナノスケールの電子状態のイメージングに強磁場・低温の手法を取り入れるなどして研究生生活の後半を大いに楽しむことが出来ました。

退職を前にした3月11日に東日本大震災に見舞われ、それに続く原発事故を経験し、自然の前での科学技術のむろさを目の当たりにしました。もちろん、人類が生きつづける限り科学技術に頼らなければなりませんが、過信してはならないことを学びました。定年を待たずに退職することは以前から決めていたことで、この震災で少し予定が狂いましたが、9月で退職し、残った人生をプライベートに楽しみたいと思っています。40年間の研究生生活を送る中で沢山の方々にお世話になったことを感謝し、かつ今後の東北大学と金属材料研究所の革新と発展を祈念しております。

金研物語

先達との
出逢い

きんけんものがたり

第二部

アルミニウム合金

金研点検評価情報DB担当(前広報担当)

石本 賢一

アルミニウム合金は現代社会において航空機、船舶、自動車等の部品から産業機械、OA機器にいたるまであらゆる分野に亘って用いられている重要な材料である。アルミニウムは軽い(比重:2.7)という大きな特長を持ち、本来、やわらかい金属であるが、時効硬化により遥かに高強度のジュラルミンに変身する。今回の金研物語第二部では、金研におけるアルミニウム合金の研究について紹介する。^{1~7)}

まだ、軽合金と云うものが、一般に知られていなかった大正10年頃、本所では、今野清兵衛、高橋清を中心にジュラルミンの研究が行われていた。(写真1)ジュラルミン自体は1906年にAlfred Wilm(独)によって発明されていたが、一方、1903年のWright兄弟(米)の初飛行以来、アルミニウム合金は飛行機の機体、エンジン、プロペラ等の軽量かつ高強度材料として注目されていた。ジュラルミンを凌ぐ超ジュラルミン(super duralumin)の世界的な開発競争が起こり、Al-Cu-Mg系においてその組成量、

熱処理条件等を変えて、いく種もの超ジュラルミンが開発された。一方、Znを含むことで高強度化される研究が世界的に進んでおり、本所においても、松野陽之助は1929年極めて強力なThom合金を発明した。この合金は日本火工株式会社(現 日本冶金工業株式会社)により本格的に工業生産された。後に、より高強度の超超ジュラルミン(extra super duralumin)が発明されたが、住友伸銅所(現 住友金属工業株式会社)が開発した最強の超超ジュラルミンESDもThom合金と同様に、Al-Zn-Mg-Cu系のながれを汲むものである。

次に、Cuを含まない高力アルミ合金HDについて述べる。これは金研の小久保定次郎によって開発された合金である。第二次世界大戦中Cu地金が著しく不足し、Cuを含まない高力アルミ合金を軍官民協力して探求したものが高力アルミ合金HDである。共同研究の主査が本多光太郎博士であったことから、HD(Honda's duralumin)と命名された。HDは引張強さでは、ESDに劣るが、弾性係数75.4GPaはESDの73.5GPaより大きいという特徴を持っている。(表1)HDは高い押出性を示す生産性に優れた合金であり、今日、新幹線の構造材として使用されているJIS 7N01に通ずるものである。

この他に金研では、大日方一司らによるAl-Cu合金、Al-Mg-Si合金、Al-Zn-Mg合金などの時効効果に関する研究や鈴木平のAl-Cu合金におけるGuinier-Prestonゾーンの準安定分布構造に関する研究があり、さらに、小松登のAl基の各種高力軽合金の金相学的研究も行われている。これら多くの研究は、アルミニウム合金の分野において、金研が多大な貢献をしてきたことを物語っている。

炭素繊維複合材の登場で航空機構造材料としてのアルミニウム合金の使用割合は減少しつつあるものの、年間400万吨規模の国内需要を誇る素材であり、その比強度の大きさと量産性から、今後も優れた材料として多方面での利用が期待されている。

[参考文献]

- 1) 創立五十周年記念事業実行委員会編集、『東北大学金属材料研究所五十年』(筈気出版、1966)
- 2) 国立天文台編纂、『理科年表』(丸善、2007)
- 3) 小山克己:Furukawa-Sky Review, No.6(2010)7.
- 4) 小久保定次郎著、『軽合金の熱処理』(共立社、1939)
- 5) 中外商業新報 1937(昭和12)2.16(神戸大学附属図書館)
- 6) 小久保定次郎:軽金属、00-16(1955)9.
- 7) 日本規格協会、『金属材料データブック』((財)日本規格協会、2004)



写真1: 当時の金属材料研究所1号館(東北大学関係写真データベース)

合金名	組成(重量%)	備考
JIS 2017(ジュラルミン)	Al-4Cu-0.6Mg-0.5Si-0.6Mn	2) 引張強さ: 355MPa
JIS 2024(超ジュラルミン)	Al-4.5Cu-1.5Mg-0.6Mn	2) 引張強さ: 430MPa
Thom合金	Al-10Zn-3.5Mg-1.5Cu-0.6Mn-微量Ni-微量Ti	4)
JIS 7075(超超ジュラルミン)	Al-5.6Zn-2.5Mg-1.6Cu	2) 引張強さ: 573MPa
ESD	Al-7.63Zn-2.07Cu-1.39Mg-0.51Si-0.3Fe-0.15Cr	6) 引張強さ: 640MPa, 弾性係数: 73.5GPa
HD	Al-5.76Zn-2.16Mg-0.87Mn-0.28Si-0.28Fe-0.28Cr	6) 引張強さ: 565MPa, 弾性係数: 75.4GPa
JIS 7N01(車両用構造材)	Al-4.5Zn-1.5Mg-0.45Mn-0.35以下Fe-0.3以下Si-0.3以下Cr-0.25以下Zr-0.2以下Cu-0.2以下Ti-0.1以下V	7)

表1: 本文に登場するアルミニウム合金の組成

第81回金研夏期講習会報告

松岡 隆志

第81回金研夏期講習会を、7月27日から29日の日程で、愛知県で開催致しました。過去数十年の記録を見ても例が無いほどの100名余りの方々に、北は青森県、南は山口県からお集まり頂きました。金研では80余年前から産学連携の取組としてこの講習会を開催しておりますが、初代所長・本多光太郎の生誕の地である愛知県で開催するのは長い歴史の中で初めてのことで、本多博士が講習会の陣頭指揮を執っていた頃がセピア色の集合写真から偲ばれます。開催準備期間中の3月11日に東日本大震災が起き、一時は開催が危ぶまれましたが、愛知県の中部経済産業局や豊橋商工会議所を始めとする関係各位のご助力により、大盛況の内に終わることができました。

今回の講習会ではテーマを①金属系ものづくりシリーズ、②低炭素社会シリーズ、および、③最先端分析手法シリーズに設定し

ました。初日～2日目には講義9コマを行い、3日目には愛知県企業見学会を2コースに分けて実施致しました。愛知県東部の東三河地域にある独自技術によりOnly Oneを目指して日夜研鑽に励んでおられ、『金属系ものづくり』力の極めて高い3社と、名古屋・知多地域にある独自技術を駆使して『低炭素社会の実現』に貢献している2社を見学させて頂きました。今回見学させて頂いた企業はいずれも高い技術力を既に有しつつも、それに決して奢ることなく新しい“もの”を常に追求されていて、その姿勢には感銘を覚えました。私共も、さらに研鑽を積まなければと気が引き締まる思いでした。

今回の開催に当たり、ご協力頂いた皆様方に感謝致します。来年の講習会は、また、仙台に戻っての開講となります。次回は、多くの受講生の方々が夏の涼しい仙台で『熱い夏』を過ごされることを願っております。今後とも金研夏期講習会をよろしくお願い申し上げます。



第1回夏期講習会(1922年)集合写真



第81回夏期講習会(2011年)集合写真

「平成23年度みやぎ県民大学」を開催して

折茂 慎一

今年で4回目となる「みやぎ県民大学」を、8月23日(火)から26日(金)にわたって開催した(本所講堂、午後6時～7時30分)。主テーマは、“地球にやさしいエネルギーとエコ材料～太陽電池から水素まで～”である。講演内容は、“半導体の応用”および“半導体の物理、結晶成長、素子構造”(担当 松岡教授)、“太陽からの贈り物”(担当 宇佐美准教授)、そして“エネルギーとしての“水素”の秘密を探る”(担当 折茂:最先端・次世代研究開発支援プログラムの「国民との科学・技術対話」としても活用)である。震災の影響で開講時期が例年より遅くまた一週間の短期集中型であったために参加者がやや少なめであったが、所謂「リピーター」の聴講者も増え、

質問内容も高度化しているように感じた。原発事故を反映して、今後の再生可能エネルギーにかかわる技術・政策両面での関心が大変高く、講演者にとっても大いに刺激となった。研究内容を一方的に伝えるスタイルでなく、「『対話』ができる県民大学」として、毎年楽しみにして頂けるような催しとなることを期待したい。最後に、お忙しいなか聴講して頂いた皆様に紙面をお借りしてお礼申し上げたい。



半導体の応用に関して講演する松岡教授

材料科学国際週間2011 (Material Science Week 2011)発動!!! ～材料科学の灯火を東北にかかげて～

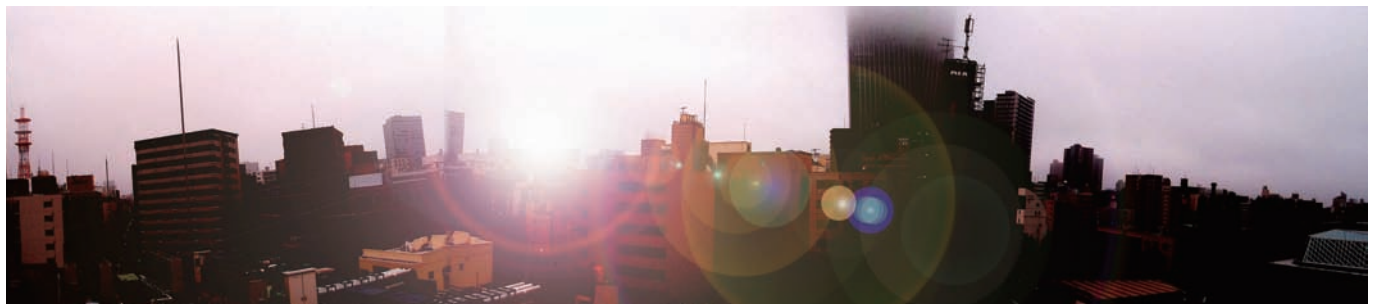
野尻 浩之

3月11日の大震災から金研は、材料科学分野における世界的な中心として早期復旧に努力してきました。今、基本的な研究機能は震災前の水準まで復旧を遂げているだけではなく、被災によって研究する場所を損なった研究者に支援を提供する活動も進めています。これらは、諸外国から多くの支援や理解が大きな力となってきました。その一方で、こうした東北大学の現状が十分に理解されず、研究機能が停止したままであると誤解を受けたり、震災と関連した事故への対応等への印象から、東北で計画されていた国際会議等のイベントが中止になったり、あるいは研究交流の訪問者のキャンセルなど、研究分野における風評被害といったよい現象が一部にあるのも事実です。

こうした現状を踏まえて、金研は震災発生から7ヶ月後の10月11日から2ヶ月間を材料科学国際週間:Material Science Week 2011とし、材料科学に関連するさまざまな講演会や研究会を誘致、開催することにしました。その目的は、(1) 材料科学コミュニティへの東

北からの情報発信、(2) 東北への材料科学分野の情報と人材の集積、(3) 内外からの研究者の訪問により東北の現状への正確な理解を得る、の3つです。具体的には、この期間に合わせて、関連分野の国内・国際会議を誘致し、東北に内外から多くの研究者に足を運んでもらうことを通して、材料科学分野における研究機能を強化し、復興に貢献することを目指します。また、市民講座などを開催し、材料科学分野への社会の期待と要望を研究者と市民が共有できる取り組みを行います。この材料科学国際週間は、仙台光のページの開始と入れ替わりにその幕を閉じる予定です。この期間に、多くの訪問者を受け入れることで、東北の現状が正しく世界に伝えられ、東北と世界が強く繋がる契機となることが期待されます。

金研は、被災地にある研究機関として、その責務を果たし、材料科学の灯火を引き続き東北にかかげ、国際的活動を通じてその輝きを世界に届けることを目指します。東北と日本の復興をめざすこれらの活動へ、関係者と市民の方々の御理解と御協力をお願いいたします。



Research Index

原子炉の安全・安心のための 材料研究の最前線

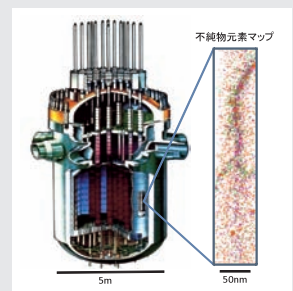
福島第一原発の事故によって、国民の原子炉に対する安全の要求は従来に増して高まったといえるでしょう。福島の事故自体は材料の経年劣化が原因の事故ではありませんが、大津波だけが「想定外」ではありません。最高度の健全性を要求される压力容器の中性子照射脆化を筆頭に、構造材料の経年劣化を最先端の材料科学の立場から正しく理解し予測することは、いかなる想定外の事象が起きても原子炉の安全を担保するためには必要不可欠であると考えています。

従来から用いられている電子顕微鏡に加えて、我々は3次元アトムプローブや陽電子消滅法などのナノスケールの分析手法を進展させ、劣化(脆化)の原因となる不純物銅析出、燐などの

粒界偏析、欠陥集合体の寸法、数密度、組成などナノスケールの組織変化の定量的な評価を可能としてきました。これらを駆逐することで機械的特性への影響も定量的に解明されつつあります。

我が国がCO₂を削減しつつ国際競争力を保つには、今後10～20年は原子力なしでは成り立ちません。材料科学の立場から原子力の「安全文化」を育む先頭に立つことも金研の原子力担当部門の責務の一つだと思っています。(永井 康介)

ナノの世界から原子炉の安全性を読み解く



編 | 集 | 後 | 記

震災から復興へと、それに関わるめまぐるしい時間の経過を感じる今日この頃です。そんな日々、今夏を象徴したのが節電でした。研究室の節電対策を進めていく中、気づいたことは、蛍光灯の消費電力が意外に大きいことです。蛍光灯1本あたりの消費電力は小さくても、塵も積もればという言葉の通り、居室、実験室、廊下の蛍光灯の電力を合計すると相当の消費量があることに気づかされました。蛍光灯の消灯に加え、待機電源、無駄につけていた機器の電源を落とすことで、実験のための主要機器の電源維持ができました。節電により不便さを感じたことも多々ありま

したが、気づかず浪費していた電気の整理に一役買った良いきっかけだったのではないかと思います。

さて、広報委員として早2年目になり、その間、本誌編集含めホームページリニューアルなどに携わることができました。広報活動を通して見える金研には、研究室から見える金研とは異なる側面があり、様々な金研の魅力を発見することなどもありました。その魅力を本誌などのメディアを通じ、広く伝えることができればと考えております。今後もより一層のご協力、ご指導くださいますようお願い申し上げます。

(佐藤 成男)



東北大学金属材料研究所

発行日: 2011 vol.66 平成23年10月発行
編集: 東北大学金属材料研究所 情報企画室広報担当
〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1
TEL: 022-215-2144
pro-adm@imr.tohoku.ac.jp
http://www.imr.tohoku.ac.jp/

