

IMRニュース

KINKEN

2004
AUTUMN
東北大学金属材料研究所
VOL.45

CONTENTS 目次

■トップメッセージ

◎所長 井上明久「法人化後の新体制の現況について」

■研究最前線/強磁性を示す透明な半導体

■研究室紹介/戸叶研究室、浅見研究室

■金研物語

ノーベル賞物理学者、バーディーンとアンダーソンの金研訪問

■施設だより/材料科学国際フロンティアセンター

■金研ニュース/安全衛生管理室から、国際会議報告

■RESEARCH-INDEX

超ウラン化合物で初めて観測された「金属の顔」

■金研インフォメーション

東北大学ケンブリッジ・フォーラム報告、人事ニュース

「Si(111)表面に吸着したNa₆クラスターのSTMイメージ」 写真提供:櫻井研究室

TOP MESSAGE

トップメッセージ

法人化後の新体制の現況について



所長
井上 明久

国立大学の法人化がスタートして、はや4ヶ月が経過しようとしています。法人化後の新しい仕組みが取り入れられた平成16年度の予算がほぼ確定し、また平成17年度から始まった法人版の概算要求である特別教育研究経費の予算規模や取り扱い項目も明かになり、文部科学省への申請(7月6日締め切り)を終えて、現在大学法人と文部科学省との折衝が行われています。また、法人化後に新しく発足した教育研究評議会、経営協議会、総長選考会議、部局長連絡会議も4月以降すでに数回の開催を重ねてあります。このような時期に法人化により変化した本所を取り巻く環境の変化について紹介し、所員を始めとする本所に関心をもっていただいている方々の理解を深めることは重要と思われます。

法人化により発足した会議の中でも、経営協議会と総長選考会議では委員の半数が学外の有識者で構成されているため、東北大学法人の現状ならびに将来戦略について異なる視点に立った様々な意見をお伺いする絶好の機会となっています。これらの会議での多くの委員の意見として、法人化の理念・目的に基づいて他の主要

大学法人とは異なった東北大学法人に固有の特徴ある将来戦略を打ち立てて積極的に実施していくってほしい、またそれを実行するうえでの協力、支援を惜しまない旨の温かい御意見を頂いております。これらの会議を通して私が感じていますことは、本所は幸いにもこれまでの17年間毎年2回の運営協議会を開催しており、また5年毎の本所全体及び各施設・センターの外部評価を受けてきました。従つて、これらの協議会や委員会を通じて、所外の有識者の意見をお聞きする機会が多くあり、これらの意見を積極的に反映した施策を立て、実践してきました。このようなこれまでの経緯もあって、これらの会議に出席しても違和感をほとんど感じることはなく、私個人としては非常にスムーズに法人化体制に入って行くことができたと思っております。本所の所員の多くも同様な感想をもっておられるのではないかと推察しております。

今後、法人化後の新しい時代の流れを早く読み取って、その特徴、利点を生かした施策を立案、実践し、新体制下でひとつでも多くの成果を本所より世界に発信できるよう努めていきたいと思っていますので、これまで同様の温かいご支援、ご鞭撻をお願い申しあげます。

センターなどは、東北大学の将来戦略とも合致しており、一部は既に発足していますが、今後の実現化とさらなる発展に向けたより一層真摯な取り組みが求められているように感じています。さらに、文部科学省においても、科学技術・学術審議会、学術分科会に学術研究推進部会が新たに設置され、法人化後の新しい体制下での一法人にとどまらない日本の科学技術全般の将来の在り方および新しい概算要求事項である特別教育研究経費の学術面からの審議を行うことになっています。これらの動きと平行して、主要7大学の副学長クラスで構成された7大学研究体制協議会も本年4月より発足し、個別の大学法人単独では実現困難な基礎学術研究に係わる事項を協議し実現に努力することになります。

今後、法人化後の新しい時代の流れを早く読み取って、その特徴、利点を生かした施策を立案、実践し、新体制下でひとつでも多くの成果を本所より世界に発信できるよう努めていきたいと思っていますので、これまで同様の温かいご支援、ご鞭撻をお願い申しあげます。

研究最前線

強磁性を示す透明な半導体

超構造薄膜化学研究部門 川崎雅司

透明エレクトロニクスから 透明スピントロニクスへ

現代の電子機器に欠かせない半導体エレクトロニクス材料としてのシリコンの優位性はもちろんゆるぎないものですが、シリコン以外の半導体材料の需要もしだいに高まっています。例えば、有機半導体は電子ペーパーといったモバイル端末用の材料として有望であり、ワイドギャップ半導体(すなわち透明半導体)は短波長発光デバイス材料として現在大いに役立っています。最近の研究から透明半導体は、発光デバイスだけではなく高性能トランジスタとしても使えることがわかつてきました。したがって、ディスプレイの発光効率を向上させたり、窓ガラスに見えない電子回路を貼り付けたりすることができる透明エレクトロニクスが可能となります。もし、磁気デバイスも透明にできたら、透明コンピューターの実現も視野に入るでしょう。

半導体に磁性元素を数パーセントほどドープすると、半導体中のキャリアが磁性元素のスピノ間を動き回り、離れたスピノ間の交換相互作用を媒介します。エネルギーギャップの大きい透明な半導体の方が、その交換相互作用が大きく、高い温度で強磁性が発現することが予想されています。図1は、ワイドギャップ半導体である二酸化チタンにコバルトをドープした二酸化チタン薄膜の写真です。光触媒や抗菌材料として用いられる二酸化チタンにコバルトをドープすることで、室温という高い温度でも強磁性が発現するのです。電場・光やドーピングによりキャリア濃度を変調できる半導体的性質を活かせば、その強磁性を制御することができるため、透明スピントロニクスにぴったりの材料です。

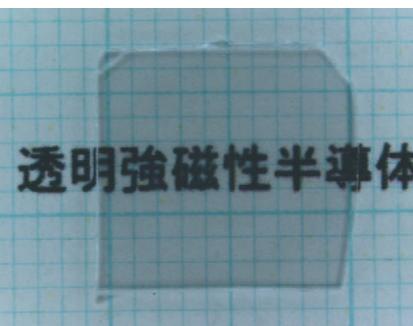


図1 レーザーMBE法を用いてサファイア基板上に形成された厚さ約100nmのコバルトをドープした二酸化チタン薄膜。

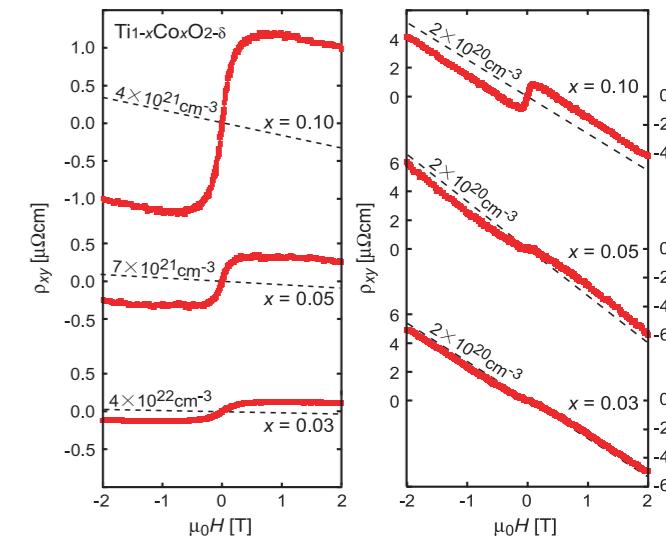


図2 異なる電子とスピノ濃度の薄膜の室温におけるホール効果の磁場依存性。電子濃度およびスピノ濃度が高くなるほど磁化に比例する異常ホール効果の成分が増加している。点線は異常ホール効果が生じない場合に期待されるホール効果である。

研究室紹介

「エネルギー関連物質の新たなブレークスルーを求めて」

環境材料工学研究分野(特殊耐熱材料学研究部門)

戸叶研究室 戸叶一正

電力損失ゼロで電流を流せる超伝導の応用や、燃料電池を利用したクリーンなエネルギーサイクルの実現は、環境問題の早期解決を目指す上に重要なキーテクノロジーです。私たちの研究室では、そのための基盤研究として種々の高性能超伝導材料や水素貯蔵材料の研究開発を行ってきており、その一環としてアルカリ金属などの軽金属元素(Li, Na, Mgなど)を含む硼化物、酸化物、金属アミドなどに着目した研究開発を進めています。これらの物質群は合成が難しいことから未開拓の部分が多く残されており、物質探索という点でも魅力的な領域です。私たちの研究の一例として、新規な超伝導物質と水素貯蔵物質の最近の結果を紹介します。

リチウム系の 新硼化物超伝導体

金属系としては最高の超伝導転位温度をもつ二硼化マグネシウム(MgB_2)超伝導体が発見されて以来、高い臨界温度をもつ軽元素系新規超伝導物質の探索が進められています。私たちはこのような物質探索の過程で、 Li_2Pd_3B という硼化物が超伝導性(8K)を示すことを最近発見しました。アルカリ金属を含む硼化物としては始めての超伝導性の確認で、構造的にも歪んだ Pd_6B 八面体から構成されるユニークな特徴をもち(図1)、新しい物質探索の道を切り開くものとして注目されています。

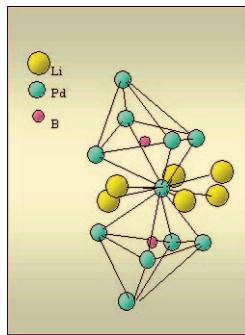


図1 Li_2Pd_3B 硼化物超伝導体を構成する歪んだ Pd_6B 八面体

ナトリウム-コバルト系 酸化物超伝導体の単結晶合成

最近発見された $NaCoO \cdot H_2O$ 超伝導体は、酸化物の層状構造の間に水分子層が挿入された極めて特殊な構造をもつことから、新規な超伝導体として話題を呼んでいます。

したがって臨界温度はまだ低いものの、その物性の一刻も早い解明が求められています。私たちは $NaCoO$ 単結晶(金研山田研提供)を用い、水和過程を工夫することによって超

伝導単結晶の作製にいち早く成功しました(図2)。この単結晶を用い研究所内外との共同研究で物性測定が進められており、新たな高温超伝導物質の探索に有益な情報をもたらすことが期待されています。

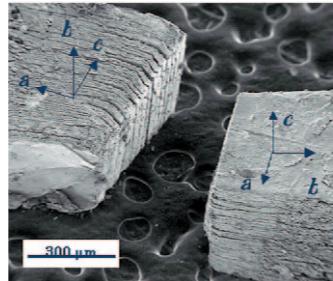


図2 $NaCoO \cdot H_2O$ 超伝導体の単結晶

リチウム-マグネシウム系の 新水素貯蔵材料

水素貯蔵材料の燃料電池への応用では、軽量化、高容量化が最も重要な研究開発課題となっています。私たちの研究室では、軽量・高性能な水素貯蔵材料の開発の一環として、LiやMgなどの軽金属元素を主相とした錯体水素化物の研究を進めています。 $Li[NH_2]$ や $Mg[NH_2]_2$ では、価電子制御や複合化などにより、従来の3倍以上の高密度水素を低温で可逆的に反応させることができます。これらの新水素貯蔵材料は、窒化マグネシウムや窒化リチウムなどを水素中で熱処理するという工業的な手法で容易に製造できることから、その成果が企業からも注目されています。

「高耐食性バルク金属ガラスの開発」

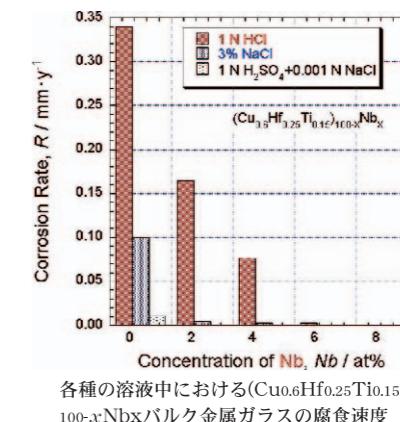
新素材設計開発施設 ミクロ組織制御材料合成研究部

浅見研究室 浅見勝彦

本研究部では、高い耐食性を持つバルク金属ガラスの開発やチタン表面を改質することにより、より優れた生体適合性を持つ材料に変える研究、安価な普通の鉄に微量の添加元素を加えて、さびが出ててもさびがあまり厚く育たない耐候性鋼の研究などいろいろな環境における材料の特性の改善と評価に取り組んでいます。特にバルク金属ガラスは優れた機械的特性を示すことから、各種の応用が考えられていますが、いろいろな環境で使用するためには耐食性も大切です。ここでは高い耐食性を持つバルク金属ガラスの研究の一部を紹介します。

高耐食性Ni基 バルク金属ガラス

一般に、貴金属を除いて、金属材料の耐食性は表面にできる酸化皮膜の性質に依存しています。そのため、一般に塩素イオンなどのハロゲンイオンがある環境では耐食性は低くなります。さらに酸性が強いと酸化物は溶けやすくなるので、やはり耐食性が落ちます。そういう意味で、塩酸は金属材料にとっては非常に過酷な環境です。これまでに、濃塩酸中でも耐えられるアモルファス合金をたくさん開発してきましたが、これらの研究成果を生かし、塩酸中でも耐えられるNi基のバルク金属ガラスを創製しました。例えば $Ni_{65}Cr_{10}Ta_5P_{16}B_4$ 合金や $Ni_{60}Cr_{10}Mo_{10}P_{16}B_4$ 合金(下付き文字はat%を示す)の6 N HCl溶液中での腐食速度は1年間で $0.4\sim0.5 \mu m$ 程度の小さな値を示しました。合金表面の酸化物皮膜中の元素割合をX線光電子分光法(XPS)を用いて調べてみたところ、前者の合金ではCrが約55at%、Taが約40at%と大量に濃縮していました。また、後者の合金表面にはCrが90at%、残りはMoのみで、Niは皮膜中には存在しませんでした。このように耐食性を担う元素のみが酸化皮膜中に大量に濃縮することが合金の耐食性をよくする上で必要な条件の一つです。



高耐食性Cu基 バルク金属ガラス

最近、井上教授のグループにより発見された優れた機械的特性を持つ銅基バルク金属ガラスの耐食性改善に取り組みました。基本となる合金は $Cu_{60}Zr_{30}Ti_{10}$ および $Cu_{60}Hf_{25}Ti_{15}$ で、これらの合金は強度が2100 MPaを超える、1.6%以上の伸びを示すなど優れた性質を持ちます。そこで、これらの合金の組成割合を一定にして、これに数at%のTa、Mo、Nbを添加し、種々の溶液中の耐食性を調べました。これらの添加元素の中でバルク金属ガラスの性質をあまり落とすことなく、耐食性を最もあげるのはNbであることがわかりました。Taはごくわずか添加しただけでも金属ガラスとしての特性を失ってしまいました。図は $Cu_{60}Hf_{25}Ti_{15}$ が(100-x)%、Nbがx%(x=0~8)の合金を1 N HCl溶液、3% NaCl溶液、1 NH₂ SO₄+1/1000 N NaCl溶液中に浸漬した場合の腐食速度を示したものですが、激しい腐食性を持つ塩酸溶液中においても、Nbを8%添加することにより腐食速度はほとんど測れないとくらいた低下しました。溶液に浸漬後、これらの合金表面皮膜の組成をXPSで調べたところ、耐食性に悪い影響を及ぼすCuが、Nbを添加すると皮膜中にはほとんど存在しなくなり、かわりにNb、Zr、Hf、Tiなどの耐食性に有効な元素が大量に濃縮していることがわかりました。



1953年(昭和28年)9月、第2次大戦後、日本で最初の国際会議として知られる、理論物理学に関する国際会議が京都で開催されました。その会議に出席するため、著名な外国人物理学者が多数来ました。彼らは会議の後にいくつかの大学、研究所を訪問しました。

掲載した写真は、ジョン・バーディーン、フィリップ・W・アンダーソン、M・S・バヤルタの3教授が金研を訪問したときの記念写真で、場所は本多記念館正面玄関です。前列、増本量・金研所長の右隣はバヤルタ教授(メキシコ国立科学研究所所長)で、宇宙線物理学者です。前列右端のバーディーンと左端のアンダーソンは、固体物理学を少しでもかじった者なら知らない者はないくらい有名な物理学者です。

バーディーンは、史上ただ一人、2つのノーベル物理学賞(それぞれ1956年と1972年)を受賞した、偉大な物理学者です。その業績は、トランジスタの発明と超伝導のメカニズムの解明という画期的なものでした。新進気鋭という言葉がぴったりのアンダーソンは、1977年、乱れた物質における電子の振る舞いの解明でノーベル物理学賞を受賞、現在でも固体物理学界に君臨する大御所です。当時、バーディーンは米国イリノイ大学教授、アンダーソンは米国ベル研究所の研究員でした。

バーディーンにとっての1953年は、1948年ににおけるトランジスタの発明と、1958年における超伝導理論発表の中間に当たり、文字通り脂の乗り切った時期がありました。一方、金研においては、前年

の1952年に、日本で始めてのヘリウム液化が成功したばかりでした。まさに、わが国の低温物理学研究の端緒がきって落とされた時期で、写真に写っている結晶物理学の山本教授、低温物理学の袋井教授、渋谷助教授らが、超伝導に関する議論を戦わせたことが想像されます。

この写真は、ジョン・バーディーンのご子息、ウイリアム・バーディーン米国国立フェルミ加速器研究所教授が、1991年(平成3年)になくなった父君の古い写真を整理している際に発見し、同所に滞在中の三品昌紀・高エネルギー加速器研究機構元教授を通して、撮影場所、日時、写っている人々などについて本所広報班に照会されたものです。写真に写っている方々の特定には、アンダーソン現プリンストン大学教授、渋谷喜夫九州大学名誉教授、武藤芳雄東北大学名誉教授らにお世話になりました。(岩佐義宏)

写真注釈

前列左からPhilip W. Anderson博士、増本量・金研所長、M. S. Vallarta教授、John Bardeen教授。後列左より、山本美喜雄・結晶物理学部門教授、袋井忠夫・低温物理学部門教授、渋谷喜夫・低温物理学部門助教授、藤田寿一事務長。

撮影された日付は1953年9月30日と考えられる。Bardeen Family Archiveより提供。

施設だより

研究活動の有機的な連携を

材料科学国際フロンティアセンター長 福山秀敏

IFCAM(International Frontier Center for Advanced Materials)と略称される本センターは、物質・材料研究に関するシンクタンクとして2002年4月に発足しました。現在、センター専属2教官とプロジェクトを推進する併任3教官および外国人客員3教官により構成されています。所内における協力・連携を基礎に、東北大内はもとよりわが国全体さらには国際的な視点からも明確な活動が期待されています。

このような活動としては、「研究」ばかりでなく、研究の先端における「教育」にも大きな比重があります。実際、金研は物理学・化学を中心とする物質科学研究から工学的な材料研究まで多くの分野において世界的な成果を挙げてきています。それらが従来の学問分野の分類を超えて有機的な連携を持つことができれば、さらに大きな発展が期待されます。それは、21世紀に活躍する現在の若手にとって、またとない刺激となるでしょう。

KINKEN NEWS

安全衛生管理室から

安全衛生管理室長 小林 典男

今年の4月から東北大学は法人化しましたが、特に大きく変わった事項として「安全衛生管理」があります。これまで金属材料研究所は、東北大学の下で「人事院規則」の枠の中で研究・教育を行ってきました。しかし、4月からは企業と同じく「事業場」として、「労働基準法」と「労働安全衛生法」の2つの法のもとで、職員・学生および周辺の市民に対して、安全と健康を守り、環境の保全に努める義務が生まれました。このために、本所では「安全衛生管理委員会(委員長:井上明久)」と「安全衛生管理室(室長:小林典男、専任職員:佐藤香織)」を設置し、多くのスタッフの協力を得て、安全・衛生環境の向上と基盤整備

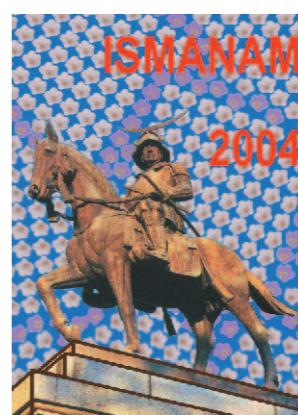
を進めてきました。

しかし、ここ数ヶ月の経験で気づいたことは、安全管理は、法で規制されているから行うことではなく、自分の身の安全を守るために危険な要因は前もって取り除いてしまうという、ごく当然な考えが最も重要なのだということでした。本所では、これからも安全環境の整備を進めて行くつもりですが、それと同時に、事故が起こらないよう所内の一人一人が安全衛生管理の意識を高めることを支援して行きたいと考えています。

国際会議報告: 11th International Symposium on Metastable, Mechanically Alloyed and Nanocrystalline Materials (ISMANAM2004)

長谷川 正

表題の国際会議が金属材料研究所所長井上明久教授をオーガナイザーとして、8月22~26日の日程で仙台国際センターにて開催されました(右図は会議のシンボルマークで、ナノ準結晶組織ならぬ5回対象桜吹雪組織の中を天馬に乗り駆ける政宗。金属材料研究所非平衡物質工学研究部門Dmitri V. Louzguine助手と竹内章助教授の共作)。この国際会議は、様々な準安定物質やナノ構造物質の作製プロセス、構造・物性および実用化をトピックスとして今回で11回目の開催となります。この分野で世界をリードしている日本での開催は今回が初めてでした。会期中に



は、アジア、ヨーロッパ、北アメリカ、南アメリカ、アフリカ、オセアニアの世界各地の計21カ国から総勢約250名が参加しました。

参加者の半数以上が海外からであり、この研究分野が日本のみならず国際的に注目されていることを物語っていました。会議では約120の口頭発表と約140のポスター発表が行われるとともに、討論時間が不足するほど連日活発な議論がなされました。会期後半には仙台周辺の美味と美景を堪能し、頭もおなかも心もすべて満たされ散会を迎えました。次回は、来年7月パリにて開催される予定です。

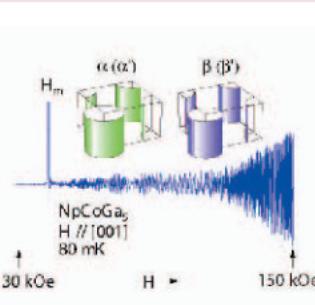
◆新・研究インデックス◆

「金属の顔」

初めて観測された超ウラン化合物で

周期律表でウランの右隣に位置するネプツニウム(Np)は、超ウラン元素と呼ばれる人工放射性元素です。放射能が強く、取り扱いが難しいために、これまでネプツニウム化合物の電子物性については、ほとんど調べられていませんでした。

私たちは、水溶液電解法によりNp金属を調製し、さらに自己フラックス法によって大型できわめて純良なNpCoGa₅の単結晶を育成しました。この試料を用いて、ドハース・ファンアルフェン(dHvA)効果の観測に初めて成功しました。dHvA



効果は、「金属の顔」とも呼ばれるフェルミ面を精度よく決定できる強力な実験手段です。

図は反強磁性体NpCoGa₅のdHvA振動とフェルミ面です。2種類の円柱状フェルミ面が存在し、Npの5f電子が準二次元的な電子状態を形成しています。伝導電子の有効質量は通常の10倍も重くなっています。このことから、5f電子は磁性のみならず伝導も担っており、雲のようにゆっくりとたなびいて遍歴していることが分かりました。(塩川佳伸)

KINKEN
INFORMATION
金研インフォメーション

東北大学ケンブリッジ・フォーラム報告

後藤 孝

標記フォーラムが、6月10~11日の両日、英国、ケンブリッジ大学で開催されました。本フォーラムは、ケンブリッジ大学の全面的な協力のもと、昨年のゲッチングン・フォーラムに続いて東北大学の主催で行われたものです。東北大学と主に英国を中心とした欧州の大学・研究機関との学術交流を目的としたもので、来年はフランスでの開催が予定されています。



フォーラムの第1日目は(1)東北大学とケンブリッジ大学での産学連携の現状と戦略の紹介、(2)特別講演：サー・ジョン・ウォーカー(1997、ノーベル化学賞)「生体内のロータリーモーターのメカニズム」、井上明久教授「金属過冷却液体の安定化と新材料科学」、(3)本学との国際交流に功績のあった方々への「本多光太郎記念賞」の授与式、(4)東北大学主催晩餐会(会場：キングスカレッジ)、第2日目は、ケンブリッジ大学構内の6つの会場で、(1)先進材料科学、(2)ナノ・テクノロジー、(3)国際法、(4)死生観の思想史、(5)言語と認識、(6)グローバリゼーション、のワークショップが同時開催されました。先進材料科学のワークショップは金研が中心になって開催したもので、井上所長を始め、中嶋、小林、前川、高梨、岩佐、後藤の各教授が参加しました。ケンブリッジ側からは、材料学科長のフレイ教授を始め、6名の教授、講師が講演され、大変活発な討論が行われました。

編・集・後・記

今年の夏は、去年の冷夏とはうってかわって暑い日が続きました。さらにこの暑い夏を印象づけるのは、アテネオリンピックにおいて日本選手が多くメダルを獲得し、明るく元気づけられる話題を提供してくれたことでした。報道によれば、体操や水泳に見られる躍進は、決して「体操日本」、「水泳日本」といわれた過去からの「復活」ではなく、各競技団体の20年にわたる長期計画に基づいた年少時からの組織的、科学的な強化育成による予想された「成果」であるとのことです。少子化や小中高校生の学校教育外活動の比重が高まり、さらに「ナ

ンバーワンでなくない」世相の中で、科学技術を志し、20年後に大学、大学院に進み、そして金研で世界に向かう研究結果を挙げる人材を発掘、育成するにはどうしたらよいのでしょうか。金研からの情報発信のひとつとして、このIMRニュースが最新の研究成果や読み応えのある記事を提供することで、多くの方に「本物」の金研の今をお伝えし、次世代、次々世代の発掘、育成につながる交流の輪が広がればよいと思います。より魅力的な紙面にするためにも、皆様のご協力をお願いいたします。(佐々木孝彦)



東北大学金属材料研究所

発行日：2004 vol.45 平成16年10月発行
編集：東北大学金属材料研究所 情報企画室広報班
〒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>