

Kinken



IMR NEWS

vol.69

2012 AUTUMN



CONTENTS

トップメッセージ

所長 新家光雄

研究室紹介

磁性材料学研究部門

電子材料物性学研究部門

センター紹介

強磁場超伝導材料研究センター

研究最前線

高付加価値生体用コバルト-クロム-モリブデン合金の
製造技術開発とその事業化

水素化合物中で金属イオンが高速で伝導する!

ー次世代の全固体リチウム/ナトリウムイオン二次電池の開発を目指してー

金研物語

幸田成康先生の面影 ー前編

金研ニュース

東北発 素材技術先導プロジェクト開始のお知らせ

金研ワークショップ「太陽電池材料開発の現在と未来」報告

平成24年度 計算材料科学研究拠点(CMRI)第1回シンポジウム

第82回東北大学金属材料研究所夏期講習会

金属材料研究所 第123回講演会

編集後記



TOHOKU
UNIVERSITY



所長
新家 光雄

金研の現在とこれから

最近の金研内の様子は、東日本大震災で生じた建物内の壁の亀裂を補修する工事がようやく終了しましたが、工事期間中は、連日のように工事音が所内に響き渡り、東日本大震災からの完全復活は、まだ終わっていないという思いに駆られました。

昨今では、大手日本企業の低迷や日本製品の購買力の低下、国債の格付け低下や貿易赤字から周辺国の動向等、我が国の低迷が報道され、Japan as No.1と言われたこともある高度経済成長期を経験してきた私にとっては、なんとも歯がゆさを感じてしまいます。このような状況を打破し、我が国が世界のトップ集団に返り咲くためには、確固たる技術立国の地位を高め、維持することだと確信しています。これには創立以来のものづくりを念頭に、多くの新物質・新材料を世に送り出して来た金研のこれからの材料に関する研究・開発への期待が高いはずですし、それに答えてゆかなければなりません。

金研では、これまでも、多くの方々からの見学・視察に答えてまいりました。今年度になって、特にVIPの方々の金研視察が目立っています。まずは、平成24年5月13日に古川元久前国家戦略担当大臣が視察に見えました。所長・副所長の執行部による金研概要説明に始まり、各研究部門パネル展示、主な研究部門の研究成果から生まれた製品

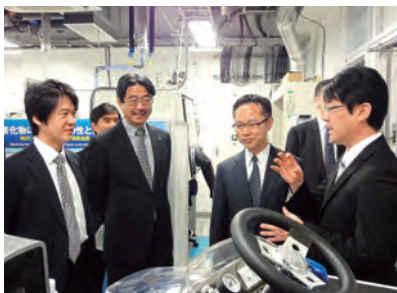


写真1：古川前大臣(右から2人目)に研究成果を説明する折茂教授(右端)

展示を行うとともに、量子表面界面科学研究部門研究室(斎藤英治教授)および水素機能材料工学研究部門研究室(折茂慎一教授)を見学して頂きました(写真1)。

続いて平成24年7月30日には、山中伸一文部科学審議官が視察に見えました。この時、私は不在でしたが、同審議官には、量子表面界面科学研究部門研究室(斎藤英治教授)および加工プロセス工学研究部門研究室(千葉晶彦教授)を見学して頂きました。

平成24年8月19日には、平野博文前文部科学大臣が視察に見えました。まず始めに金研概要説明を5分で終え、早々に水素機能材料工学研究部門研究室(折茂慎一

教授)を約10分で見学して頂きました(写真2)。平野前大臣は会社勤めをしていた時期に、水素吸蔵合金関係の仕事をしてもらったとのことで、同研究室で実験装置を見学され、



写真2：研究室視察をする平野前文部科学大臣(左から4人目)

お帰りになる途中においても、研究室紹介パネルの前で立ち止まり質問をされ、ことのほか関心を示されていました。かなり慌ただしい状況でしたが、金研の宣伝には十分な成果があったと思います。

その他、文部科学省文教施設部計画課企画官や、高梨副所長に対応してもらいましたが、フィンランド首相府長官の金研視察がありました。いずれの方々にも金研の材料の研究・開発のアクティビティおよび成果を高く評価して頂いています。このようなVIPの方々の来所は、金研の広報に大いに役立つとともに、戦略分野への関心を誘発し、先々の研究・開発資金の獲得にも役立つと思われます。以上のような視察の受け入れには、今後の金研の発展を促すためには必要なことと考えています。

計算材料科学センターでは、平成24年7月23日にスーパーコンピューティングシステムの更新を行い、そのお披露目を挙行了しました。計算能力は、更新時において世界70位にランキングされ、世界でも有数の計算能力を持ち、計算材料科学コミュニティへのさらなる貢献が可能と期待されます。

災害復興大型事業の一環として、牧野彰宏教授が進めているナノ結晶軟磁性材料の開発を強力に推進するため、所内に超低損失ナノ結晶軟磁性材料研究開発センター(センター長：牧野彰宏教授)を平成24年7月に設立しました。産学官連携事業での実用化が求められ、この事業を推進することが金研の評価を上げることに繋がると期待されます。

金研は2016年に創立100周年を迎えるにあたり、概算要求事項の創出、人材確保等を含め、新たな研究・開発戦略を構築し、新生金研を目指す転換期にあります。

最後になりましたが、今後とも皆様のご支援・ご鞭撻を何卒宜しくお願い致します。

研究室紹介

スピントロニクスを目指した新しい磁性材料の探求とナノ構造化

磁性材料学研究部門
高梨 弘毅

磁性材料をナノ構造化すると、電子のスピンに基づく磁気特性と電子の電荷に基づく電気特性(輸送現象)が密接に関係し合うようになります。これは言い換えれば、磁気的信号(磁化)によって電気的信号(電流/電圧)を制御する、あるいは逆に電気的信号によって磁気的信号を制御することが可能になることを意味しています。このことを利用した新しいエレクトロニクス、それがスピントロニクスです。最近では、電荷の流れである電流とは別に、スピンの流れ(スピン流)のみを取り出し、制御することが可能になり、スピントロニクスは新たな発展段階にあります。

本部門では、スピントロニクスに役立つ材料の創製と物理現象に関する基礎研究を行っています。私たちが特に注目している材料は、異なる原子が規則的に配列した規則合金と呼ばれる物質群です。現在スピントロニクスに用いられている磁性材料の多くは、Fe, Co, Ni をベースにした通常の遷移金属合金(パーマロイなど)です。しかし、それでは性能に限界があります。規則合金の研究の歴史は古いですが、今の目で見ても機能性の宝庫であり、スピントロニクスに役立つ材料がたくさんあります。その中でも、特に私たちが注目している2つの規則合金を紹介します。

A ホイスラー合金

ホイスラー合金は、1898年にドイツのホイスラーが強磁性を示さないCuとMnとSnを合金化すると強磁性を示すようになることを発見したことから名付けられましたが、今では化学式 X_2YZ で表され、図1に示す結晶構造を有する規則合金を一般的にホイスラー合金と呼んでいます。ホイスラー合金の一部はハーフメタルと呼ばれ、伝導電子のスピンが一方方向に完全に揃っている(すなわちスピン偏極率が100%である)ことが知られています。スピントロニクス素子の性能は通常スピン偏極率が高いほど高くなります。したがって、ハーフメタルはスピントロニクスにとって最強の材料です。私たちは、図2に示すように、ホイスラー合金と非磁性金属をナノスケールで積層した薄膜を、さらにナノスケールで柱状構造に微細加工した素子で、従来にない巨大な磁気抵抗効果が得られることを発見し、次世代磁気記録のヘッド材料として期待されています。

B $L1_0$ 型合金

$L1_0$ 型合金は、図3に示すように、異なる原子がc軸方向に単原子層ずつ交互に積層した構造をしています。具体的にはFePtやCoPt, FePd, MnAlなどが挙げられますが、これらは積層方向に非常に強い磁気異方性を示します。磁気異方性が強いと、ナノスケールにしても熱揺らぎに負けず磁気情報が保たれるので、スピントロニクス素子として適しています。私たちは、 $L1_0$ 型合金をスピン流の生成源に用いたさまざまな素子を作製し、巨大なスピンホール効果を発見するなど、新しいスピントロニクス現象の研究に貢献しています。

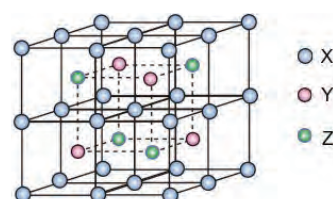


図1: ホイスラー合金($L2_1$ 型)の結晶構造。3種類(X, Y, Z)の異なる金属原子が規則正しく配列している。

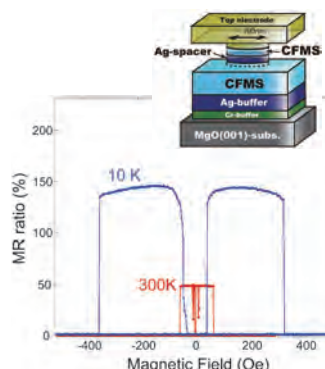


図2: ハーフメタル・ホイスラー合金 $Co_2(Fe,Mn)Si$ と非磁性金属Agを積層した柱状構造に電流を流したときの磁気抵抗効果曲線。挿入図は柱状構造の模式図(CFMSは $Co_2(Fe,Mn)Si$ の略号)。

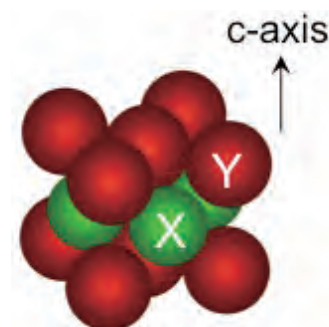


図3: $L1_0$ 型合金の結晶構造。2種類(X, Y)の異なる金属原子がc軸方向に単原子層ずつ交互に積層した構造を有する。

磁性材料学研究部門URL http://www.magmatex.imr.tohoku.ac.jp/~mml/J0_index.html

多様化する半導体エレクトロニクスの進歩を目指して

電子材料物性学研究部門
松岡 隆志

省エネルギー、創エネルギー、安全および利便性の観点から、半導体エレクトロニクスには、従来より遙かに大きな期待が寄せられています。例えば、交通信号機をランプから発光ダイオード(LED)に交換することによって、電力消費量を数分の一に削減できています。さらに、LEDの導入によって、疑似点灯がなくなり、安全性向上にもつながっています。また、照明においては、図1に示す青色発光ダイオードで知られている窒化物半導体であるInGaAlNによる白色LEDを用いることによって、従来の蛍光灯に比べて数分の一の省エネ化を実現しています。創エネルギーとしては、高効率化と低価格による太陽電池の大量導入が喫緊の課題となっています。トランジスタの高周波・高出力動作は、自動車の衝突防止やインバータなどに期待されています。これらの期待を担う半導体材料として、ここ十数年間で実用化が進められてきた窒化物半導体が、これらの変革の主役として期待されています。当研究部門では、四半世紀にわたってシステム応用を鑑みながら、窒化物半導体材料とそのエピタキシャル成長技術の開発を進めてきています。

1 InGaAlN 結晶の成長可能な組成域の拡大

InGaAlNの気相成長による成長可能組成域を図2に示す。同一温度の2本の線に囲まれた領域では、結晶が成長しないことが予測されています。成長温度を高くすることによって、成長可能領域を拡大できます。単に成長温度を高くすると、窒素が結晶から抜けてしまいます。InGaAlNを構成する材料の中で最も窒素の抜けやすいInNを取り上げ、その成長技術を開発しています。気相成長は通常減圧下で行われますが、本部門では加圧下で成長できる装置を開発しました。その効果は、図3に示しますように、成長島の平坦化と凝集の促進から確認されています。

2 高窒素平衡蒸気圧材料 InN

各種半導体のバンドギャップ・エネルギーの温度依存性を図4に示します。窒化物半導体は、他の半導体に比べて優れていることを明らかにしました。この特性を利用すると、波長多重光ファイバ通信に必要とされている温度安定性に優れた光源の実現が可能となります。

3 結晶の極性制御

従来から実用化されている半導体の結晶構造は立方晶系ですが、窒化物半導体の場合は六方晶系です。そのため、結晶中に分極電界が働きます。分極方向が交互に反転した構造を作製し、分極電界を利用した第二高調波発生による殺菌用紫外光源(波長260nm近傍)を実現できる結晶の極性制御技術进行研究しています。図5は、作製した構造と波長850nmの光源を用いて観測した波長425nmの第二高調波光です。



図5: 窒化物半導体による第二高調波発生

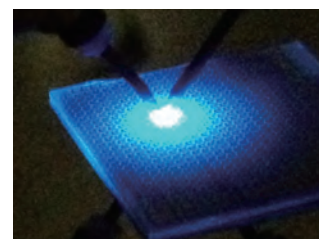


図1: 青色発光ダイオード

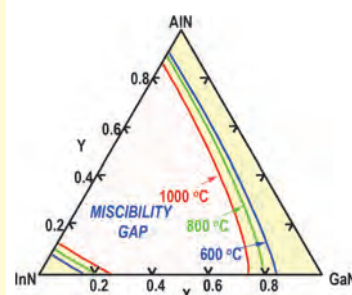


図2: 相図

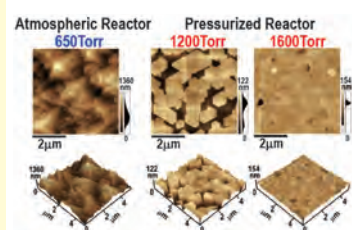


図3: 加圧化による結晶性改善

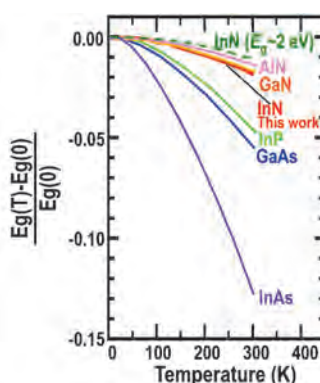
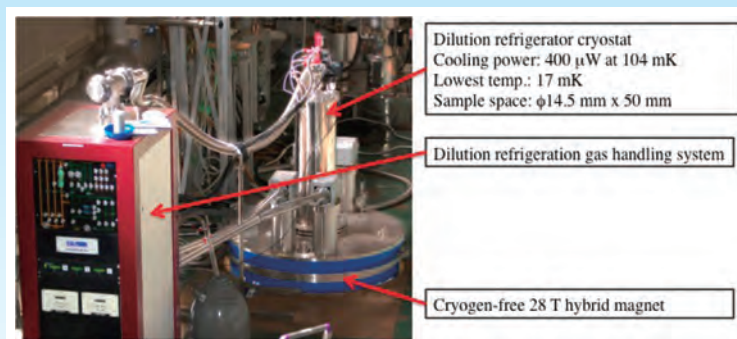


図4: 窒化物半導体のバンドギャップ・エネルギーの温度安定性

電子材料物性学研究部門URL <http://www.matsuoka-lab.imr.tohoku.ac.jp/>

強磁場超伝導 材料研究センター

センター長 渡辺 和雄



本センターは、1981年に核融合開発研究の一翼を担うため金属材料研究所に開設された超伝導材料開発施設を前身とする強磁場研究施設です。1986年に、超伝導マグネットと水冷常伝導マグネットを組み合わせることでそれぞれ単独では発生できない極めて強い磁場を発生可能なハイブリッドマグネットを建設し当時世界最高となる31.1テスラの定常磁場を実現して以来、本センターは世界五大定常強磁場施設の一つに数えられ現在に至っています。さらに90年代には、高温超伝導体電流リードの導入により、メンテナンスや運転コストの面で従来大きな負荷となっていた液体ヘリウムの使用を必要としない無冷媒超伝導マグネットの実用化に世界で初めて成功し、広汎な研究対象への強磁場利用の普及に大きく寄与しました。この無冷媒超伝導マグネットは、化学・材料プロセスから生命現象にわたる多様な物質・現象に対する磁場効果を研究する新たな学際的分野を拓くことに重要な貢献をしています。現在では、無冷媒超伝導マグネットを用いたハイブリッドマグネットの開発により30テスラ級の磁場が手軽に長時間利用できるようになり、本センターではこれらのマグネットに電気炉や冷凍機、圧力セルを挿入することによって、1200℃の高温、20mKの極低温あるいは15GPaの高圧と強磁場を組み合わせた複合極限環境を実現できます。また、光ファイバーを用いて強磁場中で近赤外から紫外領域の光学実験を行う測定系を

構築するなど多彩な実験が可能となっています。

本センターは全国から強磁場ユーザーを積極的に受け入れており、超伝導体の基礎・応用研究、磁性等の固体物性、結晶成長及び化学・生物学的現象に対する磁場効果、強磁場工学など多岐にわたる約60～80件の共同利用研究を毎年遂行しています。先般の東日本大震災では、主要設備であるハイブリッドマグネットが損傷し復旧に二年を要することになるなど大きな影響を被りましたが、現在、被災した装置の修繕や更新が順調に進んでおり、2013年3月までにはそれらが完了する予定です。リニューアルされたよりよい強磁場環境のもとでこれまで以上に活発な研究活動を行っていきたいと考えています。

現在、各国で強磁場科学の重要性が再認識され、欧米、中国において大型施設の建設・整備による大規模な強化が相次いでなされています。この現状を鑑み、最近、我が国でも次世代強磁場施設の整備計画が策定され、日本学術会議の「学術の大型施設計画・大規模研究計画のマスタープラン」に取り上げられることとなりました。そこでは、日本の優れた超伝導線材技術を駆使した省エネルギー型の定常強磁場施設を建設することにより50テスラ発生の実現が計画されています。この計画遂行に本センターは主要な役割を担うことになります。日本全国の強磁場研究者の悲願である次世代定常強磁場施設建設に皆様のご理解とご協力をいただければ幸いです。

■強磁場超伝導材料研究センターURL <http://www.hflsm.imr.tohoku.ac.jp/>

高付加価値生体用コバルト-クロム-モリブデン合金の製造技術開発とその事業化

加工プロセス工学研究部門 千葉 晶彦

“生体材料”と聞くとバイオテクノロジーを思い浮かべる人が多いと思います。医学・生物学に基礎をおく研究開発分野をイメージすることはあっても、“古典的”金属材料学を想起する人は皆無に近いのではないのでしょうか。そもそも人間の体に金属を埋め込むなんて、恐ろしい気がするし、高度に進歩した医療技術のイメージとかけ離れています。虫歯治療や骨折治療に使う“チタン”のことは聞いたことがあっても、標題にある“コバルト-クロム-モリブデン合金”なんて、いかにも硬くて重そうな金属が人間の体の一部の機能を代替する“生体材料”としては受け入れられるとは想像すらできないでしょう。しかし、人間の細胞組織には、皮膚のように柔らかいものから骨のように硬いものまであります。人間の関節は歩いたり走ったりするときに体重の数倍の荷重を支えなければならないと言われており、細胞組織の中でも特に頑丈でなければなりません。金属以外にも高分子、セラミックスなどが生体材料として使用されますが、こと関節機能を代替する材料は医療技術が高度に進歩した現在においても金属合金以外に選択肢はありません。その中でもコバルト-クロム-モリブデン合金は人工関節の摺動表面デバイスとして使用される唯一の金属材料なのです。

コバルト-クロム-モリブデン合金に求められる特性は多岐に渡ります。人工関節として使用する場合は、長期の使用に耐えるために体内での摩耗粉発生を抑制するための耐摩耗特性の改善、強度向上のための金属組織制御技術などは特に重要となります。これらの研究開発課題は金属加工学、金属組織学を駆使する“古典的”金属材料科学の本流となる研究課題であり、当研究部門の得意とする研究テーマです。一般構造用金属材料の開発と同様、人工関節などの医療用金属材料に関する研究開発を基礎学理と応用の両面において積極的に展開し、整形外科治療などの医療の高度化に対しても金属材料科学が大きく貢献することを示すことにより、金属材料科学の重要性・有用性について広く社会にアピールして行きたいと考えています。

図1に示したのは当研究部門が開発した人工関節用コバルト-クロム-モリブデン合金の丸棒材です。岩手県との間で行われている産学官連携研究プロジェクトでの長年の事業化の取り組みの成果が結実したもので、岩手県釜石市の強化プラスチック加工メーカー(株)エイワに製造技術を移転し製品化したものです。図2はそのために新設したエイワの金属事業部工場とその加工設備です。国内初の事例であり、製品特性も世界で最も優れているとの評価を国内の医療機器メーカーから得ています。本年2月には悲願であった国内最大手の医療機器メーカーに販売することができました。これまで人工関節用コバルト-クロム-モリブデン合金は外国からの輸入に頼っていましたが、エイワでの事業化により国産化が実現したことになります。このような取り組みによりコバルト-クロム-モリブデン系合金の国内供給拠点として大きく成長し、東北の地域経済の活性化に役立てられるよう、今後も一層の研究開発に取り組んでいきます。

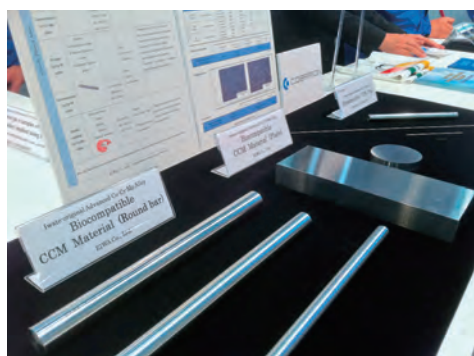


図1：開発した人工関節用コバルト-クロム-モリブデン合金丸棒。



図2：コバルト-クロム-モリブデン合金製造のために新設した(株)エイワ金属事業部工場と新設設備。

水素化物中で金属イオンが 高速で伝導する！

～次世代の全固体リチウム／ナトリウムイオン二次電池の開発を目指して～

水素機能材料工学研究部門 松尾 元彰、折茂 慎一

リチウムイオン二次電池はエネルギー密度が高くサイクル寿命も優れているため、これまで携帯電話やノート型パソコンをはじめとする携帯型情報端末機器や産業用機器に広く用いられてきました。図1に示すように、正極材料 (LiCoO_2 などの酸化物)、負極材料 (黒鉛)、電解質 (LiPF_6 などを溶かした有機溶媒) などの部材から構成されており、放電により負極材料中のリチウムイオン (Li^+) が引き抜かれ、電解質中を移動して正極材料に吸収されます (充電はその逆反応)。このとき、同時に電子が外部回路を通じて移動することで、電気エネルギーを生み出します。

電気自動車における本格使用など、今後、需要の大幅増が予測されるこのリチウムイオン二次電池ですが、現在は電解質として可燃性の有機溶媒が使われているために、安全性の向上を目指した難燃性の非溶媒系固体電解質の開発が急務となっています。

私たちの研究グループでは、リチウム (Li) とホウ素 (B)、水素 (H) により構成された LiBH_4 (水素化ホウ素リチウム) などの水素化物を、新しい非溶媒系固体電解質として実用化するための研究を進めています。 LiBH_4 は従来から還元剤として工業利用されていますが、水素密度が高いことを利用した燃料電池用の水素貯蔵材料としての材料開発 [1] に加えて、リチウムイオン (Li^+) の伝導性が高いことを利用した全固体リチウム二次電池用の固体電解質としての材料開発も世界に先駆けて進めています [2]。例えば、 LiBH_4 の結晶構造が斜方晶から六方晶に変化することで有機溶媒系電解質と同等の高速リチウムイオン伝導率 (10^{-3} S/cm) を示すことを見出し、さらに Li^+ の占有サイトを多様化することにより室温付近でのイオン伝導性を 10,000 倍も増大させることにも成功しました。また、共同研究によって実際に全固体リチウムイオン二次電池を作製して電気エネルギーを生み出すことも実証しています。

最近ではリチウム以外の様々な金属イオンの伝導性に関する研究にも着手しています。 LiBH_4 によく似た水素化物に NaBH_4 (水素化ホウ素ナトリウム) が存在しますが、そのナトリウムイオン伝導率は室温付近で $1 \times 10^{-10} \text{ S/cm}$ と非常に低い値を示します。そこで、 Na^+ がより高速で伝導できるように、空孔を含む新たな水素化物 $\text{Na}_2(\text{BH}_4)(\text{NH}_2)$ を合成しました (図2)。その結果、 NaBH_4 に比べて約 20,000 倍も高い $2 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ のイオン伝導率を示すことを明らかにしました [3]。本研究成果は全固体ナトリウムイオン二次電池の開発を大きく加速させるものと期待されます。

【参考文献】

- [1] S. Orimo, Y. Nakamori, J. R. Eliseo, A. Züttel, C. M. Jensen, Chemical Review, 107 (2007) 4111.
- [2] M. Matsuo, S. Orimo, Advanced Energy Materials, 1 (2011) 161.
- [3] M. Matsuo, S. Kuromoto, T. Sato, H. Oguchi, H. Takamura, S. Orimo, Applied Physics Letters, 100 (2012) 203904.

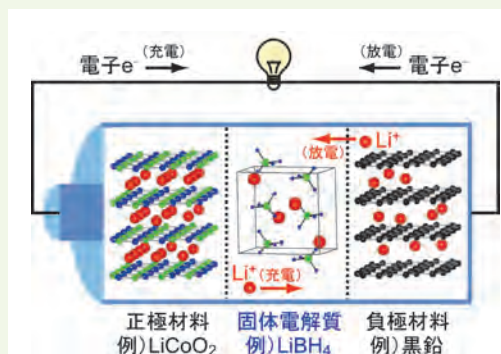


図1: LiBH_4 を固体電解質に用いた全固体リチウムイオン二次電池の模式図 (市販されているリチウムイオン二次電池では電解質に LiPF_6 などを溶かした有機溶媒が使用されている)。全固体ナトリウムイオン二次電池の場合には、固体電解質として図2に示す $\text{Na}_2(\text{BH}_4)(\text{NH}_2)$ を用いる。

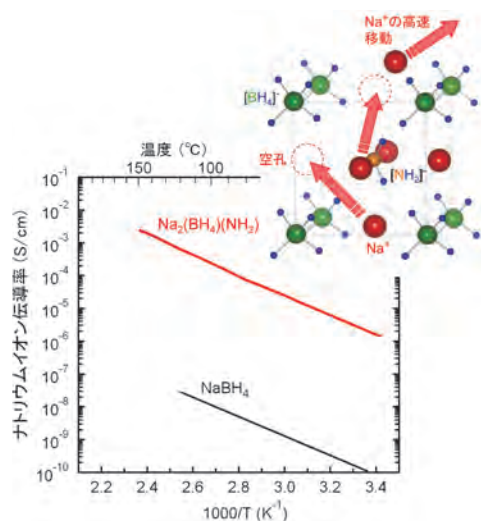


図2: $\text{Na}_2(\text{BH}_4)(\text{NH}_2)$ のナトリウムイオン伝導率の温度変化と結晶構造。 $\text{Na}_2(\text{BH}_4)(\text{NH}_2)$ では構造内に含む空孔を利用して Na^+ が高速移動することにより、 NaBH_4 に比べて約 20,000 倍も高いナトリウムイオン伝導率を示す。

金研物語

先達との
出逢い

きんけんものがたり

第二部

幸田成康先生の面影 -前編

東北大学名誉教授
諸住 正太郎



この物語は、金研に教授として定年まで12年在職し17年前に逝去された一名誉教授の現役当時の活動が依拠していた思想や理念を尋ねることにある。その名誉教授とは幸田成康先生である。先生が亡くなられたとき、その遺品を整理したところ、少年時代からの日誌、散文、詩歌などとともに、研究や教育に関する言動の記録が研究ノートに書き残されていた。筆者にとってみると、その内容は生前に直接指導を受けた訓えや平素交わした言葉とは異なった厳しさが感じられ、先生自身が自戒を含めて書かれておられたのだろうかと思わせるものがある。



先生は明治の文豪幸田露伴（成行）と血縁関係にあり、若い頃露伴宅の近くに住まい、その訾訾に接する機会に恵まれていた。そのような環境もあってか第一高等学校理科に在学した多感な時期に文才で頭角を現し、作文教科の教師をして「君は文

科的方面に行くべき人かと思う。強ち理科に居ることを罵るではない。理科に在ってやはり文科的方面に向くべき路を発見すべきと思う。」との評をそえて、一度ならずその文才を讃えさせている。そのような才能は論文や専門書の記述にも片鱗が窺われる。

先生は昭和7年に東京帝国大学理学部物理学科を卒業後、約1年間長野中学校で教職についてから古河電気工業株式会社理化試験所〔後に（財）古河理化学研究所と改名〕において10年、北海道大学に15年、東北大学（金研）に12年、定年後早稲田大学に7年に亘って材料の研究および教育活動に当たるとともに学内の学部および各大学や研究機関を併任して研究指導をなされた。その研究業績は世界的にも高い評価を得ており、日本金属学会賞を始め多くの賞を授与されているが、ここでは、それらの業績について詳細に述べるのではなく、それらを生み出すに至った研究活動および学生指導の理念とも言うべき思想の片鱗を、残された研究ノートに辿って先生の面影を偲んでみたい。

研究者としての幸田先生

最初のノートは長野中学校の時代

（1933年）に一時使用し、その第1頁に、第一部（長野—1933）と書かれ、裏に枠囲みがあって、その中には後に出版された著書「改訂金属物理学序論」の各章前に挿入された科学者の名言の一つマイケル・ファラデーの

「自然界に向かって適当な質問を発することの出来る人は至極簡単な器械を使っても其の答えを得ることを知っている

— M. Faraday」

が記されている。

このノート（第一部）には長中3年生の科学会の生徒に実験を指導するためのメモが書かれており、その目的として「実験に関する材料、装置、方法等について、抜粋即ち他の本よりの写しおよび実験に関する自分自身の思い付き等をのせることとする。何所までも実験中心で満たされるノートとすること。」とし、ノートの必要性を強調している。このときノートには、嵌め込み用可融合金など40件の事項について要点を説明しており、教える熱心さが感じられる。

このノートは1934年に古河理化試験所に入社して、1935年4月にX線装置など2、3の器械の使用が可能になって研究を本格的に開始したときに再度開かれ、実験に関するノート記載の重要性を再認識されておら

れ、「入社以来、実験装置の持たない一年有余が幸いにも去ってどうにか茲に使用し得る器械を二三得た。長中時代に何の気なしに生徒とともにもてあそんだX線の管球がなんと言ふことか今は自分の武器の一つとなっている、いやでも其の専門家たらざるを得ない現在だ。」と記しており、X線による研究が本格化することが暗示されている。しかし、このときのノートの内容は研究遂行に必要な常識を作るためと位置づけられ、「軽合金鋳物用耐久型」から始まって「簡単な抗張試験器」までの68件の事項で占められた。その内容は、鋳物砂の水分および粘土分の測定法、各種分析法、鍍金・浸炭・七宝焼きなどの表面処理法、電解研磨法、写真処理および定着液判別の方法、圧延、線引き、鍛造などの加工法など多岐多様にわたっており、当時新任研究者教育として必要な実験技術の素養を身につけさせるために実習を含めてこれらの知識を学ばれたものと思われる。

企業の研究機関としては必然的にその会社が製造している材料に関する研究が主要な課題であったであろう。したがって、上述のノートとは別のノートに、同年1月に主要な研究課題、2月にその具体的な実験計画表が下記のように作成されていた。

研究課題

電線の微細構造の研究
圧延真鍮板のX線の研究
Cu-Cd銅合金の平衡状態図のX線の研究

実験計画表

電車線:

- 抗張力試験試料を作ること
- 硬度試験(ロックウエル硬度)
- 電車線断面面積の計算

2m/m線の微細構造:a)

a) 抗張力試験準備(抗張力とファイバーとの関係)

b) 2m/m線の性能試験

Cu-Cd状態図:

a) 焼入れした試料を用い、温度を上げて抵抗変化をみる

b) 1%のものにつき焼入れ、焼き戻して電気伝導度を測る。

(65cm長さ、光輝処理)

100~600℃(100℃おき)合計12本

600℃(焼入れのまま)

かくして実験計画書による実験が1939年以後も続くが、この年の1月に提出された意見書に時効硬化の研究が新しく加わった。この意見書には理化研究所の研究すべき事項として下表の内容が列挙されており、それぞれについて説明がなされている。

(1) 金属材料

- 稀有な金属基体の回収
- 普通金属の純度のよいものを得ること
- 溶解および鋳造の研究
- 高温加工ならびに低温加工の研究
- 電気抵抗線の研究
- 疲労問題その他機械試験法に対する吟味
- 時効硬化の研究
- 焼結による合金の研究
- 直接鋳造による線および板の製造方法

(2) 応用物理

- X線解析法の有機物に対する応用
- スペクトルグラフの応用(定性または定量)
- X線スペクトルグラフの応用(定性または定量)
- 真空内の金属蒸発またはカソードスパッタリングの応用
- 超音波の利用
- 電子顕微鏡の利用

(3) その他

- 不可視光線感光物の研究
- 非金属性電熱材料
- 真空用接合剤

ウム合金について研究に着手し、レプリカ法によりすべりに対する析出粒子の挙動に関する成果を挙げ(図1)、つづいて金研において薄膜試料と撮影技術とを駆使して転位の増殖機構や析出物との相互作用の直接観察による動的映像(図2)を発表して世界的に評価されるとともに、その手法を広く他の合金系に展開させた。

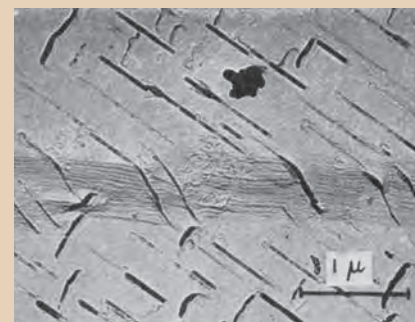


図1 Al-Cu合金中のすべりによって析出粒子(θ'相)が変形した状態をレプリカ法により示す。[1]

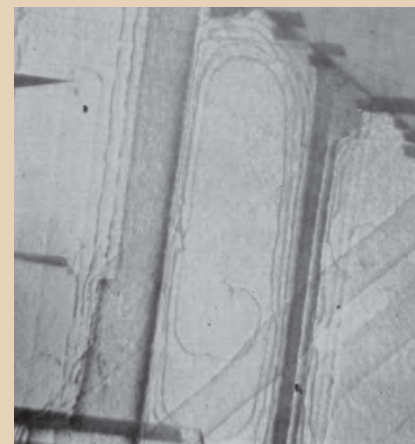


図2 Al-Ag合金結晶粒内の発生源から連続的に転位が発生して、粒界に堆積した様子を直接その場観測で示す。[2]

これらの課題は当面の緊急課題と共に将来発展が予期される事項や開発が期待される装置に関わる研究項目が含まれており、その先見性に感動させられる。特に、時効析出の研究への電子顕微鏡の応用である。古河時代に着想し、後年北大でアルミニ

1939年のノートには、雑誌“金属”の海野氏の巻頭言に感銘されて次の部分を書きとめられている。

「専心研究しても少しも効果が無い場合がある。その研究方法が所謂科学的でないからだ。無茶苦茶に研究してもその努力だけ効果が有ると

は限らない。要は筋道を立て、科学的に進むにある。科学的に即ち研究の始めに当たりて何所の辺りに力を注ぐべきか、を予め想定してかかることつまり問題の急所を狙うのが大切だ。始めから偉大なる発明のみを望まれてもその効果は表れ難い。嘗て本多先生が仰せられた如く発明は研究の副産物である。未知の世界を追求してゆく途中に於いて多くの発明発見がその副産物として生まれてくるのである。科学的に追求せぬと労多くして効少ない結果となる。」

(金属(1938)12月号巻頭言より抜粋)

この年の春から秋まではAl-Cu-Mg合金の常温時効の研究が主体のようであり、常温時効に伴う構造性能の変化、同じく相関係、ならびに析出相による差異などの問題点に対して、X線(格子定数、相、歪または回転)硬度、比重、電気抵抗、膨張などの測定により研究を進めている。その後デュラルミン^{*}の二段時効および復元現象、アルドライの復元などを研究されているが、そのほかノートには、研究打ち合わせ、研究会、学会出席などの行事が記録されている。1940年後半にはAl-Cu-Mg合金の実験データおよび文献など、その合間に“加工したデュラルミン線の熱処理”や“押出し材の性能の良好なる理由”などの記事が書きとめられている。1942年12月北海道大学へ転出された。

北大でのノートの書き始めは翌年の5月である。学生実験についての記事である。

デュラルミンの時効(電気抵抗測定)
高温電気抵抗
示差熱分析

とあり、他に、研究室整備の件や文献などが記載されている。その中に復元現象についての講演での原稿の最初の一節と見られる次のような文面があり、復元現象に強い関心をお持ちであったと察せられた。

「この復元の問題は時効硬化の問題の中心問題であり、まして時効硬化の理論上より甚だ重要なものと思えます。ところでこの時効硬化現象は現在航空機用材料として用いられている各種軽合金の大部分に於いてこれを利用しておるものであります。従ってこの点からも時効硬化自体を理論的に研究するその一部として例えば復元などを研究するということは重要なことと思えます。これによって何らかの新しい事実が生み出されるかも知れないからであります。しかし現在は非常時局であります。ですから一般的に言ってこうした理論から生まれ出る結果を待つばかりでなく、もっと積極的に何等かの形で応用を求めるといった態度もまた必要と思えます。問題の復元については既に二三の応用を聞いています。しかし、翻って考えますと、まだ、復元は新しい問題であります。言わばまだ小さい子供でありまして大きくなって何になるかよくわかりません。そう考えますと何か仕事をしろということも無理かと思えます。それで先ず暫らく皆さんで力を合わせ教育しながら様子を見たいと思えます。そんな思いながら今日は主とし

て基礎的なことに話題をとりたいと思います。」

新しいノートには時効硬化研究関係や学生指導等多様な教育・研究業務に対応の日々が見られる。1945年には資源の不足に注意を払いつつ、熱処理の方法の改良によりデュラルミンの性能を向上させるべく研究を進められた。

やがて終戦となる。ノート記載事項は学務(勤労働員学生対応など)、教務、その他であり、1946年5月新しいノートへ移行し、記事は学生実験、講義内容等の検討、学務、教務、その他である。

1947年ころには、おそらく学科内の教官に対する談話的なものであろうか、「先生(大学の教官)の研究」について、次のような講話をなされている。

(1) 教育手段としての研究が必要

大学は目的として教育と研究とがあるが、その第一の目的の大学教育というものには研究に基礎をおかなくては其の効果が薄い。先生が研究をしているという事実による感化は非常に大きい。その点から大学教育を完成させるためにも先生の研究が必要ということが出来る。

(2) 研究それ自体のためにも必要

以上の教育手段としての研究の必要性以外に、大学は学問を維持し、育てていく場所であるという意味からは是非共先生方の研究が必要。特に現在の如き会社方面の研究所その他が不振の際にはこの点大学の責任は大きいと思う。

(3) 研究の表現

研究遂行に対して世間に発表することを目標とするのは邪道であるけ

れども、発表せざる研究は結局文化的には無意義と言わざるを得ない。学会等に対する発表、雑誌に対する発表は出来るだけやっていただきたい。認めさせるということは個人的のみならず学科としても必要なことである。

1948年1月にこれまでの研究ノートとは別に「久しぶりに日誌を再開する。自分の考えを練る為そして発展させてゆく為にこれを利用してゆきたいと思う。」と書き出されているが、読書後の感想文が多い。例えば、林要：大学論を読まれてその感想として

「大学論の中では、“ともかく真理の探究は無前提を前提とし、前提そのものの吟味から出発するものであり、あらかじめ意図されまたは与えられた特定の条件を無批判にそのまま承認し前提とすることは許されないのだ。”とある。つまり真理探究の使命は『研究の自由』によることなしには達成されないのに今やこうした『自由』が失われることを皮肉っている。尚、そこで1386年に創立したハイデルベルグ大学の大玄関には(生ける精神の為に:dem lebendigen Geist)と記されているというーそれをナチスがユダヤ人なる故に40余名の教授を追って空文にしてしまったことを述べている。興味深く感じた。」と記している。

その後ノートには1950年4月および12月に研究に関する記述、研究会・委員会などの記事、文献、書評などで書かれており、教務および学務などは別ファイルに移された様子である。1952年6月ごろも同様な記事によって占められている。

1954年8月の研究ノートには、以

下が記載されている。

- | |
|---------------------|
| I. Al 合金の時効硬化に関する研究 |
| 1 転位と析出粒子との相互作用 |
| 2 核生成とその成長 |
| II. 鋳鉄のテール処理に関する研究 |
| III. 軸受鋼組織に関する研究 |
| IV. 金属の脆性破壊に関する研究 |

これらの研究が実行され、更に1958年5月東北大学(金研)への転出により継続された。

金研では当初金属塑性学部門を担当し、具体的な研究内容は新しい研究対象と北大での研究を包括して下表のようになった。時効硬化の研究を始め他の研究もそれぞれ成果を上げて公表されている。そのうち、一方向凝固合金の研究は後に早稲田大学に引き継がれた。

- | |
|--|
| 加工法と機械性能: |
| 純銅および Cu-Cd 合金線、リン青銅板 |
| X 線の研究: |
| 繊維構造、格子歪、硬銅線、金属板 |
| 時効硬化現象(I): |
| Al-Cu-Sn (Cd,In), Y 合金、ピストン材、復元の問題 |
| 時効硬化現象(II): |
| Al-4%Cu (線条組織、電顕組織) |
| Al-Ag (粒界反応、電顕組織、硬化曲線) |
| Cu 合金(Cu-Cr, Cu-Co.) |
| 塑性: Al の塑性変形、エッチピット、X 線 |
| その他: |
| 軸受鋼、Al 被覆鋼、Cu-Ge、Mo 合金、内部酸化合金、一方向凝固合金。 |
| 粉末押し法 |

一方、1959年に原子炉材料加工学部門を兼任され、研究対象が大きく変化し、以下のような目標に向かって新しい研究室を整備して発足させた。

- | |
|-----------------------------------|
| I. 当面の研究目標 |
| 加工性の良い高純度の原子炉材料を得る為の溶解条件、加工条件の決定。 |

- | |
|--|
| 原子炉材料としては U, Th, Zr, Nb, Be, およびそれらの合金に重点をおく。 |
| 原子炉材料として特に使用されるようになった材料に重点をおく。 |
| II. 将来の研究目標 |
| (1) 核燃料被覆方法の研究および燃料と被覆材との拡散防止の問題 |
| (2) 電子衝撃法による Nb の溶解法 |
| (3) 粉末法による原子力材料の成型 |
| (4) 溶接法に関する諸問題 |
| III. 当面の設備選定基準 |
| (1) 比較的低融点の元素 U や Be 更に出来れば Th, Zr に対する溶解が可能となるように。なお、溶解量は 1kg 位とする。 |
| (2) 簡単な加工と熱処理(真空溶解) が出来るように。なお、簡単な加工性を試験することが出来るようにする。 |
| (3) 材料の組織観察が出来るようにする。 |
| (4) 兼任部門でも独立した研究室として備品の設備を考える。 |
| (5) 原子力用高純度金属研究に関する設備費で購入されるものを借用する。 |

そして、部門創設の趣旨にそって研究を進め10年にして後任者に引き継がれた。その間の主な研究成果は以下の通りである。

- | |
|----------------------------------|
| 1. Be の腐食像 |
| 2. Be の塑性変形時における介在物の挙動 |
| 3. Be-Fe 合金における時効析出挙動 |
| 4. Zr の引張性質に及ぼす水素の影響 |
| 5. Zr 中の水素の熱拡散現象に及ぼす加工および添加元素の影響 |
| 6. Mo-Ti 内部窒化および Mo-Zr の窒化 |
| 7. Mg 粉末押し材の機械的性質。 |

以上、研究者としての幸田先生は、生来の卓越した先見性と適切な判断力のもとで、1939年に感銘を受けた前述の雑誌“金属”の巻頭言に記載されていた科学的な研究活動をなされたと推察される。先生は生前「とにかく何とか研究一途に来られたことを悦びたいと思う。」と洩らしておられた。

[1] S. Koda and T. Takeyama, Journal of the Institute of Metals 86 (1957) 278. courtesy of Maney Publishing

[2] M. NEMOTO and S. KODA, Japanese Journal of Applied Physics 4 (1965) 584. copyright 1965 The Japan Society of Applied Physics

※ duralumin の現在の正式表記は「ジュラルミン」ですが、本文では幸田先生のノートにならって「デュラルミン」と表記しています。

東北発 素材技術先導プロジェクト開始のお知らせ 超低損失磁心材料技術領域 研究代表者 牧野 彰宏

平成24年6月より、東北大学を拠点とした研究開発拠点形成事業である、「東北発 素材技術先導プロジェクト」(文部科学省、復興庁)が開始されました。本プロジェクトの「超低損失磁心材料技術領域」におきましては、トランスやモータなどの磁心に使用される軟磁性材料の電力効率を大幅に改善し、地球規模でのエネルギー消費量削減への寄与が期待される、ナノ結晶軟磁

性材料の研究開発を進めます。また、革新材料の創出とその実用化を産学官協働で進めることによって、エネルギー問題への貢献を図ると同時に、東北の素材技術を活かした復興に、微力ながら力を尽くしてまいりたいと思います。今後とも皆様方のご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

金研ワークショップ「太陽電池材料開発の現在と未来」報告

宇佐美 徳隆

平成24年7月30日、31日の2日間にわたり、金研ワークショップ「太陽電池材料開発の現在と未来」を開催しました。本ワークショップは、材料の垣根を超えた若手研究者のコミュニティを形成し、基礎科学の観点から太陽光発電が抱える課題の共通理解を進め、将来のグリッドパリティ実現に向けた新材料や新技術創製に向けた討論を行うことを目的に企画したものです。シリコン、化合物半導体、有機材料、ナノ構造、評価技術、フィールド研究に関する各セッション後に30分間のフリーディスカッションを行うことや、JST 研究開発戦略センターの島津博基様の特別講演など、ユニークな試みも行い、46名の参加者によって終始活発な議論が行われました。ワークショップ開催にご協力いただきました関係各位に感謝申し上げます。



平成24年度 計算材料科学研究拠点(CMRI)第1回シンポジウム

計算材料科学研究拠点 拠点長 毛利 哲夫

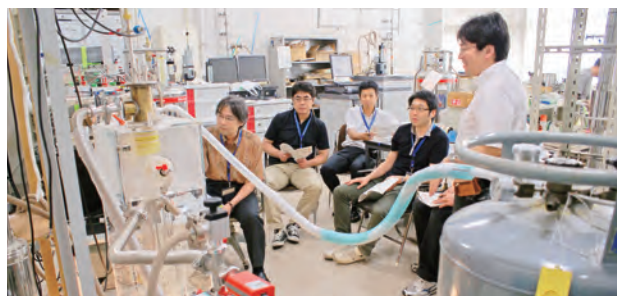
本年の6月18日(月)及び19日(火)の両日にかけて、計算材料科学研究拠点の平成24年度第1回シンポジウム(通算3回目)を金研講堂において開催しました。材料課題が重点化されてから初の研究会であり、重点課題の遂行のための具体的な方策の検討と、今後予想される特別支援課題の設置に向けて、候補課題の選定をも考慮した研究会となりました。材料科学関連者を主体とするこれまでよりも小規模なシンポジウムであったが、特別講演や招待講演を含めて総計22件の発表が行われ極めて内容の密な研究会を行うことができました。また、CREST、JST、新学術領域、さらには新元素戦略で計算材料科学のプロジェクトが始まっており、今後の連携に向けた情報交換のための発表を行いました。



第82回東北大学金属材料研究所夏期講習会

牧野 彰宏

82回を数える伝統を誇る金研夏期講習会が、今年も7月25日(水)～27日(金)の日程で金研にて開催されました。例年どおり、2日間の講義と1日の実習という構成にて行われました。講義については、「材料系ものづくり」、「先端的分析」、「エネルギー関係技術・材料」の3テーマを設定し、3日目には6つの実習プログラム(選択制)を受講いただき、参加者が熱心に取り組む姿がみられました。全体として43名の参加者があり、アンケートでも講義、実習共に満足度がたかく「先端的な内容を興味深く聞いた」との回答が複数ありました。最後に、ご協力くださった関係の方々への場をお借りして感謝申し上げます。



金属材料研究所 第123回講演会 野尻 浩之

5月23、24の両日、春の金研講演会が開催されました。1日目は、東京工業大学三島良直教授による「構造用金属材料の開発研究における最近の動きー耐熱材料を中心に」と神奈川大学菅原正教授による「構成的アプローチによる生命システムの再構築」の2つの特別講演が行われ、硬軟2つの内容に、詰めた参加者から活発な質問が寄せられました。その後のポスター発表に続いて、2日目午前は「量子ビームと材料・物質科学」と題して、多元研の佐藤卓教授及び金研の関連部門3つから量子ビーム応用に関して多様な視点からの講演が行われ、午後は「金研100年へーセンターのビジョン」として7つのセンターからの報告が行われ、金研の将来を議論する恰好の機会となりました。



編 | 集 | 後 | 記

震災から2度目の夏は私が金研に着任して8年目の夏でしたが、観測史上まれに見る連日の暑さでした。その中で、震災で最も被害の大きかった強磁場センターも、来年3月にはパワーアップしてリニューアルオープンする予定です。また、この3ヶ月間に、新しいセンターの開設と、各種シンポジウムや講習会が開催されました。さらに、金研には各方面からご来訪頂き、活気を呈しております。震災の教訓

からも昨今のエネルギー問題を身近なものとして、省エネ・創エネ技術の開発を進めています。

わかりやすく馴染みやすい“IMR NEWS Kinken”の編集に努めておりますが、読者の皆様と所員との間の交流の場になればと願っております。紙面の内容にかかわらず、ご意見等頂けましたら幸いです。

(松岡 隆志)



東北大学金属材料研究所

発行日：2012 vol.69 平成24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/

