

# KINKEN

## IMR NEWS

2014 AUTUMN VOL. **75**

### CONTENTS

#### ■トップメッセージ

「エネルギー材料研究の強化と  
研究部門間連携の推進」  
所長 高梨 弘毅

#### ■研究室紹介

- 結晶欠陥物性学研究部門
- 金属組織制御学研究部門

#### ■センター紹介

中性子物質材料研究センター

#### ■研究最前線

- 電力損失の大幅削減可能な  
ナノ結晶軟磁性材料の開発に成功
- “錯体水素化物”を実装した  
高エネルギー密度型全固体電池の開発

#### ■金研物語

金研から生まれたピッケルの名匠  
山内東一郎師

#### ■お悔やみ

- 藤森 啓安 先生
- 深瀬 哲郎 先生

#### ■百周年事務局便り

#### ■金研ニュース

- Spin Mechanics:ICC-IMR第2回ワークショップ報告
- 金研共同利用ワークショップ  
「多自由度が協奏する分子システムの科学」
- 金属材料研究所 第127回講演会
- 第84回 東北大学金属材料研究所 夏期講習会

#### ■表紙について

#### ■編集後記



# エネルギー材料研究の強化と 研究部門間連携の推進

本年4月に所長に就任して以来、あっという間に半年が経ちました。多くの方々から、忙しいでしょうと言われる。忙しさ自体は所長になる前後でそれほど変化したとは思いませんが、「忙しさの中身」は劇的に変わりました。具体的には、本部も含めた対外的な対応は、所長ならではの仕事であり、これに多くの時間を費やすようになりました。学内外における本所のプレゼンスを高めることは、私の最大のミッションの一つと考えておりますので、そのためにも対外的な活動には積極的に取り組んでいく所存です。

さて、私が所長就任後、最初の教授会(4月)の所信表明で、エネルギー材料研究の強化と研究部門間連携の推進ということを申し上げました。現在、本所では、エネルギー材料、社会基盤材料、エレクトロニクス材料の3つを重点研究分野とし、共通基盤研究分野を除く各研究部門は、3つのうちのどれかに属することになっています。しかし、昨年の外部評価でも指摘されているように、現在の3重点研究分野は単に研究部門の区分けをしているだけであり、必ずしも有効に機能しているとは言えません。本所の各研究部門は、個別には優れた成果を上げていますが、横の連携、すなわち各研究部門間の連携は十分とは言えません。横の連携を推進することによって、ますます成果が上がり、分野を超えて外部から本所の成果が見やすくなると思います。重点研究分野の設定は、本来そのような横の連携を推進することを目的としているはずです。

私は、3つの重点研究分野の中でも、特にエネルギー材料を重視したいと考えています。本所の創設以来、20世紀はまさに社会基盤材料とエレクトロニクス材料の時代でした。しかし、

20世紀末から21世紀に入り、エネルギーと環境が人類社会にとってきわめて重要なキーワードになりました。もちろん、社会基盤材料とエレクトロニクス材料はいつになっても重要ですが、現在ではこれらもエネルギーや環境を抜きにして考えることはできません。すなわち、21世紀の材料はすべて、何らかの形でエネルギーや環境に関わっていると言えるでしょう。エネルギーや環境というキーワードで、本所の多くの研究室が連携・融合できると考えています。

具体的な取り組みとしては、既存の低炭素社会基盤材料融合研究センターの機能強化として、本所の既存研究部門の再編成により、理工融合エネルギー材料国際研究センターを設立することを計画しています。低炭素社会基盤材料融合研究センターは、これまで独自の所内助成や研究会の企画などによって一定の成果を上げてきましたが、兼任教員の集合体で、研究部門間の連携効果は十分ではありませんでした。新しく設立する理工融合エネルギー材料国際研究センターでは、理学と工学のバランスが取れた研究体制という本所の強みをフルに活かし、理学系研究部門と工学系研究部門から専任教員の振替を行い、研究部門の枠を超え、真に理工が融合した連携組織を作る予定です。この取り組みは、本所が創立百周年を迎える2016年から始まる第3期中期目標期間における、目玉施策の一つと考えております。

これまで同様、皆様方のご協力と、ご指導ご鞭撻をお願い申し上げます。

所長

高梨 弘毅



# 研究室紹介

Division introduction

## 結晶欠陥物性学研究部門

米永 一郎

<http://lab-defects.imr.tohoku.ac.jp/>

### 点と線、そして面

我々は物質中の局所構造の乱れ「欠陥」の解明を進めています。密度は高々 $10^6$ 、ナノスケールですが、物質の特性を支配します。基本のダイヤモンド型構造から複雑なウルツ型鉱構造まで、構造・成因から発現物性まで、静的物性から運動と変性のダイナミクスへ、原子から結晶サイズまで、育成・形成、評価から制御までなど多次元に広がりますが、その目的は欠陥現象の基礎的解明と機能化です。ここでは点状・線状欠陥、そして面状欠陥への視点から最新の成果を報告します。

点欠陥の形成と変性はデバイスの性能と劣化に関与しますが、その定量化と制御が課題です。我々は独自開発の評価法によりSi中の空孔と自己格子間原子を検出し、その形成と移動のエネルギーを決定し、さらに各種不純物との結合で空孔の形成エネルギーが低下することを発見しました。次に、酸素不純物複合体の熱ドナーは従来Siではその影響が知られていますが、我々は独自に開発した高品質Geを用いてその欠陥形成のカイネティクスが酸素原子の会合によって生まれるダイマーの容易な運動を介在とする固体反応であることを見出し、その機構を確立しました。さらに、半導体の特徴的欠陥の水素は、SiとGeでは著しく異なる特徴的な影響を及ぼします。我々は水素同位体であるミュオニウムをSiGe固溶体に用いて、水素ドナー・アクセプターのイオン化エネルギーレベルの組成変化を定量化し、半導体での水素の活性化機構を解明しました。

材料の変形は転位の運動に支配され、半導体ではナイトライド等のワイドギャップ材料を含め、転位の運動が半導体のエネルギーギャップに依存します。この転位の運動の基礎機構に関して、延性-脆性遷移温度以下での温度域で運動する転位の芯構造がglideかshuffleかの長年の議論について、Siの低温変形から明確にshuffle構造であることを見出し、その論争に決着をつけ、原子スケールでの転位構造と動特性の解明を前進させました。次に、青色発光材料として期待されるGaN結晶を用いて、塑性変形で新規に導入された転位はc軸単位長さに約3個の電荷を有し、その周囲に電場が形成されること(Franz-Keldysh効果)、さらに転位芯に沿ってホッピングする電子の一次元伝導(Frenkel-Poole機構)を発見しま

した(図1)。これらから転位の結晶内配線への機能化が期待されます。

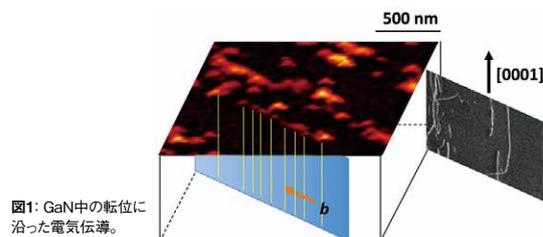


図1: GaN中の転位に沿った電気伝導。

パワーデバイスとして開発が進むSiCでは積層欠陥の異常な発達課題です。我々は積層欠陥の成長を電子線照射下でその場観察し、その一端を構成する転位が電子線で注入されるエネルギーによって運動を活性化することがその素過程であることを解明しました。次に、我々は太陽電池基板用の高性能擬似単結晶シリコンについて、整合性の高い結晶粒界を導入することで自然発生粒界の伝播を抑制・制御する技術を開発しました。さらにそれらの種々の粒界について、各種の不純物が集積する現象を原子スケールで定量化することで、その電氣的・光学的な特性を制御し、機能化しています。図2はSi中の各種不純物の粒界へ集積挙動の違いを明らかにしたものです。Bは集積しません。このような不純物集積は粒境界の特異構造に起因することが第一原理計算から確かめられました。

完全性に優れた結晶中の不規則性や対称性の乱れはいわゆる「欠陥」として除去すべきと思われるがちですが、この欠陥が融体からの結晶化、相変態、そして我々が結晶の物性を利用する機構の起源で、その多元的な理解は欠くことができません。

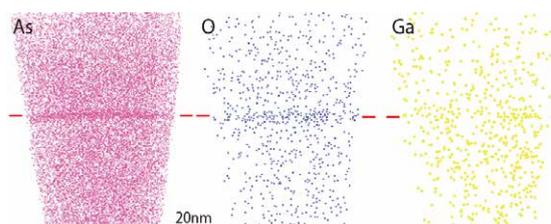


図2: Si中の各種不純物が粒界へ集積する挙動。Asが集積しやすいことが分かります。(赤の点線は粒界位置を示します。)

# 研究室紹介

Division introduction

## 金属組織制御学研究部門

古原 忠

<http://www.st-mat.imr.tohoku.ac.jp/>

### はじめに

当部門は、金研創成期から綿々と続く構造用金属材料の組織と特性の制御を目的とし、従来型のバルク材の結晶構造・組成・粒径等の制御に加え、結晶界面の構造やサブナノスケールの局所構造／組成分布など原子レベルの制御により、力学特性に優れた構造用金属材料の設計・開発を目指しています。2007年には「高純度金属材料学」から研究内容と一致した現在の部門名に変更し、相変態を専門とする宮本吾郎准教授、変形と力学特性が専門の紙川尚也助教、量子ビームを用いた材料解析が得意な佐藤充孝助教と共に、組織と特性の両輪の研究を行っています。

構造用金属材料では、強度上昇にともなう延靱性の低下というトレードオフに打ち勝つことが永遠の命題です。将来の資源・元素危機を見据えて省資源、低環境負荷、希少元素代替という元素戦略的視点も重要です。これらの背景を踏まえて、当部門では以下の主要課題を設定し、研究を推進しています。

- 鉄鋼の低温変態制御による高延性／靱性化
- ナノ析出によるバルク／表面の高強度化
- 超強加工等を用いた結晶粒超微細化
- 先端解析技術を用いた微細組織の解明

大別すると、組織形成現象の基礎的解明および熱処理による高強度化原理の確立になります。

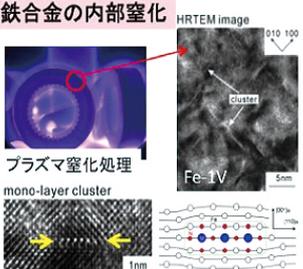
### ナノ析出による鉄鋼の高性能化原理の追求

金属の強化原理の中で、析出／分散強化は最もポテンシャルの高いものです。私たちは、自動車用薄鋼板の高強度—高延性化で重要なナノ合金炭化物の相界面析出（フェライト変態時の成長界面でおこる析出現象）と、最も重要な表面硬化熱処理の1つである窒化におけるナノ合金窒化物の析出の2つに注目し、組織制御と高強度化の研究を展開しています。これらのナノ炭窒化物は降伏強度の著しい上昇を実現すると同時に転位源としても働くことから、転位密度の急激な上昇と頻繁な動的回復が重畳し加工硬化を精緻に制御できる可能性があります。窒化では、安定な合金窒化物の生成の前駆としてAl合金のGPゾーンのような非平衡ナノクラスターが生成し、安定窒化物の優先生成サイトとなって微細分散化と著しい硬化が達成されます。このナノ析出の制御には、微量添加された合金元素と炭素／窒素という軽元素との相互作用の基礎的理解が必要です。このような固溶／クラスタリング／析出の境界領域でのナノ組織制御によりバルク／表面の高強度化原理を確立することが、鉄鋼の元素戦略をキーワードとする当部門の研究の柱となっています。

### 超強加工を用いた結晶粒超微細化

低環境負荷・高リサイクル型鉄鋼材料の強靱化には結晶粒の微細化がキーとなります。真歪み4を超えるような超強加工を形状不変加工プロセスで与えることで、バルク材で今までにない結晶粒超微細化が達成されていますが、異常に大きいホールペッチ強化などの今までの常識を覆すような特異な現象も見出されています。私たちは、鉄鋼およびアルミ合金を中心に、超強加工の応用による超微細粒材料の創製原理を追求し、特異な力学特性の発現原理の解明を行っています。また高温変形時の動的再結晶を利用すると、低温・高速変形により効果的な結晶粒微細化が可能ですが、現在再結晶発現に必要な臨界歪量の低減のために変形前初期組織を制御した研究を行い、マルテンサイト組織を利用することで低歪みでの超微細粒化が達成できることを見出しています。

#### 鉄合金の内部窒化



HRTEM image  
Fe-IV  
Cluster  
mono-layer cluster  
1nm

#### 優れた特性を持つ硬化層形成

**非平衡ナノクラスター**の生成  
→ 著しい表面硬化を付与  
添加元素の選択による高機能化  
→ ・高い表面硬度と大きな硬化層厚さの両立  
・高温窒化での高硬度維持

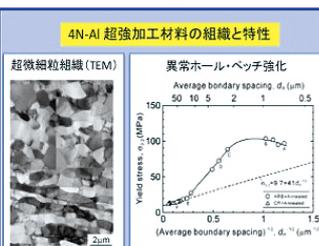
#### 超強加工を利用した構造用金属材料の組織と力学特性の制御

超強加工 (真歪 > 4) による超微細粒化  
— 粗大粒材料の数倍の高強度化  
延性低下抑制の組織制御も可能

種々の特異現象の発現  
・微細粒域での異常強化  
・高純度金属での降伏点降下  
・特異な歪み速度応答 等

基礎現象の解明  
↓  
高機能化の期待

#### 4N-Al 超強加工材料の組織と特性



超微細粒組織 (TEM)  
異常ホール・ペッチ強化

Average boundary spacing,  $d$ , ( $\mu\text{m}$ )  
Yield stress,  $\sigma_y$ , (MPa)

$\sigma_y = 9.741 \cdot d^{-0.5}$

# センター紹介

Center introduction

## 中性子物質材料研究センター

藤田 全基

<http://nc-imr.imr.tohoku.ac.jp/>

### 物質材料科学と中性子科学の相互発展を目指す



図1: 中性子の学校の参加者

中性子物質材料研究センターは平成22年4月に発足したセンターです。中性子のような量子ビームの利用は、個人レベルの一般利用から施設レベルのプロジェクト利用まで多様で、異種量子ビームの相補利用を含め、その利用形態は近年ますます複雑化しています。このような状況において、物質・材料科学の中核拠点であり中性子散乱研究の長い伝統を持つ金属材料研究所が、物質材料科学および中性子科学の継続的相互発展に戦略的に取り組むために、本センターは設立されました。現在、センターでは構成員5名、実務委員5名、運営委員10名(重複あり)において運営に当たっています。

中性子による測定の特徴は“マテリアル・フレンドリー”ということです。社会基盤材料、エネルギー材料で重要な水素やリチウムなどの軽元素、それらと重合した重元素、これら全ての位置と量、結合状態に関する情報を与えるツールです。中性子スピンの性質を利用して、磁性材料の磁気構造を知ることできます。従って、物質材料科学の広範な分野に渡り重要な測定手法と言えます。

中性子は限られた施設でしか利用できませんが、金研は日本原

子力研究機構(東海)の研究用原子炉JRR-3に2台の中性子散乱装置を設置し、管理・運営を行っています。また、2008年に稼働したJ-PARCの物質・生命科学実験施設に大型分光器を新設中です。前者2台は洗練された中性子散乱実験の入門機で、後者は世界最先端の技術を結集した装置です。これらインフラ面での強みを最大限に活かし、材料研究での先端的中性子利用を推進するため、中性子プラットフォームの構築を目指しています。将来的には学内利用枠の整備や中性子利用を容易にする窓口の設置を考えています。また、このプラットフォームを発展させてユーザー同士をつなぎ、新しい研究コミュニティの創出に貢献していきます。

大学におけるセンターの役割として、中性子科学を軸とする若手教育と人材輩出に対する支援も進めています。今年度は、散乱実験の基礎の取得と中性子利用の学習を目的として、初心者から中級者を対象にしたPractice Tour(中性子の学校)をJRR-3にて行いました。この実施に当たっては、学内の中性子散乱物性研究グループとも密接に連携しました。このような連携の元に学内外の交流基盤を整え、日本でもっとも多くの中性子研究者の育成に携わるセンターを目指しています。

躍動する量子ビーム時代における大学の先見的センターとして、学内外の量子ビーム利用コミュニティと共に成長するセンターとして、目的に向け勇往邁進してまいります。



図2: J-PARCに建設中の偏極度解析中性子分光器POLANO

# 研究最前線

## 電力損失の大幅削減可能な ナノ結晶軟磁性材料の開発に成功

超低損失ナノ結晶軟磁性  
材料研究開発センター

牧野 彰宏

<http://nanoc.imr.tohoku.ac.jp>

モータやトランスの磁心における電力損失(鉄損)は、国内電力消費量の約3.4%(火力発電所 7 基相当)を占めます。磁心に用いられる軟磁性材料は、数十年に渡り電磁鋼板(珪素鋼)が用いられてきましたが鉄損の改善は限界に達しています。代替材料として、極めて低い鉄損を示すアモルファス合金が検討されていますが、電磁鋼板( $B_s=1.9$  T)に比べ飽和磁束密度が低く( $B_s=1.6$  T)、磁心が大型化してしまうため、普及には至っていません。高飽和磁束密度と超低鉄損を両立する理想的な磁心材料の開発が、エネルギー消費削減の鍵となっています。

当センターは東北発素材技術先導プロジェクト(文部科学省、復興庁)における超低損失磁心材料技術領域の実施組織として、トランスやモータの磁心における電力損失を低減し、地球規模でのエネルギー消費削減に有効な、新ナノ結晶軟磁性材料の研究開発を行っています。このナノ結晶材料は、東北大学が生み出した特異な自己組織化ナノヘテロアモルファス構造のナノ結晶化を利用し、アモルファス金属中に微小な $\alpha$ -鉄のナノ結晶を析出させた超高鉄濃度合金です。本材料は、鉄が持つ高い飽和磁束密度を維持したまま、ナノ結晶化することで理想的な軟磁気特性を示し、これを磁心に応用することで、小型かつ超低損失な製品が実現できます。

当プロジェクトでは、学内に研究・評価設備を導入し、ナノ結晶生成過程や磁気損失発現のメカニズム解明を進め、ナノ結晶材料の工業化に向けた材料設計指針の確立を進めています。また同時に、仙台市近郊に開設した学外拠点に大型材料作製装置(薄帯、粉末)を導入し、新材料実用化の研究開発を進めています。この結果、既存材料を凌駕する優れた磁気特性を有するナノ結晶合金の開発に成功し、その製造技術に目処をつけました。

本ナノ結晶合金は、厚さ約  $40 \mu\text{m}$ 、幅は最大  $120 \text{ mm}$  の薄帯形状(図1)であり、Fe-Si-B-P-Cu を主成



図1: 幅120mmのナノ結晶合金薄帯

分とする溶融合金から単ロール型液体急冷法により、効率的に直接連続鋳造されます。この合金薄帯を積層あるいは巻回し、適切な熱処理を施すことで、電磁鋼板に匹敵する  $1.84 \text{ T}$  の高飽和磁束密度を実現しました。さらに、結晶平均粒径を  $25 \text{ nm}$ (図2)に抑えることでアモルファス合金磁心並の  $0.3\sim 0.7 \text{ W/kg}$  ( $W_{1.7/50}$ ) の低鉄損(図3)も実現できました。この磁心をトランスやモータに応用すること

で、電力伝送の大幅なロス削減や家電製品の消費電力低減に大きく貢献することが期待されます。本材料は、平成26年10月よりサンプル供給を開始し、民間企業と共同で、モータやトランスへの実用化・工業化を目指します。

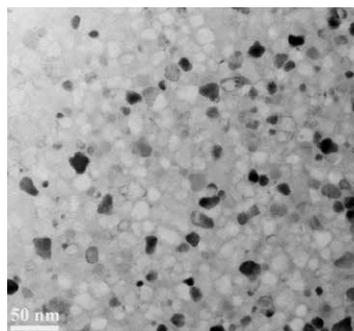


図2: ナノ結晶合金の結晶化組織

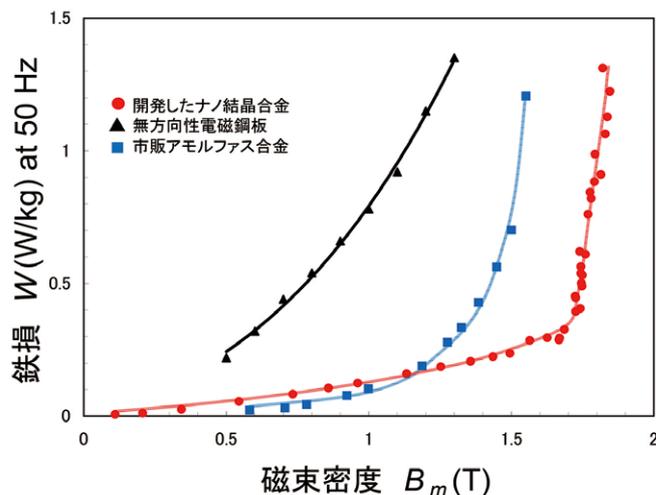


図3: ナノ結晶合金薄帯の鉄損特性

## “錯体水素化物”を実装した 高エネルギー密度型全固体電池の開発

水素機能材料工学研究部門  
宇根本 篤(WPI-AIMR)・折茂 慎一

<http://www.hydrogen.imr.tohoku.ac.jp/>

リチウムイオン二次電池は、他の蓄電池と比較して蓄電容量が大きく、携帯用途からハイブリッド自動車まで幅広く応用が進められています。有機電解液を利用する既存のデバイスコンセプトでは、蓄電容量の設計限界に到達しつつあるとされており、更なる小型化・軽量化を実現するためには、新しいコンセプトの電池が強求められています。

この候補のひとつが全固体リチウム—硫黄電池です。蓄電性能は正負電極の組み合わせで決まります。硫黄正極および金属リチウム負極はそれぞれ従来電池の正極および負極と比較して10倍以上の理論容量を有するため、これらを併用することで従来電池を凌ぐ高い蓄電性能を実現できますが、この硫黄正極を、有機電解液を利用する既存の電池へ適用した場合、硫黄正極は放電に伴って電解質へ溶出してしまいうため、放電と充電を繰り返すことにより蓄電性能が著しく劣化します。この課題に対し、有機電解液に替わる、主に酸化物系および硫化物系無機固体電解質の研究開発が進められていますが、電池への実装が可能な固体電解質はごく一部に限られています。このため、従来の固体電解質開発の延長線上にない新しい固体電解質群の開拓が強く望まれています。

当研究グループではこれまで、“錯体水素化物”の高い機能性に世界に先駆けて着目し、固体電解質としての錯体水素化物の研究開発を鋭意進めてきた経緯があります。現在では、酸化物系および硫化物系に次ぐ「第3の固体電解質群」としての地位を確立しつつあります。錯体水素化物系固体電解質の電池利用には、他の無機固体電解質と比較して以下の利点があります。

- 1) 構成元素に軽元素を選ぶことができるため、軽量材料を設計できます。
- 2) 電気化学的安定性に優れています。このため、硫黄正極や金属リチウム負極など蓄電性能に対して重要な電極を利用した電池を作製することができます。
- 3) 熱力学的安定性に優れています。このため、高温などの過酷な条件でも繰り返し放充電が可能な電池を作製することができます。
- 4) ろうそくの「口ウ」のように変形しやすいため、室温での一軸加圧のみという極めて簡便な方法で電池を作製できます。

本研究でこの錯体水素化物のリチウム—硫黄電池への実装に成功しました(図1)。これは、硫黄と炭素が相互にナノ高分散された複合電極の作製に成功したことと、この硫黄—炭素複合体が変形しやすい性質のある錯体水素化物LiBH<sub>4</sub>の間で強固に密着した、電池

反応を促進する界面の形成に成功したことが要因です(図2)。

本研究により高エネルギー密度型全固体電池の設計指針が得られました。このデバイスコンセプトを実現するためには、“錯体水素化物系固体電解質”の利用が必要不可欠です。今後は、複数企業との産学共同研究を通じて、幅広い温度やさまざまな過酷な環境でも繰り返し放充電が可能な電池の開発を継続し、早期の実用化を目指します。また、元素戦略上重要であるナトリウムイオン伝導体やマグネシウムイオン伝導体の開発とそれらの電池実装を進めます。

本研究は、科学技術振興機構「戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発(ALCA)」、東北大学WPI-AIMRターゲットプロジェクト4、東北大学金属材料研究所低炭素社会基盤材料研究事業及び日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究S(25220911))の支援を受けて実施されました。

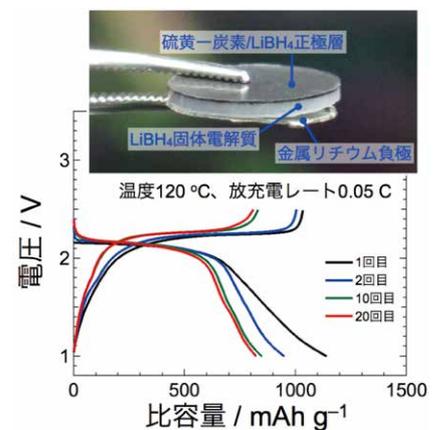


図1: 本研究で開発した全固体リチウム—硫黄電池の写真と放電充電プロファイル。20回の繰り返し放充電後も硫黄正極重量当たりのエネルギー密度は1590 Wh kg<sup>-1</sup>(比容量820 mAh g<sup>-1</sup>)と高い値であった。これは、現行の電池用電極の2-3倍程度に相当します。

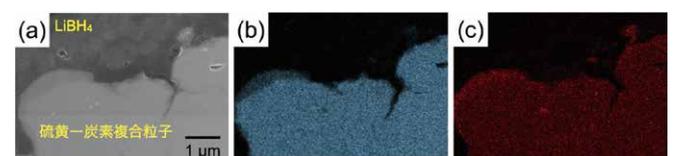


図2: 硫黄—炭素/LiBH<sub>4</sub>正極層断面の(a) FE-SEM像、および(b)硫黄と(c)炭素の分布。硫黄—炭素複合粒子内部では両者が相互に高分散しており、電極活性が劇的に向上する。また、この硫黄—炭素複合粒子はLiBH<sub>4</sub>と密着して良好な接触界面が形成されており、電池の安定動作に寄与している。

# 金研物語

先輩達との出逢い

Kinken Story



写真1: 晩年の山内東一郎師  
資料提供: 仙台市戦災復興記念館

## 山内東一郎師

東北大学 山岳部OB  
酒井 東海雄



### はじめに

かつて、世界の登山家の中で5本の指の中に数えられた名器「やまのうち 仙台・山内東一郎作ピッケル」(「山内」と書いて「ヤマノウチ」と読みます)をご存じの方は多いと思います。私は、昭和26(1951)年東北大学・金属工学科に入学、その年に山岳部に入部しました。そして、同じ仙台に住む山内作のピッケル(写真2-1)を所持する幸運に恵まれ、その後約20年間日本中の山々を、特に1月～5月の冬山を此の山内ピッケルと共に登ることが出来ました。ピッケルとはご承知の通り、普通の山登りに使うステッキ代わりの杖ではなく、積雪期の登山の際に凍結した雪面や氷面を安全に登る為、ブレードと呼ばれる幅の有る金属部で脚もとの氷にステップを切る道具で、この時に同時にスリップ防止の為山靴の裏に取り付けられる鋭い8本以上の鉄の爪を持ったアイゼ

ンと共に、冬山には欠かせない装備です。又ピッケルは、万一スリップ転倒した時に雪面に尖ったピッケル部を切り込ませてスリップを停止させる、セーフティー用具でもあるのです。従ってその金属部は、体重を支える大きな強度と耐低温脆性が求められます。

然し、多くの冬山に挑戦した時代の後に、日本は昭和40年代から高度成長期に入り、当時の私も、新製鉄所建設の為に広島県福山市に転勤になり、それ以後20年程は冬山はおろか夏山にさえ登る余裕もなく過ごしました。結局それを最後に、名器「山内ピッケル」もお蔵のままになって仕舞ったので、何処かこの銘品を保管して頂ける所がないかと、探しておりました。

本年の5月になって、ふと会社時代の親友で東北大学名誉教授の大内千秋さ

んに相談してみた所、1週間程で公益財団法人本多記念会理事長・花田修治先生にご紹介頂き、再来年迎える金属材料研究所の創立百周年を記念して再整備される本多記念館の展示室に飾って頂ける事になり、花田先生は金研・高梨所長への贈呈式まで企画して下さいました。そして、本年6月19日に仙台の金研を訪ねてピッケル等を贈呈し、私もここ10年余りに掛かっていた名器・山内ピッケルが、同じ山内作のアイゼンと共にその最後に名誉ある場所を得ることが出来たのでした。ピッケル、アイゼン、山靴は勿論、昭和41(1966)年に死去された金研で育った世界の名匠山内東一郎師も、きっと喜んで呉れることと思います。これを機会に、埋もれかけた名器・山内ピッケルをご紹介します。



写真2-1: 山内ピッケルとアイゼン



写真2-2: 「東海」銘



写真2-3: 「山内東一郎作」銘

## 1. 山内ピッケルとの出会い

私は戦時中台湾に住み、中学1年から山岳部に入って、新高山、次高山を始め台湾山脈の多くの山を歩いて来たので、昭和26(1951)年に東北大学・山岳部に入部した時には、是非憧れの雪山に登りたいとの希望に胸を膨らませて居た。当時山岳部部室には、常備品として山内のピッケル3本と、同じく山内製のアイゼン3足が常にぶら下がって居た。この山内のピッケルが世界の名品の一つだと知ったのは、入部の半年後頃だったであろう。

その年の冬、生まれて初めて知った雪山の魅力は、何にも例えようの無いものだったし、登山具としてのピッケル、アイゼンの重要性も初めて知ったのだった。当時仙台在住の山岳部先輩・小林さん(東京大学名誉教授・小林浩一さん)が個人で山内のピッケルを所持して居た。小林さんから度々ピッケルをお借りしたり、そのピッケルを入手する迄の苦心談等を伺っているうちに、到頭私も、どうしても山内が欲しくなって仕舞った。初めて山内鉄工所を訪れたのは昭和27(1952)年の5月末だったであろうか。その時先輩から教わったノウハウは「毎月、山内さんの好きな饅頭を持って顔を出せ。それと何時出来る?早くしろ!等は、絶対に言うな。」との事だった。毎月訪問すると、彼は必ず仕事をやめて私と一緒に饅頭を食べ乍らニコニコと私の話を聞いている、どちらかと言うと寡黙な人だった。

その年の10月末だったろうか。何時もの様に饅頭を持って訪問すると「おめーさん体がでかいから、普通より5分長い1尺5分にしようと思うがどうだい。500円程高くなるが、Ni-Cr-Moと言う上等な材料を使うから。」と言うのだ。此処で言う「1尺」とか「1尺5分」とは、ピッケルのブレードとピックを併せた、丁度T字形になったシャフトに直角な部分の長さで、一般にはその長さが1尺(30.3cm)だが、少し長い1尺5分(31.8cm)にするとその事だった。ピッケルの長さは別として、その頃の500円は一寸とした金額だったが、良いも悪い

もあつたものではない。「はい、結構です」と答えて仕舞ったが、その時咄嗟に、「そんな上等なものなら、ピッケルの片面に私の名前の『東海』を彫って貰えませんか?」と頼むと「ああ、良からう。」と簡単に引き受けてくれた。この「東海」の彫りは、現在でも本体背部の中央に読み取れる(写真2-2)。そして暮れの20日頃訪問した時には、ピカピカの1尺5分のピッケルが出来ていた。始めて見た1尺5分のピッケルは、従来型のやや単純なT型に比べ今迄見た事のない様な「反り」の入つたもので、何か凄みを感じたものだった。当時の金額で5,500円、製造番号1865番だった。

多少余談になるが、当時の冬山用の服装の写真が残っていたので、驚くほど粗末な服装だがご参考迄に掲載させて頂く(写真3)。



写真3: 昭和28-29年頃の冬山登山用の服装。一番左が筆者。

## 2. 山内名人の記録

山内東一郎氏は、記録によると青森県の生まれ、小学校卒業後県内の呉服商に奉公し、その後鍛冶屋の徒弟となつたが、明治45(1912)年、22才の時上京を決意して汽車に乗つたが旅費がなくなり途中の仙台に下車、そこを第2の故郷としたと言う。彼は仙台でも鍛冶職人として働くうちに、東北帝大工学部機械工場の職工になり、その後発足した金属材料研究所の初代所長が、東北帝大教授で金属材料の世界的権威、本多光太郎先生だった。本多先生は、当時の機械工場の鍛冶職人・山内東一郎氏の腕を見込んで彼を金属材料研究所に採用したのが、彼の一生を決める事になったと言う。

研究所では、本多所長を始め多くの教授からの指導を受けながら、次第に腕を

上げて行つた山内氏は、所内の求めに応じて試作研究用器具の鍛造の他に各種の熱処理等の仕事もこなすようになった。そうした業務に深く関わるうちに、大正13(1924)年に、ある学生が外国製のピッケルを鍛造工場に持ってきて「こんな物が作れないか?」と山内に相談した。当時の彼は一介の鍛冶職人、当然ピッケルがどんな物かも知らない。しかし山内は一目見てピッケルに魅せられた。そして仕事の合間に見よう見まねで図面を引き、色々な人の意見を聞いて試作品を作ってみた。そんな様子を見ていた東北大OBの立上秀二氏は、開店間もない大阪の登山用品店、好日山荘の西岡一雄氏に頼んで、山内に見本として外国製ピッケル4本を贈った。それらは総てスイス製で、ピッケル本体に、Schenk Grindelwald、Willisch Zermatt、Bhend Grindelwald、Joerg Berner Oberland、の様に、製作地名と名前が入っている所から、彼も「仙台山内東一郎作」の銘をタガネで本体に彫ることになった。これら4本のピッケルは、何れも当時の世界最高品として、No.1のSchenkを始めとして、世界の山岳家に使われていたものばかりで、山内はこれらの見本から、ピッケルは実用的な強度・形状ばかりでなく、その製品が山岳家に愛される「品格」を学んだと言う。昭和2(1927)年には、東北帝大山岳部から10本のピッケルの注文が入つた。翌昭和3(1928)年、東北帝大に入学した榎田定司氏は山内の人柄と腕前を知り、彼に助言を行う一方、好日山荘に試作品数本を販売依頼した。これが大変好評で、翌昭和4(1929)年から正式に山内の銘と、第1番からの製造番号を刻んだピッケルを販売することになったと言う。

この時山内は、金研を退職して新たに「山内鉄工所」として独立したが、彼の作るピッケルの材料が、長い間奉仕した金属材料研究所から供給を受けることが出来たのは、彼の人徳にもよるものだろう。時代は飛ぶが、私の1865番のピッケルを手にした昭和27(1952)年には、1825番が皇太子殿

下、現在の明仁天皇に奉納され、後に昭和32(1957)年には2000番が高松宮に献納されているので、私のピッケルは丁度その間になる。現存している山内ピッケルは千本余ではないと言われるが、既に此の頃老境に入っていた山内は益々寡作となり、年間30本程度で、どうしても山内ピッケルが欲しい人は遙々仙台迄依頼に訪れ、それでも入手できなかった人は多かったと言う。昭和41(1966)年4月山内師没、行年75歳だった。

### 3. その後のピッケル

私が初めてこの山内ピッケルと共に山頂を踏んだのは、昭和28(1953)年4月7日の富士山頂だった。富士山は前年の3月にも挑戦したが、天候に恵まれず涙を呑んでいたのが、このピッケルの初登頂が富士山だったのは大変ラッキーなスタートだった。この時は「このアイゼンは俺にはデカすぎるので、お前に譲ろう」と前記小林先輩から、山内製アイゼンも譲り受けていたので、両者と共に私にとって初登頂となった。このアイゼンは8本爪で、写真2-1の様に大変スリムで軽かったのは、矢張りNi-Cr鋼を使用していた為であろう。

このピッケルの素材は、山内師にいわせると「飛び切り上等なNi-Cr-Mo鋼」で、その成分が知りたくて、金研贈呈時に副所長の佐々木孝彦教授に非破壊検査で成分分析をお願いしたのだが、残念ながら現在の蛍光X線分析でもピッケル本体

のままでは無理とのことだった。以下は私の推定だが、[表1]のようなものではないかと思われる。

昭和28年は卒論と就職の年だったので、それ以上の冬山に行けなかったが、29年就職後も会社で山の仲間に恵まれ、29年5月の八ヶ岳・赤岳を始めとして3月と5月の連休には必ず雪山を訪れ、記録では北穂、奥穂、後立山連峰、乗鞍、仙丈、谷川岳、会津燧岳等15回、ピークの数では25、6峰を、この山内ピッケルとアイゼンと同行して貰っている。またこのアイゼンと共に私の足となって呉れたのは、当時ナーゲル・シューと呼ばれた「山洋社高橋製」山靴だった。未だ硬質ゴム底・ビブラムシューが開発以前の当時の山靴は、皮の裏底にクリンカーとかムガーと言う鉄製の鋏を多く打ってあり、大変に重い雪面での抵抗が大きく、雪渓を下る時はピッケルでブレーキを掛けバランスを取りながら下る「グリセード」と言う技術が楽しみの一つだった。当時の木製シャフト(アオダモと言うヒッコリー材)が、私の山内の場合95cmと大変長いのは、それに使う為でもあったと考えられる。

我々の戦後時代は、銘柄品のピッケルと言えば国産の山内、門田以外殆どが、スイス製のSchenk、Willisch、Bhend等で、ピッケルはブレードで足場を刻みながら登る「カッティング技法」用だったが、昭和50年代(1970年代後半)からフランスで始まった氷壁登攀技術の発展により、ピッケルの形態

記号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SNM431	0.27~0.35	0.15~0.35	0.60~0.90	≤0.030	≤0.030	1.60~2.00	0.60~1.00	0.15~0.30
SNM625	0.20~0.30	0.15~0.30	0.35~0.60	≤0.030	≤0.030	3.00~3.50	1.00~1.50	0.15~0.30

表1: 山内ピッケルに使用されたと推測されるNi-Cr-Mo鋼の成分

## おわりに

6月に仙台の金属材料研究所を訪問し、金研・高梨所長、佐々木副所長、花田・本多記念会理事長に山内ピッケルについて色々ご説明申し上げた際に、同席されて記念写真を撮って頂く等色々お世話に

なった情報企画室・広報担当の高橋佳子さんから「Kinken」に、山内ピッケルの紹介記事を依頼されました。また花田先生や上記の大内先生からも、その後山内に関する多くの情報を頂戴致しまし



写真4: 「竜の落とし子」型の現在アイス・バイル

も大きな転換期を迎えた様だ。短いピッケルを氷壁に打ち込んで登り、それを支点に又登攀を続ける「アイス・バイル」用の、ブレードの無い「竜の落とし子」様な形のもが出てきた事だ(写真4)。この為、シャフトは総てアルミかSUS、チタン等の軽合金製で55cmから65cmと短く、メーカーも現在では、Grivel、Quark、Simon、米国のBlack Diamond、日本の梶田等が多い。尤も総てが「竜の落とし子」型ではなく、一般縦走用のシャフトが真っ直ぐか僅かにカーブした型も多く、前者は①(Technical)、後者を②(Basic)マークで区別している様だ。現在の東北大山岳部室にある常備ピッケルを調べて頂いた所、現有15本は総て真っ直ぐなメタルシャフトの、KAJITAX、Grivel、Black Diamond等で、少なくとも現在の日本の冬期登山では、アイス・バイル用のピッケルは余り必要としない様だ。その他に、今では使われない木製シャフトの札幌・門田製とItaly製が各1本あるとの事だった。また、非常に高価で数は少ないと思うが、前記、大内千秋・東北大学名誉教授の開発された、超軽量・高加工性のオール・チタン合金「SP400」製のピッケルやアイゼンも、現代のヒマラヤ登頂隊等に多く使われていることを、付け加えさせて頂く。

た。それらと、私の当時の記憶を纏めたのが本報です。本多記念館に贈呈品を展示して頂く上に、この様な報告の機会を頂いた、多くの方々に、心より御礼申し上げます。次第です。



藤森 啓安 先生

本所元所長、東北大学名誉教授、藤森啓安先生(元磁性材料学研究部門教授)は、平成26年3月10日に逝去されました。享年79(満77歳)でした。

藤森先生は、昭和34年3月に北海道大学理学部物理学科を卒業後、同年7月に本所の助手に採用されました。その後講師、助教授を経て、昭和54年4月に教授に昇任されました。平成10年4月には所長となられ、平成12年3月に東北大学を停年により退官されるまで、研究・教育にご尽力なさいました。

先生はアモルファス合金の軟磁性の開拓者であり、世界に先駆けて磁歪ゼロのCoFeSiB系高透磁率アモルファス合金を創製し、同時に優れた軟磁性が発現するための組成、熱処理の基本則を確立されました。さらに、金属人工格子やグラニュー構造薄膜などの人工的に制御された特殊構造を有する金属の研究にも取り組まれました。そのご業績に対して、日本金属学会増本量賞、日本応用磁気学会賞、本多記念賞、山崎貞一賞など、多くの賞を受賞されています。

研究には厳しくも、温厚篤実なお人柄で、花を愛し、多くの門下生に慕われる優しい先生でした。ここに先生のご遺徳を偲び、心よりご冥福をお祈り申し上げます。

(磁性材料学研究部門 高梨 弘毅)



深瀬 哲郎 先生

東北大学名誉教授、深瀬哲郎先生(77歳)(元低温電子物性学研究部門教授)は、平成26年8月31日に逝去されました。

深瀬先生は、昭和37年に金研に奉職されて以来、平成13年3月に停年で退官されるまで一貫して特異な性質を有する金属、超伝導体の電子物性物理学の基礎的研究に取り組まれました。また、学内共同利用施設である低温センター(現極低温科学センター)の運営に尽力され全国最大規模の本学における液体ヘリウム供給に貢献されました。研究者としての深瀬先生は、実験に対して常に真摯な姿勢で臨まれ、退官を迎える当日までご自身でガラスデューワーに液体ヘリウムを汲みこみ低温実験を行われていました。実験研究者としてのあるべき姿を多くを語ることなく自らの行動で示されて後進に多大な影響を与えました。

低温物性物理学への静かで深い愛情と暖かい人柄で親しまれた深瀬先生のご冥福を心よりお祈りいたします。

(低温電子物性学研究部門 佐々木 孝彦)

## 本多記念館資料展示室が生まれ変わります

現在進めている百周年記念事業では、講堂のリニューアルに加えて、本多記念館2階の資料展示室についても装いを新たにしている予定です。事務局では、これまでの収蔵物品や資料に加えて本事業で新たに収集したフィルム映像や写真、研究資料などを基にして新しい資料室にふさわしい展示内容・方法の検討を進めています。リニューアル後はこれらの記念物や資料の展示に加えて、資料室内にデジタル視聴スペースを設け、金研百年のアーカイブをデジタルコンテンツとしてご覧いただくことができる予定です。

最近、金研百年の歴史を語る上で貴重な資料となる物品の寄贈のお申し出がありました。6月、東北大学工学部OBの酒井様から「山内ピッケル」を、さらに8月には前東洋刃物社長庄子様より「振武刀」を寄贈いただきました。どちらも金研の歴史を物語る資料として大切に収蔵し、リニューアル後の展示室で紹介させていただくことにしています。

なお、事務局では金研にまつわる貴重な物品や資料写真などの寄贈を受け付けています。皆様のお手元にごございましたら是非事務局へご一報ください。ご連絡をお待ちしております。

百周年記念事業事務局連絡先メールアドレス:kinken100@imr.tohoku.ac.jp



写真上: 元金研技官(鍛造)山内東一郎作「山内ピッケル」  
写真下: 寄贈式(所長室本多光太郎先生胸像前にて 平成26年6月19日)

100 1959-2019  
IMR Institute for Materials Research  
Tohoku University  
創立百周年 東北大学金属材料研究所

# 百周年

## 事務局便り



## Spin Mechanics: ICC-IMR第2回ワークショップ報告

金属物性論研究部門 パウアー・ゲリット

2014年6月21-24日にわたり、磁性体ナノ構造を中心とする物質の力学的性質と電子のスピン角運動量の間の相互作用を主眼にしたICC-IMR国際ワークショップを開催しました。(http://spinmechanics2.imr.tohoku.ac.jp/)

主なトピックスは、アインシュタインド ハースとバーネット効果、マグノン-フォノン相互作用、スピンゼーベック効果、音響誘起磁化ダイナミクスとスピンポンピング、スピントルク誘起力学的回転、ナノスケールポンプおよびモーター、磁気共鳴カスケード顕微鏡、磁気活性型NEMS等、多岐にわたっています。

本ワークショップの第1回目は、2013年2月に茨城県東海村にて30-40名程度の小規模なものでしたが、第2回目となる今回は、出席者総数126人中、海外13ヶ国から45名の参加があり、この分野に対する関心が高まっている手応えを感じることができました。第3回目は、2016年6月ミュンヘン工科大学にて企画中です。

最後になりますが、この度のワークショップ開催にあたり、スポンサー各位、組織委員会、及び、本研究室メンバーを含め、皆様からの多大なご協力に大変感謝しています。



## 金研共同利用ワークショップ「多自由度が協奏する分子システムの科学」

低温電子物性学研究部門 佐々木 孝彦

2014年7月18日(金)から20日(日)の三日間にわたり金研講堂において標記のワークショップを開催しました。本ワークショップ開催の目的は、「多自由度が協奏する分子システムの科学」という新しい学理の構築を目指して、分子性物質の研究者に加えて、物理・化学・デバイス・生体分野の実験・理論研究者が参加した新しい分野融合型研究コミュニティの構築を図ることです。全国から41名の参加者(延べ108名)がありました。異なる分野の研究者間の共通理解を深め共同研究の機会を形成するために十分な議論と交流の時間をとったスケジュールでの20件の口頭発表に加えて若手研究者・大学院生による14件のポスター発表が行われました。本ワークショップを契機にして新たな研究ネットワークや共同研究が生まれることが期待されます。



## 金属材料研究所 第127回講演会

牧野 彰宏

2014年5月28日、春の金研講演会が開催され、130名を超える来場者がありました。

昨年度との変更点として開催期間を2日から1日と短縮し、講演会は午前中から始まり、お昼を挟んで夕方まで5名の講師に講演いただきました。その内容として、一般講演の部では金研の毛利先生、塚崎先生そして藤田先生に各研究分野より多様な視点からの講演が行われました。ひきつづき午後は、室蘭工業大学 航空宇宙機システム研究センターの東野和幸教授による「最近の宇宙輸送系の動向と課題について」と近畿大学工学部部長の京極秀樹教授の「金属粉末3Dプリンタ開発の現状とその可能性」の2つの特別講演が行われ、詰めかけた参加者からも終始活発な質問が寄せられました。その後のポスターセッションも、金研の将来を議論する格好の機会となり有意義な一日となりました。最後に、ご協力くださった関係各位に感謝申し上げます。



## 第84回 東北大学金属材料研究所 夏期講習会

今野 豊彦

第84回 金研夏期講習会が2014年7月28日から30日の三日間にわたり開催されました。今回は講義を「材料フェスタ in 仙台」に共催する形で国際センターで行い、実習は金属材料研究所にて6つのテーマで実施いたしました。材料フェスタは、材料の素晴らしさを主に高校生から大学院生までの若い世代に対して伝えようと東北大学、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構が主催となって開催したイベントで、学生の発表から大学や企業の研究リーダーの講演まで盛況でした。今回の夏期講習会はこの一環として開催されたわけですが、企業、公設試、大学等という幅広い機関層から合計31名の参加があり、講義や実習の内容も様々な機能材料、社会を支える構造材料、コンピュータや解析技術など多岐にわたりました。また併せて本間記念賞受賞講演も行われ、本所の伝統である「産業は学問の道場なり」を強く印象づけた三日間となりました。



### 表紙 について

アモルファス合金中に微小な $\alpha$ -鉄のナノ結晶を高濃度で析出させたナノ結晶合金は、高飽和磁束密度と超低損失を両立した理想的な軟磁気特性を示します。本研究は、従来、研究室で幅1~5mmの小さな薄帯を作製して行いましたが、実用化に向けた大型研究プロジェクトにより、工業化に必要な幅広薄帯の創製に成功しました。この幅広薄帯は、厚さ約40  $\mu\text{m}$ 、幅最大120 mmであり、Fe-Si-B-P-Cuを主成分とする溶融合金から単口ロール型液体急冷法により連続製造されます。この幅広薄帯を磁心材料としてトランスやモータを作製し、省エネルギー効果を実証する研究を本プロジェクトで本格開始しました。(超低損失ナノ結晶軟磁性材料研究開発センター長 牧野 彰宏)



### 編集後記

広報班では、本紙IMRニュースの編集をしながら、金研ホームページの更新も行っていきます。先日業務を振り返って見たところ、11月上旬現在、今年度は平均3日に一度のペースで目に見える形の更新作業が行われていました。ここ2ヶ月ほどプレス発表や受賞が続いたからか、私個人の感覚としては日々慌ただしく何かしらのアップデートしているような気がしますが、ホームページの持つ速報性を活かし「今が大切」の心意気で、今後も金研の活動を伝えて参ります。一方本紙IMRニュースでは、最新と懐古を織り混ぜながら、スピード感をすこし脇に置いてのつもりです。気兼ねなく落ち着いた読み、かつ、アナログ媒体だからこその暖かみのある紙面にしていけたらと思っています。皆様からのご意見をどうぞお寄せください。よろしくお願ひいたします。(菊地 香)



東北大学金属材料研究所  
http://www.imr.tohoku.ac.jp

IMR ニュース KINKEN vol.75 (2014 AUTUMN)

【発行日】平成26年11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 E-mail: pro-adm@imr.tohoku.ac.jp



このパンフレットは環境に配慮した「水なし印刷」により印刷しております。



環境にやさしい植物油インキ「VEGETABLE OIL INK」で印刷しております。