



CONTENTS

トップメッセージ

新たな変革期を迎えて
所長 古原 忠

研究室紹介

先端結晶工学研究部門

退職の挨拶

- 今野 豊彦
- 高梨 弘毅

研究最前線

- 金属ガラスの
ハイレントロピー化に
伴う2つのガラス遷移温度の
デカップリング現象
- 特殊な電子状態を観る新しい手法
- 反強磁性体における大きな
熱電効果のミクロな起源を
放射光で解明
- 標的 α 線療法に必要な材料、
Ac-225の製造技術の確立

金研ニュース

- 第141回金属材料研究所講演会
- 本多記念館に登録有形文化財に
- 人工股関節ステムが、
厚生労働大臣の薬事承認を得ました

表紙について

編集後記



トップメッセージ

IMR TOP MESSAGE



新たな 変革期を 迎えて

所長

古原 忠



2020年4月から務めてまいりました所長の任も早二年が過ぎようとしています。

昨年は1月にピークを迎えた第3波に始まり、最大の感染者数を数えた夏場の第5波の危機的状況を経験するなど、コロナ対策に終始した1年だったと思います。幸いにも大学での職域接種が進むことで、本学の感染者数は低く抑えられてきました。しかしながら、現在 2022年当初から新たな変異種による感染が爆発的なスピードで拡大し、最大の感染者数を数える第6波の真っ只中、このメッセージを書いている状況です。本ニュースが皆様のお手元に届く頃には少しでも収束に向かっていることを祈っております。

ご存じの通り、今年4月からは国立大学の第4期中期目標期間が始まります。本所の取り組みでは、2018年後半に認定を受けた材料科学国際共同利用・共同研究拠点の活動について、昨年11月に最高のS評価を無事いただくことができました。本事業については、先端エネルギー材料理工共創研究センターの取組みとともに第4期における継続が決まっています。その一方で、今まで第1期から3期に渡って進めてきた産学官連携事業については、関係者の並々ならぬ努力で十分な実績を上げてきましたが、その継続が見送られることとなりました。背景としては、文科省において、研究力強化やイノベー

ション創出、DXなどの新たな人材育成の起点として国立大学を位置付けて大きな組織改革を求める一方で、従来型の機能強化の枠組みそのものに見直しがかけられたことがあります。本所としてはこの重要な活動を自助努力で継続しながら、新たな産学連携のあり方を今後模索していく予定です。

現在、日本の学術的研究をリードする主要大学は、「世界に伍する研究大学」としての特定研究大学の認定に向けて揺れ動いています。ここでは、「研究力強化」「自立経営」「ガバナンス強化」といったキーワードが挙げられ、大学法人における新たな選択と集中が指向されています。このような中、東北大学および金研にとっても今年は新たな変革を求められる年になるでしょうが、確固たる研究基盤と信念なくしてはいかなる変革もありません。本所ではしっかりと未来を見据えて対処して参りますので、皆様には引き続きご協力をいただければありがたく存じます。

今後ともどうぞよろしくお願い申し上げます。

研究室紹介

Division introduction

先端結晶工学研究部門

吉川 彰

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

本研究部門では、外部エネルギーと結晶との相互作用を理解し、それに基づいて新規結晶の創成と機能性の追求を行っています。世の中で必要とされる結晶・機能のニーズ探索と、それを実現するための結晶のデザインや、結晶育成技術・デバイス作製技術等のシーズ開発に重点を置き、独自開発のマイクロ引下げ(μ -PD)法による高速融液成長技術による材料探索をベースとして、様々な高機能結晶材料の探索・開発、特性評価、デバイス化を通じて社会実装に繋げています。

シンチレータ結晶と検出器開発

放射線を可視光に変換するシンチレータ結晶において、発光量、エネルギー分解能、蛍光寿命に優れた組成を探索し、放射線検出器やPET診断装置、コンプトンカメラ等へ実用化されています。エネルギー分解能の高いシンチレータの開発や、地中探査用では高温でも発光量が低下しないパイロシリケート型結晶の開発、発光波長の選択性を高めるため緑～赤外領域の発光結晶の開発などを世界に先駆けて実施しており、赤色発光のハロゲン化物シンチレータでは、世界最高の発光量と最速蛍光寿命の開発に成功しました。電子飛跡型コンプトンカメラでは、高線量場での撮像を可能にし、世界初の粒子線治療時と同等の線量レベルでの撮像に成功しました。また、共晶構造を利用して、高屈折率のマトリックス相中にミクロンサイズのシンチレータのロッド相を形成させた光導波型シンチレータを開発し、高空間分解能化も実現しています。

合金ファイバーの開発

市販のIr系合金材料は延性に乏しく割れやすいと考えられていましたが、これは熱間加工で成型されているため粒界が多く粒界割れが発生していたためでした。金属用マイクロ引下げ(A- μ -PD)法の開発により、融液から直接線材を作製することで粒界を極力なくし、単結晶化／グレインの低減に成功しました。本手法で作製したイリジウム系合金線材は柔軟に湾曲させることもでき、耐酸化性も向上しました。この特性から、高温用の熱電対やスパークプラグ電極材としての新しい応用が拓けました。本手法は、Ru-Mo-W合金系の高温・高耐久ヒーター線の開発にも展開しています。

新規結晶作製法の開発

μ -PD法による高速材料探索で発見した特性の良い結晶は、CZ法やBS法により大型で均質な結晶育成を行い実用化に繋げて来ましたが、これらの手法だけでは作製が困難な材料もあります。例えば、ルツボの酸化や融点の問題で作製が困難な材料向けには、原料周囲を冷却して原料自体がルツボとなって融液成長が可能なるルツボフリーのスカルメルト法の開発や、ルツボよりも高融点の材料探索向けには、アーク放電により金属を熱しその周囲に設置した原料を溶融・結晶化させるコア・ヒーティング法の開発も行い、新材料開拓に力を入れています。

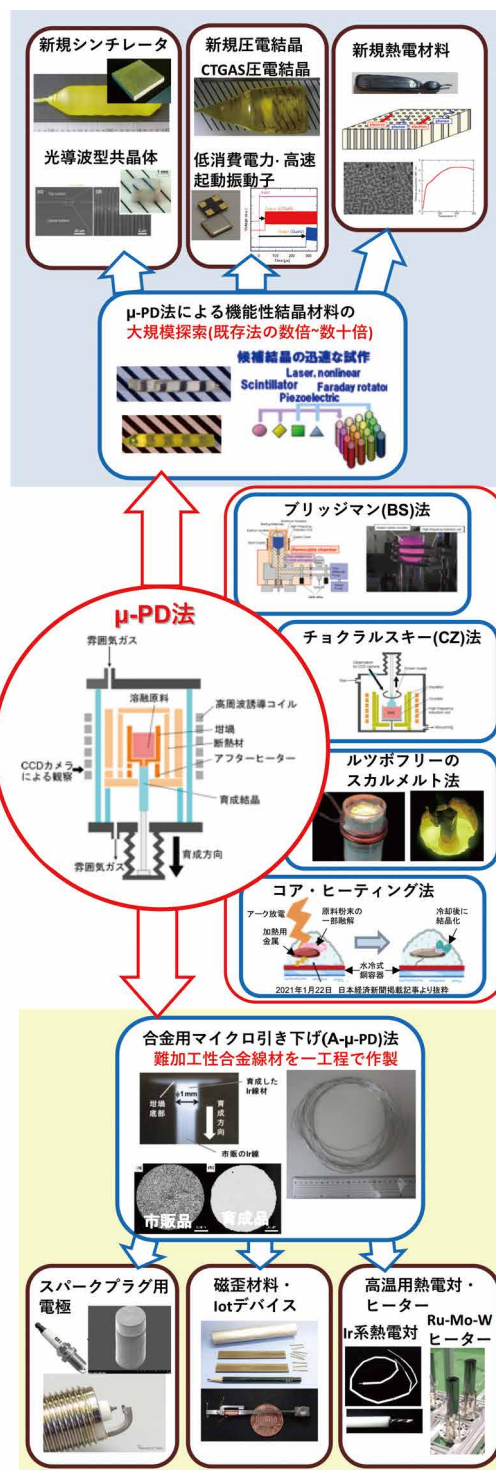
この他にも圧電材料、熱電材料、磁歪材料、有機結晶等、様々な用途に応じた材料開発と周辺技術の開発を進めながら、「世界初の」、「世界最高の」、「世界標準となる」、結晶を創り、文明の発展と人類の幸福に貢献していきます。

融液成長と

異分野融合を特徴とした

革新的新材料・新技術の

研究開発と社会実装



退職の挨拶



不定比化合物材料科学研究部門

今野 豊彦

金研、それは私の原点

木枯らしが吹き抜ける街の姿はいつもどおりで、退職という言葉は自分には縁がないとずっと思っておりましたが、時間はすべての人に平等に訪れるもので、ついにこのときが来たというのが実感です。

私は学生時代からいくつかの異なった立場で金研にお世話になってまいりました。年度で整理しますとおおよそ次のようになります。(i) 学生 (B4-M2) (平林研究室：1978-1980)、(ii) 助教 (鈴木研究室：1993-1998)、(iii) 准教授 (平賀研究室：1999-2001)、(iv) 教授 (2006-2021)。この間、新日本製鐵、スタンフォード大学、大阪府立大学にお世話になり、さらに学生時代も一年はインペリアルカレッジにおりました。要するに私は中途半端のかたまりでして、ある程度深く電頭にかかわるようになったのはスタンフォード時代から、その前は中性子回折を用いた水素化物の相安定性に関わる研究や、会社では鉄鋼材料としてはある意味で異端の方向性電磁鋼板の開発に携わっておりました。

私事はさておき、私が金研で好きなことの一つに様々な分野の研究者が一堂に会し、相互に啓発しながら自由闊達にものごとを考えられる気風があります。私自身、原子核工学科の出身でして、4年生として金研に来たときは、炉と聞いて心に浮かぶのは原子炉という有様で、先生が絶句されていたことを思い起こします。当時の平林研究室のミーティングでは助教授として山口先生、長谷川先生、小岩先生、助手として浅野先生、平賀先生、小野塚先生が一同に介し、さらに学生も金属工学科と原子核工学科からほぼ半数ずつで、そこで議論される内容は長周期合金の回折現象はもちろん、手法としても内部摩擦、陽電子消滅、イオンチャネルリング、材料も金属水素化

物からアモルファスまで多岐にわたり、私のような炉と聞いて原子炉しかイメージできない一学生にとって、まさに「幼稚園からいきなり大学にきた」という心境でした。写真はデバイ・シェラーカメラを用いたフィルムの現像作業で汚れた白衣をまとった当時の自分です。このような姿で徹夜をすると、横には隣の研究室 (木村研) のオーバードクターの方が眠っているというのが当時の研究生活でした。いわばメルティングポット状態だったのですが、しかし、この金研での体験がその後の私の研究に対する姿勢の根幹となったことは疑いのない事実です。

退職という人生の区切りを迎える今、自由奔放な生き方をしてきた自分を文字通り幾度にもわたって受け入れてくださった金研の懐の深さとその伝統に、あらためて心を打たれるとともに、これからの発展を祈念せずにはおれません。

ありがとうございました。





磁性材料学研究部門

高梨 弘毅

36年間お世話になりました！

本年4月から日本原子力研究開発機構の先端基礎研究センターに異動することになり、定年より2年早く東北大学を退職いたします。私が本所に赴任したのは1986年4月ですので、以来36年間の長きにわたり本所の教員として研究・教育に携わってきたことになります。東北大学、特に本所の皆様方には本当にお世話になり、感謝しております。

私が本所に赴任したときは、赤煉瓦造の旧1号館が取り壊される直前で、自らカメラを持って写真を撮ったことを思い出します。私が所属している磁性材料学部門(当時藤森研究室)は本多記念館の一角にあり、翌1987年に新1号館が完成すると、そちら(現在地)に移転しました。本所での私の最初の仕事は、研究室の引っ越しでした。当時と今とを比較すると、いろいろな意味で時代は本当に変わったと思います。当時国立大学の教職員は完全な国家公務員であり、任期もなく、金研の大きな問題の一つは助手の高齢化でした。世の中を見れば、バブル崩壊前で日本経済は絶頂を極め、ジャパンアズナンバーワンとまではやされた時期です。しかし、さまざまな問題を内包していても、当時は今よりもはるかに大学教員が落ち着いて研究することのできた時代だと思います。2004年の法人化以降、毎年運営費交付金は減額され、大学改革の荒波が休む間もなく継続的に押し寄せ、現在大学教員の多くは資金獲得と改革対応に追われて、時間的にも精神的にも余裕を失っているように思います。日本の研究力低下が叫ばれるようになって久しいですが、この状況が解消しない限り、根本的な解決は望めないでしょう。

36年前の話に戻りますが、本所には現在も続いている共融会の花見や院生会のビアパーティーに加えて、秋の大運動会(評定河原が会場でした)や年末の駅伝大会など、たくさんの行事がありました。これらの行事は主催する

側にとっては相当な負担ですので、あまりに多いのは考えものですが、教員、技術職員、事務職員、学生といった職域や立場を超えた交流の場であり、そのような場があることは本所の強みです。今はコロナ禍で中断していますが、花見やビアパーティーは是非続けていくて欲しいと思います。

もう一つ本所の素晴らしいところは、理学系と工学系の教員、そして物理系と材料系の研究が共存しているところです。両者は密接に関係しながらも、その考え方、価値観やコミュニティーのカルチャーはかなり違います。口幅ったいようですが、私は若い頃から両者にまたがるさまざまな分野の方々と交流することによって、分野の枠にとらわれない俯瞰的なものの見方を身に付けることができたと思っています。

36年をふり返れば、つらく苦しかったことから楽しく嬉しかったことまで、本当にたくさんの思い出があります。中でも、安全衛生管理室長として経験した2011年の東日本大震災への対応や、所長在任中の2016年に行われた本所創立百周年の記念行事は特に忘れられません。また研究面では、金属人工格子の研究から出発し、スピントロニクスそしてスピン流研究の発展に微力ながらも貢献することができました。そして今また金属人工格子を見直す研究を行っているのは、歴史は繰り返すと感じています。

管理運営面においても、研究面においても、研究室、本所、本学、そして学内外の多くの人々に支えられ、また導かれて、何とかやってこられました。36年を過ごした金研を去ることは言葉では表わすことができない深い感慨を覚えます。本当にお世話になりました。

本所そしてご関係の皆様のますますのご発展とご活躍をお祈り申し上げます。

金 属 ガ ラ ス の ハ イ エ ン ト ロ ピ ー 化 に 伴 う 2 つ の ガ ラ ス 遷 移 温 度 の デ カ ッ プ リ ン グ 現 象

©掲載論文: Nature Communications

©タイトル: Decoupling between calorimetric and dynamical glass transitions in high-entropy metallic glasses

非平衡物質工学研究部門

加藤 秀実

<http://www.nem2.imr.tohoku.ac.jp/>

金属ガラスは、高強度、高靱性、優れた軟磁性などで知られる一方で、ほぼ無秩序に凝集した簡単な構造モデルで表されるため、ガラス遷移に関する基礎研究の対象材料としても大いに注目されています。最近、ハイエントロピー合金という新概念を金属ガラスに適用し、これら2つの概念を併せ持つ新たな合金を開発し、新奇な性質を見出す研究に注目が集まっています。本研究では、金属ガラスのハイエントロピー化を意図的に促進すると、比熱(熱力学)と粘性率(動力学)の変化から検出される2つのガラス遷移温度の間に存在する密接な対応関係が崩壊する“デカップリング現象”が生じることを初めて明らかにしました。この現象は、均質化したガラス構造に起因し、ハイエントロピー合金のコア効果の一つとして知られるスラギッシュ拡散も関与していると考えられます。今回実験的に示された熱力学および動力学的ガラス遷移温度のハイエントロピー化に伴うデカップリング現象は、物質のガラス遷移を根本的に理解する上で重要なヒントを与えていると考えられます。

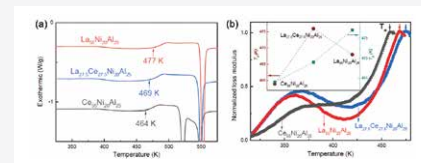


図1a: La₅₅Ni₂₀Al₂₅ MGとCe₅₅Ni₂₀Al₂₅ MGおよびLa_{27.5}Ce_{27.5}Ni₂₀Al₂₅ HE-MGを20 K/minで昇温して得られた示差走査熱量分析(DSC)曲線(熱力学のガラス遷移温度T_gを矢印で示した)。図1b: La₅₅Ni₂₀Al₂₅ MGとCe₅₅Ni₂₀Al₂₅ MGおよびLa_{27.5}Ce_{27.5}Ni₂₀Al₂₅ HE-MGに1 Hzの強制振動を付加し、3 K/minで昇温して得られた損失弾性率曲線(それぞれ最大値で規格化し、動力学的ガラス遷移温度T_dを矢印で示した)。また、挿入図は組成変化に伴うT_gとT_dの変化を示している。

特 殊 な 電 子 状 態 を 観 る 新 し い 手 法

©掲載論文: Scientific Reports

©タイトル: Detecting halfmetallic electronic structures of spintronic materials in a magnetic field

附属新素材共同研究開発センター

梅津 理恵

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

片側のスピンバンドが半導体的で、もう片方のスピンバンドが金属的である磁性材料(ハーフメタル型磁性体)は、スピントロニクスデバイス素子の材料として有用であり、理論計算では実に多くの物質が提案されてきました。しかしながら、本当にそのような特殊な電子状態を有しているかどうかは、なかなか実証されませんでした。本研究では、その候補物質として代表的なCo₂MnSiホイスラー合金の良質なバルク単結晶試料の育成に成功し、軟X線を用いた共鳴非弾性X線散乱(RIXS)測定を磁場中で行うことで、その物質が特異な電子状態を「本当に」有することを実験的に示しました。さらに、アップとダウンのどちらのスピンバンドにギャップが形成されるのか、そしてそのギャップ幅の大きさなどが元素別に評価できるなど、様々な情報が得られることを明らかにしました。RIXSがハーフメタル型磁性体の電子状態を調べるのに非常に有効であることを示す研究成果であり、今後の系統的研究の進展が大いに期待されます。

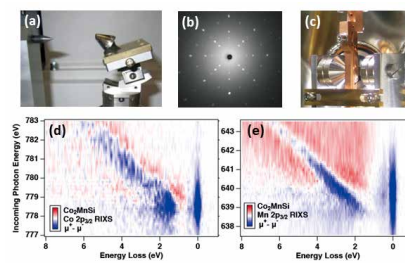


図: (a) Co₂MnSiバルク単結晶と(b)ラウエ斑点。(c)試料に磁場を印可させるためにチャンパー内に設置されたマグネット。Co₂MnSiのCo(d)とMn(e)のRIXS-磁気円二色性の強度マップ。

反強磁性体に おける大きな 熱電効果の ミクロな起源を 放射光で解明

©掲載論文: Nature Communications

©タイトル: X-ray study of ferroic octupole order producing anomalous Hall effect

磁気物理学研究部門

木俣 基

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

物質中のミクロな磁石であるスピンの起源となつて熱を電気に変換する磁気熱電効果や電子の進行方向が曲がる異常ホール効果が、次世代のエネルギーハーヴェスティングや磁気センサの要素として期待されています。これまで、この様な効果はスピンの方向に揃った強磁性状態で大きくなることが知られていましたが、近年スピンが互いに打ち消し合うように配列した反強磁性でも大きな効果が報告され、その起源に関心が集まっています。今回我々はそのミクロな起源として理論的に提案されていた「磁気八極子」を放射光X線分光で検出することに成功しました。この磁気八極子は従来のスピンよりも高速制御が可能で、スピントロニクスデバイスの大幅な高速化などにも貢献すると期待されています。本研究の成果は新機構に基づくスピントロニクスや熱電変換機能の起源を探る新手法の提案であり、放射光X線計測の新たな可能性を拓くと期待されます。

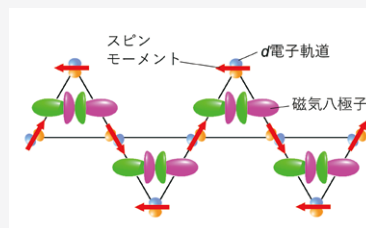


図:本研究で対象とした反強磁性体Mn₃Snにおけるスピンと磁気八極子の配列パターンの模式図。赤矢印はスピンを示しており、ピンクと緑で描く電子軌道が磁気八極子を示しています。磁気八極子はピンクと緑で示した異なる符号を持つ磁極に対応する部分が打ち消し合う様に分布するため、全体としては磁石としての性質を持ちません。しかし原子レベルで眺めると、ピンクと緑の空間分布が局所的な巨大磁場を生みます。この局所的な巨大磁場が、強磁性状態のような大きな物性応答の起源と考えられています。図に示す様にMn₃Snでは磁気八極子が揃った状態が実現しています。

標的α線療法に 必要な材料、 Ac-225の 製造技術の確立

©口頭発表: 第34回欧州核医学会において、Top Rated Oral Presentationとして発表

©タイトル: Hitachi, Tohoku University and Kyoto University Become World's First to Establish Technology for Highly Efficient, High-quality Production of Actinium-225, a Material Required for Internal Radiation Therapy Called TAT

アルファ放射体実験室

白崎 謙次

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

がん細胞に集まる性質を持つ薬剤にα線放出核種を標識し、壊変に伴い生じるα線(ヘリウム原子核)によりDNAを破壊してがん細胞を殺傷する治療法を標的α線療法(TAT: Targeted Alpha Therapy)と言います。使用されるα線放出核種の中でも、アクニウム225(Ac-225)は末期去勢抵抗性前立腺がん患者への適用により完全寛解に至ったとの報告があり、この核種を用いたTATは高い関心が寄せられています。しかし、Ac-225は天然に存在しない核種であり、定常的な供給手段の確立が重要な課題です。従来Ac-225は、トリウム229からのミルキング、つまりTh-229(α壊変)→Ra-225(β壊変)→Ac-225の放射平衡状態から分離されるのですが、そもそもTh-229が稀少であるため、この方法で得られるAc-225の量では想定される使用量を賄うことは不可能です。そこで、ラジウム-226(Ra-226)の光核変換によるRa-225製造、壊変生成するAc-225をラジウムから分離する技術を、本学電子光物理学研究センターの電子線形加速器を用いて確立しました。この技術は、Ac-225の安定供給、ひいては国内のTATの進展に大きな影響を与えるものと期待されます。

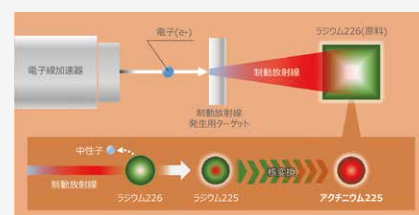


図:電子線形加速器を用いたアクチニウム225製造の概念図(本学プレスリリースより)

第141回金属材料研究所講演会

吉川 彰、井口 敏

令和3年11月30日(火)～12月1日(水)、第141回金属材料研究所講演会をハイブリッド形式(Zoom)で開催いたしました。特別講師の小出康夫氏からは「次世代半導体材料・デバイス開発における材料学的展望」と題し、カーボンニュートラルの実現を目指したシリコンやパワー半導体産業における世界的動向、既存物質から有望物質までの研究・開発状況や問題点などをお話いただきました。一杉太郎氏からは「機械学習とロボットが”自律的”に研究を進める時代に、人間の研究者は何をすべきか?」として、ロボットによる材料研究・実験の世界最先端の設備を具体的な映像とともに紹介いただきました。本所教員による一般公演と学生も参加するポ



古原所長(中央)、吉川教授(左端)、井口准教授(右端)と、ポスター賞受賞者

スターセッションでは学生・教員同士の活発な議論が行われました。今回は、事前申込みを済ませた所内の教員や学生は講堂で聴講できるハイブリッドイベントの為、生の講演を聞く機会が少なかった学生にも貴重な機会となりました。



特別講演1:
物質・材料研究機構
機能性材料研究拠点
次世代半導体グループ
特命研究員/
グループリーダー
小出 康夫 氏



特別講演2:
東京工業大学物質理工学院 教授、
物質・情報卓越教育院
副教育院長
一杉 太郎 氏

本多記念館が登録有形文化財に

金属材料研究所 総務課総務係

令和3年10月14日に、本所の「本多記念館」が登録有形文化財に登録されました。「本多記念館」は、本所の初代所長で、東北帝国大学第6代総長でもあった本多光太郎博士の本学在職25周年を記念し、昭和16年10月に建設されました。

●本多記念館・資料展示室・記念室ウェブサイトはこちら

<http://www.imr.tohoku.ac.jp/ja/public/memorial-hall/>



人工股関節ステムが、厚生労働大臣の薬事承認を得ました

正橋 直哉

花田治治名誉教授と本所産学官広域連携センター、および本学医学系研究科井樋栄二名誉教授が、企業との共同研究により開発した人工股関節用チタン合金製インプラント(ステム)が、このほど厚生労働大臣から薬事承認を得ました。このチタン合金は、生体に安全な元素から構成され、大腿皮質骨のヤング率(10～30 GPa)に近い36 GPaというチタン合金としては世界最小値を示すことから、応力遮蔽による廃用性骨萎縮の抑制が可能となりました。

この成果をまとめた論文は、国際的な学術論文の評価機関“Advances in Engineering”(AIE)により、材料工学分野で特に重要度の高い論文に選ばれました(選出される割合は全世界で毎月国際学術誌に掲載される論文総数の0.1%以下)。また論文のHighlight はニュース速報として、AIEのWebサイトで紹介されました。さらに、ステム近位部に局所熱処理を施すことで析出硬化による高強度化を実現でき、部位によって求められる異なる力学機能を併せ持つ画期的なステムです。



論文はこちらから
(AIEウェブサイト)



人工股関節用チタン合金製インプラント

表紙について



2021年10月9日(土)に片平まつり「きんけん一般公開2021 ～きんけんチャンネル 最先端の材料研究にふれる～」を開催しました。今回は新型コロナウイルスの影響でYouTubeでのライブ配信となりました。藤原研究室の結晶成長の実験映像、強磁場センターの巨大磁場を使った磁気浮上実験の様子など、オンラインならではのコンテンツから実験を体験していただける内容をお届けしました。また、古原所長による歴史ある金研の紹介や、事前に募集した視聴者からの質問に研究者が答えるコーナーもあり、科学のチカラや金研の魅力を感じていただける番組となり、たくさんの方にご視聴いただけたと思います。きんけん一般公開の特設サイトでは、複数の研究室が作成した研究室紹介や実験動画がご覧いただけます。ライブ配信のアーカイブ動画もご覧ください。(情報企画室広報班)



編集後記

本号表紙でも大々的にフィーチャーしているように、昨年10月9日、実に4年ぶりとなる「きんけん一般公開」が開催されました。コロナ禍にて残念ながらオンライン配信のみの限定開催となりましたが、広報班一同、オンサイト開催時に負けじと知恵を絞り、とても楽しいイベントにすることができたと自負しております。私は質問コーナーの司会を担当させて頂きましたが、慣れない生放送にでぎこちな司会進行となってしまったことを悔いる一方、貴重な体験ができたと思っています。YouTube公式チャンネルにてアーカイブ配信を行っていますので、まだご覧になっていない方はぜひチェックしてみてください。(高木成幸)

IMR NEWS

KINKEN

IMR ニュース KINKEN vol.95
(2022 SPRING)

東北大学金属材料研究所

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

【発行日】令和4年3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@grp.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性インキ
「VEGETABLE OIL INK」で
印刷しております。