

Materia Japan

- 非晶質物質の局所構造解析
- 「新技術・新製品」

まてりあ

Vol.55 MTERE2 55 (1) 1~44 (2016)

2016

1

超精密転写樹脂 —0.1 μm以下の転写精度—

【シリコン樹脂 プロビルノボ】

【光硬化型樹脂 テクノビット2220】



- 適度な弾力を持ち複雑な形状の転写に最適
- 反応時の温度上昇が全くない
- 5分以下の硬化時間
- パテタイプ（ゴム状）、注射器タイプ（低粘度）の2種類
- 機械部品の磨耗測定や複製用のモールドなど多彩な用途に

- 約40秒で完全硬化（ブルーライト照射）
- 微細構造の転写に最適
- 硬さがあり折れ曲がらない
- 硬化時間が周囲温度に依存しない（0℃～50℃）
- コーティングなしでSEM観察が可能

株式会社
NM ニューメタルスエンドケミカルス
コーポレーション 機械部

本社 〒104-0031 東京都中央区京橋1-2-5 (京橋TDビル)
電話 03-5202-5620 FAX 03-3271-5860
大阪支店 〒541-0041 大阪市中央区北浜2-5-23 (小寺プラザビル)
電話 06-6202-5108 (代) FAX 06-6223-0987

弾性率と内部摩擦(減衰性能)測定装置の総合、専門メーカー

日本テクノプラス株式会社

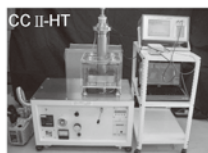
弾性率から弾性スティフネス Cij 測定へ！

ヤング率やポアソン比などの弾性率は材料研究に於いては基礎となる物性定数です。いかに精度良くその値を求めめるかが最先端研究には要求されます。

従来の弾性率測定は材料試験機をはじめ超音波法や共振法では材料組織が等方性である、という前提で測定されてきました。しかし現実には異方性のものがほとんどです。これからの材料研究や開発にはマクロの弾性率だけでなく、ミクロな結晶各面に働く弾性スティフネス Cij (弾性定数) が重要になるのではないのでしょうか。

それらの弾性定数 Cij を測定できるのが弊社の CC シリーズと CC II シリーズで、Cij を測定しヤング率等の弾性率を求めます。

CC 型は圧電素子で試料を挟み試料内の結晶面から生じるすべての共振振動を検出して解析する装置で、CC II 型は電磁超音波共鳴法を用いてある特定の方向の共振振動のみを発生させて解析するものです。CC 型では8モードあると言われていた振動すべてで解析するのに比べて、CC II はモードを特定して測定できるので解析が容易になり、単結晶だけでなく多結晶も、直方体だけでなく円柱形状試料も測定できるなど活躍の場を拡げている装置です。これからの新素材研究の力強いツールへと成長し、最先端研究者に期待されている装置です。



多様な測定法を駆使した測定装置群

高温弾性率、内部摩擦測定装置 EG シリーズ
高温での測定では容易さ、安定さで最高です。

高精度自由共振式弾性率、内部摩擦測定装置 J シリーズ
なんといっても高精度、高信頼性。

インパクト式ヤング率、減衰率測定装置 IE シリーズ
現場での品質管理や大型試料のヤング率などの簡易測定。

薄板、細線用弾性率、内部摩擦測定装置 T シリーズ

圧電式 弾性定数、弾性率測定装置 CC シリーズ
典型的な異方性試料の直方体単結晶の弾性定数、弾性率測定。

電磁共鳴式 弾性定数、弾性率測定装置 CC II シリーズ
単結晶だけでなく多結晶も、直方体だけでなく円柱試料も、弾性定数(弾性スティフネス Cij)から弾性率を求める最先端測定装置。

メカニカルスペクトロメーター MS シリーズ
強制振動式内部摩擦測定装置。低周波の周波数依存性測定。

共振式薄板疲労試験装置 RF シリーズ
試験中のヤング率の変化を表示し、高速試験、小型、静音と特長揃いの高評判の疲労試験装置。

連絡先 大阪市淀川区木川東 3-5-21 第3丸善ビル (新大阪付近)
06-6390-5993 ntp@nihon-tp.com http://www.nihon-tp.com

◎ 会告原稿締切：毎月1日



翌月号(1日発行)掲載です。

- 支部行事：shibu@jim.or.jp
- 本会記事：stevent@jim.or.jp
- 掲示板：materia@jim.or.jp

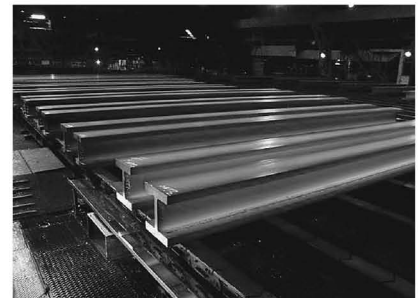
巻頭言	年頭のご挨拶 福富洋志	1
プロムナード	デバイス応用をめざした新材料・新物性研究の取り組み方 浅井彰二郎	3
最近の研究	STEM 電子回折法による非晶質物質の局所構造解析 平田秋彦 陳 明偉 非晶質合金における原子クラスターの直接観察について紹介。	8
新技術・新製品	粒界反応析出抑制による疲労特性に優れた Cu-Ti 合金の開発 鎌田俊哉 佐々木史明 菅原 章	15
	積層造形技術による金属製カスタム照明の開発とデライト価値の創出 寺西正俊 西田一人 中野貴由 田中敏宏 掛下知行	18
	機械特性とりサイクル性に優れたカーボン強化マグネシウム合金の開発 橋本嘉昭 日野 実 村上浩二 斉藤 研 金谷輝人	21
	溶銑の新脱硫技術による高効率化 中井由枝 松井章敏 菊池直樹 鷺見郁宏 三木祐司	24
国際学会だより	123HiMAT-2015報告 堀内寿晃	27
	第16回 KIM-JIM シンポジウム開催報告 成島尚之	28
談話室	中学校 技術・家庭（技術分野）での金属教育について 北村一浩	29
はばたく	これまでの研究生活を振り返って 森 真奈美	30
本会記事	会告	31
	支部行事	36
	掲示板	37
	書評	38
	会誌・欧文誌1号目次	39
	次号予告	40
	新入会員	40
	金属学会セミナー開催報告	41
	行事カレンダー	42
	追悼	44

会誌・欧文誌の投稿規定・投稿の手引・執筆要領、入会申込書、刊行案内はホームページを参照下さい。
<http://jim.or.jp/>

表紙デザイン：北野 玲
複写をご希望の方へ

本会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(一社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター((一社)学術著作権協会が社内利用目的の複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合においては、その必要はありません。(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です。)

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F
FAX 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp <http://www.jaacc.jp/>
複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、直接本会へご連絡下さい。



私たちは、世界最高のものづくりの力を追求し、優れた製品・サービスの提供を通じて社会の発展に貢献することを基本理念に、総合力世界No.1の鉄鋼メーカーを目指します。

鉄という素材は自動車や造船、社会インフラなど様々な分野で使われており、今後も需要が期待されています。

当社は、「人は価値創造の源泉である」と考え、若手には失敗を恐れず何事にも積極的に挑戦してもらっています。

是非、当社の幅広い活躍フィールドをご覧ください。



新日鐵住金株式会社

■お問合せ：人事労政部 人材開発室

〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1

Tel : (03) 6867-2242

採用ホームページ : <http://www.nssmc.com/recruit/hq/index.html/>

E-mail : saiyou@jp.nssmc.com



JFE

挑戦・柔軟・誠実 JFE スチール



JFE スチールは、
常に世界最高の技術をもって
社会に貢献します。

JFE スチール 株式会社 〒100-0011 東京都千代田区内幸町2丁目2番3号(日比谷国際ビル) TEL 03 (3597) 3111 URL <http://www.jfe-steel.co.jp/>

“你知道 KOBELCO 吗?” (中国語)

“क्या आपको KOBELCO का पता है?” (ヒンディー語)

“คุณรู้หรือไม่ KOBELCO?” (タイ語)

“KOBELCO 를 알아요?” (韓国語)

“Bạn có biết KOBELCO?” (ベトナム語)

“Do you know KOBELCO?” (英語)

世界で噂されています。

KOBELCO

どこにもないモノへの挑戦

特殊黒鉛製品（等方性黒鉛）

等方的な構造・特性をもった黒鉛

- 2,000°C以上の超高温下で安定使用が可能
- 金属材料に比べ、かさ密度が低く軽量
- 機械加工性に優れ精密な加工が容易

【製品例】



工業炉用ヒーター



ホットプレス用鑄型
(カットモデル)



連続鑄造用ダイス



真空蒸着用るつぼ

C/Cコンポジット製熱処理製品

様々な形状に加工可能な複合材料

- 金属製と比較して、高温強度が高く変形しません
- 処理量アップの提案でトータルコストの削減に貢献

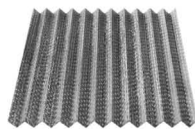
【製品例】



ベーストレイ(グリッド)



バスケット



波形トレイ



スプリング

東洋炭素 等方性黒鉛

検索

その他、用途に応じたきめ細かなご提案をいたします。

東洋炭素株式会社

【本社】〒555-0011 大阪市西淀川区竹島5-7-12 Tel 06-6472-5842 Fax 06-6472-6011 www.toyotanso.co.jp

おかげさまで創業100周年

100th
SINCE 1916

★ 大同特殊鋼

年頭のご挨拶

公益社団法人日本金属学会 会長 福 富 洋 志

皆様、新年明けましておめでとうございます。

公益社団法人に移行致しまして丸3年となる年を迎えました。会員の皆様のご協力をいただきまして、公益法人に求められる様々な要件を満たしつつ学術の発展を担う法人としての運営が、なお課題はあるものの徐々に軌道に乗って参りました。

昨年11月末に、本会会長が理事を務める(公社)日本工学会が国立京都国際会館で第5回世界工学会議(World Engineering Conference and Convention 2015: WECC2015)を開催しました。Engineering: Innovation and Societyを掲げたこの会議で、地球温暖化の問題が主題の一つにあらためて取り上げられました。会議初日は偶然にもフランスで開催されたCOP21の初日でもあり、時を同じくしてエネルギー消費の低減が世界の未解決重要課題としてクローズアップされました。このエネルギー課題をはじめ、現代社会の抱える様々な課題の解決に対して「金属及びその関連材料の学術及び科学技術の振興に関する事業を行い、不特定かつ多数の者の利益の増進に寄与することを目的とする」本会の活動の重要性がますます増していると感じております。

年頭にあたり、会長就任のご挨拶の中で紹介させていただいた本会の活動方針につきまして、これまでのご報告と今後の方針につきまして述べさせていただきます。

日本金属学会誌の情報発信力を強化するために、電子ジャーナルの個人研究目的に限定したフリーアクセス化、Graphical Abstractの掲載、投稿・掲載料の無料化を実施して参りました。その結果、昨年3月から12月で各号の平均ページ数が61ページとなり、前事業年度の36ページから大幅に増加しました。また、欧文誌Materials Transactionsでは企画特集の充実、Technical Article分類の新設などの方策を実施してきました。これらにより投稿数は増大し、昨年3月から12月で各号の平均ページ数は182ページとなり、前事業年度の149ページから、和文誌と同様に大きく増加しました。このように、和文誌、欧文誌共に新しい試みが一定の成果をあげつつあります。しかし、インパクトファクターは、残念ながら和文誌、欧文誌共に高くはない状態が昨年も続きました。欧文誌ではインパクトファクター向上のために電子ジャーナルの個人研究目的に限定したフリーアクセス化範囲の刊行後半年前までの拡大、OverviewおよびReviewの増強、引用文献通知および注目論文等の一斉メール配信など様々な方策を実施して参りました。方策の効果は少し時をおいて現れると考えられますので、投稿数の増加策と様々な方策が質の向上をもたらしているかについては、今後を期待することとしてこれらを継続し、その効果を見極めながらさらに方策を講じていくことと致しました。

会員の皆様におかれましては、優れた研究成果を積極的にご投稿いただくと共に、その研究が発展して生まれた成果も和文誌、欧文誌に是非続けてご投稿いただきたいと存じます。また、会員のための情報誌である会報につきましては、電子ジャーナルの配信を継続すると共に、会員の皆様が手離せない、魅力ある情報誌として内容の充実に努めて参ります。



昨年の春期講演大会は東京大学駒場 I キャンパスで開催致しました。講演件数は721件、参加者は1,322名でありました。また、九州大学伊都キャンパスで開催した秋期講演大会の講演件数は915件、参加者は1,375名でした。前事業年度の春期講演大会と秋期講演大会の講演件数、参加者数はそれぞれ825件、1,425名、960件、1,496名であり、残念ながらこのところの減少傾向に歯止めをかけることはできませんでした。魅力ある講演大会にするための諸方策の検討を現在進めているところですが、会員の皆様におかれましては、本年の講演大会で多くの講演がなされ、金属及び材料工学分野の研究が活性化するようご協力をお願いする次第です。

昨年の春期講演大会では、学生の進路選択の参考に資することを目的とした企業説明会を初めて実施致しました。企業35社、学生118名が参加する盛況な催しとなりました。産学いずれにとりましても意義のある企画であり、今春は合同開催される日本鉄鋼協会の春季講演大会に参加する学生も参加できるようにして引き続き開催します。

調査・研究事業においては、人材育成委員会が作成した高校生向けホームページをオープンします。企業の若手人材育成をめざした出前講義も継続します。国内連携では日本鉄鋼協会との緊密な連携を基本に、材料戦略委員会および男女共同参画委員会活動を推進し、Materials Transactions 共同刊行編集委員会等を通じた材料系学協会との連携活動も引き続き強化推進して参ります。

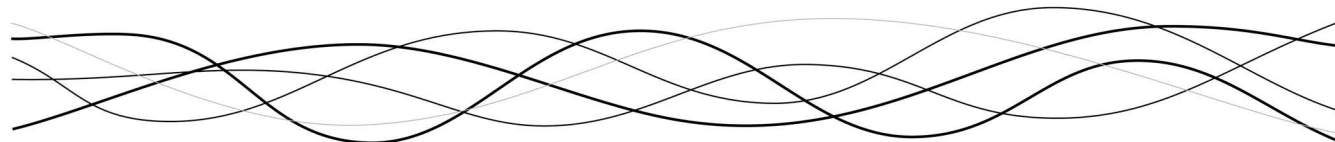
日本技術者教育認定機構(JABEE)との連携も進めます。本年、材料戦略委員会の世話学会が日本鉄鋼協会から本会に交代します。本年は第5期科学技術基本計画がスタートし、文部科学省科学研究費補助金の平成30年大改正の内容が決定する年でもあります。このような大きな変革の中で、本会は材料系学協会のリーダー学会として材料分野の研究者・技術者が存分に活躍できる場を提供できるよう努めて参ります。皆様のご協力をお願い申し上げます。

国際連携では、昨年も大韓金属・材料学会(KIM)とのKIM-JIM シンポジウムの開催、米国 The Minerals, Metals & Materials Society(TMS)とのJIM/TMS Young Leader International Scholar Program による交流を行いました。また、材料分野の国際連携組織である International Organization of Materials, Metals and Minerals Societies (IOMMMS)との連携事業である World Materials Day Award も実施致しました。KIM-JIM シンポジウムは、チタンをテーマとして韓国から8名の研究者を迎えて秋期講演大会時に開催されました。関係者のご努力のおかげで大変盛況でありました。大韓金属・材料学会と本会とは毎年互いに会長を講演大会に招待し、挨拶をする交流を続けており、昨年も実施致しました。本年はKIM 創立70周年にあたり祝賀訪問いたします。これらの国際連携活動を本年も継続実施致します。さらに、本年8月にはPRICM9 国際会議(9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processig)を主催学会として国立京都国際会館にて開催致します。これにつきましても会員の皆様のご協力をお願い申し上げます。

本会は、諸先輩のご活躍を礎に今も着実に歩みを進めております。しかし、会員数や講演大会での講演件数、参加者数の増加をはじめ学会活性化のための努力を常に重ねておく必要があります。なかでも会員数の増加は学会活動活発化の基盤であり、学会の基幹的活動である学術誌の充実、魅力ある講演大会づくりをはじめ、産学や分野を超えた若手研究者・技術者の組織化、企業の若手人材育成のための講義や講習会、活発な支部活動、などの多様な活動によって本会の価値を示して図っていく必要があります。理事会での決議のもとに、これらの具体案の検討を担当委員会で昨年後半より進めております。

最後になりましたが、会員の皆様のご健勝とご発展を祈念しまして年頭のご挨拶とさせていただきます。

2016年1月1日



デバイス応用をめざした 新材料・新物性研究の取り組み方

浅井 彰二郎*

1. はじめに

2014年ノーベル物理学賞に輝いた、赤崎 勇、天野 浩、中村修二の三氏による「青色発光ダイオード」は、科学技術的な意義ばかりか、社会的・経済的インパクトから見てももっとも成功した、「デバイス応用をめざした新材料・新物性の研究」の最好例です。日本の三研究者が基礎研究と製品事業化の両端を結ぶ偉大な業績を挙げ最高の栄誉に輝いたことをご同慶に思います。材料研究はまだまだ進歩するでしょうし、これに匹敵する成果を世に届けたいという志を抱く研究者・技術者、指導者が、金属学会会報「まてりあ」の読者の中に大勢いらっしゃることでしょう。またそれは、実現可能な夢である、と思います。

私は固体物性を専門とし、日立製作所、日立メディコ、リガクと、企業の技術畑に50年近く勤務しました。今や昔、1968年に大学院を出て日立の中央研究所に入った頃は、身の程も知らず「新しい物性を発見しそれを応用してデバイス開発新事業を拓く」と志していました。GaAs 高周波 FET, Si LSI 用 MOSFET の微細化、ツールとしてのデバイス動作シミュレーションや電子線描画技術の開発などに取り組みました。ノーベル賞にはとても及びませんが、多くの先輩や同僚のおかげで、いくらか社会の役に立つ仕事をする事ができたのを幸運と思っています。

そこへ思いがけず、本誌への執筆の機会をいただきました。浅慮を顧みず本題について述べ、読者、特に若手の研究者のお考えに供したいと思います。

2. 目標が大切

研究者、特にアカデミアに所属する方々には、それが美しいと考えるのか、まずは基礎科学の中で、知識体系への貢献をめざしてあるテーマを掘り下げる、という考えが多いようです。その場合、「研究の結果は学術論文に著わしたからそれでよい。私の論文に価値を見出す人がいたら、その人が応用してくれるだろう」という願望をもって研究を終えることが多いのではないのでしょうか。しかし、「こんなものが要る」という社会と時代の要請を知って研究すれば、基礎知識に止まらず有用な研究成果に至る確度が確実に高まります。またそこまで成功すれば大きな達成感が得られます。

昔は新しいデバイスの実現までに基礎研究から長い時間がかかりました。だから研究の出発点は知識の確立、原理の発見にあり、それが発明、概念実証、コスト確認を含めた製品化の長い過程を経て、ようやく実用化に至る、という理解が一般的であったと思われます。ところが実際には半導体デバイス、例えばトランジスタや半導体レーザなどの発明は、電気通信技術の進歩への強い要請があって、欧米の研究機関や大学が人材を集め、組織的に研究を推進したからこそ結果が出たのだと思います。冒頭に触れた青色発光ダイオードの研究も時代の要請に応えた基礎研究であった事は明白です。本題からちょっと外れますが、iPS 細胞の山中伸弥教授の研究目標は当初から「安全に使える幹細胞」であったと知り、すばらしい目標設定だと感銘を受けました。

注意すべきことは、社会的要請が出てから答えが出されるまでの時間がどんどん短くなっていることです。現在は、一方でありとあらゆる発見や発明が、一方で社会、産業、経済、人々のニーズとその充足に向けた提案や試みに関する情

* 株式会社リガク顧問(〒196-8666 昭島市松原町 3-9-12)

Research in New Materials and Material Properties—to Materialize in Innovative Electron Devices; Shojiro Asai(Rigaku Corporation, Akishima)

Keywords: *electron devices, materials, material properties, research goals, societal needs*

2015年 8月31日受理[doi:10.2320/materia.55.3]

報が、紙媒体よりはむしろインターネットで即時に報じられ、駆け巡っていますから、シーズがニーズに、ニーズがシーズに出会う可能性は格段に高まり、その所要時間も短くなっています。材料研究者といえども、その応用先としてどんなデバイスが求められているか、さらにその外側にはどんなシステムが作られようとしているのか、システム→デバイス→物性への外側からの要請を、感度を高めて知覚することが大切と思われます。つまり、「いつか役立つ物性の研究をする」ではなく、「必要とされているものに物性から答えを出す」態度が効果的なのです。

3. 目標に向けて突き進む。時折立ち止まって確かめる

だからと言って、研究をそっこのけにして、どこにどんなニーズがあるのかを嗅ぎまわってばかりいたら、それだけで時間がどんどん経って行きます。賢明な研究者は、自らのアイデアに集中没頭しつつも、時折立ち止まって、社会ニーズの発展方向と技術の発展方向が整合しているかどうか、また既存技術や競争技術に対する独自性、優位性かどうかを点検し確認しているようです。そうやって自分のアイデアを研ぎ澄まし、実データで実証することにより、研究の価値を高めていきます。そうした時期の研究者は、外から見ると頑固者に見えます。しかし結局は信念、むしろ執念が、研究を成功させるのだと思います。執念は成功の十分条件ではないが、必要条件であると言えるようです。

では、よい目標はどのようにすれば設定できるのでしょうか。「科学や社会の進歩はまっすぐではなく折れ曲がるように起こる」と言います。人間の努力は、単一の進路をとると必ず行き詰まるようです。そこに屈折点が生じます。その屈折点で、過去に一度考えられたが何かの理由で不可能と断念された応用目標、逆に挫折していた材料や方法、別の世界のブレークスルーなどが適用されたりすると、それまでの常識を覆す大変革が起きて新たな進歩が始まるものです。そういうきっかけが自分や周辺に起こったら、それは大きなヒントやチャンスになります。屈折点を知る、予測することが、優れた目標設定、独創的な手段を特定するよい方法と思われる。

しかし当初考えたアイデアやアプローチに狭くこだわるのが必ずしも賢明とは言えません。ニーズに起こるわずかな方向変化や、縦横の他分野に起きた顕著な進歩、他人がやっていること、などを見聞きして、自分の創造性、優位性、目的合一性を確かめながら進むのだと思います。「信念のある研究者は、自分の研究に没頭するから結果を出す。だから人のやっていることをあまり知らない方がよい」という見解もよく聞きます。しかし、良くできる人は、他人の研究もよく調べています。いろんなアプローチを比較検討しつつ、日々の努力の積み重ねから自分のアプローチの優位性に確信を深めて行くのです。

組織的研究の場合は、目標に向けて異なる複数のアプローチを比較検討し失敗のリスクを低くします。管理者は成功、不成功に責任を取るため何を選び何を捨てるか決めます。そ

のような場合、または研究資金に応募する場合、研究者は考えを売り込んで理解を求めねばなりません。その時キーとなるのは、たとえ小さな一歩でも、大きな方向に向けた進歩の証左を持っていることです。たゆまぬ努力で証左が積み上げられてくると、達成目標や競争相手との間合いも見えてきて、研究と目標(目標も多くの場合時間と共に少しずつずれて行く)の整合性が密になっていることが感じとられます。そうなる達成目標がさらに具体化し、目前にクローズアップされます。そして、いわばよい香りがしてくるようになり、周囲の理解も得られやすくなるものです。

4. これからのニーズは何か、そのために必要な物性、材料は何か

それでは、これからの社会や産業、生活で、いったいどんなデバイスが必要とされるのか、それらを実現するのにどんな物性、材料が必要かについて少し考えてみましょう。

これから伸びる産業は、情報通信、自動車、ロボット、エネルギー、医療、農業、インフラストラクチャーとその保全、宇宙、そしてこれらに必要な新デバイス産業、新材料産業でしょう。

情報通信は、ネットワーク技術の適用先が、通信そのものを目的としていた旧来の範疇を越えて広がるIoT(Internet of Things)の時代を迎え、様々な機器のスマート化・ネットワーク化とそれに伴うバンド幅要求を受けて、今までの目覚ましい発展をさらに越える大きな発展を遂げるでしょう。ここでは、機器のスマート化を実現するためのセンサやアクチュエータ、電気的エネルギーを機械的、熱(温度)的、化学的、光(電磁)エネルギーなどに変換する、またはその逆変換をするデバイスが重要になりそうです。電磁波と光の間にあるテラヘルツ波の利用も視野に入ります。コンピュータも、今のスーパーコンピュータ並みの計算力が掌にのる時代がやってきます。量子コンピューティングや量子暗号通信が不連続な進歩をもたらすと思われます。Si LSIは微細化の限界を迎えるので、原子的、分子的な新デバイス、新材料の研究に期待がかかります。LSIの実装技術にも3次元化、無線化、光接続などの技術革新が起きそうで楽しみです。

自動車でもスマート化・ネットワーク化が進み、自動運転が徐々に普及すると考えられます。こうなると自動車もロボットの一種ですが、家庭電器や工場や農場の生産力、医療・介護用機器、陸海空の輸送手段などがロボット化し、今世紀の最大の技術革新をもたらすでしょう。情報検索や情報分析、証券取引などもはやロボットと言ってよい仕組みで実行されているようです。

エネルギーについては、化石燃料の枯渇と地球温暖化に直面し、省エネルギー・高効率化技術、再生可能エネルギー技術が進みますが、加えて核融合の実用化が今世紀の最大の課題になるでしょう。こうしたエネルギー分野の展開のために新しいデバイス、材料が求められます。複合構造を持ち今までの単純な金属、非金属無機、有機材料では実現できない電

氣的/電磁的/磁氣的/機械的/熱的/化学的性質を示す新材料, 各種センサや小さなエネルギー回生デバイスを内蔵スマート化・ネットワーク化された部品などの開発が進むと思われる。省エネルギーのために金属よりも軽量で機械的強度の高い構造材料カーボンファイバーで強化したプラスチック材料(CFRP)は航空機の主翼などに実用化されていますが, こうした材料にもさらに改良, 進歩が起きます。水素吸蔵材料, 燃料電池や2次電池の電極材料, 化学反応の効率を高める新触媒が求められています。今まで用いられてきた遷移金属や希土類金属に代わりうる新材料が出てきそうです。注目すべき金属酸化物の最近の研究例として, 東工大細野秀雄教授の鉄系高温超電導材料の研究があります⁽¹⁾。液体窒素温度よりも高い転移温度を持つ高温超電導材料は, 磁気浮上輸送, 核融合プラズマ閉じ込め, 低損失直流送電などの応用を見ているが, 銅酸化物系とは異なるアプローチであり, 今後さらなる発展が期待されます。金属を含む有機錯体化合物⁽²⁾⁻⁽⁴⁾も自然に存在しない新しい材料で, 触媒などの新機能を提供しようと, 国内外で研究されています。

医療ではこれからも新しい医薬品や治療法が生み出され, 激烈な伝染病や難病, 生活習慣病などへの対抗手段が増えるでしょう。その過程で, 新しい材料・デバイスを用いた生体反応の観察・可視化の方法が新たに開発され, 遺伝子とその変異の病気との関係, それに人間の脳や神経の働きがさらに解明されるでしょう。東京大学の染谷隆夫教授の研究室で研究されている有機薄膜エレクトロニクスデバイスは, 生体親和性や柔軟性が高く, 生体装着による計測, 検査, 治療などに活用が期待されています⁽⁵⁾。農業でも医療と同様, バイオサイエンス, バイオテクノロジーの成果としてデバイス, 材料, 物性が生かされ, 質と生産性の向上に貢献するに違いありません。

安全・環境モニターや通信高度化のための宇宙開発, 土木建築, 水道, 交通などのインフラストラクチャーのスマート化, ネットワーク化, 保全のためにも新しいデバイスや材料が開発されることでしょう。

また, 適用対象が十分に特定されたか不明ですが, 生体構造に学んだ, bio-mimicking materials という材料群がありますし, 関連して自己組織化による材料合成法はバイオ・エンジニアリングやナノエレクトロニクス加工法として既に広く適用されています。

以上述べてきたことは, 新しい材料, 物性由来の大きなイノベーションの可能性を示すいくつかの例に過ぎません。このような, 新材料によるイノベーションを幅広く狙った研究が, 世界中で開始されています。アメリカでは, オバマ政権が始めた, 「材料ゲノム計画(MGI)」⁽⁶⁾, 「フレキシブル・ハイブリッド材料生産技術計画(FHMI)」⁽⁷⁾が走っており, 日本でも内閣府 SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「革新的構造材料」⁽⁸⁾, 新構造材料技術研究組合(ISMA—Innovative Structure Materials Association)⁽⁹⁾による研究開発が進行中です。いずれも巨大なプロジェクト研究であり, 動向が注視されます。

5. 研究の手段について

前節では今後の社会, 市場ニーズから求められるデバイス, そしてそのために必要となる材料について展望を述べました。続いて, その展望に向かうデバイス応用を目指した物性, 材料の研究のために, どんな方法をとったらよいかについて考えてみましょう。

まずは目標となるデバイスに求められる機能, 性能から, どのような材料特性, どのような物性上の特徴が有用であるかを推測し, 有望な材料, 有用な物性の候補について目星をつけることとなります。青色の波長における発光デバイスが求められて, バンドギャップから, GaN が候補になったことが一例です。しかしうまく行くと実証されるまでは候補材料と望まれる物性との関係は仮説です。前節で述べた複合材料やバイオ関係のマテリアルとなると, 構造も機能もより複雑となるので, 乗り越える障壁はより大きくなります。

そこで, 研究上の手段を整えて仮説の実証に挑むこととなります。まず, 材料の作成と評価が決め手になります。材料の特性は純度や構造に敏感なことも多いので, 材料の作成には古今東西の知識を用いて方法を選択し, なおかつ工夫することが必要です。さらに, 材料を作成したら, それがどんな構造(元素構成を含み原子/分子/マクロレベルの構造)を取っているのか調べておくことは, 物性・材料研究の鉄則です。そこで, 電子線, X線, トンネル電流などを用いた構造同定により, 客観的な物証の第一要件を確立します。次に, 客観証拠の第二要件として, 必要とされ着目する有用物性を求めて測定を行います。この時, 直接的で有効な方法は, 求められる機能をとにかく発揮するデバイスを試作してその特性(入力刺激と出力応答との関係)を測定することです。その外, 第三証拠を提供するため, いくつかの関連する物性を測定すれば, 目標地点への指針, 距離感を与えてくれます。いずれの測定も, 影響しうる因子(温度, 電磁場, その他環境)をパラメータとして変化させつつ行う, たとえば電圧と電流などの物理量間の関係の測定です。

実測と合わせて有効なのが計算機シミュレーションです。原子や分子の既知の力学的原理またはモデルに基づいて, 原子や分子の配置, 巨視的な組織構造までを予測するシミュレーションが, コンピュータ技術の著しい進歩に助けられて, いまや「材料特性の設計ツール」の域に達しようとしています。また, デバイスの構造, 材料情報, 動作条件を与えて, 特性を予測するデバイス・シミュレーションも目覚ましい発達を遂げています。こうした手段を駆使して, 困難な要求に応えるデバイスを実現し, 世の中に提供できたら, 物性・材料研究者として冥利に尽きると言ってよいでしょう。

6. 特許は論文とならぶ, またはそれ以上の業績

新しい材料, 物性を, 新しいデバイスとして実現できたら, あるいはその見通しを立てられるエビデンスが得られた

ら、そこには発明として取り出せる概念が含まれているのであり、特許の種となります。研究者にとって、査読を受けた学術論文発表が、科学上の知識に貢献するオリジナルな研究成果として認められるものであり、最重要視される業績であることは言うまでもありません。しかし、発明を特許出願して受理されれば得られる知的財産権は、実用的、経済的な価値を持ち、学術論文とは異なる視点から、場合によっては論文にも劣らない業績、技術的貢献とみなされるものです。冒頭に触れた青色発光ダイオードにおいても、ノーベル賞受賞者による発明は大変重要なものがあり、高く評価されています。

以下、特許についてのヒントを少し記します。研究者は、原理的な事項を特許の請求項に記しておけば、強力な特許になると考えがちです。実は必ずしもそうではありません。発明は、オリジナルでなければ特許として認められないので、その点では論文と同じようなところがあります。しかし、原理発明が既に特許として権利化されていても、それを実現する上で避けて通れない構造、製法、用途などにつきオリジナルな考案があれば特許として認められることが多く、そちらの方が原理特許よりも権利としては長生きし、ゆえに効果が大きい場合が少なくありません。原理の用途が具体的に特定されて特許出願があり、新規な考案であると認められると、排他性の高い特許となります。ここが学術論文とは価値観の異なるところです。

ところが、折角よい発明をしても、競争相手に権利化で後れてしまうことは珍しくありません。同じことを考えている人が必ず世界のどこかにいるものです。したがって、良い評価を与えられた発明の権利化は急ぐのが得策です。特許は原理と応用を結ぶ通過地点につくる関所です。抜け道を許さない要所を抑える工夫が大切です。こうした工夫は、実際の課題、つまり応用をよく知ってこそ可能なもので、研究者は必ずしも自分で出願申請書の明細を書くことは得意ではありません。しかし、考案を得た場合には、所属組織の知財部門に連絡し、特許としての権利化につき相談してみることをおすすめします。最近の研究機関の知財部門が内外弁理士の助けを仲介、提供することも多くなっています。

7. 学会について

最後に、学会活動について記します。学会での発表は、他の研究者に自分の研究について伝える行為ですが、それは他の講演の聴講や質疑応答を通じ発表者にも跳ね返ります。自分が発表するからこそ得られるものも大きくなります。そのポジティブなフィードバックは、科学と技術の進歩にとっても、個々の研究者の成長にとっても必要不可欠なものです。

材料・物性の研究は、その上に属するデバイス・装置の階層を経由してシステム・アプリケーションに至るまで縦に並ぶ階層の構造(特に、上位階層ほど、ソフトウェアの重要性が増します)を全部通して始めて社会、経済に大きなインパクトを与えるため、その階層を通じた情報に接して研究の方

向性や目標を点検することの重要性は、既に述べたところで。さらに、最近では横の分野の融合(たとえば有機と無機)も進歩の源となっていますから、学会は分野間の縦横の情報交流をもっと盛んにするのがよいと思われます。

私はこれまで4つの学会に所属してきましたが、ここで米国に本拠のあるIEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)⁽¹⁾の活動に触れたいと思います。この学会は、40万人を超える大所帯で、電気、電子技術を中心に関連する広い分野をほぼ網羅していることが特徴です。核・プラズマ、電力・エネルギー、ロボティクス、宇宙航空、通信、コンピュータ、回路システム、車両、実装・製造、磁性、人工知能、コンピュータ、電子デバイス、フォトリソ、リモートセンシング、信頼性など、39分科会、6協議会をかかえ、電気電子分野をそっくりカバーしています。アメリカで会員数の増加が頭打ちになった1970年代から、国際的な会員確保にも力を入れています。

IEEEは、ここに至る過程で、1963年にはIRE (Institute of Radio Engineers)と、AIEE (American Institute of Electrical Engineers)を合併させ今の名称に統一し、その後も、新しく発展する分野に分科会活動を拡張してきたなど、一貫して特異性と総合性の両方を求めて組織の価値づくりをしています。また、規模の停滞や衰退は活動にも停滞衰退を招くと見なす考えがあり、会員数の成長も追及してきました。その結果、この大組織の活動を注視していれば、電気・電子システムの社会との関わり、市場と技術の新しい動向、技術階層間や異種技術間の縦横のインパクトなど、広範な情報が入ってきます。またIEEEはSTEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)など、若者の教育、すなわち自らの再生産にもたいへん熱心で、こんなに面白いテーマが世の中にはあるよ、といろんなメディアを通じて発信しています。IEEEは例外的に大きな学会ですが、日本の諸学会は分化し過ぎていると感じています。したがって研究者の立場では、いくつかの学会にまたがって活動することをお勧めします。学会としてもより包括的な課題を取り上げ対応できるよう、複数の学会が連携して活動する、場合によっては合併も検討するのがよいのではないかとすら考えています。

8. 最後 に

本誌(まてりあ)に執筆の機会をいただき、たいへん光栄に思います。乏しい経験、見識を顧みず書き連ねた文を最後までお読み下さりありがとうございました。

本稿は、筆者が2014年10月に公益財団法人電磁材料研究所で行った講演をもとにしています。講演の機会を与えてくださった同研究所増本健理事長(当時)に感謝申し上げます。

参考 URL

- (1) 東京工業大学ホームページ：
http://www.titech.ac.jp/research/stories/hideo_hosono_1

html

- (2) Wikipedia, "Metal-organic framework" :
https://en.wikipedia.org/wiki/Metal-organic_framework#References
- (3) 京都大学ホームページ :
<http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/kitagawa-lab/index.html>
- (4) 京都大学ホームページ :
<http://www.kuchem.kyoto-u.ac.jp/organization/member/kitagawa.html>
- (5) 東京大学大学院染谷研究室ホームページ :
<http://www.ntech.t.u-tokyo.ac.jp/>
- (6) 材料ゲノムイニシアティブ(MGI, Materials Genome Initiative) ホームページ :
<https://mgi.nist.gov/>
- (7) フレキシブルハイブリッド生産イニシアティブ(FHMI) ホームページ :
http://www.manufacturing.gov/docs/FHE_Institute_Proposers_Day.pdf
- (8) 革新的構造材料研究プログラムホームページ : <http://www.jst.go.jp/sip/k03.html>
- (9) 新構造材料技術研究組合ホームページ :
<http://isma.jp/index.html>
- (10) IEEE ホームページ :
http://www.ieee.org/societies_communities/index.html



浅井彰二郎

★★

1968年 東京大学大学院工学研究科博士課程満期退学(1969年工学博士)
1999年 株式会社日立製作所 常務, 研究開発本部長
2003年 株式会社日立メディコ 専務
2006年 株式会社リガク 取締役副社長, X線研究所長
2014年7月以降現職
2007年-2015年 JST(科学技術振興機構)CRESTプログラム「ディベンダブルLSIシステム基盤技術の研究」研究総括
1997年-2004年 Stanford大学 School of Engineering Advisory Council メンバー
専門分野: 半導体物性
◎半導体デバイス, LSIなどの研究開発全般に従事.
応用物理学会, IEEEを中心に学会活動. 文科省, JST, 大学の政策・運営評価, プロジェクトの採択, 評価などに参画.

★★

STEM 電子回折法による非晶質物質の 局所構造解析

平田 秋彦¹⁾ 陳 明偉²⁾

1. はじめに

非晶質物質のような周期性を持たない構造を明らかにすることは非常に難しい⁽¹⁾。周期性を持つ結晶構造の場合には、回折曲線に現れる鋭いブラッグ反射を解析することにより、正確に原子配列を求めることが基本的に可能である。しかしながら非晶質構造の場合、回折曲線には鋭いブラッグ反射は現れず、ブロードなピークがいくつか見えるだけである。このブロードな曲線から実空間の構造の特徴を知るためには、フーリエ変換により動径分布関数を求め、原子間距離や配位数を求める手法を用いる。近年では高輝度線源を使うことで高散乱角側の情報が得られるため、動径分布関数の精度が格段に高くなり、細かいピークの分離が可能になってきている⁽¹⁾。また実際の非晶質物質は複数の元素種を含むため、それぞれの構成元素の配位環境を調べる方法としては、X線吸収微細構造法、X線異常散乱法、中性子零散乱合金の利用、あるいはX線と中性子線の相補利用などのテクニックがこれまで用いられてきた⁽²⁾⁻⁽⁶⁾。これらの手法によって非晶質物質の解析が系統的に行われ、多くの有益な知見が得られてきた。

上述したような解析は試料全体からの平均構造を定量的に知るのに適しているが、一方で特に非晶質物質の場合、局所的な構造データも相補的に必要な場合もあると考えられる。このような目的で、これまで透過電子顕微鏡を用いた非晶質の観察が試みられてきている。透過波と回折波を干渉させて得られる多波干渉像(高分解能像)では、ノイズに埋もれた非晶質の局所構造の情報を引き出すことが可能である。弘津らは特に非晶質金属について系統的な実験・像シミュレーション

を行い、ある最適なディフォーカス条件において比較的発達した秩序構造を観察できることを示した⁽⁷⁾⁻⁽⁹⁾。また、電子顕微鏡による像観察に加えて、1 nm程度に絞った電子線を使ったナノビーム電子回折による局所構造観察も様々な系で行われてきている⁽¹⁰⁾⁻⁽¹³⁾。得られた回折パターンには例外なくスポット状の強い強度が観察され、局所構造を反映したシグナルであると考えられる。しかし、多くの非晶質金属で得られたパターンは結晶のものとは異なり解釈が未だ十分になされていない。そこで、今回はサブナノメートル(0.3-0.4 nm)まで絞った電子線を使って非晶質金属の局所領域から電子回折を撮影し、可能な限り回折に寄与する原子数を少なくすることにより、非晶質金属の短範囲秩序構造として知られる原子クラスターからの情報を得ることを目的として研究を行った⁽¹⁴⁾⁻⁽¹⁶⁾。

2. 実験・解析手法

本研究では、高輝度なフィールドエミッション電子銃を搭載した走査型透過電子顕微鏡(STEM)を用いてサブナノメートルスケールの電子線を準備し、非晶質金属試料の薄い領域(~5 nm以下)から電子回折パターンを得て局所構造の観察を行う(図1)。走査機能のついていない透過電子顕微鏡(TEM)でもナノ電子回折は撮影可能であるが、走査機能があれば電子線の照射位置を原子レベルで制御できるため、適切な試料箇所を選んだ精度の高い実験が可能となる。また、EDSあるいはEELSマップと同様に回折マップを得ることもできるため、隣り合う原子クラスターの繋がりまで議論できる可能性がある。

電子線をサブナノメートルスケールまで絞って非晶質金属

* 東北大学原子分子材料科学高等研究機構; 1)准教授 2)教授(〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1) Structure Analysis of Amorphous Materials Using a STEM Electron Diffraction Method; Akihiko Hirata and Mingwei Chen (WPI-AIMR, Tohoku University, Sendai)

Keywords: amorphous materials, short range order, medium range order, electron diffraction, scanning transmission electron microscopy (STEM)

2015年10月5日受理[doi:10.2320/materia.55.8]

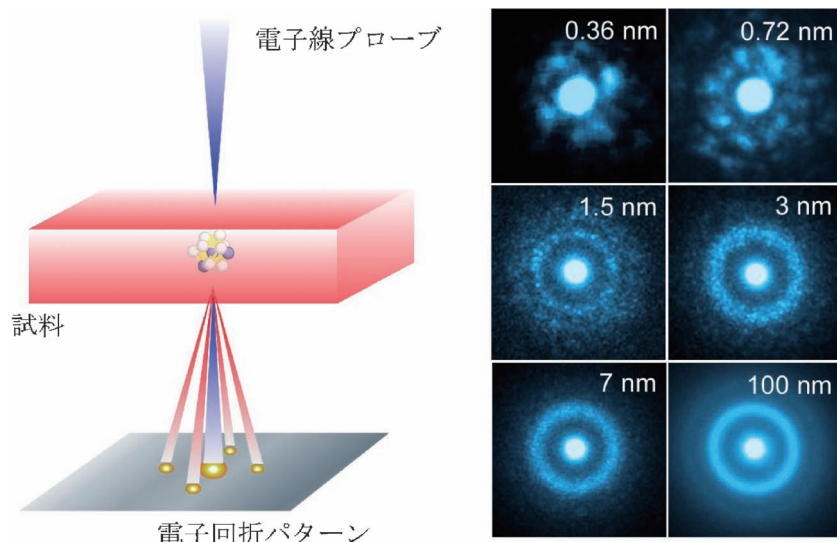


図1 STEM電子回折法による非晶質物質の構造解析の模式図(左)と非晶質金属から得た様々なサイズの領域からのナノ・サブナノ電子回折パターン(右). 制限視野電子回折では非晶質特有のハローパターンを呈しているが、ビームサイズが小さくなると離散的な回折スポットへと変化する⁽¹⁴⁾.

を観察するとハローリングではなく、必ず図1のようなスポット状強度が得られる。これは決してナノ結晶が見えているわけではなく、あくまでも対称性の低い、非晶質の局所構造から得られるものである。図2には1-3個の原子から得られる電子回折パターンの計算結果を示す。原子1個の場合は原子散乱因子を反映したブロードな強度分布であるが、2個になると個々の原子からの散乱に加え原子同士の相関項が現れるため、パターンに強度極大が出てくる。さらに3個の原子が三角形的に並ぶとこの入射では強度極大がスポット状になる。このように、2個以上の原子が配列していれば、たとえ対称性の低い構造であっても相関項によって何らかの強度極大が観察されることになり、十数個の原子を含む非晶質の局所構造からスポット状の強度が見えることは不思議ではない。ただ原子の個数が増えると、このような局所構造は空間的に一様にランダム分布すると考えられるため、強度は3次元的なハローリングに近づいていく(図1)。

非晶質金属の原子クラスターからの情報を得るためには、少なくとも原子クラスターと同程度のサイズの電子線を使用する必要がある。系にもよるが、原子クラスターのおおよその直径は0.7-0.9 nmであるため、ビームの広がりや考慮を入れ、本実験では半価幅が0.3-0.4 nmになるように調整した。ここで、集束レンズ絞りは通常のものより小さい5 μm 径のものを取り付けており、集束角はおよそ3.3 mradである。図3には通常のSTEM像観察と今回用いたSTEM電子回折での光路図を示している。通常のSTEM像観察では比較的大きい集束絞りを使うため、ビーム径は小さくなるものの集束角は大きくなり、得られる電子回折スポットは広がってお互いに重なり合ってしまう。このようにビーム径と集束角はトレードオフの関係にあり、明瞭な電子回折パターンを微小な領域から得るためには適切な条件設定が必要となる。

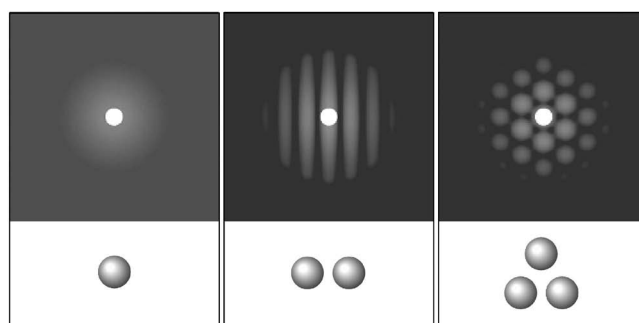


図2 原子1, 2, および3個から得た電子回折パターンのシミュレーション。原子2個以上の場合では相関項に起因する強度の変調が見られる。

実験で得られた電子回折パターンを解釈するために、リファレンスとなる実空間の原子モデルが必要である。本研究では、第一原理分子動力学法で原子数200個程度を含む非晶質金属の構造モデルを作製し、これから得られた原子クラスターに対して電子回折の計算を行い実験と比較した。

3. 非晶質金属の短範囲秩序構造の観察⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾

これまで非晶質金属の短範囲局所構造として議論されてきている原子クラスターの直接的な観察を本研究での目的としている。我々は上述したように電子線を最適な条件で絞ることにより、個々の原子クラスターの観察を試みた。ここでは、試料中に埋まった個々の原子クラスターが何故観察できるのかをまず議論し、その後、特に重要と考えられている20面体原子クラスターの特徴を調べることにする。

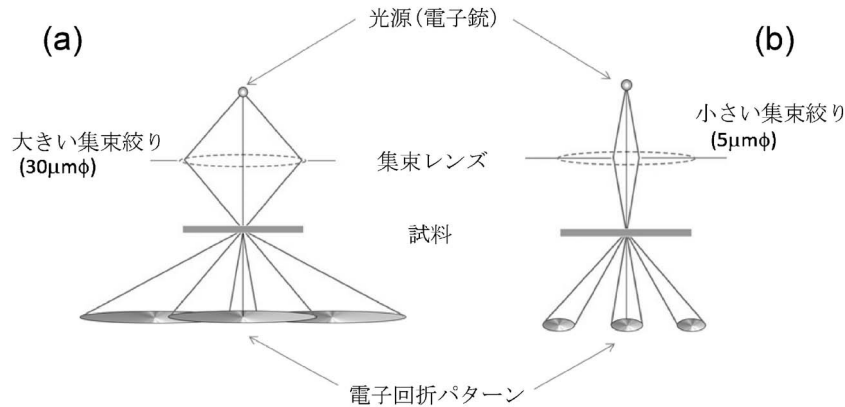


図3 (a) 通常のSTEM 観察法と (b) 本研究で用いた STEM 電子回折法における光路図の比較.

(1) なぜ局所構造が観察できるのか？

典型的な非晶質金属である $Zr_{66.7}Ni_{33.3}$ から直径 $\sim 0.3\text{--}0.4$ nm の電子線を用いて得られた電子回折パターンを図4に示す. 透過波を中心としたスポットが2-3組の対をなしており, 2次元的パターンを形成している. このような2次元的パターンが得られることで, 散乱ベクトル間の角度の情報まで得ることができる. また図には実験で得られたパターンに加え, 原子クラスターから計算したパターンも示しており, 両者はよく一致する. 試料の厚さ方向に原子クラスターは重なっているにも関わらず, 何故1つの原子クラスターから得られるパターンと良い一致を示すのだろうか? これは次に説明するように回折強度は原子クラスターの方位に強く依存し, ある方位の原子クラスターのみが強いコントラストで観測されるからである.

図5には原子クラスターをある方位から徐々に回転させ, 傾いた方位から観察した場合に, 電子回折の強度がどのように変化するか計算した結果を示している. 原子クラスターは図に示すようなある軸を中心に回転させ, 回折パターン中に矢印で示すスポットの強度の変化をプロットした. 0° 付近では強い強度を示すが, 回転するに従って強度は低下し, 10° 付近ではバックグラウンドレベルまで落ち込むことがわかる. このように, 原子クラスターの方位によってスポットの強度は著しく変化し, バックグラウンドレベルの強度しか示さない方位が多く存在する. この性質により試料厚さ方向にいくつかの原子クラスターが重なってもある方位の原子クラスターのみを選択的に観察することが可能である.

上述したように, 試料の厚さは原子クラスターのサイズよりも大きいので, 試料厚さが電子回折パターンの全強度に与える影響を調べておく必要がある. 試料端からある程度内側に入った領域の厚さは約3-5 nm と見積もられ, その領域から多くの電子回折パターンを撮影した. 試料厚さ方向に原子クラスターの重なりを考慮した状況を再現するため, 強い回折スポットを出す方位(on-axis)の原子クラスターと方位がずれたもの(off-axis)を深さ方向に重ねたモデルによって電子回折のシミュレーションを行った. 図6に4種類の構造

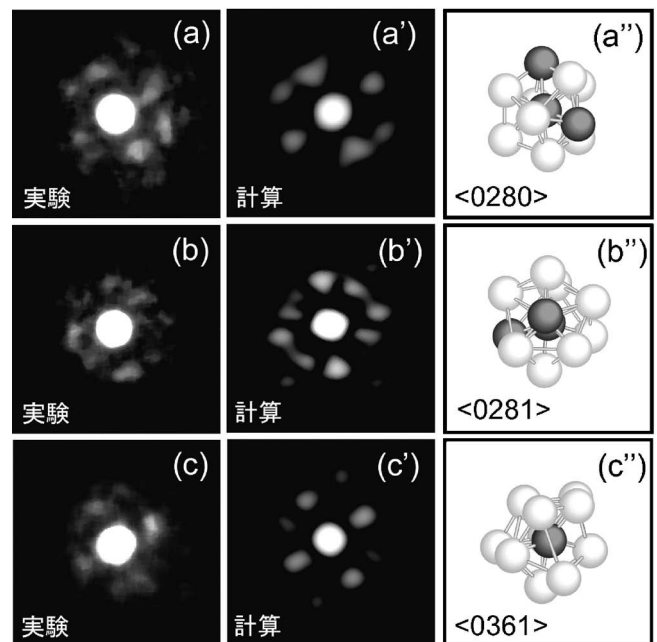


図4 短範囲秩序構造(原子クラスター)から得られたSTEM 電子回折パターン. (a)-(c) 実験で得られた回折パターン, (a')-(c') 原子クラスターから計算した回折パターン, および(a'')-(c'') 計算に用いた原子クラスター構造モデル⁽¹⁴⁾. 図中に示される数字の組はポロノイ指数であり, 中心原子と各配位原子の間に垂直2等分面を描いた時に形成される多面体(ポロノイ多面体)における3角形面, 4角形面, 5角形面, および6角形面の数をそれぞれ a, b, c, および d とした場合, 指数を $\langle a\ b\ c\ d \rangle$ と表記する.

モデルとそれらから計算で得られた電子回折パターンを示す. すべてのモデルに同一の方位を向いた on-axis 原子クラスター1つが含まれており, off-axis クラスターの個数を変えている. off-axis 原子クラスターの個数が増えても得られる電子回折パターンの特徴は on-axis クラスターのみからのものと比べ大きく変化しないことがわかる. 実際には原子クラスターは周辺構造となめらかに繋がっていると考えられる

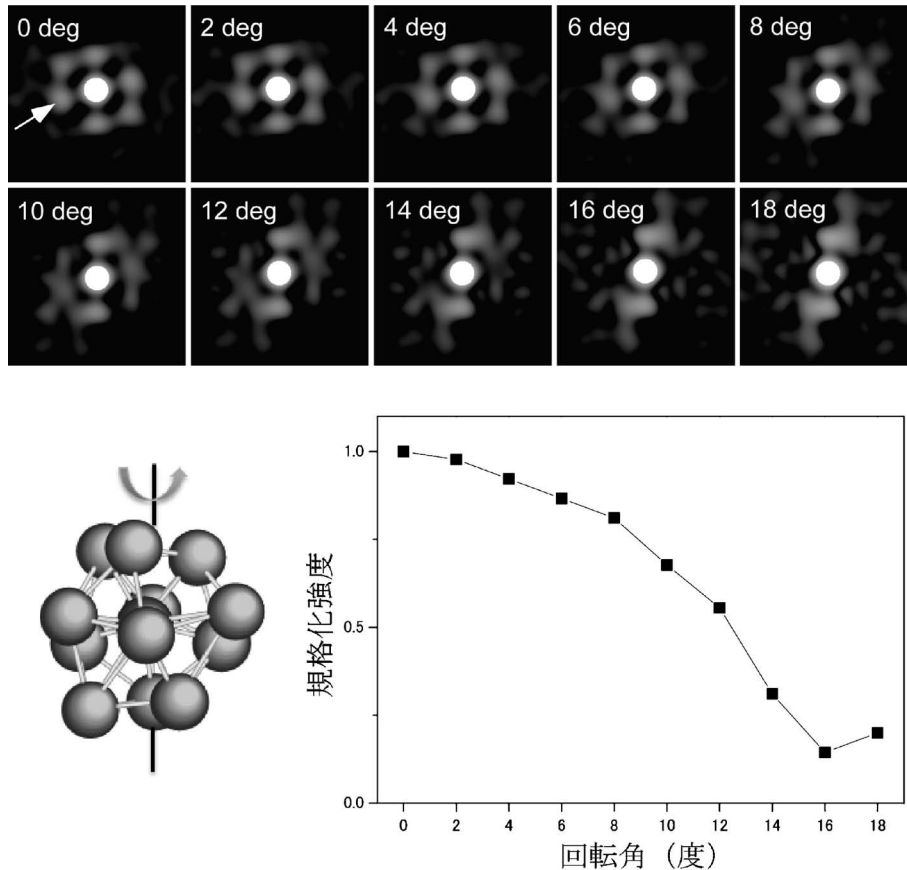


図5 原子クラスター($\langle 0\ 0\ 12\ 0 \rangle$)を回転させた際の回折強度の変化. 原子クラスターを図中に示す軸のまわりに回転させ、電子回折パターンを計算している. 回折パターン中に矢印で示すスポットの強度変化をプロットしたものを右下に示している.

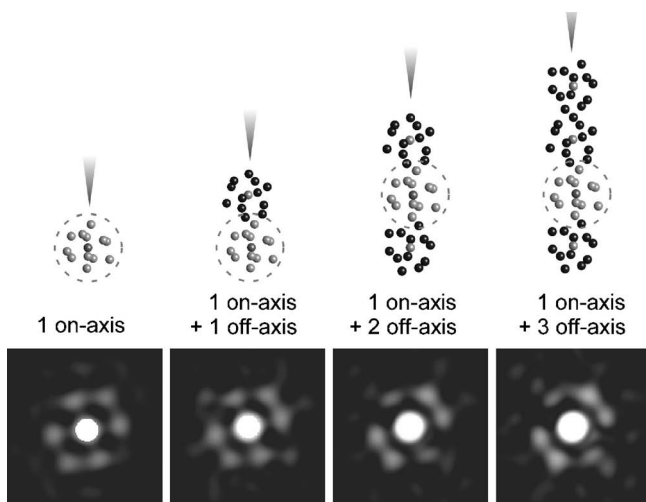


図6 試料厚さの違いによる電子回折パターンの変化. 1つの on-axis 原子クラスターに対し、1つずつ off-axis 原子クラスターを増やしている. 点線で囲ったものが on-axis 原子クラスター. 数個の off-axis 原子クラスターが重なった場合でも、on-axis 原子クラスターからの強度が支配的であることがわかる.

ので、on-axis 原子クラスターからの寄与はさらに大きくなると思われる. 計算に用いた原子クラスターの直径は 0.8–0.9 nm であるため、3–5 nm 程度の厚さの試料であれば、個々の原子クラスターの検出が可能である.

(2) 20面体局所構造の特徴

金属の過冷却液体中で20面体構造が局所的に安定であることが Frank により提案されて以来⁽¹⁷⁾、非晶質金属の重要な局所構造として20面体構造が長い間議論されてきている. 本研究では、これまで報告されている構造モデルにおいて20面体局所構造が比較的多く存在し、かつ正20面体準結晶相が準安定相として存在する $Zr_{80}Pt_{20}$ ⁽¹⁸⁾に着目し、その局所構造について電子回折を用いて調べた.

図7には0.3–0.4 nm 径の電子線を用いて非晶質 $Zr_{80}Pt_{20}$ から得られた特徴的な電子回折パターンを示す. 上述したように、本合金系では正20面体クラスターの存在の可能性があるため、5回、3回、および2回軸入射からのパターンを計算して実験との比較を行った. しかし、実際に撮影されたパターンには明瞭な正20面体対称を示すものは見いだせなかった. 最も正20面体対称に近いものでは、図に示すような不完全な対称性を持つパターンが観察された. このような不完全な20面体的パターンは、分子動力学モデル中に頻繁

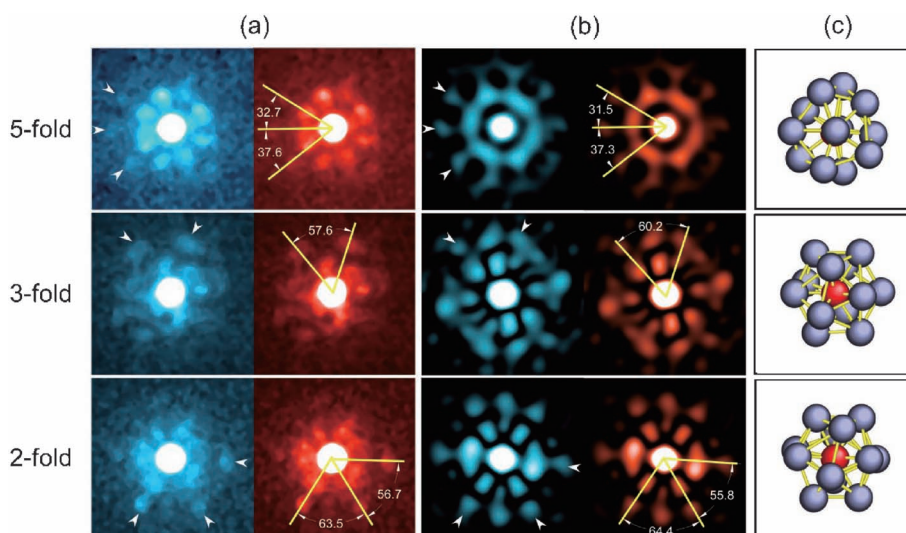


図7 非晶質 $Zr_{80}Pt_{20}$ から得られた3種類の特徴的な電子回折パターン. (a) 実験で得られたパターン, (b) (c) に示す歪んだ20面体原子クラスターから得たパターン. 実験のパターンは正20面体原子クラスターの5, 3, および2回軸に近いパターンであるが, 対称性が崩れており, 歪んだ20面体原子クラスターからの5, 3, および2回軸パターンとして解釈できる⁽¹⁵⁾.

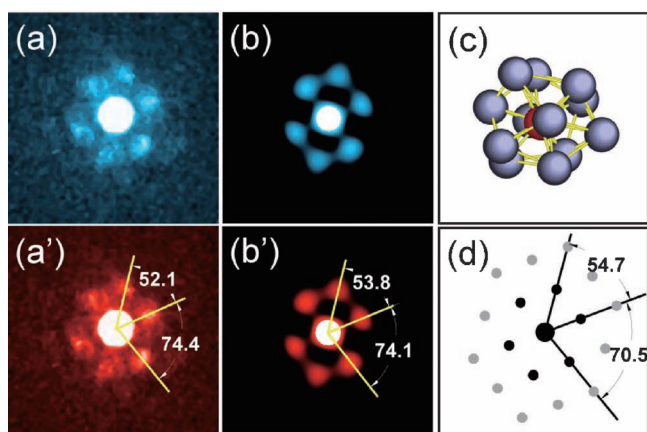


図8 非晶質 $Zr_{80}Pt_{20}$ において頻繁に見られる電子回折パターンの特徴. (a) (a') 実験で得られたパターン, (b) (b') (c) に示す原子クラスターから計算で得たパターン, (d) 面心立方構造 (fcc) の [110] 入射パターン. パターンはシンプルなものであり, 第1ハローリングの位置に現れる比較的少数の強度の強いスポットで構成されている⁽¹⁵⁾.

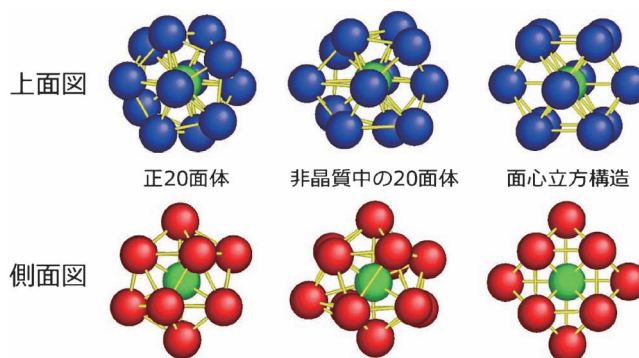


図9 正20面体原子クラスター, 非晶質金属中で観察された代表的な20面体原子クラスター, および面心立方構造 (fcc) 原子クラスターの比較⁽¹⁵⁾.

体では見られず, 20面体が大きく歪んだことにより得られる特徴的なパターンである. また, このパターンは図に示すように面心立方構造の [110] 入射のパターンにも似ており, 構造の類似性が予想される. 実際, 構造を詳細に調べると, 歪んだ20面体クラスターは正20面体構造と面心立方構造の中間的な特徴を持っていることがわかった. 3者の構造の比較を図9に示す. しかしこのような類似性はあるものの対称性は著しく低いため, 歪んだ20面体クラスターは非晶質特有の局所構造と言えるであろう.

4. 非晶質金属の中範囲秩序構造の観察⁽¹⁶⁾

これまでに示した原子クラスター(短範囲秩序構造)の観察に加え, 原子クラスター同士が連結して作られる中範囲秩序構造の観察についても検討を行った. 空間的に広がりのある

に見られる大きく歪んだ20面体から得られるものと良い一致を示すことが明らかとなった. この歪みは原子サイズの差から生じる程度の小さなものではなく, 第一近接原子までの原子間距離が 0.7-0.9 nm 程度の分布を持つ大きなものである.

本合金において最も頻繁に観察される回折パターンは図8に示すような比較的シンプルで強い強度を示すものであった. このパターンの起源を調べるため, 図7で示した歪んだ20面体構造と同じものを回転させながら回折強度の変化を調べたところ, 5回軸入射からわずかに傾けると現れるものであることが明らかとなった. このような特徴は正20面

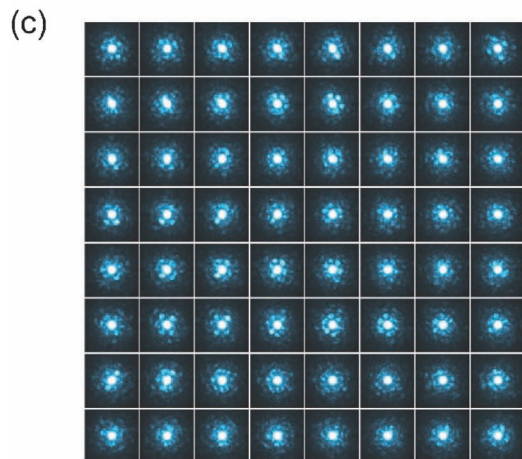
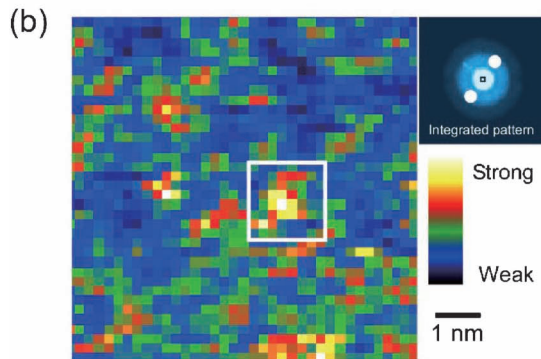
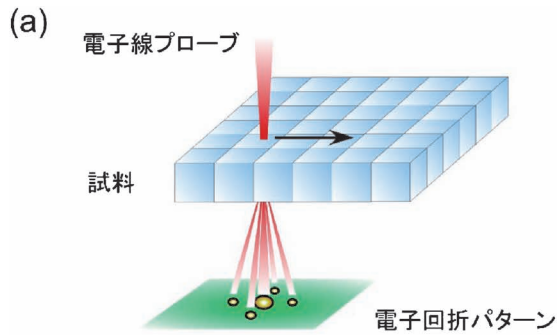


図10 金属ガラスから得た電子回折マッピング。(a) マッピング実験の模式図、(b) 第一ハローリングの一部を用いて再構成した電子回折マップ。(c) (b)において四角で示された領域から得られた電子回折生データ。取得ステップは0.2 nmである。

中範囲秩序構造を観察するには、STEMのスキャン機能を活用した回折マッピング法が有効である。我々は、図10に示すように試料の薄い領域から6-8 nm四方の領域に対し、電子回折パターンを1領域あたり1000-1500枚程度取得した。各パターンは0.2 nm(ビーム径の約半分)の間隔で取得した。ここで用いた試料は現時点で世界最大サイズが得られているPd_{42.5}Cu₃₀Ni_{7.5}P₂₀バルク金属ガラス⁽¹⁹⁾である。電子回折パターン中の第一ハローリングに相当する範囲を選択し、その強度を各ピクセルに示すことにより電子回折マップを再構築すると、1-2 nm程度の大きさの領域が明るいコントラ

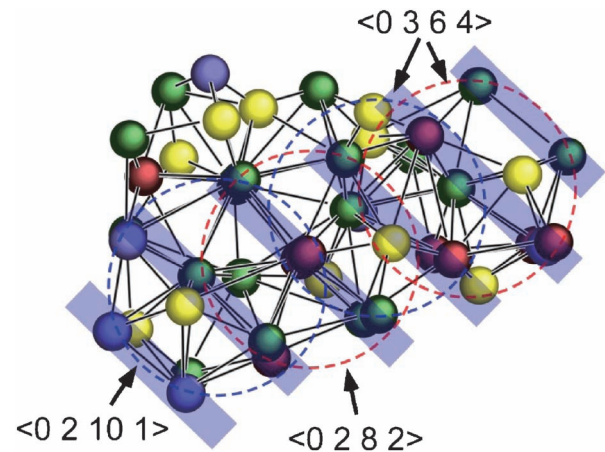


図11 電子回折パターン中のある1方向の回折波が保持されるような中範囲秩序構造の例。電子回折マップには1 nm以上の広がりを持つ明るい領域が見られるが、このような多くの擬格子面を作るような原子クラスターの連なりに起因するものと思われる。

ストとして観察された。このコントラストは、ある特定の方向の回折波を保つ構造領域が存在するというものであり、コントラストのサイズはその構造(中範囲秩序構造)の相関長に対応していると言える。また、ハローリング全体からマップを再構築しても多くの暗いコントラスト領域が残存することから、厚さ方向にoff-axisの原子クラスターしか存在しない領域も数多くあることがわかる。実際、これらの領域から得られた電子回折パターンには強い強度のスポットは観察されない。このことから、本手法によって1つのon-axis原子クラスターが観察可能であることは理にかなっていると言える。

回折マップでは1-2 nm程度の大きさの同一の回折波を生む領域が存在することが示された。この構造的な起源は、図11に示すような類似の原子クラスターが連結されたものであると理解できる。強い回折スポットを示すon-axis原子クラスターは回折ベクトルと垂直な擬格子面を形成しているが、原子クラスター同士が連結している場合には、図のように擬格子面も連続して保持される。このような場合に、同一の回折波を作り出す領域が広がるのが可能であり、中範囲秩序構造を形成するものと思われる。擬格子面は結晶の格子面と異なり、長距離にわたって保つことができないため、その範囲はマップに示されるように1-2 nm程度に限られるが、この距離は前述した原子クラスターの歪みと関係があると予想される。

5. ま と め

非品質構造は周期性が無いため、構造の理解が本質的に困難であることから、様々な視点からの解析が必要である。本研究では特に非品質の局所構造情報に注目し、電子線を

0.3-0.4 nm 程度まで絞り込むことによって局所からの電子回折パターンを得ることを試みた。その結果、非晶質金属から得られた電子回折パターンは明瞭な回折スポットから成るものであり、原子クラスター(短範囲秩序構造)から計算で得られたものとして解釈できた。原子クラスターからの回折強度は方位に強く依存するため、試料厚さ方向に数個重なっている場合でも、個々の原子クラスターからの回折を得ることが可能である。また、20面体局所構造が期待される合金系において電子回折を観察した結果、20面体構造の存在が示されたが、頻繁に観察されるパターンは大きく歪んだ20面体構造に起因するものであることが明らかとなった。このような歪んだ原子クラスターが連結して空間を埋め、稠密な構造を形成していると考えられる。またSTEMの走査機能を利用した電子回折マッピングを取得することで、隣り合う原子クラスターの間隔を調べることができ、中範囲秩序構造の解析が可能である。近年、中範囲秩序構造と構造緩和・変形などのダイナミクスの相関が盛んに議論されており^{(20) (21)}、ここで紹介したようなSTEM電子回折を用いた観察手法は今後ますます重要になるとと思われる。

本研究は、文部科学省世界トップレベル研究拠点(WPI)プログラム、および文部科学省科学研究補助金・基盤研究(B)(課題番号：24360260)および挑戦的萌芽研究(課題番号：24656400)の補助を得て実施されたものであり、記して謝意を表します。電子回折の実験およびシミュレーションに関して有益なご指導・ご助言を頂いた大阪大学・弘津禎彦教授に感謝の意を表します。分子動力学シミュレーションにおいてご尽力いただいた東北大学・藤田武志博士に感謝致します。また、試料を提供頂いた名古屋大学・長谷川正教授、東北大学・才田淳治教授、および東北大学・西山信行特任教授に謝意を表します。

文 献

- (1) 鈴木賢太郎, 小原真司: まてりあ, **41**(2002), 206-215.
- (2) E. Matsubara and Y. Waseda: Mater. Trans. JIM, **36**(1995), 883-889.
- (3) Y. Waseda: Anomalous X-Ray Scattering for Materials Characterization, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2002).
- (4) 福永俊晴: 日本金属学会会報, **26**(1987), 481-489.
- (5) T. Fukunaga, K. Itoh, T. Otomo, K. Mori, M. Sugiyama, H. Kato, M. Hasegawa, A. Hirata, Y. Hirotsu and A. C. Hannon: Intermetallics, **14**(2006), 893-897.
- (6) T. Fujita, K. Konno, W. Zhang, V. Kumar, M. Matsuura, A. Inoue, T. Sakurai and M. W. Chen: Phys. Rev. Lett., **103**(2009), 075502.
- (7) Y. Hirotsu, T. Ohkubo and M. Matsushita: Microsc. Res. Tech., **40**(1998), 284-312.
- (8) T. Ohkubo and Y. Hirotsu: Phys. Rev. B, **67**(2003), 094201.
- (9) A. Hirata, Y. Hirotsu, T. G. Nieh, T. Ohkubo and N. Tanaka: Ultramicroscopy, **107**(2007), 116-123.
- (10) A. Hirata, Y. Hirotsu, E. Matsubara, T. Ohkubo and K. Hono: Phys. Rev. B, **74**(2006), 214206.
- (11) A. Hirata, T. Morino, Y. Hirotsu, K. Itoh and T. Fukunaga: Mater. Trans., **48**(2007), 1299-1303.
- (12) A. Hirata, Y. Hirotsu, K. Amiya and A. Inoue: Phys. Rev. B, **78**(2008), 144205.
- (13) A. Hirata, S. Kuboya, Y. Hirotsu and T. G. Nieh: J. Alloy. Compd., **483**(2009), 64-69.
- (14) A. Hirata, P. Guan, T. Fujita, Y. Hirotsu, A. Inoue, A. R. Yavari, T. Sakurai and M. Chen: Nature Mater., **10**(2011), 28-33.
- (15) A. Hirata, L. J. Kang, T. Fujita, B. Klumov, K. Matsue, M. Kotani, A. R. Yavari and M. W. Chen: Science, **341**(2013), 376-379.
- (16) A. Hirata and M. W. Chen: J. Non-Cryst. Solids, **383**(2014), 52-58.
- (17) F. C. Frank: Proc. R. Soc. London, **215**(1952), 43-46.
- (18) J. Saida, M. Matsushita and A. Inoue: Appl. Phys. Lett., **77**(2000), 73-75.
- (19) N. Nishiyama, K. Takenaka, H. Miura, N. Saidoh, Y. Zeng and A. Inoue: Intermetallics, **30**(2012), 19-24.
- (20) M. Wakeda, Y. Shibutani, S. Ogata and J. Park: Intermetallics, **15**(2007), 139-144.
- (21) C. P. Royall and S. R. Williams: Phys. Rep., **560**(2015), 1-75.

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

平田秋彦
 2003年3月 早稲田大学大学院理工学研究所博士課程修了
 2003年4月 大阪大学産業科学研究助手
 2009年4月 東北大学原子分子材料科学高等研究機構助教
 2012年4月- 現職
 専門分野: 非晶質物質, 電子顕微鏡

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★



平田秋彦 陳明偉

粒界反応析出抑制による 疲労特性に優れた Cu-Ti 合金の開発

鎌田 俊哉¹⁾ 佐々木 史明²⁾ 菅原 章³⁾

1. 開発背景

スマートフォンに代表される携帯情報通信機器の小型化、高密度実装化に伴い、ばね・コネクタ材料として使用される銅合金材料も薄肉、細幅化され、より高い強度、優れた曲げ加工性を有することが求められている。加えて、繰り返し作動する可動片に用いられる材料には、高い信頼性、長寿命のニーズに応える、優れた疲労特性を有することが強く求められる。

Cu-Ti 合金 (C19900) は 800~1100 MPa の 0.2% 耐力を得ることが可能であり、銅合金トップクラスの高強度、耐力力緩和特性ならびに疲労特性を有しており、さらに曲げ加工性も優れていることから、スマートフォン向けのばね・コネクタ材料に適した銅合金であり、バッテリー端子や図 1 に示すイヤホンジャックなどの多くの端子に採用されている。しかしながら、部品の小型化に伴う素材板厚、板幅の減少が進む中で、高信頼性、長寿命のニーズに応えていくためには、強度、加工性や疲労特性といった材料に求められる諸特性をより一層向上していく必要がある。

Cu-Ti 合金は析出硬化型銅合金であり、800℃以上で溶体化処理を施した後、400~500℃で時効処理を行うことで強度が大きく上昇する。時効処理では、スピノーダル分解による濃度変調組織を経て、ナノスケールの微細な準安定相 (β' -Cu₄Ti) が Cu 母相中に連続析出する⁽¹⁾。その後、時効時間の増加に伴い、粒界反応析出が生じ、結晶粒界から安定相である β -Cu₄Ti がセル状に不連続析出する⁽²⁾。本合金の強度には微細な準安定相による析出強化が寄与するが、時効時間の増加に伴い脆性である β -Cu₄Ti が粒内に成長するた

め、強度や加工性が著しく低下する。こうした β -Cu₄Ti は疲労破壊の起点にもなるため、Cu-Ti 合金の強度、加工性に加え疲労特性を向上させるためには粒界反応析出である β -Cu₄Ti の生成を抑制する必要がある。

Cu-Ti 合金の粒界反応析出を抑制する研究として、時効条件との関係について種々の検討がされている。例えば、700℃での時効処理により粒界反応析出が抑制され、粒内に Widmanstätten 型の析出物が形成されるという報告⁽³⁾⁽⁴⁾がある。しかしながら、700℃での時効処理では時効硬化量が小さくなり、高強度を得ることが困難となる。また、結晶粒界は不連続析出の核生成サイトになるため、第三元素の添加により、結晶粒界を改質し改善を図る報告⁽⁵⁾⁽⁶⁾もなされているが、第三元素の添加は新たな介在物の形成を招くため、曲げ加工性や疲労特性、プレス打ち抜き性など、他の特性への影響を慎重に調査する必要がある。Cu-Ti 合金以外にも粒界反応析出を生じる合金として Cu-Be 合金や Cu-Ni-Sn 合金などが知られているが、これらの合金系も含めて、第三元素を添加すること無く、時効処理以前の工程条件を調整することにより、粒界反応析出を抑制する方法については、これまで十分に検討されてこなかった。

著者らは、Cu-Ti 二元系合金において、製造プロセス中



図 1 イヤホンジャック模式図。

* DOWA メタルテック株式会社 金属加工事業部：
1)主任 2)磐田技術センター長 3)金属加工事業部長
Development of Excellent Fatigue Characteristic Cu-Ti Alloys
by Suppression of Grain-Boundary Reaction Precipitates;
Toshiya Kamada, Fumiaki Sasaki, Akira Sugawara (DOWA
METALTECH Co., Ltd.)
2015年10月22日受理[doi:10.2320/materia.55.15]

の各工程条件と時効処理時の粒界反応析出との関係について研究を進めることで、第三元素を添加することなく粒界反応析出を抑制する技術を開発した。また、この技術を活用することにより、従来のCu-Ti合金の強度を維持しながら、加工性ならびに疲労特性を向上させた新合金「YCuT-GM」を開発した。

2. 粒界反応析出抑制

Cu-Ti合金の一般的な製造工程では、溶解・鋳造を行い、得られた鋳塊に熱間圧延、冷間圧延を施した後に、溶体化処理を施す。溶体化処理後は冷間圧延、時効処理や低温焼鈍といった圧延と熱処理を組み合わせ、所定の板厚、狙いの

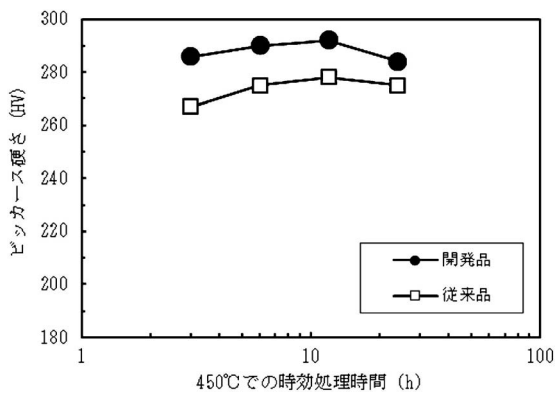


図2 時効硬化曲線。

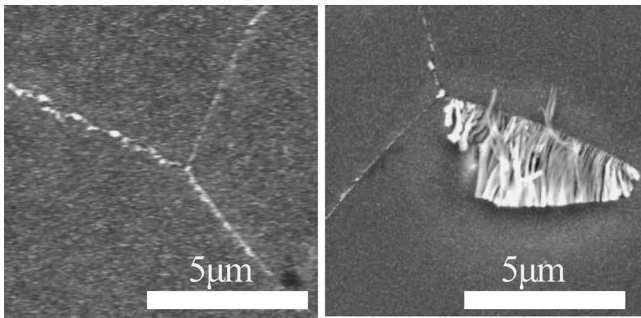


図3 12 h 時効処理後の組織写真。
(左：開発品 右：従来品)

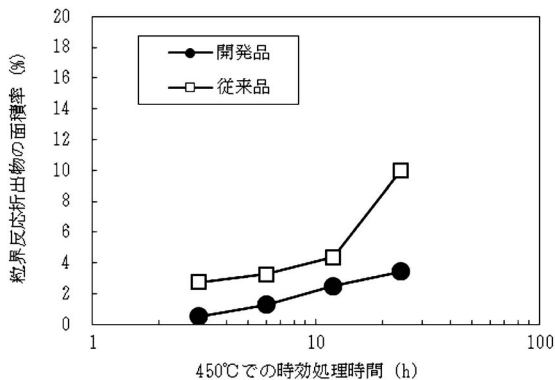


図4 粒界反応析出物の面積率の比較。

調質の板材を得る。前述の通り、時効処理時に時効時間の増加に伴い粒界反応析出が生じる。種々の調査の結果、溶体化条件を調整することにより、従来品以上の強度を維持しながら時効処理時の粒界反応析出の生成量を大幅に抑制することを可能にした。

図2に、開発品と従来品を450°Cにおいて時効処理した際のビッカース硬さの変化を示す。どちらの材料も12 h 時効処理後でピーク硬さが得られたが、開発品は従来品よりもHV15ほど高く、また3 h から24 h 時効処理後の全ての条件で開発品の硬さが高かった。

図3に、ピーク硬さが得られた450°Cで12 h 時効処理後の組織をSEMにより観察した結果を示す。一般的な溶体化条件である従来品に比べ、開発品は粒界反応析出を抑制することができている。

図4に、時効処理後における粒界反応析出物の面積率の変化を示す。従来品、開発品ともに時効処理時間の増加に伴い粒界反応析出量は増加していく。時効時間3~24 h において、従来品に比べて開発品の方が粒界反応析出物の面積率は小さく、ピーク時効の12 h 時効後には従来品の面積率4%に対し、開発品では2%と従来品の1/2以下の面積率に抑制することができた。また、過時効にあたる24 h 時効での粒界反応析出物面積率の増加の度合いも開発品の方が小さい。したがって溶体化条件を調整することにより、粒界反応析出を抑制することが可能である。

3. 曲げ加工性、疲労特性を向上したCu-Ti合金の開発

表1に強度(引張強さ、0.2%耐力)が同等になるように最終圧延加工率を調整した開発品および従来品の機械的特性を示す。また、表1に90°W 曲げにより割れを生じない最小曲げ半径、10⁶回疲労強度も併せて記載した。

図5は、R/t=0.6で90°W 曲げ(BadWay 方向)試験を行った後の表面写真である。従来品は曲げ加工部表面に割れが生じたが、開発品は割れがなく、曲げ加工性に優れているのが

表1 機械的特性。

	引張強さ (MPa)	0.2%耐力 (MPa)	伸び (%)	90°W 曲げ MBR/t(B.W.)	10 ⁶ 回疲労強度 (MPa)
開発品	960	855	15	0.6	721
従来品	961	851	15	1.0	609

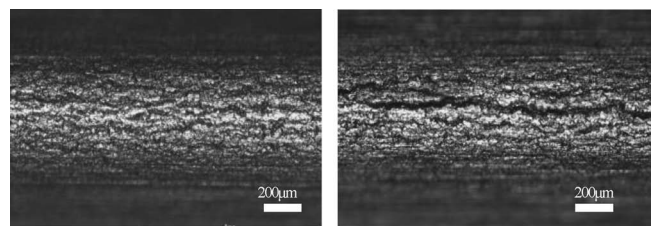


図5 90°W 曲げ(曲げ幅 W=10 mm, 曲げ半径 R/t=0.6)後の表面写真(左：開発品 右：従来品)。

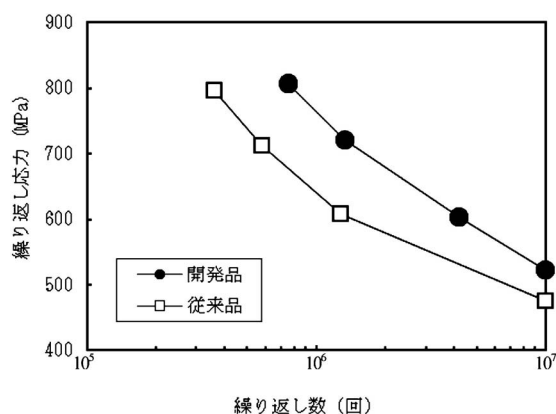


図6 S-N 曲線.

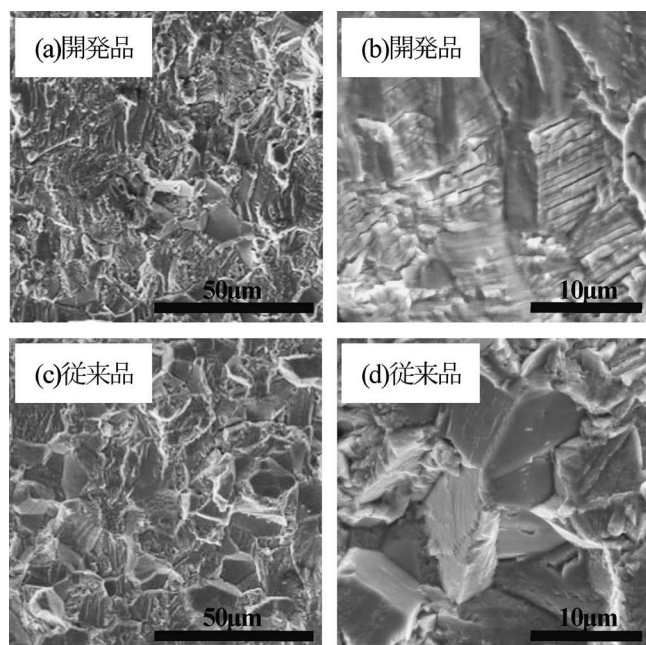


図7 疲労試験後の破面 SEM 写真.

分かる。

図6にプリー曲げ疲労試験機による開発品および従来品の疲労特性(S-N 曲線)を示す。図6より、600~800 MPaの負荷応力において、開発品は従来品に比べ2倍以上の耐久回数が得られた。また、10⁶回耐久可能な疲労強度は、従来品の609 MPaに対し、開発品は721 MPaと100 MPa以上疲労強度が上昇しており、粒界反応析出の抑制による疲労特性向上の効果が確認された。

図7に疲労試験後の破面をSEM観察した結果を示す。図7(a), (b)の開発品の破面は、疲労破壊の一般的な特徴を示すストライエーションが観察されており、粒内破壊をしていることが分かる。これに対し、図7(c), (d)の従来品の破面は、粒状の組織が観察され、粒界破壊していることが分か

る。一般に多結晶金属の疲労強度は、引張強さに比例することが知られている。また、析出物や微小欠陥、結晶粒の大きさ等の影響を受けることが知られているが⁽⁷⁾、その定量的な関係は明確にされていない。これまで示したように、溶体化処理条件を調整し、時効後の粒界反応析出を抑制した開発品は、疲労強度が大きく上昇する効果が得られた。

ここで、開発品と従来品の引張強さ、結晶粒径は同程度であり、したがって開発品は、粒界反応析出物の生成を抑制したことにより、粒内破壊を呈し疲労特性が大幅に向上したと考えられる。

これに対し、粒界反応析出量の多い従来品は、粒界反応析出物が生成した粒界をクラックが伝播し、粒界破壊に至っていると考えられる。曲げ加工に対しても、開発品は粒界反応析出物の生成を抑制したことで脆性部が減少し、曲げ加工時に粒界におけるクラックの発生が抑制され、曲げ加工性が向上したと考えられる。

4. 実績, 将来性, 発展性

第三元素を添加することなく、Cu-Ti合金の粒界反応析出を抑制する技術ならびに疲労特性を大きく向上させたCu-Ti合金に関する特許⁽⁸⁾は、現段階で世界各国に合計7件出願しており、研究成果が特許の面でも大きく展開されている。

Cu-Ti合金は、強度、曲げ加工性、耐力力緩和特性、環境面にも優れており、スマートフォン等の携帯情報通信機器向けのばね・コネクタ向けに確固たる地位を築いており、年間1,000トン以上の販売実績がある。

粒界反応析出を抑制し、疲労特性を向上させた新製品「YCuT-GM」は携帯情報通信機器向けのばね・コネクタ材料として採用が拡大しており、今後、通信機器のさらなる小型化や高密度実装化へ貢献できる可能性がある。

さらに本技術は、粒界反応析出を効果的に抑制する手段として、多くの銅合金にも応用できる可能性を秘めており、その価値は極めて大きいと言える。

文 献

- (1) W. A. Soffa and D. E. Laughlin: Prog. Mater. Sci., **49**(2004), 347-366.
- (2) 千星 聡, 石黒三岐雄, 佐藤成男, 我妻和明, 高杉隆幸, 高維林, 菅原 章: 銅と銅合金, **52**(2013), 30-35.
- (3) 斎藤一男, 飯田恵一, 渡辺亮治: 日本金属学会誌: **31**(1967), 641-646.
- (4) 土井俊雄: 日本金属学会誌: **23**(1959), 347-351.
- (5) 古田 遼, 里 達雄, 小林郁夫, 手塚裕康: 銅と銅合金, **53**(2014), 55-61.
- (6) 池野 進, 佐治重興, 堀 茂徳: 日本金属学会誌, **40**(1976), 1105-1110.
- (7) Morris E. Fine(訳 森 勉): 日本金属学会会報, **20**(1981), 668-677.
- (8) 例えば, 特開2014-185370.

積層造形技術による金属製カスタム照明の開発と デライト価値の創出

寺西正俊^{*1)} 西田一人^{*2)} 中野貴由^{**}
田中敏宏^{**} 掛下知行^{**}

1. はじめに

工業製品のグローバル競争の激化は、コモディティ化[†]を促し、製品の低価格化への歯止めがかからない状況にある。一方、先進国を中心とした世界の富裕層20億人に対しては、個々人の価値観に合わせた only one としての高付加価値を持つ製品需要の高まりが期待される。高付加価値製品実現のためのキーワードは、デザイン価値、顧客価値、カスタム価値である。製品の基本性能の追求に加えて、ユーザ各人のニーズにフィットさせる(カスタム製品)とともに、人間の内面に踏み込んだ製品価値追求が製品の高付加価値化と強く相関する、例えば感性工学に基づくデライト品質向上は、新たなデライト価値の高い製品を生み出すことを可能とする⁽¹⁾⁽²⁾。

金属製品は、さまざまな形状、色、光沢、力学をはじめとする機能などで、私たちの生活を楽しく、豊かにする。例えば、金属チタンは表面に強固な酸化 TiO₂ の不動態被膜を形成することにより耐食性に優れ、非常に薄い薄膜の形成は可視光を透過し自然な金属光沢を失わない。その上、強度は一般的な炭素鋼以上であるが、密度は炭素鋼の半分程度と軽量比強度は極めて高い。さらに、酸化被膜の厚さに応じた光の干渉により発色のバリエーションを得ることができるため、装飾性にも優れた金属材料といえる。このようにチタンは軽い、強い、錆びにくい、美しい(高級感を与える)といった特性を持つと同時に、人に優しい、安心・安全な金属として知

られている。一方でチタンは他の金属素材と比較して、難加工性でありプレス成形、研削、研磨が難しく、高温活性による鑄型との反応により鑄造体の作製が必ずしも容易ではないなど制約があり、これがチタンおよびチタン合金の製品への用途を限定させてきた。

こうした欠点を解消し、利点を活かす方法としては、金属積層造形法が挙げられる。近年急速な普及が進んでいる本手法は、自由形状付加製造法の一つで、電子ビームやレーザービームを熱源に走査により金属粉末を選択的に熔融、凝固させ、それを積層することで、3次元構造体を作製する新技術である。従来の加工法では困難であった複雑形状の3次元構造体や多孔質体あるいは傾斜構造体がニアネットシェープもしくはネットシェープで作製可能となる。加えて、チタン合金のように難加工性・高温活性の材料に対しても成形体を作製可能とすることから、従来の製品製造では利用できなかった金属、合金の製品製造手法として期待される。さらに、金属積層造形法の一つである粉末床熔融(powder bed fusion)法は形状だけでなく、熱エネルギー投入の方向性や熱勾配、熱流束の制御により材質を独立に制御することができることから、ユーザのニーズ或使用環境に適合可能な製品の開発が進むことが期待される。そこで、新たな高付加価値製品の創成を目指し、金属粉末を出発材料とした積層造形技術を利用した金属製カスタムデライト照明の製品開発を行うとともに、ユーザのデライトを評価する手法について検討した。

2. カスタムデライト照明製品の開発

本開発では粉末床熔融法による積層造形用材料として Ti-6Al-4V 合金粉末(平均粉末粒径 80 μm)を用い、電子ビームによる金属粉末積層造形手法により造形を行った。この合金は整形外科インプラントとして医療承認を受けている材料でもあり、安心・安全な製品を提供できる。そこでまず第一段階として、設計した複雑形状に対し Ti-6Al-4V 合金による粉末床熔融法での造形実現性と、チタン合金製照明セードによって投影される陰影を確認した。カスタム照明は、異なる

* パナソニック株式会社生産技術本部; 1)部長 2)所長

** 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻; 教授
Development of Metal Customized Illumination by Additive Manufacturing Technology Based on the Delight Design; Masatoshi Teranishi*, Kazuto Nishida*, Takayoshi Nakano**, Toshihiro Tanaka** and Tomoyuki Kakeshita** (*Production Engineering Laboratory, Production Engineering Division, Panasonic Co., Ltd. **Division of Materials and Manufacturing Science, Graduate School of Engineering, Osaka University)
2015年10月23日受理[doi:10.2320/materia.55.18]

† 商品機能、品質面での大差のない製品が流通すること。

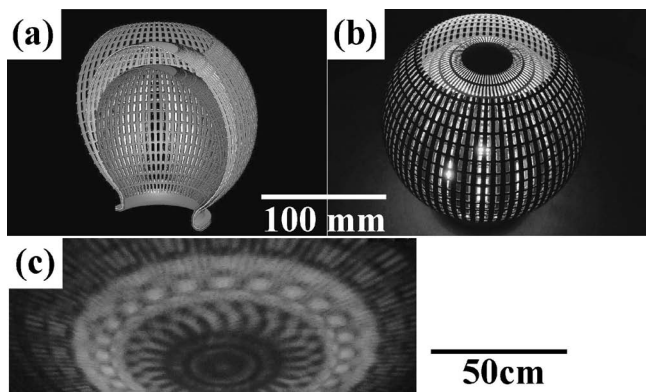


図1 (a)設計したカスタム照明セードの3次元断面像, (b)造形したカスタムセード(上向き指向性ライト照明)の外観と(c)同照明により天井に映し出される陰影。

3つの大きさの球形により構成される3重構造を基本とし, すべての球に対して光透過スリットを配置し, 最表面層の上部に開口部を設けた照明セードとし(図1(a)), 設計・造形を試みた。設計した3次元データに基づく造形精度 $\pm 500 \mu\text{m}$ 以内の照明セードの造形が可能であった(図1(b))。同照明セードを上方向の指向性ライトと組み合わせて照明として使用した際の照明の外観, 天井に映し出される陰影をそれぞれ図1(b), (c)に示す。スリットからの光の透過による直接光, 金属による光の遮蔽・反射による間接光のバランスで生成される独特な模様の陰影が描き出されていることがわかる。

次にこうした金属特有の陰影を利用して, 意図的に陰影を制御することで空間の明るさ感(空間全体から受ける明るさの印象)を変えることの可能性を検証した。光の透過率が一定の条件でスリットサイズ・数の違いによりスリットの照明セードに対する面積割合が異なる3種類の球で構成される3重構造の照明セードにおいて, 外層と内層のスリット的面積割合を変えた2種類の照明セードを設計し, 造形した(図2)。光量が同じにも関わらず天井, 壁に映し出される陰影は大きく異なり, 照明により与えられる明るさ感の違いを生み出すことに成功した。設計とともにこのような実使用と同じような体験をスマートフォンやタブレットなどのモバイル機器を用いてCG(コンピュータグラフィックス)やAR(拡張現実)により確認するシステムも同時に開発しており, 「モバイル・ファースト」(モバイルを中心にデザインしたツール)による次世代イーコマースへの展開も図っている。

加えて, 金属積層造形では, 既存工法では実現不可能なラティス構造のような多孔質構造を形成できることから, 金属積層造形ならではの新たな機能形状を付与することで製品に対し, これまでにない付加価値を創出可能である。本開発では, ラティス構造を利用することで弾性率を向上させ壊れにくいカスタムセード外殻をコンセプトとしたラティスシェルボールを開発した。弾性率を向上させる照明セード外殻構造として図3に示すラティス構造を有する外殻を設計した。設計した3次元データに基づき金属積層造形装置によりTi-6Al-4V合金粉末を用いてラティスシェルボールを造形し

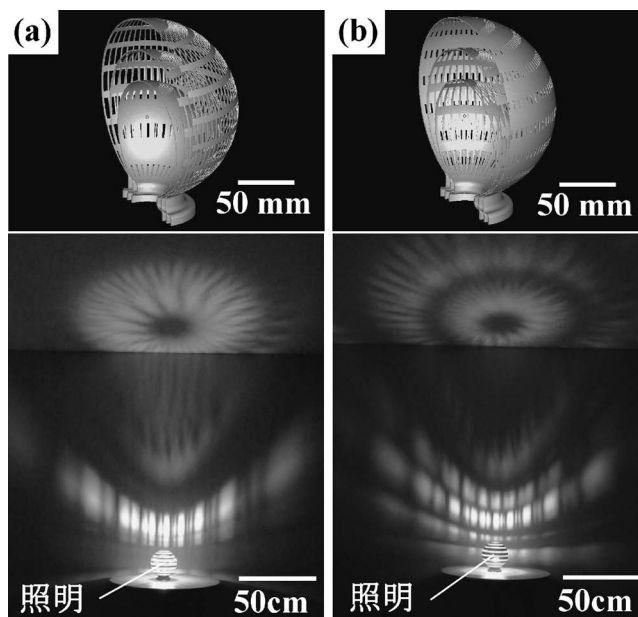


図2 光透過率を一定として設計した2種類のカスタム照明セードの3次元断面像と同照明により天井, 壁に映し出される陰影。 $X_{外(a)} = X_{内(b)}$, $X_{中(a)} = X_{中(b)}$, $X_{内(a)} = X_{外(b)}$ (X_i : i 層のスリット的面積率)。

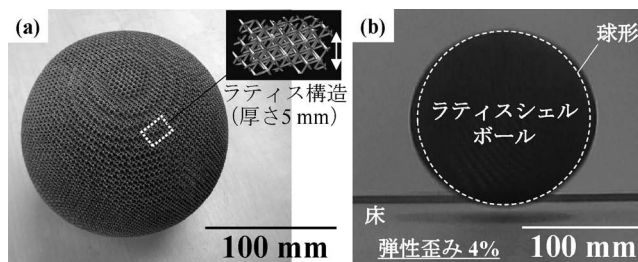


図3 (a)ラティスシェルボールの外観とラティス構造と(b)床との衝突直後のラティスシェルボール(120 fpsで撮影)。

た。ラティスシェルボールを約700 mmの高さから落下させた際, 床との衝突直後ラティスシェルボールは歪み, その後球形に戻るといった弾性変形をしながら弾む挙動を示した。Ti-6Al-4Vのバルク体の弾性歪みは1%程度⁽³⁾であるが, 弾んだ直後のラティスシェルボールの画像解析から4%の弾性歪みが得られていることが分かった(図3)。従来の工法では困難であったチタン合金へのラティス構造の付与により, 機能を飛躍的に向上させ, 耐衝撃性を発現した新しい価値を持つ製品を実現させることが可能となった。このような構造による機能性向上に加えて, 金属材料そのものの材質(結晶構造, 原子配列の規則性, 結晶粒形状, 結晶集合組織, 結晶粒界の有無(単結晶, 柱状晶, 多結晶)など)を制御することで, よりユーザのニーズ, 使用環境に適合させた材質・形状をもつ製品づくりが可能となる。このように, 照明セードの外観, 空間の明るさ感, 使用感などをユーザのデライト価値に適合させ完成したこだわりの照明は, 従来の製品では味わうことのできなかった愛着のある部屋を演出するものと思われる。

3. デライトアセスメント®

これまで大量生産品は、ユーザ適合化を目指して、「平均的なユーザ・ニーズに対し better な製品」を生み出すため、人間工学や感性工学の観点からユーザのニーズや感性を明らかにする手法が使われてきた。一方で、商品のカスタム設計には、従来行われてきた平均的な人間特性の把握よりも個人差に着目した指標開発を行うことで、より個人の特性に合致した商品を創出するための手法を開発する必要がある。つまり、ユーザ要求やユーザが購入した後のユーザ満足度、デライト価値を定量的にアセスメントし(デライトアセスメント®：満足度や喜び品質の客観的指標評価)、設計仕様に迅速につなげる手法が重要となる⁽²⁾。人間工学や感性工学に基づくプライオリティマップ(重要な項目の明確化)、行動観察・視線解析、価値観マップ(価値観によるユーザ分類)、S-H変換(ユーザにフィットさせる設計)などは客観的・定量的に評価する手法であり、デライト価値を測る手法(デライトアセスメント)への応用展開やカスタム製品開発への適用が考えられる。例えば、プライオリティマップではユーザがどのような項目を重視し、何に不満を持っているかを明らかにすることで、ユーザの不満や困りごとを解消するデライトな製品提案をすることができ、課題を解決する方法を探ることでユーザのニーズにマッチしたデライトな製品が生み出せる。また、人体計測技術と統計解析技術を用いて、ユーザの感覚(Soft)を設計(Hard)に使える値に変換するS-H変換は、使いやすさだけでなく、上質感のある外観デザインに結び付く重要な要因を明らかにするなど、デライト価値を高めることにも適用が可能である(図4)。このようなユーザの感覚や感性を設計に落としこむ手法は、ひとりひとりにフィットすることを目的とするカスタム製品には欠かせない技術である。このように評価された結果を設計へ反映できるフィードバックシステムの構築を現在進めている。

4. まとめ

本稿では新しい価値をもった製品開発の実現を目指し、積層造形技術を利用した金属性カスタムデライト照明の製品開発ステップを紹介した。製品をカスタム化するとともに構造・材質制御による機能性を向上させることに加えて、デライトアセスメントの結果を製品設計にフィードバックすることで、ユーザひとりひとりの満足度を様々なかたちで実現でき、従来は対応できなかった平均値からはずれたユーザに対してもデライトな製品を提供できるなど期待されることは大きい。本開発は国家プロジェクト SIP(戦略的イノベーション)

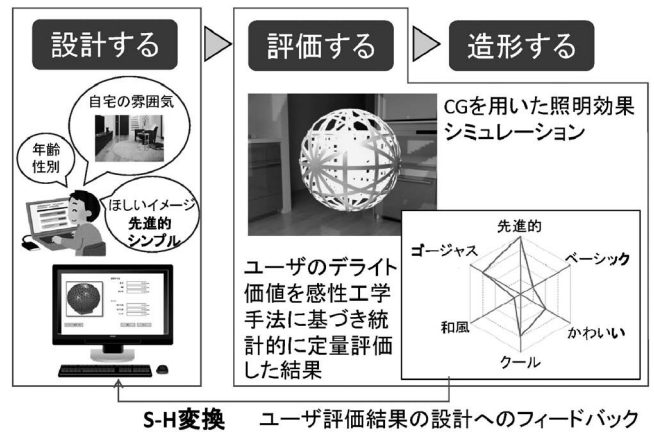


図4 カスタム設計とユーザ評価のフィードバック。

ン創造プログラム)革新的設計生産技術の研究テーマの一つである「三次元異方性カスタマイズ化設計・付加製造拠点の構築と地域実証」⁽⁴⁾⁽⁵⁾で取り組んでいる内容であり、本稿で紹介した照明を一例としてカスタムデライト製品群の拡大を進めている。このことは従来製品への展開が限定されてきた難加工性金属の用途拡大への礎になるものとも期待される。

5. 特許

本開発に関連して、特開2013-094390：構造体の製造方法および構造体、特開2011-136083：衝撃吸収構造体およびその製造方法、商標第5777527号：デライトアセスメント、商願2015-46048：デライトアセスメント(登録査定2015年9月15日)を出願、登録済みである。

本稿の一部は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「革新的設計生産技術」(管理法人：NEDO)によって実施されたものです。

文 献

- (1) 荒井栄司, 鈴木秀生, 寺西正俊: まてりあ, **54**(2015), 500-501.
- (2) 川口亜紀, 小川哲史, 水谷美香, 寺西正俊: まてりあ, **54**(2015), 513-514.
- (3) O. M. Badr: Ph. D. Diss., Deakin Univ. (2014).
- (4) 内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイビー), <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>.
- (5) 「SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)/革新的設計生産技術」「三次元異方性カスタマイズ化設計・付加製造拠点の構築と地域実証」～異方性カスタム設計・AM 研究開発センター～, <http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/sipk/>.

機械特性とリサイクル性に優れた カーボン強化マグネシウム合金の開発

橋本 嘉昭*

日野 実**

村上 浩二***

斉藤 研****

金谷 輝人*****

1. はじめに

マグネシウム合金は、軽量で比剛性が高く、放熱性、防振性、電磁波シールド性に優れるなど、多くの特性を有している。特に輸送機器分野では、CO₂排出量削減の観点から、車両の軽量化が最重要課題であり、これにはマグネシウム合金の利用が有効である。また、家電分野では、ノートPC等、様々な携帯電子機器フレームに用いられている。携帯電子機器は更なる小型化・軽量化が切望されており、マグネシウム合金製フレームに対して機械特性の向上および薄肉で複雑形状が要求されている。現在、その要求に対応するプロセスとして、ダイカストやチクソモールド等の高圧金型鋳造法が広く適用されている。高圧金型鋳造法は100年以上の改良を重ね、複雑形状品を高速で鋳造できる優れた工法であるが、ビスケット・ランナー等の多くの成形端材が生じるため、リサイクル可能な合金とすることは、LCAの観点から重要な要件となる。

筆者らは、マグネシウム合金市中屑のリサイクルに関する研究を進める中で、自動車用ハンドルのマグネシウム合金製芯金に付着したウレタンや、エンジンカバーに付着した焼付き油由来のカーボンが耐食性を大幅に低下させるなど、リサイクル性に悪影響を及ぼすことを示した⁽¹⁾。同時にカーボンには有害なものと同様に有益なものがあることを見出し、希少元素を用いることなくマグネシウム合金を強化する手法として、リサイクル性に優れたカーボン強化マグネシウム合金の開発に成功した⁽²⁾。本稿では、その特徴を報告する。

2. 開発の経緯および特徴

マグネシウム合金へのカーボン添加が結晶粒の微細化ならびに機械的性質の向上に寄与することは以前より知られていた⁽³⁾。しかし、マグネシウムとカーボンは、両者間の濡れ性が乏しいため、マグネシウム-カーボン合金を作製することは困難で、これまで様々な検討が行われているが、実用化に至っていなかった。

一方、電子機器用マグネシウムフレーム製造を中心に適用されているチクソモールド成形は、マグネシウムインゴットから粉碎したチップを出発原料とし、半熔融状態にされたチップは加熱されたシリンダー内をスクリーによって押出され、金型内に高速充填され、製品へと成形される。出発原料であるチップの表面にカーボンを修飾することができれば、これまで困難であったカーボンが添加されたマグネシウム合金の作製が期待できる。そこで、経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業において、カーボン添加マグネシウム合金の開発研究を行った。

その結果、これまで実用化が困難とされてきたマグネシウム-カーボン合金の開発および実用化に成功した。開発したカーボン強化マグネシウム合金は、1. 静的強度向上、2. 疲労強度向上、3. 耐食性向上、4. 良好なリサイクル性、5. 良品率向上による信頼性向上とコストダウンという優れた特性を有しており、以下に製造プロセスの特徴およびカーボン強化マグネシウム合金(以下、開発合金と記す)の特性を紹介する。

(1) マグネシウム合金チップへのカーボン修飾

図1には、AZ91D マグネシウム合金チップ表面へのカーボン修飾のモデルおよびカーボン修飾前後のチップ外観を示す。チップ(平均サイズ: 4 mm)表面にカーボンを固定化するためにはカーボンのサイズおよび表面電荷の制御が重要である。なぜならカーボンの固定化は静電吸着に基づいているため、カーボンの最適粒径はナノサイズで、カーボンナノ粒子表面の末端にはCOOH基、OH基、CHO基等の官能基を修飾し、最適な電荷を付与することにより、カーボン修飾チップ(図1)を得ることができる。なお、カーボンの粒径や表面電荷ならびに添加量は、後述する成形後の特性に影響を及ぼし、カーボン未添加材よりも逆に特性を低下させる場合も

* 株式会社STU: 取締役 研究開発室長

** 広島工業大学: 教授

*** 岡山県工業技術センター: 研究員

**** 株式会社日本製鋼所: 研究員

***** 岡山理科大学: 教授

Development of Carbon Reinforcement Magnesium Alloy Superior in Strength and Recyclability; Yoshiaki Hashimoto*, Makoto Hino**, Koji Murakami***, Ken Saito**** and Teruto Kanadani*****(*STU Co., Ltd. **Hiroshima Institute of Technology. ***Industrial Technology Center of Okayama Prefecture. ****The Japan Steel Works, Ltd.. *****Okayama University of Science) 2015年10月27日受理[doi:10.2320/materia.55.21]

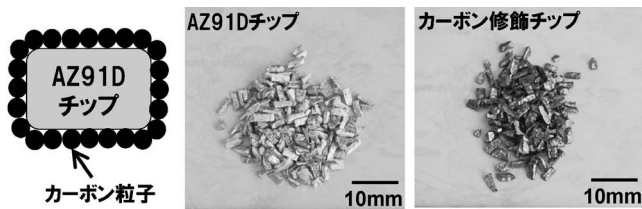


図1 カーボン修飾の概略とAZ91Dおよび開発チップの外観。

表1 カーボン未添加および開発合金の引張特性。

	0.2%耐力(MPa)	破断強度(MPa)	伸び(%)
AZ91D	158	186	2.0
開発合金	187	213	3.0

ある。

(2) 機械特性

電子機器フレームに適用されているAZ91Dマグネシウム合金のインゴットをチップ状に加工し、出発原料とした(図1)。チクソモールド成形によって平板(200×100×2mm)を作製し、JISに準拠した13B号試験片を削り出し、引張試験を行った。

表1には、カーボン未添加チップおよび開発チップから同一条件でチクソモールド成形した試験片の機械特性を示す。未添加のAZ91D合金と比較し、開発合金の0.2%耐力、引張強さ、伸びは全て向上し、特に0.2%耐力は18%も向上する⁽²⁾。

疲労特性についても疲労試験片をチクソモールド成形し、回転曲げ試験によって評価した結果、引張強さと同様、カーボン添加によって15%程度向上した。

(3) 鋳造性

携帯電子機器の小型化・軽量化に対応するため、マグネシウム製フレームは今以上の薄肉で複雑形状が要求されている。成形肉厚が0.5mmの湯流れ評価用渦巻き金型を用いた同一条件でのチクソモールド成形品の外観を図2に示す。開発合金による流動長は、未修飾のそれと比べ、大幅に向上しており、良好な湯流れ性が得られる。なお、湯流れ性の向上はチップ表面のカーボンナノ粒子による潤滑効果に基づいている。

一方、チクソモールドやダイキャストでは、熔融と凝固収縮に起因する鑄巣や空気の巻き込みによる内部欠陥が懸念され、特に肉厚が増すにつれ、内部欠陥は発生しやすくなる。そのため、チクソモールド成形は、主に電子機器フレームなどの薄肉部品に適用されてきたが、今後、自動車関連部材へ展開するためには、肉厚の増大に伴って生じる内部欠陥が問題となる。これにも開発チップが有効に作用する。

図3は、同一条件で成形した直径10mmのダンベル形状品をX線CTスキャナーによって撮影した画像で、開発チップによる成形品の内部欠陥は、未添加チップのそれよりも大幅に減少している。このように開発チップは、鑄巣などの内部欠陥の抑制にも寄与する。なお、カーボン添加による内部欠陥の抑制メカニズムは、現在、検討中である。

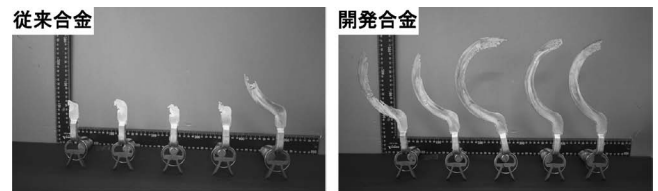


図2 肉厚0.5mmの渦巻き金型による流動長。

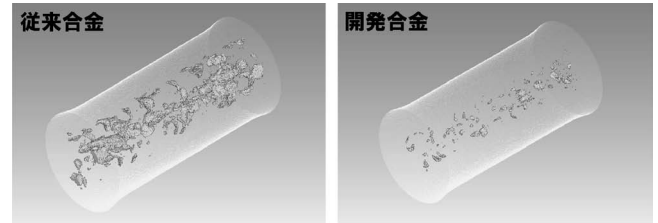


図3 X線CTによる内部欠陥の比較。

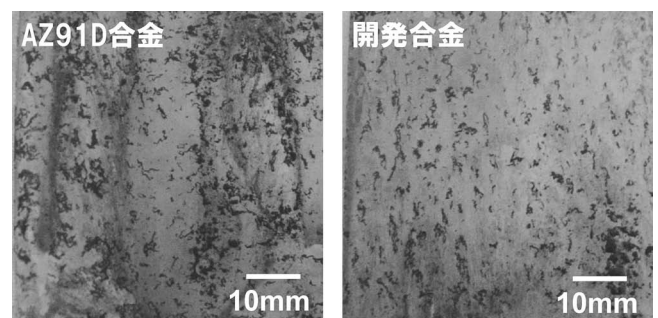


図4 各成形材の塩水噴霧試験24時間後の外観。

(4) 耐食性およびリサイクル性

マグネシウム合金は、前述したように多くの優れた特性を有している反面、電気化学的に卑な金属で、容易に腐食するため、実用に際して耐食性が問題視される。カーボン未添加チップおよび開発チップによる成形品の塩水噴霧試験24時間後の外観を図4に示す。両者は共に腐食しているが、開発材の腐食生成物は、未添加のそれよりも減少しており、添加されたカーボンは素材の耐食性に悪影響を及ぼさない。さらに化成処理や陽極酸化処理などの表面処理材後の耐食性も開発材の方が優れているが、これはカーボンの潤滑効果による素材の偏析が抑制されることに基づく。

次に、リサイクル性を評価するため、開発チップならびに未添加チップによる成形端材50kgをそれぞれ溶解し、Dow310に準じた塩を用いて不純物を除去した後、670℃で30分間静置した溶湯からリサイクル鑄塊を作製した。各工程でのカーボン量を測定した結果を表2に示したが、塩を用いる精錬によって得られる鑄塊の全炭素量は、開発合金と未添加合金ともほぼ同じ値であった。また、開発合金の端材から得られるリサイクル材の機械的特性と耐食性は、未添加チップのそれらと同等以上であった。このことからカーボン修飾チップを出発原料とし、チクソモールド成形した端材のリサイクル材は、通常のAZ91D合金として使用することができる。

3. 実績と将来性

(1) ノートパソコンへの採用

本開発技術は、Panasonic製ノートPC「レッツノート

表2 従来合金および開発合金の全炭素量.

検体	検体説明	全炭素量(mass%)
1.	AZ91D 4 mm チップ	0.0005
2.	1.の射出成型品	0.0065
3.	開発合金の射出成型品	0.1132
4.	3.の再溶解品	0.0030

MX」シリーズと韓国 LG 製ノート PC「グラム」シリーズで採用となった。前者は、強度・信頼性・スペック等に於いてノート PC では最高級の種類に属するため、性能と軽量化の両立が困難と思われていたが、「光学ドライブ搭載で世界最軽量」(2014年)を実現することに成功した(図5)。後者は、14インチで980gを達成し、韓国史上最軽量ノート PC として、韓国歴史院に登録となった。このように複数の携帯電子機器フレームに採用され、現在もタブレット等への新規フレームの量産試作を行っており、その中で2.(3)項の良好な湯流れ性に基づく良品率の向上が確認されており、コストダウンや信頼性向上に寄与することができる。

(2) 自動車内装品への採用

自動車部品としては、トヨタ自動車製レクサスのドアノブに採用予定されている。レクサスシリーズは日本を代表する高級車ブランドであり、金属を使用することによる高級感と軽量化の両立が望まれたため、マグネシウム合金の適用が検討された。開発当初は、AZ91D 合金で試験を開始したが、強度が不足したために、本開発技術が採用予定となった。これには2.(2)項の機械特性とともに、2.(3)項の内部欠陥の抑制も重要な要因であり、薄肉部品が得意なチクソモールド成形が、今後、本開発技術を適用することによって厚みのある自動車部品等へも展開できる可能性を示唆している。

(3) 振動部位への採用

その他、米国 GE 社の超音波振動装置の筐体にも採用されている。超音波振動装置の筐体に要求される性能は、軽量化・耐食性・防振性・耐久性等であるが、特に振動部位における疲労特性が重要で、2.(2)項に示した疲労強度の優位性が採用のきっかけとなった。

(4) 様々な分野への拡がり

カーボン未添加の AM60B チップならびに開発チップを丸棒試験片形状に各40本、チクソモールド成形した成形品の重量分布を図6に示す。開発材は重量のバラツキが減少するとともに、引張強度および伸びが向上し、より信頼性の高い成形品が得られた。このように本技術は、AZ91D 以外の汎用合金に対しても機械特性を向上させ、内部欠陥を抑制する効果がある。

本開発技術は、AZ91D 合金や AM60B 合金をはじめ多品種の合金に効果があることから、本稿で紹介した電子機器をはじめ、軽量化が必要不可欠な自動車や航空機部材など、様々な製品に対して機械特性の向上のみならず、良品率向上によるコストダウンと信頼性向上を実現する革新的な技術として、本開発技術の適用が拡大することを願っている。

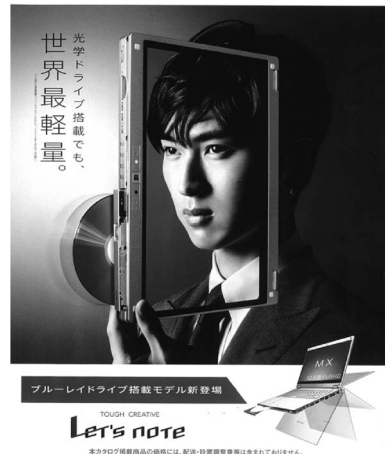


図5 開発技術が採用された製品カタログ。

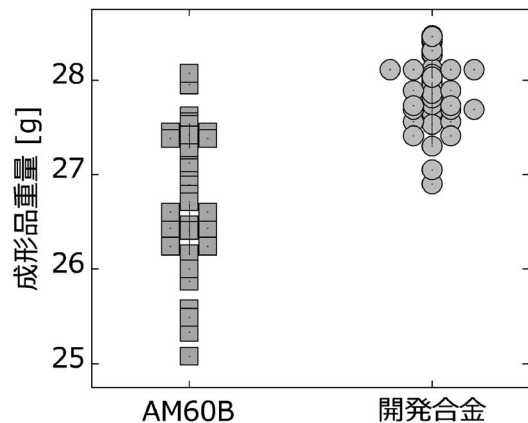


図6 AM60B チップでのチクソモールド成型品の重量分布。

4. 特 許

本開発技術は、既に特許第5137049号、大韓民国特許10-1310622、中国特許 ZL201280002710.7を取得し、それに基づき、トヨタ自動車レクサスのドアノブに採用予定となった。また、大韓民国特許10-1310622、中国特許 ZL201280002710.7を利用し、LG 製ノート PC を中国で製造し、日韓中の技術融合の核心的地位を占めた。さらに米国 GE 社での採用に続き、欧州車での適用協議を開始したため、米国および欧州で権利化を申請中である。

文 献

- (1) 日野 実, 水戸岡豊, 村上浩二, 橋本嘉昭, 金谷輝人: 軽金属, **62**(2012), 165-169.
- (2) 橋本嘉昭, 日野 実, 水戸岡豊, 村上浩二, 金谷輝人: 軽金属, **65**(2015), 118-122.
- (3) 牧野邦彦, 河田俊郎, 羽根秀男: 軽金属, **42**(1992), 810-814.

溶鉄の新脱硫技術による高効率化

中井由枝^{*1)} 松井章敏^{*1)} 菊池直樹^{*1)}
 鷲見郁宏^{*2)} 三木祐司^{*3)}

1. 概要

JFE スチールでは、機械攪拌式溶鉄脱硫プロセスを採用している。使用する石灰系脱硫剤は融点が2000℃以上のため、溶鉄温度(1300℃程度)においては固体であり、かつ溶鉄との濡れ性が低い。そのため、上から添加(上添加)された石灰系脱硫剤は、機械攪拌によって溶鉄中へ巻込まれ、溶鉄中を循環する過程で硫黄と反応すると共に凝集し、粒状の脱硫スラグとなる。従来、凝集体である脱硫スラグ内部には未反応の脱硫剤が残存するという課題があった。今回、脱硫剤投射法と鍋底傾斜技術により、脱硫剤の反応効率を従来法に対して大幅に向上させる技術を実用化した。

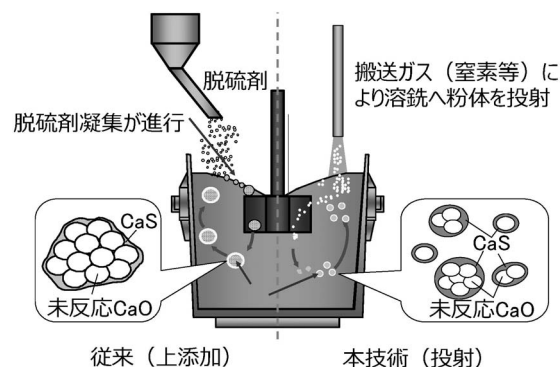


図1 機械攪拌式溶鉄脱硫法における従来の課題と脱硫剤投射法の概要。

2. 開発の背景

近年、鋼材の高純度化の要求により、鋼材の低硫(低硫黄濃度)化要求が高まっている。また製鉄プロセスにおける主原料の不純物濃度増加や、スクラップ溶解のための熱源の添加量の増加から、溶鉄段階での硫黄インプットが増加傾向にある。このような環境下では、溶鉄段階での脱硫(硫黄濃度低減)量が増加する。その結果、脱硫剤使用量が増加し、スラグ発生量や熱ロス増加に繋がる。そのため、脱硫剤の硫黄との反応効率を大きく高める技術が強く望まれていた。

3. 技術内容

(1) 脱硫剤投射技術

脱硫剤投射法(図1右側)は、平均粒径が40~400 μmであ

る微細な粉状脱硫剤を搬送ガスと共に溶鉄上へ吹付けることにより、直接溶鉄中へ添加し、脱硫剤の凝集を抑制する技術である。その結果、脱硫に寄与する反応界面積を著しく増加させることが可能となり、脱硫剤の反応効率が大幅に向上する。

従来の上添加法(図1左側)では粉体状の脱硫剤が添加時に飛散し、添加歩留まりが低いが、本技術では高速のガスによって溶鉄表面に投射されるため、平均粒径40~400 μmといった反応界面積の大きい微細脱硫剤を利用可能である。更に投射法では、微細な脱硫剤が直接溶鉄中の硫黄と反応する割合が増加する。その結果、溶鉄中で攪拌・混合により凝集して生成する脱硫スラグの粒径が、従来の上添加法に比べ、小さくなる。同時にスラグ中に存在する未反応石灰の量も減少する。

(2) 鍋底傾斜技術

これまでに処理容器への邪魔板設置やインペラー偏心により、回転攪拌中に傾斜渦が生成し、脱硫剤の溶鉄中への分散が強化されることが確認されている⁽¹⁾⁽²⁾が、設備制約や設備の耐用性の問題から、十分な工業化が図られていなかった。本技術では、処理容器の底部に傾斜勾配をつけることで傾斜渦を生成させ、脱硫剤の巻込み、分散強化を実現した。

* JFE スチール株式会社：

1) スチール研究所製鋼研究部 主任研究員
 2) スチール研究所環境プロセス研究部 部長
 3) スチール研究所製鋼研究部 部長

Improvement of Efficiency of Hot Metal Desulfurization through New Technique; Yoshie Nakai, Akitoshi Matsui, Naoki Kikuchi, Ikuhiro Sumi and Yuji Miki (JFE Steel Corporation)
 2015年10月30日受理[doi:10.2320/materia.55.24]

4. コールド・ホットモデル実験による検討

(1) 脱硫剤投射技術

脱硫剤の添加方法が脱硫挙動に及ぼす影響を調査するために、A：一括添加(従来法)、B：連続添加、C：投射添加の3種類の添加方法について、70 kg 規模の高周波誘導溶解炉を用いた溶銑脱硫実験により検討を行った⁽³⁾。

図2に小型溶解炉実験によって得られた脱硫挙動と、凝集モデル⁽³⁾⁽⁴⁾によって算出された脱硫挙動とを比較して示す。投射添加の場合、脱硫剤添加中の脱硫速度が増加しており、式(1)で示される脱硫反応速度(10分)は、C：投射添加、B：連続添加、A：一括添加で、それぞれ、0.130、0.074、0.057(1/min.)であり、投射添加は、連続添加の約1.8倍、一括添加の約2.3倍の脱硫速度が得られていた。図2に示した計算値は、湿式球形造粒論に基づき、保形力(造粒体の圧浸強度)と破壊力(攪拌による遠心力)のバランスによる造粒体形成を仮定した液中での固体粒子の凝集と、凝集粒の表面で脱硫反応が進行するというモデルである。ここで、脱硫反応は、溶銑側境界内物質移動律速であると仮定して、式(1)の脱硫反応速度式で評価を行った。反応界面積 A は、式(2)で表され、凝集モデルにて算出した粒子径 $D(t)$ (式(3))を代入することにより、 $[S]$ 挙動を推定した⁽³⁾。

$$-\frac{d[S]}{dt} = K_S \cdot [S] = \frac{A k_m \cdot \rho_m}{W_m} \cdot [S] \quad (1)$$

$$A = 3 \times W_f \cdot \frac{1}{\rho_f \cdot (D(t)/2)} \quad (2)$$

$$D(t) = \left[\frac{W_{f(t)}}{(\pi/6) \cdot \rho_f (1-\varepsilon)} \times \frac{1}{V_m} \cdot \frac{1}{\gamma_e + \frac{1}{k_a \cdot t + \frac{1}{(\gamma_{f(t-1)} - \gamma_e)}} + \gamma_{fnew(t)}}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

ここで、 A ：反応界面積(m²)、 K_S ：見かけの脱硫反応速

度定数(1/min.)、 k_a ：凝集速度定数(m³/s)、 k_m ：物質移動係数(m/s)、 $[S]$ ：溶銑中S濃度(mass%)、 t ：時間(min.)、 V_m ：懸濁液の体積(m³)、 W_m ：溶銑重量(70 kg)、 W_f ：フラックス重量(kg)、 $W_{f(t)}$ ：時間 t までに添加されたフラックス量(kg)、 γ_e ：平衡状態における粒子個数(-)、 $\gamma_{f(t)}$ ：時間 t における初期粒子個数(-)、 $\gamma_{fnew(t)}$ ：時間 t において新たに添加されたフラックス粒子の個数(-)、 ε ：造粒粒子の空隙率(-)、 ρ_m ：溶銑密度(7000 kg/m³)、 ρ_f ：フラックス密度(3000 kg/m³)である。

溶銑脱硫実験によって得られた脱硫挙動と、計算により得られた脱硫挙動とはよく一致する。

すなわちA：一括添加の場合には、添加した脱硫剤が時間と共に凝集し、スラグ粒径が大きくなるため、時間と共に反応界面積が減少し、脱硫速度が時間と共に低下する。一方、B：連続添加、C：投射添加では、添加速度低下の効果によって凝集が抑制し、脱硫速度が増加する。さらに、C：投射添加においては、初期の脱硫剤粒径を30 μmとした場合のモデル計算結果と実績脱硫挙動がよく一致しており、添加速度低下による凝集抑制に加え、初期粒径30 μm以下の微細脱硫剤が脱硫反応に直接寄与するものと考えられる。

実験で得られた、脱硫剤の添加方法の違いによる脱硫剤分散・凝集挙動、および、実験後スラグの模式図と、実験後のスラグのEPMA観察(Sマッピング像)結果を図3に示す。脱硫剤投射では、スラグ中に微細なS濃縮部(S濃度の高い部分)が比較的多く存在しており、小径のまま脱硫剤が反応に寄与したことを示唆している。脱硫剤投射による脱硫剤の反応効率向上メカニズムは、フラックス添加速度低下による凝集抑制と、微細脱硫剤の直接反応の促進によるものと推察される。

(2) 鍋底傾斜技術

水モデル実験によって、処理容器の底部に傾斜勾配をつけた場合に、邪魔板を設置した場合と同様に傾斜渦が生成し、

A：一括添加 *：実験値 --：計算値 (初期粒径100μm)
B：連続添加 ◇：実験値 - -：計算値 (初期粒径100μm)
C：投射添加 ●：実験値 - -：計算値 (初期粒径30μm)

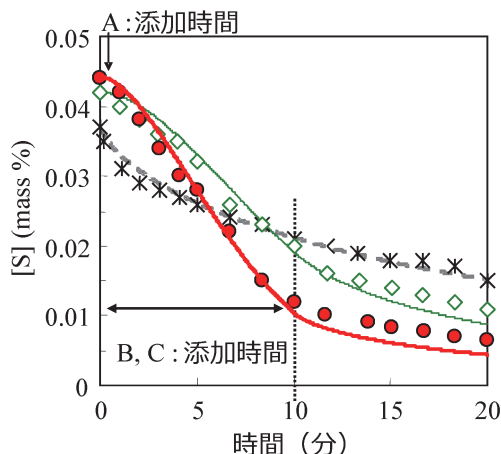
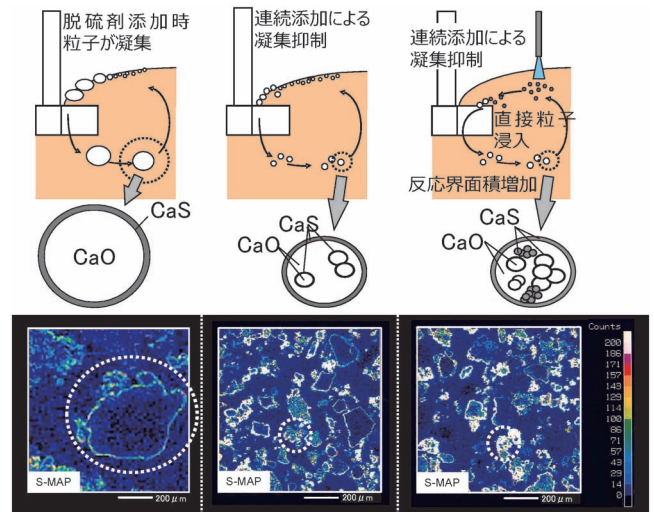


図2 小型溶解炉実験における脱硫挙動の比較。



A：一括添加 B：連続添加 C：投射添加

図3 脱硫剤の分散、凝集メカニズムの模式図と、脱硫処理後の脱硫スラグのSマッピング。

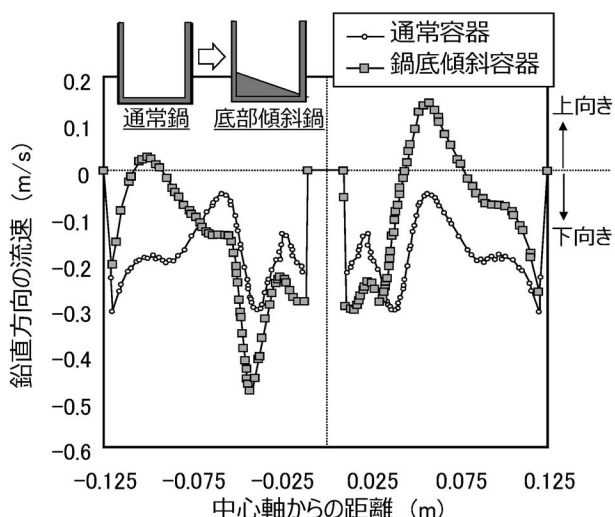


図4 溶銑-空気界面の垂直下向き流速の数値計算結果 (液相率=0.5).

水浴中への粒子巻き込み数が増加している様子が観察された。また、その際のトルク負荷は、邪魔板の場合よりも少ないことがわかった⁽⁵⁾。

さらに、前述の高周波誘導溶解炉を用いた溶銑脱硫実験 (脱硫剤添加方法：一括添加)によりその効果を検証した結果、底部傾斜の条件において、脱硫剤添加直後から120秒までの脱硫速度が通常容器の場合の3倍に増加していた。さらに、底部傾斜条件での処理後スラグの平均粒径は、通常容器条件のそれより3/4程度に小径化していた。処理後スラグのEPMA観察により、底部傾斜条件では、通常容器と比べて、S濃縮領域がより内部に存在することがわかった。これらの結果から、底部傾斜による脱硫剤の溶銑中への巻き込み・分散促進効果が確認された⁽⁵⁾。

ラボ溶銑脱硫実験の鍋底傾斜時の流体-空気界面の垂直下向き流速を数値解析により計算した結果を図4に示す。底部傾斜によって、インペラー周囲に生成する回転渦が偏心、傾斜し、その傾斜渦近傍に強い下向き流速が生じる領域があることがわかる。計算で得られた下向き流速は、脱硫剤巻き込み流速に対して十分大きく、脱硫剤の溶銑中への巻き込み能力向上に寄与するものと推察された。

5. 本技術の実機化と成果

本技術開発は、機械攪拌式溶銑脱硫処理において、石灰投射技術、鍋底傾斜技術を導入し、飛躍的に脱硫剤の反応効率を増加させることに成功した事例であり、JFEスチール(株)東日本製鉄所(千葉地区・京浜地区)、西日本製鉄所(福山地

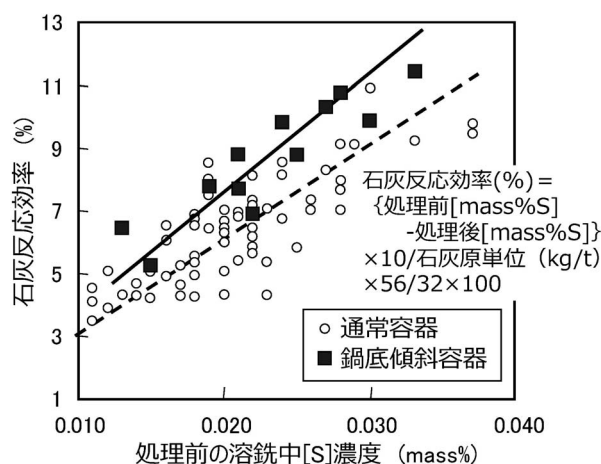


図5 通常鍋と底部傾斜鍋を用いた場合の反応効率の比較。

区、倉敷地区)の4地区の製鋼工場の溶銑脱硫プロセス(機械攪拌式溶銑脱硫設備、対象溶銑量：約2千万t/年)において、脱硫剤投射技術を実用化した。投射技術適用により、従来法(一括添加)と比較して、脱硫剤の反応効率は1.3倍となり、発生スラグ量は約20%削減できた。また、千葉地区、福山地区においては、底部傾斜鍋を用いた操作を行っている。図5に福山地区の溶銑脱硫設備における適応結果を示す。石灰反応効率が1.25倍向上した。

以上の結果、機械攪拌式溶銑脱硫プロセスにおいて、脱硫剤投射技術と鍋底傾斜技術の導入により、脱硫剤使用量の大幅な低減が可能となり、脱硫スラグ発生量の低減にも寄与している。

6. 特許

本技術の開発に関連した登録済特許は、特許第4845078号、特許第4961787号、特許第5194678号、特許第5401938号、特許第5433955号、特許第4933032号、他、計15件。また、国際特許出願も実施した。

文 献

- (1) 野村卓也, 井口 学: 鉄と鋼, **88**(2002), 1-7.
- (2) 畔柳重義, 山本典広, 射場 淳, 堀井寛之, 伊藤久久, 菊池直樹: 鉄と鋼, **90**(2004), 329-333.
- (3) 中井由枝, 日野雄太, 鷲見郁宏, 菊池直樹, 内田祐一, 三木祐司: 鉄と鋼, **101**(2015), 1-10.
- (4) 中井由枝, 鷲見郁宏, 菊池直樹, 岸本康夫, 三木祐司: ISIJ Int., **53**(2013), 1411-1419.
- (5) 松井章敏, 中井由枝, 菊池直樹, 三木祐司, 佐藤新吾, 川畑涼, 市川 彰: 鉄と鋼, **99**(2013), 458-467.



123HiMAT-2015 報告

(2015年6月29日～7月3日)

北海道科学大学；教授 堀内寿晃

2015年6月29日から7月3日までの5日間にわたり、北海道大学 学術交流会館において“Advanced High-Temperature Materials Technology for Sustainable and Reliable Power Engineering (123HiMAT-2015)”が開催された。本国際会議は日本学術振興会 耐熱金属材料第123委員会の主催によるもので、今回が第1回目の開催である。筆者も研究室の学生2名とともに本会議に参加したので、その様子を簡単に報告申し上げる。

会議に先立って、6月28日と29日の2日間、“Interactive Educational Seminar”と題する若手研究者・技術者を対象としたセミナーが開催された。“High temperature alloy design (T.M. Pollock 教授)”，“Creep mechanisms (G. Eggeler 教授)”，“High temperature corrosion (D. Young 教授)”の3つのトピックスを3人の講師が2日間じっくり講演するというものである。筆者は若手ではないのでセミナーには参加できなかったが、本セミナーを受講したドイツから参加した博士課程学生の話によれば、テキストも講演も大変秀逸で有益だったとのことである。本会議の方は、プログラムブックによれば、plenary lectures 6件とkeynote lectures 13件を含め計107件の口頭発表と、44件のポスター発表が、計13の国からあり、約200名が会議に参加した。口頭講演は“Heat resisting steels”，“Superalloys”，“Advanced materials & processing”，“Environment-resistant characteristics”の4つの大カテゴリーに分類され、plenary lecture を除いて基本的に3つの会場でのパラレルセッションにより、それぞれの会場で活発な議論がなされた。新田明人氏、P. Heriter 氏、J. Shingledecker 氏による plenary lecture では、日本、フランス、米国の電力事情およびそれに応じた材料開発の状況がそれぞれ紹介され、東日本大震災後、CO₂ 排出量が増加し続けている日本と、欧米との違いは非常に興味深く感じられた。パラレルセッションでは筆者は主として Heat resisting

steels を聴講したが、先進超々臨界圧火力発電(A-USC)の実現に向けた欧米諸国の熱心な取り組みと、日本の耐熱材料技術の高さを再認識する機会となった。

ポスターセッションは6月30日と7月1日の2日間にわたって開催された。ポスター番号が奇数の者と偶数の者で発表日を変え、参加者全員に優秀ポスター賞を投票する権利が与えられるなど、工夫を凝らした内容になっており、どのポスターも活発な議論がなされていた。特に外国からの学生のポスター発表者が大変熱心に議論をしており印象深かった。7月1日の夜には学生のポスター発表者を中心とした懇親会が札幌ビール園で開催され、若者同士で大いに交流を深め合った様子であった。

7月2日の夜に京王プラザホテル札幌で、Poster Award Ceremony と Closing Session を兼ねた Conference Banquet が盛大に開催された。一部聴衆も参加しての和太鼓による余興なども披露され、束の間ではあったが参加者同士の親交を大いに深め合った。翌7月3日には Plant Tour が催行され、北海道電力梶野東厚真火力発電所と、(株)日本製鋼所 室蘭製作所を訪れた。前日までは生憎の雨模様の天気であったが、この日は天候にも恵まれ、この時期の札幌らしい穏やかな陽気となった。Plant Tour の参加者は100名近くにもおよび、北海道最大の石炭火力発電所の内部の様子や、国内最大の14,000 ton プレスによる鍛造作業、瑞泉鍛刀所での堀井胤匡刀匠による刀鍛冶の仕事の様子など、日頃なかなか見る機会のない貴重な内容を皆熱心に見学していた。

札幌でこのような国際会議が開催されることは残念ながらあまり多くはないので、本国際会議は本学の学生に貴重な経験を与えられる大変ありがたい機会にもなった。参加した当研究室の学生も大いに刺激を受け、自らの勉強不足と英語力の大切さを再認識し、モチベーションを大きく向上させたようであった。筆者もまた同様である。多くの方が挨拶の際に口にした W. S. Clark 博士の言葉「Boys, be ambitious!」とともに、Opening Ceremony で実行委員長の東京工業大学竹山雅夫教授が本会議の目標の一つとして掲げた「近い将来本分野を担う若手研究者・技術者の育成」に大きな貢献があったのではないだろうか。改めて本会議の企画・運営に携わった方々に感謝申し上げると共に、本国際会議が今後もますます良い形で継続していくことを期待している。

(2015年10月19日受理)[doi:10.2320/materia.55.27]
(連絡先：〒006-8585 札幌市手稲区前田7条15-4-1)

第16回 KIM-JIM シンポジウム開催報告

(2015年9月16日)

東北大学；教授 成島尚之

日本金属学会(JIM)と韓国金属・材料学会(Korean Institute of Metals and Materials: KIM)とが合同で開催している KIM-JIM シンポジウムの第16回が、日本金属学会2015年秋期講演(第157回)大会初日(2015年9月16日(水))に、九州大学伊都キャンパスで開催された。今回は、筆者と韓国・材料科学研究所(Korea Institute of Materials Science, KIMS)の Yong-Tai Lee (李龍泰)先生(図1)が世話人を務め、“Recent Advances in Titanium and its Alloys”のタイトルで、チタンおよびチタン合金に焦点を絞ったシンポジウムとした。世話人の Yong-Tai Lee 先生とは2015年1月より密接に連絡を取り合い、講演者やスケジュールに関してすり合わせを行ってきた。シンポジウム直前の2015年8月に米国 San Diego で開催された第13回チタン世界会議で直接お会いして、予稿集を作成することなどを打ち合わせた。

シンポジウムに先立ち、前日(9月15日)には福富洋志先生(日本金属学会会長)にも御参加頂き懇親会を開催し(図2)、会議前の最終的な打ち合わせを行った。シンポジウムは、チタン研究の最前線で活躍する研究者に講演をお願いし、日本側から8名、韓国側から7名という構成となった。

シンポジウムは16日午前10時から始まり、福富先生の開会の御挨拶に引き続き、Yong-Tai Lee 先生と新家光雄先生(東北大、前金属学会会長)が、それぞれ“R&D on the titanium in Korea”, “Research and development on Ti in Japan”とのタイトルで基調講演を行った。両国でのチタン研究の歴史や現在進行しているチタン関係プロジェクトが紹介された。その後、日本側からは、塙 隆夫先生(東京医科歯科大)、池田勝彦先生(関西大)、細田秀樹先生(東工大)、小林千悟先生(愛媛大)、江村聡先生(NIMS)、御手洗容子先生(NIMS)、中野貴由先生(阪大)、韓国側からは、Chong Soo Lee 先生(POSTECH)、Jong-Taek Yeom 先生(KIMS)、Joong Keun Park 先生(KAIST)、Jeoung-Han Kim 先生(Hanbat National University)、Seung Eon Kim 先生(KIMS)、Mok-Soon Kim 先生(Inha University)からの講演があった。内容としては、チタンに関する微細組織・相変態、加工熱処理、力学特性や耐熱特性といった基礎から、表面処理、溶解鑄造、付加製造や多孔質化といったプロセス関連技術、形状記憶・超弾性、生体応用や低コスト化といったチタン特有のトピックスまで幅広くカバーされた。

基調講演25分、一般講演20分という限られた発表時間ではあったが、いずれの講演においても活発な質疑応答、議論が行われた。シンポジウム終了後、韓国側参加者には金属学会・鉄鋼協会合同の懇親会に参加していただいた。懇親会では韓国側参加者がシンポジウム参加者以外とも親しく交流されていた。研究分野にも関連するとは思いますが、日本金属学会



図1 韓国 Yong-Tai Lee 世話人の講演。



図2 前日の歓迎会にて。
(前列左から3人目が筆者)

と韓国金属・材料学会の間の友好と連携を推進するという趣旨に鑑みれば大会初日の懇親会に参加していただくのは大切であると感じた。

シンポジウムは、チタンの基礎と応用に関してレベルの高い発表と活発な議論、意見交換により大変意義深いものとなった。両国の講演者には厚く御礼申し上げる。福富先生にはお忙しいところ懇親会やシンポジウムに参加していただいた。東田賢二先生(九大、講演大会実行委員長)はじめ実行委員会の皆様にはシンポジウム会場などで御配慮いただいた。新家先生、中野先生、戸田裕之先生(九大)にはシンポジウムの運営に関してアドバイスを頂いた。予稿集作成では上田恭介先生(東北大)にお力添えいただいた。梶原様(日本金属学会特別顧問)からはシンポジウムの計画段階から一貫して暖かい御支援があった。山村事務局長はじめ日本金属学会事務局の皆様には、シンポジウム当日の昼食や懇親会参加などで迅速かつ柔軟なご対応をいただいた。本当に多くの方々に御世話になったと改めて感じる。この場をお借りして心より御礼申し上げます。

今回のシンポジウムを通してチタン研究分野での両国の交流がさらに活発になることを祈念しつつ、今後も KIM-JIM シンポジウムが継続することを期待したい。

(2015年10月26日受理)[doi:10.2320/materia.55.28]

(連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-02)

談話室

中学校 技術・家庭 (技術分野) での金属教育について

愛知教育大学創造科学系 北村 一 浩
技術教育講座; 教授



図1 低融点金属の溶解実験の様子。

筆者が所属する愛知教育大学教育学部・中等教育教員養成課程技術専攻では、主免として中学校教諭第1種(技術)、副免として小学校教諭第1種および高等学校教諭第1種(工業)の3種類の教員免許状を取得できる。技術専攻の学生は、半分以上の学生が中学校技術科教員となる。技術専攻の主な学修領域は、木材加工・金属加工・機械・電気・栽培・情報・技術科教育の7領域であり、それぞれの領域に専門教員が配置されている。卒業生である現場の教員とは、共同研究などを通してそれぞれの専門教員と交流が行われている。本稿では、中学校 技術・家庭(技術分野)での金属教育について紹介する。

中学校での研究授業の一環として、愛知県春日井市・味美中学校の青山陽介教諭と本学技術教育講座の磯部征尊准教授、筆者の3名で、研究授業を企画した。金属の授業は3回目の研究授業として、2015年5月1日に、技術のガイダンス「技術分野の学習を始めよう」授業の3回目の研究授業として行われた。この内容は文部科学省中学校学習指導要領、技術・家庭編のA材料と加工に関する技術の(1)生活や産業の中で利用されている技術のA技術が生活の向上や産業の継承と発展に果たしている役割について考えることに対応する⁽¹⁾。

授業のはじめに、生徒の身近にどのような金属があるかを発表させた。生徒にとって、身近な内容であるため、多くの生徒の手が挙がった。その後、生徒が発表した金属(金・銀・銅・鋼・アルミ)について、それぞれの金属への理解が深まるように実物を見せながら用途を説明した。生徒に金のインゴットを見せ、その後生徒に渡すと、すごく重いと生徒から歓声があがった。

次に合金の例として、ステンレス鋼、黄銅を紹介した。金属を合金にすると溶ける温度が下がり、高い温度にしなくても溶けるため、いろいろな形を作り易くなる。また別の合金では金属が硬くなるため、金属がより強くなり、同じ形でも大きな力に耐えられるようになる。鋼にクロムなどを混ぜるとサビに強くなるため、湿った環境で長く使えるようになる。チタンにニッケルを混ぜると、温めると元の形に戻る性質が新しく備わる。このように、金属を合金にすると金属の性質が良くなるため、いろいろな合金が使われている事を示した。

次に金属にはどのような特徴があるかを考えさせて、思いついた特徴について、生徒に発表させた。その後教員は、金属には弾性や塑性、延性、導電性、金属光沢などの特徴がある事をデジタル教科書の動画を電子黒板に表示させて示した。

次に金属の溶融性を知るため、図1のように低融点金属(Sn-Bi合金)を電気コンロで実際に溶かす実演が行われた。金属が融点以上の温度になると液体となり、玉のように丸まり、流れることを教員が教卓の前で実演した。生徒は、液体の金属が流れる様子を見て、びっくりしていた。

次に、形状記憶合金について知るために、教卓の前で実演が行われた。形状記憶合金は、技術の教科書にも「材料の加工法」の章、「材料の基本的な性質を調べよう」の節の中に紹介されている⁽²⁾。筆者は形状記憶合金の研究を学生時代から行っており、ガイダンス授業でぜひ取り上げて欲しい内容であった。研究授業では、形状記憶合金の部分について、デジタル教科書の動画を電子黒板で流し、携帯電話のアンテナや、超弾性効果、ロボットのアームなどへの応用例が紹介された。古い携帯電話を生徒の間で回し、アンテナが大きく曲げられても、折れずに元の形状に戻ることを生徒自身が確認していた。次に、形状記憶合金製熱エンジンの実演が行われた。熱エンジンは「プーリー型」と呼ばれるもので、2個のプーリーの間に直線形状に形状記憶処理を施したワイヤ材をつなぎ、上下のプーリーの間に掛け、下部のプーリーに湯が接する程度に保持することによりプーリーが回転するものである。研究授業では、ポットのお湯にプーリーの片方を触れる程度に浸し、プーリーが回転する事を示した。

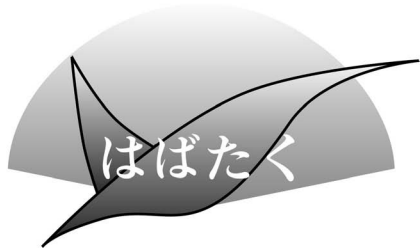
このような授業を通して、新たな合金を作ることや、工夫した製品を作ることによって、我々の生活がより豊かになることを生徒に気付かせる事ができた。

本稿では、中学校 技術・家庭(技術分野)での金属教育について研究授業の紹介を行ったが、その他に、真鍮をヤスリで削る事で作るオリジナルストラップや低融点金属を铸造する事で作るキーホルダーなどの授業が中学校で行われている。

金属に関する基礎的な授業と簡単な金属加工について、中学校 技術・家庭(技術分野)で男女問わず全員が体験している事を知っていただけたら幸いである。

文 献

- (1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編，教育図書，(2008)，16-17。
- (2) 加藤幸一，永野和男：文部科学省検定済教科書 新しい技術・家庭 技術分野，東京書籍，(2011)，33。
(2015年11月2日受理)[doi:10.2320/materia.55.29]
(連絡先：〒448-8542 刈谷市井ヶ谷町広沢1)



これまでの研究生活を振り返って

仙台高等専門学校 マテリアル環境工学科；助教
森 真奈美

私は2015年3月に東北大学大学院材料システム工学専攻にて、東北大学金属材料研究所千葉晶彦教授の下で博士(工学)の学位を取得し、現在は仙台高等専門学校(仙台高専)マテリアル環境工学科の助教として勤務しております。博士前期課程修了後から博士後期課程に進むまでの約5年間は民間企業で働いていましたが、母校である仙台高専に転職するのはほぼ同時に博士前期課程を過ごした千葉先生の研究室に学生として戻り、まさに2足の草鞋を履く生活を過ごしました。本稿を執筆する機会をいただきましたので、これまでの企業・大学・高専における研究活動を振り返りながら自身の研究内容の紹介をさせていただきたいと思います。

民間企業を辞めて研究・教育機関に戻った時には会社との環境の違いに大きなギャップを感じました。民間企業在職中は光学・電子顕微鏡等を用いて自動車や電化製品などの身近な製品に生じた不具合の原因を調査する「不具合解析」を主に行っていました。製品の改善に直結する仕事であり、やり甲斐も感じていましたが、分析・解析にかかるコストや納期のために自分ではさらに調査したくともできないということもしばしばありました。一方、大学・高専では企業と比べると結果が出るまで時間がかかる、少ない予算で工夫して研究を行わなければならないなど大変だと感じることもあります。それでも自分の設定した研究課題に対し納得できるまで深く取り組むことができ、充実した毎日を送っています。

私の研究は代表的な生体用金属材料の一つである Co-Cr 合金を対象としています。生体用 Co-Cr 合金はこれまで主に人工股関節等に使用されてきましたが、他合金に比べて弾性率が高く、最近では血管狭窄部の治療に用いられるステント用材料としても期待されています。ステントとして使用するためには材料を薄い板や細径パイプに加工する必要がありますが、一般に Co-Cr 合金は塑性加工性が悪いため、このような用途には人体への悪影響が懸念される Ni を添加して塑性変形能を向上させた合金が使用されていました。博士前期課程では Ni フリー Co-Cr-Mo 合金の冷間圧延に関する研究を行い、窒素を添加することで冷間加工性が大きく改善す

ることを明らかにし、実際に板厚 0.3 mm の薄板を作製することができました。当初は冷間圧延のみを対象としていましたが、熱間圧延にも取り組みました。Ni フリー合金は熱間加工であっても加工中の温度低下により割れが起りやすいため試料を作製するのに苦労しましたが、熱間圧延により力学特性が飛躍的に向上することを見出しました。博士後期課程では主に熱間圧延材の高強度化や室温における塑性変形のメカニズム解明に取り組みました。この際、熱間圧延により導入される転位組織が重要な役割を果たしていることが示唆されたため、当時金属材料研究所にいらした佐藤成男先生(現：茨城大学教授)に X 線回折を用いたラインプロファイル解析をご教授いただき、これを機に大型放射光施設(SPring-8)や大強度陽子加速器施設(J-PARC)を利用した組織解析に携わるようになりました。その結果、電子顕微鏡観察と組み合わせながら熱間圧延組織を詳細に観察し、生体用 Co-Cr 合金の新しい強化手法を提案するとともに、本合金の室温変形において ϵ マルテンサイトが形成する過程を母相である γ 相中の格子欠陥の変化として新たな視点から明らかにすることができました。

民間企業在職中には、仮説を立てて検証する、というスタイルで製品の不具合解析を行っていました。正確な理解を素早く得るためには良い仮説を立てることが必須でしたが、金属から高分子まで様々な材料や現象に対して仮説を立てることは当時の私にとって至難の技で、試行錯誤の毎日でした。しかしながら、このような経験が博士課程や現在の研究に大いに役立ったと感じていますし、研究を進める上での土台となっています。

学位取得後の2015年4月からは脊椎固定用デバイスなど新たな応用に向けた生体用 Co-Cr 合金の加工プロセスの確立と放射光・中性子回折や電子顕微鏡を利用した変形組織発達過程の解明に取り組む他、チタン合金をはじめとする新たな材料についても同様のアプローチで研究を進めています。また、高専の教員として本格的に授業や学生実験も行っています。私の研究室にも早速卒業研究生が配属され、英語の論文講読や各個人の研究テーマに沿った実験、年に数回開催される研究発表にも取り組んでいます。卒業研究の指導は予想していない実験結果やトラブルの連続で、思うようには進まないことも多く、指導することの難しさを痛感する一方、学生から学ぶことも多く、毎日が新しい発見の連続です。研究費獲得に向けて研究助成事業を見つけては申請書を作成するのに四苦八苦する日々ですが、これまでの企業あるいは大学での研究生活で培ったことを生かし、材料科学の発展や実際に役立つ優れた材料の開発を通して社会に貢献したいと考えています。また、このような研究・教育活動を通して人材育成にも尽力できればと思います。

最後になりますが、この場を借りてこれまでご指導いただいた千葉教授をはじめ、学位取得のために多大なご協力・ご配慮をいただきました仙台高専の先生方、さらにこれまでお世話になった皆様にお礼申し上げます。

(2015年11月6日受理)[doi:10.2320/materia.55.30]

(連絡先：〒981-1239 名取市愛島塩手字野田山48)

本 会 記 事

会 告	2016年春期(第158回)講演大会ご案内ならびに 参加申込みについて	31
	2016年春期講演大会における企業説明会への学生参加者の募集	32
	2016年春期講演大会機器・書籍・カタログ展示会出展募集, プログラム広告, 講演概要集 DVD ジャケット広告募集	33
	2016年春期講演大会会期中の託児室設置のお知らせ	33
	2016年秋期講演大会公募シンポジウムテーマ募集	33
	論文賞(第64回)候補論文推薦(自薦)のお願い	34
	まてりあ賞(第6回)推薦(自薦)のお願い	34
	学術貢献賞(第14回)候補者推薦のお願い	34
	功労賞(第14回)候補者推薦のお願い	34
	奨励賞(第26回)候補者推薦のお願い	34
	村上奨励賞(第13回)候補者推薦のお願い	35
	会誌編集委員会からのお知らせ	35
	研究集会	35
支部行事		36
新入会員		41
掲示板		37
金属学会セミナー開催報告		41
会誌・欧文誌1号目次		39
行事カレンダー		42
次号予告		40
追悼		44

事務局 渉外・国際関係: secgnl@jim.or.jp
 会員サービス全般: account@jim.or.jp
 会費・各種支払: member@jim.or.jp
 刊行物申込み: ordering@jim.or.jp
 セミナー・シンポジウム参加申込み: meeting@jim.or.jp
 講演大会: annualm@jim.or.jp
 総務・各種賞: gaffair@jim.or.jp
 学術情報サービス全般: secgnl@jim.or.jp
 分科会: stevent@jim.or.jp
 まてりあ・広告: materia@jim.or.jp
 会誌・欧文誌: editjt@jim.or.jp

公益社団法人日本金属学会
 〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32
 TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312
<http://jim.or.jp/>

- ・会告原稿締切: 毎月1日で、翌月号掲載です。
- ・掲示板は、ホームページにも掲載しております。

- ・ご連絡先住所変更等の手続きは、[本会ホームページ](#) [会員マイページ](#) からできます。
- ・投稿規程、刊行案内、入会申込は、[ホームページ](#) をご利用下さい。

会 告 (ホームページもご参照下さい)

2016年春期(第158回)講演大会ご案内ならびに参加申込みについて

会 期: 2016年3月23日(水)~3月25日(金)
 会 場: 東京理科大学葛飾キャンパス(〒125-8585 東京都葛飾区新宿6丁目3-1)
 懇 親 会: 2016年3月23日(水)18:00~20:00
 懇親会場: 同大学学生食堂2階
 大会参加予約申込締切: [2016年2月19日\(金\)](#)
 参加申込みは、すべてインターネット申込となります。詳細は、下記申込要領をご覧ください。

参加申込要領

インターネットによる事前の大会参加申込みおよび懇親会参加の申込み: <登録期間> 11月10日(火)~2月19日(金)17:00

講演大会参加申込み URL <http://www.jim.or.jp/convention/2016spring/>

予約申込締切後、予約申込者へ大会参加証、概要集DVDを送付します。懇親会参加申込をされた方には、懇親会参加券もあわせてお送りします。なお、領収書は、決済完了後に申込画面から各自印刷下さい(WEB画面: 講演大会 MyPage よりダウンロード)。2月20日以降は当日申込となります。

当日申込をご希望の方は、会場受付にて直接お申込下さい。

◆大会参加費(講演概要集DVD代含む) ※年会費とは異なります。

参加費・講演概要集DVD・懇親会の消費税扱については、[ホームページ\(一覧表PDF\)](#) をご参照下さい。

予約申込締切日	2月19日(金)(申込および入金期日)	
	予約申込 (インターネット申込・事前支払い)	当日申込 (大会会場受付・現金払いのみ)
会員資格		
正員・前維持員会社社員・鉄鋼協会会員	9,000円	10,000円
学生員*	6,000円	6,500円
非会員 一般	19,000円	20,000円
非会員 学生(大学院生含む)	14,000円	15,000円

* [\[学生員\]](#): 卒業予定変更等により会員種別に相違がある場合、[事前に会員種別の変更手続きを行ってから](#)、大会参加をお申込下さい。

◆懇親会費(消費税込み)

予約申込締切日	2月19日(金)(申込および入金期日)	
	予約申込 (インターネット申込・事前支払い)	当日申込 (懇親会会場受付・現金払いのみ)
一般	5,000円	7,000円
同伴者(ご夫人またはご主人)	3,000円	3,000円

・お支払後の取消は、準備の都合上ご返金いたしかねますのでご了承下さい。

◆支払方法

クレジットカードおよびコンビニ振込決済をご利用頂けますが、コンビニ決済の場合は、手数料をご負担願います。また、入金後のご返金は致しかねます。2月19日(金)の入金日をもって予約申込完了となります。

◆講演概要集 DVDのみ購入する場合

件名を「2016年春期講演大会講演概要集 DVD 購入申込」とし、①申込者氏名②会員資格(会員番号も併記)③申込数④住所をご記入の上、E-mail: ordering@jim.or.jp 宛にお申込み下さい。3月9日の発行後、請求書を添えて送付いたします。

会員価：本体3,810円+税 定価：本体10,000円+税 送料：360円

参加申込・問合せ先

〒980-8544 仙台市青葉区一番町1丁目14-32

(公社)日本金属学会

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312 E-mail: annualm@jim.or.jp

2016年春期講演大会における企業説明会への学生参加者の募集

2016年春期講演大会開催に合わせ、学生のキャリアサポートの一環として本会主催により、日本金属学会・日本鉄鋼協会講演大会併催の第2回企業説明会を開催します。本説明会は、学生にできるだけ多くの素材・材料関連企業に接してもらい、進路選択に役立ててもらおうというものです。講演大会に参加する学生を対象に募集しますので、奮ってご応募下さい。

開催日時 2016年3月22日(火)(春期講演大会の前日)12:00~17:00

*昼食(軽食)を無料で提供します。

開催場所 東京理科大学葛飾キャンパス(講義棟1階および図書館棟3階)(〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1)

主催 公益社団法人日本金属学会

協賛 東京理科大学学生支援部、一般社団法人日本鉄鋼協会

参加企業 素材、材料関連の企業47社

スケジュール 12:00~14:00 企業口頭説明(企業概要のプレゼンテーション)

14:00~17:00 企業ブース説明

応募資格 日本金属学会の春期講演大会の参加学生

応募方法 本会ホームページ上の2016年春期講演大会の参加申し込み画面から申し込む。

募集期間 2015年11月10日(月)~2016年2月19日(金)

~第2回企業説明会参加企業(47社)~

(50音順)

愛知製鋼株式会社	アスモ株式会社	石福金属興業株式会社	白井国際産業株式会社
株式会社荏原製作所	株式会社神戸製鋼所	山陽特殊製鋼株式会社	JFE スチール株式会社
昭和電工株式会社	新日鐵住金株式会社	新日鐵住金ステンレス株式会社	新明和工業株式会社
住友金属鉱山株式会社	住友電気工業株式会社	株式会社ソディック	大同特殊鋼株式会社
中越合金鋳工株式会社	中外炉工業株式会社	TDK 株式会社	株式会社 TYK
東洋鋼鋳株式会社	DOWA ホールディングス株式会社	トピー工業株式会社	トヨタ自動車株式会社
長野計器株式会社	ナブテスコ株式会社	日亜化学工業株式会社	日新製鋼株式会社
日鐵住金建材株式会社	日鉄住金テクノロジー株式会社	日本ガイシ株式会社	日本軽金属株式会社
日本発条株式会社	日本冶金工業株式会社	パナソニック株式会社	日立金属株式会社
株式会社日立製作所	福田金属箔粉工業株式会社	株式会社フジクラ	富士電機株式会社
古河電気工業株式会社	三井金属鉱業株式会社	三菱アルミニウム株式会社	三菱マテリアル株式会社
ヤマハ発動機株式会社	ヤンマー株式会社	株式会社 UACJ	

**2016年春期講演大会機器・書籍・カタログ展示会出展募集
大会プログラム広告および
講演概要集 DVD ジャケット広告募集**

2016年3月23日(水)から25日(金)までの3日間、東京理科大学葛飾キャンパスで開催される春期講演大会会場で機器・書籍およびカタログの有料展示会を開催いたします。大会プログラム、講演概要集 DVD ジャケット掲載の広告の募集もいたします。

■機器・書籍展示

研究開発用機器、書籍、ソフトウェア等の出展を募集します。

1小間 間口1,800mm、奥行900mm(予定)

展示台(テーブル)、椅子、電源(100V 1kWまで)をご用意します。

*電気容量の追加は1kW毎に10,000円(税別)をご負担下さい。

出展料金 機器展示：1小間140,000円(税別)

書籍販売：1小間 90,000円(税別)

申込締切 2016年2月5日(金)

■カタログ展示

展示部数 2点(A4サイズ、8頁以内)につき、30部以内

出展料金 2点につき30,000円(税別)(1点増すごとに10,000円(税別)追加)

リクルート関連の展示は会社案内他添付資料の2点で30,000円(税別)、30部以内

申込締切 2016年2月5日(金)

■大会プログラム広告

原稿寸法 A4版 1P 天地260mm×左右180mm

1/2P 天地125mm×左右180mm

入稿原形態 完全データ(グレースケール)

広告料金

掲載場所	頁	掲載料金
普通頁 後付	1	70,000円
後付	1/2	40,000円

○上記の料金には消費税は含まれておりません。

○原稿制作費は別途ご請求させていただきます。

申込締切 2016年1月28日(木)

原稿締切 2016年2月4日(木)

■講演概要 DVD ジャケット広告

原稿寸法 天地120mm×左右121mm

入稿形態 完全データ(4色カラー)

掲載場所	頁	掲載料金
表紙2カラー	1	50,000円
表紙4カラー	1	75,000円

○上記の料金には消費税は含まれておりません。

○原稿制作費は別途ご請求させていただきます。

申込締切日 2016年2月2日(火)

原稿締切日 2016年2月2日(火)

■申込・問合せ先

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4(友野本社ビル)

株式会社 明報社 担当 後藤一哲

☎ 03-3546-1337(代) FAX 03-3546-6306

E-mail: goto@meihosha.co.jp

2016年春期講演大会会期中の託児室設置のお知らせ

2016春期講演大会期間中、日本金属学会と日本鉄鋼協会が共同で託児室を開設いたします。利用ご希望の方は申込要領をお読みの上、E-mailにてお申込下さい。

利用日時 2016年3月23日(水) 9:00~17:30

3月24日(木) 9:00~17:30

3月25日(金) 9:00~14:00

申込期間 2016年2月8日(月)~3月7日(月)

場 所 東京理科大学葛飾キャンパス
(お申込者の方のみにご案内いたします。)

料 金 子供一人800円/時間(鉄鋼協会受付にてお支払下さい)

申込方法 日本鉄鋼協会・日本金属学会男女共同参画委員会ホームページ託児室案内記載の申込要領をお読みの上、3月7日(月)までにホームページ(下記URL)の託児室案内よりお申込み下さい。

<https://www.isij.or.jp/godo/isijjim/>

確認後、シッター会社(㈱ファミリー・サポート)よりご予約確認の返信メールをお送りします。

申込・問合せ先 ㈱ファミリー・サポート BAMBINO CLUB
担当者：星

☎ 03-3377-3177 FAX 03-3377-3178

E-mail: khoshi@familysupport.co.jp

住所：東京都渋谷区代々木1-58-16 4F

(公益社団法人)全国保育サービス協会正会員

※ 不測の事故に対応するために、シッター会社が保険に加入しており、保険適用範囲で補償いたします。また日本鉄鋼協会および日本金属学会は、事故の責任を負わないことを申し添えます。お子様の健康状態、留意点など必ず託児スタッフへお伝え下さい。お伝えいただけない事が原因となってお子様へ損害が発生した場合はお客様の責任となります。

※ 完全ご予約制となっておりますので、ご予約のない場合にはご利用いただけません。また託児室のスペースの関係上、定員になり次第締め切らせていただきますので、予めご了承下さい。

問合せ先 (一社)日本鉄鋼協会 総務グループ 野村茂樹

☎ 03-3669-5931 FAX 03-3669-5934

E-mail: nomura@isij.or.jp

詳細情報 日本鉄鋼協会・日本金属学会男女共同参画委員会ホームページ <https://www.isij.or.jp/godo/isijjim/>

2016年秋期講演大会公募シンポジウムテーマ提案募集

提案期限：2016年2月22日(月) 期日厳守

会員の研究活動一層の活性化を図ることを目的として、春秋講演大会において会員からの提案テーマによるシンポジウム講演を実施いたしており、活況を呈しております。本年の秋期講演大会の公募シンポジウムテーマを募集いたします。次の要領をご参照の上、活発な討論が期待できる有益なテーマを積極的にご提案下さい。(提案様式はホームページよりダウンロードして下さい。)

詳 細 まてりあ54巻12号645頁 or ホームページ→講演大会



第64回論文賞候補論文推薦(自薦)のお願い

本会では秋の大会で前年1カ年の会誌、欧文誌に掲載された論文の中から特に優秀な論文に対し、毎年論文賞を授賞しております。論文賞候補論文の推薦は会誌、欧文誌の「編集委員」または「論文査読者」あるいは「代議員」の方々をお願いしております。また、より広く推薦していただくため、「著者本人」からの自薦も認めております。つきましては、下記ご参照の上、奮ってご応募をお願いいたします。

*論文賞推薦書(様式)にチェックリストを設け、推薦者に論文賞候補論文の要件をチェックいただくことになりました。

◎第64回論文賞の対象論文

日本金属学会誌：第79巻 1～12号(2015年)掲載分

Materials Transactions: Vol. 56 No. 1～12(2015年)掲載分

注：次の要件をすべて満たした原著論文を対象といたします。

- (1) 日本金属学会誌掲載論文は、「学術論文」又は「技術論文」のカテゴリーに属する論文であること。
Materials Transactions 掲載論文は、「Regular Article」又は「Technical Article」のカテゴリーに属する論文であること。
- (2) Materials Transactions に英文発表後1年以内に日本金属学会誌に掲載された論文若しくは日本金属学会誌に掲載後1年以内に Materials Transactions に掲載された論文ではないこと。
- (3) コピーライトが本会に帰属されていること(本会に著作権を委譲している論文)。
- (4) 推薦数の要件
 - ①推薦者は、同じ論文を複数の部門に推薦することはできない。
 - ②1名の推薦者がこの賞に推薦出来る論文数は、一部門につき1論文である。

対象部門 物性、組織、力学特性、材料化学、材料プロセッシング、工業材料

推薦締切 2016年2月19日(金)

詳細 までりあ54巻12号643頁 ホームページ：表彰関係

第6回までりあ賞推薦(自薦)のお願い

会報「までりあ」に掲載された論文または記事の中から、金属及びその周辺材料の学術及び科学技術の振興に顕著な貢献をしたと思われる方に「までりあ賞」授賞しております。

授賞候補論文および授賞候補記事の推薦は「会報編集委員」、「著者本人」、「一般会員(正員3名以上の連名)」の推薦となります。積極的なご推薦をお願いいたします。

■第6回「までりあ賞」推薦要領

賞の名称・概要および授賞件数

- (1) **までりあ論文賞** 2編以内
日本金属学会会報「までりあ」に掲載した論文で、学術または科学技術上優秀で且つ金属およびその周辺材料に係る分野の進歩発展に顕著な貢献をした論文に対し授賞する。
- (2) **までりあ啓発・教育賞** 2編以内
日本金属学会会報「までりあ」に掲載した記事で、までりあ記事の特徴を活かし、金属およびその周辺材料に係る啓発や教育に顕著な貢献をした記事に対し授賞する。

授賞対象記事 2013年～2015年掲載済記事(授賞済記事は除く：授賞済記事はホームページに掲載します。)

推薦締切 2016年2月19日(金)

詳細 までりあ54巻12号643頁 ホームページ：表彰関係

第14回学術貢献賞候補者推薦のお願い

本会では地域振興の観点から各地域に根ざした技術の進歩発展に貢献した個人あるいは組織を対象とした「学術貢献賞」を設けております。第14回の授賞式は、2016年秋期講演大会(大阪大学)の9月21日に行い、また会期中に受賞記念講演をお願いしております。

多数の優秀な候補者を推薦いただくため、広く会員からの推薦をもとめております。下記要領により積極的にご推薦下さい。

*推薦書(様式)に候補者の要件をチェックする項目欄を設け、推薦者に確認いただくことになりました。

■推薦要領

候補者の対象 各地域において金属学または金属工業に関する学術または技術の進歩発展に功労があった方。

推薦資格 本会支部長、代議員または3名以上の正員連名による推薦

推薦手続 所定の様式(ホームページからダウンロードして下さい)により必要事項を記入の上、お送り下さい。

推薦締切 2016年2月19日(金)

詳細 までりあ54巻12号643頁 ホームページ：表彰関係

第14回功労賞候補者推薦のお願い

本会では45歳以上の研究・技術分野に功績があった方を対象として、日本金属学会賞に次ぐ賞として「日本金属学会功労賞」を設けております。第14回の授賞式を2016年秋期講演大会(大阪大学)の折、9月21日に行います。多数の優秀な候補者を推薦いただくため、広く正員からの推薦(3名以上連名)をもとめております。下記要領により積極的にご推薦下さい。

*推薦書(様式)に候補者の要件をチェックする項目欄を設け、推薦者に確認いただくことになりました。

■推薦要領

候補者の対象 2016年5月31日時点で45歳以上、各組織における定年までの方

対象部門 学術部門：金属学または金属工業に関する学術の進歩発展に功労があった方

技術部門：金属学または金属工業に関する技術の進歩発展に功労があった方

受賞人数 学術部門2名 技術部門1名

推薦資格 本会代議員または3名以上の正員連名による推薦

推薦手続 所定の様式(ホームページからダウンロードして下さい)により必要事項を記入の上、お送り下さい。

推薦締切 2016年2月19日(金)

詳細 までりあ54巻12号644頁 ホームページ：表彰関係

第26回奨励賞候補者推薦のお願い

本会では次世代を託する優れた若手研究者を顕彰するために1991年から「日本金属学会奨励賞」を設けており、第26回の授賞式を2016年の秋期講演大会(大阪大学)の折、9月21日に行います。

歴史の転換期にある今日、若い世代の意識の高揚こそが何よりも望まれ、金属・材料工学ならびに関連分野で活躍しつつある若手研究者の中から将来性豊かな人材をご推薦下さいますようお願いいたします。

*推薦書(様式)に候補者の要件をチェックする項目欄を設け、推薦者に確認いただくことになりました。

■推薦要領

候補者の対象 2016年5月31日時点で33歳以下の方、金属・材料工学ならびに関連分野で卓越した業績を挙げつつある研究者。工業技術部門は企業の研究者または技術者

を対象とします。

- 対象部門** 物性, 組織, 力学特性, 材料化学, 材料プロセッシング, 工業材料, 工業技術部門の7部門
- 推薦資格** 本会代議員, 分科会委員または3名以上の正員連名による推薦
- 推薦手続** 所定の様式(ホームページからダウンロードして下さい)により必要事項を記入の上, お送り下さい。
- 推薦締切** 2016年2月19日(金)
- 詳細** まてりあ54巻12号644頁 ホームページ: 表彰関係

第13回村上奨励賞候補者推薦のお願い

本会では財団法人村上記念会からのご寄付を基に金属工学の分野で卓越した業績を挙げつつある若手研究者を奨励するため「日本金属学会村上奨励賞」を設けており, 第13回の授賞式を2016年の秋期講演大会(大阪大学)の折, 9月21日に行います。多数の優秀な候補者を積極的にご推薦下さい。

*推薦書(様式)に候補者の要件をチェックする項目欄を設け, 推薦者に確認いただくことになりました。

■推薦要領

候補者の対象 金属工学の分野で卓越した業績を挙げつつある, 2016年5月31日時点で40歳以下の若手研究者。

推薦資格 本会代議員, 分科会委員または3名以上の正員連名による推薦

受賞人数 若干名

推薦手続 所定の様式(ホームページからダウンロードして下さい)により必要事項を記入の上, お送り下さい。

推薦締切日 2016年2月19日(金)

詳細 まてりあ54巻12号644頁 ホームページ: 表彰関係

会誌編集委員会から特集企画のお知らせ

■ネオジム磁石の金属組織および粒界近傍の磁性と保磁力機構 (Microstructure and Local Magnetism Near Grain Boundaries of Nd-Fe-B Permanent Magnets and Their Impacts on Coercivity)

ネオジム磁石の金属組織と粒界磁性に関する理解はこの数年間で長足の進歩を遂げ, 保磁力発現機構の基本的な考え方におけるパラダイムシフトをもたらしました。その結果, 異方性ネオジム磁石の保磁力については, 従来の結晶粒径微細化の他に, 結晶粒界相の磁性制御による保磁力向上の可能性があることが認識されるに至っています。そこで, ネオジム磁石の金属組織, 組織生成過程, 結晶粒界近傍の磁性, および, それらの保磁力発現機構における役割についての最近の研究成果を集め, 最近の進展を俯瞰できる論文特集号を企画します。本分野に関わる学会, および, 産業界の研究者各位からの積極的なご投稿を期待します。

上記テーマに関する特集を, 日本金属学会誌81巻1号(2017年1月発行)に予定しております。多数ご寄稿下さいますようお願いいたします。

実施予定号 第81巻第1号(2017年)

原稿締切日 2016年7月1日

- 投稿に際しては, 日本金属学会誌投稿の手引・執筆要領(本会Webページ)に従うこと。
- 通常の投稿論文と同様の審査過程を経て, 編集委員会にて採否を決定する。

問合せ先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32
(公社)日本金属学会会誌編集委員会
<http://jim.or.jp/>
☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312
E-mail: editjt@jim.or.jp

研究会

研究会 No. 74

チタン製造プロセスと材料機能研究会第2回講演会 「チタン製精錬プロセス研究の現状と課題」

日時 2016年1月29日(金) 9:55~12:00
場所 関西大学 千里山キャンパス 第4学舎3号館 4階
3402教室(〒564-8680 吹田市山手町3-3-35)
<http://www.kansai-u.ac.jp/global/guide/mapsenri.html>
☎ 06-6368-0846
アクセス <http://www.kansai-u.ac.jp/global/guide/access.html#senri>

プログラム

- 9:55~10:00 趣旨説明
チタン製造プロセスと材料機能研究会・代表世話人
東北大院工 成島尚之
- 10:00~10:40 高温溶融塩を用いた液体Ti電解製造への挑戦
関西大化学生命工 竹中俊英
- 10:40~11:20 溶融合金を介したチタンの連続製錬法の提案
京大院工 宇田哲也
- 11:20~12:00 金属熱還元法に基づくチタンの製造プロセス
東北大院工 竹田 修

参加費 無料

参加申込方法 参加者は事前にE-mailで氏名, 所属, 連絡先を明記の上, 下記申込先へ送付下さい。なお, 当日午後には同じ会場で「(一社)日本鉄鋼協会平成27年度チタンフォーラム第1回研究発表会」が行われます。

申込締切 2016年1月12日(火)

申込先・問合せ先

チタン製造プロセスと材料機能研究会 上田恭介
ueda@material.tohoku.ac.jp
東北大学大学院工学研究科 材料システム工学専攻
☎/FAX 022-795-7296

研究会 No. 70

第5回プラストンに基づく変形現象研究会 ～変形機構研究の新展開～

[共催] 京都大学 構造材料元素戦略研究拠点

近年, 必ずしも転位の概念だけでは理解しきれない変形現象が顕在化しつつある。回位(disclination)の運動によるナノ結晶材料における複数の結晶粒の協調的なせん断や回転, 原子のシャフリングを要する六方晶や金属間化合物における変形双晶, マルテンサイト変態, 粒界すべりなどがこの範疇に属し, 材料の変形現象を包括的に理解する上位概念として変形子(プラストン)が提案されている。本研究会は新規な挑戦的概念であるプラストンを題材に新たな視点から材料の変形と破壊についての基礎的議論を行うために企画された。今回は, 構造材料の研究に関する基礎的検討を通して, 活発な意見交換を行いたい。

日時 2016年1月13日(水)~14日(木)

場所 京都大学 楽友会館
(〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町)

プログラム(全て英語での講演)

13日(水) 10:00~10:25 Registration
10:25~10:30 Opening Remark

10:30~11:10

(1) Modeling of deformation and strength of bulk nanostructured HCP metals

—A plaston diagram: grain size dependent deformation mechanism map— Osaka University Prof. Shigenobu Ogata

—休憩—

11:20~12:00

(2) Nucleation of Plaston at Grain Boundaries in Bulk Nanostructured Metals Kyoto University Prof. Nobuhiro Tsuji

—昼食休憩—

13:20~14:20

(3) Fundamental Mechanisms of Plasticity and Fracture in Magnesium EPFL, Switzerland Prof. William A. Curtin

—休憩—

14:50~15:30

(4) Effect of solute atoms on dislocation core structure and motion in HCP metals

Atomic Energy Agency Dr. Tomohito Tsuru, Japan

—休憩—

16:00~17:00

(5) Is configurational entropy really important in high-entropy alloys? Ruhr University Bochum, Germany Prof. Easo George

14日(木)

9:30~10:30

(1) Synthesis and enhanced mechanical properties of metals with tailored grain structures in the near-micrometer regime

Tsinghua University, China Prof. Andy Godfrey

(休憩)

11:00~11:40

(2) Low temperature toughness and dislocation mobility in bulk nanostructured metals

Kyushu University Prof. Masaki Tanaka

(休憩)

11:50~12:30

(3) Micropillar deformation of hard and brittle materials

Kyoto University Prof. Haruyuki Inui

(昼食休憩)

13:50~14:50

(4) Atomistic and mesoscale modeling of crystal plasticity

Georgia Institute of Technology, USA Prof. Ting Zhu

(休憩)

15:20~16:00

(5) Dislocation Core Structures and Structural Units in Oxides

The University of Tokyo Prof. Yuichi Ikuhara

(休憩)

16:10~16:50

(6) First principles lattice dynamics calculations for phase transition and deformation process in metallic systems

Kyoto University Prof. Isao Tanaka

16:50~17:00

Closing

企画責任者 乾 晴行(京大・工)

参加費 無料(参加人数確認のため可能な限り事前参加申込み下さい)

申込・問合せ先 1月4日(月)までにE-mailまたはFAXにて氏名, 所属, 電話番号を明記して下記へお申し込み下さい。

〒606-8501 京都市左京区吉田本町
京都大学 構造材料元素戦略研究拠点
大石毅一郎

☎ 075-753-5573 FAX 075-753-5578

E-mail: admin@esism.kyoto-u.ac.jp

支部行事

第33回「若手フォーラム」
—ポスターセッション併催—

日本金属学会・日本鉄鋼協会 中国四国支部では, 若手研究者および技術者の研究・開発への意欲向上ならびに議論を通じての支援のために, 講演の場を提供することを実施しています。またポスターセッション(フリーテーマ)を開催しますので, 意欲あふれる研究発表を期待しています。

日時 2016年2月19日(金)10:00~16:30

場所 岡山国際交流センター 3階研修室
(http://www.opief.or.jp/oicenter/)

プログラム

開会の挨拶 金谷輝人(岡山理科大)

10:00~10:50 座長: 市川貴之(広島大)

アルミニウム合金への陽極電解で得られる表面微細構造・表面形状・耐食性

○築山訓明(岡山工技セ), 村上浩二(岡山工技セ),
永田教人(サーテック永田), 金谷輝人(岡山理科大),
日野 実(広島工大)

11:00~11:50 座長: 赤尾尚洋(鳥取大)

ルチル型酸化物 TiO₂-VO₂ 系のスピノードル分解と異原子価(Al³⁺, Nb⁵⁺)ドーパがスピノードル分解の速さに及ぼす効果

○尾形 誠(岡山大・院生), 村岡祐治(岡山大),
横谷尚睦(岡山大), 井尻政孝(岡山大・院生),
門脇賢司(岡山大・院生), 竹元嘉利(岡山大)

13:30~16:30 ポスターセッション(下記要領にてお申込下さい)

ポスター発表募集

申込方法 (a)題名 (b)所属・氏名(発表者に○印) (c)連絡先(電話・E-mail)を明記, 2月10日(水)必着で, 下記申込先へE-mailでご連絡下さい。

ポスターサイズ 横90cm×縦210cm(Max.)

参加費 無料

企画世話人 竹元嘉利(岡山大), 清水一郎(岡山理科大),
金谷輝人(岡山理科大)

申込・問合せ先 岡山大学工学部 竹元嘉利

☎ 086-251-8027 FAX 086-251-8266

E-mail: takemoto@mech.okayama-u.ac.jp



掲 示 板

〈公募類記事〉

無料掲載：募集人員，締切日，問合せのみ掲載。

有料掲載：1/4頁(700～800文字)程度。

- 「まてりあ」とホームページに掲載；15,000円＋税
- ホームページのみ掲載；10,000円＋税

〈その他の記事〉 原則として有料掲載。

- 原稿締切・掲載号：毎月1日締切で翌月号1回掲載
- 原稿提出方法：電子メールとFAX両方(受け取りメールの確認をして下さい)

•原稿送信先：FAX 022-223-6312 E-mail: materia@jim.or.jp

◇東京工業大学フロンティア材料研究所 准教授 公募◇

公募人員 准教授1名

(本学では、多彩な人材を確保し、大学力・組織力を高めるために外国人や女性の参画する均等な機会を提供します。)

所 属 フロンティア材料研究所(応用セラミックス研究所は、平成28年4月1日よりフロンティア材料研究所へと改組されます)

応募分野 新規材料形成プロセス(フロンティア材料研究所において、通常のプロセスでは作製できない機能(力学特性あるいは機能特性等)を具備した無機系新材料を実現できる新しいプロセス技術の開拓と新材料・材料科学の創成を目指す。また、物質理工学院 材料系 材料コースの教育を担当する。)

応募資格 博士の学位を有する方。

着任時期 2016年4月1日以降、できるだけ早い時期

任 期 5年、再任可；5年が1回

- 提出書類 (1) 履歴書(学歴は高等学校卒業以降、写真添付。ResearcherIDとGoogle Scholarプロフィールの登録名を記入すること)
- (2) これまでの研究業績の内容(2,000字程度)
- (3) 業績・実績リスト(査読論文、総説、解説、著書、特許、その他に分類のこと。全著者名を論文掲載順に記すこと。論文のインパクトファクターおよび、被引用回数を可能な限り明記すること。被引用回数調査に用いたソースを明記のこと。主要論文5編に*を記すこと。)
- (4) 主要論文別冊(コピー可) 5編以内
- (5) 上記主要論文の学術的意義・重要性の解説(合計A4 2ページ以内)
- (6) 受賞歴、招待講演、社会貢献などの実績一覧
- (7) 獲得研究費リスト(代表・分担で区分し、金額は本人の配分額を記載すること)
- (8) 着任後の研究と教育に関する抱負 (2,000字程度)
- (9) 申請者に関して意見を伺える方2名の氏名、住所、電話番号、メールアドレス

応募締切 2016年2月1日(月)必着

書類提出先 〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町4259 R3-4 東京工業大学 応用セラミックス研究所事務室気付 准教授選考委員長 伊藤 満

*封筒の表に「応用セラミックス研究所 准教授公募書類在中」と朱書きし、簡易書留でご送付下さい。なお、提出された書類は返却いたしません。

*全提出書類の印刷版に加えてそのPDFをUSBメモリに入れて送付して下さい。

問合せ先 東京工業大学 応用セラミックス研究所 伊藤 満

☎ 045-924-5354

E-mail: Mitsuru_Itoh@msl.titech.ac.jp

公募 URL

http://www.msl.titech.ac.jp/employ/doc/160201_assoc_prof_jp.html

◇核融合科学研究所 助教 公募◇

公募人員 助教1名(年俸制、任期5年、業績評価により再任可)

所 属 大型ヘリカル研究部装置工学・応用物理研究系水素同位体応用研究部門

研究・業務内容

重水素実験に関わる放射線安全管理機器、特にトリチウム回収除去システムの高性能化と信頼性向上及び処理システムにおけるトリチウムの挙動に関する研究の推進、安全管理に関わる業務として、放射線管理及び放射線教育を求める。また、将来の核融合炉燃料サイクルに必要な水素同位体の回収分離精製技術における課題の抽出とその解決に向けた開発研究の推進、国内外の大学・研究機関等との共同研究を中心とした、幅広い学際研究の推進も求める。

希望事項 ①博士の学位を有する者、または取得見込みの者。②第一種放射線取扱主任者の資格を有する者、又は直ちに取得できる者。③上記の当該部門の研究分野に取り組む強い意欲のある者。④国内外の共同研究の推進に意欲のあること。⑤若手の人材育成に意欲があること。

応募締切 2016年3月18日(金)17時(必着)

就任時期 採用決定後のなるべく早い時期

提出書類 (1)履歴書 (2)研究歴 (3)就任後の抱負 (4)研究業績リスト (5)論文別刷3編程度 (6)応募者について参考意見を述べることのできる方2名程度の氏名及び連絡先
なお、提出された書類は、返却しない。((2)～(5)については4部必要)

提出先 〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6

核融合科学研究所管理部総務企画課人事・給与係

*封筒の表に「大型ヘリカル研究部装置工学・応用物理研究系水素同位体応用研究部門助教公募関係書類」と朱書きし、郵送の場合は簡易書留とすること。

問合せ先 核融合科学研究所管理部総務企画課人事・給与係

☎ 0572-58-2012(直通)

詳 細 本研究所のホームページをご覧ください。

アドレス <http://www.nifs.ac.jp/index-j.html>

集 会

◇レアメタル研究会◇

(2015.12.1日現在)

■主 催 レアメタル研究会

主宰者 東京大学生産技術研究所 教授 岡部 徹

協 力 (一財)生産技術研究奨励会(特別研究会 RC-40)

共 催 東京大学マテリアル工学セミナー

協 賛 (一社)軽金属学会、(一社)資源・素材学会、

(一社)新金属協会、(公社)日本化学会、

(公社)日本金属学会、(一社)日本チタン協会、

(一社)日本鉄鋼協会 (五十音順)

■開催会場 東京大学生産技術研究所 An棟2F コンベンションホール(〒153-8505 目黒区駒場4-6-1)

(最寄り駅：駒場東大前、東北沢、代々木上原)

■参加登録・お問合せ

岡部研 レアメタル研究会事務担当 宮崎智子

(okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp)

■第70回 2016年3月11日(金)(平成27年度 最終回)

15:00～ An棟2F コンベンションホール

テーマ：非鉄金属、海洋資源開発

時 間：午後3時～

講演:

- 非鉄金属材料の現状と課題と将来展望(仮)(60分)
～ユニークな技術により、地球に新たなマテリアルを創造し、循環型社会に貢献～
三菱マテリアル株式会社 常務取締役 飯田 修 講師
 - レアメタルに関する最近の話題(仮)(45分)
東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師
 - 海洋資源開発の夢とロマン(仮)(60分)
～海賊として山賊に大いなる夢を語る～
東京大学 名誉教授
九州工業大学社会ロボット具現化センター長、特別教授
海上技術安全研究所水中工学センター長 浦 環 講師
- 午後6:30～ 研究交流会・意見交換会(A棟 2F ホワイエ)

レアメタル研究会ホームページ

http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html

★備考：関連研究会

〈米国版レアメタル研究会(RMW)のご案内〉

■RMW11 Workshop on Reactive Metal Processing (Reactive Metal Workshop) February 19 (Fri)-20 (Sat), 2016, Cambridge, MIT

Reactive Metal Workshop のHP

<http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/core-to-core/rmw/>



結晶構造学 基礎編 空間群から粉末構造解析まで
上級編 結晶物性学の理解をめざして

梶谷 剛 著

2014年が世界結晶年と位置づけられたのはX線を用いることにより、結晶の構造を知ることができることを示したブラッグ父子の業績によるが、結晶学の歴史そのものはずっと長く、また放射光や中性子などの利用、コンピュータによる大量データの高速処理などにより、構造解析の技術そのものも近年、飛躍的に進展している。

このような背景の中で、本書は著者が行ってきた工学部三年次の講義をベースにして簡潔にして、かつかゆいところに手が届くようにまとめあげられた優れた教科書である。基礎編と上級編という2冊にわかれた構成も著者の意図を反映しており、たとえば構造解析を専門としない学生であれば基礎編のみで概論的な知識はもちろん、リートベルト法に代表される粉末試料を用いた自動構造解析という実的な技術を身につけることが可能である。基礎編の構成と内容は次のとおりである。

基礎編 第1章：直接観察法と間接法による結晶解析、第2章：結晶学入門、第三章：回折現象。読者は第1章で回折現象に基づく手段のみでなく、原子配列を直接観察する方法を概観したあと、第2章において構造解析において必要最低限の知識に触れることができる。とりあえずはここに述べられた知識だけでリートベルト法等による粉末試料の構造解析は可能ということである。さらに本書では随所にプログラミングや個別の手法に関連するURLが記載されており、これだけでも十二分の利用価値がある。この章において逆格子も導入されており、この章で構造因子や形状因子といった結晶構造回折の基礎が簡潔にまとめられているのも本書の特長である。第3章では回折現象の基礎的事項、すなわちX線や中性子に対する原子散乱因子から始まり、粉末試料

の構造解析の具体までが一気にまとめられている。さらに放射光や磁気散乱といった入門的なテキストでは触れることのない内容もまとめられており、本書の付加価値を高いものとしている。

一方、上級編では基礎的な知識をより高い立場から体系化しており、実際に構造解析の現場にいる研究者にとっても参考となる内容が網羅されている。章構成は以下のとおりである。

上級編 第1章：結晶学の基礎、第2章：回転群と表現行列I、第3章 回転群と表現行列II、第4章 2次元結晶、第5章 磁気構造、第6章 高次構造の解析、第7章 二重群、第8章 自動構造解析法。このように、230の空間群を体系化するための数学的事項のみでなく、色群(color group)や二重群という磁気構造の解析で研究者が必要とする数学的バックグラウンドがまとめられており、本書がこのような読者にとって座右の書となることは間違いない。また現実の材料では粒界を特徴付ける対応格子の考え方や、変調構造を有する結晶が頻繁に出現するが、この問題に対しても本書では、前者に関しては二次元格子、後者に関しては高次構造という俯瞰の立場から丁寧に解説がなされていることも特筆に価する。

さらに豊富な練習問題が各章にあるだけでなく、回答が丁寧にまとめられ、自習にはもちろん結晶構造解析に関する講義を行ううえでも参考となることは間違いない。結晶学の基礎から実的な構造解析の具体まで、幅広い読者層に是非読んでいただきたい本である。

(東北大学金属材料研究所 今野豊彦)

[2015年A5判 アグネ技術センター

基礎編119頁 2,160円(税込) 上級編 179頁 2,808円(税込)]

日本金属学会誌掲載論文
Vol. 80, No. 1 (2016)

特集「微細組織，組織制御，力学的性質に関する
材料研究最前線」

ストリップキャスト法によるNdFeB系焼結磁石用合金の組織の形成 山本和彦 村上 亮

微小材料試験を用いた電析ニッケル薄膜の力学的特性評価(オーバービュー) 名越貴志 Tso-Fu Mark Chang 曾根正人

種々の集合組織を有する多結晶面心立方金属板の結晶方位分布関数による曲げ加工性の面内異方性予測 井上博史

走査型白色干渉計を用いた引張負荷下における微小構造体のひずみ分布測定 伊東孝史 峯 洋二 大津雅亮 高島和希

Au-Cu-Al系形状記憶合金の機械的性質に及ぼすAlおよびCu濃度の影響 細田秀樹 堀 貴文 盛田智彦 海瀬 晃 田原正樹 稲呂朋也 後藤研滋 金高弘恭

Ti-5Mo-3Sn合金の機械的性質と形状記憶特性に及ぼすZr添加の影響 遠藤一輝 田原正樹 稲呂朋也 金 熙榮 宮崎修一 細田秀樹

Ti-4Au-5Cr-8Zr生体用超弾性合金の集合組織形成に及ぼす焼鈍温度の影響 篠原百合 田原正樹 稲呂朋也 細田秀樹

TiC添加したMo-Si-B合金の高温強度に及ぼすミクロ組織の影響 山本詩歩 吉見享祐 金 正旭 横山健太郎

$\alpha + \beta$ 型Ti-(0~10)mass%V-(0.5~1)mass%O合金の組織と機械的特性 上田恭介 小林達矢 成島尚之

微小圧縮試験によるAl-Mg合金双結晶の変形挙動評価 鄭 伯倫 名越貴志 チャン, ツォーフ マーク 細田秀樹 里 達雄 曾根正人

種々の第四元素を添加したAuCuAl基生体用形状記憶合金のマルテンサイト変態と機械的性質 海瀬 晃 盛田智彦 堀 貴文 後藤研滋 金高弘恭 田原正樹 稲呂朋也 細田秀樹

共析組成近傍のZr-9 mol% Au合金の組織と硬度に及ぼす熱処理温度の影響 細田秀樹 石垣卓也 篠原百合 稲呂朋也

三次元材料組織画像に基づく解像度に近い微小変形の定量評価 川部浩隆 稲呂朋也 細田秀樹

鑄造法によって作製されたZrC添加Mo-Si-B合金のミクロ組織と機械的性質 中山俊一 吉見享祐

純マグネシウム単結晶における曲げ変形の結晶方位依存性 北原弘基 津志田雅之 安藤新二

Materials Transactions 掲載論文
Vol. 57, No. 1 (2016)

—Regular Articles—

Materials Physics

Hydrothermal Synthesis, Structure and Photocatalytic Properties of La/Bi Co-Doped NaTaO₃ Nguyen Thi Lan, Le Gia Phan, Luc Huy Hoang, Bui Doan Huan, Le Van Hong, Trinh Xuan Anh and Huynh Dang Chinh

The Effect of Mn Content on the Microstructure and Properties of CoCrCu_{0.1}Fe_{0.15}Mo_{1.5}Mn_xNi Near Equiatomic Alloys Penghui Wu, Zhen Peng, Ning Liu, Muye Niu, Zhixuan Zhu and Xiaojing Wang

Influence of Minor Addition of Cr on the Magnetocaloric Effect in Fe-Based Metallic Ribbons Daoqin Guo, Kang Cheung Chan and Lei Xia

Microstructure of Materials

Growth Morphology and Solidification Behavior of In-Situ Synthesized TiN and TiB Min Li, Jian Huang, Yan-yan Zhu, Zhu-guo Li and Yi-xiong Wu

A Model Estimating the Slab Corner Transverse Cracking Susceptibility of Microalloyed Steel Based on Microstructure Jiang Liu, Guanghua Wen, Yunfeng Li and Ping Tang

Mechanics of Materials

Fatigue Behavior and Life Prediction Model of a Nickel-Base Superalloy under Different Strain Conditions Peng Zhang, Qiang Zhu, Gang Chen, Heyong Qin and Chuanjie Wang

Simulation Analysis of Effect of Porosity on Compression Behavior and Energy Absorption Properties of Aluminum Foam Sandwich Panels Renjun Dou, Xinna Zhang, Qingxian Hao, Yan Ju and Yuebo Hu

Effect of Quench Process on Mechanical Properties and Conductivity of 7475 Alloy Dequan Shi, Kaijiao Kang, Guili Gao and Zhijun Chen

Materials Chemistry

Ion-Exchange Synthesis of Li₄Ti₅O₁₂ Nanotubes and Nanoparticles for High-Rate Li-Ion Batteries Shunsuke Yagi, Tadahiko Morinaga, Masakazu Togo, Hiroshi Tsuda, Shoichiro Shio and Atsushi Nakahira

Third Law Entropy of Barium Molybdate Masao Morishita, Motohiro Fukushima and Hiroki Houshiyama

Corrosion Estimation of Epoxy Coated High Tensile Strength Steel Measured by Statistical Analysis and TEM-EELS T. Nishimura

Study on Reaction Performances and Applications of Mold Flux for High-Aluminum Steel

Ting Wu, Shengping He, Lilong Zhu and Qian Wang

Materials Processing

Deformation of Material in Punching of Slanted Fine Hole in SUS304 Sheets with Fine-Grained Microstructure

Masahito Katoh, Tomomi Shiratori, Yohei Suzuki, Shizuka Nakano and Takafumi Komatsu

Synthesis of (Y,Er)₂O₃ Films from Multiple-Nuclei EDTA·(Y,Er)·H Complexes by Flame Spray Method

Keiji Komatsu, Tetsuo Sekiya, Ayumu Toyama, Tomoyuki Shirai, Atsushi Nakamura, Shigeo Ohshio, Ikumi Toda, Hiroyuki Muramatsu and Hidetoshi Saitoh

Preparation of Rutile TiO₂ Particles with Stacks of Sheets Using a Thermal Oxidation Process

Geun-Hyoung Lee

—Express Regular Article—

Effect of Heat Treatment on Tensile and Fatigue Properties of Al 3527 K Alloy Manufactured by Strip Casting

Gi-Su Ham, Kwang-Jun Euh, Young-Mok Rhyim and Kee-Ahn Lee

Announcement

— 日本金属学会誌, Mater. Trans. へ
投稿しませんか? —

◎日本金属学会誌および Mater. Trans. は会員、非会員問わず投稿することができます。

掲載論文充実化のため、レビュー、オーバービュー、技術論文など多くの種別を取り入れております。

又、会誌の投稿・掲載費用は無料です。

詳細は、本会ホームページ → [会誌](#) or [Mater. Trans.](#) のページをご覧ください。皆様のご投稿をお待ちしております。



まてりあ 第55巻 第2号 予告

〔最近の研究〕アルミニウム合金の超微細粒強化と時効析出強化を並立させる3つの方策

……廣澤渉一 唐 永鵬 松田健二 李 昇原 寺田大将

摩擦攪拌接合に対する材料学的アプローチ

……佐藤 裕

〔新進気鋭〕新規な多ホウ化物熱電材料の探索 ……丸山恵史

〔新技術・新製品〕3編

—他—

編集の都合により変更になる場合がございます。



新 入 会 員

(2015年10月23日～2015年11月24日)

正 員

及川雄介 新日鉄住金ステンレス株式会社 成井美穂 文化学園大学
津川貴臣 三菱化学株式会社 兵頭潤次 九州大学

山本日登志 株式会社 KRI

学 生 員

鈴木優希 山梨大学 大島直士 金沢大学
竹之内郁人 群馬工業高等専門学校 熊倉裕貴 千葉工業大学

永井洸樹 千葉工業大学

外国一般会員

Ahadi Aslan National Institute for Materials Science

〈お知らせ〉

・本誌掲載の「材料系学協会情報コーナー」欄は昨年号をもちまして掲載を終了致しました。

金属学会セミナー開催報告

半導体における点欠陥と拡散

—基礎と最先端デバイス—

(セミナー・シンポジウム委員会企画)

開催日 2015年11月12日(金)

場 所 東工大 大岡山キャンパス

LSI等のSi系素子、パワートランジスタや発光ダイオード等の化合物素子においては不純物の拡散制御や結晶欠陥密度の低減は素子特性の制御上、非常に重要である。

本セミナー(2015年11月12日、東京工業大学、大岡山キャンパス、出席者30名)においては、点欠陥、拡散の基礎を学ぶと共に、研究開発途上の実デバイスにおいてそれらの事象が如何ほど重要であるかについて議論すると共に明らかにした。

尚、今回の企画は前年度に引き続きセミナー・シンポジウム委員会が主体となって提案したものである。

米永一郎(東北大)は、「半導体中の固有欠陥」と題する講演を行い、主として点欠陥の物理を中心に説明を行った。固有点欠陥の原子・電子構造、熱平衡濃度と形成エネルギーを中心に議論した。ダイヤモンド型構造の固有点欠陥の種類、シリコン中の原子空孔の電荷状態と緩和格子構造、低温でシリコン中に電子線照射によって形成される原子空孔、複空孔、不純物との複合体の熱安定性、シリコン中の原子空孔の熱平衡濃度の温度依存性、シリコン中の格子間原子の熱平衡濃度の温度依存性、および、シリコン中のいろいろな構造の原子空孔と格子間原子の形成エネルギーのフェルミレベル依存性が説明された。又、Si中における原子空孔と水素原子ペアーが物性に与える重要性についても指摘があった。

植松真司(慶応義塾大)は、「拡散の基礎」と題する講演を行い、主として、半導体中の拡散の特徴、点欠陥と拡散機構、Si中の同位体を用いた自己拡散と不純物拡散、Ge中の拡散、SiC中の拡散に関して議論した。Si中では原子空孔と格子間原子が拡散に大きな影響を与え、Ge中では原子空孔が大き

な影響を与える。Si中の不純物の過渡的増速拡散(TED: transient enhanced diffusion)は格子間原子が原因となっており、Ge中においてTEDは観測されない。

塩島謙次(福井大)は、「GaN系デバイスにおける結晶欠陥の影響」と題する講演を行い、主として、GaN系材料の基礎物性、欠陥評価とデバイスへの影響、最近の学会報告に関し研究開発の現状が紹介された。独自に開発した、微少ショットキー電極を用いたGaN薄膜の転位(密度)の測定に関する話も紹介され、幾つかの実例も示された。

白田宏治(産総研)は、「高性能Ge薄膜トランジスタの現状と展望」と題する講演を行い、主として、フラッシュ・ランプ・アニール(FLA: flash lamp annealing)により結晶化した多結晶Geを使用したp型、n型MOSFETの性能が紹介された。結晶性に関しては、FLA多結晶Ge薄膜のラマンスペクトル、EBSDによる粒径測定結果、p型、n型多結晶Ge薄膜のHall効果キャリア移動度、等の話が紹介された。

豊田紀章(兵庫県立大)は、「クラスターイオンビームナノ加工の現状と展望」と題する講演を行い、主として、クラスターイオンビームの原理から始まり、クラスターイオンビームの結晶欠陥生成、表面加工(エッチング、表面平坦化)に関し紹介された。

部家 彰(兵庫県立大)は、「軟X線照射ドーピングの現状と展望」と題する講演を行い、主として、拡散層のシート抵抗の光子エネルギー依存性、シート抵抗の試料温度依存性、軟X線照射によるボロン原子の深さ方向分布の変化、単結晶シリコンに対する軟X線照射の効果、軟X線照射による不純物の活性化機構が紹介された。

点欠陥と拡散の制御は先端半導体デバイスのパフォーマンスに大きな影響を及ぼす事が明らかになった。材料、それを使った先端デバイス開発は、如何にこれらの点欠陥の発生を抑え、且つ、拡散を制御するかにかかっている。

(文責: 松尾)

(企画世話人: 兵庫県立大 松尾直人, 大阪府立大 沼倉 宏, 東京工業大 小林能直)



行事カレンダー

太字本会主催(ホームページ掲載)

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
1月				
7～8	第54回 セラミックス基礎科学討論会(佐賀)	日本セラミックス協会 基礎科学部 会・渡(佐賀大)	TEL 0952-28-8683 jimukyoku-54@ce.saga-u.ac.jp http://kiso54.chem.saga-u.ac.jp/	
8	第69回レアメタル研究会「貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線」(東大生産技研)(12号647頁)	レアメタル研究会・宮嵩(東大生産技研岡部研)	FAX 03-5452-6314 okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html	
9	第47回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム(東京)	日本非破壊検査協会・岡	TEL 03-5609-4015 oka@jsndi.or.jp	
13～14	研究集会「第5回プラストンに基づく変形現象研究会～変形機構研究の新展開～」(京大)(本号35頁)	研究会 No. 70・大石(京大)	TEL 075-753-5573 FAX 075-753-5578 admin@esism.kyoto-u.ac.jp	1.4
14～15	第37回安全工学セミナー開催(東京)	安全工学会	TEL 03-6206-2840 jsse-2004@nifty.com http://www.jsse.or.jp	
21	表面科学技術研究会2016 生きている固体と液体の界面 ～走査型プローブ顕微鏡で探る～(神戸大)	日本表面科学会関西支部他・大田	TEL 075-823-1092 mota@shimadzu.co.jp http://www.sssj.org/Kansai/	1.15
21～22	2015年度「先進コース」≪海洋環境規制の動向とその対応技術≫講習会(東京)	日本マリンエンジニアリング学会	TEL 03-3539-5920 staff@jime.jp http://www.jime.jp	
21～22	第44回ガスタービンセミナー(帝京大)	日本ガスタービン学会	gtsj-office@gtsj.org	
22	第317回塑性加工シンポジウム「アディティブマニュファクチャリング技術の最前線」(日大理工)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 100名
22～23	第21回電子デバイス界面テクノロジー研究会—材料・プロセス・デバイス特性の物理—(三島)	応用物理学会 薄膜・表面物理分科会・武田(奈良先端大)	FAX 0743-72-6029 sakura@ms.naist.jp http://home.hiroshima-u.ac.jp/oxide/	定員 200名
23	第21回高専シンポジウム in 香川(丸亀)	高専シンポジウム協議会, 香川高等専門学校	TEL 0875-83-8506 esyomu@t.kagawa-nct.ac.jp http://www2.es.kagawa-nct.ac.jp/sympo21/	
25～26	第144回塑性加工工学講座「圧延加工の基礎と応用」(東京電機大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 80名
28	第56回海水環境構造物腐食防食研究会(大阪市)	日本海水学会海水環境構造物腐食防食研究会・中島	TEL 0465-47-3161 corrosion@swsj.org http://www.swsj.org/p11/kaisuikankyou/fl.html	定員 20名
29	早稲田大学各務記念材料技術研究所2015年度教育プログラム(早大)	早稲田大学各務記念材料技術研究所	TEL 03-3203-4782 zaikenjimu@list.waseda.jp	
29	第206回研究会 発電用電子・磁気材料の現状と今後の展望(中央大)	日本磁気学会	TEL 03-5281-0106 http://www.magnetics.jp/event/research/topical_206/	
29	研究集会 チタン製造プロセスと材料機能研究会 第2回講演会「チタン製精錬プロセス研究の現状と課題」(関西大)(本号35頁)	研究会 No. 74・上田(東北大)	TEL/FAX 022-795-7296 ueda@material.tohoku.ac.jp	1.12
2月				
1	第11回 SPring-8 金属材料評価研究会—溶接部等の最近の注目技術—(東京)	SPring-8 利用推進協議会研究開発委員会	TEL 0791-58-0924 kinzoku@spring8.or.jp http://www.spring8.or.jp/ext/ja/iuss/	1.18
2～3	Mate2016第22回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム」(横浜)	スマートプロセス学会他	TEL 06-6878-5628 mate@sps-mste.jp http://sps-mste.jp/mate2016/src/	
15	KAST 教育講座「走査型プローブ顕微鏡の最新活用術」(川崎)	神奈川科学技術アカデミー	TEL 044-819-2033 takagi@newkast.or.jp	定員 20名
19	第32回軽金属セミナー「アルミニウム合金の組織—入門編(状態図と組織)第4回(名古屋)」	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 40名
19	第33回「若手フォーラム」—ポスターセッション併催—(岡山)(本号36頁)	日本金属学会中国四国支部・竹元(岡山大)	TEL 086-251-8027 FAX 086-251-8266 takemoto@mech.okayama-u.ac.jp	ポスター 2.10
24	第318回塑性加工シンポジウム「鉄鋼材料への摩擦攪拌接合(FSW)の適用の現状と課題」(大阪)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 100名
25	第379回講習会「ここまできたナノメートルの精密工学—次世代から未来の加工機, 応用—(東理大)	精密工学会	TEL 03-5226-5191 http://www.jspe.or.jp/	定員 60名
26	理研シンポジウム第18回「トライボコーティングの現状と将来」(和光)	理化学研究所大森素形材工学研究室, トライボコーティング技術研究会・金	TEL 03-5918-7613 tribo@tribocoati.st http://www.tribocoati.st/	定員 200名
27	第40回日本顕微鏡学会関東支部講演会(帝京大)	日本顕微鏡学会関東支部・三石(NIMS)	TEL 029-863-5474 Mitsuishi.Kazutaka@nims.go.jp	

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
3月				
3	第31回塗料・塗装研究発表会(東大生産研)	日本塗装技術協会	TEL 03-66228-1711 toso-jimukyoku@jcot.gr.jp	発表 10.16
8	第33回軽金属セミナー「アルミニウム合金の組織—中級編(時効析出)」(第2回)(早稲田大)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 40名
11	第70回レアメタル研究会「非鉄金属, 海洋資源開発」(東大生産技研)(12号647頁)	レアメタル研究会・宮崎(東大生産技研岡部研)	FAX 03-5452-6314 okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html	
16~18	第7回日本複合材料会議(JCCM-7)(東京)	日本材料学会, 日本複合材料学会	TEL 075-761-5321 jimuj@jsms.jp http://www.jsms.jp	
18	第41回組織検査用試料の作り方(組織の現出)講習会「鉄鋼材料・非鉄金属材料・表面改質処理および異常組織材」(東京)	材料技術教育研究会	TEL 047-431-7451	3.11 定員 100名
21	平成27年度 高専女子フォーラム in 九州沖縄(北九州)	国立高等専門学校機構他	TEL 093-964-7200 s-soumu@kct.ac.jp http://www.kosen-k.go.jp/kosengirl/jyoshi-forum/	
22	日本金属学会第2回企業説明会(東京理科大学葛飾キャンパス)(本号32頁)	日本金属学会・山村	TEL 022-223-3685 secgnl@jim.or.jp	2.19
23~25	日本金属学会春期講演大会(東京理科大学葛飾キャンパス)(本号31頁)	日本金属学会	annualm@jim.or.jp TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312	参加 2.19
5月				
11~13	第5回 最先端の顕微鏡と理論計算に関する国際シンポジウム(AMTC-5)(愛知)	ファインセラミックスセンター ナノ構造研究所	TEL 052-871-3500 k-yamamoto@jfcc.or.jp http://www.amtc5.com/	
20~22	平成28年度塑性加工春季講演会(京都工芸繊維大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	
6月				
5~10	Rare Earths 2016 in Sapporo, JAPAN(札幌)	日本希土類学会	TEL 06-6879-7352 kidorui@chem.eng.osaka-u.ac.jp http://www.kidorui.org/RE2016.top.html	
16~17	第21回動力・エネルギー技術シンポジウム(横浜)	日本機械学会	TEL 03-5360-3505 sakurai@jsme.or.jp http://www.jsme.or.jp/pes/Event/symposium.html	
7月				
10~15	第5回溶融塩中のチタン製錬国際円卓会議(北大)	第5回溶融塩中のチタン製錬国際円卓会議実行委員会・山瀬	TEL 011-706-6339 yamase@eng.hokudai.ac.jp http://www.eng.hokudai.ac.jp/TiRT2016/index.html	
8月				
1~5	第9回環太平洋先端材料とプロセッシング国際会議(PRICM9)(京都)	日本金属学会・梶原	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 pricm_9@nta.co.jp http://web.apollon.nta.co.jp/PRICM9/	Abstract 1.5
7~12	第18回結晶成長国際会議(ICCCE-18)(名古屋)	日本学術会議他	TEL 070-5268-6664 secretariat@iccce18.jp http://www.iccge18.jp/	
9月				
5~9	第5回 ICFSMA'16 国際会議(強磁性形状記憶材料に関する国際会議)(仙台)	第5回 ICFSMA'16 国際会議組織委員会・大森(東北大)	TEL 022-795-7323 icfsma@material.tohoku.ac.jp http://www.material.tohoku.ac.jp/~icfsma/	事前予約 6.30
21~23	日本金属学会秋期講演大会(大阪大学豊中キャンパス)	日本金属学会	annualm@jim.or.jp TEL 022-223-3685	
11月				
1~4	The 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (11th ISEM '16-Ho Chi Minh)(Vietnam)	日本実験力学会・小林(新潟大)	nmtam@hcmut.edu.vn TEL +84-8-38-647-256 ext. 5590 http://www.jsem.jp/	

第9回環太平洋先端材料とプロセッシング国際会議(PRICM9)の締切日変更のお知らせ

• Abstract Submission 2015年12月1日 → 2016年1月5日

PRICM9のまてりあ12号会告内容の訂正について

まてりあ54巻12号: 640頁に記載した各種締切日の変更について, Abstract Submission 締切日の延期以外は, 変更いたしません. お詫びして訂正させていただきます.

追悼

本会名誉員 Alfred Seeger 先生を偲んで



本会名誉員、Alfred Seeger 教授(理学博士)は、2015年10月18日にご逝去されました。享年89歳でした。ここに先生のご功績とお人柄を偲び、謹んで哀悼の意を表します。

先生は1949年スツツカルト大学を卒業後、同大学講師、ケンブリッジ大学客員講師を経て1965年にスツツカルト大学教授に就任されるとともに、マックスプランク金属研究所附属物理研究所の所長としても研究所の運営に辣腕を振るわれました。

先生の業績は結晶格子欠陥を中心に多岐に渡りますが、格子欠陥論の聡明期に後に教科書に引用される多数の論文を発表し、先生の業績なくして今日の格子欠陥論を語ることはできません。面心立方金属の加工硬化において、積層欠陥エネルギーおよび転位の拡張の重要性を最初に理論的に提唱し、さらに六方晶金属、体心立方金属の加工硬化についても転位論により体系づけ、この分野の論文の一つには“citation classic”の名誉が与えられています。また、内部摩擦の一つの機構として応力による転位のキンク形成理論を提唱しました。この転位のキンクの運動が非線形系の挙動を示すことを発見し、これは後にソリトンと呼ばれ、その波及分野は素粒子物理学、超伝導など多方面に渡っています。また、放射線損傷、半導体における拡散、正電荷を持つ軽粒子を用いた格子欠陥および金属中の水素の研究、強磁性と格子欠陥の関係など常に新たな分野に挑戦し、金属学の近代化に貢献され、ドイツ金属学会のハイネン賞、日本金属学会賞など多数の賞を受賞されています。

先生は我が国の研究者を多数受け入れ、いつも笑顔で優しく指導されました。写真入りの名簿を作成して、数10年後に訪問しても抜群の記憶力で滞在当時の研究について歓談されました。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。

(大阪大学名誉教授 馬越佑吉)

◇ 日本金属学会 2016年 春秋講演大会 開催日程 ◇

春期講演大会：3月23日(水)～3月25日(金)～東京理科大学葛飾キャンパス(参加申込締切：2月19日(金))

秋期講演大会：9月21日(水)～9月23日(金)～大阪大学豊中キャンパス(まてりあ5号会告予定)

2015, 2016年度会報編集委員会 (五十音順, 敬称略)

委員長	御手洗容子						
副委員長	大塚 誠						
委員	赤瀬善太郎	浅野耕太	池田賢一	池田大亮	石本卓也	上田恭介	
	梅津理恵	大津直史	大野直子	大場洋次郎	大森俊洋	北村一浩	
	小泉雄一郎	齊藤敬高	佐藤和久	佐藤幸生	下島康嗣	下田一哉	
	杉浦夏子	芹澤 愛	千星 聡	染川英俊	高橋 淳	高林宏之	
	滝沢 聡	竹田 修	武田雅敏	田中真悟	田中秀明	田中康弘	
	多根正和	田村友幸	垂水竜一	堤 祐介	寺田大将	寺西 亮	
	戸高義一	中村貴宏	長谷川誠	畠山賢彦	藤枝 俊	府山伸行	
	堀内寿晃	堀部陽一	本間智之	松尾元彰	水本将之	宮岡裕樹	
	村石信二	森戸春彦	山下良之	山田高広	山室佐益	横田智之	
	湯蓋邦夫	吉矢真人	和田 武	渡辺博行			

まてりあ 第55巻 第1号 (2016) 定価(本体1,700円+税) ¥120円

年間機関購読料金52,400円(税・送料込)

発行所 公益社団法人日本金属学会

発行日 2016年1月1日

〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32

発行人 山村英明

TEL 022-223-3685

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

FAX 022-223-6312

発売所 丸善株式会社

郵便振替口座 02210-2-5592

〒105-0022 東京都港区海岸 1-9-18

高純度 GfG

最高温度2,800℃

純度5PPM以下

汚れや飛散のないカーボン材料



■真空、高温炉内材料一式

■炉内部品取替工事

■炭素繊維高温材料

- カーボンヒーター
- 炭素繊維断熱材
- 炉内サポート治具
- 機械用カーボン
- 連続鑄造ノズル
- ホットゾーン改修工事



メカニカルカーボン工業株式会社

本社・工場：〒247-0061 神奈川県鎌倉市台 5-3-25 TEL.0467(45)0101 FAX.0467(43)1680代
事業所：東京 03(5733)8601 大阪 06(6586)4411 福岡 092(626)8745
周南 0834(82)0311 松山 0899(72)4860 郡山 024(962)9155
工場：広見工場 0895(46)0250 野村工場 0894(72)3625 新潟工場 0254(44)1185
<http://www.mechanical-carbon.co.jp> E-mail: mck@mechanical-carbon.co.jp

日本金属学会発行誌 広告のご案内

まてりあ（会報）

前付) 1色1P ￥100,000 1/2P ￥60,000

後付) 1色1P ￥95,000 1/2P ￥55,000

※表紙回り、カラー料金等お問い合わせ下さい。

春・秋期講演大会プログラム

後付) 1色1P ￥70,000 1/2P ￥40,000

広告ご掲載についてのお問い合わせ・お申込み

株式会社 明報社

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4 友野本社ビル

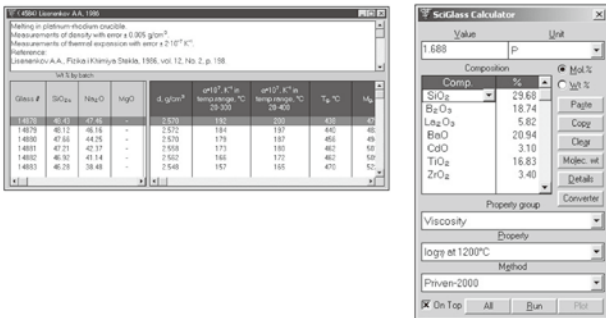
TEL(03)3546-1337 FAX(03)3546-6306

E-mail info@meihosha.co.jp HP www.meihosha.co.jp

ガラス物性データベース SciGlass 7.7

価格(税別) ¥700,000.- (一般向け) ¥400,000.- (教育機関向け)

- ガラス
252,000件の酸化ガラス、15,860のハロゲン化ガラス、3,3808のカルコゲナイドガラスなど338,101件のガラス。
- 物性
1,000,000件以上の実測値と合成法、測定法の情報。
- 物性推測計算
100通り以上の推測法で16種類の物性を推測。実測値との比較プロット。
- 最適ガラスの検索
- 光学スペクトルデータ (UV, NIR)



システムプラットフォーム: Windows 2000/XP/Vista/7

化学プロセス用の物性データベース DIPPR with DIADEM pro (Design Institute for Physical Property Data)

価格(税別) ¥350,000.- (一般向け) ¥60,000.- (教育機関向け)

2,280化合物についての49種類の熱物性値(実測値)、複数の推算式、原文献データと15種類の温度依存物性には推算式の係数などのデータベースです。AIChE推奨のインターフェイスソフトウェア(DIADEM)付きのスタンドアロンシステムです。

おもな機能 (DIADEM)

- 検索対象: Name, Formula, CAS番号、物性データ
- 物性値: 実測値、推算式による予測値
- データ表示: テーブルとグラフプロット
- 複数化合物データの重ね合わせプロット
- MDL Chimeプラグインによる構造的な立体表示
- ユーザーデータベースの作成



システムプラットフォーム: Windows Xp/Vista/7 (AIChE DIPPR Project 801)

25,000件のセラミックス状態図データベース

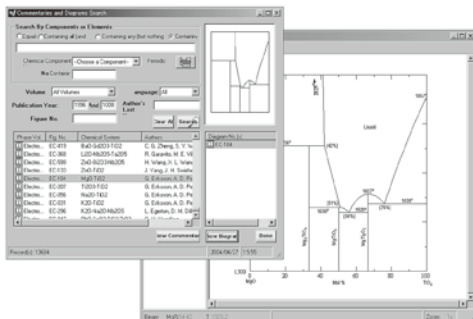
ACerS-NIST Phase Equilibria Diagrams, Version 4.0

価格(税別) ¥160,000.- マルチユーザー ¥260,000.-

- | | |
|--------------|----------------|
| 検索条件 | データ表示 |
| ■成分系、元素記号 | ◆モル百分率 ↔ 重量百分率 |
| ■著者、出典誌名、出版年 | ◆Lever rule計算 |
| ■状態図番号 | ◆ズームアップ/ズームダウン |

データソース/新データ2,500件を追加

●Phase Diagrams for Ceramists (Volumes I・III, Annual Volumes '91, '92 and '93, High Tc Superconductor monographs (two), Phas Diagrams for Zirconium + Zirconia Systems and Phase Diagrams for Electronic Ceramics Vol.15)

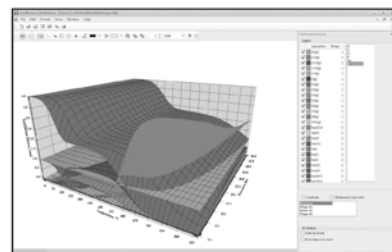


システムプラットフォーム: Windows XP/Vista/7

化学反応/平衡計算ソフトウェア HSC Chemistry for Windows, Ver.8.0

価格(税別) ¥430,000.-/¥340,000.- (一般/教育)

約28,000種についてのエンタルピー、エントロピー、熱容量のデータベースを基に化学反応の計算やGIBBSまたはSOLGASMIXのルーチンによる化学平衡を計算します。反応、熱平衡、分子量計算などの一般的なモジュールの他、電気化学セル平衡と相安定性、腐食の研究に使われるEh-pH(プルベ)状態図の作成などユニークなモジュールを持ち合わせています。計算結果のテーブルと状態図はクリップボードにコピーできます。SIM Flowsheetモジュールもあり、複数のユニットプロセスからなるプロセス全体のシミュレーションとモデリングができます。



システムプラットフォーム: Windows XP/Vista/7/8 (Outotec Research Oy. 製作)

株式会社 デジタルデータマネジメント

東京都中央区日本橋茅場町1-11-8 紅萌ビル 〒103-0025
TEL.03-5641-1771 FAX.03-5641-1772 <http://www.ddmcorp.com>