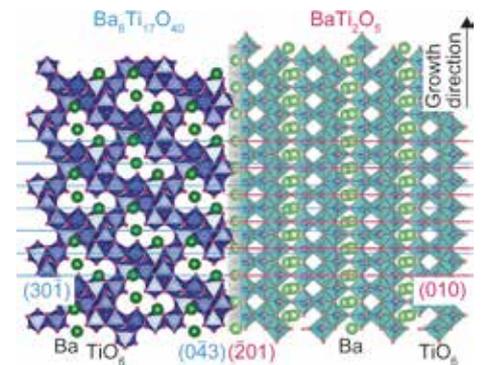


Materia Japan

- オリンピック・パラリンピックで“活躍”する金属
- 金属間化合物の照射誘起構造相変態
- 採択率が劇的にアップする申請書の書き方
- 「新技術・新製品」

まてりあ



Vol.57 MTERE2 57 (2) 45~96 (2018)

2018
2

全自動シリアルセクションング 3D顕微鏡

Fully-automated serial sectioning 3D microscope

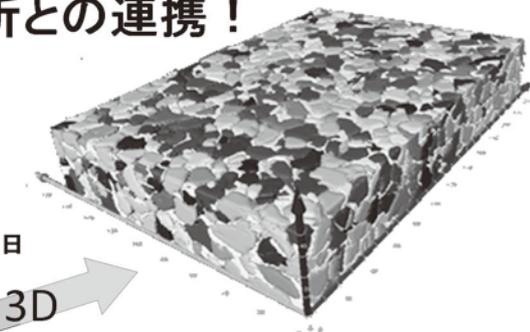
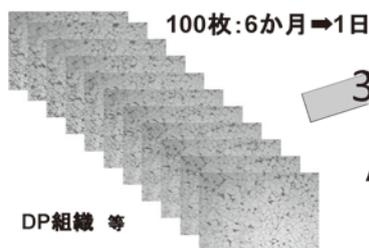
Genus_3D

効率的な材料内部組織の三次元可視化！
マテリアルズインフォマティクスによる
材料ゲノムの解析との連携！

Nakayamadenki Co.,Ltd.



Genus_3Dによる逐次研磨像



AIによる高速処理

更に高度な追加処理

組織特徴の数値化

- | 3D | 2D |
|-------|------|
| ・粒径 | ・粒径 |
| ・体積率 | ・面積率 |
| ・表面積 | ・真円度 |
| ・数密度 | ・凸度 |
| ・連結性 | |
| ・分岐性 | |
| ・曲率 等 | |

国内総発売元



株式会社 新興精機

<http://www.shinkouseiki.co.jp>

大阪営業所

〒564-0052

大阪府吹田市広芝町7-26 米澤ビル第6江坂301号

TEL:06-6389-6220 FAX:06-6389-6221

営業窓口:池内 oosaka@shinkouseiki.co.jp

試験雰囲気ガス中の酸素濃度のコントロール・測定に!!

高濃度 (10^5PaO_2) から極低濃度 (10^{-25}PaO_2) まで酸素をコントロール測定します。

酸素分圧 & 雰囲気制御試験炉



SiOAF-200C

NEW

管状炉付酸素分圧
コントローラー

- 簡便な GUI によりタッチパネル、ネットワーク、PC から容易に温度、雰囲気、酸素分圧等のプログラムパターン運転が可能です。
- 酸素分圧コントロールユニット (オプション) の付加により高濃度 (10^5Pa) から極低濃度 (10^{-25}Pa) までの酸素分圧を制御できます。
- 最大3ガス種までの雰囲気ガスを接続し、任意のタイムプログラムにて雰囲気調整できます。
- 均熱長 120mm / 1ゾーン制御炉から均熱長 300mm の3ゾーン制御炉まで対応できます。

SiOC-200CB (循環型)



酸素分圧コントローラー

- 本装置はジルコニア式酸素ポンプに不活性ガスを流し、ガス中の酸素濃度を制御します。
- 酸素濃度のコントロールは酸素ポンプと酸素センサーを組み合わせた PID 式フィードバック回路により制御されます。
- 不活性ガス中の酸素濃度は $10^5 \sim 10^{-25} \text{PaO}_2$ (タイプ C 循環式) の範囲で制御します。

特注品 (流量、試料処理部付 / イメージ炉、真空チャンバー) などにも対応します。

SiOS-200C (コンパクトタイプ)



高感度酸素センサー

- 極低酸素分圧領域 $10^5 \sim 10^{-25} \text{Pa}$ における研究開発に使用できます。
- 高分解能測定回路の採用により、測定レンジの切替をせずに、広範囲酸素分圧をダイレクト測定できます。
- 測定ガスサンプリングポンプを付属したタイプ (SiOS-200P) も揃えています。



エステーラボ株式会社

E-mail: info@stlab.co.jp / URL: <http://www.stlab.co.jp>

TEL: 029-219-5675 FAX: 029-219-5676

巻頭	オリンピック・パラリンピックで“活躍”する金属	46
最近の研究	Ni 基金属間化合物のイオンビーム照射誘起構造相変態と表面硬さに及ぼす効果 岩瀬彰宏	51
高エネルギーイオン照射による基金属間化合物の非熱平衡状態の発現と、それに伴う硬さ変化の結果を紹介。		
実学講座	採択率が劇的にアップする申請書の書き方 沖原理沙	60
競争的な研究開発資金の効率的な獲得につながる、申請書作成のテクニック、その向上方法の他、研究に臨む姿勢についても述べる。		
新進気鋭	浮遊帯域溶融法による非鉛強誘電体二チタン酸バリウム(BaTi ₂ O ₅)の作製と電気的性質 志賀敬次	64
新技術・新製品	高圧水素用高強度ステンレス鋼 HRX19® 中村 潤 浄徳佳奈 大村朋彦 平田弘征 小薄孝裕 照沼正明	69
	マイルド浸炭用鋼 MSB20の開発 大林巧治 岡田一晃 笠井大介 安達裕司 佐藤裕和 杉浦孝佳 伊藤誠司 小澤修司 小山達也	72
	優れた耐食性と導電性を両立する無機高分子皮膜「eNano®コート」の開発 松崎 晃 松田武士 金子里江 土本和明	75
談話室	技術士(金属部門)受験のすすめ 川本明人	78
はばたく	これまでの研究を振り返って 篠原百合	79
企業紹介	高融点・高活性金属の合金試作事業 北島 洋	80
本会記事	会告	81
	支部行事	88
	掲示板	88
	会誌・欧文誌2号目次	90
	新入会員	92
	次号予告	92
	行事カレンダー	94

まてりあ・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ご参照下さい。

今月の表紙写真 BaTi₂O₅(201)/Ba₆Ti₁₇O₄₀(043)ファセット異相界面における原子の並びの模式図。
(志賀敬次：本号67頁図6(オンラインカラー)から抜粋)

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あつては、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。

**研磨機・切断機
期間限定キャンペーン中!!**
詳細はお問い合わせください。



自動研磨機 SCANDIMATIC 33305

ヨーロッパ伝統の重錘を使った昔ながらのシンプルにして堅牢な研磨機。必要最低限の機能のみを搭載。それが経済的な価格を生み出しました。



- φ200mmの研磨盤対応
- 重錘はφ25mm、φ30mmの試料で3個、φ38mmの試料には2個一度に研磨可能
- 研磨盤回転数は40~600rpm、1rpm毎に設定可能
- 本体、PVC製研磨盤、バフを含めて定価100万円(税別)

精密切断機 MINICUT 4000

- 低速で試料にストレスを与えず
- 50~1,000rpmの広い範囲での設定可能
- 切断位置はマイクロメーターで±0.01mmで設定可能
- ダイヤモンド、CBN、SIC製の切断刃を用意



試料埋め込み材料、アクセサリ



SCANDIA社の消耗品は極めて高い評価をいただいております。その代表作がSCANDIQUICKです。

- 試料への密着性が高い常温硬化剤。硬化時間はわずか5分
 - 構成は粉末硬化剤と液体硬化剤。これを10:6の比率で混合
- その他各種有効な消耗品を用意してございます。

フリツチュジャパン株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-12-5

info@fritsch.co.jp <http://www.fritsch.co.jp>

Tel (045)641-8550 Fax (045)641-8364
Tel (06)6390-0520 Fax (06)6390-0521

遊星型ボールミル “PREMIUM LINE”

モデル P-7 **新型**



特色

1. 従来弊社P-7と比べて250%の粉碎エネルギーUP。
自転公転比：1：-2. Max 1,100/2200rpm
粉碎エネルギー：Max 94G(現状P-7：46.08G)
2. 容器は本体内に。
外部に飛び出す危険は無し。
3. 搭載容器も20, 45, 80ml
の3種類。
材質は従来どおり多様。
雰囲気制御容器も
各種用意。



容器がセットされる様子。

従来型ボールミル “CLASSIC LINE”

premium lineと並んで従来どおりの
遊星型ボールミルトリオも併せて
ご提供いたします。



フリッチュ社が開発した
遊星型シリーズの
パイオニア機種。

世界で初めて容器ひとつで
遊星運動に成功した
昨年度のベストセラー機種

少量試料を対象にした
パワフルな機種

全機種共通の特長

- 雰囲気制御容器以外の通常容器、ボールの材質は、ステンレス、クロム、タングステンカーバイド、メノー、アルミナ、ジルコニア、窒素ケイ素、プラスチックポリアミドの8種類。
- 乾式、湿式の両粉碎も可能。
- ISO9001、CE、TÜVの国際安全基準をクリアー



フリッチュジャパン株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-12-5

info@fritsch.co.jp <http://www.fritsch.co.jp>

Tel (045)641-8550 Fax (045)641-8364
Tel (06)6390-0520 Fax (06)6390-0521

冬季五輪間近！
2020年には東京大会

オリンピック・
パラリンピックで

“活躍”する

金属

スポーツ競技の裏側では、選手が能力をいかんなく発揮するための用具開発の競争もある。とくにオリンピックやパラリンピックなどの一流選手が出場する大会では、製造開発者たちが技術の粋を集めて、選手たちを用具の側面から支援する。

木材、炭素繊維、合成樹脂と、さまざまな材料が用具に使われるなかで、さまざまな金属も主要な材料でありつづけてきた。

平昌大会が間近に迫り、そして2年後には東京大会が控えている。オリンピックやパラリンピックで“活躍”が期待される金属と、その加工技術に光を当ててみた。

下町ボブスレーネットワークプロジェクト推進委員会
ゼネラルマネージャーの細貝淳一氏
手前は、平昌大会でジャマイカ女子代表が
使用する10号機。マテリアル社内にて

取材協力：株式会社マテリアル、株式会社オーエックスエンジニアリング、公益財団法人 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会

下町の中小企業が結集 平昌大会にボブスレーを提供

平昌オリンピックの開会式は2月9日。7競技15種目で約5000人の選手が競い合う。

日本の技術力の挑戦としてとりわけ注目を集める種目がボブスレーだ。東京都大田区の中小企業などが取り組む「下町ボブスレーネットワークプロジェクト」の成果に期待がかかる。同プロジェクトは2011年、大田区産業振興協会の職員の発案で始まったもの。世界トップレベルのボブスレーを作り、大田区のモノづくりの力を世界に発信することを目的としている。メンバーは当初ボブスレーの製造経験をもっておらず、仙台大学に協力を仰ぎソリを解体・分析することから始まった。2012年に第1号機を完成させ、以降は改良を重ねて新たなボブスレーを開発していく。そして2017年10月には最新の10号機を発表した。平昌オリンピックに向けて、ジャマイカ男子・女子の代表チーム、ともに2人乗り用に採用され、6号、8号、9号、10号の4台の中から使われる予定だ。

入念な金属材料の選択 “溶接なし”で歪みを抑える

ボブスレーのつくりを見てみると、前後にランナーとよば

れる滑走部が二つずつあり、またハンドルとブレーキが備わっている。国際大会では国際ボブスレー・スケルトン連盟(IBSF)による細かい競技規則があり、材料についても例外ではない。水面と接するランナーには「IBSF標準材」とよばれる規定の鋼材を使うことや、骨格に当たるフレームには前後とも「基準を満たす鋼材」^{*1}を使うことが定められている。

そうした制約があるなかで、どのような「基準を満たす鋼材」を使うか、そして規定のないパーツにどのような材料を使うか。製造開発者たちの知恵や技術が問われる。

同プロジェクトのボブスレーに使われている金属は、鋼材のほか、アルミニウム合金、そしてステンレス鋼だ。一例を挙げると、ハンドルシステムは「超々ジュラルミン」^{*2}ともよばれるアルミニウム合金「A7075」でできている。プロジェクト推進委員会のゼネラルマネージャーで、金属販売・機械加工業、株式会社マテリアル社長の細貝淳一氏は、「アルミニウム合金のなかで硬いし、ハンドルシステムの比重は2.7でなく2.8で行くのが最適と判断しました。ただし、薄く削っていくと“跳ね”^{*3}が生じるおそれもあります。そこで、削るのは大変だが、より硬くて精度を出しやすいNAK材^{*4}の採用も検討しました」と言う。材料選びの入念さが感じられる。

金属加工も腕の見せどころだ。6号機以降は、鋼材のイン

ゴットから、大型のマシニングセンタで削り出しをおこない、溶接なしの後部フレームをつくっている。インゴットの段階では約160 kgだったのが、部品段階では約16 kgとなる。「溶接を加えていくと歪みを生じて軸芯に対するバランスが悪くなるおそれがあります。無駄に思えても、すべて削り出しにして精度を高めようと考えました」と、細貝氏は意図を説明する。

“前4：後6”の重量バランスにたどりつく

国際競技規則には重量についての制限もある。最小重量は、男子2人乗りの場合170 kgだ（選手を含まない）。重量をめぐっては前後のバランスをどうするかが大きな検討課題となる。「各国の技術者たちと情報交換を重ねて“前4：後6”と

いう重量バランスが最適だという結論に達しました。前を重くしてハンドルを取られてしまうのを避けるねらいがあります」と細貝氏は言う。だが実際ボブスレーで金属が集中するのは前部のほう。そこで、チームによってはボブスレーに「重し」を載せることがある。同プロジェクトチームは、ブレーカー（後席の選手）が助走時を持つグリップの設計を工夫するなどして、後部中央の底面に重しを置けるようにした。重しには鉛を使う。

こうした細部に至るまでの設計をし、それを実際にボブスレーとして具現化する。そこには、金属加工などを事業とする中小を中心とする130社以上の協力企業の技術の結集がある。「今回、とくに初出場となるジャマイカの女子選手には入賞を果たしてもらいたい。」

さらに将来の夢も語る。「このプロジェクトから『株式会社大田区』のような組織ができて、世界の困りごとを受注して資金を稼げるとしたら、選手たちに2大会連続で金メダルを獲ってもらいたい。」

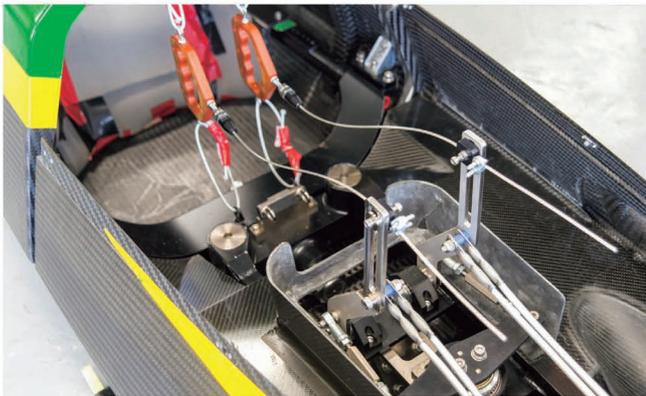
CFRP 導入以降もアルミ合金が根強く使われる

パラリンピックなどの障がい者スポーツ大会の人気も年々高まっている。「パラリンピック」という表現が公的に使われだしたのは1964年の東京大会において。2020年8月、再び東京にパラリンピックが帰ってくる。

障がい者スポーツでは、車いすなどの用具がまさに選手の体の一部分と化す。「人車一体」といった表現もあるほどだ。用具に金属が使われることも多く、パラリンピックなどの競技大会を経るごとに、その用具は進歩している。

日常用とともにスポーツ競技用途の車いすを開発し、トップレベルを含む国内外の多くの選手に頼られているのが千葉市にある株式会社オーエックスエンジニアリングだ。競技用では1993年、テニス用車いすの販売を開始し、以降、バスケット用、マラソンレースや短距離などの陸上用なども展開してきた。

近年、スポーツ用具には炭素繊維強化プラスチック（CFRP：Carbon Fiber Reinforced Plastics）が多用されている。前述のボブスレーもボディはCFRP製だ。オーエックスエンジニアリングが開発するレース用車いすでも、2007年より主要部品にCFRPを採用しはじめたという。だが、CFRP導入以前から使われ続けてきたアルミニウム合金へのニーズはいまも高い。メインフレームをアルミニウム合金にするかCFRPにするか選択の分かれる車いすに陸上競技用があるが、同社で開発を担当する飯星龍一氏は「およそア



（上）ハンドルシステム。奥に二つある輪状のハンドルを引くことで、手前のアルミ合金（A7075）製の可動部が動き、舵が切られる。



（左）ボブスレーを後ろから見たところ。手前の底部の四角い枠に鉛製の重しを置く。

※1 基準を満たす鋼材：IBSFは「重量の50%以上が鉄成分である鉄と炭素の合金、あるいは、IBSFの化学的検査に明らかに反応する合金」と定義している。

※2 超々ジュラルミン：亜鉛5.1～6.1重量%、マグネシウム2.1～2.9重量%、銅1.2～2.0重量%が含まれる。

※3 跳ね：切削工具が加工物に食込み跳上る現象。

※4 NAK材：大同特殊鋼が製造しているプラスチック金型用途などに使われる鋼。ニッケル3.0重量%、アルミニウム1.0重量%、銅1.0重量%、ケイ素0.3重量%、モリブデン0.3重量%、炭素0.15重量%などが含まれる。



オーエックスエンジニアリング 飯星龍一氏

ルミ合金製が7、CFRP製が3といった割合で使っていた」と現状を話す。アルミニウム合金製のほうが安価であることに加えて、「人車一体」に関わる利点もあるようだ。「全てをCFRP製にすると耐久性や振動吸収性が高いといった特性はあるものの、成形用金型に限りがあり選手の要望に合わせるのがむずかしい。一方、アルミニウム合金であれば切削や溶接ができるので、ミリ単位で調整できます。競技を始めて上達すると、最適の座位置が変わってくる選手もいるのです」と飯星氏は話す。

2017年7月、ロンドンで開催された世界選手権では、T52クラスの佐藤友祈選手が同社のアルミニウム合金製車いすに乗り、400 mと1500 mの2競技で金メダルに輝いた。「佐藤選手はずっとアルミニウム合金製を使っています」（飯星氏）。

時効硬化を利用して加工 フレーム断面は「ひょうたん形」「モナカ形」

材料選択や加工技術などにより、アルミニウム合金製の競技用車いすは進歩を遂げている。同社は当初、小量でも入手でき、マグネシウムを主要添加元素とした、中強度で汎用性の高い「A5052」を採用してきた。だが、競技中に強い衝撃がかかるとフレームが折れるなどの不具合もあった。そこで1999年に、亜鉛とマグネシウムの含有量が高い「7N01」を車いす用としては初採用した。「7N01は時効硬化が生じるので扱いやすい」と、飯星氏は利点を挙げる。時効硬化とは、アルミニウム合金に対して高温にしてから急冷する「焼入れ」を施したのち、適当な温度で放置しておくことで硬くなる現象のこと。加熱により固溶していた亜鉛原子やマグネシウム原子が時効中に析出し、これで転位の移動が妨げられ強度が高まる。7N01に熱を加えて曲げや溶接などの加工をしたあと、常温に放置しておけばこのアルミ合金は1週間ほどで硬化するという。

同社は7N01の加工しやすさも活かしながら、車いすのフレームの断面形状に改良を重ねてきた。納入時にフレーム材

料は丸形の断面をしているが、同社はこれを引抜成形し、まず「おむすび形」の断面にする。その上部両側面を改めて加圧する引抜成形を施し、最終的には「ひょうたん形」の断面にする。フレームにくぼみが入るため、選手の複雑な動きに対して高い剛性を保てるわけだ。さらに「モナカ形」も開発した。断面が「コ」の形をした半円パイプどうしを溶接して作るフレームだ。これで選手ごとに路面から受ける力などを考慮に入れたフレームの製造が可能となった。

現状では「ひょうたん形」と「モナカ形」が併存している。使い慣らしてきた選手はいまも「ひょうたん形」を使い続けるなど、選手ごとに好みがある。同社は選手ごとの要望にきめ細かく対応する。

マグネシウム合金も 試す

アルミニウム合金以外の金属も積極的に導入している。

同社は2016年、陸上競技向けに、シートフレームにマグネシウム合金を使った車いす

を開発し、一部の選手が使用した。マグネシウム合金の強度はアルミニウム合金より劣るが、比重はアルミニウム2.7に対してマグネシウム1.7と実用金属のなかで最も小さい。力で勝負する選手には不向きだが、「トップスピードがさほど出ない選手や女子選手には向いている」（飯星氏）。同社では過去にもマグネシウム合金製の競技用車いすを開発したことがあるが、開発休止後、アルミニウムの成分量が5.5~7.2重量%と比較的高い「AZ61」が登場した。こうしたことを機にマグネシウム合金に再挑戦することにした。

同社はさらに、2020年東京大会に向けて、新たな特徴を備えた競技用車いすの投入にも積極姿勢だ。開発する車いすは、パラリンピックなどの大きな大会までに選手に試してもらい、採用するかどうかが決まっていく。どのような車いすで、選手のどのような活躍が見られるか、いまから楽しみだ。

大会ごとに技術は進歩していく

オリンピックもパラリンピックも、世界トップレベルの選手が能力の限りを発揮しようとする機会だ。用具の開発製造



上から、「おむすび形」「ひょうたん形」「モナカ形」のフレーム断面。

者も、これら世界規模の大会に照準を合わせて、新たな材料、加工技術、そして発想で勝負に出る。その努力は開発製造者たちにとって、スポーツ競技はもとより、それ以外の広い社会の分野にも技術の進歩をもたらすものとなる。

用具のなかで金属の材料が果たしている役割はいまも大きい。選手を応援するとともに、競技で使われている用具の材料に着目すると、スポーツ競技の見方はより深まりそうだ。

ライター／漆原次郎



リオ大会でも使用されたシートフレームにマグネシウム合金を使った車いす。
(写真提供：オーエックスエンジニアリング)

オリンピック・パラリンピック 史上初！

「都市鉱山」から、金・銀・銅メダルをつくる

金属の“活躍”の場は表彰式でも……。2020年東京大会に向けて「都市鉱山からつくる！みんなのメダルプロジェクト」が話題をよんでいる。使用済みの携帯電話、パーソナル・コンピュータ、小型家電などを回収し、抽出した金属で金・銀・銅メダルをつくり、資源活用社会を推進する取り組みだ。

公益財団法人 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会などが大会に向けた準備を進めるなかで、持続可能性に関する専門委員会の有識者や全国の自治体などから「都市鉱山でメダルを」と提案があり、決定に至った。同委員会でプロジェクトを担当する杉尾透氏は「リサイクルを社会に根づかせることを、大会のレガシー（遺産）にしたい。東京以外の地域に住む多くの方にも大会への参加意識ももっていただければ」とねらいを話す。

「イノベティブ（革新的）な大会にする」（同氏）ことも念頭にある。求められるのは金属リサイクルの技術だ。

金銀銅のうち、必要量が多いのは銀と銅。とくに銀は、銀メダルに使われるほか、金メダルの母体に使われるため最低でも約1230kgを必要とする。銀と銅については、現行の銅製錬プロセスを利用してリサイクルを行う。まず、廃棄物原料を鉱石原料と一緒に高温の炉に投入して不要物を除去し、銀を含む粗銅を作る。その後、水溶液中での電気分解を利用して、高純度の銅と銀を分離回収する。「得られた銀・銅の中身の2～3割が都市鉱山由来」（杉尾氏）という。

一方、金は、廃棄物由来100%の金を作ることを目指す。まず、携帯電話などに含まれる金を塩化アンモニウムと硝酸アンモニウムを添加した王水で溶解し、合成樹脂などと分離する。王水に溶けた金イオンに還元剤を加えて高純度の金を析出させる。効率良く抽出分離するには高度な技術が必要で、日本の技術力を世界にアピールする機会になりそうだ。

2017年9月現在で、全国で小型家電リサイクルを実施している自治体の約9割にあたる1136自治体がプロジェクトに参加している。「金属原料提供者や回収自治体など、協力していただく方々の想いが反映されたメダルにしたい。さまざまな方に参加していただきたいと思います」と杉尾氏は呼びかける。



小型家電回収ボックス。ボックスを置いている携帯電話企業の店舗では、使用済みの携帯電話、スマートフォン、タブレットを、また自治体の設置するボックスでは、使用済みの携帯電話、パソコン、デジタルカメラなどの小型家電を受け入れている。

ALLOYS & METALS

品名	純度	形状	品名	純度	形状	品名	純度	形状
純金属			高純度金属			中間合金		
高純度アルミニウム	99.99%	約1kgインゴット	アルミニウム	99.999%	粒状100g入	燐銅	P>14.5%	粒状
アルミニウム	>99.7%	〃	アルミニウム	〃	約100g塊	シリコン銅	Si 15%	約1kgインゴット
アルミニウム粒	99.99%	粒状1kg入	銀	99.999%	粒状	マンガン銅	Mn 25%	〃
アルミニウム粉	99.7%	粉末	ビスマス	99.9999%	粒状100g入	マグネシウム銅	Mg 50%	約800gインゴット
銀	99.99%	粒状	ビスマス	〃	約100g塊	クロム銅	Cr 10%	約1kgインゴット
ボロンクリスタル	99.4%	3~8mm小塊	高純度クロム(4N5)	99.995%	薄片状	テルル銅	Te 50%	〃
ボロンアモルファス	95~97%	粉末	無酸素銅	99.99%	10X10X1mm	コバルト銅	Co 10%	〃
ピスマス	99.99%	針状	鉄(マイロンSHP)	99.99%	25X25X2mm	ニッケル銅	Ni 30%	〃
コバルト粒(ロシア産)	99.3%	粒状	ガリウム	99.9999%	粒状25g入	鉄	Fe 10%	〃
電解コバルト(従来品)	99.9%	フレーク状	ゲルマニウム	99.999%	約50g塊	チタン銅	Ti 25%	〃
電解コバルト(FB)	99.9%	約25X25X10mm	インジウム	99.999%	粒状100g入	ジルコニウム銅	Zr 50%	〃
金属クロム	99%	粒状	インジウム	〃	約100g塊	ボロン銅	B 2%	粒状
電解クロム	99%	薄片	マンガン	99.999%	薄片状	アルミ銅	Cu 40%	約5~7kgインゴット
クロム粉	99%	粉末500g入	錫	99.999%	粒状100g入			
電気銅	99.99%	約25X50X10mm	錫	〃	約100g塊			
電解鉄(アトミロンMP)	99.9%	小片状25kg入	アンチモン	99.9999%	粒状100g入	アルミマグネシウム	Mg 20%	約2kgインゴット
電解鉄(アトミロンYL)	〃	〃	アンチモン	〃	約100g塊	アルミマンガン	Mn 10%	約5kgインゴット
電解鉄(アトミロンFP)	〃	〃	テレル	99.9999%	粒状100g入	アルミニッケル	Ni 20%	〃
電解鉄(アトミロンXL)	〃	〃	テレル	〃	約100g塊	アルミクロム	Cr 5%	〃
電解鉄粉	99%	粉末1kg入	垂鉛	99.999%	粒状100g入	アルミチタン	Ti 5%	約4~5kgインゴット
ハフニウム	99.8%	スポンジ小塊	垂鉛	〃	約100g塊			
インジウム	99.99%	塊状	垂鉛	99.9999%	粒状100g入	アルミシリコン	Si 25%	〃
マグネシウム	99.9%	塊状	垂鉛	〃	約100g塊	アルミコバルト	Co 5%	〃
電解マンガン	99.9%	薄片状	垂鉛	〃	約100g塊	アルミモリブデン	Mo 5%	〃
モリブデン粉	99.9%	粉末	垂鉛	〃	約100g塊	アルミタングステン	W 2.5%	〃
ニオブグラニュー	99.9%	3~10mm小塊	チ	99.9%	5φX150mm	アルミベリリウム	Be 2.5%	約50gインゴット
ニオブ粉	〃	粉末	レアアースメタル			アルミニウム	Fe 50%	塊状
電気ニッケル	99.99%	25X25X10mm	イットリウム	99.9%	塊状、削状、粉状	アルミジルコニウム	Zr 5%	約5kgインゴット
ニッケルベレット	99.97%	6~12mm球状	ランタン	〃	〃	アルミボロン	B 4%	約200gインゴット
レニウム粉	99.99%	粉末	プラセオジウム	〃	〃	アルミバナジウム	V 50%	小塊状
ルテニウム粉	99.9%	〃	ネオジウム	〃	〃	アルミストロンチウム	Sr 10%	約100gインゴット
アンチモン	99.9%	塊状	サマリウム	〃	〃	アルミカルシウム	Ca 10%	約2.5kgインゴット
金属シリコン	99%	〃	イッテルビウム	〃	〃	ニッケルボロン	B 15%	塊状
錫	99.99%	約1kgインゴット	テルビウム	〃	〃	ニッケルニオブ	Nb 60%	〃
タantal塊	99.9%	3~10mm小塊	ジスプロシウム	〃	〃	ニッケルマグネシウム	Mg 50%	約1.5kgインゴット
タantal粉	〃	粉末	ホルミウム	〃	〃	コバルトボロン	B 15%	塊状
タantal	99.99%	小球状	エルビウム	〃	〃	燐	P 5%	インゴット
スポンジチタン	99.7%	スポンジ塊	ガドリニウム	〃	〃			
チタン板	JIS 1種	250X250X1mm	ツリウム	〃	〃			
バナジウム	99.7%	3~10mm小塊	ルテチウム	〃	〃			
バナジウム粉	〃	粉末	セリウム	〃	塊状のみ			
タングステン粉	99.9%	〃	ユーロピウム	〃	〃			
タングステンスクラップ	99%	板状	ミッシュメタル	TRE>97%	5.4φX6mm 200g入			
亜鉛	99.99%	約2kgインゴット						
亜鉛粒	〃	粒状						
ジルコニウム	>99.5%	スポンジ塊						
			フェロアロイ					
			フェロモリブデン	Mo 60%	塊状			
			フェロニオブ	Nb 60%	〃			
			フェロバナジウム	V 80%	〃			
			フェロボロン	B 20%	〃			
			カルシウムシリコン	Ca30%Si60%	小塊状			
						Uアロイ(低融点合金)		
						Uアロイ 47	融点47±2°C	約500gインゴット
						Uアロイ 60	60±2°C	〃
						Uアロイ 70	70±2°C	〃
						Uアロイ 78.8	78.8±2°C	〃
						Uアロイ 91.5	91.5±2°C	〃
						Uアロイ 95	95±2°C	〃
						Uアロイ 100	100±2°C	〃
						Uアロイ 124	124±2°C	〃
						Uアロイ 150A	150±2°C	〃

お問い合わせは、必ず下記事項をご記入の上、FAXしてください。

「社名」または「大学名」、および「所属と名前」、個人の方は「名前」
 「郵便番号・住所・電話・FAX」・「商品名・純度・形状・希望数量」
 見積・注文でお急ぎの場合は「至急」と明記して下さい。

FAX (03)
3294-9336

株式会社 **平野清左衛門商店**
 〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目5番2号 TEL(03)3292-0811

- 土曜・日曜・祭日休業
- 手形取引はいたしません
- 輸出はせず国内取引のみ

Ni 基金属間化合物のイオンビーム照射誘起構造相変態と表面硬さに及ぼす効果

岩瀬 彰 宏*

1. はじめに

金属材料のプロセッシング法の代表的なものに、塑性加工や熱処理などがある。これらは、金属材料にひずみエネルギーや熱エネルギーを加え、それによって形状を変えると同時に材質調整を行うものであり、材料内部では結晶構造や組織、各種物性が変化する。一方、高エネルギー粒子ビーム(中性子線、電子ビーム、イオンビーム)を照射することも、エネルギーを材料に付与することに他ならない。高エネルギー粒子ビームによるエネルギー付与は、材料の非常に狭い領域で、しかも極めて短時間に起こることが大きな特徴である。このため、高エネルギー粒子ビームを照射された材料では、熱平衡状態から大きく離れた結晶構造や各種物性が発現する。高線量の中性子線に曝される原子力材料では、照射に伴うこのような変化は「照射損傷」(radiation damage)と呼ばれ、材料の健全性に悪影響を及ぼすため、それに対する研究が多く行われている⁽¹⁾。一方、高エネルギー粒子線照射によって発現する非熱平衡状態は、従来の材料プロセス法では実現できなかった結晶構造や物性をもたらすと考えられ、材料改質・新機能付加に向けての応用が考えられる。イオンビームを用いた材料改質では、イオン注入法がすでに半導体改質や金属表面改質などに実用化されているが⁽²⁾、ここで述べるのは、異種原子を注入するのではなく、ビームから材料へのエネルギー付与を利用した材料改質である。

我々はこれまでに、加速器によって生成された高エネルギー荷電粒子ビーム(イオンビーム、電子ビーム)を照射することにより、アルミニウム希薄合金の表面硬さ改質⁽³⁾⁻⁽⁷⁾や鉄系合金の磁性や硬さの改質⁽⁸⁾⁻⁽¹¹⁾を行ってきた(中性子線照

射でも材料の物性を変化させることは可能であるが、照射後の材料が放射化することや、照射に原子炉を用いる必要があるなどを考えると、材料改質法として中性子照射を用いるのは現実的ではない)。

さて、金属間化合物は、異種原子が規則正しく配列している合金であり、放射線照射によって格子間原子と空格子点の対(フレンケル対)ができるだけでなく、異種原子の位置交換が起こってもその構造や物性が変化することから、放射線照射に敏感であると考えられる。また、温度や圧力によってその結晶構造がさまざまに変化することと放射線照射効果との関連も興味深いことから、電子ビームやイオンビーム照射による各種金属間化合物の結晶構造変化が、特に1980年代から現在に至るまで多く実施されており、NiTi⁽¹²⁾⁻⁽¹⁵⁾⁽²⁹⁾、NiAl⁽¹³⁾⁽¹⁶⁾、NiAl₃⁽¹⁷⁾、Ni₂Al₃⁽¹⁸⁾、FeAl⁽¹⁶⁾、Zr₃Fe⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾、ZrFe₂⁽²⁰⁾、ZrCr₂⁽²⁰⁾、Zr₃Al⁽²¹⁾⁽²²⁾、NiZr₂⁽²³⁾⁽³⁰⁾、NiZr⁽²³⁾、Ni₃Zr⁽²³⁾、AuIn₂⁽²⁴⁾、In₃Pd⁽²⁴⁾、CuTi⁽²⁵⁾、CoTi⁽²⁶⁾、Co₃Ti⁽²⁶⁾、Cr₂Ti⁽²⁷⁾、Cr₂Al⁽²⁷⁾、Ti₂Pd⁽²⁸⁾などいろいろな種類の金属間化合物において、電子ビームやイオンビーム照射による不規則化や非晶質化が報告されてきた。特に、構造変化における照射温度、照射量、照射速度依存性を議論するために、超高压電子顕微鏡による高エネルギー電子ビーム照射と「その場」構造評価法が多く用いられている⁽¹¹⁾⁽¹⁸⁾⁽²²⁾⁽²⁶⁾⁻⁽³⁰⁾。

荷電粒子ビーム照射を材料改質法の手段として用いる場合、照射による結晶構造の変化を調べることはもちろん重要であるが、それに伴う各種物性変化を同時に評価することもまた必要である。しかし、電子顕微鏡観察では薄膜試料を用いるため、結晶構造変化と物性変化を同時に評価することは困難である。そこで本研究では、ニッケル基金属間化合物、Ni₃X(X=Al, V, Nb, Ta)のバルク試料を研究対象とした。こ

* 大阪府立大学大学院工学研究科マテリアル工学分野; 教授(〒599-8531 堺市中区学園町 1-1)

Lattice Structure Transformation Induced by Energetic Ion Beam and the Effect on Surface Hardness for Ni-based Intermetallic Compounds; Akihiro Iwase (Department of Materials Science, Osaka Prefecture University, Sakai)

Keywords: Ni-based intermetallic compounds, GIXD, EXAFS, Vickers hardness, ion beam irradiation effects, transformation of lattice structure, disordering, amorphization, thermal treatment

2017年7月31日受理[doi:10.2320/materia.57.51]

れら4種類の金属間化合物は、同じ組成比(3:1)でありながら、常温・常圧での結晶構造や、融点まで温度を上昇させたときの結晶構造変態の様子が互いに大きく異なっており、それらと照射効果の関連性を議論するのに適した材料である。さらに、これらNi基金属間化合物はNi超合金の強化相として使用されているほか、最近では耐熱性に優れた新規の高温構造材料として注目されているNi₃AlとNi₃V相からなる複相金属間化合物の主要構成相であるなど、実用面でも重要な材料であり⁽³¹⁾⁽³²⁾、イオン照射による材料プロセスングを実用展開するうえでも適した材料と考えられる。

我々はこれまで、これら4種類のニッケル基金属間化合物をいろいろなイオン種、広範囲のエネルギーのイオンビームで照射し、照射による結晶構造変化を微小角入射X線回折法(Grazing Incident X-ray Diffraction, GIXD)と放射光を用いた広域X線吸収微細構造測定法(Extended X-ray Absorption Fine Structure, EXAFS)により評価するとともに、そのイオン種依存性や照射量依存性、熱的安定性などについて議論してきた⁽³³⁾⁻⁽³⁸⁾。また結晶構造変化に伴う物性変化の1つとして表面硬さ測定を行ったので、それらの結果をまとめて報告したい。

2. 実験方法

ニッケル基金属間化合物、Ni₃X(X=Al, V, Nb, Ta)のボタン状铸塊を高純度地金を用いてアーク溶解法にて作製し、その後均質化熱処理したものを、約10 mm×10 mm×1 mmにカットして照射試料として用いた。試料作製条件の詳細は引用文献⁽³³⁾⁻⁽³⁸⁾を参照されたい。

イオン照射は、量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所のタンデム加速器、シングルエンド加速器、ならびに、日本原子力研究開発機構・原子力科学研究所(東海村)のタンデム加速器を用いて行った。本研究に用いたイオンの種類とエネルギーを表1にまとめて示す。用いたイオンの飛程から計算すると、照射によるエネルギー付与の範囲は、材料表面から2-10 μm程度の表面に限られる。そこで、イオン照射した試料の結晶構造変化を、入射角0.5°のGIXD法(CuKα)により測定した。X線の侵入深さから考えて、このGIXD法では、試料表面から垂直方向に100-200 nm程度の深さの結晶構造を評価していることになる。この深さ範囲では、イオンによる付与エネルギー分布はほぼ一定であり、イオンの蓄積の影響もほとんどない状態で結晶構造の評価がで

表1 本実験で用いた金属間化合物とイオン種・エネルギー。

ターゲット材料	Ni ₃ Al	Ni ₃ V	Ni ₃ Nb	Ni ₃ Ta
照射イオン	16 MeV Au ⁵⁺	16 MeV Au ⁵⁺	16 MeV Au ⁵⁺	16 MeV Au ⁵⁺
エネルギー	10 MeV I ³⁺		4.5 MeV Ni ²⁺	4.5 MeV Ni ²⁺
	5.4 MeV Al ²⁺		4.5 MeV Al ²⁺	4.5 MeV Al ²⁺
			1.0 MeV He ⁺	1.0 MeV He ⁺
			200 MeV Xe ¹⁴⁺	

きる。また、照射試料の一部では、EXAFS法を用いて短距離秩序における照射効果を評価し、照射による組織・構造変化を透過型電子顕微鏡法(TEM)により観察した。さらに、照射した試料の表面硬さをマイクロビッカース硬さ試験機により評価した。冒頭で述べたように、イオン照射で出現する結晶構造は、熱平衡状態から大きく離れた非熱平衡状態であると考えられる。そこで、照射後の試料を373 K-973 Kの各温度で100分ずつ熱処理することにより、照射効果の熱的安定性を評価する実験も併せて行った。

3. 実験結果

(1) 16 MeV 金イオン照射による構造変態と表面硬度変化⁽³³⁾⁽³⁵⁾⁻⁽³⁷⁾

まず、4種類の金属間化合物すべてにおいて用いた16 MeV 金イオン照射による実験結果について述べる。

図1(a)に、Ni-V2元合金の状態図を示す。バナジウム原子濃度が25 at%のときのNi₃V金属間化合物は、常温常圧ではD0₂₂構造に属する正方晶を示すが(図1(b))、GIXDスペクトルにおいて正方晶を示す50-52度付近の2つのピークは、図2に示すように、16 MeV 金イオン照射により1つのピークとなる。これは、結晶構造が金イオン照射により、ニッケル原子やバナジウム原子の配置が不規則化してA1構造(立方晶FCC構造(図1(b)))に変化することを示している。このことは、図3に示すように、正方晶におけるc軸とa軸の比、c/aの値が照射により2に近づくことや、図4に示す電子線回折パターンでD0₂₂構造からの超格子反射がイオン照射後の試料で消失していることから明らかである。A1構造は平衡状態図では、約1050°C以上で現れる高温相である。すなわち、熱平衡状態では高温に現れるべき結晶構造が、イオン照射によって常温において発現したことになる。図5には、微細組織のイオン照射前後のTEM像を示す。照射前は、正方晶に由来するラメラ(バリエント)組織が明瞭に観察されるが⁽³⁹⁾、イオン照射によりこの組織が消失する。

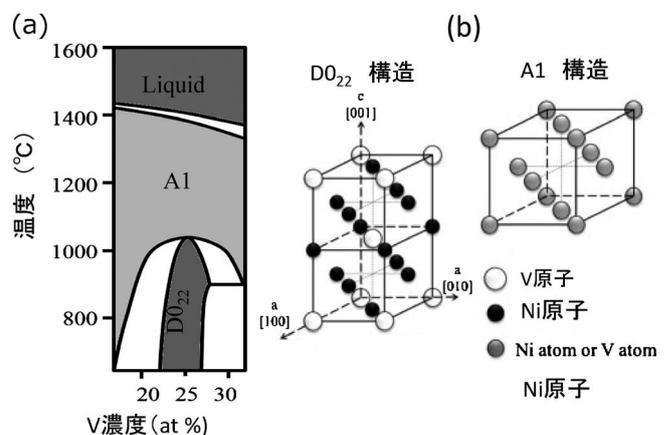


図1 (a) Ni₃V二元合金の状態図(バナジウム濃度17-32 at%の範囲のみ示す)、(b) D0₂₂構造とA1構造の模式図。

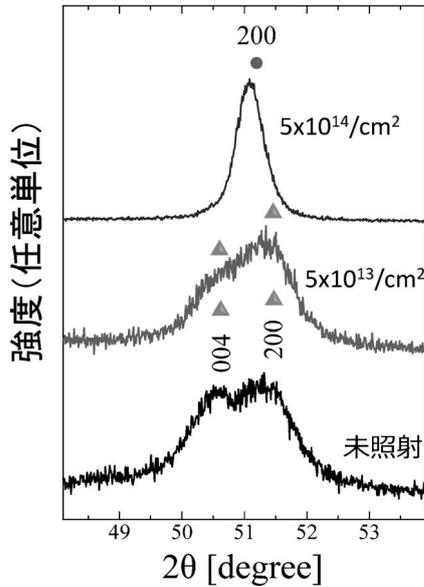


図2 16 MeV 金イオン照射(照射量 $5 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ および $5 \times 10^{14}/\text{cm}^2$) による Ni_3V の GIXD スペクトル変化. ▲は D0_{22} 構造に対するピーク, ●は A1 構造に対するピークを示す.

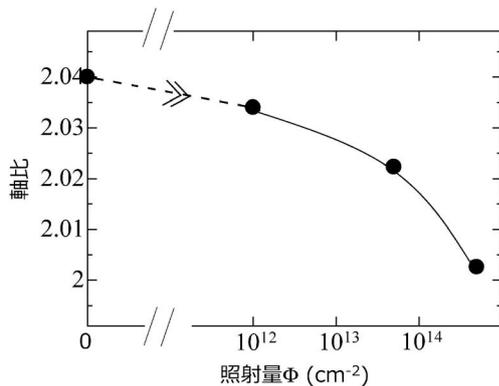
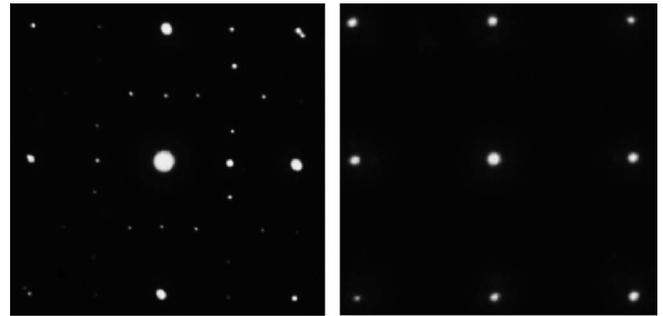


図3 Ni_3V の軸比(c/a 値)の16 MeV 金イオン照射量依存性.

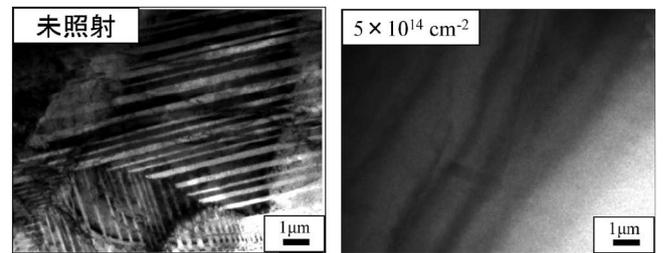
このような結晶構造や微細組織のイオン照射による変化が表面硬さに及ぼす効果を示したのが図6である. ビッカース硬さがイオン照射により大きく減少し, 照射前の60%以下の値になる. これは, 結晶構造が正方晶から立方晶に変化することによるバーガスベクトルの大きさの減少と, 転位の動きの障害になっていたラメラ組織の消失ということを考えれば説明できる.

Ni_3Al 金属間化合物は, Ni-Al 2 元系合金の状態図(図7(a))からわかるように, 常温から融点まで結晶構造は変化せず立方晶の L1_2 構造(図7(b))をとる. これは, 高温になると融点に達する前に不規則相(A1 構造)が現れる Ni_3V と大きく異なる点である. したがって, このような場合, イオン照射による結晶構造変化がどう現れるか大変興味がある. 図8は, Ni_3Al の GIXD スペクトルの16 MeV 金イオン照射による変化を示す. 照射量の増加により, L1_2 構造の超格子回



(a) 未照射 (b) $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$

図4 Ni_3V の電子線回折パターン, (a) 未照射試料, (b) 16 MeV 金イオン照射試料(照射量 $5 \times 10^{14}/\text{cm}^2$).



(a) (b)

図5 Ni_3V の微細組織 (a) 未照射試料, (b) 16 MeV 金イオン照射試料(照射量 $5 \times 10^{14}/\text{cm}^2$).

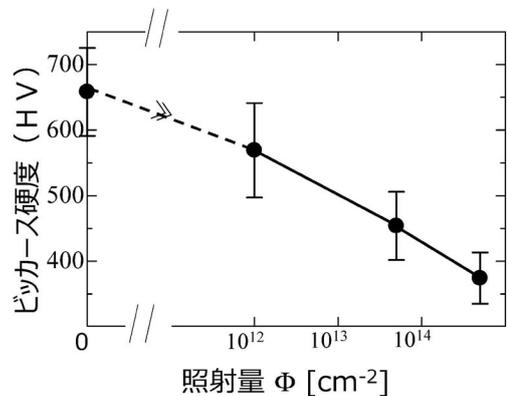


図6 Ni_3V のビッカース硬度の16 MeV 金イオン照射量依存性.

折ピークが減少・消滅し, A1 構造による基本格子回折のみが残存する. つまり, 金イオン照射により, 結晶構造は, Ni_3V の場合と同じく A1 構造(不規則 FCC 構造)に変化したことになる. ただし, Ni_3V の場合, A1 相は融点直下の高温における熱平衡状態であったが, Ni_3Al では, イオン照射によって平衡状態図には存在しない A1 相がイオン照射によって出現したことになる. GIXD スペクトルの L1_2 相(規則相)超格子回折(たとえば35度付近の110ピーク)と A1 相(不規則相)基本格子回折(たとえば75度付近の220ピーク)の比をと

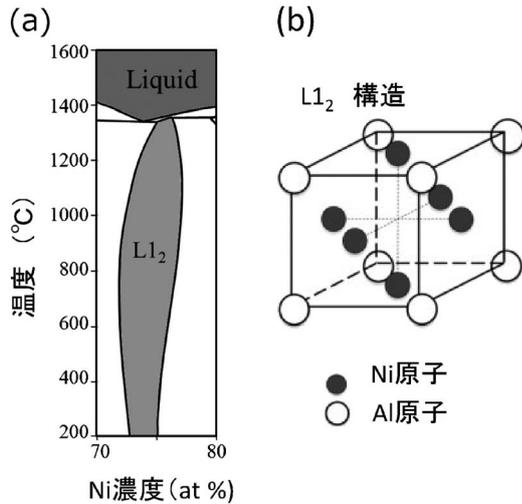


図7 (a) Ni_3Al 二元合金の状態図(ニッケル濃度70–80 at%の範囲のみ示す), (b) L1_2 構造の模式図.

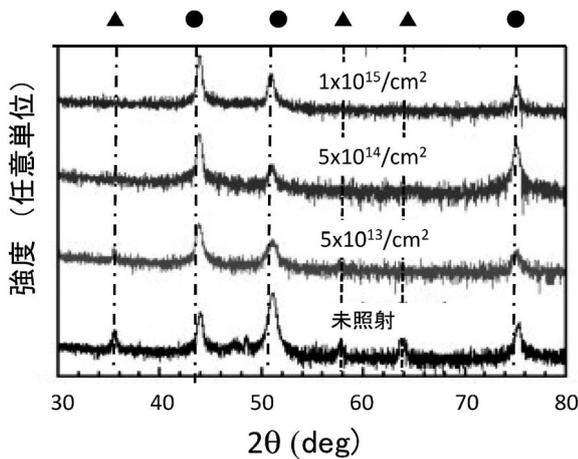


図8 Ni_3Al の GIXD スペクトルの 16 MeV 金イオン照射による変化. ▲は超格子回折ピーク, ●は基本格子回折ピークを示す.

り, 未照射状態の場合と比較することによって相対的な規則度を求めることができる. 図9は, 金イオン照射量の関数として相対的規則度をプロットしたものである. 規則度は照射量とともに大きく減少し, 照射量が $1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のとき, ほぼ0となる. このことは, 図8の $1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ に対するスペクトルにおいて超格子回折ピークがほぼすべて消滅していることと対応する. Ni_3Al の硬度は, Ni_3V と同じく, 金イオン照射により減少することが見出されている.

さて, 上で述べた Ni_3V , Ni_3Al では, 常温常圧での熱平衡相は FCC 構造をベースとした, 比較的単純な構造である正方晶 (D0_{22} 構造), 立方晶 (L1_2 構造) であった. これに対して, Ni_3Nb , Ni_3Ta の常温常圧での熱平衡相は, より複雑であり, それぞれ, 斜方晶 (D0_a 構造), 単斜晶である. またこれらの物質は高温でも不規則相は示さず, 融点直下までその構造が変化しない. その意味では Ni_3Al と類似である. この

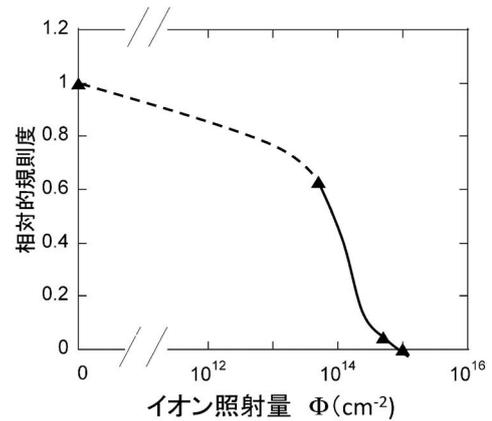


図9 16 MeV 金イオン照射した Ni_3Al の相対的規則度の金イオン照射量依存性.

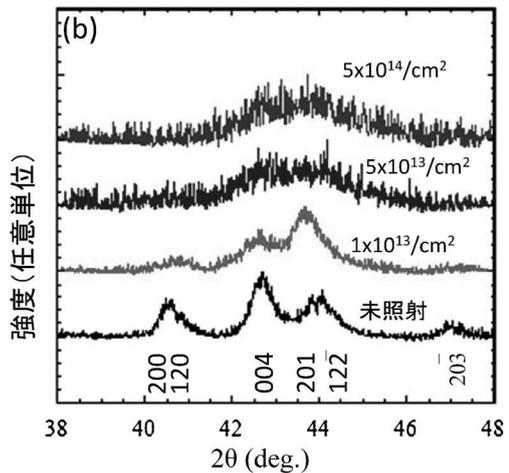
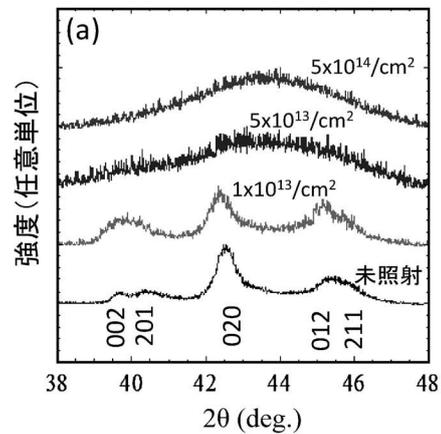


図10 16 MeV 金イオン照射による Ni_3Nb (a), Ni_3Ta (b) の GIXD スペクトル変化.

2種類の金属間化合物に対する 16 MeV 金イオン照射効果を紹介する. 図10(a), 10(b)はそれぞれ, Ni_3Nb , Ni_3Ta の金イオン照射による GIXD スペクトル変化を示す. 照射前はたしかに熱平衡相である斜方晶, 単斜晶に対応する回折ピークがみられるが, 16 MeV 金イオン照射により, 幅の広い1個のピークへと変化していく. これは, イオン照射により結

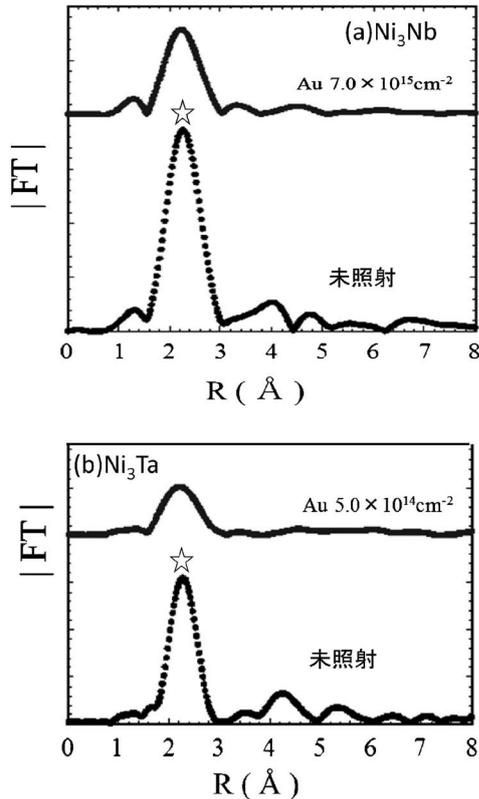


図11 (a) 金イオン照射した Ni_3Nb の Nb K 吸収端における EXAFS-FT スペクトル, (b) 金イオン照射した Ni_3Ta の Ta L3 吸収端における EXAFS-FT スペクトル. 未照射 Ni_3Nb , Ni_3Ta に対するスペクトルも示す. ☆印は, ニオブ原子, タンタル原子の最近接原子に対応するピーク.

晶構造が非晶質化することを示している. 照射による Ni_3Nb , Ni_3Ta の非晶質化は EXAFS 測定によっても評価した. 図11(a)は Ni_3Nb のニオブ原子 K 吸収端 (X 線エネルギー 19.0 keV) における EXAFS-FT スペクトル, 図11(b)は, Ni_3Ta のタンタル原子 L3 吸収端 (9.88 keV) における EXAFS-FT スペクトルである. 金イオン照射後もニオブ原子およびタンタル原子の最近接原子に対応するピーク (図の☆で示したピーク) は明確に確認できるが, それより右の第二, 第三近接原子などに対応するピークは, 金イオン照射により大きく減少するか, ほとんど消失している. これらの結果から, ニオブ原子, タンタル原子周辺の原子配列が, 最近接原子以外, 照射によってほぼランダム化し, 非晶質化が起こったことが確認できる.

図12に, 金イオン照射した Ni_3Nb および Ni_3Ta の表面硬さ変化を, 照射量に対してプロットした. Au イオン照射において, 表面硬さは照射量の増加とともに増加する. これは, Ni_3V , Ni_3Al の場合とまったく反対の傾向であるが, 非晶質状態では, 特定のすべり面を有する結晶状態よりも硬度が大きいという, よく知られた一般的傾向⁽⁴⁰⁾と一致する結果である.

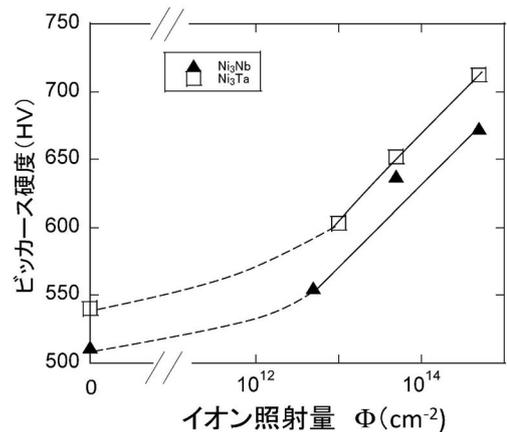


図12 Ni_3Nb , Ni_3Ta におけるピッカース硬度の金イオン照射量依存性.

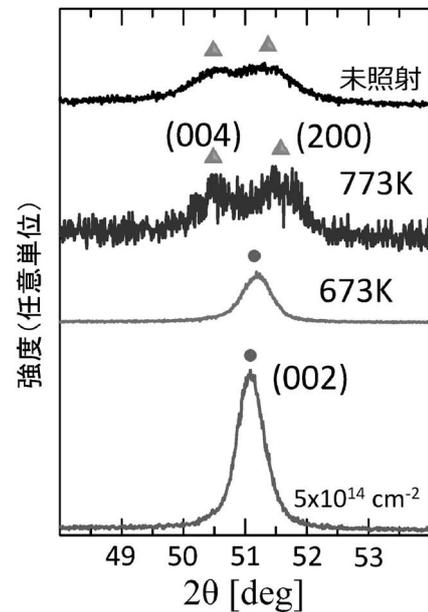


図13 金イオン照射した Ni_3V の (002) GIXD 回折ピークの照射後熱処理温度依存性.

(2) 16 MeV 金イオン照射後の熱処理の効果⁽³³⁾⁽³⁴⁾⁽³⁸⁾

この章では, 金イオン照射によって発現した非熱平衡状態が照射後の熱処理でどう変化するかについて示す. 図13に, 金イオン照射して A1 構造に変化した Ni_3V の (002) ピークが, 773 K における熱処理により, 照射前の正方晶構造に戻ることが示されている. これに伴い, 照射によって低下した表面硬度も照射前の値 $\text{HV} = 650$ へ向かって回復する (図14). Ni_3V と同様, 金イオン照射によって A1 構造に変態し, 硬度の低下を示した Ni_3Al においても, 同様の照射後熱処理効果が確認されている. 次に, Ni_3V , Ni_3Al と異なり, 金イオン照射によって非晶質化した Ni_3Nb の GIXD スペクトルにおける照射後熱処理効果を図15に示す. Ni_3Nb の非晶質状態は 673 K までの熱処理ではほとんど変化がないが, 773 K における熱処理で, 元の斜方晶に回復する. 一方, Ni_3Nb と

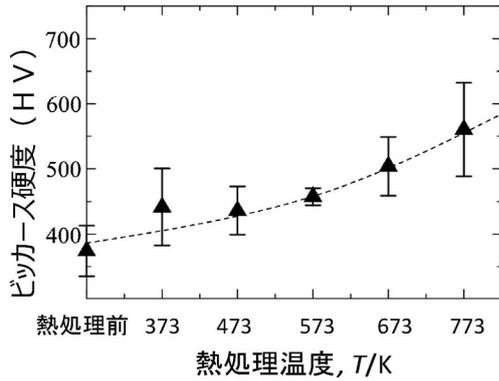


図14 金イオン照射した Ni₃V のビッカース硬度における照射後熱処理温度依存性。

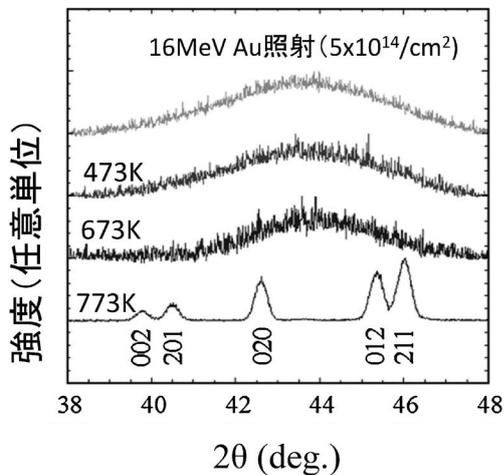


図15 16 MeV 金イオン照射した Ni₃Nb の GIXD スペクトルの照射後熱処理温度依存性。

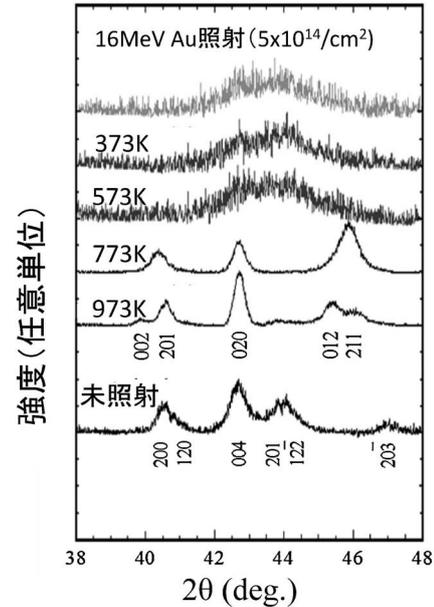


図16 16 MeV 金イオン照射した Ni₃Ta の GIXD スペクトルの照射後熱処理温度依存性。

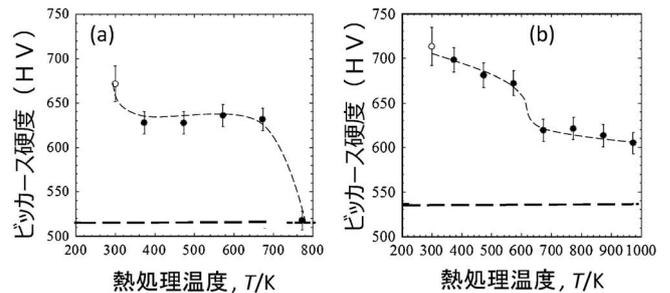


図17 16 MeV 金イオン照射した Ni₃Nb (a), Ni₃Ta (b) の照射後熱処理温度に対するビッカース硬度変化。---は照射前の硬さ、○は照射後(熱処理前)の硬さを示す。

同じく金イオン照射して非晶質化した Ni₃Ta の照射後熱処理による振る舞いは図16に示すように大きく異なる。照射による非晶質状態は 773 K における熱処理で再結晶化するが、その構造は、照射前の熱平衡相である単斜晶ではなく、別の準安定状態と考えられる斜方晶構造である。以上のような Ni₃Nb, Ni₃Ta の照射後熱処理による結晶構造変化に伴い、硬度も変化する。図17に示すように、非晶質状態から結晶化が起こる 773 K 付近で硬さは大きく減少する。ただし、Ni₃Nb では、照射前の結晶構造に回復することを反映して、硬さも元の硬さに戻るが、Ni₃Ta では、別の結晶構造に移行するため、973 K における熱処理でも照射前の硬さよりも大きな値を示している。

(3) 照射による結晶構造変化における照射イオン種依存性⁽³³⁾⁽³⁷⁾

ここまでは、各ニッケル基金属間化合物を 16 MeV 金イオン照射したときの結晶構造変化とそれに伴う硬さ変化について述べてきた。Ni₃V 以外の 3 種類の金属間化合物に関しては、金イオン照射だけでなく、表 1 に示すように、他の

イオンによる照射実験も行った。そこで、この章では、照射による結晶構造変化がイオン種やエネルギーにどのように依存するかを示す。図18(a)に、16 MeV 金イオン、10 MeV ヨウ素イオン、5.4 MeV アルミニウムイオンを Ni₃Al に照射したときの相対的規則度をイオン照射量の関数としてプロットした。図に示すように、アルミニウムイオン照射の場合、他のイオンに比べて、規則度を低下させるためには、より多くの照射量が必要である。これは、アルミニウムイオンがヨウ素イオン、金イオンよりも質量がかなり小さいため結晶構造に及ぼす効果も少ないのだろうという直感的な考えと一致する傾向にあるが、より定量的に議論するため、試料表面付近でのイオンによる付与エネルギー密度を SRIM コード⁽⁴¹⁾を用いて計算した。よく知られているように、照射イオンから物質へのエネルギー付与プロセスは 2 種類あり、1 つは、物質内の電子を励起することによるエネルギー付与、もう 1 つは、物質中の原子を直接はじき出すことによる弾性的相互作用によるエネルギー付与である⁽⁴²⁾。両方のプロ

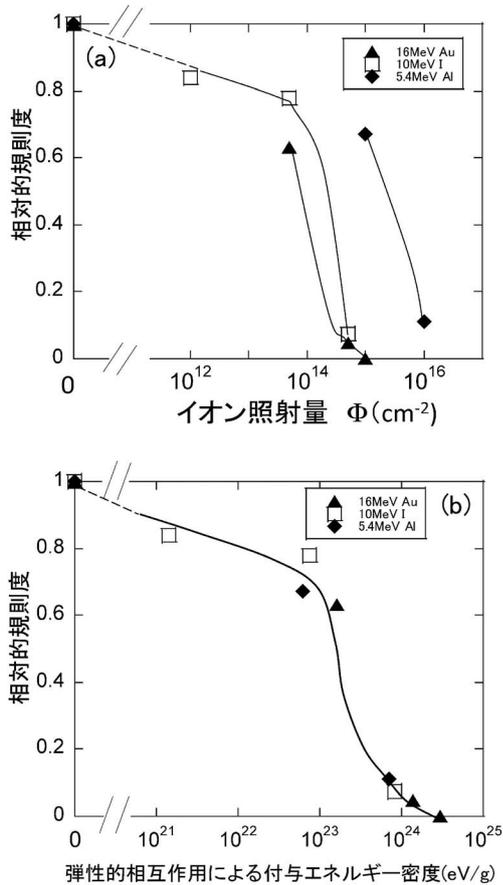


図18 16 MeV 金イオン, 10 MeV ヨウ素イオン, および 5.4 MeV アルミニウムイオン照射した Ni_3Al の相対的規則度のイオン照射量依存性(a)と, 弾性的相互作用による付与エネルギー密度依存性(b).

セスによるエネルギー付与密度に対して相対的規則度をプロットした結果, 図18(b)に示すように, 弾性的相互作用によって付与されるエネルギー密度と規則度はよい相関を示すことが分かった. 弾性的相互作用によるエネルギー付与密度は, 原子力材料の照射損傷研究分野でよく使われる dpa (displacements per atom) に対応するものである. したがって, この実験結果は, イオン照射が起こす直接的な原子のはじき出しによるアルミニウム原子とニッケル原子の位置交換の累積に由来して, A1 構造が発現したことを強く示唆している.

Ni_3Ta では, 16 MeV 金イオンに加え, 4.5 MeV ニッケルイオン, 4.5 MeV アルミニウムイオン, 1.0 MeV ヘリウムイオンによる照射も行った. また Ni_3Nb では, これらのイオンに加えて, エネルギーのはるかに大きい 200 MeV Xe イオン照射も実施した. Ni_3Nb , Ni_3Ta と同様なイオン種, エネルギー依存性が得られたので, ここでは Ni_3Nb の結果を中心に述べる.

図19は, 試料表面付近での照射イオンからの弾性的相互作用による付与エネルギー密度に対して, Ni_3Nb 結晶が非晶質になるか(○), ならないか(×)を示したものである. 金イオン, ニッケルイオン照射では, 付与エネルギー密度が $1 \times$

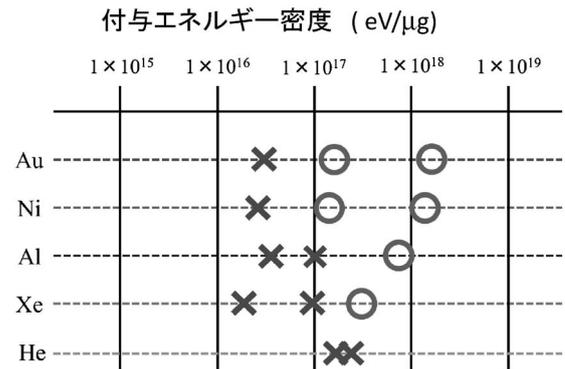


図19 16 MeV 金イオン, 4.5 MeV ニッケルイオン, 4.5 MeV アルミニウムイオン, 200 MeV キセノンイオン, および 1.0 MeV ヘリウムイオン照射した Ni_3Nb の非晶質化における弾性的相互作用によるエネルギー付与密度依存性.

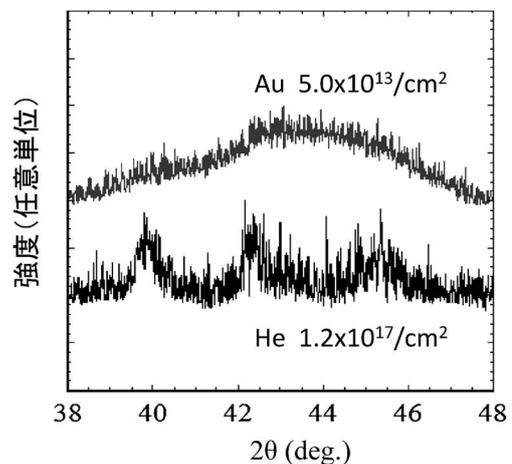


図20 ほぼ同じ付与エネルギー密度 ($1.6 \times 10^{17} \text{ eV}/\mu\text{g}$) における 16 MeV 金イオン照射試料と 1 MeV ヘリウムイオン照射試料の GIXD スペクトルの比較.

$10^{17} \text{ eV}/\mu\text{g}$ 以上では非晶質化が起こるが, ヘリウムイオン照射の場合, その 2 倍程度の付与エネルギー密度を与えても非晶質にならない. このことは, 図20でより明確に示される. この図は, 弾性的相互作用による付与エネルギー密度がほぼ等しい金イオン照射とヘリウムイオン照射に対する GIXD スペクトルを比較したものである. 金イオン照射の場合は, ほぼ完全に非晶質化が起こるが, ヘリウムイオン照射の場合は, もとの斜方晶に対応するピークがまだ明確に観測される. アルミニウムイオン照射, キセノンイオン照射の場合も同様な傾向を示している. ニッケルイオン, 金イオン照射の場合に比べて, Ni_3Nb が非晶質になるための付与エネルギー密度の閾値は大きいように思われる.

4. 考 察

以上で述べたように, Ni_3X (X = Al, V, Nb, Ta) 金属間化合

物をイオン照射すると、熱平衡状態ではない結晶構造が常温常圧において発現し、それは、照射イオンから弾性的相互作用による付与エネルギー密度(あるいは原子のはじき出し総数; dpa)と大きな相関を持っているように見える。しかし、照射イオンのエネルギー範囲やイオンの質量を大きく変えていくと、必ずしもイオン照射誘起変態は付与エネルギーだけで記述できるわけではなく、別のイオン照射パラメータを考慮しないとけない。それは1次はじきだし(primary knock-on)のエネルギー(PKA エネルギー)であると考えられる。金イオン照射では、PKA エネルギーが平均的に大きいため、PKA によるエネルギー付与は局所的に高密度なものとなり、その領域で構造相変態が起こりやすいが、質量の小さいヘリウムイオン照射、アルミニウムイオン照射やエネルギーの高い200 MeV キセノン照射では、PKA の平均エネルギーが小さくなり、PKA が与える局所的エネルギー付与密度も小さくなるため、相変態が起こりにくい。Ni₃Nb、Ni₃Ta において、ヘリウムイオン、キセノンイオン照射の場合、非晶質化することにより多くの照射量(付与エネルギー)が必要だったことが、このような考察により説明できる。また、本研究は、同じイオン種(16 MeV 金イオン)における照射効果のターゲット材依存性についてもある傾向を見出している。すなわち、簡単な結晶構造を持ち、構成元素の質量が小さい金属間化合物(Ni₃Al、Ni₃V)は不規則化した結晶構造(A1 構造)に変態するのに対して、より複雑な結晶構造を持ち、かつ構成元素の質量が大きい Ni₃Nb、Ni₃Ta は、非晶質化する傾向である。本実験で用いた 16 MeV 金イオンにより発生する PKA の平均エネルギーは固体の原子間の凝集エネルギー(eV)よりはるかに大きく、PKA 発生が起こる周辺における原子配列は、照射直後では液体状態(非晶質状態)に近いものと考えられる。この状態がその後、エネルギーの低い状態に向かって緩和していくと思われるが、その過程が元の結晶構造や構成元素に大きく依存すると考えられないだろうか? 結晶構造が比較的簡単で構成元素の質量が小さい場合は、緩和過程において各原子の移動も起こりやすく、ある準安定の結晶構造に行き着きやすいのに対して、複雑な結晶系を持ち大きな質量の構成元素からなる場合は、緩和によってもある結晶形にたどり着くことができず、非晶質のまま留まる、と考えれば、少なくとも定性的には実験結果を説明できる。このような局所的かつ短時間でのエネルギー緩和過程をより定量的にとらえるには計算機シミュレーションが有効な手段であると思われる。現在、篠嶋らは、Ni₃Al における分子動力学計算を行い、熱平衡相図にない A1 構造の発現が高密度エネルギー付与とそのエネルギー緩和過程の結果として生ずる可能性を見出している⁽⁴³⁾。これは我々の実験結果を再現するものである。最後に、イオン照射や照射後熱処理による金属間化合物の硬さ変化を材料プロセッシング法として応用する可能性について触れる。Ni₃V、Ni₃Al の場合、イオン照射により表面硬さは大きく低下するが、照射後の高温熱処理により硬さはもとの値に戻る傾向を示す。この現象は、高温材料として期待されている Ni₃Al-Ni₃V 二重複相金属間

化合物合金(Ni 基超々合金)においても見出されている⁽⁴⁴⁾。この現象を利用して、イオン照射により表面硬さを低下させた後に加工を施し、その後高温熱処理して硬さをもとに戻すという方法により、従来、金属間化合物では難しかった表面加工が簡単にできる可能性がある。また、Ni₃Nb、Ni₃Ta のような、イオン照射による非晶質化が試料表面で起こる場合、表面を硬くする方法としてのイオン照射法が考えられる。ただし、照射で発現した非晶質状態は 700 K 程度の温度で再結晶化するため、高温で使用する材料に適用する場合、照射による非晶質状態の熱的安定化などの工夫が必要である。

5. ま と め

本稿では、ニッケル基金属間化合物(Ni₃X; X=Al, V, Nb, Ta)のイオン照射誘起構造相変態や、それに伴う表面硬さ変化の照射量、イオン種・エネルギー依存性、さらにはターゲット依存性について、その実験結果をもとに、付与エネルギー緩和過程や PKA エネルギースペクトルをもとに論じた。また、イオン照射による構造変態やその後の高温熱処理が、ニッケル基金属間化合物の表面硬さ改質に応用できる可能性を示した。一方で、イオン照射や、その後の高温焼鈍により、常温常圧では見られない、あるいは熱平衡相図に存在しない構造が現れることから、熱平衡相図の裏に隠れている準安定相などの解明といった学術的な分野においても、イオン照射実験は有効であると考えられる。さらには、最近、NiTi 金属間化合物において、電子的阻止能の大きい 200 MeV のキセノンイオン照射により、照射量が十分小さくとも、BCC 構造の不規則相(A2 構造)が現れることが見出された⁽⁴⁵⁾。これは、今まで述べてきた弾性的相互作用によるエネルギー付与だけではなく、電子励起によるエネルギー付与が大きな寄与をしていると考えられる現象である。電子的阻止能(LET)依存性などについて更なる実験を行うことを計画している。

本研究で紹介した研究は、大阪府立大学と東北大学金属材料研究所・産学官広域連携センターとの共同研究、および、大阪府立大学と量子科学研究開発機構(QST)ならびに日本原子力研究開発機構(JAEA)との共同研究のもとで行われたものです。本研究で用いた各種ニッケル基金属間化合物の作製は、大阪府立大学工学研究科、金野泰幸教授の指導の下に実施されたものです。QST 高崎量子応用研究所のシングルエンド加速器、タンデム加速器における照射実験に関しては、同研究所・放射線高度利用施設部、斎藤勇一次長のご協力をいただきました。また、JAEA 原子力科学研究所(東海村)のタンデム加速器における照射実験は、同研究所・基礎工学研究センター、石川法人研究主幹のご協力のもと実施しました。高エネルギー加速器研究機構・放射光施設(KEK-PF)における EXAFS 測定においては、JAEA・物質科学研究センター、岡本芳浩研究主幹、和泉寿範氏、KEK、宇佐

採択率が劇的にアップする 申請書の書き方

沖 原理 沙*

1. はじめに

近年、我が国の大学等の教育研究活動を安定的に支えてきた公的な基盤経費の伸びは停滞し、特に国立大学においては2004年の法人化以降、減少の一途を辿っている。一方、イノベーションの源泉としての大学等の研究成果への期待は大変大きく、競争的な研究開発資金は急激な拡張傾向にある。図1に、科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター(CRDS)の報告書⁽¹⁾に掲載された、我が国の競争的性格を持つ主な研究開発資金の変遷を示す。これを見れば分かる様に、我が国の競争的資金は近年著しく多様化・複雑化している。多様化によるメリットがある反面、類似する事業も散見され、今後はそれらが体系的に分かり易く整理され、全体最適化されて行く事が望まれる。いずれにせよ、大学等の教育研究活動における競争的資金の獲得は、以前よりも重要度を増していることには変わりない。本稿では、研究者にとっては死活問題とも言える競争的な研究開発資金獲得のために、これまで競争的資金の獲得支援を数多く行ってきた著者の経験から、幾つかのポイントを述べたい。

2. 申請先としてその事業は適切か？

再度、図1を見ていただきたい。一口に競争的な研究開発資金と言っても、純粋に研究開発を支援する事業の他、研究環境の整備や人材育成の性格を含む事業も多くある。更に、研究開発の中でも、基礎的な原理検証の段階から、実用化目前の段階まで様々なフェーズが存在する。競争的資金の申請をする際、とにかく何でもかんでも考え無しに応募する研究者が居るが、数を打とうとするほどに、申請書1つ当たりの完成度は下がり、効率の面から言ってあまりよろしくない。また不採択が続くことで自分自身のモチベーションも

著しく低下してしまう。重要なのは、まず今後やりたいと考えている研究の目的や位置付けを自身の中で明確にし、それとマッチする競争的資金を厳選して応募する事であろう。逆に言えば、助成機関が求めている内容を募集内容からよく読み解き、それにフィットする様に申請書の内容を微調整するという姿勢も重要である。

また、競争的資金の規模が大きくなるほどに、これまでの研究実績が大きく問われる。申請書上で研究実績を上手くアピールする技術も大事であるが、そもそも実績が十分でない場合は、比較的少額の資金を獲得し、コツコツと実績を積み重ねながら少しずつでも規模を大きくしていく事が一番の近道である。

競争的資金は数年単位の物が多く、研究の持続性という観点では課題があると言わざるを得ないが、競争的資金はあくまで研究者が研究を推進するための手段に過ぎない。研究を推進する研究者自身がまず数十年スパンの研究人生を大きく想い描き、その中で今後数年の研究の内容や位置付けを明確にすれば、様々な競争的資金を渡り歩きながらも自ずと研究に持続性が出てくるのではないかと、そしてそれが結果的に競争的資金の効率的な獲得に繋がるのではないかと著者は思うのである。

3. 採択率が劇的にアップする申請書の書き方

この手の指南書は数多く世に出ており、様々な方が様々な事を述べている。それらを読めば読むほどに「一体どれが正しいんだ!？」と混乱してしまう方もいらっしゃるかもしれない。そんな方に対して、著者が述べたい言葉はただ一つ。「審査員の事を思いやって申請書を書いていただきたい」という事である。これは何も審査員に迎合しろという意味では全く無い。自分のやりたい研究を審査員に正しく伝え、面白いと思って応援してもらうために、ただひたすら分かり易

* 名古屋工業大学 産学官金連携機構；コーディネータ(〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町字木市29)
Why are His/Her Research Proposals Always Adopted?; Lisa Okihara (Organization for Co-Creation Research and Social Contribution, Nagoya Institute of Technology, Nagoya)
Keywords: *competitive research fund, research proposal, writing skills, coordinator, university research administrator (URA)*
2017年12月1日受理[doi:10.2320/materia.57.60]

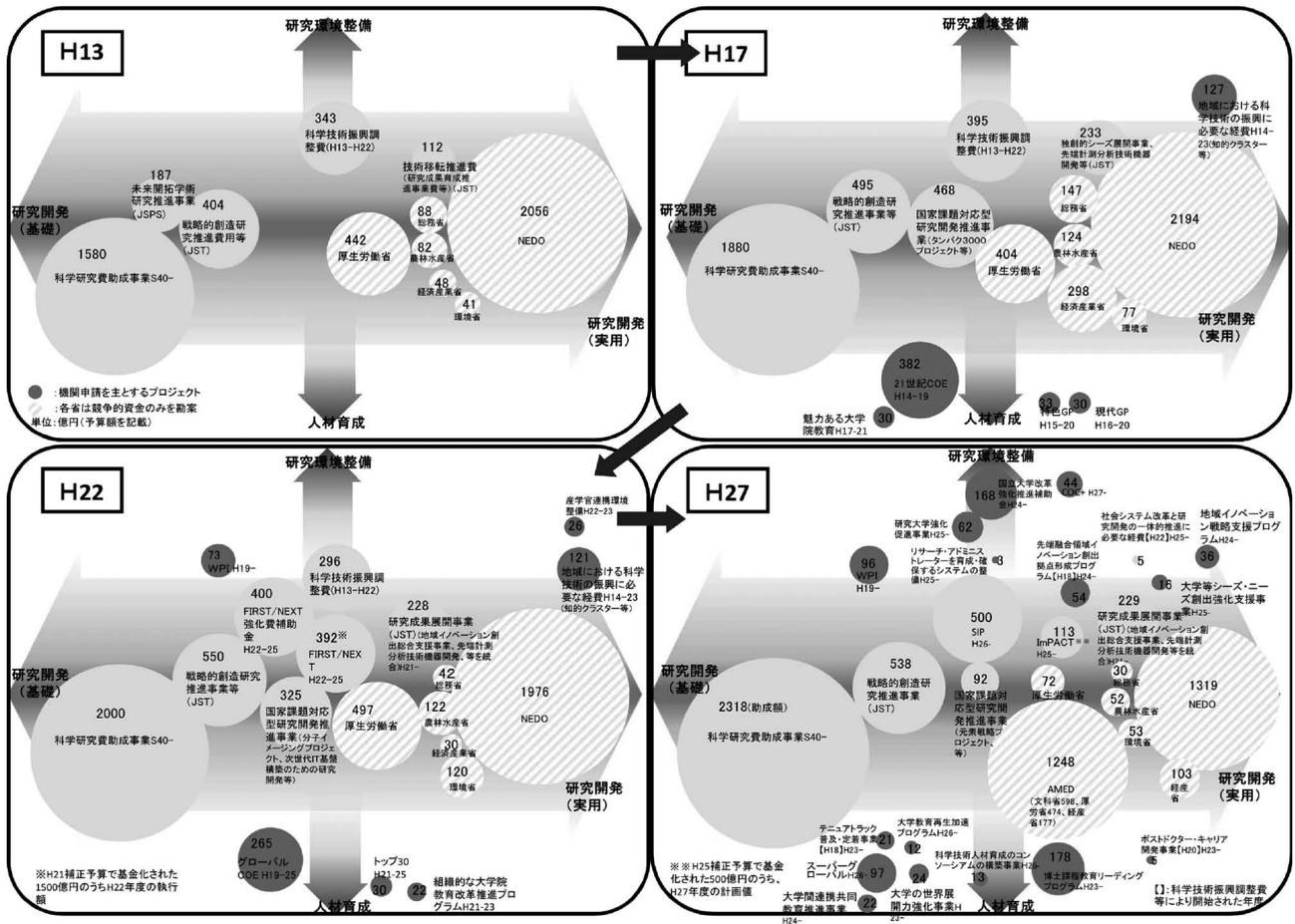


図1 競争的性格を持つ主な研究開発資金の変遷。

文献(1)のP.13, 図6の転載である。本図では、データ取得上の制約から、文部科学省以外の府省については内閣府が競争的資金と位置付けている研究費のみを、文部科学省についてはそれ以外の公募型資金も含めて表示している事に留意が必要である。

く、丁寧に申請書を書いていただきたいのである。

競争的な研究開発資金の申請書は、その種類に関係無く、研究課題名、概要、背景、目的、優位性・独創性、波及効果、研究計画で構成される場合が殆どである。以下では、紙面の都合もあるため、この中で幾つか特に重要な点に的を絞って具体的な申請書の作成方法について述べる事とする。

(1) 採否は研究課題名と概要で8割方決まる

まず思い浮かべて欲しい。審査員は申請者と同じ研究者等の有識者である場合が殆どである。そして、その研究者は大変忙しい方が多い。限られた時間で膨大な量の申請書を審査するとなった場合、どうなるか？申請書の内容を端的に表す研究課題名や概要を見た第一印象で大体の評価を決めてしまう場合が多いのではないだろうか。そしてその第一印象を覆すのは、なかなか難しい。見出しの「8割」という数はあくまで主観であり、何も根拠の無い数字ではあるが、審査員の先生や助成機関の関係者の話を聞く度に、研究課題名・概要の記述は非常に重要であることを再認識する。

このため、その研究課題名・概要には是非かなりの時間を

割いて考えていただきたい。まず、書き始める前にぼんやりと頭の中の構想を整理するために一度書いてみる。そして、中身が粗方書き終わった段階で、中身と整合が取れている内容になっているか、中身のアピールポイントをエッセンスとして抽出した内容になっているかといった観点でもう一度見直していただきたい。更に最後に、全体を通してほぼ完成した段階で、本当にこれで審査員に伝わるか？面白そうと思ってもらえるか？という観点で見直していただければ、これだけでもかなり完成度の高いものに仕上がるはずである。

(2) 「他に同じ研究が無いから独創性がある」は×

次に重要な項目は、優位性・独創性の部分である。例えば自分でお金を出してテレビを買う場合、皆さんはどれを買うかをどうやって決めるだろうか？実際に自分の家のどこに置くか、どんな風に使うかを想像しながら、これ位の大きさがいいとか、ハードディスクは内蔵して欲しいとか、壁掛けがいいとか、色は赤がいいとか、色々と条件を付けながら数多ある機種の中から最も条件の揃っている1つの機種を厳選するのではないだろうか。申請書の評価も基本的には同

じである。この研究にお金を出す価値があるかどうか、それは他者の比較的近い先行研究や先行技術との比較で評価される。同じ様な研究や技術が既にあるのであれば(その様に審査員が感じてしまえば)、お金を出すのは無駄だと判断されてしまうだろう。

よく申請書を読んでいると、「この様な研究は他にはない。故に独創的である。」という論調を見ることがあるが、単に独りよがりな想いを書いているだけに見え、読む側からするとあまり印象は良くない。そもそも、人と全く同じ研究をしている場合の方が稀である。重要なのは、類似する研究や技術と比較し、どういう点が同じで、どういう点が異なるのかを具体的かつ明確に客観性を持って書き、更にその差異が価値ある差異であるかどうかを優位性と共に示すという事である。また、一口に差異と言っても、既にある化合物のこの構造が少し違うとかの末端の細かい話ではなく、研究のコンセプトや着眼点からして類似研究と異なるということが言えれば、その後の波及効果の大きさも期待出来るため、審査員からすれば大変印象が良くなることが期待できる。テクニク的なことを言えば、忙しい審査員に一目で伝わる様に、類似研究と比較するための星取表やポジショニングマップの活用がおススメである。

(3) 申請書全体を通じて整合が取れているか？

これまでに、著者は様々な申請書を読んできたが、そこで大事だと思う事は、申請書全体として整合が取れているかという点である。申請書を書いている研究者自身が大変多忙であるというのはよく分かるが、他の申請書等からの明らかな転用、それによって論理矛盾が生じたり、言葉遣いが途中から急に変わってしまったことにより、読む側が混乱してしまい、なかなか読み進まないということがよくある。これは同じく多忙な審査員もきっと同じように思うだろうし、これにより著しく申請書の印象が下がるのは間違いない。申請書を書く際は、是非全体を通して何度も読んでいただき、審査員がストレス無く読めるかどうか見直していただきたいと思う。

4. 申請書の文章能力向上の方法

上記では、申請書の書き方について、特に重要なポイントに的を絞って述べてきたが、文章能力は一朝一夕で向上するものではない。その様な中においても、比較的効率良く技術を向上させるための方法について、以下では述べて行きたいと思う。

(1) 書いた申請書を第三者に読んでもらおう

以前、これまで数多くの競争的資金獲得を支援してきたベテランの先生が、「自分が支援した申請書の採択率は高いのだが、自分自身が書いた申請書の採択率は一向に上がらない」という話をしていたことがあった。申請書はよく客観的に分かり易く書けとは言われるが、やはり自分自身ではどう

しても独りよがりになってしまう部分が出てしまうし、それに気付くことも難しい。また一度書いた文章に縛られてしまい、大きく構成を変える様な大改訂をする勇気もなかなか出辛い。その様な場合は、第三者、特にその研究分野についてそれ程深く知らない方に申請書を読んでコメントを貰う事をお勧めしたい。適切な方が思い当たらない場合、是非ともご自身が所属している機関に居る産学連携コーディネータやURA(University Research Administrator)といった職種の人間を活用して頂きたい。ただし、この様な職種の方にも、実際の所は様々なバックグラウンドの方が居るので、「親身になって忌憚のない建設的な意見をズバズバ言ってくれるかどうか」というただ一つの判断基準で、適切な方に巡り合っていただきたいと思う。なお、コーディネータやURAの方によっては、申請書の添削以外にも、研究者の研究とマッチする公募事業を探す手伝いや、研究成果の実用化に向けての協力企業を探す手伝い、国の施策を配慮した上で今後の研究方針について助言をしてくれる場合もある。是非良い協力者を集めて、効率的に有意義な研究を推進して頂きたい。

(2) 審査員を実際にやってみる

3.の冒頭部分で、「審査員の事を思いやって申請書を書いていただきたい」と述べた。この、審査員の気持ちを知る一番手っ取り早い方法は、やはり実際に自分が審査員をやってみることである。大切な研究の時間を捻出するために、なるべく余計な事をやりたくないという方も多くいらっしゃるかもしれないが、結果的にその研究のための資金を獲得することに繋がることを考えれば、審査員を引き受けるのも悪くない。そして、もし審査員を引き受けたのであれば、誠心誠意審査にあたっていただきたい。それが後の自身の糧になる。情けは人の為ならずである。

(3) 失敗しても諦めない

これまで述べてきた方法を実践し、質の高い申請書を書こうとすると、非常に長い準備期間が必要であることがお分かりかと思う。実際は、メ切的直前になって慌てて申請書を書き始めるという方が恐らく比較的多いのではないかと思うが、そういう場合はやはり採択率もそれほど上がらない。ただ、その様にして不採択になってしまったからと言って、直ぐにその申請書のアイディアを捨ててしまわず、決して諦めないでいただきたい。それが画期的なアイディアであるほど、一度の申請で上手く審査員に伝える事は困難であり、申請書の書き方の試行錯誤だけでなく、申請書に説得力を持たせるための下準備(情報収集や主張の根拠となる実験データ取得)が必要となるからである。競争的資金獲得の活動は不採択決定後からスタートと考え、審査結果通知を見てただ一喜一憂した後、忘れてしまうのではなく、申請書を色々な方に読んでいただきながら、どこが良かったか、悪かったか、しっかりと振り返っていただくのが理想である。複数の方の意見を聞くと、不思議な位に同じ意見が出てくる 경우가あり、そこが間違いなく改善点である。逆に、皆がそれぞれ違

浮遊帯域溶融法による非鉛強誘電体 二チタン酸バリウム (BaTi_2O_5) の作製と 電気的性質

志賀敬次*

1. はじめに

強誘電体は外部電界により反転可能な自発分極を持つ材料である。自発分極は外部電界を取り除いてもその大きさと向きが保持されるため、強誘電体はメモリやコンデンサなどに使用される。近年、強誘電体の需要はパワー半導体用途で特に高まり、要求される使用環境温度 ($> 473 \text{ K}$) が高くなっているため、強誘電-常誘電相の転移温度であるキュリー温度が高い強誘電体が求められている。高キュリー温度を持つ強誘電体の多くは PbTiO_3 に代表される鉛系の材料であるが、有害元素の鉛を含む電子デバイスは現在製造・販売が制限されており、非鉛強誘電体の開発が急務である。

二チタン酸バリウム (BaTi_2O_5) は高いキュリー温度 ($T_c = 748 \text{ K}$) と最大誘電率 ($\epsilon_{\text{max}} = 20,500$) を持つ非鉛強誘電体⁽¹⁾であり、高温域で使用可能なコンデンサやアクチュエータとしての応用が期待される。著者らは、今までに浮遊帯域溶融 (FZ) 法により BaTi_2O_5 の大型単結晶を作製⁽²⁾し、電気的性質について調べてきた中で BaTi_2O_5 がイオン伝導を示すことを発見⁽³⁾した。イオン伝導は分極処理時の漏れ電流の原因になり、強誘電・圧電体の信頼性に著しい悪影響を及ぼすことが知られている⁽⁴⁾。そこで、 BaTi_2O_5 のイオン伝導と電気的特性の関係を明らかにするために、イオン置換により酸素欠陥量を制御し、酸素欠陥量が誘電率、自発分極値および電気伝導率に及ぼす影響を調べてきた。本稿では、はじめに大

型単結晶の成長⁽²⁾とイオン伝導の発見⁽³⁾について述べ、次に高価数イオン置換がイオン伝導性に及ぼす影響⁽⁵⁾⁽⁶⁾を紹介する。また、自己組織化を利用して BaTi_2O_5 の共結晶を作製⁽⁷⁾した結果についても紹介する。

2. 大型 BaTi_2O_5 単結晶の成長

既往報告から、 BaTi_2O_5 は溶融凝固時に生成しやすい物質であり、融点近くの高温で熱処理をすると BaTiO_3 と $\text{Ba}_6\text{Ti}_{17}\text{O}_{40}$ に分解する反応中間生成物であることが分かっている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。最近、Zhu と West は多段階焼結により BaTi_2O_5 多結晶体を作製できる温度条件を明らかにし、その高温安定性を詳細に調べた⁽¹⁰⁾。 BaTi_2O_5 の生成・分解速度は温度と時間に強く依存し、 1423 K 以下では分解速度が遅いため BaTi_2O_5 は速度論的に安定であると報告した。つまり、 BaTi_2O_5 の生成は冷却速度に強く依存し、溶融凝固で育成する場合には融液から結晶化した BaTi_2O_5 を 1423 K 以下にすぐに冷却すれば安定して結晶成長できると推察される。そこで、光学式 FZ 法による結晶成長の際に光遮蔽を用いると結晶-融液界面の温度勾配を制御できる点に着目し、化学量論組成の融液から BaTi_2O_5 の大型単結晶を成長できると考えた。

本実験で用いる FZ 装置の模式図と光遮蔽機構の外観をそれぞれ図 1 (a) および (b) に示す。熱光源にはキセノンランプを使用し、光源から放射された光を楕円反射鏡で集光して

* 東北大学金属材料研究所；助教 (〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 金属材料研究所 藤原研究室)
Preparation of Lead-free Ferroelectric Barium Ditungstate by a Floating Zone Method and Its Electrical Properties; Keiji Shiga (Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai)
Keywords: barium dititanate (BaTi_2O_5), floating zone method, melt solidification, single crystal, eutectic, ferroelectric, ionic conduction, impedance spectroscopy, electron backscatter diffraction (EBSD)
2017年12月19日受理 [doi:10.2320/materia.57.64]

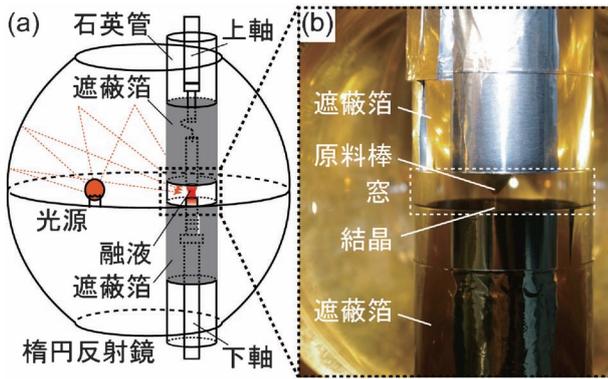


図1 光学式浮遊帯域溶融(FZ)装置の模式図と光遮蔽機構の外観。(オンラインカラー)

原料棒を加熱溶解する(図1(a)). 光遮蔽は石英管の周りにアルミ箔を巻き作製した(図1(b)). アルミ箔は光を遮蔽するため, 遮蔽をしていない部分(窓)だけが局所的に加熱される. その結果, 結晶-融液界面の温度勾配は急峻になると考えられる. また, 石英管は成長時に常に空冷されるため, 高熱伝導率のアルミ箔を巻いた部分は窓の部分よりも冷却効率が良いことも結晶-融液界面の温度勾配に影響を及ぼすかもしれない. 光遮蔽を用いたことで安定した結晶成長が可能になり, 直径5.5 mm, 長さ35 mm以上の大型単結晶が得られた.

3. BaTi₂O₅のイオン伝導性

(001)および(010)に垂直方向に測定したBaTi₂O₅単結晶の複素インピーダンス図をそれぞれ図2(a)および(b)に示す($T=648$ K). (001)に垂直方向の複素インピーダンス図(図2(a))は粒内の誘電緩和に対応する半円を示した. 一方, (010)に垂直方向の複素インピーダンス図(図2(b))は, 高周波側に1つの半円と 10^{-2} -1 Hzの低周波側に Z' 軸に対してほぼ45°に傾いたスパイクを示した. 半円のインピーダンス応答を抵抗(R)とキャパシタンス(C)の並列回路で等価すると, 半円の頂点の値 Z''_{\max} は $R/2$ であり, f_{\max} (半円の頂点における周波数)において $2\pi f_{\max}RC=1$ の関係が成立する⁽¹¹⁾. 299-973 Kで複素インピーダンスを測定し, 上式より半円の C の温度依存性を求めた結果, C の値はキュリー温度(T_c)でピークを示すため, 高周波側の半円は強誘電性の粒内の誘電緩和に対応する. また, $Z''=(2\pi fC)^{-1}$ より⁽¹²⁾, 10^{-2} Hzにおけるスパイクの C の値は $51 \mu\text{F m}^{-1}$ であった. この値は, イオンブロッキング電極と試料の界面における誘電緩和の C の値に対応する⁽¹¹⁾. 電荷キャリアが電極でブロッキングされインピーダンスが著しく上昇することからイオン伝導が示唆される.

TiO₂やBaTiO₃などのチタン系酸化物の多くはTiが4価から3価に容易に還元され, 電荷補償により酸素空孔が形成する. BaTi₂O₅もTiは一部3価であり, 電荷補償により酸素空孔が存在すると考えられる. 4価Tiの還元(式(1))

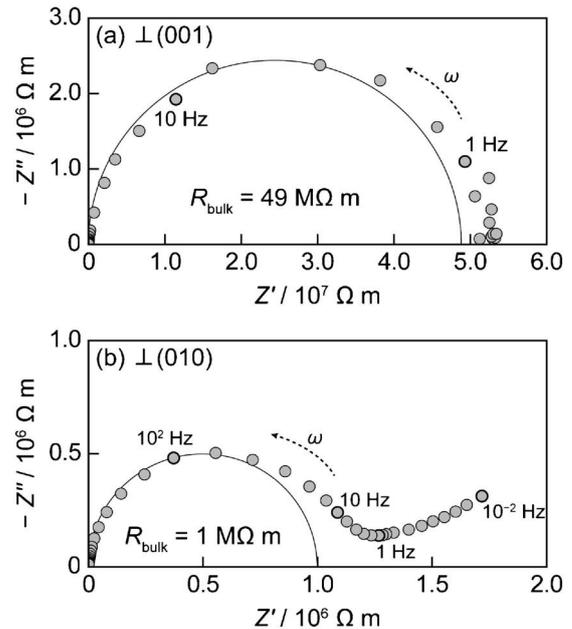
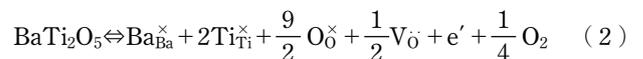


図2 BaTi₂O₅単結晶の複素インピーダンス図($T=648$ K): (a) (001)および(b) (010)に垂直な方向.

と酸素空孔の形成(式(2))はクレーガー=ピンクの表記法を用いて記述すると以下になる.



酸化物強誘電体のBi₄Ti₃O₁₂とNa_{1/2}Bi_{1/2}TiO₃は酸素空孔をキャリアとした酸素イオン伝導体であることが報告⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾されている. BaTi₂O₅のイオン伝導も酸素空孔が関係することが示唆される.

4. 電気的性質に及ぼすNb⁵⁺およびLa³⁺置換の影響

分極処理時に流れる漏れ電流は直流バイアス下で動く酸素空孔が原因であると考えられており, 絶縁劣化を引き起こすために強誘電体の酸素空孔濃度を低減する必要がある. Bi₄Ti₃O₁₂およびNa_{1/2}Bi_{1/2}TiO₃はTi⁴⁺イオンを高価数のNb⁵⁺イオンで置換すると酸素空孔濃度の減少により電気伝導率の低下と残留分極値の上昇が報告されている⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾. 本節では, Ti⁴⁺とBa²⁺イオンをそれぞれ高価数のNb⁵⁺とLa³⁺イオンで置換したBaTi₂O₅単結晶の電気伝導性について説明する.

(010)に垂直方向に測定したNb⁵⁺およびLa³⁺イオン置換BaTi₂O₅単結晶(Ba(Ti_{0.996}Nb_{0.004})₂O_{5- z} およびBa_{0.996}La_{0.004}Ti₂O_{5- z}), 置換量はそれぞれ0.4 at%)の複素インピーダンス図をそれぞれ図3(a)および(b)に示す($T=648$ K). Nb⁵⁺イオン置換BaTi₂O₅の複素インピーダンス図(図3(a))は一つの歪んだ半円, La³⁺イオン置換BaTi₂O₅(図3(b))は二つの半円を示し, 低周波側にスパイクはみられなかった. 複素インピーダンス図から粒内の誘電緩和に対応す

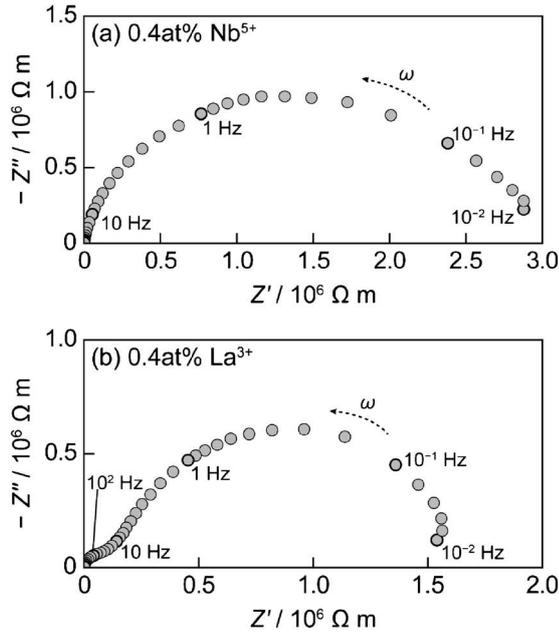
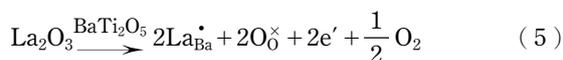
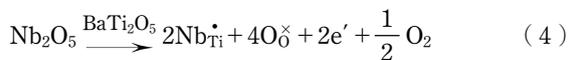


図3 Nb⁵⁺ および La³⁺ で 0.4 at% 置換した BaTi₂O₅ 単結晶の複素インピーダンス図 ($T=648$ K, (010) に垂直な方向) : (a) Nb⁵⁺ および (b) La³⁺ 置換.

る半円の位置を決めることが難しいため、複素モジュラス (M^*) を利用して粒内の誘電緩和の R と C をもとめた⁽¹¹⁾. 複素インピーダンス (Z^*) と複素モジュラス (M^*) の関係は式 (3) であらわされる⁽¹¹⁾.

$$M^* = j\omega C_0 Z^* = j\omega C_0 Z' - \omega C_0 Z'' = M' + jM'' \quad (3)$$

ここで、 Z' および M' はインピーダンスとモジュラスの実部成分、 Z'' と M'' はそれぞれ虚部成分、 j は $\sqrt{-1}$ 、 C_0 は $\epsilon_0 A/l$ (ϵ_0 : 真空の誘電率、 A : 試料の面積、 l : 試料の厚さ) である。 M'' の周波数依存性の図における M'' ピークの値は $\epsilon_0/2C$ に等しいため、ピークは粒内の誘電緩和に対応する。 M^* を用いた複素インピーダンス解析の結果、Nb⁵⁺ および La³⁺ イオン置換 BaTi₂O₅ の粒内の誘電緩和の R と C はそれぞれ 1.11 M Ω m と 101.70 nF m⁻¹ および 0.06 M Ω m と 18.77 nF m⁻¹ であった。Nb⁵⁺ と La³⁺ イオン置換量が電気伝導率 (σ) に及ぼす影響を図 4 に示す。置換量が 0–0.1 at% では、置換量の増加に伴い σ は低下した。高価数イオンで置換すると電荷の中性を保つために酸素空孔濃度が減少すると考えられる。イオン置換量の増加にともない酸素空孔濃度が減少し、イオン伝導性が低下したため σ は低下したと考えられる。一方、置換量が 0.1 at% 以上では、置換量の増加にともない σ は上昇した。これは、イオン置換によりキャリア電子濃度が過剰に生成し、電子伝導性が上昇したためであると考えられる。



電子濃度が増大して電子伝導が支配的となったため、Nb⁵⁺

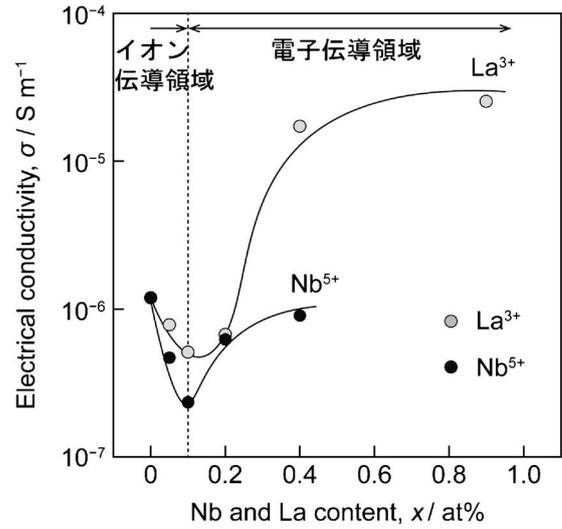


図4 Nb⁵⁺ および La³⁺ 置換量 (x) が電気伝導率 (σ) に及ぼす影響 ($T=648$ K).

と La³⁺ イオンで置換した BaTi₂O₅ の複素インピーダンス図にはイオン拡散のスパイクがみられなかったと考えられる (図 3). 以上から、BaTi₂O₅ のイオン伝導は結晶中に存在する酸素空孔をキャリアとした酸素イオン伝導であると考えられる。

5. 自己組織化を利用した BaTi₂O₅-Ba₆Ti₁₇O₄₀ 共晶体の作製

強誘電体の誘電特性は結晶軸方向に強く依存し、配向度が高いほど誘電特性も優れるため、多結晶よりも単結晶の方が優れた特性を示す。しかしながら、単結晶の成長には炉内の温度勾配の精密制御が必要であり成長速度の高速化は難しい。そこで、著者らは、共晶反応を利用すると主相と分散相の界面エネルギーが最小になるように組織が自発的に形成する点に着目し、外部からの駆動力を必要とせずに BaTi₂O₅ を高速で配向できると考えた。Rase と Roy の状態図⁽⁸⁾ における BaO-0.69TiO₂ (モル比) の共晶組成の焼結棒を FZ 法により一方向熔融凝固すると、BaTi₂O₅-Ba₆Ti₁₇O₄₀ 共晶体が得られたので、本節ではその微細組織と結晶方位関係を説明する。

成長速度 16.7 $\mu\text{m s}^{-1}$ で作製した BaTi₂O₅-Ba₆Ti₁₇O₄₀ 共晶体の成長方向に垂直および平行な断面の後方散乱電子 (BSE) 像を図 5 (a) および (b)、図 5 (a) の BSE 像に対応する極点図形を図 5 (c) に示す。図 5 (a) および (b) 中の輝度の高い組織は母相の BaTi₂O₅、輝度の低い組織は分散相の Ba₆Ti₁₇O₄₀ である。母相 BaTi₂O₅ (図 5 (a)) と分散相 Ba₆Ti₁₇O₄₀ (図 5 (b)) には一方向に伸展したクラックが多数形成した。Ba₆Ti₁₇O₄₀ 分散相は多角形の自形を持ち (図 5 (a)), 結晶成長方向に棒状に成長した (図 5 (b)). 共晶組織中の面積比は BaTi₂O₅ : Ba₆Ti₁₇O₄₀ = 68.7 : 31.3 であり、その組成比は BaO-0.69TiO₂ であった。これは焼結原料棒の仕込み組成比と一致する。X 線回折図形より、BaTi₂O₅ は b 軸、

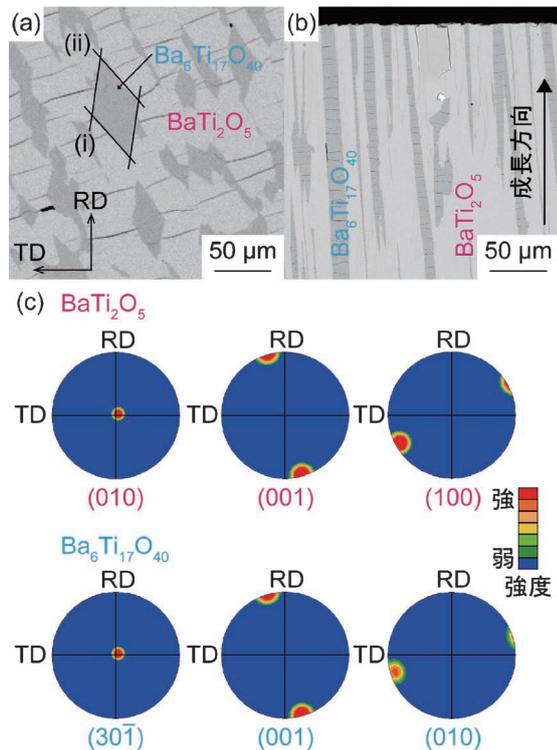


図5 BaTi₂O₅-Ba₆Ti₁₇O₄₀ 共晶体のBSE像と極点図形：(a)成長方向に対して垂直に切り出した断面のBSE像，(b)平行に切り出した断面のBSE像，(c)(a)に対応するBaTi₂O₅とBa₆Ti₁₇O₄₀の極点図形。(オンラインカラー)

Ba₆Ti₁₇O₄₀ はほぼ *a* 軸と平行方向に成長した。BaTi₂O₅ の *b* 軸は自発分極軸であり，第2節で紹介した単結晶も成長方向に *b* 軸が配向する。共晶反応を利用することで単結晶の成長速度 (2.8 μm s⁻¹) より数倍以上速い速度 (8.3–33.3 μm s⁻¹) でも BaTi₂O₅ の自発分極軸が成長方向に配向することが分かった。

極点図形より結晶方位関係は，BaTi₂O₅(010)//Ba₆Ti₁₇O₄₀(30 $\bar{1}$)およびBaTi₂O₅(001)//Ba₆Ti₁₇O₄₀(001)であった。この方位関係より，図5(a)中のBaTi₂O₅とBa₆Ti₁₇O₄₀のフェセット異相界面の結晶面をもとめると，(i)の界面はBaTi₂O₅($\bar{2}01$)//Ba₆Ti₁₇O₄₀(0 $\bar{4}3$)，(ii)の界面はBaTi₂O₅(100)//Ba₆Ti₁₇O₄₀(041)であった。(i)の界面におけるBaTi₂O₅とBa₆Ti₁₇O₄₀の原子の並びをBaTi₂O₅(001)に垂直方向から眺めた模式図を図6に示す。図中のBaTi₂O₅とBa₆Ti₁₇O₄₀にそれぞれ赤と青で示した線はそれぞれ(010)および(30 $\bar{1}$)であり，これらの面に垂直な方向(それぞれ*b*軸および*a*軸方向)は共晶体の成長方向と平行である。BaTi₂O₅の(010)とBa₆Ti₁₇O₄₀の(30 $\bar{1}$)の面間隔はそれぞれ0.394および0.329 nmであり，BaTi₂O₅の(010)の面間隔(*d*₀₁₀)の5倍(1.974 nm)はBa₆Ti₁₇O₄₀の(30 $\bar{1}$)の面間隔(*d*_{30 $\bar{1}$})の6倍(1.970 nm)にほぼ等しい。BaTi₂O₅の(010)とBa₆Ti₁₇O₄₀の(30 $\bar{1}$)の格子整合性が良い結果BaTi₂O₅(010)//Ba₆Ti₁₇O₄₀(30 $\bar{1}$)の関係を持ち共晶組織が形成したと考えられる。

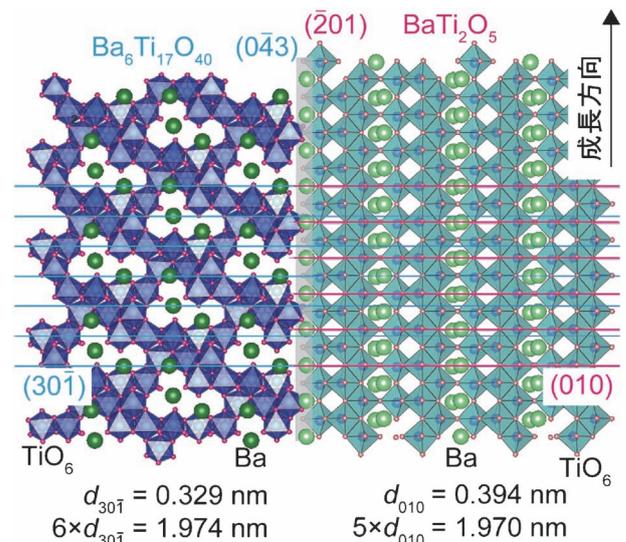


図6 BaTi₂O₅($\bar{2}01$)/Ba₆Ti₁₇O₄₀(0 $\bar{4}3$) フェセット異相界面における原子の並びの模式図。(オンラインカラー)

6. おわりに

本稿では，非鉛強誘電体 BaTi₂O₅ の大型単結晶と共晶体の作製および複素インピーダンス解析によるイオン伝導性の評価に関する研究を紹介した。大型単結晶が得られたことで BaTi₂O₅ の電気的特性の異方性を調べることが可能になりイオン伝導の発見につながった。共晶反応を利用した材料合成はバルク体だけではなく薄膜にも適用可能であるため，BaTi₂O₅ の誘電・圧電デバイス開発に応用できる可能性がある。高価数イオン置換は酸素空孔濃度を減少し，イオン伝導性の低下に有効であることを明らかにした。BaTi₂O₅ は高い漏れ電流により分極処理が難しいため圧電定数は実測されていない。高価数イオンで置換した BaTi₂O₅ 単結晶や共晶体は分極処理が容易であると考えられ圧電定数の測定が期待される。また，単結晶と共晶体の高品質化も興味深い研究課題である。劈開面に沿ったクラックの形成や不均一な共晶組織という問題があるため，熔融凝固時の欠陥発生や組織形成に及ぼす成長速度，温度勾配および酸素分圧などの成長条件の影響をその場観察⁽¹⁷⁾により解明したいと考えている。その場観察法による熔融凝固現象の解明は，BaTi₂O₅ の高品質化に関する技術的な指針だけでなく，酸化物強誘電体の物性制御の指針の構築にもつながる基礎的で重要な研究である。

本研究の遂行にあたり，東北大学金属材料研究所 後藤孝教授および同研究所 且井宏和特任准教授にご指導とご助言を賜りました。本研究の一部は，東北大学学際高等研究教育院の支援を受けて遂行されました。最後に，本稿を執筆する機会を与えて下さいました関係者各位に深く感謝申し上げます。

文 献

- (1) T. Akashi, H. Iwata and T. Goto: Mater. Trans., **44**(2003), 1644–1646.
- (2) H. Katsui, K. Shiga, R. Tu and T. Goto: J. Cryst. Growth, **384**(2013), 66–70.
- (3) H. Katsui, K. Shiga and T. Goto: Mater. Chem. Phys., **186**(2017), 75–80.
- (4) D. M. Smyth: Ferroelectrics, **151**(1994), 115–124.
- (5) K. Shiga, H. Katsui, H. Kakuda, K. Yoshikawa, J. Tsuneyoshi and T. Goto: Ceram. Int., **42**(2016), 17283–17289.
- (6) K. Shiga, H. Katsui, H. Kakuda, K. Yoshikawa, J. Tsuneyoshi and T. Goto: Ceram. Int., **43**(2017), 15375–15380.
- (7) K. Shiga, H. Katsui and T. Goto: J. Cryst. Growth, **459**(2017), 23–30.
- (8) D. E. Rase and R. Roy: J. Am. Ceram. Soc., **38**(1955), 102–113.
- (9) H. M. O'Bryan and J. Thomson: J. Am. Ceram. Soc., **57**(1974), 522–526.
- (10) N. Zhu and A. R. West: J. Am. Ceram. Soc., **93**(2010), 295–300.
- (11) J. T. S. Irvine, D. C. Sinclair and A. R. West: Adv. Mater., **2**(1990), 132–138.

- (12) D. Sinclair and A. West: Phys. Rev. B, **39**(1989), 13486–13492.
- (13) M. Takahashi, Y. Noguchi and M. Miyayama: Jpn. J. Appl. Phys., **41**(2002), 7053–7056.
- (14) M. Li, M. J. Pietrowski, R. A. De Souza, H. Zhang, I. M. Reaney, S. N. Cook, J. A. Kilner and D. C. Sinclair: Nat. Mater., **13**(2014), 31–35.
- (15) Y. Y. Yao, C. H. Song, P. Bao, D. Su, X. M. Lu, J. S. Zhu and Y. N. Wang: J. Appl. Phys., **95**(2004), 3126–3130.
- (16) M. Li, L. Li, J. Zang and D. C. Sinclair: Appl. Phys. Lett., **106**(2015), 102904.
- (17) K. Fujiwara, Y. Obinata, T. Ujihara, N. Usami, G. Sazaki and K. Nakajima: J. Cryst. Growth, **262**(2004), 124–129.



志賀敬次

★★

2017年3月 東北大学大学院工学研究科博士課程修了
2017年4月 現職
専門分野：結晶成長，無機材料・物性
◎その場観察法による半導体および酸化物の融液成長機構の解明に従事。

★★

高圧水素用高強度ステンレス鋼 HRX19[®]

中村 潤¹⁾ 浄徳佳奈²⁾ 大村朋彦³⁾
平田弘征⁴⁾ 小薄孝裕⁵⁾ 照沼正明⁶⁾

1. 緒 言

日本の将来的な二次エネルギーとして、電気、熱に加え水素が中心的役割を担うことが期待されており、水素社会の実現に向けた取り組みが加速している。2014年12月に燃料電池車の商用販売が開始され、燃料供給基地となる水素ステーションはこれまで首都圏を中心に約90基建設されている。東京オリンピックは水素の可能性を世界に発信する絶好の機会であり、今後建設が加速すると考えられる。

燃料電池車の普及による環境負荷軽減のためには水素ステーションなどの各種機器において高圧水素環境下で使用できる材料が必要とされている。また、これらの各種機器の安全性を確保するためには、水素の影響を考慮した強度設計や材料選定が必要であるが、高圧水素環境中の材料強度に関するデータは十分に得られていないのが現状である。現行の水素ステーションの高圧配管には SUS316 や SUS316L といった低強度ステンレス鋼が使用されているが、ガソリンスタンドと同様の充填時間を達成するためには、内径を大きくし、流路面積を拡大する必要がある。現行の低強度ステンレス鋼を用いた場合、機器の厚肉化は避けられず、機器の肉厚を抑えたまま、流路面積を確保するためには、高強度材の使用が必要不可欠であるといえる。

また、現行の水素ステーションでは、コーン&スレッド継手のような機械継手により配管を締結している。機械継手に

よる締結のため、水素ガスが漏えいしやすいことから信頼性は低く、メンテナンスコストが高くなる可能性がある。そのため、溶接による締結に対するニーズが極めて高い。

このような背景の下に当社で開発した HRX19 は、SUS316L の約1.6倍の引張強度を有しており、かつ高圧水素用材料に要求される耐水素脆化特性に優れている。さらに、溶接施工ができる材料である。本開発鋼は水素ステーションの高圧水素ライン用として2014年に初めて実用化に成功するとともに、世界で初めて周溶接にて施工した高圧水素ラインとして水素ステーション建設に寄与している。これまでに建設された水素ステーション向けに75トンの使用実績がある。本稿では、HRX19 成分設計指針、特徴および実用化状況について述べる。

2. 開発鋼の成分設計指針

本開発鋼の成分設計の最大の特徴は Ni, Cr, Mn, Mo を適正化することで耐水素脆化特性を確保した上で、0.3%の N を添加し更に Nb, V を添加することで引張強度を大幅に向上させた点である。本開発鋼は、熱処理を行い、N による固溶強化、Nb, V 炭窒化物の析出強化および細粒化により高強度化を図ったオーステナイト系ステンレス鋼である。一方、材料強度が高くなるほど、水素脆化特性は低下することが知られている⁽¹⁾。オーステナイト系ステンレス鋼の水素脆化特性は、オーステナイト安定度を表す指標の一つとして Ni 当量式 ($[Ni] + 0.65[Cr] + 0.98[Mo] + 1.05[Mn] + 0.35[Si] + 12.6[C]$) により整理することができる⁽²⁾。高圧ガス保安法では、 -45°C 以上の温度域で使用される材料に対して、Ni 当量が 28.5 mass% 以上であることが規定されている⁽³⁾。

図 1 に各種ステンレス鋼を対象に水素脆化特性に及ぼす Ni 当量の相関について示す。これより、Ni 当量が増加するとオーステナイト安定度が高く、ひずみ誘起マルテンサイト変態しなくなることから、水素脆性破壊を示さなくなることがわかる。しかし、高窒素ステンレス鋼では上記オーステナイト安定度で整理できず、塑性変形時の転位のプラナー化が局

* 新日鉄住金株式会社

技術開発本部鉄鋼研究所；

1) 水素・エネルギー材料研究部主幹研究員 2) 鋼管研究部主任研究員 3) 上席主幹研究員(リーディングリサーチャー)

4) 接合研究部部長

鋼管事業部尼崎製造所カスタマー技術部；

5) 主幹 6) シニアスタッフ

High Strength Stainless Steel HRX19[®] for High Pressure Gaseous Hydrogen; Jun Nakamura, Kana Jotoku, Tomohiko Omura, Hiroyuki Hirata, Takahiro Osuki, Masaaki Terunuma (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation)

2017年10月31日受理[doi:10.2320/materia.57.69]

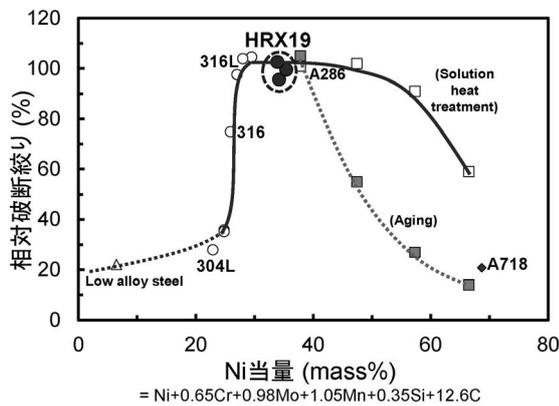


図1 水素脆化特性に及ぼす Ni 当量の影響.

在すべりを助長し、水素脆化特性が劣化する可能性があることが報告されている⁽⁴⁾。転位のプラナー化は積層欠陥エネルギーが低いほど起こりやすい。そこで、塑性変形時に転位がプラナー化しないように、Ni, Mo 添加量を調整した。しかし、これら元素は添加量を上げるほど、積層欠陥エネルギーは上昇するが、水素吸収後の引張試験時に転位がプラナー化しない最適な添加量を見出した。図2にHRX19水素吸収材の引張試験時の転位観察結果を示す。水素吸収したHRX19の転位構造はプラナー化していないことを確認した。さらに、耐水素脆化特性を向上させるために、Cr, Mnなどの他の合金元素を調整し、Ni当量を32.09[mass%]以上を実現した。表1にHRX19の化学成分を示す。

3. 開発鋼の特徴

(1) 水素脆化特性

高圧水素用の金属材料の耐水素脆化特性の評価には低ひずみ速度引張試験(Slow Strain Rate Test, SSRT)が用いられる⁽⁵⁾。SSRTでは板状あるいは丸棒の引張試験片を水素中および大気中(もしくは不活性ガス中)で低ひずみ速度で引張り、絞りや伸びの値を比較する。一般的に、大気中(不活性ガス中)の絞りの値に対する水素中の絞りの値の比を示す相対破断絞りが高いほど耐水素脆化特性に優れる。HRX19の評価には、最大100MPa高圧水素ガス中で-50℃から150℃においてひずみ速度 $3 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ で試験を実施した。

図3に高圧水素中におけるSSRTの結果を示す⁽⁶⁾。比較としてNi当量28.9%のSUS316Lの結果もあわせて示す。Ni当量が32%を超えるHRX19は、-50~150℃の広い範囲で相対破断絞りは90%を超える値を示しており、SUS316L

表1 HRX19の化学成分(mass%)。

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Nb	N	Ni 当量
0.005	0.2	4.3	12.0	21.5	1.5	0.15	0.15	0.25	≥ 32.09
-0.06	-1.0	-6.0	-13.5	-23.5	-3.0	-0.30	-0.30	-0.4	

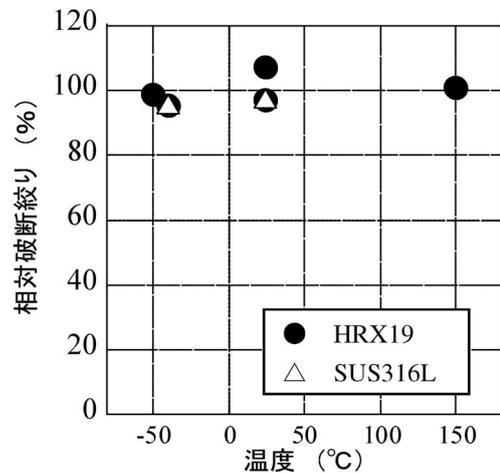
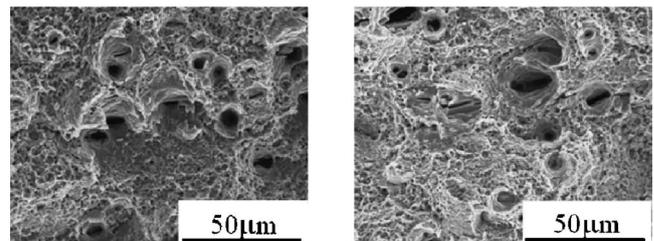


図3 HRX19の水素脆化特性⁽⁶⁾。



(a) -50℃, 100MPa 水素中 (b) -50℃, N₂ 中

図4 SSRT後破面観察結果例。

と同等以上の優れた水素脆化特性を有する。本試験条件で最も過酷な環境である-50℃, 100MPa水素中SSRT後の破面観察結果を図4に示す。水素中の破面には不活性ガス中と同様にディンプルが観察され、過酷な高圧水素環境下においても水素脆性破壊しないことが確認できる。この結果より、-50℃, 100MPa高圧水素環境下においても極めて優れた水素脆化特性を示すことがわかる。

(2) 溶接性

HRX19溶接継手は溶接時の脱Nを防ぐため、一般的に用

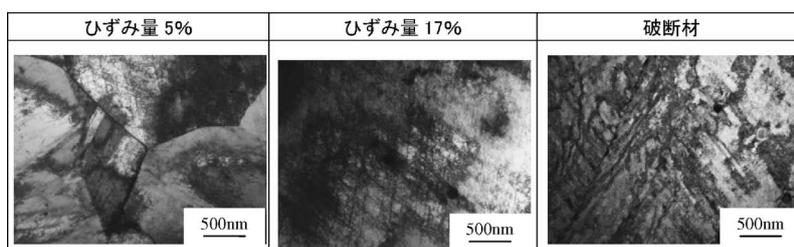


図2 HRX19水素吸収材の転位構造。

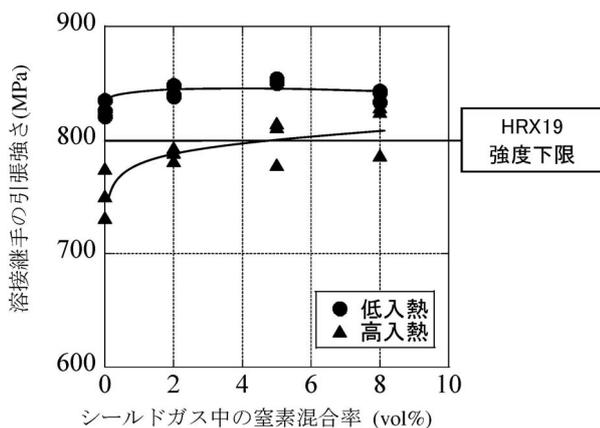


図5 HRX19 ノンフィラー溶接継手の引張強度特性.

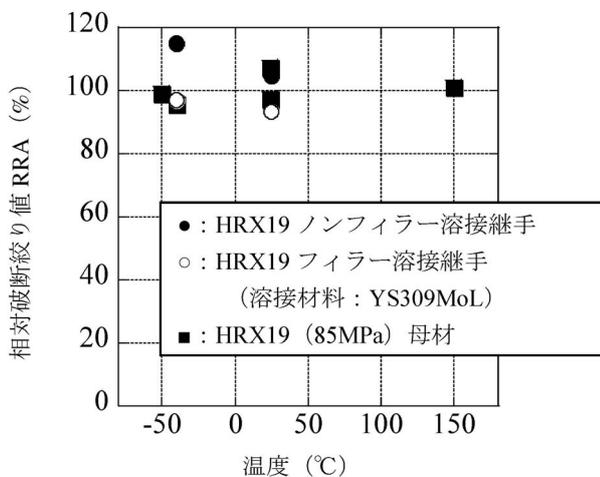


図6 HRX19 溶接継手の水素脆化特性.

いられる Ar シールドガスに N₂ ガスを混合し、溶接施工を行う必要がある。図5に HRX19 のノンフィラー溶接継手の引張試験結果の一例を示す。HRX19 溶接継手では、シールドガスへの窒素混合率と溶接入熱を管理することにより、母材同等の引張強度を確保可能である。溶接後熱処理を行わないことから溶接ままの状態で設計することが可能であり、工場内など限られた環境のみならず、現地施工も可能となり、広範囲に使用することが期待できる。図6に HRX19 溶接継手の水素脆化特性を示す。各試験温度において、HRX19 母材と同様に、水素脆化特性は極めて良好であることがわかる。

4. 実用化状況

本開発鋼はすでに実用化、量産されており、水素ステーションの高圧水素ラインに2014年より採用されている。2015



図7 水素ステーション適用例(東京ガス株式会社様ホームページより引用).

年より図7に示す高圧水素ラインに世界で初めて溶接施工を用いて適用された実績があり、溶接施工を用いた高圧水素部材など数多く採用されている。国内の水素インフラ分野において累計75トンの採用実績があり、水素社会基盤構築に向けて大きく寄与している。また、今後水素社会が到来する際は、CO₂削減など環境負荷低減に大きく寄与していくこととなる。

5. 対外発表および特許

本開発鋼にかかわる研究は、日本鉄鋼協会講演会⁽⁷⁾や高圧力技術協会セミナー⁽⁸⁾および ASME PVP⁽⁹⁾における発表をはじめ、国内外で多数発表がある。本開発鋼にかかわる特許は、特許第5131794号、特許第6004140号などが国内、海外で権利化されている。

文 献

- (1) 松山晋作：遅れ破壊，日刊工業新聞社，(1989)。
- (2) 平山俊成，小切間正彦：日本金属学会誌，**34**(1970)，826-829。
- (3) 山田敏弘，小林英男：高圧ガス，**49**(2012)，885-893。
- (4) H. Nakagawa: Proceedings of ASME PVP 2007, Paper No. 2007-26462, (2007)。
- (5) 大村朋彦，小林憲司，宮原光雄，工藤越夫：材料と環境，**55**(2006)，139-145。
- (6) 中村 潤，浄徳佳奈：ふえらむ，**21**(2016)，6-11。
- (7) 中村 潤，宮原光男，大村朋彦，仙波潤之，脇田昌幸：日本鉄鋼協会秋季講演大会，“水素エネルギー関連構造材料研究開発の新展開”，討73，(2012)。
- (8) 中村 潤：HPIセミナー“水素社会に向けた材料強度評価技術の新展開”，日本高圧力技術協会，(2017)。
- (9) J. Nakamura, T. Omura, Y. Tomio, H. Hirata, M. Terunuma, E. Dan and T. Osuki: Proceedings of ASME PVP 2013, Paper No. 2013-97365, (2013)。

マイルド浸炭用鋼 MSB20 の開発

大林 巧治¹⁾ 岡田 一晃²⁾ 笠井 大介³⁾
 安達 裕司⁴⁾ 佐藤 裕和⁵⁾ 杉浦 孝佳⁶⁾
 伊藤 誠司⁷⁾** 小澤 修司⁸⁾** 小山 達也⁹⁾**

1. はじめに

近年、CO₂ 排出量を低減するため、自動車産業では自動車の燃費向上が最重要課題となっている。燃費向上を実現するためには、自動車用部品の高強度化を図り小型軽量化する必要がある。歯車は自動車の動力伝達や変速に使用される部品の一つであり、JIS SCM420 を代表とする Cr や Mo を添加した合金鋼に浸炭焼入れして製造される場合が大半である。一方、合金元素の価格高騰や将来的な資源枯渇問題が急激に顕在化しており、新たなニーズとしてコスト変動が小さく供給不安の少ない省合金型の鋼材設計が強く望まれている。こうした省合金型鋼材を用い、かつ歯車の高強度化を同時実現するためには、従来の浸炭焼入れとは異なる新たな製造プロセスとそれに適した鋼材開発が必要である。

新たな製造プロセスとして、アイシン・エイ・ダブリュ株は、短時間で処理でき、省エネルギーかつクリーンな「高周波焼入れ」にこだわり、その弱点を補うべく「真空浸炭」を組合せた 2 ヒートの複合熱処理であるマイルド浸炭プロセス⁽¹⁾(以下、マイルド浸炭と称す。)を開発し、2006年より量産している。著者らは、マイルド浸炭の特徴を最大限発揮できるように、鋼材の成分最適化を図り、歯車の高強度化と鋼材成分の省合金化を可能とするマイルド浸炭用鋼 MSB20 を開発した。本報では、MSB20 について開発の考え方と諸特性を紹介する。

2. マイルド浸炭用鋼 MSB20 のコンセプト

(1) マイルド浸炭の特徴

本報の開発対象プロセスであるマイルド浸炭は、真空浸炭装置と高周波焼入れ装置から構成(図 1)され、加熱後に減圧下で浸炭し、次いで室温まで徐冷した後、高周波誘導加熱後に水焼入れを行う表面硬化処理プロセスであり、真空浸炭と高周波焼入れそれぞれの特徴を上手く活用している。

真空浸炭の特徴は、炭化水素ガスの分解反応により浸炭することであり、CO/CO₂ ガスの平衡反応で浸炭するガス浸炭とは異なり粒界酸化が抑制されることである。またガス浸炭では Si 濃度が高いと酸化被膜を形成し、浸炭されない⁽²⁾が、真空浸炭は浸炭中に酸化被膜を形成しないため、素材 Si 濃度を制約する必要がなく、Si 濃度の成分設計自由度が大きくなる。

高周波焼入れの特徴は、短時間加熱、焼入れのため結晶粒を微細化できることであり、例えばガス浸炭焼入れで用いられる Nb, Ti 等のマイクロアロイ元素添加による結晶粒粗大化抑制対策は必要ない。加えて高周波焼入れでは水を冷媒とすることができるため、ガス浸炭焼入れで一般的に採用される油冷却に比べ冷却速度が速い。この急速冷却の採用により、浸炭量は、ガス浸炭の表面炭素濃度 0.8% に対して、マイルド浸炭では 0.6% まで軽浸炭化が可能となり、鋼材の焼入れ性は必要最低限にすることができる。つまり焼入性向上元素の添加量を低減できる。

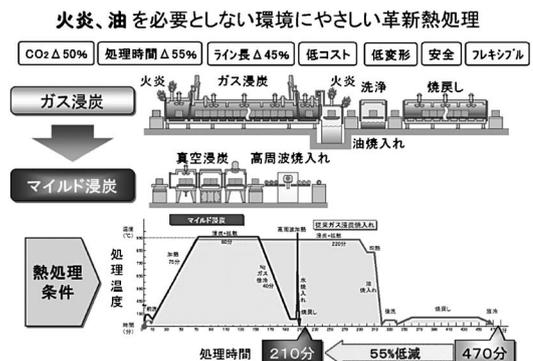


図 1 マイルド浸炭の構成.

* アイシン・エイ・ダブリュ株式会社；
 1) 執行役員 2) 主任研究員 3) GM
 ** 愛知製鋼株式会社；4) 主査 5) 一般 6) 一般
 *** 新日鐵住金株式会社；7) 室長 8) 主幹 9) 主任研究員
 Development of Gear Steel MSB20 for the Hybrid Process of Vacuum Carburizing with Induction Hardening; Koji Obayashi*, Kazuaki Okada*, Daisuke Kasai*, Yuji Adachi**, Hirokazu Sato*, Takayoshi Sugiura**, Seiji Ito***, Shuji Kozawa*** and Tatsuya Koyama***(*AISIN AW CO., LTD.. **Aichi Steel Corporation. ***NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION.)
 2017年10月31日受理[doi:10.2320/materia.57.72]

マイルド浸炭は、真空浸炭と高周波焼入れの特徴を上手く複合し活用した独創的なプロセスであり、またマイルド浸炭を活用することで従来の成分制約にとらわれない自由度の高い鋼材設計が可能となる。

(2) 歯車に求められる強度特性と鋼材成分の考え方

上述したマイルド浸炭の特徴を活かして歯車の歯面疲労強度と歯元疲労強度を共に向上可能な鋼材成分を検討した。

歯面疲労破壊の代表的な損傷であるピッチングは、駆動中に歯面同士の摩擦発熱により歯面温度が300°C程度まで上昇し、焼戻され硬さが低下することによって起きる破壊である。そのため、歯面疲労強度と300°C焼戻し硬さには良い相関関係が成り立つ⁽³⁾。300°C焼戻し硬さを高めるにはSiが有効であることが知られている⁽⁴⁾。マイルド浸炭は真空浸炭を行うため、酸化被膜形成による浸炭性の低下が生じないことから、従来の肌焼鋼に比べて素材Si濃度を高めた設計を行った。

歯元曲げ疲労破壊は、応力集中部となる歯元近傍で発生する破壊であり、表層硬さ、粒界強度、圧縮残留応力が支配因子である⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

歯元部の表層硬さは、焼入れてマルテンサイト組織が得られればC濃度で一義的に決まり、C濃度は浸炭工程で調整できる。従ってマルテンサイト組織を得るために必要な鋼材の焼入性を考慮した成分設計を行う必要がある。マイルド浸炭では、高周波誘導加熱後に水焼入れを行うため、ガス浸炭焼入れに比べて格段に速い冷却速度となり、必要な鋼材の焼入性もガス浸炭に比べて低減できる。従ってMn、Cr、Mo等の焼入性向上元素の添加量は必要最小限に留めた設計を行った。

粒界強度は、粒界での粗大 θ (セメントイト)の析出やPなどの脆化元素の偏析によって低下する。そのため粒界での θ 析出を抑制し、脆化元素の偏析を抑制できる成分設計を行う必要がある。真空浸炭では、黒鉛と平衡する相が γ (オーステナイト)と θ の二相となる場合に粒界に θ が析出しやすい⁽⁷⁾ことから、鋼材の成分によっては浸炭中の粒界 θ の析出を抑制できない。素材のCr濃度の低下やSi濃度の上昇により黒鉛と平衡する炭素濃度が低下し、鉄炭素系状態図の θ 相が存在する領域が小さくなる⁽⁸⁾ことが知られている。これらの知見に基づき、粒界での θ 析出を抑制するためSi、Crに着目し、熱力学的に γ と θ の二相領域が存在しない成分バランスを検討した。真空浸炭中の粒界 θ の析出を抑制可能なSi、Crバランスを検討し、開発鋼の成分をCr未添加(不純物レベル)、0.8%Siとした。脆化元素Pの粒界偏析対策としてはBを活用した。鋼中のBは、サイトコンペティション効果による粒界P濃度の低減による粒界強化と、B自体の粒界強化により疲労き裂の伝ばが遅延する効果⁽⁹⁾が期待できるからである。

(3) MSB20の化学成分

上記の考え方に基づき、疲労強度向上に加え、経済合理性の観点で、可能な限りレアメタルを低減する鋼材成分を検討し、MSB20を開発した。開発鋼MSB20とSCM420について

表1 化学成分[mass%].

Steel grade	C	Si	Mn	Cr	Mo	B
MSB20	0.20	0.80	0.80	未添加	未添加	添加
SCM420	0.20	0.24	0.80	1.12	0.16	未添加

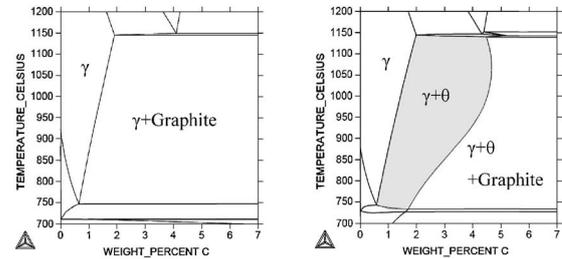


図2 MSB20とSCM420の鉄炭素系状態図。

て、表1に化学成分を、図2に熱力学平衡計算による鉄炭素系状態図を示す。

SCM420には、Agra.線の低炭素側に γ と θ の共存相が存在するため、真空浸炭中に粒界 θ を析出する可能性があるが、開発鋼MSB20には γ と θ の共存相が存在しないため粒界 θ の析出を抑制できる。

本開発鋼の特徴はSi、CrおよびBである。Siは焼戻し軟化抵抗向上の観点から高濃度を指向し0.8%Siとした。Crは真空浸炭時の粒界 θ 抑制の観点から未添加とした。更に脆化元素の粒界偏析抑制としてP濃度は可能な限り低下させ、且つ微量B添加による強化を図っている。

3. マイルド浸炭用鋼MSB20の性能

開発したMSB20の歯面疲労強度、曲げ疲労強度について、一般的にガス浸炭焼入れに用いられるSCM420と比較評価した。

ローラーピッチング試験結果を図3に示す。ローラーピッチング試験で発生した損傷は、全て歯面疲労を代表するピッチング損傷であった。歯面疲労強度を比較するとマイルド浸炭したMSB20の 10^7 回耐久面圧は3500MPaに対してガス浸炭焼入れしたSCM420は2800MPaと、マイルド浸炭し

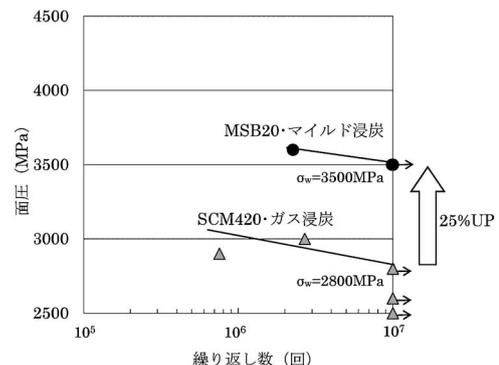


図3 ローラーピッチング試験結果。

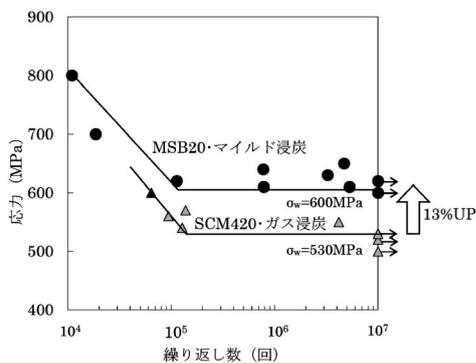


図4 小野式回転曲げ疲労試験結果.

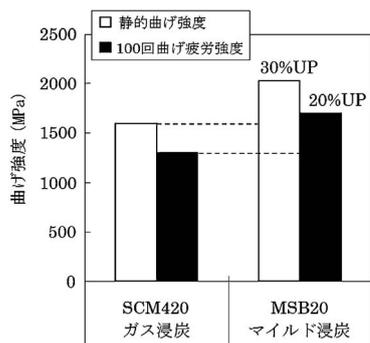


図5 静的曲げ強度および100回曲げ疲労強度結果.

たMSB20はガス浸炭焼入れしたSCM420に対して歯面疲労強度が25%向上した。

小野式回転曲げ試験の結果を図4に示す。マイルド浸炭したMSB20の 10^7 回耐久強度は600MPaであり、ガス浸炭焼入れしたSCM420に対し13%向上する。これは、不完全焼入れ層の抑制により表面近傍の硬さが高いこと、表面の圧縮残留応力が高いことが主要因で曲げ疲労強度が向上したものと考えられる。

静的曲げ強度および100回曲げ疲労強度を図5に示す。マイルド浸炭したMSB20の静的曲げ強度および100回曲げ疲労強度は2000MPa、1700MPaであり、ガス浸炭焼入れしたSCM420に対しそれぞれ30%、20%向上する。これは、Bの効果で粒界脆化を抑制し、粒界強度が向上したためと考えられる。

4. MSB20を使用した歯車部品の品質

MSB20のマイルド浸炭とSCM420のガス浸炭を行った量産中の歯車について、硬さ分布を図6に示す。ガス浸炭と同等以上の品質を有し、曲げ疲労強度向上により部品の小型、軽量化を達成した。表2にMSB20を使ったマイルド浸炭の効果のまとめを示す。疲労強度の向上に加えて、CO₂排出量の低減や工場の環境・安全面の改善、部品精度の向上も同時実現を達成できている。

5. マイルド浸炭用鋼MSB20の適用状況と今後

MSB20は、アイシン・エイ・ダブリュ株式会社、愛知製鋼株式会社、

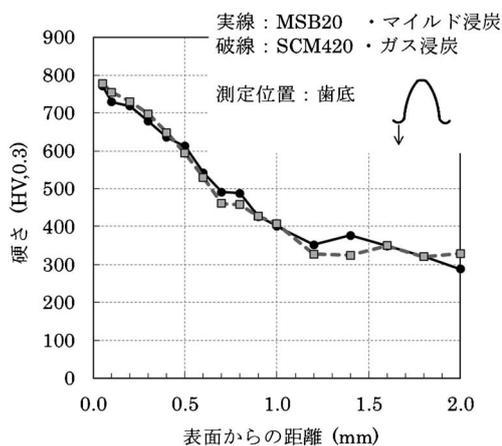


図6 歯車部品の硬さ分布.

表2 マイルド浸炭の効果.

熱処理	ガス浸炭	マイルド浸炭	効果
材料	SCM420	SCM420 MSB20	
歯面疲労強度	100%	113% 125%	25%改善
CO ₂ 排出量	900 ton/year	450 ton/year	50%低減
変形	100%	60%	40%低減
処理時間	470 min	210 min	55%低減
ライン長	47 m	26 m	45%低減
レアメタル	Cr, Mo	Cr, Mo フリー	100%低減
安全		炎, 油 フリー	100%低減

新日鐵住金㈱で共同開発した鋼材であり、本技術を適用した歯車部品は2013年1月よりアイシン・エイ・ダブリュ㈱で量産を開始している。2017年末の時点で、年間190 tonのレアメタル削減を達成した。仮に、日本で流通するSCM420材に、本技術を適用すると、年間7,800 ton(推定)ものレアメタル削減ができる試算になる。将来、サステナブル社会の実現に向けた技術として、様々な部品のものづくりに関わるエネルギー消費の抑制および省資源化を促す方策となるMSB20とマイルド浸炭技術の展開を進めていく。

6. 特 許

特許第5301728号、特許第5422045号が登録されている。

文 献

- (1) 岡田一晃, 大林巧治: 熱処理, **56**(2016), 11-15.
- (2) 小山達也, 久保田 学, 吉田 卓: 鉄と鋼, **101**(2015), 252-259.
- (3) 紅林 豊: 第188・189回西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会編, 東京, **83**(2006)
- (4) 茨木正雄, 奥村俊邦: 日本金属学会誌, **191**(1955), 223-226.
- (5) 越宗昌之, 松井勝幸, 高橋宏治, 中尾 航, 安藤 柱: ばね論文集, **54**(2009), 19-26.
- (6) 森田敏之, 松村康志, 梅本実: 電気製鋼, **79**(2008), 15-23.
- (7) 森田敏之, 井上幸一郎, 羽生田智紀: 電気製鋼, **77**(2006), 5-9.
- (8) 森田敏之, 松村康志: 電気製鋼, **81**(2010), 109-116.
- (9) 越智達朗, 間曾利治, 寺本真也, 久保田 学: ばね論文集, **57**(2012), 1-8.

優れた耐食性と導電性を両立する 無機高分子皮膜「eNano[®]コート」の開発

松崎 晃¹⁾ 松田 武士²⁾ 金子里江²⁾ 土本和明²⁾

1. はじめに

(1) デジタル化進展に伴う化成処理鋼板の課題

家電・OA 製品などの電機向けに用いられる鋼板には、美麗な外観や鉄の赤錆を抑制するために電気亜鉛めっきが施されている。さらに亜鉛めっきの白錆抑制を目的に、亜鉛めっき上に六価クロムによる化成処理を行ったクロメート皮膜が適用されてきた⁽¹⁾。しかし、RoHS 指令を代表とする製品環境規制を背景に、六価クロムを含有する製品の使用が禁止され、国内鉄鋼メーカー各社は世界に先駆けて六価クロムを使用しない化成処理を開発、電機用クロメートフリー化成処理鋼板として商品化し、2000年代前半までに置き換えが完了した⁽²⁾。

化成処理鋼板が多用される電子回路を有す家電・OA 製品は国別に漏洩電磁波レベルが規定され、適合認定を得た上で出荷可能となるが、IT 機器が誕生した2000年後半からのデジタル化や CPU 高周波数化の進展⁽³⁾と共に適合不適格となるケースが多発していた。これは電磁波漏洩対策として用いられる金属製シールドボックスの箱と蓋の電气的非接触部(隙間)から電磁波が漏洩するためであり⁽⁴⁾、対策として箱と蓋の間にニッケル製ガスケットを挟むなどが行われている。しかし、この対策はコストアップに繋がるため、鋼板側からの改善策、すなわち、電流通電部が多い化成処理鋼板が求められていた。

(2) eNano[®]コートのコンセプト

クロメート皮膜では六価クロムが自己補修性とバリア性による耐食性と亜鉛との密着性を発現していた。一方、従来クロメートフリー皮膜は、①亜鉛めっきと化成処理液中の酸成分の反応生成物である難溶性金属塩層によるめっきとの密着性や自己補修性、②めっき/化成処理皮膜界面に存在する難溶性金属塩層上部に存在する有機樹脂成分によるバリア性の

相乗効果を設計思想としていた⁽⁵⁾⁽⁶⁾(図1(a))。ところで、基板となる電気亜鉛めっき鋼板は六方晶に基づく凹凸を有し、その上層に形成される化成処理皮膜はその凹凸に起因して薄膜部と厚膜部が形成される。このうち、薄膜部が電流通電部となりシールドボックスの電磁波シールド性能を決定づける(図1(b))。しかし、従来クロメートフリー皮膜では、難溶性金属塩層形成のため亜鉛の溶解反応が必須となり、凹凸の平坦化によって薄膜部が減少するため、電流通電部を増やすためには膜厚を薄くする必要があるが、同時に耐食性が低下する。そのため、皮膜厚の適正化により耐食性と導電性の適度な両立を成し得ていたが、そのレベルには限界があった。

そこで筆者らは、従来クロメートフリー皮膜の設計指針を抜本的に見直すため、主に金や銀などを基板として耐食性や密着性を含む機能創製が行われている自己組織化単分子膜(SAM)を亜鉛上に形成させ、その耐食性発現機構を検討した。その結果を踏まえ、酸成分による亜鉛の溶解反応を用いることなく耐食性と密着性を有す無機高分子皮膜 eNano[®]コートを開発、従来相反性能とされていた耐食性と導電性(電磁波シールド性)を高度に両立することに成功した。eNano[®]コートを主成分として、① IT 機器向けに樹脂の添加などにより高機能化成処理鋼板、② 白物家電向けに潤滑剤の添加などにより多機能化成処理鋼板⁽⁷⁾を商品化した。また、従来クロメートフリー皮膜では実現不可能であった有機樹脂フリーでも優れた耐食性を発揮する利点を生かし、近年クロ



図1 従来クロメートフリー皮膜の断面構造。

* JFE スチール(株)スチール研究所
1)機能材料研究部；部長 2)表面処理研究部；主任研究員
Development of Inorganic Polymer Coating “eNano[®] Coat”
Satisfying High Corrosion Resistance and High Electrical Conductivity; Akira Matsuzaki*, Takeshi Matsuda*, Rie Kaneko* and Kazuaki Tsuchimoto*(*JFE Steel Corporation, Steel Research Laboratory)
2017年11月10日受理[doi:10.2320/materia.57.75]

メートフリー化が求められている③建材用化成処理鋼板にも展開し、商品化に成功した。いずれも eNano[®]コートの有す高バリア性発現成分であるシリケート化合物の脱水縮合反応を活用することで、従来クロメートフリー皮膜よりも形成温度の大幅な低温化を達成し、省エネルギー化による環境負荷の低減や当社商品設計並びに適用プロセスの拡大にも貢献している。

本稿では、eNano[®]コートの開発の考え方と品質性能及びそれを活用した商品開発と今後の展望について紹介する。

2. 相反する耐食性と導電性を満足する皮膜設計指針

(1) SAM 基礎研究に基づく新たな皮膜設計指針

亜鉛の溶解反応を使うことなく、密着性、自己補修性及びバリア性を実現する皮膜設計指針を新たに構築するため、SAMの耐食機構を検討することとし、代表的なチオール化合物を用いた。チオール基が亜鉛と共有結合することをXPSで確認した上で、1分子中のチオール基数と耐食性の関係を調査した。その結果、単官能チオールに比べ三官能チオールの耐食性が顕著に向上することがわかり(表1)、亜鉛めっき表面との共有結合と多官能化合物の三次元架橋構造により密着性とバリア性が発現し、耐食性向上に極めて有効である知見を得た⁽⁸⁾。

次に、自己補修性を得るための基礎研究として、各種防錆剤を添加した樹脂皮膜の加工部及びカット部の耐食性を調査した。その結果、リン酸亜鉛とケイ酸カルシウムの複合添加により、下地金属の腐食反応をトリガーとして保護皮膜を形成する自己補修効果が確認された⁽⁹⁾。

(2) eNano[®]コートの開発

これらの知見をもとに、密着性付与のために亜鉛めっきと共有結合し、バリア性に寄与する緻密な三次元架橋構造を得るため、独自のシリケート化合物とナノシリカの複合化を行った。このシリケート化合物は亜鉛めっき表面の水酸基との脱水縮合反応によって共有結合し、同時にナノシリカとの三次元架橋反応も進行するため、低温乾燥でも優れた密着性と

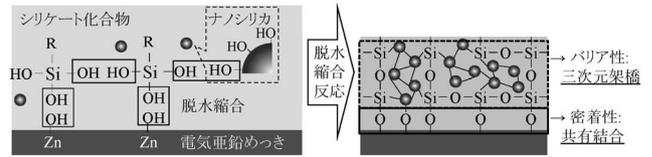


図2 脱水縮合反応を活用した密着性、バリア性付与。

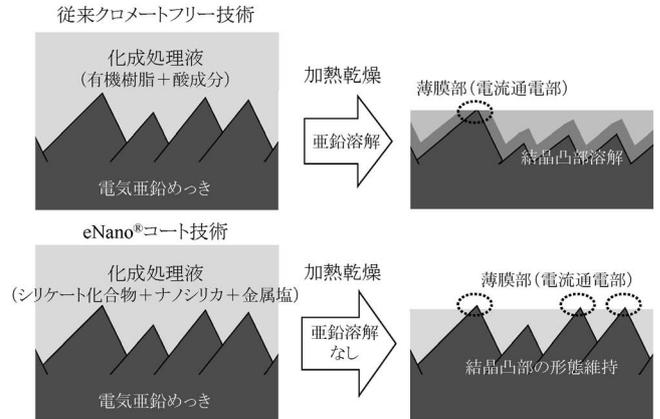


図3 eNano[®]コートの導電性発現メカニズム。

バリア性を発現出来る(図2)。

さらに、腐食反応をトリガーとして自己補修性を発現する金属塩⁽¹⁰⁾を複合化することで薄膜部での耐食性を確保させ、無機高分子皮膜 eNano[®]コートを開発した。eNano[®]コートは化成処理液中に酸成分を含まないため、亜鉛めっき結晶凸部の形態維持が可能となり、成膜後も多くの薄膜部が形成され、優れた導電性も実現した(図3)。

3. eNano[®]コートの品質性能

表2に eNano[®]コートと従来クロメートフリー皮膜の同一膜厚における表面 SEM 像、導電性及び耐食性試験の結果を示す。四探針法による従来皮膜の導通率は30%であるのに対し eNano[®]コートは100%であり、それぞれの表面 SEM 像を比較すると、eNano[®]コートの亜鉛めっき結晶凸部(電流通電部)がより多く存在していた。また、従来皮膜の塩水噴霧試験ではカット部から白錆が発生しているのに対し、eNano[®]コートはカット部においても白錆が発生せず、優れた耐食性を有していた。

さらに eNano[®]コートは、脱水縮合反応で亜鉛めっきとの共有結合及び三次元架橋反応が進行するため、乾燥温度が100℃以下でも優れた耐食性を発揮する(図4)。このため、eNano[®]コートを皮膜主成分として用いる事により、従来皮膜では困難であった低温乾燥化も可能となり、省エネルギー化による環境負荷の低減も可能となった。

4. eNano[®]コートを活用した商品開発と今後の展望

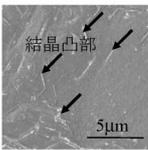
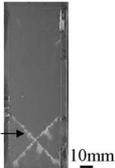
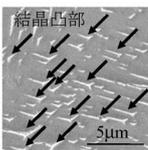
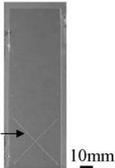
(1) 高機能化成処理鋼板「エコフロンティアTMJN2」の開発

表面自由エネルギーを低減する有機樹脂を eNano[®]コート

皮膜成分	皮膜構造	耐食性*
単官能チオール		
三官能チオール		

※: 塩水噴霧試験24時間後の外観写真

表2 eNano[®]コートの表面形態と品質性能.

表面SEM像 (加速電圧 0.5kV)	品質性能	
	導電性 ^{※1} (導通率)	耐食性 ^{※2}
 従来クロメートフリー皮膜 電流通電部:少	△ (30%)	 カット部 ○(カット部白錆)
 eNano [®] コート 電流通電部:多	○ (100%)	 カット部 ◎(白錆なし)

※1:四探針プローブ法(JIS K 7194)を用い導通率=EG同等(10⁻⁴Ω以下)となる割合で評価(端子荷重:300g)
 ※2:サンプル下部にクロスカット実施後、塩水噴霧試験48時間後の外観写真

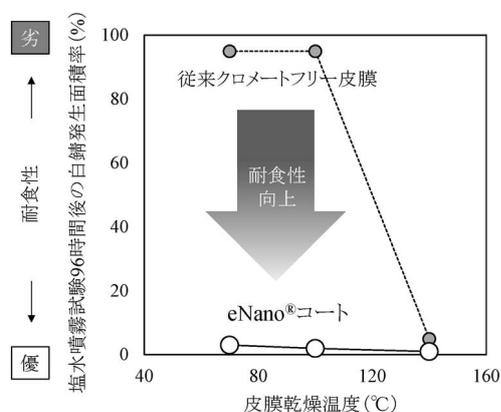


図4 皮膜乾燥温度と耐食性の関係.

に複合化することで、耐指紋性も付与した「エコフロンティア[™]JN2」を商品化し、耐食性と導電性を高度に両立する化成処理鋼板として、主にIT機器をはじめAV・OA機器に採用されている。エコフロンティア[™]JN2の耐食性と導電性のバランスは競合材よりも格段に優れており、家電メーカーでは金属ガスケットなどの導電性材料の削減、当社では低温成膜による高速生産も実現して、高評価を得て順調に生産を伸ばしている。

(2) 多機能化成処理鋼板「エコフロンティア[™]JX」の開発

eNano[®]コートを主成分として、形状保持型潤滑剤と特殊エポキシ樹脂を複合化した「エコフロンティア[™]JX」を商品化した⁽⁷⁾。形状保持型潤滑剤は成膜後も球体形状を維持して化成皮膜表面から突出するため、プレス金型との接触を軽減して優れた潤滑性を実現し、無塗油成形(プレス油フリー化)に貢献した(図5)。従来は高耐食化成、高潤滑化成、粉体塗装用化成など複数の少量製造品種が存在していたが、エコフロンティア[™]JXは全ての性能を兼ね備えているため、品種集約にも成功した。業界誌にて『使ってみたい材料30』に選出される⁽¹¹⁾など注目を集めている。

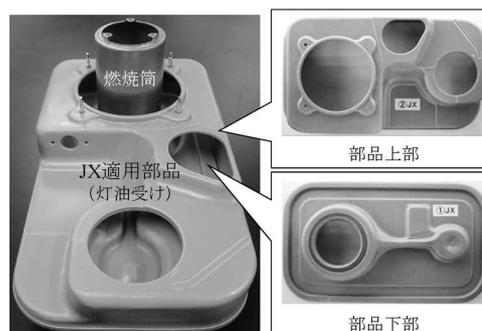


図5 エコフロンティア[™]JX適用例(石油ファンヒーター部品).

(3) 建材用化成処理鋼板「エコフロンティア[™]JB」の開発

建材分野においても、国土交通省発行の公共建築工事仕様書へ「クロメートフリー」の文言が追記されるなど、クロメートフリー化の要望が高まっている。現在はクロメートを主成分とする皮膜が用いられているが、有機樹脂を含有する従来のクロメートフリー皮膜を用いると耐候性が劣化する課題がある。eNano[®]コートが有する有機樹脂フリー化を活用し、「エコフロンティア[™]JB」を商品化し、クロメート皮膜同等以上の耐候性及び加工後耐食性を達成した。優れた性能が評価され、既に一部の建材部品に採用されており、今後もクロメート材から切り替え予定である。

以上のように、eNano[®]コートは電機用途から建材用途まで幅広い商品に適用されており、現在合計で年間5万トンを超える製造を行っており、今後ますますの適用拡大が期待される。

5. 特許、学協会報告

本稿で紹介したeNano[®]コート及びそれを活用した商品に関連する特許は、第5663915号を始め計6件取得済みであり、2件公開中である。また、国内外の学会でも5件の報告(うち2件は国際会議での招待講演⁽¹²⁾と基調講演⁽¹⁰⁾)を行っている。

文 献

- (1) 前田重義: 塗装工学, **42**(2007), 187.
- (2) 森下敦司, 高橋 彰, 仲澤真人, 林 公隆, 伊藤輝明, 金井洋: 新日鉄技報, **377**(2002), 28.
- (3) 総務省「平成26年版情報通信白書」.
- (4) 渡辺裕一, 仁田周一: 信学技報, **107**(2007), 7.
- (5) H. Noro, K. Okai, A. Matsuzaki and N. Yoshimi: Proc. 7th. Int. Conf. on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet, (2007), 757.
- (6) 迫 良輔, 酒井潤一: 材料と環境, **63**(2014), 17.
- (7) 松田武士, 松崎 晃, 杉本芳春: JFE 技報, **30**(2012), 43.
- (8) 松崎 晃, 名越正泰, 原 信義: 鉄と鋼, **95**(2009), 557.
- (9) 松崎 晃, 名越正泰, 野呂寿人, 山下正明, 原 信義: 日本金属学会誌, **73**(2009), 862.
- (10) T. Matsuda, A. Matsuzaki, K. Tsuchimoto and Y. Sugimoto: Proc. 9th. Int. Conf. on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet, (2013), 583.
- (11) 日経BP社: 日経ものづくり, **2**(2012), 44.
- (12) A. Matsuzaki, T. Matsuda, R. Kaneko and K. Tsuchimoto: Proc. 11th. Int. Conf. on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet, (2017), 349.

技術士(金属部門)受験のすすめ

公益社団法人日本技術士会 中国本部
広報委員会 委員技術士(金属部門)

川本 明人

1. はじめに

まてりあの読者の皆様、国家資格「技術士」をご存知でしょうか。技術士は博士号に比べて社会的認知が低く、どのような資格なのかと疑問に思われる方々が多いのではないのでしょうか。私が技術士を知ったのは50歳の頃で、受験勉強を通してその活動内容を知りました。日本は欧米のような技術専門職(Professional Engineer)の資格社会ではなく、理工系高等教育機関を修了すれば技術者として認知される社会です。しかし、近年国際社会で活躍するには技術専門職の公的資格の保有が必要条件になりつつあり、国際的な技術者資格の一つとして技術士があります。

本稿では技術士試験制度の概要及び技術士試験の勉強法について紹介します。

2. 技術士試験制度の概要⁽¹⁾

技術士とは「登録を受け、技術士の名称を用いて、科学技術に関する高等の専門的应用能力を必要とする事項についての計画、研究、設計、分析、試験、評価またはこれらに関する指導の業務を行う者(技術士法第2条)」と定義され、国家(文部科学省管轄)が技術専門職として保証した社会的に信用の高い資格(名称独占資格)と言えます。

表1に技術士試験制度の概要を示します。技術士試験は技術士として相応しい資質能力を評価・認定する試験です。受験資格に年齢、学歴、業務経験などの制限はありませんが、大学エンジニアリング課程修了者が望ましいです。JABEE(日本技術者教育認定機構)課程修了者は第一次試験が免除されます(技術士法第31条)。

第一次試験は科学技術全般にわたる基礎知識や技術士法第4章(技術士等の義務)の遵守に関する適性、技術部門に係る基礎知識及び専門知識について試されます。第一次試験合格者は修習技術者となり、科学技術に関する業務に所定期間(通常7年を超える期間)従事すると第二次試験の受験資格が得られます(技術士法第6条)。第二次試験は筆記試験及び口頭試験からなります。筆記試験では専門的学識及び専門的应用能力(論理的考察力、問題解決力など)が試され、面接試験では技術士として相応しい業務経験及び技術士としての適格性が試されます。第二次試験合格者は技術士となる資格を有し、指定登録機関(公益社団法人日本技術士会)に登録申請し登録手続きが完了すると技術士となります。現在、文部科学省の技術士分工会・制度検討特別委員会では技術士受験制度の見直しを審議しており、平成31年度から二次試験内容が変更される予定です。詳細は受験申込み時に試験内容を公益社団法人日本技術士会のホームページ⁽¹⁾で確認して下さい。

表1 技術士試験制度の概要。

試験	科目	問題の種類	合否基準
第一次試験 (択一式)	基礎科目	科学技術全般にわたる基礎知識を問う問題	全科目50%以上の得点
	適性科目	技術士法第四章(技術士等の義務)の規定の遵守に関する適性を問う問題	
	専門科目	技術部門に係る基礎知識および専門知識を問う問題	
第二次試験 (筆記試験)	必須科目	技術部門全般にわたる専門知識を問う問題	全科目60点以上の得点
	選択科目	選択科目に関する専門知識、应用能力および課題解決能力を問う問題	
第二次試験 (口頭試験)	—	技術部門に関する経歴内容および应用能力を問う問題、技術士としての適格性および一般知識(技術者倫理、技術士制度の認識その他)を問う問題	問題事項別60点以上の得点

3. 技術士試験の勉強法

技術士資格取得には準備と努力が必要です。最短合格の早道は良い受験参考書⁽²⁾、積極的な情報収集及び受験指導実績のある技術士の受験指導を受けることです。資格取得は長丁場(最短2年)であるため、受験勉強のモチベーション維持が決め手となります。独学よりも受験者コミュニティの仲間と情報交換や技術論文の相互添削などの共学がよいと思います。おすすめの技術士受験を応援するコミュニティがSUKIYAKI塾です。毎年、有料個人受験指導講座や全国各地で受験セミナーを開催していますので詳細はホームページ⁽³⁾で確認して下さい。また、日本技術士会の地域本部や県支部がある所にお住まいの読者であれば、直接訪問し受験支援に関する相談をされるのもよいかと思えます。なお、受験初心者は技術士法と技術者倫理の科目が弱点と思われるので受験参考書及び過去問で理解を深めて下さい。

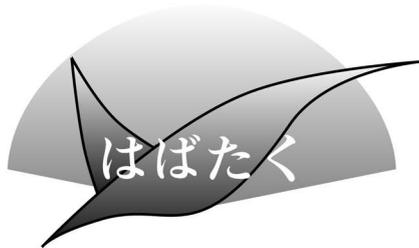
4. 結 言

技術士(金属部門)取得への挑戦(受験)を思い立った読者はさっそく準備を始めてみてはいかがでしょうか。受験経験として技術士活動を通して、技術専門職の資質能力の向上が図れるとともに、異部門・異業種の技術士仲間との人脈を築くことができます。将来、技術士コミュニティの仲間となり活躍されることを期待します。

末筆ながら、技術士受験に関する記事の執筆の機会をご提供頂きました日本金属学会関係者の皆様に感謝致します。

文 献

- (1) 公益社団法人日本技術士会：<https://www.engineer.or.jp/>
- (2) 例えば、高橋政治、佐藤智幸、上野英生、佐藤彰洋、小柳柳央、村山 肇、藤田善宏、佐野照晃：技術士試験「金属部門」受験必修テキスト 第2版、日刊工業新聞社、(2014)。
- (3) 技術士受験を応援するページ SUKIYAKI 塾：<http://www.pejp.net/pe/>
(2017年12月7日受理)[doi:10.2320/materia.57.78]
(連絡先：広島市中区鉄砲町 1-20)



これまでの研究を振り返って

東京工業大学科学技術創成研究院
フロンティア材料研究所
(兼) 未来産業技術研究所；助教
篠原百合

私は2006年に東京工業大学に入学し、2015年3月に東京工業大学 大学院総合理工学研究科 物質科学創造専攻で細田秀樹教授の下、博士(工学)の学位を取得しました。同年4月より東京工業大学 精密工学研究所(現 未来産業技術研究所、2016年4月よりフロンティア材料研究所と兼任)の助教として研究に取り組んでいます。まだまだ振り返るほどの経験もなく余裕のない毎日を過ごしていますが、このたび「はばたく」に寄稿の機会をいただきましたことで、「研究」に焦点をあてて自身のこれまでの振り返るよい機会とさせていただきますと思います。

学部学生として研究室に所属してから、学位を取得するまで、私は生体用形状記憶合金の研究開発を一貫して行っていました。形状記憶合金の中でも超弾性を発現する合金は、加熱をせずとも除荷のみで形状が回復します。現在、生体用に実用化されているNi-Ti合金は、ステントやカテーテル、歯列矯正用ワイヤーなどに使用されていますが、Niが含まれているため金属アレルギーを引き起こすことが懸念されています。代替材料として β 型Ti基形状記憶合金などが開発されていますが、形状回復可能な歪み量がNi-Ti合金よりも小さい、変形中に塑性歪みが導入されやすいなどの問題点があります。

私が形状記憶合金と初めて接したのは、細田研究室(現細田・稲呂研究室)に研究室見学で訪れたときです。形状記憶合金のデモンストレーションの際に、形状回復がマルテンサイト変態→逆変態に起因するという説明を受けました。一見魔法のような特性が、授業で学んだ知識と結びつくことに感動し、細田研究室への所属を希望いたしました。

学部4年生で研究室配属後に与えられたテーマは、Ti-Au-Cr-Zr生体用形状記憶合金に関する研究でした。 β 型Ti-Au-Cr合金は従来の β 型Ti基形状記憶合金よりも大きな変態歪みを有し、Ni-Ti合金に匹敵する形状回復歪みを得られる可能性があります。しかし、形状回復が起こる逆変態温度が室温以上であるため、超弾性が発現しないという問題点がありました。そこで、生体材料に使用実績のあるZrを

添加することで逆変態温度を調整することを試みました。合金組成に1 mol%の差があるだけで特性が劇的に変化すること、形状記憶特性は逆変態温度、すべり臨界応力など多様な因子により決定されていることが興味深く、日々合金作製と評価にのめり込み、超弾性の発現する組成を発見するに至りました。

修士課程では発見した最適組成のTi-Au-Cr-Zr合金で超弾性特性を最大限に引き出すための熱処理方法の開発を行いました。これまで β 型Ti基形状記憶合金では時効により析出する α 相や ω 相を強化相として利用し、塑性変形を抑制していましたが、本合金の構成元素であるAu, CrはTi, Zrに対して共析反応を有するため、 α 相や ω 相以外の析出物による強化も期待できると考えました。研究の結果、時効によりTi₃Au, Laves相といった析出物が形成し超弾性特性が向上することを発見しました。

修士2年生に進級するまで、私は進路について博士課程進学と企業への就職のどちらにするか決めあぐねていました。研究を続けたいという希望はありましたが、進学後の就職先など様々な不安があり、直前まで進学に二の足を踏んでいました。そこで、指導教員であった細田秀樹先生に相談したところ、日本学術振興会特別研究員制度を紹介していただき、博士課程の卒業生の進学先についても具体的な例を教えてください不安が解消したことから、進学を決心いたしました。

博士課程では、本合金で形成された析出物についてより詳しく研究を行いました。また、博士課程に進学するにあたり内部組織観察の重要性を痛感し、透過型電子顕微鏡観察の練習を始めました。先生に質問を繰り返し、講習会に出席しつつ操作方法を身につけていきましたが、非常に複雑な装置で、頻繁に観察をストップさせてしまいました。しかし、今となっては自分でトラブルを解決する機会をいただけたことに深く感謝しております。研究の結果、Ti₃Au, Laves相の析出形態のみならず、本合金の超弾性は従来の合金の約3倍の温度領域で発現すること、冷却のみではマルテンサイト変態が起こらないこと、マルテンサイト変態応力の温度依存性が通常の形状記憶合金と異なることを見出しました。

現在私は、指導教員・副指導教員であった細田秀樹先生・稲呂朋也先生の研究室で形状記憶合金や、インプラント材に適した生体用低ヤング率Ti合金の開発を行っています。

また、教員側の立場で研究テーマの選定や研究時間の確保などを経験し、学生のときには気がつかなかった新たな発見をする毎日です。学生のときは用意されていて当然だと思っていた環境が、いかに入念に準備されたものであるかを痛感しています。最後になりましたが、私を育てていただき研究者として迎え入れて下さった細田秀樹教授、稲呂朋也准教授、研究室でお世話になっている、田原正樹助教、海瀬晃助教に深く御礼申し上げます。

(2017年12月1日受理)[doi:10.2320/materia.57.79]
(連絡先：〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259(R2-27))



高融点・高活性金属の合金試作事業

株式会社大阪アサヒメタル工場 北島 洋
大阪アサヒ商事株式会社

株式会社大阪アサヒメタル工場は、大正7年(1918年)に創業し、まもなく100周年を迎えるメーカーです。ホワイトメタル滑り軸受を主力製品とし、高純度金属、銅母合金、低融点合金(Uアロイ)を製造しています。この大阪アサヒメタル工場を母体として、大阪アサヒ商事㈱、アサヒメタル商事㈱、㈱アサヒメタル分析センターの4社とともにアサヒメタル・グループを組織しています。大阪アサヒ商事㈱、アサヒメタル商事㈱は、大阪と東京にそれぞれ拠点を置き、工場製品の販売を含め、レアメタルと電子・半導体材料をコアとして、国内外の企業、学校、研究機関に対して金属材料を提供しております。㈱アサヒメタル分析センターでは、ICP(誘導結合プラズマ発光)による既存の組成・不純物分析に加え、本年6月に作業環境測定分析機器をリニューアルし、作業環境測定士を増員し労働安全衛生法で定められる項目の分析を提供しています。

この度は金属学会報に記事を掲載する機会をいただきましたので、学会員の皆様にとって関連が深いと思われる、アサヒメタル・グループを挙げた新たな取り組みである、“合金

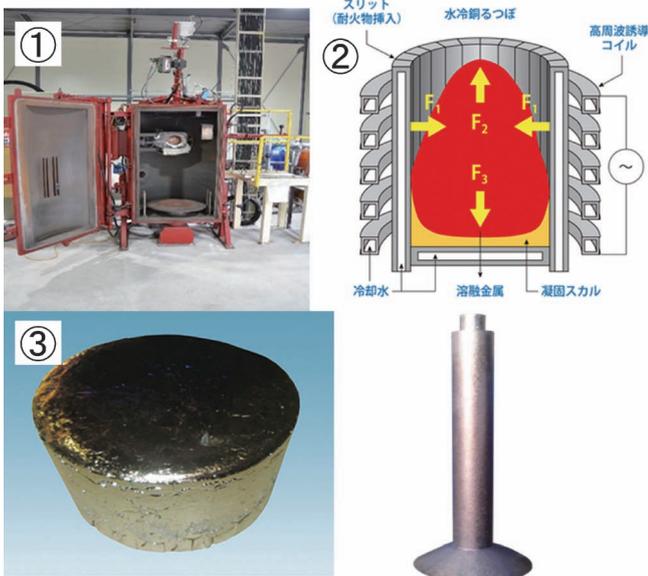


図1 ISM 炉の①外観，②溶解模式図，および③製品例(左) 125φ×110 L インゴット，(右)3D プリンタ粉末製造用50 φ×500 L 铸造棒材。

表1 ISM 炉の特徴。

- | | |
|---|---|
| ① | 高融点活性金属を溶解することができ、水冷銅るつぼとの接触面に凝固スカルを形成するため、るつぼからの汚染がほとんどない。 |
| ② | 高周波の電磁波により溶湯に大きな攪拌効果が得られる。 |
| ③ | 溶解から連続した重力铸造、遠心铸造が可能であり、鋳型の材質、製品形状の自由度が大きい。 |

試作事業”とその一例について紹介します。

合金試作事業では、保有するISM炉(Induction Skull Melting Furnace)、プラズマアーク溶解炉、大気焼成炉(1300℃まで加熱可能)を用いて、航空機、医療、電子・半導体産業など幅広い分野の研究者の皆様からの、広範に渡る材料種や規模でのご要望にお答えした合金溶解を実施しています。ISM炉とプラズマアーク炉の概要と特徴をそれぞれ図1と表1、図2と表2に示します。

ISM炉ではチタンなど活性な金属にも対応し、不純物混入のほとんどないクリーンな溶解が可能であることから、東京医科歯科大学を中心とした新たな医療用金属材料開発への取り組み(戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ))のうち、ジルコニウム-モリブデン合金のインゴット溶製や、金属3Dプリンタ用の合金粉末製造プロセスに供する棒材の铸造に携わっています。成分元素の融点や密度の差異が大きな難易度の高いこの合金の溶解においては、国内に引受先が少ないこともあり、実際の溶解の作業への立ち会い、原材料の装填や溶解手順など細かな要求にも対応可能なことから、研究者の皆様より重宝するとの評価をいただいています。

このように、我々はチタン系、ジルコニウム系合金等、高融点・高活性金属の溶解を得意としていますが、レアメタル、レアアース添加合金も実績を積み重ねています。加えて、3Dプリンタ粉末製造用電極棒の製造等、溶解実績のある元素は40種類をこえ、場合によっては1案件で50種類~100種類もの組成の異なる合金試作の依頼にも対応しています。更に、合金試作事業の拡大の一環として、3kgと75kgの真空誘導炉(VIF)2基を導入し、本格稼働を予定しています。

“金属を溶解する”ことは、一見、単純で簡単なように思えてしまう作業ですが、金属の種類、組み合わせ、溶解の規模、不純物の許容度、溶解後の形状など、条件によってその様子は全く違ったものになります。アサヒメタル・グループでは、豊富な金属材料の溶解の経験から培ったノウハウや幅広いネットワークを活用して、研究・開発段階から製品化までを結びつける橋渡しとなるような取り組みにも挑戦しております。少量多品種の合金試作、取り扱いの難しい高融点・高活性金属での合金試作を取り扱う会員の皆様のお力になることができれば幸いです。

(2017年12月21日受理)[doi:10.2320/materia.57.80]

(連絡先: 〒531-0072 大阪市北区豊崎 5-6-2)



図2 プラズマアーク溶解炉の①外観，②水冷銅ハース，および③製品例(20φ ボタン形状)。

表2 プラズマアーク溶解炉の特徴。

- | | |
|---|-----------------------------|
| ① | ISM炉と同じく高融点、高活性金属の溶解ができる。 |
| ② | 極小ロット(数十g~数百g)での合金試作ができる。 |
| ③ | 水冷銅ハースの形状を変えることで各種形状に対応できる。 |

本 会 記 事

会 告	2018年春期講演大会ご案内と参加申込みについて	81
	2018年春期講演大会併催企業説明会への学生参加者の募集	82
	日本金属学会・日本鉄鋼協会講演大会相互聴講のお知らせ	83
	2018年春期講演大会期間中の託児室設置のお知らせ	83
	第5回ランチョンセミナー開催のお知らせ	83
	第10回男女共同参画ランチョンミーティング開催のお知らせ	83
	2018年秋期講演大会開催予告	84
	2018年秋期講演大会公募シンポジウムテーマ提案募集	84
	学術貢献賞・功労賞・奨励賞・村上奨励賞・論文賞・ まてりあ賞候補者推薦(自薦)依頼	84
	欧文誌編集委員会からのお知らせ	85
	研究集会	86
	分科会活動：第3分科討論会開催	87
	金属学会シンポジウム・金属学会セミナー	87
	金属学会セミナー開催報告	93
支部行事	新入会員	92
掲示板	次号予告	92
会誌・欧文誌2号目次	行事カレンダー	94

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。
- ・掲示板や行事のご案内は、ホームページにも掲載しております。

会 告 (ホームページもご参照下さい)

2018年春期(第162回)講演大会ご案内ならびに参加申込みについて

共 催：千葉工業大学
 会 期：2018年3月19日(月)～3月21日(水・祝日)
 会 場：千葉工業大学新習志野キャンパス(〒275-0023 習志野市芝園2-1-1)
 懇親会：2018年3月19日(月)18:00～20:00
 懇親会会場：千葉工業大学新習志野キャンパス 食堂棟2階

大会参加予約申込締切：2018年2月10日(土) 参加申込みは、すべてインターネット申込となります。

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(金)～2018年2月10日(土)17:00

大会参加申込み URL <http://www.jim.or.jp/convention/2018spring/>

予約申込締切後、予約申込者へ大会参加証引換券、講演概要集DVDを送付します。懇親会の参加申込者には、懇親会参加券も併せてお送りします。なお、領収書は、決済完了後に申込画面から各自印刷して下さい(WEB画面：講演大会 MyPage よりダウンロード)。2月11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・懇親会の消費税抜については、ホームページ(一覧表PDF)をご参照下さい。

※本講演大会より大会参加費が改訂されております。

予約申込締切日	2月10日(土)(申込および入金期日)	
	会員資格	当日申込 (大会会場受付・現金払いのみ)
	正員・維持員会社社員 (インターネット申込・事前支払い)	10,000円
	学生員*	6,000円
	非会員 一般	24,000円
	非会員 学生(大学院生含む)	14,000円
		13,000円
		7,000円
		27,000円
		16,000円

・お支払後の取消は、ご返金いたしかねますのでご了承下さい。

※ [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。

※ 非会員の(有料)参加申込者には、会員への移行を促すため、1年間「まてりあ」を寄贈するとともに、会員価格でイベント等に参加できる特典を付与いたします。

◆懇親会費(消費税込み)

予約申込締切日	2月10日(土)(申込および入金期日)	
種 別	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、ご返金いたしかねますのでご了承下さい。

◆支払方法

事前予約のお支払いは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。また、入金後のご返金は致しかねます。2月10日(土)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「2018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5日の発行後、請求書を添えて送付いたします。

会員価：本体4,000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 1-14-32

(公社)日本金属学会 ☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312 E-mail: annualm@jim.or.jp

2018年春期講演大会併催企業説明会への学生参加者の募集

2018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4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。本会の学生員を対象に募集しますので、奮ってご応募下さい。

学生の皆さんが参加しやすいように講演大会期間の最終日に開催いたします。ほぼ終日ブースを開設して、講演の合間や講演終了後にも企業ブースを訪問できるようにするとともに、昼食(軽食)を提供して昼休み時間にブースを訪問しやすくいたしました。また、参加企業の担当者より詳しく情報交換ができるように、説明会終了後に参加企業の担当者との交流会(立食懇親会)を予定しています。

開催日時 2018年3月21日(水)(春期講演大会の3日目) 11:00~

開催場所 千葉工業大学新習志野キャンパス(習志野市芝園 2-1-1)

主 催 公益社団法人日本金属学会

協 賛 千葉工業大学キャリアセンター、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36社

スケジュール 11:00~16:30 ブース説明会(企業ブースでの対面説明) *時間内の出入れ可。昼食(軽食)提供。

17:00~18:30 参加企業担当者との交流会(立食懇親会、参加無料) *ブース説明会のみ参加可。

応募資格 日本金属学会学生員、日本鉄鋼協会学生会員、千葉工業大学理工系学生

応募方法 本会ホームページ上の参加申し込み画面から申し込む。

<https://data.jim.or.jp/jim/kigyuu/>

募集期間 2017年12月4日(月)~2018年3月9日(金)

問合せ先 公益社団法人日本金属学会 企業説明会担当:山村

〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312 E-mail: jim.company2018@jim.or.jp

〜 第4回企業説明会参加企業 〜

(50音順)

愛知製鋼株式会社	石福金属興業株式会社	NTN 株式会社
株式会社荏原製作所	大阪製鐵株式会社	高周波熱錬株式会社
合同製鐵株式会社	株式会社神戸製鋼所	山陽特殊製鋼株式会社
JFE 条鋼株式会社	JFE スチール株式会社	滲透工業株式会社
新日鐵住金株式会社	住友金属鉱山株式会社	住友重機械工業株式会社
セイコーインスツル株式会社	株式会社ソディック	大同特殊鋼株式会社
TDK 株式会社	中越合金鋳工株式会社	中外炉工業株式会社
東京製鋼株式会社	株式会社東芝	東洋鋼板株式会社
株式会社特殊金属エクセル	トビー工業株式会社	ニダック株式会社
日新製鋼株式会社	日鉄住金 SG ワイヤ株式会社	日鉄住金テクノロジーズ株式会社
日本発条株式会社	日本冶金工業株式会社	日立金属株式会社
福田金属箔粉工業株式会社	三井金属鉱業株式会社	三菱アルミニウム株式会社

日本金属学会・日本鉄鋼協会講演大会相互聴講のお知らせ

日本金属学会・日本鉄鋼協会の講演大会相互聴講をご案内いたします。

申込方法：当日受付

鉄鋼協会の講演を聴講する場合は金属学会で従来の参加受付を済ませた後、鉄鋼協会受付で相互聴講の申込みをする

(注) 金属学会で講演発表する場合は、金属学会の正規大会参加申込みが必要です

料 金：一般・学生・非会員を問わず同一料金

聴講のみ(概要集 DVD 無し)	3,000円
聴講と概要集 DVD(1冊)	6,000円

2018年春期講演大会会期中の託児室設置のお知らせ

2018年春期講演大会会期中、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「託児室利用規約」をご確認の上、下記申込先会社へ直接 E-mail にてお申込み下さい。

設置期間および利用時間(開始、終了時間は予定です)

場 所 千葉工業大学新習志野キャンパス内

(詳細はお申し込の方のみご案内します。)

対象・利用料金

0歳～2歳 お子様1人につき 2,000円/1日

3歳 お子様1人につき 1,500円/1日

4歳～学童まで お子様1人につき 1,500円/1日

設置期間	利用時間
2018年3月19日(月)	8:30～17:30
2018年3月20日(火)	8:30～17:30
2018年3月21日(祝・水)	8:30～16:45

※二人同時に預ける場合、二番目の子(弟もしくは妹)は半額利用料金は、利用当日朝までに、日本鉄鋼協会事務局室(5号館1階)にお支払い下さい。なお、申込締切後のキャンセルはキャンセル料を頂く場合がありますので、あらかじめご了承下さい。

申込方法 申込み期間中に本ホームページにある託児室案内の「託児室利用規約」をご確認の上、「託児室申込・問診票」をダウンロードし、必要事項をご記入の上、下記申し込み先のシッター会社に E-mail でお申し込み下さい。

※お申込み受領後3営業日以内に、シッター会社より返信メールをお送りします。

申込期間 2018年2月1日(木)～2月28日(水)まで(定員に達し次第締め切らせて頂きます)

申込・問合せ先 ㈱ファミリー・サポート BAMBINO CLUB (シッター会社) 担当者：小鯛(こぶな)

☎ 03-6300-9307

E-mail: houjin@familysupport.co.jp

※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。また日本金属学会および日本鉄鋼協会は、事故の損害賠償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。なお、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。

第5回ランチョンセミナー開催

春期講演大会の会期中に、第5回ランチョンセミナーを開催いたします。このセミナーは、参加者の皆様に講演大会の昼食時間を利用して昼食をとって頂きながら、企業による最新の技術情報を聴講いただく企画です。参加無料です。多くの皆様のご参加をお待ちしております。

企 画 株式会社 明報社

日 時 2018年3月20日(火) 昼休み時間

会 場 千葉工業大学新習志野キャンパス 日本金属学会講演会場(詳細会場は次号)

参加費 無料 昼食を無料提供いたします。

～皆様のご参加をお待ちしております!!～

参加方法 3月20日(火)8:30より参加券を「機器展示会場」にて配布致します。金属学会、または鉄鋼協会の大会参加証をご提示下さい。引き換えにご希望のセミナー参加券をお渡し致します。時間になりましたら、参加券をご持参の上、セミナー会場までお越し下さい。

※予定数に達し次第、配布は終了致します。

※ランチョンセミナーは同業者様等のご入場(セミナー参加券をお持ちの場合でも)をお断りする場合がございます。予めご了承下さい。

- 参加企業
1. オックスフォード・インストゥルメンツ㈱
 2. ㈱TSL ソリューションズ「EBSD法の今後とその周辺技術」
 3. 東芝ナノアナリシス㈱「金属材料へのアトムプローブ分析応用事例の紹介」(佐々木智一)
 4. ㈱日立ハイテクノロジーズ
 5. ㈱モルシス「第一原理計算に基づく物性評価」

第10回男女共同参画ランチョンミーティング「金属材料分野での多様なキャリアパス」

金属材料分野でのキャリアパスとしてどのようなものがあるでしょうか。企業、大学、独法研究機関など様々です。また、一言で企業といっても様々な分野で活躍可能です。金属材料を学んだ先輩達がどのような進路で活躍しているか話を聞いてみませんか。

仕事のこと、キャリアの積み上げ方、家庭のこと、気になるいろいろなことを、お昼を食べながら、気楽に質問してみてください。学生さん、若手の研究者、技術者の方、若い方にエールを送りたい方、大勢の方のご参加をお待ちしております。

主 催 男女共同参画委員会日本金属学会・日本鉄鋼協会

協 賛 男女共同参画学協会連絡会

日 時 2018年3月21日(水・祝日)12:00～13:00

会 場 千葉工業大学新習志野キャンパス(鉄鋼協会会場)(習志野市芝園 2-1-1)

参加費 無料 弁当30人分までは無料提供。

(講演大会参加申込の有無にかかわらず、このミーティングに参加できます!!)

プログラム

司会 御手洗容子(物・材機構)

12:05～12:10 開会の挨拶

男女共同参画委員会委員長 東北大 梅津理恵

12:10～12:40 「夫の転勤と共に転職を重ねて」

田中貴金属工業 柳沢智子

12:40～12:50 総合討論

12:50～12:55 閉会の挨拶

男女共同参画委員会副委員長 九大 尾崎由紀子

2018年秋期講演大会開催予告

2018年 9月19日(水)～21日(金) 東北大学川内北キャンパス

2018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：2018年2月20日(火) 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うえ、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 までりあ56巻12号717頁 or ホームページ → 講演大会 → お知らせ

問合せ・照会先 E-mail: stevent@jim.or.jp

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

日本金属学会講演大会委員会宛

各賞推薦(自薦)のお願い

下記の各賞のご推薦を申し上げます。

問合せ先 (公社)日本金属学会 各種賞係

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

第16回学術貢献賞 候補者推薦のお願い

*推薦書(様式)は、チェック項目を確認の上、ご提出下さい。

■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達に功労があった方。

受賞人数 各支部1名、但し関東支部と関西支部は1～3名程度。
受賞者の方には、秋期講演大会の折に受賞記念講演をお願いしております。

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。

推薦書記入方法

1. 所定の推薦書様式に合わせてご推薦願います。
2. 最終学歴は卒業年次および学校名(学部名)を記入、また、大学院修了者は修了年次と大学名も併せて記入して下さい。
3. 業績の概要と推薦理由は1,000字以内で記入して下さい。

推薦手続き 下記メール宛に「第16回学術貢献賞推薦」と明記しお送り下さい。送信後2～3日過ぎても受理メールの無い場合はお問合せ下さい。(所定様式はホームページからダウンロードして下さい。)

推薦締切 2018年2月28日(水)

問合せ先 E-mail: gaffair@jim.or.jp

第16回功労賞 候補者推薦のお願い

～Webフォームによる推薦になりました!!～

■推薦要領

候補者の対象 2018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達に功労があった方。
技術部門：金属学または金属工業に関する技術の進歩発達に功労があった方。

対象部門 「学術部門」「技術部門」

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。

推薦方法 下記URLのフォームにより推薦内容を入力して下さい。

1. 推薦フォーム

- 推薦者資格を選択する。
- 入力項目は、全て必須。
- 応募部門：2部門から該当する部門を選択する。
- 最終学歴：卒業年次および学校名(学部名)を入力、また、大学院修了者は修了年次と大学名も併せて入力する。

2. 業績の概要と推薦理由

- 1,000字以内にまとめ、入力する。

3. 論文リスト

- 特に主要な論文を「原著論文」「解説論文」「国際会議論文」に分別し、計15編以内を選び、論文題目、発表誌名、巻号頁、共著者を提出する。

登録完了 推薦者のメールアドレス宛に登録完了通知を送信します。

推薦締切 2018年2月28日(水)

推薦URL <http://kourou.jim.or.jp/entry>

問合せ先 E-mail: gaffair@jim.or.jp

第28回奨励賞 候補者推薦のお願い

～Webフォームによる推薦になりました!!～

■推薦要領

候補者の対象 2018年5月31日時点で33歳以下の方で、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。

推薦方法 下記URLのフォームにより推薦内容を入力して下さい。

1. 推薦フォーム

- 推薦者資格を選択する。
- 入力項目は、全て必須。
- 応募部門：7部門から該当する部門を選択する。
- 最終学歴：卒業年次および学校名(学部名)を入力、また、大学院修了者は修了年次と大学名も併せて入力する。

2. 業績の概要と推薦理由

- 1,000字以内にまとめ、入力する。
- 工業技術部門は企業人としての実績(特許・社内表彰等)も入力する。

3. 論文リスト

- 特に主要な論文を「原著論文」「解説論文」「国際会議論文」に分別し、計15編以内を選び、論文題目、発表誌名、巻号頁、共著者を提出する。

登録完了 推薦者のメールアドレス宛に登録完了通知を送信します。

推薦締切 2018年2月28日(水)

推薦URL <http://shourei.jim.or.jp/entry>

問合せ先 E-mail: gaffair@jim.or.jp

第15回村上奨励賞 候補者推薦のお願い

～Webフォームによる推薦になりました!!～

■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、2018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

推薦方法 下記 URL のフォームにより推薦内容を入力して下さい。

1. 推薦フォーム

- 推薦者資格を選択する。
- 入力項目は、全て必須。
- 最終学歴：卒業年次および学校名(学部名)を入力、また、大学院修了者は修了年次と大学名も併せて入力する。

2. 業績の概要と推薦理由

- 1,000字以内にまとめ、入力する。

3. 論文リスト

- 特に主要な論文を「原著論文」「解説論文」「国際会議論文」に分別し、計15編以内を選び、論文題目、発表誌名、巻号頁、共著者を提出する。

登録完了 推薦者のメールアドレス宛に登録完了通知を送信します。

推薦締切 2018年2月28日(水)

推薦 URL <http://murasho.jim.or.jp/entry>

問合せ先 E-mail: gaffair@jim.or.jp

第66回論文賞 候補論文推薦(自薦)のお願い

*論文賞推薦書(様式)は、チェック項目をご確認の上ご提出下さい。

■第66回論文賞の対象論文

日本金属学会誌：第81巻1～12号(2017年)掲載分

Materials Transactions：Vol. 58 No. 1～12(2017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、「学术论文」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。

■推薦方法 下記 URL のフォームにより推薦内容を入力して下さい。

1. 論文題名
2. 著者名
3. 掲載・巻・号・頁
4. 対象部門(物性、組織、力学特性、材料化学、材料プロセス/工業材料の中から選択)：掲載された部門で選考されます。
5. 推薦理由(300～400字)
6. 推薦者名(勤務先・連絡先 TEL・E-mail も記入下さい)

登録完了 推薦者のメールアドレス宛に登録完了通知を送信します。

推薦締切：2018年2月28日(水)

推薦 URL <http://data.jim.or.jp/jim/shou/>

問合せ先 E-mail: editjt@jim.or.jp

第8回までりあ賞 推薦(自薦)のお願い

■推薦要領

- (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。

対象記事 2015年～2017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。)

推薦資格 「会報編集委員」または「著者ご本人」あるいは「正員3名以上の連名」

推薦方法 ①種別②タイトル③著者名④掲載巻号頁⑤推薦理由(300～400字)⑥推薦者名をオンライン上で入力する。
ホームページ：刊行物→会報。
または：郵送・FAX、E-mail で送信する。

推薦締切 2018年2月28日(水)

推薦 URL <http://data.jim.or.jp/jim/materiashou/ronbun.html>
<http://data.jim.or.jp/jim/materiashou/kyoiku.html>

問合せ先 E-mail: materia@jim.or.jp

欧文誌編集委員会からのお知らせ

下記テーマに関する特集を、Materials Transactions 60巻1号(2019年1月発行)に予定しております。多数ご投稿下さいますようお願いいたします。

特集テーマ New Casting Process and New Simulation Method for Casting(最新の casting プロセスおよび最新の casting プロセスシミュレーション)

内容 鋳造は複雑形状金属部品を安価に製造できるため、産業界の様々な分野で利用されている。「熔融した金属を鋳型に入れ凝固させる」という単純明快な方法ではあるが、鋳物材料、鋳型材料、注湯方法等、様々な組み合わせが考えられ、いまでも新規な casting プロセスが次々と発明されている。また、鋳型の中での湯流れ・凝固現象を伴うため計測や観察がきわめて困難であり鋳物の品質向上にはコンピュータ援用設計技術が不可欠である。本特集号では、近年盛んに研究・開発が進められている新規な casting プロセスおよび新規な casting プロセスシミュレーションに関する論文を対象としている。

掲載予定号 第60巻第1号(2019年)

原稿締切日 2018年7月1日(日)

- 備考
- 投稿に際しては、日本金属学会欧文誌投稿の手引・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、編集委員会で採否を決定する。
 - 著者は、投稿・掲載費用をご負担願います。(別刷50部寄贈)。

問合せ先 (公社)日本金属学会 欧文誌編集委員会

<http://jim.or.jp/>

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

E-mail: editjt@jim.or.jp

研究会 No. 70

第8回プラストンに基づく変形現象研究会
～ナノストラクチャ形成と変形挙動～

[共催] 京都大学 構造材料元素戦略研究拠点, 日本鉄鋼協会・日本金属学会関西支部・材料開発研究会

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, 構造材料におけるナノストラクチャ形成と変形挙動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 2018年2月27日(火)～28日(水)

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)

2月27日(火)

10:00～10:25 Registration

10:25～10:30 Opening Remark

10:30～11:30

(1) Stabilizing nanostructures in metal

Prof. Ke LU, Chinese Academy of Sciences, China

—休憩—

11:50～12:30

(2) Fabrication of bulk nanostructured metals that can manage both high strength and large ductility

Prof. Nobuhiro Tsuji, Kyoto University

—昼食休憩—

13:50～14:50

(3) Strengthening mechanisms in a precipitation hardened high-Mn lightweight steel

Dr. Tilmann Hickel, Max-Planck-Institut fuer Eisenforschung, Germany

—休憩—

15:20～16:00

(4) Intermittent Plastic Deformation Associated with Collective Motion of Dislocation in bcc alloys

Dr. Takahito Ohmura, National Institute for Materials Science

2月28日(水)

9:30～10:30

(1) Dislocation cores and defect interactions from first principles: Current state of the art and new challenges

Prof. Dallas R. Trinkle, University of Illinois, USA

—休憩—

11:00～11:40

(2) First-principles calculation of interaction between carbon atom and screw/edge dislocation in bcc iron

Dr. Mitsuhiro Itakura, Japan Atomic Energy Agency

—休憩—

11:50～12:30

(3) First principles phonon calculations of deformation twinings

Associate Prof. Atsushi Togo, Kyoto University

—昼食休憩—

13:50～14:30

(4) Micropillar compression of intermetallic compounds with complex crystal structures

Associate Prof. Kyosuke Kishida, Kyoto University

—休憩—

15:00～15:40

(5) Relaxation and Deformation in Metallic glass

Prof. Hidemi Kato, Tohoku University

—休憩—

15:50～16:30

(6) Structure and electrical conduction property of dislocations in oxides

Associate Prof. Atsutomu Nakamura, Nagoya University

16:30～16:40 Closing

企画責任者 京大・工 乾 晴行

参加費 無料(参加人数確認のため可能な限り事前参加申し込み下さい)

申込・問合先 2月16日(金)までに E-mail または FAX にて氏名所属電話番号を明記してお申し込み下さい.

〒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

2017年度活動中の研究会

11テーマ研究会

No.	名称	活動期限	代表世話人
1 69	エレクトロニクス薄膜材料研究会	2013年3月～2018年2月	松尾 直人(兵庫県立大学)
2 70	プラストンに基づく変形現象研究会	2013年3月～2018年2月	乾 晴行(京都大学)
3 71	グリーンエネルギー材料のマルチスケール創製研究会	2013年3月～2018年2月	連川 貞弘(熊本大学)
4 72	水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会	2014年3月～2019年2月	折茂 慎一(東北大)
5 73	水素誘起超多量空孔研究会	2014年3月～2019年2月	藤浪 真紀(千葉大)
6 74	チタン製造プロセスと材料機能製研究会	2014年3月～2019年2月	成島 尚之(東北大)
7 75	キンク研究会	2015年3月～2020年2月	中島 英治(九大)
8 76	高温変形の組織ダイナミクス研究会	2015年3月～2020年2月	佐藤 裕之(弘前大)
9 77	高度超塑性成形研究会	2016年3月～2021年2月	佐藤 英一(宇宙航空開発機構)
10 78	触媒材料の金属学研究会	2017年3月～2022年2月	亀岡 聡(東北大)
11 79	金属・無機・有機材料の結晶方位解析と応用技術研究会	2017年3月～2022年2月	高山 善匡(宇都宮大)

※それぞれの活動内容はホームページ [分科会・研究会](#) をご覧下さい.



スピントロニクスとテラヘルツ光技術は融合するか？

日 時 2018年3月9日(金) 13:30~17:00

場 所 東北大学 大学院工学研究科 青葉記念会館 大会議室(501)

主 催 (公社)日本金属学会 第3分科(電子・情報材料)

「スピントロニクスとテラヘルツ光技術は融合するか？」という疑問に対して、それぞれの分野における研究者からの講演と融合に対する提案に基づき、その後のパネルディスカッションにおいて議論します。本テーマについて日本金属学会における初めての討論会であり、テラヘルツ光と磁性について、最初から融合形態としてまとめようとせず、「磁性+テラヘルツ」に何を望むか、何が問題か、情報記録素子やセンサーをはじめとする応用展開を討論します。磁性とテラヘルツだけでなく隣接分野からの参加も歓迎します。

プログラム

13:30 はじめに：分科会活動の紹介 第3分科委員長 産総研 藤田麻哉

13:35-16:05 第1部 講演(概要 <http://www.material.tohoku.ac.jp/~denko/20180309.html> をご覧下さい。)

テラヘルツ光の発生・検出と計測システムの構築：研究開発の現状と融合展開

東北大 田邊匡生

メタマテリアルを用いたテラヘルツ波の制御

東北大 金森義明

14:45-14:55 一休憩

磁性体の超高速磁化ダイナミクスの最近の研究

物材機構 高橋有紀子

超短パルスレーザー光による金属磁性薄膜を介した THz 光発生と時間分解計測

日大 塚本 新

16:10-17:00 第2部 パネルディスカッション

モデレータ：産総研 藤田麻哉

コメンテータ：新潟大 安部 隆

パネラー：田邊匡生(東北大) 金森義明(東北大) 高橋有紀子(物・材機構) 塚本新(日本大)

17:00 閉会

参加費 無料

参加申込・問合せ先 田邊匡生(東北大) E-mail: tadao.tanabe.b1@tohoku.ac.jp

高橋有紀子(物材機構) E-mail: TAKAHASHI.Yukiko@nims.go.jp

金属学会シンポジウム

材料評価・プロセスにおける「使える」インフォマティクス

日 時 2018年2月23日(金)13:00~17:00

場 所 名古屋大学野依記念学術記念交流館 1F 会議室(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

募集定員 80名

事前申込締切 2018年2月9日(金)着信

詳細 までりあ12号719頁または本会ホームページ「イベント」→「シンポジウム」

プログラム

13:00~13:05 趣旨説明

名大 宇治原 徹

13:05~13:55 高次元材料情報統合学による材料開発の革新的加速

名大 足立吉隆

13:55~14:45 画像検査における AI 技術の展開

中大 青木公也

一休憩

15:00~15:50 データ駆動型の科学的発見とその材料科学への応用

名工大 竹内一郎

15:50~16:40 結晶成長プロセスにおける高速最適化と可視化技術

名大 宇治原 徹

16:40~17:00 総合討論

金属学会セミナー

材料の力学特性向上を目指して—最近の実験・計算手法の進展に基づく本質的な理解—

日 時 2018年3月6日(火)10:00~16:50

場 所 東京工業大学田町キャンパス国際会議室(東京都港区芝浦 3-3-6 JR 山手線・京浜東北線田町駅徒歩2分)

募集定員 100名

事前申込締切 2018年2月23日(金)着信

詳細 までりあ12号720頁または本会ホームページ「イベント」→「セミナー」

プログラム

10:00~10:55 金属における強度と延性(仮題)

東工大 尾中 晋

10:55~11:50 複層組織の不均一変形とき裂形成をつなぐには

横浜国大 梅澤 修

11:50~13:00 一昼 食

13:00~13:55 き裂-転位相互作用による応力集中の緩和と高靱性化

佐世保高専 東田賢二

13:55~14:50 材料強化の原子シミュレーション

金沢大 下川智嗣

一休憩

15:00~15:55 キンク変形の物理

大阪大 中谷彰宏

15:55~16:50 変形子(プラストン)の物理と力学特性

大阪大 尾方成信

問合せ (公社)日本金属学会 セミナーシンポジウム参加係 E-mail: meeting@jim.or.jp ☎ 022-223-3685 ☎ 022-223-6312

支部行事

九州支部

H30年度春季講演会

〔共催〕日本鉄鋼協会九州支部

日時 2018年3月9日(金) 13:15~16:45

場所 新日鐵住金(株) 人材育成センター NO.11研修室
(〒803-0803 北九州市小倉北区許斐町1番地)

プログラム

13:15~14:15 湯川記念講演会

相変態、析出に及ぼす応力の影響

新日鐵住金 加藤雅治

講演討論会 「鉄鋼材料の組織制御と組織解析の現状と課題」(仮)

14:30~16:45

(1) 鉄鋼材料の複合組織化による強度-延性バランスの制御

九大 土山聡宏

(2) 鉄鋼材料のための透過電子顕微鏡組織観察手法の最適化

九大 波多 聡

(3) ホットスタンプ材における自動焼戻し組織の解析と今後の課題

新日鐵住金 田畑進一郎

参加費 無料

定員 100名

問合せ先 新日鐵住金株式会社 八幡技術研究部 村上健一

☎ 093-872-6800

E-mail: murakami.4fz.kenichi@jp.nssmc.com

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

◇金沢大学 理工研究域 機械工学系 教員公募(女性限定)◇

公募人員 准教授(女性) もしくは テニユアトラック(TT)助教(女性) 1名

所 属 理工研究域 機械工学系

http://www.me.se.kanazawa-u.ac.jp

専門分野 機械材料、構造・機能材料等の分野で、金属学を基礎に研究活動できる方

教育担当 理工学域 機械工学類、フロンティア工学類、大学院自然科学研究科博士前期課程、機械科学専攻、大学院自然科学研究科博士後期課程 機械科学専攻(准教授のみ)

担当科目 学類・大学院での上記専門分野に関する科目、ならびに製図、実験などの実習科目

勤務形態 准教授：常勤(任期なし)、TT助教：常勤・任期5年(任期中にテニユア付与の審査有り)

給 与 年俸制

応募資格 着任時に博士の学位を有する女性研究者。研究、教育に熱意を有し、産学連携等への積極性があること。

着任時期 2018年7月1日

提出書類

(1)履歴書

(2)研究業績

(3)主要論文の別刷(5編以内、コピー可)

(4)学会および社会における活動

(5)科学研究費補助金、受託研究、共同研究、寄附金などの外部資金の獲得状況

(6)これまでの研究活動および教育活動とその状況

(7)教育・研究に対する抱負

(8)応募者に関して意見を伺える方1名以上の氏名、連絡先

応募締切 2018年3月31日(土)必着

応募書類提出先 〒920-1192 石川県金沢市角間町

金沢大学理工研究域機械工学系 教授 喜成年泰

問合せ先 金沢大学理工研究域機械工学系 教授 渡邊千尋

☎ 076-234-4677

E-mail: chihiro@se.kanazawa-u.ac.jp

※応募書類は、封筒表面に「材料工学分野教員公募書類」と朱書きの上、簡易書留にて郵送して下さい。なお、応募書類は原則として返却しません。

※詳細な情報は以下のURLをご覧ください。

<https://www.se.kanazawa-u.ac.jp/researcher/koubo.html>

MI・計測 合同シンポジウム
「計測と数理の融合とデータリポジトリのシステム化」

第二回 先端計測インフォマティクス・ワークショップ
先端計測シンポジウム2018

Joint Symposium on Materials Integration and Advanced Materials Characterization

—Practical Data Depository and Fusion of Materials Characterization with Informatics—

(2nd Workshop on Informatics in Advanced Measurements)

(Advanced Measurement and Characterization Symposium 2018)

開催日時 2018年3月8日(木) 9:50~19:00

開催場所 国立研究開発法人 物質・材料研究機構 千現地区
研究本館管理棟1階 第一会議室, 講堂, カフェテリア
(〒305-0047 つくば市千現1-2-1)

意見交換会 2018年3月8日(木) 17:25~19:00

参加費 無料(但し, 意見交換会会費2,000円)

参加申込 下記 WEB 参加フォームよりお申込み下さい。

<http://www.nims.go.jp/research/materials-analysis/events/jointsympo2018.html>

問合せ NIMS 先端材料解析研究拠点 運営室

E-mail: amc@ml.nims.go.jp

☎ 029-851-3354 内線3861

近年の計測機器は, 大量のデータを高速に生み出し, 情報数理(インフォマティクス)に基づくより進んだ解析処理が求められています。本シンポジウムでは, NIMSにおける先端材料解析とデータ利活用の進展を報告します。

口頭発表では, 計測におけるインフォマティクス活用の先行事例を取り上げるとともに, 大量データ時代のデータ管理について, 世界的な潮流を共有します。特にデータの共有による, 研究コストの削減, 材料開発の加速, 死蔵データの最小化などを狙った, 実験データリポジトリの整備の動きを俯瞰します。

ポスターセッションでは, NIMS 中長期計画の「先進材料イノベーションを加速する最先端計測基盤技術の開発」プロジェクトおよび統合型材料開発・情報基盤部門が推進する研究開発の成果を報告します。また, 産学官の研究者, 技術者との交流の場を提供します。研究開発のキーテクノロジーである最先端の情報科学と計測技術を先駆ける本シンポジウムに是非ご参加下さい。

トピックス:

- (1) 数理処理を基盤にした先端計測
- (2) 画像・動画など大量のデータの高-speed解析
- (3) データ利活用システムの構築と利用
- (4) データ科学を活用した材料開発

プログラム

9:50~9:55 開会挨拶 NIMS 理事 藤田大介

9:55~10:00 来賓挨拶

セッション1

10:00~10:40 S1 特別講演
Deep learning in Mass Spectrometry Imaging
NPL Spencer Thomas

10:40~11:20 S2 特別講演
Managing Petabytes of Experimental Data at Diamond Light Source
DLS Mark Basham

11:20~12:00 S3 特別講演
Autonomous Materials Research Systems: Phase Mapping
¹NIST, ²Univ. Maryland, ³SLAC

Aaron Gilad Kusne^{1,2}, Brian DeCost¹, Jason Hat-trick-Simpers¹, Apurva Mehta³, Ichiro Takeuchi²

12:00~13:30 ポスターセッション I

セッション2

13:30~13:55 O1 化学イメージングおよびスペクトルデータへの多変量解析と機械学習の応用

Application of multivariate analysis and machine learning to chemical imaging and spectrum data

成蹊大学 青柳里果

13:55~14:20 O2 機械学習による放射光軟 X 線多次元イメージング実現への取り組み

Development of multidimensional X-ray imaging system using

NIMS 永村直佳

14:20~14:45 O3 パーシステントホモロジーを用いた磁区構造からの特徴量抽出

Feature extraction from magnetic domain image using persistent homology

東京理科大 小桐真人

14:45~15:10 O4 最近の TEM データへの対応

Approaches to analyze data acquired by recent (S) TEM

NIMS 上杉文彦

15:10~15:40 ポスターセッション II

セッション3

15:40~16:05 O5 スペクトルデータ解析のための統計的機械学習

Statistical machine learning for spectrum data analysis

岐阜大学 志賀元紀

16:05~16:30 O6 スパース位相回復法によるコヒーレント軟 X 線回折磁気イメージング

Coherent X-ray Magnetic Imaging Utilizing Sparse Phase Retrieval Algorithm

NIMS 山崎裕一

16:30~16:55 O7 スペクトル分解におけるベイズ推定

Bayesian estimation for spectral deconvolution

AIST 永田賢二

16:55~17:20 O8 オープンサイエンス時代のデータ駆動型リポジトリ

Data-centric repository in open science

NIMS 谷藤幹子

17:20~17:25 閉会挨拶 NIMS 理事 長野裕子

17:25~19:00 意見交換会 ポスター賞授賞式

◇掲示板はホームページにも掲載しております。◇

◇レアメタル研究会◇

- 主 催 レアメタル研究会
主宰者 東京大学生産技術研究所 岡部 徹 教授
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
レアメタルの環境調和型リサイクル技術の開発研究会
東京大学生産技術研究所 持続型エネルギー・材料統合研究センター
東京大学生産技術研究所 非鉄金属資源循環工学寄付研究部門(JX 金属寄付ユニット)
協 賛 (公社)日本金属学会 他
■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 東京都目黒区駒場 4-6-1)
(最寄り駅: 駒場東大前, 東北沢, 代々木上原)
■参加登録・お問合わせ
東京大学 生産技術研究所
岡部研究室 レアメタル研究会事務担当 宮寄智子
E-mail: okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp

〈平成29年度 レアメタル研究会開催予定のご案内〉(2017.12.28現在)

- 第80回 2018年3月9日(金)
★前田正史教授が熱く語る特別シンポジウム+慰労会★(合同開催)

- 第80回 2018年3月9日(金)14:00~ An棟2F コンベンションホール
★前田正史教授が熱く語る特別シンポジウム+慰労会★(合同開催)
テーマ: 前田先生の研究と活動, 非鉄業界と研究の将来展望
時 間: 午後2:00~
講 演:
• 講師依頼中
• 非鉄金属リサイクルプロジェクトと産官学連携(仮)(60分)
東京大学 生産技術研究所 教授 前田正史 講師
午後6:00~ 研究交流会・意見交換会(An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〉

- RMW13 Workshop on Reactive Metal Processing (Reactive Metal Workshop) March 16 (Fri)-17 (Sat), 2018, Cambridge, MIT
Reactive Metal Workshop のHP
<http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/core-to-core/rmw/>

日本金属学会誌掲載論文
Vol. 82, No. 2 (2018)

— 論 文 —

- アルミニウムチップから Friction Stir Back Extrusion により作製したアルミニウムパイプ
半谷禎彦 小林龍聖 鈴木良祐 松原雅昭 吉川暢宏
鉄系軟磁性材料におけるヒステリシス損の応力依存性
イジュラル ハシフ 島田宗勝 久保田 健
江戸時代に制作されたと伝えられる紫色のガラス器に用いられた材料
桐野文良 横山和司 西願麻以 猪狩美貴 土浦宏紀
ECAP・冷間圧延の二段プロセスにより作製したフェライト系ステンレス鋼板のリジングと成形性におよぼす熱延板の初期結晶粒径の影響
足立光明 湯浅元仁 宮本博之 藤原 弘 秦野正治

Materials Transactions 掲載論文
Vol. 59, No. 2 (2018)

— Overview —

Formation Mechanism of Lath Martensite in Steels
Yoshinori Murata

— Special Issue on Kinetics and Phase Relationships for Microstructure Evolution in Metals and Alloys —

PREFACE
Masanori Kajihara

Very Fine Structured DP Steel with Tempered-Martensite Matrix Fabricated by Fast Heating

Nobuo Nakada, Masahiro Tsukahara, Kengo Fukazawa and Yoshitaka Misaka

Molecular Dynamics Simulation of Local Structure Evolution in Cu Amorphous during Uniaxial Tension and Compression

Ye Li, Hongye Liang and Xing Zhang

Effect of Thermal Cycles on Microstructure of Er₂O₃ Thin Film on SUS316 Substrate with Y₂O₃ Buffer Layer Fabricated by MOCVD Method

Masaki Tanaka, Seungwon Lee, Kenji Matsuda, Yoshimitsu Hishinuma, Katsuhiko Nishimura, Teruya Tanaka and Takeo Muroga

Microstructural Subsequence and Phase Equilibria in an Age-Hardenable Cu-Ni-Si Alloy

Satoshi Semboshi, Mikio Ishikuro, Akihiro Iwase and Takayuki Takasugi

Effects of Liquid Indium Particles on Recrystallization and Grain Growth of α Fe in Fe-In Alloys

Takehito Hagiwara, Toshihiro Omori, Ikuo Ohnuma, Ryosuke Kainuma and Kiyohito Ishida

Growth Behavior of Compounds during Reactive Diffusion in the Solid-Cu/Liquid-Sn System

S. Murakami, M. O and M. Kajihara

Effects of Tungsten Addition and Isothermal Annealing on Microstructural Evolution and Hardening Behavior of Two-Phase Ni₃Al-Ni₃V Intermetallic Alloys

Akinori Uekami, Satoshi Semboshi, Yasuyuki Kaneno and Takayuki Takasugi

Anisotropic Ferrite Growth and Substructure Formation during Bainite Transformation in Fe-9Ni-C Alloys: *In-Situ* Measurement

Tadashi Furuhashi, Shin-ya Abe and Goro Miyamoto

—Regular Articles—

Materials Physics

Martensitic Transformation and Magnetic Properties of Ni-Co-Mn-In-Gd Ferromagnetic Shape Memory Alloys

Kaifeng Li, Li Gao and Yongcheng Liang

Mechanics of Materials

Interface-Related Shear Banding Deformation of Amorphous/Crystalline CuZr/Cu Nanolaminates by Molecular Dynamics Simulations

Yan Cui, Yoji Shibutani, Ping Huang, Fei Wang, Kewei Xu and Tianjian Lu

Water Droplet Erosion Resistance of Aluminizing Diffusion Coatings on Steel Tubes

Yoshinori I. Oka, Keiji Ishikawa and Hideshi Tezuka

Materials Chemistry

Observation of Cation Diffusion and Phase Formation between Solid Oxide Layers of Lanthanum Gallate-Based Fuel Cells

Hiroshi Eba, Chikako Anzai and Satoshi Ootsuka

Formation of Antireflection Thin-Film Glasses Using Organopolysiloxane by Low-Temperature Process and Surface Modification

Hirofumi Miwa, Atsuki Kodama, Htay Win, Koichi Murakami, Taku Takahashi, Fumitaka Ohashi and Shuichi Nonomura

Materials Processing

Solidification Microstructure of AlCoCrFeNi_{2.1} Eutectic High Entropy Alloy Ingots

Takeshi Nagase, Mamoru Takemura, Mitsuaki Matsumuro and Toru Maruyama

Viscous Sintering and Structural Stabilization of Amorphous B₄C Powder

Hiroshi Kimura

Engineering Materials and Their Applications

Effect of Calcium on the Combustion Behavior of Molten AZ91 Magnesium Alloy

Hirofumi Kawabata, Yusuke Yagi, Yuko Aoki, Hajime Kato, Koshiro Kitayama and Kazuma Hibi

Friction and Wear Behaviors of Carbon Nanotube Reinforced Silica and Alumina Matrix Composites Fabricated by Catalyst Sol-Gel and CVD Process

Kuo-Jung Lee, Yu-Ting Yeh, Huy-Zu Cheng and Hsun-Yu Lin

Environment

Recovery of Calcium Fluoride from Highly Contaminated Fluoric / Hexafluorosilicic Acid Wastewater

Masao Morita, Giuseppe Granata and Chiharu Tokoro

Removal of Chloride Ions from an Aqueous Solution Containing a High Chloride Concentration through the Chemical Precipitation of Friedel's Salt

Li Pang Wang, Wei Hao Lee, Shu Man Tseng and Ta Wui Cheng

High Temperature Characterization of Binary and Ternary Bi Alloys Microalloyed with Cu and Ag

Meiqi Yu, Kazuhiro Matsugi, Zhefeng Xu, Yongbum Choi, Jinku Yu, Satoshi Motozuka, Yoshiyuki Nishimura and Ken-ichiro Suetsugu

Removal of Arsenic from Crude Tin by Vacuum Distillation

Zhenghao Pu, Jibiao Han, Yifu Li, Yongnian Dai, Bin Yang and Anxiang Wang

—Rapid Publications—

Nondestructive Evaluation by Reversible Magnetic Permeability of the Residual Life of Ferritic 9Cr Steel Subjected to Creep-Fatigue Damage

Chungseok Kim

Defect Imaging from a Remote Distance by Using Scanning Laser Source Technique with Acoustic Microphones

Atsuya Maeda and Takahiro Hayashi

Joining of Anodized and Stacked Aluminum Sheets by Copper Electrodeposition: Nano-Anchor Effect

Masataka Hakamada, Yohei Kohashi, Yuriko Yamano and Mamoru Mabuchi



—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。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。

新 入 会 員

(2017年11月21日～2017年12月19日)

正 員

生 田 祐 大 株式会社広野化学工業
棚 橋 和 浩 トヨタ自動車株式会社

是 枝 直 樹 防衛装備庁
渋 田 匠 住友化学株式会社

赤 星 大 地 新日鐵住金株式会社
樋 口 善 彦 産業技術短期大学

学 生 員

五枝龍太郎 神戸大学
藁澤匠太郎 茨城大学
橋田駿一 千葉大学
梅澤崇良 富山大学
松本真輝 富山大学
佐藤悠治 大阪大学
稲吉晴子 大阪大学
前田朋克 富山大学
谷津倉克弥 富山大学
谷口禎次 兵庫県立大学

山田貴之 秋田大学
板谷剛嗣 長岡技術科学大学
太田悠介 富山大学
孟 宣 広島大学
小久保宏紀 茨城大学
工藤康平 大阪大学
三好宙 大阪大学
梅村周佑 富山大学
塩田諒介 宇都宮大学
八須悠介 愛媛大学

藪 紗希子 東北大学
高橋宏毅 東北大学
眞子巧巳 茨城大学
真山知大 茨城大学
原 聡宏 東京大学
張 元 京都大学
塚谷佑介 名古屋工業大学
森 賢太 茨城大学
林 健 茨城大学

外国一般会員

zheng kai 吉林建筑大学
Bagherpour Ebad Shiraz University

Chang Ya-Ling 国立研究開発法人物質・材料研究機構
S. Aghamiri S. Mohammad 北海道大学

外国学生会員

趙 研 広島大学

唐 瑞 茨城大学

まてりあ 第57巻 第3号 予告

[最近の研究] 整合界面をもつ強誘電体薄膜におけるドメイン構造形成メカニズム木口賢紀他
[新 進 気 鋭] 走査電子顕微鏡による強磁性体材料の表面磁区構造観察赤嶺大志

[新技術・新製品]
—他—

～編集の都合により変更になる場合がございます～



《まてりあ編集委員会からのお知らせ》

- 今月の「まてりあ」記事には、巻頭記事に『オリンピック・パラリンピックで“活躍”する金属』を掲載しております。2月9日開催の冬季五輪：平昌オリンピックに合わせて企画いたしました。是非ご一読されての観戦もお楽しみ下さい。今後もこの他、新カテゴリー：『エッセイ』を掲載予定です。こちらは、本会と関わりのある方に、最近思うことなどを綴っていただく読み物記事となります。今後の掲載をどうぞご期待下さい。

金属学会セミナー(特別講座)開催報告

状態図・相変態の基盤と実践的ノウハウ —CALPHAD法とフェーズフィールド法を 使いこなすために—

(セミナー・シンポジウム委員会企画)

開催日 2017年12月13日(水)~14日(木)
場 所 エッサム神田ホール(東京)

従来の金属学会セミナーに、新カテゴリー[特別講座]が追加され、今回が記念すべき第1回で、またセミナー・シンポジウム委員会企画でもあるため、まず経緯について述べさせていただきます。

従来、金属学会セミナーの趣旨は以下のように規定されている:「研究者・技術者に対する啓発あるいは教育・育成活動の一環であり、専門家同士の研究発表・討論の場であるシンポジウムとは異なる。セミナーにおいては、各分野の専門家が定説的・基礎的な理論・原理あるいは実験解析方法などを応用面への展開を考慮しつつ、新たに学ぼうとする研究者・技術者に解説し、その知識向上に資するという機能を重視する。」このようにセミナーは教育を軸足とした基礎的な勉強会であるが、昨今、材料科学・工学の学問分野が高度化・細分化・多様化する傾向にあり、基盤内容も厚みを増す一方であるため、これを受けて、従来のセミナーが、以下のカテゴリーに分類された。

[1]金属学会セミナー:研究者・技術者に対する啓発あるいは教育・育成活動としてのセミナー全般。

[2]金属学会セミナー(特別講座):金属学会セミナーの中でも、特に基礎・基盤的な教育効果に重点をおいたセミナー。

[1]が従来のセミナーで、[2]が新セミナーに対応する。今回、本会における基盤の1つとして、状態図・相変態を題材に、CALPHAD法およびフェーズフィールド(PF)法への架け橋となるような勉強会を、セミナー・シンポジウム委員会として企画させていただいた。委員会としては、新しい方向性を見据えながら、「金属学の基礎・基盤が学べる[特別講座]のラインナップ」を整備することも意図している。

さて今回の内容についてみていこう。セミナー(特別講座)では、テキストに既存の教科書を使用できるので、今回、以下の3冊を採用した。

- ①西澤泰二:「マイクロ組織の熱力学(講座・現代の金属学材料編2)」, 日本金属学会, (2005).
- ②阿部太一:「TDBファイル作成で学ぶカルファド法による状態図計算」, 内田老鶴圃, (2015).
- ③小山敏幸:「材料設計計算工学(計算組織学編)」, 内田老鶴圃, (2011).

講師はこれら教科書に関係の深い3名(以下敬称略):大沼郁雄(NIMS), 阿部太一(NIMS), および筆者であり、2日間で、10講義(各1時間)を実施した。講師間で事前について調整し、3つの教科書を組み合わせることによって1つの体系となるよう工夫した。10講義の内容と担当は、以下のようにまとめられる。

- (1)小山:熱力学の基盤[①の1章と2章, ③の2章;記憶図を中心に熱力学関数の基本を説明]
 - (2)阿部:正則溶体近似から副格子モデルへ(溶体・化合物の熱力学)[①の2章, ②の3章;1成分系の熱力学モデル]
 - (3)大沼:正則溶体近似から副格子モデルへ(溶体・化合物の熱力学)[①の3章;溶体相の熱力学モデル]
 - (4)大沼:状態図に関する高度な理解(状態図の熱力学と規則化の熱力学)[①の4章;不規則相に関する状態図の熱力学]
 - (5)阿部:状態図に関する高度な理解(状態図の熱力学と規則化の熱力学)[①の7章;副格子モデルと規則相に関する状態図の熱力学]
 - (6)小山:界面の熱力学[①の5章, ③の3章;界面エネルギー, 勾配エネルギー, 粒相モデル]
 - (7)小山:相変態の速度論(拡散, 核生成, 成長の熱力学とダイナミクス)[①の6章, ③の5章;状態図の平衡論と拡散の速度論との関係(CALPHAD法からPF法への架け橋)]
 - (8)大沼:相変態の速度論(拡散, 核生成, 成長の熱力学とダイナミクス)[①の8章, 9章;核形成および成長の熱力学]
 - (9)阿部:CALPHAD法とPF法[②の1章と2章;CALPHAD法:TDBファイルおよびPOPファイルの活用法等]
 - (10)小山:CALPHAD法とPF法[③の6章と7章;PF法(拡散変態と構造相転移)]
- [12/13, 14, エッサム神田ホール(2号館), 受講者数39名.]

初の試みであったが、関係各位の多大なるご支援・ご協力により、盛会の内に終えることができた。あらためて心より感謝申し上げる次第である。今後10年で、このようなラインナップが積み重なり、学会の基礎・基盤領域の活動が、ますます重厚となることを期待したい。(文責:小山)

(企画世話人代表:名古屋大 小山敏幸)



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	問合せ先	締切
2018年2月				
2～3	第39回「若手フォーラム」—ポスターセッション併催(1号37頁)	中国四国支部	TEL 088-656-7362 FAX 088-656-9082 tatsuya-okada@tokushima-u.ac.jp	
9	第155回塑性加工工学講座「熱処理とその周辺技術」(東大駒場)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 50名
16	第16回ナノテクノロジー総合シンポジウム(JAPAN NANO 2018)(東京)	文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム他	TEL 03-5657-0727 japannano@jtbcom.co.jp	
16	平成29年度第3回講演会「自動車塗装に見るものづくりのチカラ～提案から実現へ～」(東京)	日本塗装技術協会	TEL 03-6228-1711 tosou-jimukyoku@jcot.gr.jp	
16	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7回)(日大)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 40名
17	第40回「若手フォーラム」—ポスターセッション併催(1号37頁)	中国四国支部	TEL 086-251-8027 FAX 086-251-8266 takemoto@mech.okayama-u.ac.jp	ポスター 2.8
19	第75回塑性加工技術フォーラム「若手・中堅技術者必見!進化する各種塑性加工技術」(東京)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 60名
22	第393回講習会「スマートファクトリー最前線!～IoTで進化するものづくり現場」(東京)	精密工学会	TEL 03-5226-5191 http://www.jspe.or.jp/	定員 80名
22～23	LMPシンポジウム2018「レーザ加工技術の基礎・応用と最新動向」(東京)	日本溶接協会	TEL 03-5823-6324 http://www.jwes.or.jp/lmp/	定員 100名
23	理研シンポジウム第20回「トライボコーティングの現状と将来」(東京)	トライボコーティング技術研究会, 理化学研究所大森素形材工学研究室, 板橋区	TEL 03-5918-7613 tribo@tribocoati.st https://www.sites.google.com/site/tribocoating/	事前 2.16 定員 300名
23	触媒材料の金属学研究会 第2回ミニシンポジウム「箔型金属触媒の現状と可能性」(つくば)(1号33頁)	触媒材料研究会 No. 78	TEL & FAX 022-217-5723 kameoka@tagen.tohoku.ac.jp	2.19
23	平成29年度材料セミナー「技術者のための鉄鋼材料入門」(大阪)(1号38頁)	関西支部	TEL 06-6443-5326 FAX 06-6443-5310 n-kansai@ostec.or.jp	定員 55名
23	金属学会シンポジウム「材料評価・プロセスにおける「使える」インフォマティクス」(名大)(本号87頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 meeting@jim.or.jp	事前 2.9
27～28	研究集会「第8回プラスチックに基づく変形現象研究会～ナノストラクチャ形成と変形挙動～」(京都)(本号86頁)	プラスチック研究会 No. 70	TEL 075-753-5573 FAX 075-753-5578 admin@esism.kyoto-u.ac.jp	2.16
28～3.2	第9回日本複合材料会議(JCCM-9)(京都)	日本材料学会, 日本複合材料学会	TEL 075-761-5321 jim@jsms.jp http://www.jsms.jp	
2018年3月				
1	表面改質技術研究委員会 30周年記念シンポジウム～多次元アディティブ・マニファクチャリング～(東京)	日本溶接協会・下園	TEL 03-5823-6324 http://www.jwes.or.jp/	
2	第43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」(千葉工大)	材料技術教育研究会	TEL 047-431-7451(代)	2.23
2～4	2017年度量子ビームサイエンスフェスタ(水戸)	高エネルギー加速器研究機構, J-PARCセンター他	sf-office@ml.j-parc.jp TEL 029-219-5300	
6	金属学会セミナー「材料の力学特性向上を目指して—最近の実験・計算手法の進展に基づく本質的な理解—」(東工大)(本号87頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 meeting@jim.or.jp	事前 2.23
8	第33回塗料・塗装研究発表会(東大生産研)	日本塗装技術協会	TEL 03-6228-1711 tosou-jimukyoku@jcot.gr.jp	
9	日本金属学会 第3分科討論会「スピントロニクスとテラヘルツ光技術は融合するか?」(東北大)(本号87頁)	分科会・第3分科	tadao.tanabe.b1@tohoku.ac.jp http://www.material.tohoku.ac.jp/~denko/20180309.html	
9	H30年度春季講演会(北九州)(本号88頁)	九州支部	TEL 093-872-6800 murakami.4fz.kenichi@jp.nssmc.com	定員 100名
9	第80回 レアメタル研究会(東大生産研)(本号90頁)	レアメタル研究会・宮崎(東大生産研岡部研)	TEL 03-5452-6314 okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html	
14	非鉄金属資源・製錬・リサイクル特別セミナー(ニューヨーク)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/index.html	
16	粉末ろう・ペーストろう, 様々な形態のろう(東京)	日本溶接協会	TEL 03-5823-6324 http://www.jwes.or.jp/	
16	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6回)(千葉工大)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 40名
17	応用物理学会 第65回春季学術講演会 企画シンポジウム「分野融合で始まる欠陥研究の新時代～学会を越えた視点から見えてくるもの～」(早稲田大)	応用物理学会	TEL 052-789-3366 anaka@nagoya-u.jp https://meeting.jsap.or.jp/symposium	

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合せ先	締切
19~21	日本金属学会春期講演大会 千葉工業大学新習志野キャンパス(習志野)(本号81頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	参加 2.10
20	第5回ランチョンセミナー(千葉工大)(本号83頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 stevent@jim.or.jp	
21	2018年春期講演大会併催企業説明会(千葉工大)(本号82頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 jim.company2018@jim.or.jp	3.9
21	第10回男女共同参画ランチョンミーティング「金属材料分野での多様なキャリアパス」(千葉工大)(本号83頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 stevent@jim.or.jp	
23	第121回触媒討論会 特別シンポジウム(東大駒場)	触媒学会	TEL 03-3291-8224 catsj@pb3.so-net.ne.jp http://www.shokubai.org/meeting/index.html	
30	第34回軽金属セミナー「アルミニウム合金の組織—応用編(加工・熱処理による組織変化)」(第4回)(工学院大)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 40名
2018年5月				
15~16	第34回希土類討論会(東京)	日本希土類学会	TEL 06-6879-7352 kidorui@chem.eng.osaka-u.ac.jp http://www.kidorui.org/	
25	第3回マルチスケール材料力学シンポジウム(高知工大)	日本材料学会	http://www.jsms.jp	講演 2.9
25~27	軽金属学会第134回春期大会(熊大)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	参加予約 4.19
31~6.2	平成30年度塑性加工春季講演会(東京)	日本塑性加工学会	http://www.jstj.jp	
2018年6月				
14~15	第23回動力・エネルギー技術シンポジウム(宇部)	日本機械学会	TEL 03-5360-3505 http://www.jsme.or.jp/	講演 2.23
2018年7月				
1~6	6th International Indentation Workshop (IIW6)(北大)	IIW6 実行委員会	TEL 029-851-3354(6426) iiw6_2018@nims.go.jp	
9~12	The 6th International Conference on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Advanced Materials (ICCCI2018)(倉敷)	紛体工学会	TEL 045-339-3959 http://ceramics.ynu.ac.jp/iccci2018/ iccci2018@ml.ynu.ac.jp	
12~13	第52回 X線材料強度に関するシンポジウム(静岡)	日本材料学会	TEL 055-243-6111 yatsushiro-vvm@pref.yamanashi.lg.jp	講演 3.9
2018年8月				
5~8	15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FUNCTIONALLY GRADED MATERIALS—Structural Sector Approaches for New Functionalities and Durability—(北九州)	傾斜機能材料研究会	TEL 052-735-5293 fgms_2018@f-jast.or.jp http://www.fgms.net/isfgms2018	
8~12	6th International Solvothermal & Hydrothermal Association Conference (ISHA2018)(東北大)	東北大学 多元物質科学研究所	TEL 022-217-6322 isha2018@grp.tohoku.ac.jp http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/general/event/ISHA2018/	発表 2.28
2018年9月				
19~21	日本金属学会秋期講演大会(東北大学川内北キャンパス)(仙台)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	
2018年10月				
14~18	第9回材料電磁プロセッシング国際シンポジウム(EPM2018)(兵庫)	日本鉄鋼協会	TEL 03-3669-5932 ryo@isij.or.jp http://www.epm2018.org/index.html	



〈事務局より〉 2018年2月14日(水)は本会の創立記念日により、事務局は休業となります。

まてりあ 第57巻 第2号(2018) 発行日 2018年2月1日 定価(本体1,700円+税)送料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

〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32

TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312

発行人 山村英明

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

発売所 丸善雄松堂株式会社

〒105-0022 東京都港区海岸 1-9-18

日本金属学会会報「まてりあ」への投稿について

会報「まてりあ」をより多くの皆様にご活用していただけるよう投稿記事を歓迎いたします。
投稿規程、執筆要項および下記要領によりご投稿下さい。

～会報編集委員会～

(1) 種別(規定掲載頁)(規定字数内)

- 1. 入門講座**(4頁)(9,340字)
金属のみならずセラミックス、高分子を含めた材料一般に関して境界領域の材料や物づくりの実際などの講義を通して広く会員に情報を提供する。
- 2. 講義ノート**(6頁)(14,500字)
材料に関する基礎学問分野についてわかりやすく講義してもらう。
- 3. プロムナード**(4頁)(9,340字)
金属・材料に関する話題にかぎらず、社会、経済、歴史などを含む多くの分野からの「比較的短くて分かりやすく」「会員が教養として知って置くべき事柄」「提言」「トピックス的な話題」など。
- 4. 解説**(7頁)(17,100字)
新しい特定の問題を取り上げて、専門外の会員にも分かるように解説したもので、さらに勉強しようとする人のために参考となる文献も示しておく。
- 5. 最近の研究**(8頁)(19,700字)
最近の重要な研究のうち、比較的せまい範囲のテーマを取り上げて、国内外の最近の研究成果を紹介する。各分野の現状、現在の問題点などを取り上げて、総括的に分かり易く記述したもので、その分野の研究を進める上で参考となる内容とする。
- 6. 技術資料**(8頁)(19,700字)
直接実務に利用できるもので、実際に行う場合に必要となる条件、装置の説明、あるいは技術的データの収集等により参考資料として役立つもの。
- 7. 集録**(9頁)(22,300字)
文献を主眼として問題点を論じ、批判するもので今後の方針を示唆することをねらいとする。文献のみを集録し解説を行うものも含む。
- 8. 実学講座**(4頁)(9,340字)
特許取得、ベンチャー企業の設立、研究開発マネジメント、教育法、学習法などについて記事にする。
- 9. 材料科学のバイオニアたち**(5頁)(11,900字)
材料科学に携わった先人たちの偉業を紹介する。
- 10. 新進気鋭**(4頁)(9,340字)
“はばたく”は大学院修士課程修了者以上を対象とし、ここでは30歳前後の若手研究者を対象として研究・仕事の紹介と将来展望について紹介してもらう。執筆は単独名とする。
- 11. 材料教育**(4頁)(9,340字)
材料教育に関する話題。
- 12. トピックス(制限頁;2頁)**(4,150字)
最近の情報を手短かに紹介するもので、話題は限定しない。
- 13. 物性・技術データ最前線**(4頁)(9,340字)
形式は問わず、情報は少なくとも、多く読者が必要とするタイムリーな最新の物性、技術データを紹介する。
- 14. 材料ニュース**(2頁)(4,150字)
新聞で発表された材料関連ニュースを新聞内容よりは詳しくできるだけ迅速に記事にする。
- 15. プロジェクト研究報告(有料)(原則35頁)**
特定研究A、B、未来開拓、戦略基礎などの公的資金補助によるプロジェクト研究成果を有料掲載する。

- 16. 産官学交差点**(1頁)(2,200字)
材料に関連した産官学の情報交流の場を設ける。
- 17. 材料発ベンチャー**(2頁)(4,150字)
材料関連ベンチャー企業の経験者に経験談等を記事にしてもらう。
- 18. 新技術・新製品裏話**(2頁)(4,150字)
金属学会新技術・新製品技術開発賞を獲得したグループに開発にあたっての苦労、裏話を紹介してもらう。
- 19. 談話室**(1頁)(2,200字)
気軽な意見の発表、学会に対する質疑応答、情報交換等。
- 20. はばたく**(1頁)(2,200字)
大学院生など新鋭の方々が、著者自身の研究への取り組み方などについて述べる。
- 21. 紹介**(1頁)(2,200字)
組織変更・改革、産業界の動向その他。
- 22. 国際学会だより**(1頁)(2,200字)
- 23. 研究室紹介**(1～2頁)(2,200～4,700字)
- 24. 委員会だより**

(2) 投稿の方法

- 種別の1～15については、執筆要項に定める方法で作成し、制限頁以内にまとめた原稿とその論文または記事のねらい(200字～300字)をフォーマット用紙に記述して会報編集委員会までご送信下さい。審議の上、受付の可否を決定します。
- 種別の16～24については、執筆要項に定める方法で作成し、制限頁以内にまとめた原稿をお送り下さい。但し、原稿の採否や掲載号は会報編集委員会にご一任下さい。

(3) 投稿の要件

- 和文であり論文又は記事として未投稿、未掲載でかつオリジナリティがあること、規定頁を超えないこと、金属とその関連材料の学術および科学技術の発展に寄与するものであること等、ホームページに掲載している会報投稿規程を参照して下さい。

(4) 著作権の帰属

- 会報に投稿された論文および記事の著作権は、この法人の著作権規程により、この法人に帰属します。

(5) その他留意事項

- 原稿は、専門外の読者にも分かるようにご執筆下さい。
- 原稿は、会報編集委員会にて審査いたします。その結果、場合によっては掲載をお断りする場合があります。また、掲載号等についても、本編集委員会が決定いたします。
- 図表の引用に関しては、著作権者への転載許可手続きを著者ご自身で行ってください。
- 詳細は会報投稿規程をご覧ください。

(6) 会報投稿規程と執筆要項

- ホームページ：[「まてりあ」](#) → まてりあへの投稿 をご覧ください。

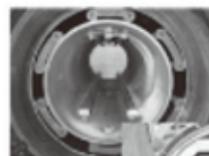
(7) 原稿送付・問合せ先

〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32
公益社団法人日本金属学会 会報編集委員会
☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312 E-mail: materia@jim.or.jp

高温真空 3000°Cへの挑戦

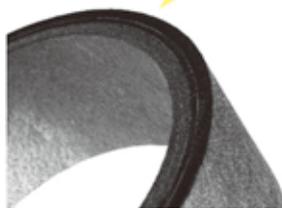
URL:<http://www.mechanical-carbon.co.jp/>

- 高純度カーボングラファイト部品(純度5ppm以下)
- C/C(カーボン・カーボン)材による精密加工
- カーボン成形断熱材、カーボンフェルト
- MGR回転式脱ガス装置用ローター
- 高温真空炉 炉内メンテナンス
- メカニカルシール、パッキン等の摺動部品修理・改造

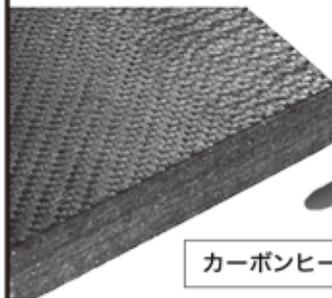


炉の改修

ハイブリット成形断熱材



高断熱+省エネ



6面シート
貼り



カーボンフェルト



カーボンヒーター、カーボン断熱材、高温真空炉内治具、消耗品等のご相談はスペシャリストにお任せください。



メカニカルカーボン工業株式会社

本社:247-0061 神奈川県鎌倉市台5-3-25 TEL.0467-45-0101 FAX.0467-43-1680
工場:新潟工場・本社工場・野村工場(愛媛)・広見工場(愛媛) 事業所:郡山・東京・大阪・松山・周南・福岡
お問い合わせEメール 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



技術で世界を輝かせる。

世界が求めるニーズはより多様化し、複雑に進化し続けています。

私たちはその一つひとつの声を叶えるために、技術を磨いてきました。

そのなかで培われた、世界をリードする素材・機械ビジネス。

私たちは、いち早くニーズに応えるというだけでなく、

技術で驚きや感動を与えることを大切にしています。

私たちがつくる、より強くしなやかな素材から、新たな価値が生まれる。

私たちがつくる、より低燃費の機械が動くことで、

ある国の礎が築かれる。

私たちは技術で社会や人を繋げ、より輝く世界へと、

導いていくために、挑み続けていきます。

<http://www.kobelco.co.jp/>

KOBELCO