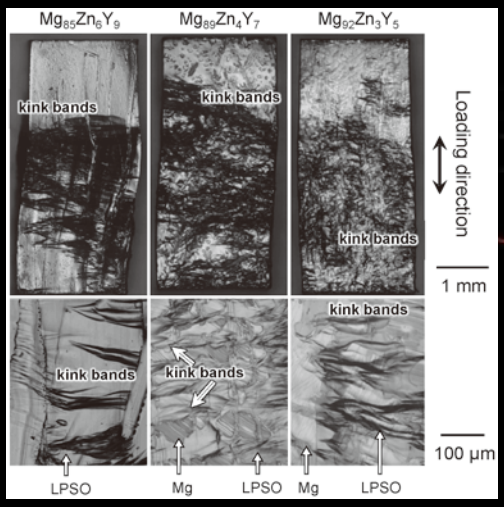
Materia Japan

まてりあ Vol.62

MTERE2 62 (11) 713～770 (2023)

No.11
2023



・金属素描　～バナジウム～

インタビュー フロントランナー

表彰 受賞者紹介（秋）

・Sm-Fe 系ボンド磁石用磁性粉末の開発

・一方向性凝固 Mg/LPSO 二相合金の微細組織と力学特性の相関

・思い出の教科書，この一冊！

・はばたく

・スポットライト

https://jimm.jp/　https://www.jim.or.jp/journal/m/［オンラインジャーナル］

日本金属学会会報 2023年11月1日発行（毎月1回1日発行）Vol.62 No.11 ISSN 1340-2625

分子／結晶模型モデル
（組み立て用キット）

プラスチックの原子と結合を使った教育学習用の分子／結晶構造の模型です。原子は色で区別され、正しい角度に設定された分枝を持ち、決められた長さの結合長で繋ぎ合わされます。
直径1cmと6mmの原子を使う2種類のモデルサイズがあります。

基本セット

■**Basic Structure**（1cmモデル）Class Set ¥11,000.-
硫酸、塩化ナトリウム、ダイアモンド、グラファイト、金属、酸と塩基、洗剤、ナイロン、アモルファス構造の学習用（原子 515 個）

■**Lattice**（1cmモデル）Class Set ¥11,550.-
ダイヤモンド、グラファイト、塩化ナトリウム、8および12配位金属、塩化セシウム、セ閃亜鉛鉱、ウルツ鉱、ルチル、氷構造の学習用（原子380個）

■**Organic and Inorganic Chemistry**
（1cmモデル）Class Set ¥9,680.-
アルカン、アルケン、アルキン、環構造、酸素／窒素／硫黄／リンの官能基、ベンゼン環、ポリマー、複素結晶の学習用（原子 500 個）

結晶セット

■**Carbon Nanotube**
（原子150個）¥3,410.-

■**Diamond**（原子450個）¥7,700.-

■**Beta-Quartz**（原子1,400個）¥14,960.-

■**Mica**（原子1,550個）¥27,720.-　その他、多数あり

（製作：Cochranes of Oxford Ltd.）

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

価格 ¥434,500.-／¥74,800.-（一般／教育）

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

おもな機能（DIADEM）

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

システムプラットフォーム：
Windows 8/10（AIChE DIPPR Project 801）

30,000件のセラミックス状態図データベース
Phase Equilibria Diagrams, Version 5.0
(ACerS-NIST)

新規購入価格 ¥319,000.-
（シングルユーザー用／マルチユーザー用）

Version 4.1/4.2/4.3/4.4/4.5からのアップグレード価格あり（¥160,000～¥50,000）

検索条件

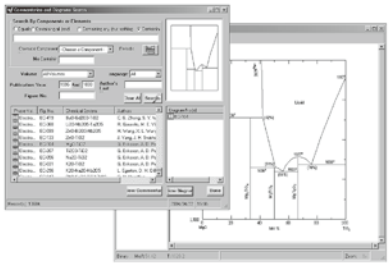
■元素記号、成分系　■著者名、出典書誌名、出版年　■状態図番号

収録物質系

■酸化物とその混合系　■カルコゲナイド（硫化物、セレン化物、テルリド）
■プニチド類（第15族元素）　■炭化物類、炭酸塩類、ケイ化物類、ケイ酸塩類
■アクチニドおよび希土類　■セミコンダクター　■第3族元素　■塩類とその混合系

データソース／Phase Diagrams for Ceramists他の1898年以降のACerSとNISTの刊行物

＊Version 5ではすべての図がPDFで収録され、このバージョンではJAVAは不要です。

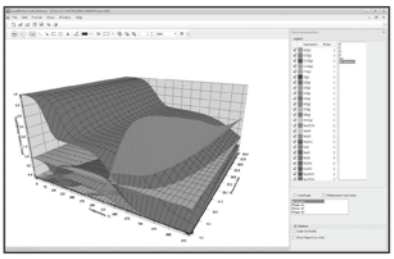


システム要件：Windows 7～10、2GB RAM、ディスク空き容量4GB　媒体：USB

化学反応／平衡計算ソフトウエア
HSC Chemistry for Windows,Ver.10.x

年間使用料 ¥352,000.-/¥126,500.-（一般／教育）

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



システムプラットフォーム：Windows /8/10
（Outotec Research Oy. 製作）

※表記の価格は税込です。

株式会社 ディジタルデータマネジメント
東京都中央区日本橋茅場町1-11-8　紅萌ビル　〒103-0025
TEL.03-5641-1771　FAX.03-5641-1772　http://www.ddmcorp.com

Materia Japan

https://www.jim.or.jp/journal/m/

11

2023
Vol.62
No.11

まてりあ

金属素描
No.31　バナジウム（Vanadium）　吉永英雄 ……713

インタビュー
フロントランナー　宝野和博 ……714

表彰
第20回村上記念賞受賞者……717
第20回村上奨励賞受賞者……717
第33回奨励賞受賞者……718
第46回技術開発賞受賞者……719
第71回論文賞受賞論文……720
第３回新進論文賞受賞者……722
第13回まてりあ賞受賞論文・記事……724

最近の研究
Sm–Fe 系ボンド磁石用磁性粉末の開発　松浦昌志　杉本　諭 ……727
重希土類元素フリーで高耐熱性を有するサマリウム鉄系磁石粉末を開発．微細組織制御と磁気特性の関係について紹介．

新進気鋭
一方向性凝固 Mg/LPSO 二相合金の微細組織と力学特性の相関　徳永透子 ……734

思い出の教科書，この一冊！
“鉄冶金熱力学”大谷正康（著）　永井　崇 ……740

はばたく
水素脆化を“測る”　柴山由樹……741

スポットライト
セルロースからの半透膜作製法の改良について
～落ち葉由来セルロースからのプラスチック製造を目指して～　村田美佳 ……742
水溶液中でハロゲン化物イオンがアルミニウムに及ぼす影響について
中島光和大　甲斐隆之介　金　一豪　松隈旬祐　水野太陽……744

本会記事
会告……747
支部行事……762
掲示板……763
会誌・欧文誌11号目次……765
次号予告……765
新入会員……766
書評……766
行事カレンダー……767

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．
https://jimm.jp/

今月の表紙写真　Mg/LPSO 複相合金における室温圧縮試験後の試験片全体像と変形組織．（徳永透子著　737頁　図５より改変掲載）

表紙デザイン：ビーコン コミュニケーションズ株式会社 グラフィックスタジオ

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っては，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．

Materia Japan

Volume 62 Number 11 November 2023

Contents

Sketch of Metals No. 31 Vanadium — Hideo Yoshinaga 713

Interview Front Runner Vol. 1 — Kazuhiro Hono 714

Autumn Awards

20th The Japan Institute of Metals and Materials Murakami Memorial Award 717
20th The Japan Institute of Metals and Materials Murakami Young Researcher Award 717
33rd The Japan Institute of Metals and Materials Young Researcher Award 718
46th The Japan Institute of Metals and Materials Technical Development Award 719
71st The Japan Institute of Metals and Materials The Best Paper Award 720
3rd The Japan Institute of Metals and Materials The Best Paper Award for Budding Author 722
13th Materia Japan Award 724

Regular Articles

Recent Research

Development of Sm–Fe Based Magnet Powder for Bonded–magnets — Masashi Matsuura and Satoshi Sugimoto 727

Emerging Young Researchers

Microstructure Control of Directionally–solidified Mg/LPSO Two–phase Alloys — Toko Tokunaga 734

My Memorial Textbook

‘‘Tetsuyakin netsurikigaku’’ (Masayasu Ohtani) — Takashi Nagai 740

Portrait of Young Researchers

‘‘Measuring’’ Hydrogen Embrittlement — Yuki Shibayama 741

Spotlights

Improvement of Semipermeable Membrane Preparation Method from Cellulose
～Toward the Production of Plastics from Cellulose Derived from Fallen Leaves～ — Mika Murata 742

The Effect of Halide Ions on Aluminum in Aqueous Solution
Hinata Nakashima, Ryunosuke Kai, Kazuhiro Kin, Shunsuke Matsuguma and Taiyo Mizuno 744

Published by THE JAPAN INSTITUTE OF METALS AND MATERIALS
1–14–32, Ichibancho, Aoba–ku, Sendai 980–8544, Japan
https://www.jim.or.jp/journal/m/ (in Japanese)

©2023 The Japan Institute of Metals and Materials

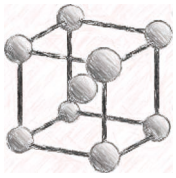
Notice for Making a Copy of This Publication
Please obtain permission from the Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC) to which the copyright holder has consigned the management of the copyright regarding reprographic reproduction.

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)
Address 9–6–41 Akasaka, Minato–ku, Tokyo 107–0052 Japan
Website https://www.jaacc.org E–mail info@jaacc.jp FAX +81–33475–5619

Users in countries and regions of which Reproduction Rights Organizations (RROs) are listed on the above website are requested to contact the respective RPOs directly to obtain permission.

For obtained permission to quote, reproduce; translate, etc., please contact the Japan Institute of Metals and Materials directly.

The front–cover, designed by Beacon Communications k.k. Graphic Studio



シリーズ「金属素描」

No. 31 バナジウム(Vanadium)

太陽鉱工株式会社 吉 永 英 雄

元素名：Vanadium，原子番号：23，原子量：50.94，電子配置：[Ar] $3d^3 4s^2$，密度：6.09 $Mg \cdot m^{-3}$(303 K)，結晶構造：体心立方(室温～融点)，融点：2108 K，沸点：3673 K[1]，地殻存在量：138 $\mu g \cdot m^{-1}$[2]．【写真】(a) 純バナジウム，(b) フェロバナジウム(写真提供 太陽鉱工株式会社)．

バナジウムは，鉄鋼スラグからの副産物として中国，南アフリカから，フレーク状の V_2O_5 として多く輸入される他，鉄鋼添加剤として使用される Fe–V 合金も，世界で多く流通している．また，バナジウムの価数変化を利用したレドックス電池用に硫酸バナジウム溶液が使用されている．国内では，石油精製で使用された使用済水素化脱硫触媒由来のバナジウムや，重油燃焼灰由来のバナジウムが酸化物として回収されている[3]．

バナジウムの需要は，鉄の合金化元素として工具鋼，高張力鋼に多く用いられている．また，Ti, Al, Zr 合金等の有力な添加元素としても広く用いられている．特に，航空機用高強度チタン合金 Ti–6Al–4V の他，眼鏡フレーム等に用いられる Ti–22V–4Al 合金が使用されている．これらの用途に使用される Fe–V 合金，Al–V 合金は，酸化バナジウムを Al 等で還元して合金を作製するテルミット反応のみで製造される．

一方，純バナジウムは，テルミット反応で作製した Al–V 合金(V 含有率：70～95%)を原料として，電子ビーム溶解炉を用い，高温高真空下で Al を蒸発除去する工程を複数回繰り返すことによって純度99.9%相当のインゴットを製造している[3]．純バナジウムの国内需要量は年間 1 t 程度であるが，その特異な性質が利用されている．例えば，バナジウムは破壊靭性や低放射化特性に極めて優れ，高温強度や熱応力因子が高く，中性子照射による膨れ(スエリング)が小さい等のために，1960～70年代に高速増殖炉の燃料被覆管材料として，1980年代以降は，核融合炉第一壁・ブランケット用構造材料として V 合金の開発研究が行われてきた[4]．また，中性子回折プロファイルにおけるバックグランドが少なく，且つ，ブラッグピークの発現が小さい金属としてバナジウムが知られており，この性質を用いた純バナジウム試料容器，および，少量の合金元素を添加した Null–Alloy 試料容器が J–PARC の中性子設備等で利用されている．

近年，脱炭素社会の実現に向けて，水素エネルギー利用への期待は非常に大きい．バナジウムは，パラジウム以外で唯一常温・常圧付近で大量の水素を吸放出できる金属であり，バナジウム中の水素の拡散が速く，且つ，水素固溶域が広いなどの特徴がある．これらの優れた基本特性のため，水素吸蔵合金や水素分離膜などの水素エネルギー関連材料として盛んに研究が行われている[5]．

バナジウムは，水素の他に酸素や窒素のガス成分不純物が固溶し易く，これらガス成分不純物の固溶量は水素に対する特性に大きく影響を及ぼす．特に，不純物酸素量の増大は，バナジウム中水素の拡散係数を低下させるとともに，水素固溶量を著しく低減することが知られている[6]．また，バナジウム中の窒素，酸素濃度の低減は，バナジウム材の硬度を下げ柔らかくするため[7]，水素分離膜などへの適用のためには加工性の観点からも有意義である．当社では，水素関連材料に使用するバナジウム材には，不純物として含まれる酸素および窒素濃度を低減した材料を適用している．

文 献

(1) 金属データブック改訂 4 版：日本金属学会，丸善，(2004)．
(2) R. L. Rundnick and S. Gao: "The Crust", Elsevier Ltd. (2004), 1–64.
(3) 吉永英雄：Journal of MMIJ, **123**(2007), 768–771.
(4) 長坂琢也ら：日本原子力学会誌，**55**(2013), 48–52.
(5) 吉永英雄ら：まてりあ，**57**(2018), 23–25.
(6) D. T. Peterson *et al.*: Met. Trans., **19A**(1988), 67–72.
(7) T. Nagasaka *et al.*: J. Nucl. Mater., **283**(2000), 816–821.

次号！ 金属なんでもランキング！ 純金属の拡散係数の活性化エネルギー

フロントランナー
Front Runner

vol.1

金属材料の微細構造と特性の関係を理解し、ものづくりに貢献する

宝野 和博　Kazuhiro Hono
国立研究開発法人物質・材料研究機構 (NIMS)
理事長

インタビュー動画はこちら

「原子を見て測る」アトムプローブとの出会い

金属材料の微細組織と特性の関係を理解し，微細組織を最適化して材料の特性を高めるというのが私のこれまでの一貫した研究のテーマです．東北大の学生時代に電界イオン顕微鏡に出会ったことが，私の研究人生の転機になりました．これは，50 nm 程度の針状試料表面を何百倍にも投影した像から表面原子を直接観察する手法です．この時代の電子顕微鏡は原子分解能を持っていませんでしたから，原子レベルで金属材料の原子を観察できることはとても画期的でした．

その後のペンシルベニア州立大学の博士課程で，飛行時間型質量分析器をつけたアトムプローブの研究をはじめ，それを補完するために電子顕微鏡も使いはじめました．さらに，カーネギーメロン大学では，ポスドクとして磁気記録媒体の研究に携わり，電子顕微鏡を使ってハードディスク用の磁性薄膜の微細構造の解析をしていました．

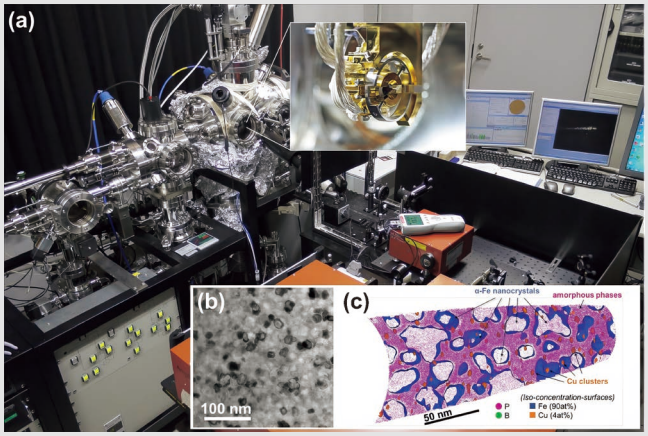
海を越えて届いた学会報が研究人生を変えた

ポスドク時代に日本金属学会から船便で 2 ヶ月ほど遅れて届いた学会報を読んでいると，「FeSiB 合金に Cu と Nb を微量に混ぜたアモルファス合金を熱処理によって結晶化させるとナノ結晶組織が形成され，優れた軟磁気特性が出る」という日立金属の FINEMET® の解説記事に掲載されていた電子顕微鏡写真を目にしました．これを見た瞬間に，これこそアトムプローブでしか解析できない金属ナノ組織と確信しましたが，その時はアトムプローブの研究から離れていたので，将来機会があればぜひやってみたいという構想に留まりました．

1990年に東北大学金属材料研究所に移ると，アトムプローブを立ち上げるというミッションが与えられました．当時は市販の装置はありませんから，設計図を書いて自分で組み上げるしかありません．この装置を立ち上げるのにかかった期間は 2 年．この間，私は装置を完成させて新たなデータを出すまで一切学会にも出席しないという覚悟で，ひたすら実験室に引きこもっていました．そして，装置完成後に最初に研究対象としたのが FINEMET® のナノ結晶メカニズムの解明です．原子レベルでの分析の結果，銅原子が初期に集合体を作り，それが核となってナノ結晶ができることがわかりました．後に同様の実験を行っているグループが複数あったことを知りましたが，ナノ結晶軟磁性材料のアトムプローブによる分析の結果を世界に先駆けて報告することができました．

1995年に NIMS の前身の科学技術庁金属材料技術研究所に移り，そこでアトムプローブに位置敏感型検出器を装備して原子のトモグラフィーを観察できるように発展した 3 次元アトムプローブを立ち上げて，アルミニウム合金，鉄鋼材料，マグネシウム合金，金属ガラスなどのナノ組織の研究を行いました．ナノ結晶軟磁性材料についても，今日までに様々な改良が重ねられてきましたが，1992年に解明した原理は，現在でも新しいナノ結晶磁性材料の開発に役立っています．この研究は金属系ナノ材料の走りだと思っています．

また，アトムプローブは電圧パルスで原子をイオン化するという原理上，主に金属材料の解析に使われてきましたが，針に紫外光フェムト秒レーザーを当てることで，セラミックスへの応用も可能であることを実証しました．現在の市販装置でも紫外光レーザーが搭載されるようになっていますが，その走りの研究を実験室レベルで行って来ました．解析装置を進化させることも材料研究の発展に欠かせません．企業ではできないような先進的な解析手法の開発や微細組織の精緻な解析研究などは国研としてしっかり取り組んでいかなければならない課題だと思っています．



NIMS で製作した紫外光レーザー補助 3 次元アトムプローブの図と，最近のナノ結晶軟磁性材料(Fe–P–B–Cu 合金)の解析例(データは最新の市販装置によるもの)．

材料開発，ものづくりへの貢献を目指して

金属材料の特性は微細組織によって大きく変わりますので，微細組織と特性の関係をナノレベルで明らかにすることは材料開発に欠かせません．金属材料の機械的特性は言うまでもなく，先のナノ結晶軟磁性材料でみられたような金属の磁気特性も大きく微細(ナノ)組織で影響を受けます．原子が規則的に配列する鉄白金という合金は高価ですが，優れた磁石としてのポテンシャルをもつ磁気物性値を持っています．耐食性にもすぐれ次世代のハードディスク用磁気記録媒体への応用が期待されていましたが，それに適したナノ組織，つまり数 nm の結晶が一方向に配列し結晶間は磁気的に分断されているような構造を持った薄膜が実現することが困難だったのです．我々は様々な組成と成膜条件で鉄白金炭素の薄膜を成長させ，その都度電子顕微鏡でナノ組織を観察し，磁気特性を測定することで初めて磁気記録媒体に適した FePt ナノ結晶構造を作り出すことに成功し，これが現在のハードディスクドライブの新方式である熱アシスト磁気記録の媒体として実用化されています．このように金属材料ではナノ組織を解析し，それを制御することで思いもよらない高い特性や機能が出てきますので，微細組織の研究をすることは様々な応用につながります．このようなアプローチをネオジム磁石へも応用し，自動車用磁石から高価な希少元素である Dy を削減するための基礎的な原理も確立したのが，この10年あまりの代表的な研究成果となっています．

物質・材料研究機構(NIMS)の理事長として．

物質・材料研究機構（NIMS）の理事長としてのミッション

現在は国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS)の理事長としての職についています．NIMS の研究者出身者が理事長に就任する初めての例です．NIMS のことは誰よりもよく知っていますので，これをアドバンテージとして NIMS を特定国立研究開発法人に相応しい成果を上げ続けることができる組織としてさらに発展させたいと思っています．そのためには，これからの素材産業を支える基盤研究を創造できる優れた人財の確保です．私のこれまでの研究者としての経験と知見を活かすことで，人財を活かし，マテリアル研究のための世界最高レベルの環境づくりと研究者への支援ができればと思っております．

正直に申し上げると，研究者として研究を最後まで極めたいという想いを断ち切るのに悶々としましたが，私がこれからやるべきことは研究者としてのこれまでの経験に基づき，これから活躍する研究人財を育成すること，そして，産業界との的確なマッチングによりシーズ研究の成果を社会に役立つ方向に誘導することです．税金を使って研究をする以上は社会から評価をされる研究成果を出し，世の中に大きなインパクトを与えることが求められます．しかし，アカデミアだけで育ってきた研究者はそれをどう達成するかが分かりません．私が NIMS 研究者出身の理事長としてできることは，これまでの経験を活かして，彼らの進むべき道を示すことだと思っています．

素材開発は日本の得意分野で長年世界を牽引していましたが，今やその世界的な影響力が低下していると言われています．NIMS が目指すのは国内トップレベルではなく，世界トップレベルの成果です．そのためには優れた人財を起用し，ミッションも重要ですが，自由な発想で研究に取り組める環境を維持することも重要です．企業ではなしえないような基盤研究で，社会に貢献することが NIMS のミッションです．

日本金属学会への想い

日本金属学会は学生時代に入会し，大学 4 年生の時に初めて学会発表の機会をいただき，それから重要な発表はすべて日本金属学会で行って来ました．私のメイン学会であり，ホームグラウンドです．

NIMS は大学ではありませんから，学生の受け入れを直接は行っていません．しかし，筑波大学等 6 大学との連携大学院制度を活用し，大学院生を NIMS ジュニア研究員として雇用し，NIMS で学位取得の研究を行える環境を整えています．現在149名の大学院生が世界各国から集まり，NIMS で研究に従事しています．日本金属学会には研究職だけでなく，これらの大学院生も会員となっています．金属系材料研究の本丸である日本金属学会の会員の皆様にはぜひ NIMS というマテリアル領域をカバーする国立研究開発法人をご理解いただき，研究職，ポスドク，NIMS ジュニア研究員(大学院生)の公募情報にご留意くだされば幸いです．

マテリアル分野は金属，セラミックス，高分子，バイオ，半導体，物性物理にまで広がり，金属系材料も政府では「マテリアル革新力強化戦略」の中で議論されます．これからはマテリアルという広い分野の中で金属に関する科学技術の重要性を広く理解してもらう必要があります．このような状況下で，日本金属学会の皆様には広義のマテリアル研究のなかで金属系材料の重要性を高めていただけることを期待しています．

Profile　宝野 和博 Ph. D.

1984年　東北大学大学院工学研究科修士課程修了
1988年　ペンシルベニア州立大学大学院博士課程修了　Ph.D.
1988年　カーネギーメロン大学材料科学科　ポスドク
1990年　東北大学金属材料研究所　助手
1995年　科学技術庁金属材料技術研究所 物性解析研究部　主任研究官
2001年　独立行政法人物質・材料研究機構　物性解析第 2 サブグループリーダー
2004年　同　フェロー
2006年　同　磁性材料センター長
2016年　国立研究開発法人物質・材料研究機構　磁性・スピントロニクス材料研究拠点長
2018年　同　理事
2022年　同　理事長に就任

本インタビューは2023年の内容で，本会ホームページにも掲載されております．
https://jimm.jp/activiries/front_rnner/vol_0.1.html
本内容に関するお問い合わせは日本金属学会までご連絡下さい．

ちょっと意識して、まわりを見てみてください。
ビルや橋、鉄道やクルマ、街も家の中も鉄でできたものであふれていませんか。
世界は鉄でつくられる。何千年も前から文明を築き、
持続可能な未来へと欠かすことのできない素材です。
鉄を進化させ、社会の発展を支えていく。それが、日本製鉄の使命。
さあ、あしたはどんな世界をつくりましょうか。

NIPPON STEEL | 日本製鉄

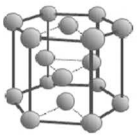
0 NET ZERO NIPPON STEEL Green Transformation initiative

まてりあ企画

「金属素描」「金属なんでもランキング！」

2019 年 1 月から「まてりあ」に掲載している「金属素描」と「金属なんでもランキング！」が https://jimm.jp/around_metal/ranking.html より閲覧できます。

金属素描



金属の物理的・化学的特徴，製法，用途等について紹介しています．意外に知らない事実だけでなく，読んで楽しく，かつ，具体的に役立つ情報を纏めています．

- No.1　チタン
- No.2　ジルコニウム
- No.3　ハフニウム
- No.4　コバルト
- No.5　クロム
- No.6　マグネシウム
- No.7　ナトリウム
- No.8　マンガン
- No.9　ガリウム
- No.10　インジウム
- No.11　鉄
- No.12　アルミニウム
- No.13　銅
- No.14　タングステン
- No.15　ネオジム
- No.16　モリブデン
- No.17　白金
- No.18　ニオブ
- No.19　タンタル
- No.20　ルテニウム
- No.21　イリジウム
- No.22　パラジウム
- No.23　ニッケル
- No.24　レニウム
- No.25　亜鉛
- No.26　金
- No.27　銀
- No.28　ロジウム
- No.29　ビスマス
- No.30　鉛
- No.31　バナジウム

金属なんでもランキング！

物性等，金属にまつわる様々な数値をグラフにして「見える化」しています．金属全体に渡ってデータを整理することによって，全体像がわかるようになっています．

- No.1　地殻存在量
- No.2　密度
- No.3　融点・沸点
- No.4　電気伝導度
- No.5　熱伝導度
- No.6　比熱
- No.7　デバイ温度
- No.8　イオン化エネルギー
- No.9　宇宙の元素組成
- No.10　磁化率
- No.11　電気陰性度
- No.12　電子半径
- No.13　超伝導転移温度
- No.14　中性子散乱長
- No.15　融解熱
- No.16　蒸発熱
- No.17　純物質液体の表面張力
- No.18　海水中の元素存在量
- No.19　月の元素組成
- No.20　純金属液体の粘度
- No.21　酸化物の標準生成ギブス自由エネルギー
- No.22　窒化物の標準生成ギブス自由エネルギー

表彰（日本金属学会）

（2023年9月20日）

～2023年9月20日（水），富山大学五福キャンパスにおいて，下記の方々が本会の賞を受賞されました．おめでとうございます．～

第20回　日本金属学会村上記念賞　受賞者（1名）

［相変態・析出・再結晶を用いた構造用金属材料の組織と特性の制御に関する研究］

東北大学金属材料研究所　教授　古原　忠 君

受賞者は，一貫して構造用金属材料の組織と特性制御に関する基礎研究に取り組み，数々の優れた業績を挙げてきた．析出物の結晶方位（バリアント）の制御原理の確立，固相変態における相界面構造と界面移動の制御因子の解明，鉄鋼の元素クラスタリング・ナノ析出制御によるバルク材および材料表面の高強度化，加工熱処理時の回復・再結晶による界面構造制御と結晶粒微細化による高強度・高延性化など，その幅広い研究成果は国内外で高く評価され，金属組織学における学術の発展に貢献した．

第20回　日本金属学会村上奨励賞　受賞者（3名）

（50音順）

［熱力学に基づく新規Co系機能性形状記憶合金に関する研究］

東北大学大学院工学研究科　助教　許　𡈼 君

受賞者は，Co系ホイスラー合金において，冷却で「母相→マルテンサイト相→母相」リエントラント・マルテンサイト変態の存在を見出し，初めて冷却誘起形状記憶効果を報告した．また，本現象の熱力学的起源を解明するとともに，数多くの新規Co系形状記憶合金を開発した．さらに，周囲の温度を感知し自動的に冷暖切換する固体冷媒材料および生体骨と同様の低ヤング率を有する生体材料を開発した．この一連の研究成果は国内外で高く評価されており，今後の更なる発展が期待される．

［耐疲労・耐水素金属材料の組織および成分設計に関する研究］

東北大学金属材料研究所　准教授　小山　元道 君

受賞者は，水素脆化研究では，電子チャネリングコントラストイメージング（ECCI）法等を利用し，FeMn合金において双晶界面割れが水素脆化の重要因子であることを示した．また，ECCI法をその場観察に適用することで，バルク試料で転位–H相互作用を可視化することにも成功し，ハイエントロピー合金においてHが転位運動を活性化することを見出した．金属疲労の研究では，準安定二相ラメラ構造を有する組織が優れた疲労特性を示すことを発見し，組織設計に基づく耐疲労材料創製に新たな方向性を示した．

［希少元素を用いない高性能永久磁石材料の研究］

物質・材料研究機構磁性・スピントロニクス材料研究センター　グループリーダー

世伯理　那仁 君

受賞者は，マルチスケール組織解析を用いてNd–Fe–B磁石の微細組織と保磁力の関係を詳細に研究し，これらの磁石材料の高保磁力化の指針を明確にした．さらに，Nd–Fe–B磁石の粒界改質のための共晶合金拡散法を開発し，保磁力の熱安定性が0–8 wt%Dy含有Nd–Fe–B焼結磁石より優れたDyフリーNd–Fe–B磁石の開発に成功した．一連の研究は，希少元素の使用を抑えた永久磁石の開発に明確な方向性を示し，学術界と産業界の双方に影響を与え，その発展に貢献した．

第 33 回　日本金属学会奨励賞　受賞者(6 名)

（部門別 50 音順）

[学術部門]

[Mo 基および MoSiB 基合金における TiC 添加に伴う凝固組織および物性変化に関する研究]

東北大学大学院工学研究科　助教　井田　駿太郎 君

受賞者は TiC の添加に伴う凝固組織変化や物性変化の理解に向けた基礎研究に取り組んできた．Mo 基合金を中心とした凝固ミクロ組織を調べ，TiC の凝固組織形成過程を解明した．さらに，TiC の非化学量論性に伴う弾性率変化を Mo–Ti–C 三元系の Mo/TiC 二相域のタイライン上の合金を用いた実験と第一原理計算から解明した．また，これらの知見を生かし，組織および弾性率を制御することにより TiC をはじめとする B1 型 MX の最大の課題である靭性の改善に取り組んでおり，今後の更なる発展が期待される．

[ナノスケールでの金属溶解機構解明に関する研究]

東京工業大学物質理工学院　助教　大井　梓 君

受賞者は，固体高分子形燃料電池に使用される白金やその合金触媒について，電池作動環境下における溶解劣化機構の解明に関する研究を実施している．主な業績として，「触媒の超微小溶解量検出技術の開発」，「走査型電子顕微鏡を用いた溶解劣化前後の触媒ナノ粒子の同一視野観察技術の開発」などが挙げられる．現在は，これらの技術の更なる高精度化に取り組むとともに，触媒の溶解機構解明に基づく高耐久性を有する触媒設計指針の確立に取り組んでおり，今後の更なる展開が期待される．

[放射光 X 線 CT 技術を駆使した高信頼性材料設計の革新]

物質・材料研究機構構造材料研究センター　主任研究員　大熊　学 君

受賞者は，放射光 CT を用いて，現実の複雑なセラミックス製造プロセスの解明に取り組み，アルミナ内部欠陥の 3 次元構造を観察することに世界で初めて成功した．放射光 CT 技術を実用的な材料である積層セラミックコンデンサの焼結プロセス開発や，不均質な構造をもつ脆性材料，セラミックス基複合材料へ展開した．金属，セラミックス，複合材の分野と放射光 CT との結びつきが思いがけない新たな材料設計のアイデアにつながる可能性は高く，今後の更なる展開が期待される．

[実験と計算の融合による金属材料の腐食メカニズムの解明]

物質・材料研究機構構造材料研究センター　研究員　門脇　万里子 君

受賞者は，金属材料の耐食性向上を目指し，電気化学計測などの実験による手法と計算科学の手法を組み合わせて研究を実施している．主な業績として，実験と数値シミュレーションを併用したマルチマテリアル部材の腐食挙動の解明，微小領域の電気化学計測による鉄鋼材料のミクロ組織と耐食性との関係解明，第一原理計算を活用した鉄鋼材料の高耐食化などが挙げられる．現在は鉄鋼材料への水素侵入挙動の解析や，耐食性に優れる新規省資源鋼の開発に取り組んでおり，今後の更なる発展が期待される．

[新奇スピン軌道材料の創製およびスピン流生成原理に関する研究]

京都大学化学研究所　特定准教授　輕部　修太郎 君

受賞者は，重金属や酸化物などにおけるスピン流生成現象に関する研究を推進してきた．スピン流は情報不揮発デバイスの一種である磁気ランダムアクセスメモリの動作原理である磁化反転を効率的に誘起できるため，重要な磁化制御技術である．代表的な成果として，重金属界面や電気伝導性酸化物のスピン軌道相互作用や，反強磁性秩序を用いたスピン流生成原理の解明を行っている．これらの一連の成果はスピントロニクス領域において，国内外で高く評価されており，今後の更なる飛躍が期待される．

［技術部門］

［Ni 含有鋼の酸化スケール形成に関する研究］

日本製鉄(株)技術開発本部プロセス研究所　主任研究員　原島　亜弥 君

受賞者は，高温酸化分野に精通し，熱間圧延プロセスにおける鋼板の酸化スケールの形成機構と除去技術に関する研究に従事している．中でも構造材料用途の Ni 含有鋼について，製造課題である表面疵防止のため，本鋼材特有の酸化スケールの組織制御に取り組んできた．特に加熱炉内の雰囲気や在炉時間が，本鋼材の酸化スケール剥離性を低下させる重要な因子となることを明らかにし，組織制御に対する指針を提示して製造技術発展に貢献した．現在，酸化スケール組織制御技術の他鋼種への展開に取り組んでおり，今後の更なる発展が期待される．

第 46 回　日本金属学会技術開発賞　受賞記事(1 件 7 名)

骨基質配向化誘導を可能とした Ti 合金製脊椎固定用デバイス(UNIOS®PL スペーサー)の開発と製品化

(まてりあ 62 巻 1 号)

帝人ナカシマメディカル(株)
研究部
副部長
高橋　広幸　君

帝人ナカシマメディカル(株)
開発部
部長
井上　貴之　君

帝人ナカシマメディカル(株)
取締役会長
中島　義雄　君

帝人ヘルスケア(株)
社長補佐
横田　勝彦　君

国立病院機構北海道医療センター
統括診療部
部長
伊東　学　君

大阪大学大学院
工学研究科
准教授
松垣　あいら　君

大阪大学大学院
工学研究科
教授
中野　貴由　君

第 71 回　日本金属学会論文賞　受賞論文(5 編 31 名)

(部門別)

[物性部門] 1 編(4 名)

Ultra-High Mixing Entropy Alloys with Single bcc, hcp, or fcc Structure in Co-Cr-V-Fe-X (X = Al, Ru, or Ni) Systems Designed with Structure-Dependent Mixing Entropy and Mixing Enthalpy of Constituent Binary Equiatomic Alloys

(Materials Transactions Vol.63 No.6)

兵庫県立大学
産学連携・研究推進機構
教授
竹内　章　君

東北大学
金属材料研究所
准教授
和田　武　君

兵庫県立大学大学院
工学研究科
教授
永瀬　丈嗣　君

東北大学
金属材料研究所
特任准教授
網谷　健児　君

[組織部門] 1 編(7 名)

Preferential Dynamic Grain Growth Mechanism Enabling the Control of Microstructure and Texture by High Temperature Deformation : Experimental Evidence and Applicability

(Materials Transactions Vol.63 No.2)

新構造材料技術研究組合技術企画部
プロジェクトマネージャー/
大阪大学大学院工学研究科
特任教授
福富　洋志　君

横浜国立大学
理工学系
工学研究等技術部(材料)
技術専門職員
岡安　和人　君

東京電機大学
工学部
准教授
小貫　祐介　君

横浜国立大学大学院
工学研究院
教授
長谷川　誠　君

東京工業大学
物質理工学院
准教授
小林　郁夫　君

Technical University of Ostrava
Professor
Bohumir Strnadel　君

横浜国立大学大学院
工学研究院
教授
梅澤　修　君

［力学特性部門］1編(4名)

Crack Tip Deformation during Dwell Fatigue and Its Correlation with Crack/Fracture Surface Morphologies in a Bi-Modal Ti-6Al-4V Alloy

(Materials Transactions Vol.63 No.9)

九州大学
大学院生
(現：日本キャタピラー)
青木　佑真　君

東北大学
金属材料研究所
准教授
小山　元道　君

九州大学
工学研究院
教授
田中　將己　君

物質・材料研究機構
構造材料研究センター
フェロー
津崎　兼彰　君

［材料プロセシング部門］1編(9名)

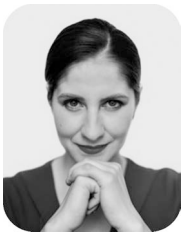
Fabrication of Al-Based Composite Extruded Plates Containing Cellulose Nanofibers and Their Microstructure and Mechanical Properties

(Materials Transactions Vol.63 No.11)

富山大学
都市デザイン学部
准教授
Seungwon Lee　君

富山大学
大学院生
(現：G-TEKT Corp.)
渡邊　翔真　君

富山大学
都市デザイン学部
助教
土屋　大樹　君



Institute of Scientific Instruments, the Czech Academy of Sciences
Senior Researcher
Šárka Mikmeková　君

Czech Academy of Sciences
Vice President
Ilona Müllerová　君

富山大学
学術研究部
准教授
小野　恭史　君

富山大学
都市デザイン学部
教授
高口　豊　君

富山大学
都市デザイン学部
シニアアドバイザー
池野　進　君

富山大学
都市デザイン学部
教授
松田　健二　君

［工業材料部門］1編(7名)

Advanced Mg–Al–Ca Alloys with Combined Properties of High Thermal Conductivity, High Mechanical Strength and Non–Flammability

(Materials Transactions Vol.63 No.2)

熊本大学先進マグネシウム
国際研究センター
センター長/教授
河村　能人　君

熊本大学
学生
(現：東明エンジニアリング(株))
扇　和貴　君

熊本大学先進マグネシウム
国際研究センター
助教
井上　晋一　君

熊本大学先進マグネシウム
国際研究センター
教授
木口　賢紀　君

熊本大学大学院
先端科学研究部
教授
高藤　誠　君

熊本大学大学院
先端科学研究部
特任教授
伊原　博隆　君

熊本大学先進マグネシウム
国際研究センター
特任教授
Donald S. Shih　君

第３回　日本金属学会新進論文賞　受賞者(6編6名)

(部門別掲載号順)

［日本金属学会誌部門］

軟 X 線磁気円二色性顕微分光による Nd–Fe–B 熱間加工磁石の初磁化過程および減磁過程における磁区観察

(日本金属学会誌 86 巻 1 号)

東北大学　大学院生(現：大同特殊鋼(株))　◯竹内　誠　君
東北大学　大学院生(現：(株)プロテリアル)　蓬田　貴裕　君
東北大学多元物質科学研究所　准教授　菊池　伸明　君
大阪大学大学院工学研究科　助教　豊木　研太郎　君
(公財)高輝度光科学研究センター回折散乱推進室　小林　慎太郎　君
(公財)高輝度光科学研究センター分光推進室　小谷　佳範　君
東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター　教授　中村　哲也　君
大同特殊鋼(株)技術開発研究所　日置　敬子　君
東北大学多元物質科学研究所　教授　岡本　聡　君

6%Ni 炭素鋼の摩擦攪拌接合における攪拌部の集合組織解析による流動挙動の推定　（日本金属学会誌 86 巻 6 号）

大阪大学接合科学研究所　助教 ◯三浦　拓也　君
大阪大学接合科学研究所　教授 藤井　英俊　君
大阪大学接合科学研究所　特任教授 潮田　浩作　君

Cu 微粒子の低温酸化焼結挙動　（日本金属学会誌 86 巻 11 号）

東北大学　学生 ◯竹内　喬亮　君
東北大学大学院工学研究科　准教授 安藤　大輔　君
東北大学大学院工学研究科　教授 小池　淳一　君
東北大学大学院工学研究科/材料科学高等研究所　教授 須藤　祐司　君

[Materials Transactions 部門]

Nanomechanical Analysis of SUS304L Stainless Steel with Bimodal Distribution in Grain Size

（Materials Transactions Vol.63 No.4）

物質・材料研究機構構造材料研究拠点　NIMS ポスドク研究員 ◯Viola Paul　君
物質・材料研究機構構造材料研究拠点　NIMS ポスドク研究員 Wang Yanxu　君
立命館大学理工学部　特別任用教授 飴山　惠　君
立命館大学グローバル・イノベーション研究機構　客員准教授 川畑　美絵　君
物質・材料研究機構構造材料研究拠点　センター長 大村　孝仁　君

Temperature Independences of Fatigue Crack Growth in Ti–0.49 mass%O　（Materials Transactions Vol.63 No.4）

木更津工業高等専門学校電子制御工学科　准教授 ◯奥山　彫夢　君
九州大学大学院工学研究院　教授 田中　將己　君
九州大学大学院工学研究院　助教 森川　龍哉　君

Fatigue Life Prediction of Die-Attach Joint in Power Semiconductors Subjected to Biaxial Stress by High-Speed Thermal Cycling

（Materials Transactions Vol.63 No.6）

芝浦工業大学　大学院生（現：（株）日立製作所）◯金井　宏喜　君
芝浦工業大学工学部　教授 苅谷　義治　君
芝浦工業大学　大学院生（現：三菱電機（株））杉本　大成　君
芝浦工業大学　大学院生（現：東芝デバイス＆ストレージ（株））阿部　慶樹　君
三菱電機（株）先端技術総合研究所 横山　吉典　君
三菱電機（株）先端技術総合研究所 越智　光樹　君
三菱電機（株）先端技術総合研究所 花田　隆一郎　君
三菱電機（株）先端技術総合研究所 曽田　真之介　君

第 13 回　日本金属学会まてりあ賞　受賞論文・記事(3 編 7 名)

（部門別掲載号順）

[まてりあ論文賞]（2 編 6 名）

先端材料開発に向けた，AI 先端計測技術の多角的視点からの考察(第 1 回)(第 2 回)　（まてりあ 61 巻 8 号，9 号）

日本工業大学大学院技術経営研究科
教授/大阪大学
招聘教授
岡本　和也　君

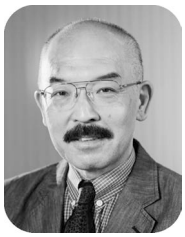
大阪大学
超高圧電子顕微鏡センター
招聘教授
杉山　昌章　君

名古屋大学未来材料・
システム研究所
教授
武藤　俊介　君

成蹊大学理工学部
教授
青柳　里果　君

奈良先端科学技術大学院大学
データ駆動型サイエンス創造センター
教授/東京工業大学
特任教授
冨谷　茂隆　君

反射に加え透過でも役立つモルフォチョウの光学特性　（まてりあ 61 巻 8 号）



大阪大学大学院
工学研究科
准教授
齋藤　彰　君

［まてりあ啓発・教育賞］（1編1名）

金属製錬反応の速度論Ⅰ―律速段階と物質移動速度―　（まてりあ60巻2号，3号，4号，5号）

Ⅱ―化学反応速度―

Ⅲ―無次元数とプロセス解析例―

Ⅳ―プロセスシミュレーション―

東北大学
名誉教授
北村　信也　君

◇　　◇　　◇

第39回優秀ポスター賞受賞者，第10回高校・高専学生ポスター賞受賞者の紹介は次号(12号)にて報告いたします．

◇**日本金属学会秋賞の概要**◇（英語表記はホームページ：表彰関係ご覧下さい）

技術開発賞	まてりあ“新技術・新製品”の著者で，創意あふれる開発研究を推奨する目的で，金属工学ならびにこれに関連する新技術・新製品などの独創的な技術開発に携わった技術者に対して授賞する．
奨励賞	金属・材料工学ならびに関連分野において優れた業績を挙げつつある4月1日時点で**35歳以下**の将来性豊かな若手研究者(技術部門は企業の研究者または技術者)に授賞する． 部門：学術部門，技術部門
まてりあ論文賞	日本金属学会会報「まてりあ」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及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．
まてりあ啓発・教育賞	日本金属学会会報「まてりあ」に掲載した記事で，まてりあ記事の特徴を活かし，金属及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．
村上記念賞	村上記念会からの寄付を基に金属およびその関連材料の工学の分野における先駆的研究および開発に格段の功績を挙げた4月1日時点で**46歳以上**の方に授賞する．
村上奨励賞	村上記念会からの寄付を基に金属およびその関連材料の工学の分野で卓越した業績を挙げつつある4月1日時点で**40歳以下**の若手研究者に授賞する．
論文賞	前年1ヵ年の日本金属学会誌またはMaterials Transactionsに掲載された論文の中から特に優秀な論文に対して授賞する． 部門：物性，組織，力学特性，材料化学，材料プロセシング，工業材料，環境・教育・歴史および新領域
新進論文賞	前年1ヵ年の日本金属学会誌またはMaterials Transactionsに掲載された第一著者が**35歳以下**の若手による論文中，学術上または技術上特に優秀な論文に対して授賞する．
優秀ポスター賞	ポスターセッション発表者を対象に，優秀なポスターおよび発表者に対して授賞する．本賞の贈呈は各大学，研究所に委託しこれを行う．
高校・高専学生ポスター賞	高校生・高専(3年生以下)学生の優秀なポスターおよび発表者に対して授賞する．本賞の贈呈は各学校に委託しこれを行う．

大会レポート（付設展示会、学生キャリアサポート企画編）

日本金属学会2023年秋期講演大会は、9月19日に、とやま自遊館にてポスターセッションと高校生ポスターセッションを、9月20日から22日まで富山大学五福キャンパスにて一般講演、シンポジウム、共同セッションを開催した。9月26日にはオンラインにて高校生ポスターセッションを開催した。
大会参加登録者数は1,559名、講演発表件数は1,002件であり、何れも前回と前々回を上回り、盛会であった。講演会場1Fのエントランスエリアにて、付設展示会を開催し、16社（内6社が初出展）の出展があった。展示会場には空調が無く、暑さ対策に苦慮したが、参加者の導線上に設定できたことにより、多数の来場があり、多くの商談の機会を創出できた。
また、ポスターセッションも活況で、参加者数600名以上、発表件数282件と、こちらも盛会であった。会場内では、学生キャリアサポート企画として、企業のポスター展示会とショートプレゼンを実施し、7社の参加があった。ポスター会場と企業ブースエリアを区分けしたため、企業ブースへの集客に不安があったが、開催時間を通して、各ブース共に多くの学生が立ち寄り、活発な情報交換がなされた。
セミナー形式ではなく、気軽に立ち寄れる展示設定が功を奏した結果となった。
以下、付設展示会の出展内容を紹介する。

・㈱アカデメイア
自動ハイスループット材料計算の成果や物性部門の部門を紹介した。

・㈱池上精機
研磨面積や試料にかかる負荷など、様々な試料研磨の課題を克服する研磨機を実機展示した。

・茨城県中性子ビームライン
世界最高性能を誇る大強度陽子加速器施設（J-PARC）内の2つの中性子ビームライン「材料構造解析装置（iMATERIA）」、「生命物質構造解析装置（iBIX）」を紹介した。

・ＳＫメディカル電子㈱
高周波誘導加熱装置や周辺装置を紹介した。

・ＳＣＳＫ㈱
初出展となった今回は、CAEを中心に、成形加工・熱処理シミュレーション、鋳造プロセスシミュレーションソフトウェア等を紹介した。

・オックスフォード・インストゥルメンツ㈱
EBSD検出器、最新のEBSDデータ解析ソフトウェア、EDS分析システムを紹介した。ランチョンセミナーでも詳細な解説があった。

・ゲルハルトジャパン㈱
タガルノフル社のデジタルマイクロスコープを実機展示した。

・㈱新興精機
全自動シリアルセクショニング3D顕微鏡、材料情報統合システムを紹介した。

・新東工業㈱
3Dプリンタによる金属積層造形品向けの表面処理技術を紹介した。

・㈱ＴＳＬソリューションズ
EBSD法をベースとしたSEM/TEMを用いた材料組織観察およびその解析技術に関連した事業内容を紹介した。ランチョンセミナーでも詳細な解説があった。

・東芝ナノアナリシス㈱
金属・半導体・液晶・新素材を中核とした幅広い分野の受託分析業務の紹介に加え、国内受託会社として唯一導入している3次元アトムプローブを用いた、セラミックスやNb_3Al超電導体の分析事例を紹介した。

・富山コンベンションビューロー
富山県の魅力の紹介の他、学会や展示会の誘致をプロモーションした。

・ヴァーダー・サイエンティフィック㈱
振動研磨装置、高温卓上チューブ炉を中心に紹介した。

・物質材料研究機構
NIMS Open Facility（NIMSの共用設備）の紹介と微細加工の相談を受け付けた。

・㈱モルシス
材料設計支援統合システムを中心に分子シミュレーションソフトウェアを紹介した。

次頁からは、「誌上展示会」として、材料研究に役立つ機器等の情報を掲載する。是非ご一読頂き、今後の研究開発にお役立て頂きたい。

付設展示会・出展社一覧
https://confit.atlas.jp/guide/event/jim2023autumn/exhibitorslist/ja

まてりあ「誌上展示会」

Unity-BEX イメージング検出器

反射電子（Backscattered Electron）とX線の情報を融合するBEXイメージングシステムは、凹凸や原子番号情報を持つ電子線像に加え、特性X線による元素情報を同時に収集し、即座に画像化します。BEXによる元素情報を持つカラー画像は、二次電子や反射電子による通常のグレースケール画像では判断に経験と時間を要した分析を、迅速に実行することを可能にします。

■Unityの主な特長

- リトラクション可能なポールピース下面設置型検出器
- 反射電子とX線信号を同時収集可能なセンサーヘッド
- 低倍率での分析にも対応する大型電子線通過ホール
- 標準的な観察条件で高速分析可能（低真空にも対応）
- 幅広いワーキングディスタンスに対応
- 従来型EDS検出器も同時使用可能
- SE検出器、BSE検出器と同様の操作感で、BEXイメージングの収集が可能

www.oxinst.jp/unity

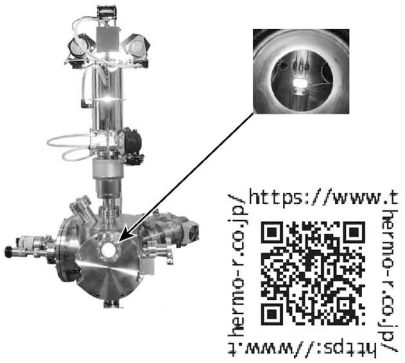
オックスフォード・インストゥルメンツ株式会社
〒141-0001 東京都品川区北品川5-1-18 住友不動産大崎ツインビル東館　URL：nano.oxinst.jp
TEL.03-4510-3527　FAX.03-4510-3518　E-Mail：na-mail.jp@oxinst.com

全自動シリアルセクショニング方式３D顕微鏡

全自動シリアルセクショニング方式３D顕微鏡

・EBSDに対応した試料研磨　エッチング　組織撮影を全自動で行える装置です。ナノレベルで安定した、深さ方向の等間隔研磨像が全自動で得られますので、組織、クラック、介在物、ボイド等の高解像度の3次元像が得られます。
・電解エッチングが全自動で行え、チタン、アルミ、ニッケル、ステンレス等の3次元組織観察も可能です。
・設定条件ライブラリーにより、動作設定、消耗品の自動選定で誰にでも良好な研磨が行えます。
・研磨用品は完全独自開発で、良好で安定した研磨が可能となりました。
・リモート機能で確認と設定操作が出来ますので、現場に行かずに研磨を行う事が可能となります。
世界10ヵ国特許取得済みです。

株式会社新興精機
〒564-0052　大阪府吹田市広芝町7番26号　TEL.06-6389-6220　FAX.06-6389-6221
URL：https://www.shinkouseiki.co.jp/index.html　E-mail：ikeuchi@shinkouseiki.co.jp



赤外線導入加熱装置 GVH298

試料のみにピンポイントで赤外線を照射し非接触で急速加熱

- 真空用・大気用・加圧用有り
- 到達温度　1000℃～1500℃
- 真空システムや分析装置に簡単に取り付けできます

株式会社サーモ理工
〒181-0013　東京都三鷹市下連雀8-7-3 三鷹ハイテクセンター
TEL.0422-76-2511　FAX.0422-76-2514
URL：https://www.thermo-r.co.jp/　E-mail：sekigai@thermo-r.co.jp

次回予告

まてりあ5月号・広告特集「誌上展示会」

材料研究に関わる製品やサービスの情報を資料形式で一挙掲載します。

1枠　￥28,000（税別）

【お問合せ・お申込み】㈱明報社　TEL:03-3546-1337　www.meihosha.co.jp

公益社団法人日本金属学会への入会のおすすめ

公益社団法人日本金属学会は，本多光太郎先生のご提唱により1937年２月14日に創設され，金属及びその関連材料分野の学術および科学技術の振興を目的として，学術誌や学術図書の刊行，講演会や講習会の開催，調査・研究，表彰・奨励の事業を行っています．社会基盤材料をはじめエネルギー材料，エコマテリアル，電子・情報材料，生体・福祉材料，材料と社会等の分野でご活躍の研究者，技術者，学生の皆様，当該分野に関心のある方の入会をお待ちしております．

会報「まてりあ」は，会員のみに提供されます．さらに，会員には，講演大会への会員参加費での参加及び登壇費の免除，刊行物の会員価格での購入，本会主催のセミナー・シンポジウム・講演発表会等への会員割引価格の参加等の特典があります．

最新の研究や技術の動向をいち早く得ることができます

- 会報「まてりあ」が毎月無料で配付されます(電子ジャーナルも閲覧できます)．まてりあでは，専門外の方のための入門講座や講義ノート，解説記事で分野の基礎を学ぶことができます．
- 和文論文誌「日本金属学会誌」を会員価格で購読できます(電子ジャーナルの閲覧は無料です)．
- 英文論文誌「Materials Transactions」を会員価格で購読できます(刊行半年後からの電子ジャーナル閲覧は無料です)．
- 最新の研究成果が発表される年２回の講演大会に会員参加費で参加できます．
- 最新の研究や技術に関するシンポジウムやセミナーに参加できます．
- 最先端の研究を討議する研究会が開催する研究集会に参加できます(新たな研究会を設立することも可能です)．

多様な研究者や技術者と交流ができます

- 様々な場で大学や企業の研究者や技術者と学術・技術の交流ネットワークを作ることができます．
- 各分野の専門家集団で構成される分科の活動に参加することができます．
- 最新の研究成果を発表する，春と秋の年２回開催される講演大会へ会員参加費で参加できます(参加費には講演概要が含まれています)．
- 講演大会概要を会員価格で購入できます．
- 全国に８つの支部があり，身近な研究者や技術者と交流できます．

研究成果を発表，討議して，研究を深めることができます

- 講演大会で研究成果を発表して，分野の専門家と討議できます(非会員が講演するには大会参加費および登壇料が必要になります)．
- 研究成果を論文として日本金属学会誌や Materials Transactions 誌に発表できます．投稿された論文は分野の権威による査読を受けることができます．
- Materials Transactions の投稿料の割引が受けられます(日本金属学会誌の投稿は無料です)．

技術者・学生の能力開発や進路選択への支援が受けられます

- 教科書，データブック，セミナーテキスト等の学術図書類を会員価格で購入できます．
- 本会主催または本会協賛のセミナーや講習会，見学会等に会員価格で参加できます．
- 学生員は本会主催の企業説明会に参加できます．

表彰を受けられます

- 表彰・奨励制度があります．
- 本会外の表彰へ推薦することができます(各種の学術賞や奨励，助成等の候補の推薦団体に指定されています)．

[ご入会は]

本会ホームページの入会ページ(下記 URL)からお申し込み下さい．

https://jimm.jp/member/

最近の研究

Sm–Fe系ボンド磁石用磁性粉末の開発

松浦昌志[*1)] 杉本諭[*2)]

1. 緒　言

近年，自動車の電動化をはじめとする小型モータの需要拡大に伴い，それに用いられるボンド磁石の需要も拡大しつつあり，今後ますます市場が拡大すると予想されている．ボンド磁石とは，磁石粉末を樹脂と混合し成形した磁石であり，圧縮成形，射出成形，カレンダーロール成形などで製造される．ボンド磁石の最大エネルギー積$(BH)_{max}$は焼結磁石のそれには劣るものの，形状自由度が高く複雑形状が作製可能であるため，磁気回路の設計自由度が高くなる．さらにボンド磁石は，磁石粉末間にバインダーである樹脂が存在するため電気抵抗率が高く，モータ回転時に磁石内に生じる渦電流の低減が期待される．一般的にモータの出力はトルク×回転数で表されるが，ボンド磁石を用いるとトルクはやや小さいものの，回転数を高めても渦電流が低減できることから，高回転モータへの応用が進みつつある．

現在，ボンド磁石に用いられる磁石粉末は主に，フェライト系と希土類–鉄系に大別され，希土類–鉄系磁石粉末を用いた方がフェライト系よりも$(BH)_{max}$が大きい．希土類–鉄系磁石粉末の材料としてはNd–Fe–B系とSm–Fe–N系があり，Nd–Fe–B系ボンド磁石の方がSm–Fe–N系に比べて$(BH)_{max}$が大きい傾向にあり，また，より高い$(BH)_{max}$を得るためにNd–Fe–B系とSm–Fe–N系の混合粉末が用いられることもある．一方，Sm–Fe–N系はNd–Fe–B系よりも残留磁束密度B_rの温度特性に優れており，耐熱性を高めるための重希土類の添加も不要である．また，Ndは焼結磁石にも多く必要とされる需要の高い元素であり資源リスクが懸念されるが，現状Smは余剰傾向にあることから，希土類資源のバランス利用の観点からもSm–Fe–N系磁石は注目されている材料である．

Sm–Fe–N系ボンド磁石に用いられる化合物は，Th_2Zn_{17}型構造を有する$Sm_2Fe_{17}N_3$化合物[(1)(2)]ならびに，$TbCu_7$型構造を有するSm–Fe–N系化合物[(3)–(5)]の二種類がある．まず$Sm_2Fe_{17}N_3$化合物は，1.54 Tなる高い飽和磁化(J_s)と11.2 MA·m^{-1}なる大きな異方性磁界(H_A)を有しており，3–5 μm程度以下まで微細化することで高い保磁力を示す．市販の$Sm_2Fe_{17}N_3$系磁石粉末の多くは還元拡散法で作製されている．還元拡散法とは，FeまたはFe–OとSm_2O_3粉末，ならびに金属Caを混合する．その後，Caの融点以上で熱処理することで溶融したCaがSm_2O_3を還元し，そのSmがFe粉末内へと拡散し反応することでSm_2Fe_{17}相を形成する．続いて窒化処理して$Sm_2Fe_{17}N_3$相とし，さらに還元拡散処理によって生じたCaOを洗浄して除去することで$Sm_2Fe_{17}N_3$粉末が得られる[(6)–(13)]．この$Sm_2Fe_{17}N_3$粉末を射出成形ボンド磁石に利用するとき，はじめに加熱しながら樹脂と混錬する必要があるため，Sm–Fe–N系粉末についても150–200℃での耐熱性が必要となる[(6)]．しかしながら，上述の還元拡散法で作製した$Sm_2Fe_{17}N_3$粉末は，CaOを除去する洗浄工程で水を用いるため表面酸化が不可避であり，その表面酸化の影響で150–200℃では保磁力の減少が起こってしまうことから，耐熱性の向上が必要である．

その方策の一つとして，添加元素の添加が挙げられる．これまでEndohら[(14)]やSugimotoら[(15)]をはじめ，$Sm_2Fe_{17}N_3$化合物に対する添加元素の影響が多くの研究者によって報告されてきた．例えばCoの添加はキュリー温度を上昇させ，また，Crの添加は$Sm_2Fe_{17}N_x$化合物の分解温度を高めることが報告されている．さらにImaokaら[(16)(17)]はMnを添加した$Sm_2(Fe, Mn)_{17}N_x$粉末では，110℃の高温環境下で保持しても，室温と同等の保磁力を維持できることを報告している．このように，Sm–Fe–N系粉末の高耐熱化には，MnやCrといった元素の添加が有望である．しかしながら，MnやCrの添加は，飽和磁化の減少や磁化曲線の角型比の低下といった問題も生んでしまう．

そこで近年，著者らのグループで開発を進めてきたのが，粉末表面のみに添加元素(M)を拡散させた$Sm_2Fe_{17}N_x$/Sm_2

* 東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻；1)講師　2)教授(〒980–8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6–6–02)
Development of Sm–Fe Based Magnet Powder for Bonded–magnets; Masashi Matsuura and Satoshi Sugimoto(Department of Materials Science, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai)
Keywords: *$Sm_2Fe_{17}N_x$, $TbCu_7$–type, core–shell powder, fine crystal, bonded–magnets*
2023年7月31日受理[doi:10.2320/materia.62.727]

(Fe, M)$_{17}$N$_x$コアシェル粉末[18)-21)]である．上述のように$Sm_2Fe_{17}N_3$化合物の分解温度の上昇や高温下での保磁力低下抑制などの効果が報告されている添加元素を，$Sm_2Fe_{17}N_x$粉末表面のみに添加した$Sm_2Fe_{17}N_x/Sm_2$(Fe, M)$_{17}N_x$コアシェル粉末が実現できれば，磁化の低下を最小限にとどめながらも耐熱性の向上が期待できる．著者らのグループでは，還元拡散法を応用した新たなプロセスを構築した．Sm_2Fe_{17}粉末に対し，M–O粉末ならびにSm_2O_3粉末を混合し還元拡散熱処理することで，Sm_2Fe_{17}粉末表面にのみ元素Mが拡散したSm_2Fe_{17}/Sm_2(Fe, M)$_{17}$コアシェル粉末が作製でき，さらにそれを窒化処理することで$Sm_2Fe_{17}N_x/Sm_2$(Fe, M)$_{17}$N$_x$コアシェル粉末の開発に成功した．そこで本論文では，著者らのグループで開発を進めてきた$Sm_2Fe_{17}N_x/Sm_2$(Fe, M)$_{17}N_x$コアシェル粉末について紹介する．

一方，Sm–Fe–N系ボンド磁石に用いられるもう一つの化合物は$TbCu_7$型Sm–Fe–N系化合物である．$TbCu_7$型Sm–Fe(–N)系化合物は準安定相であり，Katterら[3)]によってSm–Fe系急冷薄帯にて報告された．その後，Sakuradaら[4)]によって，$TbCu_7$型構造を有する$(Sm_{0.7}Zr_{0.3})(Fe_{0.8}Co_{0.2})_9B_{0.1}N_x$合金の$J_s$は1.70 Tと，$Nd_2Fe_{14}B$化合物の$J_s$を超える高い飽和磁化を有することが報告された．さらに同グループは，この$TbCu_7$型Sm–Fe–N系合金を用いて樹脂ボンド磁石を作製し，$(BH)_{max}=180\ kJ\cdot m^{-3}$なる高い$(BH)_{max}$を報告している[5)]．その後，Mochizukiら[22)23)]は，NbとBを添加したSm–Fe–Co–Nb–B系合金において，液体急冷法で作製したアモルファスリボンを熱処理することで，$TbCu_7$型Sm–Fe系相の微結晶を形成し，窒化処理しなくても比較的高い保磁力を発現することを報告した．この$TbCu_7$型Sm–Fe–Co–Nb–B系合金の特徴として，比較的低い冷却速度であってもアモルファスが得られること，さらに窒化処理をしなくても比較的高い保磁力が得られること，が挙げられるが，同合金でこれまで報告されてきた保磁力は550–600 $kA\cdot m^{-1}$程度[22)23)]と，ボンド磁石への応用を考えるとまだ十分ではない．

そこで，Sm–Fe–Co–Nb–B系合金において，近年著者らのグループでは，組成と熱処理条件の最適化による高保磁力化を実現し，さらに高保磁力の発現に寄与する微細組織を明らかにしてきた[24)]．

以上より本論文では，ボンド磁石用磁性粉末として用いられている異なる二種類のSm–Fe系磁石化合物に着目し，我々の最近の研究である$Sm_2Fe_{17}N_x/Sm_2$(Fe, M)$_{17}N_x$コアシェル粉末の開発および高保磁力$TbCu_7$型Sm–Fe–Co–Nb–B系粉末の開発について紹介する．

2. 実 験 方 法

(1) コアシェル構造 $Sm_2Fe_{17}N_x$ 粉末の作製

図1に試料作製フローを示した．まず，Sm_2Fe_{17}粉末にM–O(M: Metal)およびSm_2O_3粉末をボールミルで粉砕・混合した．この混合粉末にCaを加え，840–880℃で1.5–2 h還元拡散熱処理した．その後解砕し，窒素ガスを用いて400–450℃で窒化した．得られたSm–Fe–N系粉末はCaOを含んでいるため洗浄を行う必要があるが，洗浄溶媒としてはエチレングリコールまたは水を用いた．その後，エタノールを用いてリンスし，真空乾燥することでSm–Fe–N系粉末を得た．このようにして得られたSm–Fe–N系粉末は，耐熱試験としてArガス雰囲気下で300℃, 1.5 h熱処理して磁気特性の変化を調べ，窒化後の保磁力に対する耐熱試験後の保磁力の減少率を耐熱性の指標として用いた．

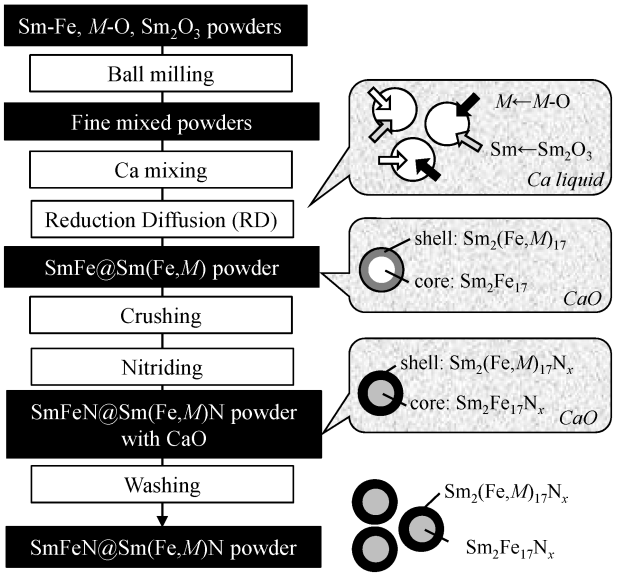


図1　$Sm_2Fe_{17}N_x/Sm_2$(Fe, M)$_{17}N_x$コアシェル粉末の作製フロー．

磁気特性は試料振動型磁力計(VSM)で，出現相はX線回折(XRD)で，微細組織は走査型電子顕微鏡(SEM)，透過型電子顕微鏡(TEM)ならびにオージェ電子分光法(AES)で調べた．

(2) $TbCu_7$ 型 Sm–Fe–Co–Nb–B 系急冷合金の作製方法

高周波溶解により，$Sm_{6.2}Fe_{66.4}Co_{16.4}Nb_{2.7}B_{8.3}$(at%)なる組成の合金を作製し，1000℃で24 hの均質化熱処理を行った．この合金を用い，15–25 $m\cdot s^{-1}$のロール回転速度にて急冷薄帯を作製し，それらを片封じ石英管に入れて，Ar雰囲気下で600–675℃で1–25 h熱処理した．さらに，一部試料については熱処理後の冷却速度を4–10℃·min^{-1}に制御して冷却し，得られた$TbCu_7$型Sm–Fe系合金を粉砕し，樹脂(2.6 mass%)と混合して圧縮成形し，樹脂ボンド磁石を作製した．

磁気特性の評価はVSMおよび直流B–Hループトレーサーで，出現相の評価はXRDで，微細組織はTEMおよび三次元アトムプローブ(3DAP)で行った．

3. 結 果 と 考 察

(1) コアシェル構造 $Sm_2Fe_{17}N_x$ 粉末の開発

図2に，M–OとしてMn_3O_4を混合して作製したMn拡散

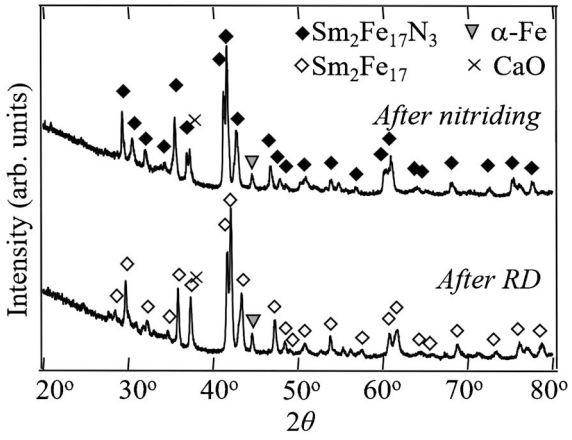


図2　Mn_3O_4 粉末を混合し還元拡散熱処理して作製した Sm–Fe 系粉末の，還元拡散熱処理後ならびに窒化処理後の XRD パターン[18]．

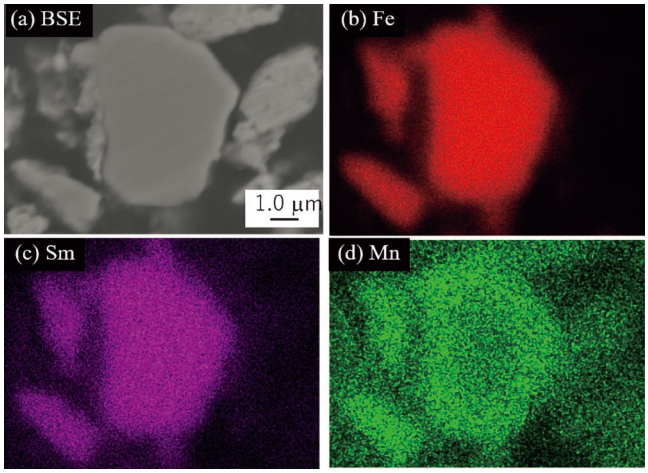


図3　Mn_3O_4 粉末を混合し還元拡散熱処理して作製した Sm–Fe–N 系粉末断面の SEM 像ならびに元素マッピング像[18]．（オンラインカラー）

Sm–Fe–N 系粉末の，窒化処理前後の XRD パターンを示した．図2より，窒化前（還元拡散熱処理後）の粉末では主相として Th_2Zn_{17} 型構造の Sm_2Fe_{17} 相のピークがみられ，さらに CaO, α–Fe 相のピークがみられた．これは，Mn_3O_4 を添加して還元拡散熱処理しても Th_2Zn_{17} 型の結晶構造を維持しており，さらに還元剤として用いた Ca が酸化した CaO のピークが見られることから，Ca による還元が進んだことが示唆される．この傾向は M–O として Cr_2O_3 や Sm_2O_3 を用いた場合でも同様であった[19)–21)]．

同粉末を窒化処理した後の出現相をみると，図2より，Sm_2Fe_{17} 型の結晶構造は維持されているが，それらピークは窒化処理前よりも低角側にシフトしていた．これは，Th_2Zn_{17} 相が窒化され，それによって格子が広がったものと判断され，窒化処理によって $Sm_2Fe_{17}N_x$ 相が得られたことが分かる．また，窒化処理後も CaO および α–Fe 相のわずかなピークが確認されたが，これら出現相は窒化前後で変化はなかった．

続いて**図3**に，Mn_3O_4 粉末を混合し還元拡散熱処理し，さらに窒化処理して得られた粉末断面の SEM 像ならびに Fe, Sm および Mn の元素マッピング像をそれぞれ示した．図3(a)の BSE 像より，粉末の一次粒径はおよそ3 μm 程度であり，これは還元拡散熱処理前の粉末と同等のサイズであったことから，還元拡散熱処理に伴う粉末サイズの増大は小さかった．一方，EDX による元素マッピング像をみると，Fe や Sm は粉末全体に分布しているが，図3(d)に見られるように Mn については粉末表面に濃化していることが分かった．この Mn 濃化層の拡散距離は還元拡散熱処理温度および時間に依存し，860℃で熱処理した図3に示した粉末では約 1.5 μm であった．したがって，図2および図3の結果から，本研究で新たに採用した還元拡散熱処理プロセス（図1）によって，Mn が粉末表面に濃化した $Sm_2Fe_{17}N_x$/$Sm_2(Fe, Mn)_{17}N_x$ コアシェル粉末が作製できたと分かった．

そこで，得られたコアシェル粉末に対し，CaO を除去する洗浄を行った後，耐熱性の評価として300℃で 1.5 h, Ar ガス雰囲気中で熱処理したときの，熱処理前後の磁気特性変化を調べた．**図4**に，(a)Mn 拡散コアシェル粉末および(b)Mn 拡散のない市販の Sm–Fe–N 系粉末について，減磁曲線をそれぞれ示した．さらに同図には，耐熱性評価のための300℃での熱処理を施した後の減磁曲線も併せて示した．図4(b)より，市販の Sm–Fe–N 系粉末では300℃で熱処理後に保磁力が52％程低下してしまったことが分かる．一方，図4(a)に示すように Mn を拡散させた粉末については，その減

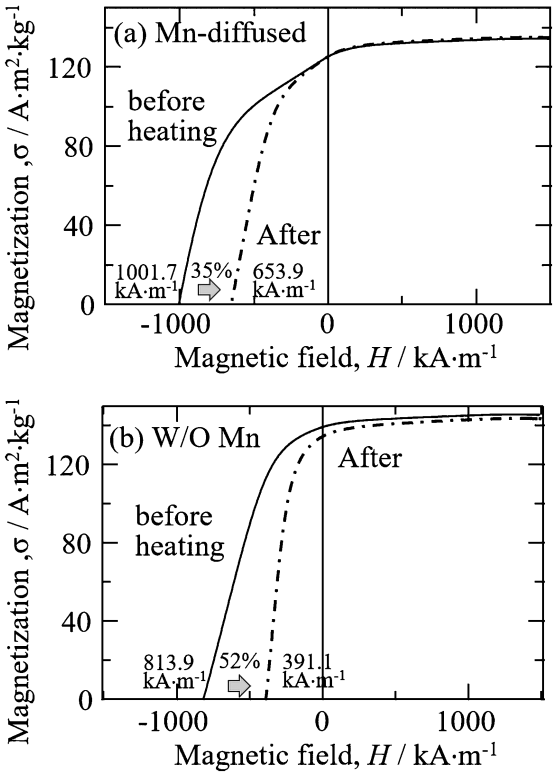


図4　Mn 拡散あり，なしの Sm–Fe–N 系粉末における熱処理（300℃, 1.5 h）前後の磁化曲線[18]．

少量は35％と低減されていることが分かり，300℃で熱処理後も650 kA·m^{-1}程度の保磁力を維持していることが分かった．この結果は，Mnを拡散させた$Sm_2Fe_{17}N_x$/Sm_2(Fe, Mn)$_{17}N_x$コアシェル粉末にすることで，保磁力の減少が抑えられ，耐熱性が向上する可能性を示唆した結果である．

このように，本研究では$Sm_2Fe_{17}N_x$粉末表面にのみ第三元素(Mn)を添加したコアシェル粉末の作製に成功した．さらに我々のグループでは，M–O粉末として，Mn_3O_4粉末の代わりにCr_2O_3粉末を混合して還元拡散熱処理をした場合についても，粉末表面にCrが濃化した$Sm_2Fe_{17}N_x$/Sm_2(Fe, Cr)$_{17}N_x$コアシェル粉末が作製できることを報告した(**図5**(a)–(d))[19]．さらにそのCrの拡散距離は熱処理温度と熱処理時間によって1.2–3.7 μmにて変化することを報告した．また，Sm_2O_3粉末のみを混合して還元拡散熱処理した場合，図5(e)のTEM明視野像にみられるように$Sm_2Fe_{17}N_x$相表面に10 nm程度のアモルファスな表面層が存在しており，さらに図5(f)に示したAESによる元素分析の結果から，Smが粉末表面に濃化していることが分かった[20]．本稿では詳細は割愛するが，このSm-richシェルを有するSm–Fe–N系コアシェル粉末についても，Sm-richシェルの存在によって表面酸化の影響が緩和され，耐熱性が向上する可能性が見いだされている．

以上のように，Sm_2Fe_{17}粉末に対しM–O粉末を混合し還元拡散処理するという新たな粉末作製プロセスにより，粉末表面近傍にのみ元素Mを濃化させたコアシェル粉末を開発することができ，耐熱性の向上を示唆する結果が得られつつある．現在，これらコアシェル粉末の更なる磁気特性向上を進めている．

(2) 高保磁力$TbCu_7$型Sm–Fe–Co–Nb–B系合金の開発

2.(2)に示したように，メルトスピニング法によって$Sm_{6.2}Fe_{66.4}Co_{16.4}Nb_{2.7}B_{8.3}$合金の急冷薄帯を作製した．はじめに，このSm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯の熱処理に伴う磁気特性の変化を調べた．**図6**に，As-spunおよび，それを600, 625, 650, 675℃の各温度で1 h熱処理した急冷薄帯の磁化曲線を示した．図6において，as-spunでは保磁力は1.2 kA·m^{-1}と小さかったが，熱処理に伴い保磁力が増加し，650℃で597 kA·m^{-1}まで増大した．一方，熱処理温度を675℃まで上げると保磁力は大きく減少し，76 kA·m^{-1}まで低下した．また，飽和磁化$\sigma_{1.6}$(1.6 MA·m^{-1}印加時の磁化)については保磁力とは逆の傾向であり，as-spunで最も大きいが，熱処理温度の上昇に伴い小さくなる傾向であった．これは，図6の磁化曲線をみると分かるように熱処理後の試料の磁化曲線は飽和しておらず，本研究で用いた1.6 MA·m^{-1}の最大印加磁界では十分に飽和させることができなかったためと考えられる．

続いて，熱処理に伴う出現相の変化をXRDで調べた．**図7**にSm–Fe–Co–Nb–B系合金のXRDパターンを示した．まずAs-spun試料のXRDプロファイルをみるとブロードであり，結晶相に由来するピークは見られなかったことから，アモルファスであることが分かる．同急冷薄帯に対し600–675℃で1 hの熱処理を行い出現相の変化を調べたとこ

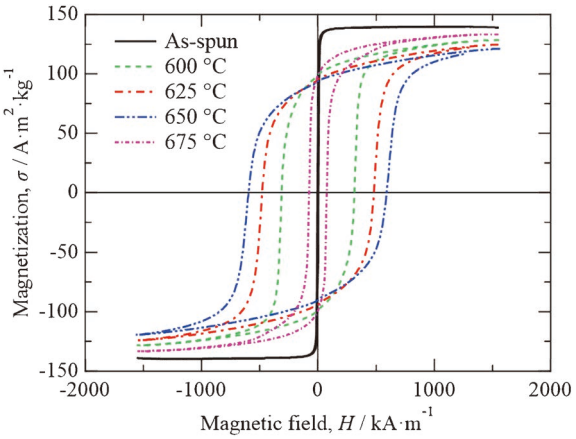


図6　Sm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯の熱処理に伴う磁化曲線の変化[24]．(オンラインカラー)

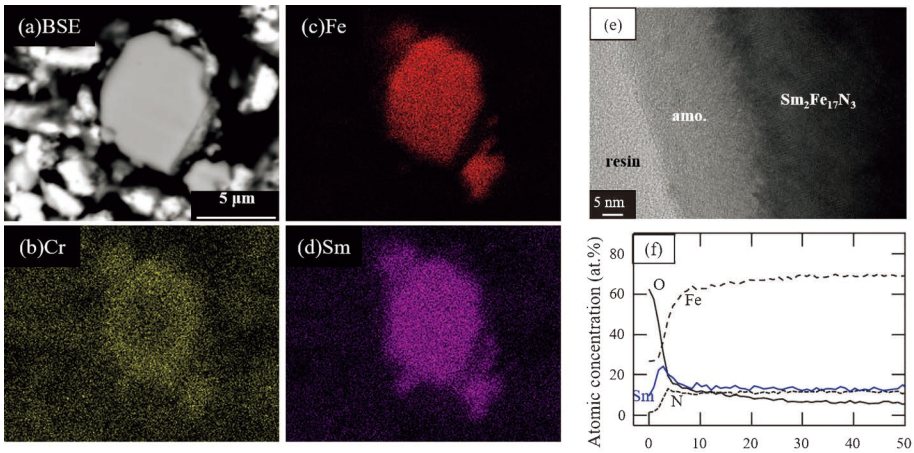


図5　Cr_2O_3粉末を混合して還元拡散熱処理したSm–Fe–N系粉末断面の(a) SEM像ならびに(b)–(d)元素マッピング像[19]，Sm_2O_3粉末のみを混合して還元拡散熱処理したSm–Fe–N系粉末表面の(e) TEM像ならびに(f) AESによる組成分析結果[20]．(オンラインカラー)

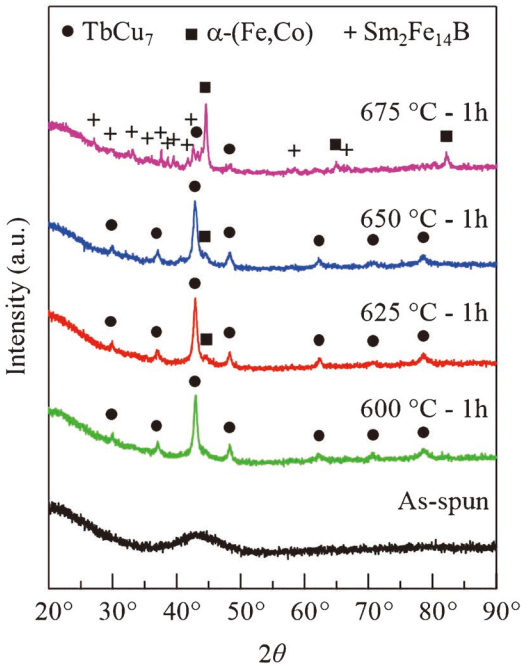


図 7　Sm–Fe–Co–Nb–B 系急冷薄帯の熱処理に伴う XRD パターンの変化[24]．（オンラインカラー）

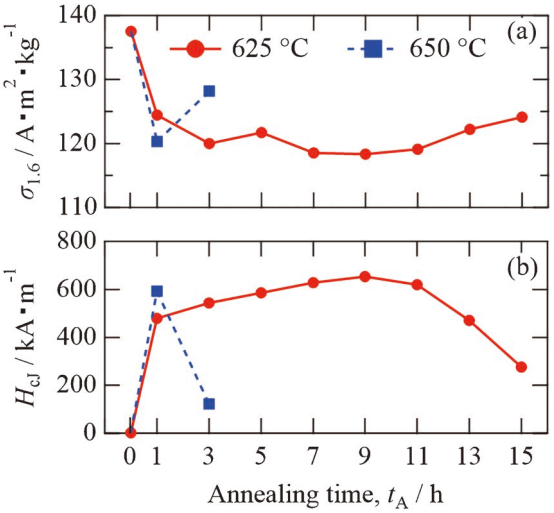


図 8　Sm–Fe–Co–Nb–B 系急冷薄帯の磁気特性の625, 650℃での熱処理時間依存性[24]．（オンラインカラー）

ろ，600℃で 1 h 熱処理後では $TbCu_7$ 型 Sm–Fe 相のピークが確認された．さらに，625℃以上ではわずかに α–Fe 相のピークがみられるものの，650℃までは $TbCu_7$ 型相が主相であった．一方，675℃まで熱処理温度を高めると $TbCu_7$ 型 Sm–Fe 相のピークは大きく減少し，α–Fe 相と $Sm_2Fe_{14}B$ 相のピークが大きくなったことから，675℃では $TbCu_7$ 型相が分解してしまったことが分かる．以上，図 7 に示した出現相の変化と図 6 に示した磁気特性の変化をあわせて考えると，as–spun ではアモルファスであり保磁力は小さかったが，600–650 ℃で 1 h 熱処理することでハード磁性相である $TbCu_7$ 型 Sm–Fe 相が形成し保磁力が増大した．ところが，675℃まで熱処理温度を高めると，$TbCu_7$ 型相が分解してしまったため保磁力が大きく減少したものと考えられる．

続いて，図 6 において比較的高い保磁力が得られた625および650℃で熱処理したときの，磁気特性の熱処理時間依存性を調べた．**図 8** に，625または650℃で熱処理したときの飽和磁化（$\sigma_{1.6}$）および保磁力（H_{cJ}）の熱処理時間依存性を示した．まず青いマーカーで示した650℃で熱処理した試料についてみると，熱処理温度が 1 h では保磁力が 597 kA·m^{-1} まで増大し，$\sigma_{1.6}$ は as–spun に比べて低下した．さらに650℃で 3 h 熱処理すると，$\sigma_{1.6}$ は増加に転じたものの，保磁力は大きく減少してしまった．その理由として，650℃で 3 h 熱処理すると $TbCu_7$ 型 Sm–Fe 相が α–Fe 相と $Sm_2Fe_{14}B$ 相に分解してしまうためと分かった．したがって，熱処理温度が650℃の場合は熱処理時間は 1 h が最適であり，それ以上熱処理時間を延ばしても保磁力の増大は見込めないと分かった．続いて，図 8 にて赤いマーカーで示した625℃で熱処理した試料について，磁気特性の熱処理時間依存性をみていく．図 8(b)において，as–spun に比べて 1 h の熱処理によって保磁力は 479 kA·m^{-1} まで増加しており，逆に $\sigma_{1.6}$ は減少した．これは，上述のように，$TbCu_7$ 型相の結晶化に伴い保磁力が増加したが，その一方で等方性試料であることから最大印加磁界が 1.6 MA·m^{-1} では十分に飽和しないため，$\sigma_{1.6}$ は as–spun よりも小さい値になったと考えらえる．さらに625℃で熱処理時間を伸ばしていくと 9 h のときに最大の保磁力を示し，その値は 655 kA·m^{-1} という，既報値を上回る値を示した．ところが，熱処理時間を 9 h からさらに伸ばすと保磁力は減少傾向に転じた．このとき $\sigma_{1.6}$ は保磁力とは逆の傾向を示し，熱処理時間が 9 h まではゆるやかな減少傾向を示すが，それ以上の熱処理時間では増加傾向に転じた．このように熱処理時間を 9 h 以上に伸ばすと保磁力が減少し $\sigma_{1.6}$ が増加傾向を示した原因としては，XRD の結果から，9 h よりも長時間熱処理すると Sm–Fe 相が α–Fe 相と $Sm_2Fe_{14}B$ 相に分解してしまうためと分かった．

以上より，Sm–Fe–Co–Nb–B 系急冷薄帯を625℃で 9 h 熱処理することで 655 kA·m^{-1} なる高保磁力を発現した．このとき XRD の結果より 9 h 以下の熱処理時間においては $TbCu_7$ 型 Sm–Fe 相が主相であったものの，図 8(b)に示すように保磁力は熱処理時間依存性を示した．出現相は同様であるが保磁力が異なるという結果から，微細組織に違いがあることが示唆される．そこで，625℃で 1 または 9 h 熱処理した，保磁力の異なる試料について微細組織を調べた．

図 9 に，Sm–Fe–Co–Nb–B 系急冷薄帯を625℃で 1 または 9 h 熱処理した試料の TEM 像および制限視野回折（SAD）パターンをそれぞれ示した．図 9 に示す両試料の明視野像をみると，両試料共に 30–50 nm 程度の微細な結晶粒にて構成されていることが分かる．さらに同サンプルの SAD パターンをみると，1 または 9 h どちらの時間で熱処理した試料であっても，$TbCu_7$ 型相に起因するリングパターンを示した．したがって，TEM 観察結果からは625℃で 1 または 9 h

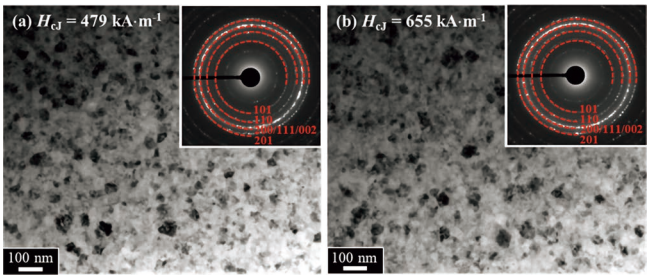


図9　625℃で1または9 h熱処理したSm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯のTEM像および制限視野回折像[24]．（オンラインカラー）

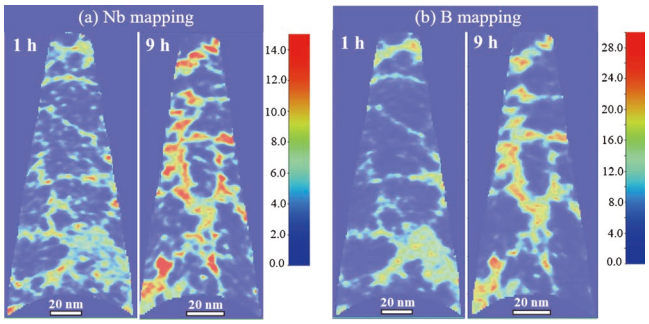


図10　625℃で1または9 h熱処理したSm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯のNbおよびBの3DAP分析像[24]．（オンラインカラー）

の熱処理に伴う微細組織の明確な違いを見出すことはできなかった．そこで，詳細な元素分布を調べるため，三次元アトムプローブ(3DAP)を用いて分析した．

図10に，Sm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯を625℃で1または9 h熱処理した試料における，(a)Nbおよび(b)Bのマッピング像をそれぞれ示した．図10の3DAP像をみると，熱処理時間が9 hになると1 hに比べて粒界でNbおよびBの色が濃くなっており，これらNbおよびBが濃化していることが分かる．一方，本論文では詳細は割愛するが，粒界ではSm, Feおよび Coの濃度は低下する傾向が見れられた．図9のTEM像および図10の3DAPの結果を考慮すると，Sm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯を625℃で熱処理すると30–50 nmサイズの$TbCu_7$型相が結晶化し，それに伴い粒界にはNbおよびBが濃化しSm, Fe, Coは減少する．さらに熱処理時間を9 hまで伸ばすと，$TbCu_7$型相の結晶粒径は30–50 nmと同様であるものの，NbおよびBは粒界に一層濃化することが分かった．この30–50 nmという結晶粒径は単磁区粒径サイズ相当と考えられ，さらに非磁性元素であるNbおよびBが粒界に濃化し，強磁性元素であるFe, Coが減少することから粒界相は非強磁性となる．そのため，単磁区粒径サイズの$TbCu_7$型微結晶相に対し，さらに非強磁性の粒界相がそれらの磁気的な分断を促進したことで保磁力が増大したものと考えらえる．

このように，Sm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯を625℃で熱処理することで高保磁力が得られたことから，この熱処理した急冷薄帯を用い，樹脂と混合することでボンド磁石を作製

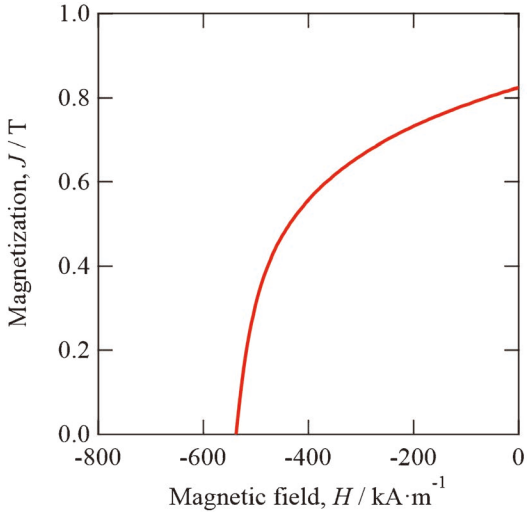


図11　熱処理したSm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯を用いて作製したボンド磁石の減磁曲線[24]．（オンラインカラー）

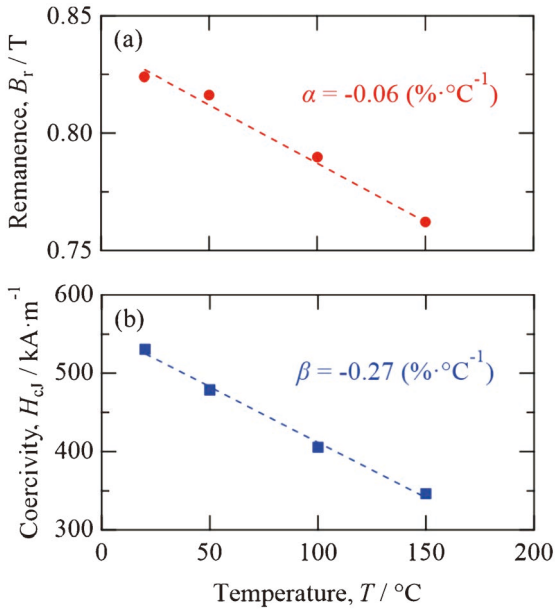


図12　熱処理したSm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯を用いて作製したボンド磁石のB_rおよびH_{cJ}の温度依存性と，それぞれの温度係数(α, β)[24]．（オンラインカラー）

し，その磁気特性を調べた．**図11**に，625℃で熱処理したSm–Fe–Co–Nb–B系急冷薄帯を用いて作製した樹脂ボンド磁石の減磁曲線を示し，さらに**図12**にこのボンド磁石の残留磁束密度(B_r)および保磁力の温度依存性と温度係数を示した．図11よりB_r = 0.82 T, H_{cJ} = 538 kA·m^{-1}であり，これはNd–Fe–B系の等方性樹脂ボンド磁石の磁気特性と同等の特性であった[25][26]．さらに今回作製したSm–Fe–Co–Nb–B系合金を用いたボンド磁石においては，B_rの温度係数(α)は−0.06%·℃$^{-1}$，H_{cJ}の温度係数(β)は−0.27%·℃$^{-1}$であり，これはNd–Fe–B系等方性樹脂ボンド磁石のα, βと比較して良好であった[25][26]．したがって，本研究で得られたSm–Fe–Co–Nb–B系ボンド磁石は，Nd–Fe–B系ボンド磁石

よりも高温での磁気特性に優れていることが明らかとなった．

以上より，本研究では熱処理プロセスを最適化することで，これまでの報告値を上回る $TbCu_7$ 型 Sm–Fe–Co–Nb–B 系合金の高保磁力化を実現した．さらに，その粉末を用いて作製した樹脂ボンド磁石において，Nd–Fe–B 系ボンド磁石と同等の磁気特性が得られ，Nd–Fe–B 系ボンド磁石よりも熱安定性に優れることが明らかとなった．このように $TbCu_7$ 型 Sm–Fe 系合金は優れたポテンシャルを有する材料であり，現在，さらなる磁気特性の向上を目指して研究を進めている．

本研究の遂行にあたり多大なご協力を頂きました，住友金属鉱山㈱・米山幸伸様，石川　尚様，㈱東芝・桜田新哉様に厚く御礼申し上げます．

また本研究の一部は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）委託事業「次世代自動車向け高効率モータ用磁性材料技術開発/新規高性能磁石材料に関する検討」ならびに「部素材の代替・使用量削減に資する技術開発・実証事業」の支援の下で行われました．

文　　献

（1）J. M. D. Coey and H. Sun: J. Magn. Magn. Mater., **87**（1990）, L251–254.
（2）T. Iriyama, K. Kobayashi, N. Imaoka and T. Fukuda: IEEE Trans. Magn., **28**（1992）, 2326–2331.
（3）M. Katter, J. Wecker and L. Schultz: J. Appl. Phys., **70**（1991）, 3188–3196.
（4）S. Sakurada, A. Tsutai, T. Hirai, Y. Yanagida, M. Sahashi, S. Abe and T. Kaneko: J. Appl. Phys., **79**（1996）, 4611–4613.
（5）S. Sakurada, A. Tsutai and T. Arai: J. Jpn. Soc. Powder Powder Metall., **50**（2003）, 626–632.
（6）A. Kawamoto, T. Ishikawa, S. Yasuda, K. Takeya, K. Ishizaka, T. Iseki and K. Ohmori: IEEE Trans Magn., **35**（1999）, 3322–3324.
（7）久米道也：BM NEWS, **23**（2000）, 34–37.
（8）T. Ishikawa, T. Iseki, K. Yokosawa, K. Watanabe and K. Ohmori: IEEJ Trans. FM, **124**（2004）, 881–886.
（9）S. Tada, T. Tomimoto and M. Kume: Proc. 22nd Int. Workshop RE Perm. Magnets and Appl., Nagasaki, Japan,（2012）, 48–53.
（10）Y. Hirayama, A. K. Panda, T. Ohkubo and K. Hono: Scr. Mater., **120**（2016）, 27–30.
（11）S. Okada, K. Suzuki, E. Node, K. Takagi, K. Ozaki and Y. Enokido: J Alloys Compd., **695**（2017）, 1617–1623.
（12）前原　永，冨本高弘，久米道也：粉体粉末冶金協会2016年秋季大会概要集，（2016）, 22.
（13）松浦昌志，鈴木志歩，山本邦子，手束展規，杉本　諭：粉体および粉末冶金，**67**（2020）, 682–687.
（14）M. Endoh, M. Iwata and M. Tokunaga: J. Appl. Phys., **70**（1991）, 6030–6032.
（15）S. Sugimoto, H. Nakamura, M. Okada and M. Homma: Proc. 12th Int. Workshop RE Perm. Magnets and Appl.,（1992）, 218–226.
（16）N. Imaoka, T. Iriyama, S. Itoh, A. Okamoto and T. Katsumata: J. Alloy. Compd., **222**（1995）, 73–77.
（17）N. Imaoka, A. Okamoto, T. Ohsuna, K. Hiraga and M. Motokawa: J. Magn. Soc. Jpn., **22**（1998）, 353–356.
（18）M. Matsuura, K. Yarimizu, K. Osawa, N. Tezuka, S. Sugimoto, T. Ishikawa and Y. Yoneyama: J. Magn. Magn. Mater., **471**（2019）, 310–314.
（19）松田瑠香，鑓水啓介，松浦昌志，手束展規，杉本　諭，石川　尚，米山幸伸：粉体および粉末冶金，**66**（2019）, 116–121.
（20）R. Matsuda, M. Matsuura, N. Tezuka, S. Sugimoto, T. Ishikawa and Y. Yoneyama: Mater. Trans., **61**（2020）, 2201–2207.
（21）松浦昌志，松田瑠香，手束展規，杉本　諭，石川　尚，米山幸伸：電気学会論文誌 A，**142**（2022）, 335–340.
（22）M. Mochizuki, M. Shimizu, M. Murakawa and S. Tanigawa: Proceedings of the Seventeenth International Workshop on Rare Earth Magnets and Their Applications, Newark, Delaware, USA（2002）, 401–408.
（23）望月光明，清水径久，村川政男，谷川茂穂：粉体および粉末冶金，**50**（2003）, 22–27.
（24）N. Kurokawa, M. Matsuura, S. Sakurada and S. Sugimoto: J. Magn. Magn. Mater., **556**（2022）, 1–9.
（25）N. F. Mehr, S. Behrangi, M. Ahmadi and A. Kianvash: Indian J. Phys., **95**（2021）, 2001–2008.
（26）D. N. Brown, Z. Chen, P. Guschl and P. Campbell: J. Magn. Magn. Mater., **303**（2006）, e371–e374.

松浦昌志

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
2012年3月　東北大学大学院工学研究科　博士後期課程修了
2012年4月–2020年3月　同助教
2020年4月–現在　同講師
専門分野：磁性材料
◎磁性材料開発，永久磁石材料の高特性化に関する研究に従事．
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

杉本　諭

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
1984年3月　東北大学大学院工学研究科　博士前期課程修了
1984年3月–1992年3月　同助手
1992年4月–2006年3月　同助教授
2006年4月–現在　同教授
専門分野：磁性材料
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

一方向性凝固 Mg/LPSO 二相合金の微細組織と力学特性の相関

徳 永 透 子*

1. はじめに

この度は，第32回日本金属学会奨励賞をいただき，またこのような寄稿の機会をいただき，これまでにご指導いただきました北海道大学　松浦清隆名誉教授，名古屋工業大学萩原幸司教授をはじめとする関係者の皆さま方にこの場をお借りして心より感謝申し上げます．私は北海道大学で学位を取得した後，2021年4月から名古屋工業大学にて新たな環境で研究・教育活動を始めました．本稿では，長周期積層構造(LPSO: Long Period Stacking Ordered)相を含むMg合金(以下，LPSO型Mg合金)について，私が名古屋工業大学において取り組んでいる内容について，研究室で最近得られた知見をご紹介致します．本研究の詳細につきましては，原著論文[1]をご参照いただければ幸いです．

2. これまでのLPSO型Mg合金研究

Mg合金は実用構造材料の中で最も軽量であり，輸送機器部品への適用による二酸化炭素排出量の削減など，環境負荷問題を解決する一助となることが期待されている[2]．しかしながら，Mg合金は鉄鋼材料やAl合金などの実用構造材料と比較して，強度や靭性が劣っていることから，利用範囲が非常に限定されている．そのような中，近年，高い強度，変形能，および熱的安定性を有するLPSO型Mg合金が開発され注目を集めている[3][4]．LPSO型Mg合金はLPSO相とα–Mg相の二相から成り，Mg合金の適用範囲を大きく広げる可能性があると期待されている．

LPSO型Mg合金が高強度を示す理由の一つとしては，LPSO相の強い塑性異方性が挙げられる．LPSO相は(0001)底面がc軸方向に長周期化した構造を持ち，その積層欠陥にZnやYなどの溶質原子が濃化している[5]．

LPSO型Mg合金では，その特異な構造により底面すべり以外の変形機構が著しく抑制され，通常Mg合金で見られる柱面すべりや双晶発生などが生じず，その代わりにキンク帯が形成する[6]–[8]．キンク帯は，容易すべり面に対して平行に圧縮荷重がかかった時に，すべり面に対して垂直方向に底面転位が配列することで形成する．キンク帯が形成する過程は必ずしも強化に寄与するわけではないが，キンク帯が材料中に高密度に存在することで，後に発生・運動する転位の強い障害となり，材料全体としての強化に寄与する「キンク強化」が発現することが知られている[9][10]．

実際，LPSO型Mg合金は，鋳造ままの状態では一般的なMgと同等の強度・伸びしか示さないが，熱間押出などの塑性加工を施すことによって強度と延性が同時に著しく向上することが報告されており，この機械的性質の向上には，α–Mg相の再結晶による結晶粒微細化とともに，LPSO相のキンク強化が寄与していると考えられている[11][12]．

上述したように，キンク帯は容易すべり面に平行に荷重を負荷したときに形成する．したがって，キンク強化を引き起こすためのキンク帯をLPSO相中に導入するためには，LPSO相の底面を荷重軸方向に配向させなければならない．この配向組織の形成に，塑性加工が役立っている．Mg合金のように最密六方構造を有する材料では，容易すべり面が非常に限定されるため，たとえば底面は押出加工中には押出方向に，圧延加工中には圧延方向に平行に配向する．つまり，塑性加工を利用することで，自然と容易すべり面(底面)をある特定の方向に配向させることが可能となる．

* 名古屋工業大学大学院工学研究科物理工学専攻；助教(〒466–8555 名古屋市昭和区御器所町)
Microstructure Control of Directionally–solidified Mg/LPSO Two–phase Alloys; Toko Tokunaga(Nagoya Institute of Technology, Nagoya)
Keywords: *magnesium alloy, long period stacking ordered structure, strength, microstructure, kink band*
2023年8月17日受理[doi:10.2320/materia.62.734]

上述したように，鋳造まま LPSO 型 Mg 合金の強度は低い．そのため，これまで塑性加工を施すことが LPSO 型 Mg 合金の高強度発現には必須であると考えられてきた．このような流れで，塑性加工を施されていない LPSO 型 Mg 合金についてはこれまでほとんど注目されてこなかった．

ところが，LPSO 単相合金についての先行研究において，塑性加工の代わりに一方向性凝固を施すことで底面を成長方向に配向させることができた[8]．一方向性凝固により生成した加工の影響がない配向組織を有する LPSO 型 Mg 合金におけるキンク帯形成挙動やその機械的特性に対する微細組織の影響についての詳細は明らかとなっていない．そこで，私たちのグループでは，LPSO 型 Mg 合金の機械的性質の支配因子を基礎から明らかにするために，一方向性凝固により作製した LPSO 相体積率の異なる LPSO 型 Mg 合金の微細組織およびそれに付随する機械的性質との相関を調査した．

3. 一方向性凝固材の微細組織

$Mg_{85}Zn_6Y_9$ LPSO 単相合金，$Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$，$Mg_{94}Zn_2Y_4$，$Mg_{97}Zn_1Y_2$ Mg/LPSO 二相合金を高周波誘導溶解法により作製し，その後 Bridgman 法により一方向性凝固を行った．**図 1** に LPSO 単相合金と Mg/LPSO 二相合金の組織写真を示す．板状の組織が LPSO 相，粒状の組織が Mg 相でありそれぞれの合金の LPSO 相体積率は，100，86，61, 39, 26 vol%であった．

LPSO 単相合金においては，結晶成長方向に対して垂直な横断面では板状 LPSO 相はランダムな向きを向いているのに対し，成長方向に平行な長手断面では板状 LPSO 相が成長方向に沿って配向している．Mg/LPSO 二相合金においても，LPSO 相間に Mg 相が存在しているにもかかわらず，LPSO 相は単相合金と同様に成長方向に沿って配向している．しかしながら，Mg 相の割合が LPSO 相の割合よりも大きい $Mg_{94}Zn_2Y_4$ 合金および $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金においては，その組織形態が異なり，Mg 相中に LPSO 相がネットワーク状に形成している様子が見られる．

図 2，**3** に EBSD 解析により得られた LPSO 相と Mg 相の結晶方位マップを示す．極点図の Intensity は完全にランダムな方位を有している状態を 1 としたときの値を示している．

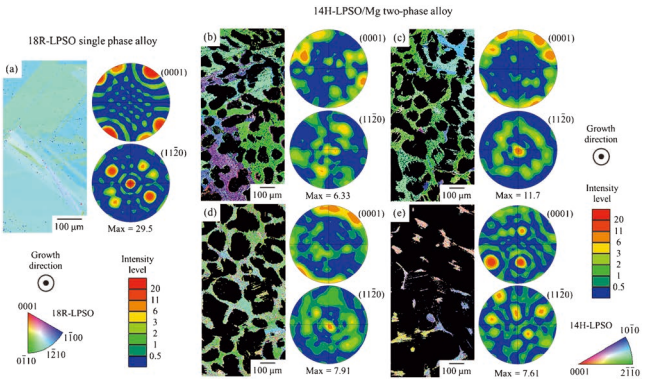


図 2　結晶成長方向に対して垂直な断面における LPSO 相の結晶方位マップと極点図：(a) $Mg_{85}Zn_6Y_9$，(b) $Mg_{89}Zn_4Y_7$，(c) $Mg_{92}Zn_3Y_5$，(d) $Mg_{94}Zn_2Y_4$，(e) $Mg_{97}Zn_1Y_2$．（オンラインカラー）

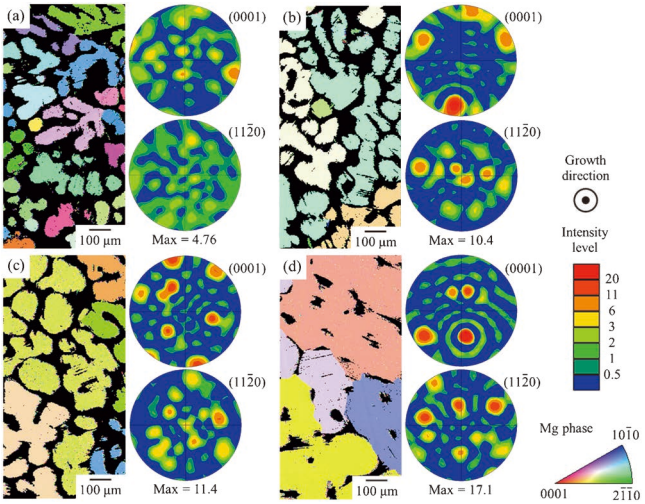


図 3　結晶成長方向に対して垂直な断面における Mg 相の結晶方位マップと極点図：(a) $Mg_{89}Zn_4Y_7$，(b) $Mg_{92}Zn_3Y_5$，(c) $Mg_{94}Zn_2Y_4$，(d) $Mg_{97}Zn_1Y_2$．（オンラインカラー）

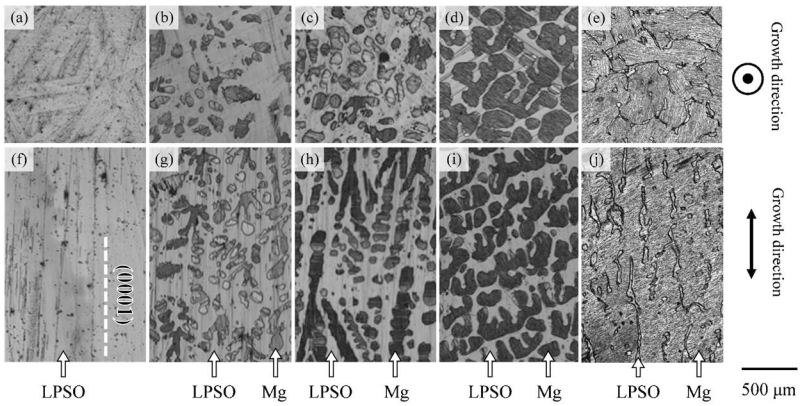


図 1　一方向性凝固合金の微細組織：(a, f) $Mg_{85}Zn_6Y_9$，(b, g) $Mg_{89}Zn_4Y_7$，(c, h) $Mg_{92}Zn_3Y_5$，(d, i) $Mg_{94}Zn_2Y_4$，(e, j) $Mg_{97}Zn_1Y_2$．図(a–e)と(f–j)はそれぞれ結晶成長方向に対して垂直と平行な断面を示す．

まず，図 2 において，LPSO 単相合金においては[11$\bar{2}$0]が成長方向に対して強い配向を示していることから，LPSO 相の[0001]c 軸が成長方向に垂直に配向していることがわかる．二相合金の LPSO 相においても単相合金と同様の配向が見られる．しかし，その配向の強さは Mg 相の体積率の増加に伴い低下し，$Mg_{94}Zn_2Y_4$ 合金ではその配向は弱く，$Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金では配向は見られない．

一方，Mg 相(図 3)は LPSO 相とは大きく異なる．狭い領域だけに着目するといくつかの粒がまとまって近い方位を持っているように見えるが，全体的には結晶方位はランダムで集合組織は形成していない．ほとんどの合金において，LPSO 相と Mg 相の間に特定の方位関係はないが，$Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金においては周りの Mg 相の結晶方位に近い方位を LPSO 相が示していることがわかる．

4. LPSO 相体積率と機械的性質の相関

力学特性を圧縮試験で評価した．試験片形状は 2 mm×2 mm×5 mm とし，試験温度を室温，200，300，400℃と変化させて真空中で行った．初期ひずみ速度は$1.67\times10^{-4}\,s^{-1}$とした．

結晶成長方向と荷重軸が一致する「0°圧縮試験」と結晶成長方向と荷重軸に45°の方位差がある「45°圧縮試験」の二種類を実施した．前節で示した通り，LPSO 相は結晶成長方向に対して平行に配向している．そのため，容易すべり面である底面が荷重軸方向と平行に配向している状態(0°圧縮試験)において最も底面すべりが活動しにくく，一方で45°圧縮試験で最も容易に底面すべりが活動すると予想される．これら二種類の試験において，Mg/LPSO 二相合金の変形挙動が LPSO 相の体積率とともにどのように変化するかを見ていく．

図 4 に LPSO 相体積率の異なる合金それぞれから得られた降伏応力と試験温度の関係を示す．図 4(a)，(b)はそれぞれ 0°圧縮試験と45°圧縮試験の結果を示している．まず，LPSO 単相合金の結果に着目すると，0°圧縮試験と45°圧縮試験で大きく降伏応力が異なり，強い塑性異方性が見られる．これは図 2 で示されたように，LPSO 相は(0001)底面が成長方向に強い配向を有しており，上述した通り45°圧縮試験では底面すべりが低い応力で容易に活動することによる．

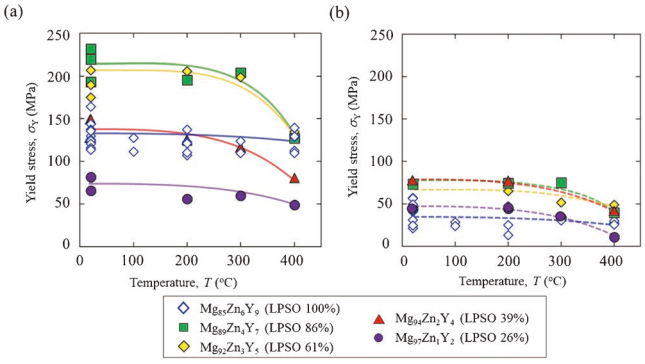


図 4　一方向性凝固合金の降伏強度の温度依存性：(a) 0°，(b) 45°圧縮試験．(オンラインカラー)

いずれの合金においても，0°圧縮試験では45°圧縮試験よりも高い強度が得られた．また，ほとんどの合金が単相合金と同様に強い塑性異方性を示した．ここで興味深いのは，二相合金の組成によって降伏応力が大きく異なる，という点である．これまで，LPSO 相は強化相であると認識されていたが，不思議なことに本研究では $Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$ 合金で見られるように，LPSO 相単相合金よりも二相合金の方が高い強度を示している．

この組成と強度の特異な関係の原因を明らかにするために，圧縮試験後の変形組織を観察した．まず，45°圧縮試験について変形機構を検討する．室温の45°圧縮試験において，5%塑性ひずみを付与した場合，二相合金の Mg，LPSO 両相において，45°方向にすべり線が多数見られた．このことから，45°圧縮試験では，底面すべりが変形を支配しているということがわかる．これは，先行研究において LPSO 相単相合金において見られた観察結果と一致する[8]．

次に，0°圧縮試験について変形機構を考える．先ほどと同様に室温の 0°圧縮試験において，5%塑性ひずみを付与した試験片の外観を**図 5** に示す．図5(a–e)は試験片全体を，図 5(f–j)は観察された変形帯の拡大図を示している．LPSO 相が多くの体積率を占める単相合金および $Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$ 合金においては，試験片全体において，黒くしわのように見える変形帯が多く導入されている様子が観察された．ほとんどの変形帯は荷重軸に対して垂直に，つまり LPSO 相板面に対して垂直に導入されていた．Mg 相よりも LPSO 相の体積率が低い $Mg_{94}Zn_2Y_4$ 合金においては，変形帯の形成は Mg 相においても一部見られたが，その量は単相合金や $Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$ 合金と比較して著しく少なかった．$Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金においては，変形帯の量はさらに少なく，底面すべりの活動により形成したすべり線が多数見られた．

今回観察された変形帯はくさび状であった．くさび状の変形帯としては双晶とキンク帯が知られており，これらは変形帯内部と外部(母相)の結晶方位差によって区別される．双晶の場合，双晶内外で結晶回転角度が決まっているが，キンク帯の場合はキンク帯の内外で任意の回転角度を持つ．本研究で見られたくさび状の変形帯は[0001]に対して垂直な任意の回転軸による任意の回転角を持つ．そのため，本研究のくさび状変形帯はキンク帯であると考えられる．したがって，変形組織の観察結果から，0°圧縮試験ではキンク変形帯の形成，45°圧縮試験では底面すべりが主に降伏までの変形を担っていることが明らかとなった．

図 4 で示したように，本研究ではほとんどの合金において，0°圧縮試験と45°圧縮試験で降伏応力が大きく異なる強い塑性異方性が見られた．これは，LPSO 相の強い集合組織によって生じる支配的な変形モードの違いによるものであると考えられる．LPSO 相の底面すべりの CRSS は約 10 MPa 程度と非常に低いことが知られている．一方向性凝固により，LPSO 相では底面が結晶成長方向に非常に強く配向してお

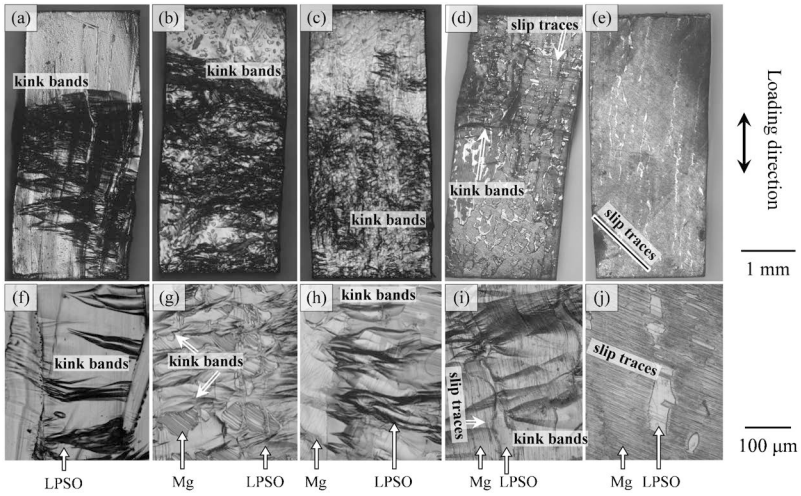


図5　(a–e) 0°圧縮試験において室温で5%変形後の試験片全体像．(f–j) 変形組織の拡大図．(a, f) $Mg_{85}Zn_6Y_9$，(b, g) $Mg_{89}Zn_4Y_7$，(c, h) $Mg_{92}Zn_3Y_5$，(d, i) $Mg_{94}Zn_2Y_4$，(e, j) $Mg_{97}Zn_1Y_2$．

り，[11$\bar{2}$0]が成長方向と平行になっている．そのため，シュミット因子は0°圧縮試験では著しく小さくなる一方で，45°圧縮試験では一部の粒において非常に大きな値を示すようになる．したがって，0°圧縮試験では底面すべりの活動が抑制され，45°圧縮試験では底面すべりが活発に活動し，45°圧縮試験では0°圧縮試験よりも降伏応力が著しく低下する．

このようにして，LPSO相単相合金は0°圧縮試験において非常に高い降伏応力を示しており，同様に二相合金も塑性異方性を示していると考えられる．しかしながら，上述したように二相合金においてはキンク帯の形成を伴う特異な強度の組成依存性が見られた．以下では，0°圧縮試験の際の変形について，より詳細に考察する．

5.　降伏応力の特異な組成依存性

上述したように，LPSO相はMg合金中で強化相と考えられているにもかかわらず，Mg/LPSO二相合金の0°圧縮試験において，$Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$合金は単相合金よりも著しく高い降伏強度を示した．つまり，LPSO相が多ければ強い，というわけではなく，組成によって強度は特異的に変化するということが明らかとなった．

変形組織の観察から，$Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$合金では，キンク帯の形成が変形を支配していると考えられる．そのため以下では，それぞれの組成の合金におけるキンク帯形成挙動に着目し，降伏応力の組成依存性の物理的な起源を検討する．

キンク帯が形成されることが変形を支配している，つまり降伏応力が決定される，ということは，キンク帯が形成されるために必要な応力(キンク帯の形成応力)が何によって決定されるかを考えれば良い．キンク帯の形成応力については，Barsoumら[13)–15)]が，不安定なキンク帯の核を成長させるのに必要な分解せん断応力τを，FrankとStrohの先行研究[16)]をもとに，以下の式を用いて表すことができると報告している，

$$\tau > \sqrt{\frac{4G^2 b\gamma_c}{2\alpha\pi^2}\ln\left(\frac{b}{r\gamma_c}\right)} \qquad (1)$$

ここでGはせん断応力，bはバーガースベクトルの大きさ，γは臨界キンク角度(ほとんどの固体で0.05–5°)，rは転位芯のエネルギー，2αは楕円形状と仮定した場合のキンク帯の長さを表す．この式の妥当性については，ZhenらがMAX相セラミックスの塑性変形について定量的に検証している[14)15)]．LPSO相では，LPSO粒は底面転位のすべり面である(0001)底面が界面に平行に並んだ板状の特異な形状をしている．キンク帯境界は底面転位の配列によって形成されるため，LPSO相粒の粒界はキンク帯の成長の障害となり，粒の厚さがキンク帯の長さを制限する．したがって，式(1)において2αで表されているキンク帯の長さはLPSO相粒の厚さに対応すると考えられる．実際，一方向性凝固$Mg_{88}Zn_5Y_7$ LPSO単相合金の0°圧縮試験においては，降伏応力がLPSO相粒の厚さに依存する，という結果が報告されている[10)]．このことから，2αが板状LPSO相の板厚に対応すること，そしてキンク帯の形成は材料の降伏を支配していることがわかる．そこで，LPSO相粒の板厚と降伏応力の関係式(1)が本研究の合金においても適用可能かを検証した．

図6は0°圧縮試験をした際の各合金の降伏応力とLPSO相の板厚の平方根の逆数の関係を示している．単相合金，$Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$合金は一本の直線で示され，降伏応力はLPSO相の板厚の減少に伴って増加することがわかる．つまり，本研究における降伏応力とLPSO相板厚の関係は式(1)で表されることが示された．この結果は，変形組織の観察結果とも良い一致を示している．200，300℃においても同様の関係が得られたが，400℃になると降伏応力とLPSO相板厚にほぼ相関は見られない．したがって，400℃の試験においてはキンク帯形成ではない非底面すべりの活動など別の変形モードが降伏に寄与している，と考えられる．

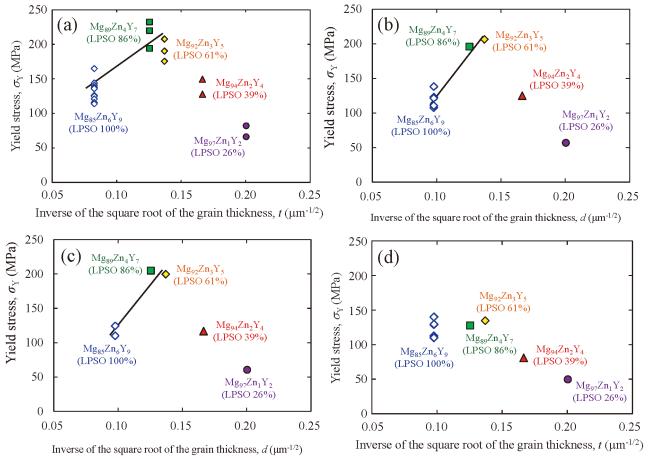


図 6　0°圧縮試験における降伏強度と LPSO 相粒平均厚さの関係．(a–d)はそれぞれ室温，200，300，400℃における結果を示す．（オンラインカラー）

また，図 6 から $Mg_{94}Zn_2Y_4$，$Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金は式(1)に従わない，ということがわかる．これはつまり，これらの合金における支配的な変形機構は LPSO 相中でのキンク帯形成ではない，ということである．これは，図 5 の変形組織観察結果からも予想される通りである．

さて，図 6 に示されたように，LPSO 相が半分以上含まれる合金では Mg 相の体積率の増加に伴って降伏応力が高くなる一方で，LPSO 相の体積率が半分以下の合金では，Mg 相の体積率増加に伴って，降伏応力は減少する．なぜ，Mg 相体積率の増加は Mg/LPSO 二相合金の降伏応力を単調に減少させないのか．EBSD を用いた結晶方位解析により，詳細に解析を行った．

図 7 は室温での変形後のキンク帯に着目した $Mg_{92}Zn_3Y_5$ 合金(a–b)，$Mg_{94}Zn_2Y_4$ 合金(c–e)から取得した結晶方位マップである．5°以上の方位差があるピクセル間を黒い境界で示している．図 7(a)から，キンク帯は Mg/LPSO 界面を超えて伝播する部分(region A)と界面で成長が止まる部分(region B)がある，ということがわかる．また，図 7(d)の領域 C として示されるように，キンク帯と Mg/LPSO 界面の交点において，{10$\bar{1}$2}双晶が Mg 相中に頻繁に見られた．この双晶は，キンク帯が形成するときやキンク帯が Mg/LPSO 相界面で停止するときの応力集中を緩和するために形成したものと考えられる．

界面においてキンク帯が伝播するか停止するかを決定する因子を明らかにするために，界面での結晶方位差とキンク帯の伝播頻度を整理した．**図 8** は隣り合う Mg 粒もしくは LPSO 粒の *c* 軸と *a* 軸の方位差をそれぞれ縦軸と横軸に示している．隣の粒に伝播したキンク帯は白抜きのプロットで，界面で停止したものは塗りつぶしのプロットで示されている．この図から，キンク帯が界面を越えて伝播するかしないかは，隣り合う粒との *c* 軸方位差に大きく影響される，ということがわかる．*c* 軸方位差が40°以上のとき，キンク帯の伝播は強く抑制されている．一方，キンク帯の伝播に対する *a* 軸方位差の影響はほとんどないように見える．この傾向は，LPSO 単相合金において，LPSO/LPSO 粒界に着目した先行研究と良い一致を示している[17]．キンク帯はすべり面に対してほぼ垂直に底面転位が配列することによって形成す

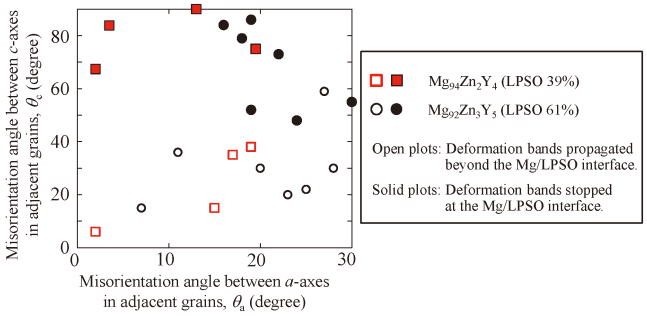


図 8　キンク帯の伝播挙動と Mg/LPSO 界面における方位差の関係．縦軸と横軸はそれぞれ Mg/LPSO 界面における *c* 軸と *a* 軸の方位差を示す．（オンラインカラー）

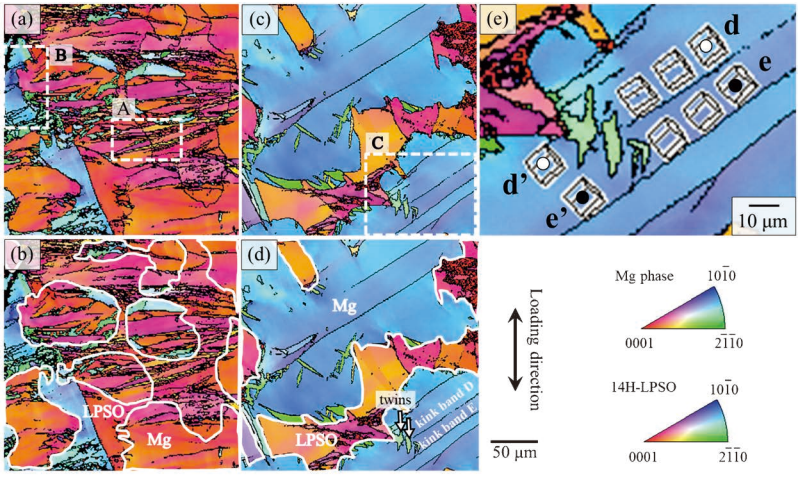


図 7　(a，b) $Mg_{92}Zn_3Y_5$ と(c–e) $Mg_{94}Zn_2Y_4$ の 0°圧縮試験における室温で 5%変形後の結晶方位マップ．(e)は(c)中の領域 C の拡大図．（オンラインカラー）

る．そのため，Mg/LPSO 界面におけるキンク帯の伝播にとって c 軸の方位差が最も重要な因子となりうる．Mg/LPSO 相界面の c 軸方位差が大きいとき，キンク帯が伝播しようとするならば，キンク帯は界面で大きく方向を変えなくてはならず，その場合大きなエネルギーが必要となる．つまり，このキンク帯形成が合金全体の変形を支配している場合，合金全体としては降伏に大きなエネルギーが必要になるため強化につながる．したがって，合金の強度を上げたいときは，c 軸方位差の大きい LPSO/LPSO 粒界面，もしくは Mg/LPSO 界面を増やすことが有効である．

さて，本研究の Mg/LPSO 二相合金において，Mg 相はランダムな結晶方位を持つ．ランダムな結晶方位を持つ Mg 相を LPSO 相間に導入することで，必然的に c 軸方位差の大きな Mg/LPSO 相界面が形成される．そのため，キンク帯は界面で停止し，降伏応力が高くなる．これが，単相合金，$Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$ 合金で降伏応力が LPSO 相板厚と強い相間を持ち，Mg 相が存在するにもかかわらず $Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$ 合金が単相合金よりも高い降伏強度を示した理由と考えられる．Mg 相の方が LPSO 相よりも高い体積率を有する $Mg_{94}Zn_2Y_4$，$Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金においては，Mg 相において部分的にキンク帯が見られた．しかしながら，Mg 相はランダムな集合組織を持つため，底面すべりが起こりやすく，そのため，降伏を支配する変形モードはキンク帯の形成ではなく底面すべりとなり，降伏強度は低下したと考えられる．

6. おわりに

本稿では，一方向性凝固 LPSO 型 Mg 合金について，LPSO 相体積率とその機械的特性およびその変形機構について検討した結果を紹介した．LPSO 型 Mg 合金においては，LPSO 相の体積率増加に伴って強度は単調に増加するわけではなく，LPSO 相を86，61％含む $Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$ 合金において，LPSO 相単相合金よりも高い強度が得られた．これは，$Mg_{89}Zn_4Y_7$，$Mg_{92}Zn_3Y_5$ 合金における支配的な変形機構がキンク帯の形成であること，また，Mg/LPSO 相界面の存在がキンク帯の伝播を停止することで，より大きなキンク帯形成応力が必要となるためである．一方，LPSO 相の体積率が低い $Mg_{94}Zn_2Y_4$，$Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金においても部分的にキンク帯の形成が見られたが，ランダムな結晶方位を持つ Mg 相が多く存在することで，Mg 相における底面すべりの活動が活発となり，降伏応力は低下した．

本研究で得られた結果は，LPSO 型 Mg 合金だけではなく，硬質相と軟質相が複合化した材料において，組織制御・結晶方位制御によって，単純複合則で示される強度を超えた高強度化の実現が可能であることを示唆している．

しかしながら，本研究で取り扱っているキンク帯の形成機構には未だ不明な点も多く，キンク帯の形成を自由に制御できる段階には未だ至っていない．私たちのグループではキンク帯の形成・キンク帯の利用に関する研究を精力的に行っている．今後は本研究の結果も踏まえて，その時々の社会で求められる材料開発の一助となる研究を進めていきたい．

最後に，本研究の遂行にあたり多大なるご指導・ご助言を賜りました，名古屋工業大学　萩原幸司教授をはじめとする皆さま方に紙面をお借りして厚く御礼申し上げます．また，本研究の一部は JST CREST［JPMJCR2094］，JSPS 科研費「ミルフィーユ構造の材料科学」［JP18H05478，JP18H05476，JP18H05475］，JSPS 科研費［21K18826，JP18H05254］，池谷科学技術財団［0331020−A］の助成を受けました．記して謝意を表します．

文　献

（1）T. Tokunaga, K. Hagihara, M. Yamasaki, T. Mayama, K. Yamamoto, H. Narimoto, T. Kida, Y. Kawamura and T. Nakano: Sci. Technol. Adv. Mater., **23**(2022), 752–766.
（2）F. Pan, M. Yang and X. Chen: J. Mater. Sci. Technol., **32**(2016), 1211–1221.
（3）Y. Kawamura, K. Hayashi, A. Inoue and T. Masumoto: Mater. Trans., **42**(2001), 1172–1176.
（4）K. Hagihara, A. Kinoshita, Y. Sugino, M. Yamasaki, Y. Kawamura, H. Y. Yasuda and Y. Umakoshi: Acta Mater., **58**(2010), 6282–6293.
（5）E. Abe, A. Ono, T. Itoi, M. Yamasaki and Y. Kawamura: Philos. Mag. Lett., **91**(2011), 690–696.
（6）K. Hagihara, N. Yokotani and Y. Umakoshi: Intermetallics, **18**(2010), 267–276.
（7）K. Hagihara, Y. Sugino, Y. Fukusumi, Y. Umakoshi and T. Nakano: Mater. Trans., **52**(2011), 1096–1103.
（8）K. Hagihara, T. Okamoto, H. Izuno and M. Yamasaki: Acta Mater., **109**(2016), 90–102.
（9）K. Hagihara, Z. Li, M. Yamasaki, Y. Kawamura and T. Nakano: Acta Mater., **15**(2019), 226–239.
（10）K. Hagihara, M. Yamasaki, Y. Kawamura and T. Nakano: Mater. Sci. Eng. A., **763**(2019), 138163.
（11）K. Hagihara, A. Kinoshita, Y. Sugino, M. Yamasaki, Y. Kawamura, H. Y. Yasuda and Y. Umakoshi: Intermetallics, **18**(2010), 1079–1085.
（12）M. Okayasu, S. Takeuchi, M. Matsushita, T. Naoya, M. Yamasaki and Y. Kawamura: Mater. Sci. Eng. A, **652**(2016), 14–29.
（13）M. W. Barsoum, T. Zhen, A. Zhou, S. Basu and S. R. Kalidindi: Phys. Rev. B, **71**(2005), 134101.
（14）T. Zhen, M. W. Barsoum and S. R. Kalidindi: Acta Mater., **53**(2005), 4163–4171.
（15）A. G. Zhou and M. W. Barsoum: J. Alloy Compd., **498**(2010), 62–70.
（16）F. C. Frank and A. N. Stroh: Proc. Phys. Soc. B., **65**(1952), 811–821.
（17）K. Hagihara, M. Honnami, R. Matsumoto, Y. Fukusumi, H. Izuno, M. Yamasaki, T. Okamoto, T. Nakano and Y. Kawamura: Mater. Trans., **56**(2015), 943–951.

徳永透子

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
2015年６月　北海道大学大学院工学院・AGH University of Science and Technology, Faculty of Metals Engineering and Industrial Computer Science 博士後期課程修了
2015年７月　北海道大学大学院工学研究院　材料科学専攻　助教
2019年10月　青森県量子科学センター研究推進グループ
2021年４月　現職
専門分野：材料組織学，材料強度学
◎各種金属材料の組織制御による，軽量，高強度，高耐食性など複数の機能をあわせ持つ構造材料創成の実現．
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

思い出の教科書，この一冊！

“鉄冶金熱力学”

大谷正康著
日刊工業新聞社(1971年)

千葉工業大学　永井　崇

■「鉄冶金熱力学」の表紙写真.

私は大学院に進学した際に，鉄鋼精製錬で利用する高温での熱力学測定が研究テーマとなり，化学熱力学について複数の教科書で学びました．当時の化学熱力学の印象は，抽象的で難しいというのが正直なところでした．学部でも講義などで何度か学ぶ機会がありましたが，やはりなかなか難しいと感じておりました．研究室での輪講で，有名な英語の教科書で熱力学を学んでおりましたが，英語を訳すのに精一杯で，内容の理解が追い付いておりませんでした．これと並行して，「化学熱力学」(I. プリゴジーヌ(著)，R. デフェイ(著)，妹尾学(訳))やマテリアルサイエンスの基礎「熱力学」(伊藤公久(著))などの関連する教科書を読み，なんとか理解しようとしておりました．研究室には，研究に関連する蔵書が新しいものから年期の入ったものまで和書・洋書ともに非常にたくさんあり，これらを自由に利用できたことは，私にとって幸運なことでした．

今回紹介する教科書は，1971年に日刊工業新聞社より発行された「鉄冶金熱力学」(大谷正康(著))です．この教科書とは，当時所属していた研究室の蔵書の中で，たまたま手に取ったことがきっかけで出会うこととなりました．本書の章構成は，1. 金属製錬の概要，2. 化学熱力学，3. 熱力学の鉄鋼製錬への応用となっており，1章では，金属精製錬の基礎や基本的な考え方が非常に簡潔にまとめられています．2章には，熱力学第1法則，熱力学第2法則など熱力学の根幹となる諸法則の解説があり，エンタルピー，エントロピー，自由エネルギーなどの熱力学諸量，化学反応，活量，平衡など金属の精製錬を行う上で必要となる事項がまとめて解説されています．3章では，溶鉄中共存元素の活量，溶融スラグ，冶金学上の問題の処理例が具体的にあげられており，2章で学んだ知識がどのような形で利用されているのかを理解することができます．活量，活量係数，相互作用係数や化学ポテンシャルなど何に使うのかよくわからなかった熱力学諸量が実際の鉄鋼プロセスの中で，どのように利用されているのかということが分かり，それらの有用性がようやく分った気がしたと記憶しております．また，関連する論文を読む際や学位論文・投稿論文を執筆する際にも何度も読み返し参考にしました．今，本書を手に取るのは，なかなか難しいかもしれませんが，本書を通じて，抽象的で理解しにくいことも，具体例を学びながら理解することができるということは確かであると感じます．

熱力学は材料工学の基礎となる学問の一つであると考えますが，抽象的でとっつきにくいため敬遠されがちです．しかしながら，化学反応をともなう現象を理解し，制御するには必要不可欠な学問であるため，多くの学生に学んでほしいと考えています．この学問の応用範囲は広く，金属精製錬やリサイクル分野だけでなく，化学，素材，医学などの分野でも利用されます．また，就職した学生からも熱力学をちゃんと勉強しておけばよかったということをよく耳にします．私は，学部の卒業時には，熱力学をあまり理解してませんでしたが，現在では，大学で熱力学を講義することとなりました．私が学生時代に感じた熱力学に対する印象を，現在の学生も感じているようですが，具体的な例をあげながら可能な限り分かりやすく講義して理解してもらえるように心がけております．熱力学を学び，これを実際に生かすことのできる研究者や技術者が増えることを願っております．

(2023年8月9日受理)[doi:10.2320/materia.62.740]

はばたく

水素脆化を“測る”

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
物質科学研究センター；博士研究員
柴 山 由 樹

1. は じ め に

この度はまてりあ“はばたく”の執筆の機会をいただき，ありがとうございます．私は2022年に，東北大学大学院工学研究科にて博士(工学)の学位を取得しました．現在は国立研究開発法人日本原子力研究開発機構に所属し，中性子応力測定装置を軸に，水素脆化に関わる研究開発を行っています．水素脆化は，金属材料中に侵入した水素を原因とした力学特性の劣化現象です．ここでは水素脆化を“測る”ことをキーワードに，私の足跡を紹介いたします．

2. 水素脆化を“測る”

筆者は学生時代，東北大学金属材料研究所の秋山研究室において，塑性加工を施した鉄鋼材料の水素脆化について，特にその割れ感受性を研究しました．

輸送機器における鉄鋼材料の高強度化は，輸送効率の向上および材料使用量の低減による環境負荷の低減が期待されます．しかしながら，高強度鉄鋼材料は一般的に水素脆化しやすく，早期破断のリスクが実用の障害となることから，その水素脆化の予測・水素脆化の抑制が課題です．特に，塑性加工部材は塑性変形によって水素と相互作用する残留応力と塑性ひずみが材料内部に導入されることから，それらを考慮した新たな予測・抑制手法の開発が求められています．
水素脆化が進行するプロセスは，大きく次の3つに分かれます．

①環境水素や腐食によって生じた水素の一部が材料に侵入する
②材料内部で水素が拡散・集積する
③き裂が生成・伝播して最終的に破断する

材料内部の水素が極めて微量であることや，水素は室温で拡散することから，直接その動きを追う方法はいまだ確立されていません．そこで，水素脆化を“測る”ことが重要になります．水素脆化を測る対象としては，

①水素が侵入する量や経路
②材料内部における水素の拡散・集積挙動
③き裂生成・伝播経路および破断時の応力，塑性ひずみなどの力学パラメータ

が挙げられます．これら種々の測定結果を組み合わせ，水素による割れ感受性が議論されています．

塑性加工の影響を考慮した水素脆化割れ感受性の代表的な測定手法として，U字曲げ加工試験があります．この手法では，板状の鉄鋼材料に対してU字に曲げ加工を施した試験片に一定荷重を与えつつ水素を侵入させ，破断に至らしめます．そして，破断時における荷重(応力)条件と，水素存在量，塑性変形量から，割れ感受性を議論します．つまり試験片内部に導入された残留応力や塑性ひずみの影響に関する理解は限定的でした．そこで，筆者はU字曲げ加工試験片内部の残留応力，塑性ひずみ分布に着目し，水素脆化に及ぼす塑性加工の影響の解明を目指しました．初めに，破断した試験片の破面性状を観察・分類し，き裂形成の評価に取組みました．このアプローチにより，一部の試験片において，従来想定されてきたものとは異なる破壊プロセスが示唆されることを見出しました．そこで，このプロセスを説明するべく，試験片内部の残留応力および塑性ひずみ分布の定量を数値解析と測定の両面から実施しました．数値解析は当初研究室内にほとんど知見が無かったところ，鳥取大学の松野崇教授のおかげで有限要素解析法による再現に成功しました．測定に関しては，大規模放射光施設SPring-8の高輝度X線を利用することで試験片内部の応力・塑性ひずみ分布を実測し，その結果を数値解析の結果と比較・検証することができました．以上より，塑性加工した鉄鋼材料の水素脆性破壊プロセスに関する報告を行うことができ[1]，その後の研究につなげることができました．今にして思うと，当時(そして今も)の秋山研究室はいつも多くの研究者が出入りしており，その中で自由に研究させていただいたことは何にも代え難い経験でした．

現在は，茨城県東海村に移り，菖蒲敬久氏と諸岡聡氏の下で中性子を用いた水素脆化研究に従事しています．今後は，これまでの水素脆化を“測る”技術を利用する立場から反転し，その技術でしか“測れない”水素脆化研究の視点を学んでいく所存です．

3. お わ り に

水素脆化を“測る”技術は，水素脆性の研究において不可欠な要素です．これまで多くの測定技術を用いて研究できたのは，ひとえに秋山研究室の皆様を筆頭に，多くの方々のおかげです．秋山英二教授の新しいもの・ことを受容する姿勢は私の研究の根幹をなしています．

最後になりましたが，研究のきっかけをいただいた東北大学金属材料研究所の秋山研究室の皆様，そして現在お世話になっている原子力機構の皆様をはじめ，これまでお世話になった多くの方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます．

文 献

(1) Y. Shibayama, T. Hojo, M. Koyama, H. Saitoh, A. Shiro, R. Yasuda, T. Shobu, T. Matsuno and E. Akiyama: ISIJ Int., **61** (2021), 1322–1329.

(2023年8月29日受理)[doi:10.2320/materia.62.741]
(連絡先：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4)

スポットライト

～第８回「高校生・高専学生ポスター発表」最優秀賞～

セルロースからの半透膜作製法の改良について ～落ち葉由来セルロースからのプラスチック製造を目指して～

東京都立日比谷高等学校　３年　村田美佳

1.　はじめに

現代社会では，脱炭素社会を実現し，地球温暖化問題を解決することが求められている．そこで大量廃棄される落ち葉に含まれるセルロースからプラスチックの代替物を作りたいと考えた．高校化学にも登場するセルロース利用法のシュバイツァー法は繊維生成法だが，今回は落ち葉再利用の前段階としてシュバイツァー法を用いた粉末セルロースからの膜作成を試みた．実現すれば，落ち葉などの植物由来の廃棄物から，ダニエル電池や透析に有用な半透膜の生成が可能となり，カーボンリサイクル，ひいては，地球温暖化等の環境問題解決につながるのではと考えている．

以下の三点を調べることを実験目的とした．

(1)シュバイツァー試薬に溶解する最適粉末セルロース量

(2)膜作製法の検討

(3)作製した膜の性質の評価

2.　実験及び結果

(1)　実験 A：試薬に完全に溶解する粉末セルロース量の調査

(a)　シュバイツァー試薬の調製

28%アンモニア水 90.0 mL，2 mol·L^{-1} の水酸化ナトリウム水溶液 40.0 mL に硫酸銅五水和物 10.0 g を溶かし，シュバイツァー試薬を調製した．

$$CuSO_4 \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-} \quad (1)$$

$$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow \quad (2)$$

$$Cu(OH)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^- \quad (3)$$

(b)　セルロース溶解量の調査

シュバイツァー試薬 3.0 mL を入れたスクリュー管に，**表 1** のように約 0.1～0.3 g の粉末セルロースを入れ攪拌し，粉末セルロースの残渣の有無を目視で調べた．

表１　シュバイツァー試薬と反応する粉末セルロース量．粉末セルロース 0.13 g で溶け残った．（オンラインカラー）

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
シュバイツァー試薬(g)	2.849	2.8623	2.7837	2.8182	2.8322	2.8443	2.8961	2.7686
粉末セルロース(g)	0.1103	0.1204	0.1303	0.1499	0.201	0.2502	0.2809	0.3008
溶け残りの有無	×	×	○	○	○	○	○	○

化学反応式(４)の化学量論から得られたシュバイツァー試薬 3.0 mL の粉末セルロース量の溶解量の理論値は 0.278 g であった．

結果は 3.0 mL に完全に溶解するセルロースは 0.12 g で，理論値の43%であった．

$$2(C_6H_{10}O_5)n + n[Cu(NH_3)_4](OH)_2 \rightarrow \{(C_6H_9O_5)_2[Cu(NH_3)_4]\}n + 2nH_2O \quad (4)$$

(2)　実験 B：粉末セルロースを使った半透膜作製法の改良[(1)(2)]

シュバイツァー試薬 3.0 mL に粉末セルロースを 0.12 g 入れ溶解した反応溶液 0.20 mL をシャーレに薄く広げ，全体が深青色から青白色になるまで一晩乾燥させた．（以下自然乾燥工程とする．）

$$\{(C_6H_9O_5)_2[Cu(NH_3)_4]\}n + 3nH_2SO_4 \rightarrow 2(C_6H_{10}O_5)n + 2CuSO_4 + 2n(NH_4)_2SO_4 \quad (5)$$

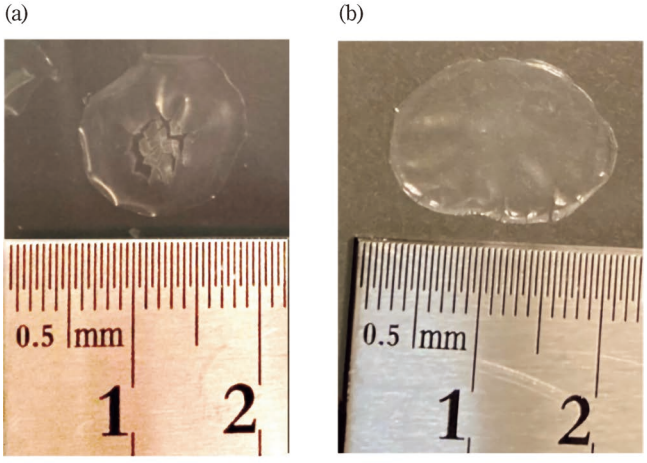
このシャーレに反応溶液が完全に浸かる程度に，2 mol·L^{-1} 硫酸を流し込み，白半透明になるまで静置した(以下，硫酸漬けとする)．その後，膜を取り出してイオン交換水で洗い，膜をクリアファイル上で乾燥させると直径約 0.8～1.5 cm の小型膜が合成できた(**図 1**(b))．自作膜は，目視で調べた結果，透明度は高く，厚みはカラーセロファン(薦田紙株式会社)と同程度であった．面積は乾燥前とはあまり変わらなかったが，厚みは極端に薄くなり，微小なひび割れを生じた(図 1(a))．

尚，大型膜の作成も試みたが乾燥時にひび割れが大量に発生した．

(3)　実験 C：作成した膜の透過性の検証

自作膜が小型であったため，**図 2** に示す小型の膜固定装置を用いて実験した．

受け皿の発砲スチロールトレーのくぼみにイオン交換水を 0.05 mL 滴下した．図のように，膜固定装置を組み立て，(ア)ラッピングフィルム(非半透膜)・(イ)市販のセロハン膜(緑色)(半透膜)・(ウ)粉末セルロースから作った自作膜を固



ひび割れあり　　ひび割れなし

図１　完成した自作膜．ひび割れが発生したものもあった．（オンラインカラー）

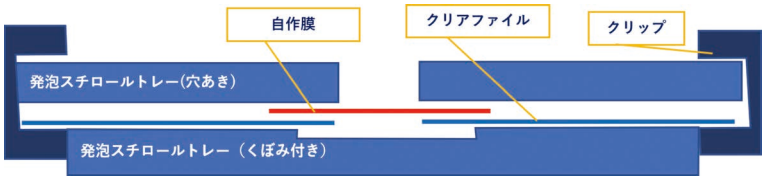


図２　半透性検証のための自作装置．（オンラインカラー）

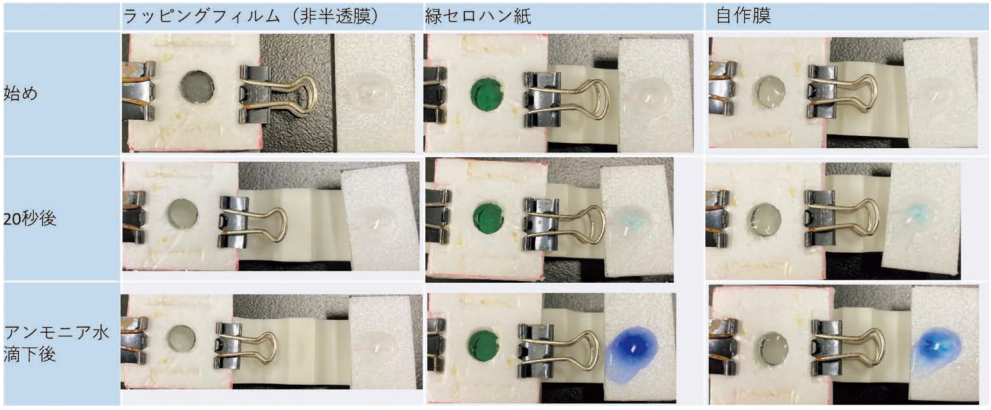


図３　透過性の検証実験結果．自作膜は，緑セロハン紙と同様の結果が得られた．（オンラインカラー）

定し膜状に 1.0 mol·L^{-1} の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を駒込ピペットで２滴加えて20秒間静置して溶液成分の透過を調べた．膜固定装置を外し，受け皿の発砲スチロールトレーのくぼみにあるイオン交換水に濃アンモニア水一滴を加え，銅(Ⅱ)イオンの透過を溶液の呈色によって確かめた．

以下結果である．

（ア）　発泡スチロールトレーの溶液は呈色しなかった．つまり銅(Ⅱ)イオンは透過しなかった．

（イ）　発泡スチロールトレーの溶液は深青色に呈色した．つまり，銅(Ⅱ)イオンは透過した．

（ウ）　(イ)と同じ結果だった．

3.　考　　察

最終的な膜のひび割れの原因は①膜が厚い，②面積が広い，③硫酸に漬ける際型崩れが起こる，以上３点だと考えられる．①②は鎖状のセルロース分子が複雑に絡み合い折り畳まれていることで，内側の水酸基とイオンが十分に反応しなかったからと考えられる．このことは実験 A の結果で理論値と実験値が一致しなかったことに矛盾していない．

さて，独自に加えた自然乾燥工程によって膜の色が深青色から，青白色に変化した．これは，テトラアンミン銅(Ⅱ)イオンに水素イオンが加わり，水酸化銅に変化する際の，色の変化と酷似している[3]．従って，自然乾燥工程によって，膜のひび割れが起こりにくくなった理由として，シュバイツァー試薬・粉末セルロース混合溶液を膜状に成型した表面がアンモニア水と空気中の二酸化炭素と中和反応をして，ゆっくりとセルロースの固定が進んだことが考えられる．そのため③に関して，膜の表面が流動的だと，硫酸を流し込む際，膜の表面と内側で反応差が生じ，膜が変形してしまうが，自然乾燥工程により，表面のセルロース固定が進んだことで膜の形が崩れにくくなったと考えられる．

実験 B の非半透膜・半透膜の銅(Ⅱ)イオンの透過の比較により，自作膜の半透過性を検証することができた(**図 3**)．

4.　ま　と　め

結論として硫酸漬け前に自然乾燥工程を入れて粉末セルロースからひび割れのない半透膜を作ることができた．今後の研究課題は，上記の方法で合成した粉末セルロース半透膜の実用化のために「現在推測段階のひび割れの原因を解明し，再現性を高めること」,「天然由来の粉末セルロース作成」,「試薬の再利用や時間短縮等に取り組み，シュバイツァー試薬を用いた半透膜の合成法の確立すること」の三点である．

現在，混合落ち葉粉末からの半透膜作成と厚さ・大きさが均一な膜作成法について実験中である．

私はこの研究発表を通して，自分の研究を端的に説明する難しさを学んだ．また，ご指導いただいた先生との質疑応答を通して，自分の研究について議論することの楽しさを学んだ．私の夢である地球温暖化解決に向けて，今後も探究することの楽しさの実感できる研究活動を続けていきたい．

文　　献

（１）新　観察・実験大事典［化学編］②：化学反応，東京書籍株式会社，(2002)，138–139.
（２）サイエンスビュー化学総合資料四訂版：実教出版株式会社，(2022)，282–283.
（３）サイエンスビュー化学総合資料四訂版：実教出版株式会社，(2022)，196.

(2023年３月30日受理)[doi:10.2320/materia.62.742]
（連絡先：〒100–0014　東京都千代田区永田町 2–16–1）

スポットライト

～第 9 回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

水溶液中でハロゲン化物イオンがアルミニウムに及ぼす影響について

福岡県立福岡高等学校
中島光和大　甲斐隆之介　金　一豪
松隈旬祐　水野太陽

1. 緒　　言

Al を 1.0 mol/L, 0.1 mol/L, 0.01 mol/L の希塩酸，希硫酸，$CuCl_2$ aq, $CuSO_4$ aq に入れた際に，Cl^- を含む水溶液中で特に気体が多く発生しました(1)．そこで，Cl^- に限らず，ハロゲン化物イオン(以下 X^- とします)が Al の腐食に及ぼす影響を調べることを本研究の目的としました．X^- として F^-, Cl^-, Br^- を用いました．

2. 実 験 方 法

Al 板(純度 99 mass%)を 0.02 mol/L の希硫酸と反応させる実験を試みましたが，ほぼ反応せず，気体発生が確認できるまでに時間がかかりました．そのため濃度を上げ，6.0 mol/L の希硫酸に X^- を添加して，Al との反応を調べました．

5.0 mm × 5.0 mm × 0.5 mm に切った Al 板を20枚ずつシリンジ①(**図 1**，**2**)に入れ，それぞれ異なる種類の溶液 5.0 mL をシリンジ②(図 1)から注入し，シリンジ①内で発生した気体の体積を 3 分ごとに記録し，気体発生量がシリンジ①の容量を超えるか，60分間経過するまで実験を行いました．以下の実験 1–実験 4 を行いました．発生気体の体積は，シリンジ①の最小目盛りの 1/10である，0.1 mL 間隔で読み取りました．

〔実験 1〕　Cl^-, Br^- が Al と硫酸の反応に及ぼす影響について

Cl^-, Br^- が Al と硫酸の反応に影響するのか調べました．溶液として，3.0 mol/L，1.0 mol/L，0.50 mol/L，0.1 mol/L の NaCl aq，3.0 mol/L の NaBr aq および蒸留水と，6.0 mol/L の硫酸をそれぞれ等量ずつ混合したものを用いました．

〔実験 2〕　F^- が Al と硫酸の反応に及ぼす影響について

F^- が Al と硫酸の反応に影響するのか調べました．溶液として，6.0 mol/L の硫酸 10 mL に NaF, NaCl 0.010 mol をそれぞれ溶かし，蒸留水を加えて 20 mL にして，ハロゲン化合物の濃度を 0.50 mol/L にした混合溶液を用いました．

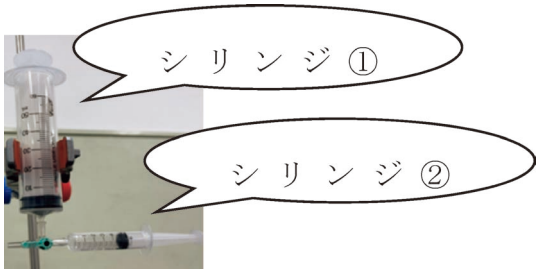


図 1　シリンジを組み合わせた反応装置全体の外観図．(オンラインカラー)

図 2　シリンジ①拡大図．(オンラインカラー)

〔実験 3〕　X^- と Al の酸化被膜の関係について

X^- が Al の酸化被膜に影響を与えるのか調べました．Al 板をシリンジに入れる前に濃硝酸に15分間あるいは24時間浸し，Al の表面に酸化被膜を生じさせました．溶液として，3.0 mol/L の NaCl aq, NaBr aq および蒸留水と，6.0 mol/L の硫酸をそれぞれ等量ずつ混合したものを用いました．

〔実験 4〕　塩基性溶液下での X^- の影響について

Al は両性金属なので，X^- の影響が塩基性溶液で見られるのか調べました．溶液として，3.0 mol/L の NaCl aq, NaBr aq および蒸留水と，1.0 mol/L の NaOH aq, Na_2CO_3 aq をそれぞれ等量ずつ混合したものを用いました．

3. 実験結果と考察

〔実験 1〕

実験 1 の結果を**図 3** に示します．図 3 において，横軸は時間，縦軸は発生気体の体積を表します．以下，全てのグラフにおいて同様です．まず，3.0 mol/L の NaCl aq と NaBr aq を比べると，グラフの傾きから，Cl^- が Br^- よりも各反

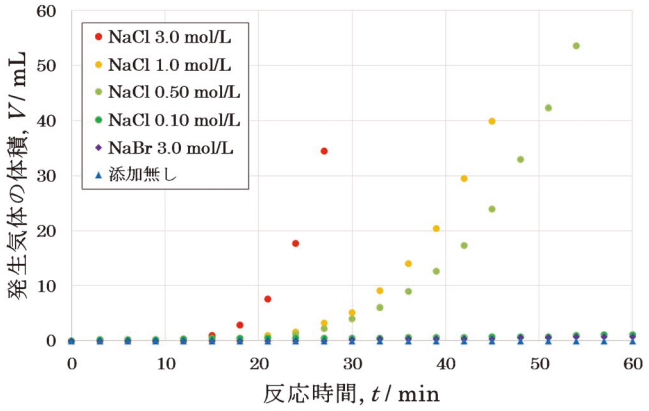


図 3　NaCl, NaBr 添加に伴う発生気体の体積変化．（オンラインカラー）

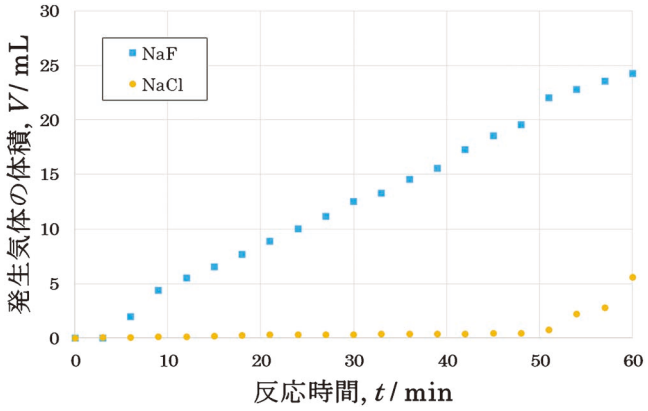


図 4　NaF, NaCl 添加に伴う発生気体の体積変化．（オンラインカラー）

応時間における気体発生量が多いことが読み取れ，Al の腐食反応に及ぼす影響が大きいと考えられます．次に，Cl^- の濃度の異なる NaCl aq に対するグラフから，水溶液中の Cl^- の濃度が高いほど各反応時間における気体発生量が多いことが読み取れ，Cl^- の濃度が高いほど Al の腐食反応に及ぼす影響は大きくなると考えられます．また，Cl^- を添加した溶液はいずれも時間が経過するとグラフの傾きが大きくなったことから，反応速度が速くなっていることが分かり，これは Al 板の表面が孔食し，表面積が増加したためだと考えます．また，判断材料の一つとして，液温を計測しようと考えましたが，今回の装置では計測が難しかったため，今後装置を改良して計測したいと考えます．

〔実験 2〕

実験 2 の結果を**図 4** に示します．発生気体の体積は，F^- を添加した溶液が Cl^- を添加した溶液より大きくなったため，Cl^- より F^- の方が Al の腐食反応に及ぼす影響は大きいと考えます．

〔実験 3〕

実験 3 の結果を**図 5** に示します．Cl^-, Br^- を加えていない場合は，濃硝酸に浸した時間に関わらず気体発生が確認されなかったため，表示していません．Cl^- を添加した場合では，濃硝酸に浸した時間が長いほど気体発生開始までの時間が遅くなりました．濃硝酸に浸した時間が長くなるほど酸化被膜は厚くなると考えられるので，Cl^- による影響は酸化被膜の厚さに関係すると考えます．また，Br^- に関しては Al 板の処理の有無による影響の違いは見られませんでした．

Al と酸が直接反応する場合の反応式は以下の式（1）の通りです．Al 表面では式（2）に示す反応で生成した酸化被膜が X^- により腐食され，むき出しになった下地の Al では式（1）の反応を起こすと考えます．Al および濃硝酸が酸化還元反応を起こす際の半反応式を組み合わせて式（2）を推定しました．

$$2Al + 6H^+ \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2\uparrow \qquad (1)$$

$$2Al + 6HNO_3 \rightarrow Al_2O_3 + 6NO_2 + 3H_2O \qquad (2)$$

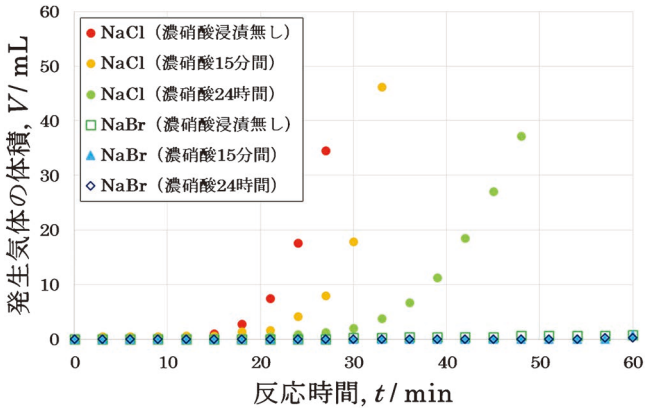


図 5　NaCl, NaBr 添加に伴う発生気体の体積変化に及ぼす Al 板の濃硝酸浸漬時間の影響．（オンラインカラー）

〔実験 4〕

実験 4 の結果を**図 6**，**7** に示します．Al と塩基が直接反応する場合の化学反応式は以下の通りです．

$$2Al + 2OH^- + 6H_2O \rightarrow 2[Al(OH)_4]^- + 3H_2\uparrow \qquad (3)$$

塩基性溶液下では，Cl^-, Br^- を加えていない場合も，計測開始直後から気体が発生し始めました．3.0 mol/L の Cl^- の影響下にある H^+ と比べると，塩基性溶液下では，X^- の添加の有無に関わらず，反応開始時刻は早くなり，気体発生量がシリンジ①の容量を超えるまでの時間は長くなることが分かりました．

NaOH aq と Na_2CO_3 aq のグラフを比較すると，NaOH aq の方が各反応時間における気体発生量が多く，反応が速くなっています．図 7 のグラフは，気体発生量が 2 mL 以下と少なくデータのバラつきが大きかったです．

また，図 6，図 7 を見ると，Cl^-, Br^- を加えた場合でも各反応時間における気体発生量に大きな違いがなかったため，塩基性溶液下では X^- の種類（Cl^-, Br^-）が Al の腐食反応に影響しないと考えます．この原因については今後解明したいと考えます．

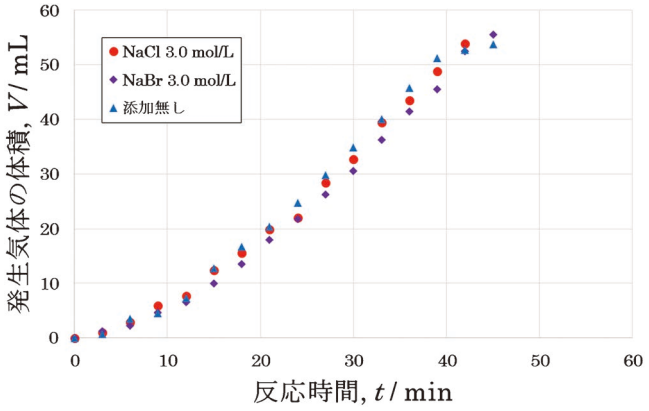


図 6　NaOH aq 下での NaCl, NaBr 添加に伴う発生気体の体積変化．（オンラインカラー）

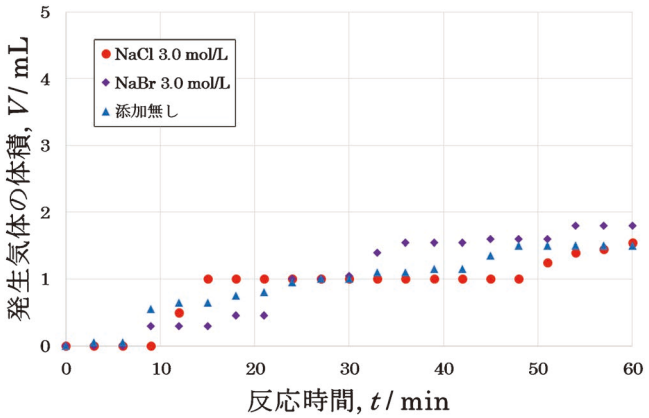


図 7　Na_2CO_3 aq 下での NaCl, NaBr 添加に伴う発生気体の体積変化．（オンラインカラー）

4.　まとめと展望

酸性溶液下での Al の腐食に，図 4 から F^-, Cl^- の順に，図 3 から Cl^-, Br^- の順に各反応時間における気体発生量が多くなる，すなわち F^-, Cl^-, Br^- の順に気体発生に及ぼす影響が大きくなることが分かり，X^- は F^-, Cl^-, Br^- の順に Al の腐食反応に強く影響することが分かりました．X^- を添加した酸性溶液下での Al の腐食反応では，Cl^- の影響は Al の酸化被膜の厚さが厚くなるほど反応開始時刻が遅くなると考えます．また，塩基性溶液下では，X^- は Al の腐食反応に影響を与えないと考えます．

Al は，現在私たちの暮らしの中において様々な場面で使用されています．Al の腐食について調べたことが，Al を腐食させず長持ちさせるような研究の一助となれば幸いです．

今後は，Al 合金や他の金属の腐食を調べ，耐食性が強い金属の特徴や性質を調べたいです．また，Al と同じ両性金属である Zn についても調べたいと考えています．更に，Al の酸化被膜と X^- との反応機構を解明したいとも考えています．

今回の発表では，結果のまとめ方や，結果を踏まえて考察する際の視点に関して，多くのアドバイスを頂きました．これらのアドバイスは後輩にも共有し，これからの福岡高校化学部の研究をよりよいものとしていきたいと考えています．

文　　献

（1）卜部吉庸：東京書籍株式会社主催　2019実践化学教育研究会 in 福岡，アルミニウムと酸との反応について，2019年 2 月17日．

（2023年 7 月 5 日受理）[doi:10.2320/materia.62.744]
（連絡先　〒812–0043 福岡市博多区堅粕 1–29–1）

本 会 記 事

会　告　2024年会費お払込みのお願い ……747
今後の講演大会開催予定 ……747
2024年春期講演大会の外国人特別講演および招待講演募集 ……747
2024年春期講演大会参加ならびに講演申込の募集 ……748
2024年春期講演大会高校生・高専学生ポスター発表募集 …760
日本金属学会オンライン教育講座 ……761
研究集会 ……762

支部行事 ……762　次号予告 ……765
掲示板 ……763　新入会員 ……766
会誌・欧文誌11号目次 ……765　行事カレンダー ……767

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

- 出版案内，投稿規程，入会申込等はホームページをご利用下さい．（https://jimm.jp/）
- 支部行事，掲示板，研究集会等の情報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）

2024年会費お払込みのお願い

2024年の会費納入時期となりました．個人会員の方は，下記いずれかの方法にてお払い込み下さいますようお願い申し上げます．

◎郵便振込み：本年11月中旬頃，「ゆうちょ銀行郵便振込み用紙」を郵送いたします．
ゆうちょ銀行にてお支払い願います．
◎クレジットカード・コンビニ支払い：
会員マイページにログインの上，手続きをして下さい．領収書もホームページで発行できます．

会費のお支払い確認

ホームページ→入会・会員→会員マイページ→（ID・パスワード入力）でお支払いと確認ができます．

問合先　会員サービス係　E-mail: member@jimm.jp

今後の講演大会開催予定

- 2024年春期（第174回）
日程：2024年3月12日（火）～15日（金）
会場：東京理科大学葛飾キャンパス

- 2024年秋期（第175回）
日程：2024年9月17日（火）～20日（金）
会場：大阪大学豊中キャンパス

2024年春期講演大会の外国人特別講演および招待講演募集

推薦書提出日：2023年11月17日（金）

春秋講演大会における外国人研究者による特別講演と招待講演については会員からの推薦をもとに，国際学術交流委員会において審議採択し，講演実施細目については講演大会委員会で決定いたします．2024年春期講演大会の特別講演と招待講演を募集いたしますので，下記要領によりご推薦下さい．

特別講演
- 講演者：著名な外国人研究者とする．
- 講演時間：30分（討論10分）
- 採択件数：3～4件
- 滞在費補助：10,000円×5日（上限日数）（現地開催の場合）
- その他：大会参加費免除，懇親会招待

招待講演
- 講演者：有益な講演が期待される国内に滞在する外国人研究者とする．
- 講演時間：15分（討論5分）
- 採択件数：5件程度
- 滞在費補助：なし
- その他：大会参加費免除

推薦用紙　所定様式（ホームページからダウンロード下さい）により，下記メールアドレス宛に「外国人特別講演推薦」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．

推薦書提出期日　2023年11月17日（金）

照会・推薦書提出先
〒980-8544 仙台市青葉区一番町1-14-32
（公社）日本金属学会 国際学術交流委員会宛
☎ 022-223-3685　FAX 022-223-6312
E-mail: stevent@jimm.jp

2024年春期(第174回)講演大会参加ならびに講演申込の募集

2024年春期講演大会を，3月12日(火)から15日(金)まで，東京理科大学葛飾キャンパスで開催します．ご講演ならびに皆様のご参加を下記の通り募集いたします．

高校生・高専学生ポスターセッションは，3月12日(火)に東京理科大学葛飾キャンパスで，3月19日(火)にオンラインで開催します．(選択された発表方法により開催日が変わります．)

参加申込みは，すべてインターネットでの申込みです．詳細は，下記参加申込要領をご確認下さい．

講演大会日程

日　　時	行　　事
3月12日(火)午後	ポスターセッション，高校生・高専学生ポスターセッション
3月13日(水) 9:00～ 9:40 10:00～11:50 13:00～ 18:00～	 開会の辞，贈呈式 学会賞受賞記念講演，本多記念講演 学術講演 懇親会(会場検討中)
3月14日(木) 9：00～17：00	 学術講演
3月15日(金) 9：00～16：30	 学術講演
3月19日(火)	高校生・高専学生ポスターセッション(オンライン)

◆懇親会

開催日時：2024年3月13日(水)18：00～(予定)

開催場所・料金：詳細が決まり次第ご案内いたします．

講演大会参加申込について

◆申込の種別と申込期間

(1) 事前申込(2月22日(木)をもって事前参加申込完了となります)

申込期間：2023年11月27日(月)～2024年2月22日(木)

URL：https://www.jim.or.jp/convention/2024spring/

決済方法：クレジットカード，コンビニ支払，銀行振込

(2) 後期(当日)申込

申込期間：2024年2月29日(木)～3月19日(火)

URL：https://www.jim.or.jp/convention/2024spring_after/

決済方法：クレジットカード

(3) 相互聴講(現地申込のみ)

申込期間：2024年3月12日(火)～15日(金)

URL：https://www.jim.or.jp/convention/2024spring_after/

決済方法：クレジットカード

問合せ先：講演大会係 **annualm@jimm.jp**

◆大会参加費(講演概要ダウンロード権含む)および登壇費　※年会費とは異なります.

参加費・懇親会の消費税の取扱いは，ホームページ(一覧表 PDF)をご参照下さい.

会　員　資　格	事前参加申込	後期(当日)申込	相互聴講	登壇費
正員	10,000円	13,000円	—	—
非会員の維持員会社社員	10,000円	13,000円	—	10,000円
非会員のシンポジウム共催・協賛の学協会会員	10,000円	13,000円	—	10,000円
2024年３月１日時点で65歳以上の個人会員*1	無　料	無　料	—	—
学生員*2	6,000円	7,000円	—	—
ユース会員*3(中高生会員，高専専科１年生以下，大学３年生以下)	無　料	無　料	—	—*3
非会員*4　一般	24,000円	27,000円	—	10,000円
非会員*4　学生(大学院生含む)	14,000円	16,000円	—	5,000円
鉄鋼協会講演大会参加者(一般学生問わず) 講演者は選択できません.	—	—	6,000円	—

・お支払後の取消は，ご返金できませんのでご了承下さい.
・領収書は，決済完了後に申込画面(「講演大会 MyPage」)からダウンロードし，印刷して下さい.

*1 **65歳以上の個人会員**：会員情報に生年月日の登録がない場合は課金されます．会員情報に生年月日を登録していない方は，**参加申込みの前に annualm@jimm.jp** まで会員番号・氏名・連絡先・生年月日をお知らせ下さい.

*2 学生員：卒業予定変更等により登録されている会員種別が実際と異なる場合は，**事前に会員種別の変更手続きを行ってから**，大会参加を申込み下さい．会員情報に登録された卒業年次を超えると，自動で正員に変更されています.

*3 **ユース会員が高校生ポスター発表以外で発表する場合は，登壇費5,000円が必要です.**

*4 非会員は講演申込サイトの各講演種別の「非会員はこちら」をクリックして，講演申込みして下さい.
非会員の参加申込者には，１年間の会員資格を付与します．ただし特典は重複して付与しません.

◆参加証

「**講演大会 MyPage**」で「参加証」を印刷し，当日持参して会場に入って下さい(受付は不要です).

***「日本金属学会ロゴ入りストラップ付参加証ケース」をお持ちの方はご持参下さい.** ケースが必要な方には受付で配布します．無料のケースと有料のケース(ロゴ入り，価格500円(税込み))を受付で準備しています.

◆講演概要の閲覧・ダウンロード

公開場所：講演大会ウエブサイト(ログイン必要)
公開日　：講演大会２週間前の**2024年２月27日(火)**(特許関係の手続きは，公開日までに済ませて下さい.)
ログイン：ログイン用の ID とパスワードが必要です.
(事前参加申込の方) 参加費を納入済みの方に，概要公開日にログイン用の ID とパスワードを配信します.
(後期(当日)申込の方) 参加申込受理通知に記載の「登録番号」および「パスワード」がログイン用の ID とパスワードです.

◆講演概要集の購入

講演概要集は作成していません．全ての講演概要は，講演大会ウエブサイトで公開をします．これまで概要集のみを購入されていた場合は，大会への参加登録を行った後で，講演大会ウエブサイトから概要を閲覧して下さい.

◆相互聴講について(会期中のみ受付)

本会非会員で鉄鋼協会の講演大会に参加された方は，相互聴講料金で本会の講演大会を聴講できます.

申込方法：講演大会当日に鉄鋼協会講演会場の受付で参加証を受け取った後に，金属学会相互聴講申込サイトで申込みおよび決済完了後，決済済み画面と鉄鋼協会講演大会の参加証を日本金属学会受付に提示して下さい．確認後，参加証に「相互聴講」の押印をします.

(注) 鉄鋼協会講演大会の相互聴講は事前申込みとなっています．金属学会の講演大会参加申込を完了した後，鉄鋼協会の相互聴講申込サイトで相互聴講の申込みと決済を行って下さい.

講演の申込について

◆申込期間(締切厳守！)

(1) 一般，公募シンポジウム，共同セッション：2023年11月27日(月)～**2024年 1 月10日(水)17時**

(2) ポスター，高校生・高専生ポスター：2023年11月27日(月)～**2024年 1 月17日(水)17時**

＊講演申込と同時に参加申込が登録されます.

＊大会申込受付ホーム URL：https://www.jim.or.jp/convention/2024spring/

講演を申込む前に下記を確認して下さい

□非会員も大会参加費と登壇費を支払えば，講演申込ができます(詳細は「講演申込要領」の「講演資格」参照.).

□講演申込と同時に大会参加申込が必要です．参加申込後，期日までに参加費と必要に応じて登壇費を納入下さい．期日までに参加費を納入しない場合は講演を認めず，欠講として取り扱います.

□講演申込と講演概要提出は同時に行って下さい.（同時に行わないと，講演申込は受理されません）

□原則，講演申込者＝講演発表者であること.(「講演申込要領」5. を参照)

□会員資格での申込みには会員番号とパスワードが必要です．パスワードを紛失または忘れた方は，本会ホームページより再発行を行って下さい．セキュリティ上，電話やメールでの発行は出来ません.

これから入会して講演申込をする方へ

□下記の入会申込期限までに入会申込を行い，納入期限までに年会費を納入して下さい.

□年会費納入期限までに会費の払込がない場合は講演を認めません.

□下記の入会申込みサイトから手続きをして下さい．入会申込すると ID(会員番号)とパスワードが即日メールで送信されます.

入会申込 URL ：https://www.jim.or.jp/member/mypage/application.php

入会申込期限 ：2024年 1 月 8 日(月)

年会費納入期限：2024年 1 月31日(水)

入会・会費の問合せ先：会員サービス係 member@jimm.jp

講演申込要領

◆申込方法：大会申込受付ホーム(**https://www.jim.or.jp/convention/2024spring/**)から申込む.
一般講演およびポスターセッションの申込みでは，セッションキーワード一覧から第 1 希望および第 2 希望のセッションキーワードを選択すること．講演セッション決定の参考にします.

◆講演概要：大会申込受付ホームから最新の **MS-Ward** のテンプレートをダウンロードして作成すること.
分量は **A4** 縦 **1** 頁とする.
作成後にフォント埋め込みの **pdf** に変換して，アップロードする.

◆講演件数：一人 2 件以内．ただしポスターのみ 2 件は不可.
(受賞講演，基調講演，招待講演等の特殊講演は上記の適用外) 同一研究室の 3 件以上の連続講演は不可.

◆講演時間：一般講演：講演10分，討論 5 分
公募シンポジウム：講演10～20分，討論 5 ～10分
共同セッション：講演15分，討論 5 分
(講演時間は講演者自身が管理し，厳守すること.)

1. 発表内容

原則として未発表で講演としてまとまったもの.

2. 講演資格

会員は年会費および参加費を，非会員は参加費および登壇費を納入済であること.

3. 講演者変更および講演取消しについて

(1) 申込後の安易な講演者変更や取り消しは認めない.

(2) やむを得ない理由により講演者を変更する場合は，事前に事務局に連絡する.（当日，変更になる場合は必ず座長の了解を得ること.）

(3) 変更可能な講演者は概要の共著者でかつ会員であること.

4. 連続講演

下記の条件を全て満たす場合のみ配慮するが，希望に添えない場合があることを承諾すること．

(1) 同一のセッション名で講演申込されていること．

(2) 講演申込時に備考欄に連続希望する講演の順番，発表者名，タイトル，(可能なら受理番号)を記入していること．

(3) 申込締め切り後の申請でないこと．

(4) 同一研究室内で3件以上の連続講演でないこと．

5. 講演日の希望

講演申込時に備考欄に記入すること．申込締め切り後は受付けない．

希望に添えない場合があることを承諾すること．

6. プログラム　2024年2月初旬頃，講演大会ウエブサイトに掲載予定です．

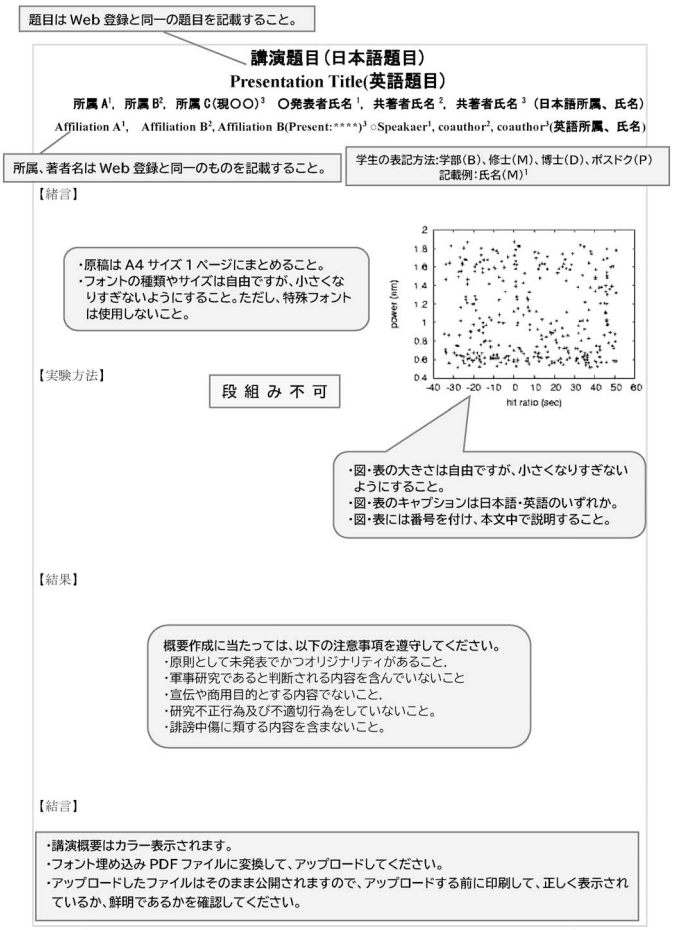
ポスターセッションについて

1. 発表方法：2024年2月にホームページに掲載する最新の「ポスター発表資料作成要領」を参照のこと．
2. 優秀ポスター賞へのエントリー：講演申し込み時に「優秀ポスター賞にエントリーする」にチェックして下さい．
3. 優秀ポスター賞の授賞要件：①発表時点で30歳以下の学生および30歳以下の若手研究者．
   ②過去にこの賞を授賞していない者．
   ③代理発表者ではないこと．

＊発表を審査員が審査採点して優秀ポスターを選出し，「優秀ポスター賞」を贈呈します．

講演概要原稿作成・投稿方法

- 大会申込受付ホーム(**https://www.jim.or.jp/convention/2024spring/**)から最新のテンプレート(**MS－Word**)をダウンロードして下さい．
- ダウンロードしたテンプレートを用いて講演概要を作成して下さい．
- 講演の題名，著者・所属，本文のすべてを記入した完成版の講演概要ファイルを **PDF** に変換して下さい．
- 講演申込と同時に **PDF** ファイルをアップロードして，講演概要を提出して下さい．(※同時に行わない場合は，講演申込は受理されません)
- 使用言語：日本語または英語
- 原稿サイズ：A4 判縦1頁
- 原稿作成時の注意事項：
  (1) MS-Word のファイルを PDF に変換する際は，フォント埋め込みを必ず行うこと．
  (2) 発表者氏名の前に必ず○印を付けること(申込画面上で講演者にチェックを入れる)．
  (3) アップロードの前に文字，図表等の品質を確認してから，アップロードすること．
    - 提出原稿の修正：講演申込期間内のみ差し替えが可能．原則として提出期限後の原稿の差替えは認めない．



原稿作成時には、上の作成要領は削除してください。

講演概要の要件

講演概要は下記の要件を満たすことが必要です.

⑴ 未発表でかつオリジナリティがあること.
⑵ 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.
⑶ 軍事研究であると判断される内容を含んでいないこと
⑷ 作成方法に基づいて作成された原稿であること.
⑸ 著作権をこの法人に帰属することに同意すること.
⑹ 研究不正行為及び不適切行為をしていないこと.
⑺ 宣伝や商用目的とする内容でないこと.

講演概要の査読

講演大会に投稿された全ての講演概要は，下記の査読基準に基づき，その分野の専門家が査読し，採否を判定する．査読の結果,「掲載不適当」と判定された場合は，理由を示して著者に返却します.

(査読基準)

⑴ 講演大会概要の要件に準拠していること.
⑵ 内容が正確で，記述に問題がないこと.
⑶ 軍事研究であると判断される内容を含んでいないこと.
⑷ 題目が妥当であること.
⑸ 研究不正行為及び不適切行為と判断される内容を含んでいないこと.
⑹ 誹謗中傷に類する内容を含まないこと.

講演申込・概要原稿提出手順

入力された情報および登録された概要原稿は，プログラムにそのまま反映されますので，お間違えのないようにご登録して下さい.
＊申込者は，講演者本人に限ります.
＊申込締め切り直前は，アクセスが集中しますので，早めに申込みをして下さい.

(会員)

(1) 金属学会「大会申込受付ホーム(https://www.jim.or.jp/convention/2024spring/)」から，各講演区分の「会員申込」をクリックする.
(2) 認証画面が表示されたら，ID(会員番号)，パスワードを入力してログインする.
(3) 講演申込み画面に必要事項を入力し，講演概要の pdf をアップロードする.
＊申込みの前に，講演概要を作成しておいて下さい.
(4) 内容を確認し，必要があれば修正し，講演を登録する.
(5) 申込が完了すると，受付完了通知がメールで届き,「講演大会 MyPage」にログインできるようになります.
＊「講演大会 MyPage」のログイン ID と会員パスワードは，会員 ID(会員番号)と会員パスワードです.
(6) 参加費および登壇料のお支払いは「講演大会 MyPage」でクレジットカード，コンビニ支払い，請求書支払いが可能です.
(7) 請求書や領収書も「講演大会 MyPage」でダウンロード印刷が可能です.

(非会員)

(1) 金属学会「大会受付ホーム(https://www.jim.or.jp/convention/2024spring/)」から，各講演区分の「非会員申込」をクリックする.
(2) 講演申込み画面に必要事項を入力し，講演概要の pdf をアップロードする.
＊申込みの前に，講演概要を作成しておいて下さい.
(3) 内容を確認し，必要があれば修正し，講演を登録する.
(4) 申込が完了すると，申込受理通知がメールで届き,**「講演大会 MyPage」**にログインできるようになります.
＊「講演大会 MyPage」のログイン ID とパスワードは，申込受理通知に記載された，**秋期講演大会用の参加登録番号とパスワード**です.

(5) 参加費および登壇料のお支払いは「講演大会 MyPage」でクレジットカード，コンビニ支払い，請求書支払いが可能です．

(6) 請求書や領収書も「講演大会 MyPage」でダウンロード印刷が可能です．

講演内容の確認・修正

講演申込期間内のみ，「講演大会 MyPage」で登録内容の確認と修正(差し替え)が可能です．

金属学会「大会申込受付ホーム(https://www.jim.or.jp/convention/2024spring/)」から，「講演大会 MyPage」にログインし(ID，パスワード必要)，内容確認・修正後，確認・修正を行って下さい．修正登録後，修正受理通知のメールが届きます．

登録画面入力の際の注意事項

入力項目	注　意　事　項
セッションキーワード(一般，ポスターのみ)	まてりあ第62巻第11号754頁の講演セッションキーワード一覧から**第 1 希望(必須)**および**第 2 希望(必須)**のセッションキーワードを選択する．
公募シンポジウム	まてりあ第62巻第11号758頁のテーマ要旨を参照の上，申し込むシンポジウム番号を選択する．
共同セッション	まてりあ第62巻第11号757頁に掲載のテーマから，申込むセッションの番号を選択する．
キーワード	キーワードを 1 語以上入力する．(最大10語入力可．) 特に対象とする材料，物質，合金名をキーワードの中に含める．
共同研究者数 所属機関数	共同研究者人数：最大15名まで 所属機関数：10施設まで
申込者氏名	姓・名の順で，漢字，かなで入力する． 「申込者」が「講演者」となるようにチェックを入れる． 共同研究者は非会員でも可．
ローマ字氏名	名・姓の順で，半角英字で入力する．
所属機関略称	**慣用の略称で記入**する．研究時所属と現所属が異なる場合は両方記入する． [例：東北大工(現日立中研)] 大学院生と学生の区別：それぞれ(院生)，(学生)と所属の後に表示する． [例：東北大工(学生)　東北大工(院生)]
講演題目	和文題名は全角75文字まで，英文題名は100文字まで． 講演概要原稿の題名と一致させること．
要旨	講演概要の要旨を記入する．全角100文字以内．
概要原稿	**講演概要原稿作成要領に従って作成した pdf ファイル．** **アップロードする概要原稿の内容と申込欄に入力した題目・著者名が同一であることを確認すること．** 変更がある場合は概要原稿の修正版を期日内に再提出する．
その他・備考欄	連続講演を希望する場合は，講演申し込み要領の 4. 連続講演を参照して申し込むこと．申込締切後の希望は受付けない． その他の講演希望日等があれば備考欄に記入すること．
会員番号	講演者は必ず会員番号(ID)を記入する．共著者はわかる範囲で可．
著作権	同意できない場合は申込できない．
プログラム公開	同意できない場合は申込できない．
講演概要の WEB 公開	講演概要の WEB 公開に同意できない場合は，申込できない． 講演概要は，開催日 2 週間前に参加申込者のみに公開する．

問合せ先　(公社)日本金属学会 講演大会係
☎ 022–223–3685　FAX 022–223–6312
E–mail: annualm@jimm.jp

セッションキーワード一覧

講演大会セッション（委員専門分野）

新分野	大分類	中分類	No	セッションキーワード	キーワード
1分野	1.材料と社会	材料と社会	1.1	教育	専門教育、共通教育、企業での教育、生涯教育、小・中・高校生への教育、カリキュラム、授業の実際、教材・教育の評価、社会人教育
			1.2	歴史・材料考古学	金属学・材料科学の歴史、金属技術の歴史・変換、材料考古学、文化財保存
			1.3	技術革新・技術伝承	IoT、マテリアルインターフェース、マテリアルソフトエンジニアリング、材料情報、知的所有権、その他の金属学・材料学に関連した新分野・境界分野
			1.4	環境	LCA、リスクマネージメント、資源経済、環境・資源政策、材料の環境信頼性評価、製造物責任、環境低負荷材料、易リサイクル材料・設計、易解体設計、マテリアルセレクション、省材料設計、高寿命材料・設計、材料のリサイクルシステム、材料資源環境システム、再資源化用途開発、土壌浄化、環境修復
			1.5	ダイバーシティ	男女共同参画、LGBTI、国際化、学際協力、世代間・業種間融合
			1.6	新領域・その他	
	12.先進機能材料	先進機能材料	12.1	萌芽材料	
			12.2	新領域・その他	
2分野	2.物性	物性	2.1	磁気機能・磁気物性	磁気的性質，磁気光学的性質，電子状態，熱磁気効果（スピンゼーベック効果、異常ネルンスト効果，磁気熱量効果，磁気ハイパーサーミア等），核物性等
			2.2	半導体機能・電気物性	誘電的性質，光学的性質，電子輸送、薄膜・表面・界面物性、熱的性質（ゼーベック効果，ペルチェ効果等），原子輸送，金属絶縁体転移等
			2.3	構造物性	結晶成長、結晶構造、準結晶構造、非晶質固体構造、格子ダイナミクスと安定性、相転移（変態）、不整合・整合構造，格子欠陥，粒界等
			2.4	物性評価	照射効果、ナノスケール量子効果、トンネル効果、メスバウアー効果、核磁気共鳴、分光・発光・回折一般等
			2.5	新領域・その他	
	9.電気・磁気関連材料	電気・電子・光関連材料	9.1	伝導・実装材料	電気伝導材料、電極材料，電子実装材料、配線材料、マイクロ接合材料，フラーレン，カーボンナノチューブ，熱伝導材料等
			9.2	半導体・誘電体材料	半導体材料、誘電体材料、圧電体材料、センサー材料、太陽電池、High-k材料，低次元物質，ナノ粒子・（超）微粒子，原子クラスター等
			9.3	光・電磁波関連材料	光学結晶材料、光記録材料、液晶材料、光ファイバー材料、光学ガラス材料、テラヘルツ等
			9.4	強相関電子系材料	超伝導材料，トポロジカル絶縁体，強相関電子系材料，マルチフェロイック材料等
		磁性材料	9.5	ソフト・ハード磁性材料	ソフト磁性材料（高透磁率材料（合金系、フェライト系、アモルファス、ナノ結晶等）、永久磁石材料（希土類系、合金系、フェライト系等）、電波吸収体・ノイズ抑制体材料等
			9.6	スピントロニクス・ナノ磁性材料	磁気抵抗効果（AMR、GMR、TMR等）材料、スピンメモリー・センサー材料，スピンカロリトロニクス材料、スピン注入技術、スピン流制御技術，スピン（軌道）トルク制御技術、磁気記録・磁気デバイス用材料，磁性（超）薄膜・多層膜・磁性金属人工格子，磁気スキルミオン等
			9.7	磁気機能材料	磁歪材料、磁気冷凍材料，フラストレーション材料、反強磁性材料，相転移誘起材料（磁場誘起相変態等）等
			9.8	新領域・その他	
3分野	3.組織	相安定性・相変態	3.1	熱力学・状態図・相平衡	熱力学、状態図、相平衡、準安定、非平衡、相転移、金属間化合物、規則-不規則転移、磁気転移 等
			3.2	拡散・相変態	拡散、偏析、析出、拡散変態、規則-不規則変態、不連続析出、粒界・相界面上析出 等
			3.3	マルテンサイト変態・変位型相変態	マルテンサイト変態，変位型相変態（ベイナイト変態含む），形状記憶・超弾性材料，磁性形状記憶合金，TWIP・TRIP，エージング・テンパリング，双晶変形，熱・応力・磁場・電場誘起相変態，組織制御，組織形成と機械的性質，プロセッシング（粉末冶金・複合材料含む），SMAアクチュエータ・応用，マルテンサイト変態に関わる材料機能（ダンピング，磁気・弾性熱量効果等）
			3.4	合金・アモルファス・準結晶	アモルファス、金属ガラス、準結晶、高エントロピー材料 等
		組織制御	3.5	組織制御技術	時効・析出、熱処理、加工、加工熱処理、合金元素添加、急冷凝固、メカニカルアロイング、界面接合強さ、複合化、多層化、薄膜、積層造形、ミルフィーユ構造、コーティング、シミュレーション 等
			3.6	再結晶・粒成長・集合組織	回復・再結晶、集合組織、粒成長、粒界、異相界面、双晶　等
		分析・解析・評価	3.7	組織観察・分析	電子顕微鏡、STM、AFM、FIM、3次元アトムプローブ、X線・中性子線回折、EPMA、XPS、イメージング・マッピング技術、放射光 等
			3.8	計算材料科学・材料設計	理論、シミュレーション等
			3.9	新領域・その他	
	11.計算科学	構造・組織・特性・物性	11.1	計算材料科学・材料設計	計算材料科学・材料設計、第１原理電子論計算、分子シミュレーション、分子動力学法、モンテカルロ法、CALPHAD法、フェーズフィールド法、有限要素法、境界要素法、セルラーオートマトン、マルチスケール解析、マルチフィジックス解析　等
		データ科学	11.2	データ科学	マテリアルズインフォマティクス、マテリアルズインテグレーション、機械学習、深層学習、強化学習、転移学習、逆問題、データ同化、ニューラルネット、最適化、データベース、ビッグデータ、人工知能 等
			11.3	新領域・その他	

新分野	大分類	中分類	No	セッションキーワード	キーワード
4分野	4.力学特性	力学特性の基礎	4.1	強度・力学特性	力学（格子欠陥、弾性、塑性、破壊力学、有限要素法、分子動力学、マイクロメカニックス等）、転位の基本的特性（運動、増殖、相互作用等）、転位と各種格子欠陥の相互作用、変形（弾性、擬弾性、塑性、粘性、粒界、変形双晶等）、各種強化機構、破壊機構（き裂やボイド発生・成長・合体等）
			4.2	塑性・疲労・破壊	延性、靭性、静的および動的破壊、破壊靭性値、疲労、応力腐食割れ、水素脆性、遅れ破壊、寿命
			4.3	高温変形・クリープ・超塑性	高温変形、クリープ、クリープ疲労、超塑性
			4.4	力学特性評価	力学特性の評価法、力学的挙動の予測（応力−ひずみ曲線、クリープ曲線等の予測、寿命予測等）、合金設計、複合材料（材料システム）設計、データベース
		力学特性と組織	4.5	欠陥と組織	転位組織、転位セル、変形帯、強加工、双晶、ボイド、亀裂
			4.6	多結晶組織	粒成長、再結晶、双晶、偏析、粒界析出、粒界反応型析出
			4.7	金属間化合物	金属間化合物、規則相、高温変形
			4.8	超微細粒組織	微細粒、バルクナノメタル、強化機構
			4.9	新領域・その他	プラストン、キンク変形、ディスクリネーション、ミルフィーユ構造
5分野	5.材料化学	耐食性・耐酸化性	5.1	腐食・防食	水溶液腐食、電気化学測定、表面皮膜、腐食環境解析、孔食、すき間腐食、応力腐食割れ、大気腐食、高温高圧水腐食、水素脆化、異種金属接触腐食、エロージョンコロージョン、腐食事例、耐食合金、耐食コーティング、腐食抑制・防錆剤、電気防食、等
			5.2	高温酸化・高温腐食	高温ガス腐食、溶融塩腐食、水蒸気酸化、エロージョン・コロージョン、超臨界環境等、耐熱材料、耐熱コーティング、超合金、金属間化合物、 セラミックス材料、酸化物の特性
		表面・界面・触媒	5.3	湿式表面処理・湿式めっき	電解・無電解めっき、アノード酸化、エッチング、化成処理、イオン液体、電気化学的な成膜、ぬれ性、摩擦・摩耗・潤滑等
			5.4	気相プロセス・薄膜・厚膜作製技術	PVD、CVD、スパッタリング、プラズマプロセス、イオン注入・イオン打込み、イオンミキシング、コーティング、クラスター制御、表面処理、表面改質等、エッチング、アッシング、リソグラフィー、マイクロ・トライボロジー、マイクロ・マシニング、マイクロ・ボンディング、ケミカルメカニカルポリッシング（CMP）、溶射、肉盛り、拡散浸漬処理、ぬれ性、摩擦・摩耗・潤滑等
			5.5	表界面反応・分析	表面物性・反応、表面の構造と結晶学、吸着・脱離、表面の熱・統計力学、表面の電子状態およびエネルギー・計算科学、電気化学反応、表面・界面の作製技術、表面分析法（各種化学分析・機器分析、極微量分析、極小領域分析、状態分析、プローブ顕微鏡、顕微分光、環境やプロセスのその場分析、成分画像解析等、各種分析装置の開発、化学センサー、モニタリング法等）、コロイド材料
			5.6	触媒材料・触媒反応	触媒材料(貴金属・卑金属触媒、金属間化合物触媒、ナノ構造触媒、規則性多孔体、有機金属、光触媒等)、触媒反応(酸化、水素製造、C-H活性化、クロスカップリング、界面分子変換、排気ガス浄化等)、触媒技術と反応プロセス開発、触媒理論
			5.7	新領域・その他	
6分野	6.材料プロセシング	環境・リサイクルプロセス	6.1	環境・リサイクル技術	LCA、リスクマネジメント、資源経済、環境・資源政策、材料の環境信頼性評価、製造物責任、事故解析、材料安全など，環境低負荷材料、易リサイクル材料、易リサイクル設計、易解体設計、マテリアルセレクション、省材料設計、高寿命材料、高寿命設計など，分離プロセス、再資源化プロセス、材料のリサイクルシステム、材料資源循環システム、リサイクル化学、クローズドプロセス、再資源化用途開発など，
		溶融・凝固プロセス 高温プロセス	6.2	製・精錬の物理化学	資源・原料、各種および新製・精錬法、冶金熱力学、化学反応工学、移動速度論、高温プロセス解析、数値流体力学、高純度化、分離・回収・精製、環境・リサイクル等
			6.3	融体・高温物性	熱力学的諸量、融体物性、モデリング等
			6.4	凝固・結晶成長・鋳造技術	結晶成長、過冷却、非晶質、準結晶、輸送現象、高純化、鋳造、鋳物、ダイキャスト、単結晶製造技術、半溶融加工、溶射，反応性溶射，溶射素過程，等
		固相プロセス 固相・溶接プロセス	6.5	塑性変形・塑性加工技術	塑性加工、高ひずみ速度加工、強加工プロセス、極限環境プロセス等
			6.6	粉末・焼結・造形技術	粉体製造、超微粉、粉体成形・粉末冶金（焼結プロセスを含む）、メカニカルアロイング、焼結合成プロセス、粉末射出成形（金属射出成形、セラミック射出成形），3次元造形（3Dプリンター）、コールドスプレー，スプレーフォーミング，エアロゾルデポジション，アトマイズ等
			6.7	接合・溶接・実装・接着・複合技術	メカノケミカルプロセス、常温接合、拡散接合、超音波接合、摩擦圧接、摩擦攪拌接合、爆発圧接、電磁圧接、溶接、ろう付け、接着、精密接着、メッキ・プロセス、はんだ付け、実装、マイクロ接合、力学特性、信頼性 等
		材料評価、プロセス評価技術	6.8	材料評価技術	非破壊検査、非破壊定量評価、残留応力解析、センシング技術、信頼度評価等，各種プロセス・シミュレーション，テラヘルツ
			6.9	新領域・その他	

新分野	大分類	中分類	No	セッションキーワード	キーワード
7分野	7.生体・医療・福祉	生体材料基礎・生体応答	7.1	細胞機能・組織再生	細胞機能、細胞間相互作用、シグナル伝達、細胞・生体組織評価、細胞増殖・分化、組織修復（Tissue Engineering）、DDS（Drug Delivery System）、ゲノム解析・編集、細胞適合性、細胞配向、代謝回転、恒常性、石灰化、各種臓器、骨・歯牙、血管、骨芽細胞、破骨細胞、OCY（オステオサイト）、骨系細胞、細胞外基質、がん、細胞小器官、RNA、DNA、遺伝子組み換え、細胞培養、骨形態計測法、染色法、足場材料、機能性タンパク質等
			7.2	構造生体機能化	機能発現、バイオメカニクス、計算科学、金属組織・組織制御、弾性・塑性変形機構、力学機能発現（弾性率、強度、延性、疲労、破壊）、スキャフォールド、インプラント、双晶変形、生体組織、組織配向性、人工関節、人工歯根、熱処理、多孔化、機能・組織評価法、Co-Cr合金、ステンレス鋼、生体用セラミックス、リン酸カルシウム系材料、PEEK、整形外科用材料等
			7.3	表界面生体機能化	生体/材料界面、表面修飾、ナノ表面・界面、感染防御・制御、表界面機能、骨伝導・骨誘導、バイオセンサー、抗菌性、タンパク質吸着、コーティング、化学処理、表面分析・評価、PVD、CVD、コーティング材料等
		生体材料設計開発・臨床	7.4	生体・医療・福祉材料	バイオマテリアルサイエンス、生体情報・計測、リハビリテーション医学、ユニバーサルデザイン、バリアフリー、生体機能代替、福祉用具・支援機器、ウェアラブル、IoT、AI、非磁性・低磁性、低弾性・高弾性、生体活性ガラス、生分解性材料、耐摩耗性材料、歯科用合金、生体用ハイエントロピー合金等
			7.5	生体用Ti・Ti合金	Ti・Ti合金、低弾性率、形状記憶、超弾性、オッセオインテグレーション、集合組織、人工骨・関節、相変態・組織制御、機能評価法、電子顕微鏡、β型Ti合金、ユビキタス元素、計算機シミュレーション等
			7.6	Additive Manufacturing・テーラーメード医療材料	付加製造、3Dプリンタ、金属積層造形、金属粉末、異方性/等方性、形状/組織制御、力学特性、残留応力、生体モデリング、形状計測、格子構造、薬物送達システム、マイクロマシン、マスカスタマイゼーション、テーラーメイド医療、遠隔地診療、レーザービーム、電子ビーム、順シミュレーション・逆問題解析、溶融池シミュレーション、リアルタイムモニタリング等
			7.7	生体安全性・有効性評価	医用画像・バイオイメージング、生体シミュレーション、レギュラトリーサイエンス、生体情報・計測、医療技術倫理、細胞毒性、疾病、代謝異常、骨吸収、金属アレルギー、耐食性、疲労、疾病治療、医療機器、臨床研究、臨床応用、GLP等
			7.8	新領域・その他	
8分野	8.構造材料	金属材料	8.1	Fe・Fe合金	Fe・Fe合金の原理・原則、鉄鋼材料、ステンレス合金、相変態（パーライト、ベイナイト、マルテンサイト、マッシブ等）、組織制御、力学特性、計算材料科学
			8.2	Cu・Cu合金	Cu・Cu合金の原理・原則、配線材料、熱伝導材料、相変態、組織制御、力学特性、計算材料科学
			8.3	Ti・Ti合金	Ti・Ti合金の原理・原則、相変態、組織制御、強化機構、成型性、ゴムメタル、耐食性、表面処理、計算材料科学
		軽金属材料	8.4	Mg・Mg合金	Mg・Mg合金の原理・原則、相変態、長周期積層構造、組織制御、強化機構、キンク変形、ミルフィーユ構造、成型性、集合組織、耐食性、計算材料科学
			8.5	Al・Al合金	Al・Al合金の原理・原則、相変態、GPゾーン、クラスター、組織制御、強化機構、成型性、集合組織、耐食性、計算材料科学
		セラミックス材料	8.6	セラミックス材料	セラミックス材料の原理・原則、相変態、構造相転移、焼結、組織制御、機能材料、強化機構、破壊、成型性、耐熱性、計算材料科学
		耐熱材料	8.7	ジェットエンジン・ガスタービン耐熱材料	耐熱鋼、超合金、耐熱合金、高融点金属、金属間化合物、セラミックス、超高温材料、金属基複合材料，金属間化合物基複合材料、セラミックス基複合材料、プラスチックス基複合材料、炭素繊維強化型複合材料、SiC繊維強化型複合材料、ジェットエンジン、ガスタービン、コーティング、組織制御、相安定性、状態図、拡散、粒界、クリープ、疲労、破壊、寿命予測、高温酸化・腐食、鋳造、鍛造、粉末冶金、積層造形、熱間プロセス、計算材料科学、データベース
			8.8	蒸気発電耐熱材料	耐熱鋼、超合金、耐熱合金、蒸気タービン、コーティング、組織制御、相安定性、状態図、拡散、粒界、クリープ、疲労、破壊、寿命予測、高温酸化・腐食、鋳造、鍛造、粉末冶金、積層造形、熱間プロセス、計算材料科学、データベース
			8.9	耐熱特性	耐熱合金、耐熱セラミックス、超高温材料、耐熱複合材料，コーティング、組織制御、相安定性、状態図、拡散、粒界、クリープ、疲労、破壊、寿命予測、高温酸化・腐食、熱機関、燃焼、熱伝導、熱膨張、熱衝撃、熱遮蔽、鋳造、鍛造、粉末冶金、積層造形、熱間プロセス、計算材料科学、データベース
		機能性構造材料	8.10	機能性構造材料	アモルファス材料、金属ガラス材料、準結晶材料、制振材料、インテリジェント・スマートマテリアル、積層造形、計算材料科学
		複合材料	8.11	複合材料	複合材料、スポーツ用品材料、積層造形、接合、組織制御、トポロジー最適化、力学特性、熱特性、電磁気特性、計算材料科学
			8.12	ポーラス材料	ポーラス材料、積層造形、接合、組織制御、トポロジー最適化、力学特性、熱特性、電磁気特性、計算材料科学
			8.13	新領域・その他	
9分野	10. エネルギー関連材料	原子力材料	10.1	原子力材料	原子炉材料、核融合炉材料、ビーム関連材料、照射損傷、照射効果
		熱電材料	10.2	熱電材料	熱電変換、熱電素子、ゼーベック効果、ペルチェ効果、熱伝導、電気伝導、など
		水素・電池関連材料	10.3	電池材料・イオン伝導材料	電極材料、電解質材料、イオン伝導材料、電池設計、電池関連物性、など
			10.4	水素化物・水素貯蔵・水素透過・水素関連物性	金属水素化物、錯体水素化物、水素貯蔵、水素透過、水素脆化、水素利用、水素関連物性、機能・プロセッシング、金属－水素相互作用、同位体効果、など
		新領域・その他	10.5	新領域・その他	センサー材料、熱伝導材料、など

公募シンポジウム

2024年秋期講演大会では下記の公募シンポジウムを実施する．
別紙のテーマ要旨(758頁)を参照の上，申し込み下さい．

S1　マルテンサイト変態「温故知新」
S2　特異反応場における時間/空間応答を利用した新奇材料構造創成Ⅴ
S3　超低損失軟磁性材料の開発動向～パワー半導体との共創による革新的パワエレシステムの実現に向けて～
S4　材料機能特性のアーキテクチャー構築シンポジウムⅤ―さまざまな格子欠陥・相界面のアナロジー体系化による学理の再認識―
S5　材料表面の化学Ⅰ―めっき・耐食性・耐酸化性・触媒研究の新展開―

日本鉄鋼協会との共同セッション

日本金属学会と日本鉄鋼協会は下記の共同セッションを実施する．
日本金属学会または日本鉄鋼協会のいずれかの講演大会に参加申込をした方は聴講が可能．

①「チタン・チタン合金」　　(2024年春の会場は鉄鋼協会)
②「高温溶融体の物理化学的性質」(　　〃　　鉄鋼協会)

◇　　◇　　◇

会誌2024年春期大会講演精選論文原稿募集
欧文誌 Selected Papers from JIMM Spring Meeting(2024)原稿募集

◎日本金属学会誌「2024年春期大会講演精選論文」88巻10号および11号(2024年)掲載
◎Materials Transactions 「Selected Papers from JIMM Spring Meeting(2024)」65巻10号および11号(2024年)掲載
原 稿 締 切　**2024年5月7日(火)**
予備登録，投稿および審査方法は，一般投稿論文に準ずる(ホームページの会誌・欧文誌投稿の手引き・執筆要領参照)．
欧文誌掲載論文は投稿掲載費用を必ず負担する．(会誌掲載論文は投稿掲載費用無料)

問合先　(公社)日本金属学会　会誌・欧文誌編集委員会
sadoku@jimm.jp

☆すべての講演申込がインターネット申込となりますので，
ご協力をお願い申し上げます．ご不明な点はお問合せ下さい．

連絡先：TEL 022-223-3685　FAX 022-223-6312
E-mail: annualm@jimm.jp
(公社)日本金属学会 講演大会係

2024年春期講演大会公募シンポジウムテーマ要旨

春期講演大会では，下記5テーマの公募シンポジウムを実施します．
講演を申込む場合は，希望するシンポジウムを選択してお申込下さい．

S1　マルテンサイト変態「温故知新」
Martensite: Discover the future by studying past and present

マルテンサイト変態は鉄鋼材料の高強度化に有用な変態であり，例えば，自動車用鋼板の軽量化により燃費向上，カーボンニュートラルに寄与している．また，形状記憶特性をもたらす変態でもあり，Ti–Niをはじめとし，磁性形状記憶合金，生体用Ti基合金，建築土木用Fe基・Cu基合金などの研究が行われている．その他，熱量効果や制振特性など，様々な材料特性に関連し，マルテンサイト変態の研究がなされている．

近年，このようにマルテンサイト変態に関する研究は多様化しており，時代と共に社会的・工業的目的も変化している．それゆえ，変態の基礎に対する理解を深化させる重要性が一層高まっていると言える．そこで，本シンポジウムでは，鉄・非鉄を問わずマルテンサイト変態研究のこれまでの基礎研究の成果と未解決問題を改めて学び，その上で，脈々と引き継がれてきたマルテンサイト変態の基礎と応用に関する実験・理論からの最近の研究成果について議論することで，これからの時代に求められるマルテンサイト変態研究の方向性を捉えたい．

テーマ責任者

（シンポジウムchair）：
東北大学教授　大森俊洋

（シンポジウムco–chairs）：
東工大　稲邑朋也　筑波大　金熙榮　熊本大　松田光弘
東工大　中田伸生　物・材機構　柴田曉伸

S2　特異反応場における時間/空間応答を利用した新奇材料構造創成Ⅴ
Tailoring of novel–structured materials using spatio–temporal responses under exotic reaction fields　Ⅴ

非平衡状態を利用したナノ・マイクロ組織を有する材料の開発や物性探索において，極限反応場や特殊環境下の非平衡励起状態，緩和過程に代表される時間変化を利用した＊エキゾチックな＊時間的・空間的応答の理解・制御が重要である．同趣旨にて開催した過去4回のシンポジウムでは2件の基調講演のほか15件程度の一般講演があった．このように会員の興味が高いことを踏まえ，2024年春の講演大会でも継続開催する．最新のコードを使った照射損傷過程の計算科学的解析やレーザー光を使った独自の粒子制御に関する実験成果を基調講演として据え，高エネルギー線照射や高圧下などでもたらされる特異反応場における時間/空間応答を利用したナノ・マイクロ組織形成過程について議論し，新規材料開発への展開を図る．

テーマ責任者

（シンポジウムchair）：
筑波大学数理物質系物質工学域准教授　谷本久典

（シンポジウムco–chairs）：
東北大　森戸春彦　㈱illuminus　中村貴宏
大阪公立大　堀　史説　東北大　田中俊一郎
大阪公立大　岩瀬彰宏

S3　超低損失軟磁性材料の開発動向～パワー半導体との共創による革新的パワエレシステムの実現に向けて～
Trends in the development of ultra–low loss soft magnetic materials
～Toward realization of innovative power electronics technologies by co–creation with power semiconductors～

軟磁性材料は古くからトランスやインダクタなどの受動素子の一端を担ってきており，さらに最近では，次世代パワーエレクトロニクス用受動素子への応用展開に向けた新たな超低損失材料の開発の必要性が増している．しかしながら，パワー半導体との共創の視点では，材料開発の現状と課題の整理にとどまり，ブレークスルーのための新たな材料の開発・設計指針が明らかになっていない．本シンポジウムでは，次世代パワエレ用超低損失軟磁性材料の開発動向を整理するとともに，次世代パワー半導体およびパワエレシステムにおいて必要とされる軟磁性材料の基本特性を議論し，その課題と今後の展望について議論する．また，本シンポジウムを通じて，金属学会のみならず電気学会等他学会で活動している若手・中堅の研究者を含めて広く議論し，金属学会への会員参画への動機付けや，新たに軟磁性材料の研究開発に参加しやすい動機付けを提供したい．加えて，次世代パワエレへの展開の観点から，軟磁性材料に関する最新の話題を提供する．

テーマ責任者

（シンポジウムchair）：
東北大学大学院工学研究科教授　遠藤　恭

（シンポジウムco–chairs）：
阪大　白土　優　電磁研　阿部世嗣　東北大　岡本　聡
プロテリアル　西内武司　産総研　尾崎公洋　藤田麻哉

S4　材料機能特性のアーキテクチャー構築シンポジウムⅤ―さまざまな格子欠陥・相界面のアナロジー体系化による学理の再認識―

Architecture construction for functions and properties of materials Ⅴ ―Reconsidering the principles for various lattice defects and phase interfaces based on systematic classification by analogy―

材料機能特性のアーキテクチャー研究会が企画する公募シンポジウムの第Ⅴ弾である．結晶構造や格子欠陥から相界面を含む組織まで，マルチスケールにわたる材料の構造全体をアーキテクチャーとして捉えている．前回，異なる材料や反応における「さまざまな拡散・輸送現象の類似と相違をアナロジーで体系化する」という企画が好評であったことから，今回は続編として現象から組織因子に視点を変えて「さまざまな格子欠陥・相界面の類似と相違をアナロジーで体系化する」切り口で，広範な専門分野に共通する基礎学理を再認識して理解を深める機会とする．構造用と機能性，金属とセラミックスなど材料の枠組みを超えた議論を期待する．多様な専門分野で研究される多彩な材料において，格子欠陥や相界面は機能特性の発現原理と密接に関連し，これらの制御によって材料の性能を最適化できる．格子欠陥と相界面を精緻に解析して制御する手法は，材料設計と製造プロセスにおいて重要な役割を果たす．

テーマ責任者

（シンポジウム chair）：

東京工業大学物質理工学院材料系教授　木村好里

（シンポジウム co-chairs）：

足利大　小林重昭　東北大　関戸信彰　産総研　田中孝治
熊本大　連川貞弘　東工大　細田秀樹　東北大　吉見享祐

S5　材料表面の化学Ⅰ―めっき・耐食性・耐酸化性・触媒研究の新展開―

Chemistry on Material Surfaces I: The-state-of-the-art research in plating, aqueous and high temperature corrosion, and photocatalysis

材料表面と溶液や気体などとの化学反応は，めっき，化成処理，腐食，高温酸化，触媒などの分野で重要な研究対象となっている．また，表面化学反応を積極的に利用したナノポーラス材料などの開発も活発化している．しかし，材料表面と溶液・気体との化学反応の本質にせまるには，その場解析が不可欠であるが空間・時間分解能や分析精度などには制約がある．さらに不均一反応であるため理論的な取り扱いも発展途上にある．反応起点や律速段階の学理の深化には課題が多く，関連分野の研究者および企業での開発者が一同に会して問題点を抽出・議論することが必要な時期にきている．本シンポジウムでは材料表面の化学に関して，主にめっき・触媒・耐食性・耐酸化性の分野から講演を募り，研究者間での意見・情報交換，討論を行う．

テーマ責任者

（シンポジウム chair）：

大阪大学准教授　土谷博昭

（シンポジウム co-chairs）：

物・材機構　廣本祥子　東工大　上田光敏
東北大　竹田修　防衛大　田邉豊和

◇　◇　◇

日本金属学会2024年春期(第174回)講演大会
第11回「高校生・高専学生ポスター発表」募集案内

申込締切日：2024年１月17日(水)

本会では最新の研究成果を発表・討議する場として毎年春秋２回の「講演大会」を開催しています．この講演大会では，若い生徒や学生に金属および材料学分野に対して興味や理解を高めてもらうため「高校生・高専学生ポスターセッションを開催しています．2024年春期講演大会では，2024年３月12日(火)に「東京理科大学葛飾キャンパス」で，３月19日(火)に「オンライン」で，「第11回高校生・高専学生ポスターセッション」を開催します．

発表者は，2024年３月12日(火)に「東京理科大学葛飾キャンパス」で現地発表または３月19日(火)にオンライン発表のいずれかで発表をしていただきます．

ポスターセッションでは，研究成果の発表を大学の教授や企業の研究者等の専門家に直接聞いてもらい，質疑応答が受けられる貴重な機会であり，さらにポスターの内容や発表の応答などを審査して，優秀な発表には会長による賞を授与します．金属および材料学分野に興味があり，本講演大会でポスター発表をしていただける生徒は奮ってご応募下さい．

発表者と指導教員は講演大会に無料で参加でき，研究者の最新の研究成果の発表を無料で聴講することができます．詳細は，「高校生・高専学生ポスター発表要領」でご確認下さい．

また，高校生・高専学生ポスター発表をされた方全員に，ユース会員の資格を贈ります．

「高校生・高専学生ポスター発表」要領

学 会 名　日本金属学会2024年春期(第174回)講演大会
行 事 名　「第11回高校生・高専学生ポスター発表」
開催方法　３月12日(火)東京理科大学葛飾キャンパスおよび３月19日(火)オンライン
開催日時　2024年３月12日(火)午後または３月19日(火)午後に２時間程度を予定
対 象 者　高校生および３年以下の高専学生
発表方法　2024年３月12日(火)に「東京理科大学葛飾キャンパス」，または３月19日(火)に「オンライン」のいずれか一方で発表
テ ー マ　材料に限定せず，フリーテーマです．(課題研究の成果，科学技術の取り組み等)
ポスター発表資料：作成要領は別途連絡します．
講演申込　https://www.jim.or.jp/convention/2024spring
講演概要原稿　不要
参加費および講演聴講

① 発表者，共同研究者および指導教員の参加費を免除し，講演大会の発表を聴講できる．
② 希望があれば，高校生・高専ポスター発表の関係者(親，友人)５名程度までの参加費を免除し，講演大会の発表を聴講することができる．
③ (現地開催の場合)指導教員は，事前に参加者リストを提出する．(別途用紙を送付予定)
④ 指導教員宛てに，参加者用 ID とパスワードおよびプログラム１部を事前送付する．
⑤ 発表者全員に本会ユース会員の資格を贈呈する．

優秀ポスター賞　優秀な発表には最優秀ポスター賞および優秀ポスター賞を授賞します．
問合せ・連絡先：(公社)日本金属学会　講演大会係
〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32
☎ 022-223-3685　FAX 022-223-6312
E-mail: annualm@jimm.jp

オンライン発表でのリスクについての注意

下記の注意事項をご確認の上で講演のお申込みをお願いいたします．

講演大会での発表には，現地開催とオンライン開催とによらず，以下のようなリスクがあります．特にオンライン開催では，密室から参加することが可能で講演会場のような衆人監視が行われないこと，および講演が Web 上で配信されることから，これらのリスクが高まることが懸念されます．本会では，リスクを低減するために，考えうる対策を取りますが，最後は参加者のモラルに訴えざるを得ません．これらを理解の上，十分に注意して講演の申し込み及び発表をしていただきますようお願いいたします．

- 発表に伴うリスク

1. 研究情報を不正に取得される
   不正聴講，講演の録画・録音・撮影(スクリーンショットを含む)が行われてしまう
   ※パスワード発行によって参加者を限定するとともに，録画・録音・撮影等の禁止を周知徹底しますが，最終的には参加者にモラルを守っていただくことになります．
   ※本大会で使用するオンライン会議ツールでは録画機能は使えません．
2. 著作権を侵害してしまう
   他人が著作権を持つ音声，映像，画像，写真の安易な使用(引用)により，著作権を侵害してしまう
   ※文献などはこれまでの講演大会と同様，適切な引用がされていれば問題ありません．

日本金属学会オンライン教育講座　開催案内

New!!

『構造材料(1) 鉄鋼材料編』

日　時　一日目　2023年12月 7 日(木)13：00～16：45
　　二日目　　12月 8 日(金)13：30～16：45

講義概要

鉄鋼材料は構造材料として最も多く用いられており，現代社会を土台から支えています．本講座では，鉄鋼材料を新たに使用する，扱うという技術者の皆様を対象に「鋳鉄」,「鉄鋼・薄板」,「鉄鋼・厚板」,「ステンレス鋼」について基礎から解説を行います．

プログラム

一日目　2023年12月 7 日(木)
- 13：30–15：00　鉄鋼・薄板(講師：潮田浩作先生)
- 15：00–15：15　休憩
- 15：15–16：45　鉄鋼・厚板(講師：植森龍治先生)

二日目　2023年12月 8 日(金)
- 13：30–15：00　鋳鉄(講師：中江秀雄先生)
- 15：00–15：15　休憩
- 15：15–16：45　ステンレス鋼(講師：菊池正夫先生)

受講方法　オンライン(Zoom)

講師紹介

金沢大学特任教授　潮田　浩作　先生

1976年 3 月　東京大学理学部物理学科 卒業；1978年 3 月　東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程修了；1978年 4 月～2017年 3 月　新日本製鐵株式会社；1983年 6 月～1985年 6 月　スウェーデン金属研究所客員研究員；1989年 6 月　工学博士取得(東京大学)；2007年 4 月～2014年 3 月　新日本製鐵株式会社フェロー；2014年 4 月～2017年 3 月　新日鐵住金株式会社顧問；2011年 4 月～金沢大学連携講座特任教授；2017年 7 月～日鉄総研株式会社シニアアドバイザー；2017年 8 月～大阪大学接合科学研究所特任教授；2019年 4 月～愛媛大学客員教授，現在に至る．

九州大学教授　植森　龍治　先生

1981年 3 月　九州工業大学工学部金属工学科 卒業；1983年 3 月　東京工業大学大学院総合理工学研究科材料科学専攻 修士課程修了；1983年 4 月～2014年 3 月　新日本製鐵株式会社；2014年 4 月～九州大学鉄鋼リサーチセンター教授，現在に至る．

早稲田大学名誉教授　中江　秀雄　先生

1964年 3 月　早稲田大学理工学部金属工学科 卒業；1970年10月　早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了，博士(工学)取得；1971年 1 月～1983年 3 月　日立製作所機械研究所；1983年 4 月～早稲田大学理工学部金属工学科教授；1984年 4 月～早稲田大学鋳物研究所研究員；2012年 3 月　同退職(早稲田大学名誉教授)，現在に至る．

元九州大学教授　菊池　正夫　先生

1971年 3 月　京都大学工学部金属加工学科卒業；1976年 3 月　京都大学大学院工学研究科博士後期課程修了 工学博士(京都大学)；1976年 4 月～1982年 3 月　京都大学および大阪大学にて教育・研究活動に従事：1982年 4 月～2003年 9 月　新日本製鐵株式会社；2003年10月～2005年 9 月　株式会社日鉄テクノリサーチ；2005年10月　九州大学鉄鋼リサーチセンター教授；2010年 4 月　九州大学鉄鋼リサーチセンター特任教授；2015年 4 月　新日鐵住金ステンレス株式会社技術アドバイザー，2019年 3 月同退職，現在に至る．

コーディネーター

熊本大学教授 山崎倫昭，JEF テクノリサーチ㈱取締役 西日本ソリューション本部長 船川義正

申込方法　https://www.jim.or.jp/seminersymposium/　よりお申込み下さい．

申込締切　2023年12月 1 日(金)

受 講 料

対象者	受講料	2 講座目以降の受講料※
正　員	20,000円	15,000円
学　生	8,000円	6,000円
非会員	40,000円	30,000円

(本会維持員会社社員，協賛学協会会員は正員扱い．
学生は会員，非会員の区別なし)

※本年度および次年度開催のオンライン教育講座を 2 講座以上受講する場合，2 講座目からは割引料金となります．一日目，二日目の区分ではありません．

受講料支払方法　①カード決済　②コンビニ決済　③銀行振込　いずれでお支払い下さい．

協賛予定　エネルギー資源学会，応用物理学会，金属材料研究開発センター，軽金属学会，軽金属製品協会，合金状態図研究会，資源・素材学会，ステンレス協会，素形材センター，電気化学会，電気学会，日本アルミニウム協会，日本 MRS，日本化学会，日本ガスタービン学会，日本機械学会，日本材料科学会，日本材料学会，日本磁気学会，日本セラミックス協会，日本塑性加工学会，日本チタン協会，日本鋳造工学会，日本鉄鋼協会，日本物理学会，日本分析化学会，粉体粉末冶金協会，腐食防食学会，表面技術協会，日本チタン学会，日本バイオマテリアル学会

問合先　〒980–8544 仙台市青葉区一番町 1–14–32
(公社)日本金属学会　セミナー・シンポジウム参加係
E–mail: meeting@jimm.jp　☎ 022–223–3685　FAX 022–223–6312

研究集会

研究会 No. 87

第１回「水素が関わる材料科学の課題共有研究会」講演・参加募集

第１回「水素が関わる材料科学の課題共有研究会」を下記の通り開催致します．

本研究会では，水素エネルギーの製造・貯蔵・輸送・供給・利用などの諸プロセスにおいて，各種機能性材料の研究開発の近況を知り，種々の専門分野を有する研究者それぞれが抱える課題を共有して情報交換および議論を行う場を目指しています．それらの課題解決を図ることで当分野の飛躍的な研究開発の進展が期待されると共に，産官学の連携強化の機能も果たしていきます．皆様よりオーラルあるいはポスター研究発表を広く募集いたします．既発表の内容や発表予定の内容を基にした結論が得られていない話題も歓迎します．オーラル発表は討論を含めて30分程度を予定しております．

多くの方々の講演および聴講申込をお待ちしております．

日　時　2023年12月７日(木)　13：30～17：30(予定)
　　8日(金)　9：30～16：00(予定)
場　所　東京工業大学大岡山キャンパス　西９号館
講演申込締切　2023年11月10日(金)
※ご検討される方は，メールにて一度早めに浅野までお知らせ下さい．
　産業技術総合研究所　浅野耕太
　E-mail: k.asano@aist.go.jp
参加申込期限　11月中を目途
参加費　無料
研究会世話人
　代表・産総研 浅野耕太，総合科研機構 池田一貴，
　北大 礒部繁人，産総研 片岡理樹，関西大 近藤亮太，
　量子科技研開発機構 齋藤寛之，芝浦工大 佐藤豊人，
　東北大 髙木成幸，琉球大 中川鉄水，早稲田大 花田信子，
　東工大 春本高志，広島大 宮岡裕樹

◇　　◇　　◇

支部行事

関東支部　2023年度関東支部講習会「機械学習と金属工学：最新動向と材料開発への応用」

日　時　2023年11月９日(木)，17日(金)，24日(金)，
　　12月１日(金)　17：00-18：30
場　所　オンライン
＊詳細は，ホームページ　→　イベント　→　支部行事　をご覧下さい．

北陸信越支部　令和５年度日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会

日　時　2023年12月２日(土)　9：00～19：00
場　所　福井工業大学(〒910-8505 福井市学園 3-6-1)
懇親会参加申込締切　2023年11月11日(土)
＊詳細は，ホームページ　→　イベント　→　支部行事　をご覧下さい．

東海支部　2023年度 本多光太郎・湯川記念合同講演会「生成 AI，カーボンニュートラル，リサイクル」

2022年を生成AI元年として，現在，GPT4やStable diffusionなど，生成AI分野で革命的な発展が進行中です．またカーボンニュートラルやリサイクルなど，SDGsを取り巻く研究開発も，世界的な共通課題として勢いを増しています．特にこれら分野の進展が昨今，大幅に加速し始めていると考えられます．

そこで今回の講演会では，関連する分野の最新情報および今後の展開に関する知見を，専門分野を越えて広く共有することにより，直近の様々な課題に対して金属・鉄鋼分野が，今後進むべき方向性と取り組むべき種々のトピックに関して理解を深めることを目的とし，重要項目に関する横断的な企画といたしました．ご興味ある方の多数のご参加を心よりお待ち申し上げております．

［共催］　名古屋大学工学研究科附属材料バックキャストテクノロジー研究センター，名古屋大学未来社会創造機構 マテリアルイノベーション研究所(予定を含む)
［協賛］　公益財団法人本多記念会

日　時　2023年11月27日(月)　13：00～16：55
場　所　オンライン講演会(zoom会議形式)
(参加者に後日，zoomの参加URLを連絡いたします．)

プログラム

13：00～13：05　開会の挨拶

【特別講演】（本多光太郎記念講演）

13：05～14：05　ギガキャスト構造の最適設計に向けた3次元形状生成AI構築の試み

名古屋大学 工学研究科 西口浩司

【特別講演】（湯川記念講演）

14：05～15：05　日本の2050年カーボンニュートラル実現に向けたシナリオ分析

産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター 小澤暁人

15：05～15：25　―休憩―

【特別講演】（湯川記念講演）

15：25～16：25　「材料のリサイクル性とライフサイクルアセスメント」

東京大学　先端科学技術研究センター 醍醐市朗

16：25～16：55　総合討論および閉会の挨拶

参加費　無料

定　員　最大150名程度

参加申込 URL　https://forms.gle/2degk8cd6fkV7azM8 より，Google フォームからお申し込み下さい．

締切日　2023年11月22日（水）

＊お使いのインターネット環境により Google フォームを開くことができない場合は，電子メールによりお申し込み下さい．表題を「本多湯川申込み」とし，本文に「お名前，ご所属，連絡先（E-mail）」を明記して，以下の問合先メールアドレス宛にお申込み下さい．

問合せ先　日本金属学会・日本鉄鋼協会東海支部事務局
☎ 052-789-3372
E-mail: tokai@numse.nagoya-u.ac.jp

◇　　◇　　◇

掲示板

〈公募類記事〉
無料掲載：募集人員，締切日，問合先のみ掲載．
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．
原稿提出先：電子メール（受け取りメールの確認をして下さい）
E-mail : materia@jimm.jp

公　募

◇熊本大学先進マグネシウム国際研究センター 構造体化分野助教公募（再公募期間の延長）◇

募集職名及び人員　助教　1名

採用時期　令和6年4月1日以降のできるだけ早い時期

所　　属　熊本大学先進マグネシウム国際研究センター 構造体化分野

専門分野　生産加工学分野（金属加工学，生産工学等を含む）

担当科目　機械工学に関する実習科目，実験科目，演習科目など

応募期限　令和5年12月25日（月）必着

応募資格

(1) 博士あるいは Ph.D の学位を有する方（採用時までに取得見込みの方も含む）
(2) マグネシウム合金の研究の経験は問わないが，マグネシウム合金の研究に取組む熱意を有する方
(3) 学部および大学院における教育・研究およびセンター運営に対して熱意を有する方
(4) 専門分野における教育と研究に対して能力と熱意があり，国際的ならびに社会的な教育研究活動に積極的である方
(5) 地域社会や産・官界との連携に熱意を有する方
(6) 英語による科目の担当ができる方
(7) 外国人の場合には，学内外における諸業務の遂行が可能な日本語能力を有する方

提出書類および書類提出先

提出書類および書類提出先の詳細は，下記の熊本大学教職員採用情報をご確認下さい．

https://www.kumamoto-u.ac.jp/daigakujouhou/saiyou/index_file/koubo1058.pdf

選考方法

第一次選考　書類審査　令和6年1月上旬（予定）

第二次選考　面接審査　令和6年1月中旬から下旬（予定）

※面接時の旅費等の経費は自己負担

任期などの労働条件，書類の提出方法，問合せ先およびその他の詳細な教員公募の内容は，下記の熊本大学教職員採用情報を必ずご確認下さい．

https://www.kumamoto-u.ac.jp/daigakujouhou/saiyou/index_file/koubo1058.pdf

公　募

◇核融合科学研究所　教授/准教授/助教　公募◇

公募人員　教授，准教授，助教若干名(うち１名以上を女性とする計画)(任期５年，業績評価により再任可)

所　　属　研究部(学際的核融合科学分野)

研究・業務内容　核融合科学研究所は令和５年度からユニット体制を構築し，学際的な共同研究によって，核融合科学の先端的な研究を推進しています．この研究体制をさらに強化するため，核融合科学を広くとらえた学際的なビジョンをもって核融合科学を発展させる人材や，多様なバックグラウンドを活かして核融合科学を学際的に展開させる人材を募集します．国内外の共同研究および人材育成にも積極的に取り組むことが期待されます．

希望事項　①博士の学位を有すること(助教応募者のみ，取得見込みでも可)　②学際領域を含む核融合科学分野において実績があること(助教応募者のみ，前述分野の研究に取り組む意欲のある者)　③国内外の共同研究に積極的に取り組み，リーダーシップを発揮すること(助教応募者のみ，国内外の共同研究の推進に意欲のある者)　④(教授，准教授応募者のみの希望事項)学生の教育に意欲があること

応募締切　**令和６年１月10日(水)17時(必着)**

就任時期　採用決定後のなるべく早い時期

提出書類　①履歴書　②これまでの研究内容　③就任後の抱負　④研究業績発表論文リスト　⑤論文別刷(直近３年間に出版された３編を含む，計５編程度)(助教応募者のみ学位論文及び投稿中又は投稿予定でも可，計３編程度)　⑥推薦書２通以上(海外の研究者からの推薦書を含めることが望ましい)(助教応募者のみ１通)

提 出 先　核融合科学研究所管理部総務企画課人事係
(nifs-jinji@nifs.ac.jp)
メール件名を「学際的核融合科学分野　応募希望」とし，上記書類 PDF データを添付し E-mail で送付すること．
推薦書のみ郵送も可．(〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6)

問 合 先　上記提出先に同じ　☎ 0572-58-2013

詳細については，本研究所のホームページに掲載しておりますのでご覧下さい．
URL　https://www.nifs.ac.jp/jinji/index.html

集　会

◇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　教授　岡部　徹
■協　　力　(一財)生産技術研究奨励会(特別研究会 RC-40)
■共　　催　東京大学マテリアル工学セミナー
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・インテグレーション研究センター
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２階
コンベンションホール　〒153-8505 目黒区駒場 4-6-1
(最寄り駅：駒場東大前，東北沢，代々木上原)
https://www.iis.u-tokyo.ac.jp/ja/access/
■参加登録・問い合わせ：岡部研　レアメタル研究会
担当　宮嵜智子(okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp)

■第108回　2023年11月24日(金)　　(2023年度　第３回)
★チタンシンポジウム(第７回)★(合同開催)
■第109回　2024年１月12日(金)　　(2023年度　第４回)
★貴金属シンポジウム(第11回)＋新年会★(合同開催)
■第110回　2024年３月10日(日)　　(2023年度　第５回)

■第108回　2023年11月24日(金)　14：00～　An 棟 2F コンベンションホール
リアル講演会＋講演のネット配信(Zoom　Webinar　& YouTube)のハイブリッド研究会

テーマ：チタンの未来

午後２：00～

講演【敬称略】

- 私とチタンとの関わり　～新用途に向けたチタン多孔質体を中心に～(仮)(60分)
東邦チタニウム株式会社
取締役，副社長執行役員　結城典夫
- 脱炭素化の動きとチタン製造の実態(仮)(45分)
脱炭素産学協創コンサルティング　代表　高橋和彦
- チタンに関する最近の話題(仮)(45分)
東京大学 生産技術研究所　教授　岡部　徹
- 大阪チタニウムテクノロジーズ電解槽発展の歴史(仮)(60分)
株式会社大阪チタニウムテクノロジーズ
執行役員　中村宣雄

午後６：00～　研究交流会・意見交換会

レアメタル研究会ホームページ
https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html

日本金属学会誌掲載論文
Vol. 87, No. 11 (2023)

——速報論文——

窒素環境における Scanning Cyclic Press を用いた純チタンの常温窒化
舩木優大　藤村奈央　中村　孝　髙橋航圭　和島達希

Materials Transactions 掲載論文
Vol. 64, No. 11 (2023)

——*Regular Article*——

Materials Physics

Deep Learning in Classifying Structures for Crystal Systems of Pure Metals Ye Li

First-Principles Calculations of Hydrogen Trapping Energy on Incoherent Interfaces of Aluminum Alloys Masatake Yamaguchi, Ken-ichi Ebihara, Tomohito Tsuru and Mitsuhiro Itakura

Influence of Co on Structure and Magnetic Properties of $Ni_{50-x}Co_xMn_{29}Ga_{21}$ Shape Memory Alloy Ribbons Nguyen Hai Yen, Kieu Xuan Hau, Nguyen Huy Ngoc, Pham Thi Thanh, Truong Viet Anh and Nguyen Huy Dan

Microstructure of Materials

Microstructure and Phase Transformation in $Fe_{20}Co_{20}Ni_{20}Cr_{20}B_{20-x}Si_x$ Alloys Prepared by Mechanical Alloying Yicheng Zhang, Manabu Ishimaru, Tatsuya Tokunaga and Hidenori Era

Effects of Cooling Conditions Immediately after Solution Treatment on Microstructures and Mechanical Properties of JIS AC4CH Aluminum Casting Alloy Naohiro Saruwatari, Sumiya Koike, Eiji Sekiya and Yoshihiro Nakayama

Mechanics of Materials

Effect of Precipitation Size on Dislocation Density Change during Tensile Deformation in Al–Zn–Mg Alloy Masahiro Hirata, Koichi Iwata, Daisuke Okai and Hiroki Adachi

Laser Additive Manufacturing of Laminated AlCrMnFeCoNi High Entropy Alloys Lidan Qu, Jiaqiang Ni, Xiaodan Li, Yi Lu and Bingzhi Chen

***In-situ* Observation of Cosmetic Corrosion Behavior under Atmospheric Environment** Shunsuke Yamamoto and Satoru Ando

Materials Chemistry

Effect of V Content on the Corrosion Resistance of Wire Arc Additive Manufactured Ti–6Al–xV Alloys Chen Xu, Xuyong Zheng, Feipeng An, Xingbiao Zhou, Yi Cai and Binbin Zhang

Surface Structures and Hydrogenation Properties of Ti–Pd Alloys Immersed in Hydrogen Peroxide Ryota Kondo, Yoshihiro Myokai, Yasushi Obora and Hiroyuki T. Takeshita

Ion-Conduction Properties of $LiCsF_2$-Based Fluoride Materials Reona Miyazaki, Genki Yamaguchi, En Yagi, Yoshimasa Kobayashi, Toshihiro Yoshida and Yuji Katsuda

Investigation of Relationship between Corrosion and Hydrogen Entry Behavior of Electro-Galvanized Steel under Atmospheric Environment Kentaro Hata, Takeshi Matsuda and Shinji Ootsuka

Materials Processing

Quantitative Change of Nitrogen States in Melting Process for Permanent Mold Casting of Spheroidal Graphite Iron Kazuya Edane, Haruki Itofuji, Kazuhiro Matsugi, Yong Bum Choi and Hitoshi Kambayashi

Fabrication of Open-Channel Aluminum by Template-Extraction Technique Hideo Nakajima

Metaheuristic Optimization of Powder Size Distribution in Powder Forming Process Using Multi-Particle Finite Element Method Coupled with Artificial Neural Network and Genetic Algorithm Parviz Kahhal, Hossein Ghorbani-Menghari, Hwi-Jun Kim, Hyunjoo Choi, Pil-Ryung Cha and Ji Hoon Kim

Engineering Materials and Their Applications

Improving Bendability of 6000-Series Extruded Aluminum Profiles Using Dies through Shear Stress and Flow-Velocity Reduction Shogo Oda, Takeshi Hashiba, Daichi Terada, Yasuaki Tanaka and Katsuhiko Shiotsuki

Relationship between Hydrogen Pressure and Temperature for Recombination Reactions in the HDDR Processing of Ce–Fe–B Alloys Ryo Shimbo, Takashi Horikawa, Masao Yamazaki, Masashi Matsuura, Ryosuke Kainuma and Satoshi Sugimoto

——*Rapid Publication*——

Investigation of the Mechanical Properties of Sn–58Bi/Sn–3Ag–0.5Cu Composite Solder Myeong Jin Jung, Yi Hyeon Ha, Jong-Min Kim and Jeong Il Lee

まてりあ第62巻12号　予告

〔金属なんでもランキング！〕No. 23　純金属の拡散係数の活性化エネルギー
［最近の研究］リラクサー型強誘電体における極性ナノ構造……熊大 佐藤幸生
〔実 学 講 座〕2-1　力学特性　2-1-5　ビッカース硬さ試験……大阪電気大 谷垣健一
―他―

（編集の都合により変更になる場合がございます）

新入会員

（2023年8月22日～2023年9月20日）

ユース会員

上野雄飛

正　　員

金谷直樹
齋藤　彰　大阪大学
菅谷直也　三協立山株式会社三協マテリアル社
高橋広幸　帝人ナカシマメディカル株式会社
蔦森秀夫　大同大学
西村俊一　トクセン工業株式会社
武藤　宏　株式会社デンロコーポレーション
八巻翔希　株式会社彌満和製作所

学　生　員

麻尾大志　芝浦工業大学
網師本　宙　京都大学
勝山智己　東北大学
小坂朋生　大阪大学
近藤毬絵　名古屋工業大学
杉本佳也　芝浦工業大学
鈴木彩香　東京工業大学
土子裕介　東北大学
架谷レオナルドザサード　芝浦工業大学
宮井隆行　京都大学
鰐渕良祐　大阪大学

外国一般会員

SON Injoon　Kyungpook National University
ZHANG Linda　東北大学
岡部　徹　元 Baylor college of Destistry

外国学生会員

An Seoyoung　Kyungpook university

◇　　◇　　◇

書評

日本の鍛冶の技術論

永田和宏 著

本書は題目の通り，日本における鍛冶の技術に関して，著者の研究をまとめたものである．その内容は考古学的なものというよりも，現代の科学的な見地からの当時の技術の再現・考察や，伝統的手法の中における個々の所作の材料学的意味合いの解説に中心を置いている．その多くは実験的であり，製造中の温度・酸素分圧の測定，原材料・製作物の組成・組織分析や状態図などによる解釈によって支えられている．

前半では，古来より日本で用いられてきた包丁，日本刀，鋸といった器具や道具の作製および，出来たものの組成・組織およびその切れ味の定量的評価に関して述べられている．刃物の鍛造は，著者の再現・開発した製鉄炉より得られた鉧(けら)から始まる．この鉧を包丁にするまでの工程に関して，使用した火床を始めとし，各道具や鍛接の方法・手順などに関しても述べられている．細かい点を挙げればきりがないが，焼入れの際に刃の上に塗る焼刃土にすら何を使ったか，また伝統的にはどのような組成のものが使われていたかなども述べられおり，興味深い．

後半では，所謂たたらのような日本古来からの手法だけでなく，明治以後に欧州からの鉄の輸入が始まった際の対応や，日本国内における近代製鉄の黎明期に関しても，明治以前の鍛冶技術からの連続性に基づいて述べられている．例えば，当時の鍛冶が輸入された洋鉄にどのように対応したか，当時流通していた和鉄との差をどう感じたかなどのエピソードも紹介されている．したがって，本書は伝統技術のみに着目したものでなく，我が国の製鉄技術史に関して俯瞰しているものであると言える．最後には，現代にも残る伝統的技術の保存などに関する現状や著者の意見なども述べられている．

全体を通して材料学に基づいた内容となっており，例えばこのような技術史的な話に必ずしも明るくない材料学研究者に対しても是非お勧めしたい一冊である．

（大阪大学大学院工学研究科　豊木研太郎）

〔2023年A5判　アグネ技術センター　278頁　本体2,800円＋税〕

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	問合先	締切
2023年11月				
1 ～ 3	第64回高圧討論会（柏）	日本高圧力学会	TEL 070–5545–3188 touronkai64@highpressure.jp https://www.highpressure.jp/	参加事前 9.15
1 ～30	第76回表面科学基礎講座「表面・界面分析の基礎と応用」（オンライン）	日本表面真空学会	TEL 03–3812–0266　kaiin@jvss.jp https://www.jvss.jp/jpn/activities/04/detail.php?eid＝00017	
1 ～16, 17	**金属学会シンポジウム「カーボンニュートラル・水素社会実現に向けた触媒材料の研究・開発の最新動向オンデマンド配信＋（オンライン質疑応答）（9 号628頁）**	**日本金属学会**	**TEL 022–223–3685　FAX 022–223–6312 meeting@jimm.jp**	**10.31**
2	第249回西山記念技術講座「環境劣化の腐食科学と防食技術の新展開」（大阪）	日本鉄鋼協会	TEL 03–3669–5933　educact@isij.or.jp https://isij.or.jp/	
2 ～ 4	日本銅学会第63回講演大会（名古屋）	日本銅学会	TEL 03–6803–0587 dou-gakkai@copper-brass.gr.jp https://copper-brass.gr.jp/society/6095	
6	**東海支部「材料フォーラム TOKAI」（名工大）**	**東海支部**	**TEL 052–735–5395**	
6	DX・AI の現状と溶接・接合技術への展開（東京＋オンライン）	日本溶接協会	TEL 03–5823–6324 http://www.jwes.or.jp/	10.31
7 ～ 8	第45回安全工学セミナー（東京）	安全工学会	TEL 03–6206–2840　jsse-2004@nifty.com https://www.jsse.or.jp/	
7 ～ 9	第44回日本熱物性シンポジウム（日大）	日本熱物性学会	TEL 03–5452–6218 jstp@iis.u-tokyo.ac.jp http://jstp-symp.org/symp2023/	
8	**第20回ヤングメタラジスト研究交流会（つくば）（9 号630頁）**	**関東支部**	**okuyama@d.kisarazu.ac.jp**	**参加 10.11**
9	**関東支部講習会「機械学習と金属工学：最新動向と材料開発への応用」（オンライン）（本号762頁）**	**関東支部**	**TEL 03–5734–3141 fukushima.a.ad@m.titech.ac.jp**	
9	2023年度溶接工学企画講座～「二相ステンレス鋼の溶接部性能確保のポイントと組織制御」～（大阪大＋オンライン開催）	溶接学会	TEL 03–5825–4073 jws-info@tg.rim.or.jp http://www.jweld.jp/	11.2
10	日本希土類学会第41回講演会（東大）	日本希土類学会	TEL 06–6879–7352 kidorui@chem.eng.osaka-u.ac.jp http://www.kidorui.org/lecture.html	参加 10.20
10	第25回ミレニアム・サイエンス・フォーラム（東京）	ミレニアム・サイエンス・フォーラム運営委員会	TEL 03–6732–8966　msf@oxinst.com https://www.msforum.jp	
10	第259回塑性加工技術セミナー「技術力を飛躍的に向上させるための CAE 教育」（オンライン）	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 50名
10～12	軽金属学会第145回秋期大会（東京都立大）	軽金属学会	https://www.jilm.or.jp/	
12～16	2023 Joint Symposium on Molten Salts（京都）	電気化学会溶融塩委員会	TEL 0774–38–3500 ms12@msc.electrochem.jp	
13	腐食防食部門委員会　第351回例会（大阪）	日本材料学会	TEL 075–761–5321　jimu@office.jsms.jp http://www.jsms.jp/	11.6
13	ビジュアルになりつつある鉄鋼のグリーントランスフォーメーション戦略と新たな方策の探索（東工大）	日本鉄鋼協会 高温プロセス部会「資源・エネルギーフォーラム」	TEL 06–6879–7479 https://forms.gle/LTxLfBxEcm5Kky7T8	
13～14	第182回塑性加工学講座「板材成形の基礎と応用～応用編～」（オンライン開催）	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 50名
13～15	第44回　超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム（富山）	超音波エレクトロニクス協会	TEL 042–443–5166 h.nomura@uec.ac.jp	
13～16	28th IFHTSE Congress in Yokohama（横浜）	第28回熱処理国際会議組織委員会	TEL 03–6661–7167 ifhtse2023office@jsht.or.jp https://jsht.or.jp/ifhtse2023/index.html	
13～17	HYPERFINE2023（奈良）	HYPERFINE 2023実行委員会	https://confit.atlas.jp/guide/event/hfi2023/top?lang＝en	
14	**2023年度材料セミナー　テーマ2「技術者のための鉄鋼材料入門」（大阪）**	**関西支部**	**TEL 06–6443–5326 n-kansai@ostec.or.jp**	**定員 50名**
15～17	The 1st international conference on Creation of Materials by Super–Thermal Field 2023（略称：CMSTF2023）（豊中）	超温度場 3DP	TEL 06–6879–7477 http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/super3dp/index.php/cmstf2023_jp/	
15～17	第49回固体イオニクス討論会（北大）	日本固体イオニクス学会	TEL 022–217–5341　ssij@ssi-j.org https://www.ssi-j.org/symp/ssij49/	
16	第353回塑性加工シンポジウム「金属材料のリサイクル技術の最前線」（ハイブリット開催）	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 100名
16～17	軽金属基礎技術講座「アルミニウムの製造技術」（掛川）	軽金属学会	TEL 03–3538–0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 40名
16～18	第61回高温強度・第21回破壊力学シンポジウム（新潟）	日本材料学会	TEL 075–761–5321　jimu@office.jsms.jp http://www.jsms.jp/	講演 9.1
17	**関東支部講習会「機械学習と金属工学：最新動向と材料開発への応用」（オンライン）（本号762頁）**	**関東支部**	**TEL 03–5734–3141 fukushima.a.ad@m.titech.ac.jp**	

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合先	締切
17	第433回講習会「次世代パワー半導体材料の精密加工技術～最前線の業界動向から最先端加工技術まで～」(中央大＋ハイブリッド開催)	精密工学会	TEL 03-5226-5191 https://www2.jspe.or.jp/form/koshukai/koshukai_form.html	
17～18	第74回塑性加工連合講演会(富山)	日本塑性加工学会	TEL 03-3435-8301 http://www.jstp.jp/	
18～19	2023年度計算力学技術者(CAE 技術者)1・2 級認定試験	日本機械学会	TEL 03-4335-7616 caenintei@jsme.or.jp http://www.jsme.or.jp/cee/	
19～23	PRICM-11 (The 11th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Prosessing)	KIM	TEL ＋82-2-573-6207 info@pricm11.org	
20～22	第25回日本感性工学会大会(東京)	日本感性工学会	TEL 03-3666-8000 jske@jske.org https://www.jske.org/taikai/jske25	
21	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13回)(オンライン)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 https://www.jilm.or.jp/symposium/view?id＝94	定員40名
21	**第五回 状態図・計算熱力学研究会(オンライン開催)(9 号630頁)**	**研究会 No. 85(物材機構)**	**abe.taichi@nims.go.jp https://comptd-jim.org/**	**講演10.16**
21～22	第49回腐食防食入門講習会(東京＋オンライン)	腐食防食学会	TEL 03-3815-1161 naito-113-0033@jcorr.or.jp https://www.jcorr.or.jp/yotei/copy_49.html	参加11.14
22	実用表面分析セミナー2023(神戸大)	日本表面真空学会関西支部	https://www.jvss.jp/chapter/kansai/kansai_jitsuyou24/	
24	**関東支部講習会「機械学習と金属工学：最新動向と材料開発への応用」(オンライン)(本号762頁)**	**関東支部**	**TEL 03-5734-3141 fukushima.a.ad@m.titech.ac.jp**	
24	第108回レアメタル研究会(東大生産技研＋オンライン開催)(本号764頁)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
25	日本機械学会関東支部山梨講演会(山梨大)	日本機械学会関東支部	TEL 055-220-8423 https://society.me.yamanashi.ac.jp/jsme/2023conf/	
26～12.1	International Gas Turbine Congress 2023 Kyoto (IGTC2023 Kyoto)(京都)	日本ガスタービン学会	TEL 03-3365-0095 gtsj-office@gtsj.or.jp https://igtc2023.org/	
27	**2023年度本多光太郎・湯川記念合同講演会「生成AI，カーボンニュートラル，リサイクル」(オンライン)(本号762頁)**	**東海支部**	**TEL 052-789-3372 tokai@numse.nagoya-u.ac.jp**	**11.22**
27～1.7	第14回社会人のための表面科学ベーシック講座(オンライン)	日本表面真空学会	TEL 03-3812-0266 office@jvss.jp https://www.jvss.jp/jpn/activities/04/detail.php?eid＝00018	11.20
28～29	溶接構造シンポジウム2023―「カーボンニュートラル社会を担う溶接構造化技術」―(阪大)	溶接学会溶接構造研究委員会	TEL 03-5822-4073 s_kogure@tt.rim.or.jp https://jweld.jp/seminars/wdsympo2023/	
29	(第94回塑性加工技術フォーラム)「CAE・計測の同化技術と機械学習を介した新たな展開」(鳥取大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員50名
29	**2023年度材料セミナー 「材料科学におけるマテリアルズ・インフォマティクスの最近の発展」(大阪)**	**関西支部・東海支部**	**TEL 06-6443-5326 n-kansai@ostec.or.jp**	**定員50名**
29～12.1	第50回炭素材料学会年会(仙台)	炭素材料学会	FAX 03-5227-8632 http://www.tanso.org/contents/event/conf2023/index.html	
30	海水資源・環境セミナー2023(千葉工大)	日本海水学会 海水資源・環境研究会	TEL 0465-47-3161 shigen@swsj.org https://www.swsj.org/	11.20
30	第250回西山記念技術講座「環境劣化の腐食科学と防食技術の新展開」(東京)	日本鉄鋼協会	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp https://isij.or.jp/	
30～12.1	第60回 X 線材料強度に関する討論会「電動化社会に向けた強度・非破壊評価における研究開発と技術課題」(愛知)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jimu@office.jsms.jp http://x-ray.jsms.jp/	11.16
30～12.1	第56回安全工学研究発表会(PSS)(姫路)	安全工学会	TEL 03-6206-2840 jsse-2004@nifty.com https://www.jsse.or.jp/	
30～12.1	第38回分析電子顕微鏡討論会(オンライン開催)	日本顕微鏡学会	TEL 096-342-2281 sato-yukio@kumamoto-u.ac.jp https://sites.google.com/view/bunseki-denken38	参加11.22
2023年12月				
1	**関東支部講習会「機械学習と金属工学：最新動向と材料開発への応用」(オンライン)(本号762頁)**	**関東支部**	**TEL 03-5734-3141 fukushima.a.ad@m.titech.ac.jp**	
1	第25回生体関連セラミックス討論会(名工大)	日本セラミックス協会	TEL 052-735-5198 maeda.hirotaka@nitech.ac.jp https://www.ceramic.or.jp/bseitai/index_j.html	
1	第54回エンジニアリングセラミックスセミナー(東大)	日本セラミックス協会	encera@cersj.org https://www.ceramic.or.jp/	定員100名
2	**北陸信越支部「令和 5 年度総会・連合講演会」(福井工大)(本号762頁)**	**北陸信越支部**	**ito@fukui-ut.ac.jp**	

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合先	締切
4 ～ 6	第52回結晶成長国内会議（JCCG-52）（名古屋）	日本結晶成長学会	TEL 070-5047-3339　jacg-52@jacg.jp https://www.jacg.jp/jp/event/2023/jccg-52/	
7	第434回講習会第29回最先端の研究室（工場）めぐり「最先端をリアルに学ぶ工作機械開発最前線―DMG 森精機」（東京）	精密工学会	TEL 03-5226-5191 https://www.jspe.or.jp/	定員30名
7 ～ 8	**第 1 回「水素が関わる材料科学の課題共有研究会」（東工大）（本号762頁）**	**研究会 No.87**	**k.asano@aist.go.jp**	**参加11月中**
7 ～ 8	第20回ノートパソコンで出来る原子レベルのシミュレーション入門講習会～分子動力学計算と電子状態計算～（京都＋ハイブリッド）	日本材料学会	TEL 075-761-5321　jimu@jsms.jp http://www.jsms.jp	
7 ～ 8	第21回キャビテーションに関するシンポジウム（大阪大）	日本学術会議　第三部（予定）第21回キャビテーションに関するシンポジウム実行委員会	https://cav21-mech.eng.osaka-u.ac.jp/	
7 ～ 8	**オンライン教育講座「構造材料（1）鉄鋼材料編」（オンライン）（本号761頁）**	**日本金属学会**	**TEL 022-223-3685　FAX 022-223-6312 meeting@jimm.jp**	**12.1**
11～16	The 3rd Materials Research Meeting（MRM2023）The 24th IUMRS-International Conference in Asia（IUMRS-ICA2023）（京都）	日本 MRS	TEL 03-6667-0922　info_mrm@jmru.org https://mrm2023.jmru.org/	
13	第197回腐食防食シンポジウム「設備管理（防食管理）のためのデータ取得・解析と活用」（東京）	腐食防食協会	TEL 03-3815-1161 ysm.hng-113-0033@jcorr.or.jp https://www.jcorr.or.jp/yotei/197.html	定員140名
14	第354回塑性加工シンポジウム「極限材料創製・加工技術の現状と展望」―衝撃・超高速・超高圧力を用いる加工の世界―（熊大＋ハイブリッド）	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員60名
15	第31回塑性加工基礎講座「入門　結晶塑性シミュレーション（実習付き）」（京大）	日本塑性加工学会関西支部	TEL 090-9280-0383　kansai@jstp.or.jp	12.1
15	（第95回塑性加工技術フォーラム）「カーボンニュートラルに向けた製造業の最前線」（東京）	日本塑性加工学会他	http://www.jstp.or.jp	定員50名
19	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12回）（オンライン）	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 https://www.jilm.or.jp/symposium/view?id＝95	定員40名
21	第 4 回 MSJ 講習会「脳・ロボット・コンピュータをつなぐ磁気センシング技術」（Web 開催）	日本磁気学会	TEL 03-5281-0106　msj@bj.wakwak.com https://www.magnetics.jp/education/msjworkshop_magneticsensors_4/	12.7
2024年 1 月				
12	第109回レアメタル研究会（東大生産技研＋オンライン開催）（本号764頁）	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
18	表面科学技術研究会2024　カーボンニュートラルを目指して―太陽光発電と風力発電の現状と将来展望―（大阪＋オンライン開催）	表面技術協会関西支部・日本表面真空学会関西支部	表面技術協会関西支部 TEL 075-781-1107　kansai-office@sfj.or.jp https://www.jvss.jp/chapter/kansai/hyoumengijutsu2024/	1.10
23～24	第31回超音波による非破壊評価シンポジウム（東京）	日本非破壊検査協会	TEL 03-5609-4015　beppu@jsndi.or.jp https://sciences.jsndi.jp/	
23～24	第30回「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム（Mate2024）（横浜）	スマートプロセス学会	TEL 0725-90-6512 mate@awesomenet.co.jp https://sps-mste.jp/mate/	
25～26	第45回安全工学セミナー（東京）	安全工学会	TEL 03-6206-2840　jsse-2004@nifty.com https://www.jsse.or.jp/	
2024年 2 月				
2	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10回）（オンライン）	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 https://www.jilm.or.jp/symposium/view?id＝96	定員40名
2024年 3 月				
4 ～ 5	ウィンタースクール「トポロジー最適化の基礎～積層造形によるものづくりへの応用～」（東京理科大）	日本計算工学会	TEL 03-3868-8957 office@jsces.org　https://www.jsces.org//	2.22
10	第110回レアメタル研究会（東大生産技研＋オンライン開催）（本号764頁）	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
12～15	**日本金属学会春期講演大会（東京理科大学葛飾キャンパス）（本号748頁）**	**日本金属学会**	**TEL 022-223-3685　annualm@jimm.jp**	**事前参加 2.22 講演 1.10 ポスター 1.17**
19	**日本金属学会春期講演大会高校生・高専学生ポスターセッション（オンライン）（本号760頁）**	**日本金属学会**	**TEL 022-223-3685　annualm@jimm.jp**	**1.17**
2024年 9 月				
17～20	**日本金属学会秋期講演大会（大阪大学豊中キャンパス）**	**日本金属学会**	**TEL 022-223-3685　annualm@jimm.jp**	

公益社団法人 **日本金属学会** The Japan Institute of Metals and Materials

〈今後の予定〉

《講演大会》

2024年春期(第174回)講演大会(本号会告)
　日時：2024年３月12日(火)～15日(金)　会場：東京理科大学葛飾キャンパス
2024年秋期(第175回)講演大会(63巻５号会告予定)
　日時：2024年９月17日(火)～20日(金)　会場：大阪大学豊中キャンパス

《オンライン教育講座》

• 構造材料(1)鉄鋼材料編(12月７日(木)，８日(金)開催)
　講師　早稲田大学名誉教授 中江秀雄，金沢大学特任教授 潮田浩作
　　九州大学鉄鋼リサーチセンター教授 植森龍治，元九州大学鉄鋼リサーチセンター教授 菊池正夫

《まてりあ　特集》

63巻１号　ナノスケール動的挙動の理解に基づく力学特性発現機構の解明２
63巻５号　金属材料の高温酸化・腐食研究の最前線

～都合により変更になる場合もございます．～

～お知らせ～

• 2024年会費の納入時期となりました．各支払い方法にて納入をお願いいたします．(本号747頁)
• 2024年春期講演大会講演および参加申込が今月末より始まります．皆様のご参加をお待ちしております．(本号748頁)

2023, 2024年度会報編集委員会　(五十音順，敬称略)

編集委員長	田中秀明					
編集副委員長	鈴木真由美					
委員	李　誠鎬	池尾直子	石川浩一	石川史太郎	井田駿太郎	岩岡秀明
	植木洸輔	上田恭介	宇部卓司	海瀬　晃	大塚　誠	岡　弘
	小笹良輔	川崎由康	川西咲子	河野義樹	木口賢紀	北原弘基
	北村一浩	國枝知徳	小嶋隆幸	小畠淳平	小山元道	齊藤雄太
	佐々木秀顕	佐藤豊人	篠原百合	新里恵多	鈴木賢紀	高橋弘樹
	高山直樹	竹田　修	田辺栄司	Chang Tso-Fu Mark	塚田祐貴	圓谷貴夫
	寺西　亮	土井康太郎	豊木研太郎	永井　崇	永瀬丈嗣	袴田昌高
	長谷川　誠	藤井　進	細川明秀	本間智之	松浦昌志	松垣あいら
	松本洋明	三井好古	宮崎秀俊	宮部さやか	森谷智一	諸岡　聡
	山崎由勝	山田　亮	山中謙太	山本知一	横井達矢	吉年規治
	米田鈴枝					

まてりあ 第62巻 第11号 (2023)　発行日　2023年11月１日　**定価1,870円(本体1,700円＋税10%)送料120円**

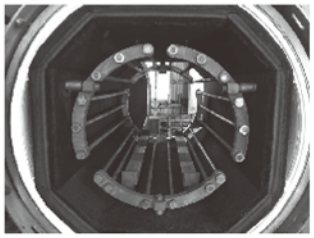
発行所　**公益社団法人日本金属学会**
　〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32
　TEL 022-223-3685　FAX 022-223-6312

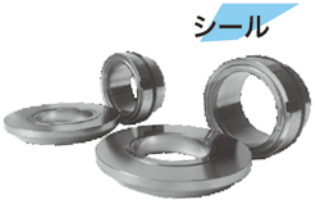
発　行　人　山村英明
印　刷　所　小宮山印刷工業株式会社
発　売　所　丸善雄松堂株式会社
　〒160-0002 東京都新宿区四谷坂町 10-10

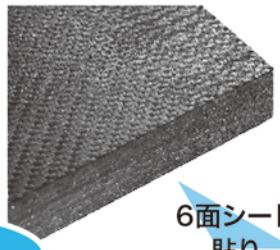
高断熱＋省エネ

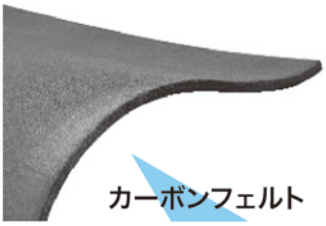
URL:http://www.mechanical-carbon.co.jp/

■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
■回転式アルミ脱ガス装置用ローター
■高温真空炉 炉内メンテナンス、カーボンヒーター
■メカニカルシール、パッキン等の摺動部品修理・改造









CO_2削減

M.C.K

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（税別） 1/2P ￥60,000（税別）

後付）1色1P ￥95,000（税別） 1/2P ￥55,000（税別）

※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（税別） 1/2P ￥40,000（税別）

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

miwa

すべては、未来へ向かって。

新たな技術を探究し続ける美和製作所。
その証として、多くの機械を
生み出してきました。
めまぐるしく変化する時代や環境。
その変化を恐れることなく、柔軟に対応し、
さらに進化、拡大を続けています。
その先にある、限りない未来のために。
美和製作所は、これからも上を向いて、
前に進み続けます。

株式会社 美和製作所
■〒567-0028 大阪府茨木市畑田町11番50号
■TEL:072-625-1138 ■FAX:072-625-1178
■https://www.miwass.co.jp
■info@miwass.co.jp
美和製作所 検索