

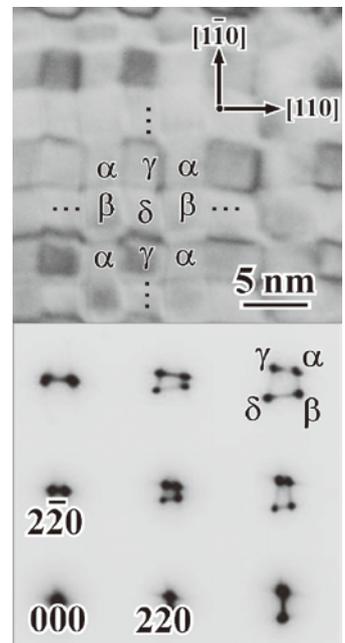
# Materia Japan

- 2018年度役員紹介
- 超ジュラルミン24S(2024)開発の歴史
- 酸化物の相分離を利用したナノ組織作製

# まてりあ

Vol.57 MTERE2 57 (6) 255~310 (2018)

2018  
**6**



# 全自動シリアルセクションング 3D顕微鏡

Fully-automated serial sectioning 3D microscope

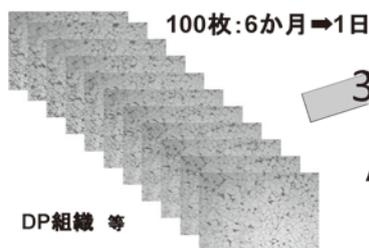
# Genus\_3D<sup>TM</sup>

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

Nakayamadenki Co.,Ltd.

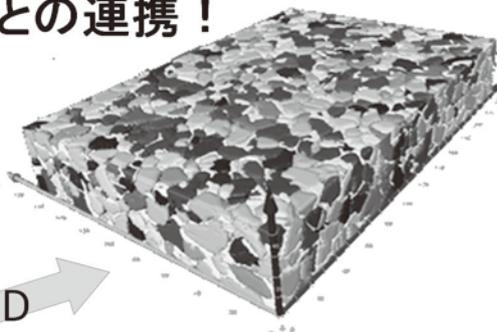


Genus\_3Dによる逐次研磨像



100枚:6か月⇒1日

3D



AIによる高速処理

更に高度な追加処理

組織特徴の数値化

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

国内総発売元



株式会社 新興精機

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

大阪営業所

〒564-0052

大阪府吹田市広芝町7-26 米澤ビル第6江坂301号

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

営業窓口:池内 oosaka@shinkouseiki.co.jp

# 断熱材

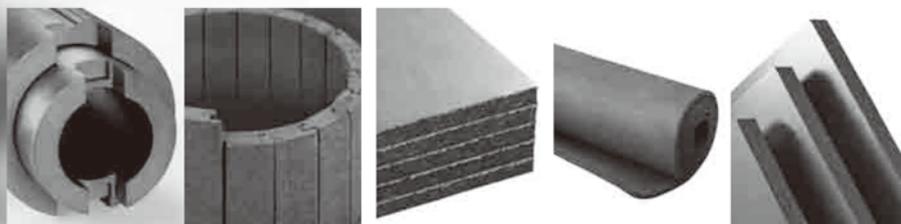
## 高温真空 3000℃へ

[www.LC-MATERIALS.COM](http://www.LC-MATERIALS.COM)

省エネルギー

CO<sup>2</sup>削減

CALCARB<sup>®</sup>  
MERSEN



- 繊維線径が細く、ピッチ系繊維より熱伝導率が低い
- 原料が環境に優しい天然素材のレーヨンを使用
- 特殊な製法により緻密で均一な空間構造で高断熱性
- 豊富なバリエーションで多様性に対応

ル・カーボン・マテリアルズ株式会社

東京本社 〒105-0012 東京都港区芝大門1-1-11 プレイス860  
TEL 03-5733-8608 FAX 03-3431-8622

西予工場 〒797-1212 愛媛県西予市野村町野村8-135-4  
TEL 0894-72-3803 FAX 0894-72-3805

# ATMの顕微鏡観察用試料作製システム

ドイツのマイスターに選ばれたドイツ製の装置、アクセサリおよび消耗品



## 卓上型自動 / 手動切断機 Brilliant 240

Brilliant240 は、コンパクトで汎用性の高い試料切断機です。自動および手動双方の切断に使用できます。

- ・切断テーブルは、X 軸方向の自動 / 手動送り、Z 軸方向の自動送りが可能。
- ・手動切断レバー (Y 軸方向) は電子制御ブレーキにより片手でも容易に操作可能。
- ・スライド式の扉カバーにより試料の着脱が容易。また、開閉時に冷却水が滴り落ちる心配が最少。
- ・多機能の試料取付バースが豊富。(オプション)
- ・使用砥石径 (最大) : 250mm
- ・最大切断能力 :  $\phi$  95mm



ユニークな扉カバーの開閉構造

## 自動埋込プレス Opal 460

Opal460 は、油圧 / 水冷式の熱間埋込プレスです。作業工程はプログラムの設定により自動制御されます。

- ・独自の油圧システムにより、運転時の騒音が最小限。
- ・スライド式の開閉システムにより、上蓋のトラブルが最少。
- ・スパーサーの利用で二重埋込みが可能になり、作業時間の短縮を促進。
- ・筐体は、粉体塗装された頑丈なアルミニウム製で、きれいな外観を長時間保持。
- ・埋込み径の変更はシリンドラーとラムのみの交換となり、複数のシリンドラーを用意しても省スペースを実現。
- ・テーブル埋込み仕様にも対応。
- ・埋込シリンドラー径 (mm) : 25.2(≒ 1"), 30, 32, 31.75(≒ 1-1/4"), 38(≒ 1-1/2"), 40, 50

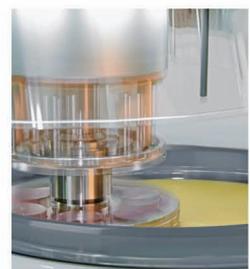


スライド式開閉システム

## 卓上型自動研磨装置 Saphir 550 / Rubin 520

Saphir 550 / Rubin 520 は、操作性および安全性に優れた単軸の卓上型の自動研磨装置です。

- ・試料回転機は個別および全体荷重の双方に対応。
- ・使用可能円盤径 :  $\phi$  250 ~ 300mm
- ・1 基の研磨剤自動供給ユニットを装備することで、5 種類の研磨剤および 1 種の潤滑剤が自動供給。(オプション)
- ・10 $\mu$ m 単位の研削量の設定が可能。(オプション)
- ・運転時には透明のフードが試料回転機を覆い安全を確保。フードによる装置全体の寸法に影響はありません。
- ・操作用のタッチディスプレイは、作業への負担を考慮して目の高さに近い位置に配置。
- ・回転速度 : 50-600rpm(円板)、30-150rpm(試料板)
- ・研磨荷重 : 5-100N(個別)、20-400N(全体)



過不足のない安全フード

PREMIUM QUALITY  
MADE IN GERMANY

ATM の製品はごく一部の部品および素材を除いて、全て自社 (ドイツの本社) 工場で製造しております。この一貫した生産体制は、品質およびサービス体制においてユーザーの皆様から高い評価をいただいております。

ヴァーダー・サイエンティフィックは、最先端の技術を用いた理化学装置を多数取り揃えています。品質管理や実験研究用の試料調製・解析に実績があります。新素材や最先端の技術開発に貢献しています。

[www.verder-scientific.co.jp](http://www.verder-scientific.co.jp)

ヴァーダー・サイエンティフィック株式会社 (旧社名 株式会社レツェ)

本社 (ショールーム) 〒160-0022 東京都新宿区新宿5-8-8

TEL:03-5367-2651 FAX:03-5367-2652 email : [info@verder-scientific.co.jp](mailto:info@verder-scientific.co.jp)

大阪営業所 TEL:06-6534-0621 FAX:06-6534-0622



ADVANCED MATERIALOGRAPHY

part of **VERDER**  
scientific

# 6

2018  
Vol.57  
No.6

# まてりあ

ご挨拶	会長就任のご挨拶 杉本 諭	255
紹介	2018年度役員	257
	2018年度代表理事, 理事, 代議員	258
	2018年度理事に係る任意の合議機関の 委員長, 副委員長	260
	他団体との任意の合議機関の委員長, 副委員長	260
	2018年度支部長, 支部事務所	261
解説	超ジュラルミン24S (2024) はなぜ米国で開発できたか? 吉田英雄	263
	代表的な航空機用アルミニウム合金24S (2024) の開発に米国のアルコアはなぜ成功したのか, なぜ日本ではできなかったのか, その開発に必要なものは何か?	
最近の研究	遷移金属酸化物における相分離を利用したチェッカーボード型ナノ組織の作製とその特徴 堀部陽一 森 茂生	271
	遷移金属酸化物に特有の巨大格子歪を応用したナノ組織の作製とその特徴を紹介. そのサイズ, 単位格子数個分.	
新進気鋭	電解精錬技術を応用した大型二次電池 Liquid Metal Battery の研究開発と今後の展望 大内隆成	277
はばたく	日本留学体験記 ~似ているけど違う日本の研究と台湾の研究~ 郭 妍伶	282
スポットライト	第15回 World Materials Day Award を受賞して —愛教大技術科ものづくり教室の取り組み— 大島幹央 伊藤拓己	283
研究室紹介	九州大学大学院 工学研究院 材料工学部門 材料機能工学大講座 寺西 亮 宗藤伸治	284
学会・研究会だより	第12回本会派遣 JIM/TMS Young Leader International Scholar 出張報告 宇根本 篤	285
談話室	写真, 人生の友, 研究の友 西城浩志	286
本会記事	会告	287
	支部行事	293
	掲示板	293
	会誌・欧文誌 6号目次	295
	次号予告	296
	新入会員	296
	平成29年度事業報告	297
	平成29年度決算	297
	平成30年度事業計画書	302
	平成30年度収支予算書	302
	分科会シンポジウム開催報告	306
	行事カレンダー	307

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。  
<http://jim.or.jp/>

今月の表紙写真 ZnMnGaO<sub>4</sub> の室温におけるチェッカーボード型ナノ組織の明視野像および電子回折図形。(堀部陽一, 森 茂生: 本号272頁 図2より抜粋・改変)

表紙デザイン: 北野 玲  
複写をご希望の方へ

本会は, 本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は, (一社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し, 企業等法人による社内利用目的の複写については, 当該企業等法人が社団法人日本複写権センター((一社)学術著作権協会が社内利用目的の複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあつては, その必要はありません。(社外頒布目的の複写については, 許諾が必要です。) 権利委託先 一般社団法人学術著作権協会  
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F FAX 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp <http://www.jaacc.jp/>  
複写以外の許諾(著作物の引用, 転載, 翻訳等)に関しては, 直接本会へご連絡下さい。

# 遊星型ボールミル “PREMIUM LINE”

## モデル P-7 **新型**



### 特色

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



容器がセットされる様子。

## 従来型ボールミル “CLASSIC LINE”

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



フリッチュ社が開発した  
遊星型シリーズの  
パイオニア機種。

世界で初めて容器ひとつで  
遊星運動に成功した  
昨年度のベストセラー機種

少量試料を対象にした  
パワフルな機種

### 全機種共通の特長

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



▲P-5/4



▲P-6



▲P-7

## フリッチュジャパン株式会社

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

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

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

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



## 自動研磨機 SCANDIMATIC 33305

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



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

## 精密切断機 MINICUT 4000

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



## 試料埋め込み材料、アクセサリ



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

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

## フリッチュジャパン株式会社

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

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

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

# 会長就任のご挨拶

公益社団法人 日本金属学会第67代会長 杉 本 諭

このたび皆様方のご推挙により日本金属学会の会長に就任することになりました。大変光栄に存じます。一方で、本会の重厚な歴史と伝統、さらには光り輝く実績を考えますと、責任の重大さを痛感するとともに身の引きしめる思いです。本会副会長である細田秀樹博士、中野貴由博士、蔡安邦博士をはじめとして、理事、代議員、委員、支部および会員ならびに山村英明事務局長および事務局の皆様のお力をお借りし、金属およびその関連材料の学術および科学技術の振興のために微力ながら全力を尽す所存です。皆様方のご支援とご鞭撻を、どうぞ宜しくお願い申し上げます。



日本金属学会は、「金属に関する理論ならびに工業の進歩発達をはかること」を目的として、1937年に「金属之密林の大いなる開拓者」本多光太郎先生のご提唱により創設されました。その後、急速なグローバル化と多様性が進展する社会に対応し、近年では社会基盤材料のみならずエネルギー材料、エコマテリアル、電子・情報材料、生体・福祉材料に亘る先端材料の創製と機能発現機構の探求など、幅広い材料科学・材料工学の研究成果発信の場として貢献してきました。したがって、その将来においても本会が、基盤材料から先端材料までを対象として材料系学協会の中でもリーダーシップを発揮し、さらに材料分野の重要性と材料研究者・技術者の存在感を世界にアピールしていく学会として発展できるよう努力を重ねて参りたいと存じます。また、歴代会長ならびに中島英治前会長のもとで鋭意進められてこられた施策の成果を踏まえつつ、昨今の状況を考慮して国内外での「公益社団法人日本金属学会」のプレゼンスをより高めていく所存です。

ご承知のとおり、本年は、本会が公益社団法人に移行して6年目に当たります。昨年度、中島英治前会長の強いリーダーシップのもと、公益法人としてあるべき具体的な学会像を示した以下のような本会のビジョンが設定されました。すなわち、1. 未来を先導する領域を開拓し、世界の材料科学・工学をリードする、2. 最新の研究や技術を世界に発信する、3. 多様な研究者・技術者が集い、最新の研究や技術の交流を図る、4. 次世代を担う人材の教育や育成を行なう、5. 会員や地域・社会のニーズに対応したサービスを提供する、という5つの具体像です。本年は、このビジョンに向けてアクションを起こしていく年と考え、以下のような方針をお示しして会員皆様のご理解とご協力をお願いしたいと存じます。

## 1. 堅固な財政基盤の構築と運営体制

本会には、公益法人化の際に会員資格としての維持員制度を廃止したため、産業界の方々の本会における活動が激減し、財政悪化の原因の一つとなった経験があります。福富洋志元会長、白井泰治元会長ならびに中島英治前会長のもと、新たな維持員制度を設置し、産業界からの理事が選出されるような運営体制の変更も行って、産業界のご意見が反映されるようにしました。これにより維持員数の増加による財政の安定化と産業界の皆様の本会での活動の活発化等が期待されていることから、本年もこの方針を継続して取り組んでいきます。

## 2. 会員数の増加を目指して

近年における本会の会員数の減少は、全国の大学・研究所等教育研究機関での金属系・材料系講座の減少並びに若者人口の減少が原因のひとつですが、深刻な問題としては学生会員が大学・大学院を卒業・修了後に退会することが挙げられます。本会の会員の年齢構成を見ても35歳以下の正会員数が他の年代の正会員数と比較すると極めて少なく、将来に渡る本会の継続的かつ活発な活動に支障を来すことが危惧されます。そこで、昨年度、会員の入り口である学生会員の会費の値下げ

をし、卒業・修了後もある一定期間はこの額の会費で本会への正会員として参加が継続できるような体制を構築しました。本年は、さらにこの策を広く周知させ、先に述べた維持員数の増加と学生会員数ならびに若手正会員数の維持により、会員数の減少に歯止めをかけたいと存じます。

一方で、会員増加のための何よりの策は、「材料科学のすべてが日本金属学会で知れる」と本会の評価を高めることです。今後、長期的研究分野の開拓を視野に入れた材料戦略の策定や、後述する事業を通じて本会を魅力ある学会にしていくための策を講じていきます。

### 3. 講演会・講習会事業

講演大会は、情報発信と研究者・技術者の交流の場として、最も重要な活動の場のひとつです。しかし、最近の材料研究の多様化、複雑化に伴う複数セッションでの内容の重複、刊行事業や表彰事業における研究区分との整合性、本会の強みであった研究分野のセッション消滅による関係研究者・技術者の流出、などが問題視されています。本年は、立場の異なるいずれの研究者・技術者にとっても魅力ある講演大会となるよう、セッション改編に取り組んでいく所存です。また、材料研究の多様化・細分化が進んでいることを考えれば、他の学協会とも連携を深めていくことは重要です。本年はその一環として、材料メーカーにとっても関心の高い自動車分野をとりあげ、その中心的学協会である自動車技術会と本会ならびに日本鉄鋼協会とが連携した合同シンポジウムを秋期大会からスタートさせます。さらに、学生会員の進路選択の手助けとなるように行ってきた企業説明会も、本年の春期講演大会から大会期間中に移動させたことにより参加学生数が増加しました。今後も業界セミナー等を計画するなど企業と学生会員との関係構築に貢献していきたいと存じます。

一方、講習会は講演大会委員会が先導してきましたが、本年から講習会もセミナー・シンポジウム委員会がセミナー、シンポジウムとともに統括し、有益な講習会を企画していきます。また、若手研究者・技術者の啓発・人材育成など本会の活動に積極的に参画していただくために、本年春期大会の際に認定したフェローの皆様にも講師などご協力いただき、本会のこれらの活動、さらには各支部における講演会等の活性化に貢献していきます。

### 4. 調査・研究事業

本会のビジョンにおける未来を先導する領域を開拓し、世界の材料科学・工学をリードする学会となるためには、従来の分科会活動をさらに活発化させ、若手研究者を含めて本会の将来の更なる発展に向けた戦略を練っていく必要があります。日本金属学会には歴代執行部と事務局のご尽力のおかげで財政的な蓄えがあることから、この資源を有効活用するために中島英治前会長時代に各分科会への活動支援、若手研究会設立支援などを行ってきました。本年はこれらの支援を継続するとともに、従来の分科会を調査・研究委員会と位置付けて再編を検討し、有効な活動を推進できるような体制強化を図っていきたくと存じます。

### 5. 刊行事業

会報、会誌、欧文誌の発行は、学会活動の根幹を成すものです。これらの発刊は、今後も会員サービスの根幹として維持してゆく必要がありますが、日本金属学会誌、Materials Transactions 両誌のインパクトファクターが近年、低い値です。編集委員会で共同刊行事業も含めてさまざまな対策を講じていきますが、本会の情報発信力を将来にわたって維持するためには、会員各位からの良質な論文の投稿が不可欠ですので、ご協力を切にお願いいたします。

### 6. 表彰・奨励事業と支部活動

本会の表彰・奨励事業は、会員の皆様の研究活動の意欲を高めるとともに、人材の育成にも欠かすことのできないものです。会員の皆様のご推薦とご協力をお願いいたします。また、支部活動も本会の活性化に大きく貢献していただいています。先に上げたフェローの皆様の講師などでの御協力を得て、さらに人材の教育や育成や支部活動の支援に努めていきたいと考えています。

以上のように、本会の活動を活発化し、材料科学・材料工学の中心的学会として我が国ならびに世界の材料研究の高度化に貢献できるよう努力して参ります。会員各位ならびに事務局さらには各支部の皆様のご理解、ご協力、ご鞭撻をお願い申し上げます。

2018年4月24日

# 紹介(2018)

～ 本年度の本会役員をご紹介します ～

## 公益社団法人日本金属学会 2018年度役員(会長, 副会長, 理事, 監事)<sup>(50音順)</sup>

(2018年4月23日)

### 会長



杉本 諭  
東北大学教授

### 副会長



蔡 安邦  
東北大学教授

### 副会長



中野 貴由  
大阪大学教授

### 副会長



細田 秀樹  
東京工業大学教授

### 理事



足立 吉隆  
名古屋大学教授



岡村 一男  
新日鐵住金(株)フェロー



折茂 慎一  
東北大学教授



岸本 康夫  
JFE スチール(株)研究技監



小島 由継  
広島大学教授



佐伯 功  
室蘭工業大学教授



佐藤 一則  
長岡技術科学大学  
教授・副学長



澁江 和久  
(株)UACJ取締役兼  
専務執行役員



鈴木 亮輔  
北海道大学教授



諏訪部 繁和  
日立金属(株)執行役  
情報システム本部長



辻 伸泰  
京都大学教授



西田 稔  
九州大学教授



藤本 慎司  
大阪大学教授



松木 一弘  
広島大学教授



丸山 俊夫  
東京工業大学名誉教授



村上 恭和  
九州大学教授



門前 亮一  
金沢大学教授



山口 周  
東京大学教授

### 監事



山村 英明  
日本金属学会事務局長



山本 剛久  
名古屋大学教授



錦織 貞郎  
(株)IHI技師長



毛利 哲夫  
東北大学教授

公益社団法人日本金属学会 2018年度代表理事, 理事, 代議員 (50音順, 敬称略)

会長(代表理事)

杉本 諭 東北大学大学院工学研究科 教授

副会長

蔡安邦 東北大学多元物質科学研究所 教授

中野貴由 大阪大学大学院工学研究科 教授

細田秀樹 東京工業大学科学技術創成研究院 教授

理 事 (24名)

(新任)

足立 吉隆 名古屋大学大学院工学研究科 教授

岡村 一男 新日鐵住金㈱技術開発本部 フェロー

蔡安邦 東北大学多元物質科学研究所 教授

佐伯 功 室蘭工業大学大学院もの創造系領域 教授

佐藤 一則 長岡技術科学大学 教授(副学長)

澁江 和久 ㈱UACJ R&D センター 取締役兼専務執行役員

辻 伸泰 京都大学大学院工学研究科 教授

中野貴由 大阪大学大学院工学研究科 教授

松木 一弘 広島大学大学院工学研究院 教授

村上 恭和 九州大学大学院工学研究院 教授

山口 周 東京大学大学院工学系研究科 教授

山村 英明 日本金属学会 事務局長

(留任)

折茂 慎一 東北大学材料化学高等研究所/金属材料研究所 教授

岸本 康夫 JFE スチール㈱スチール研究所 研究技監

小島 由継 広島大学自然科学研究支援開発センター 教授

杉本 諭 東北大学大学院工学研究科 教授

鈴木 亮輔 北海道大学大学院工学研究院 教授

諏訪部 繁和 日立金属㈱情報システム本部 執行役情報システム本部長

西田 稔 九州大学大学院総合理工学研究院 教授

藤本 慎司 大阪大学大学院工学研究科 教授

細田 秀樹 東京工業大学科学技術創成研究院 教授

丸山 俊夫 東京工業大学名誉教授

門前 亮一 金沢大学大学院自然科学研究科 教授

山本 剛久 名古屋大学大学院工学研究科 教授

\*新任理事の任期: 2018年定時社員総会当日(4月23日)から2020年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

留任理事の任期: 2017年定時社員総会当日(4月24日)から2019年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

監 事 (2名)

(新任)

錦織 貞郎 ㈱IHI 技術開発本部 技師長

(留任)

毛利 哲夫 東北大学金属材料研究所 特任教授

\*新任監事の任期: 2018年定時社員総会当日(4月23日)から2020年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

留任監事の任期: 2017年定時社員総会当日(4月24日)から2019年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

代 議 員 (96名)

新任(56名)

留任代議員(40名)

北海道地区 (新任)

(留任)

佐伯 功 室蘭工業大学大学院もの創造系領域 教授

上田 幹人 北海道大学大学院工学研究院 教授

高橋 英徳 北海道立総合研究機構産業技術研究本部 研究主幹

鈴木 亮輔 北海道大学大学院工学研究院 教授

東北地区 (新任)

(留任)

阿部 世嗣 電磁材料研究所 主席研究員

折茂 慎一 東北大学材料化学高等研究所/金属材料研究所 教授

加藤 秀実 東北大学金属材料研究所 教授

杉本 諭 東北大学大学院工学研究科 教授

蔡安邦 東北大学多元物質科学研究所 教授

鈴木 茂 東北大学多元物質科学研究所 教授

坂本 昌 新日鐵住金㈱鉄鋼研究所 主任研究員

原 基 秋田大学大学院理工学研究院 教授

佐藤 裕之 弘前大学大学院理工学研究院 教授

柴田 浩幸 東北大学多元物質科学研究所 教授

武藤 泉 東北大学大学院工学研究科 教授

山村 英明 日本金属学会 事務局長

関東地区 (新任)

(留任)

遠藤 裕寿 日立金属㈱電線材料研究所 主任研究員

梅澤 修 横浜国立大学工学研究院 副学長・教授

王 昆 日本冶金工業㈱技術研究部 常務執行役員技術研究部長

枝川 圭一 東京大学生産技術研究所 教授

岡本 和孝 ㈱日立製作所戦略企画本部 部長

大堀 學 早稲田大学創造理工学部 非常勤講師

尾中 晋 東京工業大学物質理工学院 教授

川岸 京子 物質・材料研究機構構造材料研究拠点 主幹研究員

寛 幸次 首都大学東京システムデザイン学部 教授

小出 政俊 ㈱神戸製鋼所アルミ・銅事業部専門技術部 部長

加藤 徹	新日鐵住金㈱技術開発本部プロセス研究所 部長	児島 明彦	新日鐵住金㈱技術開発本部 鉄鋼研究所 部長
弓野 健太郎	芝浦工業大学工学部 教授	齋藤 哲治	千葉工業大学先端材料工学科 教授
篠嶋 妥	茨城大学工学部 教授	下条 雅幸	芝浦工業大学工学部 教授
柴田 直哉	東京大学大学院工学系研究科 教授	高橋 聡	㈱ IHI 基盤技術研究所 部長
竹山 雅夫	東京工業大学物質理工学院 教授	寺嶋 和夫	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
田村 隆治	東京理科大学基礎工学部 教授	藤田 敏之	㈱東芝エネルギーシステムソリューションズ 電力・社会システム技術開発センター 専任
土谷 浩一	物質・材料研究機構構造材料研究拠点 拠点長	細田 秀樹	東京工業大学科学技術創成研究院 教授
堤 祐介	東京医科歯科大学学生体材料工学研究所 准教授	丸山 俊夫	東京工業大学名誉教授
長滝 康伸	JFE スチール㈱スチール研究所 部長	山本 知之	早稲田大学基幹理工学部 教授
廣澤 渉一	横浜国立大学大学院工学研究院 教授		
松野 泰也	千葉大学大学院工学研究院 教授		
三木 祐司	JFE スチール㈱スチール研究所 主席研究員		
山口 周	東京大学大学院工学系研究科 教授		
吉田 英弘	物質・材料研究機構機能性材料研究拠点 主幹研究員		

### 東海地区

(新任)

足立 吉隆	名古屋大学大学院工学研究科 教授
上宮 成之	岐阜大学工学部 教授
勝村 龍郎	JFE スチール㈱スチール研究所 副部長
川上 博士	三重大学工学研究科 准教授
西野 洋一	名古屋工業大学大学院工学研究科 教授

(留任)

齋藤 尚文	産業技術総合研究所構造材料研究部門 上級主任研究員
戸高 義一	豊橋技術科学大学機械工学系 准教授
松村 康志	大同特殊鋼㈱技術開発研究所 部長
山本 剛久	名古屋大学大学院工学研究科 教授

### 北陸信越地区

(新任)

榊 和彦	信州大学大学院学術研究院 教授
佐藤 一則	長岡技術科学大学 教授(副学長)

(留任)

門前 亮一	金沢大学大学院自然科学研究科 教授
山本 有一	大平洋製鋼㈱品質保証部 執行役員, 品質保証部部長

### 関西地区

(新任)

渥美 寿雄	近畿大学理工学部 教授
荒木 秀樹	大阪大学アトミックデザイン研究センター 教授
大谷 浩昭	山陽特殊製鋼㈱粉末事業部 部長
岡本 明	大阪産業技術研究所 主任研究員
小嶋 啓達	新日鐵住金㈱技術開発本部 部長
新保 洋一郎	福田金属箔粉工業㈱研究開発部 グループマネージャー
辻 伸泰	京都大学大学院工学研究科 教授
中井 光一	㈱島津製作所 ビジネスユニット長
中野 貴由	大阪大学大学院工学研究科 教授
平藤 哲司	京都大学大学院エネルギー科学研究科 教授
松尾 直人	兵庫県立大学大学院工学研究科 教授

(留任)

宇田 哲也	京都大学大学院工学研究科 教授
岡崎 喜臣	㈱神戸製鋼所技術開発本部 室長
金野 泰幸	大阪府立大学大学院工学研究科 教授
林田 隆秀	日新製鋼㈱グループ開発本部表面処理研究所 主任研究員
春名 匠	関西大学化学生命工学部 教授
藤本 慎司	大阪大学大学院工学研究科 教授
山末 英嗣	立命館大学理工学部 准教授

### 中国四国地区

(新任)

清水 一郎	岡山理科大学工学部 教授
高島 稔	JFE スチール㈱スチール研究所 部長
陳 中春	鳥取大学大学院工学研究科 教授
松木 一弘	広島大学大学院工学研究院 教授

(留任)

岡田 達也	徳島大学大学院理工学研究部 教授
小島 由継	広島大学自然科学研究支援開発センター 教授
秦野 正治	新日鐵住金ステンレス㈱研究センター 上席研究員

### 九州地区

(新任)

石丸 学	九州工業大学大学院工学研究院 教授
波多 聡	九州大学大学院総合理工学研究科 教授
村上 恭和	九州大学大学院工学研究院 教授

(留任)

連川 貞弘	熊本大学大学院先端科学研究部 副研究部長, 教授
西田 稔	九州大学大学院総合理工学研究科 教授

### 本部枠代議員

(新任)

岡村 一男	新日鐵住金㈱技術開発本部フェロー
澁江 和久	㈱UACJ R&D センター取締役兼専務執行役員

(留任)

岸本 康夫	JFE スチール㈱スチール研究所 研究技監
諏訪部 繁和	日立金属㈱情報システム本部 執行役情報システム本部長

\*新任代議員の任期：2018年定時社員総会当日(4月23日)から2020年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

留任代議員の任期：2017年定時社員総会当日(4月24日)から2019年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

2018年度理事に係る任意の合議機関の委員長，副委員長

委員会名	委員長	副委員長	事業概要
<b>1. 刊行事業に係る委員会</b> (1) 会報編集委員会 (2) 会誌編集委員会 (3) 欧文誌編集委員会 (4) 学術図書類刊行委員会	山本 剛 久 吉永 直 樹* 堀田 善 治* 佐藤 一 則	大塚 誠* 戸高 義 一* — —	会報の刊行に関する業務全般 会誌の刊行に関する業務全般 欧文誌の刊行に関する業務全般 学術図書類の刊行に関する業務全般
<b>2. 講演会・講習会事業に係る委員会</b> (1) 講演大会委員会 (2) 講演大会企画委員会 (3) 本多記念講演委員会 (4) セミナー・シンポジウム委員会	杉本 論 杉本 論 杉本 論 小山 敏 幸*	細田 秀 樹 細田 秀 樹 細田 秀 樹 森 戸 茂 一*	講演大会の実施に関する業務全般 講演大会の企画に関する業務全般 本多記念講演に関する業務全般 セミナーおよびシンポジウムに関する業務全般
<b>3. 調査・研究事業に係る委員会</b> (1) 企画委員会 (2) セルフガバナンス委員会 (3) 長期展望委員会 (4) 調査・研究委員会(分科会) (5) 調査・研究推進企画委員会(分科会) (6) 戦略推進委員会 (7) 科研費委員会 (8) 人材育成委員会 (9) 男女共同参画委員会 (10) 国際学術交流委員会	杉本 論 細田 秀 樹 高梨 弘 毅* 細田 秀 樹 細田 秀 樹 貝沼 亮 介* 中野 貴 由 藤本 慎 司 梅津 理 恵* 小島 由 継	細田 秀 樹 山 村 英 明 — 中野 貴 由 中野 貴 由 藤 居 俊 之* 村 上 恭 和 松 岡 由 貴* 松 岡 由 貴* 辻 伸 泰	本会の事業に関する重要な企画に関する業務全般 本会のセルフガバナンスに関する業務全般 本会の事業に係る長期展望に関する業務全般 分科会に係る講演会・講習会事業および調査・研究事業に関する業務全般 分科会の企画に関する業務全般 本会の材料戦略活動に関する業務全般 科研費補助金に関する業務全般 人材育成に関する業務全般 男女共同参画活動に関する業務全般 国際学術交流および国際会議事業の企画に関する業務全般
<b>4. 表彰・奨励事業に係る委員会</b> (1) 名誉員検討委員会 (2) 学会賞委員会 (3) 各種賞検討委員会 (4) 金属組織写真賞委員会	細田 秀 樹 杉本 論 蔡 安 邦 西田 稔	蔡 安 邦 蔡 安 邦 細田 秀 樹 足立 吉 隆	名誉員に関する業務全般 学会賞に関する業務全般 各種賞に関する業務全般 金属組織写真賞に関する業務全般
<b>5. 支部</b>	(常設8支部) 北海道，東北，関東，東海，北陸信越，関西，中国四国，九州		

\*は理事以外

他団体との任意の合議機関の委員長，副委員長

委員会名	委員長	副委員長	事業概要
<b>1. 刊行事業に係る委員会</b> (1) Materials Transactions 編集委員会	堀田 善 治*		Materials Transactions の共同刊行に関する業務全般
<b>2. 講演会・講習会に係る委員会</b> なし			
<b>3. 調査・研究事業に係る委員会</b> (1) 材料連合協議会 (2) 材料戦略(企画)委員会 (3) 男女共同参画合同委員会	杉本 論 小関 敏 彦*	梅津 理 恵*	材料系学協会と日本学術会議との連携活動に関する業務全般 材料戦略委員会の企画に関する業務全般 日本鉄鋼協会との連携による男女共同参画活動に関する業務全般

\*は理事以外

## 2018年度支部長，支部事務所

### 1. 北海道支部

支部長 鈴木亮輔  
(北海道大学大学院工学研究院 教授)  
副支部長 三浦誠司(北海道大学大学院工学研究院 教授)  
支部事務所 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目  
北海道大学 大学院工学研究院 材料科学部門内  
☎/FAX 011-706-6352  
E-mail: jim\_hokkaido@eng.hokudai.ac.jp  
松島永佳

### 2. 東北支部

支部長 鈴木 茂  
(東北大学多元物質科学研究所 教授)  
支部事務所 〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1  
東北大学 多元物質科学研究所  
☎/FAX 022-217-5177  
E-mail: j-gawara@tagen.tohoku.ac.jp  
E-mail: yubuta@tagen.tohoku.ac.jp  
中川原淳子 / 湯蓋典子

### 3. 関東支部

支部長 山口 周  
(東京大学大学院工学系研究科 教授)  
副支部長 伊藤公久(早稲田大学 基幹理工学部 教授)  
支部事務所 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1  
工学部4号館334号室  
東京大学 大学院工学系研究科 マテリアル工学  
専攻  
☎ 03-5841-7107  
E-mail: nakaya@wood3-staff.t.u-tokyo.ac.jp  
中屋直美

### 4. 東海支部

支部長 福本昌宏  
(豊橋技術科学大学機械工学系 教授)  
支部事務所 〒464-8603 名古屋市千種区不老町  
名古屋大学工学研究科マテリアル工学専攻内  
☎ 080-4547-6041  
E-mail: tokai@numse.nagoya-u.ac.jp  
松永憲一

### 5. 北陸信越支部

支部長 佐藤一則  
(長岡技術科学大学工学部 教授)  
副支部長 福元謙一(福井大学附属国際原子力工学研究所  
教授)  
支部事務所 〒930-8555 富山市五福3190  
富山大学 大学院 理工学研究部  
☎/FAX 076-445-6839  
E-mail: matsuda@eng.u-toyama.ac.jp  
松田健二(教授)

### 6. 関西支部

支部長 藤本慎司  
(大阪大学大学院工学研究科 教授)  
支部事務所 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4  
(一財)大阪科学技術センターニューマテリアル  
センター  
☎ 06-6443-5326 FAX 06-6443-5310  
E-mail: n-kansai@ostec.or.jp  
金子輝雄, 森 知佐子

### 7. 中国四国支部

支部長 陳 中春  
(鳥取大学大学院工学研究科 教授)  
支部事務所 〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101  
鳥取大学 大学院工学研究科  
☎ 0857-31-6786  
FAX 0857-31-5210  
E-mail: onda@mech.tottori-u.ac.jp  
音田哲彦(准教授)

### 8. 九州支部

支部長 高島和希  
(熊本大学大学院先端科学研究部 教授)  
副支部長 石丸 学(九州工業大学大学院工学研究院  
教授)  
副支部長 中島英治(九州大学大学院総合理工学研究院  
教授)  
支部事務所 〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1  
熊本大学 大学院先端科学研究部  
☎/FAX 096-342-3713  
E-mail: mine@msre.kumamoto-u.ac.jp  
峯 洋二(准教授)

～支部行事のお問い合わせは，各支部事務所までお願いします。～



## 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集が含まれています)。
- 講演大会概要集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(春期講演大会に併せて開催予定)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)。



## 〔入会するには(入会手続き)〕

本会ホームページの入会ページ(下記 url)から入会申し込み下さい。

<https://www.jim.or.jp/member/mypage/application.php>

# 超ジュラルミン24S(2024)は なぜ米国で開発できたか？

吉田 英雄\*

## 1. はじめに

代表的な航空機用アルミニウム合金2024と7075は、第二次世界大戦の戦争前あるいは戦争中に開発された合金で現在でも多く使用されている。2024(旧 Alcoa 呼称24S)は1931年米国の Alcoa によって開発された合金で45 kg/mm<sup>2</sup>(440 MPa)以上の強度が得られ、現在では超ジュラルミンとも呼ばれる。これに対抗すべく、日本の海軍は住友金属に対し2024よりも高強度の60 kg/mm<sup>2</sup>(590 MPa)以上の合金開発を要求した。住友金属は1935年に五十嵐勇博士(1892-1986)を中心に研究を開始し、1936年には特許が出願され、非常に短期間で開発され工業化された合金である。超々ジュラルミンはESD(Extra Super Duralumin)とも言われ、それが零式艦上戦闘機主翼に採用され戦闘機の性能を飛躍的に高めたことはよく知られている。その開発の歴史については筆者もすでに「軽金属」に発表してきている<sup>(1)</sup>。米軍は、1942年、アリューシャン列島で無傷の零戦を捕獲してその性能を徹底的に調べ、主翼に2024よりも高強度の超々ジュラルミンが使用されていること突き止め、それを基に1943年 Alcoa は7075(旧 Alcoa 呼称75S)を開発した。7075は超々ジュラルミンの応力腐食割れ防止に最も重要な必須成分であるクロム添加量は同じとし、他の亜鉛、マグネシウムなどの添加量を少々変えて強度を落とし、製造を容易にした合金で、超々ジュラルミンが生みの親といえる。日本ではこうした経緯から7075も含めて超々ジュラルミンと呼ばれることが多い。

ドイツでジュラルミンが開発されたのは、A. Wilm が1906年時効硬化現象を発見し、これを特許出願したのが1907年、工業化したのが1909年で、この合金の商品名がジュラルミンと名付けられた。1910年には英海軍飛行船のた

めにジュラルミンを10トン製造している。ジュラルミン製造から超ジュラルミン24Sが開発される1931年まで約20年もかかっている。ジュラルミン(Al-4%Cu-0.5%Mg-0.6%Mn)と超ジュラルミン24S(Al-4.5%Cu-1.5%Mg-0.6%Mn)ではMg量が高々1%増えただけに過ぎないのであるが、なぜ開発に20年の時間が必要だったのか？各国で超ジュラルミンの開発がしのぎを削って競争されたにもかかわらず、なぜ米国の Alcoa だけができて他ではできなかったのか、これらが筆者にとって疑問であった。本稿ではこの問題に関して考察してみたい。

## 2. ジュラルミンとは

ドイツの Alfred Wilm は1901年、ベルリン近郊にある理工学中央研究所に招聘され、翌年ドイツ兵器弾薬製造会社から真鍮製の薬莖をアルミニウム合金で代替するための開発委託を受け研究を開始した。彼はAl-4%Cu合金を鋼と同じように焼入れして、引張強さ152~225 MPa、伸び5~7%を得たが、真鍮の代替には及ばなかった。1903年この熱処理法で特許を申請した(DRP170085)。その後研究を続け、1906年Al-4%Cu-0.6%Mn合金に0.5%Mg添加して室温放置すると硬くなる時効硬化現象を発見した。1907年1月11日、Al-4%Cu合金をベースに微量マグネシウム添加の影響を調べ、「2%以下のマグネシウムと5%以下の銅を含むアルミニウム合金で、特にCu 4%にMg 0.25-0.5%を含むアルミニウム合金が効果的」として特許を申請した(DRP204543, 1908年11月認可)。さらに系統的な実験を行い、「マグネシウムを含むアルミニウム合金の熱処理法」としてD.R.P.244554(1909年3月20日申請, 1912年3月9日認可)の特許を取得した。特許請求範囲は「工程の最後に420°C以

\* 超々ジュラルミン研究所；代表(元株式会社 UACJ 技術開発研究所(現 R&D センター))

Why was Super Duralumin 24S (2024) Developed in the United States?; Hideo Yoshida (ESD Laboratory, Nagoya. Former UACJ Corporation, Research & Development Division, Nagoya)

Keywords: Super Duralumin, Alcoa, age hardening, Al-Cu-Mg alloy, 2017, 2014, 2024, impurity, electrolytic refining cell  
2018年2月20日受理[doi:10.2320/materia.57.263]

上に加熱し、少し成形加工する場合もあるが、常温に放置することを特徴とするマグネシウムを含むアルミニウム合金の処理方法」と書かれている。Wilm は先の 2 件を含めて 4 件の特許を米国で取得した。

この材料の製造については、1908年ドイツ兵器弾薬製造会社の姉妹会社で Düren にある Dürener Metallwerke A.G. が Wilm の特許の使用権を得て、同社技術役員の R. Beck 博士の協力のもとで工業化に成功した<sup>(1)-(3)</sup>。1909年 Wilm と Dürener Metallwerke の間でこの新製品に対する商品名の相談があり、Wilm は当初ドイツ語で硬いという意味の Hart をつけた Hartaluminium を提案したが、国際市場を考え、フランス語で硬いという Dur を用いて Duralumin にした<sup>(3)</sup>。この開発されたジュラルミンはまずは飛行船に適用された。1910年、Dürener Metallwerke はジュラルミンを 12.75トン生産したが、そのうち10トンを英海軍飛行船“Mayfly”の建造のため英国の Vickers Company 向けに供給した。その後ドイツも、ジュラルミンで飛行船の部品が製造可能になり、1914年独海軍 Zeppelin 飛行船用に規格登録された。1914年の LZ26からジュラルミンが使われ、1916年までに720トン生産された<sup>(4)</sup>。

米国では1916年、Alcoa は海軍からドイツが使用している合金と同等かより高い強度の合金が求められ、同じ頃、フランスで墜落したツェッペリン飛行船の桁の破片が海軍から Alcoa に送られてきた。これらの情報をもとに、Alcoa は引張強さ425 MPa、耐力275MPa、伸び22%を有するジュラルミンと類似な合金17S(Cu 4.0%, Mg 0.5%, Mn 0.5%)をその年に商品化した。Alcoa は海軍の飛行船 Shenandoah 号建造のため、17S 合金圧延材を供給する義務を負い、1922年末には年間25000トンの生産が可能となった<sup>(5)(6)</sup>。

日本では1916年末、英国で墜落した Zeppelin の骨材が、海軍艦政本部、大阪海軍監督官長経由で住友伸銅所(1926年住友伸銅鋼管、1935年住友金属に名称変更)に持ち込まれた。その分析結果や英国金属学会誌 JIM の文献をもとに研究を開始し、1919年工場試作が完了し、「住友軽銀」と命名された。この住友軽銀の成分は Cu 4%, Mg 0.5%, Mn 1.0%, Al 残である。第一次世界大戦で日本は戦勝国となりドイツから賠償の1つとして、アルミニウム材料の量産技術を習得するため、1922年、ドイツにジュラルミン製造技術習得団が派遣され、Dürener Metallwerke でジュラルミン製造技術を学んだ<sup>(1)</sup>。

### 3. 超ジュラルミン

#### (1) 世界の動向

ジュラルミンの発明以後、さらに高強度を目指した超ジュラルミンの研究開発が世界各国で進められた。当時ジュラルミンの強度レベルを超える合金は合金系を問わずどれも超ジュラルミンと呼ばれた。合金開発の基礎となる状態図も整備され、各種の合金が市場の要求に応じて開発されるようになった。この開発の理論的支柱になったのが英国の国立物理学

研究所(NPL: National Physical Laboratory)の Marie L.V. Gayler 女史である。

#### 1) 英国

NPL の Gayler 女史は、1921年、Al-Mg-Si 系の状態図に関する研究から、この系の時効硬化に  $Mg_2Si$  が関与していることを明らかにした<sup>(7)</sup>。1922年には、Al-CuAl<sub>2</sub>-Mg<sub>2</sub>Si の準三元系合金の状態図を明らかにし、ジュラルミンの硬化には CuAl<sub>2</sub> と Mg<sub>2</sub>Si の両方の析出硬化が寄与すると考えた<sup>(8)</sup>。さらに1923年には Al-Cu-Mg 系三元合金状態図を研究し、アルミニウム固溶体と平衡するのは CuAl<sub>2</sub>, Al<sub>6</sub>Mg<sub>4</sub>Cu, Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub>であることを報告した<sup>(9)</sup>。実験に供した材料には不純物としてケイ素0.19%、鉄0.19%を含んでいたため、この合金系においても時効硬化には微量に含まれている Mg<sub>2</sub>Si も関与していると考えた。

#### 2) 米国

米国政府も合金の研究開発を支援するために、1913年、米国標準局は P.D. Merica を長とする非鉄金属研究班を組織し冶金専門家を投入した<sup>(3)</sup>。彼は1919年米国鉱山冶金学会(AIME)の講演会でジュラルミンに関する報告を行い、1921年AIMEの会誌にも掲載された<sup>(10)(11)</sup>。Merica らは、Cu 3.74%, Mg 1.08%, Fe 0.52%, Si 0.3%を含む合金で515°Cから焼入れして125°Cで14日間時効すると引張強さ 440 MPa、伸び11%を得ている。この合金はその後開発された超ジュラルミンに近く、すでにジュラルミンを超える材料が示唆されていた。

Alcoa は17S について、ドイツからの過大なロイヤリティ支払いの要求や過大な法廷費の支払いを嫌い、代替合金の開発を研究者に要求した<sup>(6)</sup>。しかし当時 Alcoa は地金の生産工程に研究開発の力点を置いていたため、材料開発のための実験設備がなく実験できるスタッフもいなかった。1919年 Alcoa はアルミニウムの新しい市場を開拓することを目指して体系的な研究計画を進める中央研究所を設立することになり、1920年その当時アメリカでは最高級の非鉄金属の技術者を抱えた Aluminum Casting Company の Lynite Laboratory を手に入れた。この Lynite Laboratory の所長が Zay Jeffries であった。現在では終了しているが、日本では日本金属学会のジェフリース賞でその名前はよく知られている<sup>(1)</sup>。ジュラルミンに関する最初の成果は、Lynite から移籍してきた Archer と Jeffries の1925年の研究である<sup>(12)</sup>。彼らは、ジュラルミンにケイ素を0.5%以上添加して、高温時効でジュラルミンより高い強度が得られることを報告した。京都大学西村秀雄教授(1892-1978)によれば、超ジュラルミン(Super Duralumin)という名称は、1927年米国の機械学会(ASME)のクリーブランドの講演会で、Jeffries が引張強さ 370-430 MPa の強力なアルミニウム合金を超ジュラルミンという名称で発表したのが最初と言われている<sup>(13)</sup>。1928年、Alcoa はケイ素を積極的に添加した14S(Cu 4.4%, Mg 0.4%, Si 0.9%, Mn 0.8%)を開発した。この合金は17S と異なり焼入れ後高温時効で強度が増加する合金で、引張強さ 485 MPa、耐力 415 MPa が得られた。しかし伸びが13%と低

い<sup>(14)</sup><sup>(15)</sup>ために曲げ加工性などが劣るのが問題であった。当時ケイ素を多く含有した超ジュラルミンを含ケイ素超ジュラルミンと称した<sup>(2)</sup>。

1931年、14S に対し24S(Cu 4.5%, Mg 1.5%, Mn 0.6%)が Alcoa によって開発された。ジュラルミンの Mg 量0.5%を1.5%に増加させたもので、含ケイ素超ジュラルミンが強度を上げるために高温時効を必要とするのに対し、24S は室温時効だけでジュラルミンを越える強度に達する。これを24S 型超ジュラルミンと称したが<sup>(2)</sup>、現在では超ジュラルミンという24S を指すことが多い。

24S-T3 は代表値で引張強さ 485 MPa、耐力 345 MPa、伸び 18% で、17S-T4 は引張強さ 430 MPa、耐力 280 MPa、伸び22%で、17S に比べ耐力が23%高い<sup>(16)</sup><sup>(17)</sup>。焼入れ後室温時効だけの T4 調質に比べ、T3 調質では圧延材や押出材を焼入れ後平坦あるいは真っ直ぐに矯正する、あるいは残留応力を最小限にするために1.5~3%の冷間加工をする、この冷間加工で強度も増加する。この合金は強度が高く、伸びも優れているためすぐに17S-T4 に取って代わった。そしてそのクラッド材 Alclad 24S-T3 は旅客機の胴体の材料としていまなお使われているが、その最初の飛行機が DC-3 である<sup>(14)</sup>。

### 3) ドイツ

ドイツの Dürener Metallwerke の主任技術者であった K.L. Meissner も1930年、英国の金属学会で講演発表し、論文名“The Artificial Ageing of Duralumin and Super-Duralmin”, “The Effect of Artificial Ageing upon the Resistance of Super-Duralumin to Corrosion by Sea-Water”として英国金属学会誌に投稿している<sup>(18)</sup><sup>(19)</sup>。論文で Super-Duralumin が出てくるのはこれが最初である<sup>(20)</sup>。Meissner の超ジュラルミンは Cu 4%, Mg 0.5%, Si 0.8%, Mn 0.5%, Al 残分という合金で、14S と同様ジュラルミンと比較してケイ素が多い。この合金の板材の焼入れ焼戻し後の引張強さは490 MPa 近くなる。Meissner は NPL の Gayler らの影響を受けて CuAl<sub>2</sub> と Mg<sub>2</sub>Si の析出を組み合わせると時効硬化すると考えてこの成分を選んだと考えられる。こうした基礎研究をもとに、Dürener Metallwerke は超ジュラルミン681ZB(Al-4.2%Cu-0.9%Mg-0.6%Mn-0.5%Si)とその強度を10%向上させた DM31(Al-4.2%Cu-1.2%Mg-1.2%Mn-0.5%Si)と称する超ジュラルミン合金を開発した<sup>(21)</sup><sup>(22)</sup>。ドイツではさらに Al-Zn-Mg 系の Constructal 8 (Al-7%Zn-2.5%Mg-1%Mn-0.2%Si)が開発された<sup>(2)</sup>。その引張性質は、引張強さ 590 MPa、伸び 9~10%であるが、応力腐食割れが問題で実用化に至らなかったと言われている<sup>(23)</sup><sup>(24)</sup>。しかしながら、この合金開発はその後の日本の超ジュラルミンの開発に繋がった<sup>(1)</sup>。

## (2) 日本における超ジュラルミン開発

### 1) 含ケイ素超ジュラルミンの研究

1929年頃、住友伸銅所のジュラルミンの引張強さは42~45 kg/mm<sup>2</sup> (410~440 MPa)程度であった<sup>(1)</sup>。1931、32年

頃になると飛行機の性能向上につれて、材料の比強度の向上が要求され、住友も超ジュラルミンの研究開発を始めた。当初は Al-Mg-Zn 系合金や含ケイ素超ジュラルミンの研究開発を行っていた。住友の田邊友次郎博士(1895-1957)は1933年8月から1934年4月にかけて、欧米に出張し航空機用アルミニウム合金などを調査した。この背景としては、各国で航空機用の超ジュラルミンやピストン用合金の開発がしのぎを削っていたことによる。報告書ではドイツに於ける軽合金については、「引張強さ 45 kg/mm<sup>2</sup>(440 MPa)以上、出来得べくんば 50 kg/mm<sup>2</sup>(490 MPa)以上のものを得んとする即ち超ジュラルミンの研究が盛んである。超ジュラルミンとして、Dürener Metallwerke の681ZB とその強度10%向上させた DM31が開発されている」と述べている。また米国に於ける軽合金では、Alcoa の開発に係わるもので、「現今最も注目すべきは24ST(注、T4 調質)および24SRT(注、T3 調質)である。その組成は Al-4.2%Cu-1.5%Mg-0.6%Mn で、これらのクラッド材もある」と述べている<sup>(21)</sup><sup>(22)</sup>。

1933年頃には米国の24S 合金の情報が日本に入ってくると、住友は海軍航空本部からの「御注意」もあり、9月に Alcoa 製の24SRT 材を注文して、12月には入手しすぐに性能調査を行っている。12月の住友の社内研究報告書「米国製“24SRT”板 試験成績(第1報)」では、成分に関して、Al-3.98%Cu-1.59%Mg-0.46%Mn-0.16%Si-0.22%Fe で、「注意すべき点は、普通のジュラルミンに比し、(1) Mg の量の非常に大なること、(2) Si の量の小なること、(3) Fe の量の小なること、(4) 各板の成分よく一致せること、等で、Mg は焼入状態における引張強さ、降伏点を増し、伸びをも増加する性質を有する点より特にその量を増加したるもの…」と記している。24SRT 材は従来の超ジュラルミンよりも、Mg 量が多く、Si 量の少ないことが特徴であった。入手した材料は引張強さ 48 kg/mm<sup>2</sup> (470 MPa)、耐力 40 kg/mm<sup>2</sup> (390 MPa)、伸び16%である。

Alcoa 製の24S を調査したにもかかわらず、1934年当時の住友の社内報告書を見る限り、住友では焼入れ焼戻しする含ケイ素超ジュラルミンが研究開発の対象であり、超ジュラルミンとして SD(Al-4.2%Cu-0.75%Mg-0.7%Mn-0.7%Si)を、またSA1(Al-1.2%Mn-0.8%Cu)を被覆した合わせ板を SDC と称して、これらの合金を社内で制定したばかりであった。1934年8月31日海軍航空廠にて、SDC 研究会が開催されているが、ここでの議論も前述の含ケイ素超ジュラルミンで、45 kg/mm<sup>2</sup> (440 MPa)級ジュラルミン板材 SDC の特性評価と各種形状での強度試験結果についてであった。1935年2月の社内研究報告書でも、海軍と陸軍での SD、SDC 規格制定の動向が書かれていた。

### 2) 24S への転換

しかしながら、1935年5月頃からの社内研究報告書を見ると、T3 および T3C 合金(注：T3、T3C は住友の合金名)の試験結果が報告されるようになる。「従来、SD 及 SDC 板二代ワッテ、コノ数ヶ月以前カラ、新配合ノ T3(従来、SD ヨリ Mg 多シ)並ニ之ノ中味トスル T3C 板ノ製造ガ開始セ

ラレタ」とある。T3 押出材の成分は Al-4.14%Cu-1.36% Mg-0.68%Mn-0.14%Si-0.28%Fe で、まさに 24S 合金である。この頃から、住友は超ジュラルミンに関して大きく舵を切ることとなる。

含ケイ素超ジュラルミンから 24S に転換した背景には、焼戻しが必要とのことでコストが高くなること、含ケイ素超ジュラルミンが T6 で使用するために、24S-T3 に比べて伸びが小さく加工性が劣ること、粒界腐食性が劣るといった性能面での問題があった。さらにこの切り替えができた背景に、満州の礬土頁岩や朝鮮半島の明礬石から製錬した国産アルミニウム地金には不純物が多く、1935年、台湾の高雄にアルミナ、電解工場が設立され、オランダ領ビンタン島からの不純物の少ないボーキサイトが入手できるようになったことがある<sup>(1) (25) (26)</sup>。

#### 4. 24S 開発の壁

Alcoa が 24S の開発に時間を要したのには、いくつかの理由が考えられる。第一には、材料の研究開発体制確立の遅れである。第二には、時効硬化を担っているものは何かという理論的な解明が遅れたことである。当初は英国の Gayler 女史の考え方かなり影響を受けたと考えられ、14S の開発が先行した。第三には、この開発が遅れた最大の要因は地金の高純度化技術である。これが理論的な解明を遅らせた要因でもある。逆にこの高純度化技術で世界に先駆けて開発に成功したことが、Alcoa の 24S 開発成功に繋がっている。第四には、圧延、押出、鍛造といった加工技術の問題がある。

##### (1) Al-Cu-Mg 合金の時効硬化理論

ジュラルミンの時効硬化に関しては、1922年に NPL の Gayler 女史が Al-CuAl<sub>2</sub>-Mg<sub>2</sub>Si の準三元系合金の状態図を明らかにし、ジュラルミンの硬化には CuAl<sub>2</sub> と Mg<sub>2</sub>Si の両方の析出硬化が寄与すると考えたことから始まる<sup>(8)</sup>。その結果としてケイ素を増やした 14S などケイ素を多く含む合金が開発された。時効硬化の研究に関しては日本の研究者も多く関与しているが<sup>(2)</sup>、ここでは超ジュラルミンの研究開発に関して、主として住友の田邊友次郎博士と超々ジュラルミンの発明者五十嵐勇博士、京都大学の西村教授の研究を紹介する。奇しくも、五十嵐博士と西村教授は同年(1892年)の生まれである。田邊博士は、年齢は五十嵐博士より若い、五十嵐博士の入社年度が遅かったため業務上は上司であった。

まず、田邊博士の 1935 年住友伸銅鋼管・研究報告に発表した「ジュラルミン時効硬化の一考察」から見てみよう<sup>(27)</sup>。その研究目的では「ジュラルミンの時効硬化が主として Mg<sub>2</sub>Si に帰せらるべきは、よし其機構に異論はあっても一般に認められてゐる。然るに Archer によれば、時効硬化は主として Mg に依ると。Archer の研究は“The hardening of metals by dispersed constituents precipitated from solid solution”なる論文<sup>(28)</sup>の一部を形づくりに過ぎず、且つ上記の如く不十分なるため爾来余り注目を引かず、之を確なる労作の

発表を見ない。依って筆者は之を確むるため下記の実験を行った」とある。Archer の発表は 1926 年であった。田邊博士の実験は、24S の開発が発表される 2 年前の 1929 年 4 月に行われた。この時使用した地金はアジア・アルミから入手した 99.93% のインゴットである。铸造後の鉄量は 0.05%、ケイ素は 0.03% で、Mg<sub>2</sub>Si 量に換算して 0.09% であった。2 mm 板に圧延後 510°C で 1 時間加熱後水焼入れして、室温での時効硬化を調べた。その結果「Si を含むこと極めて少き合金でも普通ジュラルミンと同様に時効硬化する。而して最終強度は Mg の大なる程大なる」ことが明らかとなった。この結果をまとめて、「ジュラルミンの時効硬化は Mg<sub>2</sub>Si に依るにあらずして、Mg 及 Cu 恐らくは MgCu<sub>2</sub> の如き化合物に依るのではなからうか？ 兎まれ Al-Cu-Mg 或は Al-Cu-Mg<sub>2</sub>Si 等の状態図の改変を要するものと信ぜられる」と。残念なことに田邊博士の研究はここで中断している。ここで中断した理由は不明だが、方向転換するだけの理論的な確信が持てなかったためか、欧米のように含ケイ素超ジュラルミンでの成果をすぐに求められたためかが考えられる。

五十嵐博士は、1937 年、住友金属工業・研究報告に「超ジュラルミン“SD”及超ジュラルクラッド“SDC”に就て」を報告している<sup>(29)</sup>。社内の研究報告書を見ると、研究自体は 1935 年頃行われている。丁度、住友が超ジュラルミンとして 24S に舵を切った頃である。五十嵐博士らは 99.8% 地金を使用し、Mn 量は 0.6% と固定して、Cu 量、2.4~5%、Mg 量を 0.5~3.8% と変化させ、505~515°C から水焼入れ後 7 日間時効したときの強度マップを図 1 に示す<sup>(20) (29) (30)</sup>。この図から、Cu、4.1~4.7%、Mg、1.29~1.8% で引張強さ 50 kg/mm<sup>2</sup> (490 MPa) が得られることがわかる。Alcoa の開発した 24S の成分組成が最適であること示している。こうした基本的な実験結果がジュラルミンの出現以降なぜなかったのかと不思議に思われる。Alcoa の 24S 開発にいたるまでの公表された研究データは少ないので、この組成が選択された経緯はわからないが、Alcoa でも同様な結果が開発前に得られ

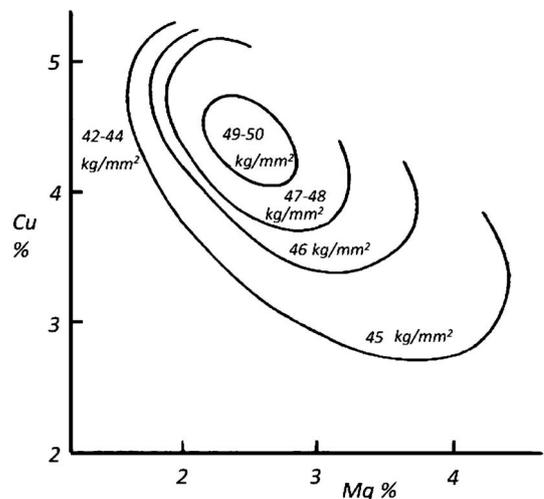


図 1 ジュラルミン系合金の引張強さに及ぼす銅、マグネシウム添加量の影響<sup>(20) (29) (30)</sup>。

ていると推察される。図2は公表された Alcoa のデータの一例で、高純度アルミニウムを用いた Al-Cu-Mg 合金の室温時効硬化特性に及ぼす Mg 量の影響を示す<sup>(15)(31)</sup>。Mg 量が多くなるほど室温時効硬化が速く、強度が高くなることがわかる。

京都大学の西村秀雄教授も、1925年頃、銅やマグネシウムを含んだ合金を調べようとして、状態図の研究を始めたが、その頃まだ日本にマグネシウムはできておらず純粋なものが手に入るのが困難な状況で研究は中断したことを述べている<sup>(23)</sup>。この当時「ジュラルミンの時効の原因は、 $Al_2Cu$  と  $Mg_2Si$  という化合物の析出に関係したものと考えられていた。硬化の機構はとにかく、この化合物がアルミニウムに固溶していたものが時効によって析出する過程に硬化が生じる、と信じられていた。しかし、実際  $Al_2Cu$  のみを含むアルミニウム銅合金も、 $Mg_2Si$  のみを含むアルミニウム合金も、どれも焼入れして常温では時効をあまりしない。これが両方の化合物を含んだ時に、どうして常温で硬化が著しいのか不思議でならなかった。アルミニウム、マグネシウム、銅の三元系合金になると、どうしてジュラルミンのように常温時効が進むのか、この疑問に答えるような研究はなかった」ので、1934年頃、状態図の研究を再開した<sup>(32)</sup>。西村教授は、「ジュラルミンははじめ Al-CuAl<sub>2</sub>-Mg<sub>2</sub>Si の準三元系として取り扱われたが、筆者はこれを Al-Cu-Mg 系として扱うことが合理的であると考えて、Al 側の Al-Cu-Mg 系合金の状態図を研究した。その結果 Al と平衡すべき三元化合物に S と名称を与え、その固溶度が24Sの時効の原因をなすことを提唱した」と述べている<sup>(33)</sup>。図3は西村教授の研究によってできた Al-Cu-Mg 系三元状態図である。この S 相の組成比は、CuAl と Mg<sub>4</sub>Al<sub>3</sub> を結ぶ線上の化合物(7CuAl, 2Mg<sub>4</sub>Al<sub>3</sub>) が最も近い組織と考え Al<sub>13</sub>Cu<sub>7</sub>Mg<sub>8</sub> とした<sup>(34)(35)</sup>。その後、英国の Raynor らは西村教授の提案した S 化合物を CuAl<sub>2</sub> と Mg を結ぶ直線上の化合物になるとして Al<sub>2</sub>CuMg とした<sup>(33)</sup>。この相の組成は、教授の分析値とはほぼ一致する。S 相を考え Al-Cu-Mg 系合金の時効析出現象を解明したこ

とは西村教授の大きな業績である<sup>(2)(36)</sup>。なお、ケイ素を増やして高温時効で高い強度が得られるのは、(Al) + CuAl<sub>2</sub> + S の共存範囲の合金のものが (Al) + CuAl<sub>2</sub> + S + Mg<sub>2</sub>Si の区域の合金となり、次には (Al) + CuAl<sub>2</sub> + Mg<sub>2</sub>Si から進んで (Al) + CuAl<sub>2</sub> + Mg<sub>2</sub>Si + Si の区域の合金になる」からであると述べている<sup>(37)</sup>。(Al)はAlの固溶体を示す。惜しむらくは、五十嵐博士、西村教授の研究は Alcoa の24Sが発表された後のことである。

## (2) 不純物量と機械的性質

### 1) ジュラルミンの不純物

Teed の Duralumin and Its Heat-Treatment に掲載されているジュラルミンの分析値は Al: 93.94%, Cu: 4.20%, Mg: 0.56%, Mn: 0.69%, Fe: 0.40%, Si: 0.21% である。英国のジュラルミンの成分規格では Cu: 3.5-4.5%, Mg: 0.4-0.7%, Mn: 0.4-0.7%, Fe: 0.7%以下, Si: 0.7%以下, Ti: 0.3%以下, Al: 残である<sup>(38)</sup>。日本の陸海軍航空材料規格では、高力ア

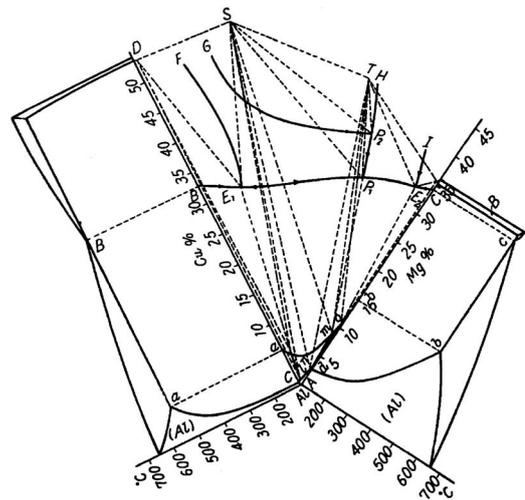


図3 Al-Cu-Mg 系三元状態図<sup>(20)(34)</sup>。

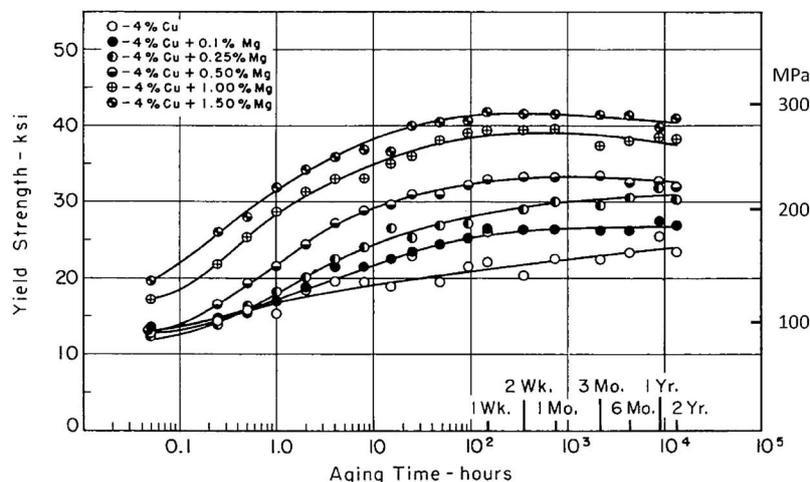


図2 高純度 Al-4%Cu-Mg 合金の室温時効硬化(耐力)に及ぼすマグネシウム量の影響<sup>(15)(31)</sup>。

表1 Al-Cu-Mg合金の室温時効および高温時効後の引張特性に及ぼすケイ素の影響<sup>(40)</sup>.

合金	成分 (mass%)					引張強さ (MPa)			増加率 (%)		参 照
	Cu	Mg	Mn	Si	Fe	焼入れ直後	室温時効後	150°C-48 h	室温時効後	150°C-48 h	
1	3.55	0.48	—	0.02	0.03	248	366	—	47.4	—	Archer <sup>(28)</sup>
2	4.51	0.51	—	0.04	0.04	270	385	392	42.4	44.9	Schmid & Wassermann <sup>(41)</sup>
3	4.07	0.53	—	0.31	0.08	270	396	451	46.9	67.3	
4	4.2	0.5	—	0.01	0.02	257	375	—	46.2	—	Meissner <sup>(42)</sup>
5	4.2	0.5	—	0.30	0.02	263	375	—	42.9	—	
6	4.2	0.5	0.6	0.01	0.02	319	426	—	33.8	—	
7	4.2	0.5	0.6	0.30	0.02	322	439	—	36.2	—	

ルミニウム合金第一種(ジュラルミン相当)の成分は Cu: 3.3-4.2%, Mg: 0.3-0.7%, Mn: 0.3-0.7%, Fe: 0.6%以下, Si: 0.5%以下である<sup>(39)</sup>. 何れにしても不純物の許容量が大きいことがわかる. ジュラルミンの不純物量はアルミニウムやマグネシウムの地金の不純物量に依存する.

## 2) ケイ素の影響

ソ連の Petrov は1938年の論文の緒言でジュラルミンの時効硬化について, 「英国の研究者はマグネシウムについてケイ素と結びついて  $Mg_2Si$  を形成し,  $CuAl_2$  と一緒になって室温での時効硬化に直接寄与していると確信していた. この考え方は他の研究者によっても語られ, この考え方と異なる幾つかの事実があるにもかかわらず, 当時一般に受け入れられた. 異なる見解として, 1926年 Alcoa の Archer は Al-Cu/Mg 合金の(室温)時効硬化はケイ素の添加で増加するものではなく, ジュラルミンの時効硬化には  $Mg_2Si$  の存在が必ずしも必要ないと結論付けた. 一方, 高温時効については, ケイ素は時効硬化に寄与していることは明確である. ケイ素がないと室温時効も高温時効も同じ結果となる」と述べた<sup>(40)</sup>. 表1は時効強度に及ぼす不純物の影響をまとめたものである<sup>(28)(40)-(42)</sup>. Mn が添加されない場合, ケイ素の有無にかかわらず, 室温時効での強度増加率は42~47%である. 高温時効での強度は, ケイ素がないと室温時効とほぼ同じであるが, ケイ素が0.3%含まれると高温時効での強度増加率は67%になる.

## 3) 鉄の影響

田邊博士のもとで超ジュラルミンを研究していた中田氏は「時局の進展と共に資源の節約が益重要な問題となってくる」として超ジュラルミン(24S)に対する鉄の影響を検討した<sup>(43)</sup>. 99.8%のアルミニウム地金を用いて鉄量を0.2~1.2%, 0.2%ごとに変化させた铸塊を圧延により1mm板にして, 475~505°Cで1時間加熱し室温時効させた材料の引張強さと伸びを図4に示す. 鉄が増えることで引張強さも伸びも低下することがわかる. 鉄が増加することで Al-Cu-Fe 系の晶出物や析出物が増加して, 銅の濃度低下の原因となる. これらの化合物は溶体化処理では分解せずに残存し伸びの低下の原因ともなっている.

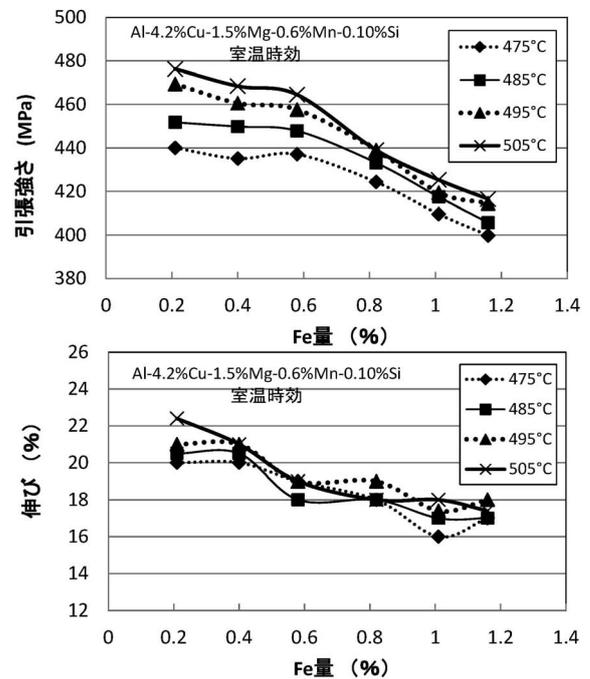


図4 Al-4.2%Cu-1.5%Mg-0.6%Mn-0.10%Si合金の室温時効後の引張強度と伸びに及ぼす鉄量と焼入れ温度の影響<sup>(43)</sup>.

## (3) 地金の高純度化技術

### 1) 地金の不純物

アルミニウム地金の純度は製錬の方法に依存する. 世界で初めてアルミニウムの量産を行ったフランスの Sainte-Claire Deville (ドヴィーユ) はナトリウムによる還元法でアルミニウムを製造したが, その純度は97%程度であった<sup>(44)</sup>. ホール・エルー法による電解製錬が開発されても純度が99.7%以上のものができなかった(現在では99.85%が一般的). 不純物の多くは電解浴やアルミナ, 陽極カーボンに起因している. C. Gard の Aluminium and Its Alloys によれば, 1921年当時のフランスの地金規格では Grade I : 99.5%, 鉄とケイ素のトータルは0.5%以下 Crade II : 99.0%, 鉄とケイ素のトータルは1.0%以下

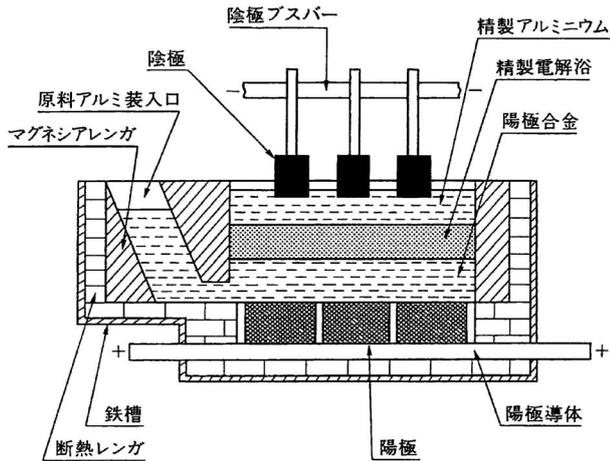


図5 三層電解精製炉の構造<sup>(46)</sup>.

Grade III : 98-99%, 鉄とケイ素のトータルは2%以下  
不純物としては(a) Fe, Si, (b) Carbides, sulphides, Cu, Zn, Sn, Na, N, B, Ti, (c) Alumina であるが, Alumina は分析すると Al と一緒になってしまうことが問題であった<sup>(45)</sup>. 米国, 英国, ドイツ各国の規格も不純物量の規定は若干異なるがほぼ似ている.

## 2) 精製技術の進歩

熔融塩を用いた最初の高純化プロセスは1900年 Alcoa の電気技師であった W. Hoops によってなされた<sup>(44)</sup>. Hoops の提案は, 三層になった液体の精製槽を用いるもので, 溶けたアルミニウムを陰極としてこれより重い電解浴の上に浮かせ, その電解浴の下により重い溶けた合金を陽極として配置するものであった. 1919年頃, Hoops は Alcoa の研究陣と一緒に工業的生産法を完成させた. 図5は三層電解精製炉を示す<sup>(46)</sup>. 電解浴は氷晶石, アルミニウムフッ化物, バリウムフッ化物, ナトリウムフッ化物, アルミナで構成されている. 1000°Cで純アルミニウムが電解浴に浮くためには80%の氷晶石に20%のバリウムフッ化物が必要である. こうして得られる平均の純度は99.8%以上である. 実際, 多くのメタルは99.90%であり, その幾つかは99.99%の純度のものが得られた. W. Hoops は1924年1月亡くなった. Hoops の出願した多くの特許は1925年登録されている<sup>(44)</sup>. この頃, 高純度地金が工業的に利用できる段階になってジュラルミン17Sの機械的特性及ばす不純物の影響が明らかになったと考えられる. 前述の田邊博士や Petrov が引用した Archer の論文はこのような経緯から発表されたものと思われる.

## 5. おわりに

24S (2024) は今なお航空機に広範囲に利用されている合金である. 現在でもその不純物量を少なくした合金が使用されているだけで, 2024系合金でそれ以上の強度を有する合金はできていない. ジュラルミンが発明されて, そのマグネ

シウムを1%増やした合金をすぐに開発できなかった大きな理由は, 99.8%以上の高純度地金がなかったためと考えられる. Alcoa は高純度化技術を世界に先駆けていち早く完成させ, 24Sの開発に繋げた. さらに17Sや14Sの生産から24Sへの生産は, マグネシウムを1%増加させたただだが, 製造がより困難になる. この合金を製造するには, 溶解, 鋳造, 圧延技術の進歩がかかせなかったと, Alcoa の J.A. Nock, Jr. は述べている<sup>(47)</sup>. 24Sは地金の製錬・精製技術と板製品の圧延加工技術を併せ持った Alcoa の強みが発揮された合金である. 残念ながら日本にはここまでの技術がなかった. 田邊博士は1935年7月31日付けの社内研究報告書「所謂「超ジュラルミン」ヲ載ル」で自戒を込めて, 「米国の24Sは99.8%のような高純度地金が相当自由に使える国柄で発達したものである. 99.8%地金の輸入が途絶えた暁はどうするか, 深く思わざるべからず.」しかし「将来, 高級超ジュラルミンは Si フリー, Fe フリーの字義通り, Al-Cu-Mg 合金によって支配さるべきは確信にて疑わざる処.」と述べている. この直後に, Alcoa の超ジュラルミンに対抗すべく, 住友の五十嵐勇博士による超々ジュラルミンの研究開発開始の意思を示した8月10日付けの社内研究報告書「強力軽合金の探求(No. 1)」ができて新たな挑戦が始まった.

本稿を執筆するにあたり, 株式会社 UACJ R & D センターの書庫に保管されている戦前からの研究報告書並びに各国の金属学会関係の雑誌, 書籍を参考にさせていただきました. 取締役兼専務執行役員 洪江和久 R & D センター所長はじめ関係者のご厚意に厚くお礼申し上げます.

## 文 献

- (1) 吉田英雄: 軽金属, **65**(2015), 508-516, 590-598, 627-637, **66**(2016), 26-38, 97-106, 136-149.
- (2) 幸田成康: 時効硬化研究の歩み, 合金の析出, 幸田成康監修, (1972), 丸善, 1-53, 金属学への招待, アグネ技術センター, (1998), 95-143.
- (3) O. H. Duparc: Alfred Wilm and the beginnings of Duralumin, *Z. Metallkde*, **96**(2005), 398-404.
- (4) H. Y. Hunsicker: History of Precipitation Hardening, The Sorby Centennial Symposium on the History of Metallurgy, ed. by C. S. Smith, Gordon and Breach Science Publishers, (1963), 271.
- (5) M. B. W. Graham and B. H. Pruitt: R&D for Industry, A Century of Technical Innovation at Alcoa, Cambridge, (1990).
- (6) 清水 啓: アルミニウム外史(上巻), 戦争とアルミニウム, カロス出版, (2002).
- (7) D. Hansen and Marie L. V. Gayler: *J. Inst. Metals*, **26**(1921), 321-359.
- (8) Marie L. V. Gayler: *J. Inst. Metals*, **28**(1922), 213-252.
- (9) Marie L. V. Gayler: *J. Inst. Metals*, **29**(1923), 507-528.
- (10) P. D. Merica, R. G. Watenberg and J. R. Freeman: *Trans. of AIME*, **64**(1921), 3-25.
- (11) P. D. Merica, R. G. Watenberg and H. Scott: *Trans. of AIME*, **64**(1921), 41-79.
- (12) R. S. Archer and Z. Jeffries: *Trans. of AIME*, **71**(1925), 828-863.
- (13) 西村秀雄: 随筆・軽合金史(第20回), 軽金属時代, No. 191 (1950), 2-4.



# 遷移金属酸化物における相分離を利用した チェッカーボード型ナノ組織の作製とその特徴

堀 部 陽 一\* 森 茂 生\*\*

## 1. はじめに

近年のナノサイエンス・ナノテクノロジーの発展に伴い、ナノメートルスケールの自己組織化材料の研究が精力的に行われている。これらのナノ自己組織化材料には、一般にコロイド沈殿法やブロック共重合体などの各種有機物における自己組織化、金属の陽極酸化等の湿式化学的手法が用いられる<sup>(1)-(3)</sup>。一方、無機物におけるナノ自己組織化については、Al-Ni-Co 合金や Co-Pt 等の強磁性合金<sup>(4)(5)</sup>や、パルスレーザ蒸着法を用いて作製された BaTiO<sub>3</sub>-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 強誘電-強磁性薄膜<sup>(6)</sup>においてその存在が報告されているものの、ナノ構造単位の大きさ(通常 40~60 nm 以上)および秩序度(無秩序化傾向)において満足のいく材料を得るのは一般的に困難である。しかしながら従来の研究から、ナノメートルスケールでの相分離を利用することにより、ZnMnGaO<sub>4</sub> や Mg(Mn, Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, (Co, Mn, Fe)<sub>3</sub>O<sub>4</sub> などの Mn イオンを含むスピネル型酸化物において、数 nm × 数 nm × 数十~数百 nm 程度のナノロッドから構成されるチェッカーボード(checkerboard)型ナノ組織を作製出来ることを見出されている<sup>(7)-(9)</sup>。

スピネル型酸化物 AB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> の結晶構造を、図 1 に示す。スピネル型構造は立方晶空間群 *Fd3m* を伴う基本構造を有し、A および B イオンがそれぞれ四面体サイト(8a 位置)および八面体サイト(16d 位置)を占位する。したがって B イオンおよび周辺の酸素イオンは、B イオンを中心とした酸素八面体を構成している(図 1 中破線部)。このため B イオンが Mn<sup>3+</sup> や Cu<sup>2+</sup> といった遷移金属イオンの場合、系全体のエ

ネルギーの利得のために、低対称構造が安定化する。この現象は Jahn-Teller(JT)現象と呼ばれており、この JT 現象により導入される局所歪(Jahn-Teller 歪: JT 歪)は、JT イオン濃度の変調を伴う化学的相分離の駆動力となり得ることが報告されている<sup>(10)(11)</sup>。実際、Mn 系スピネル型酸化物におけるチェッカーボード型ナノ組織は、本系に存在する Mn<sup>3+</sup> イオンに起因した JT 歪による化学的相分離と密接に関係することが指摘されている<sup>(7)</sup>。すなわち、Mn 系スピネル型酸化物におけるチェッカーボード型ナノ組織は、本系における JT 現象に関係して、試料中における局所的歪場や Mn<sup>3+</sup> 濃

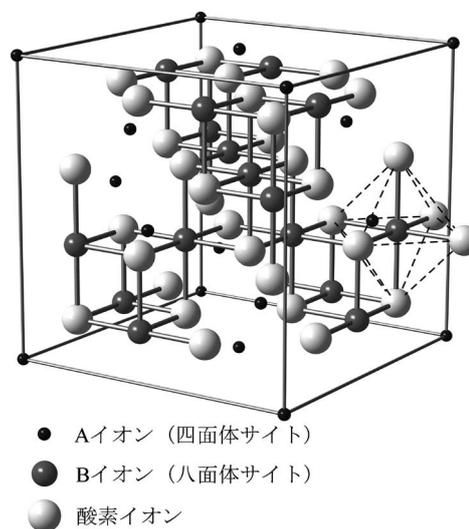


図 1 スピネル型構造の模式図。点線は、BO<sub>6</sub> 酸素八面体を示す。

\* 九州工業大学大学院工学研究院; 准教授(〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1)

\*\* 大阪府立大学大学院工学系研究科; 教授

Fabrications and Characterizations of Checkerboard-type Nano-structure Utilized by Phase Separation in Transition Metal Oxides; Yoichi Horibe\*, Shigeo Mori\*\*(\*Department of Materials Science, Kyushu Institute of Technology, Kita-kyushu. \*\*Department of Materials Science, Osaka Prefecture University, Sakai)

Keywords: *transmission electron microscopy, checkerboard-type nano-structure, domain structure, local structure, Jahn-Teller effect, transition metal oxides*

2018年 3月30日受理[doi:10.2320/materia.57.271]

度等に強く依存することが示唆される．そこで我々はこれまで，Mn系スピネル型酸化物において，様々な条件下でチェッカーボード型ナノ組織の作製を試み，その特徴について研究を行ってきた<sup>(7)(8)(12)–(14)</sup>．本稿では，主に  $\text{ZnMnGaO}_4$  において得られた研究成果について紹介する．本物質中では， $\text{Mn}^{3+}$  イオンが八面体サイトに配位する結果，JT 活性となっており， $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  は室温において JT 歪を伴う正方晶構造(空間群： $I4_1/amd$ )を有する<sup>(15)</sup>．一方， $\text{ZnGa}_2\text{O}_4$  は室温において立方晶構造(空間群： $Fd\bar{3}m$ )を示すことが報告されている<sup>(16)</sup>．

## 2. 実験方法

$\text{ZnMnGaO}_4$  セラミックス試料は，空气中において通常の固相反応法を用いて作製された．具体的には  $\text{ZnO}$ ， $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ，および  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  原料粉を秤量・粉碎混合・ペレット化した後，2度の焼成を行い，その後様々な条件下でアニールを行った．また  $\text{ZnMnGaO}_4$  薄膜試料の作製は，パルスレーザー蒸着法を用いて行った．薄膜作製には(001)MgO基板を用い， $\text{ZnMnGaO}_4$  セラミックス試料をターゲットとして厚さ $\sim 800$  nm程度まで蒸着を行った後，基板ヒーターを用いて $570^\circ\text{C}$ にて数時間アニールを行った．構造評価は粉末X線回折装置を用いて行った．透過型電子顕微鏡用試料は，粉碎法，Arイオンミリング法，および集束イオンビーム法を用いて作製した．透過型電子顕微鏡(TEM)観察は，JEM-2000FX，JEM-2010(加速電圧： $200$  kV)，およびJEM-3000F(加速電圧： $300$  kV)を用いて行った．また電子回折図形の指数付けは，高対称構造である立方晶構造を基準に行っている．

## 3. $\text{ZnMnGaO}_4$ におけるチェッカーボード型ナノ組織

図2に， $\text{ZnMnGaO}_4$  セラミックス試料から得られた明視野像および電子回折図形を示す．電子入射方向は， $\langle 100 \rangle$ 方向にほぼ平行である．図2(a)中には， $[110]$ および $[\bar{1}\bar{1}0]$ 方向に沿って大きさ約 $4$  nm $\times 4$  nm程度のドメインが規則的に配列した，チェッカーボード型ナノ組織が観察される．この領域から撮影された電子回折図形(図2(b))中の矢印で示す800逆格子位置近傍などにおいて，それぞれ $\alpha$ ， $\beta$ ， $\gamma$ ，および $\delta$ で表される4つに分裂した回折斑点が観察される．この分裂を注意深く観察すると，これらの回折斑点は，800位置から $[100]$ および $[\bar{1}00]$ 方向への大きさの異なる分裂( $\alpha$ および $\delta$ )と， $[010]$ および $[0\bar{1}0]$ 方向への分裂( $\beta$ および $\gamma$ )を伴うことが分かる．一般的に双晶による回折斑点の分裂は，双晶界面に対して垂直な方向に観察されることから，本系における4つに分裂した回折斑点の存在は，本系のドメイン配列を特徴付けるのものであると考えられる．これらの回折斑点の分裂の起源を明らかにするため， $\beta$ 斑点を用いて結像した暗視野像を図2(a)挿入図に示す．像中には規則的に配列した明るい四角状コントラストを持つドメインが観察される．

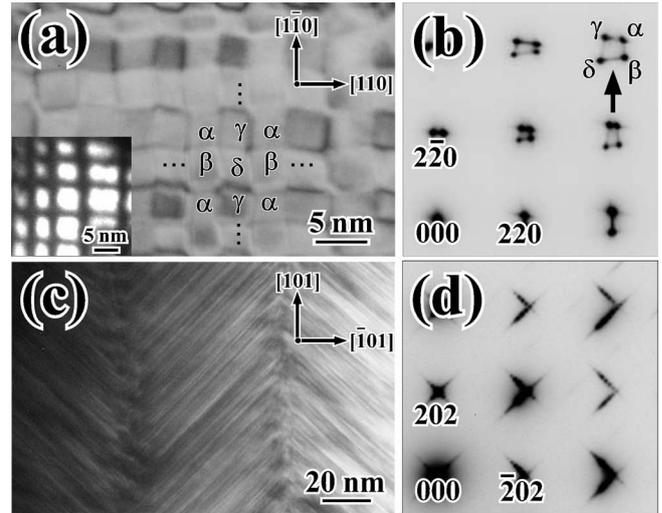


図2  $\text{ZnMnGaO}_4$ の室温におけるチェッカーボード型ナノ組織とヘリンボーン型ナノ組織．(a)および(b)： $[001]$ 方向から得られた明視野像および電子回折図形．(c)および(d)： $[010]$ 方向から得られた明視野像および電子回折図形．(a)の挿入図は，(b)の $\beta$ 回折斑点のみを用いて結像した暗視野像である．

またこれらのドメインは，互いに隣接していないことが分かる．異なる回折斑点を用いて結像した暗視野像の比較から，回折図形中の4つに分裂した回折斑点は，図2(a)中の $\alpha\sim\delta$ で示す4つの異なるドメインから得られることが明らかとなった．またエネルギー分散型X線分析の結果から，本系におけるチェッカーボード型ナノ組織において， $\alpha$ および $\delta$ ドメインはMn-richな正方晶ドメイン， $\beta$ および $\gamma$ ドメインはMn-poorな立方晶ドメインに対応することが見出された．ここで $\alpha$ および $\delta$ ドメインでは，正方晶構造の最も長い格子間隔の方向が $90^\circ$ 異なっており，また $\beta$ および $\gamma$ ドメインでは，立方晶構造の結晶軸が，基準となる方向から時計方向および反時計方向に約 $3^\circ$ 回転している．

一方，図2(c)は，異なる領域から得られたヘリンボーン(herringbone)型ナノ組織の明視野像である．像中には，互いに直交する $\langle 100 \rangle$ 方向に沿った2種類の縞状コントラストを持つヘリンボーン型ナノ組織の存在が見出される．1つの縞状コントラスト領域の長さは約 $70$  nmであり，また2種類の縞状コントラストの境界は $\langle 110 \rangle$ 方向に沿って存在している．ヘリンボーン型ナノ組織から得られた電子回折図形(図2(d))中には，各基本格子反射近傍に散漫ストリークおよび複数次の衛星反射が明瞭に観察される．これらのストリークおよび衛星反射は $[100]$ および $[001]$ 方向に沿って出現しており，縞状コントラストに垂直であることから，ヘリンボーン型ナノ組織に関与したドメインが極めて規則的に配列していることを示唆している．隣接する衛星斑点の間隔から見積もった周期は約 $6$  nmであり，チェッカーボード型ナノ組織を構成する1つのドメイン(約 $4$  nm $\times 4$  nm)の対角方向の長さとも良く一致している．実際，本系においてチェッカー

ボード型ナノ組織を $\langle 100 \rangle$ 軸周りに約 $90^\circ$ 傾斜させた場合、ヘリンボーン型ナノ組織に変化することが見出されており<sup>(7)</sup>、本系におけるナノ組織は四角柱形状を持つナノロッド状ドメイン(大きさ約 $\sim 4 \text{ nm} \times \sim 4 \text{ nm} \times \sim 70 \text{ nm}$ )の規則配列により構成され、その横断面像がチェッカーボード型ナノ組織、縦断面像がヘリンボーン型ナノ組織を示すことが分かる。

これらの結果から得られた、 $\text{ZnMnGaO}_4$ におけるドメイン配列の模式図を図3に示す。灰色および白色の領域は、それぞれ立方晶および正方晶ドメインに対応する。本系におけるナノドメイン構造は、図3(a)で示すように、立方晶および斜方晶構造を持つ、大きさ約 $\sim 4 \text{ nm} \times \sim 4 \text{ nm} \times \sim 70 \text{ nm}$ の4種類のナノロッドの規則配列により特徴付けられる。このドメイン構造における $[001]$ 方向に垂直な断面図を、図3(b)に示す。2種類の正方晶ナノロッドにおける正方晶歪の伸張および収縮方向は、互いに $90^\circ$ 異なっている。また2種類の立方晶ナノロッドにおける単位格子は、元々の基準位置から互いに反対方向に約 $3^\circ$ 回転している。その結果として、 $[001]$ 方向に垂直な断面ではチェッカーボード型ナノ組織が、 $[001]$ 方向に平行な断面ではヘリンボーン型ナノ組織が観察される。これらのナノロッドの規則配列は、図2(b)の電子回折図形中において観察される基本格子反射の特徴的な分裂を良く説明することが出来る。以上の結果から、

$\text{ZnMnGaO}_4$ におけるドメイン構造は、JT効果による化学的相分離の結果として現れる、大きさ約 $\sim 4 \text{ nm} \times \sim 4 \text{ nm} \times \sim 70 \text{ nm}$ の4種類のナノロッドの規則配列により特徴付けられることが明らかとなった。

#### 4. $\text{ZnMnGaO}_4$ におけるチェッカーボード型ナノ組織変化

Mn系スピネル型酸化物におけるチェッカーボード型ナノ組織は、アニール条件に大きな影響を受ける<sup>(9)(14)</sup>。図4(a)に、 $\text{ZnMnGaO}_4$ セラミックス試料を高温から急冷(Quench)、 $120^\circ\text{C/h}$ 、 $5^\circ\text{C/h}$ 、および $1^\circ\text{C/h}$ の冷却速度で室温まで徐冷した際に得られた311回折ピーク近傍のX線回折曲線をそれぞれ示す。Quench試料および $120^\circ\text{C/h}$ 冷却試料におけるX線回折曲線は、明瞭な基本格子ピークの分裂を示し、 $120^\circ\text{C/h}$ 冷却試料の方がより大きい正方晶歪を有することが分かる。一方、 $5^\circ\text{C/h}$ および $1^\circ\text{C/h}$ 冷却試料における回折曲線では、基本格子反射ピークの顕著な幅広がりが見られ、ピーク半値幅は $5^\circ\text{C/h}$ 冷却試料の方が $1^\circ\text{C/h}$ 冷却試料に比べて大きいことが分かる。ここで特徴的なのは、Quench試料および $120^\circ\text{C/h}$ 冷却試料における正方晶構造が、 $5^\circ\text{C/h}$ および $1^\circ\text{C/h}$ 冷却試料における正方晶構造に比べ、小さな正方晶歪を有することである。このため、Quench試料および $120^\circ\text{C/h}$ 冷却試料における正方晶構造を中間正方晶構造と呼ぶこととする。また回折ピーク位置から見積もった格子定数から、 $\text{ZnMnGaO}_4$ は $5^\circ\text{C/h}$ 冷却により立方晶 $\text{ZnMn}_{0.5}\text{Ga}_{1.5}\text{O}_4$ と正方晶 $\text{ZnMn}_{1.7}\text{Ga}_{0.3}\text{O}_4$ に相分離することが示唆される。このうちMn-poorな立方晶 $\text{ZnMn}_{0.5}\text{Ga}_{1.5}\text{O}_4$ が $\beta$ および $\gamma$ ドメインに、Mn-richな $\text{ZnMn}_{1.7}\text{Ga}_{0.3}\text{O}_4$ が $\alpha$ および $\delta$ ドメインに対応するものと考えられる。

Quench試料、 $120^\circ\text{C/h}$ 、および $5^\circ\text{C/h}$ 冷却試料から得られた暗視野像を、それぞれ図4(b)、(c)、および(d)に示す。また挿入図には対応する電子回折図形を示してある。電子入射方向は $[001]$ 方向にほぼ平行であり、また暗視野像撮影に用いた回折斑点はそれぞれ $400$ 、 $2\bar{2}0$ 、および $400$ である。図4(b)に示すQuench試料から得られた暗視野像中には、 $\langle 110 \rangle$ 方向に沿ったツイード(tweed)模様が明瞭に観察される。また対応する電子回折図形中には、各基本格子反射周りにツイード模様の存在を示す散漫散乱が見出される。一方、 $120^\circ\text{C/h}$ 冷却試料においては、正方晶歪の増加に伴い、内部にツイード模様を伴う $\langle 110 \rangle$ 方向に沿った微細な双晶ドメインが出現すると共に、回折図形中にも典型的な基本格子反射の双晶分裂が見られる(図4(c))。更に $5^\circ\text{C/h}$ 冷却試料においては、特徴的な回折斑点の分裂を伴う $\sim 4 \text{ nm} \times \sim 4 \text{ nm}$ のチェッカーボード型ナノ組織が観察される(図4(d))。すなわち $\text{ZnMnGaO}_4$ においては、高温からの冷却速度の低下に伴い、中間正方晶相から立方晶/正方晶相への相分離の発生と、それに伴うチェッカーボード型ナノ組織の形成が明らかとなった。ここで冷却速度を低下させた際の組織変化は、近似的に温度低下に伴う組織変化を反映していると考え

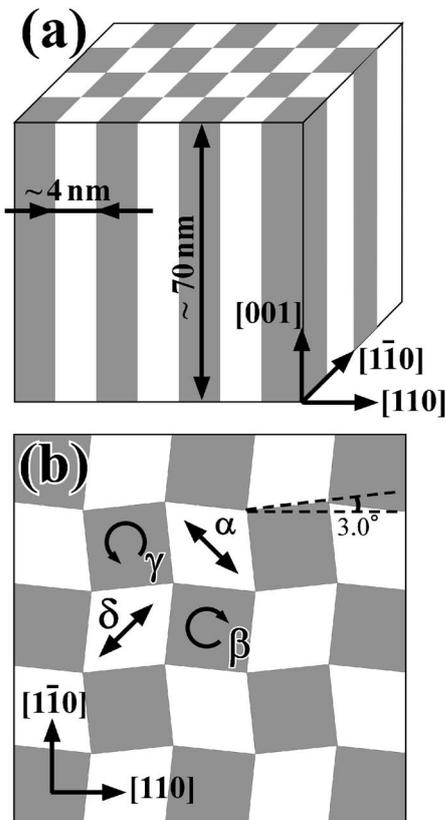


図3  $\text{ZnMnGaO}_4$ におけるナノドメイン構造の模式図。  
(a)規則配列したナノロッドの三次元的模式図。  
(b) $[001]$ 方向からの投影図。

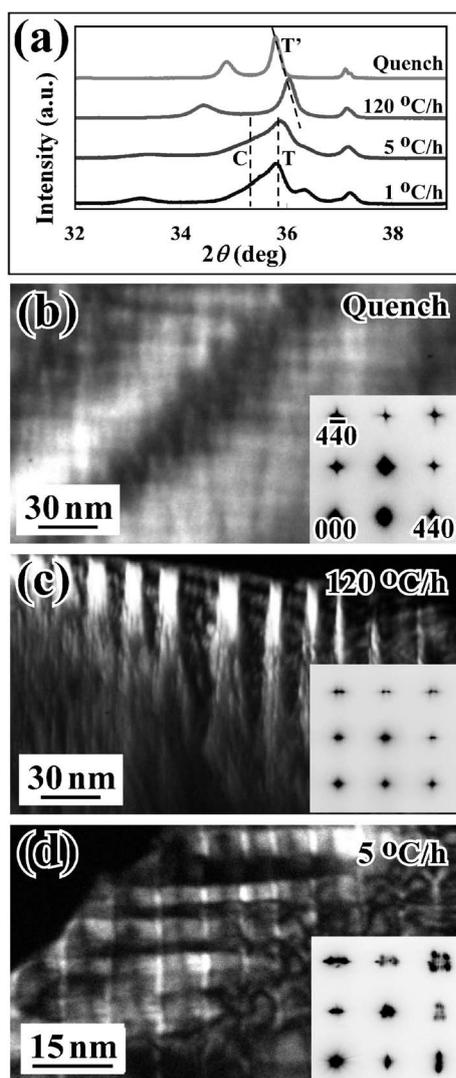


図4 ZnMnGaO<sub>4</sub>において異なる速度で冷却した試料から得られた(a)粉末X線回折曲線, および(b)~(d)暗視野像および電子回折図形。(b), (c), および(d)は, それぞれ Quench, 120°C/h, および5°C/h冷却試料から得られたものである。

られる。

図5および挿入図は, ZnMnGaO<sub>4</sub>における1°C/h冷却試料から得られた明視野像および電子回折図形である。電子入射方向は[001]方向にはほぼ平行である。明視野像中には, [110]方向から時計回りおよび反時計回りに回転したバンド状コントラストを伴うラメラ型ナノ組織が観察される。また対応する電子回折図形中には, 例えば440逆格子位置などに, 3つに分裂した回折斑点の存在が見出される。様々な回折斑点を用いた暗視野像観察の結果から, これらの回折斑点の3つの分裂は, 双晶関係にある2種類の正方晶ドメインの存在(双晶分裂に類似した基本格子反射の分裂に対応)と, 1種類の立方晶ドメインの存在(分裂の中間に位置する基本格子反射に対応)に起因することが明らかとなった。また電子回折図形の検討から, ラメラ型ナノ組織における立方晶構造および正方晶構造は, それぞれチェッカーボード型ナノ組織に

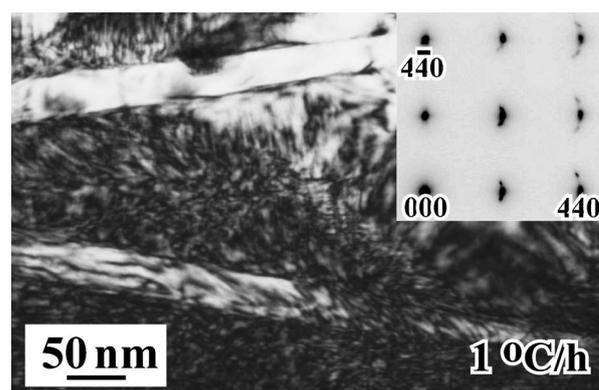


図5 1°C/h冷却試料から得られた明視野像および電子回折図形。

おける各構造とほぼ同じ格子定数を有することが見出された。すなわち, 1°C/h冷却試料におけるラメラ型ナノ組織は, 2種類のバンド状正方晶ドメインと1種類のバンド状立方晶ドメインから構成されることが明らかとなった。

以上の結果から, ZnMnGaO<sub>4</sub>においては, 高温からの冷却に伴い, まず八面体位置(16dサイト位置)を占有するMn<sup>3+</sup>イオンに関係した協力的JT相転移が生じ, 結晶構造が立方晶から中間正方晶構造に変化すると考えられる。このJT転移はマルテンサイト的な相転移であり, イオン拡散を伴わない。その結果, 更なる温度の低下と共に中間正方晶相は構造的に不安定となり, イオン拡散を伴う立方晶相および正方晶相への相分離が生じると共に, まずチェッカーボード型ナノ組織が形成されると考えられる。このチェッカーボード型ナノ組織は2種類の正方晶ナノロッドと2種類の立方晶ナノロッドの微妙なバランスの上で形成されるため<sup>(7)</sup>, ナノロッドの粗大化と共に不安定化すると考えられ, その結果ラメラ型ナノ組織に変化することが予想される。すなわちZnMnGaO<sub>4</sub>におけるナノ組織変化は, 中間正方晶相から立方晶相および正方晶相への相分離に伴うチェッカーボード型ナノ組織形成と, その粗大化に関係したラメラ型ナノ組織への変化により特徴付けられると考えられる。

## 5. ZnMnGaO<sub>4</sub>薄膜におけるチェッカーボード型ナノ組織

セラミックス試料におけるチェッカーボード型ナノ組織およびヘリンボーン型ナノ組織の形成には, 本系における中間正方晶に関係した双晶ドメインとそれに伴う歪場の存在が重要な役割を果たすと考えられる。そこでナノ組織形成に対する局所歪の影響について調べるため, 基板材料との格子ミスフィットを伴うZnMnGaO<sub>4</sub>薄膜試料を作製し, ナノ組織の特徴について調べた<sup>(12)</sup>。図6(a)および6(b)は, それぞれMgO基板上に作製したZnMnGaO<sub>4</sub>薄膜試料から得られた断面明視野像および平面暗視野像である。また, 図6(b)に対応する電子回折図形を挿入図に示す。電子入射方向はそれ

それ[010]方向および[001]方向にはほぼ平行であり、暗視野像の撮影は、800位置周りの分裂した回折斑点を全て用いて、試料をやや傾斜させて行っている。断面明視野像中では、MgO基板と試料の界面から約50 nm程度のコントラストを持たない遷移領域が見られる。その上部において基板面に垂直な方向に、幅約6 nm程度の細かいフリンジコントラストが、薄膜表面まで約~750 nmにわたり連続的に存在することが分かる。一方、平面暗視野像および対応する電子回折図形(図6(b)および挿入図)中には、約~4 nm×~4 nm程度(対角方向の幅が約~6 nm程度)の大きさのチェッカーボード型ナノ組織が明瞭に観察され、また回折図形中にはセラミ

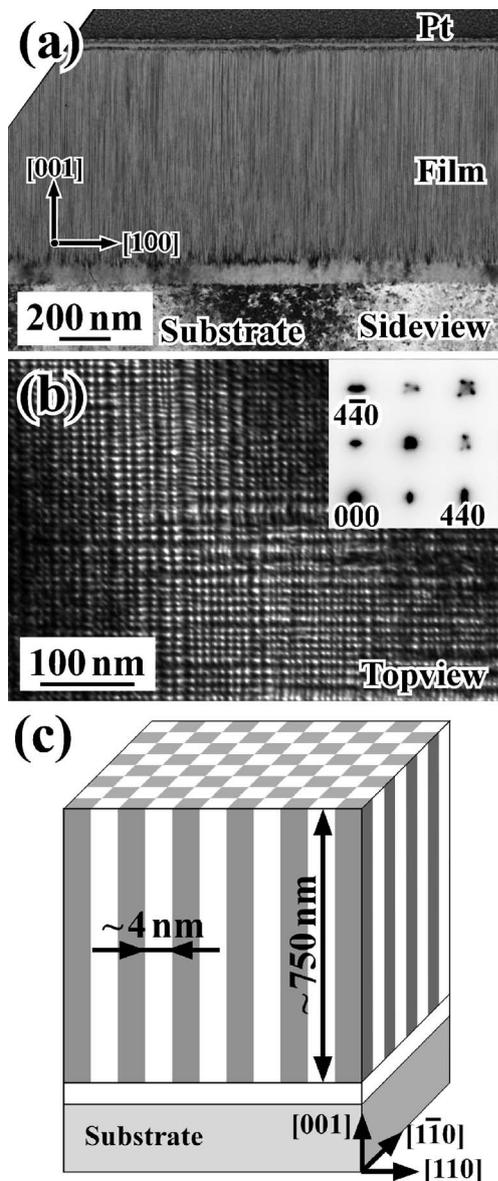


図6 ZnMnGaO<sub>4</sub> 薄膜試料におけるチェッカーボード型ナノ組織。(a)断面明視野像。(b)平面暗視野像および対応する電子回折図形。暗視野像の撮影は、800位置近傍の4つに分裂した基本格子反射の全てを用いて行っている。(c)薄膜試料におけるナノドメイン構造の三次元的模式図。

ックス試料と同様の特徴的な回折斑点の分裂が見られる。実際、分裂した800回折斑点の1つを用いて撮影された暗視野像において、明瞭なチェッカーボード型ナノ組織が見出されている<sup>(12)</sup>。以上の結果から得られた、ZnMnGaO<sub>4</sub> 薄膜におけるナノドメイン構造の模式図を図6(c)に示す。灰色および白色の領域は、それぞれ立方晶および正方晶ドメインに対応する。本系におけるドメイン構造は、立方晶および斜方晶構造を持つ、大きさ約~4 nm×~4 nm×~750 nmの4種類のナノロッドの規則配列により構成され、極めて異方的な構造を有することが分かる。

本ナノドメイン構造における断面方向の結晶学的特徴について更に詳しく調べるため、基本格子反射を用いた暗視野像の観察を行い、さらに基板-薄膜間の遷移領域近傍および薄膜領域において電子回折図形の撮影を行った。その結果を図7に示す。図7(a)は440基本格子反射を用いて結像した暗視野像であり、また像中の白棒IおよびIIは、それぞれ図7(b)および7(c)の電子回折図形に対応する領域近傍の位置を表している。暗視野像中では、ナノロッドの規則配列を反映した、極めて周期的に並んだフリンジコントラストが観察される。この規則配列を反映して、薄膜領域において得られた電子回折図形(図7(b))中には、強いストリーク状散漫散乱に加えて高次の衛星反射の存在が見出される。一方、暗視野像中のMgO基板と薄膜との間の遷移領域では、局所的な格子歪の存在を示唆する複雑なコントラストが観察される。この領域近傍から得られた図7(c)に示す回折図形では、図7(b)に比べて明瞭なストリーク状散漫散乱は見られず、また

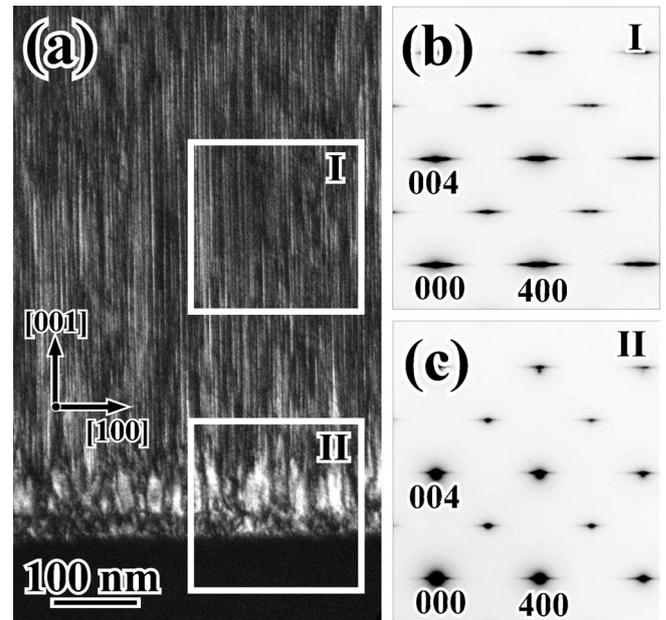


図7 ZnMnGaO<sub>4</sub> 薄膜試料における局所構造の基板からの距離依存性。(a)断面暗視野像。暗視野像の撮影は、440基本格子反射を用いて行っている。(b)(a)中の白棒Iの領域近傍から得られた電子回折図形。(c)(a)中の白棒IIの領域近傍から得られた電子回折図形。

高次の衛星反射も存在していない。MgO 基板と ZnMnGaO<sub>4</sub> 薄膜との間の格子ミスフィットは基板から距離が離れるにつれて緩和されると考えられることから、チェッカーボード型ナノ組織は局所歪の微妙なバランスの上に形成されること、またこの局所歪を制御することにより極めて異方的かつ高度に規則化したチェッカーボード型ナノ組織を実現可能性であることが示唆された。

## 6. お わ り に

本稿では、様々な条件下で作製・アニールされた Mn 系スピネル型酸化物 ZnMnGaO<sub>4</sub> セラミックス試料および薄膜試料における、主に透過型電子顕微鏡観察により行われたナノ自己組織化の研究結果について紹介した。このナノ自己組織化は、本系における Mn<sup>3+</sup> イオンの JT 効果に関係した相分離を起源とし、JT 歪を伴う Mn-rich な正方晶ナノロッドと JT 歪を持たない Mn-poor な立方晶ナノロッドが巧妙に規則配列したドメイン構造の形成を伴う。このようなナノドメイン構造は高度な秩序化および大きな異方性を持つことから、これらの特性を利用した異方的熱伝導材料の作製やナノ磁石の作製など様々な分野への応用が期待される。

本研究の一部は、科学研究費補助金：基盤研究(B) (課題番号17H03393)および基盤研究(C) (課題番号26420681)による支援のもと行われました。また本研究の一部は、九州工業大学機器分析センター(CIA)および石丸 学教授(九州工業大学)所有の各装置を用いて実施しました。本研究結果は、田吹 遥氏(九州工業大学), S.-W. Cheong 教授(米国・Rutgers University), S. Yeo 博士(韓国・Korea Atomic Energy Research Institute), S. Park 准教授(韓国・Chungang University), 谷村 誠准教授(横浜国立大学), 浅田敏広氏との共同研究によるものであり、ここに深く感謝の意を表します。

## 文 献

- (1) S. Sun, C. B. Murray, D. Weller, L. Folks and A. Moser: Science, **287** (2000), 1989-1992.  
(2) F. X. Redl, K.-S. Cho, C. B. Murray and S. O'Brien: Nature, **423** (2003), 968-971.

- (3) Y. Lin, A. Boker, J. He, K. Sill, H. Xiang, C. Abetz, X. Li, J. Wang, T. Emrick, S. Long, Q. Wang, A. Balazs and T. P. Russell: Nature, **434** (2005), 55-59.  
(4) Y. Le Bouar, A. Loiseau and A. G. Khachatryan: Acta Mater., **46** (1998), 2777-2788.  
(5) A. Suzuki and M. Takeyama: J. Mater. Res., **21** (2006), 21-26.  
(6) H. Zheng, J. Wang, S. E. Lofland, Z. Ma, L. Mohaddes-Ardabili, T. Zhao, L. Salamanca-Riba, S. R. Shinde, S. B. Ogale, F. Bai, D. Viehland, Y. Jia, D. G. Schlom, M. Wuttig, A. Roytburd and R. Ramesh: Science, **303** (2004), 661-663.  
(7) S. Yeo, Y. Horibe, S. Mori, C. M. Tseng, C. H. Chen, C. L. Zhang and S.-W. Cheong: Appl. Phys. Lett., **89** (2006), 233120.  
(8) C. L. Zhang, S. Yeo, Y. Horibe, Y. J. Choi, S. Guha, M. Croft, S.-W. Cheong and S. Mori: Appl. Phys. Lett., **90** (2007), 133123 1-3.  
(9) C. L. Zhang, C. M. Tseng, C. H. Chen, S. Yeo, Y. J. Choi and S.-W. Cheong: Appl. Phys. Lett., **91** (2007), 233110.  
(10) M. A. Ivanov, N. K. Tkachev and A. Ya. Fishman: Low Temp. Phys., **28** (2002), 613-620.  
(11) M. A. Ivanov, N. K. Tkachev and A. Ya. Fishman: Low Temp. Phys., **25** (1999), 459-465.  
(12) S. Park, Y. Horibe, T. Asada, L. S. Wielunski, N. Lee, P. L. Bonanno, S. M. O'Malley, A. A. Sirenko, A. Kazimirov, M. Tanimura, T. Gustafsson and S.-W. Cheong: Nano Lett., **8** (2008), 720-724.  
(13) Y. Horibe, S. Takeyama and S. Mori: AIP Conf. Proc., **1763** (2016), 050005.  
(14) H. Tabuki, H.-J. Woo, K. Jang and Y. Horibe (submitted).  
(15) M. Robbins and P. K. Baltzer: J. Appl. Phys., **36** (1965), 1039-1040.  
(16) S. K. Sampath, D. G. Kanhere and R. Pandey: J. Phys. Condens. Matter, **11** (1999), 3635-3644.

★★

堀部陽一  
2000年3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)  
2000年4月 米国ベル研究所・博士研究員  
2002年10月 大阪府立大学総合科学部物質科学科・助手  
2006年6月 米国ラトガース大学新材料センター・透過型電子顕微鏡施設長  
2013年10月 現職  
専門分野: 透過型電子顕微鏡, 固体物理, 相転移  
©透過型電子顕微鏡を用いた, 機能性材料における局所構造および各種ドメインの研究に従事。

★★



堀部陽一



森 茂生

# 電解精錬技術を応用した大型二次電池 Liquid Metal Battery の研究開発と今後の展望

大内 隆 成\*

## 1. はじめに

現代社会において電気エネルギーの担う役割は大きく、経済発展およびそれを支える科学技術の進歩(例えば、ロボット、人工知能、それらを繋ぐ電子デバイスなど)により、電気エネルギーの需要は益々増加していくと予想される。現在では電気エネルギーの大部分が化石燃料や原子力で賄われているが、環境負荷低減のために、太陽光発電や風力発電など自然の力を利用する「再生可能エネルギー」の導入が重要となっている。しかしながら、自然に頼る再生可能エネルギーの多くは、発電時間が不連続で、発電出力も環境依存で変動するという特徴があり、導入するにはそれらの安定化を図る必要がある。再生可能エネルギーを導入した次世代送電システムの運用について活発に議論されている中で、大型二次電池は、再生可能エネルギーの出力変動、需要変動予測への対応、さらには火力・原子力等の供給電力の最適化、周波数調整、などに重要な役割を果たす。さらに、住宅用太陽光発電システムで発電した電力を自家消費するためにも二次電池は不可欠である。しかしながら、このような定置用二次電池を実際に普及させるには「価格」が大きな障壁となっている。定置用の大型二次電池には式(1)に示すような1回の放電エネルギーあたりの価格が低いことが必須条件である<sup>(1)</sup>。

$$C_E = \frac{M}{Q_d \cdot E_d \cdot N} + C_e \frac{E_{in}}{E_{out}} \quad (1)$$

$C_E$  は1サイクルあたりのエネルギーコスト(円・kWh<sup>-1</sup>・cycle<sup>-1</sup>)、 $M$  は材料費、総工費を含む電池作製・導入・維持にかかる全コスト(円)、 $Q_d$  は放電容量(Ah)、 $E_d$  は平均放電電圧(V)、 $N$  は電池の寿命をサイクル数で表したもの(cy-

cle)、 $C_e$  は電気代(円・kWh<sup>-1</sup>・cycle<sup>-1</sup>)、 $E_{in}$  は充電エネルギー(kWh)、 $E_{out}$  は放電エネルギー(kWh)を示す。 $M$  は電池の電極や電解質の他に、電池を構成する集電体、容器、パワーエレクトロニクス、配線などの材料費が含まれる。電極や電解質のコストを低減すると、それ以外の材料費が大きな割合を占めるようになる。それらの費用は、電池の体積および数に対して決まることから、低価格化を図るには、体積あたりのエネルギー密度の向上が重要となる。 $N$  の値が大きくなる(長寿命化する)と初項の値は低下する。第2項の値は充電に要するエネルギー  $E_{in}$  に対して放電で得られるエネルギー  $E_{out}$  が小さい(エネルギー効率が低い)場合に大きくなる。したがって、大型二次電池の低コスト化の実現には、高体積エネルギー密度・長寿命・高エネルギー効率の電池の研究開発が重要となる。本稿ではこのような背景の下、筆者がマサチューセッツ工科大学(MIT)に在籍中に提案・研究開発に関わった高温熔融塩大型二次電池 Liquid Metal Battery (LMB)<sup>(2)(3)</sup> について紹介する。詳細はすでに総説<sup>(3)</sup>にまとめられているので、そちらを参照されたい。本稿では、筆者自身の仕事を中心に要点を簡潔に紹介するとともに、最近の研究および今後の展望について述べる。

## 2. Liquid Metal Battery とは

LMB は図1(a)に示すように二種の液体金属 A(負極)、B(正極)と熔融塩(電解質)から成り、それぞれの密度の違いおよび相互の不混和性により三層構造を形成した電池である。負極 A にリチウム(Li)、正極 B にビスマス(Bi)を用いた Li||Bi セルを例にとると、放電時は金属 A(Li)が酸化され Li イオン(Li<sup>+</sup>)となる。同時に、金属 B(Bi)の表面で Li<sup>+</sup> が

\* 東京大学生産技術研究所；助教(〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)  
Development and Prospect of Liquid Metal Battery: A Bidirectional Electrorefining Cell; Takanari Ouchi (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Tokyo)  
Keywords: liquid metal battery, liquid displacement battery, liquid metal, molten salt, grid scale energy storage  
2018年4月2日受理[doi:10.2320/materia.57.277]

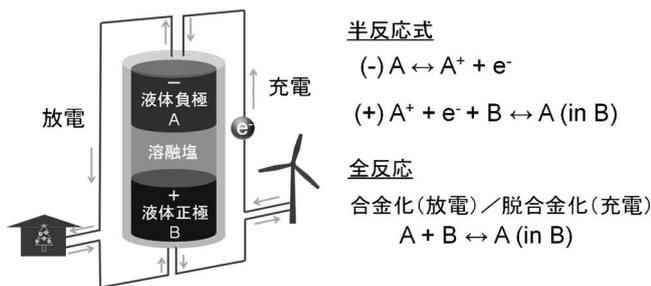
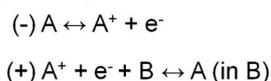
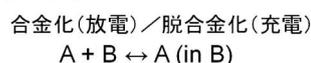


図1 LMBの模式図および反応式.

**半反応式**



**全反応**



還元され、LiとBiが合金化する。充電時は逆のプロセスが進行する。電圧  $\Delta E_{\text{cell}}$  は正負極中の金属Aの活量差から得られ、式(2)のネルンスト式に示されるように約1Vである。

$$\Delta E_{\text{cell}} = -\frac{RT}{zF} \ln \left( \frac{a_{A \text{ in B}}}{a_A} \right) \approx 1 \text{ V} \quad (2)$$

ここで、 $R$ は気体定数、 $T$ は絶対温度、 $z$ は反応電子数、 $F$ はファラデー定数である。LMBは、約500°Cまで昇温し、電池を構成する正負極および電解質が全て液体の状態駆動するため、充放電時の電極界面構造の変化やそれに伴う容量劣化が原理的に起こらない。そのため、寿命と安定性において他の電池に比べて優位性がある。

### 3. Liquid Metal Battery 着想の経緯<sup>(3)</sup>

基盤施設としての設置型大型二次電池普及の最重要課題は低コスト化である。低コスト化を実現するためには、上式(1)からもわかるように、高い体積エネルギー密度および高耐久性(長寿命)の電池の開発が求められる。しかしながら、一般的に、電池の高エネルギー密度化と長寿命化は両立困難な課題である。その理由として、高い体積エネルギー密度( $\text{Wh L}^{-1}$ )を実現するための、電池の容量密度( $\text{Ah L}^{-1}$ )と起電力(V)の向上が電池の劣化の原因となることが挙げられる。例えば、Liイオン電池では、充放電中に生成する反応生成物や、電極の体積膨張収縮による構造変化が容量劣化の要因である。そして、放電深度(放電反応量/理論容量)を深くすると容量向上にともないエネルギー密度は向上するが、容量劣化が加速し寿命が短くなる。鉛蓄電池では、放電時に電極表面に固体状に形成する  $\text{PbSO}_4$  が過放電で過剰に成長すると、充電時に  $\text{PbSO}_4$  が全て溶解せずに容量が劣化する。このような電極構造変化や反応生成物による電極の不活性化による容量劣化はほぼ全ての電池において観察される。また起電力を向上させると、その高い反応性が劣化の原因となるとともに、電解質やセル構造材料などの選定が難しくなり、材料費が高騰する傾向にある。

電池自体の低価格化が進むにつれて、その生産コストも重要な要素になる。生産技術のハードルが低く、少ない設備投資で製造ができるように、可能な限りシンプルな構造で生産性の高い電池を設計することも重要である。さらに、輸送コ

ストを考慮すると、材料コストは設置場所に応じて大幅に変化すると考えられる。したがって、様々な電極材料を適宜採用可能な、汎用性の高い充放電反応が望ましい。以上を鑑みて、筆者が所属していたMITのDonald R. Sadoway教授の研究室では、既存の電池の「改良」から脱却し、電池の外の分野、具体的には金属生産工学の技術を用いて新しい二次電池「LMB」を設計した。

LMBのセルは、もともとアルミニウム(Al)の電解精錬セル(Hoops cell)<sup>(4)</sup>に着想を得た電気化学セルである。Hoops cellは図1における、負極を高純度Al、溶融塩を  $\text{AlF}_3\text{-NaF-BaF}_2$ 、正極をアルミニウム-銅合金(Al-Cu)などのAl合金としたものであり、LMBにおける充電反応を用いて正極のAl合金から負極に高純度Alを精製する。特筆すべきは、Hoops cellは約1000°Cという高温で動作しながら10年以上安定的に駆動するという点である。したがって、同一原理の電気化学セルであるLMBは、条件を最適化することで長寿命の二次電池となる可能性がある。実際に研究を始めてみると、1960年代にアルゴンヌ国立研究所でElton J. Cairns博士(現カリフォルニア州立大学パークレー校教授)らによってLMBと同構造の電池が研究開発されていたことが判明した<sup>(5)</sup>。彼らの研究は実用化に至る前に方向転換したが、我々は彼らの仕事を参考に開発に取り組んだ。

## 4. LMBの開発

### (1) 電極開発<sup>(3)</sup>

高い体積エネルギー密度( $\text{Wh L}^{-1}$ )を実現するため、電池の容量密度( $\text{Ah L}^{-1}$ )と起電力(V)が高い正負極の組み合わせを選んだ。電池の容量は、LMBの場合、駆動温度での負極Aの正極Bへの溶解度と負極Aの価数によって決定される。また、式(2)にあるように、大きな起電力を得るには、正極B中の負極Aの活量が小さくなる組み合わせを選定すべきである。電気陰性度の差の大きな正負極材料を選定することで、合金化した際の活量が小さくなる傾向があるため、電気陰性度の差の大きい組み合わせを中心に検証を進めた。また、図1に示すような液体金属と溶融塩電解質の三層構造を得るには、材料の密度を負極<溶融塩<正極とする必要がある。したがって、周期表の左側のアルカリ金属、アルカリ土類金属などを負極候補、周期表右下側の重金属、半金属を正極候補として選定した。様々な正負極の組み合わせについて、文献調査及び実験的検証により、理論容量、起電力を求め、さらに金属の市場価格を考慮して電極選定を行った。筆者らは、これまで、負極材料として、Liの他、ナトリウム(Na)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)およびそれらの合金、正極材料としてアンチモン(Sb)、鉛(Pb)、ビスマス(Bi)とそれらの合金を用いたセルを報告してきた。

Sbは高い起電力を有し低コスト化に非常に有用な正極材料である。例えば、Liを負極とした場合、Li||Sbセルの起電力は0.96V程度となる。しかしながら、このセルは、Sbの融点630.6°C以上の温度で駆動する必要がある。一方で、

Pbは起電力が低く、Liを負極とするとき0.5 V程度となるが、低融点327.5°Cであるため低温で駆動できる。そこで我々は、起電力の大きいSbに低融点でかつ安価なPbを混合したSb-Pb合金を正極として用いることで、駆動温度の低減を図った。その結果、Li||Sb-Pbセルは450°Cで安定的に駆動することが確認された<sup>(6)</sup>。特筆すべきはSbとPbを混合したにもかかわらず、Li||Sb-Pbセルの起電力がLi||Sbセルとほぼ同程度となる点である。同様の現象は負極材料としてCaを用いた場合にも確認された<sup>(7)</sup>。

放電反応(負極Aと正極Bの合金化反応)が進行すると、B中のA濃度が増加して、ある濃度まで到達するとAとBの高融点の相(例えば金属間化合物などの固相)を生成する。固相中のAの拡散速度は一般的には液体金属B中に比べて著しく低下することから、固相の生成により電極表面のA濃度が急上昇し電圧降下を生じる。また固相の成長は短絡の原因となりうるため、開発当初、LMBにおいては固相が生成する際のAの濃度が電池容量を決定すると定義していた。例えば、Li||Biセルにおいては、Li濃度が増加するとLi<sub>2</sub>BiやLi<sub>3</sub>Biなどの金属間化合物が生成する。しかし、Li||Biセルの場合、この金属間化合物中のLiの拡散係数が液体Bi中と同程度であることから、金属間化合物生成後も、電圧低下を伴わずに放電反応(合金化反応)が進行する。また、この金属間化合物は短絡の原因となる局所成長が起こりにくいことが確認された。さらに、この放電中に生成した金属間化合物は、充電時に脱合金化反応で完全に液体Biに戻り、固相成長による電極と熔融塩の界面構造変化は全てリセットされ、容量劣化は全く観察されなかった<sup>(8)</sup>。放電過程で、固相が生成するLiの濃度を大幅に超えた高濃度領域まで合金化が可能となるという発見により、Li||Biセルのエネルギー密度が著しく向上し、体積エネルギー密度は250 Wh/L程度となった。以上の発見により合金や複数相(液相と複数の金属間化合物相など)の利用など正極材料の可能性が大きく広がった。

Caは安価で非常に高い起電力を有する有用な負極材料である。しかし、840°Cと高融点であるため、駆動温度はとて高くなる。また、塩化カルシウム(CaCl<sub>2</sub>)などの熔融塩中に高い溶解度を有し、溶解した金属Caにより熔融塩中の電子伝導率が増加する。その結果、閉回路状態(電池を使用しない状態)でもエネルギーを失う「自己放電」が深刻化する。駆動温度およびCaの溶解度低減のために、我々はCaを他の金属と合金化させて融点を低減することを考えた。Caと合金化する相手となる金属の条件として、その金属自身が酸化還元されないこと、また起電力の低下を招くCaの活量変化を最小限に抑え得るものであること、をもとに候補材料を模索した。結果としてCa-Mg合金を用いることで、電圧降下を0.01 V程度にとどめつつ駆動温度を550°C付近まで低減可能であることを示した<sup>(9)</sup>。この手法により、高融点・高反応性で利用の難しい負極材料も利用可能とすることができた。

## (2) 電解質開発

熔融塩は反応性の高い金属(Li, Na, 希土類元素など)と接しても安定で、高いイオン伝導率( $\sim 1 \text{ S cm}^{-1}$ )を有し、また不燃性で、エネルギーデバイスや電気化学プロセッシングに適した電解質である。例えば、Li||BiセルではLiイオン(Li<sup>+</sup>)が正負極間でやり取りされ充放電反応を担うため、Li<sup>+</sup>を含む熔融塩、例えば塩化リチウム(LiCl)などを用いる必要がある。一般的に弗化リチウム(LiF)、塩化カリウム(KCl)、塩化ナトリウム(NaCl)と混合した、LiCl-LiF、LiCl-KClやLiCl-NaCl-KClなどの混合塩を用いることで、LiCl, NaClなどの単塩と比較して融点を下げることができる。混合塩も複数のアニオンの混合物や、複数のカチオンの混合物がある。複数のカチオンを用いる場合、カチオン種によって析出電位が異なるため、充放電反応中に熔融塩電解質の組成が局所的に変化する。例えば、LiCl-KClの場合、放電反応中にはLi<sup>+</sup>のみが反応に関与する。放電反応が進行すると電極界面ではLi<sup>+</sup>の濃度勾配が生じ、熔融塩の融点が局所的に変化し凝固することがあるため注意が必要である。この濃度勾配は放電速度の上昇に伴い急峻となり、電極界面での熔融塩の凝固を促進する可能性がある。したがって、この濃度勾配を考慮して十分量の熔融塩を使用する必要がある。

CaやNaなど熔融塩中へ高い溶解度を有する負極材料を用いる場合、自己放電を低減させるため、溶解度の低減を図る必要がある。熔融塩への金属の溶解度には熔融塩の組成が大きな影響を与えることが知られている。筆者らはLiCl-CaCl<sub>2</sub>の混合塩を使用して、上記のCa-Mg合金を負極として用いることでCaの熔融塩への溶解度を大幅に低減し、自己放電の小さなCa金属二次電池を実証した<sup>(9)</sup>。このセルでは、LiがCaと正負極に共析する。つまり電極反応に複数のカチオンが同時に関与するが安定的に駆動することが確認された。

電解質としてイオン液体(本稿では低融点の熔融塩を指す)を用いた研究も報告されている<sup>(10)</sup>。低温で熔融するという利点はあるが、合金化・脱合金化を電極反応として用いる場合は、電極の融点まで電池を昇温する必要があるため、その利点が有効利用できる電極の選択肢が少ない。さらに、イオン液体はイオン伝導率が低く、溶液抵抗による大きな電圧損失を生じる点もLMBに使用する上では課題である。

## (3) 構造材料開発

LMBの長寿命化達成には、電極、熔融塩に対して高い耐性を有する集電体や容器を開発する必要がある。研究室での試作セルにおいては、ニッケル-鉄合金(Ni-Fe)の金属スポンジを負極の集電体、低炭素鋼および黒鉛を正極の集電体として利用し、劣化が見られず充分な機能を果たした。最近では、他のグループからも負極集電体としてステンレス鋼にシリコンカーバイド(SiC)のコーティングを利用した研究例などが報告されている<sup>(11)</sup>。また、筆者らは正極集電体として

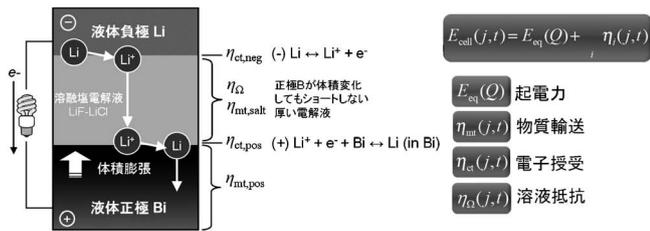


図2 LMB内の反応過程および放電電圧,  $E_{\text{cell}}$ . 起電力,  $E_{\text{eq}}$ , は放電電荷  $Q$  の変化に依存. 物質輸送による過電圧  $\eta_{\text{mt}}$ , 電子授受過程の過電圧,  $\eta_{\text{ct}}$ , および溶液抵抗による電圧降下,  $\eta_{\Omega}$ , は電流密度,  $j$ , と時間,  $t$ , に依存.

ステンレス鋼についても検証した<sup>(12)</sup>. 正極では負極と正極の合金化・脱合金化が起こり, 正極集電体に対して, 負極材料による酸化膜除去, 粒界浸潤などが生じる. さらに正負極材料と正極集電体の金属間化合物形成などが複雑に進行するため, さらなる研究が求められる. さらに, 電池を密封するシール材料も, 絶縁機能と負極材料への耐腐食性を有する材料の開発が重要な課題である.

#### (4) エネルギー効率

C/4(4時間で全容量放電する速度)で充放電するときのエネルギー効率は70-80%程度になる<sup>(6)</sup>. このエネルギー損失の原因となる充放電電圧と起電力の差は, 正負極での過電圧(熔融塩と電極界面での電子授受と熔融塩中および正極内の物質輸送に伴う濃度勾配)および溶液抵抗による電圧損失に起因する. 高温の系では熔融塩と熔融金属電極界面での電子授受は高速となる. 例えば, Li||Biセルでは, 450°CでLiがBiに合金化する過程の交換電流密度は約10-100 A cm<sup>-2</sup>程度となる<sup>(13)</sup>ため, 電子授受過程での過電圧は小さい. 熔融塩および熔融金属中の拡散係数は大きい(~10<sup>-5</sup> cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>)が, 図2に示すようにLMBでは液体正極の体積に対する実効反応面積が小さいため, 物質輸送に伴う過電圧は大きい. また, 負極は金属スポンジ内に固定する構造である<sup>(6)(8)(9)</sup>ため, 放電中に正負極間の距離が減少することから, 短絡防止のため熔融塩電解質は正極の倍程度の厚み(~2 cm)を確保する必要がある<sup>(8)</sup>, 高いイオン伝導率を有する熔融塩を用いているにも関わらず溶液抵抗も大きい. セル構造の改良による熔融塩電解質の厚みの低減, およびセル内の物質輸送の促進により, エネルギー効率の向上が見込まれる.

## 5. 最近の研究

LMBは金属電極を利用しているため, 体積あたりの容量(Ah L<sup>-1</sup>)は大きい. また, 液体電極-液体電解質の界面による反応安定性から, 長寿命の電池を実現することができる可能性がある. しかし, 合金化・脱合金化反応を用いているため理論電圧が約1 V程度と低い. そこで, 我々は, 正極反応に合金化・脱合金化反応ではなく, 置換反応を用いた新しい電池「Liquid Displacement Battery(LDB)」を開発し

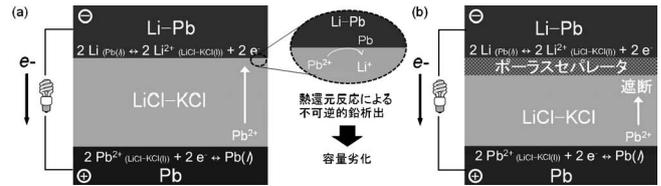
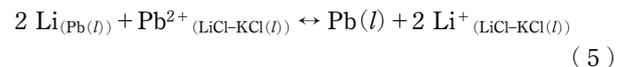
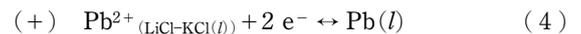


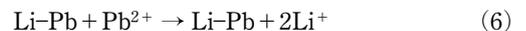
図3 Liquid Displacement Batteryの模式図(a)セパレータなし, (b)セパレータあり.

た<sup>(14)</sup>. Li-Pb合金を負極, LiCl-KClを熔融塩電解液, Pbを正極とする, Li-Pb | LiCl-KCl, PbCl<sub>2</sub> | Pbセルを例として簡単に紹介する.

充電反応では, 正極で鉛イオンが生成すると同時に熔融塩中のLi<sup>+</sup>が負極に析出する. 鉛イオンはいくつかの価数をとる可能性があるが, ここでは便宜的にPb<sup>2+</sup>と記述する. 放電反応では, Li-Pb負極からLiが酸化されてLi<sup>+</sup>として溶解し, Pb<sup>2+</sup>が還元されてPb正極に析出する. 下記に負極, 正極および全反応式をそれぞれ式(3), (4), (5)に示す.



この反応による起電力は約1.75 VとLMBの2~3倍となる. しかし, 充電中に正極反応で生成するPb<sup>2+</sup>がLi負極に到達すると, 式(6)に示す熱還元反応が生じ, Pbとして負極に析出する(図3(a)).



負極と合金化したPbは放電反応には関与せず蓄積される. このため, 正極から負極へPbが時間経過とともに不可逆的に移動し電池容量が劣化する. この容量劣化を防ぐための方法を開発することが, 置換反応を用いた電池を実現する上で必須である. そこで我々は, 機械的・化学的耐久性があり, 簡便かつ安価に製造可能で抵抗が低い新しいセパレータを開発した(図3(b)).

新しいセパレータは, 高い電気伝導度を有し, 負極材料と正極イオン(Pb<sup>2+</sup>)を含む熔融塩に対して化学的に安定なポラス構造体である. このセパレータのメカニズムは複雑で, この限られた紙面では説明することができないため, 原著論文を参考にされたい. このセパレータを用いた場合400 cycle程度の観察で容量劣化速度は約0.002%/サイクルと長時間安定に駆動することが確認された. さらにこのセパレータはLi-Pbだけでなく, Li-Biなど他の合金やNa合金, Mg合金など様々な負極材料, 正極材料としては駆動温度で液体状態の材料, Sn, Pb, Bi, Znなどを利用可能であることを実証した. LDBは, 技術的には解決しなければならない多くの課題を有する. しかし, 液体電極-液体電解質の界面を利用する電極反応を用いているため, LMBと同様に高い安定性を示し, LMBより高い電圧を得られることから, 今後さらなる研究開発が期待される.

## 6. お わ り に

現在では LMB の開発は、その基礎的な材料学的研究開発から、実用化に向けて、生産プロセスや構造の最適化、制御方法などへとその対象が移っている。しかし、LMB は未だに多くの改良できる点を有し、材料科学的にも面白い研究課題である。液体電極-液体電解質の界面での電極反応は極めて安定であるため、LMB は定置型大型二次電池に求められる、「長寿命化」という課題に対して優位性がある。一方、高温駆動で反応性の高い液体金属に十分な耐性を示すセル構造材料の開発は重要な研究課題である。また、この液体電極-液体電解質の界面を維持しつつ、エネルギー密度およびエネルギー効率を高めていく材料学的な設計が課題となるであろう。

最近では、LMB 内の液体金属電極中および熔融塩中の流体挙動について、Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf のグループや University of Rochester のグループが盛んに基礎研究を行っている。ここでは総説<sup>(15)</sup>を一報紹介するに留めるが、そのような基礎研究の積み重ねが空間利用効率、エネルギー効率の向上につながり、LMB の価格競争力を高めることにつながると考えている。さらに、本稿では液体金属電極を用いながら高い起電力を得る新しい試みについても紹介したが、今後さらなる研究開発が望まれる。

本稿でご紹介した LMB は、着想の原点が金属製錬技術である。研究対象となる熔融塩/金属界面での電気化学プロセスは、金属製錬・リサイクルプロセスで実用的に重要な役割を果たしている。また、航空宇宙部品や、車体などへの防食塗装(長寿命化)や、機能材料合成にも利用が期待されている。ロボット、人工知能、クリーンエネルギーなどの導入には、それらを構成する構造材料や、高機能材料などを生産・リサイクル・長寿命化する技術が益々重要となる。LMB に関する基礎研究が、エネルギー貯蔵のみならず、新規プロセスの構築、従来プロセスの効率化、防食技術などの発展につながり、ひいては金属資源・エネルギー資源の効率的利用および環境負荷の低減に貢献するものと信じている。

本研究は、MIT の Donald R. Sadoway 研究室で米国エネルギー省 Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E) および Total S.A. の支援を受けて行われた。本研究を進めるにあたり、Sadoway 教授に多岐にわたるご指導を賜った。筆者の渡航、生活にかかる費用、研究費の一部は、一般財団法人丸文財団の交流研究助成および村田海外留学奨学金のご支援を賜った。現在筆者は東京大学生産技術研究所の岡部徹教授の研究室でレアメタルの製錬及びリサイク

ルの研究に従事している。岡部教授より、本稿執筆にあたり、多数の貴重なご助言を賜った。また東京大学生産技術所の八木俊介准教授にも同様に多数のご助言を賜った。最後に、本稿を執筆する機会を与えて下さいました関係者各位に深く感謝の意を表す。

## 文 献

- (1) S. Schoenung: SANDIA REPORT, Sandia National Laboratories, SAND2011-2730, (2011), 1-30.
- (2) D. J. Bradwell, H. Kim, A. H. C. Sirk and D. R. Sadoway: J. Am. Chem. Soc., **134**(2012), 1895-1897.
- (3) H. Kim, D. A. Boysen, J. M. Newhouse, B. L. Spatocco, B. Chung, P. J. Burke, D. J. Bradwell, K. Jiang, A. A. Tomaszowska, K. Wang, W. Wei, L. A. Ortiz, S. A. Barriga, S. M. Poizeau and D. R. Sadoway: Chem. Rev., **113**(2013), 2075-2099.
- (4) Hoopes, W. Electrolytically-refined Aluminum and Articles Made Therefrom. U.S. Patent 1,534,315, 1925.
- (5) E. J. Cairns, C. E. Crouthamel, A. K. Fischer, M. S. Foster, J. C. Hesson, C. E. Johnson, H. Shimotake and A. D. Tevebaugh: Tech. Rep. ANL-7316, Argonne National Laboratory (1967).
- (6) K. L. Wang, K. Jiang, B. Chung, T. Ouchi, P. J. Burke, D. A. Boysen, D. J. Bradwell, H. Kim, U. Muecke and D. R. Sadoway: Nature, **514**(2014), 348-350.
- (7) S. Poizeau and D. R. Sadoway: J. Am. Chem. Soc., **135**(2013), 8260-8265.
- (8) X. H. Ning, S. Phadke, B. Chung, H. Yin, P. Burke and D. R. Sadoway: J. Power Sources, **275**(2015), 370-376.
- (9) T. Ouchi, H. Kim, B. L. Spatocco and D. R. Sadoway: Nature Communications, **7**(2016), 10999.
- (10) C. C. Lalau, A. Ispas, T. Weier and A. Bund: J. Electrochem. Plating Technol. DOI: 10.1285/ISSN2196-0267.JEPT4808.
- (11) J. L. Sang, H. S. Jung, K. S. Choi and J. H. Kim: J. Power Sources, **307**(2016), 526-537.
- (12) T. Ouchi and D. R. Sadoway: J. Power Sources, **357**(2017), 158-163.
- (13) J. M. Newhouse and D. R. Sadoway: J. Electrochem. Soc., **164**(2017), A2665-A2669.
- (14) H. Yin, B. Chung, F. Chen, T. Ouchi, J. Zhao, N. Tanaka and D. R. Sadoway: Nat. Energy, **3**(2018), 127-131.
- (15) D. H. Kelley and T. Weier: Appl. Mech. Rev., **70**(2018), 020801.



大内隆成

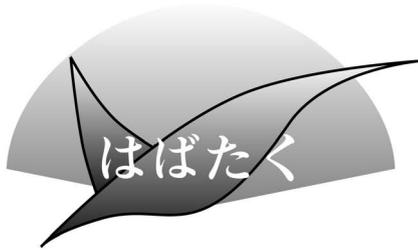
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

2011年 早稲田大学大学院先進理工学研究科ナノ理工学専攻 博士(工学)取得  
2009年4月-2011年3月 早稲田大学理工学術院助手  
2011年5月-2015年1月 マサチューセッツ工科大学 博士研究員  
2015年1月-2017年8月 マサチューセッツ工科大学 Research Scientist

2017年9月- 現職  
専門分野: 電気化学, 金属生産工学, 電池, ナノ微細加工, めっき

◎電気化学を軸に、めっき、ナノ微細加工、エネルギー貯蔵デバイスの開発に従事してきた。現在では、非鉄金属の製錬・リサイクルに関する研究に取り組んでいる。

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★



## 日本留学体験記

～似ているけど違う日本の研究と台湾の研究～

首都大学東京大学院システムデザイン研究科  
機械システム工学域リサーチ・アシスタント

郭 妍 伶

私は、2017年9月に首都大学東京大学院理工学研究科機械工学専攻博士後期課程を修了し、同年10月から日本学術振興会の「低炭素技術開発に特化した研究プログラム(事業名「不純物元素に対しロバストな積層造形ニッケル基超合金の創成, 研究代表者: 首都大学東京・寛幸次教授)」のリサーチ・アシスタントとして研究に従事させて頂いています。この度、本稿を執筆する貴重な機会を頂きましたこと、大変光栄に思います。本稿では、日本留学を決意し、現在に至るまでの経緯、そして今後研究者として抱く夢について述べて頂きたいと思います(図1)。

もともと私は飛行機やロケット、航空宇宙に関する分野に関心があり、超合金に興味を持っていました。修士課程のときに、台湾における飛翔体推進器に関するプロジェクトに取り組むことになり、このプロジェクトを通して、溶接と粉末冶金に関する知識や考え方の習得等、大学にいただけでは得られない経験をさせて頂き、研究に対するまったく新しい視点を獲得することができました。それから、ますます超合金の研究に対する興味が増していき、未知の世界に踏み込んだときの感動を想像しながら研究を進めていった時に得られた新たな発見にわき上がる喜びを感じ、博士後期課程への進学を決意しました。

台湾では、「哈日族(ハルーズー)」という日本マニアを示す言葉が流行するほど、日本の漫画や自動車、薬、電化製品など日本製の製品が人気です。人気の理由は、世界的に信頼されている日本の高い技術と品質であり、私の実家でも日本製の電化製品を私が小学生の時から現在まで使っています。日本は台湾と同様、資源がない国なのに、どうして短い年数で経済成長を成し遂げ、高い技術力があるのかというのを、この目で確かめ、日本で勉強したいと思い、日本への留学を決意しました。

そして、2014年10月から、首都大学東京の博士後期課程を寛 幸次教授のもとでガスタービンやジェットエンジン等に用いられる Ni 基超合金の粉末成形および積層造形に関す

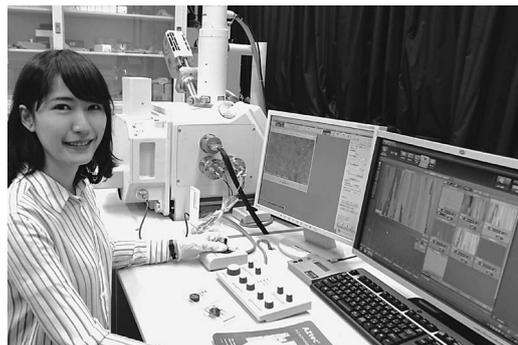


図1 研究風景(著者)。

る研究に取り組んできました。積層造形に関する研究は、耐熱合金部品の生産性向上や高機能化につながるため、非常に注目されています。私は、積層造形法によって作製された Ni 基超合金(Inconel718)の高温強度の低下および異方性という課題に対して、従来までのマクロ・マイクロスケールの材料分析に加え、ナノスケールの材料組織を分析することによって原因を調査しました。その結果、マクロ・マイクロスケール分析では、柱状結晶組織という大まかな特徴しか見出すことが出来ませんでした。ナノスケール組織分析では、レーザー積層造形プロセス中の急速加熱、急冷のサイクルによってデンドライト間に Nb 化合物相が形成すること、また、その場所が破壊の起点となることを見出しました。さらに、レーザー積層造形プロセスにおいて形成される高密度の転位がき裂先端での応力緩和を困難にし、き裂が容易に進展するため、結果として高温強度低下や異方性につながるという知見を得ました。このように、積層造形法によって作製された Ni 基超合金(Inconel718)の高温強度特性劣化に関するメカニズムに関して、新たな知見を得ることが出来ました。この問題の解決策は現在も検討している段階ですが、原因を明らかにできたことは、Ni 基超合金(Inconel718)の積層造形材の実用化に向けた大きな一歩であると考えています。

これまでの研究生活を通じて、日本は研究の進め方が非常に緻密だと感じています。私が台湾で学んできた実験方法と現在の研究室の実験方法は異なり、なぜそのような方法をとるのかを深く考えるようになりました。そのとき、他の日本人の学生は、数多くある条件の中から、最も良いアプローチを選択していることに気づき、結果だけでなくその過程を細かく分析することを学びました。また、指導教官との議論において、実験結果の背後に隠れていることまで深く考えることの重要性を、また、研究プロジェクトのミーティングでは、研究者のチームワークが大切であることを学びました。私自身は、これから研究者としてさらに多くの経験を積んで、日本で働く台湾人研究者の一人として、金属材料分野における日本と台湾との研究開発の架け橋となれるよう頑張りたいと思っています。

(2018年4月11日受理)[doi:10.2320/materia.57.282]

(連絡先: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

# スポットライト

～第15回 World Materials Day Award<sup>†</sup> 受賞～

## 第15回 World Materials Day Award を 受賞して

—愛教大技術科ものづくり教室の取り組み—

愛知教育大学教育学部 中等教育教員養成課程

大島 幹央 伊藤 拓己

私たちは愛知教育大学技術専攻・北村研究室に所属しており、北村一浩教授のもとで学部4年生2名、3年生2名が、形状記憶合金の物性研究や形状記憶合金を用いた応用品の開発をテーマに日々研究を行なっています。このように形状記憶合金をはじめとする様々な金属材料を研究する過程で、自分自身が金属材料の面白さや社会における重要性を認識し、金属材料のすばらしさを自分達以外の人にも伝えたいと考えました。

金属材料の素晴らしさを伝える場に、技術専攻の学生がボランティアで行っている「ものづくり教室」があります。「ものづくり教室」は、愛知県内で年間5回程度、土日や夏休み期間に実施しています。「ものづくり教室」では子どもたちが興味を持ちやすいように、形状記憶合金の特性を利用したプーリー型熱エンジンや、低融点金属を利用したオリジナルキーホルダーなどの教材を北村教授の助言の元に考案し、金属材料の教育を行っています。「ものづくり教室」の活動をさらに多くの子どもたちや保護者の方、学生などに知って貰いたいとの思いで愛知教育大学の大学祭で「ものづくり教室を紹介します」の展示を行いました。展示では、「ものづくり教室」に興味を持って貰えるように、製作する実物の展示や、文章による解説、地元で金属材料にゆかりのあるフェライト磁石の発明者である加藤与五郎先生について紹介しました。大学祭は2017年5月20日と21日の2日間催され、「楽しいマグネットづくり、キーホルダー、イルカジャンプ、3Dペン、熱エンジン、紙飛行機カタパルト、フルフル発電機、木製ミニテーブル・パズル」の8つのテーマの内容を展示しました。

楽しいマグネットづくりのコーナーでは、フェライト粉末を用いたオリジナルマグネットづくりを体験させていることを紹介するとともに、フェライトは生活の身近な場所に使用



図1 大学祭で展示した出展内容説明パネル。

されていることや、フェライトの開発者である加藤与五郎先生が愛知教育大学と同じ刈谷市の出身であることを来場者に説明しました。

オリジナルキーホルダーのコーナーでは、Sn-Bi-In合金を溶かして铸造によりキーホルダーをつくる体験をさせていることを紹介しました。この合金は、約270℃という低温で溶けるため、ゴム型と木枠(MDF材)を用いて金属を铸造することができます。

イルカジャンプは、形状記憶合金のバネによりおもりが上下するおもちゃで、このコーナーを見学した来場者の方々は、どうやって飛び跳ねているのか不思議に思いながら見ていました。このおもちゃは、電気エネルギー→熱エネルギー→運動エネルギーの移り変わりを学ぶことができるため、中学校技術・家庭科(技術分野)の「エネルギー変換」分野の教材としての活用を考えています。

形状記憶合金を用いた熱エンジンのコーナーでは、ものづくり教室で製作している「プーリー型熱エンジン」を実際に来場者に体験してもらいました。エンジンをお湯に浸すだけでプーリーが回転するため、年齢を問わず興味を持ってもらうことができました。

今回行った「ものづくり教室を紹介します」(図1)を通して、子どもたちや保護者の方に、金属材料への理解を深めてもらうと共に、将来の日本の教育を担う学生たちにも金属教育の重要性を伝えることができました。

卒業後中学校技術・家庭(技術分野)の教員として、子どもたちに金属材料に対する興味を持って貰えるように、今後も教材開発を続けていきたいと考えています。

(2018年3月15日受理)[doi:10.2320/materia.57.283]

(連絡先: 〒448-8542 刈谷市井ヶ谷広沢1)

<sup>†</sup> World Materials Day Award ; 材料系国際学協会連携組織であるIOMMMSでは、材料系分野のプレゼンス向上のため「材料に関する知識とその重要性を社会や若者に啓発する活動」に貢献した学生を顕彰している。

# 研究室紹介

## 九州大学大学院 工学研究院 材料工学部門 材料機能工学大講座

九州大学；准教授 寺西 亮 宗藤 伸治

本学工学研究院材料工学部門は3つの大講座から構成されており、昨年第12号および本年第3号に掲載の材料反応工学大講座および材料加工工学大講座に引き続き<sup>(1)(2)</sup>、今回は材料機能工学大講座を紹介させて頂きたい。本講座には現在3名の教授、3名の准教授、2名の助教が所属している(図1)。金属やセラミックスなど無機材料の機能発現に関連する課題について、「エネルギー」をキーテーマに、熱力学、固体物理学、電磁気学、結晶化学、固体物性学、材料組織学、計算科学、薄膜工学などの学問分野を基にして研究・教育に取り組んでいる。

本講座での研究課題としては、(1)材料の持つ類い稀な機能を引き出すための結晶構造、デバイス構造の創出に関する研究、(2)新規加工プロセス提案を目的とした非平衡金属材料におけるナノ構造変化の観点からの変形機構の解明、(3)理想的なエネルギー技術実現の鍵となる無機材料の点欠陥挙動およびそれを介した固体表面での化学反応の制御に関する研究、(4)地球環境に優しい材料、デバイスを目指したエコマテリアルの創製、(5)計算科学および半導体プロセスを用いた新しい熱電発電材料の開発および機能発現メカニズムの解明、(6)物理真空蒸着法や化学溶液法を用いた無機材料の薄膜化に関する研究、等を行っている。

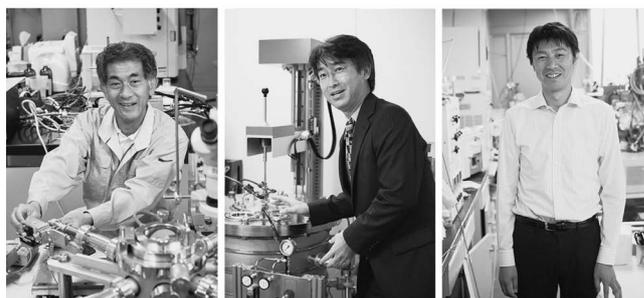
また、本大講座では国家プロジェクトや大型研究にも多く従事しており、最近では科学技術振興機構「戦略的創造研究推進事業」、文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究」、科学技術振興機構「さきがけ」、新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー・環境新技術先導プログラム」、日本医療研究開発機構「未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業」、等に従事している。半導体関連の研究には本大講座が所有するクリーンルーム設備を利用しており、結晶構造の微構造や機能発現に寄与するナノ構造の解析には本学超顕微解析研究センター<sup>(3)</sup>に備わる最新の電子顕微鏡を駆使している。また、大学院生の教育については本学鉄鋼リサーチセンター<sup>(4)</sup>を通して他学科の教員や企業と連携した実践的な教育活動を実施しているほか、山崎仁丈教授が所



向田昌志 教授

尾崎由紀子 教授

山崎仁丈 教授



加藤喜峰 准教授

宗藤伸治 准教授

寺西 亮 准教授

図1 九州大学大学院 工学研究院材料工学部門 材料機能工学大講座を構成する教授・准教授。

属する本学稲盛フロンティア研究センター<sup>(5)</sup>や寺西亮准教授が所属する本学超伝導システム科学研究センター<sup>(6)</sup>等の研究教育施設を利用した教育活動を行っている。

本学の使命のひとつは、世界をリードする研究、新しい世界を切り拓く研究、独創的な研究を行うことであり、このような研究を通じて学生を教育することである。この基本概念に則り、本大講座においても講座内での活動にとどまらず、学内の教育・研究センターや企業等の研究者と連携しながら教育研究活動を遂行している。卒業生が様々な企業で技術開発の中心的役割を果たすべく、深い知識と広い視野、柔軟な発想を備えた学生の育成に取り組んでいる。

## 文 献

- (1) 齊藤敬高：まてりあ, **56**(2017), 709.
- (2) 土山聡宏, 田中将己：まてりあ, **57**(2018), 123.
- (3) <http://www.hvem.kyushu-u.ac.jp/>
- (4) <http://rsc.kyushu-u.ac.jp/>
- (5) <http://www.inamori-frontier.kyushu-u.ac.jp/>
- (6) <http://www.sc.kyushu-u.ac.jp/>  
(2018年2月6日受理)[doi:10.2320/materia.57.284]  
(連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡744)



## 第12回本会派遣 JIM/TMS Young Leader International Scholar 出張報告

株式会社日立製作所 研究開発グループ  
材料イノベーションセンター 電動機材料研究部；研究員  
宇根本 篤

この度、JIM/TMS Young Leader International Scholar として選出いただいた。TMS (The Minerals, Metals & Materials) Society (TMS) の年次大会 (TMS2018) 参加と、そこでの受賞講演、ならびにアメリカ合衆国内で希望する研究所を訪問する機会をいただいたので、この場をお借りしてその出張報告を行う。

TMS2018は、アリゾナ州フェニックス市において、3月11日から15日の5日間開催された。これに先立って、3月9日、希望した NIST Center for Neutron Research を訪問するためにワシントン DC に滞在した。各滞在先間では時差が3時間あり、さらに寒暖差も10℃以上と大きかったために筆者にとってはかなりタフな旅程であった。帰国後も含め、時差ボケと戦い、体調管理に特に気をつけた旅であったと回顧しつつ筆を執っている。

訪問先には NIST Center for Neutron Research を選択し、Terrence J. Udovic 博士にお会いした(図1)。Udovic 博士とはこれまで、共著論文を数報執筆しているが、メールベースでのやりとりのみで、直接お会いするのは初めてであった。Udovic 博士には、同研究所の展示スペースにて、計測技術や標準化の歴史についてご説明いただいた後、中性子施設を見学させていただいた。蓄電池材料について、「イオンダイナミクス」や「構造設計」などをキーワードに、共同研究成果や研究開発動向を踏まえ、中性子利用が当該材料分野が持つ課題に対し、どのように貢献できるのかについて議論を行った。時折、Udovic 博士の同僚も加わっていたり場面もあり、より一層深い議論ができた。

ご存知のように、モビリティの電動化が当該分野の大きな潮流になっており、世界規模での研究開発競争がより熾烈になっている。Udovic 博士との議論では、アメリカや日本、他国の科学技術政策や産業動向なども話題になる場面があった。社会の要請に応える形で、実用面での注目が集まることが多い一方、基礎学術的には良く分かっていないことも多い。次世代材料開発では、どちらか一方が置き去りにならないよう、多面的、多角的なアプローチとともに俯瞰的な視野が必要なのだと改めて認識して同研究所を後にした。

場所は変わって、TMS2018である。学会参加者数は4,300名ほどで、およそ3,400件の講演がなされ、規模が非常に大きく、大変な盛況ぶりであった。All Conference Plenary では、Tesla Motors と SpaceX の Vice President of Materials Engineering である Charlie Kuehmann 氏からの講演がなされた。両社の CEO である Elon Musk 氏もビデオレターで登



図1 NIST Center for Neutron Research 入り口にて。写真の人物は Terrence J. Udovic 博士。



図2 TMS - AIME Award Ceremony にて D. H. DeYoung 会長(左)と筆者(右)で記念撮影。

場し、材料分野に対する高い期待が述べられた。私は今回、初めて TMS 年次大会に参加したが、セッショントピックスも多岐に亘っており、材料の幅広い産業への影響力を改めて認識した。

受賞講演は、Materials for Energy Conversion and Storage というセッションで行われた。“Advanced Study on Complex Hydrides for All-Solid-State Batteries”と題し、錯体水素化物固体電解質を使用した全固体電池デバイスおよび新規電解質材料開発状況について、筆者の前職(東北大学・折茂慎一研究室)での成果と、同時期にすすめていた日立製作所と東北大学の共同研究成果について講演した。産業界からの講演であることを念頭に、産業利用の観点からも次世代電池およびその材料開発指針について述べた。会場の席がほぼ埋まるほどに多数の聴講者を得ることができ、さらに、質疑応答の時間や、その後の休憩時間にも多数の研究者と活発に議論をすることができた。

受賞講演が行われた日に授賞式があった。とても華やかな会場、雰囲気、演出であったためにとっても緊張し、賞状授与の際の記念撮影では、DeYoung 会長ほどの笑顔ができなかったのは少々後悔している(図2)。

最後に、今回のような貴重な機会をいただいたことに厚く御礼を申し上げるとともに、渡米についてご尽力下さった本会ならびに TMS 事務局、NIST Center for Neutron Research の Terrence J. Udovic 博士に心より感謝を申し上げます。

(2018年4月20日受理) [doi:10.2320/materia.57.285]  
(連絡先: 〒319-1292 日立市大みか町 7-1-1)

## 写真，人生の友，研究の友

元 近畿大学生物理工学部  
元 日本写真学会誌編集委員長； 西城浩志

自然科学の発展には正確な記録が欠かせない。コペルニクスは肉眼で観測して紙に記録していたが、今日のアマチュア天文家は二次元光センサーでデジタル記録する。ハロゲン化銀写真(銀塩写真法)は、発明後まもなく科学的計測の最重要記録手段になった。さまざまな分野で写真計測が可能になると、写真技術は理工系学生の必須のスキルになる。電子計測・デジタル記録が普遍化するまでは、暗室作業を含む学生実験が必ずあった。鉄道写真を撮り回っていた筆者にとって、現像・引伸しの技術習得を主眼とするX線回折実験はおいしいものであったはずだが、Ewald球がよくわからず、レポートに苦しんだ記憶しかないのは、残念である。

大学院は電子顕微鏡の研究室で、当時まれな冷房の効いた暗室に処理液が常備されており、密かに電顕写真以外のプリントを楽しんだ。博士課程に裏表6年かけて学位をもらったが、テーマはハロゲン化エチレンの分子が、KCl単結晶表面のどの格子点で吸着するか、であった。この系が銀塩写真系の最もシンプルなモデルということで、京都市内の国立工業短期大学部写真工学科の助手の口がかかった。

教科書には、写真感光材料はハロゲン化銀が感光体である、とある。これは真っ赤な嘘で、塩化銀・臭化銀は可視光に全く感じず、沃化銀がごく一部に感じるに過ぎない。では、カラーや白黒のフィルムはどうなっているのか、写真工学科に就職して初めてそれを知った。ハロゲン化銀粒子に吸着した分光増感色素と称される有機色素があり、それぞれ特定の波長域の可視光を吸収する。色素から放出される光電子は、吸着基盤のハロゲン化銀の結晶格子に注入されて銀イオンを還元、銀原子による『潜像核』が形成される。この潜像核が現像プロセスで化学エネルギーを注入されて増幅され、眼に見えるようになる。パンクロマチックなフィルムは、可視光域全体をカバーする何種類かの色素が塗布されている。顕像化された銀粒子は白黒写真では画像そのものであるが、カラー写真においては色素画像の形成に寄与したのち溶出され、画像には残らない。分光増感色素とはその後30年余にわたってつきあい、国内外から学会賞を4個戴くことになる。

ここまで来ると今日のデジタル画像系との類似に気づく方もおられるであろう。銀塩写真では、感光体は分光増感色素分子、記憶部がハロゲン化銀粒子、現像処理系で信号増幅を受け、最終画像はその過程で合成される色素分子、ということになる。これらは、ゼラチンで作られる媒体内に封入され、基板であるポリマーフィルム上に塗布されている。

さて、昔撮った『貴重な』『研究生命をかけた』『実験』写真データが読めなくなった、消えてしまったという経験を持

つ方も多いであろう。仏壇や鴨居にかけてある先祖の写真や、家族写真でも同じである。どうして写真画像が消えてしまうのか、救う方法はないのか、という話をしよう。

ホームビデオが失われるのは磁性体の劣化かデータ形式の変化であるが、銀塩写真が消える原因は複雑で、一筋縄ではゆかない。白黒写真では、銀粒子の凝集、形状、あるいは化学状態の変化による。銀粒子が黒く見える理由は未だに確とした答えはないが、形状によってさまざまな色調を示す。印画の周縁が金属銀になっていることもある。黒化した銀が酸化されてゆくと色調がセピア色になり、やがて認知できなくなる。漂白・再現像により画像が回復するが、失敗すると画像喪失の危険性がある。今日では、イメージスキャナーで読み取って、デジタル画像処理で救うのがよい。

カラー写真では、発色現象で形成された色素が、分解して見えなくなる。YMC三色の褪色速度が違うと色バランスが崩れる(色カブリ)。1970年代に製造されたさる著名会社のカラーライドが、ほぼすべてこれを生じさせたことは有名である。一旦分解した色素は復活できないが、三色ともに褪色したものは、デジタル処理で不自然でない程度に修復できる。しかし、色調が崩れたものを正しくすることは、難しい。コダクロームやチバクロームは使用される色素の安定性に優れ、何が肝腎かを教えてくれる。

画像を形成する銀粒子や色素の変化で画像が見えなくなるということは、よくわかる。思いもしない理由で画像が読み取れなくなったのが、酢酸シンドロームとして知られる現象である。感光材料や画像材料を塗布する基板として重用された、三酢酸セルロースフィルムが分解して酢酸を放出し、縮緬皺を生じる現象が世に知られるようになったのは、今から30年くらい前であろうか。写真感光材料の基板として最初は金属銀の板、次いで紙が使用されたが、透明なガラス板が登場する。いわゆるガラス乾板として、理化学用には1960年代まで、分野によっては今もなお使用される。しかし、連続撮影したい小型カメラにはガラス乾板は不向きで、じきにニトロセルロースをベースとしたフィルムが開発される。これは引火しやすく、映画ライブラリーでは不活性ガス中に保存するくらい扱いにくい。それで不燃性フィルムとして開発されたのが、三酢酸セルロースベースであった。1950年代から普及が始まり、1980年代まで使用が続いた。この酢酸セルロースフィルムが変形して、読みとれなくなった。

写真を大切にする人は、ネガを金属缶に入れ、シリカゲルとともに密封し、涼しい場所で保管する。酢酸セルロースは自然分解するため、シリカゲルが飽和すると缶の中はガスが充満し始める。するとpHが低下し、分解が加速する。酢酸基が抜けるとフィルムは変形し始め、平面からn次曲面と化す。こうなると引伸しはもちろん、フィルムスキャナーにかけても画像は読み取れない。目で見ると何か見えるだけに、悔しい。しかし、予防はできる。それは、密閉缶などではなく、風通しのよい冷暗所に置くことである。私は、ネガ袋に入れて事務用ファイルキャビネットにそのまま入れてあるが、一コマも酢酸シンドロームには遭っていない。

(2018年3月27日受理)[doi:10.2320/materia.57.286]

(連絡先: E-mail: hirsaijo@gmail.com)

# 本 会 記 事

会 告	2018年秋期講演大会講演募集と参加申込のご案内	287
	第16回 World Materials Day Award 募集	289
	2018年秋期講演大会機器・書籍・カタログ展示会出展募集 および大会プログラム・講演概要集 DVD ジャケット広告募集	289
	各種学術賞, 奨励金等候補者推薦について	290
	若手研究グループ集会	290
	研究集会	291
	会報編集委員会からのお知らせ	291
	2017年度に終了した研究会成果報告	292
	平成29年度事業報告および決算報告	297
	平成30年度事業計画書および収支予算書	302
	分科会シンポジウム開催報告	306
支部行事	次号予告	293 296
掲示板	新入会員	293 296
会誌・欧文誌 6号目次	行事カレンダー	295 307

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

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

- ・投稿規程・出版案内・入会申込はホームページをご利用下さい。
- ・会告原稿締切: 毎月1日で、翌月号掲載です。
- ・掲示板や行事のご案内は、ホームページにも掲載しております。

## 会 告 (ホームページもご参照下さい)

### 2018年秋期(第163回)講演大会講演募集

◎ただ今、下記の通り講演募集を行っております。ご確認の上、お申し込み下さい。

会 期: 2018年9月19日(水)～9月21日(金)

会 場: 東北大学川内北キャンパス(〒980-8576 仙台市青葉区川内41)・仙台国際センター(〒980-0856 仙台市青葉区青葉山無番地)

共 催: 東北大学工学研究科, 環境科学研究科, 金属材料研究所, 多元物質科学研究所

協 賛: 公益財団法人仙台観光国際協会

非会員でも大会参加費と登壇費を前納すれば、講演申込ができます(詳細は「申込要領」の「講演資格」参照.)

講演申込と同時に大会参加の事前予約となります。8月17日(金)までに参加費を納入下さい。

講演申込 URL	<a href="http://www.jim.or.jp/convention/2018autumn/">http://www.jim.or.jp/convention/2018autumn/</a>
講演申込および概要原稿提出期限(締切厳守!)	講演申込と講演概要提出は同時に行う。(同時に行わない場合は、講演申込として受理されない)
講演種別	全講演(公募シンポジウム, 一般, ポスター, 共同セッション)
講演申込・大会参加事前予約期間	5月25日(金)13時～7月6日(金)17時

講演についての問合せ 公益社団法人日本金属学会 講演大会係 [annualm@jim.or.jp](mailto:annualm@jim.or.jp)

#### これから入会して講演申込をされる方へ

インターネットで入会申込み下さい。入会申込確認後は ID(会員番号)とパスワードが即日メール返信されます。

会員認定: 期限内に入会手続きを行い、年会費を納入下さい。→期日までの払込がない場合は講演不許可の措置をとります。

入会申込 URL	<a href="http://www.jim.or.jp/memberinfosys/member/">http://www.jim.or.jp/memberinfosys/member/</a>
入会申込期限 7月4日(水)	年会費納入期限 7月31日(火)

入会・会費の問合せ 会員サービス係 [member@jim.or.jp](mailto:member@jim.or.jp)



# 2018年秋期(第163回)講演大会ご案内ならびに参加申込みについて

会 期：2018年9月19日(水)～9月21日(金)

会 場：東北大学川内北キャンパス(〒980-8576 仙台市青葉区川内41)・仙台国際センター(〒980-0856 仙台市青葉区青葉山無番地)

共 催：東北大学工学研究科，環境科学研究科，金属材料研究所，多元物質科学研究所

協 賛：公益財団法人仙台観光国際協会

大会参加予約申込締切：2018年8月17日(金)

参加申込みは、すべてインターネット申込となります。詳細は、下記申込要領をご覧ください。

## 参加申込要領

インターネットによる事前の大会参加申込みおよび懇親会参加の申込み：〈登録期間〉5月25日(金)～8月17日(金)

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

予約申込締切後、予約申込者へ大会参加証引換券、講演概要集 DVD を送付します。懇親会の参加申込者には、懇親会参加券もあわせてお送りします。なお、領収書は、決済完了後に申込画面から各自印刷して下さい(WEB画面：講演大会 MyPage よりダウンロード)。8月18日以降は当日申込となります。当日申込をご希望の方は、会場受付にて直接お申込下さい。

### ◆大会参加費(講演概要集 DVD 代含む)※年会費とは異なります。

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

予約申込締切日	8月17日(金)(申込および入金期日)	
	予約申込 (インターネット申込・事前支払い)	当日申込 (大会会場受付・現金払いのみ)
会員資格		
正員・維持員会社社員	10,000円	13,000円
学生員※	6,000円	7,000円
非会員 一般	24,000円	27,000円
非会員 学生(大学院生含む)	14,000円	16,000円

・お支払後の取消は、ご返金致しかねますのでご了承下さい。

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

### ◆懇親会費(消費税込み)

懇親会：9月19日(水)18:30～20:30 於 ホテルメトロポリタン仙台(〒980-8477 仙台市青葉区中央1丁目1-1)

予約申込締切日	8月17日(金)(申込および入金期日)	
	予約申込 (インターネット申込・事前支払い)	当日申込 (懇親会会場受付・現金払いのみ)
種 別		
一般	8,000円	10,000円
同伴者(ご夫人またはご主人)	5,000円	5,000円

・お支払後の取消は、ご返金致しかねますのでご了承下さい。

### ◆支払方法

事前予約のお支払いはクレジットカードおよびコンビニ振込決済をご利用頂けます。また、入金後のご返金は致しかねます。8月17日(金)の入金日をもって予約申込完了となります。

### ◆参加証・概要集 DVD 発送

事前予約をされ、参加費を納入された方には、概要集発行日9月5日に順次、「参加証引換券」、「概要集 DVD」、「懇親会参加証」を発送いたします。

### ◆講演概要集 DVD のみ購入する場合

件名を「2018年秋期講演大会講演概要集 DVD 購入申込」とし、①申込者氏名 ②会員資格(会員番号も併記) ③申込数 ④住所をご記入の上、E-mail: [ordering@jim.or.jp](mailto:ordering@jim.or.jp) 宛にお申込み下さい。9月5日の発行後、請求書を添えて送付いたします。

会員価：本体4,000円+税 定価：本体10,000円+税 送料：360円

### 参加申込・問合せ先

〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32 (公社)日本金属学会

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312 E-mail: [annualm@jim.or.jp](mailto:annualm@jim.or.jp)

## 第16回 World Materials Day Award 募集

材料系国際学協会連携組織である IOMMMS (International Organization of Materials, Metals and Minerals Societies) では、国際連携活動の一環として、材料系分野のプレゼンス向上のため World Materials Day を制定し(毎年11月の最初の水曜日)、この日に世界同時に、「材料に関する知識とその重要性を社会や若者に啓発する活動」に貢献があった学生を顕彰しております。日本では、11月7日(水)に顕彰いたします。

### 募集要項

1. 対象となる活動：次の3部門で募集します。  
第1部門：社会における材料の重要性を示すホームページ  
第2部門：学園祭やキャンパスオープンデー等での該当する展示物、作品等  
第3部門：その他(材料教育プロジェクト、青少年対象の材料実験等)
2. 応募資格者  
日本在住の学部学生、修士課程大学院生(グループも可)。  
日本金属学会の会員でなくても応募できるが授賞決定後には会員になることが望ましい。
3. 展示方法  
日本金属学会秋期講演大会(2018年9月19~21日、東北大学)において、応募作品を展示する。
  - ・展示場への作品の搬入および搬出は応募者が行う。
  - ・展示パネルと電源は準備しますがそれ以外の備品などは応募者各自が準備すること。
4. 審査方法
  - ・審査員は理事会で決定し、展示場で審査する。
  - ・審査の観点：材料啓発活動への寄与度、内容の新鮮さ、表現力、意欲などの個別項目を5点法で採点し総合点で審査する。
5. 授賞
  - ① World Materials Day Award :  
最優秀作品1作品(または1グループ) 副賞5万円
  - ② 各部門賞：各部門1作品に表彰賞状のみ。贈呈は World Materials Day に受賞者の所属する機関で行う。
6. 応募要領
  - ・メールによる申込み記載事項(応募者名、住所、所属、作品名、応募分野・部門、展示方法(web、実物、写真、ビデオ等)、展示必要スペース・重量などを明記して応募下さい。

**申し込み**：下記アドレス宛にお申込下さい。

(応募様式はホームページからダウンロード下さい)

**応募期間**：2018年7月1日～8月31日

### 7. 参考

昨年の受賞者による体験記事を「まてりあ」にて紹介しておりますのでご参考にして下さい(まてりあ57巻5号～7号)。

**申込・問合せ先** 〒980-8544 仙台市青葉区一番町1-14-32  
(公社)日本金属学会 各種賞係  
☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312  
E-mail: gaffair@jim.or.jp

## 2018年秋期講演大会 機器・書籍・カタログ展示会出展募集 大会プログラム広告および講演概要集 DVD ジャケット広告募集

2018年9月19日(水)～21日(金)の3日間東北大学川内北キャンパスにて開催される秋期講演大会会場内で機器・書籍およびカタログの有料展示会を開催いたします。あわせて講演大会プログラム、講演概要集 DVD ジャケット掲載の広告の募集もいたします。

## ■機器・書籍展示

研究開発用機器、書籍、ソフトウェア等の出展を募集します。

- 1 小間 間口1,800 mm, 奥行き900 mm(予定)  
展示台(テーブル)、椅子、電源(100 V 1 kW まで)をご用意します。  
\*電気容量の追加は1 kW 毎に10,000円(税別)をご負担下さい。
- 出展料金 機器展示：1小間140,000円(税別)  
書籍販売：1小間 90,000円(税別)
- 申込締切 2018年8月2日(木)

## ■カタログ展示

- 展示部数 2点(A4サイズ、8頁以内)につき、30部以内  
出展料金 2点につき30,000円(税別)(1点増すごとに10,000円(税別)追加)
- 申込締切 2018年8月2日(木)

## ■講演大会プログラム広告

- 発行予定日 2018年9月1日(土)  
原稿寸法 A4版 1P 天地260 mm×左右180 mm  
1/2P 天地125 mm×左右180 mm  
入稿原形態 完全データ(グレースケール)

### 広告料金

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

- 上記の料金には消費税は含まれておりません。
- 原稿制作費は別途ご請求させていただきます。

申込締切 2018年7月26日(木)  
原稿締切 2018年8月2日(木)

## ■講演概要集 DVD ジャケット広告

- 発行予定日 2018年9月5日(水)  
原稿寸法 天地120 mm×左右121 mm  
入稿形態 完全データ(4色カラー)

### 広告料金

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

- 上記の料金には消費税は含まれておりません。
- 原稿制作費は別途ご請求させていただきます。

申込締切日 2018年8月2日(木)  
原稿締切日 2018年8月2日(木)

## ■申込・問合せ先

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4(友野本社ビル7F)  
株式会社 明報社 担当 月岡太郎  
☎ 03-3546-1337(代) FAX 03-3546-6306  
E-mail: tsukioka@meihosha.co.jp  
URL : <http://www.meihosha.co.jp/>

## 各種学術賞、奨励金等候補者推薦について

本会は下に示す各種の学術賞や奨励、助成等の候補の推薦者に指定されており、積極的な推薦を行なっております。会員各位にはこれらの候補として適当と思われる方の推薦または自薦をお願いいたします。

推薦または自薦は次の各号によるものとします。

- (1)推薦または自薦の資格は、本会会員とする。
- (2)推薦または自薦に際しては、各学術賞等の所定の書式の推薦書及び資料を提出する。
- (3)推薦または自薦の期限は、原則として各学術賞等の推薦締切の2ヶ月前とする。

推薦又は自薦しようとするときは「〇〇賞に推薦(自薦)」と明記の上、上記3.の期限までに、各学術賞等の所定の推薦書及び資料を添えて、本会事務局までお申し出下さい。書類審査の後、理事会で推薦を決定いたします。

送信・問合せ先：〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32

(公社)日本金属学会

☎ 022-223-3685 E-mail: secgnl@jim.or.jp

本会が推薦者に指定されている各種学術賞等	募集者	各賞等の推薦締切(2017年の例)(本会締切は2ヶ月前)
文部科学大臣表彰 科学技術賞, 若手科学者賞 http://www.mext.go.jp/	文部科学省	7月27日
文部科学大臣表彰 創意工夫功労者賞 http://www.mext.go.jp/	文部科学省	9月30日
日本学術振興会賞 https://www.jsps.go.jp/jsps-prize/	日本学術振興会	4月11日
育志賞 http://www.jsps.go.jp/j-ikushi-prize/	日本学術振興会	6月10日
朝日賞 http://www.asahi.com/shimbun/award/asahi/	朝日新聞社	8月25日
日本産業技術大賞 http://corp.nikkan.co.jp/p/honoring/nihonsangyogijyutsutaishou	日刊工業新聞社	1月31日
東レ科学技術賞, 東レ科学技術研究助成 http://www.toray.co.jp/tsf/	東レ科学振興会	10月10日
本多記念賞, 本多フロンティア賞, 本多記念研究奨励賞 http://hondakinenkai.or.jp/	本多記念会	9月16日
大河内賞 http://www.okochi.or.jp/hp/top.html	大河内記念会	8月12日
全国発明表彰 http://koueki.jiii.or.jp/hyosho/top/hyosho_top.html	発明協会	8月31日
地方発明表彰 http://koueki.jiii.or.jp/hyosho/top/hyosho_top.html	発明協会	3月30日
井上學術賞 http://www.inoue-zaidan.or.jp/f-01.html	井上科学振興財団	9月20日
井上春成賞 http://inouesho.jp/	科学技術振興機構	3月31日
岩谷直治記念賞 http://www.iwatani-foundation.or.jp/	岩谷直治記念財団	8月31日
浅田賞, 三島賞 https://www.isij.or.jp/commendation/	日本鉄鋼協会	9月30日
風戸賞 http://www.kazato.org/application/	風戸研究奨励会	10月21日
風戸研究奨励賞 http://www.kazato.org/application/	風戸研究奨励会	12月9日
グリーン・サステイナブルケミストリー賞 http://www.jaci.or.jp/gscn/page_03.html	新化学技術推進協会	11月18日
工学教育賞 https://www.jsee.or.jp/award/	日本工学教育協会	7月13日
KONA 賞, 研究助成, 援助 http://www.kona.or.jp/jp/	ホソカワ粉体工学振興財団	7月20日

本会が推薦者に指定されている各種学術賞等	募集者	各賞等の推薦締切(2017年の例)(本会締切は2ヶ月前)
サー・マーティン・ウッド賞 http://www.msforum.jp/about_sir_martin/	ミレニアム・サイエンス・フォーラム	8月1日
新機械振興賞 http://www.jspmi.or.jp/tri/prize/index.html	機械振興協会	5月31日
素形材産業技術賞 https://sokeizai.or.jp/japanese/award/skill_h22.html	素形材センター	5月20日
日本塑性加工学会賞 http://www.jstp.jp/about/award/	日本塑性加工学会	8月27日
日本溶接協会 貢献賞, 技術賞, 溶接注目発明賞 https://www.jwes.or.jp/jp/somu/award/index.html	日本溶接協会	11月11日
熱・電気エネルギー技術に関する研究助成 http://www.teet.or.jp/08_4.html	熱・電気エネルギー技術財団	10月28日
藤原賞 http://www.fujizai.or.jp/index.htm	藤原科学財団	12月20日
報公賞, 工学研究奨励援助金 http://www.hattori-hokokai.or.jp/	服部報公会	5月10日
睦賞 http://www.jsndi.jp/honor_award/	日本非破壊検査協会	12月31日
山崎貞一賞 http://www.mst.or.jp/Portals/0/prize/index.html	材料科学振興財団	4月30日
山田科学振興財団研究援助 http://www.yamadazaidan.jp/jigyokenkyu.html	山田科学振興財団	2月24日

## 若手研究グループ集會

### 若手研究グループ No. 4

#### 第1回若手研究グループ「量子ビーム散乱測定による金属組織形成過程のマルチスケール解析研究」

現在、社会の要求に応えるべく様々な新しい金属材料は生み出され、その特性発現メカニズムを詳細に明らかにするためには、金属組織をあらゆる視点から観測することが不可欠です。本研究会では、量子ビームを用いた散乱測定技術・最先端観察技術・計算科学を相互補完することにより、金属組織の定量化やその場測定の高高度化について検討します。

日 時 2018年6月11日(月)13:00~18:00(受付開始12:45),  
6月12日(火)9:30~12:00

場 所 北海道大学工学部 A棟4階 A4-63会議室  
(〒060-8628 札幌市北区 北13条8丁目)

#### プログラム

6月11日(月)

13:00~13:15

(1) 若手研究グループの趣旨説明 原子力機構 諸岡 聡

13:15~14:45 座長 吉岡 聡

(2) 中性子回折による構造金属材料の変形挙動解析(30)

原子力機構 諸岡 聡

(3) 小角散乱法による金属・機能性材料中のナノ構造の評価(30)

原子力機構 大場洋次郎

(4) 分光型中性子イメージングによる結晶組織構造情報の広範囲マッピング(30)

北大 佐藤博隆

15:15~16:45 座長 大場洋次郎

(5) 巨大ひずみ加工した金属ガラスの塑性変形挙動解析(30)

豊橋技科大 足立 望

- (6) 放射光を用いた ODS 鋼中酸化粒子析出過程の解析(30)  
北大 大野直子
- (7) X線吸収分光法を利用した金属材料中の局所構造解析(30)  
九大 吉岡 聡
- 16:45~17:45 総合討論(1)

6月12日(火)

9:30~11:00 座長 諸岡 聡

- (8) 電子論計算に基づく金属材料中の溶質元素の自己組織化(30)  
東北大 榎木勝徳
- (9) 析出物を活用した鋼板の従来知見と将来への期待(20)  
JFE スチール 高坂典晃
- (10) 銅及び銅合金中のナノ構造物の解析(20) 古河電工 山崎悟志
- (11) 豊田ビームラインでの3D材料強度評価のこれまでと今後(20)  
豊田中研 瀬戸山太吾

11:00~12:00 総合討論(2)

企画責任者 諸岡 聡(原子力機構) 大場洋次郎(原子力機構)  
佐藤博隆(北大) 大野直子(北大)

参加費 無料

申込・問合せ先 6月4日(月)までにE-mailにて、氏名・所属・電話番号・メールアドレスを明記の上、お申し込み下さい。

日本原子力研究開発機構 物質科学研究センター  
諸岡 聡

E-mail: morooka@post.j-parc.jp

## 研究集会

### 研究会 No. 76

#### 高温変形の組織ダイナミクス研究会 「平成30年度 夏の学校」講演・参加者募集

「高温変形の組織ダイナミクス研究会」は、金属・合金の高温変形において時々刻々と変化する組織と力学特性の関係を実験的研究および理論的研究を通して明らかにし、高温材料の変形や破壊を支配する材料因子や変形条件の影響を基礎的に理解するとともに、新しい実用高温材料の組織設計指針を構築していくことを目的として、平成27年3月に発足した研究会です。本研究会では、年に1回、「夏の学校」を開催し、材料の高温変形に関する最新の研究発表を行う場を提供し、研究者同士の理解を深めて強い研究者ネットワークを構築していくことを目指しています。

「平成30年度 夏の学校」は、9月5日から7日の3日間、佐賀県「武雄温泉 ホテル春慶屋」にて開催致します。数件の基調講演と一般講演でプログラムを構成する予定です。講演の希望は、7月13日(金)までに、参加の希望は8月3日(金)までに、下記の申込先まで電子メールまたは電話にてご連絡下さい。本研究会は、博士後期課程3年生の発表を歓迎します。

(代表世話人: 弘前大 佐藤裕之)

日時 2018年9月5日(水)午後~9月7日(金)午前  
場所 武雄温泉 ホテル春慶屋(〒843-0022 佐賀県武雄市武雄町大字武雄7407)  
☎ 0954-22-2101 <http://www.syunkeiya.jp/>

参加費 3,000円

宿泊費 宿泊1泊(夕朝食付) 約14,000円~16,000円

宿泊2泊(夕朝食付) 約28,000円~32,000円

(宿泊費は部屋によって異なります。詳細は申込受付後にご連絡致します。)

講演時間 基調講演 60分(講演40分+質疑20分)

一般講演 30分(講演20分+質疑10分)

発表申込 締切: 2018年7月13日(金)

【申込内容】講演題目、講演者氏名・所属・身分(共同研究者を含む)、連絡先  
(参加申込を兼ねる場合は宿泊日も併せてご連絡下さい。)

参加申込 締切: 2018年8月3日(金)

【申込内容】参加者氏名・所属・身分、連絡先、宿泊日  
申込先 峯田才寛

弘前大学 大学院理工学研究科

E-mail: mineta@hirosaki-u.ac.jp

☎/FAX 0172-39-3643

備考

- ・発表申込が多数の場合、発表時間を確保するために、発表件数の調整をさせていただく場合がございます。
- ・1部屋2~5名程度の相部屋で宿泊していただきます。
- ・宿泊費には昼食代は含まれておりません。
- ・後日、下記のホームページにプログラムを掲載する予定です。日本金属学会ホームページ

[http://jim.or.jp/EVENTS/group/grp\\_index.html](http://jim.or.jp/EVENTS/group/grp_index.html)

## 会報編集委員会からのお知らせ

まてりあ特集企画: 公募のお知らせ  
「顕微鏡法による材料開発のための微細構造研究最前線(11)」  
原稿募集  
テーマ「顕微鏡法の材料評価への展開と先端評価法の進展」  
(掲載号: 第57巻12号(2018))

2016年に7年ぶりに再開された顕微鏡特集では、その間に発展した装置・解析法を駆使された多くの研究紹介がありました。今回の特集では初学者や材料開発の現場の研究者にも広く興味を持ってもらえるよう、「顕微鏡法の材料評価への展開と先端評価法の進展」をテーマとして、汎用顕微鏡による実用材料の解析例から最新の装置による解析および計算科学的手法による組織解析や各種顕微鏡法に際しての創意工夫にも焦点を当て、広く会員の皆様にご紹介したいと思っております。応募原稿の中から、約30-40編(1編当り1ページ)を審査の上掲載いたします。奮ってご応募下さい。

応募に当たっては、①著者名・②所属・③連絡先・④論文題目と⑤その概要(300字)・⑥掲載予定の写真や図を「**応募用紙**」(ダウンロードして下さい)にご記入の上、下記までご提出して下さい。

同一第一著者の投稿は2件まで(類似内容は1件まで)、ファイルサイズは1MB程度でお願いします。応募締切は6月22日(金)(必着)です。審査の結果、採用させて頂く原稿の著者には、別途、最終原稿用のフォーマットなどを送付致します。

**応募用紙**

まてりあ Web ページから用紙をダウンロードの上、上記6項目を記入し下記E-mail アドレスにご送信下さい。

原稿送信先: 公益社団法人日本金属学会 会報編集委員会

E-mail: kenbikyouto@jim.or.jp

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

☎ 022-223-3685



**No. 69 「エレクトロニクス薄膜材料研究会」成果報告書**

活動期間：2013年3月～2018年2月(5年間)

研究会世話人：松尾直人(兵庫県立大学 大学院工研究科)

**1. 研究会活動目的**

低炭素化社会の為に次世代電子・情報・エネルギー素子として、従来の半導体材料、及びプロセスに踏襲されない革新的機能を有する電子デバイスが要求されている。本研究会では、革新的機能を有する電子デバイスに繋がる新たなエレクトロニクス材料について検討する。

**2. 研究会活動概要**

以下の様に5回の研究会を開催した。各回共、新しいエレクトロニクス薄膜材料に繋がる、活発、且つ有益な議論が展開された。

第1回：「最先端エレクトロニクス素子と機能材料研究の最近の動向」(2013/9/20, 阪大), 1「Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が創るグリーンテクノロジー」上田大助, 2「透明酸化物質材料で創る未来のディスプレイ」浦岡行治, 3「強誘電体薄膜の新展開～共振発電からTHzまで～」藤村紀文, 4「電子デバイスへのCu配線形成のための金属材料学的アプローチ」伊藤和博, 5「Si系半導体の放射光による低温結晶化とデバイス応用」松尾直人

第2回：「最先端電子・情報素子と機能材料研究の動向」(2014/9/25, 名大), 1「ナノ薄膜・ナノ細線・ナノ粒子構造による電子の量子制御とエレクトロニクス応用」榊裕之, 2「新しいIV族半導体材料の開発とシリコンナノエレクトロニクスへの応用」財満鎮明, 3「新世代電子デバイス開発に向けたナノ電子材料分析と物性制御」宮崎誠一, 4「最先端プラズマ科学が拓く電子デバイス・機能材料プロセス」堀勝, 5「分極半導体としてのInAlGa<sub>2</sub>Nとデバイス応用」天野浩, 6「複合酸化物質薄膜の原子構造制御」山本剛久

第3回：「電子・情報・エネルギー素子と機能材料の最近の研究」(2015/9/17, 九大), 1「リン化法を用いたカルコパイライト型リン化合物の成膜と太陽電池への応用」野瀬嘉太郎, 2「ハーフメタル型電子状態を有するホイスラー合金の磁性と相安定性」梅津理恵, 3「電気磁気効果に基づく垂直交換磁気異方性の電界誘起方位反転」白土優

第4回：「第3回に同じ」(2016/9/22, 阪大), 1「GaAs中のEr発光中心とフォトリソニック結晶ナノ共振器との相互作用」児島貴徳, 2「次世代パワーエレクトロニクスにおける焼結接合を用いた高耐熱実装技術」長尾至成, 3「ナノ構造を用いた熱電特性制御とSi系熱電材料開発」中村芳明

第5回：「同上」(2017/11/2, 兵大), 1「Eu添加Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>波長超安定・狭帯域赤色LEDの新展開」藤原康文, 2「ダイヤモンド結晶および電子デバイスの現状と展望」小出康夫, 3「電子デバイスにおける原子層堆積技術の有効性」生田目俊秀, 4「半導体基板上で膜タンパク質が機能するナノバイオデバイスの構築」住友弘二, 5「金属酸化物質薄膜の機能性と新規電子デバイスへの展開」奈良安雄, 6「金属元素の添加による鉄酸化物質薄膜の高機能化」阿部世嗣, 7「半導体結晶によるナノとマクロの協奏—原子レベルの結晶制御によるテラヘルツ波の高出力発生と社会インフラに対する非破壊検査応用—」田邊匡生, 8「印刷プロセス太陽電池：色素増感型太陽電池, CIGS, ペロブスカイト, シリコン」伊藤省吾, 9「DNA/Si MOSFETの電気特性とその応用」松尾直人

3. 成果の公表 日本金属学会誌に投稿予定。

**4. 研究会世話人**

藤原康文(阪大), 小出康夫(NIMS), 生田目俊秀(NIMS), 阿部世嗣(電磁研), 小山裕(東北大), 伊藤和博(阪大), 松尾直人(兵大)

**No. 71 「グリーンエネルギー材料のマルチスケール創製研究会」成果報告書**

活動期間：2013年3月～2018年2月(5年間)

研究会世話人：連川貞弘(熊本大学院自然科学研究)

**1. 研究会活動目的**

東日本大震災を機会に、持続可能な低炭素社会の構築とともに安全安心なエネルギーの確保が重要な課題となっている。本研究会は、材料科学の立場から、長期的-短期的視野に立って、太陽光発電や廃熱利用などの新規グリーンエネルギー変換システム用材料の創出と共に、超々臨界発電や超高温熱機関などの従来技術の高効率化を実現するための方策について研究を推進していくことを目的として設立した。本目的を達成するためには、これらを構成するエネルギー材料の構造を原子レベルから実寸レベルまで有機的に結びつけ、マルチスケールでデザインを可能にする材料科学的アプローチが求められる。本研究会は、平成20年度-24年度に活動した「格子欠陥制御工学研究会」の実績を踏まえ、規則度や格子欠陥の構造、配列の原子論的解析や不純物、非化学量論などに由来する局在的な量子効果、ナノからマイクロレベルにおける微細組織のキャラクターゼーションとその制御、そしてミリから実寸レベルにおける階層構造化技術や材料特性の評価など、グリーンエネルギー材料に対するマルチスケール創製の設計原理確立に向け、効率よく研究を推進するための議論の場として活動する。

**2. 研究会活動概要**

研究討論会を年1回、計5回行った。第1回は熊本県上天草市で参加者48名(大学・国立研究機関教職員26名, 大学院生22名), 第2回は島根県松江市で参加者34名(大学・国立研究機関教職員21名, 民間企業1名, 大学院生12名), 第3回は沖縄県南城市で参加者28名(大学・国立研究機関教職員15名, 民間企業1名, 大学院生12名), 第4回は宮城県南三陸町で参加者は38名(大学・国立研究機関教職員20名, 民間企業1名, 大学院生17名), 第5回は福岡県太宰府市で参加者32名(大学・国立研究機関教職員17名, 民間企業1名, 大学院生14名)であった。また毎回、中堅以上の教職員・研究者全員の投票に基づいて、大学院生、ポスドク、若手研究者の発表の中から優れた発表をした者に対して「Distinguished Paper Award for Young Scientists」を授与した。受賞者は、第1回が遠藤一輝君(東工大)中村明穂君(東大)横井達矢君(阪大), 第2回が鈴木詩織さん(北大)野田圭介君(熊本大)山形遼介君(東北大), 第3回が海瀬晃君(東工大)趙寛さん(東北大), 第4回が古嶋佑帆君(名大)Taywin Buasri君(東工大)上村宗二朗君(熊本大), 第5回が岩崎真也君(東工大)楓杏子さん(熊本大)であった。受賞者には、賞状を贈った。

本研究討論会では、比較的たっぷりとした講演時間(35分-45分)の中で高いレベルの研究発表と、異なる専門分野の立場から多くの意見が述べられ、座長がプログラム進行に苦慮するほどの白熱した議論が繰り広げられた。また、本研究会は宿泊形式で毎回行っており、夕食後には、大学院生のポスター発表を別途行い、深夜にも及ぶ熱い議論が交わされた。

**3. 成果の公表**

Materials Transactions誌に本研究会の成果を中心とする特集号を企画する予定であり、特に、Distinguished Paper Award for Young Scientists受賞の若手研究者の積極的な投稿を依頼している。

**4. 研究会世話人**

連川貞弘(代表)(熊本大), 木村好里(東工大), 田中幸治(産業技術総合研), 田中克志(神戸大), 細田秀樹(東工大), 吉見享祐(東北大)

## 支部行事



### 平成30年度日本金属学会九州支部学術講演会開催のお知らせ

[共催] 日本鉄鋼協会九州支部, 軽金属学会九州支部, 北九州市

日時 2018年6月23日(土) 9:00~17:30  
場所 北九州国際会議場  
内容 シンポジウム講演「軽金属材料の構造制御と高機能化」:  
6件, 英語講演:14件, 一般講演:42件, ポスターセッション:55件  
(プログラムは日本金属学会のホームページに後日掲載)  
参加費 無料(ただし, 懇親会 一般3,000円程度, 学生1,000円)  
定員 特になし  
参加申込 講演およびポスター発表の申込は終了. 当日参加自由.  
連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水 1-1  
九州工業大学大学院工学研究院物質工学専攻マテリアル  
工学コース 石丸 学  
☎ 093-884-3371 FAX 093-884-3350  
E-mail: ishmaru@post.matsc.kyutech.ac.jp

## 掲示板

### 〈公募類記事〉

無料掲載: 募集人員, 締切日, 問合せのみ掲載.  
有料掲載: 1/4頁(700~800文字)程度.  
・「まてりあ」とホームページに掲載; 15,000円+税  
・ホームページのみ掲載; 10,000円+税  
〈その他の記事〉 原則として有料掲載.  
・原稿締切・掲載号: 毎月1日締切で翌月号1回掲載  
・原稿提出方法: 電子メールとFAX両方(受け取りメールの確認して下さい)  
・原稿送信先: FAX 022-223-6312 E-mail: materia@jim.or.jp

## 公募

### ◇北海道大学大学院工学研究院 材料科学部門 教員公募◇

職種 教授または准教授  
所属 材料科学部門 組織制御学研究室または先端高温材料工学研究室  
専門分野 金属・鉄鋼における, 材料デザイン, 製造プロセス及び材料物性について, 実験的・理論的・計算科学的研究を行い, 本部門内外・本学内外と共同研究を積極的に推進して頂ける方  
担当科目 大学院の材料科学専攻内で材料科学に関連する講義, 演習, 特別研究を担当し, 工学部の応用理工系学科応用マテリアル工学コース内でマテリアル工学に関連する講義を担当するとともに実験・演習の指導も行う. また, 学科やコースが提供する全学科目を担当することもある.  
応募資格 着任時に博士またはPhDの学位を有する方, 日本語および英語で講義ができる方  
採用時期 2019年4月1日以降のできるだけ早い時期  
提出書類 (1)履歴書 (2)研究業績目録 (3)教育実績 (4)最近5年間の主要論文5件の写し各1部 (5)採用された場合の研究計画(2,000字程度) (6)採用された場合の教育に対する抱負(1,000字程度) (7)本人について参考意見を伺える方2名の氏名・所属・連絡先(電話, E-mailを含む) (8)希望の研究室と職種.

上記の詳細や書類の提出方法は, 以下に示す北海道大学大学院工学研究院ホームページをご参照下さい.

提出期限 2018年7月31日必着

応募書類送付先 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目  
北海道大学工学系事務部総務課(人事担当)  
☎ 011-706-6156, 6117, 6118

問合せ先 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目  
北海道大学大学院工学研究院 材料科学部門  
部門長 上田幹人  
☎ 011-706-7813 E-mail: mikito@eng.hokudai.ac.jp

\*北海道大学大学院工学研究院ホームページ

<http://www.eng.hokudai.ac.jp/faculty/>

\*提出書類のダウンロード

<http://www.eng.hokudai.ac.jp/graduate/research/recruit/>

## 研究会のお知らせ

### ◇X線顕微鏡による機能の可視化と多次元情報の活用◇

主催: 日本鉄鋼協会 評価・分析・解析部会「X線顕微鏡の鉄鋼分野への応用」フォーラム

共催: 高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・物質化学グループ

内閣府 SIP 国プロ「革新的構造材料」先端計測拠点・KEK

電池や触媒に代表されるように, 材料の階層構造や様々な不均一性(heterogeneity)が, 材料全体の機能を決めているケースは非常に多い. さらに材料の不均一性は作りたての材料の特性を決めるだけでなく, 実環境で使用する際の寿命や信頼性をも左右する. そのため, 機能発現のための材料設計やその機能の経時変化(劣化, 寿命)の制御のためには, そうした材料中の階層構造や不均一性を理解することが必要になる. その理解のためのアプローチ法のひとつとして, 様々なX線顕微鏡による観察技術が注目され, 様々な材料系に利用されている. IMSS/PFでもこうした分野での研究展開に注力している.

本研究会では, 当該分野で活躍されている先生方に研究をご紹介頂くとともに, IMSS/PFで取り組みの現状を紹介し, 今後の展望について議論したい.

日時 2018年8月9日(木)~8月10日(金)

場所

8/9 研究会(12:30~18:00+技術交流会): つくば国際会議  
4F 405号室予定

<https://www.epochal.or.jp/access/index.html>

8/10 見学会(10:00~12:00): 高エネルギー加速器研究機構  
放射光施設

<https://www.kek.jp/ja/Access/>

定員数 50名程度

申込期限 2018年8月3日(金)15時

(定員に余裕があれば当日受付可)

参加費 無料(技術交流会: 3,000円)

申込・問合せ先 <http://pf-form.kek.jp/xafs-ct-workshop/>

FAX 029-864-3202(高エネルギー加速器研究機構・物質  
構造科学研究所 木村正雄)

## ◇レアメタル研究会◇

- 主 催 レアメタル研究会  
 主宰者 東京大学生産技術研究所 岡部 徹 教授  
 協 力 (一財)生産技術研究奨励会(特別研究会 RC-40)  
 共 催 東京大学マテリアル工学セミナー, レアメタルの環境  
 調和型リサイクル技術の開発研究会, 東京大学生産技  
 術研究所 持続型エネルギー・材料統合研究センタ  
 ー, 東京大学生産技術研究所 非鉄金属資源循環工学  
 寄付研究部門(JX 金属寄付ユニット)  
 協 賛 (公社)日本金属学会他  
 ■開催会場 東京大学生産技術研究所  
 An 棟 2F コンベンションホール  
 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)  
 (最寄り駅: 駒場東大前, 東北沢, 代々木上原)  
 ■参加登録・お問合せ  
 東京大学 生産技術研究所  
 岡部研究室 レアメタル研究会事務担当 宮崎智子  
 E-mail: okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp

〈平成30年度 レアメタル研究会開催予定のご案内〉(2018.4.26現在)

- 第81回 2018年7月27日(金)  
 ■第82回 2018年9月14日(金)  
 ■第83回 2018年11月9日(金)  
 ★チタン関係シンポジウム★(合同開催)  
 (関連シンポジウム: 寄付ユニット特別シンポ「E-scrap シン  
 ポジウム」11月30日(金))  
 ■第84回 2019年1月11日(金)  
 ★貴金属シンポジウム(第6回)+新年会(合同開催)  
 ■第85回 2019年3月8日(金)  
 ★佐藤修彰教授と藤田豊久教授が熱く語る特別シンポジウム+慰  
 労会★(合同開催)

- 第81回 2018年7月27日(金)14:00~ An 棟 2F コンベンションホール  
 テーマ: 非鉄金属業界の最新動向, レアメタル情勢  
 時 間: 午後2:00~  
 講 演:  
 ・住友金属鉱山におけるニッケルビジネス ―垂直統合ビジネスモ  
 デル―(仮)(60分)  
 住友金属鉱山株式会社 取締役専務執行役員  
 材料事業本部長 黒川晴正 講師  
 ・レアメタルに関する最近の話題(45分)  
 東京大学生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師  
 ・ユミコア社の LIB 電池から LIB 電池への資源循環の取り組み  
 (仮)(60分)  
 ユミコアジャパン株式会社  
 コバルト&スペシャリティマテリアル 兼  
 貴金属・バッテリーリサイクルセールス&マーケティング  
 マネージャー 松島緯央 講師  
 午後6:00~ 研究交流会・意見交換会(An 棟 2F ホワイエ)

- 第82回 2018年9月14日(金)14:00~ An 棟 2F コンベンションホール  
 テーマ: 非鉄業界の動向, 非鉄系材料研究の動向, マイナーメタル  
 の話題  
 時 間: 午後2:00~  
 講 演:  
 ・銅合金の高機能化と合金添加元素としてのマイナーメタル(仮)  
 (60分)  
 JX 金属株式会社 執行役員 技術本部副本部長 結城典夫 講師

- ・非鉄産業界に対する期待と大学における新しい展開(仮)(45分)  
 東京大学生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師  
 ・ゲルマニウムの現状と将来 ~製錬法から応用まで~(仮)(60  
 分) カーリットホールディングス株式会社  
 経営戦略室 担当課長 千葉一美 講師  
 午後6:00~ 研究交流会・意見交換会(An 棟 2F ホワイエ)

- 第83回 2018年11月9日(金)14:00~ An 棟 2F コンベンションホール  
 ★チタンシンポジウム★(合同開催)  
 テーマ: チタンの過去, 現在, 未来, そして私の夢  
 時 間: 午後2:00~  
 講 演:  
 ・大阪チタニウムテクノロジーズの過去, 現在, 未来, そして私の  
 夢(仮)(40分) 大阪チタニウムテクノロジーズ  
 代表取締役社長 杉崎康昭 講師  
 ・中国におけるチタン業界の状況と, 私が取り組んでいる新製錬法  
 (仮)(40分) 東北大学大学院工学研究科 金属フロンティア工学専攻  
 教授 朱 鴻民 講師  
 ・日本のチタン業界に対する期待と, 私が取り組んできたチタン製  
 錬の研究(仮)(40分)  
 東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師  
 ・チタンの金属 Additive Manufacturing に関する現状と将来(仮)  
 (40分) 大阪大学大学院 工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授  
 中野貴由 講師  
 ・世界における国内非鉄産業界について(チタン, 銅を中心に)(仮)  
 (40分) 東邦チタニウム株式会社 代表取締役社長 西山佳宏 講師  
 午後6:00~ ポスター発表 兼 研究交流会・意見交換会  
 (An 棟 2F ホワイエ)

- 第84回 2019年1月11日(金)14:00~ An 棟 2F コンベンションホール  
 ★貴金属シンポジウム(第6回)+新年会★(合同開催)  
 テーマ: 貴金属の製錬・リサイクル  
 時 間: 午後2:00~  
 講 演:  
 ・貴金属の製錬・リサイクル技術に関する講演(30分)(例年通り,  
 数件の講演を予定)  
 講師依頼中  
 午後6:00~ ポスター発表 兼 研究交流会  
 (An 棟 1F レストラン アーベ(予定))

- 第85回 2019年3月8日(金)14:00~ An 棟 2F コンベンションホール  
 ★佐藤修彰教授と藤田豊久教授が熱く語る特別シンポジウム+  
 慰労会★(合同開催)  
 テーマ: ご卒業講演: 佐藤先生, 藤田先生の研究と活動, 非鉄業界  
 と研究の将来展望  
 時 間: 午後2:00~  
 講 演:  
 ・稀有なレアメタル実験室(60分)  
 東北大学 多元物質科学研究所 教授 佐藤修彰 講師  
 ・講師依頼中(40分)  
 ・演題未定(60分)  
 東京大学 工学系研究科 システム創成学専攻 教授 藤田豊久 講師  
 午後6:00~ 研究交流会・意見交換会(An 棟 2F ホワイエ)

\*レアメタル研究会ホームページ\*  
[http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40\\_j.html](http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html)

日本金属学会誌掲載論文  
Vol. 82, No. 6 (2018)

—論 文—

アルミニウム平板, 丸棒および球の熱伝達冷却  
大和田野利郎

Al-Cu-Ir 系近似結晶の熱電特性  
北原功一 高際良樹 木村 薫

Ti-4 at% Mo 合金のスピノーダル分解挙動と硬度変化に及ぼす酸素添加の影響  
佐伯翔吾 小林千悟 岡野 聡

溶融 Sn もしくは Sn-Ag 合金から生成する初晶 ( $\beta$ -Sn) の核生成に対する ZnO の効果  
長岡 賢 諸星 隆 江阪久雄 篠塚 計

油絵具・イエローオーカーに使われている顔料の微細構造  
北田正弘 早坂浩二

Materials Transactions 掲載論文  
Vol. 59, No. 6 (2018)

—Overview—

Nanocluster Control for Achieving High Strength Aluminum Alloys  
Tatsuo Sato

—Regular Article—

Materials Physics

First-Principles Study of BCC/FCC Phase Transition Promoted by Interstitial Carbon in Iron  
Tien Quang Nguyen, Kazunori Sato and Yoji Shibutani

Effect of Mineralogical Phase and Chemical Composition of Fly Ash on Electromagnetic Wave-Absorbing Properties  
Yinsuo Dai, Jianhua Wu, Derong Wang, Chunhua Lu and Zhongzi Xu

Interaction Energies Among Rh Impurities in Pd and Solvus Temperatures of Pd-Rich PdRh Alloys  
Chang Liu, Mitsuhiro Asato, Nobuhisa Fujima, Toshiharu Hoshino, Ying Chen and Tetsuo Mohri

Thermodynamic Stability of Mg-Based Laves Phases  
Shoya Kawano, Satoshi Iikubo and Hiroshi Ohtani

Effect of Additive Elements on the Elinvar and Invar Characteristics of Fe-Mn Base Alloys  
Kazuyuki Sugawara, Shigehiro Ohnuma and Tsuyoshi Masumoto

Microstructure of Materials

In-Situ Study of Phase Transformation and Microstructural Evolution of  $\text{Ni}_{45}\text{Mn}_{37}\text{In}_{13}\text{Co}_5$  Metamagnetic Shape Memory Alloy  
Su Zhao and Binfeng Lu

Mechanics of Materials

Hot-Cracking Mechanism in Al-Sn Alloys from a Viewpoint of Measured Residual Stress Distributions  
Youichi Saito, Hidekazu Todoroki, Yusuke Kobayashi, Natsuki Shiga and Shun-Ichiro Tanaka

Influence of Thermal Ageing and Specimen Size on Fracture Toughness of Z3CN20-09M Casting Duplex Stainless Steels  
Yu Wang, Yaohong Yao, Zhengpin Wang, Yaohua Jin, Yuyu Gao, Nan Cao and Jiangnan Liu

The Effect of Aluminum Dihydrogen Phosphate on the Enhanced Mechanical Properties of Aluminum Foams  
Qiang Feng, Xueyan Wu, Yanning Guo, Jia She and Yong Xiang

Materials Chemistry

Hyperbaric-Oxygen Accelerated Corrosion Test for Iron in Cement Paste and Mortar  
Kotaro Doi, Sachiko Hiromoto and Eiji Akiyama

Fabrication of Defect-Free Fe-Mn Alloys by Using Electrodeposition  
Yu Ogura, Hiroki Mori, Yorinobu Takigawa, Tokuteru Uesugi and Kenji Higashi

Strontium Doping Effect on High-Temperature Oxidation of Nano-Ni Dispersed Alumina Composites  
Hai Vu Pham and Makoto Nanko

Electrodeposition of Aluminum-Tungsten Alloy Films Using EMIC- $\text{AlCl}_3$ - $\text{W}_6\text{Cl}_{12}$  Ionic Liquids of Different Compositions  
Shota Higashino, Masao Miyake, Hisashi Fujii, Ayumu Takahashi, Ryuta Kasada and Tetsuji Hirato

Materials Processing

Influence of Thermal Boundary Conditions on the Results of Heat Treatment Simulation  
Tsuyoshi Sugimoto and Dong-Ying Ju

Dynamic Measurement of Constraining Force from Green Sand and Casting Contraction of Gray Cast Iron during Cooling  
Seigo Ueno, Haruki Kashimura, Yusuke Sano, Tsuneo Toyoda, Hiroyasu Makino and Makoto Yoshida

Thermally Stable Conditions during Capillary Shaping of Bent Components  
Jun Yaokawa, Yasushi Iwata, Yoshio Sugiyama, Mitsuhiro Kobayashi and Yuta Egawa

Brazed Bonding between SiAlON and Heat-Resistant Alloys with Application of Filler Materials  
Toko Tokunaga, Masayuki Koshiyama, Kazuya Kurokawa, Munekazu Ohno and Kiyotaka Matsuura

**Quantification of Localized Water Image in Under-Film Corroded Steel with High Spatial Resolution, High Time Resolution, and Wide View by Neutron Radiography**

Atsushi Taketani, Yasuo Wakabayashi, Yoshie Otake, Yujiro Ikeda, Takumi Wakabayashi, Kenji Kono, Tetsuya Kai, Kenichi Oikawa, Hideyuki Sunaga, Masako Yamada and Takenori Nakayama

**Environment**

**Pyrometallurgical Separation of Indium Phosphide through the Phosphorous Removal by Iron and the Chlorination Process Utilizing Ammonium Chloride**

Osamu Terakado, Taishi Matsushita, Haruki Tani and Masahiro Hirasawa

**Dynamic Material Flow Analysis and Forecast of Copper in Global-Scale: Considering the Difference of Recovery Potential between Copper and Copper Alloy**

Akihiro Yoshimura and Yasunari Matsuno

**Fabrication of Aluminum Foam Core Sandwich Using Sandwich-Type Foamable Precursor with Two Face Sheets by Friction Stir Welding Route**

Takao Utsunomiya, Kohei Otsuki and Yoshihiko Hangai

—Rapid Publication—

**Synthesis and Thermal Stability of B20-Type TMGe (TM = Mn, Fe and Co) Intermetallic Compounds Prepared by Mechanical Milling**

Takanobu Hiroto, Yeong-Gi So and Kaoru Kimura

**Combination of High-Pressure Torsion with Incremental Feeding for Upsizing Sample**

Etsuko Shigeno, Takuya Komatsu, Kosei Sumikawa, Takahiro Masuda, Yoichi Takizawa, Manabu Yumoto, Yoshiharu Otagiri and Zenji Horita

まてりあ 第57巻 第7号 予告

ミニ特集「ハイエントロピー合金の研究最前線」

企画にあたって……………乾 晴行 辻 伸泰  
FCC型等原子量高ハイエントロピー合金の平均原子変位と強度特性……………岡本範彦 弓削是貴 乾 晴行  
ハイエントロピー合金におけるマイクロ組織制御の可能性……………辻 伸泰 吉田周平 Rajeshwar Reddy Eletu  
……………Tilak Bhattacharjee 朴魯謹  
ハイエントロピー合金中の空孔挙動を第一原理計算と陽電子消滅法で探る……………荒木秀樹 水野正隆 杉田一樹 白井泰治  
金属積層造形によるハイエントロピー合金の造形……………桑原孝介 尾越周平 大坪靖彦 陳 美伝 藤枝 正

メカニカルアロイングによるCoCrFeMnNiハイエントロピー合金粉末の作製とその放電プラズマ焼結……………朱 修賢 和田 武 加藤秀実 S.-J. Hong H.-S. Kim

一般記事

〔最近の研究〕鉄鋼材料における水素昇温脱離解析のモデリングの現状と課題……………海老原健一  
〔新進気鋭〕βチタン形状記憶合金におけるマルテンサイト単結晶の塑性変形挙動……………田原正樹

—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

(2018年3月23日～2018年4月20日)

正 員

増岡 弘之 JFEスチール株式会社	久世 哲嗣 山陽特殊製鋼株式会社	菊地 一平 日本金属株式会社
奥山 彫夢 九州大学	井島 喬志 三菱電機株式会社	北野 信也 株式会社エフバイオス
斎藤 道茂 東京エレクトロン宮城株式会社	渡邊 洋 東静工業株式会社	西田 康大 株式会社アテクト

学 生 員

喜多川太郎 熊本大学	松田 洋明 東京工業大学	林 桃希 茨城大学
青山 悠平 島根大学	山田 敦大 名古屋工業大学	仁木 惇平 宇都宮大学
榎野 隼人 大阪府立大学	神保翔太郎 東京大学	神寶 一樹 防衛大学校
武田 都 室蘭工業大学	遠山 慧子 東京大学	駄賃場秀平 弘前大学
佐伯 龍聖 長崎大学	鬼塚 祐樹 北海道科学大学	土田 悠樹 弘前大学
山元 滉司 愛媛大学	明貝 佳洋 関西大学	

外国一般会員

Liu Yuchen 東北大学	Lin Hsin Chih National Taiwan University
Chen Yee Jei National Taiwan University	Lin Kun Ming Feng Chia University

外国学生会員

HSU Yu Tung National Taiwan University

## 平成29年度事業報告

(自 平成29年3月1日 至 平成30年2月28日)

平成29年度の事業の概要は、次の通りである。(詳細は本会ホームページ/情報公開を参照のこと。)

- ①平成29年度は公益社団法人に移行した5年目の事業年度であり、定款に定める公益目的事業を推進した。創立80周年を機に本会の目的を再確認し、周知することを目的として、日本金属学会ビジョンを策定・公開するとともに、各事業の10年後の目標とアクションプランを策定した。
- ②刊行事業では、会報は月平均60頁で、冊子体は5,700部を刊行するとともに、電子ジャーナルを刊行した。第56巻3号に創立80周年記念特集を、第56巻11号および第57巻2号の巻頭に読み物記事を掲載した。会誌は月平均43頁で、冊子体は900部を刊行するとともに、電子ジャーナルを刊行した。電子ジャーナルの個人研究目的に限定したフリーアクセス、投稿・審査の無料、Graphical Abstract掲載およびAdvance Viewを継続し、論文賞受賞論文をおすすめ記事としてJ-STAGE上で表示した。欧文誌Materials Transactionsは平均149頁で、冊子体は500部を刊行するとともに、電子ジャーナルを刊行した。特集の充実、OverviewおよびReviewの増強を継続し、論文賞受賞論文や被引用数の多い論文をRecommended ArticleとしてJ-STAGE上で表示するとともに、フリーダウンロード可能となった論文リストのメール発信や各号公開のメール配信を開始した。欧文誌は印刷契約を更新した。
- ③講演会・講習会事業では、春期講演大会を首都大学東京南大沢キャンパスにて、講演件数689件、参加者数1,240名で開催し、秋期講演大会を北海道大学札幌キャンパスにて、講演件数1,133件、参加者数1,618名で開催した。2017年秋期講演大会から講演申込みの方法を、セッション選択からキーワード選択に変更した。2017年秋期講演大会から企画シンポジウムを新設し、3テーマを開催した。公募シンポジウムは春期講演大会で4テーマ、秋期講演大会で9テーマを開催した。ランチセミナーの開催を継続した。講習会事業では、金属学会セミナーを2テーマ、金属学会シンポジウムを1テーマ開催した。金属学会セミナーのうちの1テーマは、新企画として開始した金属学の基礎を若手研究者・技術者に教授する特別講座として開催した。支部では、55件の講演会・講習会を開催し、講演会・講習会事業の積極的な推進を継続した。
- ④調査・研究事業では、分科会では若手の活発化を狙いとした若手研究グループの設置を決定し、4件を採択した。分科会活動で春期講演大会に合わせて第3回企業説明会を開催した。研究会は11件が研究集会開催等の活動を実施した。男女共同参画活動で秋期講演大会に合わせて日本金属学会・日本鉄鋼協会男女共同参画委員会10周年記念シンポジウムを開催した。支部では34件の研究会、9件の見学会を開催した。国際連携活動ではIOMMSとのWorld Materials Day Award授賞およびTMSとのJIM/TMS Young Leader相互派遣、KIMとの大会への相互表敬訪問および秋期講演大会におけるKIM-JIM共同シンポジウムの主催を実施した。科研費委員会では、秋期講演大会における企画シンポジウムとして科研費勉強会を開催した。戦略推進委員会ではナノテクノロジー・材料分野の今後の研究開発コンセプト・アイデアを検討し、材料戦略委員会に提案した。
- ⑤表彰・奨励事業では、名誉員1名、春表彰10件、秋表彰10件を授賞した。
- ⑥庶務では、セルフガバナンスの推進に努めた。定時社員総会および臨時社員総会を開催し、理事会はほぼ2ヶ月ごとに開催し、業務執行理事による業務執行報告を行なった。法令で定められた申請書類や定期提出書類を提出した。改正個人情報保護法の施行に対応するため個人情報取扱規程を制定した。
- ⑦会計では、平成30年1月に会費を改訂し、特に30才以下の正員の会費を半額にした。また、開催が検討されているアジアシンポジウム等の国際会議の開催に備えて特定費用準備資金として国際会議開催準備資金を積み立てた。平成28年8月に開催したPRICM9の収益による講演会・講習会事業の黒字額の約半額を予定通り消費したが、残額を収益に加算する処理が必要のため収支相償は未達成となった。公益目的事業比率、遊休財産額の公益認定基準は遵守することができた。

## 平成29年度決算

### 正 味 財 産 増 減 計 算 書

平成29年3月1日から平成30年2月28日まで

(単位: 円)

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	備 考
I 一般正味財産増減の部				
1. 経常増減の部				
(1) 経常収益				
特定資産運用益	25,099,385	25,109,005	-9,620	
特定資産受取利息	25,099,385	25,109,005	-9,620	
退職給付引当資産	693,444	700,649	-7,205	
減価償却引当資産	40	51	-11	
刊行事業資金	6,390,499	6,390,687	-188	
刊行事業拡充賛助寄付資金	1,276	1,047	229	
講演会・講習会事業資金	5,990,650	5,991,629	-979	
講演会・講習会事業拡充資金	1,000	0	1,000	
PRICM9開催準備資金	0	2,506	-2,506	
調査・研究事業資金	5,290,464	5,290,464	0	未経過償還差額の償却額49,464円を含む
国際学術交流資金	1,734,000	1,734,000	0	

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	備 考
表彰・奨励事業資金	1,050,000	1,050,000	0	
学会賞資金	235,501	235,502	-1	
研究技術功労賞資金	119,000	119,000	0	
奨励賞・奨学賞等資金	841,950	842,628	-678	
谷川・ハリス賞資金	255,000	255,000	0	
増量賞資金	595,000	595,000	0	
村上賞資金	1,901,561	1,900,842	719	未經過償還差額の償却額30,380円は含まない。指定正味財産から1,900,000円を振替。
<b>受取入金</b>	<b>106,000</b>	<b>90,000</b>	<b>16,000</b>	
受取入金	106,000	90,000	16,000	
<b>受取会費</b>	<b>73,989,351</b>	<b>46,393,121</b>	<b>27,596,230</b>	
正員受取会費	35,166,857	36,375,858	-1,209,001	正員数減
学生会受取会費	4,591,974	4,963,580	-371,606	
維持員受取会費	33,015,277	2,708,334	30,306,943	平成29年1月より新設
外国会員受取会費	1,215,243	2,345,349	-1,130,106	配賦機関誌の購読費へ計上
<b>事業収益</b>	<b>94,866,149</b>	<b>200,336,477</b>	<b>-105,470,328</b>	
<b>刊行事業収益</b>	<b>57,312,999</b>	<b>71,927,252</b>	<b>-14,614,253</b>	
会報購読費収益	2,387,198	4,582,920	-2,195,722	会報購読数減、期ずれによる前受金減
会誌購読費収益	7,173,278	8,303,166	-1,129,888	会誌購読数減、期ずれによる前受金減
欧文誌購読費収益	10,304,379	11,196,513	-892,134	欧文誌購読数減、期ずれによる前受金減
会報別刷等収益	2,189,174	4,531,437	-2,342,263	プロジェクト報告なし
会誌別刷・審査収益	3,012,124	3,183,104	-170,980	
欧文誌別刷・審査収益	21,746,224	28,182,025	-6,435,801	欧文誌掲載数減
刊行事業広告収益	5,483,160	7,649,056	-2,165,896	まてりあ広告期ずれ
講座・現代の金属学収益	2,375,682	2,136,906	238,776	
金属化学入門シリーズ収益	2,446,844	1,804,924	641,920	販売増
単行本収益	194,936	357,201	-162,265	
<b>講演会・講習会事業収益</b>	<b>31,774,502</b>	<b>120,522,224</b>	<b>-88,747,722</b>	
講演大会参加費収益	14,574,000	14,686,226	-112,226	
講演概要集収益	10,297,424	10,005,192	292,232	
講演大会懇親会参加費収益	1,025,500	1,095,902	-70,402	
金属学会シンポジウム参加費収益	163,000	1,159,000	-996,000	シンポジウム開催減
金属学会シンポジウム予稿集収益	1,240	7,195	-5,955	
セミナー参加費収益	763,000	0	763,000	セミナー開催増
セミナーテキスト収益	29,742	22,468	7,274	
講演会・講習会事業広告収益	2,598,754	3,565,024	-966,270	PRICM9 広告なし
PRICM9 参加費	0	87,329,500	-87,329,500	PRICM9 開催なし
支部講演会・講習会事業収益	1,904,616	2,374,818	-470,202	
講演会・講習会事業委託収益	417,226	276,899	140,327	(公財)本多記念会
<b>調査・研究事業収益</b>	<b>3,510,648</b>	<b>5,619,001</b>	<b>-2,108,353</b>	
調査・研究事業収益	3,510,648	5,619,001	-2,108,353	企業説明会参加企業減、出前講義減
<b>表彰・奨励事業収益</b>	<b>2,268,000</b>	<b>2,268,000</b>	<b>0</b>	
審査・投稿料収益	2,268,000	2,268,000	0	
<b>受取補助金等</b>	<b>0</b>	<b>300,000</b>	<b>-300,000</b>	
受取地方公共団体補助金	0	300,000	-300,000	
受取地方公共団体助成金	0	0	0	
<b>受取寄付金</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
受取寄付金	0	0	0	指定正味財産からの振替なし
<b>雑収益</b>	<b>546,240</b>	<b>398,210</b>	<b>148,030</b>	
受取利息	540	762	-222	
雑収益	545,623	397,173	148,450	
支部受取利息・雑収益	77	275	-198	
<b>経常収益計</b>	<b>194,607,125</b>	<b>272,626,813</b>	<b>-78,019,688</b>	
(2)経常費用				
<b>事業費</b>	<b>155,115,800</b>	<b>232,731,185</b>	<b>-77,615,385</b>	
<b>刊行事業費</b>	<b>82,856,136</b>	<b>101,024,908</b>	<b>-18,168,772</b>	
給料手当	24,037,398	28,186,921	-4,149,523	退職者
退職給付費用	1,532,956	3,290,170	-1,757,214	退職者
福利厚生費	3,797,228	4,410,958	-613,730	退職者
会報刊行費	27,465,535	31,332,721	-3,867,186	印刷費減
会誌刊行費	6,514,939	8,931,776	-2,416,837	印刷費減
欧文誌刊行費	17,371,985	23,373,020	-6,001,035	印刷費減
学術図書類刊行費	2,136,095	1,499,342	636,753	増刷1冊
<b>講演会・講習会事業費</b>	<b>48,398,830</b>	<b>108,488,087</b>	<b>-60,089,257</b>	
給料手当	16,822,163	17,320,878	-498,715	退職者
退職給付費用	919,774	1,974,102	-1,054,328	退職者
福利厚生費	2,278,337	2,646,575	-368,238	
講演大会開催費	20,655,325	16,185,456	4,469,869	会場費増
講演大会懇親会費	1,106,303	1,643,410	-537,107	会場費減
本多記念講演開催費	138,510	197,690	-59,180	

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	備 考
金属学会シンポジウム開催費	231,105	899,598	-668,493	シンポジウム開催減
セミナー開催費	1,077,657	43,100	1,034,557	セミナー開催増
国際会議開催費	121,000	9,093	111,907	
PRICM9 開催費	0	62,161,084	-62,161,084	PRICM9 開催なし
支部講演会・講習会開催費	5,048,656	5,407,101	-358,445	
<b>調査・研究事業費</b>	<b>15,366,148</b>	<b>13,462,630</b>	<b>1,903,518</b>	
給料手当	2,403,740	2,818,692	-414,952	
退職給付費用	153,296	329,017	-175,721	
福利厚生費	379,723	441,096	-61,373	
関連団体連携事業費	58,020	147,360	-89,340	
日本工学会費	247,172	64,700	182,472	
材料戦略委員会費	435,280	74,400	360,880	
科研費委員会費	192,520	223,060	-30,540	
人材育成委員会費	323,832	127,000	196,832	
男女共同参画委員会費	488,601	95,530	393,071	
分科会委員会費	4,308,618	4,734,354	-425,736	
研究会費	1,455,117	576,999	878,118	研究会集増
企画委員会費	1,034,802	689,674	345,128	
セルフガバナンス委員会費	90,376	80,650	9,726	
国際学術交流委員会費	1,366,582	1,237,719	128,863	
支部調査・研究事業費	2,428,469	1,822,379	606,090	支部研究会増
<b>表彰・奨励事業費</b>	<b>8,446,434</b>	<b>9,734,452</b>	<b>-1,288,018</b>	
給料手当	2,403,740	2,818,692	-414,952	
退職給付費用	153,296	329,017	-175,721	
福利厚生費	379,723	441,096	-61,373	
名誉員費	172,610	107,101	65,509	
各種賞検討委員会費	1,314,427	1,300,823	13,604	
学会賞費	783,830	820,967	-37,137	
学術貢献賞費	6,902	22,775	-15,873	
学術功労賞費	3,500	3,500	0	
技術賞費	71,540	50,597	20,943	
技術開発賞費	269,838	347,075	-77,237	
金属組織写真賞費	29,420	79,103	-49,683	
研究技術功労賞費	259,800	342,347	-82,547	
功績賞費	184,940	196,116	-11,176	
功労賞費	4,521	5,614	-1,093	
奨励賞・奨学賞等費	226,053	443,539	-217,486	
谷川・ハリス賞費	92,220	99,808	-7,588	
増本量賞費	207,500	409,237	-201,737	
まてりあ賞	4,521	7,654	-3,133	
村上賞費	1,436,281	1,432,493	3,788	
論文賞費	156,444	192,533	-36,089	
支部表彰・奨励事業費	285,328	284,365	963	
<b>貸倒引当損</b>	<b>48,252</b>	<b>21,108</b>	<b>27,144</b>	会費のうち公益目的事業分.
<b>管理費</b>	<b>16,619,391</b>	<b>20,788,239</b>	<b>-4,168,848</b>	
給料手当	4,807,478	5,637,384	-829,906	退職者
退職給付費用	306,590	658,033	-351,443	
福利厚生費	759,444	882,190	-122,746	
会議費	539,719	607,796	-68,077	
旅費交通費	3,625,003	2,637,114	987,889	会議増
通信運搬費	413,521	189,233	224,288	
減価償却費	251,868	249,832	2,036	
消耗什器備品費	139,680	111,756	27,924	
消耗品費	19,466	17,750	1,716	
印刷製本費	146,050	31,953	114,097	
光熱水料費	44,048	41,188	2,860	
賃借料	518,400	518,400	0	
保険料	7,318	3,354	3,964	
諸謝金	140,322	140,322	0	
租税公課	2,784,100	6,677,882	-3,893,782	PRICM9 なし
送金手数料	135,265	118,202	17,063	
支払負担金	12,000	78,685	-66,685	
システム管理費	189,606	357,467	-167,861	
委託費	1,548,298	1,600,531	-52,233	
貸倒引当損	48,252	21,108	27,144	会費のうち法人会計分.
雑費	182,963	208,059	-25,096	
<b>経常費用計</b>	<b>171,735,191</b>	<b>253,519,424</b>	<b>-81,784,233</b>	
<b>評価損益等調整前経常増減額</b>	<b>22,871,934</b>	<b>19,107,389</b>	<b>3,764,545</b>	
評価損益等	0	0	0	
<b>当期経常増減額</b>	<b>22,871,934</b>	<b>19,107,389</b>	<b>3,764,545</b>	

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	備 考
2. 経常外増減の部				
(1)経常外収益				
経常外収益計	0	0	0	
(2)経常外費用				
固定資産除却損	0	10,481	-10,481	
経常外費用計	0	10,481	-10,481	
当期経常外増減額	0	-10,481	10,481	
当期一般正味財産増減額	22,871,934	19,096,908	3,775,026	
一般正味財産期首残高	1,002,657,038	983,560,130	19,096,908	
一般正味財産期末残高	1,025,528,972	1,002,657,038	22,871,934	
II. 指定正味財産増減の部				
特定資産受取利息	1,900,000	1,900,000	0	
未経過償還差額金の償却額	30,380	30,380	0	
刊行事業拡充賛助寄付金	400,000	22,850,000	-22,450,000	寄付減
一般正味財産への振替額	1,900,000	1,900,000	0	
当期指定正味財産増減額	430,380	22,880,380	-22,450,000	
指定正味財産期首残高	446,202,406	423,322,026	22,880,380	
指定正味財産期末残高	446,632,786	446,202,406	430,380	
III. 正味財産期末残高	1,472,161,758	1,448,859,444	23,302,314	

- (注) 1. 小科目の対前年度比較30%超かつ50万円超の増減の理由および補足説明を備考欄に記載した。  
2. 人件費の配賦率は、刊行事業50%、講演会・講習会事業30%、調査・研究事業5%、表彰・奨励事業5%、法人会計10%としている。



## 貸借対照表

平成30年2月28日現在

(単位：円)

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減
I. 資産の部			
1. 流動資産			
現金預金	99,804,896	85,727,046	14,077,850
未収会費	3,216,832	1,407,233	1,809,599
未収金	4,455,763	2,006,748	2,449,015
貸倒引当金	-167,303	-44,118	-123,185
前払金	1,477,674	1,240,013	237,661
棚卸資産	5,528,387	6,052,294	-523,907
流動資産合計	114,316,249	96,389,216	17,927,033
2. 固定資産			
(1)特定資産			
退職給付引当資産	64,492,270	87,412,291	-22,920,021
減価償却引当資産	5,564,735	4,086,599	1,478,136
刊行事業資金	305,000,000	305,000,000	0
刊行事業拡充賛助寄付資金	128,300,000	127,900,000	400,000
講演会・講習会事業資金	306,500,000	306,500,000	0
講演会・講習会事業拡充資金	18,330,000	18,330,000	0
国際会議開催準備資金	2,500,000	0	2,500,000
調査・研究事業資金	269,756,798	269,716,334	40,464
国際学術交流資金	102,000,000	102,000,000	0
表彰・奨励事業資金	50,000,000	50,000,000	0
学会賞資金	11,510,000	11,510,000	0
研究技術功労賞資金	7,000,000	7,000,000	0
奨励賞・奨学賞等資金	54,000,000	54,000,000	0
谷川・ハリス賞資金	15,000,000	15,000,000	0
増本量賞資金	35,000,000	35,000,000	0
村上賞資金	103,822,786	103,792,406	30,380
特定資産合計	1,478,776,589	1,497,247,630	-18,471,041
(2)その他固定資産			
什器備品	483,000	483,000	0
減価償却累計額	-482,999	-482,999	0
リース 什器備品	4,898,880	4,863,780	35,100
減価償却累計額	-2,303,640	-2,038,770	-264,870
小計 什器備品	5,381,880	5,346,780	35,100
減価償却累計額	-2,786,639	-2,521,769	-264,870
ソフトウェア	7,390,680	7,390,680	0
減価償却累計額	-5,081,736	-3,603,600	-1,478,136
リース ソフトウェア	1,185,840	1,089,900	95,940
減価償却累計額	-118,584	-980,910	862,326
小計 ソフトウェア	8,576,520	8,480,580	95,940
減価償却累計額	-5,200,320	-4,584,510	-615,810
電話加入権	50,300	50,300	0
敷 金	2,400,000	2,400,000	0
その他固定資産合計	8,421,741	9,171,381	-749,640
固定資産合計	1,487,198,330	1,506,419,011	-19,220,681
資産合計	1,601,514,579	1,602,808,227	-1,293,648
II. 負債の部			
1. 流動負債			
未払金	1,216,814	5,807,390	-4,590,576
前受金	51,276,079	49,947,092	1,328,987
預り金	8,705,162	7,848,010	857,152
リース債務	1,053,648	863,640	190,008
流動負債合計	62,251,703	64,466,132	-2,214,429
2. 固定負債			
リース債務	2,608,848	2,070,360	538,488
退職給付引当金	64,492,270	87,412,291	-22,920,021
固定負債合計	67,101,118	89,482,651	-22,381,533
負債合計	129,352,821	153,948,783	-24,595,962
III. 正味財産の部			
1. 指定正味財産	446,632,786	446,202,406	430,380
寄付金	446,632,786	446,202,406	430,380
(うち特定資産への充当額)	(446,632,786)	(446,202,406)	(430,380)
2. 一般正味財産	1,025,528,972	1,002,657,038	22,871,934
一般正味財産	1,025,528,972	1,002,657,038	22,871,934
(うち特定資産への充当額)	(967,651,533)	(963,632,933)	(4,018,600)
正味財産合計	1,472,161,758	1,448,859,444	23,302,314
負債及び正味財産合計	1,601,514,579	1,602,808,227	-1,293,648

## 平成30年度事業計画書

(自 平成30年3月1日 至 平成31年2月28日)

平成30年度の事業の概要は、次の通りである。(詳細は本会ホームページ/情報公開を参照のこと。)

- ①平成30年度は、公益社団法人としての6年目の事業年度であり、引き続きセルフガバナンスに基づいて、公益目的事業を公正かつ適切に推進する。
- ②日本金属学会ビジョンの実現に向けた諸施策を推進する。
- ③刊行事業については、機関誌3誌の刊行を推進する。またりあは、日本金属学会に加入し会員を継続したくなる学術・技術・情報を充実させるとともに、金属に関する情報が知りたいときに必ず手に入る情報誌であること実現させるために、記事構成の更新等の施策を推進する。日本金属学会誌は、日本語で書かれた最新知見の発信や高度な専門性のある提案・意見交流・学理追求の場として維持向上を図るために、積極的な投稿勧誘等の施策を推進する。Materials Transactions は、日本の代表的な材料系英文論文誌となるよう高度化するとともに、インパクトファクターの向上を目指し、論文や査読の質向上等の施策を推進する。また、日本金属学会誌と Materials Transactions は、完全電子ジャーナル化を進める。学術図書類は、小中学生や高校生等の若者への啓発につなげることを目指し、理数探求科目の履修を支援するための図書類等の発行を推進する。
- ④講演会・講習会事業については、最新の研究や技術を発信し、多様かつ多くの研究者・技術者が集い交流する魅力ある講演大会を目指して、分野の再編や他学協会との連携企画等の施策を推進する。また、セミナー・シンポジウムの充実を推進するとともに、最新の研究や技術を学べ、次世代を担う人材の教育と育成にも貢献する魅力ある講習会を目指し、メニューの拡大や分野との連携強化等を推進する。
- ⑤調査・研究事業については、我が国の材料科学を先導していくことを目指し、分科の見直しや研究会の改革および大型プロジェクト設立に向けた議論を進める。材料、金属材料に興味を持つ若い世代を育てることを目指し、学校教育の支援や青少年向けイベントの開催、若手交流等の人材育成に関する事業を拡充する。国際学術交流は、従来より推進している TMS および KIM との交流等の推進に加えて、金属に関するアジアシンポジウムの開催を検討する。
- ⑥表彰・奨励事業については、材料科学の一層の発展を目指し、賞の重みや権威を高め、特に将来の更なる発展が期待できる若手を対象とした賞の拡充や周知活動の強化等を推進する。
- ⑦庶務については、引き続き法令等および本会の定めに則り、公正かつ適切に行う。また、学会の活動を広く世間に周知するために、広報活動を推進する。
- ⑧会計については、引き続き最新の公益法人会計基準および公益認定等ガイドライン等に則り、公正かつ適切に行う。PRICM9 の収益による平成28年度の余剰金の残額は、平成30年度の講演会・講習会事業で全て消費する。

## 平成30年度収支予算書

平成30年3月1日から平成31年2月28日まで

(単位：円)

科 目	当 年 度	前年度予算額	増 減	備 考
I 一般正味財産増減の部				
1. 経常増減の部				
(1)経常収益				
特定資産運用益	25,134,159	25,148,643	-14,484	
特定資産受取利息	25,134,159	25,148,643	-14,484	
退職給付引当資産	698,089	716,567	-18,478	
減価償却引当資産	817	573	244	
刊行事業資金	6,391,250	6,391,250	0	
刊行事業拡充賛助寄付資金	25,620	23,536	2,084	
講演会・講習会事業資金	5,991,625	5,991,625	0	
講演会・講習会事業拡充資金	4,166	2,500	1,666	
調査・研究事業資金	5,290,464	5,290,464	0	未経過償還差額40,464円含む
国際学術交流資金	1,734,000	1,734,000	0	
表彰・奨励事業資金	1,050,000	1,050,000	0	
学会賞資金	235,503	235,503	0	
研究技術功労賞資金	119,000	119,000	0	
奨励賞・奨学賞等資金	842,625	842,625	0	
谷川・ハリス賞資金	255,000	255,000	0	
増本量賞資金	595,000	595,000	0	
村上賞資金	1,901,000	1,901,000	0	指定正味財産1,901,000円を振替、未経過償還差額30,380円を含まない。
<b>受取入会金</b>	<b>90,000</b>	<b>90,000</b>	<b>0</b>	
受取入会金	90,000	90,000	0	
<b>受取会費</b>	<b>67,450,000</b>	<b>68,204,000</b>	<b>-754,000</b>	
正員受取会費	35,750,000	35,520,000	230,000	
学生会員受取会費	3,040,000	4,500,000	-1,460,000	年会費値下げ
維持員受取会費	27,800,000	26,150,000	1,650,000	維持員増
外国会員受取会費	860,000	2,034,000	-1,174,000	会費の一部を購読費に計上

科 目	当 年 度	前年度予算額	増 減	備 考
<b>事業収益</b>	<b>96,703,953</b>	<b>98,091,853</b>	<b>-1,387,900</b>	
<b>刊行事業収益</b>	<b>56,767,153</b>	<b>58,780,753</b>	<b>-2,013,600</b>	
会報購読費収益	2,325,750	1,749,350	576,400	機関購読増
会誌購読費収益	4,980,320	4,770,720	209,600	
欧文誌購読費収益	10,961,960	10,509,560	452,400	
会報別刷等収益	3,754,800	3,754,800	0	
会誌別刷・審査収益	2,556,000	2,568,000	-12,000	
欧文誌別刷・審査収益	22,500,000	25,740,000	-3,240,000	掲載数減
刊行事業広告収益	5,304,000	5,304,000	0	
講座・現代の金属学収益	2,111,496	2,111,496	0	
金属化学入門シリーズ収益	2,036,867	2,036,867	0	
単行本収益	235,960	235,960	0	
<b>講演会・講習会事業収益</b>	<b>34,032,800</b>	<b>33,305,100</b>	<b>727,700</b>	
講演大会参加費収益	16,791,500	14,601,000	2,190,500	参加費値上げ
講演概要集収益	8,811,500	9,099,500	-288,000	
講演大会懇親会参加費収益	861,000	861,000	0	
金属学会シンポジウム参加費収益	0	900,000	-900,000	シンポジウム減
金属学会シンポジウム予稿集収益	10,000	20,000	-10,000	
セミナー参加費収益	1,660,000	2,030,000	-370,000	
セミナーテキスト収益	30,000	150,000	-120,000	
講演会・講習会事業広告収益	3,178,800	3,363,600	-184,800	
支部講演会・講習会事業収益	2,200,000	1,800,000	400,000	
講演会・講習会事業委託収益	490,000	480,000	10,000	
<b>調査・研究事業収益</b>	<b>2,880,000</b>	<b>3,360,000</b>	<b>-480,000</b>	
調査・研究事業収益	2,880,000	3,360,000	-480,000	出前講義減
<b>表彰・奨励事業収益</b>	<b>3,024,000</b>	<b>2,646,000</b>	<b>378,000</b>	
審査・投稿料収益	3,024,000	2,646,000	378,000	
<b>受取補助金等</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
受取地方公共団体補助金	0	0	0	
受取地方公共団体助成金	0	0	0	
<b>受取負担金</b>	<b>1,500,000</b>	<b>100,000</b>	<b>1,400,000</b>	
受取負担金	1,500,000	100,000	1,400,000	H28実績
<b>受取寄付金</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
受取寄付金	0	0	0	
<b>雑収益</b>	<b>399,375</b>	<b>1,003,275</b>	<b>-603,900</b>	
受取利息	800	10,000	-9,200	
雑収益	398,275	988,275	-590,000	H28実績
支部受取利息・雑収益	300	5,000	-4,700	
<b>経常収益計</b>	<b>191,277,487</b>	<b>192,637,771</b>	<b>-1,360,284</b>	
(2)経常費用				
<b>事業費</b>	<b>176,012,446</b>	<b>175,298,291</b>	<b>714,155</b>	
<b>刊行事業費</b>	<b>91,471,313</b>	<b>91,648,171</b>	<b>-176,858</b>	
給料手当	25,038,534	22,781,500	2,257,034	職員増
退職給付費用	2,231,679	2,321,262	-89,583	
福利厚生費	3,848,812	4,510,000	-661,188	H28実績
会報刊行費	27,082,763	24,889,387	2,193,376	ページ数増,ライター記事掲載
会誌刊行費	8,377,580	9,203,758	-826,178	掲載数減
欧文誌刊行費	16,703,045	25,748,264	-9,045,219	掲載数減
学術図書類刊行費	8,188,900	2,194,000	5,994,900	理数探求教材出版,デジタルアーカイブ作成
<b>講演会・講習会事業費</b>	<b>53,022,307</b>	<b>53,364,264</b>	<b>-341,957</b>	
給料手当	15,023,120	15,768,900	-745,780	臨時職員減
退職給付費用	1,339,007	1,392,757	-53,750	
福利厚生費	2,309,287	2,706,000	-396,713	
講演大会開催費	24,680,933	22,504,077	2,176,856	春期大会会場費増,イブニングイベント開催
講演大会懇親会費	1,820,000	1,670,000	150,000	
本多記念講演開催費	264,660	265,810	-1,150	
金属学会シンポジウム開催費	50,000	1,344,770	-1,294,770	開催数減
セミナー開催費	2,115,300	2,351,950	-236,650	経費減
国際会議開催費	0	0	0	
支部講演会・講習会開催費	5,420,000	5,360,000	60,000	

科 目	当 年 度	前年度予算額	増 減	備 考
<b>調査・研究事業費</b>	<b>20,772,603</b>	<b>18,632,451</b>	<b>2,140,152</b>	
給料手当	2,503,853	2,278,150	225,703	
退職給付費用	223,168	232,126	- 8,958	
福利厚生費	384,881	451,000	- 66,119	
関連団体連携事業費	1,500	1,500	0	
日本工学会費	269,590	266,155	3,435	
材料戦略委員会費	862,500	370,000	492,500	委員会開催増
科研費委員会費	197,000	197,000	0	
人材育成委員会費	1,715,240	1,265,240	450,000	
男女共同参画委員会費	190,000	190,000	0	
分科会委員会費	5,518,826	6,464,535	- 945,709	旅費減
研究会費	3,800,000	2,000,000	1,800,000	若手研究グループ, 新研究会
企画委員会費	1,327,250	1,327,250	0	
セルフガバナンス委員会費	83,500	83,500	0	
国際学術交流委員会費	1,592,295	1,594,995	- 2,700	
支部調査・研究事業費	2,103,000	1,911,000	192,000	
<b>表彰・奨励事業費</b>	<b>10,746,223</b>	<b>11,653,405</b>	<b>- 907,182</b>	
給料手当	2,503,853	2,278,150	225,703	
退職給付費用	223,168	232,126	- 8,958	
福利厚生費	384,881	451,000	- 66,119	
名誉員費	201,000	201,000	0	
各種賞検討委員会費	1,876,231	2,041,159	- 164,928	
学会賞費	904,110	904,110	0	
学術貢献賞費	26,500	26,500	0	
技術賞費	20,050	78,020	- 57,970	
技術開発賞費	1,626,780	1,736,400	- 109,620	
金属組織写真賞費	199,850	104,230	95,620	
研究技術功労賞費	323,550	494,100	- 170,550	
功績賞費	21,800	255,080	- 233,280	
功労賞費	20,050	20,050	0	
奨励賞・奨学賞等費	257,950	562,070	- 304,120	
谷川・ハリス賞費	19,700	137,040	- 117,340	
増本量賞費	419,700	419,700	0	
まてりあ賞	4,700	4,700	0	
村上賞費	1,380,750	1,380,750	0	
論文賞費	17,100	221,220	- 204,120	
フェロー費	26,500	0	26,500	
支部表彰・奨励事業費	288,000	106,000	182,000	
<b>管理費</b>	<b>19,073,746</b>	<b>17,196,519</b>	<b>1,877,227</b>	
給料手当	5,007,707	4,556,300	451,407	職員増
退職給付費用	446,336	464,252	- 17,916	
福利厚生費	769,762	902,000	- 132,238	
会議費	825,000	825,000	0	
旅費交通費	2,750,000	3,000,000	- 250,000	
通信運搬費	1,526,715	300,000	1,226,715	H28実績
減価償却費	251,868	260,000	- 8,132	
消耗什器備品費	45,000	167,917	- 122,917	
消耗品費	423,750	40,000	383,750	
修繕費	10,000	10,000	0	
印刷製本費	490,377	90,000	400,377	
光熱水料費	41,189	41,050	139	
賃借料	518,400	518,400	0	
保険料	4,345	4,500	- 155	
諸謝金	126,000	150,000	- 24,000	
租税公課	3,291,000	3,300,000	- 9,000	
送金手数料	108,976	169,000	- 60,024	
支払負担金	78,685	8,400	70,285	
システム管理費	338,933	477,700	- 138,767	
委託費	1,546,531	1,512,000	34,531	
雑費	473,172	400,000	73,172	
<b>経常費用計</b>	<b>195,086,192</b>	<b>192,494,810</b>	<b>2,591,382</b>	
評価損益等調整前経常増減額	- 3,808,705	142,961	- 3,951,666	
評価損益等	0	0	0	
<b>当期経常増減額</b>	<b>- 3,808,705</b>	<b>142,961</b>	<b>- 3,951,666</b>	

科 目	当 年 度	前年度予算額	増 減	備 考
2. 経常外増減の部				
(1)経常外収益				
経常外収益計	0	0	0	
(2)経常外費用				
固定資産除却損	0	0	0	
経常外費用計	0	0	0	
当期経常外増減額	0	0	0	
当期一般正味財産増減額	-3,808,705	142,961	-3,951,666	
一般正味財産期首残高	1,002,799,999	1,009,022,615	-6,222,616	
一般正味財産期末残高	998,991,294	1,009,165,576	-10,174,282	
II. 指定正味財産増減の部				
特定資産受取利息	1,901,000	1,901,000	0	
未経過償還差額金の償却額	30,380	30,380	0	
刊行事業拡充賛助寄付金	100,000	100,000	0	
一般正味財産への振替額	1,901,000	1,901,000	0	
当期指定正味財産増減額	130,380	130,380	0	
指定正味財産期首残高	446,332,786	430,352,406	15,980,380	
指定正味財産期末残高	446,463,166	430,482,786	15,980,380	
III. 正味財産期末残高	1,445,454,460	1,439,648,362	5,806,098	

(注) 1. 小科目の対前年度予算額比30%超かつ50万円超の増減の理由および補足説明を備考欄に記載した.

2. 人件費の配賦率は、刊行事業50%、講演会・講習会事業30%、調査・研究事業5%、表彰・奨励事業5%、法人会計10%としている.



## 分科会シンポジウム開催報告

# 材料評価・プロセスにおける 「使える」インフォマティクス

開催日 2018年2月23日

場所 名古屋大学野依記念学术交流館

近年、材料工学とデータサイエンスの融合により、効率的な材料開発を目指す試みが精力的になされている。その結果、マテリアルズインフォマティクスという言葉も、多くの方が知るようになった。しかし、誰もがすぐに使ってみる、というレベルにはまだ至っていないように思われる。このような背景のもと、本シンポジウムは、次の二点にこだわり企画した。我が国で先行しているマテリアルズインフォマティクスは、材料設計や物性予測を目的とするものであるが、実際の材料開発においては、材料評価やプロセスの効率化も必要となってくる。そのため、今回は評価やプロセスに関する講演を中心とした。もう一点は、具体的な応用を実現している研究開発例を紹介してもらうこととした。さらに、情報学の研究者による機械学習のツールの解説などを含めることで、参加者が「使ってみよう」と感じていただける企画とした(2018年2月23日、名大・野依記念学术交流館、参加者数20名、企画世話人講師4名)。

足立吉隆(名大)は、マテリアルズインフォマティクスの目標である「要望する特性を実現する材料組織あるいはプロセスの逆解析」に着目し、そのために必要となる材料組織情報の数値化、組織情報と特性の関係を表す各種機械学習法に関する解説があった。最初に、材料工学において重要と思われる機械学習の各種手法と特徴に関して説明された。本講演で最も特徴的だったのは、機械学習による解析をより簡単に多くの人が活用できるための材料情報統合化システム(Materials Genome Integration System for Phase and Property Analysis: MIPHA)を用いた具体的な解析事例が多く示されたことである。このシステムを用いることで、画像認識、画像処理、2次元構造解析、3次元構造解析、特性推定、逆解析などを、機械学習を用いて行うことができる。まさに「使える」インフォマティクスを象徴する内容であった。

青木公也(中京大)は、「ものづくり」の現場において重要である検査における画像認識およびAI技術の活用についての解説があった。検査におけるキズや欠陥の種類は多岐にわたり、これまでは技術者・研究者がそれぞれの場合について、最適な解析手法を開発し、その結果、目視検査の自動化が発達してきたことが紹介された。また、このような多くの手法を俯瞰することで、個別事例に通貫した原理や方法論を見出すことができるようになり、これにAI技術を組み合わせることで、より一般的な検査手法の確立が可能になりつつあることが紹介された。発表者自らの産学連携の成果などが多く紹介され、特に、印象表現に基づいた機械学習などは、暗黙知を形式知へと転換させる手法として非常に興味深いものであった。

竹内一郎(名工大)は、情報学者の立場から機械学習の材料工学への適用について、基礎から応用までを俯瞰しつつ説明された。データ駆動型アプローチでは、いかにデータを収集するか、データを分析するか、の二点が重要となり、特に材料科学においては、データ収集と機械学習を同時に行う能動学習が重要となり、その手法の解説が行われた。また、手法の活用例として、電池材料などのイオン伝導性物質における伝導度の予測に必要なポテンシャルエネルギー曲面内におけるイオン伝導経路の予測の例が示された。この例においては、通常では非常に多くの第一原理計算などのシミュレーションを必要とするが、機械学習と組み合わせることで、効率よく曲面形状と経路を求められることが示された。

宇治原徹(名大)は、SiC結晶成長の最適化における機械学習の活用法について報告された。本手法では、結晶成長過程における高温融液内の流動や温度分布のシミュレーション結果を機械学習により回帰することで、予測モデルを構築し、それによりこれまで非常に長時間を要していたシミュレーションを0.1秒以下で予測することができ、これを用いることで、高品質結晶のための成長パラメータの組み合わせを、短時間で見出すことができる。さらに、実際にこの条件で結晶成長実験を行うと、比較的高品質な結晶が即座にできることが示された。最後に、この予測モデルの別の応用例として、装置内部の融液の温度分布や流動などを、その場で表示する新しいその場観察法の提案がされた。(文責:宇治原)

(企画世話人:名大未来研 宇治原徹)



# 行事カレンダー

太字本会主催(ホームページ掲載)

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合せ先	締切
<b>6月</b>				
6	国際交流ワークショップ「材料系学協会における国際交流活動の課題と展望」(東京)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 60名
6~8	第23回計算工学講演会(名古屋)	日本計算工学会	TEL 03-3868-8957 office@jsces.org http://www.jsces.org/koenkai/22/	
7, 21	第233・234回西山記念技術講座 鉄鋼業における地球温暖化対策の未来~LCAと他業界からそのヒントを探る~(大阪)(早稲田大)	日本鉄鋼協会	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp https://www.isij.or.jp/muwguz8rx	
8	2018電気化学セミナー2「初心者のための電気化学測定法—基礎編」(東京理科大)	電気化学会	TEL 03-3234-4213 ecsj@electrochem.jp http://electrochem.jp/promotion/index.html	6.1
8	第107回シンポジウム「自動車用電動パワートレインの将来展望とそれを支える軽金属技術」(日大)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 100名
11	第1回若手研究グループ「量子ビーム散乱測定による金属組織形成過程のマルチスケール解析研究」(北大)(本号290頁)	若手研究グループ No.4	<b>morooka@post.j-parc.jp</b>	<b>6.4</b>
11~12	平成30年度溶接入門講座(東京)	溶接学会	TEL 03-5825-4073 jws-info@tg.rim.or.jp http://www.jweld.jp/	
14	第59回塗料入門講座 前期(東大駒場)	色材協会・関東支部	TEL 03-3443-2811 admin@jscm.or.jp http://www.shikizai.org/	定員 100名
14~15	第23回動力・エネルギー技術シンポジウム(宇部)	日本機械学会	TEL 03-5360-3505 http://www.jsme.or.jp/	講演 2.23
15	第99回金属のアノード酸化皮膜の機能化部会(ARS)例会(首都大学東京)	表面技術協会・金属のアノード酸化皮膜の機能化部会(ARS)	ars@sfj.or.jp	6.1
20~21	第156回塑性加工工学講座「板材成形の基礎と応用~基礎編~」(東京電機大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 45名
22	第108回シンポジウム「知っているようで知らない軽金属の表面処理」~陽極反応による表面の制御~(工学院大)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 100名
23	平成30年度日本金属学会九州支部学術講演会(九工大)(本号293頁)	九州支部	<b>TEL 093-884-3371 FAX 093-884-3350 ishimaru@post.matc.kyutech.ac.jp</b>	
26~28	第65回表面科学基礎講座(東京理科大)	日本表面科学会	TEL 03-3812-0266 shomu@sss.org http://www.sssj.org	6.20
27	第23回課題研究成果発表会(大阪)	軽金属奨学会	TEL 06-6271-3151 lm-foundation@nifty.com	
28~29	第12回核融合エネルギー連合講演会—(大津)	プラズマ・核融合学会、日本原子力学会	TEL 052-735-3185 plasma@jspf.or.jp http://www.jspf.or.jp/12rengo/	
28~29	平成30年度「デジタルラジオグラフィに関する技術講習会」(東京)	日本溶接協会	TEL 03-5823-6324 http://www.jwes.or.jp/	
29	第76回塑性加工技術フォーラム「IoT活用による賢い塑性加工技術」(東京)	日本塑性加工学会・日本鍛圧機械工業会	http://www.jstp.or.jp	定員 150名
<b>7月</b>				
1~6	6th International Indentation Workshop (IIW6)(北大)	IIW6 実行委員会	TEL 029-851-3354(6426) iiw6_2018@nims.go.jp	
2~3	平成30年度「デジタルラジオグラフィに関する技術講習会」(大阪)	日本溶接協会	TEL 03-5823-6324 http://www.jwes.or.jp/	
3~4	第28回電子顕微鏡大学(東大)	日本顕微鏡学会	jsm-denken@bunken.co.jp http://microscopy.or.jp/univ/	6.15
3~5	第21回X線分析講習会 蛍光X線分析の実際(東京理科大)(第10回)	日本分析化学会 X線分析研究懇談会	TEL 03-5228-8266 inakai@rs.kagu.tus.ac.jp http://www.a-chem.eng.osaka-cu.ac.jp/xbun/	
4	日本表面真空学会関西支部合同セミナー2018「物質中を探る科学と技術—溶液や機能性材料のその場観察—」(阪大)	日本表面真空学会 関西支部	TEL 06-6879-7855 sv2018@ap.eng.osaka-u.ac.jp http://www.vacuum-jp.org/	定員 180名
9~12	The 6th International Conference on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Advanced Materials (ICCCI2018)(倉敷)	紛体工学会	TEL 045-339-3959 http://ceramics.ynu.ac.jp/iccci2018/ iccci2018@ml.ynu.ac.jp	
12	第188回腐食防食シンポジウム「化学プラント設備における外面腐食」~保温材下腐食を中心に現状とその管理や検査技術について~(東京)	腐食防食学会	TEL 03-3815-1161 ysm.hng-113-0033@jcorr.or.jp http://www.jweld.jp/	定員 70名
12	第59回塗料入門講座 後期(東大駒場)	色材協会・関東支部	TEL 03-3443-2811 adminr@jscm.or.jp http://www.shikizai.org/	定員 100名
12~13	第52回X線材料強度に関するシンポジウム(静岡)	日本材料学会	TEL 055-243-6111 yatsushiro-vvm@pref.yamanashi.lg.jp	講演 3.9

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合せ先	締切
13	平成30年度日本金属学会・日本鉄鋼協会 両北海道支部合同サマーセッション(札幌)(5号236頁)	北海道支部(北大)	TEL/FAX 011-706-6352 jim_hokkaido@eng.hokudai.ac.jp	
18~20	スマートエンジニアリング TOKYO2018(東京)	化学工学会・日本能率協会	TEL 03-3434-1988 set@jma.or.jp	
20	第328回塑性加工シンポジウム「塑性加工シミュレーションを活用した最適設計法とその適用事例」(名工大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 80名
23~24	平成30年度J-PARC MLF 産業利用報告会(東京)	J-PARC MLF 他	TEL 029-219-5300 m_shiraishi@cross.or.jp	
23~25	平成30年度溶接工学夏季大学(阪大)	溶接学会	TEL 03-5825-4073 jws-info@tg.rim.or.jp http://www.jweld.jp/	定員 70名
27	第76回技術セミナー「腐食を理解するための電気化学入門」(東京)	腐食防食学会	TEL 03-3815-1161 naito-113-0033@jcorr.or.jp	
27	第395回講習会 見学会付き基礎講座「難削材切削加工～基礎から最新技術まで～」(東京電機大)	精密工学会	TEL 03-5226-5191 http://www.jspe.or.jp/	定員 60名
27	レアメタル研究会(東大生産技研)(本号294頁)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
27	第46回 薄膜・表面物理セミナー(2018)ダイヤモンドの形成技術から応用・未来技術—センシングからグリーン・パワーデバイスまで—(東京)	応用物理学会 薄膜・表面物理分科会	TEL 03-3828-7723 igarashi@jsap.or.jp http://www.jsap.or.jp/	参加 7.5
30~31	第48回初心者のための有限要素法講習会(演習付き)(京都)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jimuj@jsms.jp http://www.jsms.jp/	7.20
30	日本学術会議公開シンポジウム「SDGs 時代における資源開発後の鉱山環境対策のあり方」(東京)	日本学術会議 材料工学委員会他	TEL 03-3402-0541 info@mmij.or.jp http://www.mmij.or.jp/events/4236.html	
31~8.2	第24回結晶工学スクール(2018年)(東京農工大)	応用物理学会	TEL 03-3828-7723 divisions@jsap.or.jp http://annex.jsap.or.jp/kessho/index.html	7.9
<b>8月</b>				
1~3	第45回コロージョン・セミナー「サステナブル社会を支える腐食防食エキスパートを目指して」(幕張)	腐食防食学会	TEL 03-3815-1161 naito-113-0033@jcorr.or.jp	
5~8	15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FUNCTIONALLY GRADED MATERIALS—Structural Sector Approaches for New Functionalities and Durability—(北九州)	傾斜機能材料研究会	TEL 052-735-5293 fgms_2018@f-jast.or.jp http://www.fgms.net/isfgms2018	
7~8	第31回 DV-X $\alpha$ 研究会(長岡)	DV-X $\alpha$ 研究会	TEL 0258-47-9345 tagaya@mst.nagaokaut.ac.jp http://mst.nagaokaut.ac.jp/nanobio/ 2018DVXa.html	
8~12	6th International Solvothermal & Hydrothermal Association Conference (ISHA2018)(東北大)	東北大学 多元物質科学研究所	TEL 022-217-6322 isha2018@grp.tohoku.ac.jp http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/general/ event/ISHA2018/	発表 2.28
20~21	第48回初心者のための有限要素法講習会(演習付き)(京都)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jimuj@jsms.jp http://www.jsms.jp/	7.20
22	2018年茨城講演会(茨城大学)	日本機械学会関東支部	TEL 03-5360-3500 kt-staff@jsme.or.jp	
23~24	第10回「役に立つ真空技術入門講座」(大阪電気通信大)	日本表面真空学会 関西支部	TEL 06-6397-2279 shinku-kansai@prec.eng.osaka-u.ac.jp http://www.jvss.jp/	定員 100名
27~29	日本実験力学会2018年度年次講演会(山梨大)	日本実験力学会	TEL 055-220-8673 yasumii@yamanashi.ac.jp http://www.jsem.jp/event/Annual18/ index.html	
29~31	平成30年度工学教育研究講演会(名工大)	日本工学教育協会 他	TEL 03-5442-1021 kawakami@jsee.or.jp https://www.jsee.or.jp/	
30~31	金属・無機・有機材料の結晶方位解析と応用技術研究会(堺)(5号235頁)	研究会 No. 67・高山(宇都宮大)	TEL 028-689-6033 FAX 028-689-6078 takayama@cc.utsunomiya-u.ac.jp	6.15
<b>9月</b>				
4~5	2018電気化学セミナー 3「初心者のための電気化学測定法—実習編」(東工大)	電気化学学会	TEL 03-3234-4213 ecsj@electrochem.jp http://electrochem.jp/promotion/index.html	8.20
4~5	第34回分析電子顕微鏡討論会(幕張メッセ)	日本顕微鏡学会	TEL 0774-38-3057 bunseki34@eels.kuicr.kyoto-u.ac.jp http://eels.kuicr.kyoto-u.ac.jp/bunseki2018/	事前参加 8.24
4~6	第20回日本感性工学会大会(東京大)	日本感性工学会	TEL 03-3666-8000 jske@jske.org http://www.jske.org/taikai/jske20	事前 7.13

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合せ先	締切
5～7	高温変形の組織ダイナミクス研究会「平成30年度 夏の学校」(武雄) (本号291頁)	No. 76 : 高温変形の組織ダイナミクス研究会	TEL/FAX 0172-39-3643 mineta@hirosaki-u.ac.jp	発表 7.13 参加 8.3
5～7	日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム(名工大)	日本セラミックス協会	TEL 03-3362-5232 fall31@cersj.org http://www.ceramic.or.jp/ig-syuki/31/	
14	レアメタル研究会 (東大生産技研) (本号294頁)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
19～21	日本金属学会秋期講演大会(東北大学川内北キャンパス・仙台国際センター)(仙台) (本号287頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp, member@jim.or.jp	講演 7.6 参加 8.17
<b>10月</b>				
10～12	第37回電子材料シンポジウム (EMS-37) (長浜)	電子材料シンポジウム運営実行委員会	TEL 06-6879-7548 tatebaya@mat.eng.osaka-u.ac.jp http://ems.jpn.org/	
14～18	第9回材料電磁プロセッシング国際シンポジウム(EPM2018)(兵庫)	日本鉄鋼協会	TEL 03-3669-5932 ryo@isij.or.jp http://www.epm2018.org/index.html	
17	第2回EBSD法による損傷評価講習会(京都)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jimu@jsms.jp http://www.jsms.jp/	8.24 定員 40名
18～19	キャビテーションに関するシンポジウム(第19回)(北大)	日本学術会議第三部	TEL 011-706-6430(直通) masao.watanabe@eng.hokudai.ac.jp http://cavitation19.sakura.ne.jp/index.html	講演 6.4
19	第15回フラクトグラフィシンポジウム(京都)	日本材料学会	fractosym@jsms.jp http://www.jsms.jp/	講演 7.6
25～26	第54回X線分析討論会(東京理科大)	日本分析化学会X線分析研究懇談会	TEL 03-5228-8266 inakai@rs.kagu.tus.ac.jp	講演 7.27
25～27	結晶塑性の原子過程に関する国際シンポジウム—結晶強度の定量的理解に向けて—(東大)(3号130頁)	日本学術振興会産学協力第133委員会	TEL 03-5452-6111 yasushi@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.apcp.iis.u-tokyo.ac.jp	
29～31	第39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(同志社大)	超音波エレクトロニクス協会	TEL 042-443-5166 h.nomura@uec.ac.jp http://www.use-jp.org/	講演 7.23
30～11.2	The 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics(Taiwan)	日本実験力学会	TEL 025-368-9310 office-jsem@clg.niigata-u.ac.jp https://2018-13th-isem.webnode.tw/	
<b>11月</b>				
9	レアメタル研究会 (東大生産技研) (本号294頁)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
9	第21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	TEL 03-6732-8966 msf@oxinst.com http://www.msforum.jp/	
11～16	第14回核破砕材料技術国際ワークショップ(14th International Workshop on Spallation Materials Technology, IWSMT-14)(いわき)	J - PARC センター	TEL 099-285-8265 ksato@mech.kagoshima-u.ac.jp	
12～14	第13回日本磁気科学会年会(東北大)	日本磁気科学会	TEL 022-215-2017 mogi@imr.tohoku.ac.jp http://www.magneto-science.jp/index.html	
26～28	第59回高圧討論会(岡山理科大)	日本高圧力学会	TEL 070-5545-3188 touronkai59@highpressure.jp http://www.highpressure.jp/new/59forum/	講演 7.10
<b>12月</b>				
5	エコデザイン・プロダクツ&サービスシンポジウム2018(EcoDePS2018)(早稲田大)	エコデザイン学会連合	secretariat@ecodenet.com http://ecodenet.com/EcoDePS2018/	
5～7	第44回固体イオニクス討論会(京大)	日本固体イオニクス学会	TEL 075-753-6850 yamamoto.kentaro.4e@kyoto-u.ac.jp https://ssi2018.symposium-hp.jp	
6～7	第56回高温強度シンポジウム(石垣)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 http://www.jsms.jp/	講演 9.10
<b>2019年1月</b>				
11	レアメタル研究会(東大生産技研)(本号294頁)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
26	第24回高専シンポジウム in Oyama(小山高専)	高専シンポジウム協議会他	TEL 0285-20-2141 senkou@oyama-ct.ac.jp	

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合せ先	締切
<b>2019年3月</b>				
8	レアメタル研究会（東大生産技研）（本号294頁）	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
20~22	日本金属学会春期講演大会（東京電機大学東京千住キャンパス）（東京）	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	
<b>2019年6月</b>				
2~7	世界水素技術会議2019（東京）	水素エネルギー協会	TEL 029-861-8712 org@whtc2019.jp http://whtc2019.jp	
<b>2019年9月</b>				
11~13	日本金属学会秋期講演大会（岡山大学津島キャンパス）（津島）	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	



～事務局より～

- ・2018年秋期講演大会講演発表並びに参加申し込みが始まっております。  
お申込みお忘れのないようお手続きして下さい(本号会告287頁)。



### 2017, 2018年度会報編集委員会（五十音順，敬称略）

委員長	山本剛久					
副委員長	大塚誠					
委員	赤瀬善太郎	足立望	安達正芳	池尾直子	池田賢一	石本卓也
	上田恭介	梅津理恵	榎木勝徳	大野直子	大森俊洋	小幡亜希子
	木口賢紀	北村一浩	高坂典晃	近藤亮太	齊藤敬高	榊浩司
	佐々木秀顕	佐藤紘一	佐藤幸生	下島康嗣	杉浦夏子	杉田一樹
	芹澤愛	高木成幸	竹田修	武田雅敏	田中智仁	田中秀明
	田中康弘	田辺栄司	趙研	佃論志	堤祐介	寺井智之
	寺西亮	寺本武司	土井康太郎	永井崇	長岡亨	中川鉄水
	中島孝一	仲村龍介	野山義裕	萩沢武仁	長谷川誠	春本高志
	本間智之	水本将之	宮崎秀俊	宮澤知孝	森田敏之	盛田元彰
	森戸春彦	諸岡聡	山中謙太	横山賢一	吉矢真人	吉年規治
	李海文	和田武				

まてりあ 第57巻 第6号 (2018) 発行日 2018年6月1日 定価(本体1,700円+税)送料120円  
年間機関購読料金52,400円(税・送料込)

発行所 公益社団法人日本金属学会

〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32

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

発行人 山村英明

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

発売所 丸善雄松堂株式会社

〒160-0002 東京都新宿区四谷坂町10-10

## 鉄の事典

増本健 他 編  
 A5判 上製820頁  
 2014年12月 本体22,000円(税別)  
 発行所名：朝倉書店  
 ISBN：978-4-254-24020-7 C3550  
 〒162-8707  
 東京都新宿区新小川町6-29  
 TEL：03-3260-7631  
 FAX：03-3260-0180  
 URL：http://www.asakura.co.jp/



社会を支える基盤材料であり、人類との関わりも長く、産業革命以降は飛躍的にその利用が広まった“鉄”の文化史・性質・製造から利用まで全てがわかる事典。建築物・自動車・鉄道・生活用具など様々な分野での利用や鉄の将来に至るまでわかりやすくまとめた。読者の関心に応じて鉄に関して一通りのことがわかるよう3部構成で編集した。

## 磁性材料・部品の最新開発事例と応用技術

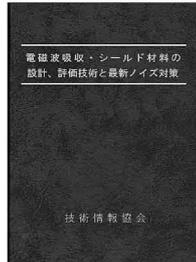
(株)東北マグネットインスティテュート  
 尾藤三津雄、日立金属(株)中島晋 他 全67名  
 A4判・563頁  
 2018年3月発刊 80,000円(税別)  
 発行所名：(株)技術情報協会  
 ISBN：978-4-86104-705-3  
 〒141-0031  
 東京都品川区西五反田2-29-5  
 日幸五反田ビル8F  
 TEL：03-5436-7744  
 FAX：03-5436-7745  
 URL：http://www.gijutu.co.jp/



低鉄損な軟磁性材料、希土類フリーな永久磁石の開発事例から、自動車・パワーエレクトロニクスへ向けたモータ・インバータへの適用事例や、センサ・アクチュエータ・スピンドルバイスへの最新応用事例を掲載。省電力・高効率を実現させる材料・部品開発の考え方、設計指針を豊富な執筆陣が解説する。

## 電磁波吸収・シールド材料の設計、評価技術と最新ノイズ対策

同志社大学 吉門進三、  
 山形大学 日高貴志夫 他 全51名  
 A4判・446頁  
 2016年9月 本体価格80,000円(税別)  
 発行所名：(株)技術情報協会  
 ISBN：978-4-86104-628-5  
 〒141-0031  
 東京都品川区西五反田2-29-5  
 日幸五反田ビル8F  
 TEL：03-5436-7744  
 FAX：03-5436-7745  
 URL：http://www.gijutu.co.jp/



各種電磁波吸収材料、GHz帯向け電磁波吸収体、電磁波シールドフィルムの開発事例から、自動車、パワーエレクトロニクスなど成長市場のノイズ対策の実際までを掲載。電磁波ノイズ対策のための材料開発の考え方、設計指針、実製品での使われ方を分かりやすく解説。

## 新版 はじめての電子状態計算

DV-X $\alpha$ 分子軌道計算への入門

足立裕彦・小笠原一禎・小和田善之・  
 坂根弦太・水野正隆 著  
 B5判 284頁  
 2017年11月 3,000円(税別)  
 発行所名：三共出版  
 ISBN：978-4-7827-0767-8  
 〒101-0051  
 東京都千代田区神田神保町3-2  
 TEL：03-3264-5711  
 FAX：03-3265-5149  
 URL：http://www.sankyoshuppan.co.jp/



分子軌道法の概要からコンピュータに対応したプログラム使用法、さらに計算実習まで！これさえあれば簡単に電子状態計算が始められます。初版刊行以来約20年間に開発・進化を遂げたプログラムならびに本文を全面改稿しました。(プログラム付)

## 図解よくわかる「都市鉱山」開発

—レアメタルリサイクルが拓く資源大国への道—

原田幸明・醍醐市朗著  
 A5判・152頁  
 2011年 1,800円(税別)  
 日刊工業新聞社  
 ISBN：978-4-526-06648-1  
 〒103-8548  
 東京都中央区日本橋小網町14-1  
 TEL：03-5644-7410  
 FAX：03-5644-7400  
 URL：http://pub.nikkan.co.jp/



都市で大量に廃棄される使用済み工業製品にはレアメタルなどの貴重な金属資源が多く含まれており、「都市鉱山」と呼ばれ貴重な資源として注目される。「都市鉱山」からのレアメタルのリサイクルの課題とビジネスとしての可能性を解説し、新しい資源大国への道を提示する。

## 書籍ガイド・広告募集！

かねてより会員読者より要望されておりました  
 「書籍」情報を発信する広告特集です。

今回は、12月号(12/1発行)に掲載致します。

＜広告掲載のお問い合わせ・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 http://www.meihosha.co.jp

# ALLOYS & METALS

品名	純度	形状	品名	純度	形状	品名	純度	形状
<b>純金属</b>			<b>高純度金属</b>			<b>中間合金</b>		
高純度アルミニウム	99.99%	約1kgインゴット	アルミニウム	99.999%	粒状100g入	燐銅	P>14.5%	粒状
アルミニウム	>99.7%	〃	アルミニウム	〃	約100g塊	シリコン銅	Si 15%	約1kgインゴット
アルミニウム粒	99.99%	粒状1kg入	銀	99.999%	粒状	マンガン銅	Mn 25%	〃
アルミニウム粉	99.7%	粉末	ビスマス	99.9999%	粒状100g入	マグネシウム銅	Mg 50%	約800gインゴット
銀	99.99%	粒状	ビスマス	〃	約100g塊	クロム銅	Cr 10%	約1kgインゴット
ボロンクリスタル	99.4%	3~8mm小塊	高純度クロム(4N5)	99.995%	薄片状	テルル銅	Te 50%	〃
ボロンアモルファス	95~97%	粉末	無酸素銅	99.99%	10×10×1mm	コバルト銅	Co 10%	〃
コバルト粒(ロシア産)	99.93%	針状	鉄(マイロンSHP)	99.99%	25×25×2mm	ニッケル銅	Ni 30%	〃
電解コバルト(従来品)	99.9%	粒状	ガリウム	99.9999%	粒状25g入	鉄	Fe 10%	〃
電解コバルト(FB)	99.9%	フレーク状	ゲルマニウム	99.999%	約50g塊	チタン銅	Ti 25%	〃
金属クロム	99%	約25×25×10mm	インジウム	99.999%	粒状100g入	ジルコニウム銅	Zr 50%	〃
電解クロム	99%	塊状	インジウム	〃	約100g塊	ボロン銅	B 2%	粒状
クロム粉	99%	薄片状	マンガン	99.999%	薄片状	アルミ銅	Cu 40%	約5~7kgインゴット
電気	99.99%	粉末500g入	錫	99.999%	粒状100g入			
銅	99.99%	約25×50×10mm	錫	〃	約100g塊			
電解鉄(アトミロンMP)	99.9%	小片状	アンチモン	99.9999%	粒状100g入	アルミマグネシウム	Mg 20%	約2kgインゴット
電解鉄(アトミロンYL)	〃	小片状25kg入	アンチモン	〃	約100g塊	アルミマンガ	Mn 10%	約5kgインゴット
電解鉄(アトミロンFP)	〃	〃	テール	99.9999%	粒状100g入	アルミニケル	Ni 20%	〃
電解鉄(アトミロンXL)	〃	〃	テール	〃	約100g塊	アルミクロム	Cr 5%	〃
電解鉄粉	99%	粉末1kg入	亜鉛	99.999%	粒状100g入	アルミチタン	Ti 5%	約4~5kgインゴット
ハフニウム	99.8%	スポンジ小塊	亜鉛	〃	約100g塊			
インジウム	99.99%	塊状	鉛	99.9999%	粒状100g入	アルミシリコン	Si 25%	〃
マグネシウム	99.9%	約200g塊	鉛	〃	約100g塊	アルミコバルト	Co 5%	〃
電解マンガ	99.9%	薄片状	鉛	〃	約100g塊	アルミモリブ	Mo 5%	〃
モリブデン	99.9%	粉末	鉛	〃	約100g塊	アルミタング	W 2.5%	〃
ニオブグラ	99.9%	3~10mm小塊	チ	99.9%	5φ×150mm	アルミタング	Be 2.5%	約500gインゴット
ニオブ	〃	粉末				アルミベリリ	Fe 50%	塊状
電気ニッケ	99.99%	25×25×10mm	<b>レアアースメタル</b>			アルミジルコ	Zr 5%	約5kgインゴット
ニッケルベ	99.97%	6~12mm球状	イトリウム	99.9%	塊状、削状、粉状	アルミボロン	B 4%	約200gインゴット
レニウム	99.99%	粉末	ランタン	〃	〃	アルミバナジ	V 50%	小塊状
ルテニウム	99.9%	〃	プラセオジ	〃	〃	アルミストロ	Sr 10%	約100gインゴット
アンチモン	99.9%	塊状	ネオジウム	〃	〃	アルミカルシ	Ca 10%	約2.5kgインゴット
金属シリ	99%	〃	サマリウム	〃	〃	ニッケルボロ	B 15%	塊状
錫	99.99%	約1kgインゴット	イッテルビ	〃	〃	ニッケルニオ	Nb 60%	〃
タンタル	99.9%	粒状	テルビウム	〃	〃	ニッケルマグ	Mg 50%	約1.5kgインゴット
タンタル	〃	3~10mm小塊	ジスプロシ	〃	〃	コバルトボロ	B 15%	塊状
テル	99.99%	粉末	ホルミウム	〃	〃	燐	P 5%	インゴット
スポンジチ	99.7%	小球状	エルビウム	〃	〃			
チタン板	JIS 1種	スポンジ塊	ガドリニウ	〃	〃			
バナジウム	99.7%	250×250×1mm	ツリウム	〃	〃			
バナジウム	99.9%	3~10mm小塊	ルテチウム	〃	〃			
タングステン	99.9%	粉末	セリウム	〃	塊状のみ			
タングステン	99%	板状	ユーロビウ	〃	〃			
亜鉛	99.99%	約2kgインゴット	ミッシュメ	TRE>97%	5.4φ×6mm 200g入			
亜鉛	〃	粒状						
ジルコニ	>99.5%	スポンジ塊						
			<b>フェロアロイ</b>			<b>Uアロイ(低融点合金)</b>		
			フェロモリブ	Mo 60%	塊状	Uアロイ 47	融点47±2°C	約500gインゴット
			フェロニオブ	Nb 60%	〃	Uアロイ 60	60±2°C	〃
			フェロバナジ	V 80%	〃	Uアロイ 70	70±2°C	〃
			フェロボロン	B 20%	〃	Uアロイ 78.8	78.8±2°C	〃
			カルシウムシ	Ca30%Si60%	小塊状	Uアロイ 91.5	91.5±2°C	〃
						Uアロイ 95	95±2°C	〃
						Uアロイ 100	100±2°C	〃
						Uアロイ 124	124±2°C	〃
						Uアロイ 150A	150±2°C	〃

お問い合わせは、必ず下記事項をご記入の上、FAXしてください。

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

**FAX (03)**  
**3294-9336**

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

商品の詳細はホームページでご覧になれます。  
<http://1921seizaemon.jp/>

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

# 高温真空 3000°Cへの挑戦

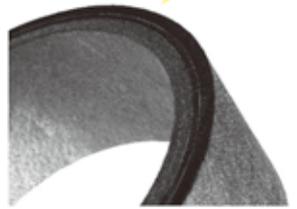
URL:<http://www.mechanical-carbon.co.jp/>

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

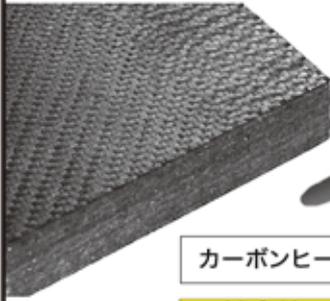


炉の改修

ハイブリット成形断熱材



高断熱+省エネ



6面シート  
貼り



カーボンフェルト

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



## メカニカルカーボン工業株式会社

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

## 試験雰囲気ガス中の酸素濃度のコントロール・測定に!!

高濃度(10<sup>5</sup>PaO<sub>2</sub>)から極低濃度(10<sup>-25</sup>PaO<sub>2</sub>)まで酸素をコントロール測定します。

### 酸素分圧 & 雰囲気制御試験炉



SiOAF-200C

NEW

管状炉付酸素分圧  
コントローラー

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

SiOC-200CB  
(循環型)



### 酸素分圧コントローラー

- 本装置はジルコニア酸素ポンプに不活性ガスを流し、ガス中の酸素濃度を制御します。
- 酸素濃度のコントロールは酸素ポンプと酸素センサーを組み合わせたPID式フィードバック回路により制御されます。
- 不活性ガス中の酸素濃度は10<sup>5</sup> ~ 10<sup>-25</sup>PaO<sub>2</sub>(タイプC循環型)の範囲で制御します。

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

SiOS-200C  
(コンパクトタイプ)



### 高感度酸素センサー

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



## 技術で世界を輝かせる。

世界が求めるニーズはより多様化し、複雑に進化し続けています。  
私たちはその一つひとつの声を叶えるために、技術を磨いてきました。  
そのなかで培われた、世界をリードする素材・機械ビジネス。  
私たちは、いち早くニーズに応えるというだけでなく、  
技術で驚きや感動を与えることを大切にしています。

私たちがつくる、より強くしなやかな素材から、新たな価値が生まれる。  
私たちがつくる、より低燃費の機械が動くことで、  
ある国の礎が築かれる。

私たちは技術で社会や人を繋げ、より輝く世界へと、  
導いていくために、挑み続けていきます。

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

**KOBELCO**