

Materia Japan

- 金属素描
- 表彰 受賞者紹介(春)
- 記念講演 材料の一方向性多孔質化と機能
- 記念講演 材料研究における電子顕微鏡法の導入と発展
- スピン偏極パルス透過電子顕微鏡の開発

まてりあ

Vol.58 MTERE2 58 (5) 233~300 (2019)

2019 **5**





新材料の観察・分析
技術課題解決のための支援を実施しています

ナノ構造解析は名古屋大学へ

<http://nanoplat.nagoya-microscopy.jp>

- 専任の電子顕微鏡技術者が観察を代行
- 学内の各専門分野の研究陣がサポート
- 万全の守秘体制で
成果公開・非公開の観察支援を実施



観察・分析支援手順



■集束イオンビーム加工機 (FIB-SEM) MI-4000L

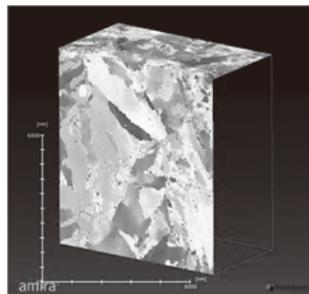


【仕様】

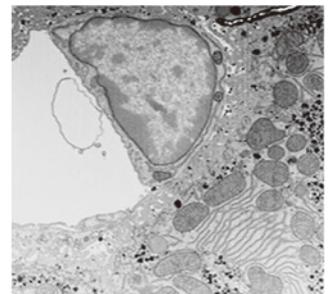
- FIB-SEM鏡筒:直交型
- FIB加速電圧:最大30kV
- SEM加速電圧:0.1~30kV
- Arイオンビーム:0.5~2kV
- マイクロサンプリング機能
- FE-SEM、EDS及びEBSD(OIM)機能
- STEM検出器装備

【用途】

- Cut & See(リアルタイムで実現)
- リアルタイムSEM・STEM観察
- リアルタイム3D-EDS、3D-EBSD

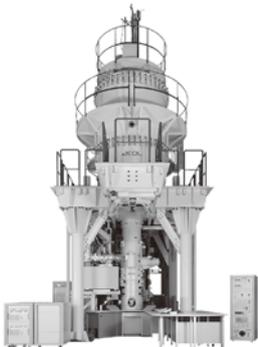


Cut & Seeによる3D-EBSD計測
鉄鋼材料(結晶粒・結晶方位分布)



生物系試料の断面SEM観察
ラットの肝臓細胞

■反応科学超高压走査透過電子顕微鏡 JEM-1000K RS

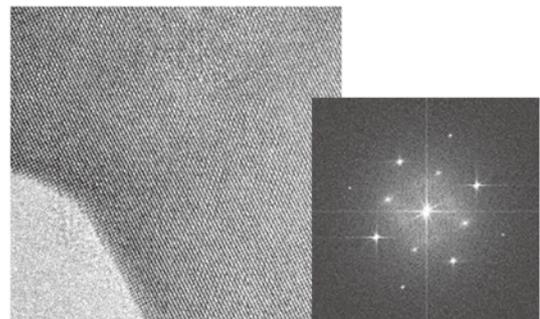


【仕様】

- 超高压でのTEM/STEM観察
- TEM点分解能:0.15nm以下
- STEMプローブ径:1nm
- 加速電圧:1000、800、600kV
- 各種ガス環境雰囲気:最大0.1気圧
- EELSによる元素分析機能
- 各種特殊ホルダーを整備

【用途】

- ガス環境下でのその場観察
- 3D観察(生物系試料も可能)
- ハイコントラスト暗視野観察



金単結晶のガス中観察(ガス圧 11,000 Pa)

■超高分解能収差補正型 TEM/STEM JEM-ARM200FC

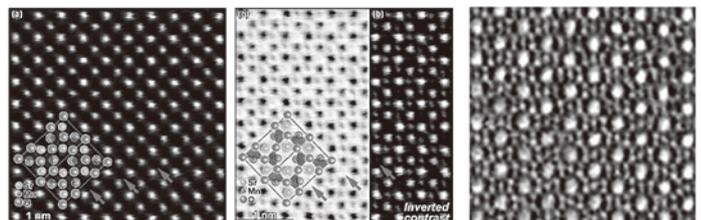


【仕様】

- TEM点分解能:110pm
- STEM-HAADF像分解能:78pm
- 加速電圧:200、80kV
- 照射レンズ系に収差補正機能を搭載
- 冷陰極電界放射型電子銃
- STEM:HAADF、LAADF、ABF
- EDS、EELS(Dual EELS)

【用途】

- 原子レベルでの構造観察、
元素分析、電子状態分析



HAADF-STEM ABF-STEM
SrMnO_{2.5} 結晶の酸素欠損サイトの観察

ゼオライト結晶の構造像

■上記以外にも用途に応じた各種設備を整備

文部科学省 ナノテクノロジープラットフォーム 微細構造解析プラットフォーム
「高性能電子顕微鏡による反応科学・ナノ材料科学研究支援拠点」事務局
〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学 未来材料・システム研究所 超高压電子顕微鏡施設
Tel:052-789-3632 Fax:052-789-3174 E-MAIL:nanoplat@nagoya-microscopy.jp

5

2019
Vol.58
No.5

まてりあ

◎会告原稿締切：毎月1日
(翌月号(1日発行)掲載です.)

金属素描	No. 3	ハフニウム(Hafnium)	齊藤敬高	233		
表彰	第64回	学会賞受賞者	235	第30回	若手講演論文賞受賞者	243
	第60回	技術賞受賞者	236	第2回	フェロー認定者	243
	第69回	金属組織写真賞受賞者	236		新名誉員	244
	第50回	研究技術功労賞受賞者	238	第32回	優秀ポスター賞受賞者	244
	第77回	功績賞受賞者	240	第27回	奨学賞受賞者	247
	第58回	谷川・ハリス賞受賞者	242	第69回	金属組織写真賞受賞作品	248
	第25回	増分量賞受賞者	242		選評	251
学会賞受賞記念講演	材料の一方方向性多孔質化と機能	中嶋英雄	252			
本多記念講演	材料研究における電子顕微鏡法の導入と発展	黒田光太郎	261			
最近の研究	スピン偏極パルス透過電子顕微鏡の開発	桑原真人	269			
	レーザー駆動型電子線源を活用した新しい分析手法を紹介。コヒーレントパルス電子線の利用により、電子顕微鏡を用いた材料分析に新たな測定軸を提供する！					
トピックス	高校生を含めたポスターセッション第2弾	～44回「若手フォーラム」報告～				
	竹元嘉利	宮岡裕樹	新垣之啓	清水一郎	金谷輝人	275
研究室紹介	名古屋大学大学院工学研究科	材料デザイン工学専攻	シンクロトロン光応用			
	工学研究グループ	高嶋圭史	伊藤孝寛			276
本会記事	会告	278	会誌・欧文誌5号目次	295		
	支部行事	279	新入会員	296		
	掲示板	280	次号予告	296		
	2019年秋期講演大会講演募集	282	行事カレンダー	297		
	2019年春期講演大会記録	293	書評	299		

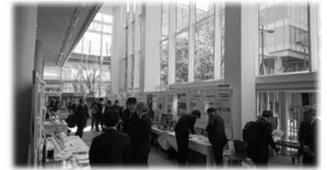
まてりあ・会誌・欧文誌の投稿規定・投稿の手引・執筆要領、入会申込書、刊行案内はホームページをご参照下さい。
<https://jim.or.jp/>

今月の表紙写真 水素を含む溶融銅を連続鋳造させて作製したロータス銅。凝固速度が一定に保てるので気孔率や気孔サイズが均一。
(中嶋英雄 本号254頁 図5(b)より抜粋)

表紙デザイン：北野 玲
複写をご希望の方へ

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

付設展示会レポート



日本金属学会2019年春期講演大会・付設展示会は、3月20日より22日まで東京電機大学・東京千住キャンパスで開催された。機器・ソフトウェアを中心に24社の出展があった。天候にも恵まれ、来場数は、延1,000名を超えた。講演会場となった棟の1Fを展示会場とした為、講演の合間や昼休み時間帯には活況であった。展示内容としては、熱処理関連、粉砕、材料の可視化ツールの他、書籍展示もあった。新規企業の出展も4件あり、本展示会への注目の高さがうかがえる。続いて、出展内容を紹介する。

・アドバンスソフト㈱

各種計算ソルバーをグラフィカルに操作できる「ナノ材料解析統合GUI」と新規材料の設計にも活用できる「第一原理計算ソフトウェア」を紹介。

・アドバンス理工㈱

「高速加熱」をキーワードとした様々な加熱炉製品の紹介の他、変態点測定や圧縮試験装置などもパネルや動画にて紹介。

・アメテック㈱

米国EDAX製電子顕微鏡用X線分析装置の紹介。

・㈱池上精機

自動低負荷試料作製システム。顕微鏡付きで、すぐに観察が可能。様々な研磨事例の解説があった。

・SKメディカル電子㈱

小型高周波誘導加熱装置を中心に展示。不活性雰囲気内での熱処理、溶融を行うための周辺装置の一例を紹介。

・エルミネット㈱

プラズマクリーニング装置、テンサイルステージ、SEM用品を紹介。

・オックスフォード・インストゥルメンツ㈱

最新のEDS分析システム、EBSD検出器を中心に紹介。ランチョンセミナーでも解説があった。

・カールツァイス㈱

次世代FIB-SEM複合機と新製品の非破壊三次元X線顕微鏡を紹介。高分解能イメージングに注目が集まった。

・㈱サーモ理工

新型の赤外線導入加熱装置を展示。急速昇温が可能。

・ジャパンマシナリー㈱

グリーンブル試験機（パネル）とハンドヘルド型蛍光X線分析装置（実機）を紹介。マグネシウムからウランまでのほとんどの元素の定性および定量分析が可能。

・㈱新興精機

3D顕微鏡を展示。手作業で長時間掛かったシリアルセクション解析を、自動で3次元可視化。また、新たに開発した材料情報統合システムも紹介。

・大亜真空㈱

攪拌鋳型、超小型アーク溶解炉、自動アーク溶解炉、ガス循環精製装置付グローブボックスをパネルで紹介。

・㈱TSLソリューションズ

OIM結晶方位解析装置・EBSD観察用insituステージを紹介。ランチョンセミナーでの解説もあった。

・東芝ナノアナリシス㈱

3次元アトムプローブ受託分析サービスを紹介。

・ナノプレーティング研究所

めっきを始め電気化学技術に関する著書9種類の展示販売。電気化学技術に携わる技術者にPRした。

・NISSHAエフアイエス㈱

昇温脱離型水素分析装置を展示。ランチョンセミナーでは、微量水素測定について解説があった。

・日本テクノプラス㈱

汎用型室温ヤング率及び内部摩擦測定装置、共振式薄板疲労試験装置を実機展示。測定の実演も行った。

・㈱ニューメタルス エンド ケミカルス コーポレーション

イオンミリング装置、研磨用常温硬化樹脂を紹介。樹脂への注目が高かった。

・ヴァーダー・サイエンティフィック㈱

ボールミル、研磨機、マイクロ硬さ試験機を紹介。

ランチョンセミナーでは、粉末冶金に関する解説があった。

・㈱日立ハイテクノロジーズ

ショットキー走査電子顕微鏡、高性能FIB-SEM複合装置を紹介。ランチョンセミナーでは、組成・組織・In-Situ観察について解説があった。

・フリッチュ・ジャパン㈱

ドイツ・フリッチュ社製最新式のボールミルを展示。

・㈱モルシス

材料設計支援統合システム MedeAを紹介。第一原理電子状態計算プログラムVASPを基に、構造評価、熱力学特性、他の固体の様々なプロパティを予測できる。

・㈱山本科学工具研究社

高精度硬さ基準片、顕微鏡組織標準片、他を展示。

・㈱ライトストーン

グラフ作成・データ分析ソフト、画像解析ソフトを紹介。

次頁からの資料と大会ホームページをご参照頂き、今後の研究開発にお役立て頂きたい。



大会ホームページ・付設展示会のご案内

https://jim.or.jp/MEETINGS/2019_spr/news/company.php

まてりあ「誌上展示会」



高温観察装置 TMS シリーズ

赤外線ゴールドイメージ炉と最新の光学システムを組み合わせ、高温観察を可能にした装置です。金属材料の結晶変態、析出及び凝固の観察、各種材料の熔融状態、析出物の観察、高分子材料の結晶→融解→再凝固までの熱サイクル測定が出来ます。

仕様例 (TMS-E1S)

温度範囲：室温～1600℃

雰囲気：大気中、不活性ガスフロー中、真空中

試料寸法：Φ5mm×厚5mm

アドバンス理工株式会社

〒224-0053 神奈川県横浜市都筑区池辺町4388

TEL.045-931-2285 FAX.045-933-9973 URL:<http://advance-riko.com>



自動低負荷試料作製システム IS-POLISHER ISPP-1000

低負荷で自動研磨ができる

～ IS-POLISHER は、幅広い業界の分析・解析分野で活躍しています～

- ◆人による仕上がりのバラツキなく研磨できる
- ◆自動で研磨できる
- ◆削り過ぎを防止できる
- ◆包埋しないで研磨できる
- ◆研磨条件を数値化できる

株式会社 池上精機

〒223-0058 神奈川県横浜市港北区新吉田東 8-31-10

TEL.045-531-4059 (代表) FAX.045-531-4050

E-Mail:sales@ikegamiseiki.co.jp URL:<http://www.ikegamiseiki.co.jp>

価格(税別)：2,980,000円～
※オプションは別途です。



CMOS 搭載高速 EBSD 検出器「Symmetry」

製品紹介

CMOSカメラを搭載した最新型超高速・高感度EBSD検出器です。

最速で毎秒3000ポイントの超高速でのマップ収集を実現します。

毎秒3000ポイント収集時でも156x128の高解像度でクッチパターンを収集でき、高いヒット率と高精度な方位解析を可能にします。

最高で1244x1024の高解像度クッチパターンを収集可能で、材料のひずみ解析にも最適です。チルト機構を搭載し、サイズの大きい試料の測定や、短ワーキングディスタンスの測定にも対応します。

近接センサーを内蔵しており、SEMステージや試料との衝突を未然に防ぐことができます。

Symmetryは最高の性能と革新的な機能で、効率的なEBSD分析を実現します。

オックスフォード・インストゥルメンツ株式会社

〒140-0002 東京都品川区東品川3-32-42 ISビル5F www.oxford-instruments.jp

TEL.03-6732-8967 FAX.03-6732-8939 E-Mail:na-mail@oxinst.com

経済産業省選定
地域未来牽引企業



※低温仕様はオプションです。



スマートフォン
QRコード

製品紹介

試料が短時間できれいに研磨出来る電解研磨の利点を生かし、新設計の研磨法と試料ホルダー採用で、必要電解液量は、数mlを実現しました。

特徴

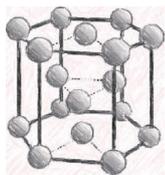
- 1) 必要電解液量：数ml～
- 2) 研磨終点を映像解析で自動停止
- 3) 試料画像を確認しながら研磨終点の手動停止も可能
- 4) 専用プログラムで電解条件のログ記録が可能
- 5) 標準的試料サイズ(φ3mm)以外の異形試料(対角距離20mm以下)も電解研磨可能

株式会社ケミカル山本

〒738-0039 広島県廿日市市宮内工業団地 1-10

TEL.0829-30-0820 FAX.0829-20-2253 E-Mail:h@chemical-y.co.jp

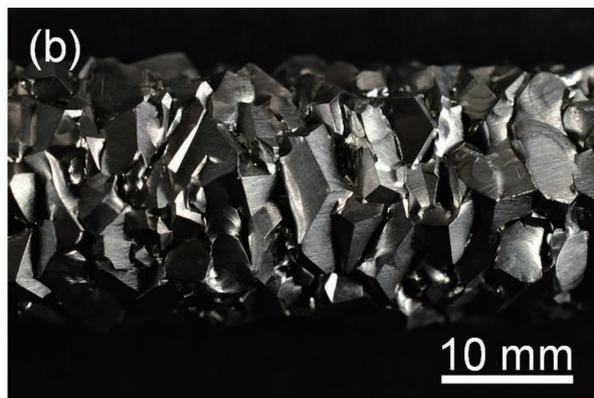
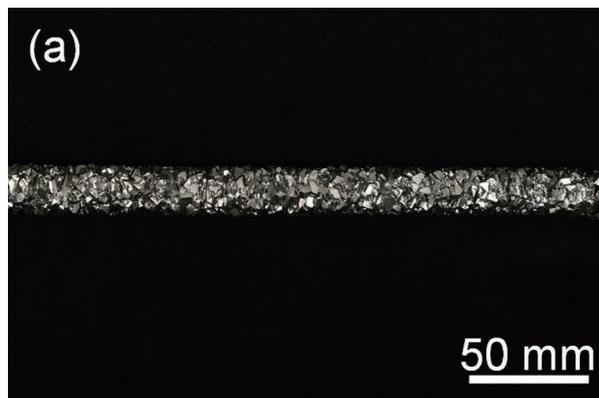
URL:<http://www.chemical-y.co.jp>



シリーズ「金属素描」

No. 3 ハフニウム (Hafnium)

九州大学 齊藤敬高



元素名：Hafnium，原子番号：72，質量数：178.49 g mol⁻¹，電子配置：[Xe]4f¹⁴5d²6s²，密度：13.276 Mg·m⁻³(最密六方，293 K)，結晶構造： α -Hf 六方晶(室温～2023 K)， β -Hf 立方晶(2023 K～融点)，融点：2503 K，沸点：4575 K，地殻存在量：3.7 μ g/g.

【写真】(a)ヨード法により得られたハフニウム，(b)拡大像(親和物産株式会社 試料提供).

ハフニウムは同じIV族元素であるジルコニウムと非常に似た化学的・物理的性質を有しています。これは、原子価が同じであることと、また原子半径およびイオン半径がほぼ同じであるためです(ハフニウムのイオン半径は0.085 nm，ジルコニウムのイオン半径は0.086 nm)。周期律表からもわかるように、ハフニウムはジルコニウムの1周期後にありますが、周期の増加による半径増大の効果をランタノイド収縮によって奇跡的にかつ、ほぼ等価にキャンセルしているのがこの理由です。そのため、メンデレーエフが1869年にその存在を予言していたにも関わらず、化学的な分離が非常に困難であるため、ジルコニウムの陰に隠れ1923年まで発見されませんでした。自然界にはジルコニウムの鉱石であるジルコン(ZrSiO₄)中のジルコニウムを置換固溶する形で存在しており、チタンと同じクロール法によって生産されています。より高純度が求められる場合は、ヨード法によって生産されます。ちなみに、元素名のハフニウムは存在が確認されたニールス・ボーア研究所の所在地であるコペンハーゲンのラテン語名“Hafnia”に因みます。

金属材料としてのハフニウムは、中性子を非常によく吸収する特徴(ハフニウムの熱中性子の吸収断面積はジルコニウムの約600倍)を活かし、原子炉内部において核分裂の連鎖を抑制する制御棒として利用されています。これに対して、ジルコニウムはほとんど中性子を吸収しないため、ジルカロイ(Zr-Sn合金)として核燃料の被覆管として用いられています。前段では、ハフニウムとジルコニウムと非常に似た性質を示すと言っておきながら、ハフニウムの中性子に対す

る反応性はジルコニウムのそれとは正反対になります。つまり、原子力材料としてのハフニウムとジルコニウムは高純度の状態である必要があります。そうしないと、相互に機能性を損なうこととなります。その他、金属としてハフニウムはNi基耐熱合金の高温における耐食性・耐酸化性を向上させる目的で少量添加されています。

化合物のアプリケーションとして、酸化ハフニウム(HfO₂)は誘電率が高いため、DRAMコンデンサのゲート絶縁膜として用いられている他、電界効果トランジスタの絶縁薄膜である二酸化ケイ素の代替材料として研究がなされています。また、炭化物およびホウ化物(HfCおよびHfB₂)は超高温セラミックス(UHTC: Ultra High Temperature Ceramics)の一種として知られています。これらは、融点が高いため、宇宙・航空・エネルギー分野の過酷な熱環境下における構造材料として、欧米および中国を中心に積極的に研究開発がなされています。

文 献

(1) 金属データブック改訂4版，日本金属学会，丸善(2004)。

次号 金属なんでもランキング! No. 3 融点・沸点



〈刊行物のご案内〉



●日本金属学会誌（月刊） <https://www.jim.or.jp/journal/j/>

オンラインジャーナルは、全論文フリーダウンロード可能。投稿・掲載費用無料。各種データベース搭載（Web of Science, CrossRef, Chemport..）。レビュー・オーバービューの定期的な掲載。ラピッドパブリケーション、エクスプレスラピッドパブリケーション等早期公開のカテゴリも充実（受付から掲載まで最短 42 日で公開）。



●共同刊行欧文誌：Materials Transactions（月刊） <https://www.jim.or.jp/journal/e/>

材料系 14 学協会での共同刊行を実施。公開から 6 ヶ月経過した論文は、フリーダウンロード可能（J-STAGE）。さらに、2018 年 2 月より、公開後すぐにフリーダウンロード可能となるサービスを開始。各種データベース登載（Web of Science, CrossRef, Chemport, Materials Journal Portal Site...）。Review・Overview の定期的な掲載。Rapid Publication, Express Rapid Publication 等早期公開のカテゴリも充実（受付から掲載まで最短 43 日で公開）。



●日本金属学会会報「まてりあ」（月刊） <https://www.jim.or.jp/journal/m/>

会員の情報交換や啓発・教育を目的とした会報誌「まてりあ」。啓発を促す「最近の研究」・「講義ノート」、若手の活躍を紹介する「新進気鋭」「はばたく」記事、大学・企業の現場を紹介する「研究室紹介」などバラエティに富んだ内容を毎月お届けしております。オンラインジャーナルでの閲覧も出来ます。是非、ご活用下さい。

〈学術図書類出版案内〉

- | | | |
|-------------|----------------|----------------|
| ●金属化学入門シリーズ | ●講座・現代の金属学 材料編 | ●講座・現代の金属学 製錬編 |
| ●金属工学シリーズ | ●セミナーテキスト | ●シンポジウム予稿集 |
| ●講演大会概要集DVD | ●単行本 | |

◇日本金属学会春秋講演大会 開催予定◇

★2019年9月11日（水）～13日（金） 岡山大学～津島キャンパス～

★2020年3月17日（火）～19日（木） 東京工業大学～大岡山キャンパス～

〈多彩な学会活動〉

- 講演大会（年 2 回）・調査研究活動
- セミナー/シンポジウム・研究会・若手研究グループ活動
- 支部活動（全国 7 支部）
- 表彰事業（論文賞/金属組織写真賞etc・・・）
- World Materials Day Award 事業
- 男女共同参画活動 等



熱気溢れるポスター発表

～ ご入会をお待ちしております。 <https://jim.or.jp/> ～

～2019年3月20日(水) 東京電機大学東京千住キャンパスにおいて、下記の方々が受賞されました。
おめでとうございます。～

第64回 日本金属学会賞

(2019年3月20日)



若狭湾エネルギー研究センター所長・大阪大学名誉教授 中嶋 英雄 君

中嶋英雄君は、1977年東北大学大学院工学研究科博士課程修了後、米国レンスレーア工科大学博士研究員、東北大学金属材料研究所助手、助教授、岩手大学工学部教授を経て1996年大阪大学産業科学研究所教授に就任した。2012年に退職後、(公財)若狭湾エネルギー研究センター所長に就任し、現在に至っている。この間、日本学術会議第22～23期会員・材料工学将来展開分科会委員長、日本金属学会主催ポーラス金属・発泡金属国際会議(JIMIC-4)組織委員長などを歴任し、材料工学の発展に貢献した。

主な研究業績は、金属および化合物における拡散、ロータス型ポーラス金属(一方向気孔を有する多孔質金属、以下ロータス金属と呼ぶ)の製法、物性および応用開発、人工超格子・ナノ中空球の作製などの基礎物性から材料開発に至る幅広い分野において多数の先駆的研究を行なったことである。

(1) 金属および化合物における拡散に関する研究

浮遊帯溶融法を用いて従来育成の困難であった大きなチタンの単結晶を作製し、チタン中で遷移金属原子がチタンの自己拡散に比べて $10^4\sim 10^6$ 倍もの高速拡散を起こすことを初めて見出し、格子間型機構によることを解明した。また、金属間化合物における拡散機構は複雑で未解決であったが、 $L1_2$ 型および $L1_0$ 型金属間化合物中の副格子をジャンプ経路とする拡散機構を初めて明らかにした。特に、 γ -TiAl単結晶を用いたチタンの自己拡散係数の測定結果は基礎データとしても重要である。さらに、準結晶中の拡散の測定を行い、準周期格子における拡散機構を解明した。このように世界に先んじて新材料の拡散機構を解明した。

(2) ロータス金属に関する研究

ガス雰囲気下で溶解凝固法でロータス金属を作製し、その気孔形態の制御方法を確立した。従来、不均一な気孔のポーラス材料しかできなかった実用合金や金属間化合物、半導体、セラミックスに連続帯溶融法を適用し気孔の均一化を成功させた。また、窒素の固溶強化を利用した窒素含有ロータス鉄が多孔質でありながら高強度であることを見出し、工作機械の部材の軽量化・高剛性化をもたらした。さらに、危険性のある高圧水素を用いずに、水素化物などのガス化合物粉末の熱分解を利用した安全で簡便なロータス金属の作製法を開発した。また、凝固速度を制御した連続鋳造法を世界で初めて発明しロータス金属の低コスト・量産化を実現し工業化への道を拓いた功績は極めて大きい。

ロータス金属の気孔の長手方向に応力負荷を加えた場合、気孔近傍にほとんど応力集中が生じないことを見出し、気孔率の増加によっても比強度がほぼ一定に保たれるという画期的な強度特性を明らかにした。また、ロータス金属は優れた衝撃エネルギー吸収特性および吸音性のあることや熱伝導度や電気伝導度は気孔の向きに依存した顕著な異方性を示すことを見出しその発現機構を解明した。

ロータス金属の貫通気孔に冷媒を流すと従来の電子デバイスの冷却の溝型ヒートシンクの5～10倍もの優れた冷却能を有することを見出した。ロータス金属を用いたヒートシンクを開発することに成功し、従来品に比べて50%以上の小型・軽量化、低コスト化を実現しプロジェクターなどへの応用の道を拓いた。

(3) 人工超格子およびナノ中空球の創製と物性に関する研究

分子線エピタキシー法により1原子層ずつ異種金属原子を積層させることによって人工的に $L1_0$ 型FeAu規則合金を創製した。従来のFeAu固溶体合金にはない異方性を有する特異な光磁気特性を見出した。また、スパッタリング法によって作製されたMo/Si多層膜が極めて大きな2次元超伝導性を持つことを見出した。さらに、コア/シェル型の金属/酸化物の相互拡散におけるカーケンドール効果を利用して中空球のナノポーラス金属の作製法を確立した。



[原子力材料の高耐食化に関する技術開発]

新日鐵住金株鉄鋼研究所主幹研究員 竹 田 貴代子 君

受賞者は、ステンレス鋼、ニッケル基合金、ジルコニウム合金など原子力材料の長期健全性を裏付ける技術開発に従事してきた。さまざまな腐食問題に対し、酸化皮膜/母材や応力腐食割れなど金属組織のキャラクタリゼーションを介し、使用条件に応じた材料制御(成分、金属組織)を提案し、高耐食化を図ってきた。さらに、普遍的な腐食反応の解釈は、金属材料全般の高性能化に貢献するものである。



[Nd-Fe-B 磁石の高性能化・高機能化に関する研究開発]

日立金属株磁性材料カンパニー磁性材料研究所開発企画グループ長 西 内 武 司 君

受賞者は、民間企業における永久磁石の研究者として、多岐にわたる業務に従事する中で、独自の視点で研究開発課題を設定し、多くの成果をあげてきた。特に Nd-Fe-B 磁石の高性能化・高機能化に関する研究開発では、水素化-不均化-脱水素-再結合(HDDR)法で得られる磁石における二粒子粒界相の形成過程とこの相の保磁力への寄与を明らかにし、高保磁力化の実証へつなげるなど、この分野の発展に貢献している。これら一連の業績は、工業的な見地のみならず、学術的にも価値が高い優れたものである。



[新高性能高強度薄鋼板の開発と実用化]

JFE スチール株スチール研究所薄板研究部長 船 川 義 正 君

受賞者は、新薄鋼板の実用化で金属学および社会の発展に大きく貢献してきた。熱延鋼板では、300 MPa 程度の引張強さのフェライト鋼板を超微細析出物で数倍に高強度化することに初めて成功し、高加工性析出強化型フェライト鋼板を開発した。微細炭化物の鋼中への均一分散には、相界面析出を利用し、炭化物を 3 nm まで一気に微細化することに成功した。また、冷延高強度鋼板では、成分偏析の低減による組織均一化をさらに進め、980 MPa 級と同等の加工性で強度を 1.5 倍とする 1470 MPa 級鋼板を開発した。

優秀賞 3件(14名)

【第3部門】透過電子顕微鏡部門

1. 「Ti₃SiC₂ MAX 相の底面 a 転位の転位芯とキンク境界の高分解能 STEM 観察」京都大学大学院
工学研究科
准教授

岸田 恭輔 君

京都大学大学院
工学研究科

東 雅也 君

京都大学大学院
工学研究科
教授

乾 晴行 君

【第3部門】透過電子顕微鏡部門

2. 「リチウムイオン電池 Si 単結晶負極を用いた充電反応による Li 侵入方位の可視化」



JFE テクノリサーチ㈱
機能材料ソリューション本部
センター長

島内 優 君



JFE テクノリサーチ㈱
機能材料ソリューション本部
課長

大森 滋和 君



JFE テクノリサーチ㈱
機能材料ソリューション本部
係長

池本 祥 君



千葉大学大学院
工学研究院

糸井 貴臣 君

【第4部門】顕微鏡関連部門

「3DAP と TEM の同一視野解析によるマグネシウム合金の転位芯への溶質元素の偏析と溶質クラスタの観察」



物質・材料研究機構
磁性・スピントロニクス
材料研究拠点
主任研究員

佐々木 泰祐 君



物質・材料研究機構
磁性・スピントロニクス
材料研究拠点
ポスドク研究員

Bian Ming-Zhe 君



長岡技術科学大学
技学研究院

助教

中田 大貴 君



住友電気工業㈱
マグネシウム合金開発部
主席

吉田 雄 君



住友電気工業㈱
マグネシウム合金開発部
次長

河部 望 君



長岡技術科学大学
技学研究院
教授

鎌土 重晴 君



物質・材料研究機構
磁性・スピントロニクス材料研究拠点
拠点長

宝野 和博 君





電磁材料研究所研究開発事業部 飯塚 昭光 君

受賞者は、入所以来 40 年間にわたり、様々な金属材料の試作、分析、評価に携わり新しい磁石材料および高弾性材料の開発に多大な貢献をしてきた。例として合金系では最も強力な磁石である Fe-Pt 合金の研究開発に従事し、少量原料での casting による製造方法を独自に確立した。また、PwCrolloy®等の高弾性材料では精密かつ再現性のあるヤング率測定を可能とする新たな測定技術を確立した。これらの金属材料開発にあたり合金作製技術や評価技術を確立させて新しい金属材料の発明に貢献した功績は顕著である。



日鉄住金テクノロジー㈱テクニカルサービスセンター 工藤 眞策 君

受賞者は、入社以来 41 年間、耐熱鋼のクリープ特性の高精度評価に貢献してきた。温度管理が最も重要なクリープ試験において、独自の試験技術によって JIS よりも厳しい $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内での温度制御を実現するとともに、変位検出精度を従来の 10 倍に高める検出機構を実用化し超高精度ひずみ測定を実現した。これら試験技術によって、STBA29/STPA29, ASME Gr.92 鋼の開発では極めて信頼性の高いクリープデータベースを構築し、超々臨界圧火力発電プラントの蒸気配管等に世界中で広く使用される鋼材の成分最適化と国内外規格化を推進した功績は顕著である。



名古屋大学全学技術センター 栗本 和也 君

受賞者は、着任以来 42 年間に渡り、分析技術の開発・支援、実験装置や試料の製作を行ってきた。特に、物質中の酸素・窒素同時分析などの分析技術に精通し、教員・学生への技術指導も行ってきた。これにより鉄鋼・非鉄・セラミックスの開発に必要な基盤技術を築き、材料工学の発展に多大な貢献をした。さらに、大学生や高校生向けに電子回路を題材とした講習を企画・実施し、人材育成にも貢献した。以上のように、広い分野において技術開発の基盤形成に果たした役割は、非常に大きく、その功績は顕著である。



JFE スチール㈱スチール研究所 斉藤 慎悟 君

受賞者は、入社以来 30 年以上にわたって鉄鋼製品の研究開発のための各種実験とその性能評価を担当し、新商品開発の推進に貢献してきた。特に、超高压水を使用する実験設備の立ち上げによるアトマイズ鉄粉や温間成形用鉄粉の新商品開発に携わるとともに、金属粉末の射出成形技術(MIM)の製造条件最適化にも大きく貢献した。その後、長年培った経験知識を基にして後輩・部下を指導、研究補助業務の精度、作業効率の向上、および安全性の向上に大きく貢献し、研究開発進展への功績は顕著である。



新日鐵住金㈱広畑製鐵所生産技術部 芝崎 幸弘 君

受賞者は、入社後 10 年鋼板製造に従事、以降 35 年間に亘り、高品質な自動車用鋼板の開発における一貫プロセス研究開発試験に携わり、試験精度改善に向けた装置改造や評価方法を考案してきた。例として、自動車用鋼板の高強度化に伴う冷延試験工程の通板対策や鋼板表面品位に関係する高精度なスケール(酸化鉄)剥離性評価技術を確立した。また、その熱処理試験技術を伝承すべく後進の指導にも熱心に取り組み、高品質な自動車用鋼板の商品実用化に貢献した実績は顕著である。



東北大学多元物質科学研究所技術室 相馬 出 君

受賞者は、1985 年に東北大学に奉職以来、半導体試料作成、X 線回折・レーザー分光、低温実験技術などを通じて一貫して研究支援に携わってきた。試料作製技術を駆使して光アイソレータの実用化に大きな貢献をした。また、MBE 装置を使用した「希薄磁性量子井戸・量子ドットの成長」、X 線回折・レーザー分光技術を用いた「低温磁場下における顕微分光の定性分析」において重要な研究支援を担った。研究者が求める高度な技術の克服に果敢に取り組み続けており、学術研究の進展に貢献した功績は顕著である。



日鉄住金テクノロジー㈱八幡事業所 中原和典君

受賞者は、入社以来40年にわたり種々のプロセス・新鋼種開発支援に従事し、実レール、溶鋼といった大重量試験体、高温融体を取り扱う試験・実験において卓越した技術を駆使し研究開発に貢献してきた。例として、実レールを用いた損傷試験、疲労試験、フラッシュバット溶接試験において、治具の設計製作に取り組み試験技術を確立し、新レール開発、損傷機構解明等の成果に繋げた功績が挙げられる。柔軟な発想と創意工夫により種々の試験技術を確立し、多くの研究開発に貢献してきた功績は顕著であり賞賛に値する。



JFE スチールプラントエンジ㈱機械メンテナンス部 中村英生君

受賞者は、入社以来41年にわたり、様々な研究開発支援業務に従事してきた。特に高炉のシミュレーション装置の図式変換プログラム作成や焼結機の槽内温度分布を示すプログラム開発、また製品開発においても、薄板ハイテン材や新しい建築鋼材の開発、耐食・防食研究分野では大型タンカーの孔食性を改善する材料開発等、研究開発の進展に貢献した。現在も研究開発で培った技能を駆使して研究設備の保全に携わっており、その多岐に渡る研究開発への貢献と功績は顕著である。



造幣局研究所研究開発課 服部吉宣君

受賞者は、入局以来37年間、貨幣製造工程の一つである圧延作業に従事後、研究開発部門に在籍し、貨幣への微細加工に関する技術開発などを行い、例として、レーザーによる貨幣用金型への加工技術について、最新装置の導入・立上げから各種の微細加工技術の開発、実用化に至るまで長きにわたって貢献を続けてきた。新たなレーザーによる微細加工技術は、貨幣・メダルの付加価値向上に寄与し、虹色梨地加工や梨地階調加工など、数多くの記念貨幣などのデザイン性の向上、貨幣への国民の信頼維持に欠かせない偽造防止技術の高度化にも寄与し、貨幣製造に関する研究開発ならびに社会貢献への功績は顕著である。



YKK㈱工機技術本部分析・解析センター 山形恵子君

受賞者は、入社以来42年間、金属材料の機器分析や性能試験を通じて、新材料開発や開発製品評価、及び生産現場における課題やその原因調査に携わり、新商品開発と品質管理に多大な貢献をしてきた。特に、アルミニウム建材に用いられる6000系Al合金について、透過型電子顕微鏡による観察、解析を通して環境温度と時効析出との関係を明らかにし、加工プロセスの改善や材料品質の向上に成果を上げている。社内の金属材料分析において黎明期より分析体制の確立に尽力し、長年にわたり高度な分析技術構築に貢献した功績は非常に顕著である。



北見工業大学技術部 山根美佐雄君

受賞者は、採用以来36年にわたり、高真空装置による薄膜作製、表面処理、表面分析などの研究支援業務に一貫して従事し、卓越した真空技術と豊富な分析経験を駆使して材料科学の発展に多大な貢献をしてきた。例として、自作プラズマ表面処理装置を活用した高品質窒化被膜形成への貢献やX線回折およびX線光電子分光を駆使した高度分析支援が挙げられる。創意工夫を重ねた技術支援や研究者の要望に即した柔軟な対応は、学内外の研究者から高く評価されており、材料科学の研究発展に貢献した功績は顕著である。



[物性部門]



[ナノ構造材料における機能発現メカニズムと原子的構造に関する研究]

大阪大学超高压電子顕微鏡センター 准教授 佐藤 和久君

受賞者は、ナノ構造材料における機能発現メカニズムの解明を主眼として、透過電子顕微鏡法に基づく新しい構造物性評価法の確立と原子ダイナミクスに関する研究に従事してきた。主な業績として、強磁性規則合金ナノ粒子の規則化過程と長範囲規則度の粒径依存性解明、希土類元素を含まない多成分系ナノ結晶合金の構造解析と硬質磁性相生成の実証、3次元ナノ構造解析の応用と新規評価法の開発研究、が挙げられる。これらの成果は、ナノスケール物質・材料の構造物性解明に寄与するものであり、今後の更なる発展が期待される。

[物性部門]



[強磁性金属ナノ構造の創製とスピントロニクスデバイスへの応用]

東北大学金属材料研究所准教授 水口 将輝君

受賞者は、原子レベルで表面・界面形態を制御した金属単結晶の組み合わせにより磁性体のナノ構造を創製し、それらが示す様々な機能性を巧みに利用したスピントロニクスデバイスへの応用研究を展開してきた。特に、金属の磁性ナノ超構造を用いた新しいエネルギー変換デバイスの創製とその物性解明に重点をおいて研究を推し進めてきた。最近では、強磁性金属中における熱磁気効果とスピン流の相関物性の解明や、熱電変換デバイスへの応用を見据えた研究でインパクトのある成果をあげており、今後の幅広い研究展開が期待される。

[組織部門]



[先端金属材料の微細構造解析と組織制御]

熊本大学大学院先端科学研究部准教授 松田 光弘君

受賞者は、主に透過型電子顕微鏡観察による先端金属材料の微細構造解析に基づく組織制御と合金設計に従事してきた。特に、熱弾性マルテンサイト変態における逆位相界面状組織の形成機構を提案するとともに、Zr-Co 基合金や高強度 Mg 合金における長周期規則相の積層構造を明らかにしている。さらに非鉄合金では極めて稀な TRIP 現象を利用した高延性化に成功している。最近では組織制御による光エネルギー変換型フレキシブル導電性酸化物半導体の開発にも取り組んでいる。

[力学特性部門]



[無機結晶における転位コア構造と機能に関する研究]

名古屋大学大学院工学研究科准教授 中村 篤智君

受賞者は、セラミックス材料において転位コアの電子・原子レベル構造の解析を行い、転位コア構造がその塑性変形挙動に大きく影響することを明らかにした。また、絶縁体結晶内部への導電性細線形成に成功するなど、転位コア機能の利用が新材料開発に繋がることを証明した。さらには、無機半導体結晶において、電子やホールが光励起されない暗室環境下では金属並みのすべり変形を起こしうることを見出した。これらの発見は世界的にも大きな注目を集めており、今後の幅広い研究展開が期待される。

[材料化学部門]

[金属表面酸化物層の構造制御と機能解明に関する研究]

大阪大学大学院工学研究科 准教授 土谷博昭君



受賞者は、水溶液環境での金属材料の耐食機能解明および電解溶液と金属表面との反応制御による自己規則化ナノ構造創成とその応用に関して優れた業績を挙げている。主な業績として、水溶液中での金属の耐食性が不動態皮膜の構造と電子物性に密接に関連することを明らかにしたこと、様々な金属・合金表面への自己規則化ナノ構造酸化被膜形成およびその構造制御が可能であることを示したことなどが挙げられる。これらの成果をもとに、現在、金属材料学を基軸とした高機能酸化被膜創成という新規領域の開拓に取り組み、当該分野の発展に大きく貢献している。

[材料プロセッシング部門]

[結晶方位解析に基づく多結晶組織由来の物性解明と材料プロセッシングへの応用]

北海道大学大学院工学研究院 准教授 池田賢一君



受賞者は、各種電子顕微鏡法や電子線後方散乱回折法等の結晶方位解析技術を用いて、多結晶材料の組織形成機構ならびに実用材料の加工熱処理等の材料プロセッシングに関する諸現象の解明に取り組んできた。主な業績として、①双結晶試料の破壊特性や粒界エネルギーの粒界性格依存性、②電解コンデンサ用高純度アルミニウム箔の高機能化に及ぼす加工熱処理の影響、③自動車用合金板材の成形性に及ぼす内部組織の影響を解明してきたことが挙げられる。今後も基礎学術と工業を繋ぐ本分野の発展に寄与する幅広い研究展開が期待される。

[材料プロセッシング部門]

[航空機・医療用チタン合金の組織制御・プロセス開発]

香川大学創造工学部 准教授 松本洋明君



受賞者は、航空機・医療用チタン合金を中心とした非鉄金属材料の塑性加工を軸とした組織制御・プロセス開発に従事してきた。代表的な成果としてチタン合金のマルテンサイト組織(α' , α'')を利用した多くの組織制御プロセスを開発し、例えば世界最高レベルの低温超塑性の発現や低弾性率・高強度化の実現に成功している。また、加工プロセス過程の高精度な組織・材質予測のためのマクロ・メゾスケール構成モデルの構築と有限要素解析を利用した計算研究も実施しており、今後の幅広い研究展開が期待される。

[工業材料部門]

[相安定性制御の概念に基づく新金属材料・工業材料の開発]

大阪大学超高压電子顕微鏡センター 准教授 永瀬丈嗣君



受賞者は、相安定性制御の概念に基づいた金属材料・工業材料の開発に関する研究を一貫して行ってきた。その内容は、超高压電子顕微鏡法を駆使した結晶-ガラス-結晶相転移の発見、低速電子照射-電子励起反応を利用した組織制御法、ハイエントロピー鑄造合金(HEA)の開発など多岐に展開されている。特に、各地の地方独立行政法人・試験研究機関との共同研究による、「地域の強みを活かす・既存・汎用装置を用いる」の概念に基づくHEA開発には、限られた研究リソースを活用した新たな材料開発の方向性として、今後の展開が期待される。

[工業技術部門]

[超耐熱材料および耐酸化コーティングの開発]

物質・材料研究機構構造材料研究拠点 グループリーダー 川岸京子君



受賞者は、Ni基単結晶超合金において合金元素の酸化特性に対する寄与を明らかにし、高温強度と且つ耐酸化性に優れた単結晶Ni基超合金の開発を行ってきた。世界最高の耐用温度を持つ第6世代Ni基単結晶超合金を開発し、さらにこれらの先進単結晶超合金に対応した遮熱コーティングシステムの研究により、基材の強度を低下させず複数回の補修を可能とする、耐酸化コーティングを開発した。タービン効率向上のために航空機エンジンおよび発電タービンにおいて実用化が期待されている。

第 58 回 日本金属学会 谷川・ハリス賞 受賞者 (3名) (2019年3月20日)



[異方性を基軸にした耐熱性金属間化合物の塑性挙動解明と生体材料への展開に関する研究]
大阪大学大学院工学研究科 教授 中野 貴由君

受賞者は、耐熱性金属間化合物の塑性異方性に注目して、力学挙動解明を推進してきた。例えば、TiAl 層状化合物の力学特性が、僅か 10%程度しか存在しない六方晶系 α_2 相の異方的変形モードにより支配されることを発見、 $\text{MoSi}_2/\text{NbSi}_2$ (C11b/C40) を代表とする遷移金属ダイシリサイドの結晶構造、相安定性に着目した異方性制御の重要性をも示した。こうした異方性を基軸に、生体骨の六方晶系アパタイト結晶に注目し、骨密度よりもアパタイト配向性を骨質指標として骨機能を解明するという生体環境での学際領域の開拓、近年では、金属 AM の異方性形状・組織制御法を確立し、金属学・材料科学発展に貢献している。



[金属材料の時効析出と力学的特性に関する研究]
金沢大学大学院自然科学研究科 教授 門前 亮一君

受賞者は、金属の時効析出、それと係る力学的性質に関する研究に長年に亘り従事してきた。特に、Cu 双結晶を用いて微小粒界すべり、粒界析出物の析出と成長、粒界脆化など、粒界に係る諸現象の粒界性格依存性に関する研究、Fe 母相中の微小 Cu 析出粒子の相変態挙動の解明、Cu や Al 合金中の析出物の粗大化過程、電子・電気機器部品などに使われる析出硬化型銅合金の高性能化、析出物の形成と成長への応力効果など、幅広い領域において顕著な業績を上げ、この分野の発展に貢献してきた。



[超高温材料の創製と超高温特性の評価に関する研究]
東北大学大学院工学研究科 教授 吉見 享祐君

受賞者は、長年にわたって Mo-Si-B 系を中心とした超高温材料の学術研究並びにその技術開発に従事し、世界の当該分野をリードしてきた。とりわけ MoSiBTiC 合金の発明は、これまで解決困難とされてきた高温クリープ特性と室温破壊靱性の両立を実現し、熱機関の高効率エネルギー変換に向けた超高温金属材料の可能性の高さを示した。また、超高温場の創製技術や超高温クリープひずみ計測技術、超高温材料合成技術等の開発にも注力するなど、超高温金属材料の創製と発展に大いに貢献した。

第 25 回 日本金属学会増本量賞 受賞者 (1名) (2019年3月20日)



[ナノ・メゾ構造を制御した高機能材料の創製に関する研究]
京都大学大学院工学研究科 教授 乾 晴行君

受賞者は、材料の機能特性の発現メカニズムをナノ・原子レベルに遡って広汎な材料について解明し、先駆的な成果を挙げた。物性発現の基礎となる学理の構築だけでなく、学理に基づいた特性改善・新材料開発で産業からも高い評価を受ける数々の重要な成果を挙げた。具体例としては、格子欠陥制御による水素吸蔵合金の吸蔵・放出圧力制御、ポリモルフ制御による熱電変換材料の特性改善、ミクロ組織制御による溶融亜鉛めっき鋼板の防食特性制御などが上げられ、一連の成果は世界的に高く評価されている。

第 30 回 日本金属学会若手講演論文賞 受賞者 (3 編 3 名) (2019 年 3 月 20 日)



[急冷処理による酸素過剰添加チタン材の延性向上とその機構解明] (会誌 82 卷 10 号)
大阪大学大学院工学研究科 ○刈屋 翔太君
大阪大学接合科学研究所准教授 梅田 純子君
RMIT Manufacturing, Materials and Mechatronics Professor Ma Qian 君
大阪大学接合科学研究所教授 近藤 勝義君



[巨大ひずみ加工により作製された超微細粒銅の引張せん断試験での結晶粒の微細化と粗大化]
(会誌 82 卷 11 号)
東京工業大学物質理工学院 ○松谷 亮輔君
東京工業大学(現・金沢大学准教授) 宮嶋 陽司君
東京工業大学物質理工学院教授 尾中 晋君



[Metal-Metal Joining Using Super-Spread Wetting into Interface Fine Mesh Structure]
(Materials Transactions, Vol. 59, No. 11)
大阪大学大学院工学研究科 ○延在 鳳君
National Cheng Kung University, Graduate Student Yen-Man Yen 君
大阪大学大学院工学研究科助教 中本 将嗣君
大阪大学大学院工学研究科教授 田中 敏宏君

第 2 回 日本金属学会フェロー認定者 (2019 年 3 月 20 日)

東北大学 マイクロシステム融合研究開発センター教授 田中 俊一郎 君





東北大学
名誉教授
石田清仁君



名古屋大学
名誉教授
森永正彦君

第32回 優秀ポスター受賞者 27名 (2019年3月21日受賞決定)
(五十音順)



Ti-V 合金におけるマルテンサイト変態の原子論的機構に関する第一原理解析 (P106)
大阪大学 市岡航平君, 君塚 肇君, 尾方成信君



窒化クロム薄膜の結晶性が電気抵抗率に及ぼす影響 (P70)
長岡技術科学大学 木下堪太君, 水野遊星君, 中山忠親君, 末松久幸君, 鈴木常生君



Ti-7.5Cr-7Al 超弾性合金の相と機械的性質に及ぼす時効熱処理の影響 (P84)
東京工業大学 岩崎真也君, 田原正樹君, 細田秀樹君



優先成長方位の遷移に伴う一方向凝固組織の形態変化のフェーズフィールド・シミュレーション (P35)
北海道大学 金 根佑君,
京都工芸繊維大学 高木知弘君, 坂根慎治君,
東京大学 澁田 靖君,
北海道大学 松浦清隆君, 大野宗一君



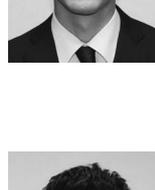
金属結晶粒界物性の包括的理解のための情報科学解析 (P130)
東京大学 大谷龍剣君, 清原 慎君, 杉森悠貴君, 溝口照康君



Pd 触媒コーティングフリー・バナジウム膜の水素透過能に及ぼす表面酸化・還元処理の影響 (P19)
鈴鹿工業高等専門学校 白敷祐哉君,
南部智憲君, 小俣香織君, 池島博人君,
名古屋大学 湯川 宏君,
大分工業高等専門学校 松本佳久君



Ga₂O₃ 中の自己束縛正孔の第一原理計算 (P129)
東京工業大学 我毛智哉君, 熊谷 悠君, 大場史康君



走査透過型電子顕微鏡法によるイオン液体中単原子イオンの動的挙動の3次元解析 (P133)
東京大学 杉森悠貴君,
東北大学 宮田智衆君, 溝口照康君



ペロブスカイト化合物 CsSnI₃ の第一原理フォノン計算 (P68)
九州工業大学 河野翔也君, 飯久保智君,
物質・材料研究機構 只野央将君



Co-20Cr-10Mo-xNi 合金の加工硬化挙動に及ぼす変形誘起 HCP 相/変形双晶の影響と塑性変形モデルの適用 (P25)
筑波大学 **田崎 亘君**,
物質・材料研究機構 土谷浩一君



超高真空中で作製した Pt/SnO₂(110) ナノ構造の電気化学特性 (P48)
東北大学 **千田祥大君**, 工藤大輔君,
楠木啓介君, 轟 直人君, 和田山智正君



Ti, Cr, Al を共添加した MoSiBTiC 合金のミクロ組織と耐酸化性 (P9)
東北大学 **末村基行君**, 黄金崎琢也君,
吉見享祐君



外熱式 DAC を用いた X 線吸収法による高圧下での液体 Ga 密度測定 (P38)
大阪大学 **鶴岡 棕君**, 寺崎英紀君,
東北大学 鎌田誠司君, 前田郁也君,
大阪大学 近藤 忠君,
JASRI/SPring-8 平尾直久君



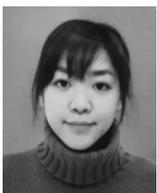
細胞と金表面の相互作用のシミュレーション (P76)
京都大学 **出口聡一郎君**, 林 優歩君,
横山 遼君, 袴田昌高君, 馬淵 守君



Effect of grain size on mechanical properties of Cu-Zn binary alloys (P119)
京都大学 **DENG Zhangfan 君**, 白玉君,
Park Myeong-heom 君, 柴田曉伸君, 辻 伸泰君



STEM によるガラス内相分離現象の実空間局所濃度解析 (P132)
東京大学 **中澤克昭君**, 溝口照康君



構造制御によるマグネシウム基コンポジットの高機能化に関する基礎研究 (P82)
神戸大学 **中野加菜君**, 池尾直子君,
大阪産業技術研究所 渡辺博行君,
神戸大学 向井敏司君



Effect of titanium plate fixation on bone formation during healing period (P83)
近畿大学 **Norain Binti Abdullah 君**,
仲井正昭君, Yuki Kawamura 君, Ei Yamamoto 君,
東北大学 新家光雄君



X 線プロファイル解析を用いた純 Mg における活動すべり系の粒径依存性評価 (P104)
兵庫県立大学 **平田雅裕君**, 山下雄大君,
足立大樹君



Near- α Ti 合金の加工条件による組織形成過程とクリープ特性 (P116)
芝浦工業大学 **増山晴己君**, 島上 溪君,
物質・材料研究機構 戸田佳明君, 松永哲也君,
富山県立大学 伊藤 勉君,
芝浦工業大学 下条雅幸君,
物質・材料研究機構 御手洗容子君



水中結晶光合成法における光の効果と表面パターンニング応用 (P69)
北海道大学 **水野潤一君**, Melbert JEEM 君,
高橋優樹君, 渡辺精一君



ミルフィーユ構造を模擬した Mg 基複相一方向性凝固合金の組織, 力学特性評価 (P95)
大阪大学 **三好康介君**, 早川恭平君,
萩原幸司君



チタンの相安定性に及ぼす酸素および空孔添加効果の理論解析 (P85)
愛媛大学 **村上太悟君**, 小林千悟君,
岡野 聡君

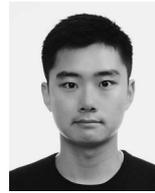


pH 分布測定システムを用いた大気腐食環境における Al 表面の pH 変化 (P44)
関西大学 **望月 哲君**, 西田健太郎君,
廣畑洋平君, 春名 匠君



CoCrFeMnNi 高エントロピー合金の相構成および硬さに及ぼす元素添加の影響 (P131)

北海道大学 山中柊生君, 三浦誠司君, 池田賢一君



Al-3 mass%Cu 合金における一次デン
ドライトアーム間隔の成長速度依存性の
計算 (P34)

北海道大学 **Jaehoon Lee 君**,
京都工芸繊維大学 高木知弘君,
東京大学 澁田 靖君,
北海道大学 松浦清隆君, 大野宗一君



ボールミリングを用いた Mg₂Si の低
温・短時間合成法の確立 (P22)

茨城大学 山本悠真君, Alinejad Babak
君, 池田輝之君



日本金属学会各賞の概要

学会賞 The Japan Institute of Metals and Materials Gold Medal Award	金属及びその関連材料の学術および科学技術の振興に顕著な貢献をした国際的学者に対する授賞。
技術賞 The Japan Institute of Metals and Materials Industrial Achievement Award	工業技術の改良進歩に貢献した現場技術者に対する授賞。
金属組織写真賞 The Japan Institute of Metals and Materials Metallography Award (Best Prize, Excellent Prize, Fine Work Prize)	金属および周辺材料に関する学術上または技術上有益と認められる組織写真に対する授賞(最優秀賞, 優秀賞, 奨励賞). 1. 光学顕微鏡部門 2. 走査電子顕微鏡部門(分析, EBSD 等を含む) 3. 透過電子顕微鏡部門(STEM, 分析等を含む) 4. 顕微鏡関連部門(FIM, APFIM, AFM, X線 CT 等)部門
研究技術功労賞 The Japan Institute of Metals and Materials Technical Skill Award	学校, 研究所, 工場において, 多年にわたり卓越した技術により他の方々の研究成果に大いに貢献した, いわゆる「かげの功労者」に対する授賞. 対象: 授賞時に満 50 歳以上で通算 30 年以上実務に従事した方.
功績賞 The Japan Institute of Metals and Materials Meritorious Award	金属学または金属工業技術の進歩発達に寄与する有益な論文を発表した方で, 将来を約束されるような新進気鋭の研究者, 技術者に対する授賞. 対象: 工業技術部門を除いて 5 月末時点で 45 歳以下の研究者. 部門: 物性, 組織, 力学特性, 材料化学, 材料プロセッシング, 工業材料, 工業技術.
谷川・ハリス賞 The Japan Institute of Metals and Materials Tanikawa-Harris Award	高温における金属学の基礎的分野または工業技術分野の発展に貢献した研究者, 技術者に対する授賞.
増本量賞 The Japan Institute of Metals and Materials Masumoto Hakaru Award	「機能材料」分野で卓越した新素材の発明発見ならびに貴重な研究業績を残され, 同分野に関する学理または技術の進歩発展に貢献した方に授賞する.
若手講演論文賞 The Japan Institute of Metals and Materials The Best Paper Award (Young Best Paper)	会誌, Materials Transactions の特集「講演精選論文」に掲載された学術上または技術上特に優秀な論文に対する授賞. 対象: 年齢 35 歳以下の春秋一般講演発表者およびポスター発表者.
優秀ポスター賞 The Japan Institute of Metals and Materials The Metals Best Poster Award	ポスターセッション発表者を対象に, 優秀なポスターおよび発表者に対して授賞する. 本賞の贈呈は各大学, 研究所に委託しこれを行う.
日本金属学会・日本鉄鋼協会 奨学賞 The Japan Institute of Metals and Materials & The Iron and Steel Institute of Japan Young Student Award	材料分野の発展への貢献が期待できる学生(大学は学士課程 4 年に在学する学生, 高等専門学校は専攻科 2 年に在学する学生)の奨励を目的に日本金属学会・日本鉄鋼協会が奨学賞を設け, 授賞.



北海道大学工学部
川口貴大君



北海道大学工学部
辻莉緒君



室蘭工業大学工学部
西村肇君



岩手大学工学部
阿部貴之君



秋田大学理工学部
白井康太君



東北大学工学部
井上蒼太君



東北大学工学部
金美賢君



東北大学工学部
梁生平君



茨城大学工学部
黒木颯仁君



筑波大学理工学群
上村尚暉君



東京大学工学部
中島彰子君



東京大学工学部
ボアユーユー君



東京工業大学工学部
後藤愛生君



東京工業大学工学部
佐藤瑞起君



横浜国立大学理工学部
須田一輝君



長岡技術科学大学工学部
石橋尚也君



富山大学工学部
花岡銀河君



豊橋技術科学大学工学部
杉浦幹亮君



名古屋大学工学部
石黒廉吉君



名古屋大学工学部
星野聖奈君



名古屋工業大学工学部
佐久間洋太君



京都大学工学部
浅原脩悟君



京都大学工学部
川田稀士君



大阪大学工学部
辻本知輝君



大阪大学工学部
藤當翼君



鳥根大学総合理工学部
長瀬侑弥君



香川大学工学部
末武弘行君



愛媛大学工学部
深田基史君



九州大学工学部
岩崎晃久君



九州大学工学部
竹之内優志君



九州工業大学工学部
川端智也君



長崎大学工学部
隈成輝君



熊本大学工学部
石塚大貴君



大阪府立大学工学域
中村天斗君



兵庫県立大学工学部
吉田一輝君



千葉工業大学工学部
濱田輝哉君



東京理科大学基礎工学部
福本汐音君



芝浦工業大学工学部
師岡弘一君



東海大学工学部
上久保篤志君



金沢工業大学工学部
日向直之君



関西大学化学生命工学部
石川佳樹君



近畿大学理工学部
東嵩晃君



鹿児島大学工学部
竹ノ内泰征君



金沢大学理工学域
宮本健太君



群馬大学理工学部
石川友博君



鈴鹿工業高等専門学校専攻科
村山龍太郎君



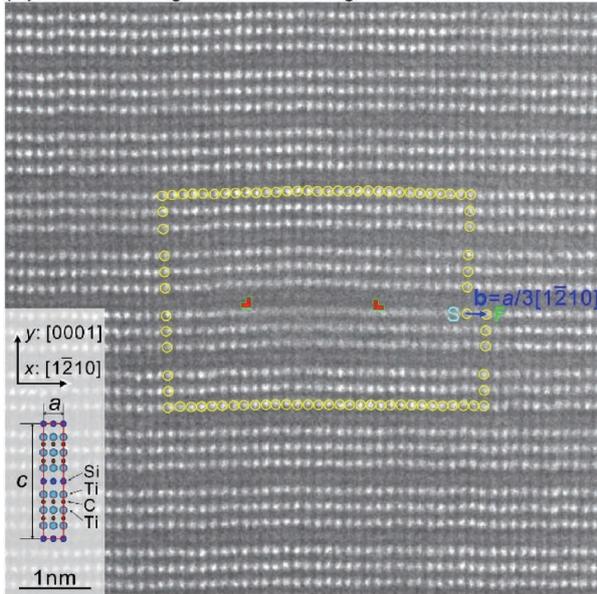
仙台高等専門学校専攻科
鈴木滋人君

〔第3部門〕 Ti_3SiC_2 MAX 相の底面 a 転位の転位芯とキंक境界の高分解能 STEM 観察

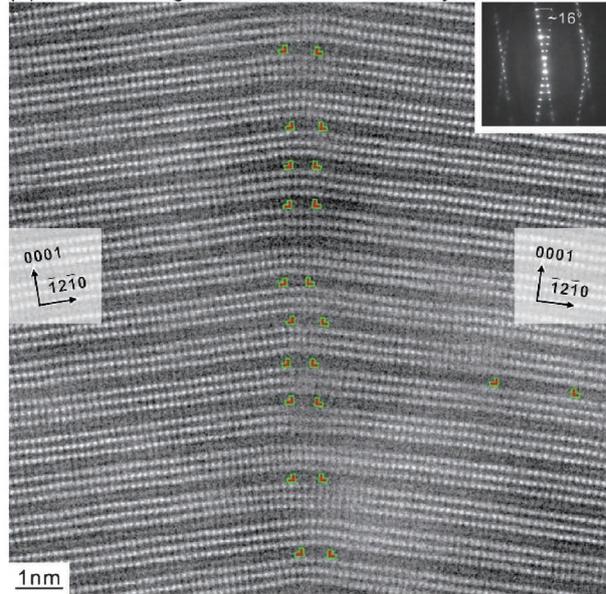
京都大学 岸田恭輔君 東 雅也君 乾 晴行君

層状化合物 MAX 相は高融点、高剛性、高強度、低密度といったセラミックス的性質と、優れた電気・熱伝導性、耐衝撃性、機械加工性といった金属的性質を兼ね備えるため新規構造材料として注目されているが、その塑性変形挙動の詳細には未だ不明な点が多い。我々は Ti_3SiC_2 MAX 相において活動する底面 a 転位ならびにキंक変形の詳細を高分解能 STEM 観察により調査し、底面 a 転位が Ti 原子層と Si 原子層の間を運動していること、2本のショックレー型部分転位へと分解していることを明らかにした(図 a, b)。またマイクロピラー圧縮試験(図 d)により導入されたキंक境界は、底面すべりと同様に Ti 原子層と Si 原子層の間に存在する同符号の底面 a 転位の配列により形成されていることを確認した(図 c, e)。以上から Ti_3SiC_2 MAX 相で見られるキंक組織は底面転位の運動とその刃状転位の配列により形成されるとする古典的キंक形成モデルと矛盾しないことが明らかとなった。

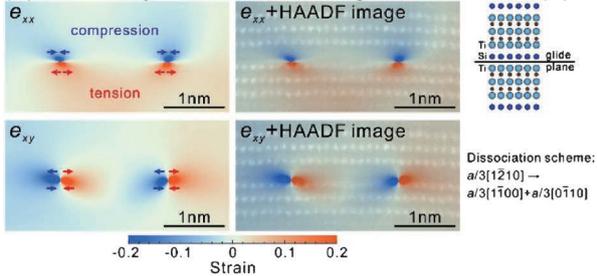
(a) HAADF image of a basal edge dislocation



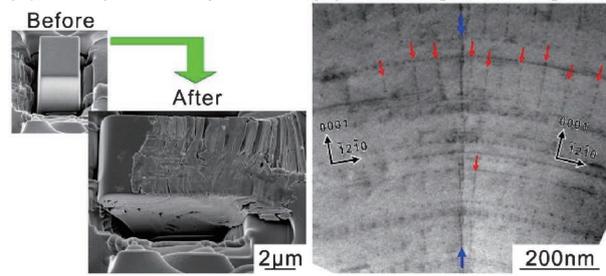
(c) HAADF image of a 16°-kink boundary



(b) GPA analysis of the basal edge dislocation in (a)



(d) Micropillar compression (e) Low-mag ABF image



文献

- (1) M. Higashi, S. Momono, K. Kishida, N. L. Okamoto and H. Inui: Acta Mater., **161** (2018), 161–170.

〔第3部門〕 リチウムイオン電池 Si 単結晶負極を用いた充電反応による Li 侵入方位の可視化

JFE テクノリサーチ株式会社 島内 優君 大森 滋和君 池本 祥君
千葉大学 糸井 貴臣君

電気自動車や携帯機器向けのリチウムイオン電池は、エネルギー密度向上が強く期待されているため、従来の黒鉛材料に比べ体積密度で約10倍の容量増が期待できる Si 系材料の実用化開発が旺盛である。従って、Li を収蔵する高容量負極材の活用は必須であり実用化のための基礎研究が望まれている。これまで Si への充電による Li の侵入については理論計算⁽¹⁾や NMR 分析⁽²⁾、特殊な電極構造を用いた実験⁽³⁾によって考察されているが、実電池を用いた電子顕微鏡による可視化は報告例がない。充電状態を維持した電極を電子顕微鏡で観察するには、試料作製から観察まで一貫して大気非暴露下で取り扱うことや適切な条件設定が重要であり、種々検討の結果を踏まえて実験した結果を以下に示す。

図1に充電率40%の Si 単結晶負極の断面 SEM 像とその EBSD 解析結果を示す。SEM 像より Si 単結晶には筋状に見える線状痕跡が確認できる。EBSD による方位解析結果から線状痕跡は[101]方位に並行に生じていることが確認できる。図2には同様に断面を STEM 観察した結果と EELS 法により面分析を行った結果および、線状痕跡(反応相)の電子線回折像を示す。EELS の結果から図1に示す線状痕跡部には Li が存在し、電子線回折像から Si は非晶質化していることが確認できる。図3は線状痕跡部の TEM および HAADF-STEM 像を、また図4には図3(c)の HAADF-STEM 像を FFT 処理した画像を示す。これらの結果から、充電にともない Si 単結晶に対して Li イオンが Tetrahedral Site に入り込み、ZigZag chain を切るように{111}間の Si 結合を切る事で結晶構造が壊れ、やがて Li 濃度が増加してアモルファス化すると考えられる。

本研究では、実電池を充電し、大気非暴露下で顕微鏡観察できる試料を作製し、SEM-EBSD 解析、そして高分解能 HAADF-STEM 観察まで行うことで、これまで別手法で考察された知見を直接観察により裏付けることができた。

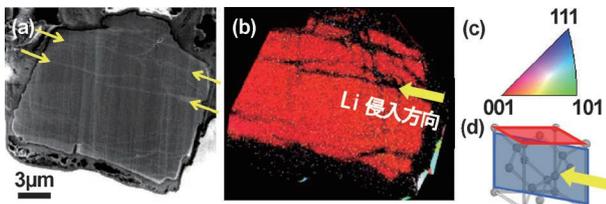


図1 充電率40%の Si 単結晶負極の断面 SEM 像および EBSD による結晶方位解析像。充電により生じた線状痕跡は結晶方位依存性があり[101]方位に並行である。

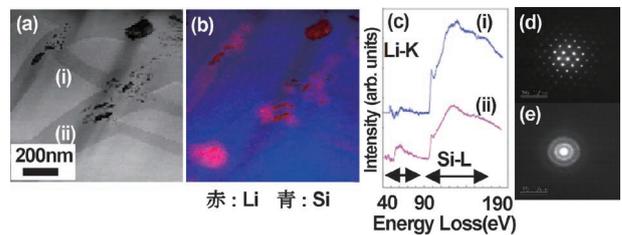


図2 充電率40%の Si 単結晶負極の STEM-EELS 面分析結果。SEM で観察された線状痕跡には Li が存在して非結晶化している。

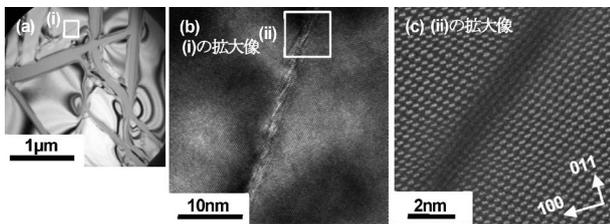


図3 充電率40%の Si 単結晶負極の (a), (b) TEM 像 (a), (b) および (c) HAADF-STEM 像。
□内に観察された線状痕跡では、Li の挿入により Si の結晶構造が乱れ(壊れ)ていることがわかる。

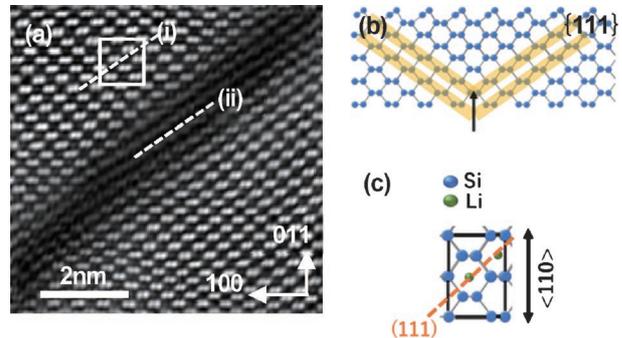


図4 図3(c)の HAADF-STEM 像の FFT 処理画像。線状痕跡は[110]方位に並行して(111)を縫うように生じている。

文献

- (1) M. K.Y.Chan, *et al.*: J. Am. Chem. Soc., **134** (2012), 14362-14373.
- (2) B. Key, *et al.*: J. Am. Chem. Soc., **131** (2009), 9239-9249.
- (3) S. Woo Lee, *et al.*: Nano Lett., **11** (2011), 3034-3039.

〔第4部門〕 3DAPとTEMの同一視野解析によるマグネシウム合金の転位芯への溶質元素の偏析と溶質クラスタの観察

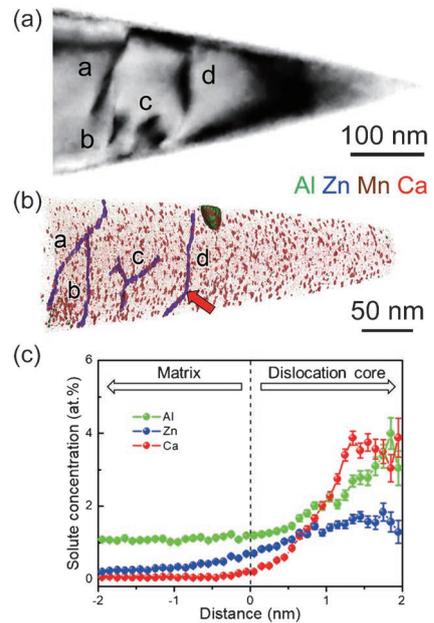
物質・材料研究機構 佐々木泰祐 君 Bian Ming-Zhe 君 宝野和博 君
 長岡技術科学大学 中田大貴 君 鎌土重晴 君
 住友電気工業㈱ 吉田 雄 君 河部 望 君

ひずみ時効は、塑性変形させた材料の強度がその後の時効処理によって上昇する現象で、自動車の外板材料の強化に用いられるなど、実用上重要な現象である。強度上昇の要因として、塑性変形中に導入された可動転位の転位芯に溶質元素が偏析して不動化することや、溶質クラスタの形成などがあげられる。しかし、TEMなどでこうした溶質元素の分布を直接観察することは極めて困難である。

我々は、ひずみ時効処理により大きな強度増加を示す Mg-Ca-Al-Zn-Mn 合金を世界に先駆けて開発した。図は、開発合金に2%の引張ひずみを導入した後、170°Cで20分の時効処理を施した試料について、TEMと3DAPによる同一視野観察を行った結果である。3DAP解析前の針状試料をTEMで観察すると、転位が観察される(図(a)中a~d)。この試料に対して3DAP解析を行ったところ、図(b)、(c)の3Dアトムマップと矢印で示した等濃度面の近傍における溶質濃度プロファイルに示すように、転位線上への溶質原子(Al, Zn, Ca)の偏析や、母相中における溶質クラスタを形成が観察できる。

このように、TEMと3DAPを併用した組織解析は、金属材料の強度と組織の関係の解明に大きく寄与することが期待される。

図：ひずみ時効処理を行った試料から作製した3DAP試料の(a)明視野TEM像と、それから得た(b)3Dアトムマップ。等濃度面を用いて溶質クラスタと転位芯への溶質元素の偏析を強調した。(c)は(b)中の矢印で示した等濃度面の近傍における溶質濃度変化。転位へのAl, Zn, Caの偏析を示す。



文献

- (1) M. Z. Bian, T. T. Sasaki, T. Nakata, Y. Yoshida, N. Kawabe, S. Kamado and K. Hono: Acta Mater., 158(2018), 278-288.

〔第2部門〕 2次アームが8方向に成長するNi基合金一方向凝固 dendrite

物質・材料研究機構 森 雄飛 君 原田広史 君 小林敏治 君 横川忠晴 君
 早稲田大学 鈴木進補 君

FCC構造を有する金属および合金の凝固における優先成長方位は通常<100>方位である。したがって、Ni基超合金などのFCC合金を一方向凝固させると、2次 dendrite アームが[100]に等価な4方向に成長する(図1)。一方、著者らはNi基 γ' 単相合金において、1次アームが[001]方位に成長するにも関わらず2次アームは8方向に成長する特異な一方向凝固 dendrite を発見した(図2)。また、この8方向が<100>と<110>の間の高指数方位であることを明らかにした(図3)。この8本腕 dendrite 成長の主な要因として、初晶がL1₂規則相であることが考えられる⁽¹⁾。一方、1次アームと2次アームで成長方位が異なる点は大変興味深く、研究の深化が求められる。

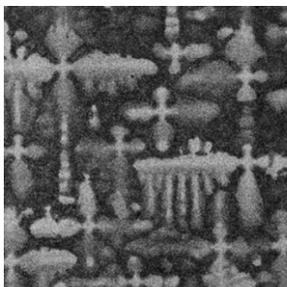


図1 Ni基超合金単結晶の一般的な dendrite (反射電子像)。試料長手方向に対し垂直な断面を観察した。

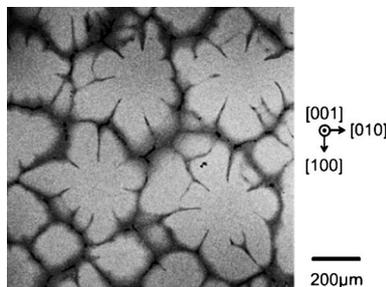


図2 Ni基 γ' 単相合金単結晶の8本腕 dendrite (反射電子像)。(001)断面を観察した。

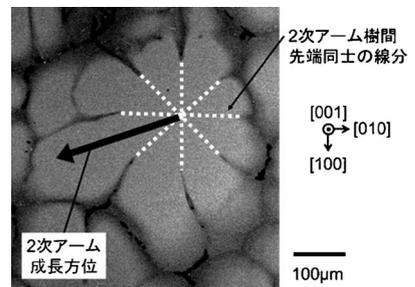


図3 図2の一部拡大図。8本腕 dendrite の2次アームは<100>と<110>の間の高指数方位に成長した。

文献

- (1) Y. Mori, H. Harada, T. Yokokawa, T. Kobayashi and S. Suzuki: J. Cryst. Growth, 500(2018), 15-22.

〔第4部門〕 走査型軟X線磁気円二色性顕微鏡によるNd-Fe-B焼結磁石破断面の磁場下磁区観察

高輝度光科学研究センター 豊木研太郎 君 小谷佳範 君 David Billington 君 岡崎宏之 君 中村哲也 君
日立金属株式会社 西内武司 君 物質・材料研究機構 広沢 哲 君

実用永久磁石材料として最高性能を持つNd-Fe-B焼結磁石は、希少元素を低減し材料組織の最適化による更なる高性能化が常に求められている。そこで、我々はSPring-8 BL25SUにおいて走査型軟X線磁気円二色性顕微鏡を開発した。この装置は空間分解能約100 nm、印加磁場は同種装置で世界最高の ± 8 Tの性能を有する。この開発により、従来まで困難であった、磁気的な劣化の極めて少ないNd-Fe-B磁石の破断面の観察を実現した。図1, 2の磁区像はそれぞれ破断面と研磨面の減磁過程における変化である。研磨面では研磨による欠陥生成の結果、正磁場印加状態でも逆磁区が見られるのに対し、破断面を用いた観察では残留磁化状態で逆磁区が生成せず、また保磁力もバルク試料の0.91 Tとはほぼ同等である。本装置は高保磁力磁石材料の磁化過程解析に有用と考えられる。

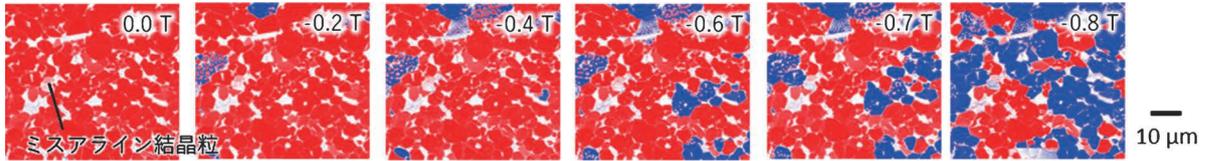


図1 Nd-Fe-B焼結磁石破断面の減磁過程におけるFe L_3 吸収端磁気円二色性像。

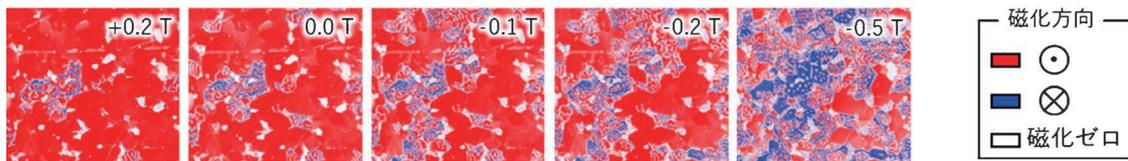


図2 Nd-Fe-B焼結磁石研磨面の減磁過程におけるFe L_3 吸収端磁気円二色性像。

本研究は文部科学省の委託事業である元素戦略磁性材料研究拠点(ESICMM)の支援を受けて実施されました。

文献

- (1) D. Billington, K. Toyoki and T. Nakamura *et al.*: Phys. Rev. Mater., 2(2018), 104413.

第69回 金属組織写真賞応募作品選評

本年度の応募件数は1. 光学顕微鏡部門1件, 2. 走査電子顕微鏡部門5件, 3. 透過電子顕微鏡部門6件, 4. 顕微鏡関連部門3件の計15件であった。今回は2018年度秋期講演大会のポスターセッションにおける選考委員による応募作品の推薦, 口頭発表における座長の推薦, 優秀ポスター賞受賞者と“まてりあ”第57巻12号の特集「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)」執筆者への応募依頼等を行ったが, 過去3回(第68回: 12件, 第67回: 13件, 第66回: 12件)と比較して微増にとどまった。

審査方法は第67回から実施されているWeb審査を踏襲し, 選考委員23名のうち応募者と特別な利害関係を持つと申告のあった5名を除く18名に順位点と評価点(5点満点)および評価の高い作品については選定理由の記載を依頼した。それらの結果を基に正副委員長と委員会の所属支部・機関のバランスを考慮して選出されたWeb委員による会議を開催し, 規則に従って優秀賞3件, 奨励賞2件を決定したが, 残念ながら今年度も昨年, 一昨年と同様に最優秀賞の要件を満たす作品は無かった。

優秀賞3件(部門別, 受付番号順)のうち「Ti₃SiC₂ MAX相の底面a転位の転位芯とキック境界の高分解能STEM観察」は第3部門に応募されたものであり, 底面すべりとキック変形を選択的に導入したMAX相中の転位組織をHAADF-STEMにより精緻に観察し, 転位がTi原子層とSi原子層の間を運動していることや2本のショックレー型部分転位へと分解していることを示し, キック境界の微細構造を明らかにしている点が評価された。同じく第3部門の「リチウムイオン電池Si単結晶負極を用

いた充電反応によるLi侵入方位の可視化」は, Si単結晶負極を用いたリチウムイオン電池において実際の充電に伴いLiイオンが負極内に侵入し, Siの組織変化と非晶質化に至る過程を可視化している点が高度な試料作製技術とともに評価された。「3DAPとTEMの同一視野解析によるマグネシウム合金の転位芯への溶質元素の偏析と溶質クラスターの観察」は第4部門に応募されたものであり, 同一試料の同一箇所を3DAPと(S)TEMの両装置で観察し, 焼付硬化型マグネシウム合金のひずみ時効のメカニズムが溶質元素の転位芯への偏析であることを示し, 両装置の利点を生かした新たな組織解析法を提案している点が評価された。

奨励賞2件には第2と第4部門からそれぞれ1件が選定された。「2次アームが8方向に成長するNi基合金一方相凝固 dendroライト」は特異な dendroライト組織形態の観察に成功するとともに, その形成過程をL1₂規則構造に由来する結晶の幾何学によって説明している点が評価された。「走査型軟X線磁気円二色性顕微鏡によるNd-Fe-B焼結磁石破断面の磁場下磁区観察」は破断面を観察することで, 従来の磁気顕微鏡では難しかった研磨等によるダメージの少ない磁区構造変化を高分解能で捉えている点が評価された。

惜しくも選に漏れた作品もレベルの高い力作揃いであり, 伝統的に独自性と学術性を重んじてきた金属組織写真賞の継続と発展のために, 今後も優れた組織写真の応募を期待したい。

金属組織写真賞委員会委員長 西田 稔(九州大学)

材料の一方方向性多孔質化と機能*

中 嶋 英 雄**

1. ポーラス金属研究の契機

この度は日本金属学会賞を受賞することになり、身に余る光栄に存じます。この受賞の主な研究対象は著者が前半期の20年間ほど行ってきた固体金属中の拡散研究と後半期の25年ほどの間に行ってきたポーラス金属の研究です。本受賞は恩師、諸先輩、共同研究者である同僚や研究室の当時の学生諸君のお陰によるものであり心より感謝と御礼を申し上げます。本講演では、後者のポーラス金属の製法、物性および応用開発に関する研究内容を紹介します。1992年に岩手大学に教授として着任後、著者には地場産業の育成への大きな期待が寄せられました。岩手の特産品である南部鉄の工場などを頻繁に見学する機会が設定されました。そこでは地元企業から南部鉄の引け巣や鑄造欠陥を無くす研究への要望が強かったのですが、今さら他の研究者と同じことを研究しても埒が明かないと思い、鑄造欠陥を忌み嫌うのではなくそれを積極的に利用した素材の研究をやることにしました。

2. 自然界に多く存在するポーラス材料

自然界を眺めてみると、樹木、葉や茎、動物の骨を始めとして実に多くのポーラス材料が存在すること気づくであろう。さらに、食品、衣料品から建築物に至るまで多くの人工物は無垢ではなくポーラス(多孔質)である。木材、葉、茎などは気孔が縦に貫通したポーラス材料で、水分や栄養素を補給するための導管の役目を果たしている。骨は密度の高い外殻と網目の繊維質状のポーラスの海綿骨より成る。それらの骨には軽量化が図られ荷重のかかる関節部では負荷断面積を大きくして応力の緩和を図っている。木材、竹、柱状骨の気

孔形態はすべて異方的であり、それらの機械的強度は気孔方向に依存して変化する。この異方性を積極的に活用し材料にかかる負荷を最も低減させるように機械的強度の効率的利用を図る工夫がなされているのは驚きであり、我々材料研究者は自然界に存在する生体材料の設計理念を大いに学ぶべきである⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

ところで、工業製品の製造過程で生じる気泡のような鑄造欠陥や焼結欠陥は工業製品の機能性や効率性を阻害する有害な欠陥と見なされ、可能な限りそれらを低減させることが不可欠であった。ここで紹介するポーラス金属の気孔は正に鑄造欠陥利用であり、気孔形態を制御して鑄造欠陥を有効に機能材料として利用しようとする試みである。発泡金属、セル構造体、焼結金属などの多くのポーラス材料の気孔は球状あるいは多面体形の等方的構造をもつが、一方方向性気孔をもつポーラス材料は異方的構造を有しロータス材料と呼ばれる。

3. 高圧ガスを用いたロータス金属の作製法

ロータス金属は、熔融金属におけるガス原子の溶解度が大きく、その固体金属中での固溶解度が小さい場合、凝固時に固溶しきれないガス原子が気孔を形成することを利用して作製される。水素ガスを用いて鉄、ニッケル、銅、マグネシウム、アルミニウムなどの多くの金属とそれらの合金を、窒素、酸素ガスを用いてそれぞれ鉄、銀などをポーラス化することができる⁽⁴⁾。このようなロータス金属の作製方法には3つの方法が挙げられる。

(1) 鋳型鋳造法

図1に、鋳型鋳造法によるロータス金属の作製装置を示した。数十気圧に耐える高圧容器の中に溶解部と凝固部が設け

* 2019年3月20日、東京電機大学東京千住キャンパスにおける本会第164回春期講演大会にて講演

** 公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター；所長、大阪大学名誉教授(連絡先：〒914-0192 敦賀市長谷64-52-1) Directional Porosification of Materials and its Functionality; Hideo Nakajima (Director, The Wakasa Wan Energy Research Center, Tsuruga)

Keywords: porous materials, lotus metals, directional solidification, porosity, gas pores, mechanical property, thermal conductivity, electrical conductivity, heat sinks, damping effect

2018年11月26日受理[doi:10.2320/materia.58.252]

てあり、坩堝に金属素材を充填した後、高周波加熱によって金属を溶解し、所定の圧力のガス中で熔融金属中にガスを溶解させる。底面部を水冷チラーによって冷却した銅板を有する鋳型の中に鋳込んで下方から上方への一方向凝固をさせると気孔が上に伸びたロータス金属を作製することができる⁽⁵⁾⁽⁶⁾。鋳型の一端を冷却しつつ一方向凝固を行わせるので、本製法では長尺のロータス金属の作製には限界がある。

(2) 連続帯溶融法

図2(a)に示すように、鋳型鋳造法によって熱伝導率の高い銅やマグネシウムでは、均一な気孔サイズ、気孔率をもつロータス金属を作製することができるが、熱伝導率の低い金属の場合(b)、冷却部に近い部分では、凝固速度が速いが、遠ざかるにつれて放熱が不十分となり凝固速度が遅くなるため、上部で気孔の粗大化が起り、均一な気孔サイズや気孔率をもつロータス金属を作製することができなかつた⁽⁷⁾。この難点を克服するために、「連続帯溶融法」が開発された(図

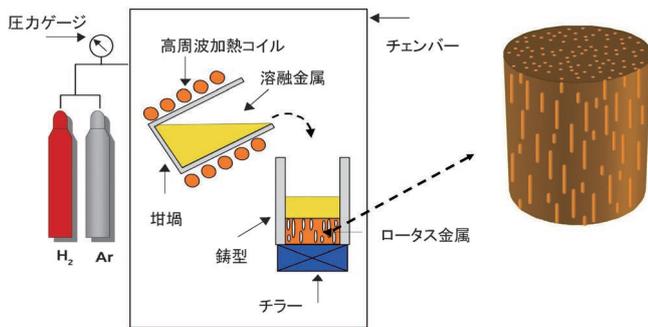


図1 鋳型鋳造法による高圧ガス雰囲気下でのロータス型ポーラス金属の作製原理。

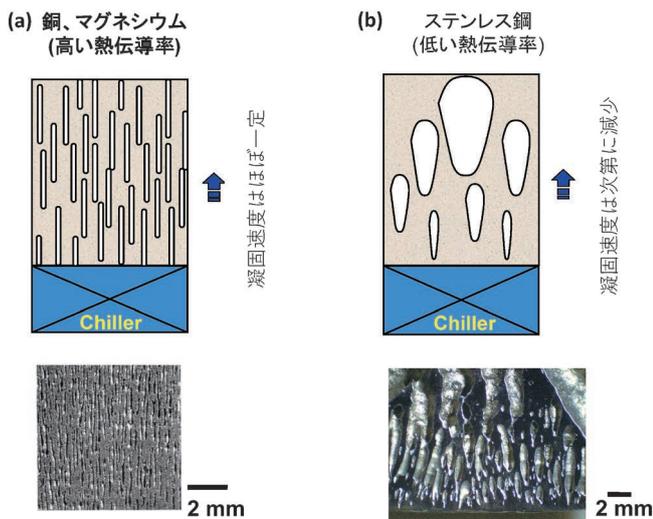


図2 熱伝導率の違いによる一方向性気孔の成長過程。鋳型鋳造法によって作製された(a)熱伝導率の高い金属の気孔の成長形態とロータス銅の凝固方向に平行な断面写真、(b)熱伝導率の低い金属の気孔の成長形態とロータスステンレス鋼の凝固方向に平行な断面写真。

3(a)~(c)参照)⁽⁸⁾。高圧ガス雰囲気中で金属ロッドを高周波加熱コイルで部分的に溶解させ、その溶融部に雰囲気からガスを吸収させ連続的に移動させることにより、一定の凝固速度の下で均一な気孔サイズと気孔率をもつロータス金属を作製することができる。このようにして作製された長尺のロータスステンレス鋼の縦および横断面写真を図3(d)に示した。どこをとっても気孔サイズや気孔率がほぼ均一である。

(3) 連続鋳造法

鋳型鋳造法や連続帯溶融法では、作製されるロータス金属のサイズに制限があった。実用量産化のためには均一な気孔サイズや気孔率を有する大きなロータス金属を作製しなければならない。そこで、連続鋳造法を考案した⁽⁹⁾⁻⁽¹¹⁾。既存のノンポーラス金属作製のための連続鋳造法では、凝固収縮により凝固させたインゴットを鋳型内で円滑に移動させることができるが、ロータス金属の場合には気孔の形成による大きな体積膨張が起り、凝固させたインゴットを鋳型内に移動

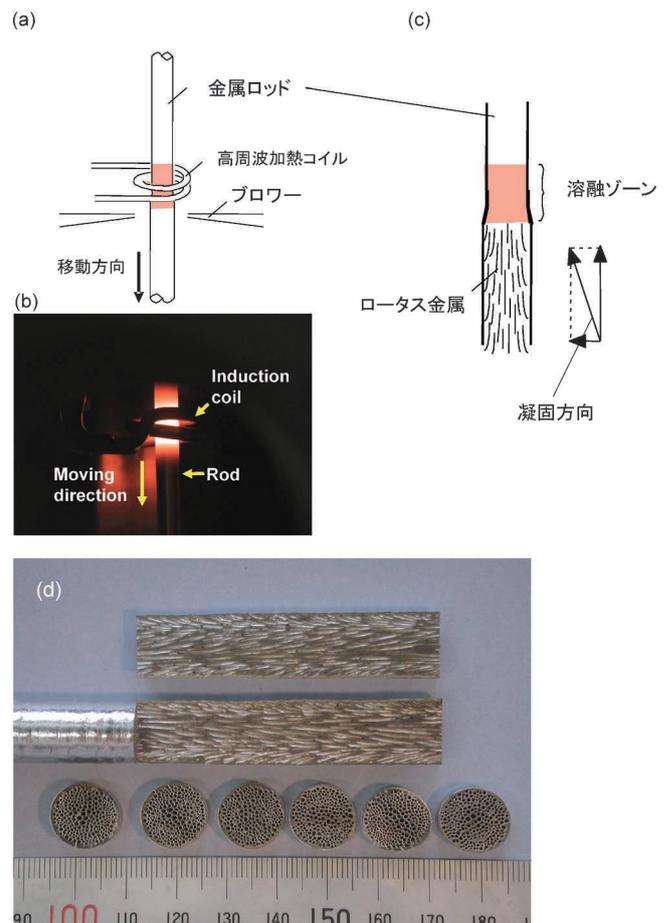


図3 (a)連続帯溶融法によるロータス金属の作製原理および(b)溶融部分の写真、(c)溶融部分と凝固したロータス金属の断面。(d)2.0 MPaの水素雰囲気中で連続帯溶融法で作製されたロータスステンレス鋼ロッド。凝固方向に平行な断面と垂直な断面(輪切り)を示した。ロッドの移動速度は $330 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、気孔率40%、平均気孔サイズ $320 \mu\text{m}$ 。

させることは困難であると予想された。しかしながら、著者らはこの気孔生成による体積膨張を流動性ある溶湯の方に導くことによりこの問題を解決しロータス金属の作製が可能な連続鋳造法を開発した。図4に示したように、連続鋳造装置は加圧容器内に設置された加熱溶解部、凝固のための鋳造部および凝固材を連続的に引き出すための移動機構より構成されている。坩堝内で高周波加熱により溶解させた熔融金属を坩堝底部の孔に設置した鋳型にあるダミーバーに接触させ、そのダミーバーをピンチロールの移動機構で一定速度で連続的に引き出すことによって、長尺のロータス金属を作製できる。連続鋳造法によって作製されたロータス銅を図5に示した。

図6にロータス銅の平均気孔径の移動速度依存性を示す。移動速度の増加と共に気孔径は著しく減少する。移動速度を増加させると凝固速度が増大し、過冷却により気孔の核生成

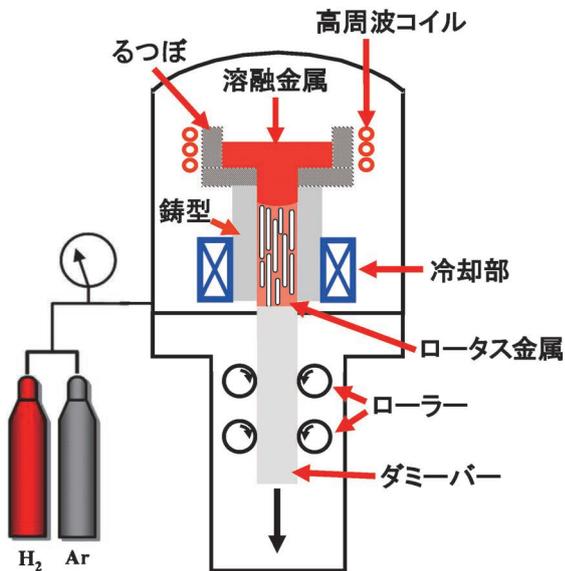
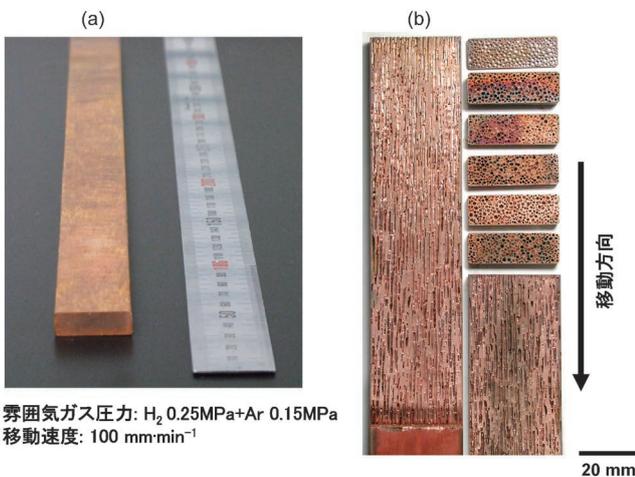


図4 連続鋳造法によるロータス金属の作製装置。



・雰囲気ガス圧力: H₂ 0.25MPa+Ar 0.15MPa
・移動速度: 100 mm·min⁻¹

図5 連続鋳造法で作製されたロータス銅。作製条件：水素雰囲気ガス圧力：H₂0.25MPa + Ar0.15MPa, 移動速度 100 mm·min⁻¹。

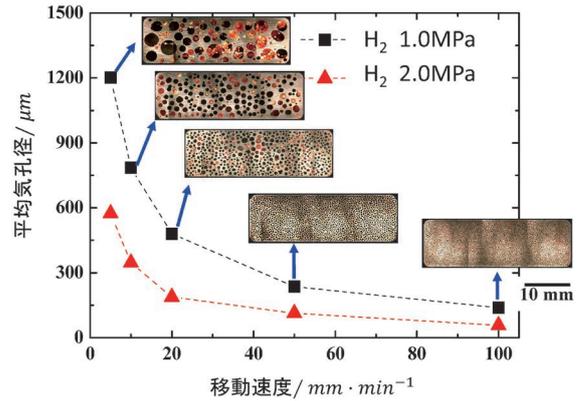


図6 水素ガス圧1.0 MPa および 2.0 MPa の下で作製されたロータス銅の平均気孔径の移動速度依存性。

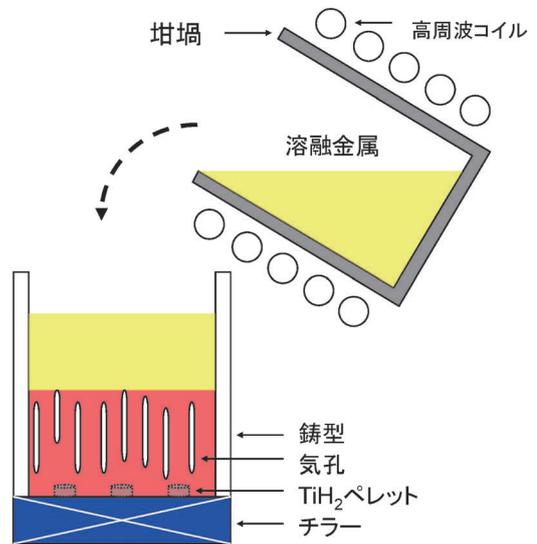


図7 鋳型鋳造法を用いたガス化合物熱分解法によるロータス金属作製法の原理。チタン水素化合物ペレットを鋳型に置いた。

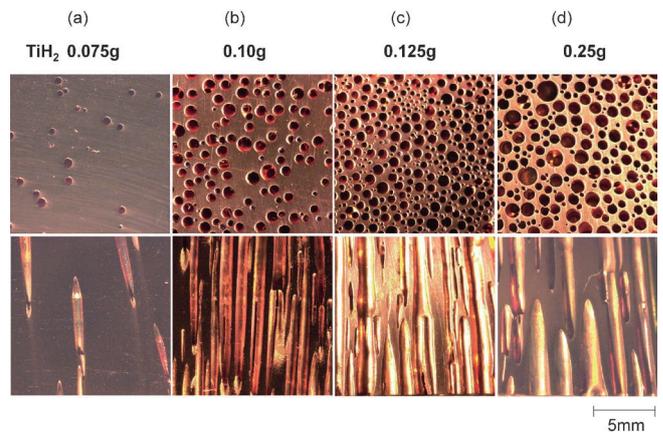


図8 アルゴン 0.1 MPa の雰囲気下で一方方向凝固により作製したロータス銅の凝固方向に垂直(上段)および平行(下段)な断面写真。200 g の熔融銅に添加したチタン水素化合物の重量はそれぞれ(a) 0.075 g, (b) 0.10 g, (c) 0.125 g, (d) 0.25 g である。

サイトが増加するため多数の気孔が微細化すると考えられる⁽⁹⁾.

4. ガス化合物熱分解法を用いたロータス金属の作製法

作製の際に、暴爆性の水素ガスを高圧にて用いなければならないことがロータス金属を実用化する場合の大きな障害であった。最近、著者のグループではこの障害を克服するために高圧の水素ガスを用いずに熔融金属にガス化合物(ガス元素と金属元素より構成される化合物)を添加するロータス金属の新規な製法「ガス化合物熱分解法」を開発した⁽¹²⁾。図7にガス化合物熱分解法を用いた鋳型鋳造法によるロータス金属作製の原理を示した。0.075から0.25 gのTiH₂粉末ペレットを鋳型底面にセットし、0.1 MPaのアルゴン雰囲気下で銅200 gを高周波加熱により坩堝内で溶解し、底部を水冷した鋳型に鋳込んで一方向凝固させた。図8には、ロータス銅の凝固方向に平行および垂直な断面写真を示した。0.1 g以上のTiH₂を添加しても気孔率は変化せず約60%で一定であった。0.1 gのTiH₂の添加でも熔融銅中の水素濃度は飽和溶解度を超過しているので、これ以上ではいくらTiH₂量を増加させても気孔率が変化しない。このように、ガス化合物熱分解法は水素化合物⁽¹²⁾⁽¹³⁾や窒化物⁽¹⁴⁾を熔融金属に添加し、一方向凝固させるだけでロータス金属を作製することができるので、安価で、安全、簡単な製法である。

5. ロータス金属の機械的性質

(1) ロータス金属の引張強度

これまでに発泡金属や焼結金属のような球状に近い気孔を持つポーラス金属の強度に関する研究は多数行われてきたが、一方向に伸びた気孔を持つロータス金属の強度の研究はほとんど行われてこなかった。図9に示すように、著者らは水素ガスを用いて作製したロータス銅の引張強度の気孔率依存性を調べた⁽¹⁵⁾。引張方向に平行な一方向気孔を有するロータス銅の最大引張強度は気孔率100%で0 MPaの点を通るような直線的な変化をする。つまり比引張強度(単位重量当たりの引張強度)はこの直線の傾きで示され、気孔率の大小に関わらず一定である。このことは引張方向に平行に配列した気孔の近傍にはほとんど応力集中が生じないことを示唆している。

ポーラス材料の強度 σ は次の経験式で気孔率 p と関係付けることができる⁽¹⁶⁾。

$$\sigma = \sigma_0(1-p)^K \quad (1)$$

ここで、 σ_0 はノンポーラス材料の強度である。 K は応力集中係数であり、応力負荷方向に対する気孔の形状と向きに依存し、 $K = \sigma_{\max}/\sigma$ と表すことができる。ここで、 σ_{\max} は応力の最大値である。図10(a)に示すように、楕円形状の気孔の長半径を a 、短半径を b とすると、 σ_{\max} は

$$\sigma_{\max} = \sigma(1 + 2a/b) \quad (2)$$

で示される。引張方向に平行な一方向気孔を有するロータス

試料では $K=1$ であり、 $\sigma = \sigma_0(1-p)$ となる。一方、垂直方向では、 $\sigma = \sigma_0(1-p)^3$ と表すことができる。式(1)および(2)から評価した理論曲線を図9中に点線で示した。それらは実験結果とよく一致することから、(1)引張方向に平行な気孔を有するロータス銅の最大引張強度は応力集中に依らないこと、(2)図10(b)に示すように垂直方向では最大引張

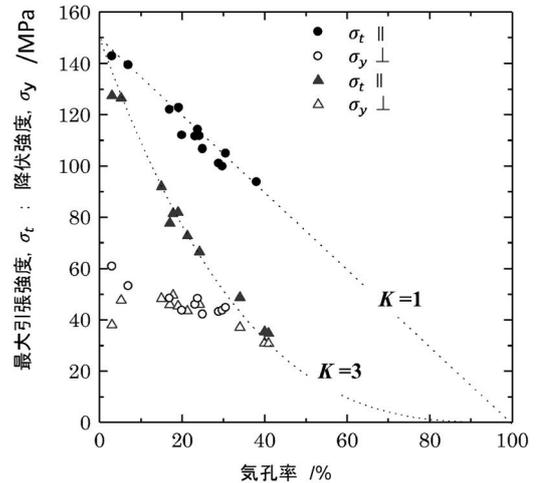


図9 一方向気孔に平行と垂直方向のロータス銅の最大引張強度および降伏強度の気孔率依存性。

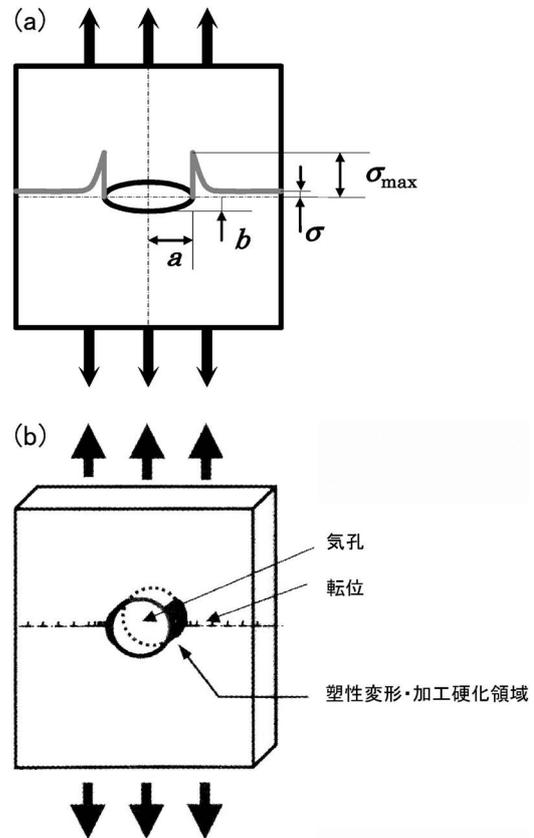


図10 (a) 楕円形状の気孔の周辺の応力分布。気孔の端で応力集中が起こっている。(b) 気孔の端で転位がパイルアップの様子。

強度は応力集中によると結論付けられる。これは気孔の端で塑性変形中に転位がパイルアップして加工硬化が生じるためであると考えられる。

ところで、多くの金属は水素ガスを用いてポーラス化できるが、暴爆性、引火性のある水素を用いた製法は量産化には適当ではない。そこで、我々は安全な窒素を用いてロータス鉄を作製することに成功した⁽¹⁷⁾。これには更なる長所があり窒素で作製したロータス鉄は水素で作製した場合より格段に強度が高いことを見出した⁽¹⁸⁾。図11には窒素ガスおよび水素ガスで作製されたロータス鉄の引張強度の測定結果を示した。窒素で作製されたロータス鉄では、気孔率が40～50%でもノンポーラス鉄と同等の強度を示すという興味深い結果が得られた。つまり、「鉄より半分軽くても強度は鉄と変わらない」という結果で、これは微量に固溶した窒素原子による固溶強化のためであると考えられる。

(2) ロータス金属の低ひずみ速度での圧縮強度

発泡金属の圧縮に関する研究は活発に行われてきた。発泡金属の圧縮試験では応力-ひずみ曲線にはプラトーと言われ

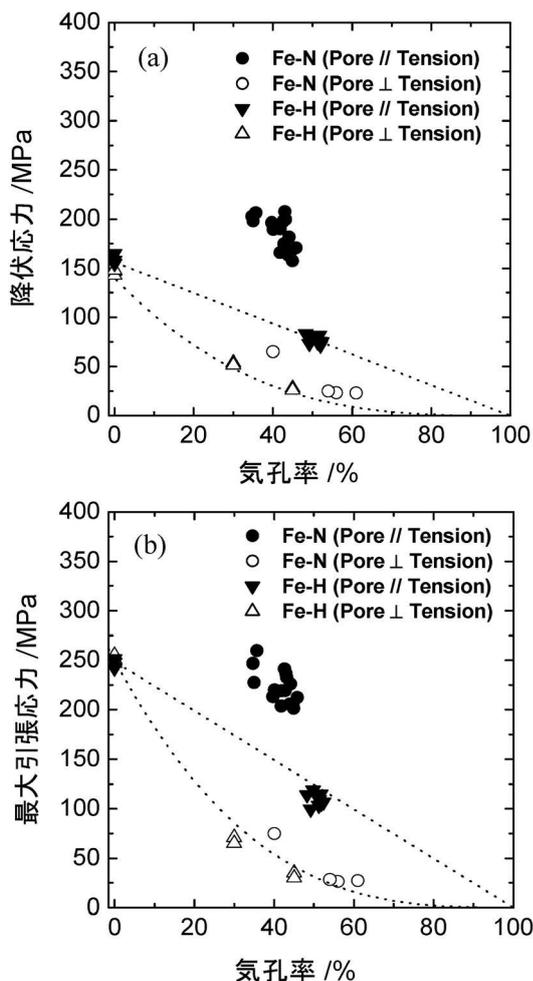


図11 水素あるいは窒素ガスを用いて作製されたロータス鉄の(a)降伏強度の気孔率依存性、(b)最大引張強度の気孔率依存性。

る平坦な部分が存在する。そこではひずみが増加しても応力は変化せずほとんど一定値を示す。この領域ではエネルギーが吸収される。Hyun と Nakajima は気孔が圧縮方向に平行と垂直方向のロータス銅の圧縮挙動を初めて詳細に調べた⁽¹⁹⁾。図12に示すように応力-ひずみ曲線の勾配は気孔率の増加と共に減少し同じ気孔率で比較すると、低ひずみ領域では圧縮方向に平行の気孔をもつロータス銅の応力は垂直方向の気孔をもつロータス銅の応力よりも大きい。しかしながら、この大小関係はひずみの増大と共に逆転する。圧縮方向に垂直な気孔をもつ試料では気孔近傍に応力集中が起こるが、平行方向では応力集中はほとんど起こらない。

(3) ロータス金属の高ひずみ速度での圧縮変形挙動

著者らはロータス鉄をモデル材として用い、ホプキンソンプレッシャーバー法の圧縮試験機および万能試験機を用いて、高ひずみ速度($\sim 10^3 \text{ s}^{-1}$)、中ひずみ速度($\sim 10^{-1} \text{ s}^{-1}$)および低ひずみ速度($\sim 10^{-4} \text{ s}^{-1}$)での圧縮試験を気孔に平行および垂直な方向に対して行い、ひずみ速度および一方気孔の向きが圧縮変形および吸収エネルギー量[†]に及ぼす影響を調べた⁽²⁰⁾⁽²¹⁾。

図13に低ひずみ速度、中ひずみ速度、高ひずみ速度での圧縮試験によって得られたロータス鉄の気孔に(a)平行および(b)垂直な方向における公称応力-塑性ひずみ曲線を示す。気孔に平行および垂直な方向において、変形抵抗はひずみ速度の増加に伴って増加する。これは、鉄母材の変形抵抗がひずみ速度に依存して増加するためである。気孔に平行な方向の低および中ひずみ速度での圧縮では、全てのひずみの範囲で、変形抵抗は単調に増加する。一方、高ひずみ速度での平

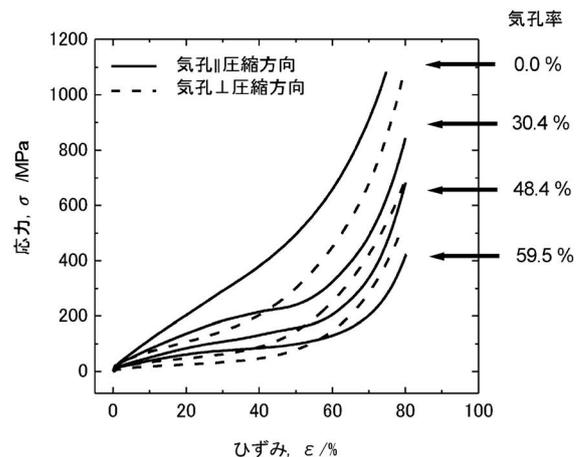


図12 ノンポーラス銅および異なる気孔率を有するロータス銅の圧縮応力-ひずみ曲線。

[†] 気孔率の高いロータス金属の圧縮試験における圧縮応力 σ -ひずみ ϵ 曲線はひずみが小さい方から弾性域、プラトー領域および緻密化領域の3つに分けることができる。いま、緻密化開始のひずみを ϵ_D とすると吸収エネルギー(圧縮変形中に吸収されたエネルギー) W の大きさは $W = \int_0^{\epsilon_D} \sigma(\epsilon) d\epsilon$ で示される。

行方向の圧縮では、塑性ひずみが15.0~22.5%の領域で、変形抵抗がひずみの増加に伴って減少する。これによって、応力値がほぼ一定の値で変形が進行するプラトー領域が現れる。一方、気孔に垂直な方向の圧縮ではすべてのひずみ速度において、ひずみの増加とともに応力値が単調に増加し、プラトー領域は出現しない。このプラトー領域が発生する原因として、気孔に平行な方向の圧縮では座屈変形が起こり易いことが挙げられる。

高ひずみ速度圧縮試験により得られたロータス鉄の気孔に平行(//)および垂直(⊥)な方向の単位重量当たりの吸収エネルギー W (応力-ひずみ曲線のプラトー領域における積分値)は、それぞれ $30 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $15 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ で、発泡アルミニウムの吸収エネルギー ($2\sim 8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) よりも大きく、特に気孔に平行な方向においては、吸収エネルギー W が発泡アルミニウムの吸収エネルギーよりも4倍程度大きい。このようにロータス鉄は従来の発泡アルミニウムと比較して優れた吸収エネルギー特性を示すことがわかる。

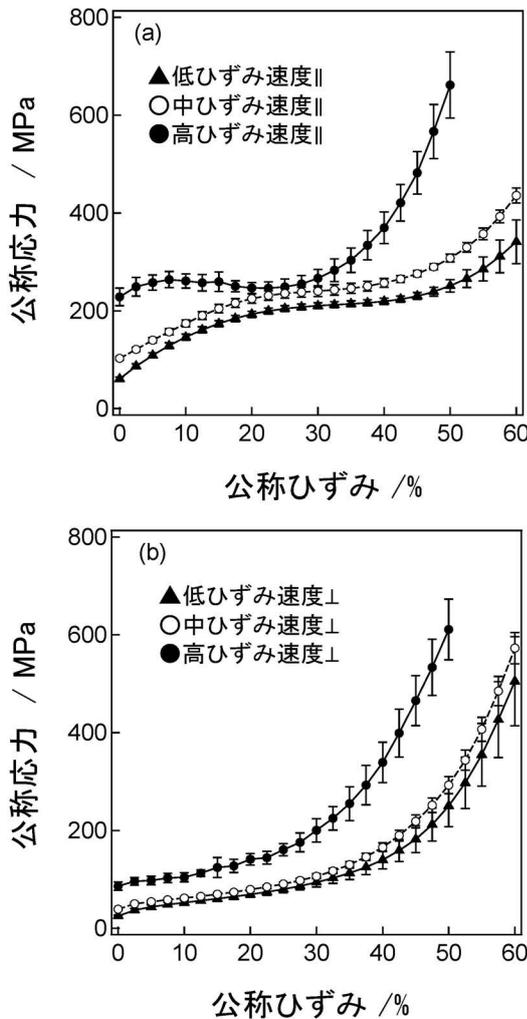


図13 低ひずみ速度、中ひずみ速度、高ひずみ速度での圧縮試験によって得られたロータス鉄の気孔に(a)平行および(b)垂直な方向における公称応力-塑性ひずみ曲線。ロータス鉄の気孔率47.9~49.7%。

6. ロータス金属の物理的性質

(1) ロータス金属の吸音特性

現在実用化されている吸音材にはグラスウールや発泡アルミニウムなどがあるが、それらはいずれも十分な強度を保持していない。吸音材に軽量性のほかに強度が付与されるならば、用途はさらに拡大する。著者らによってロータス金属は優れた吸音性を示すことが明らかにされた。ロータス銅の気孔径、気孔率および試料の厚さの関数として定常法によって吸音率 α_0 を測定した結果、気孔率および試料厚さが一定の下では α_0 は気孔径の減少と共に増加し、気孔径および試料厚さが一定の下では気孔率の増加と共に増加し、気孔率および気孔径が一定の下では試料の厚さの増加と共に増大することがわかった。ポーラス材料の吸音性には気孔内壁の空気の粘性抵抗が重要な役割を果たしているが、上の結果はいずれも気孔内壁の面積が増大すると吸音性が増えることを示している⁽²²⁾。

図14には、材料の厚さ20 mmの3種の異なる吸音材の吸音特性を示した。クローズド気孔を有する発泡アルミニウム自体は吸音性を示さないので、発泡アルミニウムの壁にクラックを生じさせて気孔同士が空間的に連結するように圧延加工を施さなければならない。気孔率も違うので、3者を直接比較することはできないが、ロータス金属は気孔率が低くても市販吸音材よりも高強度で同等の吸音特性を有していることがわかった。

(2) ロータス金属の熱伝導

次節に述べるように、ロータス金属をヒートシンクに应用する場合、基礎物性値として熱伝導率の知見は重要である。著者らは定常法を用いてロータス銅の熱伝導率を測定した⁽²³⁾。ロータス金属の気孔の異方性によって気孔に平行方向と垂直方向とでは有効熱伝導率は大きく異なることが見出された。ロータス金属の有効熱伝導率 k_{eff} は次式で定義される。

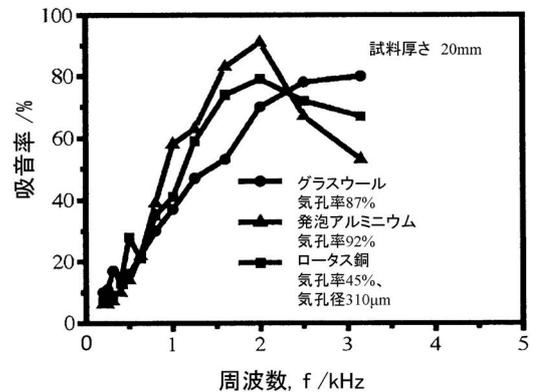


図14 さまざまな材料の吸音率の比較。

[†] エネルギー I_0 の音波が物体に当たり、そのうち I_r のエネルギーが反射されたとき、 $(I_0 - I_r)/I_0 = \alpha_0$ の値をその物体の吸音率という。

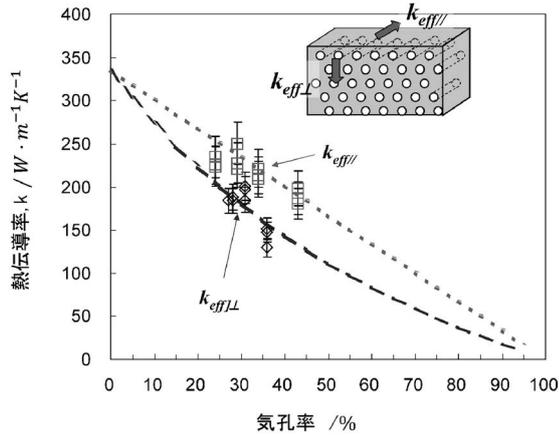


図15 一方向気孔に平行および垂直方向のロータス銅の有効熱伝導率の実測値(□◇)と解析データ(点線).

$$q = \frac{Q}{A} = -k_{\text{eff}} \nabla T \quad (3)$$

ここで、 q は気孔を含むロータス金属の断面積 A に流れる熱量 Q からの熱流束であり、 T はロータス金属の温度である。いま熱流が一方向気孔に平行に流れるロータス銅の断面積は $(1-\varepsilon)$ に比例するので、平行方向の有効熱伝導率 $k_{\text{eff}||}$ は次式で表わされる。

$$\frac{k_{\text{eff}||}}{k_s} = 1 - \varepsilon \quad (4)$$

ここで、 k_s はノンポーラス銅の熱伝導率、 ε は気孔率である。一方、垂直方向の有効熱伝導率 $k_{\text{eff}\perp}$ は次式で表わされる。

$$\frac{k_{\text{eff}\perp}}{k_s} = \frac{1 - \varepsilon}{1 + \varepsilon} \quad (5)$$

である。図15には有効熱伝導率の測定結果と上式で評価された結果を示した。両者はよく一致している。 $k_{\text{eff}\perp}$ は $k_{\text{eff}||}$ より低くなっている。このように、ロータス銅の有効熱伝導率は気孔の方向に依存して変化し顕著な異方性を示す。

(3) ロータス金属の電気伝導

気孔の長手方向に平行および垂直方向での電気伝導度が4端子プローブ法を用いて室温で測定された。図16は一方向気孔に平行および垂直方向のロータスニッケルの電気伝導度 ($\sigma_{||}$ および σ_{\perp}) の気孔率依存性を調べた結果である⁽²⁴⁾。このように電気伝導度には気孔の向きに依存した顕著な異方性が認められる。一方向気孔に平行な比電気伝導度は気孔率の大小にかかわらずほぼ一定である。一方向気孔に平行な電流担体の流れがある場合、気孔率の増加は電流担体の減少をもたらすので、電気伝導度は気孔率の増加と共にほぼ線形的に減少する。これに対して、一方向気孔に垂直な比電気伝導度は平行方向の場合よりもだいぶ小さくなる。この方向では電流担体が気孔を迂回したり散乱しながら流れるために電流担体が移動する距離が増大し電気抵抗率が増加するためである。

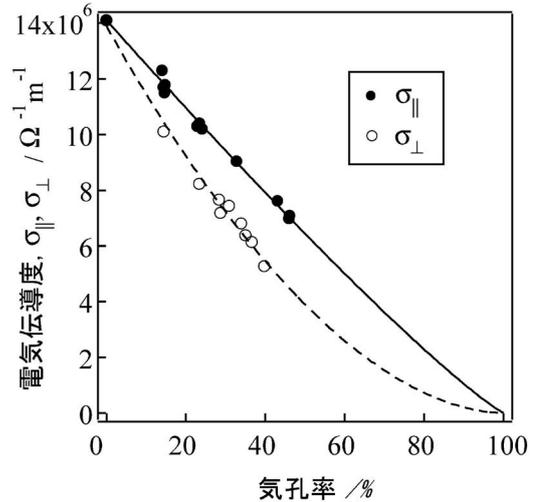


図16 ロータスニッケルの電気伝導度の気孔率依存性。丸印は実測値、実線と点線は式(1)にフィットさせた曲線。気孔に平行および垂直方向の電気伝導度に対するべき係数 K 値はそれぞれ1.1および1.8と見積もられた。

7. 異方的強度、熱伝導および電気伝導の統一的解釈

機械的強度、熱伝導率および電気伝導度の気孔率依存性は等しくべき法則の式(1)に従うことが明らかになった。前者の強度は転位の挙動に、後者の熱伝導および電気伝導は電子の挙動に影響される。気孔が存在すると、塑性変形中に動く転位が気孔の周囲にパイルアップし応力集中が生じる。そのため、一方向気孔に垂直方向の強度は著しく減少する。つまり、気孔は転位の増殖を妨げるピンニングサイトと見なすことができる。一方、熱伝導は一般には格子振動と電子伝導によって生じるが、金属では電子伝導が支配的である。ロータス金属ではこの電流担体が気孔を迂回したり、散乱することによって熱伝導率が低下する。また、同様に電気伝導でも電流担体の気孔による迂回や散乱によって電気伝導度が低下すると考えられる。

図17には一方向気孔に平行あるいは垂直方向における気孔の断面を図解した。気孔の断面積はおおよそ、

$$\text{気孔に平行方向の場合, } S_{||} = \pi \sum_{i=1}^n r_i^2 \quad (6)$$

$$\text{気孔に垂直方向の場合, } S_{\perp} = 2 \sum_{i=1}^n r_i l_i \quad (7)$$

と示すことができる。ここで、 n は単位体積当たりの気孔数、 r は気孔の半径、 l は気孔の平均長さである。ロータス金属では $l_i \gg r_i$ であるので、 $S_{\perp} \gg S_{||}$ となる。一方向気孔に垂直な方向では気孔の断面積が平行の場合よりもかなり大きくなるので、転位の気孔近傍のピンニングサイトも増大し、電流担体の気孔近傍の迂回経路や散乱体も増大することによって、それぞれ強度や熱伝導、電気伝導の低下がもたらされると考えられる。以上のように、一見異なる現象の異方性を気孔の形態異方性によって統一的に解釈することができる⁽²⁵⁾。

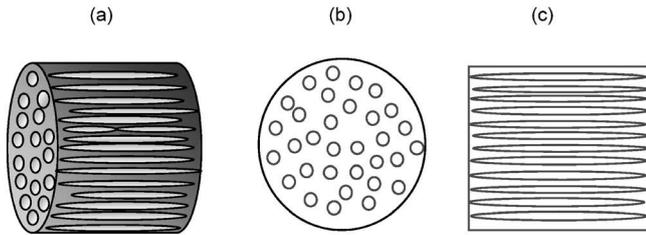


図17 (a) ロータス金属の外観, (b) 凝固方向に垂直に切断したロータス金属の断面, (c) 凝固方向に平行に切断したロータス金属の断面.

8. ロータス金属の工業製品への応用

近年, パワーデバイスやレーザーダイオードの発熱密度は $100 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$ にも達し, 高周波デバイスではさらにデバイスの高密度化に伴って発熱密度は $1000 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}$ に達しようとしている. 従来の溝型ヒートシンクでは十分な放熱を達成することができなくなりつつある. そのためこれらのデバイスを冷却するためには高い熱伝達率を有するヒートシンクが必要になる. ロータス金属をヒートシンクに用いると気孔率が高いので冷媒に接する接触面積が大きくなり, 直進性の気孔を有するので冷媒の圧力損失も低減させることができるために, ヒートシンクとして極めて有望である. 図18(a)および(b)にはそれぞれ溝型ヒートシンクおよびロータス銅を用いたヒートシンクの形状を示した. 図18(c)には空冷ヒートシンクの熱伝達率を測定する実験装置を示した. 空気がヒートシンクを設置したダクトにブローによって送風される. ヒートシンクは銅ベース板の片面に銀ロウ付けされたフィンとベース板の他方の面にロウ付けされた加熱ブロックより構成される. 冷たい空気の上流側の入口の温度を T_i , 銅のベース板の温度を T_{b1}, T_{b2}, T_{b3} , 空気の出口の温度を T_0 とし, これらの温度は熱電対で測定された. ヒートシンクの熱伝達率特性はベース面積 A_b を基準とした熱伝達率 h_b で評価された.

$$h_b = \frac{Q}{A_b(T_b - T_i)} \quad (8)$$

ここで, Q はヒートシンクの入熱量である. 著者らはこの装置を用いて熱伝達率を測定した結果, 図19に示すように, ロータス銅フィン厚 $L=1 \text{ mm}$ の熱伝達率は非常に大きく, 試験ダクト速度が $1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ のときには $5000 \text{ W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ にも達し溝型フィンのもよりも13.2倍も大きかった. このようにロータス型ヒートシンクは従来の溝型ヒートシンクよりもはるかに優れた性能を有している⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾.

このような空冷ヒートシンクはプロジェクターの大容量LEDの放熱装置として実用化される予定である. さらに, コンピューターや自動車のIGBT(絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ)のヒートシンクとしての実用化が検討されている.

ロータス金属には優れた振動減衰性のあることが見出さ

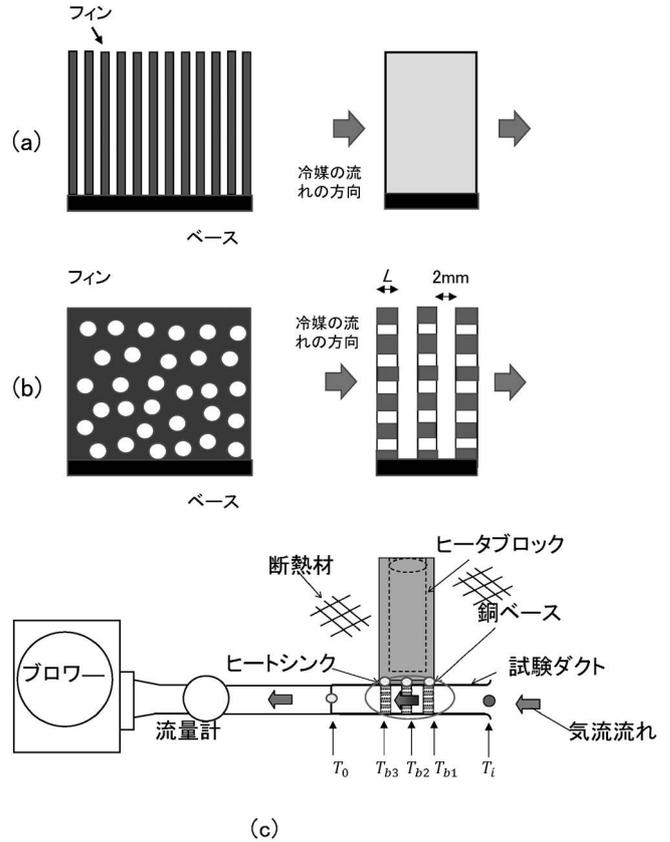


図18 (a) 溝型ヒートシンクの形状. フィンの厚さ 1 mm , フィン間の距離 3 mm . 冷媒がフィン間に流される. (b) ロータス金属を用いたヒートシンクの形状. ロータスフィンの厚さを 1 mm , 2 mm , 3 mm と変化させた. フィン間の距離は 2 mm . 冷媒はロータス銅の貫通気孔に流される. (c) 空冷ヒートシンクの熱伝達率の測定装置.

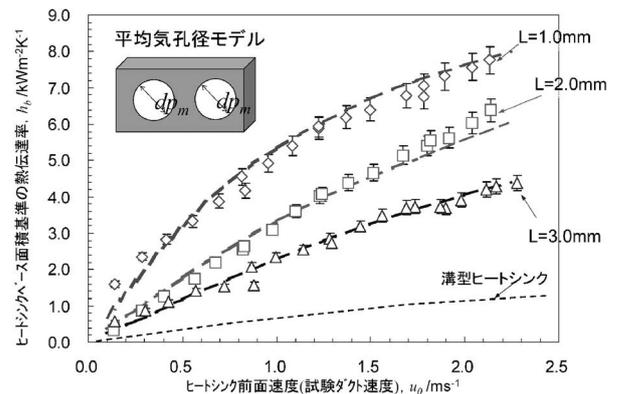


図19 ロータスヒートシンクおよび溝型ヒートシンクの熱伝達率の入口の前面速度依存性. $\diamond \square \triangle$ は実験データ, 線は熱解析による予想値.

れ, ゴルフパターのヘッドのインサート材としてロータス銅が使われた. この製品はスポーツ会社から販売された. ゴルフパターでボールを打った時の衝撃をロータス銅内の気孔が吸収するため, 打感がソフトになるというメリットがあ

材料研究における電子顕微鏡法の導入と発展*

黒田 光太郎**

1. はじめに

電子顕微鏡が発明されて80年以上が経過した。この間に金属をはじめとする材料の研究に電子顕微鏡は不可欠な手段となり、その果たした役割は計り知れない。電子顕微鏡が出現するころ、冶金学(Metallurgy)に物理学を導入した物理冶金学が確立していた。その世界的中心はドイツのゲッチンゲン大学の G. Tammann で、彼のもとには日本からは最初に近重眞澄が留学し、そのすぐ後に本多光太郎が行き、二人はしばらく同時期に滞在していた。帰国して近角は『金相学』を出版し、Metallography の訳語として金相学を用いた。その後に金属組織学が用いられるようになる。「組織学」は生物学や医学の分野で用いられてきた用語であったので、顕微鏡により「微細構造や機能、性質を研究する学問」であり、対象が生物ではなく金属であることから Metallography の訳語として「金属組織学」が定着したのであろう⁽¹⁾。Metallography の歴史に関しては、C. S. Smith によって優れた著作が1960年に刊行されている⁽²⁾。

Robert Hooke に始まる光学顕微鏡による観察が金属組織学の研究では多くの成果を上げてきた。それに関しては Smith の著作⁽²⁾を参照してほしい。顕微鏡像の分解能は装置に用いる線源の波長に依存することが、ドイツの E. Abbe によって1873年に理論的に明らかにされた。彼は分解能に関する関係式を提出し、光線の波長の1/2以下になりえないことを示した。

電子の発見は1897年のイギリスの J. J. Thomson によるが、これとは全く独立の研究開発として同じ年に、ドイツの

K. F. Braun は陰極線管とそれを使ったオシロスコープを製作している。20世紀初頭には電子管、真空管が発達し、電子工学技術、真空技術の進歩とともに1920年頃から陰極線の利用が抬頭し、一方では電子の波動性の発見、電子回折実験の進展が急速に実現された。このような物理学の進展とは独立して、電子顕微鏡の開発は行われてきた。電子顕微鏡の歴史の系統的な調査報告は小島によって行われており⁽³⁾、本稿においても参考にしている。

2. 電子顕微鏡の発明と欧米での初期の商用機

電子線を用いた顕微鏡の製作には電子レンズの開発が不可欠であった。電子レンズの光学的特性についての研究は、ベルリン工科大学の A. Matthias が運営していた高電圧研究所において行われ、軸対象電磁場中の電子の運動が幾何光学の関係式を使って説明できることが1927年に H. Busch によって明らかにされた。その後、磁界型レンズの開発につながる工夫がハンガリー出身の D. Gabor によってはじめてなされた。

最初の透過電子顕微鏡(TEM)は、Matthias の研究室の E. Ruska と M. Knoll によって1931年に開発された。ふたりの写真を図1に示す⁽⁴⁾。最初の TEM の倍率は17倍に過ぎなかったが、Ruska は性能を高め、1933年には1万2千倍の倍率を得て、光学顕微鏡を凌駕している。その後 Ruska はシーメンス社で電子顕微鏡の開発に従事し、1939年に最初の原型機を完成させている。これは熱電子銃を搭載した TEM で、倍率は3万倍、保証分解能は7 nm であった。Ruska による装置はその後同社で第2次世界大戦中までに

* 2019年3月20日、東京電機大学東京千住キャンパスにおける本会第164回春期講演大会において講演

** 名古屋大学名誉教授

Introduction and Development of Electron Microscopy in Materials Research; Kotaro Kuroda (Emeritus Professor, Nagoya University, Nagoya)

Keywords: *electron microscopy, history, transmission electron microscope, high voltage electron microscope, analytical electron microscope, scanning transmission electron microscope, in-situ observation, metallography, materials*

2018年11月30日受理[doi:10.2320/materia.58.261]



図1 電子顕微鏡試作機と Knoll と Ruska⁽⁴⁾.

約30台が製造された商用機の原型となるものであった。これらの商用機はイギリス，フランス，スウェーデンなどで，またソビエト連邦でも利用されたという。Ruskaは1986年にノーベル物理学賞を，走査トンネル顕微鏡を發明したG. Binnig と H. Rohrer と共に受賞した。この時，Ruskaは79歳で，2年後の1988年に亡くなっている。

アメリカ大陸ではトロント大学で大学院生のJ. Hillier と A. Prebus によってTEMの開発が1938年に行われた。このTEMの倍率は7000倍であった。1940年にHillierはV. K. Zworykin によってRCA社に採用され，すぐに商用機の開発を始めている。1940年にModel Aが登場し，1941年にRCA EMBが10,000ドルで販売され，その後RCA Universal Microscope Modelとして商品化が進んだ。1969年にTEMの生産をやめるまでに1000台以上のTEMが製造販売された。1944年には小型で操作が容易なコンソールタイプのEMC型がつくられて，1949年にEMC-II型が2台輸入され，京都大学と日立中央研究所に設置された。この設計思想は，誰でも容易に取り扱えるTEMの普及に影響を与えた。

オランダのデルフト工科大学の学生J. B. Le Pooleは1941年に加速電圧40 kVのTEMを開発している。フィリップス社は，Le Pooleによって開発された倍率が1000倍から80000倍まで連続的に変化できるTEMを1947年に100 kVのコンパクトな商用機として完成させ，その後EM100として販売した。

3. 日本における電子顕微鏡の開発と初期の材料研究

Ruskaによる電子顕微鏡の開発の情報は早い時期に日本に伝わっていた。電気学会が刊行していた『学界時報』の1933(昭和8)年2月号に紹介記事が出ている。日本金属学会は1937(昭和12)年2月に設立され，『日本金属学会誌』はこの年の6月から発行された。東北帝大の大久保準三と日比忠俊は電子顕微鏡の総説を創刊号から5回に渡って連載

し，電子顕微鏡の理論的基礎である電子光学の一般概念，種々の電子顕微鏡の構造およびそれによる物理学的，金属組織学的ならびに生物学的研究のそれまでに発表された主要な業績の大要をもれなく記述している⁽⁵⁾。物理冶金学(金属組織学)を重視していた金属学会では早くから電子顕微鏡に注目していたといえよう。

Ruskaがシーメンス社で最初の商用機といえる電子顕微鏡を完成させた頃の1939年に，日本学術振興会第10常置委員会のもとに「電子顕微鏡の総合研究に関する第37小委員会」が設置されて，産学官各界から参加した委員により電子顕微鏡の研究・開発が始められた。当時学振の学術部長であった長岡半太郎の要望によって，この小委員会の委員長は，第10常置委員会委員長であった瀬藤象二東京帝大教授が担当した。逓信省の電気試験所の笠井 完は1926年にベルリン工科大学に留学しており，帰国後は電子顕微鏡に関心を持っていた。笠井は第10常置委員会の委員でもあったので，第37小委員会の発足にあたっては，委員の選考や設立趣意書の案文作成，委員会の開催設定などの作業をこなしたという。第37小委員会の最初の委員は以下のようであった。

東京帝国大学	瀬藤象二(電気)，山下英男(電気)
	谷 安正(応用物理)
京都帝国大学	加藤信義(電気)，笹川久吾(医学)
名古屋帝国大学	榊 米一郎(電気)
東北帝国大学	大久保準三(応用物理)
大阪帝国大学	菅田榮二(電気)
電気試験所	笠井 完(電気)，鈴木重夫(電気)
陸軍科学研究所	竹下俊雄
東京電気株式会社	浅尾莊一郎(応用物理)
横河製作所	多田 潔(電気)
理化学研究所	清水武雄(物理)

笠井はこの小委員会の発足後すぐの頃に，日立製作所中央研究所に移っている。この委員会の委員は独自に自由な発想で研究開発を行い，電子顕微鏡の試作は戦時中においても続けられた。

日本における最初のTEM試作機は，1940年に大阪大学の菅田榮二によって開発された。いまは大阪大学総合学術博物館に展示されている。京都大学医学部を卒業した東 昇は1939年初頭から理化学研究所においてTEMの作製を始め，1941年頃に完成させている。日立製作所の試作1号機HU-1は横型の磁場型電子顕微鏡で1941年に日立製作所の研究室で稼動した。ただし，横型の電子顕微鏡は機械振動に弱いため，中央研究所の只野文哉と笠井が中心になり，縦型のHU-2を開発し，1942年6月に2台が完成した。これを図2に示す⁽⁶⁾。このうちの一台は中央研究所に設置され，もう一台は名古屋大学に納入された。笠井はHU-2の完成をみることなく1942年2月に急逝している。東芝も1940年に磁場型TEMの試作機を完成し，1941年には静電型TEMの試作機を完成させて写真撮影に成功している。島津製作所は試作機を1943年に稼動させている。

第37小委員会の委員会において応用研究は最初から重視



図2 日本最初の電子顕微鏡商用機。日立 HU-2⁽⁶⁾。

されており、早い時期から細菌学など生物試料の観察が行われている。無機物質の観察に関しては、カーボンブラック粒子、石綿、粘土、金属酸化物粉末などについて戦前から行われている。

第37小委員会では各委員が共同研究者を同伴することができ、戦後の1946年2月には後に日本電子を創設する風戸健二が参加している。第37委員会は1947年に解散したが、産学官連携の研究開発の伝統は1949年に設立された電子顕微鏡学会(現在の顕微鏡学会の前身)に引き継がれた。

1950年に電子顕微鏡学会から和文誌『電子顕微鏡』が発行され、その創刊号には、玉蟲文一による「五酸化バナジウム・ゾルの老化に伴うコロイド結晶の生長について」が掲載されている⁽⁷⁾。コロイド体系を放置するとき、時間の経過に伴って、自然に、徐々に、その性質が変化する現象は“老化”とよばれており、老化によるコロイド粒子の形、大きさの変化をTEMによって直接観察することが行われている。また同号には、西村秀雄、高村仁一の「アルミニウム単結晶の迂り帯について」が掲載されている⁽⁸⁾。電解研磨で表面に酸化被膜を形成させたアルミニウムを加工し、剥がした酸化被膜をTEM観察して、アルミニウム表面に生じた迂り帯を明瞭に観察している。

電子顕微鏡による金属研究として、『日本金属学会誌』に最初に発表された論文は、1951年の西山善次による進歩総説「鋼の焼入焼戻に関するX線並びに電子顕微鏡による最近の研究」である⁽⁹⁾。また、この年の第11, 12号では「電子顕微鏡特輯」が掲載されている⁽¹⁰⁾。しかし、金属材料のバルク試料の内部構造観察が始まるにはまだしばらくの時間を要した。

戦後、電子顕微鏡の開発は商品化に向けて日立、島津、東芝、電子科学研究所が手がけていた。電子科学研究所は唯一の後発メーカーであったが、1947年に磁界型透過電子顕微鏡(DA-1)を稼働させた。電子科学研究所の後衛として風戸健二は1949年に日本電子光学研究所(現在の日本電子)を設立して、すぐに商用機JEM-1を完成させている。東芝は電子顕微鏡事業から撤退したが、日立、島津、日本電子の3社で、1955年に国内の設置台数は250台に達した。

1950年代における世界市場での主要メーカーはアメリカのRCA、西ドイツのシーメンス、オランダのフィリップスであったが、シーメンスが技術的にも市場をリードした。特に1954年に開発されたElmiskop Iは当時としては最高の分解能1 nmを有していた。

このような状況の中で、日立製作所はHU-9を1955年にアメリカのUCLAへの輸出に成功し、日本電子はJEM-5を1956年にフランスのCNRSへの輸出に成功して、海外進出への第一歩を築いている。

4. 金属薄膜結晶の電子顕微鏡観察の始まり

電子顕微鏡法は、装置開発ともに応用研究が併行して行われ、互いにフィードバックさせることで発展してきた。金属の観察は表面をエッチングして、そのレプリカを取って、表面状態を観察することが行われていたが、金属材料の内部構造を観察したいという要望は高かった。問題は試料を電子線が透過できるくらいに薄片化することにあった。

アメリカのBell研究所のR. D. Heidenreichは1949年に“Electron Microscope and Diffraction Study of Metal Crystal by Means of Thin Sections”を発表している⁽¹¹⁾。この論文では、完全結晶でみられる等厚干渉縞や等傾角干渉縞のコントラストの理論解析が行われている。また、AlおよびAl-Cu合金の電解研磨による薄片試料の作成方法を示し、加工した金属の組織観察を行っていることが特筆される。さらに、Cu-4%Al合金中のCuAl₂析出物をTEM像と回折図形によって観察している。しかし、加工した金属における転位の観察はまだ行われていない。

金属材料内の転位を回折像としてTEMで最初に撮影することに成功したのは1950年代半ばであった。金属の薄片化には電解研磨を使用して、1956年にスイスのW. Bollmannはステンレス鋼⁽¹²⁾を、イギリスのP. B. Hirsch, R. W. Horne, M. J. Whelanはアルミニウム⁽¹³⁾を観察した。アルミニウム中で観察された転位を図3に示す。

Hirschらは単に観察するだけでなく、観察されたTEM像を電子回折理論に基づいて解釈した。二波近似の動力学的回折理論によるHowie-Whelanの方程式によって、積層欠陥や転位など格子欠陥を含んだ結晶の透過波および回折波の強度を計算できる。それらはThe Royal Society of Londonの雑誌などに一連の論文として発表された⁽¹⁴⁻¹⁹⁾。そのうちの電子線の消費効果を論じた論文には当時Oxford大学に留学中の橋本初次郎が共同研究者として入っている⁽¹⁹⁾。こう

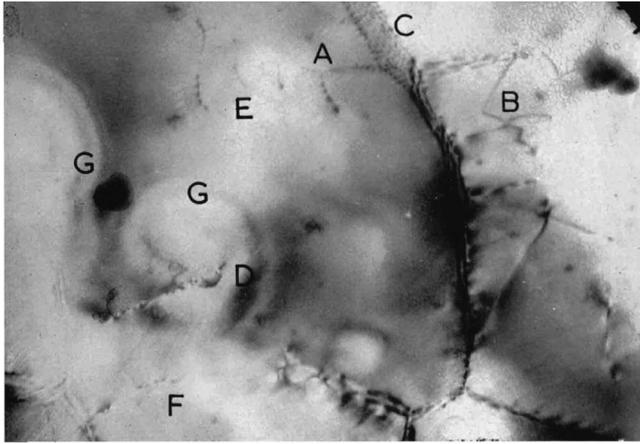


図3 電解研磨で薄片化したアルミニウム中の転位⁽¹³⁾.

した一連の研究によって、明視野像や暗視野像によって観察された積層欠陥や転位など格子欠陥を含んだ薄膜のTEM像の解釈は完成し、その後に電子顕微鏡法のバイブルといわれるElectron Microscopy of Thin Crystalsとして公刊された⁽²⁰⁾。この頃から、金属・合金の格子欠陥を含む微細構造のTEM観察が広範に展開されていった。

格子欠陥像の観察においては、1968年にCockayneらによってweak beam法が提案され⁽²¹⁾、2-10 nmの分解能を持つ観察が可能になり、複雑な転位の微細構造の観察や積層欠陥エネルギーの精密な測定などに利用された。

5. 高分解能電子顕微鏡法の開発と発展

イギリスのJ. W. MenterらがシーメンスのElmiskop Iを使用して、1956年に世界で初めて白金フタロシアニンの1.19 nmの格子像の撮影に成功した⁽²²⁾。1958年には荻田孜らが日立のHU-10で塩化白金酸カリウムの格子像0.56 nmの撮影に成功して当時の世界記録となる⁽²³⁾。その後1968年には0.1 nmを切り、1990年に0.055 nm、1999年に0.048 nmの格子像が得られている。1960年以降はほとんど超高压電子顕微鏡を含む日本製のTEMで記録が得られている。1990年代から新たな発想による収差補正技術が開発され、走査透過電子顕微鏡(STEM)へ適用できるようになり、分解能の向上は収差補正電子顕微鏡によって実現されるようになったが、日本のメーカーの動きは鈍かった。これについては後述する。

薄い結晶試料(<10 nm)からの透過波と回折波を干渉させて得る像のうち、レンズの球面収差を考慮して回折波の位相を広い空間周波数領域に亘って1/4波長(位相 $\pi/2$)ずれるようにする焦点はずしの条件(シェルトワーフォーカス)で得られる高分解能電子顕微鏡像(HREM)は、結晶の静電ポテンシャル(原子配列)を投影したものによく対応し、結晶構造像という。1971年に飯島澄男は、図4に示すような、ニオ

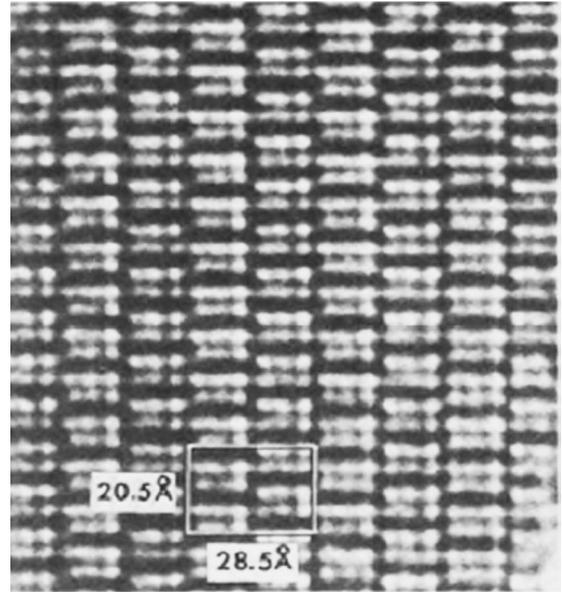


図4 ニオブ・チタン酸化物の結晶構造像⁽²⁴⁾.

ブ・チタン酸化物中の金属原子配列の直接観察に世界で初めて成功している⁽²⁴⁾。

こうした結晶構造像の理論的解析には、マルチスライス法によるコンピュータ・シミュレーションが欠かせない。マルチスライス法は、1957年にオーストラリアのJ. M. CowleyとA. F. Moodieによって導入された動力学的散乱を扱った理論の一つである⁽²⁵⁾。結晶を表面に平行で充分薄いスライスがたくさん積み重なったものとみなし、この結晶に入射した電子が最初のスライスで散乱され位相変化を受け、次のスライスまで伝播する。次々のスライスで散乱と伝播を繰り返して電子線が結晶の下面に到達するものとして、結晶下面での回折強度を計算する。

Cowleyは、その後アメリカのアリゾナ州立大学に移り、HREMのメッカとなる研究室を構築した。飯島もその研究室に12年間滞在し、多くの業績をあげている。CowleyはSTEMに関しても早い時期から関心を抱き、重要な基礎的研究を行っている⁽²⁶⁾。

6. 超高压電子顕微鏡の開発と発展

高い加速電圧の電子顕微鏡は早い時期から関心がもたれ、1950年代後半には300 kVの電顕が稼働していた。1960年代になり、超高压電子顕微鏡(HVEM)設置の機運が高まり、フランスのツールーズのCNRSのG. Dupouyは1962年に1 MVのHVEMを開発している⁽²⁷⁾。日本では1965年に、名古屋大学の上田良二が日立との共同開発で500 kVのHVEMを完成させており⁽²⁸⁾、藤田広志は金属材料技術研究所に橋本宇一所長の協力を得て、島津の500 kVのHVEMを設置している⁽²⁹⁾。同時期に東大物性研と京大化研にも500 kVのHVEMが導入されている。これ以降、日本および海外のメーカーで1 MVのHVEMの開発が続いた。1971

年には、大阪大学に日立製の3 MVのHVEMが設置され、ツールズにも同じく3 MVのHVEMが完成している。1970年代になって、HVEMを利用した研究が活発になってくるが、HVEMは生物試料の観察に期待されていたものの、超薄切片の作製が可能になって、関心が薄れていき、材料科学での利用が進むことになる。HVEMは、国内では1976年までに、北大、東北大、原研、無機材質研、新日鐵、東大、名大、京大、阪大、九大に設置された。1970年代後半には世界中で加速電圧が500 kV以上のHVEMが55機を超えて稼働していた。

HVEMによって、厚い試料の観察が可能になり、バルク材料本来の組織観察が行えるようになった。また、電子線の照射損傷によって生じる格子欠陥の研究が高精度で可能になった。さらに、電子と物質との動力的相互作用によって生じる臨界電圧効果が発見され、それを利用した原子散乱因子などの精密測定がおこなわれた⁽³⁰⁾。試料ホルダーが挿入される対物のレンズの上下ポールピースの間隔が大きいことを利用して、種々の電頭内試料処理装置が製作され、電頭内その場観察実験が精力的に行われた。これについては次節で述べる。

HVEM国際会議は、1969年にUSスチールの研究所があったアメリカのMonroevilleで第1回が開催され、1986年の京都での第8回会議まで続いた。1977年の京都での第5回会議は参加者が300名を超える最大規模のものであった。

1980年以降に、国内では北大(2機)、東北大、日立基礎研(2機)、物材機構(2機)、東大、東工大、名大(2機)、生理研、京大、阪大(2機)、九大に、海外では、アメリカ、フランス、ドイツ、韓国にHVEMが設置されている。このうち、2000年以降に導入されたのは、九大、名大、阪大、日立基礎研(2機)と韓国である。2010年に設置された名大のものは“反応科学超高压走査透過顕微鏡”として、後述のSwannタイプの環境セルを装備した電子プローブ型の走査透過HVEMである⁽³¹⁾。図5は外観の組み合わせ写真で、左が高压発生用と加速管用のタンク、右がHVEMの鏡筒である⁽³²⁾。2015年には日立基礎研に“ホログラフィー電子顕微鏡”が、2016年には阪大に“物質・生命科学超高压電子顕

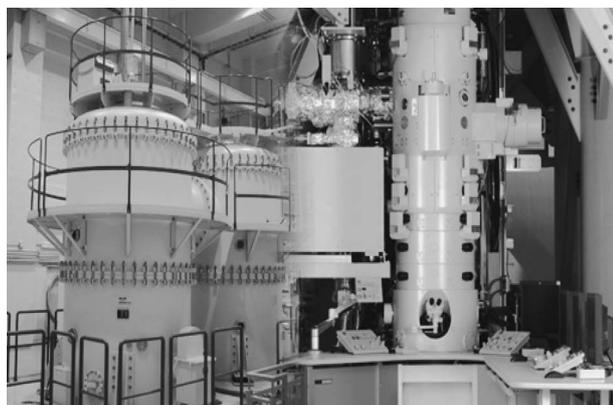


図5 反応科学超高压走査透過顕微鏡JEM-1000 K RS⁽³²⁾。

顕微鏡”が設置されている。

7. 電子顕微鏡内その場観察実験

HVEMによるその場観察実験は、応力印加による変形、加熱や冷却、電子線照射、ガス反応など多岐にわたる。日本では、バルク試料の挙動を再現できる厚い試料を用いたその場変形実験が名大の井村 徹、阪大の藤田広志の研究室を中心に行われた。井村は電子顕微鏡像をテレビカメラで撮影して、ビデオテープレコーダーで記録するシステムを世界に先駆けて開発した。また変形中の試料の応力ひずみ曲線を記録することにも成功し、応力ひずみ曲線と変形組織との対応が取れる電頭試料の作製法も開発している。こうした手法を駆使して、転位の易動度の測定、転位の増殖機構の観察、転位源の種類と寿命の観察、増殖速度の測定、交番応力下での疲労機構の解明など幅広い研究を行っている⁽³³⁾。藤田も種々の金属の塑性変形と転位の挙動を調べ、加工硬化の原因、変形の不均一性の原因、転位と固溶原子との相互作用などの新しい知見を得ている⁽³⁴⁾。

HVEMによるガス反応の研究はインペリアルカレッジのP. R. Swannによって開拓された⁽³⁵⁾。Swannは上下の対物レンズのポールピース間に雰囲気遮断型の環境セルを取り付け、サイドエントリー加熱ホルダーを用いて、ガスを流しながら高温で酸化や還元反応を観察した。鏡筒の真空度を低下させないように、このセルは差動排気方式を採用している。これらに関しては共同研究者のE. P. Butlerらの著作に詳しく記述されている⁽³⁶⁾。

HVEMではない通常のTEMを使ったガス反応の観察は、1950年代後半に京都工繊大の橋本初次郎によって始められ、蛍光板のTEM像を16 mmカメラで撮影して、反応過程を記録した。これは当時世界初の試みで、硫化銅の結晶成長、モリブデンやタングステンの酸化物の結晶成長、ヨウ化銅の水素還元で生じる銅の結晶成長などを観察している⁽³⁷⁾。

1980年代になって、その場観察は原子レベルでの高分解能電頭(HREM)観察が可能になった。その嚆矢となったのは飯島澄男によって1984年に行われた金超微粒子の観察で、金の原子がアメーバのように動く“構造ゆらぎ”現象の発見につながった⁽³⁸⁾。

日立の上野武夫は1993年に高温でHREM観察が容易にできる加熱ホルダーを開発している⁽³⁹⁾。このホルダーは試料加熱部分にタングステンフィラメントを用いて、加熱に要する電力を抑えているのが特長で、加熱しても熱ドリフトが極めて小さいので、HREM観察を続けながらその場観察を遂行しやすくなっている。通常は粉末状の試料を加熱部分に振り掛け、その粉末を電頭観察している。この加熱ホルダーの加熱部分の近くにガス導入口を配置したガス反応観察用のホルダーも開発されている。この上野ホルダーを使用すると、ガス量が少量で済むので、通常の電頭でも鏡筒の真空度をそれほど低下させずにガス導入加熱その場観察が可能になる⁽⁴⁰⁾。

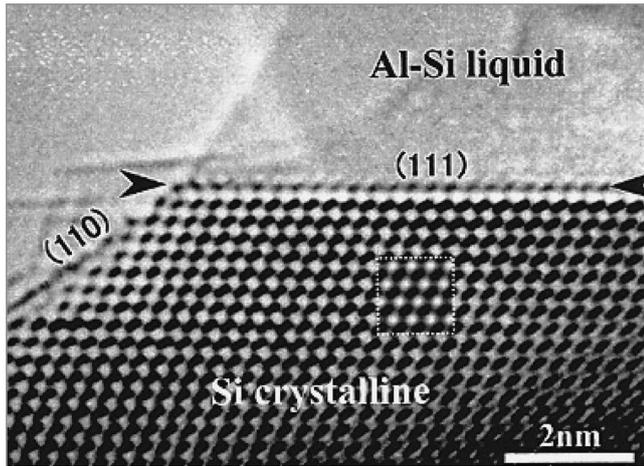


図6 Si結晶とAl-Si合金液相との界面のHREM像⁽⁴¹⁾。

名古屋大学の坂 公恭の研究室では上野ホルダーを使用して、原子レベルでの様々なその場観察を行い、多くの観察が行われてきた。一例にAl-Si合金液相とSi固相の固液界面のHREM観察を示す⁽⁴¹⁾。図6に示すように固液界面近傍の液体領域で原子配列を保つ遷移域の存在が見出されている。

8. 分析電子顕微鏡法の開発と発展

試料に入射した電子と物質の相互作用の結果として、試料から種々の信号が出てくる。それらを利用して、電子顕微鏡による局所形態を観察しつつ、その視野との対応をとりながら、組成分析や構造解析を行うことを分析電子顕微鏡法(AEM)と呼んでいる。電子線を細く絞ったプローブとして入射させるので、走査透過電子顕微鏡(STEM)や走査電子顕微鏡(SEM)と組み合わせることも多い。AEMの定義はいまいで、極微電子回折(ナノ電子回折)や収束電子回折(CBED)などもAEMの機能として扱われることが多い⁽⁴²⁾。

SEMはTEMと同じ頃に開発が始まり、1930年代後半にSTEMがM. von Ardenneによって開発され、1940年代前半に現在のSEMの原型が米国のRCAのV. K. Zworykinによって製作された。しかしながらRCAは開発をほどなく打ち切ってしまう、SEMの開発はしばらくの間途絶えて、1950年代初めにCambridge大学のC. Oatleyの研究室での再開を待たねばならなかった。SEM商用機は1960年代にイギリスや日本で開発され、急速に普及した。

バルク試料に電子線を照射して、特性X線を波長分散型X線分光で分析する電子線マイクロアナライザー(EPMA)は1947年に米国のJ. Hillierによって特許申請されていたが、1949年にフランスのR. CastaingとA. Guinierが実用化を目指した最初の研究を1949年にDelftで開かれた電子顕微鏡会議で発表し、1951年にはCastaingが学位論文にまとめている。フランスのCAMECA社のEPMAの1号機は1955年に完成している。

日本においては1950年代半ばからEPMAへの関心が高ま

り、Castaingが1960年来日し、この年から科研費による総合研究も始まっている。日本におけるEPMAの商用機は1960年代前半に日本電子、日立、明石から発売されている。

TEMにおいても、特性X線による元素分析には当初は波長分散型X線分光(Wavelength Dispersive X-ray Spectrometry: WDS)が用いられたが、装置の設置が大掛かりになり、空間分解能が高くないなど使いにくいことから、1970年代半ばからエネルギー分散型X線分光(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy: EDS)が広く利用されるようになった。ところで、元素の定量分析において用いられるCriff-Lorimer因子はWDS装置で測定され、その報告論文は1975年に公刊されている⁽⁴³⁾。

TEM商用機の電子線のプローブ径が10 nmを切るのは1980年にフィリップスのEM400Tが、対物レンズの前方磁界をコンデンサーレンズとして作用させ電子線を試料上に絞って照射し、後方磁界で結像するコンデンサー・オブジェクトタイプ(C/O)レンズを導入してからである。TEMモードでナノ領域のEDX分析とCBEDが可能になった。これ以降はAEMではC/Oレンズが標準仕様になっていった。また、EM400Tはミニレンズを装備しており、TEMモードで平行ビームによるビームの拡がり容易に実現できた。そのため、TEM像、SEM像、STEM像の切り替えがスムーズに行えた。より小さなプローブ径を使用して、X線の測定可能な信号を得るには、電子線の強度を高めることが必要になる。そのために、電界放出型電子銃が利用されるようになった。

AEMのもう一つの大きな機能である電子線エネルギー損失分光法(Electron Energy-Loss Spectroscopy: EELS)は1944年にJ. HillierとR. F. Bakerによって実験的に切り拓かれた。彼らはTEMに分光器を装備して、炭素、窒素、酸素のK-edgeを観測している⁽⁴⁴⁾。その後、様々なEELS研究が行われたが、TEMによるEELSスペクトル観測の大きな進歩はなかった。

1970年代になってOxford大学のR. F. Egertonは自作の分光器をTEMに取り付けて、EELSスペクトルを観察している⁽⁴⁵⁾。スペクトルは初期には写真乾板に記録されていたが、マルチチャンネルアナライザーを使って時系列的に、特定のエネルギー範囲のスペクトルを記録するserial EELS法が1970年代後半に取り入れられ、当時普及しはじめたマイクロコンピュータによってフロッピーディスクにスペクトルを保存することが可能になった。1980年代になると小さなプローブ径を形成できるAEMが普及して、軽元素分析に使いやすいEELSがEDSを補完するものとしてよく利用されるようになった。その頃から、広いエネルギー範囲のスペクトルを同時に記録できるparallel EELS法が標準の記録方法になっていった。それとともに、エネルギーフィルタリングによる元素分析像観察が普及した。EELS法の原理から応用までについてはEgertonの著作⁽⁴⁶⁾に詳しく記述されている。

9. 走査透過電子顕微鏡の開発と発展

電界放出型電子銃を搭載した走査透過電子顕微鏡 (STEM) は1968年に A. V. Crewe らによって完成している⁽⁴⁷⁾。Crewe らは1970年に STEM による単原子像の観察を行っている⁽⁴⁸⁾。その後 1000 kV の超高压 STEM の完成を目指したが、残念ながら中断に終わっている。

STEM 専用機は1974年にイギリスの Vacuum Generators 社によって HB5 が商用機として製造されている。日本のメーカーは TEM に STEM 機能を装備するハイブリッド型を作り続けて、STEM 専用機が登場するのは1999年になってであった。STEM 専用機への関心の低さは、その後の収差補正電子顕微鏡の開発に日本のメーカーが乗り遅れる原因のひとつであったといえよう。STEM においてもコンピュータによる制御ソフトウェアが重要な役割をするのに対して、その開発に熱心でなかった。こうした収差補正技術の世界的動向と日本の状況については、阿部の報告に詳しい⁽⁴⁹⁾。

STEM における観察方法で特長的な Z-contrast の利用に関しては1979年に最初の論文が出ている⁽⁵⁰⁾。それが環状暗視野 STEM (ADF-STEM) 法として S. J. Pennycook と共同研究者によって完成するのは1990年頃である⁽⁵¹⁾。Z-contrast 像によって、原子の種類まで区別できるようになり、高分解能電顕観察の可能性を大きく広げた。2000年前後から欧米で、そして少し遅れて日本でも収差補正電子顕微鏡のプロジェクトが展開された。その中で原子レベルでの分析機能を発揮しやすい STEM が重視されるようになった。

ADF-STEM は原子番号に比例したコントラストを呈するので、重い原子の可視化に有効である。一方、軽い元素の可視化には角度制御環状暗視野 STEM (ABF-STEM) 法が適用されるようになって、東大の幾原雄一は水素化バナジウム (VH₂) 中の水素の可視化に成功し⁽⁵²⁾、阿部英司は水素化イットリウム (YH₂) の STEM 観察の原子像の水素を含めた強度分布が、計算機シミュレーションと定量的によく一致することを確認している⁽⁵³⁾。最近、柴田直哉と幾原らは STEM と独自開発の多分割型検出器を用いることにより、金原子 1 個の内部に分布する電場を可視化することに成功している⁽⁵⁴⁾。

10. おわりに

本稿では、材料の微細構造研究に貢献してきた種々の電子顕微鏡法の開発から発展の歴史を、とくに開発初期の状況を材料研究と関連づけて記述した。筆者は2011年度から3年間、科学研究費基盤研究(C)で「電子顕微鏡の科学技術史-理論の発展と機器の開発」を行なった⁽⁵⁵⁾。本稿は、その研究過程で著した報告⁽⁵⁶⁾⁽⁵⁷⁾や日本金属学会の講演大会で2012年春期から16年春期まで9回に渡って毎行行った報告を踏まえている。第0分科(材料と社会)からの推薦によって、材料分野の歴史に関わるテーマで、本多記念講演者に選出

いただいたことを大変光栄に感じ、感謝している。第0分科の名称は本年度からなくなるが、材料と社会に関わる研究は学会の存立にかかわる課題でもあり、絶えることなく続けられることを願っている。

文 献

- (1) 小岩昌宏: まてりあ, **48**(2009), 412-419.
- (2) C. S. Smith: A History of Metallography, The University of Chicago Press, Chicago, (1960).
- (3) 小島建治: 透過型電子顕微鏡技術発展の系統化調査, 技術の系統化調査報告第11集, 国立科学博物館, (2008).
- (4) <http://www.microscopy.ethz.ch/history.htm>
- (5) 大久保準三, 日比忠俊: 日本金属学会誌, **1**(1937), 1号 A1-A9, 2号 A93-A101, 3号 A177-A190, 4号 A264-268, 5号 A317-A325.
- (6) <http://www2.iese.or.jp/ver2/honbu/30-foundation/data02/ishi-02/ishi04.pdf>
- (7) 玉蟲文一: 電子顕微鏡, **1**(1950), 35-37.
- (8) 西村秀雄, 高村仁一: 電子顕微鏡, **1**(1950), 42-47.
- (9) 西山善次: 日本金属学会誌 A, **15**(1951), 118-120, 149-154.
- (10) 日本金属学会誌 A, **15**(1951), 11-12号, 376-456.
- (11) R. D. Heidenreich: J. Appl. Phys., **20**(1949), 993-1010.
- (12) W. Bollmann: Phys. Rev., **103**(1956), 1588-1589.
- (13) P. B. Hirsch, R.W. Horne and M. J. Whelan: Phil. Mag., **1**(1956), 677-684.
- (14) M. J. Whelan and P. B. Hirsch: Phil. Mag., **2**(1957), 1121-1142.
- (15) M. J. Whelan and P. B. Hirsch: Phil. Mag., **2**(1957), 1303-1324.
- (16) P. B. Hirsch, A. Howie and M. J. Whelan: Phil. Trans. Roy. Soc. London, **A252**(1960), 499-529.
- (17) A. Howie and M. J. Whelan: Proc. Roy. Soc. London, **A263**(1961), 217-237.
- (18) A. Howie and M. J. Whelan: Proc. Roy. Soc. London, **A267**(1962), 206-230.
- (19) H. Hashimoto, A. Howie and M. J. Whelan: Proc. Roy. Soc. London, **A269**(1962), 80-103.
- (20) P. B. Hirsch, A. Howie, R. B. Nicholson, D. W. Pashley and M. J. Whelan: Electron Microscopy of Thin Crystals, Butterworths, London, (1965).
- (21) D. J. H. Cockayne, I. L. F. Ray and M. J. Whelan: Phil. Mag., **20**(1969), 1265-1270.
- (22) J. W. Menter: Proc. Roy. Soc. London, **A236**(1956), 119-135.
- (23) T. Komoda and S. Sakata: J. Electron Microsc., **7**(1959), 27-31.
- (24) S. Iijima: J. Appl. Phys., **42**(1971), 5891-5893.
- (25) J. M. Cowley and A. F. Moodie: Acta Cryst., **10**(1957), 609-619.
- (26) J. M. Cowley, Appl. Phys. Lett., **15**(1969), 58-59.
- (27) G. Dupouy and F. Perrier: Ann. Phys., **8**(1963), 251-260.
- (28) R. Tadano, H. Kimura, S. Katagiri, M. Nishigaki, R. Uyeda, Y. Sakaki, S. Maruse, K. Mihama and Y. Kamiya: J. Electron Microsc., **14**(1965), 88-92.
- (29) H. Fujita, Jpn. J. Appl. Phys., **5**(1966), 729-729.
- (30) たてば総説に, 渡辺伝次郎, 寺崎修: 電子顕微鏡, **11**(1976), 121-125.
- (31) 田中信夫, 白倉治郎, 楠美智子, 斎藤弥八, 佐々木勝寛, 丹司敬義, 武藤俊介, 荒井重勇: 顕微鏡, **46**(2011), 156-159.
- (32) http://nagoya-microscopy.jp/equipment/eq_19.html
- (33) たてば総説に, 井村徹: 電子顕微鏡, **12**(1977), 7-14.
- (34) たてば総説に, 藤田広志: 電子顕微鏡, **12**(1977), 2-6.
- (35) H. M. Flower, N. J. Tighe and P. R. Swann: High Voltage Electron Microscopy - Proceedings of the 3rd International Conference, ed. P. R. Swann, C. J. Humphreys and M. J. Goringe: Academic Press, London, New York, (1974), 383-395.

スピン偏極パルス透過電子顕微鏡の開発

桑原 真人*

1. はじめに

透過電子顕微鏡(TEM)や走査電子顕微鏡(SEM)に代表される電子顕微鏡は、これまでにウィルスやナノ構造炭素材料の発見から、元素位置や欠陥、界面構造などの種々の微細構造の解明、さらにはナノデバイスの不良解析に至る幅広い分野へ貢献を果たしている⁽¹⁾⁻⁽³⁾。また近年、電子線用収差補正技術の確立、微分位相コントラストやホログラフィーによる高分解能の位相マッピング、高速・高感度イメージングセンサの発展、クライオ電子顕微鏡と単粒子解析によるタンパク質構造解析の進展など、今後さらに多くの分野への応用・発展が期待される分析手法である⁽⁴⁾⁻⁽⁸⁾。

しかし、プローブ電子をもちいたナノメートルオーダーの局所構造解析では、静的物性またはマイクロ秒程度の時間平均した情報に限られてきた。この要因は、連続的な電子線を利用していること、電子線用イメージングセンサのシャッタ速度の律速によるところが大きい。また、1980年代後半のBostanjogloらによるHigh-speed streak-imaging electron microscopeの開発が進められたものの、電子線偏向器の速度限界により時間分解能は数十ナノ秒程度に限られてきた⁽⁹⁾。

この時間分解能の限界を突破する手法として近年、パルスレーザーと光電効果を利用したパルス電子線源が電子顕微鏡に応用され、ナノ秒から数百フェムト秒の時間分解能を有する電子顕微鏡が開発されている。これらは大きく3つの種類に分別される。一つは時間分解した回折図形取得を行うUltrafast Electron Deflection(UED)、シングルショット撮像によるTEM像取得を行うDynamic TEM(DTEM)、そしてストロボ撮像による時間分解TEMイメージングを実現するUltrafast Electron Microscope(UEM)である。これらの電子源には、熱電子源用チップまたは金属カソードが用いられ、数ナノ秒~数百フェムト秒の時間分解能が実現されている⁽¹⁰⁾⁻⁽¹³⁾。また、金属ターゲットに大強度レーザーを照

射し、電子放出点近傍で既に数MeVの電子エネルギーを有するパルス電子線発生が実現しており、シングルショットUEDへの応用が期待されている⁽¹⁴⁾。一方シングルショット撮像が可能なDTEMは、高い電荷量を持った数十nsのパルス電子線発生により、非可逆過程のTEM観察を可能にする電子顕微鏡である。シングルショットTEM像の時間シリーズは結像レンズ下の静電型高速デフレクター(電子線の進行方向をマイクロ秒以下で変調するための偏向器)により記録素子上に並べられ、物質の反応経過を時系列に撮像する⁽¹⁵⁾。UEMはストロボスコピックな実験手法となり観察対象は可逆過程に限られる。しかし、積算することで撮像に必要な電子数を確保することが可能となり、1パルス当たりの電荷量は小さくて良く、数百フェムト秒までの超短パルス動作が可能となる。UEMの電子源には、LaB₆や銀カソード等に紫外レーザーによる光励起により駆動するものが利用されており、強度の高い紫外光源を必要とすることからパルス駆動のみ可能となっている。このUEMは多方面で精力的に進められており、カルフォルニア工科大学、EPFL、Göttingen大学、Strasbourg大学で既に実現されている⁽¹⁶⁾⁻⁽¹⁸⁾。また現在開発が進められている仏国CEMESではコヒーレントなパルス電子線利用を目指しており、カソードには冷陰極電界放出電子源とレーザーを組み合わせた方式を採用している⁽¹⁹⁾。

これらとは一線を画す方法として我々は半導体フォトカソード電子源を採用したスピン偏極パルス透過電子顕微鏡(SPTEM)を開発し、コヒーレント時間分解TEM像の取得、高いエネルギー分解能を有する時間分解EELSの実現を進めている。この半導体フォトカソードは、負の電子親和性(NEA: Negative Electron Affinity)表面を介して電子放出がなされ、高い量子効率と高いスピン偏極度の両立が可能な方式である。偏極度および量子効率はそれぞれ約90%、0.5%が実現されており、さらに表面電荷制限現象の克服により高い繰返し周波数でサブピコ秒パルスビーム生成が可能

* 名古屋大学 未来材料・システム研究所 附属高度計測実践センター; 准教授(〒464-8601 名古屋市千種区不老町)
Development of Spin-polarized Pulse-TEM; Makoto Kuwahara (Advanced Measurement Technology Center, Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, Nagoya)
Keywords: *transmission electron microscope, spin, pulse, photocathode*
2019年2月12日受理[doi:10.2320/materia.58.269]

となっている⁽²⁰⁾⁽²¹⁾。また SPTEM を用いて、半導体フォトカソードが高輝度かつ低エネルギー分散の電子波であることが明らかとなってきている⁽²²⁾⁽²³⁾。

2. NEA 表面を有する半導体フォトカソード

(1) 負の電子親和性(NEA)表面

p 型半導体の清浄表面にアルカリ金属を一原子層程度蒸着すると、その真空準位は伝導帯下端のエネルギーよりも低くなる。この表面状態を負の電子親和性(NEA: Negative Electron Affinity)表面といい、伝導帯底に存在する低エネルギー電子を真空中に取り出すことが可能となる。SPTEM では、この半導体部分に GaAs-GaAsP 歪超格子を主に用いている。半導体フォトカソードでは、次の三つの過程を経て電子線が生成される。まず、(i)半導体バンドギャップ程度のエネルギーを持つレーザー光を照射し、活性層の伝導帯に電子を励起する。その後、励起電子は(ii)表面へと拡散し、(iii)NEA 表面を介して真空へ放出される(図1)。金属カソードや LaB₆ を用いた光陰極材料では、近紫外レーザーにより数 eV の真空準位を越えるエネルギーを電子に与え、光電子放出を実現しているのに対して、NEA 表面を有する半導体フォトカソードではバンドギャップ程度の光子エネルギーで光電子放出が可能となる。

(2) 時間応答性能と光-電子変換効率(量子効率)

通常の金属フォトカソードでは、紫外レーザーにより物質中に励起された電子はエネルギー緩和を強く受けながら表面近傍へと拡散してくる。この緩和過程を経てもなお表面の真空準位より大きなエネルギーを持つ一部の電子が電子線として取り出される。このエネルギー緩和過程は数十 fs と早いいため、脱出できる電子の物質内平均自由行程は数 nm と浅い⁽²⁴⁾。このため、金属カソードではフェムト秒の超高速電子パルス生成が容易に可能となる。しかし、エネルギー緩和により励起した電子の殆どが脱出できず、その量子効率は

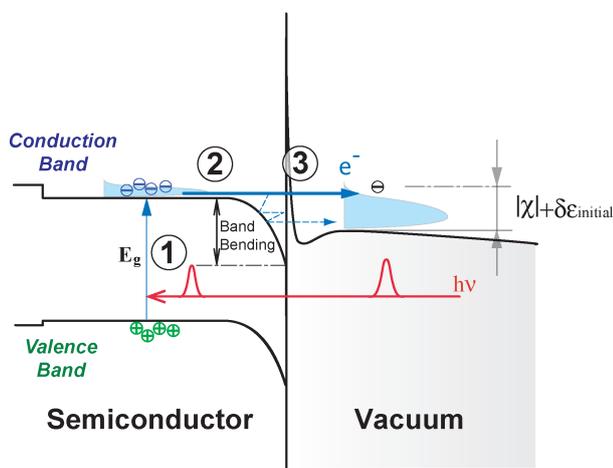


図1 電子放出機構とエネルギー分散幅。

Cu において励起波長266 nm で $5 \times 10^{-4}\%$ 程度と非常に低い⁽²⁵⁾。

一方、NEA を用いた半導体フォトカソードは、伝導帯下端にエネルギー緩和した電子であっても真空中に取り出すことが可能である。伝導帯下端の電子は再結合により消滅するがその再結合時間は100 ps 程度と長いため、100 nm の活性層厚の拡散時間が数 ps であることを考慮すると、非常に効率の良い光陰極であることが分かる⁽²⁶⁾。不利な点は拡散時間によりパルス幅が律速されてしまうことである。しかし、活性層の厚みを減らし拡散距離を短くすることで、サブピコ秒パルスの発生が可能となる。実際に、数ピコ秒までの早いパルス生成が確認されており、ほぼ固体内部の拡散速度程度の早さで電子放出が起こっていることが確かめられている⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾。

3. 半導体フォトカソードを用いた透過電子顕微鏡

(1) 装置の概要

図2に NEA 表面を有する半導体フォトカソードを搭載した SPTEM の装置構成を示す。電子顕微鏡本体は超高真空対応300 kV 透過電子顕微鏡 H9000-UHV(日立製作所製)をベースに開発を行った。本装置において NEA フォトカソード型 DC 電子銃から放出された電子は、スピン制御器を介して電子顕微鏡本体へと入射される。この電子銃では、背面照射型フォトカソードを採用することで大きな光収束角を可能にし、励起レーザーのスポット直径1.8 μm を実現している⁽²⁹⁾。これにより、輝度はショットキー型電子源と同等かそれ以上の性能が期待される。さらに電子銃の引き出し電界は、空間電荷効果を抑制(輝度の低下を抑制)するために、フォトカソード表面上で4 MV/m の高い電場勾配になるよう設計されている。これにより、高い電荷量を持ったパルス電子線発生が可能となる。また安定的に電子顕微鏡を動作させるために、電子銃の真空度は 10^{-10} Pa 台の極高真空を実現し、NEA 表面劣化を抑制している。電子顕微鏡本体とレーザー光学系は別に設置されており、カソードへのレーザー照射は光ファイバーを用いて行われる。これにより、TEM 鏡体とレーザー光学系との相対的な振動をキャンセルすることができ、安定した電子線光源位置の確保が可能となっている。また、真空外部より試料励起用レーザーを導入可能であり、ポンプ光で物質を励起させプローブ電子で観測するポンプ-プローブ実験が可能となる。電子パルス幅測定にはフェラデーカップ型電流モニターを設けることで、ナノ秒までの電子パルス幅を直接観察する。ピコ秒パルスの場合には、静電型高速偏向器を用いたストリーク法によりパルス幅を測定する⁽²⁸⁾。本装置では記録装置としてシンチレーターを介した CCD カメラ(Gatan 社製 Orius SC200)とエネルギー損失分光装置(Gatan 社製 ENFINA)を有している。

SPTEM では、連続電子線からピコ秒までの時間変調した電子線の発生が可能であり、広いダイナミックレンジを有する時間分解能が実現される。レーザー光学系はパルス電子線

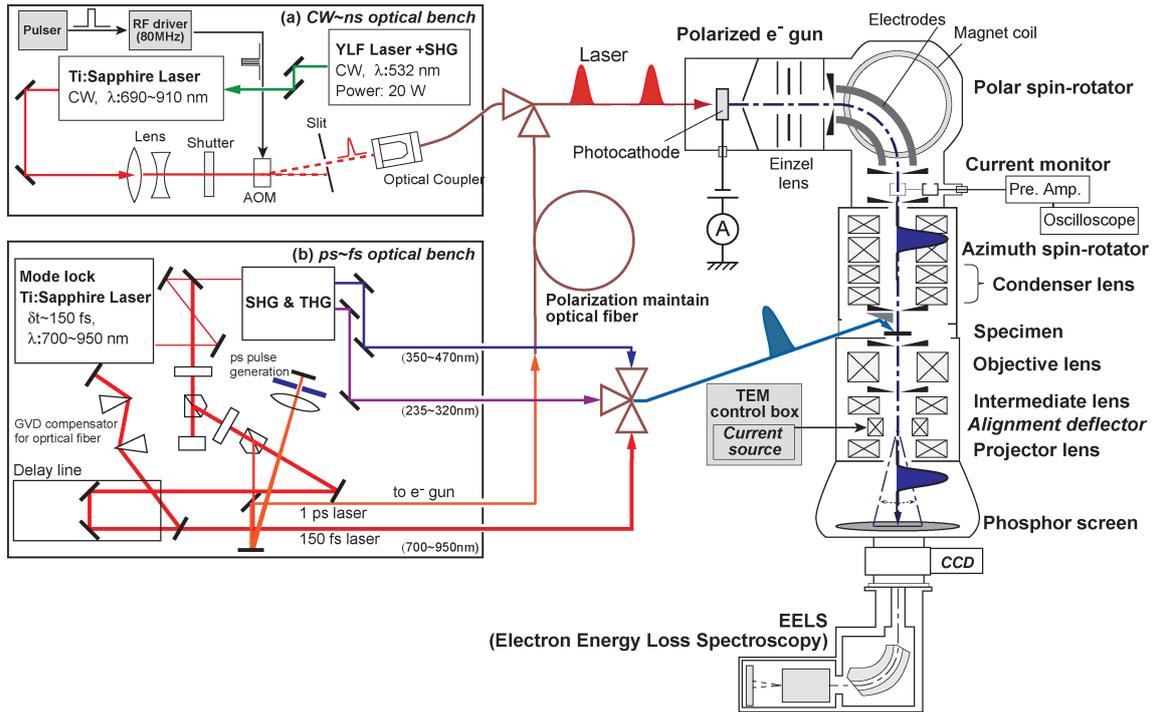


図2 SPTM と電子源駆動レーザーおよび試料励起用レーザーの構成。

のパルス幅により2つの光学台から構成されている。一つは、CWレーザーを音響光学変調器(Acousto-Optic Modulator: AOM) (または電気光学変調器(Electro-Optic Modulator: EOM))で強度変調することにより、連続(CW: continuous wave)モードから2 nsパルス電子線までの電子線発生が可能となる光学系である。もう一つの下段の光学系では20 psから180 fsのパルス幅が発生できる。またレーザー行路を2方向に分割し、一方に光路差を調整する遅延機構を備えることで、ポンプレーザーとプローブ電子線からなる時間分解測定を可能にしている。また、波長幅選択によるピコ秒パルスレーザー生成系と群速度分散補償系が備わっており、光ファイバー伝送中に発生する群速度分散を相殺し、励起レーザーのパルス幅増大を抑制している。

(2) プローブ電子線の基礎特性

SPTMでは連続モードにおいて、TEM像および回折図形の取得が可能であることを確認し、平面から放出される電子源を用いた初めての例となった。また、電子エネルギー損失分光(EELS)におけるゼロロスピーク幅から現行の最高輝度を有する電界放出型電子源を越える240 meV以下の狭線幅を有することが確認された(図3)⁽²²⁾。これはEELS分析においてエネルギー分解能に寄与する性能であり、詳細な組成分析や小さなエネルギー分裂を検出することが可能となる。また色収差の低減による分解能の向上、モノクロメータによる極単色化における高輝度電子源として利用が期待される。EELスペクトルにおけるゼロロスピークは非対称なスペクトル形状をしており、正のエネルギー損失側の急峻な立ち下りは低いバックグラウンドの実現につながる。この特

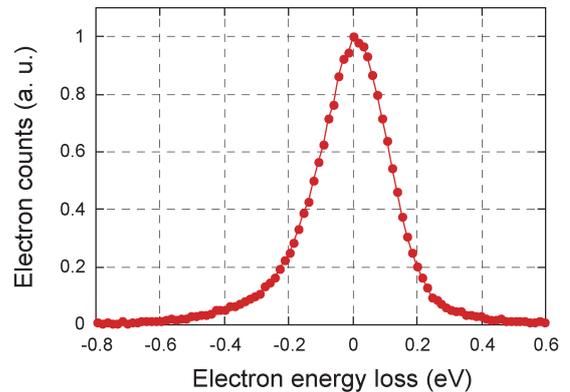


図3 エネルギー損失分光スペクトルにおけるゼロロスピーク形状。

徴は、プラズモンやバンド間遷移などの数 eV 程度の低エネルギー領域で起きるエネルギー損失において分析精度の向上に大きく貢献する。平面の半導体フォトカソードから放出される電子線の輝度を計測した結果、ソース電流2.5 μA において $3.8 \times 10^7 \text{ A cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ @30 keV であることを直接測定した。これはビームエネルギー200 keV において $3.1 \times 10^8 \text{ A cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ に相当し、ショットキー電子源と同等の輝度である⁽³⁰⁾。次に、カソード放出面上でのエミッタンスについても実測を行い、規格化した横方向の運動量拡がりを出した。その結果を図4に示す。これより、30 keV における電子ビームの拡がり角は2 mrad程度であり、電子が高い平行性を持って半導体フォトカソード表面から放出されることが確認された⁽²³⁾⁽³¹⁾。この横方向の運動量拡がりには、半導体中

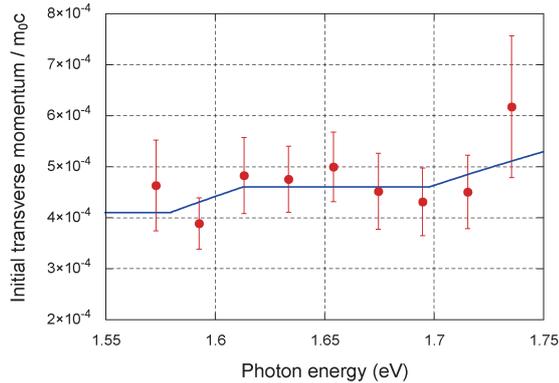


図4 電子線発生時の横方向運動量広がりと励起エネルギー依存性。実線は理論から予想される運動量広がり。

の波数-エネルギー分散特性，輸送中のエネルギー緩和，固体中における電子の有効質量により特性が決定される．近年，市橋らによる角度分解光電子分光(ARPES)測定により，NEA表面を介した光電子のエネルギー分散計測が行われた⁽³²⁾．そのエネルギー分散は伝導帯底付近の波数特性を反映した分散構造を有していることが実測されている．特に，SPTEMで使用している半導体の活性層厚は100 nm程度と薄いため，伝導帯底の波数-エネルギー空間における分散曲線を強く反映する．半導体中における波数の広がりが均一であると過程すると，平面から放出される電子の横方向運動量広がり $\langle p_{\perp} \rangle / m_0c$ は，電子親和度 χ_{NEA} と伝導帯底から見た光励起電子のエネルギー δE を用いて， $\sqrt{\{k_{\text{B}}T + 2(\chi_{\text{NEA}} + \delta E) / 3\} / m_0c^2}$ と表される⁽²³⁾．このため，伝導帯底へ励起した電子を活用できるNEAフォトカソードでは，エネルギー幅と横方向運動量分散が同時に小さい状態を実現することが可能となる．この性能は電子波のコヒーレンス特性に重要な意味を持つ．実際に本装置をもちいて電子線バイプリズムにより生成した干涉縞(図5)から，試料面上で150 nm以上の可干涉長を有していること，その平行度は $(1.76 \pm 0.3) \times 10^{-5}$ radであることが確認された⁽²³⁾．これは電子波束が 4×10^{-6} の高い縮退度を有し，高い偏極度，高い輝度，長いコヒーレント長から量子干涉効果(アンチバンチング)の増幅が期待されることを示している⁽³³⁾．

4. パルス電子線発生と時間分解測定への応用

SPTEMでは連続動作とパルス動作において，フォトカソードに照射するレーザー径およびその位置は変化しない．このため，空間電荷効果がない場合，その光源位置およびビームエミッタンスは両動作条件において同じである．このため，電子光学条件を一定にしていれば，試料位置における電子線の干涉性は連続動作とパルス動作で同じになる特徴を持つ．これは，電子源の量子効率が十分に高いため使用するレーザー強度は低くて良く，小型のレーザー光源や光ファイバーによるレーザー輸送が容易にできることが関わっている．

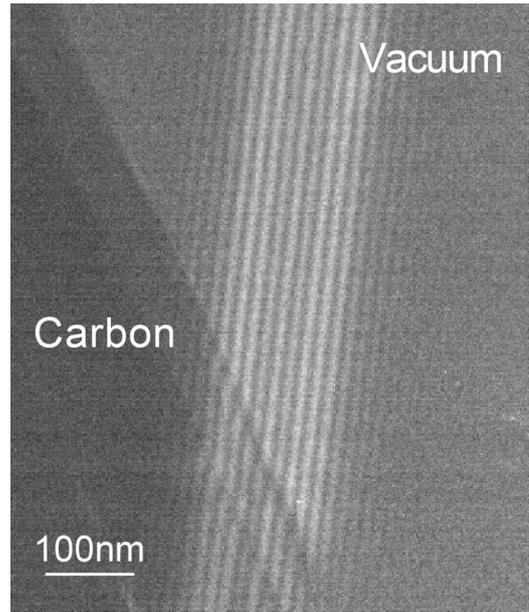


図5 連続電子線による干涉縞の様子．干涉縞は電子線バイプリズムを用いた電子波の重ね合わせにより実現されている．

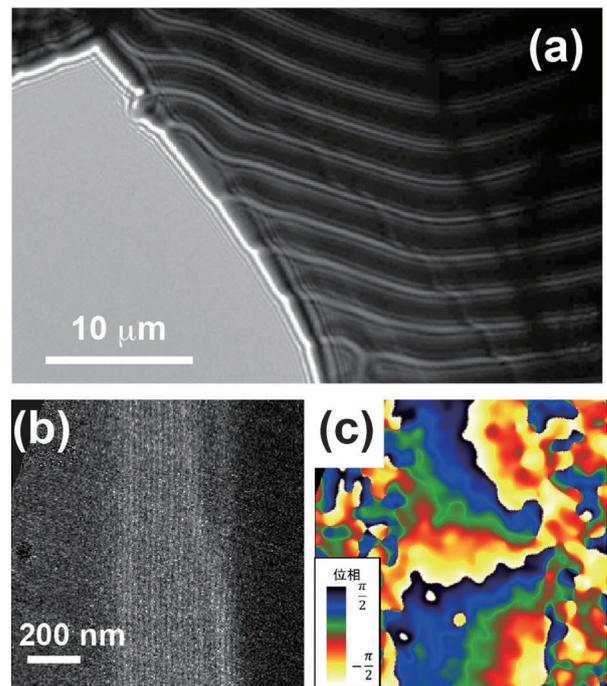


図6 (a)連続電子線による磁区構造観察(ローレンツ顕微鏡像)，(b)ピコ秒パルス電子波による電子線ホログラム．(c)パルス電子線ホログラフィー(b)を用いて抽出した位相像．

連続動作時の干涉実験と同様に，電子線バイプリズムを用いてピコ秒パルス電子線による干涉縞が得られるかを実験し，パルス電子による時間分解位相情報の抽出が可能であることを明らかにした⁽³⁴⁾．図6にパルス動作時における電子線ホログラフィーの一例を示す．試料は $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ をアルゴンイ

オンミリングにより薄片化したものであり、室温において試料内部は迷路状の磁区ドメインを有する。本試料は名古屋工業大学の浅香透准教授よりご提供いただいた。パルス電子線によるホログラフイーには、試料中の磁区構造が真空境界付近まで存在する箇所を用い、真空中に漏れ出す磁場を計測した。図 6(a) にローレンツ像により観察した磁区構造を示す。試料端の磁壁位置のフレネル縞が曲がっていることから磁場が真空中に漏れていることが推察される。図 6(b) は 80 MHz の 16 ps パルス幅の電子線を用い、露光時間 5 秒で取得した電子線ホログラムである。干渉縞は電子線バイプリズムを用いて、漏れ磁場によって変調を受けた電子波(試料の界面付近)と、参照波(真空領域)を重ね合わせることで生成される。フーリエ変換再生法を用いて干渉領域の位相抽出を行った結果、図 6(c) に示す磁場分布を反映した時間分解位相像を得た。ここで、図 6(c) は位相を二倍増幅し位相変化を強調して表している。この等位相線図は試料からの漏れ磁場の分布に対応している。

しかしながら、図 6(b) のホログラムを見て分かる通り、電子線ホログラフイーに利用できる電子線量が連続動作に比べて少ない。これは、パルス電子線のピーク輝度は連続動作時よりも高いが、そのデューティ比(パルス幅とパルス間隔の比)が低いことにより、時間平均したときの輝度は低く見えてしまうことに起因する。一方、パルス動作において電荷量をさらに増やそうとすると、ベルシェ効果を含む空間電荷効果による輝度の低下、パルス幅やエネルギー幅の増大が生じてしまう。このため、パルス当たり詰り込められる電子数には限界が存在する。本装置においても、空間電荷制限現象によりエネルギー幅の増加、干渉性の低下などが実験的に確かめられている⁽³⁵⁾。空間電荷効果を含むシミュレーションにより、空間電荷制限効果は電子線の加速部分で起こっていることが解明されており、その加速電場の改善が問題克服の鍵となる。

5. 高輝度パルス電子線の実現に向けて

TEM においてコヒーレントなピコ秒パルス電子線発生を実現してきた。しかし、電子線発生部における空間電荷効果により、パルス当たりの電子数に制限が生じることも明らかとなった。この制限のため、ストロボ撮像法による時間分解測定では 1 回の像取得に長い時間を要してしまう。さらに、シングルショット撮像法においては像取得に必要な電子数確保と撮像時間(または TEM 像の拡大率)とトレードオフ関係により、非可逆過程の観測における時間分解能が数百ナノ秒程度に留まっている。このため、投影型像取得の強みである非可逆過程の観察を大きく発展させるには、電子線発生部の高性能化による高輝度パルス電子線発生の実現が必要不可欠である。高密度なパルス電子線発生には、高い初期加速電場と速やかな相対論領域への加速が有効であり、図 7 に示すシミュレーション結果もそれを支持している。図 7 は 1 ps パルス幅で電子線発生させた時の規格化輝度が、電荷量に

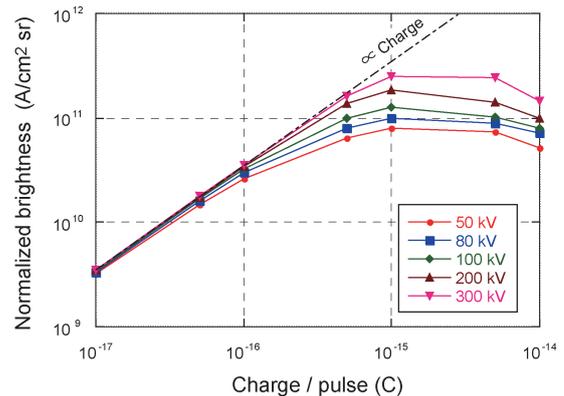
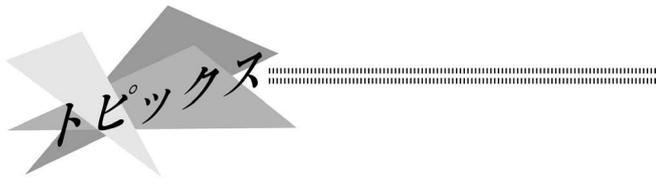


図 7 空間電荷効果を考慮したシミュレーションにより算出した規格化輝度の電荷量依存特性。

応じてどのように変化するか、加速電圧と併せてプロットしたものである。ここで、加速電圧による輝度の増幅を無視するため、電子線進行方向の運動量を m_0c とすることで規格化を行っている。また図中の一点鎖線は輝度が電荷量に比例する場合の直線を表している。このシミュレーションは加速勾配の増加に伴い、線形性から外れる電荷量が大きくなることを示唆している。その結果、最高輝度を実現する電荷量は加速電圧が高い方が大きいことがわかる。一方、装置自体の高度化によっても時間分解能の限界が存在するため、分析機自体の高度化だけではなく、情報学的アプローチによる超低ドーズ量画像処理を組み合わせることが今後必須と考えられる。動的観察では像全体が大きく変化することはなく、その一部分の変化を捉えることが主であるため、データとしてはスパースとなる。このため、圧縮センシングや辞書学習を用いた画像解析の導入が適している⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾。量子効率の高いフォトカソードを活用する装置では、連続駆動からピコ秒動作までの広いダイナミックレンジを電子光学系の変更無しで実現できる。これにより、超時間分解測定前後の像取得が可能となるため、十分なコントラストをもつ参照像を取得できる。この特徴を活かすことで、低いコントラストの時間分解測定像それぞれを圧縮センシングにより回復させることが可能となり、超低ドーズ量での時間分解測定が期待できる。このように装置の高度化と新たな画像解析手法の相乗効果により、利用可能な電子線量を余すことなく利用し、電子顕微鏡の時空間分解能の限界を越えていくことが今後の課題となる。

6. おわりに

半導体フォトカソードを利用した SPTEM では、これまでにピコ秒パルス電子線発生とそれを用いた TEM 像、干渉縞観測までを実現した。ここで紹介した時間分解測定結果はすべてストロボスコープ的な測定方法によるものであり、UEM モードでの時間分解測定を可能とする内容である。今後は、局所状態を時間軸で捉えることで過渡現象を含む物質の動的性質を明らかにし、エネルギー損失過程の解明を目指



高校生を含めたポスターセッション 第2弾

～第44回「若手フォーラム」報告～

岡山大学准教授；竹元 嘉利

広島大学准教授；宮岡 裕樹

JFE スチール㈱；新垣 之啓

岡山理科大学教授；清水 一郎

岡山理科大学名誉教授；金谷 輝人

2019年2月16日(土)に岡山市のピュアリティまきびにて第44回「若手フォーラム」を開催しました。午前中に中四国支部の若手研究者による講演を2件行い、午後からは昨年度に引き続き高校生を含めたポスターセッションを行いました。ポスターは合計53件で昨年と同数でしたが、高校生の発表が昨年より3件増え15件となりました(表1)。参加者は108名で、うち高校関係者が43名でした。高校生のポスター発表は独創的でおもしろいテーマが多く、中には作品を持参して発表していたものもありました。また、1件につき4、5名で発表するスタイルが多く、ポスターの前には常に人だかりができていました(図1)。

今回は昨年度の反省を踏まえ、ポスターの申し込み締め切りを早めたことで、予めポスタープログラムを配信でき、日本金属学会および日本鉄鋼協会のホームページにもプログラムを掲載していただけました。その甲斐があつてか、一般からの参加者もありました。

ポスター発表は1時間ずつの3部構成で行い、第3セッション終了時に高校生の発表に対して、支部より認定証を授与しました。最後のあいさつでは、2019年9月に岡山大学で全国大会が行われ、ここでも高校生のポスター発表を募集

表1 高校生のポスター発表題目。

1	酸化物高温超電導体の短時間合成方法の開発	岡山県立玉野高等学校
2	タコの吸盤の構造の再現に関する研究	岡山県立玉野高等学校
3	モデルロケットの安定性向上に向けた研究～Girls' Rocketry Challenge 2018の取り組み～	岡山県立玉野高等学校 倉敷市立東陽中学校 岡山県立倉敷天城中学校
4	LMガイドを用いた誰もが弾く喜びを感じられるギター演奏サポート装置の開発	岡山県立玉野高等学校
5	岡山県産果物を用いたバイオマス発電の方法に関する研究	岡山県立玉野高等学校
6	備前焼における緋襷と胡麻の生成過程について	岡山県立玉野高等学校
7	ウミホタルの個体に負担の少ない音による発光条件の特定	岡山県立玉野高等学校
8	タンポポの綿毛の構造と運動の再現に関する研究	岡山県立玉野高等学校
9	ザ・チリメンモンスター	岡山県立玉野高等学校
10	自動展開式テントの機構の考案	岡山県立岡山一宮高等学校
11	高吸水ポリマーによる吸水の特性の調査と新しい機能の開発	岡山県立岡山一宮高等学校
12	トレハロースが金属樹に与える影響	岡山県立岡山一宮高等学校
13	クモの白帯の形状と昆虫誘引の関係	岡山県立岡山一宮高等学校
14	加熱処理が与える野菜の抗酸化活性への影響	清心女子高等学校
15	ローズマリー成分による植物性油の酸化制御	清心女子高等学校

すること、および、2020年2月15日(土)に若手フォーラムを開催するので、より一層のご協力をお願いして閉会しました。高校の先生方からは全国大会にも前向きにご検討いただけることや、他校の先生方にもアナウンスしていただけるなどのお言葉を頂き、今から楽しみにしております。最後に本フォーラムを実施するにあたりご協力いただいた関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

(2019年3月11日受理)[doi:10.2320/materia.58.275]

(連絡先：〒700-8530 岡山市北区津島中3-1-1)



図1 ポスターセッション風景。

工夫を凝らした作品に終始人だかりができていました。緊張している人、場慣れしている人、もの凄くアピールしてくる人もいました。高校生からは研究や将来のことなど色々な相談を受けました。発表を無事終えて認定証授与の時には皆嬉しそうでした。

研究室紹介

名古屋大学大学院工学研究科 材料 デザイン工学専攻 シンクロトロン 光応用工学研究グループ

名古屋大学シンクロトロン光研究センター；

教授 高嶋圭史
准教授 伊藤孝寛

我々の研究室名は、工学研究科においては「材料デザイン工学専攻先端計測分析講座シンクロトロン光応用工学研究グループ」であるが、著者の二人とも名古屋大学シンクロトロン光研究センター(名大SRセンター)に所属しており、工学研究科を兼務している。高嶋は加速器物理学が専門で、公益財団法人 科学技術交流財団・あいちシンクロトロン光センター(あいちSR)⁽¹⁾光源課を兼職し、あいちSRの光源加速器の運転、整備等に関わっている。一方で、伊藤の専門は物性物理学であり、同じくあいちSRにおいてビームライン課を兼職し、あいちSRをはじめとするシンクロトロン光利用施設において、光電子分光法により材料の電子状態の解明を行っている。

専門の異なる我々が工学研究科において1つの研究グループを構成している理由は、あいちSRとして結実した名古屋大学のシンクロトロン光利用施設の建設計画に大きく関係している。名古屋大学では、1991年頃から有志によりシンクロトロン光利用施設計画が進められており⁽²⁾⁽³⁾、当時より

工学研究科所属の教員が中心となって活動を進めてきた。その後、現在のあいちSRとなる「中部シンクロトロン光利用施設(仮称)」計画が現実動き出す中で、計画を推進するための中心となる研究室を配置するため、加速器を担当する高嶋と、シンクロトロン光ビームライン及び測定装置を担当とする伊藤の二人が、2010年4月に当時のマテリアル理工学専攻材料工学分野において1つの研究室を構成することとなった。

あいちSRは、現時点で国内で最も新しいシンクロトロン光利用施設である。建屋の建設は2010年夏にはじまり、1年後には加速器装置類の搬入、組み立て、シンクロトロン光ビームライン装置類の設置等が行われ、2012年3月に加速器の調整運転がはじまった。2012年7月18日には電子蓄積リングから初めてシンクロトロン光の放射(First Light)が確認され、シンクロトロン光ビームラインや測定装置の調整を経て、2013年3月26日に施設の供用が開始された。

あいちSRの設計では、これまでに蓄積された多くの知見と経験を踏まえながら独自のアイデアも盛り込み、比較的小規模であるが、線形加速器、ブースターシンクロトロン、電子蓄積リングの3種類の加速器を備えている。そのため、供用開始当初からトップアップ運転が出来ている(光が常に一定)。施設の面積を抑えるために、電子蓄積リングの内側にブースターシンクロトロン、さらにその内側に線形加速器を配置している(図1)。

シンクロトロン光は、周回している電子などの荷電粒子がその軌道を磁場によって曲げられた所で発生する電磁波である。最近のシンクロトロン光利用施設では、光源としてアンジュレータと呼ばれる磁石列を配置した装置が導入されることが多く、電子ビームはアンジュレータによる周期的な磁場の影響を受けて、ある波長で非常に輝度の高いシンクロトロン光を発生する。あいちSRでも1台のアンジュレータが導入されている。シンクロトロン光の発生源として、電子を周回軌道に沿って曲げる偏向電磁石からの光の利用も行われて

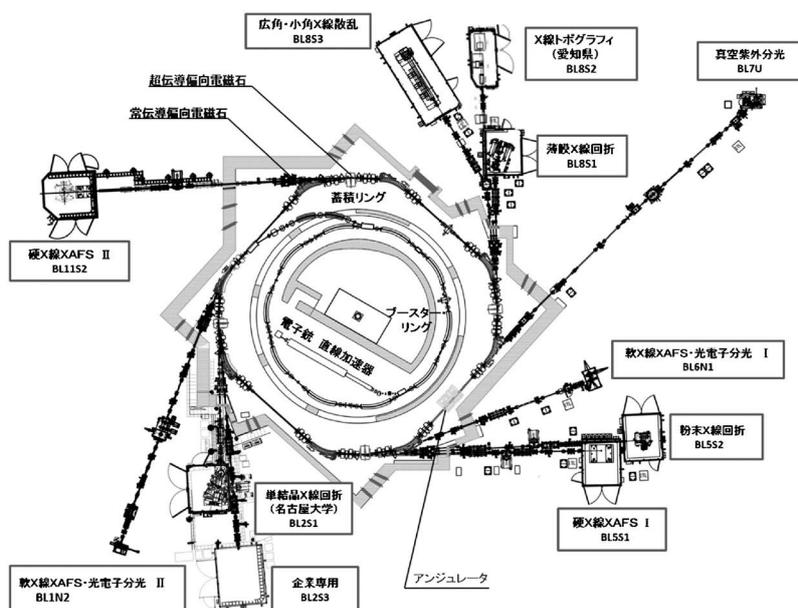


図1 あいちシンクロトロン光センターにおける加速器およびシンクロトロン光ビームラインの配置。

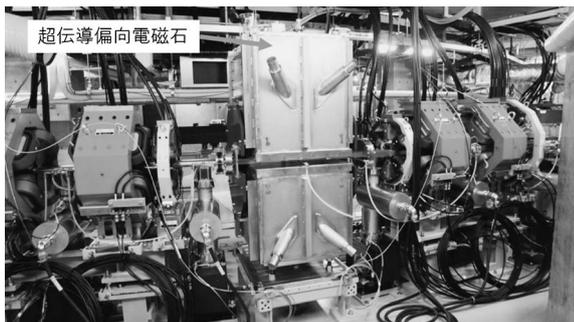


図2 あいちシンクロトロン光センターの超伝導偏向電磁石.

いるが、多くは常伝導電磁石を用いたものである。あいちSR加速器の最大の特徴は、シンクロトロン光の発生源として超伝導偏向電磁石(図2)も採用している点にある。あいちSRは、名古屋大学における初期の計画段階から、工学分野での利用が想定されており、光のエネルギーとして20 keV程度の硬X線領域のシンクロトロン光を実用的な強度で発生することが求められていた。小規模の施設でこれを実現するための方法として、蓄積リング内の電子ビームのエネルギーを1.2 GeVと低めに設定して周長を短くし、12台の偏向電磁石のうち4台をピーク磁束密度5 Tの超伝導電磁石とすることにより、26 keV程度のX線まで利用が可能となっている。この超伝導電磁石は、液体ヘリウムなどの冷媒を使用せず、4K-GM冷凍機による直接冷却方式を採用しており、米国バークレーのシンクロトロン光利用施設であるALSなど、一部での使用例はあったものの、光源加速器に用いられる例は少なかった。分子科学研究所 UVSOR や KEK-PF, 放射線医学総合研究所(当時)の協力を得ながら、私たちの研究室で電子ビームへの影響の評価や、テスト機を用いた冷却、励磁実験を行うなど検討を行った。

研究室内の加速器グループでは、あいちSRの計画段階より加速器の構成や加速器中での電子ビームの運動、発生するシンクロトロン光の強度などの検討を行い、施設が完成した後は各加速器において電子ビームを正常に加速、蓄積するための調整運転や加速器の整備等を行ってきた。また、将来に向けた加速器の性能向上の提案についても基礎研究を行っている。これらは、ビーム物理学分野における研究課題であり、研究室に配属される学生数名のうちの2/3に加速器のグループに入ってもらい、名古屋大学シンクロトロン光研究センターやあいちSR、さらにはUVSORの加速器関係者とともに研究を進めている。

あいちSRにはシンクロトロン光を利用するためのビームラインが現在11本設置されている(図1)。伊藤は、この中のBL7Uと呼ばれているビームラインおよび測定装置を利用して、共同研究者や学生とともに様々な材料の電子状態に関する研究を行っている。

材料における機能特性を支配する「電子状態(バンド構造およびフェルミ面)」を表面-界面-バルクにおいて明らかにすることは、種々の機能性が発現するメカニズムを理解する上で最も直接的なアプローチとなる。角度分解光電子分光法(ARPES)は、励起光を試料に照射した際に表面から放出さ

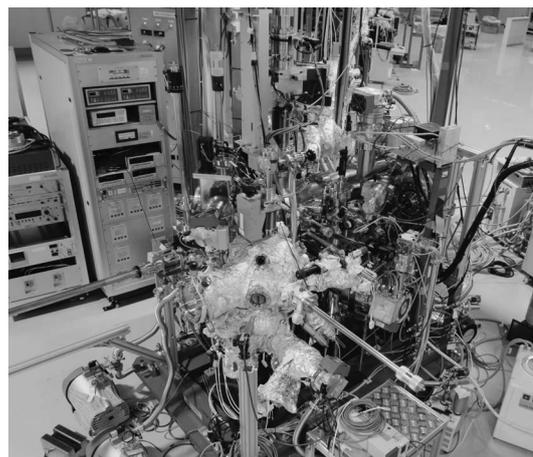


図3 あいちシンクロトロン光研究センターにおける真空紫外ビームラインBL7Uに設置された角度分解光電子分光装置.

れる光電子の運動エネルギーを放出角度の関数として検出することで、材料表面や内部の電子状態を直接観測する強力な手法として知られている。特に、シンクロトロン光を光源として利用したARPES法は、高輝度シンクロトロン光のエネルギー可変性、マイクロフォーカスおよび直線/円偏光特性を利用することで、電子状態を3次元逆格子空間における特定の点において選択的に、電子軌道対称性や空間ドメイン構造単位まで分離して観測することができる。そのため、材料の機能特性を決定づける相互作用を明らかにする上で特に重要な手法となる。当研究室では、BL7Uにおいて、愛知県やあいちSRのスタッフとの協力のもとで、機能性材料の機能性メカニズム研究を目的とした装置の開発(図3)を行い、開発した装置を用いた電子状態の直接観測から、材料の機能性発現のメカニズムに対する知見を得、これまでにない新たな機能性マテリアルの創出へとつなげることをコンセプトとした電子分光物性研究を推進している。更に、実空間画像により試料表面における測定位置をモニタしながら計測可能なマイクロスコープを用いた試料位置モニタシステムなどを開発・設置などの整備も並行して行い、ユーザー利用促進の側面においても貢献している。

我々の研究グループはこれまであいちSRの計画、建設後の加速器やビームライン・測定装置の調整、高度化などに関わってきた。今後もそれらを継続して行うとともに、所属する専攻をはじめ、名古屋大学や他大学、あるいは企業からのシンクロトロン光利用者の研究開発が進むよう努力していきたい。

文 献

- (1) <http://www.astf-kha.jp/synchrotron/>
- (2) 高嶋圭史, 加藤政博, 渡邊信久, 保坂将人, 竹田美和, 山根隆, 曾田一雄: 放射光, **21**(2008), 10-19.
- (3) 竹田美和, 渡邊信久, 高嶋圭史, 加藤政博, 保坂将人, 伊藤孝寛, 山本尚人, 曾田一雄, 桜井郁也, 原玲丞, 八木伸也, 竹内恒博: 放射光, **23**(2010), 88-95.

(2019年1月31日受理)[doi:10.2320/materia.58.276]
(連絡先: 〒464-8603 名古屋市長千種区不老町)

本 会 記 事

会 告	技術賞, 功績賞, 谷川・ハリス賞, 増本量賞, 研究技術功労賞候補者推薦依頼	278
	2019年秋期講演大会の外国人特別講演および招待講演募集	278
	日本金属学会主催国際会議提案募集	278
	会誌・欧文誌編集委員会からのお知らせ	278
	研究集会	279
	2019年秋期講演大会講演募集および参加募集	282
	2019年春期講演大会記録	293
支部行事		279
新入会員		296
掲示板		280
まてりあ次号予告		296
会誌・欧文誌5号目次		295
行事カレンダー		297

- ・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)

第61回技術賞, 第78回功績賞, 第59回谷川・ハリス賞, 第26回増本量賞, 候補者推薦依頼

下記の推薦をお願いします。

推薦を求める賞(2020年3月に授賞予定)

技 術 賞(第61回) 功 績 賞(第78回)

谷 川 ・ ハ リ ス 賞(第59回) 増 本 量 賞(第26回)

推薦締切: 各賞共通 2019年7月1日(月)

候 補 者: 各賞共通 個人を対象とします

推薦資格: 各賞共通 本会社員(代議員)または、3名以上の正員による連名

*候補者本人による推薦書の提出は認めておりません。

詳 細: まてりあ4号224頁

第51回研究技術功労賞受賞候補者の推薦依頼

代議員・支部長の推薦締切日: 2019年7月1日(月)

推 薦 者: 本会社員(代議員)または支部長

詳 細: まてりあ4号224頁

2019年秋期講演大会の外国人特別講演および招待講演募集

推薦締切: 2019年5月31日(金)

詳 細: まてりあ3号164頁

ホームページ: 講演大会→お知らせ→2019年秋期講演大会のご案内

日本金属学会主催国際会議提案募集

推薦締切: 2019年5月31日(金)

詳 細: まてりあ3号164頁

ホームページ: イベント→国際会議

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
調査・研究: 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
<https://jim.or.jp/>

会誌・欧文誌編集委員会からのお知らせ

日本金属学会誌 特集企画の投稿募集

■固体中の水素と材料特性 IV (Special Issue on Hydrogen and Materials Characteristic in Solids IV)

2015年に開催された気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)にて合意されたパリ協定の「2°Cシナリオ」: 世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保つとともに、1.5°Cに抑える努力を追求する。を達成するため、現在、世界中で様々な取り組みが成されている。日本では、国内温室効果ガスの排出量を、2030年までに2013年度比の26%、2050年までに80%削減するという目標が掲げられている。これらの厳しい目標を達成するためには、自然エネルギーをはじめとした再生可能エネルギーの大量導入は必要不可欠であり、様々な分野において利用技術の研究開発が精力的に進められている。水素は、種々の自然エネルギーから生成され、且つ利用の際に水しか排出しないためクリーンなエネルギー媒体として注目されており、我が国のエネルギー基本計画においてもその重要性が示されている。2020年に開催の東京オリンピック・パラリンピックでは、日本の水素技術を世界に向けて発信するための準備が進められており、水素社会実現の礎となる基盤技術の研究開発はますます加速している状況にある。事実、水素及び水素由来のエネルギーキャリア(有機ハイドライド、アンモニア等)に関する国内プロジェクトでは、具体的な社会実装をイメージした実証研究が多数実施されている。

日本金属学会誌では2013年に特集「固体中の水素と材料特性」を企画し、これまで2015年、2016年の計3回にわたり、様々な分野からの研究論文を掲載してきた。これらの特集号は、上述した社会情勢とも相まって大変な好評をいただき、今回第4回を企画するに至った。水素は最も小さな元素であり、且つ多種多様な反応性を示すことから、水素貯蔵から水素脆化というように研究分野は非常に多岐にわたる。本特集で持ち寄られた広い分野からの研究知見を基に、2°Cシナリオの実現、温室効果ガス80%削減という難題を解決するためのブレイクスルーとなる研究が創出されることを期待したい。

上記テーマに関する特集を、日本金属学会誌84巻3号(2020年3月発行)に予定しております。多数ご投稿下さいますようお願いいたします。

掲載予定号：第84巻第3号(2020年)
原稿締切日：2019年9月2日(月)

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

欧文誌 特集企画の投稿募集

Materials Science on Mille-Feuille Structure(ミルフィーユ構造の材料科学)

我が国で開発された、従来の常識を覆す高強度を示した LPSO 構造型 Mg 合金の研究を通して、①ミクロな硬質層・軟質層の相互積層により構築される「ミルフィーユ構造」の②高温加工による著しい材料強化現象「キンク強化現象」が見いだされ、金属のみならずセラミックス、高分子、材木、地層から数学に至る広いサイエンス領域への適用とそこからのフィードバックが期待されています。本特集号では、この新概念のさらなる展開に関するあらゆる分野の実験・理論・計算からの最新の研究開発成果の論文を広く募集します。

上記テーマに関する特集を、Materials Transactions 61巻3号(2020年3月発行)に予定しております。多数ご投稿下さいますようお願いいたします。

掲載予定号：第61巻第3号(2020年)
原稿締切日：2019年9月2日(月)

- 投稿に際しては、日本金属学会 欧文誌投稿の手引・執筆要領(本会 Web ページ)に従うこと。
- 通常の投稿論文と同様の審査過程を経て、編集委員会で採否を決定する。
- 著者は、投稿・掲載費用をご負担願います。

問合せ先(会誌・欧文誌共通)

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

欧文誌投稿・審査システム移行のお知らせ

2019年4月より、欧文誌の投稿・審査システムが新しくなりました。
新投稿・審査ページ <https://mc.manuscriptcentral.com/matertrans>

詳細は、日本金属学会欧文誌投稿の手引・執筆要領(本会 Web ページ)をご参照願います。
なお、日本金属学会誌の投稿・審査システムはこれまでと同様です。



支部行事



2019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開催のお知らせ

日本金属学会および日本鉄鋼協会両北海道支部共催の合同サマーセッションを下記のように開催いたしますので、会員各位の活発な討論の機会となりますよう多数のご参加をお願い申し上げます。

開催日 2019年7月5日(金)
会場 北見工業大学 講堂(〒090-8507 北見市公園町165番地)
参加費 一般3,000円、学生1,000円の参加費を申し受けます。
連絡先 〒050-0087 北海道室蘭市仲町12番地
日本製鉄株式会社 室蘭技術研究部内
日本鉄鋼協会北海道支部事務局 吉田邦彦
☎ 0143-47-2651 FAX 0143-47-2760
E-mail: mu_tekkyo@jp.nipponsteel.com
詳細 ホームページ：イベント → 支部行事

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 「2019年度 夏の学校」講演・参加者募集

研究会開催の趣旨

「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、2015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。

「2019年度 夏の学校」は、9月23日から25日の3日間、石川県「石川県青少年総合研修センター」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12日(金)までに、参加の希望は7月26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 2019年9月23日(月)午後～9月25日(水)午前
場所 石川県青少年総合研修センター(〒920-0834 金沢市常盤町 212-1)
☎ 076-252-0666 <http://www.ishikawa-seisoken.jp/>
参加費 3,000円
宿泊費 宿泊1泊(夕朝食付) 約13,000円
宿泊2泊(夕朝食付) 約26,000円
(宿泊費は部屋によって異なる場合がございます。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：2019年7月12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：2019年7月26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 ☎ 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もございます。
 - 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：イベント→支部行事
https://jim.or.jp/EVENTS/group/grp_index.html

掲 示 板

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

◇東北大学金属材料研究所 原子力材料工学研究部門 助教 公募◇

公募人員 助教 1名

(東北大学は，男女共同参画を推進しています。子育て支援の詳細等，男女共同参画の取組については下記URLをご覧ください。

URL: <http://www.bureau.tohoku.ac.jp/danjo/>)

所 属 東北大学金属材料研究所原子力材料工学研究部門
 専門分野 原子力・核融合材料に関わる研究。所属部門教員と共同して意欲的に取り組んでいただける方であれば，これまでの経験は問わない。

応募資格 博士の学位を有する方，あるいは着任予定時期までに博士の学位を取得見込みの方

着任時期 決定後，できるだけ早い時期

勤務形態 常勤 任期あり 7年(再任審査後最長で3年の更新)

待 遇 東北大学の規定による

公募締切 2019年7月31日(水) 必着

提出書類

- (1) 履歴書(写真添付)
- (2) 研究業績リスト((原著論文，国際会議の発表・プロシーディング，著書，特許，競争的資金獲得状況，論文引用度データ等)，論文データベース個人ID(例えばResearcherID)があればリストの初めに記載。)
- (3) 主要論文別刷3編(コピー可)
- (4) これまでの研究概要(2,000字程度)
- (5) 着任後の研究計画(2,000字程度)
- (6) 推薦書，または照会可能者1～2名の氏名と連絡先

書類送付先

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1

東北大学金属材料研究所 原子力材料工学研究部門
教授 笠田竜太

☎ 022-215-2065 ☎ 022-215-2066

E-mail: r-kasada@imr.tohoku.ac.jp

※応募書類の封筒表面には「原子力材料工学研究部門助教応募書類」と朱書きし，書留にてお送り下さい。

※応募書類の返却は致しません。

※履歴書は本応募の用途に限り使用し，個人情報とは異なる理由なく第三者へ開示することは一切ありません。



2019年度活動中の研究会

10テーマ研究会

No.	名 称	活動期限	代表世話人
1	70 プラストンに基づく変形現象研究会*	2013年3月～2021年2月	乾 晴行(京 都 大 学)
2	72 水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会*	2014年3月～2022年2月	折茂 慎一(東 北 大)
3	75 キンク研究会	2015年3月～2020年2月	中島 英治(九 大)
4	76 高温変形の組織ダイナミクス研究会	2015年3月～2020年2月	佐藤 裕之(弘 前 大)
5	77 高度超塑性成形研究会	2016年3月～2021年2月	佐藤 英一(宇宙航空開発機構)
6	78 触媒材料の金属学研究会	2017年3月～2022年2月	亀岡 聡(東 北 大)
7	79 金属・無機・有機材料の結晶方位解析と応用技術研究会	2017年3月～2022年2月	高山 善匡(宇 都 宮 大)
8	80 高エネルギー環境用材料評価研究会	2018年3月～2023年2月	橋本 直幸(北 大)
9	81 材料機能特性のアーキテクチャー研究会	2018年3月～2023年2月	木村 好里(東 工 大)
10	82 微小領域の力学特性評価とマルチスケールモデリング研究会	2019年3月～2024年2月	大村 孝仁(物・材機構)

* 期間延長研究会

◇2019年度研究会活動が始まっております。皆様の積極的なご参加をお願いいたします。
 活動内容は，本会ホームページ(分野委員会・研究会)でご紹介しております。



◇国立研究開発法人物質・材料研究機構
定年制職員(正職員)公募◇

公募人数

研究職 分野別公募 各1名(9分野)
物質・材料一般(分野不問) **数名(女性枠あり)**

エンジニア職 分野別公募 各1名(3分野)

専門分野

研究職

①物質・材料一般(材料工学(構造材料・セラミックス・微粒子/粉体), 応用物性工学(デバイス材料・化合物半導体・センサー材料・電池材料・磁性材料・ナノマテリアル), 材料化学(無機材料・有機材料・バイオマテリアル), 材料データ科学, 他, 物質・材料に関する分野), ②物質・材料一般(女性のみ応募可), ③圧電材料(電気機械結合材料), ④マルチスケール計算材料科学, ⑤磁化ダイナミクス計測, ⑥構造用セラミックス・複合材料(CMC), ⑦材料強度, 物理冶金, ⑧溶接・接合技術, ⑨材料を基盤とするメカノバイオロジー, ⑩ナノバイオサイエンス, ⑪表面物理計測, 表面分光

エンジニア職

①化学分析・機器分析による元素定量分析, ②スパコン運用, 技術開発・支援, ③IT基盤全般(主に情報通信ネットワーク及び基幹ITサービスならびにITセキュリティ)

公募締切 2019年6月19日(水)

業務(研究)内容, 応募資格, 応募方法などの詳細は当機構のホームページを参照.

<https://www.nims.go.jp/employment/permanent-researcher.html>

問合せ先 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

国立研究開発法人物質・材料研究機構

人材部門 人材開発・大学院室

☎ 029-859-2555

E-mail: nims-recruit@nims.go.jp

助成

(公財)泉科学技術振興財団
2019年度研究助成等の募集

研究助成(高度機能性材料およびこれに関連する科学技術の基礎研究分野における真に独自の発想に基づく新しい研究に対する助成)助成金額: 1件100万円以下, 45件.

研究集会スタートアップ及びその飛躍への助成:

助成金額: 1件20万円~80万円, 8件以内.

募集期間 2019年4月1日~2019年6月15日(必着).

応募方法 詳細は下記ホームページをご参照下さい.

連絡先 〒531-0072 大阪市北区豊崎 3-9-7

公益財団法人 泉科学技術振興財団

<http://www.izumi-zaidan.jp/>

☎ 06-6373-1811 E-mail: info@izumi-zaidan.jp

助成

◇2019年度 技術研究助成 募集要項◇
公益財団法人 JFE21 世紀財団

1. 助成対象となる研究

鉄鋼技術研究: 鉄鋼材料, 製造プロセス, 鉄鋼副産物を対象とする基礎/応用研究

計測・制御・分析・計算科学・数値解析等で鉄鋼を対象とする関連技術や生産技術の研究を含む.

地球環境・地球温暖化防止技術研究: 地球環境保全と地球温暖化防止を目的とした技術開発を対象とするエンジニアリング(工学)に関係する基礎, 応用技術の研究

* 研究分野の範囲は, 財団 HP 掲載の募集要項別紙「研究分野分類表」をご覧ください.

2. 助成件数と助成金額

件数 25件(原則) (200万円/件)	鉄鋼技術研究 地球環境・地球温暖化防止技術研究	概ね12~3件 概ね12~3件
-------------------------	----------------------------	--------------------

3. 研究期間

原則1年間(2020年1月研究開始・同年12月終了・2021年1月報告書提出)

但し, 2年間を上限として延期・延長は可(その場合2022年1月報告書提出)

4. 応募資格者

日本の国公私立大学または公的研究機関に勤務(常勤)する研究者であって国籍は問わない. なおグループでの研究の場合, 代表研究者以外の共同研究者は3名以内で, 大学院生および外国の大学, 日本の他の大学や公的研究機関に所属する研究者も可とする. 2015~17年度の本研究助成を代表研究者として受領した者は, 代表研究者としての応募はできない.

5. 申請の手続き

本財団ホームページ(HP)の申請様式に記入し, HP内の申請画面から財団に送信する.

財団 HP: <http://www.jfe-21st-cf.or.jp/>
受付開始: 4月22日(月), 締切: 6月21日(金)

6. 審査・選考と助成研究(者)の公表

7月~9月に審査委員会による審査・選考を行い, 9月末に応募者に結果を通知する.

同時に財団 HP 等で, 助成研究者と研究テーマ等を公表する.

* 詳細は財団 HP: <http://www.jfe-21st-cf.or.jp/> をご覧ください.

* お問合せ先(財団事務局): ☎ 03-3597-4652

E-mail: zai21c@jfe-21st-cf.or.jp



2019年秋期(第165回)講演大会講演募集

◎2019年秋期講演大会を下記の通り開催いたします。

会 期：2019年9月11日(水)～9月13日(金)

会 場：岡山大学津島キャンパス(〒700-8530 岡山市北区津島中2-1-1)

共 催：岡山大学

*今秋期講演大会申込より下記の点が変更になります。ご注意およびご理解頂き、お申込下さいますようお願い申し上げます。

- ① 講演概要原稿はPDFでのアップロードに変更となります。
- ② 講演概要集DVDは廃止**となり、概要はWEBからのダウンロードとなります。(WEB公開後、参加申込者のみにダウンロード用パスワード発行。ただし、公開日から1年後はフリーアクセスとなります。)
- ③ 一般講演、ポスターセッション申込のセッション分類が改編されました。
- ④ 申込要領に変更がありますのでご留意下さい。(同一研究室の連続講演について等。)
- ⑤ 「参加証引換券」は郵送いたしません。各自「大会マイページ」から印刷し、金属学会大会受付で参加証と引き換えとなります。(懇親会参加証は従来通り郵送致します。)

講演申込受付・概要原稿提出を下記日程で行います。

講演を申込される前に下記をご確認下さい

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)。

- 講演申込は同時に大会参加の事前予約が必要です。期日までに参加費を納入下さい。
- 原則、講演申込者＝講演発表者であること。(「申込要領」5.を参照)
- 本会の会員パスワードを紛失または忘れた方は、本会ホームページより再発行を行うこと。セキュリティ上、電話やメールでの発行は出来ません。

講演申込ホームページアドレス	https://www.jim.or.jp/convention/2019autumn/
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28日(火)13時～7月5日(金)17時
講演についての問合せ先：公益社団法人日本金属学会 講演大会係	annualm@jim.or.jp 〒980-8544 仙台市青葉区一番町1丁目14-32

これから入会して講演申込をされる方へ

- 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。
- 年会費納入期日までに会費の払込がない場合は、プログラムに掲載されていても、講演不許可の措置をとります。
- インターネットでの入会申込み下さい。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。

入会申込 URL	https://www.jim.or.jp/member/mypage/application.php
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)
入会申込期限	7月3日(水)
年会費納入期限	7月31日(水)
入会・会費の問合せ：会員サービス係	member@jim.or.jp

**講演概要集DVD発行の配布廃止と変更について

講演大会委員会では、本講演大会より利用者の利便性を向上させるため、これまでの講演概要集DVDでの発行は廃止とし、概要はウェブサイトからのダウンロードによる配布に変更することと致しました。ご理解を宜しくお願いいたします。

講演申込要領

※一般講演およびポスターセッションの申込は、講演セッションキーワード一覧から、第1希望および第2希望のセッションキーワードを選択する。キーワードへの申込数および内容を参考に最終的に組入れるセッションを確定します。

※申込方法について

すべての申込はWEB申込です。

※講演時間・概要サイズについて

すべての概要原稿のサイズはA4版縦1ページです。

講演種別	概要サイズ	申込方法	発表件数	講演資格	講演時間	討論時間
公募シンポジウム	A4 1頁	WEBのみ	いずれか 1人1件※	<ul style="list-style-type: none"> ・個人会員 ・非会員は登壇費が必要 	10分～20分	5分～10分
一般					10分	5分
ポスターセッション					…	…
共同セッション					15分	5分

※**発表件数**：講演発表は、公募シンポジウム、一般講演、ポスターセッションのいずれか1人、1件とし、講演種別を選択し申込をする。ただし、招待講演、受賞講演、基調講演等の特殊講演は上記の適用外とする。

1. 発表内容

- (1) 内容：未発表のもので、講演としてまとまったものに限る。
- (2) 言語：日本語もしくは英語。

2. 講演資格

講演者は、年会費および参加費納入済の本会個人会員(登壇費不要)、非会員および個人会員ではない維持員会社社員は下記大会参加費と登壇費の前納を条件とし、講演申込ができる。ただし、期日までに年会費の支払いのない場合は、申込の講演を不許可とする。

非会員の申込方法：

「講演申込」の各講演メニューにある「新規登録」の「非会員の方はこちらからお申込み下さい」から講演申込ができます。

		年会費	大会参加費	1講演登壇費	合計
非会員	一般	—	前納 24,000円	10,000円	34,000円
	学生	—	前納 14,000円	5,000円	19,000円
非会員(個人会員ではない維持員会社社員)	一般	—	前納 10,000円	10,000円	20,000円

3. 講演者変更および講演取消しについて

- (1) 申込後の安易な講演者変更や取り消しは認めない。
- (2) やむを得ない理由により講演者を変更する場合は、事前に事務局に連絡する。当日、変更が生じる場合は、座長の了解を得ること。ただし、変更する講演者は概要著者(共同研究者で且つ会員)であること。

4. 連続講演の希望について(下記条件全てを満たした希望にのみ配慮する。)

- (1) 同一のセッション名で申込みすること。
- (2) 申込備考欄に連続希望する講演の順番、発表者名、タイトル、(可能なら受理番号)を記入する。
- (3) 申込締切前の希望であること。(備考欄に記入であること。)
- (4) 原則、同一研究室内で3件以上の連続講演は認めない。

5. 講演日の希望

申込時に備考欄に記入のこと。ただし、セッションの日程上、希望に添えないこともある。申込締切後の希望は受け付けない。

6. 講演発表の際の注意事項

- (1) プロジェクターは全会場に設置する。ただし、パソコンは講演者で用意し、操作する。
- (2) プロジェクター接続ケーブルはRGBのみ用意あり、それ以外の接続コードは発表者で用意する。
- (3) 講演時間は厳守する。

7. プログラム

プログラムは7月末頃ホームページに掲載予定です(会報付録は9月1日発行号)。

ポスターセッションについて

1. 展示方法：ポスター1発表につきパネル1枚を準備します。ポスターボードのサイズなどは8月にホームページに掲載の「ポスター作成要領」参照。
2. 優秀ポスター賞：エントリー制です。エントリーした発表を審査員が採点して優秀ポスターを選出し、「優秀ポスター賞」を贈呈する。

エントリーの要件

- ①発表時点で、30歳以下の学生および30歳以下の若手研究者。(年齢はポスター発表時点で、30歳以下の者)
 - ②過去のこの賞の受賞の有無は問わない。
3. 選考対象外のポスター：①発表者が病欠等の場合、申し出があれば代理発表は可能。
②ポスターのみの掲示も可能だがその旨を事前に事務局へ連絡する。
上記の場合、優秀ポスター賞の授賞対象から外れる。

鉄鋼協会との共同セッションについて

本会と日本鉄鋼協会と下記の共同セッションを実施している。ただし、講演件数や発表内容によっては関連する一般講演に移ることもあります。【発表に際しての注意】：相互聴講参加申込による講演発表は不可。
プログラムは両会のプログラムに掲載。

- ①「チタン・チタン合金」(2019年秋の会場は鉄鋼協会会場)
- ②「超微細粒組織制御の基礎」(“ 金属学会会場)
- ③「マルテンサイト・ベイナイト変態の材料科学と応用」(“ 鉄鋼協会会場)
- ④「高温溶融体の物理化学的性質」(“ 金属学会会場)

講演概要原稿作成方法と公開について

今大会より題目・著者・本文の完成版 PDF でのアップロードとなります。(大会受付システムトップページ(WEB 画面)のテンプレートをご利用下さい。)

講演申込と講演概要原稿は同時提出する。(※同時に行わない場合は、講演申込として受理されない)

言語：日本語または英語。

原稿分量：A4 判縦 1 頁(テンプレートをご利用下さい。)

講演概要集公開日：2019年 8 月 28 日(水)

※提出された概要原稿分量が規定サイズより大小する場合は、上記サイズに縮小または拡大して掲載いたします。

- (1) PDF 形式の原稿で提出(WEB 申込では画面上でテンプレートを利用し作成下さい)。ファイルを PDF 形式へ変換する際は、フォントの埋め込み作業を必ず行って下さい。
- (2) 発表者氏名の前に必ず○印を付ける(WEB 申込では画面上で講演者をチェックする)。
- (3) 原稿修正：原則、提出期限を過ぎた原稿修正・差替は出来ない。
- (4) アップロードの際、文字、図表等の品質を確認する。
- (5) 原稿のサイズ：A4 縦 1 頁(右記参照)

【作成上の留意点】

- ・タイトル、著者、所属は Web 入力の登録データと同一のものを入力して下さい。
- ・ポイントサイズは自由ですが、タイトル、著者、所属、本文、図面を A4 縦サイズ 1 枚に収めて下さい。
- ・特殊講演(基調、受賞、特別、招待など)は緒言、実験方法、結果が含まれなくても良い。
- ・本文フォントは明朝と Times Roman を推奨します。
- ・図面のカラー作成が可能です。
- ・最終的には PDF ファイルに変換しアップロードして下さい。
- ・アップロードされたまま公開されますので、PDF 作成の際はご注意ください。
- ・ファイルを PDF 形式へ変換する際は、フォントの埋め込み作業を必ず行って下さい。

サンプル：概要原稿テンプレートで作成できます

日本金属学会講演題目

Title of Abstract of The Japan Institute of Metals and Materials

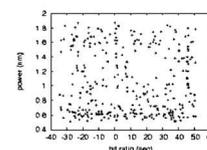
勤務先所属略称¹、勤務先所属略称² ○発表者氏名 (M2)¹、共同研究者氏名^{2,...}

Kinzoku Univ.¹, Inst. of Kinzoku², Speaker (M2)¹, co-author², ...

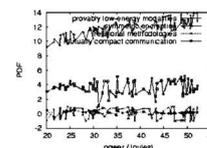
※学生表記区分 (記載例：姓名 (M2)¹)

学部生：B、修士課程：M、博士課程：D、ポスドク：P

【緒言 Introduction】*****



【実験方法 Experimental】*****



【結果 Results】*****

講演概要の WEB 公開

事前参加予約をされ、参加費を納入された方へは、概要公開日に概要ダウンロード用パスワードをメールにて配布いたします。当日参加申込の方へは申込の際に概要ダウンロード用パスワードをお渡しいたします。

特許関係のお手続きは、公開日までにお済ませ下さい。尚、公開日より 1 年後はフリーアクセスとなります。

講演大会概要の投稿要領

講演大会概要への投稿を公正かつ適切に行うため、投稿要件に従って講演概要を作成願います。

(投稿の要件)

- (1) 未発表でかつオリジナリティがあること。
- (2) 金属とその関連材料の学術および科学技術の発展に寄与するものであること。
- (3) 作成方法に基づいて作成された原稿であること。
- (4) 著作権をこの法人に帰属することに同意すること。
- (5) ミスコンダクトをしないことおよびミスコンダクトをした場合は、この法人の定めるところにより処分または措置を受けることに同意すること。
- (6) 宣伝や商用目的とする内容でないこと。

講演大会概要の査読

講演大会概要に投稿された全ての概要は、査読基準に基づき、その分野の専門家が査読する。査読者は次の項目を考慮し、採否を判定する。査読結果が「掲載不相当」に該当する場合は、理由を示して著者に返却する。

(査読の基準)

- (1) 講演大会概要の投稿の要件に準拠していること。
- (2) 内容が正確で、記述に問題がないこと。
- (3) 題目が妥当であること。
- (4) 研究不正行為及び不適切行為をしていないこと。
- (5) 誹謗中傷に類する内容を含まないこと。

「若手講演論文賞」の募集

春秋講演大会の一般講演発表およびポスター発表とその特集号(日本金属学会誌および Materials Transactions で年2回編集・発行している)の中で学術上、特に優秀な論文に授賞しております。奮ってご応募下さい。

申込条件

- (1) 講演大会講演申込時に「若手講演論文賞」応募と応募意思を明確にする。(座長推薦の優秀な講演発表も対象になります)
- (2) 年齢35歳以下の発表者を授賞対象者とする。
秋期講演大会：2019年9月1日時点で35歳以下の方
- (3) 一般講演発表者およびポスター発表者に限定する。
- (4) 2019年秋期大会講演精選論文(Selected Papers from JIM Fall Meeting(2019))に掲載の下記種別の論文を対象とする。
会誌：「学術論文」または「技術論文」
欧文誌：「Regular Article」または「Technical Article」

会誌2019年秋期大会講演精選論文原稿募集 欧文誌 Selected Papers from JIM Fall Meeting (2019)原稿募集

- ◎日本金属学会誌「2019年秋期大会講演精選論文」84巻4号および5号(2020年)掲載。
- ◎Materials Transactions「Selected Papers from JIM Fall Meeting(2019)」61巻4号および5号(2020年)掲載。
- ◎原稿締切 2019年11月7日(木)
- ◎予備登録、投稿および審査方法は、一般投稿論文に準ずる(ホームページの会誌・欧文誌投稿の手引き・執筆要領参照)。
- ◎欧文誌掲載論文は投稿掲載費用を必ず負担する。(会誌掲載論文は投稿掲載費用無料です)

日本金属学会・日本鉄鋼協会講演大会の 相互聴講のお知らせ

本会と日本鉄鋼協会との相互聴講を実施しています。

申込方法：当日受付

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

鉄鋼協会で発表し、金属学会で聴講のみされる場合、鉄鋼協会で従来の参加受付を済ませた後、金属学会受付で相互聴講の申し込みをして下さい。

(注)金属学会で講演発表(共同セッション含)する場合は、金属学会の正規大会参加申込が必要です。

発表は(鉄鋼)で かつ (金属の聴講)のみの場合

↓

参加登録は(鉄鋼)です。

相互聴講手続きは(金属)です。

発表は(金属)で かつ (鉄鋼の聴講)のみの場合

↓

参加登録は(金属)です。

相互聴講手続きは(鉄鋼)です。

聴講のみ	3,000円
聴講と概要(アクセス権)	6,000円

☆すべての講演申込がインターネット申込となります。
☆講演概要集DVDでの発行を廃止し、概要はwebサイトからのダウンロードによる配布になります。
☆「参加証引換券」は、お手数ですが各自「大会マイページ」から印刷の上、当日、本会受付で参加証と引き換えをお願い致します。
ご理解ご協力をお願い申し上げます。ご不明な点はお問合せ下さい。

問合せ先：TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312

E-mail: annualm@jim.or.jp

(公社)日本金属学会 講演大会係

インターネットによる講演申込・概要原稿提出手順

入力された情報および登録された概要原稿は、プログラムにそのまま反映されますので、お間違えのないようにご登録下さい。

インターネット申込者は、講演者本人に限る。ID(会員番号)、パスワードを使用して、金属学会「大会受付システムトップページ」(<https://www.jim.or.jp/convention/2019autumn/>)から申込みする。なお、申込締切日の3日前から申込みが集中殺到し、回線が混雑するので、早目に申込み下さい。

秋期講演大会受付システムトップページ → ID 認証画面※1 → 講演申込 → 内容確認・修正 → 登録 → メール通知(申込受理通知)

※1: 本会会員のID(会員番号)、パスワード

《講演内容の確認・修正》

概要提出日までに WEB 画面の内容確認・修正で変更した場合、講演大会プログラムに反映される。

秋期講演大会受付システムトップページ → 講演大会 MyPage → ID 認証画面※2 → 内容確認・修正 → 登録 → メール通知(修正受理通知)

※2: 申込受理通知に記載された、秋期講演大会用の参加登録番号、パスワード

講演の分類	
セッションキーワード (一般、ポスターのみ)	セッション名はまてりあ第58巻第5号287頁の講演セッションキーワード一覧から 第1希望(必須) および 第2希望(必須) のセッションキーワードを選択する。 セッションキーワードへの申込数および内容を参考に最終的に組入れるセッションを確定する。
シンポジウム講演	まてりあ第58巻第5号290頁のテーマ要旨を参照の上、応募するシンポジウム番号を選択する。
キーワード	<ul style="list-style-type: none"> • キーワードを1語以上入力する。(最大10語入力可.) • 特に対象とする材料、物質、合金名をキーワードの中を含める。
「若手講演論文賞」 応募	申込条件 (1)講演大会講演申込時に論文賞「若手講演論文」応募と応募意思を明確にする。 (2)年齢35歳以下の発表者を授賞対象とする。 秋期講演大会：9月1日時点で35歳以下の者。 (3)一般講演およびポスターセッション発表者。 会誌または Materials Transactions の特集「講演精選論文」に掲載済の論文を対象とする。
申込研究者数 所属機関数	共同研究者人数：最大15名まで、所属機関数：10施設まで
申込研究者一覧	インターネット申込は、「申込者」が「講演者」となるようにチェックする。 共同研究者は非会員でも可。
ローマ字氏名	名姓の順で、フルネームで記入する。
所属機関略称	慣用の略称で記入 する。研究場所と現勤務先が異なる場合は両方記入する。 [例：東北大工(現日立中研)] <ul style="list-style-type: none"> • 大学院生と学生の区別：それぞれ(院生)、(学生)と所属の後に表示する。 [例：東北大工(学生) 東北大工(院生)]
講演題目	和文題目は150バイト(全角75文字)まで、外国人講演の英文題目は200バイトまで。 <u>概要原稿の題目と同一のもの。</u>
要旨	プログラム編成の参考となる内容を記入する。 要旨欄に入力できるのは100文字(全角)まで。
概要原稿	<u>全講演 A4 版 1 頁、PDF(雛形あり)で作成し、アップロードする概要原稿の内容と申込欄に入力した題目・著者名が同じになるようにすること。</u> ファイルを PDF 形式へ変換する際は、フォントの埋め込み作業を必ず行うこと。内容変更の場合は概要原稿の修正版を期日内に再提出する。
その他・備考欄	<ul style="list-style-type: none"> • 連続講演を希望する場合(条件有り)は、連続を希望する講演の順番、発表者名、タイトル、(可能なら受理番号)を記入し、同一のセッションキーワード名で申込みをする。申込締切後の希望は受け付けない。 • その他の連絡事項など。
会員番号	講演者は必ず会員番号(ID)を記入する。 共著者はわかる範囲で可。
著作権	同意できない場合は申込出来ない。
プログラム公開	同意できない場合は申込出来ない。
講演概要の WEB 公開	講演概要の WEB 公開に同意できない場合は、申込出来ない。 公開は開催日 2 週間前に参加申込者のみに公開。公開日より 1 年後はオープンアクセスになります。

講演大会セッション改編 セッションキーワード・キーワード

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

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

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

2019年秋期講演大会公募シンポジウムテーマ要旨

秋期講演大会(岡山大学)におけるテーマ公募によるシンポジウム講演は、下記8テーマで実施することになりました。講演申込要領は前記のとおりです。多数の有益な講演と活発な討論を期待いたします。

S1 ハイエントロピー合金の材料科学Ⅱ Materials Science and Technology in High-Entropy Alloys II

最近、ハイエントロピー合金に関するシンポジウムがTMSやMRSなどの定期大会だけでなく独立な国際会議としても多数開催されるようになり、ハイエントロピー合金に関する研究が世界的に活況を呈している。ハイエントロピー合金では、配置のエントロピーが固溶体相を安定化するとの考えを基に、不均一に歪んだ結晶格子に由来した高い変形強度、トラップ効果に由来した遅い原子拡散から生じる高いクリープ特性、多様な構成原子間の非線形相互作用に起因する物性発現に関するカクテル効果など、材料科学の基礎・応用の両面で興味深い現象が期待されている。現実には、優れた高温強度、低温靱性、高耐摩耗性を示す一連の合金が見出されているが、その物性発現機構などには未だ不明な点も多い。また、どのような合金系が不規則固溶体たるハイエントロピー合金を形成するかなど、根源的な問いに対する究明もお必要である。本シンポジウムは、ハイエントロピー合金の基礎及び応用に関する実験・理論計算からの研究に関する講演を広く募り、大学、企業、研究所の研究者の活発な議論の場を提供するとともに、これら研究者の有機的連携を促進しつつ、上記のハイエントロピー合金に関する科学的な疑問を解明すべく企画した。

テーマ責任者

(シンポジウム chair) :

大阪大学大学院基礎工学研究科教授 尾方成信

E-mail: ogata@me.es.osaka-u.ac.jp

(シンポジウム co-chairs) :

京大 乾 晴行 東北大 古原 忠 名大 小山敏幸

京大 辻 伸泰 東北大 加藤秀実

S2 材料変形素過程のマルチスケール解析(Ⅱ) Multi-scale analysis of elementary processes in plasticity II

近年、ナノ・マイクロ機械試験法や原子分解能電子顕微鏡法をはじめとする最先端の実験手法、第一原理計算を中心とした計算材料科学の急速な発展により、材料の変形・破壊挙動を支配する転位や変形双晶といった塑性変形の素過程について、実験、理論の両面においてマルチな時間・空間スケールでの横断的な解析が行われ、様々な興味深い現象が見出されるようになってきている。本公募シンポジウムは2018年秋期大会において開催し、大変好評であったため、同テーマに関する第2回シンポジウムを企画する。本シンポジウムは、前回に引き続き各種材料の塑性変形の素過程に関する最新の実験・理論研究に関して特に若手研究者を中心に広く講演を募り、大学、研究所、企業の研究者間の塑性変形に関する活発な議論の場を提供するとともに、これら研究者間の新たな連携を促進することを目的とする。

テーマ責任者

(シンポジウム chair) :

京都大学准教授 岸田恭輔

E-mail: kishida.kyosuke.6w@kyoto-u.ac.jp

(シンポジウム co-chairs) :

阪大 君塚 肇 金沢大 下川智嗣 九大 田中将己

名大 高田尚記

S3 キンク強化の材料科学Ⅱ Materials Science of Kink Strengthening II

LPSO相を含むMg合金で発現が認められた「キンク強化」は、硬質層と軟質層が積層した「ミルフィーユ構造」を有する金属・高分子・セラミックス材料を対象として、新たな強化手法となる期待が高まってきた。ミルフィーユ構造の「キンク形成」を制御して高強度・高延性構造材料の創製を目指すには、各種の実験手法によるキンクそのものの精緻な解析のみならず、キンク形成とキンク強化に関わる数値シミュレーションや理論解析も不可欠となる。これら多様な取組を通して普遍的なキンク強化原理が確立できれば、構造材料の可能性を飛躍的に拡大できる。

本シンポジウムでは、ミルフィーユ構造を有する金属・高分子・セラミックス材料すべてを対象として、下記基調講演に加えて、キンク形成およびキンク強化に関わる一般講演を広く募集し、活発な議論を通して、キンクの形成機構の解明とキンク強化理論の確立を目指し、キンク強化の材料科学を発展させたい。また、日本金属学会研究会「キンク研究会」が活動開始から5年目を迎えることから、本シンポジウムを本研究会の活動の一環と位置づけて開催する。

テーマ責任者

(シンポジウム chair) :

東京工業大学教授 藤居俊之

E-mail: fujii.t.af@m.titech.ac.jp

(シンポジウム co-chairs) :

東大 阿部英司 本大 河村能人 山崎倫昭 阪大 萩原幸司

九大 中島英治 東京農工大 斎藤 拓

S4 水素エネルギー材料-VIII Hydrogen Energy Materials-VIII

地球環境・温暖化問題に加えてエネルギーセキュリティ確保の観点から、水素エネルギーの有効利用にかかわる技術開発が進められている。これらの技術開発の基盤となる水素の製造・貯蔵・輸送・利用などにかかわる材料科学的課題に関しては、これまで開催されてきた公募シンポジウム「水素エネルギー材料(I~VII)」で幅広く議論されてきた。シリーズとしての開催が期待される本シンポジウムにより、引き続き「エネルギーとしての水素」に加えて「材料開発・機能設計のための水素」も見据えて関連する多様な材料について基礎と応用の両面から活発な討論を行うことで、水素科学の深化を狙う。さらに、昨年度より5か年の計画で水素科学における広域的な分野融合を目指した文科省・科研費・新学術領域「ハイドロジェノミクス」も設置されており、関係する研究者らも交えた公募シンポジウムとして開催する。

テーマ責任者

(シンポジウム chair) :

東北大学教授 折茂慎一

E-mail: orimo@imr.tohoku.ac.jp

(シンポジウム co-chairs) :

金沢大 石川和宏 産総研 中村優美子 広島大 市川貴之

室蘭工大 亀川厚則 関西大 近藤亮太 日立製作所 宇根本篤

S5 先進ナノ構造解析に基づく材料科学の新展開 II New Aspect of Materials Science Based on Advanced Nanostructure Analyses II

近年の先進材料の特性の多くは、単結晶バルクとしての性質ではなく、材料中に含まれる点欠陥や表面・界面などの結晶欠陥に起因している。したがって、これら機能発現の源となる結晶欠陥をもつナノ構造＝「機能コア」と物性との関係を精緻に解明すること、さらにその情報に基づいた材料開発に大きな期待が寄せられている。近年、理論計算やナノ計測技術においてその分解能や精度に著しい進歩がみられ、各種材料中の「機能コア」に関する新たな知見が得られるようになってきた。昨年開催した同公募シンポジウムの第二弾として、最新のナノ計測手法および理論計算手法を用いた各種材料の機能コアに関する最近の成果を議論し、今後の課題およびナノ構造研究の方向性について意見交換する場としたい。

テーマ責任者

(シンポジウム chair) :

名古屋大学大学院工学研究科教授 松永克志

E-mail: kmatsunaga@nagoya-u.jp

(シンポジウム co-chairs) :

東大 柴田直哉 溝口照康 阪大 吉矢真人 名大 中村篤智

S6 ナノ・マイクロスペーステイリング II Tailoring of Nano/Micro-Space for Advanced Functions II

新規デバイス要素を目指して、エネルギービーム照射でナノメーターからマイクロメーター規模の複雑形状構造体の形成と修飾の研究開発が進められている。代表的な構造形成法には加算的(additive)な積み上げ法と減算的(subtractive)な手法があるが、結晶格子レベルのかご状空間や層間を制御して新規機能を作り込む(tailoring)ことも考えられている。高機能高次構造の形成には、イオン・電子線およびレーザー照射による励起反応場、高温高压などの極限反応場など非平衡状態の活用に加えて、そのマイクロ過程の計算科学的手法評価などから、プロセスや条件の最適化が必要である。2019年春の同シンポで18件の講演申込があったことは、その重要性を反映するものである。これを受け、本シンポジウムではナノ・マイクロ構造体の形成・機能制御、計算科学的手法による設計・特性評価に関して、様々な手法により創成したナノ・マイクロ構造体の設計と機能発現についての最近の成果及び問題点について引き続き議論する。

テーマ責任者

(シンポジウム chair) :

筑波大学数理物質系物質工学域准教授 谷本久典

E-mail: tanimoto@ims.tsukuba.ac.jp

(シンポジウム co-chairs) :

東北大 森戸春彦 中村貴宏 大阪府立大 堀 史説

東北大 田中俊一郎

S7 医療・福祉のための Additive Manufacturing の材料科学 III Materials science of additive manufacturing for biomedical and welfare applications (part III)

Additive Manufacturing(AM)による医療・福祉デバイスの研究開発は、テーラーメイド医療を実践する上で必要不可欠となっている。材料科学の観点からAMを議論するには、急温度勾配下における熔融凝固に起因した特異組織形成への理解や、粉末冶金プロセスに起因した粉粒体の流動性や粒度分布、不純物混入等を考慮しAM造形物の特性を評価する必要がある。一方で、医療の観点からはAMは形状により機能発現する複雑形状デバイスに適用されることが多く、生体適合性に加え基礎的な力学特性評価や耐食性など解明すべき事項が数多く残されている。本シンポジウムでは、AMによる超高耐食性材料の開発を目指す若手研究グループとの共催により、AM用の粉末製造や最先端AM装置の開発と変遷、医療用デバイス開発と製造、AM材の特性評価、および医療分野における腐食の課題と耐食性をテーマに企業および大学の研究者らに講演を依頼する。周辺技術を含めたAMの現状と将来展望について、また、AM造形による特異的な耐食性の変化とその医療応用における有用性について、産学の研究者を交えて緊密に議論する場としたい。

テーマ責任者

(シンポジウム chair) :

物質・材料研究機構主席研究員 堤 祐介

E-mail: TSUTSUMI.Yusuke@nims.go.jp

(シンポジウム co-chairs) :

愛媛大 小林千悟 関西大 上田正人 東北大 野村直之

名大 黒田健介 東北大 山本雅哉

S8 マテリアルズ・インテグレーション(Ⅲ)―順 問題から逆問題へ― Materials Integration (III)

マテリアルズ・インテグレーションでは、理論・実験・解析・シミュレーション・データベースなどの材料科学の知見と最新の情報科学を融合することで、材料プロセスから構造、更には特性や性能の連関を順方向にシームレスに繋ぎ、予測仕切るプラットフォームの構築を目指してきました。

本シンポジウムでは、その様なマテリアルズ・インテグレーションを更に発展させ、先端的材料を対象に、欲しい性能から材料・プロセスをデザインする逆問題へ拡張する方向へと議論を進めていくことを目的とします。また、材料分野に限らず情報や数理の分野を主導する研究者にも登壇頂くことで、次世代の材料開発を担う人材の発掘・育成も目指します。

テーマ責任者

(シンポジウム chair) :

東京大学准教授 井上純哉

E-mail: inoue@material.t.u-tokyo.ac.jp

(シンポジウム co-chairs) :

東大 榎学 NIMS 出村雅彦 東大 南部将一

2019年秋期(第165回)講演大会ご案内ならびに参加申込みについて

秋期講演大会は、9月11日(水)から13日(金)まで岡山大津島キャンパス(〒700-8530 岡山市北区津島中2-1-1)を会場に開催します。鉄鋼協会との合同懇親会は9月11日(水)に行います。以下のご案内と申込要領をご参照の上、お早めにお申込み下さい。尚、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下さい。

日 程

日 時	行 事	場 所
9月11日(水) 9:00～9:40 10:00～17:00 12:30～17:00 18:00～20:00	各賞贈呈式 学術講演会 ポスターセッション 懇親会	五十周年記念館「金光ホール」 一般教育棟、工学部1号館 五十周年記念館 ピュアリティまきび「孔雀の間」
9月12日(木) 9:00～17:00 12:05～12:45	学術講演会 企業ランチョンセミナー	一般教育棟、工学部1号館 〃
9月13日(金) 9:00～16:30	学術講演会	一般教育棟、工学部1号館

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28日(火)～8月27日(火)

大会参加申込み URL <https://www.jim.or.jp/convention/2019autumn/>

予約申込締切後、大会参加証、講演概要ダウンロードについては、下記をご参照下さい。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28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(講演概要ダウンロード権含む)※年会費とは異なります。

参加費・懇親会の消費税抜については、ホームページ(一覧表 PDF)をご参照下さい。

予約申込締切日	8月27日(火)(申込および入金期日)	
	会員資格	当日申込 (大会会場受付・現金払いのみ)
	予約申込 (インターネット申込・事前支払い)	
正員・維持員会社社員	10,000円	13,000円
学生会員*	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、ご返金いたしかねますのでご了承下さい。

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

※ 非会員の(有料)参加申込者には、1年間「あたりあ」を寄贈するとともに、会員価格でイベント等(講演大会以外)に参加できる特典を付与いたします。ただし特典は重複して付与いたしません。

◆懇親会費(消費税込み)

予約申込締切日	8月27日(火)(申込および入金期日)	
	種 別	当日申込 (懇親会会場受付・現金払いのみ)
	予約申込 (インターネット申込・事前支払い)	
一般	6,000円	8,000円
同伴者(ご夫人またはご主人)	4,000円	4,000円

・お支払後の取消は、準備の都合上ご返金いたしかねますのでご了承下さい。

・懇親会ご参加申込の方へは、9月上旬に懇親会参加証を郵送申し上げます。

◆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27日(火)の入金日をもって予約申込完了となります。

◆参加証

事前予約された際の大会マイページにて「参加証引換券」をダウンロード印刷し、会期当日受付で参加証とお引換え下さい。

◆講演概要の WEB 公開

講演概要の公開日は、大会2週間前の2019年8月28日(水)です。事前予約をされ、参加費を納入された方へは、概要公開日に概要ダウンロード用パスワードを配布いたします。当日申込の方へは申込の際に概要ダウンロード用パスワードをお渡しいたします。

特許関係のお手続きは、公開日までにお済ませ下さい。尚、公開日より1年後はフリーアクセスとなります。

◆講演概要集購入について

今大会より講演概要集 DVD は作成致しません。全講演概要は、本大会 Web サイトで公開をします。これまで概要集 DVD のみ購入をされていた方も、今回より通常の参加登録を頂き、概要の閲覧をお願いします。

参加申込・問合せ 〒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

2019年春期(第164回)講演大会記録

2019年春期講演大会は、3月20日から22日の期間、東京電機大学東京千住キャンパスにおいて開催した。

- 3月20日(9:00~9:40) 開会の辞、大韓金属・材料学会代表挨拶、TMS代表紹介、各賞贈呈式(1号館丹羽ホール)
- (9:50~11:40) 学会賞受賞記念講演、本多記念講演(1号館丹羽ホール)
- (13:00~16:45) 一般講演、シンポジウム講演、受賞講演、外国人特別講演(2号館)
- (15:00~17:00) ポスターセッション(2号館5階)
- (18:00~20:00) 懇親会(1号館100周年ホール)
- 3月21日(9:00~17:25) 一般講演、シンポジウム講演、受賞講演、TMS Young Leader International Scholar講演、共同セッション(2号館、5号館)
- (12:05~12:45) 企業ランチョンセミナー(2号館)
- 3月22日(9:00~16:25) 一般講演、シンポジウム講演、受賞講演、共同セッション(2号館)
- (11:00~18:30) 企業説明会・交流会
- 3月20日~3月22日 総合受付、金属組織写真展示(1号館1階)
- 付設機器・カタログ展示会(2号館1階)

開会の辞

杉本論会長より開会の挨拶があった。

大韓金属・材料学会代表挨拶(3月20日)

本会と大韓金属・材料学会との学術交流協定にもとづき、Sung-Joon Kim 会長が来日し挨拶した。



開会の挨拶：杉本会長。日本語でご挨拶された Kim 会長。

TMS 代表紹介(3月20日)

本会とTMSとの国際交流促進協定にもとづき、TMSから第14回 Young Leader International Scholarとして来日した代表者 Fadi Abdeljawad 氏が紹介された。

贈呈式(3月20日)

杉本論会長の式辞に続き、下記の贈呈式を行った。

- 第64回学会賞贈呈式** 中嶋英雄君に対して賞状ならびに賞牌贈呈。(受賞者；本誌235頁)
- 第60回技術賞贈呈式** 3名に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌236頁)。
- 第69回金属組織写真賞贈呈式** 優秀賞3件に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌236頁)(作品；本誌248頁)。
- 第50回研究技術功労賞贈呈式** 11名に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌238頁)。
- 第77回功績賞贈呈式** 9名(物性部門2名、組織部門1名、力学特性部門1名、材料化学部門1名、材料プロセッシング部門2名、工業材料部門1名、工業技術部門1名)に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌240頁)。

第58回谷川・ハリス賞贈呈式 3名に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌242頁)。

第25回増本量賞贈呈式 1名に対し賞状ならびに副賞贈呈(受賞者；本誌242頁)。

第30回若手講演論文賞贈呈式 3名に対し賞状贈呈(受賞者；本誌243頁)。

名誉員推戴式 新名誉員2名に対し推薦状ならびに名誉員章贈呈(受賞者；本誌244頁)。

第2回フェロー認定式 新しくフェローに認定された1名に対し認定証贈呈(受賞者；本誌243頁)。

第64回学会賞受賞記念講演(3月20日)(本号252頁)

「材料の一方方向性多孔質化と機能」

若狭湾エネルギー研究センター所長、大阪大学名誉教授 中嶋英雄 君

第64回本多記念講演(3月20日)(本号261頁)

「材料研究における電子顕微鏡法の導入と発展」

名古屋大学名誉教授 黒田光太郎 君



受賞者の皆様です。おめでとうございます！



学会賞：中嶋先生によるご講演。本多記念講演：黒田先生によるご講演。

懇親会(3月20日)

1号館100周年ホールにおいて日本鉄鋼協会と合同で開催(参加者は265名、本会への申込者・招待者105名)。

- | | |
|----------------|---------------|
| 開会の辞・司会 | 東京電機大学教授 柳田 明 |
| 来賓挨拶 | 東京電機大学学長 安田 浩 |
| 日本金属学会会長 | 東北大学教授 杉本 論 |
| 日本鉄鋼協会副会長挨拶・乾杯 | 東北大学教授 古原 忠 |
| 懇 談 | |
| 閉会の辞 | 東京電機大学教授 柳田 明 |

大会参加者 1,273名(一般729名、学生員340名、非会員一般65名、非会員学生33名、相互聴講106名)

学術講演会(3月20日~22日)

最終講演件数678件

欠講2件(公募シンポジウム講演S6.6、ポスターセッションNo.P2)

学会賞受賞記念講演1件、本多記念講演1件

公募シンポジウム講演7テーマ130題(基調講演35題、応募講演92題、功績賞受賞講演1題、増本量受賞講演1題、谷川・ハリス賞受賞講演1題含む)

企画シンポジウム講演3件(基調講演3題)

一般講演386題(功績賞受賞講演8題、技術賞受賞講演3題、谷川・ハリス賞受賞講演2題、外国人特別講演1題、Young Leader Scholar講演1題含む)

共同セッション17題

ポスターセッション140題

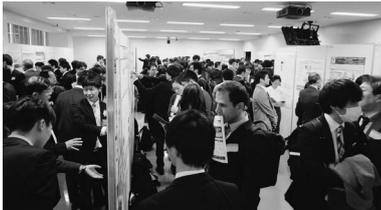
講演会場 16会場 今大会より、一会場アルバイト一名体制で行った。

第32回ポスターセッション(3月20日)(受賞者;本誌244頁)

3月20日15:00~17:00の時間に2号館5階の教室2部屋で140件のポスター発表が行われ、そのうち優秀ポスター賞にエントリーおよび審査対象となっている130件の内容・発表について審査が行われた。

一部制(15:00~17:00のみの時間帯)で全ポスター発表を一斉に行った。一般講演は15時で終了としているため、多数の聴講者がポスターセッション会場へ足を運んでいた。

3月21日「優秀ポスター賞」27件が決定し、受賞者を本会ホームページおよび金属学会受付に掲載した。



熱気あふれるポスター発表。



おめでとうございます!

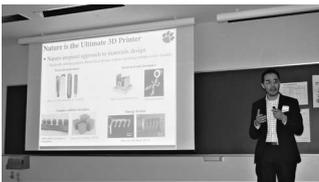
金属学会・鉄鋼協会共同セッション

「チタン・チタン合金」21題(金属10題, 鉄鋼11題)は3月20日~21日, 金属学会D会場で開催した。

「超微細粒組織制御の基礎」10題(金属7題, 鉄鋼3題)は3月21日, 鉄鋼協会第14会場で開催した。

第14回 JIM/TMS Young Leader International Scholar Program (3月21日)

若手研究者の活動の活性化とTMSとの国際交流促進を目的に06年より設けられたJoint JIM/TMS Young Leader International Scholar Programとして、TMSから派遣された代表者 Fadi Abdeljawad 氏が一般講演「粉末・焼結材料」の中で Young Leader International Scholar 講演発表後、座長より賞状が授与された。



Fadi Abdeljawad 氏による講演発表。



吉田座長とご一緒に。

第7回企業ランチョンセミナー(3月21日)

昼休み時間帯に昼食(軽食)をとりながら、講演大会参加者に企業の最新の技術情報を聴講いただく、ランチョンセミナーを開催した。

以下の5社が各5会場で30分程度のセミナーを行い、参加者数は5社で合計204名であった。

参加者および参加企業共に好評であった。

(参加企業)

- ・オックスフォード・インストゥルメンツ㈱
- ・㈱ TSL ソリューションズ
- ・㈱日立ハイテクノロジーズ
- ・ヴァーダー・サイエンティフィック㈱
- ・NISSHA エフアイエス

第11回男女共同参画ランチョンミーティング(3月22日)

「金属材料分野での多様なキャリアパス」をテーマに㈱ IHI の高橋円氏が講演を行った。参加者25名



松岡新委員長によるご挨拶。



高橋講師によるご講演。

付設機器・カタログ等展示会(第42回)

機器展示23社24ブース, カタログ展示1社の協力を得た。展示会場は2号館1階1室で開催した。各社のご厚意に感謝いたします。



第5回企業説明会

参加企業44社。参加学生81名。



託児室

3月20日(水)子供1名, 3月21日(木祝)子供4名, 3月22日(金)子供1名。シッター2名体制のもと支障なく終了した。

【大会雑記】

東京電機大学での開催は初めてとなる。2017年新校舎完成で日本鉄鋼協会同一キャンパスでの開催が可能となった。

講演会場は2号館を使用。同一の建物でまとまっており、また鉄鋼協会の主な講演会場である5号館とも距離が近く、参加者には比較的会場移動がスムーズであった。

今回より講演会場一会場に各一人会場係アルバイトを配置したことで、座長の司会進行がスムーズに行うことができるとの声があり好評であった。

大会最終日に開催した第5回の企業説明会は盛会裡に終了した。また、説明会終了後の企業担当者との交流会(立食懇談会)も好評であった。

天候は会期中3日間を通し、春の日差しが暖かな陽気に恵まれ、会期を無事に終了することができた。

東京電機大学の柳田明先生および井尻政孝先生を始めとするお世話頂いたアルバイト学生の皆様、職員関係者ならびに事務関係者の皆様にはお忙しい中を諸般にわたり終始、万端のご配慮をいただき、ご協力に対し心から厚く御礼申し上げます。

日本金属学会誌掲載論文

Vol. 83, No. 5 (2019)

—論 文—

水アトマイズ法により製造される銀粉末の粒度に及ぼす製造因子の影響

萩原 隆 久保敏彦 原田将弘 原田昭雄

江戸時代後期に制作された小判ならびに銀判の制作技法の検討

桐野文良 大野直志 田口智子 根津暁充 横山亮一

ARB加工した超微細粒Ni多結晶材のX線回折による弾性変形挙動の評価

高増宣仁 宮澤知孝 宮嶋陽司 足立大樹 尾中 晋

Fe-In合金における α Feの再結晶と結晶粒成長におよぼす液相In粒子の影響

萩澤武仁 大森俊洋 大沼郁雄 貝沼亮介 石田清仁

—技術論文—

酸化膜を対象としたレプリカ法による液体酸素/液体水素燃焼器銅合金劣化損傷評価

志波光晴 早川正夫 橋本知之 竹腰正雄 佐藤英一

Materials Transactions 掲載論文

Vol. 60, No. 5 (2019)

—Special Issue on Multiscale Engineering of Green-Energy Materials—

Grain Boundary Engineering for Control of Fatigue Fracture in 316L Austenitic Stainless Steel

Shigeaki Kobayashi, Satoshi Ogou and Sadahiro Tsurekawa

Phase Reaction and Diffusion Behavior between AuTi and CoTi Intermetallic Compounds

Taywin Buasri, Kenji Goto, Masaki Tahara and Hideki Hosoda

Experimental Confirmation of Grain Boundary Magnetism in Fe-Si and Fe-Sn Alloys by TEM-EELS

Seiichiro Ii, Kyosuke Hirayama and Sadahiro Tsurekawa

Elucidation of Microstructure Formation Mechanism through Competitive Reactions during Initial Hydrogenation in Mg/Cu Super-Laminate Composites

Koji Tanaka, Ryota Kondo and Hiroyuki T. Takeshita

Thermoelectric Properties of Nearly Single-Phase β -FeSi₂ Alloys Fabricated by Gas-Atomized Powder Sintering

Yoshisato Kimura, Masashi Yamada and Yaw Wang Chai

Compressive Deformation Behavior and Magnetic Susceptibility of Au₂CuAl Biomedical Shape Memory Alloys (Rapid Publication)

Kenji Goto, Akira Umise, Masaki Tahara and Hideki Hosoda

Effect of Cr Addition on the Phase Equilibria and Oxidation Behavior of NbSi₂

Nobuaki Sekido, Ryoma Aizawa and Shunkichi Ueno

—Special Issue on New Trends for Structural and Chemical Analyses by Transmission Electron Microscopy—

PREFACE Manabu Ishimaru, Tomasz Goryczka, Hiroki Kurata, Kenji Matsuda, Syo Matsumura, Yasukazu Murakami, Katsuhiko Nishimura, Norihito Sakaguchi and Tamaki Shibayama

High-Voltage Scanning Transmission Electron Microscopy: A Tool for Structural Characterization of Micrometer-Thick Specimens

Kazuhisa Sato, Yuki Yamashita, Hidehiro Yasuda and Hirotarō Mori

Effect of Nickel Concentration on Radiation-Induced Diffusion of Point Defects in High-Nickel Fe-Cr-Ni Model Alloys during Neutron and Electron Irradiation

Yoshihiro Sekio and Norihito Sakaguchi

Crystalline Evaluation of Size-Controlled Silicon and Silicon Oxide Nanoparticles Produced by Solution Plasma Discharge

Hitoshi Sasaki, Genki Saito, Norihito Sakaguchi, Ryo Ota and Heishichiro Takahashi

Structure and Mechanical Properties of Multi-Functional Layer Deposited on Surface of Ni-Ti Shape Memory Alloy (Technical Article)

Tomasz Goryczka, Maciej Zubko, Józef Lelaćko, Piotr Salwa, Tadeusz Wierzchoń, Joanna Wojewoda-Budka and Marta Janusz-Skuza

Suppressing Geometric Phase Shift Owing to Antiphase Boundaries in Dark-Field Electron Holography

Youngji Cho, Kodai Niitsu, Yoshihiro Midoh, Koji Nakamae, Daisuke Shindo, Jun-Mo Yang and Yasukazu Murakami

Microstructure of Mg-Zn Matrix Composite Reinforced with Nano-SiC Prepared by Thixomolding

Łukasz Rogal, Piotr Bobrowski, Katarzyna Stan-Głowińska, Maciej Szlezzynger and Lidia Lityńska-Dobrzyńska

Martensitic Transformation in Nanostructured NiTi Alloy Studied by X-ray Diffraction *In-Situ* Heating

Paweł Świec, Maciej Zubko, Danuta Stróż and Zdzisław Lekston

SEM and TEM Studies on *In-Situ* Cast Al-TiC Composites

Wojciech Maziarz, Anna Wójcik, Piotr Bobrowski, Agnieszka Bigos, Łukasz Szymański, Paweł Kurtyka, Natalia Rylko and Ewa Olejnik

—Regular Article—

Materials Physics

Correlation between the Effective Amounts of Elements in TbFeCo Thin Films and Their Magnetic Properties

Ryosuke Hara, Haruki Yamane, Yasuyoshi Isaji, Masanobu Kobayashi, Akimitsu Morisako, Xiaoxi Liu and Yukiko Yasukawa

Evaluation of the Solidification Control Parameters in the Bridgman Process

Yuanyuan Lian and Kai Zhang

Corrosion Behavior of ASTM A1008 Carbon Steel in Mixtures of HNO₃, H₂SO₄, and HCl Using Immersion and Polarization Methods

Bambang Widianto and Sakina Wihantari Sahara Putri

Microstructure of Materials

Effect of Sc and Zr on Al₆(Mn,Fe) Phase in Al-Mg-Mn Alloys

Xier Luo, Hongjie Fang, Hui Liu, Yang Yan, Hualong Zhu and Kun Yu

Effect of Initial Grain Size on Thermal Fatigue Behavior and Changes in Microstructure of Ferritic Stainless Steel

Jun-ichi Hamada and Chikako Takushima

Refinement and Coarsening of Grains Caused by Tensile-Shear Tests in Ultra-Fine Grained Cu Processed by Severe Plastic Deformation

Ryosuke Matsutani, Yoji Miyajima and Susumu Onaka

Mechanics of Materials

Applicability of Neural Network in Rock Classification of Mountain Tunnel

Nobusuke Hasegawa, Shingo Hasegawa, Takafumi Kitaoka and Hiroyasu Ohtsu

Effect on the Wear Resistance of Copper Alloy Surface Modification Layer by FSSP Implanting W Particles

Song Weiwei, Xu Xiaojing, Liu Shengrong, Pu Jiafei and Ge Xiaole

Materials Processing

Reproduction of Hot Rolling Mill Roll with High-Speed Tool Steel Type Shell Material Manufactured by Continuous Pouring Process for Cladding

Atsuo Yamamoto, Yoshio Ishii, Hyo-Gyoun Kang, Futoshi Sakata, Akio Sonoda and Mitsuo Hashimoto

Influence of Ingate Size on the Formation of Micro Shrinkage Pore in Gray Cast Iron

Yoichi Kishi, Hideharu Mochizuki and Zenjiro Yajima

Inhibition Effect of Ti(C,N) Particle Dispersion on Grain Growth of WC-Co Cemented Carbide

Masayuki Takada, Hideaki Matsubara, Yoshihiro Mori and Tetsushi Matsuda

Prediction of Laminations in Zinc Alloy Die-Casting by Gas-Liquid Two-Phase Flow Simulation

Daiki Fuwa, Takuya Sakuragi, Mai Mizubayashi, Masayuki Kobayashi and Tetsuya Katsumi

Effect of Thiourea on the Properties of a Cu-Al₂O₃ Coating Prepared via Jet Electrodeposition

Hui Fan, Yangpei Zhao, Sainan Cao and Zhijing Li

Engineering Materials and Their Applications

Evaluation of Apatite-Forming Ability and Antibacterial Activity of Raw Silk Fabrics Doped with Metal Ions

Hiroki Chigama, Hiroyasu Kanetaka, Maiko Furuya, Kotone Yokota and Masakazu Kawashita

Effect of Solution Treatment on the Hardness and Tensile Properties of Al-Mg-Si Alloys for Automotive Chassis

Bo-Ra Jin, Dong-Woog Ha and Chang-Yeol Jeong

Microstructure Evolution of Fe-Ni-Based Alloy HR6W during Isothermal Aging

Arata Iwamaru, Hiromu Hisazawa and Yoshihiro Terada

Fabrication of Anisotropic Nd-Fe-B Powders by Ta Sputtering

Moe Kimura, Masashi Matsuura, Nobuki Tezuka and Satoshi Sugimoto

Environment

Effect of Cl Removal in MSWI Bottom Ash via Carbonation with CO₂ and Decomposition Kinetics of Friedel's Salt

Namil Um

—Rapid Publication—

Hydrogen Generation from Ammonia Borane over Ru/Nanoporous CeO₂ Catalysts Prepared from Amorphous Alloys

Ai Nozaki, Chiyako Ueda, Ryosuke Fujiwara, Ayane Yamashita, Hiroaki Yamamoto and Masao Morishita

新 入 会 員

(2019年2月21日～2019年3月25日)

正 員

相木文男 メルテックス株式会社
茂木 尚
有賀成一 リカザイ株式会社

福地孝平 秋田大学
西本 涉 三井住友金属鉱山伸銅株式会社
斉藤広嗣 株式会社浅野歯車工作所

川瀬智博 株式会社大阪アサヒメタル工場
長谷川 格 YKK 株式会社
澤村健司 株式会社澤村溶射センター

学 生 員

大塚英一 東京医科歯科大学
石川友博 群馬大学
星野聖奈 名古屋大学

西村 肇 室蘭工業大学
川端智也 九州工業大学
川田 稀 士 京都大学

鎌田健聖 東海大学

外国学生会員

Omar Noor irinah 豊橋技術科学大学

まてりあ 第58巻 第6号 予告

[新役員紹介] 2019年新役員紹介
[巻頭言] 会長就任のご挨拶
[最近の研究] 薄膜技術を用いた全固体電池の研究開発
.....物材機構 大西 剛

[最近の研究] 第一原理計算に基づく非金属物質中の点欠陥挙動
に関する理論的研究.....東工大 熊谷 悠
[新進気鋭] 表面科学的視点に基づくエネルギー変換触媒材料
の開発.....東北大 轟 直人

—他—

(都合により変更になる場合がございます)

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
2019年5月				
10~13	軽金属学会第136回春期大会(富山)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 shomu@jilm.or.jp http://www.jilm.or.jp/	参加予約 4.4
15~16	第35回希土類討論会(吹田)	日本希土類学会 (阪大内)	TEL 06-6879-7352 kidorui@chem.eng.osaka-u.ac.jp http://www.kidorui.org	発表 1.18
17	海水資源・環境シンポジウム2019(千葉工大)	日本海水学会 海水 資源・環境研究会	TEL 0465-47-3161 shigen@swsj.org	5.13
20~21	講習会「もう一度学ぶ機械材料学」—機械・製造 技術者のための基礎講座—(名古屋)	日本機械学会	TEL 03-5360-3506 icihara@jsme.or.jp https://www.jsme.or.jp/event/2019-36895/	
20~22	トライボロジー会議2019春 東京 (東京)	日本トライボロ ジー学会	TEL 03-3434-1926 jast@tribology.jp http://www.tribology.jp	
21~24	第55回真空技術基礎講習会(和泉)	大阪府技術協会他	TEL 0725-53-2329 https://www.jvss.jp/ g-kyoukai@dantai.tri-osaka.jp	5.13
22	第237回西山記念技術講座 先進エネルギーマネージメントの発展を支える耐 熱鋼開発(早稲田大学)	日本鉄鋼協会	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp https://www.isij.or.jp/mulq7ec0m	
22~24	第6回 [関西] 高機能 金属展(大阪)	リードエグジビシ ョンジャパン	TEL 03-3349-8568 deshimaru@reedexpo.co.jp https://www.metal-japan.jp/ja-jp.html	
23~24	H31年度「界面コロイドラーニング 第35回現代 コロイド・界面化学基礎講座」(東京)	日本化学会	TEL 03-3292-6163 dcsc@chemistry.or.jp https://colloid.csj.jp/	
24	第401回講習会 第28回最先端の研究室(工場)め ぐり「スポーツ用義足開発最前線 産業技術総 合研究所人工知能研究センター(東京)	精密工学会	TEL 03-5226-5191 jspe_koushu@jspe.or.jp https://www2.jspe.or.jp/	定員 30名
24	第4回マルチスケール材料力学シンポジウム(室 蘭工大)	日本材料学会	http://www.jsms.jp	講演 2.15
29	第238回西山記念技術講座 先進エネルギーマネージメントの発展を支える耐 熱鋼開発(大阪)	日本鉄鋼協会	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp https://www.isij.or.jp/mulq7ec0m	
29~31	第24回計算工学講演会(さいたま)	日本計算工学会	TEL 03-3868-8957 office@jcses.org http://www.jcses.org/koenkai/24	
31~6.1	第3回若手研究グループ 「多様な先端観察・測定法を用いた組織の定量と 力学特性解析への適用」(石川)(4号225頁)	日本金属学会・若 手研究グループ No. 03	miyazawa.t.ab@m.titech.ac.jp	4.26
2019年6月				
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@whct2019.jp http://whct2019.jp	
6~7	繊維学会年次大会 特別セッション「ミルフィー ユ構造の材料科学」(東京)	繊維学会	http://www.fiber.or.jp/jpn/events/2019/ year/index.html	
7	チタンの溶接トラブル事例講習会(東京)	日本チタン協会他	TEL 03-3258-6411 http://www.titan-japan.com/	定員 80名
7~9	2019年度塑性加工春季講演会(同志社大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	
10~11	2019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/	定員 80名
13~14	第60回塗料入門講座 前期(東大生産技研)	色材協会	TEL 03-3443-2811 admin@jscm.or.jp http://www.shikizai.org/	定員 100名
13~14	H31年度「界面コロイドラーニング 第35回現代 コロイド・界面化学基礎講座」(大阪)	日本化学会	TEL 03-3292-6163 dcsc@chemistry.or.jp https://colloid.csj.jp/	
14~15	第6回 最先端の顕微鏡と理論計算に関する国 際シンポジウム(名古屋)	ファインセラミッ クスセンター	TEL 052-581-3241 amtc6@intergroup.co.jp http://amtc6.com	
20~21	第24回動力・エネルギー技術シンポジウム(東大 生産技研)	日本機械学会	TEL 03-5360-3505 https://www.jsme.or.jp/	
21	日本分析化学会 中国四国支部 第56回分析化 学講習会(岡山理科大)	日本分析化学会中 国四国支部	TEL 086-256-9490 analchem@chem.ous.ac.jp http://www.chem.ous.ac.jp/~analchem/ 56koshukai/	参加 5.31
25~27	第67回表面科学基礎講座(東京理科大)	日本表面真空学会	TEL 03-3812-0266 office@jvss.jp https://www.jvss.jp	6.18
28	第333回塑性加工シンポジウム「高度化する金型 表面処理技術の最前線」(東京)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 80名
29~11.9 (4回)	セラミックス大学2019(CEPRO2019)(東工大他)	日本セラミックス 協会教育委員会	TEL 03-3362-5231 cersj-kyouiku@cersj.org http://www.ceramic.or.jp/	定員 120名
2019年7月				
1~5	第3回アジア赤外線サーモグラフィコンファレン ス(QIRT-Asia2019)(東京)	日本非破壊検査協 会(東京)	TEL 03-5609-4011 sec@qirtasia2019.com	
4~5	第29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/	6.14
5	日本塑性加工学会・日本鍛圧機械工業会 産学連 携企画(第80回塑性加工技術フォーラム)「板材 成形技術の最前線」(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

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合せ先	締切
5	2019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開催のお知らせ(北大)(本号279頁)	北海道支部	TEL 0143-47-2651 FAX 0143-47-2760 mu-tekkyo@jo.nipponsteel.com	
11~12	第60回塗料入門講座 後期(東大生産技研)	色材協会	TEL 03-3443-2811 admin@jscm.or.jp http://www.shikizai.org/	定員 100名
11~12	第53回 X線材料強度に関するシンポジウム(大阪)	日本材料学会	TEL 078-795-3212 nishida@kobe-kosen.ac.jp http://www.jsms.jp	講演 3.15
12	粉末冶金入門講座(東京)	粉体粉末冶金協会	TEL 075-721-3650 info@jspm.or.jp	
17~19	日本結晶学会講習会「粉末 X線解析の実際」(東工大)	日本結晶学会	crsj-xray@bunken.co.jp http://xrd2019.analytsci.org/	7.1
22~24	第25回結晶工学スクール(2019年)(大阪大)	応用物理学会	TEL 03-3828-7723 igarashi@jsap.or.jp https://annex.jsap.or.jp/kessho	7.1
2019年 8 月				
18~22	国際会議(PRICM-10)(中国西安)(8号405頁)	中国金属学会	pricm10@csm.org.cn http://www.pricm10.com/	
23	2019年茨城講演会(茨城大)	日本機械学会関東支部	TEL 0294-38-5046 ibakouen@ml.ibaraki.ac.jp	論文 7.1
2019年 9 月				
2~4	第22回 XAFS 討論会(京大)	日本 XAFS 研究会	TEL 075-753-6850 yamamoto.kentaro.4e@kyoto-u.ac.jp http://www.moleng.kyoto-u.ac.jp/~moleng_04/event/jxafs22/	
4~6	2019年度工学教育研究講演会(東北大)	日本工学教育協会	TEL 03-5442-1021 kawakami@jsee.or.jp https://www.jsee.or.jp/	
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)(岡山)(本号282頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	講演 7.5 参加 8.27
18~19	第47回ガスタービン学会定期講演会(函館)	日本ガスタービン学会	TEL 03-3365-0095 gtsj-office@gtsj.org http://www.gtsj.org/	
22~27	20th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials(第20回ホウ素・ホウ化物および関連物質国際会議)(新潟)	第20回ホウ素・ホウ化物および関連物質国際会議組織委員会	TEL 0258-47-9714 takeda@mech.nagaokaut.ac.jp http://sogalabo.jp/isbb2019	
23~25	高温変形の組織ダイナミクス研究会「2019年度夏の学校」(金沢)(本号279頁)	研究会 No. 76	TEL 0172-39-3643 mineta@hirosaki-u.ac.jp	参加 7.26
2019年10月				
27~11.1	The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies(PACRIM13)(沖縄)	日本セラミックス協会	TEL 03-3362-5231 jim-ask@cersj.org http://www.ceramic.or.jp/pacrim13/	
18	第16回 機械・構造物の強度設計, 安全性評価に関するシンポジウム(京都)	日本材料学会	design16@jsms.jp http://www.jsms.jp/	講演 7.1
20~25	第12回新物質及び新デバイスのための原子レベルキャラクタリゼーションに関する国際シンポジウム(京都)	日本学術振興会マイクロビームアナリシス第141委員会	alc19@alc.jsps141.org https://alc.jsps141.org/alc19	
23~25	第60回高圧討論会(札幌)	日本高圧力学会	TEL 070-5545-3188 touronkai60@highpressure.jp http://www.highpressure.jp/new/60forum/	講演 7.9
2019年11月				
1~4	The 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics(つくば)	日本実験力学会	TEL 025-368-9310 office-jsem@clg.niigata-u.ac.jp http://jsem.jp/	
11~14	NACE EAP Conference 2019 腐食科学と防食技術(横浜)	NACE EAP	http://www.nace-tokyosection.org/	
17~22	国際ガスタービン会議2019Tokyo(IGTC2019 Tokyo)(東京)	日本ガスタービン学会	http://www.gtsj.org/english	
20~22	第19回破壊力学シンポジウム(福島)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jim@jsms.jp http://www.jsms.jp/	
22	第22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/	
25~27	EcoDesign 2019国際会議(横浜)	エコデザイン学会連合他	ecodesign2019_secretariat@ecodenet.com http://ecodenet.com/ed2019/	
28~29	粉末冶金基礎・実用講座(京都工芸繊維大)	粉体粉末冶金協会	TEL 075-721-3650 info@jspm.or.jp	
2019年12月				
10~14	日本 MRS 創立30周年記念国際会議(横浜)	日本MRS	TEL 045-263-8538 info_mrm2019@jmru.org https://mrm2019.jmru.org	
2020年 3 月				
8~11	COMPSAFE2020(第3回安心・安全・環境に関する計算理工学国際会議)(神戸)	COMPSAFE2020実行委員会	secretary@compsafe2020.org http://www.compsafe2020.org	
17~19	日本金属学会春期講演大会(東京工業大学大岡山キャンパス)(東京)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	

「放射光利用の手引き —農水産・医療、エネルギー、環境、材料開発分野などへの応用—」

東北放射光施設推進会議推進室 編集

我が国には世界の約2割の放射光施設が稼働しており、他国に比べて放射光が身近なツールとして学術だけでなく産業界にも活発に利用されているという特徴がある。一方、放射光源の進歩は目覚ましく、今や、最先端施設は第3世代から第4世代へと移行しつつある。そのような状況の中、国際競争力のある施設として硬X線領域ではSPring-8があるものの、軟X線領域には、いわゆる高輝度光源はない。最近になって、放射光ユーザーにとって長年の夢であった高輝度放射光源3 GeV リングが東北大学青葉キャンパスに建設される運びとなった。

本書はこれを契機にして、東北放射光施設推進室がまとめた放射光利用の手引き書である。これまでも多くの放射光に関連した解説書や手引書が出版されているが、それらの多くは手法を中心にしたものである。これに対して、本書は「応用分野からみた放射光」という観点から執筆されているところに特徴がある。放射光がわが

国で利用され始めて40年近く経つが、本書を見て驚かされるのは、これまで全く無縁であった農水産や医療分野なども含めてその応用分野の広さである。執筆者はいずれも放射光利用の現在最先端で活躍している研究者であり、それぞれの応用分野でどこまで利用研究が進んでいるかを知る上では非常に有益といえる。また、これまで放射光に無縁な分野の研究者にとっても、利用のヒントを得るという意味で役に立つと思われる。分野の広さゆえに、限られたページ数では十分に説明しきれないという欲求不満も残るが、興味を持った読者は引用文献を参考にすべきであろう。良質の紙を使っており、カラー刷りで図が多くて読みやすく、価格も妥当であり、初心者だけでなく放射光の専門家も目を通すべき本といえよう。

(東京大学名誉教授 太田俊明)

[2019年 B5版 アグネ技術センター 332頁 4200円+税]



～ 事務局より ～

- 会員の皆様で本会に登録しているE-mailアドレスに変更が生じた場合は、会員マイページへのアクセスが出来なくなりますので、事務局(member@jim.or.jp)までお知らせ下さい。
- 新元号「令和」の時代に入りました。今後も本会並びに「まてりあ」を宜しくお願いいたします。

2019, 2020年度会報編集委員会 (五十音順, 敬称略)

委員長	大塚 誠						
副委員長	竹田 修						
委員	池尾直子	石本卓也	井田駿太郎	上田恭介	梅津理恵	大石 郁	
	大野直子	小幡亜希子	木口賢紀	北村一浩	小島淳平	小柳禎彦	
	近藤亮太	齊藤信雄	齊藤敬高	佐々木秀顕	佐藤紘一	佐藤豊人	
	杉浦夏子	芹澤 愛	高島克利	田中秀明	趙 研	佃 諭志	
	堤 祐介	圓谷貴夫	寺西 亮	寺本武司	土井康太郎	徳永透子	
	轟 直人	永井 崇	長岡 亨	中島孝一	中村篤智	野山義裕	
	長谷川 誠	春本高志	藤枝 俊	細川裕之	本間智之	三井好古	
	宮崎秀俊	宮澤知孝	宮部さやか	盛田元彰	森戸春彦	諸岡 聡	
	山中謙太	山本剛久	横山賢一	吉矢真人	吉年規治	李 海文	

まてりあ 第58巻 第5号 (2019) 発行日 2019年5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



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)]

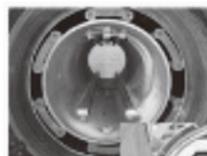
本会ホームページの入会ページ(下記 URL)から入会申し込み下さい。

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

高温真空 3000°Cへの挑戦

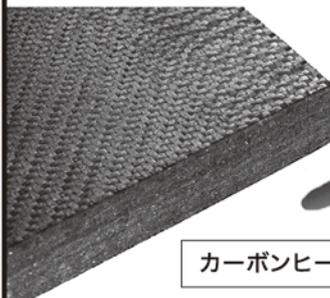
URL:<http://www.mechanical-carbon.co.jp/>

- 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



6面シート
貼り



カーボンフェルト

高断熱+省エネ

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



各種表面分析受託サービスなら
ナノサイエンス株式会社(EAGの日本支社)にお任せください。

GDMS分析
世界シェア No.1 

高感度不純物分析手法 GDMS ICPとは異なり固体のまま最小限の試料処理で直接分析ができます。

測定対象試料.....

高純度金属	合金・超合金	特殊金属	レアメタル・レアアース
カーボン及び黒鉛製造品	酸化物・炭化物・窒化物・硫化物などのセラミックス	各種半導体材料	太陽電池用シリコン

“世界の分析リーダー”の技術を日本で——



ナノサイエンス株式会社

〒171-0021 東京都豊島区西池袋1-21-7 住友不動産池袋西口ビル7F

TEL.03-5396-0531(代) FAX.03-5396-1930

[E-mail]

analysis@eag.com

お問い合わせ・見積り・分析お申込みはHPから... <http://www.nanoscience.co.jp>

モジュール式埋込プレス オパール X-プレス

異なるサイズの試料を同時にかつ短時間に埋込むために開発された高性能の埋込プレスです。モジュール式の設計は各プレスユニットのプロセスを最適に制御します。

新製品

埋
込
機



- 最大4種類の径の埋込みを可能にするモジュラー方式
- 同時に独立して制御される埋込みが可能
- 直観的な ATM ユーザー・ソフトウェアによる 7" タッチスクリーンのユーザー・インタフェース
- 細かい樹脂粉塵を吸引し作業衛生を向上するダストガード (吸塵はオプション)
- 快適なスライド式開閉システムを採用したプレスユニット
- 埋込シリンダー上部を清掃するスライドクリーナーと集塵ボックス
- ユーザーおよびメンテナンス定義の設定
- プレ・ヒーティング機能による短時間の埋込み
- 200 までの埋込み方法を保存
- 予めインストールされている埋込み方法と消耗品
- 強固なアルミニウム筐体と粉体塗装



基本ユニット プレスユニット P-50

オパール X-プレスは、基本ユニット、プレスユニット P-50 および埋込シリンダーで構成されます。基本ユニットには、プレスユニットを1台増設できるオパール X-プレス 2 と3台まで増設できるオパール X-プレス 4 の2種類があります。(基本ユニットにはプレスユニットが1台組み込まれています) プレスユニット P-50 は、6種類の内径の埋込シリンダーから任意の1つを選び組み合わせ基本ユニットと接続します。



オパール X-プレス 2 増設例



オパール X-プレス 4 増設例

