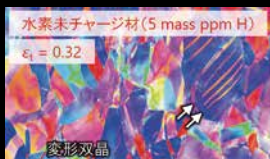


Materia Japan

まてりあ Vol.61

MTERE2 61 (6) 319 ~ 388 (2022)

No.6
2022



紹介 2022 年度役員・各支部

- ・ 水素による構造用合金の高強度・高延性化
- ・ 常温におけるダイヤモンドと異種材料の直接接合

材料
教育

連載：金属鑄造と砂型：1. その歴史と最近の進展

実学
講座

金属材料実験の手引き 1. 組織観察
1-6 透過型電子顕微鏡の構造と仕組み

- ・ 科学館めぐり トヨタ産業技術記念館（名古屋市）その二

ボールミルといえば、レッチェ 全13種類

レッチェでは掲載製品のほかにも多数のボールミルを取り扱っております。必要な容量や粒度に合わせてお選びいただけます。

Retsch
MILLING SIEVING ASSISTING

www.retsch.jp 

温度重視



冷却も加熱もできる
レッチェ ミキサーミル MM500 コントロール

-100℃ ~ 100℃の温度コントロール

▶ 粉砕ジャーのサイズ：50 ml ~ 125 ml

パワー重視



ミキサーミル最大級 35Hzの粉砕力
レッチェ ミキサーミル MM500 NANO

長時間粉砕（最長 99 時間）にも対応しメカノケミストリー、メカノケミカルなどの反応系の用途に最適

▶ 粉砕ジャーのサイズ：50 ml ~ 125 ml

処理量（少）重視



複数サンプル同時粉砕
レッチェ ミキサーミル MM500 VARIO

* 2 個架けタイプの MM400/200 もございます

粉砕ジャーを最大 6 個同時にセット。生体試料や細胞破壊にも適しています。

▶ 粉砕ジャーのサイズ：1.5 ml ~ 50 ml

温度重視



凍結粉砕に特化
レッチェ 凍結粉砕機 クライオミル

液体窒素で常に -196℃の凍結粉砕

▶ 粉砕ジャーのサイズ：5 ml ~ 50 ml

パワー重視

温度重視



メカニカルアロイングやナノレベルの微粉砕に最適
レッチェ 高エネルギーボールミル Emax

水冷式クーリングシステムの採用で、試料の過熱を防ぎながら、強力なエネルギーで連続的に粉砕。

▶ 粉砕ジャーのサイズ：50 ml ~ 125 ml

処理量（中〜多）重視



ボールミルのクラシック
レッチェ 遊星ボールミル PM 100

* 2 個架け PM200、4 個架け PM400 もございます
公転と自転を組み合わせた遠心力で、従来のボールミルでは実現不可能な強力な粉砕力


▶ 粉砕ジャーのサイズ：12 ml ~ 500 ml

切断・埋込・研磨 / ポリッシング・硬さ試験機のことなら

QATM
QUALITY ASSURED

自動研磨機

Qポル XL

www.qatm.jp 

Qポル XL は、Φ 300 ~ 350 mm の作業ホイールを使用できる堅牢な自動研磨およびポリッシング装置です。特に大型サンプルの研磨・ポリッシング作業に適した構造および機能が充実しています。

本体イメージ



特長

- Φ 300 ~ 350mm 作業ホイールの使用が可能なパワフルな行動
- ステンレス鋼で保護された作業領域
- 正確で効率の良い作業を可能にする研削量測定システム
- プロセス中に左右に往復移動可能なポリッシング・ヘッド
- 最適な研磨剤供給システムの構築が可能なモジュール方式
・マグネチック・スターラー
・研磨液量監視
- 大型サンプルに対応できる広範囲の荷重 (50 ~ 750N)
- プロセスの効率化を推進する自動サンプル洗浄システム (オプション)
- 研磨剤を均一に供給する可動式供給アーム
- 自動で開閉する安全フード
- 作業ホイールの汚れを低減させるスピン・サイクル機能
- 装置の状況をモニタリングできるシグナル・タワー (オプション)
- 管理が容易な循環冷却システム / 沈殿槽 (オプション)
- 作業領域内の清掃を容易にするスパイラル式洗浄ホース

仕様

作業ホイール寸法	Φ 300~350mm
作業ホイール数	1 面
回転速度	作業ホイール：50~600rpm ポリッシングヘッド：50~350rpm
回転方向	反時計方向 (ポリッシングヘッドのみ時計方向)
荷重	中央荷重：20~400N

サンプルホルダー (数)	Ø159 - 204 mm
研磨剤自動供給 (オプション)	4- ダイヤモンド懸濁液、1- 潤滑剤、1- 酸化物研磨剤
電源	三相 220-240V / 50/60Hz 接続ロード：6kVA
寸法 (W)x(D)x(H)	901x710x265mm
重量	~ 420kg

VERDER
scientific

ヴァーダー・サイエンティフィック株式会社

東京本社 〒160-0022 東京都新宿区新宿5-8-8
TEL: 03-5367-2651 FAX: 03-5367-2652
info@verder-scientific.co.jp

大阪営業所：〒559-0031 大阪市住之江区南港東8丁目2番52号
TEL: 06-6655-0003 Fax: 06-6629-8080

名古屋営業所：〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-9-14 伏見スクエアビル5F
TEL: 03-5367-2651 (東京本社) Fax: 03-5367-2652 (東京本社)

名古屋営業所へのQATM製品に関するお問い合わせは：
090-9002-5421 (名古屋営業所 所長 赤星)

6

2022
Vol.61
No.6

まてりあ

紹介	2022年度役員……………319	2022年度他団体との任意の合議機関の委員長，副委員長……………322
	2022年度代表理事，監事，代議員……………320	2022年度支部長，支部事務所……………323
	2022年度任意の合議機関の委員長，副委員長……………322	
最近の研究	水素を利用した高強度・高延性構造用合金の創製およびこれに関わる新発見 小川祐平……………325 水素固溶によって強度と延性の双方が向上するオーステナイト合金の実例と，その発現メカニズムを紹介．金属にとって脆化元素と認識されてきた水素を有効添加元素へ!!	
	常温におけるダイヤモンドと異種材料の直接接合 梁 劍波 大野 裕 重川直輝……………334 常温におけるダイヤモンドと Si, GaN, Al, Cu の直接接合，接合界面耐熱性，熱処理による界面ナノ構造に及ぼす影響，接合界面の応用等について紹介．	
材料教育	金属鑄造と砂型：1. その歴史と最近の進展 永瀬丈嗣 柏井茂雄 兼吉高宏 浅野和典 北村一浩……………340	
実学講座	金属材料実験の手引き 1. 組織観察 1-6 透過型電子顕微鏡の構造と仕組み 山本剛久 小平亜侑……………346	
スポットライト	愛媛県西条市市之川産輝安鉱(Sb ₂ S ₃)の巨大化の要因について水熱合成実験から迫る！ 八木田陽香 佐々木飛和 桑村 翔 細川唯笑 高橋圭吾 藤田実優 寺川駿希 ……354	
科学館めぐり	トヨタ産業技術記念館(名古屋市)その二 山本剛久……………356	
本会記事	会告……………359	2021年度事業報告……………376
	2022年度オンライン教育講座開催……………364	2021年度決算……………376
	掲示板……………371	2022年度事業計画書……………381
	会誌・欧文誌6号目次……………374	2022年度取支予算書……………381
	次号予告……………375	行事カレンダー……………385
	新入会員……………375	「JIMM」への略称変更のお知らせ ……387

今月の表紙写真

水素固溶に伴う安定オーステナイト系ステンレス鋼中の変形組織の変化．水素が変形双晶の発生を促進することによって双晶密度が増加し，加工硬化能と均一伸びが向上する（引張方向：写真中上下方向）．
（小川祐平著 329頁 図5より改変）

表紙デザイン：ビーコン コミュニケーションズ株式会社 グラフィックスタジオ

複写をご希望の方へ

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

未来を先導する領域を開拓し、世界に発信する

金属×挑戦＝変革 金属で未来を拓く・創る！

公募シンポジウム

- S1: ハイエントロピー合金の材料科学(VII)
Materials Science and Technology in High-Entropy Alloys(VII)
- S2: 計算科学および新規腐食解析に基づく
腐食現象の解析・可視化と
機械学習による腐食予測
Analysis, Visualization and Prediction of Corrosion Phenomena via Computational Science,
Machine Learning and Novel Characterization Techniques
- S3: 特異反応場における時間/
空間応答を利用した新奇材料構造創成II
Tailoring of novel structured materials using spatio-temporal responses
under exotic reaction fields II
- S4: 機能コアの材料科学 III
New Materials Science On Nanoscale Structures and Functions of Crystal Defect Cores, III
- S5: Additive Manufacturingの材料科学
Materials Science of Additive Manufacturing
- S6: 材料変形素過程のマルチスケール解析(V)
Multi-scale analysis of elementary processes in plasticity(V)
- S7: ソフト磁性材料研究の新たな展開
—組織設計・制御による次世代材料開発に向けて—
New developments of research on soft magnetic materials
— Toward next generation material developments by structure design and control —
- S8: ワイドギャップ結晶の材料科学と高温プロセスIV
Materials Science and high temperature processing of widegap materials IV
- S9: ミルフィーユ構造の材料科学V
Materials Science of Mille-feuille Structure V

企画シンポジウム

- K1: 若手科学者へ贈る研究のヒントV～未踏領域へ到達するために～
Gifts from pioneers to young scientists V: To hitch your wagon to star ~
- K2: 材料化学におけるイノベーションの役割と工業製品への展開III
Innovations in materials chemistry and their effects on industry III
- K3: 材料技術史から見るこれからの技術展開V—鉄
Future growth expected from technological history of materials V: Iron and Steel
- K4: 医用材料・医療機器開発の最前線(III)～光を用いる生体情報センシング～
Frontier in development of biomaterials and medical devices(III): Advanced Bioimaging Technologies
- K5: モビリティの未来を支える材料技術の最新動向
(自動車技術会・日本鉄鋼協会・日本金属学会合同シンポジウム)
The latest trend of the materials R&D for the future Automotive

2022年 秋期
第171回
講演大会

演題登録
締切 2022年 7/8 金 17:00

事前参加
申込締切 2022年 9/2 金

公益社団法人 The Japan Institute of Metals and Materials

日本金属学会

2022年
会期 9/20 火～23 金 祝
会場 福岡工業大学 〒811-0295
福岡県福岡市東区和白東3-30-1



参加方法の詳細はホームページで公開
状況によりオンラインに変更になる可能性もあります。

◇ 詳細は、本号会告（359頁）または本会ホームページをご覧ください。
～ 皆様のご参加をお待ちしております。～

問合先 公益社団法人日本金属学会 講演大会係
TEL 022-223-3685 annualm@jim.or.jp https://jim.or.jp/

紹介(2022年度)

公益社団法人日本金属学会2022年度役員(会長, 副会長, 理事, 監事)

(50音順)

会長



中野 貴由
大阪大学教授

副会長



三浦 誠司
北海道大学教授

副会長



吉永 直樹
日本製鉄㈱フェロー

副会長



吉見 享祐
東北大学教授

理事



阿部 英司
東京大学教授



榎 学
東京大学教授



大村 孝仁
物質・材料研究機構
副拠点長



岡崎 喜臣
㈱神戸製鋼所所長



加藤 秀実
東北大学教授



河村 能人
熊本大学
センター長・教授



後藤 光宏
住友電気工業㈱
研究開発副本部長



小林 千悟
愛媛大学教授



高梨 弘毅
日本原子力研究開発機構
先端基礎研究センター
センター長



田中 将己
九州大学教授



戸高 義一
豊橋技術科学大学教授



成島 尚之
東北大学教授



船川 義正
JFE テクノリサーチ㈱
経営企画部長(参与)



御手洗 容子
東京大学教授



渡邊 千尋
金沢大学教授

専務理事



山村 英明
日本金属学会
事務局長

監事



須齋 京太
古河電気工業㈱
理事



正橋 直哉
東北大学教授

公益社団法人日本金属学会 2022年度代表理事，監事，代議員 (50音順，敬称略)

会長(代表理事)

中野 貴 由 大阪大学大学院工学研究科 教授

副会長

三浦 誠 司 北海道大学大学院工学研究院 教授

吉永 直 樹 日本製鉄㈱ フェロー

吉見 享 祐 東北大学大学院工学研究科 教授

理 事 (20名)

阿部 英 司 東京大学大学院工学系研究科 教授

榎 学 東京大学大学院工学系研究科 教授

大村 孝 仁 物質・材料研究機構構造材料研究拠点 副拠点長

岡崎 喜 臣 ㈱神戸製鋼所技術開発本部 所長

加藤 秀 実 東北大学金属材料研究所 教授

河村 能 人 熊本大学先進マグネシウム国際研究センター センター長・教授

後藤 光 宏 住友電気工業㈱研究開発副本部長

小林 千 悟 愛媛大学大学院理工学研究科 教授

高梨 弘 毅 日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター センター長

田中 將 己 九州大学大学院工学研究院 教授

戸高 義 一 豊橋技術科学大学大学院工学研究科 教授

中野 貴 由 大阪大学大学院工学研究科 教授

成島 尚 之 東北大学大学院工学研究科 教授

船川 義 正 JFE テクノリサーチ㈱経営企画部長(参与)

三浦 誠 司 北海道大学大学院工学研究院 教授

御手洗 容 子 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授

吉永 直 樹 日本製鉄㈱ フェロー

吉見 享 祐 東北大学大学院工学研究科 教授

渡邊 千 尋 金沢大学理工研究域 教授

専務理事

山村 英 明 日本金属学会事務局長

* 理事の任期：2021年定時社員総会当日(4月23日)から2023年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

監 事 (2名)

須齋 京 太* 古河電気工業㈱ 理事

正橋 直 哉** 東北大学金属材料研究所 教授

監事の任期：*2021年定時社員総会当日(4月23日)から2023年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

**2022年定時社員総会当日(4月22日)から2023年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

代 議 員 (91名)

北海道地区 (3名)

大野 宗 一 北海道大学大学院工学研究院 教授

橋本 直 幸 北海道大学大学院工学研究院 教授

三浦 誠 司 北海道大学大学院工学研究院 教授

東北地区 (9名)

加藤 秀 実 東北大学金属材料研究所 教授

今野 一 弥 仙台高等専門学校総合工学科 教授

齋藤 嘉 一 秋田大学大学院理工学研究科 教授

柴田 悦 郎 東北大学多元物質科学研究所 教授

鈴木 茂 東北大学マイクロシステム融合研究開発センター 教授

高村 仁 東北大学大学院工学研究科 教授

成島 尚 之 東北大学大学院工学研究科 教授

福山 博 之 東北大学多元物質科学研究所 教授

吉見 享 祐 東北大学大学院工学研究科 教授

関東地区 (36名)

阿部 英 司 東京大学大学院工学系研究科 教授

糸井 貴 臣 千葉大学大学院融合理工学府 教授

伊藤 公 久 早稲田大学理工学術院基幹理工学部 教授

岩本 知 広 茨城大学大学院理工学研究科 教授

梅澤 修 横浜国立大学大学院工学研究院 教授

榎 学 東京大学大学院工学系研究科 教授

大村 孝 仁 物質・材料研究機構構造材料研究拠点 副拠点長

長田 俊 郎 物質・材料研究機構構造材料研究拠点 主幹研究員

梶谷 敏 之 日本製鉄㈱技術開発本部 部長

荻谷 義 治 芝浦工業大学工学部 教授

北 蘭 幸 一 東京都立大学システムデザイン学部 教授

木村 好 里 東京工業大学物質理工学院 教授

葛 卷 徹 東海大学工学部 教授

桑原 孝 介 日立金属㈱グローバル技術革新センター グループ長

小林 能 直 東京工業大学科学技術創成研究院 教授

重里 元 一 日本製鉄㈱鉄鋼研究所 部長

染川 英 俊 物質・材料研究機構構造材料研究拠点 グループリーダー

高井 健 一 上智大学理工学部 教授

土屋 由美子 東芝エネルギーシステム㈱エネルギーシステム技術開発センター エキスパート

出村 雅 彦 物質・材料研究機構統合型材料開発・情報基盤部門 部門長

中尾 航 横浜国立大学大学院工学研究院 教授

仲道 治 郎 JFE スチール㈱スチール研究所 マテリアルズインテグレーション研究部長

野田 和 彦 芝浦工業大学工学部 教授

秦 昌 平 日立金属㈱機能部材事業本部 部長

久 森 紀 之	上智大学理工学部 教授	御手洗 容 子	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
平 田 秋 彦	早稲田大学理工学術院 教授	本 保 元次郎	千葉工業大学工学部 教授
平 田 茂	日本冶金工業㈱技術研究所 所長	森 田 一 樹	東京大学大学院工学系研究科 教授
藤 居 俊 之	東京工業大学物質理工学院 教授	遊 佐 覚	㈱IHI 技術基盤センター 主幹
船 川 義 正	JFE テクノリサーチ㈱ 経営企画部長(参与)	横 田 毅	JFE スチール㈱薄板セクター部 主任部員
宝 野 和 博	物質・材料研究機構 理事長	吉 田 英 弘	東京大学大学院工学系研究科 教授
東海地区 (10名)			
植 田 茂 紀	大同特殊鋼㈱技術開発研究所 副所長	戸 高 義 一	豊橋技術科学大学大学院工学研究科 教授
宇佐美 初 彦	名城大学理工学部 教授	西 川 友 章	近江鋳業㈱取締役
岡 本 力	日本製鉄㈱名古屋技術研究部 部長	日 原 岳 彦	名古屋工業大学大学院工学研究科 教授
君 塚 肇	名古屋大学大学院工学研究科 教授	細 川 裕 之	産業技術総合研究所磁性粉末冶金研究センター 研究チーム長
嶋 陸 宏	岐阜大学工学部 教授	前 田 千 芳 利	トヨタ自動車㈱モビリティ材料技術部 プロフェッショナルパートナー
北陸信越地区 (5名)			
大 鳥 範 和	新潟大学理学部 教授	羽 木 秀 樹	ナカテックグループ技術開発研究所 所長
喜 多 和 彦	YKK㈱テクノロジーイノベーションセンター 執行役員	渡 邊 千 尋	金沢大学大学院自然科学研究科 教授
榊 和 彦	信州大学学術研究院(工学系) 教授		
関西地区 (17名)			
浅 野 和 典	近畿大学理工学部 教授	鳥 塚 史 郎	兵庫県立大学大学院工学研究科 教授
飴 山 恵	立命館大学理工学部 教授	中 野 貴 由	大阪大学大学院工学研究科 教授
川 崎 健 史	㈱島津製作所試験機ビジネスユニット ビジネスユニット長	平 藤 哲 司	京都大学大学院エネルギー科学研究科 教授
河 野 佳 織	日本製鉄㈱技術開発本部 フェロー	安 田 秀 幸	京都大学大学院工学研究科 教授
岸 田 恭 輔	京都大学大学院工学研究科 准教授	安 田 弘 行	大阪大学大学院工学研究科 教授
小 泉 雄 一 郎	大阪大学大学院工学研究科 教授	山 崎 強	日本製鉄㈱技術開発本部 部長
佐 野 恭 司	福田金属箔粉工業㈱研究開発部 部長	山 本 正 敏	山陽特殊製鋼㈱ 事業部長
瀧 川 順 庸	大阪公立大学大学院工学研究科 教授	山 本 隆 一	三菱重工業㈱総合研究所 主席研究員
竹 中 俊 英	関西大学化学生命工学部 教授		
中国四国地区 (6名)			
赤 井 誠	日立金属㈱冶金研究所 主管研究員	陳 中 春	鳥取大学大学院工学研究科 教授
市 川 貴 之	広島大学大学院先進理工系科学研究科 教授	濱 田 純 一	日鉄ステンレス㈱ 研究センター部長
小 林 千 悟	愛媛大学大学院理工学研究科 教授	松 本 洋 明	香川大学創造工学部 教授
九州地区 (5名)			
金 子 賢 治	九州大学大学院工学研究院 教授	田 中 將 己	九州大学大学院工学研究院 教授
河 村 能 人	熊本大学先進マグネシウム国際研究センター センター長・教授	波 多 聰	九州大学大学院総合理工学研究院 教授
高 須 登 実 男	九州工業大学工学部 教授		
本部枠代議員 (3名)			
岡 崎 喜 臣	㈱神戸製鋼所技術開発本部 所長	吉 永 直 樹	日本製鉄㈱ フェロー
後 藤 光 宏	住友電気工業㈱ 研究開発副本部長		

代議員の任期：2021年定時社員総会当日(4月23日)から2023年4月予定の定時社員総会の終結のときまで

任意の合議機関の委員長，副委員長(2022年度)

*は理事以外.

委 員 会	委 員 長	副委員長	業 務 概 要
1. 刊行事業に係る委員会 (1) 会報編集委員会 (2) 会誌編集委員会 (3) 欧文誌編集委員会 (4) 学術図書類刊行委員会	竹 田 修* 佐 藤 英 一* 堀 田 善 治* 田 中 将 己	田 中 秀 明* — — —	会報の刊行に関する業務全般 会誌の刊行に関する業務全般 欧文誌の刊行に関する業務全般 学術図書類の刊行に関する業務全般
2. 講演会・講習会事業に係る委員会 (1) 講演大会委員会 (2) 講演大会企画委員会 (3) 本多記念講演委員会 (4) セミナー・シンポジウム委員会	御手洗 容 子 御手洗 容 子 御手洗 容 子 大 村 孝 仁	戸 高 義 一 戸 高 義 一 戸 高 義 一 小 泉 雄 一 郎*	講演大会の実施に関する業務全般 講演大会の企画に関する業務全般 本多記念講演に関する業務全般 セミナーおよびシンポジウムならびに講習会に関する業務全般
3. 調査・研究事業に係る委員会 (1) 企画委員会 (2) セルフガバナンス委員会* (3) 長期展望委員会 (4) 調査・研究委員会 (5) 調査・研究推進委員会 (6) 戦略推進委員会 (7) 科研費委員会 (8) 人材育成委員会 (9) 男女共同参画委員会 (10) 国際学術交流委員会	中 野 貴 由 中 野 貴 由 高 梨 弘 毅 成 島 尚 之 成 島 尚 之 成 島 尚 之 成 島 尚 之 小 林 千 悟 戸 田 佳 明* 河 村 能 人	三 浦 誠 司 山 村 英 明 — 三 浦 誠 司 三 浦 誠 司 三 浦 誠 司 — 戸 田 佳 明* 三 浦 永 理* 小 林 千 悟	本会の事業に関する重要な企画に関する業務全般 本会のセルフガバナンスに関する業務全般 本会の事業に係る長期展望に関する業務全般 調査・研究事業に関する業務全般 調査・研究事業の企画に関する業務全般 本会の材料戦略活動に関する業務全般 科研費補助金に関する業務全般 人材育成に関する業務全般 男女共同参画活動に関する業務全般 国際学術交流および国際会議事業に関する業務全般
4. 表彰・奨励事業に係る委員会 (1) 名誉員検討委員会 (2) 学会賞委員会 (3) 各種賞検討委員会 (4) フェロー選考委員会	吉 永 直 樹 中 野 貴 由 吉 見 享 祐 中 野 貴 由	吉 見 享 祐 吉 見 享 祐 — —	名誉員に関する業務全般 学会賞に関する業務全般 各種賞に関する業務全般 フェローに関する業務全般
5. 庶務に係る委員会 (1) 広報委員会	柴 田 直 哉*	宮 本 吾 郎*	広報に関する業務全般

他団体との任意の合議機関の委員長，副委員長

委 員 会	委 員 長	副委員長	事 業 概 要
1. 刊行事業に係る委員会 (1) Materials Transactions 編集委員会	堀 田 善 治*		Materials Transactions の共同刊行に関する業務全般
2. 講演会・講習会に係る委員会 なし			
3. 調査・研究事業に係る委員会 (1) 男女共同参画委員会	戸 田 佳 明*		日本鉄鋼協会との連携による男女共同参画活動に関する業務全般

2022年度支部長，支部事務所

1. 北海道支部

支部長 橋本直幸
(北海道大学大学院工学研究院 教授)
副支部長 上田幹人
(北海道大学大学院工学研究院 教授)
支部事務所 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学大学院工学研究院
☎ 011-706-6769
E-mail: jim_hokkaido@eng.hokudai.ac.jp
岡 弘

2. 東北支部

支部長 吉見享祐
(東北大学大学院工学研究科 教授)
支部事務所 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-02
東北大学大学院工学研究科
知能デバイス材料学専攻
☎ 022-795-7326
E-mail: tohoku@jim.or.jp
稲富愛子

3. 関東支部

支部長 森田一樹
(東京大学大学院工学系研究科 教授)
副支部長 阿部英司
(東京大学大学院工学系研究科 教授)
支部事務所 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1
工学部 4号館334号室
東京大学大学院工学系研究科
マテリアル工学専攻
☎ 03-5841-7107
E-mail: nakaya@wood3-staff.t.u-tokyo.ac.jp
中屋直美

4. 東海支部

支部長 長谷川 正
(名古屋大学大学院工学研究科 教授)
支部事務所 〒464-8603 名古屋市千種区不老町
名古屋大学工学研究科マテリアル工学系専攻内
☎ 052-789-3372
E-mail: tokai@numse.nagoya-u.ac.jp
堀田依里

5. 北陸信越支部

支部長 西村克彦
(富山大学学術研究部 教授)
副支部長 武田雅敏
(長岡技術科学大学大学院工学研究科 教授)
支部事務所 〒930-8555 富山市五福3190
富山大学大学院理工学研究所
☎/FAX 076-445-6839
E-mail: matsuda@eng.u-toyama.ac.jp
松田健二(教授)

6. 関西支部

支部長 荒木秀樹
(大阪大学大学院工学研究科 教授)
支部事務所 〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-8-4
(一財)大阪科学技術センター
ニューマテリアルセンター
☎ 06-6443-5326
E-mail: n-kansai@ostec.or.jp
八尾秀樹/森 知佐子

7. 中国四国支部

支部長 松木一弘
(広島大学大学院先進理工系科学研究科 教授)
支部事務所 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1
広島大学大学院先進理工系科学研究科
☎/FAX 082-424-7618
E-mail: ksugio@hiroshima-u.ac.jp
杉尾健次郎(准教授)

8. 九州支部

支部長 河村能人
(熊本大学先進マグネシウム
国際研究センター センター長・教授)
副支部長 石丸 学
(九州工業大学大学院工学研究院 教授)
副支部長 金子賢治
(九州大学大学院工学研究院 教授)
支部事務所 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1
熊本大学先進マグネシウム国際研究センター
☎ 096-342-3506
E-mail: tkiguchi@kumamoto-u.ac.jp
木口賢紀(教授)

やってみよう！NIMSの材料実験

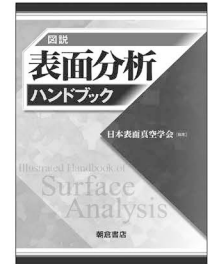
物質・材料研究機構 著
A5判
2021年11月 定価2,200円(税込)
発行所名：アグネ技術センター
ISBN978-4-86707-007-9
〒107-0062
東京都港区南青山5-1-25 北村ビル
TEL：03-3409-5329
FAX：03-3409-8237
URL <https://www.agne.co.jp/books/>



NIMSの研究者たちが、材料の特徴を理解するために、基本的な物性からものづくりまで、27の実験をピックアップ。入手しやすい材料を用いて実験手順を写真入りで解説。高校生から一般の人までが楽しみながら実験し、材料科学の基礎や面白さを学ぶことができる。また大学の学生実験としても利用できる。

図説 表面分析ハンドブック

日本表面真空学会 編
B5判 576頁
2021年6月 定価19,800円
(本体18,000円)
発行所名：(株)朝倉書店
ISBN：978-4-254-20170-3
〒162-8707
東京都新宿区新小川町6-29
TEL：03-3260-7631
FAX：03-3260-0180
URL：<https://www.asakura.co.jp/>



約120の表面分析手法を取り上げ、見開き形式で解説。原理だけでなく実際の適用例を複数紹介し、また各項目の冒頭にはその手法の特徴や主な適用先などをまとめ、一目で概要がわかるよう工夫。試料の種類や性質、目的により適切な手法を選択するためのリファレンス。

自動車マルチマテリアルに向けた樹脂複合材料の開発

藤川 真一郎、漆山 雄太 ほか60名
A4判・約500頁 2022年5月発刊
定価：88,000円(税込み)
アカデミック割引価格：33,000円(税込み)
発行所名：(株)技術情報協会
ISBN：978-4-86104-883-8
〒141-0031
東京都品川区西五反田2-29-5
日幸五反田ビル8F
TEL：03-5436-7744
FAX：03-5436-7745
URL：<http://www.gijutu.co.jp/>



試読可(約1週間)

靱性、剛性、加工性、耐衝撃性、耐熱性、耐候性、機械特性、自動車車体、部品に求められる材料の強度、耐久性・・・自動車の軽量化と両立するための特性の向上技術について徹底解説！環境負荷を低減するための材料のリサイクル性、環境負荷のバランス、LCAを考慮した材料の選定、開発事例を詳解！

研究開発部門へのDX導入によるR&Dの効率化、実験の短縮化

山本 修一郎、亀井 卓也 ほか64名
A4判・663頁 2022年4月発刊
定価：88,000円(税込み)
アカデミック割引価格：33,000円(税込み)
発行所名：(株)技術情報協会
ISBN：978-4-86104-878-4
〒141-0031
東京都品川区西五反田2-29-5
日幸五反田ビル8F
TEL：03-5436-7744
FAX：03-5436-7745
URL：<http://www.gijutu.co.jp/>

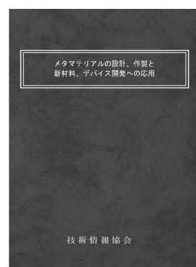


試読可(約1週間)

属人的・形骸化したデータ管理からどう脱却するか！DXの社内普及、啓もう活動の仕方、工夫点とは！DX人材をどのように社内で見つけ、育てるか！実験の自動化、知能化、遠隔化による研究開発の効率化をどう実現するか！AIによる研究開発テーマの探索、マーケティングはどれくらい使えるものなのか！

メタマテリアルの設計、作製と新材料、デバイス開発への応用技術

岩見 健太郎、岩長 祐伸 ほか48名
A4判・508頁 2022年3月発刊
定価：88,000円(税込み)
アカデミック割引価格：33,000円(税込み)
発行所名：(株)技術情報協会
ISBN：978-4-86104-876-0
〒141-0031
東京都品川区西五反田2-29-5
日幸五反田ビル8F
TEL：03-5436-7744
FAX：03-5436-7745
URL：<http://www.gijutu.co.jp/>

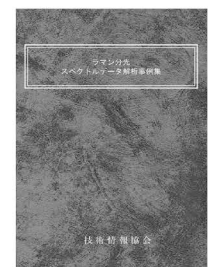


試読可(約1週間)

5G/6G通信へ向けたミリ波、テラヘルツ波を制御するメタマテリアルの作製とデバイスへの応用技術。「音響メタマテリアル」や「メカニカルメタマテリアル」など新しいメタマテリアルの開発動向も収録。

ラマン分光スペクトルデータ解析事例集

片山 詔久、森田 成昭 ほか66名
A4判・405頁 2022年2月発刊
定価：88,000円(税込み)
アカデミック割引価格：33,000円(税込み)
発行所名：(株)技術情報協会
ISBN：978-4-86104-872-2
〒141-0031
東京都品川区西五反田2-29-5
日幸五反田ビル8F
TEL：03-5436-7744
FAX：03-5436-7745
URL：<http://www.gijutu.co.jp/>



試読可(約1週間)

ラマンスペクトルで得られる情報とは何か？ スペクトルを上手に読み取るためのデータ前処理、解析法！ 試料調製、測定法の工夫で、良好なラマンスペクトルを獲得するには？ 高分子、電子デバイス、電池、無機材料、医薬品、食品、細胞の分析事例を多数掲載！

SDGsの経営・事業戦略への導入と 研究開発テーマの発掘、進め方

横田 浩一、中川 優 ほか72名
A4判・681頁 2022年1月発刊
定価：88,000円(税込み)
アカデミック割引価格：33,000円(税込み)
発行所名：(株)技術情報協会
ISBN：978-4-86104-868-5
〒141-0031
東京都品川区西五反田2-29-5
日幸五反田ビル8F
TEL：03-5436-7744
FAX：03-5436-7745
URL：http://www.gijutu.co.jp/



試読可(約1週間)

SDGsを自社の経営にどう取り入れるか！ 自社のコア技術とSDGsをどう結び付けるか！ 大学、公的研究機関とSDGs関連の連携をするにはどうするか！ 具体的に何を研究開発すればよいのか！

導電性材料の設計、導電性制御および最新応用展開

小長谷重次、前野聖二 ほか80名
A4判・984頁 2021年12月発刊
定価：88,000円(税込み)
アカデミック割引価格：33,000円(税込み)
発行所名：(株)技術情報協会
ISBN：978-4-86104-867-8
〒141-0031
東京都品川区西五反田2-29-5
日幸五反田ビル8F
TEL：03-5436-7744
FAX：03-5436-7745
URL：http://www.gijutu.co.jp/



試読可(約1週間)

導電性フィラー・ペースト、導電性ポリマー、導電性接着剤、透明導電膜、伸縮性導体の形態。電気を通す、遮る、貯める機能の発現メカニズム、材料物性と電気的特性のコントロール、その作り方と使い方、次世代自動車、航空宇宙、スポーツ工学や医療・介護、発電・省エネ、IoT、表示デバイスなど市場展開までを解説。

第2巻 永久磁石の着磁と安定性

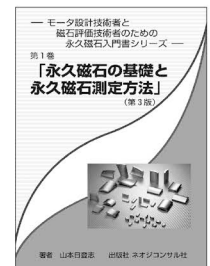
山本日登志、大橋健
B5判・118頁(カラー頁31頁)
2021年発刊
定価：2,670円(税込み/送料込み)
ネオジコンサル社
お問い合わせは、TELまたはE-mail。
TEL：090-2204-7294
E-mail：hitoshiad_0330@yahoo.co.jp



http://hitoshiad26.sakura.ne.jp
書籍内容抜粋は以下参照下さい；
山本HPメニュー ⇒ 書籍ご案内 ⇒ 書籍内容抜粋
第1巻「永久磁石の基礎と永久磁石測定方法」に続き、第2巻の出版販売開始中。
第2巻は山本日登志、大橋健の共著。永久磁石の応用上重要な着磁特性、また熱減磁などの安定性を詳しく解説。
目次や内容確認また購入の申し込みは弊社ホームページからお願いします。

永久磁石の基礎と永久磁石測定方法 (第3版)

著者 工学博士 山本日登志
B5判 2019年発刊
定価：2,300円(税込) ※送料別
ネオジコンサル社
お問い合わせは、TELまたはE-mail。
TEL：080-2442-9009
E-mail：hitoshiad_0330@yahoo.co.jp



書籍内容と購入方法：
ネオジコンサルHPから
初期画面 ⇒ メニュー ⇒ 書籍ご案内
http://hitoshiad26.sakura.ne.jp
永久磁石と磁気測定の入門書。
電気回路と磁気回路の類似と相違点解説。反磁場係数は実は変数である。磁石は各磁石体積の加算で考える。VSM標準校正Ni試料の値には注意が肝要。

書籍ガイド・広告募集！

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

1コマ(1/6頁) ¥18,000(税別)

次回は、12月号(12/1発行)に掲載致します。

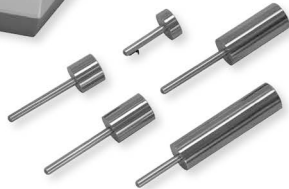
広告掲載の
お問い合わせ・お申込み

株式会社 明報社

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4 友野本社ビル
TEL (03) 3546-1337 FAX (03) 3546-6306
E-mail : info@meihosha.co.jp HP : http://www.meihosha.co.jp

**研磨機・切断機
期間限定キャンペーン中!!**

詳細はお問い合わせください。



自動研磨機 SCANDIMATIC 33305

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

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

精密切断機 MINICUT 4000

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



試料埋め込み材料、アクセサリ



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

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

カタログおよび価格表は弊社にお問い合わせください

フリツシュ・ジャパン株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-2-7
福岡営業所 〒819-0022 福岡市西区福重5-4-2

info@fritsch.co.jp <http://www.fritsch.co.jp>
Tel (045)641-8550 Fax (045)641-8364
Tel (06)6390-0520 Fax (06)6390-0521
Tel (092)707-6131 Fax (092)707-6131

FRITSCH “NANO 領域”

遊星型ボールミル “PREMIUM LINE”

モデル P-7

新型

特色

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



従来型ボールミル “CLASSIC LINE”

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



フリッチュ社が開発した遊星型シリーズのバイオニア機種。

世界で初めて容器ひとつで遊星運動に成功したベストセラー機種

少量試料を対象にしたパワフルな機種

全機種共通の特長

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



P5



P6



P7

カタログおよび価格表は弊社にお問い合わせください

フリッチュジャパン株式会社

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

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-2-7

TEL 045-641-8550 FAX 045-641-8364
TEL 06-6390-0520 FAX 06-6390-0521

～ お知らせ ～

日本金属学会の略称を「JIMM」に変更します。

これまで本会の略称として使用してきた「JIM」は企業の登録商標となっており、混乱を避けるために略称を「JIMM」に変更することにしました。合わせて、ロゴタイプを下記のように決めました（商標登録出願中）。

JIMM

The Japan Institute of Metals and Materials



新しい日本金属学会のロゴマークです。



水素を利用した高強度・高延性構造用合金の創製およびこれに関わる新知見

小川 祐平*

1. はじめに

水素は、近未来のカーボンニュートラル実現に向けて最も注目を集めているエネルギーキャリアのひとつである。燃料電池自動車や水素ステーションなど、水素に関連する多くの機器やインフラでは、水素を70 MPa以上の高圧ガスの状態で貯蔵・利用している。これらで使用される構造用金属材料の強度設計で問題とされているのが、水素原子が金属材料中に侵入することで発生する機械的性質の劣化、いわゆる水素脆化である。図1に、ステンレス鋼 JIS-SUS304 を、室温の高圧水素ガス中で引張試験した際の応力-ひずみ特性と破断部の様相を示す⁽¹⁾。水素ガス環境では、多くの延性材料に認められる破断部のくびれ(ネッキング)が生じることなく破壊に至り、引張強さ(強度)や破断伸び(延性)が大きく低下する。引張試験中に発生する脆化以外にも、水素はき裂や切欠きなど応力集中部を含む部材の靱性値、耐疲労破壊特性などの悪化を招く場合がある⁽²⁾⁽³⁾。マイクロ組織制御⁽⁴⁾、水素トラップ型析出粒子の分散⁽⁵⁾、耐水素透過コーティングの活用⁽⁶⁾などを通じて、これら広範な水素脆化現象の抑止と高強度耐水素材料の開発に向けた取り組みが長年に渡り継続されている。

現在稼働中の水素利用機器には、面心立方(FCC)結晶構造の組織を持つオーステナイト(γ)系鉄鋼材料が最も広く利用されている。これは、フェライトやマルテンサイトなど体心立方(BCC)構造の組織と比較して FCC 格子中では水素の拡散係数が小さく⁽⁷⁾、応力負荷中の水素の侵入と材料中での移動が困難となることから、耐水素性が高いと考えられてきたためである。しかしながら、BCC 材料にはないオーステナイト系合金の特徴は、その塑性変形機構の多様性にある。常温下では、いわゆる転位の運動のみによってすべり変形を起こす BCC 材料に対し、FCC 材料では他の複雑な変形モー

ドが重畳して塑性変形を担い、その結果として水素脆化が引き起こされる場合がある⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁸⁾。

オーステナイト系合金において従来指摘されている代表的な水素脆化発現要因には、例えば以下のようなものがある。

- ① α' (BCC)マルテンサイトへの塑性誘起変態⁽²⁾⁽⁸⁾
- ② 変形双晶の発生⁽⁹⁾
- ③ ϵ (最密六方:HCP)マルテンサイトへの変態⁽¹⁰⁾
- ④ 転位運動のプラナー化に伴う応力・ひずみ集中⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

①による水素脆化は、SUS304 や SUS316 などの合金を、オーステナイトの準安定温度域で変形させた場合に発現する(図1はその典型例である)。水素が予め材料中に添加されている場合、水素を多量に含んだ γ 相が水素固溶度の小さい α' 相へと瞬時に変態を起こすことで、 α' 相内は一時的に水素が過飽和な不安定状態となって破壊への感受性が増加す

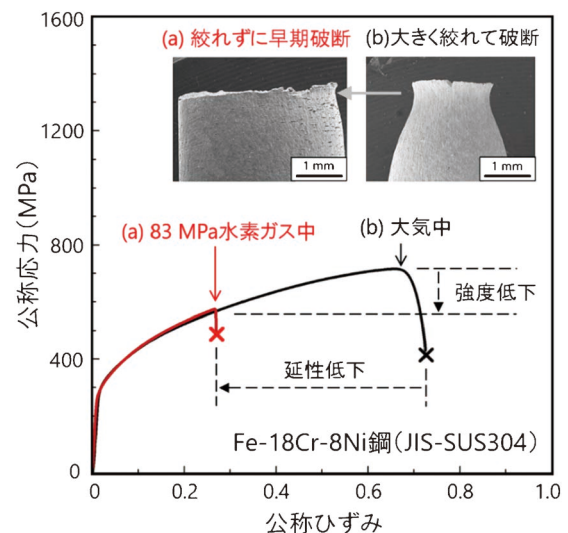


図1 オーステナイト系ステンレス鋼 JIS-SUS304 の大気中と高圧水素ガス環境における応力-ひずみ特性の一例⁽¹⁾。(オンラインカラー)

* 九州大学大学院 工学研究院 機械工学部門; 助教(〒819-0395 福岡市西区元岡744)

Development of Structural Alloys with Excellent Combination of Strength and Ductility via Utilizing Hydrogen as a Positive Constituent; Yuhei Ogawa* (*Department of Mechanical Engineering, Kyushu University, Fukuoka)

Keywords: hydrogen embrittlement, austenite, strength, ductility, work-hardening, solid-solution hardening, deformation twinning

2022年2月24日受理[doi:10.2320/materia.61.325]

る⁽¹³⁾。また、水素ガス中のように外環境からの水素侵入が破壊の律速過程となる場合には、水素拡散係数の大きい α' 相が材料表面またはき裂の先端等に生成することで、材料中への水素侵入を促進する拡散パスとしても働く⁽¹⁴⁾。②～④による悪影響が現れるのは、Fe-Mnを主成分とする低積層欠陥エネルギー(SFE: Stacking fault energy)合金や、高窒素オーステナイト鋼および整合析出物を含む析出強化型合金においてである⁽⁹⁾⁻⁽¹²⁾⁽¹⁵⁾。塑性変形により生成した板状の双晶/ ε 相の端部または粒界へとpile-upしたプラナー転位群の先端が、いずれも応力集中源として働く。一方、材料中に侵入した水素原子の振舞いとしては、金属原子間の結合力を低下させること(格子脆化モデル)⁽¹⁶⁾や、転位の運動特性を変化させて塑性ひずみ集中を引き起こすこと(局所変形助長モデル)⁽¹⁷⁾、相変態を促進/抑制すること⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾、転位とともに材料中を移動すること(転位による水素輸送)⁽²⁰⁾、応力集中箇所へと拡散・凝集すること(応力誘起拡散)⁽²¹⁾などが代表的なものである。上述したオーステナイト系合金特有の変形機構と、これら水素独自の作用によって結晶粒界、相界面、転位すべり帯内部等で局所的な水素濃度と応力・ひずみ集中が臨界条件に達した際、微視き裂が発生して延性低下に結びつくものと考えられている⁽¹⁷⁾。なお、これら種々の要因による粒界破壊や相界面破壊の発生は、10 mass%以上のMnを含む合金、その中でも特に γ - ε 相変態を起こす合金において頻繁に報告されている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽²²⁾。これは、Mn添加によって粒界のイントリンシックな結合力が低下する⁽²³⁾ため、ならびにHCP構造を持つ ε 相では塑性変形の異方性が大きく、内部応力の緩和が困難となるため⁽¹⁰⁾である。

以上のようにネガティブな側面が際立つ反面、水素には材料の機械的性質にポジティブな効果を与える場合も散見される。その一例は、水素固溶に伴う変形応力の上昇、すなわち固溶強化である⁽²⁴⁾⁻⁽²⁶⁾。実際に、純Ni⁽²⁴⁾やNi-Cu合金⁽²⁵⁾、ハイエントロピー合金⁽²⁶⁾などのFCC系材料では、数10～100 mass ppmの水素添加によって粒界破壊を伴う延性低下が発生するものの、破壊に至る前の変形過程では著しい降伏応力および流動応力の上昇が確認されている。これに加え、一部の高Mn鋼やハイエントロピー合金では驚くことに、水素が均一伸びや破断伸びを僅かに向上させる場合があることも、最近になって報告され始めた⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾。ただし、残念ながらこれらの材料では、延性向上の一方で水素による強度上昇効果(固溶強化)はほとんど得られていないのが現状である。

金属材料に第二元素を固溶させることで、原子間の結合力や相安定性、変形特性に変化が現れるのは、水素に限定された話ではない。それらの変化は、部材の形状や負荷状態、使用環境等の状況に応じ、材料にとってポジティブ/ネガティブいずれの影響因子にも転じる可能性を秘めていると言ってよい。例えば、燐(P)はよく知られた粒界脆化元素であるが、その優れた固溶強化能力から、薄鋼板の高強度化に利用される場合がある⁽²⁹⁾。また、鉄鋼材料の組織制御や強化に不可欠な炭素(C)についても、100～300°Cの温度域では青熱脆性の引き金となる場合がある⁽³⁰⁾。このような観点に立って今一度俯瞰すると、我々が把握している水素脆化という現

象は、水素固溶に伴う材料特性変化のネガティブな側面だけを切り取って見ていたものと捉えることができるであろう。仮に、上に挙げた種々の脆化因子を上手く抑え込みつつ水素によるポジティブな効果のみを抽出することができたならば、それこそが水素脆化問題を解決し得る革新的構造材料開発の糸口になるのではないかと著者らは考えている。

最近著者らの研究グループは、一般的な市販オーステナイト鋼においても、特定の条件下では水素による上記2種のポジティブな効果、すなわち固溶強化と伸びの向上が同時発現し、水素が材料の強度-延性バランスを大きく改善させることを見出した⁽³¹⁾。本稿ではそのような水素による特異な側面の事例を示しつつ、同現象について現状明らかとなっているメカニズムを概説する。また、オーステナイト合金の最も基本的な成分であるFe-Cr-Ni系に焦点を絞って水素による高強度・高延性化の発現条件を明らかにし、水素の有効利用を可能とするための合金開発について、将来の展望を述べる。

2. 材料への水素添加方法

材料特性に及ぼす水素の影響を正しく評価するためには、水素ガス中のように連続的水素供給が可能な環境中で材料試験を行うか、あるいは試験に先立ち、材料中に水素を固溶(水素チャージ)させておく必要がある。1960～1970年代に水素脆化に関する研究が急速に活発化して以来、後者の手法として広く用いられてきたのは、試験片を陰極、白金等を陽極として電解溶液中に浸漬して電流を付与する、いわゆる陰極電解法である⁽¹⁰⁾⁽²⁴⁾⁽²⁸⁾⁽³²⁾⁽³³⁾。陰極電解法では100 mass ppmを越える多量の水素を簡便にチャージすることができるが、その一方で試料表面における水素分子の析出や、表面近傍の急激な水素濃度勾配による転位・微小ボイド等の欠陥導入が懸念される。実際に、下記で著者らが取り扱う合金と同一の材料でも、陰極電解法で水素チャージを行った際には顕著な延性低下が認められる場合がある⁽²⁸⁾⁽³²⁾⁽³³⁾。水素本来の影響とは異なる要因で材料特性が変化してしまうことを防ぐため、陰極電解法ではチャージ時の電流密度や温度、電解液の選択等を慎重に行うことが求められる。また、同手法では電解液の沸点の制約上、チャージ時の温度は最高でも80°C程度である。この制約により、特にオーステナイト合金のように水素拡散係数の小さい材料では、水素をチャージできる範囲が材料表面極近傍に限定されてしまうことも、陰極電解法が抱える問題点である。

これらの課題を解消すべく著者らが水素チャージに用いたのは、試験片をオートクレーブ中で高純度の水素ガス環境中に長時間曝す、高温・高圧水素ガス曝露法である⁽²⁾⁽³¹⁾。高温・高圧水素ガス曝露法では、300°C付近の高温で水素チャージを行うことによって水素の拡散を促し、直径/板厚が10 mm近くに達するような肉厚の試験片にも、表面に一切の損傷を与えることなく均一な水素濃度分布を実現することができる。また、チャージ時の圧力を調整することにより、水素濃度を自在にかつ目標とする値へと変化させられる点も、この水素添加手法が持つ大きな利点である。

3. 水素による高強度・高延性化

(1) 強度-延性バランス向上の実例

図2に示すのは、実際に高温・高圧水素ガス曝露法により～130 mass ppm(≈7300 at ppm)の水素を一様に添加したオーステナイト合金 Fe-24Cr-19Ni(JIS-SUS310S)における、応力ひずみ特性の一例である⁽³¹⁾。なお、この実験での水素チャージに用いた水素ガス曝露温度は270℃であり、水素濃度を変化させるために、ガス圧力は0.7, 11および100 MPaの3通りとしている。水素濃度の測定については、試験片が破断した後に均一変形部から小片を採取し、ガスクロマトグラフィ方式の昇温脱離分析により実施した。

図2を見ると、Fe-24Cr-19Ni(mass%)を主成分とするオーステナイト鋼では、降伏応力、引張強さ、均一伸び、破断伸びの全てが水素添加によって大きく向上しており、まさに先述のような水素による強度上昇と延性向上効果の双方が見事に同時実現された実例であると言ってよい。また、そのような高強度・高延性化のレベルは、水素濃度が高くなるにつれて単調に上昇する傾向にあった。一方、破断時の局部伸び、すなわち絞りだけは、水素添加によって幾分低下する。ただし、その低下量は水素未添加時と比較して10%未満に過ぎず、図2中に示すように破壊形態は多くの延性材料に認められるカップ・アンド・コーン破壊およびディンプル破面のままである。すなわち、この材料では冒頭で挙げたオーステナイト合金特有の水素脆化機構はいずれも発現しておらず、水素チャージ状態においても十分な局部延性を保持していると判断できる。

(2) 合金成分の影響

図2と同様の実験を、CrおよびNi含有量が異なる数種の市販材料に対して行った結果⁽³⁴⁾を、図3に示す。なお、これら4種の材料はいずれも室温において安定なオーステナイト相を持つ(マルテンサイト変態を起こさない)合金であり、図3では強度-延性バランスの指標として、引張強さ

と均一伸びの積を縦軸にとって整理してある。

水素添加に伴う強度-延性バランスの向上はいずれの材料においても多少認められるが、その程度は材料の化学成分に強く依存していることが分かるであろう。図3の結果を基にすると、水素による強度-延性バランスの向上をより効果的に発現させるためには、2つの条件が満たされていることが必要であると言える。第一の条件は、20 mass%前後の多量のCrが、合金元素として添加されていることである。実際に、Crを含まないFe-00Cr-36Ni(Invar36)合金に比べ、18～24%のCrを含むその他3種の合金では、水素による強度-延性バランスの上昇量は明らかに大きい。

第二の条件は、Cr量に対してNi量が比較的少量に抑えられていること、すなわち、Cr/Ni比が大きいことである。一例として、Fe-18Cr-35Ni(Incoloy330)合金では20%に近い

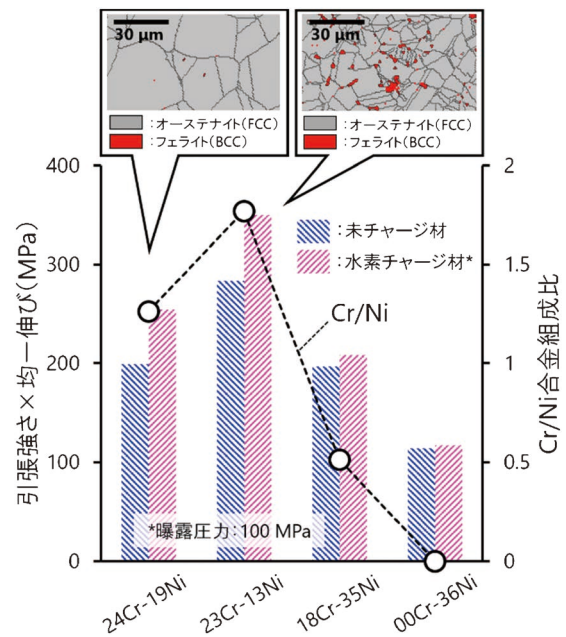


図3 水素による高強度・高延性化に対する合金成分の影響⁽³⁴⁾。Cr量およびCr/Ni比に依存して水素による「引張強さ×伸び」の上昇量が変化する。(オンラインカラー)

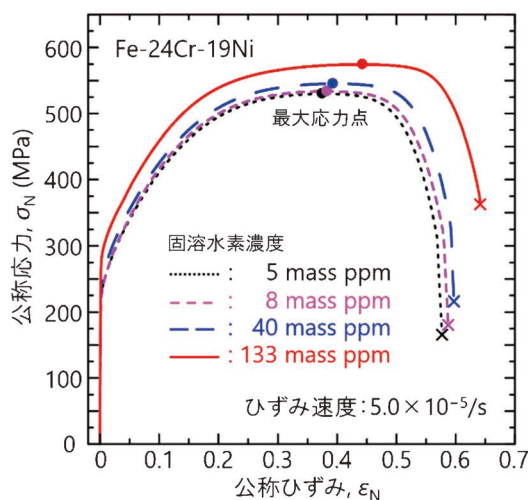
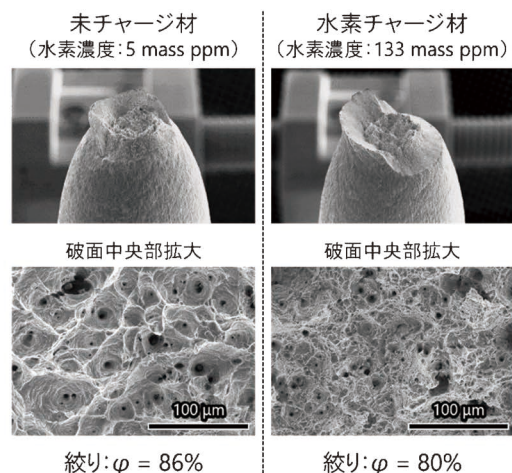


図2 Fe-24Cr-19Ni合金における応力-ひずみ特性の水素濃度依存性と破壊形態⁽³¹⁾。水素添加によって降伏強度、引張強さ、均一伸び、破断伸びが大きく向上する。絞りは水素添加によって僅かに低下するが、延性材料の特徴であるカップ・アンド・コーン破壊とディンプル破面が認められる。(オンラインカラー)



Crを含むにも関わらず強度-延性バランスの向上効果は小さいが、Cr/Ni比の大きいFe-23Cr-13Ni (JIS-SUS309S)とFe-24Cr-19Ni (JIS-SUS310S)では、水素添加時の強度-延性バランスは未添加状態の約130%まで達している。ここで、Fe-23Cr-13Ni合金は他の材料と比べて水素未添加状態での強度-延性バランスに優れているが、これは図3中にマイクロ組織像を示すように、同材料の結晶粒径が他3種の材料と比べて小さく、降伏強度・引張強さがともに最も高いためである。Fe-23Cr-13Ni合金で認められる微細結晶粒組織には、材料中に微量含まれるフェライト相(マイクロ組織像中で赤色の領域)が重要な役割を果たしていると考えられ、この点については後の節にて詳しく述べる。

(3) 水素固溶度と固溶強化特性

図2および図3で示した強度-延性バランス向上のメカニズムを議論する上で最初の鍵となるのは、材料中への水素の固溶特性と固溶強化量の関係、またその化学成分への依存性である。図4(a)には、図3で取り上げた4種の材料を互いに同じ条件(温度270°C, 圧力100 MPa)で水素チャージした際の固溶水素濃度と、各材料におけるCr含有量およびCr/Ni比を示した⁽³⁴⁾。一般に、ガス環境からの水素侵入量は温度と圧力をパラメータとしたSieverts則に従い、その際の水素固溶量を決定する材料特性は、その温度下における固溶度である⁽⁷⁾。図4(a)を見ると、水素固溶度はCr含有量およびCr/Ni比と強い相関があり、これらが大きいほど水素固溶度も大きくなる傾向にある。なお、Cr含有量との相関については、Fe-Cr-Ni系の合金を対象とした従来研究においても類似の傾向が認められている⁽⁷⁾⁽³⁵⁾。図4(b)に示すのは、これら固溶水素量と水素添加に伴う固溶強化量(降伏応力の上昇量)との相関を整理したグラフである。固溶強化量は水素原子濃度に比例する形で上昇し、その強化則は概ね86 MPa/at%Hであった。ここで、86 MPa/at%Hという固溶強化則が、CrおよびNiの含有量に依存せず全ての材料で成立していることは注目し値する。この結果は、CrやNi量の変化は水素による固溶強化に直接的な作用を及ぼしている訳ではなく、材料の水素固溶度を変化させるという形で間接的に影響を与えているに過ぎないことを示すものである。

水素添加に伴う硬化現象(降伏応力, 流動応力, 硬さ等の上昇)についてはここ数年に渡り多数の実験的報告⁽²⁴⁾⁻⁽²⁶⁾⁽³⁶⁾⁻⁽³⁸⁾があるが、著者の知る限り、そのメカニズムについて細部まで踏み込んで検討を加えた例は見当たらない。硬化メカニズムの検討にあたって障壁の一つとなっているのは、単純な剛体球原子モデルで考えた場合、オーステナイト中の水素固溶サイトである八面体位置の半径が水素の原子半径よりも大きい場合、固溶強化に必要な格子ひずみは生まれにくいのではないか、という指摘⁽³⁶⁾である。転位運動の障壁となりうる水素の作用としてはその他、(i)転位の弾性応力場へのCottrell雰囲気形成⁽³⁹⁾、(ii)転位芯における水素化物の形成⁽³⁸⁾、(iii)水素によるSolute drag効果⁽³⁷⁾、(iv)単一八面体位置への複数水素原子の固溶⁽³⁶⁾、(v)隣接水素原子間の電子的相互作用⁽⁴⁰⁾、(vi)水素と置換型固溶元素(CrやNi等)とのM-H pairの形成⁽⁴¹⁾など種々のモデルが提案されてきた。しかしながら、これらはいずれも水素による硬化現象の全体像を矛盾なく説明できるものではなく、実際にはこれらのうち複数または別のメカニズムが重畳・競合する形で固溶強化に寄与していると推察される。上記モデルの正否を判断する上で特筆すべきは、図4(b)で測定された固溶強化量が、オーステナイト合金における炭素や窒素による硬化量⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾に匹敵していることである。また、著者らが別途行った実験では、ひずみ速度を幅広く変化させた場合においても、水素による固溶強化量に特段大きな影響はないことが確認されている⁽³¹⁾(後に図7に示す)。これらの事実を踏まえて考えると、(i)~(v)のモデルでは、転位に対する抵抗を生み出すために水素が転位運動に追従する必要があること、また、格子ひずみの発生に複数の水素原子を必要とすることから、これらが固溶強化の主要因になっているとは考えにくい。一方、(vi)については間接的にはあるが、内部摩擦測定によってその存在を示唆する結果が得られている⁽⁴¹⁾。また、最近の第一原理計算によるシミュレーションでは、Crに近接した八面体位置に水素が優先的に配位することも示されており⁽⁴⁴⁾、この結果はCrが水素固溶を促進することを示す図4(a)の事実とも整合する。近年では、時間スケールの観点から従来は困難であった、分子動力学法による水素-転位間相互作用の高精度な解析も可能となってきて

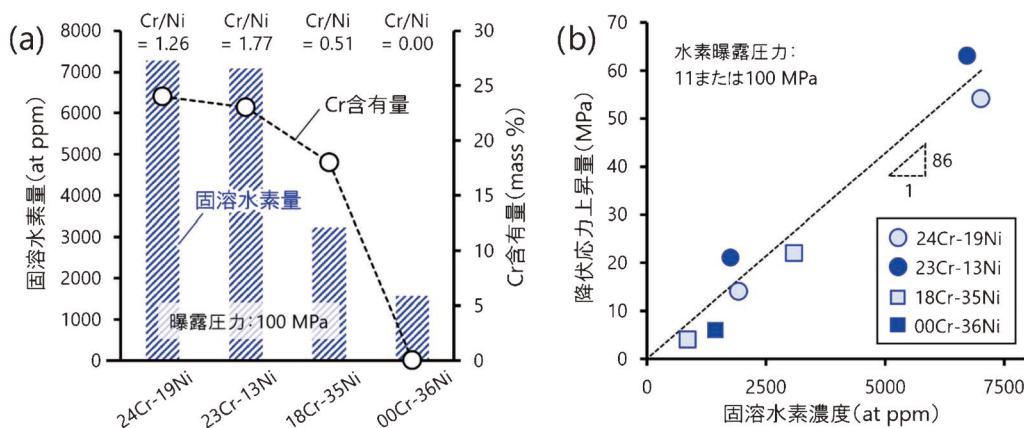


図4 水素固溶能の合金成分依存性(a)と降伏応力の水素濃度依存性(b)⁽³⁴⁾。水素固溶能はCr含有量に強く依存し、降伏応力は水素濃度に比例する形で上昇する。(オンラインカラー)

いる。水素による固溶強化のメカニズムについては、これら最新の原子レベル解析技術を駆使して、実験によるアプローチが困難な部分の解明が待たれるところである。

(4) 加工硬化特性と変形組織およびひずみ速度の効果

水素の固溶は降伏応力や流動応力に対してのみでなく、材料の加工硬化特性にも影響を与える場合がある⁽²⁷⁾⁽³⁶⁾。図5の左側に示すのは、著者が用いたFe-24Cr-19Ni合金における、水素添加時および未添加時の真応力-真ひずみ線図と加工硬化率曲線である⁽³¹⁾。真ひずみが0.25付近までの変形前期においては、降伏応力や流動応力の上昇(固溶強化)が認められる一方で、加工硬化率への水素の影響はほとんどな

い。しかしながら、真ひずみが0.25を超える変形後期になると、水素チャージ材では未チャージ材に対して加工硬化率が大きく上昇する。Considèreの条件($d\sigma/d\varepsilon > \sigma$)からも明らかのように、加工硬化性能が大きいほど塑性不安定(ネッキング)の開始は抑制され、材料はより大きな均一変形を示すようになる(図6(a)を参照)。水素添加によって均一伸びが向上する(図2)のはこのためであり、著者が用いた材料では水素による局部伸び(絞り)の低下量も小さいことから、均一伸びの向上がそのまま破断伸びの向上へと結び付いている。

図5右側に示す2枚の画像は、変形後期(破断試験片の均一変形部)における材料内部の変形組織を、電子線後方散乱回折(EBSD)法により観察したものである⁽³¹⁾。この材料で

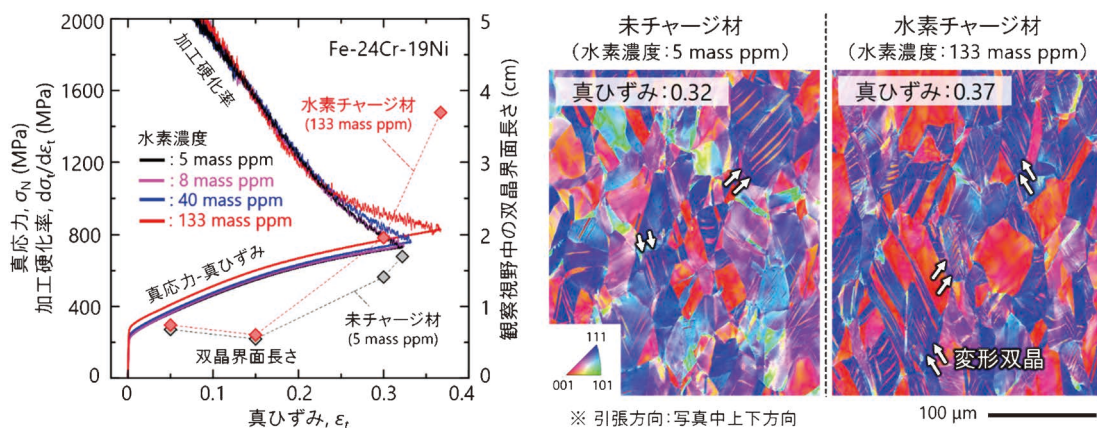


図5 加工硬化に対する水素の影響と変形組織のEBSD画像(引張方向に対する方位マップ)⁽³¹⁾。水素添加によって変形双晶の密度が増大し、加工硬化能と均一伸びが向上する。(オンラインカラー)

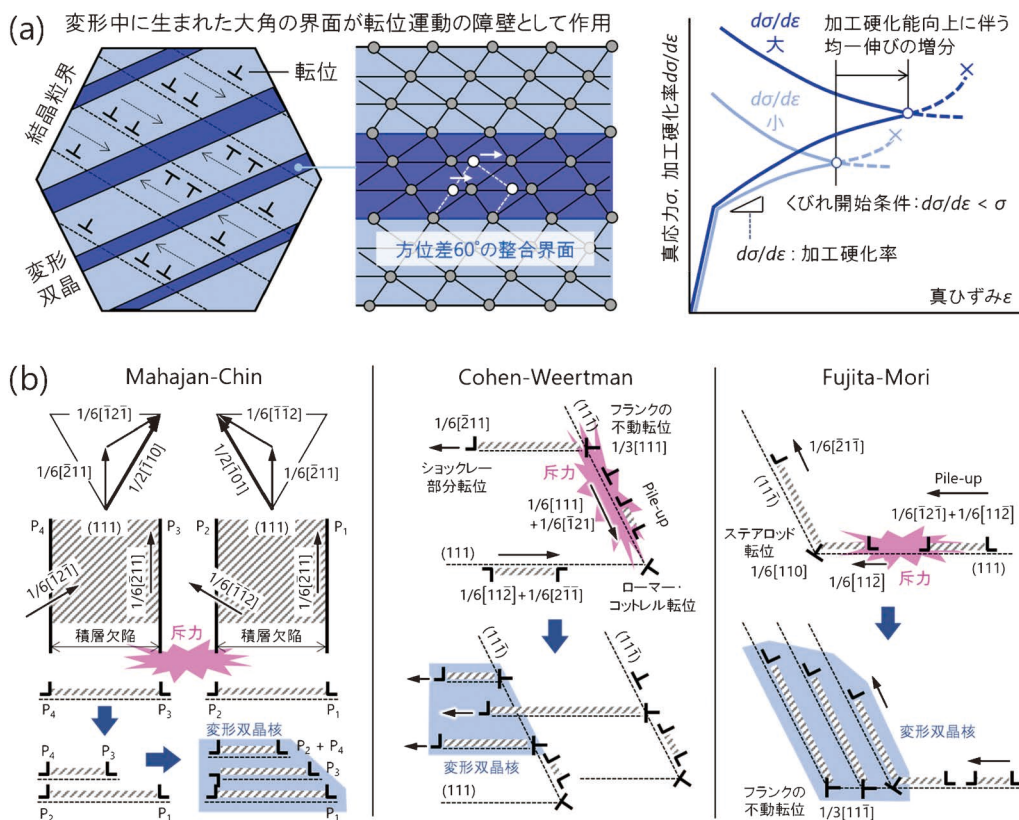


図6 変形双晶の発生による加工硬化能および均一伸びの向上機構(a)と変形双晶核の生成(積層欠陥オーバーラップを引き起こすための転位間反応)に関する従来モデル(b)⁽⁴⁸⁾⁻⁽⁵⁰⁾。(オンラインカラー)

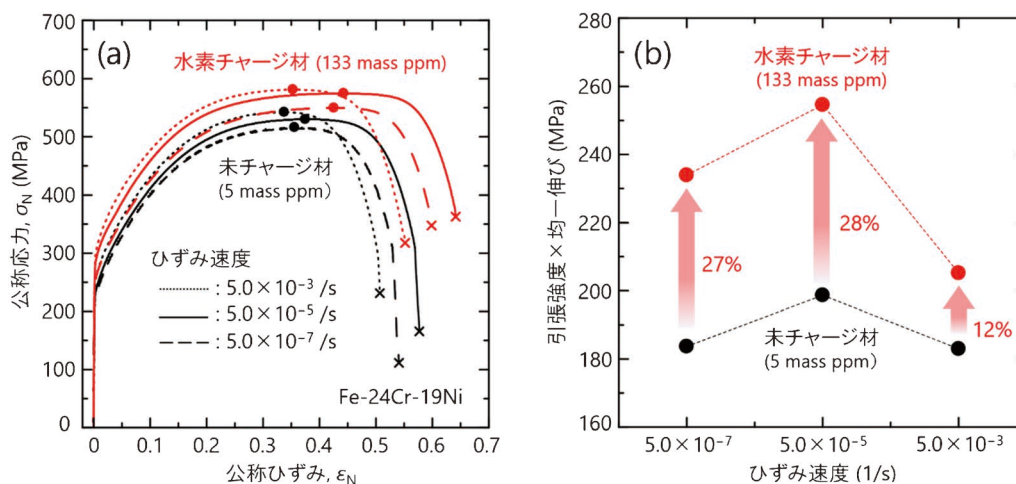


図7 水素による高強度・高延性化のひずみ速度依存性⁽³¹⁾: (a)応力-ひずみ線図と(b)引張強度 \times 均一伸びの上昇量。(オンラインカラー)

は、 $\langle 111 \rangle$ に近い方位を引張軸とする結晶粒内に多数の変形双晶が発生していることが分かる。ひずみに対する変形双晶の密度変化を調べたところ、水素チャージ材では同一ひずみの下において、未チャージ材よりも密に双晶が発生していることが判明した(図5左側グラフ中のプロット点を参照)。FCC金属における変形双晶は母結晶粒と 60° の方位差をなし、整合な $\Sigma 3$ 対応界面を形成する(図6(a))。変形中に生まれたこれらの大角粒界は転位運動の障害となって材料の変形抵抗を高め、この現象はDynamic Hall-Petch効果(変形中に生じる有効結晶粒径の微細化)と呼ばれている⁽⁴⁵⁾。変形後期にDynamic Hall-Petch効果が起こる場合、加工硬化能がひずみ範囲に渡って維持されるようになり、均一伸びが向上する。そのような効果を利用したのが、優れた引張強さと延性を兼ね備えた、いわゆるTWIP(Twinning-induced plasticity)鋼である。以上のことを踏まえると、水素添加による均一伸びの向上は、固溶水素が何らかの機構によって変形双晶の発生を促進し、変形後期にTWIP現象を誘起したこと由来すると結論できるであろう。これら一連の伸び向上機構に関する理解には、図6(a)を参照されたい。

水素添加に伴う変形双晶密度の増加は、水素による伸び向上が確認できた他の材料においても例外なく認められた⁽³⁴⁾。これらの材料で見られた共通の特徴として、水素未添加状態においても相当量の変形双晶が変形後期に発生していたことが挙げられる。一方で、伸びの向上が起こらなかった材料の多くは、水素未添加状態では変形双晶をほとんど起こさないものであった⁽³⁴⁾。この点は、後述の水素による高延性化の発現条件を考える上で極めて重要な事実である。

水素によって変形双晶が誘起される事象は高Mn鋼⁽²⁷⁾やハイエントロピー合金⁽²⁸⁾においても報告があるため、Fe-Cr-Ni基合金に限らず水素を固溶したFCC合金全般に普遍的な現象であると考えてよい。このような水素誘起双晶の存在が報告され始めたのは比較的最近(2010年以降)であることから、水素による固溶強化と同様、その詳細なメカニズムの解明に向け、今後の研究に期待が集まる。

FCC金属中の変形双晶は、2本の $a/6 \langle 211 \rangle$ Shockley部

分転位に挟まれた積層欠陥(拡張転位)が $\{111\}$ すべり面上に毎層重なり合うことで核生成する。変形双晶核の発生とその後の成長を促すためには、完全転位が十分な拡張を起こすに足る適切なSFE、積層欠陥を重畳させるための転位間反応およびそれらを補助・促進するための臨界転位密度と応力等の条件が必要とされている⁽⁴⁶⁾⁽⁴⁷⁾。特に積層欠陥オーバーラップに至るための転位間反応については、1960年代から図6(b)に示すような複数のモデルが提案されてきた⁽⁴⁸⁾⁻⁽⁵⁰⁾。オーステナイトに固溶した水素はSFEを大きく低下させるとの報告がある⁽⁵¹⁾⁽⁵²⁾。また、著者らの研究からも明らかのように、オーステナイトは水素添加によって顕著な固溶強化(すなわち一定ひずみの下での応力上昇)を起こすことから、これらが転位の拡張や臨界応力への到達を補助して双晶核生成を容易にした、というのは1つの可能性である。しかしながら、SFE低下に伴う転位拡張や交差すべり頻度の変化は加工硬化特性にも影響を与えるはずであるが、少なくとも著者らが実施した実験(図5)において、双晶発生以前の加工硬化率に水素が影響を及ぼしていることは確認できない。また、図7はひずみ速度 $10^{-7} \sim 10^{-3}$ /sオーダーの範囲で引張試験を行った著者らの結果である⁽³¹⁾。流動応力は未チャージ材および水素チャージ材ともにひずみ速度の増加にしたがって単調に上昇する一方、水素による変形双晶促進は遅いひずみ速度において顕著となることが判明しており、故に高強度・高延性化の度合いも、高ひずみ速度側では低ひずみ速度の場合よりも小さい(図7(b))。このことから、単純な流動応力の上昇だけが、双晶促進のトリガーになるとは結論できない。

水素による変形双晶促進を著者らに先駆けて見出したYamadaら⁽²⁷⁾は、水素が隣接転位間の斥力を緩和すると主張するIllinois大学グループの研究⁽⁵³⁾⁽⁵⁴⁾に注目し、双晶核生成を司る各種の転位間反応(図6(b))を、水素が促進するのではないかと述べている。確たる証拠は示されていないが、水素添加したFe-Mn合金を対象に変形双晶密度の増加を報告した最近の研究においても、類似の機構が指摘されている⁽⁵⁵⁾。著者らは研究の一環として、Fe-24Cr-19Ni合金

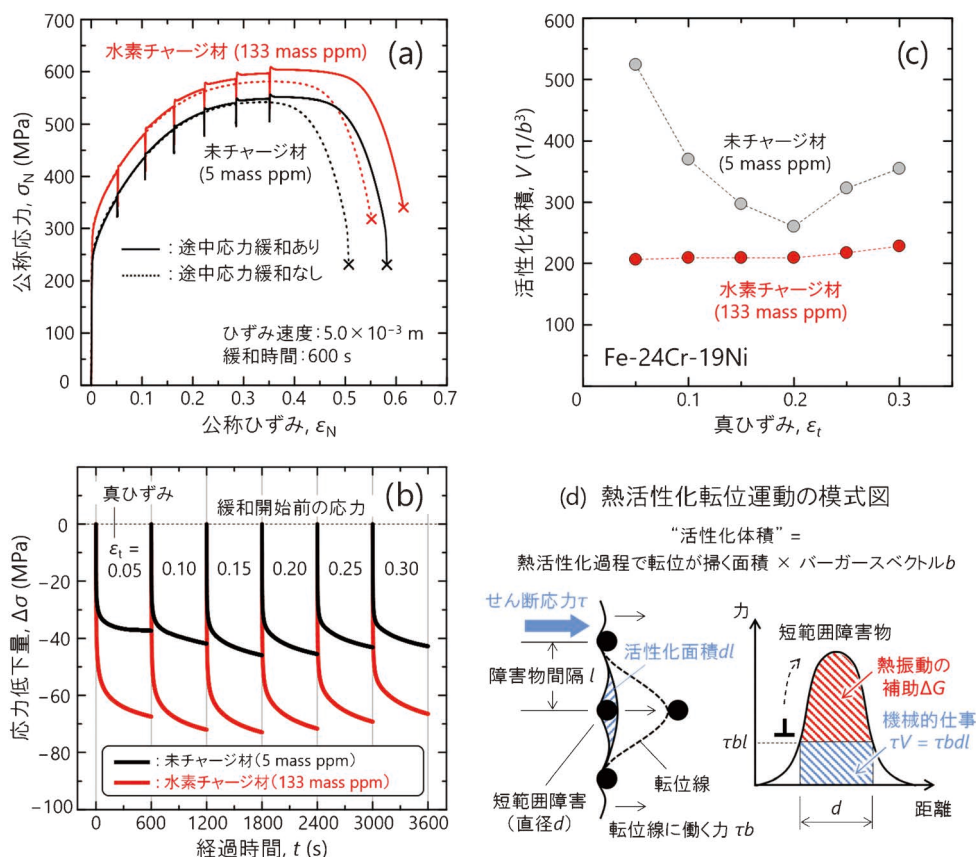


図8 応力緩和挙動への水素の影響⁽³¹⁾. (a)応力-ひずみ線図. (b)各応力緩和ステップにおける応力低下量-時間応答. (c)応力緩和挙動から算出した転位運動の活性化体積. (d)転位運動の熱活性化過程に関する模式図と活性化体積の物理的解釈. (オンラインカラー)

の応力緩和試験を行い、水素が応力緩和量を増加させること(図8(a)(b)),さらには転位の活性化体積を減少させること(図8(c)(d))を見出した⁽³¹⁾.この結果からも、水素が転位の運動特性や再配列挙動に何らかの影響を与えていることは疑いのない事実であると言えよう.水素による転位運動への影響と応力緩和量の増大(すなわち熱活性化転位運動の促進),また、双晶核生成過程との相互関係についてはこの先議論の余地があるが、高延性化の要因である双晶変形促進の発現メカニズムについて、解明に向けた手がかりを与えてくれるものと考えている.

4. 高強度・高延性合金の開発指針

(1) 水素を有効利用するための必要条件

以上を基に考えると、水素による高強度・高延性化をより効果的に発揮させるためには、①水素を多量に固溶できることと、②塑性変形が一部変形双晶によって担われること、の2点に留意した合金成分設計が必要であると結論できる.

上記から明らかなように、①の鍵となるのは20 mass%前後の多量Crを添加することと同時に、Cr/Niを増大させることである.ただし、Cr/Ni比の過度な増大は、組織中へのフェライトの混入に繋がる.著者が用いたFe-23Cr-13Ni合金のように、フェライト体積率が僅かな場合は耐水素性に変化は現れないが、フェライト率が大きい二相ステンレス鋼⁽⁵⁶⁾や、多量の δ フェライトを含むオーステナイト系ステ

ンレス鋼溶接金属⁽⁵⁷⁾などでは、耐水素性が著しく悪化する場合がある.これは、材料中に占めるフェライトの割合が高くなることで、水素に鋭敏なフェライト粒を起点として発生した微視き裂の進展・連結が容易となるためであると考えられる.また、オーステナイト安定化元素であるNiを過度に減じることはマルテンサイト変態の発生にも繋がることから、これらの副次的効果も視野に入れたCr/Niバランスの調整が重要である.

②で重要となるのは、SFEの最適化である. Fe-Mn 基合金⁽²⁷⁾や Hadfield 鋼単結晶⁽⁵⁸⁾などでは、水素未添加状態では双晶変形を起こさない合金系であっても、水素添加によって双晶変形が発現する場合があることも報告されている.しかし、著者が用いた合金で水素による変形双晶促進が起こった材料は、全て水素未添加時において既に変形双晶が認められるものであった.このことから、少なくともFe-Cr-Niを主成分とする合金系では、水素未添加状態で変形双晶が十分に発現するよう、SFEを調整しておくことが必要と断言してよいであろう. Fe-Cr-Ni 基合金のSFEについては、Rhodesら⁽⁵⁹⁾、Brofmanら⁽⁶⁰⁾その他複数によって回帰式が提案されており、本研究で水素による伸び向上が認められた合金のSFEは概ね30~50 mJ/m²と計算される.式ごとに各合金成分に対する係数が大きく異なるため、正確な最適SFEを判断することは難しいが、30~50 mJ/m²またはその前後にSFEを調整しておけば、水素による変形双晶の促進効果を得られる可能性は大きい.一方、変形双晶が起こる場

合、変形双晶の開始ひずみにもまた注意を払う必要がある。一般に変形双晶密度はひずみ増大とともに飽和傾向へ向かう⁽⁴⁶⁾ため、変形初期から双晶が発生してしまうと、ネッキング直前における加工硬化の維持、すなわち塑性不安定の抑止効果が得られず、均一伸び向上は見込めない⁽⁶¹⁾。本稿では取り上げないが、実際に著者らが用いた合金においても、変形双晶が比較的小さいひずみ段階で発生する材料では、水素による促進効果が逆に双晶密度の早期飽和を招き、均一伸びの向上に繋がらないことが確認されている⁽³⁴⁾。変形双晶促進による伸び向上を最大限得るためには、双晶が変形後期の適度な段階で発生し始めることが、もう一つの条件である。

(2) 実用に向けた課題と留意すべき点

水素を利用した高強度・高延性合金の開発に向けて課題として残されている最大の懸念点は、材料コストの問題である。本稿で対象とした合金はいずれもCrとNiを多量に含んでおり、実部材へのアプリケーションを想定した際に有益と言えるものではない。水素インフラへの適用を目指すためには、上述の条件①と②に配慮しつつ、特に高価なNiを出来るだけ安価な元素で置換することが求められる。その有力候補となり得るのは、同じオーステナイト生成元素の1種、Mnである。Mn添加したオーステナイト鋼では水素固溶量も大きくなる傾向にある⁽⁷⁾ため、Mn置換はコスト削減の観点においてのみでなく、条件①を満たすという点においても効果を発揮するものと予測される。しかしながらその一方で、10 mass%を超える多量のMn添加は、水素による粒界破壊を招く⁽¹⁰⁾⁽²²⁾⁽²⁶⁾。実際の元素置換に当たってはこのようなデメリットにも気を配りつつ、水素脆化を引き起こさない限界のMn量を慎重に見極める必要がある。

2点目の課題は、材料の降伏強度の問題である。水素の有無に関わらず、ここまでに取り上げた合金の降伏強度はいずれも200~300 MPaであり、一般的な鉄鋼材料の強度範囲の中で見ても決して高いとは言えない。降伏強度を高めるための工夫を施すことができれば、部材の薄肉化を通じて機器全体のさらなるコスト削減へと繋がる可能性がある。金属材料の強化には様々な手法があるが、耐水素性を損なうことのない最も有力な強化手法は、結晶粒微細化強化である⁽⁴⁾。この観点で見ると、Fe-23Cr-13Ni、すなわち組織中に微量のフェライトを含む合金では、著者らが取り扱った材料中で最も粒径が小さく、故に最も高い強度・延性バランスが得られていたことは注目に値する。著者らが研究に用いたものは全て市場流通材であるためその製造プロセスの詳細を把握できている訳ではないが、ここで観察されたフェライトは、熱間圧延の最中に残留したものである可能性が大きい。これらの微細フェライト粒はその後の溶体化処理中の粒成長抑制粒子として働いたと推測され、Fe-23Cr-13Ni合金で微細粒組織が得られる要因になっていると考える。すなわち、耐水素性の悪化に結びつかない程度の微量フェライトを混入させることは、組織の微細化、ひいては降伏強度の底上げに有益である。フェライト・オーステナイト二相温度域での大ひずみ加工や、冷間加工後の再結晶処理等を用いれば、さらに微細な組織を得ることも可能と思われるが、一方で結晶粒の微細化

は変形双晶を抑制する⁽⁶²⁾。これら粒径変化に伴うメリットとデメリットのバランスを見極めて適切な粒径を得られる加工熱処理条件を選択することが、実用合金の製造段階において必要となってくるであろう。

5. おわりに

本稿では、水素により高強度・高延性を示すオーステナイト鋼の実例を示し、水素を鉄鋼材料にとっての有効添加元素として活用できる可能性を示した。水素脆化が学術論文として初めて世に公表されたのは1850年代のことである。以来、溶接部の低温割れや高強度鋼の遅れ破壊、さらには近年取り上げられている水素利用機器強度設計など水素が絡んだ破壊への懸念を通して、「水素は鉄鋼材料にとって忌避されるべき存在である」という考えは金属科学工学を扱う研究者・技術者にとって固定概念として定着してきた。そのような中、水素による真逆の効果が実用鋼において見出されたことは、学術的・工業的に極めて大きな意義を持つ。本稿で紹介した研究成果が、鉄鋼材料における水素のネガティブな心象を少しでも払拭するための一助になれば幸いである。

その後も著者らは、水素による高強度・高延性を司るミクロ機構のさらなる追及や、Fe-Cr-Ni三元系の範囲を超えた、より複雑な成分系の合金を対象として検討を続けている。本研究をきっかけとして、鉄鋼材料において水素を有効活用するための手法の探求が、水素-金属間相互作用という歴史ある研究分野の新たな枠組みとして発展することを期待する。

本研究はJSPS 科研費(21K14045)、JFE21世紀財団 鉄鋼技術研究助成ならびに岩谷直治記念財団 岩谷科学技術研究助成の支援を受けたものです。本研究遂行にあたり、九州大学名誉教授および物質・材料研究機構フェローの津崎兼彰先生、九州大学准教授の高桑脩先生には、共同研究者として様々な視点から有益なご助言をいただきました。また、本研究に携わった九州大学大学院生の細井日向氏と西田会希氏には、実験・分析の面において多大なるサポートをいただきました。ご協力、ご支援を頂いた皆様に心より感謝申し上げます。

文 献

- (1) S. Matsuoka, J. Yamabe and H. Matsunaga: Eng. Fract. Mech., **153**(2016), 103-127.
- (2) Y. Ogawa, S. Okazaki, O. Takakuwa and H. Matsunaga: Scr. Mater., **157**(2018), 95-99.
- (3) A. R. Troiano: Metall., Microst., Anal., **5**(2016), 557-569.
- (4) A. Macadre, N. Nakada, T. Tsuchiyama and S. Takaki: Int. J. Hydro. Ener., **40**(2015), 10697-10703.
- (5) H. K. D. H. Bhadeshia: ISIJ Int., **56**(2016), 24-36.
- (6) J. Yamabe, S. Matsuoka and Y. Murakami: Int. J. Hydro. Ener., **38**(2013), 10141-10154.
- (7) C. San Marchi, B. P. Someday and S. L. Robinson: Int. J. Hydro. Ener., **32**(2007), 100-116.
- (8) L. Zhang, M. Wen, M. Imade, S. Fukuyama and K. Yokogawa: Acta Mater., **56**(2008), 3414-3421.
- (9) M. Koyama, E. Akiyama, K. Tsuzaki and D. Raabe: Acta

常温におけるダイヤモンドと 異種材料の直接接合

梁 劍波¹⁾ 大野 裕^{**} 重川直輝²⁾

1. ま え が き

半導体素子の高性能化に伴い、ハイパワー動作時局所温度の急上昇による素子の性能低下および信頼性劣化を抑制するため、最高熱伝導率を有するダイヤモンドと半導体素子を一体化する研究開発が行われている。今回、表面活性化接合法を用いて、精密研磨したダイヤモンド基板と、シリコン(Si)、窒化ガリウム(GaN)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)との直接接合に、それぞれ成功した。接合界面の耐熱性テスト、並びに熱処理前後接合界面のナノ構造、組成元素、および結合状態の評価結果より、一体化した Si/ダイヤモンドと GaN/ダイヤモンド接合試料、Al/ダイヤモンドと Cu/ダイヤモンド接合試料がそれぞれ1000°Cと600°Cほどでの高温耐熱性を有することが実証された。Cu/ダイヤモンド接合界面の熱特性評価結果より、接合界面の熱抵抗が現象論値に近いことで、低熱抵抗界面の実現性が示された。これらの結果より、提案した高放熱パワーモジュール構造、およびその作製プロセスの実用性が示された。

近年、AIと5G通信技術などの実用化によって半導体素子の更なる小型化、高集積化、高性能化が進んでいる。素子の高性能化に伴って単位面積当たりの発熱量が急激に増大し、素子の温度上昇を引き起こす。一般的に温度が10°C上がる毎に半導体素子の寿命は半減し、故障率は約2倍上昇することが知られている。ワイドギャップ半導体であるGaN系素子はSi系素子より高温での動作が可能であるもの

の、動作時の発熱量が多く、素子の表面温度は数100°C以上にも上昇する。動作温度の許容値を超えると熱歪みが発生し、性能の劣化や故障の原因となり、著しい場合は素子の破壊を引き起こす。継続的な動作と最大出力を維持するには、素子の温度上昇を抑制することが不可欠である。急な温度上昇による素子の性能および信頼性の低下が大きな課題となっている。

動作時に発生する熱は主に素子を搭載する基板を通じて放出される。搭載基板の多くはSiで、その熱伝導率(Si: 1.5 W/cm K)は非常に低いため、素子の放熱特性を大きく制限している。これらの課題を解決するために、地球上で最高の熱伝導率を有するダイヤモンドを搭載基板として、その上にGaN素子を形成し、ダイヤモンド基板を介して効率的に放熱させる構造が提案され、様々な研究機関において、その作製技術の開発と性能向上の実証などが行われている。GaNとダイヤモンドの熱膨張係数と格子定数差が大きいため、GaN素子の裏側に、結晶成長による中間層を介してダイヤモンドを堆積する手法が主に採用されている⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。この手法により作製したGaN-on-ダイヤモンド構造は、中間層の高熱抵抗と堆積されたダイヤモンドの低結晶品質のため、期待された放熱性の向上は実現されていない。

我々は、上記実現のために、常温でダイヤモンドと異種材料の直接接合技術の開発を行っている。具体的に、ダイヤモンドとSiの高機能性を旨とするダイヤモンドとSi基板の直接接合⁽⁵⁾⁻⁽⁸⁾、優れた放熱特性を有するダイヤモンドとGaN層の直接接合⁽⁹⁾、低熱抵抗パワーモジュール構造を実現するためのダイヤモンドと金属(AlとCu)の直接接合⁽¹⁰⁾⁻⁽¹²⁾(図

* 大阪公立大学工学研究科(大阪市立大学工学研究科); 1) 准教授 2) 教授(〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)

** 東北大学金属研究所; 特任准教授

Direct Bonding of Diamond and Dissimilar Materials at Room Temperature; Jianbo Liang*, Yutaka Ohno**, Naoteru Shigekawa* (*Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University, Osaka. **Institute for Materials Research, Tohoku University, Oarai, Ibaraki)

Keywords: diamond/dissimilar materials direct bonding, interfacial microstructure, heat dissipation, intermediate layer, amorphous carbons directly converted into diamond

2022年 3月14日受理[doi:10.2320/materia.61.334]

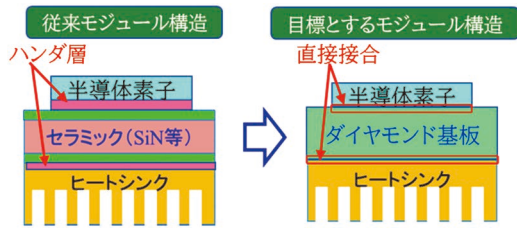


図1 従来と目標とするパワーモジュール構造の比較。(オンラインカラー)

1), の研究開発を行っている。本稿では, これらの実現に向けた研究開発への取り組みの進捗状況を報告する。

2. 実験詳細

(1) 表面活性化接合法

常温でダイヤモンドと異種材料の直接接合において表面活性化接合(SAB: Surface Activated Bonding)法と呼ばれる手法を採用した。この方法がSAB法とも呼ばれている。接合模式図を図2に示す。接合用試料同士を, 超高真空チャンパー内に設置し, アルゴン不活化ガスの原子ビームを用いて試料表面を照射し, 表面に付着する汚染物質や自然酸化膜等を除去し, ダングリングボンドを露出させる。これは表面活性化と呼ばれ, 活性化した試料表面同士を一定の荷重をかけて接触させることにより両者の接合を形成する。接合プロセスが全て真空チャンパー中に行われることで, 汚染物質の混入と酸化物除去後の再酸化を抑制することにより強固な接合を実現できる。また, 常温での接合方式を採用することで, 接合材料間の熱膨張係数や格子定数差の影響を受けずに接合ができる。近年では, 本手法を用いた大口径半導体材料の接合技術の実用化研究が行われている。

(2) ダイヤモンド表面の平坦性検討

図2に示した接合を形成させるためには, 表面の平坦性が非常に重要である。接合相手であるSiやGaN表面の平坦性は非常に良い。その算術平均粗さ(Ra)は約0.4 nmである。従って, ダイヤモンドとSi, GaNのナノレベルの接合を実現するために, 同程度の Ra 値が必要である。研磨前ダイヤモンド表面の原子間力顕微鏡像(Atomic Force Microscopy: AFM)を図3(a)に示す。その Ra 値は約1.609 nmと測定された。ダイヤモンド精密研磨技術を用いて, ナノダイヤモンド研磨粒子による表面精密研磨を施した。研磨後ダイヤモンド表面のAFM像を図3(b)に示す。研磨前と

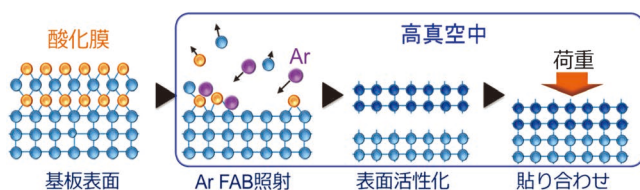


図2 表面活性化接合(SAB)法の原理模式図。(オンラインカラー)

比較して, 研磨後表面の平坦性が大幅に改善され, Ra 値が0.277 nmまで低減した。

(3) 接合作製フロー

ダイヤモンドとの直接接合にSiおよびSi基板上に成長したGaN薄膜, AlとCu箔を使用した。ダイヤモンドとSi, GaN薄膜, Al, Cuの直接接合作製プロセスフローを図4に示す。まず研磨したダイヤモンド, Si, Si上に成長したGaN薄膜, Al, Cuを超音波洗浄機において有機洗浄を行った後, 無機洗浄を行う。洗浄後速やかに接合装置の真空チャンパー内に導入し, 表1に示す条件を用いて接合を行う。接合プロセス終了後のSi/ダイヤモンド, GaN/ダイヤモンド, Al/ダイヤモンド, Cu/ダイヤモンド接合試料表面の光学顕微鏡像を図5に示す。ダイヤモンドが透明のため, 接合ができたかどうかを目視で確認できる。非接合部分が観察されなかったことによって, 全面的接合が実現されたことが明らかになった。

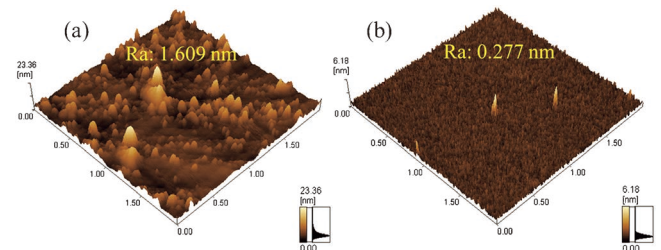


図3 (a) 研磨前と(b) 研磨後ダイヤモンド基板表面のAFM像。(オンラインカラー)

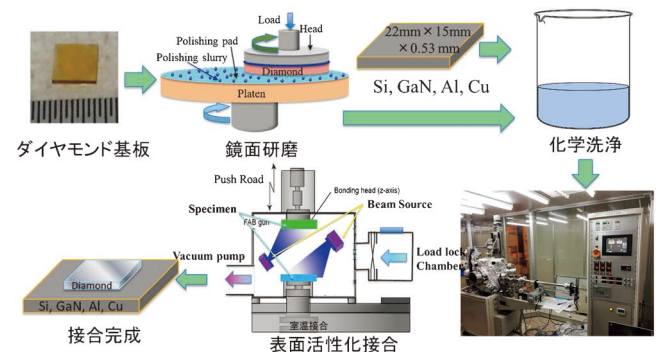


図4 常温でダイヤモンドと異種材料の直接接合作製フロー。(オンラインカラー)

表1 SAB接合条件.

真空圧力	$1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-6}$ Pa
加速電圧	1.0~1.5 kV
加速電流	1.0~1.5 mA
照射時間	1~10 min
荷重	100~300 MPa
荷重時間	1~10 min

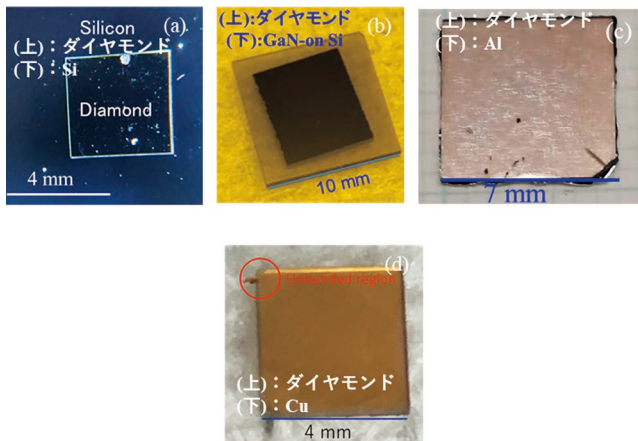


図5 (a) Si/ダイヤモンド, (b) GaN/ダイヤモンド, (c) Al/ダイヤモンド, (d) Cu/ダイヤモンド接合試料表面の光学顕微鏡像. (オンラインカラー)

3. 実験結果

(1) ダイヤモンド/Si 接合界面の構造と結合状態評価

熱処理前と1000°C熱処理後 Si/ダイヤモンド接合界面の断面高分解能透過電子顕微鏡(High Resolution Transmission Electron Microscopy: HRTEM)像をそれぞれ図6(a)と(b)に示す. 熱処理前の接合界面において厚さ約6ナノメートルの中間層が観察されたものの, ナノレベルの空洞や亀裂などが観察されなく, 原子レベルで接合できたことを示した. 接合界面に形成された中間層が接合プロセスにおいてアルゴン原子ビーム照射によって接合試料表面の結晶構造は破壊され, 破壊された層同志の接合によって生じたダメージ層である. なお, 熱処理後の接合界面には, 中間層の厚さが僅かに減少し, その厚さが約5 nmと測定された. ダイヤモンドとSiの間に大きい熱膨張係数差があるものの(ダイヤモンドの熱膨張係数: $0.8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, Siの熱膨張係数 $2.6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), 接合界面の剥離が観察されなかったことで, 優れた耐熱性を有することを示した. 熱処理前と1000°C熱処理後ダイヤモンド/Si接合のSi基板を除去し, 露出したダイヤモンド表面のSi 2pとC1s X線光電子分光(X-ray Photoemission Spectroscopy: XPS)スペクトルをそれぞれ図7(a)と(b)に示す. 熱処理前のSi 2pスペクトルにはシグナルが検出されなかった. 一方, 熱処理後のダイヤモンド表面のSi 2pスペクトルにはSi-C結合シグナルが検出された. 且つC1sスペクトルにもSi-C結合に由来するシグナルが検出された. これは熱処理後接合界面にSiC層が形成されたことを示す.

(2) ダイヤモンド/GaN 接合界面の構造, 組成分布および炭素結合状態評価

熱処理前 GaN/ダイヤモンド接合界面のGaN[1 $\bar{1}$ 00]とダイヤモンド[001]晶帯軸に沿って観察した断面HRTEM像, エネルギー分散型X線分光(Energy Dispersive X-ray

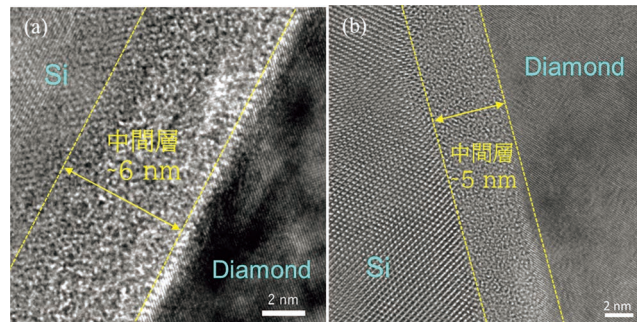


図6 (a) 熱処理前と (b) 1000°C熱処理後 Si/ダイヤモンド接合界面の断面 HRTEM 像. (オンラインカラー)

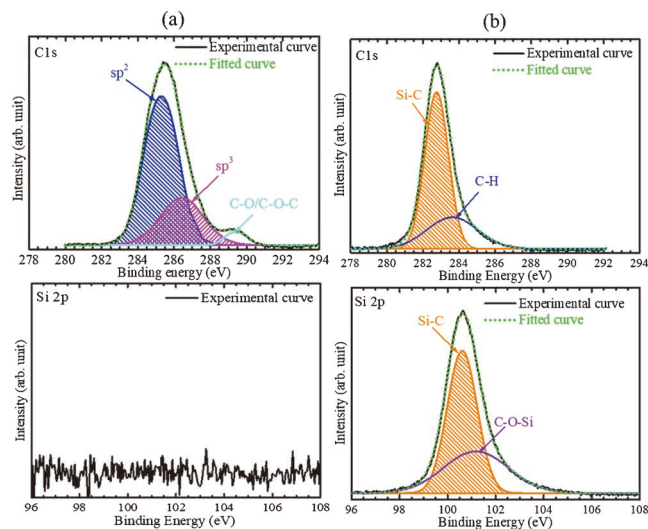


図7 (a) 熱処理前と (b) 1000°C熱処理後ダイヤモンド/Si接合のSi基板を除去し, 露出したダイヤモンド表面のSi 2pとC1s XPS スペクトル. (オンラインカラー)

Spectroscopy: EDS)マッピング像, 接合界面全体のC, Ga, O, およびN原子のX線強度プロファイルをそれぞれ図8(a)-(d)に示す. 図8(d)に挿入されたTEM像は, X線強度プロファイルの測定位置を示す. 接合界面において上記Si/ダイヤモンド接合界面と同様に中間層が観察され, その厚さは約5.3 nmと測定された. 界面に形成された中間層がEDSプロファイルよりC, Ga, O, およびN原子からなる原子混合層であることを明らかにした. また, 酸素ピークの位置より中間層が主にダイヤモンドのダメージ層で, GaとN原子が中間層に拡散している. 界面に検出された酸素が接合装置中の残留酸素に起因すると考えられる.

図9(a)-(d)に, それぞれ1000°C熱処理後 GaN/ダイヤモンド接合界面のGaN[1 $\bar{1}$ 00]とダイヤモンド[001]晶帯軸に沿って観察した断面HRTEM像, 接合界面のEDSマッピング像, 接合界面全体のC, Ga, O, およびN原子のX線強度プロファイルを示す. 熱処理前と比べ, 熱処理後接合界面に形成された中間層の厚さは1.5 nmまで大幅に低減した. また, 中間層においてダイヤモンドの結晶の[220]面に対応する格子縞が観察された. 界面付近におけるC, Ga, および

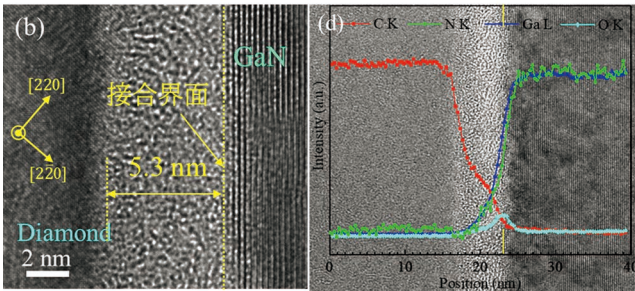
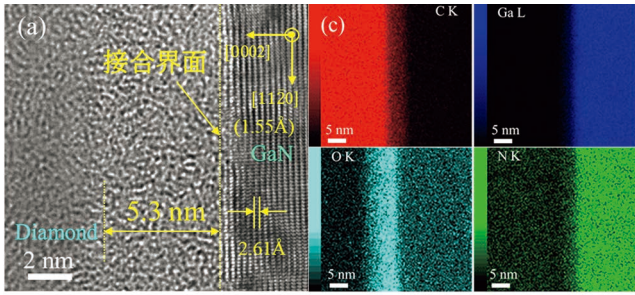


図8 熱処理前 GaN/ダイヤモンド接合界面の (a) GaN[1 $\bar{1}$ 00] と (b) ダイヤモンド[001]晶帯軸に沿って観察した断面 HRTEM 像, (c) 接合界面の EDS マッピング像, (d) 接合界面全体の C, Ga, O, および N 原子の X 線強度プロファイル(背部に挿入された TEM 像は, X 線強度プロファイルの測定位置を示す). (オンラインカラー)

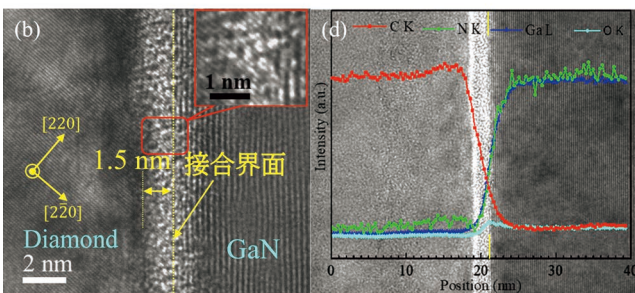
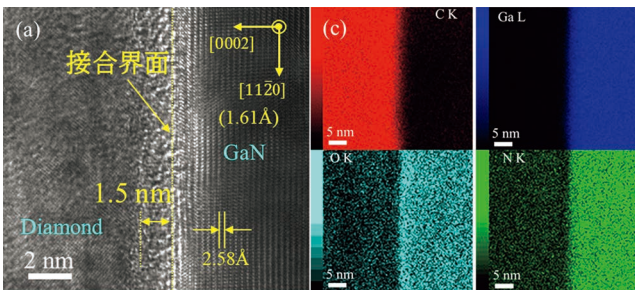


図9 1000°C熱処理後 GaN/ダイヤモンド接合界面の (a) GaN[1 $\bar{1}$ 00]と (b) ダイヤモンド[001]晶帯軸に沿って観察した断面 HRTEM 像, (c) 接合界面の EDS マッピング像, (d) 接合界面全体の C, Ga, O, および N 原子の X 線強度プロファイル. (オンラインカラー)

N 原子の EDS プロファイルの立ち上がりが急勾配になったことによって, 熱処理によるダメージ層の再結晶化を示唆する. また, 酸素ピーク強度の低下が観察され, 酸素が熱処理によって GaN 側拡散したことに起因する.

熱処理前 GaN/ダイヤモンド接合界面の C-K エッジ電子

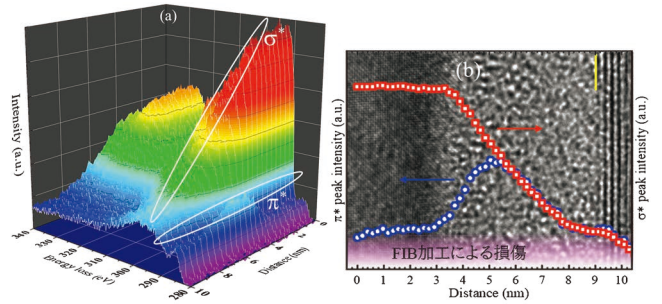


図10 (a) 熱処理前 GaN/ダイヤモンド接合界面の C-K エッジ EELS スペクトルの位置依存性と EELS スペクトルから抽出した (b) π^* と σ^* ピーク強度と (c) sp^2 比 ((b) と (c) に挿入された TEM 像は, EELS スペクトルの測定位置に対応する). (オンラインカラー)

エネルギー損失分光 (Electron Energy Loss Spectroscopy: EELS) スペクトルの位置依存性, EELS スペクトルから抽出した π^* と σ^* ピーク強度, および sp^2 比をそれぞれ図10 (a)-(c)に示す. sp^2 比は π^* と σ^* ピーク面積を積分することによって計算された.

$$sp^2(\%) = \frac{\pi^*/(\pi^* + \sigma^*)}{\pi_{\text{amorphous carbon}}^*/\pi_{\text{amorphous carbon}}^* + \sigma_{\text{amorphous carbon}}^*/\sigma_{\text{amorphous carbon}}^*} \times 100 \quad (1)$$

ここで, $\pi_{\text{amorphous carbon}}^*$ と $\sigma_{\text{amorphous carbon}}^*$ は標準アモルファスカーボン材料を測定することによって得られた. 標準アモルファスカーボンの sp^2 比は約16%と計算された. 中間層における sp^2 比の変動より中間層は, 2つの部分に分けられる. 1つはアモルファスカーボンとダイヤモンドで構成され, もう1つは完全なアモルファスカーボンで構成される. それらの厚さは, それぞれ約3.2と2.8nmと測定された.

図11(a)-(c)に, それぞれ1000°C熱処理後 GaN/ダイヤモンド接合界面の C-K エッジ EELS スペクトルの位置依存性, EELS スペクトルから抽出した π^* と σ^* ピーク強度, および sp^2 比を示す. 接合界面における sp^2 比は熱処理後大幅に低減し, 約51%に達した. 完全なアモルファスカーボンで構成された部分が消失し, アモルファスカーボンとダイヤモンドで構成された部分の厚さが約2.6nmまでに低減した. 中間層における実際 sp^2 比は, TEM サンプル製造プロセス中において FIB によって引き起こしたダメージ部分の sp^2 比を差し引いて, 0 から34%の間であると計算された.

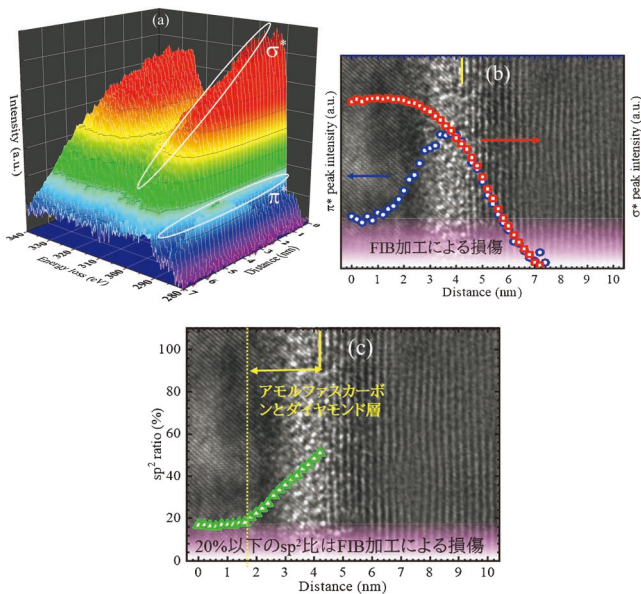


図11 (a) 1000°C熱処理後 GaN/ダイヤモンド接合界面のC-K エッジ EELS スペクトルの位置依存性と EELS スペクトルから抽出した (b) π^* と σ^* ピーク強度と (c) sp^2 比 ((b) と (c) に挿入された HRTEM 像は, EELS スペクトルの測定位置を示す). (オンラインカラー)

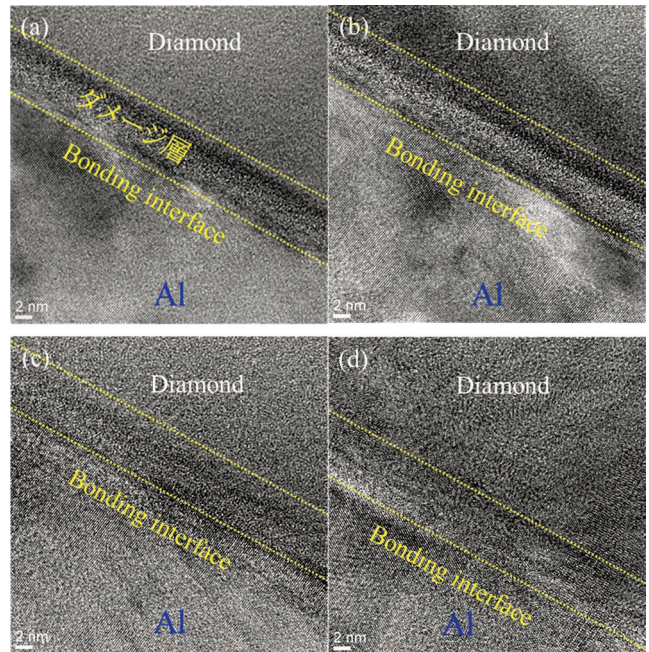


図12 (a) 熱処理前, (b) 200, (c) 400, (d) 600°C熱処理後 Al/ダイヤモンド接合界面の断面 TEM 像. (オンラインカラー)

(3) Al/ダイヤモンドと Cu/ダイヤモンド接合界面の構造と熱特性評価

図12(a)-(d)に, それぞれ熱処理前, 200, 400, および 600°C熱処理後 Al/ダイヤモンド接合界面の断面 TEM 像を示す. 上記の Si/ダイヤモンドと GaN/ダイヤモンド接合界面と同様に熱処理前の接合界面には, 薄いダメージ層が形成されている. そのダメージ層の厚さは熱処理温度の上昇と共に低減し, 600°C熱処理後の界面には観察されなかった. これは熱処理プロセスによるダメージ層の再結晶化だと考えられる. 図13(a)と(b)に, それぞれ熱処理前と700°C熱処理後 Cu/ダイヤモンド接合界面の断面 STEM 像を示す. 接合プロセスにおけるアルゴン照射によって生じたダメージが Cu/ダイヤモンド接合界面にも観察された. ダメージ層の厚さは約 4.5 nm と測定された. 700°C熱処理後の接合界面には, ダメージ層が観察されず, ダイヤモンドと Cu の結晶がお互いに噛み合う領域の形成ができた. その要因は上記 GaN/ダイヤモンドと Al/ダイヤモンド接合界面と同時に熱処理プロセスによるダメージ層の再結晶化に起因する. 熱処理前後 Al/ダイヤモンドと Cu/ダイヤモンド接合界面にはナノレベルの空隙や破損が確認されず, 良好な接合と優れた耐熱性接合界面の実現ができたことを示す. 図14に熱処理前 Cu/ダイヤモンド接合界面の時間領域サーモリフレクタンス法により得られた熱過渡応答シグナルとフィッティング結果を示す. 比較のため, ダイヤモンド上に蒸着した Cu 薄膜の測定結果も図14にもプロットしている. Cu/ダイヤモンド接合界面と蒸着により形成した Cu とダイヤモンド界面の熱抵抗値がそれぞれ $1.7 \pm 0.2 \times 10^{-8}$ と $1.7 \pm 0.3 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ であ

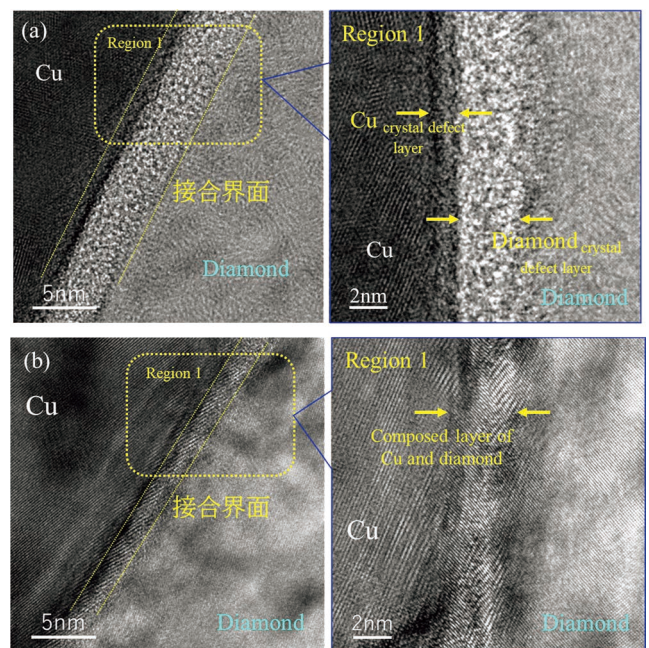


図13 (a) 熱処理前と (b) 700°C熱処理後 Cu/ダイヤモンド接合界面の断面 STEM 像. (オンラインカラー)

ると抽出された. 両者の熱抵抗値がほぼ一致する. 更に現象論により計算した値 $1.13 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ より 5 割程度大きい. これらの結果は, 現象論値に近い低熱抵抗値の Cu/ダイヤモンド接合界面の作製が実現できたことを示した.

金属鑄造と砂型：1.その歴史と最近の進展

永瀬 丈嗣*

柏井 茂雄**

兼吉 高宏***

浅野 和典****

北村 一浩*****

1. はじめに

持続可能な開発目標 (SDGs: Sustainable Development Goals) は、地球を救うための行動指針と言われるほど環境問題を解決するために大切な役割を果たすまでになっている。SDGs と金属・鑄造という言葉からは、希少金属元素と限られた資源の分配、金属資源生産における二酸化炭素の排出、資源循環とリサイクル、エネルギー・水・医療衛生などの社会インフラ、など様々な課題を連想できる。金属素形材は、環境というキーワードを抜きには語ることが出来ない時代になっている。

本解説記事のキーワードは、金属素形材の生産に必要な不可欠な「砂」である。金属素形材が SDGs と強い関連があることは言うまでもないが、「砂」が SDGs と関連したものは考えにくい。砂はありふれた物質のようであり、山・川・海(砂浜)にいけば無尽蔵に存在する物質のように思われる。しかし、砂の種類と用途を考えた場合、非常に限られた範囲で採取できる砂しか産業利用できない。図 1 に、鑄物や砂型プリンターに利用される代表的な砂の写真を示す。(a) 砂型プリンターに利用される砂、(b) 鑄造に利用される山砂、(c) 天然珪砂、(d) 人工砂は、形状や粒度分布が大きく異なっていることがわかる。見た目だけではなく、材質や成分にも違いがある。これは、鑄造される金属の種類と求められる特性の違いを反映しているためである。別の言い方をすれば、選び抜かれた砂でなければ、金属素形材の中核生産技術の一つである鑄造に使用される鑄物砂として利用できないということを意味している。鑄物砂に限らず、砂に限られた資

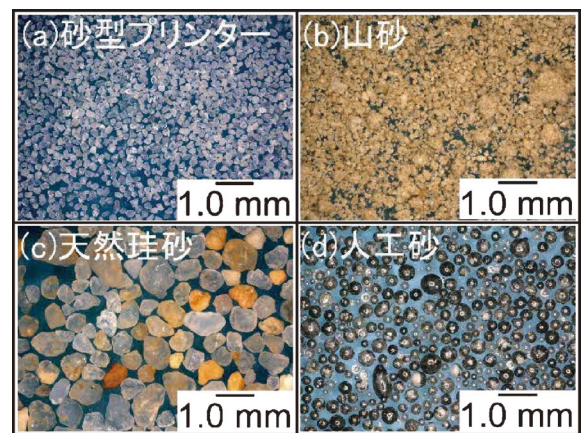


図 1 代表的な鑄物砂の写真。(a) 砂型プリンターに利用される砂、(b) 山砂(大阪・羽曳野)、(c) 天然珪砂(島根・大田温泉津)、(d) 人工砂。写真データは山川産業株式会社⁽³⁾より提供いただいた。

源であること、その戦略物質としての重要性は、文献⁽¹⁾⁽²⁾に詳細に記載されている。鑄物砂の産地は大きく限られ、鑄物が発達してきた場所は砂の産地と密接に関連してきた。現在では、多くの人工砂が利用されるに至っている。

「砂」は地理に大きく依存する貴重な資源・戦略物質であり、この資源の偏在性が鑄造・鑄鉄の発展とその歴史に大きな影響を与えてきた。本解説記事では、金属鑄造における古代から現代の三次元積層造形技術にいたる歴史と地理との関連性を、「砂」という観点から、(1)砂型の歴史と最近の進展、(2)金属の歴史と地理を学習する砂型実習教材の開発、(3)大学における砂型鑄造実習の現状、の3部からなる解説

* 兵庫県立大学；教授(〒671-2280 姫路市書写2167)

** 公益財団法人 新産業創造研究機構；技術コーディネーター

*** 兵庫県立工業技術センター；部長

**** 近畿大学；教授

***** 愛知教育大学；教授

Metal Casting and Sand Mold: (1) History and Recent Development; Takeshi Nagase*, Shigeo Kashiwai**, Takahiro Kaneyoshi***, Kazunori Asano**** and Kazuhiro Kitamura***** (*University of Hyogo, Himeji. **The New Industry Research Organization (NIRO), Kobe. ***Hyogo Prefectural Institute of Technology, Kobe. ****Kindai University, Higashi-Osaka. *****Aichi University of Education, Kariya)

Keywords: casting, sand mold, history, geography, additive manufacturing, 3D printer

2022年1月6日受理[doi:10.2320/materia.61.340]

記事として、特に兵庫県や大阪府を中心とする関西地区の活動について紹介をする。

2. 鑄造の歴史と鑄型の歴史

鑄造の歴史は鑄型の発展と密接に関連している⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾。表1に、文献(4)を参考とした鑄造の歴史と鑄型の歴史の対応表を示す。古代文明発祥の国々では、銅器・青銅器時代を経て鉄器時代へと金属文化が進み、石器、青銅器、鉄器と時代が明確に区分される。一方、我が国では、中国大陸から朝鮮半島へ伝播した青銅器・鉄器およびその製造技術が、弥生時代に日本へ渡来したため、この2種の金属である銅と鉄がほぼ同時に使用され始めた⁽⁷⁾。鉄に関して注目すると、我が国では古代から近世にかけて、砂鉄や鉄鉱石を粘土製の炉で木炭を用いて比較的低温で還元し純度の高い鉄を生産する「たたら製鉄」が発展した。たたら製鉄と言えば、日本刀の原料になる玉鋼のような純度の高い鉄である「ケラ・鋳」の生産を思い浮かべる場合も多いが、銑鉄・鑄鉄にあたる「ブク・銑」の生産も主流であったとも言える。明治維新を経て、明治時代後半から工業用鑄鉄鑄物の生産が本格化した。

戦後、鑄鉄としては強度・韌性に優れた球状黒鉛鑄鉄が普及するとともに、鉄や銅だけではなくアルミニウム鑄物やマグネシウム鑄物の生産が本格化した。近年では、三次元積層造形法の実用化が進むに至っている。金属素形材の基礎的生産技術である鑄造は、何千年にもわたる歴史を持っており、鑄造の歴史は人類の金属使用の歴史そのものであると言える。表1より、鑄造法・鑄造に用いられる金属元素・鑄造で生産された製品の移り変わりとともに、鑄型も連動して変化していることが分かる。別の言い方をすれば、鑄造の歴史は鑄型の歴史であり、鑄型の歴史は鑄造の歴史であると言える。鑄型の歴史の中心として「砂」の存在がある。鑄型への砂の利用の開始、鑄物砂の発展、そして砂型プリンターへと至る歴史と地理の関係を、次節で解説する。

3. 砂型の誕生と歴史

鑄造を鑄型・粉体工学からみた視点で解説した文献(4)を参照すれば、鑄型は、①石型、②土型、③砂型と金型、と発展してきたとされている。図2は、鑄型の歴史として、③砂型と金型の発展形であるAM(Additive Manufacturing、④

表1 鑄造の歴史と鑄型の歴史の対応。文献(4)を引用改変。

年代	代表的な鑄物	材質	鑄型	備考	対応する図
前300				(中国大陸から朝鮮半島をへて、青銅器・鉄器が伝来)	↑ 図3 ↓
前300~200	銅鐸、銅矛など	Cu	石、土	大阪・茨木、大阪・寝屋川、兵庫・姫路、兵庫・赤穂、福岡・春日、熊本・熊本など	
600~700	飛鳥大仏、奈良大仏	Cu	土	奈良・飛鳥、奈良・奈良	↑ 図4 図5 ↓
700	貨幣	Cu	土	和同開珎(その後、皇朝12銭)ただし流通には至らず。	
	梵鐘	Cu	土	奈良東大寺鐘	
900	銅、金 (鑄物師が各地に分散)	Fe	土	大阪・南河内、栃木・佐野、埼玉・川口など	↑ 図2 ↓
	鏡	Cu	土、砂	平安時代に化粧道具として貴族社会へ普及(和鏡)。	
1600	茶釜、灯籠	Fe	砂	福岡・芦屋、栃木・佐野、京都・京都、岩手・盛岡など	
1900				(強度を必要とする工業用鑄鉄鑄物の製造開始)	↑ 図6,7 ↓
	大砲	Fe	砂	青銅製→鑄鉄製→鑄鋼製→鍛鋼製 大阪・大阪(大阪砲兵工廠)	
	鑄鉄部材	Fe	砂、金型	水道管、マンホール	
1950年以降				(球状黒鉛鑄鉄の発明と日本での普及)	↑ 図6,7 ↓
	自動車部品、その他	Fe, Cu, Al, Mg	砂、金型	2020年銑鉄鑄物生産量: 1.愛知県、2.島根県、3.福島県	
	その他	Al, Mg	砂、金型	ホイール(Alダイカスト)、 パソコン躯体(Mgダイカスト)	
2000年以降				(人工砂の発明と実用化)	↑ 図6,7 ↓
	金属積層造形法		鑄型レス		
	砂型積層造形法		砂	公設試験場として 兵庫県・秋田県・三重県が保有	

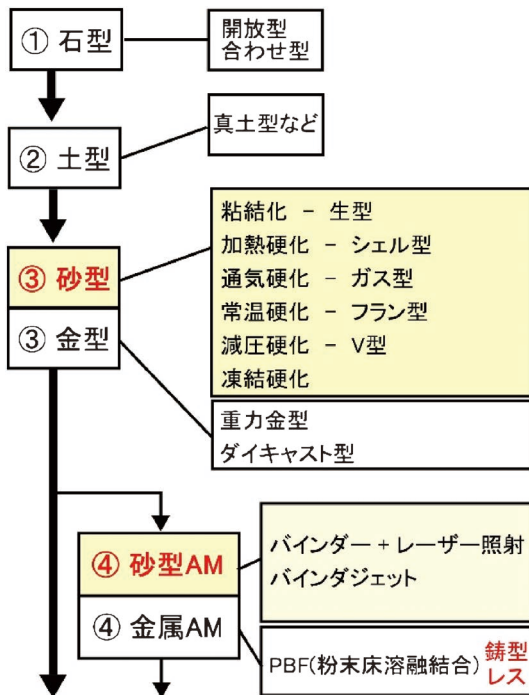


図2 鋳型の移り変わり. 文献(4)を引用改変.

金属直接積層造形と砂型プリンター)を加えた図である.

我が国に鋳造技術が入ってきたのは弥生時代である. 弥生時代前期にも青銅器の出土は認められるものの, これらの事例は舶載品を再加工したものであり, 日本列島における青銅器鋳造を示すものではない. この時代における確実な鋳造に関連する遺物の出土は弥生時代「中期」になる. 鋳造技術が最初に入ってきたのは北部九州であり, 北部九州からの伝播として関西にその技術がもたらされたと考えられる. これらの時代の鋳造関連遺物が出土した代表的な遺跡としては, 熊本県熊本市・八ノ坪遺跡⁽⁸⁾⁽⁹⁾, 福岡県春日市・須玖タカウタ遺跡⁽¹⁰⁾, 兵庫県姫路市・名古山遺跡⁽¹¹⁾, 兵庫県赤穂市・上高野遺跡⁽¹²⁾⁽¹³⁾, 大阪府茨木市・東奈良遺跡⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾, 奈良県磯城郡田原本町・唐古・鍵遺跡⁽¹⁶⁾, 大阪府寝屋川市・楠遺跡⁽¹⁷⁾などがある. 図3は, これら砂型・土型に関する遺跡の場所を示した地図である. 九州では弥生時代を通じて非常に数多くの石型が出土することから, 九州では基本的には石製鋳型の使用が主流であったと考えられている. 一方, 関西では, 当初は石型の使用が主流だったが, 弥生時代中期後半段階では一部の青銅器に土型の利用が始まり, 弥生時代中期末～後期初頭には, 土製鋳型外枠のなかに真土(まね)(現在において金属工芸・鋳金などの分野で利用されている真土とは異なるもの)を詰めて鋳型とする技術が登場しこの鋳型が主流になっていくという違いがみられる. 弥生時代の次の時代である古墳時代では, 青銅器鋳造に関連する遺物がほとんど見つかっていないが, 仿製三角縁神獣鏡などの青銅鏡をはじめ, 各種青銅器の多くは土型で製作されたと考えられる. 弥生時代・古墳時代における鋳造の全体像は明らかとはなっていないが, 石型から土型の移行は単純ではなく, 当初は石



図3 古代日本における石型, 土型に関する代表的な遺跡. 文献(4)-(6)を引用改変.

型・土型ともに存在するものの石型が主であったのが, 古墳時代までに地域差を持ちながら土型が主となっていくというイメージを想像することができる. 土型への転換という意味では, 関西は九州と比べて「先進的」とも考えられる. 600年代ごろの飛鳥大仏(奈良県)の製造では, 土型が利用されている⁽⁴⁾.

石型では大きな製品や複雑な製品は, 鋳造しにくい. さらに, 石型では, 凝固に伴う金属の収縮に対応することが出来ない. このため, 石型から土型, さらに砂型へと鋳型は進化した. 砂型は, 江戸時代末期から明治時代にかけて日本古来の手法として発展し, 明治維新以降は欧米の技術を導入しながら発展してきた⁽²⁾⁻⁽⁴⁾. 現在では砂型プリンターが開発されるにいたる, 現在も発展しつづけている分野である. 砂型に利用される鋳物砂は, すべて砂というわけではなく, 一般に「砂」と「粘土」と「水」を適度に混合したものである. 鋳物砂と砂型には, (1)造形性, (2)流動性, (3)通気性, (4)強度, (5)耐熱性, (6)再利用特性, (7)均一性, (8)崩壊性, など多くの特性が必要とされる. 流動性が良く, かつ室温において造形性に優れ, 造形後は鋳型が鋳造時の熱衝撃に耐えかつ変形しないような強度を持ちつつも発生するガスに対処するため通気性にすぐれ, 鋳物を取り出す際には型ばらしが容易であるだけでなく作業環境の点から発生する粉塵が少ないものでなくてはならない. さらに, 再利用が可能であるかも極めて重要な因子となる. これらの条件を満足するためには, 砂の材質だけでなくその粒度, 砂と粘土の比率などが重要となる. したがって, 鋳物砂として利用可能な砂は, 海砂や川砂では満足することができず, ごく一部の限られた地域において産出される山砂でしか対応できない. 様々な特性を満足する必要があるという大きな制約, さらに砂は重量物であり輸送インフラの整っていない時代では輸送が大

変に困難であるという成約から、金属鑄造は、山砂が産出される地域で発達してきたことは自然であると考えられる。砂型に利用される鑄物砂は「砂」と「粘土」と「水」を適度に混合したものであるので、資源的制約が大きい山砂だけではなく、「砂」と結合材である「粘土」を混ぜ合わせることで鑄物に適した砂を得る技術が発達した。このような混練での造形に適した鑄物砂に利用される天然砂の原料としては、「天然珪砂」が利用される。図4に、山砂および天然珪砂の

産地として報告されている地名を示す⁽⁷⁾。図5に、日本各地における鑄物業発祥と伝わる地名と年代⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾を示す。早い年代では、大阪・河内(700頃)、栃木・佐野(781)、埼玉・川口(940)、奈良・香芝下田(1000頃)、山形(1051)、兵庫・姫路野里(1130頃)、などが見られる。図4より、山砂や天然珪砂の産地と、現代でも鑄造が盛んな地域に相関関係があることが分かる。図4と図5より、古代から鑄造が盛んであった地域が、現在でも鑄造が盛んである傾向が分かる。これらの傾向は、良質な山砂や天然珪砂が取れる地域で鑄造が発達し、その伝統を引き継いで現在まで鑄造がその地域を支える主力産業として活躍している、と理解することが出来る。我が国における鑄造の歴史は、鑄型の歴史であり、さらに砂の地域偏在性と関連した地理と歴史と密接に関連がある。我が国において、「鑄鉄・鑄造」と「鋼・鍛冶」が発達してきた場所が異なる特徴を持つことの要因として「砂」の地理的偏在性も大きな要因となっていることは、文献⁽²⁰⁾の歴史地理学的研究の立場から検証された文献においても指摘されている。

現在では、人工砂が開発・実用化されている。人工砂とは、耐火度に優れた砂を配合して、そして天然の砂の欠点である砂粒の不規則な形を球状にしたものである。図1に示すように、人工砂は球状で流動性がよい。人工砂は耐火度が高く、熱伝導が良く、各種鑄型製造プロセスへの応用が可能である。さらに、人工砂で作製された砂型は「型落ち」や「すくわれ」などの鑄型の欠陥が少なく、産業廃棄物がほとんどでないなどのメリットがある。型ばらし時に発生する粉塵が極度に少ないことから、鑄物工場での作業環境の劇的な改善をもたらしたことも特筆すべき点である。我が国の鑄造、そして自動車・重工業・建築・水道などの社会インフラの発展の一端を、「鑄物砂」の発展が担ってきたとも言える。

4. 砂型プリンターへ

砂は戦略物質・重要資源であり、古来においては山砂や天然珪砂が利用できる地域が必然的に鑄物の産地が形成される重要条件であった。輸送インフラの発達や人工砂の開発に伴い、砂の産地は大きく広がるとともに鑄物の産地も日本全国へと広がった。金属鑄造の歴史は、金属そのものだけではなく、鑄型発展の歴史と砂の地理的制約にも大きく依存してきたと言える。

この砂と鑄型との歴史に近年新しい展開が訪れようとしている。これまで必要としてきた木型等の模型が不要で直接造形を行う砂型三次元積層造形(砂型3Dプリンター)である。三次元積層造形法は、三次元データを基に断面形状データ(スライスデータ)を計算し、スライスデータを造形、積層することにより三次元形状を具現化する方法である。図6に砂型3Dプリンターおよび砂型の例⁽¹⁹⁾を示す。

砂型3Dプリンターでは、バインダーをレーザー照射して溶融させる方法と直接バインダーを噴射する方式(バインダージェット方式)が存在するが、いずれも砂そのものを結合

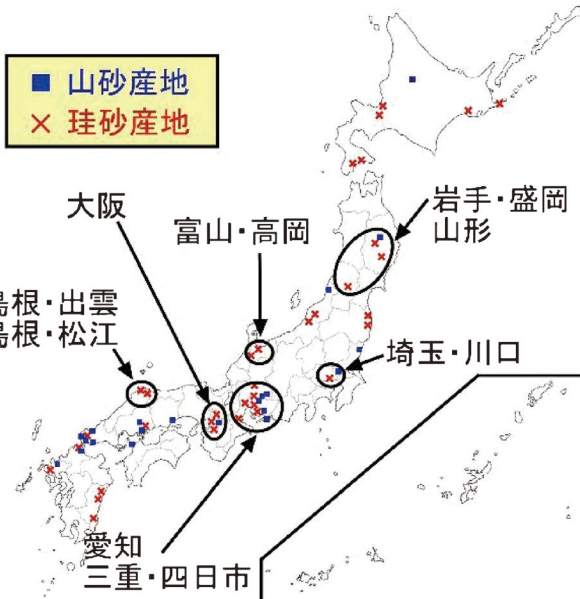


図4 山砂と天然珪砂の産地。文献(7)を引用改変。現代でも鑄造が盛んな地域との対応関係がある。

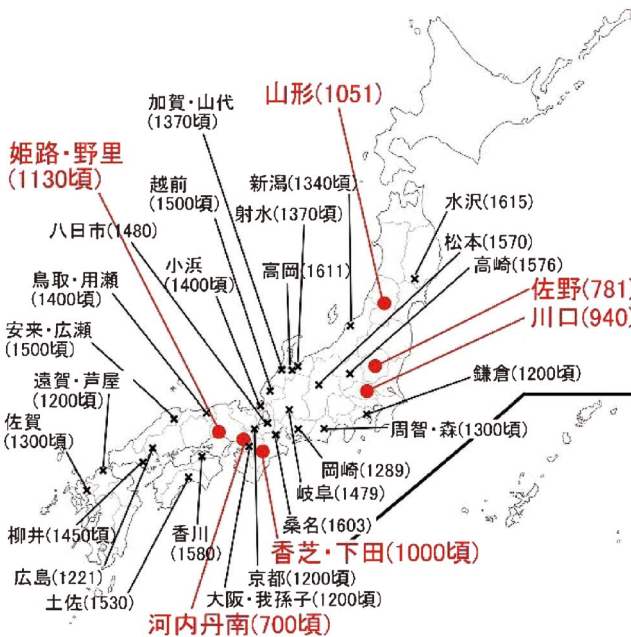


図5 鑄物業発祥の年代。文献(18)(19)を引用改変。早い年代では、大阪・河内(700頃)、栃木・佐野(781)、埼玉・川口(940)、奈良・香芝下田(1000頃)、山形(1051)、兵庫・姫路野里(1130頃)、などが見られる。

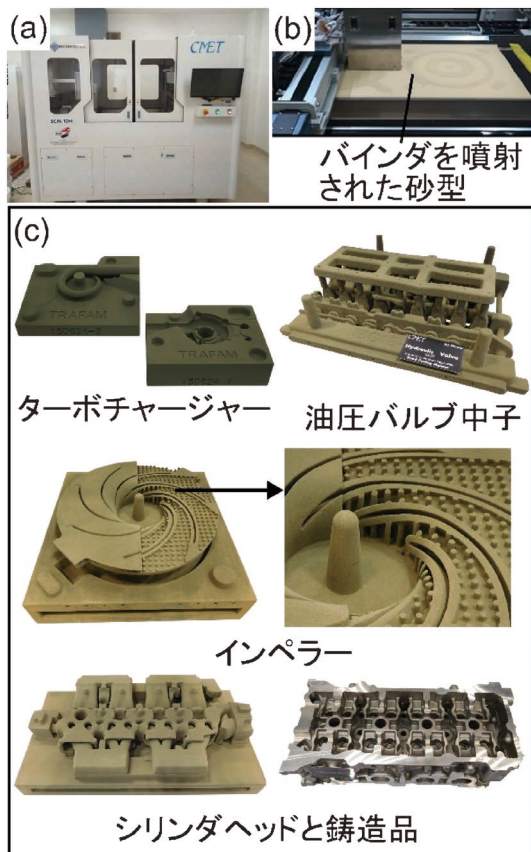


図6 兵庫県立工業技術センターに設置されている砂型プリンターと造形体の例。文献(21)を引用改変。(a)国産砂型積層造形装置砂型プリンターSCM-10H, (b)砂型プリンターの内部, (c)造形した砂型の一例。

させて形作るのではなく、バインダー(樹脂などの有機バインダー、あるいは無機バインダー)により砂を結合させる方法で砂型の造形を行う。これは、従来の砂とバインダーを混練して型取りすることによる方法と基本的には同じ方式であるため、3Dプリンターで造形した砂型は従来法で作製した砂型とほとんど同じものであると言える。

砂型3Dプリンターを使うことのメリットとしては、(1)木型等の模型が不要で直接砂型を造形できる、(2)木型等からの抜け勾配が不要となり、形状制限があまり無い、(3)型の割り面や分割等に制限がなく、自由度の高い方案が可能、等が挙げられる。一方で3Dプリンターも万能ではなく、デメリットとして、(1)現状では高価(造形サイズによるが、数千円～数億円)な装置が必要、(2)粒度の均一性や特殊加工が必要な砂材料を使うため、材料も高価となる、(3)原理上、硬化した部分と未硬化部分が混在し、境界の不鮮明さが発生するとともに、未硬化砂の除去が必要となる、(4)積層造形の原理上、局面等において階段状の積層痕が生じる、(5)3Dプリンターを活かす砂型設計、デジタルデータ技術が必須、等が挙げられる。特に、デメリットの(5)にある砂型設計やデジタルデータ技術については、3Dプリンターを活用するために非常に重要となってくる。なお、デジタルデータは、3Dプリンターに利用するだけでなく、铸造シミュ



図7 砂型プリンターが設置されている公設試験研究機関。

レーション等の Computer Aided Engineering(CAE)技術にも活用できるため、設計・解析・製造の各プロセスで利用でき、これからのデジタルトランスフォーメーション(DX)に欠かすことができないものとなっていくのは間違いなく、砂型プリンターはDXと結びついてさらに発展していくと考えられる。

上述のように、3Dプリンターにもメリット・デメリットがあり、従来砂型製造法と3Dプリンター造形法それぞれのメリットを活かした利用方法が存在するため、砂型3Dプリンターが従来の砂型製造に完全に取って代わることはないと思われるが、従来技術との連携や新たな製造技術として活用されることは間違いないと考えられる。そのため、铸造業界において砂型3Dプリンターやデジタルデータの活用技術を習得していくことが非常に重要となってくる。現在、国内の公設試験研究機関等に砂型3Dプリンターが導入されている(図7)。公設試験研究機関では、セミナーや機器利用等の技術支援が行われているので、活用をお勧めする。

5. 終わりに

金属铸造の歴史は、金属だけではなく砂にも大きく支配されてきた。このような背景は、たたら製鉄の歴史(鋼:ケラを原料とする鋼の歴史)(銑鉄・铸件:ズクを原料とする銑鉄・铸件の歴史)、明治期における鉄鋼・铸件産業の発展(鋼:世界遺産・明治日本の産業革命遺産 製鉄・製鋼, 造船, 石炭産業⁽²²⁾)(铸件:鉄鋼と同じく集成館からはじまり、大阪砲兵工廠へと続く歴史⁽²³⁾)において、鉄鋼と铸件が異なる道を歩んできた歴史とも深く関連している。金属铸造は、「砂」に関連した、地域の地理と歴史に深く関連した金属素形材生産の中核技術であり、最近では三次元積層造形技

術として新しい展開を見せている。金属鋳造は、古代から地域に根差し、最先端の技術を取り込みつつさらに発展する金属の基礎基盤技術である。金属鋳造の発展は、いかに地域に根差し(ローカライズし)、グローバルに発展できるかにかかっている。第1部となる本解説では、金属歴史地理学の一例として「金属鋳造と砂型」を取り上げ、砂型の過去・現在・未来といった歴史軸と、砂という地域偏在性が強い資源の分布といった地理軸を組み合わせ、金属鋳造を歴史地理学的視点から再考し次世代の鋳造・三次元積層造形へとつなげる新たな試みを紹介した。第2部では、金属歴史地理学の観点から次世代を担う小学生・中学生向けに金属材料・鋳造の重要性を知ってもらうための教材として開発を進めている「単に金属と触れ合うというだけではなく、金属の歴史と地理をも学習する金属鋳造・砂型実習教材の開発」について、第3部では大学における砂型を用いた金属鋳造実習の現状について解説する。

本解説論文の執筆に際し、日本鋳造工学会関西支部から全面的なご協力をいただきました。茨木市立文化財資料館の清水邦彦氏より、様々な助言をいただきました。鋳物砂の写真データは山川産業株式会社より提供いただきました。ここに感謝の意を表します。

文 献

- (1) Beiser Vince 著, 藤崎百合(訳): 砂と人類「いかにして砂が文明を変容させたか」 ISBN 978-4794224446, <https://www.kinokuniya.co.jp/f/dsg-01-9784794224446>
- (2) Wedge: 資源ウォーズの真実 砂, 土, 水を飲み込む世界, <https://wedge.ismedia.jp/ud/wedge/release/20210620>
- (3) 山川産業株式会社, <http://yks-net.jp/>
- (4) 橋本建次: 粉体工学会誌, 17 (1980), 442-449., <https://doi.org/10.4164/sptj.17.442>
- (5) 石野 亨: 鋳物, 67 (1995), 118-123., https://doi.org/10.11279/imon.67.2_118
- (6) 中江秀雄: 鋳造工学, 85 (2013), 305-309., <https://doi.org/10.11279/jfes.85.305>
- (7) 日本鋳物協会: 改訂3版 鋳物便覧(1973).
- (8) 熊本県熊本市・八ノ坪遺跡, https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c_id=5&id=8014&sub_id=3&flid=144338
- (9) 林田和人, 下村 智, 玉川剛司: 史学論叢, 11-22(48) 2018-03.
- (10) 福岡県春日市, 須玖タカウタ遺跡2・5次調査出土青銅器生産関連遺物および土器類, <https://www.city.kasuga.fukuoka.jp/miryoku/history/historymuseum/1002286/1002288/1006247.html>
- (11) 兵庫県姫路市, 名古山弥生遺跡出土遺物, <https://www.city.himeji.lg.jp/kanko/0000002036.html>
- (12) 兵庫県赤穂市, 兵庫県赤穂市の文化財, <http://www.ako-hyg.ed.jp/bunkazai/shitei/ken63.html>
- (13) 竹下邦彦: 工業教育資料, 396 (2021), 29-32.
- (14) 大阪府茨木市, 茨木市立文化財資料館, https://www.city.ibaraki.osaka.jp/kikou/kyoikuikaikyoikusoumu/rekibun/rekishibunkazai_jigyuu/bunkazai_sihryoukan/index.html
- (15) 文化庁・国指定文化財等データベース, 摂津東奈良遺跡出土土器関係遺物, <https://kushitei.bunka.go.jp/heritage/detail/201/10010>
- (16) 奈良県磯城郡田原本町, 遺跡-(国史跡)唐古・鍵遺跡, <https://www.town.tawaramoto.nara.jp/kanko/bunkazai/iseki/5178.html>
- (17) 大阪府寝屋川市, 楠遺跡, https://www.city.neyagawa.osaka.jp/organization_list/kyoiku_shakaikyoku/bunkasport/bunkazai/namesagasu/1378188437368.html
- (18) 石野 亨: 産業技術センター, 鋳造-技術の源流と歴史(1977).
- (19) 石野 亨: 日本鋳物工業新聞社, 鋳物5千年の足跡,(1994).
- (20) 河島一仁: 立命館文学, 627 (2012), 65-99., <http://www.ritsumei.ac.jp/acd/cg/lt/rb/627.htm>
- (21) シーメット株式会社, <https://www.cmet.co.jp/sand-casting-meister/>
- (22) Sites of Japan's Meiji Industrial Revolution: Iron and Steel, Shipbuilding and Coal Mining (明治日本の産業革命遺産 製鉄・製鋼, 造船, 石炭産業), <https://whc.unesco.org/en/list/1484/>
- (23) 中江秀雄: 鋳造工学全国講演大会講演概要集, 166 (2015), 3., https://doi.org/10.11279/jfeskouen.166_3



永瀬丈嗣

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
2003年 大阪大学大学院工学研究科博士後課程修了, 工学博士(大阪大学)
2003年4月-2008年2月, 大阪大学大学院工学研究科
2008年3月-2021年3月, 大阪大学超高压電子顕微鏡センター
2021年4月- 現職
専門分野: 材料組織学, 材料設計学
◎電子顕微鏡法を中心とする材料組織学, マテリアルDXによる材料設計学に従事. 金属新素材開発と地方創生を実現する金属歴史地理学に基づく教育法の開発なども行っている.
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★



1. 組織観察

1-6 透過型電子顕微鏡の構造と仕組み

山本 剛久¹⁾ 小平 亜侑²⁾

1-6-1 はじめに

微細組織の観察や、その組織に対応する構造・組成・電子状態などを計測できる透過型電子顕微鏡 (Transmission Electron Microscope, TEM) は、材料解析・開発には欠くことのできない装置です。近年、その性能が格段に向上し、操作性についても大きく改善され、高い分解能のもとで組織観察や分析が誰でも簡単にできるようになっています。本稿では、TEM に関する構造と仕組みについて概説します。具体的な操作方法や観察事例については次回以降に説明しますので、合わせて参考にしてください。TEM は、多岐にわたる観察や分析技法を有していますので、ここで紹介できる内容は、そのごく一部でしかありません。本稿の最後に教科書を紹介していますので、ぜひ、それらも参考に理解を深めてください。なお、本文中で用いられている用語や詳細な構造などは用いる機種によって異なる場合があります。取扱説明書などに従うようにしてください。

1-6-2 光学顕微鏡，走査型電子顕微鏡との違い

反射型光学顕微鏡は、可視光線を試料に照射して、表面から反射してきた光を光学レンズで拡大して像を形成します。走査型電子顕微鏡 (SEM) は、加速したプローブ状の電子線を試料表面上で走査し、試料表面から発生した2次電子や反射電子の強度を、プローブ走査と同期させてモニター上に像を形成します。前者はレンズの屈折作用を用いること、後者は試料表面とモニター上での走査範囲の比を用いる違いはあるものの、いずれも試料表面の組織を拡大します。一方、透過型光学顕微鏡は、可視光線を試料に照射し、透過した光を光学レンズで拡大します。TEM も、基本的には透過型光学顕微鏡の仕組みと同様¹⁾です。加速した電子を、薄片化さ

せた物体に照射し、透過した電子を多数の電磁レンズ(磁界型電子レンズ)群で順次拡大していきます。両者ともに、得られる像は試料内部の構造を反映しています。ただし、TEM は、透過型光学顕微鏡とは比較できないほど多様な機能を有しています。

1-6-3 構造の概要

図1に一般的な TEM の外観およびカット図を示しています。カット図において斜線が付された四角形が、光学顕微鏡の光学レンズに相当する電磁レンズ(以下レンズ)や、電子線の傾きや位置などを調整するコイルを表しています。多数のレンズやコイルなどが組み込まれていて、さらには、その調整や試料駆動のためのダイヤルやボタンが操作パネルに多数揃えられています。一見、複雑怪奇な構造です。これらすべての操作方法を覚えることは非常に手間がかかります。ところが、各レンズなどの機能を整理して理解すると、意外と簡単に使えるようになります。

図2は電子線の経路を光に置き換えて簡潔に示した模式図です(電子線の場合にも光学系という表現が用いられます)。

¹⁾ 電子線を広げた状態で試料に照射して像を観察することを TEM 照射と呼びます。一方、走査透過型電子顕微鏡 (Scanning Transmission Electron Microscope : STEM) では、細く収束した電子線を試料上で走査しながら像を観察します。TEM 照射と区別するために、このときの照射のことを STEM 照射と呼称します。なお、TEM 照射の時には、平行照射という言葉がしばしば用いられます。この時の電子線照射は、光軸に対する電子線の角度が変わることなく進行している状態(光軸に対して平行)です(図4(b)を参照ください。C2レンズ以降は、破線で示した光軸に対して電子線が平行に進行しています)。試料に対して平行照射する、という表現がよく用いられますが、この平行照射とは、上に述べたような照射状態を指しており、試料に対して平行な方向からの照射ということではありません。平行照射は、例えば、回折図形の撮影時などで重要となります。

* 名古屋大学大学院工学研究科；1)教授 2)技術補佐(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

Keywords: transmission electron microscope, bright field image, dark field image, electron diffraction, selected area diffraction (透過型電子顕微鏡, 明視野像, 暗視野像, 電子線回折, 制限視野回折)

2022年4月4日受理[doi:10.2320/materia.61.346]

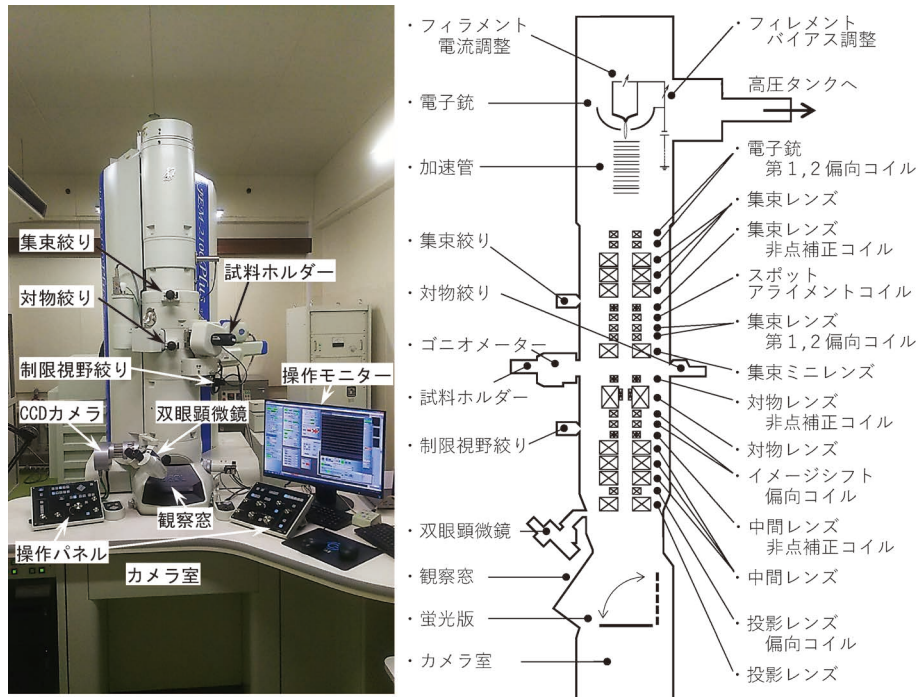


図1 TEMの外観およびカット図の例(使用するTEMの機種により構成等は異なります)。

カット図では、熱電子放出型の電子銃が搭載されたTEMについて示しています。まず、試料位置を確認してください。試料ホルダーと記載されている箇所です。これよりも上方(電子銃の方向)が照射系、試料の直下に設置されているのが対物レンズ、それよりも下方(蛍光板側)が拡大系です。照射系は、電子銃、その光源(本文図2では点光源A)を調整する電子銃偏向コイル(偏向コイル2個が1組)、照射系レンズである集束レンズ(コンデンサーレンズ)群、試料への電子線の傾きや位置を調整する偏向コイル、形状を整える非点補正コイルが並びます。カット図では集束レンズが3段として描かれていますが、その機能は本文で説明する通り2段の作用として簡略化して考えることができます。集束ミニレンズは試料への収束角度を調整したり、光学系の安定性を向上させるために設置されていますが、機種に依存します。対物レンズの非点補正コイルは、像質を左右する重要なコイルです。その下段に設置されている偏向コイル(イメージシフト偏向コイル)は、像の位置を電氣的に移動させるときに利用します。その下段の非点補正コイルは、回折斑点の非点を修正します。図に示した機種では、中間レンズが3段構成になっています。その下段の偏向コイルは、回折図形を移動させるときに用います。回折図形の撮影時に調整します。観察される像は蛍光板上に投影されます。さらに、その細かい情報を見るときには、双眼顕微鏡を用います。像を撮影するときには、この蛍光板を破線で示すように立てることで、像をカメラ室の方へ通過させます。最近では、フィルムではなくCCDカメラが用いられています。ここに示した構成や上記の説明は簡易的に述べています。

図中の試料位置を確認してください。これより上方を照射系、試料の直下にあるレンズを対物レンズ^{t2}、それよりも下方を拡大系と大きく分けています。照射系は、電子銃から発せられた電子線を、電子線の形状(広げるか、収束させるか、明るくするか、暗くするか)を調整して試料上に照射します。対物レンズは、試料を透過した電子線を最初に拡大します。また、電子線回折図形(以下、回折図形)の観察にも重要な役割を果たします。拡大系レンズ群は、対物レンズで形成された像や回折図形を適宜拡大して蛍光板に投影します。これら大きく3つに分類した各レンズ群に対して、電子線の傾きや位置などを調整する偏向コイルと、電子線の形状を整える非点補正コイルがそれぞれセットされている、とまずは覚えてください。

図2の模式図をもう少し詳しく見ていきましょう。電子銃^{t3}から発せられた電子は、電子銃に付随している静電レンズでいったん収束されて点光源Aを作ります。この位置を

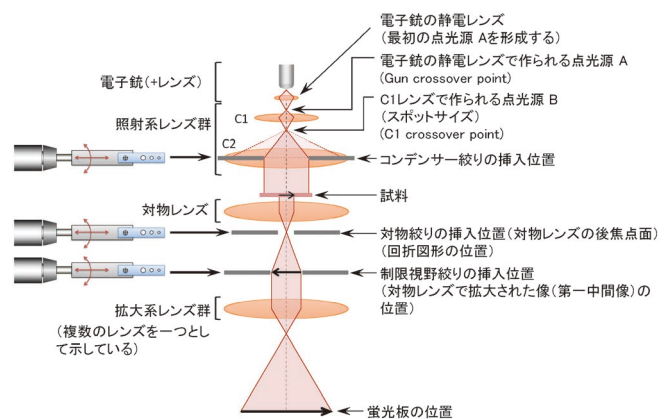


図2 簡略化した光線経路の模式図。

電子銃から発せられた電子線は、電子銃に設置されている静電レンズによって点光源Aを形成します。集束レンズC1はスポットサイズを調整します。集束レンズC2は、試料上への電子線の大きさや位置などを調整します。試料を透過した電子線は、対物レンズによって、回折図形、第一中間像を形成します。後段の拡大系レンズ群は、この回折図形や第一中間像を拡大して蛍光板へ投影します。また、これらの光学系には、集束絞り、対物絞り、制限視野絞りの3種類の絞りが設置されています。

^{t2} 近年の対物レンズの多くは励磁強度が高くなるように設定されているC/Oレンズ構成になっています。Cは集束レンズ、Oは対物レンズを意味しています。1-6-6-1項を参照ください。

Gun crossover point と呼称します。この点光源 A は、最初の集束レンズである C1 レンズによって、次の点光源 B へと投影されます。この位置を C1 crossover point と呼びます。C1 レンズの励磁(電流値)を変えると、この点光源 B の明るさ(スポットサイズと呼称される)を変えることができます。C1 レンズで作られた点光源 B は、次の集束レンズである C2 レンズによって試料上へ投影されます。ここでは集束レンズの作用を簡易的に理解するために 2 つの集束レンズを用いて説明していますが、2 つの集束レンズを連動して調整したり、図 1 のカット図に示すように 3 つの集束レンズを連動して用いています。使用している機種に依存します。C2 レンズ(最下段の集束レンズ)の励磁を変えると、試料上に照射される電子線の領域(大きさ)を調整できます。操作パネルの Brightness ダイアル^{t4}は、この C2 レンズの励磁を変えています。Brightness ダイアルを回転させると、蛍光板上で明るく見える範囲が変化する様子を確認できます。C2 レンズの位置(近傍)には、電子線の径(光軸からの角度)を機械的に制限するための集束(コンデンサー)絞りが挿入されます。スポットサイズや集束絞りをを用いて、試料上に照射する電子線の明るさ(電流量)やプローブ状に細く収束させるときの最小径などを調整できます。多くの場合、集束絞りの穴径は、その面積が半分程度ごとく変わるように用意されています。一段小さい絞り径へ変えると、照射量(電流量)がおおよそ 1/2 減少します。

試料を透過した電子線は、対物レンズで拡大されて、最初の像である第一中間像を形成します。試料へのピント調整は、対物レンズの励磁を変化させて行います。この調整には Focus ダイアルを用います。対物レンズは試料の微細構造を最初に拡大するため、TEM の分解能はこのレンズの性能に依存します。また、対物レンズの焦点距離の位置(後焦点面)には回折図形が形成され、この位置(近傍)には対物絞りが挿入されます。絞りの径や位置を調整して、透過波を含むようにして観察するのが明視野観察法、回折波を用いるときには暗視野観察法と呼称します(1-6-8 を参照)。

拡大系レンズは、図 2 において一つのレンズとして描かれていますが、実際には複数のレンズで構成されています。図 1 のカット図を参照してください。最下段(蛍光板に近い方)のレンズを投影レンズ、それ以外を中間レンズと呼称します。これらのレンズ群は、対物レンズで形成された第一中間像や回折図形を物体に見立てて、そこにピントを合わせるようにして拡大し、蛍光板上へと投影します。第一中間像の

位置には制限視野絞りが挿入されます。この制限視野絞りをを用いると、像の必要な箇所を選択し、その箇所からだけの回折図形を撮影することができます(制限視野回折法、1-6-9 を参照)。

以上、簡潔に述べましたが、操作パネルに設置されている各種ダイヤル類の多くは、照射、対物、拡大系の各レンズ群の励磁調整(集束レンズは Brightness、対物レンズは Focus、拡大系は Diff focus)、および、それぞれのレンズ群にセットされている偏向コイル、非点補正コイルの調整用に分類されます。まずは大まかに覚えてしまうことが肝要です。

1-6-4 凸レンズの作用

電磁レンズは凸レンズ作用のみを有します^{t5}。この基本を頭に入れておくと、電子顕微鏡の光学系を理解しやすくなります。図 3 は、焦点距離が f の凸レンズの作用を示しています。物体側の焦点を前焦点、像側の焦点を後焦点と呼称します。レンズから a の距離に置かれた物体(矢印)を距離 b の位置に投影して像を形成しています。 f, a, b の間には式(1)のような近似関係が成り立ちます。

$$1/a + 1/b = 1/f \quad (1)$$

図 3 に示す光線図を参照して、 f を変更した時や、物体の位置 a を変えた時の光線図を描いてみると、レンズの結像作用がよく理解できると思います。凸レンズは拡大だけではな

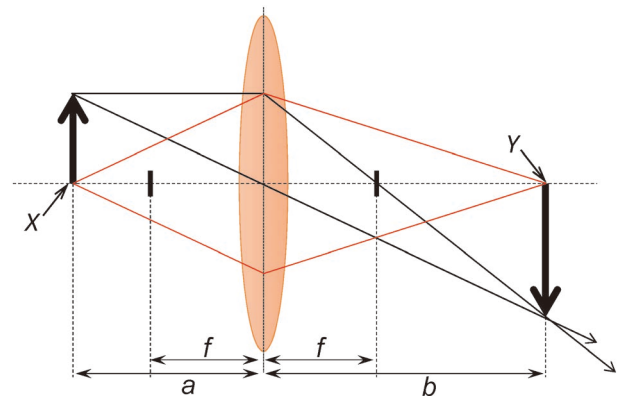


図 3 凸レンズの基本的な光線図。

凸レンズでは倒立像が形成されます。物体からレンズまでの距離を a 、レンズから像までの距離を b 、凸レンズの焦点距離を f 、とすると、近似的に、 $1/a + 1/b = 1/f$ の関係式が成り立ちます。投影される像が拡大されるか(拡大投影)、縮小されるか(縮小投影)は、物体と前焦点との位置関係で決まります。凸レンズは拡大作用も縮小作用も有しています。TEM では、物体の位置を変えずに、電磁レンズの焦点距離 f を変化させています。図中に赤線で示した光線経路は、 X の位置にある点光源が、 Y の位置へ投影される時の光線経路を示しています。

^{t3} 電子銃には、フィラメントを加熱して電子を放出させる熱電子放出型、および、電界を用いて電子を引き出す電界放出型が用意されています。さらに、電界放出型は、ショットキー型と冷陰極型の二種類に分類されます。熱電子放出型は、電子線量(電流量)が多く、輝度は低く、光源の大きさが大きくなります。対して、電界放出型は、電流量は小さく、輝度は高く、光源の大きさは小さくなります。より小さな領域での分析を行いたいときには、電界放出型が適しています。

^{t4} 本文中に記載されている各調整用ダイヤルの名称には、汎用性の高い名称を用いています。機種によっては異なる表記が用いられていることもありますのでご注意ください。

^{t5} 1-6-6-1項で述べた一般的なラウンド型レンズ(図 8)とは異なり、光軸に対して垂直に電磁石を配置したポール型レンズ(例えば、類似する構造は図 5 に示した構造)は、凹レンズの作用を有します。STEM 照射時に電子線をより細く収束させるために実用化された球面収差補正機には、このポール型電磁レンズが組み込まれています。凸レンズと凹レンズの組み合わせによって、球面収差を大きく低減させています。

表1 加速電圧と電子の波長.

加速電圧/kV	電子の波長/nm
100	0.00370
120	0.00335
200	0.00251
1000	0.00087

く、縮小作用も有していることが分かるかと思えます。電磁レンズの場合も基本的には式(1)に示した関係に従います。ただし、TEMでは物体の位置を変えることはできませんので、レンズに流れる電流を調整して、焦点距離 f を変化させます。 f を調整することで像の拡大率を変えたり、縮小させて電子線を収束させたりします。STEM⁽¹⁾を参照)では、常に電子線を細く収束させたプローブ状態で使用します。

図3には、教科書などでよく見かける凸レンズを用いた点光源投影に関する光線図を赤線で示しています。矢印の根本(X)から発せられた光線は、その投影位置である矢印の根本(Y)に収束しています。要は、光軸上に置かれた点光源が、ピントが合う位置(式(1))へ像点として投影されている様子が描かれている図であることが分かります。この投影された光点は、もとの点光源の大きさ、形状が正しく相似形として投影されているべきですが、実際にはボケて投影されます。投影される像は、物体上の各点(点光源)から発せられた光の合成ですから、ボケて投影された光点の集合で投影像が構成されることとなります。レンズの分解能は、このボケの大きさで主に制限されます。ボケを与える要因は収差と呼称され、回折収差、球面収差、色収差¹⁶⁾、がその代表です。その一つの回折収差は、用いている光の波長に依存し、簡易的には式(2)のように表わされます。電子線が凸レンズで投影される時にも同様のボケが生じます。ただし表1に示すように、電子線の波長は可視光線と比較して非常に短いため、回折収差の影響は格段に小さくなります。

$$\delta_a = \frac{0.61\lambda}{\sin \theta} \quad (2)$$

ここで、 δ_a は回折収差の大きさ、 λ は用いている光(電子)の波長、 θ は点光源からの光がレンズで像点へと収束する時の角度にそれぞれ対応しています。

1-6-5 照射系について

図4は照射系レンズ(図2のC2レンズ、もしくは、最下段の集束レンズ)の励磁を変化させたときの光線模式図を示しています。TEMを利用するときには頻繁に操作する

¹⁶⁾ 回折収差は、図3においてXから発せられた光がYへ収束するときに生じる干渉によって生じます。球面収差は、式(1)の関係が必ずしも成立せずに、図3におけるYの位置以外で光軸を交差するために生じる収差です。色収差は、用いている光の波長分散に起因する収差です。

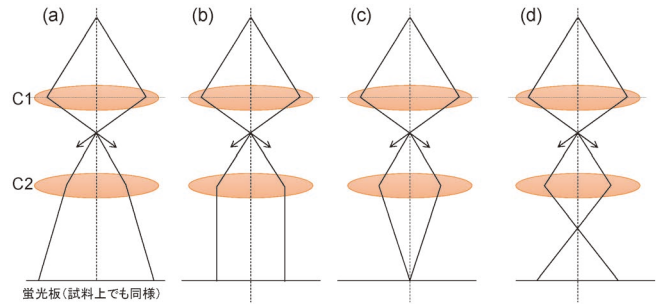


図4 C2レンズの励磁強度と試料上での照射面積の関係。図では左図から右図方向へC2レンズの励磁強度が増加しています。励磁強度を変更すると、試料に対する電子線の照射方向(角度)が変化することに注意してください。照射面積が同じでも、試料に対する電子線の傾きが大きく異なります((a)と(d)を比較)。平行に近い照射条件((b)の状態)になっているか否かは、C2レンズの励磁強度と関係しています。回折図形や像を撮影するときには、(d)のような照射条件は適していません。

Brightnessダイヤルを調整した時に対応しています。蛍光板上で電子線を広げたり収束させたりしているのは、このC2レンズの励磁強度と関係しています。像を観察するときには試料に対してなるべく平行に近い状態の電子線を照射することが適しています(図4(a)から(b)のような照射状態)。そのため、蛍光板上の明るい領域を広げるときにはBrightnessダイヤルの回転方向に注意しなければなりません。図4に示すように、Brightnessダイヤルを一定方向に回転させていくと(C2レンズの励磁を一定に変化させていくこと。(a)から(d)になるほど励磁が増加しています)、蛍光板上で広がっていた電子線が、徐々に収束し、Crossover状態を経て、再度広がっていきます。図4の(a)と(d)を比較すると、蛍光板上(試料上)での照射径はほぼ同じですが、電子線の経路が全く異なっていることがわかります。回転方向を間違えると、蛍光板上では同様に広がっているように認められても、図のように平行方向とは逆の状態となることがあります。Brightnessダイヤルの回転方向とC2レンズの励磁変化との関係を確認しておきましょう¹⁷⁾。

上述したように、照射系レンズには非点補正コイルが設定されています。非点補正コイルは、収差の一つである非点を調整するための簡易的なポール型レンズの一種です(図5参照)。レンズを通過した時に生じる電子線の形状変化(電子線の断面形状と考えてよい)などを、真円に調整するために使用します。図6に照射系レンズの非点の有無を示しています。非点が存在する状態では電子線が楕円状になっていることがわかります(図6(a))。この形状を非点補正コイル(Condenser Stigma)を用いて調整します(図6(b))。一方、偏向コイルも設置されています。この偏向コイルは図7に示すように電子線を傾けるためのコイル(Deflector)が二対で一組となっています。図7(b)のように作用させると、試料上の

¹⁷⁾ 操作モニターには各レンズの電流値を表示することができます。この表示を見ながらBrightnessダイヤルを回してみるとC2レンズの励磁変化が理解できます。

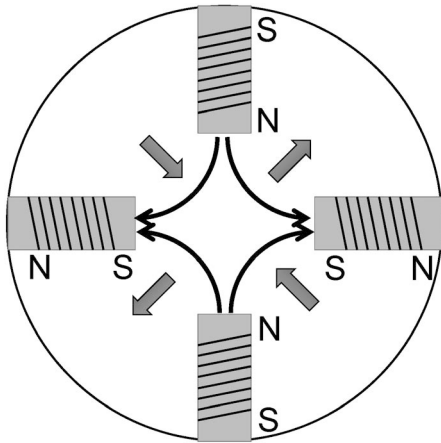


図5 非点補正コイルの構造概略図。

図の中心部分を紙面に対して垂直方向に電子線が進行します。コイルは、この光軸に対して垂直方向に設置されています。コイルの励磁方向(N極, S極)を図のように設定すると、中央を通過する電子線に対して、ブロック矢印で示すような形状変化を与えることができます。図は4極子構成の例を示しています。

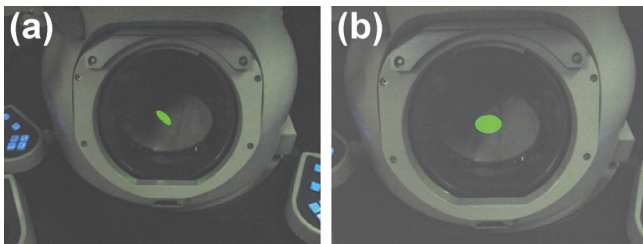


図6 蛍光板上での電子線の形状例。

写真は、蛍光板を見下ろす方向から、像を観察する部分(蛍光板)を撮影しています。中央に見える明るい楕円/円状の部分が、電子線が照射されている領域です(写真では電子線を少し収束させています)。(a)は、照射系レンズ群に非点が存在するとき、(b)はその非点を調整したときの状態を示しています。ただし、ここでは他のレンズ群などで非点が正しく調整されている状態を前提としています。

電子線位置を変更することなくその傾きを調整できることが分かります。一方、図7(c)のように作用させると、傾きは変わらずに位置を変えることができます。前者を Tilt、後者を Shift と呼称します。Beam-tilt^{†8}を利用すると、試料に対する電子線の傾きが変化するので、回折図形的位置が移動します(回折条件も変化します)。この操作は、後述する暗視野観察時に必要となります(操作は暗視野モードで行います)。また、対物レンズに入射する角度も調整できますので、対物レンズの電圧中心や電流中心の調整にも用います^{†9}。Beam-Shift は、電子線の照射位置を調整するときに使用します。TEM 使用時には前述の Brightness ダイアルと同様に頻繁に使用します。プローブを用いた分析時には、分析したい箇所へ電子線を移動させるときにも使用します。

^{†8} 機種にもよりますが、照射系レンズ群に付随している偏向コイルでの Tilt, Shift は、Beam-tilt, Beam-shift と呼称されます。他のレンズ群については図2を参照ください。

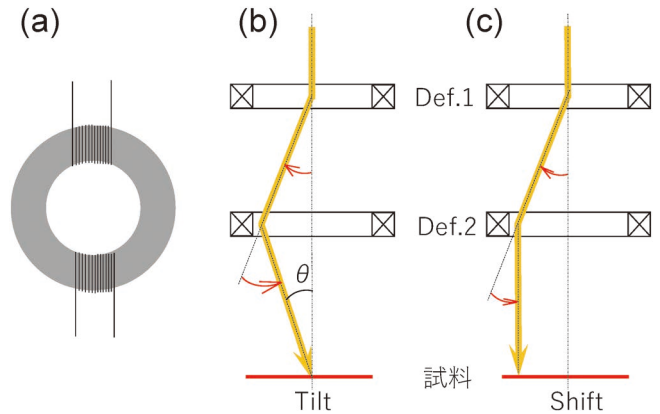


図7 (a)光軸方向から見た偏向コイル(Deflector)、および、1対の偏向コイルが、(b) Tilt 操作に対応するとき、(c) Shift 操作に対応するときの模式図。

偏向コイルは、コイルで発生させた磁力を用いて、電子線を一方方向に曲げる作用を有しています。偏向コイルは、二つが一組として設置されており、両者を連動させて駆動させます。(b)、(c)において、偏向させている角度(赤矢印)の大きさや向きが異なっていることに注意してください。Tilt や Shift 操作の時には、これらの角度や向きを連動して変化させています。Tilt の場合には、傾斜させても試料上での位置が変わらないように、また、Shift では移動させても試料に対する傾斜角度が変わらないように、二つの偏向コイルの励磁割合が適切に調整されています。図1のカット図も参照ください。

1-6-6 対物レンズ

1-6-6-1 対物レンズの構造

一般的な TEM の対物レンズは、図8に示すように、光軸に対してドーナツ型にコイルが設置されているラウンド型レンズで構成されています。この構造の電磁レンズは、磁界によるローレンツ力を用いて電子線を光軸方向へ曲げる作用を有しています。電子線が電磁レンズに入射すると、光軸に対して螺旋運動を始め、進行とともにその回転半径が小さくなり、やがて、光軸上で収束し、そのまま螺旋運動を続けながら再び広がっていきます。光学凸レンズと同様の作用を電子線に対して与えます。コイルで発生させた磁力(起磁力)を、透磁率の高い材料で作られたヨークで誘導し、ヨークに付されたギャップ(切り欠き)部分に集中させるような構造になっています。このギャップ部分に発生する磁場によって、図8(c)に示すようなレンズが構成されます。近年では、起磁力が高く、かつ、ギャップ間隔の小さいC/Oレンズ構成が一般的です。Cは集束レンズ(Condenser Lens)、Oは対物レ

^{†9} 扱いやすく、もしくは、収差が小さくなる方向に電子線を通わせるための調整が必要となります。電圧中心(HT wobbler)は、加速電圧をわずかに振動させて、その時に生じる像の振動中心のブレが最も小さくなるように調整します。対物レンズの色収差が最も小さくなるような対物レンズの光軸を通過するように調整しています。電流中心(Objective lens wobbler)は、対物レンズの励磁を僅かに振動させて、この時に生じる像の位置振動の中心が蛍光板の中心になるように調整します。対物レンズの励磁を変化させたときに生じる像のズレを小さくすることに有効に作用します。

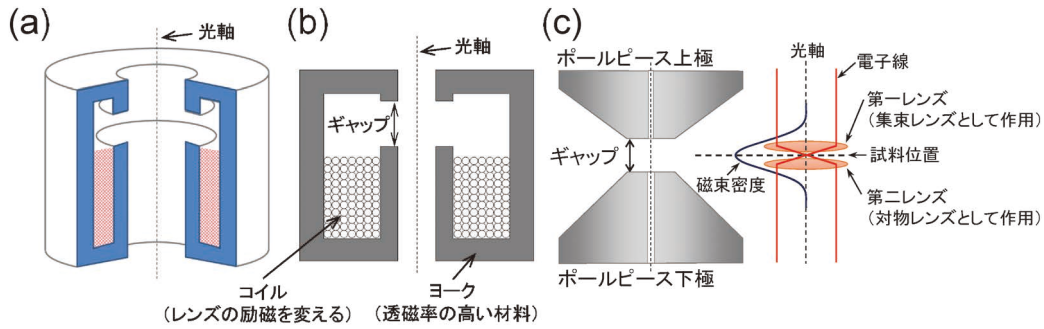


図8 電磁レンズの構造模式図。

コイルは光軸に対してドーナツ状に設置されています(a), (b)。コイルで発生した磁力は、ヨーク部分のギャップ(切り欠き)に集中されて電磁レンズが形成されます。高い分解能が要求される対物レンズでは、(b)に示したギャップ中に、より精密加工されたポールピース(c)が設置されています(機種によってこの構成などは変わります)。C/Oレンズ型の対物レンズでは、このポールピース間のギャップ中に、集束レンズ(第一レンズ)と対物レンズ(第二レンズ)が形成されます。高分解能型になるほど、ギャップ間隔は小さく(狭く)なります。これは、レンズの焦点距離が短くなるほど、収差が小さくなる傾向にあるためです。試料ホルダーは、このギャップ中に挿入されます。試料を機械的に傾斜させるときの角度は、このポールピース間のギャップの大きさに制限されるため、高分解能型では傾斜許容角度が小さくなります。機種にもよりますが、このギャップ間隔は数mm程度しかありませんので、試料ホルダーの挿入時には十分な注意が必要です。

レンズ(Objective Lens)を意味しています。対物レンズと呼称されていますが、集束レンズと対物レンズ両者の機能を有しています。この集束レンズは、照射系レンズ群の最終段レンズとなります。試料は、この二つのレンズの間(図8(c)のギャップ)に挿入されます。高分解能型の対物レンズはギャップ間隔が小さいため、試料の傾斜可能角度が小さく制限されます。

1-6-6-2 対物レンズと回折図形

図9は、対物レンズの作用で重要な回折図形が形成される仕組みを模式的に示しています。図では、物体を示す太矢印が、凸レンズによって左右逆方向の拡大像として投影されています。物体と像とは相似形で拡大されていますので、物体のある点から発せられた光は、像上の相似形で対応する点へと投影されます。ここで、物体の太矢印が単結晶であると仮定します。単結晶を仮定しているため、同じブラッグ回折条件を満たす電子線は、太矢印のどの位置からも同じ方向へ進行します。そして、凸レンズによって、像上の対応する位置へそれぞれ進行します。このときの進行方向を追っていくと、同じブラッグ回折条件を満たした電子線は、レンズの後焦点面において一点で交わることが分かります。これが、回折斑点に対応します。

拡大系レンズの物体位置(ピント位置)を第一中間像に合わせると、蛍光板上にはその像が拡大されて投影されます。一方、拡大系レンズのピント位置を、この回折図形に合わせた場合(対物レンズの後焦点位置)には、拡大された回折図形が投影されることとなります。つまり、拡大系レンズの励磁を変化させて、そのピント位置を変えることで、像と回折図形とを切り替えて観察できるということになります。操作パネル上にある回折モード切替スイッチは、拡大系レンズ群のピント位置を上述したように変えているのです。この切り替え時には、照射系レンズや対物レンズの励磁は変化していないことに注意しましょう。

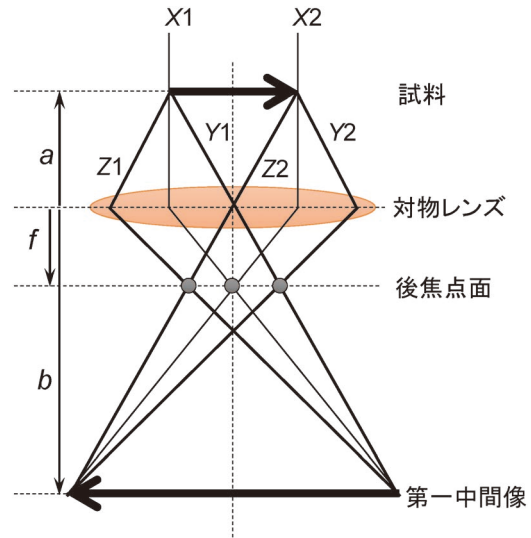


図9 回折図形の形成について。

太矢印は単結晶試料を仮定しています。Y1とY2、および、Z1とZ2は、それぞれ同じブラッグ回折条件で進行しています。それぞれの電子線は、投影された太矢印の対応する場所に向かって進みます。例えば、Y1は、太矢印の後端から出ていきますので、像の太矢印の同じ後端位置へと進みます。同様に太矢印の先端からブラッグ回折したY2(Y1と平行)は、矢印の先端へと進みます。結晶中で同じブラッグ回折を起こしたY1とY2は、後焦点面上の一点で交わる(集まる)ことが理解できます。この点の配列が回折図形に対応します。

後段の拡大系レンズが、対物レンズの後焦点位置にピントを合わせると、蛍光板上には、回折図形が拡大されて投影されることとなります。この時の拡大率は、カメラ長として表現されます。

回折図形撮影時には、図4(b)に示すような平行状態の電子線を照射することが必要です。この条件を正しく合わせることは少々厄介です。対物レンズの電流中心を合わせるためのボタンを押します(Objective lens wobbler)。すると、対物レンズの電流値が自動でわずかに増減し、対物レンズの焦点距離が変化(振動)します。この状態で蛍光板を見ると、試

料上に現れている電子線の径が増減する様子が見えます。この変化が最も小さくなるように Brightness ダイアルを調整します。次に、このままの状態でも折モードに切り替えます。この時に回折斑点がピンボケしているときには、中間レンズのピント位置調整(Diff-focus ダイアル)で合わせましょう。ところで、このピント位置を故意にずらしていくと、回折斑点の大きさがそのずれに応じて拡大されていきます。この拡大された回折斑点の中を観察すると像が見えます。この時の像は、回折斑点ごとに異なっています。これは、異なる結晶面から回折した電子線で形成された像となるためです。ぜひ、一度、試してみてください。

さて、この対物レンズにも非点補正コイルが設置されています。対物レンズの非点補正は像質に強く影響します。これについては次回に説明します。ところで、レンズによる回折図形の形成は、対物レンズのみで生じているわけではありません。いずれのレンズにおいても同様に生じています。回折図形の撮影には、対物レンズで形成された回折図形を利用しているだけです。

1-6-7 拡大系レンズ群

拡大系レンズの主な役割は、対物レンズで形成される第一中間像や回折図形を拡大することです。像を蛍光板上へ投影する時の拡大率を倍率という言葉で表現します。これと同様に、回折図形の拡大率はカメラ長という言葉で表現します。倍率の値が大きいかほど像が拡大されているのと同様に、カメラ長が長いほど、拡大された回折図形を観察できます。拡大系レンズの非点調整は、主に回折図形の撮影時に調整します。試料の無い箇所でも回折図形を観察し、上述したようにピントを合わせます。この時に透過斑点の形状が真円でない場合には、この非点補正コイルを用いて真円形状になるように調整します。また、偏向コイル(PL alignment ダイアル)は、蛍光板上での回折図形位置を移動させるために使用します。透過斑点が蛍光板中心位置に来るように調整します。この操作では、試料に対する電子線の傾斜は変更されませんので、前述(1-6-5)した回折図形的位置移動とは全く異なります。注意してください。

1-6-8 対物絞りと観察方法

対物レンズの後焦点面位置には対物絞りが設置されています。この絞りを挿入して、透過波(斑点)や回折波(斑点)を適宜選択して観察を行います。図10に示すように透過斑点を含めるのが明視野像、透過斑点を含めずに回折斑点のみを含めるのが暗視野像です。明視野像の場合には、透過斑点のみを用いても構いませんし、径の大きな絞りを挿入して透過斑点を含む複数の回折斑点を同時に含めても構いません(厳密な意味では異なりますが)。回折斑点の数を減らすほど、得られる像のコントラストは高くなります。コントラストが高いことは像質として優れていますが、反面、淡いコントラスト変

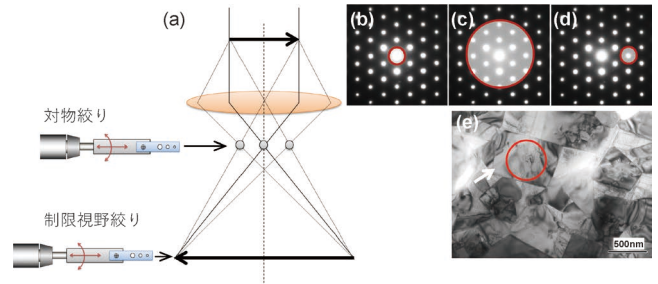


図10 (a)対物絞り、制限視野絞りの挿入位置、(b)~(d)対物絞りを挿入した透過斑点、回折斑点の選択、(e)制限視野絞りを挿入した像の選択、に関する模式図。

(b)~(e)において、赤線で示した領域内が絞りで選択できる大きさに対応しています。赤線の外側の領域は各絞りで遮断されています。また、(b)~(d)の各回折図形において、中心に位置する斑点が透過斑点、それ以外は回折斑点に対応しています。対物レンズの後焦点面位置には、異なる穴径が複数用意された対物絞りが設置されています。回折モードにして、回折図形を見ながら、この絞りを挿入し、必要な回折斑点を選択します。明視野観察時には、(b)に示すように、基本的には透過斑点のみを選択すべきですが、コントラストの関係から、(c)に示すように、より径の大きな絞りを挿入してもかまいません。穴径が小さいほど(選択する回折斑点の数が少ないほど)コントラストは高くなります。淡いコントラストを得たいときには穴径を大きくします。暗視野観察時には、(d)に示すように、目的とする回折斑点のみが選択されるように径の小さな絞りを挿入します。複数の回折斑点を絞りに含めると、異なる結晶面からの回折情報が含まれてしまうこととなるので、暗視野観察という観点からは好ましくありません。(d)では回折斑点の位置が、中心位置からずれていますが、暗視野観察時には、この回折斑点が透過斑点の位置(蛍光板の中心)に来るように調整して行います。制限視野絞りは、対物レンズの第一中間像面に設置されています。この絞りを挿入する制限視野回折法は、(e)に示すように像の一部を制限視野絞りで選択し、回折モードに変更することで、選択した領域内((e)では矢印を付した結晶粒)の回折図形のみを得る方法です。赤線で示した絞り径の大きさが、矢印を付した矩形の結晶粒の内側に位置していることに注意してください。制限視野回折法は、像とその結晶構造に関する情報とを相関させることができる優れた方法です。

化などが潰れてしまうことがあります(黒とび、白とびなどと表現されます)。この様なときには、径の大きな絞りを挿入してコントラストを低くすることも一つの方法です。一方、暗視野像の場合には、用いる回折斑点のみを選択することが必要となりますので、できるだけ径の小さな絞りを挿入して撮影することが必要です。暗視野モードに切り替えて、目的とする回折斑点の位置を、透過斑点があったもとの位置へと移動させます(予め透過斑点の位置を蛍光板の中心位置に調整しておいて、その位置へ回折斑点を移動させます)。この移動は、Beam tilt ダイアル(照射系レンズ群の偏向コイル)を用います。拡大系レンズ群の偏向コイルである PL alignment ダイアルではありませんので注意してください。

高分解能である対物レンズを搭載している機種では、透過波と複数の回折波を径の大きな絞りに入るように入射して高倍率で撮影すると、原子位置を反映した高分解能像や結晶面の位置を反映した格子像を撮影することもできます。この観察方法や前述した暗視野観察法については、次回以降に説明します。

スポットライト

～第6回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

愛媛県西条市市之川産輝安鉱 (Sb_2S_3)の巨大化の要因について 水熱合成実験から迫る！

愛媛県立西条高等学校 西条高校科学部(化学)

八木田陽香 佐々木飛和 桑村 翔
細川唯笑 高橋圭吾 藤田実優
寺川駿希

私たちは、愛媛県の市之川で産出した巨大な輝安鉱の結晶⁽¹⁾が生成した要因を硫化アンチモン(Ⅲ)(Sb_2S_3)の水熱合成法により科学的に解明することを目標に日々研究に取り組んでいます。

私たちは、市之川で起こっていたであろう現象を実験で再現するため、高温高压の水中で反応させる水熱合成法を用いて、アンチモン(Sb)と硫黄(S)からの Sb_2S_3 合成を試みました。まず、定比組成に基づいてSbとSを計り取り、所定の濃度($0.01\sim 0.70\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)に調製したNaOH水溶液と混合した反応溶液を作ります。この反応溶液を耐圧容器に入れ、恒温乾燥器を用いて1～4週間 200°C に保ち、2～4時間かけて徐々に降温しました。反応容器の内圧は、飽和蒸気圧から1 MPaと推算しました。その後、合成試料を取り出し、エタノール、アセトン、二硫化炭素を用いて Sb_2S_3 を洗浄・精製して、質量測定、X線回折法による結晶相の同定と相比の定量、電子顕微鏡や実体顕微鏡による形態観察を行い、合成試料を評価しました⁽²⁾。

まず、反応時間を1週間とし、NaOH濃度に対する Sb_2S_3 の収率を調べました(図1)。その結果、降温時間が2および3時間の場合は収率がばらついていましたが、4時間の場合はNaOH濃度が高くなるほど収率が高くなる傾向が見られました。これは、降温時間が長いほど、鉱液が析出核に長時間接触し、確実に結晶成長が進行したためと现阶段で考えています。次に、反応時間と結晶成長について検討しました。 $0.30\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ のNaOH水溶液を用いて2～4週間かけて反応させ、2時間で降温して得られた合成試料のSEM像を図2に示します。反応時間が長くなるにつれ結晶が粗大化していました。 200°C の高温条件下でオストワルト・ライプニグ現象⁽³⁾の成長機構が生じていると考えられます。

さらに、大きな結晶ができる条件について検討しました。巨大な針状結晶が得られたNaOH濃度 0.30 mol/L 、反応時間4週間、降温時間2時間で得られた合成試料の形態を調

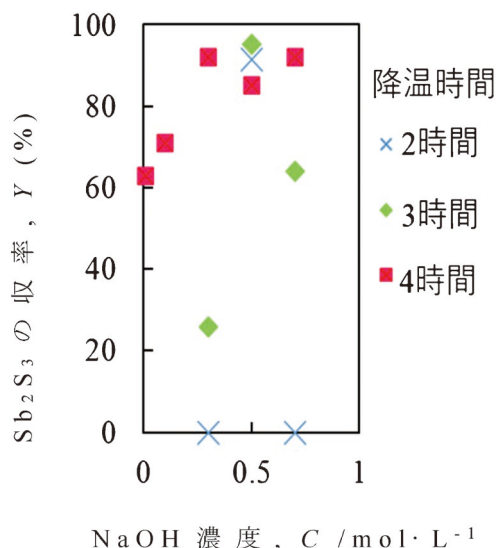


図1 Sb_2S_3 の収率のNaOH濃度依存性. 反応時間1週間.
(オンラインカラー)

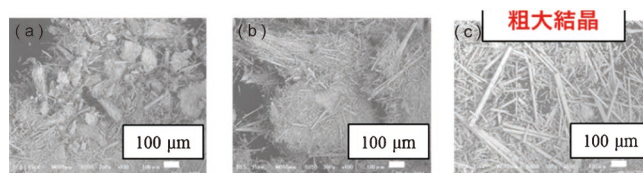


図2 生成した結晶の形態の反応時間依存性. 反応時間: (a) 2週間(収率95%), (b) 3週間(収率89%), (c) 4週間(収率97%). NaOH濃度 $0.30\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; 降温時間2時間.
(オンラインカラー)

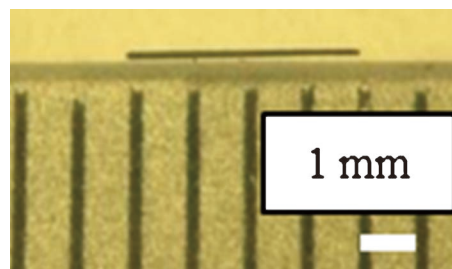


図3 Sb_2S_3 の針状結晶. 長さ4.0 mm, 直径0.12 mm, 収率97%.
(オンラインカラー)

べました(図3)。この条件では長さ4.0 mm、直径0.12 mmの結晶が得られ、水熱合成法ではこれまでの研究⁽⁴⁾で最長とされていた $100\ \mu$ の40倍となる Sb_2S_3 結晶の育成に成功しました。

最後に、市之川の輝安鉱の産状と実験結果を比較しました。市之川の産状では、NaOH単体の存在を示唆する鉱物はありませんでしたが、幅約1 mの厚い輝安鉱脈の存在が記録されていました。このことから、空洞に流入する鉱液が多量であったと考えられます。一方、実験結果から、反応時間と降温時間が長い場合に結晶が粗大化することが明らかになりました。これらのことから、空洞内部の保温性が高い

上に冷却速度が遅いために輝安鉱が巨大化した“巨大空洞仮説”を提案しました。市ノ川鉱山では鉱液の量が大量なので、空洞が大きくても地下から鉱液が湧き出てくるので高圧の状態を保つことができると考えています。

昨年に続けて今年度も新型コロナウイルスの影響により、多くの発表会の中止、あるいはオンラインでの開催となりました。私たちは今回の発表から新体制となりました。初めはPC操作に慣れている人がいないということもあり戸惑いもありました。右も左もわからない1年生が多く先輩に教えていただける良い機会となりました。特に質疑応答の練習では、今まで知らなかったことを多く学ぶことができました。本番ではこの学びのおかげもあり、不安や緊張もありましたが、練習通り精一杯の力を出し切ることができました。お褒めの言葉もいただくことができとても嬉しかったです。今後も粘り強く研究を続けたいです。

また、この研究を進めるにあたって、超合金設計研究所の

原田広史様、物質・研究材料機構の松下能孝様には研究全般のご支援、愛媛大学の白勢洋平先生には地質学的な指導助言、新居浜高等専門学校の塩見様にはSEM分析の技術指導をしていただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

文 献

- (1) 市之川鉱山豆知識, 西条市教育委員会市之川公民館編, (2021), 2-3.
- (2) 松下能孝: 輝安鉱, 愛媛県立西条高校高等学校「研究者交流会」資料, (2019), 10-11.
- (3) 日本結晶成長学会「結晶成長ハンドブック」編集委員会: 結晶成長ハンドブック, 共立出版, 東京, (1995).
- (4) Y. Liu, H. Miao, G. Tan and G. Zhu: J. Wuhan Univ. Technol. Mater. Sci. Ed., **25** (2010), 411-414.
(2021年12月13日受理)[doi:10.2320/materia.61.354]
(連絡先: 〒793-0023 西条市明屋敷234)



科学館めぐり

トヨタ産業技術記念館(名古屋市) その二

文責：名古屋大学大学院 山本剛久

再び「トヨタ産業技術記念館」の紹介です。この博物館の内容については前回の記事⁽¹⁾もぜひご参考ください。さて、前回ご紹介した時から約二年が経過して、自動車館の展示が一部大きく変わりました[†]。今回はこの新しくなった展示内容について紹介していきます。

エントランスにドーンと動態展示されている環状織機の脇を通過して早速入館していきます。今回は、繊維機械館をするりと抜けて、さらに、金属加工の実演ブースや各種工具類の展示に後ろ髪を引かれながらも、ひたすら自動車館へと進みます。自動車館に入ってずっと奥に展示されているトヨタAA型乗用車の外板パネル加工展示を横目に、エスカレーターを使って二階へと移動します。さらに少し進むと、視界がぱっと開けて、自動車好きには垂涎物の展示がずらりと現れます。この展示スペースが前回とは大きく変更されています。エンジン、トランスミッション、サスペンション、ハイブリッド車のモーターとエンジン部の組み合わせなど、工夫されたカットモデル(ボタンを押すと色々動きます!)がずらりと並んでいます。図1は、その展示物の一つで、自動車の駆動系がよく見えるようにボディが外された状態を見る

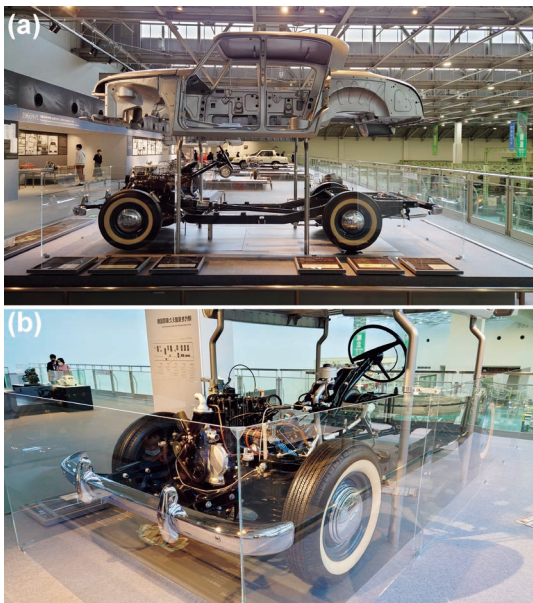


図1 自動車の各種機構が分かる展示。

ことができます。ボタンを押すと、エンジンがかかるところから始まり、クラッチをつないでギアを入れて後輪が回転し、さらには、マニュアルトランスミッションを変速するところまでが、目の前で繰り広げられます。実物のレバーやペダルなどが実際に動くように工夫されていますので、実にリアルです。運転席のペダルを踏む(動く)と、その動きがどのように伝えられて、何が作動するのか手が取るようになります。その奥にあるサスペンションの展示では、同じようにボタンを押すと、サスペンションに取り付けられているタイヤが回転し始め、その上下の動きに対してサスペンションがどのように作用するのか、リンクの動きやタイヤの路面に対する設置状態の変化などを楽しむことができます。プリウスのエンジンとモーター部分のカットモデルでは、エンジン、モーター、発電機の位置関係、これら3者の間に設置されている動力分割機の配置関係や、複雑怪奇ではあるけれど非常に優れた機構に感心させられます。

ところで、このようなカットモデルを見ていると、駆動部分には多くの歯車が組み合わされていることに気づきます。むしろ、歯車だらけといっても過言ではありません。図2は、オートマチックトランスミッションのカットモデルを示しています。自動変速機ですね。この写真を見ると、中身が歯車で埋まっていることがよく分かります。オートマチックトランスミッションの変速機構については省略しますが、エンジン出力をトランスアクスルに伝えるための歯車として、遊星歯車が多数組み込まれています(他の方式もあります)。この歯車の歯をよく見てみると、斜めに切られていることが分かります。このような歯車を、はすば歯車(ヘリカルギア)と呼ぶそうです。歯すじは、単純に斜めに切られているのではなく、つるまき状に加工されています。この形状によって、歯車どうしが噛み合うときのあたり面が分散されるので、同じ面積でも強度が向上するとともに、噛み合いがなめらかになります。噛み合いがなめらかであることは、歯車回転時の騒音を低減させる効果もあるため、音が静かになる、という利点も有しています。少し本筋とは脱線してしまいましたが、この展示に触れるまでは、歯車という最もなじみの深い平坦な円板の外周部に歯が並んでいる平歯車や、ミニ四駆などのプラモデルでよく用いられている、モーター軸からの出力を伝えるためのピニオンギア程度しか用語として認識していませんでした。これを機に Web で調べてみると、驚

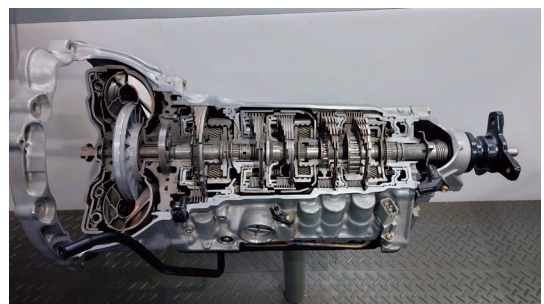


図2 オートマチックトランスミッションのカットモデル。

くほどの種類の歯車、あるいは、その組み合わせが現れてきました⁽²⁾。ここで、ふと、この歯車の歯の加工、つまり、どのようにして歯車を作製しているのかが気になりました。そんな風に思いながら二階の展示を楽しみ、さらに先へ進んで再び階下へと降りると、そこには金属加工工程に関する展示がずらりと現れます。この展示を順に眺めていくと、気になっていた歯車加工に関する展示がありました！その中には上に述べた、はずば歯車の加工展示もあります(図3)。写真左手の赤色に着色が施されている部材(矢印A)が歯車加工される方で、右手に見えているのが(矢印B)、歯を加工するための工具(ホブというそうです)になります。この工具を見てみると、切削のための歯が不連続に、また、まるではずば歯車のような形状をしていることがわかります(実際の形状はネジに近い形状だそうです)。この加工時の原理というか機構については口では説明できないほど複雑怪奇ですが、加工時の動きは単純です⁽³⁾。工具であるホブが、加工される方の部材に歯車がかみ合うように噛み合わさりながら切削していき、やがて、その部材は、つまき状の加工面を有するはずば歯車へと変化していきます。残念ながらこの展示では、加工過程までは再現されてはいませんが、Web上には関連するいくつかの動画がアップロードされています。詳細な構造や加工過程をぜひ一度確認してください。一見の価値ありです。上記以外にもカムシャフト(図4参照)などの加工など様々な加工工程や、それに用いられる工具類・材料も展示されています。加工精度や加工効率に関わるため、実に多くの工具材料が用いられていることがわかります。一般的な高速度鋼(ハイス)に加えて、超硬合金、サーメット、アルミナ系、Si₃N₄系セラミックなど、目的に応じて適切な工具材料が使用され、精密な形状へと加工されていきます。

さて、前回もご紹介したように、この一階の展示スペースには数々の名車(実車)が展示されています。その奥にある一見目立たないスペースの展示物も変更されていました。ここでは、自動車に使用されている様々な部材や部品について、その役割や構造、改良の過程などを詳細に知ることができます。これら一連の展示の一つに、1960年代から1990年代に使用されていた歴代のエンジンが4種類、展示されているブースがあります⁽⁴⁾。この展示の仕方が実に工夫されているのです。歴代のエンジン本体の上方壁面に、そのエンジンを構成している部材(シリンダーブロック、シリンダーヘッドなど)が貼り付けられて展示されています(図4)。ですので、エンジンを構成している各部材をそれぞれ仔細に見ることができるのはもちろん、エンジンの歴史とともに、各部材の形状、材質などがどのように変化、改良されてきたのかが一目でわかります。この展示の方法は、凄いと思います！図4は1960年代に使用されていたR型エンジンの展示です。例えば、矢印Aの二つの歯車(平歯歯車)はクランクシャフトの回転をカムシャフトへ伝えるための歯車です。この機構は、歯車からチェーン、そして、ベルト(タイミングベルト)へと進化してきました。シリンダーヘッドに開けられた空間(矢印C)はピストンで圧縮された混合気が点火プラグで着火

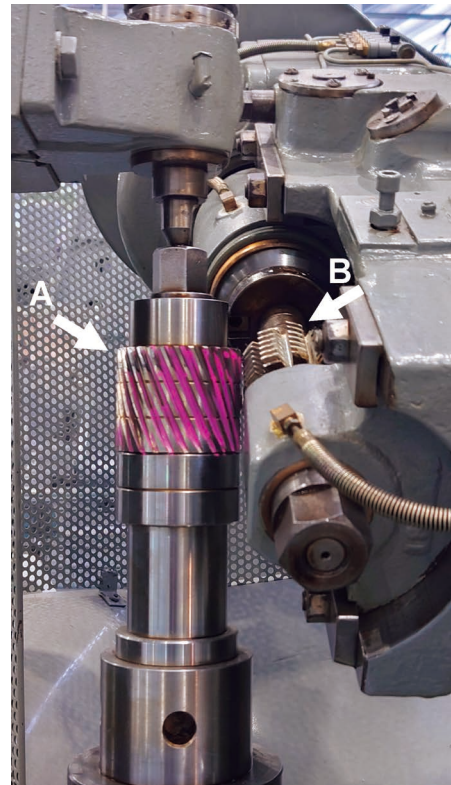


図3 はずば歯車加工(ホブ加工)の様子。



図4 R型エンジンの本体および構成部材の展示。

されて燃焼する，燃焼室の一部になります．図4に示したR型エンジンでは排気バルブ(矢印B)が，この燃焼室の外側に設置されていますが，時代を追うごとにこの燃焼室の形状や吸気・排気バルブの形状，位置関係が変化していきます．ここに展示されている4種類のエンジンは，排気量が同程度のエンジンで比較できるように配慮されています．同排気量のエンジンが，小型・軽量化のためにどのように進化していったのかを知ることができます．図4に示したR型エンジンは約155 kgでしたが，1990年代の5AE型では107 kgまで軽量化され，さらに，出力は約2倍程度にまで向上したそうです．この軽量化にはアルミニウム合金の使用が大きな役割を果たしてきました．紙面の都合上，すべてを紹介することはできませんので，ご興味のある方はぜひ現物をご確認ください．展示スペース位置の関係なのか，いつ訪れてもこのスペースには人が少ないことが引っ掛かります．勿体ないなあ．

ということで，今回は二回目の紹介となりましたが，この「トヨタ産業技術記念館」は絶対に一度は訪れてみる価値が十分にあります．コストパフォーマンスも高いです！最寄り駅は名鉄栄生駅ですが，名古屋駅から歩いて15分程度，地下鉄東山線では名古屋駅から一駅の亀島駅から数分です．ぜひぜひ！

科学館で見つけた金属材料“超硬合金”

主に機械加工用工具類の刃に使用される強度・硬さを併せ持つように開発されたWC-Co系合金のこと．微粒のWC粒子がCoを主成分とする合金で結着された複合組織を有している．WC粒子，Coなどの合金粉末を混合し，圧粉・成型後に液相存在下での焼結法により作製される．高強度とするために，VCやCr₂C₃などがしばしば添加されてWC粒子径が微粒となるように調整されている．セラミックである

WCと金属であるCo相から構成されるため，CeramicとMetalを組み合わせた造語であるCermet(サーメット)と呼ばれる合金の範疇に分類されるが，サーメットと呼称する場合にはTiC-Mo₂C-Ni系などに代表されるTiC系合金を指すことが多い．

† 展示物は適宜変更されています．来場の際には，ご注意下さい．

文 献

- (1) 山本剛久：まてりあ，**59**(2020)，688．
- (2) 参考になる解説が多数 Web 上に掲載されています．例えば，ものづくりエンジニアのための初めての工作機械 (<https://monoto.co.jp/gear/>) など．2022年3月18日閲覧
- (3) ホブ加工も含め様々な歯車に関する加工の動画が Web 上に掲載されています．ぜひ，参考にして下さい．例えば，<https://www.youtube.com/watch?v=MyR4XwqjIPo>，<https://www.youtube.com/watch?v=48BMxg3tVnM> など．2022年3月18日閲覧
- (4) 参考になる解説が多数 Web 上に掲載されています．例えば，トヨタ自動車75年史 車両系統図 (https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/vehicle_lineage/engine/index.html) など．2022年3月18日閲覧

(2022年3月22日受理)[doi:10.2320/materia.61.356]

トヨタ産業技術記念館へのアクセス

*名鉄：名古屋本線「栄生駅」下車，徒歩3分

*なごや観光ルートバス“メーグル”：

名古屋駅バスターミナル11番のりば

「なごや観光ルートバス“メーグル”」乗車

「トヨタ産業技術記念館」(敷地内)下車すぐ

*タクシー：「名古屋駅」から5分

URL <https://www.tcmit.org/>



本 会 記 事

会 告	2022年秋期講演大会講演募集	359
	第8回「高校生・高専学生ポスター発表」募集	360
	2022年秋期講演大会ご案内および参加申込みについて	361
	2022年秋期講演大会開催予定の各種シンポジウム	363
	日本金属学会2022年度オンライン教育講座開催 各講座要旨	364
	日本金属学会オンライン教育講座	365
	2021年に活動終了した研究会成果報告	366
	各種学術賞，奨励金等候補者推薦について	370
	2021年度事業報告および決算報告	376
	2022年度事業計画書および収支予算書	381
	お知らせ	387
掲示板		371
新入会員		375
会誌・欧文誌6号目次		374
行事カレンダー		385
次号予告		375

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	sadoku@jim.or.jp

会 告 (ホームページもご参照下さい)

2022年秋期(第171回)講演大会講演募集

◎2022年秋期講演大会を下記の通り開催しますので講演を募集いたします。

募集講演：一般講演，公募シンポジウム，共同セッション，ポスターセッション

開催会期：2022年9月20日(火)～9月23日(金・祝)

開催場所：福岡工業大学(〒811-0295 福岡県福岡市東区和白東 3-30-1)

(新型コロナウイルス感染症の状況によってはオンライン開催に変更になる場合もあります。)

募集講演：高校生・高専生(3年生以下)ポスターセッション

開催会期：2022年9月28日(水)

開催方法：オンライン(Zoom 利用)

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「講演申込要領」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。期日までに参加費を納入しない場合は講演を認めず，欠講として取り扱います。
- 講演申込と講演概要提出は同時に行うこと。(同時に行わない場合は，講演申込は受理されません)
- 原則，講演申込者＝講演発表者であること。(「講演申込要領」5.を参照)
- 会員資格での申し込みには会員番号とパスワードが必要です。パスワードを紛失または忘れた方は，本会ホームページより再発行を行って下さい。セキュリティ上，電話やメールでの発行は出来ません。

- ① 最新の概要原稿フォーマットを利用し，PDFに変換後，アップロードをして下さい。
- ② お一人2件の講演を申込みできるようになりました。ただしポスターセッションの2件申込は不可。
- ③ 同一研究室の3件以上の連続講演は認められておりません。
- ④ 事前参加申込者(講演者含む)へは参加申込み締切後に，講演概要ダウンロードIDとパスワードを配信いたします。
- ⑤ 「参加証」は郵送いたしません。各自「大会マイページ」から印刷して下さい。

講演申込先及び申込期限

講演申込ウェブサイト url	https://www.jim.or.jp/convention/2022autumn/
講演申込みおよび概要原稿提出期限(締切厳守!)	
講演種別	講演申込期間
一般, 公募シンポジウム, ポスター, 共同セッション	5月25日(水)13時~7月8日(金)17時
高校生・高専生ポスター	5月25日(水)13時~7月15日(金)17時
講演についての問合せ先: 講演大会係 annualm@jim.or.jp	

これから入会して講演申込をされる方へ

- 下記の入会申込期限までに入会申込を行い, 年会費を納入下さい。
- 年会費納入期限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。
- 下記の入会申込みサイトから入会を申込み下さい。入会申込後に 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
入会申込期限	7月6日(水)
年会費納入期限	7月31日(日)
入会・会費の問合せ先	会員サービス係 member@jim.or.jp

オンライン開催となった場合の注意

オンライン開催の場合, 通常とは異なる発表形式となります。
下記注意事項をご確認頂き, 十分ご注意ください講演のお申込みをお願いいたします。

オンライン開催に伴うリスクについての注意

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

<発表に伴うリスク>

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

日本金属学会2022年秋期(第171回)講演大会 第8回「高校生・高専学生ポスター発表」募集案内

申込締切日: 2022年7月15日(金)

本会では最新の研究成果を発表・討議する場として毎年春秋2回の「講演大会」を開催しており, 2022年9月28日(水)にオンラインにて2022年秋期(第171回)講演大会高校生ポスターセッションを開催します。

この講演大会に於いて, 若い学生に金属および材料学分野に対して興味や理解を高めてもらうため「高校生・高専(3年生以下)学生ポスター発表」のセッションを開催いたします。

ポスター発表は, 生徒の研究成果の発表を大学の教授や企業の研究者等の専門家に直接聴いてもらい, 質疑応答が受けられる貴重な機会であり, さらにポスターの出来栄や発表の受け答えなどを審査して, 優秀な発表には会長による賞を授与します。金属および材料学分野に興味があり, 本講演大会でポスター発表していただける生徒がおられましたら, 奮ってご応募下さい。

発表者と指導教員には本大会の参加費を無料で参加いただき, 研究者の最新の研究成果の発表を聴講いただけます。詳細は, 「高校生・高専学生ポスター発表要領」でご確認下さい。

「高校生・高専学生ポスター発表」要領

学 会 名 日本金属学会2022年秋期(第171回)講演大会

行 事 名 「高校生・高専学生ポスター発表」

開催方法 オンライン

開催予定日時 2022年9月28日(水) 13:00~17:30の間で2時間程度を予定

対 象 者 高校生および3年以下の高専学生

発表方法 オンライン(Zoom 利用)

テ ー マ 材料に限定せず、フリーテーマです。(課題研究の成果、科学技術の取組等)

ポスター発表資料作成について:別途連絡

講演申込 <https://www.jim.or.jp/convention/2022autumn>

講演概要原稿 不要

参加費および講演聴講

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

優秀ポスター賞 優秀な発表には最優秀ポスター賞および優秀ポスター賞を授賞します。

問合せ・連絡先: 公益社団法人日本金属学会 講演大会係

〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32

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

2022年秋期(第171回)講演大会の案内および参加申込みについて

2022年秋期講演大会は、9月20日(火)から23日(金・祝)まで福岡工業大学にて開催いたします。(新型コロナウイルス感染症の状況によってはオンライン開催に変更する場合があります。)高校生・高専学生ポスターセッションは9月28日(水)にオンラインにて開催いたします。

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

日 程	
日 時	行 事
9月20日(火) 13:00~	ポスターセッション
9月21日(水) 9:00~ 9:40 10:00~17:00 18:30~	贈呈式 学術講演 懇親会(検討中)
9月22日(木) 9:00~17:00	学術講演
9月23日(金・祝) 9:00~17:00	学術講演会
9月28日(水)	高校生・高専学生ポスターセッション(オンライン)

参加申込要領(参加申込みは全てウェブサイトからとなります)

大会参加申込期間および URL

(事前申込)2022年5月25日~9月2日

<https://www.jim.or.jp/convention/2022autumn/>

(後期(当日)申込)2022年9月8日~9月28日

https://www.jim.or.jp/convention/2022autumn_after/

◆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。

会 員 資 格	事前参加申込 (締切日：9月2日)	後期(当日)申込 (9月8日～9月28日) クレジット決済のみ
正員・維持員会社社員，シンポジウム共催・協賛の学協会会員・鉄鋼協会会員 (本会非会員)	10,000円	13,000円
2022年3月1日時点で65歳以上の個人会員*	無 料	無 料
学生員**	6,000円	7,000円
非会員*** 一般	24,000円	27,000円
非会員*** 学生(大学院生含む)	14,000円	16,000円

- ・お支払後の取消は，準備の都合上ご返金いたしかねますのでご了承下さい。
- ・領収書は，決済完了後に申込画面(講演大会 Mypage)からダウンロードし，印刷して下さい。
- ・参加方法や講演概要ダウンロードについては，下記をご参照下さい。

* **[65歳以上の個人会員]**：会員情報に生年月日のご登録がない場合は，課金されますのでご注意ください。会員情報に生年月日をご登録されていない方は，大会参加申込みの前に annualm@jim.or.jp まで会員番号・お名前・ご連絡先・生年月日をお知らせ下さい。

** **[学生員]**：卒業予定変更等により会員種別に相違がある場合，事前に**会員種別の変更手続き**を行ってから，大会参加をお申込下さい。会員情報に登録された卒業年次を超えると，自動で正員となっています。

*** 非会員の参加申込者には，1年間の会員資格を付与します。ただし特典は重複して付与いたしません。

◆支払方法

事前申込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が，**後期(当日)申込はクレジット決済のみ**とさせていただきます。事前予約申込は9月2日(金)の入金日をもって事前参加申込完了となります。

◆参加方法

(事前参加申込みの方)参加申込みをされ，参加費を納入された方へは，概要公開日に講演概要閲覧等に必要な参加者個別認証 ID とパスワードを配信いたします。

(後期(当日)申込の方)参加申込受理通知に記載の「登録番号」および「パスワード」が講演概要閲覧に必要な個別認証 ID とパスワードになります。

◆講演概要の WEB 公開

講演概要の公開日は，大会2週間前の**2022年9月6日(火)**です。特許関係のお手続きは，公開日までにお済ませ下さい。講演大会公開サイトにログイン後，講演概要の閲覧ができます。

◆参加証

大会マイページにて「参加証」を印刷し，来場の際提示下さい。

◆講演概要集購入について

講演概要集 DVD は作成いたしません。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，通常の参加登録をして頂き，概要の閲覧をお願いします。

◆懇親会について

日時 **2022年9月21日(水) 18：30-20：30(予定)**

*開催検討中。詳細は決まり次第お知らせします。

2022年秋期講演大会 開催予定の各種シンポジウム

公募シンポジウム9テーマ

- S1 ハイエントロピー合金の材料科学(Ⅷ)
- S2 計算科学および新規腐食解析に基づく腐食現象の解析・可視化と機械学習による腐食予測
- S3 特異反応場における時間/空間応答を利用した新奇材料構造創成Ⅱ
- S4 機能コアの材料科学Ⅲ
- S5 Additive Manufacturing の材料科学
- S6 材料変形素過程のマルチスケール解析(V)
- S7 ソフト磁性材料研究の新たな展開—組織設計・制御による次世代材料開発に向けて—
- S8 ワイドギャップ結晶の材料科学と高温プロセッシングⅣ
- S9 ミルフィーユ構造の材料科学Ⅶ

企画シンポジウム5テーマ

K1 若手科学者に贈る研究のヒントⅤ～未踏領域へ到達するために～

Gifts from pioneers to young scientists V: ~To hitch your wagon to star~

人材育成を趣旨とする啓蒙的な内容の企画シンポジウムの第5弾であり、今回は第8分野が中心となって開催する。独創的な研究成果に到達するためには、どのような姿勢で研究に臨むべきかや、キャリアパスの形成にあたって転機をどのように迎へ、成功に導くかなど、著名なベテラン研究者や活躍が著しい若手指導者に講演を頂き、そのヒントを得ることを目的とする。講演者の業績や経歴に触れつつ、研究者、指導者としての心構えや自己実現の方法などについて学ぶことで、特に若手会員への刺激になれば幸いである。講演後は、双方向のパネルディスカッションを開催し、さらに議論を深める場を提供する予定である。

K2 材料化学におけるイノベーションの役割と工業製品への展開Ⅲ

Innovations in materials chemistry and their effects on industry III

この企画シンポジウムは、毎年春の講演大会で開催している「水溶液腐食」「高温酸化」「陽極酸化」「めっき・化成処理」「触媒」の各学術分野を包括した公募シンポジウムと対をなし、工業製品としての金属材料の開発・生産の最前線における「材料化学」の役割と研究・開発事例や課題を、主に企業研究者に講演していただくことを趣旨として、2020年度よりシリーズ化している。今年度の企画シンポジウムにおいても、前年度からの内容を引き続き、めっき、化成処理、腐食、高温酸化、触媒など広範囲にわたる内容を、各産業分野で活躍されている技術者・研究者の視点から、現在直面している課題や将来展望を紹介いただき、基盤となる学理を発展させるヒントや、産学官の連携強化のきっかけとしたい。

K3 材料技術史から見るこれからの技術展開Ⅴ —鉄

Future growth expected from technological history of materials V—Iron and Steel

持続可能な社会の実現には、材料特性の向上だけではなく、高効率・低環境負荷プロセスの開発が必要である。時代に沿ったプロセスの変遷、合金開発や応用展開、更には環境問題も含め、鉄が人間社会にとっていかに身近な存在であったか、どのような技術革新をもたらしてきたのかを振り返り、更に今後の可能性を考える。

第1回：チタン材料(2018年秋期)、第2回：製錬およびリサイクル技術(2019年春期)、第3回目：アルミニウム合金(2020年秋期)、第4回：分析機器(2022年春期)に続き、鉄と所縁の深い福岡の地で『鉄』の技術史と今後の展望について議論する。

K4 医用材料・医療機器開発の最前線(Ⅲ)～光を用いる生体情報センシング～

Frontier in development of biomaterials and medical devices(Ⅲ): Advanced Bioimaging Technologies

半導体材料のバンドギャップや非線形光学特性、静電誘導特性をベースに実現している紫外・可視から赤外、テラヘルツ・ミリ波までの各種光源を用いることで物性研究のための計測技術や加熱や熔融の材料プロセスが実現している。3回目となる今回も第2分野と第7分野が連携し、これらの光技術から展開される生体情報センシングを議論する。具体的には最近の光源開発として、光学結晶を高周波で動作する半導体デバイスの高度な制御で実現する波長だけでなくパルス幅、繰り返し周波数も可変になるレーザー光源開発から、生体情報センシングの実例としては薬効にも影響がある有機結晶の多形や欠陥を非破壊で検出するテラヘルツレーザー分光やレーザー照射により発生するバブルのナノ粒子集積をプロセスとするバイオデバイス開発、レーザー光の照射により生じる軽元素の微粒子を回収する質量分析の生体組織観察を取りあげる。生体情報センシングに必要となる光技術から、これからの半導体材料研究を模索する。

K5 モビリティの未来を支える材料技術の最新動向

(自動車技術会・日本鉄鋼協会・日本金属学会合同シンポジウム)

The latest trend of the materials R&D for the future Automotive

近年の自動車を取り巻く環境は、従来からの課題である環境負荷低減、軽量化、燃費向上などに加え、電動化、安全性、自動運転、そしてカーボンニュートラルなどに代表される課題への対応も求められ、自動車を大変革させる必要があると言っても過言ではない。日本金属学会では、多くの材料を利用し日々進化している自動車技術に焦点を当て、その技術の革新を基盤から支える材料技術における最新の動向について、日本鉄鋼協会、自動車技術会と合同でシンポジウムを2018年度から企画してきた。本シンポジウムでは日本金属学会からの講演者に加え、自動車技術会および日本鉄鋼協会から自動車および鉄鋼メーカーの製造関係者ならびに材料研究者も迎えて最新の研究動向を講演していただき、自動車用材料技術の方向性を共有するとともに、講演大会参加者の研究における一助となることを目的とする。

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

新設 オンライン教育講座がはじまります！

2日間の集中講義形式 × 完全オンライン

新型コロナウイルス感染症が拡大する中、日本金属学会では with コロナ時代を見据えたセミナーやシンポジウムのあり方を検討し、会員向けサービスの向上や、若手や学生の教育・育成を目的とした基礎教育講座を完全オンラインで始動いたします。本会ではこれまでに刊行した教材や会報「まてりあ」に掲載された講義ノート・入門講座・解説記事などを有効に活用し、執筆者やフェローによる講義をシリーズで開催いたします。

1. 結晶学の基礎 (8月25日, 26日開催)

講師 早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構客員教授, 京都大学名誉教授 松原英一郎

本講座では、一定の周期で配列した原子あるいは分子からなる物質の構造、すなわち「結晶構造」を理解する上で必要な知識と、この結晶構造を明らかにするための最も一般的な実験ツールであるX線回折について学びます。

2. 状態図・相平衡の基礎(10月4日, 5日開催予定)

講師 物質・材料研究機構 大沼郁雄, 名古屋大学准教授 塚田祐貴, 東京工業大学名誉教授 梶原正憲,
物質・材料研究機構 阿部太一

状態図は、「材料設計の地図」であると形容されるように、目的のマイクロ組織を得るため、製造プロセスの最適化のための重要な役割を担っています。現在では、カルファド法による状態図計算が広く行われており、多くの熱力学計算ソフトウェアや熱力学データベースが市販・公開され、材料開発に用いられています。本講座では、マイクロ組織の形成過程を理解するために必要となる状態図・相平衡・拡散理論に関してそれらの基礎から解説を行います。

3. 材料強度の基礎(10月20日, 21日開催予定)

講師 九州大学名誉教授 東田賢二

本セミナーではまず、(1)結晶塑性学の基盤となる転位論の基礎、(2)種々の結晶構造における転位構造の特徴とその強度特性との関係、(3)各種強化機構の基礎等について述べます。さらに材料破壊の基礎についても材料科学的な立場から論述します。そこでは、(4)材料破壊の基盤としてのクラック論基礎、(5)転位-亀裂相互作用を通して破壊靱性について考えます。水素脆化の問題についても触れたいと思います。

4. 金属製錬の熱力学(11月17日, 18日開催予定)

講師 東京大学名誉教授 月橋文孝

金属製錬は、鉱石から酸素や硫黄、不純物を除去して目的の金属を得る技術として、現代社会の構築に大きく貢献してきました。資源の枯渇や地球温暖化が進み、低品位鉱石や都市鉱山の活用が求められ、カーボンニュートラルに向けて様々な取り組みがなされる中、その重要性はさらに高まっています。

本講義では、高温反応での乾式製錬に焦点をあて、その原理となる化学熱力学について、化学ポテンシャル、相平衡、活量などの基礎概念や法則から、エリンガム図など反応の可否を見極めるための化学ポテンシャル状態図の原理とその活用法について解説します。さらに、不純物除去のためのスラグ-金属間平衡反応の活用、ガスの高純度化についても解説します。これらは同様に化学熱力学を活用する湿式製錬や電解精錬を学ぶ上での基礎にもなります。

5. 金属材料の耐環境性(1)水溶液腐食の基礎—平衡論・速度論(12月開催予定)

講師 北海道大学名誉教授 大塚俊明, 東北大学教授 武藤 泉, 東京工業大学教授 多田英司

近年、金属材料が使用される環境は多様化し、使用環境と金属材料の相互作用により生じる腐食・劣化現象やその要因も複雑化する傾向にあります。様々な異なる腐食の要因を把握して適切な防食対策を施すためには、腐食現象を基礎から理解することが必要とされます。本講座では水溶液が関わる腐食を理解するために不可欠な平衡論や速度論を中心とした基礎理論、ならびに鉄鋼材料や非鉄金属材料で生じる腐食の機構について学びます。

『結晶学の基礎』

講師 早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構客員教授, 京都大学名誉教授 松原英一郎先生

[講師紹介] 1977年3月京都大学工学部冶金学科卒業。1984年8月ノースウエスタン大学 Ph.D. 東北大学助手・同大学講師・京都大学助教授を経て, 1999年9月東北大学金属材料研究所教授。2005年4月京都大学工学研究科教授。2020年4月より現職。

[協賛予定] 応用物理学会, 軽金属学会, 資源・素材学会, 自動車技術会, ステンレス協会, 電気化学会, 電気学会, 日本MRS, 日本化学会, 日本機械学会, 日本材料科学会, 日本材料学会, 日本磁気学会, 日本自動車工業会, 日本セラミックス協会, 日本塑性加工学会, 日本チタン協会, 日本鉄鋼協会, 日本物理学会, 日本分析化学会, 粉体粉末冶金協会(50音順)

本講座では, 一定の周期で配列した原子あるいは分子からなる物質の構造, すなわち「結晶構造」を理解する上で必要な知識と, この結晶構造を明らかにするための最も一般的な実験ツールである X 線回折について学びます。

日 時 一日目 2022年8月25日(木) 13:00~16:30

二日目 2022年8月26日(金) 13:00~16:30

参加方法 オンライン(Zoom)による講義。申込者へは3日前までに参加方法をご連絡いたします。

受講料

対象者	料金(税込み)
正員	20,000円
学生	8,000円
非会員	40,000円

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

申込締切(事前予約のみ) 2022年8月16日(火)

事前配布資料 事前配布資料があれば, 開催3日前後までにメール配信いたします。

参加申込方法 WEB 申込 <https://www.jim.or.jp/seminersymposium/> (7月1日より受付開始)

受講料支払方法 ①カード決済 ②コンビニ決済 ③銀行振込

問合先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32フライハイトビル 2階

(公社)日本金属学会 セミナー・シンポジウム参加係

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

<プログラム>

一日目 8月25日(木)

13:00~14:00 結晶構造の分類と表し方

14:00~14:15 休憩

14:15~15:15 結晶面・方位の表し方

15:15~15:30 休憩

15:30~16:30 結晶構造と X 線回折の関係

二日目 8月26日(金)

13:00~14:00 X 線の性質と吸収・散乱・回折

14:00~14:15 休憩

14:15~15:15 結晶構造と回折の条件

15:15~15:30 休憩

15:30~16:30 X 線による粉末結晶の構造決定

No. 70 「プラストンに基づく変形現象研究会」 成果報告書

活動期間：2013年3月～2022年2月(9年間)

1. 研究会活動目的

「転位論」は材料科学・工学における重要な学問基盤であり、金属系結晶材料の変形は転位(dislocation)の運動により議論される。一方近年、転位の概念だけでは必ずしも理解しきれない変形現象が顕在化しつつある。例えば、ナノ結晶材料においては複数の結晶粒の協調的なせん断や回転が生じている可能性があり、回位(disclination)の運動により記述しようとする考え方がある。また、原子のシャプリングを必要とする六方晶、あるいは複雑な規則相における双晶変形の原子的メカニズムや、せん断帯、粒界すべり、アモルファス・金属ガラスの変形、マルテンサイト変態もこの範疇に入る。我々は、転位や回位を内包し結晶性材料の変形現象を包括的に理解する上位概念として、変形子(プラストン:plaston)を提案する。本研究会は、新規な挑戦的概念であるプラストンの材料科学に関する基礎的議論を行なうことを目的とする。

2. 研究会活動概要(実施状況・研究会成果等)

活動期間中に12回の研究会と1回のセミナーを開催した。いずれの会においても、プラストン概念の深化に大きく貢献する活発な議論が行われた。各回のテーマと講師および講演タイトルを以下に示す。

第1回研究会(2013. 6. 14)変形における回位モデル

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点
中谷彰宏(大阪大学)「格子欠陥モデルを用いた変形体の力学理論の記述」
中島英治(九州大学)「基礎回位論」
下川智嗣(金沢大学)「原子シミュレーションで観察される回位とその役割」

第2回研究会(2013. 12. 13)特異な変形挙動を示すMg合金 および金属間化合物

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点
三浦誠司(北海道大)「Mg合金単結晶の双晶変形の直接観察とdetwinningによるひずみ回復現象」
木村好里(東京工業大学)「規則構造の類似と相違から見たE21型金属間化合物の塑性変形」
岸田恭輔(京都大学)「複雑な結晶構造を有する金属間化合物の変形双晶」
安田弘行(大阪大学)「規則構造に由来する転位ならびに双晶の特異な運動」

第3回研究会(2014. 4. 21)転位・第一原理計算

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点
板倉充洋(JAEA)「転位の第一原理計算における計算テクニック」
譯田真人(大阪大学)「電子・原子論に基づくFe-Si合金の転位解析と降伏応力の評価」

第4回研究会(2014. 12. 19)双晶変形およびマルテンサイト変態

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点
貝沼亮介(東北大学)「NiTi, CuAlMn, NiCoMnIn系形状記憶合金の極低温域におけるマルテンサイト変態挙動」
西田 稔(九州大学)「熱弾性マルテンサイトの自己調整構造」
澤口孝宏(NIMS)「高Mn鋼における転位の可逆的集団運動を利用した耐疲労特性の改善」

第5回研究会(2016. 1. 13-14)変形機構研究の新展開

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点
Easo P. George (Ruhr University Bochum) “Is configurational entropy really important in high-entropy alloys?”
William A. Curtin (EPFL) “Fundamental mechanisms of plasticity and fracture in magnesium”
Andy Godfrey (Tsinghua University) “Synthesis and enhanced mechanical properties of metals with tailored grain structures in the near-micrometer regime”
Ting Zhu (Georgia Institute of Technology) “Atomistic and mesoscale modeling of crystal plasticity”
田中 功(京都大学) “First principles lattice dynamics calculations for phase transition and deformation process in metallic systems”
乾 晴行(京都大学) “Micropillar deformation of hard and brittle materials”
辻 伸泰(京都大学) “Nucleation of plaston at grain boundaries in bulk nanostructured metals”
尾方成信(大阪大学) “Modeling of deformation and strength of bulk nanostructured HCP metals —A plaston diagram: grain size dependent deformation mechanism map—”
都留智仁(JAEA) “Effect of solute atoms on dislocation core structure and motion in HCP metals”
田中将己(九州大学) “Low temperature toughness and dislocation mobility in bulk nanostructured metals”
栃木栄太(東京大学) “Dislocation core structures and structural units in oxides”

第6回研究会(2017. 1. 31-2. 1)変形機構研究のフロンティア

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点
Michael J. Mills (The Ohio State University) “New insights into strengthening mechanisms in superalloys”
David Rodney (Universite de Lyon) “Ab initio modeling of dislocation core properties in HCP and BCC metals”
Erik Bitzek (Friedrich-Alexander Universitat Erlangen-Nurnberg) “Deformation and failure at the nanoscale: Case studies on complementing experiments with simulations”
Young-Kook Lee (Yonsei University) “Unique tensile fracture of high Mn alloys”
辻 伸泰(京都大学) “Deformation twinning in ultrafine grained high-Mn austenitic steels”
柴田暁伸(京都大学) “Hydrogen-related fracture behavior

of martensitic steels under different deformation conditions”

岡本範彦(京都大学) “Plastic deformation and solid solution strengthening in high entropy alloys with the fcc structure”

土谷浩一(NIMS) “Effect of elemental segregation on properties of structural materials”

澤口孝宏(NIMS) “FCC to HCP martensitic transformation and dislocation motion under thermal and mechanical cycling”

東田賢二(佐世保工業高等専門学校) “Crack-tip shielding by dislocations and its effect on fracture toughness”

山口正剛(JAEA) “Multiscale analysis on temper and H-induced embrittlement of steel”

第7回研究会(2017. 9. 26)疲労き裂研究の新機軸：微小き裂とミクロ組織

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点，SIP 革新的構造材料 D67 九州大学拠点，日本鉄鋼協会日本金属学会関西支部・材料開発研究会

津崎兼彰(九州大学) 「疲労と破壊の科学：その挑戦と目指すもの」

野口博司(九州大学) 「力学からの挑戦：金属疲労の常識と課題」

戸田裕之(九州大学) 「計測からの挑戦：3D/4D でわかることわかったこと」

大橋鉄也(北見工業大学) 「計算からのアプローチ：き裂/界面相互作用の結晶塑性モデリング」

第8回研究会(2018. 2. 27-28)ナノストラクチャ形成と変形挙動

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点

Ke Lu (Chinese Academy of Sciences) “Stabilizing nanostructures in metal”

Tilman Hickel (Max-Planck-Institut fuer Eisenforschung) “Strengthening mechanisms in a precipitation hardened high-Mn lightweight steel”

辻 伸泰(京都大学) “Fabrication of bulk nanostructured metals that can manage both high strength and large ductility”

大村孝仁(NIMS) “Intermittent plastic deformation associated with collective motion of dislocation in bcc alloys”

加藤秀実(東北大学) “Relaxation and deformation in metallic glass”

板倉充洋(JAEA) “First-principles calculation of interaction between carbon atom and screw/edge dislocation in bcc iron”

東後篤史(京都大学) “First principles phonon calculations of deformation twinings”

岸田恭輔(京都大学) “Micropillar compression of intermetallic compounds with complex crystal structures”

澄川貴志(京都大学) “Evaluation on mechanical strength of nano-/micro-scale components”

中村篤智(名古屋大学) “Structure and electrical conduction property of dislocations in oxides”

第9回研究会(2019. 1. 8-9)ナノストラクチャ形成と変形・破壊メカニズム

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点

Hamish L. Fraser (Ohio State University) “Dislocation glide as a deformation mechanism in compositionally complex alloys”

Daniel Caillard (Centre National de la Recherche Scientifique) “In situ studies of dislocation mechanisms in BCC metals (iron, iron alloys and tungsten)”

Jaafar El-Awady (Johns Hopkins University) “The formation and evolution of plasticity in persistent slip bands: Large scale discrete dislocation dynamics and in situ scanning electron microscopy experiments”

Mathias Göken (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) “Nano-scaled multilayered metallic composites for advanced functional and mechanical performance”

土谷浩一(NIMS) “Nanostructure formation and phase transformation in High-Entropy Alloys”

宝野和博(NIMS) “From age-hardenable magnesium alloys to bake-hardenable magnesium alloys”

ハルヨ ステファヌス(JAEA) “Mesoscopic studies of deformation behavior of metallic materials using neutron diffraction”

下川智嗣(金沢大学) “Influence of interface-mediated plasticity on mechanical properties of nanostructured materials”

都留智仁(JAEA) “Effect of solutes on dislocation core structure and motion”

萩原幸司(大阪大学) “Deformation and strengthening mechanisms in Mg-based Long-Period Stacking Ordered (LPSO) phase”

柴田暁伸(京都大学) “Mechanical and microstructural analysis on hydrogen-related fracture behavior of martensitic steels”

プラストンに基づく変形現象研究会セミナー(2019. 5. 27)

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点

Catherine Rae (University of Cambridge) “High Temperature Turbine Materials”

第10回研究会(2020. 2. 20)BCC 金属の特異な力学特性

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点

岸田恭輔(京都大学) 「BCC ハイエントロピー合金の変形挙動(話題提供)」

新里秀平(大阪大学) 「原子論に基づく動的モンテカルロ法を用いた BCC 鉄合金の非経験的強度予測」

都留智仁(JAEA) 「BCC 合金の転位運動に基づく変形機構と力学特性：第一原理計算と力学モデルによる解析」

第11回研究会(2021. 1. 26)鉄鋼材料の水素脆性

共催：京都大学構造材料元素戦略研究拠点

協賛：日本鉄鋼協会

柴田暁伸(NIMS) 「マルテンサイト鋼の水素脆性粒界破壊」

高桑 脩(九州大学) 「温度依存性に着目した bcc 鋼の水素助長疲労き裂進展加速メカニズム」

山口正剛(JAEA)「液体金属脆性から考えた水素脆性メカニズム」

松本龍介(京都先端科学大学)「長時間／大規模 MD による鉄中の転位—水素—空孔の相互作用解析」

第12回研究会(2021. 8. 20)ハイエントロピー合金の原子構造と物性

共催：新学術領域研究「ハイエントロピー合金」, 京都大学構造材料元素戦略研究拠点

田中将己(九州大学)「bcc型ハイエントロピー合金の変形・破壊挙動」

花咲徳亮(大阪大学)「EXAFSによるCrCoNiの局所構造解析」

橋本直幸(北海道大学)「CoフリーFCC型ハイエントロピー合金の開発研究」

3. 成果の公表先

まてりあ特集企画予定

4. 研究会世話人

乾 晴行(京都大学), 幾原雄一(東京大学), 尾方成信(大阪大学), 落合庄治郎(京都大学), 田中 功(京都大学), 津崎兼彰(物質・材料研究機構), 辻 伸泰(京都大学)

No. 79「金属・無機・有機材料の結晶方位解析と応用技術研究会」

成果報告書

活動期間：2017年3月～2022年2月(5年間)

1. 研究会活動目的

結晶性材料の高性能化において組織制御の重要性は言を俟たない。輸送機器構造材のマルチマテリアル化が叫ばれ、金属に限らず、高分子材料の重要性も高まっている。近年部材に要求されるより高度な性能向上は、等方性・均一性を前提としない、組織の異方性と不均一性の最適化に求められつつある。すなわち、材料のパフォーマンスを高める構造は配向組織制御あるいは複相組織の不均一性制御によるものであり、結晶性材料ならば結晶方位解析がそのベースとなる。そこで、本研究会は、結晶方位解析に基づき、集合組織制御のみならず結晶方位差によるひずみ評価、分散相の結晶方位解析、界面近傍構造解析等の応用技術を駆使して結晶性材料の高性能化を目指した研究活動を展開することを目的とした。結晶方位解析技術としては、XRD, EBSD, TEM, 放射光をも含めたあらゆる技術を対象とした。また、材料は金属、セラミックスの他、結晶性高分子材料などすべての結晶性材料が対象とした。

2. 研究会活動概要(実施状況・研究会成果等)

原則として年1回2日間にわたり研究会を開催した。第1回は、2017年10月5日(木), 6日(金)の2日に下呂市下呂交流会館で開催した。さまざまな金属材料の結晶方位を対象とした研究成果10件が発表された。2018年8月30日(木), 31日(金), 第2回研究会を大阪府立大学中百舌鳥キャンパ

スで開催した。本研究会のさまざまな結晶性材料を対象とするという趣旨に沿って、「地球の中の集合組織：粒界すべりによる結晶軸選択配向説」と題する基調講演をはじめとして、さまざまな材料の結晶方位に関する20件の講演がなされた。内訳は、基調講演の地球科学材料の他、アルミニウム合金6件、鉄鋼材料4件、その他金属合金5件、セラミックス膜1件、銅/ポリエチレン積層板1件、シミュレーション2件であり、と極めて多様な材料の結晶方位を対象とした研究成果が発表された。2019年8月29日(木), 30日(金), 第3回研究会を産業技術総合研究所中部センターで開催した。「物質科学と地震学をつなげるカンラン石の結晶方位解析」と題する基調講演をはじめ、鉄鋼材料6件、アルミニウム合金2件、銅合金2件、その他金属合金(Nb, Mg)2件、HEA1件、Al合金/Ti接合材1件、シミュレーション1件と第2回に続き16件の多様な材料の研究成果が発表された。第4回研究会は2021年10月14日(木), 15日(金)にオンライン(Zoom)で開催した。地球科学材料2件、セラミックス1件、鉄鋼材料4件、マグネシウム合金2件、チタン2件、アルミニウム合金1件、ニオブ1件、MEA1件、測定技術2件と16件の多様な材料の結晶方位を対象とした研究成果が発表された。以上のように、後述のICOTOM19を開催した2020年度(令和2年度)を除く各年度に4回の研究会を開催し、2件の基調講演を含む62件の多様な材料の結晶方位解析に関わる講演と活発な討論がなされた。

本研究会の活動の一環(共催)として、材料の集合組織国際会議(The 19th International Conference on Textures of Materials; ICOTOM 19)を開催することを学会にお認めいただいた。ICOTOMは集合組織に関する最も権威ある国際会議であり、1968年にドイツのClausthalで第1回の会議が開催されて以来、Krakow(1971), Pont-à-Mousson(1973), Cambridge(1975), Aachen(1978), Tokyo(1981), Noordwijkerhout(1984), Santa Fe(1987), Avignon(1990), Clausthal(1993), Xian(1996), Montreal(1999), Seoul(2002), Leuven(2005), Pittsburgh(2008), Mumbai(2011), Dresden(2014), St George(2017), と約3年ごとに、またここ20年ほどはヨーロッパ, 北米, アジアの順に開催されてきた。今回はアジアの順となることを踏まえ、大阪府立大学井上博史が2020年の今回会議を日本・堺市へ招致する準備を整え、St Georgeの国際委員会での審議の結果、ICOTOM19を日本・堺市で開催することが決定された。本研究会は、ICOTOMに密接に関連する分野の国内研究会としてICOTOM19開催を支援することとし、同国際会議の実行委員25名の多くは本研究会会員が務めた。学会の共催承認を受け、実行委員会を支援する形でICOTOM19の開催準備を行った。2019年に端を発するとされる新型コロナウイルスCOVID-19の世界的な蔓延の中、現地開催(当初、大阪府立大学中百舌鳥キャンパスで開催予定)の可能性を模索しつつも6ヶ月延期かつオンライン開催への移行を余儀なくされたが、2021年3月1日から4日までICOTOM19を盛会裏に実施することができた。Plenary講演は、Carnegie Mellon University, USAのProf. RollettによるTexture and Anisotropy in Metals Additive Manufacturingと題する講演とGhent University, BelgiumのProf. KestensによるTex-

ture Observation and Control in Metal Manufacturing: Theory and Practice と題する講演を Zoom によるライブ講演として行った。この Plenary Lecture 2 件、Keynote Lecture 15 件を含め236件の講演がなされ、参加者総数261名、(国内93名、海外168名；以上、最終確認数)であった。Proceedings は IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1121, 2021としてオンライン上オープンアクセスで発行されている。以上の国際会議 ICOTOM19 開催の概要は、「国際会議だより」として報告した(井上, 高山, 吉永:

軽金属, 71(2021)300-302, 資料添付)。

3. 成果の公表先

Materials Transactions へ投稿予定

4. 研究会世話人

高山善匡(宇都宮大学), 井上博史(大阪府立大学), 福富洋志(放送大学・元横浜国立大学), 柴柳敏哉(富山大学)

No. 77 「高度超塑性成形研究会」

成果報告書

活動期間：2016年3月～2022年2月(6年間)

1. 研究会活動目的

超塑性は、材料学と塑性加工学の境界領域に位置し、その研究開発・実用化推進のためには両分野の研究者と企業技術者との連携・協力が必要である。輸送機器(自動車・鉄道車両・宇宙航空等)分野では、特に高速・高精度の高度超塑性成形が要求されている。従来の準静的な塑性変形という超塑性のイメージを離れて、高温で材料の組織と力学応答が相互作用を起しながら変化しつつある状態を利用して、高速・高精度な塑性変形を実現することが求められている。本研究会では、材料学と塑性加工学の両分野の研究者と企業技術者との間で、超塑性のダイナミックな様相について、情報交換と討論の場を提供することを目的として活動する。

2. 研究会活動概要(実施状況・研究会成果等)

行 事	開催日	会 場	講演件数	参加者
第160回超塑性研究会 「酸化物の超塑性」	2016年 7月14日	東京大学地震研究所	依頼講演2件 ポスター7件 地震研見学	31名
第161回超塑性研究会 「高速鉄道車両応用に向けた難燃性マグネシウムの組織制御および接合技術」	2017年 2月23日	総合車両製作所	依頼講演2件 ポスター10件 総合鉄道車両見学	30名
第162回超塑性研究会 「NIMSにおける構造材料研究」	2017年 6月2日	物質・材料研究機構	依頼講演2件 ポスター12件 クリープ関連施設見学	33名
第163回超塑性研究会	2017年 12月25日	JFE スチール東日本製鉄所	依頼講演1件 製鉄所見学	23名
第164回超塑性研究会 「佐久間先生祝賀の会」	2018年 3月22日	学士会館	依頼講演2件	21名
第165回超塑性研究会 「富山における研究開発」	2018年 11月19日	富山県民会館	依頼講演1件 他3件 学生ポスター7件	24名
第165回超塑性研究会 「界面問題を改めて考察する」	2019年 3月4日	大阪産業技術研究所森之宮センター	依頼講演1件 他3件 学生ポスター7件	24名
第167回超塑性研究会 「外場支援による新たな高温プロセスの可能性」	2020年 2月3日	オンライン	依頼講演4件	20名
第168回超塑性研究会 「最近の金属超塑性成形」	2021年 12月8日	オンライン	依頼講演2件	30名

3. 研究会世話人

佐藤英一(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

各種学術賞・奨励金等候補者推薦について

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

推薦または自薦は次の各号によるものとします。

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

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

本会が推薦者に指定されている各種学術賞等	募集者	各賞等の推薦締切(2021年の例)(本会締切は2ヶ月前)
科学技術に関する黄綬、紫綬、藍綬褒章	文部科学省	5月27日
文部科学大臣表彰 科学技術賞、若手科学者賞 http://www.mext.go.jp/	文部科学省	7月21日
文部科学大臣表彰 創意工夫功労者賞 http://www.mext.go.jp/	文部科学省	9月30日
日本学術振興会賞 https://www.jsps.go.jp/jsps-prize/	日本学術振興会	4月4日
育志賞 http://www.jsps.go.jp/j-ikushi-prize/	日本学術振興会	5月31日
朝日賞 http://www.asahi.com/shimbun/award/asahi/	朝日新聞社	8月25日
日本産業技術大賞 http://corp.nikkan.co.jp/p/honoring/nihonsangyogijyutsutaishou	日刊工業新聞社	1月31日
東レ科学技術賞、東レ科学技術研究助成 http://www.toray-sf.or.jp/	東レ科学振興会	10月8日
本多記念賞、本多フロンティア賞、本多記念研究奨励賞 http://hondakinenkai.or.jp/	本多記念会	9月10日
大河内賞 http://www.okochi.or.jp/hp/top.html	大河内記念会	8月12日
全国発明表彰 http://koueki.jiii.or.jp/hyosho/top/hyosho_top.html	発明協会	8月31日
地方発明表彰 http://koueki.jiii.or.jp/hyosho/top/hyosho_top.html	発明協会	3月31日
井上学術賞 http://www.inoue-zaidan.or.jp/f-01.html	井上科学振興財団	9月17日
井上春成賞 http://inouesho.jp/	科学技術振興機構	2月28日
岩谷直治記念賞 http://www.iwatani-foundation.or.jp/	岩谷直治記念財団	8月31日
浅田賞、三島賞 https://www.isij.or.jp/commendation/	日本鉄鋼協会	9月30日
風戸賞 http://www.kazato.org/application/	風戸研究奨励会	10月15日

本会が推薦者に指定されている各種学術賞等	募集者	各賞等の推薦締切(2021年の例)(本会締切は2ヶ月前)
風戸研究奨励賞 http://www.kazato.org/application/	風戸研究奨励会	12月9日
グリーン・サステナブルケミストリー賞 http://www.jaci.or.jp/gscn/page_03.html	新化学技術推進協会	11月19日
工学教育賞 https://www.jsee.or.jp/award/	日本工学教育協会	1月7日
KONA 賞、研究助成、援助 http://www.kona.or.jp/jp/	ホソカワ粉体工学振興財団	7月12日
サー・マーティン・ウッド賞 http://www.msforum.jp/about_sir_martin/	ミレニアム・サイエンス・フォーラム	7月12日
機械振興賞 http://www.jspmi.or.jp/tri/prize/index.html	機械振興協会	5月31日
素形材産業技術賞 https://sokeizai.or.jp/japanese/award/skill_h22.html	素形材センター	5月19日
日本塑性加工学会賞 http://www.jstp.jp/about/award/	日本塑性加工学会	8月27日
日本溶接協会 貢献賞、技術賞、溶接注目発明賞 https://www.jwes.or.jp/jp/somu/award/index.html	日本溶接協会	11月13日
熱・電気エネルギー技術に関する研究助成 http://www.teet.or.jp/08_4.html	熱・電気エネルギー技術財団	10月28日
藤原賞 http://www.fujizai.or.jp/index.htm	藤原科学財団	12月15日
報公賞、工学研究奨励助成金 http://www.hattori-hokokai.or.jp/	服部報公会	5月18日
陸賞 http://www.jsndi.jp/honor_award/	日本非破壊検査協会	12月31日
山崎貞一賞 http://www.mst.or.jp/Portals/0/prize/index.html	材料科学振興財団	4月30日
山田科学振興財団研究援助 http://www.yamadazaidan.jp/jigyo/kenkyu.html	山田科学振興財団	2月28日
江崎玲於奈賞 https://www.i-step.org/prize/esaki/	茨城県科学技術振興財団	3月15日
薄膜技術に関する研究助成 https://www.samco.co.jp/foundation/recruitment/	サムコ科学技術振興財団	3月15日
工学教育賞 https://www.jsee.or.jp/award/	日本工学教育協会	1月12日
高分子学会賞 https://main.spsj.or.jp/c5/c15php	高分子学会	9月30日
ヒロセ賞 https://www.hiros-w-isf.or.jp/	ヒロセ財団	11月30日
ATI 研究助成 https://www.ari.or.jp/	新世代研究所	6月17日

◇ ◇ ◇

◇東北大学大学院工学研究科教員公募◇

公募人員 助教 1名

所 属 材料システム工学専攻 生体材料システム学講座
生体機能材料学分野

専門分野 有機・無機ナノ化学に基づく材料開発や新機能創出に関する教育・研究を行う

応募資格 当該分野の教育・研究に意欲と熱意があり、博士の学位を有する、または着任までに取得見込みの方

担当授業科目 「学部」：材料科学総合学実験，材料科学総合学基盤研修，材料システム工学コース研修等

「大学院」：(前期)材料システム工学修士研修等，(後期)材料システム工学博士研修等

任 期 5年(再任可)

公募締切 2022年6月30日(木)

着任時期 2022年10月1日(土)

提出書類 (1)履歴書，(2)学位論文題目，(3)研究業績概要(A4版2頁以内)，(4)主要論文5編の別刷り(コピー可)，(5)研究業績リスト：学術論文，参考論文，著書，特許(出願件数：申請中を含む，登録件数，主要特許10件前後のリスト(特許出願・公開・公告No，発明者氏名，発明題目))等，(6)獲得外部研究資金(科研費等)一覧(大学や公的研究機関所属の場合)，(7)受賞，(8)招待講演等，(9)教育業績(担当科目等)，(10)所属学会，(11)学会活動歴(委員会等)，(12)研究活動，(13)社会活動等に関する一覧表，(14)今後の研究計画(A4版2頁以内)，(15)教育活動に関する抱負(A4版2頁以内)，(16)照会可能な方2名の氏名と連絡先(住所，電話，E-mail)，(17)応募者の連絡先(住所，電話，E-mail)，(18)応募者の研究業績等に関するデータベースのURL(Scopus, KAKEN等)
マテリアル・開発系ホームページ上に掲載した「公募提出書類作成の注意点」「応募書類の提出について」に留意して書類を作成，提出すること
<http://www.material.tohoku.ac.jp/news/jobs.html>

書類送付先 東北大学大学院工学研究科

マテリアル・開発系長 成島 尚之

E-mail: depthhead@material.tohoku.ac.jp

問合せ先 東北大学大学院工学研究科材料システム工学

専攻長 佐藤 裕

☎・FAX 022-795-7352

E-mail: ytkasato@material.tohoku.ac.jp

※件名を「教員公募書類(材料システム工学専攻 生体機能材料学分野 助教)」として電子メールで送付して下さい。

◇東北大学大学院工学研究科教員公募◇

公募人員 教授 1名

所 属 材料システム工学専攻 マイクロシステム学講座
材料システム計測学分野

専門分野 材料・構造体の安全と安心のための非破壊などの検査および解析に関わる計測学の基礎と応用に関する教育と研究を行う

応募資格 博士の学位を有し、当該分野の教育・研究に意欲と熱意があり、日本語と英語で講義のできる方

担当授業科目 「学部」材料計測評価学，材料学計画及び製図，材料科学総合学実験，材料科学総合学基盤研修，材料システム工学コース研修等

「大学院」(前期)疲労と破壊の材料学，材料計測学，材料システム工学修士研修等，(後期)材料システム工学博士研修等

任 期 なし

公募締切 2022年8月1日(月)

着任時期 2023年4月1日(土)

提出書類 (1)履歴書，(2)学位論文題目，(3)研究業績概要(A4版2頁以内)，(4)主要論文5編の別刷り(コピー可)，(5)研究業績リスト：学術論文，参考論文，著書，特許(出願件数：申請中を含む，登録件数，主要特許10件前後のリスト(特許出願・公開・公告No，発明者氏名，発明題目))等，(6)獲得外部研究資金(科研費等)一覧(大学や公的研究機関所属の場合)，(7)受賞，(8)招待講演等，(9)教育業績(担当科目等)，(10)所属学会，(11)学会活動歴(委員会等)，(12)研究活動，(13)社会活動等に関する一覧表，(14)今後の研究計画(A4版2頁以内)，(15)教育活動に関する抱負(A4版2頁以内)，(16)照会可能な方2名の氏名と連絡先(住所，電話，E-mail)，(17)応募者の連絡先(住所，電話，E-mail)，(18)応募者の研究業績等に関するデータベースのURL(Scopus, KAKEN等)
マテリアル・開発系ホームページ上に掲載した「公募提出書類作成の注意点」「応募書類の提出について」に留意して書類を作成，提出すること
<http://www.material.tohoku.ac.jp/news/jobs.html>

書類送付先 東北大学大学院工学研究科

マテリアル・開発系長 成島 尚之

E-mail: depthhead@material.tohoku.ac.jp

問合せ先 東北大学大学院工学研究科材料システム工学

専攻長 佐藤 裕

☎・FAX 022-795-7352

E-mail: ytkasato@material.tohoku.ac.jp

※件名を「教員公募書類(材料システム工学専攻 材料システム計測学分野 教授)」として電子メールで送付して下さい。

◇東北大学大学院工学研究科教授 5 名
DEI 推進公募◇

募集人員 教授(女性) 5 名

所属 下記の 6 つのグループに属する工学研究科13専攻の中から、ご自身の専門を踏まえ、配属を希望する専攻を選択下さい。なお、複数の希望がある方は順位を付して下さい。

- 1)機械系(機械機能創成専攻, ファインメカニクス専攻, ロボティクス専攻, 航空宇宙工学専攻),
- 2)電気・情報系(電気エネルギーシステム専攻, 通信工学専攻, 電子工学専攻),
- 3)応用物理学専攻,
- 4)マテリアル・開発系(金属フロンティア工学専攻, 知能デバイス材料学専攻, 材料システム工学専攻),
- 5)都市・建築学専攻,
- 6)技術社会システム専攻

専門分野 工学全般

応募資格 博士の学位取得者

着任時期 2023年 4 月 1 日

応募締切 2022年 8 月 1 日

提出書類 ①履歴書, ②研究業績リスト(査読付学术论文, 参考論文, 著書, 解説・記事, 特許, 受賞, 研究費獲得状況(代表者, 分担者), 招待講演等の状況, 教育活動, 学会活動, 国際的・学際的な研究活動, 社会活動等の状況, その他特記事項), ③これまでの研究概要(A4 用紙 3 ページ程度), ④工学研究科で取り組む研究, 教育について(A4 用紙 3 ページ程度), ⑤主な論文 5 編の別刷(各 1 部)とその概要(各500字程度), ⑥応募者の能力や人柄を評価できる方 3 名(氏名, 所属, E-mail アドレス)

選考方法 書類審査の後, 面接

書類送付先・問合せ先 提出書類を下記の宛先まで電子メールによりお送り下さい。

簡易書留による郵送, 手渡しによる提出も受け付けます。

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6

東北大学大学院工学研究科・研究科長補佐(男女共同参画担当)北川尚美

E-mail: naomi.kitakawa.d3@tohoku.ac.jp

詳細 https://www.eng.tohoku.ac.jp/media/files/_u/topic/file/mtq6ewqx8.pdf

備考 必要に応じて助教 1 名(任期付)を雇用できます。また, 帯同支援策として, 採用された方のパートナーが工学研究科の教育・研究に貢献できると審査により判断された場合, クロスアポイントメント制度で雇用することも可能です。

◇京都大学大学院工学研究科 材料工学専攻
特定助教(特定有期雇用教職員)募集◇

職種 特定助教(特定有期雇用教職員)

募集人員 1 名

勤務場所 京都大学大学院工学研究科 材料工学専攻
非鉄製錬学講座(寄附講座)
(住所: 京都府京都市左京区吉田本町)

職務内容

- ・非鉄金属の製錬プロセス, リサイクルプロセス, 電池などの無機物質の化学反応に関連する研究

- ・大学院生, 学部生, 社会人, 高校生への教育活動に関連する業務

資格等

- ・博士の学位を有する者又は着任時までに博士の学位取得見込みの者

- ・湿式, もしくは乾式の材料プロセッシング, 無機物質の合成ならびに評価, 化学分析, 化学反応の素過程, 計算科学などの分野を中心に材料系や化学系の研究経験を有することが望ましい

雇用期間 令和 4 年 10 月 1 日以降のできるだけ早い時期～令和 7 年 3 月 31 日まで(令和 5 年 4 月 1 日までに着任のこと。雇用期間満了後, 更新の場合あり)
※雇用開始日について, 応相談

試用期間 あり(6 か月: 本学教職員就業規則に基づく)

勤務形態 専門業務型裁量労働制(1 日 7 時間 45 分相当)

休日: 土日曜, 祝日, 年末年始, 創立記念日, 夏季一斉休業日

給与等 本学支給基準に基づき, 能力・経歴等により決定(年俸制)

手当 なし

社会保険 文部科学省共済組合・厚生年金, 雇用保険及び労災保険に加入

応募方法 封筒に「非鉄製錬学講座 特定助教応募書類在中」と朱書きし, 下記(1)～(7)の書類を簡易書留にて書類提出先に提出のこと。

- (1)履歴書(市販履歴書の様式に準じたもの)
- (2)業績リスト(原著論文, 著書, 解説論文, 国際会議プロシエディング, 特許, その他に分類したものを添付のこと)
- (3)研究業績の概要(A4 1～2 枚程度, 図等を含めて良い。研究テーマ別に記載のこと)
- (4)下記のいずれかのテーマについての自身の考え(A4 1 枚程度, 複数テーマ選択可)
 1. 持続可能社会構築のための資源リサイクル
 2. カーボンニュートラルに向けた金属生産工学
 3. 化学反応における原子論的な素過程考察
 4. リチウムイオン電池のリサイクル
- (5)自己推薦書(A4 版 1 枚以内)
- (6)主要論文 3 編以内
- (7)応募者について意見を伺える方 2 名の氏名, 所属, 職名, 連絡先

【書類提出先】

〒606-8501 京都市左京区吉田本町

京都大学大学院工学研究科材料工学専攻 非鉄製錬学講座

応募締切 令和4年8月1日(月)必着
選考方法 書類選考および面接等により選考を行います。詳細は後日連絡します。
その他 提出いただいた応募書類は採用審査にのみ使用します。正当な理由なく第三者への開示、譲渡および貸与することは一切ありません。書類は原則として返却しませんので、予めご了承願います。京都大学は男女共同参画を推進しています。多数の女性研究者の積極的な応募を期待します。

【ホームページ】

京都大学大学院工学研究科材料工学専攻 非鉄製錬学講座
<https://www.aqua.mtl.kyoto-u.ac.jp/NF/index.html>

問合せ先 京都大学大学院工学研究科材料工学専攻
 非鉄製錬学講座 教授(兼任) 宇田哲也
 ☎ 075-753-5445

E-mail: uda.tetsuya.5e@kyoto-u.ac.jp

※業務内容や雇用条件などについてご不明な点があればお気軽にお問い合わせ下さい(E-mailが望ましい)。

◇関西大学化学生命工学部化学・物質工学科教員公募◇

募集人員 准教授または教授1名
所属 化学生命工学部化学・物質工学科
専門分野 マテリアルズ・ケモ・バイオインフォマティクスや計算化学, AI, データサイエンスを基盤とした研究分野
担当授業 学部講義(化学実験科目を含む)ならびに大学院講義
応募資格 雇用の時点で博士の学位を有する方
着任時期 任期 2023年4月1日, 任期なし
選考方法 書類選考および面接による
提出書類 履歴書他
 [HP (<https://www.kansai-u.ac.jp/ja/info/recruit.html>)を参照]
応募締切 2022年7月29日必着
応募方法 郵送等
書類送付先/問合せ先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35 関西大学化学生命工学部化学・物質工学科教育主任 坂口 聡 ☎ 06-6368-0867
 E-mail: satoshi@kansai-u.ac.jp

*封筒の表に「化学・物質工学科応募書類」と朱書きのうえ、必ず簡易書留または一般書留で郵送して下さい。



集 会

◇レアメタル研究会◇

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

令和4年度 レアメタル研究会のご案内 (2022. 4. 1現在)
 ■第101回 2022年7月29日(金) 14:00~

An棟2F コンベンションホール
 リアル講演会+講演のネット配信(Zoom Webinar & YouTube)のハイブリッド研究会
 テーマ:ポストコロナのレアメタル事情
 午後2:00~
 講演(敬称略)
 ・ポストコロナの資源供給:コバルトなどの現状と未来について(仮)(60分)
 秋田大学大学院 国際資源学研究科 資源地球科学専攻 教授 渡辺 寧
 ・レアメタルに関する最近の話題(45分)
 東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹
 ・ポストコロナの資源供給:リチウムの現状と未来について(仮)(60分)
 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
 主任研究員 荒岡大輔
 午後6:00~ 研究交流会・意見交換会

■第102回 2022年9月9日(金) 14:00~

An棟2F コンベンションホール
 リアル講演会+講演のネット配信(Zoom Webinar & YouTube)のハイブリッド研究会
 テーマ:資源開発の課題と将来展望
 午後2:00~
 講演(敬称略)
 ・希土類鉱床の特徴と資源開発の課題(仮)(60分)
 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター
 主任研究員 実松健造
 ・レアメタルの光と影(45分)
 東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹
 ・ペグマタイトに伴うレアメタル:リチウムやタンタルなどの現状と未来について(仮)(60分)
 秋田大学大学院 国際資源学研究科 資源地球科学専攻
 准教授 越後拓也
 午後6:00~ 研究交流会・意見交換会

日本金属学会誌掲載論文
Vol. 86, No. 6 (2022)

—論 文—

6%Ni 炭素鋼の摩擦攪拌接合における攪拌部の集合組織解析による流動挙動の推定

三浦拓也 藤井英俊 潮田浩作

低品位銅アノードの不動態化挙動に及ぼす銅電解精製浴中の不純物イオンと添加剤の影響

森 康平 山川裕太 大上 悟 谷ノ内勇樹 中野博昭

Materials Transactions 掲載論文
Vol. 63, No. 6 (2022)

—Special Issue on Frontier Research on Bonding and Interconnect Materials for Electric Components and Related Microprocessing – Part III—

PREFACE Ikuo Shohji and Yoshiharu Kariya

Improvement in Copper-Resin Bond Strength after High-Temperature Testing Using C-H-Si Thin Film

Yuka Yamada, Shinji Fukumoto and Kozo Fujimoto

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

Hiroki Kanai, Yoshiharu Kariya, Hiroshige Sugimoto, Yoshiaki Abe, Yoshinori Yokoyama, Koki Ochi, Ryuichiro Hanada and Shinnosuke Soda

Adhesion Mechanism between Mold Resin and Sputtered Stainless Steel Ground Films for Electromagnetic Wave Shield Packages

Soichi Homma, Yuusuke Takano, Takeshi Watanabe, Kazuhiro Murakami, Masatoshi Fukuda, Takashi Imoto and Hiroshi Nishikawa

High-Pressure Synthesis and Thermoelectric Properties of Partially Filled Skutterudites $R_x\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$ ($R = \text{In, Tb and Dy}$)

Kouta Awaji, Ryosuke Nakajima, Kazuya Nishimura, Toma Takedachi, Tetsuya Ando, Yukihiko Kawamura, Hirotada Gotou and Chihiro Sekine

Low-Temperature Bonding of Copper by Copper Electrodeposition

Shinji Fukumoto, Koki Nakamura, Makoto Takahashi, Yuto Tanaka, Shoya Takahashi and Michiya Matsushima

The Effect of the RMACREO Process Applying Remarkable Torsional Distortion on the Aging Behavior and Microstructure of Cu-Cr-Zr Alloy

Wataru Inagaki, Tetsuya Ando and Hiromasa Ogawa

Synthesis of Hierarchical Structured Cu-Sn Alloy Mesoparticles and Its Application of Cu-Cu Joint Materials

Toshihiro Kuzuya, Toma Takedachi, Tetsuya Ando, Yasuharu Matsunaga, Ryouya Kobayashi, Yoshihiro Shimotori, Naofumi Nakazato, Hiroshi Nishikawa and Takuya Naoe

Formation of Cu-Ni Alloy Plating Film for Improving Adhesion between Metal and Resin

Tatsuya Kobayashi, Akifumi Kubo and Ikuo Shohji

Class I Creep Deformation of Sn-Ag-Cu Containing Solid Solution Elements and Its Effect on Thermal Fatigue Life of Solder Joints

Masaki Moriuchi, Yoshiharu Kariya, Mao Kondo and Yoshihiko Kanda

Low Temperature Solid-State Bonding of Nickel and Tin with Formic Acid Surface Modifications

Shinji Koyama, Ikuo Shohji and Takako Muraoka

An Experimental Study of Fabrication of Cellulose Nano-Fiber Compositing Ni Film by Electroplating

Makoto Iioka, Wataru Kawanabe, Ikuo Shohji and Tatsuya Kobayashi

—Regular Article—

Materials Physics

Defect Interactions between Screw Dislocations and Coherent Twin Boundaries in Several fcc Materials

Li Li, Lijun Liu and Yoji Shibutani

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

Akira Takeuchi, Takeshi Wada, Takeshi Nagase and Kenji Amiya

Microstructure of Materials

Effects of the Amount of Mg on the Precipitation Behavior of β Phase and Its Modeling in Al-Mn-Mg Alloys

Takashi Shinozaki, Jun Shimojo, Hiroshi Akamatsu, Katsushi Matsumoto, Toshihiko Shinya, Jun Mizutani and Yosuke Nakabayashi

Short-Time Heat Treatment for Ti-6Al-4V Alloy Produced by Selective Laser Melting

Tatsuro Morita, Yohei Oka, Seiichi Tsutsumi, Shogo Takesue, Norio Higuchi and Hitoshi Sakai

Effect of Deformation Prior to Nitriding on Microstructure and Hardness Behavior in Plasma-Nitrided Ferritic Alloys

Fanhui Meng, Goro Miyamoto, Yoshikazu Todaka and Tadashi Furuwara

Mechanics of Materials

Effect of Electroless Ni-P Plating on Rotary Bending Fatigue Strength of A2017-T4 Aluminum Alloy

Ryohei Shinno, Makoto Hino, Ryoichi Kuwano, Koji Monden, Masaaki Sato, Yukinori Oda, Naoki Fukumuro, Shinji Yae, Keitaro Horikawa and Teruto Kanadani

Evaluation of Reheat Cracking Susceptibility in High Strength Austenitic Stainless Steels

Kyohei Nomura and Keiji Kubushiro

Investigation and Modelling of Magnesium Alloy Grain Size during Hot Strip Rolling with Inter-Pass Annealing

Ruibin Mei, Li Bao, Xianli Shi, Xiwei Qi, Changsheng Li and Xianghua Liu

Materials Chemistry

Deoxidation of Titanium Using Cerium-Chloride Flux for Upgrade Recycling of Titanium Scraps

Gen Kamimura, Takanari Ouchi and Toru H. Okabe

Effect of TiN Particle Size and Impurities on the Contact Resistance of TiN-Powder-Decorated Stainless-Steel Separator Electrodes for Fuel Cells

Masahiko Hatakeyama, Koichiro Nagae, Masaki Naganawa, Ichiro Yoshino and Satoshi Sunada

Corrosion Properties of the β -Mg₁₇Al₁₂ Phase in NaCl Solutions

Kaede Sarayama, Kenichi Nakano, Yusuke Shimada, Ami Morihiro, Masahiko Hatakeyama, Satoshi Sunada and Koichi Sato

Materials Processing

Effects of Phosphate Anodization and Laser Irradiation on Adhesive Property of AZ91D Magnesium Alloy

Makoto Hino, Takayuki Hashimoto, Yuki Fujino, Ryoichi Kuwano and Teruto Kanadani

Refinement of Microstructure of JIS A7204 and A6022 Aluminum Alloys Solidified by Electromagnetic Vibration Technique

Mingjun Li, Takuya Tamura and Koichi Takahashi

Experimental Characterization and Computational Simulation of Powder Bed for Powder Bed Fusion Additive Manufacturing

Keiko Kikuchi, Yuta Tanifuji, Weiwei Zhou, Naoyuki Nomura and Akira Kawasaki

Effects of Nickel Screen on Active Screen Plasma Nitriding

Shun Hamashima and Akio Nishimoto

Engineering Materials and Their Applications

Developing Microstructure and Enhancing Strength of Ti-6Al-7Nb Alloy with Heat Treatment Processed by High-Pressure Torsion

Maki Ashida, Minami Hanai, Peng Chen and Takao Hanawa

Strength of Ultrafine-Grained WC-Co Cemented Carbide with the Combined Addition of Ti(C,N) and Cr₃C₂

Masayuki Takada, Hideaki Matsubara, Tomohiro Tsutsumi, Yoshihiro Mori and Tetsushi Matsuda

Current Trends in Research

Best Papers Awarded in 2021 by Materials Transactions

Zenji Horita

まてりあ第61巻7号 予告

〔金属素描〕 No. 23 ニッケル

〔特集〕 材料変形と腐食

〔新進気鋭〕 アモルファスIV族半導体の構造不均一と結晶化

.....大阪大 奥川将行

〔材料教育〕 金属鑄造と砂型：2. 砂型実習教材の開発

.....新産業創研 柏井茂雄他

—他—

—編集の都合により変更になる場合がございます—



(2022年3月23日～2022年4月21日)

正 員

川崎 恵 オレゴン州立大学
木皮 和男 株式会社本田技術研究所
小坂橋竜雄 長野県工業技術総合センター

白石 貴久 熊本大学
田中 弘樹 島根大学
野村 宗佑

細川 喜孝 石川県工業試験場
細木 哲郎 株式会社 KMCT

学 生 員

石高 寛士 公立小松大学
市瀬 智也 秋田大学
今田 真未 愛媛大学
今村 光佑 横浜国立大学

久保 則文 大同大学
塩山 貴大 熊本大学
須藤 漱太郎 北海道大学
高原 泉 東京大学

多田 あいり 大阪府立大学
棚田 大輔 金沢大学
中川 颯 互 京都大学
野呂 崇史 東北大学

外国一般会員

zhichao xu Henan polytechnic university

2021年度の事業の概要は、次の通りである。(詳細は本会ホームページ/情報公開を参照のこと。)

- ①2021年度は公益社団法人に移行した9年目の事業年度であり、定款に定める公益目的事業を推進した。しかし、新型コロナウイルス感染症のパンデミックにより、講演大会のオンライン開催、理事会を始めとした会議や研究集会等のオンラインでの開催や中止を余儀なくされ、一部の活動が滞った。
- ②刊行事業では、会報「まてりあ」は月平均65ページで、冊子体は5,500(5,300)部を刊行するとともに、電子ジャーナルを刊行した。魅力ある会報に向けた記事の掲載を継続するとともに、新たに「材料科学のパイオニアたち」の掲載を開始した。まてりあ60巻記念企画として「実学講座」、「委員会だより」、「支部だより」、「還暦会員からのお便り」、「在籍60年会員からのお便り」を掲載した。日本金属学会誌は月平均33ページで、オンラインジャーナルを刊行した。冊子体は290部を発行した。掲載論文数の減少により、2022年は冊子を2号ずつ合併して偶数月に発行することとした。欧文誌 Materials Transactions は平均193ページで、オンラインジャーナルを刊行した。冊子体は190部を発行した。インパクトファクター向上のため、「Current Trends in Research」カテゴリー論文の掲載を継続するとともに、被引用数の多い論文の著者への Top Cited Paper Certificate の発行を開始した。共同刊行学協会で、投稿から査読・審査までの編集システムを一本化した。表紙のデザインを変更し、Materials Transactions のロゴマークを策定した。理数探求用教材の作成は、撮影が困難なために制作を延期した。既刊図書類の電子化を行い、一部の販売を開始した。
- ③講演会・講習会事業では、2回の講演大会をオンラインで開催した。春期講演大会は、講演件数632件、参加者1,217名であった。秋期講演大会は、講演件数は880件、参加者数は1,451名であった。公募シンポジウムは春期7テーマ、秋期10テーマ、企画シンポジウムは春期2テーマ、秋期4テーマと活発に開催した。ポスターセッション(春期105件、秋期130件)および高校生・高専学生ポスターセッション(春期24件、秋期21件)もオンラインで開催した。また、オンラインで機器展示および企業の技術セミナーを開催した。また、学生を対象として春は R&D セミナー、秋は学生キャリアサポートセミナーをオンラインで開催した。金属学会セミナーおよび金属学会シンポジウムは開催しなかったが、オンライン基礎講座の実施を決定した。支部では、24件の講演会・講習会を開催した。
- ④調査・研究事業では、9分科で活動を実施した。12件の研究会と2件の若手研究グループが活動しており、主にオンラインを利用して活動を行った。新たに産学協創研究会の設置を決定し、新規4件を採択した。第2回日本金属学会フロンティア研究助成10件を採択し、助成金を交付した。支部では17件の研究会を開催した。男女共同参画委員会では、ランチョンミーティングおよび女性会員の集いを講演大会期間中にオンラインで開催した。国際連携活動では、World Materials Day Award の授賞を中止し、KIM との大会への相互表敬訪問を中止した。TMS との JIM/TMS Young Leader の相互派遣を来年度に延期した。ASM International と連携に関する覚書を交わし、連携事業を開始した。春期講演大会での国際セッションの開催を決定し、インド・環太平洋の各国に参加を打診した。
- ⑤表彰・奨励事業では春表彰10件、秋表彰9件を授賞した。名誉員2名を推戴し、フェロー2名を認定した。各賞の贈呈式は行わなかった。技術開発賞および論文賞ならびに金属組織写真賞の授賞内容を改訂した。支部でも主に若手を対象とした21件の授賞を実施した。
- ⑥庶務では、セルフガバナンスの推進に努めた。定時社員総会を開催し、理事会はほぼ2ヶ月ごとに開催し、業務執行理事による業務執行報告を行なった。法令で定められた申請書類や定期提出書類を提出した。広報活動を推進し、新しいロゴマークを制定するとともに、パンフレットの作成、ホームページリニューアルを進めた。
- ⑦会計では、公益法人の財務3基準である、収支相償、公益目的事業比率、遊休財産額保有上限額をいずれも達成した。なお、本年度は会費収益の75%を公益目的事業に配賦した。また、国際会議開催準備資金100万円及び研究助成事業のための調査・研究事業拡充資金1,500万円を積み増した。

公益社団法人 日本金属学会 2021年度決算

正 味 財 産 増 減 計 算 書

2021年3月1日から2022年2月28日まで

(単位:円)

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	備 考
I 一般正味財産増減の部				
1. 経常増減の部				
(1)経常収益				
特定資産運用益	25,102,422	25,097,201	4,219	
特定資産受取利息	25,102,422	25,097,201	4,219	
退職給付引当資産	691,736	693,304	-1,568	
減価償却引当資産	80	76	4	
刊行事業資金	6,390,098	6,390,198	-100	
刊行事業拡充賛助寄付資金	591	1,305	-714	

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	備 考
講演会・講習会事業資金	5,990,330	5,991,653	-1,323	
調査・研究事業資金	5,290,464	5,290,464	0	
調査・研究事業拡充資金	951	185	766	
国際学術交流資金	1,734,000	1,734,000	0	
国際会議開催準備資金	82	16	66	
表彰・奨励事業資金	1,050,000	1,050,000	0	
学会賞資金	235,500	235,500	0	
研究技術功労賞資金	119,000	119,000	0	
奨励賞・奨学賞等資金	841,590	841,500	90	
谷川・ハリス賞資金	255,000	255,000	0	
増本量賞資金	603,000	595,000	8,000	
村上賞資金	1,900,000	1,900,000	0	
受取入金	77,000	81,000	-4,000	
受取入金	77,000	81,000	-4,000	
受取会費	67,310,796	65,026,912	2,283,884	
正員受取会費	32,033,550	33,100,180	-1,066,630	会員減
学生員受取会費	5,326,834	105,333	5,221,501	会費免除なし
維持員受取会費	28,782,684	31,099,999	-2,317,315	口数減
外国会員受取会費	1,167,728	721,400	446,328	外国学生会費免除なし
事業収益	78,684,134	76,147,195	2,536,939	
刊行事業収益	51,006,681	56,473,564	-5,466,883	
会報購読費収益	1,992,564	1,957,066	35,498	
会誌購読費収益	4,519,308	4,697,986	-178,678	
欧文誌購読費収益	8,174,488	8,274,225	-99,737	
会報別刷等収益	3,722,950	3,799,770	-76,820	
会誌別刷・審査収益	583,000	553,300	29,700	
欧文誌別刷・審査収益	21,736,330	28,088,174	-6,351,844	欧文誌掲載数減
刊行事業広告収益	6,035,480	5,219,060	816,420	会報広告増
講座・現代の金属学収益	0	1,161,793	-1,161,793	単行本収益に集約
金属化学入門シリーズ収益	0	2,024,151	-2,024,151	単行本収益に集約
単行本収益	3,250,639	135,789	3,114,850	科目集約
著作権料収益	991,922	562,250	429,672	転載許諾増
講演会・講習会事業収益	26,595,643	18,980,631	7,615,012	
講演大会参加費収益	22,698,000	16,678,890	6,019,110	春期大会開催，秋期大会参加者増
講演概要集収益	457,688	494,000	-36,312	
金属学会シンポジウム参加費収益	0	3,540	-3,540	
金属学会シンポジウム予稿集収益	0	7,634	-7,634	
セミナーテキスト収益	32,374	22,188	10,186	
講演会・講習会事業広告収益	1,960,200	944,460	1,015,740	春期大会開催
講演会・講習会事業委託収益	101,257	70,000	31,257	
支部講演会・講習会事業収益	1,346,124	759,919	586,205	
表彰・奨励事業収益	1,081,810	693,000	388,810	
審査・投稿料収益	1,081,810	693,000	388,810	
受取補助金等	0	100,000	-100,000	
受取国庫助成金	0	100,000	-100,000	
雑収益	21,652	176,951	-155,299	
受取利息	1,094	1,355	-261	
雑収益	20,456	175,517	-155,061	
支部受取利息・雑収益	102	79	23	
経常収益計	171,196,004	166,629,259	4,566,743	
(2)経常費用				
事業費	139,044,222	141,558,969	-2,514,747	
刊行事業費	76,490,556	81,528,844	-5,038,288	
給料手当	24,525,569	25,712,163	-1,186,594	職員減
退職給付費用	1,560,605	1,977,982	-417,377	職員減
福利厚生費	4,157,168	4,417,294	-260,126	
会報刊行費	33,500,854	33,819,989	-319,135	
会誌刊行費	2,491,756	3,508,120	-1,016,364	ページ数減
欧文誌刊行費	8,424,654	11,068,263	-2,643,609	ページ数減
学術図書刊行費	1,829,950	1,025,033	804,917	既刊図書類電子化費用
講演会・講習会事業費	34,031,810	30,649,057	3,382,753	
給料手当	14,715,342	15,427,297	-711,955	職員減
退職給付費用	936,363	1,186,789	-250,426	
福利厚生費	2,494,300	2,650,375	-156,075	
講演大会開催費	13,097,236	10,264,402	2,832,834	春期講演大会開催
講演大会懇親会費	3,000	3,000	0	
本多記念講演開催費	61,680	33,300	28,380	
金属学会シンポジウム開催費	2,500	2,500	0	
セミナー開催費	2,500	2,500	0	

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	備 考
国際会議開催費	7,500	7,500	0	
支部講演会・講習会開催費	2,711,389	1,071,394	1,639,995	
調査・研究事業費	19,738,018	20,394,131	- 656,113	
給料手当	2,452,557	2,571,216	- 118,659	
退職給付費用	156,061	197,798	- 41,737	
福利厚生費	415,717	441,729	- 26,012	
関連団体連携事業費	115,000	28,440	86,560	
日本工学会費	105,125	107,482	- 2,357	
材料戦略委員会費	2,500	2,500	0	
科研費委員会費	2,500	2,500	0	
人材育成委員会費	10,000	110,000	- 100,000	
男女共同参画委員会費	24,500	22,500	2,000	
調査・研究委員会費	1,096,509	1,023,644	72,865	
研究会費	1,000	299,377	- 298,377	
研究助成費	14,500,500	14,999,620	- 499,120	研究助成金申請額減
企画委員会費	5,000	5,000	0	
セルフガバナンス委員会費	2,500	2,500	0	
国際学術交流委員会費	15,000	15,000	0	
支部調査・研究事業費	833,549	564,825	268,724	
表彰・奨励事業費	8,317,462	8,847,614	- 530,152	
給料手当	2,452,557	2,571,216	- 118,659	
退職給付費用	156,061	197,798	- 41,737	
福利厚生費	415,717	441,729	- 26,012	
名誉員費	131,100	113,500	17,600	
各種賞検討委員会費	1,170,013	1,064,344	105,669	
学会賞費	1,045,200	905,500	139,700	
学術貢献賞費	3,500	3,500	0	
学術功労賞費	3,500	3,500	0	
技術賞費	90,950	56,960	33,990	
技術開発賞費	83,078	179,500	- 96,422	
金属組織写真賞費	69,500	62,900	6,600	
研究技術功労賞費	406,300	306,530	99,770	
功績賞費	175,100	217,340	- 42,240	
功労賞費	3,500	25,500	- 22,000	
奨励賞・奨学賞等費	461,211	443,117	18,094	
谷川・ハリス賞費	60,700	83,690	- 22,990	
増本量賞費	207,500	207,500	0	
まてりあ賞	63,500	3,500	60,000	
村上賞費	967,500	1,532,650	- 565,150	メダル仕様変更・賞金贈呈
論文賞費	111,499	179,500	- 68,001	
フェロー費	15,637	2,500	13,137	
支部表彰・奨励事業費	223,839	245,340	- 21,501	
貸倒引当損	466,376	139,323	327,053	
管理費	15,025,304	15,056,540	- 31,236	
給料手当	4,905,112	5,142,433	- 237,321	
退職給付費用	312,120	395,596	- 83,476	
福利厚生費	831,433	883,458	- 52,025	
会議費	618,348	77,742	540,606	ハイブリッド開催会場費等増
旅費交通費	227,980	56,620	171,360	
通信運搬費	743,473	1,161,354	- 417,881	テレワーク通信費用減
減価償却費	160,640	165,696	- 5,056	
消耗什器備品費	305,960	727,353	- 421,393	テレワーク用備品購入減
消耗品費	79,528	24,631	54,897	
印刷製本費	236,905	2,605	234,300	
光熱水料費	30,528	33,637	- 3,109	
賃借料	528,000	528,000	0	
保険料	18,516	13,534	4,982	
諸謝金	131,416	20,046	111,370	
租税公課	3,175,200	3,112,100	63,100	
送金手数料	151,171	124,264	26,907	
支払負担金	0	12,000	- 12,000	
システム管理費	609,202	424,800	184,402	
委託費	1,672,000	1,584,669	87,331	
貸倒引当損	57,066	39,128	17,938	
雑費	230,706	526,874	- 296,168	
経常費用計	154,069,526	156,615,509	- 2,545,983	
評価損益等調整前経常増減額	17,126,478	10,013,750	7,112,728	
評価損益等	0	0	0	
当期経常増減額	17,126,478	10,013,750	7,112,728	

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減	備 考
2. 経常外増減の部				
(1)経常外収益				
経常外収益計	0	0	0	
(2)経常外費用				
固定資産除却損	0	0	0	
経常外費用計	0	0	0	
当期経常外増減額	0	0	0	
当期一般正味財産増減額	17,126,478	10,013,750	7,112,728	
一般正味財産期首残高	1,077,659,240	1,067,645,490	10,013,750	
一般正味財産期末残高	1,094,785,718	1,077,659,240	17,126,478	
II. 指定正味財産増減の部				
特定資産受取利息	1,900,000	1,900,000	0	
未経過償還差額金の償却額	30,380	30,380	0	
刊行事業拡充賛助寄付金	50,000	50,000	0	
一般正味財産への振替額	1,900,000	1,900,000	0	
当期指定正味財産増減額	80,380	80,380	0	
指定正味財産期首残高	446,973,926	446,893,546	80,380	
指定正味財産期末残高	447,054,306	446,973,926	80,380	
III. 正味財産期末残高	1,541,840,024	1,524,633,166	17,206,858	

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

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

◇ ◇ ◇

2021年度決算 貸借対照表

2022年2月28日現在

(単位：円)

科 目	当 年 度	前 年 度	増 減
I. 資産の部			
1. 流動資産			
現金預金	98,468,628	99,491,301	-1,022,673
未収会費	2,650,833	2,608,665	42,168
未収金	3,933,662	3,339,885	593,777
貸倒引当金	-197,530	-178,451	-19,079
前払金	1,508,303	2,310,084	-801,781
棚卸資産	4,826,168	5,609,052	-782,884
流動資産合計	111,190,064	113,180,536	-1,990,472
2. 固定資産			
(1)特定資産			
退職給付引当資産	78,922,594	75,801,384	3,121,210
減価償却引当資産	8,668,044	8,178,785	489,259
刊行事業資金	305,000,000	305,000,000	0
刊行事業拡充賛助寄付資金	128,600,000	128,550,000	50,000
講演会・講習会事業資金	306,500,000	306,500,000	0
国際会議開催準備資金	6,500,000	5,500,000	1,000,000
調査・研究事業資金	269,918,654	269,878,190	40,464
調査・研究事業拡充資金	75,000,000	60,000,000	15,000,000
国際学術交流資金	102,000,000	102,000,000	0
表彰・奨励事業資金	50,000,000	50,000,000	0
学会賞資金	11,510,000	11,510,000	0
研究技術功労賞資金	7,000,000	7,000,000	0
奨励賞・奨学賞等資金	54,000,000	54,000,000	0
谷川・ハリス賞資金	15,000,000	15,000,000	0
増本量賞資金	35,000,000	35,000,000	0
村上賞資金	103,944,306	103,913,926	30,380
特定資産合計	1,557,563,598	1,537,832,285	19,731,313
(2)その他固定資産			
什器備品	1,325,306	1,325,306	0
減価償却累計額	-834,888	-740,261	-94,627
リース 什器備品	5,279,904	5,279,904	0
減価償却累計額	-3,820,392	-2,940,408	-879,984
小計 什器備品	6,605,210	6,605,210	0
減価償却累計額	-4,655,280	-3,680,669	-974,611
ソフトウェア	8,234,160	8,234,160	0
減価償却累計額	-7,833,156	-7,438,524	-394,632
リース ソフトウェア	1,185,840	1,185,840	0
減価償却累計額	-1,067,256	-830,088	-237,168
小計 ソフトウェア	9,420,000	9,420,000	0
減価償却累計額	-8,900,412	-8,268,612	-631,800
電話加入権	50,300	50,300	0
敷 金	2,400,000	2,400,000	0
その他固定資産合計	4,919,818	6,526,229	-1,606,411
固定資産合計	1,562,483,416	1,544,358,514	18,124,902
資産合計	1,673,673,480	1,657,539,050	16,134,430
II. 負債の部			
1. 流動負債			
未払金	2,570,737	3,225,401	-654,664
前受金	44,284,000	45,659,916	-1,375,916
預り金	4,478,029	5,523,935	-1,045,906
リース債務	823,608	1,117,152	-293,544
流動負債合計	52,156,374	55,526,404	-3,370,030
2. 固定負債			
リース債務	754,488	1,578,096	-823,608
退職給付引当金	78,922,594	75,801,384	3,121,210
固定負債合計	79,677,082	77,379,480	2,297,602
負債合計	131,833,456	132,905,884	-1,072,428
III. 正味財産の部			
1. 指定正味財産	447,054,306	446,973,926	80,380
寄付金	447,054,306	446,973,926	80,380
(うち特定資産への充当額)	(447,054,306)	(446,973,926)	(80,380)
2. 一般正味財産	1,094,785,718	1,077,659,240	17,126,478
一般正味財産	1,094,785,718	1,077,659,240	17,126,478
(うち特定資産への充当額)	(1,031,586,698)	(1,015,056,975)	(16,529,723)
正味財産合計	1,541,840,024	1,524,633,166	17,206,858
負債及び正味財産合計	1,673,673,480	1,657,539,050	16,134,430

(自 2022年3月1日 至 2023年2月28日)

2022年度の事業の概要は、次のとおりである。(詳細は本会ホームページ/情報公開を参照のこと。)

- ①2022年度は公益社団法人としての10年目の事業年度であり、引き続きセルフガバナンスに基づいて、公益目的事業を公正かつ適切に推進する。
- ②刊行事業については、機関誌3誌の刊行を推進する。また、入門講座や講義ノートに加え、実学講座等により学術および技術の記事を充実させる。さらに、金属を中心として広範な材料に関する記事を知りたいときに必ず手に入る情報誌であることを実現させるために、誌面や記事構成の更新等を推進する。日本金属学会誌は、日本語で書かれた最新知見の発信や高度な専門性のある提案・意見交流・学理追求の場として維持向上を図るために、積極的な投稿勧誘や Review や Overview の和訳掲載等を推進する。Materials Transactions は、日本の代表的な材料系英文論文誌でありつづけるよう、より一層高度化するとともに、インパクトファクターの更なる向上を目指し、特集や Review, Overview, Current Trends in Research の掲載や査読の厳格化等によって掲載論文の質を向上させる。さらに、質の高い論文が掲載されていることの周知や被引用数の多い論文の著者への認定等の掲載論文引用の促進、掲載論文引用の積極的な要請等の施策を推進する。また、共同刊行における編集の一体化を推進する。学術図書類は、理数探求科目履修支援のためのコンテンツの制作を推進する。
- ③講演会・講習会事業については、with/post コロナ時代に即した事業の形態を検討していく。最新の研究や技術を発信し、大学・企業・研究所を越えた多様かつ多くの研究者や技術者が集い交流する魅力ある講演大会を目指して、オンラインを活用した新しい講演大会等の開催を検討するとともに、魅力ある公募ならびに企画シンポジウムの開催や他学協会との連携企画の拡充等の施策を推進する。基礎から最新の研究や技術までを学べるセミナーやシンポジウムの開催や次世代を担う人材の教育と育成に貢献するオンラインの教育講座の開催を開始するとともに、高校生・高専生が材料の魅力を理解するための機会を作る。また、会員の活発な交流や材料分野での人材育成をより一層推進する。
- ④調査・研究事業については、我が国の材料科学を先導していくことを目指し、再編した分科による活動を推進する。また、研究会や若手研究グループに加えて、分野を超えた取り組みを強化すべき課題に対して産・学・官が連携して取り組んでいくことを目的とした産学協創研究会の活動を開始する。若手研究者を対象として開始した研究助成事業の周知と活性化を行う。金属及び関連材料に興味を持つ若い世代を育てることを目指し、学校教育の支援や青少年向けイベントの開催、若手交流等の人材育成に関する事業を拡充する。国際学術交流は、従来からの取り組みに加えて、秋期講演大会における国際セッションの開催を推進する。男女ともに学会で活躍できる環境作りのために男女共同参画事業を行う。
- ⑤表彰・奨励事業については、若手や民間企業の研究者・技術者を含め多様な層への授賞を推進する。
- ⑥学会の活動を広く世間に周知するために、新ロゴマークの普及、SNS や Web を用いた情報発信等の広報活動を積極的に推進する。パンフレット等によるアウトリーチ活動を推進する。
- ⑦庶務については、引き続き法令等および本会の定めにより、公正かつ適切に行う。
- ⑧会計については、引き続き最新の公益法人会計基準および公益認定等ガイドライン等に則り、公正かつ適切に行う。

2022年3月1日から2023年2月28日まで

(単位：円)

科 目	当 年 度	前年度予算額	増 減	備 考
I 一般正味財産増減の部				
1. 経常増減の部				
(1)経常収益				
特定資産運用益	25,105,198	25,104,052	1,146	
特定資産受取利息	25,105,198	25,104,052	1,146	
退職給付引当資産	693,338	693,298	40	
減価償却引当資産	82	76	6	
刊行事業資金	6,391,000	6,391,000	0	
刊行事業拡充賛助寄付資金	1,286	1,286	0	
講演会・講習会事業資金	5,991,625	5,991,625	0	
調査・研究事業資金	5,290,464	5,290,464	0	
調査・研究事業拡充資金	6,000	5,000		
国際学術交流資金	1,734,000	1,734,000	0	
国際会議準備資金	550	450		
表彰・奨励事業資金	1,050,000	1,050,000	0	
学会賞資金	235,503	235,503	0	
研究技術功労賞資金	119,000	119,000	0	
奨励賞・奨学賞等資金	841,950	841,950	0	
谷川・ハリス賞資金	255,000	255,000	0	
増本量賞資金	595,000	595,000	0	
村上賞資金	1,900,400	1,900,400	0	

科 目	当 年 度	前年度予算額	増 減	備 考
受取入会金	120,000	120,000	0	
受取入会金	120,000	120,000	0	
受取会費	64,990,000	67,190,000	-2,200,000	
正員受取会費	34,100,000	33,800,000	300,000	
学生員受取会費	3,080,000	3,280,000	-200,000	
維持員受取会費	26,600,000	28,900,000	-2,300,000	口数減
外国会員受取会費	1,210,000	1,210,000	0	
事業収益	85,773,734	89,553,529	-3,779,795	
刊行事業収益	49,541,734	54,774,529	-5,232,795	
会報購読費収益	1,728,150	1,978,785	-250,635	
会誌購読費収益	3,947,933	3,947,933	0	
欧文誌購読費収益	9,796,073	10,714,353	-918,280	購読数減
会報別刷等収益	3,969,000	3,969,000	0	
会誌別刷・審査収益	390,000	660,000	-270,000	
欧文誌別刷・審査収益	21,912,000	24,720,000	-2,808,000	掲載論文数減
刊行事業広告収益	4,140,000	4,140,000	0	
講座・現代の金属学収益	0	2,029,637	-2,029,637	単行本収益に統合
金属化学入門シリーズ収益	0	2,067,267	-2,067,267	単行本収益に統合
単行本収益	3,158,578	47,555	3,111,023	講座・現代の金属学収益および金属化学入門シリーズ収益を統合
著作権料収益	500,000	500,000	0	
講演会・講習会事業収益	35,560,000	33,435,000	2,125,000	
講演大会参加費収益	23,890,000	25,140,000	-1,250,000	参加者減
講演概要集収益	0	0	0	概要集発行停止
講演大会懇親会参加費収益	1,050,000	480,000	570,000	秋期大会懇親会開催
金属学会シンポジウム参加費収益	1,800,000	900,000	900,000	シンポジウム開催増
金属学会シンポジウム予稿集収益	10,000	10,000	0	
セミナー参加費収益	3,590,000	1,530,000	2,060,000	セミナー開催増, オンライン教育講座開催
セミナーテキスト収益	30,000	30,000	0	
講演会・講習会事業広告収益	3,110,000	3,185,000	-75,000	
講演会・講習会事業収益	0	0	0	企業説明会なし
支部講演会・講習会事業収益	1,600,000	1,600,000	0	
講演会・講習会事業委託収益	480,000	560,000	-80,000	
調査・研究事業収益	0	0	0	
調査・研究事業収益	0	0	0	
表彰・奨励事業収益	672,000	1,344,000	-672,000	
審査・投稿料収益	672,000	1,344,000	-672,000	新技術・新製品投稿数減
受取補助金等	500,000	500,000	0	
受取国庫助成金	500,000	500,000	0	
受取地方公共団体補助金	0	0	0	
受取地方公共団体助成金	0	0	0	
受取負担金	0	0	0	
受取負担金	0	0	0	
受取寄付金	10,000,000	10,000,000	0	
受取寄付金	10,000,000	10,000,000	0	刊行事業拡充賛助寄付資金から振替
雑収益	151,070	50,630	100,440	
受取利息	1,000	560	440	
雑収益	150,000	50,000	100,000	
支部受取利息・雑収益	70	70	0	
経常収益計	186,640,002	192,518,211	-5,878,209	
(2)経常費用				
事業費	171,790,972	172,867,910	-1,076,938	
刊行事業費	80,009,402	84,019,662	-4,010,260	
給料手当	24,300,000	24,930,000	-630,000	派遣なし
退職給付費用	1,561,000	1,561,000	0	
福利厚生費	4,031,500	4,195,000	-163,500	
会報刊行費	33,698,206	29,857,726	3,840,480	カラーページ増
会誌刊行費	2,452,024	3,421,399	-969,375	冊子隔月発行
欧文誌刊行費	12,592,672	14,680,537	-2,087,865	掲載数減
学術図書類刊行費	1,374,000	5,374,000	-4,000,000	増刷減
講演会・講習会事業費	53,309,930	48,488,650	4,821,280	
給料手当	14,580,000	14,958,000	-378,000	
退職給付費用	936,600	936,600	0	
福利厚生費	2,418,900	2,517,000	-98,100	
講演大会開催費	24,662,000	20,592,900	4,069,100	現地開催会場費
講演大会懇親会費	1,040,000	1,300,000	-260,000	
本多記念講演開催費	128,800	117,640	11,160	
金属学会シンポジウム開催費	2,739,540	1,394,770	1,344,770	シンポジウム開催増
セミナー開催費	1,835,090	1,702,740	132,350	
国際会議開催費	0	0	0	
支部講演会・講習会開催費	4,969,000	4,969,000	0	

科 目	当 年 度	前年度予算額	増 減	備 考
調査・研究事業費	28,544,740	29,210,388	-665,648	
給料手当	2,430,000	2,493,000	-63,000	
退職給付費用	156,100	156,100	0	
福利厚生費	403,150	419,500	-16,350	
関連団体連携事業費	21,500	1,500	20,000	
日本工学会費	247,540	377,126	-129,585	
材料戦略委員会費	10,000	10,000	0	
科研費委員会費	1,000	1,000	0	
人材育成委員会費	140,000	140,000	0	
男女共同参画委員会費	100,000	170,000	-70,000	
調査研究委員会費	2,918,450	3,824,500	-906,050	Web 会議
研究会費	3,500,000	2,200,000	1,300,000	産学協創研究会開始
研究助成費	15,000,000	15,000,000	0	
企画委員会費	2,000	1,107,875	-1,105,875	Web 会議
セルフガバナンス委員会費	10,000	83,500	-73,500	
国際学術交流委員会費	1,751,000	1,372,288	378,713	
支部調査・研究事業費	1,854,000	1,854,000	0	
表彰・奨励事業費	9,926,900	11,149,210	-1,222,310	
給料手当	2,430,000	2,493,000	-63,000	
退職給付費用	156,100	156,100	0	
福利厚生費	403,150	419,500	-16,350	
名誉員費	251,700	232,000	19,700	
各種賞検討委員会費	2,256,550	1,544,350	712,200	Web 会議
学会賞費	583,850	1,037,110	-453,260	授賞内容見直し
学術貢献賞費	0	1,000	-1,000	
学術功労賞	0	0	0	
技術賞費	115,400	80,090	35,310	
技術開発賞費	321,900	1,374,560	-1,052,660	授賞数減
金属組織写真賞費	72,200	320,550	-248,350	
研究技術功労賞費	693,900	557,500	136,400	
功績賞費	143,250	158,900	-15,650	
功労賞費	0	0	0	
奨励賞・奨学賞等費	330,900	408,650	-77,750	
谷川・ハリス賞費	59,700	61,300	-1,600	
増本量賞費	204,350	212,350	-8,000	
まてりあ賞	5,100	4,700	400	
村上賞費	1,155,750	1,633,750	-478,000	授賞内容見直し
論文賞費	525,750	203,100	322,650	
フェロー費	4,350	37,700	-33,350	
支部表彰・奨励事業費	213,000	213,000	0	
管理費	21,123,800	22,764,100	-1,640,300	
給料手当	4,860,000	4,986,000	-126,000	
退職給付費用	312,200	312,200	0	
福利厚生費	806,300	839,000	-32,700	
会議費	700,000	869,000	-169,000	
旅費交通費	1,500,000	1,500,000	0	
通信運搬費	800,000	1,311,000	-511,000	電子化
減価償却費	161,000	189,200	-28,200	
消耗什器備品費	280,600	45,000	235,600	
消耗品費	4,750,000	5,458,000	-708,000	広報費用4,500,000円を計上
修繕費	10,000	10,000	0	
印刷製本費	500,000	530,000	-30,000	
光熱水料費	41,500	41,500	0	
賃借料	528,000	528,000	0	
保険料	13,000	13,000	0	
諸謝金	20,000	18,000	2,000	
租税公課	3,200,000	3,327,000	-127,000	
送金手数料	119,000	119,000	0	
支払負担金	50,000	123,000	-73,000	
システム管理費	390,000	478,000	-88,000	
委託費	1,582,200	1,567,200	15,000	
雑費	500,000	500,000	0	
経常費用計	192,914,772	195,632,010	-2,717,238	
評価損益等調整前経常増減額	-6,274,770	-3,113,799	-3,160,971	
評価損益等	0	0	0	
当期経常増減額	-6,274,770	-3,113,799	-3,160,971	

科 目	当 年 度	前年度予算額	増 減	備 考
2. 経常外増減の部				
(1)経常外収益				
経常外収益計	0	0	0	
(2)経常外費用				
固定資産除却損	0	0	0	
経常外費用計	0	0	0	
当期経常外増減額	0	0	0	
当期一般正味財産増減額	-6,274,770	-3,113,799	-3,160,971	
一般正味財産期首残高	1,074,545,441	1,060,813,360	13,732,081	
一般正味財産期末残高	1,068,270,671	1,057,699,561	10,571,110	
II. 指定正味財産増減の部				
特定資産受取利息	1,900,400	1,900,400	0	
未経過償還差額金の償却額	30,380	30,380	0	
刊行事業拡充賛助寄付金	50,000	50,000	0	
一般正味財産への振替額	11,980,780	11,900,400	80,380	10,000,000円を受取寄付金へ振替
当期指定正味財産増減額	-10,000,000	-9,919,620	-80,380	
指定正味財産期首残高	436,923,926	446,974,926	-10,051,000	
指定正味財産期末残高	426,923,926	437,055,306	-10,131,380	
III. 正味財産期末残高	1,495,194,597	1,494,754,867	439,730	

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



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
2022年6月				
1～3	第27回計算工学会講演会(秋田)	日本計算工学会	TEL 03-3868-8957 office@jsces.org https://www.jsces.org/koenkai/27/	
3	第140回学術講演会(早稲田大)	環境資源工学会	TEL 03-6459-2203 info@rpsj.org https://www.rpsj.org/	参加 5.18
3～5	2022年度塑性加工春季講演会(Web開催)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	
10	第87回技術セミナー 表面処理による防食技術(東京)	腐食防食学会	TEL 03-3815-1161 naito-113-0033@jcorr.or.jp https://www.jcorr.or.jp/	
15	第123回シンポジウム「金属3D造形の高精度化」(Web開催)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 jilm1951@jilm.or.jp https://www.jilm.or.jp/	定員 50名
16	機械材料・材料加工のシミュレーションと計測(第2回:複合材料の成形加工)(Web開催)	日本機械学会	https://www.jsme.or.jp/event/22-/29	
16～17	第62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
22～23	2022年度 溶接入門講座(WEB開催)	溶接学会	TEL 03-5825-4073 jws-info@tg.rim.or.jp http://www.jweld.jp/	申込 6.15
23～24	第3回トライボロジー入門オンライン講座(Web開催)	日本トライボロジー学会	TEL 03-3434-1926 jast@tribology.jp http://www.tribology.jp/	
28	第124回シンポジウム「衝撃工学の基礎と安全深化のための軽金属工業製品への応用」(Web開催)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 jilm1951@jilm.or.jp https://www.jilm.or.jp/	定員 90名
2022年7月				
6	第108回アノード酸化皮膜の機能化部会(ARS)例会—アルミニウムと樹脂の接合・接着—(Web開催)	表面技術協会・アノード酸化皮膜の機能化部会	TEL 079-267-4911 yae@eng.u-hyogo.ac.jp http://ars.sjf.or.jp/	6.24
6	第25回課題研究成果発表会(大阪+Web開催)	軽金属奨学会	TEL 06-6271-3179 grant@lm-foundation.or.jp	
6～8	第59回アイソトープ・放射線研究発表会(東京)	日本アイソトープ協会	TEL 03-5395-8081 gakujutsu@jrias.or.jp http://www.jrias.or.jp/	
7～8	第14回核融合エネルギー連合講演会—(Web開催)	日本原子力学会核融合工学会部会, プラズマ・核融合学会	TEL 052-735-3185 plasma@jspf.or.jp	
12～8.2	第424回講習会「環境対応と脱炭素の動向～工作機械と要素技術, 新たな規格まで～」(Web開催)	精密工学会	TEL 03-5226-5191 https://www2.jspe.or.jp/form/koshukai/koshukai_form.html	
13～14	2022年度粉末冶金入門講座 I (ハイブリッド開催)	粉体粉末冶金協会	TEL 075-721-3650 info@jspm.or.jp https://www.jspm.or.jp/	6.22
13～14	第26回動力・エネルギー技術シンポジウム(佐賀)	日本機械学会	TEL 03-4335-7615 https://www.ioes.saga-u.ac.jp/ex-event/PES26/index.html	
14～15	第62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
21～22	第56回 X線材料強度に関するシンポジウム(京都)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jimu@office.jsms.jp https://www.jsms.jp/	講演 4.1
24～29	The 9th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT9)(福岡)	触媒学会	atakagak@cstf.kyushu-u.ac.jp https://tocat.catsj.jp/9/	
25～8.8	2022年度溶接工学夏季大学(オンデマンド開催)	溶接学会	TEL 03-5825-4073 jws-info@tg.rim.or.jp http://www.jweld.jp/	
27～29	第28回結晶工学スクール(2022年)(ハイブリッド開催予定)	応用物理学会	TEL 03-3828-7723 fukui@jsap.or.jp https://annex.jsap.or.jp/kessho/contents/2022/school220727.html	参加 7.15
29	第101回レアメタル研究会(東大生産技研/Web開催)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
2022年8月				
3～6	ICYRAM2022(福岡)	MRS-Japan	TEL 092-802-2755 mtanaka@chem-eng.kyushu-u.ac.jp https://icyram2022.wixsite.com/official-site	
8～10	第19回日本熱電学会学術講演会(長岡)	日本熱電学会	TEL 093-884-3168 miyazaki.koji055@mail.kyutech.jp http://www.thermoelectrics.jp/conference2022.html	

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合せ先	締切
19	2022年度茨城講演会(茨城大)	日本機械学会関東支部	TEL 0294-38-5043 kotaro.mori.1@vc.ibaraki.ac.jp	
22~26	第10回対称性・群論トレーニングコース(つくば)	日本結晶学会	TEL 029-864-5196 tyoshimi@post.kek.jp http://pfwww.kek.jp/trainingcourse/	
24~26	日本実験力学会2022年度年次講演会(鳥取大)	日本実験力学会	TEL 025-368-9310 office-jsem@clg.niigata-u.ac.jp https://jsem.jp/event/Annual22/index.html	5.10
25~26	日本金属学会オンライン教育講座「結晶学の基礎」(Web開催)(本号365頁)	日本金属学会	☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312 meeting@jim.or.jp	8.16
26~27	第32回電顕サマースクール in 東京 旗の台(昭和 大)ハイブリッド	日本顕微鏡学会	TEL 03-6457-5156 https://www.em-summer-school.com/	
31~9.1	第14回「役に立つ真空技術入門講座」(Web開催)	日本表面真空学会 関西支部	TEL 079-267-4909 syoiin-yakunitatsu@jvss-kansai.jp https://www.jvss.jp/	定員 200名
2022年9月				
4~8	第18回アルミニウム合金国際会議(ICA18)(富 山)	軽金属学会	http://www.icaa18.org/	
4~9	第18回液体及びアモルファス金属国際会議 (LAM18)(広島)	第18回液体及び アモルファス金属 国際会議組織委員 会	TEL 082-424-6555 masinui@hiroshima-u.ac.jp https://lam-18.hiroshima-u.ac.jp/	
7~9	2022年度工学教育研究講演会(関東地区大学と Web開催)	日本工学教育協会	TEL 03-5442-1021 kawakami@jsee.or.jp https://www.jsee.or.jp/event/conference/	
9	第102回レアメタル研究会(東大生産技研/Web開 催)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
11~16	The 22nd International Vacuum Congress(IVC- 22)(札幌)	日本表面真空学会 日本学術会議	TEL 03-3812-0266 ivc22@jvss.jp https://ivc22.org/	
14~16	日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム (徳島大)	日本セラミックス 協会	TEL 03-3362-5232 fall35@ceramic.or.jp https://fall35.ceramic.or.jp/	
20~23	日本金属学会秋期講演大会(福岡工業大学)(予定) (本号359頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	講演 7.8 参加予約 9.2
28	日本金属学会秋期講演大会第8回「高校生・高 専学生ポスターセッション」(オンライン開催) (本号360頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	7.15
2022年10月				
19~21	第41回電子材料シンポジウム(EMS41)(榎原)	電子材料シンポジ ウム運営委員会	TEL 03-5841-3840 kazu-n@g.ecc.u-tokyo.ac.jp https://ems.jpn.org/	
2022年11月				
4	第103回レアメタル研究会(チタン関係シンポジ ウム)(東大生産技研/Web開催)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
7~9	第43回 超音波エレクトロニクスの基礎と応用 に関するシンポジウム(同志社大)	超音波エレクトロ ニクス協会	TEL 042-443-5166 h.nomura@uec.ac.jp https://www.use-jp.org/	
10~11	第58回 X線分析討論会(姫路)	日本分析化学会 X線分析研究懇 談会	TEL 079-267-4005 nozaki@eng.u-hyogo.ac.jp https://xbun.jsac.jp/conference/no58.html	
11	第24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/	
22~25	The 1st International Symposium on Iron Ore Ag- glomerates (SynOre2022)(第1回鉄鉱石塊成鉱 に関する国際シンポジウム)(島根)	SynOre2022組 織委員会, 日本鉄鋼 協会	TEL 03-6369-9984 synore2022@issjp.com https://synore2022.com/index.html	
2022年12月				
1~2	2022年度粉末冶金入門講座Ⅱ(ハイブリッド開 催)	粉体粉末冶金協会	TEL 075-721-3650 info@jspm.or.jp https://www.jspm.or.jp/	11.10
7~9	第49回炭素材料学会年会(姫路)	炭素材料学会	tanso-desk@conf.bunken.co.jp http://www.tanso.org/contents/event/ conf2022/index.html	
2023年1月				
6 or 13	第104回レアメタル研究会(貴金属シンポジウム) (東大生産技研/Web開催)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
7~8	第61回セラミックス基礎科学討論会(岡山大)	日本セラミックス 協会基礎科学部会	kishim-a@cc.okayama-u.ac.jp	

開催日	名称・開催地・掲載号	主催	問合せ先	締切
2023年3月 10	第105回レアメタル研究会(東大生産技研/Web開催)	レアメタル研究会	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	

～ お知らせ ～

日本金属学会の略称を「JIMM」に変更します。

これまで本会の略称として使用してきた「JIM」は企業の登録商標となっており、混乱を避けるために略称を「JIMM」に変更することにしました。合わせて、ロゴタイプを下記のように決めました（商標登録出願中）。



2021, 2022年度会報編集委員会 (五十音順, 敬称略)

委員長	竹田 修					
副委員長	田中 秀明					
委員	池尾直子	石川史太郎	井田駿太郎	植木 洸 輔	宇部 卓 司	大塚 誠
	大野直子	岡田周祐	川西 咲子	木口賢紀	北村一浩	國枝知徳
	小嶋隆幸	小島淳平	小柳 禎彦	小山元道	齊藤雄太	近藤亮太
	齊藤信雄	篠原百合	佐々木秀顕	佐藤豊人	芹澤 愛	鈴木賢紀
	鈴木真由美	田辺栄司	高島克利	高山直樹	堤 祐介	趙 研
	塚田 祐貴	寺本武司	圓谷貴夫	寺西 亮	轟 直人	土井康太郎
	徳永透子	長岡 亨	豊木研太郎	永井 崇	長谷川 誠	永瀬丈嗣
	袴田昌高	本間智之	春本高志	藤井 進	松本洋明	松浦昌志
	松垣あいら	宮崎秀俊	眞山 剛	三井好古	諸岡 聡	宮部さやか
	盛田元彰	山本剛久	山崎由勝	山中謙太	吉年規治	山本知一
	横井達矢	李 誠 鎬				

まてりあ 第61巻 第6号 (2022) 発行日 2022年6月1日 定価1,870円(本体1,700円+税10%)送料120円

発行所 公益社団法人日本金属学会

〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32

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

発行人 山村英明

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

発売所 丸善雄松堂株式会社

〒160-0002 東京都新宿区四谷坂町 10-10

Materials Transactions 投稿の手引き

Materials Transactions (Mater. Trans.)への投稿は、次の要件を満たさなければならない。

- (1) 英文であり、未掲載および他のジャーナルに投稿中でないことかつオリジナリティがあること (Materials Transactions 審査及び査読規程に定める範囲において、重複を認める場合がある)。
- (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) 軍事研究であると判断される内容を含んでいないこと。
- (4) 投稿規程に合致するものであること。
- (5) 別に定める執筆要領に準拠して作成された原稿であること。
- (6) 論文の著作権を本会に帰属することに同意すること。
- (7) 掲載が決定した場合は、この規程に定める投稿・掲載料を支払うこと。
- (8) 研究不正行為および研究不適切行為をしないことならびに研究不正行為をした場合は本会の定めるところにより処分を、研究不適切行為をした場合は本会の定めるところにより措置を受けることに同意すること。
- (9) 投稿原稿を作成する基となった生データ、実験・観察・研究ノート、実験試料・試薬等の研究成果の事後の検証を可能とするものを論文掲載後5年間保存することに同意すること。

1. Mater. Trans. に投稿可能な論文

(1) Regular Article (10頁以内)

金属及びその関連材料の理論、実験並びに技術などに関する学術上の成果を報告し、考察した原著論文で、科学・技術的に質の高い、新規な興味ある内容(結果、理論、手法等)が十分含まれている論文。

日本金属学会誌の学術論文または速報論文に Web 掲載後2年以内であれば、著者および内容が基本的に同一の場合に限り、英訳した論文を投稿できる。その事を脚注に明記する。ただし査読の結果、返却もあり得る。

なお、著者が迅速掲載を希望し、追加費用を負担する場合は、査読期間短縮を含め迅速掲載のための処理を行う。

(2) Review (15頁以内)

各専門分野の研究開発の背景や最近の状況及び今後の展望等について、重要な文献を引用して、各専門分野の専門家のみならず他分野の専門家や学生等も対象に、その概要を公正かつわかりやすく解説する論文。日本金属学会誌およびまてりあに Web 掲載後2年以内であれば投稿ができる。その事を脚注に明記する。また、日本金属学会誌およびまてりあ掲載論文と異なる部分がある場合は、その事を脚注に明記する。

(3) Overview (15頁以内)

単なる一般的な review ではなく、執筆者独自の考えに立って review し、取り上げた問題点の中において自説の位置付けを明確にした論文。ただし、事前に「タイトル」「氏名」「要旨」を編集委員会に提出し、了承を得た後、投稿する方式とする。日本金属学会誌およびまてりあに Web 掲載後2年以内であれば投稿ができる。その事を脚注に明記する。また、日本金属学会誌およびまてりあ掲載論文と異なる部分がある場合は、その事を脚注に明記する。

(4) Technical Article (10頁以内)

金属およびその関連材料の実験技術、製造技術、設備技術、利用技術など、技術上の成果、基準、標準化、データベースなど、および関連する事柄の調査、試験結果を報告した原著論文。

日本金属学会誌もしくはまてりあに Web 掲載後2年以内であれば、著者および内容が基本的に同一の場合に限り、英訳した論文を投稿できる。その事を脚注に明記する。ただし査読の結果、返却もあり得る。

(5) Current Trends in Research (10頁以内)

特集企画や受賞論文等を対象にした最近の研究動向について、関連論文を引用し、Graphical Abstract 等を利用しながらその概要をわかりやすく紹介する論文。

(6) Express Rapid Publication (4頁以内)

速報を要する短い論文。すなわち、新規性のある研究成果、技術開発に関する新知見、新アイデア、提案等。最短2週間で審査を完了する。迅速掲載のための費用を負担しなければならない。

(7) Opinion (2頁以内)

Materials Transactions に掲載された論文に対する意見、討論またはそれに対する著者からの回答とする。科学・技術的な発展に貢献できる内容であること。

(8) その他理事会で決議した分類

2. 投稿の方法

Mater. Trans. への投稿は <https://mc.manuscriptcentral.com/matertrans> にて原稿を提出する。

和文掲載済み論文の英訳論文の場合には、和文掲載済み論文 PDF も送付する。

3. 原稿

執筆要領に従って原稿を作成し指定のファイル形式に変換したものを提出する。

3.1 記載内容

①題目・著者名・研究機関、②英文概要・Keywords、③本文、④謝辞、⑤文献、⑥Appendix、⑦表・図説明一覧、⑧その後に各別紙の表・図を添付する。

3.2 単位

SI 単位を使用する。

3.3 引用文献・脚注

通し番号で^{1,2)}、あるいは³⁻⁶⁾のように表し、本文の末尾に一括記載する。著者名、誌名はすべて英語表記する(特に決まっていなものはローマ字表記する)。

4. 審査

投稿された論文は欧文誌編集委員会の独自の審査を経て欧文誌に掲載される。編集委員会から原稿の修正を求められ、あるいは返却されることがある。

5. 校正

初校は著者の責任で行う。著者校正は原則として1回とし、誤植の修正に限る。

6. 投稿者負担金

6.1 投稿・掲載費用を支払う(公開日から1年間有効の電子ジャーナル購読権 ID/Password を寄贈)。

6.2 カラー図表掲載を希望する場合は実費を負担する。(1図表当り1,100円(税込))

※オンラインジャーナルのみ(冊子・別刷はすべてモノクロ表示)。

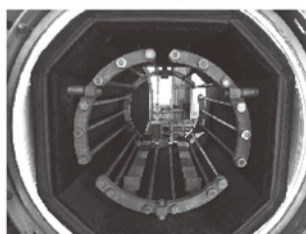
6.3 Regular Article の迅速掲載費用: 11,000円(税込)。

高断熱+省エネ

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

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

高温真空炉



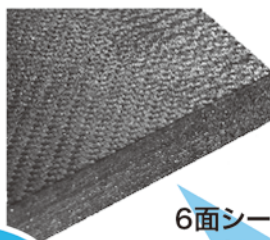
カーボンヒーター



シール



6面シート
貼り



カーボンフェルト



CO₂削減



メカニカルカーボン工業株式会社

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



日本金属学会発行誌 広告のご案内

まてりあ (会報)

前付) 1色1P ¥100,000 (税別) 1/2P ¥60,000 (税別)

後付) 1色1P ¥95,000 (税別) 1/2P ¥55,000 (税別)

※表紙回り、カラー料金等お問い合わせ下さい。

春・秋期講演大会プログラム

後付) 1色1P ¥70,000 (税別) 1/2P ¥40,000 (税別)

広告ご掲載についてのお問い合わせ・お申込み

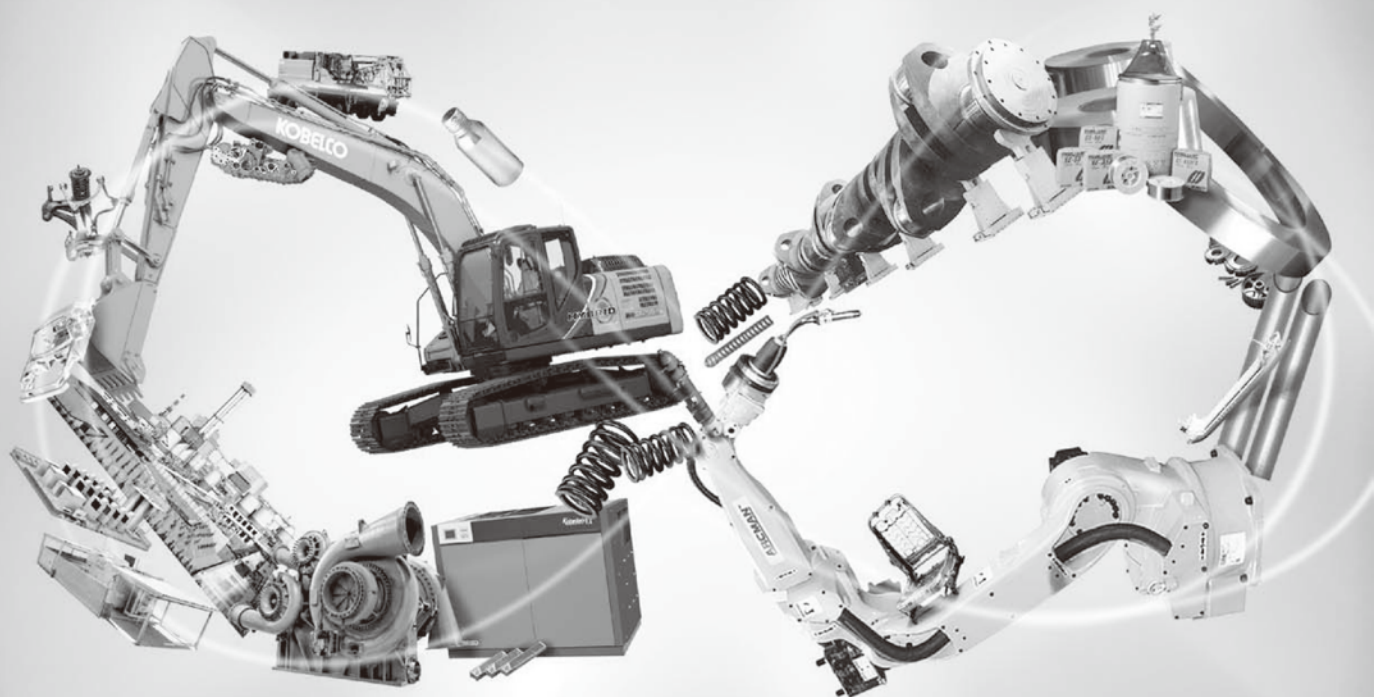
株式会社 明 報 社

〒104-0061 東京都中央区銀座7-12-4 友野本社ビル

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

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

領域を超えると、
可能性は無限大。



乗り物の軽量化。工場の省エネ化。水素ビジネスの推進。電力の安定供給。
人々の暮らしを支え、社会の課題に挑んできた私たちの独自の「技術力」は、
幅広い事業分野それぞれが持つ、知見を掛け合わせることで磨かれてきました。
これからも、複合経営ならではの領域を超えた開発力を活かし、
「技術」の無限の可能性に挑んでいきます。

「素材」「機械」「電力」で、未来を切りひらく。

KOBELCO
神戸製鋼グループ