

# Materia Japan

- 受賞者紹介(春)
- 記念  
講演 水素有効機能&新規化合物の超高压合成
- 記念  
講演 ステンレス鋼の不働態と局部腐食研究の進歩
- 材料科学の  
パイオニアたち 材料科学の先達 ~その2~

# まてりあ

Vol.55 MTERE2 55 (5) 181~250 (2016)

2016  
**5**

# 高純度 GfG

最高温度2,800℃

純度5PPM以下

## 汚れや飛散のないカーボン材料

■真空、高温炉内材料一式

■炉内部品取替工事

■炭素繊維高温材料

- カーボンヒーター
- 炭素繊維断熱材
- 炉内サポート治具
- 機械用カーボン
- 連続鑄造ノズル
- ホットゾーン改修工事



## メカニカルカーボン工業株式会社

本社・工場：〒247-0061 神奈川県鎌倉市台 5-3-25 TEL.0467(45)0101 FAX.0467(43)1680代  
事業所：東京 03(5733)8601 大阪 06(6586)4411 福岡 092(626)8745  
周南 0834(82)0311 松山 0899(72)4860 郡山 024(962)9155  
工場：広見工場 0895(46)0250 野村工場 0894(72)3625 新潟工場 0254(44)1185  
<http://www.mechanical-carbon.co.jp> E-mail: [mck@mechanical-carbon.co.jp](mailto:mck@mechanical-carbon.co.jp)



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

GDMS分析  
世界シェア No.1 

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

測定対象試料

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

“世界の分析リーダー”の技術を日本で——

An Evans Analytical Group Company

**NAN** ナノサイエンス株式会社

〒170-0013 東京都豊島区東池袋1-10-1 住友池袋駅前ビル7F

TEL.03-5396-0531(代) FAX.03-5396-1930

[E-mail]

[analysis@eag.com](mailto:analysis@eag.com)

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

# 5

2016  
Vol.55  
No.5

# まてりあ

◎ 会告原稿締切：毎月1日



翌月号(1日発行)掲載です。

表彰	第61回学会賞受賞者	181	第24回若手講演論文賞受賞者	189
	第57回技術賞受賞者	182	名誉員	189
	第66回金属組織写真賞受賞者	182	第26回優秀ポスター賞受賞者	190
	第47回研究技術功労賞受賞者	184	第24回奨学賞受賞者	193
	第74回功績賞受賞者	186	第66回金属組織写真賞受賞作品	194
	第55回谷川・ハリス賞受賞者	187	選評	198
	第22回増本量受賞者	188		

学会賞受賞記念講演	水素の有効機能と超高压法による新規水素化物・新規金属間化合物の合成	
	岡田益男	199

材料における水素の有効機能と、Ti系高容量水素貯蔵合金の紹介。超高压法によるMg, Fe系新規金属間化合物とMg, Li系新規水素化物の合成。

本多記念講演	ステンレス鋼の不動態と局部腐食研究の進歩 原 信義	207
--------	---------------------------	-----

不動態とその破壊に関する基礎的な研究の進歩が、高純度化や高合金化に頼らない新しい高耐食鋼開発の手掛かりを与えていることを紹介。

材料科学の パイオニアたち	材料科学の先達 その2 Curt Netto と日本 Metallurgy 事始め 田中和明	215
------------------	--	-----

明治時代、日本の大学で初めて金属学を講義したCurt Nettoの業績の数々を紹介。離日後のアルミニウム精錬分野での活躍も見逃せない。

新進気鋭	半導体点欠陥の第一原理計算 熊谷 悠	221
------	--------------------	-----

国際学会だより	第10回本会派遣 JIM/TMS Young Leader International Scholar 出張報告 小山元道	225
---------	--	-----

はばたく	企業での経験で広がった視野 大谷恭平	226
------	--------------------	-----

本会記事	会告	227	次号予告	243
	2016年秋期講演大会講演募集	230	2016年春期講演大会記録	244
	企業求人情報	238	行事カレンダー	246
	掲示板	238	追悼	249
	新入会員	241	平成28年熊本地震による被災者の会費免除の特例措置について	249
	会誌・欧文誌5号目次	242		

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

表紙デザイン：北野 玲  
複写をご希望の方へ

本会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(一社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター((一社)学術著作権協会が社内利用目的の複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合においては、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。

## 広告のご案内

### 春期・秋期講演大会プログラム

後付〉1色1P ¥70,000 1/2P ¥40,000

★★★ 各講演大会では、「付設展示会」も開催致します ★★★

#### 【講演大会・開催予定】

- ・2016年秋期講演大会  
会期:2016年9月21日(水)~23日(金)  
会場:大阪大学・豊中キャンパス
- ・2017年春期講演大会  
会期:2017年3月15日(水)~17日(金)  
会場:首都大学東京・大沢キャンパス
- ・2017年秋期講演大会  
会期:2017年9月6日(水)~8日(金)  
会場:北海道大学

### まてりあ(会報)

前付〉1色1P ¥100,000 1/2P ¥60,000

後付〉1色1P ¥95,000 1/2P ¥55,000

※表紙回り、カラー料金等お問い合わせ下さい。

※金額は全て税別です。

— 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

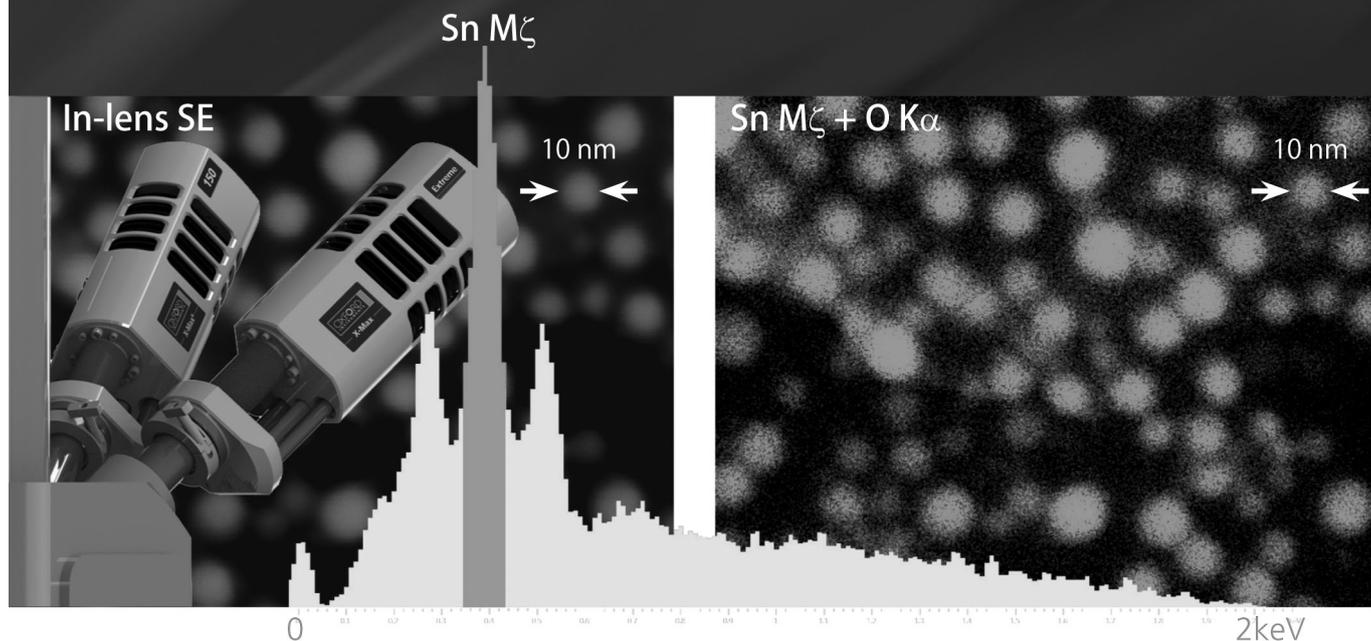
TEL : 03-3546-1337 FAX : 03-3546-6306

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

# X-Max Extreme

# EDS

## SEM用ウインドウレス型EDS検出器



### 高分解能SEM用EDSの空間分解能と感度のブレークスルー

革新的なジオメトリにより FEG-SEMにおける優れた感度と空間分解能を実現：

- ウインドウレス
- 低加速電圧条件下(1kV～)での高感度を実現
- 100mm<sup>2</sup> 検出素子
- 短ワーキングディスタンスに対応
- 加速電圧7kVまでの分析条件に対応
- 最新Tru-Q®アルゴリズムで正確な元素分析を実現

EDS resolution approaches that of the FEG-SEM

オックスフォード・インストゥルメンツ株式会社  
分析機器事業部  
東京都品川区東品川3-32-42 ISビル  
TEL: 03-6732-8967 / FAX: 03-6732-8939  
e-mail: na-mail.jp@oxinst.com

[www.oxford-instruments.jp](http://www.oxford-instruments.jp)

OXFORD  
INSTRUMENTS

The Business of Science®

# OIM 7.3

## A standard EBSD tool for microstructure analysis

OIM(Orientation Imaging Microscopy) は、EBSD法を用いたミクロな材料組織解析装置のスタンダードツールとして広く愛用されています。OIM7.3では、EBSDパターン像から反射電子像を構築するPRIAS法の機能を一段と充実させ、ますますミクロな材料組織解析装置として機能の充実をはかっています。

## OIM Data Collection 7.3

高速型検出器 Hikari Superは、定評のある3バンド法による指数付けを用い、最大測定可能速度1400ポイント/秒、実用レベルで600ポイント/秒の測定速度を実現しています。また、PRIAS法に用いるEBSDパターンの保存方法を改善し、PRIAS法をより使い易いものとなりました。

## OIM Analysis 7.3

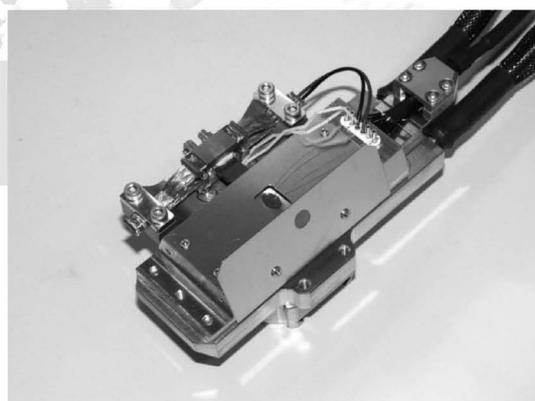
結晶方位差解析やHighlight 機能、In-Situ測定データへの対応等の機能強化により、より多彩な材料のミクロ組織の解析が可能となりました。また、多種多様なEBSD測定データを読み込み、OIMのデータと同様に解析することも可能となりました。

## In-Situ 実験装置

TSL ソリューションズでは、OIM と組み合わせて使用する、試料加熱装置、試料引張装置、試料曲げ装置などの開発・設計・製造・販売を行っています。試料加熱装置では、初めて試料加熱温度1000°Cにて安定したOIM観察を可能としました。また試料引張装置には圧縮試験用オプションジグも用意しました。



OIM 用試料引張装置(Max 1500N)



OIM 用試料加熱装置(Max 1100°C)



株式会社 TSL ソリューションズ  
252-0131 神奈川県相模原市緑区西橋本5-4-30 SIC2-401  
TEL: 042-774-8841, FAX: 042-770-9314  
e-mail: [info@tsl-japan.com](mailto:info@tsl-japan.com)  
Homepage: [www.tsl-japan.com](http://www.tsl-japan.com)

～2016年3月23日(水) 東京理科大学葛飾キャンパスにおいて、下記の方々が受賞されました。  
おめでとうございます。～

## 第61回 日本金属学会賞

(2016年3月23日)



八戸工業高等専門学校校長・東北大学名誉教授 岡田 益 男 君

岡田益男君は、1978年カリフォルニア大学バークレー校博士課程修了後、1979年東北大学工学部に助手として奉職し、その後、助教授を経て、1993年東北大学教授に就任した。2013年に退職後、八戸工業高等専門学校長として赴任し、現在に至っている。この間、科研費特定領域研究A「サブナノ格子物質におけるプロチウム新機能」研究代表者、総合科学技術会議材料検討委員会主査、日本学術会議第22期会員(第三部会)などを歴任し、材料工学の発展に貢献した。

主な研究業績として、水素吸蔵合金を主とした幅広い機能材料の分野において、組織と特性の関係を明らかにし、材料の高機能化や新規材料の創出に貢献している。具体的には BCC 系水素吸蔵合金において100°C以下で 3 mass%に達する水素吸放出を達成し(下記(1))、超高压法により Mg や Li 系新規水素化物と金属間化合物の合成に成功している(下記(2))。さらに、水素中熱処理により Mg, Al, Cu 系合金の微細組織を制御し、強度を向上させる(下記(3))など、金属材料における水素の有効利用という新たな学問領域を開拓したことが挙げられる。

### (1) 3 mass%の水素を吸放出する Ti-V-Cr 系 BCC 合金の開発

水素エネルギー社会に向けて、高容量な水素吸蔵合金の開発が望まれている。V 系合金や Mg 系合金が知られていたが、高い吸蔵量と低い作動温度の両者を満足する合金は開発されていなかった。この要請に対し、BCC 合金に着目し、100°C以下で 3 mass%の水素吸放出が可能な Ti-5V-57.5Cr 合金を開発した。この水素吸放出量は、現在でも100°C以下でのチャンピオンデータである。さらに、高価な V を全く含有しない Ti-Cr-Mo 系等において同様に 3 mass%の吸放出が可能な合金を見出した。高容量化の指針に関する論文では2005年日本金属学会論文賞を受賞している。

### (2) 超高压法による(Mg, Li)新規水素化物・金属間化合物の合成

高容量の水素化物を超高压法により探索し、Mg 系において25、Li 系で7つの状態図にない新たな水素化物や金属間化合物を発見した。例えば、水素貯蔵量が高い材料として Mg<sub>2</sub>Li 水素化物(>8 mass%)、新規な金属間化合物として MgCu や MgNi が合成された。従来、超高压法は合金探索にはほとんど利用されていなかった。その理由は、多くの合金は最密充填構造をとるため高压により構造変化する余地はないと考えられていたからである。しかし、水素を含有する系や、圧縮率が大きい元素との組み合わせでは新化合物が得られると着想し、実際に合金開発における超高压法の有効性を実証した。

### (3) 水素処理による(Mg, Al, Cu)系合金の微細組織制御と高機能化

Nd-Fe-B 系永久磁石合金において水素を活用した結晶粒微細化(HDDR 処理)法が報告されている。受賞者はこの手法が構造材料の Al 合金、配線材料の Cu 合金等、主要元素が水素との親和力が弱い実用合金系にも適用可能であることを初めて見出した。具体的には、Cu-3 mass%Ti 合金の結晶粒径が水素吸放出により 20～50 nm にナノ微細化されることを見出した。これは従来技術により微細化された Cu 合金と比較して一桁小さい粒径である。さらに、水素中熱処理では、合金の機械的強度と電気伝導率を同時に向上することができ、強度 1100 MPa、電気伝導率21%IACS を達成した。この知見は、時効析出型合金に水素処理を施すことで析出物をさらに微細化できる可能性を示唆し、他の合金系についても高強度化をもたらす熱処理として注目されている。



第57回 日本金属学会技術賞 受賞者(2名)

(2016年3月23日)



[磁性材料及び磁気応用に関する研究開発]

新日鐵住金㈱先端技術研究所上席主幹 坂本 広明 君

受賞者は、マイクロ組織の制御による高特性化によってモーターの高性能化や小型化、等に大きく寄与しているNdFeB系希土類磁石合金の特性改善の研究開発に従事した。また、鋼材のマイクロ組織あるいは応力とバルクハウゼン現象との関係の基礎的な研究から、それを応用した鋼構造物の応力診断技術の研究開発にも従事してきた。その中で、マイクロ組織と磁気特性の関係の研究から、磁気応用技術としての実用化研究まで、その内容は当該分野の発展に大きく貢献した。



[原子・ナノ組織解析を活用した特殊鋼製品の開発]

新日鐵住金㈱先端技術研究所部長 佐野 直幸 君

受賞者は、アトムプローブ法(APFIM)および透過電子顕微鏡法(TEM)による微細組織解析を通して、相変態と関連した鉄鋼材料の特性発現の機構解明に取り組み、種々の高性能鉄鋼製品の研究開発や実用化を推進してきた。中でも自動車用の特殊鋼製品の分野においては、破断分割製法で製造される高強度クラッキングコンロッド用鋼や、微量なMoを添加することで従来必須であった焼準処理を省略可能とした高強度軟窒化クランク用鋼の開発に従事し、それらは工業的に価値が高くまた学術的にも興味深いものである。

第66回 日本金属学会金属組織写真賞 受賞者(15名)

(2016年3月23日)

最優秀賞 1件(5名)

[第1部門] 光学顕微鏡部門

[六方晶マンガニ酸化物における渦状ドメイン構造]



九州工業大学大学院  
工学研究院  
准教授

堀部 陽一 君



Ulsan National  
Institute of Science  
and Technology

Yoon Seok Oh 君



Seoul National  
University

Seung Chul Chae 君



University of Science  
and Technology Beijing

Xueyun Wang 君



Rutgers University

Sang-Wook Cheong 君

優秀賞 2件(10名)

[第2部門] 走査電子顕微鏡部門

[SEMによる磁気イメージング～環状検出器によるL1<sub>0</sub>型CoPt合金の磁区構造観察]



九州大学大学院  
総合理工学府

赤嶺大志 君



九州大学大学院  
総合理工学府

奥村 聡 君



九州大学大学院  
総合理工学研究院  
助教

Sahar Farjami 君



九州大学大学院  
工学研究院  
教授

村上恭和 君



九州大学大学院  
総合理工学研究院  
教授

西田 稔 君

[第3部門] 透過電子顕微鏡部門

[Ti-20Nb-0.7O合金における等温 $\alpha''$ マルテンサイトの生成・成長過程]



東京工業大学  
精密工学研究所  
助教

田原正樹 君



東京工業大学  
精密工学研究所  
准教授

稲邑朋也 君



筑波大学大学院  
数理物質科学研究科  
教授

金 熙 榮 君



筑波大学大学院  
数理物質科学研究科  
特命教授

宮崎修一 君



東京工業大学  
精密工学研究所  
教授

細田秀樹 君



日鉄住金テクノロジー㈱君津事業所研究試験部 伊東和広君

受賞者は、EPMA や X 線回折法を用いて、鋼中の元素分布や集合組織、結晶構造および鋼材中の残留応力分布を明らかにすることに貢献してきた。特に、分析の定量性や分析の精度向上に積極的に取り組み、試料作製の創意工夫や作業効率の向上に努めてきた。さらに、日々進歩する測定・解析技術にも対応し、具体的には、 $2\theta\text{-sin} 2\psi$  法による応力測定技術や X 線集合組織解析における ODF (結晶方位分布関数) 対応など、常に最新データを出し続けてきたことは特筆すべきものである。



東北大学多元物質科学研究所技術室 柏原守好君

受賞者は、1971年東北大学科学計測研究所(現多元物質科学研究所)に入所以来42年にわたり新規科学計測手法の研究・開発に対する技術支援の中心的存在として教育研究を支えてきた。特に、レーザー分光用超電導マグネット、ツェルニーター型トリプルモノクロメーター、内殻励起分子動力学実験装置など大型および微細分光装置開発に多大な寄与をした。また精密機械加工技術、超高真空容器に係る接合技術の開発にも先導的な役割を担うなど、先端計測機器開発や材料研究の発展に大きく貢献した。



新日鐵住金㈱広畑製鐵所設備部 構 雅敏君

受賞者は、厚板工場に9年、設備技術部門に37年間在籍し、操業知識と開発業務経験を有効に活かして数多くの技術開発に果敢に挑戦し、製鐵所の各ラインの操業安定化・品質改善や、新商品の開発等に大きく貢献した。主な例として、電気制御技術を応用した鋼板静電気除去技術の開発、磁力線による鋼板蛇行防止技術の開発、多目的実験用の鋼板連続通板パイロットラインの開発等が挙げられる。また、後進の育成にも注力する等、社業の発展への寄与も大きく、その功績は顕著である。



金沢大学技術支援センター 菊地 遵一君

受賞者は、技術支援センターの技術職員として、39年間にわたり金属加工技術の向上に取り組み、その技術を用いて多くの教職員に対する技術支援に尽力し、多くの研究成果に多大なる貢献を行ってきた。その中で特筆すべきは、強い探究心をもってこれまでに蓄積された技術を駆使し一連の紐結び装置を10年にわたって教員と共同で開発を行い、その間特許も取得したことが挙げられる。さらに若手の技術職員に長年にわたり3D-CADなどを駆使した金属加工の指導にもたゆまない努力を行ってきた。



東京大学大学院工学系研究科 杉田 洋一君

受賞者は、28年間にわたり、各種のオリジナリティーに富むプラズマプロセス装置の作製、冷却部に精密な加工を必要とするコールドクルーシブルの製作など、多様な研究室からの実験装置の設計、製作、改良、実験試料の加工などの要望に丁寧に対応し、自ら工夫した工作法で研究者の要望を取り入れた装置の製作に携わり、それぞれの分野の研究進展を支えてきた。学科内の教育に関しては、CAD・CAMの授業、機械工作演習などを担当するとともに、研究・実験の安全教育の講師を担当するなど学生に対する教育面での貢献も大きい。



JFE スチール㈱スチール研究所鋼管・鋳物研究部 高橋 寿夫君

受賞者は、入社以来30年以上にわたり、鋼管製品の研究開発のための各種実験、材料試験、利用加工評価実験を担当し新プロセス・新商品開発の研究補助業務に広く従事した。例えばステンレス継目無鋼管のマンネスマン方式による製造技術開発実験や、世界初の4ロール電縫鋼管絞り圧延実験の実施、加えて様々な加工評価試験の主導による高機能自動車用電縫鋼管開発の一翼を担った。現在は研究開発の実験リーダーとしてグループを指揮しつつ後輩育成にあたり、安全・衛生等に及ぼす貢献は顕著である。



新日鐵住金㈱技術開発本部尼崎研究支援室 中 手 雅 則 君

受賞者は、入社以来40年間にわたり一貫して材料研究開発に従事し、薄鋼板から Ti, Zr, Mg および Al 等の非鉄合金まで、多種多様な金属材料の高機能化に大きく貢献した。純 Ti の冷間圧延工程の合理化や、熱間プレス工法の工夫による部分強化した自動車の衝突安全用部材の開発など、材料の製造から利用技術に至るまで広範囲な成果をあげてきた。特に、手法が確立されていない研究開発業務の中で、幅広い知見と探究心で新たな実験・評価方法を考案し、多くの新材料・新製品の開発につなげた功績は顕著である。



鹿児島大学大学院理工学研究科技術部 前 田 義 和 君

受賞者は、1980年4月1日に鹿児島大学工学部機械工学第二学科材料工学講座採用後、一貫して鹿児島大学に勤務し、平成21年技術部システム情報技術系主任に昇格、2013年同技術班長に昇格した。長年に渡り、高機能高炭素鋼、特に「黒鉛鋼に関する研究」に、熱処理・試料研磨・組織観察、摩耗試験機作成など多岐にわたって作業面で多大な貢献をした。教育面においては、「機械工学実験」などで学生に指導あるいは補助業務を担当してきた。長年にわたって材料関係の研究および教育に取り組んできた業務は高く評価できる。



北海道大学大学院工学研究院技術部 宮 崎 宣 幸 君

受賞者は、約30年間にわたり TEM, SEM などの電子顕微鏡, EPMA, XRF, XRD などの元素分析・結晶構造解析装置、その他多くの機器の維持管理およびオペレータ業務に従事し、多くの教員や学生たちに対して技術指導を行ってきた。特に、EPMA については、長年にわたるその分析技術の研鑽により、金属、合金、セラミックなど材料研究の分野において、多くの教員や研究者たちからこの上なく高い信頼と評価を集め、学内研究成果の結実にきわめて大きな貢献をした。



日鉄住金テクノロジー㈱富津事業所総合試験課 渡 辺 史 朗 君

受賞者は、40年間にわたり鉄鋼製造と研究開発支援業務に従事し、材料評価装置の新規立ち上げと安全性の向上、また、評価技術の考案や標準化など、多岐におよぶ多大な貢献を果たした。特に、自動車用薄板材料の研究開発においては、薄板の高精度 CAE 解析のための材料パラメータ同定試験作業や高強度鋼板の伸びフランジ破断対策など、多くの重要な開発に関わり、何れも随所に創意工夫を発揮して成果に繋げた。現在は、さらに後進の育成指導や技能伝承にも熱心に取り組むなど、研究開発への功績は極めて顕著である。





### [物性部門]

[金属ガラスの緩和・複合化および金属溶湯中での脱成分技術に関する研究]

東北大学金属材料研究所教授 加藤 秀実君

受賞者は、金属ガラスやアモルファス合金等の非平衡準安定金属材料の緩和現象およびその複合材料化プロセスに関する研究に従事してきた。主な業績として、金属過冷却液体の粘性流動の非線形化に関する研究、その場反応分散・急冷凝固プロセスによる金属ガラス複合材料の開発に関する研究である。また最近では、後者の研究を展開して金属溶湯中における脱成分技術を開拓し、種々の卑・半金属材料のオープンセル型ポーラス材料の開発に繋がったことが高い評価を受けている。



### [組織部門]

[マルテンサイト変態の結晶学と機能性チタン基合金の設計原理に関する研究]

東京工業大学精密工学研究所准教授 稲 邑 朋 也 君

受賞者は、マルテンサイト変態に関する結晶学的研究と、それらを基にした機能性チタン基合金の高性能化原理に関する研究に従事しており、①形状記憶合金では晶癖面バリエーション間に存在する変形の不連続性が自己調整組織の結晶学的性格を決定する普遍的因子であること、② $\beta$ チタン合金において実用レベルの超弾性を得るための合金設計・集合組織制御の指針、③生体用チタン合金を極限まで低ヤング率化するための Goss 方位形成条件などを明らかにし、マルテンサイト変態に関する学理の深化と、多様な機能性チタン基合金の研究開発に貢献している。



### [組織部門]

[超弾性合金の合金設計とマイクロ組織制御に関する研究]

東北大学大学院工学研究科准教授 大 森 俊 洋 君

受賞者は、合金状態図研究に立脚した合金設計とマイクロ組織制御の研究で優れた業績を挙げた。主な功績は、銅系超弾性合金の異常粒成長と集合組織制御による大断面超弾性合金の開発、鉄系合金の BCC/FCC マルテンサイト変態の熱力学解析とマイクロ組織制御による超弾性の発現、Co 基超耐熱合金の合金設計指針の確立と材料開発などである。これらの成果は、新規構造・機能材料の創製とその基礎学理の構築に寄与するものである。



### [力学特性部門]

[方位制御結晶の利用による各種高機能構造材料創成に関する研究]

大阪大学大学院工学研究科准教授 萩 原 幸 司 君

受賞者は、遷移金属シリサイド等の超高温構造材料、軽量高強度 Mg 基 LPSO 合金、さらには (Mg, Ca) 基生分解性化合物合金など、力学機能に加え他の複数機能を付加的に有する。次世代機能性構造材料として期待される一連の新材料開発、機能発現に関する系統的な研究を行い、優れた業績を挙げている。単結晶、方位制御結晶を用いることで、塑性変形を転位構造、面欠陥の安定性といった微視的視点から捉え、特異な各種物性の発現機構、支配因子を解明している。それらを直接的に実用応用する方策も検討するなど、今後の更なる展開が期待される。



### [材料化学部門]

[生体用金属材料の腐食特性評価と表面処理]

物質・材料研究機構 MANA 研究者 廣 本 祥 子 君

受賞者は、生体用金属材料の腐食特性評価および表面処理に関する研究に従事している。具体的には、以下の先駆的な研究に取り組んできた。①細胞培養下での電気化学測定セルを開発し、細胞による 316L ステンレス鋼の耐孔食性の低下を報告した。②アモルファス合金の生体材料応用を提案し、高耐食性と低ヤング率に起因する骨再生の促進を明らかにした。近年は、③生体吸収性 Mg 合金の水溶液処理による水酸アパタイト被覆法を開発し、被覆による腐食速度制御や細胞適合性の改善などに取り組んでいる。



### [材料プロセッシング部門]

[急速凝縮に基づくナノ組織制御プラズマスプレー技術開発]

東京大学大学院工学系研究科准教授 神原 淳君

受賞者は、高温蒸気の急速共凝縮過程の理解とその制御に基づいた材料の高機能化と高速度を両立しうるプロセッシングの開発に従事してきた。主な功績として、液体様ナノクラスタの生成・成膜ダイナミクスの解明とこれに基づく超高速エピタキシャル成膜技術の開発、並びに不均質核生成を利用した複合構造ナノ粒子の高速形成による高密度リチウム2次電池の開発としてその効果を実証した。現在、多元系バルクウエハ製造技術として高度化を進めると共に、産業界と連携してエネルギー分野への応用展開を推進している。



### [工業材料部門]

[集合組織制御による優れた室温成形性を有するマグネシウム合金板材の開発]

産業技術総合研究所研究グループ長 千野 靖正君

受賞者は、マグネシウム合金展伸材の集合組織制御に関する研究開発に取り組み、室温成形性を改善するための数多くの技術シーズを創出してきた。代表的な成果としては、① Mg-Ce 系合金、② Mg-Zn-X 系合金 (X=Ce, Y, Ca 等)、③ 汎用 (Mg-Al 系) 合金の集合組織を制御するための圧延技術の開発、及びそのメカニズム解明が挙げられる。一連の成果は、当該分野を先導するものとして国内外で高く評価されている。また、工業的観点から産業界との連携を積極的に推進し、顕著な成果を残しつつある。



### [工業技術部門]

[部分転位の反復運動による耐疲労特性改善と制振ダンパーへの応用]

物質・材料研究機構主席研究員 澤口 孝宏君

受賞者は、鉄系形状記憶合金として知られる Fe-Mn-Si 合金が、引張圧縮変形下で正逆二方向のマルテンサイト変態を、受動的かつ可逆的に行う新現象を観察した。この繰り返し変形下の組織変化を部分転位の反復運動としてモデル化し、新しい耐疲労合金設計指針を提案した。その結果開発された新合金は従来比10倍の疲労耐久性を示し、長周期・長時間地震動に対応可能な制振ダンパーとして、共同研究企業により超高層ビルへの実装を達成し、社会インフラ長寿命化の材料技術として評価されている。

## 第55回 日本金属学会谷川・ハリス賞 受賞者(4名) (2016年3月23日)



[先進酸化物分散強化(ODS)合金の創製と実用化に関する研究]

北海道大学大学院工学研究院教授 鵜飼 重治君

受賞者は、メカニカルアロイングによる酸化物粒子の強制分解・析出を利用したナノ粒子分散技術を創出し、ODS合金のナノスケールからミクロンスケールに至る組織制御技術を開発した。マルテンサイト系 ODS 鋼では準安定フェライト相の制御とこれによる高温強度発現機構を解明して実用化のための基盤を確立した。フェライト系 ODS 鋼では冷間圧延-再結晶組織、Ni 基 ODS 超合金ではゾーンアニリングによる一方向再結晶組織について、これらの組織発達機構を解明し実用材製造のための新たな制御指針を構築した。



[高温高圧水中における金属材料の腐食・防食に関する研究]

東北大学理事・工学研究科教授 原 信義君

受賞者は、水溶液腐食に関する広範な研究を展開する中で、実験的研究が難しい高温高圧水中における腐食・防食の研究にも注力し、多くの成果を上げてきた。軽水炉冷却水環境で使用できる各種化学センサ(pH, 溶存水素, 溶存酸素など)および照合電極の開発研究を行った他、純水中での電気化学分極曲線の精密測定と解析を行って腐食電位の推定方法などを提案した。さらに超臨界水環境或使用済み核燃料再処理環境などの高温特殊環境における腐食についても先駆的研究を行い、軽水炉の信頼性・安全性の向上や新規プロセスの開発に貢献した。



[金属および酸化物材料の組織組成制御による機能性構造材料の創成に関する研究]  
北見工業大学工学部マテリアル工学科教授 平 賀 啓二郎 君

受賞者は、金属および酸化物を対象に、特性発現機構と微視組織との関係について新知見を得て材料設計指針を導き、新機能を付与した構造材料を実現した。前者ではとくに、鉄基超合金の低温磁気変態、相安定性、強度の支配因子を明らかにし、4 Kでも高強度・靱性でかつ弱磁性の材料を創成した。後者では正方晶  $ZrO_2$  等よりなる微細粒材料の高温変形における局所応力集中・緩和、粒界損傷の発生・成長、微視き裂形成、破断の過程と関与機構を明らかにし、高速超塑性材料を創成するなど、本分野の発展に貢献している。



[金属・無機材料の微細組織形成と安定性に関する研究]  
九州大学大学院工学研究院教授 松 村 晶 君

受賞者は、金属・無機結晶材料の相変態や格子欠陥生成に伴う微視組織形成と安定性に関して精力的に研究を行ってきた。特に、定量電子回折・電子顕微鏡法について早くから独自の手法を確立して、Ni基規則合金の短範囲規則状態と長範囲規則状態への発展過程の原子構造や三元合金の各元素の規則化速度を実験から初めて明らかにした。さらにスピネル化合物や蛍石型結晶酸化物の高速重イオンや高速電子照射によって引き起こされる局所的な不規則化挙動と格子欠陥構造についても顕著な成果を挙げている。

第22回 日本金属学会増本量賞 受賞者(2名) (2016年3月23日)



[電磁波と材料の相互作用を利用した機能材料と材料評価に関する研究]  
東京大学大学院工学系研究科教授 香 川 豊 君

受賞者は、様々な波長の電磁波と材料の相互作用を利用した新規機能を構造用材料に付与した材料を提案し実証してきた。また、電磁波と材料の相互作用を利用した新たな評価手法を開発してきた。可視光領域で透明なオプトメカニカル複合材料、近赤外光領域で輻射熱エネルギーを制御する耐熱コーティング材料、可視光とミリ波帯域の異なる波長領域を透過・遮蔽する複合材料、材料中での透過時間差を利用した光散乱の定量評価、ミリ波領域の電波を利用した複合材料の検査手法の開発などに大きく貢献した。



[パワー半導体材料の高品質化および光電子素子応用に関する研究]  
物質・材料研究機構部門長 小 出 康 夫 君

受賞者は、禁制帯幅の広いパワー半導体材料の高品質な単結晶薄膜の結晶成長と光電子素子開発に関する基盤的研究において卓越した業績を挙げた。今日の GaN/AlGaN 系高効率発光素子の発展と2014年ノーベル物理学賞につながる礎を築いた。またダイヤモンド半導体の低抵抗オーム性電極および高抵抗整流性電極材料の開発、並びに異種材料接合界面の電子物性制御と物性理解を通して、高性能なトランジスタおよびマイクロ電子機械スイッチの開発に成功し、世界を先導する貢献を果たした。



第24回 日本金属学会若手講演論文賞 受賞者(3名)

(2016年3月23日)



1.  $L1_0$  型 FePtRh 規則合金薄膜の磁気相転移と格子歪みとの相関 (日本金属学会誌79巻9号)

秋田大学大学院工学資源学研究科助教 ○長谷川 崇 君

秋田大学大学院工学資源学研究科 木村 詩織 君

秋田大学大学院工学資源学研究科 虻川 卓憲 君

Ioffe Physical-Technical Institute, Russian Academy of Sciences Albert A. Valiullin 君

Ioffe Physical-Technical Institute, Russian Academy of Sciences 教授 Aleksandr S. Kamzin 君

School of Computer Science, University of Manchester Craig Barton 君

School of Computer Science, University of Manchester 教授 Thomas Thomson 君

秋田大学大学院工学資源学研究科教授 石尾 俊二 君



2.  $Ti_{50-x}Ni_{40+x}Cu_{10.0}$  合金におけるマルテンサイト変態のNi組成依存性 (日本金属学会誌79巻9号)

東北大学大学院工学研究科 ○木村 雄太 君

東北大学大学院工学研究科 許 晶 君

東北大学大学院工学研究科准教授 大森 俊洋 君

東北大学大学院工学研究科教授 貝 沼 亮 介 君



3. Automatic Reconstruction Approach to Characterization of Prior-Austenite Microstructure in Various Japanese Swords

(Materials Transactions, 56巻10号)

島根大学戦略的研究推進センター特任助教 ○PHAM Hoang Anh 君

島根大学大学院総合理工学研究科教授 大庭 卓也 君

島根大学大学院総合理工学研究科准教授 森戸 茂一 君

島根大学総合科学支援センター助教 林 泰輔 君

日本金属学会名誉員(1名)

(2016年3月23日)



東京大学名誉教授・  
高知工科大学名誉教授

佐久間健人 君



伸線加工されたCu-Pd-Ag合金の微細組織観察 (P70)

茨城大学 安達直紀君, 横山達也君, 岩本知広君, ヨコオ 渡邊文男君, 千葉県産業支援技術研究所 西村祐二君



ラーベス相MgX<sub>2</sub>の相安定性に関する第一原理計算 (P96)

九州工業大学 河野翔也君, 九州工業大学, JST-ALCA 飯久保智君, 東北大学, JST-ALCA 大谷博司君



Cr, Ir共添加NbSi<sub>2</sub>/MoSi<sub>2</sub>複相シリサイドの力学特性 (P116)

大阪大学 池西貴昭君, 荒木晴香君, 萩原幸司君, 中野貴由君



Mg<sub>85</sub>Zn<sub>6</sub>Y<sub>9</sub>合金長周期積層構造相のマイクロせん断試験 (P94)

熊本大学 久間康平君, 峯 洋二君, 高島和希君



高速変形によるCoCrFeMnNi系HEAの変形帯形成 (P56)

神戸大学 今倉伸浩君, 池尾直子君, 物質・材料研究機構 Alok Singh君, Ivan Gutierrez Urrutia君, 大澤嘉昭君, 土谷浩一君, 神戸大学 向井敏司君



Ti合金ならびに各種純金属上の骨芽細胞挙動に及ぼす熱酸化処理の影響 (P82)

愛媛大学 清兼友理子君, 小林千悟君, 岡野 聡君, 岡本威明君



Ti不働態皮膜中に存在する結合水量と皮膜厚さとの関係 (P42)

関西大学 今村昌仁君, 春名 匠君



Mn<sub>x</sub>Ga合金の作製とメスbauer分光法による超微細磁気構造解析 (P63)

東北学院大学 越場 昂君, 嶋 敏之君, 土井正品君



Pd/AlN多層薄膜の水素化in-situ XRD観察 (P72)

東京理科大学 大西悠介君, 石黒 孝君, 東京工業大学 春本高志君



Mn-Al合金に対する磁場中熱処理効果 (P68)

鹿児島大学 小林領太君, 三井好古君, 東北大学 梅津理恵君, 高橋弘紀君, 水口将輝君, 高梨弘毅君, 鹿児島大学 小山佳一君



走査電子顕微鏡による新規磁気イメージング法の開発 (P139)

九州大学 奥村 聡君, 赤嶺大志君, Sahar Farjami君, 村上恭和君, 西田 稔君



純チタン圧延再結晶板における引張変形挙動の異方性におよぼす結晶方位の影響 (P109)

京都大学 佐治奈萌子君, 金沢大学 國峯崇裕君, 京都大学 柴田曉伸君, 辻 伸泰君



高圧下ねじり加工により作製したバルクω-Tiの結晶配向・力学特性へ及ぼす酸素量の影響 (P115)

豊橋技術科学大学 金澤優徳君, 戸高義一君, 足立 望君, 中北貴大君, 山口大喜君



AZ91D合金の高温引張及びクリープ特性に及ぼす単軸高温プレスの影響 (P97)

首都大学東京 鈴木大志君, 北園直樹君, 山口凜太郎君, 北園幸一君



CeO<sub>2</sub>ナノ粒子による薄膜の作製と評価 (P37)

名古屋大学 唐井利賢君, 服部隆志君, 小林克敏君, 小澤正邦君



有限温度下における純マグネシウム中<a>らせん転位の移動性評価 (P121)

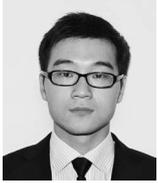
大阪大学 高橋和平君, 石井明男君, 君塚 肇君, 尾方成信君



不活性窒素 Ga-Al 融液を原料とする新たな AlN 結晶成長法の開発 (P76)  
 東北大学 **高橋慧伍君**, 安達正芳君, 大塚 誠君, 福山博之君



鉛フリーはんだの粘度測定システムの開発 (P46)  
 茨城大学 **橋本康孝君**, 太田弘道君, 西 剛史君



Structure and Magneto - dielectric Responses of 2D Co/AlF Granular Films (P47)  
 東北大学 **曹 洋君**,  
 電磁材料研究所 小林伸聖君,  
 東北大学 張 亦文君,  
 電磁材料研究所, 東北大学 大沼繁弘君,  
 東北大学 増本 博君



CrAlGe の結晶構造と磁性 (P67)  
 鹿児島大学 **福田雄介君**, 藤井伸平君



ヒドラジン還元剤として用いた液相合成による Ni ナノ構造体の形態制御 (P54)  
 東北大学 **佃 諭志君**, 藤枝 俊君, 鈴木 茂君



生体内分解性 Mg-Zn 合金の高強度化および分解性評価 (P80)  
 神戸大学 **藤原健吾君**,  
 Brown Univ. Kim Yoojin 君,  
 神戸大学 池尾直子君, 向井敏司君



異種アニオン含有塩水環境下における Ca 添加難燃性 Mg 合金 AZ61 の腐食挙動 (P44)  
 芝浦工業大学 **綱川美佳君**, 石崎貴裕君



Ti-Al-Nb-Zr 合金の耐酸化特性と力学特性 (P108)  
 芝浦工業大学, 物質・材料研究機構 **松永紗英君**, 芝浦工業大学 芹澤 愛君, 物質・材料研究機構 御手洗容子君



Al-Mg 合金の局所変形過程におよぼすひずみ速度の影響 (P88)  
 コベルコ科研 **常石英雅君**, 田口秀幸君, 森野勝也君, 八橋篤志君, 池田健一君



Mg-Zn-Y 系 LPSO 単結晶に形成するキンク変形帯近傍の転位分布 (P101)  
 熊本大学 **松本 翼君**, 山崎倫明君,  
 大阪大学 萩原幸司君,  
 熊本大学 河村能人君



Cu-Cr-Zr 合金のクリープ疲労における転位組織変化の ECC 観察 (P90)  
 東京大学 **出口雅也君**,  
 ISAS/JAXA 戸部裕史君, 佐藤英一君



Ti-2at%Mo 合金のスピンノードル分解挙動ならびに機械的特性に及ぼす酸素の影響 (P81)  
 愛媛大学 **宮本裕太君**, 小林千悟君,  
 岡野 聡君, 阪本辰頭君



摩擦重ね接合法による Al 合金と炭素繊維強化熱可塑性樹脂の異材接合 (P141)  
 大阪大学 **永塚公彬君**, 肖 伯律君,  
 中田一博君, 東レ 土谷敦岐君



Au-Zn 合金の大気中での熱処理による配向 ZnO 膜の作製 (P74)  
 東京理科大学 **村田佳那恵君**, 石黒孝君, 東京工業大学 春本高志君



水中結晶光合成法による酸化銅表面ナノ構造の形成機構 (P36)  
 北海道大学 **西野史香君**, Melbert Jeem 君, 西山 賢君, 張 麗華君,  
 岡本一将君, 渡辺精一君



Ru を Ir にて置換した Ni 基単結晶超合金の組織安定性 (P6)  
 早稲大学 **森 雄飛君**, 物質・材料研究機構 横川忠晴君, 小林敏治君, 早稲田大学 鈴木進補君 物質・材料研究機構 原田 広史君



強磁性形状記憶合金 Fe-Pt および Fe-Pd の正方晶変形と電子構造 (P9)

大阪大学 **横峯智仁君**, 新日鐵住金 山本祐義君, 大阪大学 佐藤和則君, 福田 隆君, 寺井智之君, 掛下知行君, ユーリッヒ研究センター 小倉昌子君, 東京大学 赤井久純君



A Breakthrough of High-strength Aluminum Alloy-Confinement Effect (P85)

東北大学 **Zhi WANG 君**,  
SYNL, IMR, Chinese Academy of Sciences, China Rui Tao Qu 君, IFW Dresden, Germany Sergio Scudino 君, Jürgen Eckert 君, SYNL, IMR, Chinese Academy of Sciences, China Zhe Feng Zhang 君,  
東北大学 Ming Wei Chen 君, Dmitri V Louzguine-Luzgin 君



マルチフェロイクス物質  $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$  の  $x = 0.20$  付近における結晶学的特徴 (P60)

早稲田大学 **吉田春香君**, 野元将志君, 井下 匠君, 井上靖秀君,  
九州工業大学 堀部陽一君,  
早稲田大学 小山泰正君



日本金属学会各賞の概要

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



北海道大学工学部  
応用理工系学科  
近藤竜之介 君



北海道大学工学部  
応用理工系学科  
相馬智紀 君



室蘭工業大学工学部  
機械航空創造系学科  
神田 健 君



岩手大学工学部  
マテリアル工学科  
渡邊 遼河 君



秋田大学工学部  
材料工学科  
須藤裕弥 君



東北大学工学部  
材料科学総合学科  
大平拓実 君



東北大学工学部  
材料科学総合学科  
北本祥子 君



東北大学工学部  
材料科学総合学科  
戸村勇登 君



茨城大学工学部  
マテリアル工学科  
森井達也 君



筑波大学理工学群  
応用理工学類  
雨宮太希 君



東京大学工学部  
マテリアル工学科  
西川元希 君



東京大学工学部  
マテリアル工学科  
福原 智 君



東京工業大学工学部  
金属工学科  
太田雅之 君



東京工業大学工学部  
金属工学科  
山野花穂 君



横浜国立大学理工学部  
機械工学・材料系学科  
笠間亮太 君



長岡技術科学大学工学部  
機械創造工学課程  
佐伯優志 君



富山大学工学部  
材料機能工学科  
田岸拳太郎 君



豊橋技術科学大学工学部  
機械工学課程  
神保正義 君



名古屋大学工学部  
物理工学科  
石黒雄也 君



名古屋大学工学部  
物理工学科  
金 昇光 君



名古屋工業大学工学部  
環境材料工学科  
寺田真穂 君



京都大学工学部  
物理工学科  
浴畑 嶺 君



京都大学工学部  
物理工学科  
島 洋輔 君



大阪大学工学部  
応用理工学科  
山崎 大介 君



大阪大学工学部  
応用理工学科  
吉井 丈晴 君



島根大学総合理工学部  
物質科学科  
井戸翔太 君



香川大学工学部  
材料創造工学科  
岡部京介 君



愛媛大学工学部  
機能材料工学科  
高橋 祐介 君



九州大学工学部  
物質科学工学科  
Harnas Karo karo 君



九州大学工学部  
物質科学工学科  
村田健太 君



九州大学工学部  
物質科学工学科  
渡 健太 君



九州工業大学工学部  
マテリアル工学科  
松本 悟 君



長崎大学工学部  
工学科  
西上 真由 君



熊本大学工学部  
マテリアル工学科  
鬼丸和弥 君



熊本大学工学部  
マテリアル工学科  
松尾 健 君



大阪府立大学工学部  
物質化学系学類  
井上大輔 君



兵庫県立大学工学部  
応用物質科学科  
渡邊彩花 君



千葉工業大学工学部  
機械サイエンス学科  
椎名祐斗 君



東京理科大学基礎工学部  
材料工学科  
児玉由紀 君



芝浦工業大学工学部  
材料工学科  
菅野智広 君



東海大学工学部  
材料科学科  
安達裕人 君



金沢工業大学工学部  
機械工学科  
小林隼一 君



関西大学化学生命工学部  
化学・物質工学科  
中島佳祐 君



近畿大学理工学部  
電気電子工学科  
岸本穂高 君



福井工業大学工学部  
機械工学科  
京谷成惇 君



石巻専修大学理工学部  
情報電子工学科  
久保匠平 君



鹿児島大学工学部  
機械工学科  
小森一樹 君



群馬大学工学部  
機械システム工学科  
西城舜哉 君



鈴鹿工業高等専門学校  
専攻科応用物質工学専攻  
松下和樹 君

[第1部門] 六方晶マンガン酸化物における渦状ドメイン構造

九州工業大学大学院工学研究院 堀部陽一 君  
 Ulsan National Institute of Science and Technology Yoon Seok Oh 君  
 Seoul National University Seung Chul Chae 君  
 University of Science and Technology Beijing Xueyun Wang 君  
 Rutgers University Sang-Wook Cheong 君

六方晶マンガン酸化物は、超構造に関係した3種類の反位相ドメイン( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )および2種類の強誘電ドメイン(+, -)が交点周りに規則配列した、渦状ドメイン構造を持つことが知られている<sup>(1)</sup>。渦状ドメイン構造の微視的特徴については、これまで透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた超格子暗視野法や、環状高角暗視野走査透過型電子顕微鏡法等により詳細に調べられてきたものの<sup>(2)(3)</sup>、ドメイン構造のサイズ依存性や外場印加時の形態変化などの巨視的特徴については、これまで明らかではなかった。本研究では渦状ドメイン構造のサイズ効果について明らかにするため、エッチング処理を行ったフラックス育成単結晶表面において光学顕微鏡(Optical Microscope Axio Imager M1m model)および原子間力顕微鏡(AFM: Nanoscope IIIA)を用いた観察を行うと共に、TEM(JEM-2010F)を用いた暗視野像との比較を行った。

リン酸を用いて表面をエッチング処理した  $\text{ErMnO}_3$  as-grown 単結晶から得られた光学顕微鏡像を、図1(a)に示す。光学顕微鏡像中には100  $\mu\text{m}$  以上の広範囲にわたって、大きさが10~20  $\mu\text{m}$  程度の6つのドメインが1点で交わった特徴的なコントラストが観察される。このコントラストは図1(b)のAFM像および1(c)の模式図で示すように、180°強誘電ドメインの分極方向に依存したエッチング速度の差の結果生じたと考えられる<sup>(4)</sup>。一方、急冷単結晶内部から得られたTEM超格子反射暗視野像(図1(a)挿入図)中には、主に0.2~1  $\mu\text{m}$  程度の渦状ドメイン構造が明瞭に観察される。両者を組み合わせたマルチスケール観察から、本系における渦状ドメイン構造は、10<sup>2</sup>以上異なるスケールにおいても同一の構造を有することが明らかとなった。

文献

- (1) T. Choi, Y. Horibe, H. T. Yi, Y. J. Choi, W. Wu, and S.-W. Cheong: Nature Materials, **9**(2010), 253-258.
- (2) W. Wu, Y. Horibe, N. Lee, S.-W. Cheong, and J. R. Guest: Phys. Rev. Lett., **108**(2012), 077203.
- (3) X. Wang, M. Mostovoy, M. G. Han, Y. Horibe, T. Aoki, Y. Zhu, S.-W. Cheong: Phys. Rev. Lett., **112**(2014), 247601.
- (4) S. Chae, Y. Horibe, D. Y. Jeong, S. Rodan, N. Lee, and S.-W. Cheong: Proc. Natl. Acad. Sci., **107**(2010), 21366-21370.

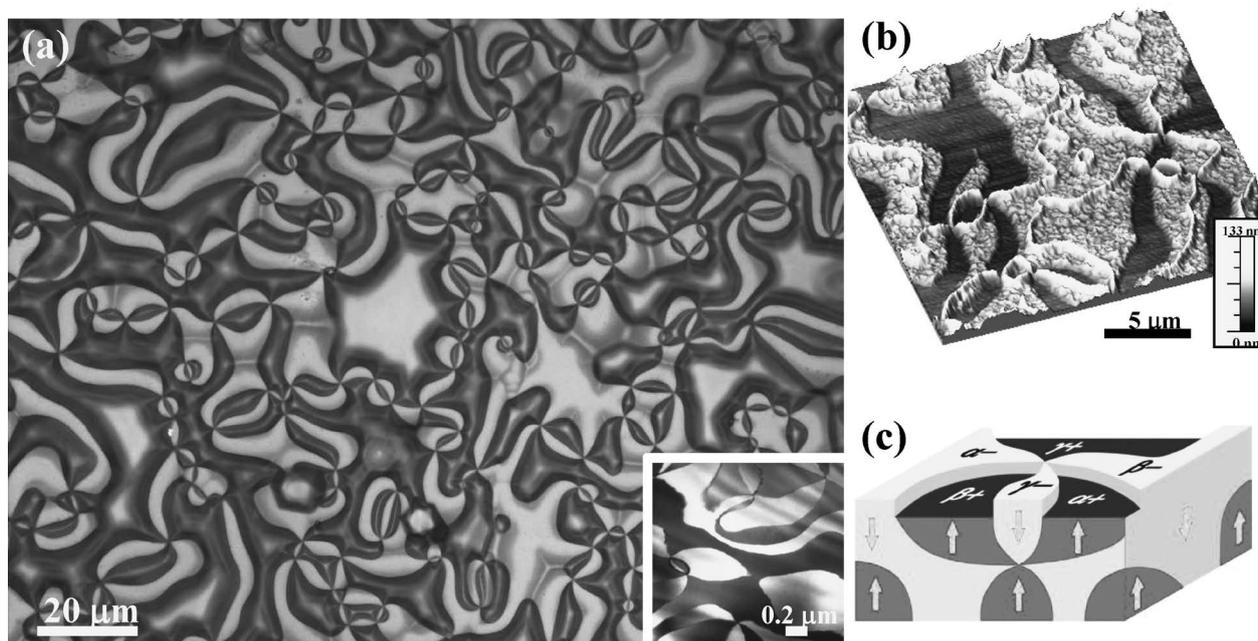


図1 (a)  $\text{ErMnO}_3$  as-grown 単結晶試料表面の光学顕微鏡像。挿入図は急冷試料から得られたTEM暗視野像。  
 (b)  $\text{YbMnO}_3$  単結晶試料表面の三次元原子間力顕微鏡像。  
 (c) 渦状ドメイン構造のドメイン配列の模式図。

## [第2部門] SEMによる磁気イメージング～環状検出器によるL1<sub>0</sub>型CoPt合金の磁区構造観察

九州大学総合理工学府 赤嶺大志君  
九州大学総合理工学府 奥村 聡君  
九州大学総合理工学府 研究院 Sahar Farjami 君  
九州大学工学府 研究院 村上 恭和君  
九州大学総合理工学府 研究院 西田 稔君

走査電子顕微鏡(SEM)による磁気イメージング法<sup>(1)</sup>は、バルク状態での観察が可能であり、像の取得も比較的簡便に行えるという点において優れているものの、従来高い分解能を得ることが困難であった。一方、低加速電圧における収差低減技術の開発や検出器の性能向上により、近年SEMのイメージング性能は著しく向上した。本研究では、高分解能指向型のFE-SEMに搭載されたインレンズ型環状検出器を用いて、複雑な磁区構造を明瞭かつ簡便に観察できる手法を提案した。従来の方法では磁気偏向された二次電子や反射電子の検出に制約があり、一度の像取得で観察できる磁区(観察できる磁化ベクトルの方向)も限定的であった。これに対して本手法では、軸対称性なインレンズ型環状検出器を利用するため磁気偏向された電子を効率良く収集でき、基本的に全ての方位の磁区を広域な視野で観察することができる。特にインレンズ型検出器は低エネルギーの散乱電子を低いノイズレベルで取得できるように設計されているので、磁気偏向に対する高い感受性が期待され、高分解能観察に有利であると考えられる。また、本手法は形態・方位の評価などSEMの基本機能と併用できるため、磁性材料の多面的な解析に有効である。

図1にディンプリングおよびArイオンミリングにより作製したL1<sub>0</sub>型強磁性CoPt合金のTEMディスク表面の(a)インレンズ型検出器による磁区構造像、(b)結晶方位像、(c)表面凹凸像を示す。図中には図1(d)に示す2つの結晶方位バリエーションX, Yが存在し、磁化容易軸に対応する[001]<sub>L10</sub>が面直方向を向いている領域Xにおいては明瞭な迷路状の磁区構造が観察される。一方で、バンド上の領域Yでは、[001]<sub>L10</sub>は面内にあり、迷路状磁区構造は見られない。さらに、研磨孔から離れるにつれて磁区幅が粗大化しており、磁区構造の厚さ依存性を詳細に評価できる。以上のように、本手法により磁区構造を含む多様な情報を選択的にかつ同時に広範囲にわたり取得できる。

### 文 献

- (1) G. A. Jones: J. Magn. Magn. Mater., 8(1978), 263-285.

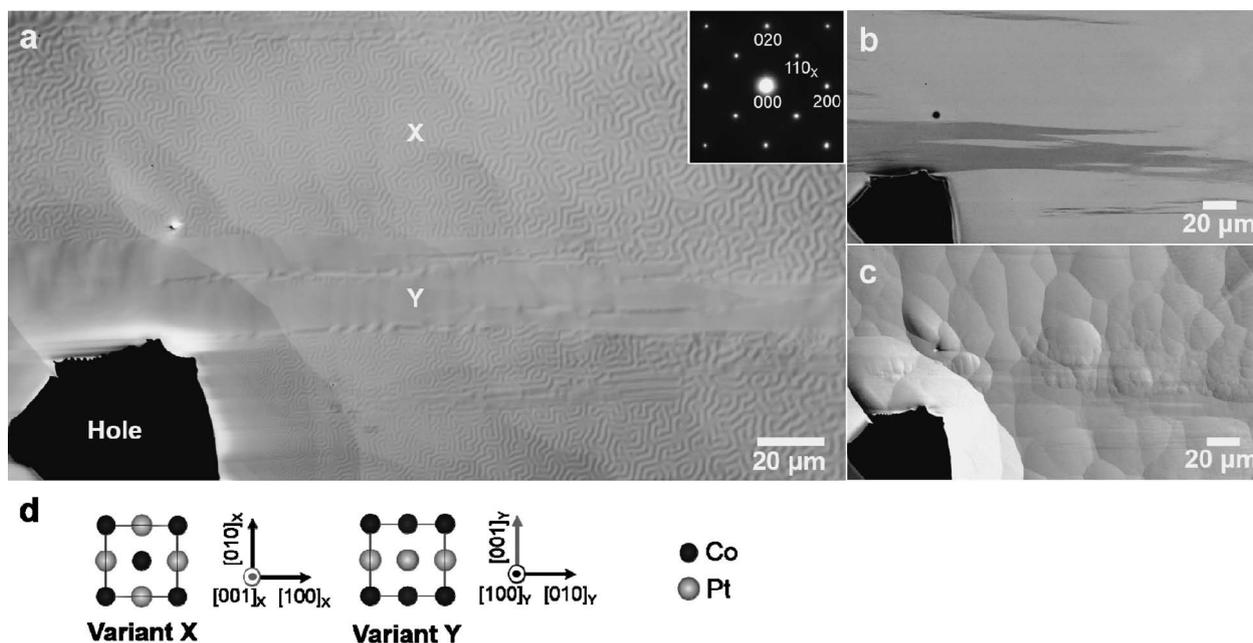


図1 L1<sub>0</sub>型CoPt合金のSEM像。(a)磁区構造像、(b)結晶方位コントラスト、(c)表面起伏。

[第3部門] Ti-20Nb-0.7O 合金における等温  $\alpha''$  マルテンサイトの生成・成長過程

東京工業大学精密工学研究所 田原正樹君 稲邑朋也君  
筑波大学数理物質系 金熙榮君 宮崎修一君  
東京工業大学精密工学研究所 細田秀樹君

マルテンサイト変態を理解する上で核生成と成長の過程を解明することは非常に重要な課題である。実験的にこれらの過程をとらえる様々な試みがこれまでに行われてきたが、マルテンサイト変態の進行が極めて速いために依然として不明確な点が多い。本研究では、 $\beta$ 相(bcc)から $\alpha''$ 相(orthorhombic)へのマルテンサイト変態が起こるTi-20Nb(mol%)合金において、酸素を微量(0.7%)添加した上でマルテンサイトの生成と成長の過程を観察した。Ti-Nb合金のマルテンサイト変態は非等温変態であるが、酸素を添加することでマルテンサイト変態が阻害され<sup>(1)(2)</sup>、等温的にマルテンサイトが生成されるようになる。そのため様々な条件で等温保持を行い、マルテンサイトの生成・成長過程について透過電子顕微鏡による詳細な観察を試みた。

酸素原子により数nm程度のmartensite-likeな変調構造(nanodomain)が $\beta$ 相中に生成しマルテンサイト変態が抑制されるが<sup>(1)(2)</sup>、等温保持により数十nmのマルテンサイトが生成した(図1a)。さらに等温保持を続けることでこのマルテンサイトはプレート状になり(図1b, c)、同一の格子対応バリエーション(CV)となるプレート状マルテンサイト同士は互いに密集して生成・成長することでクラスタを形成した(図2)。各プレートの晶癖面はおおよそ $\{557\}_\beta$ であり(図3a)、マルテンサイト変態の現象論(PTMC)から計算される値と一致した。プレートの生成と成長により各クラスター領域が増大すると同時に、プレート間に残された $\beta$ 相が消失することでより大きなマルテンサイトになると考えられる(図3b)。

文献

- (1) Y. Nii, T. Arima, H.Y. Kim and S. Miyazaki: Phys. Rev. B, **82**(2010), 214104.
- (2) M. Tahara, H.Y. Kim, T. Inamura, H. Hosoda and S. Miyazaki: Acta Mater., **59**(2011), 6208-6218.

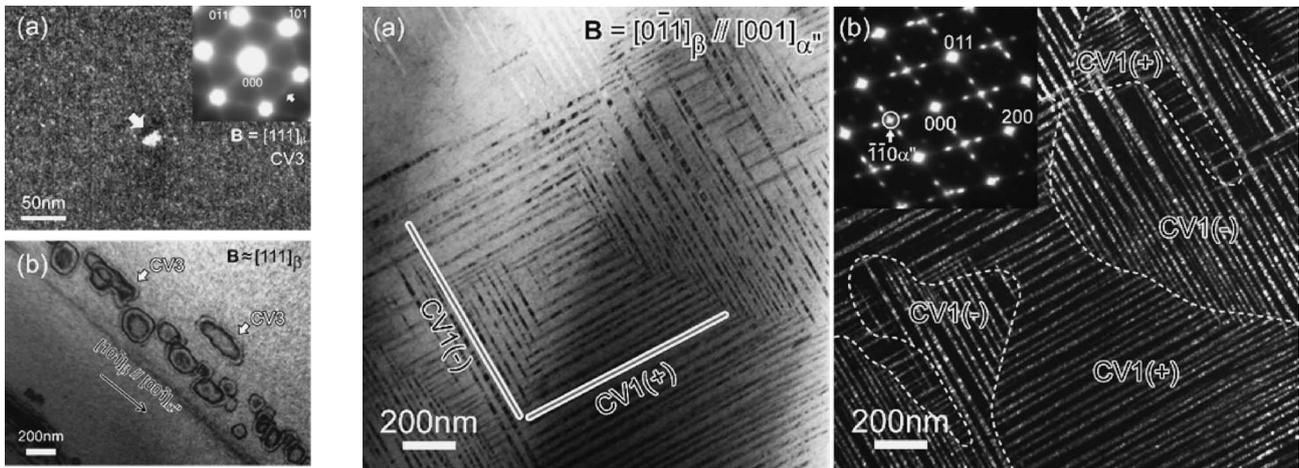


図2 CV1(+)クラスターとCV1(-)クラスターの形成の様子。(a) 明視野像, (b) 暗視野像.

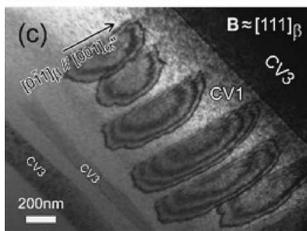


図1 プレート状等温  $\alpha''$  マルテンサイト.

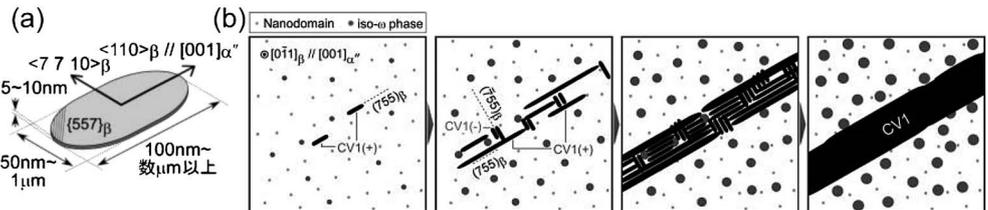


図3 (a) 各プレートの模式図. (b) 等温  $\alpha''$  マルテンサイトの成長過程.

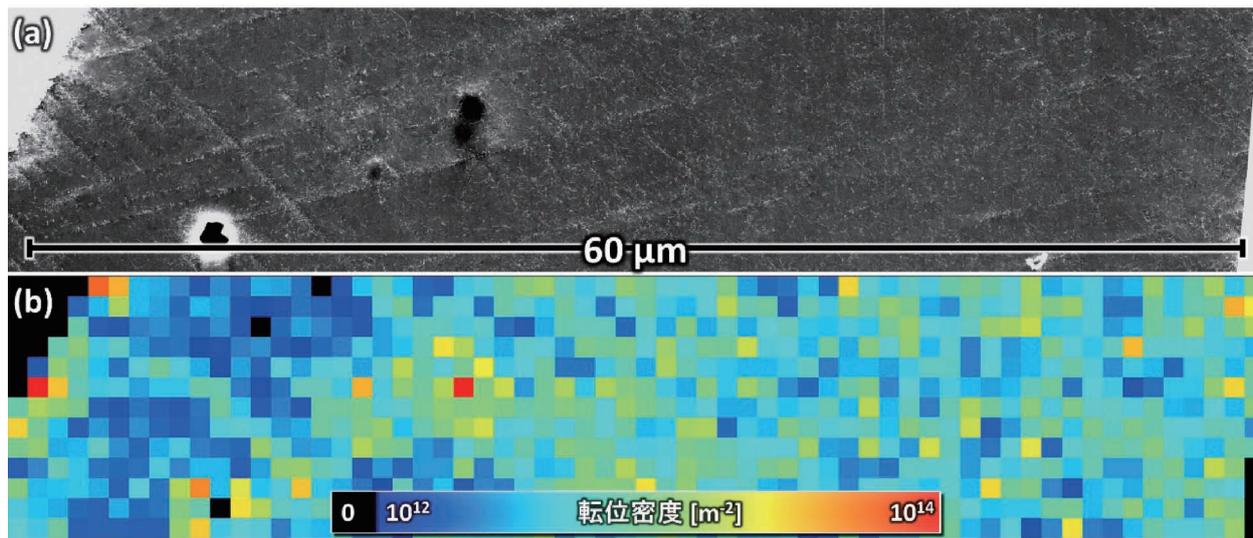
[第2部門] SEM 電子線チャネリングコントラスト法を利用した広範囲転位密度マッピング

九州大学大学院総合理工学研究院 山崎重人君 光原昌寿君  
波多 聰君 中島英治君

本研究では SEM 電子線チャネリングコントラスト (ECCI) 法の利点の一つである広範囲の観察が可能であること活かして、広範囲の転位密度分布を評価した。SEM-ECCI 法によって転位線の観察が可能であることは以前より知られていたが、本研究では 60  $\mu\text{s}/\text{point}$  の長時間照射により高いシグナル/ノイズ比を確保しつつ、6144 $\times$ 4376ピクセルの高解像度で画像を取得することで、5000倍程度の低倍率 SEM 画像であっても転位線を明瞭に認識するとともに、広範囲の観察を可能とした。図(a)は SEM-ECCI 法で観察した転位組織であり、暗い母相の中に明るい線として転位が観察できる。EBSD 法で測定した電子線の入射方位をもとに ECCI 観察条件において励起されている回折波を特定し、消衰距離と電子線侵入深さの関係<sup>(1)</sup>から観察視野深さを推定した。その上で、任意の領域中に存在する転位線と視野上に描いた格子との交点数を計測し、Ham の方法を用いて転位密度に換算した。図(b)は観察視野を 1  $\mu\text{m}$  四方のピクセルに区切って評価した転位密度マップである。単一の結晶粒内にも二桁以上の転位密度の差があることがわかる。また、図(b)の紙面左側の結晶粒界から 3  $\mu\text{m}$  程度の領域において転位密度が局所的に高くなっており、隣接粒との変位の連続性を維持するために極めて限られた領域に集中して活発な転位運動が生じたことがわかる。

文 献

- (1) A. J. Wilkinson et al., Philos. Mag. A, 68(1993), 59.



[第4部門] Ag デコレーション法および走査型ケルビンプローブフォース顕微鏡法を用いたオーステナイト/マルテンサイト二相鋼の水素脱離挙動観察

九州大学 小山元道君 永島達也君 津崎兼彰君  
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH Asif Bashir 君 Michael Rohwerder 君

鉄鋼材料において、侵入水素分布の可視化は水素脆化機構解明のため必要不可欠な技術である。水素脱離に関する流速分布は、その拡散能の高さから、Multi-scale かつ Kinetically に微視組織スケールで示す必要がある。この要求される水素の可視化を実現するため、Fe-32Ni-0.2C (wt.%) オーステナイト/マルテンサイト二相組織を対象とし、Ag デコレーション法により Multi-scale での特徴、走査型ケルビンプローブフォース顕微鏡法 (SKPFM 法) によりその時間依存性を示した。Ag デコレーション法は、77 K 冷却によるマルテンサイト変態由来の表面起伏が形成された試料に対し、9 h 電解水素チャージし、4.3 mM Ag[K(CN)<sub>2</sub>] 水溶液に 3 h 浸漬したのち観察を行った。SKPFM 法は、77 K 冷却済み試料を鏡面研磨後、3% ナイタルでエッチングを施した試料に対し、1 h 電解水素チャージし、物理蒸着により表面に 100 nm Pd 層を形成したのち観察を行った。Ag デコレーション法では広範囲にわたってマルテンサイト部の水素の流速が大きく (図 1(a)), 2つのマルテンサイト板の接合界面で流速が特に大きいことが示されている (図 1(b) 黄矢印部)。この特徴は SKPFM 法による表面電位像でも現れており (図 2(a', b')) 白矢印部)、時間経過とともにマルテンサイト中の水素の流速分布が均質となることも示されている (図 2(c'))。本観察で得た水素の大流速部は、水素助長割れの発生サイトに対応する結果である<sup>(1)</sup>。

文 献

- (1) M. Koyama, C.C. Tasan, T. Nagashima, E. Akiyama, D. Raabe and K. Tsuzaki: Philos. Mag. Lett., (2016) in press, 10.1080/09500839.2015.1130275.

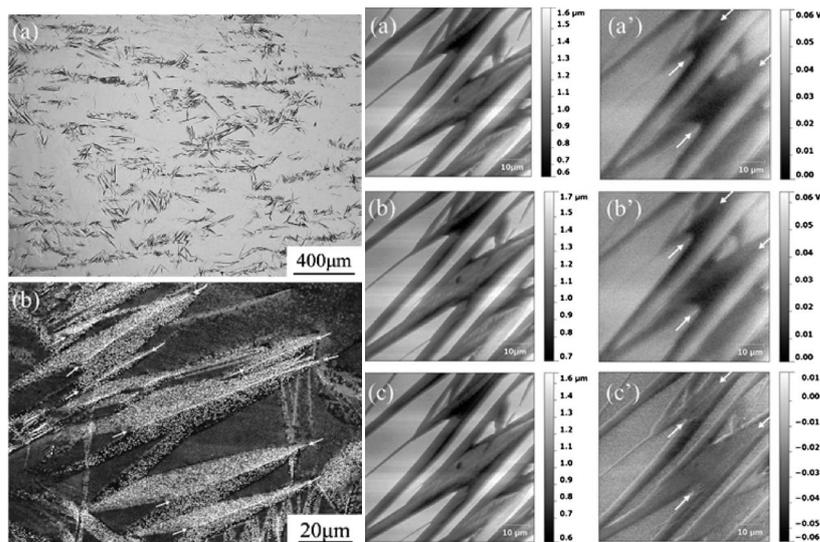


図 1 Ag デコレーション法による水素分布。(a) 光学顕微鏡像, (b) SEM 像。

図 2 SKPFM 像。測定開始からそれぞれ (a, a') 5 h, (b, b') 25 h, (c, c') 50 h 経過後のトポグラフィ像, 表面ポテンシャル像である。

## 第66回金属組織写真賞応募作品選評

本年度の応募数は、1. 光学顕微鏡部門4件、2. 走査電子顕微鏡部門4件、3. 透過電子顕微鏡部門3件、4. 顕微鏡関連部門1件、合計12件であった。近年、応募件数は20件台で推移しているが、本年度は、落ち込みが際立った。募集方法には変更は無いことから、歴史的にも評価の高い金属組織写真賞への応募を促したい。

審査結果である。1次審査の結果、第1部門2件、第2部門2件、第3部門1件、第4部門1件が第2次審査候補作品に選出された。2次審査では、最初に優秀賞が3件選出され、その後、作品についての意見交換を行い、最優秀賞を1件選出した。ついで、奨励賞2件が選出された。

最優秀賞作品の「六方晶マンガン酸化物における渦状ドメイン構造」は、超構造に関係した渦状ドメイン構造を持つ組織写真である。学際的には、光学顕微鏡とTEM暗視野法を組み合わせることで、渦状ドメイン構造が数百 $\mu\text{m}$ の範囲で不変であることを示したことが高く評価された。すなわち、巨視的な形態の観察が必要な場合、光学顕微鏡との併用がブレイクスルーとなることを実証した。技術的には、選択エッチング法により $180^\circ$ ドメインを簡便な方法で、かつ広範囲にわたり明瞭に可視化できることを見出した価値は大きい。写真作品としても綺麗な仕上がりになっていることなど最優秀賞作品に値すると選出された。

優秀賞作品2作品のうち、第2部門の「SEMによる磁気イメージング～環状検出器による $L1_0$ 型CoPt合金の磁区構造観察」は、SEM鏡筒内に配置した環状検出器により観察した磁区構造の組織写真である。磁区構造の観察は磁性材料研究において非常に重要である。鏡筒内の環状検出器による磁区像の観察手法は、広範にわたる表面の磁区構造を他の情報と同時に解析できる実験手法となることが高く評価された。第3部門の「Ti-20Nb-0.70合金における等温 $\alpha''$ マルテンサイトの生成・成長過程」は、マルテンサイト(M)変態における核生成と成長過程の組織写真であり、貴重な写真である。応募者らが考案した酸素微量添加法により、等温M変態において、核生成と成長過程を明らかにしたことには新規性があり高く評価された。M変態は金属組織写真の王道であり、さらに $\omega$ 相との関係にも踏み込んで欲しいとの意見もあった。

奨励賞作品2作品のうち、第2部門の「SEM電子線チャネリングコントラスト法を利用した広範囲転位密度マッピング」は、転位の組織写真である。材料の変形や破壊の理解には、転位組織の不均一性を考慮することが重要である。転位密度はTEMによる薄膜試料の局所観察やXRDによるバルク体の平均値であったが、SEM電子線チャネリングコントラスト法により、広範な視野中で転位密度の局所的な不均一性が観察できることが評価された。第4部門の「Agデコレーション法および走査型ケルビンプローブフォース顕微鏡法を用いたオーステナイト/マルテンサイト二相鋼の水素脱離挙動観察」は、2つのマルテンサイト板の接合界面において生じた水素助長割れの組織写真である。世界的レベルで開発中のTRIP鋼やDP鋼の水素脆化機構を考察する上で、また次世代耐水素復相鋼を設計・開発する上での貢献度が評価された。

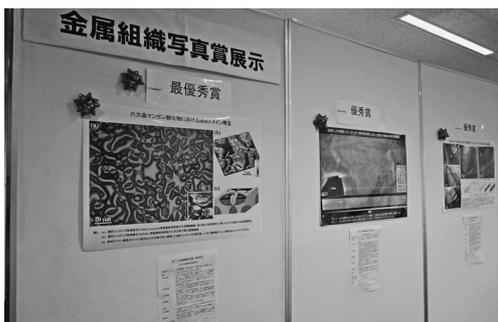
選に漏れた作品の中にも、学術的にも技術的にも優れた作品が含まれており、賞の選定には苦勞した。作品募集では、和文誌や欧文誌に優れた組織写真が多数見受けられるので、応募作品を広げる募集要項とすることも必要である。

金属組織写真賞委員会委員長 原田 修治(新潟大学)



第66回日本金属学会金属組織写真賞展示(2016年3月23日～3月25日)

～次回も多くのご応募をお待ちしております。～



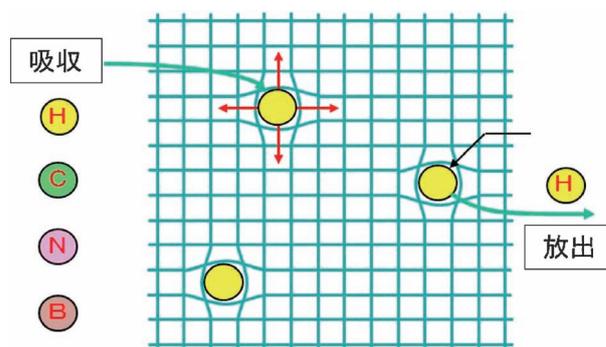
# 水素の有効機能と超高压法による 新規水素化物・新規金属間化合物の合成\*

岡田 益 男\*\*

## 1. 水素社会に向けて

20世紀は生産活動を生活拠点とする「経済の世紀」であったが、これから我々の目指す21世紀は「環境重視の世紀」である。先進国の高度な経済活動に伴う化石燃料の使用による地球環境の問題として、都市の大気汚染、地球の温暖化による異常気象変動などが焦眉の課題として提起されている。従って、化石燃料を太陽、地熱、風力、海洋、水素などのクリーンな再生エネルギーで代替していくことが重要である。特に、水素は原料が豊富な水であり、燃焼すると水となるため、クリーンな究極のエネルギー源として期待されている。その為には、水素を「つくる」、「貯める」、「利用する」という視点から水素科学を総括的に推進することが不可欠である。特に、水素が燃料電池として自動車や家庭で利用され、入手しやすく身近な元素となることから、水素が材料中に固溶しどのような新規機能を発現するか等、水素の有用な機能について多面的に理解することが待望されている。

水素の有効な機能として、(1)水素加工プロセス機能、(2)水素固溶誘起機能がある。前者は、最近、環境調和型材料プロセスの一つとして、水素が水素原子の形でサブナノ格子物質に侵入し、結晶構造や組織を変化させ、特性を向上させるなど有能なプロセス機能として注目されている。これまでの材料科学における水素は、鉄鋼の“水素脆性”に代表されるように、害のある“やっかいもの”の元素としての位置付けであった。図1に示すように、サブナノ格子物質中に侵入できる元素として、水素原子(プロチウム)、窒素原子、炭素原子などがあるが、水素原子は全ての元素の中で、最小の半径を有し、サブナノ格子物質中を自由に飛行し、抜け出せることが可能な唯一の原子である。このことは、水素原子がエネルギーの吸蔵・放出(以下吸放出と略す)に利用可能であり、材料中において構造・組織を制御する機能を発現する可能性を



サブナノ格子物質中の水素原子

図1 結晶格子に侵入できる元素。水素原子だけが物質中を自由に飛行し、抜け出せる唯一の原子。

秘めていることを示唆している。具体的には、水素の吸収による構造変化としてアモルファス相の生成や、吸放出による結晶粒の微細化とその特性の向上などがあげられる。

本稿では、まず、水素原子が有するナノ加工プロセス機能や、水素原子が材料中に固溶し、どのような機能を発現するか等について概説し、高容量の水素貯蔵材料探索としての超高压による新規水素化物の合成などについても紹介する。

## 2. 材料中の水素の有効機能

### (1) 水素ナノ加工プロセス機能

水素原子の新機能として、水素をナノ加工プロセスとして利用しようとする技術研究は、日本の研究者によって開発されたものである。武下らは超強力磁石である Nd-Fe-B 系合金粉末において水素の吸放出処理により、その組織の微細化が保磁力を向上させ、適当な元素を添加すると磁気特性が異方化することを報告した<sup>(1)</sup>。これらの結果は Nd 系磁石にお

\* 2016年3月23日、東京理科大学葛飾キャンパスにおける本会第158回春期講演大会において講演

\*\* 八戸工業高等専門学校；校長，東北大学名誉教授(〒039-1192 八戸市田面木字上野平16-1)

Useful Functions of Hydrogen and High-pressure Synthesis of New Hydrides and New Intermetallic Compounds; Masuo Okada (National Institute of Technology, Hachinohe College, President of Hachinohe College, Emeritus Professor of Tohoku University)

Keywords: hydrogen, useful function, high-pressure synthesis, Li and Mg-based new hydrides, new intermetallic compounds, HDDR methods, grain refinements

2015年11月9日受理[doi:10.2320/materia.55.199]

いて、これまで不可能であった異方性ボンド磁石の作製実現に新天地を開いた。微細化機構として、まず水素中で熱処理を施すことにより、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  化合物が  $\text{Fe}$ ,  $\text{NdH}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{B}$  に分解する不均化反応が起こり、続いて脱水素の熱処理を施すと、 $\text{NdH}_2$  から水素が放出され、元の化合物に還元する。この反応は水素誘起分解再結合 (HDDR: Hydrogenation Decomposition Desorption Recombination) 反応と呼ばれている。中東と吉村は  $\alpha+\beta$  型  $\text{Ti-6Al-4V}$  (mass%: 以下断らない場合にはこの単位を使用) 合金に水素の吸放出により結晶粒径を  $0.3\sim 0.5\ \mu\text{m}$  にまで微細化に成功し、9000%以上の超塑性伸びを示すことを報告した<sup>(2)</sup>。さらに、中東らは微細粒  $\beta$ rich- $\alpha+\beta$  型  $\text{Ti-4.5Al-3V-2Mo-2Fe}$  合金について現段階での最大超塑性伸び 10600% を得ることに成功している<sup>(3)</sup>。筆者らは、 $\text{Mg-Al-Zn}$  (AZ31, AZ61, AZ91) 系合金において、この HDDR 法により結晶粒が  $0.1\sim 0.2\ \mu\text{m}$  にまで微細化し、硬度が向上することを報告した<sup>(4)</sup>。

しかし、それまでの HDDR 法が結晶粒微細化に有効であることの報告は、水素との親和性の強い元素  $\text{Nd}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Mg}$ などを主元素とする合金系に限定されていた。そこで、HDDR 法が  $\text{Al}$ ,  $\text{Cu}$  などの水素親和力の弱い元素を主とする合金系でも、水素との親和力の強い元素 ( $\text{Mg}$  又は  $\text{Ti}$  等) を固溶させた場合に発現できるのではないかという発想の下に、 $\text{Al}$  系や  $\text{Cu}$  系合金等について実験を行った。

その結果、水素との親和力の弱い  $\text{Al}$  に、水素との親和力の強い  $\text{Mg}$  を約 1~8 mass% 固溶 ( $\text{Al}$  系合金) させ、水素の吸放出熱処理を施すことにより、結晶粒をナノ化させることに成功した<sup>(5)</sup>。現用の  $\text{Al-7.8\%Mg}$  合金を 623 K で水素中熱処理を施すと、不均化反応を起こし、 $\text{Al}$  と  $\text{MgH}_2$  とに分解し、引き続き同温度で熱処理による脱水素化すること (以下脱水素化熱処理と略す) により元の合金組成に還元する。その結果、図 2 の TEM 組織写真に示すように、10~20 nm 程度の  $\text{Al}$  の超微細結晶粒が観察され<sup>(5)</sup>、硬度も向上した。この結果はこれまで  $\text{Al}$  系合金で報告されている結晶粒の大きさでは最も微細である。さらに、 $\text{Al-Mg}$  系合金だけでなく、 $\text{Cu-Mg}$  系、 $\text{Au-Mg}$  系<sup>(6)</sup> においても結晶粒が微細化されることが確認されている。従って、その他の水素との親和力の弱い合金系においても、水素との親和力の強い元素を固

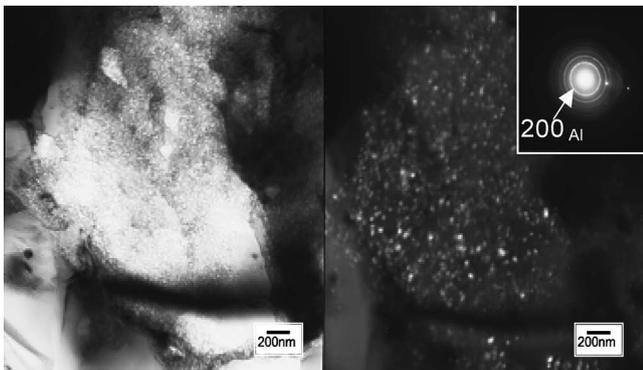


図 2  $\text{Al-7.8\ mass\% Mg}$  合金の水素吸蔵・放出処理後の組織写真 (数 10 nm の結晶粒が観察される)。

溶させれば、HDDR 現象の発現と結晶粒微細化の可能性があると示唆している。

さらに、現用の携帯電話コネクタ材  $\text{Cu-3\%Ti}$  合金に同様の HDDR 法 (623 K で水素中熱処理, 803 K で脱水素化熱処理) を適用した結果、図 3 に示すように HDDR 材の引張強度は約 600 MPa 程度であるが、水素熱処理材が高強度 (1100 MPa)、高導電率 (約 22% IACS) (IACS: International Annealing Copper Standard) を示すことが判明した<sup>(7)</sup>。図 4 に示すように、現用の  $\text{Cu-3\%Ti}$  合金の機械強度 800~900 MPa、導電率 12% IACS と比較すると、大幅な特性の改善である。

この高特性が得られた原因として、 $\text{Cu-3\%Ti}$  合金において約 823 K 以下に存在するスピノーダル変態進行中に水素が導入されることにより、これまでになく新規二相分離組織によりもたらされたものと考えられる。 $\text{Cu-3\%Ti}$  合金の時効中には、図 5 に示すように  $\text{Cu}$ -rich 相と  $\text{Ti}$ -rich 相への二相分離が進行する。水素処理により、通常の二相分離と異な

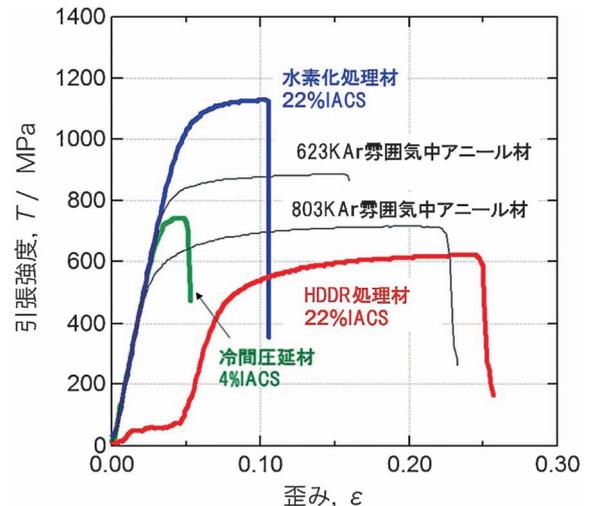


図 3  $\text{Cu-3\ mass\% Ti}$  合金の水素処理材、HDDR 処理材、アニーリング材及び冷間圧延材の応力-歪曲線。

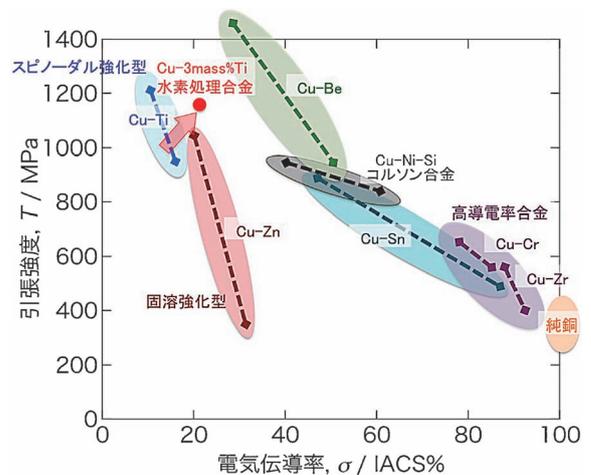
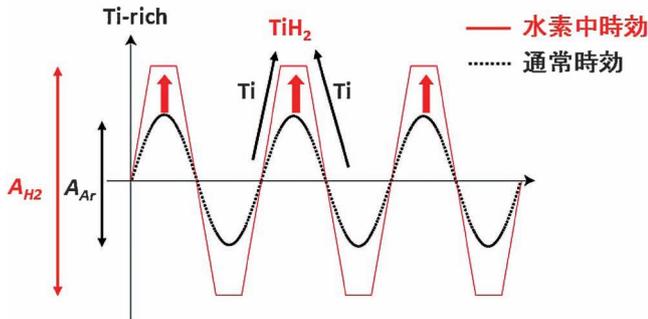
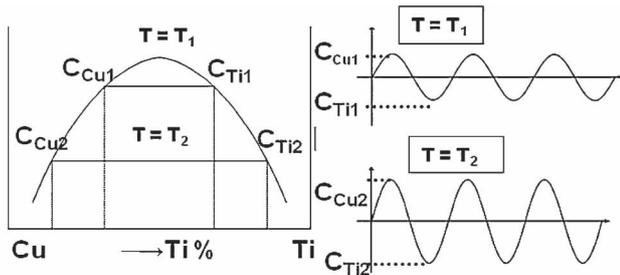


図 4 水素処理した  $\text{Cu-3\ mass\% Ti}$  合金と現用の銅合金の強度と導電率の比較。



A:濃度差

図5 水素中熱処理が及ぼす Cu-Ti 系二相分離組織への影響.

り、Ti-rich 相中の Ti が拡散してきた水素と反応し、また、Cu-rich 相中の Ti の一部も奪いながら、微細な  $\text{TiH}_2$  を形成する。二相の組成差が準安定状態図から予想されるよりも大きくなり、機械強度が増加する共に、Cu-rich 相はより Cu 濃度が高くなり導電率も飛躍的に向上したものと推察される。

$\text{Cu-3\%Ti} \rightarrow \text{Cu-rich 相} + \text{Ti-rich 相}$  (通常の時効)

$\text{Cu-3\%Ti} + \text{H}_2$  (水素処理)  $\rightarrow \text{Cu-rich 相}$  (Ti 濃度低下)  
 $+ \text{TiH}_x$  相 (ナノサイズ分散)

このように、時効硬化する合金について、水素処理により、これまで得られなかった新しい組織が得られ、特性が飛躍的に向上する可能性があり、今後の他の二相分離系合金への適用が期待される。

このように、水素原子を利用したナノ加工プロセス法は水素原子を固溶できる元素が構成元素として存在する広範囲な合金に適用できる可能性がある。得られる結晶粒は機械的加工処理でも得難いサブミクロンサイズからナノサイズまで可能であり、それぞれの特性をも向上させる可能性を秘めており、今後の展開が待望される。

## (2) 水素固溶機能

### (a) 高容量水素貯蔵合金

水素はエネルギーとして金属や合金に貯蔵できる。高容量の水素貯蔵材料として、マグネシウム系合金、炭素系材料、バナジウム系合金、チタン系合金、さらに超高压で合成される新規な水素化合物が挙げられる。ハイブリッド自動車のニッケル・水素電池の負極材として利用されている代表的な水素吸蔵合金である  $\text{LaNi}_5$  合金は 1.4 mass% の水素を貯蔵可能であり、 $1 \text{ cm}^3$  あたりの水素貯蔵量は液体水素より多くの水素を貯蔵できる。 $\text{Mg}_2\text{Ni}$  合金の水素貯蔵量は 3.6 mass% だ

が、523 K 以上でなければ水素を放出しない。射場らは、V-Ti-Mn や V-25%Ti-35%Cr 系合金を開発し、373 K において 1.9~2.4 mass% の放出量を報告した<sup>(8)</sup>。

著者らは、純 V が水素を 3.8 mass% 吸蔵することから V 系合金に着目したが、V は低圧部に安定な水素化合物を形成し、室温では吸蔵量の半分しか放出しない。そこで、Ti-Cr-V 系合金において、図 6 に示すように V 量を低減すると、低圧部の水素化合物が不安定化して多くの水素を放出することができるを見出した<sup>(9)</sup>。V は高価な元素であり、含有量は少ないほど良い。しかし、V 無しでは高容量の水素の吸放出できる BCC 相は得られず、結果として 5 at% 程度の V 量が必要になった。現在、373 K 以下では Ti-Cr-5 at%V 合金が 3 mass% の水素量を示し、チャンピオンデータとなっている<sup>(10)</sup> (図 7)。V の代わりに 2.5 at% 程度の Mo や Ru で置換しても同様の特性が得られている<sup>(11)</sup>。

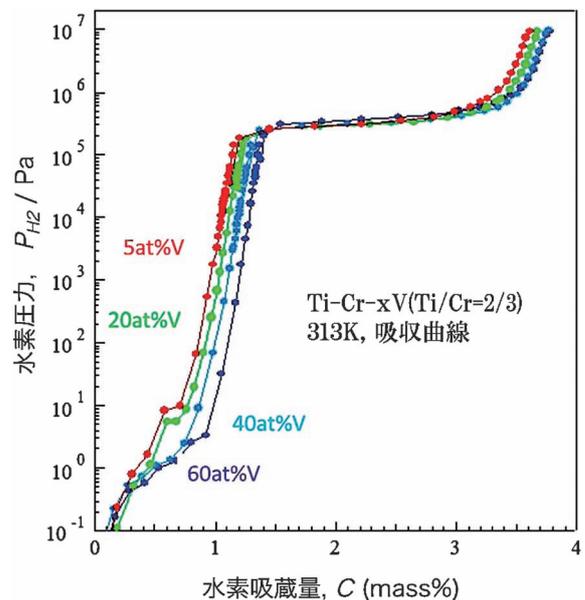


図6 Ti-Cr-xV (Ti/Cr=2/3) 合金の水素吸蔵特性 (313 K).

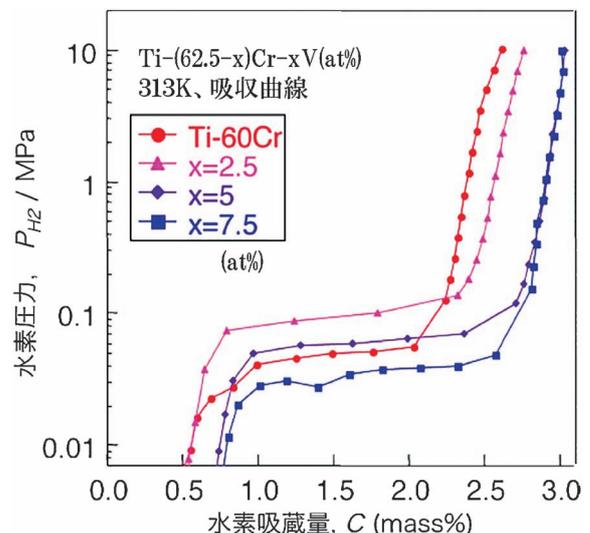


図7 Ti-(62.5-x)Cr-xV 合金 (at%) の水素吸蔵特性曲線.

## (b) 水素誘起機能

材料に水素を吸収させると様々な機能を発現する。筆者が研究代表者として実施した文部省科学研究費補助金特定領域研究(A)「サブナノ格子物質中におけるプロチウム新機能」(1998年4月～2002年3月)と、文部科学省の元素戦略プロジェクト「サブナノ格子物質中における水素が誘起する新機能」(2007年度～2011年度)において、材料に水素を固溶させると様々な機能が発現することが明らかにされた。前者については、第17回と第18回の大学と科学公開シンポジウム講演収録集として報告されており<sup>(12)(13)</sup>、次に代表的な事例について紹介する。

深井は金属に水素を固溶させると多量の空孔(空孔-水素クラスター)を形成することを、青木はC15型ラーバス相が水素を吸蔵することによりアモルファス相になることを、山口はY-La膜を水素化すると透明になることを、水林はZr系非晶質合金が水素の存在で遅れ歪が大きくなることから制振材料として利用できることを、中嶋は熔融金属に水素を固溶させ、凝固時に水素の溶解度の違いを利用してレンコンのような多孔質金属を作製できることを、深道と藤田はLa-Fe-Si系合金に水素吸蔵させることで作動温度(キュリー温度)を上昇させ室温で磁気冷凍用の冷却媒体や超磁歪材料<sup>(14)</sup>として利用できることを報告している。水素を磁性材料(特にFe基合金)に吸収させると、キュリー温度や飽和磁化が高くなるなど、磁性材料の特性を向上させる可能性がある。山内はCuとPdから構成されるナノ粒子を化学的還元法で作製し水素化処理をすることでCuPdのB2規則相が得られることを見出し<sup>(14)</sup>、光分解で発生した水素により硝酸を還元しアンモニア合成に成功している。林らはZnOやSnO<sub>2</sub>に水素イオンを打ち込むことにより、比抵抗をそれぞれ6桁、5桁低減させることを明らかにしており、酸化物などの低抵抗化には水素イオンの打ち込みが有効であることを示唆している。

最近、北川らは熔融状態でも相分離するPdとRuを化学的還元法により原子レベルで混ざった新しい固溶体合金の開発に成功し、そのナノ粒子は周期表上でPdとRuの間に位置する高価なRhと等価な電子状態を有し、自動車排ガス触媒として有用なロジウム触媒の性能を遥かに凌ぐことを報告している<sup>(15)</sup>。この合成には水素化中の反応を含み、深井が指摘している多量空孔の存在が低温での拡散を促進しているものと解釈される。

このように、水素は材料に固溶し、多様な有用な機能を発現させることのできる元素として今後の展開が期待される。

## 3. 超高压による新規金属間化合物の合成

新規化合物の開発手段として、これまでは溶解鋳造法、粉末冶金法、薄膜法などが主であった。GPa(ギガパスカル)オーダー(1 GPa ≒ 1 万気圧)の超高压合成法は地球物理学や物性物理学分野を中心に、また、無機化学分野での新規超伝導の開発で注目されてきたが、最密充填結晶構造を有する金属分野での新規化合物の探索への応用例は数少なかった。著者

らのグループは、新規水素化物の超高压合成の予備実験として、Mg-X系の新規化合物の合成から着手した。GPa超高压合成法の利点は、元素の原子体積の減少(例Mg:常圧下での原子体積に対し、5 GPa下では約10%の減少)と融点の上昇(Mg:常圧下での923 Kの融点が5 GPa下では1273 Kへ上昇)があげられる。この融点上昇により、常圧下では液相となる温度領域であっても、超高压下では固相反応が可能となり、新規化合物の合成が期待される。

### (1) Mg系金属間化合物

図8に示すように、Mg-Cu系に6 GPa, 800°Cの条件で超高压法を適用した処、Mg-28 at%CuとMg-50 at%Cu組成合金においてそれぞれMg<sub>54</sub>Cu<sub>17</sub>とMgCu新規化合物が合成された<sup>(16)</sup>。常圧の800°Cでは各組成合金は熔融しているが、6 GPaの超高压下で固相反応が進行した結果である。表1に示すように、これらの新規化合物は周期律表でCuの下方に位置するAg, AuとMgの二元系状態図に存在するMg<sub>54</sub>Ag<sub>17</sub>, MgAgやMgAuと同じ結晶構造を有している。これはEngel-Brewer理論の結晶構造は外殻電子のS+Pの電子数で決定されることで理解される。同族元素では外殻電子S+Pの電子数が等しくなるために同じ結晶構造を有する化合物が出現する。すなわち、超高压下では、圧縮率の大きなMgが圧縮され、原子半径比R<sub>Cu</sub>/R<sub>Mg</sub>が、常圧でのR<sub>Ag</sub>/R<sub>Mg</sub>に近づいたために化合物が形成されたと考えられる。

Mg-Ni二元系においても同様に、超高压によりMg<sub>6</sub>NiとMgNiの新規化合物が合成された。表1に示すように、これらと同じ組成比、同じ結晶構造をもつ化合物はMg-Pd系、Mg-Pt系の二元系状態図に存在している。この超高压法で得られたMgNi化合物は、423～473 Kの比較的低温で可逆的に吸放出し、約2.8 mass%の水素吸蔵量を示し、安定な水素吸蔵合金であることは特筆に値する<sup>(17)</sup>。

従って、超高压下における化合物形成の経験則として、「同族元素系で存在する化合物は合成圧力を変化させ、類似の原子・イオン半径比を実現することで、同じ組成比、同じ結晶構造、あるいは類似の結晶構造を有する化合物を合成す

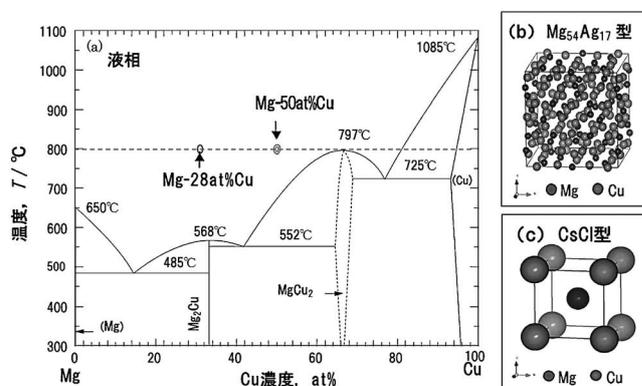


図8 (a) Mg-Cu系状態図と、6 GPa/800°C/8時間で超高压合成された(b) Mg-28 at%Cuと(c) Mg-50 at%Cu組成合金の新規金属間化合物の結晶構造。

表1 Mg-TM(遷移金属元素)に出現する金属間化合物の合成圧力と結晶構造.

TM	Mg : TM	Mg : TM
	54 : 17	1 : 1
Cu 高圧	Mg <sub>54</sub> Cu <sub>17</sub> (Mg <sub>54</sub> Ag <sub>17</sub> 型) 6 GPa	MgCu (CsCl 型) 6 GPa
Ag 常圧	Mg <sub>54</sub> Ag <sub>17</sub> (Mg <sub>54</sub> Ag <sub>17</sub> 型)	MgAg (CsCl 型)
Au 常圧	—	MgAu (CsCl 型)

TM	Mg : TM	Mg : TM
	6 : 1	1 : 1
Ni 高圧	Mg <sub>6</sub> Ni (Mg <sub>6</sub> Pd 型) 6 GPa	MgNi (CuTi 型) 6 GPa
Pd 常圧	Mg <sub>6</sub> Pd (Mg <sub>6</sub> Pd 型)	MgPd (CsCl 型)
Pt 常圧	Mg <sub>6</sub> Pt (Mg <sub>6</sub> Pd 型)	MgPt (FeSi 型)

ることができる」ということが導かれた.

## (2) Fe 系磁性化合物

Fe 系の新規磁性化合物を得ることを目的として, 高圧の影響を受けやすい希土類元素系や Sn, Sb 等の低融点金属等を成分元素として選択し, その超高压合成を試みた<sup>(18)</sup>. Ln(ランタナイド)-Fe 二元系状態図には Ln<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>, Ln<sub>6</sub>Fe<sub>23</sub>, LnFe<sub>3</sub>, LnFe<sub>2</sub> 等の各化合物が存在するが, La-Fe 系には化合物は無く, Nd-Fe 系には Nd<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 化合物しか存在しない. 表 2 に REFe<sub>2</sub>(RE: 希土類元素)C15 型ラーバス相の大気圧下での出現の有無を示す. TbFe<sub>2</sub>, DyFe<sub>2</sub>, HoFe<sub>2</sub>, ErFe<sub>2</sub> 等の REFe<sub>2</sub> 化合物は超磁歪特性を発現することで知られており, NdFe<sub>2</sub> は高圧法により合成されることは報告されているものの超磁歪特性に関する報告はなされていない<sup>(19)</sup>. そこで著者らは, RE-Fe(RE=La, Nd, Dy)系について超高压合成を試みた. La-Fe 系, Dy-Fe 系では特に新規化合物は合成されなかったが, Nd-Fe 系について, 図 9(a)に示すように 1273 K 2 時間, 2 GPa の条件下で NdFe<sub>2</sub> の C15 型ラーバス相が合成された. 新規合成された NdFe<sub>2</sub> の磁歪特性を図 9(b)に示す. 磁歪は 5T の印加磁場中で 250 K で  $300 \times 10^{-6}$ , 50 K で  $1600 \times 10^{-6}$  を示した. この値は TbFe<sub>2</sub> と DyFe<sub>2</sub> の磁歪特性が室温でそれぞれ  $1750 \times 10^{-6}$  と  $433 \times 10^{-6}$  であることと比較すると妥当な値であると判断される.

Fe-Sb 系の二元系状態図には FeSb<sub>2</sub> 化合物しか存在しないが, Fe-20 at% Sb 試料を 1373 K 8 時間, 6 GPa で超高压処理することにより, BiF<sub>3</sub> 構造を有する Fe<sub>4</sub>Sb 新規化合物が合成された. この化合物の磁化は約 136 J/(T·kg)である<sup>(18)</sup>. このように Fe 基二元系合金でも超高压による新規化合物が得られている.

表 2 REFe<sub>2</sub>(RE: 希土類元素)C15 型ラーバス相の大気圧下での出現の有無.

Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy
YFe <sub>2</sub>	—	CeFe <sub>2</sub>	PrFe <sub>2</sub>	—	SmFe <sub>2</sub>	—	GdFe <sub>2</sub>	DyFe <sub>2</sub>

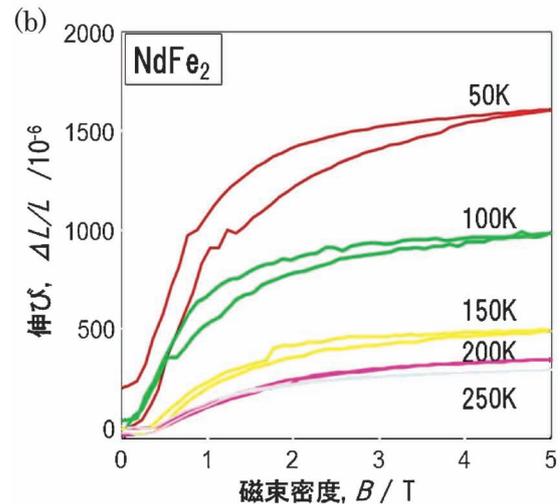
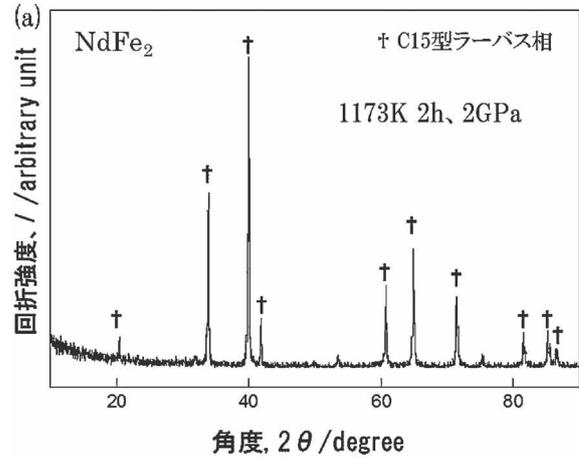


図 9 Fe-33.3 at%Nd 試料の 1173 K 2 時間, 2 GPa 高圧処理後の (a) X 線回折図と (b) 合成された NdFe<sub>2</sub> の磁歪特性.

## 4. 超高压による新規水素化物の合成

### (1) Mg 系水素化物

Mg 系水素化物は, 軽量で 7.6 mass% の高水素貯蔵量を示し Mg 資源も豊富であることから, Mg-RE(希土類元素)系, Mg-TM(遷移金属元素)系において新規水素化物の探索を行うこととした. その結果, 表 3 に示すように超高压法により多くの Mg 系新規水素化物が合成された<sup>(16)(20)-(26)</sup>. 筆者のグループにおいて合成された水素化物を下線で示す. 高圧下で合成される新規水素化物には, 同属元素系において同じ組成比の水素化物が合成されている.

Mg-第一グループ希土類元素(Sc, La, Ce, Pr, Nd)系では, イオン半径の大きな La, Ce, Pr において Mg<sub>3</sub>REH<sub>9</sub>(RE=La, Ce, Pr) 新規化合物が, それぞれ 3 GPa, 4 GPa, 6 GPa

以上、合成温度 1073 K で合成された。合成可能圧力は希土類元素のイオン半径が小さな系ほど高い圧力になる傾向も確認された。特に、イオン半径の小さな Nd, Sc 系については 6 GPa 以下の合成条件では新規化合物の合成は確認されなかった。水素含有量は約 4 mass% 程度であり、約 600 K 以上で分解する。Mg-第二グループ希土類元素 (Y, Gd, Tb, Dy) 系では、FCC 構造を有する  $MgRE_2H_8$  (RE=Y, Gd, Tb, Dy) の化学式で表される新規水素化物が合成された。この FCC 水素化物はイオン結合性化合物であり、550~600 K 以上で分解する<sup>(20)</sup>。また、筆者らのグループは Mg-Li-H 系において、電気的中性条件を考慮すると水素吸蔵量 8.3 mass% を有する  $Mg_2LiH_5$  水素化物の超高压合成をも報告している<sup>(21)</sup>。

産総研関西センターのグループは超高压法により合成された  $Mg_{7-\delta}TMH_y$  の化学式で表される新規水素化物について、理論水素量は 6.3 mass% を有し、水素放出温度は 523~583 K であり、 $MgH_2$  に比較して 403~463 K 低減しており、可逆的に水素の吸放出が可能であることを報告した<sup>(22)-(24)</sup><sup>(26)</sup>。また、 $Mg_7TMH_y$  (TM=Zr, Nb, Hf, Ta) は 3 GPa の圧力で合成されるが、 $Mg_7TiH_y$  や  $Mg_6VH_y$  は 8 GPa の圧力を要する。表 3 に示すように、Mg と組み合わせる遷移金属元素の原子半径が小さいほど、すなわち周期律表の左上に位置する元素ほど高い合成圧力が必要となる傾向がある。この考え方により、他の系での合成可能な圧力を推測することも可能である。例えば、Mg-(Zr, Hf, Nb) 系で見られた Mg:TM=1:2 の組成比で得られた底心単斜晶系水素化物は Mg-Ti 系ではより高い圧力(例えば 12 GPa 以上)で合成されると予想される。

超高压法で合成された新規水素化物は準安定相であるため、一度水素を放出すると分解し、元の高圧相を形成させるためには再度超高压処理が必要なものが殆どである。しかし、前述した MgNi 化合物や  $Mg_{7-\delta}TMH_y$  は可逆的に水素

を放出でき、更に  $Mg_7TiH_y$  はスパッタリング法でも作製可能である。超高压法は実用面から疑問視される場合が多々あるが、超高压合成されたダイヤモンドが現在では CVD で工業的に応用されているように、新規物質の合成法として今後有力な手段となると期待される。

## (2) Li 系水素化物

Li は水素貯蔵量が 12.7 mass% と大きく、新規水素貯蔵材料として有望である。以下に超高压合成された Li 系新規水素化物を紹介する。

Li は超高压下では圧縮率も大きく、常圧で 953 K である LiH の融点は 5 GPa 下では、1125 K に上昇する利点がある。表 4 に、超高压法により合成された Li-RE, Li-TM 新規水素化物を示す。但し、Li は X 線構造解析や組成分析による評価が難しいために、合成された水素化物の化学組成や精密な水素貯蔵量の同定までは至っていないが、これまで Li と水素化物を形成しないと考えられていた Y, Gd, Dy, La 等の希土類元素系<sup>(27)</sup>や Cr, Mn, Co, V, Nb, Hf, Ta 等の遷移金属元素<sup>(28)</sup><sup>(29)</sup>との組み合わせでも、超高压合成により新規水素化物を形成することが判明した。

Li と希土類元素との組み合わせについて、Li-RE-H (RE=Y, Gd, Dy) 系では、LiH-90 mol%REH<sub>3</sub> を 1173 K にて、2 GPa 以上の超高压下で処理することにより、常温・常圧で不安定な面心立方晶 (FCC) の BiF<sub>3</sub> 型構造を有する  $(Li_{0.1}RE_{0.9})H_{3-\delta}$  の化学式で表わされる水素化物が合成された。YH<sub>2</sub> (FCC) は水素吸蔵により YH<sub>3</sub> (HCP) となり、高压下では YH<sub>3</sub> (FCC) に変態する。得られた新規水素化物はこの YH<sub>3</sub> (FCC) 高压相が Li 含有により安定化したと解釈される。YH<sub>3</sub> (FCC) 高压相は脱水素化すると YH<sub>2</sub> (FCC) となり、再水素化しても YH<sub>3</sub> (FCC) 高压相とはならない。しかし  $(Li_{0.1}Y_{0.9})H_{3-\delta}$  は 575 K で水素放出後も、5 MPa-H<sub>2</sub>, 623 K の条件で可逆的に再水素化する。また、この

表 3 高圧合成された (a) Mg-RE (希土類元素) 系, (b) Mg-TM (遷移金属元素) 系新規水素化物. (下線は著者のグループで合成)

(a)	Y	La	Ce	Pr	Eu	Gd	Tb	Dy
	<u>MgY<sub>2</sub>H<sub>8</sub></u>	<u>Mg<sub>3</sub>LaH<sub>9</sub></u> ~ <u>Mg<sub>2</sub>LaH<sub>y</sub></u>	<u>Mg<sub>3</sub>CeH<sub>9</sub></u> ~ <u>Mg<sub>2</sub>CeH<sub>y</sub></u>	<u>Mg<sub>3</sub>PrH<sub>9</sub></u>	<u>Mg<sub>3</sub>Eu<sub>2</sub>H<sub>10</sub></u> Mg <sub>7</sub> Eu <sub>6</sub> H <sub>26</sub> <u>MgEu<sub>2</sub>H<sub>6</sub></u>	<u>MgGd<sub>2</sub>H<sub>8</sub></u>	<u>MgTb<sub>2</sub>H<sub>8</sub></u>	<u>MgDy<sub>2</sub>H<sub>8</sub></u>
(b)	4	5	6	7	8	9	10	
	Ti <u>Mg<sub>7</sub>TiH<sub>y</sub></u> (8 GPa)	V <u>Mg<sub>6</sub>VH<sub>y</sub></u> (8 GPa)	Cr <u>Mg<sub>3</sub>CrH<sub>6</sub></u> (8 GPa)	Mn <u>Mg<sub>3</sub>MnH<sub>y</sub></u> <u>Mg<sub>3</sub>MnH<sub>7</sub></u>	Fe <u>Mg<sub>2</sub>FeH<sub>6</sub></u>	Co <u>Mg<sub>6</sub>Co<sub>2</sub>H<sub>11</sub></u> <u>Mg<sub>2</sub>CoH<sub>5</sub></u>	Ni <u>Mg<sub>2</sub>NiH<sub>4</sub></u> <u>Mg<sub>2</sub>Ni<sub>3</sub>H<sub>3.4</sub></u> <u>MgNi<sub>2</sub>H<sub>y</sub></u>	
	Zr <u>Mg<sub>7</sub>ZrH<sub>y</sub></u> <u>MgZr<sub>2</sub>H<sub>10</sub></u>	Nb <u>Mg<sub>7</sub>NbH<sub>y</sub></u> <u>Mg<sub>4</sub>NbH<sub>y</sub></u> <u>MgNb<sub>2</sub>H<sub>y</sub></u>	Mo <u>Mg<sub>3</sub>MoH<sub>6</sub></u>	Tc	Ru <u>Mg<sub>3</sub>RuH<sub>6</sub></u> <u>Mg<sub>3</sub>RuH<sub>3</sub></u> <u>Mg<sub>2</sub>RuH<sub>6</sub></u> <u>Mg<sub>2</sub>RuH<sub>4</sub></u>	Rh <u>Mg<sub>2</sub>RhH<sub>1.11</sub></u> <u>MgRhH<sub>1-x</sub></u>	Pd	
	Hf <u>Mg<sub>7</sub>HfH<sub>y</sub></u> <u>MgHf<sub>2</sub>H<sub>10</sub></u>	Ta <u>Mg<sub>7</sub>TaH<sub>y</sub></u>	W	Re <u>Mg<sub>3</sub>ReH<sub>7</sub></u>	Os <u>Mg<sub>2</sub>OsH<sub>6</sub></u>	Ir <u>Mg<sub>4</sub>IrH<sub>5</sub></u> <u>Mg<sub>6</sub>Ir<sub>2</sub>H<sub>11</sub></u>	Pt	

表4 高圧合成された Li-TM(遷移金属元素)系, Li-RE(希土類元素)系新規水素化物。(下線は著者のグループで合成)

3d	Sc	Ti	V <u>Li<sub>2</sub>VH<sub>y</sub></u>	Cr <u>Li<sub>x</sub>CrH<sub>y</sub></u>	Mn <u>LiMn<sub>4</sub>H<sub>y</sub></u>	Fe	Co <u>Li<sub>x</sub>CoH<sub>y</sub></u>	Ni <u>Li<sub>x</sub>NiH<sub>y</sub></u>
4d	Y <u>(Li<sub>0.1</sub>Y<sub>0.9</sub>)H<sub>y</sub></u>	Zr <u>Li<sub>x</sub>ZrH<sub>y</sub></u>	Nb <u>Li<sub>5</sub>NbH<sub>y</sub></u>	Mo	Tc	Ru Li <sub>4</sub> RuH <sub>6</sub>	Rh Li <sub>3</sub> RhH <sub>4</sub>	Pd LiPdH <sub>0.7</sub>
5d	Lanthanoid (Ln)	Hf <u>Li<sub>8</sub>Hf<sub>3</sub>H<sub>y</sub></u>	Ta <u>Li<sub>x</sub>TaH<sub>y</sub></u>	W	Re	Os Li <sub>4</sub> OsH <sub>6</sub>	Ir Li <sub>3</sub> IrH <sub>6</sub> Li <sub>4</sub> IrH <sub>4</sub> Li <sub>4</sub> IrH <sub>6</sub>	Pt
Ln	La <u>(Li<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)H<sub>y</sub></u> x=0.27-0.37	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu LiEuH <sub>3</sub>	Gd <u>(Li<sub>0.1</sub>Gd<sub>0.9</sub>)H<sub>y</sub></u>

(Li<sub>0.1</sub>Y<sub>0.9</sub>)H<sub>3-δ</sub>はLiHとY水素化物のメカニカルアロイング法によっても合成可能である。

超高圧合成されたLi-TM水素化物に興味ある特性を示すものがある。LiH-14.3 mol% TaH<sub>0.88</sub>試料を5 GPa, 973 Kで超高圧合成した処, 試料が磁石になったことから磁気特性を測定することとした。図10は超高圧合成したLiH-14.3 mol% TaH<sub>0.88</sub>試料の(a)磁気ヒステリシスと(b)磁化の温度特性を示す。試料の原料であるLiHとTaH<sub>0.88</sub>は共に常磁性であるが, この新規合成水素化物はキュリー温度が580 Kの強磁性であることが判明した。Li-Hf水素化物も同様に強磁性的挙動を示した。Li<sub>x</sub>(Ta, Hf)H<sub>y</sub>の強磁性の起源については今後の研究が待たれる。

このように超高圧法により今後も新規物質が合成されるものと期待される。超高圧法で新規物質が開発されても, その産業的展開に疑問視する声も多々聞かれるが, メカニカルアロイング法やスパッタリング法などにより作製が可能になる場合もあり, 今後の新規物質探索法として今後の展開が待望される。

## 5. おわりに

筆者が新物質・新材料開発に心がけてきたことは「その分野の素人であれ」ということである。それは新しい永久磁石材料の発見のほとんどが実は永久磁石の専門家によってなされてきておらず<sup>(30)</sup>, 多くの開発者が他分野の専門家であり, 大胆な発想, 情熱と偶然からもたらされたものであることからである。現在, ハイブリッド自動車に搭載されているニッケル・水素電池に利用されているLaNi<sub>5</sub>系水素吸蔵合金も, フィリップス社の水素関連材料従事者でなく, 磁石研究者によって開発された。SmCo<sub>5</sub>磁石粉を長時間, 過塩素酸酢酸溶液でエッチングすると磁化が低下する原因が水素吸蔵に起因することを解明し, LaNi<sub>5</sub>水素吸蔵合金の開発に至った<sup>(31)</sup>。ネガティブな現象についても, 不可思議な現象として, 真剣に取り組んだ成果であろう。従って, 革新的な新材料・新物質を発見するには, その分野の“素人”として先入観無しに研究することが重要であろう。

筆者は永久磁石材料, 電子セラミックス, 水素関連材料などと研究対象分野を意図的, また定期的に変えてきた。実際に研究分野を変えてみると, その分野では研究し尽された

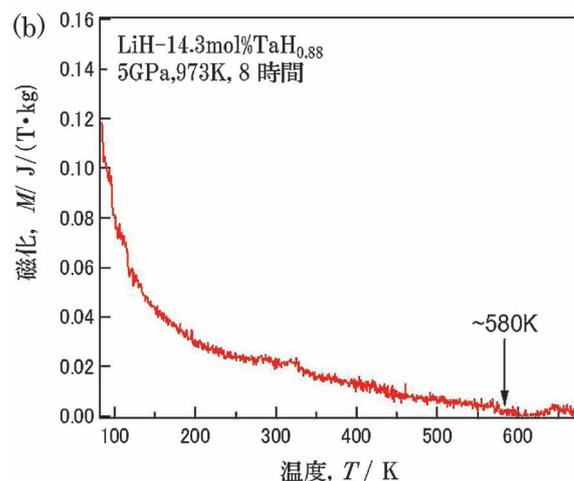
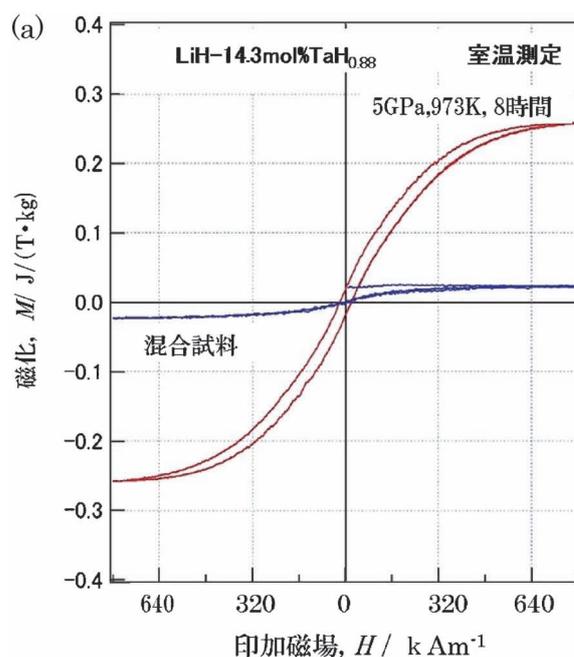


図10 LiH-14.3 mol% TaH<sub>0.88</sub>の混合試料と超高圧合成した(a)磁気ヒステリシスと(b)磁化の温度特性。キュリー温度が580 Kの強磁性である。

みなされていた研究でも新鮮に取り組むことができ, それなりに新物質・新材料開発に繋がってきた。また, 幸運だったのは, 時代と共に新しい実験装置の進展があったことであ



# ステンレス鋼の不働態と局部腐食研究の進歩\*

原 信 義\*\*

## 1. はじめに

20世紀の初頭に欧米の科学者たちによってステンレス鋼が開発されてから100年が経過した。開発当初の刃物類への応用に始まり、現在では輸送機器分野を中心に、家庭用・業務用機器、産業機器、建材・建設、電気機器など広範な分野で使用されており、ステンレス鋼は社会基盤を支える耐食材料として欠かせぬ存在となっている。このようなステンレス鋼の発展は、一世紀の間の絶え間ぬ生産技術の開発・改良による品質とコストの改善、ならびに新たなニーズに対応した新鋼種の開発によるところが大きい。材料科学的な基礎研究も重要な役割を果たしてきたと考えられる。

ステンレス鋼の優れた耐食性は表面に形成される不働態皮膜によるものである。この不働態皮膜が何らかの原因で局部的に破壊されると、孔食、すき間腐食、応力腐食割れなどの局部腐食が発生する。したがって、不働態皮膜の性質や状態を明らかにすることはステンレス鋼の耐食性を理解し、さらなる高耐食化を図る上で不可欠である。そのためモデル実験を含む多面的な研究が行われ、不働態皮膜の本質的理解が深まった<sup>(1)</sup>。また、局部電気化学計測技術の進歩によって局部腐食発生機構に関する理解も飛躍的に進展した<sup>(2)-(4)</sup>。その結果、省資源・省エネルギーの次世代ステンレス鋼(グリーンステンレス鋼<sup>(1)</sup>)の開発に繋がる高耐食化の新原理が見いだされつつある。本稿ではこれらの進歩について紹介する。

## 2. 不働態研究の進歩

### (1) 実不働態皮膜の性状

1970年代からのX線光電子分光法(XPS)、Auger電子分光法(AES)、二次イオン質量分析法(SIMS)、イオン散乱分光法(ISS)などの高感度表面分析法の発達・普及に伴い、ステンレス鋼の不働態皮膜の厚さや化学組成が詳細に調べられるようになった<sup>(5)</sup>。可視紫外光を利用したエリプソメトリーおよび電位変調反射分光法(PMRS)による膜厚および化学組成の*in-situ*解析も行われた<sup>(6)</sup>。その結果、不働態皮膜の厚さは合金組成や環境条件(溶液の組成, pH, 電位)に依存するが最大でも3 nm程度と、極めて薄いことが分かった<sup>(1)(5)(6)</sup>。皮膜の化学組成に関しては、構成元素の種類、酸化状態、化学結合状態および深さ方向分布などについて非常に多くの知見が得られた<sup>(1)(5)(6)</sup>。Moの存在量については異論が多いが、CrはCr<sup>3+</sup>として存在し、鋼素地に近い皮膜内部(内層)には常に濃縮していることが確かである。皮膜内部は主に酸化物から成ると考えられている。

図1に、Fe-Cr合金の不働態皮膜のCr<sup>3+</sup>カチオン分率 $X_{Cr}$ と合金のCr含有量の関係を示す。この図はYangら<sup>(7)</sup>による収録値にAsamiら<sup>(8)</sup>によるXPS分析データと著者ら<sup>(9)(10)</sup>のPMRS分析の結果(pH6, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液)を加えて作成したものである。特に断りのないデータは0.5~1.0 kmol·m<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(pH 0)中で不働態化した皮膜をXPSで分析したものである。図1から、合金のCr含有量を増すと共に $X_{Cr}$ は急激に増加して、ステンレス鋼の最少Cr含有量である10.5%を超えると $X_{Cr} > 0.5$ となり、30%では $X_{Cr} > 0.7$ となることが分かる。このようにCr酸化物が濃縮した不働態皮

\* 2016年3月23日、東京理科大学葛飾キャンパスにおける本会第158回春期講演大会において講演

\*\* 東北大学理事(大学院工学研究科教授)(〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1)

Recent Advances in Studies on Passivity and Localized Corrosion of Stainless Steels; Nobuyoshi Hara (Tohoku University, Sendai)

Keywords: stainless steel, passive film, localized corrosion, artificial passive film, dissolution rate, sputter deposited stainless steel film, micro-electrochemical technique, pit initiation mechanism

2015年12月4日受理[doi:10.2320/materia.55.207]

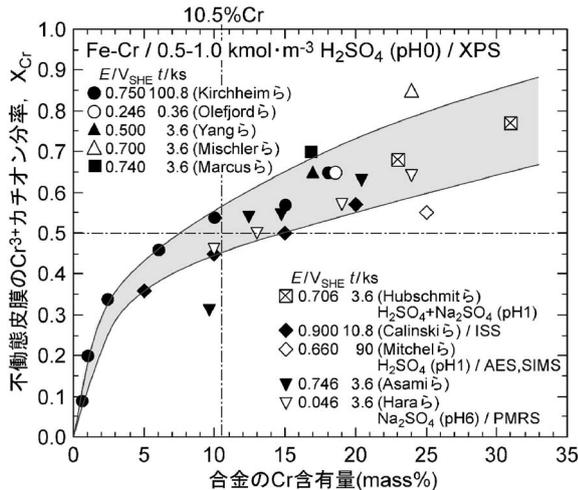


図1 Fe-Cr合金の不動態皮膜のCr<sup>3+</sup>カチオン分率と合金のCr含有量の関係 (Asamiら<sup>(8)</sup>およびHaraら<sup>(9)</sup><sup>(10)</sup>のデータ以外はYangら<sup>(7)</sup>の収録値による)。

膜が何故優れた防食機能を発揮するのか、その理由を解明するために半導体的性質やイオン輸送特性なども調べられているが<sup>(5)(6)</sup>、著者は以下に述べるように酸中の溶解特性が重要であると考えている。

## (2) 人工不動態皮膜の耐食性

海水などの中性塩化物環境において局部腐食を生じるとき、不動態が局部的に破壊される場所の液性は低pH、高Cl<sup>-</sup>濃度になっている。したがって、不動態皮膜の防食特性を理解するためには、HClのような酸性塩化物溶液中における皮膜の溶解速度を知ることが必要である。しかし、多くの汎用ステンレス鋼はHCl中では不動態化しないので、実不動態皮膜において皮膜組成と耐食性の関係を知ることは困難である。そこで著者らは、化学気相析出法(CVD)およびイオンビームスパッタ析出法(IBSD)で作製したFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>複合酸化物薄膜(人工不動態皮膜)を用いて、酸中における溶解速度に及ぼす合金元素の影響を定量的に評価した<sup>(11)-(15)</sup>。

図2に、5 kmol・m<sup>-3</sup> HCl中のCVD-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜の膜厚減少速度(以下、溶解速度とする)とCr<sup>3+</sup>カチオン分率X<sub>Cr</sub>の関係を示す<sup>(11)</sup>。溶解速度はX<sub>Cr</sub>に対して指数関数的に減少し、X<sub>Cr</sub>=0.5(10.5%Cr鋼の実不動態皮膜に相当)では約1/100まで低下する。図中に破線で示したように、溶解速度が単純な加成則に従うと仮定すると、X<sub>Cr</sub>=0.5では1/2にしかならないから、複合化の効果は極めて大きいことが分かる。X<sub>Cr</sub>=0.5の皮膜の溶解速度5×10<sup>-5</sup> nm/sは、この皮膜1 nmを5 kmol・m<sup>-3</sup> HCl(濃塩酸の約1/2濃度の溶液)中で全て溶解するのに約5.5時間必要であることを意味しており、Cr濃縮した複合酸化物はHClに対する耐食性が極めて高いと言える。

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>複合酸化物は半導体的性質を有するため<sup>(16)</sup>、電気化学的な溶解反応を生ずる。図3に、1 kmol・

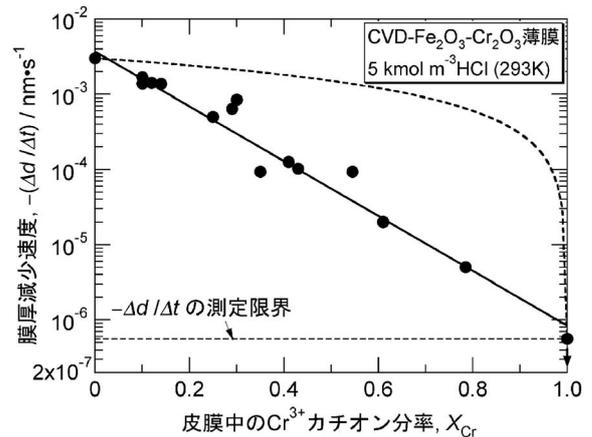


図2 5 kmol・m<sup>-3</sup> HCl中におけるCVD-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜の膜厚減少速度と皮膜のCr<sup>3+</sup>カチオン分率との関係<sup>(11)</sup>(破線は単純加成則による推定曲線を示す)。

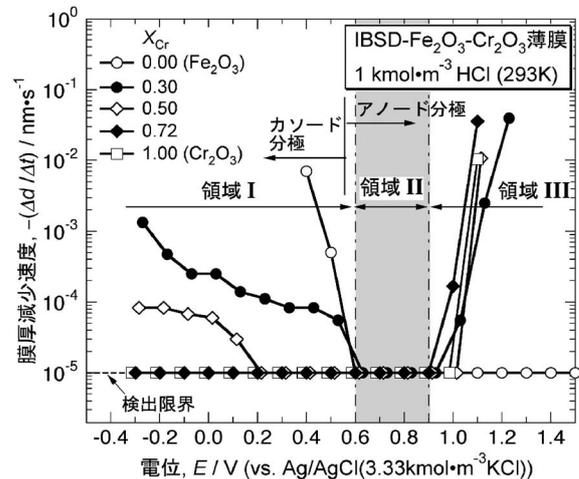


図3 1 kmol・m<sup>-3</sup> HCl中におけるIBSD-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜の膜厚減少速度の電位による変化<sup>(14)</sup>。

m<sup>-3</sup> HCl中におけるIBSD-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜の溶解速度と電位の関係を示す<sup>(14)</sup>。0.6 Vよりも低い電位領域IではFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分が還元溶解し、0.9 Vよりも高い電位領域IIIではCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分が酸化溶解する。還元溶解の速度は電位が低いほど、すなわちFe-Cr合金の活性溶解域に近づくほど大きくなるが、X<sub>Cr</sub>を増すと低下し、X<sub>Cr</sub>>0.7で検出限界(図3の実験では1×10<sup>-5</sup> nm/s)以下になる。ステンレス鋼の不動態域の高電位側に相当する0.6 V~0.9 Vの電位領域IIでは、皮膜のX<sub>Cr</sub>によらず溶解速度は極めて低い。これらのことから、Cr濃縮した不動態皮膜の防食機能が特に有効に発揮されるは不動態域の低電位側であることが分かる。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分の還元溶解の抑制にはMoO<sub>2</sub>も有効であることが確認されている<sup>(15)</sup>。

## (3) 理想的清浄ステンレス鋼の耐食性

不動態皮膜を構成する酸化物の耐食性は非常に高いにも関

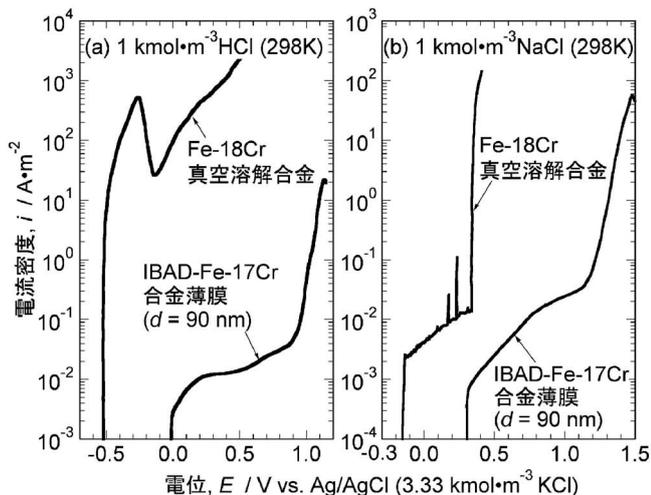


図4 1 kmol·m<sup>-3</sup> HCl および 1 kmol·m<sup>-3</sup> NaCl 中における IBED-Fe-17Cr 合金薄膜と真空溶解 Fe-18Cr 合金バルクのアノード分極曲線<sup>(18)</sup>.

ならず、実用ステンレス鋼の多くは HCl 中で不動態を維持することができない。その理由の一つは、鋼中に結晶粒界や異相界面などの面欠陥、析出物や第二相などの体積欠陥が存在するためであると考えられる。このことを確かめるために、高品質の金属薄膜を形成できる IBSD やイオンビームエンハンスド堆積法 (IBED) を用いて、実用ステンレス鋼と同程度の 13~24 mass%Cr を含む Fe-Cr 合金薄膜を作製し、耐食性を評価した<sup>(17)(18)</sup>。この合金薄膜は BCC 構造を有し、平均結晶粒径は約 30 nm、表面の rms 粗さは 0.4~0.5 nm である。光学顕微鏡や SEM で観察できるサイズの析出物や第二相は存在しないので、一種の理想的清浄ステンレス鋼であると見なすことができる。

図4(a)および(b)に、1 kmol·m<sup>-3</sup> HCl および 1 kmol·m<sup>-3</sup> NaCl 中における IBED-Fe-17Cr 合金薄膜と、研究室で高周波真空溶解法により作製した Fe-18Cr 合金バルクのアノード分極曲線を示す<sup>(18)</sup>。IBED 合金薄膜は、1 kmol·m<sup>-3</sup> HCl 中に自然浸漬した状態で不動態化しており、0.9 V 以上で過不動態溶解を生じるまで不動態状態が安定に維持される。また、1 kmol·m<sup>-3</sup> NaCl 中では孔食感受性を示さない。これらのことから、材料中に析出物や第二相などのマイクロ欠陥がなければ、Cr 濃縮した複合酸化物本来の高耐食性が生かされ、高濃度 HCl に耐え、また耐孔食性も高くなることが明らかである。

図5は、図4(b)のような測定結果に基づいて、真空溶解 Fe-Cr 合金バルクとスパッタ析出 Fe-Cr 合金薄膜の孔食電位を耐孔食性指数 PRE (= Cr + 3.3Mo) に対してプロットしたものである。図中には Type 304 鋼のスパッタ膜のデータ<sup>(19)(20)</sup>、ならびに Type 304 および 316L 鋼の市販材と高純度材 (メーカーで作製) のデータ<sup>(21)(22)</sup> も合わせて示してある。図5から、真空溶解 Fe-Cr 合金と市販の Type 304 および 316L 鋼の孔食電位と PRE との間には直線関係があり、耐孔食性の改善には Cr や Mo を多量に添加する方法 (高合

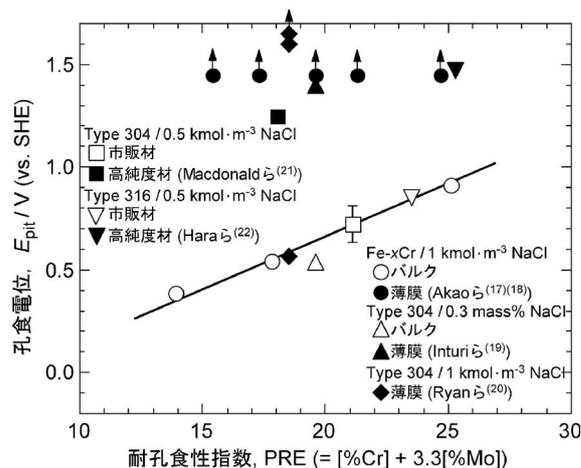


図5 NaCl 中におけるステンレス鋼の孔食電位と耐孔食性指数の関係。

合金化) が有効であることを示している。図1を参照すると、孔食電位と不動態皮膜組成との間には相関関係があるように見える。しかし、スパッタ合金薄膜と高純度 Type 304, 316L 鋼はこの直線関係には従わないことから、これらの材料では孔食電位は不動態皮膜組成とは無関係であることになる。すなわち、中性塩化物溶液中の孔食の発生に限れば、その起点となる材料欠陥の有無が支配的因子である。そのような材料欠陥を特定し、孔食発生の機構を明らかにすることができれば、高合金化以外の手法によって耐食性を飛躍的に改善できる可能性がある。

### 3. 局部腐食研究の進歩

孔食やすき間腐食などの局部腐食は、発生と成長の2つの過程に分けられる<sup>(23)</sup>。後者の過程については溶液化学と電気化学の両面から良く研究されており、ピットやすき間内では金属の溶解によって pH 低下と塩化物イオン濃縮が起こるため、自己触媒的に成長を続けることが分かっている。一方、局部腐食の発生過程に関しては未解明の点が多い。局部腐食は一旦発生すると止めることが難しいため、発生機構を解明し、それに基づいて発生そのものを抑制することが重要である。

#### (1) 孔食発生機構

孔食は不動態皮膜の局部的破壊によるものと考えられ、その原因として塩化物イオンの浸透、塩化物イオン吸着による皮膜溶解速度の増加、電気ひずみや表面張力などによる破壊モデルが提案されてきた<sup>(23)-(25)</sup>。これらの破壊の起点は nm サイズであると考えられるが、ステンレス鋼においては μm サイズの欠陥である介在物、特に MnS が孔食の起点になることが知られている<sup>(26)-(28)</sup>。MnS 電極の電気化学的測定結果<sup>(26)(27)</sup> および電位-pH 図<sup>(27)</sup> に基づいて、MnS が電気化学的にアノード溶解することが示され、その溶解生成物とし

て元素状イオウ(S)<sup>(26)(27)</sup>とチオ硫酸イオン(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>)<sup>(28)</sup>が検出されている。これらの結果に基づいて、硫化物介在物が溶解して露出した鋼が溶解する<sup>(26)</sup>、MnS/鋼界面のMnSが溝状に溶解してピットが発生する<sup>(27)</sup>、チオ硫酸イオンが脱不動態化の原因である<sup>(28)</sup>、などの諸説が提案された。しかし、これらの研究では孔食発生過程の全容を解明するには至らなかった。

最近、電極表面上の微小領域の *in situ* (その場) 観察および電気化学計測の手法が発達し、局部腐食の発生機構を解明するための研究が大きく進展した<sup>(2)-(4)</sup>。特に1990年代半ばに、電解液を満したガラスキャピラリー(マイクロ電気化学プローブ)を材料表面に密着させて分極測定を行う手法が Suter ら<sup>(29)(30)</sup>によって開発され、従来不可能であった介在物や結晶粒界などの微小領域の電気化学的特性の解析に利用されるようになった。著者らはマイクロ電気化学プローブを用いてステンレス鋼中の各種硫化物介在物の電気化学的性質を調べた<sup>(31)-(34)</sup>。

電極面の直径が180 μmのマイクロ電気化学プローブを用いて測定した分極曲線の一例を図6(a)に示す<sup>(32)</sup>。試料は微量のSを添加したType 304鋼(0.0265% S)の溶体化材であり、電解液は3 kmol·m<sup>-3</sup> NaCl, 3 kmol·m<sup>-3</sup> MgCl<sub>2</sub> および8 kmol·m<sup>-3</sup> LiCl 溶液である。SEM-EDS 分析により、介在物は少量のCrを含む(Mn, Cr)Sであることが確かめられた(以下ではMnSと略記する)。3 kmol·m<sup>-3</sup> NaCl 中では、0.3 V~0.5 Vの電位範囲にMnSのアノード溶解による電流増加が見られる。電極面積が10 mm×10 mm程度の通常のマクロ電気化学測定では、MnSのアノード溶解電流を分離

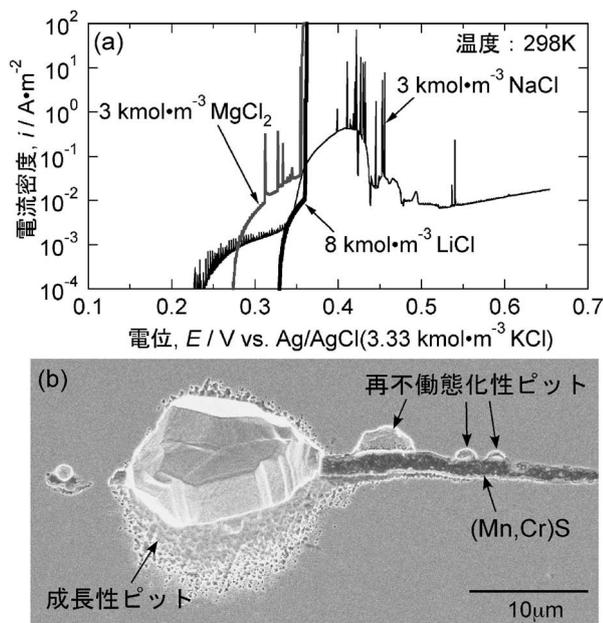


図6 キャピラリー型マイクロ電気化学プローブを用いて測定した(Mn, Cr)Sを含むType 304鋼マイクロ電極(直径:約180 μm, 面積:2.5×10<sup>-8</sup> m<sup>2</sup>)のアノード分極曲線(a)と3 kmol·m<sup>-3</sup> MgCl<sub>2</sub> 中で測定終了した後の表面のSEM写真(b)<sup>(32)</sup>。

検出することはできない。MnSのアノード溶解電位域で見られる電流スパイクは再不動態化性ピット発生によるものである。

3 kmol·m<sup>-3</sup> MgCl<sub>2</sub> 中では0.3 V付近からの再不動態化性ピットの発生に続いて0.35 Vで成長性ピットが発生し、電流が急激に上昇した。この直後に測定を中断して電極面をSEM観察した結果を図6(b)に示す。細長く伸びたMnSと鋼素地との界面に複数の再不動態化性ピットが発生しており、10 μm以上に成長したピットが見られる。ただし、成長性ピットは溶解が広範囲に拡がっているために発生点を特定することはできない。このようにマイクロ電気化学プローブの発達によって、介在物自体の電気化学的性質を調べることができ、ピット発生と関連づけた考察が可能になった。しかし、プローブ法では実験中の電極面の様子を観察できないために、電流の変化を個々のピットの発生・成長に対応付けることはできない。

この問題を解決するため、図7(a)に示すように、一辺が数十~数百 μmの電極面を被覆法によって形成し、この電極と水浸対物レンズによる顕微鏡観察を組み合わせることで、*in situ* リアルタイム観察が可能なマイクロ電気化学システムを開発した<sup>(35)</sup>。その概略を図7(b)に示す。この計測システムを用いて、微量S添加Type304ステンレス鋼(0.0265% S)を0.1 kmol·m<sup>-3</sup> NaCl中で動電位アノード分極しながら、電極面のビデオ観察を行った。図8(a)に動電位アノード分極曲線を、図8(b), (c)に実験前後の電極面の光学顕微鏡写真を示す<sup>(35)</sup>。電極面積は約150 μm×約300 μmである(図7(a)参照)。0.3 V付近からMnSのアノード溶解による電流上昇が起これ、0.41 Vで再不動態化性ピットの発生による電流スパイク(A)が現れ、0.51 Vで成長性ピットの発生による電流の急上昇(B)が現れた。

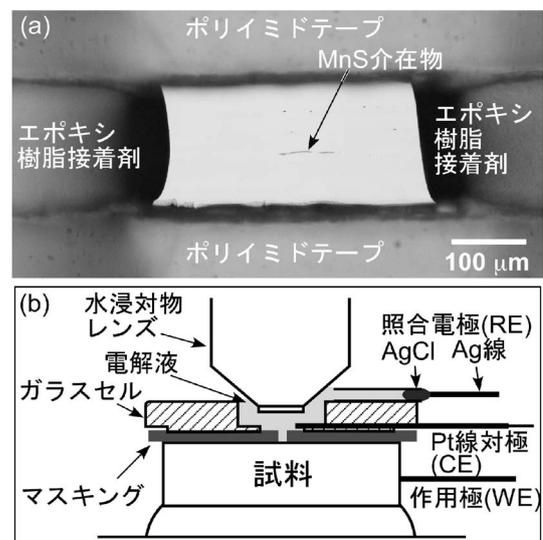


図7 被覆法で作製したマイクロ電極面(約150 μm×約300 μm)の外観(a)と、電極面の *in-situ* 観察が可能なマイクロ電気化学計測システムの概略図(b)<sup>(35)</sup>。

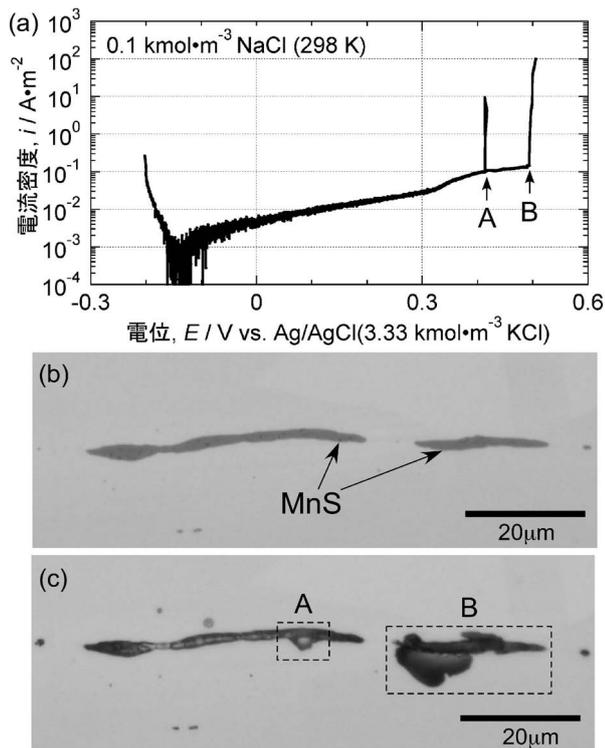


図8 MnSを含むType 304鋼マイクロ電極(面積:約 $4.5 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ )の $0.1 \text{ kmol} \cdot \text{m}^{-3} \text{ NaCl}$ 中におけるアノード分極曲線(a)と分極測定前後の光学顕微鏡写真(b), (c)<sup>(35)</sup>.

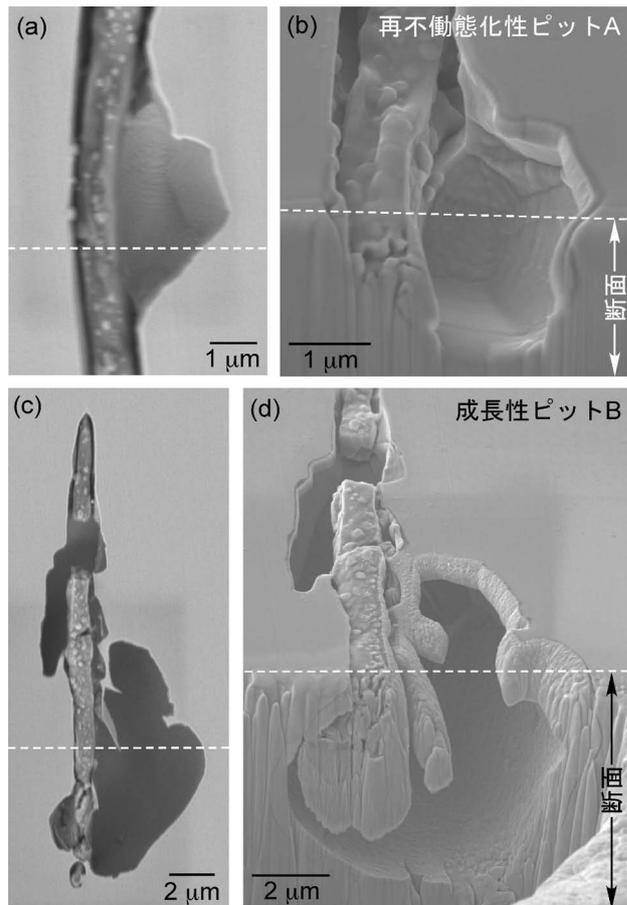


図10 再不動態化性ピット(図8のA)および成長性ピット(図8のB)の表面(a), (c)と断面(b), (d)のSEM写真<sup>(35)</sup>.

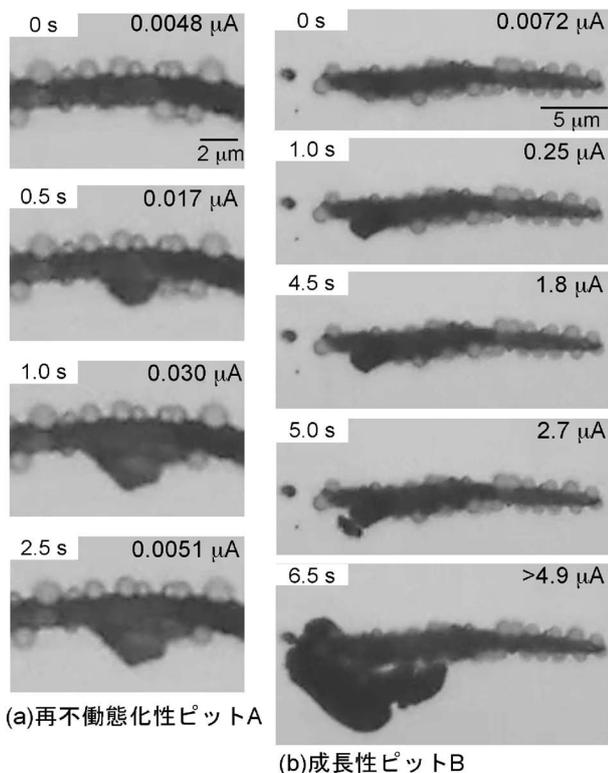


図9 再不動態化性ピット(図8のA)および成長性ピット(図8のB)発生時の電極面の変化<sup>(35)</sup>.

図9(a)に、ビデオから抽出した再不動態化性ピット(A)発生時の光学顕微鏡像の変化を示す<sup>(35)</sup>。最大 $0.5 \mu\text{A}$ の溶解電流が2s間流れ、2.5s後に再不動態化した。ピットは発生初期には半球状であり、次第に多角形に変化して再不動態化した。成長性ピット(B)について同様の解析を行った結果を図9(b)に示す。1.0sまでの初期のピットの形態変化は再不動態化性ピットに類似していた。1.0~4.5sの間は電流は流れ続けているにもかかわらず、外観上はほとんど変化が見られなかった。そして、6.5s後に、表面が陥没するようにして大きな穴が開いた。このことから、1.0~4.5sの間は試料内部で溶解が進行していたことが明らかである。

実験終了後の試料をFIBで加工し、表面と断面のSEM観察を行った結果を図10に示す<sup>(35)</sup>。再不動態化性ピットは口径と深さが同程度で浅いのに対して、成長性ピットは試料内部まで深く溶解が進展している。また、MnSと鋼の界面に溝が形成されていることが注目される。*In-situ*顕微ラマン分光法による分析の結果、MnS/境界部の溝の所には元素状硫黄(S)が存在することが分かった<sup>(36)</sup>。この元素状SはMnSのアノード溶解生成物である $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ イオンから不均化反応によって生じるものと考えられる。元素状Sを含むNaCl溶液中でアノード分極曲線を測定した結果、元素状S

が存在すると、 $\text{Cl}^-$  イオンとの相乗作用によって pH 3.5 程度の溶液であっても Type 304 鋼は活性溶解し、不働態化しないことが分かった<sup>(36)</sup>。

これらの結果に基づき、図11に示すような孔食発生機構を提案した<sup>(36)</sup>。S と  $\text{Cl}^-$  イオンの相乗作用によって MnS / 鋼界面のステンレス鋼の溝状溶解が進行し、溝内部での局所溶解によってピットが発生する。浅い溝の中で発生する場合にはオープンピットとなり、再不働態化する。一方、深い溝の中では低 pH、高  $\text{Cl}^-$  濃度の条件が維持され、かつ IR ドロップによる電位低下が起こるため、一端発生したピットは成長し続けるものと考えられる。図11の発生機構は、S 含有量が少なく、MnS のサイズが小さい市販 Type 304 鋼においても成り立つことが確かめられている<sup>(37)</sup>。

## (2) すき間腐食発生機構

すき間腐食の発生に関する良く知られたモデルは、すき間内における pH 低下と  $\text{Cl}^-$  イオン濃縮による脱不働態化である。これらのすき間内液性の変化に加えて、IR ドロップによる電位低下や微小ピットの形成が腐食発生のトリガーになることが提案されている。しかしながら、すき間内での液性変化と局部溶解発生との関係を直接捕らえた研究はなかった。pH イメージングセンサの開発により pH の場所的变化を可視化することは可能になったが、 $\text{Cl}^-$  イオン濃度のイメージングができなかったためである<sup>(3)</sup>。

最近、著者らは、 $\text{Cl}^-$  イオン感受性を持つ蛍光色素を用いて  $\text{Cl}^-$  イオンセンシングプレートを作製することに成功し、これと pH センシングプレートを用いることで 18Cr-10Ni-5Mn 鋼のすき間腐食発生過程の解析を行った<sup>(38)</sup>。その結果、すき間内の pH が 2 以下に低下した領域において直径 2~3  $\mu\text{m}$  の微小ピットが発生し、その直後に周囲の pH は 0.5 以下、 $\text{Cl}^-$  イオン濃度は  $4 \text{ kmol}\cdot\text{m}^{-3}$  以上となり、腐食が拡大進展することが分かった。すき間腐食は微小ピットの発生がトリガーとなって始まることが確認され、またピット発生とその後の腐食の進展を駆動する溶液化学的条件が明らかになりつつある。

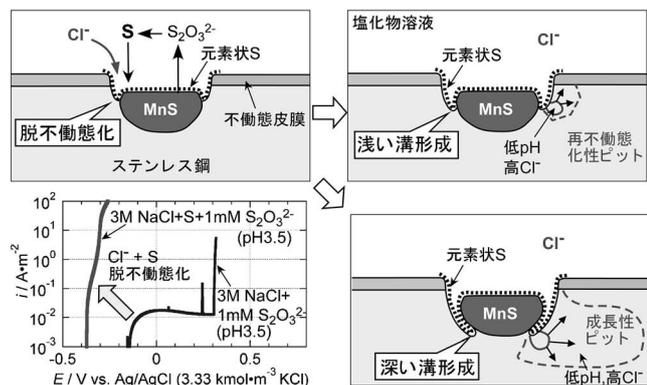


図11 ステンレス鋼における MnS 起点の孔食発生機構<sup>(36)</sup>。

## (3) 塩化物応力腐食割れ発生機構

ステンレス鋼における応力腐食割れ (SCC) のクラックは、孔食、すき間腐食あるいは粒界腐食による脱不働態化と、高応力場および腐食性環境の組み合わせ作用が臨界状態に達した時に発生する。塩化物環境での SCC では、割れの開始に至る脱不働態化現象は孔食である可能性が高い。前述したように、ステンレス鋼の孔食の起点は MnS 介在物であるから、応力が MnS 介在物に及ぼす影響を知ることは重要である。そこで Suter ら<sup>(39)</sup> および著者ら<sup>(40)</sup> は MnS 介在物に及ぼす応力の影響をマイクロ電気化学セルを用いて研究した。いずれの研究においても、応力を付加した場合に、MnS 中にクラックが発生することが観察された。このクラックが鋼素地まで貫通することによって孔食が発生するものと考えられる。クラックは (Mn, Cr)S 介在物がアノード溶解によって CrS リッチに変化する過程で発生することが推察されている<sup>(40)</sup>。

## 4. グリーンステンレス鋼の開発指針

図5に示した孔食電位と PRE の関係から明らかのように、ステンレス鋼の局部腐食に対する耐食性改善には高純度化と高合金化が有効である。大規模な工業生産において、超高純度化 (極低 S 化) や MnS フリー化は莫大なエネルギーと時間を要するため非現実的である。そのため、これまでには主に高合金化による耐食性改善が図られてきた。しかし、図11に示した孔食発生機構に基づくと、高純度化や高合金化以外にも、以下のような方法で耐食性を向上させることが可能である。

(1) 硫化物の組成制御：硫化物がアノード溶解しなければ、孔食発生の起点にはならない。ステンレス鋼における各種介在物の電気化学的特性を系統的に研究した結果、図12に示すように CrS<sup>(33)</sup>、TiS<sup>(34)</sup> および  $\text{Ti}_4\text{C}_2\text{S}_2$ <sup>(34)</sup> は不働態域で

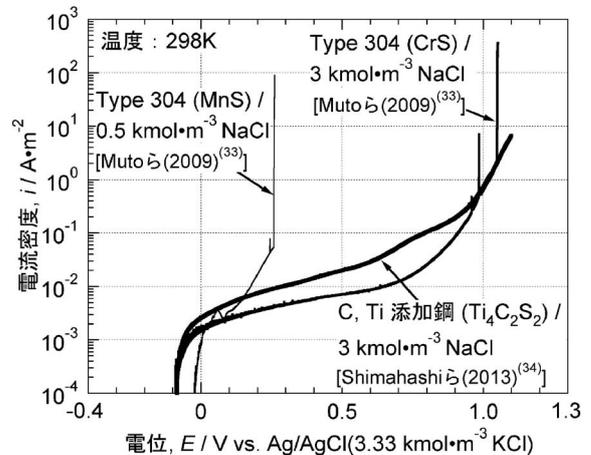


図12 MnS, CrS および  $\text{Ti}_4\text{C}_2\text{S}_2$  介在物を含むステンレス鋼マイクロ電極 (面積:  $2.1\sim 2.5 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ ) の NaCl 中におけるアノード分極曲線。

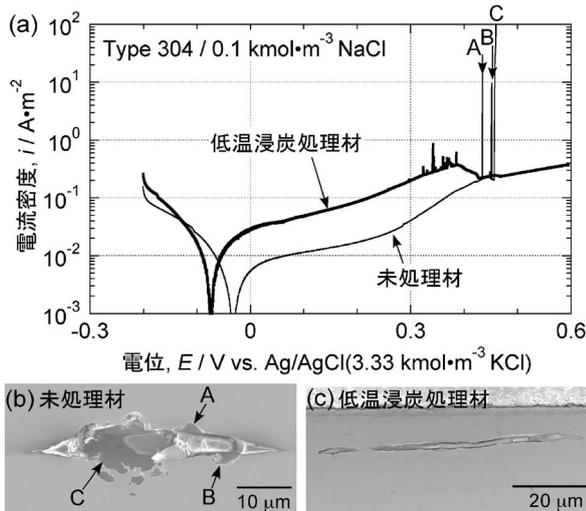


図13 低温浸炭処理した Type 304鋼マイクロ電極(面積:  $1.5 \sim 6.0 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ )の  $0.1 \text{ kmol} \cdot \text{m}^{-3} \text{ NaCl}$  中におけるアノード分極曲線(a)と、測定終了後の表面のSEM写真(b), (c)<sup>(42)</sup>.

はアノード溶解せず、孔食の発生起点にならないことが分かった。従来、ステンレス鋼に快削性を付与するために PbS や MnS が用いられてきたが、これらを  $\text{Ti}_4\text{C}_2\text{S}_2$  に変えることで、快削性と耐食性を両立したステンレス鋼が開発されている<sup>(41)</sup>。この他に、MnS 中の S を O で置換するとアノード溶解しにくくなることも分かっており<sup>(32)</sup>、介在物の組成制御は孔食発生抑制のための非常に有効な手段になる。

(2) 鋼素地の高耐食化：従来の高合金化による高耐食化は、MnS/鋼界面での脱不動態と溝状溶解の抑制効果によるものと考えられる。最近、低温プラズマ浸炭処理によって表面に過飽和炭素が固溶した浸炭層を形成すると、図13に示すように鋼の溝状溶解が抑制され、孔食は発生しなくなることが分かった<sup>(42)</sup>。炭素固溶層では、元素状 S を含む酸性塩化物溶液中における活性溶解が大幅に抑制されることが確認されている<sup>(42)</sup>。このように、高合金化以外の手法でも MnS/鋼界面の高耐食化が可能である。

(3) 表面の硫化物の除去：化学的あるいは電気化学的な処理によって鋼表面に露出している MnS を除去すると耐孔食性は改善される。図14に、弱酸性  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液中で定電位分極することにより MnS を溶解除去した Type 316L 鋼の  $0.5 \text{ kmol} \cdot \text{m}^{-3} \text{ NaCl}$  中におけるアノード分極曲線を示す<sup>(22)</sup>。  $\text{HNO}_3$  不動態化処理した試料および高純度 Type 316L 鋼と同様に、再不動態化性ピットの発生が抑制され、孔食電位が大幅に上昇することが分かる。従来、 $\text{HNO}_3$  処理などの化学的不動態化処理による耐食性改善効果は Cr 濃縮した不動態皮膜の形成によるとされてきたが、孔食の発生に関する限り、MnS の溶解除去によるところが大きいと考えられる。

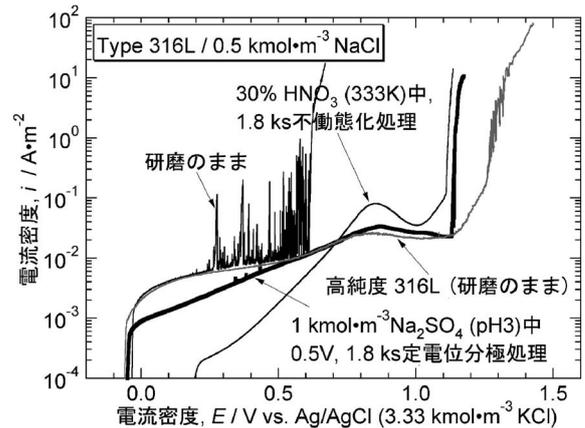


図14 種々の処理を行った Type 316L 鋼の  $0.5 \text{ kmol} \cdot \text{m}^{-3} \text{ NaCl}$  中におけるアノード分極曲線<sup>(22)</sup>。

## 5. おわりに

ステンレス鋼の耐食性は Cr, Mo などのレアメタルを大量に添加することで向上させることができる。そのようなステンレス鋼は高度の安全性と信頼性が要求される用途には不可欠である。一方で、持続可能な社会の実現のためには、資源節約が可能な合金設計や環境負荷を低減した製造プロセスも必要である。著者は次世代ステンレス鋼の理想の一つは「低 Cr 鋼の耐食性を極限まで高めること」であると考えており、そのような鋼を「グリーンステンレス鋼」と名付けた。理想の実現のためには、高純度化や高合金化に頼らない高耐食化の新原理が必要である。その手掛かりは、不動態や局部腐食発生機構に関する研究の成果の中に見出すことができる。今後もこれらの基礎的研究を継続・発展させることで、各種の次世代ステンレス鋼が開発されることを期待している。

## 文 献

- (1) 原 信義：材料と環境, **59**(2010), 212-218.
- (2) 武藤 泉, 菅原 優, 原 信義：Electrochemistry, **79**(2011), 954-958.
- (3) 原 信義：材料と環境, **63**(2014), 132-137.
- (4) 千葉亜耶, 武藤 泉, 菅原 優, 原 信義：表面科学, **36**(2015), 18-23.
- (5) 杉本克久：鉄と鋼, **70**(1984), 637-649.
- (6) 杉本克久：材料と環境, **57**(2008), 375-384.
- (7) W. P. Yang, D. Costa and P. Marcus: J. Electrochem. Soc., **141**(1994), 2669-2676.
- (8) K. Asami, K. Hashimoto and S. Shimodaira: Corros. Sci., **18**(1978), 151-160.
- (9) N. Hara and K. Sugimoto: Corros. Sci., **31**(1990), 197-206.
- (10) N. Hara, S. Matsuda and K. Sugimoto: ISIJ Int., **31**(1991), 154-161.
- (11) K. Sugimoto, M. Seto, S. Tanaka and N. Hara: J. Electrochem. Soc., **140**(1993), 1586-1592.
- (12) S. Tanaka, N. Hara and K. Sugimoto: Mater. Sci. Eng. A, **198**(1995), 63-69.
- (13) H. Kim, N. Hara and K. Sugimoto: J. Electrochem. Soc., **146**(1999), 3679-3685.
- (14) K. Sugimoto, M. Son, N. Akao and N. Hara: Pits and Pores II,



## 材料科学の先達 ～その2～

### Curt Netto と日本 Metallurgy 事始め

田 中 和 明\*

(前号からのつづき)

#### 3. Curt Netto と日本の Metallurgy 事始め

今回は、明治初期の日本で初めて Metallurgy の講義を行い、多くの有為な人材を育て、我が国における殖産興業の要となる採鉱冶金学の基礎を築いた独人、Curt Netto を取り上げる。Netto の講義録を翻訳した「涅氏冶金学」を紹介するとともに、欧州に戻った後の Netto の業績にも触れ、歴史に埋もれた魅力あふれるパイオニアを紹介する。

##### (1) Netto の経歴

Curt Netto は、1847年 Sachsen 王国 Freiburg で生まれた。鉱業に関係の深い土地で育った Netto は Freiburg 鉱山大学採鉱冶金学科を1869年に卒業後、プロシア歩兵連隊に入隊して参戦負傷した後、1873年日本の工部省から招聘を受け来日する。Netto は、Sachsen 王国がプロシアに併合される小国の運命を目の当たりにし、列強国の圧力に苦悩する日本に好意を持っていた<sup>(1)</sup>。

Netto が日本に招聘されたきっかけは、1871年から73年にかけての欧米特使大使岩倉具視の一行に加わっていた大島高任が、小坂鉱山の精錬の改良には、Freiburg 鉱山大学を中心とするドイツ鉱山技術を導入する必要があることを見抜き、奔走したためである。大島の帰国直後に Netto は来日し、小坂鉱山に鉱山技師お雇い外人として赴任する。

1887年小坂鉱山が民間に払い下げられ、鉱山技師を辞した Netto を、文部省が同年10月東京大学理学部採鉱冶金科の初代教官に任命した<sup>(2)</sup> (図1)。

##### (2) Netto の日本での Metallurgy の講義

着任した Netto は、さっそく渡辺渡、河野鯨男、岡田一三

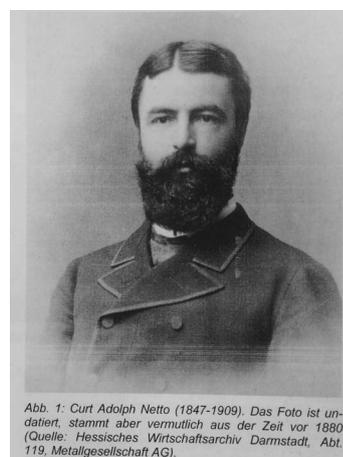


Abb. 1: Curt Adolph Netto (1847-1909). Das Foto ist undatiert, stammt aber vermutlich aus der Zeit vor 1880 (Quelle: Hessisches Wirtschaftsarchiv Darmstadt, Abt. 119, Metallgesellschaft AG).

図1 Curt Netto 肖像写真(日本在住1880年). (文献(1)のP5より引用)

の三人の学生にドイツ流の Metallurgy の講義を開始した。当時の慣習として授業は英語で行われ、三人は講義を筆記して学んだ。Netto の講義は、1882年までの5年間続いた。四期生の野呂景義も門下生の一人である。Netto の講義は、普通冶金学と応用冶金学に分かれていた<sup>(3)</sup>。

##### (3) 日本鉱山編<sup>(4)</sup>

Netto が著した書籍には、1879年に東亜風土博物講究社で行った講演の記録を翻訳出版した「日本鉱山編」がある(図2)。三枝博音らの解説・校訂によると、日本古来の採鉱法と冶金法の大要が叙述され、欧州の技術に比べて日本の技術がどのような欠陥を持ち、どのような立ち遅れをしているかを論じている。日本鉱山は海外資本に依存せずに開発すべきであること、有能な人づくりが肝要だなどの持論を展開している。Netto は、冶金学と実学のいずれも通曉した実務家であ

\* 新日鐵住金株式会社技術総括部一貫最適化推進室； 席主幹(〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1)  
The Beginning of Metallurgy in Japan; Lecture on Metallurgy by Prof.Curt Netto; Kazuaki Tanaka(Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation, Tokyo)  
Keywords: metallurgy, Curt Netto, Kageyoshi Noro, silver, aluminium  
2016年1月12日受理[doi:10.2320/materia.55.215]



図2 日本鉱山編<sup>(4)</sup>。



図3 涅氏冶金学の上冊と附図<sup>(5)</sup>。

り、啓蒙家であったことがよくわかる。

#### (4) 涅氏冶金学

##### (a) 涅氏冶金学の発刊

Netto は、1882年から1年間の休暇を取り独国に帰っている。1883年再来日し、1885年大学を辞任している。Netto が再来日中の1884年、Netto の講義録を野呂景義が翻訳した「涅氏冶金学」が文部省より発刊された。一期生の渡辺渡らが専任で翻訳に従事していたが、原稿がまだ完成しないうちに河野、岡田の両氏は地方で職に就き、渡辺氏もまたドイツに留学した。野呂は文部省の命令に従い、原稿を纏めて補校に着手し、何年もかかって脱稿した。三氏の原稿の初案に、野呂の翻訳と違う部分があり、野呂が補校した部分もある。三氏の意見に合わないものもあるかもしれないと序文で気遣っている<sup>(5)</sup>。それは、Netto の講義以降6年も過ぎており、冶金学の科学技術の進歩が講義録の記述を追い越したからかもしれない。

野呂は序文で、涅氏冶金学の構成は、全部の講義を上下二冊に分け、上冊は普通冶金学並びに鉛および銅の冶金法を解説し、下冊はその他の諸金属の冶金学を論じていると述べている。ところが1884年に上冊と附図が発刊されただけで、下冊は発刊されなかった(図3)。

##### (b) 涅氏冶金学の内容<sup>(5)</sup>

###### (i) 冶金学とは

1884年(明治17年)に発刊された涅氏冶金学は、文語調である。涅氏冶金学の緒論の一部を現代語訳してみる。

冶金とは、鉱石から金属を抽出する操作をいう。冶金学、つまりメタラジーという言葉の語源を調べると、諸説があるのだが、どれも憶測から出ていて、未だ決まった正解はない。しかしギリシャ語のメタロンゴス(坑夫の意味)より発生したという説が最も信頼できる。古来より、冶金の意味を含んでいる単語は、最近でこそ明快であるが、フランス、英国、独逸などの諸外国では、まだ鉄道が敷いてなかった昔、

一般の水陸の運送が不便であり冶金は必ず鉱山の近傍においてのみ営まれていた。従って、坑夫は採鉱に従事していただくだけでなく、冶金術にも関わって、自然とその内容もよく理解していたのである。だから昔の著名な大作家アグリコラなども、採鉱学の一部の鉱石処理法まで、冶金学の分類に入れて論じている

###### (ii) 冶金学総論

冶金学には方法論と理論があると Netto は主張する。方法論だけでは、何事もなければそれでいいのだが、一端異常が起こった時には、対処が非常に困難になる。理論が頭に入っていれば、冷静に事態に対処できるようになる。

冶金学の論じるところは、鉱石を金属に還元する方法であり、合金を混成しこれで様々な品物を製造する方法に至るまで全てを網羅している。目的は、日本国の経済の要となるためである。冶金術には二つの区別がある。その一つ目は習得法(エムピリック)といい、二つ目は学得法(サイエンフィック)と呼ぶ。習得法の操業者は、精錬中に金属が順を追って生じる変化については、あえて理解をしようとはせず、ただ昔から決まっている作業方法に従って、実際には習慣に従ってその作業を行うのみである。(中略)これに対し、学得法の操業者は、異変の発生に遭っても、もともとその方法の理論に詳しく、その原因を推定することが容易なため、異変にに応じて、その方法を調整し、操業を中断させないだけではなく、「何々鉱は何々の組成であるから、これだけの温度と時間が必要である」などと計算し、大いに工費を節約することができる。これに加えて、得られた精錬金属の残渣として廃棄されたものから、分析術で更に別の金属を見つけ出し、収益の増大に貢献する利点がある

###### (iii) 冶金家の心得

Netto は、緒論の最後で冶金家の心得を指摘している。

ランパジラス氏が言うには「冶金家たるものは、単に習得法のみで安心してしまわず、学得法を熟知する必要がある。ことに、冶金処理の仕事に就こうとする人は、まず十分に、

数学、物理学、化学、金石学、採鉱学、建築学、樹木培養学、図学、会計学、経済学、諸科目を終了すべきであるし、その他この仕事を補う諸学科も大體了解しなければならない」また、学得法冶金学は、専門学科中、最も重要な科目であることを知っておかなければならない。

ここに登場するランパジウス氏は、Freiburg 鉱山大学の冶金学者であった Wilhelm Lampadius (1772-1842)で、高炉での吸炭、精錬炉での脱炭、浸炭法での吸炭現象を明らかにした。冶金技術者は、専門としての科学的冶金学に加えて、関連諸科学との結合を図らなければならないと、総合技術教育を提唱している。この幅広く技術を見る伝統が Netto にも受け継がれており、日本の冶金学の黎明期の学生に熱心に説かれている。この思想が後の日本の鉱業、金属・鉄鋼の研究、工学の礎になっている<sup>(6)</sup>。

## (5) Lecture on Metallurgy

### (a) 講義録への道のり

筆者が涅氏冶金学を知ったのは、三枝博音の記述<sup>(4)</sup>や飯田健一の特別講演の記録<sup>(6)(7)</sup>による。日本の冶金・鉄鋼史に深い造詣を持つ両氏の記述のおかげで、1974年 Netto 先生来日百周年を記念して復刻された涅氏冶金学上冊と附図にたどり着いた。804ページの上冊には、野呂の序文通りに鉛と銅の冶金学までが収められている。

下冊の調査を続けていると、東京大学名誉教授の故・館充先生が1991年の雑誌金属の1月号に「涅氏冶金学における鉄冶金」と題する技術史/産業史の解説文を書かれていた<sup>(8)</sup>。解説には Netto 先生の講義録が見つかったとある。何としても講義録を読んでみたい。こういう思いに駆られて館先生にお手紙を差し上げたところ、先生から自宅に電話が入った。「田中くんですか、館です。Netto の講義録を読みみたいそうですね。図書室に連絡しておくから、読みに行くといい」天啓か！あまりの感激に背筋に電気が走った。翌週の水曜日に会社を休んで東大マテリアル図書館に終日籠り、総ページ数618ページの講義録を写させてもらった。2005年6月14日のことであった(図4)。

### (b) Lecture on Metallurgy<sup>(3)</sup>

講義録は、専門用語が数多く使われているブロークンな英語で書かれている(図5)。講義録の筆記体は少なくとも3種類あり、判別しにくい文字の人もいる。

Netto の講義は、格調高い一文から始まっている。

**Metallurgy describes the operation by which the useful metals are extracted from their ores & besides certain combination are manufactured.**

「冶金トハ即チ鉱類ヨリ金属ヲ分取スルノ一技ヲ云フ」

英語としては少したどたどしい感じがするが、Netto が学生に最も伝えたかったことであろう。

### (c) 銀の章

下巻の最初の章に来る予定であった銀の章(図6)、Silver



図4 Lecture on Metallurgy のノートの製本<sup>(3)</sup>。(現 東京大学工4号館図書室所蔵)

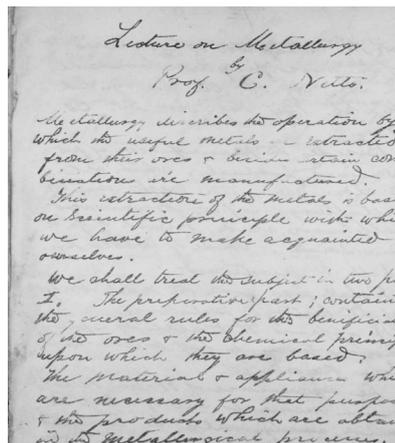


図5 講義録の最初のページ<sup>(3)</sup>。

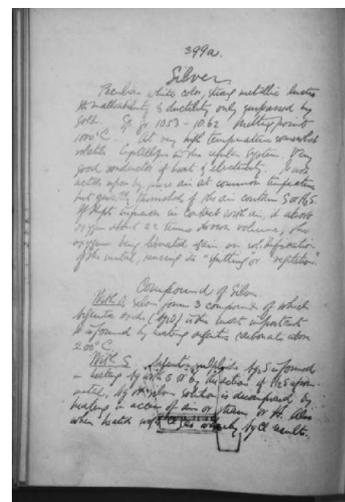


図6 未収録の銀の講義ノート<sup>(3)</sup>。

の出だしを書き出し、翻訳してみる。

### Silver

**Peculiar white color, strong metallic luster. Its malleability and ductility only surpassed by gold. Sp. Gr 10.53-10.62 melting point 1100°C. At very high temperature somewhat volatile. Crystallizes in the replica system. Very good conductor of heat and electricity. It was acted upon pure air at common temperature, but**

quickly tarnished if the air contain S or H<sub>2</sub>S  
 If kept infusion in contact with air, it absorbs oxygen about 22 times of own volume, the oxygen being liberated again on solidification of the metal causing its spitting or vegetation

白金には独特の白い色と強い金属光沢がある。その展性と延性は金のみ上廻る。比重10.53から10.62。融点1100℃である。非常に高い温度ではわずかに揮発する。

レプリカ法で結晶化する。熱と電気の優れた良導体である。銀は通常温度では純粋な空気を取り扱えるが、空気が硫黄または硫化水素を含む場合は、一気に曇ってしまう。

空気と接触を保持しつづけると、銀はそれ自身の体積の約22倍の酸素を吸収するが、金属の凝固に酸素は再び解放され、突沸や vegetation (小競り合い) を引き起こす。

(d) 涅氏冶金学(下冊)

講義録には、様々な図表が手書きで書き込まれている。これらの図面は、涅氏冶金学(附図)で探すと、綺麗に版画作図されている。附図には、上冊に取り上げられていない金属の部分の図面も入っている。つまり、図面は未完の下冊分まで完成されている<sup>(5)</sup>(表1)。

発行責任者の野呂は、上冊発行直後に Freiburg 鉱山大学に留学し、帰国後大学教授に着任している。それ以降、製鉄所建設に向けた活動を開始し、下冊の翻訳に関わる余裕が無くなったと考えられる<sup>(9)</sup>。

(e) 鮮明な附図を求めて

約120年の時を経て、講義録の写しが筆者の手元にある。とうとう世に出なかった Curt Netto の講義録をなんとか万人の目に触れさせたい一心で、仕事の合間に手書きの講義録の翻訳を進めている。いつの日か必ず上下冊及び附図を揃えた日本初の金属学教科書の現代語版を世に示したいと考えている。復刻版の附図は、図面が掠れている部分が多いため、1844年(明治17年)のオリジナル版を探し出した(図7)。復刻版と異なり極めて鮮明な印刷になっている。印刷の裏写りを嫌ったためであろうか、片側印刷したページを糊で貼り合わせた構造になっている<sup>(10)</sup>。

表1 涅氏冶金学の全体構想と目次<sup>(3)(5)(8)</sup>。

ネットー先生講義録に存在	
明治17年発刊 本文上冊	未発刊 本文下冊予定
第一篇 普通冶金学 第一部 金属及び非金属 第二部 冶金法 第三部 冶金術用品 第四部 冶金用器具  第二篇 応用冶金学 第一部 鉛 第二部 銅(p300-398)	第二篇 応用冶金学 第三部 銀 (p399-450) 第四部 金 (p451-470) 第五部 水銀 (p471-481) 第六部 亜鉛 (p482-496) 第七部 カドミウム (p497) 第八部 錫 (p497-508) 第九部 アンチモン (p509-523) 第十部 ニッケル (p524-533) 第十一部 白金 (p534-537) 第十二部 鉄 (p538-589) 第十三部 鋼 (p589-618)
ほぼ講義録の図面をカバーしてある	
ページ数は、講義録ページ	
明治17年から翻訳が待たれている下冊	

(6) 国際的冶金技術者 Netto

Curt Netto は、1885年大学を辞任し翌年故国への帰路に着いた。帰国前には明治天皇から旭日章の勲章を授与されている。Netto は、日本での非常に成功を取めた12年間を過ごしたあと1886年秋にヨーロッパに戻ってきた。Netto はまだ40歳であったが、すでに国際的な経験を積んだ冶金家であり、新しい思想と企画力を持ち、先見性と想像力を持った実務経験を積んだエンジニアとの名声を得ていた<sup>(1)(11)</sup>。独国に着くや否や、パリに住んでいる日本時代からの古い友人であるコンサルタントの Martin Bair が Netto に接触してきた。軽量素材として有望なアルミニウムの工業化を手伝って欲しいとのことであった。そこで Netto は、当時熔融電解法の出現でアルミニウム源がボーキサイトに移り、使用量が激減していた氷晶石に着目する。氷晶石をアルカリ金属で還元しアルミニウムを製造する方法である(図8)。1886年はパリで Bair と働き、1887年に「アルミニウムの生産」の特許出願をドイツで行っている<sup>(12)</sup>。

(7) Netto の晩年

帰国直後に銀行破産に見舞われ財産を失った Netto を救っ

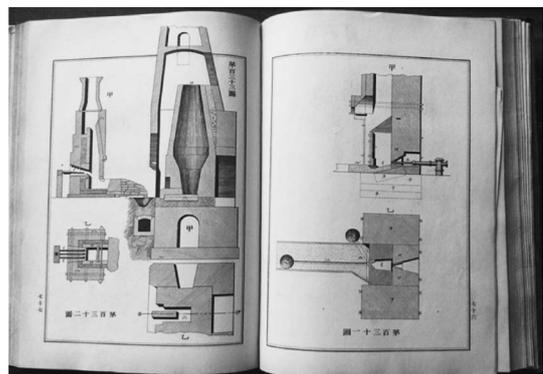


図7 附図の原本。



図8 アルミニウム製造法の特許<sup>(12)</sup>。

表2 Nettoの主な経歴<sup>(1)(2)</sup>.

年	Nettoの行動	出版物など
1847	ザクセン国Freiberugで生まれる	
1873	来日、小坂鉱山のお雇い外人技師	
1876	小坂鉱山、湿式冶金法完成	
1877	東京大学理学部採鉱冶金学教授着任	Lecture on Metallurgy
1880		「日本鉱山編」
1882	教授辞任、独国帰国、米国等視察	
1883	復職	
1884		「涅氏冶金学」弟子により発刊
1885	教授辞任、明治天皇より旭日章授与	
1886	帰国	
1887	Kruppと英国でアルミニウム生産	独国特許(ナトリウム還元法)
1888	「日本の紙の蝶々」	
1891	「日本のユーモア」発刊	米国特許(ナトリウムなど製造法)
1902	独国メタルゲゼルシャフト社顧問	
1909	Frankfurtで死去、61歳	

(No Model.)

C. NETTO.  
PROCESS OF MAKING SODIUM OR POTASSIUM.  
No. 460,985. Patented Oct. 13, 1891.

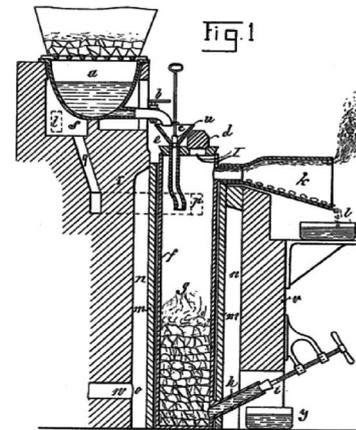


図9 金属ナトリウムやカリウムの製法特許<sup>(13)</sup>.

たのが同郷の Alfred Krupp であった。Netto が持ち帰った浮世絵コレクションを有利な条件でパリの収集家などに仲介した。Netto の売却した浮世絵コレクションが仏国のジャポネスクの発端になったと言われている<sup>(12)</sup>。この縁で、Netto は Krupp の英国の会社、Alliance Aluminium Company, Ltd. で1887年から1889年まで、自分の特許プロセスでのアルミニウム生産に関わることになる。ただ、Netto の製法は溶融塩電解法に比べて非効率であった。1889年からは Frankfurt の金属協会の役職を引き受けている。その後は静かに余生を送り、1909年2月7日、Frankfurt で日本材料科学の創成期の恩人、国際人 Curt Netto は亡くなった<sup>(1)</sup>(表2)。

#### (8) 米国におけるアルミニウム特許競争

1886年、フランスの Paul Héroult は、氷晶石中のアルミナを電気分解する特許を取得し、米国で申請した。米国で既に特許保護申請をしていた米国の Charles Hall の特許を優先して同年に米国特許を成立させる。有名なアルミニウム精錬プロセスである Hall & Héroult 法の始まりである。その後も Hall は米国内で次々とアルミニウム特許を取得し続ける。

Hall は1883年にはアルミナ電解方式でのアルミニウム製造特許を提出していた。しかし前回登場した英国の Davy が、カリウム鉱石の電気分解による金属カリウム製造技術に関して多くの鉱石を融解し分解する技術が含まれる事を明示していたため、審査に手間取っていた。米国での特許化は1886年の Héroult の申請まで検討が進んでいなかった。

1887年前後の米国特許申請に Hall, Héroult に並んで、Netto も出願を行っている。Netto 法は、Hall, Héroult が考案したようなアルミニウムを電解するのではなく、先に金属ナトリウムやカリウムを電解法もしくは炭素還元で作っておき、塩化アルミニウムを化学的に還元する方式である。図面は、その後アルミニウム製造技術の前段階として1891年

に米国に出願された Netto のナトリウムとカリウムの製造プロセス特許である<sup>(13)</sup>(図9)。特許内容を読んでいると、講義録に見られる英語表現が多数見つかり、独人 Netto が英語にも通じていたことが垣間見られる。

#### (9) 日本の冶金学事始め

第3章は、日本の大学で最初に Metallurgy を講義した Curt Netto を中心に見てきた。日本を去った後の Netto の仕事は余り知られていないが、良質のアルミニウムの大量生産に向けた技術開発が英国、仏国、米国で繰り広げられている中で、独国流のアルミニウム製造方式の開発の中心的な役割を Netto が担っていた。この事実を米国特許出願のなかで見出したことは、感動を覚える。急速な国家の工業化という道を歩んでいた日本の若人に材料科学を教えた Netto とは、このような現場技術に精通していた人物であったのである。

Curt Netto の実務に即した学問の姿勢は、Netto が学んだ Freiberg 鉱山大学の Carl Heinrich Adolf Ledebur 教授の姿勢でもあった。Netto の門下生の渡辺渡、野呂景義などが続々と Ledebur の元に留学し、実学を身につけた。Bergbau-Museum 発行の Netto 伝には、俵国一、井上匡四郎、横堀治三郎、金子恭輔なども同様に留学していると書かれている<sup>(1)</sup>。

## 4. おわりに

これまで2組の材料科学のパイオニアを紹介してきた。Michael Faraday も Curt Netto も材料科学の世界では有名ではない。しかしかれらのパイオニアとしての業績は極めて大きい。「現代から考えると酷く劣悪で科学知識の無い時代で懸命に研究を続けてきた」これは今から80年前に Faraday の業績を見出した Hadfield の言葉である。



# 半導体点欠陥の第一原理計算

熊谷 悠\*

## 1. はじめに

点欠陥や不純物元素は、半導体・絶縁体材料中に普遍的に存在し、電気特性、光学特性、機械特性、イオン輸送特性など多様な材料物性を支配する。これらは、太陽電池、光触媒、イオン伝導帯、トランジスター、LED等様々な応用と関係しており、点欠陥の性質を詳細に理解・制御することが、より優れた材料開発を行う上で重要となる。X線光電子分光、Hall測定、透過型電子顕微鏡、電子スピン共鳴等の実験手法を複数組み合わせることで点欠陥の性質をある程度まで理解することができるが、実験のみから欠陥周りの詳細な局所原子・電子構造や欠陥形成エネルギーを知ることは通常極めて困難である。そこで近年、計算手法の改善・計算機性能の向上に伴い、第一原理計算を用いて点欠陥計算を行うことが重要な研究分野となってきた。

本稿では、半導体点欠陥の第一原理計算を行う際の基本的な流れを紹介する。点欠陥形成エネルギーを算出する際、有限サイズの計算モデルを用いることにより大きなエネルギー誤差が生じることが広く知られている。近年著者らは、静電学に基づきこの誤差を補正する手法を報告した<sup>(1)(2)</sup>。今回は特に、このモデリングの問題と我々の開発した補正法に焦点を当てて議論する。さらに第一原理点欠陥計算の応用例としてZnSnP<sub>2</sub>の自然点欠陥の計算結果を簡単に紹介する<sup>(2)</sup>。

## 2. 欠陥形成エネルギー

点欠陥の計算を行う際、通常スーパーセルと呼ばれる各格子ベクトルの長さがおおよそ同じになるように拡張したセルでモデリングを行う。この時計算コストの都合上、100原子程度で構成されるスーパーセルがよく採用される。半導体のようなバンドギャップが開いている系における、電荷 $q$ を持

つ欠陥種 $D$ の形成エネルギーは次の式で計算される<sup>(3)</sup>。

$$E_i[D^q] = \{E[D^q] + E_{\text{corr}}[D^q]\} - E_P - \sum_i n_i \mu_i + q\{\epsilon_{\text{VBM}} + \Delta\epsilon_F\} \quad (1)$$

ここで $E[D^q]$ は欠陥を含むスーパーセルの全エネルギー、 $E_P$ は同サイズの完全結晶の全エネルギー、 $n_i$ は欠陥を含むスーパーセルを構築する際に導入した元素 $i$ の原子数(原子を取り除く場合は負)、 $\mu_i$ は化学ポテンシャル、 $\epsilon_{\text{VBM}}$ は価電子帯上端のエネルギー位置、 $\Delta\epsilon_F$ は価電子帯からのフェルミ準位のエネルギー位置を表す。 $E_{\text{corr}}[D^q]$ に関しては後述する。この式の中では、原子数・電子数が保存されていることに注意されたい。当初は $\Delta\epsilon_F$ を変数として扱うが、考えられる欠陥種をすべて計算した後、電気的中性条件を満たすよう決定される。

帯電した点欠陥の形成エネルギーを算出する際、数eVにも及ぶ大きなセルサイズ依存性が発生する。例として、図1に、立方晶窒化ホウ素(cBN)中の窒素と置換されたCe不純物と4つのホウ素空孔が結合した複合欠陥( $\text{Ce}_N - 4\text{V}_B^{-6}$ )とSiの格子間欠陥( $\text{Si}_i^{+2}$ )の2つのセルサイズ依存性を示す。

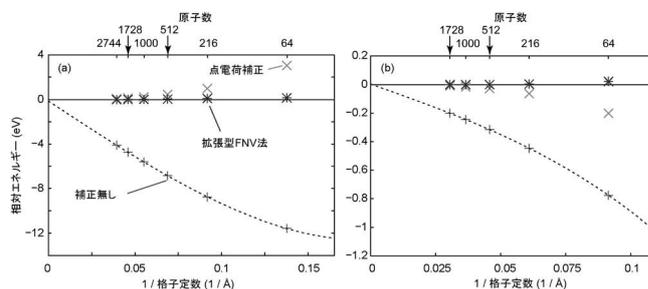


図1 (a)cBN中の窒素上のCe不純物とホウ素4つの空孔が結合した複合欠陥( $\text{Ce}_N - 4\text{V}_B^{-6}$ )と(b)Si中の格子間欠陥( $\text{Si}_i^{+2}$ )の形成エネルギーのモデルサイズ依存性。エネルギーは希薄極限の値を基準とする。

\* 東京工業大学元素戦略研究センター；特任講師(〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259 R3-7)  
 First-principles Calculations of Point Defects in Semiconductors; Yu Kumagai (Materials Research Center for Element Strategy, Tokyo Institute of Technology, Yokohama)  
 Keywords: first-principles calculations, semiconductors, insulators, point defects, energy corrections  
 2016年1月13日受理[doi:10.2320/materia.55.221]

なお計算には VASP コードを用いた<sup>(4)</sup>。これら 2 つを比べると、欠陥形成エネルギーのセルサイズ依存性の値や傾向は各々異なっていることがわかる。このセルサイズ依存性は、主に電荷の二乗に依存する寄与が支配的であるため、 $Ce_N - 4V_B^6$  が示す依存性は極めて大きく、64原子のスーパーセルを用いた場合には、希薄極限での値と比べて11.6 eV も小さな値となる。

一般に、物性に影響を及ぼす点欠陥濃度は  $10^{16} - 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  程度と極めて低いため、希薄極限での形成エネルギーを求める必要がある。電子間の交換相関ポテンシャルの近似としてよく用いられる局所密度近似や一般化勾配近似を用いた場合には数千原子まで取り扱うことができるが、半導体のバンドギャップの再現性が極めて良い HSE06 等の混合汎関数法を用いた場合には、その計算コストから通常200原子程度までしか取り扱うことができない。しかしながら、この程度の大きさのセルサイズで計算した形成エネルギーと希薄極限での形成エネルギーは、 $Ce_N - 4V_B^6$  の例で示したように希薄極限からは大きくかけ離れていることがあり、その差分を補正する必要がある。式(1)における  $E_{\text{corr}}[D^q]$  がこれに対応する。

### 3. セルサイズ依存性の起源とその補正

ではなぜこのようなセルサイズ依存性が発生するのだろうか。上述したように、理想的には、孤立した点欠陥の形成エネルギーを計算したい。しかし実際には、3次元的に同じモデルが繰り返される周期的境界条件が採用され、短い距離で等間隔に欠陥が周期的に配列し、加えて静電ポテンシャルの発散を避けるため背景電荷が導入される。この結果、欠陥間および欠陥-背景電荷間の静電相互作用が欠陥を含む系の全エネルギーに暗に組み込まれ、これがセルサイズ依存性の主な原因となる。そこで補正エネルギーは、周期的に配列した場合の静電相互作用エネルギーから孤立した場合の静電相互作用エネルギーを引いた次式になる。

$$E_{\text{corr}} = \frac{1}{2} \int V_{\text{corr}}(\mathbf{r}) \rho_d(\mathbf{r}) d\mathbf{r} \quad (2)$$

ここで  $\rho_d(\mathbf{r})$  は欠陥電荷を表し、 $V_{\text{corr}}(\mathbf{r})$  は補正ポテンシャルと呼ばれ、「欠陥が孤立している際に作る静電ポテンシャル」と「欠陥が周期的に配列したスーパーセル中での静電ポテンシャル」の差を表す。立方晶で等方的に拡張されたモデルを仮定した場合、 $V_{\text{corr}}(\mathbf{r})$  は欠陥周りで展開すると、

$$V_{\text{corr}}(\mathbf{r}) = -V_{\text{PC},q}^{\text{iso}} - \frac{2\pi q}{3\epsilon L^3} r^2 + \frac{4\pi}{3\epsilon L^3} \mathbf{p} \cdot \mathbf{r} - \frac{2\pi Q}{3\epsilon L^3} + O(r^4) \quad (3)$$

とかけると。ここで  $V_{\text{PC},q}^{\text{iso}}$  は点電荷が作るマードルングポテンシャル、 $\epsilon$  は誘電定数、 $L$  はセル一辺の長さ、 $\mathbf{p}$  は欠陥の作る双極子モーメント、 $Q$  は電荷の 2 次モーメントを表し、 $Q = \int r^2 \rho_d(\mathbf{r}) d\mathbf{r}$  と書ける。 $V_{\text{corr}}$  の展開を初項で打ち切ると、補正エネルギーは  $E_{\text{PC}} = \alpha q^2 / (2\epsilon L)$  となる。ここで  $\alpha$  はマードルング定数である。これは、欠陥を点電荷とみなし補正を行う点電荷近似であり、マードルングエネルギーの逆符号に

対応する<sup>(5)</sup>。この手法は、大きいスーパーセルを用いた場合にはエネルギーを精度よく補正できるが、小さい場合には十分とは言えない(図 1 参照)。

1995年に Makov と Payne(MP)はより高次の補正エネルギーを以下のように算出した<sup>(6)</sup>。

$$E_{\text{MP}} = E_{\text{PC}} - \frac{2\pi q Q}{3\epsilon L^3} + \frac{2\pi \mathbf{p}^2}{3\epsilon L^3} + O(L^{-5}) \quad (4)$$

ここで第一項は、先ほどの点電荷近似の補正エネルギーである。また第三項は、欠陥間の双極子-双極子相互作用エネルギーで、通常無視できる程に小さい。そこで  $L^{-3}$  オーダーまでの補正であれば第二項目までを考慮する。だがここで問題となるのは、欠陥電荷の 2 次モーメント  $Q$  の計算である。この計算には欠陥電荷の空間分布  $\rho_d(\mathbf{r})$  が必要となるが、結晶中では欠陥電荷とその欠陥を遮蔽する電子・イオンの電荷を厳密に分離することができない。その結果、様々なモデルサイズで計算を行い、その形成エネルギーをフィッティングすることで希薄極限に外挿する等の方法が用いられてきた。しかし混合汎関数を用いた場合には、大きなスーパーセルの計算コストが膨大となり、現実的には実現不可能となる。

2009年に Freysoldt らは異なる視点での補正法を提案した(FNV 法)<sup>(7)</sup>。その補正エネルギーは以下のように書ける。

$$E_{\text{FNV}} = E_{\text{PC}} - q \Delta V_{\text{PC},q/b} |_{\text{far}} \quad (5)$$

第一項は再び点電荷近似の補正エネルギーである。第二項中の  $\Delta V_{\text{PC},q/b} |_{\text{far}}$  は、欠陥から遠く離れた場所における、周期的境界条件下での「欠陥が作る静電ポテンシャル」と「点電荷モデルが作る静電ポテンシャル」の差を表す。図 2(a)にて、立方晶窒化ホウ素(cBN)中のホウ素空孔の例を示す。

一見すると MP の補正エネルギー(式(4))の第二項までと FNV 法(式(5))の補正エネルギーは異なるものに見えるが、実際には両者はかなり近い関係にある。静電ポテンシャルが、距離によらず誘電定数  $\epsilon$  で遮蔽されると仮定すると、 $\rho_d(\mathbf{r})$  を多重極子展開することで、

$$\Delta V_{\text{PC},q/b} |_{\text{far}} = \frac{2\pi}{3\epsilon L^3} Q \quad (6)$$

と表される。この式を式(5)に代入すると、MP の補正エネルギーの第二項までと一致する<sup>(8)</sup>。このことから FNV 法は、直接計算することができなかった電荷の 2 次モーメント

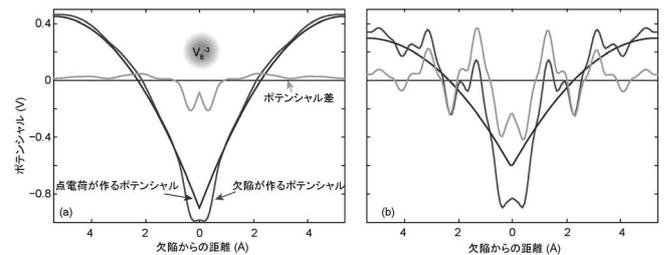


図 2 cBN 中のホウ素空孔( $V_B^3$ )が作るポテンシャルと同じ電荷を有する点電荷が作るポテンシャル、さらにはそれらの差、 $\Delta V_{\text{PC},q/b} |_{\text{far}}$ 。(a) 構造緩和ありと (b) 構造緩和なし。

ト  $Q$  を間接的に計算するための手法とみなせる．FNV 法の原著論文では、ダイヤモンド中の空孔の形成エネルギーが精度よく補正できることが示されている<sup>(7)</sup>．

#### 4. FNV 法の一般化

FNV 法は、従来直接計算することができなかった補正項の高次の寄与を間接的に計算する優れた手法である．しかしながら従来の FNV 法を実践で使用するには二つの問題がある．第一に、欠陥を含むスーパーセルの構造緩和を行うと、適切に  $\Delta V_{PC,q/b}|_{far}$  を決定できないという問題がある．これは構造緩和に伴い、欠陥から離れた原子においても、帯電した欠陥を遮蔽するように完全結晶の原子位置から変位してしまうからである．その結果、欠陥を含む系と含まない系のポテンシャル差  $\Delta V_{PC,q/b}$  が欠陥から離れた位置においても振動を繰り返し、 $\Delta V_{PC,q/b}|_{far}$  を決定できない(図 2(b))．第二に、FNV 法では長距離の静電ポテンシャルは誘電定数で遮蔽されると仮定しているが、これは厳密に言うところ立方晶系以外では正しくない．そこで著者らはこれらを二つの問題を解決し FNV 法の実用性・汎用性を高めるため、①  $\Delta V_{PC,q/b}|_{far}$  の評価に各原子サイトでの静電ポテンシャルを用い、② マーデルングポテンシャルの計算には誘電テンソルを用いることとした<sup>(1)</sup>．なお、各原子サイトでのマーデルングポテンシャルは、拡張型エバルト法によって計算される．

我々が提案した拡張型 FNV 法のテストを、六方晶窒化ホウ素(hBN)中のアンチサイト欠陥を用いて行った．hBN は層状構造を有しており、その長波長極限での誘電テンソル成分は  $\epsilon_{11} = \epsilon_{22} = 6.39$ ,  $\epsilon_{33} = 3.12$  と非一様性を示している．図 3(a)に各原子サイトでの欠陥が作る静電ポテンシャル、点電荷モデルが作る静電ポテンシャル、それらの差  $\Delta V_{PC,q/b}$  を示している．欠陥が作るポテンシャルと点電荷モデルが作るポテンシャルの双方で、誘電テンソルの非一様性を反映した、層毎に異なるポテンシャル分布を示している．一方  $\Delta V_{PC,q/b}$  は欠陥から離れるに従い、一定値に収束している．

拡張型 FNV 法を用いてエネルギー補正を自動化するためには、 $\Delta V_{PC,q/b}|_{far}$  を自動的に決定する必要がある．この時、欠陥から最も遠い原子位置でのポテンシャルを用いて

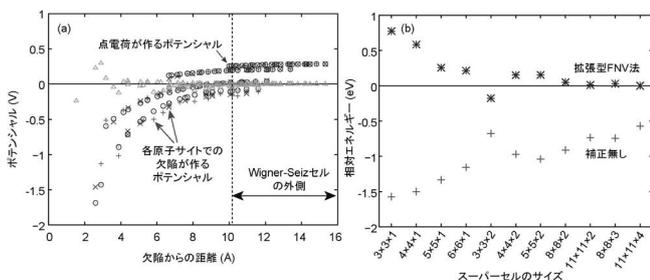


図 3 (a) hBN 中の構造緩和後のアンチサイト ( $B_N^{+2}$ ) が作るポテンシャルと同じ電荷を有する点電荷が作るポテンシャルおよびそれらの差．(b) 欠陥形成エネルギーの補正前後のモデルサイズ依存性．

$\Delta V_{PC,q/b}|_{far}$  を決定すれば良いと考えられるかもしれないが、実際には、ポテンシャルを遮蔽するために、アニオンとカチオンがそれぞれ逆方向に変位することによりバイアスが生じる．通常欠陥形成エネルギーを補正する際、欠陥が球状に近いこと、スーパーセルの中に欠陥が収まっていることが前提となる．そこで欠陥を中心としてスーパーセルが作る Wigner-Seiz セルに内接する球を考え、この球の外側に存在するすべての原子位置での  $\Delta V_{PC,q/b}$  の平均を取り、 $\Delta V_{PC,q/b}|_{far}$  を決定する．この手法によりイオンの変位に伴うバイアスが相殺される．これを用いて、hBN 中のアンチサイト欠陥の形成エネルギーを補正した結果を、図 3(b)に示す．補正前では形成エネルギーのセルサイズに対する収束が極めて遅いが、補正後では急速に収束していることがわかる．特に128原子で構成されるスーパーセルを用いた場合、残留誤差が 0.2 eV 以下に抑えられ、実用上問題のないレベルでの計算が可能となる．

拡張型 FNV 法を応用した例を図 1 に示しているが、双方の場合で極めてよく補正されていることがわかる．さらに図 4 に10種類のホストに17種類の欠陥等に対して、系統的に補正を行った結果を示す．この時、hBN の例を除いた全ての系で100原子以下の小さなモデルを用いて計算を行っている．補正を行わない場合は、多くの系で欠陥形成エネルギーが過小評価されている．また点欠陥近似の補正を行うと全体的にかなりの改善が見られるが、依然十分な精度を確保できていない．一方で、我々の提案した拡張型 FNV 法を用いると、全ての場合において0.2 eV 以下と実用上十分な精度で希薄極限での欠陥形成エネルギーを見積もることができている．また残留誤差は欠陥の電荷に依存しておらず、拡張型 FNV 法により大部分のモデル由来の静電相互作用が取り除かれていることを意味する．

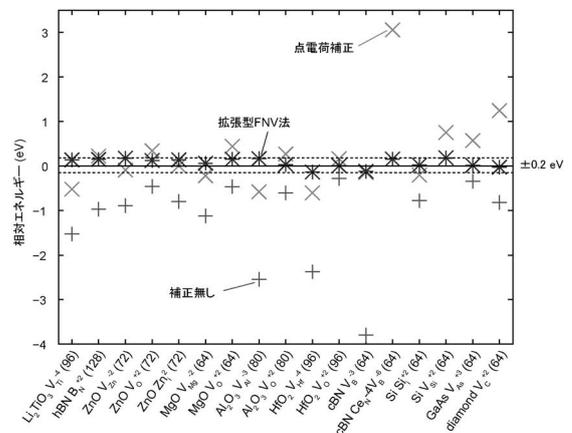


図 4 様々な材料中の様々な欠陥形成エネルギーの補正前後のモデルサイズ依存性．括弧の中には、欠陥を導入する前のスーパーセル中の原子数を表す．





## 第10回本会派遣 JIM/TMS Young Leader International Scholar 出張報告

九州大学助教；  
工学研究院機械工学部門 小山元道

この度 JIM Young Leader International Scholar として、アメリカ合衆国において、希望する研究所一ヶ所の訪問と The Minerals, Metals & Materials Society の年次大会 (TMS2016 : Feb. 14~18) への参加機会をいただいたので、その報告をこの場を借りて行う。上記制度の詳細については、既報国際学会だよりにて詳述されているので、本報では割愛させていただく。

今回の機会に選択した訪問先は、Colorado School of Mines (以下 CSM) である。CSM では、筆者の主な研究対象である鉄鋼材料の機械的性質に関する研究が盛んである。デンバー国際空港到着時は夜であったことから、乗り継ぎ先の路線バスが終わっており、道半ばで降車後、人っ子一人いない田舎の土地に夜中取り残されるという状況になってしまった。必死に人影を探し回って発見できた通行人の心の温かさに感謝である (筆者は携帯電話がなかったのでタクシーを呼んでもらった)。無事(?)到着後、Prof. John Speer にホストになっていただき、鉄鋼材料の組織制御および機械的性質に関連するトピックスについて議論を行った。紹介された各研究者の皆様には、それぞれ一時間という長時間の議論に付き合っていたいただいた。特に准教授である Prof. Kip Findley との議論では「オーステナイト」「疲労」「水素」の共通キーワードで、楽しい議論を展開できた。また、CSM では電子顕微鏡や引張試験機だけでなく、疲労試験関連および高速変形の設備が充実しており、実用材料の溶接に関するトピックもあったことから、基礎研究に軸をおきながらも、実用を意識した研究方針が構築されていると感じられた。学術の観点以外では、アメリカという文化の異なる地域における「研究テーマ」「教育活動」および「共同研究」の考え方について生の声を聞くことができたことは非常に貴重な経験となったと感じている。また、昼食会を開いていただき、昼食会に参



図1 Prof. Chester H. Van Tyne(中央), Prof. Emmanuel De Moor(右)との夕食会の様子。筆者は左。

加できなかったメンバーからは、別で夕食に誘っていただき (図1: 肉料理が美味しかった)、大変温かい対応をしていただいた。

さて、TMS2016 である。開催場所はテネシー州ナッシュビルで、カントリーミュージックで有名な街である。President's Invited Dinner や授賞式 (図2)、Banquet (肉料理が美味しかった) を初めとしてイベントが盛りだくさんな学会であったが、なんといっても最重要イベントは研究発表である。聴講に関しては、筆者の最近の主な研究トピックの一つである「疲労」のセッションに参加することを計画していた。しかし、非常に人気の高いセッションで、聴講を計画していた発表の一部については会場に入室することすらできず (立ち見すらいっばいであった!)、世界的な金属疲労に対する注目度を改めて認識した。特に微小き裂進展に対するモデリングやシミュレーションは盛んであった。疲労現象の理論的理解およびシミュレーションに注目が集まっている点は、今年一月に開催された塑性変形の国際学会 International Symposium on Plasticity 2016 でも同様であった。

筆者の講演は学会プログラムのカラーページに JIM Young Leader International Scholar の Invited Talk として宣伝していただいたため、幸いにも多くの聴講者を得ることができた。「オーステナイト鋼における  $\epsilon$  マルテンサイト変態が関与する疲労現象 (実際のタイトルは Effective utilization of  $\epsilon$ -martensite in Fe-high Mn austenitic steels: aspects of deformation-induced reverse transformation)」という多少マニアックな内容にもかかわらず、講演時間以降の休憩時間にいたっても議論が続き、非常に有意義な発表となった。 $\epsilon$  マルテンサイトの機械的性質へのポジティブな効果は世界的にあまり認知されていないので、これを機会に  $\epsilon$  マルテンサイト変態の同好の士が増えれば幸いである。講演以外にも、筆者がドイツ Max-Planck-Institut Fur Eisenforschung 滞在時代の同僚であった Prof. Cemal Cem Tasan (現 MIT) とも学会会場で話すことができ、旧交を温めるよい機会ともなった。

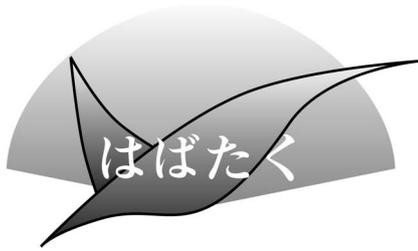
最後に、筆者が JIM Young Leader International Scholar として活動するにあたってご尽力いただいた、TMS および JIM 事務局に深謝する。また、CSM 訪問にあたり、ホストになっていただいた Prof. John Speer に厚く御礼申し上げます。

(2016年3月8日受理 [doi:10.2320/materia.55.225])

(連絡先: 〒819-0395 福岡市西区大字元岡744)



図2 筆者(右)の JIM/TMS Young Leader International Scholar 授賞式での様子。



## 企業での経験で広がった視野

北海道大学大学院工学院材料科学専攻  
博士後期課程 2年

大谷 恭平

### 1. はじめに

私は北海道大学大学院工学院 材料科学専攻 博士後期課程に在籍し、工学博士の取得を目指しています。博士後期課程に入学前は同過程の博士前期課程を修了した後、約3年間民間企業で働いておりました。現在は金属の淡水腐食に関する研究に携わっています。これまでの社会人時代、現在の学生生活を通じて感じたことや、学んだことを僭越ながら紹介させていただきます。

### 2. 社会人時代に感じたこと

就職後2年間は工場の製造部門、品質部門で業務にあたり、その後1年間は工場から離れた開発部門で業務を行っていました。特に工場での2年間では、それまでの学生生活では出来なかった「現場で働く」という貴重な経験ができました。この経験から、無人で動く安定した生産ラインに見えても、実際は多くのトラブルを抱えていることに気づきました。そして、こういった場所に現場が本当に必要としている課題は潜んでいることがわかりました。現場を経験する前は、見聞きした事例から類推して研究方針を考えていましたが、今では研究結果が現場の必要としている課題にどう結びつくかを具体的に考えられるようになりました。

企業での業務の中で、現在の研究内容である淡水腐食の重要性に気づく経験がありました。具体的には、水道水を循環させて生産設備の温度を調節するための配管が腐食し、水流が滞ったため生産設備のツール温度が適正な温度で安定せず、設備を稼働できないというトラブルに対応したことです。淡水腐食は腐食速度が遅く、異常として現れるまでに10年以上の長い期間を経ている場合が多い腐食です。そのため、現場では水道水を用いた配管で腐食は起こらないと認識され、予防保全の項目に挙げられていない場合があります。上述したトラブルが発生した時も配管の腐食はそのように認識されていたため、原因の特定と対応・対策に時間を要し、再稼働が通常のトラブルよりも大幅に遅れてしまいました。その時に初めて淡水腐食が原因の工程トラブルを経験し、対応の大変さやトラブルによる損失の大きさを知り、博士前期課程の時に携わっていた研究課題である金属の淡水腐食の重要性に気づきました。そして、その後も工場や開発部門での業務を経験していく中で、成分が多様なため不明な点

の多い淡水腐食のメカニズムを解明し、金属の寿命を予測可能とすることは広く必要とされていることがわかりました。そこで現在では、設備や配管で幅広く使用される鋼やアルミニウム合金の淡水中の金属イオンに着目した腐食に関する研究を進めています。これまでに淡水成分中の金属イオンの種類によって、鋼やアルミニウム合金の腐食速度が変化すること、更に新たに考案した金属イオンに関する指標に伴って腐食速度は減少することを解明しました。今後は、淡水中に含まれる陰イオンや有機酸、インヒビターと金属イオンの相互作用についても明らかにすることで、淡水の成分から金属の腐食速度を予測できる指標を提案し、淡水腐食によるトラブルの抑止に貢献したいと考えています。

### 3. 大学に戻って感じたこと

民間企業から大学に戻った時に感じた大きな違いは納期と裁量です。工場では、業務の納期が1日以内の短い期間の物が多く、長い期間をかけて進める業務は少数でした。開発では数ヶ月単位の期間の業務が多くありましたが、複数の仕事を同時進行するため日々納期がある状況でした。以上のように企業では常に何らかの納期があるため、それを遂行していく楽しみはありますが、その納期やコストのために自分がやりたい研究や仕事だけに取り組むことは難しい環境です。一方大学では、研究に関しては長い期間をかけて課題を解決することが多く、時間をかけて研究を進められます。言い換えると、研究課題という大きな仕事を達成するためには、自分の裁量で日々の納期を設定して遂行し続けなければなりません。大学に戻った当初は、ほぼ全てを自分で決めて遂行していくことに戸惑いを覚えました。一方で博士前期課程の時に比べて厳しい納期でも負担に感じること無く遂行できていると気づきました。大学での自己の裁量次第で納得できるまで研究課題に取り組める環境と相まって、以前よりも研究の速度や密度が向上し、充実した研究生生活を送っています。

現在、非常勤講師として他大学で品質管理の科目を担当する機会を頂いています。品質部門での業務経験のおかげで、具体的な業務内容と講義内容をリンクさせた講義ができています。また、研究室等で後輩と関わる中で、製造業における各部門の具体的な業務内容を伝えたりと、就職活動の手助けをしています。人材を育成するという形でも、企業での経験を活かした社会貢献をしていきたいと考えています。

社会人時代に身につけたことは、ひとえに民間企業時代に上司や先輩からご指導頂いたおかげです。今後の私の人生における屋台骨として社会貢献をしていくことで、少しずつ恩返しをしていきたいです。

### 4. おわりに

私は研究者、社会人としてまだまだ未熟ではありますが、これまでの経験で広がった視野を活かし、努力し、成長していくつもりです。最後になりますが、企業においてご指導頂いた皆様、再び研究する機会を頂きました坂入正敏准教授、米澤徹教授ならびに先進材料ハイブリッド研究室の皆様には大変お世話になりました。この場をお借りして深く感謝致します。

(2016年2月18日受理[doi:10.2320/materia.55.226])

(連絡先: 〒060-8628 札幌市北区北十三条西8丁目)

# 本 会 記 事

会 告 功績賞, 谷川・ハリス賞, 増本量賞, 技術賞, 研究技術功労賞候補者推薦依頼 .....	227
2016年秋期講演大会の外国人特別講演および招待講演募集 .....	227
日本金属学会主催国際会議提案募集 .....	227
研究集会 .....	227
会報編集委員会からのお知らせ .....	228
欧文誌編集委員会からのお知らせ .....	228
会誌編集委員会からのお知らせ .....	229
2016年秋期講演大会講演募集および参加募集 .....	230
2016年春期講演大会記録 .....	244

共催行事 .....	229	会誌・欧文誌5号目次 .....	242
企業求人情報 .....	238	まてりあ次号予告 .....	243
掲示板 .....	238	行事カレンダー .....	246
新入会員 .....	241	追悼 .....	249

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

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

- ・ご連絡先住所変更等の手続きは、本会ホームページ [会員マイページ](#) からできます。
- ・投稿規程, 刊行案内, 入会申込は、ホームページをご利用下さい。

- ・会告原稿締切: 毎月1日で、翌月号掲載です。
- ・掲示板は、ホームページにも掲載しております。

## 会 告 (ホームページもご参照下さい)

### 第75回功績賞, 第56回谷川・ハリス賞, 第23回増本量賞, 第58回技術賞, 候補者推薦依頼

下記の推薦をお願いします。

功 績 賞 (第75回) 谷川・ハリス賞 (第56回)

増 本 量 賞 (第23回) 技 術 賞 (第58回)

2017年3月開催の春期講演大会の折に授賞予定

推薦締切: 各賞共通 2016年6月30日(木)

候補者: 各賞共通 個人を対象とします。

推薦資格: 各賞共通 本会社員(代議員)または3名以上連名の正員

\*候補者本人による推薦書の提出は認めておりません。

詳細: まてりあ4号173頁

### 第48回研究技術功労賞受賞候補者の推薦依頼

代議員の推薦締切日: 2016年6月30日(木)

支部長の推薦締切日: 2016年7月15日(金)

推薦者: 本会社員(代議員)または支部長

詳細: まてりあ4号175頁

### 2016年秋期講演大会の外国人特別講演および 招待講演募集

推薦締切: 2016年5月31日(火)

詳細: まてりあ4号175頁

### 日本金属学会主催国際会議提案募集

推薦締切: 2016年5月31日(火)

詳細: まてりあ3号121頁

## 研究集会

### 研究会 No. 67

#### 結晶と組織の配向制御による材料高性能化研究会 講演募集

第6回結晶と組織の配向制御による材料高性能化研究会を福山市鞆の浦(とものうら)で開催いたします。本研究会では、金属材料, セラミックス, 半導体, 複合材料等の結晶配向や組織配向に関する研究発表を皆様から広く募集いたします。学会で既に発表された内容や今秋の各学協会で発表予定の内容でも結構です。ご発表は討論を含めて25分~30分を予定しております。講演をご希望の方は講演題目, 発表者氏名(登壇者に○印をつける), 所属, 連絡先(住所, TEL, E-mail)を下記世話人までご連絡下さい。また, 事前にA4で2頁の講演概要原稿をご提出いただくことになっておりますので, お申しいただいた方々には概要原稿作成要領を参加申込書とともに送ります。本研究会会員以外の方々もふるってお申し込み下さい。なお, 本講演会は軽金属学会「加工と熱処理による優先方位制御研究部会」との共催により行います。

日 時 2016年10月6日(木)午後, 10月7日(金)午前・午後

場 所 福山市鞆公民館(2016年7月完成予定)

広島県福山市鞆町鞆423-1 ☎ 084-982-2664

福山駅前からトモテツバス鞆線「鞆の浦」停留場下車すぐ(乗車時間: 30分)

講演申込期限 2016年6月30日(木)

参加費 資料代 1,000円(当日お支払い下さい)

申込先 〒599-8531 堺市中央区学園町 1-1

大阪府立大学大学院工学研究科マテリアル工学分野  
井上博史

☎ 072-254-9316 ☎ 072-254-9912

E-mail: inoue@mtr.osakafu-u.ac.jp

## 高温変形の組織ダイナミクス研究会 「平成28年度 夏の学校」講演・参加者募集

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

この度の開催は、数件の基調講演と一般講演でプログラムを構成する予定です。下記の申込先まで電子メールまたは電話にてご連絡下さい。

- 日時** 2016年8月29日(月)午後～8月31日(水)午前  
**場所** 文部科学省共済組合箱根宿泊所 四季の湯 強羅静雲荘  
 〒250-0408 神奈川県足柄下郡箱根町強羅1320  
 ☎ 0460-82-3591 <http://gora-seiunsou.jp/>
- 参加費** 3,000円  
**宿泊費** 宿泊1泊(夕食付) 約9,000円～12,000円  
 宿泊2泊(夕食付) 約18,000円～24,000円  
 (宿泊費は部屋によって異なります。詳細は申込受付後にご連絡致します。)
- 講演時間** 基調講演 60分(講演40分+質疑20分)  
 一般講演 30分(講演20分+質疑10分)
- 発表申込** 締切：2016年7月1日(金)  
**【申込内容】** 講演題目、講演者氏名・所属・身分(共同研究者を含む)、連絡先  
 (参加申込を兼ねる場合は宿泊日も併せてご連絡下さい。)
- 参加申込** 締切：2016年7月22日(金)  
**【申込内容】** 参加者氏名・所属・身分、連絡先、宿泊日
- 申込先** 紙川尚也 弘前大学 大学院理工学研究科  
 E-mail: [kamikawa@hirosaki-u.ac.jp](mailto:kamikawa@hirosaki-u.ac.jp)  
 ☎/☎ : 0172-39-3671
- 備考**
- ・発表申込が多数の場合、発表時間を確保するために、発表件数の調整をさせていただく場合もございます。
  - ・1部屋2～5名程度の相部屋で宿泊していただきます。
  - ・宿泊費には昼食代は含まれておりません。
  - ・後日、下記のホームページにプログラムを掲載する予定です。
- 日本金属学会ホームページ  
[http://jim.or.jp/EVENTS/group/grp\\_index.html](http://jim.or.jp/EVENTS/group/grp_index.html)  
 詳細については下記もご参照下さい。適宜更新します。  
<http://mateus.mech.hirosaki-u.ac.jp/~g4sato/jim2016summer/>

## まてりあ特集企画：公募のお知らせ

### 「顕微鏡法による材料開発のための微細構造研究最前線(10)」 原稿募集

テーマ「顕微鏡イメージング技術の進展と材料科学の新展開」(掲載号：第55巻12号(2016))

「まてりあ」では2000年以降、過去9回にわたり顕微鏡特集を企画し、構造組織解析に関する先端的手法の材料科学への応用を紹介してきました。前回企画から7年が経過し、この間、各種顕微鏡法に多くの進展が見られることから、今回、「顕微鏡イメージング技術の進展と材料科学の新展開」をテーマとして記事を募集致します。

新しい構造・機能材料の開発や機能発現メカニズムの解明には、顕微鏡法による微細組織解析が不可欠であり、透過電子顕微鏡法をはじめ各種イメージング技術が著しい発展を遂げて来ております。

本特集では、最先端装置・手法に限らず各種顕微鏡法を用いて近年明らかになった新しい知見について、計算科学的手法による組織解析を含め、観察と画像解析に際しての創意工夫にも焦点をあて、広く材料研究者に関心を持って頂けるような内容を掲載したいと思っております。応募原稿の中から、約40-50編(1編当り1ページ)を審査の上掲載します。奮ってご応募下さい。

応募に当たっては、著者名・所属・連絡先・論文題目とその概要(300字)・掲載予定の写真や図を「**応募用紙**」(ダウンロードして下さい)にご記入の上、下記までご提出して下さい。ファイルサイズは1MB程度でお願いします。**応募締切は5月31日(火)(必着)**です。審査の結果、採用させて頂く原稿の著者には、別途、最終原稿用のフォーマットなどを送付致します。

**応募用紙**(用紙をダウンロードの上、⑥項目を記入し下記E-mailアドレスにご送信下さい。)

原稿送信先：公益社団法人日本金属学会 会報編集委員会  
 E-mail: [kenbikyoku@jim.or.jp](mailto:kenbikyoku@jim.or.jp)  
 ☎ 022-223-3685

## 特集企画の投稿募集

下記テーマに関する特集を、Materials Transactions 57巻12号(2016年12月発行)に予定しております。多数ご投稿下さいますようお願いいたします。

### Recent Advances in Electronic Packaging Technology and Forecast New Technological Directions (最新のエレクトロニクス実装技術と将来技術動向)

本特集号は、材料、加工、シミュレーション、プリントエレクトロニクス、ナノ・マイクロ接合、エレクトロニクス実装の信頼性などマイクロエレクトロニクス実装に関連する先端技術を包括的にカバーする。また、下記のトピックスに対する成果を集める。

- ・電子材料と加工・先端実装技術・3次元実装・LED実装と応用・モデリングおよびシミュレーション
- ・電子部品の品質と信頼性・ナノ材料とその応用技術・マイクロ・ナノ接合技術

掲載予定号：第57巻第12号(2016年)

原稿締切日：2016年7月1日

- ・投稿に際しては、日本金属学会欧文誌投稿の手引・執筆要領(本会 Web ページ)に従うこと。
- ・通常の投稿論文と同様の審査過程を経て、編集委員会で採否を決定する。
- ・著者は、投稿・掲載費用をご負担願います。(別刷50部寄贈)。

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

### 会誌編集委員会からのお知らせ

## 特集企画の投稿募集

下記テーマに関する特集を、日本金属学会誌81巻4号(2017年4月発行)に予定しております。多数ご投稿下さいますようお願いいたします。

### ■貴金属のリサイクル関連技術の最前線(Frontier of Recycling Technology for Precious Metals)

現代の便利で豊かな社会を支える工業製品には、種々のレアメタル及びその合金や化合物が利用されている。日本は、大量のレアメタル資源を海外より調達し、製品や工業材料に加工して世界中に供給することで、多くの富を得ている。新興国の発展によるレアメタル消費量の世界的な増加、製品のさらなる高機能化、環境規制の強化などを背景に、貴金属を含むレアメタルの需要は、増大の一途をたどっている。

金、銀、白金族金属からなる貴金属は、レアメタルの中でも経済的価値が特に高い金属材料である。また、貴金属は、一般的には宝飾用途のイメージが強いが、電子・電気製品や自動車の排ガス浄化触媒としても多量に消費されており、ハイテク製品や環境・省エネ製品に必須の金属材料として、その需要は近年ますます高まりつつある。寡占化した資源供給国が主導する資源戦略政策や投機筋の動きなどの様々な理由を背景として、貴金属の価格は常に乱高下する危険性を有している。使用済み電子・電気製品や排ガス浄化触媒などの貴金属含有スクラップからの貴金属の回収は、日本の産業力の維持の観点でも極めて重要な取り組みであり、産学を挙げてリサイクルや精製に関する技術開発が活発に進められている。

このような背景から、本企画では、貴金属のリサイクルや精製に関する各種技術の解説および最前線の研究開発について特集する。

実施予定号：第81巻第4号(2017年)

原稿締切日：2016年10月3日

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

問合せ先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32  
(公社)日本金属学会会誌編集委員会

## 共催行事

### 素材の循環使用に関するシンポジウム

主催 日本学術会議 材料工学委員会材料の循環使用検討分科会  
総合工学委員会持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会

共催 日本鉄鋼協会、日本金属学会、資源素材学会、高分子学会、セラミック協会

時期 2016年5月23日(30日予備) 午後

場所 日本学術会議 大会議室

目的

2015年12月に EU から循環経済の確立を宣言する政策パッケージを提出された。素材全体の循環使用を進めるために大きな行動を起こしたと言える。基本的には環境対応を行いながら、経済の活性を進めることを意図している。本シンポジウムではそのような動きを見ながら循環経済の学術的意義ならびに我が国の取るべき対応について議論を行う。これらの議論を通し、資源供給と環境を考慮しながら将来の我が国の産業のグランドデザインを素材・材料供給から見渡すことを行う。合わせて素材供給とエネルギーの関係についても議論を行い、素材供給の将来を展望する。

講演

13:00-13:30 UNEP 国際資源パネルと EU の資源効率・循環経済 東大工 森口祐一

13:30-14:00 素材循環のキーテクノロジーとしての物理選別 早稲田大創造理工 大和田秀二

14:00-14:30 高分子材料の供給と循環使用 産総研環境管理研究部門 加茂 徹

14:30-14:40 一休憩—

14:40-15:10 鉄鋼の循環使用 東北大工 長坂徹也

15:10-15:40 非鉄材料の循環使用 東北大多元研 中村 崇

15:40-17:00 素材の循環利用に関するパネルディスカッション 司会 東北大多元研 中村 崇

パネラー

経済産業省 非鉄金属課 黒藪 誠

環境省 廃棄物・リサイクル対策部企画課 谷貝雄三

トヨタ自動車㈱ 環境部 担当部長 嶋村高士

㈱日立製作所 知的財産本部 国際標準化推進室 主管技師長 市川芳明  
ならびに 講演者

連絡先 東北大学多元物質科学研究所 教授

日本学術会議会員(第三部)

中村 崇

☎ 022-266-8577

E-mail: ntakashi@tagen.tohoku.ac.jp



# 2016年秋期(第159回)講演大会講演募集

◎2016年秋期講演大会を下記の通り開催いたします。

会 期：2016年 9月21日(水)～9月23日(金)

会 場：大阪大学豊中キャンパス(〒560-8531 豊中市待兼山町)

講演申込受付・概要原稿提出を下記日程で行います。

**講演を申込される前に下記をご確認下さい**

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

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

講演申込ホームページアドレス	http://www.jim.or.jp/convention/2016autumn/
講演申込および概要原稿提出期限(締切厳守！) 講演申込と講演概要提出は同時に行う。(同時に行わない場合は、講演申込として受理されない)	
講演種別	講演申込・大会参加事前予約期間
全講演(公募シンポジウム、一般、ポスター、共同セッション)	6月13日(月)13時～7月5日(火)17時
講演についての問合せ先：公益社団法人日本金属学会 講演大会係 <a href="mailto:annualm@jim.or.jp">annualm@jim.or.jp</a> 〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32	

**これから入会して講演申込をされる方へ**

- 会員認定：期限内に入会手続きを行い、年会費を納入下さい。
- 年会費納入期日までに会費の払込がない場合は、プログラムに掲載されていても、講演不許可の措置をとります。
- インターネットの入会申込み下さい。入会申込確認後はID(会員番号)とパスワードが即日メール返信されます。

入会申込 URL	http://www.jim.or.jp/memberinfosys/member/	
講演種別	入会申込期限	年会費納入期限
全講演(公募シンポジウム、一般、ポスター、共同セッション)	7月4日(月)	7月29日(金)
入会・会費の問合せ：会員サービス係 <a href="mailto:member@jim.or.jp">member@jim.or.jp</a>		

## 講演申込要領

※一般講演およびポスターセッションを申込む際は、講演セッション一覧から、第1希望および第2希望のセッションを選択して下さい。セッションは、材料と社会セッション、学理・現象・プロセッシング別セッション、材料別セッションを問わず選択できます。

※申込方法について

すべての申込はWEB申込となります。

※講演時間・概要サイズについて

すべての概要原稿のサイズはA4版縦1ページです。

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

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

### 1. 発表内容

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

### 2. 講演資格

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

**非会員、鉄鋼協会会員および前維持員会社社員 講演の申込方法**：

「講演申込」の各講演メニューにある「新規登録」の「非会員、鉄鋼協会会員、前維持員会社社員の方はこちらからお申込み下さい」から講演申込ができます。

(1) 非会員の発表者の登壇費用内訳

		年会費	大会参加費	1講演登壇料	合計
非会員（鉄鋼協会会員 前維持員会社社員を除く）	一般	—	前納 19,000円	6,000円	25,000円
	学生	—	前納 14,000円	3,000円	17,000円

(2) 非会員の鉄鋼協会会員、前維持員会社社員発表者の登壇費用内訳

		年会費	大会参加費	1講演登壇料	合計
非会員（鉄鋼協会会員 前維持員会社社員）	一般	—	前納 9,000円	6,000円	15,000円
	学生	—	前納 6,000円	3,000円	9,000円

3. 連続講演の希望

申込備考欄に連続希望する講演の順番、発表者名、タイトル、(可能なら受理番号)を記入し、同一のセッション名で申込みすること。申込締切後の希望は受け付けない。

4. 講演日の希望

申込時に備考欄に記入のこと。ただし、セッションの日程上希望に添えないこともある。

5. 講演者変更および講演取消しについて

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

6. 講演発表の際の注意事項

- (1) プロジェクターは全会場に設置する。ただし、パソコンは講演者で用意し、操作する。
- (2) 講演時間は厳守する。

7. プログラム

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

**ポスターセッションについて**

1. 展示方法：ポスター1発表につきパネル1枚を準備します。ポスターボードのサイズなどは8月にホームページに掲載の「ポスター作成要領」を参照下さい。
2. 優秀ポスター賞：エントリー制です。  
エントリーの要件  
①発表時点で、30歳以下の学生および30歳以下の若手研究者。(年齢はポスター発表時点で、30歳以下の者)  
②過去のこの賞の受賞の有無は問わない。  
エントリーした発表を審査員が採点して優秀ポスターを選出し、「優秀ポスター賞」を贈呈します。
3. 選考対象外のポスター：①発表者が病欠等の場合、申し出があれば代理発表は可能。  
②ポスターのみの掲示も可能だがその旨を事前に事務局へ連絡のこと。  
上記については、優秀ポスター賞の授賞対象とはしない。

**鉄鋼協会との共同セッションについて**

本会と日本鉄鋼協会との連携強化の一環として下記の共同セッションを実施しています。ただし、講演件数や発表内容によっては関連する一般講演に移ることもあります。

プログラムは両会のプログラムに掲載。

- ① 「チタン・チタン合金」 (2016年秋の会場は鉄鋼協会会場)
- ② 「超微細粒組織制御の基礎」 ( " 金属学会会場)
- ③ 「マルテンサイト・ベイナイト変態の材料科学と応用」 ( " 金属学会会場)(今回より新設。秋のみ開催)

発表に際しての注意：相互聴講参加申込による講演発表は不可。

## 講演概要原稿作成要領

### 講演申込と講演概要原稿は同時提出する。

(※同時に行わない場合は、講演申込として受理されない)

言語：日本語または英語。

原稿分量：仕上がり A4 判縦 1 頁(題目と共同研究者の部分 1/3 + 本文 2/3 頁)

概要集 DVD 発行・発送日：2016年9月7日(水)

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

- (1) Word 形式(doc または docx)の原稿で提出(WEB 申込では画面上で原稿をアップロード)。
- (2) 発表者氏名の前に必ず○印を付ける(WEB 申込では画面上で講演者をチェックする)。
- (3) 原稿修正：提出期限を過ぎた原稿修正・差替は出来ない。
- (4) アップロードの際、文字、図表等の品質を確認する。
- (5) 原稿のサイズ：(全講演種別)仕上がり A4 縦 1 頁(右記参照)

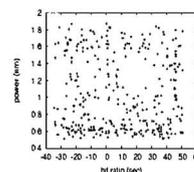
※WEB 申込の際は、演題と共同研究者部分をのぞいた本文のみの概要原稿を作成下さい。(大会受付システムトップページ(WEB 画面)の雛形をご利用下さい。)

A4 縦サイズで作成下さい。

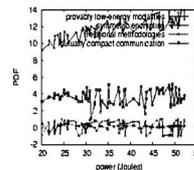
講演 ○○○○○○○○

所属機関 ○発表者氏名、共同研究者所属 氏名

【緒言】 \* \* \* \* \*



【実験方法】 \* \* \* \* \*



【結果】 \* \* \* \* \*

## 講演大会概要の投稿要領

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

### (投稿の要件)

- (1) 未発表でかつオリジナリティがあること。
- (2) 前項にかかわらず、この法人の査読規程に定める範囲において、概要発表内容の重複を認める場合がある。
- (3) 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。
- (4) 作成要領に準拠して作成された原稿であること。
- (5) 著作権をこの法人に帰属することに同意すること。
- (6) ミスコンダクトをしないことおよびミスコンダクトをした場合は、この法人の定めるところにより処分または措置を受けることに同意すること。
- (7) 宣伝や商用目的とする内容でないこと。

## 講演大会概要の査読

講演大会概要に投稿された全ての概要は、査読基準に基づいてその分野の専門家が査読を行います。査読結果が「掲載不適当」に該当する場合は、理由を示して著者に返却することになります。

### (査読の基準)

- (1) 作成要領に準拠していること。
- (2) 科学的技術的に質の高い、興味ある内容が十分含まれていること。
- (3) 内容が正確で、記述に問題がないこと。
- (4) 題目が妥当であること。
- (5) 在来研究との関連が明示されていること。

## 「若手講演論文賞」の募集

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

### 申込条件

- (1) 講演大会講演申込時に「若手講演論文賞」応募と応募意思を明確にする。(座長推薦の優秀な講演発表も対象になります)
- (2) 年齢35歳以下の発表者を授賞対象者とする。  
秋期講演大会：9月1日時点で35歳以下の方
- (3) 一般講演発表者およびポスター発表者に限定する。
- (4) 2016年秋期大会講演精選論文(Selected Papers from JIM Fall Meeting(2016))に掲載の下記種別の論文を対象とする。  
会誌：「学術論文」または「技術論文」  
欧文誌：「Regular Article」または「Technical Article」

## 会誌2016年秋期大会講演精選論文原稿募集 欧文誌 Selected Papers from JIM Fall Meeting (2016)原稿募集

- ◎日本金属学会誌「2016年秋期大会講演精選論文」81巻4号および5号(2017年)掲載  
Materials Transactions「Selected Papers from JIM Fall Meeting(2016)」58巻4号および5号(2017年)掲載
- ◎予備登録締切 2016年11月7日(月)
- ◎原稿締切 2016年11月17日(木)
- ◎予備登録、投稿および審査方法は、一般投稿論文に準ずる(ホームページの会誌・欧文誌投稿の手引き・執筆要領参照)。
- ◎欧文誌掲載論文は投稿掲載費用(別刷50部寄贈)を必ず負担する。(会誌掲載論文は投稿掲載費用無料です)

## 日本金属学会・日本鉄鋼協会講演大会の 相互聴講のお知らせ

本会と日本鉄鋼協会との連携強化の一環として、相互聴講を実施いたします。ご活用下さい。

### 申込方法：当日受付

鉄鋼協会の講演を聴講する場合は、金属学会で従来の参加受付を済ませた後、鉄鋼協会受付で相互聴講の申込をする。鉄鋼協会で発表し、金属学会で聴講のみされる場合、鉄鋼協会での従来の参加受付を済ませた後、金属学会受付で相互聴講の申し込みをして下さい。

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

発表は(鉄鋼)で かつ (金属の聴講)のみの場合



参加登録は(鉄鋼)とする。  
相互聴講手続きは(金属)とする。

発表は(金属)で かつ (鉄鋼の聴講)のみの場合



参加登録は(金属)とする。  
相互聴講手続きは(鉄鋼)とする。

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

☆すべての講演申込がインターネット申込となりますので、  
ご協力をお願い申し上げます。ご不明な点をご遠慮なくお問い合わせ下さい。  
連絡先：TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312  
E-mail: annualm@jim.or.jp  
(公社)日本金属学会 講演大会係

## インターネットによる講演申込・概要原稿提出手順

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

インターネットでの申込者は講演者本人に限る。ID(会員番号)、パスワードを使用して、金属学会「大会受付システムトップページ」(<https://www.jim.or.jp/convention/2016autumn/>)から申込み下さい。なお、申込締切日の3日前から申込みが集中殺到し、回線が混雑するので、できるだけ早目にお申込み下さい。

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

※1: 本会会員のID(会員番号)、パスワード

### 《講演内容の確認・修正》

講演大会プログラムに反映されるので、概要提出日までに WEB 画面から内容確認・修正で変更して下さい。

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

※2: 申込受理通知に記載された、秋期講演大会用の参加登録番号、パスワード

講演の分類	
セッション名 (一般、ポスターのみ)	セッション名はあたりあ第55巻第5号235頁の講演セッション一覧から <b>第1希望(必須)</b> および <b>第2希望(必須)</b> のセッションを選択して下さい。 セッションは、材料と社会セッション、学理・現象・プロセッシング別セッションおよび材料別セッションを問わず選択できます。
シンポジウム講演	あたりあ第55巻第5号236頁のテーマ要旨を参照の上、応募するシンポジウム番号を選択する
キーワード	<ul style="list-style-type: none"> <li>• キーワードを1語以上入力する。(最大10語入力可。)</li> <li>• 特に対象とする材料、物質、合金名をキーワードの中を含める。</li> </ul>
「若手講演論文賞」 応募	申込条件 (1)講演大会講演申込時に論文賞「若手講演論文」応募と応募意思を明確にする。 (2)年齢35歳以下の発表者を授賞対象とする。 秋期講演大会：9月1日時点で35歳以下の者 (3)一般講演およびポスターセッション発表者。 会誌または Materials Transactions の特集「講演論文」に掲載済の論文を対象とする。
申込研究者数 所属機関数	共同研究者人数：最大15名まで、所属機関数：10施設まで
申込研究者一覧	インターネット申込は、「申込者」が「講演者」となるようにチェックする。 共同研究者は非会員でも可。
ローマ字氏名	名姓の順で、フルネームで記入する。
所属機関略称	<b>慣用の略称で記入</b> する。研究所と現勤務先が異なる場合は両方記入する。 [例：東北大工(現日立中研)] <ul style="list-style-type: none"> <li>• 大学院生と学生の区別：それぞれ(院生)、(学生)と所属の後に表示する。 [例：東北大工(学生) 東北大工(院生)]</li> </ul>
講演題目	和文題目は150バイト(全角75文字)まで、外国人講演の英文題目は200バイトまで。
要旨	プログラム編成の参考となる内容を記入する。 要旨欄に入力できるのは100文字(全角)まで。
概要原稿	<b>全講演 A4 版 1 頁。Word 文書(縦形あり)で作成し、アップロードする概要原稿の内容と入力したフォームの内容が同じになるようにすること。</b> 内容変更の場合は概要原稿の修正版を期日内に再提出する。
その他・備考欄	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 連続講演を希望する場合は、連続を希望する講演の順番、発表者名、タイトル、(可能なら受理番号)を記入し、同一のセッション名で申込みをすること。申込締切後の希望は受付けない。</li> <li>• その他の連絡事項など</li> </ul>
会員番号	必ず会員番号(ID)を記入する
著作権	同意できない場合は申込出来ない
プログラム公開	同意できない場合は申込出来ない

# 新講演セッション一覧

(2014年秋期講演大会募集から適用)

材料と社会セッション Materials and Society Sessions	
セッション名 Sessions	
教育 Education	材料と社会 Materials and Society
歴史 History	
材料と社会 Materials and Society	
環境 Environment	
学理・現象・プロセッシング別セッション Scientific Principles, Phenomena and Processing Sessions	
セッション名 Sessions	
水素関連物性・機能・プロセッシング Hydrogen Related Properties, Functions and Processing	物性基礎 Materials Physics
イオン伝導・輸送現象 Ionic Conduction and Transport Phenomena	
磁気機能・磁気物性 Magnetic Functions and Properties	
電気伝導・熱伝導 Electrical Conduction and Heat Conduction	
電子・光物性 Electronic Properties and Optical Properties	
薄膜・多層膜・超格子物性 Properties of Thin Films, Multilayer Films and Superlattices	
微粒子・ナノ粒子物性 Properties of Fine and Nano Particles	
量子ビーム科学 Quantum Beam Science	組織制御 Microstructure Control
拡散・相変態 Diffusion and Phase Transformations	
再結晶・粒成長・集合組織 Recrystallization, Grain Growth and Texture	
熱力学・状態図・相平衡 Thermodynamics, Phase Diagrams and Phase Equilibria	
マルテンサイト・変位型相変態 Martensitic and Displacive Transformations	力学特性 Mechanics of Materials
強度・力学特性 Strength and Mechanical Properties of Materials	
高温変形・クリープ・超塑性 High Temperature Deformation, Creep and Superplasticity	
格子欠陥・格子欠陥制御・プラストン Lattice Defects, Defect Control and Plastons	
疲労・破壊 Fatigue and Fracture	
粒界・界面 Grain Boundaries and Interfaces	
高温酸化・高温腐食 High Temperature Oxidation and Corrosion	
腐食・防食 Corrosion and Protection	
表面処理・表面改質・コーティング Surface Treatments and Modification/Coatings	表面・界面 Surfaces and Interfaces
表面界面反応・分析 Surface and Interface Phenomena/Characterization	
摩耗・トライボロジー Abrasion and Tribology	
細胞機能・組織再生 Cell Functions and Tissue Regeneration	生体材料基礎 Fundamentals of Biomaterials
生体構造機能 Biostructural Function	
生体表面機能 Biosurfaces and Biointerface Functions	
分析・解析・評価・先端技術 Analysis/Characterization/Evaluation/Advanced Techniques	
計算材料科学・材料設計 Computational Materials Science and Materials Design	
環境・リサイクル技術 Environment and Recycling	材料プロセッシング Materials Processing
凝固・結晶成長・鋳造 Solidification, Crystal Growth and Casting	
製造プロセス・省エネルギー技術 Manufacturing Processes and Energy Saving Technology	
塑性変形・塑性加工 Plastic Deformation and Forming	
非平衡プロセッシング Non-Equilibrium Processing	
マイクロ波応用プロセッシング Fundamentals and Applications of Microwave Processing	
融体・高温物性 Molten Materials and High Temperature Properties	

溶接・接合 Welding and Joining	
材料別セッション: Materials Sessions	
セッション名 Sessions	
エネルギー・電池材料 Energy and Battery Materials	エネルギー関連材料 Energy and Related Materials
水素化物・水素貯蔵・透過材料 Hydrides/Hydrogen Storage and Hydrogen Permeation Materials	
センサー材料 Sensor Materials	
熱電材料 Thermoelectric Materials	
触媒材料 Catalysts	磁性材料 Magnetic Materials
ジェットエンジン・ガスタービン耐熱材料 Heat Resistant Materials for Jet Engines and Gas Turbines	
蒸気発電耐熱材料 Heat Resistant Materials for Steam Powered Generators	
原子力材料 Nuclear Materials	
磁気記録材料 Magnetic Recording Materials	
スピントロニクス・ナノ磁性材料 Spintronics Materials and Nanomagnetic Materials	電気・電子材料 Electric/Electronic Materials
ソフト磁性材料 Soft Magnetic Materials	
ハード磁性材料 Hard Magnetic Materials	生体・医療・福祉材料 Biomaterials, Medical Materials and Health Care Materials
太陽電池材料 Photovoltaic Materials	
超伝導材料 Superconducting Materials	
半導体材料 Semiconducting Materials	
配線・実装・マイクロ接合材料 Interconnection, Packaging and Micro Joining Materials	生体・医療・福祉材料 Biomaterials, Medical Materials and Health Care Materials
生体・医療・福祉材料 Biomaterials, Medical Materials and Health Care Materials	
テーラーメイド医療材料 Tailor-Made Medical Materials	構造・機能材料 Structural/Functional Materials
鉄鋼材料 Iron and Steel	
Al・Al合金 Aluminum and Its Alloys	
Cu・Cu合金 Copper and Its Alloys	
Mg・Mg合金 Magnesium and Its Alloys	
Ti・Ti合金 Titanium and Its Alloys	
金属間化合物材料 Intermetallics	
形状記憶材料 Shape Memory Materials	
スマート・インテリジェント材料 Smart and Intelligent Materials	
MEMS デバイス用材料 Materials for MEMS Devices	
セラミックス材料 Ceramics	
自動車用材料 Materials for Automobiles	
航空機用材料 Materials for Aircraft	
超微細粒材料(バルクナノメタル) Ultrafine-Grained Materials (Bulk Nanometals)	
粉末・焼結材料 Powder and Sintering Materials	
複合材料 Composite Materials	
ポーラス材料 Porous Materials	
ナノ・萌芽材料 Nanomaterials and Emerging Materials	
アモルファス・準結晶材料 Amorphous Materials and Quasicrystals	
元素戦略・希少資源代替材料 Elements Strategy/Substitute Materials for Rare Resources	元素戦略 Elements Strategy
レアメタル Rare Metals	

# 2016年秋期講演大会公募シンポジウムテーマ要旨

秋期講演大会(大阪大学)におけるテーマ公募によるシンポジウム講演は、下記6テーマで実施することになりました。講演申込要領は前記のとおりです。多数の有益な講演と活発な討論を期待いたします。

## S1 金属間化合物材料の新たな可能性 New Perspectives in Structural and Functional Intermetallics Alloys

本シンポジウムは、2002年秋期大会以来15年連続の企画である。TiAl, 遷移金属シリサイドといった高温構造材料としての金属間化合物ならびに形状記憶合金といった機能性金属間化合物は、用途は異なるものの、その力学特性ならびに機能特性は、化合物特有の規則原子配列、相安定性、格子欠陥といった共通の因子に支配されている。このような特性と組織の相関は、原子直視電子顕微鏡法、計算材料科学のみならず3D積層造形法など新たなプロセス技術の発展によって近年急速に理解が深まり、金属間化合物の研究に新たな展開が生まれている。内閣府SIPプロジェクトやJST-ALCAプロジェクトでも、金属間化合物材料が主たる研究対象となっている場合が多い。本シンポジウムは、金属間化合物のキャラクタリゼーション、計算機シミュレーションに関して広く講演を募り、大学、企業、研究所の研究者の活発な議論の場を提供するとともに、これら研究者の有機的連携を促進することを目的としている。2016年11月開催予定のMRSシンポジウム「Advanced Structural and Functional Intermetallic-Based Alloys」を見据え、我が国の研究のアクティビティを一層高めるとともに、従来の構造用金属間化合物のみならず、金属間化合物がその特性を存分に発揮できる新しい研究領域を開拓することを狙って企画した。

テーマ責任者

(シンポジウム chair):

京都大学大学院工学研究科 乾 晴行

E-mail: inui.haruyuki.3z@kyoto-u.ac.jp

(シンポジウム co-chairs):

東工大 竹山雅夫 北大 三浦誠司 東北大 吉見享祐

阪大 安田弘行 東工大 木村好里

## S2 シンクロ型LPSO構造に関する材料科学の新展開 Materials Science on Synchronized LPSO Structure

文部科学省・新学術領域研究「シンクロ型LPSO構造の材料科学」(2011~2015年度)が開始され、シンクロ型LPSO構造の①原子配列構造、②形成機構、③力学特性と新強化原理の解明に向けた基礎研究が進められてきた。

これまで、①「シンクロ型LPSO構造の科学と工学」(2013年春期)、②「塑性異方性の強い結晶性材料のキック変形ダイナミクスと強化機構」(2014年春期)、③「シンクロ型LPSO構造の形成メカニズム」(2014年秋期)、④「シンクロ型LPSO構造の構造科学」(2015年春期)、⑤「キック変形ダイナミクス」(2015年秋期)を実施することにより、シンクロ型LPSO構造の原子配列構造、形成機構、キック変形とキック強化機構について議論を深めてきた。

本シンポジウムでは、過去5年間の成果を集大成して議論を深めることによって、シンクロ型LPSO構造に関する材料研究を総括するとともに、新しい学術領域への展開を模索したい。

テーマ責任者

(シンポジウム chair):

熊本大学先進マグネシウム国際研究センター 河村能人

E-mail: rivervil@gpo.kumamoto-u.ac.jp

(シンポジウム co-chairs):

阪大 中谷彰宏 東北大 大谷博司 九大 中島英治

京大 奥田浩司 阪大 萩原幸司 阪大 君塚 肇

## S3 電子・磁性・情報材料のプロセス・アシストによる高性能化 Practical tuning of electronic, magnetic and IT materials assisted by processing

電子、磁性、情報材料などの機能性材料は、基礎学理と実用性状の間にギャップがあると、どれほど高機能な材料でも世に出ない。このギャップの橋渡しには、材料機能の実用性状化をアシストするプロセス技術が重要であるが、構造材料の様に、特性とプロセスの関連が従来から密接に進んでいる分野にくらべ、その俯瞰的な視座が乏しい。本シンポジウムでは、実用性・工業性に裏打ちされた機能とプロセスの融合に焦点をあて、理学にかたよらず、されど、機能を犠牲にしない、ものづくりのための材料科学について議論する。このために、例えば液晶パネル配線の世界的デファクトスタンダードになっている線材技術や、リニア新幹線の磁気浮上を支える超伝導材料利用の実現技術など、複数分野において実用化、あるいは

は実用間近に産学連携が進行しているケースを中心に基調講演を計画し、本会における本分野の活発化を語る。

テーマ責任者

(シンポジウム chair):

産業技術総合研究所 藤田麻哉

E-mail: asaya-fujita@aist.go.jp

(シンポジウム co-chairs):

名工大 西野洋一 NIMS 土谷浩一 東北大 須藤佑司

## S4 ナノ・マイクロ造形構造体の材料学 Material Science in Nano/Micro-scale 3D Structures

複雑形状構造体への革新的ものづくり法として電子ビーム、レーザー、イオンを用いた積層型造形が発表されて久しい。大きさはcmからmmにわたるが、デバイスの極小化に伴い $\mu\text{m}$ からnmスケールにも展開が求められておりボトムアップ的な「励起反応場」およびトップダウン的手法が候補概念として提案できる。しかし材料学的には原子・分子規模の非平衡反応、成長・造形機構解明や組織制御、残留応力緩和、諸特性相関の把握など課題が多く、関連分野の研究者および企業での開発者が一同に会して問題点を抽出・議論することが必要な時期にきている。本シンポジウムでは励起反応場およびその他特異な手法を用いて創成する $\mu\text{m}$ からnm規模の造形構造体に関する最近の成果と問題点を材料学的な観点から論じる。

テーマ責任者

(シンポジウム chair):

東北大学科学技術共同研究センター 田中俊一郎

E-mail: sitanaka@tagen.tohoku.ac.jp

(シンポジウム co-chairs):

東北大 中村貴宏 加藤秀実 筑波大 谷本久典

東北大 小泉雄一郎

## S5 金属分野の若手人材育成と裾野拡大 Upbringing and expanding methods for students in material field

金属材料関連の分野は科学・技術戦略のロードマップにも「元素戦略」や「希少金属の機能解明」等が記され、重要な分野であると認識されている。その一方で、この分野に進む人材を育成するべき大学の材料系学部・学科への進学を希望する人が多いとは言えない。

金属材料分野の魅力を高校生や大学生に知ってもらうにはどのようなカリキュラム・教材を開発するべきか、また、今は材料分野についての教育が皆無に近い小・中・高校での教科書や教材に、材料に関するどのような記述を加えてもらうよう働きかけるべきか、将来の人材を確保するために、これまで行われてこなかったが必要と思われるアクションは何か。10年、20年先を見越した議論を行う。

テーマ責任者

(シンポジウム chair):

奈良女子大学 松岡由貴

E-mail: matsuoaka@cc.nara-wu.ac.jp

(シンポジウム co-chairs):

島根大 森戸茂一 NIMS 御手洗容子 横国大 梅澤 修

## S6 ナノ構造情報のフロンティア開拓—材料科学の新展開 Exploration of nanostructure-property relationships for materials innovation

結晶の表面、界面、点欠陥等に局在した特徴的な原子配列や電子状態=ナノ構造が、材料特性に決定的な役割を担う例は極めて多い。近年ナノ構造における個々の原子を直接観察し、その定量的情報を直接的に得るための実験および理論計算に格段の進歩があった。本シンポジウムでは、ナノ材料科学のフロンティア開拓にさらなる弾みを付けるとともに、獲得されるナノ構造情報を具体的な材料設計・創出に活かすことを目指して、材料科学、応用物理、固体化学、触媒化学、情報科学など様々な分野からナノ構造の評価・設計、材料・機能創製に関する発表を募り、横断的な議論を行う。

テーマ責任者

(シンポジウム chair):

京都大学工学研究科 田中 功

E-mail: tanaka@cms.MTL.kyoto-u.ac.jp

(シンポジウム co-chairs):

NIMS 吉田英弘 東工大 大場史康 名大 豊浦和明

# 2016年秋期(第159回)講演大会ご案内ならびに参加申込みについて

今秋講演大会は、9月21日(水)から23日(金)まで大阪大学豊中キャンパス(大阪府豊中市待兼山町1番)を会場として開催いたします。大会懇親会は9月21日(水)に行われます。以下のご案内と申込要領をご参照の上、お早めにお申込み下さい。

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

## 日 程

日 時	行 事	場 所
9月21日(水) 9:00～9:40 10:00～17:00 12:30～17:00 18:30～20:30	各賞贈呈式 学術講演会 ポスターセッション 懇親会	会館 講堂 全学教育講義 A, B, C 棟 会館 アセンブリホール ホテル阪急エキスポパーク
9月22日(木) 9:00～17:00 12:15～12:45	学術講演会 企業ランチョンセミナー	全学教育講義 A, B, C 棟 全学教育講義 A, B, C 棟
9月23日(金) 9:00～16:30	学術講演会	全学教育講義 A, B, C 棟

懇親会会場：ホテル阪急エキスポパーク「星雲」の間

## 参加申込要領

インターネットによる事前の大会参加申込みおよび懇親会参加の申込み：〈登録期間〉6月13日(火)～8月19日(金) 17:00

大会参加申込み URL <http://www.jim.or.jp/convention/2016autumn/>

予約申込締切後、予約申込者へ大会参加証、概要集 DVD を送付します。懇親会参加申込をされた方には、懇親会参加券もあわせてお送りします。なお、領収書は、決済完了後に申込画面から各自印刷下さい(WEB画面：講演大会 MyPage よりダウンロード)。8月20日以降は当日申込となります。

当日申込をご希望の方は、会場受付にて直接お申込下さい。

### ◆大会参加費(講演概要集 DVD 代含む)※年会費とは異なります。

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

予約申込締切日	8月19日(金)(申込および入金期日)	
会員資格	予約申込 (インターネット申込・事前支払い)	当日申込 (大会会場受付・現金払いのみ)
正員・前維持員会社社員・鉄鋼協会会員	9,000円	10,000円
学生員*	6,000円	6,500円
非会員 一般	19,000円	20,000円
非会員 学生(大学院生含む)	14,000円	15,000円

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

### ◆懇親会費(消費税込み)

予約申込締切日	8月19日(金)(申込および入金期日)	
	予約申込 (インターネット申込・事前支払い)	当日申込 (懇親会会場受付・現金払いのみ)
一般	8,000円	10,000円
同伴者(ご夫人またはご主人)	5,000円	5,000円

・お支払後の取消は、準備の都合上ご返金いたしかねますのでご了承ください。

### ◆支払方法

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、コンビニ決済の場合は、手数料をご負担願います。また、入金後のご返金は致しかねます。8月19日(金)の入金日をもって予約申込完了となります。

### ◆講演概要集 DVD のみ購入する場合

件名を「2016年秋期講演大会講演概要集 DVD 購入申込」とし、①申込者氏名②会員資格(会員番号も併記)③申込数④住所をご記入の上、E-mail: [ordering@jim.or.jp](mailto:ordering@jim.or.jp) 宛にお申込み下さい。9月7日の発行後、請求書を添えて送付いたします。

会員価：本体3,810円+税 定価：本体10,000円+税 送料：360円

参加申込・問合せ先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32  
(公社)日本金属学会 ☎ 022-223-3685 ☎ 022-223-6312 E-mail: [annualm@jim.or.jp](mailto:annualm@jim.or.jp)

**掲載料金** 会員：20,000円(税別)(一般：40,000円(税別))  
**原稿締切・掲載号** 毎月1日締切で翌月号に1回掲載。  
**原稿字数** 840字程度  
**掲載内容** 求人側の必要事項：会社概要・職種・資格・待遇・勤務地・応募方法・応募締切日・問合せ先・書類提出先・ホームページアドレスなど求職者の知りたい情報。  
**原稿提出先** FAXとE-mailの両方(受け取りのメールの確認をして下さい)  
**FAX** 022-223-6312 E-mail: materia@jim.or.jp

## YAZAKI

### ◇矢崎総業株式会社 技術研究所 研究員 公募◇

**会社概要** 矢崎総業株式会社は、自動車用組み電線(ワイヤーハーネス)をはじめ、電線、ガス機器、空調機器、太陽熱利用機器などの製品を研究開発、製造、販売している企業です。現在、自動車用ワイヤーハーネスの構成材料である導電材料(銅やアルミニウムなど)に関する研究を行っており、優れた導電特性や力学特性を有する材料研究ができる研究者を募集します。

#### 公募人員 研究員 1名

**所属** 矢崎総業株式会社 技術研究所

**勤務地住所** 静岡県裾野市御宿1500番地 (最寄駅：JR 御殿場線 岩波駅)

**募集内容** 金属の結晶構造・組織制御に関する研究、金属の塑性加工や粉末プロセス・粉末冶金に関する研究、あるいは金属基複合材料に関する機能性複合材料の研究などに組み込んで頂ける方

**応募資格** ・修士、博士の学位を有する方  
 ・鉄鋼材料や非鉄金属の金属組織や金属加工などの研究経験のある方  
 ・金属基複合材料の研究経験のある方  
 ・学会等で発表/論文投稿経験のある方

**着任時期** 2016年5月21日以降 (但し、着任日については、面接時に要相談)

**公募締切** 2016年5月20日(但し、採用者が決定し次第公募終了)

**応募方法**(書類送付先も含む)

弊社ホームページ(下記 URL)よりご応募下さい。

<http://www.yazaki-group.com/>

キャリア採用ページ 職種名：『非鉄金属材料の研究』

**選考内容** HPにご登録頂いた情報を元に書類選考を実施の上、書類通過者にはメールで面接の案内及び履歴書・職務経歴書の送付依頼をお送りします。面接は原則1回となりますが、面接官の都合により2回以上になる可能性もございます。選考結果につきましては全てメールにてご連絡します。

**問い合わせ** 矢崎総業株式会社 総務人事室 人材開発部

採用チーム 時田康弘

E-mail: smb\_yazaki-personnel@jp.yazaki.com

☎ 055-965-3004

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

### ◇北海道大学 電子科学研究所 教授公募◇

**募集人員** 教授 1名

**所属** 附属グリーンナノテクノロジー研究センター(新研究分野)

**専門分野等** ナノテクノロジーに関連する物理学の研究分野。量子効果、電子相関、表面・界面、メゾスコピック系などの研究を通じて、新たな分野を意欲的に開拓し、エレクトロニクス、フォトニクス、スピントロニクス等に資する研究。理学院物性物理学専攻の大学院教育を担当予定。

**公募締切** 2016年6月30日(木) 当日の消印有効

**着任時期** 決定後できるだけ早い時期

**提出書類**

- ①履歴書(写真貼付)
- ②業績リスト(原著論文、総説及び解説、著書、招待講演、特許および工業所有権等に分類。共著者名を記載)  
(トムソン・ロイター社のResearcherIDを取得可能な場合、ID番号を取得して論文リストを作成の上、ID番号を本業績リストに記載)
- ③これまでの研究概要(2,000字程度。冒頭に概略を簡条書)
- ④研究計画及び教育に対する抱負(2,000字程度)  
(③、④は、国際共同研究や産官学連携に関する記述も含む)
- ⑤研究助成金取得状況
- ⑥参考意見を求めることができる方(2名)の氏名及び連絡先
- ⑦主要論文の別刷10編(DOI、被引用数、掲載誌のImpact Factor一覧を添付)
- ⑧上記①～⑦のPDFファイルを保存した記録媒体

**書類送付先** 〒001-0021 札幌市北区北21条西10丁目  
 北海道大学北キャンパス合同事務部総務担当気付  
 電子科学研究所教授候補者選考委員会  
 \*封筒に「応募書類在中」と朱記し、書留送付。

**問合せ先** 電子科学研究所 教授 西野吉則

☎ 011-706-9354, **FAX** 011-706-9355

E-mail: yoshinori.nishino@es.hokudai.ac.jp

**詳細URL** <http://www.es.hokudai.ac.jp/organization/recruit.html>

### ◇東北大学原子分子材料科学高等研究機構 主任研究員(教授)、ジュニア主任研究員(准教授)公募◇

**募集人員** 主任研究員(教授、テニユア職) 1名

ジュニア主任研究員(准教授、テニユアトラック職) 1名

**所属** 原子分子材料科学高等研究機構

**専門分野** 材料科学、または材料科学と関連する物理学、化学、または数学

**応募資格** 博士号取得者

**着任時期** できるだけ早い時期

**提出書類** (1)カバーレター (2)履歴書 (3)業績リスト (4)今までの研究概要(3頁以内) (5)研究計画(3頁以内) (6)紹介可能者(2名)  
上記をすべて英文で作成のこと

**応募締切** 2016年5月15日(日)

**提出方法** 下記住所に郵送, もしくはメールで提出. 応募書類は返却しません.

**問合せ・書類送付先** 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1  
東北大学原子分子材料科学高等研究機構  
事務部門長 塚田 捷 ☎ 022-217-5922  
E-mail: kobo2016@mpi-airm.tohoku.ac.jp  
詳細は下記 URL を必ず参照のこと  
[http://www.wpi-airm.tohoku.ac.jp/jp/about/staff/20160308\\_000615.html](http://www.wpi-airm.tohoku.ac.jp/jp/about/staff/20160308_000615.html)

(4)照会可能者 1~2名の氏名と連絡先

**書類送付先** 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1  
東北大学金属材料研究所 教授 折茂慎一  
※封筒表面に「水素機能材料工学研究部門助教応募書類」と朱書き, 必ず書留で郵送して下さい.  
※応募書類の返却はいたしません. 履歴書は本応募の用途に限り使用し, 個人情報とは正当な理由なく第三者へ開示することは一切ありません.

**問い合わせ先** 教授 折茂慎一  
☎ 022-215-2093  
E-mail: orimo@imr.tohoku.ac.jp  
URL: <http://www.hydrogen.imr.tohoku.ac.jp/>

◇東北大学金属材料研究所 助教 公募◇

**公募人員** 助教 1名  
(東北大学は, 男女共同参画を推進しています. 子育て支援の詳細等, 男女共同参画の取り組みについては下記 URL をご覧下さい.  
URL: <http://www.bureau.tohoku.ac.jp/danjyo/>)

**所 属** 磁性材料学研究部門(高梨研究室)

**専門分野** 磁性材料・スピントロニクス材料分野. 特に, 人工的なナノ構造の創製と新しい磁気機能性に関わる物理と応用の研究に意欲的に取り組んでいただける方.

**応募資格** 博士の学位を有する方, あるいは採用予定日前に博士の学位取得見込みの方.

**任 期** 7年(ただし1回に限り3年の再任可)

**着任時期** 決定後なるべく早い時期

**提出書類** (1)履歴書(写真貼付), (2)研究業績リスト, (3)着任後の抱負(A4判1枚), (4)照会可能者1~2名の氏名と連絡先

**応募締切** 2016年5月30日(月)必着

**問合せ・書類送付先** 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1  
東北大学金属材料研究所  
磁性材料学研究部門 教授 高梨弘毅  
☎ 022-215-2095 FAX 022-215-2223  
E-mail: koki@imr.tohoku.ac.jp

\*応募書類は, 封筒に「磁性材料学研究部門助教応募書類」と朱書きし, 書留で郵送して下さい. なお, 応募書類の返却はいたしませんので, ご了承下さい.

◇東北大学金属材料研究所 助教 公募◇

**公募人員** 助教 1名  
(東北大学は, 男女共同参画を推進しています. 子育て支援の詳細等, 男女共同参画の取り組みについては, 下記 URL をご覧下さい.  
URL: <http://www.bureau.tohoku.ac.jp/danjyo/>)

**所 属** 東北大学金属材料研究所 水素機能材料工学研究部門

**研究分野** 蓄電デバイスにかかわる材料開発や学理探求

**応募資格** 博士の学位を有する方, あるいは着任時までに取得見込みの方

**着任時期** 決定後なるべく早い時期

**任 期** 7年(ただし1回に限り3年の再任可)

**公募締切** 2016年6月30日(木)必着

**提出書類** (1)履歴書(写真貼付)  
(2)研究業績リスト(原著論文, 著書・解説, 招待講演, その他に分類)  
(3)着任後の抱負(A4判1枚)

◇国立研究開発法人物質・材料研究機構  
定年制職員(正職員) 公募 ◇

**公募人数**

研究職 分野別公募 各1名(7分野)  
物質・材料一般(分野不問) 若干名(女性枠あり)

エンジニア職 分野別公募 各1名(6分野)

**専門分野**

**研究職**

①生体材料, ②固体表面・界面の機能探索とその応用, ③二次電池(特にリチウム金属負極)材料, ④磁性・物性・ナノエレクトロニクス, ⑤計算科学・情報科学を活用した材料設計, 計算材料科学, 情報工学, ⑥ナノ材料工学, ⑦マテリアルズ・インフォマティクス, ⑧物質・材料一般, ⑨物質・材料一般(女性のみ応募可)

**エンジニア職**

①レーザー3次元アトムプローブ, 電子顕微鏡等の管理・操作・ユーザーサポート, ②材料試験, クリーブ試験, ③表面分析, ④塑性加工・熱処理による研究支援, ⑤テクニカルマーケティングエンジニア, ⑥Webデザイン・グラフィックデザイン・CG制作・Web管理

**応募締切** 2016年6月30日(木)予定

**研究職**①, ②, ③, ⑥, ⑧については, 文部科学省による卓越研究員事業のスキームを用いた採用も同時に行います.  
業務(研究)内容, 応募資格, 応募方法, 着任時期などの詳細は当機構のホームページを参照.  
<http://www.nims.go.jp/employment/permanent-researcher.html>

**問合せ先** 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1  
国立研究開発法人物質・材料研究機構  
人材開発室  
☎ 029-859-2555  
E-mail: nims-recruit@nims.go.jp

◇兵庫県立大学 女性テニュアトラック 助教 公募◇

**募集人員** 女性テニュアトラック助教1名

**所 属** 化学工学専攻

**専門分野** 物理および化学の素養を有し, 着任後マテリアルサイエンスやケミカルエンジニアリングの研究を担当できる女性研究者

**教育担当** 大学院:〈博士前期〉物質エネルギー工学特別演習Ⅰ・Ⅱ  
学 部: 化学実験, 卒業研究

**応募資格** 博士号取得後10年以内の研究者

**着任時期** 2016年10月1日

**応募書類** 1. 履歴書(写真貼付), 学歴は高等学校卒業以降, 職

- 歴, 賞罰等): 様式 1
2. 研究業績(著書, 論文等): 様式 2 および主要論文別刷り(5編まで, コピー可)
  3. 教育歴および学会・社会における活動等: 様式 3
  4. これまでの主要な研究概要(2,000字程度): 様式 4
  5. 教育・研究への抱負(2,000字程度): 様式 5
  6. 推薦書 1 通または応募者に対して意見を伺える方 2 名の氏名・役職と連絡先を記載した書類

研究支援 1 年目および 2 年目に特別研究費を支給する。

応募締切 **2016年 6 月 17日(金)(必着)**

選考方法 書類審査および面接による

備考 兵庫県立大学テニュアトラック教員制度に基づき, 女性テニュアトラック助教を募集します。任期は平成33年10月末日です。平成31年度に中間評価を, 平成32年度にテニュア審査を受けて, 研究業績および能力が准教授(または講師)に相当すると認められれば, 任期を定めないう定年制の准教授(または講師)への昇任となります。

教員採用選考委員会, 中間評価およびテニュア審査には, 学外機関の委員も加わります。

本公募は, 男女雇用機会均等法第 8 条「女性労働者に係る処置に関する特例」の規定によるものであることを付言致します。

書類提出先 〒671-2280 兵庫県姫路市書写2167

兵庫県立大学姫路工学キャンパス 総務課気付  
大学院工学研究科長 宛

\*封筒に「化学工学専攻テニュアトラック助教 応募書類在中」と朱書きし, 簡易書留で送付すること。応募書類は原則として返却しません。

問い合わせ先 化学工学専攻長 森下政夫

☎ 079-267-4913

E-mail: koubo167@eng.u-hyogo.ac.jp

公募の URL

<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/outline/koubo/index.html>

このウェブサイトには女性助教(任期付)の公募案内を公開しています。本女性テニュアトラック助教および女性助教(任期付)の双方に同時に応募されることを推奨します。応募書類は双方のそれぞれ別々にお送り下さい。

### ◇兵庫県立大学 女性助教 公募◇

募集人員 **女性助教 1 名**

所 属 化学工学専攻

専門分野 物理および化学の素養を有し, 着任後マテリアルサイエンスやケミカルエンジニアリングの研究を担当できる女性研究者

教育担当 大学院: <博士前期>物質エネルギー工学特別演習 I・II  
学 部: 化学実験, 物理学実験, 化学工学実験, 卒業研究

応募資格 博士の学位を有する方, または着任後 1 年以内に博士の学位を取得見込みの方

任 期 5 年(再任をする場合は 1 回を原則とし, 再任後の任期は 5 年とする。)

着任時期 2016年10月 1 日

- 応募書類
1. 履歴書(写真貼付, 学歴は高等学校卒業以降, 職歴, 賞罰等): 様式 1
  2. 研究業績(著書, 論文等): 様式 2 および主要論文別刷り(5編まで, コピー可)
  3. 教育歴および学会・社会における活動等: 様式 3
  4. これまでの主要な研究概要(1,000字程度): 様式 4
  5. 教育・研究への抱負(1,000字程度): 様式 5

6. 推薦書 1 通または応募者に対して意見を伺える方 2 名の氏名・役職と連絡先を記載した書類

応募締切 **2016年 6 月 17日(金)(必着)**

選考方法 書類審査および面接による

備考 本公募は, 男女雇用機会均等法第 8 条「女性労働者に係る処置に関する特例」の規定によるものであることを付言致します。

書類提出先 〒671-2280 兵庫県姫路市書写2167

兵庫県立大学姫路工学キャンパス 総務課気付  
大学院工学研究科長 宛

\*封筒に「化学工学専攻女性助教 応募書類在中」と朱書きし, 簡易書留で送付すること。応募書類は原則として返却しません。

問い合わせ先 化学工学専攻長 森下政夫

☎ 079-267-4913

E-mail: koubo173@eng.u-hyogo.ac.jp

公募の URL

<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/outline/koubo/index.html>

このウェブサイトにはテニュアトラック女性助教の公募案内を公開しています。本女性助教および女性テニュアトラック助教の双方に同時に応募されることを推奨します。応募書類は双方のそれぞれ別々にお送り下さい。

## 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

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 (一社)軽金属学会, (一社)資源・素材学会,

(一社)新金属協会, (公社)日本化学会,

(公社)日本金属学会, (一社)日本チタン協会,

(一社)日本鉄鋼協会 (五十音順)

■開催会場 東京大学生産技術研究所 An 棟 2F コンベンションホール(〒153-8505 目黒区駒場 4-6-1)

(最寄り駅: 駒場東大前, 東北沢, 代々木上原)

■参加登録・お問い合わせ

岡部研 レアメタル研究会事務担当 宮崎智子

(okabelab@iis.u-tokyo.ac.jp)

<平成28年度 レアメタル研究会の予定>(開催予定)

■ 第71回 2016年 7 月 15日(金)(平成28年度 第 1 回)

■ 第72回 2016年 9 月 16日(金)(平成28年度 第 2 回)

■ 第73回 2016年11月25日(金)(平成28年度 第 3 回)

■ 第74回 2017年 1 月 6 日(金)(平成28年度 第 4 回)

★貴金属シンポジウム(第 3 回)+新年会★(合同開催)

■ 第75回 2017年 3 月 10日(金)(平成28年度 最終回)

■第71回 2016年 7 月 15日(金)14:00~ An 棟 2F コンベンションホール

テーマ: レアメタル情勢, ニッケル

時 間: 午後2:00~

講 演:

・世界の禁制レアメタルの開発(仮)(60分)

~キューバのニッケルコバルト, イランのモリブデンやセレン, テルル, ルワンダの 3T など~

アドバンストマテリアルジャパン株式会社 代表取締役社長 中村繁夫 講師

- レアメタルに関する最近の話題(仮)(45分)  
東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師
- ニッケル製錬の最近の話題と今後の展望(仮)(60分)  
住友金属鉱山株式会社 金属事業本部 統括技師長 岩本富美雄 講師  
午後6:00~ 研究交流会・意見交換会 (An棟2F ホワイエ)

■第72回 2016年9月16日(金)14:00~ An棟2F コンベンションホール  
テーマ:レアメタル情勢, 他

時 間:午後2:00~

講 演:

- クリティカルメタル2016(仮)(60分)  
一般社団法人日本メタル経済研究所 理事長 川口幸男 講師
  - 今, クリティカルなレアメタルは何か?(仮)(45分)  
東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師
  - 講演未定(仮)(60分)  
講師依頼中
- 午後6:00~ 研究交流会・意見交換会 (An棟2F ホワイエ)

\*レアメタル研究会ホームページ\*

[http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40\\_j.html](http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html)

★備考:関連研究会

〈米国版レアメタル研究会(RMW)のご案内〉

■RMW12 Workshop on Reactive Metal Processing (Reactive Metal Workshop) March 3 (Fri)-4 (Sat), 2017, Cambridge, MIT

\*Reactive Metal WorkshopのHP\*

<http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/core-to-core/rmw/>

## 助成

### (公財)泉科学技術振興財団 平成28年度研究助成等の募集

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

助成金額 1件100万円以下, 40件.

\*昨年度までの研究会リーダー助成については, 内容・名称を少し変更する予定です. 詳細は下記HPをご覧ください.

募集期間 2016年4月1日~2016年6月15日(必着).

応募方法 詳細は下記HPをご参照下さい.

連絡先: 〒531-0072 大阪市北区豊崎3-9-7

公益財団法人 泉科学技術振興財団

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

☎ 06-6373-1811 E-mail: [info@izumi-zaidan.jp](mailto:info@izumi-zaidan.jp)



## 新 入 会 員

(2016年2月24日~2016年3月18日)

### 正 員

石川 友子 本田技術研究所

板村 正行 東北大学

柏倉 拓也 東洋製罐グループホールディングス

北村 晃良 協立化学産業

高橋 昌宏 田中貴金属工業

立川 清 日立金属

丹羽 章文 旭硝子

藤村 俊生 リンコーポレーション

古田 薫 LG Display

村松 宏晃 矢崎エナジーシステム

### 学 生 員

伊藤 翔太 北海道科学大学

佐々木 雅史 千葉大学

田畑 柚紀子 千葉大学

戸村 好貴 千葉大学

西川 元希 東京大学

福原 智 東京大学

吉井 丈晴 大阪大学

### 外国学生会員

CHON Bumsoo 九州大学

席 特日格楽 筑波大学

宋 鵬 京都大学

日本金属学会誌掲載論文

Vol. 80, No. 5 (2016)

オーバービュー

太陽電池パネル並びに合わせガラスの解体とリサイクルを中心とした「半導体の熱活性化」(TASC: Thermal Activation of Semiconductors)技術の最近の進歩  
— 巨大分子におけるラジカル伝播が演じる新規技術 —  
水口 仁 鈴木 茂 金子正彦 高橋宏雄

論文

地熱熱水輸送用炭素鋼管に付着するスケール形成過程のモデル化  
盛田元彰 梅澤 修

ホイスラー合金  $\text{Fe}_2\text{VAl}$  の変形特性に及ぼす結晶粒径の影響  
深田雄介 井手直樹 西野洋一

電子線微量照射によるポリウレタン(PU)とポリエチレンテレフタレート(PET)の高速均質接着  
高瀬早桐 久保智愛 神田昌枝 西 義武

高松塚古墳壁画の Pb を含む漆喰表面層の微細構造  
北田正弘 高妻洋成 建石 徹

純粋せん断による純マグネシウム単結晶におけるすべり系の活動能力の評価  
福田一貴 小柳佑太 津志田雅之 北原弘基  
眞山 剛 安藤新二

Materials Transactions 掲載論文

Vol. 57, No. 5 (2016)

Overview

Corrosion of Ultrafine Grained Materials by Severe Plastic Deformation, an Overview  
Hiroyuki Miyamoto

Special Issue on New Aspects of Composites  
High-Performance Ceramic-Lined Composite Pipes with  $\text{ZrO}_2$  Additive Prepared by Centrifugal-SHS Process  
X. H. Xuan, Z. G. Su, Z. Wen, J. An and C. Liang

Effect of the Interfacial Thermal Resistance on the Effective Thermal Conductivity of Aluminum Matrix Composites  
Kenjiro Sugio, Yong-Bum Choi and Gen Sasaki

Fabrication of Fe-Mn-Si-Cr Shape Memory Alloy Fiber/Aluminum Matrix Smart Composite by Casting  
Yoshimi Watanabe, Akihiro Yamamura and Hisashi Sato

Spark Sintering Behavior of Ubiquitously Fe-B and Fe Powders and Characterization of Their Hard Composites  
Shaoming Kang, Zhefeng Xu, Yongbum Choi, Kenji Fujita, Kazuhiro Matsugi and Jinku Yu

Regular Articles

Materials Physics

Detection of Cracks in Metallic Objects by Arbitrary Scanning Direction Using a Double U-Shaped Orthogonal ACFM Probe  
Wei Li, Xin'an Yuan, Guoming Chen, Xiaokang Yin, Jiuhaio Ge, Qingxiao Kong, Yutian Zhang and Yanyun Wu

Substance Flow Analysis of Tantalum in Taiwan  
Feng-Chi Yen, Tien-Chin Chang and Wen-Hong Xu

Microstructure of Materials

Effects of Sr + Ce on Microstructure and Abrasive Resistance of *In-Situ*  $\text{Mg}_2\text{Si}/\text{Al-Si-Cu}$  Composites  
Qingdong Qin and Wei Li

Effect of Aging and Stress on Stability of  $\beta$  Phase in Au-Cd-Ag  
Yuki Matsuoka and Mao Fujita

Early Stage Clustering Behavior in Al-Mg-Si Alloys Observed via Time Dependent Magnetization  
Katsuhiko Nishimura, Kenji Matsuda, Qiankun Lei, Takahiro Namiki, Seungwon Lee, Norio Nunomura, Teiichiro Matsuzaki and Wayne D. Hutchison

Effect of Si Addition on Microstructure and Mechanical Properties of Dual Two-Phase  $\text{Ni}_3\text{Al}$  and  $\text{Ni}_3\text{V}$  Intermetallic Alloys  
Yuki Hamada, Yasuyuki Kaneno and Takayuki Takasugi

Effect of Deformation Temperature on Low-Cycle Fatigue Properties of Fe-28Mn-6Si-5Cr Shape Memory Alloy  
Wataru Tasaki, Takahiro Sawaguchi, Ilya Nikulin, Kaoru Sekido and Koichi Tsuchiya

Mechanics of Materials

Effect of Boron on the Hot Ductility of Low-Carbon Nb-Ti-Microalloyed Steel  
Cheng-bin Shi, Wei-jian Liu, Jing Li and Lu Yu

Effect of Lamination Constitution on Post-Buckling Behavior of Symmetrically Laminated Plates with Initial Deflections  
Keiichi Nemoto, Hisao Kikugawa, Hiroyuki Moriyama and Hirakazu Kasuya

Investigation of Interfacial Friction and Inverse Flowing Behavior under the Adhesive State  
Weiqi Li and Qingxian Ma

Materials Chemistry

A Sensitive Zinc Ion Electrode Based on Electrochemically Deposited Ethylene Diamine Tetra Acetic onto Glassy Carbon Surface  
Amina Touati, Messaoud Benounis, Abdesselam Babouri, Houcine Barhoumi and Merieme Bourourou

Acoustic Emission Monitoring of Laser Shock Peening by Detection of Underwater Acoustic Wave  
Tomoki Takata, Manabu Enoki, Pornthep Chivavibul, Akinori Matsui and Yuji Kobayashi

**Materials Processing**

**The Effect of Fe Addition on the Mechanical Properties of Ti-6Al-4V Alloys Produced by the Prealloyed Powder Method**

Osamu Kanou, Nobuo Fukada and Masashi Hayakawa

**Investigation of Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Lap-Jointed A6061/HT590 Alloys**

Eun Hye Kim, Kazuhiro Nakata and Kuk Hyun Song

**Enhanced Mechanical Properties of Nanostructured 2.25CoAl-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composite Sintered by Pulsed Current Activated Heating**

Bong-Won Kwak, Byung-Su Kim and In-Jin Shon

**Engineering Materials and Their Applications**

**Anomalous Temperature Dependence of Hydrogen Permeability through Palladium-Silver Binary Alloy Membrane and Its Analysis Based on Hydrogen Chemical Potential**

A. Suzuki, H. Yukawa, T. Nambu, Y. Matsumoto and Y. Murata

**Fabrication and Characterization of TiO<sub>2</sub> Nanorod Array Based Visible-Blind Ultraviolet Photodetector by Hydrothermal Process**

Lay-Gaik Teoh, Jiann-Shing Lee, Yawteng Tseng and Wen-Jen Lee

**Relation of Critical Current and *n*-Value of Local Sections to Those of Sample in a Multi-Filamentary Bi2223 Superconducting Composite Tape with Applied Stress-Induced Cracks**

Shojiro Ochiai, Hiroshi Okuda, Hiroshi Matsubayashi, Kozo Osamura and Alex Otto

**Effect of Hygrothermal Treatment on Reliability of Thermo-Compression Bonded FPCB/RPCB Contact Joints**

Jeong-Won Yoon and Seung-Boo Jung

**Microstructure and Wear Resistance of a Novel Mo-Ni-Si System Intermetallic Composite with Ductile Mo Phase**

Chun-yan Song, Yong-liang Gui, Shi-bo Kuang, Shu-huan Wang and Ding-guo Zhao

**Environment**

**Synthesis of Pure Na-X and Na-P Zeolite from Acid-Extracting Residues of CFB Fly Ash by a Single-Step Hydrothermal Method**

Jingjing Zou, Chunbin Guo, Cundi Wei, Fangfei Li and Yinshan Jiang

**—Express Regular Articles—**

**Investigation of the Characteristics of Submicron-Structured Powder-Fabricated Cr50Ni50 Alloys via Different Hot-Press Sintering Pressures**

Shih-Hsien Chang, Cheng-Liang Liao, Kuo-Tsung Huang and Ming-Wei Wu

**Effect of Microstructure on High Temperature Mechanical Properties of A319 Casting Alloy for Automotive Cylinder Heads**

Ki-Jae Kim and Chang-Yeol Jeong

**—Rapid Publications—**

**Functionally Graded Al Foam Fabricated by Sintering and Dissolution Process with Remaining Spacers**

Yoshihiko Hangai, Kousuke Zushida, Osamu Kuwazuru and Nobuhiro Yoshikawa

**Lattice Parameter Dependence of Kinematic Compatibility in Martensite Microstructure of Cubic-Orthorhombic Transformation**

Takeshi Teramoto, Masaki Tahara, Hideki Hosoda and Tomonari Inamura

**—Express Rapid Publication—**

**Electrochemical Performance of Titanium Hydride for Bulk-Type All-Solid-State Lithium-Ion Batteries**

Koji Kawahito, Liang Zeng, Takayuki Ichikawa, Hiroki Miyaoka and Yoshitsugu Kojima

Announcement

～日本金属学会誌, Mater. Trans. へ投稿しませんか?～

◎日本金属学会誌および Mater. Trans. は、会員、非会員問わず投稿することができます。

掲載論文充実化のため、レビュー、オーバervュー、技術論文など多くの種別を取り入れております。会誌の投稿・掲載費用は無料です。

詳細は、本会ホームページ → [会誌](#) or [Mater. Trans.](#) のページをご覧ください。

皆様のご投稿をお待ちしております。

まてりあ第55巻6号 予告

[新役員紹介] 2016年新役員紹介

[巻頭言] 会長就任のご挨拶

[最近の研究] 単元素準結晶の結晶成長 ……野澤和生 石井 靖

[新進気鋭] デジタル画像相関法を用いた金属組織中の加工歪分布の可視化 ……古賀紀光

—他—

(編集の都合により変更になる場合がございます。)

# 2016年春期(第158回)講演大会記録

2016年春期講演大会は、3月23日から25日の期間、東京理科大学葛飾キャンパスにおいて開催した。

- 3月23日(9:00~9:40) 開会の辞、大韓金属・材料学会代表挨拶、TMS代表紹介、各賞贈呈式(図書館棟大ホール)
- (9:50~11:40) 学会賞受賞記念講演、本多記念講演(図書館棟大ホール)
- (13:00~17:10) 一般講演、シンポジウム講演、受賞講演(講義棟)
- (12:30~17:00) ポスターセッション(図書館棟3階ホワイエ)
- (18:00~20:00) 懇親会(管理棟食堂2階)
- 3月24日(13:00~17:55) 一般講演、シンポジウム講演、名誉員推戴記念講演、受賞講演、Young Leader International Scholar講演、共同セッション(講義棟)
- 3月25日(9:00~16:45) 一般講演、シンポジウム講演、受賞講演、共同セッション(講義棟)
- 3月23日~3月25日 総合受付、金属組織写真展示、付設機器・カタログ展示会(講義棟2階)

## 開会の辞

福富洋志会長より開会の挨拶があった。

## 大韓金属・材料学会(KIM)代表挨拶(3月23日)

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



開会の挨拶：福富会長。



KIM Chong Soo Lee 会長の挨拶。

## TMS 代表紹介(3月23日)

本会とTMSとの国際交流促進協定にもとづき、TMSから第11回 Young Leader International Scholarとして来日した代表者 Saryu Fensin 氏が紹介された。

## 贈呈式(3月23日)

福富洋志会長の式辞に続き、下記の贈呈式を行った。

第61回学会賞贈呈式 岡田益男君に対して賞状ならびに賞牌贈呈。(受賞者；本誌181頁)

第57回技術賞贈呈式 2名に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌182頁)。

第66回金属組織写真賞贈呈式 最優秀賞1件および優秀賞2件に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌182頁)。

第47回研究技術功労賞贈呈式 10名に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌184頁)。

第74回功績賞贈呈式 8名(物性部門1名、組織部門2名、力学特性部門1名、材料化学部門1名、材料プロセッシング部門1名、工業材料部門1名、工業技術部門1名)に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌186頁)。

第55回谷川・ハリス賞贈呈式 4名に対し賞状ならびに賞牌贈呈(受賞者；本誌187頁)。

第22回増本量賞贈呈式 2名に対し賞状ならびに副賞贈呈(受賞者；本誌188頁)。

者；本誌188頁)。

第24回若手講演論文賞贈呈式 3名に対し賞状贈呈(受賞者；本誌184頁)。

名誉員推戴式 新名誉員1名に対し推薦状ならびに名誉員章贈呈(受賞者；本誌189頁)。

## 第61回学会賞受賞記念講演(3月23日)

「水素の有効機能と超高压法による新規水素化合物・新規金属間化合物の合成」

八戸工業高等専門学校校長・東北大学名誉教授 岡田益男 君

## 第61回本多記念講演(3月23日)

「ステンレス鋼の不動態と局部腐食研究の進歩」

東北大学理事・工学研究科教授 原 信義 君



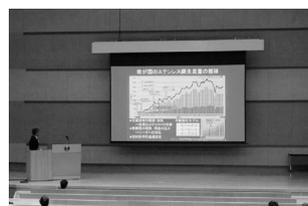
おめでとうございます！



新名誉員：佐久間健人先生。



学会賞：岡田先生によるご講演。



本多記念講演：原先生によるご講演。

## 懇親会(3月23日)

学内の食堂2階において日本鉄鋼協会と合同で開催(参加者は253名、本会への申込者・招待者97名)。

開会の辞・司会

東京理科大学教授 石黒 孝

来賓挨拶

東京理科大学 副学長 山本 誠

日本鉄鋼協会会長挨拶

東京工業大学教授 加藤雅治

日本金属学会会長挨拶・乾杯

横浜国立大学教授 福富洋志

懇 談

閉会の辞

東京理科大学教授 石黒 孝



山本副学長によるご挨拶。



福富会長による乾杯！

大会参加者 1,390名(一般774名、学生員428名、非会員一般80名、非会員学生13名、相互聴講95名)



TMS Young leader(中央)とお世話役の御手洗理事(左)。

## 学術講演会(3月23日～25日)

最終講演件数755件

欠講3件(講演番号:一般No. 15, No. 152 ポスターP125)

学会賞受賞記念講演1件, 本多記念講演1件

公募シンポジウム講演4テーマ76題(基調講演25題, 応募講演51題)

一般講演522題(功績賞授賞講演8題, 谷川・ハリス賞受賞講演4題, 増重量賞受賞講演2題, 技術賞受賞講演2題, Young Leader Scholar講演1題含む)

共同セッション14題

ポスターセッション141題

講演会場 18会場

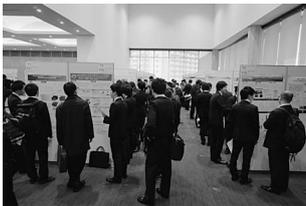
## 第26回ポスターセッション(3月23日)

3月23日12:30～17:00の時間に図書館棟3階ホワイエで141件のポスター発表が行われ, そのうち優秀ポスター賞にエントリーおよび審査対象となっている138件の内容・発表について審査が行われた。

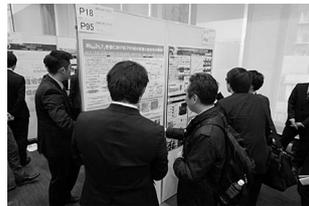
第1部(12:30～14:30)77件, 第2部(15:00～17:00)64件の二部構成で開催。

一般講演は15時で終了とし, 多数の聴講者がポスターセッション会場へ足を運んでいた。

3月24日「優秀ポスター賞」35名が決定し, 受賞者を本会ホームページに掲載した。(第26回優秀ポスター賞受賞者; 本誌190頁)



141件のポスター会場。



熱気あふれるポスター発表。

## 金属学会・鉄鋼協会共同セッション

「チタン・チタン合金」21題(金属8題, 鉄鋼13題)は3月24日, 金属学会D会場で開催した。

「超微細粒組織制御の基礎」5題(金属3題, 鉄鋼2題)は3月23日, 鉄鋼協会第13会場で開催した。

「マイクロ波応用プロセッシング」8題(金属3題, 鉄鋼5題)は3月25日, 金属学会Q会場で開催した。

## 第11回 JIM/TMS Young Leader International Scholar Program (3月24日)

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



Saryu Fensin 氏による一般講演。



榎座長と一緒に。

## 第1回企業ランチョンセミナー(3月24日)

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

以下の5社が各5会場で30分程度のセミナーを行い, 参加者

数は5社で合計184名であった。

参加者および参加企業共に好評であった。

(参加企業)

アジレント・テクノロジー㈱

日本エフイー・アイ㈱

日本電子㈱

㈱日立ハイテクノロジーズ

㈱TSL ソリューションズ



## 第8回男女共同参画ランチョンミーティング(3月25日)

「出産が仕事に与えた advantage ～冶金を軸に金属の外を歩く～」をテーマに旭硝子の中田英子氏が講演を行った。

参加者27名



梅津男女共同参画委員長のご挨拶。講演後のディスカッションの風景。



## 付設機器・カタログ等展示会(第36回)

機器展示24社, カタログ展示3社より出展の協力を得た。展示会場は講義棟2階1室で開催した。各社のご厚意に感謝いたします。

## 託児室

3月24日(水)～25日(金)子供1名利用。支障なく終了した。

## 【大会雑記】

東京理科大学での開催は2013年春期講演大会に続き, 3年ぶり5回目の開催となるが, 2014年に新しくできた葛飾キャンパスでは初めて開催した。

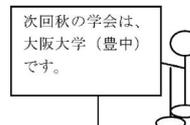
講演会場は講義棟1階, 3階～4階と同一建物の中にまとまった会場であった。

2階には, 金属学会と鉄鋼協会の受付および付設機器展示会場があり, 日本鉄鋼協会の会場(講義棟5階～6階)とも行き来し易く, 参加者には好評であった。

大会前日に開催した第2回企業説明会は企業47社, 学生131名の参加があり, 盛會裡に終了した。

比較的暖かい日が続く, キャンパスの桜も開花し始めた好天候の中, 3日間無事に講演を終了することができた。

東京理科大学教職員関係者ならびに事務関係者の皆様にはお忙しい中を諸般にわたり終始, 万端のご配慮をいただき, ご協力に対し心から厚く御礼申し上げます。



# 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・担当	問合せ先	締切
<b>5月</b>				
11~13	第5回 最先端の顕微鏡と理論計算に関する国際シンポジウム(AMTC-5)(愛知)	ファインセラミックスセンター ナノ構造研究所	TEL 052-871-3500 k-yamamoto@jfcc.or.jp http://www.amtc5.com/	
12	第69回技術セミナー～水素社会に向けた水素自動車, 水素燃料電池, 水素ステーションの現状～(東京)	腐食防食学会	TEL 03-3815-1161 ysm.hng-113-0033@jcorr.or.jp http://www.jcorr.or.jp/sonota/69gijutsu.html	定員 70名
16~17	第4回岩崎コンファレンス「医学とビッグデータが拓く医療の未来」(東京)	日本磁気学会	TEL 03-5281-0106 msj@bj.wakwak.com http://www.magnetics.jp/	定員 100名
17	腐食防食部門委員会第310回例会(大阪)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jimuj@jsms.jp http://www.jsms.jp	
20	技術セミナー(第29回技術研修会)「難加工材料をもっと早く・もっと安く・高精度に加工! 周辺技術の進歩とは!!」(京都工芸繊維大)	日本塑性加工学会 関西支部	http://www.jstp.or.jp kansosei@mail.doshisha.ac.jp	申込 5.6
20	平成28年度 日本金属学会関東支部 講演見学会(東京)(3号123頁)	関東支部	<b>jim-kanto@mtl.titech.ac.jp</b>	<b>5.13</b>
20~22	平成28年度塑性加工春季講演会(京都工芸繊維大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	
21	第65回塑性加工技術フォーラム「心をつかむプロダクトデザイン—伝統工芸品から工業製品まで—」(京都工芸繊維大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 60名
23	素材の循環使用に関するシンポジウム(東京)(本号229頁)	日本学術会議材料工学委員会材料の循環使用検討分科会他・中村(東北大多元研)	TEL 022-266-8577 ntakashi@tagen.tohoku.ac.jp	
23~25	トライボロジー会議2016春(東京)	日本トライボロジー学会	TEL 03-3434-1926 jast@tribology.jp http://www.tribology.jp/	
24~27	第52回真空技術基礎講習会(和泉)	大阪府技術協会他・三浦	TEL 0725-53-2329 g-kyoukai@dantai.tri-osaka.jp http://www.vacuum-jp.org/	5.16
27~29	軽金属学会第130回春期大会(阪大)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	予約申込 4.21
31~6.2	第21回計算工学講演会(新潟)	日本計算工学会	TEL 03-3868-8957 office@jsces.org http://www.jsces.org/koenkai/21/	
<b>6月</b>				
3	第98回シンポジウム「マグネシウム材料の新展開」～マグネシウム合金の研究開発の現状と将来展望 女性研究者・技術者の活躍～(東京)	軽金属学会	TEL 03-3538-0232 http://www.jilm.or.jp/	定員 50名
5~10	Rare Earths 2016 in Sapporo, JAPAN(札幌)	日本希土類学会	TEL 06-6879-7352 kidorui@chem.eng.osaka-u.ac.jp http://www.kidorui.org/RE2016.top.html	
10	第225回西山記念技術講座「社会インフラにおける鋼構造・鉄鋼材料の歴史・現状・将来展望」(大阪)	日本鉄鋼協会・楢岡	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp https://www.isij.or.jp/muaqnpzeh	
14~15	平成28年度溶接入門講座(東京)	溶接学会	TEL 03-5825-4073 jws-info@tg.rim.or.jp http://www.jweld.jp/	定員 100名
14~16	日本顕微鏡学会第72回学術講演会(仙台)	日本顕微鏡学会	TEL 03-6457-5156 http://www.microscopy.or.jp/	
16~17	第57回塗料入門講座 前期(東京)	色材協会関東支部	TEL 03-3443-2811 admin@jscm.or.jp http://www.shikizai.org/	定員 100名
16~17	第21回動力・エネルギー技術シンポジウム(横浜)	日本機械学会	TEL 03-5360-3505 sakurai@jsme.or.jp http://www.jsme.or.jp/pes/Event/symposium.html	
17	実用顕微鏡評価技術セミナー2016(東大)	日本表面科学会	TEL 03-3812-0266 shomu@sss.jp.org http://www.sss.jp.org/	
17	第226回西山記念技術講座「社会インフラにおける鋼構造・鉄鋼材料の歴史・現状・将来展望」(東京)	日本鉄鋼協会・楢岡	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp https://www.isij.or.jp/muaqnpzeh	
29	第22回課題研究成果発表会(大阪)	軽金属奨学会・上田	FAX 06-6271-9655 lm-foundation@nifty.com	
30~7.1	第145回塑性加工学講座「板材成形の基礎と応用～基礎編～」(日大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 50名
<b>7月</b>				
4	日本真空学会関西支部&日本表面科学会関西支部合同セミナー2016「生分解性高分子の基礎と応用—近未来のすがた—」(京大)	日本真空学会関西支部・日本表面科学会関西支部・高橋(関西学院大)	TEL 079-565-9722 z96019@kwansai.ac.jp http://www.vacuum-jp.org/	7.3
5~7	第61回表面科学基礎講座(阪大)	日本表面科学会	TEL 03-3812-0266 shomu@sss.jp.org http://www.sss.jp.org	6.29

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
6～8	第35回電子材料シンポジウム(EMS-35)(守山)	電子材料シンポジウム運営・委員会・西永(産総研)	TEL 029-861-5042 jiro.nishinaga@aist.go.jp http://ems.jpn.org/	
6～8	第53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26回電子顕微鏡学会(東大)	日本顕微鏡学会	jsm-denken@bunken.co.jp	6.20
10～15	第5回溶融塩中のチタン製錬国際円卓会議(北大)	第5回溶融塩中のチタン製錬国際円卓会議実行委員会・山瀬	TEL 011-706-6339 yamase@eng.hokudai.ac.jp http://www.eng.hokudai.ac.jp/TiRT2016/index.html	
11～13	第20回X線分析講習会 蛍光X線分析の実際(第9回)(東京理科大)	日本分析化学会X線分析研究懇談会・中井(東京理科大)	TEL 03-5228-8266 inakai@rs.kagu.tus.ac.jp	
15	第71回 レアメタル研究会(東大生産技研)	レアメタル研究会・宮寄(東大生産技研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
21～22	第57回塗料入門講座 後期(東京)	色材協会関東支部	TEL 03-3443-2811 admin@jscm.or.jp http://www.shikizai.org/	定員100名
29	第44回 薄膜・表面物理セミナー(2016)最先端バイオイメージング技術の基礎と応用～(早稲田大)	応用物理学会 薄膜・表面物理分科会	TEL 03-5802-0863 oda@jsap.or.jp http://www.jsap.or.jp/	定員100名
<b>8月</b>				
1～2	第46回初心者のための有限要素法講習会第1部(演習付き)(京都)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jim@jsms.jp http://www.jsms.jp/	7.22
1～5	第9回環太平洋先端材料とプロセス国際会議(PRICM9)(京都)	日本金属学会・梶原	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 pricm_9@nta.co.jp http://web.apollon.nta.co.jp/PRICM9/	
7～12	第18回結晶成長国際会議(ICCGE-18)(名古屋)	日本学会議他	TEL 070-5268-6664 secretariat@iccg18.jp http://www.iccg18.jp/	
24～25	第8回役に立つ真空技術入門講座(大阪電通大)	日本真空学会関西支部・深沢	TEL 06-6397-2279 shinku-kansai@optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp http://www.vacuum-jp.org/about/organization/branch/kansai	定員100名
25～26	第46回初心者のための有限要素法講習会第2部(演習付き)(京都)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jim@jsms.jp http://www.jsms.jp/	7.22
26	2016年度茨城講演会(茨城大学)	日本機械学会関東支部伊藤(茨城大)	TEL 0294-38-5042 ibakouen@ml.ibaraki.ac.jp	
29～31	高温変形の組織ダイナミクス研究会「平成28年度夏の学校」(弘前)(本号228頁)	研究会No.76・紙川(弘前大)	TEL/FAX 0172-39-3671 kamikawa@hirosaki-u.ac.jp	発表7.1 参加7.22
<b>9月</b>				
1～3	日本実験力学学会2016年度年次講演会(近畿大)	日本実験力学学会・澤井(近畿大)	TEL 0736-77-3888 sawai@mech.kindai.ac.jp http://www.jsem.jp/	
5～7	平成28年度工学教育研究講演会(大阪大)	日本工学教育協会・川上	TEL 03-5442-1021 kawakami@jsee.or.jp https://www.jsee.or.jp/taikai/kenkyu/	5.9
5～9	第5回ICFSMA'16国際会議(強磁性形状記憶材料に関する国際会議)(仙台)	第5回ICFSMA'16国際会議組織委員会・大森(東北大)	TEL 022-795-7323 icfsma@material.tohoku.ac.jp http://www.material.tohoku.ac.jp/~icfsma/	事前予約6.30
7～9	日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム(広島大)	日本セラミックス協会・山口	TEL 03-3362-5232 fall29@cersj.org http://www.ceramic.or.jp/ig-syuki/29th/	
9～11	第18回日本感性工学会大会(日本女子大)	日本感性工学会・上野	TEL 03-3666-8000 jske16@jske.org http://www.jske.org/	
16	第72回 レアメタル研究会(東大生産技研)	レアメタル研究会・宮寄(東大生産技研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
21～23	日本金属学会秋期講演大会(大阪大学豊中キャンパス)(豊中)(本号230頁)	日本金属学会	annualm@jim.or.jp TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312	全講演7.5
<b>10月</b>				
6～7	第6回結晶と組織の配向制御による材料高性能化研究会(福山)(本号227頁)	研究会No.67・井上(大阪府立大)	TEL 072-254-9316 FAX 072-254-9912 inoue@mtr.osakafu-u.ac.jp	6.30
11～12	第27回初心者のための疲労設計講習会(京都)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jim@jsms.jp http://www.jsms.jp	定員40名
12～14	トライボロジー会議2016秋 新潟(新潟)	日本トライボロジー学会	TEL 03-3434-1926 jast@tribology.jp http://www.tribology.jp	

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
14	第14回フラクトグラフィシンポジウム(京都)	日本材料学会	fractosym@jsms.jp http://www.jsms.jp/	講演 7.1
16~21	第7回実用表面分析国際シンポジウム(PSA-16)(韓国)	表面分析研究会・高橋(島津製作所)	TEL 0463-88-8502 secretary-psa16@sasj.jp http://psa16.com	
19~21	ADMETA Plus 2016 (Advanced Metallization Conference 2016: 26th Asian Session)(東大)	ADMETA 委員会・吉田	TEL 03-6801-5685 jimukyoku@admeta.org	
22~26	The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8)(つくば)	日本表面科学会	iss8@sss.org http://www.sss.org/iss8	参加 9.1
26~28	第52回 X線分析討論会(筑波大東京キャンパス)	日本分析化学会 X線分析研究懇談会・桜井(NIMS)	FAX 029-859-2801 sakurai@yuhgiri.nims.go.jp	
<b>11月</b>				
1~4	The 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (11th ISEM '16-Ho Chi Minh)(Vietnam)	日本実験力学会・小林(新潟大)	nmtam@hcmut.edu.vn TEL +84-8-38-647-256 ext. 5590 http://www.jsem.jp/	
7~10	第31回高速度イメージングとフォトニクスに関する国際会議(大阪)	第31回高速度イメージングとフォトニクスに関する国際会議組織委員会	TEL 06-6879-8750 arikawa-y@ile.osaka-u.ac.jp	
11	第19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・黒澤	TEL 03-6732-8966 msf@oxinst.com http://www.msforum.jp/	
11~12	第33回疲労シンポジウム第1回生体・医療シンポジウム(赤穂)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 http://www.jsms.jp	
16~18	第37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(韓国・釜山)	超音波エレクトロニクス協会・小野寺(東工大)	TEL 045-924-5598 onodera@iuse.or.jp http://www.use-jp.org	講演 8.3
25	第73回 レアメタル研究会(東大生産技研)	レアメタル研究会・宮崎(東大生産技研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
<b>12月</b>				
5~7	第42回固体イオニクス討論会(三重大)	固体イオニクス学会・小林(三重大)	TEL 059-231-9419 ssij42@chem.mie-u.ac.jp	
7	エコデザイン・プロダクツ&サービスシンポジウム(EcoDePS) 2016(東京理科大)	エコデザイン学会連合・宇野	secretariat@ecodenet.com http://ecodenet.com/EcoDePS2016/	
8~9	キャビテーションに関するシンポジウム(第18回)(九大)	日本学術会議第三部・安東(九大)	TEL 092-802-3449 cav18@nams.kyushu-u.ac.jp http://www.nams.kyushu-u.ac.jp/~cav18/	
<b>2017年1月</b>				
6	第74回 レアメタル研究会(東大生産技研)	レアメタル研究会・宮崎(東大生産技研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
<b>2017年3月</b>				
10	第75回 レアメタル研究会(東大生産技研)(最終回)	レアメタル研究会・宮崎(東大生産技研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
15~17	日本金属学会春期講演大会(首都大学東京・八王子)	日本金属学会	annualm@jim.or.jp TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312	
<b>2017年9月</b>				
6~8	日本金属学会秋期講演大会(北海道大学)	日本金属学会	annualm@jim.or.jp TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312	
<b>2017年11月</b>				
5~10	第18回材料集合組織国際会議 18th International Conference on Textures of Materials (ICOTOM 18)(St George, Utah, USA)	ICOTOM 18・井上(大阪府立大)	TEL 072-254-9316 inoue@mtr.osakafu-u.ac.jp event.registerat.com/site/icotom2017	アブストラクト 2016.11.15

「まてりあ」特集今後の予定

〈掲載予定特集テーマ〉

- |  |        |
|--|--------|
| ◇環境調和型熱電材料の近年の進展と展望  | 55巻7号  |
| ◇過酷環境下でも性能を発揮する構造用金属材料   | 55巻10号 |
| ◇「顕微鏡法による材料開発のための微細構造研究最前線(10)」<br>テーマ：顕微鏡イメージング技術の進展と材料科学の新展開 | 55巻12号 |

～編集の都合により、変更になる場合もございます。～

## 追悼 本会名誉員 John Werner Cahn 博士を偲んで



本会名誉員、John Werner Cahn 博士は2016年3月14日逝去されました。享年88歳でした。会員の皆様にご報告申し上げますと共に、先生の前のご功績を偲び、謹んで哀悼の意を表します。

先生は、1928年生まれ、1949年ミシガン大学をご卒業後、1953年カリフォルニア大学バークレイ校で Ph. D を取得されました。翌1954年、ゼネラル・エレクトリック研究所に勤務されたのち、1964年 MIT 教授、1978年 NIST の主任科学官、上席フェロー等を歴任され、1984年からはワシントン州立大学の特任教授として活躍されました。

博士が今日の材料科学における動力学、統計熱力学的研究分野における第一人者であることは周知の通りであります。研究業績は、スピノーダル分解、ガラス相転移、準結晶など多岐にわたりますが、特に、「濃度ゆらぎを含む不均一系の自由エネルギー」に関する一連の研究は、博士の数ある業績の中でも特筆に値するもので、ゆるやかな界面を有する不均一場の自由エネルギーを導出、更にこれを相変態に取り込み、非平衡な不均一系における相分解の動力学を構築されたもので、これらの業績は相分解の本質の解明とその後の動力学の発展に革命的貢献をなしたもので、現代材料科学の金字塔と申せましょう。また、我国の多くの研究者が博士の薫陶を受けるなど、我が国の科学の発展に尽くされたご功績もまことに大なるもの

がございます。博士がいかに高く評価されているかは、400回以上におよぶ名誉ある招待講演、そして京都賞(2011)、日本金属学会賞(1994)、Acta Materialia Gold Medal(1977)を始め Michelson Morley Prize(1991)、Hume-Rothery Award(1993)等40以上の世界各国の多くの著名な賞を受けておられることから明らかであります。更に、合衆国 National Medal 受賞者でもあります。以上のように、博士は多くの分野において極めて顕著な業績を上げられた材料科学における世界の巨峰であります。ここに、先生の御遺徳を偲び、心よりご冥福をお祈り申し上げます。

### 平成28年熊本地震による被災者の会費免除の特例措置について

平成28年熊本地震で被災された皆様に心からお見舞い申し上げます。

今回の平成28年熊本地震により被災された会員の皆様に対し、次の会費免除の特例措置を講じることにいたしました。九州に在住されていて、個人住居や勤務先研究施設などで重大な損害を受けられ、この特例措置に該当すると思われる会員は、FAX または E-mail によりお申し出下さいませようお願いいたします。

**特例措置：**既納している平成28年分会費(平成28年1月から12月分を免除し、既納の会費は、平成29年分会費に充当する。)

**申し出先：**〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32

公益社団法人日本金属学会 会員サービス 担当：早坂

FAX 022-223-6312 E-mail: member@jim.or.jp

まてりあ 第55巻 第5号(2016) 定価(本体1,700円+税)¥120円  
年間機関購読料金52,400円(税・送料込)

発行所 公益社団法人日本金属学会

〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32

TEL 022-223-3685

FAX 022-223-6312

郵便振替口座 02210-2-5592

発行日 2016年5月1日

発行人 山村英明

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

発売所 丸善雄松堂株式会社

〒105-0022 東京都港区海岸 1-9-18

# 日本金属学会会報「まてりあ」への投稿について

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

～会報編集委員会～

## (1) 種別(規定掲載頁)(規定字数内)

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

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

## (2) 投稿の方法

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

## (3) 投稿の要件

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

## (4) 著作権の帰属

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

## (5) その他留意事項

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

## (6) 会報投稿規程と執筆要項

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

## (7) 原稿送付・問合せ先

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



亀は万年、鉄は永遠。

鉄は、強くて長寿命。どんな形もつくれ、古くなったら取り替えもきく。スクラップになっても、何度でも新しい鉄に生まれ変わります。新日鉄住金は、鉄のライフサイクルを見つめ、より錆びにくい鉄など多くのエコプロダクツを開発してきました。一説では、その強度もまだ20%程度しか発揮されていないといわれる鉄。私たちは世界最高の技術力で、秘められた鉄の可能性を引き出していきます。

 **新日鉄住金**

世界の鉄へ しんにってつすみきん

www.carbolite-gero.jpで温度帯毎に製品をご紹介します！

必ず見つかる！あなたが必要とする**電気炉とオープン**

# 最高温度3000°Cの電気炉

75年以上の歴史を持つ英国カーボライト社とドイツの高温炉ゲロ社が一緒になり、カーボライト・ゲロになりました。金属・セラミック粉末射出成形用炉、真空・加圧炉、各種管状炉等、材料研究に最適な30°C~3000°Cの電気炉を600機種以上を取り揃えています。カスタマイズも承りますので、お気軽にご連絡ください。



## カーボライト・ゲロ 電気炉とオープン 製品一覧



水平開閉式チューブ炉  
EST12



小型モジュラー3ゾーンチューブ炉  
EVA12



真空・加圧実験炉  
LHT



超高温チャンバー炉  
HTF18/27



灰化炉  
GSM11/8



脱脂&焼結炉  
PDS



昇降式高温電気炉  
BLF17-3



高真空チューブ炉  
HVTT12-80



水平開閉式3ゾーンチューブ炉  
HZS12/900



灰化炉  
CF24



真空チャンバー炉  
HTK



高温クリーンルーム用オープン  
HTC95



高温管状炉(チューブ炉)  
STF



トップローディング型チャンバー炉  
VCF12-5



シリコンカーバイドヒーター式  
高温チャンバー炉RHF16-35



垂直開閉式チューブ炉  
VST17/32/250



全自動昇降炉  
HTBL



各種  
純達プラグ



金属製輻射  
シールド



汎用炉心管内蔵型チューブ炉  
CTF17/300

### ヴァーダー・サイエンティフィック株式会社

本社：〒160-0022 東京都新宿区新宿5-8-8  
Tel: 03(5367)2651 Fax: 03(5367)2652  
E-mail: info@verder-scientific.co.jp  
大阪：〒550-0013 大阪府大阪市西区新町4-19-3東洋ビル1F  
Tel: 06(6534)0621 Fax: 06(6534)0622

