

Materia Japan

- 材料科学におけるイノベーションを目指して
- 高機能構造材料開発への取り組み
- マルチフェロイック材料の特異ドメイン構造
- 講義ノート 材料の組織形成とその理論 第1回
～組織形成の自由エネルギーと相分解理論の概説～

まてりあ

Vol.53 MTERE2 53 (8) 345～392 (2014)

2014 8

試験試料のクリーン加熱

GVL298・GVH298 赤外線導入加熱装置

大気側から真空中、酸素混合雰囲気中試料に
近赤外線を照射、高速昇温

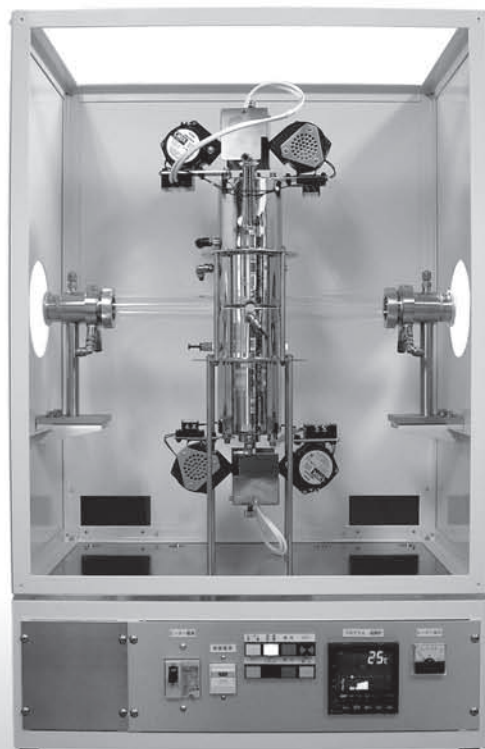
- 特長**
- 周りを加熱せずに試料のみを加熱
 - お手持ちの装置に取付可能
 - クリーン加熱：熱源から汚染ガスの発生なし

- 用途**
- Si, SiC, 結晶の清浄雰囲気中熱処理
 - 酸素混合雰囲気中での結晶薄膜作成



★ GVL298
超高速昇温型
MAX. 1500℃
150℃/sec

★ GVH298
超高真空型
MAX. 1400℃
5×10⁻⁶Pa



IVF298CV 対面照射式赤外線真空炉

透明石英管内に設置した試料に
上下両面から赤外照射

- 特長**
- 卓上サイズで1700℃の高温
 - 200V 20Aの省電力
 - 加熱中試料観察ができる

- 用途**
- 粉体の加熱・融解
 - 立法・円柱状試料加熱
 - 真空中・ガスフロー中加熱

★ MAX. 1700℃
150℃/sec
5×10⁻⁴Pa

貴社試料による依頼試験も受付けております。詳細は下記にお問合わせください。



熱と共に歩む

株式会社サーモ理工

〒181-0013 東京都三鷹市下連雀8-7-3 三鷹ハイテクセンター
TEL.0422-76-2511 FAX.0422-76-2514

★詳しくはWEBで [サーモ理工](#) [検索](#)

NEW!

材料研究に最適 革新的ボールミル

高エネルギーボールミル

E_{max}

ナノ粉碎の革命—新次元の粉碎力を持ったボールミル

ナノレベルまでの微粉碎を、
既存のどのボールミルよりも最速に行います。

2000rpmの
驚異的なパワー
独自の液体冷却で
最速微粉碎



Retsch
Solutions in Milling & Sieving
part of **VERDER**
scientific

レッチェは世界最大級のボールミルの品揃え



遊星ボールミル
PM100
www.retsch.jp/pm100



遊星ボールミル
PM 100 CM
www.retsch.jp/pm100



遊星ボールミル
PM200
www.retsch.jp/pm200



遊星ボールミル
PM400
www.retsch.jp/pm400



高エネルギーボールミル
E_{max}
www.retsch.jp/emax



凍結粉碎機
クライオミル
www.retsch.jp/cryo-mill



ミキサーミル
MM200
www.retsch.jp/mm200



ミキサーミル
MM400
www.retsch.jp/mm400

レッチェのボールミルには、高エネルギーボールミル、遊星ボールミル、クライオミル、ミキサーミルがあります。

ミキサーミルは少量サンプルのホモジナイズと微粉碎、クライオミルは液体窒素を自動供給させて行う凍結粉碎、遊星ボールミルは迅速で再現性の高い、様々なサブミクロンまでの微粉碎に対応できます。メカニカルアロイングにもお使いいただけます。



融溶法や鑄造法では難しい物質を合金化できる

Retsch
Solutions in Milling & Sieving

レッチェのメカニカルアロイング

ボールミルは粉碎中に発生する、衝撃力と摩擦力による高いエネルギーで、合金化を促進します。
レッチェのボールミルは、メカニカルアロイングに最適です。

すべてのボールミルの利点を結集

**高エネルギー
ボールミル Emax**

- 最高回転数は2,000rpm。試料を極めて短い時間で微粉碎。
- 革新的な新方式の冷却システムを採用。空冷の為の中断を伴わない連続運転が可能。
- 新デザインの粉碎ジャーにより得られるサイズの整ったシャープな粒度分布
- タッチスクリーンによる簡単な条件入力。粉碎条件は10件まで登録可能

公自転比1:-3、高い衝撃効果

**遊星ボールミル
PM 400MA**

- 自公転比は1:-2.5と1:-3.0から選択可能。
- 粉碎ジャーは容量12mL ~ 500mL。50mLの粉碎ジャーを積み重ねることで、一度に最大8検体を処理。
- ジャーの材質は6種類
- クランプの装着ミスを防ぐ、セーフティスライダー
- 安全性と操作性に優れ、長時間の粉碎、高負荷に耐えるCタイプ粉碎ジャー
- 制御された雰囲気下での反応、ガス置換での使用に、オプションで密閉用クランプと通気カパー

Production of
Pure Materials

Supercorrodng Alloys

Synthesis of Novel Phases,
PVD Targets, Solders, Carbides,
Nitrides, Silicides etc.

**MECHANICAL
ALLOYING**

Nanostructured
Materials

ODS Superalloys

Hydrogen Storage, Magnetic
Materials, Catalysts, Sensors, etc.

遊星ボールミルPM400と高エネルギーボールミルEmaxは、強力な衝撃粉碎力で、高いエネルギーを試料に与えることが可能です。レッチェのボールミルは安全性を最大限に考慮して開発されているため、安心してお使いいただけます。

メカノケミストリー (グリーンケミストリー)

遊星ボールミルによる強力な衝撃粉碎力は、溶剤を使わずにエネルギーの活性化を促進することができます。複合反応には多様な溶剤を用いることが多いですが、メカノケミストリーの手法による粉碎によって、溶剤を用いない環境に優しい実験が行えます。

レッチェ情報誌「The Sample 39」 プレゼント



高エネルギーボールミルEmaxと、遊星ボールミル、ミキサーミル、クライオミルを特集したレッチェ情報誌最新号「サンプルマガジン39」をプレゼントいたします。メカニカルアロイング、コロイド粉碎、凍結粉碎等の特集記事を掲載しています。ご希望の方は、info@verder-scientific.co.jp にメール、又はお電話でお申し込みください。
電話03(5367)2651

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
email:info@verder-scientific.co.jp

大阪営業所 〒550-0013
大阪府大阪市新町4-19-3東洋ビル1F
TEL:06-6534-0621 FAX:06-6534-0622

8

2014
Vol.53
No.8

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。

- 支部行事：shibu@jim.or.jp
- 本会記事：stevent@jim.or.jp
- 掲 示 板：materia@jim.or.jp

プロムナード	材料科学におけるイノベーションを目指して 増本 健	345
最近の研究	高機能構造材料開発への取り組み 萩原幸司	348
	複数の機能を同時に具備した次世代高機能構造材料の開発について、軽量高強度 Mg 基 LPSO 合金、耐熱遷移金属シリサイド、(Mg, Ca) 基化合物生体内溶解性材料を例に紹介。	
	マルチフェロイック材料 RMnO_3 のドメイン構造とその特性	
	堀部陽一 Fei-Ting Huang Sang-Wook Cheong	355
	結晶構造と誘電性に関係した、マルチフェロイック材料における一風変わったドメイン構造について紹介。	
講義ノート	材料の組織形成とその理論 第 1 回 ～組織形成の自由エネルギーと相分解理論の概説～	
	宮崎 亨	363
	組織形成の自由エネルギーと相分解理論についての概説。	
談話室	経年金相学への勧誘 坂 公恭	370
はばたく	高耐食化を目指して 千葉亜耶	371
本会記事	会告	372
	第155回秋期講演大会会場周辺のご案内	374
	金属学会セミナー	376
	分科会シンポジウム	376
	第38回技術開発賞募集	377
	第65回組織写真賞作品募集	378
	支部行事	379
	掲示板	380
	新入会員	383
	会誌・欧文誌 8 号目次	385
	次号予告	387
	材料系学協会情報コーナー	387
	行事カレンダー	388

会誌・欧文誌の投稿規定・投稿の手引・執筆要領、入会申込書、刊行案内はホームページを参照下さい。
<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複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はありません。(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です。)

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F

FAX 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp <http://www.jaacc.jp/>

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、直接本会へご連絡下さい。

遊星型ボールミル “PREMIUM LINE” モデル P-7 **新型**



容器がセットされる様子。

特色

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



従来型ボールミル “CLASSIC LINE”

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



フリッチュ社が開発した
遊星型シリーズの
パイオニア機種。



▲P-5/4

世界で初めて容器ひとつで
遊星運動に成功した
昨年度のベストセラー機種



▲P-6

少量試料を対象にした
パワフルな機種



▲P-7

全機種共通の特長

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

フリッチュジャパン株式会社

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

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

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



Your partner
for materialography

Made in Germany



自動研磨機 **SCANDIMATIC 33305**

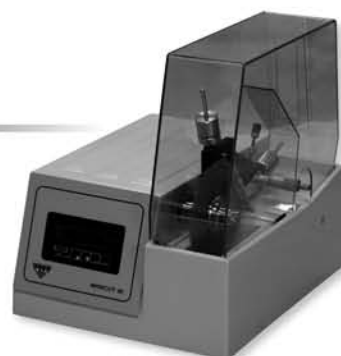
ヨーロッパ伝統の重錘を使った昔ながらのシンプルにして堅牢な研磨機。必要最低限の機能のみを搭載。それが経済的な価格を生み出しました。



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

精密切断機 **MINICUT 4000**

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



試料埋め込み材料、アクセサリ

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

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

フリッチュジャパン株式会社

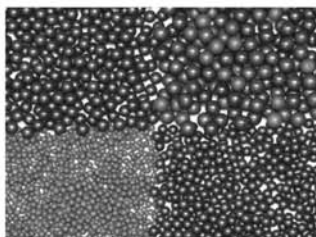
本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-12-5

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

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

特小窒化珪素ボール＋各種粉碎ボール

特小の窒化珪素ボール φ2、φ3、φ4、φ5mmを新発売!!



硬度約1,600HV※以上を達成した窒化珪素(Si₃N₄ 92~93%)製ボールです。

以前よりご要望の多かった特小のφ2、φ3、φ4、φ5mmのサイズを新発売致しました。

※JIS R 1610 に準ずる硬度測定による。

炭化ホウ素粒 (B₄C、円柱形)

ダイヤモンド、窒化ホウ素に次ぐ硬度を持つ、炭化ホウ素の粉碎用粒状媒体です。

粒の形状は短い円柱状で、サイズは、約φ7mm×5.5mmです。

硬度：Hv 2769

炭化ホウ素の他にも、鉄芯の入ったテフロン、ナイロン、ポリウレタン、ポリエチレンなどの樹脂製ボールがあります。その他、メノー、タングステンカーバイド、クローム鋼、ステンレス(SUS304)、高純度アルミナ、ジルコニア、炭化珪素、石英などの各種材質が揃っていますので、目的に応じた材質とサイズをお選び下さい。



※粉碎機のレンタルもあります



株式会社 伊藤製作所

〒103-0022 東京都中央区日本橋4-6-7 TEL:03-3270-9901 FAX:03-3270-9906
www.itoh-mill.com/ E-mail:itousei@wonder.ocn.ne.jp

科研費を初めて申請する方、採択に至らず悩んでいる方の待望の書

採択される 科研費申請 ノウハウ

審査から見た申請書のポイント
Grants-in-Aid for Scientific Research



アグネ技術センター

研究者
必読!

基盤研究はもちろん、
特別研究員、研究活動スタート支援、
奨励研究もカバーした、
科研費申請の決定版!!

採択される 科研費申請ノウハウ

審査から見た申請書のポイント

岡田益男 著

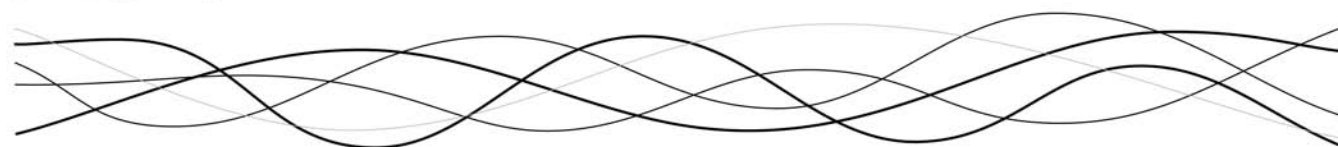
B5判・並製／180頁
定価(本体3,800円＋税)
ISBN 978-4-901496-74-2

- 題目の設定の仕方や審査委員が読もうという意欲が出る申請書の書き方をアドバイス
- 基盤研究等の研究計画調書の各項目の書き方のポイントを紹介
- 教員、研究指導者の為の特別研究員評価書や奨励研究推薦書の書き方も紹介

科研費のベテランが
遂にノウハウ公開!

アグネ技術センター

〒107-0062 東京都港区南青山5-1-25 TEL03-3409-5329/FAX03-3409-8237
URL <http://www.agne.co.jp/books/>



材料科学における イノベーションを目指して

増 本 健*

1. はじめに

近年の人類文明の発展は技術革新により遂げられた。とくに大きな革新，すなわちイノベーションは，19世紀の蒸気機関の発明による産業革命であり，新たな産業の創生と社会の変革をもたらした。20世紀に入ると，物理学の発展から誕生した量子論が社会に大きなインパクトを与え，新しい産業を生みだした。その代表例が1947年のトランジスターの発明であり，80年代に入ってマイクロエレクトロニクス時代が開花し，現在の高度情報化社会へと進展した。また，材料分野から見れば，19世紀の産業革命後に発達した鉄鋼産業を中心とした重工業の発展によって，様々な構造材料が開発され，近代社会を構築してきた。20世紀には半導体材料が現れて，様々な情報機器が出現し，米国を中心とした「IT革命」が起った。21世紀になると，材料科学の方向は，有機材料からバイオ材料，環境材料へと展開し，医療，環境，再生エネルギーなどの発展へと向かっている。

このような材料科学のイノベーションは，新しい産業を誕生させ，新たな社会文明を開いている。ここでは，イノベーションを起こすような材料科学を求めて，どのように挑戦したら良いのであろうか，について考えてみたい。

2. ノーベル賞を受けた材料科学分野とその動機

社会的革命をもたらすような画期的な材料科学は，1901年創設の「ノーベル賞」の受賞テーマに大きく反映されている。ノーベル賞は毎年一課題選定されるが，その課題と内容を分析することによって，科学の時代的发展を知ることができる。

図1は，1980年から2013年までの物理学と化学のノーベル賞の「研究分野」と「研究動機」について調べた結果を示

新物質発見では「興味的」と「偶発的」な動機が発端となっている。

ノーベル物理学賞 (1980～2013)					ノーベル化学賞 (1980～2013)				
分 野	件数	計画的	興味的	偶発的	分 野	件数	計画的	興味的	偶発的
理 論	2	0	2	0	理 論	3	2	1	0
現 象	9	3	4	2	構 造	3	3	0	0
方 法	9	3	5	1	方 法	14	6	6	2
物 性	9	1	6	2	物 性	4	0	3	1
物 質	5	0	4	1	物 質	10	0	4	6
合 計	34	7	21	6	合 計	34	11	14	9

図1 ノーベル賞受賞研究の発端は？

している。この結果を見ると，面白い傾向が見て取れる。すなわち，物理学賞と化学賞の両者において，研究の動機として「興味的の研究」が多いことである。また，物質に関わる研究の動機には，「偶発的」が多く，「計画的」は無いことが分かる。すなわち，ノーベル賞の対象となった新物質の発見では，研究の動機として「興味」か「偶発」が発端になっていると言える。材料科学の研究において「セレンディピティ」の言葉が良く使われる原因になっていると思われる。

3. 材料科学のブレイクスルー的發展

それでは，ブレイクスルー的な研究を目指すにはどの様に考えれば良いのであろうか。通常，新しい材料の発見があると，初期では著しい機能の向上が起るが，やがて飽和に達し，その後は緩やかな機能向上しか期待できなくなってしまう。この停滞を打破して更なる機能向上を図るには，新しい視点からの材料の発見が不可欠になる。これを図示したのが図2であり，新材料の発見によってブレイクスルー的に機能が向上する。

では，このような新材料を開発する研究を考えてみよう。一般に，大別して3つの研究があると考えられる。すなわち，図3に示すように，A型の「物質の組成，組織の最適

* 公益財団法人電磁材料研究所・理事長(〒982-0807 仙台市太白区八木山南2-1-1)
Aiming at the Innovation in Materials Science; Tsuyoshi Masumoto(Research Institute for Electromagnetic Materials, Sendai)
Keywords: materials science, innovation, Nobel prize, breakthrough
2014年6月10日受理[doi:10.2320/materia.53.345]

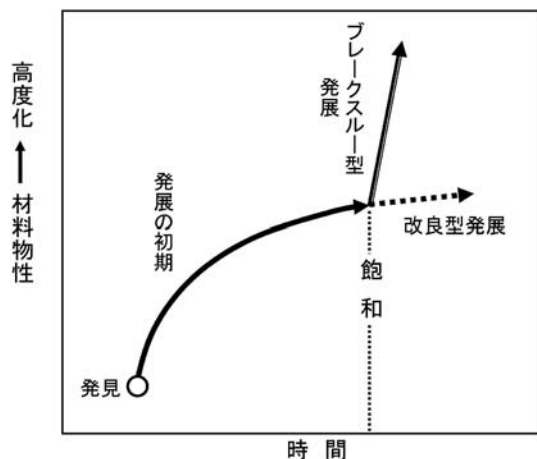


図2 材料機能のブレイクスルー的な性能向上.

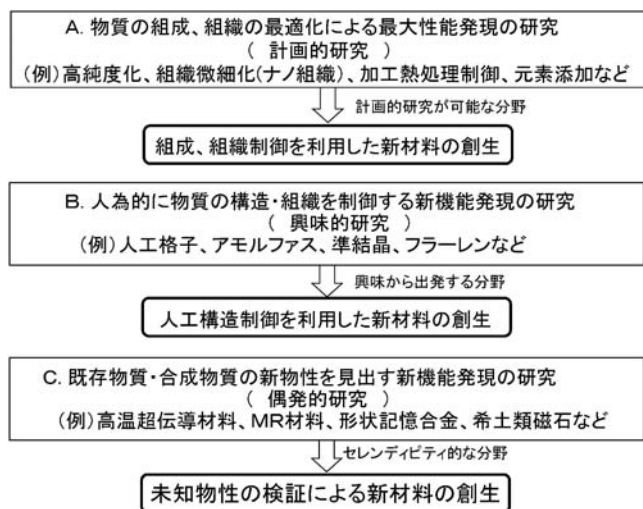


図3 新素材開発における主な3つの研究.

化による最大性能発現の研究」, B型の「人為的に物質の構造・組織を利用する新機能発現の研究」, C型の「既存物質・合成物質の新機能を見出す新機能発現の研究」である。A型研究は、一般に企業で行われている主な開発研究であり、目標を決めて計画的に開発を進めることが可能な分野である。例えば、高純度化、組織微細化、加工熱処理制御、微量元素添加などである。これに対して、B型研究では、興味から出発する研究が発端となることが多く、例えば人工格子、アモルファス、準結晶、フラーレンなどがこの分類に入るであろう。一方、C型研究では、既存物質あるいは合成物質に見逃されていた物性を見出す偶発的研究であり、例えば高温超伝導材料、磁気抵抗(MR)材料、形状記憶合金、希土類磁石などが挙げられる。これらの3つの研究の中で、ノーベル賞の対象となった研究はB型とC型の研究が多い。このことより、材料科学のイノベーションは興味のあるいは偶発的に行われた研究の場合が多く、「セレンディピティ」の世界であると言えるかもしれない。

材料科学分野においてイノベーションを興した研究の例を幾つか挙げることにする。図4は超伝導材料の発展過程を示している。超伝導材料は、1911年に水銀の電気抵抗が4.2 Kで消失したことを発見したことから始まり、1986年に銅酸

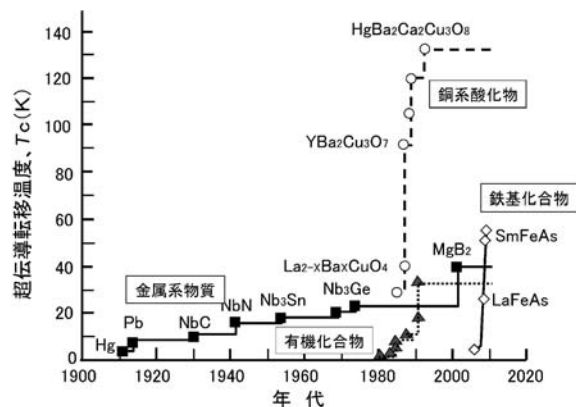


図4 超伝導材料の超伝導転移温度上昇の歴史(C型).

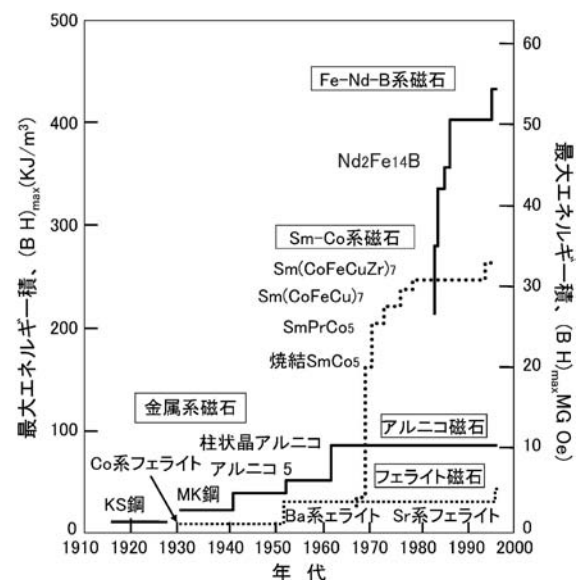


図5 永久磁石の性能向上の歴史(C型).

化物が発見され、現在の最高値は135 Kに達している。さらに現在では、有機材料、Mg 硼化物、鉄系化合物などの新しい超伝導材料が発見され、進化を続けている。新しい材料の発見によってイノベーションが起っている典型的な例である。

図5は磁石材料の歴史を示している。磁石の発展の歴史には日本が大きく貢献しており、1917年の本多光太郎によるKS磁石の発明に始まり、現在では1984年の佐川真人による鉄ネオジウム磁石が最高の性能を持っている。ここでも材料のイノベーションが顕著に現れている。また、B型研究の例として、図6は高強度アルミ合金の歴史である。最初の高強度アルミ合金は1909年に発明されたジュラルミンである。その後、組成や製法の改良によって強度が上昇したが、画期的な向上は筆者らによるアモルファスアルミ合金で達成され、さらにアモルファス中にナノ結晶アルミ粒子を分散させて強度上昇が図られ、現在の最高強度は1550 MPaに達している。

これらの例から判るように、材料科学のブレイクスルーは、B型かC型の研究で多く見られることは大変興味深いことである。

高機能構造材料開発への取り組み

萩原 幸司*

1. はじめに

この度村上奨励賞受賞を機に、本稿への執筆の機会を頂きました。つきましては現在進めさせていただいている「高機能構造材料開発」の内容、研究の動向等について御紹介させて頂きたいと思います。

2. 研究概念

2010年5月に材料分野と機械分野の融合を目指した大学院専攻である、大阪大学大学院知能・機能創成工学専攻に異動後、独立准教授として研究室を立ち上げて4年が経過した。新たな出発にあたり、それまで行ってきた「金属間化合物の塑性変形挙動解明」というテーマをさらに発展させるべく、「機能性構造材料の開発」を新たに目標に掲げ、研究室も高機能構造材料創成研究室と命名した。すなわち、我々の社会を支える基盤的材料から次世代先進材料に至るまで、各種金属系構造材料の新規開発、特性向上を目指した研究を進めるにあたり、軽量、高強度、高耐熱性、生体適合性、高耐食性といった、複数の機能を同時に高度に併せ持つ、先進的・multifunctionalな材料の開発を目標に設定した。その実現のための具体的テーマとして、現在主に以下の三研究を推進している。

- (1) 超軽量高強度を有するシンクロ型マグネシウム LPSO 合金
- (2) 低炭素社会の実現を目指した、超高温構造材料としてのシリサイド合金
- (3) 生体内で力学機能を発揮しつつ徐々に自発分解する、生体内溶解性(Mg, Ca)基金属間化合物合金

学問的観点、キーワードとしては、上述の各機能性構造材料の創成、特性解明を、「単結晶、方位制御結晶を用いるこ

とによる、原子配列・結晶方位制御」により実現すべく検討を進めている。本稿ではこれら各研究の概要、現在の研究動向について述べさせて頂きたいと思う。

3. Mg 基シンクロ型 LPSO 相の塑性挙動解明

2001年熊本大学 河村らにより、粉末冶金法により作製された Mg 基 Mg-Y-Zn 三元合金が5%程度の延性を保持しつつ600 MPa以上の降伏強度を示すという革新的発見がなされた⁽¹⁾。本合金中には Mg 母相に加え、Mg と共通の最密(0001)底面を有するもののその積層周期がc軸方向に長周期化した、long-period stacking ordered phase(LPSO 相)と呼ばれる第二相が共存していることが見出された。現東京大学 阿部らによる HAADF-STEM 観察により、この LPSO 相中では Y, Zn が特定の積層面上に選択的に偏析するという、特異な構造を有することが確認された⁽²⁾。この構造は後にシンクロ型 LPSO 構造と命名され、その特異な構造と各種材料特性との相関を解明すべく現在研究が進められている(新学術領域研究 シンクロ型 LPSO 構造の材料科学-次世代軽量構造材料への革新的展開-代表 熊本大学 河村能人)。筆者はこの特異なシンクロ型 LPSO 構造を有する Mg₁₂YZn 相の塑性変形挙動を明らかにすべく現在研究を進めている。研究内容の詳細については、近年別紙にて報告を行ったため⁽³⁾、詳細はそちらをご参照頂くとし、本稿では筆者における本研究の出発点について述べたい。

筆者がこの Mg 基 LPSO 相合金に強い興味を持った理由は、学位取得時に研究していた Ni 基 LPSO 相との構造の類似性にある。私は1997年より大阪大学・馬越佑吉教授研究室に在籍し、以来学位のテーマともなった「Ni₃X 型金属間化合物の塑性挙動と結晶構造との相関」に関する研究を行った。Ni₃Al に代表される Ni₃X 組成(X=Al, Ti, Nb, V...)を有する各化合物は、X 元素の種類により L1₂, D0₂₄, D0_a, D0₂₂といった様々な構造に結晶化するが、それらはすべて剛体球

* 大阪大学准教授；大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻(〒656-0871 吹田市山田丘 2-1)
 Approach for the Development of Multifunctional Structural Materials; Koji Hagihara(Department of Adaptive Machine Systems, Graduate School of Engineering, Osaka University, Suita)
 Keywords: multifunctional structural material, LPSO phase, silicide, high-temperature structural material, biodegradable material
 2014年5月22日受理[doi:10.2320/materia.53.348]

モデルにおいて原子充填率が74%となる、いわゆる最密充填構造(GCP: geometrically close-packed structure)を有する。すなわち、各化合物は面心立方格子(fcc)の{111}面、稠密六方格子(hcp)の(0001)面に対応する最密充填面の周期的な積層により構成されており、その最密面の積層周期の規則性と、最密面上でのX原子の幾何学的配列構造の組み合わせにより上述の各結晶構造が規定されている⁽⁴⁾。これら化合物のうちNi₃Alは、温度の上昇に伴い降伏強度が増大するという、いわゆる異常強化現象が発現することが1950年代に見出され、現在もNi基超合金の強化相として使用されている。この異常強化発現の際、転位が運動する面はGCP構造共通の最密面であることから、筆者は他のGCP化合物でも同様に最密面上での転位運動により異常強化が発現する可能性があると考え、それを実証すべく研究を行った。この結果、予測通り各GCP化合物で異常強化が発現することが見出され、さらにその異常強化挙動の支配因子として、すべり面である最密面とは異なる交差すべり面上において、超格子転位が2本の超格子部分転位に分解する際にその部分転位間に形成する逆位相境界(APB)のエネルギー異方性が重要である可能性を見出した⁽⁴⁾。このことを実験的に証明するために作製したのが図1(a)に示す各Ni基LPSO相である。Ni₃(Ti, Nb)三元系合金においては、Ti, Nbの原子量比を制

御することで、図1(a)に示すように4層積層構造を有するD0₂₄-Ni₃Tiから派生して、種々に積層周期を変化させたLPSO相単結晶を育成できることを見出した。この積層周期構造制御は、先に述べたGCP構造共通の最密すべり面以外の交差すべり面(図1(a)中ハッチングにて表示)上にて形成されるAPBのエネルギーを幾何学的に制御することを意図し、行ったものである。図2は、実際に各Ni基LPSO相単結晶において底面すべりが単一すべりとして活動する荷重軸にて圧縮試験を行い、得られた降伏応力より評価した底面すべりの臨界分解せん断応力(CRSS)の温度依存性を示したものであり、期待通り積層周期構造変化を介したAPBエネルギーの制御により、異常強化挙動の最大ピーク応力を制御できることが明らかとなった⁽⁵⁾。このような研究を行っている際、上述のMg基LPSO相の存在、これによるMg合金強化の可能性に言及した報告を知り、非常に大きな興味を持った。というのも、LPSO構造は一見すると非常に複雑な構造を有する変形し難い相のように見えるかもしれないが、実は上述のように共通の最密面が周期積層した「シンプルな構造」である。実際にNi基LPSO相においては、異常強化発現を促す熱活性化過程の影響が出ない-196℃といった極低温領域では、図2に示すように比較的応力でも変形可能であることを既に認識していた。故にこのLPSO相により材料が強化される、というのが筆者には極めて不思議に思えた。この疑問をきっかけに、熊本大学 河村教授との共同研究を開始させて頂き、その塑性挙動解明を始めた。前述のように本研究の詳細は他紙に譲るが、代表的な結果として図3に示すのが、GCP構造における最密面である(0001)底面が成長方向に平行に配列したような集合組織を有するMg基LPSO相一方向性凝固DS結晶を用い圧縮試験を行った結果得られた、降伏応力の温度依存性、荷重軸方位依存性である。図3に示すように、Mg基LPSO相は圧縮変形に対し強い塑性異方性を示すことが見出された。すなわち、予測通り底面すべ

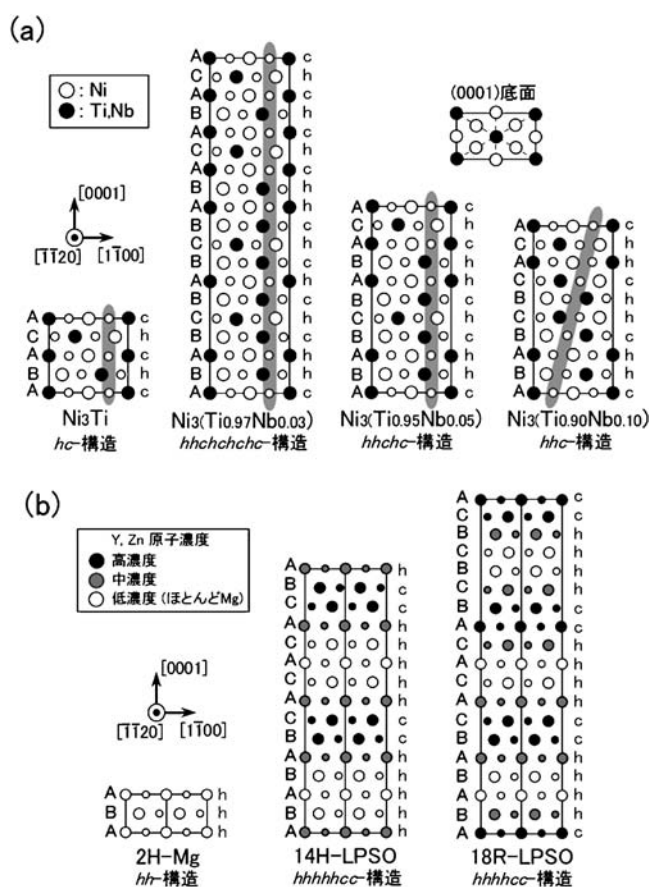


図1 (a) Ni基LPSO相, (b) Mg基シンクロ型LPSO相の結晶構造を示す模式図([11 $\bar{2}$ 0]方向からの投影図)。

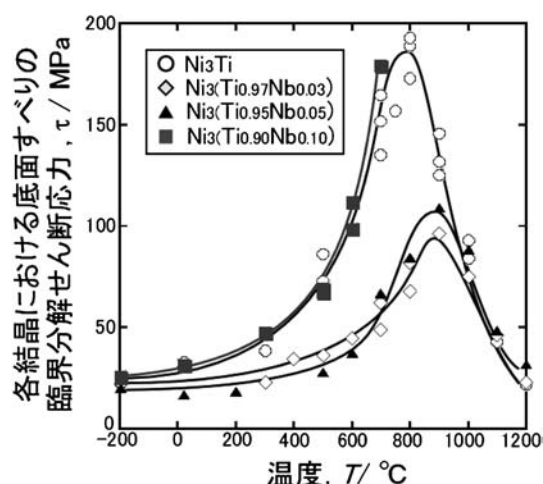


図2 Ni基LPSO相が示す底面すべりによる異常強化挙動。積層周期構造に依存して異常強化最大ピーク応力が変化する⁽⁵⁾。

りが活動可能な方位，例えば荷重軸が成長方向と45度をなすような方位では比較的低応力を示すが，一方で底面と荷重軸方位が平行なため底面すべりの活動が抑制される0度方位では，ある程度の圧縮延性を伴いつつも45度方位と比較して3倍以上もの高強度を示すことを初めて明らかにした⁽⁶⁾．さらに，熊本大学 河村能人教授，山崎倫昭准教授らとの共同研究としてその他多くの実験を積み重ねることにより，Mg/LPSO 二相合金の強化は，図3に示すLPSO相の塑性異方性を積極的に利用した組織制御による短繊維状複合強化の誘導や，加工熱処理時にLPSO相の存在がMg母相の微細再結晶粒発達を促すことによる微細粒強化など，多種の強化機構が協調的に組み合わさることで実現されていることを明らかにした⁽⁷⁾⁽⁸⁾．また，LPSO相が底面すべりがマクロに活動できない荷重軸方位でも変形できる要因として，応力負荷により図4に示すような特異な変形帯が導入されることを見出した．現在筆者らはこの変形帯の起源についてキン

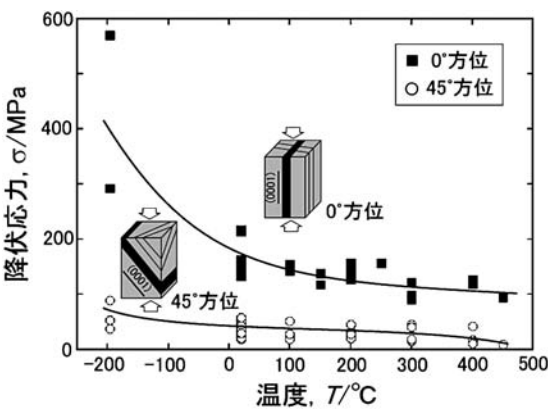


図3 Mg₈₈Zn₅Y₇ Mg基シンクロ型LPSO相の一方方向性凝固(DS)結晶が示す降伏応力の温度，荷重軸方位依存性⁽⁶⁾．

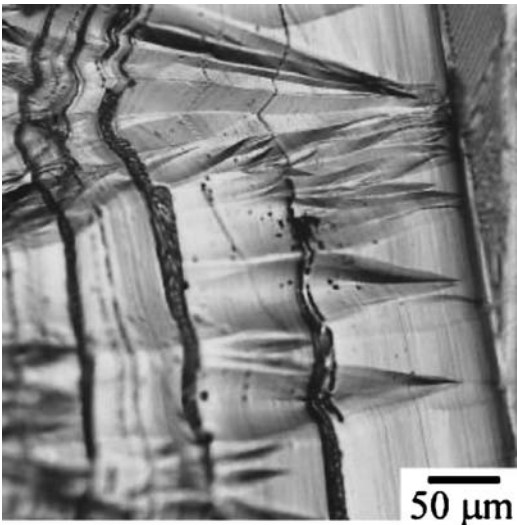


図4 Mg基シンクロ型LPSO相の変形において見られる特異な変形帯．

ク変形帯である可能性を提案しているが，この点に関しては現在も議論が続けられている．正直に申せば，学位研究時，Ni基LPSO相という複雑構造化合物の塑性挙動解明に専心したのは，「知的，学問的好奇心の追及」という欲求に突き動かされた感があるのも事実であるが，それが後にこのように実用化研究に幾許かでも役立つことができたのは，望外の喜びである．

4. 超高温耐熱材料としてのNbSi₂/MoSi₂層状複相シリサイド合金開発

近年のエネルギー問題，CO₂削減問題解決のための一方策として，発電所等におけるタービン稼働温度の向上が期待されている．ただしこの実現のためには，従来のNi基超合金を上回る高い耐熱性を有する超高温耐熱材料の開発が必須である．我々は現在JST先端的低炭素化技術開発(ALCA)プロジェクト「界面機能化に基づくMoSi₂基Brittle/Brittle複相単結晶超耐熱材料の開発(代表 京都大学 乾 晴行)」においてMoSi₂基化合物複相合金の可能性に着目しており，特にその中でも筆者を含むグループではC40-NbSi₂/C11_b-MoSi₂の二相からなる層状シリサイド合金に着目し開発を進めている．本合金は筆者学生時からの直接指導教員である中野貴由先生(現大阪大学教授)らが1998年に見出した合金⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾であり，以来共同研究開発をさせて頂いている．C11_b相，C40相は活動すべり系の数などからそれぞれ延性相，強化相として振る舞うことが期待されることから，両者を層状複相化することにより，遷移金属ダイシリサイドの弱点である低温靱性，高温クリープ強度の改善を実現すべく研究を進めている．図5にMoSi₂，NbSi₂の結晶構造，ならびに両結晶が複相合金中で示す結晶方位関係を示す．両結晶は一見すると異なる結晶構造を有するが，C11_bの(110)面，C40の(0001)面は互いに類似な原子配列を有しており，その共通の結晶面の積層周期が2層，3層周期と異なるのみであ

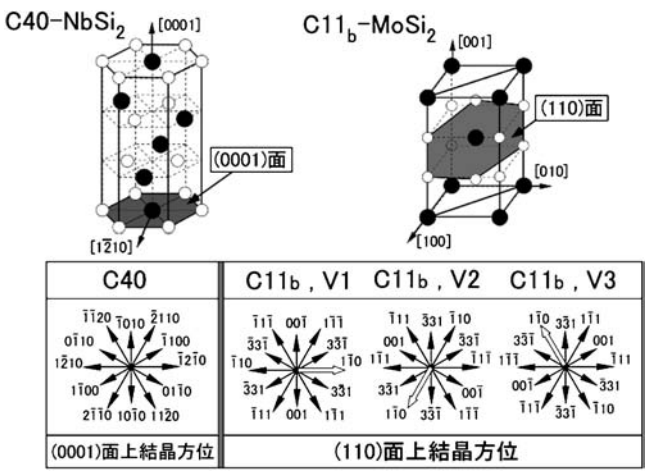


図5 C40-NbSi₂，C11_b-MoSi₂相の結晶構造，および層状複相結晶中，両相間に見られる結晶方位関係⁽¹⁰⁾．

る．すなわちこれは上述のNi基GCP化合物群において見られたのと同様の関係であり，筆者らはこのような結晶構造の類似性に着目した特性制御アプローチを進めている．このような結晶学的特徴に由来し，まず帯溶融(FZ)法により， $(\text{Mo}_{0.85}\text{Nb}_{0.15})\text{Si}_2$ というMoを高濃度に含むC40相単結晶を育成し，これを二相域である1400℃で保持することにより，C11_b相がC40相単結晶中に共通の最密面を平行とするように析出することで上述の層状複相結晶が得られる．ただし厳密には，C11_b結晶中(110)面上ではC40相中と比較したわずかな原子位置のゆがみ(C11_b相(110)面：2回対称，C40相(0001)面：6回対称)が存在するため，両相は複相結晶中で以下の様な3種のバリエーション方位関係を示す．

$$\begin{aligned} \text{V1: } & (0001)_{\text{C40}} // (110)_{\text{C11b}}, [\bar{1}2\bar{1}0]_{\text{C40}} // [\bar{1}\bar{1}0]_{\text{C11b}}, \\ & [10\bar{1}0]_{\text{C40}} // [001]_{\text{C11b}} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{V2: } & (0001)_{\text{C40}} // (110)_{\text{C11b}}, [2\bar{1}\bar{1}0]_{\text{C40}} // [\bar{1}\bar{1}0]_{\text{C11b}}, \\ & [0\bar{1}10]_{\text{C40}} // [001]_{\text{C11b}} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{V3: } & (0001)_{\text{C40}} // (110)_{\text{C11b}}, [\bar{1}\bar{1}20]_{\text{C40}} // [\bar{1}\bar{1}0]_{\text{C11b}}, \\ & [\bar{1}\bar{1}00]_{\text{C40}} // [001]_{\text{C11b}} \end{aligned} \quad (3)$$

複相層状組織化は，耐熱材料における先行成功例であるTiAl合金にも見られるように力学特性制御のための有効な組織制御法と期待できる．ただしここで問題となるのがこの層状組織の熱的安定性である．図6は上述の $(\text{Mo}_{0.85}\text{Nb}_{0.15})\text{Si}_2$ /C40相単結晶を1400℃にて168 h保持した試料中にて観察されたC11_b析出相のEBSP結晶方位マップを示す．上述のV1-V3バリエーションは図6中の赤，ピンク，紫色のC11_b結晶粒に対応し，期待されたような微細な層状組織を形成していることが見て取れる．しかし長時間熱処理後にはそれらC11_bバリエーション層状組織粒に加え，特定の方位関係を持たない粗大なC11_b相粒が頻繁に発達し，最終的には層状組織の崩壊をもたらすことが見出された．このような粗大C11_b相が発達する駆動力として，C40/C11_b異相界面における両相間の格子ミスフィットに由来して生ずる界面ひずみが考えられる．高温耐熱材料としての利用を検討する上では，このような組織の高温不安定性は致命的である．そこで筆者らはこれを改善すべく現在，Cr, Re, V, Zr, Irといった第四元素を微量添加し，それらの界面偏析誘導を介した格子ミスフィットの低減を試みている⁽¹¹⁾．これら添加元素を選択したコンセプト，すなわち本研究を立案した際の筆者の仮説をまず説明したいと思う．図7は横軸にC11_b-MoSi₂とC40型XSi₂(Xは各添加元素)の各二元系シリサイドを仮想的に図中に示すような方位で組み合わせた際に層状組織界面上に生じる格子ミスフィットの平均値を示したものである．これは複相シリサイド中にて各添加元素がC40/C11_b異相界面に偏析した状況を想定したものであり，この値を低減することが層状組織の熱的安定性向上のために重要であると推察した．この評価の際，自然界で実際にはダイシリサイドとしてC40相を形成しないZr, Irに関しては，共同研究として京都大学 弓削是貴先生に第一原理計算により仮想的な格子定数を算出頂いた．一方，図中の縦軸は複相合金の主成分であるMoと添加X原子の原子半径比を示したものであり，両者

は結晶構造の特徴に由来し比較的良好な相関を示すことが見出された．図7の横軸に示したミスフィット値はあくまで仮想値であり，実際に実験によりC11_b-MoSi₂と各C40-XSi₂相からなる複相合金を作製した際には，C11_b, C40両相に元素が分配されそれぞれが(Mo, X)Si₂固溶体となることで，ミスフィット値は図7に示す値から変化する．ただしここで中野らは，実験によりこの固溶体形成によるミスフィット変化は，添加元素種によらずC11_b-MoSi₂と準安定C40-MoSi₂を組み合わせた際のミスフィット値に近づく傾向を示すことを過去に報告した⁽¹⁰⁾．このことを踏まえると，仮想ミスフィット値が1以上であるCr, Irの添加においては，もしそれらが界面に偏析するとすると，その偏析により界面ミスフィット値が変化する過程において原理上界面上にミスフィットが存在しない完全整合状態を通過することになり，層状組織熱的安定性の向上に大きく寄与する期待がもたれる．一方この仮説に基づく，原子半径の大きなZrの添加による界面偏析は，無添加材中と比較してむしろ界面ミスフィットの増加をもたらすことが予測された．この仮説の真偽を確かめるべく，実際に(Mo, Nb)元素の3%をX原子で置換した $(\text{Mo}_{0.85}\text{Nb}_{0.15})_{0.97}\text{X}_{0.03}\text{Si}_2$ 合金のC40相単結晶を作製し，熱処理による組織変化を評価した．1400℃にて168 h熱処理後試料の組織観察を行った結果を図8に示す．いずれの結晶においてもC40/C11_b相からなる微細層状組織の発達が認められたが，その形態は添加元素種によって明瞭に異なった．図6にも示したように，無添加材中では微細な層状組織に加え界面が平滑でない粗大C11_b粒の発達が認められたが，第四元素を微量添加することによりいずれの場合もそのような粗大C11_b相の量は低下した．特にその傾向はCr, Zr添加材において極めて顕著であり，熱処理時間を504 hまで延長した場合でも粗大C11_b相の発達は劇的に抑制された．実際にCr添加材においては，STEM-EDS解析によりC40/C11_b界面近傍数nmの領域に限定されたCr元素の偏析も確認され，第四元素添加による界面改質が実現された．このような第四元素の微量添加により実際に生じたC40/C11_b相界面のミスフィット値変化について，TEMによる界面モアレ縞観察により定量的解析を行った．図9にモアレ縞解析により実測された界面ミスフィット値と，図7に示したMoSi₂/XSi₂を仮想的に組み合わせた際の仮想ミスフィット値との相関を，C40/C11_b異相界面上の $[\bar{1}2\bar{1}0]_{\text{C40}} // [\bar{1}\bar{1}0]_{\text{C11b}}$, $[\bar{1}2\bar{1}0]_{\text{C40}} // [\bar{1}\bar{1}1]_{\text{C11b}}$ の両方向にてそれぞれ評価した結果を赤線で示す．また図中青線として，EBSP解析により定量化した，図8に示す各複相結晶中にて全C11_b結晶粒中バリエーション方位関係を持たないC11_b相結晶粒の体積率比と，仮想ミスフィット値との相関を併せ示している．図中赤線の挙動よりわかるように，当初の予測と異なりいずれの第四元素添加においてもミスフィット値は無添加材中と比較して低減する傾向が認められた．ただしその低減の程度は添加元素種によって大きく異なり，注目すべきことに組織の熱的安定性が劇的に向上したCr, Zr添加材中では他の元素添加の場合と比較してミスフィット値が大きく低減しているのが確認され

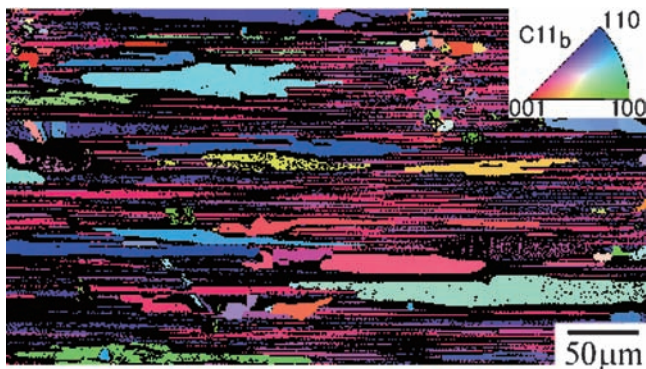


図6 C40型構造を有する $(\text{Mo}_{0.85}\text{Nb}_{0.15})\text{Si}_2$ 単結晶を、 1400°C にて168h熱処理した際にC40単結晶中に析出した C11_b 相の結晶方位マップ⁽¹¹⁾。

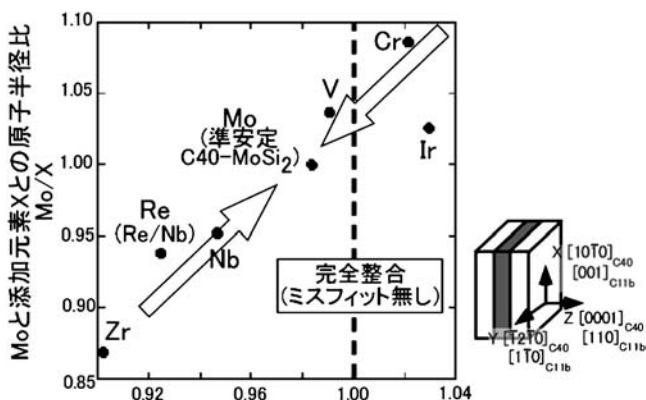


図7 C11_b 型 MoSi_2 と各 C40 型 XSi_2 を仮想的に図5に示した結晶方位関係にて組み合わせた際に、層状組織界面上に生じる格子ミスフィット(横軸)と Mo/X 原子半径比(縦軸)との関係⁽¹¹⁾。

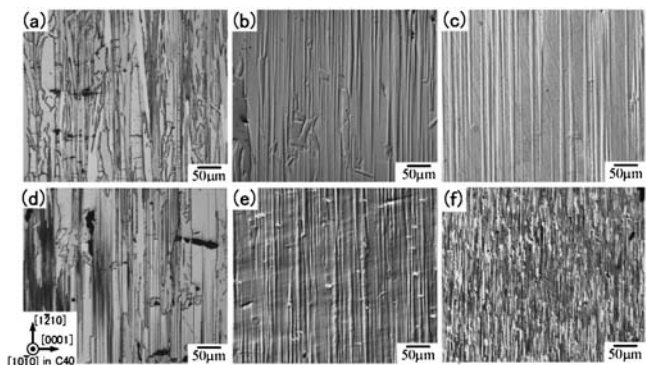


図8 1%のX元素添加が $(\text{Mo}_{0.85}\text{Nb}_{0.15})\text{Si}_2$ 複相結晶の 1400°C 168h熱処理後組織形態に与える変化⁽¹¹⁾。(a) $(\text{Mo}_{0.85}\text{Nb}_{0.15})\text{Si}_2$ 無添加材、(b) Re添加材、(c) Cr添加材、(d) V添加材、(e) Zr添加材、(f) Ir添加材。

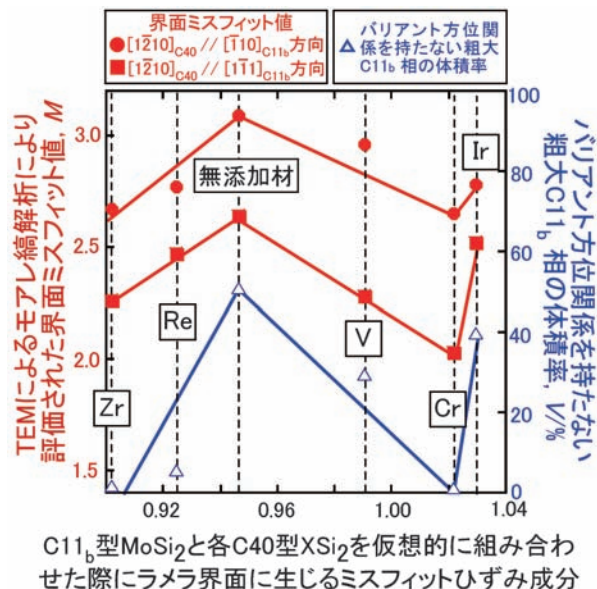


図9 図7に示した C11_b 型 MoSi_2 と C40 型 XSi_2 間の仮想的ミスフィット値と、実際に各X元素添加複相結晶中にてモアレ縞観察により定量評価したミスフィットひずみ値との相関(赤線)⁽¹¹⁾。図中、EBSP解析により評価した、各結晶中に存在する C11_b 相中におけるバリエーション方位関係を持たない C11_b 相の体積率比の変化も青線にて併せて示している。

た。さらに全体の傾向として、モアレ縞解析によって評価されたミスフィット値変化(赤線)と、バリエーション方位関係を持たない C11_b 相の体積率の増減(青線)は類似のプロファイルを示すことが見出された。本結果はまさに第四元素添加を通じた $\text{C40}/\text{C11}_b$ 相間の界面ミスフィット制御が複相層状組織の熱的安定性向上に重要な役割を果たしていることを示唆する結果といえる。ただし一方で特筆すべきは、筆者が当初ミスフィットの増加を予測したZrにおいてもミスフィットの低減による組織安定化が生じているという事実であり、これは元素添加種に依存した界面構造変化が、当初着目した原子半径比による予測だけで説明できるほど単純ではないことを同時に示唆している。現在この点に関し、より精緻な予測を実現すべく、実験からのアプローチに加え、京都大学 弓削、東北大学 小泉らによる計算機解析が進められており、既に多くの興味深い成果が得られている⁽¹²⁾。また更にこのような組織制御が高温力学特性制御、室温靱性向上に与える寄与についても明らかにすべく、現在さらに精力的に検討を進めている。

5. 生体内溶解性(Mg, Ca)基金属間化合物材料の開発

これまで述べたような主に力学機能に重きを置いた高機能構造材料に加え、「力学機能以外の機能共有」に重きを置いた構造材料開発にも近年取り組み始めている。その一例が生体内溶解性金属材料の開発である。近年、血管狭窄等を改善

するステントや、骨プレート、骨ピンといった一時的に力学特性を発揮することが望まれるインプラント材、さらには骨代替材料としての利用を目指し、インプラント後摘出再手術の必要がない「生体内溶解性構造材料」の開発が強く望まれている。生分解性材料としては、PLAに代表される高分子系や、 α -TCPなどのセラミックス系材料があるが、上記のような高い力学的信頼性を同時に必要とする用途においては、生分解性の金属材料開発が望まれている。人間の体内に存在する元素として存在量が1%以上のものには、O, C, H, N, Ca, Pの6種が、0.1%以上存在するものにはS, K, Na, Cl, Mgの5種が、さらに極微量存在する元素としてはFe, F, Zn, Si, Sr, Rb, Pb, Mn, Cu等が知られている⁽¹³⁾。「生分解性」という特性を考えた場合、できれば上記元素の組み合わせからなる材料開発が望ましい。この観点から、現在生分解性金属材料として、Mg合金⁽¹⁴⁾、Fe合金⁽¹⁵⁾がその候補として主に注目され研究が進められている。ここで筆者らは、これをベースとしつつさらに金属間化合物を積極利用する新たなアプローチを模索している。金属間化合物中では原子種の組み合わせにより、異種原子間に自由電子による金属的な結合が支配的なものから、セラミックスに見られるような共有結合的性質の強いものまで様々な結合形態が生じる。原子間の結合性は金属材料の特性に直接的な影響を与える重要な因子であることから、原子配列の規則化は金属材料の特性を制御する一つの方策として期待できる。このような観点に立ち筆者は現在、Mg, Caをベースとし、生体内に微量存在する元素であるSi, Znといった元素を組み合わせた金属間化合物による、溶解性、生体親和性、力学特性といった各種機能制御の可能性について検討を進めている。

具体的には、Ca-Mg-Si三元系に着目した研究をこれまでに先行して実施している⁽¹⁶⁾。本三元系中に存在する(Mg, Ca)-rich化合物として Mg_2Ca , Ca_2Si , Mg_2Si , $CaMgSi$ の四種に着目し、溶解法により各合金の化学両論組成を有する母合金の試作を行った。本合金について、SEM-EDS, XRD解析を行った結果、 Mg_2Ca , Mg_2Si については若干の第二相を含むもののほぼ期待通りの単相組織が得られたが、 Ca_2Si , $CaMgSi$ においてはCaの溶解の困難さから、それぞれ Ca_5Si_3 , $CaSi$ を多量に含む二相組織であることが確認された。これら各化合物合金の溶解挙動について、生体疑似溶液であるHanks溶液への浸漬試験により評価し、純Ca, 純Mgの溶解挙動との比較を行った。この結果、浸漬により数分間で溶解が完了するようなCa単体で見られる溶液との爆発的な反応性は、期待通り化合物化により低減することが確認された。ただし現状ではCaを含む合金は化合物化によっても6時間以上溶液中にて完全なバルク形態を保つことは困難であり、いずれの試料も粉碎に至ることが確認された。骨置換材として適応を目指すためには現状の特性では不十分であり、合金組成制御による更なる安定性の向上が必要不可欠である。一方、MgとSiの化合物である Mg_2Si においては、浸漬後の溶液pH変化も小さく、溶解性の低減が示唆された。このことを定量的に評価すべく浸漬時の反応に伴う水

素発生量を市販の純Mgインゴット(純度99.98 mass%)と比較したところ、同一浸漬時間中における水素発生量は市販Mg材の約1/80程度と見積もられた。 $Mg + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2$, という反応式から明らかなように、水素発生量は溶解速度と相関することから、すなわち本結果は Mg_2Si 化合物の形成によりMgの溶解速度が劇的に低減したことを示唆している。過去の報告によると、 Mg_2Si は水と反応し表面に SiO_2 を形成することが指摘されており⁽¹⁷⁾, この SiO_2 被膜が溶解性低減に寄与している可能性がある。

この Mg_2Si 化合物の細胞毒性、生体為害性について評価するため、大阪大学 中野貴由教授との共同研究として、ISO 10993-5, 12に基づき、 Mg_2Si バルク体を3日間浸漬した α MEM溶液(エキス)を準備し、このエキス内でマウス由来骨芽細胞様細胞MC3T3-E1の培養試験を行った。この際浸漬エキスをバルク体を浸漬していない元の α MEMで50%, 10%に希釈した溶液も準備し同様に培養試験を行うことで、溶出イオン量と細胞量変化の相関についても評価した。

図10に、コントロール(試料浸漬のない α MEM溶液で培養)と比較した2, 4日間培養に伴う細胞数変化を示す。図中には比較として市販Mgを浸漬したエキス中における増殖挙動を合わせ示している。また実際の観察例として、図11に50%エキス中4日培養後の細胞形態を示す。100%エキス中

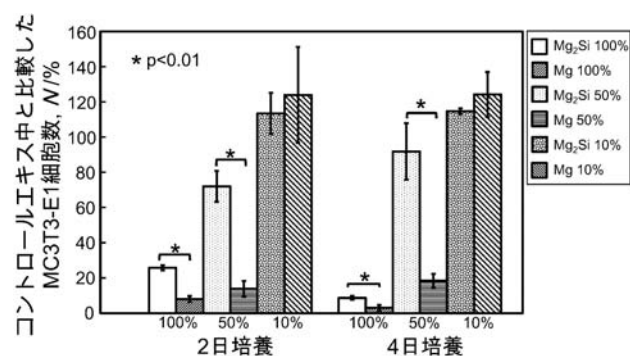


図10 100% Mg_2Si , Mg 浸漬エキス, およびそれらを50%, 10%に希釈したエキス中にてMC3T3-E1細胞を2, 4日培養した際の細胞数変化(コントロール中の細胞数にて規格化)⁽¹⁶⁾。

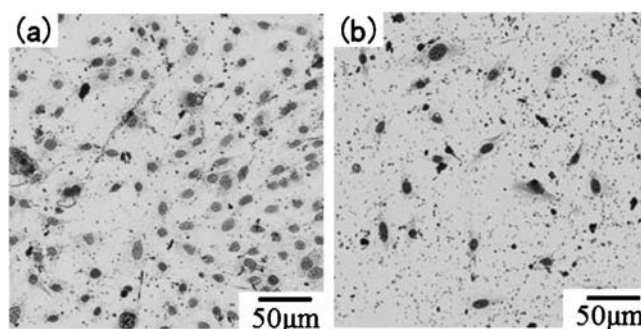


図11 各エキス中4日培養後のMC3T3-E1細胞形態⁽¹⁶⁾。(a) Mg_2Si 50%エキス, (b) Mg 50%エキス。

マルチフェロイック材料 RMnO_3 の ドメイン構造とその特性

堀 部 陽 一* Fei-Ting Huang₁** Sang-Wook Cheong₂**

1. は じ め に

誘電性や磁性、強弾性等の様々な強性(フェロイック)が共存し、互いに相関しあう材料をマルチフェロイック(多強性)材料と呼ぶ⁽¹⁾⁻⁽³⁾。これらの相関の結果、例えば磁場による誘電分極の応答や、電場による磁化の応答等、新奇な応答現象が期待される。このため、基礎的な観点からだけでなく、新しいセンサー・デバイス開発等を目指して、応用面からも様々な研究が行われている。近年、マルチフェロイック材料における様々な強性の出現に伴うドメイン構造の形態学的特徴やドメイン構造間の相関、さらにドメイン境界における物性について注目が集まっている。例えば、パルスレーザー蒸着法を用いて作製された BiFeO_3 薄膜において、走査プローブ顕微鏡法を用いて行なわれた研究から、試料中に存在する強誘電ドメイン境界のうち、特定のドメイン境界が良い電気伝導性を示すことが明らかとなっている⁽⁴⁾。このような背景から、マルチフェロイック材料におけるドメイン構造について、様々な顕微鏡学的手法を用いた研究が行われている⁽⁵⁾⁻⁽⁸⁾。

六方晶マンガン酸化物 RMnO_3 ($\text{R} = \text{Ho-Lu}$, および Y) は、結晶構造中の MnO_5 酸素六面体の傾斜を主秩序変数、強誘電自発分極を従秩序変数とする間接型強誘電体であり、低温度域で反強磁性を示すマルチフェロイック材料である⁽⁵⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。図1(a)に六方晶マンガン酸化物 RMnO_3 の結晶構造を示す。この物質は、三角格子を形成する R 層と MnO_5 六面体層からなる積層構造を有しており、六方晶構造(空間群: $P6_3cm$)を示す。この構造において MnO_5 酸素六面

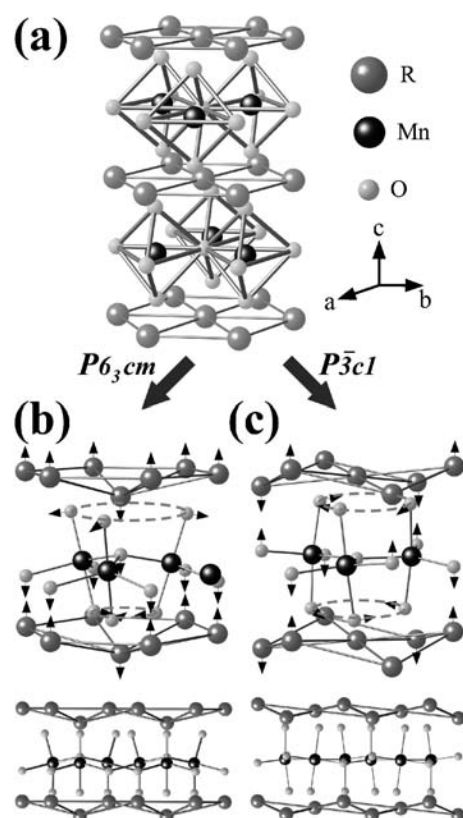


図1 六方晶マンガン酸化物 RMnO_3 の結晶構造。(a) 高対称構造 $P6_3/mmc$ 構造の3次元模式図。(b) および(c)は、それぞれ $P6_3cm$ 構造および $P3c1$ 構造の3次元模式図および $[110]^*$ 方向からの投影図を示す。

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

** Department of Physics and Astronomy, Rutgers University; 1) Senior Researcher, 2) Professor
Domain Structures and Physical Properties in Multiferroic Material RMnO_3 ; Yoichi Horibe*, Fei-Ting Huang**, Sang-Wook Cheong**
(*Department of Materials Science and Engineering, Kyushu Institute of Technology, Kita-Kyushu. **Department of Physics and Astronomy, Rutgers University, New Jersey, U.S.A.)

Keywords: transmission electron microscopy, scanning transmission electron microscopy, domain structure, local structure, domain boundary, multiferroics, hexagonal manganites

2014年5月27日受理[doi:10.2320/materia.53.355]

体は、図1(b)に示すように、 c 軸方向に沿った一つのR-O列に向かうように傾斜しており、その結果 $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 型超構造を形成する。またこのような MnO_5 酸素六面体傾斜は、全体の2/3のRイオンを c 軸+方向に、1/3のRイオンを-方向に変位させる。このRイオンの c 軸変位の結果、強誘電性が出現する。一方、同類の構造を有する InMnO_3 においては、これまで $P6_3cm$ 構造の報告と共に、図1(c)に示すような MnO_5 酸素六面体がR-O列周りに傾斜した構造の存在も示唆されている。このような MnO_5 酸素六面体傾斜は、 $P6_3cm$ 構造とは異なり、全体の1/3のRイオンを c 軸+方向に、1/3のRイオンを-方向に変位させる。これらのRイオンの c 軸変位の結果、反強誘電性が現れるとともに、結晶構造は $P\bar{3}c1$ 構造となる⁽¹¹⁾。

従来の研究から、六方晶マンガン酸化物 RMnO_3 において、 MnO_5 酸素六面体傾斜、強誘電性、および反強磁性に関係した各種のドメイン構造が見出されている。例えば、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた研究から、 MnO_5 酸素六面体傾斜に因る $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 型超構造に関係した3種類の反位相ドメイン(α , β , γ)および、分極方向に関係した2種類の強誘電ドメイン(+, -)の存在が示唆されている⁽⁵⁾。一方、第二高調波発生顕微鏡法を用いた研究において、本系における強誘電ドメインと反強磁性ドメインとの密接な相関が見出されている⁽⁶⁾。我々は、これら六方晶マンガン酸化物 RMnO_3 において、反位相ドメインと強誘電ドメインの特徴や、それらのドメイン間の相関、ドメイン境界の特性等について研究を行っている⁽¹²⁾⁻⁽¹⁸⁾。本稿では、六方晶マンガン酸化物 RMnO_3 において見出された、反位相ドメインと強誘電ドメインから成る、特徴的なドメイン構造である「クローバーリーフドメイン構造」について、透過型電子顕微鏡法を用いて行われた研究結果を紹介する。

2. 実験手法

本稿では、 $\text{YMnO}_3 \cdot \text{HoMnO}_3 \cdot \text{ErMnO}_3$ 単結晶試料、および InMnO_3 多結晶試料から得られた結果について報告する。これらの試料のうち、 YMnO_3 および ErMnO_3 については融剤法、 HoMnO_3 については浮融帯溶融法を用いて育成した単結晶を使用した。 InMnO_3 については、良質な単結晶試料の作製が困難であったため、通常の固相反応法を用いて作製したセラミック試料を用いた。透過型電子顕微鏡観察用試料には、これらの試料を機械研磨したのち、アルゴンイオン・ミリング法を用いて薄片化したものを用いた。観察に利用した透過型電子顕微鏡は、JEM-2000FX(加速電圧: 200 kV)およびJEM-2010F(加速電圧: 200 kV)である。180°強誘電ドメインの観察は、2波励起時に生じるフリーデル則背反条件下において、超格子反射を用いて暗視野像を撮影することにより行った⁽¹⁹⁾。また、高角環状暗視野走査透過型電子顕微鏡(HAADF-STEM)像観察は、加速電圧200 kVのTecnai-G2-F20を用いて行った。電子回折図形の指数付けは、高対称構造である $P6_3/mmc$ 六方晶構造を基準に行って

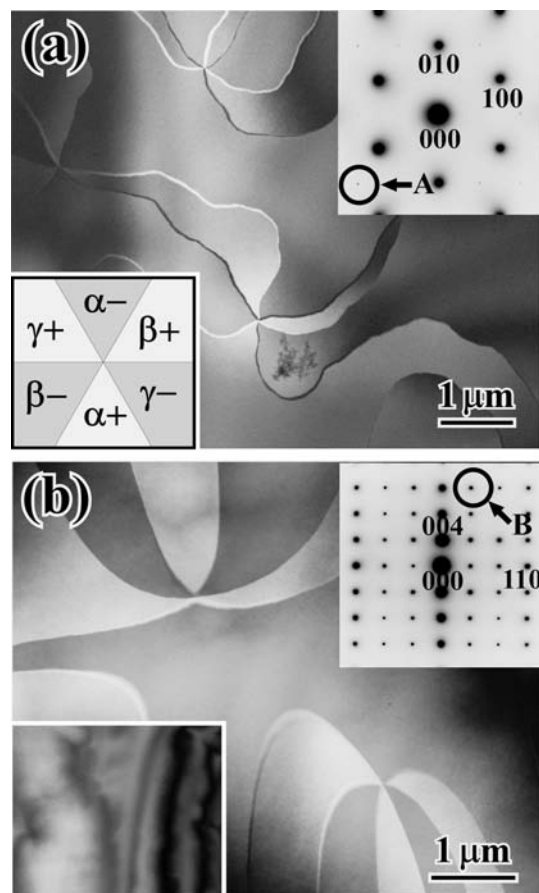


図2 RMnO_3 におけるクローバーリーフドメイン構造。(a) YMnO_3 における $[001]^*$ 電子入射近傍の超格子反射暗視野像、 $[001]^*$ 電子回折図形(右上挿入図)、およびクローバーリーフドメイン配列の模式図(左下模式図)。(b) HoMnO_3 における $[1\bar{1}0]^*$ 電子入射近傍の超格子反射暗視野像、 $[1\bar{1}0]^*$ 電子回折図形(右上挿入図)、および基本格子反射暗視野像(左下挿入図)。

いる。伝導性原子間力顕微鏡観察は、単結晶試料の自然表面および劈開面を用いて行った。

3. RMnO_3 におけるクローバーリーフドメイン構造

$P6_3cm$ 構造を有する RMnO_3 の電子回折図形中には、 $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 型超構造の出現に伴う超格子反射が観察される。図2(a)および2(b)右上挿入図に、それぞれ YMnO_3 の c 軸に平行な方向(平面方向)および HoMnO_3 の c 軸に垂直な方向(側面方向)から得られた、室温における電子回折図形を示す。電子線の入射方向は、それぞれ $[001]^*$ 方向および $[1\bar{1}0]^*$ 方向にはほぼ平行である。回折図形中には、強い強度の基本格子反射に加えて、矢印AおよびBで示す1/3 1/3 0タイプ位置に超格子反射が観察される。電子線の入射方向を $[001]^*$ 方向から $1\bar{2}0$ 軸まわりに約15°傾斜させて得られる、1/3 4/3 1反射を用いて結像した暗視野像を図2(a)に示す。像中には、1点で交わる6本の湾曲した線状コントラストが明瞭に観察

される．同様の線状コントラストは， $1/3\ 1/3\ 6$ 反射(矢印 B)を用いて側面方向から撮影された超格子反射暗視野像(図 2(b))においても観察することが出来る．ここで図 2(b)左下挿入図に示すように，同一領域から得られた基本格子反射暗視野像にはコントラストが観察されないことから，これらの線状コントラストは反位相境界であることが分かる⁽¹²⁾⁽¹³⁾．この結果は， RMnO_3 において，6つの反位相ドメインが1点で交わることを示唆している．我々はこのような特徴的なドメイン構造に，「クローバーリーフドメイン構造」と名付けている．

RMnO_3 における強誘電性は R イオンの c 軸変位に關係するため，分極方向が c 軸方向に沿った 180° 強誘電ドメインのみが存在する．本系でのクローバーリーフドメイン構造における強誘電ドメイン配置について明らかにするため， HoMnO_3 において側面方向からフリーデル則背反条件下で暗視野像撮影を行った⁽¹⁹⁾． $2/3\ 2/3\ 2$ 超格子反射(矢印 A)を用いて結像した暗視野像を，図 3(a)に示す．暗視野像中では，1点で交わる6本の反位相境界のみが観察される．一方，同一の領域において，フリーデル則背反条件下で $1/3\ 1/3\ 6$ (矢印 B)および $\bar{1}/3\ \bar{1}/3\ \bar{6}$ 超格子格子反射(矢印 C)を用いて撮影した暗視野像を，図 3(b)および 3(c)に示す．図 3(a)との比較から，反位相ドメインに対応する領域において，交互に出現する明暗コントラストの存在が見出される．また図 3(b)および 3(c)を比較すると，両図間において明暗コントラストの反転が観察される．これらの結果は，図 3(b)および 3(c)における明暗コントラスト領域が，本系における 180° 強誘電ドメインであり，分極方向が互い違いとなっていることを示している．すなわち，本系における反位相ドメインは，同時に互い違いの分極方向を持つ 180° 強誘電ドメインであることが明らかとなった．

本系における反位相ドメインとして α, β , および γ の3種類が考えられるため，3つの隣接した反位相ドメイン間の位相關係として $\alpha/\beta/\alpha$ および $\alpha/\beta/\gamma$ の異なる2つのタイプが考えられる．これらの位相關係について調べるため，側面方向から高分解能法を用いた観察を行った．図 4(a)に， ErMnO_3 単結晶試料表面をエッチングすることにより得られたクローバーリーフドメイン構造の光学顕微鏡像を示す．融剤法で育成した単結晶の自然表面においては，自己分極処理効果⁽¹³⁾⁽²⁰⁾により，しばしば3つの狭いドメインと3つの広いドメインから成る不均一なサイズのクローバーリーフドメイン構造が観察される．図中の太線で示された，狭いドメインを含む領域から得られた断面超格子反射暗視野像(図 4(a)挿入図)中には，幅の狭いドメイン($+180^\circ$ 強誘電ドメイン)によって分離された2つの幅広いドメイン(-180° 強誘電ドメイン)が観察される．この挿入図中の黒枠で囲まれた領域に対応する高分解能像を，図 4(b)に示す．図上部に実際に得られた高分解能像が示しており，下部には逆フーリエ変換像を示してある．この逆フーリエ変換像中に観察される周期は，高分解能像から抽出された超周期に対応している．この超周期を一方の幅広いドメインから他方の幅広いドメインに

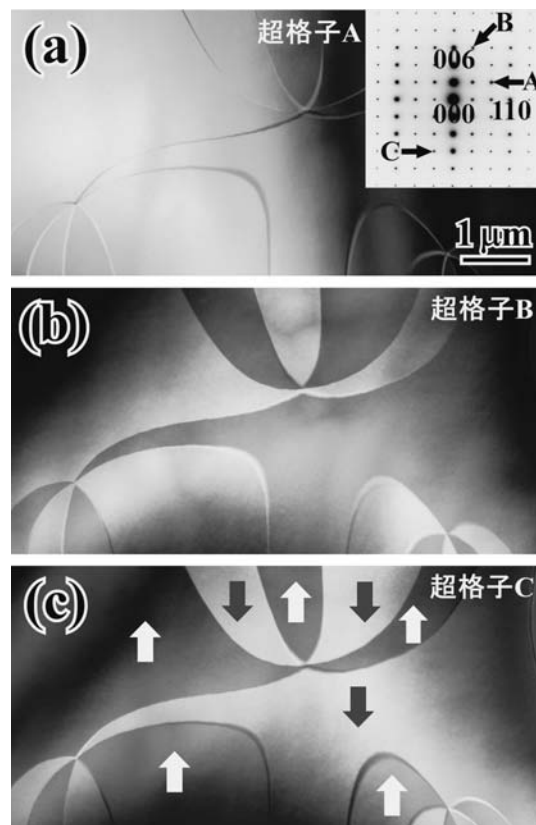


図 3 HoMnO_3 の側面方向から得られた超格子暗視野像．暗視野像結像に用いた回折斑点は，それぞれ (a) $2/3\ 2/3\ 2$ 超格子反射，(b) $\bar{1}/3\ \bar{1}/3\ \bar{6}$ 超格子反射，(c) 超格子反射である．(a)の挿入図は対応する領域から得られた電子回折図形であり，電子線の入射方向は $[1\bar{1}0]$ 方向にほぼ平行である．(b)および(c)の散乱ベクトルは， $\vec{g}$ および $-\vec{g}$ の関係である．

向けて外挿すると，両者の超周期の位相が一致していないことが分かる．この結果は，隣接する3つの反位相ドメインの位相關係が， $\alpha/\beta/\gamma$ タイプであることを表している．以上の結果から，本系におけるクローバードメイン構造は，図 2(a)左下挿入図に示すように，3種類の反位相ドメイン(α, β, γ)および，2種類の 180° 強誘電ドメイン($+$, $-$)から構成される6種類のドメインが，交点周りに $\alpha + \beta - \gamma + \alpha - \beta + \gamma -$ の順序で規則配列したものであることが明らかとなった．ここで暗視野像におけるドメイン配列を詳細に検討すると，隣り合う2つのクローバーリーフドメイン構造は，互いに逆回転方向のドメイン配列を示すことが示される．これらの結果は，クローバーリーフドメイン構造が，対を成すボルテックス(渦)と反ボルテックスの存在により構成されることを表している．すなわち， RMnO_3 における強誘電/反位相ドメインは，ボルテックス構造を有するクローバーリーフドメイン構造の存在により特徴付けられることが明らかとなった⁽²¹⁾．

これまでの結果から，クローバーリーフドメイン構造はトポロジカルな欠陥であり，容易に生成・消滅できないことが

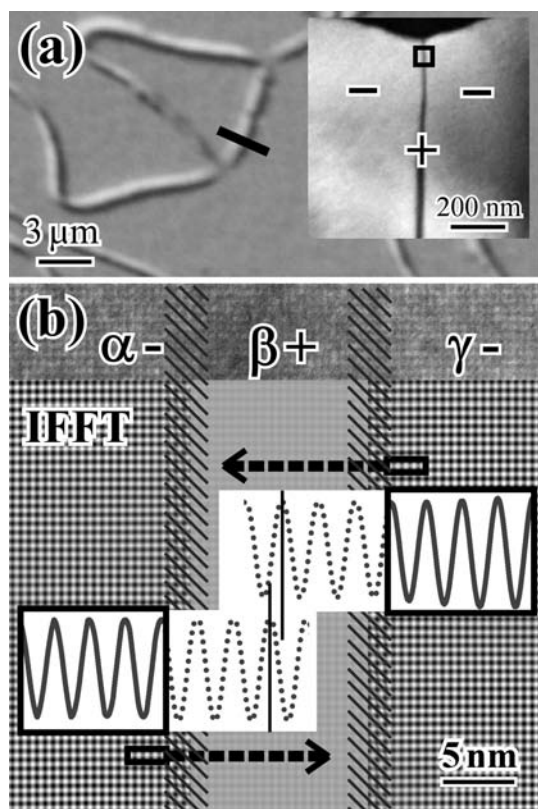


図4 第二隣接反位相ドメイン間の超周期の位相関係。(a) エッチングされた ErMnO_3 単結晶(001)表面において観察された、クローバーリーフドメイン構造。挿入図は、像中黒線部分の断面超格子反射暗視野像である。(b) 挿入図中の枠部分の高分解能像。図上部が高分解能像、下部が逆高速フーリエ変換像である。像中のコントラストは、超周期を示す。狭いドメインで分離された2つの幅広ドメインは、それぞれ異なる超周期の位相を持つ。

示唆される。この点について調べるため、外部電場印加前後におけるクローバーリーフドメイン構造変化の観察を行った。本観察に用いた YMnO_3 単結晶試料は、約 70 kV/cm の抗電場を持つ(図5挿入図)。図5(a)および5(b)は、それぞれ As-grown 試料および、室温において約 75 kV/cm の外部電場により分極化処理した試料における超格子反射暗視野像である。As-grown 試料から得られた暗視野像中には、大きさが同程度の6つのドメインから形成されるクローバーリーフドメイン構造が観察される。一方、分極処理試料から得られた暗視野像中では、幅約 100 nm 程度の3つの狭いドメインと、3つの広いドメインからなる大きさが不均一なクローバーリーフドメイン構造が観察される。ここで重要な事柄は、像中には独立した反位相境界および強誘電ドメイン境界が観察されないことである。すなわち、電場印加により、反位相境界と強誘電ドメインが同時に移動し、ドメイン幅が変化している事が明らかとなった。これらの結果は、本系における反位相ドメイン境界と強誘電ドメイン境界が、密接な相関を持つことを示している。同時に、これらクローバーリーフドメイン構造を持つ RMnO_3 において、抗電場以上の外

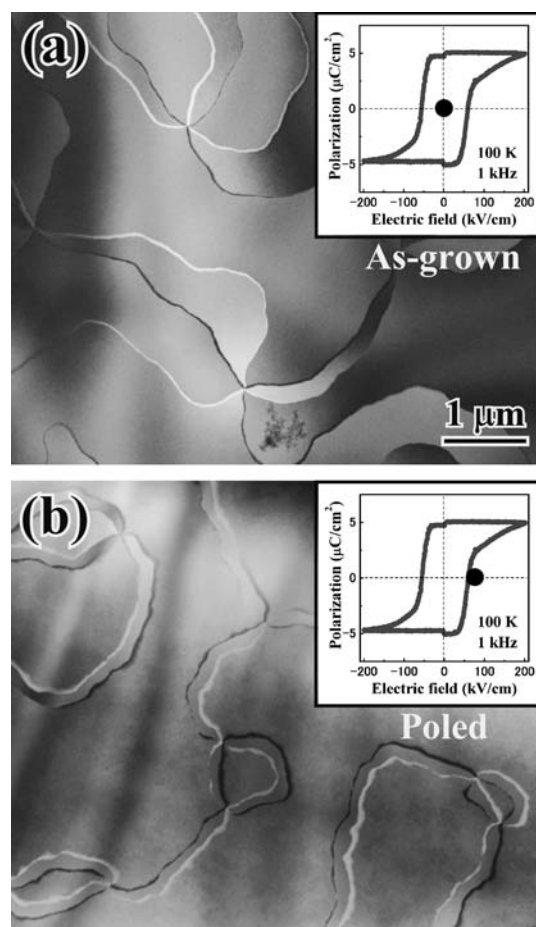


図5 YMnO_3 における分極処理前後のクローバーリーフドメイン構造。(a) As-grown 試料におけるクローバーリーフドメイン構造。(b) 約 75 kV/cm の外部電場により分極処理された試料におけるクローバーリーフドメイン構造。黒丸は外部電場の大きさを表す。

部電場印加でも、単一強誘電ドメインの実現は困難であることが示唆される⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

4. クローバーリーフドメイン境界の局所構造

図6(a)に、 YMnO_3 におけるクローバーリーフドメイン境界間の成す角度 θ と、角度 θ で交わるドメイン境界対の数についてのグラフを示す。図を見ると、ドメイン境界間の角度は 60° 付近で極大を示している。この結果を基に描いた、 60° の境界間角度を持つクローバーリーフドメイン構造の局所構造の模式図を図6(b)に示す。図は反時計回りの $\alpha+/\beta-/\gamma+/\alpha-/\beta+/\gamma-$ ドメイン配列を示しており、また6つのドメイン境界が一点で交わるよう描かれている。図中では、ドメイン交点近傍において、ドメイン内部とは異なる特異な局所構造の出現の可能性が示されている。またドメイン境界においても、2種類の異なる局所構造の存在が示唆されている⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

ドメイン境界近傍の局所構造の詳細について明らかにする

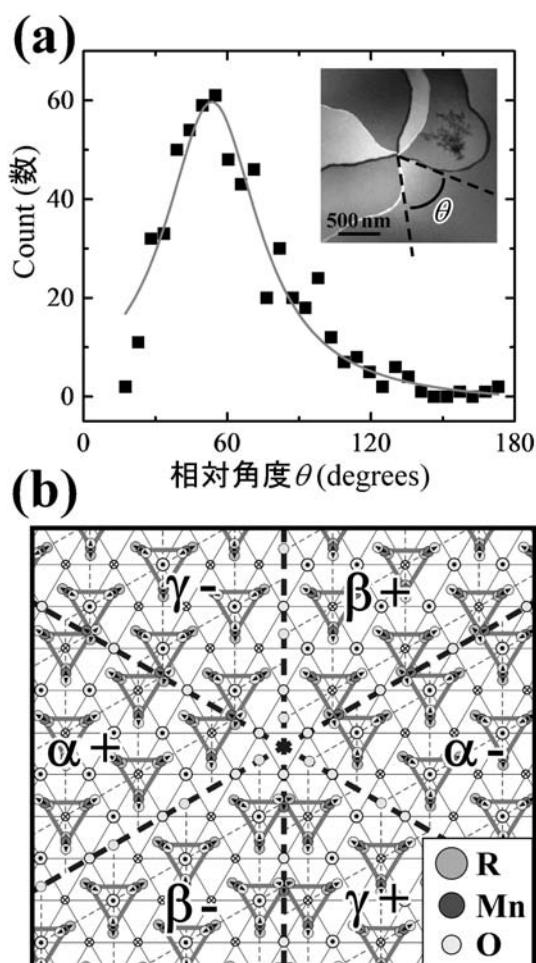


図6 (a)クローバリーフドメイン境界間の相対角度。(b)クローバリーフドメイン交点近傍の局所構造の模式図。

ため、 HoMnO_3 におけるクローバリーフドメイン境界近傍において側面方向から HAADF-STEM 観察を行った。その結果、図 6(b)に示される予想された局所構造とはやや異なるものの、実際にクローバリーフドメイン境界において 2 種類の異なる局所構造が見出された。その結果をそれぞれ図 7 (a)および 7(b)に示す。電子線の入射方向は $[1\bar{1}0]^*$ 方向にほぼ平行である。像中の明るい点状コントラストは Ho イオン列を示し、やや暗い点状コントラストは、Mn イオン列に対応している。図を比較すると、左側ドメインではマイナス方向の強誘電分極に対応する Ho イオン変位が、右側ドメインではプラス方向の分極に対応する Ho 変位が観察される。一方、図 6(a)に示すドメイン境界上においては、境界近傍のすべての Ho イオンが変位しているのに対し、図 6 (b)中では、変位を示さない Ho イオンが存在する(これらの局所構造を持つドメイン境界を、それぞれタイプ I 境界およびタイプ II 境界と名付ける)。

ドメイン内部のイオン変位から推測される、ドメイン境界近傍の局所構造モデルを図 7(c)~7(f)に示す。模式図には、 c 軸方向から見た希土類イオン、Mn、および酸素イオンの

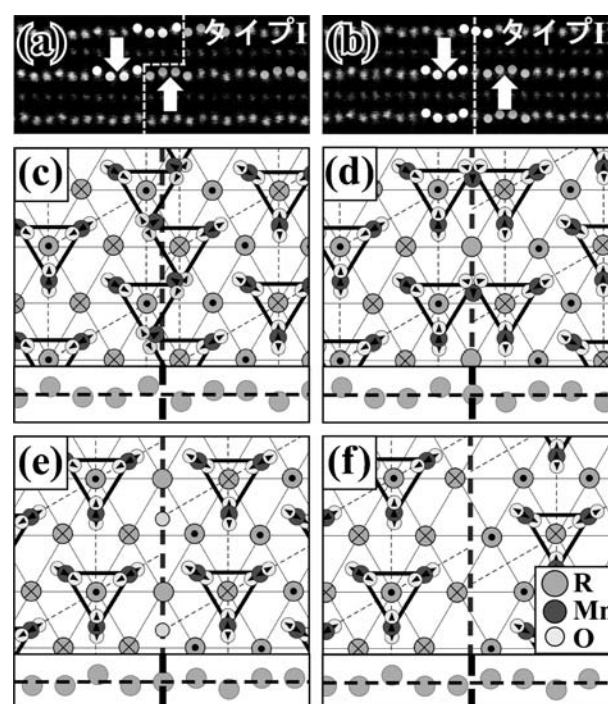


図7 クローバリーフドメイン境界近傍の局所構造。(a)および(b)は、それぞれタイプ I およびタイプ II 境界近傍の、 $[1\bar{1}0]^*$ 方向からの HAADF-STEM 像を示す。(c)および(d)は、それぞれタイプ I およびタイプ II 境界近傍の、平面方向からの局所構造の模式図を示す。各々の模式図の下部には、 $[1\bar{1}0]^*$ 方向から見たランタノイドイオンの c 軸方向への変位を模式的に示してある。

変位と、側面方向から見た希土類イオンの c 軸方向変位が描かれている。本系における反位相境界には、それぞれ $2\pi/3$ および $4\pi/3$ の位相シフトに対応した 2 種類の異なる局所構造モデルが考えられる。これらの反位相境界に対応するイオン変位と 180° 強誘電ドメイン境界に対応するイオン変位を組み合わせると、ドメイン境界幅に依存した、可能な反位相/強誘電境界の組み合わせが出来る。このうちドメイン境界幅の狭い 4 つの組が、図 7(c)~7(f)に対応する。すなわち図 7(c)および図 7(e)が $2\pi/3$ 位相シフトに対応し、図 7(d)および図 7(f)が $4\pi/3$ 位相シフトに対応する。また図 7(e)および 7(f)は、図 7(c)および 7(d)の局所構造に超格子単位格子が一周期加わったもの(すなわち、各位相シフトに 2π が足されたもの)となっている。図を見ると、図 7(c)および 7(f)においては、ドメイン境界近傍の R イオンが全て変位しているのに対し、図 7(d)および 7(e)では、ドメイン境界上において変位を示さない R イオンが存在する。これらのモデル図と実際の実験結果を比較した結果、図 7(a)は図 7(c)のモデル図に、図 7(b)は図 7(d)のモデル図に対応することが明らかとなった。これらの結果は、ボルテックスドメイン境界における、異なる反位相シフトに対応する 2 種類のドメイン境界の存在を示している。一方、最近の第一原理計算を用いた研究からは、図 7(a)および図 7(f)のドメイ

ン境界がエネルギー的に安定であることが示されており⁽²²⁾，このような反位相/強誘電ドメイン境界の安定性に関する議論は，興味深い課題であると言える。

5. クローバーリーフドメイン構造に起因した荷電強誘電ドメイン境界と局所電気伝導

HoMnO₃ の側面方向から得られた，室温における 1/3 1/3 4 超格子反射暗視野像を図 8 (a) に示す．電子線の入射方向は， $[1\bar{1}0]^*$ 方向にほぼ平行である．像中には，明瞭なクローバーリーフドメイン構造が観察される．ここで重要な特徴は，強誘電分極方向である c 軸方向に対して，平行でないクローバーリーフドメイン境界が存在することである．このことは，本系での 180° 強誘電ドメインが，対向 (Head-to-

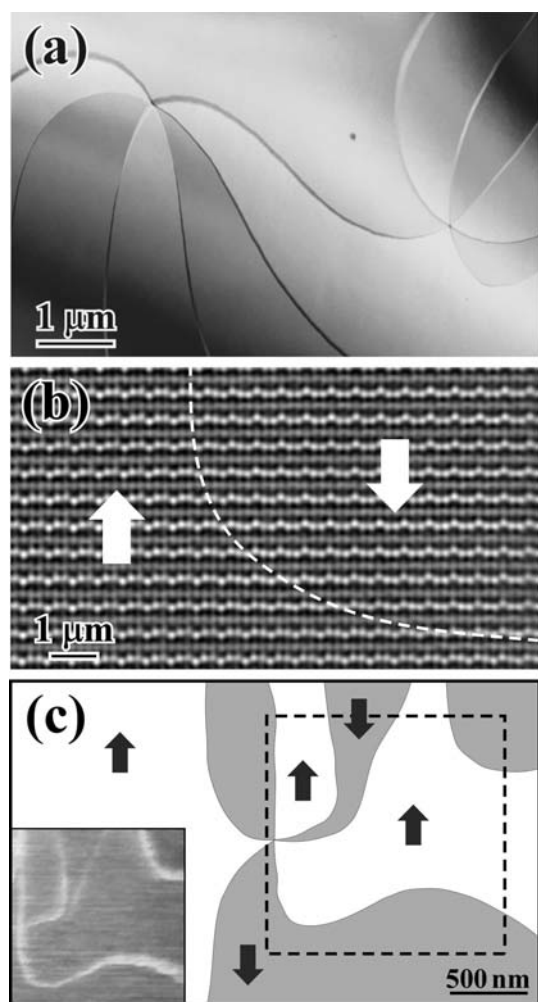


図 8 HoMnO₃ でのクローバーリーフドメイン構造における 180° 強誘電ドメイン配列．(a) 超格子反射暗視野像．(b) HAADF-STEM を用いて観察された対向タイプドメイン境界．(c) 側面方向から見たクローバーリーフドメイン交点近傍の 180° 強誘電分極配置の模式図．矢印はそれぞれ分極方向を表す．また挿入図は，伝導性原子間力顕微鏡を用いて観察されたドメイン境界における伝導性マップを示す．

Head) および背向 (Tail-to-Tail) タイプの強誘電分極関係を有することを示している．例えばチタン酸バリウム BaTiO₃ 等の典型的な強誘電体における強誘電ドメイン境界は，系のエネルギー利得のため，通常このような分極関係は存在しない⁽¹⁹⁾．このような対向タイプドメイン境界の HAADF-STEM 像(フーリエフィルター像)を図 8 (b) に示す．図左側ドメインでは，マイナス方向への分極を示す Ho イオン変位が，右側ドメインでは，プラス方向への分極を示すイオン変位が観察される．これらのドメイン間の境界を，像中に破線で示してある．ドメイン境界は分極方向と平行にはなっておらず，対向タイプドメイン境界が見出される．以上の結果および広範囲の電圧応答顕微鏡の結果を基に描いた，側面方向から見たクローバーリーフドメイン交点近傍の強誘電ドメイン配置の模式図を図 8 (c) に示す．HoMnO₃ 中においては，強誘電分極方向にほぼ平行な通常の 180° ドメイン境界に加えて，対向タイプ境界や背向タイプ境界が存在する．ここで，これらの対向タイプ境界および背向タイプ境界は，それぞれ正および負の拘束電荷を持つと考えられる．六方晶マンガン酸化物 RMnO₃ は，通常ホールタイプの電荷をもつことから，背向タイプ境界では，拘束電荷の遮蔽のために伝導電荷が蓄積されるのに対し，対向タイプ境界では電荷の欠乏が生じると考えられる．実際に側面方向から得られた HoMnO₃ における伝導性原子間力顕微鏡像(図 8 (c) 挿入図)から，背向タイプ境界では比較的大きな電気伝導性を示すのに対し，対向タイプ境界は殆ど電気伝導性を示さないことが分かる^{(16) (23)}．

6. InMnO₃ における構造相変態と局所構造変化

従来の研究から，InMnO₃ における室温での空間群として， $P6_3cm$ 構造および $P\bar{3}c1$ 構造の 2 つの可能性が報告されている^{(11) (24)–(27)}．この点について明らかにするため，透過型電子顕微鏡法を用いたドメイン構造の観察を行った．多結晶試料を焼成温度から毎時 20°C で徐冷および大気中急冷した試料から得られた，超格子反射暗視野像を図 9 (a) および 9 (b) に示す．電子線の入射方向は， $[1\bar{1}0]^*$ 方向にほぼ平行である．徐冷試料から得られた暗視野像中には，明瞭なクローバーリーフドメイン構造が観察される．この結果は，InMnO₃ 徐冷試料が，強誘電ドメインを有すること，すなわち $P6_3cm$ 構造を有することを示唆している．一方，急冷試料から得られた超格子反射暗視野像中には，明瞭なドメイン構造は観察されなかった．そこで両試料の対応する領域において，側面方向から HAADF-STEM 法を用いた局所構造観察を行った．その結果を図 9 (c) および 9 (d) に示す．電子線の入射方向は， $[1\bar{1}0]^*$ 方向にほぼ平行である．徐冷試料から得られた HAADF-STEM 像中には， $P6_3cm$ 構造を特徴づける，全体の 2/3 の In イオンの + 方向変位と，1/3 の In イオンの - 方向変位が観察される．一方，急冷試料から得られた HAADF-STEM 像からは，徐冷試料とは異なり，全体の 1/3 の In イオンが + 方向，1/3 の In イオンが - 方向，残り

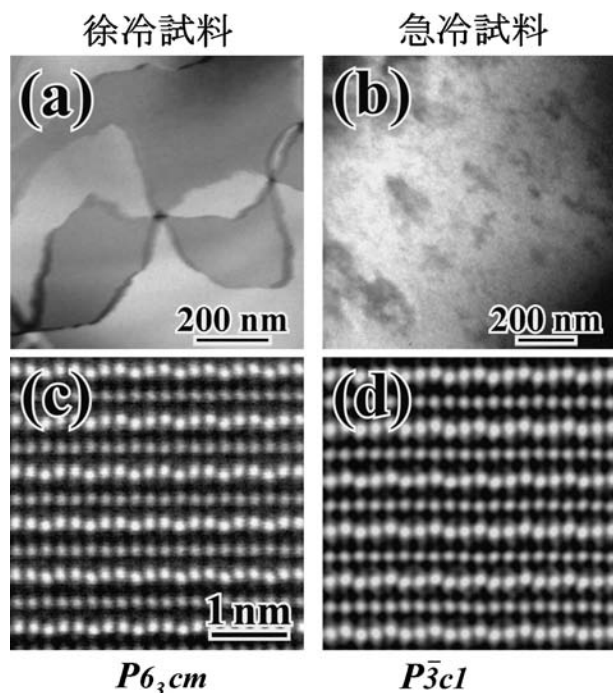


図9 InMnO₃ 徐冷および急冷試料におけるドメイン構造および局所構造. (a)および(b)は, それぞれ徐冷および急冷試料から得られた[001]*入射近傍の超格子反射暗視野像を示す. 徐冷試料中には, 明瞭なクローバーリーフドメイン構造が観察される. (c)および(d)は, それぞれ徐冷および急冷試料における[110]*入射方向からのHAADF-STEM像を示す.

の1/3のInイオンは変位していないことが明らかとなった. この結果は, InMnO₃ 急冷試料が $P\bar{3}c1$ 構造を有することを示している. すなわち, InMnO₃ 試料は, 高温からの冷却に伴い, まずイオン変位を示さない $P6_3/mmc$ 構造から $P\bar{3}c1$ 構造への相変態が生じ, 更なる冷却によって $P\bar{3}c1$ 構造から $P6_3cm$ 構造への相変態を示すことが明らかとなった⁽¹⁸⁾.

7. お わ り に

本稿では, 透過型電子顕微鏡法および高角環状暗視野走査透過型電子顕微鏡法を用いた, マルチフェロイック材料RMnO₃におけるクローバーリーフドメイン構造についての研究結果を紹介した. 本系で観察されるクローバーリーフドメイン構造はトポロジカルな欠陥であるため, 容易には導入・除去できず, そのため系のエネルギー利得に反する特異な状況が材料中に残存している. このような特異な状況は, 通常の強誘電体では見られない特徴的な境界特性の起源となっている. 例えば我々は, 本系においてクローバーリーフドメイン境界における良好な電気伝導性を報告している⁽¹⁷⁾. 一方, 本系での反強磁性転移温度以下において, ドメイン境界における反強磁性モーメントの非補償性を起源とした強磁性の出現が報告されている⁽²⁸⁾. このようなマルチフェロイ

ック物質における局所構造やドメイン構造についての研究は, 誘電性・磁性・強弾性の各々がドメイン構造を形成することが可能であることから, 基礎および応用の観点から興味深い問題であると考えられる.

本研究は主に, 筆者が米国ラトガース大学在籍時に遂行されたものであり, W. Wu 准教授, T. Choi 博士, S. C. Chae 博士, N. Lee 博士(以上 Rutgers 大学), 森茂生教授, 小林敬介氏(以上大阪府立大学), 久留島康輔氏(東レリサーチセンター), 谷村誠博士, 飯田景子氏(日産アーク), M.-W. Chu 教授(国立台湾大学)各氏との共同研究によるものである. ここに深く感謝の意を表します.

文 献

- (1) T. Kimura, T. Goto, H. Shintani, K. Ishizaka, T. Arima and Y. Tokura: Nature, **426**(2003), 55–58.
- (2) N. Hur, S. Park, P. A. Sharma, J. S. Ahn, S. Guha and S.-W. Cheong: Nature, **429**(2004), 392–395.
- (3) S.-W. Cheong and M. Mostovoy: Nature Mater., **6**(2007), 13–20.
- (4) J. Seidel, L. W. Martin, Q. He, Q. Zhan, Y.-H. Chu, A. Rother, M. E. Hawkrigide, P. Maksymovych, P. Yu, M. Gajek, N. Balke, S. V. Kalinin, S. Gemming, F. Wang, G. Catalan, J. F. Scott, N. A. Spaldin, J. Orenstein and R. Ramesh: Nature Mater., **8**(2009), 229–234.
- (5) T. Katsufuji, S. Mori, M. Masaki, Y. Moritomo, N. Yamamoto and H. Takagi: Phys. Rev. B, **64**(2001), 104419.
- (6) M. Fiebig, Th. Lottermoser, D. Frohlich, A. V. Goltsev and R. V. Pisarev: Nature, **419**(2002), 818–820.
- (7) Y. Ogawa, Y. Kaneko, J. P. He, X. Z. Yu, T. Arima and Y. Tokura: Phys. Rev. Lett., **92**(2004), 047401.
- (8) Y. Geng, H. Das, A. L. Wysocki, X. Wang, S.-W. Cheong, M. Mostovoy, C. J. Fennie and W. Wu: Nature Mater., **13**(2014), 163–167.
- (9) B. B. van Aken, T. T. M. Palstra, A. Filippetti and N. A. Spaldin: Nature Mater., **3**(2004), 164–170.
- (10) C. J. Fennie and K. M. Rabe: Phys. Rev. B, **72**(2005), 100103.
- (11) Y. Kumagai, A. A. Belik, M. Lilienblum, N. Leo, M. Fiebig and N. A. Spaldin: Phys. Rev. B, **85**(2012), 174422.
- (12) T. Choi, Y. Horibe, H. T. Yi, Y. J. Choi, W. Wu and S.-W. Cheong: Nature Mater., **9**(2010), 253–258.
- (13) S. C. Chae, Y. Horibe, D. Y. Jeong, S. Rodan, N. Lee and S.-W. Cheong: Proc. Natl. Acad. Sci., **107**(2010), 21366–21370.
- (14) S. C. Chae, N. Lee, Y. Horibe, M. Tanimura, S. Mori, B. Gao and S.-W. Cheong: Phys. Rev. Lett., **108**(2012), 167603.
- (15) W. Wu, J. R. Guest, Y. Horibe, S. Park, T. Choi, S.-W. Cheong and M. Bode: Phys. Rev. Lett., **104**(2010), 217601.
- (16) W. Wu, Y. Horibe, N. Lee, S.-W. Cheong and J. R. Guest: Phys. Rev. Lett., **108**(2012), 077203.
- (17) S. C. Chae, Y. Horibe, D. Y. Jeong, N. Lee, K. Iida, M. Tanimura and S.-W. Cheong: Phys. Rev. Lett., **110**(2013), 167601.
- (18) F.-T. Huang, X. Wang, Y. S. Oh, K. Kurushima, S. Mori, Y. Horibe and S.-W. Cheong: Phys. Rev. B, **87**(2013), 184109.
- (19) M. Tanaka and G. Honjo: J. Phys. Soc. Jpn., **19**(1964), 954–970.
- (20) R. V. Wang, D. D. Fong, F. Jiang, M. J. Highland, P. H. Fuoss, C. Thompson, A. M. Kolpak, J. A. Eastman, S. K. Streiffer, A. M. Rappe and G. B. Stephenson: Phys. Rev. Lett., **102**(2009), 047601.
- (21) M. Mostovoy: Nature Mater., **9**(2010), 188–190.
- (22) Y. Kumagai and N. A. Spaldin: Nature Commun., **4**(2013),

- (23) D. Meier, J. Seidel, A. Cano, K. Delaney, Y. Kumagai, M. Mostovoy, N. A. Spaldin, R. Ramesh and M. Fiebig: *Nature Mater.*, **11**(2012), 284–288.
- (24) S. C. Abrahams: *Acta Cryst. B*, **57**(2001), 485–490.
- (25) C. R. Serrao, S. B. Krupanidhi, J. Bhattacharjee, U. V. Waghmare, A. K. Kundu and C. N. R. Rao: *J. Appl. Phys.*, **100**(2006), 076104.
- (26) A. A. Belik, S. Kamba, M. Savinov, D. Nuzhnyy, M. Tachibana, E. Takayama–Muromachi and V. Goian: *Phys. Rev. B*, **79**(2009), 054411.
- (27) M.–A. Oak, J.–H. Lee, H. M. Jang, J. S. Goh, H. J. Choi and J. F. Scott: *Phys. Rev. Lett.*, **106**(2011), 047601.
- (28) Y. N. Geng, N. Lee, Y. J. Choi, S.–W. Cheong and W. Wu: *Nano Lett.*, **12**(2012), 6055–6059.

★★



Sang-Wook Cheong

材料の組織形成とその理論—第1回—

～組織形成の自由エネルギーと相分解理論の概説～

宮 崎 亨*

ま え が き

材料の微細組織は材料の特性を支配するので、古くから膨大な実験と理論的研究が行われてきた。その為、材料組織学は一応の体系をなしたが、その後の基本的な進展はあまりないように思われる。しかしながら、分野によっては、大きく進展し新しい視点から組織形成現象を解析することが行われてきた。最近、フェーズフィールド法など新しい分野が大きく進展している。しかし、これらの進展は、従来の金属学分野のみでなく、その周辺を取り巻く新材料分野に携わっている広範囲の専門分野の研究者によって進展してきた。材料科学の中心として研究をリードしてきた金属材料分野が材料科学の進展に後れをとる懸念を抱かざるを得ない。本講義は若い技術者、学生を念頭に材料科学、特にその中心の一つである組織形成の面白さを示したつもりである。

この講義では、材料組織学の初歩の内容は簡単に説明し、最近の進展領域を重点的に説明し、更に、今後の発展方向にまで視点を伸ばせるように記述した。したがって、本解説では、「初歩の熱力学は或る程度理解できており、それに関連して状態図は理解できる。」ものとして材料組織の形成過程とその基礎的理論を記述する。内容的には現在の研究レベルの現象や理論についても定性的な解説が含まれている。

1. 組織自由エネルギー

1.1 組織自由エネルギーと組織変化過程

金属合金、セラミックス、高分子、いずれの材料においても相変態を利用して、内部に微細組織が形成されている。そのプロセスは合金の自由エネルギーによって決まるから、組

織の変化過程を理解するためには、微細な内部組織を含む合金全体の自由エネルギー G_{sys} (組織自由エネルギー)^{(1)~(3)}を知ることが基本である。なぜなら、組織はこの組織自由エネルギーをできるだけ早く減少させる過程に沿って変化するからである。

組織自由エネルギー G_{sys} は次式のように記述される。

$$G_{\text{sys}} = G_c + E_{\text{surf}} + E_{\text{str}} + \cdots \quad (1.1)$$

ここで、エントロピーが関与しているエネルギーについては記号 G を、エンタルピーのみの場合は記号 E を用いることにする。上式の各エネルギーは下記のようなものである。 G_c は合金全体の化学的自由エネルギー、 E_{surf} は組織が形成されたことに起因する界面エネルギー、 E_{str} は組織形成に伴う弾性歪エネルギーである。その他、磁気エネルギー、電磁気エネルギー、更には外部応力に起因する力学的エネルギーも加算される。このように、組織が形成されることに起因する付加的なエネルギーと化学的自由エネルギーの和が組織自由エネルギーである。これらのエネルギーの内、化学的自由エネルギー G_c (< 0) が相変態を起こす駆動項で、他のエネルギーは、多くの場合、正のエネルギーであり、変態を阻止しようとする抑止項である。したがって、阻止項の和をできるだけ小さくして、 G_{sys} ができるだけ早く減少する組織を形成する。したがって、 G_{sys} の評価が組織形成過程を考慮する際の基本となり、正確に評価することが大切である。

次に、各エネルギー項が組織自由エネルギーにどのように加算されるかを簡単に説明する。ここでは、簡単のため、 G_c , E_{str} , E_{surf} のみを取り上げ、相分解に伴う各エネルギー変化を図1.1に模式的に示す⁽²⁾。平均組成 c_0 の過飽和固溶体が組成 c_1 と c_2 の2相に相分離した場合、通常、化学的自由エネルギーのみを考慮すると G_s から G_0 まで減少すると考えられている。しかし、相分解による新相の形成により、弾性

* 名古屋工業大学名誉教授(〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
The Formation of Microstructure in Materials and Its Theoretical Basis (I) ~The Free Energy of Microstructure and an Outline of Phase Decomposition~; Toru Miyazaki (Emeritus Professor, Nagoya Institute of Technology, Nagoya)
Keywords: formation theory of microstructure, free energy of microstructure
2014年3月27日受理[doi:10.2320/materia.53.363]

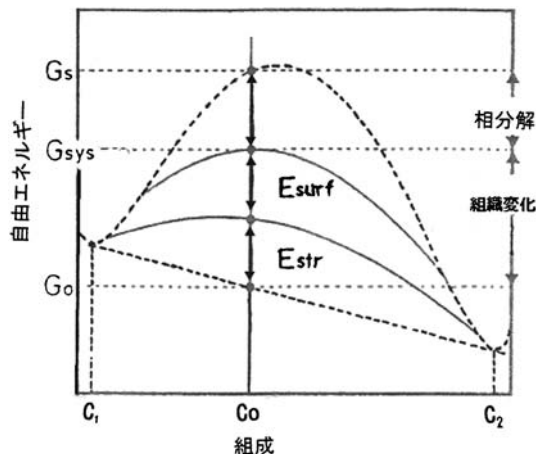


図1.1 相分解および組織形成過程における組織自由エネルギー変化.

エネルギー E_{str} や界面エネルギー E_{surf} が発生し、組織としてはエネルギー G_0 ではなくて、 G_{sys} までしか減少しない。残りの $(G_{sys} - G_0)$ は相分離後の析出物の凝集粗大化や非整合化などの組織変化の過程で減少する。したがって、組織自由エネルギーを考慮することにより、相分離過程のみならず、その後の組織変化の経過に至るまで統一的に取り扱うことができる。組織自由エネルギーは相変態過程や組織形成過程を扱う際の最重要なものである。

1.2 固溶体の化学的自由エネルギー

A-B2 元固溶体の自由エネルギー G_c は以下のように与えられる。

$$G_c = (1/2)NZ(c_A V_{AA} + c_B V_{BB} + 2c_A c_B V) + NkT(c_A \ln c_A + c_B \ln c_B) \quad (1.2)$$

ここで、 T は温度、 N は原子数、 c_A と c_B は濃度、原子配位数を Z 、 V_{AA} と V_{BB} は A-A 原子対および B-B 原子対の結合エネルギー、 V は交換エネルギー (interchange energy) と呼ばれ $Y\langle hkl \rangle$ である。 $(1/2)ZNV_{AA} \equiv G_A$ 、 $(1/2)ZNV_{BB} \equiv G_B$ 、 $Nk \equiv R$ (気体定数)、 $ZNV \equiv \Omega_{AB}$ と書き換えて、最終的に自由エネルギーは次式にて表される。

$$G = G_A c_A + G_B c_B + c_A c_B \Omega_{AB} + RT\{c_A \ln c_A + c_B \ln c_B\} \quad (1.3)$$

G_A と G_B は A 金属と B 金属の各原子をばらばらにするために必要なエネルギーで、A 金属と B 金属の昇華熱 (heat of sublimation) である。式 (1.3) の右辺第 3 項は A, B 原子を混合したことによって発生する内部エネルギー変化で混合自由エネルギー (mixing free energy) と呼ばれる。 Ω_{AB} は最近接原子間相互作用パラメータ (the nearest neighbor interaction parameter) で、 $\Omega_{AB} > 0$ の時、すなわち $2V_{AB} > (V_{AA} + V_{BB})$ の時は同種原子が集合する傾向を持ち、 $\Omega_{AB} < 0$ の時はその逆に異種原子が混じり合って固溶体や規則格子を形成する傾向にある。 $\Omega_{AB} = 0$ の場合はそのような強制力は働かず、理想溶体 (Ideal Solution) と言う。

組成 c_0 の合金が温度 T で c_1 , c_2 の 2 相に相分解した時の組織 1 mol 当りの化学的自由エネルギー G_0 は、式 (1.3) の固

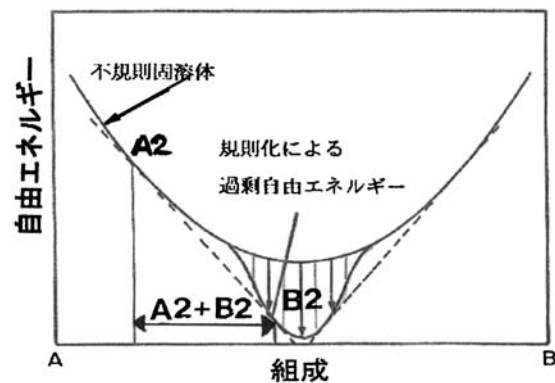


図1.2 規則化による自由エネルギー変化と相分離.

溶体の自由エネルギーを用いて、重み付き平均の式 (1.4) で与えられる。

$$G_0 = [G(c_1, T)(c_2 - c_0) + G(c_2, T)(c_0 - c_1)] / (c_2 - c_1) \quad (1.4)$$

T は絶対温度、 c_1 , c_2 は 2 相の B 原子濃度である。

1.3 規則格子の自由エネルギー

固溶体の相互作用パラメータ Ω が負で、異種の原子対を作りやすい場合、規則格子 (super lattice) を形成する事がある。規則格子は異種原子が互いに隣り合わせに規則的に配列している構造で、例えば FeAl (B2 構造) の様に体心立方格子の角の位置を Fe 原子が占め、体心の位置を Al 原子が占める事により、Fe と Al 原子はすべて最近接原子が異種原子となっている。この様な構造を規則格子と言う。勿論、上記の場合は最も理想的な場合であって、一般には原子数の過不足や熱振動などにより、上記の様に全ての原子に対して上記の関係が成立しているとは限らず、同種原子同士が隣あって同種原子対を作っている場所もある。この様な、どの程度規則化しているかを表すパラメータを、規則度と呼ぶ。規則格子は無秩序な配列に比較して、配列に制約を受け、取り得る原子配列の仕方の数が少ないので、不規則固溶体よりも小さなエントロピーを有し、したがって高温で不安定で、規則格子の温度を上げると無秩序 (不規則) 固溶体に転移する場合がしばしばある。これを秩序—無秩序変態 (order-disorder transformation) と言う。規則格子を形成する合金の相互作用パラメータ Ω は負なので、不規則固溶体の自由エネルギー曲線は下に凸であるが、ある組成の固溶体が規則化すると規則化による過剰エネルギー (負値) が加算され、図 1.2 に示す様に、不規則固溶体の自由エネルギー曲線からその分だけ垂れ下がる。規則化による自由エネルギーが大きく下がると、図に示すように、規則相と不規則固溶体の間あるいは規則相と別種の規則相の間で相分離が生じる場合がある。

1.4 弾性歪エネルギー

地相とは異なる弾性係数をもつ析出物が地相 (Ω) 中に存在している不均質系 (Inhomogeneous System) の弾性歪エネルギーは次式で与えられる⁽⁴⁾。

$$E_{\text{str}}(p) = (1/2) \int_{\Omega} \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} dv \quad (1.5)$$

析出粒子の形状を回転楕円体で近似すると、上式は析出物の単位体積当たり、次式のように簡単になる。

$$E_{\text{str}} = -(1/2)f(1-f)\sigma_{ij}^L e_{ij}^{T*} V_m \quad (1.6)$$

一般に、析出によって濃度変化が生じれば、析出相と地相の格子定数が変化して弾性歪が発生する。(式(1.5)(1.6)については第2回4.析出物の安定形状と配向を参照のこと)。

f は析出相の体積分率、 V_m は組織のモル体積、 σ_{ij}^L は無限の母相中に存在する1個の析出粒子の内部応力、 e_{ij}^{T*} はアイゲン(eigen)歪で析出相と母相間の格子ミスフィットに相当し、 $e_{ij}^{T*} = \varepsilon(c_2 - c_1)\delta_{ij}$ ($\varepsilon = (a_p - a_m)/a_m$)で記述される。 a_p と a_m は析出相と母相の格子定数である。 δ_{ij} はクロネッカーのデルタで $i=j$ の時1、 $i \neq j$ の時0の値を取る。

1.5 界面エネルギー

界面エネルギーが結晶方位に対して等方的である場合、組織の単位体積中に存在する析出物と母相間の全界面積を $A(f, L)$ とすれば、組織1 mol 当りの界面エネルギー E_{surf} は式(1.7)で表わされる⁽¹⁾⁽⁵⁾。

$$E_{\text{surf}} = A(f, L)\gamma_S V_m \quad (1.7)$$

γ_S は界面エネルギー密度(interfacial energy density)である。地相と析出相の濃度を c_1 および c_2 として、界面が整合な場合の界面エネルギー γ_S^i は $\gamma_S^i = \gamma_S(c_2 - c_1)^2$ で与えられる。また界面が非整合である場合は、 $\gamma_S^i = \gamma_S^{(5)}$ である。 A は析出物の体積分率 f と最近接の析出粒子間距離 L の関数として近似的に次式のように与えられる。 k は定数である。

$$A(f, L) = kf(1-f)/L \quad (1.8)$$

以上より、組織自由エネルギー G_{sys} は各エネルギーの総和として求められる。 G_0 、 F_{str} および E_{surf} はいずれも分離した2相の濃度に依存するため、 G_{sys} は c_1 と c_2 によって変化し、 E_{str} と E_{surf} は $f(1-f)$ に比例する。

組織形成過程の各段階において G_{sys} は常にその状態での最小値を取ると考えられる。したがって、粒子間距離 L 、界面エネルギー γ_S^i 、 γ_S^j および合金組成 c_0 を固定し、 c_1 、 c_2 を独立に変化させて G_{sys} を最小化することによって、その組織に対する組織自由エネルギーが求められ、この時の c_1 と c_2 がその条件下における2相の平衡組成に相当する。

前出の図1.1はそうにして算出した各エネルギーの組成に対する変化を図形的に示している。 E_{surf} と E_{str} はいずれも正のエネルギーで相分解を阻止しようとする働きをもっている。したがって、これらのエネルギーが小さくなるような析出粒子の形状や界面構造をとろうとする。

1.6 弾性歪エネルギーによる状態図への影響

析出ゾーンの格子定数が溶質濃度に比例して膨張収縮する最も単純な相変態を考える。濃度変動 $(c - c_0)$ による弾性歪エネルギー変化 E_{str} は次式で与えられる⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

$$E_{\text{str}} = \eta^2 Y_{\langle hkl \rangle} (c - c_0)^2 \quad (1.9)$$

$Y_{\langle hkl \rangle}$ は $\langle hkl \rangle$ 方向の弾性率である。

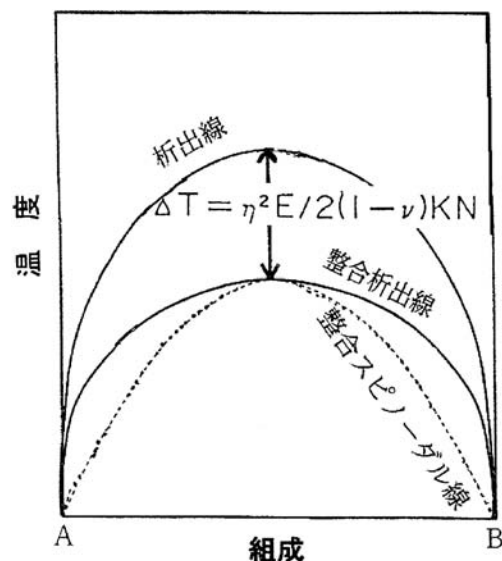


図1.3 整合歪エネルギーによる状態図の変化。

表1.1 格子ミスフィット η の異なる3合金の押下げ温度。

合金系	$\eta (= (a_p - a_m)/a_m)$	$\Delta T(K)$
Al-Zn	0.0257	40
Au-Pt	0.038	200
Au-Ni	0.15	2000

$$G(c) = \int [G_V(c) + \eta^2 Y(c - c_0)^2 + K(\partial c / \partial x)^2] dV \quad (1.10)$$

ここで η は溶質濃度による格子の膨張係数($\eta = a(\partial a / \partial c)$)で、格子ミスマッチまたは濃度膨張係数ということもある。式(1.10)に関しては式(2.7)を参照していただきたい。弾性歪エネルギーを加算することによって、状態図の相分離領域は縮小する。このことは、濃度に対する2次曲線である $\eta^2 Y(c - c_0)^2$ が化学的エネルギー $G_V(c)$ に加算された状態を図形的に考えれば、容易に理解できるであろう。具体的に状態図上では、図1.3のように示される。Cahnによれば⁽⁶⁾、弾性歪エネルギーによって低温側へ押し下げられる温度変化分 ΔT は中央組成で

$$\Delta T = \eta^2 E / 2(1 - \nu) R \quad (1.11)$$

となる。 ΔT は主として、 η の大小によって左右される。表1.1に幾つかの合金系における η と ΔT の関係を示す。表に見るように、Au-Ni系では $\Delta T = 2000^\circ\text{C}$ であり相分解は実際上整合状態では完結しない。なお、このような弾性歪エネルギーは相分解によって形成された溶質の高濃度域と低濃度域が結晶学的に整合な場合に生じるので、図1.3の低温へ押し下げられたバイノーダル線を整合バイノーダル線(coherent binodal line)または整合析出線、スピノーダル線を整合スピノーダル線(coherent spinodal line)と呼ぶ。これに対して両相が結晶学的に非整合で弾性歪が生じない場合を、純粋に化学的な状態図と言う意味で化学析出線および化学スピノーダル線(chemical spinodal line)と呼ぶ。

1.7 不均一場におけるエネルギーの取り扱い

以上の取り扱いは、場所によって各エネルギーが変動していることを無視し、組織を平均の値を持つ粒子のみで構成されていると仮定していることになる。実際の合金中の組織は不均一であるから、組織エネルギーは場所によって異なる。したがって、不均一場のエネルギーを算出するには、均一と見なせる小領域に分割し、其々の組織エネルギーを算出し、それを積算することによって合金全体のエネルギーを算出する。

化学的自由エネルギー G_c は、固溶体の化学的自由エネルギーを組織全体について積分することによって、与えられる。

$$G_c = \int [G(c_B, T)] dv \quad (1.12)$$

界面エネルギーは小領域の濃度勾配の2乗を組織全体に対して積分しなければならない。

$$E_{\text{surf}} = \int [K(\nabla c)^2] dv \quad (1.13)$$

K は定数である (式(2.7) 参照)。式(1.13)は濃度変動による化学自由エネルギーの過剰項である⁽⁶⁾⁽⁷⁾。詳しくは2.3を見ていただきたい。

弾性歪エネルギーについても均一と見なせる小領域で計算し、これらを積算する。

このように、不均一場の取り扱いは極めて複雑で、計算機の助けを借りなければ、多くの場合、解を得ることが不可能な場合が多い。したがって、本講義では、不均一場での取り扱いは非線形スピノーダル分解やフェーズフィールド法でのみ取り扱い、多くの組織形成については平均場理論の取り扱いを行う。これは組織を平均化し、或る場所で生じていることがどの場所でも生じているとするものである。実際の組織は平均的な値を挟んで揺らいでいるので、この方法は不均一場の取り扱いとしては正しくはないが、各過剰エネルギー項の働きを理解しやすい。

2. 析出相の核生成理論

2.1 化学的自由エネルギーと相分解の概略

過飽和固溶体の相分解過程には従来、スピノーダル分解と核生成-成長型分解の2つの分解形式があるとされてきたが、最近の研究から基本的には区分する必要はないと考えられようになってきた。しかしながら、形成される組織は両者でかなり異なっているし、今までの研究報告や教科書が従来の考え方の上に書かれているので、この講義でもそのように別々に記載することにする。問題点についてはその都度とりあげることにする。最後に、なぜこのようになったかについても記述する。

図2.1は典型的な相分離型の状態図とその自由エネルギー曲線である。この図を用いて相分解過程を考えてみよう。今、合金組成 c_0 が図2.1(b)のように高濃度域にあれば、 c_0 が c_1 と c_2 に分解すれば、自由エネルギーは G_0 から G_1 へ減

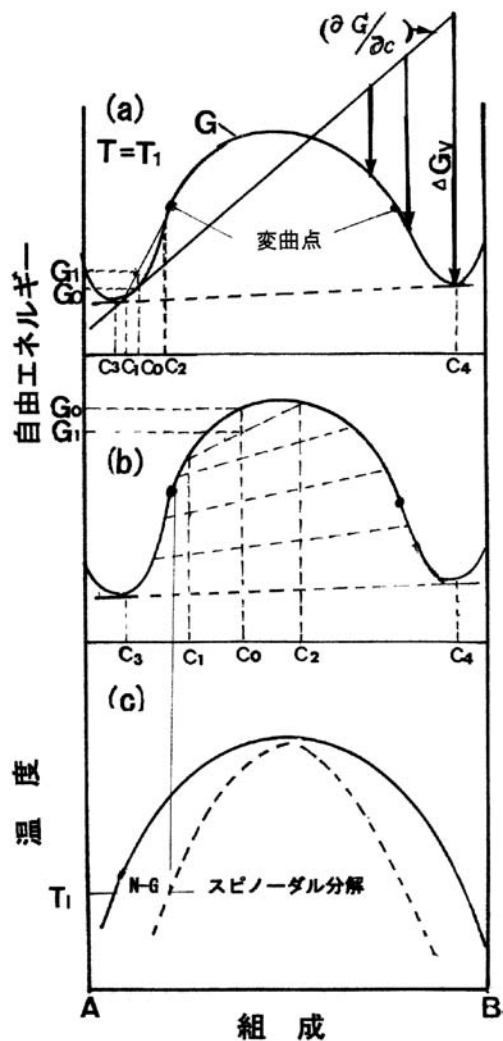


図2.1 相分離型固溶体の自由エネルギー曲線と相分解機構。

少しその微小揺らぎは安定化する。この様にして c_3 と c_4 にまで濃度は到達する。この間、化学的自由エネルギーは減少するのみでエネルギー障壁はない。このような分解をスピノーダル (spinodal) 分解と言う。

一方、合金組成が低濃度の場合には、図2.1(a)のように、系の自由エネルギーは一時的に増加しなければならない。たとえば、 c_0 が c_1 と c_2 に分解すると自由エネルギーは G_0 から G_1 に増加する。したがってこのような分解は不安定であり、熱ゆらぎによって濃度変動が生じたとしても、それは安定には存在せず消滅するであろう。つまり組成を徐々に変えていくような連続的な相分解は非常に困難なことになる。このような場合には、その組成における相分解が正の駆動力をもつ濃度、すなわち組成 c_0 における自由エネルギー曲線 G_c の接線 $\partial G/\partial c$ が G_α より高くなる組成範囲の相を析出する。この関係を図2.1(a)図に示した。矢印は各組成に対する駆動力 ΔG_v の大きさを示す。したがって、この場合には最終平衡組成に近い析出物の核がいきなり形成されることになり、

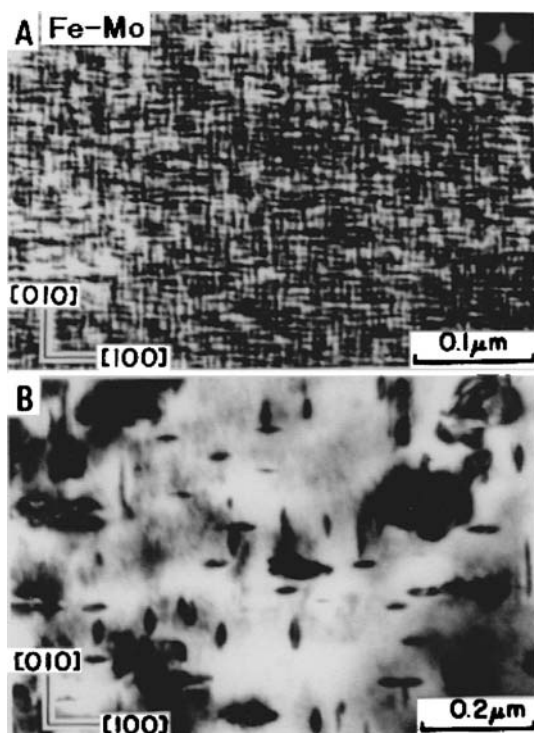


図2.2 Fe-20 at%Mo 合金のスピンodal分解(A)と核生成-成長(B)の透過電子顕微鏡組織。

形成された析出物の核は、その後の時効によって組成を大きく変えることなくサイズのみ増加させる。この形式の相分解は核形成-成長型分解(N-G 分解)と呼ばれている。この2つの分解形式は自由エネルギー濃度曲線の変曲点($\partial^2 G / \partial c^2 = 0$)で分けられ、($\partial^2 G / \partial c^2$) < 0の領域でスピンodal分解が生じ、($\partial^2 G / \partial c^2$) > 0の範囲でN-G 分解が生じる。この2つは組織として大きな違いがある。図2.2⁽⁸⁾はFe-Mo合金のスピンodal分解(a)とN-G分解(b)の透過電子顕微鏡写真であるが、同じ合金でも前者が細かい周期構造であるのに対し、後者は粗い組織になっている。

2.2 古典的均一核生成理論

過飽和固溶体から析出核が形成される機構については、組織形成の基本現象であるから、古くから数多くの実験結果と理論的追求がある。それらを大別すると、「明瞭な界面を持つ核の生成を考える古典的な核生成理論」と「界面が緩やかな濃度勾配を有する核生成理論」である。最近の組織形成理論では多くの場合後者の取り扱いがなされている。

2.2.1 明瞭な界面を持つ新相形成の核生成理論(古典的均一核生成理論)

(1) ボルマーとウェバー(Volmer & Weber)の理論

均一核生成の速度論を最初に理論化したのはボルマーとウェバー⁽⁹⁾である。その基本的概念は次のようである。『析出粒子が生ずる原因は、結晶中の溶質原子濃度の熱的ゆらぎであり、ある瞬間に局部的に溶質濃度が高くなった場所が、熱力学的条件を満たせば新相の核へと成長し安定化する』。

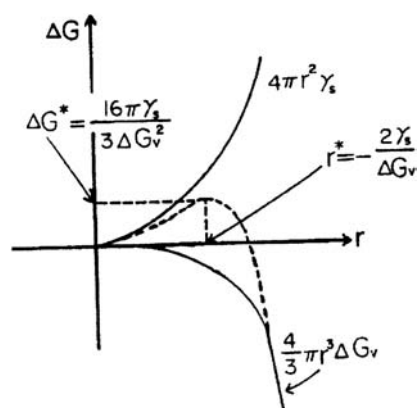


図2.3 核形成時の自由エネルギー変化。

今、地相内の半径 r の球形領域が析出相に変化すると考え、この変化に伴う自由エネルギー変化を $\Delta G_V (< 0)$ とする。新相が形成されるかどうかは、この駆動力のみによって決定されるわけではない。母相中に新相が形成されると必然的に界面エネルギーおよび両相間の格子面間隔の差あるいは体積差に基づく弾性歪エネルギーが発生する。これらのエネルギーは正の値を取ることで相変態を抑止する働きを持つ。体積 V の新相が形成するためのエネルギー変化は次式で示される。

$$\Delta G = V\{\Delta G_c + E(p)\} + S(p)\gamma_s \quad (2.1)$$

S は新相の表面積、 γ_s は単位面積当りの界面エネルギー、 E は単位体積当りの弾性歪エネルギーである。新相の形状を回転楕円体で表わし、 p はその軸比 c/a で、弾性歪エネルギーや界面エネルギーは、 p の関数である。新相が半径 r の球形で、かつ弾性歪がないと仮定すれば、 $E(p) = 0$ であるから式(2.1)は次式となる。

$$\Delta G = (4/3)\pi r^3 \Delta G_V + 4\pi r^2 \gamma_s \quad (2.2)$$

新相のサイズ(半径 r)に対する ΔG の変化は図2.3のようになる。図の ΔG の曲線の最大値 ΔG^* は核形成のための活性化エネルギーで、その値に対応する粒子径 r^* を臨界半径と呼ぶ。過飽和固溶体から新相が形成される場合、 r^* より小さいものが局所的濃度ゆらぎによって一時的に形成されても、それは ΔG を増加させるので不安定であり析出核とはなり得ない。 r^* より大きいもののみが安定な析出核となり得る。そのような安定核が形成される確率は、 $\exp(-\Delta G^*/kT)$ で与えられる。 r^* より小さいものをエンブリオ(embryo)と呼び、 r^* より大きいものを核(nucleus)という。 ΔG^* と r^* は図2.3に見るように、 $\Delta G^* = 16\pi\gamma_s^3 / (3\Delta G_V^2)$ 、および $r^* = -2\gamma_s / \Delta G_V$ で与えられる。核生成温度が高くなるかあるいは析出線に近い低組成合金では ΔG_V が小さくなるので ΔG^* と r^* は大きくなる。

(2) ベッカー&デューリング(Becker & Döring)の核生成理論

ベッカーらはウェーバーの理論を発展させて次のような理論を提出した⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。「基本的概念：エンブリオの組成と構造は析出相のそれと等しいと仮定し、エンブリオ生成による

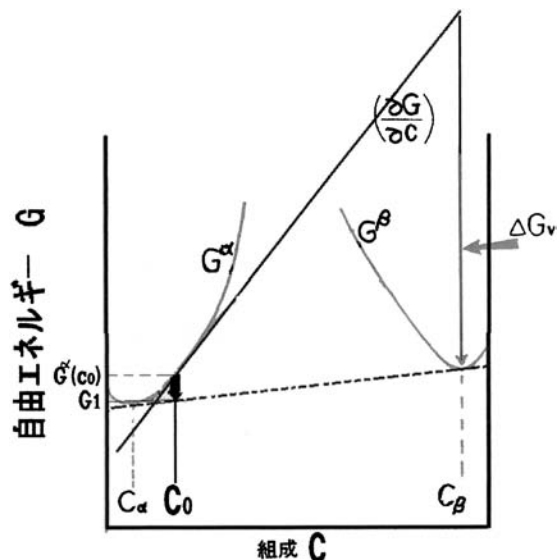


図2.4 核の組成を固定した場合の核生成のための自由エネルギー障壁(Becker & Döring).

自由エネルギー変化はそのサイズにのみ依存するとした。いま、ある温度において、図2.4のような α 相と β 相の自由エネルギー曲線 $G^\alpha(c)$ および $G^\beta(c)$ があるとする。合金組成 c_0 の自由エネルギー $G^\alpha(c_0)$ は不安定状態で、最終的に α と β 相の共通接線で示される c_α と c_β に分解し、 G_1 の自由エネルギー状態まで変化する。 $G^\alpha(c)$ と G_1 の差、すなわち図中の太矢印が $c_0 \rightarrow c_\alpha + c_\beta$ の反応を生じる駆動力である。通常、この駆動力は析出相 β の単位体積当りに換算され、図中の大矢印 ΔG_v で示される。 ΔG_v の大きさは図2.4の幾何学から容易に求められ、それに新相の界面エネルギーを加えて、新相形成に伴う自由エネルギー変化は次式になる。

$$\Delta G = -NV_m[G^\alpha(c_0) - G^\beta(c_\beta) + (c_\beta - c_0)(dG^\alpha(c_0)/dx)] + SZ(c_\beta - c_0)^2V \quad (2.3)$$

ここで、 N : エンブリオ内の原子数、 V_m : モル体積、 S : 界面を形成している原子の総数、 Z : 界面にある原子の配位数、 V は原子間相互作用エネルギーで $V \equiv V_{AB} - (V_{AA} + V_{BB})/2$ である。式(2.3)の右辺第2項は界面エネルギーである。エンブリオ内の原子数(N)と界面の原子数(S)は、エンブリオの形とサイズで与えられる。したがって、形状を表わす幾何学的パラメータを p_K と記して臨界サイズ r^* とその時の活性化エネルギー ΔG^* は次式にて与えられる。

$$r^* = (2/3V_m)p_K(ZV(c_\beta - c_0)^2/\Delta G_v)$$

$$\Delta G^* = (4/27V_m^2)p_K(K_2^3/K_1^2)\{Z^2V^2(c_\beta - c_0)^6/\Delta G_v^2\} \quad (2.4)$$

図2.3と同様に、析出線に近い高温では ΔG_v が小さくなるので、 r^* と ΔG^* は大きくなる。

(3) ボレリウス(Borelius)の核生成理論⁽¹²⁾

これらと全く違う概念を提出したのがボレリウスである。「基本的概念: ベッカーとは逆に、エンブリオの大きさは常に一定として、その組成が析出相の組成へ連続的に変化する場合の化学的自由エネルギー変化を評価することによって、

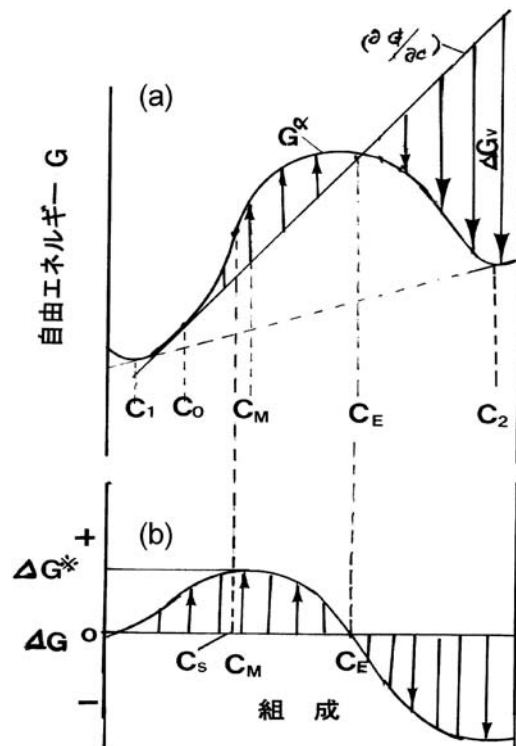


図2.5 核の溶質濃度が変化した場合の核生成のための自由エネルギー障壁(Borelius).

エンブリオの安定性を考察した」。この場合にはベッカーの式の c_β が変化するので、これが変数となる。 $c_\beta \rightarrow c_y$ と置き、界面エネルギー $SZ(c_\beta - c_0)^2V$ を無視して、式(2.4)を次のように書き直す。

$$\Delta G = -NV_m[G^\alpha(c_0) - G^\beta(c_y) + (c_y - c_0)dG^\alpha(c_0)/dx] \quad (2.5)$$

図2.5(a)から明らかなように、 ΔG の組成に対する変化は図2.5(b)のように変化する。 ΔG^* は核生成のための活性化エネルギーであり、平均組成 c_0 および温度によって変化する。 c_0 がスピノーダル組成 c_s より中央側では、組成に対してエネルギーは単調に減少し、核生成に対するエネルギー障壁を持たない。

(4) ホブシュテッター(Höbstedter)の理論

さらに両者を結合させた理論がホブシュテッター⁽¹³⁾によって提案されている。この理論でサイズまたは濃度の一方のみでなく、両方が変化するとしてエンブリオの安定性を考察した。

$$\Delta G = -NV_m[G^\alpha(c_x) - G^\beta(c_y) + (c_y - c_x)(dG^\alpha(c_x)/dx)] + SZ(c_y - c_x)^2V \quad (2.6)$$

核形成は、組成と半径によって示されるエネルギーの鞍部を越して進行する。これらの値はベッカーやボレリウスの理論で与えられる値ではないが、時効温度が高温になって、析出線に近づくにつれてベッカーの場合と同様に $\Delta G^* \rightarrow \infty$ となる。逆に低温になるにつれて、ボレリウスの理論のように、 ΔG^* は減少しスピノーダル温度以下では $\Delta G^* \rightarrow 0$ となる。

以上の古典的核生成理論では、いずれの理論においても析

談話室

経年金相学への勧誘

名古屋大学；名誉教授、
愛知工業大学；客員教授 坂 公 恭

経年金相学とは聞きなれない名前と思われるでしょうが、それもそのはずで筆者が命名したものです。そもそも事の起ころは、わが恩師井村 徹先生の逝去に始まります。

井村先生の後を追うようにして井村先生の親友で米国の電顕学の草分け的存在であった Gareth Thomas 先生の訃報に接した。Thomas 先生には直接ウィークビーム法を教わり、その成果は Cu-13.43 at% Al 合金の積層欠陥エネルギー (SFE) の温度依存性として論文⁽¹⁾にまとめることができた。タイトルは SFE の温度依存性ではあるが、狙いは鈴木効果⁽²⁾の証明であった。残念ながら、Cu-Al 合金では鈴木効果は実証できず、Cu-Si 合金で鈴木効果を証明するまでにさらに10~20年⁽³⁾⁽⁴⁾を要した。一連の実験で得られた結論は、Si, Sn, Ge, Sb のような4価以上の溶質原子では電子濃度が高いため鈴木効果が発現しやすいが、3価の Al では、実際の時間スケールでは起きないというものであった⁽⁵⁾。

このような思い出に浸る一方で、日本顕微鏡学会の「電顕大学」で「明視野像・暗視野像」の講義をここ何年かしているが、最近の高分解能仕様の電顕ではウィークビーム写真を撮るのが難しいというのが定説であり、ウィークビーム法の開発者 Cockayne 亡き後その衰退を嘆いていた筆者としては、高分解能仕様の電顕でウィークビーム像を撮る可能性があるか否かを確認する必要性を感じていた。たまたま、名大退職時に捨てずに保管していた Cu-13.43 at% Al 合金 (38年も前に作製したもの!) の残りが見つかった。この合金の拡張転位の拡張幅は大きく、観察が容易なはずなので、まずこれを観察してみようと思いついた。薄膜試料の作製は、FIB ではイオン照射の影響を排除できないので、電解研磨によった⁽⁶⁾。まずは薄膜の出来栄を確かめるために、文科省のナノプラットフォームを利用して名大の H800 で通常の明視野 (BF) 観察をしたところ、ウィークビーム法を用いるまでもなく、転位が大幅に拡張していることを見出した。つまり、

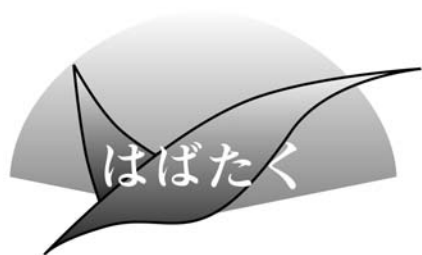
38年の年月を経て鈴木効果が起きていたのである。実は、あわよくばという思惑がなかったわけではないのだが、予感的中で、(退職後の)延長戦で場外ホームランを打った気分である。さっそく、Philos. Mag. Lett. に投稿し、掲載された⁽⁷⁾。38年というと1研究者にとっては長い時間といえるが、完全な固溶体である Cu-Al 合金中で Al が拡散するには長いのか短いのか微妙な時間であろう。いずれにしても、この結果から Cu 中の Al の室温での拡散係数をおおざっぱに見積もることができる。すると高温より外装した値よりはるかに高い値が得られた。意外に速く時効 (aging: 加齢とも訳する) が進行したというわけである。Cu-Al 合金に限らず、現在使用されている金属材料は意外に早く年を取っているかもしれない。あな恐ろしやあな恐ろしや。

故石田洋一先生が粒界転位を発見された時に McLean 博士から「おめでとう! 金鉱を掘り当てたネ」と祝福されたそうであるが、今回の発見は「(蔵に隠れていた)お宝発見」であろうか。

小学校の卒業時にタイムカプセルを埋めるように、学生の卒業研究、修士論文作成時のサンプルを大事に保管していると、意外なお宝になるかもしれない。そういえば、筆者が留学していたオックスフォードではカレッジの古い印刷物を “more than 100 years old” の証明書付きで売っていたのを思い出す。100年は無理としても、会員諸兄の中で、昔、研究した試料をいまだに後生大事にお持ちの方は今一度 TEM 観察してみると思いがけない新発見があるかもしれません。退職して TEM 観察など無理という方は、下記連絡先までご相談下さい。

文 献

- (1) H. Saka, Y. Sueki and T. Imura: Philos. Mag., **A37**(1978), 273-289.
- (2) H. Suzuki: Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ., **A4**(1952), 455-463.
- (3) H. Saka: Philos. Mag., **A4**(1983), 131-140.
- (4) T. Kamino, Y. Ueki, H. Hamajima, K. Sasaki, K. Kuroda and H. Saka: Philos. Mag. Lett., **66**(1992), 27-31.
- (5) H. Saka: Dislocation in Solids, (eds.) H. Suzuki *et al.*, (1985), Univ. Tokyo Press, 251-254.
- (6) H. Saka, M. Yamamoto, Y. Shiraishi, M. Amano, T. Goto, T. Suzuki, S. Arai and K. Sasaki: Microscopy and Microanalysis, 19, Supplement, **S2**(2013), 1788-1789.
- (7) H. Saka: Philos. Mag. Lett., **94**(2014), 455-459.
(2014年5月19日受理)[doi:10.2320/materia.53.370]
(連絡先: E-mail: saka@nagoya-u.jp)



高耐食化を目指して

東北大学大学院工学研究科；産学官連携研究員
千葉 亜耶

私は、2014年3月に東北大学 大学院工学研究科 知能デバイス材料学専攻にて博士(工学)の学位を取得し、同年4月より同大学にて産学官連携研究員として研究に取り組んでおります。この度、本稿を寄稿する機会をいただきましたので、博士課程での学生生活を振り返るとともに、現在の研究、および今後の抱負について述べさせていただきたいと思っております。

学生時代は、同大学同専攻の材料電子化学講座にて、原信義教授と武藤泉教授の指導の下、局部電気化学現象解析のための *in-situ* リアルタイム観察用マイクロ電気化学システムの開発と、ステンレス鋼における MnS 介在物起点の孔食発生機構解明に関する研究を行いました。ステンレス鋼は高い耐食性を有するのですが、塩化物イオンが存在する環境では孔食が発生することがあります。そして、これに伴う腐食損傷事例が多数報告されております。希少金属である Cr や Mo などの合金元素添加量を増すことにより、ある程度孔食発生は抑制されておりますが、孔食発生機構が解明されていないため、各合金元素の働きについては未だ不明な点が多くあります。ステンレス鋼におけるピット発生(孔食)は、MnS 介在物が起点となることが知られております。しかし、発生初期のピットの大きさが直径 $1\ \mu\text{m}$ 程度と小さいため、その発生挙動をリアルタイムで電気化学的・形態学的に解析することができませんでした。そこで私は、ピット発生挙動を捉えるための観察・計測システムの開発から取り組みました。直径 $1\ \mu\text{m}$ 程度のピット発生挙動を、電気化学的・形態学的に解析するためには、光学顕微鏡の対物レンズ100倍(分解能：約 $350\ \text{nm}$)で観察しながら、同時に観察視野とほぼ等しい面積の電極面で電気化学計測を行う必要があります。システム開発においては、電気化学計測中の電極面を鮮明に観察することが非常に難しく、試行錯誤の繰り返しでした。しかし、この経験により、大事なことに気付くことができました。それは、実験する前に様々な仮説を立て、結果を予想することの重要性です。仮説を立てることによって、実験中に見るべきポイントが明らかになります。また、実際の

結果が予想と異なる場合には、考えていた仮説に戻り、次に検証すべきポイントを見つけることができます。これは研究に取り組む姿勢として当たり前のことかもしれませんが、修士課程の時には全くできておらず、博士課程の研究ではこれを意識的に考えることにしました。システムが完成し、初めて MnS 介在物起点のピット発生挙動を捉えることに成功した時は、喜びよりも驚きの方が大きかったことを覚えております。発生挙動を直接“見る”ことは非常に重要で、解析すべき現象を見つけることができました。しかし、現象を明らかにするためにはどのような実験を行うべきなのか、手法や実験条件を考えるのがとても難しく、何度も先生と話し合いました。話し合いには予め精一杯考えて望むのですが、話し合う中で自分が考えていない点に気付いたり、自分では思いつけないアイデアをいただいたりしました。一度自分の中で考えた後、人と相談してさらに自分で考えることにより、考えが飛躍的に進化することを体験し、実験する前に話し合うことの重要性を再認識しました。開発したシステム等を用いた研究により、最終的には MnS 介在物がピット発生起点となる根本的な原因を明らかにすることができました。MnS 介在物が存在すると、ステンレス鋼が局部的に活性溶解する環境がもたらされるのです。MnS 介在物は溶解すると硫黄を生成し、この硫黄が塩化物イオンとの相乗作用で MnS/鋼境界部のステンレス鋼を溝状に溶解します。そして、この溝内部では pH 低下や電位降下が起こり、ステンレス鋼の活性溶解が起こりやすくなります。MnS 介在物を起点としてピットが発生する根本的な原因は、「硫黄の生成」と「境界部の溝状溶解」です。つまり、これら根本原因のどちらか一方、または両方を抑制することによって、ピット発生を効果的に抑制できると考えられます。研究の本当の目的は、ステンレス鋼中に MnS 介在物が存在してもピット発生が起こらない技術を提案することであり、機構解明はそのために必要であったものです。これから先の研究がより重要であると認識しております。

私は現在、解明した機構を元に、MnS 介在物が存在してもピットが発生しない技術の創造に関する研究を行っております。この研究において重要視していることは、希少金属などの合金元素の添加に頼らない技術を開発することです。研究者として一步を踏み出したばかりですが、理想的な高耐食材料の創造を目指し、研究に取り組んでいきたいと考えております。現在ステンレス鋼を対象として研究を行っておりますが、異なる金属材料に広く適用できる高耐食化原理の導出も重要であると考えております。

最後になりましたが、これまで研究についての考え方を教えていただき、研究に集中できる環境を与えていただきました先生方ならびに関係者の方々に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

(2014年5月28日受理) [doi:10.2320/materia.53.371]

(連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-02)

本 会 記 事

会 告	2014年秋期講演大会セッション改編に関するアンケートのご協力のお願い	372
	日本金属学会・日本鉄鋼協会女性会員のつどい	372
	2014年秋期講演大会参加ならびに懇親会の申込みについて	373
	2014年秋期講演大会会期中の託児室設置のご案内	373
	2014年秋期講演大会会場周辺のご案内	374
	2014年秋期講演大会プログラム広告・概要集 DVD ジャケット	
	広告募集	374
	第12回 World Materials Day Award 募集	374
	研究集会	375
	平成26年度秋期全国大学材料関係教室協議会講演会のご案内	375
	2015年春期講演大会公募シンポジウムテーマ提案募集	375
	電子ジャーナル機関購読のご案内	375
	金属学会セミナー	376
	分科会シンポジウム	376
	永年会員制度について	376
	第38回技術開発賞募集	377
	第65回組織写真賞作品募集	378
	2015年度、2016年度分科会委員候補者の推薦のお願い	379
	会報編集委員会からのお知らせ	379
支部行事		379
次号予告		387
掲示板	材料系学協会情報コーナー	387
新入会員	行事カレンダー	388
会誌・欧文誌 8 号目次		385

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

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

- ・投稿規程・刊行案内・入会申込は、ホームページをご利用下さい。
- ・ご連絡先住所変更等の手続きは、本会ホームページ「マイページ」からできます。
- ・会告原稿の締切は毎月1日で、翌月号掲載となります。

会 告 (ホームページもご参照下さい)

2014年秋期講演大会セッション改編に関するアンケートのご協力のお願い

本会では講演大会の活性化と充実を図るため、2014年秋期講演大会からセッション改編を実施いたしました。今大会では材料と社会セッション4、学理・現象・プロセッシング別セッション35、材料別セッション38、計77セッションを試行的に設け講演募集を行いました。今後は講演者、大会参加者および会員各位のご意見・ご提案とセッション別の講演申し込み状況を反映させて、セッションの統廃合および新設を柔軟に実施し、基礎研究と応用研究のバランスに配慮した魅力ある講演大会を目指します。

つきましては、セッション改編に関するアンケートを行いますので皆様の積極的なご協力をよろしくお願いいたします。

なお、アンケート調査は無記名で行い、アンケート結果については、日本金属学会講演大会の改革や改善以外の目的には使用いたしません。

■アンケート記入 Web ページにてご記入下さい。
https://service.dynacom.jp/form/g/jim/f_1/index.php

■アンケート実施期間 2014年8月1日(金)～9月30日(火)

◇ ◇ ◇

第4回 日本金属学会・日本鉄鋼協会女性会員のつどい

日本金属学会と日本鉄鋼協会は、2007年に男女共同参画合同委員会を設置し、学会期間中の託児室合同設置、若い会員向けのキャリアパスを考えるランチョンミーティング、合同ホームページや育児、男女共同参画等の情報交換をするためのメーリングリストの開設を行うなど、金属・材料分野における女性会員の活動を支援し、女性会員の増強を目指しています。

昨年に引き続き、秋期講演大会期間中に女性会員の方々が気軽に意見交換できる「つどい」を行います。ランチを楽しみながら、楽しいひとときを過ごしませんか。

主 催 日本金属学会・日本鉄鋼協会男女共同参画合同委員会
 日 時 2014年9月26日(金) 12:00～13:00
 会 場 名古屋大学東山キャンパス全学教育棟(C20)(〒464-8603 名古屋市中千種区不老町)
 内 容 女性会員の交流・人脈作り。キャリアデザイン意見交換。仕事場や上司・部下への困ったこと等本音トーク。学会への要望。などなど
 参加資格 金属学会・鉄鋼協会女性参加者。学生さん、子連れも welcome♪
 参加申込 申込みは不要です。直接、会場へお越し下さい。
 持 ち 物 弁当、飲み物は持参をお願いします。
 この「つどい」に参加して、静かな部屋でゆっくり語り合いましょう♪♪♪
 問合せ先 御手洗容子(物質・材料研究機構)
mitarai.yoko@nims.go.jp

2014年秋期(第155回)講演大会参加ならびに 懇親会申込みについて

会 期 2014年 9月24日(水)～26日(金)
場 所 名古屋大学東山キャンパス(名古屋市中千種区)
懇親会 2014年 9月24日(水)
場 所 ANA クラウンプラザホテルグランコート名古屋
(〒460-0023 名古屋市中区金山町一丁目 1-1 ☎ 052-683-4111)
大会参加予約申込締切 8月25日(月)17:00
参加申し込みは、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。

大会参加申込み URL http://www.knt.co.jp/ec/2014/jim_atmn/index.html

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、別途ハガキにて郵送いたします。
8月25日以降は当日申込みとなります。

当日申込をご希望の方は、会場受付にて直接お申込み下さい。

◆大会参加費(講演概要集 DVD 代含む) ※年会費とは別に必要です。
参加費・講演概要集 DVD・懇親会の消費税扱いについては、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25日(月) (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 (懇親会会場受付・ 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
学生会員	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

◆懇親会費(消費税込み)

予約申込締切日	8月25日(月) (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・ 大会会場受付・ 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下さい。

◆支払方法

銀行振込みおよびクレジットカードをご利用頂けますが、お振込みの場合は、手数料をご負担願います。また、振込み後のご返金は致しかねます。8月25日(月)の入金日をもって予約申込完了となります。

インターネット申込問合せ先

梯近畿日本ツーリスト東北 仙台団体旅行支店
〒980-0021 仙台市青葉区中央 1-7-20
☎ 022-222-4141 FAX 022-221-6188
E-mail: sendai-dantai@or.knt-th.co.jp

◆講演概要集 DVD のみ購入する場合

(※講演発表・聴講するためには、前記大会参加申込みが必要です。)

件名を「2014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 宛にお申込み下さい。

9月10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一丁目14-32
(公社)日本金属学会 ☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312
(各ご連絡・お申込は、FAX でも可)
E-mail: ordering@jim.or.jp

2014年秋期講演大会会期中の託児室設置のお知らせ

2014年秋期講演大会期間中、日本金属学会と日本鉄鋼協会が共同で託児室を開設いたします。利用ご希望の方はホームページ掲載の「託児室利用規程」をご確認の上、下記シッター会社へ直接お申込み下さい。

■設置期間および利用時間(開始、終了時間は予定です)

設置期間	利用時間
2014年 9月24日(水)	8:45～17:15
2014年 9月25日(木)	8:45～17:15
2014年 9月26日(金)	8:45～17:15

*昼食は、原則お子様と一緒にとり下さい。

■設置場所 名古屋大学東山キャンパス内
(お申し込み後、株式会社ポピンズよりご連絡いたします。)

■対 象 1歳から小学校3年生まで(0歳児、4年生以上も応相談)。
*大会参加者のお子様に限ります。

■利用料金 お子様お一人につき 800円/時間

料金は、利用当日、託児室のシッターにお支払い下さい。

なお、申込締切後のキャンセルにつきましてはキャンセル料を頂く場合がありますので、あらかじめご了承下さい。

■利用シッター会社

株式会社ポピンズ(<http://www.poppins.co.jp/>)

■お申込方法 ご利用には予約が必要です。

日本金属学会・日本鉄鋼協会男女共同参画合同委員会ホームページ託児室案内に記載されている「託児室利用規程」をご覧の上、「利用申込書」をダウンロードして下さい。

① 事前に「利用規程」をよくお読みください。

② 「利用申込書」の必要事項をご記入の上、お申込み下さい。

・メールの場合(メール送付先: takuji-yoyaku@poppins.co.jp)

件名に「日本金属学会秋期講演大会の託児室予約」とご記入の上、利用申込書を添付下さい。

・FAX の場合(FAX 052-541-2112)

利用申込書を FAX して下さい。

※お申込み受領後3営業日以内に、株式会社ポピンズより受領確認のご連絡をさせていただきます。ご連絡が届かない場合は、ご面倒でも、下記までご連絡下さい。

■申込期間 2014年 9月16日(火)まで(定員に達し次第締切ります)

■託児室に関するご質問・ご連絡先・申込先

株式会社ポピンズ 名古屋支社 学会託児担当まで

☎ 052-541-2100

■詳細情報 日本金属学会ホームページ講演大会各種ご案内

http://jim.or.jp/MEETINGS/2014_atmn/index.html

日本金属学会・日本鉄鋼協会男女共同参画合同委員会ホームページ

<http://www.isij.or.jp/Link/Godo/index.htm>

■問合せ先

(公社)日本金属学会 大会係

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

E-mail: stevent@jim.or.jp

日本金属学会の秋期講演大会は、9月24日(水)～9月26日(金)の3日間にわたり、日本鉄鋼協会と合同で名古屋大学東山キャンパスにて開催されます。

名古屋大学は、学部9・研究科14、附置研究所3、全国共同利用施設2などを擁する総合大学です。東山キャンパスは、名古屋大学以外にも多くの大学が集中する名古屋市の文教地区の真ん中にあり、金属学会の講演会場の全学教育棟、鉄鋼協会の講演会場となる工学研究科のほか、医学系を除く主要な学部・大学院、研究所の建物が置かれています。

さて、東山キャンパスは名古屋市営地下鉄の「名古屋大学」駅(名城線)と直結した交通至便の位置にありますので、講演に疲れた際には、気分転換に名古屋市内や周辺の見所にお出かけになってはいかがでしょうか。

名古屋は織田信長・豊臣秀吉・徳川家康など戦国武将ゆかりの地として知られています。また、江戸時代の全国の大名の7割が名古屋を含む東海地域の出身だと言われており、今でも名古屋には江戸時代の歴史的遺産が数多く残されています。主な見どころとしては、名古屋城、徳川美術館、熱田神宮、中村公園、有松・桶狭間などがあります。

名古屋城の本丸御殿は昭和20年の空襲による焼失前の姿への復元工事中ですが、玄関や表書院など、一部が公開されています。また、名古屋城では「名古屋おもてなし武将隊」のおもてなしを受けられるかもしれません。熱田神宮は、三種の神器の一つ草薙神剣をまつり、伊勢神宮に次ぐ由緒ある大宮で、昨年5月に創祀1900年を迎えました。宝物館には、国宝や重要文化財など6000点が収蔵されています。



復元工事中の名古屋城本丸御殿。

名古屋は、また、我が国のものづくり産業の中心に位置しています。名古屋の産業のルーツは徳川家康の名古屋城築城と城下町づくりまで遡ります。木工やからくりなどの匠の技からものづくり文化が発展し、繊維・自動車・工作機械・ロボット・航空宇宙産業の分野に花開きました。産業観光として、産業記念館、ノリタケの森、有松・鳴海絞会館(絞り体験)など、大人の社会見学・体験はいかがでしょうか。

名古屋市科学館(名古屋市の中心部にある白川公園内)にはギネス

ブックに登録された世界最大の内径35mのプラネタリウム「ブラザーアース」があり、臨場感あふれる宇宙体験が楽しめます。また、館内には竜巻ラボ(高さ日本一の人工竜巻)、放電ラボ(日本一の放電装置)、極寒ラボ(日本初の全天周オーロラ映像)、水の広場の常設展示もあり、屋外にH-II B ロケットと国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」も展示されています。



世界一のプラネタリウム「ブラザーアース」。

名古屋港付近にも観光施設があります。名古屋市港区金城ふ頭にある「リニア・鉄道館～夢と想い出のミュージアム」には、時代を代表する39両の新幹線や在来線電車、超電導磁気浮上式リニアモーターカーが展示され、見て触れることができます。日本最大規模の鉄道模型のジオラマも目玉です。鉄道マニアだけでなく大人からお子様までお楽しみいただけ、昨年度は100万人が来館しました。

名古屋市港区の名古屋港ガーデンふ頭には名古屋港水族館があり、2012年11月に誕生した仔シャチの「リン」も含め、仲良しシャチファミリーが公開されています。世界最大級の水槽でキュートなイルカたちが舞踊するパフォーマンスやマイワシのトルネードが大人気です。また、名古屋港ガーデンふ頭は南極観測船ふじや名古屋ポートビル(展望室)など遊び所が一杯です。

東山キャンパスから徒歩圏内には東山動植物園があります。60ヘクタールの園内では、動物園、植物園、遊園地、東山スカイタワーをお楽しみいただけます。動物園にはコアラやキリン、ゾウから小さなメダカまで約500種が飼育されています。植物園では7,000種類の植物を展示し、自然林を生かした約1キロの散策コースも人気です。

市内散策でおなかが空いたら名古屋めしをお楽しみください。主な名古屋めしとしては、ひつまぶし、手羽先、きしめん、天むす、味噌カツ、味噌煮込みなどがあります。市内には老舗の有名どころから若者向けのカジュアルなお店まで、多彩な飲食店がひしめいています。グルメガイドを片手に楽しんでみてはいかがでしょうか。

なお、名古屋の観光・宿泊情報については、「名古屋観光コンベンションビューロー」のホームページ <http://www.nagoya-info.jp/nconv/> でもご覧いただけます。

2014年秋期講演大会プログラム広告・概要集 DVD ジャケット広告募集

申込締切 2014年9月1日(月)

申込問合せ 株式会社 明報社 担当 後藤一哲

☎ 03-3546-1337(代) FAX 03-3546-6306

E-mail: goto@mei-hosha.co.jp

第12回 World Materials Day Award 募集

詳細 までりあ53巻6号269頁 or ホームページ → 講演大会
応募期間 2014年8月31日(日)

申込・問合せ先 (公社)日本金属学会 各種賞係

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

E-mail: gaffair@jim.or.jp

研究会 No. 69

第2回エレクトロニクス薄膜材料研究会
「最先端電子・情報素子と機能材料研究の動向」

低炭素化社会の為に次世代電子・情報素子として、従来の半導体材料及びプロセスに踏襲されない革新的機能を有する電子デバイスが要求されている。本研究会では、革新的機能を有する電子デバイスに繋がる新たなエレクトロニクスの薄膜材料について、過去の流れを踏まえ検討する。

日 時 2014年9月25日(木) 13:00~17:20

場 所 名古屋大学東山キャンパス全学教育棟4階(C40)

プログラム

- 13:00~13:40 (特別講演)ナノ薄膜・ナノ細線・ナノ粒子構造による電子の量子制御とエレクトロニクス応用
豊田工大 榎 裕之
- 13:40~14:20 新しいIV族半導体材料の開発とシリコンナノエレクトロニクスへの応用
名大院工 財満鎮明
- 14:20~15:00 新世代電子デバイス開発に向けたナノ電子材料分析と物性制御
名大院工 宮崎誠一
- 休憩 —
- 15:20~16:00 最先端プラズマ科学が拓く電子デバイス・機能材料プロセス
名大院工 堀 勝
- 16:00~16:40 分極半導体としてのInAlGaNとデバイス応用
名大院工 天野 浩
- 16:40~17:20 複合酸化物薄膜の原子構造制御
名大院工 山本剛久

企画責任者 松尾直人(兵庫県立大院工)

参加費 無料

申込・問合せ先 9月19日(金)までにFAXまたはE-mailにて、氏名・所属・電話番号を明記してお申込み下さい。
〒671-2280 姫路市書写2167

兵庫県立大学大学院
工学研究科 物質系工学専攻
松尾直人 FAX 079-267-4907
E-mail: nmatsuo@eng.u-hyogo.ac.jp

研究会 No. 73

第1回水素誘起超多量空孔研究会「水素と原子空孔」

水素誘起超多量空孔(Super abundant vacancies, SAV)生成は、水素を固溶した金属中で原子空孔の熱平衡濃度が数桁以上増加する現象であり、基礎現象の解明とその実用材への影響を明らかにする必要がある。今回は特に原子空孔形成について検討する。

日 時 2014年9月25日(木) 17:00~19:00

場 所 名古屋大学東山キャンパス全学教育棟2階(C20)

プログラム

- 17:00~17:30 座長 福室直樹
(1) 鉄鋼材料中の水素誘起格子欠陥と水素脆化
上智大理工 高井健一
- 17:30~18:00 座長 福室直樹
(2) 陽電子消滅法による水素誘起欠陥分析—空孔クラスター形成促進の実証—
千葉大院工 藤浪真紀

18:00~18:30 座長 藤浪真紀

(3) 第一原理計算に基づく α 鉄中の水素と原子空孔の平衡濃度評価
京大院工 松本龍介

18:30~19:00 座長 藤浪真紀

(4) その場観察からわかる水素発生と金属界面との関係
北大院工 松島永佳

企画責任者 藤浪真紀(千葉大院工)

参加費 無料 事前の申込みの必要はありません。

申込・問合せ先 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33

千葉大院工 藤浪真紀

☎ 043-290-3503

E-mail: fujinami@faculty.chiba-u.jp

平成26年度秋期全国大学材料関係教室協議会
講演会のご案内

〔主 催〕 全国大学材料関係教室協議会

〔共 催〕 日本金属学会, 日本鉄鋼協会

日 時 2014年9月26日(金) 14:30~15:30

場 所 名古屋大学東山キャンパス工学部5号館2階522室

聴講料 無料

講演会 14:30~15:30

東北大学における工学および材料教育の最新トピックス

東北大 長坂徹也

2015年春期講演大会公募シンポジウムテーマ提案募集

提案期限: 2014年9月2日(火)

会員の研究活動一層の活性化を図ることを目的として、春秋講演大会において会員からの提案テーマによるシンポジウム講演を実施いたしており、活況を呈しております。明年の春期講演大会の公募シンポジウムテーマを募集いたします。次の要領をご参照の上、活発な討論が期待できる有益なテーマを積極的にご提案下さい。(提案様式はホームページよりダウンロードして下さい。)

詳細 までりあ53巻7号332頁 or ホームページ → 講演大会

電子ジャーナル機関購読のご案内

機関(IPアドレス)認証による電子ジャーナルのご購読が可能となっております。ご利用下さい。

対象誌 日本金属学会誌, Materials Transactions

年間購読料金 別途お知らせいたします。お問合せ下さい。

対象期間 大学類, 独立行政法人, 企業等

問合せ先 〒105-0022 東京都港区海岸1-9-18

国際浜松町ビル

丸善株式会社 学術情報ソリューション事業部

企画開発センター

☎ 03-6367-6114 FAX 03-6367-6184

E-mail: e-support@maruzen.co.jp

材料における拡散—基礎および鉄鋼材料における拡散と関連現象

[協賛予定]エネルギー資源学会, 金属材料研究開発センター, 素形材センター, 資源・素材学会, 自動車技術会, 軽金属学会, 日本鑄造工学会, 日本自動車工業会, 日本塑性加工学会, 日本鉄鋼協会, 日本チタン協会, 日本材料学会, 日本材料科学会, ステンレス協会, 日本アルミニウム協会, 軽金属製品協会, 未踏科学技術協会, 日本ガスタービン学会, 日本機械学会, 日本 MRS, 日本物理学会, 日本化学会

拡散は材料の製造プロセス, 相変態による組織制御, 高温材料の特性や寿命などの材料の速度論的挙動を司る重要な因子であり, 材料の研究開発には必須の知識です。本セミナーでは学術的基礎の要点と, 鉄中の拡散データや鉄鋼材料において拡散が支配するプロセスの解析などを講述します。

今回は後半を鉄鋼に関する話題に絞りましたが, 鉄鋼では鉄の特質(相転移や磁性)のおかげで拡散に及ぼす結晶構造の影響や磁性の影響が実験から知られており, また, さまざまな溶質原子の拡散挙動, たとえば侵入型溶質となる軽元素, 置換型溶質となる金属元素・非金属元素, 溶解度が大きい元素・小さい元素の拡散がどのようなものであるかも理論・実験の両面からよく研究されています。このため, 鉄鋼における拡散に関する知識と技術は金属材料全般を包含するものと言えます。鉄鋼材料のみならず, 広く金属材料の組織制御や組織と強度特性の関係などの研究にたずさわる学生・研究者に勧めます。(企画: セミナー・シンポジウム委員会)

日 時 2014年10月24日(金) 9:30~17:00
場 所 東京工業大学 田町地区 キャンパスイノベーションセンター(CIC)2階 多目的室2(東京都港区芝浦 3-3-6)
<http://www.titech.ac.jp/maps/tamachi/>

募集定員 50名

受講料

受講資格	事前申込	当日申込
正 員	12,000	15,000
学 生	5,000	6,000
非会員	15,000	20,000

(協賛学協会会員は会員扱い。学生は会員, 非会員の区別なし)

申込要領 電子メールで meeting@jim.or.jp 宛お申し込み下さい。申込項目は以下のとおりです。

- ① 送信件名に「セミナー材料における拡散」と記入,
- ② 氏名・年齢, ③ 会員・非会員・学生の区別(本会会員は会員番号も), ④ 勤務先・所属, ⑤ 通信先住所(テキスト等送付先と電話番号)。申込受理確認の電子メールを返信します。

事前申込締切 2014年10月10日(金)着信

テキストの送付 開催日の約10日前までに発行送付の予定です。事前に申し込まれた方にはテキストが出来次第参加証等関係資料とともに送付します。

受講料払込方法 申込受理後, 請求書を送付します。

問合先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32
(公社)日本金属学会 セミナー参加係
E-mail: meeting@jim.or.jp
☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

プログラム

9:30~10:30 拡散の原子論 大阪府大 沼倉 宏
10:30~12:00 拡散の現象論: 多成分系における拡散と多相拡散 阪大 南埜宜俊
12:00~13:00 (昼 食)
13:00~13:50 鉄中の自己拡散と溶質原子の拡散 大阪府大 沼倉 宏
13:50~14:40 鉄中の水素の拡散とトラッピング 上智大 高井健一
14:40~15:00 一休 憩—
15:00~15:50 鉄鋼における拡散型相変態の解析 JFE スチール 山下孝子
15:50~16:40 鉄鋼の高温酸化 東工大 林 重成
16:40~17:00 質問・技術相談 等

分科会シンポジウム

3D プリンターによる次世代ものづくり

日 時 2014年9月12日(金) 9:45~17:00
場 所 科学技術館 6階「第1会議室」
(〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2-1)

募集定員 70名

事前申込締切 2014年8月31日着信

詳 細 まてりあ 7号334頁 or ホームページ → シンポジウム

問合先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町 1-14-32

(公社)日本金属学会 シンポジウム参加係

E-mail: meeting@jim.or.jp

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

プログラム

9:50~10:40 (1) 金属積層造形技術の可能性と技術開発動向—電子ビーム積層造形技術を中心として 東北大 千葉晶彦
10:40~11:30 (2) 3D プリンターを活用した医療機器の開発 ナカシマメディカル株式会社 福田英次
12:30~13:20 (3) 3次元付加製造法を用いた構造物の新規機能発揮への取り組み 阪大 中野貴由
13:20~14:10 (4) 大阪府立産技研における金属粉末レーザ積層造形法を活用したものづくりと研究開発 大阪府立産技研 中本貴之
14:10~15:00 (5) 3D プリンター産業応用の実際—サービスマーケットの立場から JMC 渡邊大知
15:20~16:10 (6) レーザー積層造形による医療用金属の成形 東北大 野村直之
16:10~17:00 (7) 光造形 3D プリンタを用いた機能性構造物の作製 阪大接合研 桐原聡秀

永年会員制度について

本会では長年にわたり本会の発展に尽された会員の労に報いるため, 永年会員制度を設けております。自己申告制となっておりますので, 該当すると思われる方は, はがき(又はFAX 022-223-6312)にて会員番号, 生年月日およびおおよその入会年を記入の上, 本会事務局宛お問合わせ下さいますようお願いいたします。

申し出られた方について調査確認し, 該当者については理事会に諮り, 承認の上ご案内申し上げます。

永年会員制度: 会員歴が継続して40年以上でかつ満71才以上の会員に対し「永年会員」の称号を贈る。永年会員は正員会費(会報)を免除する。

受付締切: 毎年9月30日

永年会員資格付与: 毎年1月1日

第38回公益社団法人日本金属学会技術開発賞 「新技術・新製品」記事募集

応募締切：2014年10月31日(金)

[本賞の趣旨]

本会は創意あふれる開発研究を推奨する目的で、金属工業に関する独創性に富む新技術・新製品の技術開発に優れた実績を収めた技術者に対し、本賞を授賞するものである。

(注)本賞は、日本金属学会会報「まてりあ」“新技術・新製品”の欄に掲載された記事が、選考対象となる。

技術開発賞募集要綱

1. 賞の名称 第38回公益社団法人日本金属学会技術開発賞

2. 対象となる業績と区分など

- (1) 次の部門およびそれらにまたがるものとする。
 - a. 材料基礎技術部門
 - b. 素材製造・評価技術部門
 - c. 素材応用技術部門
 - d. 新素材開発部門
 - e. その他
- (2) 評価は次の諸点について行われる。
 - f. 独創性
 - g. 技術、システムあるいは製品に関する有用な発明、考案、改良(有用性)
 - h. 技術上の問題解決に役立ち、あるいは新製品の開拓をさらに促す可能性(将来性)
 - i. 生産実績その他本賞に相当と思われる新技術・新製品の開発に優れた実績があるもの
- (3) いわゆる「金属」のみでなく、その周辺の材料、たとえば燃料、耐火物、半導体、複合材料などに関するものでもよい。
- (4) 応募の時点で、他の公募制の褒賞(発明協会賞、大河内賞など)を受けていない斬新な主題であることが望ましい。

3. 応募者の条件

- (1) 1件につき5名以内のグループまたは個人
直接開発に関与した技術者であって、単なる職制上の管理者や代表者を含まないことが望ましい。
- (2) 応募する時点で本会会員である必要はないが、本会会員となることが望まれる。

4. 選 考

- (1) 受賞者の選考は選考委員会で行う。選考委員は本会理事会が毎年選任し、会長が委嘱する。
- (2) 理事会が授賞該当無しと認めた場合は、その年度は授賞しない。
- (3) 選考に当たって、特許係争等が問題となった記事は授賞対象から除外する事がある。

5. 授 賞

- (1) 2015年6月末日までに受賞者を内定する。
- (2) 2015年秋期講演大会において授賞する。
- (3) 受賞者には賞状(全員)と副賞(1賞牌)が贈呈される。

6. 技術開発賞受賞記念講演

技術開発賞受賞をより意義深いものとするため、受賞記念講演をお願いする。

第38回の受賞記念講演は2015年秋期講演大会(九州大学、9月予定)の折りに行います。

7. 受賞決定までの流れ

応募(10月31日締切)→まてりあ掲載(54巻(2015)1号から)→選考・受賞決定(2015年6月)→授賞(2015年9月)

まてりあ「新技術・新製品」記事への応募の方法

1. 応募・原稿締切

- (1) 2014年10月31日(金)
- (2) 申し込み受理順を参考に会報「まてりあ」に第1号から第3号までに掲載する。

2. 応募記事は編集委員会の査読を経て、日本金属学会会報「まてりあ」に掲載する。掲載記事が技術開発賞の選考対象となる。掲載が決まった場合には、240,000円(前維持員会社社員の場合は210,000円)の投稿料を納入すること。ただし、掲載号1冊、掲載記事のPDFファイル、別刷100部を無料とする。

3. 応募記事の記述に当たっては、次の各項に留意されたい。

- (1) 社名、商品名その他、商業用呼称を用いることは差し支えないが、その内容が一般に理解できるよう説明を付すこと。
- (2) know-howに属する事項を記述する必要はないが、新技術・新製品の特色などが理解できるようなデータを含めること。
- (3) 現在までの実績、経済性、特許関係など「技術開発賞」選考に参考となる項目をなるべく含めること。
- (4) 特許関係等についての記述は十分に注意すること。

4. 原稿作成について

- (1) 原稿は本文、図(写真)および表を含めて刷り上がり3頁以内(約6,700字)とする。
- (2) 原稿は図・表の説明を含めて全て日本語とする。物理量の単位はなるべくSI単位系による。
- (3) 原稿はレイアウトの体裁にあわせて作成する。
- (4) 応募はホームページからできます。
ホームページから直接入力 → 印刷(2枚目最後に要署名) → 原稿と一緒に提出 → 事務局確認 → 受付完了です。
図表、レイアウトを別にして作成し各原稿1部と電子ファイルを同封の上送付する。

- ① レイアウト用紙(HPよりダウンロードして下さい)
- ② 図(写真)・表

- ・図と写真は区別せず図1、図2…のように、表は、表1、表2…のようにそれぞれ通し番号とする。
- ・写真にはスケールを入れる。
- ・それぞれキャプションを付すること。(記述は横軸・縦軸・説明も含めすべて日本語とする。)
- ・カラー原稿にはカラー印刷の有無を必ず明記する。
- ・カラー印刷は刷り1頁あたり35,000円を著者が負担する。

5. 本会では、まてりあに掲載の著作物の著作権を本会に帰属させていただきます。

6. まてりあ一般記事の要領に従うこと。(まてりあ掲載「新技術・新製品」記事を参考にして下さい)

7. 提出資料

- ① 応募表紙(署名を記入すること) 応募表紙はホームページ*から直接入力作成できます。応募表紙はプリントアウトし、自署にてご署名下さい。(プリンターでB4→A4に縮小印刷して下さい)
- ② レイアウトされた原稿
- ③ 本文テキスト
- ④ 図表原稿
- ◎①～④の出力物
- ◎①～④のデータファイル(電子 mail 添付可)
- ◎封筒には「技術開発賞応募記事」と朱書下さい。

* ホームページ→表彰関係→技術開発賞募集→応募表紙(入力)→プリントアウト(署名)→原稿と一緒に送付して下さい。

申込・送付先

〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32
(公社)日本金属学会各賞係
☎ 022-223-3685 E-mail: gaffair@jim.or.jp

「新技術・新製品」記事の問合せ先

まてりあ係 E-mail: materia@jim.or.jp

～今年も、とっておきの一枚を是非、ご応募下さい～

光学顕微鏡写真だけでも応募できます。

応募締切：2014年10月31日(金)

1. 募集部門

募集部門は、下記4部門で行っております。

各部門とも試料、方法、結果などにオリジナリティーのある高い学術的価値が認められるもの、試料処理、写真処理他において技術的価値が高く、また、オリジナルな技術が含まれるもの、教材や写真集の編集などの際に利用できるような典型的な組織写真であるものを選考対象とします。

それぞれ、優秀賞および奨励賞作品を選考授賞し、各部門の優秀賞から特に優れた作品について最優秀賞を贈ります。ただし、該当する作品がないときは授賞しないことがあります。

「写真賞新部門」

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)

注：光学顕微鏡と透過電子顕微鏡写真、走査電子顕微鏡と透過電子顕微鏡写真等の組写真を応募する場合、応募者が最も適切と判断する部門を選択すること。

2. 提出要領

【提出】(①および②の両方をご提出下さい。)

- ① **印刷物**：写真作品と説明書は別々の用紙に作成し、印刷物として郵送する。
- ② **電子データ**：写真作品と説明書の電子データを別途メール添付で提出する。メールの題名は「金属組織写真賞応募」とする。

【作品】

- ① 1作品の印刷物の写真サイズはA2版(60cm×42cm)(タイトル、写真、図、Figure説明、キャプションのみ：下記の作成例参照)で、A2版の光沢紙にプリントアウトしたものを送付する(パネルのように台紙に貼付する必要はない)。
- ② 写真と図の組み合わせでも提出は可(写真、図への挿入文字は小さすぎないこと)。
- ③ 応募作品数には制限を設けない。
- ④ 他学協会等の同様の賞を受賞していない作品であること。

【説明書】

※所定様式の説明書は、印刷物で送付するとともに、別途メールに添付して送付すること。(所定様式のダウンロード)

- ① 応募部門：4部門の中から該当する部門を選択する。
- ② 題目
- ③ 作品の説明
- ④ 参考文献
- ⑤ 学術的価値(新規性、波及効果について世界の情勢に照らして記入下さい)
- ⑥ 技術的価値(試料、試料作製、写真処理において新規性、独自性について記入下さい)
- ⑦ 特記事項(教材などとしての利用価値などを記入下さい)
- ⑧ 材料名、試料作製法、観察手法、応募者・共同研究者、連絡先の必要事項を付記する。

3. 最優秀賞、優秀賞作品は、International Metallographic Contestにご応募下さい。

送付・問合せ先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32
(公社)日本金属学会 金属組織写真賞係
☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312
E-mail: gaffair@jim.or.jp

〈作成例〉写真サイズ：A2

写真サイズ見本(60cm)	説明文様式(A4)
〇〇観察による〇〇の評価 図1 〇〇〇〇 図2 〇〇〇〇 図3 〇〇〇〇	応募部門 (1. 2. 3. 4.) 題目 作品の説明 参考文献 学術的価値 技術的価値 特記事項 材料名 試料作製法 観察手法 応募者・共同研究者 連絡先

2015年度、2016年度分科会委員候補者の 推薦のお願い

分科会委員は明年4月の定時社員総会日が交替時期となっており、学会活動の一層の活性化を図るため、各界から積極にご協力いただける気鋭の人材を求めています。以下の要領で次期分科会委員候補者の推薦を募集いたします。

分科会委員選出 約70名程度を選出します。

分科会委員会の業務は次の分科に分類して執行します。

- (1) 第1分科(エネルギー材料)
- (2) 第2分科(エコマテリアル)
- (3) 第3分科(電子・情報材料)
- (4) 第4分科(生体・福祉材料)
- (5) 第5分科(社会基盤材料)
- (6) 第0分科(材料と社会)

分科会委員会の組織の構成員

- (1) 委員長 1名
- (2) 副委員長 1名
- (3) 各分科の委員長 1名
- (4) 各分科の副委員長 1名
- (5) 各分科の幹事 数名
- (6) 各分科の委員 数名
- (7) その他理事会の決議による構成員 数名

候補者の資格 金属学会会員で50歳以下の方

推薦資格 分科会委員または3名以上の正員の連名による推薦

推薦用紙記入方法

所定の推薦用紙で以下を明記の上、金属学会事務局宛(下記メール宛)に推薦下さい。

推薦された方は、分科会企画委員会において次期分科会委員候補者として検討いたします。推薦用紙はホームページよりダウンロード出来ます。

①候補者氏名②生年月日③専門分科(分科別)④勤務先・職名⑤連絡先住所・電話・E-mail

候補者推薦締切 2014年9月1日(月)

注：支部による推薦および地区別委員定数を廃止しました。選挙による委員の選出は廃止し、候補者推薦に基づいて分科会企画委員会において委員を選出することになりました。

問合・送付先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32

(公社)日本金属学会 分科会担当係

☎ 022-223-3685

E-mail: stevent@jim.or.jp

会報編集委員会からのお知らせ

まてりあ「プロジェクト報告」企画公募

特定領域研究新学術領域研究、学術研究、戦略的創造研究など、これまで公的資金補助によるプロジェクト研究が行われているが、その研究成果は一部の関係者に資料配布されるに留まっているのが現状である。

その成果を多くの研究者が目を通す会報「まてりあ」にまとめて掲載しませんか。

「まてりあ」には、有料で掲載できる「プロジェクト報告」というカテゴリーがあり、通年応募を受け付けております。下記参照の上、奮ってご応募下さい。

種別名称 プロジェクト報告

主 旨 公的資金を得ているプロジェクトの最終研究成果を有料掲載する。

応募期間 通年とする。

応募資格 企画提案者および執筆者に本会会員2名以上が含まれていることを要する。

提出書類 企画書(プロジェクト名、責任者名、企画趣旨、希望号、企画主題、記事種別・題目・執筆者・執筆頁・執筆のねらい、責任者連絡先)を提出する。

企画内容 プロジェクト紹介(1頁)、解説、最近の研究、トピックス記事スタイルの組み合わせとする。

解 説 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記述する。
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。

最近の研究 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。

トピックス 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。

企画決定 会報編集委員会にて採否の決定を行う。

費用負担 1頁：28,000円＋税

企画総頁 35頁以内

著 作 権 日本金属学会に帰属する。

査 読 会報編集委員会が行う。論文毎の複数名査読候補者を含めた企画書を提出してもらい一括して審議する。

執筆依頼 特集関係の執筆依頼方法と同じ方法で事務局が行う。

執筆方法 「まてりあ」執筆要項に準じる。

送付・問合先 〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32

(公社)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

支部行事



本多光太郎記念講演会開催のお知らせ

日 時 2014年9月17日(水) 15:00～16:30

場 所 名古屋工業大学 1号館 1階0112講義室
名古屋市昭和区御器所町

(<http://www.nitech.ac.jp/access/index.html>)

プログラム

粒界工学によるオーステナイト系ステンレス鋼の粒界劣化現象の抑制 東北大院工 粉川博之

講演概要 多結晶材料中の対応粒界頻度を高め粒界性格分布を制御することで粒界劣化現象を抑制する「粒界工学」が成果をあげつつある。ここでは加工熱処理による粒界工学をオーステナイト系ステンレス鋼に適用した例を紹介する。

参加費 無料

定 員 80名

参加申込方法 事前申し込み不要

問合せ先 東海支部事務局 松永憲一

☎ 080-4547-6041

E-mail: tokai@numse.nagoya-u.ac.jp



掲 示 板

＜公募類記事＞

無料掲載：募集人員，締切日，問合先のみ掲載。

有料掲載：1/4頁(700～800文字)程度。

・「まてりあ」とホームページに掲載；15,000円＋税

・ホームページのみ掲載；10,000円＋税

＜その他の記事＞ 原則として有料掲載。

・原稿締切・掲載号：毎月1日締切で翌月号1回掲載

・原稿提出方法：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

◇東北大学大学院工学研究科 教員 公募◇

公募人員 准教授1名(任期7年・再任有り)

所 属 知能デバイス材料科学専攻 ナノ材料物性学講座 量子材料物性学分野

専門分野 半導体・金属・磁性体等を用いたスピントロニクス材料の創製とスピントロニクスデバイスへの応用に関する教育・研究分野

応募資格 博士の学位を有し，当該分野の研究・教育に意欲があり，日本語と英語で講義のできる方

担当授業科目 「学部」数学物理学演習Ⅰ，創造工学研修，材料科学総合学実験，材料科学総合学基盤研修，知能デバイス材料科学コース研修等
「大学院」(前期)固体電子論，ナノ材料物性学セミナー，知能デバイス材料科学修士研修等，(後期)知能デバイス材料科学博士研修等

公募締切 2014年9月30日(火)

着任時期 2015年4月1日

提出書類

- (1) 履歴書
- (2) 研究業績概要(A4版2枚以内)と主要論文5編以内の別刷り(コピー可)
- (3) 研究業績リスト(査読付き論文，査読付き国際会議プロシーディングス，解説・著書，特許(出願件数：申請中含む，登録件数，主要特許10件前後のリスト等))
- (4) 獲得外部研究資金(科研費等)一覧(大学や公的な研究所に所属の場合)
- (5) 教育業績(担当科目等)，学会活動歴(委員会等)，国内外学会での基調講演・招待講演等，社会貢献，受賞，共同研究に関する業績一覧
- (6) 今後の研究計画と教育活動に関する抱負(各A4版2枚以内)
- (7) 照会可能な方2名の氏名と連絡先(住所，電話，E-mail)
- (8) 応募者の連絡先(住所，電話，E-mail)

書類送付先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-02

東北大学大学院工学研究科

マテリアル・開発系長 杉本 諭

問い合わせ先 知能デバイス材料科学専攻長 吉見享祐

☎/FAX 022-795-7324

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

※封筒に「教員公募(量子材料物性学分野 准教授)」と朱書きし，郵送の場合は書留とすること

※東北大学は男女共同参画を積極的に推進しています。詳細は大学ホームページをご覧ください。

◇東北大学金属材料研究所 附属量子エネルギー材料科学国際研究センター 助教 公募◇

公募人員 助教1名(任期7年 審査により再任1回3年可)

所 属 量子エネルギー材料科学国際研究センター

専門分野 電子顕微鏡などを用いた原子力関連材料の研究および本センターにおける国内外の研究者の共同利用の推進。意欲的に取り組んでいただける方であれば経験は問いません。

公募資格 博士の学位を有する方，あるいは着任予定日前に博士の学位取得見込みの方。

就任時期 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(原著論文，国際会議プロシーディングス，著書・解説，招待講演，その他に分類) (3)主要論文別刷3編(コピー可) (4)これまでの研究の概要(2,000字程度) (5)着任後の研究展望(2,000字程度) (6)推薦書または照会可能者1-2名の氏名と連絡先

公募締切 2014年10月31日(金)必着

書類送付先 〒311-1313 茨城県東茨城郡大洗町成田町2145-2

東北大学金属材料研究所附属

量子エネルギー材料科学国際研究センター

教授 四竈樹男

問合せ先 量子エネルギー材料科学国際研究センター

教授 四竈樹男

☎ 029-267-3181 FAX 029-267-4947

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

そ の 他 ※封筒に「量子エネルギー材料科学国際研究センター 助教 応募書類」と朱書きし，書留で郵送すること

◇東京理科大学 基礎工学部 材料工学科 専任講師 公募◇

募集人員 講師1名

勤務地 東京都葛飾区(葛飾キャンパス)ただし，勤務地に関しては将来，変更となる可能性もあります。

応募資格

博士の学位を有する方

学部における教育と大学院修士課程の研究指導を担当できる方

学部および大学院の教育・研究に対して意欲と熱意のある方

下記専門分野において，実験的研究を行うことのできる方

学内外の研究者と学際的な連携研究を積極的に実施できる方

学科・学部・大学院の運営に積極的に貢献できる方

専門分野 学術としての固体物性を基礎として，環境，エネルギー，医療，健康に関する新規性のある応用研究に発展する材料工学研究を実施できることが望ましい。

担当科目 材料工学科・専攻の教育課程における学部・修士科目 固体物理学，熱力学やその関連科目，材料基礎実験1・2，材料工学実験1・2，卒業研究，材料工学特別研究1・2等

勤務形態 常勤(任期なし)

着任時期 2015年4月1日

提出書類

(1) 履歴書 (写真付き，受賞，学会活動，社会的貢献等における主要な委員等の一覧を含むこと)

*書式等は <https://www.tus.ac.jp/boshuu/kyoin/> をご参照下さい

(2) 着任後の研究・教育に関する抱負(1,000字程度，特に学際的な連携研究に関する抱負を含むこと)

(3) これまでの研究・教育歴及び志望の動機(1,000字程度)

(4) 研究業績リスト

(応募者氏名に下線を付した著書・査読付き学術論文・国際

会議プロシーディングス・解説・報告及び報告書，特許，外部資金(科研費・その他助成金等，代表・分担等)獲得状況，受賞歴等を記載のこと。研究業績リストの表紙に氏名，各項目の件数を明記した表を記載のこと)

- (5) 主要論文の別刷(5編程度)またはそのコピー(各一部)
- (6) 学位記の写しまたは学位取得証明書
- (7) 推薦書 1通
- (8) 応募者について意見を伺える方2名の氏名，所属および連絡先

応募締切 2014年9月12日(金)必着

* 封筒に「教員応募書類在中」と明記して書留にて郵送のこと

選考方法 書類による1次審査後，面接(プレゼンテーション，模擬講義や質疑応答を含む)による審査を実施する予定です。

その他 応募の機密は厳守し，選考結果はご本人にお知らせします。応募書類は原則として返却いたしません。

問合せ先および書類送付先

〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1

東京理科大学基礎工学部材料工学科 主任 石黒 孝

☎/FAX 03-5876-1418

E-mail: ishiguro@rs.noda.tus.ac.jp

◇豊橋技術科学大学大学院 工学研究科
機械工学専攻 教授 公募◇

公募人員 教授 1名

所 属 材料・生産加工分野

専門分野 鉄鋼材料におけるナノレベルの組織・構造・物性制御による高特性・機能性材料の創成に関する分野

担当科目 大学院機械工学専攻における材料工学に関連する講義，特別研究，ならびに学部機械工学課程における材料工学に関連する講義を担当するとともに，実験・演習の指導も行う。また「数学」，「物理」などの全学対応科目を担当することもある。

応募資格 当該専門分野に関する教育・研究に優れた業績を有すること，着任時に博士または Ph.D の学位を有すること，英語で講義ができること。

着任時期 2015年1月1日以降のできるだけ早い時期

提出書類 下記 URL を参照して下さい。

<http://www.tut.ac.jp/about/kouboh26.6.18.pdf>

応募締切 2014年8月29日(金)必着

その他 選考に際して面接を実施する場合があります。その際，交通費等は支給できませんのでご了承下さい。

書類送付先 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1

豊橋技術科学大学機械工学系

教授 福本昌宏(系長) ☎ 0532-44-6692

※封筒表面に「材料・生産加工分野教員公募」と朱記し，書留で郵送して下さい。応募書類は原則として返却いたしません。なお，応募書類は教員選考の目的以外には使用いたしません。

問合せ先 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1

豊橋技術科学大学機械工学系

教授 伊崎昌伸(コース長)

☎ 0532-44-6694

◇久留米工業高等専門学校 材料工学科 教員 公募◇

公募人員 助教 1名

所 属 材料工学科

専門分野 材料物理化学

担当科目 物理化学，材料化学，材料化学実験，情報処理，卒業研究，専攻科学研究論文等

- 応募資格**
- (1) 採用時に博士の学位を有するか取得見込みの人
 - (2) 工業高等専門学校の教育・研究・学生指導に熱意を持つとともに，学校運営にも積極的かつ協動的に参画できる人
 - (3) 産学連携等の社会貢献に熱意のある人

※博士の学位取得見込みの方は，3年の任期付き助教として採用し，その間に学位を取得すれば3年の任期をはずします。

※学生指導には，学級担任，学生の生活指導，寮生指導，寮の宿直，課外活動等を含みます。

着任時期 2015年4月1日

提出書類 (1) 履歴書(写真貼付，E-mail アドレス記載)

(2) 著書・論文等一覧

(3) 著書・論文等の概要(主要なもの5編以内)

(4) 口頭発表一覧(様式4)

(5) 主に携わった職務内容と実績(様式5)

(6) 工業高等専門学校における教育・研究に携わる抱負(1,000字程度)

(7) 様式3記載の著書・論文別刷(コピー可)

※(1)～(6)については所定の様式(PDF 及び Word)がありますので，本校ホームページ内の教員公募から取得して下さい。

(<http://www.kurume-nct.ac.jp/ON/P-GAD/koubo/koubo.html>)

※提出頂いた書類はお返ししませんのでご了承下さい。

応募締切 2014年9月1日(月)必着

書類送付先 〒830-8555 久留米市小森野 1-1-1

久留米工業高等専門学校総務課人事・労務係

☎ 0942-35-9305 FAX 0942-35-9307

*「簡易書留」とし，封筒の表に「材料工学科教員(助教)応募書類在中」と朱書のこと。

選考方法 第一次選考 書類審査

第二次選考 プレゼンテーション及び面接

問合せ先 材料工学科 笹栗信也

E-mail: sasaguri@kurume-nct.ac.jp

北見工業大学 マテリアル工学科 助教 公募

公募人員 北見工業大学マテリアル工学科助教(1名)

応募締切 2014年10月31日(金)

問合せ先 北見工業大学マテリアル工学科 平賀啓二郎

☎ 0157-26-9452

E-mail: hiragake@mail.kitami-it.ac.jp



◇レアメタル研究会◇

- 主 催 レアメタル研究会
 ■主 宰 者 東京大学生産技術研究所 岡部 徹 教授
 ■協 力 (一財)生産技術研究奨励会(特別研究会 RC-40)
 ■共 催 東京大学マテリアル工学セミナー
 ■協 賛 (一社)軽金属学会, (一社)資源・素材学会, (一社)日本チタン協会, (一社)日本鉄鋼協会, (公社)日本化学会, (公社)日本金属学会
 ■開催会場 東京大学生産技術研究所
 An 棟 2F コンベンションホール
 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)
 (最寄り駅: 駒場東大前, 東北沢, 代々木上原)
 ■参加登録・お問合わせ 東京大学 生産技術研究所
 岡部研究室 学術支援専門職員 宮崎智子
 FAX 03-5452-6313 E-mail: tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp

- 平成26年度 レアメタル研究会のご案内(予定) (2014年6月30日現在)
 ■ 第62回 2014年9月19日(金)
 ■ 第63回 2014年11月28日(金)
 ■ 第64回 2015年1月9日(金)
 ★貴金属シンポジウム(第2回)+新年会★(合同開催)
 ■ 第65回 2015年3月13日(金)(平成26年度 最終回)

- 第62回 2014年9月19日(金)15:00~ An 棟 2F コンベンションホール
 テーマ: 特殊金属製錬
 午後3:00~ 講演
 ・レニウムなどの特殊金属の現状と製錬, リサイクルについて(仮)(60分)
 稀産金属株式会社 代表取締役社長 小林修二 講師
 (変更となる可能性あり)
 ・ヨード法を使ったチタンなどの特殊金属製錬(仮)(45分)
 東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師
 ・A Unique Reactive Metal: Beryllium Extraction and Its Usage(仮)(60分)
 Director, Technology, Materion Brush Beryllium & Composites, USA
 Dr. James A. Yurko
 午後6:30~ 研究交流会・意見交換会 (An 棟 2F ホワイエ)

- 第63回 2014年11月28日(金)15:00~ An 棟 2F コンベンションホール
 テーマ: 非鉄金属製錬の発展に向けて
 午後3:00~ 講演
 ・アルミニウムの工業電解の歴史と将来展望(仮)(60分)
 日本軽金属株式会社 代表取締役社長 岡本一郎 講師
 (変更となる可能性あり)
 ・マグネシウムの現状と将来(仮)(60分) 講師未定(講師探索中)
 ・チタンの資源の現状とチタン鉱石のアップグレード法などについて(仮)(60分)
 東京大学 生産技術研究所 姜 正信(Jungshin Kang)講師
 午後6:30~ 研究交流会・意見交換会 (An 棟 2F ホワイエ)

- 第64回 2015年1月9日(金)
 ★貴金属シンポジウム(第2回)+新年会★(合同開催)
 特別合同シンポジウム: 貴金属の製錬・リサイクル技術の最前線
 10:00~
 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)とサステイナブル材料国際研究センターとの特別・合同シンポジウム
 テーマ: 貴金属製錬・リサイクル
 時間: 午前10:00~
 ★企業の活動や研究を中心にプログラムを組む予定★
 ★ポスター発表会も開催予定★
 *研究会ホームページ
http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html

米国版レアメタル研究会(RMW)のご案内

Workshop on Reactive Metal Processing
 (Reactive Metal Workshop)

- RMW10 March 20 (Fri)-21 (Sat), 2015, Cambridge, MIT
 詳しくは, Reactive Metal Workshop の HP 参照:
<http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/core-to-core/rmw/>

◇ ◇ ◇
 (会誌編集委員会からのお知らせ) ——— 日本金属学会誌へ投稿しませんか? ———

◎日本金属学会誌は会員, 非会員問わず投稿することができます(和文として未発表のものに限ります)。

詳細は, 本会ホームページ → [会誌](#) をご覧下さい。皆様のご投稿をお待ちしております。

(1) 学術論文(10ページ以内)

学術論文は, 金属およびその他の材料に関連した諸部門における理論, 実験ならびに技術などに関する学術上の成果を報告し, 考察した原著論文とする。ただし, Mater. Trans. に英文発表後1年以内であれば投稿ができる。その事を脚注に明記する。

(2) 技術論文(10ページ以内)

技術論文は, 金属およびその他の材料に関連した諸部門における実験技術, 製造技術, 設備技術, 利用技術など, 技術上の成果, 基準, 標準化, データベースなど, および関連する事柄の調査, 試験結果を報告した原著論文とする。

(3) 寄書(3ページ以内)

特に速報する価値のあるもの。(内容に問題がなければ投稿後約3ヶ月で掲載)

- a: 新規性のある顕著な研究成果
 - b: 技術開発に関する新知見
 - c: 研究の過程で問題となった事柄のうち, 特に多くの読者のために役立つもの
 - d: 研究に関するアイディア, 提案など
- および, 会誌に掲載された論文に対する意見, 討論またはそれに対する著者からの回答とする。

(4) その他理事会で決議した分類

正 員

大谷 海里 京都エレクトックス株式会社
河村 貴宏 三重大学
浅見 廣樹 苫小牧工業高等専門学校
池田 裕治 京都大学
荒井 正美 ナブテスコ株式会社
井上 泰彦 株式会社竹中工務店

河江 達也 九州大学
助永 壮平 東北大学
藤岡 隼 東京理科大学
澤田 朋実 独立行政法人物質・材料研究機構
萩原 将也 株式会社東芝
窪田 崇秀 東北大学

内田 敦子 東京工業大学
木村 滋 公益財団法人高輝度光科学研究センター
高橋 友希 株式会社フジクラ
福田 敦 大阪大学
横田 有為 東北大学

学 生 員

竹内 俊一 三重大学
道屋 悠真 大阪大学
岡本 拓也 大阪大学
森 宏樹 大阪府立大学
杉山 義仁 足利工業大学
小林 良輔 足利工業大学
前田 智明 神戸大学
仲 康介 神戸大学
橋本 龍一 足利工業大学
小林 温樹 大阪市立大学
藪 知衣理 東京工業大学
山形 遼介 東北大学
川西ヨシノリ 豊橋技術科学大学
石原 聡仁 東京大学
川西 良典 豊橋技術科学大学
真保 陽一 東京大学
岡田 太一 東京工業大学
金 今大樹 東北大学
飯澤 涉史 東北大学
神保 貴行 東北大学
道下 勝太 京都大学
新貝 康晴 京都大学
森 彩花 東京工業大学
田中 亮平 京都大学
萬永 周輝 兵庫県立大学
井尻 政孝 岡山大学
鈴木 翔悟 大阪大学
稲葉 築 大阪大学大学院
佐藤 崇史 徳島大学
森本 和樹 徳島大学
三浦 大知 関西大学大学院
池田 貴勇 関西大学
延壽寺啓悟 京都大学
古田 幸三 京都大学
吉岡 黎 大阪市立大学
鈴木 昂生 東京工業大学
高林 剛 東京工業大学
岡田 俊亮 名古屋大学
岩田 大輝 熊本大学
吉永 聖矢 熊本大学
刈屋 翔太 京都芸繊維大学
大園 康介 鹿児島大学
池田 達也 九州大学
太田 将嵩 名古屋大学
松本 康平 苫小牧工業高等専門学校

小林 翔 大阪府立大学
和田 光司 大阪府立大学
平野 竣 兵庫県立大学
山城 徹弥 北海道大学
岡田 光平 京都芸繊維大学
大野 峻雅 富山県立大学
中村 颯 北海道大学
金山 大祐 大阪大学
藤田 真央 奈良女子大学
谷原 康友 大阪大学
松岡 圭祐 金沢大学
豊田 智亮 東北大学
川島 健 上智大学
久野 太郎 名古屋大学
今井 克弥 北海道大学
小林 宗睦 名古屋大学
余 吾貴彦 大阪大学
田中 謙 大阪府立大学
若林 英輝 東京工業大学
加藤 利宗 富山県立大学
三村 悠 九州工業大学
郡司 隼人 東京工業大学
白武 隆弘 熊本大学
猪股 大 東京工業大学
成田 大樹 東京工業大学
角田 貴宏 群馬大学
窪田 悠人 群馬大学
常藤 達礼 群馬大学
齋藤 実奈子 東京工業大学
齋藤 遼太 東京工業大学
森本 慎平 名古屋大学
山口翔太郎 広島大学
末竹 樹 大阪大学
石田 佳大 島根大学
長澤 良太 島根大学
中崎 悠介 千葉工業大学
天童 作 千葉工業大学
今田 健太 九州工業大学
張 海東 群馬大学
渡邊 和輝 九州工業大学
八木 新太 東海大学
野村 良 東海大学
佐藤 駿丞 東海大学
峯岸 明子 東海大学
富澤 雅貴 東海大学

宮崎 健慎 東海大学
長谷川仁紀 東海大学
坂下 麟太郎 東海大学
撰 年晃 大阪大学
石川 翔太 室蘭工業大学
徳尾 高宏 東北大学
音成 真実 東京工業大学
伊佐地育圭 千葉工業大学
林 信之 関西大学
水流 一平 愛知工業大学
倉田 和也 愛知工業大学
橋本 樹 九州工業大学
田中 祐輔 芝浦工業大学
小針 明德 芝浦工業大学
梶田 貴裕 九州大学
丁 紫玉 東北大学
神岡のぞみ 東京工業大学
堀江 晃斗 大阪府立大学
関 修哉 北海道大学
浜島 直哉 東京工業大学
石 康道 群馬大学
糸川 卓志 早稲田大学
井上 達彦 東北大学
川村隆太郎 東北大学
古川 翔 名古屋大学
金子 祐也 名古屋工業大学
内田 貴文 名古屋工業大学
堀部 祐太 名古屋工業大学
後藤 慎弥 富山大学
WANG Qiwei 東京大学
池山 卓 長岡技術科学大学
菅原 慧 東北大学
永友 洗希 九州工業大学
長澤 忍 長岡技術科学大学
竹内 啓祐 筑波大学
近藤 なつ美 東北大学
田畑 博史 群馬大学
吉松 佑樹 九州大学
植木 洗輔 東北大学
枅川 尊重 千葉工業大学
大木 啓輔 千葉工業大学
黒松 絵美 大阪大学
小林 達矢 東北大学
原 健治 東北大学
白石 一馬 熊本大学

木村奈津子 弘前大学
 稲垣雄平 大阪大学
 長江和樹 富山大学
 阪口隼夫 東京工業大学
 笠井拓矢 京都大学
 大西悠介 東京理科大学
 本野真梧 北海道大学
 元兼康智 北海道大学
 河瀬宇宙 福井大学
 斎藤要 名古屋大学
 尾形昂洋 東北大学大学院
 下境田光希 鹿児島大学
 江尻幸賢 九州大学
 上西祐一朗 東京工業大学
 南部泰平 名古屋大学
 出口大幹 大阪大学
 福孝弥 名古屋工業大学
 松本恭平 早稲田大学院
 小畑勇太郎 関西大学
 下川翔 関西大学
 森弘樹 金沢大学
 岡部史弥 筑波大学
 國井大地 東北大学
 畑本航太郎 大阪大学
 前田悠太郎 弘前大学
 小森俊輝 京都大学
 大久保政欣 大阪大学
 大宮啓太 仙台高等専門学校
 谷口麻衣子 芝浦工業大学
 佐竹孝治 芝浦工業大学
 橋口浩平 芝浦工業大学
 小儀悟史 東海大学大学院
 吉田啓太 名古屋大学
 平野慎一 長崎大学
 岩田拓也 東北大学

大脇智宏 九州工業大学
 加藤裕昌 東京工業大学
 金子雅英 九州大学
 片桐究 東北大学
 杉山啓太 東北大学
 鈴木将裕 大阪大学
 古積雄人 東北大学
 福田晃二郎 東京工業大学
 服部健吾 名古屋工業大学
 木村英成 長岡技術科学大学
 村尾泰輔 早稲田大学
 小梶智也 東京工業大学
 萩原浩史 九州大学
 石井暁大 東北大学
 藤井洋輔 大阪府立大学
 伊藤雅崇 名古屋大学
 梅野禎久 九州大学
 櫻井孝之 東北大学
 墨田岳大 東京工業大学
 宇山聖奈 上智大学
 堀恭暢 早稲田大学
 澤村翔太 上智大学
 大宅政範 兵庫県立大学
 静川裕太 北海道大学
 岡本真 兵庫県立大学
 渡邊怜 上智大学
 小林一貴 仙台高等専門学校
 吉田秀明 九州大学
 楸取航平 九州大学
 鈴木孝侑 筑波大学
 新井健太 芝浦工業大学
 青木駿介 芝浦工業大学
 佐藤広大 芝浦工業大学
 藤村勇貴 大阪府立大学
 佐藤隆洋 筑波大学

小島啓 大阪府立大学
 笹野優寿 岩手大学
 佐藤裕介 仙台高等専門学校
 根岸茂利 芝浦工業大学
 河口寿 熊本大学
 河村忠晴 芝浦工業大学
 中原庸平 芝浦工業大学
 越智直哉 九州大学
 相原良汰 千葉工業大学
 山内勇樹 愛媛大学
 十亀宏明 愛媛大学
 真鍋慶祐 愛媛大学
 山下和輝 熊本大学
 金盛潤一 大阪大学
 中村佳憲 岩手大学
 中尾拡史 大阪大学
 かど野日香理 京都大学
 武藤康政 京都大学
 富岡亮輔 京都大学
 及川颯吾 東北大学
 鈴木隆文 名古屋大学
 藤川修平 東北大学
 下地輝昭 九州大学
 猪田健登 筑波大学
 中川綾介 東北学院大学
 古内貴大 東北学院大学
 若月竜馬 東海大学
 手代木元太 東北学院大学
 矢野健一 北海道大学
 高田康佑 九州大学
 上部伊織 京都大学
 坂野尚太 東海大学
 大庭勇輝 東海大学

外国一般会員

Paik Biswajit 九州大学
 KWON Hansang Pukyong National Universtiy

曾亮 広島大学
 Li Han 九州大学

Xu Dong Hehei University of Engineering

外国学生会員

楊蔚涛 足利工業大学
 陳正昊 京都大学
 崔鍾一 横浜国立大学
 Zhang Junxiong Nanjing University of Aeronautics
 and Astronautics
 イシックムラート 東北大学

侯宇航 東北大学
 Wang Zhilei 鳥取大学
 金俊燮 横浜国立大学
 サデヒライジャニ マラヤン 東北大学
 劉天 大阪大学
 IJLAL HASIF BIN AHMAD AZIZI 弘前大学

KIM seungjin Pukyong National University
 BUASRI Taywin 東京工業大学
 ニヨムワイタヤ チョンラウィット 東海大学
 He Yinsheng Changwon National University
 ゴドゥッケ スワプニール 名古屋大学
 余浩 北海道大学



日本金属学会誌掲載論文

Vol. 78, No. 8 (2014)

依頼解説論文

MgB₂ ならびに (Ba (Sr), K) Fe₂As₂ 線材の組織と臨界電流特性

熊倉浩明 Ye Shujun Gao Zhaoshim
Zhang Yunchao 松本明善 戸叶一正

論文

三点曲げ試験における TiN コーティング膜の破壊挙動への基材処理の影響

後 裕介 岡井大祐
山本厚之 福嶋 豊 谷口善一 松永 淳

日本国内における小型電気・電子機器用途の金の消費量・ストック量および使用済み機器中の含有量の推計

吉村彰大 松野泰也

塩基性浴での電析による Bi_xSb_{2-x}Te₃ 薄膜熱電素子の作製

鈴木佑輝 陳 子諒 不破章雄

BNCT 用リチウムターゲットにおける H₂O 添加による低温・低圧窒化リチウム合成

石山新太郎 馬場祐治 藤井 亮 中村 勝 今堀良夫

ホウ素中性子捕獲療法のためのリチウムターゲット表面に合成した Li₃N の表面化学状態

石山新太郎 馬場祐治 藤井 亮 中村 勝 今堀良夫

Materials Transactions 掲載論文

Vol. 55, No. 8 (2014)

—Special Issue on Advanced Materials for Hydrogen Energy Applications II—

PREFACE Shin-ichi Orimo, Yumiko Nakamura, Kazuhiro Ishikawa, Hiroyuki Saitoh and Min Zhu

Hydrogenation of Anodized Aluminum and Crystal Growth of Formed Hydride at High Pressure and High Temperature Hiroyuki Saitoh, Seiichi Kato and Masahiko Katagiri

Raman and Infrared Spectroscopic Studies on Li₄RuH₆ Combined with First-Principles Calculations Toyoto Sato, Shigeyuki Takagi, Motoaki Matsuo, Katsutoshi Aoki, Stefano Deledda, Bjørn C. Hauback and Shin-ichi Orimo

Micro/Nano-Structural Transition and Hydrogen Absorption Mechanism in Mg/Cu Super-Laminate Composites Koji Tanaka, Hiroyuki T. Takeshita, Ho Shin, Kosuke Kurumatani, Tetsu Kiyobayashi, Nobuhiko Takeichi, Hiroshi Miyamura and Shiomi Kikuchi

Local Structural Analysis on Decomposition Process of LiAl(ND₂)₄ Kazutaka Ikeda, Toshiya Otomo, Hidetoshi Ohshita, Naokatsu Kaneko, Masami Tsubota, Kentaro Suzuya, Fumika Fujisaki, Taisuke Ono, Toshiyuki Yamanaka, Keiji Shimoda, Takayuki Ichikawa and Yoshitsugu Kojima

Improved Dehydrogenation and Rehydrogenation Properties of LiBH₄ by Nanosized Ni Addition

Hai-Wen Li, Yigang Yan, Etsuo Akiba and Shin-ichi Orimo

Additive Effects of TiCl₃ on Dehydrogenation Reaction of LiAlH₄ Shigehito Isobe, Yudai Ikarashi, Hao Yao, Satoshi Hino, Yongming Wang, Naoyuki Hashimoto and Somei Ohnuki

Dehydriding Property of NaBH₄ Combined with Mg₂FeH₆ Guanqiao Li, Motoaki Matsuo, Stefano Deledda, Bjørn C. Hauback and Shin-ichi Orimo

Improving the Cyclic Stability of V-Ti-Mn bcc Alloys Using Interstitial Elements Hyunjeong Kim, Kouji Sakaki and Yumiko Nakamura

Catalytic Effect of Multi-Wall Carbon Nanotubes Supported Nickel on Hydrogen Storage Properties of Mg₉₉Ni Prepared by Hydriding Combustion Synthesis Lingjun Wei, Zhengwei Cui, Yunfeng Zhu and Liquan Li

Hydrogen Sorption Behaviors of a Core-Shell Structured Mg@Fe Composite Powder Jianxin Zou, Sheng Long, Lifu Zhang, Chong Lu, Xi Chen, Xiaoqin Zeng and Wenjiang Ding

Hydrogen Absorption and Desorption Behavior of Magnesium Hydride: Incubation Period and Reaction Mechanism Nobuhiko Takeichi, Yasuhiro Sakaida, Tetsu Kiyobayashi and Hiroyuki T. Takeshita

Development of Ti-Zr-Mn Based Hydrogen Storage Alloys for a Soft Actuator Kouji Sakaki, Hyunjeong Kim, Hirotohi Enoki, Shin-ichi Yoshimura, Shuichi Ino and Yumiko Nakamura

Microscopic Study on Hydrogenation Mechanism of MgH₂ Catalyzed by Nb₂O₅ Shigehito Isobe, Ayaka Umeda, Takenobu Wakasugi, Tao Ma, Ryo Yamagami, Satoshi Hino, Yongming Wang, Naoyuki Hashimoto and Somei Ohnuki

—Special Issue on Platform Science and Technology for Advanced Magnesium Alloys, VI—

PREFACE Kenji Higashi, Yasumasa Chino and Yorinobu Takigawa

In-Situ Study on Deformation Behavior of ZK60 Alloy Processed by Cyclic Extrusion and Compression Jinbao Lin, Qing Wang, Weijie Ren, Qudong Wang and Lifeng Ma

Effect of Antigravity-Suction-Casting Parameters on Microstructure and Mechanical Properties of Mg-10Al-0.2Mn-1Ca Cast Alloy Tomomi Ito, Masafumi Noda, Hisashi Mori, Yoshio Gonda, Yuta Fukuda and Satoshi Yanagihara

Texture Formation and Room-Temperature Formability of Rolled Mg-Zn-Ce Alloys Yasumasa Chino, Xinsheng Huang, Kazutaka Suzuki, Motohiro Yuasa and Mamoru Mabuchi

Effect of Pretreatment on Anticorrosive Performance of AZX911 Magnesium Alloy Treated with Anodizing from Phosphate and Ammonium Salt Solution Makoto Hino, Koji Murakami, Takahiro Hori and Teruto Kanadani

Effects of Microstructure on Discharge Behavior of AZ91 Alloy as Anode for Mg-Air Battery Motohiro Yuasa, Xinsheng Huang, Kazutaka Suzuki, Mamoru Mabuchi and Yasumasa Chino

—*Special Issue on Thermoelectric Conversion Materials VIII*—

PREFACE Shigeru Katsuyama, Koji Akai, Hiroaki Anno, Kazuhiro Hasezaki, Kaoru Kimura, Michitaka Ohtaki and Masatoshi Takeda

Electronic and Local Crystal Structures of the ZrNiSn Half-Heusler Thermoelectric Material Hidetoshi Miyazaki, Teruaki Nakano, Manabu Inukai, Kazuo Soda, Yudai Izumi, Takayuki Muro, Jungeun Kim, Masaki Takata, Masaharu Matsunami, Shin-ichi Kimura and Yoichi Nishino

Effect of Ball-Milling Conditions on Thermoelectric Properties of Polycrystalline CuGaTe₂ Masaya Kumagai, Ken Kurosaki, Yuji Ohishi, Hiroaki Muta and Shinsuke Yamanaka

Simulation of a Thermoelectric Module Having Parallelogram Elements Xiangning Meng, Takeyuki Fujisaka, Keita O. Ito and Ryosuke O. Suzuki

Thermoelectric Properties of Al-Ga-Pd-Re Icosahedral Quasicrystals Y. Takagiwa, T. Kamimura, J. T. Okada and K. Kimura

Thermoelectric Properties of Group 13 Elements-Triple Filled Skutterudites: Nominal In_xGa_{0.02}Tl_{0.20}Co₄Sb₁₂ Guanghe Li, Ken Kurosaki, Yuji Ohishi, Hiroaki Muta and Shinsuke Yamanaka

—*Regular Articles*—

Materials Physics

Effect of Excitation Parameters on the Barkhausen-Noise in FINEMET-Type Amorphous Ribbons L. Daróczi, G. Eszenyi, Zs. Molnár, D. L. Beke, A. Bükki-Deme and F. Zámboreszky

Nanostructure Variations and Their Effects on Mechanical Strength of Ni-17Mo-7Cr Alloy under Xenon Ion Irradiation H. F. Huang, D. H. Li, J. J. Li, R. D. Liu, G. H. Lei, S. X. He, Q. Huang and L. Yan

Full-Potential KKR Calculations for Lattice Distortion Effect of Point Defect in bcc-Fe Dilute Alloys, Based on the Generalized-Gradient Approximation M. Asato, C. Liu, K. Kawakami, N. Fujima and T. Hoshino

Microstructure of Materials

Effects of Natural Aging on Bake Hardening Behavior of Al-Mg-Si Alloys with Multi-Step Aging Process Yasuo Takaki, Tetsuya Masuda, Equo Kobayashi and Tatsuo Sato

Kinetics of Solid-State Reactive Diffusion in the (Sn-Ni)/Cu System Misako Nakayama and Masanori Kajihara

Effect of Cooling Rate on Phase Transformation and Microstructure of Nb-Ti Microalloyed Steel Su Zhao, Donglai Wei, Rongbin Li and Li Zhang

The Effects of Anodization Treatment on the Microstructure and Fatigue Behavior of 7075-T73 Aluminum Alloy Teng-Shih Shih, Tin-Hou Lee and Ying-Jhe Jhou

Microstructure and Magnetic Properties in Nanostructured Fe and Fe-Based Intermetallics Produced by High-Pressure Torsion Akihide Hosokawa, Hideyuki Ohtsuka, Tiantian Li, Seiichiro Ii and Koichi Tsuchiya

Mechanics of Materials

A Novel “Fiber-Spacing” Model of Tensile Modulus Enhancement by Shortening Fibers to Sub-Millimeter in an Injection-Molded Glass Fiber Reinforced Polymer Bulk Molding Compound (GFRP-BMC) Michael C. Faudree, Yoshitake Nishi and Michael Gruskiewicz

Materials Chemistry

The Influence of Fluoride Anion on the Equilibrium between Titanium Ions and Electrodeposition of Titanium in Molten Fluoride-Chloride Salt Jianxun Song, Qiuyu Wang, Xiaobo Zhu, Jungang Hou, Shuqiang Jiao and Hongmin Zhu

Improvement of Bending Modulus and Impact Value in Injection-Molded Short Carbon Fiber Reinforced Polyetheretherketone with Homogeneous Low-Voltage Electron Beam Irradiation Yoshitake Nishi, Réda Ourahmoune, Masae Kanda, Junhua Quan, Michael C. Faudree and Michelle Salvia

Preparation of Ni-Aluminide Surface Layer Containing Hafnium by Molten-Salt Electrodeposition and Cyclic-Oxidation Resistance Kazuki Tabata, Hisato Fujii, Naka Sato and Motoi Hara

Materials Processing

The Temperature Field Measurement of Billet Based on Multi-Information Fusion Ma Jiaocheng, Liu Jun, Yang Qiang and Chen Liangyu

Mechanism for Development of Faults Originating from Compound Inclusions in the Forging Process of 30Cr2Ni4MoV Heavy Ingots Wen Long Zhao, Qing Xian Ma and Shi Li Zha

Engineering Materials and Their Applications

Photocatalytic Activity of the Oxide Layer Formed on NiTi Surface through Thermal Oxidation Process Kouta Sakamoto, Kento Yokoi, Aki Saito and Naofumi Ohtsu

The Preparation and Corrosion Performance of Self-Assembled Monolayers of Stearic Acid and MgO Layer on Pure Magnesium

Liying Qiao, Yong Wang, Weilang Wang, Marta Mohedano,
Caihua Gong and Jiacheng Gao

—Express Regular Articles—

Role of Chain Length and Type on the Adsorption Behavior of Cationic Surfactants and the Silica Floatability

Junhyun Choi, Jeongsik Hong,
Kyuhyeong Park, Gahee Kim, Yosep Han,
Seungkon Kim and Hyunjung Kim

Selective Dissolution of Pt-Co Binary Alloys and Surface Enrichment of Platinum in Sulfuric Acid Solution

Azusa Ooi, Yoshinao Hoshi, Eiji Tada and Atsushi Nishikata

Improvement of Powder Properties and Chemical Homogeneity of Partially Alloyed Iron Powder by a Nanopowder Process

Joon-Phil Choi, Geon-Yong Lee, Jun-Il Song,
Joon-Chul Yun and Jai-Sung Lee

—Rapid Publication—

Properties and Rapid Consolidation of Nanostructured TiC and TiC-TiAl Hard Materials by High-Frequency Induction Heating

In-Jin Shon, Hanjung Kwon and Hyoung-Gon Jo

まてりあ 第53巻 第9号 予告

ミニ特集「材料科学における第一原理計算の進展」

企画にあたって 上杉徳照
スピノーダルオーダーリングの第一原理計算 毛利哲雄
全電子混合基底法プログラム TOMBO を活用した材料科学
..... 佐原亮二 小野頌太 大野かおる
局所エネルギー・局所応力の第一原理計算法開発：材料界面への
適用 香山正憲 田中真悟 椎原良典
第一原理計算の固溶体合金への展開について
..... 上杉徳照 東 健司
材料解析における ELNES/XANES の第一原理計算
..... 溝口照康 栃木栄太 柴田直哉 幾原雄一

[講義ノート] 材料の組織形成とその理論(Ⅱ) 宮崎 亨
[新進気鋭] カーボンナノファイバー強化アルミニウム基
複合材料の作製法と機械的性質 小川文男
—他—

(編集の都合により変更になる場合がございます。)

“材料系学協会情報コーナー”

〈軽金属 第64巻 第8号 予定〉

研究論文 6111アルミニウム合金のリジリング発生に及ぼす加工
熱処理の影響と Cube 方位粒形成過程/池田賢一, 宮
田幸昌, 吉原隆浩, 高田尚記, 中島英治
アルミニウム板の展開ブランクを用いた気密性を有する
深い角筒容器の成形/畑中伸夫, 脇 彰吾, 飯塚高
志
粒界破断したピーク時効状態の Al-Zn-Mg 合金にお
ける結晶粒界の特徴/渡邊克己, 三浦直也, 上谷保
裕, 松田健二, 池野 進, 吉田朋夫, 村上 哲
解 説 軽金属学会賞 生体用チタン合金の開発と高力学的生
体適合化/新家光雄
連載講座 透過型電子顕微鏡における球面収差補正とエネルギー
フィルタリング/奥西栄治
—他—

〈ふえらむ 第19巻 第8号 予定〉

学術功績賞記念特別講演
凝固組織の評価と凝固組織形成過程の解析/江坂久雄
溶融亜鉛めっきの熱力学的研究/山口 周
鉄鋼材料の分析・解析法の研究/我妻和明
入門講座 鋼の凝固入門-10
連続鋳造Ⅲ：鋼片の魅力を感じて/吉田 仁他
躍 動 熱力学の研究に魅力を感じて/長谷川将克
解 説 研究会成果報告 鉄鋼スラグ中フリー CaO の分析方
法の標準化/乾 道春他
—他—

〈Journal of MMIJ Vol130, No.8,9〉

総 説 酸素発生用酸化物被覆チタン電極/盛満正嗣
論 文 DEM による払出立坑の閉塞シミュレーション/佐藤
彰, 尾原祐三他



書籍紹介

おはなし科学・技術シリーズ

『ナノ材料のリスク評価のおはなし』

篠原直秀 著 A6 198頁 日本規格協会 定価1800円+税

行事カレンダー

太字本会主催(ホームページ掲載)

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
8 月				
1	第7回腐食防食セミナー「腐食原理と測定技術ノウハウ」(大阪大)	腐食防食学会関西支部・土谷(大阪大)	TEL 06-6879-7470 tsuchiya@mat.eng.osaka-u.ac.jp	7.24
6～8	第27回 DV-X α 研究会(名大)	DV-X α 研究会・尾上(名大)	Tel 052-789-3784 j-onoe@nucl.nagoya-u.ac.jp http://www.dvxa.org/2014kenkyukai.html	
7	「機械の日・機械週間」記念行事(早稲田大)	日本機械学会	TEL 03-5360-3505 kikainohi@jsme.or.jp http://www.jsme.or.jp/kikainohi/	
18～22	第9回2014年度 DV-X α 夏の学校「量子材料科学」セミナー(京都)	DV-X α 研究協会・石井(香川大)	http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~tishii/Lab/DVSummerSchool/	
20～21	第6回役に立つ真空技術入門講座(大阪電気通信大)	日本真空学会関西支部・深沢	TEL 06-6397-2279 shinku-kansai@e3.eei.eng.osaka-u.ac.jp	8.1
21	関東支部講習会「ここまでできる．計算材料科学入門」(東工大)(6号272頁)	関東支部	jim-kanto@mtl.titech.ac.jp	定員 80名
21～22	日本計算工学会サマースクール「非線形有限要素法による弾塑性解析の理論と実践」(名工大)	日本計算工学会・山川(東北大)	TEL 022-795-7417 nonlinearfem@mm.civil.tohoku.ac.jp http://msd.civil.tohoku.ac.jp/nonlinearfem2014/	8.8
21～22	金属第54回 鉄鋼第57回中国四国支部講演大会(愛媛大)(6号273頁)	中国四国支部・岡田(徳島大)	TEL&FAX 088-656-7362 taikai@me.tokushima-u.ac.jp	講演・参加 6.13
21～23	高温強度と組織形成の材料科学研究会「平成26年度夏の学校」(北海道)(6号271頁)	研究会 No. 65・池田(九大)	ikedai.ken-ichi.544@m.kyushu-u.ac.jp	発表 7.11 参加 7.25
22	第58回塑性加工技術フォーラム「自動車軽量化のための鍛造技術」(東京)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 50名
24～30	国際材料研究学会連合-アジア国際会議2014(IUMRS-ICA 2014)(福岡大)	日本 MRS・室井	TEL 045-263-8538 iumrs-ica2014@mrs-j.org http://www.iumrs-ica2014.org	
25	第21回高校課題研究フォーラム「高校でできるセラミックス実験」(湘南工科大)	日本セラミックス協会	TEL 03-3362-5231 cersj-kyoiku@cersj.org http://www.ceramic.or.jp/ikyoku/kadai_kenkyu_forum.html	定員 20名
25	平成26年度 高専女子フォーラム in 東海北陸(富山)	国立高等専門学校機構他・大懸(富山高専)	TEL 076-493-3957 kikaku7@nc-toyama.ac.jp http://www.kosen-k.go.jp/kosengirl/jyoshi-forum/	
25～27	第136回塑性加工工学講座「有限要素法入門セミナー」(九工大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 35名
27～28	第44回初心者のための有限要素法講習会(演習付き)(京大)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jim@jsms.jp http://www.jsms.jp/	7.18
28～29	2014年度技術者継続教育「基礎コース」講習会(岡山)	日本マリンエンジニアリング学会	TEL 03-3539-5920 staff@jime.jp http://www.jime.jp	
28～29	第9回水素若手研究会(沖縄)	水素若手研究会実行委員会	http://home.hiroshima-u.ac.jp/h2wakate/	参加 6.18
28～30	平成26年度工学教育研究講演会(広島大)	日本工学教育協会・川上	TEL 03-5442-1021 kawakami@jsee.or.jp	5.7
28～30	日本実験力学会2014年度年次講演会(兵庫県立大)	日本実験力学会・林(岡山理科大)	TEL 086-256-9615 office-jsem@mech.ous.ac.jp	
29	第202回塑性加工技術セミナー「NUMISHEET2014におけるトピックスと日本セッション」(東京電気大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 50名
31～9.2	第8回プラズマエレクトロニクスインキュベーションホール(静岡)	応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会・本村(AIST九州センター)	TEL 0942-81-4058(292-34058) t.motomura@aist.go.jp http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/PE_SS_2014/	7.30 定員 60名
9 月				
1～2	第22回初心者のための疲労設計講習会(大阪工大)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jim@jsms.jp http://www.jsms.jp	定員 40名
1～3	第17回 XAFS 討論会(徳島大)	日本 XAFS 研究会・山本(徳島大)	TEL 088-656-7263 takashi-yamamoto.ias@tokushima-u.ac.jp http://web.ias.tokushima-u.ac.jp/jxafs17/	事前参加 8.22
2	第310回塑性加工シンポジウム「付加価値を高める板材のせん断加工」(東京電機大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 80名
2～5	第54回真空夏季大学(掛川)	日本真空学会・大工原	TEL 03-3431-4395 ofc-vs@vacuum-jp.org	
3～5	JASIS2014(幕張)	日本分析機器工業会他・菅	TEL 03-3661-5131 webmaster@jaima.or.jp http://www.jasis.jp	
4～6	第16回日本感性工学会大会(中央大)	日本感性工学会・上野	TEL 03-3666-8000 jske16@jske.org http://www.jske.org/	事前 8.1
5	第203回塑性加工技術セミナー「実習型セミナー(引張試験)」(香川大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 16名

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
5	2014年度茨城講演会(茨城大学)	日本機械学会関東支部・関東(茨城大)	TEL 0294-38-5027 ibakouen@mx.ibaraki.ac.jp	
6	平成26年度 高専女子フォーラム in 北海道(北大)	国立高等専門学校機構他・石井(釧路高専)	TEL 0154-57-7222 kyoumug@office.kushiro-ct.ac.jp http://www.kosen-k.go.jp/kosengirl/jyoshi-forum/	
6	平成26年度 YNU 公開講座「アクティブマテリアル～自己治癒材料の現状と将来～」(横浜国大)	横浜国立大学グリーンマテリアルイノベーション拠点・梅村(横浜国大)	gmi-honbu@ynu.ac.jp	
8～9	第137回塑性加工学講座「板材成形の基礎と応用～応用編～」(日本大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 50名
9～11	日本セラミックス協会第27回秋季シンポジウム(鹿児島大)	日本セラミックス協会・山口	TEL 03-3362-5232 fall27@cersj.org http://www.ceramic.or.jp/ig-syuki/27th/	
9～11	日本セラミックス協会第27回秋季シンポジウム特定セッション「次世代を切り拓くハイブリッドマテリアル」(鹿児島大)	ハイブリッド材料研究会・増田(産総研)	TEL 052-736-7345 masuda-y@aist.go.jp	
11～12	第5回「塗装入門講座」(東京)	日本塗装技術協会	TEL 03-6228-1711 toso-jimukyoku@jcot.gr.jp http://jcot.gr.jp	
11～12	第5回社会人のための表面科学ベーシック講座(東京理科大)	日本表面科学会	TEL 03-3812-0266 shomu@sss.org http://www.sssj.org	9.5
11～12	第11回ノートパソコンで出来る原子レベルのシミュレーション入門講習会～分子動力学計算と電子状態計算～(東大)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jimu@jsms.jp http://www.jsms.jp	
12	第311回塑性加工シンポジウム「高強度・軽量化・複雑一体成形に貢献する最新の塑性加工技術」(刈谷)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 100名
12	分科会シンポジウム「3D プリンターによる次世代ものづくり」(東京)(本号376頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 meeting@jim.or.jp	事前 8.31
13～14	SPRING-8 シンポジウム2014「New dimension of Science and Technology using SPRING-8」SPRING-8による科学・技術の新次元(東大)	SPRING-8 ユーザー協同体(SPRUC)・事務局	TEL 0791-58-0970 users@spring8.or.jp	
15～17	平成26年度資源・素材関係学協会合同秋季大会(熊本)	資源・素材学会	info@mmij.or.jp http://www.mmij-kyushu.com/mmij2014/	8.20
17	第204回塑性加工技術セミナー「金属薄板の高温引張試験(実習付き)」(首都大東京)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	定員 10名
17	本多光太郎記念講演会(名工大)(本号379頁)	東海支部・松永	TEL 080-4547-6041 tokai@numse.nagoya-u.ac.jp	
18～19	第39回復合材料シンポジウム(秋田)	日本複合材料学会・渋谷(秋田大)	TEL 018-889-2728 yshibuya@gipc.akita-u.ac.jp	
19	第62回レアメタル研究会(東大)(本号382頁)	レアメタル研究会・岡部(東大生産研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp	
24～25	第17回薄膜基礎講座(東京理科大)	日本表面科学会	TEL 03-3812-0266 shomu@sss.org http://www.sssj.org	9.17
24～26	日本金属学会2014年秋期講演大会(名古屋大学)(本号373頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 annualm@jim.or.jp	事前参加 8.25
25	第1回水素誘起超多量空孔研究会「水素と原子空孔」(名大)(本号375頁)	研究会 No. 73・藤浪(千葉大)	TEL 043-290-3503 fujinami@faculty.chiba-u.ac.jp	
25	第2回エレクトロニクス薄膜材料研究会「最先端電子・情報素子と機能材料研究の動向」(名大)(本号375頁)	研究会 No. 69・松尾(兵庫県立大)	FAX 079-267-4907 nmatsuo@eng.u-hyogo.ac.jp	9.19
26	第4回日本金属学会・日本鉄鋼協会女性会員のつどい(名大)(本号372頁)	日本金属学会他・御手洗	mitarai.yoko@nims.go.jp	
26	平成26年度秋期全国大学材料関係教室協議会講演会(名大)(本号375頁)	全国大学材料関係教室協議会		
28～30	第50回記念熱測定討論会(大阪大)	日本熱測定学会	TEL 03-5821-7120 netsu@mbd.nifty.com http://www.netsu.org/	参加予約 9.10
25～26	2014年度技術者継続教育「基礎コース」講習会(岡山)	日本マリンエンジニアリング学会	TEL 03-3539-5920 staff@jime.jp http://www.jime.jp	
10月				
2～3	講習会「もう一度学ぶ機械材料学」機械・製造技術者のための基礎講座一(東京)	日本機械学会・石澤	TEL 03-5360-3506 http://www.jsme.or.jp/mpd/	定員 60名
5～8	International Symposium on Long-Period Stacking Ordered Structure and Its Related Materials 2014 (LPSO2014)(熊本)	LPSO2014 熊大・河村	TEL 096-342-3547 内線3547 lpsol@kumamoto-u.ac.jp http://www.msre.kumamoto-u.ac.jp/LPSO2014/	
9～10	研究集会「結晶と組織の配向制御による材料高性能化研究会」(軽井沢)(5号226頁)	研究会 No. 67・井上(大阪府大)	TEL 072-254-9316 FAX 072-254-9912 inoue@mtr.osakafu-u.ac.jp	申込 6.20

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
11～13	第65回塑性加工連合講演会(岡山大)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	
21～22	第10回固体潤滑シンポジウム (東京理科大)	日本トライボロジー学会	TEL 03-3434-1926 http://www.tribology.jp	定員 90名
23～24	2014年度技術者継続教育「基礎コース」講習会(岡山)	日本マリンエンジニアリング学会	TEL 03-3539-5920 staff@jime.jp http://www.jime.jp	
24	第66回白石記念講座「枯渇する金属資源に「今」我々ができること・すべきこと～金属資源確保と材料設計の元素戦略～」(早大)	日本鉄鋼協会・榎岡	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp http://www.isij.or.jp/mupjrwng	
24	金属学会セミナー「材料における拡散—基礎および鉄鋼材料における拡散と関連現象」(東工大)(本号376頁)	日本金属学会	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 meeting@jim.or.jp	事前 10.10
27～30	EcoBalance 2014 第11回エコバランス国際会議(つくば)	日本LCA学会・末次	TEL 03-3503-4681 ecobalance2014@sntt.or.jp http://ilcaj.sntt.or.jp/EcoBalance2014/	
30～31	第50回 X線分析討論会(東北大)	日本分析化学会 X線分析研究懇談会・篠田	TEL 022-217-5624 shinoda@tagen.tohoku.ac.jp http://res.tagen.tohoku.ac.jp/~x50/	
11月				
1～6	The 9th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics(New Delhi)	日本実験力学会・林(岡山理科大)	office-jsem@mech.ous.ac.jp TEL 086-256-9615 http://jsem.jp/ISEM9/	
2～6	The 7th International Symposium on Surface Science (ISSS-7)(松江)	日本表面科学会	TEL 0743-72-6021 iss7@sss.org http://www.sssj.org/iss7	講演 '14.6.27
5	第17回ミレニアム・サイエンスフォーラム(東京)	ミレニアム・サイエンス・フォーラム	TEL 03-6372-8966 msf@oxinst.com http://www.msforum.jp/	
6～7	第4回若手研究者および技術者のための高温強度講習会(実習つき)(神戸)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 jimu@jsms.jp http://www.jsms.jp/	10.1
6～8	第34回表面科学学術講演会(松江)	日本表面科学会	TEL 03-3812-0266 taikai14@sss.org http://www.sssj.org	
6～8	第32回疲労シンポジウム第3回日中合同疲労シンポジウム(高山)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 http://www.jsms.jp	
14	日本希土類学会第32回講演会(東京)	日本希土類学会	TEL 06-6879-7352 kidorui@chem.eng.osaka-u.ac.jp http://www.kidorui.org/lecture.html	
14	第13回フラクトグラフィシンポジウム(立命館大)	日本材料学会	fractosym@jsms.jp http://www.jsms.jp/	講演 7.14
16～18	第40回固体イオニクス討論会(東工大)	日本固体イオニクス学会・山口研(東大)	TEL 03-5841-7140 ssij@alto.material.t.u-tokyo.ac.jp http://www.ssi-j.org/index.html	講演 9.2
16～19	ENGE 2014 (Jeju.Korea)	KIM	http://www.enge2014.org	
18	第219回西山記念技術講座「材料設計を先導する物理解析技術・計算科学—活用事例と今後への期待—」(大阪)	日本鉄鋼協会・榎岡	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp http://www.isij.or.jp/	
18～21	Plasma Conferene 2014 (PLASMA 2014)(新潟)	日本物理学会他	plasma@jpsf.or.jp	
20～21	キャビテーションに関するシンポジウム(第17回)(東大生産研)	日本学術会議第三部・加藤(東大生産研)	TEL 03-5452-6190 cav17@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/~cav17/	講演 7.25
22～24	第35回日本熱物性シンポジウム(東工大)	日本熱物性学会・元祐(東京理科大)	TEL 03-5876-1826 jstp2014@rs.tus.ac.jp http://www.rs.tus.ac.jp/jstp2014/	参加 10.17
22～24	第55回高圧討論会(徳島大)	日本高圧力学会	TEL 070-5658-7626 tourokai55@highpressure.jp http://www.highpressure.jp/new/55forum/	講演 7.18
25	第220回西山記念技術講座「材料設計を先導する物理解析技術・計算科学—活用事例と今後への期待—」(早大)	日本鉄鋼協会・榎岡	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp http://www.isij.or.jp/	
25～27	第27回国際超電導シンポジウム(ISS2014)(東京)	国際超電導産業技術研究センター	TEL 044-850-1612 http://www.istec.or.jp/ISS	
28	第63回レアメタル研究会(東大)(本号382頁)	レアメタル研究会・岡部(東大生産研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp	
29～30	第11回材料の衝撃問題シンポジウム(豊橋技科大)	日本材料学会	TEL 075-761-5321 http://www.jsms.jp jimu@jsms.jp	
12月				
3～5	第35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(明治大)	超音波シンポジウム運営委員会・小野寺(東工大)	TEL 045-924-5598 terry@ip.titech.ac.jp http://use-jp.org	講演 8.4
4～5	第52回高温強度シンポジウム(函館)	日本材料学会	TEL 075-761-5325 http://www.jsms.jp/	講演 9.8
8～10	第41回炭素材料学会年会(福岡)	炭素材料学会	TEL 03-5389-6359 tanso-desk@bunken.co.jp http://www.tanso.org/contents/event/conf2014/	講演 8.25

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
20	2014年度計算力学技術者(CAE技術者)「1・2級」認定試験・講習会(東京)	日本機械学会・関根	TEL 03-5360-3506 caenintei@jsme.or.jp http://www.jsme.or.jp	
20	平成26年度 高専女子フォーラム in 中国(広島)	国立高等専門学校機構他・白井(呉高専)	TEL 0823-73-8200 kikaku@kure-nct.ac.jp http://www.kosen-k.go.jp/kosengirl/jyoshi-forum/	
2015年1月				
8~9	第53回セラミックス基礎科学討論会(京都)	日本セラミックス協会基礎科学部会・藤井(龍谷大)	TEL 077-543-7466 ifuji@rins.ryukoku.ac.jp http://www.chem.ryukoku.ac.jp/kiso53	
9	第64回レアメタル研究会(第2回貴金属シンポジウム)(東大)(本号382頁)	レアメタル研究会・岡部(東大生産研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp	
3月				
5	第30回塗料・塗装研究発表会(東大)	日本塗装技術協会	TEL 03-6228-1711 toso-jimukyoku@jcot.gr.jp http://jcot.gr.jp	
13	第65回レアメタル研究会(東大)(本号382頁)	レアメタル研究会・岡部(東大生産研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp	
18~20	日本金属学会春期講演大会(東京大学駒場キャンパス)	日本金属学会	annualm@jim.or.jp TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312	
7月				
7~10	The Fifth International Conference on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Advanced Materials (ICCCI2015)(富士吉田)	粉体工学会・多々見(横国大)	iccci2015@ml.ynu.ac.jp http://ceramics.ynu.ac.jp/iccci2015/	
9月				
16~18	日本金属学会秋期講演大会(九州大学伊都キャンパス)	日本金属学会	annualm@jim.or.jp TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312	
10月				
5~8	Asia Steel International Conference 2015(Asia Steel 2015)(横浜)	日本鉄鋼協会	asiasteel2015@issjp.com http://www.asiasteel2015.com	

◇ 事務局夏期休業のお知らせ ◇

2014年8月15日(金)



2013, 2014年度会報編集委員会 (五十音順, 敬称略)

委員長	古原 忠						
副委員長	御手洗容子						
委員	赤瀬善太郎	阿部世嗣	池田賢一	池田大亮	石川和宏	石丸 学	
	石本卓也	磯部繁人	井手拓哉	上杉徳照	上田恭介	上田正人	
	太田道広	大津直史	大塚 誠	大沼郁夫	大野宗一	奥村圭二	
	小澤俊平	川喜多 仁	菊池丈幸	菊地竜也	北嶋具教	小泉雄一郎	
	好田 誠	小林正和	小山佳一	佐々木泰祐	佐藤和久	佐藤 尚	
	篠田弘造	柴田暁伸	清水崇行	杉浦夏子	須藤祐司	高木秀有	
	高橋 淳	竹田 修	田中真悟	田中秀明	田中將己	垂水竜一	
	寺山 朗	仲井正昭	中野正基	仲道治郎	中村貴宏	中田博士	
	柳楽知也	南島 晋	長谷崎和洋	波多 聡	畠山賢彦	廣澤渉一	
	廣本祥子	藤原航三	古澤孝之	細川裕之	本間智之	松尾元彰	
	松八重一代	三浦永理	水内 潔	水口 隆	光原昌寿	水本将之	
	宮岡裕樹	村石信二	村上浩二	森戸茂一	山崎倫昭	山田高広	
	山室佐益	湯蓋邦夫					

まてりあ 第53巻 第8号(2014) 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 2014年8月1日

発行人 梶原義雅

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

発売所 丸善株式会社

〒105-0022 東京都港区海岸 1-9-18

創業1921年

ALLOYS & METALS

品名	純度	形状	品名	純度	形状	品名	純度	形状
純 金 属			高 純 度 金 属			フェロアロイ		
高純度アルミニウム	99.99%	約1kgインゴット	アルミニウム	99.999%	粒状100g入	フェロモリブデン	Mo 60%	塊 状
アルミニウム	99.7%	〃	アルミニウム	〃	約100g塊	フェロニオブ	Nb 60%	〃
アルミニウム粒	99.99%	粒状1kg入	銀	99.999%	粒 状	フェロバナジウム	V 80%	〃
アルミニウム粉	99.7%	粉末末	ビスマス	99.9999%	粒状100g入	フェロボロン	B 20%	〃
銀	99.99%	粒 状	ビスマス	〃	約100g塊	カルシウムシリコン	Ca30%Si60%	小 塊 状
ボロンクリスタル	99.4%	小 塊 状	高純度クロム(4N5)	99.995%	薄 片 状	中 間 合 金		
ボロンアモルファス	95~97%	粉末末	無 酸 素 銅	99.99%	10X10X1mm			
ビスマス	99.99%	針 状	鉄(マイロンSHP)	99.99%	25X25X2mm	燐	P>14.5%	粒 状
コバルト	99.3%	粒 状	ゲルマニウム	99.9999%	粒状25g入	シリコン銅	Si 15%	約1kgインゴット
電解コバルト(FB)	99.9%	約25X25X10mm	インジウム	99.999%	約50g塊	マニガン銅	Mn 25%	〃
金属クロム	99%	塊 状	インジウム	99.999%	粒状100g入	マグネシウム銅	Mg 50%	〃
電解クロム	99%	薄 片 状	インジウム	〃	約100g塊	クロム銅	Cr 10%	〃
電 気 銅	99.99%	粉末500g入	イ ン ジ ウ ム	99.999%	粒状100g入	テルル銅	Te 50%	〃
銅	99%	約25X50X10mm	イ ン ジ ウ ム	99.999%	約100g塊	コバルト銅	Co 10%	〃
電解鉄(アトミロンMP)	99.9%	粉末500g入	マ ン ガ ン	99.999%	約100g塊	ニッケル銅	Ni 30%	〃
電解鉄(アトミロンFP)	〃	小 片 状	タ	99.9%	粒状100g入	鉄	Fe 10%	〃
電解鉄(アトミロンXL)	〃	〃	テ ル ル	99.9999%	約100g塊	チ タ ン	Ti 50%	〃
電 解 鉄 粉	99%	粉末1kg入	ル	〃	約100g塊	ジルコニウム銅	Zr 50%	〃
ハフニウム	99.8%	スポンジ小塊	亜 鉛	99.999%	約100g塊	ボ ロ ン	B 2%	粒 状
インジウム	99.99%	塊 状	亜 鉛	〃	約100g塊	アルミ	Cu 40%	約5kgインゴット
マグネシウム	99.9%	約200g塊	亜 鉛	99.9999%	粒状100g入	アルミマグネシウム	Mg 20%	〃
電解マンガン	99.9%	薄 片 状	タ	〃	約100g塊	アルミマンガン	Mn 10%	〃
モリブデン粉	99.9%	粉末末	タ	99.9%	5φX150mm	アルミニウム	Ni 20%	〃
ニオブグラニュー	99.9%	小 塊 状	レアアースメタル			アルミニウム	Cr 5%	〃
ニ オ ブ 粉	〃	粉末末	イ ッ ト リ ウ ム	99.9%	塊状、削状、粉状	アルミクロム	Ti 5%	〃
電 気 ニ ッ ケ ル	99.99%	25X25X10mm	ラ タ ン	〃	〃	アルミチタン	Si 25%	〃
ニッケルペレット	99.97%	球 状	セ リ ウ ム	〃	〃	アルミシリコン	Ta 5%	〃
ニ ッ ケ ル 粉	99.8%	粉末1kg入	ブ ラ セ オ ジ ム	〃	〃	アルミコバルト	Co 5%	〃
レニウム粉	99.99%	粉末末	ネ オ ジ ム	〃	〃	アルモリブデン	Mo 5%	〃
ルテニウム粉	99.9%	〃	サ マ リ ウ ム	〃	〃	アルミタングステン	W 2.5%	〃
ア ン チ モ ン	99.9%	塊 状	イ ッ テ ル ビ ウ ム	〃	〃	アルミベリリウム	Be 2.5%	約50gインゴット
金 属 シ リ コ ン	99%	〃	テ ル ビ ウ ム	〃	〃	アルミ鉄	Fe 50%	塊 状
錫	99.99%	約1kgインゴット	ジ ス ブ ロ シ ウ ム	〃	〃	アルミジルコニウム	Zr 5%	約5kgインゴット
タ ン タ ル 粒	〃	粒 状	ホ ル ミ ウ ム	〃	〃	アルミボロン	B 4%	約200gインゴット
タ ン タ ル 粉	〃	小 塊 状	エ ル ビ ウ ム	〃	〃	アルミバナジウム	V 50%	小 塊 状
スポンジチタン	99.99%	粉末末	ユ ー ロ ビ ウ ム	〃	〃	アルミストロンチウム	Sr 10%	約100gインゴット
チ タ ン 粉	99.7%	スポンジ塊	ツ リ ウ ム	〃	〃	アルミカルシウム	Ca 10%	約2.5kgインゴット
チ タ ン 板	99%	粉末500g入	ル テ チ ウ ム	〃	〃	ニッケルボロン	B 15%	塊 状
バナジウム	99.7%	250X250X1mm	ミ ッ シ ュ メ タ ル	TRE>97%	5.4φX6mm 1kg入	ニッケルニオブ	Nb 60%	〃
バナジウム粉	〃	小 塊 状				コバルトボロン	Mg 50%	約1.5kgインゴット
タングステン粉	99.9%	粉末末				燐	P 5%	塊 状
タングステンクラップ	99%	板 状						インゴット
亜 鉛	99.99%	約2kgインゴット				Uアロイ(低融点合金)		
鉛	〃	粒 状				U ア ロ イ 47	融点47±2℃	約500gインゴット
ジルコニウム	99.6%	スポンジ塊				U ア ロ イ 60	60±2℃	〃
						U ア ロ イ 70	70±2℃	〃
						U ア ロ イ 78.8	78.8±2℃	〃
						U ア ロ イ 91.5	91.5±2℃	〃
						U ア ロ イ 95	95±2℃	〃
						U ア ロ イ 100	100±2℃	〃
						U ア ロ イ 124	124±2℃	〃
						U ア ロ イ 150A	150±2℃	〃

お問い合わせは、必ず下記事項をご記入の上、FAXしてください。

「社名」または「大学名」、および「所属と名前」、個人の方は「名前」
「郵便番号・住所・電話・FAX」・「商品名・純度・形状・希望数量」

FAX (03)

3294-9336

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

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

高純度 GfG

汚れや飛散のないカーボン材料

最高温度2,800℃

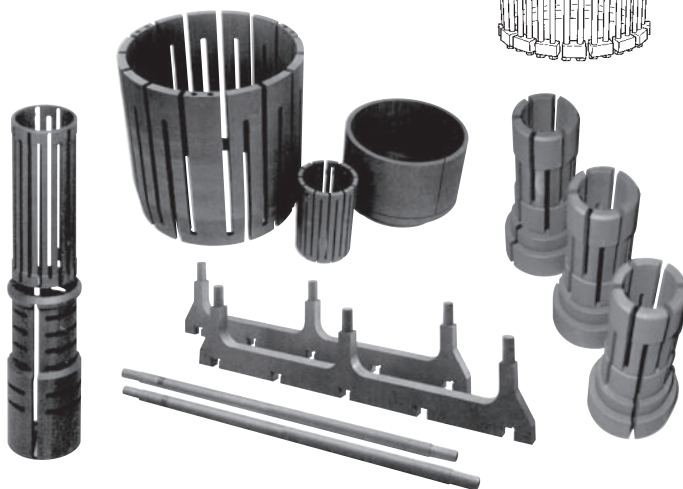
純度5PPM以下

■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

試験雰囲気ガス中の酸素濃度のコントロール・測定に!!

高濃度 (10^5 PaO_2) から極低濃度 (10^{-25} PaO_2) まで酸素をコントロール測定します。

酸素分圧 & 雰囲気制御試験炉



SiOAF-200C

NEW

管状炉付酸素分圧
コントローラー

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

SiOC-200CB
(循環型)



酸素分圧コントローラー

- 本装置はジルコニア式酸素ポンプに不活性ガスを流し、ガス中の酸素濃度を制御します。
- 酸素濃度のコントロールは酸素ポンプと酸素センサーを組み合わせた PID 式フィードバック回路により制御されます。
- 不活性ガス中の酸素濃度は $10^5 \sim 10^{-25} \text{ PaO}_2$ (タイプ C 循環式) の範囲で制御します。

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



SiOS-200C
(コンパクトタイプ)

高感度酸素センサー

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



エステーラボ株式会社

E-mail: info@stlab.co.jp/URL: http://www.stlab.co.jp

TEL: 029-219-5675 FAX: 029-219-5676

走査型オージェ電子分光分析装置 Auger Electron Spectroscopy

PHI 710 *Scanning Auger Nanoprobe*



特 徴

- ・ アコースティックエンクロージャにより、50万倍での元素分析を実現
- ・ 同軸円筒鏡型電子分光器 (CMA: Cylindrical Mirror Analyzer) による高感度・高スループット分析
- ・ 高エネルギー分解能測定に対応
- ・ フローティングイオン銃により高パフォーマンスの深さ方向分析が可能
- ・ 帯電中和により絶縁物分析の可能性が拡大
- ・ Windows対応ソフトウェアにより、容易な測定と高度な解析が可能

アルバック・ファイ株式会社

本社・工場 〒253-8522 茅ヶ崎市円蔵370番地 TEL: 0467-85-4220 (国内営業部) FAX: 0467-85-4411
大阪営業所 〒532-0003 大阪市淀川区宮原3-3-31 上村ニッセイビル5階 TEL: 06-6350-2670 FAX: 06-6350-2980

www.ulvac-phi.com