

Materia Japan

- 小特集「材料科学分野に於ける教育現状と
発展契機のための活動事例」
- 講義ノート 鉄鋼の相変態Ⅳ
～オーステナイト化の速度論～

まてりあ

Vol.54 MTERE2 54 (4) 137~188 (2015)

2015
4



TOKKIN はみなさまの サンプル創りをお手伝いします

- ☑ 研究・開発用に極少量だけ欲しい
- ☑ 開発材を所定の厚さまで圧延したい
- ☑ 特性評価用に平坦なサンプルが欲しい

4段・12段可変圧延機による張力圧延で
カスタムメイド仕様の金属サンプルを作成します

サンプル寸法

原材寸法 MAX厚 4.00mm × 幅 30~150mm × Lo
Lo : 500mm単板から張力圧延可能

最終寸法 MIN厚 0.02mm × 幅 30~150mm × L
L : コイル状のサンプル圧延可能

<実績材種> 炭素鋼、ステンレス、銅合金、
チタン合金、アルミニウム合金、ニッケル合金 他

TOKKIN 株式会社特殊金属エクセル
TOKUSHU KINZOKU EXCEL CO., LTD.
<http://www.tokkin.co.jp/>

本社：営業本部
〒171-0030 東京都豊島区目白1-4-25 目白博物館ビル6F
TEL 03-5391-6151 FAX 03-5391-0051

埼玉事業所：新機能材料開発本部
〒355-0342 埼玉県比企郡ときがわ町玉川 56
TEL 0493-65-1543 FAX 0493-65-3578

弾性率と内部摩擦(減衰性能)測定装置の総合、専門メーカー

日本テクノプラス株式会社

新製品 共振式薄板疲労試験装置

弊社の共振技術を活用した薄板の疲労試験装置を開発。
従来の疲労試験にない次のような特徴があります。

- 破壊前の疲労経過をヤング率変化で把握が可能
- 2000万回でも2日以内と短期間試験が可能
500cycle/sec程度と適正な繰り返し速度
- 発熱が非常に少ないので被験材の物性変化がない
- 静音で小型、軽量なので事務所でも試験可能
- マイコン内蔵でパソコンにS/Nグラフも即表示
- 試験試料作成が容易(短冊状)
- 疲労箇所を特定可能→破壊前の組織観察が可能
- 付加機能、仕様変更など細かな対応も可能



多様な弾性率測定、内部摩擦測定装置

高温弾性率、内部摩擦測定装置 EG シリーズ

高温での群を抜く測定の容易さ。(左下写真)

高精度自由共振式弾性率、内部摩擦測定装置 J シリーズ

なんといっても高精度。

インパクト式ヤング率、減衰率測定装置 IE シリーズ

現場での品質管理や大型試料のヤング率などの簡易測定。

薄板、細線用弾性率、内部摩擦測定装置 T シリーズ

縦共振式ヤング率測定装置 VE シリーズ

横共振測定が困難な場合に活用

弾性定数、弾性率測定装置 CC シリーズ

弾性率(E,G,ν)だけでなく弾性定数(Cij)も測定。

典型的な異方性試料の単結晶。多結晶 Cij も測定(CC2型)
解析ソフトも単独販売。

メカニカルスペクトロメーター MS シリーズ

強制振動式内部摩擦測定装置。低周波の周波数依存性測定。

電磁超音波共鳴装置 (EMAR) EM シリーズ

高粘度物質絶対粘度測定装置 HV シリーズ

低粘度測定装置の外挿値では心配。標準試料作成に力を発揮。

連絡先 大阪市淀川区木川東 3-5-21 第3丸善ビル(新大阪付近)
電話 = 06-6390-5993 E-mail = ntp@nihon-tp.com
URL = <http://www.nihon-tp.com>

◎ 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

小特集「材料科学分野に於ける教育現状と発展契機のための活動事例」

企画にあたって 池田大亮 森戸茂一 大沼郁雄	137
中高の材料科学分野における教育の現状と課題 秋重幸邦	138
東北大学創造工学センターにおける体験学習の取り組み ～子ども科学キャンパス～ 大沼郁雄 伊藤 聡	142
島根大学に於ける理工系分野の啓発教育活動 ～高校生を対象とした「理工特別塾」の開設～ 船木修平	147
「NPOものづくり教育たたら」の活動事例 渡邊 玄	152
産業技術総合研究所による出前講座・実験教室事業 ～双方向コミュニケーションを目指して～ 下村正樹	157
高等学校の材料科学教育 木浪信之	161
材料教育の未来・今後の展望 藤林晃夫	166
講義ノート 鉄鋼の相変態 IV —オーステナイト化の速度論— 榎本正人	168
<small>フェライト、マルテンサイトからのオーステナイト化とフェライト/セメンタイト混合組織からのオーステナイト化の基礎理論。</small>	
国際学会だより Advanced Structural and Functional Intermetallic-Based Alloys シンポジウム報告 岸田恭輔 三浦誠司	176
はばたく 電子顕微鏡法と材料研究 赤嶺大志	177
本会記事 会告	178
支部行事	181
掲示板	181
会誌・欧文誌4号目次	184
次号予告	185
材料系学協会情報コーナー	185
行事カレンダー	186
新入会員	188
事務局からのお知らせ	188

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の複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はありません。(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です。)

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F

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

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

科研費関連機器・製品申請ガイド

〈ソフトウェア・書籍・サービス〉

ガラス物性データベース SciGlass 7.7

Item #	Comp.	Temp. (°C)	Temp. (°F)	ρ (g/cm³)	ρ (lb/in³)	μ (cP)	η (Pa·s)	η (poise)	T _g (°C)	T _g (°F)
14017	40.12 40.10	-	-	2.572	0.149	197	480	46	-	-
14018	47.50 40.25	-	-	2.576	0.149	187	456	45	-	-
14019	47.21 42.37	-	-	2.558	0.147	183	462	45	-	-
14020	46.52 47.14	-	-	2.562	0.148	172	462	45	-	-
14021	46.20 50.80	-	-	2.548	0.146	161	478	45	-	-

Value	Unit
1.688	P

Comp.	%
SiO ₂	28.68
B ₂ O ₃	18.74
Li ₂ O	5.82
BaO	20.94
CaO	3.10
TiO ₂	16.83
ZrO ₂	3.40

●ガラス

230,000件の酸化ガラス、14,000件のハロゲン化ガラス、28,000件のカルコゲナドガラスなど計約360,000件のガラス

●物性

1,000,000件以上の実測値と合成法、測定法の情報

●物性推測計算

100通り以上の推算法で16種類の物性を推測。実測値との比較プロット。

●最適ガラスの検索

●光学スペクトルデータ(UV, NIR)

定価(税別)

¥700,000(一般)

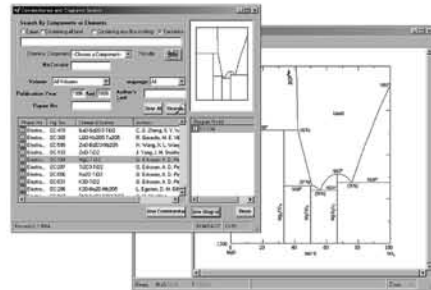
¥400,000(教育)

株式会社 デジタルデータマネジメント

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町1-11-8 紅萌ビル
TEL 03-5641-1771 FAX 03-5641-1772
<http://www.ddmcorp.com>

〈ソフトウェア・書籍・サービス〉

25,000件のセラミックス状態図データベース ACerS-NIST Phase Equilibria Diagrams, Version 4.0



定価(税別)
¥160,000
(シングルユーザー)

(American Ceramic Society)

検索条件

- 成分系、元素記号
- 著者、出典誌名、出版年
- 状態図番号

データ表示

- ◆モル百分率 ↔ 重量百分率
- ◆Lever rule計算
- ◆ズームアップ/ズームダウン
- ◆状態図をBMPまたはWMFとして保存

データソース

- Phase Diagrams for Ceramists (Volumes I~XIV, Annual Volumes '91, '92 and '93, High Tc Superconductor monographs (two), Phase Diagrams for Zirconium + Zirconia Systems and Phase Diagrams for Electronic Ceramics I)

株式会社 デジタルデータマネジメント

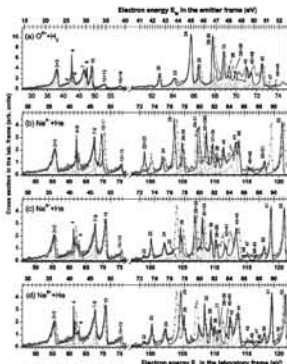
〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町1-11-8 紅萌ビル
TEL 03-5641-1771 FAX 03-5641-1772
<http://www.ddmcorp.com>

〈ソフトウェア・書籍・サービス〉

データ解析・グラフ作成ソフトウェア OriginPro 2015

価格(税別): 120,000円
(アカデミック版)

研究者、エンジニア向けのグラフ作成/データ分析に特化したソフトウェアです。グラフ作成では2D、3D、等高線、統計グラフなど、約100種類のグラフを作図できます。解析機能としてはカーブフィット、ピーク分離、データのスムージング、FFTなどの信号処理、多変量解析など数多くの機能を実行できます。



仕様

動作環境 OS : Windows 8.1/8/7/Vista/XP、CPU : Pentium 1.5GHz以上、メモリ : 1GB、ディスク容量 : 2GB以上の空き容量が必要。

株式会社ライトストーン 商品部

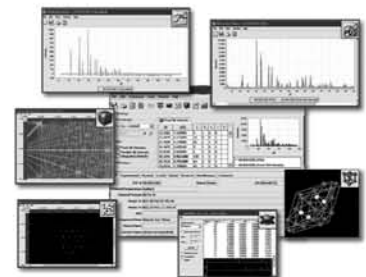
〒130-0026 東京都墨田区両国4-30-8 両国Y・Aビル6階
TEL 03-5600-7201 FAX 03-5600-6671
<http://www.lightstone.co.jp/origin> e-mail: sales@lightstone.co.jp

〈ソフトウェア・書籍・サービス〉

粉末X線回折のためのデータベース ICDD PDF-4+ 2014

価格(税別): 1,200,000円
(アカデミック版)

無機化合物の粉末回折パターンのデータベースです。最新版のPDF-4+ 2014ではデータ収録数がさらに増え、328,660件になりました。ライセンス形態は年次更新型です。年次更新を行うタイミングで最新のデータを収録したDVD-ROMが提供されます。



仕様

動作環境 OS : Windows 8.1/8/7/Vista (32-bit)、CPU : Intel Core 2 Duo以上、メモリ : 4GB、ディスク容量 : 9GB以上の空き容量が必要、NTFSファイルシステムが必須。

株式会社ライトストーン 商品部

〒130-0026 東京都墨田区両国4-30-8 両国Y・Aビル6階
TEL 03-5600-7201 FAX 03-5600-6671
<http://www.lightstone.co.jp/icdd> e-mail: sales@lightstone.co.jp

特殊遊星回転ボールミル（加熱式、冷却式）

加熱式 遊星回転ボールミル LP-M2H



本装置は、常温での粉碎は勿論のこと230～250℃に加熱しながらの粉碎実験が行える遊星回転ボールミルです。付属のコントロールパネルにて温度調節、回転数、粉碎時間などの設定が出来、更に粉碎時の加熱状況を記録するための温度記録計と、運転中に重量のアンバランスによる異常振動を感知し自動停止させるためのセンサーが内蔵されています。

- 容器:専用容器 45ml 2個掛け
- 最大回転数:台盤500rpm
- 回転調整:インバーター式
- 回転数表示:台盤回転数をデジタル表示
- ヒーター:最大3kw SCR自動制御
- 使用最高温度:230～250℃
- 使用電源:AC200V 3相 50/60Hz
- 重量(約):本体200kg、制御盤20kg
- 全体寸法:約W100×D60×H50cm
- 温度調節:プログラム式
- 時間設定:デジタルタイマー
- モーター:200W

冷却式 遊星回転ボールミル LP-M2C

従来の遊星回転ボールミルでは、高速回転中の粉碎エネルギーや、摩擦による避けられない熱が生じ、低融点、或いは弱熱性の試料を粉碎することは困難でした。冷却式のLP-M2Cは運転中に粉碎エリア内全体を強力に冷却し、粉碎容器内部での発熱を常温に近い約20～40℃以下に抑えるので、試料への熱の影響は殆どありません。粉碎容器は2個掛けで、容量は各45mlです。粉碎容器は、メノウ、部分安定化ジルコニア、Hiアルミナ、タンガステン等、数種類の材質があり、試料に適した材質の選択ができます。振動センサー、温度表示が付いています。尚、有償でレンタル機もご利用頂けますのでお問い合わせ下さい。

- 電源:100V 50/60Hz
- モーター:200W
- 回転数:台盤の回転数 最大500rpm
- 外形寸法:W640×D672×H313mm
- 重量:約30kg
- タイマー:デジタル減算式、最大99時間59分



※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@itoh-mill.com

Goodfellow

www.goodfellow-japan.jp

研究開発向け材料サプライヤー

グッドフェロー日本代表事務所
〒105-0003 東京都港区西新橋2-7-4 CJビル7F
Tel: 03-5579-9285 Fax: 03-5579-9291
info-jp@goodfellow.com

【代理店一覧】

(株)ニューメタルスエンドケミカルスコオペレーション
www.newmetals.co.jp Tel: 03-3231-8600

仁木工芸(株)
www.nikiglass.co.jp Tel: 03-3456-4700

和光純薬工業(株)
www.wako-chem.co.jp Tel: 0120-052-099

(株)ジャパンメタルサービス
www.jpn-ms.co.jp Tel: 048-920-3200

ON-LINE CATALOGUE



8万点取扱い



小ロット



即配達



カスタムオーダー



科研費関連機器・製品申請ガイド

超小型真空アーク溶解装置

NEV-AD03型

小型傾角鑄造装置

NEV-AD03TC型



超小型

高機能

省スペース

超小型真空アーク溶解装置 (傾角鑄造オプション付)

■特長 超小型アーク溶解装置

- ①非常に小型で操作性が抜群に良い!
- ②水冷ハースはセットしたまま清掃が可能!

小型傾角鑄造装置

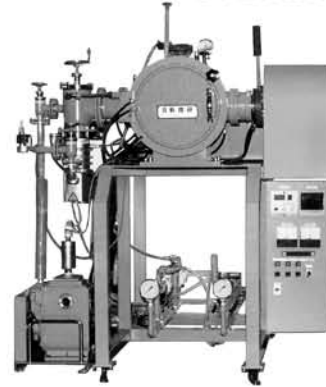
- ①傾角鑄造法(特許)にてアーク溶解鑄造が可能!
- ②弊社製アーク溶解装置からの改造が可能!

小型真空溶解装置

NEV-MO4C型

高周波溶解方式 鉄系400g

- 手軽で溶解操作が**簡単!!**
- 小型で設置スペースが**小さい!!**
- 高機能であるが**低価格!!**



三拍子揃った
高機能装置!!

小型連続鑄造装置

NEA-CL10型

高周波溶解方式 鉄系10kg



実験試料作製 &
少量生産に最適!

■特長

- ①偏析の少ない材料が任意の形状(板材・棒材等)で引出可能!
- ②設置場所に合わせて縦型・横型選択可能!
- ③タッチパネルでのロギング機能標準装備!

液体急冷凝固装置

NEV-A 05型

非晶質金属作製機構
金属ガラス作製機構



最新型

超小型
高機能
超低価格

- ### ■特長
- ①高周波電源、真空室、制御盤、全て自社設計製作の為総合技術力を持っている。
 - ②ロール回転駆動は当社の特許によるマグネットカップリング方式で高真空を保てます。
 - ③ロール回転振れは10μm以内で高精度、ノズルチャック部はノズルの交換が容易
 - ④ロールとノズルのギャップ調整精度0.05mm

営業品目

新素材開発装置部門

非晶質金属作製装置
真空アーク溶解装置
メカニカルアロイング装置
半田粉末作製装置
真空ホットプレス装置
高周波電源各種

各種単結晶作製装置部門

酸化物単結晶引上装置
SiC単結晶成長装置
SiCアニール装置
少量ガスアトマイズ装置
FZ装置
トリアーク式単結晶引上装置

電子ビーム装置部門

蒸着用電子ビーム源 (5kW)
蒸着用電子ビーム源 (10kW)
蒸着用電子ビーム電源 (5kW)
蒸着用電子ビーム電源 (10kW)
蒸着用電子ビーム電源 (20kW)
※各種実験対応致します。

技 日新技研株式会社

〒358-0032 埼玉県入間市狭山ヶ原碑の前384 TEL.04(2935)1411(代) FAX.04(2935)1390

<http://www.nissin-giken.co.jp>

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	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%	小块状
ボロンクリスタル	99.4%	小块状	高純度クロム(4N5)	99.995%	薄片状	中間合金		
ボロンモルファス	95~97%	粉末	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	ガリウム	99.9999%	粒状25g入	シリコン	Si 15%	約1kgインゴット
電解コバルト(FB)	99.9%	約25X25X10mm	ゲルマニウム	99.999%	約50g塊	マンガン	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	Mg 50%	〃
電解クロム	99%	薄片状	インジウム	〃	約100g塊	クロム	Cr 10%	〃
クロム粉	99%	粉末500g入	インジウム	〃	薄片状	テール	Te 50%	〃
電気銅	99.99%	約25X50X10mm	マンガン	99.999%	粒状100g入	コバルト	Co 10%	〃
銅	99%	粉末500g入	錫	99.999%	約100g塊	ニッケル	Ni 30%	〃
電解鉄(アトミロンMP)	99.9%	小片状	アンチモン	99.9999%	約100g塊	鉄	Fe 10%	〃
電解鉄(アトミロンYL)	〃	〃	アンチモン	〃	約100g塊	チタン	Ti 50%	〃
電解鉄(アトミロンFP)	〃	〃	テール	99.9999%	約100g塊	ジルコニウム	Zr 50%	〃
電解鉄(アトミロンXL)	〃	〃	ル	〃	約100g塊	ボロン	B 2%	粒状
電解鉄粉	99%	粉末1kg入	亜鉛	99.999%	約100g塊	アルミ	Cu 40%	約5kgインゴット
ハフニウム	99.8%	スポンジ小块	鉛	〃	約100g塊	アルミマグネシウム	Mg 20%	〃
インジウム	99.99%	塊状	鉛	99.9999%	粒状100g入	アルミマンガン	Mn 10%	〃
マグネシウム	99.9%	約200g塊	鉛	〃	約100g塊	アルミニウム	Ni 20%	〃
電解マンガン	99.9%	薄片状	鉛	〃	約100g塊	アルミクロム	Cr 5%	〃
モリブデン粉	99.9%	粉末	鉛	〃	約100g塊	アルミチタン	Ti 5%	〃
ニオブグラニュー	99.9%	小塊	亜鉛	〃	5φX150mm	アルミシリコン	Si 25%	〃
ニオブ粉	〃	粉末	亜鉛	〃	〃	アルミコバルト	Co 5%	〃
電気ニッケル	99.99%	25X25X10mm	チ	99.9%	〃	アルミモリブデン	Mo 5%	〃
ニッケルペレット	99.97%	球状	レアアースメタル			アルミタングステン	W 2.5%	〃
ニッケル粉	99.8%	粉末1kg入	イットリウム	99.9%	塊状、削状、粉状	アルミベリリウム	Be 2.5%	約500gインゴット
レニウム粉	99.99%	粉末	ランタン	〃	〃	アルミ鉄	Fe 50%	塊状
ルテニウム粉	99.9%	〃	セリウム	〃	〃	アルミジルコニウム	Zr 5%	約5kgインゴット
アンチモン	99.9%	塊状	プラセオジウム	〃	〃	アルミボロン	B 4%	約200gインゴット
金属シリコン	99%	〃	ネオジウム	〃	〃	アルミバナジウム	V 50%	小块状
錫	99.99%	約1kgインゴット	サマリウム	〃	〃	アルミストロンチウム	Sr 10%	約100gインゴット
タantal塊	99.9%	小块状	イッテルビウム	〃	〃	アルミカルシウム	Ca 10%	約2.5kgインゴット
タantal粉	〃	粉末	テルビウム	〃	〃	ニッケルボロン	B 15%	塊状
テール	99.99%	小球状	ジスプロシウム	〃	〃	ニッケルニオブ	Nb 60%	〃
スポンジチタン	99.7%	スポンジ塊	ホルミウム	〃	〃	ニッケルマグネシウム	Mg 50%	約1.5kgインゴット
チタン粉	99%	粉末500g入	エルビウム	〃	〃	コバルトボロン	B 15%	塊状
チタン板	JIS 1種	250X250X1mm	ガドリニウム	〃	〃	燐	P 5%	インゴット
バナジウム粉	99.7%	小块状	ユーロピウム	〃	〃	Uアロイ(低融点合金)		
バナジウム	〃	粉末	ツリウム	〃	〃	Uアロイ 47	融点47±2℃	約500gインゴット
タングステン粉	99.9%	〃	ルテチウム	〃	〃	Uアロイ 60	60±2℃	〃
タングステンクラップ	99%	板状	ミッシュメタル	TRE >97%	5.4φX6mm 200g入	Uアロイ 70	70±2℃	〃
亜鉛	99.99%	約2kgインゴット				Uアロイ 78.8	78.8±2℃	〃
亜鉛粒	〃	粒状				Uアロイ 91.5	91.5±2℃	〃
ジルコニウム	99.6%	スポンジ塊				Uアロイ 95	95±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

遊星型ボールミル “PREMIUM LINE”

モデル P-7 **新型**



特色

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



容器がセットされる様子。

従来型ボールミル “CLASSIC LINE”

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



フリッチュ社が開発した
遊星型シリーズの
パイオニア機種。



▲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、クロム、タンガステン、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

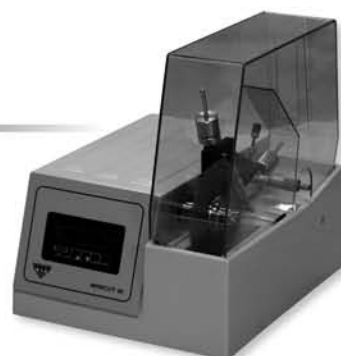
ヨーロッパ伝統の重錘を使った昔ながらのシンプルにして堅牢な研磨機。必要最低限の機能のみを搭載。それが経済的な価格を生み出しました。



- 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

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



NEW

管状炉付酸素分圧
コントローラー

SiOAF-200C

- 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。

STLAB 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



ハガネのスペシャリスト、という名の会社。 **大同特殊鋼**

企画にあたって

池田大亮* 森戸茂一** 大沼郁雄***

天然資源に乏しい我が国が将来に亘って持続的に発展し、豊かな生活を維持することを目的にした科学技術の振興が、国の最重要施策の1つに挙げられている。その具体的な取り組みとして1995年に科学技術基本法が制定され、同法に基づく科学技術基本計画が策定されている。一方で科学技術振興の支えとなる近年の統計データを見ると、大学・大学院における理工系進学者数の減少に歯止めがかからない状況が続いている(図1)。こうした背景には小中学校教育において、理科が楽しいと思う生徒が極めて少なくなってきていることもその一因と考えられるであろう。

また材料科学分野に関して普通科高校においては学習カリキュラムで殆ど教育されておらず、様々な材料が身近に溢れているにも関わらず、それが何かがよく知られていないのが実情である。こうした状況を打開していくためには、高校生以下の若い人たちに材料の面白さや興味を抱かせる場をもっと提供すべきと考える。

そこで本小特集では、産・官・学(協会)の立場において、子供を含む若い人たちを対象としてユニークな活動を行っておられる7名の方々に、様々な角度から執筆いただいた。秋重幸邦教授(島根大)には、教育現場の立場から材料科学に対する教育現状や課題について、大沼郁雄准教授と伊藤聰准教授(東北大)には、地元小学生を対象に開催している「子ども科学キャンパス」における材料科学分野普及活動の事例について、舩木修平助教(島根大)には、SSHなどによる高大連携活動をさらに発展させた「理工特別塾」の実施目的や内容の詳細について、渡邊玄助教(東工大)には、“NPO法人ものづくり教育たたら”による小中高校生を対象にした理科教育支援活動の一例として、独国立青少年教育振興機構の“子どもゆめ基金”で実施された「子どもたたら教室」について、下村正樹総括主幹(産総研)には、サイエンスコミュニケーション事業の一環として行われている「出前講座・実験教室」事業の目的や制度、活動実績と実際の活動から浮き彫りになった課題について、木浪信之教諭(神奈川県立鎌倉高校)には、現職の高校教諭であり社会人ドクターの立場から高校の理系教育における課題と材料科学分野に対する高校教育の在り方についてそれぞれの立場から紹介いただき、藤林晃夫研究技監(JFEスチール)には、企業・産業界から俯瞰した材料科学に関する教育の現状を踏まえて、今後の材料科学教育に対する展望と産学連携の重要性について総括いただいた。

本特集で紹介した事例は、学習指導要領に沿った学校教育

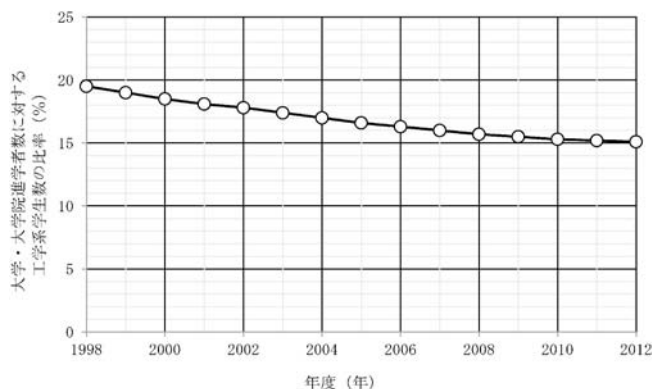


図1 大学・大学院における工学系学生数の推移。(文部科学省「学校基本調査」データに基づき作成)

における不足分を補完するための支援活動例であり、その重要性を広く認識いただければ幸いである。こうした活動の輪が広がっていくことで、今後の材料科学分野の更なる発展の契機になることを願うものである。最後にご多忙にもかかわらず本特集記事の執筆を快く引き受けていただきました著者の方々に、並びに多大なるご協力を賜りました編集委員会の皆さまに厚く御礼申し上げます。

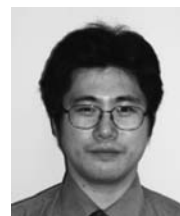
★★

池田大亮
1984年 秋田大学大学院鉱山学専攻修士(鉱山学)
現在 ㈱特殊金属エクセル 品質管理本部 エキスパート
専門分野：連続鋳造、圧延、クラッド材製造技術
◎現在は鉄・非鉄冷間圧延材及びクラッド材など複合材料におけるパフォーマンスギャランティの向上に従事。

★★



池田大亮



森戸茂一



大沼郁雄

* ㈱特殊金属エクセル 品質管理本部；エキスパート(〒355-0342 埼玉県比企郡ときわ町玉川56)

** 島根大学准教授；島根大学大学院総合理工学研究科 *** 東北大学准教授；東北大学大学院工学研究科

Present Conditions of Education in Materials Science and Activity Examples for Development Opportunities; Daisuke Ikeda*, Shigekazu Morito** and Ikuo Ohnuma***(*Quality Assurance Div., Tokushu Kinzoku Excel Co., Ltd., Hiki-gun, Saitama. **Department of Physics and Materials Science, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, Matsue. ***Department of Metallurgy, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai)

Keywords: materials education, industry-academia cooperation, high school-academia cooperation, activity case, future prospect

2015年1月26日受理[doi:10.2320/materia.54.137]

中高の材料科学分野における 教育の現状と課題

秋重幸邦*

1. はじめに

著者は、チタン酸バリウムに代表される強誘電体の結晶作製や物性研究を30年以上続けている。物理学会に所属し、科研費は、主に「物性Ⅰ」に出してきた。2003年にBaTi₂O₅の強誘電性を発見し⁽¹⁾、鉛フリーな圧電体として応用に繋げたいとの思いから、材料科学的な視点からの研究を進めるようになって10年である。教育面では、教員養成学部で小学校や中学校の理科の教師を目指す学生を対象に、力学、電磁気学、物理実験、理科内容構成研究⁽²⁾などの授業を担当している。今回、表題の原稿の依頼を受けたものの、テーマが特殊であり著者には荷が重いと躊躇したが、勉強し直す良い機会と思い、お引き受けすることとした。

材料とは物質の中で直接人間の役に立つものと言われている。石器時代、青銅器時代、鉄器時代など人間が使う材料と共に時代は変遷し、2014年にノーベル賞に輝いたGa₂N青色発光ダイオードにより、時代は環境配慮の省エネ時代へと変わろうとしている。物質科学も材料科学も英語ではMaterials Scienceと同じである。表題の「中高の材料科学分野」と言っても、該当するものはおそらく物理学や化学からなる理科第一分野の物質科学の部分であろう。

本稿では、学校教育におけるバイブルであり改訂されたばかりの学習指導要領⁽³⁾⁻⁽⁵⁾を紹介し、材料科学的な視点から理科の学習指導要領の現状を見直してみる。さらに、昨年の修士学生が中学生と大学生を対象に行った電熱線の発熱に関するアンケート調査結果を基に⁽⁶⁾、高校教育について言及する。少々私見を述べることで、「教育の現状と課題」の一端にでも触れることができればと思う。

2. 新学習指導要領に伴う変更

約10年ごとに改正される学習指導要領の最新版が小中は2008年3月に⁽³⁾⁽⁴⁾、高校は2009年3月に文科省より告示された⁽⁵⁾。小中はそれぞれ2011年および2012年4月から全面

実施され、高校は2013年から年次進行で実施されている。2015年からは新学習指導要領で学んだ学生が大学に入学してくる。

(1) 小中理科

理科の新学習指導要領では、科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能を確実に定着させる観点から、物理領域は「エネルギー」、化学領域は「粒子」、生物領域は「生命」、地学領域は「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、小中を通じた内容の構造化が図られた。図1に、第1分野すなわち「エネルギー」と「粒子」領域で、学習する内容を学年ごとに図式化して示している。図中の下線で示した項目、小学校「物と重さ」「電気の利用」、中学校「イオン」「プラスチック」「放射線」などは国際的な通用性、系統性の確保等の観点から新たに導入された内容である。下点線で示した項目は、学習する学年が変更されたり、選択から必修に変わった内容である。図には表れていないが、科学的な思考力・表現力等を育成する観点から、観察・実験の結果を分析し解釈する学習活動や科学的な概念を使用して考え説明する学習活動の充実が求められている。また、科学を学ぶことの意義や有用性を実感させ科学への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視することが求められている。学習内容の増加に伴い、理科の授業時間は小学校で350時間から405時間へ中学校で290時間から385時間へと、それぞれ15.7%、32.8%増加した。

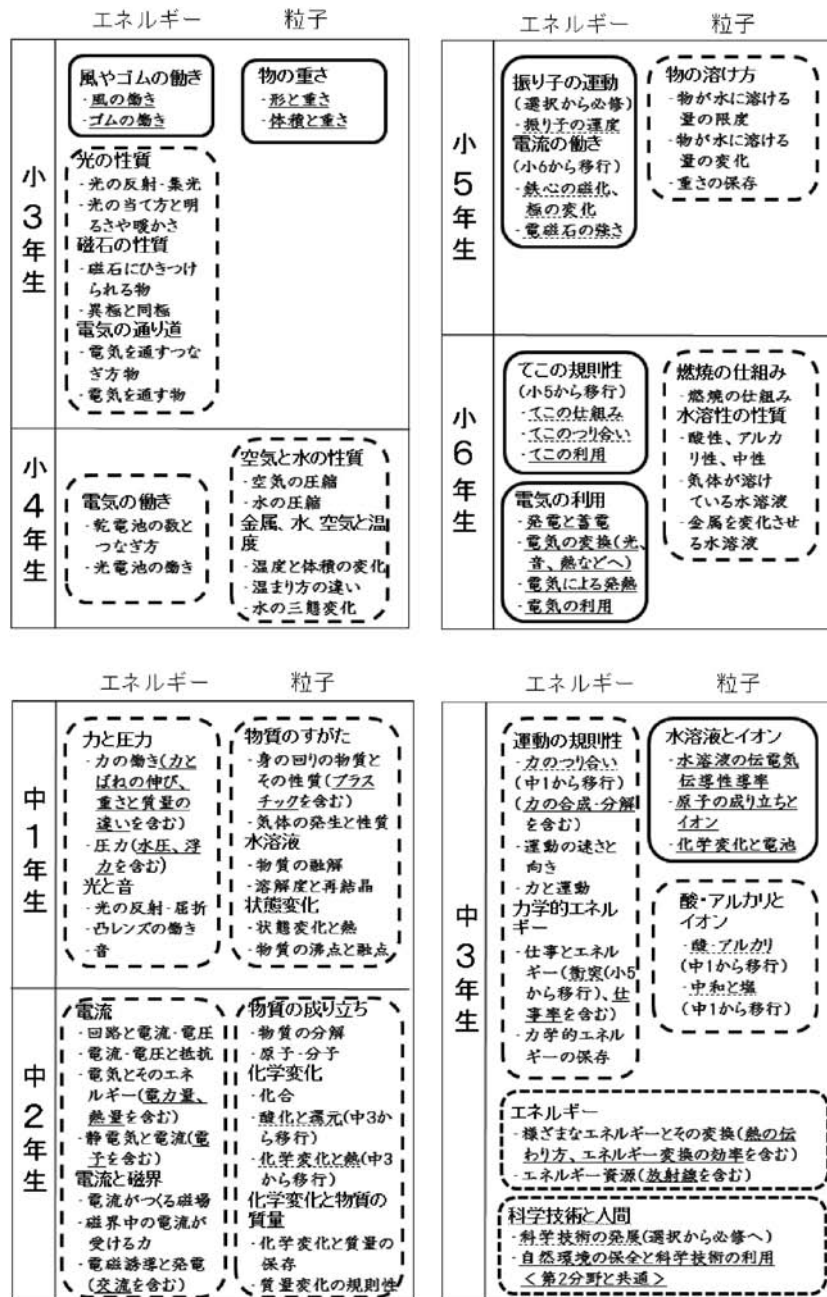
図1に示した単元を詳細に見て頂ければ分かるように、小中の理科第一分野(「エネルギー」と「粒子」)で学ぶ内容は、材料科学に必要な科学的な知識がほとんど盛り込まれている。高校で「物理学」や「化学」の別教科として学ぶ内容が、渾然一体とした形となって繰り返し出てくる。複合科学である材料科学にとっては、小中の理科の内容は理想的である。この時期に、多くの実験を行い、物質の諸性質を子供たちに体験として学ばせることが重要である。小中の先生方の腕の見せ所でもあるが、世界一多忙といわれている先生方であり、教える内容は日々高度になるため、理想と現実とは開

* 島根大学教授；教育学部自然環境教育講座(〒690-8504 松江市西川津町1060)

Current Status and Issue of Education in the Field of Materials Science in Junior High School and High School; Yukikuni Akishige (Department of Nature Science Education, Faculty of Education, Shimane University, Matsue)

Keywords: materials science education, science curriculum, government guideline for teaching, junior high school, high school

2014年11月6日受理[doi:10.2320/materia.54.138]



下線:新規に追加された内容、下点線:学習する学年が変わるなどの変更がなされた内容

図1 小学校及び中学校理科第一分野(「エネルギー」・「粒子」領域)で学習する内容の流れ。

きがある。

(2) 高校理科

「理数教育」の充実が学習指導要領改訂の1つの柱となっており、図2に示すように、高校理科では「科学と人間生活」及び「理科課題研究」が教科として新設された⁽⁵⁾。前者は指導内容と日常生活や社会との関連を、後者は知識や技能を活用する学習や探究する学習を重視する教科である。なお、理科の必修は、「科学と人間生活」、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」のうちから2科目(うち1科目は「科学と人間生活」とする。)又は「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」のうちから3科目と

なっている。物理・化学・生物・地学の4領域それぞれの標準単位数の合計は、現行課程、新課程とも6単位と変更はない。しかし、現行課程の「物理Ⅰ」は「物理基礎」となり、標準単位数が3単位から2単位へと1単位減少する。一方、現行課程の「物理Ⅱ」は「物理」となり、標準単位数が3単位から4単位に1単位増加する。

大学入試におけるセンター試験利用については、国公立大文系では基礎4科目のうちから2科目を選択するパターンが、国公立大理系では「物理」など4科目のうちから2科目を選択するパターンが主流になると思われる。したがって、文系では、単位数は2科目4単位であり、旧課程時の理科1科目3単位と比べて1単位分負担は重く、科目数も増える。

旧		新	
理科基礎	2単位	科学と人間生活	2単位
理科総合A	2	物理基礎	2
理科総合B	2	物理	4
物理I	3	化学基礎	2
物理II	3	化学	4
化学I	3	生物基礎	2
化学II	3	生物	4
生物I	3	地学基礎	2
生物II	3	地学	4
地学I	3	理科課題研究	1
地学II	3		

必履修は「科学と人間生活」を含む2科目または基礎を付した科目3科目

図2 高校理科の新・旧教科の比較.

理系では、2科目8単位の出題であり、こちらも旧課程時の理科2科目6単位と比べて2単位分負担は重くなる。

3. 理科学習指導要領における材料科学

新学習指導要領に材料科学的視点がどれだけ入っているか調べるために、「材料」「物質」「粒子」「エネルギー」という単語がどの程度の頻度で、どの分野で使用されているか検索してみた。対象としたのは、小中学校学習指導要領の理科の第一分野(「エネルギー」と「粒子」)と高校学習指導要領の理科「科学と人間生活」「物理基礎」「物理」「化学基礎」「化学」「理科課題研究」についてである。表1に示すように、小中高全体で「物質」という単語が100件ヒットしたのに対し「材料」という単語は5件しかなかった。「材料」という単語は高校の「科学と人間生活」の中で使われているだけで、小中理科第一分野や高校「物理基礎」「物理」「化学基礎」「化学」では使用されていなかった。一方、「物質」という単語は、小中高で万遍なく使用され、化学分野で圧倒的に多く出現する。従って、小中高の理科第1分野「エネルギー」と「粒子」領域は、「材料」というより「物質」を取り扱う分野であることは間違いないだろう。今回の改訂で、日常生活や社会との関連を重視するとされた割には、「材料」という記述はまだまだ少ない。しかし、材料科学に関連する言葉は、金属(23)、プラスチック(7)、セラミックス(1)、半導体(2)、絶縁体(1)、磁石(20)、電気(47)、状態変化(11)と数多く使用されている(括弧内の数字は単語の出現数)。中1では、身近な物質として金属(鉄、銅、アルミ)、無機物(ガラス、塩)、有機物(砂糖、でんぷん)に加えて、新しくプラスチックを教えることになった(図1)、身近なペットボトル等の製品を利用して、比重や加熱実験でポリエチレン(PE)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリ塩化ビニル(PVC)などを区別する実験を行う。これなどまさしくプラスチック材料に関する実験である。「材料」という言葉を意識して用い、「物質」ではなく「材料」としての用途や使用限界について考えさせることができる。しかし、物質の多様性として複数のプラスチックを識別させるよりは、プラス

表1 小中学校学習指導要領の理科第一分野(「エネルギー」と「粒子」領域)および高等学校学習指導要領の理科(「科学と人間生活」「物理基礎」「物理」「化学基礎」「化学」「理科課題研究」)に出てくる4つの単語(材料、物質、粒子、エネルギー)の出現件数.

	小	中	高	全体
材料	0	0	5	5
物質	6	37	57	100
粒子	0	3	8	11
エネルギー	6	28	48	82

チックの基本的な特徴を金属や他の物質と対比して調べ、その用途や使用限界などについて考えるだけでも十分ではないだろうか。

一方、今回の改訂で物理領域と化学領域の概念の柱とされた「エネルギー」と「粒子」という言葉について調べてみると、高度な概念である「粒子」は全体で11件と出現頻度は極めて少ない。しかも、「粒子性」、「素粒子」、「粒子の熱運動」などとして使用され、物理分野の言葉として主に高校で使われている。「エネルギー」の出現数は全体で82件であり、主に物理分野の言葉として数多く使用されている。「粒子」概念は今回の学習指導要領改訂の目玉的な内容であり、学校現場では小学校の早い時期から「粒子」概念を教える取り組みが始められ、そのことの是非について議論されているところでもある⁽⁷⁾。気体分子の運動、溶けた物質の行方など、目に見えないものを子供たちに学ばせる難しさがある。発達段階に応じた粒子概念の教授法など、大いに議論されるべき課題である。

4. アンケート調査結果から見てきた高校教育

新学習指導要領では、新しく導入された小学校6年の「電気の利用」の単元で、電気による電熱線の発熱実験を取り扱う。図3のような回路を用いて、長さが同じで太さの異なる細い電熱線と太い電熱線でどちらがより発熱するかを、⁽⁸⁾ 蝸や発泡スチロールの切断時間で調べる実験である。定電圧での実験であるので、より電流の流れる太い電熱線の方がより発熱し、蝸の切断時間は早くなる。乾電池の内部抵抗と電熱線の抵抗が同程度であると、電池が発熱し明確な実験結果が得られないため、教育現場では混乱が生じている⁽⁸⁾。定電圧電源を用いないと、満足のいく結果は出ない実験である。

アンケート調査は⁽⁶⁾、図3の回路を示して細い電熱線と太い電熱線でどちらの蝸が早く落ちるかを選択させ、その理由を文書で記述する内容である。中学2年生と現役大学生を対象にアンケートを実施し、結果を比較してみた。中学生に対しては、2012年7月4日、島根大学教育学部附属中学校第2学年130名を対象とし、大学生に対しては、2012年10月、島根大学松江キャンパス106名を対象として行った。106名中、高校で物理学履修者は35%、非履修者65%であった。結果を表2に示す。なお、中学生の半数程度は小学校の

東北大学創造工学センターにおける 体験学習の取り組み ～子ども科学キャンパス～

大 沼 郁 雄* 伊 藤 聡**

1. はじめに

東北大学創造工学センター(発明工房: Innovation Plaza)は, 工学の基礎実験と演習の体験を通じて, 創造性豊かな学生を育成することを目的として平成13年度に設置されました. これまで大学1年生を対象とした創造工学研修, 学生・教職員が基本的な実験技術・技能を習得するための教育, さらには地域社会への科学・工学に関する情報発信や小・中・高校生向けの自然科学教育などに広く利用されています. 毎年, 夏休みと秋休み期間中の各2日間, 仙台市内の小学6年生を対象として, 仙台市教育委員会と東北大学の主催により「夏休み・秋休み子ども科学キャンパス」を年間400名の定員で実施しており, 平成26年度までに夏休みは14回, 秋休みは9回実施しています. これまで約3900名の児童が最先端の実験器具を使って本格的な実験に取り組み, 科学の楽しさとおもしろさを体験しています. 体験プログラムではA~Cの3コースに各2つのテーマを設け, 参加者が事前にコースを選択し, 1クラス20名程の小学生が午前と午後に1テーマずつ約2時間の実験を行います. 平成25年度と26年度は, 表1に示したテーマを設けて, 多くの小学生が悪戦苦闘しながら各課題に取り組みました. 著者らは, 平成24, 25年度の2年間, 「君も魔法使い? 形状記憶合金君, ちゃんと形を憶えてね!」のテーマで, ニチノールのワイヤーを題材とした実験と授業を行い, 好評を博しました. 本稿では, 実験の内容とその手引きに沿って, 小学生向けに工夫したポイントなどを紹介します.

2. 導入実験

実験を始める前に, 事前に用意したニチノールのばねを用

表1 秋休み子ども科学キャンパスの体験コース(平成25・26年度).

コース	テ ー マ
A コース	君のアイデアで色んなものを測ってみよう(H25)
	「いもの」ってなに? 溶かして流す「いもの」体験(H26)
	温度によって変わる不思議な磁石の力(H25・H26)
B コース	キミも建築デザイナー～夢の建物をCGで描いてみよう～(H25・H26)
	君も魔法使い? 形状記憶合金君, ちゃんと形を憶(おぼ)えてね!(H25)
	不思議なうすい板を使って発電してみよう(H26)
C コース	コンピュータでかっこいいコマを作ろう(H25・H26)
	野菜や花から遺伝子を取り出してみよう(H25・H26)

いて, 通電加熱によって形状が回復する様子や, ニチノール薄板の2方向の形状回復について観察・体験してもらい, テーマに対する興味を深めてもらいます. 実験には, 榊古河テクノマテリアルより提供して戴いた, 直径0.6 mmのニチノールの線材を用いました. 12~15 cm程度に切断し, 参加者に, 伸線加工上りのワイヤー(図1(b), 形状未記憶材)と事前に直線状に形を記憶させたワイヤー(図1(c), 直線記憶材)をそれぞれ1本ずつと, 高温での形状記憶処理に用いる長さ12~15 cm, 内径1 mmの銅製パイプ(図1(a))を配布します. 体験実験を始める前に導入実験を行います. 図2(A)のように, 銅製パイプに図1(b)のワイヤーを挿入して, まっすぐにした状態で450°C程度の温度で熱処理後冷却し(図2(B)), マルテンサイト変態させたものが, 図1(c)の直線記憶ワイヤーであることを説明します. その後, 図2(C)のようにワイヤーを自由に曲げてもらって, それをお湯に放り込みます(図2(D)). 曲がっていたワイヤーが勢い良くまっすぐに

* 東北大学准教授; 大学院工学研究科金属フロンティア工学専攻, ** 東北大学准教授; 大学院工学研究科創造工学センター副センター長(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-02)

Children Science Campus in the Innovation Plaza of Tohoku University; Ikuo Ohnuma*, Satoshi Itoh**(*Department of Metallurgy, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai. **Innovation Plaza, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai)

Keywords: materials science education, shape memory alloy, nitinol, martensite transformation, phase transformation, heat treatment, microstructure

2015年1月5日受理[doi:10.2320/materia.54.142]

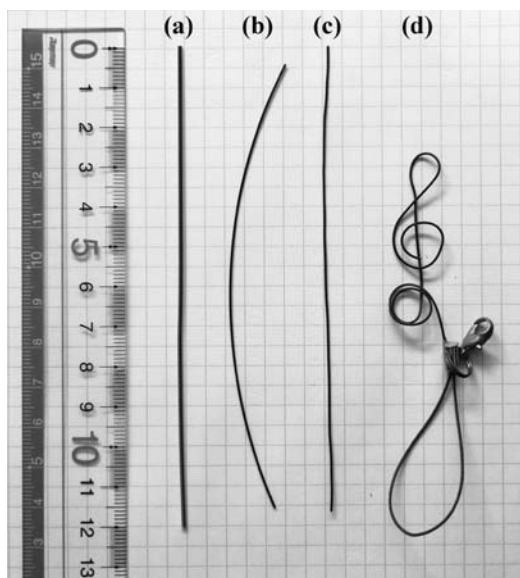


図1 実験用試料と完成品の一例 (a) 銅製パイプ, (b) ニチノール線(伸線加工上り), (c) ニチノール線(直線記憶), (d) ト音記号(完成品).

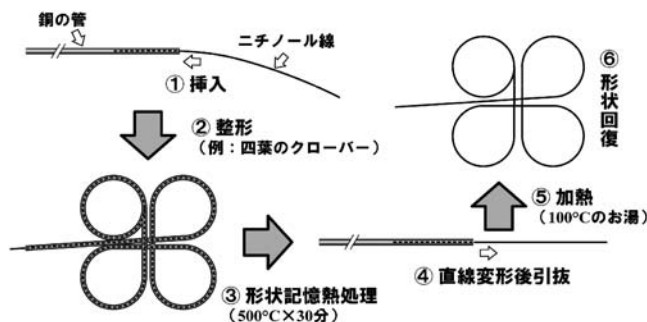


図3 体験実験の概要.

矯正用ワイヤー, プラジャーのフレーム, 眼鏡のフレームなどに用いられています.

実験Ⅰ: 形状記憶合金に触ってみる(導入実験: 図2C&D)

- (1) ニチノールワイヤー(直線記憶材)の形を変える.
- (2) お湯に入れて形状が元に戻る様子を観察する.
- (3) いろんな形状記憶合金に触ってみる.

子ども科学キャンパスの体験実験では, 図3に示した概要の①から⑥までのそれぞれの過程で, ニチノールの金属の内部に生じる結晶構造の変化を理解し, 形状記憶効果が現れるメカニズムについて考えます.

実験Ⅱ: ニチノール線に形状を記憶させる(図3①~③形状記憶処理)

- (1) ニチノールワイヤー(形状未記憶材)を銅のパイプに入れる(図3①).
- (2) 自分の好きな形に変形する.(例: 図3②四葉のクローバー. その他, 渦巻き, ばね, ト音記号(図1(d))など, 角の無い形が好ましい.)
- (3) 500°Cの電気炉に入れて30分間熱処理する(図3③).

QUESTION 1: 変形や熱処理の間にニチノールの内部で何が起こっているのでしょうか?

(2) 相変態のメカニズム

水の状態(相)が温度の上昇にともなって固体-液体-気体に変化する(水の三態)と同様に, 金属も図4に示すように温度によって相が変化します. これを相変態と称しますが, 図4に例示した鉄(Fe)は固体の状態でも温度によって結晶構造が変化します. これを固相変態と称します. 形状記憶効果は, 原子の移動(拡散)を伴わないオーステナイト相からマルテンサイト相への無拡散の固相変態に伴う現象です.

実験Ⅲ: マルテンサイト変態のその場観察 光学顕微鏡・走査型電子顕微鏡(SEM)

- (1) Fe-30Ni-0.2C(mass%)合金の試料表面を光学顕微鏡で観察する.
- (2) 液体窒素(-196°C)で冷却する.
- (3) マルテンサイト変態が起こる瞬間を観察する.
- (4) 電子顕微鏡(卓上SEM)で試料の表面起伏(表面の凹凸)を観察する.

POINT: 変態は一瞬で終了するので見逃さないこと.

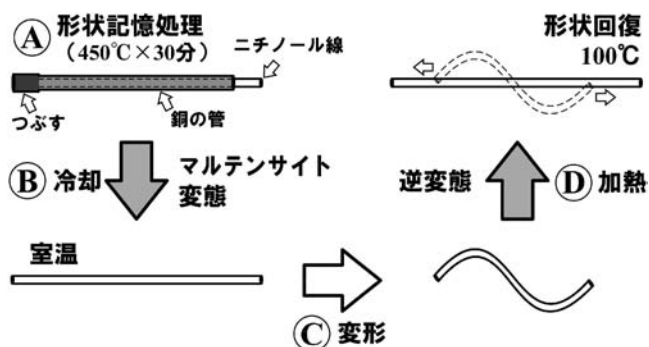


図2 導入実験の概要.

戻の様子を実際に観察すると, 驚きの声が上がります. この導入実験によって, 材料科学にほとんどなじみの無い小学生の興味を引きつけることができ, 体験学習の正否を大きく左右します. その後, 以下に示す実験の手引きに沿って, プロジェクターを用いた説明, 光学顕微鏡によるマルテンサイト変態のその場観察, 卓上SEMを用いたマルテンサイト組織の表面起伏観察などの実験を行い, 形状記憶合金に関する理解を深めさせます.(次頁以降の※部は実施上の補足説明)

3. 体験実験の手引き

(1) 形状記憶効果・形状記憶合金とは?

形状記憶効果とは, 高温(400~500°C)で形状を記憶させた合金を, 低温(室温以下)で変形させた後100°Cのお湯で加熱すると, 高温で記憶させた形に戻る現象です. 現在, チタン(Ti)とニッケル(Ni)を原子の数ではほぼ同じ量を混ぜ合わせた合金であるニチノール(Nitinol)が形状記憶合金として広く利用されています. カテーテルのガイドワイヤー, 歯の

QUESTION 2 : どうして表面がでこぼこになるのかな？

※実験では、Fe-30 mass%Ni-0.2 mass% C 合金のマルテンサイト変態に伴う試料表面の変化を光学顕微鏡で観察します。表面を鏡面研磨した Fe-Ni-C 合金試料をスチール容器(底が浅い缶の蓋など)に磁石で固定します。光学顕微鏡で観察した試料表面像をスクリーンに映し、スチール容器に液体窒素(沸点が-196°C)を注ぐと、試料が冷却され、平滑・鏡面状の試料表面が突然凸凹に変

化します。20名の参加者のうち数名は瞬時の変化を見逃してしまいますので、複数回観察できるように試料は多めに用意しておきます。Fe-Ni-C 合金の代わりに、Cu-17 at%Al-10 at%Mn 合金を用いると、その M_s 点(マルテンサイト変態が始まる温度)が約-20°C、 A_s 点(マルテンサイトからオーステナイトへの逆変態が始まる温度)が約0°Cなので、液体窒素を冷媒とした冷却・加熱ステージを用いるとマルテンサイト変態とその逆変態の繰返しを観察できます。実験で用いるニチノールは M_s 点と M_f 点(マルテンサイト変態が終わる温度)がともに室温以上なので、室温ではニチノールはマルテンサイト相になっていることを理解してもらいます。

相変態の例

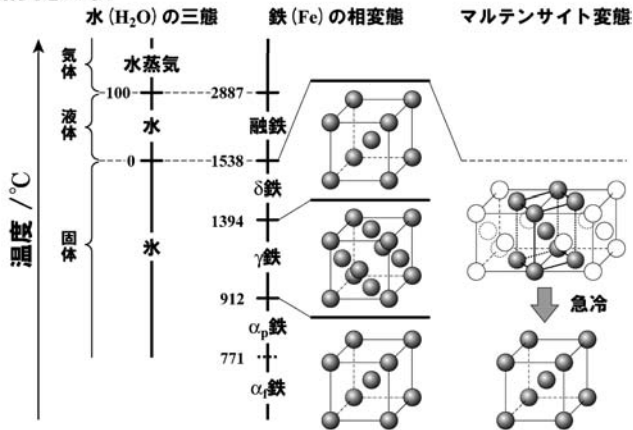
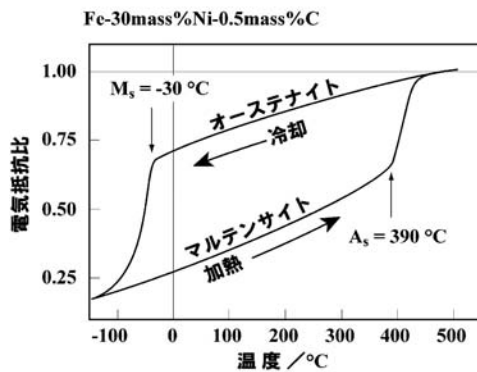


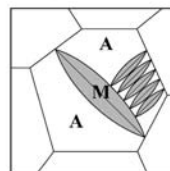
図4 水と鉄の相変態とマルテンサイト変態。

Fe-C 合金などでは、マルテンサイト変態に伴う形状変化が、図4に示すように急冷によって瞬時に結晶構造が変化することで、オーステナイト相との界面での原子間の結合が切断されるため、温度を上げてオーステナイト相に戻しても元の形状には戻りません。このような変態を非熱弾性型マルテンサイト変態と言います(図5(a))。電気抵抗を測定しながら試料を冷却すると、 M_s 点(-30°C)で電気抵抗が大きく低下し始めます。この電気抵抗の低下がマルテンサイト変態の開始に対応しています。試料を更に冷却して、完全にマルテンサイト相に変態させた後試料を加熱すると、 A_s 点

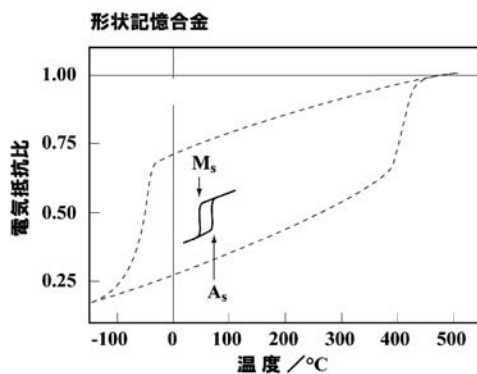
(a) 非熱弾性型マルテンサイト変態



レンズ状マルテンサイト



(b) 熱弾性型マルテンサイト変態



板状マルテンサイト

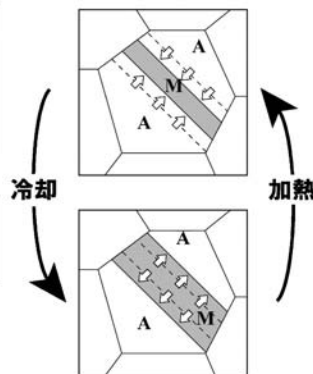


図5 (a) Fe-Ni 合金における非熱弾性型マルテンサイト変態と(b) 形状記憶合金(Au-Cd 合金)における熱弾性型マルテンサイト変態⁽¹⁾。

(390°C)で電気抵抗が大きく上昇し、マルテンサイト相からオーステナイト相への逆変態の開始と終了(A_f 点)を知ることができます。非熱弾性型マルテンサイト変態の特徴として、 A_f と M_s の差(温度ヒステリシス)が大きいことが挙げられます。一方、ニチノールやCu-Al-Mnなどの形状記憶合金におけるマルテンサイト変態は、生成したマルテンサイト相が温度の低下とともに徐々に成長して変態終了温度(M_f 点)に達すると全体がマルテンサイト相となります。マルテンサイト相(図5のM)とオーステナイト相(図5のA)の界面では、結晶格子の連続性が保たれており、温度を上昇させると界面が逆方向に移動してマルテンサイト領域の収縮が始まります。このような変態を熱弾性型マルテンサイト変態(図5(b))と言い、温度ヒステリシスが小さい特徴を示します。形状記憶特性はこの熱弾性型マルテンサイト変態によって起こる現象です。次に、普通の材料の変形と形状記憶合金の変形の違いについて説明します。

(3) 変形と逆変態⇒形状回復(図3の④~⑥)

金属を一定の方向に引張ると、はじめのうちは各原子間の

距離が僅かに伸びて全体が変形しますが、力を取り除くと元に戻ります。このような変形を弾性変形と言います(図6(a))。しかし、さらに大きな力で引張ると、原子の結合が切れて結晶がすべり変形するため元の状態には戻らなくなります。このような変形を塑性変形と言います(図6(b))。

ニチノール(Ni-Ti合金)は、 A_f 点より高い温度ではオーステナイト相という結晶構造になっています。これを M_f 点以下に冷やすとマルテンサイト相に変態します。このマルテンサイト相に外部から力を加えると、すべり変形ではなく、結晶の対称性を保った状態で双晶界面が移動することで材料の変形が進行します(図6(c):変形マルテンサイト)。これを加熱すると、マルテンサイト変態させる前の結晶構造(オーステナイト相)に戻るため形状も回復します(図6(c):オーステナイト)。

(4) 形状記憶熱処理(図3の①)

常温でマルテンサイト状態のワイヤーを銅のパイプに挿入し、パイプごとワイヤーを自分の好みの形に曲げます。そのときワイヤーの内部では、形に合わせてマルテンサイト相の双晶界面が移動します。

QUESTION 3: この状態で試料を500°Cに加熱すると何が起こるでしょうか?

原子が動ける500°Cに加熱すると、マルテンサイト相は高温で安定なオーステナイト相に変化します。銅のパイプによる拘束が無ければ、形が元に戻りますが、拘束のために、自由に形を変えることができません。銅のパイプの形に合わせてオーステナイト相に戻るために原子が動き出し、図6(d)に示したように所々に結晶格子のずれ(すべり)を入れることで形を調整し、ワイヤーは新しい形を記憶します。従って、形状記憶熱処理は、銅のパイプの形状に合わせてニチノール中の原子を並べ替えて形を記憶させる処理と言えます。

※弾性変形、塑性変形および双晶を介した変形の違いを理解するために、小学生20名とTA4名に原子配列を模して8名ずつ3列に並んでもらいます。結晶格子を模して規則正しく並んでもらうために、色違いのマットを床に敷いて利用します。原子の結合に見立てて手を繋いでもらいますが、小学6年生の男子と女子では手を繋ぐことにはためらいがあるため、間にTAを挟んで原子の結合状態を再現します。弾性変形は繋いだ腕の伸び縮みとして説明します。列の前方と後方にせん断の力を加えると、一部の結合(繋いだ手)が途切れ、列の前方と後方にずれ(結晶のすべり)が生じ、再結合します(塑性変形)。このように変形した場合には、温度を変化させても形状記憶合金のように形が元に戻らないことが理解できます。形状記憶合金の場合、常温ではマルテンサイト状態を模して手を繋いだままジグザクに並びます。せん断力が加わると、繋いだ手はそのままジグザクを徐々に一方に揃えながら変形が進むことを説明します。お湯の中で加熱された形状記憶合金の逆変態は、変形により斜め向きに並んだ状態から、まっすぐに整列直すことで再現でき、形状が回復する仕組みが身を

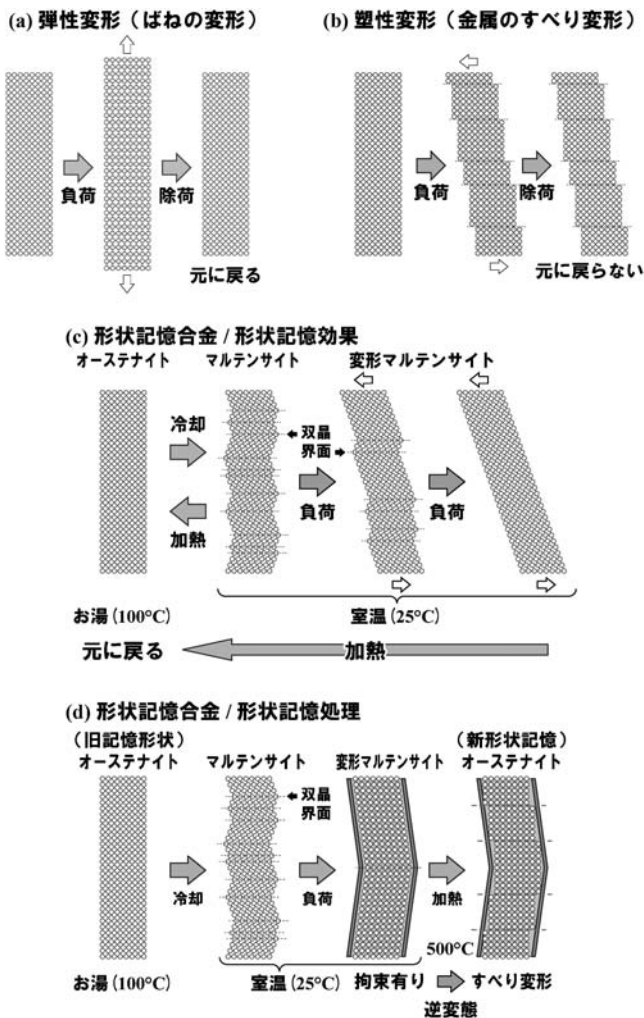


図6 金属の(a)弾性変形と(b)塑性変形、(c)形状記憶効果および(d)形状記憶処理。

もって体験できます。次に、常温のマルテンサイト状態を模して、斜め向きの結合でくの字に並んでもらいます。その状態で、くの字の両側にロープを渡してこの形を固定します(実験における銅パイプによる拘束を表しています)。そのまま500℃の炉に入れると何が起こるでしょうか?まっすぐな向きに列を動かしたいところですが、ロープで拘束されているので、動くことが出来ません。高温では原子が動けるようになるので、列の部分部分で繋いだ手を一旦離し、くの字の状態でも結合がまっすぐになるように、隣の人と手を繋ぎ直してもらいます。これにより、参加者の原子は新しい形を記憶し直します。

実験Ⅳ：形状記憶合金アクセサリーの作製

- (1) 500℃の電気炉で形を覚えさせたニチノールワイヤーを銅のパイプから取り出す(図3④)。
- (2) ニチノールワイヤーの表面を砂消しゴムなどで磨いてキレイにする。
- (3) 接着剤で携帯ストラップにくっつけて、形状記憶アクセサリーが完成します(図1(d))。
- (4) 直線状態のニチノールワイヤーを100℃のお湯で加熱し、形状回復を確認する(図3⑤, ⑥)。

※創造工学センターには様々な実験設備が用意されており、熱処理にはセンターのボックス炉を利用しました。形状記憶合金の実験は、高校での出前授業としても実施しており、その場合にはサーモスタットが付いていない旧式のトースターを利用します(ヒーター近傍に試料を置くと400℃程度に加熱できます)。また、最近では100V電源に繋いで利用できる小型の熱処理炉を利用しています。熱処理後の試料を電気炉から取り出し、一旦銅製パイプとまっすぐに伸ばした後、ニチノールのワイヤーを引き抜きます。熱処理後のニチノールワイヤーは表面が酸化されてしまうため、目の粗い砂消しゴムでワイヤーを挟み、幾度か引き抜いて表面の酸化スケールを取り除きます。紙やすりを用いると表面にキズが残るため、仕上がりがきれいになりません。百元ショップで入手できる携帯ストラップの金属リング部に粘度の高い速乾性接着剤を詰め、磨き上げたワイヤーを差し込んで、アクセサリーが完成します(例：図1(d)ト音記号)。金属製の容器(内側が白色のホーロー鍋などを用いると変化が見やすい)でお湯を沸かし、形状記憶処理したワイヤーの形を変えた後にお湯で加熱すると・・・言うまでも無く記憶させた形に形状が回復し、歓声とともに実験が終了します。

4. おわりに

本稿では、小学6年生を対象に実施した形状記憶合金「ニチノール」を用いた簡単な実験を紹介しました。この実験はもともと大学のオープンキャンパスにおける材料体験コ

ース(1時間)に端を発し、その後、高校生向けの出前授業(1時間程度)として内容を精査し、さらに分かりやすくする工夫を凝らして小学生向けに改良を加えました。このような経緯から、上述した「体験実験の手引き」には難解な専門用語が多数散見され、小学生を対象としたテキストとしては出来の悪いものではありませんが、同様の試みを始めようと考えている読者の参考になれば幸甚です。「子ども科学キャンパス」には仙台市内の130以上の小学校から参加申込みがあり、受講できるのは特に理科に興味のある各校数名の児童が対象となるため、実験への取り組みも積極的で、実施後のアンケートにおいても大理解できたとの回答がほぼ100%に達しています。大学の工学研究科で材料科学の研究と教育に携わっている一教員としては、若年層の理科離れに歯止めをかけ、あわよくば参加した小学生を将来の材料研究者に導くことを期待しており、創造工学センターが掲げる「科学の楽しさ・面白さを実感してもらおう」という目的に多少なりとも貢献できたものと自負しています。一方、同世代の子を持つ親としては、成績の向上や受験を目的とした学校や塾で行われる机上の学習から離れて、理系・文系を問わずより多くの児童が実際の物に触れ、道具や装置を操り、能動的に頭を働かせる機会を提供できるよう努めていければと考えます。今後、参加者が学校において学習する意義を見出せるよう、「子ども科学キャンパス」での体験が子どもたちの心の抽斗の中で温め続けられることを切に願います。

文 献

(1) L. Kaufman and M. Cohen: Prog. Metal Phys., 7, Pergamon, (1958), 165.

★★
 大沼郁雄
 1993年 東北大学大学院工学研究科博士課程前期課程修了
 1993年 東北大学工学部材料物性学科助手
 2000年 博士(工学)(東北大学)
 2006年8月- 現職
 専門分野: 材料組織学
 ©合金状態図の実験的決定, 熱力学データベースの開発および計算状態図を利用した合金設計等に従事。
 ★★★



大沼郁雄



伊藤 聡

島根大学に於ける理工系分野の啓発教育活動 ～高校生を対象とした「理工特別塾」の開設～

船木修平*

1. 開塾の背景

理工分野に優れた意欲・能力を持つ学生をさらに伸ばすために工夫された取り組みとして、文部科学省が公募した平成22年度(2010)「理数学生応援プロジェクト」に、島根大学総合理工学部プロジェクト「アクティブ・ラーニングを基調とした理工大好き学生の応援プログラムー「理工特別コース」の設置ー」が採択され(平成22年5月26日採択)、平成22年度から平成25年度(2013)までの4年間、文部科学省の科学技術人材養成等委託事業として実施された。

これまで島根大学総合理工学部は、SSH(スーパーサイエンスハイスクール)等の諸活動を通して、高校生の研究室訪問、高校で行う基礎講座、大学で行う実験・実習等の事業を実施し、高校生に対する理工系分野の啓発教育活動に学部全体として深く関わり、高大連携事業にも活発に取り組んできた。

このような経過・実績を踏まえ、高校生が理工系分野に対する強い興味や意欲を育む一助となるため、さらに高校の授業では扱わない「材料科学」について早期から触れる機会を設けるために、上記プロジェクトの一環として平成23年度(2011)から「理工特別塾」を開塾した。

2. 理工特別塾の目的

理工系分野に強い興味・意欲を持つ主に島根県内の高校3年生を対象として、理工特別コースのAO入試時期を挟んだ、4月～9月(前半)と2月下旬～3月下旬(後半)に下記の目的で実施した。

理工特別塾(前半)は理工系分野の啓発教育活動であり、高大接続を意識した「材料科学」を含む発展的な講義や実験を行い、入塾生の理工系分野の学力レベルを向上させることを目的とした。

理工特別塾(後半)では、AO入試合格者が入学までの期間を有意義に過ごし、英語の入学前教育や高校で学ぶ数学・物

理・化学の通信添削を通して、入学時における学力や学習意欲を高めることを目的とした。

また、高校では触れることのない「材料科学」についての講義・実験を通し、大学での教育・研究の一端に触れる機会となることを期待した。さらに、理工特別塾を通して、入塾生が早期に島根大学の資源(人的・物的)との繋がりを持つことによって、大学に対する憧れを膨らませるとともに、日々の学習意欲を増進することも期待した。

3. 実施案内

理工特別塾(前半)では、理工系分野に強い興味・意欲、能力を持つ主に島根県内の高校3年生(医歯薬看護、生物系志望者を除く)を対象とし、本学松江キャンパスまたは石見地方の高校(益田高等学校)にスクーリング参加できる高校生をスクーリング生として募集した。また、この両会場へのスクーリングが困難な高校生に対して、松江会場で開講した授業を収録したDVDを視聴することで自己学習できるセルフラーニング生も募集した。理工特別コースのホームページやパンフレットの他に、島根県内の高等学校長会、入試説明会、高校訪問にて広報を行った。さらに、案内ビデオも作成し、近隣の高等学校に配布した。

理工特別塾(後半)では、AO入試合格者に限定して案内を行った。

4. 実施方法

(1) 理工特別塾(前半)

入塾生を対象に本学松江キャンパス及び石見地方の高校(益田高等学校)を会場とし、スクーリング形式で主に数学、物理、化学、地球科学、機械・電気電子工学への興味を喚起するための講義・実験を年間延べ18～29コマ(1コマ70～90分)行った。自宅が両会場から遠隔であり、スクーリングが困難である入塾を希望する高校生をセルフラーニング生として受け入れ、松江キャンパス会場での理工特別塾の授業を取

* 島根大学助教；大学院総合理工学研究科(〒690-8504 松江市西川津町1060)
Activity Example in Shimane University; Shuhei Funaki(Department of Physics and Materials Science, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, Matsue)
Keywords: science and engineering advanced course, active-learning, schooling, self-learning, e-learning
2014年11月14日受理[doi:10.2320/materia.54.147]

録したDVDを所属高校に貸与する形式で、6月～9月に実施した。可能な限り、毎回の塾において「材料科学」に関する講義・演示実験を行い、多岐にわたる材料について触れる機会を設けた。

さらに、オープンキャンパス時には、理工特別塾の塾生(スクーリング生、セルフラーニング生)を対象とした「特別実験」(物理、化学、機械・電気電子工学への興味を喚起するための実験)を行った。

(2) 理工特別塾(後半)

入塾生は理工特別コースのAO入試合格者に限定し、英語の入学前教育としてe-ラーニングによる教育を本学の外国語教育センターと連携して4週間にわたり行った。さらに、入塾生が数学・物理・化学の中から選択した2～3教科に関して、各科目2～3回ずつ、レポート添削による通信教育を行った。

5. 実施成果

理工特別塾の平成23～25年度の受講者数は表1のとおりである。

スクーリングで講義実験した具体的内容は表2～7に示すが、「材料」については主に以下のテーマを取り上げた。

- 太陽電池材料、
- 金属材料、
- 超伝導材料、
- 磁性材料、
- 核融合材料、
- 透明導電材料、
- 熱電変換材料、
- 鉱物

最後に、理工特別塾の受講生へのアンケート結果を資料1と2に示す。以上、高校の授業では扱わない「材料科学」について早期から触れる機会を設け、高校生の理工系分野への興味や意欲を育む、という点では成果が得られたと考えている。

6. まとめと今後の展望

松江、石見両会場のスクーリング生に対して行ったアンケート結果によると、オープンキャンパスの理工特別実験で科学現象を実証した科目については、理解と興味をさらに深める結果となったことから、講義と実験を融合することが、理数系分野の啓発教育活動として有効となると考えられる。

理工特別塾スクーリングの石見会場については、平成24年度(2012)、25年度は会場となった益田高校の生徒が参加したのみであり、県西部の複数の高校から参加者を得る、という当初の構想は実現されていない。この状況を考慮して、平成26年度(2014)からは、スクーリングは松江会場のみとし、その代わりに、県西部等の高校を対象に出前講義の申込みを受け付けることとした。今後の展望として、平成27年度(2015)からは島根県の教育庁の協力の元、事業の拡大を図る予定であり、材料科学分野の発展の契機としたいと考える。

表1 理工特別塾の受講者数。

参加区分	会場	H23年度			H24年度			H25年度		
		参加 高校 数	受 講 者 数	特別 実験 参加 者 数	参加 高校 数	受 講 者 数	特別 実験 参加 者 数	参加 高校 数	受 講 者 数	特別 実験 参加 者 数
スクー リング	松江 会場	4	17		5	20		4	14	
	石見 会場	2	14	26	1	19	18	1	8	10
セルフ ラーニング		5	12		4	27		3	9	
合 計		11	43		10	66		8	31	

表2 平成23年度の理工特別塾スクーリング(松江会場)の内容。

松江会場(島根大学 松江キャンパス)		
月日	科目(時間)	講演者および講演タイトル
4月 30日 (土)	数学(90分)	松橋 英市：無限の数え方
	物理(90分)	廣光 一郎：運動の法則と微分積分学
	化学(90分)	奥村 稔：化学の目で観る身近な水：生活水、環境の水
6月 11日 (土)	数学(90分)	瀬戸 道生： $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{a} \vec{b} \cos \theta$ を使って物の大きさを計ろう(Cauchy-Schwarzの不等式入門)
	電子(90分)	葉 文昌：光電効果と太陽電池
	化学(90分)	清家 泰：化学の目で見る環境問題：身近な水質環境から地球規模の環境まで
7月 16日 (土)	数学(90分)	山内 貴光：実数論に向けて
	物理(90分)	森戸 茂一：身の回りにある物と科学
	化学(90分)	久保 恭男：光と化学の世界
7月 23日 (土)	数学(90分)	山田 拓身：生物学のなかの数理—進化的に安定な戦略(ESS)について
	物理(90分)	藤原 賢二：超伝導の科学
	電子(90分)	芦田 文博：機械工学の誕生、発展および未来
【オープンキャンパス】 (理工特別塾の塾生を対象とした特別実験)		
8月 10日 (水)	物理(120分)	山田 容士：超伝導体やアルミニウムを磁石で浮かそう—物質と電磁気の話—
	化学(120分)	久保田 岳志：触媒による化学反応速度の変化
	電子(120分)	吉田 和信、都築 卓有規：高層ビルの振動を抑えてみよう
	情報(90分)	杉江 崇繁：DNAとスーパーコンピュータ
9月 24日 (土)	物理(90分)	宮本 光貴：原子力エネルギー工学
	化学(90分)	和田 英治：鏡の国の物質
	電子(90分)	縄手 雅彦：ヒューマンインタフェース計測

開講された科目の中から2科目を選択して受講。(ただし、オープンキャンパスの特別実験は、1科目を選択して受講)

表3 平成23年度の理工特別塾スクーリング(石見会場)の内容.

石見会場(益田高等学校)		
月日	科目(時間)	講演者および講演タイトル
4月30日(土)	数学(70分)	杉江 実郎: 2次方程式の復習と発見
	化学(70分)	久保 恭男: 物質の状態変化と圧力
6月11日(土)	数学(70分)	杉江 実郎: 関数の近似
	物理(70分)	是常 進: 日常現象の中の物理
7月2日(土)	数学(70分)	上別府 陽: 究極の選択? 「変えるべきか, 変えざるべきか?」—モンティ・ホールの問題—
	化学(70分)	久保 恭男: 原子軌道と分子の形
7月16日(土)	数学(70分)	杉江 実郎: 指数関数と微分方程式
	物理(70分)	船木 修平: 夢から現実になった“超伝導”技術—発見100周年を迎え—
【オープンキャンパス】 (理工特別塾の塾生を対象とした特別実験)		
8月10日(水)	物理(120分)	山田 容士: 超伝導体やアルミニウムを磁石で浮かそう—物質と電磁気の話—
	化学(120分)	久保田 岳志: 触媒による化学反応速度の変化
	電子(120分)	吉田 和信, 都築 卓有規: 高層ビルの振動を抑えてみよう
10月23日(日)	数学(70分)	上別府 陽: 平面地図の色塗りをしよう! —平面地図から見える組合せ構造と四色問題—
	化学(70分)	久保 恭男: 光と化学の世界

オープンキャンパスの特別実験は, 1科目を選択して受講.

資料1: 平成25年度 理工特別塾アンケート結果(松江会場)

参加登録者数: 14名 回答者数: 12名

- 難しい内容が多かったが, 島根大学により一層興味がわいた.
- 難しい分野もあったけど, 自分の知らないことばかりで, 楽しかった.
- 理工学に前よりも関心が持てた.
- 理工特別塾では, 普通の学校の授業では決して学ぶことができないようなことをたくさん学ぶことができました. 難しい講義も多かったのですが, 島根大学でどのようなことを行っているのかを多少なりとも知ることができました.
- あまり知ることができないことが知れて良かった.
- 難しいところもあったけど, 実験などがあって良かった.
- 自分が興味を持ったのは, 太陽光の講義で扱われた, “波”についてです. なぜかという, 今, 世界的に注目されているテラヘルツというものに興味を持っているからです. 講義では話されませんでしたが, 自分はこのテラヘルツに感動し, すでに少しずつ実用化はされていますが, 分からないことは多いです. テラヘルツも波なので, この波を体に当てることで体の腰の痛みがなくなったり, 水に通すととても体に良い水ができたりするなど使える用途はさまざまです. そして, 島大のこの講義で波について高度な研究をされているとのことなので, それをもっと勉強したくなりました. この不思議なエネルギーについてももっと詳しく知りたいため, また, この島大でそれを発信して行きたいと思いました. 自

表4 平成24年度の理工特別塾スクーリング(松江会場)の内容.

松江会場(島根大学 松江キャンパス)		
月日	科目(時間)	講演者および講演タイトル
4月28日(土)	数学(90分)	松橋 英市: 個数の比較: 有限の場合と無限の場合
	物理(90分)	三好 清貴: 磁石のはなし
	化学(90分)	奥村 稔: 化学の目で観る身近な水: 生活の水, 環境の水
5月19日(土)	数学(90分)	齋藤 保久: 生物の中に見る数学
	物理(90分)	山田 容士: 透明な物質・電気を流す物質
	地球(90分)	三瓶 良和: 地球の歴史に学ぶ資源と環境の関係
6月16日(土)	数学(90分)	青木 美穂: 面積が1であり, 3辺が有理数の直角三角形は存在するか? ~合同数の問題~
	物理(90分)	田中 宏志: コンピュータが描く物理の世界
	化学(90分)	清家 泰: 化学の目で見る環境問題: 身近な水質環境から地球規模の環境まで
6月23日(土)	機械・電気電子工学(90分)	縄手 雅彦: ヒューマンインタフェース(講義)
	機械・電気電子工学(90分)	縄手 雅彦: ヒューマンインタフェース(実験)
7月21日(土)	物理(90分)	藤原 賢二: 超伝導の科学
7月28日(土)	化学(90分)	和田 英治: グリーンケミストリー(環境にやさしいものづくりの化学)
	機械・電気電子工学(90分)	葉 文昌: 光電効果と太陽電池
7月28日(土)	物理(90分)	北川 裕之: 熱と電気の科学
8月10日(金)	化学(90分)	小俣 光司: 低環境負荷型高品位輸送用燃料の製造
	機械・電気電子工学(90分)	吉田 和信: システムと制御
【オープンキャンパス】 (理工特別塾の塾生を対象とした特別実験)		
8月10日(金)	物理(120分)	森戸 茂一: 電流の正体にせまる—電子の運動とその性質—
	化学(120分)	白鳥 英雄: ケミルミネッセンス—しゅう酸エステルを用いた化学発光—
	機械・電気電子工学(120分)	吉田 和信, 都築 卓有規: 高層ビルの振動を抑えてみよう

開講された科目の中から2科目を選択して受講. (ただし, オープンキャンパスの特別実験は, 1科目を選択して受講)

分もまだ高校生なので未熟です. このテラヘルツを化学的に応用させながら, 多くの人を病気から治すことも可能だと思うので, 色々なことを学んで社会に貢献していきたいです. ありがとうございました.

- 大学の雰囲気味わうことができてよかった. 実験などもしてみたい.
- 初めて知ることばかりで, 勉強になった.

表5 平成24年度の理工特別塾スクーリング(石見会場)の内容.

石見会場(益田高等学校)		
月日	科目(時間)	講演者および講演タイトル
4月28日(土)	数学(70分)	上別府 陽:究極の選択?「変えるべきか, 変えざるべきか?」—モンティ・ホールの問題—
	化学(70分)	久保 恭男:物質の状態変化と圧力
5月19日(土)	数学(70分)	瀬戸 道生:数学四方山話
	機械・電気電子工学(70分)	芦田 文博:機械工学の誕生, 発展および未来
6月9日(土)	機械・電気電子工学(70分)	縄手 雅彦:ヒューマンインタフェース(講義)
	機械・電気電子工学(70分)	縄手 雅彦:ヒューマンインタフェース(実験)
6月16日(土)	数学(70分)	上別府 陽:平面地図の色塗りをしよう!—平面地図から見える組み合わせ構造と四色問題—
	物理(70分)	船木 修平:超伝導の過去と未来
7月21日(土)	物理(70分)	水野 薫:光の波動性の検証
	化学(70分)	久保 恭男:原子軌道と分子の形
7月28日(土)	数学(70分)	上別府 陽:組合せ数学へのお誘い—Ramseyが残した数学—
	化学(70分)	久保 恭男:光と化学の世界
【オープンキャンパス】 (理工特別塾の塾生を対象とした特別実験)		
8月10日(金)	物理(120分)	森戸 茂一:電流の正体にせまる—電子の運動とその性質—
	化学(120分)	白鳥 英雄:ケミルミネッセンス—しゅう酸エステルを用いた化学発光—
	機械・電気電子工学(120分)	吉田 和信, 都築 卓有規:高層ビルの振動を抑えてみよう

オープンキャンパスの特別実験は, 1科目を選択して受講.

資料2:平成25年度 理工特別塾 アンケート結果(石見会場)

参加登録者数:8名 回答者数:6名

- 今回4つの講義に出られなくて残念だったが, 講義に出席したことで, 興味もわき, 楽しくもあった.
- 自分にとっては難しいものだらけで, まだまだ力不足だということが身にしみて分かりました. そして, 大学に対する興味もわきました. 大学で今回の理工特別塾のような内容の勉強ができると思うと, とても楽しみです.
- 1度じっくり見て説明を聞いても, 難しく, やはり, レベルが違うと感じられた. 自分のレベルを高められるようにしたいと思った.
- 県内にある大学でしたがあまり行く機会もなく, どんなことをしているのかというのはよく知りませんでした. 今回の塾で, 大学であることの奥深さが知れました. 各分野とても難しい内容でしたが, 分かりやすいご指導のおかげで, 理解を深めるこ

表6 平成25年度の理工特別塾スクーリング(松江会場)の内容.

松江会場(島根大学 松江キャンパス)		
月日	科目(時間)	講演者および講演タイトル
4月27日(土)	数学(90分)	山田 拓身:模様と数学
	機械・電気電子工学(90分)	山本 真義:電気自動車のしくみ
5月18日(土)	物理(90分)	山田 容士:電気を流すセラミックス—酸化物超伝導体と透明導電体—
	機械・電気電子工学(90分)	芦田 文博:機械工学の誕生, 発展および未来
6月15日(土)	数学(90分)	中西 敏浩:ランダム・ウォーク~酔っ払ったお父さんは無事に帰宅できるか?~
	化学(90分)	和田 英治:グリーンケミストリー(環境にやさしいものづくりの化学)
7月6日(土)	機械・電気電子工学(90分)	葉 文昌:光電効果と太陽電池
	地球資源(90分)	大平 寛人:島根の地質, 成り立ちと工業鉱物資源の形成
7月20日(土)	化学(90分)	小俣 光司:低環境負荷型高品位輸送用燃料の製造
	物理(90分)	藤原 賢二:超伝導の科学
【オープンキャンパス】 (理工特別塾の塾生を対象とした特別実験)		
8月8日(木)	物理(100分)	森戸 茂一:電流の正体にせまる—電子の運動とその性質—
	化学(100分)	山口 勲:ナイロンを作ってみよう
	機械・電気電子工学(100分)	下舞 豊志:リモートセンシングってなに?
理工特別コースの活動紹介・学生との懇談会(40分)		

オープンキャンパスの特別実験は, 1科目を選択して受講.

とができ, 自分が将来したいと思っていることだけでなく, 他の分野についても色々なことができるような気がします. さらに, 今高校でやっていることもちゃんと将来の役に立つことや, 違う分野でも密接に関係していることなどが分かり, 本当に来て良かったです.

- 内容はレベルが高く難しかったが, 所々, 理解できる内容もあり, そのときは, 今まで勉強してきた中で疑問に感じていたことが解決できたものがあったので, とても勉強になった. 進路の1つに島根大学総合理工学部が入っていて, 今回の理工塾でさらに島根大学に興味をもつことができ, 進路選択にとっても役立った.
- 普段の高校でやる授業とは違う, 深い内容の端を見ることができてよかったです. 個人的には, 数学が好きだったので, 数学の講義に興味を持っていましたが, どの講義も面白く, どれももっと調べてみたいと思うほど興味深かったです. このような機会があって, 本当に嬉しかったです.

「NPO ものづくり教育たたら」の活動事例

渡 邊 玄*

1. はじめに

「特定非営利活動法人ものづくり教育たたら(以下NPO たたら)」⁽¹⁾は、永田和宏東京工業大学名誉教授を理事長とした会員約60名程度のNPOである。会員は主に鉄に関わる企業に勤める会社員やそのOBを中心として、近年学校の先生や学生などの会員も増えてきている。NPO たたらは、①たたら製鉄を通して幅広い「理科教育」の支援、②小・中・高校、大学など地域社会で行う「ものづくり」活動の技術指導、③ものづくり教育プログラムの企画・推進を主な目的としており、上記の活動と、それらを指導する指導員の育成を行なっている。

NPOの指導活動の多くは、スーパーサイエンススクールなどの助成金を受けた学校からの依頼で、限られた学生にたたら製鉄の指導を行うことが多い。その際、作った鋼(鋼)を使って何かを作りたいという要望が数多く寄せられていた。「子どもたたら教室」は独立行政法人国立青少年教育振興機構の「子どもゆめ基金」⁽²⁾の「子どもの体験活動助成」を受けて、一般の小学校3年生から高校3年生までの幅広い学年を対象に、製鉄の原料となる砂鉄の採取、木炭づくりによる炭の調達、両者を使ったたたら製鉄、その鉄を使ったペーパーナイフの制作までを行なっている。一連の工程を体験することで、原料・材料と製品との関係に興味が生まれることを期待している。本報告では、「子どもたたら教室」における一連の活動について紹介する。

2. たたら勉強会

子どもたたら教室の第一回目は大学の講義室を借りて講義を行う。まずは永田理事長が鉄についてのお話と、ビデオを使ってたたら製鉄の概論を説明する(図1)。幅広い学年から参加者を募ると言っても実際は小学生4年、5年生が多く、指導要領の定める範囲で説明するのは極めて困難である。学校ではまだ習っていないくても、原子、一酸化炭素、などいく



図1 小型たたら炉で作られた鋼を見せながら、子ども達に説明をする永田NPO理事長(第3回子どもたたら教室より)。

つかの科学用語は聞いたことがあるでしょう、と前置きをして結構踏み込んだ話までしてしまっているが、この点に関してのさらなる改善が必要である。

NPO会員で、元小学校教諭であった福島氏による木炭・炭焼きの講義では実物を使ったクイズや、椅子に座り飽きたであろうタイミングで外に出してクイズを出すなど、子どもの気持ちを知り尽くした見事な講義であった。

鍛冶の講義は刀匠松田周二氏による日本刀のお話で、日本刀の歴史を中心に講義を行った。講義の内容の多くは鍛冶体験の日の内容と重複するので後述したい。

以上の講義を以て砂鉄採取、炭焼き、工場見学、たたら製鉄、鍛冶によるペーパーナイフづくり、報告会までの4カ月にわたる実習を始めることになる。

3. 砂鉄拾い

松田刀匠の協力で、千葉県南端の館山に近い千倉の瀬戸浜海水浴場で砂鉄の採取を行なった。砂鉄のたまる場所は時期により様々だが、砂鉄は白い砂に比べて重いので、白い砂を除けると黒い砂鉄の帯がところどころに見られる。これを袋越しの磁石でさらったり、湿った砂を一度ブルーシートの

* 東京工業大学助教；大学院理工学研究科(〒150-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1-S8-9)
Activity Report of “Non-profitable Organization of Creative Education Using Tatara”; Takashi Watanabe (Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo)
Keywords: *Tatara steelmaking, experience-based education, charcoal making, safety education, non-profitable organization*
2014年月日受理[doi:10.2320/materia.54.152]



図2 砂浜で磁石に付いた大量の砂鉄を見せてくれた小学生(第3回子どもたたら教室より)。

上に広げて乾燥させ、磁石で回収した(図2)。磁石で回収された砂鉄の中には、砂鉄に挟まれて一緒に回収された砂粒が多く含まれている。その結果、たたら操業の際のノロ(スラグ)の量が増えて歩留まりが悪くなるため、NPOでは手動の磁選機を作成し、より高純度の砂鉄に精製した。千倉海岸の砂鉄は出雲の砂鉄に比べてTiO₂成分が多いのが特徴である。砂鉄の化学組成はFe₃O₄: 74 mass%, TiO₂: 9 mass%, SiO₂: 8 mass%, Al₂O₃: 3 mass%程度になる。この砂鉄を約200 kg調達した。

実施時に注意すべきことは、炎天下での作業のため熱中症に注意すること、海に入って遊び、事故を起こすことがないように注意することであった。しかしながら、夏の盛りに海水浴客の脇で砂鉄拾いをしているにもかかわらず、海で遊ぶこともせずに砂鉄を黙々と取り続ける姿は意外であり、印象的であった。砂場で磁石に付いてくる少量の砂鉄で遊んだ経験は誰しもあると思うが、これが本当に鉄になると想像することは難しいであろう。

4. 炭 焼 き

群馬県赤城山にある国立青少年交流の家の協力のもと、泊りがけで炭焼き体験を行なった。第1回、第2回では炭焼き名人であり、国際炭焼き協会会長の杉浦銀次先生と正司和久先生の指導、第3回ではNPO会員の福島氏の指導により、ドラム缶窯、穴窯、伏せ焼の3種類の 방법으로炭を焼いた。図3(a)は伏せ焼きと呼ばれる手法の準備の写真で、下に空気の通り道の隙間を作って写真のように木を敷き詰め、上にトタン板を載せて土をかぶせる。ブロックで組まれた焚き口で火を焚くと、熱と煙が木材の隙間を抜けて煙突から出ていく。それによって中に詰めた木材も燃焼を始め、蒸し焼きにされていく。煙突から出る煙は、最初は湿気による白い煙が主であるが、次第に煙の温度が上昇し、煙の色も青白い色に変わってくる。この煙の中には木酢が含まれているため強烈な臭いがするが、この木酢を回収すると虫よけや洗剤など様々な効果があるそうだ。他の炭窯でも同様の手順で木炭を作ることができる。

また、炭窯の変化に注意を払いながら、待ち時間の間は花



図3 (a)伏せ焼き法の基本構造。(b)完成した木炭と一緒に記念撮影(ともに第3回子どもたたら教室より)。

炭の作製に挑戦した。茶筒やお菓子の箱など各自持ち寄った缶の容器に小さな穴をあけ、松ぼっくりなどをいれた後、針金で縛って焚火の中にくべた。白い煙が中から噴き出した後、しばらくして火から取り出すと、原形を留めたまま炭になっている。ちょうど夏休みの終わりの時期でもあり、格好の夏休みの宿題の提出物になる。

伏せ焼き、ドラム缶炭焼き窯は2日目の午後には取り出せるが、炭窯は容量が大きいため燃焼に2日程度かかり、冷却にも時間がかかるため1週間後の取り出しになる(図3(b))。

5. 工 場 見 学

子どもたたら教室で体験するたたら製鉄との比較として、新日鐵住金株式会社君津製鉄所のご協力により製鉄所見学を行なった。午前中は工場紹介のビデオと一般社団法人日本鉄鋼連盟が制作した広報ビデオを視聴し、永田理事長と、企業の方による製鉄所の概要説明などが行なわれた。質問の時間では、子どもならではの質問に交じって、原料を海外から輸入しているんだしたら、その国で鉄を作ればいいのか、と言った大人顔負けの質問が出ることもある。それに対しては、当然損得を考慮した上で現在の方式を取っているが、工業製品は製造設備だけでできるものではなく、それを運用する技術者の質に大きく左右される。日本人のものづくりに対する姿勢や細やかさがあればこそ、日本で作る価値がある、との回答で締めくくられた。この話を聞いた子どもたちの中から、優れた技術者が生まれることを期待したい。

午後から2台のバスに分乗して工場見学に出発する。第4高炉前に設置されたお立ち台から高炉を臨み、記念撮影(図4)。製鋼工場の転炉、連続鋳造設備、熱間圧延工場を見学した。まだ残暑の厳しい中、水蒸気や鋼板からの輻射などの熱気を浴びながら、映像では感じ取れないスケールの大きさ、迫力を体感できたのではないだろうか。

6. たたら操業

千倉海岸で採取した砂鉄と、赤城山で作った木炭を使って製鉄に挑戦した。図5に示すような簡易たたら炉を用いて操業を行なった。この簡易たたら炉は耐火レンガと軽量ブロッ



図4 君津製鉄所第4高炉前にて、スラグ運搬車の通過に歓声を上げる(第3回子どもたたら教室より)。

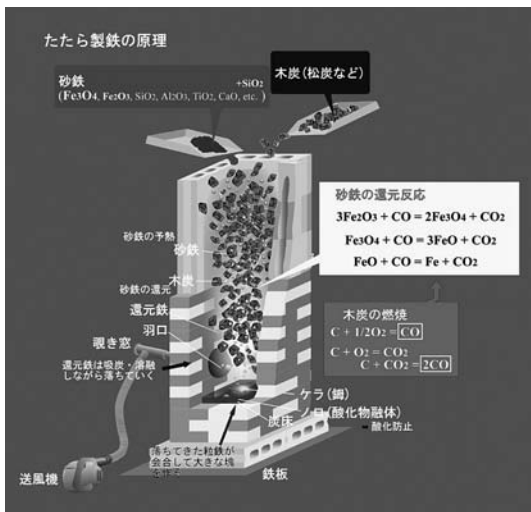


図5 簡易たたら炉の概略図。

クでできているため、炉体に粘土を用いた本格的なたたら炉とは異なるが、築炉が1時間程度でできること。また、炉壁が耐火レンガなのでノロ(スラグ)の浸食を受けにくく、ノロの組成は砂鉄の成分に依存するため、操業が簡単である。場所を選ばず初心者にも気軽に製鉄を楽しんでもらい、鉄に対する興味を深めてもらうという点を重視してこの方法を採用している。このたたら炉では、砂鉄20~30kgと木炭70kg程度から約6時間で4~6kg程度の鋼を得ることができる。

簡易型たたら製鉄に必要なほとんどの道具はホームセンターで手に入れることができるが、たたら操業を想定されたものではないため、作業中の安全管理は全て自分で行う必要がある。特に注意したのは炭を切る鉋の取り扱いと、火傷、一酸化炭素中毒である。4基の小型たたら炉を組もうとすると木炭は300kg近く必要になり、大量の木炭を鉋で切る必要がある。炭切りの作業中、同じ作業を苦も無く黙々と続けられる子どもと、途中で飽きて鉋を必要以上に大振りに炭を切り始める子どもの2種類の子どもの間に分けられる。後者は特に怪我の原因となったり、周りに迷惑をかけるので、直ちにその行為が危険であることを説明し、気分転換に他の仕事を与えてやる必要がある。

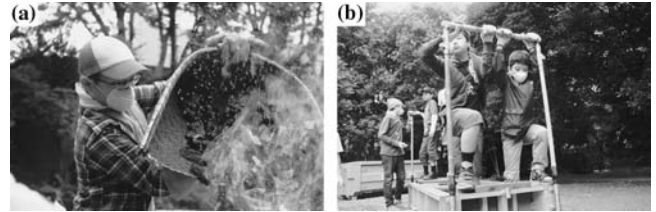


図6 (a)木炭投入の様子。防護対策を十分にしたらうで、大抵の作業は子どもにやってもらう。(b)踏み鞆による送風の様子。4基あるたたら炉のうち1基は送風も人力で行なった(いずれも第2回子どもたたら教室より)。

また、操業中には焼けたレンガや炉内を突いた鉄棒、流れ出たノロなど、高温のものが多く作業場に存在する。赤熱したのものに関してはその熱気から子どもでも危険を察知することはできるが、ある程度温度が下がって500℃以下になると見た目では室温のものほとんど区別がつかない。そのため、作業前に念入りに説明と注意をする。また、温度が上がってきた際に手を近づけさせて熱気を感じさせたり、ものが光る温度は危険であることを実例を示しながら危険性の説明を繰り返す必要がある。また、炉の周辺は木炭の燃焼により一酸化炭素ガスの濃度が高くなっている。しかしながら、一酸化炭素は無色無臭であるため、子どもはその状況に気づくことができない。そのため、操業責任者にCOガスセンサーを持たせるほか、風向きに注意しながら子どもがどこにどまっていなかったか注意する必要がある(図6(a))。

上記のような注意すべき点について、事前にリスクアセスメント等を構築した結果、幸いにして今まで大きな事故もなく操業を行うことができている。このような体験授業では、危険を隠すのではなく、リスクを明示してどのようにすれば回避できるのかを教えることで、子ども相手であっても実習内容の範囲を広げることができるように思える。

4基あるたたら炉のうち、1基の送風は図6(b)のような踏み鞆を用いて行なった。親子で二人並んで鞆を踏みながら記念写真を撮ったり、操業が安定して単調作業の繰り返しになった間の時間を過ごすにはちょうど良い。また、ノロ出しでは、オレンジ色に焼けたノロが溶岩のように炉内から出てくるが、その中に還元された小さな鉄の粒が含まれている事があるため、子どもたちは粒鉄探しをしている。

鋼出しのため炉を崩していく際は、子どもたちに赤熱したレンガを運んでもらう。鋼出しは危険なため指導員が行うが、周囲ではデジタルカメラ、スマートフォン、携帯ゲーム機など思い思いのカメラを構える。鋼を水につけた際の音と水蒸気に歓声を上げるとともにものすごい勢いでシャッターが切られていく。最後に、炉内の燃え残りの木炭と炉の余熱で焼き芋を作り、みんなで食べて終了した。

7. 鍛冶体験

鍛冶体験では、たたら製鉄で作製した鋼を事前に折り返し

鍛錬により4回折り返した板を鍛錬により伸ばし、ペーパーナイフの形状にした(図7)。耐火れんが20個程度で組まれた簡易鍛冶炉に木炭を燃やし、鉄片をオレンジ色になるまで加熱し、金床の上に載せて金槌で叩く。温度が上がった状態の鉄ほど叩くと柔らかく変形していくことを確認し、「鉄は熱いうちに打て」という言葉の意味を実感する。鍛冶職人は金槌で叩くエネルギーを効果的に与えることで鉄片の冷却を抑え、鍛錬する時間を長く取ることができるが、もちろんそのようにうまくいくことはなく、鉄片はみるみる冷えて色を失っていく。冷めた状態で叩きすぎると鍛接面が剥がれてくるので、なかなか思い通りに進まない。職人が鮮やかにこなして見せる作業が日頃の訓練の賜物であることを実感しつつ、なんとか自分の思う形に成形していく。親が鉄で鉄片を押さえ、子どもが金槌で叩くという親子の共同作業もあちこちで見られて大変ほほえましい。

鍛錬によっておおよその形を作った後は、ベルトサンダーで余計な部分を削り落として最終的な形を作り込んでいく。鍛錬の際に金槌の面で叩かず、ヘリで叩いて深く入ってしまった凹みもひとつの作品の個性として趣が出てくる。成形後は油分を藁灰でよく落とし、加熱し直した後でんぷら油の中に入れて黒さびの被膜をつけて完成である。自分たちが作った鉄が自分の作品として手元に残るため、このイベントの出席率は非常に高い。

また、作業の合間に松田刀匠が鍛錬の実演と刀の観賞の方



図7 鍛錬によるペーパーナイフづくり。熱した鉄片を叩いて伸ばし、ナイフの形に成型する(第3回子どもたたら教室より)。



図8 松田刀匠に日本刀の観賞の手ほどきを受ける様子(第3回子どもたたら教室より)。

法の実演を行った。鍛錬する鉄の塊を鍛冶炉にくべて1300℃近くに加熱されるまで時間がかかるため、松田刀匠による日本刀に関する解説や、刀鍛冶の修業などのお話をいただいた。それぞれの内容が非常に興味深いものであったが、そのうちのいくつかを簡単に紹介したい。

- 日本刀は武器であるけれども武器として使われた時代はほとんどない。そして美術品でもある。日本の歴史は鉄の歴史でもある。日本刀を勉強すると日本の歴史もわかる。名刀は大事にされてきたから使われずに保存されて今まで受け継がれてきた。名刀を作らないと自分の作品は残らない。
- 刀鍛冶はもうからない。けれども、誰もできないことにチャレンジしているという意味での面白さは非常に大きい。
- 最近のスポーツ選手で名を成した人のほとんどは小さい子供のころから始めている。職人の世界も同じ、14~15歳のころから職人の世界に入った方が断然伸びる。
- 刀鍛冶の修業では、師匠は最善のものを作るためにわずかな干渉も排除したい。そのため、弟子を仕事場に近づけることすら避ける。弟子は、向こう槌を打つときのみ仕事場に近づくことを許される。技を盗むと言っても、その機会すら限られる。難しい世界だ。

特に印象深かった内容は、どの分野にせよ道を究めるには若いうちからの専門教育が重要であり、子どもの才能・可能性を見出してやれるのは両親・保護者であるべきである、とのことであった。これらの話の多くは子どもに向けてよりも、その保護者に向けての発言であったように思える。

日本刀の観賞では、小さな子が持つには刀は重いので、恐る恐る刀を持って鑑賞し、そのまま返す子どもが多かった(図8)。筆者が大学の授業で同様に学生に日本刀を持たせると、どの学生も緊張と気持ちの昂ぶりが混じったような表情になる。今回の結果をみると、大学生と小学生の反応の差は対照的であり、予想を裏切るものであった。

こうして、夕方前までに一人一本思い思いのペーパーナイフを完成させ、密度の濃い一日が終わることになる。

8. 最終報告会

最終報告会では、これまでのイベントの総まとめとして数枚の模造紙にポスターを作製し、お互いに発表するというものである(図9)。各自が思い思いに印象に残ったことをクレヨンやペンを駆使して絵を描いていく。低学年は絵日記風に、一方高学年は図解のようなイラストを描き、変化に富んでいて面白い。特に小さな子どもが絵を描く場合、興味の対象がわかりやすい。工場見学では、高炉の絵が象徴的に描かれており、なかには紙を切り貼りして立体的に高炉を作った子どもおり、発想の柔軟さに改めて感心させられた。

9. まとめ

以上、原料の調達から材料の作製、最終製品までの一連の工程を体験するという「子どもたたら教室」の活動をまとめ



図9 (a)最終報告会準備の様子. 写真などから振り返り, 印象に残ったことを分担して絵にしていく. (b)完成したポスター群. このポスターをもとに最終発表会を行なった(いずれも第2回子どもたたら教室より).

てみた. たたら製鉄で鉄を作って終わりではつまらない, という意見から始まったイベントであるが, 良い製品を作るには? →良い材料を作るには? →良い原料とは?, というようにものを作るという一つの目標に対して, より広い視野で考えるきっかけになったのではないかと考えている.

しかしながら, 解決すべき課題も多い. 第一回は鍛冶体験がなかったが, それでも講義・砂鉄拾い・炭焼き・工場見学・たたら・報告会と6つの行事をこなさなくてはならない. 原則として全てのイベントに参加することを条件に希望

者を募っていたが, このようなイベントに興味を持つのは教育に熱心な保護者の家庭であることが多い. そのような家庭では土曜日・日曜日の週末にも習い事や部活動などの予定が入っていることが多いため, 実際には定員までの参加者を募るのに苦労したのが実情である.

一方, 数は少ないながらも前回が良かったのでもう一度参加した, という家族もいた. 材料の世界は原料・製錬・加工どの工程についても1度の体験で語りつくせるものではないし, 学年が上がれば同じ説明を聞いても受取り方に変化があるであろう. また, それを指導する指導員の側にもそれらの説明を可能にするための研鑽が必要であろう. より広く活動が認知されるようになるには, この活動を辛抱強く継続することが最重要であると思われる.

最後に, 「子どもたたら教室」を実現するに当たり, 助成を戴いた独立行政法人青少年教育振興機構と, 会場の提供をして戴いた東京工業大学, 東京芸術大学, 日本工業大学, 国立赤城青少年交流の家, 公益財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館, 次泰鍛刀場および関係者の皆様にご心よりお礼を申し上げます.

文 献

- (1) 「特定非営利活動法人ものづくり教育たたら」ホームページ. <http://www.tatara.or.jp/>
- (2) 「子どもゆめ基金」ホームページ. <http://yumekikin.niye.go.jp/>



渡邊 玄

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
2003年 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了, 博士(工学)
2003年4月- 現職
専門分野: 熱力学
◎高炉内や焼結機内での鉱石の反応挙動の解析, 連続
鑄造用 molds での結晶化挙動の研究に従事.
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

産業技術総合研究所による 出前講座・実験教室事業

～双方向コミュニケーションを目指して～

下村正樹*

1. はじめに

産業技術総合研究所(産総研)は、グリーン・テクノロジーやライフ・テクノロジーを始め、幅広い分野の産業技術の研究を行っている公的な研究機関である。全国10ヶ所の研究拠点で、基礎から応用、製品化まで一貫した研究を実施しているが、研究拠点の中で最も規模の大きいのが茨城県つくば市にあるつくばセンターである。筆者の所属する広報部もつくばセンターにある。産総研は、その予算の多くが国民の税金でまかなわれていることから、社会・国民の理解と支持を得ることが重要であり、成果などを社会に還元していくことが必要不可欠とされている。

第3期科学技術基本計画(2006年～2011年)では科学コミュニケーションの推進が謳われ、様々な組織で科学コミュニケーション活動が加速した。産総研も例外ではなく、2007年には、それまでに行っていたサイエンスカフェや実験教室などの活動を「サイエンスコミュニケーション事業」として推進することとなった。その一環として、各研究拠点の一般公開や、サイエンスカフェ、外部の科学イベントへの出展なども行っている。本稿では、これらのうち「出前講座・実験教室」事業を紹介したい。(http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/delivery_lectures/index.html)幅広い分野をカバーする研究所であるため、材料に関する講座や実験教室は少ないが、この事業全体について、目的、制度、実績などを述べてみたい。また、筆者がこの活動を行う上での個人的な思いにも言及し、さらに数年間の経験を通じて筆者が個人的に感じている問題点、改善すべき点なども紹介したい。

生徒や子供を対象に科学コミュニケーション活動を行う研究者を、筆者の仲間うちでは「こっち側」の人間と呼んでいる。読者の方々にもぜひ「こっち側」へ来ていただきたいのだが、いきなり講座や実験教室を始めるのは敷居が高いと感じる方も多いと思う。読者が小中高生を対象とした実験教

室などの科学コミュニケーション活動を始める取掛かり、参考になるような事例も簡単に紹介したいと思う。

2. 産総研の出前講座・実験教室

(1) 目的と制度

産総研は、2007年に、生徒、学生、一般の方を対象とした「出前講座・実験教室」事業を開始した。開始当初は、あまり知られていないためか実施例が少なかったが、最近では年間50回を超えている。産総研の第3期中期計画(2010年度～2014年度)では、対話型広報活動を5年間で200回以上開催するという数値目標が掲げられているが、すでに出前講座・実験教室だけでその目標を達成している。

産総研では、様々な研究に取り組んでいるが、出前講座を通して、産総研への研究の理解を深めてもらいたいと考えている。また、実験教室が科学技術に親しんでもらう一助となればと考えている。さらに、職員がこういった活動を通しての一般の方々との交流を今後の研究活動に反映させることも目的としている。

産総研の出前講座・実験教室は、まず産総研の公式ウェブサイトから、申し込んでいただいて、広報部科学・技術コミュニケーション室が依頼先と担当研究員との仲立ちをして、様々な調整を行うしくみとなっている。対象としているのは、公共性・公益性のある団体・機関等(市民団体、学校法人、地方公共団体、公益法人等)が主催するもので、営利を目的とする講演会等は、対象外としている。経費などについては、謝金はいただいているが、交通費(旅費)については、原則として依頼者に負担してもらっている。また、実験用消耗品などは現物でいただく例が多い。ただしケースバイケースで、フレキシブルに対応している。日時については、依頼者の希望に沿うようにしているが、研究者の研究業務を優先するため、依頼に添えないこともある。

一方、産総研側の仕組みとしては、研究員は所属長(研究

* 独立行政法人産業技術総合研究所 広報部；総括主幹(〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第二事業所) Delivery Lecture and Experiment Class of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology; Masaki Shimomura (Public Relations Department, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba)
Keywords: science communication, delivery lecture, delivery experiment class, research institute, interactive communication
2014年11月25日受理[doi:10.2320/materia.54.157]

部門長や研究センター長など)の承認を受けてから、テーマを登録する。実施についても、毎回所属長の承認が必要となるが、産総研内部では研究成果の一種として扱われ、個人評価に反映される。ただ、論文や学会発表ほどの重みづけはされていないのが実情であろう。また、ボランティアではなく、正規の業務として行うので、謝金は受け取れず、休日に実施した場合は代休を取得することとなる。

(2) テーマ

2014年10月現在、産総研が提供している出前講座・実験教室は以下の17講座、13教室である。出前講座が中学生から一般、出前実験教室が小学生から一般を対象としている。なお希望のテーマがない場合などは、リスト以外のテーマでも先方の希望にできるだけ沿うように努めている。

出前講座

- 1-1 身近な音波の不思議な世界
- 1-2 富士山に登って調べる火山の不思議
- 1-3 海外火山探検隊 インドネシアの大規模噴火
- 1-4 体内時計と健康
- 1-5 機能性材料の開発を目指して
- 1-6 高分子(プラスチック)入門
- 1-7 快適な睡眠環境と健康
- 1-8 遺伝子組換え植物とはなにか その安全性、現状、展望
- 1-9 太陽光発電と再生可能エネルギー入門
- 1-10 活断層と地震の科学
- 1-11 新エネルギー教室
- 1-12 省エネルギー教室
- 1-13 きれいに分ける—クロマトグラフィ入門—
- 1-14 環境触媒とは?—科学の力で地球を救う—
- 1-15 コンピュータが解き明かす「モノの個性」の最先端
- 1-16 人・社会の営みと花こう岩
- 1-17 カオスってなに?

出前実験教室

- 2-1 2000度の高温でルビーを作る
- 2-2 グラスハーブで探る音の不思議
- 2-3 アナログ実験で楽しむ噴火の謎
- 2-4 変化っておもしろい!(化学反応など)
- 2-5 参加型体験学習
- 2-6 燃える氷:メタンハイドレート
- 2-7 「光」と「ロボット」
- 2-8 色を分ける
- 2-9 偏光で遊ぼう(1:直線偏光)
- 2-10 偏光で遊ぼう(2:円偏光)
- 2-11 紫外線とオゾン層
- 2-12 燃料電池実験教室
- 2-13 クロマトグラフィ—実験教室

これらのうち1-5, 1-6, 2-1が材料に関係しているテーマである。2-1はルビーを結晶成長させる実験で申し込みが多いテーマではあるものの、装置の輸送費がかかるため先方に行くよりは、見学の際に産総研にて実施することが多い。

表1 産総研の出前講座・実験教室の実施数。

年 度	出前講座	出前実験教室
2007	0(0)	4(2)
2008	13(0)	10(4)
2009	14(0)	9(3)
2010	11(2)	22(5)
2011	44(2)	29(7)
2012	37(1)	30(12)
2013	31(5)	28(7)
2014(12月まで)	20(0)	17(5)

カッコ内は筆者の実施数

(3) 実績

表1に2007年度からの出前講座・実験教室の実績を示す。一般の方々に知られるのに時間がかかってしまったのがわかる。知っていただく努力が足りなかったところが反省点といえよう。2011年には実施数、特に出前講座の実施数が急増しているが、これは同年3月の東日本大震災の影響と考えている。震災後、地震、津波、放射線、エネルギーなどへの一般の方々の関心が高まったためと思われる。産総研では地震・津波の研究を行っているが、東北地方太平洋岸を周期的に襲う津波についても研究を進めていた。また、放射線量をはじめ日本の国家標準を維持・管理・供給している研究所である。2011年には国民の要望に応えるかたちで、リストにはないテーマであるが津波・地震関係6件、放射線関連5件の出前講座、さらにエネルギー関連では16件の出前講座・実験教室を実施した。なお、同年には「1-10活断層と地震の科学」を出前講座リストに入れた。このテーマは複数の研究員が担当しており、要望に出来るだけ沿う内容で実施されている。

依頼先は、地方自治体、科学館、公民館、図書館などが主催するものが多く意外に学校が少ない。これは、カリキュラムや予算の問題ではないかと考えている。ただ、児童クラブや科学クラブ、PTAのイベントなどでは、学校の施設を利用して実施することが結構多い。筆者については、最近になってようやく小学校や中等教育学校の授業の一時限をいただいて実施する例が出てきている。ありがたいと思う一方で責任も感じるが、このような例が増えることが望ましいと思っている。また、2014年には日本物理学会などが主催する「自然の不思議-物理教室」というイベントで実験教室を行う機会をいただいた。余談ではあるが、日本化学会や日本化学工業協会なども同様のイベントを主催され、化学関連の企業方々が実験教室などを実施されている。科学コミュニケーション活動が学協会にも広がっていることは喜ばしいと思う。

(4) 問題点

順調に実施できているようにも見えるが、現実には問題点も多い。まず、登録テーマ数が研究所の規模に比べて少ないことがある。研究員が2250名程度で30テーマ、しかも、そのうち5テーマは筆者の担当、というのは寂しい限りであ

る。産総研内でも科学コミュニケーション活動を行う「こっち側」の人間を増やしたいと考えている。これには研究員だけではなく幹部・管理職の意識改革が一層重要であろう。成果が求められる中、このような事業の必要性を認識し、これらの活動に理解のある管理職が増えてほしいと思っている。次に、クオリティーの問題がある。広報部で全ての講座・実験教室の内容を把握できていないため、十分なクオリティーが確保されているかどうか不安ではある。研究員が科学コミュニケーションのスキルを磨く時間や機会を増やしたいが、本業の研究を疎かにするのは本末転倒であり、悩ましい問題である。また、実施場所が比較的局在している点も問題である。これは、交通費宿泊費を負担していただく制度のため日帰り圏での実施が多くなっているためである。担当研究員の多くがつかばセンター所属であるため、関東での実施が圧倒的に多い。遠隔地からの打診はあるのだが、多くの場合は交通費宿泊費がネックとなって実現しない。何とかしたいと考えているが、受益者負担という考え方との兼ね合いもあり、なかなかうまくい方法が思いつかない。

出前実験教室については、小学生が対象という場合が多く、中学生や高校生対象の実施例は、まだまだ少ない。小学生よりも中高生の方が実験内容の理解も容易であるし、中高生にこそ科学技術に親んでもらいたいのだが、やはり中高生、特に高校生は受験などで忙しいのが原因かと思われる。幸い、中高生対象の実施例も増えてきているので、一層増やしていきたいと考えている。時間的な余裕を考えると、中等教育学校など中高一貫校の特に中学生が狙い目ではないかと考えて、方策を模索している。

(5) 材料フェスタ in 仙台

2014年7月に、産総研、東北大学、物質・材料研究機構の主催で「材料フェスタ in 仙台」が開催された。(なお、日本金属学会をはじめ学協会、団体のご後援をいただいた。)このイベントは日本の素材・材料技術の素晴らしさを、将来を担う若手研究者や学生をはじめ、広く一般の方に伝える目的で開催されたが、そのなかで学生によるポスタープレゼンテーション(大学8件、高専6件、高校24件)が行われた。優秀なポスター多数が協賛企業や主催者により表彰されたが、産総研理事長賞の副賞は、希望する出前講座・実験教室を産総研が費用を負担して実施するというものであった。仙台高等専門学校「純宮城県産鉄つくりの挑戦」が受賞し、1-5を元にした「職業としての材料」という出前講座を同校にて実施した。受賞者だけではなく同校の学生多数が講座を聴講したと聞いている。費用負担の問題で遠隔地での実施例が少ない現実があるが、このように、さまざまな形で遠隔地でも実施していければよいと考えている。

3. 筆者担当の講座・実験教室

(1) テーマ

ここで筆者が担当しているテーマを簡単に紹介したいと思う。要望に応じて1時間から2時間で実施し、実験教室に

ついては30名程度、多くても40名を対象としている。

1-6高分子(プラスチック)入門。高分子とはどういうものか、その歴史や、構造、性質など、合成高分子を中心に紹介する。シュタウディンガーから白川教授まで、高分子関係のノーベル賞の話題を挿みつつ高分子を紹介する構成にしている。時間があれば、分光法についてもマイケルソンやラマンといったノーベル賞受賞者とともに紹介する。

2-8色を分ける。コーヒーのフィルターペーパーと水を使った簡易ペーパークロマトグラフィーで水性サインペンのインクを分ける実験と、簡易分光器を工作して各種の光を分けて見る実験の二本立ての教室。

2-9, 2-10偏光で遊ぼう。偏光とはなにか、偏光の性質などの解説やデモンストレーションをする。参加者自身による偏光板を使った簡単な実験や、偏光板とセロファンテープなどの複屈折現象を用いて「偏光万華鏡」を作る工作などを行う。デモンストレーションではCDのケース、プラスチック定規、粘着テープなどを使って、延伸や射出成形といった加工法と高分子材料との関係を解説する。時間、費用によって工作や実験を組みかえて構成する。

2-11紫外線とオゾン層。光の基本を解説し、さらに紫外線にスポットをあてて、オゾン層の破壊や生物への影響について解説する。紫外線でフォトクロミック現象を示すビーズとブラックライトを使って簡単な実験や、クイズなどを織り交ぜて構成する。

この他に要望に応える形で「炭素繊維・新炭素材料」「研究所の仕事の話」などの出前講座も実施している。後者のように、研究とはどういう仕事なのかをテーマにした講座を何回か行ったが、研究という仕事自体が、まだまだ知られていないことを痛感した。同時に、研究というものへの興味を持ち、知りたいと思っている人が多いとも感じた。個々のテーマについての出前講座・実験教室では、時間の関係で研究という仕事の話はほとんどできないが、研究という仕事についてもわかってもらえるように努力したいと思う。

(2) 留意点

出前実験教室で、特に、小中学生対象の場合に筆者が留意している点をいくつか述べたい。読者の方の参考になれば幸いである。

まずは安全面である。基本的には危険なものは扱わせないようにしている。例えばクロマトグラフィーでは移動相は水を用いて、有機溶剤は使用しないとか、回折格子の実験では、レーザーポインターを使うと面白いのだが、参加者には扱わせず、講師の行うデモンストレーションにしか使用しない、などがある。出前先の施設によっては様々な制限があるが、ほとんどの施設に対応できるような実験教室にしている。もし、危険なものを扱う実験教室であれば、安全対策を十分に取る必要がある。

次に、構成については、前半に講義、後半に実験といった構成は避けている。長い時間一方的に話を聞くだけだと参加者の集中力が続かないからである。5分から10分ごとに、クイズや参加者へ質問したり、参加者に実験をさせたり、デモ

ンストラレーションを見せたりするという構成にしている．参加者の興味を引き続けるのには有効な手段と考えている．

実施時に留意しているのは、教室全体に視線を向けるようにすることである．なかなか難しいので筆者もうまくできないことが多いが、特定の参加者に集中しないように気をつけている．次に、可能であれば、若い助手役と一緒に実施している．広報部の若手職員を動員しているが、助手役については交通費などは産総研が負担している．特に小学生から見れば、おじさんないしおじいさんである筆者よりも、若いお姉さんお兄さんのほうが、質問したりクイズに答えたりしやすいようである．なお、助手ないしスタッフがいる場合、単純な作業はスタッフだけが行うようにしている．例えば教室の照明を落とすとか、実験材料の配布といった作業は、講師ではなく助手やスタッフが行う．講師とスタッフの違いを明確にすることで、講師への信頼を深めるのが狙いである．

最後に最も重要な点がある．まずは自分自身が楽しむことである．講師が楽しんでいなければ、実験教室自体も楽しくならないと思う．もっとも楽しくなければ、そもそも出前講座・実験教室を行うことが長続きしないものだが．

4. これから始めてみようという方へ

実験教室などを正式な業務としていない組織も、まだまだ多いかと思う．しかし、大学などでは組織としての制約が少なく、行いやすい場合もあるかと思う．科学イベントなどでは大学関係者の出展は決して珍しくない．自治体によっては実験教室などの派遣事業を行っているところがあるので、それを利用して実験教室の相手先を見つけてはどうだろう．例えば、筆者の住む茨城県には「おもしろ理科先生派遣事業」というのがある．講師として登録しておき、学校や子ども会などから派遣依頼があると実験教室などを実施するもので、生涯学習センターが間に立って調整をしてくれる．地域の自治体などに類似の事業があるかどうかを探して見るのも良いと思う．また、地域の科学館と連携するという手もある．

ただ、いきなり1時間とか2時間に及ぶ実験教室を実施するのは敷居が高いと感じる方が多いと思う．筆者の初めての実験教室などは、半ば無理やりで、台本を渡されて「棒読み」で実施した．無理やりではあったものの、やってみると実に楽しかった記憶があり、現在につながっているのだと思う．しかし、そういう機会に恵まれる方ばかりではないだろう．まずは、外部の科学イベントにブース出展して慣れておいて、徐々に内容をふくらませて実験教室に発展させるのは、お勧めである．敷居の低い科学イベントとしては、各地で開催されている「青少年のための科学の祭典」がある．まずは見学してみることをお勧めする．

<http://www.kagakunosaiten.jp/>

5. モチベーションについて

研究者が生徒や子供を対象に科学コミュニケーション活動を行うモチベーションは何なのかという疑問を持つ方もいる

と思う．筆者が「こっち側」の人間となって、出前講座・実験教室を実施するモチベーションを紹介したい．いくつかあるが、まずは楽しいのだ．学会などで同業者相手に発表するといった日常？とは異なり、子供であれ大人であれ一般の方に科学技術の面白さを伝えるのは結構楽しいのだ、伝え切れているかどうかはわからないが、ぜひ、一度体験していただきたいと切に願う．また、筆者は既に研究者人生の晩年に差し掛かっているが、幸いにもこれまで研究で生計を立てておくことができた．高貴な者の義務とでもいうのか、ノブレス・オブリージュという言葉がある．筆者は高貴といった言葉には無縁の者ではあるが、研究で生計を立てることができた幸せ者である．こんな幸せを何らかの形で社会にお返しをするべきだというのもモチベーションの一つである．科学技術で生計を立てている方々、ぜひその幸せを社会に還元されてはどうでしょう．

6. 「こっち側」へのお誘い

科学コミュニケーション活動を行うモチベーションは人それぞれで、筆者とは異なる方も多と思われる．以前に「こっち側」の同僚の一人に「なぜ実験教室をやるのか」と聞いたことがある．楽しいからというのが正直かつ第一の理由だろうと思うが、何でも一ひねり加えるのが好きな彼の返答は「最近、自分がノーベル賞を受賞する可能性よりも、実験教室で教えた子供たちの誰かがノーベル賞をもらう可能性のほうが高くなったような気がしてきたので…」であった．

ところが、彼のようにノーベル賞をあきらめたので？実験教室を行う研究者がいる一方で、ノーベル賞を受賞してから実験教室を始めた研究者もいる．もともと gentleman として尊敬されている先生であるが、10年ほど前から日本科学未来館などで子供向けの実験教室を実施されていると聞く．筆者ごときがノブレス・オブリージュなどと口走ってはいけないと反省させられたものである．

しかし、日本の未来を担う若い人たちに科学技術に親んでもらうには、ノーベル賞受賞者だけではどう考えても人手不足の感否めない．読者の皆様にも「こっち側」へ来ていただいて、若い人たちに科学技術の魅力を伝えてもらえればと切に願う次第である．



下村正樹

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
1980年3月 東京大学大学院工学系研究科修士課程
修了
1980年4月 通商産業省 工業技術院 繊維高分子
材料研究所 研究員
1994年3月 博士(理学)(大阪大学)
2001年4月 独立行政法人 産業技術総合研究所
高分子基盤技術研究センター 主任研究員
2006年7月 現職
専門分野：高分子構造、分子分光学
◎現在、研究現場を離れ、広報部で仕事をするこ
が多いが、研究者の一般向けのコミュニケーション力
のなさを日々感じている。
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

高等学校の材料科学教育

木浪 信之*

1. はじめに

私は神奈川県立鎌倉高等学校に勤務する教諭ですが、横浜国立大学大学院博士課程後期に在籍し、希土類金属間化合物の磁気物性の研究に取り組んでいます。教育を指導する立場であると同時に、教育を受ける立場でもあります。大学を卒業して30年以上も過ぎてしまいましたので、学校で教育を受ける感覚を忘れていました。しかし、両者の立場を同時に体験することで、改めて高校の理系教育のありかたについて考えようになりました。そこで、勤務する高校で実践している材料科学教育と理系教育、さらに、社会人ドクターとしての立場から、大学の理工学部に進学した学生の教育状況についてお話しさせていただきたいと思います。

私は10年前に鎌倉高校に着任しました。当時、本校は国際理解教育を特色として教育活動を展開しており、海外の学校と語学を通して交流を続けている学校でした。しかし、数学や物理、科学などに興味を持って細々と活動をしている生徒も少数ながらいることがわかりましたので、着任早々、理系教育を開始したのです。この理系教育が前回お話しさせていただいた融合型学習活動⁽¹⁾です。この学習活動は科学技術振興機構(以下 JST)の支援を受けて始めたサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト(以下 SPP)ですが、SPP 活動によって、生徒の進路意識は向上し、進路実現についても非常に大きな成果を得ることができました。

SPP 活動では幅広い研究テーマに取り組み、得られた結果を研究発表会や科学コンテストなどで発表してきましたが、その中でも特に、金属管の中を落下するネオジウム磁石の運動に関する研究は本校の理系教育の方向性を大きく左右することになりました。

生徒の行ったネオジウム磁石の落下実験の概要は次の通りです。磁力の強いネオジウム磁石は銅管などの金属管の中ではゆっくり落下することが観察できますが、金属管の材質によって磁石の落下速度は異なります。そこで、外径や内径、長さなど、同一形状で材質が銅、アルミニウム、真鍮の3種類の金属管を用意し、その中を落下するネオジウム磁石の運動に

ついて比較実験を行いました。最初に落下の違いを見た生徒の考えは、落下中の磁石が金属管から受ける力は金属管の材質によって異なるために、ネオジウム磁石の落下速度に違いが生じるというものでした。しかし、その後の実験で、金属管内のネオジウム磁石は等速度で落下していることがわかり、金属管の種類に関わりなくネオジウム磁石は重力と同じ力を金属管から受けていると考えなければ説明がつかなくなりました。磁石の受ける力が金属管によって違うとすれば、磁石は加速度運動をすることになるからです。詳しく調べてみると、金属管内に落下した直後は金属管から受ける力の大きさは異なりますが、すぐに、磁石の重力と同じ大きさになるため、等速度運動で落下するのです。さらに、磁石にはたらく力と落下速度の関係を線形に表すとともに、数式化することもできました。この研究は科学コンテストで賞を受賞し、これまでこのような経験のなかった生徒たちにとって、大きな喜びと達成感を得ることができました。これらの研究結果を出すまでは決して簡単ではありませんでした。金属管内を落下中の磁石にはたらく力をどのように測定するのか考えたり、金属管内で磁石が等速度で落下する位置を見つけて落下速度を測定したこと、さらに、磁石がスムーズに落下するような工夫をしなければならなかったのです。もちろんデータ処理も行わなければなりません。私は、失敗を繰り返しても投げ出さず、前向きに実験に取り組む生徒の姿勢に感心するとともに、生徒を一生懸命にさせているものは何だろうと考えたりしました。この答えが新たな視点に立った材料教育の出発点になったのです。(図1)

ネオジウム磁石の実験によって、生徒だけではなく私たち誰もが材料に大きな関心があるということに改めて気づかされました。ネオジウムという希土類金属元素を使用することで、非常に強力な磁力を持った磁石の引き起こす現象が生徒の興味を引き付けたのです。ネオジウム磁石自体がそうであるように、人類は古くから新しい材料の発見や新規物質の開発に非常に高い関心を持っています。材料研究は、いまあるモノよりもさらに優れた性能を発現するモノや、新規材料を作り出す学問です。生徒たちが夢中になっていたのは、このような追い求める気持ちだったのかもしれない。

* 神奈川県立鎌倉高等学校; 教諭(〒248-0026 鎌倉市七里ヶ浜 2-21-1)
Materials Science Education of the High School; Kinami Nobuyuki(Kanagawa Prefectural Kamakura High School, Kamakura)
Keywords: educational cooperation, materials science education, curriculum, uncontinuity of education, Tatara iron manufacture
2014年11月25日受理[doi:10.2320/materia.54.161]



図1 金属管内を落下するネオジウム磁石の速さの比較.
金属管に磁気テープを貼り、磁石の位置を確認する。

この頃、ネオジウムなどの希土類金属はテレビや新聞などで頻繁に取り上げられて話題になっていました。希土類金属元素は現代の最先端科学技術に欠かせない重要な物質になったのです。このような背景もあり、生徒は希土類金属について大きな関心を持つようになりました。そこで、身の回りにどのような希土類金属があり、どのように活用されているか調べる実習の計画を立てました。具体的には、携帯電話を分解してその中にある様々な部品を樹脂固定した後、エネルギー分散型 X 線分析装置 EDX を使って、各部品に含まれる希土類金属元素を調べるといふ、高校生にとっては大掛かりな実習です。この実習は京都大学の実験室で実施していただいたのですが、この実習を機会に本校の材料科学教育は加速することになりました。そして、翌年の夏は京都大学でたたら製鉄の実習を行うことになったのです。

2. 高校教育と不連続な大学教育

私たちが何かを学ぶ場合、そこで行われる教育は学習者の到達度に合わせて連続的に進みます。このことは、学校の授業だけではなく、何事においても同様であり、大人も子供も変わりはありません。学校の教育活動に関しては、高校までの学習内容は教育課程に沿って無理のないように学習内容が深化していくように計画されています。それでも、数学で習っていない関数を物理の授業で使用するということはありませんが、度が過ぎるようなことはありません。教育課程が存在する高校までの学習は、教科の枠を超えても連続的に学習ができるようにつくられているのです。ところが、大学には授業計画(シラバス)はありますが教育課程はありません。乱暴な言い方をすれば、それまでの教育内容とギャップがある授業内容であっても展開することができるのです。つまり、大学教育は高校教育と不連続につながっていると言っても過言ではありません。誤解のないようにしていただきたいのですが、このことは、大学教育のあり方を否定しているのでもなければ、高校教育を批判しているのでもありません。大学教育が高校教育と不連続になっている理由は教育課程が存在していないことによるのです。だからこそ、大学は自由に研究や教育を進めることができる研究機関としての存

在意義があるのです。

高校と大学教育の不連続性が最も顕著に感じられることをお話ししたいのですが、大学の理工系学部に進学した人であれば心当たりがあるのではないのでしょうか。学部や学科によっても多少の違いはあると思いますが、私は大学の数学(数式の扱い)と高校の数学の間に最も大きなギャップがあると思っています。大学で最初に学ぶ、数学の考え方の違い、数式の扱い方に驚いた経験はないのでしょうか。それでは、なぜこのような違いが起こるのでしょうか。

ひとことで表現することは難しいのですが、高校までの数学は解析学や代数学、幾何学などをすべて含んでいて、計算をしたり、問題を解くということに重きを置いているように感じられます。その結果、数学のための数学になっていて、物理の授業では数学で学んだ知識を活かすことができないというような生徒が少なくありません。つまり、三角関数や対数、指数関数は数学ではできるのに、物理計算になると扱えなくなってしまうということです。物理という科目に限定しても、同じようなことが言えて、力学で学んだ知識を電磁気学で活用することができないこともあります。電気の単元で扱う電力の単位 W(ワット)は電気の世界で使用する単位であり、力学で学ぶ仕事率と等価な量だと理解できないのです。このようなことはすべて、数学や物理といった教科や科目を横断的に学習する機会がないことや、物理で扱う量をそれぞれ記号で分けて、公式として記述することによってその物理量の関連性を見失ってしまった結果だと考えています。極端な言い方をすれば、運動方程式は $F=ma$ 、速度と変位の関係は $x=vt$ というように、物理量を記号で記述するだけで、答えはパズルのように公式を使って組み合わせて求める作業が物理になってしまっているため、背景が見えていないのです。なかには、アルファベットの T を円で囲み、できた 3 つのスペースに物理量の一字を入れた公式を使って問題を解くような学習方法もあるようです。これでは、量の概念を理解できるはずがありません。高校までの勉強は少なからずこのような側面を持っているのです。それに対して、運動方程式を $F=m(d^2x/dt^2)$ というように記述するような大学の物理では、力自体が数式として表記されており、変位や時間との関係がわかるのです。これが、高校教育と大学教育の違いだと考えています。つまり、扱う量の眺め方がまったく異なっているのです。

3. 高校で学ばない材料科学

普通高校を卒業するまでの間、材料科学をはじめ、工学に関する学習をすることはほとんどありません。それは、すでにお話ししたように、普通高校の教育課程には工学に関する教科・科目がないので、材料科学や材料工学を普通高校の授業で実施できないのです。ただし、その学校の特色や生徒の教育状況などを考えて、教育課程に定められていない教科・科目を設置することは認められています。このような学校独自で設定する科目を学校設定科目⁽²⁾といいます。この場合、

設置の理由や授業内容、実施計画などを詳細に教育委員会に申請して、許可を受ける必要があります。工学の設備がない普通高校で工業に関する教科・科目を教室の授業だけ行っただとしても、期待するほどの教育効果は得られないでしょう。教科書の中に工学に関連がある分野もないわけではありませんが、まだまだ少なく、実験実習を行うためには装置の数や授業時間が十分ではないということも工学に関する授業の実施を難しくしている要因かもしれません。しかし、授業ではない特別教育活動であれば実施可能です。このようにして始めたものが、冒頭で述べた JST の支援する SPP と科学部支援事業なのですが、特に、科学部支援事業は少人数での実施が可能なので、小回りが利き、意義のある実験実習を行うことができました。

4. 高校で材料教育を実践する

私たちは材料科学に夢を抱き、この夢の実現が新しい材料開発や革新的な技術開発の原動力になっていると思います。ブレークスルーは材料開発から始まるのです。

さて、ネオジム磁石の実験に話を戻しますが、この実験は多く行われており、電気抵抗の小さい金属管ほど磁石の落下速度が小さくなることはよく知られていることです。しかし、このことを生徒は知りませんから、科学者になった気になって実験結果を次のように報告しました。落下速度の大きさは真鍮管、アルミニウム管、銅管の順に小さくなり、この順序は金属管の材質金属の抵抗率の順になっているというものです。生徒がこの結果を実験だけではなく、数式で導き出したことは大きな意義があります。この実験報告で面白かったのは、真鍮について調べてきたことでした。ご存知のように、真鍮は銅と亜鉛の合金で、その成分割合によって色や硬度などの物性が変化します。つまり、成分割合によって電気抵抗率も異なることが考えられ、その結果、同じ真鍮でも成分割合によって落下速度が変わるはずですが、それならば、ネオジム磁石の落下速度から真鍮の合金比を求められるのではないか、ということを生徒は言い出したのです。面白いことを考えるものだなと私は驚きました。銅と亜鉛の成分割合を変えて、外径や内径などの寸法をそろえた真鍮管を用意できなかったため、この実験は検証できていませんが、機会があったら再開してみたいと考えています。

これまでの SPP 活動では幅広い分野の実験実習を行ってきましたが、材料科学に関心を持つようになった生徒の様子を知り、金属材料の性質を調べる研究に絞って取り組むことにしました。そこで、高校の実験室でできそうな材料科学に関する実験を探していると、教科書にも載っている金属の電気抵抗の温度依存性が目に留まりました。単純な実験ですが、高校の実験室できちんとやろうとすると、それなりに工夫が必要だからです。温度が下がっていくにしたがって金属の電気抵抗も小さくなることは生徒全員が知っていました。それにもかかわらず、実験したことのある生徒は一人もいませんでした。それならば、液体窒素を使って 77 K から水の



図2 断熱性の優れた容器の試作。

沸点の 373 K まで連続的に測定できるように装置も組み立ててみようということになり、生徒は手作り実験装置の製作を開始しました。実験キットを使用すれば簡単ですが、実験装置の手作りは時間も手間もかかる上、すぐによいデータが得られず、何度も実験をしなければならないかもしれません。しかし、本質を理解するために手作りはとても良い方法です。意義のある研究は満足できるデータを獲得するためにいろいろなところを工夫して少しずつ良いデータを獲得していくものです。さらに、やってみて初めて困難に気づくことがあるはずですが、このようなことを高校時代に学ぶことはとても重要だと思い生徒に任せることにしました。(図2)

最初の困難は試料の電気抵抗と温度をリンクさせて測定することでした。大学などの研究機関では LabView のようなアプリケーションを冷却装置や試料に取り付けた半導体温度計などと組み合わせ、温度調節装置を使って、指定した温度の電気抵抗をコンピュータで自動測定することでしょう。しかし、本校には LabView のようなものはないので、温度を測定する機器の値に合わせて電気抵抗を同時に読み取らなければなりません。しかも、温度調整装置もないため、液体窒素を使用すると急激に温度が下降するので、温度が読み取れないばかりではなく、電気抵抗でさえ読み取れないという状況になってしまいました。試料の温度を下げながら、電気抵抗を測定すればいい…言葉で言うのは簡単ですが、やってみるとそんなにうまくいかないのです。それならば、室温よりも低温側の測定はゆっくり温度を上昇させる方法、室温よりも高温側の測定は 373 K からゆっくり温度を下げていく方法にして温度を測定すればよいということになりました。断熱効果の優れた容器に寒剤を入れてゆっくりと温度を上昇させれば、試料の温度と電気抵抗をリンクさせることができ、読み取ることもできます。寒剤を使えば急激な温度変化も緩衝できるはずですが、冷却材は沸点が 77 K の液体窒素と昇華点 194 K のドライアイス、寒剤は融点が 159 K のエタノールを選びました。このように、実験を始めると問題点が次々に浮かび上がるということの繰り返しだったので、準備ができたのは数週間後、測定実験は長時間を覚悟して休日の朝 7 時に開始することにしました。そして、終了したのは学校の警備が開始する直前の夜 7 時までの 12 時間の連

続測定になったのです。得られた電気抵抗率の値も文献値と一致しており、実験装置の見栄えは良くありませんでしたが、手作り実験装置でも十分測定できたということは大きな自信になったのです。生徒が頼もしく感じられるようになったのもこの頃でした。(図3)

電気抵抗測定実験に取り組んでいた頃、横浜国立大学が主宰する早期工学人材育成事業⁽³⁾に参加させていただき、工学部の研究室や企業研究所で行う実習を体験する機会を得ることができました。本校は金属材料の研究というテーマに取り組んでいたため、関連のある材料系の研究室とJFEスチール株式会社の講座を希望しました。この連携事業のインパクトは大きく、大学の研究室では破壊強度のために引張破断試験を行い、その後、破壊面を走査型電子顕微鏡SEMで結晶構造の変化を観察しました。また、JFEでは見た目は変化のない2枚の鉄の板が渡され、一方は簡単に曲げることのできるやわらかい鉄だったのですが、もう一方は手で曲げることのできない硬い鉄だったのです。この驚きの体験によって、生徒は結晶構造の違いによって材料がどのように変化するのか十分理解できたと思います。さらに、高炉や転炉とともに、厚板ができあがっていくまでの過程を見学し、非常に意義のある実習になりました。(図4)



図3 電気抵抗実験。装置の表示をビデオで撮影し、温度と電気抵抗をリンクさせるとともに、読み取りの間違いを防いだ。



図4 やわらかく簡単に曲がる鉄と硬くて曲がらない鉄の体験(JFE)。

5. 材料科学者を育てる

材料科学、特に金属材料に関する実験、実習を中心に実施してきましたが、2011年からは毎年、京都大学でたたら製鉄実習を行っています。これは、現在も継続中の実習であり、材料科学教育だけではなく、ものづくりの観点からも材料分析の観点からも非常に有意義な実習です。私たちにとっては、鎌倉の郷土史を学ぶ上でも面白い実習です。

たたら製鉄は日本古来の製鉄法であり、材料に砂鉄と木炭を用いて、鉄の融点よりも低い温度で砂鉄を還元して鋼を得る製鉄法です。最初の年は、自分たちで用意できた砂鉄は5 kg程度だったので、京都大学で島根砂鉄を用意していただき、合計30 kgの砂鉄から約5.5 kgのケラ(鉄の塊)を得ることができました。翌年は本校前の海岸で早めに砂鉄の採集をはじめたので砂鉄を集めることはできましたが、この採取した砂鉄を使用して昨年と同じ条件で操業したのに、まったく鉄が得られませんでした。昨年の島根砂鉄と比較してみると、本校前の海岸砂鉄は鉄の含有量が少なく、ケイ素が多く含まれていることがわかりました。砂鉄をうまく選鉱できなかったことが失敗の原因ですが、私たちは砂鉄を採集する際、鉄の含有量のことなどまったく考えていませんでした。砂鉄に含まれる鉄の含有量が原因で、鉄が得られなかったとすれば、砂鉄を還元するときに、砂鉄に鉄がどの程度含まれていなければ還元反応が起こらないのか、テルミット反応で調べることにしました。テルミット反応で調べる理由は、短時間で簡単にできるからです。選鉱を繰り返して、様々な密度に選鉱した砂鉄を密度の順に並べ、それぞれについてテルミット反応を行うと、砂鉄密度が4.0 g/cm³程度に達していない砂鉄は鉄がまとまらないこと、さらに、砂鉄密度が4.5 g/cm³を超えると大きな球状の鉄が得られることがわかりました。また、より良い砂鉄を得るために、本校前の海岸ではなく良質の砂鉄の産地として有名な稲村ヶ崎海岸で砂鉄を採集しました。テルミット反応の実験結果を参考にしながら、京都大学で使用した島根砂鉄(4.4 g/cm³)の密度を超えるために2回の選鉱を行った砂鉄の密度は4.5 g/cm³となりました。この砂鉄を使って再度たたら製鉄を行いました。できたケラはゴルフボール程度の大きさに砕けてしまい、それを切断して断面を観察すると、鉄はできていたものの、筋状の層になってまとまった鉄になっていませんでした。同じ炉で島根砂鉄を使った場合は大きなケラができたことから、稲村砂鉄と島根砂鉄には違いがあるのではないかと考え、それぞれ蛍光X線分析装置XRFを使って含まれる元素の比較をしました。すると、島根砂鉄に含まれるチタンは1.5%程度なのに対して、稲村砂鉄には8%以上のチタンが含まれていることがわかりました。さらに、稲村砂鉄のノロ(鉄滓)とケラの元素成分はほとんど変化がないことから、稲村砂鉄は炉の中で完全に熔融状態になり、ノロ出しの際、そのまま炉外に流れ出たため、炉内成分と炉外成分に差がなかったと考えたのです。一方、島根砂鉄では得られたケラの99%以上



図5 たたら製鉄. ケラを出す生徒(京都大学).

が鉄であり、ノロにはケイ素やチタンなどの不純物が含まれていました。このことから、ノロ出しによって不純物が分離されたと考えられます。稲村砂鉄のようにチタンを含む砂鉄を赤目砂鉄、島根砂鉄のようにチタンを含まない砂鉄を真砂鉄と分類しており、これらの砂鉄は融点が異なっていたのです。融点の高い真砂鉄では、炉内でノロ成分は完全に熔融状態になっていますが、鉄は半熔融状態ではないかと考えられます。この状態のときに、炉底のノロ出し口から熔融状態のノロを炉外に出し、還元された鉄を炉内に残すことで分離ができると考えたのです。それに対して、融点の低い赤目砂鉄を使った場合、真砂鉄と同じ炉内温度にしてしまうとすべてが熔融してしまい、炉底のノロ出し口から溶けた砂鉄が流れ出てしまった結果、炉内と炉外の元素成分に差が出なかったと考えました。そして、2014年には赤目砂鉄のノロ

とケラが分離できるように、炉底の形を工夫することで稲村ヶ崎の砂鉄から非常に純度の高い鉄を得ることができました。しかし、得られたケラ全体が高い純度の鉄でできていたわけではないので、今後の研究課題にしていくつもりです。本校のこの研究は2年連続で神奈川県知事賞を受賞しました。生徒の材料科学への意識もますます高まり、彼らの進路と今後の研究成果を楽しみにしているところです。(図5)

最後に、理工学系に進学希望の生徒に志望学科を聞くと、材料系という返事をほとんど聞くことがなかったのは10年前で、いまでは女子生徒を含め何人も生徒が材料系を志望するようになりました。本校で実施してきた材料科学教育が生徒に興味や関心を持たせるきっかけになった結果と思っています。それも、連携研究機関の協力があったので、今後も高大連携を積極的に進めることが材料科学教育の発展と将来の材料科学者育成のために重要なことだと考えています。

文 献

- (1) 木浪信之：まてりあ, **49**(2010), 422-425.
- (2) 文部科学省 http://www.mext.go.jp/a_menu/01_c.htm
- (3) 横浜国立大学 <http://www.crd.ynu.ac.jp/>



木浪信之

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

1983年4月 電力会社勤務を経て神奈川県教育委員会職員(教諭)

2005年4月 神奈川県立鎌倉高等学校勤務, 現在に至る

2011年10月 横浜国立大学大学院博士課程後期(社会人ドクター)

専門分野: 固体物性
◎希土類金属間化合物の磁気物性に関する研究に取り組んでいる.

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

材料教育の未来・今後の展望

藤 林 晃 夫*

1. 進む子供たちの理系離れ

高度成長期の日本の科学技術者たちは、欧米先進諸国に比べて遅れた社会条件でも、科学技術に対する夢と情熱があったことにより、わが国の科学技術の発展を支えてきたといわれている。しかしながら、子供たちの理系離れが進んでいることから、これまでの科学技術に対する夢と情熱が今後も継続されていくであろうことに疑問が投げかけられている。1993年(平成5年度)の科学白書には『若者の科学技術離れ』に関して状況が報告され、国民全体への問題提起がなされた⁽¹⁾。その後、2007年(平成19年度) OECD 各国の生徒の学習到達度調査において、日本は OECD の平均と比べて依然、高校生の理科・数学に関する理解・興味関心の低下が指摘されている⁽²⁾。

目覚ましい科学技術の成果について、IT 技術など身近な生活や仕事に入り込んだ科学技術についての関心(受容的関心)は高い一方、どの様な構造か、なぜ動くのか、どうやって作るのかなどの関心(能動的関心)は低い傾向があると指摘されている⁽¹⁾。急速に発展した科学技術は、多くのハイテク製品を登場させたが、構造、作動原理や製造方法には目が向けられないという影響もたらされ、製品の背後にある科学技術の進歩や科学者の研究開発活動が見えにくくなる、いわゆる、『科学技術のブラックボックス化』が進んできている。製造する側は、作り出した製品についての機能やデザイン・ブランドといった表面的な情報のみを消費者に伝え、逆に構造、作動原理や製造方法をわかりやすい形であまり伝えてこなかった。その結果、理系が活躍する研究や製造の現場の存在を知る機会が少なくなっていた⁽¹⁾。

また、小学生から高校生への理科に関する調査では、学年の進行と共に科学技術に関する関心が減少していく傾向であることが示されている⁽¹⁾。子供たちは本来理科の実験や観察が好きであるのに対して、学校では、上級学校への受験競争の過熱化によって理科が多くの知識を伝達することに重きを置き、結果としてなぜだろうという関心を減少させていたことは否めない。本来、理科は考えるものであり、現象をみて

なぜ?という知的好奇心や能動的関心に対して刺激をあたえてくれるものであるはずである。

さらに大学進学時に理系志望の学生が自分の専攻する大学の学科を選ぶ際、情報が少なく理解不足や思い違いがあって混乱していると感じることがある。自動車やロボットは機械工学科、コンピュータは情報工学科、建築物なら建築学科と、目に見えるものから専門分野を関連付ける傾向があり、例えば、材料の場合、目に見えるものになりにくいいため、あまり知られないという側面がある。小中学校の理科が高校の物理・化学・生物・地学につながり、それが大学の理学・工学部での専門学科につながっていること、さらには大学で学んだ専門知識が企業での物造り・新しい技術の開発に貢献していることを系統的に伝えていく必要がありそうだ。

最近、テレビで、製造工程の断片的な映像を見せて何を作っているかを当てる番組があり、興味深く見ている。身近な製品の製造では、多くの努力と工夫が合わさり、改良に続く改良が重ねられ、安価・大量生産が実現されて、我々がその恩恵を受けていることに驚く。と同時に、このような科学技術に好奇心を抱く。ブラックボックス化しているが故に、物造りの現場を見ると、科学技術へのあこがれが自然と沸いてくる。理系離れが進む今でこそ、このような能動的関心を刺激する情報提供や学習機会を設けることが必要ではないかと痛感する。特に、製造プロセスを理解すると、多様な形に加工され、機能を付与され、製品の骨格となる材料が、製品の重要な要素であることを再認識させられる。

2. 企業が行った高校生への体験学習

筆者は、横浜国立大学が進める産学連携による神奈川県内高等学校生徒に対する早期工学育成プログラム開発事業に参画した。これは、高校生を対象に、講義・講演と実習・見学を通じて学問としての工学の面白さ、職業として工学に携わる魅力を伝えることを目的とした事業である⁽³⁾⁽⁴⁾。筆者らは鉄鋼会社の研究所に所属する関係から、鉄鋼材料の特徴やその作り方を説明する講義と製鉄所の見学会とを行った。材料の持つ多様性や特性の違いを説明し、加工しやすい軟らかい

* JFE スチール株式会社 スチール研究所; 研究技監(〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1)
Future of the Education on Materials Science; Akio Fujibayashi(Steel Research Laboratory, JFE Steel Corporation, Kawasaki)
Keywords: *material science, education, experience*
2014年11月25日受理[doi:10.2320/materia.54.166]

鉄や硬く曲がらないハイテンを実際に触って曲げてみて、その違いを感じ、特性をコントロールする原子配列における転位の移動を説明した。また、製鉄所の圧延工場で巨大な赤い鉄の塊が圧延されて板となりコイルとなる様子を見学し、その板やコイルが高層ビルや船、自動車や缶などの身近なものへと形を変え、利用されることを紹介した。さらに、日本の鉄鋼製造は、最も効率的で省エネルギーな鉄造りであり、世界 No.1 の技術であると説明した。すると生徒たちの目の色が変わる。物造りがどういうものかを見て学ぶことは、理科の知識が役に立つことやその専門性を高めることが将来の生業につながる、と肌で感じる上で重要である。また、この体験型学習は、生徒たちを引率する先生方に、物造りの面白さをどのように生徒に伝えるか、知識が製造現場でどのように役に立つかを理解していただく上でも有効である。

3. 高校と大学、企業と大学の連携

企業との連携に加えて高校と大学が連携して教育活動を行う連携が多く的高校で取り組まれており、その効果が報告されている⁽⁵⁾。そこでは、企業での体験型学習、大学の施設を利用した実験・実習、高校で開講する理系進学者向けの特別講座の3つの取り組みを通して、科学者や研究者の好奇心を刺激するような考える理科、おもしろい理科を具現化させている。この学習では、まず、自分は何が潜在的に好きで何に興味があるのかに気付かせること、次に、自分はこのことに向いている、こういう勉強がしたいと思うきっかけを与えることを狙っている。結果として、それが進路選択につながり、そのチャンネルに出会えた生徒は、その後の高校での勉強が単なる問題を解くだけの作業から、自分の未来につながる学習の基礎になり、その科目に学習意識を持つようになる、と報告されている⁽⁵⁾。

さらに、大学と企業との連携も必要であろう。将来小学生に理科を教える教育学部の学生に対して行った、物資認識についての調査の報告による⁽⁶⁾と、彼らが抱える理科の苦手意識は、小学校・中学校・高校時代に物質の観察や取扱いの経験が不足していたことが一因で、それが理科を教えることの自信のなさにつながるという指摘がある。将来教壇に立つであろう先生の卵の学生たちに、ブラックボックス化している優れた日本の技術や世界に先駆けた技術立国日本のすごさを紹介し、理解してもらい、それらが子供たちの能動的関心を高める授業につながるように伝えていくべきだと思う。

このように体験型学習を進めることは、理科の知識が物造

りや技術開発に役立っていることを知り、理系の学習が好きになる、あるいは、それに興味を持つようになり、より専門的な学習をしようという意欲が湧いてくることが期待される。しかし、残念ながら、現在、これらの体験型学習の機会には、一部に限られている。今後は、この学習をカリキュラムに組み入れるなど系統的に充実させ、広めていく必要があると思う。考える理科を体験し、その面白さや自分との相性に気付き、さらには将来の研究者や技術者を生業とすることを夢見るような理系志望者が増えることを期待する。

4. 最後 に

本稿では、大学、高校、企業が連携しておこなう、体験型の学習の効能と必要性について述べた。本特集ではこれまでに行われてきた体験学習や出張授業などの事例を紹介し、その重要性や効果を取り上げ、解説した。これらの活動を通して子供たちが理科に好奇心を持ち、さらに、将来、科学技術を職業として捉えて理系に進学し、理系大好き人が増えることを望んでいる。これらの活動は、一企業や一大学、一高校が単独で行うだけでなく、産学が連携して魅力的なプログラムを作成し、カリキュラムとしてこれら体験学習を取り入れて、理系大好き人間の育成を進めていく必要があると思う。

文 献

- (1) 文部科学省、平成5年版科学技術白書。
- (2) 文部科学省、平成20年版科学技術白書。
- (3) 横浜国立大学、平成21年度 産学連携による神奈川県内高等学校生徒に対する早期工学人材育成プログラム開発事業成果報告書。
- (4) 横浜国立大学、平成22年度 産学連携による神奈川県内高等学校生徒に対する早期工学人材育成プログラム開発事業成果報告書。
- (5) 木浪信之：まてりあ、**49**(2010)、422-425。
- (6) 森下浩史、上妻明樹：長崎大学教育学部附属教育実践総合センター紀要、**12**(2012)、59-66。



藤林晃夫

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★
1983年3月 東北大学大学院工学研究科修士課程修了
1983年4月 JFE スチール(旧：日本鋼管)技術研究所入社
2008年4月 同 スチール研究所 環境プロセス研究部長
2012年4月 同 スチール研究所 副所長
2014年4月 現職
専門分野：機械工学(伝熱)
◎鉄鋼製造プロセスにおける加熱冷却技術、プロセス技術、省エネルギー、環境関連技術開発を中心に活動。
★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

鉄鋼の相変態 IV

—オーステナイト化の速度論—

榎 本 正 人*

4.1 フェライト/マルテンサイトからのオーステナイト化

鉄鋼材料を加熱したときの組織変化も早くから大きな関心が払われている⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。オーステナイト(γ)粒の微細化や2相(Dual Phase)鋼の開発で多くの研究が行われてきたが⁽⁵⁾⁽⁶⁾、最近では、ホットスタンピングなど新しい工程の開発でも γ 化の速度論に対する関心が高まっている。 γ 化の起こる前組織(母相)にはフェライト、マルテンサイト、パーライトなど正変態で生じたあらゆる組織が考えられるが、フェライトとマルテンサイトではセメントイト分散の有無によって様相が異なる。ここでは、最初にセメントイト分散の無い組織、次にセメントイト分散のある組織からの γ 化の速度論を考察する。

4.1.1 Fe-C 2元合金における等温 γ 化

DP鋼の工程に含まれる2相域焼鈍(intercritical annealing)のような等温保持における γ 化は、フェライト(α)を母相とし、炭素を高濃度に含む γ の析出である。 $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態に比べ変態温度が高い傾向があり、界面易動度の影響は無視できると考えると、 α/γ 界面で局所平衡が成立する。これは等温保持では γ 中の炭素濃度が一定であることを意味し、 γ の方が炭素の拡散易動度は小さいにも拘わらず、 γ の成長に対して、 α 母相における炭素の拡散で律速される初歩的な成長理論が適用できる(1.1参照)。

γ 化の様相は初期組織に大きく依存する。ポリゴナルフェライト組織と焼き入れ直後のマルテンサイトからの γ 化がどのように違うかといえば、 γ の核生成サイトと原子の拡散易動度であろう。ポリゴナルフェライトにおける γ の核生成サ

イトは、フェライト粒界、特にエッジやコーナーであり、初析フェライトと同様、 γ の形状としてコーナーでは球形、エッジでは偏長楕円体か球、粒界では扁平楕円体や板状として近似できる。ラスマルテンサイトでは旧 γ 粒界、パケット粒界、およびラス境界などが γ の核生成サイトになるが、ラス境界では γ の成長(thickening)は1次元成長で近似できると考えられる。また、マルテンサイトラスの転位は原子の拡散を促進する働きがあるが、 γ 化が始まる前にこれらの大部分が消滅する可能性も考えられる。

4.1.2 Fe-C-X 3元合金における γ の成長

Fe-C-X合金においてはパラ平衡と局所平衡による成長が考えられる。パラ平衡下の成長については、パラ平衡相境界を使って、式(1.6)で成長速度を計算できる。 γ 化に対するスーパーサチュレーションは、バルク濃度と $\alpha/(\alpha+\gamma)$ 境界の位置関係で決まる。

局所平衡下の γ 化における界面共役線は以下のように考える。図4.1はFe-C-Mn合金状態図の等温断面図を示す。炭素量の低い組成Aの合金を考え、Aを通る α 母相中の炭素の等活量線を引く。この等活量線と $\alpha/(\alpha+\gamma)$ 相境界との交点(s)を一端とする平衡共役線が界面共役線である。次に、炭素濃度の大きい合金Bを考える。Bを通る炭素のcomponent ray($x_{Mn}/x_{Fe} = \text{const}$)を引き、 $\gamma/(\alpha+\gamma)$ 相境界との交点をtとすると、tを一端とする共役線が界面共役線となる。Aを通る炭素の等活量線と、Bを通る炭素のcomponent rayの交点をuとする。与えられた組成に対して、等活量線を先に引くか、component rayを先に引くかの2通りが考えられるが、正しくない作図を行うと矛盾が生ずるので問題はない(1回目の図1.8参照)。

以上の作図により、合金Aで生じる γ 中のMn濃度(点t)

* 茨城大学名誉教授；理工学研究科(〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1)
Phase Transformations in Steel—Growth of Austenite from Ferrite, Pearlite and Martensite—; Masato Enomoto (Emeritus Professor, Graduate School of Science and Technology, Ibaraki University, Hitachi)
Keywords: steel, diffusion, phase interface, growth, local equilibrium, austenitization, pearlite, cementite
2014年1月24日受理[doi:10.2320/materia.54.168]

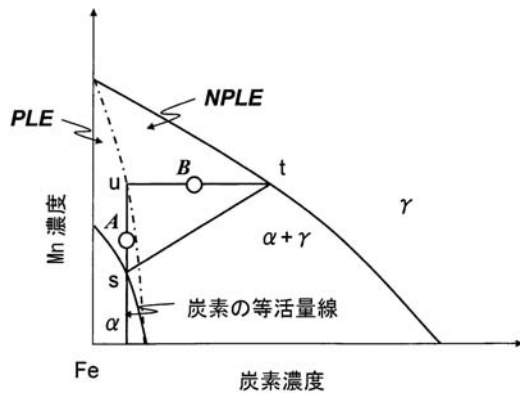


図4-1 α 母相からの局所平衡下の γ 成長の界面共役線.

はAのバルク濃度と異なるため分配局所平衡(PLE)モードであり、合金BではMnのバルク濃度とtにおける濃度が同じであるため、不分配局所平衡(NPLE)モードであることがわかる。stは2つの合金に共通の界面共役線である。stを2相域内で掃引したときのuの軌跡がPLE/NPLE境界になる。 $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態とは異なり、PLE領域は縦長の狭い領域である。合金Aにおいては、低温ではPLEモードで γ が成長するが、高温ではNPLE領域に入り、 α 母相と同じMn濃度の γ が生成する。合金Bのように、Mnを α 中の最大固溶度(~3.5%)以上に含む合金においては、いずれの温度においても分配は起こらず、NPLEモードで γ 化が起こる。

次に、 γ の成長がNPLEからスタートしたとき、炭素の拡散場のソフトインピンジメントによって、界面共役線がどのように変化するかを考察する⁽⁵⁾⁽⁷⁾⁻⁽⁹⁾。図4-2(a)に示すように、組成oの合金で γ の成長が開始したとする。時間の経過とともに未変態 α 母相では炭素濃度が低下し、やがて平均炭素濃度がPLE/NPLE境界に達する。これ以後はMnの拡散が起こらなければ、 γ は成長することができない。Mnの拡散によって γ 中にMnが濃縮するので、界面共役線はスタート時の a_1b_1 から上方に向かってシフトする。時間とともに界面の γ 側ではMn濃度が上昇するが、ある時刻を過ぎると(このときの共役線を $a_m b_m$ とする)、下降に転じ、最終的にはバルク組成を通る平衡共役線 $a_\infty b_\infty$ に落ち着く(図4-2(b))。ターニングポイントとなる共役線 $a_m b_m$ がどこに位置するかは、合金元素の拡散係数や合金組成によって決まるものである。 $a_m b_m$ が $a_\infty b_\infty$ より上方に位置する場合、共役線は逆戻りすることになる。

図4-3に上記のような共役線の動きにつれて、変態分率と α/γ 界面付近のMn濃度プロファイルがどのように変化するかを模式的に示す。図(c)のように共役線が $a_m b_m$ 付近にあるとき界面の近くではMnの濃度が高く、内部ではバルク濃度に近い低い値になっている。これは、Mnの拡散が遅いため、界面の後方ではNPLEモードで成長した部分のMn濃度がそのまま残っているためである。共役線が $a_m b_m$ から $a_\infty b_\infty$ にシフトする間に、図(d)のように、Mnの不均一な濃度分布は解消されるが、 γ の体積が平衡量を越えていれば、

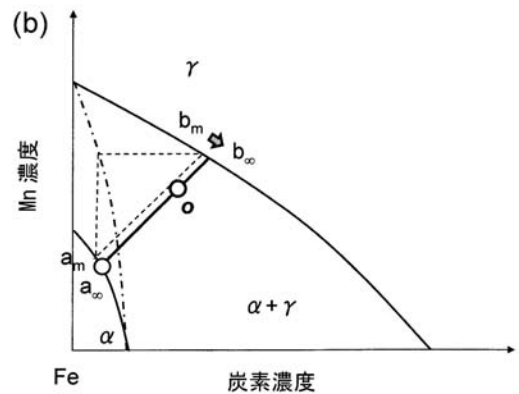
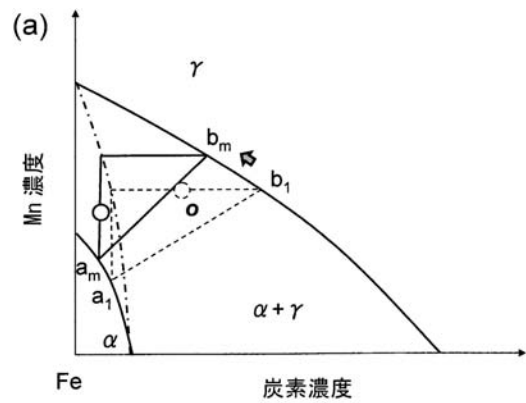


図4-2 有限サイズの母相で等温保持を続けたときの γ 成長の界面共役線の移動。(a) PLEモード、(b) 最終平衡.

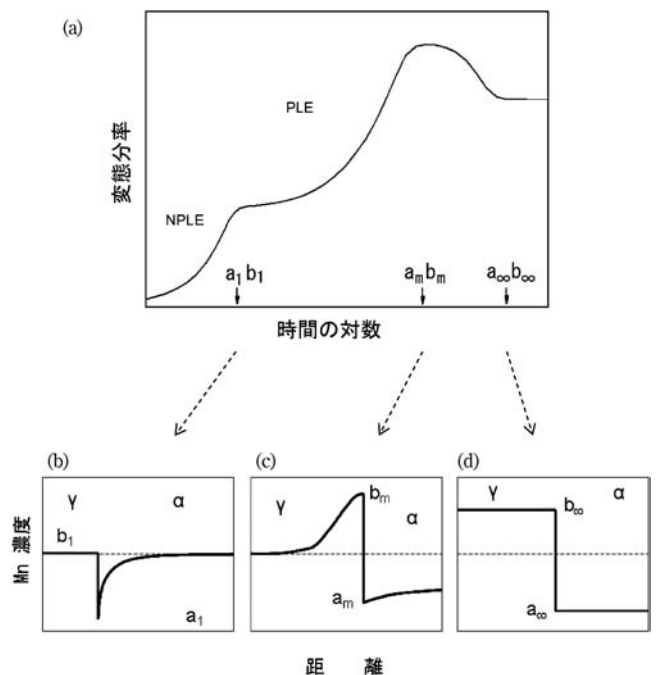


図4-3 γ の等温成長における変態分率と、界面付近のMnの拡散プロファイルの時間変化.

最終平衡状態へ向かう過程で界面が後退すると考えられる⁽⁷⁾。最終平衡状態へ向かう途中で界面が後退するのは自由エネルギーの観点から矛盾しているように見えるが、界面の背後に存在している Mn 濃度の低い γ は自由エネルギーが高く不安定なため、そのような領域を解消するために界面が後退すると考えることができる。

4.2 フェライト/セメンタイト混合組織からのオーステナイトの成長

4.2.1 オーステナイト中のセメンタイトの溶解

はじめに、図4.4(a)に示すような2元合金における溶解を考える。温度 T_1 において α 母相中に θ 相が平衡に析出した状態を初期組織とし、温度を T_2 にあげると、図4.4(b)に示すような溶質原子の濃度プロファイルで溶解が起こる。このとき、

$$S = S_0 - \alpha' t^{1/2} \quad (4.1)$$

で定義される速度定数 α' は、

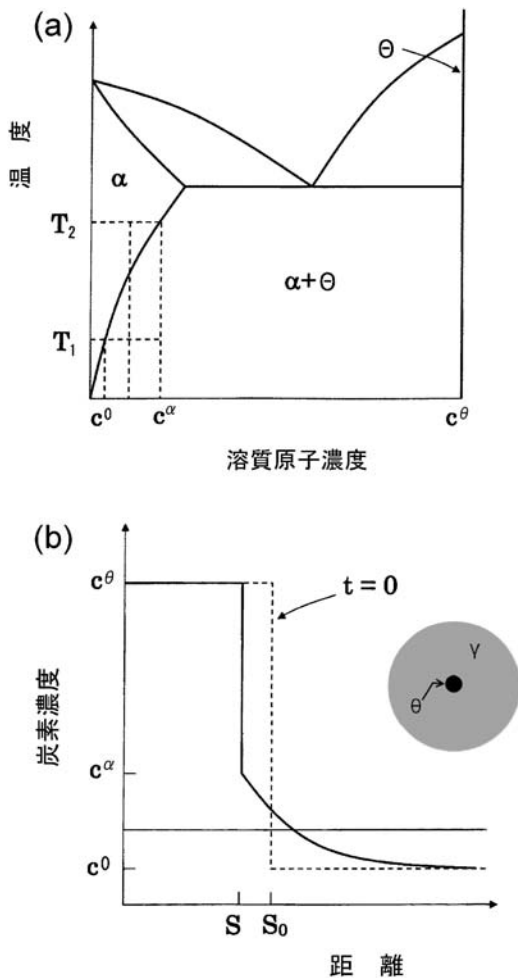


図4.4 2元合金の α 母相におけるセメンタイト θ の溶解. (a) 合金状態図と, (b) 拡散プロファイル.

$$\frac{c^\alpha - c^0}{c^\theta - c^\alpha} = \sqrt{\pi} \lambda' \exp(\lambda'^2) \operatorname{erfc}(-\lambda') \quad (4.2)$$

$$\lambda' = \frac{\alpha'}{2\sqrt{D}}$$

で求められる。ここに、 S と S_0 はそれぞれ時刻 t と $t=0$ における粒子径、 c^θ 、 c^0 および c^α は、それぞれ析出相の溶質原子濃度、 T_1 における $\alpha/(\alpha + \theta)$ 相境界濃度、および T_2 における相境界濃度である。この式は成長の速度定数に対する式(1.6)と形は同じであるが、スーパーサチュレーション(左辺)の中身と補正誤差関数(erfc)の引数の符号が異なっている。ただし、(4.2)は1次元粒子(平面界面)の溶解に対しての式であって、球形粒子に対しては、解析的な解が存在しないので、準定常状態(quasi-steady state)の近似⁽¹⁰⁾やシミュレーションによって粒子径の時間変化を計算する。

次に、状態図の等温断面図を使って、Fe-C-X 3元オーステナイトにおけるセメンタイトの溶解に及ぼす合金元素 X の効果を考察する。図4.5(a)に示すように、最初、温度 T_1 でバルク組成 A の合金中にセメンタイト(炭素濃度 c^θ)が析出しているとする。 c^0 は γ 母相中の炭素濃度である。この合金の温度を T_2 まで上昇させたとき、合金元素の拡散を必要とせず溶解が起こるとすると、 T_2 における θ/γ 界面の γ 側の炭素濃度は $c^{\gamma/\theta}$ に等しい。この図で θ/γ 界面における炭素の活量 $a_c^{\gamma/\theta}$ は界面から遠く離れた母相中の活量 a_c^0 より大

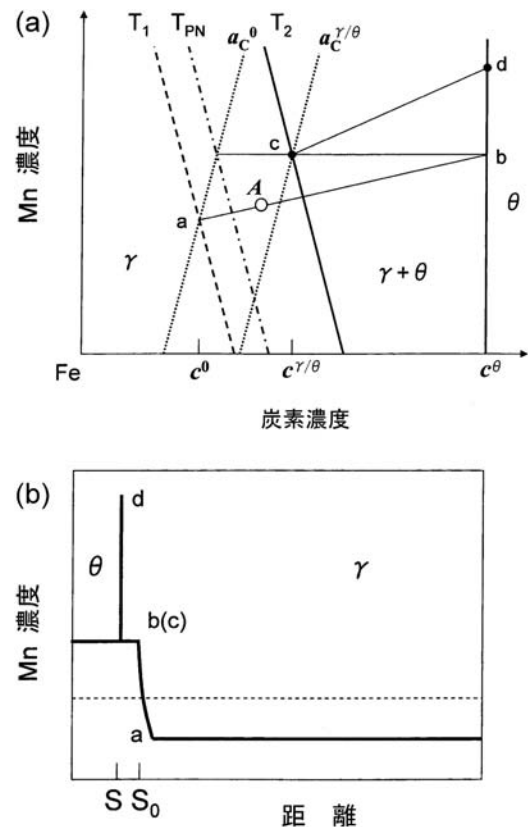


図4.5 Fe-C-Mn 3元合金の γ 母相における θ の溶解. (a) 炭素の拡散で律速される不分配モードの共役線と, (b) 合金元素の拡散プロファイル.

きいので、炭素の拡散のみで溶解が進行する。図4・5(b)に界面付近のMn濃度プロファイルを示す。これを仮に不分配溶解(partitionless dissolution)モードと呼ぶことにする。このような溶解が可能であるのは、 $a_C^0 = a_C^{\gamma/\theta}$ となる温度(T_{PN})以上である。

図4・6(a)は溶解の温度 T_2 が T_{PN} 以下の場合を示す。合金元素の拡散を伴わずに溶解が起こるとすれば、この温度で $a_C^0 > a_C^{\gamma/\theta}$ となり、 θ/γ 界面から γ 母相へ向かって炭素が拡散するような濃度プロファイルは生じない。 $a_C^0 = a_C^{\gamma/\theta}$ となるためには、 $\gamma/(\theta+\gamma)$ 境界に沿って、点iから点gまで合金元素の濃度が下がらなければならない。このときのMnの濃度プロファイルを図4・6(b)に示す。このように、 T_2 が T_1 に近いと、界面共役線は下方へシフトし、溶解が進行するには合金元素の拡散を必要とする。これを分配溶解(partition dissolution)モードと呼ぶことにする。また、2つのモードの境界温度である T_{PN} を分配不分配遷移温度(partition to no-partition transition temperature)と呼ぶことができる。

4・2・2 パーライトからのオーステナイト化

γ は通常フェライトとパーライトノジュールの界面やパーライトコロニー境界に核生成し、ノジュール内部に向かって成長する⁽⁶⁾。ノジュール内部のセメンタイト/フェライト界面に γ が核生成するという報告もある。ここでは、図4・7(a)

に示すように、 θ/α 界面に γ の薄い層が核生成し、セメンタイトの溶解を伴って γ が α 内部へと成長する場合の合金元素の効果を考察する。すべての θ/α 界面に γ が核生成するとは限らない。その場合には、 γ が生成しない θ 層からも α 中の拡散により炭素が γ に供給される⁽⁴⁾。

図4・8(a)において、初期組織としてのパーライト中のフェライトとセメンタイトの組成をそれぞれA, Bとする(これらは必ずしも α と θ の平衡組成とは限らない。パラパーライトであれば、双方の合金元素濃度は等しい)。はじめに、合金元素の拡散を伴わない γ の成長を考える。4・2・1に従い、 γ/θ 界面における炭素の活量 $a_C^{\gamma/\theta}$ が γ/α 界面における炭素の

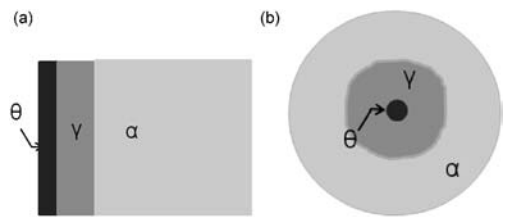


図4・7 (a)パーライトからの γ 化と、(b)球状セメンタイトからの γ 化の模式図。

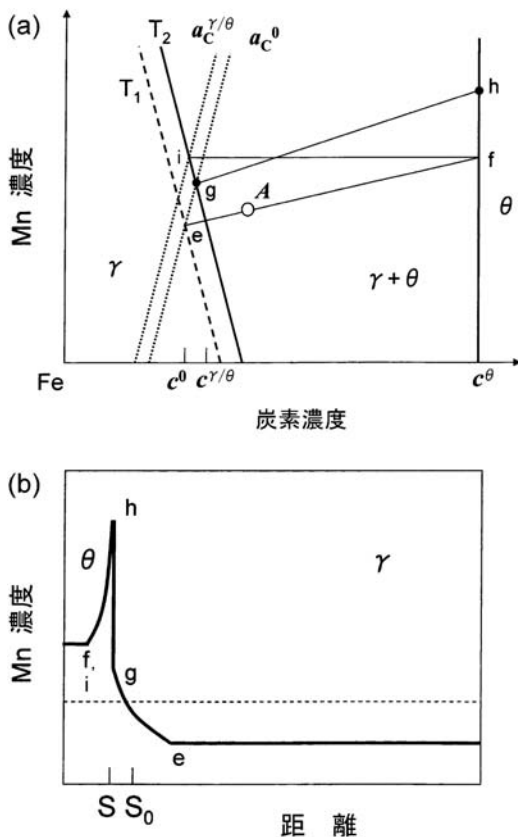


図4・6 Fe-C-Mn 3元合金の γ 母相における θ の溶解。(a)合金元素の拡散で律速される分配モードの共役線と、(b)合金元素の拡散プロファイル。

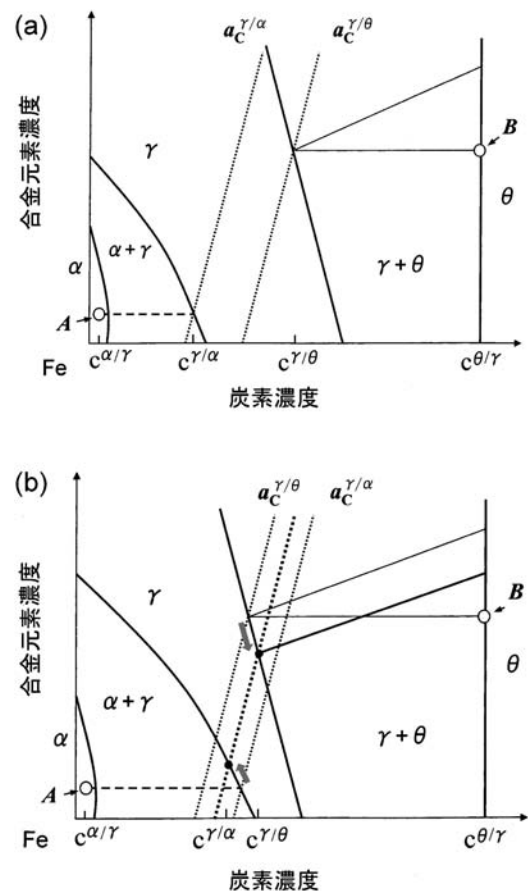


図4・8 (a)炭素と、(b)合金元素の拡散で律速されるパーライトの溶解。(b)では a_C^0 と a_C^0 が等しくなるまで双方の界面で合金元素の拡散が起こる。

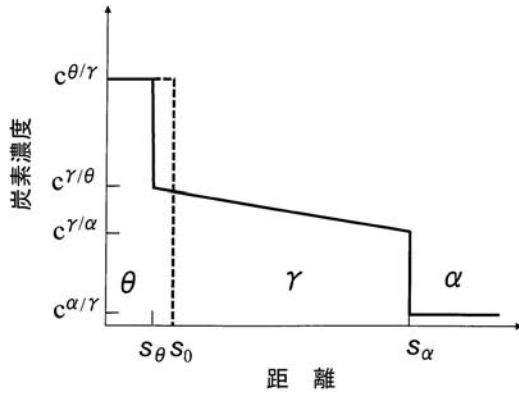


図4.9 準定常拡散の仮定に基づく γ 成長における炭素の拡散プロファイル。

活量 $a_C^{\gamma/\alpha}$ より大きいと γ が成長できる。図4.9にこのときの炭素の拡散プロファイルを模式的に示す。図4.5(b)と同様、 θ が溶解した部分は、高濃度のMnを受け継いでいる⁽¹¹⁾。

一方、図4.8(b)のように、 $a_C^{\gamma/\alpha}$ が $a_C^{\gamma/\theta}$ より大きくなると、合金元素の拡散が必要になる。すなわち、合金元素が拡散し、黒丸で示されるようなところまで界面の組成が変化すると考えられる。合金元素の拡散を必要としなくなる臨界の温度が T_{PN} である⁽⁴⁾。共析温度からどれくらい温度が高くなれば、このようなモード遷移が起こるかが実用上重要であるが、この温度は合金元素と炭素との親和性(炭素の等活量線の傾き)や、 $\gamma/(\gamma+\theta)$ 、および $\gamma/(\alpha+\gamma)$ 境界の傾きに依存する。Crはこれらの組み合わせにより T_{PN} と A_{C1} の差が最も大きくなる合金元素である。その結果、Fe-C-Cr合金では通常の γ 化温度では、分配モードで溶解が起こり、セメンタイトの溶解や γ 化の速度が遅くなる。実際、Liら⁽¹²⁾はCrを含む0.6C鋼でパーライトからの γ 化がMnやSiを含む鋼より遅くなることを報告している。以上の考察は、次節(4.2.3)後半でも述べるような球状化セメンタイトが分散したフェライトからの γ 成長にもあてはまる。

4.2.3 γ の成長速度の近似解

Fe-C合金でパーライトの θ/α 界面に核生成した γ の成長速度の式を定常場近似により導いてみよう。 θ/γ 界面と γ/α 界面では炭素の局所平衡を仮定し、フェライト中の拡散は無視する。図4.9に示すように、時刻 $t=0$ における θ/α 界面の位置(セメンタイト層の厚さ)を s_0 、時刻 t における θ/γ 界面と γ/α 界面の位置をそれぞれ s_θ および s_α とする。 γ 中の炭素の濃度を $c(s)$ とすると、定常場近似における拡散方程式は、

$$D \frac{\partial^2 c}{\partial s^2} = 0 \quad (4.3)$$

であるから、A, Bを定数として、

$$c = As + B \quad (4.4)$$

と書かれる。従って、オーステナイト中の拡散場に限りさえ、定常場近似は線型勾配近似と同じである。 θ/γ 界面と

γ/α 界面における境界条件より、

$$A = \frac{c^{\gamma/\alpha} - c^{\gamma/\theta}}{s_\alpha - s_\theta} (< 0) \quad (4.5)$$

と求められる。また、これらの界面における流束釣り合いの条件から、

$$(c^{\theta/\gamma} - c^{\gamma/\theta}) \frac{ds_\theta}{dt} = (D_C^\gamma)_{s_\theta} \left(\frac{dc}{ds} \right)_{s_\theta} = (D_C^\gamma)_{s_\theta} A \quad (4.6A)$$

$$(c^{\gamma/\alpha} - c^{\alpha/\gamma}) \frac{ds_\alpha}{dt} = - (D_C^\gamma)_{s_\alpha} \left(\frac{dc}{ds} \right)_{s_\alpha} = - (D_C^\gamma)_{s_\alpha} A \quad (4.6B)$$

が成立する。ここに、 $(D_C^\gamma)_{s_\theta}$ などは θ/γ 界面における炭素の拡散係数である。これから、

$$-\frac{ds_\theta}{ds_\alpha} = -\frac{ds_\theta/dt}{ds_\alpha/dt} = \frac{(D_C^\gamma)_{s_\alpha} c^{\gamma/\alpha} - c^{\alpha/\gamma}}{(D_C^\gamma)_{s_\theta} c^{\theta/\gamma} - c^{\gamma/\theta}} \equiv -E \quad (4.7)$$

となり、右辺を E とおく。上式を積分すると、

$$s_\theta = s_0(1+E) - s_\alpha E \quad (4.8)$$

さらに、(4.6B)を積分すると、

$$\int_0^t dt = - \int_{s_0}^{s_\alpha} \frac{c^{\gamma/\alpha} - c^{\alpha/\gamma}}{(D_C^\gamma)_{s_\alpha}} \frac{1}{A} ds \quad (4.9)$$

(4.8)より、

$$t = \frac{1+E}{2(D_C^\gamma)_{s_\alpha}} \frac{c^{\gamma/\alpha} - c^{\alpha/\gamma}}{c^{\gamma/\theta} - c^{\gamma/\alpha}} (s_\alpha - s_0)^2 \quad (4.10)$$

と求められる。再び(4.8)を使うと、

$$t = \frac{1+E}{2(D_C^\gamma)_{s_\theta} E} (s_\theta - s_0)^2 \quad (4.11)$$

である。これから、 θ/γ 界面、 γ/α 界面とも1次元では放物線的に移動することがわかる。

球状化セメンタイトの表面はオーステナイト化の際に、優先核生成サイトになることが知られている。オーステナイトが極めて短時間にセメンタイト粒子を包み込むと仮定すると、それ以後は、球形界面の移動によってオーステナイト化が進行する(図4.7(b)参照)。JuddとPaxton⁽²⁾は定常場近似を用い、上と同様な方法で球形オーステナイトの成長に関する式、

$$r_\theta^3 = r_0^3(1+E) - r_\alpha^3 E \quad (4.12a)$$

$$t = \frac{1}{2(D_C^\gamma)_{s_\alpha}} \frac{c^{\gamma/\alpha} - c^{\alpha/\gamma}}{c^{\gamma/\theta} - c^{\gamma/\alpha}} \left[r_0^2 \left(1 + \frac{1}{E} \right) - r_\alpha^2 - \frac{r_\theta^2}{E} \right] \quad (4.12b)$$

を導いている。ただし、 r_0 , r_θ , および r_α はそれぞれ、 θ 粒子の初期半径、 γ 化途中の θ 粒子と γ 粒の半径である。

定常場近似による解析は数値シミュレーションに比べ、 θ の溶解が2倍程度速くなるが⁽¹³⁾、高純度Fe-C合金における実験結果とよく合うことが報告されている⁽²⁾。また、合金元素の効果については、実験により、Crが焼き戻しマルテンサイトからの γ 化を著しく遅らせる効果があることが報告されている⁽¹⁴⁾。

実工程においては急速に Ae_3 点以上に加熱することも多い。 α/γ 界面で局所平衡が保たれるとすると、連続加熱では界面における溶質原子濃度が時間とともに変化するので、図4.10に示すように γ の中にも炭素や合金元素の濃度勾配が生じる。変態初期では α 母相中の拡散で γ の成長が律速され

演習問題解答

演習問題1の解答

拡散場が母相粒の中心 $x=d$ に到達したときにソフトインピンジメントが始まる。図1・4の斜線の部分の面積が等しいとおくことにより、

$$X \cdot \Delta c^\gamma = \frac{1}{2}(1-X)(\Delta c^\alpha + \Delta c^1)$$

ただし、 c^1 を母相粒の中心における濃度とし、 $X=x/d$ 、 $\Delta c^\gamma = c^\gamma - c^0$ 、 $\Delta c^\alpha = c^0 - c^\alpha$ 、 $\Delta c^1 = c^0 - c^1$ とする。流束釣り合いの条件より、

$$(c^\gamma - c^\alpha) \dot{X} = D \frac{c^1 - c^\alpha}{1-X}$$

c^1 を消去すると、

$$\dot{X} = \frac{2D}{(c^\gamma - c^\alpha)(1-X)} \left(\Delta c^\alpha - \frac{X \cdot \Delta c^\gamma}{1-X} \right)$$

また、 c^1 は、

$$c^1 = c^0 + \Delta c^\alpha - \frac{2X \cdot \Delta c^\gamma}{1-X}$$

より計算される。ソフトインピンジメントが始まるまでは、

$$\dot{X} = \frac{D(\Delta c^\alpha)^2}{2(c^\gamma - c^\alpha)\Delta c^\gamma} \frac{1}{X}$$

である(1回目の文献(1)の p. 100)。

一例として、図A1に上式を使って計算した Fe-0.1C 合金のフェライト母相から850°Cで成長する γ の成長速度 \dot{X} と変態分率 X の時間変化を示す。ソフトインピンジメントにより、 $t \sim 3s$ で \dot{X} は急速に減少し始める。

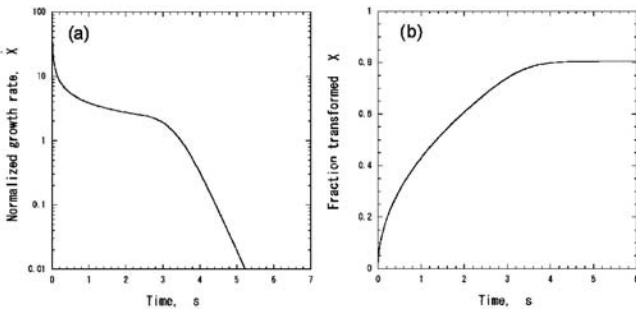


図 A1 (a) γ 成長速度 \dot{X} と、(b) γ 変態分率 X の時間変化。

演習問題2の解答

$$\frac{dy}{dx} + P(x)y = Q(x)$$

という形の一階の常微分方程式の解は A を定数として、

$$y = e^{-\int P dx} \left\{ \int e^{\int P dx} Q \cdot dx + A \right\}$$

と書ける(第2回文献(10))。 P, Q とも定数の場合は、文献によらなくても直ちに

$$y = \frac{Q}{P} + A e^{-Px}$$

と求められる。よって、式(2・10)の解は、

(1) $-1 < X \leq 0$ のとき、

$$c = \frac{V_b}{V_b - \alpha} c_0 + A_1 e^{-(V_b - \alpha)X}$$

$X = -1$ のとき、 $c = c_0$ であるから、

$$A_1 = -\frac{\alpha c_0}{V_b - \alpha} e^{-(V_b - \alpha)}$$

また、 $X = 0$ における濃度の最大値 c_p は、

$$c_p = c_0 \left[\frac{V_b}{V_b - \alpha} - \frac{\alpha}{V_b - \alpha} e^{-(V_b - \alpha)} \right]$$

となる。

(2) $0 < X \leq 1$ のとき、

$$c = \frac{V_b}{V_b + \alpha} c_0 + A_2 e^{-(V_b + \alpha)X}$$

$X = 0$ のとき、 $c = c_p$ であるから、

$$A_2 = c_p - \frac{V_b}{V_b + \alpha} c_0$$

また、 $X = 1$ における濃度(粒界の最前面)の値 c_m は、

$$c_m = \frac{V_b}{V_b + \alpha} c_0 + A_2 e^{-(V_b + \alpha)}$$

となる。

(3) $1 < X$ のとき、

$$c = c_0 + (c_m - c_0) e^{V_V(1-X)}$$

ただし、 $V_V = \frac{v\delta}{D_V} = V_b \frac{D_b}{D_V}$ である。

次に、ドラッグ力は、マトリクス内では $c \sim c_0$ とすると、

$$\begin{aligned} P &= N_V \alpha \int_{-1}^0 \left\{ \left(\frac{V_b}{V_b - \alpha} - 1 \right) c_0 + A_1 e^{-(V_b - \alpha)X} \right\} dX \\ &\quad - N_V \alpha \int_0^1 \left\{ \left(\frac{V_b}{V_b + \alpha} - 1 \right) c_0 + A_2 e^{-(V_b + \alpha)X} \right\} dX \\ &= N_V \alpha \left\{ \frac{\alpha}{V_b - \alpha} c_0 - A_1 \frac{1 - e^{-(V_b - \alpha)}}{V_b - \alpha} \right\} \\ &\quad - \left\{ \frac{\alpha}{V_b + \alpha} c_0 - A_2 \frac{e^{-(V_b + \alpha)} - 1}{V_b + \alpha} \right\} \end{aligned}$$

と求められる。ちなみに、 v すなわち V_b が大きくなると、 $A_1 \sim 0$ 、 $c_p \sim c_0$ 、 $A_2 \sim c_p$ および $c_m \sim c_0$ より、 $P \sim 0$ である。

一方、 $v \sim 0$ ($V_b \sim 0$) のとき、 $A_1 \sim c_0 e^\alpha$ 、 $c_p \sim c_0 e^\alpha$ 、 $A_2 \sim c_p$ および $c_m \sim c_0$ より、 $P \sim 0$ となる。

演習問題 3 の解答

原子面間隔を a とし、炭素の拡散スパイクの幅 w が、

$$w \approx \frac{D}{v} = \frac{x^0}{2.5 \times 10^6 (x^{\gamma/\alpha} - x^0)^2 T} \geq a$$

であれば、炭素の化学平衡が保たれるとする。 α/γ 界面における γ 側の炭素濃度 $x^{\gamma/\alpha}$ を Thermo-calc など で計算し、式 (3.10) を使って、 w を計算すると、図 A2 のようになる。式 (3.10) は炭素量が 0.2% 以上の合金で測定されたデータに基づいているが、計算は 0.1% C まで行なった。これから、0.1% C 合金では 500°C 以下ではプレート先端で炭素の局所平衡が保たれない可能性がある。Mn が添加されると成長速度が遅くなり、スパイクの幅が大きくなるので炭素の局所平衡が成立するか否かは、合金元素にも影響される。

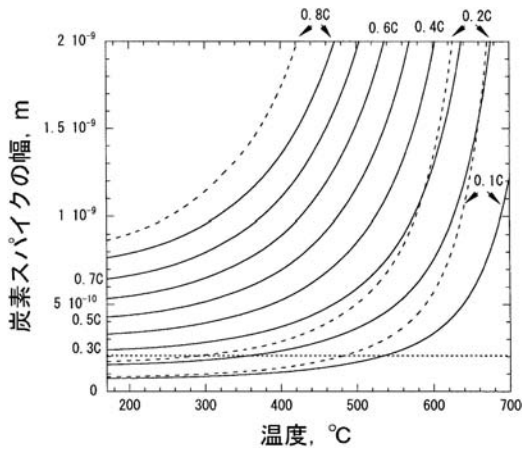


図 A2 Fe-C (実線) と Fe-C-2Mn 合金 (破線) のプレート先端における炭素の拡散スパイクの幅。点線はオーステナイトの (111) 面間隔を示す。

演習問題 4 の解答

はじめに、 θ 層の厚さの初期値 (s_0) を計算する。フェライト層とセメンタイト層の重量比は、共析組成を 0.76 mass% C (3.46 at% C) とすると、

$$(6.68 - 0.76) : (0.76 - 0.02) = 8.0 : 1$$

双方の比重で割ると体積比は、

$$\frac{8.0}{7.86} : \frac{1.0}{7.4} = 7.53 : 1$$

よって、 θ 層の厚さは、 $s_0 = 0.032 \mu\text{m}$ となる。表 A の値を用いると、740°C において、 $E = 0.170$ である。よって、式 (4.11) より、

$$t = \frac{(1+E)s_0^2}{2E(D_C^\gamma)} = 2.1 \times 10^{-3} \text{ s}$$

である。オーステナイトがパーライトのフェライトとセメンタイト層の間に核生成した場合、非常に短い時間でセメンタイト層が消失する。

球状化セメンタイトの場合は、式 (4.12a) より、

$$r_\alpha = \left(1 + \frac{1}{E}\right)^{1/3} r_0$$

である。よって、式 (4.12b) で、 $r_\theta = 0$ とすると、

$$t = \frac{1}{2(D_C^\gamma)_{s_\alpha}} \frac{c^{\gamma/\alpha} - c^{\alpha/\gamma}}{c^{\gamma/\theta} - c^{\gamma/\alpha}} \left[\left(1 + \frac{1}{E}\right) - \left(1 + \frac{1}{E}\right)^{2/3} \right] r_0^2 = 4.1 r_0^2$$

$r_0 = 2 \mu\text{m}$ のとき、16.4 s でセメンタイト粒子が消失する。このとき、 γ 粒は $3.8 \mu\text{m}$ に成長している。



Advanced Structural and Functional Intermetallic-Based Alloys シンポジウム報告

京都大学准教授；大学院工学研究科 岸田 恭輔*
北海道大学教授；大学院工学研究院 三浦 誠司

2014年12月1日から4日までの4日間にわたって、アメリカ合衆国ボストンで Materials Research Society (MRS) の2014年秋期大会のシンポジウムの1つとして、Advanced Structural and Functional Intermetallic-Based Alloys が開催された。MRS の秋期大会のシンポジウム数は年々増加傾向にあり、今回は52ものシンポジウムが開催された。今回のMRS 秋期大会は、2014年ノーベル物理学賞を受賞された名古屋大学の天野浩教授によるチュートリアル講演から始まったこともあり、例年以上に全会期中盛況で、材料全般に関する研究が世界的に盛り上がりを見せていることを実感した。52のシンポジウムは(1) Biomaterials and Soft Matter, (2) Electronics and Photonics, (3) Energy and Sustainability, (4) Nanomaterials and Synthesis, (5) Theory, Characterization, and Modeling; (6) General Materials and Methods の6つのカテゴリーに分類されており、当該シンポジウムは General Materials and Methods に分類されている。当該シンポジウムのほかに金属系の材料を主なターゲットとしているものは見られなかったが、これはほとんどのシンポジウムは用途や手法をターゲットとしていたためである。実際に塑性変形のサイズ効果についてのシンポジウムなど金属系材料に関する講演が多数含まれるものが複数存在していたが、それでもやはり、分散している感が否めないのが現状である。

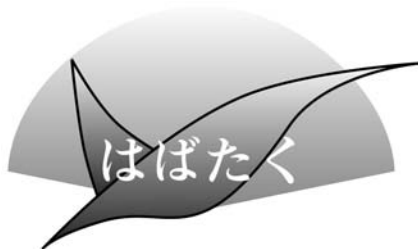
さて当該シンポジウムは、金属間化合物材料に関するシンポジウムである。MRS における金属間化合物のセッションは1984年から30年間に渡り隔年で開催されており、今回がその16回目に当たる。1984年の第1回から2000年の第9回までは High-Temperature Ordered Intermetallic Alloys のシリーズとして高温構造用金属間化合物材料を取り扱ってきたが、2002年からは高温構造用金属間化合物材料だけでなく、形状記憶、水素吸蔵、熱電変換などの機能性金属間化合物材料にもトピックスを拡大させた金属間化合物関連シリーズとして開催されている。このシリーズでは、金属間化合物材料の微細構造、欠陥構造とその特性に及ぼす影響といった基礎的側面だけでなく、実用的側面までについての発表、議論が行われている。複数のシンポジウムへの参加者も多いため、正確な参加者数は把握できないが、世界13か国から合計116件(うちポスター37件)の研究発表があった。日本の研究者による口頭発表はアメリカに次いで2番目に多く、乾

晴行教授(京都大)「 L_{12} 型金属間化合物の降伏応力の温度依存性はどのようにコントロールされているか?」、宮崎修一教授(筑波大)「高温用形状記憶合金の開発」、吉見享祐教授(東北大)「TiC 添加 Mo-Si-B 合金の微細構造と機械的性質」の3件の招待講演を含めて22件、またポスター発表は29件、これらを合計して51件と他の国を抑えて最多の発表がなされた。日本からの参加者は大学院の学生を中心とした30歳代以下の若手研究者の比率が高く、ポスター発表の場などを中心に会期中積極的に海外の研究者たちと討論、意見交換を行っていた。金属間化合物材料研究の次世代を担う若手研究者が順調に育っていることは大変喜ばしいことである。中でも全52シンポジウムから20件のみ選ばれる最優秀ポスター賞に当該シンポジウムの中から岡本範彦助教(京都大学)「超高分解能走査透過電子顕微鏡法を用いた Fe-Zn 系金属間化合物中 Zn₁₂-二十面体クラスターの配列決定」が選ばれ、さらにシンポジウム内で選定した優秀ポスター賞には白井慎君(東工大・院)「 β 安定化元素を添加した TiAl 鍛造合金の微細組織制御とクラック進展挙動」が選ばれるなど、日本の金属間化合物材料研究における若手研究者のレベルの高さが伺えた。

今回のシンポジウムでは TiAl 基合金や遷移金属シリサイドに関する成果が特にドイツ、日本の研究者から多数報告され、活発な議論、意見交換が行われた。日本においては科学技術振興機構の先端的低炭素化技術開発プロジェクトにおいて、次世代の発電用ガスタービン材料としての Mo 基、Nb 基シリサイド合金に関する開発が行われているが、ドイツを中心としたヨーロッパにおいても同合金を中心とした次世代のタービン材料に関するプロジェクト研究に巨額の予算が投入されており、これらにより現在も活発に金属間化合物材料の研究が集中的に行われていることが良い形で反映されると言えよう。一方、アメリカについては、Fe 基超合金に関する研究を除いては、大半の発表が磁性材料および形状記憶合金に関するものであった。このように日本、ヨーロッパと米国では中心となるターゲットは異なっているが、引き続き世界的に金属間化合物の分野での活発な研究が進行している。なお、本シンポジウムの発表内容の一部は、MRS からシンポジウム・プロシーディングス第1760巻として電子出版される予定である。

MRS における金属間化合物に関するシンポジウムは引き続き秋期大会の会期中に隔年で行うことが決定した。我々二人の日本人オーガナイザーは2年後の2016年12月の次回大会においても引き続きオーガナイザーとして企画・運営をサポートする予定である。今回と同様に日本からの研究者が大勢参加していただき、次回以降に良い形でつなげられることを期待したい。

(2015年2月12日受理)[doi:10.2320/materia.54.176]
(*連絡先: 〒606-8501 京都市左京区吉田本町)



電子顕微鏡法と材料研究

九州大学大学院総合理工学府物質理工学専攻
博士後期課程1年

赤嶺大志

私は、九州大学大学院総合理工学府の博士後期課程の学生として、西田稔教授、板倉賢准教授、Sahar Farjami 助教ならびに光原昌寿助教のご指導の下、研究に取り組んでいます。この度は、本記事を寄稿させていただく機会に恵まれましたので、簡潔ながら私のこれまでの研究活動と、その経験から見た今後の展望について述べさせていただきたいと思えます。

当研究室では、最先端の TEM や SEM などの電子顕微鏡を用いて、主に金属材料の微細構造解析に取り組んでいます。私は学部4年生の頃には Nd-Fe-B 系 HDDR 磁石の保磁力機構の解明というテーマに取り組み、修士からは磁場下での CoPt 合金の不規則-規則変態における単一バリエーション化機構の解明¹⁾というテーマに取り組んでいます。前者は実用永久磁石材料を対象とした構造解析であるのに対し、後者は単結晶を用いて現象にフォーカスした基礎研究という位置づけになっています。また、2014年5月より2015年1月現在まで、日本学術振興会の「頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣プログラム(事業名:先進材料の実次元マルチスケール解析と機能設計のための超顕微鏡国際ネットワークの構築, 事業主担当者:九州大学・西田稔教授)」の一員として、アントワープ大学の EMAT(Electron Microscopy for Materials Science)という電子顕微鏡の専門機関にて、Dominique Schryvers 教授のご指導の下、研究活動を行っています(2015年2月末まで)。EMAT での研究では、より最新の顕微鏡法に重心を置いた内容に取り組んでいます。修士1年という未熟者ではありますが、このような様々なテーマに取り組む中で、材料研究における電子顕微鏡法について多くの知見を得ることができました。以下では、その経験について順を追って簡潔に述べたいと思えます。

まず、Nd-Fe-B 系磁石の研究では、当時導入されたばかりであった Carl Zeiss 製 Ultra 55が大変活躍しました。収差を抑えて低加速電圧での観察を可能にした Ultra 55は、従来の汎用 SEM とは一線を画す高分解能と高性能な検出器群によって、極めて多くの有用なデータをもたらしてくれました。思い返せば、初めての研究において次世代型 SEM の黎明期に立ち会えたというのは、大変幸運であったのだと感慨深く思います。研究を通して、近年の SEM の有用性は、次の3つの要素の複合利用にあるのだと感じました。第1は精密な電子プローブと高性能な検出器群です。これによりナノメートル分解能で、試料表面の凹凸・組成・チャネリング

(結晶方位)などの情報を切り分けて、かつ同時に取得できます。第2は、EDS(組成分析)やEBSD(結晶方位解析)などの分析機器および加熱・冷却・引張ステージなどのアタッチメント。そして第3は、収束イオンビーム(FIB)との連携による3次元解析です。これら3つの要素が複合的に利用可能になったことで、相乗的に応用範囲が広がったと感じています。例えば、冷却しながらマルテンサイト変態の様子を結晶方位コントラストで観察したり、シリアルセクションングとEDSを併用して3次元EDS像を取得したりできます。このような応用の幅は、今後さらに広がっていくと考えられ、大変興味のあるところです。

CoPtの相変態の解析では、主にTEMを利用しました。シンプルな相変態の解析には、やはり従来の明視野法、暗視野法、そして電子回折法が最も有効であったためです。その後、最新の走査透過電子顕微鏡法(STEM)や高分電子顕微鏡法(HREM)を用いた原子スケールでの界面の解析に着手しています。近年のTEMは球面収差補正装置の登場を契機としてその分解能が飛躍的に向上しました。修士1年当時は原子を見て大喜びしていましたが、現在アントワープ大EMATで研究をしていると、原子像に驚く人はもういません。彼らは次のステージとして、「3次元構造解析」と「定量解析」に取り組んでいます。3次元解析に関しては当九州大学でも盛んに行っているところですが、EMATではとりわけ定量解析への取り組みに感心しました。例えば、高分解能STEM像の1つ1つの原子位置の強度分布をガウス関数でフィッティングして統計処理し、各原子位置の奥行き方向に原子が幾つあるのかをシミュレーションと比較してカウントする。そして、得られた奥行き原子数の分布をもとにその粒子の3次元像を構築する、という離れ業には感銘を受けました。

以上のような経験から総じて感じたことは、近年の電子顕微鏡法は極めて高度にデジタル化されてきているということ、そして3次元で定量的という段階に達しつつあるということです。大変興味深いことに、材料組織の理論シミュレーションの分野でも同様の現象が起きているようです。私は現在、CoPtの相変態過程を解析するために組織観察に加えて、Phase-field法によるシミュレーションに取り組んでいます。組織シミュレーションは従来現象論的でありましたが、情報処理能力の向上による大規模シミュレーションの実現や第一原理計算など他のシミュレーションや実験との連携によるパラメータの精密化によって、組織シミュレーションもまた3次元で定量的という舞台へと歩を進めているようです。このような顕微鏡法と組織シミュレーションのマッチングは、材料組織解析の次なるステージを予感させ、興味が尽きません。

最後に、これまでの研究をご指導いただいた先生方およびサポートしていただいた同研究室の学生諸君へ深く感謝するとともに、上記のような優れた研究環境に恵まれた幸運を噛みしめ、今後も研究へ尽力していくことを今後の抱負とし、筆をおきたいと思えます。

文 献

- (1) H. Akamine, S. Farjami, M. Mitsuhashi, M. Nishida, T. Fukuda and T. Kakeshita: Mater. Trans., 54(2013), 1715-1718.
(2015年2月4日受理)[doi:10.2320/materia.54.177]
(連絡先: 〒815-8580 春日市春日公園6-1)

本 会 記 事

会 告	第79回定時社員総会開催案内	178	
	第74回功績賞, 第55回谷川・ハリス賞, 第22回増本量賞, 第57回技術賞候補者推薦依頼	178	
	第47回研究技術功労賞受賞候補者の推薦依頼	180	
	2015年秋期講演大会の外国人特別講演および招待講演募集	180	
	日本金属学会主催国際会議企画提案募集	180	
	欧文誌編集委員会からのお知らせ	180	
支部行事	181	材料系学協会情報コーナー	185
掲示板	181	行事カレンダー	186
会誌・欧文誌4号目次	184	新入会員	188
次号予告	185	事務局からのお知らせ	188

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

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/>

- ・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)

第79回定時社員総会開催案内

第79回定時社員総会を下記の通り開催いたします。社員総会の構成員は、法人法上の社員である代議員です。

日 時 2015年4月24日(金) 13:00~13:30
場 所 エッサム神田ホール5階「イベントホール2」
(〒101-0045 東京都千代田区神田鍛冶町3-2-2)

報告事項

1. 平成26年度事業報告および事業報告の附属明細書の件

協議事項

- 第1号議案 平成26年度決算承認の件
認定法施行規則第26条第8号に基づき、法人会計の財産の一部を公益目的事業会計の財産にするための他会計振替処理の承認を含む。
- 第2号議案 平成27, 28年度代議員および補欠代議員承認の件
- 第3号議案 平成27, 28年度理事および補欠理事一括選任承認の件
- 第4号議案 平成27, 28年度理事および補欠理事選任の件
- 第5号議案 平成27, 28年度監事選任の件

問合せ (公社)日本金属学会
☎ 022-223-3685 E-mail: gaffair@jim.or.jp

第74回功績賞, 第55回谷川・ハリス賞, 第22回増本量賞, 第57回技術賞 候補者推薦依頼

功績賞, 谷川・ハリス賞, 増本量賞, 技術賞の各受賞候補者の推薦をお願いいたします。本会では多数の優秀な候補者を表彰し奨学に資したいという考えから、広く一般会員からの推薦(3名以上連名の正員)を求めています。下記要領により積極的にご推薦下さい。

*候補者本人による推薦書の提出は認めておりません。

1. 推薦を求める賞
功績賞(第74回) 谷川・ハリス賞(第55回)
増本量賞(第22回) 技術賞(第57回)
以上2016年3月開催の春期講演大会の折り、授賞予定
2. 推薦締切: 各賞共通 2015年6月30日(火)
3. 候補者: 各賞共通 個人を対象とします。
4. 推薦資格: 各賞共通 本会社員(代議員)または、3名以上連名の正員
5. 推薦時の必要書類と注意事項: 各賞共通
 - ・推薦に際しては、①推薦書, ②業績の概要と推薦理由, ③主要論文リストを添付書類として提出下さい。
 - ・推薦書に重大な不備が判明したときは、候補者から除外いたします。
 - ・下記メール宛に「○○○○賞推薦」と明記し、ご送信下さい。送信後2~3日過ぎても受理メールの無い場合はお問合せ下さい。(所定様式はホームページからダウンロードして下さい)
6. 申込・問合せ先: 〒980-8544 仙台市青葉区一番町1-14-32
(公社)日本金属学会 各種賞係
☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312
E-mail: gaffair@jim.or.jp

■第74回功績賞 推薦要領

推薦締切 2015年6月30日(火)

推薦者 本会社員(代議員)または、3名以上連名の正員

推薦数 1名の推薦者が推薦出来る候補者数は、1部門につき1名です。

主 旨 金属学または金属工業技術の進歩発達に寄与する有益論文を発表したもので、しかも将来を約束されるような新進

気鋭の研究者、技術者に授賞するものです。工業技術部門を除いて、受賞候補者には年齢制限を設けておりますので、この点特にお含みの上ご推薦願います。

応募部門 物性、組織、力学特性、材料化学、材料プロセッシング、工業材料、工業技術の7部門から選び、推薦部門に推薦を記入して下さい(部門別に選考いたします)。

候補者の対象 「工業技術」部門を除いて受賞年度の2016年5月31日時点で45歳以下の方。

提出書類

①推薦書

- ・所定の推薦書様式により、候補者の要件をチェックの上、ご推薦願います。
- ・最終学歴は卒業年次および学校名(学部名)を記入、また、大学院修了者は修了年次と大学名も併せて記入して下さい。
- ・候補者略歴は10行以内で記載して下さい。

②業績の概要と推薦理由：1,000字程度のA4版1頁を提出して下さい。

③主要論文リスト：特に主要な論文を「原著論文」「解説論文」「国際会議論文」に分別し、計15編以内を選び、論文題目、発表誌名、巻号頁、共著者を記載の上、A4版1～2頁で提出して下さい。

*論文種の分別が無い場合は、審査に供しないので、ご注意ください。

(発表誌名、巻号年および共同研究の場合は共著者名を必ず明記下さい)

■第55回谷川・ハリス賞 推薦要領

推薦締切 2015年6月30日(火)

推薦者 本会社員(代議員)または、3名以上連名の正員

推薦数 1名の推薦者が推薦出来る候補者数は、1名です。

主旨 本賞は次の各項に該当する業績で高温における金属学の基礎的分野または工業技術分野の発展に貢献した方に授賞する、対象となる業績は研究成果の頂点または集積のいずれでも可。

- 鉄鋼・非鉄金属の製錬
- 金属材料の熱処理に関連する研究
- 金属および非金属の耐熱材料に関する研究
- その他高温における金属学に関する工業的あるいは基礎的研究

提出書類

①推薦書

- ・所定の推薦書様式により、候補者の要件をチェックの上、ご推薦願います。
- ・最終学歴は卒業年次および学校名(学部名)を記入、また、大学院修了者は修了年次と大学名も併せて記入して下さい。
- ・候補者略歴は10行以内で記載して下さい。
- ・業績主題を明記して下さい。

②業績の概要と推薦理由：1,000字程度のA4版1頁を提出して下さい。

③主要論文リスト：特に主要な論文を「原著論文」「解説論文」「国際会議論文」に分別し、計20編以内を選び、論文題目、発表誌名、巻号頁共著者を記載の上、A4版1～2頁で提出して下さい。

*論文種の分別が無い場合は、審査に供しないので、ご注意ください。

(発表誌名、巻号年および共同研究の場合は共著者名を必ず明記下さい)

■第22回増本量賞 推薦要領

推薦締切 2015年6月30日(火)

推薦者 本会社員(代議員)または、3名以上連名の正員

推薦数 1名の推薦者が推薦出来る候補者数は、1名です。

主旨 「機能材料」分野で新KS鋼、センダスト、ハードバーム、アルフェル、超不変鋼、コエリンバー等幾多の卓越した新素材の発明発見ならびに貴重な研究業績を残された、増本量博士のご功績を永遠に記念し、我が国の金属学界ならびに産業界の進歩発展を熱望された、博士の意志に応えるため「増本量賞」を創設しました。

候補者の対象

機能材料分野で卓越した新素材の発明発見ならびに貴重な研究業績を残され、同分野に関する学理または技術の進歩発展に貢献した方。

提出書類

①推薦書

- ・所定の推薦書様式により、候補者の要件をチェックの上、ご推薦願います。
- ・最終学歴は卒業年次および学校名(学部名)を記入、また、大学院修了者は修了年次と大学名も併せて記入して下さい。
- ・候補者略歴は10行以内で記載して下さい。
- ・業績主題を明記して下さい。
- ・機能材料分野で卓越した新素材の発明発見・貴重な研究業績の具体名を記載して下さい。

②業績の概要と推薦理由：1,000字程度のA4版1頁を提出して下さい。

③主要論文リスト：特に主要な論文を「原著論文」「解説論文」「国際会議論文」に分別し、計20編以内を選び、論文題目、発表誌名、巻号頁共著者を記載の上、A4版1～2頁で提出して下さい。

*論文種の分別が無い場合は、審査に供しないので、ご注意ください。

(発表誌名、巻号年および共同研究の場合は共著者名を必ず明記下さい)

■第57回技術賞 推薦要領

推薦締切 2015年6月30日(火)

推薦者 本会社員(代議員)または3名以上連名の正員

推薦数 1名の推薦者が推薦出来る候補者数は、1名です。

主旨 工業技術の改良進歩などに大きな業績を残された方を選んで本賞を贈りその功労に報いんとするものであります。

候補者の対象 本賞は個人の業績を対象といたします。

提出書類

①推薦書

- ・所定の推薦書様式により、候補者の要件をチェックの上、ご推薦願います。
- ・最終学歴は卒業年次および学校名(学部名)を記入、また、大学院修了者は修了年次と大学名も併せて記入して下さい。
- ・主な業績は5～6行程度で記載して下さい。

②業績の概要と推薦理由：1,000字程度のA4版1頁を提出して下さい。

③対象業績に関連する論文リストおよび特許リストをA4版1～2頁で提出して下さい。

論文リストは、特に主要な論文を「原著論文」「解説論文」「国際会議論文」に分別し、論文題目、発表誌名、巻号頁共著者を記載して下さい。

*論文種の分別が無い場合は、審査に供しないので、ご注意ください。

(論文題目、発表誌名、巻号年および共同研究の場合は共著者名を必ず明記下さい)

第47回研究技術功労賞受賞候補者の推薦依頼

代議員の推薦締切日：2015年6月30日(火)

支部長の推薦締切日：2015年7月15日(水)

推薦者：本会社員(代議員)または支部長

主旨

学校、研究所または工場など現場において、多年にわたり卓越した技術により金属の試験および研究上欠くことが出来ない装置の制作、試料調整、測定および分析などを通じて他の方々の研究成果に大いに貢献したいいわゆる「かげの功労者」を選んで本賞を贈り、その功労に報いんとするものである。

候補者の対象

- ・通算30年以上実務に従事した方。
- ・受賞時期(2016年春期講演大会)において50歳以上の方。
- ・研究遂行上「かげの功労者」として多年にわたり功績著しい方。「かげの功労者」とは、金属の試験および研究上欠くべからざる装置の製作、試料の調整、測定および分析などを通じて研究者の研究成果に大いに貢献した方。
- ・企業体において経営者およびそれに準じない人。
- ・管理職(民間企業および行政職の公務員では「課長」以上)でない人が望ましい。管理職の場合には事情説明書を添付する。

提出書類

推薦書：候補者の要件をチェックの上、ご推薦願います。

推薦理由ならびに実務における功労：

A4版1頁(700字~1,000字程度)にまとめ、別紙として下さい。

送付方法

- ・E-mailの場合：gaffair@jim.or.jp宛に「研究技術功労賞候補者推薦」と明記の上、Word添付書類で送信して下さい。

2015年秋期講演大会の外国人特別講演および招待講演募集

特別講演

- ・講演者：著名な外国人研究者とする。
- ・講演時間：30分(討論10分)
- ・採択件数：3~4件
- ・滞在費補助：10,000円
- ・その他：大会参加費免除、懇親会招待

招待講演

- ・講演者：有益な講演が期待される国内に滞在する外国人研究者。
- ・講演時間：15分(討論5分)
- ・採択件数：5件程度
- ・滞在費補助：なし
- ・その他：大会参加費免除

推薦用紙

所定様式(ホームページからダウンロードして下さい)により、下記メールアドレス宛に「外国人特別講演推薦」と明記し、書類を添付の上送信して下さい。送信後2~3日過ぎても受理メールの無い場合はお問合せ下さい。

推薦書提出期日 2015年5月29日(金)

詳細 までりあ54巻3号126頁

ホームページ：講演大会→2015年秋期講演大会のご案内

送信先 (公社)日本金属学会 E-mail: gaffair@jim.or.jp

問合せ先 ☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

日本金属学会主催国際会議企画提案募集

提案締切日 2015年5月29日(金)

提案要項 下記事項を記載した文書(A判)をもって、本会会長宛てに申請して下さい。

- (1)会議の名称(和文名・英文名)、(2)会期、(3)開催地・会場予定、(4)会議の目的・特徴、(5)日本開催の経緯と意義、(6)計画概要、(7)準備委員会委員(氏名・所属・役職)、(8)提案(連絡)責任者(氏名・所属・役職・住所・電話・E-mail)

詳細 までりあ54巻3号127頁

ホームページ：行事の案内→国際会議

問合せ先 (公社)日本金属学会 E-mail: gaffair@jim.or.jp

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

欧文誌編集委員会からのお知らせ

〈特集原稿募集〉

■New Aspects of Martensitic Transformations

(マルテンサイト変態の新展開)

マルテンサイト変態は、鉄鋼材料や形状記憶合金の特性を支配する現象として、古くから重要視され、多くの研究が行われてきた。近年では、電子線後方散乱回折法(EBSD)や高角散乱環状暗視野走査透過顕微鏡法(HAADF-STEM)、電子線ホログラフィー、X線ホログラフィーなど様々な実験手法が導入されるとともに、第一原理計算による相安定性の解釈やフェーズフィールド法による組織形成過程の解明など新たな計算手法を導入することにより、マルテンサイト変態の機構ならびに変態組織への理解が進展している。さらに、マルテンサイト変態を利用した新しい構造材料・機能性材料の開発も進展している。この分野の今後のさらなる発展に向けて、マルテンサイト変態に関する最近の研究成果ならびにオーバービュー論文を広く募集します。

上記テーマに関する特集を、Materials Transactions 57巻3号(2016年3月発行)に予定しております。多数ご寄稿下さいますようお願いいたします。

実施予定号：第57巻第3号(2016年)

予備登録日：2015年7月1日

原稿締切日：2015年9月1日

本会 Web ページにて①論文題目(仮題でも可)、②投稿予定日、③著者名、④登録者の氏名および所属、住所、電話番号、⑤概要などをご入力の上、予備登録を行って下さい。

・執筆に際しては、日本金属学会欧文誌投稿の手引・執筆要領(本会 Web ページ)を参照のこと。

・通常の投稿論文と同様の審査過程を経て、編集委員会で採否を決定する。(ただし、修正を求められた学術論文は返却日から20日以内に再提出する。)

・著者は、投稿・掲載費用をご負担願います(別刷50部寄贈)。

予備登録・原稿提出先

〒980-8544 仙台市青葉区一番町1-14-32

(公社)日本金属学会 欧文誌編集委員会

http://jim.or.jp/

☎ 022-223-3685 FAX 022-223-6312

E-mail: editjt@jim.or.jp

支部行事



平成27年度第1回支部会議(支部総会) 開催のご案内

- 日時 2015年4月22日(水)12:00~13:30
(昼食を準備いたします)
- 場所 東北大学金属材料研究所 会議室(2号館1階)
(〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1)
仙台駅からのアクセス: <http://www.imr.tohoku.ac.jp/ja/access.html>
- 議題 (1) 平成26年度事業報告および決算について
(2) 平成27年度事業計画書案および予算書案について
(3) 支部役員の交替について
(4) 東北支部規則の改正について
(5) その他

ご出席の方は、4月10日(金)までに、下記の支部事務局までE-mailでお知らせ下さい。

連絡先 日本金属学会 東北支部事務局
〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1
東北大学金属材料研究所 古原研究室
☎ 022-215-2049 FAX 022-215-2046
E-mail: miyamoto@imr.tohoku.ac.jp

掲示板

〈公募類記事〉

無料掲載: 募集人員, 締切日, 問合せのみ掲載。

有料掲載: 1/4頁(700~800文字)程度。

・「まてりあ」とホームページに掲載; 15,000円+税

・ホームページのみ掲載; 10,000円+税

〈その他の記事〉 原則として有料掲載。

・原稿締切・掲載号: 毎月1日締切で翌月号1回掲載

・原稿提出方法: 電子メールとFAX両方(受け取りメールの確認をして下さい)

・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, 再任可)

所属 金属フロンティア工学専攻
先端マテリアル物理化学講座 材料物理化学分野

専門分野 高温融体, イオニクス, 電気化学等を利用した, 金属, 半導体および化合物等の素材プロセッシングに関する教育・研究を行う

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

担当授業科目 学部: マテリアルズサイエンスアンドエンジニアリングB, 工業数学等, 大学院・前期: 融体・高温物性学等, 後期: 先端マテリアル物理化学特論等

公募締切 2015年5月29日(金)

着任時期 決定後, 出来るだけ早く

提出書類 (1)履歴書, (2)学位論文題目, (3)研究業績概要(A4版2枚以内)と主要論文5編の別刷り(コピー可), (4)研究業績リスト(学術論文, 参考論文, 著書, 特許(出願件数: 申請中を含む, 登録件数, 主要特許10件前後のリスト)等), (5)獲得外部研究資金(科研費等)一覧(大学や公的な研究機関に所属の場合), (6)受賞, (7)招待講演等, (8)教育業績(担当科目等), (9)所属学会, (10)学会活動歴(委員会等), (11)研究活動, (12)社会活動等に関する一覧表, (13)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), (14)照会可能な方2名の氏名と連絡先, (15)応募者の連絡先

の連絡先

ホームページ(<http://www.material.tohoku.ac.jp/news/jobs.html>)上に掲載した「提出書類作成の注意点」に留意して書類を作成すること

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

問合せ先 金属フロンティア工学専攻 専攻長 朱鴻民

☎ & FAX 022-795-7309

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

※封筒に「教員公募(金属フロンティア工学専攻・材料物理化学分野 准教授)」と朱書きし, 郵送の場合は書留とすること。なお, 応募書類は返却致しませんのでご了承下さい。

※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, 再任可)

所属 金属フロンティア工学専攻

創形創質プロセス学講座 計算材料構成学分野

専門分野 金属およびその関連素材から部品・デバイス等を製造するための合金設計, 材料組織制御およびそれらの特性評価に関し, 計算と実験を併用した教育・研究を行う

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

担当科目 学部: 材料組織学, コンピュータ演習等, 大学院・前期: 相変態論, 創形創質プロセス学セミナー等, 後期: 創形創質プロセス学特別研修等

公募締切 2015年5月29日(金)

着任時期 決定後, 出来るだけ早く

提出書類 (1)履歴書, (2)学位論文題目, (3)研究業績概要(A4版2枚以内)と主要論文5編の別刷り(コピー可), (4)研究業績リスト(学術論文, 参考論文, 著書, 特許(出願件数: 申請中を含む, 登録件数, 主要特許10件前後のリスト)等), (5)獲得外部研究資金(科研費等)一覧(大学や公的な研究機関に所属の場合), (6)受賞, (7)招待講演等, (8)教育業績(担当科目等), (9)所属学会, (10)学会活動歴(委員会等), (11)研究活動, (12)社会活動等に関する一覧表, (13)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), (14)照会可能な方2名の氏名と連絡先, (15)応募者の連絡先

ホームページ(<http://www.material.tohoku.ac.jp/news/jobs.html>)上に掲載した「提出書類作成の注意点」に留意して書類を作成すること

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

問合せ先 金属フロンティア工学専攻 専攻長 朱鴻民

☎ & FAX 022-795-7309

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

※封筒に「教員公募(金属フロンティア工学専攻・計算材料構成学分野 准教授)」と朱書きし, 郵送の場合は書留とすること。なお, 応募書類は返却致しませんのでご了承下さい。

※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。

◇物質・材料研究機構 定年制職員(正職員)公募◇

公募人数 研究職 分野別公募 各1名(6分野)
 物質・材料一般(分野不問) 若干名(女性枠あり)
 エンジニア職 分野別公募 各1名(2分野)

専門分野

研究職 ①量子物性理論, ②固体電気化学, ③実用超伝導線材の材料科学, ④セラミックス合成, ⑤燃料電池あるいは水素利用関連材料, ⑥ハイブリッド材料(CFRP等), ⑦物質・材料一般, ⑧物質・材料一般(女性のみ応募可)

エンジニア職 ①機械加工・機械加工指導, ②システム運用管理(社内システムエンジニア)

応募締切 2015年5月31日(日)

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

<http://www.nims.go.jp/employment/permanent-staff.html>

問合せ先 〒305-0047 つくば市千現 1-2-1

物質・材料研究機構

企画部門 人材開発室

☎ 029-859-2555

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

◇愛媛大学大学院理工学研究科 助教 公募◇

公募人員 助教1名

所属 物質生命工学専攻機能材料工学コース

専門分野 材料物性工学(実験系), 磁性材料・熱電変換材料などの新規機能材料の合成及び材料物性の研究

応募資格 博士あるいはPh. D.の学位を有する方または取得見込みの方

着任時期 2015年9月1日以降のできるだけ早い時期

任期 5年(※テニユア・トラック制度適用)

詳細は URL: <http://ts.adm.ehime-u.ac.jp/>

選考方法 書類審査および面接

提出書類 ①履歴書 ②研究業績 ③教育業績 ④その他の業績 ⑤今後の活動の抱負 ⑥これまでに獲得した研究助成一覧 ⑦主要な研究業績の別刷(5編以内) ⑧応募者について所見を求め得る方3名以内の氏名・役職・連絡先

応募締切 2015年5月22日(金)必着

書類送付先 〒790-8577 松山市文京町3番

愛媛大学大学院理工学研究科

物質生命工学専攻機能材料工学コース

教授 武部博倫

*詳細は下記 URL を参照のこと.

<http://www.ehime-u.ac.jp/information/employment/index.html>

問合せ先 同コース 教授 平岡耕一

☎ 089-927-9885 FAX 089-927-9885

E-mail: hiraoka.koichi.mk@ehime-u.ac.jp

お知らせ

◇第56回本多記念賞, 第12回本多フロンティア賞及び第36回本多記念研究奨励賞受賞者◇

公益財団法人 本多記念会

本多記念会は, 平成27年2月6日開催の第154回理事会において, 平成27年度の第56回本多記念賞, 第12回本多フロンティア賞, 第36回本多記念研究奨励賞の受賞者を決定しましたので, お知らせいたします.

なお, 贈呈式は, 平成27年5月29日(金)13時30分より, 東京・神田 学士会館で行う予定です.

1. 第56回本多記念賞(本賞 金メダル, 副賞 200万円)

受賞対象研究	チタン系形状記憶合金の研究と開発
氏名	工学博士 宮崎 修一
現職	筑波大学数理物質系物質工学域教授

2. 第12回本多フロンティア賞(褒賞金 各50万円)

受賞対象研究	電気二重層を利用した高密度2次元電子系の創製と電界制御機能
氏名	工学博士 岩佐 義宏
現職	東京大学大学院工学系研究科教授

受賞対象研究	ユビキタス元素を活用した新チタン合金群の開発と市場創出
氏名	工学博士 藤井 秀樹
現職	新日鐵住金株式会社 鉄鋼研究所チタン・特殊ステンレス研究部長

3. 第36回本多記念研究奨励賞(褒賞金 各30万円)

受賞対象研究	フェーズフィールド・モデルに基づく組織形成シミュレーション法の開発と応用
氏名	博士(工学) 大野 宗一
現職	北海道大学大学院工学研究院准教授

受賞対象研究	凝固組織形成に関する固液界面特性の分子動力学法解析
氏名	博士(工学) 澁田 靖
現職	東京大学大学院工学系研究科准教授

受賞対象研究	形状記憶・情報記録材料の相変態制御およびその応用に関する研究
氏名	博士(工学) 須藤 祐司
現職	東北大学大学院工学研究科准教授

受賞対象研究	機能性ナノポーラス金属の組織制御とその応用
氏名	博士(工学) 藤田 武志
現職	東北大学原子分子材料科学高等研究機構准教授

受賞対象研究	合金溶媒を利用したシリコンとSiC単結晶の製造プロセスに関する物理化学的研究
氏名	博士(工学) 吉川 健
現職	東京大学生産技術研究所准教授



◇レアメタル研究会◇

■主 催：レアメタル研究会

主宰者：東京大学生産技術研究所 教授 岡部 徹
 協 力：(一財)生産技術研究奨励会(特別研究会 RC-40)
 共 催：東京大学マテリアル工学セミナー
 協 賛：(一社)軽金属学会，(一社)資源・素材学会，(公社)日本
 化学会，(公社)日本金属学会，(一社)日本チタン協会，
 (一社)日本鉄鋼協会 (五十音順)

■開催会場：東京大学生産技術研究所

An 棟 2F コンベンションホール
 〒153-8505 目黒区駒場 4-6-1
 (最寄り駅：駒場東大前，東北沢，代々木上原)

■参加登録・お問い合わせ：岡部研 学術支援専門職員 宮寄智子
(tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp)

研究会ホームページ

http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/rc40_j.html

〈平成27年度 レアメタル研究会の予定(2015.3.3現在)〉

- 第66回 2015年7月17日(金)(7月10日から変更になりました)
- 第67回 2015年9月18日(金)
- 第68回 2015年11月27日(金)
- 第69回 2016年1月8日(金)
★貴金属シンポジウム(第3回)+新年会★(合同開催)
- 第70回 2016年3月11日(金)(平成27年度 最終回)

■第66回 2015年7月17日(金)15:00～ An 棟 2F コンベンションホール

テーマ：鉱物資源，鉱山開発，レアアースの開発など

時 間：午後3:00～

講 演：

- 鉱物資源研究と鉱山開発：現状と将来(仮)(60分)
静岡大学 大学院理学研究科 地球科学専攻 教授 森下祐一 講師
- レアアースをはじめとするレアメタルに関する最近の話題(仮)
(45分)(別の講演となる可能性あり)
東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師
- ライナスプロジェクトをはじめとするレアアース事業とサプライ
チェーン

双日株式会社 化学部門 環境資材本部 資源化学品部

エレクトロマテリアル課 課長補佐 左藤富士紀 講師

午後6:30～ 研究交流会・意見交換会 (An 棟 2F ホワイエ)

■第67回 2015年9月18日(金)15:00～ An 棟 2F コンベンションホール

テーマ：走るレアメタル，働くレアメタル

時 間：午後3:00～

講 演：

- 自動車に使われるレアメタルの現状と将来(仮)(60分)
トヨタ自動車株式会社 材料技術統括室 主査 野田克敏 講師
- 走るレアメタル，働くレアメタルについて(仮)(45分)
東京大学 生産技術研究所 教授 岡部 徹 講師
- 希土類(レアアース)産業の過去・現在・未来 ～自動車・ロボッ
ト産業などへの貢献～(仮)(60分)
株式会社 三徳 代表取締役社長 岡田 力 講師

午後6:30～ 研究交流会・意見交換会 (An 棟 2F ホワイエ)

助 成

「公益信託 ENEOS 水素基金」
平成27年度研究助成金公募のご案内

助成対象研究分野 水素エネルギーの製造・輸送・貯蔵ならびに
CO2固定化に関連する技術分野で，独創的か
つ先導的な基礎研究。

助成対象者 大学，公的研究機関等，営利を目的としない国内研究
機関に所属する者等。

助成対象研究実施期間 2015年10月1日から2016年9月末日

助成金額・件数 5件程度 総額5,000万円以内

応募期間 2015年4月1日(水)～5月11日(月)(必着)

応募方法 所定の申請書を受託者(下記)宛に提出する

受託者・問合せ

三井住友信託銀行 リテール受託業務部 公益信託グループ
公益信託 ENEOS 水素基金担当 ☎ 03-5232-8910

応募方法・募集要項

[http://www.smtb.jp/personal/entrustment/management/
public/example/list.html](http://www.smtb.jp/personal/entrustment/management/public/example/list.html)

<<本会発行学術図書出版案内>>

- 金属化学入門シリーズ ●講座・現代の金属学 材料編 ●講座・現代の金属学 製錬編
- 金属工学シリーズ ●セミナーテキスト ●シンポジウム予稿集
- 講演大会概要集 DVD ●国際会議プロシーディングズ ●単行本

※一部在庫が無いものもございますので，本会ホームページにてご確認下さい

ご注文は，(1)氏名 (2)会員番号(会員の方のみ) (3)書籍名 (4)購入冊数 (5)送本先住所をご記入の上，E-mail
(ordering@jim.or.jp)または ☎ 022-223-6312にてお申込み下さい。ご請求書と共に約1週間でお届け
いたします。詳細は，本会ホームページ(学術図書類)をご覧下さい。

日本金属学会誌掲載論文

Vol. 79, No. 4 (2015)

オーバービュー(解説論文)

高エントロピー合金, バルク金属ガラスおよび高エントロピーバルク金属ガラスの合金設計 竹内 章

論 文

高炭素高速度鋼系合金の組織および硬さに及ぼす窒素の影響 原 隆太郎 山本昌宏 伊東 彦 上宮田和則 成田一人 宮原広郁

超音波接合を用いて接合された押出 $Mg_{96}Zn_2Y_2$ 合金継手の微細構造の特徴

東 雄一 岩本知広 河村能人

多穴ダイスを組み合わせた異形ダイスによる熱間押出材の結晶粒微細化と高延性化

富田花帆 徳永透子 大野宗一 松浦清隆

燃焼合成された α -および β -SiAlON の SPS 焼結温度と機械的性質の関係

越山将行 酒向はづき 大野宗一 松浦清隆

Ti-6Al-4V 合金の機能性および強度に及ぼす複合処理の効果

津田千嘉 森田辰郎 刈屋翔太 加賀谷忠治

単結晶ニッケル基超合金 NKH71 の熱処理と析出 γ' 相形態

竹下貴沖 村田純教 三浦信祐 近藤義宏 塚田祐貴 小山敏幸

Mn_2RuZ ($Z = Sn, Si$) の原子配置と磁気状態

下境田光希 藤井伸平

放電プラズマ焼結法による Cr-Mg-N-O 焼結体の作製

浅見廣樹 松本康平 高澤幸治 岩橋 優 池田慎一

Ti-Mo-C-N 膜の硬さおよび摩擦摩耗特性

豊田智亮 須藤祐司 小宮山翔子 安藤大輔 小池淳一 王 嫩

第 6 世代 Ni 基単結晶超合金 TMS-238 の組織安定性に及ぼす Ir の効果

竹部雄貴 横川忠晴 小林敏治 川岸京子 原田広史 増田千利

Materials Transactions 掲載論文

Vol. 56, No. 4 (2015)

—Special Issue on Advanced Metallic Materials for Catalysis—

PREFACE

S. Kameoka, Y. Xu, C. Nishimura and A.P. Tsai

Intermetallic Compound Nanoparticles Dispersed on the Surface of Oxide Support as Active and Selective Catalysts (Review)

Takayuki Komatsu and Shinya Furukawa

Environment-Sensitive Thermal Coarsening of Nanoporous Gold

Satoko Kuwano-Nakatani, Takeshi Fujita, Kazuki Uchisawa, Daichi Umetsu, Yu Kase, Yusuke Kowata, Katsuhiko Chiba, Tomoharu Tokunaga, Shigeo Arai, Yuta Yamamoto, Nobuo Tanaka and Mingwei Chen

Preparation of Double Layer Membrane Combined with Palladium Metal and FAU Zeolite for Catalytic Membrane Reactor

Koichi Sato, Mayumi Natsui and Yasuhisa Hasegawa

Adsorption Structure and Electronic Structure of Ethylene on $Pt_3Ti(001)$ and $PtTi_3(001)$ Surfaces: a DFT Study

Kaoru Fujiwara, Yoshiaki Miyawaki, Kazuki Nozawa and Yasushi Ishii

Efficient Hydrogen Generation from Ammonia Borane on Skeletal Cu Catalysts Prepared from Cu-Ti Amorphous Alloys

Ai Nozaki, Somchuen Kittima, Yasutomo Tanihara, Yasutaka Kuwahara, Tetsutaro Ohmichi, Takashi Kamegawa, Kohsuke Mori and Hiromi Yamashita

Formation of Amorphous Pt Oxides: Characterization and Their Catalysis

Satoshi Kameoka, Masahiko Shimoda, Yoshitaka Matsushita, Yoshiyuki Yamashita, Yoshio Katsuya, Masahiko Tanaka and An-Pang Tsai

—Regular Articles—

Materials Physics

Formation of an Icosahedral Quasicrystal and Its Approximant in Au-Al-Sc System

Yeong-Gi So, Koji Kimoto and Keiichi Edagawa

Microstructure of Materials

Effects of the Pre-Aging Period on the Formation Behavior of Nanoclusters in an Al-Mg-Cu Alloy

Mami Mihara, Equo Kobayashi and Tatsuo Sato

Mechanics of Materials

Effect of Dispersoids in β -Sn Matrix on Creep Properties of Chip Scale Packages Joined by Sn-xAg-0.5 mass%Cu ($x = 1, 2, 3$ and 4 mass%) Solder Alloys

Shinichi Terashima and Shinji Ishikawa

Enhancement of Fatigue Life in TiNi Shape Memory Alloy by Ultrasonic Shot Peening

Kohei Takeda, Ryosuke Matsui, Hisaaki Tobushi, Shinichi Homma and Kanehisa Hattori

Materials Chemistry

Impact of Effective Pressure on Threshold Pressure of Kazusa Group Mudstones for CO₂ Geological Sequestration

Takashi Fujii, Shin-ichi Uehara and Masao Sorai

Effects of Electron Beam Irradiation on Shear Strength of Laminated Sheet of Bio-Adaptable Polydimethylsiloxane (PDMS) and Polytetrafluoroethylene (PTFE) with Fracture Toughness

Chisato Kubo, Arata Yagi, Masae Kanda and Yoshitake Nishi

Numerical Simulation for Cavitation Bubble Near Free Surface and Rigid Boundary

Kanae Oguchi, Manabu Enoki and Naoya Hirata

High Sensitive Surface Plasmon Resonance (SPR) Sensor Based on Modified Calix(4)arene Self Assembled Monolayer for Cadmium Ions Detection

M. Benounis, N. Jaffrezic, C. Martelet, I. Dumazet-Bonnamour and R. Lamartine

The Third Law Entropy of Strontium Molybdates

Masao Morishita and Hiroki Houshiyama

Engineering Materials and Their Applications

The Effect of Bio-Coal on the Carbothermic Reduction of Laterite Ores

Guan-Jhou Chen, Weng-Sing Hwang, Shih-Hsien Liu and Jia-Shyan Shiau

Evaluation of the Gas Nitriding of Fine Grained AISI 4135 Steel Treated with Fine Particle Peening and Its Effect on the Tribological Properties

Shoichi Kikuchi and Jun Komotori

Application and Characteristics of Low-Carbon Martensitic Stainless Steels on Turbine Blades

Hwa-Teng Lee, Feng-Ming Liu and Wun-Hsin Hou

In-Beam Stress Corrosion Behavior of Welded 308 Stainless Steel at 473 K in Aerated and Hydrogenated Water Conditions

Yoshiharu Murase, Norikazu Yamamoto, Tadashi Shinohara, Akira Tahara and Kazuhiro Kimura

Investigation of Static and Fatigue Behavior of Periodic Mesh Plates Using Acoustic Emission Method

Fabien Briffod, Takayuki Shiraiwa and Manabu Enoki

—Express Regular Articles—

Precipitation Behaviors and Strengthening of Carbides in H13 Steel during Annealing

Ning Angang, Guo Hanjie, Chen Xichun and Wang Mingbo

Acoustic Emission of Hydrogen Bubbles on the Counter Electrode during Pitting Corrosion of 304 Stainless Steel

Kaige Wu, Woo-Sang Jung and Jai-Won Byeon

Electrochemical Characterization of Passive Films on Ni-Based Alloys in Acidic and Neutral Solutions

Whee Sung Kim, Hiroaki Tsuchiya and Shinji Fujimoto

Oxidation Behavior of Au-55 mol%Ti High Temperature Shape Memory Alloy during Heating in Ar-50 vol%O₂ Environment

Hyunbo Shim, Masaki Tahara, Tomonari Inamura, Kenji Goto, Yoko Yamabe-Mitarai and Hideki Hosoda

Effect of Stain Rate on Microstructure Evolution and Compressive Deformation Behavior of High-Strength Aluminum Coating Materials Fabricated by the Kinetic Spray Process

Kyu-Sik Kim, Changhee Lee, Hoon Huh and Kee-Ahn Lee

Recovery of Cobalt Ion into Polyethyleneglycol (PEG) Gel Phase as Thiocyanato Complex

Sakae Shirayama and Tetsuya Uda

まてりあ 第54巻 第5号 予告

[紹介] 2015年春受賞者紹介, 2015年度新役員紹介
[学会受賞記念講演] 分子軌道法による合金設計 ……森永正彦
[本多記念講演] マルテンサイト変態の核生成に関する一考察と鉄基形状記憶合金に現れる巨大弾性的ひずみと臨界点 ……掛下知行
[プロジェクト研究報告]
「6大学連携 特異構造金属・無機融合高機能材料開発共同研究プロジェクト活動紹介」

[最近の研究] プロトントラッピング～固体酸化燃料電池, 低温動作の鍵となる金属酸化物中におけるプロトンの拡散～ ……山崎仁丈

—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65巻第4号 予定〉

解説 特許出願と技術流出/稲林芳人
研究論文 カーボンブラック添加によるAZ91D合金射出成形品の引張特性向上/赤澤誠一, 福田忠生, 小武内清貴, 尾崎公一, 村上浩二
チクソモールド成形に及ぼすAZ91Dマグネシウム合金チップ表面へのカーボンナノ粒子修飾の効果/橋本嘉昭, 日野 実, 水戸岡豊, 村上浩二, 金谷輝人
高強度6061アルミニウム合金のミクロ組織形成過程に及ぼす熱間鍛造条件の影響/中井 学, 伊藤吾朗
Al-Fe-Mn合金箔の硬化現象に及ぼす低温熱処理の影響/鈴木貴史, 中西茂紀, 崔 祺

—他—

〈ふえらむ Vol.20 (2015) No.4〉

連載記事 リチウムイオン二次電池用Fe系電極材料の開発動向/小松弘典
入門講座 鉄鋼の日本工業規格-3 SM規格はインフラに欠かせない溶接構造用材料/井上 馨
躍 動 鉄鋼材料の相変態における結晶学と元素分配/宮本吾郎

—他—

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
4月				
22	平成27年度第1回支部会議(支部総会)開催(本号181頁)(東北大金研)	東北支部・古原研	TEL 022-215-2049 FAX 022-215-2046 miyamoto@imr.tohoku.ac.jp	4.10
22	第66回技術セミナー金属材料のリサイクルと防食技術～リサイクル金属をいかに利用するか～(東京)	腐食防食協会	TEL 03-3815-1161 ysm.hng-113-0033@jcorr.or.jp	
24	第79回日本金属学会定時社員総会(本号178頁)(東京)	日本金属学会・齋藤	TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312 gaffair@jim.or.jp	
5月				
15～17	軽金属学会第128回春期大会(東北大)	軽金属学会	http://www.jilm.or.jp/	予約申込 4.16
21～22	第32回希土類討論会(鹿児島)	日本希土類学会(阪大内)	TEL 06-6879-7352 kidorui@chem.eng.osaka-u.ac.jp http://www.kidorui.org/	参加 5.8
22	第20回分子動力学シンポジウム(米沢)	日本材料学会	http://www.jsms.jp	講演 2.13
26	第202回研究会 エネルギーに関連する磁性材料の現状とその展開(中央大)	日本磁気学会	TEL 03-5281-0106 http://www.magnetics.jp/event/research/topical_202/	
27～30	トライボロジー会議2015春(姫路)	日本トライボロジー学会	TEL 03-3434-1926 jast@tribology.jp http://www.tribology.jp	
29～31	平成27年度塑性加工春季講演会(横浜)	日本塑性加工学会	http://www.jstp.or.jp	
6月				
8	第43回 薄膜・表面物理セミナー(2015)次世代・革新二次電池技術の最前線～薄膜・表面研究にもわかる電池の基礎から将来遠望まで～(早稲田大)	応用物理学会 薄膜・表面物理分科会	TEL 03-5802-0863 oda@jsap.or.jp http://www.jsap.or.jp/	参加 5.25
10	第221回西山記念技術講座「鋼板圧延技術の系譜(圧延品質に影響を与える周辺技術)」(大阪)	日本鉄鋼協会・植岡	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp http://www.isij.or.jp/ https://www.isij.or.jp/muhlujx8m	
11～12	第25回電子顕微鏡大学(東大)	日本顕微鏡学会	FAX 03-5227-8632 jsem-denken@bunken.co.jp	5.25
12	平成27年度日本金属学会関東支部講演見学会(横浜)(3号128頁)	関東支部	jim-kanto@mtl.titech.ac.jp	5.29
17	第222回西山記念技術講座「鋼板圧延技術の系譜(圧延品質に影響を与える周辺技術)」(東京)	日本鉄鋼協会・植岡	TEL 03-3669-5933 educact@isij.or.jp http://www.isij.or.jp/ https://www.isij.or.jp/muhlujx8m	
18～19	第20回動力・エネルギー技術シンポジウム(東北大)	日本機械学会・江原(東北大)	TEL 022-795-7905 shinji.ebara@qse.tohoku.ac.jp http://www.jsme.or.jp/pes/event/index.html	
18～19	ESICMM-G8 Symposium on High-Performance Permanent Magnets(物材機構)	物材機構元素戦略磁性材料研究拠点・広沢(NIMS)	Info-esicmm@nims.go.jp	
30～7.2	第59回表面科学基礎講座(東京理科大)	日本表面科学会	TEL 03-3812-0266 shomu@sss.org http://www.sss.org	6.24
7月				
3	半導体デバイスの明日を担う新規材料開発の現状と展望(大阪大学)	日本真空学会関西支部他・三浦	TEL 075-724-7489 miura@kit.jp http://www.vacuum-jp.org/	7.2
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/	
14～16	NIMS Conference 2015「最先端計測が切り拓くマテリアルイノベーション」(つくば)	物材機構	nims_conference@nims.go.jp	800名
15～17	第34回電子材料シンポジウム(EMS-34)(守山)	電子材料シンポジウム運営委員会・西永(産総研)	TEL 029-861-5042 jiro.nishinaga@aist.go.jp	
16～17	第49回X線材料強度に関するシンポジウム(大阪)	日本材料学会・八代	TEL 055-243-6111 yatsushiro-vvm@pref.yamanashi.lg.jp	講演 3.6
17	第66回レアメタル研究会(東大生産研)(本号183頁)	レアメタル研究会・宮崎(東大生産研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/ japanese/index_j.html	
8月				
16～20	The 13th World Conference on Titanium (Ti-2015)チタン世界会議2015(サンディエゴ)	The Minerals, Metals and Materials Society (TMS)・新家(東北大金研)	TEL 022-215-2574 niinomi@imr.tohoku.ac.jp http://www.tms.org/meetings/2015/Ti2015/home.aspx#.VE85Emflrcs	アブストラクト 12.15
20～21	サマースクール2015in東京「非線形有限要素法による弾塑性解析の理論と実践」(中央大)	日本計算工学会	TEL 03-3868-8957 office@jcses.org http://www.jcses.org/	8.7

開催日	名称・開催地・掲載号	主催・担当	問合せ先	締切
28	2015年茨城講演会(茨城大)	日本機械学会関東支部・道辻(茨城大)	TEL 0294-38-5027 ibakouen@mx.ibaraki.ac.jp	
28~29	日本実験力学学会2015年度年次講演会(新潟大)	日本実験力学学会・小林(新潟大)	TEL 025-368-9310 office-jsem@clg.niigata-u.ac.jp	
9月				
2~4	平成27年度工学教育研究講演会(九大)	日本工学教育協会・川上	TEL 03-5442-1021 kawakami@jsee.or.jp	5.7
6~11	XVIII International Sol-Gel Conference (Sol-Gel 2015) (Kyoto)	ISGS & J. Sol-Gel Society	TEL 075-753-2925 solgel2015@kuchem.kyoto-u.ac.jp http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/solgel2015/	
7~11	12th International Conference on Superplasticity in Advanced Materials (ICSAM) 2015(東大)	ICSAM2015・北薊(首都大東京)	TEL 042-585-8679 kitazono@tmu.ac.jp	
11	サマースクール2015in東京「非線形有限要素法による弾塑性解析の理論と実践」(中央大)	日本計算工学会	TEL 03-3868-8957 office@jsces.org http://www.jsces.org/	8.7
16~18	第28回秋季シンポジウム(富山大)	日本セラミックス協会・山口	TEL 03-3362-5232 fall28@cersj.org http://www.ceramic.or.jp/ig-syuki/28th/	
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	
18	第67回レアメタル研究会(東大生産研)(本号183頁)	レアメタル研究会・宮嵩(東大生産研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
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	
11月				
11	第18回ミレニアム・サイエンス・フォーラム(東京)	ミレニアム・サイエンス・フォーラム	TEL 03-6732-8966 msf@oxinst.com http://www.msforum.jp/	
11~13	The Joint Conference of HSLA Steels 2015, Microalloying 2015, OES 2015 (Hangzhou, Zhejiang Province, P. R. CHINA)	CSM, CAE (The Chinese Society for Metals Mr. WANG Lei and Mrs. LIU Fang)	Tel +86-10-65211205 or 65211206 Fax +86-10-65124122 hslasteels2015@csm.org.cn	
27	第68回レアメタル研究会(東大生産研)(本号183頁)	レアメタル研究会・宮嵩(東大生産研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
12月				
2~4	EcoDesign 2015国際会議(9th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing)(東京)	エコデザイン学会連合他・高橋(東大)	TEL 03-5841-6499 ecodesign2015_secretariat@ecodenet.com	
18~20	TWENTY-FOURTH International Symposium on PROCESSING AND FABRICATION OF ADVANCED MATERIALS [PFAM XXIV] (12.18-20) (Osaka university)	Kansai University・Prof. Ikeda (Kansai Univ.)	http://pfam24.jp/	
1月(2016年)				
8	第69回レアメタル研究会(東大生産研)(本号183頁)	レアメタル研究会・宮嵩(東大生産研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
3月				
11	第70回レアメタル研究会(東大生産研)(本号183頁)	レアメタル研究会・宮嵩(東大生産研岡部研)	TEL 03-5452-6314 tmiya@iis.u-tokyo.ac.jp http://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index_j.html	
23~25	日本金属学会春期講演大会(東京理科大学葛飾キャンパス)	日本金属学会	annualm@jim.or.jp TEL 022-223-3685 FAX 022-223-6312	

◇ ◇ ◇

<住所変更・会員種別変更・購読誌の変更などは…>

JIM ホームページ → → ID & パスワード入力 にてお手続き下さい。

◇ ◇ ◇

新 入 会 員

(2015年1月23日～2015年2月20日)

正 員

岡野拓史 JFE スチール株式会社
北野萌一 独立行政法人 物質・材料研究機構
鈴木淳詔 ミネベア株式会社
水野陽平 田中貴金属工業株式会社
中野寛子
眞田直幸 株式会社東芝
松枝茂幹 株式会社クボタ

学 生 員

真中俊明 茨城大学
福島宏太郎 九州大学
古畑弘樹 大阪大学
小林良太 大阪大学
川本靖之 長岡技術科学大学
根本健史 長岡技術科学大学
牧野慎司 長岡技術科学大学
洞田直人 富山大学
高橋海里 秋田大学
菅原彩 東北学院大学
井上祥一 千葉大学
瀬尾篤 千葉大学

外国一般会員

WANG ANNE WANG AUGUSTUS

外国学生会員

Kim Sang Pil Pukyong National University



◎2015年春期講演大会概要集 DVD の販売について◎

2015年春期講演大会の概要集 DVD を販売しております。

ご購入希望の方は、E-mail または FAX で下記要領をご記入の上お申し込み下さい。

①件名「2015年春期講演大会講演概要集 DVD 購入申込」、②申込者氏名、③会員資格(会員番号併記)、④申込数、
⑤送付先住所：申込書は、[ホームページ](#)にあります。確認後、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

申込先 (公社)日本金属学会 E-mail: ordering@jim.or.jp FAX 022-223-6312



◇◇ お知らせ ◇◇ 事務局人事異動のお知らせ ◇◇

2015年4月1日付

山村英明 事務局長に就任となります。

梶原義雅前事務局長は、特別顧問に就任します。

どうぞ宜しくお願い致します。

まてりあ 第54巻 第4号 (2015) 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

発行日 2015年4月1日

〒980-8544 仙台市青葉区一番町一丁目14-32

発行人 山村英明

TEL 022-223-3685

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

FAX 022-223-6312

発売所 丸善株式会社

郵便振替口座 02210-2-5592

〒105-0022 東京都港区海岸 1-9-18

高純度 GfG

最高温度2,800℃

純度5PPM以下

汚れや飛散のないカーボン材料

■真空、高温炉内材料一式

■炉内部品取替工事

■炭素繊維高温材料

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



メカニカルカーボン工業株式会社

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

どこにもないモノへの挑戦

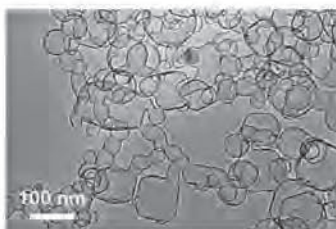
TOYO TANSO
Inspiration for Innovation

製品情報はこちらへ ▶ www.toyotanso.co.jp/Products/

CNovel™ クノーベル™

細孔径を自由に制御できる多孔質炭素

- “連通メソ孔”を有する特徴的な構造
- ナノスケールでテイラーメイド可能な細孔径



【用途例】
・薬剤精製時の不純物除去
・脱色・脱臭
・カラムの充填剤

KLASTA MATE™ クラスターマイト™

ナノカーボンやDLC成膜用の
蒸発源として使用可能な金属-炭素複合材

- 炭素材料中に各種金属を均一分散可能

【製品例】



【用途例】

ナノカーボン製造用電極
DLC (ダイヤモンドライクカーボン) 成膜用ターゲット

その他用途に応じたきめ細かなご提案をいたします

東洋炭素 クノーベル

検索

東洋炭素株式会社

【本社】〒555-0011 大阪市西淀川区竹島5-7-12 Tel 06-6472-5842 Fax 06-6472-6011 www.toyotanso.co.jp

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