

The Materials Research Society of Japan

発行 © 日本 MRS 事務局

〒105-0003 東京都港区西新橋 1-5-10  
新橋アマノビル 6階  
社団法人 未踏科学技術協会 内

Tel : 03-3503-4681 ; Fax : 03-3597-0535

http://www.mrs-j.org/ mrs-j@snttt.or.jp

||||||| やあ こんにちは |||||||

## 太陽電池は材料開発の宝庫！

東京工業大学大学院理工学研究科教授・(兼)太陽光発電システム研究センター長 こながい まこと 小長井 誠



小長井 誠  
東京工業大学大学院理工学研究科教授・(兼)太陽光発電システム研究センター長

太陽電池開発の歴史は古い。古いからこそ、太陽電池の材料開発に将来性が少ないかと思ってしまうとしたら、大きな間違いです。実は、太陽電池材料開発という観点で眺めてみると、いまが一番重要な時期でもあり、ひょっとすると、ノーベル賞級の発見があるかもしれません。

もとを辿れば、太陽電池の発電原理となっている光起電力効果が見出されたのは1839年で、Becquerelによるものと言われています。このときの材料は電解質/AgClでした。その後、セレンで光導電効果が見出されたのが1873年で、その後すぐに光起電力効果が観測されました。今から30年以上前にはセレンのフォトセルがよく使われていました。現在の太陽電池の原型となるシリコン太陽電池がベル研究所から発表されたのが1954年のことです。

その後、太陽電池材料としてCdS、CdTeなどのII-VI族化合物半導体、GaAs、InPなどのIII-V族化合物半導体、さらにはアモルファスSi、Cu(InGa)Se<sub>2</sub>を中心としたカルコパイライト系へと展開していきました。最近では、これらの材料系に色素増感や有機半導体加わり、活発に材料開発が展開されています。

太陽電池の世界の生産量は、2008年約7GWとなりました。これを、変換効率10%と仮定して面積換算すると、70km<sup>2</sup>となります。すでに、すごい量の太陽電池が生産されているのですが、遠い将来の持続可能なエネルギー社会を考えれば、まだまだ必要量の1/100程度の量です。2050年には、おそらく1TW規模の年間生産量となるでしょう。1TWの生産を1ラインで行うと仮定すれば、幅1mの太陽電池モジュールを1秒間に1km製造するという、とてつもない量になります。そのような時代が確実に訪れることを考えれば、これから取り組まなければならない課題は山積しており、材料開発を行う研究者にとって、まさに宝の山なのです。

いろいろな観点でどのような材料が望まれるか、考えてみましょう。まず、2050年になったら、CO<sub>2</sub>削減効果が大きいこと、地球規模で太陽光発電システムを大規模に設置しなければならないことなどを考えれば、超高効率であることが第1条件です。現在、太陽電池の超高

効率化は、二つの考え方で進んでいます。

第1の方法は、多接合化です。1種類の光吸収層材料を使っていたのでは、理論限界は30%にも達しません。太陽光は、短波長から長波長まで、幅の広いスペクトルであることが、そもそもの原因です。これを克服するには、異なった禁制帯幅を有する材料からなる、太陽電池を積層した多接合化が手っとり早い手法です。5接合、6接合位までを考えれば、50%以上のエネルギー変換効率も実現可能です。現在、3接合で集光を組み合わせただけの場合には、40~42%の変換効率を実現されています。多接合化は、すでに超高効率化が実現されているIII-V族化合物半導体だけでなく、シリコン系薄膜、カルコパイライト系薄膜での研究が活発に展開されています。特にカルコパイライト系は、代表的なCu(InGa)Se<sub>2</sub>系に限らず、Ag-Al-S-Te系、さらには、Inの代替となるZn-Sn系などが元素戦略としても重要な材料系となります。シリコン薄膜系でも、a-SiO<sub>2</sub>などのワイドギャップ系から、a-SiGeのナローギャップ材料系まで広い範囲での光吸収層材料開発が求められています。結晶シリコンを使って多接合化を図るのは、なかなか厄介です。これまでIII-V族化合物と組み合わせる例はありますが、実用化には至っておりません。シリコンは禁制帯幅1.1eVから3C-SiCの2.2eVまでの間の材料がないことが大きな問題です。これを解決するため、SiC、SiN、SiOなどのバリアー層にSiの量子ドットを埋め込んで禁制帯幅制御をする試みが活発化しています。

第2の方法は、新しい原理の探索です。いまの太陽電池の理論効率を制限している要素の一つが、フォトン1個に対して1対の電子-正孔対しか生成しないという原理原則です。たとえばシリコン太陽電池に2.5eVのエネルギーをもつフォトン照射した場合、2.5eV-1.1eVのエネルギーは、たちどころに熱に変換されてしまい損失となります。禁制帯幅1.1eVの2.5倍のエネルギーをもつフォトン照射した場合、電子-正孔対を2対生成させることはできないでしょうか？量子ドットを用いれば、このような現象が発現するかもしれないとの期待から、現在、検証実験が活発に行われています。もし実用的な現象が発現すれば、多接合化を図らなくても、シングル接合セルで、40%近いエネルギー変換効率も夢ではなくなります。

現在、色素増感太陽電池や有機半導体太陽電池は、電力用としては実用化されていません。電力用として大規模に応用するには、モジュール効率を最低で10%以上、寿命を20年以上にすることが最重要課題です。これらの条件を満たす材料あるいはデバイス構造が見出されれば、超高速製造が可能という特徴を活かして、一気に電力市場にだれ込むでしょう。太陽電池関係の論文引用数をISI Web of Knowledgeで検索するとトップ1位から10位くらいまでは、ほとんど有機太陽電池と色素増感太陽電池です。それだけ新材料開発に対する期待が高まっているということでしょうか。

経済産業省は、昨年度、エネルギー変換効率が40%を超す革新型太陽電池の研究開発をスタートさせました。平成21年度は、文部科学省でも「CREST」「さきがけ」で太陽電池関係のプログラムがスタートしました。これらのプログラムの成功の鍵を握っているのは、間違いなく挑戦的な材料開発です。低炭素社会の実現に向けて、異なったアイデアをもつ研究者が、挑戦的な材料開発に挑むことを期待しています。

### 目次

- 01 やあ こんにちは  
太陽電池は材料開発の宝庫！  
小長井 誠
- 02 トピックス  
セラミックス前駆体の発生気体分析による熱分解挙動評価  
津越 敬寿
- 04 研究所紹介  
産業技術総合研究所生産計測技術研究センター  
五十嵐一男
- 07 話題  
オランダに1年間滞在して  
岩田 展幸
- 08 ご案内
- 09 To the Overseas Members of the MRS-J

## ■トピックス

## セラミックス前駆体の発生気体分析による熱分解挙動評価

独立行政法人 産業技術総合研究所 計測標準研究部門 計量標準システム科 津越 敬寿

## 1. はじめに

セラミックスの原料はバインダー等の助剤として有機物質を含み、これらは製造過程の加熱工程によって熱分解、除去される。また、ゾルゲル法で調製された場合には水酸化物であり加熱工程で熱分解脱水され酸化物となる。この焼成過程を分析するには熱分析が用いられるが、特に *in situ* や on-site では EGA (evolved gas analysis、発生気体分析) が有効である。EGA の最も一般的な応用には TG-MS (thermogravimetry-mass spectrometry、熱重量分析-質量分析) が挙げられるが、市販単能機もある。

## 2. 金属アルコキシド加水分解生成物

図-1 にゾルゲル法で調製したアルミニウム水酸化物 (Al-イソプロポキシド加水分解生成物) の EGA 測定例<sup>1)</sup>を示す。

EGA の検出器には QMS (quadrupole MS、四重極型質量分析計) を用いており、この場合 EGA-MS と呼ばれる。

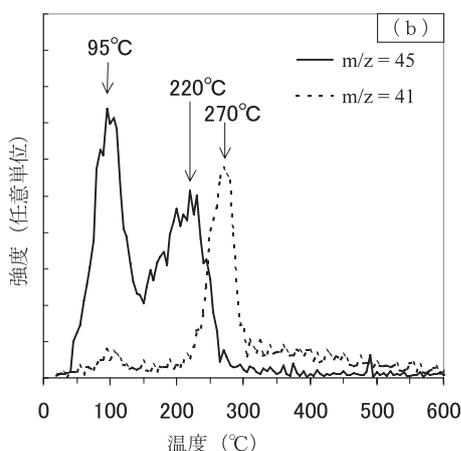
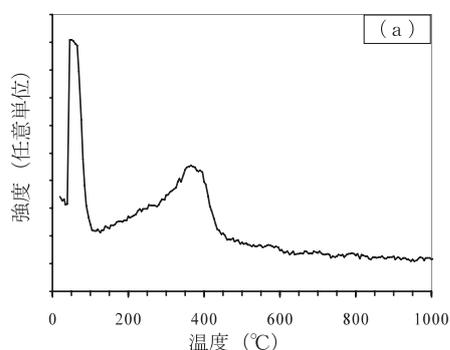


図-1 アルミニウムイソプロポキシド加水分解生成物中残留有機物に関する He 気流中加熱による EGA-MS 曲線<sup>1)</sup>。(a) 低感度測定、(b) 高感度測定  
測定条件: He 気流中、昇温速度 10 K・min<sup>-1</sup>

図-1 (a) の低感度測定では主反応の脱水が見られる。この Al 水酸化物は boehmite であったが、100°C 以下の残留水の脱離後、約 150~約 450°C と広い温度範囲にわたり脱水反応が進行することを確認できる。

一方、高感度測定を行うと、図-1 (b) に示すように、残留する有機成分の脱離を測定することができる。ここで、 $m/z=45$  は Al-イソプロポキシドの加水分解により生成する 2-プロパノールに起因しており、物理吸着と化学吸着を反映した 2 段階の脱離を確認できる。 $m/z=41$  は、加水分解未反応のイソプロポキシル基に起因しており、270°C で熱分解していることがわかる。

同一試料を減圧下で加熱すると、その熱分解温度はほとんど変わらず、未反応で残留する Al-イソプロポキシド (減圧下 106°C 程度で昇華) ではないことが確認できた。なお、この未反応アルコキシル基の熱分解脱離は微量であるため、通常の TG 測定での検出下限以下であった。

## 3. EGA-IA-QMS

本 EGA-MS にソフトイオン化法を用いると、イオン化時のフラグメンテーションが起こらないため、熱分解のみに起因したガス成分として検出可能である。

図-2 にイオン付着イオン化法 (IA 法) を用いた EGA-IA-QMS の測定例<sup>2)</sup>を示す。アルミナ粉体のバインダーとしてポリビニルアルコール (PVA) を、また多孔体となるための気孔形成剤としてアクリル樹脂 (PMMA) 粒を添加した出発物質を加熱した際の熱分解ガスの発生プロファイルである。PVA および PMMA の熱分解発生ガスには、それぞれ特徴的なスペクトルが得られた。通常の MS に用いられる EI 法ではイオン化時のフラグメンテーションにより、熱分解ガスの特徴が失われるが、IA 法ではポリマー構造に起因する特徴的な「熱分解フラグメント」

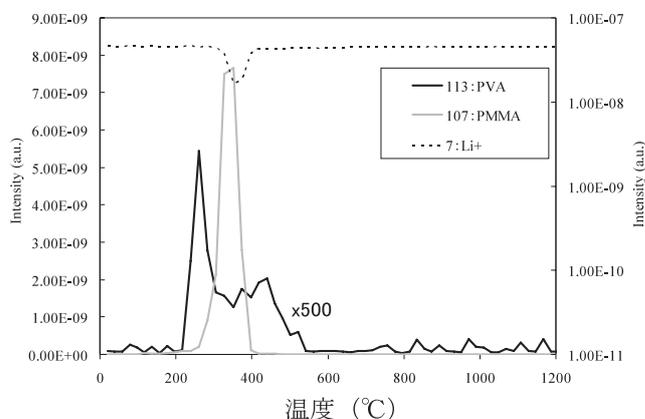


図-2 アルミナ多孔体出発原料 (アルミナ粉体、PVA および PMMA の混合物) より得られた EGA-IA-QMS 曲線<sup>2)</sup>  
測定条件: He 気流中、昇温速度 10 K・min<sup>-1</sup>

を得ることができる。PVA と PMMA それぞれに特徴的なピークを熱分解挙動の指標として用い、温度に対してプロットしたのが図-2である。熱分解温度の低いPVAの熱分解が約200℃超から開始され、500℃超まで進行していることがわかる。ここで、PMMAに関しては、350℃をピークとする一段階の熱分解が進行していることがわかる。すなわち、PVAの熱分解進行中にはアルミナの殻構造がある程度保たれ、その間に気孔形成剤が熱分解により除去され、その結果、気孔がつぶれずに多孔体が得られると解釈できる。

#### 4. スキマーインターフェース型 EGA-IA-QMS

熱分解生成物の測定においては、ガス成分の分析部までのトランスファーラインが問題となることもある。一般的なキャピラリー接続では、その保護温度は200~300℃程度であるため、そ

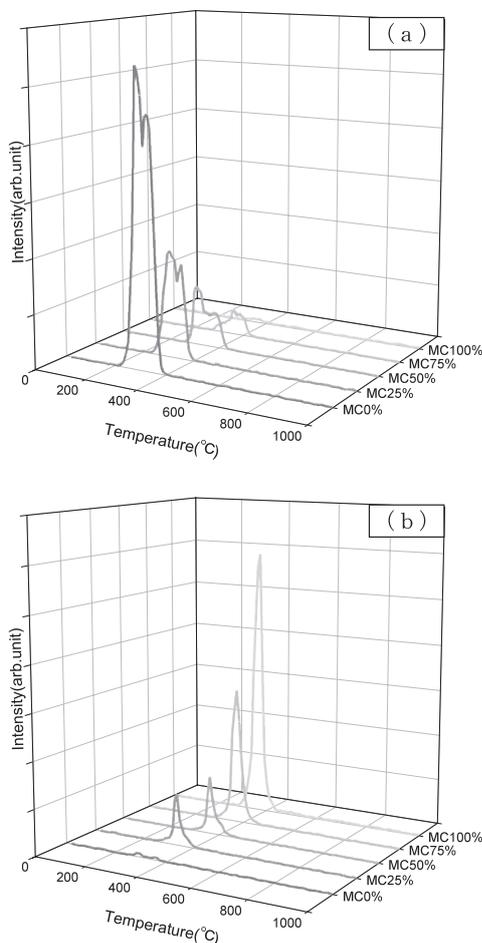


図-3 PVA熱分解指標(a)およびMC熱分解指標(b)のスキマーインターフェース型 EGA-IAMS 曲線についてのPVA-MC混合比に対する比較<sup>4)</sup>  
測定条件: He 気流中、昇温速度 10 K・min<sup>-1</sup>

の温度で吸着するガス種などは分析不能となる。吸着されなくとも、キャピラリー内壁での副反応により、本来の熱分解生成物から変化している可能性は否定できない。これは、加熱炉(あるいはTGなど)とMSの接続にキャピラリーではなくスキマー型のインターフェース<sup>3)</sup>を用いることで解決可能である。

図-3にその測定例<sup>4)</sup>を示す。PVAとメチルセルロース(MC)を混合したバインダーをアルミナ粉に分散させた試料であり、このとき、それぞれの混合比を変化させたものである。

スキマーインターフェースとIA-QMSのカップリングにより、PVAとMCのそれぞれの指標となるピークを質量スペクトルに得ることが可能となった。それぞれを温度に対してプロットすると、PVA指標に関してはその2段階の熱分解を、またMCに関しては1段階の熱分解を反映したピーク形状となっている。さらに、その混合比に応じたピーク強度を得ることができた。このことは、PVAとMCを混合したブレンドバインダーを用いた際、それぞれの熱分解は単体のときとほぼ変わらない挙動となり、混合による相互作用などは見られないことを示唆するものである。

#### 5. 今後の展開

発生気体分析の高度化と、セラミックス焼成過程の解析への応用例を紹介した。

スキマーインターフェースとイオン付着イオン化法の組み合わせにより、従来得られなかった熱分解挙動のリアルタイムモニタリングが可能となってきた。さらに、従来法であるTG-MSやPy-GC-MSと比較し、熱分解発生ガスに関する新たな知見を得ており、熱分解に比して低温となるキャピラリーによる接続の問題点も明らかとなりつつある。

今後、装置面では飛行時間型質量分析計(TOF-MS)の採用によるスペクトル積算高速化、それによる定量性の向上などが期待される。応用面としては、熱分析としての応用のほか、排ガス測定や環境測定などへの拡大が期待される。

#### 【参考文献】

- 1) T. Tsugoshi, M. Furukawa, M. Ohashi, Y. Iida, *Anal. Sci.*, **15**, 327-331 (1999).
- 2) T. Tsugoshi, T. Nagaoka, M. Nakamura, Y. Shiokawa, K. Watari, *Anal. Chem.*, **78**, 2366-2369 (2006).
- 3) T. Tsugoshi, T. Nagaoka, K. Hino, T. Arai, M. Inoue, Y. Shiokawa, K. Watari, *J. Therm. Anal. Cal.*, **80**, 787-789 (2005).
- 4) T. Tsugoshi, N. Ito, T. Nagaoka, K. Watari, *Talanta*, **70**, 186-189 (2006).

#### ■連絡先

〒305-8563 つくば市梅園 1-1-1 中央第3  
独立行政法人 産業技術総合研究所  
計測標準研究部門 計量標準システム科  
津越敬寿  
E-mail: tsugoshi.takahisa@aist.go.jp  
Tel: 029-861-4023 Fax: 029-861-4125



■研究所紹介

独立行政法人産業技術総合研究所 生産計測技術研究センター

独立行政法人 産業技術総合研究所 生産計測技術研究センター センター長 <sup>いがらしかずお</sup> 五十嵐一男

1. はじめに

九州地域には多数の生産現場が集中して設立されていることに鑑み、生産現場の品質・生産性の向上、製品不具合対処、安全確保、環境保全などに資する新たな計測技術を生産現場へオンタイムで提供することを目指す研究ユニットとして、2007年8月に生産計測技術研究センターが九州センター内に設立された。本センターには、産業技術総合研究所初の試みとなるソリューション型研究「マイスター制度」が同時に創設された。これは、企業の生産現場に精通した計測の専門家（マイスターと呼ぶ）との連携によって産業界の計測ニーズに沿った研究開発を推進し、具体的に課題解決を図ることを目的とした制度である。

当センターのミッションは、計測・診断技術における課題解決のために、①共通的な課題に基づき新たな計測技術の開発を進めること、②企業の生産現場に在職する「マイスター」と連携し、製造ライン等における個別の計測課題について、これまで醸成してきた研究成果と技術基盤情報をもとに個別課題解決に当たること、③それらの解決事例の蓄積により計測分析技術の評価基準に関するデータベースを構築することにある。

具体的には、生産現場における個別・共通課題解決のため当研究センターと「マイスター」を含む産学が一体となった研究実施体制を築き、新しい計測技術を開発・統合することで、大型構造物の包括的安全管理ネットワークシステムの構築、半導体製造・電子部品製造における新たな計測方法を確立して課題解決に向けた取り組みを行っている。これらの研究を通して、計測技術の標準化や製品認証システムの高度化のための新たな国際規格策定への貢献、わが国のものづくり産業を実質的に支える中堅・中小企業のための生産計測ツール創出などが将来の展開課題として期待されている。

当研究センターの主な研究設備は、所属する多くの研究員が九州工業技術研究所時代からセラミックス、粉体、金属材料開発などの材料開発に関与してきたことから、多くがそれらの合成・作製、特性解析に係るものである。一方、これまで半導体などの計測技術開発に必要不可欠なクリーンルームなどの施設がなく課題となっていたが、今年度に入ってようやく整備され、この分野の研究開発を進捗させる条件が整ったところである。

現在、当初に掲げた目標の達成に向けて、産業界と連携を図りながら着実な取り組みを行っている。産業界との共同研究が多くなっていることから紙面で紹介できる例は多くないが、本紹介記事が縁で共同研究などへ発展することがあれば幸いである。

2. 生産計測技術研究センターにおける研究

当センターでは、ミッションで述べたように産業技術に係る計測課題が主たる研究テーマとなっているが、その中には、当センター研究員が独自に開発した新規な材料がベースとなってセンシ

ング技術へと発展していった例を挙げるができる。本誌においてはそのような例として応力発光体、薄膜圧電材料およびSiCフィルター材の開発を取り上げ、計測技術への展開を紹介する。また、生産計測課題解決を材料面から支援する計算熱力学も読者にとって興味あるように思われることから併せて紹介する。

2.1 応力発光体の開発

応力発光体は、外部からの機械的応力に反応して発光する無機系新材料であり、当センターが世界で初めて開発したものである。応力発光体は、引張り、圧縮、ねじれ、摩擦、あるいは衝撃など、外部からの機械的な応力に反応して弾性変形領域内で繰り返し自ら発光する性質を持っている。発光強度は外力の大きさに比例するため、応力発光体はセンシング材料としての大きなポテンシャルを有している。現在、応力発光体をナノ微粒子、あるいは薄膜として計測対象に固定化する技術、さらに進んで、自立応答型の新しい光応用計測デバイスとして創りあげていく技術等について研究を進めている。まさしく、根本から新しい技術である

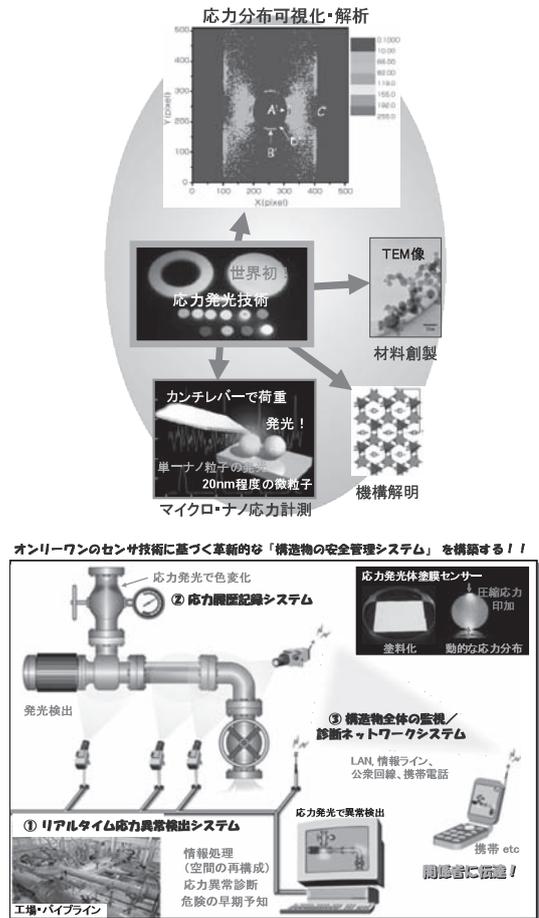


図-1 圧力発光体の開発

ため、学術的な興味はもとより、産業応用として多方面からの引き合いがある。本技術は、従来の計測技術では対応困難なマイクロ・ナノサイズの対象物から、産業施設等の大規模構造体まで、計測対象のサイズを選ばないスケラブル・センシングが特徴である。主要な研究テーマとしては、このような応力発光体を用いた安全管理ネットワークシステムの創出 (CREST) に取り組んでいる (図-1(上))。この課題では、力学的エネルギーをダイレクトに光エネルギーに変換し、その微粒子一つ一つがセンサ素子として機能する応力発光体によって、ごく微細な異常を広範囲にわたって検出可能なセンサデバイスを開発している。このデバイスを基に、トンネルなどの構造物に対するリアルタイム応力異常検出・応力履歴記録システムを開発し、システムを結ぶネットワークを経て危険兆候を包括的に早期検知する安全管理システムを創出することが目標である。その他、応力発光体ナノ粒子を光触媒のユビキタス光源として利用する NEDO プロジェクト「運動を検知して駆動する自立型光触媒システムの創製」にも取り組んでいる (図-1(下))。

### 2.2 薄膜圧電材料の開発

スパッタリング法などによる窒化アルミニウム (AlN) および酸化亜鉛 (ZnO) 系薄膜を用いた薄膜圧電体をベースに、高温・高圧の過酷環境下での動作を特徴とする新しいタイプの燃焼圧センサおよび高温用アコースティック・エミッション (AE) センサを開発している。特に、物理センサの性能および信頼性の向上と小型化のために、材料選択および構造設計に重点をおいた、新しいセンサの研究開発を行っている。具体的には、的確な材料の採用と、最適な構造を施したセンサのプロトタイプを製作し、使用状況下における実証試験などを通じて、新規センサの実用化ならびにこれを用いたセンシング技術の製造現場への普及を目指している。特に、半導体製造ラインなどで問題となっているプラズマ異常放電の検知など、製造現場へのセンシング技術の適用を指向した応用展開も図っている。さらに、物理センサの性能を向上させるために、薄膜圧電体の高圧電化メカニズムの解明や複合窒化物・複合酸化物薄膜の材料探索なども同時に行い、薄膜作製技術の研究ならびにナノレベルでの構造制御技術などの確立を目指している。これらの成果として、窒化アルミニウムの5倍以上の圧電性を示す複合窒化物の作製に成功した (図-2)。

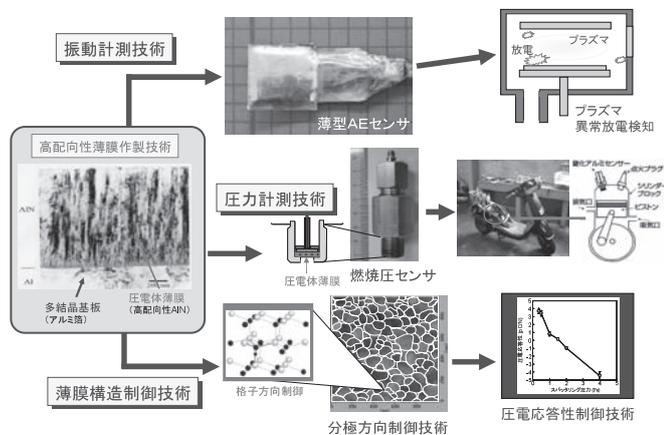


図-2 圧電体薄膜センシング技術

### 2.3 SiC フィルターの開発

当センターではポリウレタンスポンジを原料として、多孔質で

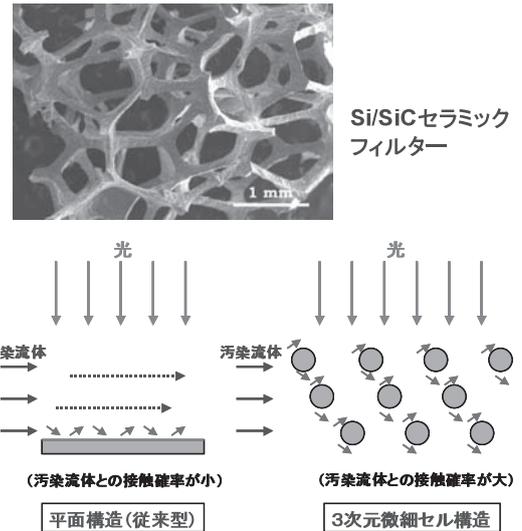


図-3 SiCセラミックフィルター (2段反応焼結法を用いて作製したスポンジ構造 Si/SiCセラミックは、原料のスポンジとほぼ同じ均一なセル構造になる (高密度: ~0.06 g/cm<sup>3</sup>、開気孔率: ~97%)。このスポンジセラミックスは3次元微細セル構造なので、平面構造よりも接触確率が格段に高くなるため、光触媒の担体として非常に優れている。また、骨格がスポンジとほぼ同じなので、光が透過しやすいという特徴がある)

3次元微細セル構造の Si/SiC 材料を開発した。この素材を製造現場における環境改善に適用するために、粉塵除去装置の開発およびその粉塵計測技術の開発を行っており、さらには、この3次元多孔質材に光触媒を担持した光触媒フィルターを用いた浄化処理装置の開発およびその浄化度計測技術について検討している。このスポンジ構造 Si/SiC セラミックスは2段反応焼結法を用いて作製されるが、原料のスポンジとほぼ同じセル構造である。このスポンジセラミックスは、開気孔率が97%程度の3次元微細セル構造なので、平面構造よりも接触確率が格段に高くなるた

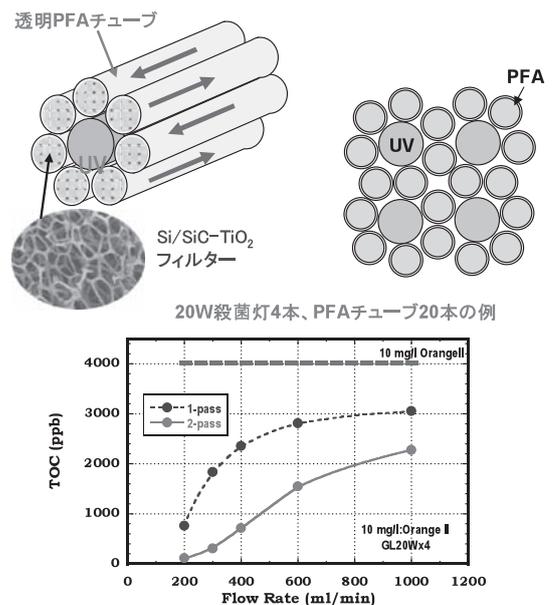


図-4 高効率光触媒浄化装置 (20 W の UV ランプは有効長さ 55 cm、#13 のスポンジセラミックスを用いると、PFA チューブ 1 本で (55/2.5) × 13 = 286 回、20 本で、286 × 20 = 5,720 回、光触媒と接触する可能性がある)

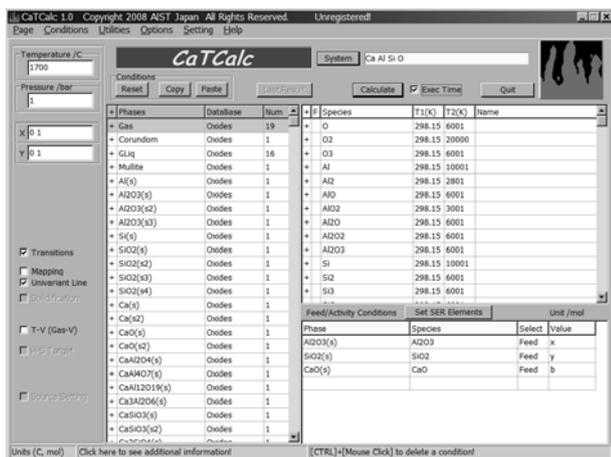


図-5 開発した熱力学平衡計算・状態図作成ソフト：CaTCalc

め、光触媒の担体として非常に優れている。また、骨格が原料スポンジとほぼ同じなので、光が透過しやすいという特徴がある(図-3)。このようなことから、スポンジセラミックスを用いて、高効率光触媒浄化装置を開発し、その実用化を検討している(図-4)。

#### 2.4 計算熱力学とソフトウェア開発

熱力学平衡計算や状態図の検討などの熱力学解析は、材料開発をはじめとして様々な研究開発に欠かせないものであるが、特に多成分系ではデータベースやソフトがないと非常に面倒である。そのため、従来から平衡状態を計算するソフトはいくつも開発されてきた。

しかし、多くは理想気体と純物質のみを取り扱うものや水溶液系に特化したもので、固溶体のような非理想溶液系を実用的に取り扱えるものは数えるほどしかない。後者は特に、鉄鋼材料のような金属系材料の開発研究で発展してきたもので、固溶体や複雑な化合物相の Gibbs Energy を表現する熱力学モデルの開発とデータベースの拡充とともに、1980年代頃から実用化されてきた。

しかし、高度な専門的知識を要求するものであるうえ、いまだに基本的な数値計算の問題が解決されておらず、特にセラミックス系やガスが含まれる系などの平衡計算が困難であり、また使い

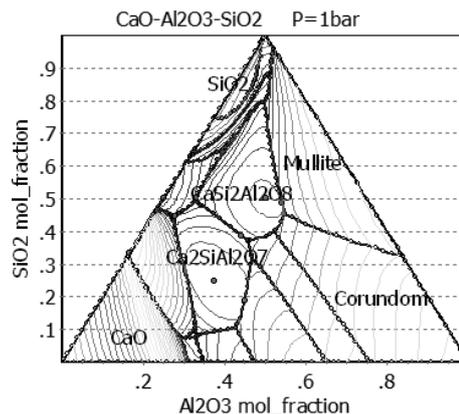


図-6 CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系の液相面図

勝手の面でも問題があった。このようなことから、当センターでは新たな平衡計算・状態図作成ソフトを開発・実用化し、公開した(図-5)。

今回開発したソフトは、熱力学平衡状態の数値計算における二つの基本的な問題を実用的なレベルで同時に解決したもので、金属系のみならず、セラミックス系などの平衡計算を信頼性高く計算できるものである(図-6)。

本研究では、このソフトの改善・改良を基本課題として、熱力学データベースの開発とともに、非平衡系のモデリングなどへの展開、あるいはそれらに基づいた各種材料の研究開発などを研究テーマとしている。

このような熱力学平衡計算は幅広い分野で有益な情報を与えるものであるにもかかわらず、いまだ利用は極一部に限られているのが現状である。そこで本研究では、様々な利用・応用法の開発研究を通して、ゆくゆくはこのような計算熱力学に関する知的情報基盤を構築することを大きな目標としている。

#### ■連絡先

〒841-0052 鳥栖市宿町 807-1  
 独立行政法人 産業技術総合研究所 生産計測技術研究センター長  
 五十嵐一男  
 Tel: 0942-81-3640 Fax: 0942-81-3820  
 E-mail: kazuo-igarashi@aist.go.jp  
 http://unit.aist.go.jp/msrc/ci/index.html

#### ■新刊紹介



稲垣道夫 著  
 「カーボン 古くて新しい材料」  
 工業調査会  
 ISBN978-4-7693-4224-3  
 定価 2400 円 + 税

吸着材、タイヤ、ラケット、キーボード、電池など身の回りの物から、製鉄、原子力、航空機、自動車、半導体、医療などの巨大産業を支えるキーマテリアルとして不可欠な存在となっているカーボン。黒鉛、ダイヤモンドを両極として、様々な微細構造を取ることが可能で

あることがその活躍の理由である。

本書では、炭素原子の構造および化学結合に基づいた基礎的なサイエンスと、上記の各種応用に関連するトピックスが分かりやすくまとめている。

フラーレン、ナノチューブ、ナノファイバー等の可能性についても解説があり、これからカーボンを取り扱う大学院生はもちろん、既にカーボン材料の一分野を掘り下げている研究者にとっても視野を広げる一助となる一冊。

- 序章 自然界の炭素とカーボン材料
- 第1章 身近なカーボン
- 第2章 工業で使われているカーボン
- 第3章 可能性を秘めたカーボン
- 第4章 なぜいろいろなカーボン材料が可能か

(小林知洋)

## ■話題

オランダに  
1年間滞在して

日本大学理工学部電子情報工学科 専任講師 **岩田 展幸** いわた のぶゆき

平成 20 年度日本大学海外派遣研究員（長期）として、オランダの University of Twente (UT) の Dave Blank 教授率いる Inorganic Materials Science (IMS) group に客員研究員として平成 20 年 4 月から 1 年間滞在した。

UT は、オランダの東の外れにある小さな町 Enschede に位置しており、電車で 1 時間もすれば、ドイツである。言語はオランダ語以外にドイツ語・英語が通じる。緯度が高いため夏は 22 時ごろまで明るく、虹も半円を描き色の種類も若干違うように感じた (写真-1)。



写真-1 自宅から撮った半円の虹

Enschede は田舎であるため、観光地とは違い、真のオランダを満喫できる町でもある。土・日は必ず休暇を取り、スーパー、デパート、雑貨店、飲食店等は日曜日には開業しない。土曜日には広場でマーケットがあり、新鮮な食材が手に入る。比較的自己中心的な人種で、サービス精神はあまりない。その反面、精神的にゆったりとした時間を 1 年間過ごすことができた。

さて私が所属していた IMS グループは、教授、准教授を含め教員が 5 名、秘書 1 名、技術職員 4 名、ポスドク 5 名、ドクター生 18 名、マスター生 12 名で組織されている。そこに、国内外からの短期留学生、共同研究者が加わり、人の出入りは激しい。昼食を取りながら、毎週 1~2 回の論文紹介や研究発表があり、共同研究を行っている。グループ外、他研究機関、国外の研究者の発表もしばしば行われる。グループに入りたてのマスター生からものを射た質問がでるほど研究の温度は高い。

マスター生は約 2 年間グループに所属するが、その間、インターンシップ制度で、企業や国外研究機関に半年から 1 年間滞りする。そのためか、マスター生であっても自信に溢れ、研究者として一人前の議論ができる。また、修論発表会は適宜開かれ、たった 3 カ月間のデータだけで立派な発表ができていたことには驚いた。一方、そのような質の高い研究グループであっても、そこはオランダである。夕刻 6 時には、研究施設を除き、建物内のすべての電気は落とされ、「さあ早く帰って好きなことや家族のために時間を使え」と言わんばかりである。



写真-2 MESA+研究施設の正門



写真-3 夕食会でのひとこま

IMS グループは東京大学や NIMS と共同研究しており、3 カ月間日本で研究をする学生が多くいる。彼らは一様に、「日本の学生は昼頃大学に来てインターネットばかり見て、実験は徹夜でする。時間を無駄にしている。自分は朝からきっちり 6 時まで研究をし、その後の時間は自分の好きなことをする」と。

IMS のような研究グループは 24 あり、一つの研究団体 “MESA+ (Institutes for Nanotechnology)” を構成している (写真-2)。MESA+ には、研究者の細かな要求に応えられる工作施設があり、さらに、共通の評価装置があって、専属の技術職員が働いている。継続して世界で有数の研究機関であるための必要条件が満たされている。MESA+ が主催で施設・設備講習会、安全講習会、研究発表会、シンポジウムが催され、グループをまたがった横断的な研究が発展するよう工夫されている。また、すでに数十のベンチャー企業が設立されており、研究成果を積極的に社会に還元している。また、海外から多くの研究者を受け入れるため、一連のビザ申請の手続きがスムーズにできるように専門の部署もある。

私が行った研究は、Low Temperature Division の Rogalla 教授に端を発する、RHEED 振動をモニタリングしながらの PLD 成膜である。詳細は省くが、酸化物人工格子膜を作製することによって、絶縁体界面での電気伝導、マルチフェロイックを誘発することである。主にお世話になった、教授陣、ポスドクと一緒に撮った写真を写真-3 に示す。オランダ人は世界一背の高い人種である。真ん中の小さいのが私である。

(日本大学理工学部電子情報工学科 Tel: +81-47-469-5457/Fax: +81-47-469-5457/E-mail: iwata@ecs.cst.nihon-u.ac.jp)

## ご 案 内

### ■第 19 回日本 MRS 学術シンポジウム

—エコイノベーションを切り拓く先進材料研究—

日 程 平成 21 年 12 月 7 日(月)~9 日(水)

会 場 横浜開港記念会館 (横浜市中区本町 1-6)

横浜情報文化センター (横浜市中区日本大通 11)

総合テーマ:「エコイノベーションを切り拓く先進材料研究」

本シンポジウムでは、産業の活性化と地球環境問題を両立させるための革新的な技術を創出するため、新規機能の探索、新規材料の創製、新規シンプルプロセスに関する分野横断的なテーマについて討論します。多様な材料の専門家が領域融合的な情報・技術交換を行いながら、エコイノベーションの創造につなげることを目指します。

- ・12月7日(月):一般セッション、国際セッション
- ・12月8日(火):一般セッション、国際セッション、懇親会
- ・12月9日(水):一般セッション、国際セッション

会員<sup>#1</sup>:6000円 (Abstract集 CD版1部込み)

非会員:10000円 (Abstract集 CD版1部込み)

学生:3000円 (Abstract集は含まない)

Abstract代 (CD版):3000円

<sup>#1</sup> 日本 MRS に入会手続きをし、年会費を納めておられる方。

(注)上記の金額は銀行振込締切日 (11月14日) までに送金が終わった場合に適用されます。

懇親会 12月8日(火)開催

参加費:5000円

研究発表申込及びアブストラクトの締切り

2009年9月末日(水)正午

オンライン参加申込の締切り<sup>#2</sup>

2009年10月31日(土)

銀行振込締切り

2009年11月14日(土)

<sup>#2</sup> 締切日以降の参加のお申し込みは当日会場受付 (現金払い) となりますが、登録料が2000円アップ致します。

オンラインからの事前のお申込をお願い致します。

応募先・問合せ先

第 19 回日本 MRS 学術シンポジウム企画幹事 鈴木淳史

事務局担当 田島くらら

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7 横浜国立大学大学院  
環境情報研究院

E-mail: mrsj-s@ynu.ac.jp

\*: 国際セッション

○: 代表チェア/☆: 連絡チェア/◎: 代表・連絡兼任チェア

A 生物系資源の最近の進歩 Advances in the Application of Biological Resources ○岡部敏弘 (青森県工業総合研究センター) ☆小川和彦 (職能開発総大)

B グリーン環境エネルギー先進材料の設計・開発 Design and Development of Advanced Green Energy Materials ○西村睦 (NIMS) ☆森 利之 (NIMS)

C ネイチャーテック Nature Tech ◎垣澤英樹 (NIMS)

D 暮らしを豊かにする材料-環境・エネルギー・医療- Materials for Living-Environment・Energy・Medicine- ○中山則昭 (山口大) ☆栗巢普揮 (山口大)

E 固体の反応性-環境調和材料のための固体反応制御とそれを支えるサイエンス- Reactivity of Solids-Basic Science and Processing for Eco-friendly Materials and Technologies- ◎鈴木久男 (静岡大)

F\* 新しい分析・評価技術-材料と環境への適用-(国際セッション) New Analytical and Assessment Methods in Material and Environmental Technologies ◎小棹理子 (湘北短大)

G\* ゲルの先端科学・技術と応用-その多様な構造、性質、そして機能-(国際セッション) Advanced Science, Technology,

and Applications of Gels-The Various Structures, Properties, and Functions- ◎八木原晋 (東海大)

H 自己組織化材料とその機能 X Self-Organized Materials and Their Functions X ◎加藤隆史 (東京大)

I\* 先端プラズマ技術が拓くナノマテリアルズフロンティア (国際セッション) Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies ○井上泰志 (名古屋大) ☆白谷正治 (九州大)

J 計算機シミュレーションによる格子欠陥やナノ構造の解明: 新規材料創製を目指して Computational Approaches to Studying Lattice Defects and Nanostructures: Toward Novel Materials Development ◎吉矢真人 (大阪大)

K ナノスケール構造体の新展開-構造・機能・応用- Recent Progress in Nano-structured Materials-Structure, Function and Applications- ○佐藤 治 (九州大) ☆村越 敬 (北海道大)

L\* 界面ナノバイオテクノロジー (国際セッション) Nanobiotechnologies on Interfaces ◎松田直樹 (産総研九州センター)

M 先導的バイオインターフェイスの確立 Frontier of Biointerfaces ○高井まどか (東京大) ☆安川智之 (兵庫県立大)

N 分子性薄膜の作製・評価・応用-高度な配向制御、配向解析、および機能発現を目指して- Fabrication, Characterization and Application of Molecular Thin Films-Structural Analysis and Control Toward the Realization of Novel Functions- ○松本陸良 (東京理科大) ☆柴田裕史 (東京理科大)

O ドメイン構造に由来する物性発現と新機能材料 Domain Structure Related Ferroic Properties and New Functional Materials ○廣田和馬 (大阪大) ☆樋口 透 (東京理科大)

P\* 酸化物および酸化物ナノ複合材料の合成・評価と応用 (国際セッション) Syntheses, Characterizations and Applications of Oxide Nanocomposites Materials ○遠藤民生 (三重大) ☆毛塚博史 (東京工科大)

Q マテリアル・ダイレクト・ライティング技術の展開 The Latest Achievements and Challenges of the Material Direct Writing (MDW) Technology ○明渡 純 (産総研) ☆小木曾久人 (産総研)

R\* イオンビームを利用した革新的材料 (国際セッション) Innovative Materials Technologies Utilizing Ion Beam 岸本直樹 (NIMS) ☆福味幸平 (産総研関西センター)

S マテリアルズ・フロンティア Materials Frontier ◎伊熊泰郎 (神奈川工科大)

### ■IUMRS 関連会議

▽Brazil-MRS (SBPMat) 主催、ICAM 2009—11th International Conference on Advanced Materials, September 20-25, 2009, Rio de Janeiro, Brazil

▽C-MRS, E-MRS, MRS, IUMRS 共催、Second World Materials Summit on Advanced Materials in Energy Applications and Sustainable Society Development, October 12-15, 2009, Suzhou, China

▽African Materials Research Society & 8th Nigerian Materials Congress (NIMACON 2009), December 14-18, 2009, Sheraton Hotel & Towers, Abuja, Nigeria

### ■新刊紹介

*Proceedings of the MRS-J*, Vol. 34, No. 2, June, 2009

- ・Symposium A Reactivity of Solids, 1 報
- ・Symposium B Development of Oxide Nanocomposites—Bulk, Thin Films and Nano-structures, 1 報
- ・Symposium D Liquid Crystal and Ordered Soft Materials, 2 報
- ・Symposium K Frontier of Biointerface, 12 報
- ・Symposium L New Analytical and Assessment Methods in Material and Environmental Technologies, 9 報

- Symposium O Non-equilibrium Plasma Processing in High Density Media, 4 報
- Symposium S Nature Technology, 3 報
- Symposium W Liquid Phase Processing and Self-assembly of Inorganic Nano Materials, 4 報
- Symposium Z Material Science and Process Technologies for Advanced Nano-electronic Devices, 9 報
- Symposium JJ Smart Processing Technology, 1 報
- Symposium LL Materials Frontier, 2 報

出版・事務体制については、出版事務局を未踏科学技術協会に移す、出版委員長を神奈川工科大学工学部応用化学科・伊熊泰郎教授 (ikuma@chem.kanagawa-it.ac.jp) に依頼する、また、Trans. MRS-J が論文誌として適正な扱いを受けるよう、出版に至るまでの方式を若干変更する、などが2008年12月9日の理事会で承認されました。論文投稿・査読に関する不具合・疑問等は出版事務局日本 MRS 出版事務局 (E-mail: mrs-j@sntt.or.jp) までお問い合わせください。



## To the Overseas Members of MRS-J

### ■Solar Battery is a Treasure House of the Material Development ..... p. 1

*Professor Dr. Makoto KONAGAI, Tokyo Institute of Technology and Director of the Photovoltaic Research Center*

At present, the world production of solar cells has rapidly increased to the level of 7GW/y. Toward 2050, we should further strengthen the development of super-high efficiency solar cells with efficiencies over 40%. Development of novel materials is the most important issue to meet the efficiency target. In multi-junction solar cells, it is necessary to speed up the technological development of absorber materials with energy bandgap in the wide range of solar spectrum. The development of innovative concept such as multi-electron-hole-pairs generation is urgently required.

### ■Advances in EGA—Applications on ceramic firing process ..... p. 2

*Dr. Takahisa TSUGOSHI, Measurement Solution Research Center (MSRC), the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)*

Novel developments in Evolved Gas Analysis (EGA) include the use of a skimmer-type interface and soft ionization process in mass spectrometry (MS). Real-time monitoring in pyrolytic process is now made possible by combining ion-attachment (IA) soft ionization MS with the skimmer-type interface.

### ■Measurement Solution Research Center of AIST ..... p. 4

*Dr. Kazuo IGARASHI, Director, Measurement Solution Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology*

Measurement Solution Research Center (MSRC) of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technol-

ogy (AIST) has been established to do measurement-related basic researches, and to provide practical solutions to specific industrial measurement issues in the production processes of Japan industry. New collaborative scheme with industry, *i.e.* "Meister scheme", has been introduced, with which intimate collaboration with private companies is facilitated. The mission also includes development of a database for measurement-related technical information. Among specific research themes, four themes are briefly described, *i.e.* study on stress sensing by the mechanoluminescence, developments of thin-film piezoelectric sensor materials, porous SiC filter materials, and software for the computational thermodynamics.

### ■Wonderful Research Experiences at the University of Twente, Netherlands ..... p. 7

*Dr. Nobuyuki IWATA, Lecturer, Department of Electronics & Computer Science, College of Science & Technology, Nihon University*

I have stayed at the University of Twente (UT), the Netherlands for one year as a guest researcher. The group I had belonged is the Inorganic Materials Science (IMS), the head of which is Prof. Dr. Dave H.A. Blank. The UT is located at Enschede, the place of which is the end of east of the Netherlands. The IMS is the highest research group in the world. The IMS is one of the groups belonging to MESA+, which is a kind of institute in UT. In MESA+, there are not only up-to-date deposition systems, evaluation equipments but also superior technical staff members for each system. The MESA+ is extremely active to have cooperation in research and to make venture company to return some outcomes to society. I have thoroughly enjoyed my stay in such highest institution for one year.

編 後 執筆者の皆様と編集委員長をはじめとするメンバーの方々のご助力により、本号をお送りすることができます。  
集 記 昨秋来の経済状況から予想されたように、今期の就職活動は厳しさを加えました。そのためか、「即戦力」指向が一部の学生諸君の間で強まっていると耳にします。一方、材料科学を専門としているせいか、来学される企業の人事担当の方からは、短期利益を上げることは容易であり、本質的・持続的成長のためには「基礎に根付いた応用力」を持った人材の確保・育成が重要との声を繰り返し伺います。何度かOBの方々に講演をして頂いた経験から、このミスマッチの解消＝長期的視野獲得へのモチベーションの向上のためには、長年にわたり研究・企業で活躍されている方々の当初の意気込み・展望、現在における感慨などの情報が、講義等でのかけ声よりも、ずっと効果的であると感じました。巻頭言をはじめとする MRS-J ニュースの記事や日本 MRS における世代を越えた交流がそのための一助となることを願っています。(寺田記)

©日本 MRS 〒105-0003 東京都港区西新橋 1-5-10 新橋アマンビル 6F 社団法人未踏科学技術協会内

Tel: 03-3503-4681; Fax: 03-3597-0535; http://www.mrs-j.org/ E-mail: mrs-j@sntt.or.jp

2009年日本 MRS ニュース編集委員会 第21巻3号 2009年8月10日発行

委員長: 中川茂樹 (東京工業大学大学院理工学研究科、nakagawa@pe.titech.ac.jp)

委員: 寺田教男 (鹿児島大学大学院理工学研究科)、小棹理子 (湘北短期大学情報メディア学科)、川又由雄 (芝浦メカトロニクス)、富田雅人 (コーニング研究所)、岩田展幸 (日本大学理工学部)、Manuel E. Brito ((独)産業技術総合研究所)、松下伸広 (東京工業大学応用セラミックス研究所)、小林知洋 ((独)理化学研究所)、伊藤 浩 (東京工業高等専門学校)

顧問: 山本 寛 (日本大学理工学部)、大山昌憲 (ダイバージェンス)、岸本直樹 ((独)物質・材料研究機構)

編集: 清水正秀 (東京 CTB) 出版: 株式会社内田老鶴圃/印刷: 三美印刷株式会社



日本 MRS  
The Materials Research Society of Japan  
(MRS-J)

設立：1989年3月16日

目的：先進材料に関する科学・技術の専門家の横断的・学際的研究活動を通じて、その学術・応用研究および実用化の一層の進展を図ること。

- 事業：①学術シンポジウム、研究会、講演会の開催  
 ②内外の関連諸機関との連携協力  
 ③ Transactions・会誌・図書の刊行  
 ④その他

役員：(2009)

- 会 長 岸本直樹  
 副 会 長 鈴木淳史、澤井伸一  
 常任理事 伊熊泰郎、杉 道夫、鶴見敬章、小田克郎、  
 須田敏和、山本節夫、原田幸明、野間竜男、  
 木村茂行、井奥洪二、岡部敏弘、高原 淳、  
 加藤隆史、節原裕一、斉藤永宏、  
 Manuel E. Brito、森 利之、中川茂樹、  
 香山正憲  
 監 事 山本 寛  
 常任顧問 宗宮重行、堂山昌男、増本 健、高木俊宜、  
 山本良一、梶山千里、吉村昌弘、岸 輝雄、  
 高井 治、山本 寛  
 顧 問 長倉三郎、井上明久  
 理 事 正畑伸明、石崎幸三、北條純一、高梨弘毅、  
 小椋理子、緒方 潔、寺田教男、下田達也、  
 和田 仁、小関敏彦、片山幹雄、篠原嘉一、  
 松本睦良、原 一広、寺嶋和夫、高崎明人、  
 中野貴由

事務局：〒105-0003 東京都港区西新橋 1-5-10

新橋アマノビル 6 階

(社)未踏科学技術協会内

Phone: 03-3503-4681 Fax: 03-3597-0535

E-mail: mrs-j@sntt.or.jp

URL: <http://www.mrs-j.org/>

会員：総数 906 名 (3.31.2008 現在)

うち、個人会員 519、学生会員 47、S 会員 317、法人会員  
11、名誉会員 5、顧問 5、準会員 7

年会費：法人会員：(事業所単位) 100,000 円

個人会員：6,000 円

学生会員：2,000 円

海外会員：OECD 加盟国籍者 5,000 円

その他の国籍者 2,000 円

会員の特典：学術シンポジウム等への割引価格での参加

会誌「日本 MRS ニュース」の無料配布

ジャーナルの無料配付

論文誌 Transactions of the MRS Japan 等の割引配  
布

日本 MRS の設立経緯と活動状況：

独創的研究開発の重要性はますます高まっており、技術革新と  
新材料創成とが相互に因となり果となって進展していることはご

高承のとおりであります。また、現在人類が直面している環境問  
題等複雑に絡み合った多様で困難な問題を解決し、持続可能な経  
済社会と生活を得るためにも、新材料・新素材の発展が強く求め  
られています。

このような新しい材料の研究開発のあたっては、従来の金属・  
有機・無機材料、あるいは構造・機能材料といった材質ないし用  
途別の、また化学工業・鉄工業・機械工業・食品工業・医療・運  
搬・通信といった業種・職種別の縦割的既成概念を超えて、横断  
的、学際的にあらゆる分野の専門家が連携協力することが有効、  
かつ不可欠であると考えます。

日本 MRS (The Materials Research Society of Japan) は、  
1988 年 5 月池袋サンシャインシティで開催された MRS Interna  
tional Conference on Advanced Materials を契機として、上記観  
点に立ち、材料に関する横断的、学際的学術研究団体として  
1989 年 3 月に発足いたしました。(当初名称、先進材料科学・技  
術研究会 Advanced Materials Science and Engineering Society  
1990 年、日本 MRS に改称)

以来、関連諸機関と連携協力しつつ、IUMRS-ICAM 93 ('93.8、  
池袋)、IUMRS-ICA 97 ('97.9、幕張)、10 周年記念学術シンポジ  
ウム ('99.7、東京)、IUMRS-ICAM 2003 ('03.10、横浜) 等、約  
50 回のシンポジウム、講演会を開催し、2008 年 12 月には  
IUMRS-ICA 08 を名古屋で 1800 名の参加者を迎え、盛大に開催  
しました。また、「日本 MRS ニュース」及び「Transactions of  
the Materials Research Society of Japan」を定期的に刊行致して  
参りました。このように IUMRS (International Union of Materi  
als Research Societies) の創設メンバーとして国際的に活躍して  
いることも、当研究会の特色です。

日本 MRS は細分化され専門化されすぎた科学・技術を再統合  
し、学術理論から産業面・社会生活面での応用に至る、また、素  
材開発・加工技術・応用技術の各分野に亘る材料に関する専門家  
から、広く市民や政策担当者に対して、物質・材料を巡るあらゆる  
問題を議論する場を提供し、研究成果・データ等を共有財産と  
しつつ材料科学・技術と発展に寄与したいと考えております。学  
際的あるいは横断的分野の材料についての全ての問題をタイム  
リーに取り上げ討議する場として、この日本 MRS を位置付けたい  
と思います。多方面から多数の方々の積極的なご参加と、ご支  
援をお願い申し上げます。

参考：IUMRS (International Union of Materials Research Soci  
ety) は、学術的材料研究の振興を共通の関心とする学術団体から  
構成される国際機関です。詳細はインターネットの the  
IUMRS Homepage (<http://www.iumrs.org/>) をご覧ください。  
加盟機関 (2008 年 4 月現在、13 機関)：

MRS of Argentina (MRS-A), MRS of Australia (A-MRS), Brazil  
MRS (B-MRS), Chinese MRS (C-MRS), European MRS (E-  
MRS), MRS, MRS of India (MRS-I), MRS of Japan (MRS-J),  
MRS of Korea (MRS-K), MRS of Mexico (MRS-M), MRS of  
Russia (MRS-R), MRS of Singapore (MRS-S), MRS of Taiwan  
(MRS-T)