

発行 © 一般社団法人 日本 MRS 事務局
〒231-0002 横浜市中区海岸通 3-9
横浜ビル 507D
<http://www.mrs-j.org/>

||||||| やあ こんにちは |||

IUMRS-ICA2014 国際材料研究学会連合のアジア会議の開催を目前にして

IUMRS-ICA2014 組織委員長・日本 MRS 会長・横浜国立大学教授 ^{すずき} 鈴木 ^{あつし} 淳史



私が初めて中国を訪れたのは、1995年に西安で開催された第2回エコマテリアル国際会議だった。その後何度かエコマテリアルの関連行事や国際会議のために訪中した。敦煌、ウルムチまで足を伸ばしたこともあったが、その多くは1990年代のことである。当時、印象に残ったことは、街には小型タクシーと自転車と屋台があふれていたこと、表通りの賑やかさに比べて一歩中に入ると昔ながらの生活が垣間見えたこと、博物館や劇場の入場料に外国人料金が設定されていたことなどである。その後2011年にバイオトライボロジーのシンポジウムで16年振りに西安に出かける機会があった。昔、西安で見た中古の京都バスは姿を消し（西安は京都の姉妹都市）、高級車や大型車、近代的な建物や施設で満ちあふれていた。中国の都市部の開発は予想された速度をはるかに上回って進んでいることを強く実感した。私が訪れた西安交通大学は重点大学として多額の予算がついていることが研究設備を見ればすぐに理解できた。学生も厳しい受験戦争をくぐり抜けて遠くの都市からこの地に学びに来ていた。このように中国の急激な経済発展は、自国内での研究水準の上昇と連動しており、中国は今、科学技術大国を目指すだけではなく、グローバルな環境問題に対して持続可能な国づくりを新たな目標に掲げているかに見える。

日本経済がアジアの成長を取り込むことが重要だと言われて久しい。アジア・欧州を含めた急激な世界経済の多極化が進みそれに連動して科学技術や学術分野の世界地図が変わりつつある。日本の多くの材料系の学会もそれに対応するように活動を海外に広げつつあるが、その視線は依然として欧米中心で、アジア重視を掲げながらも近隣国との交流にとどまっている。しかし、急速に悪化するグローバルな環境問題（気候リスクと資源リスク）を解決しながら持続可能な未来を切り開くためには、アジアシフトをよりいっそう加速させる必要がある。すなわち、日本は独自のエコマテリアル技術に磨きをかけながら、日本の進んだ環境科学技術とプロダクツを発展途上国に提供し、日本経済の活性化にも寄与することが期待される。1970年代から始まった日中の科学技術交流を通して広がったエコマテリアルを初めとした先進材料分野の人的交流ネットワークが、これから大きく開花するに違いない。

科学技術や学術分野の国際交流について、政府は、近隣の中国や韓国から最近ではASEANなど東アジアに力を入れてきた。材料研究分野でもアジアとの交流が活発になり強い人的交流ネットワークの構築が始まっている。この地域の成長は目覚ましいものがあり、先進材料分野の科学技術や学術分野の交流もますます盛んに行われることが大いに期待される。このような状況の中、次のステップとして、今後非常に注目されるのは巨大大国のインドである。インドでも急速に工業化が進み、近未来には、中国と同じような経済発展と連動した科学技術や学術分野での飛躍的な発展が予測されている。すでに経済界はインドとの交流に活発に動き出しているが、残念なことに、我が国の材料分野の研究者・

技術者とインドとの科学技術交流は盛んに行なわれているとは言えない。日印間の人の交流は極めて限定的である。特に、我が国の大学部局では未だ組織的な科学技術交流や学生交流がほとんど行なわれておらず、インドから日本への留学生数は、中国からの約100分の1、韓国からの数十分の1と極端に少なく、日本への留学生総数に占める割合は1%にも満たない。私が委員を務める日印合同科学評議会は、1993年に日本学術振興会（JSPS）とインド科学技術省科学技術局（DST）との間に設置され、二国間交流について大いに貢献してきたが、その規模や交流実績は必ずしも十分とは言えない。インドは親日国で英語圏でありながら、科学技術や学術分野での日本との交流が他国に比べて極端に少ない。生活様式や社会システムの相違ばかりを問題にする人が多いが、必ずしもそれだけが大きな原因ではないことはインドの研究者と交流を重ねると理解できる。インドは歴史的に欧米との結びつきが強いので、日本の情報が伝わりにくいという環境にあることも一因である。そのような状況が変化しない中、インド国内では、研究・教育機関の充実が加速し始めている。1947年の独立後いち早く1951年にIIT（インド工科大学）が設立され、1963年には5校目が、2001年でも7校だったのが、2008年以降に新たに9校設立され、現在16校に至っている。自国での研究者の育成のための制度改革も急ピッチで進んでおり、近い将来、インドの若手研究者が、インド国内で最先端の研究成果を挙げるに違いない。そうならば日本との関係も大きく様変わりするだろう。このようなインドの科学技術の発展に、日本の材料研究者の果たす役割は大きいですが、現時点では地理的な距離以上に遠くで様子を眺めているように思えてならない。今急いで日印科学技術協力の道筋をつけなければ、インドの成長を日本の発展に結びつけることができないう懸念がある。これまで、近隣諸国を初めとするアジアの成長に貢献しながら経済的な結びつきも強めてきたが、そのような関係をインドとも築くためには、ただちに行動しなければならない。すなわち、優秀な学生を日本に受け入れ、近未来のインドの成長に貢献するための日印の強力な人的交流ネットワークの構築は、今ならまだ間に合うと筆者は考えている。

8月に福岡で開催されるIUMRS-ICA2014は、材料研究の最先端で活躍する研究者や技術者をアジアの6つのMRS（中国、台湾、韓国、シンガポール、インド、日本）を中心に世界中から広く募集・招聘し、先進材料の最新の研究成果の発表と討論を通して持続可能な世界を形成するための材料研究者の役割について考えることがメインテーマとなっている。IUMRSはICSU（国際科学会議）のメンバーとして、ICSUの掲げるFuture Earthプロジェクト（地球環境研究の国際プログラム）に協力しつつある。日本MRSはIUMRSの創設時のメンバーであり、また環境技術に関わる分野横断的な材料研究学会としてこの問題に大きく寄与できると考えられる。IUMRSの中でもアジアのMRSの存在感がますます大きくなりつつあり、ICAメンバーが指導的な役割を果たす日は近いと予想される。この国際会議が、グローバルな環境問題に対し、アジアの材料研究者との絆を深めることができ、さらに日印の関係を押し進めることに役立てばと願っている。

■ 研究所紹介



福島再生可能エネルギー研究所

独立行政法人 産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所 所長代理 こんどう みちお 近藤 道雄

1. はじめに

2011年3月11日に起こった東日本大震災を契機に福島に再生可能エネルギーの最先端研究拠点を設立するという国の方針が打ち出され、それを受けて産業技術総合研究所（以降、産総研と略す）は郡山市西部第二工業団地に福島再生可能エネルギー研究所を2014年4月1日に発足させた（図-1）。これは産総研としては10番目の地域拠点であるが、他の研究拠点と異なる点が二つある。一つは研究テーマを「再生可能エネルギー」と明示している点であり、もう一つは他の拠点が「研究センター」と命名されているのに対し「研究所」とされていることである。この二つには産総研がこの研究所における組織としての強い決意が込められている。

研究所のミッションは大きく分けて二つある。一つは世界最先端の再生可能エネルギー研究を推進することであり、もう一つは、それによって新しい産業を創出し、震災復興ひいては日本の復興に貢献することである。

現在、研究所には研究職員27名、事務職9名に加えポストドク、テクニカルスタッフなど53名の契約職員等と企業などからの産学官来所者約85名を加え総勢170名強の方が研究所に属している。これは当初想定された数をはるかに上回るものであり、まだまだ、増え続けている。

なにより重要なことは大震災からの復興、特に福島復興に向けた高いモチベーションがこの研究所のベースとしてある、ということであろう。開所以来まだ絶えることなく多くの方が期待と関心をもって本研究所を訪れていた。そのたびに、その期待の大きさが研究所の人々を鼓舞し続ける空気感を支えていると実感する。

本稿では、本研究所の概要について紹介させていただき、読者の皆様に興味を持っていただければ幸いである。

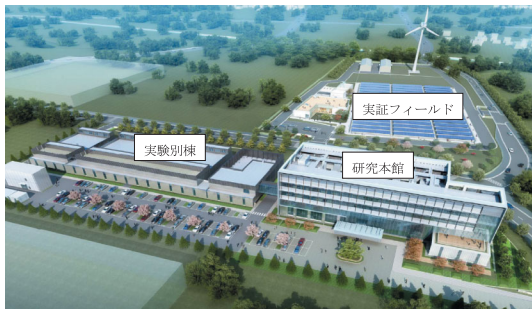


図-1 福島再生可能エネルギー研究所の全景。手前右の建物が研究本館、左が実験棟。研究本館後方に実証フィールド。総敷地面積 55000 m²

2. 研究課題について

研究所における研究テーマを大きく分けると太陽光発電、風力発電、地熱、地中熱（合わせて地球熱という）、エネルギー貯蔵、エネルギーネットワークの6つのテーマに分けられる。ここでは材料に興味を持つ読者が多いということを考慮して、太陽光発電とエネルギー貯蔵を中心に紹介したい。

(1) 太陽電池

現在さまざまな種類が市場で競っているが福島では結晶シリコン太陽電池を主軸に据えた。最大の理由は市場の90%以上が依然結晶シリコン太陽電池であり、関連する産業のすそ野も広く、福島をはじめとする東北地域に新産業を創出するには適切であると判断されたためである。現在、結晶シリコン太陽電池においては日本の企業は中国など新興国との競争で苦戦しており、次世代技術での復権が望まれている。結晶シリコン太陽電池は、市販品

のパネル効率において14~20%と幅があるが、市場価格は1ワット当たり平均でも60~70円まで低下している。しかし、この中のコストの半分程度はシリコンウエーハで占められている。ウエーハは高純度シリコンの原料を融かしてインゴットと呼ばれるブロックにし、それを薄板にスライスして作製される。ウエーハの厚さは年々薄型化の一途をたどり、かつては300ミクロンもあったのが今では180~200ミクロン程度になってきている。将来的には100ミクロン以下になることが予想されている。この理由はコストと、効率的にもそのあたりが最適と期待されるからである。

結晶シリコンの製造にはかなりの電力エネルギーを必要とし、コストの大部分を電力コストが占めているため、薄型化は低コスト化と省エネという観点から重要である。特にコストについては、固定価格買取制度で太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入が進むことで、電気代が値上がりすることが懸念されているので、発電コストの低減が最優先の課題となっている。

薄型シリコンウエーハを用いた太陽電池を実現するにはインゴットから薄い板をスライスして洗浄などの処理を行うウエーハプロセス、太陽電池化するデバイスプロセス、セルを相互に接続してガラスでカバーされたパネルを作製するモジュールプロセスに分けられるが、いずれも100ミクロンの厚さになると従来の製造ラインでは対応できず、新しい技術の導入が必要となる。

福島ではこの次世代の結晶シリコン太陽電池技術に対応する技術を開発するために図-2に示されるようにスライスからモジュールまでの一貫プロセスを先行的に導入した。

また、この技術がいち早く産業化に繋がるように、企業とコンソーシアム形式の共同研究を行っている。このコンソーシアムは部材、装置、デバイスまで異なる階層の企業が垂直に連携しながら新技術を開発するというコンセプトで組織されている。新しい世代の技術を装置、素材、デバイスにわたって一社で開発することは経済的にもスピード的にも困難なので、このような高度に水平分業した企業間の垂直連携の場を国の研究機関が提供することの意義があると考えられる。

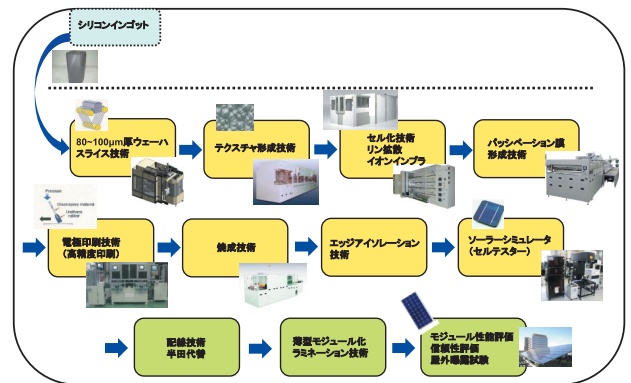


図-2 福島で導入された次世代結晶シリコン太陽電池一貫試作ラインのプロセスフロー図

参加企業は一貫ラインの自社に関連する部分の開発に特化し、それらの成果が融合されて一貫ラインの技術ポテンシャルが高まっていく。

現在試作ラインの試運転中であり、本当の成果はこれからというところであるが、図-3に試作されたセルの写真を示す。

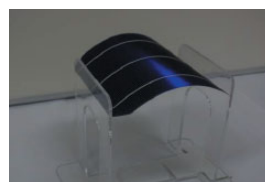


図-3 試作ラインで得られた約100ミクロン厚のセル（左側）

(2) エネルギー貯蔵

間歇性が再生可能エネルギー（地熱を除く）の本質的な問題である。年間を通してみると太陽光が稼働している時間は10%程度、風力でも地域による差はあるが大体20%程度である。システムの容量はピーク発電量で決まるのですべてを系統で解決しようとすると、稼働率の悪い設備を必要とすることになる。また、発電量の変動は需要に合わせてくれないので、その乖離を何かで埋め合わせる必要がある。太陽光は人間の活動サイクルに近い変動をするが、それでも、日没直後などは発電量がないにもかかわらず電力需要は高いままという乖離を生じる。風力は一般的に夜の方が発電量が多い。したがって、これらの自然エネルギーは需要に合わせて供給量を調整するためのエネルギー貯蔵を組み合わせることが現時点では必須である。

電気を貯めるには蓄電池が最も直接的であるが、蓄電池は現時点ではコストが高く大量のエネルギーを長期間貯蔵するには適していない。代わって有望視されているのが、電気エネルギーを水の電気分解によって水素の化学エネルギーに変換し、水素として貯蔵、輸送する方法である。このため水素はエネルギーキャリア、あるいは水素キャリアと呼ばれている。水素を貯蔵するには高压ガス、液体水素、水素吸蔵合金に加えて最近では有機ハイドライドやアンモニアなどの化合物という形で貯蔵する技術が注目されている。有機ハイドライドにもいくつかの方法があるが、福島ではトルエン(C₆H₅-CH₃)をメチルシクロヘキサン(MCH, C₆H₁₁-CH₃)に転換するという方法が検討されている。この方法は取扱いの容易性と毒性という観点から現在最も注目されている方法であり、精力的に研究されている。水素のトルエンへの添加は発熱反応だがMCHからの水素の取出しは吸熱反応(205 kJ/mol)となる。水素のエネルギーは燃料電池車に供給されたり、電力が足りない時に再び発電によって電気に戻される。福島再生可能エネルギー研究所では図-4に示されるように水素を電気に変換するのに水素燃焼エンジンを用いたコジェネレーションシステムを採用し、エンジンの排ガス熱を利用してMCHから水素を取り出すことが試みられている。また、水電解は簡便な方法であるが、変動する再生可能エネルギーも利用して効率的に電気分解するには技術開発が必要である。

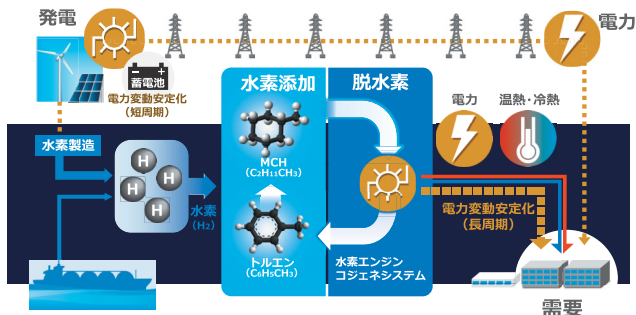


図-4 水素キャリアを介した再生可能エネルギーのエネルギーサイクルを示す模式図

MCHを用いたエネルギー貯蔵はエネルギー密度においてリチウムイオン電池と比較しても体積密度で3倍、重量密度で8倍程度高い。水素ガスの貯蔵密度では常温常圧の水素ガスの500倍程度と高い。しかもMCHは常温常圧で貯蔵が可能であるので、灯油やガソリンと同程度の安全対策で良い。今後は再生可能エネルギーの豊富な地域で製造された水素をMCHの形で輸送して利用するという形態もあり得る。

いずれにせよ、無尽蔵な再生可能エネルギーで水素を用いて炭素フリーな社会を構築するというのは人類にとって究極の持続可能エネルギー社会と言えるであろう。

(3) 風力発電

諸外国に比べると日本では導入があまり進んでいないが、風況の問題、台風や落雷による故障の問題、社会受容の問題などがその理由として考えられる。これらを解消するためには日本特有の気象条件に適した風車の開発や、風車導入に伴う環境影響の適切な情報提供が必要となる。福島再生可能エネルギー研究所ではレーザー光を利用したリモートセンシングによって風車の前方にある風況を事前に予測し、風車の向き（ヨー）や翼の角度（ピッチ）をより最適に制御することで、発電量の向上と長寿命化を図ろうとしている。また、音波計測により騒音の影響を調べてデータを提供するとともに、低騒音化に資するデータも取得している。また、風力発電の潜在量を事前に風車を立てないでも評価できる技術を用いて風力発電導入を支援する技術も開発している。

(4) 地熱エネルギー

歴史は古い日本では温泉資源や国立公園との共生の問題で世界第3位というポテンシャルを生かし切れていなかった。そのため、産総研では地熱発電のための地熱資源データを高度な地中モニタリング技術によって提供し、地熱開発のリスクを低減すると共に開発コストを削減すること、地下深くの高温岩体などを利用して水を注入し、人工的に地熱資源を増強創出する人工地熱システムの開発にも取り組んで地熱資源の立地制約の解消を目指している。

(5) 地中熱

省エネルギー技術であるが、最近では広い意味で再生可能エネルギーとして扱われることが多い。地下200m程度までの深さの地中温度は一年を通してほぼ一定しているので冬は地中の方が外気温より温かく夏は冷たい。この温度差をヒートポンプに利用すると空気熱を利用するより効率的に冷暖房に使うことができる。しかしながら、日本では都市部の地下水くみ上げの規制、地質構造の違いなどによって普及が進まず、その結果コストも下がらないという問題がある。福島再生可能エネルギー研究所では地中熱エネルギーの賦存量を評価し、ポテンシャルマップを提供することで地中熱普及に資することを目指している。また、福島県で豊富な地下水資源を活用した高効率の地中熱システムの開発にも取り組んでいる。

(6) エネルギーネットワーク

最後はこれらのエネルギー源を適切に組み合わせ、電力系統に負荷を与えず、電力需要に適切に呼応した電力供給を実現する制御技術、つまりエネルギーマネジメントが重要になる。これは異なるシステムを統合化するシステム統合化技術と言っても良い。ここにはエネルギーの創出、貯蔵、それらを制御するパワーエレクトロニクス、ICTなどの幅広い技術のすり合わせが求められる。これは通信の世界とのアナロジーで言えばネットワーク制御であるが、情報をエネルギーに置き換えたネットワークの制御ということになる。

3. 地域での取り組みについて

冒頭に述べたように福島再生可能エネルギー研究所の重要なミッションの一つは地域での経済復興である。特に福島県では震災以来多くの雇用や産業が喪失された。再生可能エネルギーは将来性の高い産業であるが、これまで福島県にはそのような産業の集積は十分でなかった。そこで、ないものは作ってしまおうという発想で、福島県をはじめとする被災地域における地元企業の再生可能エネルギー産業への進出を支援するために、それら企業の保有する技術シーズの育成を支援するプログラムが2013年から開始された。現在までに20社以上の企業の技術を評価・支援している。東北地域はもともとモノづくりで強みのある企業が多かったので、ポテンシャルも持っている企業はたくさんあり、それらを丁寧に発掘して支援していくことが必要だと感じている。将来の産業を支えるにはそれに関連する人材の育成が重要であるが、これもまた地域の大学と連携して共同研究や講義などを通じて必要な人材の育成に努めている。

これらの取り組みは時間をかけて着実に進める必要があり、地域の大学との緊密な連携が必要である。

これらの取り組みは企業誘致政策などと併せて一つのパッケージとして一体感をもって推進していく必要があると痛感する。

4. おわりに

まずは新しい研究所の開所が無事終了したが、これから直ちに成果を出していかなばならないという正念場を早くも迎えようとしている。地元の期待は大きいだけにその重圧も一段と強い。震災復興は待ったなしの状況である。しかも世界の競争は以前にもましてスピード感が要求される。迅速な経済復興と、人材育成を含めた長期的な復興に同時に貢献するというミッションを達成するには我々研究所の人間はもちろん、周囲の多くの方々の知恵と力を結集しなければ不可能である。産総研としては全所的に福島再生可能エネルギー研究所に対する支援体制を敷いているが、本稿の読者の方々にもお力添えを切にお願いする次第である。

本稿を執筆するにあたって、福島再生可能エネルギー研究所の各位に協力をいただいた。ここに厚く感謝申し上げる。

■連絡先

〒963-0215 福島県郡山市待池台2-2-9
 産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所 所長代理 近藤道雄
 TEL: 024-963-1805, E-mail: frea-info-ml@aist.go.jp
 URL: http://www.fukushima.aist.go.jp

1. はじめに

機能性材料は多種多様であり、これを取り扱ううえで機能性材料特性に影響を与える材料の化学構造、熱特性などの材料特性を迅速、かつ正確に解析できるかが重要となる。この材料特性把握に様々な分析技法が用いられ、総合的に特性判断するために多種多様な解析・検討が行われている。高分子を例にとると、その構造に由来する一次コンホメーション、熱的特性を示唆する高次コンホメーションなど、多くの情報を総合的に判断しなければならない。

近年、材料の特性判断には in-situ 分析が有効とされ、様々な技法が用いられている。たとえば、熱分解した試料を定性する熱分解 GC/MS (Py-GC/MS) や分解の過程を直接的に解析する TG/MS、レーザーを用い試料の表面情報だけを ICP/MS で取得する LA-ICP/MS などがそれらに属し、様々な技法を組合せることから同時測定技法、複合測定技法とも呼ばれる。これらの同時測定において各々の機器の結果が互いに影響しないことが重要で、それぞれの機器に様々な配慮がなされている。

示差走査熱量測定 (DSC) 法とラマン分光法同時測定 (DSC-Raman) は、非平衡測定における温度の情報が最も精密である熱分析 DSC 法と非接触で構造解析可能なラマン分光法を組合せた技法である。さらに、DSC-Raman では DSC 法、ラマン分光法は共に固体から液体まで解析対象の状態を選ばず分析可能で、1 回の分析で構造変化と正確な温度の関係を同時に得られ、総合的な材料特性の把握に有効である。本稿ではこの特長を生かし、高分子であるポリ乳酸 (PLLA) の解析に用いた例を紹介する。

2. DSC-Raman 同時測定装置

一般に光を扱う分析機器で測定される試料には大小あるものの光照射の影響による温度変動が見られる。この外来温度変動は、熱分析で得られる温度を不正確にする要因となり注意を要する。この光照射の影響は DSC-Raman でも見られ、ラマン分光用のレーザーを連続照射すると試料の温度を変動させ、さらに長時間測定においては試料表面を分解させる。この結果は温度が不正確なうえ目的の情報が得られず、解析に値しないことも確認された。これが DSC-Raman 技法が従来の実施されてこなかった理由であった。この問題点をラマン分光法に数秒程度の間欠レーザー照射を採用し、さらに試料を直接温度制御する入力補償 DSC (PerkinElmer DSC8500) を用い、温度変動を 0.03°C 以下に抑えることで解決した (図-1)。この結果、レーザー照射を用いる DSC-Raman において精密な温度情報取得が可能となった。

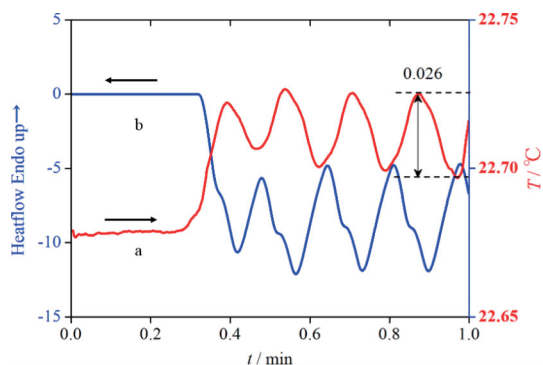


図-1 レーザー 100 mW、4 秒 2 回照射による (a) 温度変動と (b) 熱流変化

3. PLLA と DSC-Raman の DSC 解析

図-2 に PLLA を 10°C min⁻¹ の等速昇温 DSC と 5°C min⁻¹ の DSC-Raman の結果を示す。等速昇温 DSC (図-2a) では PLLA は 65°C 付近のガラス転移と 165°C の融解までに冷結晶化による発熱が見られる。一方、間欠レーザー照射を用いた DSC-Raman で PLLA を測定すると、熱流は温度変調 DSC (Temperature-Modulated DSC, TM-DSC) と同様に制御熱流の変動 (図-2b) を示す。この結果は DSC として解析が難しいため、この結果から DSC 出力を得るために、DSC-Raman の DSC の結果から DSC 成分を比熱と熱流変動を用い分離する技法¹⁾を開発した。この DSC の計算過程で得られる成分は可逆成分 (比熱容量依存) とエンタルピー変化であるため、非可逆・可逆成分を分離できる。これはエポキシ樹脂などの硬化や再結晶化解析などに有効とされる TM-DSC の結果と似た結果を示す。この解析を用い、DSC-Raman の解析を行うと DSC の結果が得られる。

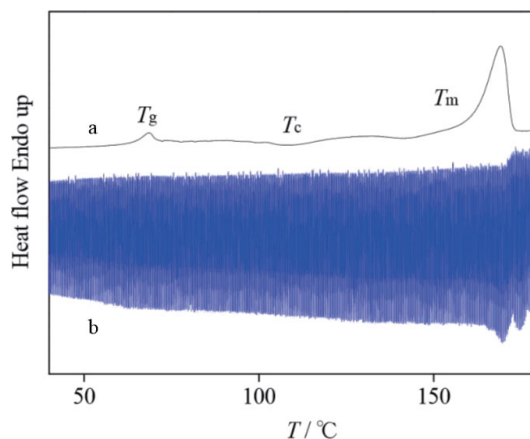


図-2 PLLA の等速昇温 DSC (a) と DSC-Raman の熱流 (b)

図-3 に DSC-Raman から解析した DSC (図-3a) の結果、比較のために測定した PLLA の TM-DSC (図-3e)、および DSC-Raman で得られたラマン散乱 (図-3b) の強度変化を示す。PLLA では TM-DSC と DSC-Raman の 60°C 付近に T_g (図-3a, c)、120°C 付近に冷結晶化 (図-3a, e)、160°C 付近で融解が見られた。同時に得られた DSC-Raman のラマン分光法強度変化 (図-3b) は、65°C 以上で散乱強度の上昇、130°C で散乱強度の低下、その後 160°C 以上で散乱強度上昇が確認できた。この強度変化は強度上昇が DSC の結果の T_g、T_m に対応した非晶、130°C 付近の強度低下が T_c に対応した結晶に由来すると判断できる。つまり、ラマン散乱の強度変化は PLLA の結晶状態を示唆し、DSC 法およびラマン分光法の結果には相関が得られることから DSC-Raman では同一の反応を同時に異なる情報として解析できることが明らかとなった。

4. ラマン分光の帰属と多変量解析

DSC-Raman では光照射による温度変動が 0.03°C 以内であるから、[時間]-[温度] が一意に見なせ、DSC で得られた温度と連続で取得された各温度のラマンスペクトルに相関が得られる。ま

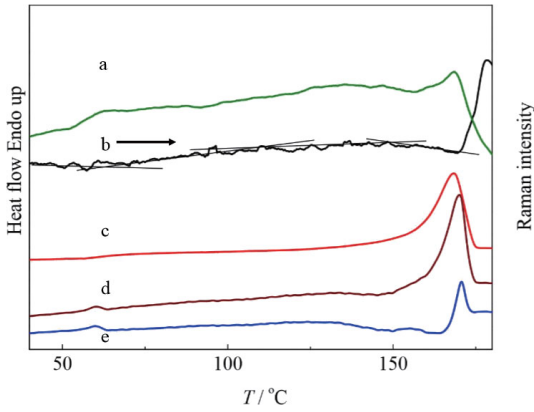


図-3 PLLA の DSC-Raman の DSC、ラマン散乱強度および TM-DSC

(a) DSC-Raman の DSC 解析結果、(b) DSC-Raman のラマン強度変化、(c) TM-DSC の比熱 (可逆) 成分、(d) TM-DSC の total heat flow 成分、(e) TM-DSC の Iso-Kinetic (非可逆) 成分

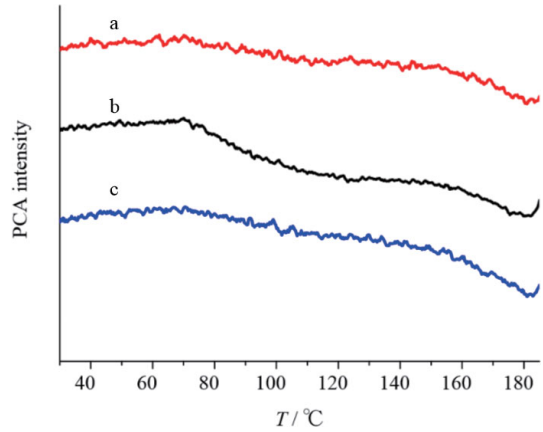


図-5 PLLA のラマンスペクトルにおける (a) 1385 cm⁻¹、(b) 872 cm⁻¹、(c) 735 cm⁻¹ の PCA 時間分解強度と温度

た、ラマンスペクトルの結果はピーク帰属すると温度に対する構造変化 (図-4) として解析できるため、特定構造由来のラマンスペクトルの強度とピークシフトを解析すると、転移に影響する構造が明確となる。PLLA のラマンスペクトルのピーク帰属結果を表-1 に示す。ラマン分光法では結晶性が低いとピークがブロードになるため、強度変化を解析すると結晶、非晶が判断できる。例えば図-4 において $\delta(\text{CH}_3)_{as}$ (1385 cm⁻¹)、 $\gamma(\text{C}=\text{O})$ (735 cm⁻¹) は 60°C (図-4g) 以上で、これらの波数の強度が低下し、ピークが不明瞭となることからアモルファスの増大を示すことができる。一方、 $\nu(\text{C}-\text{C}_\alpha)$ (872 cm⁻¹) は 165°C までピーク形状が維持する。これらの温度は DSC (図-3a) の温度と一致し、PLLA の結晶の状態を示唆する。また、波数ごとの強度変化はラマン散乱強度変化 (図-3b) の解析と比較して、より明確な結晶の情報を示す。DSC-Raman では一定の間隔でラマンスペクトルが取り込まれるため、温度に対するピーク強度変化が得られ、転移と構造変化を解析できる。

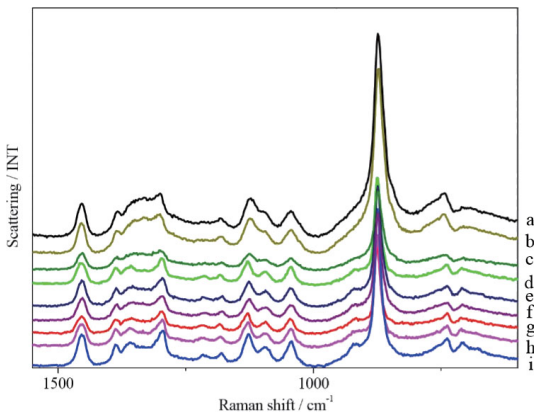


図-4 DSC-Raman で得られた PLLA の各温度のラマンシフト

(a) 185°C、(b) 175°C、(c) 170°C、(d) 165°C、(e) 160°C、(f) 130°C、(g) 75°C、(h) 60°C、(i) 25°C

表-1 PLLA のピーク帰属

Peak assignment	Vibrational frequency (cm ⁻¹)
$\delta(\text{CH}_3)_{as}$	1452
$\delta(\text{CH}_3)_s, \delta(\text{CH})$	1385, 1365, 1292
$\gamma(\text{CH})$	1215, 1180
$\gamma(\text{CH}_3)$	1129, 1091
$\nu(\text{C}-\text{C}_\alpha)$	1042
$\nu(\text{C}_{\text{Ester}}-\text{C}_\alpha), \nu(\text{C}-\text{C}_\alpha)$	920, 872
$\gamma(\text{C}=\text{O})$	735, 707

図-5 にラマンスペクトルの 1385 cm⁻¹、872 cm⁻¹、735 cm⁻¹ の時間分解主成分分析 (PCA : primary component analysis) の結果を示す。PLLA の 1385 cm⁻¹ (図-5a)、872 cm⁻¹ (図-5b)、735 cm⁻¹ (図-5c) の PCA の結果では、 T_g の見られる 65°C 以上、および融解温度に近い 150°C 以上で PCA 強度低下、つまり非晶の増大を示す。一方、872 cm⁻¹ の PCA は 1385 cm⁻¹、735 cm⁻¹ の PCA とは異なり、130°C 付近から強度が増大し、DSC で見られた T_c の一致する。この PCA の結果は PLLA の分子構造変化と DSC で見られた転移の関連性をラマン分光法と DSC の双方から解析できることを意味する。

5. おわりに

DSC-Raman 技法は固体から液体まで試料状態に依存しない解析が行え、結晶・非晶両面からの解析アプローチ可能であることが明らかとなった。また、DSC-Raman では正確な温度における転移とその構造および構造変化の関係が 1 回の測定結果の解析から明らかとなった。

固体、液体など試料の状態に左右されず、可逆・非可逆反応の情報と正確な温度における構造、さらに構造変化の情報がすべて同一温度、時間の変化として解析できるため、高分子のガラス転移、冷結晶化、融解に限らず、化学構造が変化する半導体で使用されるフォトレジストの硬化²⁾、医薬品の多形転移や安定性³⁾、液晶の転移と粘性による液晶相での緩慢な構造変化、水溶液中のゲルの状態変化など、DSC-Raman の応用は広範といえる。

参考文献

- 1) T. Suzuki, K. Takahashi, H. Uehara, T. Yamanobe, Application and analysis of a DSC-Raman spectroscopy for indium and poly (lactic acid), *J. Therm. Anal. Calorim.*, 113, 1543-1549 (2013)
- 2) T. Suzuki, J. Morikawa, T. Hashimoto, R. Buividas, G. Gervinskas, et al., Thermal and optical properties of sol-gel and SU-8 resists, *Proc. SPIE 8249, Advanced Fabrication Technologies for Micro/Nano Optics and Photonics V*, 82490K (February 9, 2012)
- 3) 「製品中に含まれる(超)微量成分・不純物の同定・定量ノウハウ」, 技術情報協会編, 414-417 (2014)

■連絡先

〒240-0005 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町 134
 横浜ビジネスパークテクニカルセンター 4 階
 (株)パーキンエルマージャパン EH 分析事業部 マテリアルキャラクタリゼーションビジネス部 アプリケーションリサーチラボ
 鈴木俊之
 toshiyuki.suzuki@perkinelmer.com
 Phone : 045-339-5861 Fax : 045-339-5871 www.perkinelmer.com

ご 案 内

IUMRS-ICA 2014



MRS-J

The Materials Research Society of Japan

■IUMRS 関係会議

▽IUMRS-ICA Fukuoka 2014

日時・場所 2014年8月24日(日)~30日(土)、福岡市・福岡大学キャンパス

事務局

IUMRS-ICA2014 Secretariat, MRS-J Office, 507D, Yokohama Bldg., 3-9 Kaigan dori, Naka-ku, Yokohama, 231-0002 Japan

Tel: +81-45-263-8538 Fax: +81-45-263-8539

E-mail: iumrs-ica2014@mrs-j.org

Symposia

A. Technologies for the Environment and the Sound Material-Cycle Society

A-1 Analytical and Assessment Methods in Materials and Environmental Technologies

A-2 International Symposium on the Social Acceptance of Engineered Nanomaterials

A-3 Materials Technology Inspired by Natural Phenomena and Natural Materials

A-4 Advances in the Application of Biomass

A-5 Materials for Living—Environment・Energy・Medicine—

A-6 Autonomous Micro Systems for Life, Green and Safety

A-7 Design of Advanced Fuel Cell Materials, Devices and Systems

A-8 Photocatalytic Materials and Applications on Energy and Environment

A-9 Cutting-edge Thermoelectric Materials for Heat-to-Electricity Direct Conversion

A-10 Environmental Friendly Carbon Films and their Deposition Technology

A-11 Sustainable Mobility Materials

B. Technologies for Human-Friendly Materials

B-1 Biomaterials and Biomimetic Materials

B-2 Ceramic Materials for Biomedical Applications

B-3 Materials in Biomechanics and Biotribology

B-4 Nano-biotechnologies on Interfaces

B-5 Advanced Study in Science and Technology for Soft Matter

B-6 Advanced Liquid Crystals

B-7 Soft Actuators and Related Energy-Conversion Materials

B-8 Chemical Sensing and Sensor Devices for Chemical Space Information

B-9 Next-generation Organic Electronics Aiming towards Energy Harvesting

B-10 Molecular Thin Films

B-11 Energy and Green Materials

B-12 Functional Self-Organized Materials

C. Advanced Materials for Eco-technology

C-1 Magnetic Materials and Spintronics

C-2 Mechanical Properties of Steels

C-3 Nitride and Diamond Semiconductors

C-4 Innovation for Highly Reliable Advanced Ceramics

C-5 Damage and Failure Mechanics of Engineering Materials

C-6 Frontiers in Plasmonic Nanomaterials

C-7 Graphene

C-8 Advanced Oxide Materials—Bulks, Thin Films, and Nanostructures

C-9 Recent Advances in Superconductivity—Materials, Processing, and Applications

C-10 Advanced Ferroic Materials: Processing, Characterization and Device Application

C-11 Nano-Scale Functional Materials: Advanced Syntheses, Characterization, Functions, and Applications

D. Fabrication, Processing and Characterization Technologies for Advanced Materials

D-1 Innovative Material Technologies Utilizing Ion Beams

D-2 Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies

D-3 Synthesis, Processing and Characterization of Nanoscale Functional Materials

D-4 Fabrication of Thin Films

D-5 Control of Interfaces and Materials Processing for Nanoelectronics

D-6 Novel Functionalities by Cooperative Excitations

D-7 Functional Surface Science & Engineering

D-8 Three-dimensional Microfabrication and MEMS

D-9 Scientific Basis of the Nuclear Fuel Cycle II

D-10 Innovative Imaging Technologies Using X-ray Scattering and Atom Probe Microscopy

D-11 Development of Environmentally Friendly Processes and Materials—Including Solution Processes and Their Applications—

D-12 Advances in Computational Materials Science and Technology

D-13 Advanced Nanoparticles—Synthesis, Characterization and Applications

E. Interdisciplinary Field

E-1 Materials Frontier

F. Education of Materials Sciences and Technologies

F-1 Materials Science and Education

G. Special Symposium

G-1 Crystallography in Materials Science & Engineering—Memorial for IYCr2014

Forums

FR-1 Outreach and ICT Based Education in the Materials Science and Technology

FR-2 Materials, Environment and Water

Plenary Lectures

· Hazy Skies—The Changing Nature of Particulate Pollution, Richard C. Flagan, California Institute of Technology Pasadena, California, USA. Date of lecture: 25 August, 11:20-12:00

· Inorganic Graphene Analogues and Related Materials, C. N. R. Rao, International Centre for Materials Science and Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research, India. Date of lecture: 25 August, 10:40-11:20

· Research and Development of Ecomaterials in China, Zuoren NIE, College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Technology, Professor. Date of lecture: 28 August, 11:10-11:50

· Technology for Landfill Improvement and International Cooperation by Fukuoka Method, Yasushi Matsufuji, Fukuoka University, Faculty of Engineering, Professor. Date of lecture: 26 August, 10:30-11:10

· E-waste Management in Japan and other Asia: Toward the Appropriate Management of Hazardous and Resource Potential, Atsushi Terazono, National Institute for Environmental Studies. Date of lecture: 26 August, 11:10-11:50

· Feature and Future of Soft Processing (Green Processing) for Advanced Inorganic Materials, Masahiro Yoshimura, Promotion Center for Global Materials Research, Dept of Mater., Sci. and Eng., National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, Prof. Emeritus. Tokyo Institute of Technology, Japan, Date of lecture: 28 August, 10:30-11:10



■第24回日本MRS年次大会

日時: 2014年12月10日(水)~12日(金)

場所: 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)

▽重要期日

発表申込締切 2014年9月12日(金)
 参加登録開始 (聴講者) 2014年10月1日(水)
 受理通知 2014年10月2日(木)
 早期参加登録締切 2014年10月31日(金)
 参加登録締切 2014年11月20日(木)
 アブストラクトHP掲載 2014年12月2日(火)

▽組織委員会

組織(実行)委員長 伊熊泰郎(日本MRS副会長、神奈川工科大学)

企画幹事 森 利之(物質・材料研究機構)
 ポスター・奨励賞担当 節原裕一(大阪大学)
 出版担当 原 一広(九州大学)
 広報担当 有沢俊一(物質・材料研究機構)

事務局 室井るみの・大竹敬子(日本MRS事務局)

▽シンポジウム

A 国際シンポジウム 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

Representative: 金子俊郎(東北大)、Correspondence: 白谷正治(九州大)、Co-Organizers: 石川健治(名古屋大)、井上泰志(千葉工大)、金子俊郎(東北大)、金 載浩(産総研)、白谷正治(九州大)、節原裕一(大阪大)、寺嶋和夫(東京大)、林 信哉(九州大)、荻野明久(静岡大)

B 光分解用材料開発の新展開

Representative: 阿部 竜(京都大)、Correspondence: 阿部竜(京都大)、Co-Organizers: 池田 茂(大阪大)、井上晴夫(首都大東京)、八木政行(新潟大)

C エコものづくりセッション

Representative: 岡部敏弘(近畿大分子工学研究所)、Correspondence: 水渡博幸(関東職能大千葉校)、大川正洋(職能大)、定成政憲(職能大)、Co-Organizers: 伊東 繁(沖縄大)、高崎明人(芝浦工大)、合田公一(山口大)、吉澤秀治(明星大)、本間千晶(北海道立総研)、菅井美賢(産総研)、大谷忠(東京学芸大)、篠原嘉一(物材機構)、中島謙一(環境研)、須田敏和(三ツ沢環境技研)、柿下和彦(職能大)、清水洋隆(職能大)、秦 啓祐(千葉職訓支援センター)、辻純一郎(茨城職訓支援センター)、小川和彦(広島職訓支援センター)

D フラワーレンおよび関連ナノカーボン研究の最先端

Representative: 宮澤薫一(物材機構)、Correspondence: 宮澤薫一(物材機構)、Co-Organizers: 橋 勝(横浜市立大)、緒方啓典(法政大)、青木伸之(千葉大)、中村成夫(日本医大)

E スマート・インテリジェント材料・デバイス

Representative: 古屋泰文(弘前大)、Correspondence: 久保田健(弘前大)、中尾 航(横浜国大)、Co-Organizers: 浅沼 博(千葉大)、西 義武(東海大)、石山和志(東北大)、安達和彦(神戸大)

F 先導的スマートインターフェースの確立

Representative: 前田瑞夫(理研)、Correspondence: 高井まどか(東京大)、齋藤永宏(名古屋大)、Co-Organizers: 高原 淳(九州大)、長崎幸夫(筑波大)、三浦佳子(九州大)、一木隆範(東京大)、松下伸広(東工大)、手嶋勝弥(信州大)

G 国際シンポジウム 界面におけるナノバイオテクノロジー

Representative: 松田直樹(産総研)、Correspondence: 松田直樹(産総研)、Co-Organizers: 大塚英典(東京理科大)、田中賢(山形大)、林 智広(東工大)

H 生体関節を規範とする骨軟骨組織・機能の再生・再建のための革新技術

Representative: 村上輝夫(九州大)、Correspondence: 鈴木淳史(横浜国大)、Co-Organizers: 佐々木直樹(北海道大)、藤江裕道(首都大東京)、光石 衛(東京大)

I マテリアルズ・フロンティア

Representative: 長瀬 裕(東海大)、Correspondence: 伊熊泰郎(神奈川工大)、Co-Organizers: 野間竜男(東京農工大)、長田 実(物材機構)、横澤 勉(神奈川大)、渡邊友亮(明治大)、岡村陽介(東海大)

J 持続可能社会に向けた環境教育と材料教育

Representative: 加納 誠(東京理科大)、Correspondence: 岡

田謙穰(地球環境緑蔭塾)、柴田義文(安信経営工研)、Co-Organizers: 竹ヶ原啓介(政策投資銀行)、岡野富行(葛飾科学教育センター)

懇親会

日時: 2014年12月11日(木)

場所: 未定

会費: 5,000円(一般、学生) * 懇親会費はいかなる場合でも返金できません。

■IUMRS 関連会議

▽Second IUMRS-ICYRAM 2014 Meeting, October 24-27, 2014, Hainan International Convention & Exhibition Center, Haikou, China

▽Brazil SBPMRS Meeting, September 28-October 02, 2014, Joao Pessoa, Brazil

▽E-MRS 2014 Fall Meeting, September 15-19, Warsaw University of Technology, Poland

▽IUMRS-ICA 2014, Aug 24-30, 2014, Fukuoka, Japan

▽IUMRS-ICAM 2015, October 25-29, 2015, Jeju International Convention Center, Jeju, Korea

■MRS-J 協賛会議

▽第50回学際領域セミナーマイクロ電極—基礎理論から最新応用まで—、主催 電気化学会関東支部、協賛 日本MRSほか、日時・場所 2014年9月19日(金)10時~17時30分、明電舎大崎会館(東京都品川区大崎)、問合せ先 電気化学会関東支部、Tel. 03-3234-4213、E-mail ikezuki@electrochem.jp

▽「第24回無機リン化学討論会」、主催: 日本無機リン化学会、協賛: 日本MRSほか、日時・場所: 2014年9月25日(木)~26日(金)、公立学校共済組合高知宿泊所高知会館、詳細: 高知大学理学部附属水熱化学実験所・中川安由、Tel: 088-844-8352

▽第6回マイクロ・ナノ工学シンポジウム、日時・場所: 2014年10月20日(火)~22日(木)、くにびきメッセ(島根県松江市)、スマート・インテリジェント材料・デバイス(日本MRSとの共同企画)、詳細: 日本機械学会(担当)大竹英雄 E-mail: otake@jms.or.jp

▽第34回エレクトロセラミックス研究討論会、主催: 日本セラミックス協会電子材料部会、協賛: 日本MRSほか、日時・場所: 平成26年10月24日(金)~25日(土)、東京工業大学大岡山キャンパス西9号館、問合せ先: 日本セラミックス協会電子材料部会研究討論会主査 長田 実(物質・材料研究機構)、Tel 03-3362-5231、E-mail: e-touron@cersj.org

▽材料における拡散—基礎および鉄鋼材料における拡散と関連現象、主催: 日本金属学会、協賛: 日本MRSほか、日時・場所: 2014年10月24日(金)、東京工業大学 田町地区キャンパスイノベーションセンター(CIC)、問合せ先: 日本金属学会セミナー、meeting@jim.or.jp、Tel 022-223-3685、Fax 022-223-6312

■新刊紹介

Transactions of the MRS-J, vol. 39, No. 2, 2014 が出版されました。以下に、年度別、シンポジウム、掲載された論文数を示します。

2011年

▽Session. E Domain Structure Related Ferroic Properties and New Functional Materials 1

2012年

▽Sympo. A-1 Solar Cells and Related Materials 2; Sympo. B-7 MEMS/NEMS and Micro TAS 1

2013年

▽Sympo. B Materials for Living-Environment・Energy・Medicine 1; Sympo. E Syntheses, Characterizations and Applications of Oxide Nanocomposites Materials 1; Sympo. F Domain Structure Related Ferroic Properties and New Functional Materials 8; Sympo. G Smart/Intelligent Materials and Devices 1; Sympo. I Recent Progress of Functional Fine Particle Related Technologies Toward Environmental Friendly Process and Function 2; Sympo. K Self-Assembled Materials and Their Functions XII 3; Sympo. L Fabrication, Characterization and Application of Molecular Thin Films-Structural Analysis and Control Toward the Realization of Novel Functions 9; Sympo. N Frontier of Biointerfaces 1; Sympo. S Analytical and Assessment

Methods (in Materials and Environmental Technologies) 1; Sympo. T Materials Frontier 1; 一般投稿 2

■2015年宗宮賞募集

The 2015 Somiya Award を募集しています。所定要旨に必要事

項ご記入のうえご応募ください。応募期限：2014年12月23日、問合せ先：物質・材料研究機構・森 利之、E-mail MORI.Toshiyuki@nims.go.jp です。



To the Overseas Members of MRS-J

■IUMRS-ICA2014: Looking Forward to Its Great Success!! ... p. 1
Atsushi SUZUKI, President of the Materials Research Society of Japan, Chairperson of the Committee of IUMRS-ICA 2014

The increased awareness about global effects on the environment calls for technological innovations in the materials science field. Technological innovations are expected to provide a wide range of breakthroughs that aid the establishment of a sustainable society. These breakthroughs will have wide-ranging implications for economic activities and will help achieve harmony with the natural environment. To establish comprehensive innovation strategies, it is necessary to address cross-cutting issues by interdisciplinary collaborations between the developed and developing countries, which depend on social, economic, and regulatory factors. On this occasion, the 15th IUMRS-ICA (International Conference in Asia) will be held in Fukuoka, Japan from 24th to 30th August 2014, organized by the MRS-Japan. This is one of the series of the IUMRS-conferences hosted by the Asian MRS Members, C-MRS, MRS-I, MRS-J, MRS-K, MRS-S and MRS-T. This conference aims to bring together materials scientists and engineers from various countries in Asia and across the world. The main objectives are to provide a unique opportunity of discussion concerning recent progresses in different aspects of advanced materials research and technology for sustainable development. We hope that this conference will lead to strengthen its ties with Asian countries in the field of advanced materials.

■The Fukushima Renewable Energy Institute p. 2
Michio KONDO, Deputy Director General, AIST (FREA)

The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) established the Fukushima Renewable Energy Institute in Koriyama, Fukushima Prefecture in April

2014, to promote R & D into renewable energy.

The Fukushima Renewable Energy Institute, AIST (FREA) has two basic missions: The promotion of R & D into renewable energy, which is open to the world; and to make a contribution to industrial clusters and recovery after the earthquake particularly in Fukushima.

The new institute was established as a 10th research base of AIST to develop innovative technologies in collaboration with domestic and international partners.

■Application of the DSC-Raman spectroscopy for Material characterization p. 4
Toshiyuki SUZUKI, PerkinElmer Japan Co. Ltd.

Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Raman spectroscopy (Raman) are two complimentary techniques that, when combined, provide greater insight into material changes of polymers and pharmaceuticals at a molecular level. DSC-Raman hyphenated analysis is applicable to a variety of materials ranging from solids to liquids. The article describes how DSC-Raman provides information on structural change of poly-L-lactic acid (PLLA) with temperature by directly assigning the peaks observed in Raman shifts to molecular vibrational modes while obtaining information on glass transition, cold crystallization, and melting by simultaneously recorded DSC curve. DSC-Raman proved to be a powerful tool for obtaining information on whether the reaction is reversible or irreversible, whether it is amorphous or crystalline, and on the entire structural change; it therefore is a promising tool for material characterization.

■IUMRS-ICA 2014 p. 6

■The 24th Annual Meeting of MRS-J p. 7

目次

01 やあ こんにちは IUMRS-ICA2014 国際材料研究学会連合のアジア会議の開催を目前にして 鈴木 淳史	04 トピックス 材料特性解析と DSC、ラマン分光法同時測定技法 (DSC-Raman) 鈴木 俊之
02 研究所紹介 福島再生可能エネルギー研究所 近藤 道雄	08 To the Overseas Members of MRS-J

編後記
 東京で電が降ったり、集中豪雨に襲われたりと、最近はずっと予想のつかない気象現象が多い。「ゲリラ豪雨」という言葉は軍事を連想させ不適切という見方もあるが、肌感覚としてはわかりやすく、新語・流行語大賞に選ばれたのは2008年のことである。2008年と言えば、日本 MRS が主催した国内で開催する国際会議である IUMRS-ICA2008 (名古屋) が開催された年である。IUMRS-ICA2014 (福岡) は、私事ながら、IUMRS-ICEM2012 (横浜) について3度目の IUMRS 会議である。日本 MRS としてインパクトのある国際会議となることを祈念する。(小棹記)

©日本 MRS 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科 中川茂樹研究室内

http://www.mrs-j.org/ E-mail: nakagawa@pe.titech.ac.jp

2014年日本 MRS ニュース編集委員会 第26巻 第3号 2014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)

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(株))、岩田展幸 (日本大学理工学部)、Manuel E. Brito (山梨大学クリーンエネルギー研究センター)、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 ((株)共立)、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