



RATO NEWS

Vol.2



RATO
有機系太陽電池技術研究組合

Contents

RATO新理事長 田中 千秋氏 インタビュー	… 1
分科会報告	
-① 材料・セル・製造プロセスの開発設計分科会 有機系太陽電池ワークショップ ～酸化チタンの基礎化学と応用～	… 3
-② ICES2013を終えて	… 5
-③ 第一回用途開拓シンポジウム	… 7
寄稿	
-① EU PVSEC 2012 を訪問して	… 9
-② IEC TC113 ミルピタス会議(米国)に出席して	… 11
-③ "Angewandte Chemie"125周年記念 シンポジウムに出席して —Roald Hoffmannの分子軌道概念と分子構造太陽電池—	… 13
理事長退任に当たって	… 15
シンポジウム・講習会報告	… 16
活動報告(2012年9月～)	… 17

RATO新理事長

田中 千秋氏

インタビュー



インタビュアー：松本 真由美
(東京大学教養学部 客員准教授)

——新理事長就任に当たっての抱負をお聞かせください。

田中：地球環境とエネルギー問題は地球が抱える最重要課題ですので、その問題に取り組む組合の理事長就任は身の引き締まる思いです。金川前理事長の熱い思いを引き継いで、実用化への道筋をしっかりと立てていくことが私に課せられた使命であると思っています。RATO(有機系太陽電池技術研究組合)の趣旨として、組合に参加する企業がどうやって結合してやっていくのが重要です。それをうまく取りまとめ、皆さんの力を引き出していくのが私の役目です。夢と期待は大きいのですが、一方で課題も多く抱えていますので、世界に先駆けて有機系太陽電池の商品開発を加速するためにしっかり取り組んでいきたいと思っています。

**イノベーションの原動力は化学、
「融合と連携」がキーワード**

——東レでの技術開発や実用化でのご苦労や忍耐、意欲についてお聞かせいただけますか？

田中：「化学がいかに大事か」「化学が世の中を変える」と、常に話しています。繊維とプラスチックの東レと言われていますが、実はそうではなく、本質は化学に拠って立つ会社、化学企業です。有機合成化学や高分子化学、バイオテクノロジー、そして最近ではナノテクノロジーを加えたベースの要素技術を持ち、時代の変化に応じて時代が必要とする新製品を生み出し、業容を変革しながら成長を続けています。ロングタームコミットメントの言葉の通り、中長期の研究開発こそが私たちの未来を作ります。イノベーションを起こすのは研究開発で、その原動力は化学、ケミストリーです。例えば、炭素繊維は、日系企業以外では欧米の企業が先頭切っただけでしたが、長丁場の勝負には太刀打ちできないと止めてしまい、粘り強くやり続けた日本の3社が今や世界シェア70%です。企業が四半期ごとの業績を追いかけるあまり、無茶をして研究開発費の削減に頼ってはなりません。

——研究開発はまさに忍耐が問われますね。

田中：新興国の台頭が著しいため、中長期といえどももっとスピードを上げて効率を上げなくてはなりません。そのためには、「連携と融合」がキーワードになります。かつては自前主義で、全部自分の処で作った技術を他には漏らさないようにしていましたが、今は速く成果をあげなければならない。そのためには強いパートナーと組むこと、そしてエンドに近いお客様と組むことです。例えば炭素繊維のコンポジットはボーイング787で成功しました。上流にいる我々は従来のサプライチェーンではボーイング社とダイレクトにコンポジット材料で機体作りに参画できませんでした。このままでは、21世紀に入っても機体の作り方は従来通りのアルミ合金や伝統的デザイン、確立された製造方法に依存していたでしょう。ボーイングと東レが「ダイレクトパートナーシップ」を結び、機体の企画設計段階から一緒になって開発したのでイノベーションを起こしたのです。

用途を決めると、要求性能が変わってくる

——ダイレクトパートナーシップが重要なのですね。

田中：RATOでもダイレクトパートナーシップを模索したい。この用途に使うと決めると、要求性能が変わってきます。一般的な特性を言って、あれもこれもとやるから難しいわけです。我々はユニクロとの関係もダイレクトパートナーシップを結び成果を出しました。従来型のサプライチェーンは非常に長く無駄がありました。エンドの欲しいものが上流の我々に伝わってこない。いいものを安く作ればエンドが使うと思っていたが、従来のサプライチェーンでは本当に最終顧客の求めるものを作っていなかった。ユニクロと東レはサプライチェーンの大改革を行うことで、ヒートテックなど年間1億枚以上売れる商品を生み出しました。ユニクロのスーパー店長と呼ばれる最前線のトップから東レに直接要求が来て、我々がすぐそれに対応し世界中のネットワークを使って製品を開発・生産するモデルです。

太陽光発電事業について

—現在の太陽光発電事業についてどう思われますか？

田中：温暖化対策として、太陽光発電が再生可能エネルギーの中では最も有望でしょう。太陽光は無限にあり、太陽光パネルの変換効率は急速に進んでいます。しかし、太陽光発電に対して二つの対極的な見方があります。1つは太陽光発電の現状に由来する悲観的な見方です。欧米、日本の太陽電池メーカーが中国勢に圧倒されてしまいましたが、その中国勢まで破産に追い込まれている現実があります。

未来を予測する二つの書籍をお見せしましょう。「2052 今後40年のグローバル予測」と「2030年 世界はこう変わる」の2つで、大きな見方の違いがあります。「2052」は「成長の限界」を書いたローマクラブの一人が筆者です。ここでは、太陽光発電がいかにも有望かを説いている。それに対して「2030年」は、再生可能エネルギーの将来に悲観的な見方をしている。これは米国国家情報会議から大統領など向けに15～20年のインターバルで発行されていますが、国家安全保障や世界の中の経済や政治問題の視点から、地球環境問題も大事だが、米国の雇用や経済を考えると太陽光は2030年くらいまでは期待できないと論じています。

世界を変えていくのは、性能・コスト面でも限界に近づいてきているシリコン系ではなく、有機太陽電池なのだと言われている。指導者をはじめ、多くの人に理解してもらう必要があります。短期的に見たら確かに非常に厳しい事業ですが、これを乗り越えていかなくてはなりません。太陽光の今後の展開としては、スマートコミュニティの中にもうまく取り入れていくことが重要になるでしょう。

有機系太陽電池の実用化に向けて必要なことは

—有機系太陽電池の実用化に向けて、何が必要でしょうか？

田中：太陽光発電にも多様な種類があり、住み分けで始まると思われれます。有機系太陽電池もできる用途から、順次立ち上げていくべきです。そのためにもFIRST(最先端研究開発プログラム)とRATOは強い連携をしながら役割をはっきりさせなくてはなりません。RATOでは、用途開発などの勉強会も始まりましたが、FIRSTとの連携の中で変換効率や耐久性を高めるという解析的な部分から早く次の一歩を踏み出したい。

用途を前提にするとどのような特性を重視して開発すべきかが必ず変わってきます。変換効率や耐久性がシリコン系に及ばなくてもそれはそれでやりつつ徐々に広げていき、究極の目標へとつなげる。用途展開の可能性や課題を明確にして、それに対するトータルの材料システムやプロセスなどの総合力、あらゆる知恵を盛り込み、どうやって実用化のステップを歩み始めるかを考えるのです。平成25年までの実行計画

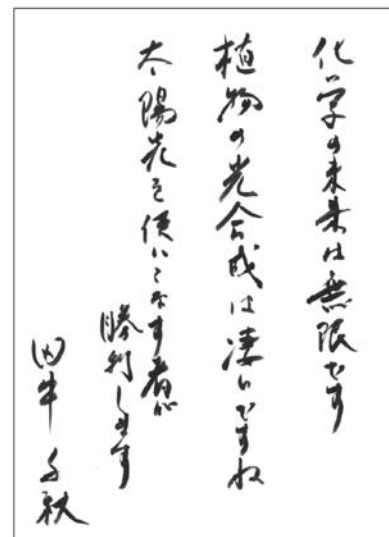
はありますが、その先のビジョンが明確に描かれていませんので、有機系太陽電池実用化のグランドデザインを描きたい。

—金川前理事長の「退任に当たって」のお言葉を受けて、ご意見をお伺いできればと思います。

田中：これはきわめて重要なご指摘で、日本のものづくりの本質的な問題にかかわっている事だと思えます。日本のものづくりは、1980年代でトップに立って、それまでは欧米に追いつけ追い越せという目標がありましたが、それが無くなった途端に進化が止まってしまった。日本のものづくりを階層別、業種別に解析したら、この小さいグループの中で競争していたわけで、この従来型の非効率な生産体制を変えていかなければなりません。日本の中だけ競争してモノづくりという「ガラパゴスジャパン」では負けてしまいます。金川前理事長の指摘と私が言っていることは本質的には同じですが、いかにしてチームジャパンとして、皆が協力して階層に分れてではなく一緒になって、最終用途を想定したモノづくりができるかです。効率的に考えると、組合の中では同じ仲間が組むというよりも、エンドに近い企業にも加わってきってもらって一緒にやる方がいいかもしれません。

—最後に会員企業様に向けてメッセージをお願いいたします。

田中：日本はこのままではダメになっていきます。先日東大で講演した際に「どうして危機感を持たないといけないのですか」と会場から質問を受けました。日本にマザー工場があって、開発拠点があればこそ、海外進出しても勝ち抜け日本に利益還元できて、新しい技術を開発できます。日本は今危機にある、要するに戦時下なのです。そういう認識に立ったら皆、一致団結できます。有機太陽電池でも有機ELでも中韓が大きく伸びて、負けてからでは遅いのです。日本の産業の総力を結集して有機系太陽電池の実用化を世界に先駆けて成功させる、これが日本の将来の為にどんなに重要かを皆さんにご理解頂いて、力を合わせて頑張りたいと思います。



分科会報告 - ①

材料・セル・製造プロセスの開発設計分科会 有機系太陽電池ワークショップ ～酸化チタンの基礎化学と応用～

文：久保 貴哉 (東京大学先端科学技術研究センター 附属産学連携新エネルギー研究施設 特任教授)

有機系太陽電池技術研究組合 (RATO) では、有機系太陽電池を構成する様々な材料の基礎と応用、さらには太陽電池評価技術など有機系太陽電池の研究開発を進める上で有益な科学技術について幅広く解説する講習会として、「有機系太陽電池ワークショップ」を開催しています。第1回は材料セル・製造プロセスの開発設計分科会が中心となり、色素増感太陽電池や有機無機ハイブリッド太陽電池の高性能化において、重要な構成素材の一つである酸化チタンを取り上げ、2012年12月12日(水)に東京大学駒場リサーチキャンパス(ENEOSホール)にて、ワークショップ「酸化チタンの基礎化学と応用」を開催しました。本ワークショップには、RATO組合員から約30名、大学院生など非組合員からも多くの受講を頂きました。なお、「最先端研究開発支援プログラム(FIRST)－低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発」との共催により実施しました。

本ワークショップは、金川哲夫 RATO 理事長 (当時) より、太陽電池の研究開発を取り巻く環境や、有機系太陽電池の実用化の重要性などの開会挨拶に引き続き、酸化チタンの基礎科学と応用について、第一線でご活躍の先生方に講義をして頂きました。



開会の挨拶 (金川哲夫前理事長)

講座プログラムは以下の通りです。

<ワークショップ講義内容>

理論計算化学による酸化チタンの基礎科学

東京大学 山下晃一先生

酸化チタンの基礎物性と機能性

北海道大学 大谷文章先生

酸化チタン表面特性と塗布技術

御国色素 瓦家正英先生

酸化チタンの光機能デバイスへの応用

東京大学 内田聡先生

“理論計算化学による酸化チタンの基礎科学”では、ナノサイズの粒子状や薄膜状の酸化チタンの基底および励起状態での電子状態を中心に、電子伝導性と反応性に関する理論計算化学についての、講義が行われました。新しいタイプの有機系太陽電池の一つである界面錯体型太陽電池に用いられる、有機分子が酸化チタン表面と反応してつくる界面錯体の構造や光物性についての研究事例紹介もあり、有機系太陽電池の研究開発における理論計算化学の有用性が示されました。



山下晃一先生 (東京大学)

“酸化チタンの基礎物性と機能性”では、さまざまな分野で機能性材料として利用されている酸化チタンの組成、結晶構造、表面構造、二次粒子の形成などの構造特性と光吸収・散乱や表面での吸着、光励起状態とその失活などの物性について講義が行われました。酸化チタンの光触媒性能と結晶面などの基礎物性との関係についての豊富な実験データは、有機系太陽電池の高性能化研究を行うときの重要な知見となるものでした。



大谷文章先生（北海道大学）

“酸化チタンの表面特性と塗布技術”では、有機系太陽電池の作製技術に関わる実践的な内容を多く含む講義が行われました。色素増感太陽電池の光電極に使われる酸化チタンメソ多孔体を印刷法で作製するために重要な、印刷性と電極機能を両立した酸化チタンペーストの調製に必要な顔料分散や塗装技術についての講義が行われました。さらに、塗料用酸化チタンの表面処理による半導体特性への影響などについて、太陽電池用酸化チタンの開発に役立つトピックスについても詳しく説明が加えられました。



瓦家正英先生（御国色素）

“酸化チタンの光機能デバイスへの応用”では、色素増感太陽電池を中心に、酸化チタンナノ粒子の光機能デバイスへの応用について講義が行われました。講義の前半では、理論計算の結果を利用しつつ、結晶相や結晶性の異なる酸化チタンのバンド構造や電子伝導性などの基礎的な半導体物性について解説が加えられました。講義の後半では、色素増感太陽電池の高性能化や高耐久化に向けて、基礎研究から実践的なフィールド試験まで幅広く進展している研究開発状況について、詳細な講義が行われました。また、東京大学先端科学技術研究センター環境エネルギー棟6階瀬川研究室におかれている色素増感太陽電池の製造パイロットラインの現状について動画を交えながら紹介がありました。



内田聡先生（東京大学）

ワークショップ終了後に、講師と30名程度の聴講された方々に参加を頂き意見交換会を実施しました。講義に関する質疑の続きや発展させた質問など講義内容の理解を深めるディスカッションが行われました。さらに、意見交換会は、様々な業種から構成されるRATO組合員同士の横のつながりを強める機会にもして頂くことができました。



意見交換会

分科会報告 - ② ICES2013

文：内田 聡（東京大学教養学部 特任教授）

2013年1月26-28日にかけて蔵王を会場に有機系太陽電池の計測及び評価国際会議 International Conference on the Evaluation & Standardization of Organic Solar Cells (ICES2013)を開催しました。海外はスイス・スペイン・アメリカ・スウェーデン・韓国・中国・台湾から9名の招待講演者を迎え、国内の招待講演者も含めて総計51名の参加を得ました。

幸い天気にも恵まれ、冬シーズンのリゾート地ということもあって、かつ、ご出席頂いた皆様方の温かい御支援と御協力の下に無事淡々とスケジュール通り会議を終えることができました。改めて関係各者に感謝申し上げます。

今回の会議では太陽電池分野の第一戦で活躍されている著名な先生方の出席を頂き、以下の3件の基調講演を頂きました。

(1) 産総研太陽光発電センターの近藤道雄先生からは太陽光発電の普及拡大にはモジュール効率が12%以上必要である話や、そのための技術革新について概説頂き、材料の組み合わせに制約のない有機系太陽電池は有望である旨をお話頂きました。

(2) 瀬川浩司先生からは色素増感太陽電池研究者の最近の関心事であるルテニウム錯体 Dye-X を始めとする最近の成果について御披露頂きました。

(3) グレッツェル先生からはサプライズとして新規なポルフィリン色素 SM315 を用いて色素増感太陽電池では初めて効率13%台を記録した話を御報告頂きました。色素は既知の YD2-o-C8 を基本骨格としてドナーとアクセプター部位を改良したもので、波長感度域が(700nm → 800nm)と長いのが特徴です。

また本会議の主題でもあります有機系太陽電池の計測と標準化については以下の招待講演を頂きました。

(1) KASTの馬飼野信一講師からは色素増感太陽電池の性能評価に関する困難について問題を提起。具体的には電圧の掃引速度や掃引方向の違いによりI-V曲線が一致しなくなる話や、分光感度測定でIPCE曲線の形が照射光強度の違いによって変化する(非線形挙動を示す)話を頂きました。後者は有機薄膜太陽電池にも見られる現象です。

(2) SONYの志村重輔講師がこの問題を解決する一つの手段として新規なアルゴリズム法(Inversion Count Method)を提案。階段状に電圧を掃引し、かつ適宜保持時間を可変させることでヒステリシスの無いI-V測定ができることを披露頂きました。irregular stairs voltammetry (ISV)と命名。

(3) コニカミノルタオプティクスの上川宜弘講師(共同研究者の内田より発表)からはI-V測定を行う前提となるソーラーシミュレータの光量を定義する新しい手法を提案。即ち、これまで太陽光発電を支えてきたシリコン系は一次基準セル(primary cell)というのがあり、それを元にソーラーシミュレータの光量を決め、最終的に自分のセルは効率〇%と値付けをしてきたわけですが、有機系太陽電池の場合は上述の通り材料の組み合わせが無制限で、かつ次々と新しいものが開発されるため厳密には基準がないまま(通常はシリコン太陽電池を基準に)評価をしていることとなります。この矛盾と問題点を解消すべく、新たに世界に先駆けて評価装置を開発しました。原理はドイツの認証機関PTBで考案された絶対分光感度法 Differential Spectral Responsivity (DSR) methodを採用しました。実際の評価手順としては、IPCE測定と同じように波長毎の起電流を精密に積算して既知の数値データと照らし合わせることで基準となる光量を正確に見積もります。本システム、言い換えればバーチャルセル方

式の特徴は有機系に限らずどのような分光感度を持つ太陽電池にも適用でき、また低照度での効率測定も可能です。

(4) インピーダンスの権威であるビスカート先生からは実際に有機系太陽電池が工業生産された際に、セルをオンラインで全量検査することを目指した高速 EIS 測定の紹介がありました。

(5) 最後に先端研の松山外志郎講師からは IEC 国際規格に向けた取組みを御紹介頂きました。現在太陽電池の認証規格は技術委員会 TC82 で詳細な取り決めがなされてい

ますが、ここには後発の有機系太陽電池に関する知見は盛り込まれていません。一方、昨年来より積極的に活動を始めた TC113 では太陽電池も含めたナノ材料デバイス全般の信頼性評価を議論していますが、技術内容の棲み分けと戦略をどうするべきか？という重要な課題を御提示頂きました。

以上、私なりの解釈で認識に多少差があったかもしれませんが、内容をかいつまんで会議全体の報告をさせて頂きました。繰り返しになりますが、御協力頂きました皆様、本当にありがとうございました。



分科会報告 - ③

第一回用途開拓シンポジウム

文：豊田 竜生（RATO 用途開拓・調査分科会リーダー）

本年2月21日（木）に有機系太陽電池技術研究組合（RATO）主催による「第一回用途開拓シンポジウム」が、東京大学先端科学技術研究センター産学連携新エネルギー研究施設内のENEOSホールで開催されました。冒頭の金川理事長の挨拶にもありました、「色素増感太陽電池や有機薄膜太陽電池のエネルギー変換効率が13%^[注1]に迫ってきており、用途に応じた市場の創生も重要である」という言葉どおり、産業界も用途開発や商品化を意識し始め、ビジネスマンを中心に95名の参加がありました。

本シンポジウムの企画意図は、RATO組合員の皆様に有機系太陽電池の用途開拓を促進される一助となるよう、各界の第一人者の講師をお招きし太陽電池の市場動向からデザインや応用商品、メガソーラーまで太陽電池を取り巻く幅広い話題をご提供いただく機会の提供であります。有機系太陽電池に関わられている皆様に、用途開拓のヒントやビジネスインスピレーションを得ていただくことを目的に開催されたものであります。また、研究者にこそ用途開発を意識した研究をしてもらいたいとの思いから、大学・公的研究機関の関係者には、RATOの関わりの有無によらず無料で聴講できるようにしました。開かれたRATOの活動を皆様に知っていただくため、門戸を開放し組合員以外の方々も参加できるようにしました。講演の話題提供や講師選定は、事前に組合員の皆様からアンケートを募り、時間の関係と話題が重複しないよう配慮し4題とさせていただきます。

第一話の「太陽電池の技術・市場動向と有機系太陽電池の生きる道」は日経BP社日経エレクトロニクス編集部でエネルギー関係・電池・先端技術等取材されている野澤哲生先

生にご講演いただきました。世界の太陽電池事情から日本における太陽電池設置の問題点や、ベンチャー企業の破綻とその理由についての解説がありました。有機系太陽電池については、現在の効率・寿命では用途に限られるなど辛口の意見もありましたが、一方で軽い・曲がるなど特長をいかし設置を含む総費用で活路を見出す事やプリンタブルな特長を生かし、小型軽量の複合デバイスを指向するのが望ましいという有機系太陽電池の立場に立った温かいアドバイスもありました。太陽電池の業界や市場を長年に渡って取材されているご経験から、ご講演は示唆に富んだ事例紹介が多く、聴講者からは、有機系太陽電池の立ち位置や研究開発方向について深く考えさせられたとの意見をいただいております。

第二話の「太陽電池が描く未来世界～発想を広げて、花を咲かせる～」はソニー UX・商品戦略本部の木村奈月先生にご講演いただきました。木村先生は色素増感太陽電池関係者で知らない人はいない「Hana-Akari」のデザインを担当、ブレンストーミングから始まったHana-Akariプロジェクトの「技術」と「デザイン」の文化の衝突から相互理解に至るまでの道程、開発の苦労話や達成感をサラリとご紹介いただきました。またライフスタイルや和の心・素材の持つ力をコンセプトに自然観や哲学を自己の感性で見える形にしていって未来感豊かな内容でした。講演後、技術者のアプローチとはまったく異なる方法論の聴講体験で感動したとの意見も多く寄せられました。

第三話は「メガソーラー導入の動きと今後の展望」というタイトルでNTTファシリティーズ社メガソーラープロジェクト本部の小西博雄先生にご講演いただきました。講演では

[注1] 階催時の2013年2月時点。その後2013年5月（現在）には14.1%の発表があった。

日本国内で大規模実証が行われている北海道稚内市と山梨県北杜市のメガソーラーを例示され、太陽光発電の系統連系の抱える課題とその対応策について具体的な事例を複数紹介いただきました。日本では太陽光発電の普及、特に非住宅比率を向上するには制度の変更が必要であると考えておられ、諸外国とは異なる独自の制度設定の重要性について述べられました。太陽電池普及にはパネルの価格や性能だけでなく、エネルギー政策に大きく依存するため官民の連携や協力が必要との事でした。有機系太陽電池に関わる聴講者の方々には、メガソーラーの設置例のほとんどを占めるシリコン太陽電池にも課題が多いことや初めて聞くスケールの大きなお話に圧倒された人も少なくなかったと思います。

第四話は「エネルギーハーベットの動向と展望」でNTTデータ経営研究所社社会・環境戦略コンサルティング本部の竹内啓治先生にご講演いただきました。未利用のエネルギーを収穫（ハーベスト）して電力へ変換する技術と有機系太陽電池が親和性がある点や省電力の小型電子機器の自立電源への活用例として、国内では村田製作所の電池交換不要の無線スイッチとセンサの試作品例や海外ではフランスのSchneider Electronic 社が発売を予定している室内用無線マルチセンサ（Solar Print 社の色素増感太陽電池）を紹介いただきました。また、近未来の展望として、Guardian Angels と Industrial Internet の欧州プロジェクト紹介もありました。前者は、光、振動、温度、電波からエネルギーを収穫すると共に、低消費電力技術と組み合わせることで、ゼロパワーを実現する構想であり、後者は、産業革命・インターネット革命に続く第三の波として位置づけられ、産業機械のインテリジェント化とネットワークのビッグデータとの連携で生産性の向上を目的に推進されているそうです。聴講者の方々から、有機系太陽電池のバラ色の将来を垣間見たと講演後のコメントをいただいております。

シンポジウム終了後の講師の方々との意見交換会では、異例の60名を越える多数のご参加がありました。熱のこもったご講演と聴講者の皆様の真摯な受講姿勢が一体となった結果、多数の参加につながったと受け止めています。意見交換会では質問攻めにあう講師の方や名刺交換の名刺が不足される方も見受けられ、本シンポジウムは知識や情報の吸収だけでなく、人の輪づくりにも多少のお役になったかもしれません。聴講された皆様から、シンポジウム開催に対する過大な謝意をいただき、第二回目の開催を熱望するとの要請がありました。企画・開催担当としましては、心を強くした次第です。こうして第一回用途開拓シンポジウムも大盛況のうちに閉会となりましたが、流暢な司会を務めていただいた松本特任研究員（当時）、講演会場や意見交換会の手配や設営、予稿集の作成、受付や会場案内をしていただいた五井事務局長、上遠野様、鈴木様、宮木様はじめ瀬川研スタッフ皆様の多大なご尽力を頂きました。また、参加していただいた聴講者の皆様のご協力で無事終了することができました。未筆ながら感謝の意を表し、開催報告とさせていただきますと思います。

寄稿 - ①

EU PVSEC 2012 を訪問して

文：高木 克彦 (RATO 技術委員会 委員長)

昨年9月25日から10月1日の間、松山外志郎氏（東京大学先端研）とDSCの国際標準化の動向を探るため欧州各国を訪問した。その際、ドイツ国、フランクフルト市で開催中のEU PVSEC 2012に参加した。旅程の都合でこの国際会議には出席できず、併設の太陽電池国際展示会を1日だけ見学した。従って、「EU PVSEC 2012 を訪問して」と表題をつけたが、DSC国際標準化の動向についても報告する。

フランクフルト到着後、翌日、今回の主要訪問先であるIEC, TC113 委員会幹事の Prof. N.Fabrizius (Karlsruher Inst. Tech., Germany) と面談し、IEC, TC113 委員会にPWI（予備業務項目）として提出された“Reliability Assessment of Nano-Enabled Photovoltaics”について議論した。ここでの会見で、同氏からは、NanoEnabledPhotovoltaicsには、全ゆるナノ構造有機系太陽電池が含まれる事が示された。また、TC82とTC113との差別化は、前者がSi系を中心に全太陽電池の国際標準に対応しているのに対して、後者では電子デバイスの主要構成部分であるナノオーダー構造要素の性能・耐久性評価・標準化を取り扱う。換言すれば、前者はデバイスで纏めるのに対して後者は分野を越えたナノ技術という切り口で纏めたものである。このため、TC113では、製品認証までは行わないとDr. Fabrizioは明言した。

示会のみ1日入場券であり、入場料は格安であった。会場はそれなりに盛況だったが、経済環境悪化の影響で出展予定企業の6割が辞退したと説明されていた。展示会は、2階建ての展示場で2フロアを用いて開催されていた。日本の展示会と異なり、細かいカテゴリ毎に分類されず、1階フロアと2階フロアにどのような企業が展示しているの分かり難かった。

有機系太陽電池の著名な企業であるSolaronix、G24i、Dyesol等の展示はなかったが、フラウンホーファー（DSC）、Heliatek（OPV、青-緑タンデムでφ125mm 6%超）、Coatema（OPV）が出展していた。ただしフラウンホーファーは研究機関、Coatemaはプリント装置の会社であり、展示会全体として有機系太陽電池の実用製品の展示はなかった。日系の企業としては、ソニー、島津、浜松ホトニクス、SMC（真空機械等のメーカー）コニカミノルタグループ等があった。

第3日目午前中は、ジュネーブ市（スイス）のIEC中央事務局を訪問した。松山氏の旧友である本事務局職員G.Barta氏を表敬訪問した。一般的な会話であったが、その中で同氏は、一つの技術がIECの場に出てきた際の関係/競合技術との折り合いについて一般論を用いて説明していた。TCの運営についてもいろいろな異論が出る場合、これを国際のTC会議で議論するには、時間的制約も含めてなかなか議論が煮詰まらない。このような場合、論点を充分整理する議論を前もって各国が国内で行い、その上で国際の議論とする事が重要である。それでも問題が収まらない場合には、中央事務局はアドバイスをするが方向付けには関与しない。問題が大きくなれば、TC間の課題を討議するSMB(Standardization Management Board、標準管理評議会)にて議論される事になる事などを指摘していた。



写真 (1) EU PVSEC 2012 会場内昼食風景

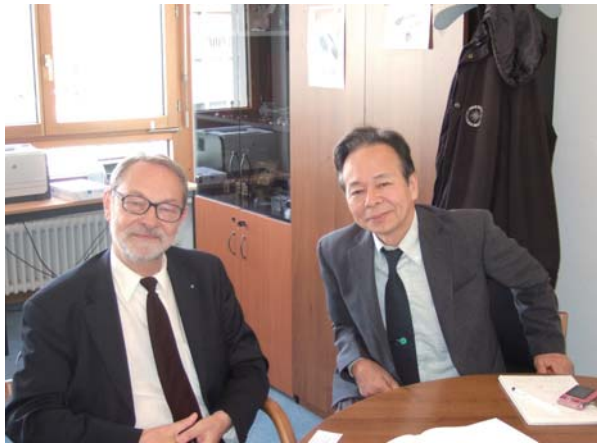


写真 (2) IEC 中央事務局で Barta 氏と会談

同日、午後、DSC メーカーの Dr. Toby Meyer (Solaronix, Aubonne in Switzerland) 氏を訪問した。TC113 に今回の有機太陽電池の信頼性に関する PWI が提出されていることはマイヤー氏にとって初耳のようだった。同氏によると、欧州域内では OPV という言葉は、薄膜型と DSC の双方を含むという理解ができているとの事であった。今回の PWI 提案については、スイスが TC113 のメンバー国でなく、スイスからの参加がない場合でも DSC 関係者に働きかけたいと思っていると語った。その他、Solaronix では、今年度末完成の Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL) キャンパスの新築建物の側全面への当該社製 DSC パネル設置を設置する計画を示した (建物壁一面の装着でかなりの面積であった)。

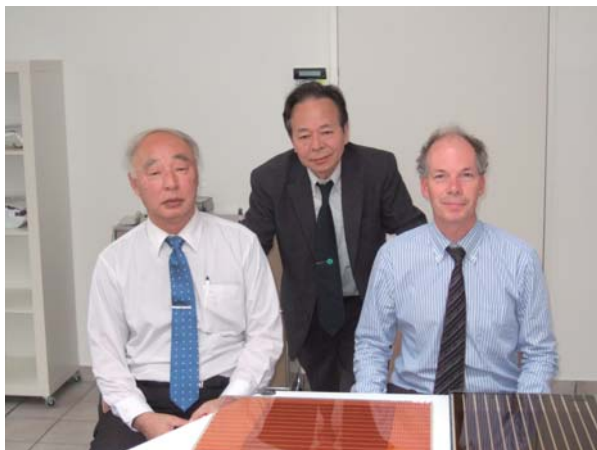


写真 (3) Solaronix で Meyer 氏と会談

Fraunhofer 研究所を訪問した。予め、Dr. Hinsh 氏に面会を申し込み、所内見学と DSC の評価・標準化に関して面談を希望する旨、連絡しておいた。訪問したのは筆者の他に、KAST 研究員の青木 (智) 氏と松山氏が同行した。当該研究所からは Dr. Hinsh 氏と Dr. Weurman 氏 (写真参照) が対応した。所内見学を受けた後、青木氏から、パソコン画面を見ながら KAST 概要、FIRST の概要、現在の DSC 評価法に関して進捗状況などを説明した。特に、光電変換応答速度時定数が大きな DSC の場合、I-V 測定において、電圧印加の掃引を正・逆方向の曲線が一致するまでに要する時間の長さが議論となった。DSC の I-V 測定については測定方向について差が出るので、Si 系との違いをコメントした。また筆者より、DSC の耐久性評価のデータについて補足説明した。なお、前述の見学コースには、研究所が特許を有する燃料電池、コンバータ、集光型太陽電池用のレンズ、有機薄膜太陽電池のサンプル、太陽電池を用いた建物の冷却システムの模型、長期間使用後の多結晶太陽電池モジュール等が陳列されており、親切な説明を受けた。



写真 (4) Fraunhofer 研究所にて、左から青木氏、Dr. Weurman 氏、松山氏、Dr. Hinsh 氏 (撮影者：筆者)

文：松山 外志郎（東京大学先端科学技術研究センター 特任研究員）

IEC TC113 の会議は概ね年 2 回開催されているようである。2012 年 5 月には東京で開催され、それに次いで同年 10 月に米国 Milpitas（シリコンバレー）で開催された。10 月といえば IEC の年 1 回の総会のみである。2012 年はノルウェーのオスロで総会が開催されたが、この際、TC113 はこの全体の中では開催されず、別途米国にて開催する方を選んだようである。（因みに 2013 年の IEC 総会は、同じく 10 月にインドのニューデリーで開催されるが、この時、TC113 も一緒にニューデリーで開催される事が既に決まっている。）

我等が有機系太陽電池が IEC の中で討議される事になったのは、上述の 2012 年 5 月の東京での会議においてである。本稿では、この時からの経過を踏まえて Milpitas 会議の内容を報告するとともに、この後、5 月 21 日からのベルリン、10 月のインドでの議論がどういうものになるだろうか・・・という想定を含めていきたい。ただお断りであるが、5 月 21 日からのベルリンの会議に向けて、日々、状況が推移してきており、本稿は 5 月 10 日時点のものとして記載している事をご了解頂きたい。これが重要なのは、当プロジェクトへの参加表明をする国の数が規定に満たない場合は、その時点で当プロジェクトが消滅する事となり、“IEC における有機系太陽電池の標準化活動そのものの行き場”が、当座無くなってしまふ事を意味する。この可能性は極めて低いが、10 日時点で確実な事を申し上げるには至っていない。^[1]

1. これまでの経緯を振り返る

独から PWI 提案

2012 年 5 月

東京会議：PWI の討議開始が承認された。

2012 年 9 月

PWI 改訂、その主要店：

- OPV/DSC 双方が対象
- “Reliability” の標準が “Stability” の標準と改められる
- 対象はセルのみ。モジュールは含まれない

2012 年 10 月

Milpitas 会議：改定 PWI をベースに討議

- 改訂版の改訂点については、基本的には日本側での事前の考慮点と一致している。

- 三菱化学 荒牧氏が有機系 PV 全般のプレゼン
- 室内光から集光光までナノをベースにした全ての PV セルの安定性が対象
- 2012 年 12 月に向けて Web 会議を行う

2012 年 12 月

Web 会議は行われず、NWIP が出され、3 月 20 日までのコメント・投票に付された。

NWIP は IS（国際標準）としてではなく、TS（技術仕様書）のプロジェクトとして出された。

2013 年 3 月

日本からの回答・コメント：主として下記の考え方で“賛成”として回答。

- TS であれば、当面認証などの対象となる危険度が低い。
- TS としてでも、部分的に詳細に決めすぎている部分があるので、これらの点については、今後討議されていくべきとのコメント付き
- 認証に結びつくような記載や、OPV・DSC の一方のみに特化した事項に関する記載は削除されるべきとのコメント付き

2013 年 4 月末

NWIP が有効となり審議が始まる為に必要な 4ヶ国の参加に至っていない。

参加：独、日、露（米国は PWI の段階では参加していたが、今回は不参加に変えた）

“不成立”として活動がここで終了するところではあるが、国際幹事はもう一か国の参加促しに自信を示している。

2013 年 5 月 10 日

遅れていた第四ヶ国目からの表明があつて、10 日付けで文書が回付された。

NWIP 有効の為の第四ヶ国目は、カナダである。但し、カナダからの Expert の名前を見ると、ナノ材料の言葉の定義に関与している人物であつて、有機あるいは PV の専門家ではない。（5 月 11 日記）

[1]5 月 10 日付けの正式な IEC 文書が配布された。この中で参加国が規定数に達してプロジェクトが進む事になった事が明記されている。（5 月 11 日記）

2. 今後

2013年5月

カナダの参加表明を受けて、ベルリンで会議は開催される。ただ、ロシアもカナダも本当の意味の専門家は現れないだろう。実際には、プロジェクトリーダーの Hauch 氏の日本からの代表による文書のチェックになるだろう。

Hauch が今回初めて現れるので、IEC でのプロジェクトの位置付け、ISOS との関係など氏の考え方を表明してもらうつもりである。(5月11日記)

2013年10月

インドでの会議において有機 PV 関係が討議されるか否かは今の段階で議論するのは時期尚早である。今の Stability の TS に加えて、日本から新たな提案を行うという方針に至れば、インドでの開催を積極的に求めていく事になるだろう。

尚、PWI, 改定版 PWI, NWIP 文書を本稿の一部としてコピーして掲載する事は差し控えるものの、内容にご興味ある方には個々にお送りさせていただきます。

3. 以下、2012年10月のミルピタス会議の報告を載せる。

IEC TC113 ミルピタス会議 (米国) 出張報告

2012年10月、IEC TC113 (ナノエレクトロニクス) の会議が米国ミルピタス (シリコンバレー) にて開催されました。この会議の中の有機系太陽電池標準のセッションにゲストとして参加致しました。

1. IEC TC113 会議 概要

開催場所

米国 ミルピタス

開催日

2012年10月15日～19日

有機系太陽電池標準化のセッション：16日。筆者はこのセッションのみに参加。

参加者

TC113 への登録メンバー国から、関係 Expert が参加。(有機系太陽電池のセッションのみに参加した為、詳細不明。) 総勢 二十数名。

日本からは、ナノエレクトロニクス関係で5名、有機 PV 関係で三菱化学の荒牧氏。

筆者は TC113 国際幹事の Fabricius 氏から直接の Invitation という事で、参加したので日本の立場を代

表する役にはなかった。

有機太陽電池関係者：本プロジェクトのリーダーである独の Hauch 氏は欠席。本分野の関係者は三菱化学の荒牧氏と筆者のみ。^[2]

2. 議事

プロジェクトリーダーの Hauch 氏が不在だったので、国際幹事の Fabricius 氏が実質、議論をリード。以下について討議が行われた。

1) 三菱化学 荒牧氏の有機 PV に関するプレゼン

2) PWI 審議文書の審議

主要改訂点

- ・有機薄膜 PV と DSC が同等に扱われる事になった。
- ・Reliability の言葉が改められ Stability となった。
- ・認証関連の記載を削除
- ・セルを対象とするものであり、モジュールは対象外。

基本的に、事前に語られていた日本からのコメントが取り入れられた。対象となる太陽電池は有機薄膜と色素増感が同じ扱いで入れられたものの、ナノを用いる PV という点でどこまでその他を含むかについては依然曖昧さが残る。

3) 全体的な質疑とこれからのスケジュール

- ・主要な質疑：
室内光から集光光まで、Stability 評価の対象となっているが、そういう事で良いか？
=> 了。
- ・TC82 (太陽光発電) の関係では、米国の TC82 国内委員会は TC113 の有機 PV の活動に反対している。一方、ドイツの TC82 国内委員会は TC113 の活動を Enthusiastic と見ている。
- ・やはり今回、プロジェクトリーダーの Hauch 氏が不在であるのはよろしくない。独の中でどの程度コンセンサスがとれているのかも良く分からない。是非、独国内での討議を深めてもらいたい。
- ・それを踏まえた上で、Web 会議の開催をしてもらいたい。Web 会議は 11 月末～12 月。

[2] 筆者が Invitation を受けた背景：本会議に先立つ9月下旬に国際幹事の Fabricius 氏と直接に見解を交わす機会があり、氏が筆者の参加を望んだ為と思われる。

寄稿 - ③

“Angewandte Chemie” 125 周年記念シンポジウムに出席して —Roald Hoffmann の分子軌道概念と分子構造太陽電池—

文：柳田 祥三（RATO 理事・大阪大学 名誉教授）

本シンポジウムは、「人類の社会・経済・文化に貢献した化学 (Angewandte Chemie)」の過去・現在・未来への有機・無機化学、高分子・生物化学に関する魅力ある企画であった（右写真：吹奏楽演奏ではじまった満席の会場）。著名な 15 名の講演者の中で筆者が特に注目した方は、Roald Hoffmann 博士である。



同博士は、有機化合物・無機化合物の両方を研究対象とし、拡張ヒュッケル法の計算機化学を発展させ、有機化学反応の立体選択性を予測するウッドワード・ホフマン則を明らかにし、44 歳の時、化学反応過程の理論的研究（フロンティア軌道理論）で、故福井謙一先生とノーベル化学賞を共同受賞された。同博士の web site には、詩人としてもいくつかの詩集を出し、科学的発見をテーマとする劇 "O₂ Oxygen" を紹介している。そして、小生を驚愕させたのは、"THEORETICAL CHEMISTRY" 「理論化学」と題する 5 行 5 節からなる詩であった。筆者は特に最後の 5 行の詩に感動した。

I hacked a rough piece of a new one through.

*The other day I met a friend who's run
into the same wild terrain. Starting out
from a hill nearby, he found a different
way. But I told you there was only one.*

筆者の解釈

「理論化学の道は色々あろうが、
行き着くところは分子軌道計算」

筆者は、電子輸送界面を形成する分子プロセスの理論的解釈に関心があり、RATO メンバーの瀬川浩司教授、内田聡教授、久保貴哉教授、FIRST メンバーで計算科学を専門とされる山下晃一教授、三嶋謙二博士と意見を交換してきた。内田教授の紹介で Hoffmann 博士の 1988 年発刊の名著 "Solids and Surfaces: A Chemist's View of Bonding in Extended Structures" の原著を購入した。そして、分子間の相互作用への分子軌道概念に関する明解な記述を、THE FRONTIERS ORBITAL PERSPECTIV（第 15 章フロンティア軌道概念の展望）(p65) に見出した。筆者の解釈も込めてその基本概念を日本語で紹介する。

「二つの分子間の相互作用は、最高占有分子軌道 (HOMO) 並びにその近辺の少数の軌道 (e.g. HOMO(-1)) と、最低非占有分子軌道 (LUMO) ならびにその近辺の少数の軌道 (e.g. LUMO(+1)) の組、すなわちフロンティア分子軌道群によって支配される。HOMO・LUMO 軌道間の摂動（秩序への乱れ）により、分子間の相互作用（反応性）が決定される。HOMO・LUMO 軌道の相互作用は、会合分子の化学的・物理的性質を制御・支配する潜在的能力をもつ。」

この偉大な理論化学概念を、現在 FIRST メンバーの萬関一広博士が以前見出していた増感色素 Z907・アニリンテトラマー (EPAT) からなるハイブリッド色素増感 TiO₂ 太陽電池の界面分子構造の解析に試みた。

EPAT と Z907 両分子の相互作用を、HOMO・LUMO 相互作用を考慮した分子力場計算で最適化し、密度汎関数法でシミュレーションによりエネルギー的に平衡状態にある会合構造を求めた (図 1)。

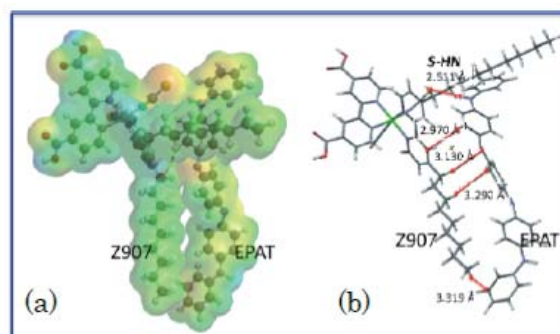


図 1. The DFT-simulated Z907 molecule incorporated with phenyl-capped polyaniline tetramer (EPAT) : a) The electrostatic potential map, b) the equilibrium geometry structure and the bonding via van der Waals and electrostatic interaction (S-HN) between them.

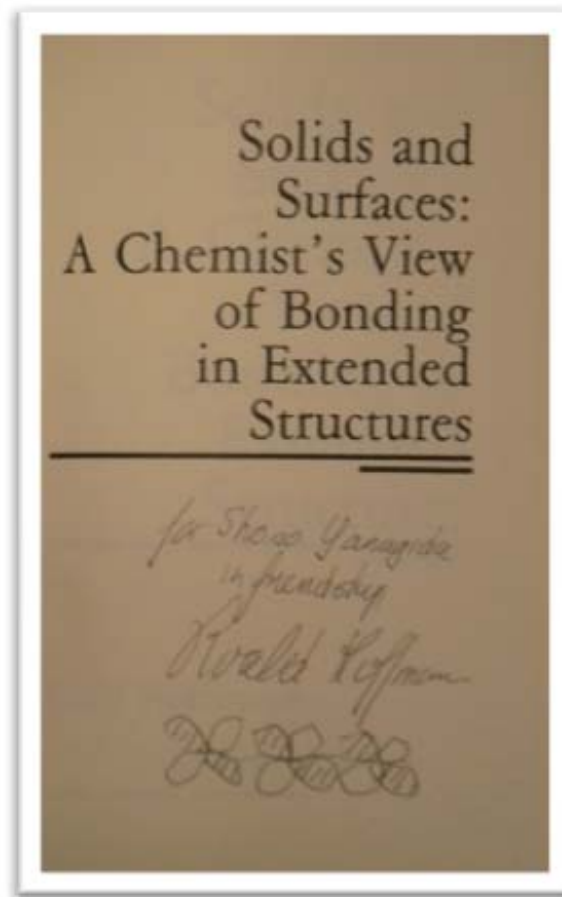
両分子間の van der Waals 結合 (2.970~3.290 Å) に加えて、EPAT の N-H 結合上の水素原子と Z907 の SCN 基の S 原子との結合距離 2.511 Å は、水素結合的 Coulombic interaction であり、Z907 と EPAT 両分子が強く会合することが判明した。この分子間会合が、EPAT から Z907 への電子移動の進行に大きく寄与すると理論的に解釈した。

この成果を論文として、Chem.Commun 誌に投稿し終えた昨年 12 月上旬、本シンポジウムの案内が届き、1937 年生まれの Hoffmann 博士が、最重要講演者の一人であることを知った。Hoffmann 教授の講演は、「Protochemistries form a Bridge」と題するもので、化学者が登場する以前の古代から 20 世紀初頭までの化学物質、例えば、銀貨、顔料、染料、石けん等の物質とその製法プロセスの歴史を述べ、「Angewandte Chemie」の父としての最後を飾った。20 世紀初頭合成インジゴが世界の染料化学を一変させたが、日本では依然と天然藍による染色技術が息づいていることを賞賛された。

本シンポジウムは 1200 名近い参加者であったと、本シンポジウムの日本人講演者の北川進教授から拝聴した。本会場は休憩時間も混雑していた。小生は 40 分講演を終えられた直後の博士にいち早く近づき、やっとの思いで「軌道概念による理論化学」に感謝申し上げることができた。ハイブリッド分子太陽電池に関する Chem.Commun 誌掲載の論文をお渡しし（博士両抱えのファイルは論文別刷）。



光栄にも持参した名著へのサインを頂くことができた（d-軌道のスケッチに注目）。



本シンポジウムでの講演の一部は、近着の Angewandte Chemie, 2013-52/10 に掲載されている。Francois Diederich の "125 Years of Chemistry in Angewadte Chemie" と題する講演は、"125 Years of Chemistry in the Mirror of "Angewadte Chemie" の題目で掲載されている。化学教育者には必読に値する。なお、同誌に掲載されている Alan J. Heeger グループの "Transferable Graphene Oxide by Stamping Nanotechnology: Electron-transport Layer for Efficient-Bulk-Heterojunction Solar Cells" と題する電子輸送が関わる論文は、RATO 関係者に参考になるう。

本シンポジウムの本年 3 月 12 日の出席は RATO の援助によるもので、ご高配に深謝する。

平成 22 年 6 月第 1 回有機系太陽電池技術研究組合 (RATO) 設立準備会を開催してから既に 3 年が経ちました。神話に出てくる日本の国造りと同様なかなか固まらず、平成 24 年 2 月 22 日経産省から認可されるまでの道程が大変でした。

しかし発足してからの RATO は、20 年の歴史をお持ちの太陽光発電技術研究組合 (PVTEC) を見習いながら緩やかではありますが前進を続けています。設立時の挨拶に「有機系太陽電池で日本が世界における存在感を示すためには技術面でも用途面でも常に先頭を走っている必要があり、その為にはオールジャパン体制が必要だ」と掲げたことをご記憶だと

思います。オールジャパン体制が必要になるのはもう少し先のことであり、私の在任中には具体化しませんでした。設定した目標を反故にしないよう努力してきました。

現時点での問題は、これなら市場の評価に耐えうるという有機系太陽電池が未だ世の中に出せないことです。色素増感太陽電池 (DSC) に続き、有機薄膜太陽電池 (OPV) でも変換効率が大幅に改善され実用化試験が始まりつつあります。DSC では、昨年来有機無機ペロブスカイトなどの考案により変換効率と耐久性の改善が期待できるようになりました。更に面白いことに全く別の原理で作動する DSC と OPV ですが、



理事長退任に当たって
金川 哲夫 (RATO 前理事長)

お互いに長所を取り入れ電池の構造や材料が接近してきたことです。

従ってここ 2、3 年の内には、市場の評価に挑戦出来る有機系太陽電池は必ず姿を現すものと確信しています。しかし気を付けたいのは自社の技術を過信して独走し始めると、以前フラットパネルディスプレイや半導体などで遭遇したように海外のメーカーに足を拘われる可能性が高いと思います。

ここで効果を発揮するのがオールジャパン体制です。
RATO の各社が知恵を出し合って有機系太陽電池を永续性

のある商品とするため、ハード面だけではなくシステム・サービス面を含め総合的な戦略戦術を検討し海外メーカーへの対抗手段を事前に講じておくことで優位性を維持すると共に低炭素社会に向けて貢献していきたいと考えています。

競争の激しくなる将来に備え、来年傘寿になる私よりも若くて実績と行動力のある東レ相談役の田中千秋氏様に理事長を引き受けて頂いた次第です。私ももう暫く理事として頑張る所存ですのでご支援の程をお願いします。

シンポジウム・講習会報告

○光化学応用講座

「光化学研究に必要な測定技術 2012 –電気化学計測と分光計測手法を中心に–」

日時：2012年10月16日（火）

会場：東京大学駒場リサーチキャンパス ENEOS ホール

概要：光化学の研究に必要な計測技術をわかりやすく解説

する講習会として、電気化学および光を使った計測技術の基礎と応用に関する講座が開催された。約50名が参加。

講座プログラムは「赤外・ラマン分光法および時間分解分光法の基礎と応用」「電気化学計測法の基礎と応用」「光電子分光法の基礎と有機材料への応用」など。本講座は、RATO との共催で実施。

○光化学討論会プレコンファレンス

「太陽エネルギーの利用拡大に向けた光化学の挑戦」

日時：2012年9月11日（火）

会場：東京工業大学大岡山キャンパス

東工大蔵前会館くらまえホール

概要：色素増感太陽電池や有機薄膜太陽電池などの次世代

太陽電池開発や人工光合成研究などの光エネルギー変換の研究における最新の成果と将来展望について各分野の研究者による発表を行った。「太陽光の恵みを電気に換えて一進化する色素増感太陽電池」と題して、内田聡（東京大学教養学部特任教授）が講演した。

活動報告（2012年9月～）

○臨時総会

日時：平成25年3月27日（水）

- 議題：1. 平成25年度事業計画及び25年度収支予算
2. 新入組合員の加入決議・承認
3. 役員の選挙

○第6回理事会

日時：平成25年3月8日（金）

場所：東京大学先端科学技術研究センター13号館
3階会議室

- 議題：1. 平成25年度事業計画
2. 25年度収支予算
3. 新入組合員の加入承認
4. 役員の選出

○第5回運営委員会

日時：平成25年3月8日（金）

場所：東京大学先端科学技術研究センター13号館
3階会議室

- 議題：1. 平成25年度事業計画
2. 25年度収支予算
3. 新入組合員の加入

○第5回技術委員会

日時：平成25年2月21日（木）

- 議題：1. 平成25年度事業計画及び事業予算の策定

有機系太陽電池技術研究組合（略称：R A T O）

Research Association for Technological Innovation of Organic Photovoltaics

お問い合わせ：

〒 153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1

東京大学先端科学技術研究センター 附属産学連携新エネルギー研究施設
(環境エネルギー研究棟 2 階 254 号室)

E-mail : rato@solarcells.jp

URL: <http://www.solarcells.jp/>

TEL: 080-8724-0840

RATO NEWS Vol.2 2013年6月号
平成25年 月 日 発行
発行所：有機系太陽電池技術研究組合
発行人：五井 博
編集者：上遠野 吉範