No.33 同志社大学“知”の軌跡 ～特許情報～

同志社大学には、研究技術開発によって生まれたさまざまな知的財産があります。これらの中で特許登録された発明を紹介します。
ご興味をもたれた皆様からのご連絡をお待ちしています。

発明の名称 ● 噴霧粒子撮像解析システムおよび解析方法

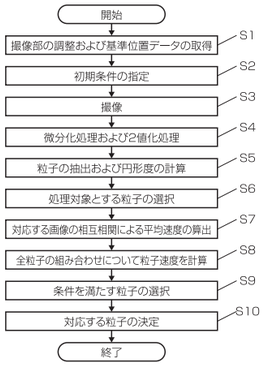
発明管理番号／知発1344

特 許 番 号／特許第5300516号	登 録 日／2013年 6月 28日
出 願 番 号／特願2009−028421	出 願 日／2009年 2月 10日
権 利 者／学校法人同志社	発 明 者／高野 頌、西田 潤一、楠澤 英夫
適用分野用途／粒子径および粒度速度を同時に測定する噴霧粒子撮像解析システム	

発明の概要

■**課 題** 噴霧粒子を撮像し、画像処理を行い、粒子径および粒度速度を同時に測定する噴霧粒子撮像解析システムおよび解析方法を提供すること。

■**解決手段** 噴霧粒子撮像解析システムは、噴霧粒子の集合に光を照射する光源部と、噴霧粒子の前記集合を所定の時間間隔で撮像する撮像部と、撮像部によって撮像された画像を記録する記録部と、制御部とを備え、制御部が、画像から粒子を検出し、粒子の粒子径及び円形度を求め、円形度が所定のしきい値以上である粒子を焦点深度内の粒子の候補として選択し、連続測定した2枚の画像の相互相関から平均速度を求め、連続測定した2枚の画像における全粒子の組み合わせについて粒子速度を求め、粒子速度と平均速度の方向が一致し、粒子径が一致し、且つ、粒子速度が平均速度に対して所定範囲内にある粒子を対応する粒子として決定する。



発明の名称 ● 高密度金属ホウ化物の製造方法

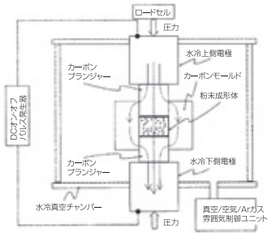
発明管理番号／知発1420

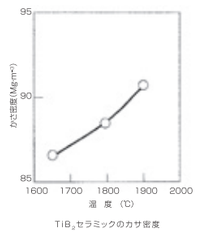
特 許 番 号／特許第5408591号	登 録 日／2013年11月 15日
出 願 番 号／特願2010−054394	出 願 日／2010年 3月 11日
権 利 者／学校法人同志社	発 明 者／廣田 健、片上 優大
適用分野用途／地下埋没ケーブルの保護板	

発明の概要

■**課 題** 従来法よりも比較的低温で高密度のホウ化チタン焼結体を製造することが可能な方法を提供する。

■**解決手段** 本製法は、3～10体積%の酸化チタン粉末が均一に混合されたホウ化チタン粉末を調製し、この混合粉末を成形して成形体を製造する工程Aと、前記工程Aで得られた成形体をパルス通電加圧焼結して、相対密度90%以上のホウ化チタン焼結体を製造する工程Bを含む。更に高密度で、機械的特性の優れた焼結体を得るには、3～7体積%の酸化チタン粉末及び1～4体積%の酸化マグネシウム粉末が均一に混合されたホウ化チタン粉末を調製し、この混合粉末を用いて製造された成形体をパルス通電加圧焼結すれば良く、工程Bの条件としては、10Pa以下の真空下、焼結温度1650℃、保持時間10分、加圧力30MPa、昇温速度100℃／分が好ましい。





問合せ先 同志社大学 知的財産センター
TEL:0774-65-6900 FAX:0774-65-6773 e-mail:jt-chiza@mail.doshisha.ac.jp

公開特許一覧ホームページアドレス http://ipc.doshisha.ac.jp/patent_list/patent_list.html

京田辺リエゾンオフィス | 〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷1-3 同志社大学京田辺校地 同志社ローム記念館 2階 Tel:0774-65-6223 Fax:0774-65-6773
E-mail:jt-liais@mail.doshisha.ac.jp URL http://liaison.doshisha.ac.jp

今出川リエゾンオフィス | 〒602-0023 京都市上京区烏丸通上立売下ル御所八幡町103 同志社大学今出川校地 寒梅館2F Tel:075-251-3147 Fax:075-251-3046

LIAISONバックナンバーは、HPからダウンロードいただけます。

2014年9月発行（年3回発行）同志社大学リエゾンオフィスニューズレター 編集／発行 同志社大学リエゾンオフィス

9 2014

同志社大学
リエゾンオフィス
ニューズレター
Vol.44

LIAISON

特集
非破壊・簡便・低コスト!

リチウムイオン電池の劣化現象を事前に予知・診断

▶長岡 直人 同志社大学 理工学部 電気工学科 教授
▶稲葉 稔 同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
▶土井 貴之 同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 准教授

LIAISON CAFE

同志社大学 東京産官学連携オフィス開設
第9回 けいはんなビジネスメッセ
リエゾンオフィスからのお知らせ
自然科学系産官学連携研究紹介集 発行予定
着任紹介
D-egg

研究者をたずねて

1 宿久 洋 文化情報学部 文化情報学科 教授
2 岡本由美子 政策学部 政策学科 教授
3 大江 洋平 生命医科学部 医情報学科 准教授

同志社大学 研究開発推進機構 リエゾンオフィス
http://liaison.doshisha.ac.jp/

非破壊・簡便・低コスト!

リチウムイオン電池の劣化現象を事前に予知・診断

リチウムイオン電池の活用に大きな期待が広がっている中、電池の寿命がどれくらいなのかを正確に予測し、その最適な使用期間や条件、方法をきちんと評価・提示していくことが求められています。

同志社大学では、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託を受け、2011年度から「過渡現象を利用するリチウムイオン電池の非破壊劣化診断技術の開発」に取り組んできました。4年目を迎えた今、学科間の枠組みを超え、化学分野と電気分野の融合によって生まれた研究成果が世の中を大きく変えようとしています。

長岡 直人
理工学部 電気工学科 教授

稲葉 稔
理工学部 機能分子・生命化学科 教授

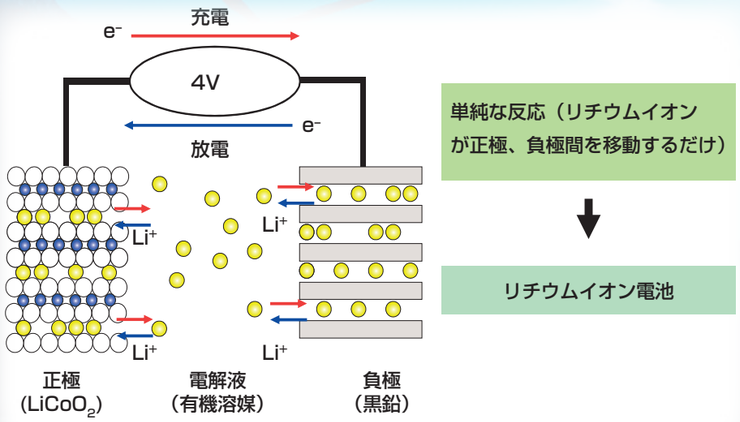
土井 貴之
理工学部 機能分子・生命化学科 准教授

エネルギーを消費する時代から蓄えて有効に使う時代へ

次世代の蓄電池が世の中を変える

リチウムイオン電池は、パソコンやスマートフォンなど身の回りの様々な機器に使われています。最近では、電気自動車やハイブリッド自動車の動力源に用いられているほか、例えば風力発電や太陽光発電など自然エネルギーから得られた電力を一旦蓄えて、必要な時に必要な量を供給する電力平準化のデバイスとして利用されています。

リチウムイオン電池というのは、簡単に言うと、電解液を介してリチウムイオンが正極から負極に、あるいは負極から正極に動くことによって、蓄電・放電反応を行う二次電池のことです。従来の鉛電池に比べて、エネルギー密度がたいへん高く、小型で軽量、例えば電気自動車に搭載されているリチウムイオン電池をフル充電すれば、一般的な家庭用エネルギーの数日分をまかなうことが可能と言われています。エネルギーを大量消費するのではなく、蓄えて有効に使う時代へと転換することが望まれる中、持続発展可能な社会を実現していくためにリチウムイオン電池が果たす役割はますます大きなものになるでしょう。



リチウムイオン電池の仕組み

電池の取り換え時期を的確に知りたい!

リチウムイオン電池など蓄電池は、電気を蓄える材料が変化することで使用に伴い劣化していきます。これは避けることができない現象です。その一方で、電池があとどれくらい使えるのか、いつ取り替えればいいのか…。劣化現象を事前に予測し、その耐久性を評価・保証してほしいというニーズが高まっています。特に、何百、何千というたくさんの電池を組み合わせて使わなければならない大規模蓄電システムでは、システム全体の劣化診断はもちろん、一つひとつの蓄電池モジュールの寿命を的確に把握しなければなりません。

今までは、リチウムイオン電池を取り外して、高価な計測装置で劣化の度合いを確認する…、あるいはメーカーが保証した使用期限がくれば自動的に交換する…という方法が一般的でしたが、前者の場合、劣化を診断するために電力システムをいちいちストップさせることは現実的に難しく、また診断にコストがかかるという問題もあります。後者の場合、使用期限は環境によって左右されるため、実際にはその電池はあと半年間有効に使えるかもしれません。もし、安全かつ確実に最後まで使い切ることができれば、産業廃棄物の減少にもつながるでしょう。

リチウムイオン電池の劣化の度合いを、非破壊・簡便・低コスト、しかも電力システムを停止させることなく広範囲に診断する! 同志社大学発の画期的なグリーン技術は世の中から熱い視線を集めています。

電気と化学のコラボで生まれた世界初の非破壊劣化診断技術

電気の“流れにくさ”に注目

今回のNEDOに採択された「過渡現象を利用するリチウムイオン電池の非破壊劣化診断技術の開発」事業は、同志社大学が持つ電気化学と電気工学の“知”が融合して実現したプロジェクトです。

電池の仕組みを大きく分けると、電気を溜める部分と電気を取り出す部分に分けることができます。電池の劣化というのは、バケツで言えば水を溜める器が小さくなることだと思うかもしれませんが、実際にはバケツからどれだけ水が汲み出しにくくなるか？ つまり、電気の流れを妨げるような力、すなわちインピーダンスが大きく関係しています。蓄電池の材料開発を20年以上にわたって手がけてきた稲葉稔教授らによって、リチウムイオン電池には様々な劣化の要因があることが明らかになっていますが、実はインピーダンスの大きさはこの劣化プロセスに固有な緩和時間（周波数）にそれぞれ対応しています。つまり、リチウムイオン電池を使っているうちにある部分の周波数のインピーダンスが変化すれば、その特性を分析することで電池のどこがどのように劣化しているかを推測することができるというわけです。これは交流重畳法と呼ばれ、いわゆる何ヘルツという周波数ごとのインピーダンスの相関性から電池内部の劣化現象を調べる方法。電気化学的な視点からのアプローチだと言えるでしょう。

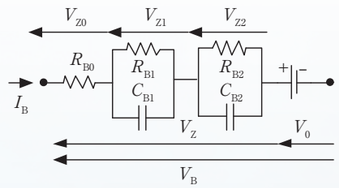
電流と電圧の波形から電池内部を推測

リチウムイオン電池の寿命を非破壊で知るには、交流重畳法は優れた方法ですが、大規模な風力や太陽光発電所などに置かれるたくさんの電池が組み合わさった大規模システムで一つひとつのインピーダンスの変化を追いかけていくことは難しいでしょう。インピーダンスをもっと簡便に算出する方法はないでしょうか？

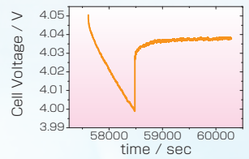
その問題を解決する糸口は、電気工学領域とのコラボレーションにありました。長岡直人教授は大規模蓄電システムのモデリングやシミュレーション分野の第一人者で、これまで落雷など急激なアクシデントでも停電しない風力発電の設計や、鉄道の回生ブレーキ（モーターを発電したときの負荷でブレーキをかけるシステム）で発生した余剰電力を平準化する蓄電装置の開発等を手がけてきました。電流や電圧が一定の状態に落ち着くまでの現象を過渡現象と言い、落雷や回生ブレーキだけでなく、自動車を加速したとき、減速したときなど様々な場面で起こっています。これまでの研究で、過渡現象は周波数とほぼ1対1の関係にあり、インピーダンスが周波数によって変化するのに同調していることが分かっています。

電池にはプラスとマイナス、たった二つの端子しかありません。電池を分解せずに得られる情報は、電池が稼働しているときの電流と電圧の波形だけです。そこから内部の劣化状態を調べるのは、小さなピンホールの穴を覗き込むようなものかもしれません。しかし、例えばこの波形情報はこの周波数のインピーダンスに対応する…というように情報を互いに置き換えることができれば、コストをかけず簡単なオペレーションで電池の劣化現象を診断できるようになるでしょう。リチウムイオン電池が発する外側の情報ー電圧・電流過渡波形から電池内部のインピーダンス情報を読み解く！ いわば、電気化学と電気工学の世界を行ったり来たりするユニークな発想で、リチウムイオン電池の非破壊劣化診断技術は実用化に向けて大きく前進しました。

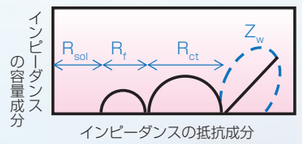
リチウムイオン電池の劣化診断の指標としての**内部インピーダンスの変化**を求める為にまず電池をモデル化し、右記の等価回路で表現する。



この等価回路を電流電圧の過渡的充放電特性より、等価回路モデルのそれぞれの回路定数（R,C）を算出し、この回路定数の変化から劣化の状態を推定すると伴に回路シュミレーションにより、**内部インピーダンスの周波数特性としての Cole-Cole プロット**を作成し、劣化前後の特性を評価し、劣化度を診断する。



過渡的充放電特性



内部インピーダンス（Cole-Cole プロット）

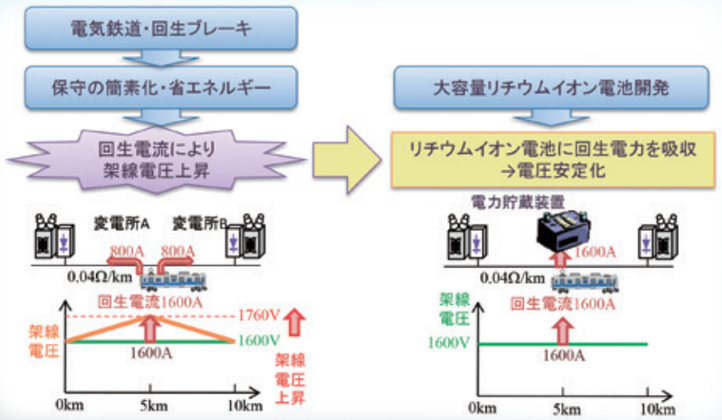
診断法の原理

未知の分野へのチャレンジで付加価値のあるシーズを創出

事業化へ向けて4年間の研究を統括

本事業は今年で4年目を迎え、新たに土井貴之准教授がメンバーに加わるなど、その研究活動はますます加速しています。近年の蓄電池の大型化に伴って、電池内部の抵抗値は数十ミリオームから、さらにどんどん小さくなっています。微細な電流・電圧の波形、インピーダンスの変化を推定するのは容易ではありませんが、誰もチャレンジしたことのない分野だけにたいへんやりがいのある取り組みです。

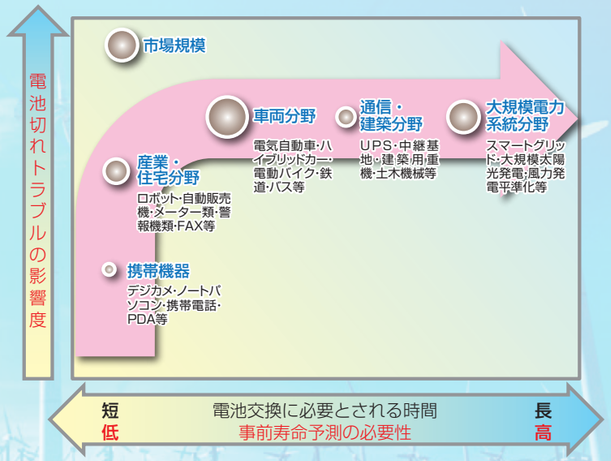
これまでの研究の結果、どういう劣化現象がどんな周波数のインピーダンスに対応しているのか、電極単位の相



鉄道用電力貯蔵装置

鉄道用蓄電装置

動的内部抵抗測定装置



電池の利用分野と寿命予測の必要性

		診断時間	診断機器コスト	診断精度
オフライン診断	化学的分解調査法	長	高	優
	交流重畳法	長	高	優
	直流抵抗法	中	安	可
オンライン診断	直流抵抗法	短	安	可
	過渡法 試験パルス法	短	中	良
	過渡法 稼働波形法	短	安	良

過渡法による劣化診断の特徴

関性はおおよそ分かってきました。例えば、リチウムイオン電池の劣化の要因は大きく二つあり、一つは、正極側（リチウムとコバルトの酸化物）の表面の抵抗値が大きくなって、いわゆる蛇口が詰まった状態になってしまうということ。もう一つは、負極側（黒鉛）の表面に生成物の被膜が付着し、本来動けるはずのリチウムイオンが閉じ込められてしまい容量が低下するという現象です。実は、正極のほうの劣化はインピーダンスの値が大きくなるので分かりやすいのですが、負極側はあまり変化せず過渡波形にも表れにくいという問題があります。今後は、リチウムイオン電池が持つ材料的特性などを加味しながら、診断の信頼を高めていく方法を模索していこうと考えています。

ユーザーに応じた診断技術をお届け

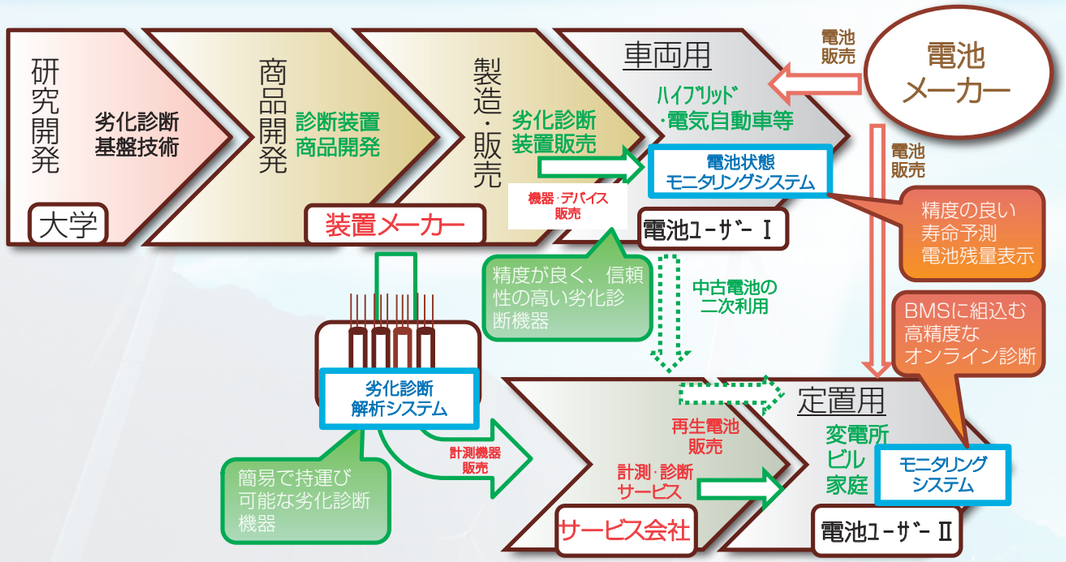
24 時間、365 日、常に劣化診断を行う必要があるかというと、必ずしもそうではありません。例えば、今までは取り換え時が分からず、まだ 3 年以上も使える電池を無駄に捨てていたとすれば、半年程度の単位で取替時期を教えてくれる診断システムがあれば、無駄に蓄電池を廃棄する必要がなくなり、環境に対する負荷はぐっと軽減されるでしょう。

本事業の目的は、蓄電池の診断技術の分解能を極限まで高めることでなく、実用的なレベルでの診断技術の開発です。そろそろ取り替えどきですよ! というアドバイスをユーザーに合わせていかに的確なタイミングで提供できるか…。本事業のゴールはそこにあると考えています。

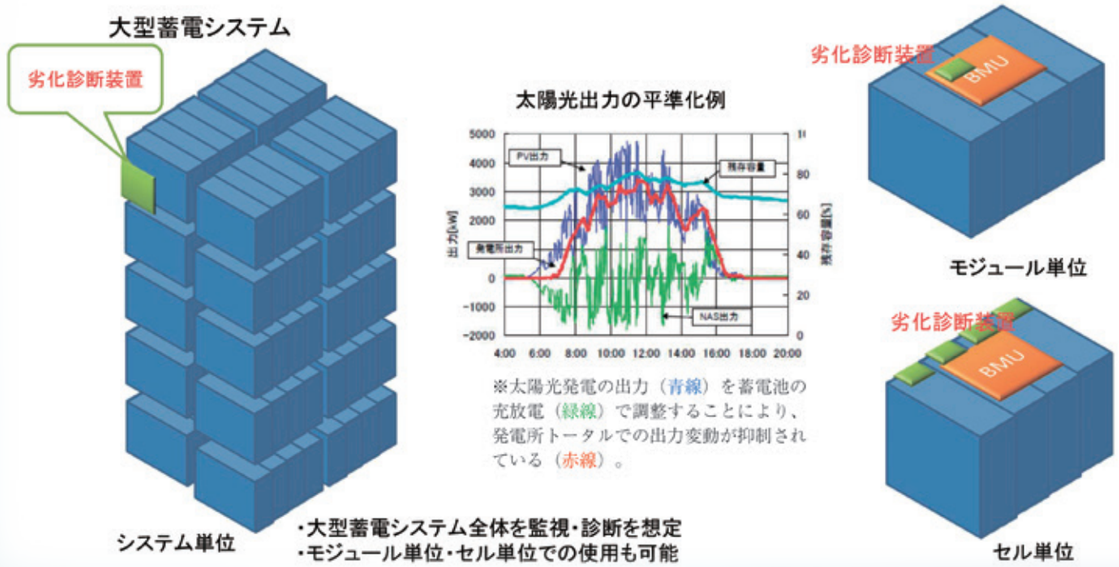
ますます広がる蓄電池市場

“産”と“学”の連携に膨らむ期待

最終的なアウトプットですが、この非常に低コストで簡便なシステムをマイコンや FPGA（プログラミング可能な LSI）の形で広く提供していけたらと考えています。例えば、スマートフォンや電気自動車の中に組み込んで、電池自身が取り換え時期を自己判断してユーザーに知らせてくれる仕組みが作れないでしょうか。あるいは、遠く離



過渡法を利用したビジネスチャンス



システム実用化のイメージ（大規模電力系統分野への適用）

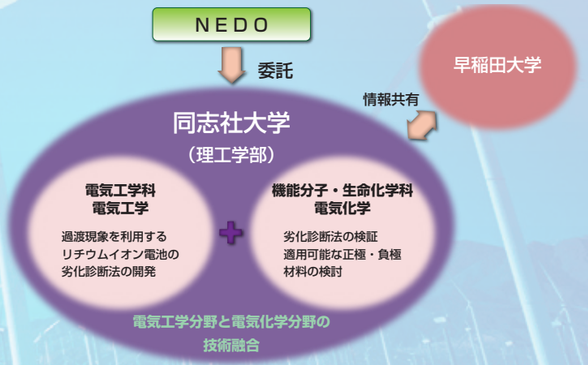
れた発電所では人が常駐できないので、オンラインで稼働情報をやり取りして、モニターの前で劣化診断をすることも可能でしょう。今後、大規模発電システムやスマートグリッドが社会に浸透していく中で、電力平準化のニーズはますます高まっていくと思います。

もう一つは、BMS（バッテリー・マネジメント・システム）を設計するメーカーとの産学連携です。今、身の回りの様々な機器に蓄電池が用いられています。何百、何千というバッテリーを長持ちさせるだけでなく、それらをいかに効率的に制御し、製品本来の性能を引き出すことができるのか? この部分に同志社大学の劣化診断技術がアプローチすることによって、新たな付加価値を生み出せるのではないでしょうか。あるいは、蓄電池の使用期限が正しく予測できれば、電気自動車に使っていたものを別の用途に転換して使う…ということが可能になるでしょう。蓄電池は多様な性能を持っています。現在、多くが使い捨てされていますが、もしかすると電池のリユース・リサイクルという新市場が創出できるかもしれません。ビジネスチャンスは目の前に大きく開けています。

学部・学科間の垣根を払って新たなシーズを

同じ電気の研究でありながら、化学分野と電気分野の学科間のコラボレーションは今まであまり行われてきませんでした。しかし、実際に本事業に取り組んでみると、同じ単語を使っていても違う概念だったり、その反対に別の事柄だと思っていたことが一つのことを指し示していたり…ということも少なくありません。当たり前だと見逃していたことを他の視点から改めて考察してみることで、蓄電池の劣化現象に関わる様々な発見や技術開発に結びつきました。

同志社大学には理工系だけでなく、文系や文理融合系など様々な学部・学科があります。これらのシーズが多面的に結びつくことによって、本事業に続くユニークな研究成果がどんどん発信されることを期待しています。



研究開発の実施体制

Liaison Cafe リエゾンカフェ

同志社大学 東京産官学連携オフィスを開設　首都圏の産官学連携の拠点に！

本学は、首都圏における産官学連携機能の充実を図るため、同志社大学東京オフィス（東京都中央区）内に「東京産官学連携オフィス」を開設し、首都圏を担当する産官学連携コーディネーターを配置しました。

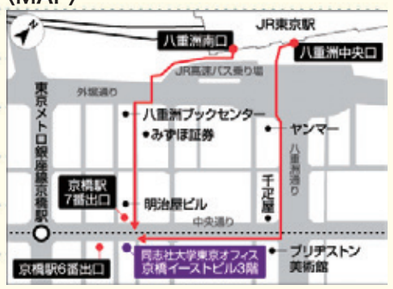
本学では、2004年5月から2012年3月まで約8年間、キャンパスイノベーションセンター東京（東京都港区）に開設した「東京リエゾンオフィス」を拠点に首都圏での産官学連携活動を行ってきました。今回の新オフィスの開設は、これまでの活動実績・ノウハウ等の蓄積を土台として、従来とは異なる役割を果たしながら、産官学連携活動の一層の展開を図ることを目的としています。

具体的には、首都圏における産官学連携活動の窓口として、首都圏を基盤とする関係機関との緊密な連携を目指し、共同研究、受託研究などのマッチング・コーディネート機能を強化します。

また、本学の研究シーズや知的財産の情報を首都圏においても積極的に展開することにより、産学連携活動（共同研究や本学研究シーズ・知的財産の事業化）の拡充を行いながら、本学のプレゼンスの向上を図ります。

今後は、同志社大学東京オフィス内にあるという利便性を生かしながら、東京産官学連携オフィスの機能の充実を図るとともに、より実効性のある首都圏における産官学連携活動の展開に尽力したいと考えています。

〈MAP〉



〈連絡先〉
〒104-0031
東京都中央区京橋2丁目7番19号 京橋イーストビル3階
TEL:03-5579-9587

着任紹介

産官学連携コーディネーター
（東京産官学連携オフィス勤務）
柴﨑一郎

この7月に着任した柴﨑と申します。以前は、無線通信技術者として携帯電話などの無線機器やそのデバイスの開発に携わっていました。車のトランクに搭載した自動車電話の時代から現在のスマフォに至るまで長年開発に関わり、その進化を身を持って体験してきました。商品を実現するために連携する技術分野は爆発的に広がり、仕事の仕組みもビジネスの構造も変わりました。着任後、非常に幅広いアカデミックで先駆的な情報に触れ、本学の高い研究力と、それらが連携した場合のポテンシャルの高さは、課題先進国である日本社会の課題解決に大きく貢献するものと実感しています。

東京を拠点として活動しますが、京都の研究者、リサーチ・アドミニストレータ、コーディネーター、機構職員の皆様と連携し、大学の首研究を都圏の産業界や官公庁の方々との活動に結び付けるよう努力していきたいと思います。よろしくお願いします。

同志社発インキュベーション施設 D-egg

未来の新産業を創る。

D-eggは、「賃貸スペース」と「入居者サポート」を中心とするインキュベーション施設です。賃貸スペースについては、入居者募集の公募を行い、申込、審査、居室調整、定期賃貸借契約、入居の手順で行います。入居されると、常駐のIM（インキュベーションマネージャー）は、入居された皆様の事業がいち早く目標の達成ができるよう、定期的な交流を保ち日々のサポートを行います。

メリット

1. 同志社大学京田辺キャンパス内の事業環境
2. 自治体による助成制度（賃料補助など）
3. 経営相談・試作機器・研究機器などのサポート
4. 大学研究者や企業との出会い・交流

- 施設:鉄骨造3階建 全33室
- 試作開発室:8室（約52～約67㎡）
- 実験研究室:17室（約26～約67㎡）
- ITオフィス:8室（約20～約38㎡）

連絡先▶ **同志社大学D-egg IM室**
〒610-0332 京都府京田辺市興戸地蔵谷1番地
http://www.d-egg.jp/
TEL:0774-68-1378
FAX:0774-68-1372

第9回 けいはんなビジネスメッセに出展

2014年7月25日（金）に開催された「第9回けいはんなビジネスメッセ」（開催場所：けいはんなプラザ）に出展しました。今年度は「“環境・エネルギー、ものづくり・ICT、アグリ・バイオ・ヘルスケア”～イノベーションによる新たな飛躍～」というテーマのもと開催されており、本学は同志社大学における産官学連携活動の取り組み例や研究シーズを紹介することを目的にブース展示を行いました。

当日は1,595名（主催者発表）の来場者があり、本学のブースにも多数の企業関係者が訪れ、本学の取り組みを効果的にPRすることができました。本メッセには例年出展を行っていますが、当日ブース対応を行った担当者によると、例年よりも来場者数が多く感じられ、活気溢れるメッセだったということでした。本学ブースにお立ち寄り頂いた皆さまには、この場を借りて御礼申し上げます。

information 1 リエゾンオフィスからのお知らせ　～リエゾン担当者のご紹介～

2014年5月より、リエゾンオフィス担当職員が徳間 篤史（とくま あつし）となりました。過去2年間は知的財産センターにおいて知財管理業務を中心に本学の産官学連携活動に携わってきましたが、その経験を生かしながら、更なる産官学連携活動の拡充を目指し、心機一転日々業務を遂行しています。

リエゾンオフィス担当者となってから、初めての展示会対応が「第9回けいはんなビジネスメッセ」（上記参照）。今後は、9月以降に活気付いてくる各種展示会への出展やシンポジウムの企画立案などを行いながら、本学の研究シーズPRに尽力してまいります。近々の産官学連携イベントとしては、イノベーション・ジャパンへの出展、同志社大学けいはんな産学交流会の開催などを予定していますので、本学の研究成果発信の場に足をお運びいただければと思います。担当者一同、本学の有する多様な研究シーズと数多くの皆さまとの出会いが生まれることを楽しみにしております。

今後リエゾンオフィスが出展する展示会情報や主催イベントなどの各種情報は、リエゾンオフィスWebサイトまたはメールマガジンにて、随時お知らせいたします。詳しくは、**http://liaison.doshisha.ac.jp/** をご覧ください。

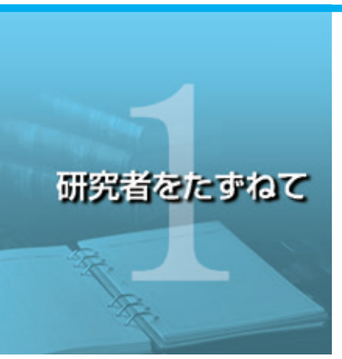
information 2 「自然科学系産官学連携研究紹介集」近日改訂版を発行予定！

リエゾンオフィスが発行している「自然科学系産官学連携研究紹介集（シーズ集）」について、今年度改訂（2014年12月発行予定）することとなりました。現行版は、2010年3月に発行しており、約4年ぶりに全面改訂を行うべく鋭意編集作業を行っています。

現行版発行以降、脳科学研究科の設置、キャンパス整備事業による教学体制の再構築、リサーチ・アドミニストレーションセンターの設置など、本学の教育・研究を取り巻く環境が年々変化してきました。今回の全面改訂によって、改めて本学が取り組む最新の研究内容・研究シーズを集約し、幅広く紹介できるようにしたいと考えています。

改訂版を発行次第、積極的に配布を行う予定ですので、乞うご期待！また、発行後にはシーズ集の掲載内容を紹介するポスター展示会の開催を予定していますので、是非お越しください。詳細が決定次第、リエゾンオフィスオリジナルサイト上（**http://liaison.doshisha.ac.jp/**）で告知します。

現行版シーズ集
（改訂版シーズ集は表紙デザインも一新する予定です）



ビッグデータ時代に対応する大規模複雑データの解析手法を開発

宿久 洋（やどひさ ひろし） 文化情報学部 文化情報学科 教授

どんなものでも分けられる？ データサイエンスの可能性に魅力

“分ける”という行為は、人類の根源的な行動なのかもしれない。だが、膨大な情報が氾濫するビッグデータ時代において、「データをより数理的に捉えて、システマチックに分類することが求められています」と宿久洋教授。では、目の前にずらっと並んだお茶を分けてみよう。味はスッキリ系か苦みのある本格派か、色は茶系なのか緑系なのか、コンビニで売れているのかスーパーで売れているのか…。評価基準は何でもいい。ある種、類似性が高いデータ群を近くに固め、低いデータ群を離してマッピングすれば、それぞれのポジショニングが目に見える形で浮かび上がってくる（クラスタリング法）。

大規模複雑なデータを固体（個人）単位ではなく、一つの“かたまり”、つまりある種のシンボルで見ようという考え方もある。100万人を一つずつ分けていくのは容易ではないが、例えば身長が何センチ以上、何センチ以下という区間値のデータでいくつかのグループに分けると、たくさんの対象物がたちまち分析可能な数に絞られてくる（シンボリックデータ解析法）。従来は、何か一つの手法を適当なデータに当てはめて結論を導くというのが一般的だったが、宿久教授は「同時に複数の手法を組み合わせるなど独自のノウハウを使って、私たちが解釈しやすい、言い換えれば活用しやすい実践的データを提供しています」と話す。

“非対称”の構造を読み解けば マーケティング戦略は劇的に変わる！？

もし、コンビニでいつも飲んでいるお茶がなかったら、あなたは代わりにどんなお茶を選びますか？「代わりになる」と答えた商品はいつも飲んでいるお茶との距離が近く－類似性が高く－、「代わりにならない」ものほど遠く－類似性が低く－位置づけられる。これをブランド・スイッチと呼んでいる。「面白いのは、近さと遠さの関係は必ずしも双方向でないということ」。つまり、Aというお茶がなかったときに選ばれるBの数と、Bがなかったとき選ばれるAの数は一致しない…というものだ。

Asymmetry（非対称）な関係は様々なデータの中に存在する。例えば、10年に一度実施されているSSM調査（世代間の職業移動に関する調査）を見ると、親が専門職で子供も専門職である割合や、親が非専門職で子供も非専門職である割合が高い。また、世代間で専門職から非専門職への職業移動はその逆に比べて少ないなどの傾向がみられ、「ある種の階層では職が固定化しています」。非対称な関係はなぜ生まれてくるのだろうか？ この謎を読み解けば、マーケットにおける販売戦略、あるいは事業承継のヒントなどを示せるかもしれない。宿久教授は最新の統計科学の手法を使って、そのストラクチャを明らかにしていきたいと考えている。

ライフログデータを活用し 今まで測定できなかったものを解析する

私たちがどこで何を買ったのか、今どこにいるのか、いつ誰と電話やメールをやりとりしたのか…。人間の行動データはライフログという形ですべて蓄積されている。「このビッグデータと統計科学と結びつくことによって、そこに大きなビジネスチャンスが生まれます」。例えば、どこかのWebサイトを開いたとき、ページの隅のほうに興味のある商品、買いたい商品の広告が表示されたことはないだろうか。これは、今までの検索履歴やネット購入の履歴など各種情報をもとに、その類似性の距離をクラスタリングして、こういうタイプの人にはこれを…というように個人の嗜好や関心を明らかにしているからだ。

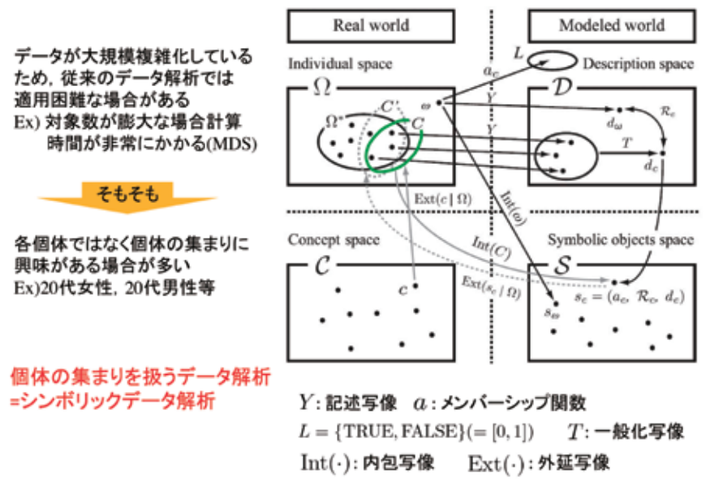
ライフログデータを活用すれば、株価の予想もできるのではないか？ 宿久教授の研究室では通常のテクニカル指標に加え、センチメント、つまり市場の心理を数値化して株価を予測しようと考えている。例えば、新聞記事、ブログ、ツイッター、Facebookなど様々なログデータの中から、その会社に関するポジティブな単語とネガティブな単語を拾い出し、それらはいくつあるのか、あるいは増えているのか減っているのか…、一つずつ数値に落として定量化していく。「今まで測れなかったものを解析するところに、研究の醍醐味があります」と笑顔を見せる。

スポーツの世界に統計科学の眼！ ＩＤ野球でゲームがよりエキサイティングに

宿久教授はある企業と共同で、スポーツデータの解析に取り組んでいる。例えば、野球の場合、どの試合で、どんなピッチャーが誰に対してどのような球を投げ、結果はどうだったか…など、様々な要素を二百以上の変数に置き換え、それによってチームの戦力を詳細に分析する。いわゆるセイバーメトリクスと呼ばれる手法で、アメリカでは新規選手の獲得や年俸を決定する材料として使われているという。「次にピッチャーがどんな球を投げるか？ 投球予測ができれば面白いと思いませんか」。今や、スポーツ戦略の中に統計科学が採用される時代。もっと様々なデータ解析の結果がゲームに取り入れられれば、もしかすると野球はもっとエキサイティングなものになるかもしれない。

そのほか、学生が主体となって、同志社大学生協食堂のPOSデータ解析などにも取り組んだ。ミールカード利用者の食事データを測定し、栄養価の高いメニューをどのように提供するかを考察した研究は、2013年PCカンファレンスの最優秀論文賞を受賞したという。

ビッグデータはそのままでは何の価値も持たない。オリジナリティあふれる手法で大規模複雑なデータに息吹を吹き込み、意味のある宝の山へと生まれ変わらせる宿久教授。情報社会を豊かにするシーズが、そこにはある。



シンボリックデータ解析法

グローバル経済の視点から 途上国の課題とジレンマを研究

岡本 由美子（おかもと　ゆみこ）
政策学部 政策学科 教授

Professor's Profile
Yumiko Okamoto

専門は国際経済学、イノベーションの経済学など。日本とミャンマーの青少年の交流事業を行うNGO団体MJETの会員を務める。昨年から、同志社大学グローバル30の取り組みの一環として、ミャンマーの古都バガンへのフィールドワークを実施。途上国の課題解決に向けて、学生たちと様々な調査活動を行っている。趣味は旅行だが、「最近では、ミャンマーの伝統工芸品である蒟醤の魅力を伝える普及活動にはまっている」と笑顔を見せる。

ミャンマーは“東アジアの奇跡”の仲間入りを果たせるか?

アジア最後のフロンティアと称される国がある。ミャンマーだ。2011年、民政移管を果たし、ようやくその神秘のベールを脱ごうとしている。近年では、都市部に大型ショッピングセンターなども立ち並び、中国に代わる生産拠点としてだけでなく、消費市場としての魅力も加わった。「ミャンマーがアジア新興国の一員になれるのか、多くの人たちが注目しています」と岡本由美子教授は話す。

実は、戦後のアジアで、日本を除いて最も発展していく国の先鋒に挙げられていたのが、ミャンマーでありフィリピンだった。しかし、他のASEAN諸国が経済を積極的に開放し、外国から資本を受け入れ、グローバル社会とともに成長してきたのに対し、ミャンマーは国内の政治的安定を優先して鎖国政策で国を閉じてしまった。50年後の現在、ミャンマーの一人あたりの国内総生産（GDP）は900ドルにも満たない。マレーシアの1万ドルと比較しても大きな経済格差が開いている。

バガン農村での植林の風景

では、なぜ他のASEAN諸国は奇跡的な発展を遂げたのだろうか? 岡本教授は次のように説明する。「まずは、マクロ経済の安定性。例えば、ラテンアメリカは90年代、インフレ対策にたいへんな労力を費やし、安定的な経済成長を招くことができませんでした」。一方、シンガポールやマレーシア、タイなどは健全な財政と金融政策で、インフレ率を抑えて経済成長を後押しすることに成功した。ミャンマーに目を向けると、天然ガスや鉱物など豊かな資源に恵まれているにもかかわらず、少なくとも最近までは国民の生活水準向上のためにお金が有効に使われてこなかった。社会システムの枠組みを整備すると同時に、「国の経営をマネジメントできるテクノクラート（高度な専門知識と政策企画・運営能力を持った人材）の育成が急がれています」と指摘する。

大学を含む高等教育機関や技術訓練学校での人材育成が求められる

「光は、あります」と岡本教授。国民の多くが敬虔な仏教徒であるミャンマーでは、日本の寺子屋がそうだったように、僧院が中心となって子どもたちの基礎的な教育ーいわゆる、読み・書き・そろばんーを担ってきた。識字率は実に90%を超えるという。また、そのコストの多くが市民からのお布施や寄付で賄われるなど、相互扶助のシステムが社会の中でしっかりと根づいている。

また、決して裕福な国ではないが、優れたモノづくりの技術もたくさん埋もれている。例えば、蒟醤（きんま）と呼ばれる漆工芸品は、竹で編んだ器に紋様を線彫りし、色漆を塗り重ねて何度も磨き上げたもの。繊細かつ豊かな表情が魅力で、16世紀には日本にも輸入され当時の一流の茶人たちが傍らに置いて愛用したという。そのほか、正絹やコットンなどの織物生産も盛んだ。モノづくりを産業まで育てるには何十年もかかるが、「まず、地域の人たちがその価値に気づくことが大切でしょう」。

ヤンゴン郊外の日系工場を視察調査

光りがあれば、影もある。軍事政権下において大学が疎んじられ、高等教育に十分な予算が配られてこなかったことから、優秀な人材は海外に流出し、国を支えるテクノクラートの供給は十分ではない。かつて、明治維新直後の日本では、先進国から様々な知識や技術を導入し、それらを自分たちの国に合わせて柔軟に運用していった。新島襄が同志社大学を創立したように、国公私立の様々な高等教育機関が国家の基（もとい）となる人材育成のベースとなった。ミャンマーにはヤンゴン大学など、伝統的な大学がたくさんある。現在は、主に工学、医学、情報系を中心とした教育に力が注がれているが、社会科学系ー経済・経営、政治や法律、行政、教育などにも目を向ける必要があるだろう。「先進諸国はミャンマーに過剰な期待を寄せるのではなく、もっと長期的な視点で発展を支えてほしいですね」と意見を述べる。

閉塞した社会を突き動かす ソーシャル・イノベーションに再生のヒントあり

岡本教授は、“イノベーション”の視点で途上国を捉えようと考えている。例えば、インドのある著名な外科医は従来の心臓バイパス手術の方法を見直し、徹底的なコストダウンと効率化によって、多くの人が安価に治療を受けられる機会を与えた。また、低所得層の人たちがわずかな掛け金を支払って社会的な保障を得るマイクロインシュアランスのシステムをインド社会に浸透させた。「イノベーションとは、閉塞した社会を突き動かす原動力。最先端の科学技術を使うことだけがその手段ではありません」。岡本教授の眼には、途上国再生のヒントが見えているようだ。

では、イノベーションはどのようにして起こるのだろうか? 岡本教授は以前、イギリスやスウェーデンに滞在し、再生医療を中心とした医療イノベーションの研究を行った。当時は、受精卵を利用したES細胞の倫理的な問題から、期待するほどの盛り上がりは感じられなかったという。しかし、その後、iPS細胞が脚光を浴び、民間が主体となってiPS細胞の普及と実用化を目指す「再生医療イノベーションフォーラム」が設立されるなど、わが国発のムーブメントの連鎖がまさに沸き起ころうとしている。「イノベーションの種はたくさん転がっている。それを引き出していくために、産・官・学・民それぞれが果たす役割を考えるべきでは」。科学技術をただ輸入すれば、途上国は先進国のようになれるのか? 否、決してそうではないだろう。国際社会がたいへんなスピードで変化していく中、岡本教授は社会変革の視点で途上国の発展を見守り続ける。

アトムエコノミーな有機合成で持続可能な社会のシーズを提供

大江 洋平（おおえ ようへい） 生命医科学部 医情報学科 准教授

分子が反応したくなるように水素の出し入れだけで化合物をハンドリング

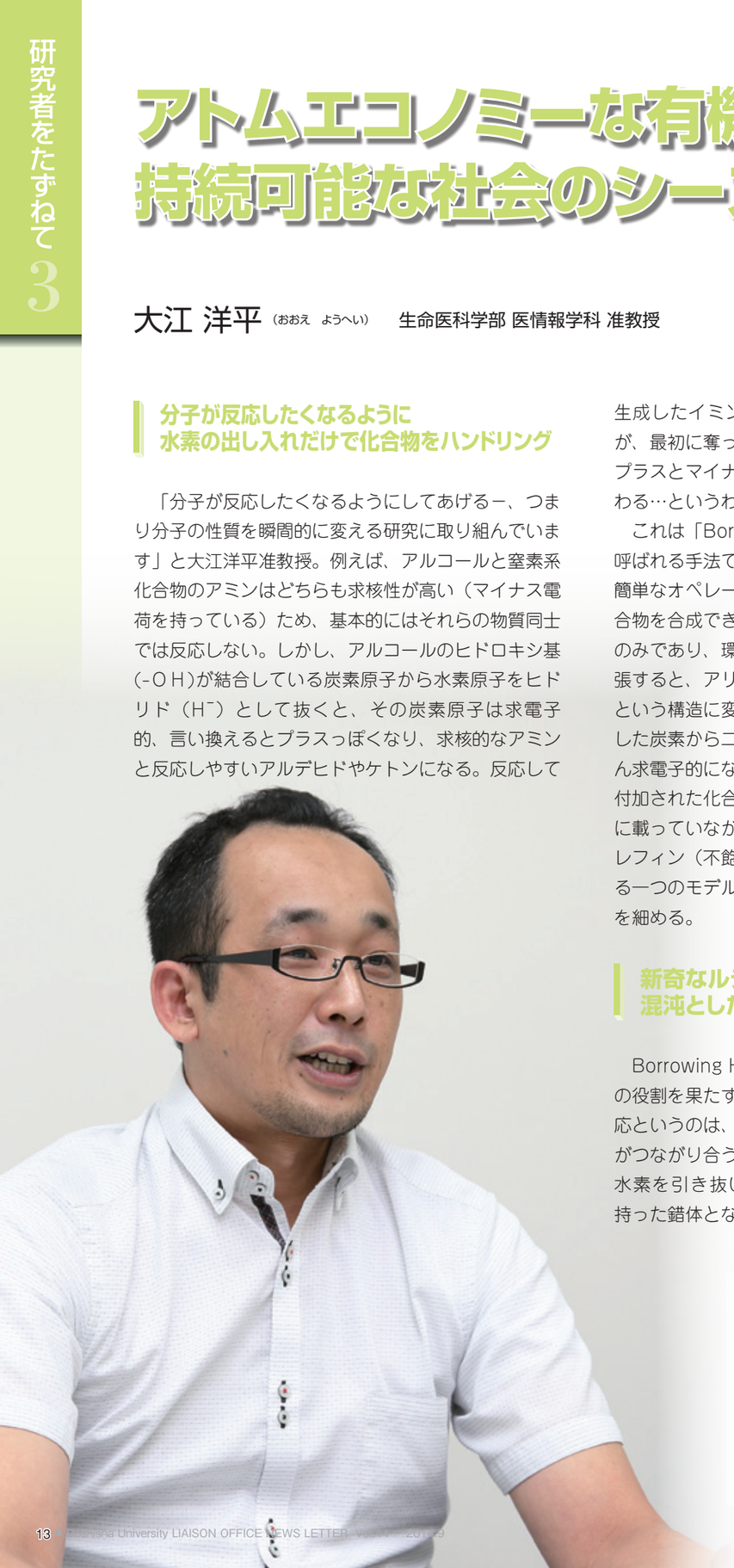
「分子が反応したくなるようにしてあげる－、つまり分子の性質を瞬間的に変える研究に取り組んでいます」と大江洋平准教授。例えば、アルコールと窒素系化合物のアミンはどちらも求核性が高い（マイナス電荷を持っている）ため、基本的にはそれらの物質同士では反応しない。しかし、アルコールのヒドロキシ基（-OH）が結合している炭素原子から水素原子をヒドリド（H^-）として抜くと、その炭素原子は求電子的、言い換えるとプラスっぽくなり、求核的なアミンと反応しやすいアルデヒドやケトンになる。反応して生成したイミンはまだ求電子的な性質を持っているが、最初に奪った水素をまた元に戻すことによって、プラスとマイナスが中和され安定な構造のアミンに変わる…というわけだ。

これは「Borrowing Hydrogen Methodology」と呼ばれる手法で、反応系中での水素の出し入れだけの簡単なオペレーションでアルコールから様々な有機化合物を合成できるのが特徴だ。また、脱離生成物が水のみであり、環境にも非常にやさしい。この方法を拡張すると、アリルアルコールはαβ不飽和カルボニルという構造に変えることができ、ヒドロキシ基の結合した炭素から二炭素分離れた（β位の）炭素がいったん求電子的になる。結果的には、二重結合にアミンが付加された化合物が出来上がる。これは今まで教科書に載っていなかったようなエレガントな反応で、「オレフィン（不飽和炭化水素）に対して求核剤が付加する一つのモデルを構築できました」と大江准教授は目を細める。

新奇なルテニウム錯体が混沌とした化学反応を安定化に導く

Borrowing Hydrogen Methodologyで重要な触媒の役割を果たすのが、ルテニウム錯体だ。有機合成反応というのは、分かりやすく言えばプラスとマイナスがつながり合う反応だ。アリルアルコールの分子から水素を引き抜いたルテニウムはH^-（ヒドリド）を持った錯体となる。一方、アルケンはその反応によって、その二重結合部分をプラスの要素に変えられる。理屈は簡単なようだが、「その際生成するルテニウム－ヒドリド種は反応性が高いため、最初はいろんな場所に水素が移動して反応はカオスのような状態でした」と振り返る。

大江准教授が注目したのは、ルテニウム錯体の配位子だ。錯体というのは、中心となる金属とその周りにある配位子から成り立っている。なかでも配位子は、金属の構造を決めているだけでなく、金属原子を安定化・活性化し、反応の選択性を高めるような役割を担う。つまり、従来の方法のように水素を引き抜いてすぐどこかに渡すのではなく、いったん配位子（または錯体）の中に閉じ込めて、適切なタイミングで元に戻してやれば、例えばC＝C二重結合に対する水素の付加などの副反応が抑えられ、C＝O二重結合に対してのみ水素を付加することが可能となるのではないか…。その検討で見つかった新奇なルテニウム錯体がカオス－混沌の世界－に一筋の光を指し示すことになった。



Associate Professor's Profile

Yohei Oe

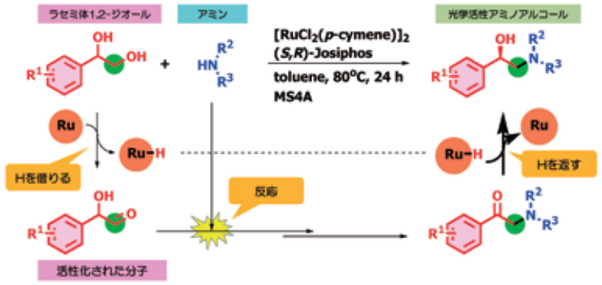
環境問題に役立つような有機化合物の合成反応を作りたい！遷移金属錯体ルテニウムを使った不斉触媒反応により、水素の出し入れだけの簡単なオペレーションで、キラルな物質を作り分ける技術を開発した。合成ツールの選択肢を増やすことで、創薬など新たなシーズにつなげようと考えている。趣味は魚釣り。かつてはバスフィッシングにはまっていたが、結婚後は海で「食べられる魚」を釣るスタイルに変更したとか。

構成原子は同じなのに性質が違う!? キラルな物質を作り分ける不斉合成

アミノアルコールは様々な薬のビルディング・ブロックとなる化合物だが、光学活性なキラル構造を持っているため、選択的に作り分け（不斉合成）が要求される。キラルな構造とは、分子を構成する原子パターンは同じだが、右手と左手のように自らの鏡像と重なり合わないものを言う。二つの異性体は時折まったく違う生物活性を示し、例えばサリドマイドのように一方は鎮痛剤として有効だが、もう一方は生体に悪影響を及ぼすような深刻な事例を引き起こす。

炭素原子は周りに結合する原子の数によって、炭素二つは直線型、三つは平面型、四つは四面体型というように、その立体構造を変化させるという。平面型から四面体型になるとき、炭素が上側に付加されるのと、その対称の下側に付加されるのでは、⋔型とY型のように傘が開く方向がまったく異なってしまう。例えば、右手同士で握手がしやすいように、右手というキラルな要素を乗せたルテニウム触媒を選び、水素を戻すときに一方向からハンドリングすれば、右手型の異性体が合成できる。

「キラルなルテニウム触媒を使って、Borrowing Hydrogen Methodologyに則ったアミノアルコールの不斉合成ができないでしょうか」と大江准教授。キラルな触媒を使った合成方法はいくつか知られているが、大江准教授らが開発した1,2-ジオールとアミンとの反応による合成法では、水素の受け渡しによるアルコールの活性化から、立体構造の制御まで一つの触媒で完結できる初めてのもので、内外の研究者たちから注目を集めている。〈図1〉



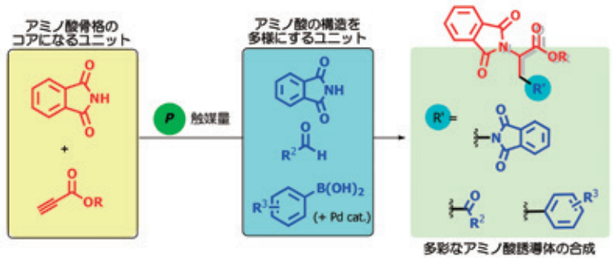
〈図1〉 ルテニウムが触媒するβ-アミノアルコールの合成の概念図

新たなアミノ酸合成法を確立し医薬品開発などへの応用を目指す

最近、ペプチド医薬品の需要が高まり、これまでにない置換基パターンを持ったアミノ酸合成への期待は高まりつつある。大江准教授は、分子が反応したくなる触媒として有機リン化合物のトリフェニルホスフィンに着目。プロピオル酸エステルのC≡C三重結合にホスフィンを反応させることで、フタルイミドという物質と反応させ、余剰な副産物を生成しない100％アトムエコノミーなアミノ酸誘導体を合成することに成功した。〈図2〉

安全で低コスト、操作が簡単なのが特徴で、「今後は、ペプチド固相合成法など高収率で目的物を得られる手法を取り入れながら、アミノ酸のケミカルライブラリーを作って社会に広く還元していきたいですね」。

医薬品や化粧品、香水、衣料品の染料など、有機化合物は私たちの身の回りの様々な商品に使われている。大江准教授が取り組んでいる環境調和型のグリーンな合成技術は、持続可能な社会を実現するための一つのブレークスルーになっていくに違いない。



〈図2〉 リン触媒を用いるアミノ酸誘導体合成の概念図