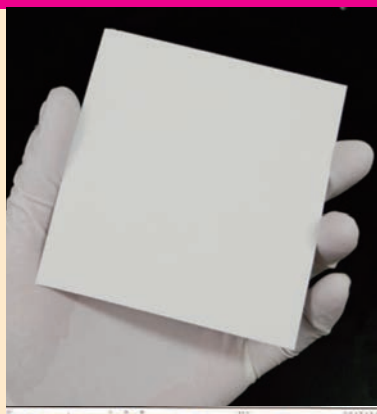
ISSN 1880-0041

産総研 TODAY

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

3
2012 March
Vol.12 No.3



特　集

02 **産総研におけるリチウム電池の研究**

産総研のリチウム電池研究開発
車載用リチウム二次電池の劣化機構解明への取り組み
高容量シリコン系負極を用いたリチウムイオン電池の開発
計算科学で探るリチウム二次電池の電解質と電極との界面
有機物で二次電池を作る
リチウム・レドックスフロー電池
次世代リチウムイオン電池用の新しいチタン酸化物負極材料の開発
エアロゾルデポジション法による全固体薄膜リチウムイオン電池開発への取り組み
次世代蓄電池用セラミック電解質シート
リチウムイオン電池材料の評価技術の確立を目指して

リサーチ・ホットライン

12 安価で高性能なリチウムイオン二次電池の開発
コバルトおよびニッケルを含まない高容量正極材料

13 パルス白色中性子源による中性子線量計の校正
中性子線量計のエネルギー応答が一度にわかる

14 微量軽元素のX線吸収分光
超伝導検出器が拓く先端材料の研究開発

パテント・インフォ

15 選択入力制御機能をもつ二次元コード
安価で汎用性の高い情報配信技術

16 イオン価数弁別高速粒子検出器
超伝導検出器により質量とイオン価数の同時計測を実現

テクノ・インフラ

17 歯形測定精度評価法の標準化
歯車測定機の高精度評価を目指して

18 高純度有機標準物質の純度校正サービス
より迅速な標準物質供給を目指して

19 5万分の1地質図幅「熱海」の出版
プレート境界付近の地質情報整備

シリーズ

20 進化し続ける産総研のコーディネーション活動（第27回）
産総研をイノベーションハブに

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
AIST
技術を社会へ
Integration for Innovation

産総研における リチウム電池の研究

産総研のリチウム電池研究開発

ニッケル水素電池からリチウムイオン電池へ

携帯電話、ノートパソコン、携帯オーディオプレーヤーなど、携帯型の情報・通信機器類の電源として、これらのコードレス作動を支えている蓄電池がリチウムイオン電池です。さらに、ガソリン自動車に比べて大幅な省エネルギーが期待されるハイブリッド自動車やプラグインハイブリッド自動車、電気自動車の電源としても、大型のリチウムイオン電池の本格的な利用が始まっています。

リチウムイオン電池は、世界に先駆けてわが国で開発され1991年に生産が開始されました。1990年代に普及が進んだ携帯電話やノートパソコンの電源は、初期にはニッケル・カドミウム電池やニッケル水素電池が用いられていました。しかし、1990年代後半にはリチウムイオン電池がこれらにとって代わり、今日に至っています。これは、リチウムイオン電池がほかの電池に比べて同重量・同体積でより多くの電力を蓄えられることで、長時間作動のニーズに応えることができたからです。携帯型情報・通信機器類の飛躍的な発展には、リチウムイオン電池による電源の小型化が大きく貢献しています。

リチウムイオン電池の開発プロジェクト

産総研の前身である旧通商産業省工業技術院ではリチウムイオン電池のもつ高いポテンシャルに着目し、1992年にニューサンシャイン計画で大型リチウムイオン電池の研究開発プロジェクトを開始しました。このプロジェクトでは、電池産業のみならず化学素材や電池利用に関わる企業および研究機関、大学の参画を得ながら、電気自動車や家庭用据置型蓄電池としての利用を想定した大型のリチウムイオン電池の開発を目指しました。エネルギー密度が高いリチウムイオン電池では、高性能と安全性を担保しながら大型化することはハードルの高い目標ですが、電池産業のみならず自動車産業やエネルギー産業の将来にも関わる重要なチャレンジとの判断に基づくものでした。

拡がる蓄電池社会

リチウムイオン電池の今後

世界に先んじた産業界や国の技術開発戦略の結果、日本製リチウムイオン電池は世界シェア・トップの座を永年占めてきました。しかしここ数年、東アジアの激しいキャッチアップにさらされ、汎用リチウムイオン電池のシェアでは日本はトップの座を脅かされる結果となっています。蓄電池の発展は、新しい材料や新しい方式に基づくいわゆる“非連続型”の技術革新でもたらされます。電気自動車の航続距離拡大のみならず電動車両そのものの多様化、太陽光や風力などの再生可能エネルギー発電との組み合わせなど蓄電池の用途の多様化が期待される中、新技術の開発はますます重要性を増しています。産総研では、先導的産業技術の提案を目指して、蓄電池のさまざまな課題に応える新材料・新方式の研究開発を行っています。また、産業基盤技術の提供の観点より、国際標準化に向けた性能評価技術や安全評価技術の開発、劣化要因の解明などにも取り組んでいます。これらを通して、電池産業、自動車産業、素材産業などの国際競争力の向上に貢献したいと考えています。

ユビキタスエネルギー研究部門
研究部門長
小林 哲彦（こばやし てつひこ）

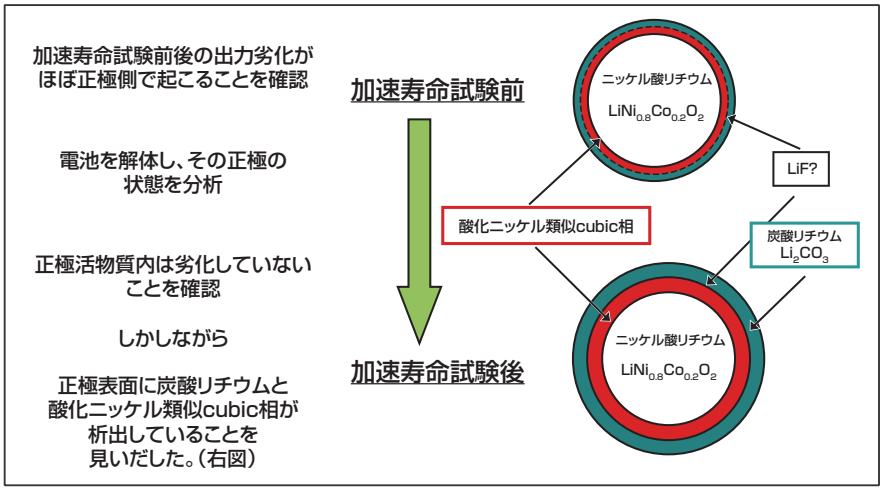
車載用リチウム二次電池の劣化機構解明への取り組み

車載用蓄電池に求められるもの

近年、ハイブリッド自動車・電気自動車がエコカーとして幅広く社会に受け入れられてきています。これらの自動車はこれまでのガソリン自動車と違い、大容量蓄電池を搭載しており、エネルギー密度の高いリチウムイオン二次電池の採用が始まっています。自動車には10年以上の耐久年数が求められているため、搭載される蓄電池にも同等の寿命が求められるなど車載用蓄電池にはさまざまな開発課題が残されています。さらに、車載用蓄電池の市場拡大に伴い、国際標準化機構（ISO）や国際電気標準化会議（IEC）、アメリカ自動車技術者協会（SAE）など世界レベルで電池の性能評価手法および安全性評価手法の標準化活動が活発になるなど、標準化の分野でも主導権争いが厳しくなってきています。日本の対応としては、NEDOの「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発（Li-EAD）」プロジェクトの基盤技術開発の枠組みの中で国際標準化活動に取り組んでいます。

劣化機構の解明へ

2007年度から5年間のLi-EADプロジェクトの中で、産総研は（財）電力中央研究所、（財）日本自動車研究所、東北大学とともに、材料の視点から「加速劣化試験による寿命評価手法の開発」および「劣化要因の解明とその抑制手法の開発」に取り組んできました。車載用蓄電池は10年以上の長期使用が要求されるので、製品の品質保証および開発期間の短縮のため寿命予測は極めて重要であり、加速試験を実施する必要があります。リチウムイオン二次電池は、高温・高充電状態（SOC）で容量・出力などの特性劣化が顕著に進行することから、加速試験実施のために共通の劣化メカニズムが適用される温度や充電状態（SOC）範囲などの試験条件を決定する必要があります。そこで、（財）電力中央研究所は非破壊による状態解析で、私たちは電池を解体し内部状態を詳細に解析して各種試験前後での結果を比較検討することで、電池の特性劣化のメカニズムを解明する取り組みをしてきました。車載用蓄電池の寿命を定義する指標は容量と出力であり、電池メーカー提供の開発セルおよび産総研製のモデルセルを用いて調べたところ、ハイブリッド自動車・プラグインハイブリッド自動車用途を模した試験では、一般的に出力の低下が電池の寿命を規定する傾向が認められました。そこで、量子ビームによる解析手法などを用いて、電極のバルク構造と表面構造を調べたところ、正極の表面構造の変化が出力低下を引き起こすことが明らかになってきました。図に加速寿命試験前後の正極活物質表面の変化を示します。加速寿命試験後には正極活物質表面近傍での結晶構造の変化および皮膜成分の成長が観測され、特に、結晶構造の変化が出力特性低下と関連していることを見いだすことができました。



加速寿命試験前後の正極活物質表面の変化

国際標準化・国内認証を目指す

現在、私たちは「車載蓄電池の性能評価手法の技術開発」と「定置用リチウムイオンニ次電池の安全性評価技術等の開発」のプロジェクトにも参画しています。これまでに蓄積された解析技術とリチウムイオン二次電池に関する知見をこれらの評価手法の開発に適用することで、国際標準化・国内認証を目指した事業についても技術開発の視点で貢献すべく研究開発を進めているところです。

ユビキタスエネルギー研究部門
蓄電デバイス研究グループ
小林（こばやし） 弘典（ひろのり）

高容量シリコン系負極を用いたリチウムイオン電池の開発

電気自動車用リチウムイオン電池の課題

リチウムイオン電池は、1992年にわが国で商品化されて以来、大きく成長してきました。この電池を大型化して、電気自動車や家庭用蓄電池として利用する国家プロジェクト「分散型電池電力貯蔵技術の研究開発」が1992年から10年間実施され、その成果として、2009年から世界に先駆け、電気自動車の本格的な商品化が開始されました。2020年頃には、世界の自動車販売の1％（70万台）を占めることが期待されています。そのためには、航続距離の増大、電池の耐久性の向上、さらなる安全性の向上、電池の低コスト化などが必要です。現行のリチウムイオン電池は、商品化からほぼ20年経過しました。さらなる特性向上のために、材料技術の革新により、これまでの「常識」の壁を打ち破る、飛躍的な高性能化が求められています。

高容量シリコン系負極の開発と電池の耐熱性・安全性の向上

高容量負極として、これまでの黒鉛系負極の5倍の容量をもつシリコン系負極（1500 mAh/g）を開発しました。シリコン系材料では、リチウムの充放電に伴う体積変化が2倍以上にもなりますが、高強度で耐熱性に優れたポリイミド系結着材やステンレス箔基材を開発することで、長寿命化を実現しました（図1）。正極と負極を隔離するセパレータとして、耐熱性不織布セパレータを開発しました。

また、正極として、耐熱性と出力特性を向上させたリン酸鉄正極を開発し、性能実証を行ったところ、この電池は、-30 ℃の低温から120 ℃の高温まで作動が可能であり、これまでの電池における作動温度の範囲（-5 ℃～45 ℃）を大幅に超えることができました。80 ℃でも、6分間での急速充放電サイクルが安定してできました（図2）。次に、1 Ahクラスのラミネート電池を試作して、釘刺し安全性試験を行いました。これまでの黒鉛系負極を用いた電池では、完全短絡により電圧低下するとともに、電池温度が90 ℃以上に上昇しましたが、開発した電池では、短絡は一瞬で、電圧もすぐに正常に戻り、温度上昇も10 ℃以下でした。黒鉛系負極では、導電性が高いため、短絡部分に電流が集中して発熱しますが、シリコン系負極では、短絡部分が完全放電（Li放出）すると抵抗が急激に増大して、電流をシャットダウンする機能があり、温度上昇を抑制できます。このように、新材料開発によって、高容量で耐熱性や安全性に優れる新型リチウムイオン電池を開発することができました。

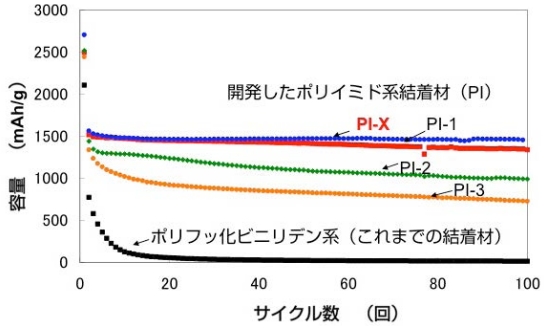


図1　シリコン系負極の電気容量とサイクル寿命の向上

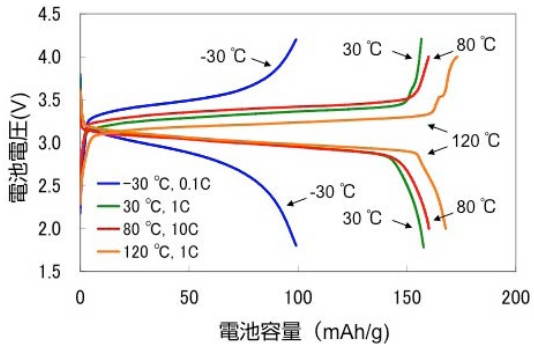


図2　新型Liイオン電池（シリコン系負極/リン酸鉄正極）の温度特性

今後の展開

電池を大型化して、自動車用途から産業機器用途へと利用分野を拡大するためには、電池特性や安全性の向上はもとより、希少資源を使用しない材料構成なども必要です。産業界との連携研究により、多様な電池材料の開発を進め、電池用途に応じた電池設計を提案したいと考えています。

ユビキタスエネルギー研究部門
電池システム研究グループ
エネルギー材料標準化グループ
境（さかい）　哲男（てつお）

このページの記事に関する問い合わせ：ユビキタスエネルギー研究部門　http://unit.aist.go.jp/ubiqen/

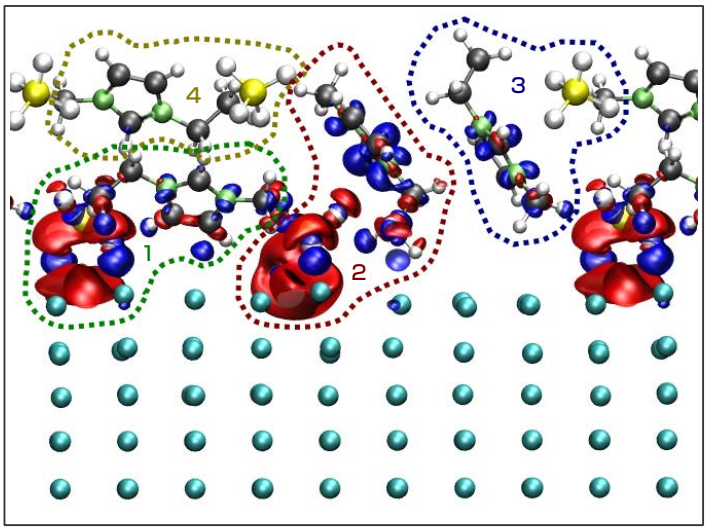
計算科学で探るリチウム二次電池の電解質と電極との界面
ーイオン液体とリチウム（Li）金属の界面の第一原理計算ー

イオン液体のLi電池電解質への応用

イオン液体は正負の電荷をもつ分子から構成され、低融点、高イオン導電性、不揮発性、難燃性など優れた性質をもち、リチウム二次電池の電解質としての応用が期待されています。特に可燃性有機溶媒に比べ高い安全性が期待でき、また次世代負極として大きな容量が期待されるLi金属負極の樹枝状成長が抑えられ、電池の高エネルギー密度化が期待できます。イオン液体のバルクの性質は、分子動力学法を用いた研究[1]などで解明されつつありますが、電池性能は電解質のバルクに加え電極と電解質との界面の電荷移動特性に支配され[2]、界面で何が起きているかを理解することが不可欠です。

密度汎関数理論に基づく第一原理計算

イオン液体とLi電極の界面での原子・電子挙動を探るには、第一原理計算が有効です[3]。Li金属とイオン液体の界面を含む大きなセルに密度汎関数理論に基づく高精度計算を適用し、正負の電荷をもつ分子と金属表面との相互作用、Liのイオン化と還元、分子種依存性を探りました。図は、カチオンEMIM$^+$（$[C_6H_{11}N_2]^+$）、アニオンBF_4^-からなるイオン液体とLi金属の界面の原子配列と界面電子移動の計算例です。液体構造を第一原理計算で取り扱うのは計算量が膨大となるため、EMIM-BF_4結晶で表し、Li表面への積層構造を扱っています。Li原子がBF_4^-に強く引かれ変位し、周囲の電子がEMIM$^+$に移動し、界面近傍のEMIM$^+$の非占有軌道が部分的に占有されています。これはLi金属にイオン液体が接した場合の主な反応を再現するもので、Liの高いイオン化傾向を反映してLiのイオン化が中途まで進行しています。貴金属上の計算ではこのような現象は起きません。カチオン分子が還元される傾向は実験的にも観察され、計算からカチオン分子の安定性が検討できます。



イオン液体（EMIM-BF_4）とLi金属界面の原子配列と電子移動
EMIM$^+$カチオン（$[C_6H_{11}N_2]^+$）、BF_4^-アニオンのペアを破線で囲んでいる。赤色部分は界面形成で電子が減った部分、青色部分は電子が増えた部分を示す。

最適のイオン液体設計を目指して

Li表面にアニオン、カチオンの分子ペアを吸着させた系でも、同様の電子移動や原子変位、吸着エネルギーが得られます。さまざまな分子種のペアをLi金属上に置いて、系統的に吸着エネルギーや原子・電子構造を探ることで、優れた界面特性を発現する分子種の設計指針を確立することが期待されます。カチオンをEMIM$^+$に固定し、アニオンをアミド系のFSA（$[(FSO_2)_2N]^-$）、FTA（$[(FSO_2)(CF_3SO_2)N]^-$）、TFSA（$[(CF_3SO_2)_2N]^-$）、ボレート系の$CF_3BF_3^-$、$C_2F_5BF_3^-$に替えてアニオン分子種依存性を検討したところ、イオンペアの吸着エネルギーが大きいほど界面電荷移動抵抗の実験値は小さいという傾向がわかりました。今後は、電界印加計算や実験との詳細比較を進めることで、イオン液体の設計指針を確立する計画です。

ユビキタスエネルギー研究部門
ナノ材料科学研究グループ
香山（こうやま） 正憲（まさのり）

ユビキタスエネルギー研究部門
電池システム研究グループ
松本（まつもと） 一（はじめ）

参考文献
[1] S. Tsuzuki *et al.*: *J. Phys. Chem.*, B 114, 11390 (2010).
[2] H. Matsumoto *et al.*: *ECS Transactions*, 33 (28), 37 (2011).
[3] H. Valencia *et al.*: *Phys. Rev.*, B 78, 205402 (2008); *J. Chem. Phys.*, 131, 244705 (2009).

産総研における リチウム電池の研究

有機物で二次電池を作る
― 無機電極材料を代替し、レアメタルフリー電池を目指す ―

レアメタル使用量の低減が求められるリチウム二次電池

現在、リチウム二次電池には、正極材料としてコバルト酸リチウム（$LiCoO_2$）に代表されるレアメタル酸化物が通常用いられていますが、資源的制約の観点から、その使用量の低減や材料の代替が必要とされています。さらには、リチウムも産出国が限られていることから、将来的にはより普遍的に存在するナトリウムやマグネシウムといった元素への代替が求められています。

有機二次電池の可能性

元素の置換などでレアメタルの低減が試みられていますが、私たちは視点を変えて、レアメタル酸化物正極を代替する材料の候補として、酸化還元活性を示す有機系材料に着目してきました（図1）。有機系材料に特有の多電子移動反応が電池に利用できれば、現行の無機系正極を超える容量密度をもつ材料となります。具体的には、キノンやインディゴの誘導体を中心に研究を展開しています。最も単純な構造を有するキノン類である1,4-ベンゾキノンは大きい理論容量をもちますが、昇華性が高いことから電極への適用は困難でした。しかし、周辺置換基や構造を工夫することで、電極材料としての機能を引き出すことに成功しました（図2）。例えば、メトキシ基をもつベンゾキノン[1]や多環構造をもつペンタセン誘導体[2]では、重量当たりにして、現行の正極材料である$LiCoO_2$の2倍以上の放電容量が得られています。

一方、藍染などに用いられるインディゴ類も正極として機能することを見いだしています。特にスルホ基をもつ誘導体（インディゴカルミン）は，容量は十分でないものの、充放電1,000サイクル以上の寿命があることが示され[3]、耐久性では劣ると考えられがちな有機物であっても、現行の無機材料に遜色ない水準に到達することを示してきました。

さらに、これらの有機材料をポストリチウム二次電池として有望視されるナトリウム二次電池やマグネシウム二次電池に適用することも併せて検討しています。その結果、いくつかの有機物がナトリウム系やマグネシウム系においても機能することを見いだしています。このようなカチオン種に依存しない高い順応性は、一般的な無機系活物質にはあまり見られない特長であり、有機系電極材料の、ポストリチウム二次電池材料としての有用性を示唆しています。

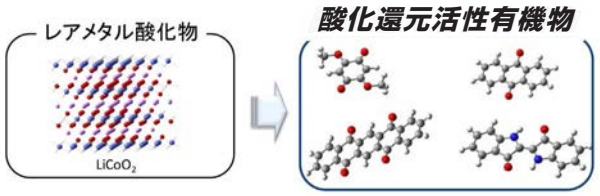


図１　有機物でレアメタル酸化物を代替する本研究のコンセプト

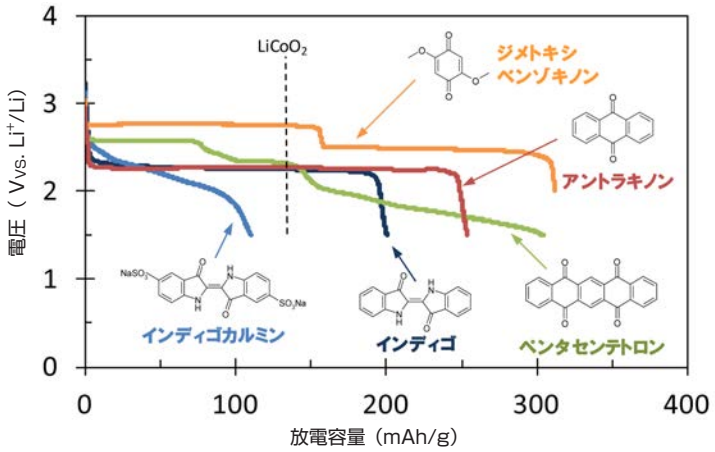


図２　さまざまな有機正極材料の放電曲線（現行の$LiCoO_2$の容量は点線にて表示）

今後の展開

私たちは、リチウム二次電池の正極材料として機能する有機材料を多数見いだしています。さらに、いくつかの有機材料は、ナトリウムやマグネシウムを利用する将来のポストリチウム二次電池材料としての有望性が示されつつあります。これらの有機物は資源的制約からの解放を可能にする上に、電気化学的な性質を分子設計によって制御できるため、次世代の電池材料として大きな可能性を秘めています。

ユビキタスエネルギー研究部門
新エネルギー媒体研究グループ
八尾（やお） 勝（まさる）

参考文献

[1] M. Yao *et al.*: *J. Power Sources*, 195, 8336 (2010).
[2] M. Yao *et al.*: *J. Electrochem. Sci.*, 6, 2905 (2011).
[3] M. Yao *et al.*: *Chem. Lett.*, 39, 950 (2010).

このページの記事に関する問い合わせ：ユビキタスエネルギー研究部門　http://unit.aist.go.jp/ubiqen/

リチウム・レドックスフロー電池

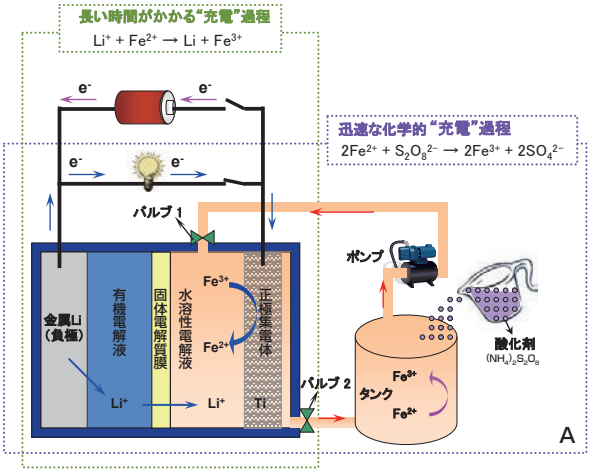
再生エネルギーの利用と電力貯蔵技術

現在、太陽光や風力などクリーンかつ安全な自然エネルギーの利用が大変注目されています。しかし、これらの自然エネルギーは変動が大きく、利用にはナトリウム・硫黄電池（NaS電池）やレドックスフロー電池などの大型電力貯蔵デバイスが必要になります。NaS電池は作動温度が300 ℃と高く、また、レドックスフロー電池は、負極と正極に、水溶液を使っているため、水素と酸素の発生電位に制約され、取り出せる電圧が低いなどの欠点がありました。このため新しい電力貯蔵デバイスの開発が求められています。

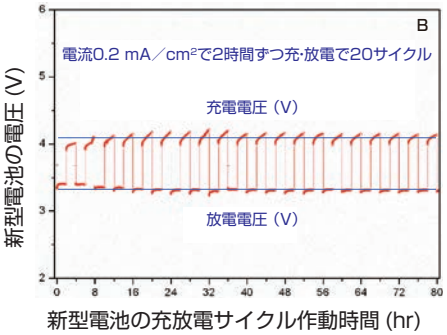
開発したリチウム・レドックスフロー二次電池／燃料電池

私たちは、これまでに開発した新型リチウム－空気電池にハイブリッド電解液を活用して、負極に金属リチウムなど、正極にこれまでのレドックスイオン対（例えば、Fe^{3+}/Fe^{2+}）を含む水溶性電解液を使い、新型リチウム･レドックスフロー電池の開発を試みました[1]。この電池の構造は図Aの緑枠内に示しています。負極に金属リチウムを使うことで、これまでのレドックスフロー電池より電圧が約3倍高くなります。さらに、負極側に液体活物質を使わないため、負極側の電解液貯蔵タンクの必要がなくスペースの節約ができ、エネルギー密度の向上が期待されます。

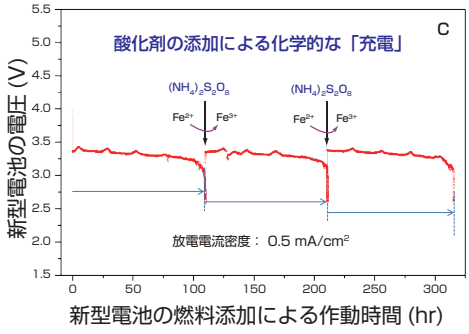
図Bは、新型電池の充・放電のサイクル特性を示しています。この充・放電を行うと $Li + Fe^{3+} <=> Li^+ + Fe^{2+}$ という反応が起こります。その時に、正極側に使う Fe^{3+}/Fe^{2+} イオン対を含む水溶性電解液がタンクに貯蔵され、ポンプにより正極側に送られています。



A：電気充電するリチウム・レドックスフロー二次電池と「化学充電」するリチウム・レドックスフロー燃料電池の構造図



B：リチウム･レドックスフロー二次電池の充・放電サイクル特性



C：リチウム･レドックスフロー燃料電池のリカバリーサイクル特性

フル放電した新型電池では、Fe^{3+} が Fe^{2+} に還元されています。これまでのレドックスフロー電池では、長時間充電し、Fe^{2+} が Fe^{3+} に戻らないと、放電することができませんでした。新型電池では、酸化剤 $(NH_4)_2S_2O_8$（＝燃料）を加えることで、速やかに Fe^{2+} を Fe^{3+} に酸化し、充電なしで連続放電することができます（図C）。$(NH_4)_2S_2O_8$ の添加により、短時間のうちにすべての Fe^{2+} が Fe^{3+} に酸化されているようです。さらに、化学的な酸化反応と電極の電気的な反応は、それぞれ別の部屋で行われているため、酸化反応の生成物質（ここでは＝Li_2SO_4）を回収しやすく、リチウム資源の簡単で迅速なリサイクルも期待されています。

今後の展開

新型リチウム・レドックスフロー電池は、大型定置型貯蔵デバイスへの利用だけでなく、車など移動型のエネルギー源として、短い距離を移動する時には二次電池として、長い距離を移動する時には酸化剤を添加する燃料電池の形で、使い分けすることも期待されます。これから、安定かつ最適化した新型電池の実用化を目指して、研究開発を進めていく予定です。

エネルギー技術研究部門
エネルギー界面技術グループ
周 豪慎（しゅうごうしん）

参考文献

[1] Y. R. Wang *et al.*: *ChemSusChem*, 4, 1087-1090 (2011).

次世代リチウムイオン電池用の新しいチタン酸化物負極材料の開発

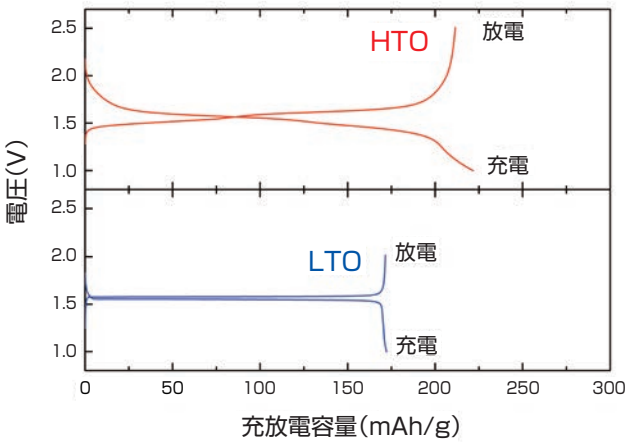
酸化物系負極材料の現状

定置型、自動車用途などの大型蓄電池としてより一層の展開が期待されている次世代のリチウムイオン電池は、10年以上という長期間の使用が想定され、寿命特性の改善が重要です。現在、リチウムイオン電池の負極材料として最も一般的に使用されているのは黒鉛系炭素材料ですが、炭素材料を負極とした電池では、例えば60 ℃以上の高温環境下で長く使用すると、容量が顕著に低下するという問題がありました。これは、負極の電位が低いことで、電極表面などで副反応が起こることが原因とされ、寿命特性の改善のためには、負極を高電位の酸化物系材料に置き換えることが必要です。

中でもリチウムチタン酸化物$Li_4Ti_5O_{12}$（LTO）は、図に示すようにリチウム（Li）基準で約1.55 Vに電位平坦部があり、また充放電サイクルに伴う可逆性が良好であることから、現在、自動車用蓄電池などの負極材料として実用化され始めています。しかし、LTOの充放電容量は、その結晶構造の特徴から175 mAh/gが限界でした。また、構成元素にLiを含んでおり、コスト的に不利でした。そこで、LTOと同程度の高い電位をもち、高容量な次世代の酸化物系負極材料の開発が強く望まれていました。

新しい高容量チタン酸化物 HTO の開発

産総研では、高容量チタン酸化物の材料探索に、無機材料の低温合成プロセスの一つであるソフト化学合成法を適用しました。この合成方法は、出発原料のもつ骨格構造の特徴を保持しつつ、化学組成を変化させることで、新しい材料の構造設計が容易にできることが特徴です。今回、出発原料としてナトリウムチタン酸化物$Na_2Ti_3O_7$を使用し、まず、酸処理によって前駆体である水素チタン酸化物$H_2Ti_3O_7$を合成し、さらに加熱による脱水処理を行うことにより、新しい水素チタン酸化物$H_2Ti_{12}O_{25}$（HTO）が合成可能であることを見いだしました[1]。開発したHTOの電極特性は、現在使われているLTOと同程度の電圧をもち、充放電容量でLTOを上回る225 mAh/g程度の高容量が可能です（図）[2]。また、含有する水素が水素結合によって骨格構造を形成しており、充放電時のリチウムの挿入・脱離反応に影響されない安定した構造になっています。



産総研で開発された新規チタン酸化物HTOおよび現行材料LTO（石原産業製LT-017）の充放電曲線（対極：金属リチウム、電流密度50 mA/g）

今後の展開

産総研は、石原産業株式会社と共同で、HTOの工業的な製造方法の開発と、さらなる高容量化、高出力化のための課題に取り組んでいます。この材料は、構成元素としてLiを含まないためコスト的に有利です。そのため自動車用途をはじめとする大型蓄電池の高容量化と長寿命化、さらには低コスト化につながるものと期待されます。

先進製造プロセス研究部門
結晶制御プロセス研究グループ
秋本 順二（あきもと じゅんじ）

参考文献

[1] J. Akimoto *et al.*: *Journal of The Electrochemical Society*, 158, A546-A549 (2011).
[2] *産総研 TODAY*, 11 (4), 12 (2011).

このページの記事に関する問い合わせ：先進製造プロセス研究部門 http://unit.aist.go.jp/amri/

エアロゾルデポジション法による全固体薄膜リチウムイオン電池開発への取り組み

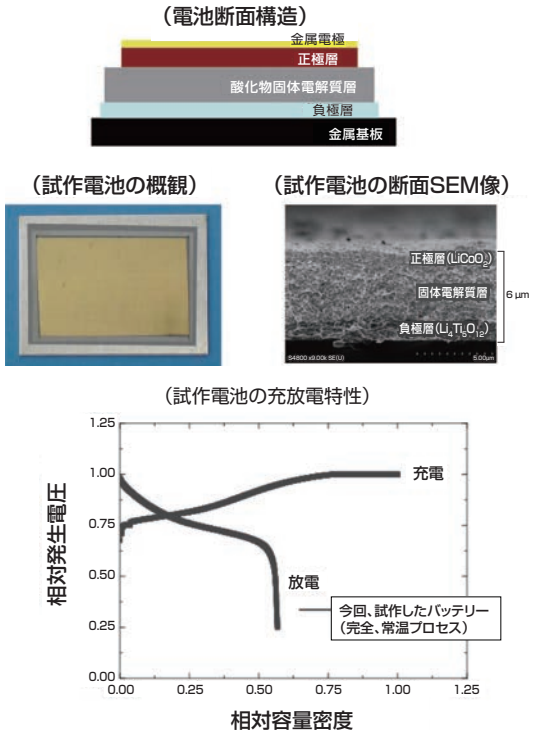
開発の社会的背景

次世代蓄電池の一つである全固体型リチウム（Li）イオン電池は、不燃性で流動性のない固体電解質を用いるため、一つのケース中に複数の単電池を直列接続で入れるなど制御システムを簡素化でき、プラグインハイブリッド車や電気自動車の高性能化のカギを握る高エネルギー密度の電池パックが実現できると期待されています。しかし、電解質が固体であるため、イオン伝導度は液体電解質に比べてかなり低く内部抵抗が高くなり、実用的な電池性能は得られていません。全固体型電池の開発では、電池内部のイオンの移動性を高めるため、いかに高いイオン伝導度の固体電解質材料を開発するか、電気的な絶縁性を保ちつつ電解質層をいかに薄くするかが課題です。また、正・負極層内部の活物質までイオンを効率よく伝導させるため、固体電解質と複合材料化することが重要になっています。

AD法によるLi電池の全固体薄膜化

産総研では、独自開発したエアロゾルデポジション（AD）法を用いて、固体電解質の薄膜化と電極材料との複合化による性能向上に取り組んでいます。AD法は、減圧下で微粒子をスプレーコートする手法で、原理的に高密度の固体電解質薄膜を常温で形成でき、正極層や負極層と積層・複合化できます。今回、固体電解質としてLi酸化物系の各種材料を検討し、イオン伝導度で$3 \sim 5 \times 10^{-6}$ S/cmの固体電解質膜を形成、さらに、正極材料に$LiCoO_2$や$LiMn_2O_4$、負極材料に$Li_4Ti_5O_{12}$などよく使われる電極材料を用い、AD法により3層に積層化しました。

AD法では、原料粒子が基板に衝突する際に3 GPa以上のとても高い圧力がかかります。そのため高いプレス圧で原料粉末を粉体成形しているともいえ、常温プロセスで形成されたにもかかわらず、各層ともとても緻密な膜構造を形成できました。また、基材や積層する下地膜表面のごく限られた領域にだけ高圧がかかるため、基板や各層界面への衝突ダメージは小さく、熱による相互拡散は見られませんでした。さらに、正極、負極、電解質各層の膜厚を最適化し、酸化物系の全固体型薄膜Liイオン電池を作製し、世界で初めて充放電特性が確認できました。



AD法で形成された全固体薄膜Li電池と充放電特性

今後の展開

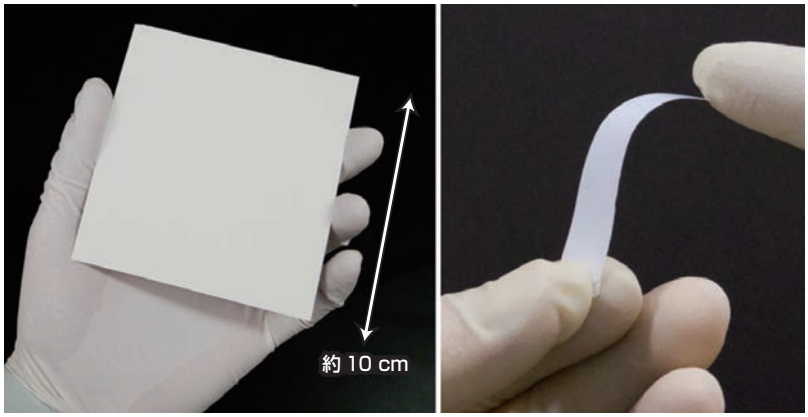
今回、試作した全固体薄膜Liイオン電池は初期段階で、その性能はまだ実用レベルに達していませんが、常温プロセスであるAD法で作製した酸化物系全固体型薄膜Liイオン電池が動作したことは、AD法が全固体薄膜Liイオン電池を実現する有力な作製法の一つであることを示しています。今後、より高性能な固体電解質材料を探索すると同時に、薄膜の微細構造を最適化することで、従来型のLiイオン電池を超える性能の実現を目指します。

先進製造プロセス研究部門
集積加工研究グループ
明渡（あけど） 純（じゅん）

次世代蓄電池用セラミック電解質シート

全固体電池を活用する電源

蓄電池の大型化・高容量化に対する要求の高まりから、より一層の安全性確保が重要な課題の一つとなっています。液体の電解質を使わない全固体電池は、電圧耐性や熱安定性を高くすることができるため、高容量電池の安全性を高める一つの方法として注目されています。先進製造プロセス研究部門では、イオン伝導性をもつセラミックスを核として、次世代自動車などの大型機器へ応用可能な電源技術の研究開発を進めており、全固体電池などの高性能化に向けた各種部材の製造技術開発を行っています。



開発したセラミック電解質シートと柔軟に曲げられる様子

大型電池のためのセラミック電解質シート

空気電池などの全固体電池に適し、室温から高温まで利用ができる電解質材料として、NASICON型の結晶構造をもつLTAP（$Li_{1+x}Ti_{2-x}Al_xP_3O_{12}$）セラミックスなどに注目しました。一般的にリチウムイオン伝導性セラミック電解質は、水に対して不安定なものが多いのですが、LTAPは例外的に耐水性が高いため究極の電池として注目されている金属リチウム-空気電池への応用も期待される材料です。この材料の物性として、結晶粒子内部のリチウムイオン伝導率は室温付近でも高いことが知られていましたが、セラミックスなどの多結晶構造では結晶粒子界面の抵抗が高く、電池部材として多結晶体のシートにするとイオン伝導性が低くなる（室温で10^{-4} S/cm程度）ことが問題でした。また、大型で薄い電解質シートの製造が困難でした。

私たちは、セラミックテープ成形技術などを応用し、セラミック電解質シート部材が連続的に作製できる新しい製造プロセスを開発しました。これにより、これまで困難な薄い大型のセラミック電解質シートを容易に作製できるようになりました。また、初期組成や焼成条件の最適化により、これまで問題となっていた結晶粒子界面部分の抵抗を大幅に低減することができ、室温付近で、シート部材として高い総合導電率（10^{-3} S/cm、27 ℃、輸率：ほぼ1）のセラミック電解質製造に成功しました。開発した部材は、曲げ応力に対して十分な柔軟性があり、厚さ80 μmのセラミック電解質シートの場合、曲率半径 5 cm 程度までの曲げに対して耐性を示すため、振動などの外力に対する耐久性の向上も期待できます。

今後の展開

安全でかつ高容量の新規セラミック電池の開発を目指し、より薄く大面積のシートを容易に得るための技術の確立を目指して研究を行うと同時に、高速充放電性能の実現に寄与する電解質表面の微細構造設計技術の開発を行います。また、電解質-電極界面の高性能化技術や材料安定性評価を含めた検討を行い、大型の全固体リチウムイオン電池モジュールを実現するための研究開発を進めていく予定です。

先進製造プロセス研究部門
機能集積モジュール化研究グループ
濱本 孝一（はまもと こういち）

このページの記事に関する問い合わせ：先進製造プロセス研究部門 http://unit.aist.go.jp/amri/

リチウムイオン電池材料の評価技術の確立を目指して

はじめに

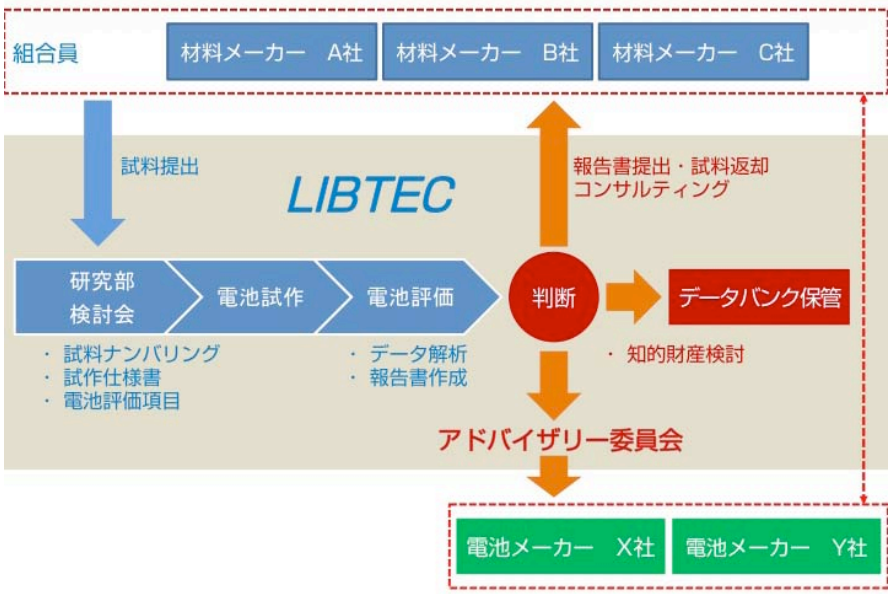
わが国で開発された軽くてコンパクトなリチウムイオン電池は、携帯電話をはじめとするモバイル情報通信機器などの利用だけでなく、電気自動車の電源や再生可能エネルギーの導入促進の観点からも大きな関心が集まっています。これまで日本が世界シェアのトップの座を占めていましたが、近年では各国の企業による熾烈な国際競争が繰り広げられています。

わが国のリチウムイオン電池材料メーカーは高い技術力をもち、おのおのの特有の基盤技術を活かしてさまざまな優れた電池材料を開発してきました。しかし、これら材料の電池としての実用特性評価が必ずしも円滑に進んでいないという課題も抱えていました。国際競争力維持の観点からも、新材料を的確かつ迅速に評価して電池材料開発へフィードバックする評価技術開発を含めた仕組みが求められるようになりました。

そこで、経済産業省主導のもとに、2010年4月2日に、電池材料メーカーの開発した材料を評価する「技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター（略称LIBTEC）」が設立され、産総研 関西センターを拠点に研究開発を開始しました。

LIBTEC の活動

現在LIBTECは、19社の材料メーカーと産総研の合わせて20法人で構成されています。設立目的は、材料メーカーから生まれた電池材料を電池として評価し、優れた材料については円滑に電池メーカーに提供できるよう、摺り合わせ技術と開発時間短縮に必要な評価法を確立することです。現在のLIBTECは、人員が43名で集中研方式をとり、組合員会社からの出向研究員を中核に、電池メーカーのOBが評価技術を指導する体制となっています。ここで評価法の研究と評価法の基盤技術となる電極構造やプロセスの解析研究を進めています。



LIBTECにおける材料評価と情報の流れ

2010年度には、LIBTECで選定した標準モデル材料およびその電池化プロセスをベースにした評価法を確立し、組合員会社から生み出された材料の評価を行いました。またコイン型電池の製作・評価法を確立し、35種類の電池材料の評価を行いました。

2011年度にはこの技術を進展させ、ラミネート型電池の形態を用いた標準電池作製法と、ハイブリッド自動車、電気自動車、定置用など用途別の評価法を合わせて検討しています。さらに、基盤技術になる電極構造を構成するプロセスや、材料そのものを変化させて電子やイオンの伝導パス構造の数値的な評価ができる研究を進めています。また、電池構成を行わずに活物質材料の特性の情報が取得できる、単一粒子評価法の検討も開始しました。

参考ホームページ
http://www.libtec.or.jp/

技術研究組合リチウムイオン電池材料
評価研究センター
太田（おおた）　璋（あきら）

安価で高性能なリチウムイオン二次電池の開発

コバルトおよびニッケルを含まない高容量正極材料

田渕 光春
たぶち みつはる
m-tabuchi@aist.go.jp

ユビキタスエネルギー研究部門
イオニクス材料研究グループ
主任研究員
（関西センター）

これまで水熱法や共沈法など湿式化学合成法を活用した新規リチウムイオン二次電池用酸化物正極材料の開発に取り組み、今回分も含めいくつかの材料を提案してきました。今後、ご協力いただける企業とともに、これらの材料のうち一つでも実用化の可能性を検討でき、世の中に出すことができればと思っております。

関連情報：

● 共同研究者

今泉 純一（（株）田中化学研究所）、秋本 順二（産総研）

● プレス発表

2011年10月12日「安価で高性能なリチウムイオン二次電池正極材料の開発に成功」

● この研究開発は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託研究「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発（Li-EADプロジェクト）－高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発－（平成19年度～23年度）」により実施しています。

大型リチウムイオン二次電池の課題

現在、携帯電話やノートPCなどの電源として、電池重量および体積あたりに取り出せる電力量が大きいリチウムイオン二次電池が活用されています。この電池は、上記の小型機器のみならず、電気自動車やプラグインハイブリッド車用、風力や太陽光発電などの再生可能エネルギーと組み合わせた定置用蓄電システムなど大型機器への適用も検討され、徐々に実用化が始まっています。

大型機器に適用する大型リチウムイオン二次電池は、安全性を確保しつつさらなる性能向上および低コスト化が求められています。この電池の構成部材の中で、電池性能と部材コストに関して大きな割合を占めるのが正極材料であり、安価で高性能な正極材料の開発が重要課題です。

安価な正極材料の開発

今回、金属組成を精密に調整し、製造技術を改良することによって安価で資源的に豊富な元素である鉄やチタンを活用し、希少な金属であるコバルトやニッケルを使わない高性能な正極材料2種（$Li_{1+x}(Fe_{0.3}Mn_{0.7})_{1-x}O_2$および$Li_{1+x}(Fe_{0.3}Mn_{0.5}Ti_{0.2})_{1-x}O_2$, $0<x<1/3$）を見いだしました。

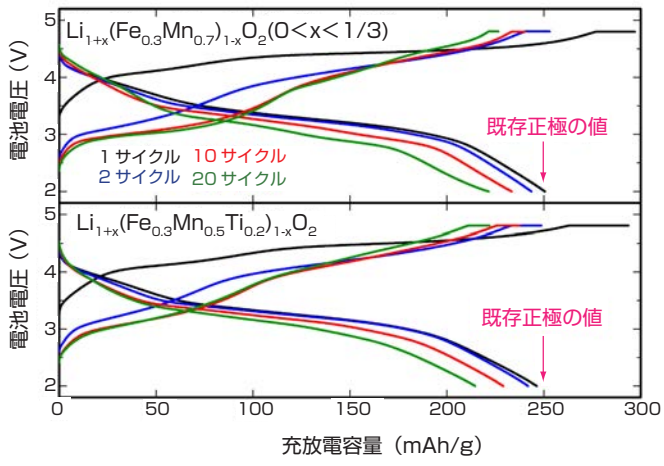
この正極材料は基本的にはリチウムマンガン酸化物（Li_2MnO_3）の中に鉄とチタンを固溶させたものであり、両元素はリチウムマンガン酸化物の充放電特性を改善するために加えられています。

製造技術については、以前から用いてきた共沈-焼成法を基本とし、焼成後の粉末に再度低温（400 ℃）で有機物を共存させて還元焼成を行うことでさらなる充放電特性改善が認められ、既存正極（$Li_{1.2}Co_{0.13}Ni_{0.13}Mn_{0.54}O_2$）と同じ電位範囲（2.0-4.8 V）で、既存正極材料並みの高容量（約250 mAh/g）を示す正極材料となることを見いだしました（図参照）。またチタンを含む$Li_{1+x}(Fe_{0.3}Mn_{0.5}Ti_{0.2})_{1-x}O_2$は、実用リチウムイオン二次電池構成（負極が炭素材料）においても安定した充放電サイクル特性を示すことが確認できました。

今回開発した正極材料は、既存正極と同じ電位範囲で動作可能であり、かつ資源的に豊富で安価な元素からなるので、この材料が実用化されれば大型リチウムイオン二次電池の構成部材の省資源化、低コスト化への貢献が期待できます。

今後の展開

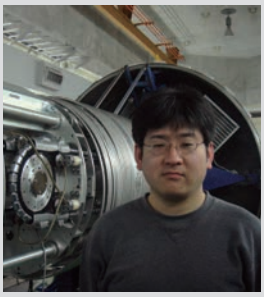
今回開発した正極材料の作製条件のさらなる最適化により、充放電特性改善を継続して行うとともに、開発パートナーの企業とkgオーダーの製造技術開発に取り組み、電池メーカーなど産業界に提供することを目指します。



今回開発した正極材料の性能
30 ℃における20サイクルまでの充放電特性

パルス白色中性子源による中性子線量計の校正

中性子線量計のエネルギー応答が一度にわかる



松本 哲郎
まつもと てつろう
t-matsumoto@aist.go.jp

計測標準研究部門
量子放射科
放射能中性子標準研究室
研究員
（つくばセンター）

中性子標準とそれに伴う高精度中性子計測技術の開発および加速器性能の高精度化に取り組んでいます。

関連情報：

● 共同研究者

原野 英樹、増田 明彦（産総研）、堀 順一（京都大学）

● 用語説明

＊単色中性子：単一のエネルギーをもった中性子

● この研究は、文部科学省受託研究原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブによって実施されています。

中性子線量計の校正について

原子力分野のみならず、鉄鋼業など多様な産業分野で利用される中性子を測定する線量計校正のために中性子標準の開発研究が行われています。一般的に利用される中性子のエネルギー範囲は、1 meV ～ 20 MeV 領域と10桁に及びます。現在、中性子線量計の感度（応答や検出効率とも言う）校正は、加速器などによって生成される単色中性子*を用いてなされていますが、標準供給されているエネルギー点はISO8529で推奨される8つの代表点であり、離散的です。そのため中性子線量計の感度をエネルギーに対して点ではなく曲線で得ようとする場合には、通常モンテカルロシミュレーションによる結果を組み合わせます。しかし、計算では線量計内部の構造を正確にモデル化できないので、計算結果には大きな不確かさが含まれます。そこで、より信頼性の高い線量評価を実現するために、実験的に広いエネルギー範囲にわたり感度曲線が一度に得られる校正方法を開発しています。

パルス白色中性子源による校正法

新しい校正方法では、まず加速器からのパルスイオンビームまたはパルス電子ビームを厚いターゲットに衝突させ、核反応（^{7}Li(d,n)反応やTa(γ,n)反応）を起こさせます。この反応によって広いエネルギー範囲のスペクトルを持った白色中性子が、一定間隔でパルス状に発生します。中性子エネルギーは、中性子の速度に依存しますので、ある一定距離を中性子が飛行する時間の測定によって、さまざまなエネルギーの中性子を一度に測定できます（中性子飛行時間法）。このことを利用し、中性子線量計からの波高出力と中性子飛行時間の2次元同時計数測定により、感度曲線を一度に校正できます。パルス白色中性子源による校正結果は、これまでの単色中性子による校正結果と相補的に組み合わせることによって、より信頼性の高い結果となります。

今後の展開

今回の方法は、核燃料施設などの固有の中性子スペクトルをもつ作業環境場や緊急被ばくの現場での線量評価へも応用が広げられると期待されます。今後、パルス中性子源の性能をより向上させ、かつ安定的なものにすることによって、実用化への道筋をつけたいと考えています。

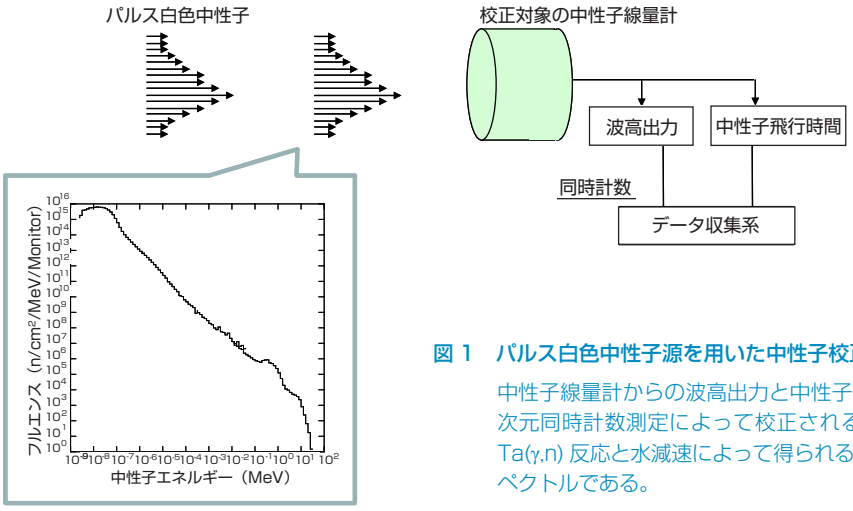


図１　パルス白色中性子源を用いた中性子校正法の概略図
中性子線量計からの波高出力と中性子飛行時間の２次元同時計数測定によって校正される。グラフは、Ta(γ,n) 反応と水減速によって得られる白色中性子スペクトルである。

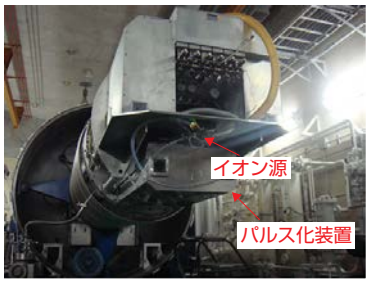


図２　産総研４ MV ペレトロン加速器に導入されたイオンビームパルス化装置

微量軽元素のX線吸収分光

超伝導検出器が拓く先端材料の研究開発

志岐 成友
しき しげとも
s-shiki@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門
超分光システム開発研究グループ
研究員
（つくばセンター）

超伝導検出器は、今まで見えなかったものを見えるようにする、最先端の目です。この目で何が見えるのかを探っています。新しい計測データを社会の役に立てたいと考えています。

軟X線領域におけるX線吸収分光法の必要性

化合物半導体や触媒など先端材料では、機能を発現させるためには微量の不純物が必要で、不純物の結合状態は機能と密接に関係しています。吸収端近傍の吸収率を詳細に測定するX線吸収分光法を用いると、微量不純物の電子状態・配位数・結合距離を元素選択的に測定できます。このため、X線吸収分光法はこれら先端材料の分析に欠かせないツールとなっています。しかし、これまで、Li（リチウム）、Be（ベリリウム）、B（ホウ素）、C（炭素）、N（窒素）、O（酸素）、F（フッ素）などの軽元素は測定が困難でした。軽元素の吸収端はエネルギー1 keV以下の軟X線領域にありますが、軟X線領域で透過率を測定するには試料の厚さを1 μm以下にする必要があり、ほとんどの試料で透過率の測定が不可能です。そこで透過率の代わりに、二次電子や蛍光X線の強度が測定されています。しかし、二次電子はあらゆる元素から放出されるために微量元素の成分を抽出できません。また軟X線では蛍光X線の収率が低く、さまざまな元素の特性X線が重なり合うため、高感度かつ高分解能の分光器が必要です。しかし、半導体検出器や回折格子分光器は、高いエネルギー分解能と感度を同時に実現できず、微量軽元素のX線吸収分光は不可能でした。

超伝導トンネル接合検出器を用いたX線吸収分光

そこで私たちは、超伝導トンネル接合検出器に着目しました。超伝導トンネル接合検出器を用いると、半導体検出器より高いエネルギー分解能が得られます。また多数の画素を集積することにより、高い感度が得られます。そこで100画素の超伝導トンネル接合検出器アレイを用いた分光装置を製作しました[1-3]（図1）。現在の性能は、エネルギー分解能が10 ～ 15 eVで、この分解能は最先端の半導体検出器に比べて3倍以上、一般的な製品に比べると5倍以上優れています。有感面積は約1 mm^2で、半導体検出器に迫る感度です。この装置を用いて初めて、炭化ケイ素（SiC）中の窒素やダイヤモンド半導体中のホウ素など、軽元素ドーパントの吸収スペクトルが測定できるようになりました。今後、さまざまな先端材料の製造手法の研究が加速されると期待されます。

今後の展開

軟X線領域には、軽元素のK線のほか、3d遷移元素のL線や重金属のM線など、多くの特性X線がひしめき合っており、この装置で初めて分析できる元素の組み合わせは数多くあります。現在は共同研究の形で依頼試料を受け入れていますが、将来はIBEC*などを通じて装置を公開し、あらゆる材料の研究開発をサポートします。

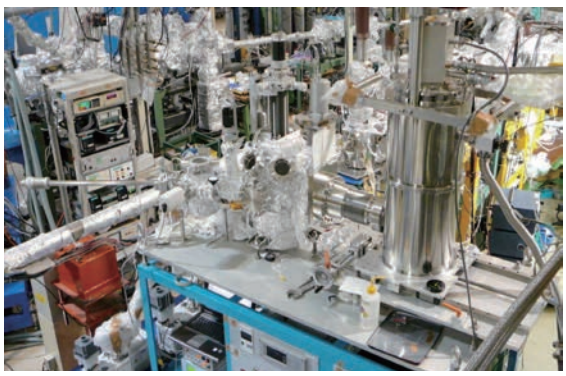


図1　超伝導検出器を用いた軟X線領域の蛍光収量法によるX線吸収分光装置

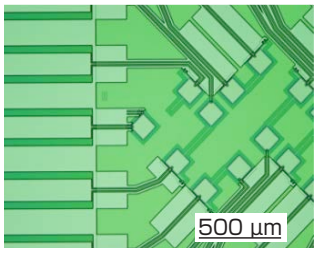


図2　超伝導検出器の顕微鏡写真

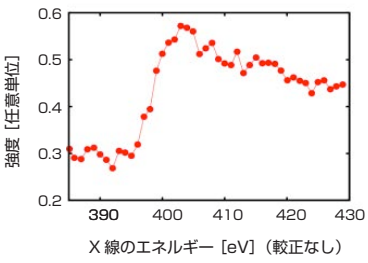


図3　SiC中の窒素ドーパント（300 ppm）の吸収スペクトル

関連情報：

● 参考文献

[1] S. Shiki *et. al.*: *AIP Conf. Ser 1185*, 409-412 (2009).

[2] M. Ukibe *et. al.*: *X-ray Spectrometry 40*, 297-300 (2011).

[3] 大久保 雅隆 他：*「放射光ユーザーのための検出器ガイド」* 第6章、岸本 俊二・田中 義人 編、講談社 (2011).

● 共同研究者

浮辺 雅宏、小池 正記、大久保 雅隆（産総研）、北島 義典（高エネルギー加速器研究機構）、長町 信治（イオンテクノセンター）

● 用語説明

＊IBEC：産総研が提供する先端機器共用イノベーションプラットフォーム

● この研究は文部科学省原子力試験研究費「軟X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究」の一環として行われたものです。

選択入力制御機能をもつ二次元コード

安価で汎用性の高い情報配信技術

国際公開番号
WO2011/087030
(国際公開日：2011.7.21)
●関連特許
出願中：国内２件

研究ユニット：

情報セキュリティ研究センター

適用分野：

- 情報配信技術分野
- ユーザーインターフェース分野
- ウェブコマース分野
- 印刷技術分野

目的と効果

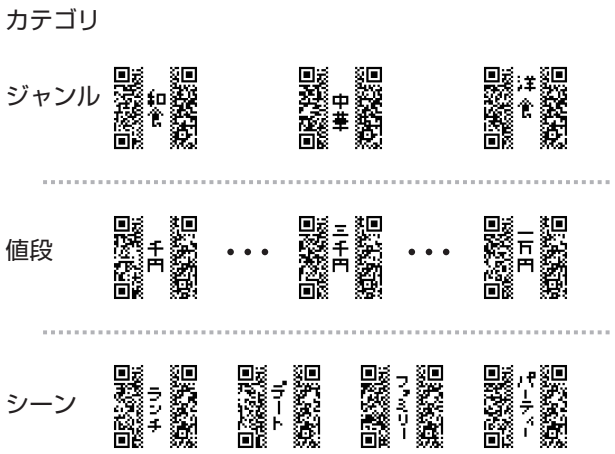
この特許の目的は、分類された情報の二次元コード化と読み取りの簡便化です。例えば、図に示すように飲食店のカテゴリを考え、ジャンルを「中華・和食・洋食」の3項目、値段を「千円・二千円・三千円・…・一万円」の10項目、シーンを「ランチ・デート・ファミリー・パーティー」の4項目とします。飲食店の分類数は各カテゴリの項目数の積の120通りです。それぞれの分類を別々のコードで表示すると、数が多くて対応するコードを探す手間がかかります。この技術では、すべての飲食店の分類を各カテゴリのコードの組み合わせで表現します。したがって分類を、各カテゴリの項目数の和、17通りだけで表せます。この手法は、飲食店のグルメ情報サイトへのアクセスや、カテゴリ分けを「始発駅」と「終着駅」に変えれば、乗り換え案内へのアクセスなどに応用できます。

技術の概要

この技術は構造的連接と呼ばれる手法を応用しています。これまでの方法では、長い情報をただ単に複数のコードに分割していました。例えば、（長い名前として有名な）長助さんの名前のセット「寿限無 寿限無（中略）の長助」という文字列を「寿限無…」「食う寝る…」「…の長助」と複数の文字列にわけたセットを作っていました。セットの一部だけでは情報が表示されませんが、セットを構成するすべてのコードを読み取ると情報を表示するコードになります。これまでの方法では、他のセット、例えばピカソさんのセット「パブロ・(中略)・ピカソ」と先ほどの長助さんのセットが混ざらないように、各セット固有の識別符号（ID）が付与されます。この技術ではIDに特別な加工をし、ジャンルの「和食・…・洋食」、値段の「千円・…・一万円」、シーンの「ランチ・…・パーティー」の各カテゴリから一つずつコードを選んだ時、例えば、「中華、千円、ランチ」のセットでも、「中華、三千円、パーティー」のセットでも読み取れる符号化を実現しました。

発明者からのメッセージ

二次元コードの価値の一つは、紙媒体やディスプレイ表示によって複雑な情報を配信できることです。情報配信者（小売店・広告業者・イベント運営者など）にとって、安価で簡便な手段であるだけでなく、新たなビジネスモデルを創出する手段として活用できます。二次元コードが発展すれば、紙媒体によるアプリケーション配布も可能になります。この技術は、二次元コードの未来を想像しながら、現在普及している手段を応用したものです。



各カテゴリから一つずつコードを読むと、組み合わせに対応する情報が得られる。分類の項目を表すアイコンを組み込むことで、コードがデータ選択のボタンのようになる。

知的財産権公開システム（IDEA）は、皆様に産総研が開発した研究成果をご利用いただくことを目的に、産総研が保有する特許等の知的財産権を広く公開するものです。

IDEA
産総研が所有する特許のデータベース
http://www.aist.go.jp/aist-idea/

イオン価数弁別高速粒子検出器

超伝導検出器により質量とイオン価数の同時計測を実現

国際公開番号
WO2011/108336
（国際公開日：2011.9.9）

研究ユニット：

計測フロンティア研究部門

適用分野：

- 質量分析装置（マトリクス支援レーザー脱離イオン化法など）
- 超伝導計測分野（粒子検出器など）
- ナノテクノロジー分野（巨大分子の観測など）

目的と効果

これまでの質量分析装置に通常使用される粒子検出器はマイクロチャネルプレート（MCP）です。このような質量分析装置を用いて実際に観測されるのは粒子の質量ではなく、質量電荷比（m/z）で、イオン価数を弁別した質量分析をすることは原理上不可能でした。質量を得るためには、マススペクトルのピーク位置と推測したイオンの価数から解析するプロセスが必要でした。これを克服するために、ナノストリップライン構造をもつ超伝導粒子検出器を開発しました。この発明によって、マススペクトルのピークのイオン価数の推測が不要になります。

技術の概要

超伝導薄膜（膜厚 10 nm）に線幅 800 nm のストリップラインからなるミアンダパターンを加工し（図 1）、バイアス電流を流しておきます。粒子が衝突すると、衝突個所が局所的に超伝導から常伝導に転移し、高速パルス信号（立ち上り時間 1 ns）が発生します。これを粒子検出信号として利用します。バイアス電流を変化させると、イオン価数に対する感度を変化させることができます。バイアス電流を変化させながら質量分析を行うことで、MCP 検出器では不可能な、特定のイオン価数に対するマススペクトルの測定が可能になりました。この方法を用いて糖タンパク質（リゾチーム、分子量 14,305）のマススペクトルを観測しました（図 2）。

発明者からのメッセージ

超伝導ナノストリップライン粒子検出器を用いて得られるマススペクトルは MCP と同程度の質量分解能をもちます。このマススペクトルから、イオンの質量だけでなくイオン価数の情報を直接的に得ることができます。その結果、マススペクトルの解析が簡単になります。特に、未知の混合試料の同定に大きな役割を果たすと考えられます。さらに、超伝導ナノストリップライン粒子検出器は検出感度が分子量に依存しないので、広い質量範囲での定量分析や巨大分子の観測が可能です。

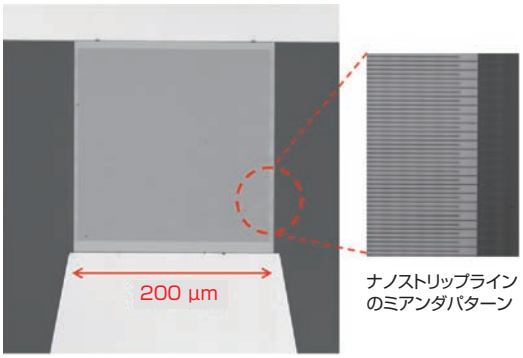


図 1　超伝導ナノストリップライン検出器の光学顕微鏡写真

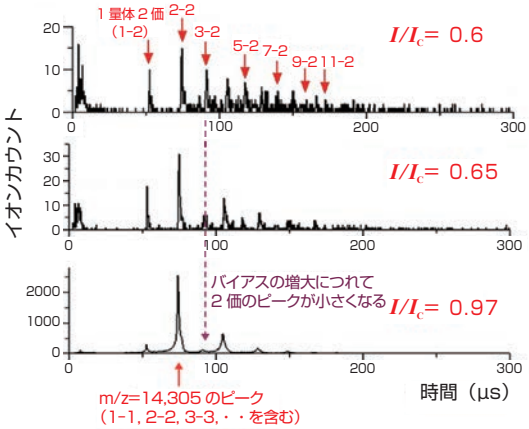


図 2　糖タンパク質（リゾチーム、分子量 14,305）のマススペクトル
超伝導臨界電流 Ic に対してバイアス電流 I が小さい時には、2 価イオンを選択的に検出する。解析により特定の価数に対するマススペクトルの導出が可能。

Patent Information のページでは、産総研所有の特許で技術移転可能な案件をもとに紹介しています。産総研の保有する特許等のなかにご興味のある技術がありましたら、知的財産部技術移転室までご遠慮なくご相談下さい。

知的財産部技術移転室
〒 305-8568
つくば市梅園 1-1-1
つくば中央第 2
TEL：029-862-6158
FAX：029-862-6159
E-mail：aist-tlo@m.aist.go.jp

歯形測定精度評価法の標準化

歯車測定機の高精度評価を目指して

大澤 尊光
おおさわ そんこう
sonko.osawa@aist.go.jp

計測標準研究部門
長さ計測科
幾何標準研究室
主任研究員
（つくばセンター）

三次元座標測定の標準に関する研究、真直度など幾何偏差量の標準・歯車測定、非接触座標測定機の工業標準化など、幾何学量に関する研究に従事してきました。現在は、産業用X線CT装置による三次元座標測定、工業標準化などに関する研究を実施しています。

標準化の背景

歯車は、自動車をはじめとして動力伝達を行う重要な機械要素として使用されています。この歯車が精度よく製造されていないと、寿命の短縮、振動やノイズ音を招きます。歯車の精度等級は、細かく規格（JIS B 1702-1）で決まっており、その評価には通常、歯車測定機が利用されます。この歯車測定機の精度評価には一般に、マスター歯車と呼ばれる高精度に加工された歯車を使用して行います。しかし、高精度に加工されているとはいえ、マスター歯車の形状も完ぺきでなく、小さい量ではありますが、誤差をもっています。このわずかな形状の誤差を測定するのは難しいため、マイクロメートル（千分の1ミリメートル）以下の評価は、今までできませんでした。

産総研は、2002年度から経済産業省基準認証研究開発費を受託し、京都大学と連携して、歯車の歯の代わりに形状誤差が数十ナノメートル（ナノメートル：マイクロメートルの千分の1）程度の球を使用した球基準器（図1（a））を開発し、マイクロメートル以下で歯車測定機の精度評価を実施できる手法を確立しました。その成果を規格化したものが、2010年9月に制定されたJIS B 1757-2「歯車測定機の評価方法－第2部：球基準器又は円筒基準器を用いた歯形測定」です。この規格の制定により、歯車測定機の測定能力を高精度に評価でき、さらに日本の高い歯車加工技術を保証することが可能となります。

JIS概要

歯車測定機の歯形測定に関する精度を球および円筒基準器を用いて評価する手法を記述しています。図1（b）のように球基準器を歯車の代わりに歯車測定機に配置し、測定します。図2のように歯車の形状と球形状の差はさほど大きくなく、理論的に計算によって算出できるため、その差と測定値を比較することで、図3のように測定機の誤差を算出することができます。

今後の展開

今回制定された歯形評価法のほかに、関連規格として2010年度から、平面基準器を用いた歯すじおよび球基準器を用いたピッチ測定精度評価法に関するJIS原案作成委員会を歯車工業会にて発足させて、規格化を進めています。さらに、これら評価法に基づく「歯車測定機の受入検査」規格の提案も同時に実施しています。このような取り組みにより、マイクロメートル以下の歯車測定機の精度評価が可能となり、装置の信頼性が確認できるとともに、日本の高精度な歯車加工技術を定量的に示すことができます。

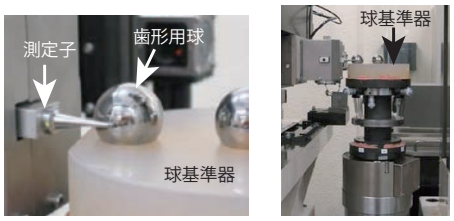


図１　球基準器 (a) とその測定の様子 (b)

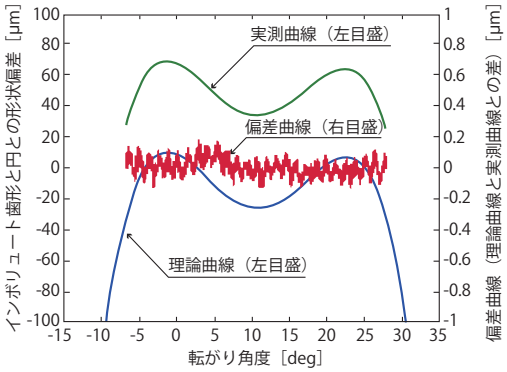


図３　球基準器の測定結果と被評価測定機の誤差

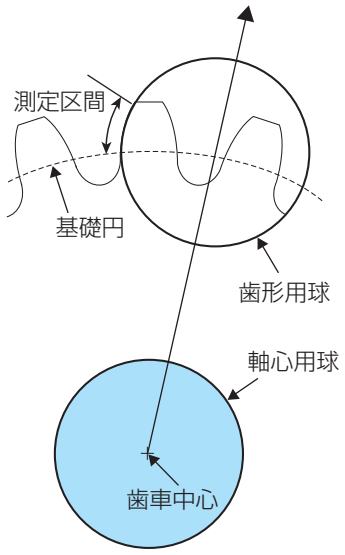


図２　歯車測定と球基準器測定の対応

高純度有機標準物質の純度校正サービス

より迅速な標準物質供給を目指して

加藤 尚志
かとう ひさし
hisashi-kato@aist.go.jp

計測標準研究部門
計量標準システム科
化学計量システム研究室
研究員
（つくばセンター）

2005 年入所。バイオメディカル標準研究室でアミノ酸標準物質開発などに従事してきましたが、2010 年に現在の所属に異動しました。現在は TGA、LC などによる依頼試験への対応のほか、分離分析法を利用して迅速に高純度有機標準物質の純度を評価する手法の開発を進めています。

化学分野におけるトレーサビリティ

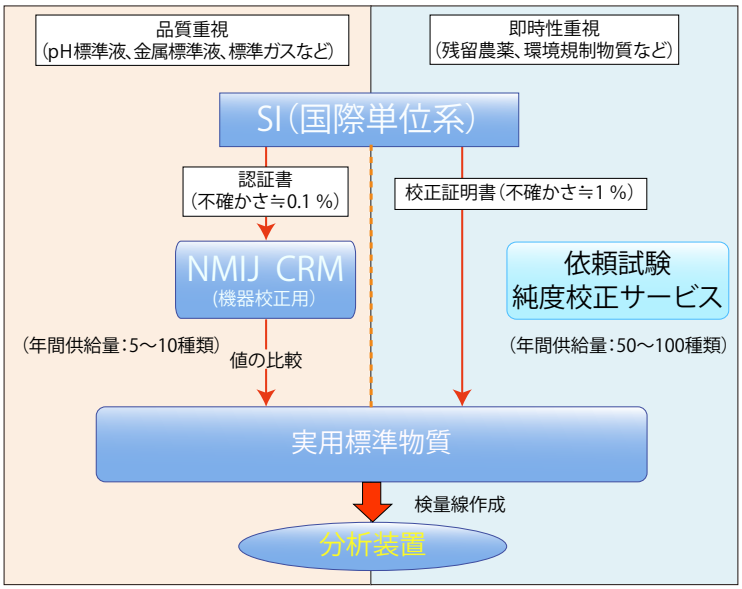
産総研が提供する高純度有機化合物の認証標準物質（NMIJ CRM）は、国際的に認められた高精度測定により純度が決定されており、試薬メーカーなどが供給している標準物質の純度の基準などに活用されています。ところが食品衛生法に基づくポジティブリスト制度の導入を契機とした残留農薬検査や水質検査など、これまでCRMが使われていなかったさまざまな分野でも必要性が高まり、CRMの不足が問題になってきました。

依頼試験による純度校正サービス

このような状況を踏まえ、産総研では2011年度からISO/IEC 17025という国際規格に基づいた標準物質の依頼試験を開始しました。現在、その第一弾として高純度有機標準物質の純度校正サービスを提供しています。対象化合物は2011年11月時点で113物質ですが、現在も拡充中です。このサービスは産総研が長さ・質量・温度などの物理量で行ってきた依頼試験の一つとして実施するもので、主に標準物質供給を行う事業者を対象としています。このサービスにより提供される校正証明書は、事業者が供給する標準物質に対して値の信頼性を担保するための「計量計測トレーサビリティ」を直接与えるため、信頼性が保証された標準物質を速やかに社会へ供給することできます。

依頼試験の技術背景

この依頼試験では、国際単位系（SI）に対する計量計測トレーサビリティを確保するための測定手法として、示差走査熱量計を用いた凝固点降下法と核磁気共鳴装置を用いた定量NMR（qNMR）法を組み合わせています。凝固点降下法はSIにトレーサブルな純度が得られる「一次標準測定法」として国際的に認められている手法の一つです。また、qNMR法も、あらかじめ純度がわかっている内標準物質と比較することでSIにトレーサブルな純度を迅速に測定できる手法として近年注目を集めている手法です。私たちは、この試験の対象となる100以上の物質でその有用性を確認し、迅速かつ正確な校正をできるようにしました。また、必要に応じてガスクロマトグラフ法や液体クロマトグラフ法により純度の妥当性を確認し、より高い信頼性を確保しています。現在提供している純度の校正値の不確かさはNMIJ CRMよりも一桁ほど大きいですが、計量計測トレーサビリティの確保された標準物質を必要な分野に供給するためのシステムとして活用していただきたいと考えています。



依頼試験と NMIJ CRM による標準供給スキーム

関連情報：

参考文献

[1] 井原 俊英：*標準物質協議会会報*, 59 (2011).

[2] 井原 俊英：*産総研 TODAY*, 9 (12), 25 (2009).

計量標準総合センター（NMIJ）URL：http://www.nmij.jp/service/C/calib/

5万分の1地質図幅「熱海」の出版

プレート境界付近の地質情報整備

及川 輝樹
おいかわ てるき
teruki-oikawa@aist.go.jp
地質標本館
アウトリーチ推進グループ
主幹
（兼）地質情報研究部門
火山活動研究グループ
研究グループ付
（つくばセンター）

専門は火山地質学、第四紀地質学。活火山から数千万年前に活動を停止した火山を対象として、さまざまな時間スケールにおける火山活動史を解明する研究を主に行っています。「熱海」図幅では、地質調査に基づく層序と全体のとりまとめを担当しました。

石塚 治
いしづか おさむ
o-ishizuka@aist.go.jp
地質情報研究部門
火山活動研究グループ
主任研究員
（つくばセンター）

レーザー加熱法による$^{40}Ar/^{39}Ar$年代測定システムの確立を行ってきました。その応用として、海底地質調査と陸上調査により得た試料を用いて、地質現象に精密な時間軸を入れ、島弧火山および熱水活動による物質の移動、濃集過程を明らかにする研究を行っています。

関連情報：

● 地質調査総合センター地質図カタログ URL：http://www.gsj.jp/Map/

「熱海」図幅の必要性

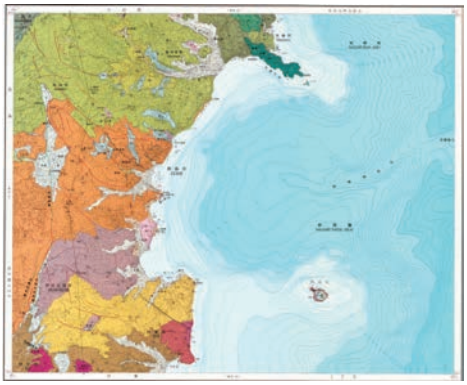
産総研地質調査総合センターでは国の知的基盤整備の一環として地質の調査を行い、その成果を地質図にして出版しています。そのうち自らの調査に基づく最も詳細な地質図が、国土地理院の発行している5万分の１地形図の図郭にあわせて作成される5万分の1地質図幅です。

熱海は伊豆半島の北東部に位置し、東海道本線や東海道新幹線などの交通の大動脈が通ります。伊豆半島の東にはプレート境界であり大正関東大震災の震源域である相模トラフ、半島の西には想定東海地震の震源域である駿河トラフという二つの海溝が存在し、周辺地域にも影響を与えるような地震活動が活発な地域です。さらに、この地域は活火山である箱根火山の南部に位置し、火山活動も活発な地域です。そのため、この地域の地質の理解は、熱海のみならず周辺の人口密集地域や首都圏などの防災力向上にも役立ちます。

「熱海」図幅の調査と地質の特徴

熱海地域は、神奈川県西部の真鶴町、湯河原町から静岡県東部の三島市、函南町、伊豆の国市、熱海市、伊東市にまたがる地域にあたり、その大部分は箱根山から南に続く山地です。東側は相模湾および相模灘に面しているため、山地がそのまま海に没する地形をなし、平地は小河川沿いの狭い地域しかありません。しかし平地の周囲の山地は、最近100万年以内に形成された火山であることから、豊富な温泉が湧き、湯河原、伊豆山、熱海、多賀、網代、宇佐美などの多くの温泉地があります。その一方で、昔から海岸沿いの狭い地域に人が住んでいることと周辺の地震活動が活発なことから、過去に何度も津波災害に見舞われてきました。

地域の地質を理解するうえで、どのような地質体がいつ、どこでつくられたかを知ることが重要です。「熱海」図幅地域は、火山および火山岩の研究で世界的にも著名な故久野久東大教授が研究された地域であり、半世紀も前から詳しい地質が明らかにされていました。しかし、当時の科学技術では、火山岩の形成時期を知ることはできませんでした。そこで、この図幅地域の調査にあたって、地質層序の再検討とともに、K-Ar、$^{40}Ar/^{39}Ar$法などの放射年代測定を系統的にかつ多数行うことによって火山岩の形成時期を明らかにしました。その結果、これまで陸上に露出する火山岩の大半が数千万年から数百万年前（新第三紀中新世から鮮新世）に形成されたと考えられていましたが、今回の調査で、すべて100万年前より若いものであることがわかりました。また、このような若い火山岩が水中に定置した証拠を見いだし、伊豆半島北東域は、長期的にはわずかに隆起傾向であるということも明らかにしました。そのほか、図幅地域内に位置するわが国第1級の活断層である北伊豆活断層系の活動や、繰り返しこの地域を襲った津波の情報などもまとめてあり、防災力向上のためこれら地質情報を活かしていただければと願っています。今後も近隣の地質図幅調査を継続し、伊豆半島の地質情報整備に貢献したいと思います。



５万分の１地質図幅「熱海」（一部）
地質図には説明書がついており、地域の地質・資源・災害などの情報がまとまっている。

シリーズ：進化し続ける産総研のコーディネーション活動（第27回）

産総研をイノベーションハブに

イノベーションコーディネータ　鈴木（すずき） 英一（えいいち）

イノベーションコーディネータへ

旧通産省工業技術院電子技術総合研究所時代から一貫して微細化シリコンデバイスの研究開発に従事していましたが、2008年に産学官連携推進部門に異動し、関東産学官連携推進センターとつくばセンターを兼任して連携活動を始めました。2010年10月の組織再編により、イノベーション推進本部と情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室兼務のイノベーションコーディネータとして、引き続き、エレクトロニクス分野だけに限らず、大企業から中小企業まで連携関係構築を図っています。

コーディネート活動の実践

関東産学官連携推進室では、主に浜松商工会議所での産総研技術相談会を担当し現在も続けています。多くの企業からさまざまな相談をこれまでに100件以上受けました。中小企業からの実に切実な課題に対して、少しでも産総研の技術が役立つように努めてきました。一方、巨大な規模に成長した半導体産業の低迷の時期に当たり、産総研が半導体企業に貢献するよい機会ととらえて、この時期に発足した装置提供型共同研究や人材移籍型共同研究の新制度が適用された大型案件を多数扱い、新しい形の共同研究をスタートさせることに寄与しました。

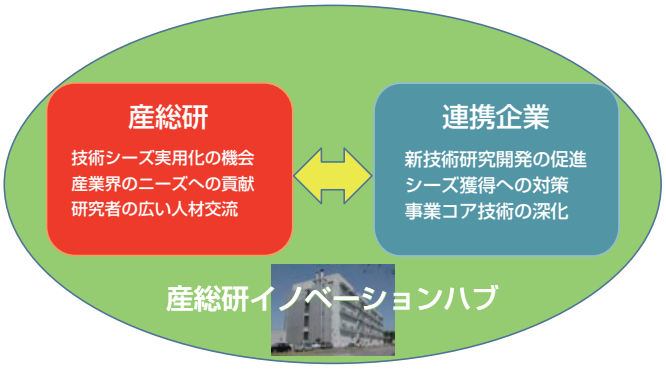
コーディネート活動のノウハウ

これまでの活動で得た教訓はまず、共同研究をスタートさせるまでには相当の時間と労力が必要ということです。これは企業側、特に中小企業の求めるものと、産総研のもつ技術シーズをうまくマッチングさせるためにどうしても必要な期間だと思います。また、産総研の研究活動が意外に知られていないことに気がつきます。コーディネート活動には、産総研の一押し技術をよく理解して、いろいろな手段で周知していくことが必要です。この意味で、回を重ねているオープンラボはよい機会だと思います。一方、いくつかの大企業を巻き込む大型案件では、必ずまとめるという強いパッションが必要だと思います。中には、「これはわが国の国益のために産総研でやるべき技術開発だ」との判断が必要な場合がありますが、その判断がぶれないことが大切です。

イノベーションハブの構築を目指して

今後の産総研には産学官連携は必須であり、産総研がその中心的役割を果たすことが求められます。産総研の技術シーズを売り込むという従来型の連携活動だけでは、いずれシーズの枯渇をまねきます。それに対して、シーズ研究・基礎研究から産学官連携をして共同で研究開発を行う形がますます求められてきます。この実行のためには、産総研側に確かな技術シーズがあり、リーダーシップを持てることが条件になります。企業のニーズ把握力の強みと産総研のシーズ開発力の強みをうまくマッチさせて、その実りを共有するわけです。産総研がイノベーションハブになることを強く意識し、産総研の研究サイドと企業側との両者からの信頼を獲得して連携推進を図っていくことが、イノベーションコーディネータに課せられた役割であると思っています。

産総研技術相談会（浜松商工会議所）での筆者（左から２人目）



産総研と産業界との連携の目指すべき形

このページの記事に関する問い合わせ：イノベーション推進本部　https://unit.aist.go.jp/col/ci/coordinator/contact/tsukuba2.html

社会的取り組み 24

産総研は憲章に「社会の中で、社会のために」と掲げ、持続発展可能な社会の実現に向けた研究開発をはじめ、社会的な取り組みを行っています。

被災地中小企業の研究開発支援

産総研では、2011年3月11日の東日本大震災により被災した企業や公設試験研究機関（公設研）の復興支援活動として、①公設研職員に対する放射線測定の講習会の開催、②地元企業への技術支援が困難になった被災公設研を全国の公設研が代わって技術支援（依頼試験、開放機器利用など）するための活動、③被災地中小企業の研究開発支援、を行ってきました。

特に、3番目の被災地中小企業の研究開発支援については、被災から立ち直ろうとする企業から、「原状回復だけでは不安」、「将来の成長に向けての活動をしたい」という要望が強く、産総研研究者がもつ技術シーズを活用して、中小企業の研究開発を支援するための活動を行いました。

産総研は、震災から間もない2011年4月から、東北の中核的企業として位置付けられ、産業政策・エネルギー政策との関連、雇用の拡大の可能性をもつ、約30社の中小企業を抽出しました。6月から8月にかけて、中小企業との連携をコーディネートすることを専門とするつくばセンターの「産業技術指導員」8名と東北センターのイノベーションコーディネータらが中心となり、被災地の中小企業を訪問し、具体的なニーズをヒアリングしました。被災地の企業ニーズを分析し、その重要性と技術的解決方法を検討して、対応できる産総研研究者を探し出し、企業と研究者のマッチングを行い、研究開発プロジェクトを立ち上げました。

今回の研究開発プロジェクト立案では、部材メーカーなどの中小企業と大企業などとの連携を推進する中小企業向けの研究開発事業「戦略的基盤技術高度化支援事業（通称：サポイン）」を活用することで、サプライチェーンの維持あるいは新構築に寄与することを狙いました。

これまで、東北を含む被災地企業との共同研究は極めて少なかったのですが、この活動によって、サポインに25件提案し、11件が採択されました。さらに、企業の自己資金による共同研究を実施するなど、現在、合計16件以上の研究開発プロジェクトが進行しています。

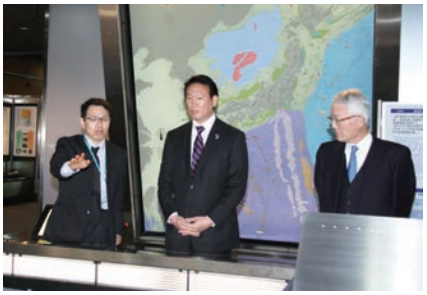
産総研は、被災地企業の新製品開発や製造プロセスの大幅な改善にかかわり、被災地の復興を支援していきます。

北神経済産業大臣政務官つくばセンター訪問

報　告

2011年12月26日、北神経済産業大臣政務官が産総研つくばセンターを訪問されました。野間口理事長の歓迎のご挨拶、脇本理事による概要説明の後、「過去の巨大津波と大陸棚延伸に関する研究」、「光触媒による水分解（人工光合成）の研究開発」、「ハーフインチ半導体製造ライン技術（ミニマルファブ）」、「災害対応ヒューマノイドロボット技術」の4カ所の研究現場を視察されました。視察終了後には、企業や大学と連携した研究に関する活発な意見交換が行われ、最先端の研究成果や知的基盤の整備・提供を社会へつなげる産総研の取り組みについて理解を深めていただきました。

災害対応ヒューマノイドロボット技術を視察される北神政務官（前列右から３番目）



過去の巨大津波と大陸棚延伸に関する研究のご視察

「日本を元気にする産業技術会議」有識者座談会を開催

報　告

本誌１月号でもお伝えしたとおり、産総研は日本の技術開発戦略を総合的に議論する「日本を元気にする産業技術会議」を2011年10月１日付で発足させ、１年後の提言とりまとめを目指しています。11月22日には、有識者メンバー（相澤 益男 総合科学技術会議常勤議員、長島 徹 帝人（株）取締役会長、村上 輝康（株）野村総合研究所シニアフェロー、野間口 有 産総研理事長）による座談会を行いました。今回はその模様をお伝え致します。

滝 順一［（株）日本経済新聞社 論説委員／司会］　日本の産業の、世界の中での立ち位置はどうでしょうか。

村上　20世紀は先進国の後を中小新興国が追っていましたが、21世紀は情報技術革命により、中国など人口の大きな国も成長し始めました。先進国経済圏の下方では新興国経済圏が大きな存在感を示すようになった一方で、上方には全世界に広がるグローバル経済圏ができているので、日本はその両方と関わらなければなりません。例えば携帯電話でも億単位の契約件数がないと、グローバルマーケットでは議論できなくなっています。

長島　グローバル化している現状に対して、頭ではわかっていても日本では人も規制も対応できていません。それでも産業界は生き残るために対応を始めていますが、先進国だけでなく新興国にも目を向けて、どういう形でビジネスをするか考える必要があります。そのためには「ものづくり」だけでなく、「ことづくり」や「人づくり」も重要です。

相澤　2025年には世界人口が80億人になりますが、その3分の2がアジアに住み、グローバル経済を牽引することになります。成長し続ける中国の攻勢に、人口減の日本が立ち向かうためには、相当知恵を絞らなければなりません。

震災により日本は厳しい課題に直面していますが、いずれほかの国にも現れることになるような課題も含むので、日本が解決モデルを示せればいいと思います。日本は産業界の省エネでは世界トップでも、電力消費全体は増えているので、発想を根本的に変えた「グリーンイノベーション」を進める必要があります。

野間口　日本が先進国と言われるようになったのは1980年代の半ばで、その後の「失われた十年」もしぶとく頑張ってきましたが、2000年以降は円高などの「六重苦」があって厳しい状況にあります。しかし震災で世界のサプライチェーンに迷惑をかけたということは、それだけ材料や部品が高い評価を受けていた証左でもあると思います。私たちの強みを認識する必要があるのではないでしょうか。

現在の円高は一過性ではなく、長期的に円が強くなる可能性があります。大企業はゆっくりした動きなら対応できますが、それでも中小企業には厳しい環境になります。世界に誇れる技術を持った研究開発型の中小企業も、円高に耐えかねて拠点を海外に移す動きがあります。それが日本の空洞化を進めてしまうので、日本に半ば拠点を置きながらグローバル展開するという形にして、日本の拠点は次のイノベーションのための基地にする必要があります。

モノを供給して量的拡大で成長を図る時代は終わっていて、モノを提供するだけでなく、それが長期にわたってユーザーに支持される仕組みも提供するという世界展開もあるのではないでしょうか。例えば産業・工業国家として日本と比較されるドイツは、大量生産品がほとんどなくても存在感は大きいです。単純なシェア競争で勝っていた時代を夢見るのでなく、これからは大人の勝負をしなければなりません。

滝　アイデアやイノベーションを生み出す部分を日本にとどめるために、国や民間企業にはどういう役割があるでしょうか。

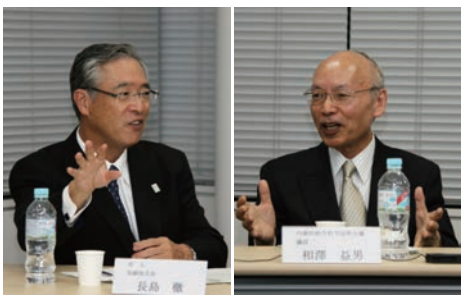
村上　企業はとにかくグローバル化を進めなくてはなりませんが、1980年代のように先進国に向かって行くだけではなく、自分たちよりも所得水準が半分以下の巨大マーケットに向かって行くことになります。これまでの技術は「先端」を目指していましたが、これからは「最適」ということを考えなくてはなりません。

これまではサービスはモノの付録という考え方で経済が動いていましたが、モノというのはサービスを実現するための材料という考え方が出て来ています。日本のサービスの生産性は低いですが、それだけ技術や資金の投入により価値を生み出す余地があるということなので、産業技術によるサービスのイノベーションが、もう一つの大事な領域です。

3つ目としては、やはり新しい物を作るしかありません。2000年代の日本は、これまでなかった物を作って世界中に買ってもらっていましたが、すぐに模倣されてしまいました。国内ではなく上方のグローバル経済圏と、新興国の両方に向かって行けるような新しい物を作る必要があります。

野間口　日本はテレビや冷蔵庫を大量に輸出して世界を制覇した気になっていましたが、携帯電話ではモノ中心にこだわったために数歩遅れてしまいました。一方、顧客ニーズを把握してすぐ提案することで、競争力を維持している企業もあります。

低価格市場で闘う領域があってもいいですが、全領域で勝つ必要はなく、日本には日本らしいやり方があるのではないかと思います。品質や環境対応、製品寿命などで一線を画すような製品を持つべきではないでしょうか。



長島 帝人取締役会長（左）、相澤 総合科学技術会議常勤議員（右）

長島　「最適品質」ということを考えると、マーケットに応じて一般に受け入れられる必需品を、ある程度低コストで日本の良さを組み込んで作ればいいのではないでしょうか。これまで日本発の技術に高度な技術を加えてきましたが、どんなに良いと思って出したところで、価格が高過ぎたり、性能が余分だと思われたりするので、日本製の工夫や緻密さを入れながら、最適品質を求める必要があります。そうやって日本製ブランドが根付けば、経済レベルが上がるにしたがって、そのブランドが通じるようになります。

相澤　グローバル化というのは世界を均一にするものではなくて、人材や資源をグローバルに求めながらも、その結果はローカリティーを意識して多様な形になります。これを全体戦略のもとで構成しないと、日本で作って輸出するという、今までどおりの単純な世界展開になってしまいます。日本独自の技術を大切にすることは当然ですが、やはりそれだけでは足りないので、オープン化が必要です。

オープンイノベーションでは、グローバルな視点から戦略的に攻めていくことが重要です。そういうグローバルな戦略が、日本の企業でしっかり構築されているでしょうか。例えばシンガポールはグローバルな展開で非常に勢い付いていますが、最初の段階から非常にオープンで、自国に少ない人材や資源を世界からうまく集めて活用しています。

野間口　公的研究機関の役割は第一義的に、グローバルに闘える形になるように日本企業をサポートすることです。公的研究機関が共同研究や成果活用をする時は、まず日本企業を優先し、その次に世界のためということになります。

村上 野村総合研究所シニアフェロー（左）、野間口 産総研理事長（右）

最終的に成果を世界に広げるということでは同じでも、日本にはそういう公的立場が必要です。海外拠点で現地に貢献して、製品を世界のサプライチェーンに載せるというようなグローバル展開は存分にすればいいですが、最初から全てオープンにする必要はないと思います。

村上　社会はグローバル化していなくても、製造業の企業は十分グローバル化しているのではないでしょうか。例えば8割を海外で売っている会社は、2割しか日本の会社ではないと言えます。上場企業だけでなく、中堅・中小企業もグローバル展開をしていますが、どんなことがあっても本社は日本に置いてもらいたいです。

基調としては自分たちの技術でここまでグローバル化してきて、これからはパートナーリングやM&Aを通じたグローバル化という次のステージがあります。

長島　「日本を元気にする」というタイトルですが、どうなったらそういうことが言える状態になりますか。例えばオランダは小国ながら、国際競争力では上位5位に入っています。人口が減っている中で、日本国民が今以上に豊かに暮らすというのは、どういうイメージなのでしょうか。

野間口　日本は最後に先進国になり、それから苦労していてもまだまだ捨てたものではないと思いますが、何だか元気がないようです。そこから脱却するのに、バブルの頃のような元気さを求めることはできないので、大人の競争で日本もしぶとく頑張っているという実感が持てる社会になればいいと思います。ドイツのように産業国家としてどっしり構えられる国になり、それを国民が実感できるようになるのが元気になった時ではないでしょうか。

滝　元気がないのというのは、就職難など若者が将来に不安を感じているのが、大きな要因ではないでしょうか。

野間口　大企業は人余りでも中小企業は人手不足なのに、それを修正するような動きが出て来ないのが、社会的に大きな課題です。また、シニアを活性化する工夫をしないと、大企業が大規模リストラを行うのを見ている若者が産業界に身を投じるのをためらってしまいます。中小企業や標準、認証などシニアを活用する職場はたくさんあります。

村上　理工系人材やエンジニアは研究室を出て、新興国を回るべき、と言いたいです。経済構造や開発対象が変わっている中で、新興国の人が何を求めているかを、自分で体感することが大事です。

滝　最後にまとめをお願いします。

相澤　アジアが成長の中心となる中で、少し早く世界の先端に来ている日本は成熟期に入っていますが、それをもって元気がないように見えている部分もあります。

今の状態で満足してもそれほど困らないので、日本人の危機感が薄れています。特に若い人ほど、あえて違う状態に動きたがりません。大学生やポスドクが海外に行かなくなっていますが、日本が閉じこもっていられる状況ではないことを、海外に行って実感してほしいです。

野間口　日本のグローバル人材も大事ですが、日本と関わる外国の人材をどうするかという国際戦略が、決定的に欠落しているのではないでしょうか。これまで多くの人材を日本で受け入れてきましたが、プロジェクト期間だけで終わっています。さらに最近は、資金的問題もあって日本に来る人が減っていて、新興国からは欧州や中国に研修に行くようになっています。

長島　若者が希望を持てないのは職がないから、と言っているうちはまだ甘いと思います。国内で就職できないなら海外に行けばいいと思いますが、その前にそれなりの技術力やマーケティング力を養っておかねばなりません。それには小さい頃から、互いの良い所を認め合いながら競争させるような教育が必要です。

日本には現場ディレクター型の人が多いですが、全体のビジネスモデルやグローバル戦略を作れる人が少ないので、どうやってそういう人材を育成するのかが、これからの課題です。

産総研 Topics 2011

1 震災への対応

■ 震災復興へ向けた活動

被災した公設研や企業への依頼試験・技術相談に関する情報提供の支援や、工業製品の放射線測定のための職員派遣、放射線測定に関する講習会の開催を行いました。また、つくばセンターで測定した放射線量をホームページに公開し、「放射線測定の信頼性」のホームページで、正確な測定器・正しい使い方・測定者の高い技能の3要素を解説しました。震災関連情報として、沿岸域の現地調査や衛星からの津波浸水エリアの情報をホームページに公開しました。さらにセラピー系ロボット「パロ」を避難施設などに展開し、被災者への支援活動の一翼を担いました

放射線測定講習会の様子

■ 研究の再構築を目指す －節電と省スペース

東日本大震災では、産総研自身もつくばセンターや東北センターなどで多くの研究設備が壊れたため、もとの研究体制への復旧に時間がかかることが予想されました。このため「研究の再構築」を宣言し、節電と省スペースを中心とした研究体制、研究環境の見直しを実施しました。節電では、エネルギー効率のよい機器や設備への転換を加速し、さらに、実験装置、クリーンルーム、冷凍庫、排ガス除害装置などを集約して共用化しました。これらにより30％の節電を達成しました。

省スペースでは、新しい建物を建てて新しい装置を入れるなどの考え方を転換し、無駄なスペースを削り、研究の効率を高める取り組みを全所一丸となって行いました。その結果、以前より使い勝手が悪くならない状態でスペースの10％減を達成しました。

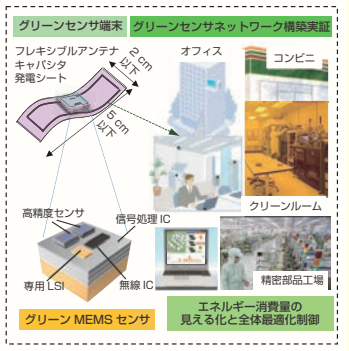
2 オープンイノベーション

■ 参画する技術研究組合数が16に

2011年12月現在、産総研が参画する技術研究組合数は16となりました。うち10組合が産総研を研究拠点とし、4組合のプロジェクトリーダーを産総研職員が務めています。今後も産総研は、プロジェクトの実施・マネジメント、研究場所の提供、組合員企業からの出向研究員の受け入れなどを通じて技術研究組合事業の実施に貢献します。

技術研究組合紹介 －技術研究組合NMEMS技術研究機構

センサネットワークへ使用されるセンサデバイスの共通的な課題である、無線通信機能や自立電源機能、超低消費電力機能の搭載を実現する革新的センサの開発を行っています。センサネットワークの導入による、環境計測やエネルギー消費量などの把握（見える化）およびエネルギー消費量の制御（最適化）により、低炭素社会の実現に寄与します。



グリーンセンサネットワークシステムの実用化イメージ

■ オープンイノベーションに向けた連携構築

2011年において、金融機関である伊予銀行（愛媛県松山市）、教育・研究機関である大阪大学、横浜市立大学、国立高等専門学校機構、および地方自治体の岡山県真庭市と包括的な連携・協力協定を締結しました。今後、各機関がもつ強みと産総研の強みである先端技術開発力の相乗効果を図り、各地域に密着した共同研究、人材育成、地域企業の技術課題解決に向けた技術支援などを実施し、イノベーションの創出を強力に推進していきます。

伊予銀行との協定締結式

■「日本を元気にする産業技術会議」を発足

日本の技術開発戦略を総合的に議論する「日本を元気にする産業技術会議」（後援：日本経済新聞社）を10月1日に発足させました。これまでに革新的創薬、先端ものづくり技術、エネルギー技術、人材育成などをテーマにしたシンポジウムを主催する一方、11月22日には有識者メンバーが集まり、日本の産業の立ち位置や人材育成について議論を行いました。今後もシンポジウムなどを通じて議論を重ね、一年後を目途に基幹産業技術で日本が中長期的にも世界のフロントランナーを走り続けるために必要な「イノベーション・ロードマップ」として提言をまとめます。

日本を元気にする産業技術会議有識者メンバー

■ 産総研の研究施設を利用した企業による製品生産が可能に

企業との共同研究成果の速やかな事業化（製品販売）を可能にするため、産総研の研究施設（完全密閉型遺伝子組換え植物工場、SiCデバイス量産試作ラインなど）を企業が製品の生産に利用できるよう制度を整備しました。今後も、産総研の実験装置、研究設備などをオープンイノベーションのために活用いただけるような取り組みを実施していきます。

完全密閉型遺伝子組換え植物工場内の様子

3 注目を集めた研究成果

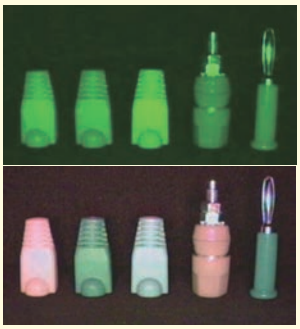
■ 霧島山新燃岳 2011 年噴火（2011 年 1 月 28 日、2011 年 2 月 1 日プレス発表）

2011年1月19日にマグマ水蒸気噴火を起こした霧島山新燃岳は、26日午後からより規模の大きな噴火を続け、周辺地域に多量の火山灰が降下するなど被害が深刻化しつつありました。産総研では諸機関と協力し、噴火活動推移把握のための調査を実施しました。霧島山新燃岳で噴出した軽石を現地調査で採取し、その組成を分析した結果、SiO_2量約57 %の輝石安山岩マグマが今回の噴火を引き起こしていることを明らかにしました。また、約110地点で噴出物の重量を計測し、最も大きな火山活動であった1月26日～27日の噴火による火山噴出物の噴出量は同火山の1959年噴火をはるかにしのぎ、本格的なマグマ噴火であることがわかりました。

霧島火山新燃岳1月26日夕～27日朝に噴出した軽石

■ 暗視カラー撮像技術を開発　－暗闇中にある被写体のカラー動画像の撮像に成功－（2011 年 2 月 8 日プレス発表）

独自に開発した高感度赤外線撮像技術と高速画像処理技術を用いることによって、暗闇でも被写体のカラー動画像をリアルタイムで撮像することができる暗視カラー撮像技術を開発しました。この技術を応用することによって、視認性の高いセキュリティーカメラを提供することが可能となり、より安全な社会の実現に貢献するものと期待されます。



従来技術による暗視撮像例（上）、今回開発した技術による暗視撮像例（下）

■ 金属箔を基板に用いた高効率フレキシブル CIGS 太陽電池　－集積型サブモジュールで光電変換効率 15 %を達成－（2011 年 6 月 20 日プレス発表）

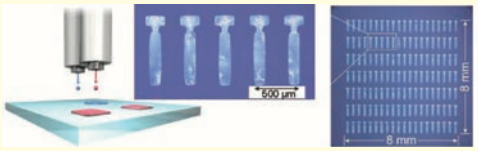
産総研と株式会社富士フイルムは共同で、ステンレス箔を基板とした高効率な集積型構造のフレキシブルCIGS太陽電池サブモジュールを開発しました。

今回、金属箔基板に対する絶縁層の形成技術の開発や、CIGS層に対するアルカリ添加制御技術の改良を行い、光電変換効率15 %に達するフレキシブルCIGS太陽電池の開発に成功しました。汎用性の高い低コスト材料を基板に用いた高性能太陽電池の実現により、さらなる応用範囲の拡大が期待されます。

ステンレス基板の集積型フレキシブルCIGS太陽電池サブモジュール（10 cm×10 cm）

■ 新しいインクジェット印刷法による有機半導体単結晶薄膜の製造技術　－世界最高性能の有機薄膜トランジスタを実現－（2011 年 7 月 14 日プレス発表）

有機半導体を溶解させたインクと有機半導体の結晶化を促すインクをミクロ液滴として交互に印刷する新手法（ダブルショットインクジェット印刷法）を用いて、シート上の任意の位置に有機半導体単結晶薄膜を作製する技術を開発しました。この技術により、薄型ディスプレーなどの大面積電子機器に必須である薄膜トランジスタ（TFT）の性能を、これまでの印刷法による有機 TFT に比べて 100 倍以上向上させることができ、有機 TFT としては世界最高性能を示しました。

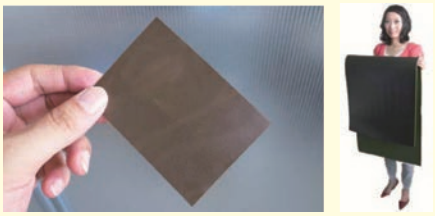


新しいインクジェット印刷法で各位置に形成した有機半導体単結晶薄膜

■ 熱を加えても大きさの変わらない耐熱フィルムのロール品生産に成功　－ 350 ℃に加熱しても収縮率はわずか 0.04 %－（2011 年 8 月 30 日プレス発表）

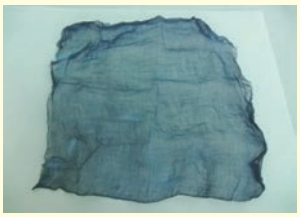
粘土とポリイミドを原料とする耐熱フィルムを産総研、住友精化株式会社、東京理科大学が共同で開発しました。

この試作品は、産総研が実用化に取り組んでいた粘土を主成分とする膜材料「クレースト®」の技術を活かしたもので、これまで困難だったロール品を生産するプロセスを確立しました。これは、優れた熱的寸法安定性や耐熱性などをもつほか、水蒸気バリア性も高く、プリンタブルエレクトロニクス用基板材料や太陽電池バックシートなど、さまざまな用途への応用が期待されます。


開発した耐熱フィルム（右はロール品）

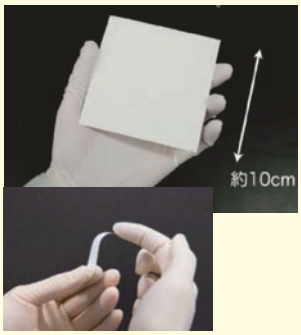
■ 土壌中のセシウムを低濃度の酸で抽出することに成功　－ナノ粒子吸着材を利用し、放射性廃棄物の大幅な減量化へ－（2011 年 8 月 24 日、2011 年 8 月 31 日プレス発表）

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により飛散した放射性セシウムの除染が課題となっています。解決法の一つとして、土壌中のセシウムを低濃度の酸水溶液中に抽出し、プルシアンブルーナノ粒子吸着材で回収する技術を開発しました。この方法により、放射性廃棄物の総量を減らすことが期待されます。ほかにもさまざまな除染ニーズに応えられるよう、多様な吸着材を開発しました。


開発したプルシアンブルーを利用したセシウム吸着材（着色綿布）

■ 次世代蓄電池用セラミック電解質シート　－高いリチウムイオン伝導率を示す柔軟で薄い大面積シート－（2011 年 9 月 14 日プレス発表）

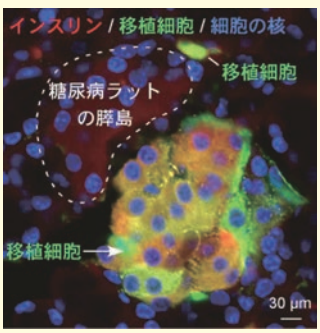
次世代蓄電池用材料として期待されているセラミック電解質シートを開発しました。新たな焼成プロセス技術によって粒界抵抗の低減を実現し、室温で高いリチウムイオン伝導性を示します。また、大面積で薄い電解質シートをこれまでよりも少ないエネルギーで製造することができます。次世代蓄電池であるリチウム－空気電池などの電解質材料として利用できるため、高性能蓄電池開発を大きく加速させることが期待されます。



開発したセラミック電解質シート（上）
セラミック電解質シートの柔軟性（下）

■ 成体の神経幹細胞を用いた、糖尿病の再生医療技術の開発　－患者自身の幹細胞を疾患部位へ移植する再生医療を目指す－（2011 年 10 月 7 日プレス発表）

ラットを用いた動物実験により、成体の神経幹細胞を膵臓に移植する糖尿病の再生医療に有効な方法を開発しました。成体の神経幹細胞は膵臓のインスリン産生細胞と似た働きをすることを明らかにし、比較的採取が簡単な自家細胞（鼻嗅球からの成体幹細胞）の移植により、継続的な血糖値低下をもたらす治療効果を確認しました。自家細胞を用いることで、より安全で自然な再生医療へとつながる可能性があり、糖尿病の早期治療や膵島移植のドナー問題解消への貢献が期待されます。



移植された成体神経幹細胞がインスリンを産生している様子
（緑：移植された鼻嗅球由来の神経幹細胞、赤：インスリン産生）

■ インターネット上の動画音声データの検索・書き起こしシステムを実現　－動画中の発言内容を音声認識でテキストに書き起こして全文検索が可能に－（2011 年 10 月 12 日プレス発表）

インターネット上にある動画共有サービスの動画中の音声を認識して全文検索できるサービスを公開しました。誰でも簡単な操作で音声認識誤りを訂正できる独自のインターフェースを開発し、ユーザーが協力し合って読みやすい書き起こしを作成できます。さらに、日本語に加えて英語の動画音声データも音声認識と検索・書き起こしができるように対応しました。

■ 生体内で発電できる光熱発電素子　－光と熱のエネルギーによる体の中での発電を目指して－（2011 年 10 月 27 日プレス発表）

光によって容易に発熱可能なカーボンナノチューブ（CNT）の特性を活かし、生体内で発電できる新たな光熱発電素子を開発しました。

CNT－シリコーン複合フィルムとCNTの光発熱特性を利用した光熱発電素子

このCNTを分散させた樹脂フィルムは、生体透過性の高い近赤外レーザー光によって発熱して熱電変換素子に温度差を生じ、体内で効果的な熱電発電動作を示しました。今後は今回開発した光熱発電素子により、心臓ペースメーカーなど体内埋め込み型やウエアラブル型医療機器などへの光による遠隔電力供給システムの実現が期待されます。

4 一般公開とオープンラボ

一般公開（チャレンジコーナー）オープンラボ（パネル展示）

今年も各地の産総研で一般公開を行い、北海道センター 1,250 名、東北センター 486 名、つくばセンター約 5,500 名、臨海副都心センター 280 名、中部センター 2,370 名、関西センター（尼崎）約 640 名、中国センター 648 名、四国センター 640 名、九州センター 907 名の方にご来場いただきました。特に関西センター（池田）では、建物耐震工事による中断から 5 年ぶりに開催し、過去最高の約 2,300 名にご来場いただく盛況ぶりでした。

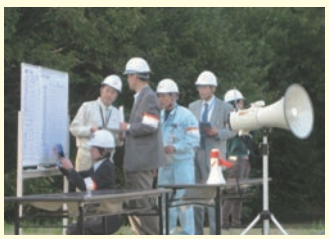
また、産総研の研究成果や実験装置・共用施設など研究リソースを企業・大学・公的研究機関の皆さまにご覧いただくオープンラボを 2011 年 10 月 13 日、14 日に開催し、昨年を大幅に上回る延べ 4,224 名のお客さまにご来場いただきました。このほか産学官連携を活かし、各地域の展示会に積極的に出展しました（九州・沖縄産業技術オープンデー、池田泉州銀行主催ビジネスエンカレッジフェア 2011、中部センターオープンラボなど）。

5 東北地方太平洋沖地震 研究情報の発信

一般公開（サイエンストーク）での情報発信

産総研では 2004 年から、仙台・石巻平野や福島県沿岸において過去の巨大地震や津波の痕跡を明らかにする調査研究を行い、学会などで発表してきました。調査では、過去からくり返し巨大津波を伴う地震が起きていたことが判明していましたが、今回の地震を通して、将来の地震対策につながる研究成果を発信することの重要性を再確認しました。今後も引き続き調査研究を行い、防災に役立つ研究情報を提供していきたいと考えています。

6 業務継続計画（BCP）の策定

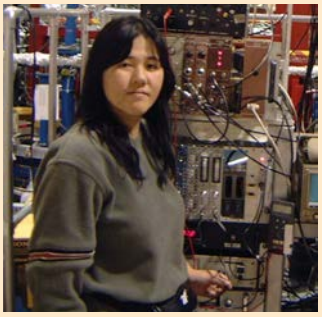

訓練の様子

東日本大震災を機に、大規模災害に備えた事業の復旧計画の整備と対策の実施がますます重要視される中、2011 年 10 月に「（独）産業技術総合研究所業務継続計画」（BCP）を策定しました。産総研の業務のうち、法令で定められている業務、産業および経済活動の継続に大きな影響を与える業務などを優先業務として位置付け、大規模地震などの災害時に優先業務の継続・早期復旧を図るための対策をまとめています。産総研は、大規模災害発生時も社会的責任を果たすべく努力をしてまいります。

アト秒分光による物性計測のフロンティアを目指して

計測フロンティア研究部門　光・量子イメージング技術研究グループ　池浦 広美（いけうら ひろみ）（つくばセンター）

光・量子イメージング技術研究グループでは、小型電子加速器を用いたX線やテラヘルツ波光源の開発と、新しい分析技術の開発に取り組んでいます。池浦主任研究員は、光速に近い電子から放出されるシンクロトロン放射光（単色軟X線）を物質に照射したときにできる内殻ホールの寿命を利用して、伝導帯を自由に動きまわる電子（自由電子）を計測するアト秒分光法の開発を行っています。フェムト秒（1000兆分の1秒）レーザーでは原子や分子の動きしか計測できませんが、アト秒（フェムト秒のさらに1000分の1秒）では電気伝導にかかわる電子の動きが計測できるようになります。



ウィスコンシン大学放射光施設にて

池浦さんからひとこと

私たちの身の回りにある電化製品は、物質中の自由電子の動きを巧みに利用することで作られています。絶縁体として利用されてきたプラスチックも今では導電性プラスチックとして製品に組み込まれています。プラスチックのような有機物が電気を流すということは、有機物で構成される生体内の機能にも電子の動き、例えば、DNAなどの情報伝達の手段として自由電子がかかわっているとは考えられないでしょうか。

私は自由電子の動きが、半導体などの産業利用だけではなく、一見無関係に見える生命の仕組みの解明につながるのではないかと考え、日々研究に取り組んでいます。

EVENT Calendar

イベントの詳細と最新情報は、産総研のウェブサイト（イベント・講演会情報）に掲載しています
http://www.aist.go.jp/

2012年3月　　2月10日現在

期間	件名	開催地	問い合わせ先
3 March			
5～6日	革新的太陽光発電国際シンポジウム2012	東京	03-5452-5378
6日	デジタルヒューマン・シンポジウム2012	東京	03-3599-8201 ●
7日	平成23年度産総研本格研究ワークショップin東北	仙台	022-237-0936 ●
12日	平成23年度関西センター本格研究ワークショップ	大阪	072-751-9606 ●
13～15日	新エネルギー技術シンポジウム	つくば	energy07@m.aist.go.jp
14日	グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発に関する国際シンポジウム	東京	http://www.gnc-sympo.jp/jp/

●は、産総研内の事務局です。

表紙
上：開発したセラミック電解質シート（p.10）
下：5万分の1地質図幅「熱海」（一部）（p.19）

産総研 TODAY
2012 March Vol.12 No.3
（通巻134号）
平成24年3月1日発行

編集・発行　独立行政法人産業技術総合研究所
問い合わせ　広報部広報制作室
〒305-8568　つくば市梅園1-1-1　中央第2
Tel：029-862-6217　Fax：029-862-6212　E-mail：prpub@m.aist.go.jp
ホームページ　http://www.aist.go.jp/

● 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。● 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているわけではありません。

AIST11-E00002-8

PRINTED WITH SOY INK