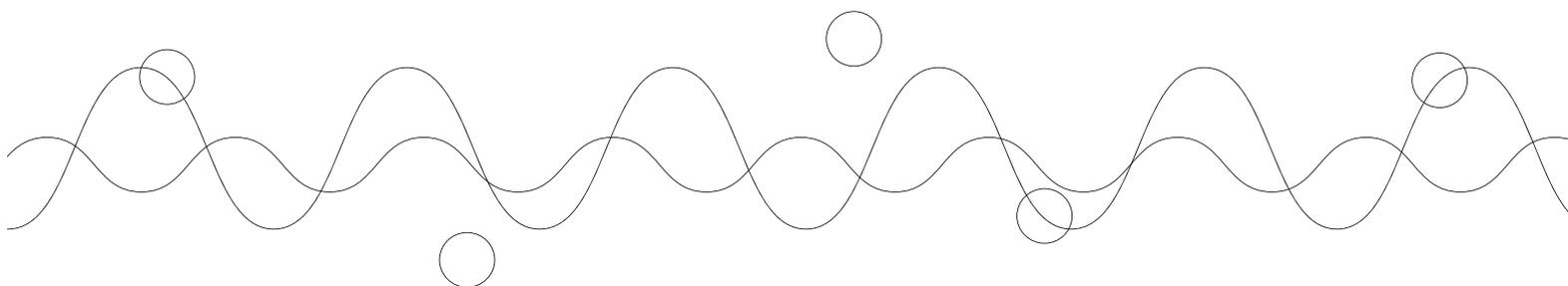


科学技術未来戦略ワークショップ  
「革新電池オープン・イノベーション」  
報告書

平成24年8月31日(金)開催



## エグゼクティブサマリー

本報告書は、(独)科学技術振興機構(JST) 研究開発戦略センター(CRDS) が平成24年8月31日に開催した科学技術未来戦略ワークショップ「革新電池オープンイノベーション」での発表や総合討論を取り纏めたものである。本ワークショップでは、二次電池に関するこれまでの提言[1]を踏まえ、その具体的進め方についてより深く議論を行うことを目的とした。すなわち、次世代自動車やスマートコミュニティ等での普及を念頭に、10～20年後を見据えた産官学協働による基礎・基盤力の強化やその応用開発及び実用化との連動といった、研究開発の具体的な推進方策について議論した。

ワークショップの開催にあたっては、発表者および討論者と、以下の現状認識ならびに問題意識を確認した。すなわち、

- ・本研究開発領域[1]では研究課題は山積しているが、国としての戦略的な目標設定とその達成に向けた官学のステークホルダーの総力の結集が重要であること、
- ・具体的には、産官学の密接な連携による目標の設定、基礎的知見の課題解決への迅速な反映、研究開発の進捗および周辺環境の変化に対応した目標見直しなど、
- ・革新的研究には異分野融合のみならず異文化の交流による発想の刺激も重要であり、グローバルな視点での協調と競争を推進すべきこと、などである。

このような意味で、オープン・イノベーション[2]の可能性を追求する仕組みが必要といえるが、内外で様々な取り組みが進められているものの未だ試行錯誤の段階といえる。本ワークショップでは、革新的二次電池の実現に向け、オープンな環境下において、産官学が協力して協調と競争の最適なバランスを如何に見出すかについて、ボトルネックとその解消の方向を関係者で認識を共有し、行動のきっかけを作ることを目的とした。

ワークショップの議論の中では、以下のように具体的な事項が指摘された。まず、まだ各国が力を蓄えるに至っていないポストリチウムイオン電池等の革新電池の領域で、基礎・基盤研究や新材料の研究開発について、電池をシステム要素と捉えたビジネス展開までを見据え、人材育成から技術流出対策も含めた総合戦略のもとに進めるということが非常に重要である。特に技術流出については、産学官の連携や研究開発の国際化対応ならびに人材育成について、その対策が必須条件になる。企業自身が、自社の技術に携わった技術者の退社後の倫理も含めて考え直す必要があるとの指摘もあった。革新電池に関わる事業を見据えた戦略の構築と研究開発の推進は、極めて緊急性の高い課題として位置づけられるという結論となった。

多様な経験を有する識者の参集を得て、本質的な問題に迫ることができた。そこには、革新電池に限らない共通の問題が数多く含まれているが[3]、具体策については、社会制度改革も含めて難しい問題が存在する。中長期的に、振幅が大きくスピードの速いビジネスの変化と科学技術の進展とをどう折り合いを付けるのか、そして人材をどう育てどうマネージしていくのかといった問題もある。本ワークショップの成果は、JST-CRDSとして今後の研究戦略提言に反映させるとともに、参加者がそれぞれの立場で今後の活動に活かしていくことが重要である。

## 引用文献

- [1] CRDS-FY2011-SP-04 戦略イニシアティブ「次々世代二次電池・蓄電デバイス基盤技術」  
(2012.1 <http://crds.jst.go.jp/domains/nanotech/201201011001>)
- [2] 「オープン・イノベーション」
- ・もともとは、ハーバード大学ビジネス・スクールのヘンリー・チェスブロウ助教授の提唱した企業経営概念で、社内外の経営資源を融合させて経営目的を効果的かつ迅速に実現する方策を指すが、その後さまざまに拡大解釈されたり、応用されたりしている。
  - ・内閣府による概念整理（2010.4「オープン・イノベーションを再定義する～モジュール化時代の日本凋落の真因～」）にもある通り、企業の経営行動としてのオープン・イノベーションは、大学や研究機関の基礎研究にも必然的に影響を及ぼすものである。すなわち、研究開発実施機関は、企業とのインターフェースを整え迅速な協働を推進して行くことが求められる。
  - ・日本社会の閉鎖的組織風土や垂直統合型経営風土は長所も短所も有すると考えられるが、高度化し複雑多様化する社会ニーズに効果的に対応しつつ地球環境問題への対応も含めたグローバル競争のなかで生き抜いていくためには、経営環境の変化に即した変革が不可欠である。自己変革には時間を要するため、政策誘導による促進が不可欠である。
- [3] CRDS-FY2011-SP-03 戦略提言「エネルギー分野研究開発の戦略性強化」  
(2011.7 <http://crds.jst.go.jp/domains/environment/201107010000>)

## 目 次

エグゼクティブサマリー

1. ワークショップ開催趣旨	1
1.1 開会挨拶	田中 一宜 (JST-CRDS) 1
1.2 開催経緯とワークショップの課題設定	宮下 永 (JST-CRDS) 1
2. セッション1. 革新電池研究開発に対する産業界の期待と役割	5
2.1 ポストLIB蓄電デバイスの研究開発	岡島 博司 (トヨタ自動車株) 5
2.2 電池メーカーから見た基礎研究課題	湯浅 浩次 (パナソニック株エナジー社) 9
3. セッション2. 革新電池研究開発の課題と推進方策	15
3.1 革新電池研究開発の課題と推進方策	金村 聖志 (首都大学東京) 15
3.2 共通基盤研究課題と推進方策 (解析、計算科学等)	河村 純一 (東北大学) 19
4. セッション3. オープンイノベーション推進上の課題と対応策の方向	25
4.1 革新電池オープンイノベーションに向けた電池実証研究のための共用施設について	辰巳 国昭 (AIST関西センター) 25
4.2 異分野融合と人材育成	村上 浩一 (筑波大学) 28
4.3 日本型オープンイノベーション	大橋 弘通 (AIST) 32
5. セッション4. 総合討論	36
6. まとめ	51
付 録	54
付録1 ワークショップ開催概要、プログラム	54
付録2 ワークショップ参加者リスト	55

## 1. ワークショップ開催趣旨

### 1.1 開会挨拶

田中一宜 (JST-CRDS)

本日のワークショップに先立って、昨年我々は二つのプロポーザルを発行している。ひとつは「次々世代二次電池ー蓄電デバイス基盤技術」に関するもの、もうひとつは「エネルギー分野研究開発の戦略性強化」である。本日は、次々世代二次電池の実現に対する社会的期待の大きさから、産学官の関係者によりその戦略的推進方法を具体的に掘り下げてみたいと考えている。本日お集まりいただいている皆さんは、この分野についての専門家としてさまざまな経験、すなわち成功例や失敗例を持っておられると思う。

革新的な成果を生みかつそれを社会的課題解決に確実に結びつけていくため、研究開発の具体的な推進方法として、異分野融合、産学連携、人材育成といったことが重要だといわれている。そのことは今に始まったわけではなく、例えば科学技術基本計画の第2期、第3期すなわち2001年から2010年の10年間を見ても、ことあるごとにこれらの重要性が指摘されてきた。しかしながら、未だにそうした対策が軌道に乗ったという実感を持っている方々は非常に少ないのではないかと思う。2011年から2015年の第4期科学技術基本計画の中でも、サイエンス&テクノロジーだけではなく、イノベーションをプラスしてSTIが一体的に進められるべきであるということが、基本方針で謳われている。つまり、待ったなしということである。

こうした状況の中で、非常に長い歴史のあるこの二次電池の技術をどのように革新するか、そのためにはどのように研究開発を進めて行くべきかを考えたい。特に異分野融合にどのように取り組むべきか、そして、産学連携でどういう形のを今後作り上げていくべきか、こうした観点も含め長期的に人材育成をどのように進めていくべきかといった課題について、ご出席の経験豊富な有識者の先生方のいろいろなご指摘をいただき、問題点を掘り下げて、今後の具体的な提案につなげられればと考えている次第である。

### 1.2 開催経緯とワークショップの課題設定

宮下 永 (JST-CRDS)

まずは言葉の定義。「革新電池」としては、ポストリチウムイオンバッテリーを中心に取り上げる。リチウムイオンバッテリーの極限も含め、またリチウムイオンキャパシタなどの二次電池に近い蓄電デバイスも含めて考えたい。燃料電池も含めるべきかという話もあったが、基盤としては共通する部分もあるが技術的には広がり過ぎるので、まずは二次電池について議論することとした。研究開発の推進方策であるが、今回は基礎・基盤研究の充実の方策とそれらと応用研究、開発研究、実証研究との連携、ある意味でオープンイノベーションを如何に進めるか、について議論をしたい。

「オープンイノベーション」の概念については、事前にお配りした資料に、内外で検討されてきた経緯を説明させていただいている。ご承知のとおり、内閣府が2010年4月に、経産省が2008年にオープンイノベーションに関する詳細な議論を展開し、施策への反映を進めてきている。そもそもは米国で企業の経営活動の概念として提唱されたが、大学や研究機関の基礎研究にも必然的に影響を及ぼし、研究開発実施機関は企業とのインターフェイスを整えて迅速な協働を推進していくことが求められるようになってきた。しかしながら自然に進むかということ簡単ではなく、それぞれの組織での自律的な取り組みとそれ

らの連携・融合、ネットワーク化というのは相当時間が掛かるために、政策誘導による促進が不可欠という認識がある。

本ワークショップの背景・ニーズについては、CRDSが半年前に出した戦略提言の中に詳しく述べているところであるが、将来20～30年にわたってのニーズを見通した時に、大きく三つの視点から革新的蓄電デバイス実現の期待は極めて大きいといえると考えており、提言ではその理由をかなりのデータをそろえて示してきている。大きな課題認識と、解決の方向が提示されたことについては、多くの方々から時宜を得た適切な提言であるという評価もいただいているが、具体的にどう進めるかということになると、なかなか難しい問題がある。

セッション1で、「革新電池研究開発に対する産業界の期待と役割」を確認させていただいたあと、セッション2では、それに対応する「革新電池研究開発の課題と推進方策」についてご提案いただき、セッション3では、推進方策を掘り下げるという意味で、「オープンイノベーション推進上の課題と対応策の方向」の案を経験に基づいてご指摘いただき、セッション4では魚崎先生にモデレータをお願いしているが、逢坂先生、橋本先生、本間先生に参画いただき、上記発表者の方々とともに総合的な議論を展開していただく、という構成を予定している。

先ほどの話にもあったように、研究開発推進上の課題解決策はなかなか進みにくいところがある。逆に言うと、問題点、ボトルネックは何かを見極めようとする、ひとつの解決策でいろいろなものが見えてくるような単純な問題ではないので選択肢を幾つも持つ、ということが非常に重要になってくると考えているので、忌憚（きたん）のない活発な議論をお願いしたい。本ワークショップにおける議論の内容は報告書として関係機関に提示していく。場合によっては、さらに幾つかの課題を深掘りして私どものJST/CRDSの戦略提言に反映させるべきものも出てくるかもしれない。

本日は忌憚のないご意見を開示いただきたいと考えており、そのためにご面倒をおかけするが、傍聴者、陪席者も含めて、一応守秘義務の書類にサインをしていただくこととしている。もちろん、報告書として公表するときには、発表者・発言者の方にお断りして、ご了解の得られる範囲で公表させていただく。議論の結果をできるだけ具体的な行動につなげていきたいという趣旨なので、ご了解、ご協力をお願いしたい。

JST-CRDSにおける取組状況を補足させていただく。昨年7月に戦略提言「エネルギー分野研究開発の戦略性強化」を発行しているが、文献調査やインタビューの結果をもとに問題提起とその対応策案を設定し、一昨年12月にワークショップを開催して産官学の有識者と忌憚のない議論を行い、東日本大震災と原発事故後の状況も踏まえて提言として取りまとめたものである。

この大きな方針ともいえるべき戦略提言は、三つの要素から構成されている。まず、日本のエネルギー研究開発全体を見てみると、分断されていて総合計画というものが明確には存在しない、従って研究する側も非常に部分的な研究にとどまりがちで、横断的・総合的・戦略的になかなか進みにくい、関係者がオープンに議論して総合計画を作り込んでいくプロセスが必要だとしている。つぎに、基盤研究、政策目的、基礎研究拠点というキーワードで示すように、基盤研究の強化について、自由な研究は相当程度担保されている可能性

はあるが政策目的に沿った戦略的研究は応用研究が中心で基礎研究が手薄であること、中長期的な観点からの拠点の強化が必要であることを指摘している。その拠点では、何を研究すべきかという、研究開発に対する研究すなわちリサーチ・オン・リサーチの強化が必要であり、その結果を客観的なデータに基づいて総合計画に提案していく機能も併せ持つべきと提案をしている。最後に、強化していく基礎研究の成果が応用研究、開発研究と迅速につながっていかないと意味がないわけで、リニアではなくコンカレントな連携を実現すべくエネルギー研究開発にかかわるネットワークの強化が必要であることを指摘している。

時を同じくして、産業構造審議会の研究開発小委員会（本日までご参加の橋本先生が委員長）でも、新たな国家プロジェクトの創設、オールジャパンとして戦略的に思い切った革新的研究開発にもっと総力を挙げて取り組むべきという提言がなされている。

こうした動きも受けて、経産省と文科省で局長レベルの合同検討会が、昨年10月に初めて開催されるという運びとなっている。これまでに4回開催されていて、この6月には合同シンポジウムも開催され、そこでの産官学の議論が来年度以降の具体的な施策の実行計画に反映されようとしている。

並行して、JST-CRDSでも、産官学の有識者30人ぐらいで我が国の環境エネルギー分野の研究戦略を横断的・俯瞰的に議論する場を設定している（環境・エネルギー研究戦略会議）。重要なことは継続性で、時々的重要な課題を議論し上記の合同検討会議やグリーンイノベーション戦略協議会等に提案として繋げていくとともに、議論の結果を蓄積してその質を高めていくことを狙っている。いくつかの視点、立場からの重層的な議論の積み重ねが必要であり、そうすることにより我が国の研究戦略というものに定着させかつ実効あるものにしていくことが可能となる、と考えている。

蓄電デバイスの基盤技術強化が優先度の高い重要課題として共通認識化されるようになってきているが、時間のかかるあるいは異分野にまたがる基礎基盤研究となるとなかなか力が入らないという問題がある。一度問題提起をすれば済むということではなく、実行の過程で現場から上がってくる問題を踏まえ、いくつか視点を変えつつ何度か議論を重ねて進めていくことが必要だろうということで、こういう場を持たせていただいた。

<p style="text-align: center;">JST-CRDS 科学技術未来戦略ワークショップ</p> <p style="text-align: center;"><b>「革新電池 オープン・イノベーション」</b> －ワークショップ開催趣旨と論点－</p> <p style="text-align: center;">2012. 8. 31 JST-CRDS ナノテクノロジー・材料ユニット 環境・エネルギーユニット</p> 	<p style="text-align: center;">「革新電池 オープン・イノベーション」ワークショップ開催趣旨と論点</p> <p>(議論の対象)</p> <p>①「革新的二次電池研究開発」の目的達成による物産の促進方策</p> <p>②「革新的二次電池」技術の発展から期待される社会、経済・環境・健康・エネルギーなど多様な価値。その他の新型電池などを踏まえたリサーチ・オン・リサーチの強化。二次電池の二次電池、リチウムイオン電池、燃料電池、固体電池などから、材料開発は進むが、</p> <p>③「研究開発」は産官学の連携による共同研究・共同開発、同時に、その成果を迅速に社会に実用化して受け取ることが、必要である。現場研究、基礎研究、産官学の連携によるオープン・イノベーションの推進について議論。</p> <p>④「民間資金による研究開発の促進」は事業化の連携・協働の必要性も含む。</p> <p>⑤「ワークショップ」の意義、実施方法、先導組織共有化、人材育成等、産官学連携による「共同」連携の推進の必要性も含む。革新的二次電池の推進。</p>
---	---

<p>「革新電池 オープンイノベーション」ワークショップ開催報告と論点</p> <p>(「オープンイノベーション」の用語について)</p> <p>「オープンイノベーション」の概念は、2004年、MITの教授であるスティーブ・ジェーンソンが提唱した。これは、企業内外の知識や技術の流動性を高めることを目指す。従来の企業は、内部で開発された技術はすべて自社内で活用するが、オープンイノベーションでは、外部に流出する技術もあれば、外部から流入する技術もある。この概念は、2010年、MITの教授であるスティーブ・ジェーンソンが提唱した。これは、企業内外の知識や技術の流動性を高めることを目指す。従来の企業は、内部で開発された技術はすべて自社内で活用するが、オープンイノベーションでは、外部に流出する技術もあれば、外部から流入する技術もある。</p> <p>「オープンイノベーション」の概念は、2004年、MITの教授であるスティーブ・ジェーンソンが提唱した。これは、企業内外の知識や技術の流動性を高めることを目指す。従来の企業は、内部で開発された技術はすべて自社内で活用するが、オープンイノベーションでは、外部に流出する技術もあれば、外部から流入する技術もある。</p> <p>「オープンイノベーション」の概念は、2004年、MITの教授であるスティーブ・ジェーンソンが提唱した。これは、企業内外の知識や技術の流動性を高めることを目指す。従来の企業は、内部で開発された技術はすべて自社内で活用するが、オープンイノベーションでは、外部に流出する技術もあれば、外部から流入する技術もある。</p> <p>自己革新は時間と費用を要する。資源の限られた条件下では、自己革新は時間と費用を要する。資源の限られた条件下では、自己革新は時間と費用を要する。</p>	<p>「革新電池 オープンイノベーション」ワークショップ開催報告と論点</p> <p>(背景-社会的期待)</p> <p>・社会が期待している革新的な技術の活用 ・社会が期待している革新的な技術の活用 ・社会が期待している革新的な技術の活用</p> <p>(背景-研究開発の動向と課題)</p> <p>・革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 ・革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 ・革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p> <p>★機関イノベーション世代二次電池・蓄電デバイス基盤技術等(1) (2012.1 <a href="http://rds.jst.go.jp/domains/nanotech/201201011001">http://rds.jst.go.jp/domains/nanotech/201201011001</a>)</p>
--	--

<p>「革新電池 オープンイノベーション」ワークショップ開催報告と論点</p> <p>(本邦の現状)</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p>	<p>「革新電池 オープンイノベーション」ワークショップ開催報告と論点</p> <p>&lt; 戦略的研究開発促進方策の提言 &gt;</p> <p>論点1. 社会的ニーズと全体目標(共通認識化)</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p> <p>論点2. 革新的技術-革新的研究開発(共通認識化)</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p> <p>★機関イノベーション世代二次電池・蓄電デバイス基盤技術(1) (2012.1 <a href="http://rds.jst.go.jp/domains/nanotech/201201011001">http://rds.jst.go.jp/domains/nanotech/201201011001</a>)</p>
--	--

<p>「革新電池 オープンイノベーション」ワークショップ開催報告と論点</p> <p>論点3. 国内で分散している研究開発を戦略的に統合的に推進できないか?</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p> <p>論点4. イノベーションの起爆剤となる革新的な技術の開発方法</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p>	<p>「革新電池 オープンイノベーション」ワークショップ開催報告と論点</p> <p>論点5. 革新的研究開発の促進-革新的な技術の開発方法</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p> <p>論点6. 革新的な技術の開発方法</p> <p>革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。 革新的な技術の開発には、社会的期待や資金の確保が必要である。</p>
--	--

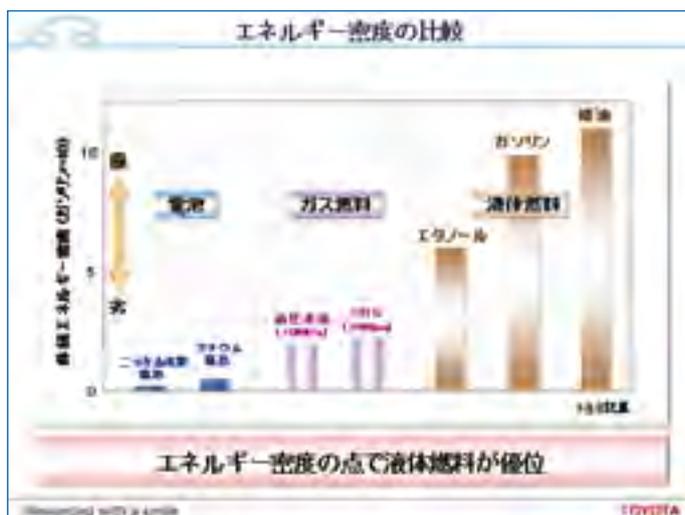
## 2. セッション1 「革新電池研究開発に対する産業界の期待と役割」

### 2.1 ポスト LIB 蓄電デバイスの研究開発

岡島博司（トヨタ自動車株）

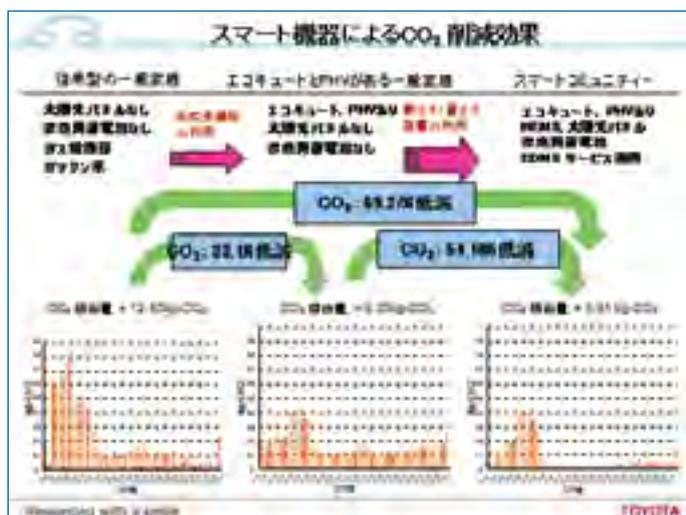
21世紀に解決すべき課題を「環境」、「エネルギー」、「社会構造」、「人間」の4つと設定している。蓄電池は「環境」、「エネルギー」に関わってくるが、スマートコミュニティー、社会全体、社会システムという観点でも、蓄電池を積んだ自動車を活用した世の中全体の低炭素化や、そこに住む人間のQOLとも関係する。

環境・エネルギー問題への対応シナリオは、従来の化石燃料から将来的には再生可能エネルギーを中心とした電気で車を動かしていきたいというのが大きな流れになっている。その中で一番大きな課題は何かというと、現在のガソリン自動車、ディーゼル、ハイブリッド自動車は満タンで500km以上走るが、電池はバッテリーの体積当たりのエネルギー密度が液体燃料に比べて非常に小さいという点である。これをカバーするために沢山の電池を積んでいるが、航続距離ではガソリン車に及ばないというのが現状である。



この使い勝手の悪さを解消するため、トヨタではハイブリッド車のバッテリーを拡張し、日常生活で使うくらいの距離は電気自動車として走ることができるようなプラグインハイブリッド車というものを現実解として商品展開を始めている。当然、電池の開発が進めば航続距離が徐々に伸びていき、最終的には完全なEVにつながっていくのではないかと考えている。

一方で、再生可能エネルギーの導入拡大が社会要請としてある。しかし再生可能エネルギーの太陽光や風力は自然条件によって変動する。この変動対策に、例えば系統側に大きな定置型蓄電池を置くとか、あるいは系統を強化して電力を融通するとかというような、大きな社会インフラの投資が今後必要になってくるという問題がある。そのときに蓄電池を積んだ自動車、あるいは蓄電池が安くなって定置型蓄電池が各家庭に入ってくるということがあれば、再生可能エネルギーのバッファとしてそれらがシステムの末端で使えるということが期待される。いずれにしても蓄電池はエ



エネルギー密度の向上や低価格化が大きな課題になっていく。

スマートグリッドの実証実験結果の一部を見ると、蓄エネ・省エネ機器を活用すれば家庭でのCO<sub>2</sub>排出量が削減できるというデータが出ている。家庭用蓄電池で上手に貯めると昨今問題になっている電力不足に対してもピークシフトの機能を持たせたりすることが可能になるかもしれない。

経済産業省の提言にある蓄電池の現状と将来目標を見ると、現在は、提言当時から進行して、kWh当たり10万円のバッテリーが車両に使われている。これは例えば2020年までにkWh当たり2万円を目指していきたいということでNEDOなどから研究開発資金が出ている。この2万円という数字は、モバイルパソコン用のバッテリー3万円、中国製になると2万円という数字と比べると、それほど無理な数字でもないと思われる。しかしながら航続距離という点では、エネルギー密度が現状のようではまだまだ500kmは走れない。現実的な電池パッケージの大きさで500km走るためには革新的な電池の開発が必要である。NEDOでロードマップを描いてそれをブレークダウンしていくと、結局のところ個別の要素技術のプロジェクトとその提案者のチームにバラバラと投資されているに過ぎないのが現状。またNEDOの目標値、あるいは材料開発の目標値は、材料の性能やポテンシャル容量を見るために「質量当たりのエネルギー密度」という目標値になってしまいがちであるという点に注意が必要と感じている。

トヨタがプリウスを普及させるにあたっては、電池パックとして初代のプリウスから3代目のプリウスにかけてコスト低減をやり、大体5分1ぐらいになっている。このとき、電池の材料やセルも重要だが、やはりシステムとしてトータルで最適化することが必要である。具体的には、モーターを動かすためのパワーや電力を回生するための入力特性が大きな律速要因であったので、出力密度を上げ、セル数を減らすことでコスト低減を図った。

トヨタの先端研究のロードマップは、最近では目的志向としている。システムというフェーズの設定がないと、個別解の組み合わせが全体最適になっているわけではなかったり、あるいは組み合わせたときに新しい課題が出てくるということに対応できない。システム研究の部分が重要であり実践している。社内では管理としてマイルストーン、いつ、何をドッキングさせるかという目標を明



確にしている。リチウム空気電池の例であるが、よい触媒を開発して充放電のサイクルが可能になった、というような様々な報告が材料研究だけをやっている研究者から届く。しかしそれらによって実際にシステムとして機能するかというと、深い充電・放電をやってみるとリチウム酸化物の生成物がたくさんできて、セパレーターが目詰まりしてしまい、結果として思ったとおりの容量が得られないということがある。要は、材料開発だけではそもそもの課題を解決できず、電池システムの中の構造、あるいはリチウム酸化物をどこに積極的に析出させるかというシステム設計が極めて重要であるということである。

トヨタの電池に関する研究開発体制は、従来、パナソニックの協力を得ている。しかしポストリチウムイオン電池に関しては自らで研究開発を進めるべく100人規模の体制を構築している。そこではオープンイノベーションを重視し、人材の底上げを図っている。人材は徐々に育ってきている。研究課題はスライドに示したとおりである。

現在、国の施策としてRISING事業やFIRSTなどの取り組みが進んでいるが、オールジャパンでやろうというときに問題になるのは各社が本質的に課題だと思っているものをそこに持ち込めるかどうかという点である。韓国であればヒュンダイだけを応援すればよいため各社がけん制しあうことは無いが、日本ではなかなか難しいのが現状である。また異分野融合という点も重要である。従来の電池屋だけでなく、材料の合成や固体物理の専門家など、分野外からの参入を歓迎することが必要である。

従来の研究プロジェクトは、特に材料に近くて要素開発がバラバラであった。不足しているものは電池全体をシステムとして見るということ。現在はそのシステム開発を企業がやっているが、研究との間にはギャップがある。また研究プロジェクト間の交流は希薄であり、相乗効果が生まれにくい

状況になっている。さらに大学の研究スピードは企業から見ると遅く、各テーマの個別最適が必ずしも全体最適につながっていない。

以上より、電池システムとしての革新電池研究へ向け、要素技術を束ねてシステムとして課題を抽出することが必要である。またプロジェクト間を貫く目利き機能の設置が必要である。これをやるにあたっては、やはり企業が積極的に参加をして本質的な課題を持ち込み、加速することが必要ではないか。

### (質疑・応答)

Q：プリウスはクローズドイノベーションで成功した事例という認識でよいか。

A：その通り。

Q：今後は、次世代電池を開発するにはどちらと考えているか。

A：ポストリチウムイオン電池に関しては基本はオープンイノベーション。新原理の部分は知見が足りないので、様々なアイデアやシーズ技術を持ち込まないといけない。本格研究の始めまでは大学の先生方の力をある程度借りながらだが、その先はクローズドというのが基本的な考え方。一方で、RISING事業にあるようなオールジャパンで使える画期的な解析装置はぜひ活用したいが、一番の問題は、設備は活用するが中身はオープンにできないということである。これを解消できないと企業は利用できないので、ぜひ検討いただきたい。

Q：プロジェクト間の交流はどのくらいの頻度、内容で行われているか。

A：研究者間での交流は学会くらいではないか。大きな国レベルの戦略についての議論はあっても、研究者どうしの交流では一方の成果と他方の成果をつないでといったような議論あるいはそのための仕組みはないのではないかな。

C：つくばのTIAに関わっているが、定常的に集まって失敗例などを出して議論する場がないと、相乗効果は出ないのではないかなと思う。一番はやはり、よくできる大学院生などが集まって、その人の研究テーマに関連させてどんどん議論して、そこに産業界なり、独立行政法人なり、別の大学の先生も入って自由にやる場がないといけない。ベルギーのIMECではそういうことが行われている。つくばでは、反省しているのだが、こういうことが少ない。

C：アンダーワンルーフやオールジャパンと言っても、やはり企業には思惑があり、それに参加するということは自らのノウハウを持ち込まないといけないということになるため躊躇することが多い。どこで協調し、どこで競争するかを定義していくべきである。RISING事業もそういう理念のもと立ち上がっているが、運営レベルでまだそこまではいけていない。トヨタがポストリチウムイオン電池をオープンイノベーションで戦略も明らかにしてやると言っているのは、電池に関して後発であり、むしろ失うものがないとの認識のためである。日本の電池は世界でトップの水準を走っているため、各企業が本当にそのノウハウを出さないように、しかし協調してやっていくにはどうすればよいかをよく考えて設計しないと、なかなか難しいなという感じがしている。

## 2.2 電池メーカーから見た基礎研究課題 湯浅浩次(パナソニック(株)エナジー社)

パナソニックグループの事業体制は、大きく9つの事業単位になっており、電池はエナジー社で取り組んでいる。

過去を振り返ると、1931年の乾電池生産を皮切りに、2012年までの約80年で、乾電池からリチウムイオン電池まですべてを扱うようになった。このような電池メーカーは世界的にも我々だけである。

車載用二次電池では、2004年からHEV用ニッケル水素電池を生産しているが、1997年からトヨタとの共同出資会社でもHEV用ニッケル水素電池を生産している。2010年からはリチウムイオン電池に関しても、ハイブリッドやプラグイン向けの電池を販売している。また、蓄電システムも2010年から事業化している。世界の電池メーカーをみると、鉛電池に関しては国ごとに地場メーカーが存在するが、その他の電池はグローバルな事業展開をしており、例えば乾電池では、我々とデュラセル、エナジャイザーという3社ほどである。ニッカド電池も、我々に加えて中国メーカー数社、ニッケル水素電池に関しても同様で、多くの企業が存在するが、10年、20年経つと淘汰され数社だけが残る、というのが今までの産業構図であった。その中で、リチウムイオン電池は当初、日本メーカーが大きなシェアを有し、5、6社が取り組んでいたが、徐々に絞られてきた。その後、中国メーカーや韓国メーカーが台頭している。また、車載用、定置用などでは、国内外でプレーヤーが増えてきている。この競争の中をいかに生き残っ



2. セッション1

ていくか。日本メーカーも多くあるが、最後に残るメーカーは数社である。いかにそこへ投資していけるのか、そこをいかに強くしていくのかというのが、これから本当に重要になってくるであろう。

電池の商品群を紹介する。まず一次電池では、EVOLTAというアルカリ乾電池、マンガン乾電池、リチウムのコイン電池、シリンダー電池など。また、太陽電池パネル、パワーコンディショナー。二次電池では、民生用途と車載用途、さらに蓄電システムとに分かれている。携帯・パソコン用のリチウムイオン電池、電動工具用のニカド電池、ニッケル水素電池として現状では乾電池互換の充電EVOLTAやeneloopなどがある。車載用は、古くはスターター用の鉛バッテリー、アイドリングストップ用の鉛電池がある。また、ハイブリッド用のニッケル水素電池。それから、リチウムイオン電池ではHV用や、プラグインもしくはEV用のシステム、そして、円筒型の電池を多数本使った電池モジュールなどがある。さらに、このモジュールを使った蓄電システムとして、家庭用やコンビニなどで使うような物を商業化している。

拠点は、国内19拠点と海外31拠点の合計50拠点あり、遠くはタンザニアに乾電池工場があるが、基本的には日本でR&Dを行っている。リチウムイオン電池の工場は、日本と中国にあり、簡単な設計開発は一部中国で行っている。

当社の電池事業の強みは「開発・製造・販売」一体であり、開発だけ、製造だけではなく、販売もしっかり行い、ユーザーニーズをタイムリーに商品へ結び付けることである。電池は同じ物を何万個、何百万個作るのだから、グローバルで同じ物を品質よくという製造力が大きな強みになる。

新聞や雑誌などで言われている電池のシェアについて。かつて日本メーカー100%という時代もあったが、2000年以降の10年間を振り返ると、2000年には日系が7割で韓国が3%程度であった。その後、2005年には日本メーカーが50%で韓国メーカーが2割ほど、さらに2011年に入ると逆転し

35%対45%になった。数量ベースのデータなので、金額ベースにすると若干変わるかもしれない。いずれにしても、韓国が大きくシェアを伸ばし、日本がシェアを落としているという構図である。経年で徐々に落ちているのではなく、2000年から2004年までは一定の

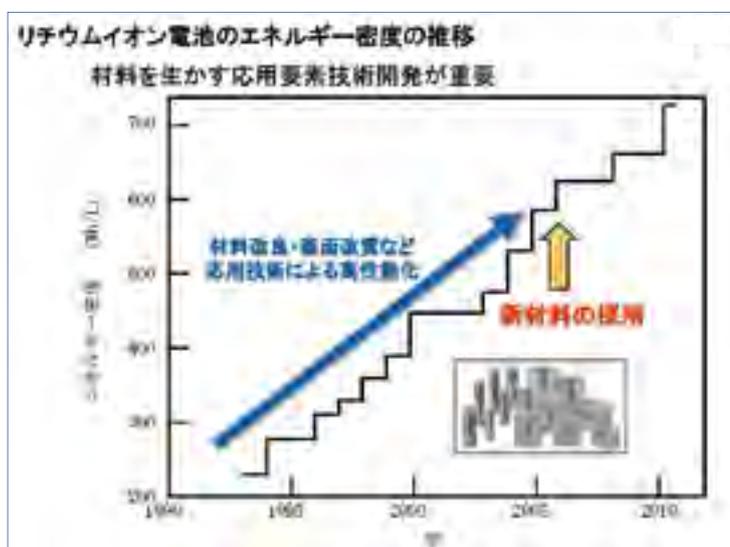
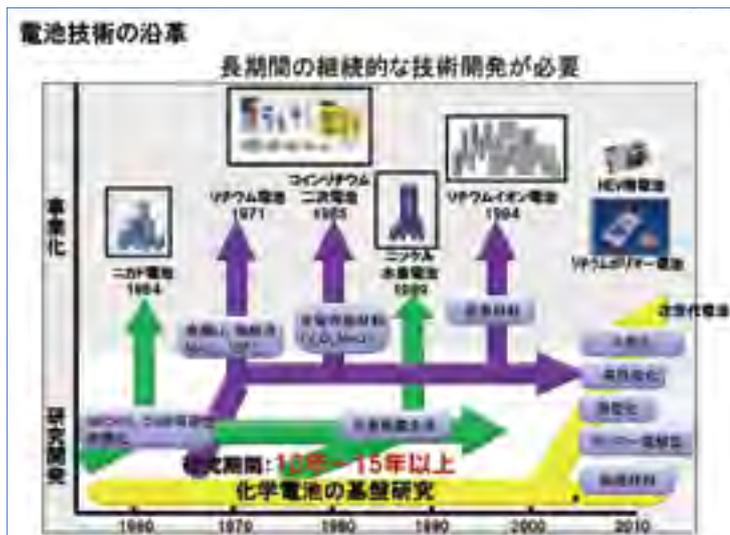
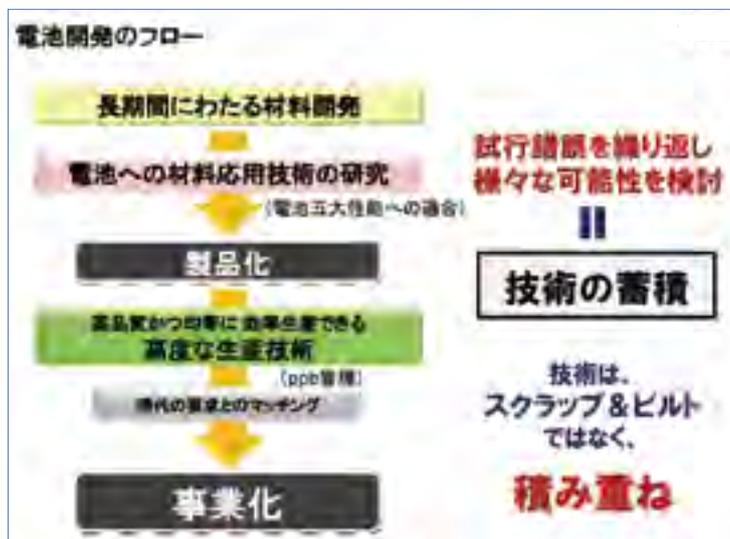


ペースで、2005年に急落して2010年までは横ばい、2011年にまた急落する、という傾向である。分析によると、商品性能が少しずつ追い付いてきたという話もあるが、ITバブルやリーマンショックなど、経済面の影響を大きく受けているということである。

多くのメーカーがあり、ユーザーニーズから生産量を予測して設備投資を行う場合、順調に右肩上がり市場が膨らんでいる時は良いが、経済的な変化が起きると需給バランスが崩れて価格が大きく下落する。収益を確保するためには、価格ダウンはわずかしかできず、後発のメーカーにシェアを奪われるという構図が5年おきに2回起きたというのが、上述のシェアの推移の実態と考えている。

次に、電池事業の技術開発について。我々が取り組む開発の前には、大学や研究機関での様々な研究開発があるのだが、社内でも材料開発を行っている。5年、10年では終わらないような材料開発にも取り組んでいる。そして、その材料から電池への応用開発を行っている。電池五大性能と言われる、充電性能、放電性能、保存、耐久寿命、安全性へ適応させるための要素技術として、材料の改質や、材料を生かすための、例えば電解液や構成用素材・部材という物も開発しなければならない。また、例えば表面改質するためには、そのプロセス技術も作らなければならない。この段階であれば、1個、2個の話だが、1ヶ月に何千万個も作るとなると、高品質かつ効率的に均質に製造するための生産プロセスを作るために、多くの技術の蓄積が必要になる。

過去の歴史を見ると、リチウム系電池では、まずリチウム一次電



池を作り、その技術を使ってリチウムイオン電池を作るという形で開発を進めてきた。リチウム電池のエネルギー密度は、材料自体を変えなくても段階的に向上し10年間で倍になった。その基本は、材料改質などの応用技術である。新材料への変換は10年か20年に1回ほどである。材料技術、電池技術、生産技術に加えて、電池パックを作る技術、この4つが必要で、なおかつ開発方法も大学と共同で行うとか、3段階の開発部隊で進めるなどしている。この辺りのステップも含めて、技術のシームレス化をいかに進めていくかが非常に重要なことになるであろう。

以上のような事業の実態や技術開発の歴史を踏まえたうえで、今後の電池研究開発の方向を展望してみる。リチウムイオン電池の市場は、民生機器用、車両用、定置用と大きく3つあり、市場も含め徐々に巨大化している。同時に、資源の消費抑制等の事業環境変化を考慮していかなければならない。要素技術は、突き詰めると、コストとエネルギー密度と、出力、耐久性であるが、電池の側面から見ると、異なる技術を扱うわけ



ではなく、相関性が強い。最近では車両用や定置用などがフォーカスされているが、今日本のシェアを落としている民生機器用でも確実に勝たなければ、次の事業はなかなかあり得ないと我々は思っている。その意味で、将来ニーズに備える研究を、今の事業、産業でどのように生かすのか、という視点が重要である。

今回のような、オープン化をどうするかという議論は非常に悩ましい。電池はノウハウの固まりでありアナログデバイスである。高度な解析技術や研究開発などの進化に伴い、徐々にアナログ的な部分がデジタル化され明確になる。技術的な進化としてはうれしい話であるが、技術としてコモディティー化し、流出することにもつながる。進化はうれしいが、その進化は自分たちを中心とした中での進化にしておきたい。自分勝手な言い方になるかもしれないが、競争の優位性というのは、アナログからのデジタル化に従ってフラットになるということがあるため、非常に悩ましいところである。

今後の展望を、以下の6つの提言としてまとめている。まずは、産官学が、それぞれの持ち場でそれぞれの責任を果たすことである。産業界も含めて官学ともに、他国との差が確実に縮まりつつあるのではないかと懸念している。それぞれの持ち場で、競争相手の開発内容、開発や研究のマネジメントを十分に把握し、それに勝てる戦略を立て実践していくことが必要であろう。

2つ目は、継続的で長期的な研究開発を遂行できる体制を構築することである。電池は連続性のある技術である。乾電池に使っている技術をリチウムイオン電池で使っていることもあるので、開発や人材育成なども時間をかけてステップ・バイ・ステップで進めていく必要がある。産官学連携も、大学から産業界や国研というパスはあるが、様々な複数のキャリアパスが必要ではないかと思う。また、事業観のある基礎研究、応用研究のためには、



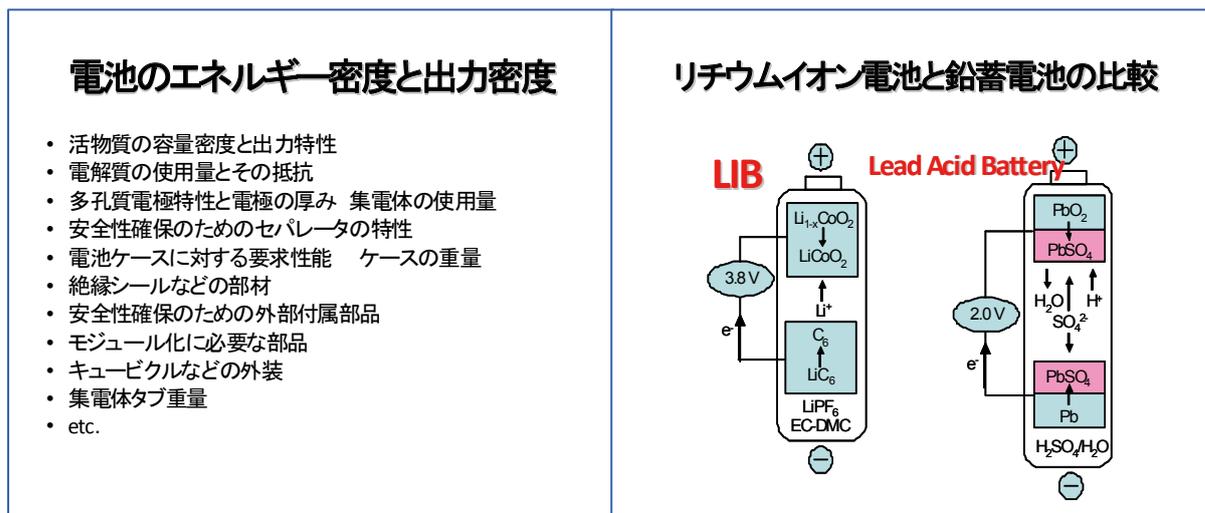
- A：現在、中期のロードマップなどを作っているが、少なくとも10年、2020年頃までは戦略が立っている。
- C：リチウムイオン電池が登場してから本格的に普及するまで10年近くかかっているのも、もし仮に2020年ごろに革新電池の初期的なものが商品化され始めたとしても、本格普及してビジネスを支えるには、やはり10年ぐらいかかると思われる。それまではリチウムイオン電池で持ちこたえなければいけないということだと思う。
- A：材料や要素技術を少しずつ変えながら進化させていく技術が、2030年までは必要なのではないかと思う。
- Q：韓国が10年間シェアを伸ばし続けた。パナソニックには80年の電池開発の歴史があり、ノウハウもたくさんあったと思われるが、わずか10年ほどの間に韓国にシェアを拡大されたのは、技術が漏えいしたのか、あるいは分解すると簡単に分かってしまうような技術だったのか、ほかの原因だったのか。
- A：材料は、当然分析されれば分かるであろう。一方、材料の物性や、それを作るプロセス技術は、電池を分解しても分からない。プロセス技術は特許申請もしないので分からないところ。どちらかというデバイスとしてはブラックボックスのウエートの多い分野だと思う。したがって、「なぜか」ということでは、人材と設備の海外流出、これが一番大きいと思う。

### 3. セッション2. 革新電池研究開発の課題と推進方策

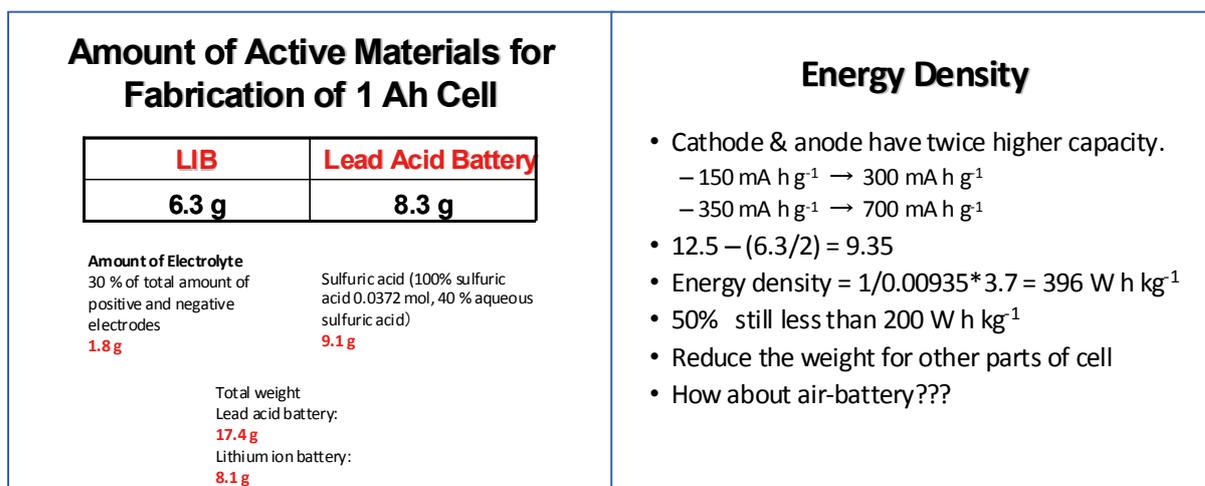
#### 3.1 革新電池研究開発の課題と推進方策

金村聖志（首都大学東京）

電池性能の課題はエネルギー密度と出力の向上であるが、活物質をはじめ多くの検討要素がある。図はリチウム電池と鉛蓄電池を比較した絵で、この2つの電池のエネルギー密度をどういふふうに計算するのかを紹介する。



1Ahぐらいの容量（携帯電話の電池クラス）の場合、活物質はリチウム電池で理論的には6.3gぐらい、鉛蓄電池のほうは8.3gぐらいである。リチウム電池の電解液の部分は、単にリチウムが通るだけの話なので、最少量として30%ぐらいと仮定すると1.8gとなる。鉛蓄電池は、生成物が硫酸鉛なのでその硫酸を減らすことはできず、10gぐらいが必要。従って、活物質と電解液の合計でリチウムイオン電池は8gぐらいだが、鉛蓄電池は17.4gぐらいと倍になる。



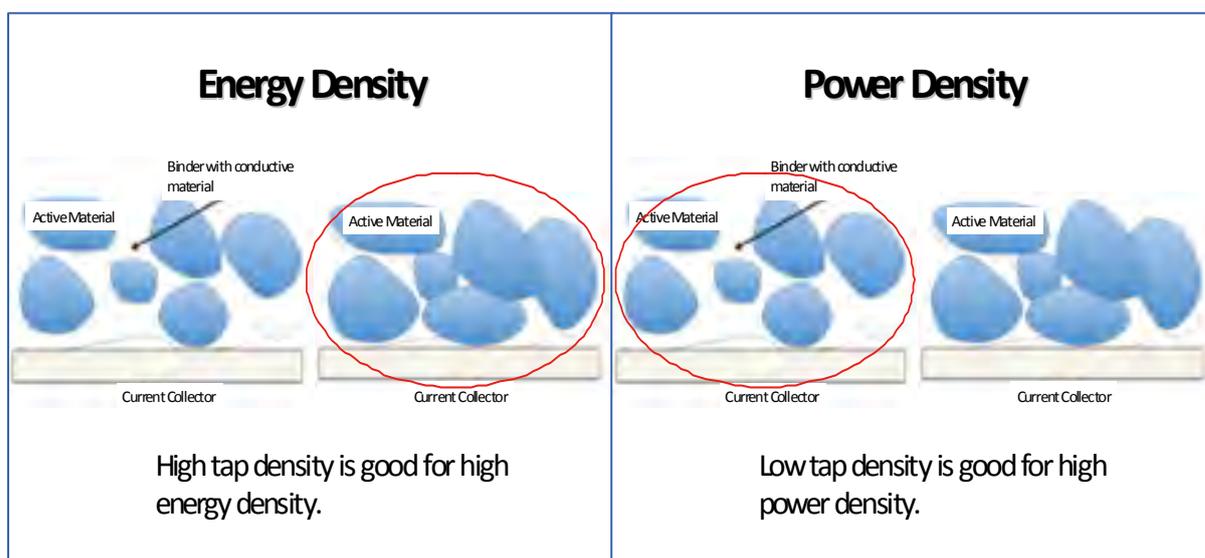
次に、リチウム電池の正極はLiCoO<sub>2</sub>を仮定しているが、利用率というのがあり50%しか使えない。リチウムが半分だけ出たり入ったりはできるけれど、それ以上は無理だということである。負極の黒鉛は、大体理論の90%ぐらいまで使える。これらを勘案すると、上記の総重量は12.5gとなる。鉛蓄電池も、正極も負極も普通は半分ぐらいまでしか使え

ないと言われており、これを考慮すると同様に $25.7\text{ g}$ となる。

電圧を仮定してエネルギー密度を計算する。鉛電池は $2\text{ V}$ なので $77\text{ Whkg}^{-1}$ 、実際のリチウムイオン電池は $3.7\text{ V}$ ぐらいで動くので $300\text{ Whkg}^{-1}$ となる。これ以外に、セルのケース、セパレーター、導電材、バインダー、安全回路など色々なものが、それらの総重量は活物質と電解液の合計を同じくらいになる。そうすると実際のエネルギー密度は上記の半分で、鉛の場合は $40\text{ Whkg}^{-1}$ 、リチウムイオンは $150\text{ Whkg}^{-1}$ となる。革新電池の場合、この値を $500\text{ Whkg}^{-1}$ にしないと $500\text{ km}$ 走る車はできないということになる。

材料研究も必要であるが、電池というのは一つのデバイスであり、それを幾つかつないで作ったモジュールにする必要があるが、そこでも色々なパーツが必要。ところが、革新電池という場合はそういう検討は未だで、電極材料等でエネルギー密度が議論されることがあるので注意が必要。また、正極も負極も両方とも容量密度を上げないとエネルギー密度は上がらない。今のリチウムイオン電池では、正極の容量が全然足りていないということがある。

さらに、エネルギー密度が高いほうが良いかというと実際はそうではない。集電体の上に同じ厚さで活物質等の電極材料を構成する場合、活物質の密度を上げると体積当たりのエネルギー密度は高くなり、密度が低いほうは体積当たりのエネルギー密度は小さくなる。しかし、出力密度を考えると、密度の低いほうが高くなることがある。活物質の粒子設計が理想的にでき、なかの拡散が律速になるようなことがなければそうはならないが、実際には高密度エネルギー電池では、リチウムイオンの拡散が律速となっている。



エネルギー密度を可能な限り高くしながら出力も十分取れるという電極が作れるかというところがポイントになっていて、そこにノウハウがあり、ブラックボックス化の対象ともなる。電極の厚さ、多孔度、バインダーなど、それらすべてを最適化しないと目的とするエネルギー密度と出力密度を得ることはできない。まずは材料物性を高めることが重要。例えば電解液のイオン伝導度を高くする、リチウムイオンの輸率を $0.4$ とか $0.3$ ではなくて $0.7$ までもってくるなど。これができれば、他国のメーカーは簡単には追いつけないということになる。革新電池になると、何が律速しているかもよく分からないから、こうしたことをよく考えた上で革新電池の開発を進める必要がある。

以下、革新電池研究の具体例を示す。たとえば空気亜鉛電池の場合、亜鉛が溶けて酸化亜鉛になる場合と、水酸化物イオンの錯体になって溶ける部分とが共存するが、電解液のpHにより変化する。そしてこの亜鉛がどこまで使えるのかというのが分かっていない。5mol / dm<sup>3</sup>のKOHを使うが、二酸化炭素との反応の問題、電解液のリサイクル再生の問題などもある。酸素極の炭素と触媒についても、rate capabilityとの関係で最適設計をこれから検討していく必要がある。空気リチウム電池の場合は、電極の体積変化が問題。まだ商品がないが、電圧は大体2.9Vぐらいで、リチウムの利用率を100%とすると、理論値としては5,200kWh/kgという大きな値にはなる。ただし、cathodeも、anodeもリチウム空気の場合にはまだまだ問題があって、どういうふうに電極を構成するか、基本的なデザインの研究が必要。それから、電池の構成としてサンドイッチ型にするのかどうかというシステムの検討が必要。燃料電池やマイクロ電池など、それぞれに特殊な構造を持ったシステムが考案されている。システムに適合するように材料を開発する必要がある。あと、リチウム金属の可逆性も大きな問題。析出の仕方が不均一だし、カーボンのカレントコレクタを大きくすると利用率が減るなど、大変難しい。

固体電池のほうは、硫化物系と酸化物系があるがそれぞれ問題がある。セルのデザインを工夫し、バイポーラ型のセルで余分な物を30%以下に削れると、計算上は相当大きな容量となる。そういう意味では固体化は非常にメリットがあるが、実現には課題が多い。

<h3 style="text-align: center;">Air – Li Battery</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5200 = Li + O<sub>2</sub> Utilization of Li: 100 % ?</li> <li>• Carbon current collector as active material</li> <li>• Volume change ?</li> <li>• Problem: both anode and cathode → electrode design</li> <li>• Basic system design → materials</li> <li>• Rechargeability of Li metal ?</li> </ul>	<h3 style="text-align: center;">All Solid State Battery</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfide electrolyte                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Cell can be established.</li> <li>– System should be improved.</li> <li>– Production is difficult.</li> </ul> </li> <li>• Oxide electrolyte                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Still difficult to prepare lab-scale cell</li> <li>– Material development</li> <li>– System and production may be OK.</li> </ul> </li> <li>• Cell design: bi-polar cell 800 W h kg<sup>-1</sup> (30 %)</li> </ul>
--	---

そのほかの革新電池、Mg batteryやCa batteryやNa ion batteryなどが研究されているが、一言で言えば、基本的に電池を作れる段階にはない。ただ、Redox flowは電池ができています。ただし寿命が問題で、今のところソリューションがない。いずれにしろ、革新電池の場合、どういうデザインでセルを作るかというのをはっきりさせてから研究したほうが早いという気がする。

最後に、まずはシステムのデザイン、それからバッテリーデザインがありきで、こ

<h3 style="text-align: center;">Management of Research</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• System design</li> <li>• Battery design</li> <li>• Development of materials should be done with taking into account for                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Development of electrode preparation</li> <li>– Development of prototype battery production</li> <li>– Development of mass production for battery</li> </ul> </li> <li>• No need nano-material, No need for air battery</li> </ul>
--

れに基づいて材料開発を進めるべきであることを指摘しておきたい。実際にはそうはなっていない。それから、材料開発ができた後に、その材料をうまく使う電極の技術が必要。それができたら、今度はプロトタイプの簡単な電池を試作し、動作確認を行ってエネルギー密度を確認しなければならない。そのあと、マスプロダクションとなる。こうした流れのなかで研究を位置づけ、目的意識をはっきりとさせて進めることで、開発が早く進むと思っている。要素技術ありきでなく、既成概念も取り払って取り組むところから、革新電池というのができてくるだろうというふうに考えている。

Q：やはり電池というのはトータルのシステムで考えないといけないということ、革新電池というのは相当まだ大変だなということが非常によく分かった。ところで、化学プラントだとスケールメリットというのがあるが、電池ではそれはあまり期待できないか？

A：あるレベルまではスケールメリットはある。例えば一枚一枚ラミネートのパウチのセルを作るより、10枚ぐらいのほうが効率的。その10枚が20枚になってもあまり変わらない。

Q：さっきの容量の出力密度を計算するときある大きさを仮定していたが、大きさが変わっても計算の仕方は変わらないということか？

A：ある一定以上の大きさでの計算、という意味である。

Q：システムデザインから始めろということだが、一方で、例えば $\text{LiCoO}_2$ などが見つかったから今のリチウムイオンバッテリーがあったということでもある。電池の研究と、材料の研究との間の情報の行き来が重要だという気がするが。

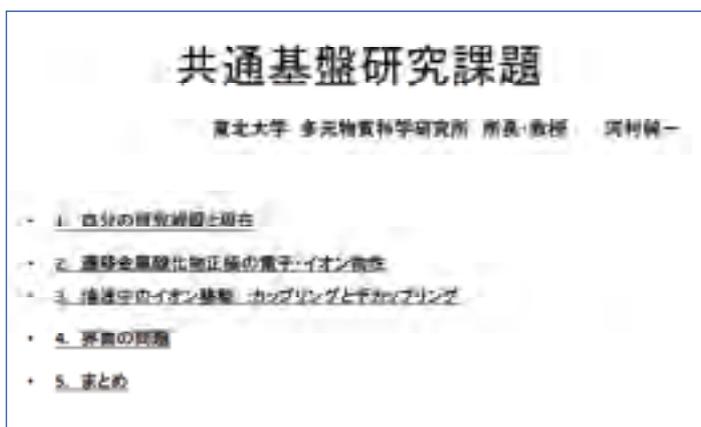
A：先ほどから出ている各プロジェクト間の連携が重要である。たとえば、FIRSTでどのような成果が出ているかは、そのほかの電池の研究者にあまり知られていない。

Q：革新電池の研究では、新しい原理が出てくるわけではないから、一つは新物質を見つけること、一つは既存の反応を二次電池化するという、このふたつしかないと思うが。

A：その通り。ただ、空気電池でもリチウム空気でも、例えば集電体などというのは新材料適用の余地がある。カーボンナノチューブはちょっと高いが、グラファイトなどの使い方を充分検討する必要がある。二次電池化を一生懸命やりながら、電池と関係ない先生方が研究している新材料をどうやって取り込んでいくかということが大切。そして、開発研究が全体としてまとまってできるかに、革新電池の実現はかかっているといってよい。

### 3.2 共通基盤研究課題と推進方策（解析、計算科学等） 河村 純一（東北大学）

電池の専門家ではないが、十数年前に東北大に移ってから電池に近い研究を始めている。JST-CRDSの昨年度の次々世代二次電池に関するワークショップの報告集を拝見して、これは素晴らしいと思った。これから何をやらなきゃいけないかということが非常にしっかりと書かれていると同時に、私と同じことを考えている人がいるということにびっくりした。



東大の高木先生と谷口先生が、物理の物性の立場からどういうふうに電池の研究のすそ野を広げていくか、といった観点から講演をされていた。即イノベーションではないが、周辺に基礎の基礎をしっかりと分かっている方がどんどん増えることによって、おそらく、実際の電池を作っていくときに、新しい物質を発見したり、あるいは問題点を解決するというときに役に立つのではないかという気がする。今日も、そうした観点から話をする。

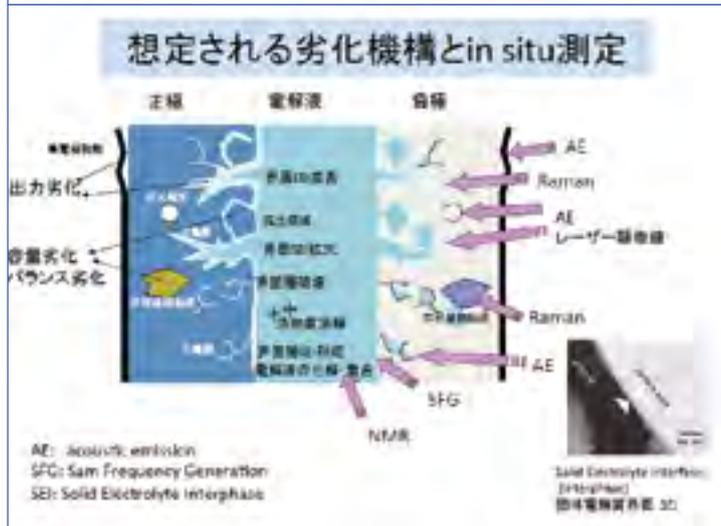
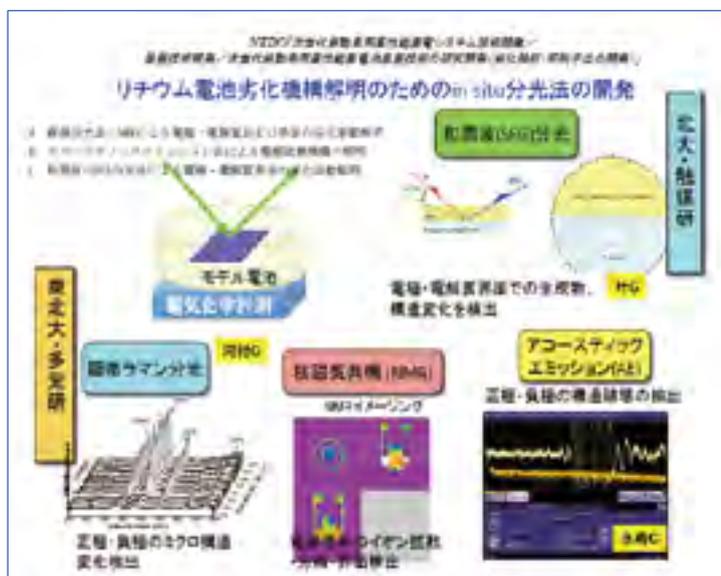
もともとガラスあるいは過冷却液体のイオン伝導というような研究をしていたが、現在もイオン伝導に関しては40年ぐらい研究を続けている。東北大に移ってからは、レーザー分光、NMR計測といった計測の分野に特化すると同時に、全固体薄膜リチウム二次電池の研究を始めた。この電池については、当時、日立やNTTなども研究していた。その後、2010年から東北大学多元物質科学研究所の所長として、豊田中研や住友金属鉱山との各種電池に関わる包括共同研究にも関係させてもらっている。そういった総括的なところの問題点、あるいは大学は何をやるべきかといったような議論をさせていただいている。材料メーカーさんとの共同研究により、材料のプロセスが実はものすごく大変であり重要だというようなことも認識させていただいた。その後、産総研と一緒にリチウム電池の劣化診断技術の開発ということで、特にin situ分光法というものを開発するという仕事をさせていただいた。今は京都大学のRISINGのほうに参加させていただいて、NMRを使ったリチウムイオン電池もしくは革新電池の診断技術等の開発ということで一緒にやらせていただいている。ということで、私の背景は、化学と物理と両方にまたがっている。それから、電池材料メーカーや自動車会社などいろいろな企業の方々とお付き合いさせていただいたことにより、電池に対してどういう問題があるのかということがだんだん分かってきたというところである。

蓄電技術については、これからの新しい技術として、そしてそれを支えるサイエンスが、大きく発展していくと思われるが、元になる大学の科目、サイエンスは非常に多岐にまたがっている。電気化学がメインということで今まで発達してきたわけだが、当然材料科学、物性科学、物理化学、有機化学などが必要となる。同時に、様々なプロセス工学が必要となる。分解工学とか、コロイド化学、あるいは膜を引くときの色々なプロセス工学、それから、腐食の問題も含めて金属工学等も実はものすごく重要な役割を担う。大変な広がりのある総合サイエンス、工学であるといえる。従って、次々世代の蓄電池、革新的な蓄電

池を作ろうとすると、いろいろな共同研究あるいはノウハウの交換ということを行わない限りできないということは、先ほどからご指摘があった通りである。

しかし、そこには実は大きな問題がある。言葉の違い、それから大学でよく言われる美学の違いがある。私は化学と物理と両方にまたがって研究をしていたので非常によく分かるが、両者の美学は全く違うので、言葉も違い、そこを橋渡しするのは基礎科学のレベルでも難しいといえる。ましてやそこに企業さんが入ってきたら、なお難しくなる。先ほど大学はスピード感覚が全くないというようなご指摘があったが、こういうところにも原因がある。前述のワークショップの報告書にも書いてあるが、やはり通訳が必要であり、自分もそうした通訳的な役割をこれから果たしていかなきゃいけないのかなということ、ここで認識したというしだいである。自分の主たる研究領域は固体イオンクスで、固体の中でのイオンの動きを長年研究してきた。この分野は、実は物理屋さん、化学屋さん、それから材料屋さんがいて、言葉が違う、美学が違うということで長年大変苦労してきた。しかし、それなりに親しいコミュニティが形成され、続いているということもあり、そういったお付き合いの仕方も少しは心得ている。

電池に関する具体的な基礎研究例を紹介する。NEDOのプロジェクトでは、産総研と共同でモデル電池を用いて、劣化診断技術の開発に取り組んでいる。顕微ラマン分光、核磁気共鳴、特にMRIイメージングという方法、それから北大・触媒研と共同で和周波分光といった手



法を研究してきている。様々な手法により、電池が形成されたのち劣化していくメカニズムが分かってきている。なお、アコースティックエミッションという方法も用いているが、電池がだんだん劣化するときに、泡が発生したり、あるいは結晶が壊れたりするが、これに伴って音が出る。それを非常に精密に解析することにより、学術的にもいろいろと面白い結果が得られている。

薄膜リチウムイオン電池であるが、全固体の薄膜にすることによって非常に小さな電池ができるという研究を続けている。

### (共通基盤研究課題-1)

前置きはこのくらいにして、以下に革新電池に関わる共通基盤研究課題を三つ取り上げて説明する。まず、遷移金属酸化物正極の電子・イオン物性について。

例えば $\text{LiCoO}_2$ が見つけれられたのはなぜかというような議論が前にもあったかと思うが、やはり物理の非常にすぐれた専門家は、わたしどもには理解できないような世界のことを突然発見する。今後は、コバルトを超えるような高容量の価電子反応

を行うような材料を見つけないか、そのときに、やはり物理の専門家の方々が周辺にいないと、ただただやみくもに混ぜて作っていてもうまくいかない。この系は物理学的に興味深い系と思われるので、ぜひ物理屋さんと一緒に進めたい。

ご存じの通り、リチウムイオン電池の充放電電圧は基本的にはバンド構造で決まるということを、今では多分皆さん当たり前だと思っておられると思うが、わたしが電池の研究に最初に入った1996年ころには、熱力学的電位との関係を必ずしも正確に理解されていなかった。ただ、計算科学によるアプローチは、計算した磁性が全然実験と合わないなどいろいろな問題が実は残っているので、ぜひこれは物理において解決いただきたいと考えている。

それから、 $\text{LiCoO}_2$ の金属非金属転移について非常に面白い現象がわかってきている。リチウムが100%近く入っているときには絶縁体もしくはイオン伝導体の性質を示し、リチウムが抜けていくと同時に少しずつ半導体的な性質が出てくる、そして半導体を経由して金属化するというデータがあり、物理の半導体屋さんが興味を持ちそうな話がここにはたくさんある。実際に我々が薄膜電池でラマン散乱を測っているが、ちょうど金属化のあたりで強度がストーンと落ちる。これを解釈するためには、物理の専門の方々が本気で参加してくれないとこれ以上進めないだろうというところまで来ている。

磁性の面についても良く分かっていない。市販されている、電池会社などが扱っておられるような正極材料というのは、LiのNMRをみると変なピークが出てくる。これはいろんな欠陥ができていて、その欠陥に起因して電子スピンと核スピンが相互作用して出てきているということであるが、計算科学として正確には解かれていない問題である。例えば

**(1) 遷移金属酸化物正極の  
電子・イオン物性**

- 例:  $\text{LiCoO}_2$ の電子状態
  - 金属非金属転移、
  - 欠陥構造・・・MAS-NMR, ESR
  - $\text{LiCoO}_2$ と $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ のラマン散乱
  - 金属・非金属転移、電池劣化に伴う変化
  
- 磁性と超交換相互作用
  - 磁伝導・NMRイメージング
  
- 電子伝導度とイオン伝導度の分離
  - フロッキング電極

リチウム電池の劣化を調べるためにMRIを連続的に撮っていると、充放電に応じて電極付近で非常に画像が強調される、放電圧が強調されるというような変な現象が出てくる。これをいろいろ解析して分かったのは、マンガンの価数が変わることが画像として出てきているということ。実はこの磁性のもっと詳しい情報が必要だが、これも物理屋さんがあまり研究していないということで、データがないというような状況である。

さらに、物質の電子伝導度やイオン伝導度など非常に基本的な物理データについても、これらが実は報告されていない。こうした物理量をきちんと測る方法が確立されていない。イオンブロッキング電極や電子ブロッキング電極というものを付けておいて、電子とイオンの動きを分離しようというような研究も必要。

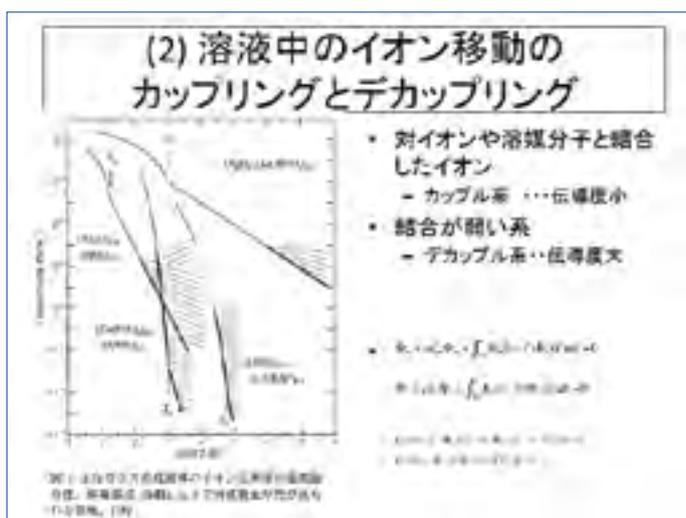
実際には、このように基礎的なことが良く分からない材料をリチウム電池に使っている。初期の $\text{LiCoO}_2$ は電解液との界面形成のため一定程度容量を失う。それを防ぐために、正極に少しリチウムを余分に入れておく特性がいいということになるが、そうしたことも理論的に説明がつくようになる。以上はリチウムイオン電池における例であるが、もちろん革新電池についても、同様な物理的基礎データを確認して理論的考察を行いながら研究開発を進めることが必要である。

## (共通基盤研究課題－2)

次に強調したいのは、電解液の研究が実は大事だということ。一般に容量を求めようとすると、どうしても活物質の容量をできるだけ増やそうという方向に関心が行きがちであるが、実は電解液が鍵だというところが最近分かってきている。

例えば、カップリング系とデカップリング系という概念が重要である。固体イオニクスの世界では確立しているが、電気化学の教科書にはチラッとしか載っていないので、多分ほとんどの方は意識していないと思う。液体中のイオンというのは単独で動くことはなく必ず溶媒和され一緒に動いていると、皆さん理解されていると思う。リチウムの場合はほとんどがそうだが、いろいろ物質を調べてみると必ずしもそうではなく、単独で動くイオンもある。典型的なのは銀で、ガラスとなっても動いているが、ある種の液体の中でも銀イオンは周りの分子等に束縛されずに勝手に動いている。リチウムの系でも、そうしたものが幾つか見つかっている。なかなか研究してくれる人がいない。溶媒和されたリチウムがカーボンの中に入ったり出たりするときどうなるかという、この溶媒の分子から抜け出て自分一人だけ入っていかないといけない、するとそこにたくさん溶媒分子が余ってしまうという問題がある。

リチウムイオンは溶媒和されているので輸率が非常に低く0.5以下になってしまう。アニオンのほうは速く動くと、結局塩濃度の分布というのがぐっと変わってしまう。塩濃度が足りなくなってくるとイオンが動けなくなるから、せっかくいい材料を組み合わせても、



結局イオンが動けないことによって特性が出ないということが起こる。また、界面の交換の速度を調べると、これはほとんど脱溶媒和というプロセスによって決まることが分かってくる。これを克服する一番いい方法はやはりデカップリング系にして、リチウムイオンが単独で動けるようにできればいいということになる。以前のわれわれのプロジェクト研究でも、リチウム系であっても、例えばヨウ化リチウムの系でリチウムイオンをデカップリング系にできることを提唱したことがあるが、それを電池に使えるところまで研究を進める人がいなかった。

おそらくこの考え方が、次の革新電池の研究開発に応用できるのではないかと私どもは思っているが、こういったことは、基礎研究としては相当昔から物理屋さんたちがやっていたことであり、ただリチウムに注目していなかったということである。

### (共通基盤研究課題－3)

あとは、活物質と電解質界面の問題であるが、これは既にいろいろ指摘されている。SEI (Solid Electrolyte Interface) 形成、電解液の分解とHOMO/LUMO (Highest Occupied Molecular Orbital / Lowest Occupied Molecular Orbital: 分子軌道に於ける電子占有状態) の関係は省略して、SFG (和周波分光法) による電極・電解質界面の現象解明について説明する。SFGという

### (3) 活物質/電解質界面の問題

- SEI形成
  - 添加物によるSEI形成と特性改善 (B, VCなど)
  - $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $LiNbO_3$ などの表面処理・劣化抑制 etc.
- 電解液の分解とHOMO/LUMO
- SFGによる電解質溶媒の表面吸着評価
- 薄膜電池の安定性とバンドアラインメント

のは表面の分子だけを選択的に見るという手法なので、この方法を使って例えば $LiCoO_2$ の表面に吸着した有機溶媒のPC (Propylene Carbonate) 分子の配向を調べることができる。これがある配向性を持っているとSFG信号が出てくるということで、これの測定から、電極界面におけるその挙動が分かる。電解液に塩を入れてみるとSFG信号が下がる。塩とリチウムイオンの分子が相互作用することで配向性が乱れてくると考えられる。今度は電圧を3V~4Vと変化させてみると、4Vくらいでストーンと信号強度が下がってしまい、いったん下がったものはその後2サイクル、3サイクル充放電を繰り返してももう復帰しない。最初きれいに吸着していた分子は、4Vくらいで充放電すると何か重合反応を起こすのか、配向性が乱れてしまって元には戻らないというようなことが分かる。

あと、薄膜電池の安定性とバンドアラインメントというのは、これ同じようなことを固体電池について確かめたが、界面の影響で劣化が決まるということであるが、時間の関係で省略する。

まとめであるが、革新蓄電池については表に示すような共通基盤研究課題がある。まだ訳の分からない世界だということ。従って、あまり大きな企業、既に電池を作っているところは参画しにくいと思われる。おそらくベンチャー企業が少し取り組むであろうが、これをやれるのは基本的には大学である。大学も、いろいろと特徴のあるところを集めてチームを作れば、こういったリスクな革新蓄電池研究を進めることもできるのではないかとと思う。大事なことは、大学を中心にして学問基盤というのをきちんと作りあげる、すそ野

を広げるといふこと。そうすると、そこで学んだ人たちが、国研とか、あるいは民間企業等に行つて新たな研究の先頭に立てるようになる。今までリチウム電池というのはあまり注目されておらず、ここ10年くらいで急に注目を集めるようになった。しかし、どこの大学にも電池の研究者はほとんど残っていない、物理の人も興味はあるけれどやる気はないという状況である。このような状態から、上記のような組織的動きをつくつてすそ野を広げていくことが、われわれの役割かと考えている。

まとめ	
• 正極材料	: 遷移金属酸化物 ~強相関係 電子論が必要
• 電解質	: リチウムへの溶媒和の問題 = テカプル系へ
• 界面問題	: SEI形成の機構 ワイドギャップ固体電解質 バンドアラインメントが重要

C : 非常に示唆に富んだ話だと思う。まさにこういうすそ野の広い基盤力を培っていかない限りは、将来的に日本が本当に競争力を維持できないと考えられる。

Q : 河村先生は、北大ではこういう世界とは程遠い別の研究をされていた。どうしてこのような研究に携わるようになったのかを教えていただければ、これから新しい他分野の人を引き込んでくる際の非常に重要なヒントになると思う。

A : もともとイオニクス関係の特定研究などで電池の話をいろいろと聞き、固体電池に非常に興味を持ったということがある。ただし、北大といえども地方の大学ではなかなか進められない。しかし東北大学では、実学の大学ということで、世の中の役に立つ物をやれということをして来てすぐに言われた。それなら、やりたかった電池をやろうということでリチウム電池の世界に入つていった。おそらく物理の研究者の方は、電池には興味を持っていると思うが、あれは化学屋さんの仕事だというふうに思ってしまうので、そこをどう広げていくかが鍵かなというふうに思う。

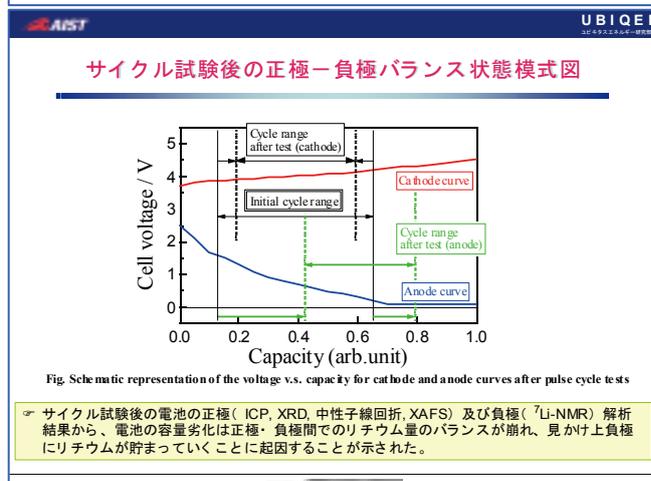
## 4. セッション3. オープンイノベーション推進上の課題と対応策の方向

### 4.1 革新電池オープンイノベーションに向けた電池実証研究のための共用施設 辰巳 国昭 (AIST 関西センター)

3点話したい。基礎研究・要素研究と電池実証研究のサイクル、電池実証研究のための共用設備（集中研）としてのLIBTECの実例、革新電池実証研究の課題提案である。

電池の研究開発では、材料から電極を作り充放電反応を行って解析するが、これをフルセルに持っていき何が起こるかを見ないと電池材料研究としては十分ではない。ただ、フルセット化までの過程が非常に長く容易ではない。例えば、見たいのは個々の粒の挙動であるが、電極化するのにどのようなバインダーや導電助剤を使うのか、電解液は何を使うか、もしくは対極は何を使えば正極が電池の中でどのような問題を起こすのかを評価できるのか、を考える必要がある。そこで私も幾つかの材料について円筒型電池を組んで充放電を行い、実際の電池の問題点（特に材料の劣化）を調べている。

正極と負極と組み合わせて初めて分かる劣化機構の問題がある。リチウムイオン電池では正極から負極にリチウムが移動することにより充電されるが、一部のリチウムはある原因で副反応が起こり負極でたまってしまう。充放電すると電池が劣化するのは、この負極での副反応によってキャッチボールできるリチウムの数が減り、電池の容量が見掛け上下がることによる。両極の材料自身は壊れておらず、負極からリチウムイオンが返されないため正極としては動けないという現象が、フルセルにして初めて容量が下がることで問題になる。またこのフルセルで1,000サイクルほど回すと、正極ではこの材料表面近傍で結晶構造が崩れ、出力が低下した。このように、システムで



材料を評価することが電池の研究には非常に重要である。

革新電池を目指すのであれば、正極の材料だけではなく電池化に必要な他の物質も考える必要がある。ここまで広がると我々がカバーできない部分もあり、化学メーカー等の参画がないとその材料の性能や問題点が見えてこないことがある。そこでリチウムイオン電池材料評価研究センター (LIBTEC) が設立された。基本的には技術研究組合で、組合員の賦課金とNEDO事業 (材料評価技術を作るプロジェクト) で活動している。外部の有識者委員会の他、アドバイザー委員会は電池メーカーのようなシステム側からご意見をいただくようにしている。この評価技術を作る上で一番大きなポイントは電池メーカーの経験者の参画・協力であり、LIBTECでは評価等を行う部門のGMやマイスターとして配置している。

材料メーカーや物理学者等もいろいろなシーズや技術があるが、それを電池につなげるには2つ大きな壁がある。一つは、それが電池の中でどのような性能を持つのか、将来どのような問題を生じるのかを評価できるよう電池に組み込む技術が必要。必ずしもすべての材料メーカーがそれを持っている訳ではないので、LIBTECで身に付けるのが一つの大きなターゲット。もう一つは、そのシーズのすぐれた特質が果たして電池に展開するのかどうか。これは電池メーカーやシステムメーカーが評価する必要があり、併せてシステムから材料を比較できる。特にLIBTECでは、リチウムイオン電池をベースにした材料評価の評価基準書を作っている (出口として意味があるかがポイント)。

まとめると、まずリチウムイオン電池用の機能材料については、既にLIBTECを中心にある程度共通の評価基準書ができつつある。ただ、革新電池候補である全固体電池や金属-空気電池、多価カチオン電池などは電池化そのものが挑戦性の高い研究課題で、どういいう電池を組むのかによってその材料の評価が変わるので、材料研究者もしくはその前段階の物理の研究者と電池実証の研究者・技術者が共同して取り組む必要がある。もう一つは、共用施設の利用要件としてリチウムイオン電池の評価にはコインセルではなく、最低でも100グラム単位が必要。スケールアップについては、素材を作る人だけではなく化学材料メーカー等の協力も入れる。運用上の課題として、電池のシステム化技術に関わる知財の取り扱いについて、IMECのライセンス制などを考えることが必要。また、個々に

### リチウムイオン電池材料評価研究センター (LIBTEC) の組織概要

1. 名称 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  
Lithium Ion Battery Technology & Evaluation Center (LIBTEC)
2. 所在地 大阪府池田市緑丘1丁目8番31号  
独立行政法人 産業技術総合研究所 関西センター内
3. 設立年月日平成22年4月22日
4. 理事長・理事 理事長：吉野 彰  
常勤役員 専務理事：太田 璋 (常勤)  
理事：高村 正一 (常勤)



Copyright (C) 2012 LIBTEC. All Rights Reserved.

### LIBTECの取組みと特徴

#### 事業概要

リチウム電池等蓄電池材料の性能・特性について、共通的に評価できる評価方法の立案と評価法の基盤になる材料の構成要因と電池特性の解析研究を行っています。

#### 出口構想を設けている

- アドバイザリー委員会の設置

#### 実践的な材料評価法の立案

- ラミネート型リチウムイオン電池による材料評価法開発



Copyright (C) 2012 LIBTEC. All Rights Reserved.

NDAを結んで進める中でそれらを複数組み合わせればブレークスルーが期待される場合、それをコーディネートする仕組みも考える必要がある。

C：パテントプールにする時は、成果を出した人がきちんとリターンを得られるようにし、待っている企業が得をすることのないよう注意しなくてはならない。

Q：多くの企業が入っているが、会社間の横のつながりは進めていないのか。

A：それは個々にやっており、材料評価法の開発では協力している。ただし、持ち込まれた材料の中の分析はせず、さらにLIBTECに持ち込まれると全部番号で扱うので、どこの社の何であるのかは他社には分からない。

Q：逆にそれを連携に持っていくことは考えていないのか、それとも意味がないのか。

A：そこで発掘した材料をどう扱うか、上記のコメント（C）も含めて考えないと難しい。日本には実力を持ったメーカーが多く、非常に強い1社だけを強くする海外の方法をそのまま転用するわけにはいかない。

## 4.2 異分野融合と人材育成

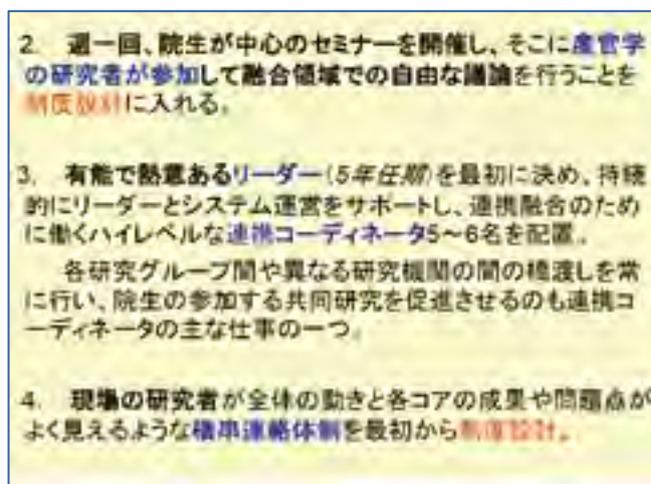
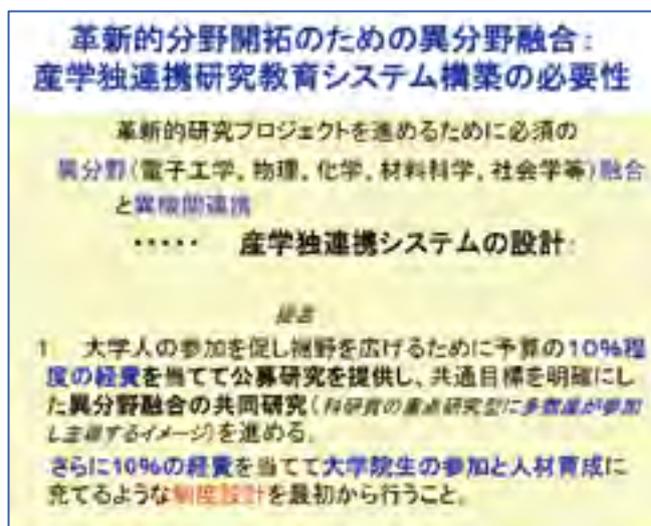
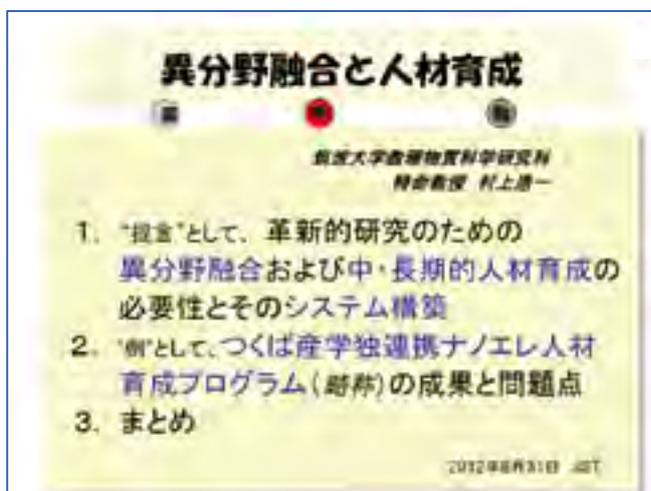
村上 浩一（筑波大学）

革新的研究のためにはまず異分野融合が必須で、それに関連して中長期的人材育成が必要である。その時にどういふシステム構築が大事かを初めに提言として述べ、例として現在我々が進めている「つくば産学独連携ナノエレ人材育成プログラム」の現状と問題点を話したい。

まず提言として、公的資金を使用するプロジェクトには大学人の参画が非常に重要で、そのために予算の10%程度を公募研究として多様な人を集めることが現実的な方法として考えられることを指摘したい。その申請には、今までどれだけこういうことに情熱を傾けて考えてきたかを書かせた方がよい（何をしたいかだけでなく）。そうすると共通目標を明確にして人が集まるので、多数の企業と大学の方が参加する形をとれる（科研費のかつての重点型研究を産が主導的に進めるというイメージ）。さらに、予算の10%程度を参加する大学院生や若手研究者の育成に充てるような制度設計が重要。

ふたつ目の提言は、週1回ぐらい院生が中心のセミナーを開催し、そこで企業の人（当然、院生の指導教員も）含めた自由な議論が出来るような制度設計を行うこと。さらに、有能だけではなくかなり熱意のある人がリーダーとして運営することが重要で、それをサポートするために我々は「連携コーディネータ」を配置している。この

連携コーディネータは大学の教授・会社の研究者・国研の研究者としても活躍したような、複数の経験のある人を選んで配置する。また連携コーディネータは、異なる研究機関あるいは研究グループ間の橋渡しを行うだけではなく、参加した院生の共同研究を促進させるのも主なミッションとして行うのが良い。最後の提言は、トップや連携コーディネータだけがアクティブでも駄目で、現場の研究者、教員がプロジェクト全体の動きが分かっ



て各コアの成果や問題点がよく見えるような、横ぐしを刺した体制を最初から設計すること。つくばのTIAはこれが少し弱いと反省している。

中長期的な人材育成が大事で、基本・基礎ができていないといい仕事ができないというのが大学人の考えで、そのために大学院生はまず深掘り研究を当然研究室でやらないと駄目。これだけなら今までの大学院教育だが、これ以外に、視野を広げるために連携共同研究を行い、産の人や別分野の人の考え方を学ぶ場とする（T字型の人材育成）。また国際化のためには5年間一貫の博士大学院教育が必要で、そのうち3～6カ月は海外に派遣する。また、欧米では大学院の講義の1単位を取るのがいかに大変かということを経験する意味で講義を1科目以上（我々は2科目以上）取るように義務付けるような手法などを考えるべき。派遣に先立ち、スタンフォード大などのオーナー・コードの精神を指導する（例：カンニングしたらその場で退学、レポートで人のものを写すと大変な処罰を受ける）。大学院では知識・技術を教えるだけではなくて、ある程度の道徳、上に立つ者が身に付けるべきことを修養するという考えは欧米では常識（日本の大学院には、これが一番足りない）。国際会議では、学生も先生もほとんど質問などせず日本人だけで集まっているのが目に付くので、多くの外国人と話してその結果を帰ってから報告するのが良い。最近我々は、英語に慣れるように海外から講師を呼び、毎日4科目の講義を2週間してもらった。

次に本ワークショップの検討課題について考えたことを、既に話したことと重複するがここにまとめる。例えば戦略的に分散している研究開発をいかに統合するかについて、できるだけ現場をインタラクティブにして全体の研究開発を進めるようにする必要がある。プロジェクト経費に応募型研究を入れて、10%程度は人材育成教育費に付けて継続性を確保することが重要。最近の筑波大で反省しているのは、各研究プランの中身が他から見えにくいことと、日頃の相互作用や問題意識の共有が不足していること、である。月1回程度の研究会で、失敗した研究や問題点を出して議論するように変えていくことが大切。また、上記を支える（一種のマルチメンターの）シニア連携コーディネータの存在と、全体を把握できる大局観のある司令塔（リーダー）が必須。

基礎・基盤研究の強化方策は、先ほどのインタラクティブな研究（産学独による）、プレコンペティティブな分野での共同研究、さらに院生を入れての人材育成が効果的。これはIMEC、MINATEC、Albanyで実施されており、企業も一緒に入って議

**本WSの検討課題**

分散している研究開発を戦略的に統合して推進するには？

- 重要な各現場の計画、経過、成果等をよく広報して、インタラクティブに推進できる体制の構築。
- 横断をさすには、どのようなプロジェクト経費にも公募型共同研究費10%と人材育成・教育費10%を付けて継続性を確保。  
（入札付き未定額型に、学生、企業員による共同研究を）
- TIAの所として、各研究コアの中味が他からは見えにくい、日ごとの相互作用的問題意識の共有が不足、月一回程度の失敗研究や問題・課題の提出と議論の場を規定し、きれいごとの成果報告だけのセミナー、研究会を改革。
- 以上の的確な情報を与える連携コーディネータ集団と全体を的確に把握できる、大局観ある司令塔（リーダー）の存在が必須。

イノベーションの起爆剤としての基礎・基盤研究の強化方策は？

- 産学独連携の国際的、継続的インタラクティブな環境の提供・形成とその司令塔の役割が重要
- 産学独のprecompetitiveな分野での共同研究と、そこに院生を入れての人材育成が効果的。（例：IMEC、MINATEC、SUNY-Albany・・・TIA-nanoでも準備中）
- 視野研究者が豊富な大学人を公募型研究で優秀な院生と共に参加させる。（研究の視野を広げること）
- 一方、博士課程大学院生の給料化？による積極性・国際性の醸成、および企業、官、研究所、アカデミアへの多様なキャリアパスの形成（よい流れを作る）



近くの院生を選び、スーパー RA制として最高200万円（100万円～）を与えて、毎年ヒアリングによりチェックをし、額を決める。またこの院生一人一人に連携コーディネータが産学独からアドバイザーを探す。

まとめると、人材育成は初めから背伸びせずにじっくりと中長期で取り組むこと。木で言うと、持続可能な鎮守の森を作るぐらいがいい。

Q：大学院生は外からも来ているのか。

A：筑波大の学生だけではなくて東京の学生も受け入れている（早稲田大・東京理科大・東工大など）。研究生として受け入れる際には大学から条件が出されるが、我々はフレキシブルに対応し、元の所属のままで研究生として受け入れている。

Q：NIMSでも北大と連携大学院を作り給料を払うが、北大から多くの学生が来る。日本の学生はそのまま上がっていきたいと考える傾向にあるが、たこつぼを打破するには金銭的待遇だけでは解決できないと思うが。

A：アメリカでは、出身大学の大学院に行かない。金銭的待遇だけではなくて、流動性を引き起こす魅力のある共鳴場の提示が必要。

Q：NIMSには外国人が半分いるが、日本人がそこに行きたいかどうか問題。最近是企业でも、中堅の人が海外の学会にも行こうとしないという。そのように日本の若手研究者が変わってきている。

Q：日本ではリーダー人材が不足しているが、育成しようと思って簡単にできるものではない。アメリカなどとはそういう人材を輩出する仕組みも違うと思うが、日本でどのようにすればよいか。

A：研究がよく出来て大局観がある、そういうバランスを持ったリーダーは育てようと思っても簡単には育たないが、お手本となるリーダーがいて、その人を見て共鳴すれば何かスイッチが入るように思う。成功事例に共鳴した人が、後継者として出てくるのではないか。定年退職をした優秀なシニアでもはや世俗的な野心のない連携コーディネータによる、一種のマルチメンター制なども、今の日本では有用かもしれない。

C：つくばは人材がかなり集積されている。その中から、本当にリーダーとしてふさわしい人をいかにうまく選ぶかであろう。

### 4.3 日本型オープンイノベーション

大橋 弘通（産業技術総合研究所）

研究開発モデルから見た分野共通課題とその対策について紹介する。総合電機の本社研究所での長い勤務を経て国立大学、独立行政法人に移りパワーエレクトロニクスを中心に研究業務に従事してきた。この経験を踏まえて産業競争力強化に向けた日本型オープンイノベーションの必要性を話したい。企業の研究に従事していた時代は日本経済が右肩上がりの時代であり、シーズ技術が本格研究を生み出し、新しいニーズを牽引することで本社研究所の活動が輝いていた。それに対して、今日、研究活動を取りまく環境は問題が山積しており大きく様変わりしている。

代表的な研究開発モデルとしてシーズ牽引型の「成長の木モデル」とニーズ牽引型の「コンカレントモデル」が知られている。米国NSFのERC（Engineering Research Center）制度による大学の研究やドイツ、フランスフォーファ研究所などの海外の著名な研究組織におけるテクノロジー（産業技術）研究の多くは成長の木モデルからコンカレントモデルに移行している。

日本の経済が右肩上がりの時代の総合電機の研究の実態は、米国で萌芽した発見や発明などのシーズ技術をベースにしたコンカレントモデルによる垂直統合型の研究開発であった。例えばトランジスタ原理の発見とその後生れた半導体シーズ技術を活用した垂直統合による企業内開発により日本の半導体産業は隆盛した。

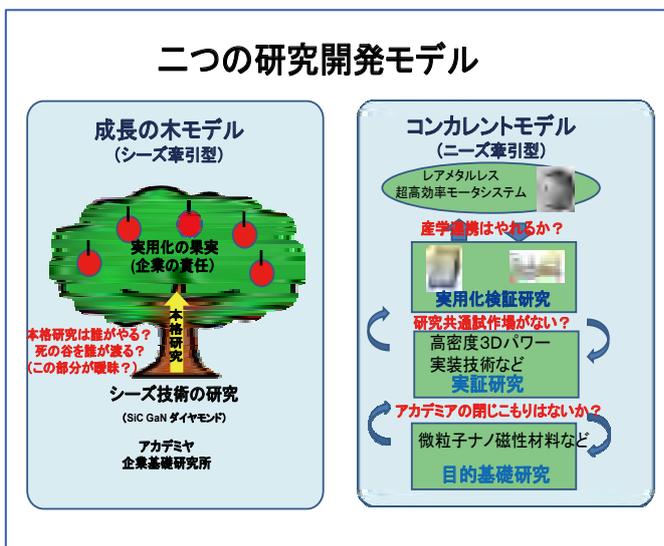
新原理の発見、既存の材料や方式の限界突破技術がもたらす新しい市場の創出を期待して投入される多くに公的資金は、その妥当性を成長の木モデルで説明してきた。高温超伝導材料や最近のiPS細胞などが持つインパクトを社会に説明するにはこのモデルはわかり易い。特に日本が欧米から基礎研究ただ乗り論が出た1980年代頃から、大学やナショナルプロジェクトに対してこのモデルによる公的資金の投入が多くなった。このモデルの最大の課題は、シーズ研究から実用化実証研究へ繋ぐ「本格研究」の仕組みが明確でないことである。本格研究のリーダーシップや死の谷を渡る仕組などの研究のリスクマネジメントがほとんど語られていない。シーズ技術の成果を論文数で評価し、実用化の果実を育てるのは企業の役割というスキームがこのモデルの基本になっている。一方で1980年代後半から日本の研究開発を囲む社会環境は激変した。製品サイクルが早くなり総合電機で

**アウトライン**

研究開発モデルからみた分野共通課題  
日本の例、海外の例

オープンイノベーションによる産学連携

対策としての日本が目指す一つの方向

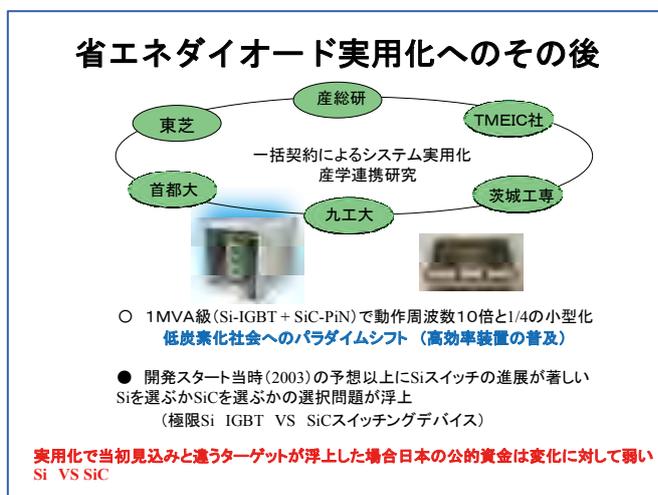


も中長期の研究開発が困難、経済のグローバル化で技術力だけでは勝てない時代を迎えている。優れた前競争領域の研究を大学などへアウトソーシングすることへの抵抗感は薄れている。

ニーズ牽引型の目的基礎研究、実証研究、実用化検証研究を一体で進めるコンカレントモデルでは、目的を明確にしたシステム思考型の研究であり、必要な目的基礎研究、実証研究、実用化研究をコンカレントに実施するプロジェクト（PJ）にブレークダウンする。図にあるレアメタルレス超高効率モータシステム開発構想を例に説明する。このモデルの一つ目の課題は成長の木モデルに慣れてきたアカデミアによる目的基礎研究と実証研究の間で発生する閉鎖性を打破する仕組み作りである。二つ目の課題は実用化検証を行う上で不可欠なパーツの研究試作する場である。レアメタルレスモータ構想ではモータ内部にドライブ回路を融合可能にする次世代半導体やそれを使った3次元パワー集積回路を使うがこれを試作する研究ファブは基本的には日本にはない。LSI企業はムーアの法則を追求した結果、次世代LSIで勝ち抜くために数千億規模の投資を行ってきた。日本の半導体企業はその先のデバイスを試作する独立した研究ファブを内部に持つことは資金的に不可能になっている。IMECの成功は、この時代を予見し日本の半導体メーカーのラインに匹敵する本格的な研究ファブを仕掛けたことである。研究ファブ狙った日本の公的投資は何度も失敗してきた。三つ目の課題は、産学連携を機能させない日本企業の閉鎖性と省庁の縦割りの弊害である。コンカレントモデルによる産学連携が日本で機能しないのは、こうした現実に対して諦めてしまっているのではないか。

こうした課題に対する産総研でのささやかなチャレンジを紹介したい。2003～2005年にかけて東芝と産総研がNEDOの「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」予算を活用して、SiC-PiNダイオードの実用性検証を行った。その後、2008年から東芝、TMEIC、右図の三大学、産総研の6者による一括契約PJ体制を構築して装置レベルでSiC応用の実用化検証を行った。風力発電などの電力、鉄道や自動車などの運輸、大型ビルの空調や

浄水設備などの産業ドライブに代表される世界の社会インフラ市場は400兆円とも言われる。社会インフラ向けの大電力変換器は従来、注文生産がベースである。今後の伸びる巨大市場で日本が勝ち抜くには、従来の注文生産から小型軽量で高効率小型変換装置の量産生産へビジネスモデルを変更する必要がある。Siのスイッチ（IGBT）とSiC-PiNダイオードを使い1MVA級装置で動作周波数10倍と体積1/4の小型軽量化に成功している。これを可能にしたのは6者が一括契約を了承し、コンカレントモデルに基づく産学連携PJを全員参加で達成できたこと、産総研のパワーエレクトロニクスセンターがSiCデバイスの研究ファブを持っていたことである。公的研究法人のホームメイドデバイスを使い本格的装置の試作に成功した例は多くないと考えている。企業は両社ともにグループ会社であることも一括契約を容易にした。



上記の共同研究ではスイッチにSiCではなくSiを使っているが、NEDOプロジェクトの開始時と比較してSiのIGBTに進展があり、共同研究ではこれに柔軟に対応できたことも成功の理由である。日本の公的資金は一度プロジェクトが始まると進路変更が難しい。予定外の進展が起きた時の変更にも柔軟に対応できる仕組みも検討すべきである。

コンカレントモデルによる海外の研究状況をのべたい。NEDOに対抗できる産業強化策として米国のNSFは、大学主導によるエンジニアリングリサーチセンター（ERC）制度を作った。これはJSTとNEDOを一体にしたような制度である。現在は採択された技術分野で米国が世界のリーダーを目指す10年単位のプロジェクト（PJ）制度になっている。

図はERC制度でノースカロライナ州立大が中心になり数年前にスタートさせたFREEDOM-PJの研究スキームである。電力変換装置をプラグインプレイできる新しいグリッド方式の実証が研究目標である。図のようなコンカレントモデルの研究計画を提出しないとNSFを通らないとされている。ERCは海外も含む企業や大学も参加する米国主導のグローバルな研究コンソーシアムを形成している。研究開始当初は公的



資金の比率が高いが、企業資金比率を大きくするように求められている。参加する大学群が研究目標の達成に責任を持ち参加企業群が研究成果を共有できるオープンイノベーション型コンソーシアム（OIC）である。EUには企業群が主導するコンソーシアム、ECPE（European Center for Power Electronics）がある。こちら、企業資金を使いいアカデミアが研究を実施し、得られたIPを賛助企業が共有する点では米国と同じである。このように海外の本格的なOICは、賛助企業からの資金や行政の公的予算を使ってアカデミアがコンカレント型モデルに従いPJ研究を進め、賛助企業が成果（IP）を共有するケースが多い。さらに重要なことはPJを実施することでプロジェクト・ベース・ラーニングによる博士クラスの高度な人材を大量に輩出していることである。

現行の日本の研究組合や企業を中心にしたコンソーシアムではオープンイノベーションを起こすことは難しい。しかし、企業は益々と短くなる製品サイクルの中でコスト競争にさらされており、大企業でも中長期的な研究開発を社内で垂直統合的に実施することは非常に難しい時代になっている。日本でもそれぞれの分野で産学が連携し、特に競争が始まる前段階で芽生える新技術の中から、近い将来に本流となる前競争技術をアカデミアが見極めて有用性を実証する役割を果たすことは産業技術研究には非常に重要である。そのため研究資金を公的資金だけでなく連携企業が支援し、得られた成果を連携企業が共有するオープンイノベーション体制を構築すべきである。それによる高度な人材の育成システムの構築も急務である。さらにOIC型の産学連携体の議論をワンボイスにまとめ上げ、行政への提言、PJ提案、国際協力、標準化などの活動も重要になる。産業技術に関するPJプロジェクトは、目的基礎研究、実証検証、実用化検証までをコンカレントモデルに従い進めることが重要だが、産業技術にかかわる産学連携研究では日本企業の閉鎖性や短期的

視野と省庁の縦割りの弊害となっている場合が多く、この点の改善が不可欠である。日本企業の閉鎖性の改善は、真の意味のオープンイノベーション実現がカギとなる。そのためには世界トップレベルの工学研究に従事するアカデミアが重要なテクノプロデューサとして参加し研究をリードすべきである。また現在の公的予算はNEDOとJSTが中心的役割を担っている。JSTの予算は成長の木モデルを実現するためのシーズ研究が多く、実用化検証へ繋ぐアカデミア主導の本格研究への予算的バリアーが高い。それに対してNEDOの予算は企業主導のものが多く、アカデミアの役割は支援に留まることが多い。コンカレントモデルによる産業技術研究にアカデミアが積極的参加し、オープンイノベーションに寄与するには米国NSFのERC制度のような新しい仕組みが必要である。

C：これからの総合討論に対し、非常に重要な示唆を与える題材を提供していただいた。

## 5. セッション4. 総合討論 「我が国の革新電池創出戦略」

モデレータ： 魚崎 浩平(JST-CRDS、物質・材料研究機構)

コメンテーター：逢坂 哲彌(早稲田大学)、橋本 和仁(東京大学)、本間 格(東北大学)、

討論参加者： 講演者、JST-CRDS フェローほか

魚崎：課題がたくさんあるが、多くの方が強調されたのは、基礎・基盤研究や新材料の研究開発などを、電池システム、そしてそのビジネス展開までを見据えて進めるということが非常に重要であるということである。まず個々の課題をレビューして見る  
基礎研究については、日本の置かれている状況を、論文数で調べてみた。リチウムイオンバッテリーで検索してみると、ここ数年出ている論文の50%以上が中国であり、下がってきているのは日本のシェアである。中身についてはいろいろと議論はある。一方、リチウム空気電池で検索してみると、検索は必ずしも十分なものではないが、2010年、11年、12年の過去3年ぐらいで論文が出始めていて、その前はほとんど論文が出ていない。アメリカが抜きこんでいて、次いで日本、韓国や中国からはほとんど出ていない。いずれこのポスト・リチウムイオンバッテリーが競争の対象になっていくと思われるが、どこまで先行するかがポイント。

知財の問題もあるが、ファンディング体制の現状を整理して見る。先ほど岡島さんの出された経産省のロードマップに沿ってグラントを入れてみると、大型のプロジェクトでは年間数10億円という規模である。RISING事業では、今年度は35億円規模。長期的な基礎研究としてのFIRST事業のうち電池に関するものは5年間で28億円。逢坂先生がPOをされているALCAでは、マグネシウム全固体、リチウムグラフェン、キャパシタ、ナトリウム軽金属等々電池関係で昨年度までに採択されたのが17件、およそ1件5億円ぐらいの規模である。CRESTについては、安井先生の二酸化炭素抑制関連、笠木先生の相界面の領域で各々1-2件の電池関係のテーマが採択されており、今年度あわせて3億円規模の研究が進められている。さらに、今年度からスタートした元素戦略拠点4つのうちの1つが触媒・電池で、京大に7億円の予算がついている。これだけ多くの公的資金が投入されているが、これも何度も指摘されている通り、全くプロジェクト間の実行的連携はないという問題がある。全体を睨んだ戦略というものは存在しない、といってよい。

アメリカは、エネルギー分野については、EFRCというネットワーク型基礎研究が一昨年からスタートしている。平行してARPA-Eという応用開発ステージのプロジェクトが、さらにEnergy Innovation Hubという大型の一貫研究開発拠点プロジェクトが進められている。これらはすべてDOEのもとで包括的な戦略のもとに重層的に推進されている。電池をはじめ蓄エネルギーに関するEnergy Innovation Hubのプロジェクトはこの9月にテーマが最終決定されるが、年間20億円ぐらいの規模で、リスクがある程度低くなるまで進めて産業界に渡すといった仕組みである。

人材育成については、河村先生や村上先生が指摘をされていたが、様々な分野がかかわってくるということで、総合力が必要とされる。そもそも電気化学を教えている大学は今ものすごく少なくなっているし、電池を意識して総合的に教育しよう

といった動きはほとんどないといってよいという問題がある。個々のレベルも非常に下がってきているし、総合力も育たない。さらに、研究分野の転換が進みにくいという問題がある。例えば、無機化学をやった人が電池に入っていくとか、有機化学をやった人が電池に入っていくというようなことが、日本ではなかなかできない。自分のやってきたことを一生続けていければよいと考える傾向がある。

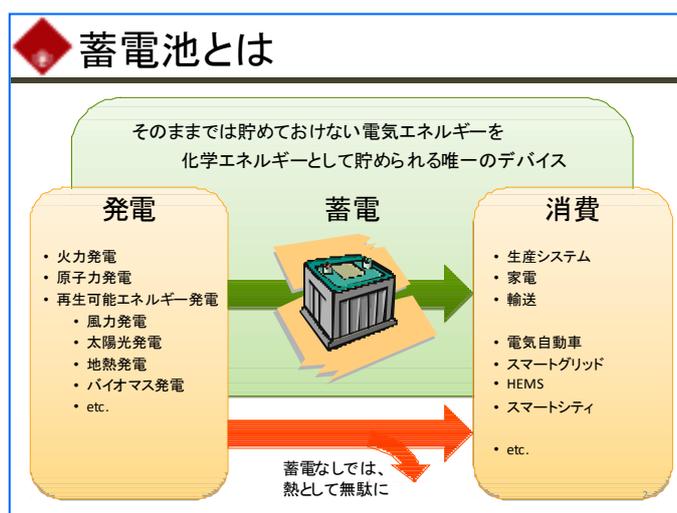
国際化については、人材育成にもビジネスの問題にも関わる。大学で院生やポスドクを内外から広く採り育てることはできる。NIMSで学生を募集するとほとんど外国人で、特に中国人やインド人が多いが彼らは研究終了後日本以外に出て行くことが多い。企業からの人材流出も多く、今度またシャープが人をたくさん辞めさせるが、日本で育てた人材が、海外からオファーが来たらほとんどが行ってしまうということになる。このようなことを続けていけば、結局日本は駄目になる。

いずれの局面についても、中長期の総合的な観点からの産官学の役割連携が重要となる。こうした課題を念頭に総合討論の議論を進めたい。最初に3名の先生方から10分程度のコメントや話題提供をいただく。まず逢坂先生からお願いしたい。

逢坂：まず、現代社会で不可欠の電気エネルギーを貯蔵できるデバイスとして、蓄電池が非常に注目されてきていることを指摘しておきたい。キャパシタもあるが、それとの組み合わせについては後述する。USABCのデータによると、デバイスの中で7割が材料費であるというようなものは蓄電池ぐらいで、非常に特殊なものといえる。正極材料の値段が非常に高いということがある。金村先生の指摘にもあったように、正極負極のバランスがとれず正極が特に今ネックになっている。

国際競争力比較については、先ほど湯浅さんから量的シェアの指摘があったが、IT総研の価格ベースのデータでは、2011、2012年では日本は34.8、30.9%、韓国が39.5、40.4%である。日本は2000

年で94%、2008年で51%であるので、大きく落ちてきている。ただし、これらは携帯用等小型電池市場の例。2年前の上海万博で電気自動車を出したが、現地生産



### 日本へのリチウム二次電池技術回帰の動向

#### リチウム電池の事故例

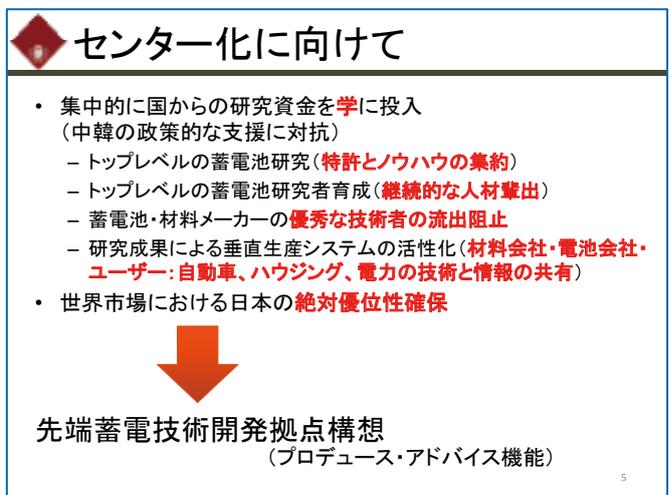
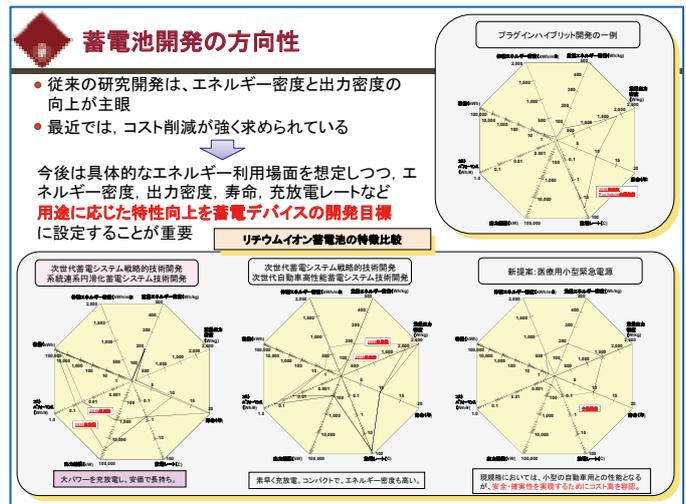
中国のリチウム電池自動車は万博後中国製でスタートしたが、一年後の現在、事故が多発しているようである。ある程度の年数を経た後の安全性がクリアされていないため、日本の技術が再び注目されており、日本に技術帰還が起ころつつあるようである。

参考ホームページ：  
<http://www.xinhua.jp> (新華社ホームページ)  
<http://www.zjol.com.cn> (浙江在线ホームページ)  
<http://eastday.com/> (東方网ホームページ)

の電池はその後発火等の問題を起こすものがあり、品質面では日本に技術を求める動きがある。自動車用リチウムイオン電池の価格については、2010年で10～20万円/kWhくらいといわれているが、例えばLGケミカルが3万円/kWhというような政策的な価格を出すとそれが市場価格をリードする可能性がある。今、2015年ぐらいに3万円/kWh、2020年ころには1万円/kWhという数字もいわれ始めているが、これは既存の鉛電池や揚水発電等の電力貯蔵設備投資のレベルであり、そうすると社会的インパクトは大きい。日本でも、将来を見越して財閥系大手企業などが戦略的に目標を立てて先にシェアを確保するといった行動に出てくれるとよいのだが。日本は技術的に努力に努力を重ねてある程度シェアを取るが、直ぐに追いつかれてシェア低下を招く、この繰り返しである。電池デバイスについては材料依存度が高いのだから、やはり材料をいかに戦略的に安くもっていくかといった攻め方が必要。

元素戦略の中で、中長期のターゲットを設定して自由に研究させるような枠組みがあるが、先ほど大橋さんの指摘にあったような目的志向型の基礎研究から面白い成果が幾つか出始めている。そういう成果をもとに、産業とのつながりの中で材料ターゲットを作るとというのが、一つの面白い行き方かなと思う。ただし、そのためには適切なプロデュースあるいはアドバイスの仕組みが非常に重要である。たとえば、国家戦略として蓄電池産業を20兆円に持って行く、そのなかで車載用は何%を目指す、といった目標を示すことも必要だが、トップレベルの企業に、蓄電池研究とその特許管理などを集中するというのも、ひとつの方法かもしれない。

蓄電池の技術にはノウハウの要素が多いが、人材の流出でそれらが海外の後発メーカーに流れているという話があった。装置の形でも技術は流出する。展示会がヘッドハンティングの場になっているという話もある。特許で守るところは守り、ノウハウの流出についてはどのように対策を取るか、総合的な戦略が必要である。特許については、岡島さんが企業にとっての重要性を指摘された。辰巳さんはオープンイノベーションを進める必要があるが特許のプールには難しい問題があると指摘されたが、産官



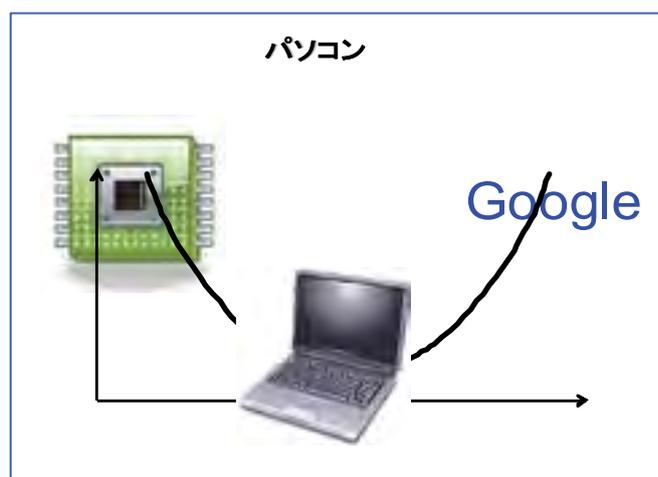
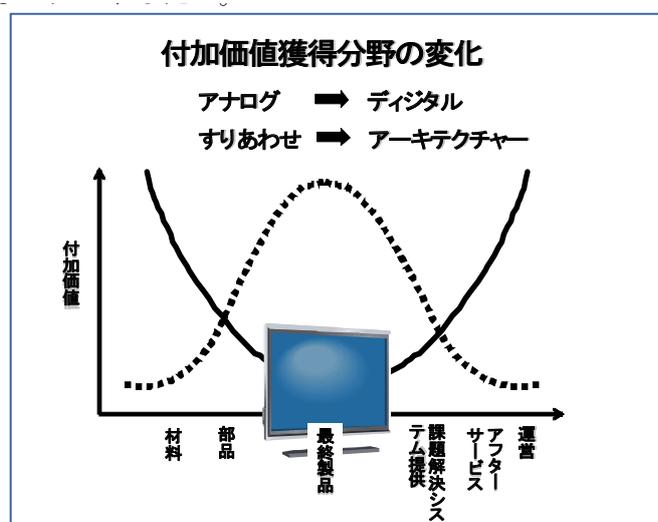
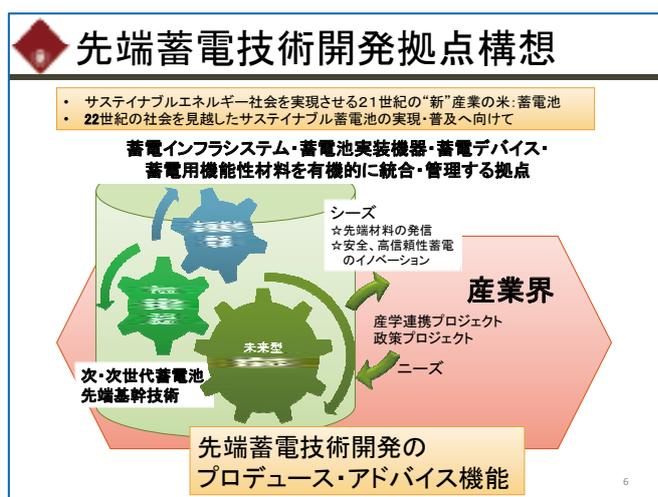
学で何らかの中立的な機関を作って工夫をすることが必要と考えている。量が出だすとあつというまに価格が下がってきてしまうという問題があり、国際ビジネスをコントロールするには特許が非常に重要な手段となる。コアの特許をまとめて運用する中立的な組織を作ることのひとつの方策と考えられる。その場合、企業に独占権を認めるものもあっても良いし、非独占のものについては実施権を日本の企業にだけ与えるのではなく、モノによっては海外の企業にも与える、ただし量的規模に応じて数倍の特許料を請求する、などといった戦略をもたないと駄目ではないかと思っている。

水平連携と同時に垂直システムの活性化も重要で、これについても議論いただきたい。

魚崎：それでは、続きまして橋本先生をお願いします。

橋本：わたしは電池の専門家ではなく近い分野の基礎研究者であるが、今日は市場で勝ち続ける二次電池研究開発のありかたについてぜひコメントしたい。

いわゆるスマイルカーブとして表現されるように、今後は最終製品ビジネスでは利益が上げにくくなっていく。その両側の材料・部品等のビジネスや、サービス・運転管理などのソフトビジネスが収益の柱になっていくということである。その典型が液晶テレビで、アナログからデジタルに技術が移り、製品の製造が擦り合わせ型からアーキテクチャー型になって、部品さえ手に入れば容易に製品がつけられるということになり、日本



のすばらしい技術が競争力を失ってしまっている、よく言われている通りである。

パソコンの例がさらに分かりやすい。インテルは部品のところ非常に利益を上げていて、グーグルはソフトのところ非常に利益を上げていて、デルは最終製品で苦勞している。エレクトロニクスだけではなくて、例えば水処理も同じで、東レとか、あるいは日東電工とか、大変いい中空糸を作っていて逆浸透膜を作って利益を上げているが、これらをセットにした水処理事業には入っていけない。非常に利益を上げているのは欧州に居る水処理事業請け負いベンチャーで、全部やるというところで大きな利益を上げている。要するに、今世の中の利益を上げる構造が変わってきていることに対して、我が国は対応できていないのではないかということ。国の委員会等で産業戦略を議論したり、民間の経営者の方と話しをするが、いつもこういう話題になる。

内閣府の2010年版のデータで、昔自分が経済産業省の委員会の委員長をしたときに作ったもののversionアップの図を用いて説明する。横軸に日本企業の世界シェアを、縦軸に世界市場規模を対数プロットし、日本企業の位置を示すとともにそこでの円の大きさを売上高を表すと産業動向がよく分かる。自動車とエレクトロニクス等の組立産業が、市場規模が大きいところでシェア30%前後で大きな売り上げを上げているという構造だが、これを支えていたのが、ニッチで市場規模は小さいが非常にシェアが高い部品・部材メーカーや装置産業がたくさんあるということ。日本の製造産業が垂直連携の構造であったというわけである。

ところが、トヨタは利益をまた急激に回復したようであるが、エレクトロニスのほうは先ほど言ったような状態になっている。車のほうもデジタル化が進んでいるが現状はまだアナログの擦り合わせ技術である。プラグインハイブリッドも明らかに擦り合わせ技術だが、EVになったらこれは擦り合わせではなくてデジタルになっていく。その場合の利益の出るビジネスモデルをどう考えるかという問題があると思う。

湯浅さんほかの方が指摘されたようにリチウムイオン電池も韓国に抜かれる状態になっているが、それは、先ほどのスマイルカーブで製品のところ利益を得るという構造がどんどん変わってきたということを示している。部材はやはり日本企業が強いという構造の中で韓国、中国よりも先に行く、そして組み合わせのところでも勝っていく、追い付いてきたらまた次の先に行く、

そうして2030年頃まではリチウムイオン電池で行く、という戦略もある。でもそれだけでいいのだろうか、ということ議論したい。

私は中国からの留学生を育てるなど、過去20年間にわたって中国と付き合い合ってきているが、ここ数年大きな変化が生じている。現在でも研究室に中国からの留学生が10数人いる。日本人学生も20人くらいいる。あるテーマが与えられたときに、圧倒的に中国人の学生のほうが早くやってしまう、達成してしまう。ポスドクなどでも同じ。理由はともかく、事実として。細野先生によると、鉄系の超電導研究で

- ❗ **いかに優れた部材、技術でも必ず追いつかれる**
- ❗ **中国の驚異的な追い上げ**
- ❗ **リードできている期間はどんどん短くなる!!!**

は中国にかなわなくなってしまうとのこと。同じパターンである。鉄で行くと分かったら、絶対中国のほうが強い。新しいことを見つけるのは、やっぱり我々のほうがまだ強いと思うが、その優位性を保つためにはどうしたらよいのかというような議論が必要なのではないかと思う。

インテルはMPUの技術は提供しないで、その使い方は教えるという作戦をとった。インテルモデルといわれるが、要するに重要なところをブラックボックス化して容易に追い付けないようにして、そのかわり、周りは使いやすくなるように徹底的に公開するというやりかたである。電池の場合にもそのような方向を狙ったのであろうが、それが抜けていってしまった。どんなに経営が悪くなっても首を切つてはいけな

**ポストリチウム電池のビジネスモデル**

-  **インテル型**
-  **アップル型**
-  **水メジャー型**

**それぞれ考えてみよう**

、例えばそういうことも含めて考えないといけな

いのではないかと思う。今後日本がポストリチウムイオン電池で勝ったとしても、同じ轍（てつ）を踏む恐れがある。確実に言えるのは、追っ掛けてくる速度は速くなること。

もうひとつ、スマイルカーブの左側だけではなくて右側のほうで利益を得るモデル、たとえばアップルモデルがある。プラットフォームを出す形。それを皆が使うときに少しずつお金が入るということで、利益は広く薄く永遠にというモデル。水メジャーモデルというのもある。これは個々のニーズにベストな技術を包括的に提供する。たとえば、インフラ設計から建設、さらに料金の徴収とかメンテナンスまで全部やってしまう。これも、いわば利益は丸ごと永遠にといえるが、こういうビジネスモデルもある。

このように、技術のキャッチアップがものすごく速くなるとともに、ビジネスモデルも多様化してきている。日本は明治以来欧米の技術をキャッチアップしてきたが、追いつかれるようになって、同じようなモデルでいいのかと考えている。たとえばポストリチウムイオン電池について、インテル型と言うと、ポストリチウムイオン電池製造

**研究開発のあり方**

- 総合的な研究開発システム**



- 市場で優位を保つ戦略の検討を、研究開発の初期段階から行い、研究開発に反映させる**

プロセスのなかにブラックボックス化すべき重要な技術はないか、そういうことを意識した研究開発を進めることなどが必要ではないか。アップル型、水メジャー型もそれぞれいろいろ考えられると思うが、こういうことを考える必要があるのではないかということ。研究開発のあり方として総合的な研究開発システムの重要性が指摘されてきたが、バラバラにやっているのを一緒にさせて、そこでどうやって情

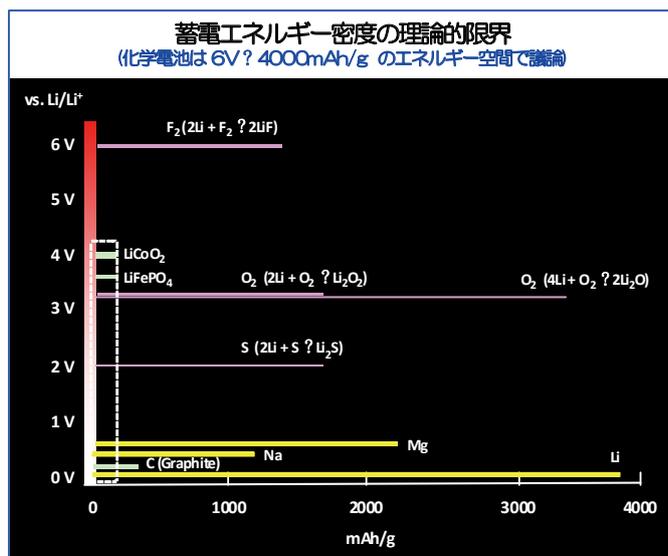
報公開につないでいけるかということを考えることが極めて重要である。

どうやって市場で優位を保つのかという戦略を研究開発の初期の段階から持つことを議論しておくことが重要である。共通認識ができればよいが、できなくても、各研究現場同士が常に行き来できるようにするというのが極めて重要ではないかと思っている。

魚崎：では、続いて本間先生をお願いします。

本間：簡単に2点だけコメントさせていただく。現場目線でのポストリチウムイオン電池の研究状況と、現在東北大で練っているオープンイノベーションの構想について。

ポストリチウムイオン電池の研究について、本質的に基礎融合的な観点で研究が進んでいる。電気化学的な蓄電メカニズムというのは決まっております、原理的には6Vと4,000mAh/gのエネルギー

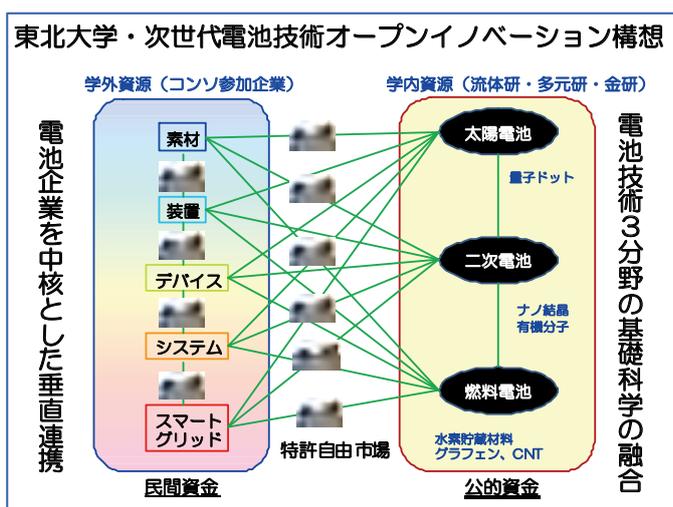
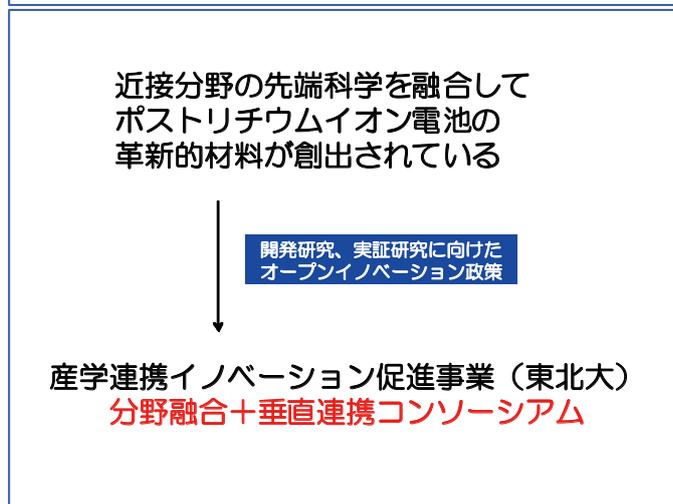
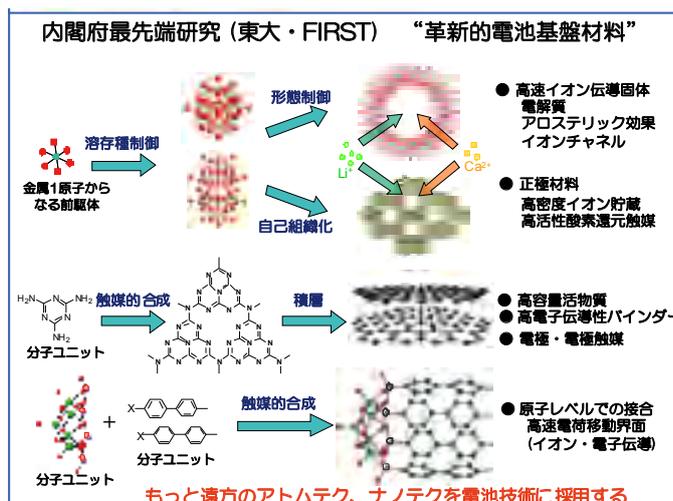


空間を出ることはできないのだが現在はその一部しか使っていない。ポストリチウムイオン電池として500~700Wh/kgを狙うということは、この利用可能な部分空間を広げるといこと。その材料開発については二つの方向性がある。ひとつはエネルギー密度の大きい新物質を探していこうということ、もうひとつは、リチウムとサルファの反応など既知の電気化学反応の可逆性を向上させて二次電池化しようということ。安全性やコストも実用的には重要な観点であるが、単純に蓄電エネルギー密度ということで考えるとこの二つの問題とってよい。

最近のリチウム空気電池の研究結果として、新物質ではなく既知材料の組み合わせで性能向上させている例がある。電極にナノポーラスの金の電極触媒を使うと可逆性が向上して100回ぐらい充放電できるという研究例が発表された。電気化学系の研究者が近接分野の新材料・ナノ材料を利用してトップデータが出ているという具体例である。硫黄電池についても、直近、容量として600mAh/g以上を確認したという論文が出ている。これも近接分野の炭素材の利用である。電池と炭素材は歴史的に深い関係があるが、その先端的な研究例としてメソポーラスカーボンとか、グラフェンとか、ナノチューブとか、カーボン系の新材料をうまく融合させるとトップデータが出るというところが見て取れる。それから、逢坂先生の研究では、シリコンのナノ薄膜で最近6,000サイクルとか7,000サイクルとか、非常に長寿命の可逆性が出ている。バルクではなく薄膜であったり、ナノチューブであったり、量子ドット太陽電池の研究に見られるようなナノ粒子であったり、または有機太陽電池で使っているような導電性高分子を用いるなど、材料選択も融合的コンセプトを採用して、近接分野の機能材料の活用により革新電池のシーズを生みだせる可能性がある。

わたしも、シリケート系のナノ結晶の正極材料の活用を研究している。東大を拠点としたFIRST事業、革新的電池の材料基盤研究にも参加している。こちらは、非常に幅広い材料について、たとえばナノテクや分子材料の利用も含め、自己組織化材料、液晶、超分子材料など今まで電池の研究者があまりテストしていなかったような材料の探索を広く進めている。こうした研究から新物質が見つかったり、あるいは二次電池化に貢献するような材料の使い方が出てくるのではないかと期待されることが期待される。このように、研究現場では近接分野の先端科学を融合して革新的シーズが創出されつつあるが、これらはあくまで論文レベルである。

次に、今日の本題のオープンイノベーションについて、今年度から東北大で新しいタイプの産学連携の共同研究開発が開放された実施体制でスタートしたが、これは実際、わたしが参画メンバーとして立案したオープンイノベーションのコンセプトである。東北大の中には附置研が多数存在するが、太陽電池や二次電池、燃料電池などの次世代電池研究に、流体研、多元研、金材研などが横串型で参画して、仙台マテリアルバレーを目指し、共同研究コンソーシアムを組織した。それに、素材メーカーからエンドユーザーまでの企業の参画を得て構築してきたコンソーシアム活動を垂直連携に組合せて、革新的なシーズをなるべく早く実用化に結び付ける、そのような仕組みづくりを考えている。すなわち分散している研究者を横断的にまとめて基礎科学融合を行う仕組みと、電池企業を中核とした垂直連携のスキームを組み



合わせて2次元的なオープンイノベーション構想をテストしてみようという構想である。先ほどの人材育成の話にもあったが、大学院学生をこのような仕組みに入れて企業に派遣するとか、あるいは企業の方に客員の先生ということで授業を持ってもらったり、大学院の専門教育に参加してもらったりとか、そうした人的交流をも考えた構成を今進めている。

そのほか、私が進めている、あるいは参画しているものとして、FIRSTでの異分野の先端物質を対象に計算科学を取り入れて革新的シーズを作ろうという試み、東北大が進めている公的な資金で学内資源と学外資源を融合したイノベーションプラットフォームを構築するというような活動、産学官で進めているRISINGと全国の分散型拠点との交流・連携などがある。イノベーションのスピードアップの為にもネットワークの構築が必要ではないかということ、最後に指摘させていただく。

### 「革新電池オープンイノベーション」への提言

- 研究者スペクトルを広げて、異分野の先端物質、解析技術、計算科学を取り入れた革新的シーズ
- 学内資源（公資）＋学外資源（民資）を融合させたオープンイノベーション・プラットフォーム構築
- オールジャパン体制を目指すには関西地区の電池企業群・集中型研究拠点と全国の分散型拠点との交流、連携、ネットワーク化も必要

魚崎：それでは、3名の先生方のコメントや話題提供を含め、本日の今までの発表全体を踏まえて議論を進めたい。結局、革新電池について日本が世界をリードし続けるための研究開発推進方法ということになる。3名の先生方のコメントについて、まず岡島さんから、どのように感じておられるか、お願いします。

岡島：まず現状であるが、私ども自動車メーカーは、電池の制御技術や工程改善により安全性を向上させてきており、トータルのパッケージとして10年間の寿命を確保できるということで、世界的に優位性を保っていると考えている。一方で、それだけではやはり優位ではなく、電池セルそのものの性能向上やコスト低減も重要で、それらについて今後他国に追い付かれないようにするためには、自ら製造プロセスを革新し、それを外部のメーカーに委託しないようなことを考えざるを得ないかと思う。過去の半導体や太陽光電池、液晶などは日本の設備輸出により、輸出先では研究開発投資を省略しても安く製造ができた。

Q：だとすると、オープンイノベーションとは逆の方向か。それが必要かもしれないが。

A：必ずしもそういうことではなくて、オープンのところとクローズのところというのが多分必要だと思う。

C：シーズというか、ある程度のところまではオープンで行くが、実際に物を作って売るところがクローズだということなのであろう。

Q：クローズドのところは、インテル方式ということか。

A：今のところ考えられるのはそうした方向。

魚崎：では、電池を実際に作って、まさにその製造技術を囲い込んでこられたのではないかと思われるパナソニックの湯浅さん、お願いします。

湯浅：その前にコストすなわち電池の価格について触れておく。自動車用の電池というのは、4年先、5年先のニーズに基づき検討される。現状のコストや性能だけで決まるわけではなく、5年先にならないとその選択の結果は分からないという、非常に難しいところがある。競争力確保については、物はパテントで押さえ、それを作るノウハウはブラックボックスとして秘匿するというのが一般的であるが、ジレンマがある。解析技術などが進化するとブラックボックスをオープン化するという側面がある。大学の先生方は、当然だが何らかの形で研究成果を公表されるわけで、そうした技術が外に出て行くことになる。また、オールジャパンという視点では、電池産業に限らず市場競争のなかで負け組の人は退場しないといけない、退場する人たちは持てる技術を海外に売ることができるといえることになるので、そのあたりを考慮した組み方というのが非常に重要だと思う。

C：中国はすごい勢いである。最近の電池関係の展示会での出展社が約1,000社、来場者が1万人という規模。とにかく桁が違う。その後の講演会では、新しい材料に関する発表はすべて中国人だが、アメリカかヨーロッパの代表者。新しい基礎技術も製造もすべてやるという意気込みを感じた。

C：エレクトロニクス業界も同様の経緯をたどって今の状態になってしまったと思うが、そうならないためには、何をすべきか。囲い込みには限界がある。ポストリチウムイオン電池はまだ技術が全然固まっていないから、たとえばトヨタさんとパナソニックさんが組み、それにアカデミアがどのように参画するかなど、今ならゼロから設計でき

と思うのだが。

- C：リチウムイオン電池の性能向上は特定の大学と組んでクローズドでということになるが、革新電池はまだ課題が5つも6つもある状態なので、オープンでいいのではないかと思う。いくつかのブレークスルーを経て課題が1つか2つになったときに、クローズドで取り組めばよいのかもしれない。
- C：スマイルカーブでいちばん儲かるのは右側のソフト、システム。しかしこれは左側が変われば変わる。それが破壊的イノベーション。それを狙った研究と平行して、それが起こるまでは組み合わせのシステムでいくという戦略があるのかもしれない。
- C：電池って、部品なのですか、最終製品なのですか。自動車の中でいえば部品だし、グリッドの中でも部品なのですね。トヨタさんらが取り組んでいるスマートシティなどを考えてみると、電池個別ではなく、電池を利用するトータルのシステムがビジネスということになるのだろうと思われる。
- C：スマートグリッドでいうと、電池の値段もあるが、電源系のコストが大きい。それらを含むシステム全体が提供するサービスでどこまで収入が得られるかを考える必要がある。製品単体での商品力というのはなかなか確保しにくくなってきている。やはり、アップル型を指向することになる。たとえば、グリッドにつないで充放電したら電池の寿命が短くなってしまわないかと言われていたが、決してそうではなくて、皆が何も考えずに毎日毎日満充電しているよりは、適当に充放電をしてやったほうが、実は長持ちすることも実証されている。すなわち、上手な使い方・サービスというのを提供することで、それも含めてお金も回収できるし、商品力も上がる可能性があるといえる。
- C：その場合に、利用システムの側から電池の開発がこうあるべしというふうなことが出てくるのか、あるいは電池ありきでシステムを考えるのか。
- C：ニワトリとタマゴである。スマートグリッドのための最適な電池というのは、言うのは簡単だが、まだよく分からない。自動車に使っている蓄電池ももともとそんなに長寿命ではなかったが、使い方によって寿命が確保できてきたということもある。

**魚崎**：今までの話を聞かれて、金村先生、コメントをどうぞ。

**金村**：まず国際競争力について。足元の事業は競争が激化しているが、将来のための研究開発というと、日本が簡単には追い越されれないと思う。もちろん止まれば直ぐに追いつかれる。日本からベースとなる製造技術を移転すると実用化は早い。

C：だから、リードを保ち続ける日本の研究推進体制、あるいはビジネスシステムをどうしますかということになる。

C：リチウムイオン電池に関しては難しいが、革新電池については、今からいろいろ対策を練りながら進められると考えるが、一番の課題は材料であろう。

**田中**：(国家プロジェクト、産官学連携、技術流出防止について) 今日の話では、革新電池に限らない共通の問題がかなり指摘されたと思う。岡島さんや大橋さんはじめ多くの方が指摘されたことが、まずスピードの問題である。技術の進化あるいはビジネスの進み方が猛烈に速くなってしまったということがあり、それがいろいろなところに大きく影響している。例えば国プロが機能しなくなってきたのではないかと

いうことは、いろいろな方が指摘している。昔の通産省の大プロや次世代のプロなど、10年くらい続くプロジェクトがたくさんあった。そのころは世の中の動きがゆっくりと流れていたから、5年かけ、10年かけて新しい技術を開発しても、その成果は企業にトランスファーされる機会が幾つかあった。今は、最初に決めたターゲットが途中で変わってしまうこともあるが、国プロのフレキシビリティの無さもあり状況に合わせて研究を変えることは難しいというようなことがある。

次に、我が国の競争力維持のため、オープンイノベーションということで企業が連携し国を挙げて研究を進める場合、その成果をどう活かすのかということについて、知財の管理の仕方なども含めうまく仕組みを構築する必要がある。現状では昔のやり方、昔に合ったようなやり方が中心で、企業同士が組むというインセンティブがなかなかはたらかないということであり、なかなか進まない。何か新しい仕組みを作らないと、形だけの連携になり、皆さんが自分の技術をコンソーシアムに出して、集団でやっていくというような形にはならないという気がする。

次に、多くの方が指摘された人材流出の問題。電池だけではなく、エレクトロニスの分野ではこの10年、20年の間にいろいろと起こっている。日本の文化の問題もあると思うが、やはり企業あるいは国が、その開発した技術をどうやって守っていくかという全く新しい仕組みを考えないといけない。企業自身が、自社の技術に携わった技術者の退社後の倫理も含めて考え直す必要がある。日本人は、ただでさえ秘密を守り通すことのできないところがあるが、そういうところまでも含めて考える必要がある。

もう一つ、仕組みの問題について。競争に勝つためには大学に集中的に投資することも必要だという話もあったが、大学の文化を変えない限りは無駄になってしまう可能性がある。いい悪いは別にして、例えば海外のある大学では、「ネイチャー」や「サイエンス」に論文が出れば何百万円の報奨金を出すというところもある。いろいろなインセンティブがあり得ると思うが、オープンな競争や異分野の融合を促すようなことを含め日本の大学の仕組み全体を見直していく必要があると思う。

- C : 国家プロジェクトも、民間企業も、大学も、従来のやり方、仕組みを変えて行かなければならないという話。アメリカなんかだと、人はどんどん動いている。ところが日本は永年勤続だと言っているうちは良いが、辞めた瞬間にどこか海外の企業に出て秘密も漏らしてしまう。逆に言うと、動かない組織だからこそ、そういうことに対する防備が出来ていないのかもしれない。
- C : 国の大規模プロジェクトに関する問題点がいくつかある。うまく行かなかったものの原因のひとつは、他人の金でやっているという意識であることをまず指摘しておきたい。次に、ある技術がものになるまでには相当な時間がかかるが、その間に周辺状況は変化する。従って、評価システムも変えないといけないということ。もう一つ、海外を見ていると、共同研究体はある段階まで行くとコンソーシアムに賛助会員が入ってくる、入ってこないところはつぶれてしまう。そのようなシステムが良いと思う。最後に、本当の技術は隠し通せるということ。単に不安だから隠したいとか、隠せないとかでなく、隠し通せない場合にはどうするか、どのように戦うかも含めた対策を考えないといけない。
- C : 技術流出の防止が難しいとすると、それを前提とした対策が必要。蓄電池の場合、本

間先生や魚崎先生のお話にもあったように、新材料といっても系として全く未開拓のフィールドがあるわけではなく、これから本格的に取り組む革新電池こそ、今度こそ、技術流出を産学が強調して食い止めなければ、後がない。

コンカレントモデルで進めた時に、岡島さんの話にあるように製品が近くなってくると、製品ごとに企業側がリードしていく必要があるが、その際にオープンとクローズドの使い分けが必要。たとえば共同の試作の現場で、企業のニーズ側の視点で試作のポイントのようなところに関わる情報を提供してもらえると研究開発が加速する。試作のニーズ情報が集まるような場をつくれればよいと思う。

C：オープンとクローズドの使い分けであるが、クローズドといっても何が何でもクローズドというわけではない。開発フェーズに至っても、やっぱり自社だけで解決できない問題があって、それを例えば大学の先生との共同研究でやることもある。その成果はやっぱり、その大学と企業との成果でクローズドとなる。先生の論文発表の範囲について協議をすれば、必ずしもすべて情報が流出するわけではない。そういうところに国の支援が入っても構わない。

C：アメリカがオープンというけれど、特許面を中心に徹底的に対策を取っている。極端に言えば、空港を出るところで、あるいは持ち帰り研究の成果にコンタミがあれば、いつでも捕まえられるというイメージ。田中先生がいわれるように、政策も含めて様々な仕組みを変える必要がある。

魚崎：一当たり発言していただく。河村先生をお願いします。

河村：今あるリチウム電池の技術をコアで残せるかということ、多分わたしは無理があるなというふうに思う。基本的な原理は明らかになっていて、今日本が優位に立っているのは、ノウハウである。その製造プロセスとか品質管理のところ等ものすごくデリケートなところがあってオープンにできないが、これはいろんな試行錯誤をすればいずれは分かってしまう。従って、事業としては電池だけでもうけるのではなく、自動車、住宅、そして社会システムのなかで如何にその電池を使うかポイントになっていくのだろうと思う。

では、次の革新的な電池についてはどうかというと、未だどこも本気で手を出していない。ここに集中的に取り組むべきだと思う。過去に国家プロジェクトで成功しているものは、世の中になくのものへの挑戦であったから、どこの企業も一緒に入ってきて、共同して推進できた。既に自分たちがノウハウを持っている物になってしまうと、今は全部そういう状況なのですけれど、決して自分のところの技術は出したいくない、だけど相手の技術は知りたいとなるから、それはうまくいかない。当たり前のことであるが、全く新しいところにチャレンジしていくというのが唯一の解になるのではないかと思う。

C：前半でのご指摘のように、電池単体での商品化ではなく利用システムとしての事業が重要で、その場合それぞれの使い方、求められる機能が異なる。そういう情報を研究のフロントのところに入るように、逆も含めて、情報の行き来が重要なのではないかと思う。

C：結局電池というのは、ある意味でデバイスといえるかもしれない。利用技術、システムが発達しないと、強くならないと、電池も発達しないし強くならない。材料につい

でも同様で、スマイルカーブの左側の材料も、右側の利用システムも強くなると真ん中の最終製品も強くなる可能性はある。

- C：自動車メーカーにとっては、ポストリチウムイオン電池は、エンジンに代わるもの、自動車の商品力を左右するものといえる。だから一生懸命に取り組む。
- C：風力発電や太陽電池などと組み合わせる定置グリッド用だと、電池に求められる性能が異なると思うが、自動車用の電池をそれに併用する場合にはそうしたことも含めたコンセプトが必要になる。

魚崎：次に教育について議論したい。まず村上先生お願いします。

村上：半導体、LSIなどの分野というところでは大学で研究・教育すべきところがあった。それでもナノの領域に関係するところでは大学で研究・教育すべきところがあった。電池等に関しては、大学が研究・教育に参加すべき課題が多くあるのではないかと思う。同時に、国家プロジェクトを構成する場合には、人材育成とそれを意図した共同研究の要素を入れるようにすべきかと思う。

国際競争の観点からも人材育成は重要である。国際会議に行ってもどんどん質問している大学院生というのは、大学の先生もそうですけれども、ほとんどは日本人でなく、中国人、韓国人であり、しかも若い人が多い。主要な大学の院生には是非頑張ってもらいたいし、もちろん大学の先生方もしっかりしてもらわねばならない。

- C：現実には、たとえば我々の研究室だって、今はもう半分以上のドクターの学生は中国人である。一生懸命育てるのだが、日本人が少ない。日本人の学生が博士課程に行かなくなっている。
- C：これからの時代は、日本人も海外からの留学生も育てるということであろう。それがネットワーク形成につながる。
- C：大学には電池の作り方の分かる企業の人材を呼び込み、その技術に新しい研究成果を組み合わせることを指向してゆくべき。そうした場を提供できるという意味で大学は重要。ただし、特許等の問題に対する対策が必要。持ち込まれたものはすべて返す、など。
- C：最近日本人の博士課程進学者が減少している。中国ほかからは来ている。どのようにエンカレッジしていけばよいか。
- C：ひとつ疑問がある。アメリカなんかは大学院なども含め人材育成システムがうまく機能していて、基礎研究費もずいぶん出ている。では、ものづくりをしているかというと、それほど活発ではない。投資回収ができていないとは思えない。何が狙いか。
- C：アメリカの電池材料の研究者の多くは中国、インド、韓国などアジア人であるが、一部の人たちは自国に帰って研究等に従事する。もちろん契約上の守秘義務はあるが、時間を経てあるいは間接的にアメリカの技術、研究知見は流出する。一方アメリカでは就職の機会も豊富で、ベンチャーなどに挑戦できる機会もありマイノリティーにもお金が出る。様々な機会が存在するということが世界から優秀な人材が集まる。
- C：アメリカは一種のブラックホールのようにもみえるが、トップレベルの科学技術を維持しておくことは単に産業活性化だけでなく、軍事も含めた国の総合力の維持・強化に必要な戦略がある。日本の場合のドクターの学生の急減は、長期的に見て国力の低下を招くことになるのかもしれない。

魚崎：時間が来たので、最後にひと言述べ。リチウムイオン電池についてはこれからも厳しい戦いがつつくが、革新電池の時代にどのように勝ち残るかを今から考えておく必要がある。最初にも述べたが、リチウムイオン電池の性能向上については世界中でものすごい数の論文が出て競合状態にあるが、リチウム空気電池などポストリチウムイオン電池になると、米国ほか一部の国を除いて論文数は極めて少ない。でも、可能性が出てくるとまた戦場になる。日本がそこで競争力を維持していけるか、材料や電池システムに関わる研究の進め方、研究成果の迅速な実用化展開に関わるオープンとクローズドの使い分け、そして知財管理など、今こそ総合戦略を強化すべきときといえる。

### (閉会挨拶)

田中：本日は、様々な貴重な経験をお持ちの方々に集まっていただき、本質的な問題の抽出ができたと思う。ただ、具体的にどうするかということについては、社会制度改革に関わる場所もあり、相変わらず難しい問題がある。我々 CRDSとしても、海外動向ユニットや政策ユニットというグループがあるので、そこでもいろいろ議論をして提案を出していければと思う。中長期的に、非常に大きなビジネスの変化とそう簡単には進まない科学技術の進展とをどう折り合いを付けるのかという問題、そして人材をどう育てどうマネージしていくのかといった問題であるが、今日いただいたコメントやアドバイスを活かしていきたい。

## 6. まとめ

### (革新電池 R&D に対する産業界の期待と役割)

革新的二次電池に対する社会的ニーズの大きさならびに国際競争力強化の必要性が指摘されるとともに、その研究開発の推進に関わるさまざまな問題点と対応の方向が示された。たとえば、現状の国家プロジェクトでは個別要素技術の確立に資金が分散投入される傾向にあるが、個別解の全体最適化にもっていくこと、現在企業中心の電池システム開発研究と連動させて個別の要素研究を位置づけること、プロジェクト間を貫く目利きならびに全体コーディネーションの機能を強化することなど。

また電池技術は、材料技術、電池システム技術、生産技術、電池パッケージ技術からなる総合技術であるため、電池内部の複雑な反応からパッケージとしての特性・品質までを制御・管理しなければならず、ノウハウの塊すなわちアナログ的とならざるを得ない。そこに日本の強みが発揮されてきたが、最近の先端的な解析研究により現象の解明と理論モデル化が進み技術が進歩する反面、デジタル化により技術流出の可能性も高まっている。なお、最近の海外の企業の急速なキャッチアップには、人材と設備による技術流出が大きく関係している。企業としては、現在のリチウムイオン電池での競争力ならびにそれによる事業収益の維持が次のステップへの前提となるし、技術的にもシームレスに蓄積を図っておく必要がある。従って、将来ニーズに備える研究を、足元の事業でどのように活かすかも企業にとっては重要な視点である。今後の課題として、産官学の共同戦略の構築、公的機関を中心とした基礎研究の強化と長期的かつ継続的な推進ならびにそのなかでの人材育成、などが指摘された。

### (革新電池 R&D の課題と推進方策)

電池の基本性能は材料の選択に依存するものの、出入力特性や容量に加え寿命や安全性などを含めた実用性能は、様々な材料の組合せと配置など全体システムのデザインによって決まることが、基本原理に基づきつつ具体例により分かり易く説明された。そして革新電池については、実用化への目処付けには相当時間がかかること、要素技術の研究とシステム研究との相互連携が重要であることなどが指摘された。

革新電池すなわちポストリチウムイオン電池などの次世代二次電池については、直近の研究成果を踏まえた具体的な事例をもとに、正極の電子・イオン物性、電解質挙動、活物質と電解質との界面などについて未解明の共通基盤研究課題が多く、裾野の広い基盤力の養成が重要であること、そのためには大学を中心に学問基盤をきちんと作り上げること、そのなかで既存分野の科学技術の融合を図っていくことの重要性などが強調された。

すでに大学や研究機関で、基礎科学の融合ならびに基礎的研究成果の迅速な実用化展開を図るための産学連携機能の強化などが試行されているが、各地域の特徴を活かした取り組みを、拠点間の連携を強化することにより、日本としての競争力に活かすことを考えていく必要がある。

### (オープン・イノベーション推進上の課題と対応策の方向)

まずLIBTEC（リチウムイオン電池材料評価研究センター）の運営経験から、リチウム

イオン電池用の機能材料についてはある程度共通の評価標準書ができつつあること、革新電池については電池化そのものが挑戦性の高い研究課題で、材料の評価方法について、材料研究者もしくはその前段階の物理の研究者と電池実証の研究者・技術者が共同して取り組む段階であることが示された。また課題として、電池のシステム化技術に関わる知的財産の取り扱いについて、パテントプール制や、個々のNDAに基づく研究を複数組み合わせることでブレークスルーを狙う場合のルールなどを検討する必要性などが指摘された。

つづいて、「つくば産学独連携ナノエレ人材育成プログラム」の運営実績に基づいて、革新的研究のためにはまず異分野融合と中核人材育成が必須であることが示された。公的プロジェクトへの大学の参画と多様な人材の集積をルール化することや、連携コーディネータのもと企業人も含めた自由な議論の場を頻繁に定期的に持つことなど、様々なアイデアが紹介されたが、もっとも重要なことは、人材育成は初めから背伸びせずにじっくりと中長期で取り組むこと、たとえていうと、持続可能な鎮守の森を作るぐらいの姿勢が必要との指摘があった。

さらに、研究開発モデル論の観点から、日本型オープンイノベーションとして、ニーズ牽引型のコンカレント型モデルを指向すべきとの提案があった。賛助企業からの資金や行政の公的予算を使ってアカデミアがコンカレント型モデルに従いプロジェクト研究を進め、賛助企業が成果を共有するといった形が望ましい。重要なことは、プロジェクト・ベース・ラーニングにより博士クラスの高度な人材の大量輩出が可能であることである。そして、外国との連携、標準化、ロードマップ共有、共同研究などのコーディネーションを可能とする仕組みづくりが必要であることなどが指摘された。

### (総合討論：我が国の革新電池創出戦略)

革新電池は、研究論文数など見ても、未だどの国も見通しを得ているわけではない。今のうちに将来どのように勝ち残るかを考えておく必要がある。新材料といっても系として全く未開拓のフィールドがあるわけではなく、これから本格的に取り組む革新電池には後がないことを認識すべき。基礎・基盤研究や新材料の研究開発を、電池システム、そしてそれを核としたサービスまでも含むビジネス展開を見据え、人材育成から技術流出対策も含めたオールジャパンとしての戦略のもとに進めるということが非常に重要である。革新的成果を生みかつそのスピードを速めるためには、基礎研究段階におけるオープンな環境と開発段階におけるクローズドな進め方の組み合わせが必要となる。研究開発の現場とビジネスあるいは成果を利用する現場との情報の行き来が特に重要であるが、同時に、知的財産管理には産官学の総力を挙げ、雇用問題も含めた戦略的ルール作りが急がれる。こうした一連の対策を実現するものとして、総合プロデュース機能とアドバイス機能を持つ中立的な研究開発拠点の構築が必要であろう。

過去の国家プロジェクトにも見られるように、未知の分野については異分野の研究融合も進めやすいし、企業も含めて協働しやすいという視点が重要。開発段階でも企業だけでは解決できない問題がありすべてクローズドではなく共同研究も必要。一方で、研究成果の迅速な実用化展開に関わるオープンとクローズドの使い分け、たとえば試作のニーズを共同研究の場に持ち込むことにより研究開発が加速することもあるが知財管理などのルールが不可欠である。また多くの国家プロジェクトが平行して進んでいるが、プロジェクト間の実効的連携がほとんどない。米国などでは、基礎研究から応用研究に至るまで、大型

一貫研究開発拠点プロジェクトも含め、国が進めるエネルギー分野の研究開発はDOEのもとで包括的な戦略のもとで重層的に推進されている。さらに、ビジネス展開のスピードに併せて研究計画の見直しも必要となるが、対応する柔軟性が求められる。海外の例に見られるように、コンソーシアムへの出入りの自由度を高める工夫なども検討すべきであろう。様々な課題に対し、今こそ総合的な検討のもとに戦略性を強化することが不可欠だといえる。

人材育成については、大学での研究・教育が手薄になっており、それをもう一度強化する必要がある。情報や知的財産の取り扱いルールを決めたうえ大学に電池の作り方の分かる企業の人材を呼び込み、その技術に新しい研究成果を組み合わせることや、国家プロジェクトを構成する場合に人材育成を意図した共同研究の要素を入れるなどの工夫をすべきである。研究分野の転換にインセンティブを与えるような工夫も必要。このように、電池を意識した総合力の育成を戦略的に継続的に進めることが重要。また、言葉の訓練もまだまだ不十分で、教育・研究の国際化には相当力を入れる必要がある。ただし、ビジネスの問題も含め人材の流出を前提とした戦略が前提となる。海外からの留学生を育てることはネットワーク形成につながるし、トップレベルの科学技術を維持しておくことは単に産業活性化だけでなく国の総合力の維持・強化に必要、また、日本の場合の博士課程の学生の急減は長期的に見て国力の低下を招くことになる恐れがある、といった観点が必要。

以上

## 付 録

### 付録 1. ワークショップ開催概要、プログラム

#### <開催概要>

- ・日時：平成24年8月31日（金）13:00～18:00
- ・場所：科学技術振興機構（JST）東京本部別館（K's五番町）2階A-①会議室
- ・主催：JST研究開発戦略センター（CRDS）ナノテクノロジー・材料ユニット、  
環境・エネルギーユニット

#### <プログラム>

		(敬称略)
13:00～13:25	開会挨拶 開催経緯とWSの課題設定	田中 一宜 (JST-CRDS) 宮下 永 (JST-CRDS)
●セッション 1	革新電池研究開発に対する産業界の期待と役割	
13:25～13:50	ポストLIB蓄電デバイスの研究開発	岡島 博司 (トヨタ自動車)
13:50～14:15	電池メーカーから見た基礎研究課題	湯浅 浩次 (パナソニック㈱ エナジー社)
●セッション 2	革新電池研究開発の課題と推進方策	
14:15～14:40	革新電池研究開発の課題と推進方策	金村 聖志 (首都大学東京)
14:40～15:05	共通基盤研究課題と推進方策 (解析、計算科学等)	河村 純一 (東北大学)
●セッション 3	オープンイノベーション推進上の課題と対応策の方向	
15:20～15:40	解析・試作・実証研究等研究設備共用	辰巳 国昭 (AIST)
15:40～16:00	異分野融合と人材育成	村上 浩一 (筑波大学)
16:00～16:20	日本型オープン・イノベーション	大橋 弘通 (AIST)
●セッション 4	総合討論	
16:20～17:55	我が国の革新電池創出戦略	
	モデレータ：	魚崎 浩平 (JST-CRDS)
	コメンテーター：	逢坂 哲彌 (早稲田大学)
		橋本 和仁 (東京大学)
		本間 格 (東北大学)
		岡島 博司 (トヨタ自動車)
		湯浅 浩次 (パナソニック㈱ エナジー社)
	討論参加者：	上記講演者、JST-CRDSフェローほか
17:55～18:00	閉会	田中一宜 (JST-CRDS)

## 付録2. ワークショップ参加者リスト

(敬称略、所属・役職はWS開催時点)

氏名	所属	役職
講演者 (発表順)		
岡島 博司	トヨタ自動車(株) 技術統括部	主査/担当部長
湯浅 浩次	パナソニック(株) エナジー社 技術企画・知財グループ	グループマネージャー
金村 聖志	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科 分子応用化学域	教授
河村 純一	東北大学 多元物質科学研究所 固体イオン物理研究分野	所長/教授
大橋 弘通	(独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 電力エネルギー基盤グループ	招聘研究員
辰巳 国昭	(独) 産業技術総合研究所 関西センター ユビキタスエネルギー研究部門	主幹研究員
村上 浩一	筑波大学 数理物質科学研究科	名誉教授/特命教授
魚崎 浩平	(独) 物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス拠点	主任研究者/ CRDS特任フェロー
逢坂 哲彌	早稲田大学 理工学術院	教授
橋本 和仁	東京大学 大学院工学系研究科 応用化学専攻	教授
本間 格	東北大学 多元物質科学研究所 サステナブル理工学研究センター	教授
府省関係者		
篠崎 資志	文部科学省 研究開発局 環境エネルギー課	課長
福井 俊英	文部科学省 研究開発局 環境エネルギー課	環境科学技術推進官
工藤 研一	文部科学省 研究開発局 環境エネルギー課	科学技術・学術行政調査員
馬場 大輔	文部科学省 研究振興局基盤研究課 ナノテクノロジー・材料開発推進室	室長補佐
金井 沙織	文部科学省 研究振興局基盤研究課 ナノテクノロジー・材料開発推進室	係長
吉田 健一郎	経済産業省 産業技術環境局 研究開発課	企画官
JST / CRDS		
田中 一宜	JST研究開発戦略センター ナノテクノロジー・材料ユニット	上席フェロー
宮下 永	JST研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット /ナノテクノロジー・材料ユニット	フェロー
永野 智己	JST研究開発戦略センター ナノテクノロジー・材料ユニット	フェロー
石原 聡	JST研究開発戦略センター ナノテクノロジー・材料ユニット	特任フェロー
曾根 純一	JST研究開発戦略センター ナノテクノロジー・材料ユニット	特任フェロー
鈴木 至	JST研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット	フェロー
中村 亮二	JST研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット	フェロー
福田 哲也	JST研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット	フェロー
増田 耕一	JST研究開発戦略センター 環境・エネルギーユニット	フェロー

JST関係者		
眞峯 隆義	JST	理事
坂井 琢磨	経営企画部 科学技術イノベーション戦略室 グリーンイノベーション戦略チーム	メンバー
三森 輝男	低炭素社会戦略センター	上席研究員
古旗 憲一	低炭素社会戦略センター 企画運営室	室長
永井 諭子	低炭素社会戦略センター 企画運営室	主査
濱野 裕之	低炭素社会戦略センター 研究チーム	研究員
井上 智弘	低炭素社会戦略センター 研究チーム	研究員
古川 雅士	戦略研究推進部 グリーンイノベーショングループ	調査役
実近 健一	戦略研究推進部 研究評価タスクフォース	主任調査員
生嶋 達史	環境エネルギー研究開発推進部 低炭素研究担当	副調査役
福島 三喜子	産学連携展開部	参事役

## ■ワークショップ企画メンバー■

笠木 伸英	上席フェロー	(環境・エネルギーユニット)
田中 一宜	上席フェロー	(ナノテクノロジー・材料ユニット)
魚崎 浩平	特任フェロー	(ナノテクノロジー・材料ユニット)
鈴木 至	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
中村 亮二	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
永野 智己	フェロー	(ナノテクノロジー・材料ユニット)
福田 哲也	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
増田 耕一	フェロー	(環境・エネルギーユニット)
宮下 永	フェロー	(環境・エネルギーユニット、 ナノテクノロジー・材料ユニット兼務)

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いいたします。

CRDS-FY2012-WR-17

### 科学技術未来戦略ワークショップ

## 「革新電池オープン・イノベーション」 報告書

平成 24 年 8 月 31 日 (金) 開催

平成 25 年 3 月 March 2013

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター  
環境・エネルギーユニット／ナノテクノロジー・材料ユニット  
Environment and Energy Unit, Nanotechnology / Materials Unit,  
Center for Research and Development Strategy  
Japan Science and Technology Agency

---

〒 102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町  
電 話 03-5214-7481 (代表)  
ファックス 03-5214-7385  
<http://crds.jst.go.jp>  
©2012 JST/CRDS

許可なく複写・複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to [crds@jst.go.jp](mailto:crds@jst.go.jp). Any quotations must be appropriately acknowledged.

---

