

ALCA

Change the game with technologies!



ALCA Breakthrough





「我が国のエネルギー環境戦略における ALCAの位置づけ」

橋本和仁
ALCAプログラムディレクター

このタイトルのように大上段に構えた背景は、今後、我が国のエネルギー・環境分野における研究を推進していく上で、私たちのプログラムは実はパイロット的な役割を果たしているのではないかと最近つくづく感じるようになったからです。

科学界に投げかけられた課題

現在、地球温暖化の問題に対しては次々に国際的な約束が決まっています。我が国も2030年までにCO₂排出量26%削減(2013年度比)―CO₂排出量10億t以上の削減に相当―を宣言いたしました。世界レベルでは、さらに一步踏み込んで、2050年に世界全体で温室効果ガスの排出量を今の半分にすることを申し合わせた訳ですが、発展途上国も含めて半分ということなので、先進国は8割以上も削減しなければいけないという目標なのです。これを達成するのは技術でしかないわけですが、今の技術の延長上ではとても達成できない壮大な目標です。これは科学界に投げかけられた“課題”でもあります。

日本も2016年4月に「エネルギー・環境イノベーション戦略」を打ち出し、温室効果ガス排出の削減のために、2050年に向けて国を挙げて長期的に研究開発に取り組むことを正式に決めました。

ゲームチェンジングテクノロジーで 低炭素社会を

温室効果ガスを抜本的に削減するための革新的な技術―我々はゲームチェンジングテクノロジーと呼んでいます―を創出しようという理念の下、2010年にJSTの研究プログラムとしてALCAが発足しました。ALCAでは温室効果ガス排出の削減という“出口”を強く意識した基礎研究を推進します。このプログラムでは、あくまでも地球規模で温室効果ガスの排出量を削減することに貢献することを目的としておりますから、デバイスやシステムあるいは製品と

して優れているというレベルにとどまるのではなく、将来―我々は2030年を目処にしておりますが―世界中に普及するような技術を探求しております。

通常、文部科学省系の研究プログラムではプロジェクト研究期間は5年が標準で、まれに10年の長期型のものがありますが、我々は研究開発の性質上、最長10年にわたり研究開発をサポートするという枠組を講じました。ただし、高々10年で基礎研究が実用化を達成するのはむしろ例外であって、どうしても研究開発には長い年月が必要となります。従って、ALCA研究の出口は、より実用化に近い研究開発フェーズ―例えば経済産業省系の研究開発プログラ

ム、より望むらくは産業界に引き継がれる形―を想定しております。

先程、2030年を目処と申し上げましたが、地球温暖化というようなレベルで貢献し得るような技術というのは、仮に2030年頃に世の中に出たとしても、実際に貢献できるのは2050年あるいは更に先の時間的スケールになるでしょう。そういう意味で、このALCAというのは2050年の低炭素社会を実現するために、バックキャストして2030年に世の中に送り出す技術を開発しているという位置づけなのです。





スモールスタートとステージゲート評価

限られた予算の中で数多くの研究テーマを採択するために、1件当たりの研究費を少額にしました。我々はこれを“スモールスタート”と呼んでいます。途中段階でステージゲート評価を行うことで研究テーマを絞り込み、同時に研究費を増額するというシステムにしました。つまり、スモールスタートとステージゲート評価は不可分な関係になる訳です。

当初、このステージゲート評価は根付くだろうかと随分不安視され、実際に研究コミュニティの中でも「基礎研究は1~2年で成果が出るはずはない」などの強い批判もありました。実は全くその通りであって、我々もこうした短期の成果を期待しているのではなく、研究の方向性が将来のCO₂排出削減への貢献を目指しているかどうか、という観点で判断しているのです。逆に言えば、サイエンスとしてすばらしい芽が出ていても、将来のCO₂排出削減に向かっていなければ、ALCAではなく別の基礎研究プログラムでやっていただくというマネジメントを行ってきました。ステージゲートで不通過だからといってサイエンティフィックな意味で価値が低いということではなく、あくまでもALCAの最終目標に資するかどうかで判断をしていることを強調したいと思います。また、このステージゲートシステムは、ALCAのような明確な出口を設定した研究プログラムには有効なのですが、科学者の自由な発想にもとづく研究を支援するプログラムがあって初めてALCA型の研究システムも成り立つのだということは肝に銘じないといけません。

ボトムアップ/トップダウンの二系統

ALCAでは研究者の創意に基づくボトムアップ型と、明確な研究開発目標達成に向けたトップダウン型の二系統で技術領域を設定しました。ボトムアップ型と言っても、温室効果ガス排出に大きく貢献し得るという出口を目指す、という点で通常の基礎研究プログラムとは異なります。当初はこのボトムアップ型だけでスタートしたのですが、勢い技術分野も多岐にわたり、ALCAとしてシステムティックに技術を創出することが難しいという現実に直面いたしました。研究者の自由な発想だけではCO₂排出削減に大きく貢献するかどうかは、なかなかわからないのです。今あ

る技術の中で抜本的な技術転換によってCO₂が大きく削減されるようなテーマというのは、専門家がしっかりと話し合ってそこを提示していくことも重要であるということから、文部科学省と経済産業省の中で委員会を編成し、その中で次世代蓄電池やホワイトバイオテクノロジーが抽出されました。これらの技術開発は公募で選ばれたチームリーダーが多くの研究者を集めて最強チームを編成し推進します。

ボトムアップ型についても5年目のステージゲートでは、より実用化に近い研究開発フェーズに相転移し得るかどうかという観点を加え、通過した研究テーマは実用技術化プロジェクト（イネープリング・テクノロジー）として推進するような仕組みを2015年から新設いたしました。

このように、プログラム開始当初からの既定路線というよりも、この5年間余の中で徐々にこのプログラムは進化していったのです。

プログラムオフィサーによるマネジメント

低炭素社会を形成するための緩和策としてはCO₂排出の抑制とCO₂そのものを削減する手法に大別できます。これらは、省エネルギー、創エネルギー、蓄エネルギー、カーボンニュートラルといった技術に分類されます。更にこれらを太陽電池、蓄電池、耐熱材料、…といった技術領域にブレイクダウンし、技術領域毎に研究開発を推進することにいたしました。

そうすると、マネジメント体制が極めて重要となってきます。現在、11人のプログラムオフィサー（PO）がそれぞれ担当する技術領域のマネジメントを行っています。このPOの役割はきわめて重要で、個々の研究テーマの中身まで深く立ち入りディスカッションを重ね、ALCAの方向性に沿うように指導や助言を与えます。

トップダウン型とボトムアップ型のマネジメントはかなり異なります。トップダウン型はチームをしっかりと把握する必要がありますので、頻りに全体会議を開催したり研究チームを訪問したりするなどして、POが個々に入り込んで方向性をつくっていきます。一方、ボトムアップ型は、研究者の創意に基づきますので、当初は強く誘導はいたしません。研究を行う上でALCAの趣旨から逸れていくこともあります。そういう時、POは研究チームを実際に訪問し、その場でいろいろな助言をすることによって正し

ます。このようにマネジメント形式は双方でかなり異なりますが、いずれにしてもALCAのような明確な課題解決型研究プログラムではPOの役割は極めて重要であるということを強調したいと思います。

実は、2016年3月、ALCAの5年経過の節目に国際評価を受けまして、私たちのこの取り組みに対しては、「大変ユニークな取り組みである、殊にエネルギー・環境分野では、このようなスモールスタートでステージゲートを設けていくというのは重要なのではないかとご評価をいただいていたところです。

ボトルネック課題の抽出と解決が今後の鍵

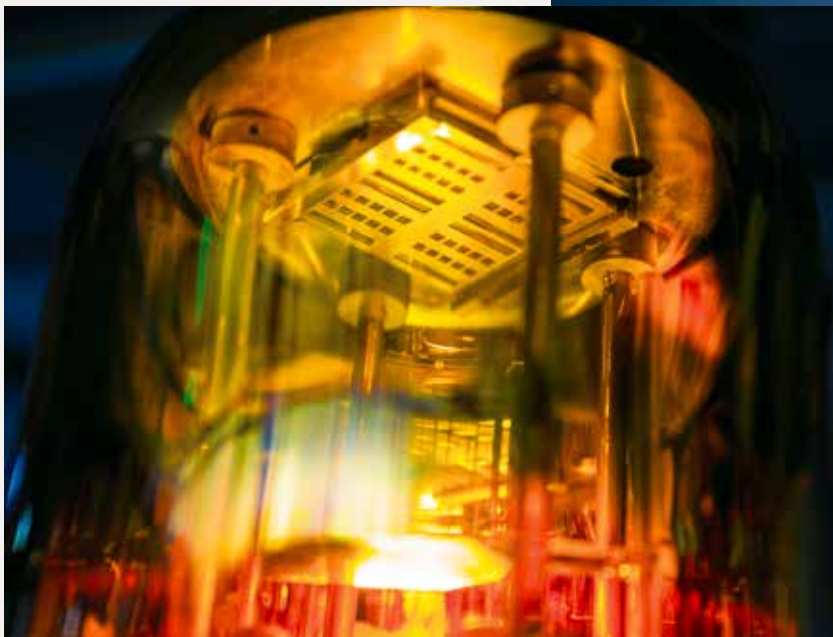
ALCAは発足してから6年目に入っていますが、今、プログラムディレクターとして痛感しているのは、予め低炭素技術のボトルネックが何であるかを具体的に示し、その解決に向けた提案をしてもらうことが、このエネルギー・環境分野の研究では必要ではないか、ということです。当分野では、長い研究の蓄積があって、すでに古今東西で様々なトライアルがなされてきています。未だ実現されていない技術はあまっていますが、それぞれに実現されていない理由—ボトルネック—があるからなのです。専門家や過去の経験のある人たちが集まって、こうしたボトルネックを示すことによって、異分野の科学者がそれぞれの視点や手段でボトルネックの解消を目指す形が一つの理想型ではないかと考えております。実際に2015年から、ALCAでは公募に先立ち、技術的なボトルネックがどこにあるのかということに専門家あるいは産業界の方々からの意見も聞きながら明確にし、それらを提示する形で様々な研究分野からの提案を受けるといった試みを始めております。

ALCAでは今後も社会実装につなげるということを強く意識しながら研究開発を推進していく所存です。併せて、トップダウン型領域を増設していきたいと思っております。スモールスタート、ステージゲート、そしてこのボトルネック。この三者が、今後ALCAの運営にますます重要になってくるでしょう。

ALCAシンポジウム（2016年6月30日、パシフィコ横浜）における基調講演を基に作成

Photovoltaics

対極用に金を蒸着



熱処理中のペロブスカイト膜



スピコート法によって塗布されているペロブスカイト膜



元廣 友美

名古屋大学 グリーンモビリティ
連携研究センター 教授

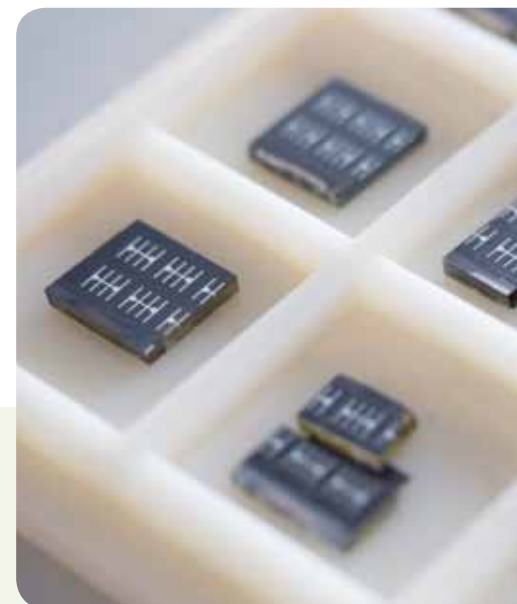
ビーム給電型自動車システムのコンセプトモデル

道路に一定の間隔で設置した太陽光励起レーザーから、走行中の自動車天井部の太陽電池にレーザー光を照射。瞬時に充電された電力で次の照射場所まで走行。小容量の車載電池で長距離の連続走行を可能にするシステム。



Photovoltaics

再生可能エネルギーである太陽エネルギーの利用を図る上で、太陽電池はきわめて有望な技術の一つである。すでにSi系の太陽電池が普及しつつあるが、ALCAでは変換効率の更なる高効率化や製造プロセスの低コスト化などを目指して、次世代の太陽電池の開発を推進している。近年、太陽電池研究の潮流となっているペロブスカイト太陽電池の研究開発も重点的に推進し、発明者の宮坂らも2015年からALCAに参画し自ら研究を牽引している。



カルコパイライト系薄膜太陽電池



山田 明

東京工業大学 工学院
教授



ペロブスカイト太陽電池素子 (セル面積0.25 cm²)
 赤紫色の部分がペロブスカイトと有機ホール輸送材料。
 中央に6個並んだ金色の部分それぞれが太陽電池として働く。

Photovoltaics



開発したポリマーインク(上) 塗布して作製した太陽電池(下)



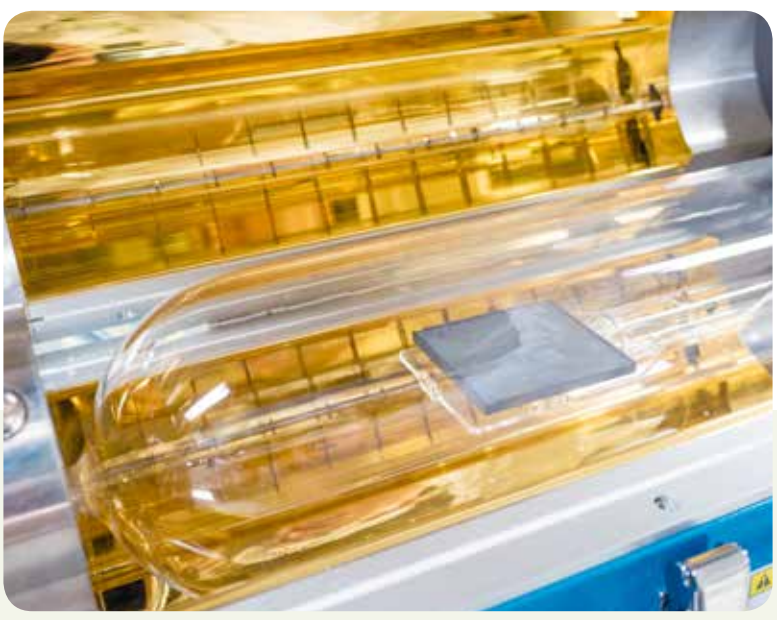
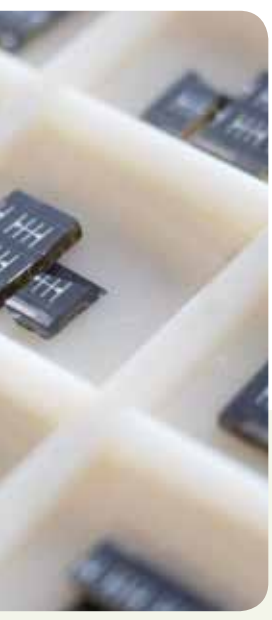
ドライ-クリーンルーム内で太陽電池素子を作製

宮坂 力
 桐蔭横浜大学
 大学院工学研究科 教授

ペロブスカイト型太陽電池
 宮坂教授自身が見出したペロブスカイト構造の太陽電池は現行太陽電池並みの高い変換効率と製造プロセスの簡便さを特徴としている。これらの特徴から現在、世界で最も注目されている太陽電池の一つである。

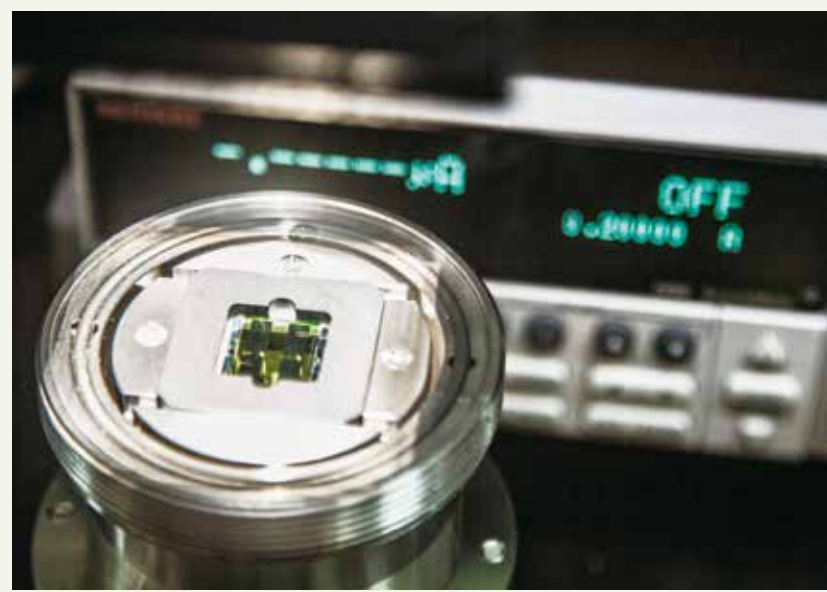


調液したポリマーインクを吸引



熱処理中のカルコパイライト薄膜

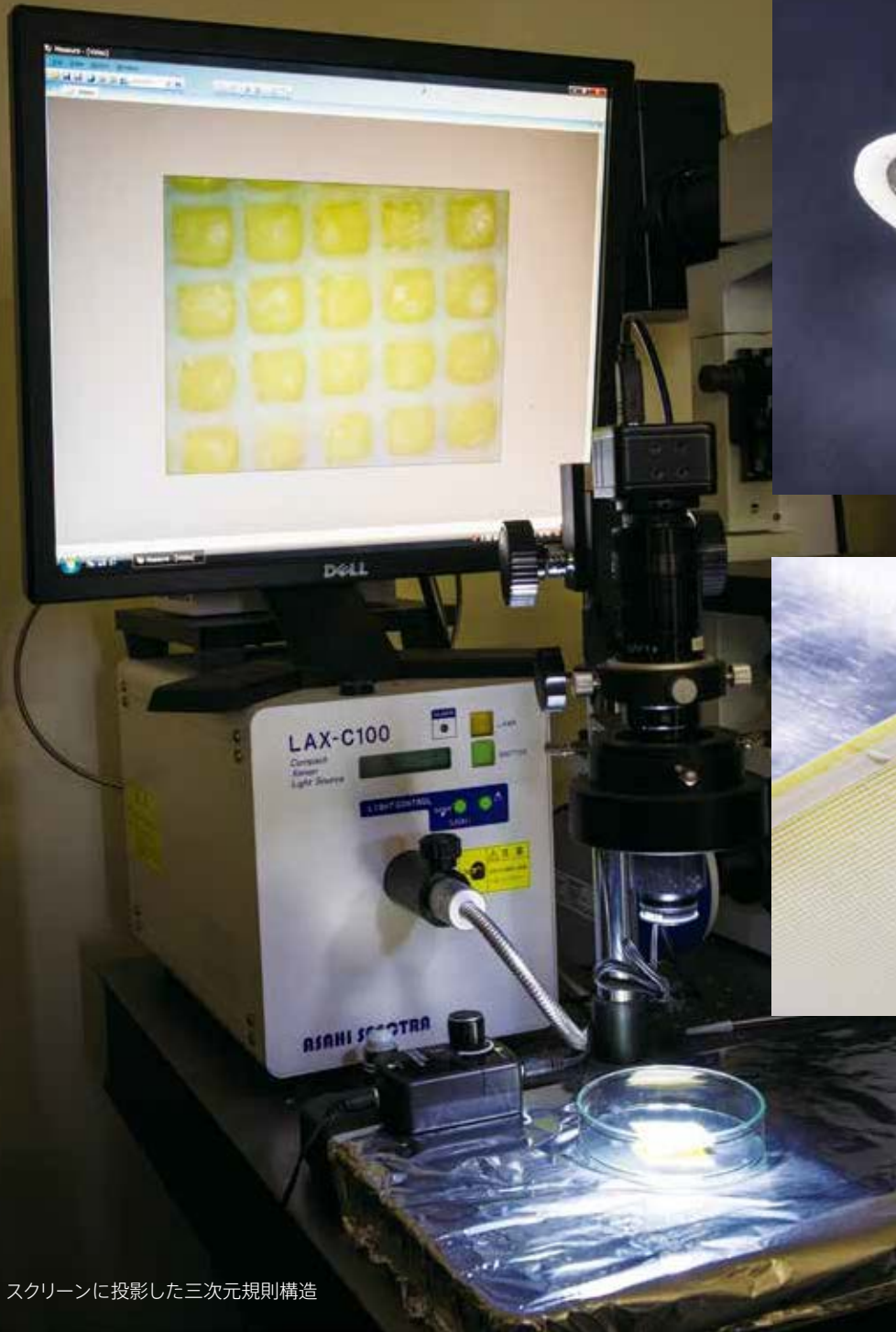
カルコパイライト系太陽電池
 カルコパイライト系材料Cu₂ZnSn(SSe)₄を用いた太陽電池を作製し、低コスト塗布プロセスで変換効率9.1%を達成。現在、これまでの知見を生かしペロブスカイト系材料とカルコゲナイド系材料による高効率のタンデム太陽電池の開発を目指している。



擬似太陽光を照射して太陽電池の特性を計測

尾坂 格
 理化学研究所 創発物性科学研究センター 上級研究員
 (所属は撮影当時のものです)

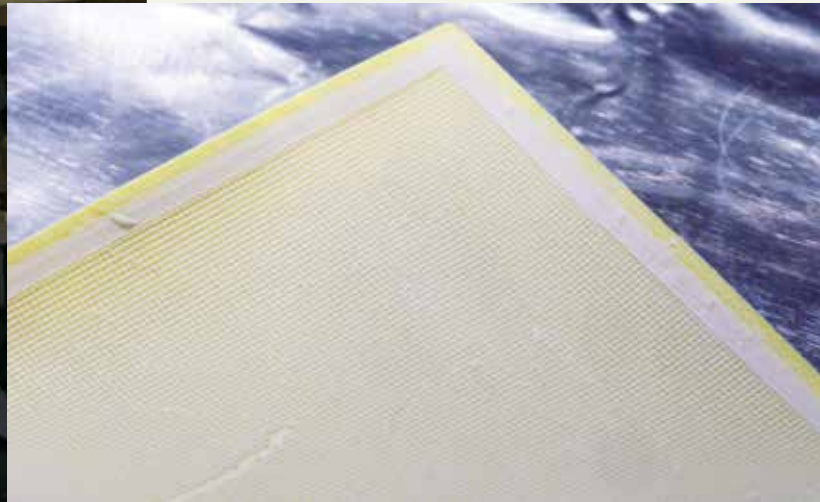
ポリマー太陽電池
 半導体ポリマーを塗布して作る有機薄膜太陽電池。軽量・フレキシブルで11%を超える変換効率の特長。



スクリーンに投影した三次元規則構造



固体電解質上に形成した厚膜正極層(LiCoO₂)



基盤目状の孔を配列した固体電解質強度と高速充放電特性を両立



金村 聖志
首都大学東京 大学院
都市環境学研究所 教授

次世代蓄電池を支える要素技術

蓄電池は一つのデバイスであり、電極材料、電解質、セパレーターなどの要素技術から構成されている。

規則配列したボトルネック構造(孔径:300nm)を有する3DOMセパレーター
負極のリチウム金属が樹脂上に析出することを抑制して、電池内でショートが起こる問題の解決に近づけた。



Storage

Energy Storage

二次電池やキャパシタといった蓄電デバイスは、電気自動車の更なる普及や再生可能エネルギーによる電力の安定供給に向けてキーとなる要素技術である。ALCAでは全固体電池やリチウム硫黄電池などの次世代蓄電池を最重点技術分野と位置づけて研究開発を推進している。



不燃性の電解液として用いる
“溶媒和イオン液体”

Li-S電池は硫黄(正極)が電解液中に溶出して
しまうという問題を抱えていたが、“溶媒和イ
オン液体”を用いることでこの問題を解決。



充放電試験中の試作Li-S電池



乾燥中の試作電池用正極



試作電極乾燥用のガラス製オーブン



渡邊 正義

横浜国立大学 大学院
工学研究院 教授

Li-S電池

硫黄を正極活物質に用いたLi-S電池は低コストで高い理論容量をもつ。反応中間体が電解液に溶けて劣化してしまう硫黄正極の最大の問題点を、ユニークな溶媒和イオン液体を電解液とすることでクリアして実用化を目指す。



杉本 涉

信州大学 先端領域融合研究群 環境・
エネルギー材料科学研究所 教授

水系電解質と固体電解質とを併用した4V級
ハイブリッドキャパシタ(AdHiCap™)

水に安定な電池負極と高容量のレドックスキャパシタ正極
の組み合わせにより、安全性と高エネルギー密度を達成。



高容量を実現する正極材料(酸化ルテニウムナノシートのコロイド)

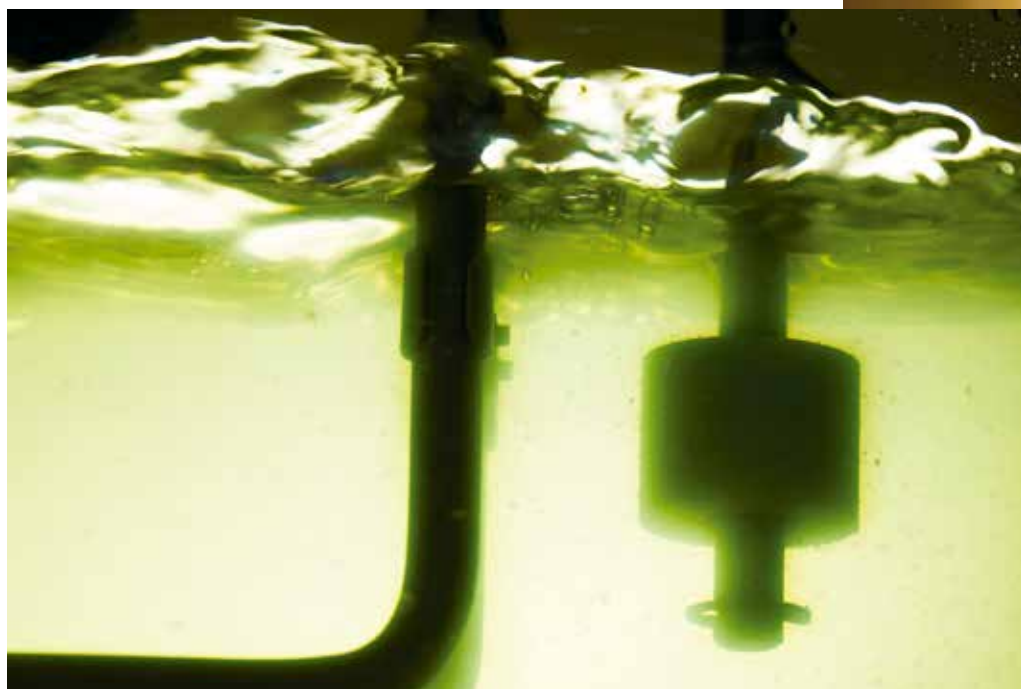
Storage



菓子野 康浩
兵庫県立大学 大学院
生命科学研究科 准教授

珪藻の培養細胞液

褐色の液体中には10 μ m程度の大きさの珪藻細胞が含まれている。珪藻は多くの光合成生物よりも緑色光を効果的に吸収・活用しているために褐色を呈する。



小山内 崇
明治大学 農学部
専任講師

海水に培養した淡水性ラン藻 シネコスチス

淡水性であるシネコスチスが、窒素源とリン源を加えることで海水でも増殖可能であることを発見。

White Biotechnology

バイオマスから化成品を創出するホワイトバイオテクノロジーは、カーボンニュートラルや省エネルギーの観点からCO₂排出削減に大きく貢献する。ALCAでは (i) 珪藻や藍藻などの藻類バイオマス資源の増産, (ii) 微生物を用いたポリマー素材の合成, (iii) 固体触媒の開発によるバイオマス由来の基幹物質合成などの革新的な要素技術開発を推進している。





虫歯菌から抽出した酵素から重合した非天然型高分子多糖類



高分子多糖類から作製した溶解紡糸繊維
微生物が生合成した高分子多糖類β-1,3-グルカンの
エステル誘導体から溶解紡糸繊維を作製。ナイロン並
みの耐熱性を示す。

岩田 忠久
東京大学 大学院農学
生命科学研究所 教授

多糖類バイオプラスチック

天然あるいは酵素触媒重合により得た高分子多糖類を原料
に、高性能なバイオプラスチックの創製を目指す。



位地 正年
日本電気株式会社
中央研究所 主席研究員

漆器の美しさを実現したセルロース系
バイオプラスチック

セルロース樹脂用に開発した漆ブラックの加飾技
術をALCAで開発中の樹脂にも応用へ。



固体触媒によって糖から合成したフラン化合物
オレンジ色の部分が合成されたフラン。



開発した固体触媒

原 亨和
東京工業大学
フロンティア研究機構 教授

多機能不均一触媒の開発

セルロース系バイオマスから得たグルコースからフラン
系モノマーを生産する技術の確立を目指す。




Waste Heat Recovery

工場、自動車、住宅などでは、多量な熱が利用されずに“廃棄”されている。この廃熱を再利用して温室効果ガス排出の削減につなげようというのが“Waste Heat Recovery”だ。ALCAでは300℃以下の廃熱を利用して発電や冷凍・加熱を行う“熱音響機関”、100℃以下の廃熱を利用する“高効率な蒸気機関”などの先端的な排熱利用技術の研究開発を推進している。また現在、冷媒として用いられている代替フロンは地球温暖化係数が高いという問題があるが、冷媒を用いずに高効率な発熱・吸熱を実現する“磁気ヒートポンプ”の研究開発も推進する。



磁気ヒートポンプ装置



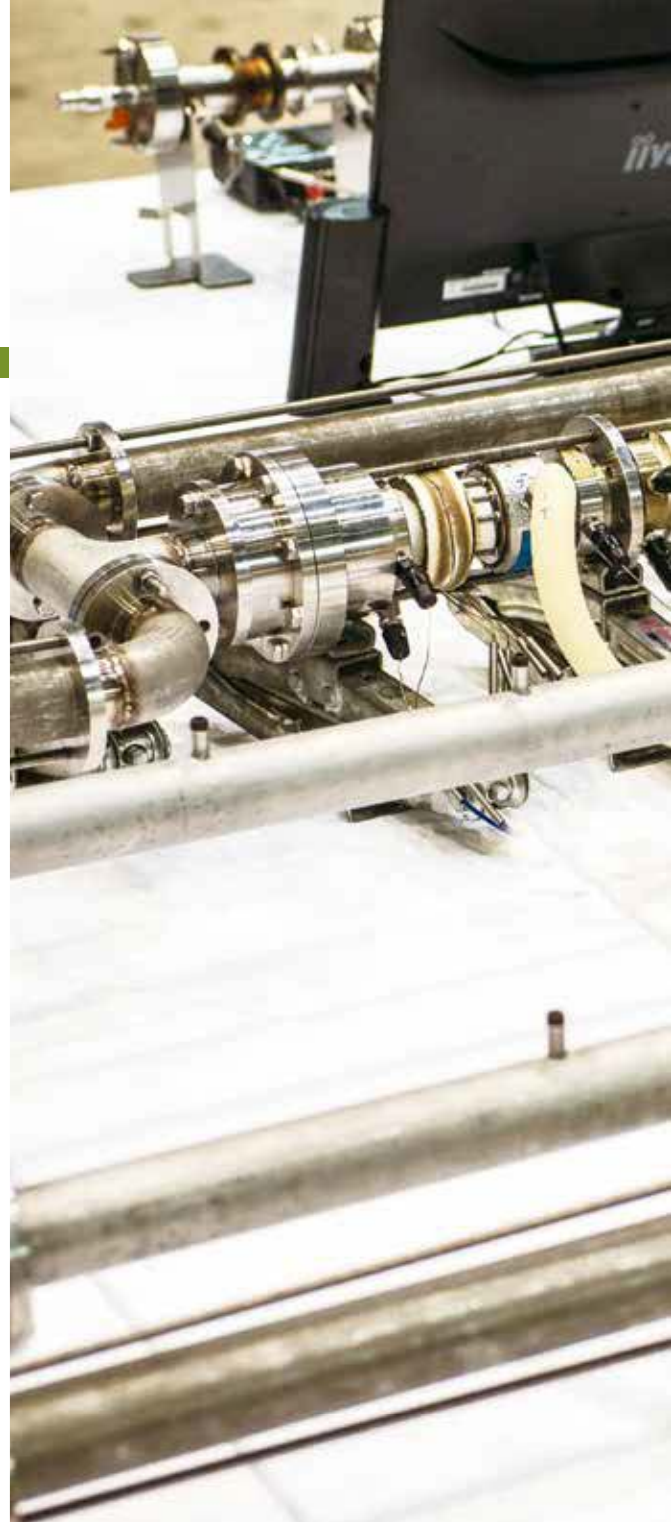
川南 剛
神戸大学 大学院
工学研究科 准教授
(所属は撮影当時のものです)

温室効果ガスを用いない高効率磁気ヒートポンプ

磁性体の磁化方向を変化させることによって吸・発熱する原理（磁気熱量効果）を利用した蓄熱再生器。温度制御範囲を拡大するために階層構造型蓄熱再生器を開発。



Mn系磁気熱量効果材料



熱音響冷凍機冷凍部

室温との温度差で結露(上)、さらに凍結(右)している。



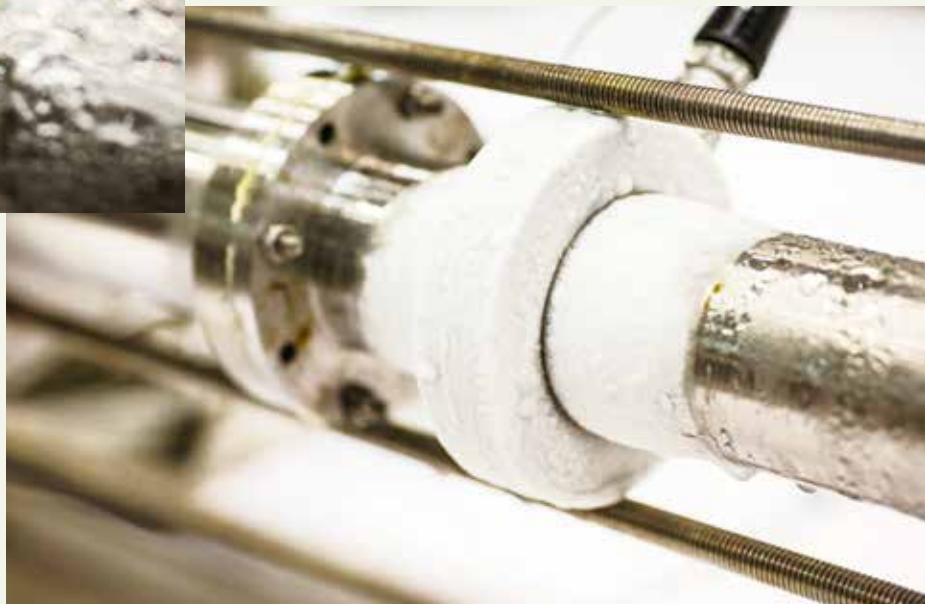
Magnetic
Heat
Pump



長谷川 真也
東海大学 工学部
准教授

熱音響冷凍機

スターリングサイクルに基づく外燃機関である多様な産業排熱から仕事を取り出すことが可能。多段熱音響機関で駆動する熱音響冷凍機を、冷凍機温度 -107.4°C を達成(原動機温度 270°C)。



トリラテラル蒸気サイクルに用いられる無振動クロスバランスレシプロ膨張機



鹿園 直毅
東京大学
生産技術研究所 教授

低温排熱を利用する高効率蒸気機関

新規の気液二相膨張機で低温排熱が利用できる高効率トリラテラル蒸気機関の開発を目指す。



橋本PD (司会)

外部委員の池上先生、本部先生、ALCAプログラムオフィサーの魚崎先生、ALCA研究代表者の森先生をパネリストにお迎えし、それぞれのお立場から低炭素社会の形成に向けてALCAへの期待と課題を討論したいと思います。先ず、池上先生、本部先生、魚崎先生からご講演いただき、その後、全体討論に移りたいと思います。

池上徹彦氏



国内4名、海外4名の8名で構成される委員会で、2016年3月にALCAの評価を行いました。全3日の日程でしたが、初日にはつくばの研究サイトを訪問、2日目に橋本先生を初め12名のプログラムオフィサーへのヒアリング、最終日には委員会側から総評を行いました。委員の闊達な意見を促すために、後日発言者が特定されないチャタムハウス・ルールで会議を運営しました。そのお陰か、各委員が積極的に発言してくれたと思います。評価の結果について簡単に説明いたします。

ステージゲートシステムは諸刃の剣

大学研究者が主体の研究プログラムにステージゲートシステムを導入した点は大変ユニークです。最近では出口への指向性を高めるため基礎研究プログラムに産業界からのリーダーを擁するという動きがありますが、敢えて大学人が中心になって“出口を見据えた基礎研究”に取り組もうとする橋本構想は慧眼です。

ステージゲートシステムは民間企業ですでに活用されており、最近のトレンドとして、ゲート毎に外部の状況などを踏まえて研究開発を見直し、必要に応じて新しいアイデアを導入するようになってきています。企業の中の“硬直的”な部分を改善していこうというのが最近のステージゲートの在り方なのです。ALCAはこの手法を大学研究に導入したということで我々も注目いたしました。

5年間継続した研究テーマが当初の4分の1という実績については、ステージゲート評価システムが実際に機能しているという点で非常に宜しいのですが、かえって新しいアイデアが生まれにくくなるという弊害がリスク要因として挙がっております。

国際連携の更なる強化を

ステージゲートに話題が偏ってしまいましたが、その他の主な議論を紹介しましょう。研究者は基礎研究の手法は大切にしなければいけません、成果を「低炭素技術の実現」につなげるのだという革新を頭の中に吹き込んでおくことが大切ではないかとなりました。また併行して、進行管理の過程(ロードマップ)に商業化(Commercialization)の発想をいれたらいかかとの指摘がありました。同時に、研究者の独善にならぬようその分野の専門家によるピアレビュー評価が必要だという指摘もありました。私個人ではALCAではピアレビューシステムが機能している印象を持っていたのですが海外委員からは不十分とみえており、今後国際的に開いた議論の場を作っていく必要があるでしょう。

ALCAが取り組む“低炭素社会の形成”というテーマ自体は非常にグローバル。しかしながら国際的な連携はまだ十分とはいえず、今後ぜひ多角的に検討していただきたい。それからプログラムオフィサーや研究代表者に女性研究者がほとんどいない点。研究の視点を多様化するためにも改善を図っていただきたい。

現行の9つの技術領域については、今後統廃合が必要になってくるだろうと考えました。プログラムの目的である低炭素技術としてのインパクトや重要性から鑑みて、取捨選択していくことを提言しました。

総じて優れた研究プログラムであるとポジティブな評価を下しました。3日間非常にきっちり運営しまして、委員長としては疲労困憊でしたが、各委員ともに満足して帰途に就きましたことから、責任を果たせたと思っております。



橋本和仁 (PD)
国立研究開発法人物質・材料研究機構 理事長

専門分野は光触媒、環境科学、エネルギー変換など。内閣官房経済再生本部・産業競争力会議議員、内閣府・総合科学技術会議議員、日本学術会議議員。(2014年3月現在)



魚崎浩平 (PO)
国立研究開発法人物質・材料研究機構 構造プロセス・同エネルギー・環境材料研究拠点 拠点長

国立研究開発法人物質・材料研究機構フェロー、同エネルギー・環境材料研究拠点 拠点長・北海道大学大学院教授、同触媒化学研究センター センター長など歴任。専門分野は表面物理化学、電気化学。ALCA技術領域「非特定領域(探索ステージ)」運営総括(2011)、「革新的省・創エネルギー化学プロセス」運営総括(2012)、同特別重点技術領域「次世代蓄電池」運営総括(2013~現在)、CRDSナノテクノロジー・材料ユニット特任フェロー(2009~現在)



池上徹彦
文部科学省科学技術政策研究所 客員研究官(非常勤)

日本電信電話会社(NTT)取締役、会津大学学長を歴任。専門分野は情報通信、光エレクトロニクス、半導体デバイス。



本部 和彦
東京大学公共政策大学院 客員教授、大成建設(株) 常務執行役員

経済産業省大臣官房審議官(エネルギー・環境担当)、経済産業省資源エネルギー庁次長を歴任。専門分野は産業技術研究開発政策、エネルギー政策。



本部和彦氏

人口大国で普及を

ALCAが発足した2010年当時、資源エネルギー庁の次長を務めておりましたが、同時に国連気候変動条約における技術交渉の日本側トップにも就いておりました。当時より地球温暖化問題の解決に特化した研究プログラムが必須であると考えていたので、ALCAの初代評価委員の一員に加わったことは光栄でした。さて、新たなパリ協定の意義は、初めて国連の中で先進国と途上国が義務の共有を合意できたこと。しかし「産業革命前からの世界平均気温の上昇幅を2℃未満に抑える」という目標はとてつもなく達成が難しいものです。

長きにわたってエネルギー問題に携わり、国際交渉に参加した経験から申し上げれば、低炭素技術は中国やインドのような人口大国で社会の隅々まで導入・普及されることが必須ということです。そのためにはこれらの技術が廉価で実用化される必要があります。低炭素技術の社会実装には他の技術開発とは大きく異なる側面があることを認識して欲しいと思います。

ALCAのステージゲートでは低炭素技術の実現可能性やインパクトの規模といった観点も評価されるので、これは非常によい仕組みと言えるでしょう。ステージゲートをより適切に機能させるために(i) 競争相手の進展・動向を観測しておくこと、(ii) システムを構成する他の要素技術の動向も踏まえて評価を行うこと、の二点を提言したいと思います。

魚崎浩平氏



省庁を横断した蓄電池研究開発

11人いるALCAのプログラムオフィサーの中で、私だけがボトムアップ型とトップダウン型いずれのプログラムオフィサーも務めた/務めていますので、その経験に基づいてお話しいたします。

ステージゲートという「ふるい落とす」イメージを与えてしまいますが、我々はむしろ優れた研究を引き上げ、伸ばしていくための手段であると考えています。特にボトムアップ型の技術領域では、ステージゲートを活用することで、将来性のある研究を育成するという効果も認められるように思っています。

トップダウン型の次世代蓄電池領域が2013年に新設されたのを機に、こちらのプログラムオフィサーを務めるようになりました。蓄電池は多様な要素技術で構成されており、これらを集積して蓄電池にシステムアップしていかないとはいけません。蓄電池は日本の産業構造において中核技術の一つで、実際、ALCAの全技術領域の中でも最重点技術と位置づけられております。その辺をかなり意識しながら運営を進めています。

この領域ではまだ企業が取り組んでいないような次世代の蓄電池を対象にしていますが、現段階から産業界に在籍する委員にも運営に参画してもらって、将来の製品化に向けた視点を取り入れています。

また、本プロジェクトは、文部科学省と経済産業省との合同会議から重要技術分野として抽出されたもので、NEDO側でもカウンターパートになるプロジェクトが並進しており、相互連携しながら将来的な商用化を目指しています。研究開発の過程で現行電池(リチウムイオン電池)にも適用できる技術が創出されることもあります。その辺にも目を光らせて迅速に展開していくように心掛けています。



橋本PD (司会)

先ほど、本部先生から「インドと中国で普及するために低炭素技術は安価でなくてはならない。」とのご指摘がありました。一方で、日本の産業界の方々とかうい話をする機会もあるのですが「低廉化してしまう技術は困る」と言うのです。低炭素技術の開発におけるこのジレンマについては、私自身、非常に悩んでおります。

本部氏



全世界に普及する技術を

地球規模でのCO₂排出削減を目指している訳ですから、低炭素技術は本来的にグローバルな市場を目指す必要があります。研究開発の先行投資を初期段階で回収できるかという経営レベルの話とは分けて考えなければいけません。

先進国で開発された低炭素技術が低廉化して全世界に普及する。これは産業構造自体が変化することを意味します。この構造変化に対応して企業も変わっていないと生き残れないのではないのでしょうか。

ただ、今、この議論に固執するのは得策ではありません。将来的に全世界的に普及し地球温暖化問題の解決につながるような技術を特定し、その種を育てていく—そういう観点でステージゲートの判断を行うことが重要だと思います。



森氏

高付加と低廉化は両立し得る

我々の技術は高付加価値の商品を低廉に普及しうる可能性があります。まずGaNの種結晶は、流通量は少なくてもよいので高付加価値の商品となります。この利益率が高いステップをベンチャーが担います。そのGaN種結晶から低廉化商品を生み出すステップは、資本が潤沢な日本の大企業が担います。具体的には、ウエハメーカーが種結晶からバルク結晶を創製し、さらにこれをパーツとしてデバイスメーカーが最終的に広範にデバイスとして普及します。普及段階は大量に商品が出ますので、低廉化になるという絵を描いています。

魚崎PO



市場拡大時にシェアを維持できるか

次世代蓄電池の立場から一言。現行の二次電池も、市場が拡大する過程で日本企業は急速にシェアを落としました。現在我々がリードしている次世代蓄電池も将来、実用化され、更に広く普及したときに同じような道を進んでいくのか、という懸念はあります。



池上氏

人類貢献という側面も大事

私は電電公社の研究所時代に光ファイバー通信を手掛けましたが、確かに開発途上の通信インフラが格段に向上しました。半官半民ということもありましたが、人類貢献という側面があってもいいかと思います。

橋本PD (司会)



ビジネスモデルの検討も

「利益になるコア技術を押さえられるか」がポイントになります。リチウムイオン電池は今から15年ぐらい前に実用化したのですが、その時点で日本のシェアはほぼ100%。さらに、重要な特許の70%を日本が保持していました。しかしながら、3年ほど前にリチウムイオン電池の生産は韓国に抜かれたのです。

もちろん人類のためという観点は重要ですが、やはりビジネスモデルをしっかりと検討していくこともまた必要です。ALCA次世代蓄電池では研究開発と併行して専門家も交えてビジネスモデルも検討しています。



橋本PD (司会)

次にマネジメントの話に移りましょう。アカデミアの研究プログラムにおいて、研究の方向性を修正したりステージゲートで中止にしたりと、従来にない運営を推進しております。ALCAのような明確な課題解決型の基礎研究プログラムでは、こうしたバイアスが必要だと思います。いろいろ御批判もあると思います。是非々々でコメントをお願いします。

魚崎PO



強い特許形成を指導

知財の管理も非常に重要になってきます。蓄電池領域では、国際的に通用する強力な知財形成を目指し、単に出願可否などの審査をするだけではなくて研究の途中段階から入り込んで「強い特許にするためにこういうデータを補強してください。」と指導することもあります。4月に配属された学生をトレーニングしてようやく9月頃からデータを取りだす、といったこれまで大学の研究室で行われていた学生主体のルーチンでは、知財を形成するスピード感が得られません。そこで、特許用データをとる技術員の雇用をプログラムオフィサーの裁量経費で支援して、研究加速を実現させたこともありました。全般的に、かなり個別の研究に立ち入ってきましたが、こうした取り組みが個々の研究のステージアップにもつながっています。



森氏

火事場の馬鹿力が成果を生む

修羅場を迎えた時に思わぬ火事場の馬鹿力が発揮されることがあります。これをうまくマネジメントに取り入れると、新しい発想が湧いて高いハードルを越えられることもあると思います。研究マネジメントにおいても適切に危機感を与えたら目標達成の可能性が高まることもあるのではないかと思います。

本部氏



更なるトップダウンも必要

CO₂の排出を大幅に低減するには、低炭素技術として社会実装するため強化すべき部分—例えば再生可能エネルギー固有の自然変動を克服する技術や化石燃料利用の抜本的な革新技術など—は更にトップダウン型で推進してもよいと思います。



池上氏

課題は明確、じっくり取り組み

地球温暖化は、昔からある問題で、生物の存在と人間の経済活動を両立させる難しさがありますが、課題自体は明確になってきています。そこをどう攻めるか。拙速は禁物で焦らずにじっくり取り組むことが重要です。

橋本PD (司会)



既存枠組を超えた挑戦を

プログラムオフィサー、研究代表者、外部委員とそれぞれのお立場からALCAのマネジメントの優れている点、今後に向けた改善点の一端を浮き彫りにしていただきました。

特に知財や国際連携の点。基礎研究といえども、ALCAのような公的資金による課題解決型基礎研究では、知財の観点からも野放図に国際共同研究を推進できない難しさがあります。しかしながら、一方で国際連携は必須でもあります。ALCAの運営トップとして、これらをどう両立していくかという重要な課題をいただいたと思っています。

低炭素社会の実現に向けて、我々は既存の枠組を超えて様々な挑戦をしていかなければなりません。そのためにはプログラムの仕組み、運営、さらに研究者各人が変革していかなければなりません。これらは、ALCAのプログラムディレクターとして常々痛感しているところでもあります。

本日は短い時間でしたが、先生方の様々なお話を伺って大いに認識を深めることが出来ました。ぜひともALCAでの取り組みに対して会場の皆様からもご理解とご支援をいただくとともに、ご参考にしていただければ幸いです。

世界的にも卓越した研究集団ALCA-SPRINGの成果



金村 聖志
首都大学東京大学院
都市環境科学研究所教授

再生可能エネルギーの利用には電力安定化が必須で、蓄電池はそのためのキーテクノロジーであります。また、ハイブリッド自動車から電気自動車へと移行している世界の流れを見ると蓄電池を使用した電気エネルギーの利用拡大が予想され、現状のリチウムイオン電池よりも更に大きなエネルギー密度を有する蓄電池が必要とされています。また、水素エネルギーと蓄電池を組み合わせることで低炭素社会システムの構築が可能となります。このように蓄電池はきわめて重要な低炭素技術なのです。

専門分野はセラミックス化学、電気化学、エネルギー化学。

我々ALCA-SPRING*は電池という明確な出口に向けたトップダウン型研究を推進しております。電池側が要求する材料(正極、負極、電解質など)は個々の材料研究者が考えているものと異なることが多く、あくまで電池に基盤をおいた材料研究を推進しております。非常に窮屈な研究体制という側面もありますが、限られた予算で研究をスムーズに進め、更に社会実装まで持っていく—そのためにはこうしたトップダウン研究体制が有効であると考えております。

ここまでの研究から各電池系の問題点を明確にすることができました。世界中の研究者が見落としているような鍵となる現象を把握しつつあり、またいくつかの課題もすでに解決しております。これまでの研究成果のほんの一端に過ぎませんが、以下に紹介いたします。

(1) 全固体電池

チームリーダーの辰巳砂先生(大阪府大)が担当している硫化物系の固体電解質材料は世界のトップに位置しています。さらに菅野先生(東工大)らと辰巳砂先生らで、現行のリチウムイオン電池に使われている有機電解液の2倍の導電率を示す材料を見出しました。現在、実際に産業サイド(LIBTEC)と共同研究を進めております。

一方、酸化物系の固体電解質については界面部分の抵抗が大きいというボトルネックがあり、サブチームリーダーの高田先生(NIMS)らがこの解決を目指して鋭意研究を推進しています。

(2) 金属-空気電池

負極を金属リチウム、正極を空気にする金属-空気電池は非常に大きなエネルギー密度を有しています。実用上、何層も積層した構造にする必要がありますが、久保先生(NIMS)らは積層型の電池を世界で初めて作り、十分に高いエネルギー密度を達成しました。ただ長期サイクルの達成がサイエンスとしての課題として残り、残りの研究期間で時間とも戦いながら解決を目指しています。

(3) リチウム-硫黄電池

この電池のボトルネックは「正極の硫黄が電解液に溶出する」ことでしたが、渡邊先生(横国大)がイオン液体を電解質に用いることで解決いたしました。現在、理論計算の研究者とも連携してサイエンスとしても取り組んでいます。良好な充放電試験の結果も得られつつあります。

(4) 金属リチウム二次電池

我々がNEDOプロジェクトで開発した新しいセパレーターを金属電池に応用することもALCA-SPRINGで検討しております。実際に、金属リチウムを負極に使ってスマホ用途の電池試作に成功しております。エネルギー密度も世界最高値を達成いたしました。金属リチウムを負極に用いた高エネルギー密度電池の開発が産業界で切望される中、世界初の本電池の登場は電池業界に大きなインパクトを与えています。同時に新たなサイエンスも生まれており、NIMSの蓄電池基盤プラットフォームを活用しながら、さらに詳細に解析を進めております。

(5) マグネシウム電池

マグネシウム電池は世界的に研究が行われてきましたが、私が知り得る範囲で誰一人実現できておりません。我々も、負極にマグネシウム金属、正極に酸化物を用いて検討しております。マグネシウムの析出と溶解に使われてきた添加剤は非常に不安定であるというボトルネックがあり、江頭先生(日大)を中心に新しい電解質を開発いたしました。この他にも新規の正極材料の開発など様々な成果が得られ始めております。マグネシウム電池の場合はまだサイエンスの段階で、特に電解質のサイエンスをより深めないといけません。

プロジェクト発足から3年経過した2015年にステージゲート評価を行い、チームを再編成しました。金属リチウム負極は各電池系で共通の技術課題であることから横断的な特別研究ユニットを編成しました。また、分析評価も横断的に進めるような体制としました。この新しい体制で更なる研究加速を図ります。

本プロジェクトで開発した電池を社会に実装するには、エネルギー密度の向上だけでなく、サイクル寿命や安全性の向上など様々な技術課題を解決する必要があります。用途を特定して、求められる電池の仕様を定め、いくつかのプロトタイプ電池を作製して試験を行う—こうした地道な研究開発を進め、種々の革新的な電池を社会に送り出したいと思っております。

*Specially Promoted Research for Innovative Next Generation Batteries 次世代蓄電池

高品質・大口径GaN結晶の創製

半導体材料の中で、窒化ガリウム(GaN)系半導体が理論的に最も優れた省エネルギー特性を有しています。現行のデバイスでは、サファイア基板上にGaN系半導体デバイスが堆積した形になっておりますが、GaNとサファイアの結晶格子の長さの違いなどから、GaN層の結晶格子に転位と呼ばれる“欠陥”が入ってしまい良質なGaN結晶がまだ得られておりません。結晶の品質が悪ければ材料本来の特性も得られず、優れたGaNデバイスを実現するためには高品質と大口径を具備するGaNウエハが不可欠なのです。



森 勇介
大阪大学大学院工学研究科
教授

専門分野は窒化物半導体材料。

高品質・大口径GaNウエハが実用化されれば、電力損失が少ないパワーデバイスを初め、超高速動作トランジスタ、高出力発光ダイオード、レーザーダイオードといった広範な新技術につながる事が期待されます。また、GaNウエハ上の紫色LEDを励起光に用いれば、人体には好ましくないとされる青色光を弱くした白色LEDが実現するなど、新デバイスの可能性がさらに広がります。

現在、我々大阪大学では、ナトリウムフラックス法を用いた高品質・大口径GaN結晶の作製に取り組んでおります。GaN結晶格子中の“欠陥”の低密度化やサファイア基板上に頼らぬGaNデバイスの自立化といった試みは世界中で盛んに研究されてきており、すでに様々な手法や成果が報告されています。しかしながら、いずれの手法においても“欠陥”の低密度化は十分には達成されておりません。そこで我々はサファイア基板とGaNが接触する面積を大幅に小さくすることによって、両者の結晶格子の長さの違いなどから生じてしまう内部応力を緩和させようと考えました。こうして考案したポイントシード法(図1)により、4インチ以上の大口径GaNウエハの作製に成功しました(図2)。結晶中の“欠陥”の密度も、少ないところで 10^2cm^{-2} 程度と従来法に比べて大幅に低減していることが分かりました。

現在の課題は広範囲にわたって均一に高品質さを有する結晶を作製することです。将来的には、我々が開発したGaN結晶を“種”として供給するビジネスを確立することを目指しております。こうした目標の達成に向けて、ALCAの中で頭と心の筋トレをしなが日々精進していく所存です。

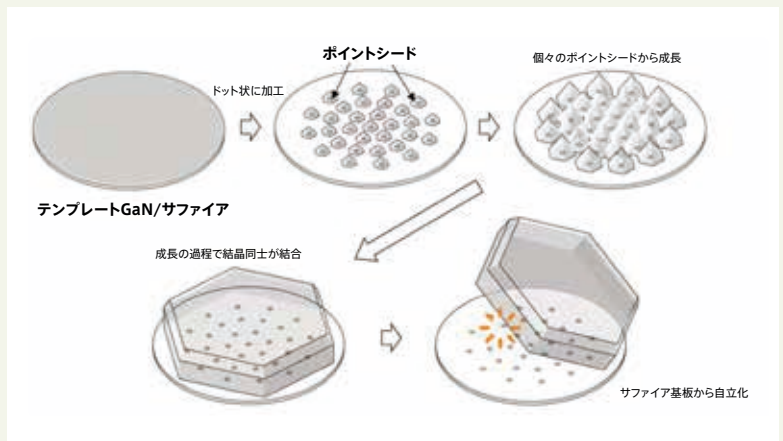


図1 ポイントシード法によるGaN結晶成長の模式図

テンプレート(GaN/サファイア)上のGaN膜を20%以下の面積となるまで除去し、ドット状に成型したものを種結晶とする

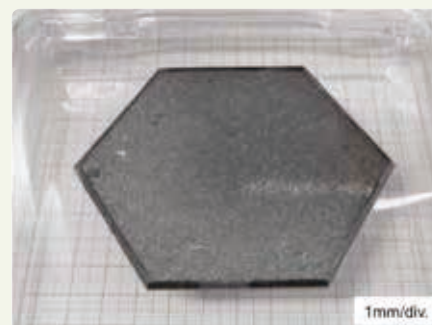


図2 ポイントシード法によって得られた4インチ自立GaN結晶



Change the game
with technologies!



TEAM ALCA

TOGETHER EVERYONE
ACHIEVES MORE



Mr. Akitsugu Koga
Director



Dr. Hideki Yoshida
Manager



Mr. Kei Koyama
Deputy Manager



Mr. Takuma Sakai
Chief



Dr. Megumi Kobayashi
Chief



Ms. Tomoko Terakado
Research Advisor



Ms. Hiroko Takahashi
Research Advisor



Dr. Yoshihiro Arimoto
Chief Research Advisor



Mr. Shinichi Hosaka
ALCA Management Advisor



Dr. Tetsumasa Ito
Chief Research Advisor



Mr. Shinya Katayama
SPRING Research Manager



Dr. Kunio Kikuchi
White Bio Fellow



Mr. Kenji Otsuka
Chief Research Advisor



Dr. Kenichi Sanechika
White Bio Research Manager



Mr. Koichi Sugiura
Research Advisor



Dr. Toshiharu Tominaka
Chief Research Advisor



Dr. Mineharu Tsukada
Chief Research Advisor

編集後記

ALCA成果集の2作目です。今回は掲載写真件数を大幅に増やすべく、精力的に研究現場を訪ねました。お忙しい中、撮影にご協力くださった先生方に改めて御礼申し上げます。緊張感漂うサイトビジットも結構ですが、研究代表者の先生方とリラックスしてお話してきたのは思いがけぬ副産物でした。炎天下、一日に3カ所訪問する強行スケジュールもありましたが、刊行すればそれも思い出です。我々の細かい注文を理解して秀逸な写真を撮影してくれたカメラマンの貝塚さん、長尾さん、石渡さん、何度にもわたる打ち合わせや撮影におつきあいいただいたPLOTの柳沢さん、また中心となって活躍してくれたチームALCAの寺門さん、どうも有り難うございました。

Gamechange@alca



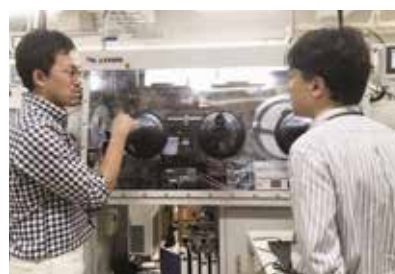
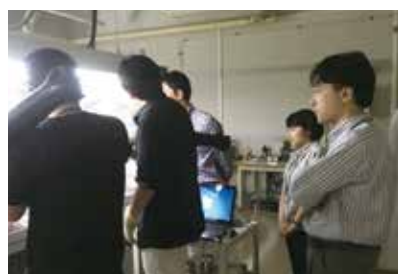
撮影協力 (敬称略)

- 首都大学東京 大学院都市環境科学研究科
教授 金村 聖志
特任助教 庄司 真雄
特任助教 万代 俊彦
特任助教 生原 雅貴
特別研究員 木村 豪志

- 桐蔭横浜大学 大学院工学研究科
教授 宮坂 力
助教 沼田 陽平
- 東京工業大学 工学院
教授 山田 明
産学官連携研究員 陶山 直樹

- 東京工業大学 フロンティア材料研究所
教授 原 亨和
准教授 鎌田 慶吾
- 東京大学 大学院農学生命科学研究科
教授 岩田 忠久
特任准教授 木村 聡
特任助教 石井 大輔

- 横浜国立大学 大学院工学研究院
教授 渡邊 正義
ALCA特任職員 吉岡 奈々子
産学官連携研究員 松前 義治
- 理化学研究所 創発物性科学研究センター
上級研究員 尾坂 格
特別研究員 齋藤 慎彦



☎ 03-3512-3543
🌐 www.jst.go.jp/alca/
✉ alca@jst.go.jp

 国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

 VEGETABLE
SILK INK

2017.03

Menu ALCA

- ALCA Symp. 1.00
- PhotoVoltaic 3.00
- Energy Storage 5.00
- White Bio. 7.00
- Waste Heat Recov. 9.00
- Transcription 11.00
- Editor's Note 14.00

