

CONVERGENCE

No.21 | 2015 | October

国際ナノアーキテククス研究拠点
International Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)

Leader's Voice

若者には変化を恐れず
自分の道を切り拓いてほしい

荒川泰彦



Asking
the
Researcher

高田和典

固体電池と
ナノアーキテククス

全固体型リチウムイオン電池は酸化物電解質の夢を見るか

MANA主任研究者、ナノパワー分野 /
ソフトイオクスユニットユニット長

高田和典

Kazunori Takada

PROFILE

1986年大阪大学大学院理学研究科物理学専攻博士前期課程修了、同年松下電器産業中央研究所。1991年大阪市立大学より博士(工学)。1991年松下電池工業技術研究所を経て、1999年無機材質研究所特別研究員。2002年物質・材料研究機構主幹研究員。現在は環境・エネルギー材料部門 電池材料ユニット ユニット長など所属多数。MANAには2007年の発足当時より参加、2008年より主任研究者。

Asking
the
Researcher

固体電池と ナノアーキテククス

全固体型リチウムイオン電池は
酸化物電解質の夢を見るか

リチウムイオン電池と一口に言っても、その構成材料は日々進化しています。より高出力に、より多くのエネルギーを貯え、そしてより安全に。電解質も初期の有機溶媒から全固体型へと展望が広がり、新たな材料が検討されています。未来の電池に求められるものを見据えて全固体電池の実用化研究に長年携わる、高田和典博士に聞きました。

インタビュワー：科学ジャーナリスト 鍋取章男

リチウムイオン電池の出現

ノートパソコンや携帯電話の普及に伴い、現代では二次電池、それもリチウムイオン電池は生活になくてはならないものとなっています。その応用範囲もハイブリッド車の車載用、太陽光発電などを効率的に利用するためのスマートグリッドにおける大型蓄電用など、拡大の一途をたどっています。

しかし、高田博士が大学院を卒業して民間企業に就職し、固体電解質の研究開発を始めた頃は、まだ二次電池実現を見とおせるような状況ではありませんでした。「松下電器産業中央研究所に1986年に入所し、固体電解質の研究を始めました。その時は固体の中でも比較的イオン伝導度の高い銅イオンや銀イオンが伝導するものが対象でした。でも、これらはイオン化エネルギーが小さく、十分な電圧が取れませんから、二次電池というよりはイオンデバイスのようなものができないかといった研究でした」。

その後1991年にソニーがリチウムイオン電池を発売、電池開発に世間の注目が集まります。リチウムイオン電池は、正極と負極の間を電氣的につなぐ電解質をリチウムイオンが行き来することで動作するものです。他の二次電池、例えばニッケル水素電池は、電解質に水溶液を使うため1.2Vの電圧しか出せません。高エネルギー密度を狙ったリチウムイオン電池は、電解質に有機溶媒を使うことで市販のもので3.5～3.7V、研究レベルでは約5Vまで電圧が出るものがあります。

全固体型電池実現へのブレークスルー

しかしながら、リチウムイオン電池の有機溶媒は可燃性物質であるため、安全性の観点から、電解質に固体を用いた全固体型電池の実現が望まれるようになります。また、近年は固体でも高イオン伝導率をもつ物質が見つかり、今や固体電解質のほうが信頼性の高

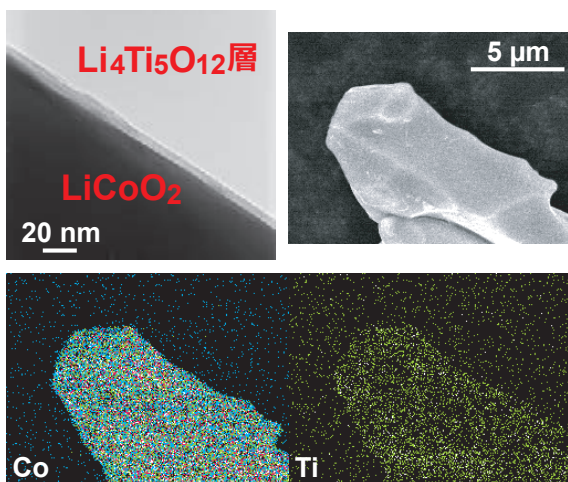


図1 緩衝層を形成したLiCoO₂粒子の電子顕微鏡像。緩衝層部分の拡大図(左上)と粒子像(右上)。下は、エネルギー分散X線分光法で調べたCoとTiの分布。

い材料とみなされるようになりましたが、電池全体としては、電解質と電極、電解質の界面や粒界など材料間のイオン伝導速度が伴わなければ高出力にはなりません。

「電池の正極には強酸化力の物質、負極には強還元力の物質が求められます。性格の全く違うものを繋ぐのですから、電解質と電極の界面ではイオン伝導の障害が生じます。その障害を取り除くために、界面に挟むナノサイズの緩衝層を開発しました」。こうして高田博士は、硫化物固体電解質と酸化物電極の間に新しい緩衝層を挟むことで高出力化に成功し、全固体型リチウムイオン電池実用化に向けたブレークスルーを成し遂げたのです(図1)。

「そもそも全固体型電池で酸化物正極にコバルト酸リチウム(LiCoO₂)を使うというのは、会社にいるときに上司から言われたのですが、すぐにはとりにかかりませんでした。硫化物固体の電解質で4Vもの電位を示す正極が機能するとは思えなかったのです。でも、同僚が電池を組んでみると、ちゃんと動いたんです。もちろん、出力はあまり高くありませんでしたが、もともと固体電池は出力性能が低いものといわれていたので、それほど気にも留めませんでした。」

当時の高田博士の勤務先では商品化を模索したとのことですが、出力性能がネックとなったまま、NIMSに転職することになります。「つくばに移っていろいろな材料を使って電池を作っていると出力性能の高いものも見つかると、逆にLiCoO₂正極の抵抗が高いのが異常だと思うようになってきたんです。やはり高電位正極と硫化物固体電解質の界面では異常が起こると考えたほうが自然だということに気づきました。結局、それに気づくまでに10年かかってしまいましたけど、そのあと出力を上げるのは比較的短期間でした」。

この界面におけるイオン伝導の障害を解消する5nmほどの緩衝層の開発により、全固体型リチウムイオン電池の出力特性は、市販のリチウムイオン電池を上回るものとなりました(図2)。現在、MANAのナノシステム計算科学グループがそのメカニズムを解明しようと研究を続けています。

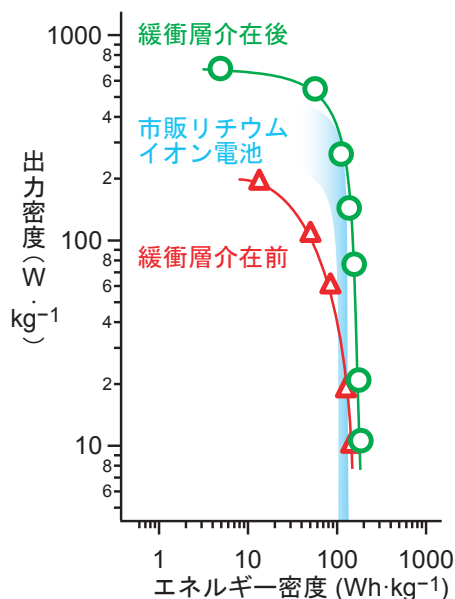


図2 緩衝層を設けた全固体リチウム電池の出力特性。

酸化物電解質の検討と ナノアーキテククス

硫化物はこのような固体電解質の中では現在唯一好適な物質であると考えられていますが、克服すべき課題もまだ多く残っています。それは、硫化物は空气中で扱えず、非常に雰囲気気に敏感なのでプロセス上の制約がある点、さらに電池が破損し内部硫化物が流れ出た時の問題などです。

そこで高田博士は一步進めて、酸化物を固体電解質に利用するための研究に、今一番力を入れています。固体電解質に適した酸化物はその結晶構造から3つ知られており、すでに1990年台にわかっていたNASICON型とペロブスカイト型、さらに最近発見されたガーネット型が検討されてきました。「これらの酸化物はすべて結晶構造内のイオン伝導率は 10^{-3} S/cmで、イオンの移動という観点からは問題がないのですが、その粒界、あるいは電極物質と接触する箇所の界面、その抵抗が非常に高くてうまく動かない。そこを何とかしないとイケないのです」。

「この界面が、私にとって、また、電池にとってのナノアーキテククスです。厚みが10nm程度と言われる界面の空間電荷層、これが電池内のイオン輸送を左右するのです。その問題に着目しなければいけない」。高田博士は強調します(図3)。電極粒子に蓄えることのできる電気量は粒子の体積に比例しますから、大きな粒子を使った方がエネルギーをためるのに有利です。体積は粒子の直径の3乗に比例しますが、イオンが粒子に出入りする表面積は粒子の直径の2乗でしか大きくなりません。したがって、粒子を大きくすればするほど、イオンが高速で出入りできる界面を作ることが重要となってきます。「電池材料は通常マイクロメートルの大きさですが、結晶構造に出入りする輸送現象を決めているのがこのナノサイズの領域です。この空間電荷層をコントロールするために、酸化物用の新しい緩衝材などのアイデアをいろいろ考えているところです。こうした問題を克服し、酸化物での電解質を実現させたいですね」。

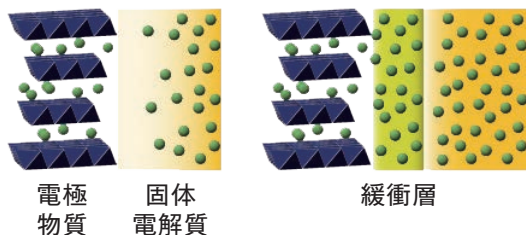


図3 電極物質と固体電解質の界面。

材料開発の新しい手法が、 電池を向き始めた

電池の開発には電極や電解質の材料、その構造など、様々な要素が複雑に絡み合います。その中で常に固体電解質にフォーカスしてきた高田博士は、その研究で最も重視しているのは出力だとい

ます。「それも本質的な材料物性として出力を上げることです。粒子をナノサイズにしても見かけ上は上がりますが、それらは出口を考えると時点で初めて調整すればよいと思うのです。デバイスによって求められるものは多様で、それこそICカードの薄膜電池から、スマートグリッドの大型蓄電池まで様々です。電池材料の界面コントロールで性能を上げておけば、あとは粒径や構造、また電極材料などで出口にあわせた設計をとることが可能になります。ですので、本質的に性能の高い電池材料開発を一番に目指したいですね」。

現在は、MANAはもちろん、NIMSの環境・エネルギー材料部門の電池材料ユニット、NIMS-トヨタ次世代自動車材料研究センター、NIMSオープンイノベーションセンター他、数多くの組織に籍を置いている高田博士。近年は様々な基盤研究の専門家が電池に向いてくれていると実感しています。「次世代の電池の実現に向けた材料開発の新しい手法が出てきているのだと思います。例えば分析技術の開発や、計算科学が以前より深く関わってくれるなど。エネルギー問題はいまや全ての研究分野に影響を及ぼしますので、電池に関係する研究も飛躍的に増えてきています」。

忙しい毎日ですが、中学時代からやっているというサッカーでストレスを解消しています、と高田博士は笑いました。



熱電材料の高性能化 メカニズムの開拓



森 孝雄

グループリーダー
ナノマテリアル分野

熱電材料開発の重要性と課題

人類が使用する石油・石炭・ガスなどの1次エネルギーは約3分の1しか有効使用されずに、残りの大部分が廃熱となります。そのため、ゼーベック効果を利用して廃熱を有用な電気に直接変換する熱電材料固体素子には大きな期待が寄せられていますが、まだ広範囲実用化に至っていません。その大きな理由として、材料の性能が足りないことが挙げられます。熱電材料の性能を表す指標としての $Z = S^2\sigma/\kappa$ (Z : 性能指数、 S : ゼーベック係数、 σ : 電気伝導度、 κ : 熱伝導度)において、 S と σ は従来トレードオフの関係にあり、電気を流すが熱を流さないことも一般的に成立しにくい性質であるため、高性能化が容易ではありません。また、従来の高性能熱電材料は、Bi、Te、Pb、Ag、Hfなど、稀少で高価または毒性のある元素を主成分とする傾向がありました。本研究では、広範囲実用化に資する、より天然に豊富な元素の化合物を高機能化するメカニズムを開拓しています。

ナノ構造制御

熱電高性能化手法として最近世界的に流行している方法として、フォノンと電荷キャリアの平均自由行程の違いからフォノンをより選択的に散乱するナノ構造を材料に作り込むことで熱伝導を抑制し、熱電高性能化につなげるというものがあります。ナノ構造を入れる方法として、ボールミルなどによる機械的方法がよく採用されますが、我々は熱電材料のナノシートを合成することに成功し、熱電性能の高性能化を得ました。本方法はエネルギーをあまり使わない容易な手段で、次の段階として、より広い種類の熱電材料に応用させるとともに、ナノシートをナノアーキテククスによって設計された高次構造に積み上げることが出来れば、性能がさらに飛躍的に向上するものと期待されます(図1)。

新しい原理の探求

上記のように、ナノ構造化は電気伝導をあまり損なわないで熱伝導を下げる強力な方法ですが、一方で、上式の性能指数の分子 $S^2\sigma$ (パワーファクター)を向上する新原理を見出

すことも非常に重要です。我々は、以前に磁性半導体であるCuFeS₂系において、室温付近でも高い熱電パワーファクターを得ました。室温付近のチャンピオン熱電材料のBi₂Te₃系と対照的に、Cu、Fe、Sは毒性に問題がなく、カルコパイライトという形で天然に豊富に存在する資源でもあります。そして最近、磁性が熱電性能を向上するメカニズムとして、電荷キャリアとマグノン(磁性体中の電子の磁気モーメントの振動に関する準粒子)の相互作用が重要であることを明らかにし(図2)、さらなる高性能材料の設計への活用を試みています。他にも、火力発電所の出力を向上し得る超高温topping cycleのための超高温熱電材料が求められていますが、我々はSmB₆において、他の希土類元素の相の40倍の熱電性能指数が発現することを発見し、その起源に関する解明研究も進めています。

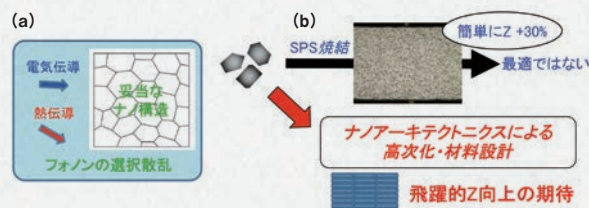


図1 (a) フォノンの選択散乱のイメージ (b) 熱電材料のナノシートの創製と可能性。

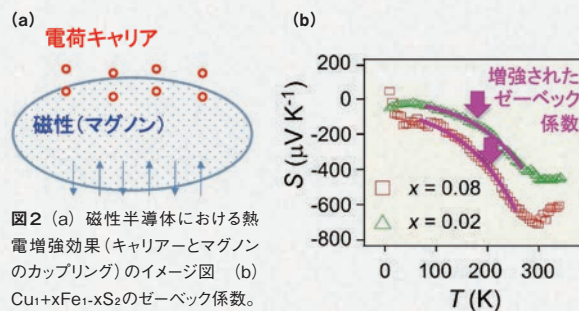


図2 (a) 磁性半導体における熱電増強効果(キャリアーとマグノンのカップリング)のイメージ図 (b) Cu_{1+x}Fe_{1-x}S₂のゼーベック係数。

参考文献

1. K. Koumoto and T. Mori, Eds., *Thermoelectric Nanomaterials*, Springer Series in Materials Science (Springer, Heidelberg, 2013), Vol. 182, pp. 1-375.
2. C. Nethravathi, R. Rajamathi, M. Rajamathi, R. Maki, T. Mori, D. Golberg, Y. Bando, Synthesis and thermoelectric behaviour of copper telluride nanosheets. *J. Mat. Chem. A*, **2**, 985-990 (2014).
3. N. Tsujii, T. Mori, High Thermoelectric Power Factor in a Carrier-Doped Magnetic Semiconductor CuFeS₂. *Appl. Phys. Express*, **6**, 043001, 1-4 (2013).
4. R. Ang, A. U. Khan, N. Tsujii, K. Takai, R. Nakamura, and T. Mori, Thermoelectricity Generation and Electron-Magnon Scattering in Natural Chalcopyrite Mineral from Deep-Sea Hydrothermal Vents. *Angew. Chemie*, in press.



荒川泰彦 教授に聞く

インタビュー：科学ジャーナリスト 熊取章男

若者には変化を恐れず 自分の進む道を 切り拓いてほしい

中心となる研究課題への アプローチ

— 荒川先生は量子ドット研究のパイオニアです。その研究に携わられたきっかけは。

私は大学院では通信理論、特に光通信理論について研究をしましたが、1980年に東京大学の講師になるとき、デバイス分野に転向しました。それは大学側からの要請だったのですが、もともと実験をやってみたかったこと、通信理論に限界が見えたこともその理由です。着任した生産技術研究所では、当時新進気鋭の助教授であった榊裕之先生が量子効果を用いた電子デバイスの研究を主にされていました。また、その頃米国では、江崎玲奈先生の半導体超格子の流れをくんだ量子井戸レーザーという、薄膜レーザーの研究が始まっていました。着任して研究テーマを半導体レーザーにすることは決断していましたが、どこに絞るかと考えていた私は、その辺りが面白いかなと思い、量子効果を伴うレーザーの研究に取り組み始めました。量子井戸の場合、その中の電子は二次元的に振舞いますが、その自由度を変えていったらどうなるか、その議論が1982年に発表した量子ドットとレーザー応用の提案につながったわけです。

— 特に海外でご研究が広く知られるようになりましたね。

1984年から2年間、カリフォルニア工科大学でアムノン・ヤリフ教授の研究室で過ごしました。理論研究を進めながら一方で量子井戸光デバイスについて様々な実験を行いました。実際にデバイスをつくったことは、私の非常に大きな糧となりましたね。1984年にヤリフ教授と最初に共同執筆した論文は世界に大きなインパクトを与えました。

実は、1982年に発表した量子ドットレーザーの論文は、正直なところ、当時はあまりに先駆的過ぎて、関心を集めていませんでした。「面白いね」とは言ってもらっても、「主流の話題ではないね」という感じです。私自身も、量子箱、当時はそう呼んでいたのですが、20世紀中是实现できそうもないと思っていました。ところがヤリフ教授と書いた論文では、当時の半導体レーザー研究の中心課題である変調特性やスペクトル特性に、私が培ってきた量子効果の考え方を持ち込むことができました。同じ量子効果でもこうした中心課題にきちんと踏み込んだことが大きかったと思います。ましてやヤリフ教授は世界

的に著名な方でしたので、より注目が集まったのでしょう。

— やはり研究テーマを選ぶ際に中心課題をどうとらえるかが重要なのでしょうか。

中心課題でありながら、新しくなければなりません。私の場合はさらに量子効果をもたらす実用的なインパクトを示せたのが良かったと思います。中心課題は多くの人が研究している。しかし、そこに新たな側面を持ち込めば、突き抜けることができるのです。

「量子力学」の実用化へ

— 現在特に力を入れているご研究はどのようなものですか。またその応用面での展望はいかがでしょうか。

FIRST（最先端研究開発支援プログラム）で2014年に発表したのが、量子ドットレーザーを搭載したシリコンインターポーザです。5mm角のシリコンの中に光配線集積回路を実現し、その中で光情報伝送を行うものです。量子ドットレーザーは閾値電流の温度依存性が低く、温度が上昇してもレーザーの閾値電流が殆ど変わりません。この特性は、集積回路が発生する熱に影響を受けないという点も非常に画期的です。私たちは125°Cでも集積回路の超高速動作を確認しました。これは通常の半導体レーザーを搭載した回路では不可能なことです。

今までは長距離の通信が対象でしたが、このような超短距離でも量子ドットレーザーは実用化されようとしています。近い将来、コンピューティング技術の中に量子ドットレーザーが活用されることはほぼ間違いありません。ストレージ（メモリ）・ロジック・配線、がコンピュータの三大要素です。この三つのうちメモリとロジックは電気のままでしょうが、配線が電気から光に置き換わるのは時間の問題です。この進展は、市場ボリュームの大きなLSI・コンピュータ技術への光通信技術の参入といえます。このパラダイムシフトにおいて、量子ドットレーザーを活用したシリコンフォニクスが重要な役割を果たします。

光通信以外にも、量子ドットレーザーには、超大出力レーザー、超小型・超低消費電力レーザー、光センサーなどの様々な用途が期待されます。特に、ナノレーザーとしていわゆる「IoT」でも今後いろいろな活用ができるのではないかと思います。エネルギーの完全な離散化という、量子力学の本質の一つを、量子ドットレーザーとして、実用的デバイスに結実させることができたことは、工学者冥利に尽きます。

荒川 泰彦教授に聞く



うと、当時の東京大学、特に生産技術研究所では、いきなりパーマネントで雇い、自分の研究室を持たせたことが大きいです。そうでないと怖くて専門を変えることは難しい。2年で論文を書かないといけないというようなプレッシャーが強すぎると小手先の対応になってしまい、思い切ったことができない。そこは、先ほどのモビリティを高めることとの微妙なバランスですね。

また、一つの研究分野で必要とする研究者の数は、昔も今もそんなに変わらないはずなのに、ポストドク制度の拡充等により参入する若手研究者の数はものすごく増えている。そのリスクを政策側も若手研究者も自覚しなければいけない。一定期間で結果がでなければ、産業方面にアプローチするとか、海外に思い切って出るとか、専門分野を変更するとか、転身を図るようなメンタリティも必要です。米国やドイツなどを見ても、PhDをとった後、研究職だけでなく例えばコンサルタントになったり、企業に就職したり、他のことに取り組んでいる人が大勢います。研究者も多様な価値観を持って、進み道を追求することが重要ですね。

— 今後のMANAに期待されることについてはいかがでしょうか。

MANAは、特に若手研究者の人材育成により形で成功していると思います。今の研究成果だけではなく、5年、10年経った頃、自分の国に帰った研究者たちにとってMANAでの経験がよい糧となっていることも重要です。よい日本の思い出、成功体験を持って自分の国や次のポジションに移っていく。そうすることで、MANAネットワークとも言えるものができ、自分の弟子をMANAに送ってくる。すると海外とのネットワークはより太く広くなります。これも広義に捉えると人材のモビリティのもたらすものです。そういう発展を期待しています。

人材のモビリティの重要性

— WPIプログラムについてどのように捉えていらっしゃいますか。

私の印象では、WPIはあまり出口、産業応用を声高に言っていないね。無理に産業に繋げないことで、拠点ごとの持つ良さをさらに発展させていると思います。そしてそれは拠点がもともと属している組織、MANAならNIMSですが、そこを鍛えた面もあります。それは社会全体にとっては、そうした鍛えられた組織が増えるということですので、日本全体から見て意義深いプログラムといえます。

— 日本全体にチャンスが広がるというのは、若手研究者育成の観点からも重要ですね。

社会全体の人のモビリティを高くて、むしろ他の組織に移っていくことがプラスになるという雰囲気をつくるのが大切だと思います。ひとつの組織に入ってきた研究者の全員がずっと同じ場所に居続けるというのは、組織や社会全体の活性化という観点からも疑問です。所属先や研究対象を変えることによって人の成長を促すことができるのではないのでしょうか。

— 先生も専門を変えられました。

なぜ私が大学に就職するにあたり専門を変えることができたかとい



PROFILE

1980年東京大学工学系研究科電気工学専門課程修了後、東京大学生産技術研究所講師、翌年同助教授、1993年同教授。1984年から1986年にかけてカリフォルニア工科大学客員研究員。現在は東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長、東京大学生産技術研究所教授・光電子融合研究センター長。2004年江崎玲於奈賞、2009年紫綬褒章、2011年Heinrich Welker賞など受賞多数。2014年よりICO（国際光学委員会）会長。

走査トンネル顕微鏡で とらえた原子ステップ ジョセフソン接合



内橋 隆

MANA研究者
ナノシステム分野

金属原子層超伝導体の発見

近年、原子レベルの厚さをもつ二次元物質に大きな注目が集まっており、さまざまなナノデバイスへの応用が期待されています。その代表は炭素原子からできたグラフェンですが、金属原子の場合も半導体表面の上に配列させることで、バルクとは異なる二次元物質をつくることができます。最近、シリコン表面上に成長したインジウム原子層が低温で超伝導状態になることが発見されました。これまで、このような原子層物質は超伝導にはならないと考えられていたので、これは大きな驚きです。金属原子層でできた表面超伝導物質は、超高速・超省エネルギー演算素子としての応用が期待されます。

ジョセフソン接合としての 原子ステップ

超伝導を利用してデバイスを作製するためには、超伝導電流の流れを制御するジョセフソン接合が必要です。これがなければ、超伝導体は単なるゼロ抵抗の物質でしかありません。ジョセフソン接合は超伝導体が薄い絶縁体などによってつながれてきた接合で、そこでは超伝導電子が障壁内をトンネルすることで流れます。このようなジョセフソン接合を作るには、一般に微細加工技術が必要ですが、半導体表面では原子ステップと呼ばれる段差が数多くあるため、そこが天然のジョセフソン接合になっていると考えられていました。しかし、その直接的な証拠は見つかっていませんでした。

原子ステップでの 異常な超伝導量子渦を観測

私たちは、試料表面の原子像観察に用いられる走査トンネル顕微鏡をつかって、原子ステップがジョセフソン接合として働く明瞭な証拠を見つけました。超伝導状態になったシリコン基板上的インジウム原子層に磁場をかけると、量子化された超伝導電流の渦が発生します(図1)。私たちは、この超

伝導量子渦が原子ステップに捕まると、ステップの方向に引き伸ばされ、さらに渦の「強度」が小さくなることを発見しました(図2)。これは、原子ステップで超伝導電流が制限されていること、すなわちステップがジョセフソン接合として働くことを意味しています。このような異常な振る舞いを走査トンネル顕微鏡によって観測したのは、初めてのことです。今回の成果によって、金属原子層物質の超伝導デバイスへの応用に向けて大きく前進しました。

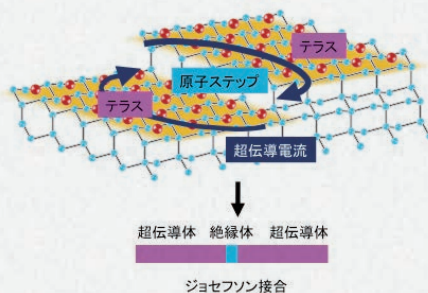


図1 原子層超伝導体と原子ステップの模式図。超伝導状態になったテラス(平坦領域)と原子ステップで、ジョセフソン接合を形成する。矢印は超伝導電流がステップを超えて流れることで渦を形成することを示す。

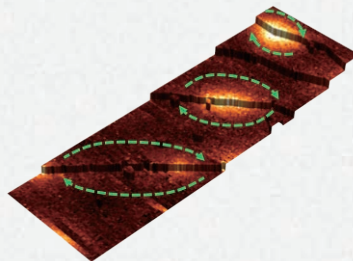


図2 走査トンネル顕微鏡で観察した原子層超伝導体の三次元表示。明るい領域は、超伝導渦の中心に対応する。矢印は、超伝導電流の流れを模式的に示し、ジョセフソン結合が弱くなるにつれて渦がステップ方向に伸張することを表す。

参考文献

1. S. Yoshizawa, H. Kim, T. Kawakami, Y. Nagai, T. Nakayama, X. Hu, Y. Hasegawa, T. Uchihashi, Imaging Josephson Vortices on the Surface Superconductor Si(111)-(R7xR3)-In using a Scanning Tunneling Microscope. *Phys. Rev. Lett.* **113**, 247004 (2014). [Editors' Suggestion and featured in *Physics*]

Progress of MANA

MANAが取り組む 学生の教育

人材育成という社会貢献の形

MANAが力を入れている社会貢献のひとつに、学生の教育を含む若手人材育成があります。世界に羽ばたく研究者を育てるために、MANAが進めている学生向けの制度をご紹介します。

1 連係大学院制度

国際的に活躍できる研究専門型職業人の育成

連係大学院制度は、NIMS研究者がNIMSと協定を締結した大学院にて独立した専攻を運営あるいは既設専攻に所属する教員として、博士課程の学生を指導するプログラムです。本制度によって大学院に入学すれば、一貫してNIMS内で研究を進めて学位を取得できるため、「高度な専門性を持った研究者への成長」が期待されます。また、優れた能力を有する大学院生には、賃金の支給も行い、生活費の心配なく研究に専念することができる「NIMSジュニア研究員制度」が適用されるチャンスも与えられています。2015年現在、MANAでは、41人の学生が連係大学院制度の元で学位取得を目指しており、外国人が37人含まれる極めて国際的な連係大学院を実現しています。

3 NIMS インターンシップ制度

最先端の研究に携わる機会を提供

国内外の大学・大学院・高等専門学校の学生を、90日を上限として受け入れ、世界最先端の材料科学研究所であるNIMSに携わる機会を提供するインターンシップ制度です。毎年約150名の受入実績があります。NIMSは世界に広く開かれており、多くの外国人研究者や学生が滞在しているので、幅広い人的ネットワークの構築が可能である点は学生にとって大きなメリットと言えます。NIMS内の審査の結果、優秀と認められる学生には、日当および宿泊代の支援も行っています。本制度を通じて各種連係・連携大学院制度を知ってもらうことも目的のひとつです。

2 連携大学院・ 国際連携大学院

MANAで指導を受けながら学位を取得

連携大学院制度は、NIMS研究者が連携協定締結大学院の客員教員として委嘱され、NIMS内での最先端の研究を通して、大学院における学位取得に至る研究指導に参画するものです。また、NIMSと連携協定締結大学院間における研究交流を促進することにより、学術および科学技術のさらなる発展に寄与することを目的としています。NIMSは国内32大学院と連携協定を結んでおり、今までに39人の学生がMANAにおいて指導を受けてきました。

また国際的には、海外19の大学院と協定を締結し、博士後期課程の学生を受け入れています。受入期間中は、NIMS研究者が客員教員として研究指導を行い、NIMSにおける研究は博士論文を構成する成果の一部となります。MANAでは、現在、5人の外国人学生が博士課程修了のため、研究に励んでいます。

Nanotechnology Students' Summer School



James K. Gimzewski PIと学生による議論

MANAでは学生の研究者としての資質向上を目的とし、海外の大学や研究機関とともに「ナノテクノロジー・スチューデント・サマースクール」を開催しています。国内外から参加するナノテクノロジーを学ぶ学生は、世界的に著名な研究者による講演を聴き、専門分野の枠を超えて議論を重ねる中で異分野融合に対する実務レベルのノウハウを学びます。参加者たちはグループに分かれ、専門知識を持ち寄り、独創的な研究テーマについてプレゼンテーションを行います。本サマースクールは大学・研究機関の学術交流を促す目的もあります。



中川 泰宏
(NIMSジュニア研究員)

研究職を志す学生には、MANAでの博士研究を強くおすすめします

私がMANAでの研究を志望した理由は「国内トップクラスの研究者に師事できる」「国際色の強い現場で学修が可能」「金銭的援助」という三点です。MANAでは国内外の第一線で活躍する研究者の方々から日常的に指導を受けることができ、加えて職員の約半分以上が外国人という環境で教育を受けることができます。必然的に実験や報告書には高いクオリティを求められますが、このプロ意識が自身のレベルアップに繋がると確信しています。さ

らに、NIMSインターンシップ制度によって同年代・同分野の知合いが国内外に年間数十人単位で増えることも、MANAに来てよかったと感じる点です。また、NIMSジュニア研究員制度を利用することで金銭的援助を受けられる点も、博士課程へと進学する大きな原動力となりました。研究者を志す学生にとってこれ以上の環境は無く、とても充実した日々を過ごしています。研究職を目指すなら、MANAでの博士研究を強くおすすめします。

イベント報告

Nanotechnology Students' Summer Schoolを開催

2015年6月29日から7月3日の5日間にわたり、ナノテクノロジー・スチューデント・サマースクールがMANAにて開催されました。日本、カナダ、アメリカ、オーストラリア、フランスから、博士前期・後期課程の学生25人が参加し、現代の社会に貢献できるナノテクノロジーを「ナノアーキテクトニクス」の原理に基づいてグループごとに考案・発表しました。参加者は、異なるバックグラウンドや文化の壁を乗り越えて、グループ課題を实践し、異分野融合型研究の基礎や心構えを学び、大変充実したサマースクールとなりました。



メカノバイオロジーのための ナノアーキテクトニクス国際シンポジウム開催



2015年7月29日、30日の2日間にわたり、「メカノバイオロジーのためのナノアーキテクトニクス国際シンポジウム」が開催されました。本シンポジウムでは、Viola Vogel博士 (ETH)、赤池敏宏博士 (国際科学振興財団)、澤田泰宏博士 (障害者リハビリセンター) によるプレナリー講演、国内外より11名の著名研究者による招待講演、9件のMANA研究発表、37件のポスター発表が行われました。本シンポジウムでは活発な討論と意見交換が行われ、材料研究とメカノバイオロジーの学際分野の重要性を強く示しました。

お知らせ

カタールからの研修生、研修修了

2014年12月よりMANAにて研修を受けていた、カタールからの技術研修生が6ヶ月の研修期間を終え、2015年5月28日にカタール研修生修了式が開催されました。カタール環境エネルギー研究所 (QEERI) からの技術研修生受入は、2014年4月にカタール財団 (QF) とNIMSとの間で交わされた包括協力協定に基づくものであり、



左: Ghanim Al-Kubaisiさん 右: Rakan Al-Marriさん

MANAでは7人の研修生のうち、Ghanim Al-Kubaisiさん、Rakan Al-Marriさんを受け入れ、それぞれ分析・測定・観察機器などの操作を習得しました。今後、両組織間の交流が、日本、カタール間の友好に貢献することが期待されます。

受賞情報

館山佳尚グループリーダー
「ゴットフリード・ワグネル賞」(2015.7)
有賀克彦主任研究者
「錯体化学会貢献賞」(2015.7)

新任研究者紹介



ICYS-MANA 研究員
吉澤俊介

Emerging MANA Researcher

インタビュー：筑波大学M1 中川泰宏、筑波大学B2 組澤悠真

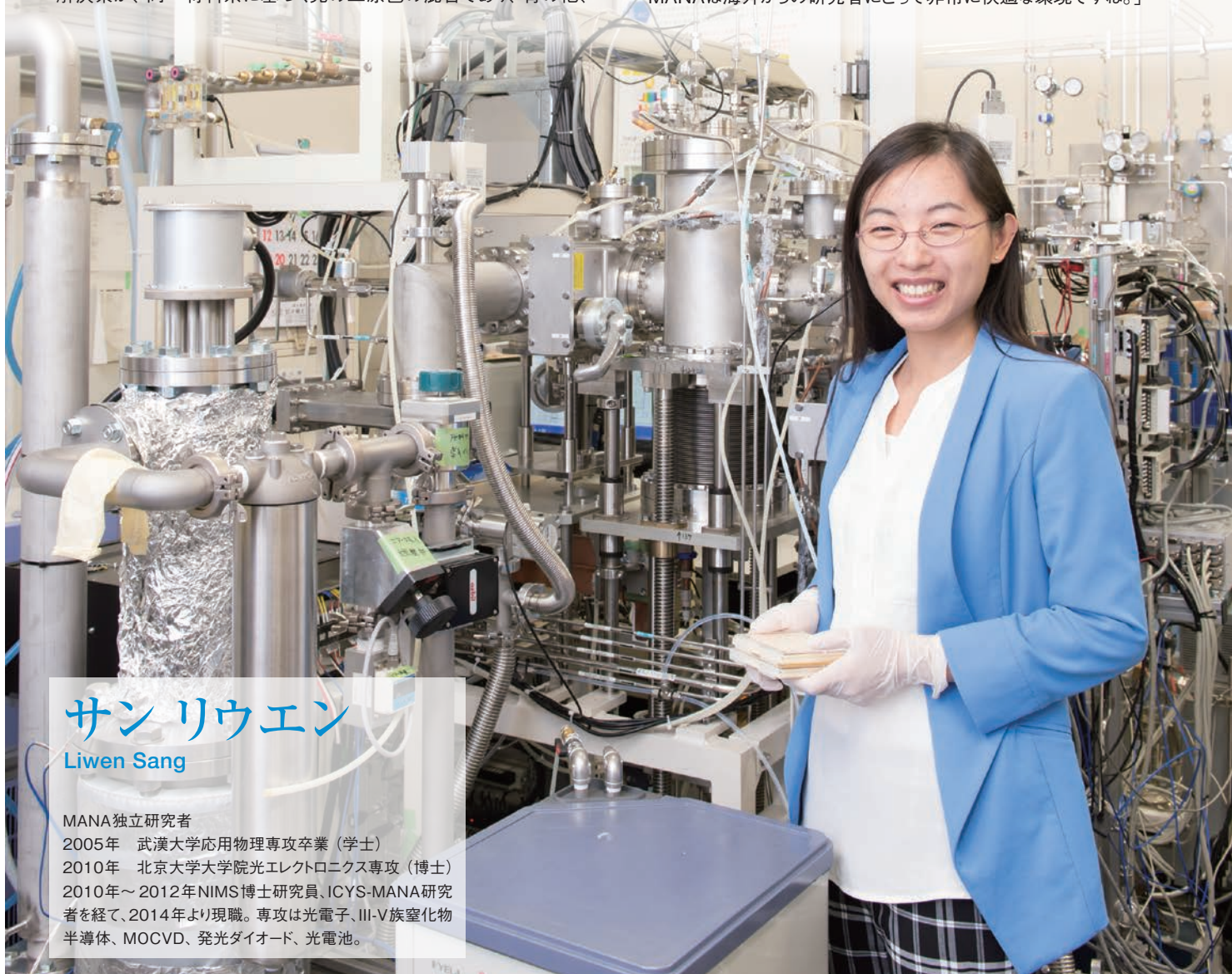
「私は本当に自分の研究分野が大好きなんですー窒化物半導体研究の発展に貢献したいと心から思います」とこやかに語るサン。そんな真っ直ぐな彼女は今、窒化インジウムガリウムを利用した、赤色LEDや超高効率太陽電池の開発に取り組んでいます。

昨年日本人研究者3名が青色LED開発でノーベル物理学賞を受賞しましたが、その青色LEDだけを使って白色光を得るには蛍光体が必要となり、これがLEDの寿命を短くする原因になります。「この解決策が、同一材料系に基づく光の三原色の混合であり、青の他、

緑・赤のLEDが必要となります。しかし、赤色の発光が格別に困難なのです。他の材料による赤色LEDは既に生産されていますが、窒化物による高効率赤色LEDを実現したいと頑張っています。」

また、窒化物半導体太陽電池は高いエネルギー変換効率を期待されているにも関わらず、実用に耐え得る実験データはまだ得られていません。「バルク窒化物結晶によって長波長光が吸収されてしまうことが課題なのです。でも、新しい構造のデバイスの考案、さらにはそのための新たな概念を生み出すことで乗り越えられるはずです。」

2010年に中国からNIMSに参加して以来、科学技術振興機構「さがけ」プログラムからの支援も獲得し、窒化物半導体を生成するための有機金属気相成長(MOCVD)装置(写真)を独自につくり上げたといいます。「必要な材料や器具の購入で日本の企業に連絡する際、MANAのスタッフが英語のサポートを行ってくれるのが心強いです。MANAは海外からの研究者にとって非常に快適な環境ですね。」



サンリウエン

Liwen Sang

MANA独立研究者

2005年 武漢大学応用物理専攻卒業(学士)

2010年 北京大学大学院光エレクトロニクス専攻(博士)

2010年~2012年NIMS博士研究員、ICYS-MANA研究者を経て、2014年より現職。専攻は光電子、III-V族窒化物半導体、MOCVD、発光ダイオード、光電池。

MANA NEWS LETTER

CONVERGENCE

No.21 2015年 10月発行



発行 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点(MANA) アウトリーチチーム
〒305-0044 茨城県つくば市並木 1-1
国立研究開発法人物質・材料研究機構内
電話 029-860-4710(代)
FAX 029-860-4706
Eメール mana-pr@ml.nims.go.jp
ウェブ http://www.nims.go.jp/mana/jp

CONVERGENCE:

世界の優秀な研究者をMANAのメルティングポット研究環境に集結・収斂させ、新材料の創製・イノベーションに向けて、ナノアーキテクトニクスのキーテクノロジーを統合(CONVERGENCE)していくというMANA全体を表すキーワードです。

表紙・・・高田和典主任研究者と若手研究者

◎掲載記事・図版の無断引用・掲載はご遠慮ください。

CONTENTS

- 2 **Asking the Researcher**
固体電池とナノアーキテクトニクス
全固体型リチウムイオン電池は酸化物電解質の夢を見るか／高田和典
- 5 **Research Outcome 1**
熱電材料の高性能化メカニズムの開拓／森孝雄
- 6 **Leader's Voice**
若者には変化を恐れず自分の道を切り拓いてほしい／荒川泰彦
- 9 **Research Outcome 2**
走査トンネル顕微鏡でとらえた原子ステップジョセフソン接合／内橋 隆
- 10 **Progress of MANA**
MANAが取り組む学生の教育 人材育成という社会貢献の形
- 11 **NEWS & TOPICS**
- 12 **Emerging MANA Researcher** サン・リウエン