

# OCARINA通信

The OCU Advanced Research Institute for Natural Science and Technology

## —特別企画—

各プロジェクト研究の成果報告と今後の展望

**新規プロジェクトで得られた想定以上の成果。次のステップに向けて夢を語る。**

## —プロジェクト紹介—

宮田 真人 大学院理学研究科 教授

「生体運動はこうして生まれ続ける!？」

寺北 明久 大学院理学研究科 教授

「動物の光受容の分子基盤と光遺伝学」

重川 直輝 大学院工学研究科 教授

「新しい創エネ・省エネデバイスの実現を目指す異種材料貼り合わせ」

小畠 誠也 大学院工学研究科 教授

「有機結晶によるフォトアクチュエータの創製」

小寄 正敏 大学院理学研究科 教授

「新規 $\pi$ 電子系共役化合物の創出とその機能探索」

佐藤 和信 大学院理学研究科 教授

「マテリアルイノベーションに向けた分子スピン量子技術」

中尾 正喜 複合先端研究機構 特命教授

「都市の熱エネルギー有効利用」

## —活動報告—

The 2014 OCARINA Annual International Meeting  
(平成26年度複合先端研究機構年次総会)開催報告

マイケル・ノーベル博士招へい記念国際シンポジウム

OCUテニュアトラック研究討論会

OCARINA セミナー

木下 佑一氏  
デザインイラスト

# Vol.5

## ■特別企画 各プロジェクト研究の成果報告と今後の展望

新規プロジェクトで得られた想定以上の成果。  
次のステップに向けて夢を語る。



平成27年4月からスタートした複数のプロジェクト研究。その中から3人のリーダーにお集まりいただき、1年間の成果と今後の展開についてお聞きしました。同時に、分野を超えた自由な意見交換の場ともなり、新たな研究協力の可能性を再確認する場ともなりました。

### 文理融合の素地をもつ大学ならではの、幅広い公募分野。

**大嶋機構長**／本日はそれぞれの研究成果を報告していただくとともに、分野を越えて自由に議論していただくことで複合先端研究機構として大きく発展していくきっかけになればとも考えています。まずは、1年間の研究内容とその成果を聞かせていただけますか。

**重川教授**／いま私たちのチームでは、太陽電池を通常のやり方でない方法でつくって、しかも高い変換効率を出そうと進めています。一般的に太陽電池は、いろいろな結晶を積み重ねるわけですが、半導体の場合このプロセスがなかなか難しい。それなら、くっつかない部分は強引に貼ってしまおうと。材料を貼り合わせるという、半導体の立場からいえば邪道なやり方ですが、これが思いの他うまく進んでいます。変換効率でいうと、シリコンの太陽電池を上回る発生方法で、将来的にはシリコンベースで30%を超えることができるのではと考えています。

この方法の良い点は、いろいろな材料同士を個別に最適化しておいてインテグレートするという点。個別と全体を分けて考えて、その両輪をにらみながら進めていくことで、スピード感をもった研究ができるのではと思っています。この貼り合わせの技術というのは、太陽電池をつくるためだけでなく、さまざまなエネルギー問題に関係するデバイスにもアプローチできると考えています。

**中尾特命教授**／都市エネルギー防災プロジェクトでは、都市の熱エネルギーをいかに有効活用するかがテーマで、3つのプロジェクトが動いています。今年度で終了しましたが、そのうちの1つ、「サーマルグリッド」と命名した熱版のスマートグリッド、複数建物間で熱を双方向に自在に融通できるシステムです。個々の建物で空調用熱源（冷凍機やヒートポンプなど）が協調して最適な運転をするもので、そのサーマルグリッドの構成、最適化システムのモデリング、フローパターンの制御方法などを研究開発しました。

現在は、大阪国際見本市会場（インテックス大阪）で社会実証中です。平成27年の7～9月で「サーマルグリッド」がしっかりと稼働した日を前年同時期と比較すると、7割に達する削減量（ガスと電気の消費量）が得られました。サーマルグリッドは環境白書に掲載される予定です。2つめのプロジェクトは、ご担当の貫上先生からお願いします。

**貫上副機構長**／下水処理をする過程で発生する下水汚泥。それをメタン菌を使って、メタンガスをつくらせて汚泥量を減らし、発生したカーボンニュートラルなメタンガスをエネルギー源として有効活用しようという取り組みです。いわゆる低炭素化社会にも貢献できるということで、もっと積極的にエネルギー利用しようとなった訳です。

今までは下水汚泥からメタンガスに反応させるために40～50℃まで温める必要があり、そのための熱源として、せっかく発生したメタンガスの30～40%を使っていたのです。それはもったいないということで、中尾先生と協議しながら、



### profile

大阪市立大学 副学長  
複合先端研究機構 機構長

**大嶋 寛** おおしま ひろし

1977年9月大阪市立大学大学院工学研究科応用化学専攻後期博士課程退学。同大学助手・助教授・生物応用化学科教授を経て、2002年4月同大学院化学系専攻教授、2014年4月副学長兼大学改革室長・産学官連携推進本部長・男女共同参画推進担当・複合先端研究機構長、工学博士

太陽熱温水器をつかって、太陽熱で温めよう。同時に、メタンガス化処理後の下水汚泥の熱も回収して使えるようになりました。

さらに、下水処理水は大阪の場合、冬でも15℃以下になることはありません。気温よりも高いのでそこから熱交換してヒートポンプでくみあげる。それで反応槽を温めるというシステムを検討中です。現在、大阪市内の下水処理場で実証プラントをおいて実験しており、従来消費していたメタンガスの7割以上を削減し、有効活用できることが分かっています。

**大嶋機構長**／ムダになっていた分の7割とはすごいですね。

**宮田教授**／私たち先端バイオ・プロジェクト・テーマ1の今年度最大の成果は、マイコプラズマという病原性の微生物の滑走運動が、ほとんどの病原微生物がもつ接着タンパク質と、全ての生物に存在し膜電位の維持に必要なATP合成酵素の偶然的な接触により生じたのではないかと提案をしたことです。

これまで生き物の動きについて、生物学者たちはずっと難しい議論をしてきた訳ですが、実はもっと簡単な出会いみたいなもので生き物の動きができていたのではないかと、ということが分かってきました。

**神谷副機構長**／人工光合成についてお話すると、それぞれの個別研究を統合した形で、きちんと動く人工光合成デバイスを実現しようというフェーズに入っています。主に旗を振っているのは天尾教授ですが、化石燃料を使った発電とコストを比較しながら、実際に動くシステムを作ることが要求される時代になってきました。

今、水素社会という言葉がよく使われるようになりましたが、水素の発生と二酸化炭素の固定では、難しさのレベルが一桁以上違うのです。今は、水から水素を発生させるデバイス、あるいは水素のキャリアとしてギ酸を合成するデバイスに対する研究が進められています。

## 異分野融合で、さらに大きな発展を期待。

**大嶋機構長**／皆さんの話を聞いていると、どれも楽しそうな研究だなということが伝わってきますね。

理学的要素が高い研究と工学的要素が高い研究がありま

### profile

大阪市立大学 複合先端研究機構 副機構長

**貫上 佳則** かんじょう よしのり

1983年3月京都大学工学部 衛生工学科卒。1985年3月同工学研究科衛生工学専攻修士課程修了。1985年4月に大阪市立大学工学部に着任。2006年から工学研究科都市系専攻教授、2010年から複合先端研究機構副機構長、2013年度から受託の環境省CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業の研究代表。水処理工学を専門とし、栄養塩類や微量汚染物などの評価・処理研究や有機物回収研究を推進。工学博士



すが、いずれにしても、理学が存在しない工学はあり得ないですし、皆さんそれぞれに興味があるかと思います。

**宮田教授**／私は以前から太陽光パネルの先生にお聞きしたいと思っているのですが、太陽光の代わりに放射性物質をはりつけて、発電するシステムというのは可能なのでしょうか？たとえば、お湯を沸かすといった大きなエネルギーではなく、放射性同位元素が出すエネルギーを少しずつ取り出して使えないものですか？

**重川教授**／太陽光に比べるとエネルギー密度が小さいので、もっと大きな面積が必要になると思います。

太陽光発電の弱点のひとつに、効率は比較的よいがエネルギー密度が小さいという点があります。目標としては、持ち歩きできて自立分散的なシステムができればという課題がありますが、そのためには変換効率の縛りがあります。あるシステムの消費電力を賄うだけの電力を限られたスペースで作らなければいけない。ソーラーパネルと同じような形で使おうと思うと、安全性の観点からエネルギー密度を低く抑えざるを得ないであろう放射性同位元素の場合は、もっと難しいでしょうね。

後は、廃棄の問題もありますね。再生可能なエネルギーの問題って、デバイスをどう捨てるかまで考えないといけないですから。

**大嶋機構長**／太陽光発電はエネルギー密度が小さいという話が出ましたが、それは貫上先生が研究されている太陽光の集光技術にも関連していますか？

**貫上副機構長**／そうですね。太陽熱利用のいちばんの弱点は、当たり前ながら太陽が出ている時でないといえないという点です。もう一つは、表層に埃がつくこと。晴れてはほしいけれど、晴れてばかりだと埃がたまるので適度に雨が必要だと。気象条件というコントロールできない部分を相手にしているのが一番難しい部分です。

**重川教授**／表面のコントロールについては、最近は撥水性の処理をするなど実用化に進んでいると聞いています。もちろん、何年かに1回塗り直す訳ですが、そのコストを考えても十分ペイすると。

太陽光発電もまさにシステムですから、デバイスだけではだめで、そこまで含めて考えないといけないですね。

## 特別企画



### profile

大阪市立大学 複合先端研究機構 副機構長

神谷 信夫 かみや のぶお

名古屋大学理学部卒業。同大学院博士課程修了。理学博士。高エネルギー物理学研究所放射光実験施設(PF)客員研究員、理化学研究所研究員/副主任研究員、理化学研究所播磨研究所(Spring-8)研究技術開発室室長を経て、2005年から本学大学院理学研究科教授、2010年から現職。2012年度朝日賞を受賞。

**中尾特命教授**／太陽電池は、冷却して温度を下げると変換効率が上がりますよね。それに注目して熱利用のハイブリッドが実用化されていますが、なかなか普及しない。そういった技術が洗練されてきたらもっと使えると思うのですが、人工光合成で燃料を製造する水素製造パネルも冷却しないといけないのですか？

**神谷副機構長**／太陽光パネルとは違って、人工光合成では化学反応を起こさせるので、溶液を循環させることで効率を上げる必要があります。初期のデバイスではポンプを使って溶液を回すことになるでしょうが、これはコストを上げる原因になるので、できるだけ溶液の循環にエネルギーを使わない工夫が必要です。しかしどんなにがんばってもエネルギー変換効率が100%になることはないので、多かれ少なかれ溶液の温度は上がります。この熱をどのように処理するか、その段階まできたら、ぜひとも相談にのっていただきたいと考えています。

**中尾特命教授**／暖房用なら約45℃、給湯なら約65℃で十分ですが、その循環させた結果として反応する温度がどのくらいのレベルが大変興味あります。多分、排熱処理のために冷却が必要ですね。冷却イコール熱の利用につながれば、たとえば、ポンプ動力が必要でも熱利用の方で大きなメリットがあればいい訳ですね？そういったシステム的なところでお手伝いできればと思います。

**神谷副機構長**／ぜひ、お願いします。必ずそういうことが問題になります。まだ私たちはデバイスのレベルですが、それでは話にならない。システムになって、かつ普及して初めて目標が達成される訳です。

熱利用のことも考えて、トータルのコストを睨みながら進めることになると思います。

**重川教授**／太陽光発電の弱点に、それ自身がエネルギーを蓄積できないという点があり、そのための蓄電池が必ず必要になってくる訳ですが、そう考えると、生物って偉大だなと思います。それ自体がエネルギーを発生するデバイスでもあるし、蓄積もできる。お聞きしたいのは、分子1個ずつを見ていくと機能特化しているが、割と早い段階で手間をかけずにさまざまな機能を同時に実現しているように見えます。

もちろん数十億年の進化の過程で、そういうレベルまで到

### profile

大阪市立大学 複合先端研究機構 特命教授

中尾 正喜 なかお まさき

1973年3月東京工業大学大学院理工学研究科制御工学専攻修了。博士(工学)  
日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所、日本電信電話株式会社、NTTフアンリテーズ、総合設備コンサルタントを経て、2004年4月より大阪市立大学工学研究科教授、2015年より現職。



達したと思いますが、人工的な無機物との違いをどう理解して、埋めていける可能性があるのかと思います。

**大嶋機構長**／確かに、生物ってはるかに高いシステムです。何を目標せば、そういうことができるようになるのでしょうか。

**神谷副機構長**／私は、そうではなくて、一つのタンパク質は基本的には一つの機能しか持っていないのですが、細胞ではものすごく多種類のタンパク質が集合していて、生物を考えるときは、この多種類のタンパク質の間のネットワークがどういうふうに制御されているかが実は大問題な訳で、生物が優れて見えるのは、同じ道具立てで、あるときはこの機能、別なときはネットワークを切り替えて別な機能を実現できる点にあると思います。

植物の葉っぱでは、あるときは太陽光エネルギーを化合物として蓄積し、別なときにはその化合物を燃やして活動するという2つの作業が行われますが、どちらの場合にもATPaseという分子が関与します。

人工光合成の材料としてシリコンや酸化チタンなどの無機物を考えるとして、生物材料との一番の違いはその特異性にあると思います。光触媒の酸化チタンではTiO<sub>2</sub>といった単位があり、それによって結晶構造ができていく訳ですが、結晶表面のある区画で起こる反応と別な区画で起こる反応が違っているということがあって、酸化チタンの表面で起こる反応の特異性はそんなに高くないということです。それをどうやって高めるかが、無機物の側から見た場合の、機能発現の効率を上げるための鍵だと思います。

そしてもう一つ付け加えると、生物はコストの上では、非常にコストがかかるシステムだと思いますよ。全体としては無駄ばかりです。

私が研究しているようなタンパク質の効率は、一個ずつで見ると非常に高いけれど、光合成全体で見ると100種類以上のタンパク質が関係している。そうすると、さまざまな部分でロスが出るし、そこで出てくる熱エネルギーは別なところで細胞を生かすために熱として利用されている。この人工光合成的に考えると無駄だと思われることは、生物的には実は無駄ではないという違いがあります。それを上手く切り分けないとけないですね。

**大嶋機構長**／無駄をうまく作り出すということですか？



### profile

大阪市立大学 大学院工学研究科 教授

### 重川 直樹 しげかわ なおてる

1984年3月東京大学理学部物理学科卒。1986年3月同理学系研究科物理学専攻修士課程修了。1986年4月から2011年9月までNTT厚木電気通信研究所(現先端集積デバイス研究所)にて化合物半導体ヘテロ接合デバイスの研究に従事。2011年10月より現職。博士(理学)。

**神谷副機構長**／光合成でも人工光合成でも、反応全体としては熱が必ず出ますが、その熱はムダではない。全部ではなくてもその一部は必ず使えるエネルギーのはずです。人工光合成でも、コジェネレーションと呼ばれるような考え方が必ず必要になると思います。

**宮田教授**／そうですね。このタンパク質をこう触ったら効率良くなるのではないかという点は多くありますね。それについては、20年位前から生体運動を含むすべての生命現象についての考え方が変わってきていて、以前はすぐれたシステムだという評価だったのが、今ではなぜこんなに出来が悪いのかという話になっています。今いる生き物はまだ進化の途中ということなのだと思います。

## 素晴らしい成果を踏まえて、今後の課題と夢を語る。

**大嶋機構長**／なるほど、どの研究も興味深いですね。最後に、今後の取り組みについてお聞かせください。

**重川教授**／貼り合わせに関しては、さまざまな異素材の接着についておもしろい結果が得られているところです。太陽光発電では、先ほど話題に出たようなエネルギーを蓄積するための蓄電池が今後の課題です。

**宮田教授**／新しく見つかった生体運動のしくみについて、さらに高解像度な理論とストーリーを作ることが重要だと思います。そして、もう一つは再構築。再構築しないと本当に分かったことにはならない。生体運動のなかで再構築できているのは、モータータンパク質で動く筋肉とか、昔から研究されているものですが、それ以外は再構築できていないので、生物学者の残された課題だと思います。

一つ私たちにとって運が悪いとも思えることは、より複雑なシステムをもった高等真核生物の方が、全体として複雑だからメカニズムも複雑だと考えられがちですが、それは実は逆で、分子レベルで見ると一つひとつが完全に特化しているので、実は昔から分かっている筋肉などのほうが簡単な系なのです。

その意味で新しい生体運動の再構築はより困難かもしれません。

### profile

大阪市立大学 大学院理学研究科 教授

### 宮田 真人 みやた まこと

1988年3月大阪大学理学部後期課程修了。博士(理学)。1988年より大阪市立大学理学部。2006年10月より現職。2000年3月から2001年3月までハーバード大学訪問学者。2003年10月から2007年3月まで科学技術振興機構さきかけ研究者。2012年7月より新学術領域「運動超分子マシナリーが織りなす調和と多様性」領域代表。



**大嶋機構長**／「サーマルグリッド」は、今後の社会実装はどういう範囲まで広げようとお考えですか？70%の省エネ技術ってすごいですよね？

**中尾特命教授**／対象は、冷凍機やボイラーといった大型の熱源をもった建物になります。そのような複数建物間で、例えば地下駐車場の使っていない空間を利用してループ状の配管を回して、各建物に熱を切り替え供給するルーターを構築し、一次エネルギーを最小化するような熱の融通をやるということです。

日本の都市で、中央熱源の建物が集中している地域では使えます。しかも、既設の街区で適用できるため社会へのインパクトが大きいですね。

サーマルグリッドについては、次のバージョンの研究をやりたと思っています。一つの配管の中に温度の違う水を次々と流していく。それを水のポケット輸送と呼んでいますが、そうすると配管の熱容量のロスが出て、水の先端部分の温度が変化してくる。これを解決する内断熱配管を構想しています。それが実現できたらすごいことになります。

たとえば、朝起きて顔を洗うときになかなかお湯が出ないということがありますが、配管の内側の断熱性がよくて熱容量が低ければ、割と早く暖かいお湯が出てくると。社会的にも貢献度が高いです。

その性能を上げるための素材を配管の内側にどうやって接着していくかという部分は重川先生にご相談したいですね。

それから、過去のプロジェクトですが下水の配管ネットワークは都市内に縦横に張り巡らされているので、下水のマンホールの直近にある建物で、下水を熱源にお湯をつくったり暖房するための機器開発をNEDOの事業で実施しました。これからはこの研究開発成果を普及させたいとも思っています。

**大嶋機構長**／どの先生のご研究も、根掘り葉掘り聞きたくなる内容でした。今日はさまざまな意見交換もできたようですし、複合先端研究機構の全体としての展望も見えたように思います。

## ■プロジェクト紹介

### 生体運動はこうして生まれ続ける!?

生きものは動きます。一見多様に見える生きものの動きですが、しかし、そのメカニズムを突き詰めると、私たちヒトを含めてほとんどのものが共通であることがわかります。すなわち、ミオシン、キネシン、ダイニンの“コンベンショナルなモータータンパク質”がATPの加水分解エネルギーを基にレールタンパク質の上を滑るのです。これらの力発生過程については数多くの優れた研究が行われ、相当の理解が得られました。ところが、近年のゲノム解析と可視化技術の進歩に伴い、生物の中には上記のものとは根本的に異なる生体運動メカニズムが数多く存在することが明らかになって来ました。私が代表を務める文科省新学術領域「運動超分子マシナリーが織りなす調和と多様性(略称:運動マシナリー)」では、これらのあまり研究されたことのない生体運動メカニズムを原子レベルまで明らかにすることを目指しています。生物の様々な運動メカニズムを理解することは、生命そのものの理解につながり、また、医療や産業のために重要な生き物をコントロールする方法にもつながると、私たちは考えています。

大阪市立大学では、新学術領域の総括班の事業として、有用な方法ではあるけれどもこのままでは失われてしまう、“急速凍結レプリカ電子顕微鏡法”の技術開発と解析、そして、質量分析による解析を、全国約50拠点に展開している領域研究グループに向けて提供しています。また大阪市立大学の研究班として、病原性細菌、モリクテス綱(class Mollicutes)の運動メカニズムを研究しています。モリクテス綱は、グラム陽性菌の低GCブランチの細菌が高等動植物に寄生することにより独自の進化を遂げた一群の細菌です。彼らは宿主免疫システムの標的となる、細胞壁と尻尾(すなわち、ペプチドグリカンとべん毛)を捨て、柔らかく身軽な体を手に入れました。そしてさらに徹底して宿主の免疫システムから逃れるために、カムフラージュの方法と、3つの全く異なる運動メカニズムを獲得したのです。私たちは1997年からモリクテス綱のこれら3つの運動メカニズムを研究しており、その研究は今まさに佳境に入りつつあります。昨年、私たちは、こ

#### profile

大阪市立大学 大学院理学研究科 教授

宮田 真人 みやた まこと

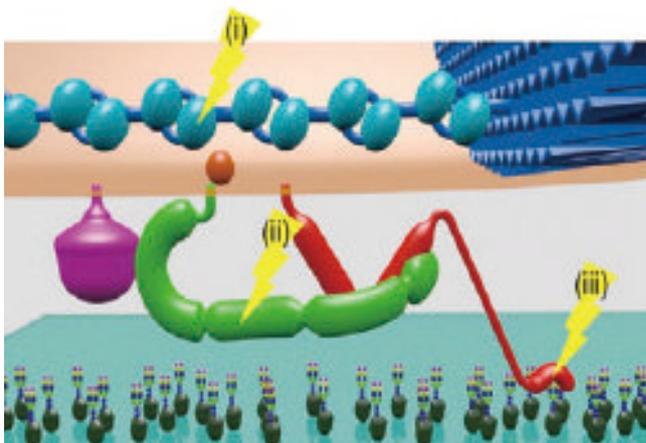
1988年3月大阪大学理学部 後期課程修了 博士(理学)、1988年より大阪市立大学理学部、2006年10月より現職。2000年3月から2001年3月までハーバード大学訪問学者、2003年10月から2007年3月まで、科学技術振興機構さきがけ研究者、2012年7月より新学術領域「運動超分子マシナリーが織りなす調和と多様性」領域代表。



れまでに得てきた実験結果をもとに、淡水魚の病原菌であるマイコプラズマ・モービレの滑走運動が、ほとんどの病原微生物が持つ‘接着タンパク質’と、全ての生物に存在し膜電位の維持に必須な‘ATP合成酵素’の偶然的接触により生じたのではないか、という提案を発表しました。(図はマイコプラズマ・モービレの滑走運動装置の模式図。上の青い数珠状の構造がATP合成酵素由来。肌色の部分が細胞内で、下の平面がガラスなどの固形物表面。(i)から(iii)の順に力が伝わる。)

Miyata M and Hamaguchi T (2016), Prospects for the gliding mechanism of *Mycoplasma mobile*. *Current Opinion in Microbiology*. 29, 15-21. PMID: 26500189. doi:10.1016/j.mib.2015.08.010.

Nakane D, Kenri T, Matsuo L, and Miyata M (2015), Systematic structural analyses of attachment organelle in *Mycoplasma pneumoniae*. *PLoS Pathogens*. 11, e1005299. PMID: 26633540. doi: 10.1371/journal.ppat.1005299



## ■プロジェクト紹介

### 動物の光受容の分子基盤と光遺伝学

人は光情報から外界情報の80%以上を得ています。眼の網膜に高密度に存在する光受容タンパク質であるロドプシン類が、光をキャッチすることが視覚の第一ステップです。視覚とは別に、多くの脊椎動物では、脳内や皮膚など眼以外の組織・器官にもロドプシン類が存在し、光を受容し、例えば生体リズムの光調節のような視覚以外（非視覚）の機能に利用しています。ヒトの場合も、数種類のロドプシン類が脳に発現しており、まだ機能はわかっていませんが、注目されています。私たちは、眼外や非視覚の光受容の分子基盤や機能についての研究を展開し、これまでに、様々な動物の非視覚オプシンは、眼外で機能するのに有利な特徴を持つことなどを見出しました [1, 2]。

最近、神経生物学において、光受容タンパク質を神経細胞に遺伝学的に導入し、光により神経細胞の活動を制御する手法が広く用いられて、光遺伝学として注目されています。これまでの光遺伝学では、一般に、光で駆動されるイオンチャネル活性をもつ「微生物型ロドプシン」を神経細胞に導入し、その神経細胞の「出口」を光により制御して、神経細胞の活動（膜電位変化）を光で操ります（図）。一方、動物のロドプシン類は、光依存的に情報伝達分子であるGタンパク質を活性化する「Gタンパク質共役型受容体(GPCR)」ですので、光遺伝学では、細胞の「入口」を光制御し、神経細胞だけでなく様々な細胞の活動を光で操れる可能性を持ち、注目されています [3]。しかし、動物ロドプシン類の発色団レチナールは、眼の中で酵素により生成する特殊な異性体型（11シス型）であり眼外には存在せず、光遺伝学にはあまり適さないと考えられてきました。

最近、私たちが見出したいくつかの「眼外」のロドプシン類は、「眼外」で機能するのに適した性質を有しています。すなわち、脊椎動物の視覚ロドプシン類が光を一度吸収すると再度光吸収できないのに対して、眼外のロドプシン類はもう一度光を受容すると元の状態に再生するので、何度でも光受容可能である性質を持ちます。その性質のために、たとえば、下

#### profile

大阪市立大学 大学院理学研究科 教授

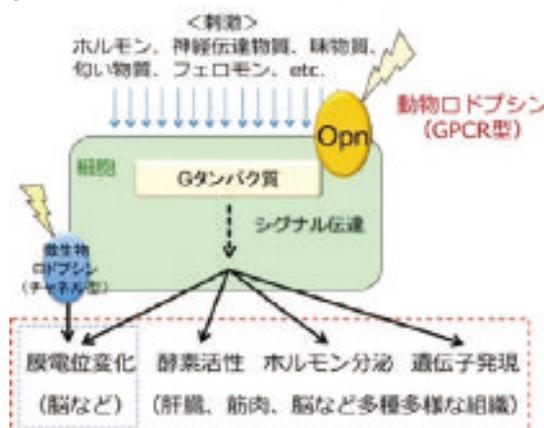
寺北 明久 てらきた あきひさ

1989年3月大阪大学大学院理学研究科終了（理学博士）。日本学術振興会特別研究員、科学技術庁基礎科学特別研究員（理研）、大分大（教育）助手、京都大（理）助手、助教授をへて2006年4月から現職。2013年4月より日本学術振興会学術システムセンター研究員（兼任）。



等な脊椎動物の脳内の光受容器官である松果体に存在するパラピノプシンとよばれるロドプシン類は、紫外光でGタンパク質を活性化し、可視光受容により即座にGタンパク質の活性化を停止するという分子特性があることが分かりました [4, 5]。また、Opn3というロドプシン類は、動物の全身にどこにでもある発色団レチナール（13シス型）を結合して機能でき、これらの動物のロドプシン類は光遺伝学的の有用なツールとして期待されます [6]。さらに、多様な無脊椎動物に、ユニークな性質のロドプシン類も見出し、それらも光遺伝学的なツールとして注目されるとともに [7, 8]、上述の眼外ロドプシン類とのキメラタンパク質を作製することで、様々な情報伝達系を光で制御できる可能性が期待されます。

- 1) Terakita A & Nagata T, Zoolog. Sci. 31, 653-659 (2014)
- 2) Koyanagi M & Terakita A, Biochim. Biophys. Acta 1837, 710-716 (2014)
- 3) Terakita A et al., In Optogenetics ed. Yawo H et al., pp77-88, Springer (2015)
- 4) Koyanagi M et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 101, 6687-6691 (2004)
- 5) Kawano-Yamashita E et al., PLoS One. 10, e0141280 (2015)
- 6) Koyanagi M. et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 110, 4998-5003 (2013)
- 7) Koyanagi M. et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 105, 15576-15578 (2008)
- 8) Nagata et al., Science 335, 469-471 (2012)



図：動物ロドプシンによる細胞の光遺伝学的制御の概略

## プロジェクト紹介

### 新しい創エネ・省エネデバイスの 実現を目指す異種材料貼り合わせ

2015年4月から複合先端研究機構において兼任研究員として「先端マテリアルプロジェクト」を進めています。このプロジェクトには理学研究科、工学研究科の教員からなる3つのグループが参加しているのですが、私は工学研究科・電子情報系専攻の金大貴教授、白藤立教授、梁剣波講師と研究グループ「ナノ構造シリコン基板上化合物半導体タンデム太陽電池の開発研究」を進めています。金先生は半導体ナノ粒子を使った新物性の探索、白藤先生は大気中プラズマの応用研究を進めておられます。お二人の研究内容の詳しいご紹介は別の機会に譲るとして、以下、私と梁講師の研究内容を紹介します。

研究内容は一言でいうと「異なる材料を接合する（貼り合わせる）ことにより新しい素子を作り、創エネ、省エネの観点から今までに無い機能を実現する」という物です。貼り合わせには真空中で試料表面にAr原子ビームを照射し活性化した後、荷重をかけて貼り合わせるという表面活性化ボンディング法を使用します。これまでSi太陽電池と化合物半導体（GaAs、InGaP等）太陽電池の貼り合わせによるハイブリッドタンデム太陽電池を作製し良好な特性を得ています[1]。更にパワーエレクトロニクスで注目を集めているSiCやGaN等のワイドギャップ半導体とSi、GaAsとの接合の基礎特性を評価しています[2]。

異なる半導体材料を接合する方法としては、かねてから、MBE（Molecular Beam Epitaxy）法あるいはMOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法を用いたヘテロエピタキシャル成長が知られています。これらの方法で半導体レーザー、発光素子（LED）、高周波で動作するトランジスタ等の様々な異種半導体接合デバイスが実用化されていますが、実現可能な異種半導体接合（ヘテロ接合）には

#### profile

大阪市立大学 大学院工学研究科 教授

**重川 直輝** しげかわ なおてる

1984年3月 東京大学理学部物理学科卒。1986年3月 同理学系研究科物理学専攻修士課程修了。1986年4月から2011年9月までNTT厚木電気通信研究所（現先端集積デバイス研究所）にて化合物半導体ヘテロ接合デバイスの研究に従事。2011年10月より現職。博士（理学）。



限りがあり、結晶構造、格子定数、熱膨張係数が大きく異なる半導体同士の接合の実現は不可能とは言い切れませんが非常に困難です。私たちのアプローチは「結晶成長が困難ならば貼り合わせてしまえ」というある意味安易な発想に基づいています。

古の賢人によると“バルク（結晶）は神が創り、表面は悪魔が創った（God made the bulk; surfaces were invented by the devil.）”そうです（Wolfgang Pauli）。固体物理学に詳しい方には周知のことと思いますが、異種材料の接合界面では原子の配置の規則性が失われているためにバンドギャップ中に高密度の界面準位が存在し、それが様々な悪い影響を及ぼすと予想されます。「貼り合わせで作られる界面を使って新機能実現を目指す」とは、物の理（ことわり）をわきまめぬ無知蒙昧な所業かもしれません。しかしながら“界面こそデバイス（The interface is the device.）”と喝破した賢人もいます（Herbert Kroemer）。接合後の熱処理によって、界面準位の影響を低減できることがわかってきました[3]。「異種半導体接合のメリットを最大限に生かしデメリットの影響を最小限にするような構造や使い方を探索したい」と考えています。

私たちの研究対象は今のところほぼ半導体に限られていますが、「貼り合わせで実現できる新たな機能」には私たち自身が気づいていない色々な可能性があるはずです。「こんな物、あんな事もできるのでは」的なご指摘を歓迎します。

[1]N. Shigekawa, et al. Jpn. J. Appl. Phys. 54, 08KE03 (2015).

[2]J. Liang, et al. Appl. Phys. Lett. 105, 151607 (2014).

[3]M. Morimoto, et al. Jpn. J. Appl. Phys. 54, 030212 (2015).

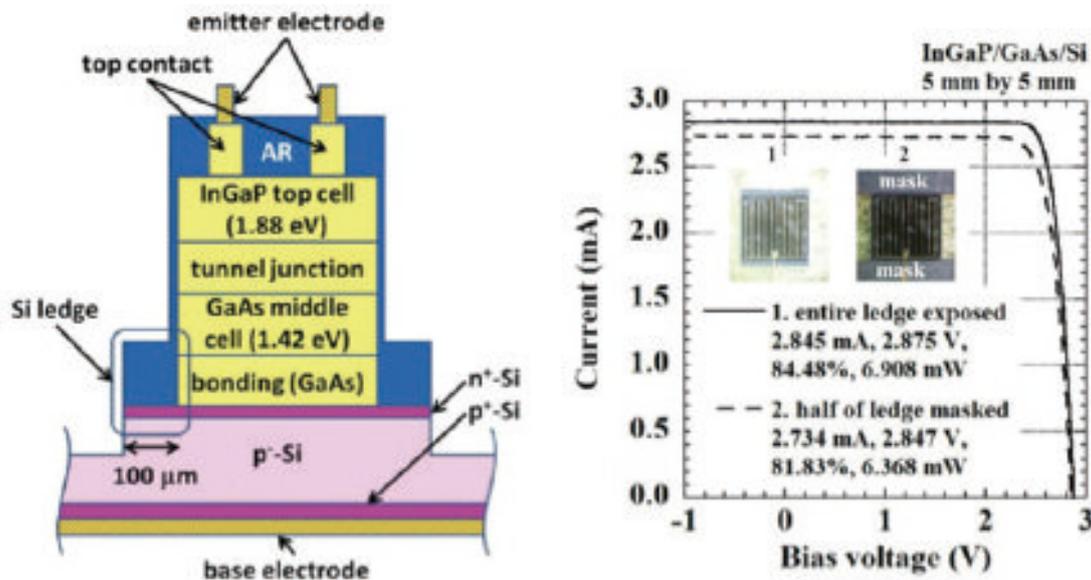


図 貼り合わせで作製したInGaP/GaAs/Si 3接合タンデム太陽電池断面構造(左)とその特性(右)[文献1]。

## ■プロジェクト紹介

### 有機結晶によるフォトアクチュエータの創製

分子構造が何らかの外部刺激によって可逆的に変化すれば、その分子を構成する物質の性質が可逆的に変化する。すなわち、そのような分子はスイッチング機能を有することになる。光によって可逆的に分子構造変化を示し、色が変わる現象をフォトクロミズムという。フォトクロミック化合物の中には着色状態が熱的に不安定なものや安定なものがある。多くの場合、溶液中だけでなく、高分子媒体中のように固体状態でもフォトクロミズムを示す。しかし、分子が規則正しく配列した結晶状態でもフォトクロミズムを示す物質は多くない。

図には、ジアリールエテン結晶のフォトクロミズムに伴う色変化を示している。ジアリールエテンの分子構造が異なれば、紫外光照射により黄色、赤色、青色、緑色など様々な色に変化する。着色した結晶は熱的に安定であり、可視光によって元の無色に戻る。これは分子構造の可逆な変化であるが、分子自身の大きな体積変化を伴わないことが特徴である。結晶中の光反応を単結晶X線構造解析により直接観察すると、光生成した着色異性体が元の構造のディスオーダーとして確かめられた。また、セル長は若干変化していることが確認された。このことは光反応に伴い結晶の変形をもたらすことを意味しており、小さな結晶を用いれば、バルク結晶の形状が変形すると考えられる。

2007年、微小なフォトクロミック単結晶の分子構造変化に伴う可逆な結晶形状変化を世界で初めて報告した[1]。厚みの薄い板状結晶では形状変形によって結晶の角度が変化し、棒状の結晶では屈曲が観察され、結晶形状の変化が機械的な動きへと結びついている。このようなフォトメカニカル現象は一般的にはまれであり、電気配線を必要とせず非接触に光エネルギーを力学的エネルギーに変換できることから、フォトアクチュエータとしての応用が期待される。しかしながら、それらの光誘起結晶形状変化は収縮、伸長、屈曲に限定され、より複雑なフォトメカニカル機能の創出が望まれる[2-5]。

光に応答して可逆的にねじれるジアリールエテン結晶も見出している[6]。光照射する結晶面に応じて、右巻きあるいは

#### profile

大阪市立大学 大学院工学研究科 教授

小島 誠也 こばたけ せいや

1996年本学大学院工学研究科後期博士課程修了(博士(工学))。米国オハイオ州立アクロン大学博士研究員、JST-CREST博士研究員、九州大学助手、本学助教授、准教授を経て、2011年から現職。2006~2010年JST-PRESTO兼任。日本化学会進歩賞、光化学協会賞などを受賞。



左巻きのもらせん状の結晶となる。らせん形成の鍵は対角方向への収縮・伸張に加えて、結晶変形するまでに誘導期が存在することである。複合的な要素が組み合わさることで、新規な機能を発現できる。結晶変形の耐性を上げるためには結晶を金属膜やポリマーでコーティングすることが考えられる。金をコーティングした結晶においても屈曲が認められ、電流のON/OFFスイッチングが実現できた[7]。

以上のように、分子の変形がマクロな結晶変形へと結びついており、このようなバルク結晶が微小領域でのフォトアクチュエータとして機能している。

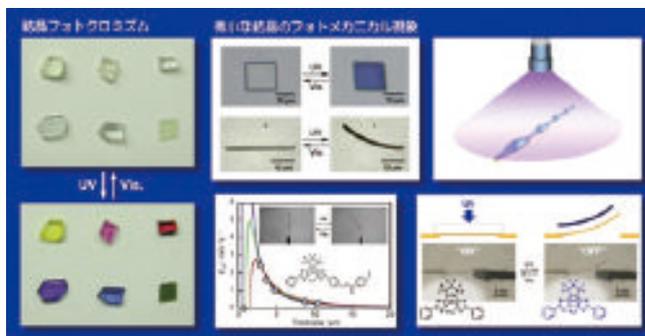


図 ジアリールエテンの結晶フォトクロミズムと微小結晶のフォトメカニカル効果の研究例

- [1] S. Kobatake, S. Takami, H. Muto, T. Ishikawa, M. Irie, *Nature*, 446, 778-781 (2007).
- [2] D. Kitagawa, S. Kobatake, *J. Phys. Chem. C*, 117, 20887-20892(2013).
- [3] D. Kitagawa, S. Kobatake, *Photochem. Photobiol. Sci.*, 13, 764-769 (2014).
- [4] D. Kitagawa, R. Tanaka, S. Kobatake, *Phys. Chem. Chem Phys.*, 17, 27300-27305 (2015).
- [5] D. Kitagawa, C. Iwaihara, H. Nishi, S. Kobatake, *Crystals*, 5, 551-561 (2015).
- [6] D. Kitagawa, H. Nishi, S. Kobatake, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 52, 9320-9322 (2013).
- [7] D. Kitagawa, S. Kobatake, *Chem. Commun.*, 51, 4421-4424 (2015).

# プロジェクト紹介

## 新規 $\pi$ 電子系共役化合物の創出と その機能探索

### 巨大精密分子の構築と機能探索

生命活動に要求される高度な機能を発現できる巨大分子が生体内部で活躍しています。例えば、植物の光合成系では10 nmを超える大きさのタンパク質複合体が重要な機能を担っています。タンパク質の構造を眺めると、機能を発現するために多数の原子が精密に配列されていることがわかります。私たちは、天然巨大分子に匹敵するサイズの巨大分子を人工的に合成できますが、構造の精密さという点では人工巨大分子は天然巨大分子の足元にも及びません。一方、小さなものを作る技術としては、微細加工技術があります。最先端の微細加工技術は、半導体表面に10 nmスケールの精密構造を構築できます。私たちの研究チームでは、10 nmスケールの分子を自在に創り出す技術の開発に取り組んでいます。精密に設計された巨大分子を創り出し、天然巨大分子と同レベルの機能を発現させることや金属端子と接続して単分子デバイスとして活躍できる巨大分子の創出を目指して研究しています。

私が注目しているのは、デンドリマーと呼ばれる分子グループに属する分子です。デンドリマーは中心から周辺部に向かって規則正しく分岐した構造を持つ精密巨大分子です。これまでに、柔軟な分岐鎖の中に剛直な直鎖共役鎖をもつ特徴的なデンドリマーを設計し、合成法を確立しました。現在、この分子が持っている柔軟さと剛直さを利用して、高度な機能を発現させることに取り組んでいます。これまでに、太陽光エネルギーを効率的に捕集できるアンテナ分子や光エネルギーを電気エネルギーに変換できる分子を創り出すことに成功しています。[1,2]これらの分子に含まれる剛直な骨格は、機能を発現するために必要な色素分子を三次元空間に精密に配列することに利用できます。例えば、図1のアンテナ分子では三種類のポルフィリン色素が精密に配列されています。その結果、分子の周辺部から中心部に向けて高い効率でエネルギーが移動します。さらに、剛直な骨格は共役鎖でもあるので、電子やエネルギーを効率よく移動させる経路として利用できます。デンドリマー構造を利用してさらに多種多数の機能性部位を精密配列することで、天然巨大分子に引けを取らないような機能を発現できる巨大分子を開発したいと思っています。

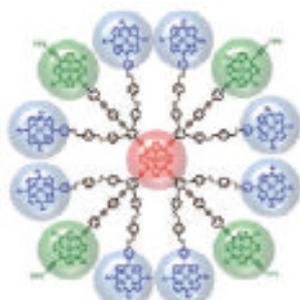


図1. 太陽光を捕集するアンテナ分子

### profile

大阪市立大学 大学院理学研究科 教授

小嵯 正敏 こざき まさとし

1994年総合研究大学院大学数物科学専攻修了1994年アラバマ大学博士研究員1995年サウスカロライナ大学博士研究員1997年大阪市立大学理学部助手1999年同大学理学研究科講師2005年同大学理学研究科助教授2015年より現職

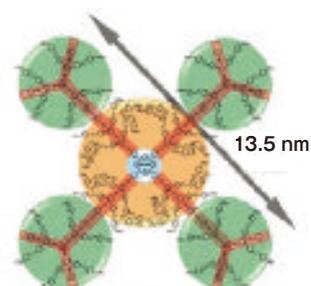


これまでデンドリマー構造を利用して多くの機能性巨大分子を構築してきました。一方、最初に述べたタンパク質複合体では、複数の巨大なサブユニットが複合体を形成して高度な機能を発現しています。同じように、複数の人工巨大分子を集積して集積体を構築する

ことで、単独の分子では実現できない高度な機能が発現できると考えています。そのためには、巨大な分子を思いどおりの配列に集積できる技術が必要です。そこで、先に述べたデンドリマーの剛直な骨格の表面末端どうしを結合させて、巨大なデンドリマー複合体を創り出すことに挑戦しました。[3]この方法では適当な数・配向の共役鎖をもつデンドリマーを用いることで、分子モデルを組み立てるように巨大分子集積体を構築できます。巨大分子どうしを結合するのは予想以上に大変でしたが、数多くの反応条件や分離条件を根気よく検討して対角長が10 nmを超える巨大なデンドリマー集積体を得ることに成功しました。(図2)巨大な分子どうしをつなぐ技術を改良した結果、現在では全長約50 nmのデンドリマー八量体を合成できるようになりました。[4]図3に示したように、この分子は高温では伸びた構造をしています、低温では折りたたみ構造をしています。剛直な共役鎖は八量体の高次構造変化に伴って特徴的な吸収スペクトル変化を示します。そのため、八量体の高次構造をモニターするのに役立ちます。現在、デンドリマー集積体の特異な高次構造変化を利用して、新奇的な機能を発現させようと研究しています。今後、多くの方々と協力して魅力ある巨大分子を創出したいと思っています。

参考文献

1. A. Uetomo et al. *J. Am. Chem. Soc.* 2011, 133, 13276.
2. M. Kozaki et al. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 2010, 83, 1223.
3. M. Kozaki et al. *J. Org. Chem.* 2012, 77, 9447.
4. S. Nishioka et al. *Org. Lett.* 2015, 17, 2720.



$C_{1188}H_{1070}N_4O_{56}$  MW: 16,299

図2. 十字型のデンドリマー集積体



図3. デンドリマー八量体の高次構造変化

## プロジェクト紹介

### マテリアルイノベーションに向けた 分子スピン量子技術

量子状態の特性を活かす量子コンピュータは、情報処理演算能力の飛躍的な向上が期待されることから次世代情報処理技術として注目され始めています。今日の情報機器で扱われるような0又は1の2進数をのみで記述するビットとは異なり、2単位の量子状態を量子ビットとして扱うことにより、重ね合わせや絡み合い状態など量子状態に特有な性質を用いて超並列化や情報検索など効率的な情報処理システムを構築することが可能です。また、量子状態の複製が不可能であることを利用して安全性の高い情報通信を可能にするなど、新たな量子情報化社会への潮流が既に始まっています。他方、量子コンピュータにおける演算は可逆(リバーシブル)な過程であるため、A(始状態)からB(終状態)への一方通行だけでなく、BからAへの逆方向の演算も可能です。これは、演算処理の過程で情報ロスのない高効率の情報処理システムとして無駄を抑えた理想的な回路モデルとして理解することができます。スマート/サステイナブル都市を目指す社会にとって、量子コンピュータが有効なエネルギー活用への端緒になると言っても過言ではないでしょう。

量子コンピュータの研究は、1985年のR. P. Feynman, D. Deutschの理論的考察に始まりますが、1994年にP. W. Shorが素因数分解を高速に解ける量子アルゴリズムを発見したことが大きなブレークスルーとなりました。以来、量子アルゴリズムの開発を含め、量子演算処理に対する理論を中心に活発に議論されるようになりました。近年では、理論的な考察を実現するために、実在する物理系の量子ビットを制御して情報処理を行うことが重要な課題の一つとなっています。制御する量子ビットに提案されている代表的なものとして光子・半導体量子ドット・超伝導磁束・電子/核スピンなどがありますが、情報リソースとして用いるために量子ビット数の増大や制御技術の開発、さらには異なる量子ビットを組み合わせたハイブリッドシステムへの展開が進められています。

私たちは、分子内の不対電子や核スピンがもつ量子性に着目し、それらを量子ビットとして利用する量子情報処理の実現・応用に向けた研究を進めています。本プロジェクト研究では、不対電子をもつ開殻系分子の電子スピン物性を活用する量子機能の情報技術化、及び効率的なエネルギー再生技術の創出に向けて、我々のもつパルス電子スピン多重磁気共鳴の知識を活かして新規分子スピン系の機能評価技術・活用技術を開発し、分子技術の高度化(量子技術化)と高度情報社会におけるエネルギー問題解決への糸口を探りたいと思っています。

パルス磁気共鳴法は、静磁場中にあるスピン系に輻射場(マ

#### profile

大阪市立大学 大学院理学研究科 教授

佐藤 和信 さとう かずのぶ

1994年3月大阪市立大学大学院理学研究科後期博士課程修了/博士(理学)取得。1994年4月より大阪市立大学理学研究科・理学部で助手・講師・助教授を歴任。2006年4月より現職。2015年より複合先端研究機構兼任研究員。



イクロ波, 或いはラジオ波)パルスを照射することによって生じるスピン量子状態の時間依存性からスピン系に存在する磁氣的相互作用や緩和過程を評価する分光法です。NMRの実験手法に代表されるように、さまざまな相互作用を詳しく観測するために、目的に応じて最適化されたパルス系列を照射することが可能であり、多次元的な分光手段を提供します。逆にいえば、分子内の電子スピンや核スピンのスピン状態を量子化された情報として扱う際には、パルス磁気共鳴技術を用いて電子・核スピンの状態制御することがその情報変換につながることを意味します。輻射場の強度を制御することにより、異なるスピンをまとめて回転させることや制御するスピンを選択することができるため、スピン量子状態を変換する処理回路(量子ゲート)の役割を持たせることが可能となります。私たちは、これまでパルス磁気共鳴技術を用いて、電子スピンと核スピンの絡み合った状態の評価、半整数スピン角運動量( $S=1/2$ )を持つ電子スピンや核スピンの $4\pi$ 周期性(スピノール性)の実証、2つの電子スピンの一方だけの選択制御(2量子ゲート操作)を実現してきました[1-4]。また、電子スピン状態を精密制御するために必要な実在スピン系の評価、パルス設計と技術開発を進めています。分子量子情報処理・量子コンピュータのための量子制御(分子スピン量子サイバネティクス)を実現するために、開殻分子系の高精度量子化学計算や磁気パラメータの計算を通して量子状態制御に適うように分子スピン系の最適化を行い、新しいパルス磁気共鳴技術(コヒーレントマイクロ波多重共鳴技術)と分光手法・スピン量子制御手法の確立に向けて研究を展開したいと思います。

- 1) K. Sato, Y. Morita, T. Takui et al., *J. Mater. Chem.*, 19, 3739- 3754 (2009).
- 2) S. Nakazawa, K. Sato, Y. Morita, T. Takui et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 51, 9860-9864 (2012).
- 3) S. Yamamoto, K. Sato, T. Takui et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 17, 2742-2749 (2015).
- 4) S. Nakazawa, K. Sato, Y. Morita, T. Takui et al., *Chap. 28 in Principles and Methods of Quantum Information Technologies*, Springer Japan, 605-624 (2016).

# プロジェクト紹介

## 都市の熱エネルギー有効利用

我国の都市において、熱の消費は相変わらず化石燃料に大きく依存しています。一例を挙げると民生部門（業務、家庭）の給湯・暖房における依存率は90%前後であり、その総量を発電に使用すればその発電量は我国全体の約二割に相当するほどです。暖房用に45℃程度の、給湯用に65℃程度の熱を生成するために、化石燃料を燃やしているのはあまりに「もったいない」と言わざるを得ません。

都市エネルギーのプロジェクトでは、この「もったいない熱の供給」方法について、都市の視点で見直し、都市の熱需要を都市内の未利用熱で賄うための研究開発を進めています。今年度完了予定のテーマを含めて紹介します。

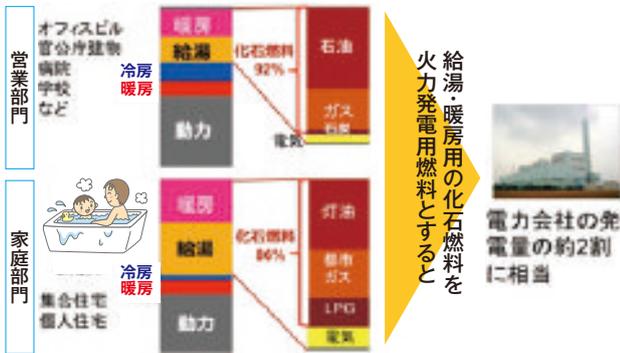


図1 業務・家庭部門の年間最終エネルギー消費量(2010)  
資源エネルギー庁(2010)より作成

### サーマルグリッド(熱版スマートグリッド)

サーマルグリッドは複数建物間で熱を双方向に自在に融通するシステムです。サーマルグリッドのシステム研究開発の第一弾として、二重のループ配管を用いるシステム(図2)を研究開発しました(環境省事業(代表:中尾、FY2012~2015))。サーマルグリッドは各建物に空調用熱源(冷凍機)が設けられている街区において適用します。複数建物間に熱を自在に融通するため、ループになっている配管とルーターと呼ぶ熱の流れの切り替える装置を設けます。対象建物群の熱エネルギーモデルを構築して、1次エネルギー消費量を最小化する制御システムを構築しています。各建物の熱源設備が協力してエネルギー消費量

### profile

大阪市立大学 複合先端研究機構 特命教授

中尾 正喜 なかお まさき

1973年3月東京工業大学大学院理工学研究科制御工学専攻修了。博士(工学)  
 日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所、日本電信電話株式会社、NTTファシリティーズ、総合設備コンサルタントを経て、2004年4月より大阪市立大学工学研究科教授、2015年より現職。



を大幅に削減しようとする最適化制御システムです。

本研究開発成果である二本のループ配管とルーターからなるサーマルグリッドは大阪国際見本市会場(インテクス大阪、図3)を対象として社会実証中(環境省事業、代表:大林組、図4)であり、現在詳細検証中ですが2015年の夏期の冷房用エネルギー消費量は本システムを適用すると最高で7割、平均でも5割程度1次エネルギー消費量を削減する効果を得ています。

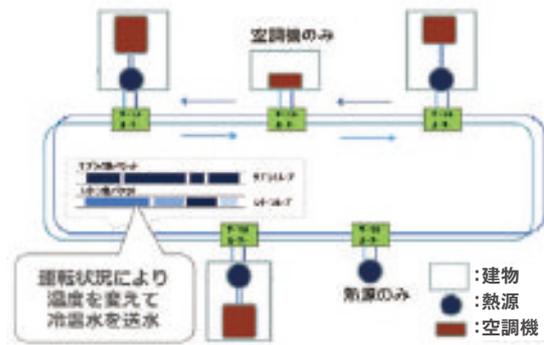


図2 ダブルループ型サーマルグリッドの構成

サーマルグリッドは熱を複数建物間で自在に融通する仕組みであり、今後、人工光合成により生成された水素エネルギーや廃棄熱エネルギーを都市建築に実装していく上で、その果たす役割は大きいと確信しています。

今後、サーマルグリッド開発時に研究に着手したパケット熱搬送技術を継続して研究し、新たな形態のサーマルグリッド研究と共に内断熱配管などの要素技術の研究も進める予定です。



図3 大阪国際見本市会場へサーマルグリッドを社会実装<sup>(1)</sup>



図4 独立熱源の6建物へのサーマルグリッドの適用

## 下水バイオガスの有効利用システム

本研究開発は下水処理場におけるメタン発酵設備の低炭素化を目標とした環境省事業(代表:大阪市立大学、貫上教授、FY2013~2015)です。メタン発酵設備は下水汚泥を消化槽に投入し、消化槽を一定温度に加熱して下水バイオガスを生成する設備です。このエネルギーの流れは図5のようになっています。これまでの消化システムでは生成したバイオガスの45%程度を消化槽加熱のために消費していました。

本研究開発実証事業では、図6のように、消化槽から排出される汚泥や下水処理水からの回収熱と太陽熱により消化槽を加熱します。これにより生成したバイオガスの利用可能量を最大化することを目論んでいます。2015年度末に実証試験を終えた後は社会実装へ向けた案件形成を目指します。

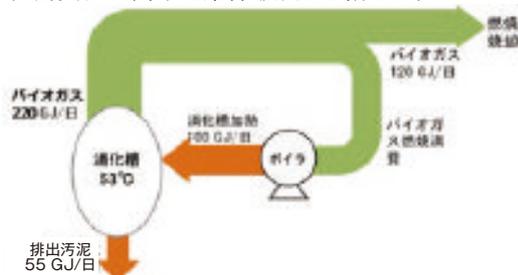


図5 従来の消化槽加熱方式(数値は概念説明用)

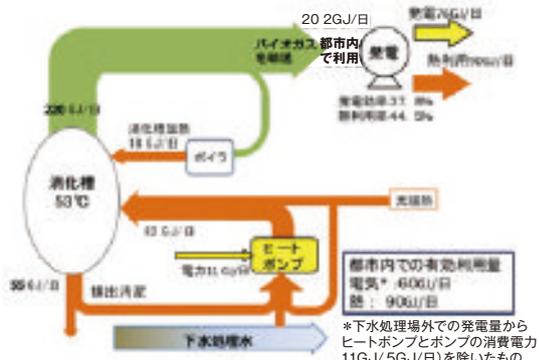


図6 排出汚泥などによる消化槽加熱方式

## 帯水層蓄熱システム

2015年度より新たに取り組んでいる帯水層蓄熱(図7)の研究開発プロジェクト(環境省から受託、代表:関西電力)を紹介します。欧米では帯水層蓄熱の普及が進んでいますが、我国は

遅れています(図8)。

我国で帯水層蓄熱が普及しない原因として、還元井戸の経年による流量低下、揚水ポンプ動力の問題、大都市域での揚水規制、経済性などがあります。普及へ向けこれらの課題解決に取り組みます。

我国の複雑な地層構造でも適用でき揚水・還水性能の高い井戸構造の開発、地盤沈下リスクの軽減策、本学と関西電力が共同で基礎研究を進めてきた電力負荷準化のための昼夜間蓄熱利用技術、低炭素化のための空調制御システム開発などを、共同実施者(関西電力、環境総合テクノス、ニュージェック、森川鑿井、三菱重工)と進めます。学内は理学研究科三田村教授、工学研究科大島教授、西岡教授が参画しています。プロジェクトで取り組む研究課題は次の通りです。

### (1) 高性能な熱源井戸の開発

#### ① 完全密閉井戸構造の実現

#### ② 熱源用高性能井戸に最適な掘削工法

・グラベルサイズの選定方法

・スクリーンの形状・材質

#### ③ モニタリングによる適切な維持管理

### (2) 揚水ポンプ動力低減

#### 落水防止構造を持たせた完全密閉構造の実現

### (3) 大都市域での揚水規制

・揚水、還元を周期的に行う場合の沈下量低減予測

・複数の揚水・還元井戸の配置による沈下量低減

### (4) 経済性向上のため昼夜間蓄熱機能の付加

・季節間蓄熱に加えて、電力負荷準化のため昼夜間蓄熱



図7 帯水層蓄熱システム

図8 帯水層蓄熱の導入設備容量の国際比較<sup>(2)</sup>

文献:

### 1) インテクス大阪HPより引用、

<http://www.intex-osaka.com/jp/use/guide/reason.html>

### 2) 特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会ホームページ

(2015), <http://www.geohpaj.org/introduction/index1/disadv>

## 活動報告

### The 2014 OCARINA Annual International Meeting (平成26年度複合先端研究機構年次総会)開催報告

#### 招待講演

Licheng Sun(Department of Chemistry, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, SE, Professor)

阿部 竜(京都大学・教授)

松岡 雅也(大阪府立大学・教授)

吉田 朋子(名古屋大学・准教授)

池田 茂(大阪大学太陽エネルギー化学研究センター・准教授)

成川 礼(静岡大学・講師)

中澤 昌美(大阪府立大学・助教)

辻 敬典(筑波大学・助教)

山下 栄次(株富士化学工業/COIT プロジェクトリーダー)

#### 学内招待講演

橋本 秀樹(複合先端研究機構・教授/プロジェクトリーダー)

南 繁行(複合先端研究機構・特任教授)

中臺 枝里子(複合先端研究機構・テニュアトラック特任准教授)

山口 良弘(複合先端研究機構・テニュアトラック特任准教授)

増川 一(複合先端研究機構・特任准教授)

小島 誠也(工学研究科化学生物系専攻・教授)

重川 直輝(工学研究科電子情報系専攻・教授)

中尾 正喜(工学研究科都市系専攻・特命教授)

浜口 祐(理学研究科生物地球系専攻・特任助教)

廣津 昌和(理学研究科物質分子系専攻・准教授)

寺北 明久(理学研究科生物地球系専攻・教授)

佐藤 和信(理学研究科物質分子系専攻/理学部化学科・教授)

鈴木 修一(複合先端研究機構・特別研究員/理学研究科物質分子系専攻・講師)

2015年3月4, 5日の日程でThe 2014 OCARINA Annual International Meetingを本学学術情報総合センターにて開催しました。複合先端研究機構では、これまで「都市の次世代エネルギー開発、環境保全・地盤防災」を課題として、特に「光合成研究、そして太陽光からの次世代エネルギー」をメインにして研究活動を行ってきました。今回開催された年次総会は、これまで複合先端研究機構が進めてきた研究活動を総括するものであり、国内外で光合成・人工光合成研究を精力的に行われている多くの研究者の招待講演が行われました。そして、複合先端研究機構のさらなる発展に向けた新規プロジェクトの提案が行われ、盛大のうちに閉会しました。



### マイケル・ノーベル博士招へい記念国際シンポジウム

#### 基調講演

マイケル・ノーベル (Michael Nobel) 博士  
(大阪市立大学・特別客員教授)

大阪市立大学は、海外著名研究者招へい事業の一環として、マイケル・ノーベル博士を特別客員教授として招へいしたことを記念して、平成27年10月28日(水)に本学田中記念館にて、触媒学会バイオマス変換触媒研究会との共催で国際シンポジウムを開催しました。

ノーベル賞創設者であるアルフレッド・ノーベルの曾甥にあたるマイケル・ノーベル博士は、幅広い研究分野において世界を舞台に活躍されています。ノーベル財団の理事長などを歴任する一方で、研究者としてアルバート・アインシュタイン賞など数多くの受賞歴を有しておられます。

シンポジウムでは学内外から112名の参加者があり、ノーベル博士は”The Innovative Genius of the Nobel Brothers and the Nobel Prizes”という演題で、ノーベル家の優性の起源、ノーベル賞について、そしてAlfred Nobelの背景について、多くの貴重な資料を見せながらジェスチャーを交えてご講演されました。

シンポジウムの後半は招待講演として、人工光合成研究の第一人者として数えられるスウェーデン王立工科大学のリッチェン・スン教授、触媒学会バイオマス変換触媒研究会から富重教授、原教授を迎え、参加者とともに活発な討論が行われました。

今後、ノーベル博士とは、人工光合成研究センター内に「再生可能エネルギー研究室」を設置し共同研究活動を開始するとともに、博士のグローバルなネットワークを通じて、さらに海外の大学との連携が深められるものと期待されています。

#### 招待講演

Licheng Sun(スウェーデン王立工科大学化学研究科・教授)  
富重 圭一(東北大学大学院工学研究科・教授)  
原 亨和(東京工業大学資源化学研究所・教授)



## OCUテニュアトラック研究討論会

平成27年12月4日にグランフロント大阪 ナレッジキャピタルタワーC8階カンファレンスルーム(C03+C04室)にて、「OCUテニュアトラック研究討論会」が開催されました。この討論会は、本学が国際公募で採用した5名のテニュアトラック教員が各々の研究分野のセッションを設けて、学外の専門家を招へいし、先進的研究の討論を行い、若手教員の研究を更に発展させるものです。複合先端研究機構からは中臺枝里子テニュアトラック特任准教授、山口良弘テニュアトラック特任准教授、麻生隆彬テニュアトラック特任講師の3名が参加しました。発表会は宮野道雄副学長の開会挨拶に始まり、各招へい講演者の先進的な研究に対する活発な討論が行われました。大嶋寛機構長による激励と今後の活動への期待を込めた閉会の挨拶で、盛大のうちに終了しました。



## OCARINA セミナー

複合先端研究機構の研究者が学外からの研究者と議論し、研究成果を発表する場として、「OCARINAセミナー」を開催しています。国内外のリーディングサイエンティストを招待して不定期に行う講演会だけにとどまらず、見学会のようなPR活動の開催まで、幅広い活動をしています。

第22回	開催日	2015年2月20日	会場	2号館 220B
	ゲスト	Tilo Mathes(Free University of Amsterdam)		
	テーマ	「Translating light into biological information: Photoactivation and signal transduction of BLUF photoreceptors」		
第23回	開催日	2015年5月28日	会場	大阪市住之江区南港北
	見学会	「Aspen Accord Japan2015来阪、サーマルグリッドセミナー&見学会」		
第24回	開催日	2015年8月3日	会場	理学部 第6講義室
	ゲスト	柴田敏史 博士(長崎大学 医歯薬学総合研究科 口腔病原微生物学)		
	テーマ	「滑走細菌Flavobacterium johnsoniae の滑走運動マシナリー」		
第25回	開催日	2015年9月30日	会場	理学部 第6講義室
	ゲスト	川崎 一則 博士(産業技術総合研究所)		
	テーマ	「細胞膜や水中のナノ構造体を急速凍結レプリカ法でみる」		
第26回	開催日	2016年1月12日	会場	理学部 第10講義室
	ゲスト	木下佳昭先生(学習院大学自然科学研究科生命科学)		
	テーマ	「真核生物・原核生物のべん毛とは異なるアーキアべん毛の運動研究」		
第27回	開催日	2016年1月14日	会場	理学部会議室B102
	ゲスト	岡 直宏先生(徳島大学 生物資源産業学部(仮称)設置準備室 講師)		
	テーマ	「陸上における海藻培養の技術開発と多角的利用」		
第28回	開催日	2016年2月23日	会場	理学部 第6講義室
	ゲスト	伊藤 繁先生(名古屋大学名誉教授・名古屋工業大学客員)		
	テーマ	「光合成光反応の原理と進化を探る」		

詳しくはWebサイトをご覧ください。

## 大阪市立大学 複合先端研究機構 沿革

- 2008(H20)年3月 設立記念国際シンポジウム開催
- 2008(H20)年4月 学内重点研究(H20-H23)開始
- 2008(H20)年12月 太陽光エネルギーの有効利用に関するワークショップ開催
- 2010(H22)年3月 第1回国際シンポジウム開催
- 2010(H22)年3月 規程の施行(正式部局としての活動開始)
- 2010(H22)年10月 2号館研究施設オープン
- 2010(H22)年11月 2号館開所記念講演会開催
- 2010(H22)年12月 第2回国際シンポジウム開催
- 2011(H23)年3月 第3回国際シンポジウム—角野メモリアル—開催
- 2012(H24)年3月 年次総会開催(兼 学内重点研究(H20-H23)終了報告会)
- 2012(H24)年4月 学内重点研究(H24-H25)開始
- 2012(H24)年7月 理系学舎C棟竣工、一部入居
- 2013(H25)年3月 第4回国際シンポジウム開催
- 2013(H25)年4月 専任教員2名新採用

### 2013(H25)年6月 人工光合成研究センター オープン

- 2014(H26)年2月 理系新学舎一部入居
- 2014(H26)年2月 テニユアトラック教員1名新採用
- 2014(H26)年3月 テニユアトラック教員1名新採用
- 2014(H26)年3月 第5回国際シンポジウム開催
- 2014(H26)年4月 テニユアトラック教員1名新採用
- 2014(H26)年4月 学内重点研究(H26-H27)開始
- 2015(H27)年3月 第6回国際シンポジウム開催
- 2015(H27)年4月 専任教員1名新採用
- 2015(H27)年4月 新規に3プロジェクトがスタート



## 複合先端研究機構

〒558-8585

大阪市住吉区杉本 3-3-138 杉本キャンパス

電話：06-6605-3111 FAX：06-6605-3636

<http://www.ocarina.osaka-cu.ac.jp/>

