

# OCARINA通信

The OCU Advanced Research Institute for Natural Science and Technology

## —特別企画—

テニュアトラックの現状と今後の展開

「文理融合の研究環境を生かして、研究者として教育者として大きく成長したい」。  
テニュアトラック普及・定着事業として迎えた研究者との対談。

## —研究紹介—

福島 佳優 複合先端研究機構特任助教

「光化学系IIの反応中間体の立体構造解析に向けて」

増川 一 複合先端研究機構 特任准教授

「シアノバクテリアのニトロゲナーゼを利用した水素生産性の向上」

山口 良弘 テニュアトラック特任准教授

「細菌はなぜ toxin-antitoxin system を有するのか？」

野地 智康 複合先端研究機構特任講師

「酸素大気下での人工光合成を可能とする「ガラスの葉」を作る」

## —施設紹介—

人工光合成研究センター分析機器施設

## —活動報告—

The 2013 OCARINA Annual International Meeting  
(平成25年度複合先端研究機構年次総会)開催報告

OCARINA セミナー

第1回「大阪市立大学 テニュアトラック教員 研究発表会」

木下 佑一氏  
デザイン・イラスト

# VOL.4

## ■特別企画 テニユアトラックの現状と今後の展開

「文理融合の研究環境を生かして、研究者として教育者として大きく成長したい」。

テニユアトラック普及・定着事業として迎えた研究者との対談。



1

2014年からスタートした大阪市立大学のテニユアトラック普及・定着事業。これは優秀な若手研究者が自立して研究できる環境の整備を促進するため、文部科学省が実施している事業であり、大阪市立大学としては初めての試みです。

複合先端研究機構に所属された3人のテニユアトラック教員と、宮野副学長、メンター教員の天尾教授の座談会の様子をご紹介します。

### 文理融合の素地をもつ大学ならではの、幅広い公募分野。

**宮野副学長**／公立大学ではテニユアトラック事業に採択された大学は稀であるなかで、本学にそういったチャンスが与えられたことはとても光栄なことですし、このように優秀な先生方をお迎えできて大変嬉しく思っています。

本学が採択された理由について私なりに理解しているのは、主要な国立大学に比較して大学の規模としてはそれほど大きくはないものの、文系から理系まで幅広い研究分野がバランスよく展開されており、文理融合の素地があるということ。そして、テニユアトラック教員が所属されている複合先端研究機構と都市研究プラザがどちらも先端的な研究を担って

おり、同時に海外からの研究員を受け入れるなど、海外との研究交流が盛んであることも大きな要因ではないかと思っています。

3人の先生方は、複合先端研究機構に所属されて、ほぼ1年が経過しましたが、本学の印象や研究に関する課題や抱負についてお聞かせいただきたいと思います。

**天尾教授**／テニユアトラック事業が採択されたのが平成25年の8月。すぐに募集を始めましたが、先生方にとっては準備期間が非常に短くご苦労されたのではないかと思います。そんななかで、本学に応募された動機を教えてくださいませんか？

**中臺准教授**／公募された時期は、私が学位を取得して10年目

を迎えようとしていた頃でした。テニュアトラック制度の応募期限は学位取得から10年以内。そろそろ将来を見据えて独立したいと考えていたところに、本学に所属されている西川先生が線虫研究者のメーリングリストに公募の情報をポストされたのです。募集分野は、私のメインの研究とは少し違う分野ではあったのですが、西川先生も同じ線虫をモデル動物として扱っておられるので、私の研究テーマも受け入れていただけるのかなと思って応募しました。

**山口准教授**／私の場合は、アメリカに8年間おまして、このままアメリカに残って永住権を取るか、日本に帰るかという選択の時期でした。現地では独立して研究されている方が多く、私も同様に自分のプロジェクトを立ち上げて研究したいという希望がありまして、いろいろと探すなかで大阪市立大学の公募を見つけたのです。

その際に英語のウェブサイトがあったので、国内だけでなく海外からの応募者の受け皿もあるのだろうと思い、応募しました。

**天尾教授**／実は、皆さんの面接のときに私も立ち会ったのですが、山口先生は英語でプレゼンテーションされていたのが非常に印象的でしたね。

麻生先生は、化学分野ということで非常に競争率も高かったのですが、どのような経緯で応募を考えましたか？

**麻生講師**／お二人と同じように、私も独立する環境を探していました。前職は東京理科大学で助教を5年間務めていましたので、次は独立しようとテニュアトラックの公募にフォーカスしてずっと探していたのです。独立するためには、潤沢な資金が提供されるテニュアトラック制度がよいと思いましたので。本学の場合は化学のなかでも公募分野がとても広く、私が研究しているバイオマテリアルでも応募してよいのだろうと思って出してみたのです。

**宮野副学長**／やはり皆さん、独立がきっかけになっているようですね。テニュアトラック事業は、研究者の方が自立して研究できる環境をつくるということが目的ですから、ご希望に合っ

ていると思います。公立大学ということで、迷いを感じることはありませんでしたか？

**麻生講師**／理系も文系もある総合大学ですし、他の国立大学と比較しても遜色ないのでそういった抵抗はなかったです。

**山口准教授**／アメリカにいたときは州立大学でしたし、自分の研究をさせていただけるなら、母体についてはあまり気になりませんでした。

**中臺准教授**／公立大学ということは特に気にしていませんでしたが、九州出身であるため、大阪市立大学についてほとんど情報がありませんでした。しかし、関西出身の夫に聞いてみると「総合的でいい大学だよ」という意見をもらいましたので応募したのです。

## テニュアトラック事業制度によって、さらに研究テーマが広がる。

**天尾教授**／とてもありがたいご意見ですね。それでは皆さん、それぞれの研究分野の紹介をお願いします。

**中臺准教授**／非寄生性の線虫で*C.elegans*というモデル動物がいます。体長が約1mmくらいなのですが、それを使って生体防御に関する研究を行っています。私たち人間も含めて危険を神経系、感覚で察知することは一種の生体防御であり、線虫を使って危険を察知して回避する行動を解析しています。その他にも、感染に対する生体の応答について、個体細胞や分子レベルでのメカニズムを研究しています。

**山口准教授**／私は微生物の中でも、細菌を使った研究です。細菌というとあまり良いイメージがありませんが、細菌自身が自分を殺してしまうような毒素を作り出していることが最近になって分かってきました。現在見つかっているほぼすべての細菌が同様の毒素を持っているのですが、その理由は解明されていません。また、その毒素の標的がそれぞれに異なっていて、標的の研究も非常におもしろい。それを上手く利用すれば、



## ■特別企画



### profile

大阪市立大学 理事・副学長

**宮野 道雄** みやの みちお

1980年3月東京都立大学大学院工学研究科博士課程単位取得満期退学、工学博士。1985年大阪市立大学専任講師、その後、教授、生活科学研究科長・生活科学部長を経て2010年から現職。主な著作に「東日本大震災 ボランティアによる支援と仮設住宅」(建邦社2014年)、「長周期地震動と建築物の耐震性」(日本建築学会2007年)、「防災事典」(築地書館2002年)、「阪神大震災一はや5年まだ5年一」(学芸出版社2000年)などがある。

応用研究としてHIVや癌の治療法にもつながるのではないかと考えています。

**麻生講師**／高分子系のバイオマテリアルの研究を行っています。基本的には、人の体の中で使う、もしくは、人の体と接して使う材料を化学的にどう設計するか。最終的には大きな目標として、人工筋肉の研究をしたいと考えています。

**天尾教授**／3人の先生方は、いまは複合先端研究機構の各部署や連携部署に配属されて、いずれは、それぞれ新しい研究分野を確立していただければと期待しています。

**宮野副学長**／現在の複合先端研究機構は人工光合成の研究が中心ですが、もともとは理系全般を幅広く取り組んでいくという位置づけにありますので、皆さんの活躍で幅が広がっていくことは非常に喜ばしいことです。

そして皆さんには、テニュアトラックの期間中に自立できる実力と実績を蓄積していただくことが一番大切なことです。日々の研究のなかで、改善のための要望などがあればお聞かせください。

**中臺准教授**／まだ1期目だからということもあるのですが、テニュアトラックという言葉や制度がまだ定着していないと感じることはありました。

**宮野副学長**／確かに、周知が足りないという問題はありますね。特に、文系の先生には馴染みがないと思います。テニュアトラック事業は、今後文系にも広めていきたいと考えていますが、まずは理系分野から始めよう。理学研究科、工学研究



### profile

大阪市立大学複合先端研究機構 教授

**天尾 豊** あまお ゆたか

1997年3月東京工業大学大学院生命理工学研究科博士課程修了 博士(工学)。財団法人神奈川科学技術アカデミー研究員、航空宇宙技術研究所(現JAXA)研究員、大分大学工学部講師、助教授、准教授を経て2013年4月から複合先端研究機構教授。2010年4月から科学技術振興機構さきがけ研究者兼任

科、生活科学研究科の3つの研究科では、教授会などでも話題に出ることがありますから、他の先生方にも認知されていると思いますが、さらに広く知っていただくように今後はPRしていくべきですね。

**山口准教授**／理学研究科の先生方はもちろんですが、私が一からの立ち上げだということで、皆さんが気にかけてくださって非常に感謝しています。「何か必要な物はないですか?」と聞いていただいたり、多くの先生が顔を見るたびに声をかけてくださるので。

ただ、実験で使いたい機器が多くありまして、他の研究科の先生方がお持ちかもしれないのですが、どのようにコンタクトをとればいいのかと悩むときはあります。まだ1年しか経っていないので、私が馴染めていないこともあると思います。

**宮野副学長**／実験機器の相互利用は、他の先生方にも不自由されているところがあるかもしれませんが、これも周知活動が必要ですね。テニュアトラック制度の先生方がどの部署にいられて、どういった研究をされているかの情報提供を改善していくことで、他の先生方とうまく連携していただければと思います。

**山口准教授**／ありがとうございます。そういった意味では、先日の研究報告発表会にもかなり多くの先生が参加して下さったので、少しずつ認知されてきていると思います。

**麻生講師**／私は今のところ特に不都合を感じていることはありません。常に3人の先生がフォローして下さる立場にありまして、2ヵ月に1回くらいの頻度で研究の進捗状況を報告して



### profile

大阪市立大学複合先端研究機構  
理学研究科(化学)  
テニュアトラック特任講師

**麻生 隆彬** あそう たかあき

**研究テーマ**：「水環境下で駆動する刺激応答性高分子材料の開発」と「ヒドロゲルの接着による次世代材料の構築」  
2008年3月大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了 博士(工学)。  
日本学術振興会特別研究員(DC2のちPD)、東京理科大学基礎工学部助教を経て2014年3月から現職。

は、厳しいチェックを受けています。最初のうちは自分の立ち位置がつかめない時期もありましたが、大阪という土地柄もあるのか先生方との距離がとても近くて、良いことも厳しいこともまっすぐに伝えてくださるのでコミュニケーションがとりやすいです。

**天尾教授**／麻生先生は、化学科の学生さんが2人ついておられますよね。将来的に教員になられた時には、教育者としての力量も必要ですので、今からいい学生を育てるという努力も少しずつ積み重ねていくといいと思います。

**宮野副学長**／そうですね。独立した研究者になることも大切な目標ですが、学生を指導する力もいずれは磨いていかなければなりませんからね。この期間に、研究に支障のない範囲で教育にもどんどんコミットしてください。テニュアトラック普及・定着事業という意味では、皆さんの後に続く若手研究者を育てていくことも必要になりますし、ぜひ大学院生や若手研究員と連携をとりながら、それを教育に生かすように経験を積んでいただきたいと思います。

## 研究報告発表会で 新たな課題を見つけた。

**天尾教授**／先ほど山口先生の話に出ていた研究報告発表会は、かなり盛大だったようですね。研究発表をされるにあたってご苦労などはありましたか？

**麻生講師**／苦労はさほどなかったです。新しいことを始めましたというアピールの場にできればいいなと思って頑張りました。



### profile

大阪市立大学複合先端研究機構  
理学研究科(生物)  
テニュアトラック特任准教授

**山口 良弘** やまぐち よしひろ

**研究テーマ**：微生物におけるアポトーシス様細胞死の生理的役割に関する研究  
2005年東北大学大学院農学研究科博士課程後期修了。博士(農学)。日本学術振興会特別研究員(DC2)、ラトガース大学博士研究員、ラトガース大学research teaching specialist IIIを経て2014年より現職。

コメンテーターについては、専門分野に近い方のスケジュールが合わなかったのですが、私の恩師の先輩で超分子の大家である先生にお越しいただき、少し違った視点からコメントをいただいたことは非常に有意義でした。発表後も機構長から強く励ましていただいたので、ますます頑張らないといけないと思いました。

**山口准教授**／私はその時に、他のテニュアトラックの先生方がどんな研究をされているかを知ることができました。専門分野のまったく異なる先生方に、どのように説明すべきか戸惑って発表の時間配分が上手くいかなかったという反省点はありましたが、広い視野から質問をしていただいたことで非常に刺激を受けました。

**中臺准教授**／そうですね、私も研究内容を伝えることができたといいと思います。同様にもっと聴衆を意識して、異分野の方にも分かりやすいように話をするべきだったなと思います。最初から専門的な話を始めてしまいましたので。

**天尾教授**／皆さんはお若いので、こういった研究発表会も今後JSTのさきがけ研究やヒアリングを伴う研究費調達への訓練の場として経験を積んでいかれたらと思います。私もさきがけ研究に採択されていますが、何回かトライしている時に皆さんと同じような反省点が出てくるんですね。審査員の方々が専門外であれば、もう少しイントロダクションをきちんと話せば良かったとか。今後、皆さんがそういった段階になったときに、相談にのりますのでお声をかけてください。研究資金を確保していく経緯というの、ステップアップにつながりますので、ぜひ訓練されたいと思います。

## ■ 特別企画



### profile

大阪市立大学複合先端研究機構  
生活科学研究科(食品栄養)  
テニュアトラック特任准教授

**中臺 枝里子** ながだい えりこ

**研究テーマ:** 生体における環境ストレスの受容および防御機構を担う分子の基盤に関する研究  
2004年東京大学大学院薬学系研究科博士修了。博士(薬学)。  
製薬会社研究員、東京女子医科大学医学部助教、講師を経て2014年2月から、複合先端研究機構テニュアトラック特任准教授、生活科学研究科兼任。

### 学生に夢を与えられる 研究者をめざして。

**天尾教授**／最後に、今後どのような教員になりたいというイメージはありますか？

**麻生講師**／私は強い研究者になりたいと思っています。自分のやりたい研究を推し進めて、周囲にもそれが認められる研究者になって、学生にもそのことを伝えられるような教育者になりたいです。また、この5年間は厳しい評価にさらされることとなりますので、精神的、体力的にも自分を鍛えながらしっかりと力を蓄えていきたいです。将来的には、立派な研究者、教育者になることが目標です。

**山口准教授**／これは昔から思っていることですが、常に新しいことにチャレンジして、科学をずっと楽しめるような研究者になりたいです。とはいえ、この5年間は自分の研究だけでなく、教育という面も求められる。学生と一緒に有意義な時間を過ごして、科学が楽しいものだということを伝えられたらそれが一番いいと思っています。

**中臺准教授**／学生と接していると思うのは、強く育てほしいということです。そのために、私も研究者として教育者として、学生が逞しく育ってくれるように手助けができればいいと思います。あとは、連携研究科に女子学生が多いこともありますが、自分の姿を見ることで研究者という仕事も

いいなと思ってもらえたら嬉しいです。

**宮野副学長**／私も含めて先生方が研究者になろうと意識されたのは、きっと自分が学ぶなかで理想とする恩師がおられたからだと思います。中臺先生が言われたように、後に続く若い人たちに夢を与える研究者になっていただきたいですね。これは皆さんが独立して学生を育てていく立場になったときに、とても大切な視点になります。

今後は、後輩となる若手の大学院生も出てくるので、皆さんを介して若手との交流も図っていきたいですね。

**天尾教授**／この複合先端研究機構をそういった場に使って、若手の会を立ち上げるのもいいですね。異分野の学生たちが集まる機会を作ることによって、また新たなアイデアも生まれると思います。

**宮野副学長**／それからこの機構には、人工光合成など自分の研究分野とは直接関係のない分野でも多くの研究者が来られますので、外部の刺激を得られる機会も多くあります。そういった環境も利用していただくといいですね。大学全体でいえば、文理融合といえるさまざまな専門分野があります。そういう強みもどんどん生かして研究を進めてください。

皆さんはテニュアトラック事業の一期生になるわけで、本学としても初めての試み。後に続く方たちのお手本になるような存在になってほしいと考えています。





## 研究紹介

### 光化学系IIの反応中間体の立体構造解析に向けて

光化学系IIは、酸素発生型光合成において初期反応をなす膜タンパク質複合体です。この光化学系IIには、水を分解し酸素分子を発生させる酸素発生中心 (Oxygen Evolving Complex, OEC) が触媒として結合します。このOECについては、2011年にその立体構造がX線結晶構造解析の手法により1.9Åの分解能で明らかにされました (Umena, Kawakami, Shen, and Kamiya, Nature, 2011, 473, 55-60)。私達は、酸素発生型光合成の反応について、さらに原理解明を進めるべく、光化学系IIの光反応による構造変化の解析を行っています。

光化学系IIはラン藻や植物などが持つチラコイド膜中に存在する膜タンパク質複合体で、光合成の初期反応である光エネルギーを利用した水分解と電子移動反応を担います。光化学系IIには前述のOECに加え、クロロフィル、カロテノイド、キノンなどの色素が補因子として結合し、この補因子間で電子移動反応が起きます。OECはこの反応のうち、水を酸化し、他の補因子へ電子を補給する役割を持ちます。OECでは、その反応においてS状態サイクルと呼ばれる状態変化が起こることが知られています (図)。このサイクルでは、OECは5つの異なる酸化状態 (反応中間体) をとり、光反応により酸化数が逐次的に変化します。各酸化状態はS1、S2、S3、S4、S0状態と呼ばれており、各S状態のうち、S1状態が暗条件下で最安定であることが知られています。また、S1状態から一段階酸化したS2状態については、EPRやXASなど様々な分光法により、その構造モデルが提唱されています。その一方で、X線結晶構造解析の手法で、S2状態への変化による構造の動きを、水分子の配置が分かる分解能で明らかにした例はこれまでにありません。特に光合成は水分子を基質とすることから、その配置を明らかにすることは極めて重要と考えられます。私達の研究では、S2状態に着目し、そのタンパク質立体構造を明らかにすることを目的としています。

分光学による先行研究では、200~240 K付近の光照射でS2状態がトラップできることが報告されています (低温で反

#### profile

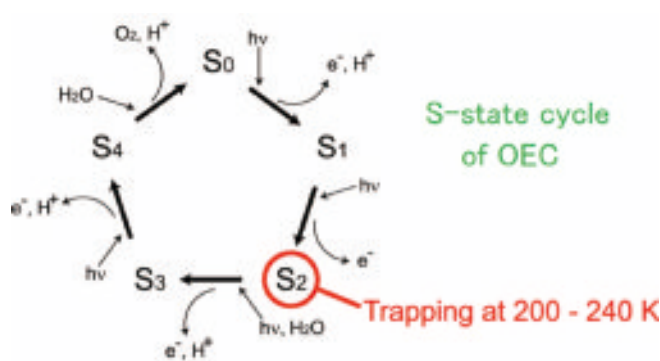
大阪市立大学 複合先端研究機構特任助教

福島 佳優 ふくしま よしまさ

名古屋大学理学部物理学科卒業。同大学院理学研究科修了。博士 (理学)。名古屋大学大学院理学研究科と遺伝子実験施設にて研究員の職を経て、2012年11月より現職。



応速度が遅くなり中間体がトラップできる)。私達の試料でも、溶液標品については低温での光照射によりS2状態がトラップできることをEPRで確認しました。さらに、結晶標品でS2状態を実現しその構造解析を行うには、この温度領域で結晶標品に光照射を行えば良いと考えられます。ここで結晶構造解析を進める上で、とても困難な事象が生じます。それはバルク水の結晶成長 (水の生成) です。タンパク質結晶は内部にバルク水を含み、低温でその結晶が析出してしまいう傾向があります。私達の研究ではタンパク質結晶にX線を当てて、その回折斑点を記録しますが、試料中に水が含まれている場合には、その氷の回折像も同時に検出されてしまうため、データの品質が極端に下がってしまいます。一般的には、結晶を包む溶液にポリエチレングリコールをある割合で加えるなどして氷の生成を抑えますが、それでもなお、200 K近傍では氷が生成されてしまうことが多く、解析を困難にしています。この問題を回避するために、私達は低温でのバルク水の結晶成長を抑え、アモルファスにさせる条件の検討を行いました。結晶を包む溶液をオイルに置き換えたり、冷却方法を変えたりといった、これまでとは異なる条件での実験を試みることで、つい最近、240 K付近でも氷が生成されにくくなる方法を新たに見出しました。今後、この試料に光照射を行うことで、S2状態へ変化したタンパク質結晶の構造解析が可能になると考えられます。

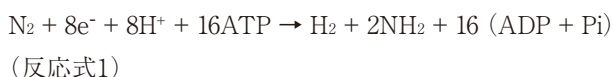


## 研究紹介

### シアノバクテリアのニトロゲナーゼを利用した水素生産性の向上

水素は将来のクリーンな再生可能エネルギーとして注目を集めており、経済産業省が2014年に策定した「水素・燃料電池戦略ロードマップ」では、2040年代には、再生可能エネルギーを利用したCO<sub>2</sub>フリーの水素製造の本格化が目指されています。太陽光はその最有力候補で、地球表面が受ける太陽光エネルギーは人類の一次エネルギー消費の6,000倍を超えるほど膨大です。しかし、そのエネルギー強度は地球表面で平均して年間で1,500 kWh・m<sup>-2</sup>程度(我が国の陸地は1,200 kWh・m<sup>-2</sup>)と低いので、光合成生物を活用したエネルギー生産系は、海洋面など広大な面積が必要で、いかにして経済性を確保しつつこれを利用するかが課題となります。藻類を利用した光生物的な水素生産は、太陽光をエネルギー源、水を原料(電子供与体)にできるので、量的に化石燃料の一部を代替できるエネルギー源となる可能性があり、経済性確保の観点から、私はシアノバクテリア(別名:ラン色細菌、藍藻類)のニトロゲナーゼを利用した水素生産に注目し基礎的研究を進めてきました[1,2]。

ニトロゲナーゼは、空気中の窒素ガスをアンモニアへと固定する酵素で(反応式1)、マメ科植物の根に共生する根粒菌の他、シアノバクテリア、光合成細菌など、一部の原核生物に分布します。水を電子供与体として利用できる光合成生物のうち、ニトロゲナーゼを持つのは、シアノバクテリアの一部に限られ、クロレラ、クラミドモナス、ユーグレナ等の真核光合成生物は持ちません。ニトロゲナーゼは、培地中の窒素化合物が欠乏し、細胞内が窒素飢餓状態(C/N比の上昇)になるとニトロゲナーゼの遺伝子発現および活性が誘導されます。その反応の必然的副産物として水素が発生し、8電子中6電子が窒素固定に、残りの2電子が水素発生に使われ、その際1電子につき2 ATPが消費されます(反応式1)。窒素ガスを含まないアルゴン(Ar)気相下などでは、投入された全ての電子が水素生産に使われます(反応式2)。

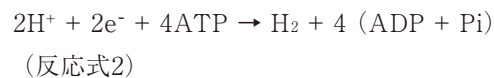


#### profile

大阪市立大学 複合先端研究機構特任准教授

増川 — ますかわ はじめ

1998年3月早稲田大学理工学部物理学科卒業。2003年3月同大学大学院理工学研究科物理学及応用物理学専攻博士後期課程修了(博士(理学))。同大学理工学総合研究センター、同大学教育学部生物学教室助手、日本学術振興会特別研究員PD、神奈川大学総合理学研究所、ミシガン州立大学博士研究員、JSTさきがけ専任研究者を経て、2014年10月から現職



反応は、大量のATPを消費するので、理論的最大エネルギー変換効率は低いことが欠点ですが(通常のC3型光合成の約60%)、反応が不可逆的に水素生産に向いている点が利点です。ニトロゲナーゼが生産した水素は取り込み型ヒドロゲナーゼHupにより再吸収されますが、Hupを遺伝子工学的に破壊した改良株では、酸素存在下でも水素の再吸収が起こらず、水素を長期間にわたり蓄積できます。また、ニトロゲナーゼは酸素感受性なので、光合成による酸素発生との両立が問題になりますが、一部の糸状性シアノバクテリアは異型細胞(ヘテロシスト)を形成し、その内部の酸素濃度を低くすることでニトロゲナーゼを酸素から保護し、好氣的条件でも光合成的に水素生産できます(図1)。これらの特徴は大規模生産時のコスト低減、省力化にとっての利点となります。

これまでにニトロゲナーゼによる水素生産の活性及び持続性の向上を目的として、ヘテロシスト形成する窒素固定ラン藻のモデル生物*Anabaena* PCC 7120を用いて、以下のように戦略的に改良研究を進めてきました。

取り込み型ヒドロゲナーゼ遺伝子破壊株(ΔHup株)を作出し、Ar気相下の水素生産活性は野生株と比べて3-7倍上昇し、実験室の弱光下で光から水素へのエネルギー変換効率は1%以上(太陽光換算、Ar気相下)に達することを示しました[1,2]。次に、N<sub>2</sub>ガス存在下の反応(式1)は、反応式2と比べて、水素生産活性は約1/4に低下する問題を解決するため、ΔHup株を親株として、ニトロゲナーゼの活性中心Fe-Moクラスター周辺のアミノ酸残基を部位特異的に置換し、N<sub>2</sub>ガス気相下でも水素生産活性が低下せず、Ar気相下と同程度の活性を示す変異株を複数作出することに成功しました(図2) [3]。野生型ニトロゲナーゼの活性は、窒素飢餓条件に移行後、窒素栄養が充足されると急速に低下しますが、これらの変異ニトロゲナーゼの窒素固定能は著しく低下しているため、高濃度のN<sub>2</sub>ガス気相下でも窒素飢餓状態が持続し、その結果、比



較的高い水素生産活性が約3週間持続することを示しました [4]。親株  $\Delta$ Hup株でも、気相中の  $N_2$  を低濃度 (2-3%) にすることで、上記と同様の原理で、水素生産の高活性を酸素存在下で約1ヶ月持続させることができました。

水素生産活性と持続性の更なる向上を目指し、現在、ニトロゲナーゼ活性が局在するヘテロシストの形成頻度の増大変異株、及び複数の優良変異を組合せた改良株の作成を進めています。今後、光生物的水素生産の実用化に資するシアノバクテリア株の開発には、様々な課題の克服が必要です

が、こうした改良を積み重ねることで、屋外 (強光条件下) での光から水素への変換効率を1%以上に高めることを目指しています。

参考文献

1. Masukawa H. et al., *Ambio* 41, 169-173 (2012).
2. Sakurai H., Masukawa H. et al., *J. Photochem. Photobio. C* 17, 1-25 (2013).
3. Masukawa H. et al., *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 6741-6750 (2010).
4. Masukawa H. et al., *Int. J. Hydrogen Energ.* 39, 19444-19451 (2014)

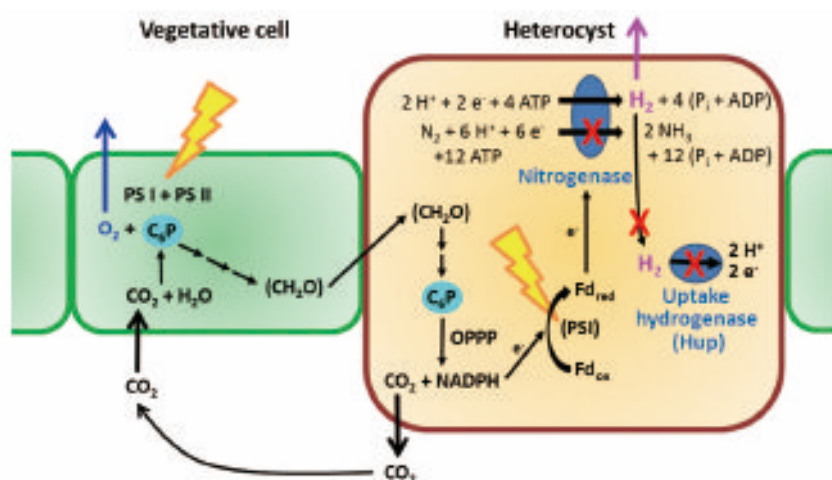


図1. ヘテロシスト形成するシアノバクテリアの水素生産代謝

ニトロゲナーゼにより生産された水素は、野生株では取込み型ヒドロゲナーゼによって再吸収されるが、後者の活性を遺伝子工学的に除去することにより、酸素存在下でも水素を蓄積できる。さらにニトロゲナーゼの改変により、反応中の電子を水素生産に選択的に向かわせることで  $N_2$  気相下の水素生産性は3-4倍増大する (図2参照)。水素生産期の全体の反応は、原料は  $H_2O$ 、産物は  $H_2$  と  $O_2$  で、 $CO_2$  は循環的に再利用される。

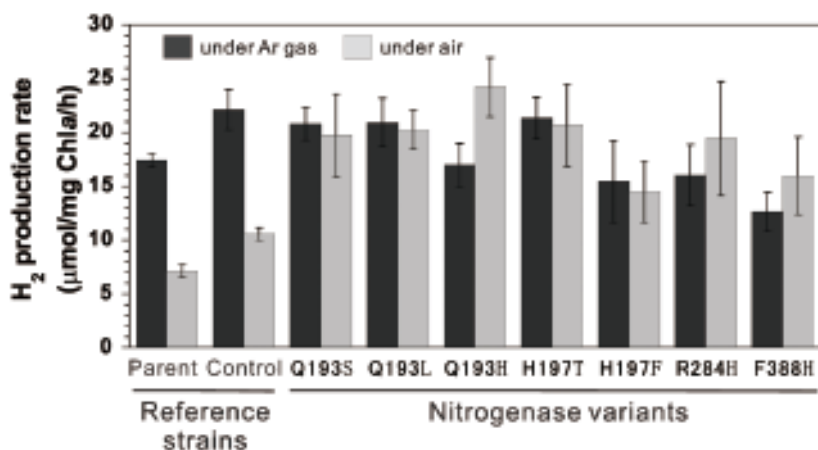


図2. ニトロゲナーゼ活性中心近傍アミノ酸残基置換株の水素生産活性

黒棒グラフ: Ar気相下、灰色棒グラフ: 空気下。対照株は野生型ニトロゲナーゼを持ち、変異株はそれぞれのアミノ酸残基置換変異を持つニトロゲナーゼを発現させている。

## 研究紹介

### 細菌はなぜ toxin-antitoxin system を有するのか?

真核生物ではアポトーシスは恒常性の維持、ストレスで傷ついた細胞や病原菌に感染した細胞の除去に必須である。驚くことに、ほぼすべての原核生物にも数多くのtoxin-antitoxin (TA) systemと呼ばれる生育および細胞死を制御するシステムが存在し、様々なストレス環境下での生存に重要であることが明らかになってきた<sup>1), 2)</sup>。一般的にtoxinおよびantitoxin遺伝子はそれぞれ約100アミノ酸残基の小さなタンパク質をコードし、オペロンを形成している。Toxinは、他の細菌や感染した動物細胞を殺すのではなく、菌体内で発現し宿主自身に対して毒性を示す。Toxinと対になるantitoxinは菌体内で複合体を形成し、toxinの毒性は通常の生育では中和されている。いくつかのantitoxinにはtoxin結合部位とは別にDNA結合部位が存在しており、自身のプロモーター部位にTA複合体として結合することで自身の転写を抑制している(図1)。Antitoxinは菌体内での半減期が短く不安定である一方、toxinは非常に安定なタンパク質である。ストレス下においてantitoxinはプロテアーゼにより優先的に分解され、複合体からtoxinが遊離する。その結果、toxinにより生育阻害さらには細胞死が引き起こされる。TA systemは細菌および古細菌に広く保存されていることから、自然界での生存に有用であると考えられる。Toxinは、おそらく生育速度の遅延、生育阻害または部分的な細胞死を引き起こすことで環境変化への適応を促すのかもしれない。大腸菌*Escherichia coli*には少なくとも33のTA systemが存在する<sup>1), 2)</sup>。興味深いことに、病原菌 *Mycobacterium tuberculosis*では88ものTA systemが存在するのに対し、近縁の非病原性細菌 *M. smegmatis* には2つのTA systemしか存在しない。このことから、TA systemは病原性に関与すると考えられる。さらにtoxinは生育を停止させ、細胞を薬剤のようなストレスに非常に強い耐性を示す休眠状態へ誘導することが示唆されている。よってTA systemの研究は、病原性細菌の多剤薬剤耐性機構の解明に非常に重要である。一方で、非病原性*E. coli*に33ものTA systemが存在することは非常に興味深い。おそらくTA

#### profile

大阪市立大学 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 やまぐち よしひろ

研究テーマ: 微生物におけるアポトーシス様細胞死の生理的役割に関する研究  
2005年東北大学大学院農学研究科博士課程後期修了。博士(農学)。日本学術振興会特別研究員(DC2)、ラトガース大学博士研究員、ラトガース大学research teaching specialist IIIを経て2014年より現職。



systemは、ストレス下での生存など正の役割に重要なために進化の過程で維持されてきたと考えられる。個々のTA systemおよびtoxinのターゲットの同定、作用機構および発現制御機構の解明を含む性質解析は、原核生物のストレス環境下での生存能力、病原性及び進化の理解に必須である。

ここ10年の間に、RNA干渉は分子生物学の分野で頻繁に用いられる技術となり、micro RNA (miRNA) やshort interfering RNA (siRNA) は高等生物で遺伝子調節に重要な役割を果たすことが知られている。しかし、RNA干渉の主要な原理および概念の最初の提唱は1980年代に大腸菌におけるアンチセンスRNAによる遺伝子発現制御の発見からだったことはあまり知られていない。このアンチセンスRNAはmicRNA (mRNA-interfering complementary RNA) と名付けられ、翌年にはアンチセンスRNAを用いて特異的な遺伝子発現制御が可能であることが証明された。この発見から30年過ぎた現在、我々はこれまでとは全く異なるRNA配列特異的分解酵素によるRNA干渉機構を発見した。このRNA分解酵素はRNA干渉酵素(mRNA interferase)と名付けられた。最初に同定されたRNA干渉酵素は*E. coli*のMazE-MazF TA systemのtoxinであるMazFである。大腸菌のMazFがRNAのACA配列を特異的に認識し切断するRNA分解酵素であることが証明されて以来、数多くのMazF homologが同定され、それぞれ特異的に3-5塩基配列を認識するRNA分解酵素であることが報告されている。しかし、特異的な遺伝子の発現制御には3-5塩基を切断するRNA干渉酵素はRNAの認識配列が短すぎると思われる。その後、私は死海に生息する超好塩菌 *Haloquadratum walsbyi* のMazFは7塩基配列UUACUCAを認識するRNA干渉酵素であることを同定した<sup>3)</sup>。*H. walsbyi*のゲノムDNAを解析した結果、MazF切断配列はバクテリオロドプシン転写促進因子や塩の排出ポンプに多く存在することが明らかとなった。本古細菌は膜に存在するバクテリオロドプシンを用い、光エネルギーを利用してATPを合成し、生育に3-4 MのNaClを要求

する。菌体内のNaCl濃度は1 M程度であることが示唆されている。興味深いことに*H. walsbyi* MazF活性は400 mM以上のNaClによって強く阻害されたことから、*H. walsbyi* MazFは通常の生育環境下では不活化状態であると考えられる。本菌は薄いシートのような形態で、塩湖の水面に浮いた状態で生育し、効率的に太陽光からバクテリオロドプシンを介してエネルギーを生産している。この環境では降雨や川からの水の流入によって容易に低浸透圧ストレスが起こるであろう。このストレス環境下で、菌は水面に浮かんでおられず、細胞内のNaCl濃度が減少する。その結果*H. wasbyi* MazFが活性化され、ロドプシン転写促進因子や排出ポンプの発現を阻害することで必要のないATP生産、塩の排出ポンプなどの発現を抑制し、低浸透圧ストレス環境下の生存に寄与すると考えられた。理論的に*H. walsbyi* MazFの切断配列は16384塩基に1つしか存在しない非常に特異性の高い酵素である。本酵素を用いて我々は、*H. walsbyi* MazFが大腸菌内で特定の遺伝子発現を抑制できることを証明した。これは、これまで知られているRNAを介したRNA干渉とは全く異なるRNA分解酵素による“タンパク質を介したRNA干渉”の世界初の発見となった<sup>3)</sup>。

MazE-MazF TA system は最もよく研究されているTA systemの1つである。MazFは一本鎖RNAのみを配列特異的に切断し、二本鎖RNAやDNAは切断しない<sup>8)</sup>。枯草菌 *Bacillus subtilis*にもMazE-MazF TA systemが存在する。フランスのDr. Condonのグループは、375塩基の*thrS* RNA (スレオニンtRNA合成遺伝子) を基質として用い、*B. subtilis* MazFはUAC配列を切断することを報告した<sup>10)</sup>。しかし我々は、*B. subtilis* MazFと非常に高い相同性(62.8%の一致度、79.3%の相似度)を有する *Staphylococcus aureus* のMazFがUACAU配列を認識することを見出していた。そこで我々は、3500塩基のMS2 phage RNAを用いて*B. subtilis* MazFの切断配列を再度解析した。その結果、*B. subtilis* MazFも*S. aureus*同様にU<sup>^</sup>ACAUを特異的に切断するRNA分解酵素であることを示した(△;切断箇所)。このように切断配列や、*E. coli* MazFおよび*B. subtilis*

MazF単独の構造は明らかになっていたが、MazFがどのように特定の配列を認識するのか、反応機構はどうなっているのか、またどのように MazE-MazF複合体ではMazF活性が阻害されているのかは長い間不明であった。そこで我々は、*B. subtilis* MazFと切断配列UACAUを含むMazFで切断されない一本鎖RNA複合体の構造解析に取り組んだ。*B. subtilis* MazFのRNA認識および切断機構をより詳細に解析するために、得られた構造解析の結果からRNA認識に重要と考えられたアミノ酸をアラニンに置換した*B. subtilis* MazF変異体を作成し解析を行った。さらに、MazE-MazF複合体の構造を解析しMazF-RNA複合体と比較することでどのようにMazEがMazFの活性を阻害しているのかを明らかにした<sup>4)</sup>。以上、TA systemの1つであるMazE-MazFについて私が行った研究を紹介したが、TA systemはまだ不明な点が多い。今後、更に興味深い結果が出てくると考えている。

- 1) Yamaguchi, Y., J. H. Park & M. Inouye, (2011) Toxin-antitoxin systems in bacteria and archaea. *Annu Rev Genet* 45: 61-79.
- 2) Yamaguchi, Y. & M. Inouye, (2011) Regulation of growth and death in *Escherichia coli* by toxin-antitoxin systems. *Nat Rev Microbiol* 9: 779-790.
- 3) Yamaguchi, Y., H. Nariya, J. H. Park & M. Inouye, (2012) Inhibition of specific gene expressions by protein-mediated mRNA interference. *Nat Commun* 3: 607.
- 4) Simanshu, D. K., Y. Yamaguchi, J. H. Park, M. Inouye & D. J. Patel, (2013) Structural basis of mRNA recognition and cleavage by toxin MazF and its regulation by antitoxin MazE in *Bacillus subtilis*. *Mol Cell* 52: 447-458.

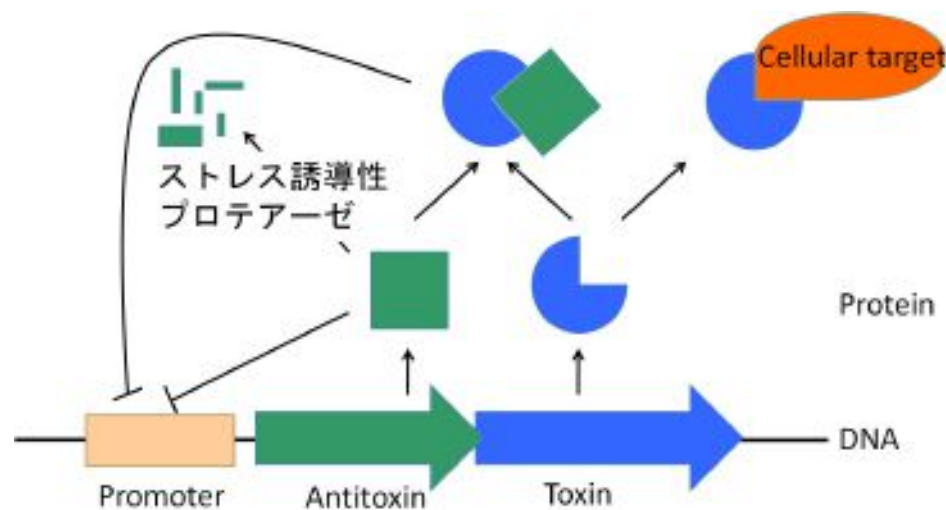


図1 TA system.



## 研究紹介

### 酸素大気下での人工光合成を可能とする「ガラスの葉」を作る

太陽光と水をそれぞれエネルギー源、電子源とする事で、天然の葉は二酸化炭素から有機物と酸素へ、常温、常圧、酸素大気下で、当たり前のように物質変換しています。この物質変換反応を常温、常圧の酸素大気下で、人工的に行う際の大きな課題として、酸素に反応を阻害される問題を克服する必要があります。

太陽光によって、水素やギ酸のような水素エネルギーキャリアを合成するためには、天然の光合成反応と同様に図1(a)に示す様な、光増感剤、電子伝達体、触媒を組み合わせた電子伝達系が必要とされます。光増感剤としてRu(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup>、電子伝達体としてMV<sup>2+</sup>、水素発生触媒としてヒドロゲナーゼを用いた著名な人工光合成系では、酸素非存在下では図1(b)の□印の様に太陽光照射により水素が発生します。一方で、酸素大気下では■印の様に、効率は1/1100へ低下し、ほとんど酸素を発生しません。この結果は、図1(a)の赤矢印の様に、電子移動の段階で水素発生のために必要な電子が酸素に奪われた事を示します。しかしながら、最近我々は、50 nmの細孔径、厚さ0.5 mm多孔質ガラス板(図1(c, d))の中に、上記の光反応系を構築すると、酸素大気下であるにも関わらず、3300倍の効率で太陽光-水素変換反応を達成する事ができました(図1(b)の●印)。これは、多孔質ガラスのナノ空間内部に酸素が入るよりも早く、高効率に光反応が起こった事を示唆します(図1(c))。

複合先端研究機構では、多孔質ガラス内部で達成される反応メカニズムを明らかにしつつ、天然の葉内部に存在する光化学系IIと光化学系Iなどの光合成膜タンパク質を多孔質ガラス内部に同時に導入する事により、水を電子源とし、酸素大気下で駆動する新しい人工光合成デバイス「ガラスの葉」を作りたいと考えています(図e)。

#### profile

大阪市立大学 複合先端研究機構特任講師

野地 智康 のじ ともやす

2011年7月 名古屋大学大学院理学研究科  
物質理学専攻博士後期課程修了  
2011年8月~2012年3月 名古屋工業大学大学院工学研究科  
つくり領域 産学官連携研究員  
2012年4月~2014年3月 名古屋工業大学産学官連携センター  
講師(中核的研究機関研究員)  
2014年4月~2015年1月 名古屋工業大学大学院工学研究科  
つくり領域 プロジェクト助教  
2015年2月 現職

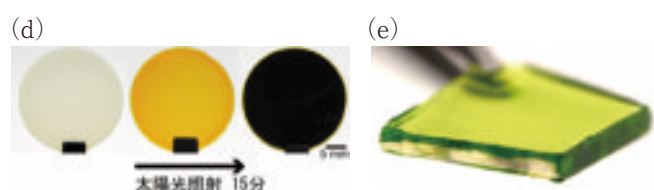
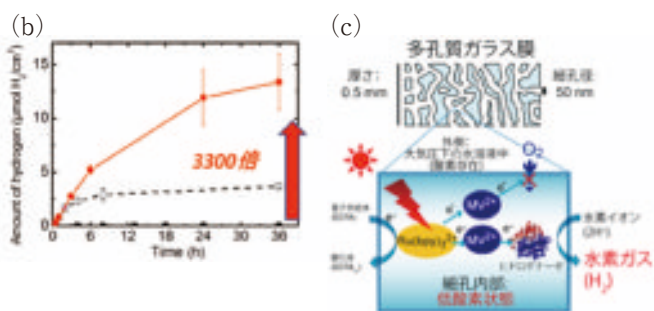
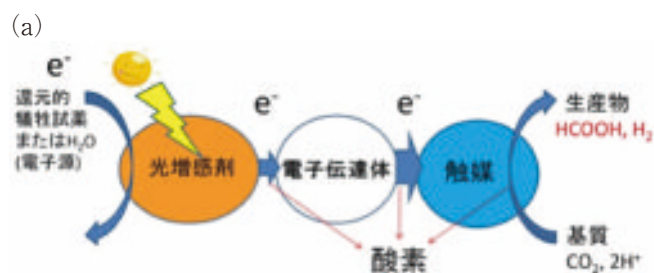


図1 (a) 太陽光-物質変換反応の概要と酸素による阻害。(b) 疑似太陽光照射に伴う水素発生反応(多孔質ガラス系(酸素存在下, ●印), 均一溶液系(非酸素存在下, □印; 酸素存在下, ■印))。(c) 細孔径50nm、厚さ0.5mmの多孔質ガラス内部でおこる反応の概念図。外部溶液とガラスナノ空間の境界面で、酸素の流速が低下し、多孔質ガラスの奥深くは低酸素濃度状態となり、水素発生反応が達成される。(d) Ru(bpy)<sub>3</sub><sup>2+</sup>、MV<sup>2+</sup>が結合した多孔質ガラス。光反応により還元型MV<sup>+</sup>が蓄積し、色が変わる。(e) 光化学系IIが結合した緑色の多孔質ガラス。水素発生機能を持つ。

## 施設紹介

### 人工光合成研究センター分析機器施設

#### <施設の概要>

人工光合成研究センター分析機器施設は、平成25年6月の人工光合成研究センター発足に際し、人工光合成研究センター内に設置された共同研究施設です。この施設に設置している高度分析機器は、大学内の研究を加速させることはもとより、学外への提供し、機器および技術を広く活用することにより、産業の活性化に大きく貢献する目的で設置されました。

分析機器施設には、核磁気共鳴装置、イオンサイクロン共鳴質量分析装置、X線回折装置などが設置されています。これら機器群は、その性能が最新性であることや各装置に技術職員を配置するなど正確かつ迅速な分析解析体制を整備していることから、利用者のニーズに柔軟に対応することができます。

また共同利用施設として、依頼測定をはじめ、利用者に対する講習や特殊測定等に関する相談などのサービスも行っています。

#### 核磁気共鳴分光計

(600MHz クライオプローブ付き液体用NMR, AVANCE III, ブルカー・バイオスピン社製)



**一般性能:**原子核のスピンを利用して物質の構造・状態を非破壊的に検出する装置で、有機化合物の構造決定を行う。タンパク分子の水溶液中での立体構造解析を進める事が可能である。

**本機器の特徴:**クライオプローブを装備しているため、同じ600MHzの通常の装置に比べ、測定感度全体の大幅な上昇が可能。低分子有機化合物(分子量1000以下程度)については、その溶液中での立体構造の解析が可能。タンパク質の溶液中での立体構造解析が可能。(ただし、解析可能なタンパク質は、微生物を使った生化学的手法によって炭素核と窒素核について原子の置き換え操作により測定感度を上げた概ね分子量2万程度までのタンパクにに限られる。)

#### イオンサイクロン共鳴質量分析システム

(FT-ICR-MS, MALDI, ESIイオン源付きSolarix-OCU, ブルカー・ダルトニクス社製)



**一般性能:**イオン化した物質の質量を厳密に計測する事により、元素組成の決定を行う質量分析装置の中で最も分解能が高い装置である。

**本機器の特徴:**極めて高い質量分解能(誤差1ppm以内)により、精密質量数の情報だけから分子式が特定でき、未知化合物の構造決定に威力を発揮する。本機器には、ESIイオン源だけでなく、蛋白質-ペプチドのイオン化効率を画期的に向上するMALDIイオン源が併設されている。タンパク質分析においては、FT-MSに搭載されている様々な断片化法により、一次構造解析(アミノ酸配列解析)が可能である。既知のアミノ酸配列のデータベースを用いてタンパク質を同定する一般的なアミノ酸配列解析だけでなく、FT-MSの極めて高精度な質量測定により、データベースにはない未知のアミノ酸配列を質量数のみから決定していくデノボシーケンスも可能である。

#### 単結晶X線回折装置 (XRD, R-AXIS VII, リガク社製)



**一般性能:**卓上X線発生装置から発生したX線を目的物質の結晶に照射し、得られた回折光をX線検出器で検出し、解析する装置。目的物質の原子の配列(座標)を決定する事により、目的物質全体の構造を原子レベルの分解能で決定する。

**本機器の特徴:**X線回折現象を利用してタンパク質の結晶構造を測定・解析するための装置である。従来装置に比べて極めて高い輝度のX線ビームを照射できるため、今まで実験室系では測定不可能であった小さいサイズの結晶でも測定が可能である。また、検出器の読取時間が従来装置より速くなったことにより短時間で測定ができるようになり、より多くの結晶の測定が可能となった。

#### 問い合わせ先

人工光合成研究センター管理室

電話:06-6605-3721

メール:toiawase@recap.osaka-cu.ac.jp

http://recap.osaka-cu.ac.jp/

## 活動報告

### The 2013 OCARINA Annual International Meeting (平成25年度複合先端研究機構年次総会)開催報告

#### 主催

大阪市立大学 複合先端研究機構

#### 後援

大阪市立大学・重点研究プログラム  
COI-T「次世代水素エネルギー社会の実現」拠点

#### 特別講演

益田 晴恵(複合先端研究機構兼任/理学部地球学科・教授)

#### 招待講演

Tim Storr (Simon Fraser University, CA・准教授)  
Rudi Berera (Vrije Universiteit Amsterdam, NL・PD)  
西原 康師(岡山大学理学部化学科・教授)  
伊原 正喜(信州大学農学部プロジェクト研究推進拠点・助教)  
得津 隆太郎(基礎生物学研究所 環境光生物学研究部門・助教)  
船橋 靖博(大阪大学大学院理学研究科・教授)

#### 学内招待講演

麻生 隆彬(大阪市立大学複合先端研究機構・テニュアトラック  
特任講師)  
坪井 泰之(複合先端研究機構兼任/理学部化学科・教授)  
宮田 真人(複合先端研究機構兼任/理学部生物学科・教授)  
西川 禎一(複合先端研究機構兼任/生活科学研究科・教授)



2014年3月4, 5日の日程でThe 2013 OCARINA Annual International Meetingが本学学術情報総合センターにて開催された。複合先端研究機構では、平成20年度以降定期的に年次総会を開催しており、今回開催された平成25年度年次総会は第5回国際シンポジウムに位置付けられている。特別講演として本学・益田晴恵先生の地下水のヒ素汚染のメカニズムに関する最近の研究発表をはじめ、学外から6名(内2名は海外から)、学内から4名の先生方による多岐にわたる研究領域の招待講演がおこなわれた。時間的に厳しいプログラムの間を縫って30件もの学生によるポスター発表も実施され、盛大のうちに終了したことを報告する。

### 第1回「大阪市立大学 テニュアトラック教員 研究発表会」



平成26年12月3日(水) 大阪市立大学 学術情報総合センター

発表者 <>内は、連携研究科

遠藤智司 都市研究プラザ テニュアトラック特任准教授  
<工学研究科>  
麻生隆彬 複合先端研究機構 テニュアトラック特任講師  
<理学研究科>  
蔡 凱 都市研究プラザ テニュアトラック特任准教授  
<工学研究科>

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  
<理学研究科>  
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  
<生活科学研究科>



## OCARINA セミナー

複合先端研究機構では、国内・海外のリーディングサイエンティストを招待して「OCARINAセミナー」講演会を開催しています。特に、学生主体の自主ゼミである「DISCO Party \*注」の大セミナーも「OCARINAセミナー」としてゲストを招いて開催し、学生の研究についての議論を、教職員を含む多くの方々と共有する活動の場になっています。

第17回	開催日	2014年2月3日	会場	理学部会議室
	ゲスト	Jitendra K. Bera (Indian Institute of Technology Kanpur・教授)		
	テーマ	「Bifunctionality in Organometallic Catalysis」		
	DISCO Party大セミナー#7		学生:川本 圭祐(本学木下研究室 D2)	
第18回	開催日	2014年6月18日	会場	2号館 220A
	ゲスト	米田 穰(東京大学総合研究博物館放射性炭素年代測定室・教授)		
	テーマ	「食生態からみた人類の進化」		
	DISCO Party大セミナー#8		学生:池山 秀作(本学天尾研究室 D1)	
第19回	開催日	2014年9月19日	会場	2号館 220B
	ゲスト	伊福 健太郎(京都大学大学院生命科学研究科・全能性統御機構学分野・助教)		
	テーマ	「珪藻のバイオファクトリー化を目指した基盤技術の開発」		
第20回	開催日	2014年9月22日	会場	2号館 220A
	ゲスト	小杉 真貴子(国立極地研究所・特任研究員, 中央大学理工学部生命科学科・研究補佐)		
	テーマ	「南極昭和基地周辺の露岸域に生育する光合成生物の生態学的研究」		
第21回	開催日	2014年11月19日	会場	2号館 220B
	ゲスト	Nicholas Cox (Ph.D, Group leader, Max Planck Institute for Chemical Energy Conversion, Germany)		
	テーマ	「光化学系II(photosystem II)の電子スピン共鳴法による最新の分析に基づく、水分解・酸素発生の反応メカニズム」		

詳しくはWebサイトをご覧ください。

\*注) Doctor course students' Incorporated Scientific Communication (DISCO) Party:

OCARINA の後期博士課程の学生が、分野の垣根を越えて互いの研究への理解を深め合い、相互発展させるために設立した自主ゼミ。学生のみで開催する、週1回の「小セミナー」に加え、1年間に数回開催する「大セミナー」を企画している。

平成26年12月3日(水)に学術情報総合センターにて、第1回「大阪市立大学 テニュアトラック教員 研究発表会」が開催されました。この研究発表会は、本学が国際公募した5名のテニュアトラック教員が各々の研究について発表を行い、国内の当該研究分野の専門家にコメンテーターとしてアドバイス頂くことで若手教員の研究を更に発展させるきっかけとするもので、今回が初めての開催となりました。複合先端研究機構からは3名のテニュアトラック教員が発表を行いました。

発表会は宮野道雄副学長による開会挨拶並びにテニュアトラック普及・定着事業紹介にはじまり、各発表に対してはコメンテーターや会場から、温かい応援や厳しいコメント、専門性の高いディスカッションが飛び交い、活発な議論が行われました。木下勇機構長による激励と今後の活動への期待の込められた閉会挨拶の後、懇親会が行われました。発表会場はほぼ満席、学内外から73名の参加となりました。



## 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-H26)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 テニュアトラック専任教員1名新採用
- 2014(H26)年3月 テニュアトラック専任教員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 テニュアトラック専任教員1名新採用



### 複合先端研究機構

〒558-8585

大阪市住吉区杉本 3-3-138

電話：06-6605-3111 FAX：06-6605-3636

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

