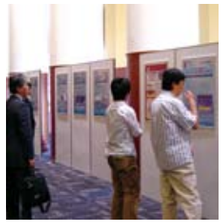
Topics

R-GIRO設立一周年記念シンポジウムが開催されました



2009年6月19日（金）、朱雀キャンパスにおいて、「立命館グローバル・イノベーション研究機構（R-GIRO）設立一周年記念シンポジウム」を開催されました。産業界や官公庁・大学関係者、学内の教員・学生約200名が参加するなかで、2008年度「R-GIRO研究プログラム」に採択された12件の研究プロジェクトについて発表が行われました。第1部では「エネルギー」、「環境」、「材料・資源」領域の6プロジェクト、第2部では「食料」、「医療・健康」領域の6プロジェクトについて、研究代表者による成果報告と今後の研究の展望に関する説明がありました。 ロビーでは、この12件の研究プロジェクトの概要を紹介するパネル展示も行われ、真剣な表情で説明に聞き入る様子が多く見られました。

R-GIRO アドバイザリー・ボード会議が開催されました

2009年12月3日（金）、朱雀キャンパスにおいて、「第1回立命館グローバル・イノベーション研究機構（R-GIRO）アドバイザリーボード会議」が開催されました。ボードメンバーの皆様からは、温かい励ましや、厳しいご注文をいただき、今後のR-GIROの運営に反映させていくことになりました。

＊R-GIRO アドバイザリー・ボード …… 2009年4月1日付けで「立命館グローバル・イノベーション研究機構　アドバイザリー・ボード（R-GIRO・AB）」を組織化。 R-GIROにおいて、その戦略や課題について優れた見識や知識、経験による助言・協力を得るため、学外より有識者の方々を委嘱。

学内で若手を中心とした活発な取組みを行っております

ライスボールセミナーが実施されています

2007年度より、総合理工学研究機構との共催で「ライスボールセミナー」を開催して参りました。昼食（おにぎり）をとりながら、研究者による研究内容発表と参加者とのフリーディスカッションを通じ、分野を超えた情報交換を行うものです。今回は、「イノベーションの担い手となる若手研究者の育成」を目的に、若手研究者から研究テーマについてご紹介いただいております。

Event Guide

2010年度 立命館グローバル・イノベーション研究機構
エネルギー研究拠点シンポジウム

「低炭素社会のエネルギー技術と立命館大学」

日 時　2010年5月17日（月）13：00 ～ 17：30
会 場　立命館大学 びわこ・くさつキャンパス
　　エポック立命21 エポックホール
参加費　無料

- 基調講演：近畿経済産業局 資源エネルギー環境部長 井岡 秀自 氏
- 企業活動紹介：ニチコン株式会社 執行役員 技師長 古矢 勝彦 氏
- エネルギー技術概論ほか：
  - 大同大学 工学部 機械工学科 教授　堀 美智郎 氏（立命館大学特別招聘教授、NEDO高分子形燃料電池PL）
  - 立命館大学 理工学部 電子光情報工学科 教授　高倉 秀行 氏
  - 立命館グローバル・イノベーション研究機構 准教授　峯元 高志 氏
- ポスターセッション ※若手研究者による最新の研究成果を紹介。

［交流会］… 会費制 エポック立命21

編集後記

寒さが西風によって穏やかになる
春を夏が踏みにじるが
それも滅びる定めである
ただちに果実をもたらす秋が
穀物をほとばしらせるだろうが
やがて冬が帰ってきて　じっと動かない
ーホラーティウス『詩集』第4巻7番ー

～四季の印象「青春」「朱夏」「白秋」「玄冬」～

Carpe diem（今日という日を摘め）という句であまりにも有名なホラーティウスは、ラテン文学の抒情詩を代表する詩人であり、その成果は4巻からなる『詩集』（カルミナ）にまとめられています。この詩は、春の到来から、やがて再び舞い戻る冬までの季節の流れが語られており、めまぐるしいばかりに速く移り変わる四季の交代が表されています。時の流れを乗り切ってこそ、初めてその流れの意味を知るという考えを含んでいるのではないでしょうか。これから、春・夏・秋・冬と、年4回の発行を予定している「R-GIRO Quarterly Report」。気負わず、着実に取り組んでまいりますので、どうかお付き合いの程、お願い申し上げます。（渡邊）

［立命館グローバル・イノベーション研究機構四季報］R-GIRO Quarterly Report vol. 01
2010年4月10日 発行
編集・発行
立命館グローバル・イノベーション研究機構（R-GIRO）
〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 研究部 理工リサーチオフィス内 R-GIRO事務局
TEL：077-561-2655　FAX：077-561-2633　http://www.ritsumei.jp/research/c05_j.html

RITSUMEIKAN GLOBAL INNOVATION RESEARCH ORGANIZATION
R-GIRO

R-GIRO Quarterly Report

［立命館グローバル・イノベーション研究機構四季報］
vol. 01
Spring 2010
創刊号

川口清史機構長よりメッセージ
［対談］21世紀の地球の重点課題の克服に挑む。
　—ヒューマン・エコロジー社会の構築を目指して—
R-GIRO機構長代理 村上正紀 × R-GIRO副機構長 渡辺公三
R-GIROの活動報告
青柳克信 教授（R-GIRO）／深紫外発光素子で実現するエコトロニクス
久保　幹 教授（理工学部生命科学部生物工学科）／食料生産を劇的に変える微生物
小西　聡 教授（理工学部マイクロ機械システム工学科）／眼球内に人工細胞を移植する微小デバイス
高倉秀行 教授（理工学部電子システム系・電子光情報工学科）／1ミクロンの高効率太陽電池
TOPICS・お知らせ

川口清史機構長よりメッセージ

Message from President

「立命館グローバル・イノベーション研究機構（R-GIRO）」は、皆様のご支援のお陰をもちまして2008年4月に設立することが出来ました。

R-GIRO研究プログラムは発足してまだあまり月日も経ちませんが、自然科学系と人文社会科学系を合わせて32プロジェクトが立ち上がりました。そして約50名の若い研究員がこれに参画し、世界に誇れる最先端の研究拠点の形成に向け、一丸となって取り組んでおります。

このプログラムからは早くも優れた研究成果が出始めて参りました。これらの研究成果が、一日も早く、R-GIRO設立理念である「21世紀の持続可能で豊かな社会モデルの構築」に反映されることを願い、この度「R-GIRO Quarterly Report」を創刊することになりました。私どもはこれをR-GIROの研究活動の単なる一方的な情報発信だけではなく、皆様が将来の重要課題と感じておられる事柄について、私どもにお教えいただく相互のチャンネルにしたく存じます。

皆様方におかれましては、R-GIROの諸活動に対する変わらぬご指導・ご鞭撻と、より一層のご協力を賜りますとともに、今日までの温かいご支援にこの紙面を通しまして心より感謝申し上げます。

立命館グローバル・イノベーション
研究機構長
川口清史

21世紀の地球の重点課題の克服に挑む。

Human Ecology Society

ヒューマン・エコロジー社会の構築を目指して

［対談］

渡辺 公三（R-GIRO副機構長） × 村上 正紀（R-GIRO機構長代理）

21世紀の緊急課題を解決する研究拠点を目指して。

村上　20世紀、人は科学技術の革新によって物質的な豊かさを手に入れました。しかしこうした輝かしい「光」の一方には、「影」も存在します。科学技術の恩恵を享受したのは主に先進国の人々であり、その裏では、貧富の格差、宗教対立、心の空洞化など多くの問題が顕在化しています。また地球温暖化、資源の枯渇、食糧不足といった形で「地球の自然破壊」の問題も浮き彫りになってきました。21世紀の科学技術は、こうした前世紀の「負の遺産」を清算し、自然と共生する新たな社会の構築に貢献するものでなければなりません。教育・研究を通じてこの一翼を担うべく、2008年4月に設立したのがR-GIROです。21世紀の緊急課題としてエネルギー、環境、食糧など6つの重点領域を絞り、自然科学系を中心に組織的な研究をスタートさせました。総長が機構長となり、大学を挙げてこの重大なテーマに取り組もうとしています。

渡辺　次いで2009年、新たに人文社会科学系の研究プログラムが発足しました。科学技術がもたらした「光」に対して「影」の部分に目を向け、20世紀の科学技術が暗黙の前提としていた「人と世界の関わり方」を変えようという志は、私たち人文社会科学系の研究者にとっても共感できるものです。私たちにもその一端を担う使命を与えられたのだと重く受け止めています。

村上　そして、R-GIROはもう一つ、次世代を担う若手研究者の育成も目指しています。設立に伴って、自然科学系・人文社会科学系を合わせて約50名もの若手研究者を迎え入れました。こうした「若い知」を活用し、異なる領域を融合させた新しい学問領域を拓いていきたいと考えています。

自然科学、人文社会科学両方で成果があがっています。

村上　各自の研究以外の定期的な取り組みとしては、毎週1回、若手研究者が研究内容や進捗を発表する場を設けるほか、3カ月に1回、プロジェクトリーダーがプロジェクト全体の進捗状況を運営委員会に報告しています。自然科学系としては、現在、22のプロジェクトが進行中です。

渡辺　人文社会科学系では、新たに設定された「人・生き方」「平和・ガバナンス」「日本の文化・地域の文化」の3領域で、10のプロジェクトが動き出しています。

村上　成果は予想以上です。論文数や学外の協力機関数の増加には目を見張るものがあります。

渡辺　人文社会科学系も、発足して1年足らずの間に、若い研究者の発表した論文が学会で評価されるなど、着実に成果が表れ始めています。

村上　しかしそれらを世に問い、具体的な形で社会に貢献するところまではまだ至っていません。次なる課題は、研究成果を社会に発信していくことです。私たちの取り組みを広く社会に示すとともに、協力してくださる学外の方々を今以上に募っていかねばならないと考えています。こうした季刊誌を発行するのもその一環です。

異領域が融合してアプローチする点が特長です。

渡辺　一つには学外有識者からなるアドバイザリーボードの存在が大きいですね。各プロジェクトを検証し、批判をいただくことで、研究目的を再認識するとともに、社会の要請は何かを確認することができます。メンバーの方々のご意見を伺うと、「人・生き方」にかかわる問題などの重要性を、社会の人々も身をもって感じていることがよくわかります。

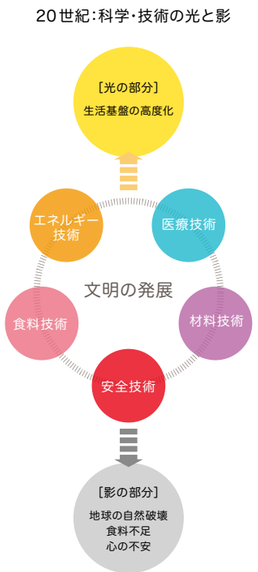
村上　人文社会科学系プログラムが加わったことで、各領域に対するアプローチがより厚みを増しましたね。自然科学と人文社会を融合させ、心の領域などにも踏み込んで問題解決を図るところは、他にはないユニークな点といえるでしょう。加えて、人材育成の観点からも意外な成果がありました。立命館の一貫教育を活用し、R-GIROを通して高校生の意識を啓発する試みが始まったことです。R-GIROを紹介することで、高校生から私たちには考えつかないような新しい発想が生まれるかもしれません。それが彼らの進路選択や、さらには未来の社会に影響を及ぼす。そんな効果を期待しています。

「21世紀の社会のモデル」を構築・提示したい。

村上　21世紀はもはや物質が潤沢にない社会で、物質に頼らない「幸せ」を見出していかねばなりません。そのために私たちとしては、研究成果を出すことはもちろんですが、さらに「21世紀の社会のモデル」を提示していく必要があると考えています。たとえば日本を食料（水）輸出国にする、太陽エネルギー普及率50％社会にするなど、私たちが「ヒューマン・エコロジー社会」と名づける社会を実現するための具体的なモデルづくりに挑むことも、大学の責務ではないでしょうか。

渡辺　「21世紀にふさわしい新しい市民社会をどうつくるか」というのは、人文社会科学系にとっても大きなテーマです。自然科学系と協力し、新しい展開を描いていきたいですね。

村上　現在、自然科学と人文社会科学系を融合させた異分野横断的な研究拠点を検討しています。2013年から始まる第二期に向けて、新たな研究拠点づくりを進めていくつもりです。



21世紀：科学・技術の新たな責務

ヒューマン・エコロジー社会の実現に向けて

2050年
ヒューマン・エコロジー社会の実現
（自然共生・順応型社会）

2025年
日本でのヒューマン・エコロジー都市モデルの構築

未来を担う小中高校生への自然との共生の重要性の意識啓発

異分野横断による研究新領域の創成
異領域融合研究拠点の形成

2009年
人文社会科学系研究プログラム発足

2008年
自然科学系 研究プログラム発足

Project Theme　窒化物半導体をもちいた環境エレクトロニクスの構築

深紫外発光素子で実現するエコトロニクス。

深紫外発光素子の高出力化を目指しています。

窒化ガリウム（GaN）、窒化アルミニウム（AlN）、窒化インジウム（InN）に代表される窒化物半導体は、可視光から深紫外まで広い領域をカバーでき、かつ高速・高出力の電子デバイス材料として、近年その応用の可能性が大きく拡がってきました。中でも私たちが早くからその重要性を指摘してきたのが、200nm ～ 350nmと波長の短い深紫外波長領域で発光する光デバイスの開発です。深紫外発光素子は、水などの環境浄化や医療分野での殺菌、PCBをはじめとする難分解性物質の分解など幅広い応用が可能です。実現すれば、エネルギー、環境、医療、安全といった21世紀の社会の重点課題を解決する重要な科学技術基盤として、大きな役割を担うに違いありません。

しかし深紫外発光素子の材料であるアルミニウムガリウムナイトライド（AlGaN）は結晶成長させるのが難しく、高出力化の方法論も確立されていませんでした。本プロジェクトで私たちは、深紫外発光素子の高出力化に取り組み、実用に耐える発光素子の開発を目指しています。

縦型構造の深紫外発光素子を開発しました。

高出力化に向けて、これまでに私たちはいくつもの独自の方法論と技術を獲得してきました。最も大きな成果の一つは、AlGaNを用いて深紫外領域で初めて縦型の発光デバイスを開発したことです。従来からの横型構造の深紫外発光素子は、電力集中によって不均一に発光・発熱するため、効率が著しく低下してしまいます。一方、均一な電流注入が可能な縦型構造なら、スケール則が成り立ち、高出力化が容易になるはずです。

縦型構造を実現する上で最大の難題は、結晶成長の土台となるサファイア基板を剥離することでした。絶縁体であるサファイア基板を剥離しなければ、最終的に電流を流すことができません。GaN縦型深紫外発光素子では、GaN結晶を基板に成長させ、そこにレーザーを照射してサファイア基板を剥離する方法がとられてきました。しかしAlGaN系の結晶成長では、GaN結晶層が使えず、レーザー光に対して透明となることから、従来のレーザー剥離法は通用しません。そこで私たちは、超格子レーザー剥離層を導入するというまったく新しい方法で基板の剥離に成功しました。照射したレーザーは超格子の層にわずかに吸収されます。この刺激によって超格子が機械的に分解され、基板が剥がれるというわけです。実際に、280nmの波長の縦型構造の発光素子の試作も実現しました。

次なる課題として、現在は縦型構造の大面積化に取り組んでいます。すでに1cm角の基板の剥離を成功させました。通常100μm角の発光素子で1mWが得られるとされており、1cm角で10W級の深紫外発光素子を得ることも現実味を帯びてきました。今後はさらに大面積での剥離の検討、縦型構造の実現化を進めていきます。

新たな水浄化システムで水問題解決に貢献します。

高出力の深紫外LEDの実用化を視野に入れ、私たちは現在、深紫外発光素子による水の殺菌効果を実証し、さらには従来の水銀ランプによる浄化システムにとって代わる水の浄化システムの開発に乗り出しています。

世界的な人口増加と経済成長、地球温暖化などによって、多くの国々で水不足が深刻化しています。特に発展途上国では、汚水処理施設の未整備による水の汚染が伝染病の蔓延の温床となっています。また日本をはじめ先進国でも、災害発生時に被災地に安全な水を供給するための対策が求められています。この水の問題は、限られた国や地域のみならず、やがて食糧不足や生態系への影響を招き、地球規模の問題へとつながります。こうした重大な課題に対し、新しい水の殺菌法をもたらす深紫外発光素子は、一つの解決策を提示する可能性を秘めています。

深紫外発光素子の殺菌効果を確かめました。

現在主流の水銀ランプに比べ、深紫外発光素子による水の殺菌のメリットは、大幅な小型化、高出力化、かつ長寿命化を実現できる点です。

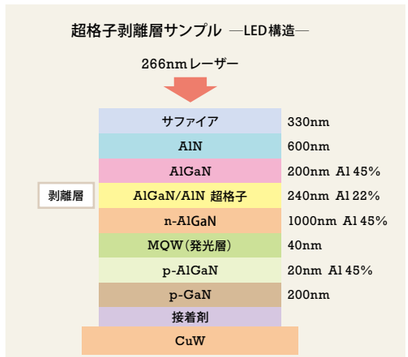
私たちはすでに深紫外発光素子を用いた殺菌実験を開始しています。大腸菌ファージφ×174に280nmの波長の紫外線を照射し、大腸菌ファージが不活性化することを確認しました。AlGaN系の発光素子は200 ～ 350nmの間で自由に波長を設計できます。今後は、発光素子の出力を高めるとともに、多様な細菌それぞれを殺菌する最適波長を見つけたいと考えています。

さらに私たちは、細菌に一波長の発光素子を照射するだけでなく、二波長をあてることで殺菌効果を高める可能性についても模索しています。未踏領域のため、どの波長が、どのように作用するのか明らかになっていません。今後はそれらを検証し、高効率・高精度で殺菌効果を得られるシステムをつくり上げていきたいと考えています。

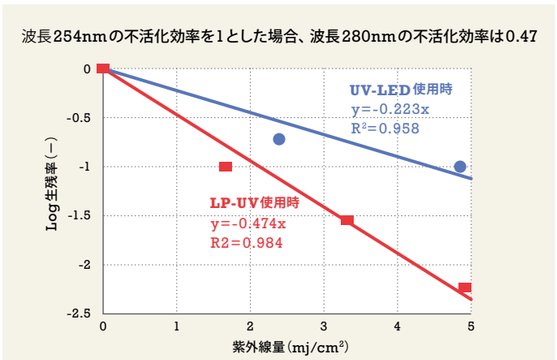
将来的には、R-GIROの他領域の研究者とも協力し、太陽電池の技術と融合した大面積発光LEDによる水浄化システムを構築することを考えています。環境保護を意味するエコロジーとエレクトロニクスを融合するこうした試みは、今後ますます重要になるでしょう。私たちはこれを「**エコトロニクス**」と呼ぶことにしています。

青柳克信 教授
Yoshinobu Aoyagi

超格子剥離層の図



280nmのLEDによる大腸菌ファージφ×174の不活性化のグラフ



●参考文献／**1** AlN/AlGaN short-period super-lattice sacrificial layers in laser lift-off for vertical-type AlGaN-Base deep ultraviolet light emitting diodes. Appl. Phys. Letters, 94, 061117-1-061117-3（2009）　**2** Anisotropic transport in graphene on SiC substrate with periodic nanofacets. Appl. Phys. Letters, 96, 062111-1-062111-3（2010）　**3** 深紫外発光素子及びその製造方法（特願2009-278130）

●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）　電話：（外線）077-561-4950

Activity Report 02

Project Theme　共生・循環型社会基盤に立脚した環境・食料生産システム

食料生産を劇的に変える微生物。

日本の食糧自給率向上に科学で貢献したい。

日本における食糧自給率は、いまや40%を下回るといわれています。その上、化学肥料の大部分を外国からの輸入に頼っている現状を考えれば、実際に自国の農業がまかなえる比率は、もっと低いと言わざるをえません。さらに近年は世界的な化学肥料需要の増加に伴って化学肥料の価格が高騰し、農業生産への負担を重くしています。

一方では、長年にわたる化学肥料の連用、過剰使用によって、農地土壌の生産力の低下や環境汚染といった問題が顕在化しています。また"食の安全・安心"に対する意識の高まりからも、化学肥料に依存した現在の食料生産のあり方に懐疑的な視線が向けられるようになってきました。

こうした現状を打開し、食糧自給率の大幅な向上に寄与するべく、私たちが目指しているのは、化学肥料に依存しない、真に安全で安心な食料生産を実現し、それを「儲かるビジネス」にまで発展させていくこと。着目しているのは、微生物による物質循環です。

微生物による農地診断技術を開発しました。

自然の循環では、落ち葉や動物の糞尿といった有機物を土中の微生物が分解（無機化）し、それを肥料として植物が育ちます。しかし化学肥料によって微生物が死滅した土壌でいきなり有機農法を行っても、うまくいきません。重要なのは、農地土壌を改善し、土壌生物や土壌細菌による物質循環が可能な状態にコントロールすることなのです。そのためにはまず、土壌環境を正確に把握する手法が求められます。そこで私たちが開発したのが、土壌中の総細菌数、およびそれらの細菌に起因する窒素循環活性に基づいて、農地土壌を診断する技術です。

まず自然環境中のeDNA（細菌由来DNA）を抽出、解析することによって、土壌中に存在する総細菌数を短時間で、簡便かつ高精度に把握できるeDNA解析方法を構築しました。一方で農地土壌の窒素、リン酸の循環系における律速物質を推定することにも成功しました。窒素循環過程では、アンモニア窒素が亜硝酸窒素に変換され、さらに硝酸窒素に変換されます。複数の土壌中の各物質の含有量を測定した結果、アンモニア窒素から亜硝酸窒素への変換が**律速段階**（注1）であることを突き止めました。以上から、土壌中の総細菌数と窒素循環活性を指標とし、土壌を定量的に評価・診断できるようになりました。

土壌改良を具現化する植物工場を始動させました。

本プロジェクトが始動して約1年になりますが、成果の一つが、先に述べた農地診断技術をもとに、農地の循環活性の改善に踏み出したことです。その際の重要な課題の一つが、容易に分解（無機化）され、物質循環に寄与する理想的な堆肥を開発することでした。有機肥料はこれまで経験的に施肥されておりますが、現状では、化学分析によって肥料成分を解析するに留まっています。私たちは、馬ふん、牛ふん、鶏ふん、**バーク堆肥**（注2）など数種類の堆肥の成分を解析し、窒素循環活性にかかわる窒素、リン酸、カリウムの含有量、および総微生物数を測定しました。加えて施肥後、農地診断技術によって土壌環境を明らかにすれば、各農地に適した成分の配合比率を導き出すことが可能になります。

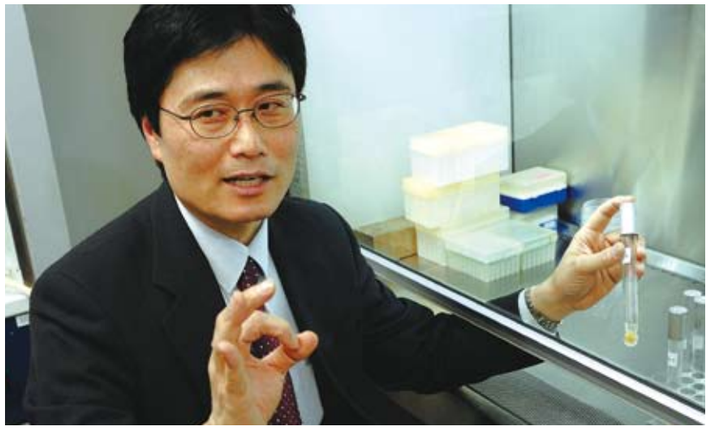
テントウムシとクロマルハナバチ

これを実現するために2009年11月、研究棟に約50㎡の試験工場を設置し、実験栽培を開始しました。室内では、温度を昼間は20℃、夜間は10℃、湿度を70%に設定し、授粉用にマルハナバチを、また害虫駆除用にテントウムシを放し飼いにしています。ここに多様な土壌環境を設定して窒素やリンを豊富に含む馬ふん堆肥を施用し、イチゴの生育状況を調べています。栽培には、別の研究で実効性を証明したバイオマス由来の植物成長資材である**ペプチド**（注3）も活用しています。

安全かつ高収益の食料生産システムをつくりたい。

今後は、最適な農地土壌および堆肥の配合比率を見出すとともに、化学肥料を使わずに生産効率を上げるモデルの確立を目指します。誰もが容易に利用でき、かつそれを利用することによって収入の増加につながり、しかも安全・安心な農作物を生産できる。そんな農地精密診断に立脚した高収益食料生産システムを提示したいと考えています。

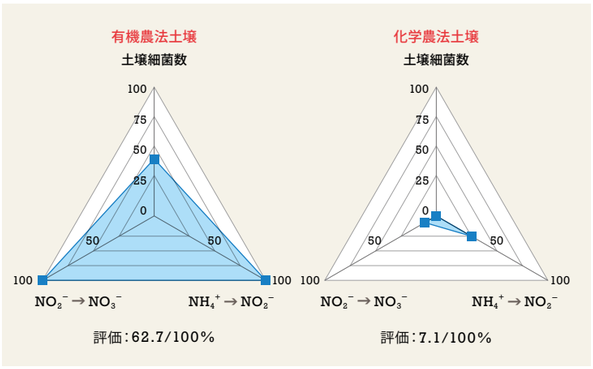
さらにもう一つの目標は、農地、堆肥、それに加えて収獲された農作物の品質評価システムを確立し、公認の認証規格をつくることです。すでに農林水産省が「有機農作物等に係る検査認証制度（有機JAS規格）」を定めていますが、この規格は生産者や消費者に真にメリットをもたらす認証としては機能していないのが実情です。規格が農地の有機性の認証に限られており、生産量・生産効率や、収穫された農作物の安全性の保証までを含んでいないためです。私たちはこうした課題を克服する認証規格の制定を目指します。今後、農産物の品質評価を確立するため、農地環境が植物体に影響を及ぼす項目の厳選を開始します。環境影響に最も厳しいといわれるEUの基準をもとに、必要に応じて分析項目を追加していくつもりです。



久保　幹 教授
Motoki Kubo

研究室に設置されたイチゴの試験工場

農地精密診断における研究内容・成果



（注1）**律速段階** … 化学反応がいくつかの段階を経て進むとき、そのうちで変化速度が最も遅い反応段階。この反応速度で全体の反応速度が支配される。
（注2）**バーク堆肥** … コルク化した樹皮（bark）を材料にした堆肥。吸湿性や通気性にすぐれる。
（注3）**ペプチド** … アミノ酸が2個から数10個程度つながったもの。

●参考文献／**1** Evaluation of soil bacterial biomass by environmental DNA. Appl. Microbiol. Biotechnol, 71, 875-880（2006）　**2** Effect on epidermal cell of soybean protein-degraded products and structural determination of the root hair promoting peptide. Appl. Microbiol. Biotechnol, 77, 37-43（2007）
3 新規土壌診断方法（特願2009-068788）
●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）　電話：（外線）077-561-3901　HP：http://www.ritsumei.ac.jp/lifescience/skbiot/kubo/LAB.html

Activity Report 03

Project Theme　MEMSとBME（bio medical engineering）のマルチスケールフュージョン研究

眼球内に人工細胞を移植する微小デバイス。

眼球内移植治療用マイクロマシンを開発中です。

半導体製造技術を微小なサイズで実現するMEMS（微小電気機械システム）は、電子・機械産業のほか、バイオや化学、医療など、実に幅広い分野に応用でき、近年、さまざまな技術革新が進んでいるため、これまでにない"モノ"を創り出せる可能性を持っています。中でも私たちは、バイオ・医療に活用するBME（バイオメディカルエンジニアリング）に重要性を見出し研究を進めています。本プロジェクトでは、その一つとして、内視鏡医療に代表される低侵襲医療のためのマクロマシンの開発に取り組んでいます。安全性、侵襲性の観点から、患者への負担の少ない低侵襲医療には大きな注目が集まっています。BMEは特に立命館が強みとしている医工連携のもとで進めているテーマです。

その中の一つが、これまで培ってきたPBA（空圧駆動バルーンアクチュエータ）の技術を活用した、眼球内移植治療用の柔軟マイクロアクチュエータの開発です。再生医療に貢献する人工細胞シート技術を活用し、眼球内の網膜色素上皮部分に、人工の細胞シートを移植するためのアクチュエータをつくろうとしています。生体適合性の高いシリコーンゴムを材料とし、圧力を駆動に用いるPBAは、「小さい」「柔らかい」「安全」という特徴を持ち、医療用ツールに適しています。実現すれば、失明の主要要因である加齢黄斑変性症の治療に大きな前進となります。

私たちの研究の特長は、生体の器官から組織、細胞（構成要素）まで、つまりセンチメートル単位の大きなスケールから、ミリ、マイクロ、ナノに至る非常に小さなスケールまで、多様なスケールを対象としている点です。細胞操作・解析用のインタフェースの開発に取り組むなど、細胞にも高い関心を寄せています。こうした多様な研究成果を融合させることで、より有用なデバイス開発が可能になると期待しています。

圧力を駆動源とした眼球用移植デバイスを設計しました。

現在、細胞シートの開発で先陣を切る東京女子医大、さらに理化学研究所の協力を得て、PBAをもとに眼球内の移植デバイスを開発中です。この研究は、今ホットなiPSを核とする細胞を用いた医療産業構築プロジェクトの一環です。眼球内の手術では、作業のための空間が非常に狭く、既存の医療ツールでは作業が困難な上、デリケートな他の組織を傷つけてしまう危険性があります。こうした課題を克服するために、最新版では、いくつかの工夫を施しました。一つは、細胞シートを取りつける先端部を変形できるようにしたことです。初期状態では、2.5mm×2.5mm×250μmの平面状をしていますが、細胞シートを乗せた後は、加圧によって外形1.3mmの筒状に変形し、挿入器具である内径2mmの注射針の中に収納することができます。加えて移植デバイスのバルーン部を圧力で制御し、反り上がらせるスナップ動作を可能にしました。これで移植デバイスの先端の角度を自由に調節でき、患部に対して水平にアプローチできるようになります。

課題は細胞シートをデバイスに固定することでした。

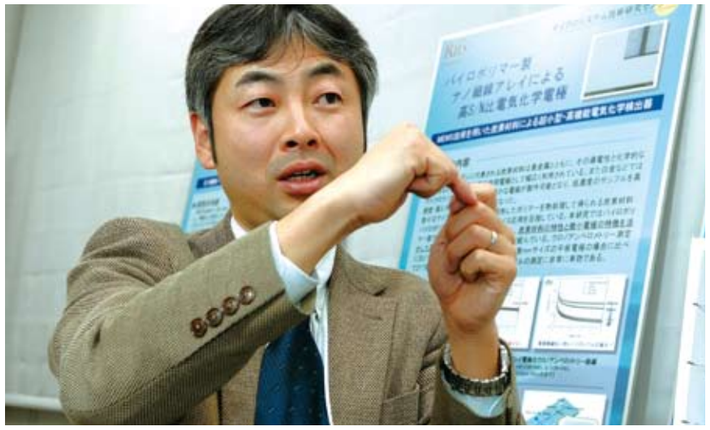
最新の成果は、この眼球内移植デバイスにさらなる改良を加えたことです。今回は吸着孔について紹介しましょう。一つは、細胞シートを移植デバイスに確実に乗せるため、先端部に吸着固定機能を付加しました。移植デバイス先端の平面部分に4つの吸引孔を穿ち、外部機構から吸引することで細胞シートを移植デバイスに固定します。その後は別の吸引孔1つで吸引を継続し、剥がれ落ちることなく細胞シートを患部に運びます。最終的には、移植デバイスの先端部を患部に密着させた後に吸引を止め、ずれたり、ひずんだりすることなくきれいに細胞シートを貼りつけます。

さらにもう一つ、流路抵抗を活用した触覚センサを取りつけ、移植デバイスが眼球内壁などに接触した場合に、それを知らせる機能を付加しました。デバイス先端の平面部の外周に流路を設け、流路抵抗の変化をセンサとして活用する仕組みです。これにより、アクチュエータ駆動圧力供給流路と同じ構造でセンサができます。実験によって、触角センサが300μNの接触を検出することを確かめました。加えて移植デバイスの先端部の形状も、これまでの四角形から接触した時の衝撃がより少ないよう曲線形に設計し直しました。

以上の改良を加えた新たな移植デバイスを用い、**in vitro**（注1）での実験のほか、改良前のデバイスと同様に、**in vivo**（注2）での実証実験も予定しています。今後は、さらにデバイスを進化させ、医療機関との連携を深めながら臨床実験も含めた治験を重ね、実用化へと歩を進めてく予定です。

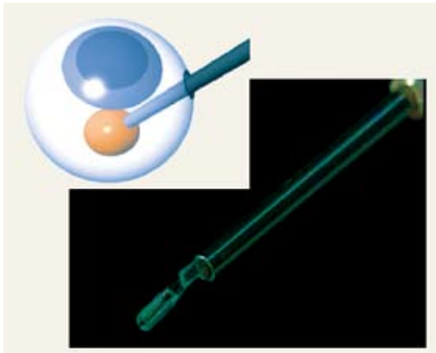
医薬、産業界と連携し、新しいフィールドを創出したい。

BMEのような医療への応用は、基盤技術がさまざまなニーズと結びつき、多様な展開をもたらす可能性を秘めています。私の専門とするマイクロマシンは学際的な拡がりへの対応が得意です。今後も医工連携によって医療分野の潜在的なニーズをくみ上げ、工学の側面からソリューションを創出していきたいと考えています。また他産業界との連携も積極的に推進していくつもりです。特に製薬業界とは、ドラッグデリバリー技術の活用など、新しいフィールドを創出できる可能性を感じています。そのほかマルチスケールフュージョンを存分に活用しつつ、多様な連携を育てていきたいと考えています。そのほかマルチスケールフュージョンを存分に活用しつつ、多様な連携を育てていきたいと考えています。

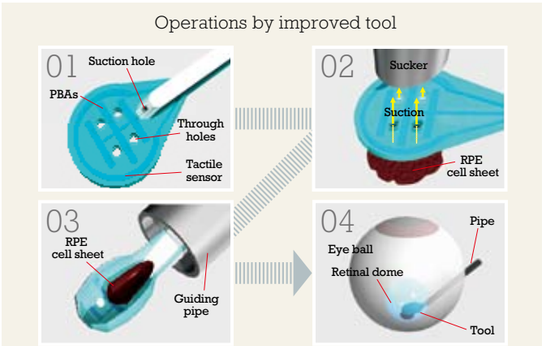


小西　聡 教授
Satoshi Konishi

移植デバイス先端部



改良品による動作原理



（注1）**in vitro** …「試験管内で（の）」という意味で、試験管や培養器などの中でヒトや動物の組織を用いて実験を行うこと。
（注2）**in vivo** …「生体内で（の）」という意味で、マウスなどの実験動物をそのまま用いて実験を行うこと。

●参考文献／**1** 柔らかいマイクロマシンによる柔らかい医療ツール　未来材料, vol.9 No.9, 30-37（2009）　**2** マイクロマシン技術とDDS治療　じほう Pharm Tech Japan, vol.25 No.13（臨時増刊号）, 19（2607）-23（2611）（2009）
●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）　電話：（外線）077-566-1111　HP：http://www.ritsumei.ac.jp/se/%7Ekonishi/mems/home.htm

Project Theme　エネルギーセキュリティ確保のための高効率多接合薄膜太陽電池の開発

1ミクロンの高効率太陽電池。

次世代エネルギー 太陽光発電の開発は急務です。

温室効果ガスを減らし、低炭素社会の実現を目指すことは、いまや地球規模で取り組むべき重要課題の一つとなっています。一方では、石油をはじめとした化石燃料の枯渇が現実味を帯び、これに代わる新しいエネルギーの創出も求められています。こうした緊急の要請に応える最も有望なエネルギーと目されているのが、太陽光です。

2003年にNEDO［(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構］が打ち出した"2030年に向けた太陽光発電ロードマップ（PV2030）"には、2030年頃までに、太陽光発電にかかるコストを汎用電力並みの7円/kWhにまで下げるという目標が掲げられています。現在の試算では、太陽光発電にかかるコストは、約40円/kWh。今後20年の間に、1/6程度に下げなければならないという計算になります。この点で、私たちの進める太陽電池の低コスト化、高効率化、長寿命化が実現すれば、これは不可能な数値ではありません。

本プロジェクトでは、従来の太陽電池材料であるシリコン（Si）結晶より、安価に発電層をつくれるカルコパイライト（CIS）系化合物薄膜に着目し、低コスト、高効率の太陽電池の開発に取り組んでいます。

低コスト、高効率の太陽電池セルを 開発しています。

Cu(In、Ga) Se_2に代表されるCIS系半導体は、大きな光吸収係数を持つのが特長です。世界で最も高性能の電池では、変換効率20.0%という高い値を実現しています。さらに効率を高めるために私たちが取るアプローチは、可視光から紫外線まで、各スペクトルに対応する太陽電池セルを作製し、それらを積み重ねることで広い波長領域で光を吸収できる太陽電池を実現するというものです。予備検証で、太陽光スペクトルを4、5層に分けて堆積すれば、理論的に変換効率40%を得られることが導き出されました。

本プロジェクトでは、まず紫外線領域に近い短波長光を吸収する最上位層の太陽電池セルの開発を進めています。$CuInS_2$を材料に、高品質結晶成長による太陽電池セルの作製を試みました。高真空化でCu、In、Sをそれぞれ蒸発させ、基板上に$CuInS_2$を堆積させる高真空多元同時蒸着法によって$CuInS_2$薄膜を結晶成長させます。基板温度と成長時間を制御することで、1μm以上の大粒径の結晶を形成することに成功しました。これを光吸収層として0.12㎠の太陽電池セルを試作し、その結果8.5%の変換効率を得ることができました。$CuInS_2$太陽電池の世界最高効率は11%なので、比較的高い値を達成できたと評価しています。

今後は多接合型太陽電池の 開発を進めます。

より平坦な表面の$CuInS_2$の結晶を成長させるなど成膜・セル化条件を最適化していけば、さらなる高効率化が期待できます。また現在扱うサルファイド（硫黄化物）系の材料に、今後はAlを添加することで、よりトップセルにふさわしいバンドギャップに制御する実験も進めていきます。

こうしてできたCIS薄膜太陽電池セルを基板から剥がし、バンドギャップ順に重ねることで、多接合型太陽電池やフレキシブル太陽電池をつくることが可能です。私たちはすでに基板から太陽電池薄膜を剥がすことに成功し、リフトオフ法によるフレキシブル太陽電池を実現しています。この精度も今後さらに高めていく予定です。

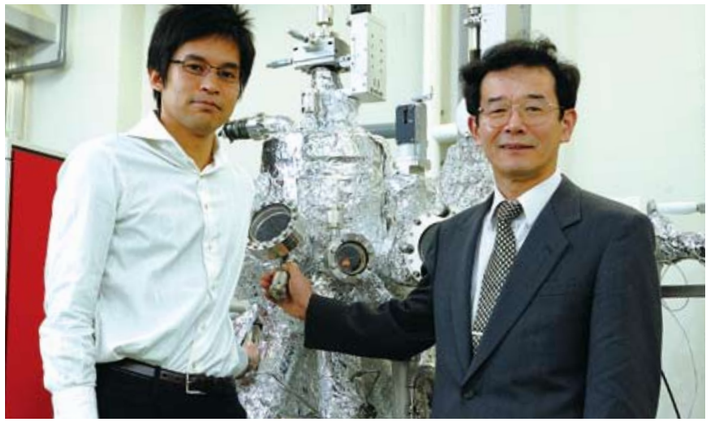
新たな電力インフラづくりも 視野に入れています。

私たちが目を向けているのは、太陽電池の完成だけではありません。電力を供給するインフラの整備や、地球規模での供給を可能にする国際規格の策定など、太陽エネルギーを活用する包括的な仕組みをつくっていくことも責務だと考えています。

たとえ高効率の太陽電池を開発できたとしても、現状の集中発電・長距離伝送の電力ネットワークに組み込むことは困難なのが現状です。現状の仕組みでは、各系統に安定的に供給されるよう発電電力が制御されています。昼・夜・天候に発電量が左右される太陽光発電との系統連携が増えれば、太陽光発電の余剰電力が電力ネットワークに障害を引き起こす可能性が高いからです。この課題に対して私たちは、太陽光発電を広範囲に普及する手段として、「自律分散型の直流スマートグリッド」を導入するための研究に着手しています。

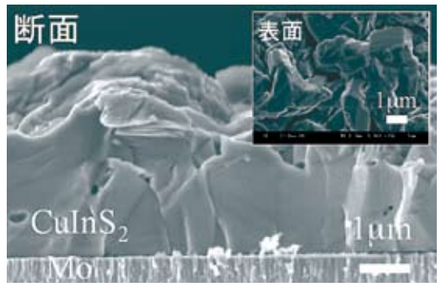
太陽電池で発電される電気は直流です。家屋や建物に太陽電池を取りつければ、交流変換することなく直流のまま利用できる、いわば「地産地消」が可能です。私たちが描くのは、数10軒～数100軒の範囲で過不足に応じて電力を融通し合う「電力ルータ」を設置し、ローカルクラスター内で自律的に電力をまかなうというデザインで、既存の電力系統とは相対的に独立させ、電力不足時にのみ系統から電力を購入できる仕組みです。そうすれば電力系統に混乱をきたすことなく、かつ各系統を連携させながら太陽光発電を普及させていくことができるはずです。

現在、企業とも連携しながら、電力ルータのハードウェア、およびミドルウェアの基本機能を設計、検証を始めています。今後も具現化に向け、モデルづくりを進めていくつもりです。

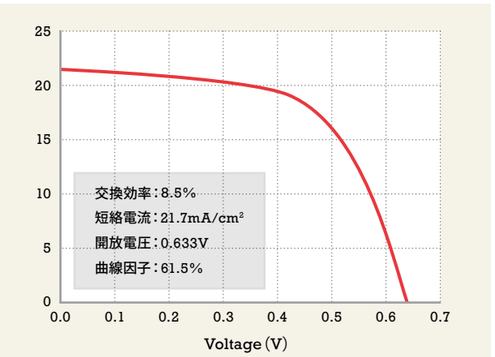


高倉秀行 教授
Hideyuki Takakura
共同研究者　R-GIRO 峯元高志 准教授

$CuInS_2$薄膜の電子顕微鏡像



$CuInS_2$太陽電池の電流電圧特性



●参考文献／**1** 成膜後熱処理による$CuInS_2$前駆体の結晶化と太陽電池への応用　第56回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 14-198（2010）　**2** 二段階成膜法による$CuInS_2$薄膜の平坦性の向上　第56回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 14-199（2010）　**3** 高真空蒸着法によるAl/（In+Al）比を変化させたCu（In,Al）S_2薄膜の作製　第56回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 14-212（2010）

●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス（BKC）　電話：(外線) 077-561-3065　HP：http://www.ritsumei.ac.jp/se/re/takakuralab/