

# The City in Harmony

複合分野の連携でめざす、自然と人にやさしい街づくり



総合研究機構プロジェクト研究

## 『人と街と太陽が調和する』創・送エネルギーシステムの開発

## INDEX

### 01

総合研究機構

プロジェクト研究：

『人と街と太陽が調和する』創・送エネルギーシステムの開発

### 02

QOL Close Up：

増加する

糖尿病患者らに朗報：  
インスリン製剤の簡便な  
化学合成法を開発

### 03

News & events

限りある資源の消費を抑え、自然エネルギーをはじめとした再生可能なエネルギーへとシフトする「持続可能な開発」がうたわれて久しい。東日本大震災で一極集中型のエネルギーシステムの脆弱性が露呈された我が国では、生活圏により近いところで安定的に創電・送電ができる地域密着型エネルギーシステムの開発も急務である。理学部化学科の富田恒之准教授が研究代表を務める環境・エネルギーシステム研究ユニットは、次世代の発電システムとして期待の高いペロブスカイト型太陽電池や廃熱を再利用する熱音響機関に無線電力伝送技術や都市計画を組み合わせ、自然エネルギーを利用した効率の良い街づくりを目指している。創電、送電、街づくりの各テーマに取り組む富田准教授、稲森准教授、梶田教授に、プロジェクトの概要を聞いた。



### エネルギーを創り、送り、使う。総合大学だからこそ実現した包括的なエネルギー研究

**富田** 『創・送エネルギーシステム』とは、電気エネルギーを創る発電、送る送電、利用者である人間が暮らす街づくりまでをトータルに考える、広義のエネルギー研究です。

私が担当する有機ペロブスカイト型太陽電池は、現在広く使われているシリコン結晶系太陽電池と同程度の発電効率を持つ新たな太陽電池です。シリコン系は優れた電池ではありますが、製造の過程で大きな電力を必要とすることが課題になっています。ペロブスカイト型は製造に必要なエネルギーが小さく、究極的には発電したい場所に塗るだけで使用できます。シリコン系と比べて軽いこともメリットで、補強工事なしで屋根にそのまま置くことや、壁などの鉛直面に貼りつけることもできるため、建物のデザインや電池の使い方そのものも変わってくると思います。

課題は劣化が早いことで、実用化を目指すなら数年は保たせたいですが、そこまでの信頼性はま

だありません。劣化の原因は熱や光のほか、酸素や水蒸気、発電時の電圧などが複雑に絡んでいて容易にはわかりません。参照できる情報もまだ少ないため、基礎的な研究を積み上げているところです。

もう1つの発電方法が、太陽光のうち太陽電池では使用されない赤外線や、機械の廃熱などを利用した熱音響機関です。車のエンジンから発生する熱は冬季は暖房に使われますが、現状ではそれ以外の用途はありません。ここからエネルギーを回収できれば効率アップにつながります。

具体的には熱を加えるところと加えないところの温度差を利用します。気体は温めれば膨張し、冷やせば収縮する性質を持っていますから、細い筒の一方を加熱し一方を冷却すると、筒内の空気が熱い部分で膨張、冷たい部分で収縮して振動が発生します。この振動は人間の耳には音として聞こえますが、振動を使って発電できるリニア発電機によって音を電気に変更できます。

**稲森** 無線電力伝送は、その名の通り電力を無線



**富田 恒之 (Koji Tomita)**  
東海大学 理学部 化学科 准教授

『「人と街と太陽が調和する」創・送エネルギーシステムの開発』研究代表。水溶性チタン錯体、水熱法、錯体重合法などを活用し、光触媒や発光材料の合成を行う。



**稲森 真美子 (Mamiko Inamori)**  
東海大学 工学部  
電気電子工学科 准教授

電力工学および通信工学の観点から、高効率かつ信頼性を兼ね備えた、誰もが気軽に使える無線電力伝送システムの構築をめざす。



**梶田 佳孝 (Yoshitaka Kajita)**  
東海大学 工学部 土木工学科 教授

都市計画・交通計画の分野について、都市の抱える多様な課題を解明しながら、効率的な施設配置や土地利用を検討し、持続可能な都市の構築をめざす。

NATURAL ENERGY

TRANSMISSION

CITY PLANNING

で送る技術です。無線通信は今やインフラの一部ですが、情報だけでなく電力を無線で送るという発想も新しいものではなく、2000年代にMITが実証して研究開発が活発に行われるようになりました。

無線電力伝送には3つの方式がありますが、電磁誘導を使ったものは、伝送距離は短いものの80~90%の高効率で既に実用化も進んでいます。モバイル端末の置くだけ充電などがそうです。ただ現状では伝送距離を伸ばそうとすると、効率が低下するのが問題です。私たちは今、100送ったうち50しか届かなかったとして、損失分の50がどこへ消えるのかという問題に取り組んでいます。この損失を解析して効率の向上につなげたいと考えています。充電と給電装置の位置がずれると、これも効率が低下する原因になります。情報通信を利用して位置を合わせる研究も行っています。

無線電力伝送の恩恵の1つは、いつでもどこでも充電ができるということです。電気自動車は今給電コードで充電していますが、無線で充電できるようになれば利便性も向上し、駐車するだけで充電できれば万一の災害のときにもすぐに走らせることができます。

**梶田** これらの技術が実用化されれば、都市生活は大きく変わると思います。ETCが道路の渋滞軽減に貢献したように、無線情報通信により様々な移動が便利になってきており、経済的な効果も高いと思います。また、スマホのアプリの活用などにより、都心での自動車や自転車のシェアリングが行なわれ、交通行動の変化も起こっています。無線電力伝送では、電気自動車について補足すると、電気自動車が普及して駐車場などで手軽に充電ができるようになれば、既存のガソリンスタンドの土地を活用して、緑などを増やすことで生活環境も向上します。

図1は今年2月に横浜で行われたテクニカルショウヨコハマ2018で展示した2000分の1の都市地区のミニチュアで、これまでの研究成果を極力反映させてあります。今後はこれを活用して都市景観を検討するとともに、人の活動や土地の利用状況を踏まえた効率的な自然エネルギー施設の配置による、地区全体の発電量と電力消費量を計算するなど、エネルギーマネジメントを検討したいと考えています。

情報も視野も補完し合える一分野が違うからこそ楽しい、2学部5学科のチームプレイ

**富田** 私たちのチームメンバーは、ここに

いる3人だけではありません。太陽電池については理学部化学科の勝又先生、電気電子工学科の磯村先生と機械工学科の岩森先生、プロジェクトで雇用しているポストドクターのシャヒドゥザマン研究員、熱音響機関では動力機械工学科の長谷川先生、電気電子工学科の金子先生、佐川先生、木村先生にご参加いただいています。

**梶田** 一気に今のチームになったわけではなくて、分野の近いところから繋がり合ってだんだん大きくなったんでしたよね。

**富田** そうでしたね。東海大学には非常に多様な分野の先生がいらっしゃるの、その中でチームを組めれば本当に広い範囲で、トータルなエネルギーの研究ができるだろうとは考えていました。電池だけ、電力伝送だけというように個々の課題に取り組む研究者の方は他の大学などにもいらっしゃいますが、チームを組むことでお互いの足りない情報を補ったり、視野を広げ合ったりすることができています。実用化を目指す過程でいずれ絡み合うことになる、別の分野の知識や技術を今から共有することで、応用についてあらかじめ検討できるのもメリットです。

**稲森** 私、梶田先生とご一緒できることになって嬉しかったんです。工学は世の中の役に立つべきものですが、日々の研究では応用は案外見えず、研究会も技術の議論に終始することがほとんどです。解析結果や自分が解いた数式が街の中でどう活かされるのかを伺えたことは勉強になりましたし、光栄なことでもありました。

**梶田** 土木工学は人々のために社会基盤施設を整備して社会に貢献していますが、社会が成熟した現在では、できた施設をいかに利用し、役に立ててもらうかが重要です。利用者ともよく話し合い、何のために何がどのくらい必要なかを今まで以上にしっかりと考えなければなりません。土木の範疇だけでは新技術を考慮した施設の検討が難しいので、今回、別分野の方々と取り組めることは非常に楽しいです。例えば、壁に塗れる太陽電池のような新しい技術を知れば、それらを都市の中にどのように取り込むか、という視点が生まれます。単独で研究しては絶対に思いつかないことです。

**富田** 情報収集だけならネットでもできますが、専門家からいい意味での主観も交えて話してもらった方が面白さが伝わります。学生の研究発表会も合同で行いますが、専門分野が異なる相手に説明するには自分自身が十分に理解する必要があるため、彼ら

にも良い訓練になっているようです。

**梶田** 異分野の学生の素朴な疑問が実は大切な示唆を含んでいたということもよくありますよね。

**富田** そうですね。私自身も他の分野の視点に触れられることで、専門分野にのめりこみ過ぎていないかどうか、自分の研究が一般に必要とされているのかどうか、一歩下がって自分を省みる良い機会ができています。

### 実用化に向けチームで歩む。創電・送電・街づくり、それぞれのこれまでとこれから

**富田** ペロブスカイト型太陽電池の効率は現在約17%で、世界の一流グループに比肩するレベルになりました。今後は劣化の原因について研究を続けながら、シリコン系が使いづらい場所で使える製品を開発したいと思っています。シリコン系電池の色は黒ですが、例えば緑色にすることで、公園などで使っても景観が損なわれにくくなると考えています。

**稲森** 電磁誘導式の無線電力伝送はある程度普及しましたが、共振型というタイプの

ものは中距離で使える代わりに効率が50～60%しかありません。損失分がどこへ消えたかを知ることで、効率の向上に貢献したいと考えています。回路の変更やシステムの開発を通じて効率を上げる研究は様々な機関で進められていますが、損失に対する解析は非常に基礎的な研究で、取り組む人も少ないように思います。

私はずっと取り組んできたデジタル無線通信技術の活用も引き続き検討していきます。電力伝送システムの全体像を考えながら、せっかく作ってもらった電気をどうやって効率よく遠くまで届けるのかに取り組みたいと思っています。

**梶田** さまざまな技術開発を活用して、自然環境にも人にもやさしい街づくりにつながられればと思っています。自然エネルギーはヨーロッパなどを中心に導入が進められていますが、効率性の向上と環境への負荷のバランスを考えることが重要です。先生方が開発されているものをうまく取り込み、エネルギー全体としての利用価値の向上や、景観を含めたデザイン性の向上を目指したいと考えています。



図1. テクニカルショウヨコハマ2018に出品された海辺の都市のミニチュア模型

建物の屋根と壁面に軽量、高効率なペロブスカイト型太陽電池が設置され、個々の建物で消費される電力エネルギーの供給を担っている。水辺に配置されている熱音響機関は、太陽光由来の熱と冷温な水の温度差の利用を想定した。駐車場には無線電力伝送の給電装置が埋め込まれ、電気自動車が充電できる。

## 『人と街と太陽が調和する』 創・送エネルギーシステムの開発 研究グループ

### エネルギーを創る

有機ペロブスカイト型太陽電池  
理学部化学科

- ・ 富田 恒之      ・ 勝又 哲裕
- ・ モハマド・シャヒドゥザマン

工学部機械工学科

- ・ 岩森 暁

工学部電気電子工学科

- ・ 磯村 雅夫

熱音響機関

工学部動力機械工学科

- ・ 長谷川 真也

工学部電気電子工学科

- ・ 金子 哲也      ・ 佐川 耕平
- ・ 木村 英樹

### エネルギーを送る

無線電力伝送

工学部電気電子工学科

- ・ 稲森 真美子

### 自然と人が調和した街

都市計画・交通計画

工学部土木工学科

- ・ 梶田 佳孝

## 東海大学総合研究機構 TOKAI UNIVERSITY GENERAL RESEARCH ORGANIZATION

総合研究機構は、大学における研究の社会的使命を果たし、国際的なアクティビティを発揮し、人類社会の発展に貢献していくため、1976年（昭和51年）4月に発足。学園の広範な研究活動の有機的結合や、研究・運営・開発の統合化を行い、外部機関との共同研究、受託研究を積極的に推進し、産・官・学の積極的な研究交流をベースに目的の達成を目指したものです。

- ・ プロジェクト研究
- ・ 研究奨励補助計画
- ・ 研究スタートアップ支援
- ・ 研究集会補助計画
- ・ 商品開発助成
- ・ 学術図書刊行費補助
- ・ 論文校閲費補助計画
- ・ 研究設備拡充計画
- ・ 沖縄研究教育助成

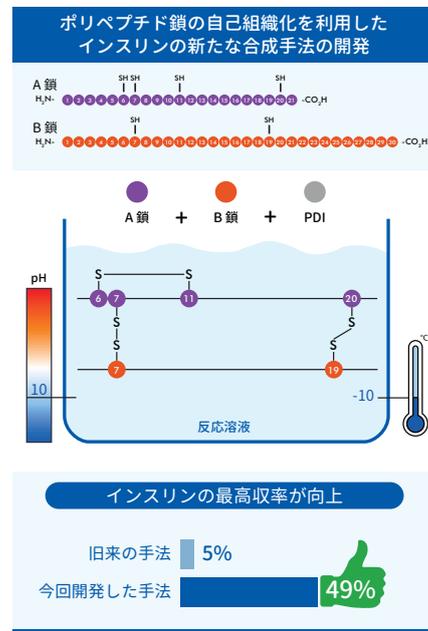


「商品開発助成」にて開発・販売された金山寺味噌

## 増加する糖尿病患者らに朗報 インスリン製剤の 簡便な化学合成法を開発

血糖降下作用を持つ「インスリン」は、糖尿病患者らが使用する静脈注射製剤であるが、特徴的な分子構造を持つため化学的な合成は困難とされてきた。インスリンの構造は、2本のポリペプチド鎖（A鎖とB鎖）が、硫黄原子（元素記号S）同士のジスルフィド（SS）結合によってリンクすることにより構成される。しかしA鎖とB鎖をそのまま混合しても、それぞれのポリペプチド鎖の内部でSS結合が作られてしまい、目的のインスリンはほとんど得られない（最大収率5%程度）。A鎖とB鎖の間のSS結合だけを選択的に架橋させる合成技法はこれまでも多数提案されたが、いずれも多段階な操作や熟練された実験技法が必要であり、効率の良い製法としての普及には至っていない。

東海大学理学部の荒井堅太講師、岩岡道夫教授は、大阪大学、東北大学、福岡大学との共同研究により、インスリンを構成するA鎖とB鎖が水溶液中で自己組織化してインスリンの構造を獲得するメカニズムの全容を解明した。両ポリペプチド鎖が自己組織化してインスリンとなる性質を潜在的に持つことは、同グループの先行研究から示されていた。本研究では、複雑な合成技法を使うことなくA鎖とB鎖を水溶液中で混ぜ合わせるだけの簡単な方法について再検討し、収率の改善を図ることを目的とした。本研究で判明したメカニズムをもとにインスリンが最も効率よく生成される条件を探索および検討したところ、摂氏マイナス10度、pH10.0の条件下でインスリンが良好な収率で得られ、さらに、タンパク質中のSS結合架橋を促す生体酵素（プロテインジスルフィド異性化酵素、PDI）をごく少量添加することで、反応時間の短縮と収率向上が確認された。反応溶液の最適条件下における最高収率は約49%であった。本手法の利点は、A鎖とB鎖を約1対1で混ぜ合わせるという基本的かつ簡便な手法に立ち返り、インスリンの収率を向上させたことにある。遺伝子工学的な手法を一切用いないため、大掛かりな製造施設や熟練の実験技術者も必要としない。将来的には、化学合成技術を基盤とした新しいインスリン製剤技術としての応用が期待される。



※本研究成果は、2018年5月3日（木）付でイギリスの国際化学誌「Communications Chemistry」電子版に掲載されました。

荒井 堅太 (Kenta Arai)  
東海大学理学部化学科講師。生物物理学、有機化学の両視点から、タンパク質の立体構造形成（フォールディング）を人工的に制御する手法の開発に取り組む。

岩岡 道夫 (Michio Iwaoka)  
東海大学理学部化学科教授。タンパク質フォールディングの原理の解明に、実験と理論の両面から取り組む。

## NEWS & EVENTS

### ★東海大学が開催します★

#### ひらめき☆ときめきサイエンス

見て触って楽しむ博物館・美術館入門  
キュレーター（学芸員）の仕事と日本画の魅力

学校を飛び出し、文化・芸術と触れ合いながら「キュレーター（学芸員）の仕事」や「日本画の魅力」を体験しませんか？

日時／場所：2018年7月28日（土）／東海大学 湘南校舎 松前記念館



東海大学 海洋調査研修船「望星丸」

#### ひらめき☆ときめきサイエンス

海の不思議にふれる  
一望星丸は海の上の実験室ー

海の色々な性質について、船上での様々な機械による測定や得られた試料をみて体験してみませんか？

日時／場所：2018年7月28日（土）／東海大学 海洋調査研修船「望星丸」 着岸岸壁

#### 産学連携フェア2018

企業の皆様方と本学の多様な研究人材が活発に交流できる場を提供いたします。

日時／場所：2018年8月8日（水）／東海大学 高輪校舎

#### 第2回 東海大学「農・食・健」 QOLセミナー

農水産業、食品加工関連業、健康産業などに携わる自治体や企業の皆様方に、マッチングを目指した本学の研究成果や知見を発信いたします。

日時／場所：2018年9月28日（金）／東海大学 海洋科学博物館

### ★東海大学が出展します★

#### 第20回 ジャパン・インターナショナル・シーフードショー

海洋学部水産学科の研究内容を紹介し、講演会を実施いたします。

日時／場所：2018年8月22日（水）～24日（金）／東京ビッグサイト

#### イノベーション・ジャパン2018

本学が推すホットな研究を組織展・個人展にて紹介いたします。

日時／場所：2018年8月30日（木）～31日（金）／東京ビッグサイト