

産学公連携の事例集

TMU・Beyond

首都大学東京 URA 室

2016 Vol.3

「水素エネルギー」

燃料電池のハイブリッド型電解質膜の開発

水素を核としたエネルギーキャリアの高効率利用

アマゾン原産の果物「ガラナ」の秘密

ビッグデータをツーリズム戦略と地域創生戦略に活用

バイオ・医療応用デバイスのためのマルチスケール加工

理学療法の視点で融合させるものづくり

vol.3

環境・エネルギー分野の問題解決に向けて 未来社会を変える新規素材を設計・創出する研究を推進

川上 浩良（かわかみ ひろよし）

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科
分子応用化学域 教授 工学博士



燃料電池車のための 新しい高分子電解質膜

昨年パリで開催されたCOP21で、地球の温暖化対策として世界の平均気温上昇を2℃未満に抑えることが決められました。この目標を達成するには、今後は二酸化炭素の排出を劇的に削減していくほかなく、そのためには人類は「水素エネルギー」に頼らざるを得ません。

東京都は、世界に先駆けて「水素社会」の実現に向け、環境負荷の少ない燃料電池車をはじめ水素関連技術の導入を目指し、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会までに、その利用拡大に向けた取り組みを進めています。東

京都の取り組みを学術研究と社会実装の両面で支援するために、4月に「水素エネルギー社会構築研究センター」を設置します。私もそのメンバーの一人として参画します。

燃料電池車の普及には、水素ステーションなどインフラ整備のほか、燃料電池自体の特性向上も喫緊の課題であり、特に燃料電池の心臓部である「セル」を構成する高分子電解質膜には、高いプロトン伝導性や長期安定性、コスト削減など様々な要求があり、今後のさらなる進歩が強く求められています。

私の研究室では、高分子化学・有機化学・分子生物学を基礎として、バイオ・医療分野や環境エネルギー分野で役立つ新素材を創出する研究を行っています。こうした時代背景の中で、現在は環境・エネルギー問題を解決する「環境工学マテリアルの基礎及び応用に関する研究」を企業などと共同で強力に推進しています。

地球環境に配慮しながら、拡大するエネルギー需要に応えるためには、環境工学・材料工学を基盤とした新しい材料の設計が不可欠です。私たちは、ナノファイバーに注目し、

燃料電池の固体高分子電解質膜とナノファイバーの二つの技術を結合させて、優れた性能とコスト削減を両立する新しい電解質膜を開発しました。

次世代電池のプラットフォームを開発し、世界標準を目指す

燃料電池の高性能化には、プロトンを効率よく輸送するプロトン伝導膜が不可欠です。そのため新しい材料設計指針、合成法を考え、新規高分子固体電解質膜の研究を進め、ナノファイバーと高分子を組合せたハイブリッド型の非常に薄くて強い電解質膜の開発に成功しました。従来の電解質膜が10〜15ミクロンの厚さであるのに対し、私たちの電解質膜はわずか2ミクロンと大幅な薄膜化と強度維持の両立を実現しています。電解質膜は薄い方が抵抗が小さく電流が流れやすくなります。また膜材料の量が少なくて済むので燃料電池のコスト削減やコンパクト化という課題の解決にもつながります。

私たちは、このナノファイバーと高分子によるハイブリッド型電解

質膜が燃料電池だけでなく他の次世代電池にも応用展開できるプラットフォーム技術と考えています。この技術を用いれば様々な電池で求められるイオン輸送（例えばリチウムイオンなど）、膜安定性、コスト削減などの要求性能を満たすことができます。さらに、企業が開発中の高分子膜材料とナノファイバーを組み合わせることで燃料電池や二次電池の性能を上げることもできます。2020年に走る燃料電池車にこのプラットフォーム技術を採用していただき、これを日本発の世界標準技術として考えています。



「水素エネルギー社会」を実現 する燃料電池のハイブリッド型 電解質膜の開発

特集

環境と調和した社会のための自動車動力システムとエネルギーキャリアの選択肢を提供

「水素」を中心とする様々なエネルギーキャリアの 高効率利用

TMU・beyond

水素社会と燃料電池自動車

東京都や政府は、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会において「水素社会」の価値を世界に発信する方針を示しています。自動車の分野でも、燃料電池自動車が市販され、また燃料電池バスが都内で試験運転されるなど、水素エネルギーや燃料電池に関する技術の開発や普及の動きが活発になっています。

水素を燃料とする燃料電池自動車には、エネルギー効率がよく、また有害排気成分を排出しないという利点がありますが、他にも、エネルギー媒体の多様化により過度の石油依存からの脱却につながることや、災害時に電源としても



首藤 登志夫(しゅどう としお)
首都大学東京大学院 理工学研究科
機械工学専攻 教授 工学博士

活用できることなども期待されます。さらに、日本の自動車産業は、関連する企業の裾野が広いいため、燃料電池自動車を中心とする水素社会実現の動きには広範な産業波及効果が期待されます。

いかに高いエネルギー密度で水素を 搭載するか

燃料電池と従来のエンジンを比較すると、燃料電池はエネルギー効率の点で優れ、エンジンは出力の点で優れています。燃料電池はいかに出力を向上させるか、エンジンはいかに効率を向上させるかが課題です。最近では、エンジンを用いた自動車の効率向上も進んでいて、さらに電気モーターと組合せたハイブリッド化によって高い車両効率が実現しています。また、このエンジンの燃料を水素にすることで、燃料電池自動車と同じ意味を持つ機械システムを構成することもできます。

自動車に水素を搭載する形態としては、圧縮水素や液体水素などがあります。現在は主に圧縮水素を搭載した自動車の実用化が進んでいますが、水素を冷却して液体にするとさらに高いエネルギー密度を実現できます。しかし、マイナス253℃という極低温まで冷却して得られる液体水素でも、そのエネルギー密度はガソリンの約1/4であり、水素を

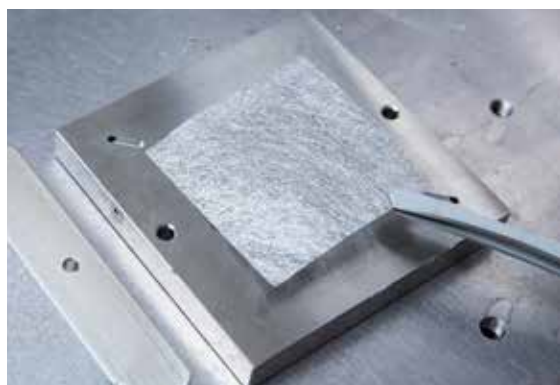
自動車燃料とする場合にはいかに高いエネルギー密度で水素を搭載できるかが課題となります。

自動車動力システムの効率向上と エネルギーキャリアの研究

私のエネルギー環境システム研究室は、「自動車動力システムのエネルギー効率向上」を主なテーマとして、メタノールやアンモニアなどをエネルギーキャリアとした研究を進めています。とくにメタノールは、ガソリンと同様に常温常圧で液体であり、液体水素の約2倍のエネルギー密度を持ちます。メタノールやアンモニアから水素を生成することも容易で、自動車の上で水素を生成して燃料電池や水素エンジンの燃料とすることができます。

水素やメタノールを利用する燃料電池の高性能化に関しては現在特に注力しており、金属材料企業数社と共同で金属多孔体材料を開発し、これを燃料電池の反応物流路に採用することで電極の全面を無駄なく反応に使い発電出力を向上させる研究に取り組んでいます。また、水素エンジンに関しては、熱効率向上のための冷却損失低減や、メタノールやアンモニアから水素を生成する際の反応熱をエンジンの排気熱で賄うことによる総合効率向上などに取り組んでいます。

さらに、エンジン排気熱を利用した化学反応によりメタノールから水素とジメチルエーテルを生成し、これらを利用して予混合圧縮着火燃焼という高効率の新規燃焼方式を実現する研究にも取り組んでいます。他にも、バイオ燃料や合成燃料など様々なエネルギーキャリアの利用に関して研究を行っています。研究者は、技術的な優位性や実現性を把握した上で、どのようなエネルギーキャリアの選択肢をどのようなケースで効果的に提供できるかを常に考えながら、人類が将来にわたって最適な選択肢ができるような環境を構築していく必要があります。今後も人類のエネルギー利用の低公害化や高効率化に資するために様々な選択肢を提供していきたいと考えています。



チタン繊維を焼結した極薄の全面供給型反応物流路

アマゾン原産の果物「ガラナ」の秘密を 遺伝学的なアプローチで科学的に解明

TMU beyond

遺伝子の変化を調べることで 環境が生物に与える影響に迫る

ブラジルの奇跡のフルーツ

生物の設計図である遺伝子については多くのことが解明されていますが、まだわからない部分もたくさんあります。例えば、ミツバチの働き蜂と女王蜂は同じ遺伝子であるにもかかわらず、働き蜂は1〜2ヶ月で死に、たつぷりローヤルゼリーを与えられた女王蜂は3〜4年間生き続けます。つまり、遺伝子はその環境因子（食物や生活習慣など）によって働きが変化します。その現象を遺伝学的に探究していくのが私の研究室のテーマです。

具体的には、人間と遺伝子の7割が



ガラナの実と種

よく似ているショウジョウバエを実験動物として用いて、細胞レベルではなく、動物個体に環境が与える影響について研究を行っています。

3年前から、環境によって遺伝子の働きがどう変化し、人の健康にどんな影響を与えるかに迫る題材として、アマゾン原産の果物「ガラナ」に関する研究に取り組んでいます。アマゾンのある特定の地域では、16世紀からガラナの種を磨り潰して飲む習慣があります。その住人は、驚くべきことに髪の毛に大量の水銀が蓄積されているにもかかわらず、長寿の人が多く、糖尿病、高血圧、脳梗塞などの生活習慣病も少なく、元気に暮らしています。ガラナをショウジョウバエに与えると明らかに活動が活発になります。また、水銀などの毒への抵抗力が強くなることや、コレステロール値を下げる働きもあることが分かってきました。

ガラナは、ブラジルでは良く知られている健康食材なのですが、その効果について科学的な検証や実証はなされていませんでした。私たちは、遺伝学の立場からそれを解明しようとしているのですが、その優れた作用・機能とポテンシャルに研究者として非常に注目しています。

国際的な産学公連携へ

ガラナの研究は、ブラジル政府機関のサポートを受けて、サンタマリア連邦大学、アマゾン州立大学と共同で進めています。2013年に科学技術振興機構（JST）の戦略的国際科学技術協力推進事業「日本―ブラジル研究交流」に採択され、2015年からは日本医療研究開発機構（AMED）のプロジェクトとして国際的な共同研究を継続しています。

このプロジェクトを通じて、ブラジルと日本を研究者や留学生が行き来したり、共同シンポジウムを開催したりと両国間の連携や交流が進んでいます。ショウジョウバエの研究で得られたガラナの効果を実証できれば、国際的なインパクトも大きく、様々な分野の民間企業がガラナを用いた機能性食品や医薬品の開発に向けて動き出すこ



相垣 敏郎（あいがき としろう）
首都大学東京大学院 理工学研究科
生命科学専攻 教授 理学博士

とが期待されます。

本プロジェクトと並行して、私たちは、親の生活環境の情報（飽食／飢餓、気候など）が子どもの遺伝子にどのように受け継がれて、子どもの遺伝子の働きにどんな変化をもたらすのかについても研究を進めています。



ショウジョウバエ（左：オス、右：メス）

ツーリズム時代にふさわしい 新たな都市・地域の 交通システム体系を構築

TMU・beyond



清水 哲夫(しみず てつお)

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科
観光科学域 教授 工学博士

ツーリズムの政策や計画を支援

21世紀の重要な産業のひとつとして、世界的にツーリズムの重要性が増しています。都市・地域の交通システムの計画には、通勤・通学や業務のみならず、観光やショッピングなど余暇活動への対応が不可欠となっています。

観光地への主要な移動手段である車についても、増加する高齢者や外国人観光客への対応や、高速道路の整備が観光地に与える影響の理解と対策が必要となります。

具体例としては、白川郷があります。東海北陸自動車道の整備により車での観光客が増え、合掌造り集落の内部にある民間駐車場への長蛇の列が白川郷の魅力低下の一因となっていました。そこで官民協力で集落外の大規模公共駐車場に車を誘導し、集落内への流入を抑制する対策を徹底した結果、街路の歩きやすさが大幅に改善され、白



高速道路整備と駐車場マネジメントを魅力向上につなげた白川郷

川郷の魅力向上に成功しました。大都市周辺の高速道路の渋滞問題も依然として深刻で、ツーリズムのグローバル化・多様化に向けた都市・地域のトータルな交通システム体系の再構築は、喫緊の課題と言えるでしょう。

ツーリズム戦略・計画は、科学的根拠に基づき、国家・地域・都市が合理的かつ有効に策定しなければなりません。そのためには、データドリブン・ファクトベースの現状分析や将来予測を行えるツーリズム政策学やツーリズム計画学の確立が必要なのです。首都大の自然・文化ツーリズムコース／観光科学域は、国内では数少ない理系の立場での観光研究・教育を特色とし、私の研究室でも社会基盤計画学、交通学をベースとして、交通インフラ整備や新たなサービス提供を観光振興につなげていくための調査・研究を重ねています。

個々人が自由に旅を楽しむ時代となった今、国や地域が整備する統計だけでは、多様なツーリズムのニーズや行動を理解することはできません。そこで私は、カーナビやスマートフォンなどで取得される観光客の大量の位置情報データを利用して、何時何分にどこにどんな順番で立ち寄ったか、どの経路で移動したかなど、人々がどんな旅をしているか特定し、それが実現した背景を探るような研究を行なっています。

地域創生を支援する先端的な研究と「スーパー自治体職員」の養成の取り組み

東京圏への人口の過度の集中を是正し、それぞれの地域で住みよい環境を確保して、将来にわたって活力ある日本社会を維持していくことを目的とする「まち・ひと・しごと創生法」が平成26年11月に成立し、国だけではなく全国の自治体にも「地方版まち・ひと・しごと創生総合戦略」の策定、実施が義務付けられました。

首都大のお膝元である多摩地域では、多摩地域ならではの「広域連携」の取組みが可能であるにもかかわらず、自治体間の連携意識はまだ薄く、特色ある取組みも十分ではなく、まだまだ多くの可能性を秘めていると感じています。

そこで首都大は、私のほかに地域研究、都市計画や都市政策、公共データ分析やGISなどを専門とする研究者が集まり、多摩地域の真の地域創生のため

に「スーパー自治体職員」を養成すべく、自治体職員向け研修プログラムを開発しました。首都大の連携パートナーの多摩信用金庫が、各自治体に有するネットワークを活用して、「スーパー自治体職員」の候補生を発掘、首都大が研修を実施します。

研修では、GISや各種統計ソフトなど様々な解析ツールを活用し、地域創生事業におけるKPI評価に役立つデータ解析手法の学習を通じて、所属自治体における地方創生総合事業の調査業務の発注仕様書案の作成など、実務的な課題に取り組み、参加者相互でそれらを評価していきます。

勘や経験・思い込みではない科学的な根拠に基づく現状分析をし、俯瞰的で中長期的な視野に立った計画立案・運営をし、周辺自治体も巻き込みつつ広域連携を主導できるような「スーパー自治体職員」を多摩の各市町村に養成し、その研修生が自治体を横断して築くプラットフォームを首都大が担うことを目指しています。



外国人観光客に人気の谷中。その持続に何が必要か？

バイオ・医療応用デバイスのための マルチスケール加工技術の開発

TMU・beyond



楊 明(やん みん)

首都大学東京大学院 システムデザイン研究科
知能機械システム学域 教授 工学博士

MEMSに精緻な金属加工技術を活用

シリコン、ガラス、有機材料などからなる一つの基板の上に、機械要素部品、センサー、アクチュエータ、電子回路部品などを集積化した微小電子機械(MEMS/マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム)は、幅広い分野における多様な製品の高付加価値化を支える必要不可欠なデバイスです。近年、特にバイオや医療分野への応用が注目されています。

私の研究室では、半導体加工と異なる方法によるMEMSの創製技術に着目し、ナノ材料の自己組織化や精緻なマイクロ金属加工技術を用いた「バイオ・医療用デバイスのマルチスケール加工技術の研究」に取り組んできました。具体的には、カーボン素材を利用したデバイス研究、ナノ材料を配列したバイオセンサーや燃料電池電極の研究、金属の極小かつ高精度なプレス加工技術の研究、加工技術のコンピュータシミュレーション

マイクロ成形加工技術を活かした 高付加価値なモノづくり

―産学医の連携で、先進医療を支える先端デバイスを開発―

ン技術の研究などがそれに当たります。例えば、ドラッグデリバリーシステム(DS)の開発には、体内に埋込みが可能なマイクロサイズの薬物投与デバイスや、体内・体外の環境・状態をセンシング可能な高感度バイオセンサー、長寿命かつ生体的に安全な電池・電源デバイスといったハードウェアが必要となりますが、そうした場合に必要となる超小型デバイスを製造するための研究を行っています。

金属は、強度も精度も量産性も樹脂より優れています。また、ステンレスやチタンといった金属は人体との親和性が高いのも魅力です。当然、マイクロレベル、ナノレベルでの金属加工となると、その難易度はミリレベルとは比べものになりません。これからも、モノづくりにおける高付加価値化技術の確立を目指して、より精密な金型作り技術、マイクロ成形に適した加工プロセスなどの研究開発を推進していきます。

先進医療に使える先端デバイスを開発

具体的な例としては、企業との共同研究で大きさ10mm程度の超小型マイクロ

ポンプの製品化に成功しています。さらに、このマイクロポンプを製造するために、卓上の小型サーボプレス機内でマイクロユニット部品の一体成形まで可能にしたマイクロプレス加工システムも開発しました。

また、東京都との連携でインフルエンザを検査し予防するためのナノマイクロバイオ分析システムを開発、さらには、感染症の統合的予防システムを開発し、今後は日本・東南アジアなどで感染症に関する情報をネットワークで提供していく構想も進めています。

こうした先進医療に使える先端デバイスの開発は、患者の身体的負担の軽減や高精度医療の実現に寄与します。MEMSに代表される高付加価値なモノづくり技術が医療分野と連携する医工連携の取り組みは、すでに多くの大学で行われていますが、高齢化・長寿命化が進む日本こそが世界のリーダーたる研究分野であると自負しています。これからも、マイクロ成形加工技術をより高精度化し、高品質かつ廉価な先端デバイスの研究開発に取り組んでいきます。



臨床の現場ニーズと技術シーズを「理学療法の視点で融合させるものづくり」の実践

介助される人に残存する 潜在能力を生かした日常生活の 支援を目指す

TMU・beyond

私の研究室では理学療法の観点から、脳性麻痺に代表される発達障がい児（者）に対する機能評価の方法、リハビリテーションプログラムの開発、障がい児（者）に対する介護負担の研究、運動の解析や運動中の筋電図解析方法の研究、障がい児（者）に対する環境整備や福祉用具の研究、大都市在住障がい者及び高齢者における災害対策といった研究を行っています。具体的には「小児分野、運動発達分野における理学療法に関する研究」「リハビリテーションに必要な器具の開発」「腰痛や頸部痛を予防する体幹筋トレーニングや器具の開発」を主なテーマとして研究しています。医療器具や福祉用具、健康器具の開

技術シーズに現場ニーズを
プラスしたものづくり



新田 収（にった おさむ）
首都大学東京大学院 人間健康科学研究科
理学療法科学域 教授 工学博士

発には、使う人のニーズを正しく理解する必要があります。技術シーズだけでは、真に役立つ道具は作れません。サポートを必要とする部分は使用者ごとに異なるので、その人の力や動きに合わせて介助できる器具の開発が重要です。私たちは理学療法士は、日々臨床現場でサポートを必要とする方々と向き合っており、器具に求められる機能や役割を常に考えています。

この経験と知見を基に、企業や学内の研究者と連携して様々な支援器具や健康関連製品を企画・設計し、出来上がった試作品を実際の臨床現場に持ち込んでモニタリングし改良を重ね、より現場ニーズに即した製品を完成させています。

例えば、東京都にある株式会社コニーと共同で開発した女性用人気シューズブランドの「Primastyle」シリーズがあります。これは、企業がもともと持っていた優れたコンセプト力やデザイン力に、私たちが使い勝手や機能性を加えてより良い製品ができた好例だと思います。



Primastyle
フットベッドシューズ -モカシン-



Primastyle
フットベッドシューズ -バレエリボン-

リハビリの視点で、日常生活を
サポートするものづくり

私たちが開発中の器具の一つに、立ち上がるのに困難を感じる方を対象とした「インテリジェント手すり」があります。この手すりは、使用者の立ち上がる動作に同期、つまり動作速度および負荷に反応してまずは前、そして上方へ自動的にコンピュータ制御することで、立ち上がり動作を助けます。つまり、立ち上がる動作そのものを補助するのではなく、立ち上がるとうとする人自身に残る潜在能力を引き出す道具です。

使用者を立ち上がらせるには、立ち上がる方向、つまり上に大きな力を与えることを技術的には考えがちなです。電動式便座昇降機などがその代表例といえます。しかし一方、理学療法では、介助される人の力を活かしながらその人に足りない部分をどうサポートしていくか、と考えます。介助される人の潜在能力を生かせば、立ち上がらせるのに大きな力は必要としません。そしてその潜在能力を生かした器具を使用することは、身体を使わないことで引き起こされる廃用症候群を予防し、心身ともに自立した日常生活を長く送ることにつながります。

また、最近では介護ロボットが注目されていますが、肉体的な支援をするロボットの普及には、機能性や安全性、コスト



インテリジェント手すり



不自由な足は前へ 良い方の足はひく
ベテラン介助者による立ち上がりの支援
（引用）『家庭でできるリハビリテーションシリーズ1』
（社）日本理学療法士協会編

の面でもう少し時間がかかります。そこで私たちは、人と人とのつながりをサポートするコミュニケーションロボットの開発に取り組んでいます。

コミュニケーションロボットで高齢者コミュニティが活性化するのなら、このことで高齢者の健康度向上が期待でき、リハビリテーションの一環となります。こうしたロボットの開発には、社会学、心理学、通信、工学、医療など多岐にわたる分野の知識や情報を融合させる必要がありますが、それが可能なのも横断的な研究開発ができる首都大ならではの大きな利点のひとつであり、私自身の融合役として今後ものづくりを続けていきます。

首都大



お問合せ

首都大学東京 URA 室

TEL **042-677-2728**
E-mail ragroup@jmj.tmu.ac.jp
<http://tmu-rao.jp/>



R100
豆油・菜油配合率100%の環境配慮型インク