No.34 同志社大学“知”の軌跡 ～特許情報～

同志社大学には、研究技術開発によって生まれたさまざまな知的財産があります。これらの中で特許登録された発明を紹介します。
ご興味をもたれた皆様からのご連絡をお待ちしています。

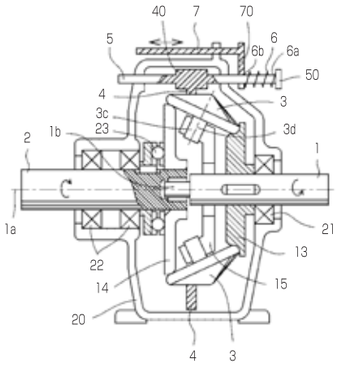
発明の名称 ● 自動変速装置

発明管理番号／知発1385

特 許 番 号／特許第5441038号	登 録 日／2013年12月 27日
出 願 番 号／特願2009−150812	出 願 日／2009年 6月 25日
権 利 者／学校法人同志社	発 明 者／松岡 敬
適用分野用途／車両、各種巻取り機、攪拌機等の変速機	

発明の概要

本発明に係る自動変速装置は、入力軸と、入力軸と同心の出力軸と、入出力軸に対して公転しながら自転する円錐状のコーンと、コーンに摩擦係合する変速リングと、コーンと変速リングとの間に接圧力を与える接圧力付与手段と、変速リングを入出力軸の軸方向に進退移動する移動手段と、変速リングの進退移動を付勢する付勢手段とを備える。コーンは、コーンの回転軸心が入出力軸の回転軸心と交わらないように設けられると共に、コーンの回転軸心が、コーンと変速リングとの接触点と入出力軸の回転軸心とを結ぶ線に対して、角度αだけ傾斜するように規制されており、出力軸に負荷トルクが生じると、変速リングに対して入出力軸の軸方向に変速力が作用し、付勢手段は、変速力に対して反対方向の付勢力が予め設定した出力特性で動作するように設定されている。



発明の名称 ● 複素環化合物、金属錯体及び蛍光プローブ

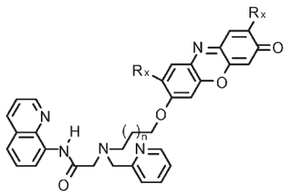
発明管理番号／知発1548

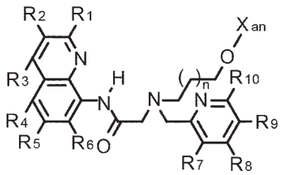
特 許 番 号／特許第5512764号	登 録 日／2014年 4月 4日
出 願 番 号／特願2012−186647	出 願 日／2012年 8月 27日
権 利 者／学校法人同志社	発 明 者／人見 穣
適用分野用途／過酸化水素を検出する蛍光プローブ	

発明の概要

■**課　題**　水中でも安定しているため、生体試料の測定にも使用可能であり、かつ、従来からあるものよりも反応速度が速い過酸化水素検出用蛍光プローブ、プローブの構成要素である金属錯体、金属錯体の配位子である複素環化合物を提供する。

■**解決手段**　この発明の複素環化合物は右式で表される。
（式中、Xanはキサンテン系色素であり、nは0～6であり、R_1は水素原子、メチル基であり、R_2、R_3及びR_6は水素原子であり、R_4は水素原子、メチル基、塩素原子、メトキシ基、ニトロ基であり、R_5は水素原子、メトキシ基、エトキシカルボニルメチルエーテル基（$OCH_2CO_2CH_2CH_3$）であり、R_7及びR_9はそれぞれ独立して水素原子、メチル基、メトキシ基であり、R_8は水素原子、メチル基、塩素原子、メトキシ基、ニトロ基であり、R_{10}は水素原子、メチル基、塩素原子、フッ素原子である。）





問合せ先　同志社大学　知的財産センター
TEL:0774-65-6900　FAX:0774-65-6773　e-mail:jt-chiza@mail.doshisha.ac.jp

公開特許一覧ホームページアドレス　http://ipc.doshisha.ac.jp/patent_list/patent_list.html

京田辺リエゾンオフィス | 〒610-0394　京都府京田辺市多々羅都谷1-3　同志社大学京田辺校地　同志社ローム記念館 2階　Tel:0774-65-6223　Fax:0774-65-6773
E-mail:jt-liais@mail.doshisha.ac.jp　URL http://liaison.doshisha.ac.jp

今出川リエゾンオフィス | 〒602-0023　京都市上京区烏丸通上立売下ル御所八幡町103　同志社大学今出川校地 寒梅館2F　Tel:075-251-3147　Fax:075-251-3046

LIAISONバックナンバーは、HPからダウンロードいただけます。　2015年1月発行（年3回発行）同志社大学リエゾンオフィスニューズレター　編集／発行　同志社大学リエゾンオフィス

1 2015
同志社大学
リエゾンオフィス
ニューズレター
Vol.45

LIAISON

特集
同志社大学発、知のイノベーション!

世の中を動かすエネルギー・環境技術を発信

▶盛満　正嗣　同志社大学 理工学部 環境システム学科 教授

LIAISON CAFE

「イノベーション・ジャパン2014」に参加！
「同志社大学・けいはんな産学交流会」を開催！
「第11回 同志社大学ビジネスプランコンテスト ~New Island Contest~」
「第11回 龍谷大学×同志社大学 ジョイントセミナー」を開催！
着任紹介

研究者をたずねて

1 坂井　岳夫　法学部 法律学科 准教授
2 若原　卓　スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科 助教
3 松村恵理子　理工学部 機械システム工学科 准教授

同志社大学 研究開発推進機構 リエゾンオフィス
http://liaison.doshisha.ac.jp/

盛満 正嗣
理工学部 環境システム学科 教授

同志社大学発、知のイノベーション！

世の中を動かすエネルギー・環境技術を発信

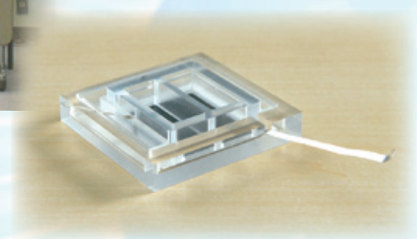
同志社大学では、これまで蓄積してきた知的シーズを活用し、国や地域等の様々な研究開発プロジェクトに参画して、社会を大きく変えるような研究成果を発信してきました。

なかでも、理工学部環境システム学科の盛満正嗣教授が取り組む研究シーズは、独立行政法人科学技術振興機構（JST）の研究成果展開事業（スーパークラスタープログラム）京都地域コアクラスター、さらには戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発：ALCA）等に採択され、その成果が特許出願や事業化に結びつくなど、社会を大きく変える原動力になっています。

今回は、「蓄電池用メタル材料の高効率製造技術」と「水素／空気二次電池の開発」の二つのテーマを取り上げ、その画期的な研究内容や将来の可能性など幅広くインタビューしました。

ベースメタル･レアメタルの革新的製造方法の事業化に関する記者発表（2011年9月20日）

実用化した電解採取用陽極（一例）



研究開発中の水素／空気二次電池

Project 1

JST研究成果展開事業（スーパークラスタープログラム）京都地域コアクラスター「蓄電池用メタル材料の高効率製造技術」

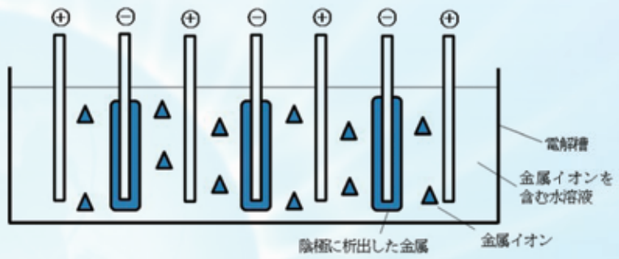
省電力･低環境負荷を兼ね備えた世界初、ベースメタル･レアメタルの製造技術

銅、亜鉛、ニッケル、コバルト…社会を支える金属の製造技術とは？

ベースメタルというのは流通量の多い金属のことで、銅や亜鉛などがその代表です。例えば、銅は電線や電池材料に、亜鉛は電池材料や鋼板の防食被膜として幅広く使われています。これらに比べて、ニッケルやコバルトなどは資源量が少なく高価であり、レアメタルと呼ばれています。しかし、レアメタルも電池やステンレスの材料など、私たちの暮らしの中で様々な用途に使用されています。

ベースメタルやレアメタルの製造には電解採取法が用いられています。これは金属元素を含む鉱石を採掘・粉砕した後、酸で金属イオンを水溶液中に抽出してから、そこに陽極（＋極）と陰極（－極）を挿入して電気を流すことで、陰極上に目的の金属を析出させる方法です。このようにして鉱石から高純度の金属が製造されています。電解採取では、通電する電気量（電流×時間）が大きくなれば、得られる金属の量は増えます。一方、電解採取によって世界で一年間に消費される電気エネルギー（電気量×電圧）は、亜鉛だけを例にとっても、日本の一般家庭1100万世帯分が消費する量に相当するほど莫大です。また、これまでの電解採取法では、陽極で金属酸化物が生成するという副反応が起こり、これが水溶液中に沈殿して金属汚泥を生じるという問題もありました。

電解採取は金属の製造に不可欠な技術ですが、新興国の経済発展とともにベースメタルやレアメタルの需要は増加しており、電解採取におけるエネルギー消費や環境負荷の増加は大きな課題となっていました。そこで、省エネルギーと環境負荷の低減を同時に達成できる、新たな製造技術の開発が期待されていました。



電解採取法の概念図

金属イオン（▲）は陰極（⊖）で還元され金属となり、陽極（⊕）では水溶液の電気分解によって酸素または塩素が発生する。一定量の金属が陰極上に析出すると、陰極を電解槽から引き上げ、析出した金属を回収する。

陽極が解決のカギ！新たな陽極触媒の開発へ

電解採取で消費される電気エネルギーは（電気量×電圧）ですから、電気量が同じでも電圧が小さくなれば、消費されるエネルギーを削減することが可能です。電気量を小さくしても消費エネルギーは下がりますが、これでは生産される金属の量が少なくなってしまいます。生産量を落とすことなく、消費エネルギーを削減するためには電圧を小さくすることが有効です。電解採取の電圧は、一定の電流を陽極と陰極の間に流しているときの２つの電極の電位差になります。このとき陽極の電位のほうが、陰極よりも常に高い値です。つまり、陽極の電位を下げて陰極の電位に近づけることができれば、結果として電圧を小さくすることができます。

電解採取プロセスでは陰極で目的とする金属が析出しますが、陽極では酸素または塩素が発生します。このとき陰極の電位は、析出する金属の種類で変わるのですが、陽極の電位は反応が酸素か、塩素かによる違いのみです。例えば、これまでの電解採取では陽極で酸素が発生する場合、鉛合金を材料とする陽極が用いられてきました。しかし、鉛合金は酸素を効率よく発生させるには十分ではなく、また金属汚泥が生じる問題もありました。つまり、これらを解決することができれば、様々な金属の電解採取において、省電力と低環境負荷を同時に達成できると考えました。

従来とは異なる新しい陽極の開発には、酸素や塩素を効率よく発生することができる新しい触媒が必要でした。また、金属汚泥が発生する副反応よりも、優先的に酸素や塩素を発生させる必要もありました。つまり、一定の電流が流れているなかで、陽極の電位が下がって電圧を小さくすることができ、金属汚泥ができる反応ではなく、酸素や塩素の反応に高い選択性を持つような触媒の開発がターゲットとなりました。

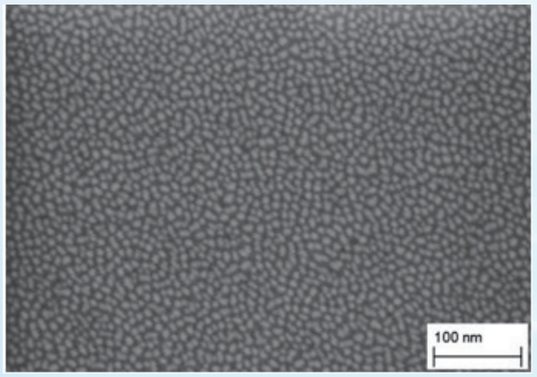
ナノ粒子とアモルファスのハイブリッド 新規触媒による劇的な省電力効果

新たな触媒の開発では、陽極の主反応である酸素または塩素の発生に対しては高い触媒活性があり、金属汚泥の発生という副反応に対しては触媒活性を持たないという、全く反対の特性を同時に満たすことが必要でした。こうした観点から研究を進めた結果、これらの特性を有する触媒を用いた電解採取用陽極と電解採取法を世界で初めて開発しました。

この陽極は導電性を保つための基材としてチタンを使用し、その表面に数ミクロン程度の酸化物触媒層を形成したものです。この構成の電極は酸化物被覆チタン電極と呼ばれ、以前から利用されている分野はありましたが、触媒である酸化物層は従来とは大きく異なっています。私たちが開発した陽極の触媒層は、酸素や塩素の発生に高い触媒活性を持つ酸化物Aと、これらの反応にまったく触媒活性を示さない酸化物Bの混合酸化物であり、酸化物Aは10～20ナノメートル程度の粒子で、このナノ粒子がアモルファス構造の酸化物Bの中に、均一に分散されたハイブリッド構造となっています。このような構成とすることによって、主反応が起こる電位を下げることに成功し、一方で起こってほしくない副反応を効果的に抑制することができました。

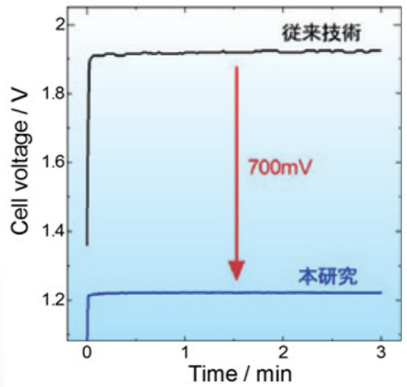
ナノ／アモルファスのハイブリッド構造は、これまで電極に用いられていた酸化物触媒にはなかった新しい概念であり、触媒活性の高い酸化物をナノ粒子とすることで、主反応が起こる面積が大幅に増加するのと同時に、このナノ粒子を反応が起こらない別の酸化物中に分散させることで、副反応をブロックする効果が得られたのです。すなわち、主反応である酸素や塩素の発生は、従来の陽極に比べて触媒活性が10倍以上大きくなり、副反応として知られている二酸化鉛、マンガン酸化物、コバルト酸化物といった金属酸化物の生成は、いずれも抑制することが可能になりました。

このような結果、電解採取の電圧を最大で700mV、消費電力を36%までそれぞれ削減することに成功し、同時に金属汚泥も発生しない新しい電解採取用陽極が生まれました。これは過去100年にも及ぶ電解採取での金属製造の歴史に、革新的な進歩をもたらすものとなりました。



電解採取用陽極の触媒の電子顕微鏡写真

触媒活性を持たないアモルファス酸化物（黒色部分）がマトリックスとなり、触媒活性の高い別の酸化物が10～20ナノメートルのナノ粒子として均一に分散されている。



銅電解採取における電解電圧の比較

従来の鉛合金陽極を用いた場合（黒線）の電解電圧1.92Vに対して、本研究で開発した電解採取用陽極（青線）を用いると1.22Vとなり、電解電圧を最大700mV削減できる。

Morimitsu ブランドの世界発信で 地球規模のエネルギー・環境問題に応える

同志社大学はこの研究成果を国内外に特許出願し、外国出願は2014年11月現在で43件にも及んでいます。また、電解採取用陽極とこれを用いる電解採取法の特許・ノウハウを、Outotec社へライセンシングし、米国で陽極を製造するとともに実際の電解採取プラントでの評価を行ってきました。その結果、メキシコのCobre del Mayo社の銅電解採取プラント（年間生産量3万トン）をはじめとする複数のプラントでの実用化に成功し、MSA®（Morimitsu Smart Anode）の登録商標で世界16ヶ国のプラントへの導入が現在進められています。今後5年程度での全面的な導入を予定していて、これが実現すれば100万kW級の原子力発電5基分に相当する電力削減効果が期待されます。

さらに、新たに開発した電解採取技術は鉱石からの金属製造だけでなく、これまで廃棄されていた金属汚泥や家電製品などからの有価金属の回収にも利用できます。このようなリサイクルは高コストであることが大きな課題でしたが、そのブレークスルーとなる技術を提供できると考えています。このように、同志社大学発の技術を世界に浸透させ、社会のなかで役に立つ技術として広く普及させることが重要です。エネルギー・資源の乏しい日本から、この技術を積極的に発信・提案していくことで、地球規模のエネルギー・環境問題に応えていきたいと考えています。

電解採取用陽極の開発で優秀講演賞を受賞
（博士後期課程2年次生　張 天さん）

Project 2 JST戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発：ALCA）「水素／空気二次電池の開発」

高エネルギー密度で安全な次々世代の二次電池を開発！

古くて新しい、空気電池とは？ 二次電池化への挑戦

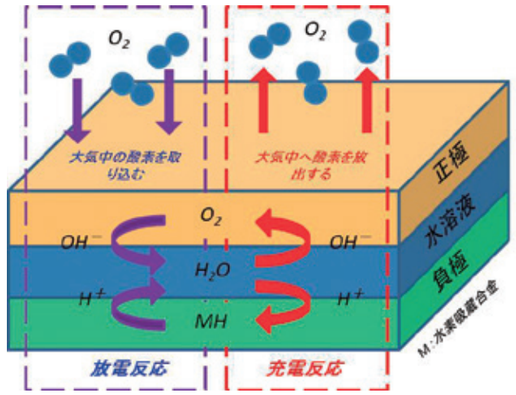
電気エネルギーは貯めることが難しいエネルギーで、これを貯蔵し（充電）、必要なときに取り出す（放電）ことができる二次電池は、重要な蓄電デバイスです。ハイブリッド自動車に使われているニッケル水素電池や、電気自動車に利用されているリチウムイオン電池は、いずれも充電と放電ができる二次電池ですが、さらに優れた特性を持つ次々世代の二次電池の開発が、国内外で積極的に進められています。日本では、JSTの先端的低炭素化技術開発（ALCA）において、タイプの異なる新しい二次電池の開発が現在行われています。

私たちが研究している水素／空気二次電池も、2012年にALCAに採択されました。一般に空気電池とは、電池に必須である正極、負極、電解質のなかで、正極での反応に大気中の酸素を利用する電池です。すでに、空気一次電池（放電だけが可能な空気電池）は実用化され、補聴器用のボタン型電池として販売されています。また、空気電池を二次電池にするための研究開発は、これまでに国のプロジェクトとして何度も取り上げられてきました。しかし、残念ながら、空気二次電池の実用化には至っていません。つまり、空気電池は古くて新しい電池であり、これを二次電池として実現するには、様々な技術的課題を解決する必要があります。現在、私たちが行っている「水素／空気二次電池の開発」プロジェクトは、その大きな壁を乗り越えようとする挑戦と言えます。

水を生成しながら放電し、水を分解して充電する 新しい概念が未来の電池の可能性を拓く！

水素／空気二次電池は、負極に水素吸蔵合金を用いる空気電池です。充電では、電解液中の水を分解しながら、負極に水素を吸蔵し、正極では酸素が発生して大気中に放出されます。放電はこれとは反対に、負極からは水素が放出され、正極では大気から取り込まれた酸素が還元されるのと同時に水素と反応して、水が生成します。つまり、水を分解して充電し、水を生成しながら放電する二次電池です。

実は、このような反応による空気電池を国内で研究しているのは、私たちのプロジェクトだけです。他の大学や研究機関では、負極にリチウムなどの金属を用いる空気電池を研究しています。リチウムのような反応性の高い金属を使うと、電池の起電力が高くなるので良いのですが、空気電池の負極として用いるには多くの課題を抱えています。それは過去の国家プロジェクトの中で空気二次電池が実現できなかった理由と同じで、電池反応に起因する課題であり、極めて解決が困難なものです。一方、水素／空気二次電池は電池反応が全く異なるため、リチウムを用いる場合のような課題はありません。つまり、どのような負極を選択して電池反応を構成するかが、空気電池を二次電池とし



水素／空気二次電池の概念図

て実現できるかどうかの最初のキーポイントでした。

また、次々世代の二次電池に求められる性能の中で、最も重要なものは高いエネルギー密度です。高いエネルギー密度とは、できるだけ軽く、小さな電池で大きなエネルギーを貯められることを意味しています。このような高エネルギー密度の二次電池が開発できれば、電気自動車はより長い距離を走り、車内空間をより広くとることができます。また、戸建て住宅、集合住宅、商業ビルなどのそれぞれに適した二次電池を設置し、自然エネルギーで発電した電力を貯蔵して必要なときに使うことで、電気エネルギーをより有効に利用することも可能になります。軽く、小さくても大きなエネルギーを貯めることができる二次電池は、このような電気エネルギーの有効利用や省電力に大きく寄与するのです。

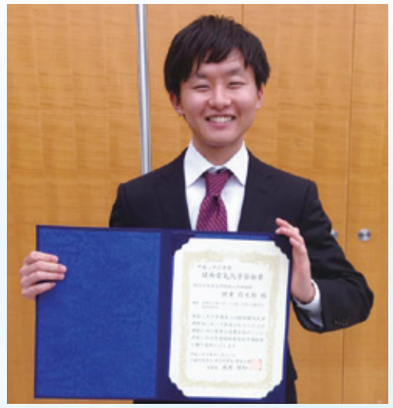
産官学連携による強力な研究開発体制 高エネルギー密度の実現は触媒技術がカギ!

現在のプロジェクトは私が研究開発代表者であり、同志社大学、大分大学、トヨタ自動車、FDK、日本重化学工業の5者が参画した研究開発体制となっています。日本の大学で電池の研究を行う場合、電池を構成する正極、負極、電解質のいずれか1つを取り上げた研究が多いのですが、私たちのプロジェクトでは同志社大学において電池の作製と評価を行っています。

さらに、私の研究グループでは電池全体の開発とともに、正極に必要な触媒の開発を行っています。この触媒は、放電のときには大気中の酸素を還元し、充電のときにはアルカリ性水溶液から酸素を発生させるという、2つの反応に対して働く必要があります。これを二元酸素触媒と呼んでいますが、実はいずれの反応もこれまで高い触媒活性を得ることが極めて難しく、この二元酸素触媒の性能が水素／空気二次電池の実現のカギと言えます。私たちの研究グループでは、先に述べた電解採取用陽極での触媒技術とその経験をもとに、水素／空気二次電池の正極に必要な新たな触媒の開発を進めています。

その成果は着実に現れていて、ALCA プロジェクトで研究開始から5年後の開発目標としたエネルギー密度800Wh/L（電池体積1リットル当たりのエネルギー密度）を今年すでに達成しました。この 800Wh/L という値は、現在最もエネルギー密度が高いリチウムイオン二次電池でも、理論的に達成することが不可能なものです。さらに、1000Wh/L を超えるエネルギー密度を持つ二次電池はまだ実用化されていませんが、私たちの水素／空気二次電池はその達成も間近な状況にあります。

水素／空気二次電池が優れているのは性能だけでなく、高いエネルギー密度と安全性を両立できる点です。リチウムのような反応性の高い材料を使用せず、電解液に可燃性の有機物を用いることもない二次電池であるからこそ、エネルギー密度と安全性をトレードオフとしない次々世代二次電池の開発が可能となるのです。



水素／空気二次電池の開発で研究奨励賞を受賞
（博士前期課程1年次生　照井 信太郎さん）

先ほど、この電池を国内で研究開発しているのは、私たちのプロジェクトだけだと言いましたが、実は米国 NASA の JPL(Jet Propulsion Laboratory) が、DOE (Department of Energy) による研究費の支援を受けて、昨年から水素／空気二次電池の研究開発を始めました。今後、水素／空気二次電池の研究開発は、日本から世界へさらに広がるかもしれません。電池開発は厳しい競争の分野として知られていますが、産官学の知的シーズを融合して、世界初の水素／空気二次電池の実用化を目指していきたいと思っています。

Message

電解採取用陽極と、これを用いる電解採取法の特許・ノウハウのライセンス先であるOutotec社よりご寄稿いただきました。

International Partnership for Smart Anode Technology Application to Metal Production

Tim Robinson
Director of Coated Titanium Anodes
Outotec, Inc.

The deregulation of the USA electricity supply in late 90's led to the subsequent Western USA Energy Crisis of 2000 and 2001 where energy prices spiked. Large copper producers in the southwest USA consumed significant amounts of electrical energy for their electrowinning operations and so a southwest USA copper industry began developing a lead free, low energy anode design exclusively with Republic Alternative technologies, Inc. (Ohio, USA) in 2003. This anode technology was based on the precious metals coated titanium mesh design. While energy reduction was the focus of the technology development, the removal of lead and its exposure to the EW operators was also a significant benefit.

Previously, the industry had not been able to produce cost-effective oxygen generating coated titanium anodes that would provide the required anode life and energy reduction due to electrolyte impurities that could oxidize, coat and damage the crystalline oxide coating. The amorphous oxide coated anode technology of Professor Masatsugu Morimitsu, Doshisha University (Kyoto, Japan) suppresses this unwanted impurity oxidation (a side reaction) and so plant energy reduction and anode coating life is maintained. The anode design has a typical copper header bar but would include titanium clad copper distributor rods that are uniquely press fit into the header bar and so feature no exposed welds that can corrode when exposed to acid mist (see photo). Specially designed titanium mesh is coated with the proprietary recipe of the catalytic precious metal oxides (that provide the voltage reduction) and auto welded to the distributor rods.

To facilitate the success of this anode technology, in 2011 Republic acquired the international specialized amorphous MSA® coating patent licensing rights from Doshisha University. These patents provided Republic with patented coatings, including the novel 'fully amorphous coatings' for the copper, nickel, zinc and cobalt EW industries and the worldwide and unique expertise of Professor Morimitsu. Kristiansand (Norway) was the first Cu EW operation to demonstrate the low energy MSA® coated anode technology and Professor Morimitsu has worked closely with the Kristiansand R&D staff for the last three years of demonstrating this technology at the Norway site. This development co-operation includes demonstrating the novel MSA® fully amorphous coating technology for Kristiansand's unique application. The fully amorphous coating features a very high 'nano' surface area that operates at a lower cell voltage than crystalline and semi-amorphous coatings and eliminates the precipitation of manganese and lead oxides on the crystalline and semi amorphous coatings.

In April 2014, the large Finnish process technology company, Outotec, Inc., purchased Republic Alternative Tech. This combination of innovative anode and coating technology of Republic and Doshisha University and the international presence and technical strength of Outotec provides the customers with the opportunity to improve operating costs at their plants. Two copper plants in the northern Mexican province of Sonora are in the process of converting to this new anode technology. For zinc plants, energy consumption is approximately 40-50% of the plant's total operating costs and so his fully amorphous MSA® coating also has applications in Zn EW operations around the world and Outotec with the specialized advice of Professor Morimitsu is installing demonstration anodes and cells in zinc plants in Japan, Europe and North America.

World copper EW production is approximately 5 MT and world zinc EW production is around 12 MT. Based on these production numbers the total energy that can be saved throughout the industry by implementing this low energy technology is approximately 1.5 GWh (Cu) and 5.4 GWh (Zn). This low energy anode technology is the largest technological step change in the industry for 100 years and Outotec looks forward to working closely with Professor Morimitsu and Doshisha University to provide a platform for copper, zinc, cobalt and nickel producers around the world to save a significant amount of energy in the future.

Liaison リエゾン カフェ Cafe

「イノベーション・ジャパン2014」に参加！

【日時】2014年9月11日(木)、9月12日(金)
【場所】東京ビッグサイト(東京都江東区)

第11回目を迎えた今回は３分野３名の先生方の展示を行いました。全国の大学から合計約350件の研究成果が出展され、総来場者数は約２万４千人にのぼりました。数多くの来場者がそれぞれの研究成果の報告に熱心に耳を傾け関心を持っていただきました。

本学の出展者と内容は下記の通りです。

分野 ナノテクノロジー

■廣田 健(理工学部 機能分子･生命化学科 教授)

高強度･強靭性を有するZrO_2-Al_2O_3系セラミックスを安価に製造する技術

切削工具･耐磨耗部材や排ガス浄化触媒等に利用されるこの材料は、高強度になる程脆くて高価になることが拡販の障壁になっています。今回、独自のナノ固溶体粉体調製と焼成によって、脆さの改良と大幅なコストダウンに繋がる製法技術を発表していただき、その後実用化に向け複数の企業と共同研究中です。

（担当コーディネーター　松井健一）

分野 マテリアル･リサイクル

■藤井 透(理工学部 機械システム工学科 教授)

天然の竹繊維を使った産業用新材料の開発

竹という身近な材料の応用という展示が関心を集め、2日間で約100名近い来客がありました。なかでも、トヨタはじめ日本の主要自動車メーカーの担当者がすべて来られ、実用化にむけた鋭い質問を受けました。また、中国、韓国、パキスタンのメーカーの方が来られましたが、研究室の中国、韓国からの留学生が英語と母国語で熱心に応対しました。

（担当コーディネーター　奥平有三）

分野 装置･デバイス

■小山 大介(理工学部 電気工学科 准教授)

超音波の放射力を使った波動応用デバイス
−音でものを動かす−

超音波の定在波を制御することによって、物体を浮揚させ非接触で移動させるという技術を展示しました。生産現場において電子部品、精密機器、医薬品などの搬送に有効な技術で、多数のメーカー技術者と応用についての議論が活発に交わされました。樹脂球を浮遊させるデモンストレーションが注目を集めました。

（担当コーディネーター　奥平有三）

「同志社大学・けいはんな産学交流会」を開催！

【日時】2014年10月29日(水)
【場所】同志社大学 京田辺校地(京都府京田辺市)

京田辺キャンパスにおいて「第28回同志社大学・けいはんな産学交流会 - 産学連携マッチング交流会 -」を開催しました。本学における産官学連携を促進するため例年開催している交流会で、今回は、ユニチカ株式会社及びスキューズ株式会社の２社から企業の保有する製品・技術を紹介するとともに、“アンチエイジング・ヘルスケア”をキーワードに生命医科学部の研究シーズの紹介を行いました。

生命医科学部森田有亮教授によるシーズ発表では、「ナノファイバーによる細胞足場開発とインピーダンス法による生体組織の特性評価」と題して病気やケガによって失われた体の細胞や組織、器官の再生や機能回復に優れた効果を発揮する特殊な足場材料の開発とその評価についての紹介がありました。

引き続いて「生体の抗酸化能の評価と疾病予防」と題して生命医科学部の市川寛教授によるシーズ発表がありました。科学的根拠に基づいた「食」による疾病の予防をテーマに、排気ガスによる暴露や飲酒、ストレス、食品添加物の摂取などにより体内にフリーラジカルが大量に発生し、それが体に悪影響を与えているとの紹介がありました。

企業紹介及びシーズ発表の後、森田教授、市川教授の研究室見学があり、50名を超える参加者の関心を集めました。

プログラム終了後に開催した交流会にも多くの産官学連携関係者が参加し、企業・行政・大学間での異業種交流が活発に行われ、産官学連携活動のさらなる活性化を期待しつつ、盛会のうちに終了しました。

「第11回 同志社大学ビジネスプランコンテスト ～New Island Contest～」

【日時】2014年12月7日(日)
【場所】同志社大学 今出川校地 良心館305番教室(京都市上京区)

2004年から開催している本コンテストも第11回を迎え、今年度も厳しい予選を勝ち抜いた５組によるプレゼンテーションが行われました。ベンチャー業界の最前線で活躍する起業家の審査によって“同志社発の起業家”になりうる出場者を表彰することはもちろんのこと、一方で近年、社会貢献を意識したプランでの応募が増加していることも踏まえ、プランの社会貢献性と熱い志を審査基準とした“New Island賞”の表彰も行いました。

また、辻野晃一郎氏（アレックス株式会社 代表取締役社長兼CEO（Google日本法人 元代表取締役社長））による講演もあり、参加者は熱心に聞き入っていました。

本コンテスト開催にあたり、株式会社池田泉州銀行様、株式会社南都銀行様、同志社校友会大阪支部産官学部会（LCC）様、NPO法人同志社大学産官学連携支援ネットワーク様にご協賛いただき、また独立行政法人情報通信研究機構様にご協力いただきましたことを改めて御礼申し上げます。

	チーム名	プラン名
グランプリ	Toy of Nishioka	トイステーション
New Island賞	チーム五畳	じぇいこぶ ～JApan Custom Original guide Book～
オーディエンス賞	コスケ	志を持つ人材を社会に輩出するAO入試専門塾
NICT賞	該当者なし	――――――――――――――

「第11回 龍谷大学×同志社大学 ジョイントセミナー」を開催！

【日時】2014年12月12日(金)
【場所】クリエイション･コア東大阪(東大阪市)

龍谷大学と同志社大学は、東大阪における産学連携の拠点であるクリエイション・コア東大阪の産学連携オフィスに共に入居しており、毎年ジョイントセミナーを開催しています（後援：株式会社池田泉州銀行、中小機構近畿　協力：東大阪リエゾン倶楽部（HLC）、龍谷大学REC BIZ-NET、MOBIO（ものづくりビジネスセンター大阪））。

第11回目となった今回のジョイントセミナーは、“ものづくり”をテーマに基調講演とシーズ発表を行いました。

まず、基調講演として、株式会社新日本テックの和泉康夫代表取締役社長から「ものづくり企業の今後のかじ取り～企業連携による価値創造～」と題してご講演をいただきました。

また、大学からのシーズ紹介として、同志社大学からは藤原弘准教授（理工学部）から「ネットワーク構造を有する調和組織制御による複合金属材料の開発」、龍谷大学からは、外村佳伸教授（理工学部）による「環境知能的モノづくり観－情報化時代に考えたいこと－」の発表がありました。

藤原 弘 准教授

セミナー後は、発表者の方々を囲んで懇親交流会が行われ、野田義和東大阪市長がご挨拶に駆けつけてくださいました。今後も、両大学の東大阪地域における産学連携が発展することを期待しています。

着任紹介

知的財産コーディネーター　石橋 広通

この10月に着任しました。大阪生まれの大阪育ちで、現在茨木市に住んでいます。ものづくりが好きで、前職（パナソニック）では入社後約20年間は物理、電気電子系の技術者として、特にDVDやブルーレイの製品開発と規格活動に携わりました。その後弁理士資格を取り10年間ほど同社知財職能として規格特許の国内外展開、海外研究所の支援、海外の特許制度の調査等を担当しました。

今後は、これまでの製品開発や知財業務で得た経験を活かしつつ、さらに幅広い研究分野を学び、同志社大学の貴重な研究成果を知的財産という形で地域のそして世界のものづくりにつなげるコーディネーターを目指したいと思います。よろしくお願いいたします。

研究者をたずねて 1

多様な個人に対応した社会保険制度の在り方を提言

坂井 岳夫（さかい たけお） 法学部 法律学科 准教授

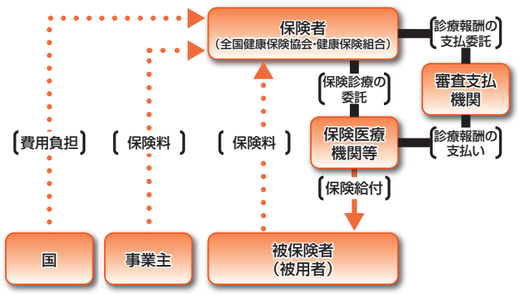
国民の健康と幸せを守る医療保険の光と影

社会保障の制度は一般的に、社会保険と社会福祉・公的扶助の大きく二つに分けられる。社会保険は、将来、保護が必要になるであろう人を法律側が想定して、その人に対して強制的に制度を適用する、いわばリスクに対する保障制度と言える。健康保険や厚生年金、介護保険や雇用保険などがその代表だろう。

医療保険について言えば、日本では国民皆保険と呼ばれる制度が機能していて、いわゆる会社員のための健康保険に加入していなければ、市町村が運営する国民健康保険に加入する仕組みになっている。では、両者の違いは何だろうか？ 受益と負担に注目して考えてみよう。給付に必要なコストは、保険料によって調達するというのが社会保険の基本的な考え方だが、健康保険の場合、被保険者の中心は現役の被用者で比較的若く、収入も安定している人が多い。加えて、保険料の半分を会社が負担する制度があって、保険制度の運用が安定的なのが特徴だ。

他方、市町村国保の場合、自営業者だけでなく、会社をリタイアした人やアルバイト・パートタイマー、無職の人など、高齢者や収入が不安定な人が加入する中で、保険制度を運用していかなければならない。もちろん、どちらの保険に加入しても受けられる医療サービスに違いはないが、受益と負担という視点においては、一般的に国民健康保険の方が費用負担は大きいと考えられる。

健康保険の概要



一刀両断の解決は難しい！？ 十人十色のメリット、デメリット

「社会保険制度をどのような人たちに提供していくのか？ 社会保険の適用構造の問題を研究しています」と話すのは、坂井岳夫准教授。例えば、パートタイマーの社会保険適用の問題。現在の運用では、正社員の3/4に満たない労働時間、あるいは労働日数であれば、被用者保険、会社員のための社会保険は適用しない。つまり、医療に関しては、健康保険ではなく、市町村の国民健康保険を、年金に関しては、厚生年金ではなく、専ら国民年金のみを適用する…という仕組みになっている。最近では、3/4未満という基準を見直して、健康保険と厚生年金の適用条件を緩めようという法改正が進んでいる。確かに先述のとおり、費用負担の面で健康保険に加入したほうが有利なはずだが、それですべてが解決するのだろうか？

健康保険には、被保険者に扶養されている人、例えば配偶者や自立する前の子どもなどは、自身は保険料を負担することなく医療を受けられるという制度がある。もし、3/4未満の対象となるパートタイマーやアルバイトが健康保険の被扶養者として保険料の負担なしで医療を受けていた場合、新たに自分自身が健康保険の被保険者になることによって、費用負担という面で不利益になるのではないか…。「立場の違いが、一人ひとりのメリット、デメリットをたいへん複雑にしています」と指摘する。

必要な人に必要なサービスを！ 柔軟な制度運用を行う海外の事例

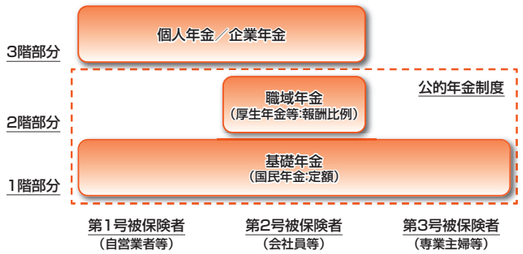
「その解決のヒントを外国の先行事例に求めることができます」。例えば、ドイツでは1ヶ月の収入が450ユーロ（約6万円）に満たない人たちには原則として医療保険を適用しないと定めている。これは、現在の本人の収入から考えて、家族の誰かに扶養されていたり他に収入があったりと、生活を安定させる具体的な支えがあると想定されるから、わざわざ社会保険を強制的に適用する必然性はないだろう…という考えに基づいている。

その一方で、年金保険については原則加入、但し申請があった場合はその制度から脱退できるとしている。医療と異なり、年金は今その人の生活の問題でなく、何十年かの将来の備えに関わってくる問題だ。現在はパートタイマーで収入は不安定かもしれないが、そこから一定の保険料を拠出して、リタイア後に安定的な生活を送りたいという人は、年金保険に加入することに意味があるかもしれない。その反対に、将来は自分の蓄えで生活していくという人は、現在の収入が低いからといって加入を強制する必要はないだろう。原則加入、例外で脱退を認めるという制度運用は、「せっかく制度があるから入っておこう…」という加入促進にもつながる。一つひとつの制度について、その目的や性格に注目して適用の取り扱いを柔軟に変えていくのがドイツの大きな特徴だ。「あなたの意思は尊重するという原則に立ちながら、人間の心理や行動にまで踏み込んだ運用手法は参考になります」と坂井准教授は説明する。

年金の減額は可か不可か？ 円滑なコミュニケーションで受給権を確保

年金制度に目を向けると、わが国には国民年金や厚生年金といった公的年金と、会社が従業員の退職後に支払う年金である企業年金の二種類がある。20歳前後で入社し、長ければ60年以上付き合うことになる制度。特に、企業年金の場合、その間、会社の経営状態が大きく変化し、年金の支払いが難しい…という状況に陥るケースも考えられる。年金を受け取っている人の多くは、年金を当てにして生活設計を立てているため、「受給権の確保は大きな問題」だという。

年金制度の構成



そもそも、会社に年金の減額を決定する権利はあるのか？ 仮にあったとして、どんな場合に減額が可能なのか？ 特に、リタイアして何年も経った人たちは会社との関係が希薄で、現場での話し合い等は期待し難い状況にある。年金を支払う側、減らされる側がどれだけ不利益を被るかという一方的な主張だけでなく、「業績が回復したら、いつまでに年金を復活させる…など、一定のルールや目標を定めるのも一つの解決策では」と話す。

少子高齢社会を迎え、社会保険制度の運用は一つの節目に差しかかっている。課題は山積みだが、わが国の保険制度が私たちの豊かな生活を支えてきたことは確かだろう。坂井准教授の若く溌剌とした知恵が、新しい時代にふさわしい保険制度をかたちづくっていく。

筋肉の科学研究から生まれたトレーニング法と健康法を実践

若原 卓（わかはら　たく）
スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科 助教

Research associate's Profile
Taku Wakahara

専門は、骨格筋のメカニクスの研究。骨格筋の構造と機能、それらのトレーニング変化という観点から、スポーツ健康科学が抱えている様々な課題解決を目指している。トップアスリートの効果的なトレーニング法だけでなく、中高年齢層の健康維持、子どもの体力向上など、その研究領域は幅広い。趣味は、子育て。休日の子どもの遊び相手はもちろん、朝は保育園へ子どもを送ってから大学へ。毎日、子どもと一緒にお風呂に入る。良き育メンぶりを発揮!

トップアスリートの才能は生まれながらに決まっている!?

人間の筋肉を中心に、スポーツや健康を科学する…。それが若原卓助教の取り組みだ。一口に筋肉といっても様々な種類がある。私たちがイメージする筋肉というのは、いわゆる力こぶを生み出す骨格筋だろう。筋肉は一本一本の筋線維が集まってできたもので、普通一本の筋線維が太いほど、より強い力が発揮できる。ところが、筋肉が太いのにあまり力が出せない人もいるし、細いのに力が強い人もいる。なぜだろうか?

実は、筋線維には、瞬発力や爆発力を生み出すが、すぐに疲れてしまう「速筋線維」と、あまり強い力は出せないが、疲れにくく持続力がある「遅筋線維」の二種類があるという。例えば、ふくらはぎからアキレス腱の間にあるヒラメ筋には、遅筋線維がたくさん含まれているが、これは長時間立ったり歩いたりするのに適しているという。つまり、筋肉全体の太さが同じでも、筋肉を構成する筋線維の種類によって、力を出す性質が異なってくるというわけだ。

「速筋線維と遅筋線維の割合は遺伝的におおよそ決まっていて、トレーニングなどで後天的に変えることは難しいとされています」。確かに、オリンピックなど世界レベルの陸上競技を見ると、決勝戦に残るトップアスリートの顔ぶれは決まっているように思える。では、日本人選手が彼らに勝つための秘策はあるのだろうか?

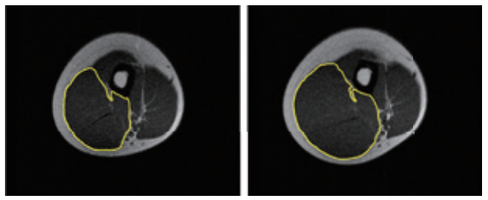
サイエンスの眼で世界王者を丸裸 その驚異の身体と筋力

若原助教は以前、短距離走の無敵の世界王者ウサイン・ボルト選手の身体を測定する機会に恵まれたという。「とにかく身体が大きい!」。彼の身長は195センチで、脚の長さ（腰から足首まで）は1メートル。一方、日本人成人男子の平均身長は170センチで、そのうち脚の長さは約80センチ。つまり、ボルト選手と日本人選手の身長の違いは、ほとんど脚の長さの差によるものだと言える。20センチの脚の長さの差は、短距離走では大きなアドバンテージになるだろう。さらに、ボルト選手の太もも周りの長さは60センチを超え、膝を伸ばす筋力は日本人の短距離選手よりはるかに強く、元世界記録保持者アサファ・パウエル選手をも上回った。

「しかし…」と若原助教は話す。日本人選手の100メートルの最高タイムは10秒00、一方でボルト選手は9秒58。これだけの体格差があるのに、記録の上ではわずか5パーセント程度の差しかない。「日本人選手は、身体的なマイナス部分を走行フォームの工夫や技術で補っているのではないでしょうか」。筋線維を後天的に増やすことは難しいが、筋力トレーニングにサイエンスの視点を取り入れることで、より短距離走に適した肉体改善が可能になるかもしれない…。

最新の理論を取り入れたトレーニング法で理想的な肉体改造

例えば、野球のバットをイメージしてみよう。細くなったグリップの部分を持って振ると重く感じるが、ヘッドの太いほうを持つと簡単に回すことができる。これは同じ重さのバットでもバットの持ち方によって回転のしにくさ（慣性モーメント）が変わるからで、回転軸から近い部分に重心があると運動が楽になる。同じように走るという動きを考えたとき、回転軸である股関節から遠い部分が重いほど、脚を動かすのに余計な負荷がかかってしまう。ボルト選手の下腿の筋肉を見ると、ふくらはぎの太い腓腹筋が膝の近くにあって、足首にかけて細長く滑らかに伸びている。一方、日本人アスリートを比べると、腓腹筋の膨らみが足首のほうまで続いていて、全体的に太く短い印象だ。「ボルト選手は、慣性モーメントの観点から、効果的な筋肉のつき方をしていることが分かります」。

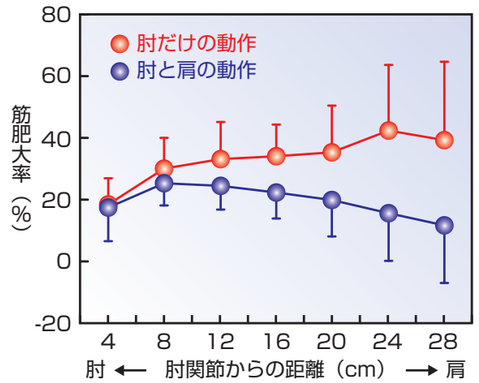


トレーニング前　　トレーニング後
黄色の線は上腕三頭筋をあらわす
MRIで捉えたトレーニング効果

若原助教の研究によって、トレーニング方法を工夫すれば、筋量を増やす部位を意図的に変えることができる…ということが明らかになってきた。上腕三頭筋（二の腕）を鍛える実験では、ダンベルを肘だけで持ち上げる場合と、肘だけでなく肩も同時に使って持ち上げる場合では、前者が肩に近い筋肉を増やす効果があるのに対し、後者では肘に近いほうが肥大しやすいことが分かった。先述の慣性モーメントから考えれば、前者の鍛え方のほうが肩を回転軸とした動きには有利だろう。やみくもなトレーニングではむしろ逆効果なこともある。「一つの筋肉でも、どこを特定的に鍛えるかを意識する必要があるのでは」と指摘する。

筋肉は何歳でも太くなる! 筋力低下を防いで健康長寿を実現

若原助教の研究対象はアスリートだけでなく、中高年層や子どもたちの健康づくりなどにも幅広く及んでいる。加齢に伴って筋肉が萎縮することをサルコペニアという。一本一本の筋線維が細くなることと筋線維の数が少なくなることが原因で、立ち上がりの際に使う大



Wakahara et al. Eur J Appl Physiol 2012
Wakahara et al. Med Sci Sports Exerc 2013 より作成

筋肥大率

腿四頭筋が特に影響を受けやすいため、症状が進むと寝たきりになってしまう恐れもある。

若原助教は、恩師である鹿屋体育大学の福永哲夫学長が提唱する「貯筋運動プロジェクト」に賛同し、高齢者でも無理なく続けられる筋力トレーニングの普及・実践活動に取り組んでいる。「手の力を使わず、椅子から立ったり座ったりを何セットか繰り返すだけでも筋力維持に役立ちます」。ポイントは、無理せず、長く続けること。居間でゆっくり歌を歌いながらトレーニングするのが効果的だとか。まさしく、筋力を“貯める”運動と言えるだろう。ある実験データによれば、90歳前後の人たちでも、筋線維が太くなることが証明されているという。

筋肉を科学することで、これまでのスポーツ科学では見えなかったトレーニング法や健康法が浮き彫りになってくる−。未来の東京オリンピックでは、何人の日本人アスリートが表彰台に立つだろうか。想像すれば、胸が躍る。

一滴の燃料を有効に使う 噴霧・燃焼をメカニカルに制御

松村 恵理子（まつむら えりこ） 理工学部 機械システム工学科 准教授

燃料の粒径を制御して 燃えやすい混合気を作る

自動車（ガソリン車）は簡単に言えば、エンジン内部のシリンダーに取り入れた空気と燃料の混合気を燃焼させることで駆動力を得ている。このとき、燃料はシリンダー上部にあるインジェクターから噴射されるが、ガソリンの粒径を小さくすると気化は早いが噴射距離が短くなって目的の場所に届きにくくなるし、粒径を大きくすると空気と混ざらずシリンダーの壁面などに付着して無駄な燃料が増えてしまう…。当然、噴射したガソリンを燃焼させ、その熱源を駆動力（仕事）に100パーセント変換するのが理想だが、実際の自動車のエネルギー変換効率はたった35パーセント程度に過ぎないという。

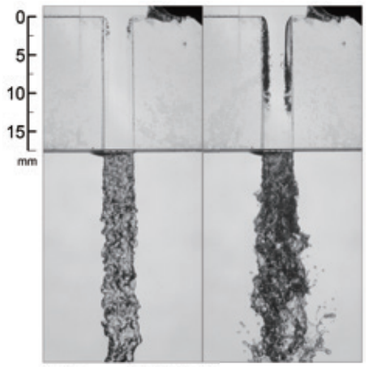
「点火した後は人間の手が及ばない領域。混合気をいかに燃えやすい状態に霧化するのか？ 狙ったところにどのように配置するのか？ 私たちが手を加えられる部分はそこにあります」と松村恵理子准教授は話す。普通、ガソリンの粒径を小さくするには噴射の圧力を高めてやれば良いが、ポンプへの負担が大きく全体の機関効率としては足かせになってしまう。もちろん、噴射圧力は上げるのだが、ガソリン直噴車の場合、100ミクロンという微細な孔から20メガパスカルの圧力で勢いよく燃料が噴射されるということを考えれば、噴射される直前、つまりインジェクターの中の燃料の通り道（ノズル）でガソリンがどのような淀みや乱れを持っているかを理解し、その液流をコントロールしていく必要があるだろう。「理想的な混合気を作るスタート地点は、シリンダーではなく、ノズルの中の燃料の流れから始まっています」と説明する。

実機ノズルの可視化で ミクロの世界のフローパターンを解明

では、100ミクロンのノズルの中の世界を見るにはどうすればいいか？ 松村准教授は、自動車メーカーで研究開発に携わった経験を生かし、実際に自動車に搭載されている実機ノズルの構造や寸法をそのまま2倍、あるいは10倍に相似拡大した模型ノズルを再現。観察したい現象に対して適切な力学的相似条件を設定しノズルを使い分け、視認可能な試薬を流すことで、ミクロの世界のフローパターンを可視化することに成功した。

「ノズルのような管径が急に細くなったオリフィス構造の周辺では、キャビテーションが生じるような流動が認められます」。キャビテーションとは、液体から気体への相変化による減圧沸騰現象のことで、例えばホースをぎゅっと指で絞ると水は激しく飛び出すが、絞られたホース内の流路部の圧力が急激に下がって一種の沸騰状態になる現象。部材を破壊するほどのエネルギーを持っているという。以前から、ノズルの噴射孔付近で発生することは知られていたが、その実態はよく分かっていなかった。部材を破壊させることなく、このキャビテーションを自分たちの思う儘に操ることができれば、余計な圧力を加えずに、噴霧の形をうまくコントロールできるのではないか…。

図1



(a) p_{inj} = 310kPa (b) p_{inj} = 350kPa
(K = 0.47) (K = 0.39)

（左）キャビテーションが発生していない条件、（右）キャビテーションが発生している条件。
ノズルの噴孔に相当するオリフィス内を流れる流動を可視化したもの。キャビテーションが発生しているほうが、オリフィスを出た噴流が激しく乱れている。

図2

出典：Toyota's Innovative Concept for a SI Direct Fuel Injection System
（E.Matsumura 他2名） 34th Wiener Motor Symposium, pp.142-157

噴孔内のデポジットの付着の様子

松村准教授は、可視化で得られたデータをもとに液流の変動パターンを分析したところ、ノズルのサック部分で拡大流れにより引き起こされる渦が成長して壊れて、また成長して…ということを繰り返し、噴孔内に発生するキャビテーションを変動させていることを突き止めた。そこで、噴孔のキャビテーションが起こっている部分を短くカットして流路抵抗を低減し、さらに流量を調整するノズルの針弁（ニードル）の形状をシャープにとがらせることで、渦が発生しやすいサック部分の容積を小さくした。その結果、小さい渦は出来るものの、ばたつかず安定させることにつながったという。この新しいノズルを使った実証実験では、圧力を上げなくても、噴射された燃料は早すぎず遅すぎず適度に空気と混じって、燃えやすい状態にうまく気化されることが確認できた。オイルダイリューションの低減につながることも期待されている。「無駄に噴射していた燃料量が従来の60～70パーセントほど改善されました。キャビテーションのエネルギーを燃料の微粒化に反映できたと思います」と松村准教授は笑みをこぼす。

“熱”の有効利用が 未来の噴霧・燃焼の形を変える

拡大可視化ノズルを使った研究では、ほかにもキャビテーションについて興味深い知見がいくつも見つかっている。もともと部材を破壊するほどのエネルギーを持ったキャビテーションだが、なぜノズル自身を破損しないのだろうか？ それどころか、燃焼室の熱でコーキングされたノズルのデポジット（焦げ）を除去するプラスの効果さえ確認されているという。キャビテーションが発生している部分を拡大してみると、キャビテーションはノズルの壁から離れた場所で起こっていて、壁との隙間にわずかな空気の層があることが分かる。つまり、「キャビテーションが外の空気を巻き込みながら、エアクッションの働きで汚れを剥がしているのでは…」。これまでメカニズムがブラックボックスだったキャビテーション研究に光を当てる成果として注目されている。

現在、松村准教授は、昨年10月に採択された内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）革新的燃料技術」の研究開発に取り組んでいる。例えば、今までテールパイプから捨てられていた排気熱を回収し、コージェネレーションのようにその熱で燃料を温めて、燃料の性質を物理的にかつ科学的に制御し、任意の場所に任意の量を噴射できないだろうか…。「究極の目標は超臨界。つまり、液体なみの運動量を持ちながら、気体なみの拡散性を持った状態にすること」。熱で噴霧の形を制御し世界を制する－。夢のような話だが、松村准教授の眼差しは真剣だ。今、自動車の燃費を１パーセント向上させるのにもたいへんな技術革新が必要だと言われている。近い将来、同志社大学の噴霧・燃焼研究から生まれた成果が自動車エンジンを大きく変えるブレークスルーの先鞭になると確信している。

Associate Professor's Profile
Eriko Matsumura
専門は、高効率・低公害化のためのエンジン内噴霧燃焼過程の基礎的研究など。トヨタ自動車㈱でガソリン車のパワートレイン制御開発やエンジン技術の開発などに携わった経験を生かし、実機ノズルを相似拡大した可視化ノズルでキャビテーションのメカニズム解明等に取り組む。趣味はドライブ。開発に携わった86（ハチロク）を駆って、どこにでも出かける。車内で声を張り上げて歌を歌うのがストレスフリーの秘訣!?