

## 九州工業大学の産学連携事業

研究・産学連携担当副学長 早瀬 修二



本学の特徴の一つとして研究による社会貢献が挙げられ、積極的な産学連携（基礎から実用化へ）と大学発ベンチャーの創出が積極的に進められています。本学の将来構想の中にも産学連携を基軸とした社会貢献が掲げられています。平成26年度の文部科学省の調査によると民間企業からの共同研究費受入額は研究者数が300から500名の42の研究機関（含私立）の中で本学は名古屋工業大学に次いで2位でした。また研究者一人当たりの民間企業との共同研究費受入額は旧帝大の東北大学（13位）、九州大学（17位）よりも多く12位にランクされています。特許権実施等

の収入は1400万円と全国（含私立）でも24位と善戦しています。平成25年には有力特許を売却することにより8400万円もの収入がありました。平成27年度の大学発ベンチャー調査（経済産業省）では本学発ベンチャーの数は43件であり、全国の大学（含私立）の中で10番目の好位置につけています。これも九州工業大学および関連企業の皆様のご尽力の賜物と感謝いたしております。九州工業大学では、イノベーション推進機構という組織を作り、ベンチャー支援、技術転移支援、知的財産関連の支援などの産学連携活動を支援しています。地域連携によるイノベーション創出のために、地元企業との技術交流会（キューテックコラボ）を毎月開催しています。また本学は北九州地域産業人材育成フォーラムに参加しています。地域の産学官が連携して、中堅・中小企業の経営力向上のための産業人材育

成の環境作りを行い、地域力の向上を図ることを目的に結成されたフォーラムで、インターンシップ事業、社会人教育プログラムなどを実施しています。さらに九州工業大学と企業との組織対組織の包括的な共同研究を進めるために、共同研究講座を設置し共同研究を加速する仕組みも取り入れています。一方、国内および国際的な産学連携も推進しています。国内的に展開している産学連携の例として次世代パワーエレクトロニクス研究センターがあります。北九州市、産総研、九州工業大学が中心となり、将来の電力中心社会に必要なパワーエレクトロニクス技術を開発することを目的として設立されました。産学連携を加速するために九州工業大学の知的財産権を複数の企業群と共有するオープンラボというシステムを取り入れています。世界的な産学連携の例としては宇宙環境技術ラボラトリーを挙げることでできます。小型衛星実験に関する世界的な産学官連携を展開しています。また、アジア地区ではマレーシアにおけるバイオマス利用環境プロジェクト（プトラ大学）を通して東アジアを中心とする産学連携活動を

展開しています。これらの情報は研究者情報ウェブサイト（九州工業大学の研究者―私はこんな研究をしています）で紹介をしていますので、ぜひご覧いただき、興味、質問がある場合には、内容の大小にかかわらず九州工業大学・産学連携担当までご連絡ください。本学では、本学の教員が発表した学術論文を誰もがインターネットを通して無料で閲覧できるオープンアクセスを進めています。さらに詳細に技術内容を知りたい場合にはぜひご活用ください。国立大学が法人化されて以来、第1期、第2期の目標を設定し、中期計画を実行してまいりました。2016年度には第3期中期目標を設定しました。その中で、産学連携活動にかかわる教員の割合を50%以上（参考H26年度40.1%、145名）とすること、教員一人当たりの共同研究および受託研究の受入額を第2期に比べ20%増加（一人当たり第2期の平均値280万円から336万円）させることを設定しました。これらの目標を達成するために皆様のご支援を賜りたく、よろしく願います。本号では産学連携の代表的な例をご紹介します。

# 大学の研究を医療機器に

特別会員 藤居 仁



まず初めに私たちの歩みを、このような形で取り上げていただけたことを大変光榮に存じます。私がこの大学に赴任して研究室を立ち上げて以来、20年以上にわたり百数十名の学生たちと一緒にコツコツ積み上げてきた研究を基に会社を立ち上げ、医療機器製造販売許可を取り、2機種を上市するまでの山あり谷ありの歴史をここに紹介させていただきます。

まずどんな研究をしてきたかについて簡単に説明します。情報工学部電子情報工学科応用電子システム講座において、生体によるレーザー散乱現象の基礎研究から始まって、散乱光が形成する干渉模様をパソコン

に取り込み、かなり複雑な解析ソフトの力を借りて、生体内を流れる血流速度分布とその経時変化を二次元動画で表示する装置を開発し、レーザースペクトルフロログラフィ（以下LSFG）と名付けました。レーザーを拡げて網膜や皮膚を照明すると、その大部分が網膜上の血管や、皮下の毛細血管層まで届き、血管内の赤血球によって散乱された後、カメラの撮像素子まで戻ったときに、散乱波面が干渉し合い、図1のようなラ

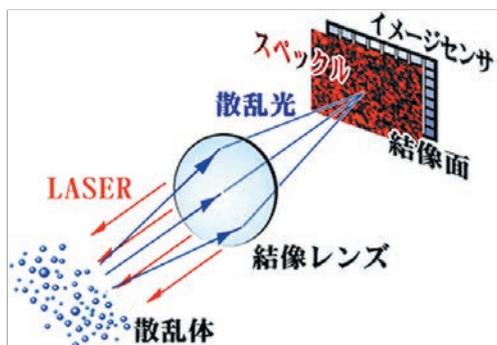


図1 LSFGの原理

ンダムな斑点模様を形成します。この模様は一般にレーザースペックルと呼ばれ、古くから金属表面の粗さや変形の測定などに利用されてきました。それらは基本的に静止画のスペックルを利用していますが、生体の場合は内部の赤血球の動きによってスペックル模様は刻々変化します。LSFGはその動きが速いか遅いかを調べることによって、生体内部の血流速度を推定します。実際は4秒間連続的に120フレームのスペックル画像をキャプチャした後、各画像における斑点模様の変化速度を算出して、ディスプレイ上に血流マップとして表示しています。これを成り功させるには、半導体レーザーを安定発振させ、測定対象に向かつて一様に照射し、その測定対象を鮮明な画像として撮像素子上に結像し、デジタル画像としてパソコンに正確に転送するまでのハードウェア、ファームウェア技術が必要になることは言うまでもありません。さらに重要なのは、メモリー上にある単なる光強度のマップを血流マップに変換する演算部、演算結果を一連の血流画像としてディスプレイ上に動画で表示する機能、測定対象の不随意

な動きを検知し、補正した上でマップを重ね合わせて平均する機能、関心領域の血流波形を解析する機能等々、実用化に当たっては数多くのソフトウェア開発が不可欠です。これらの研究開発を全て卒研究生や院生の研究テーマとして割り当て、人件費を一銭もかけずに実用レベルまで到達させてしまった罰当たりな研究室を、私は他に知りません。普通は有力なメーカーさんと手を組むはずですが、優秀な九州工大生だからこそできた離れ業だと私は思っています。

もう一つ普通じゃないのが、同じ研究室の卒業生・修了生達が、私の起こそうとしていたソフトケア(有)という零細企業に集まってきて、精力的に製品化を進め、販売事業を展開していることです。大学発ベンチャー企業は一時期もてはやされたこともありました。満足に続いているものはほとんどないと聞いています。うちも決して健全経営とは言えないのですが、まだ何とか続いているのは、私も含めて社員たちが寝る間もなく働き続けているからでしょう。正しくブラック企業なのですが、お付き合いしている凄腕のお医者さ



図2 眼底血流画像化装置

ん達が夜中の1時や2時にメールしてくるので、感覚が麻痺してしまっているのかもしれない。

次にうちがどんな医療機器を製造しているかを具体的に紹介します。前述した血流可視化法をまず応用したのが、眼底血流画像化装置(LSFG-NAVI)です。網膜の血管網を観察するのは眼底カメラですが、その内部に近赤外半導体レーザー光路を設け、網膜上に広いスポットを投影し、発生したスペクトル画像を高感度の撮像素子でキャプチャします。市販の眼底カメラを改造した時代もありましたが、現在は図2のような専用の眼底カメラを設計し、前述した画像処理をパソコン内で実行して得ら

れた血流マップの動画像や、血行動態を診断する様々な指標を画面上に表示し、レポートとして電子カルテに転送しています。装置の詳細については、会社のホームページ (<http://www.softcare-ltd.co.jp/>) に載っ

ていますが、「関連文献」のページにあるように、今では多くの眼科の先生方に広く利用され、眼血流と目の病気の関連性について多くの研究成果が積み上げられつつあります。例えば緑内障は日本人の中途失明原因のトップとされていますが、これは眼圧上昇によって乳頭(盲点に相当する場所)が圧迫され、そこを通る視神経が障害された結果発症すると考えられていました。最近LSFGにより乳頭の血行動態が解るようになったため、この病気に乳頭部の血流低下の関与が指摘されるようになってきました。また網膜血管のうち静脈が閉塞する病気の診断や治療後の経過観察、網膜の背後にある脈絡膜の血流低下が引き起こす眼疾患の診断、更には全身の循環状態を眼血流から評価しようという研究も始まっています。更に硝子体手術中に適正な眼血流を維持できているかを確認する装置としての利用や、全身

麻酔下で行われる心臓外科手術で、脳に行く血流量を眼血流でモニターしようという先進的な試みなどは、日本発の技術でなければ到底取り組むことができなかったはずで、以前はLSFGに対して懐疑的だった先生も日本の研究が海外の著名な学会誌に掲載されるようになるにつれて、見方が変化してきているようです。昨年FDAの認証も取得し、米

国での販売も可能になりました。眼科用LSFGの話はこれくらいにして、最近取り組んでいるもう一つのユニークなLSFG装置について次に紹介します。皆さんは足病という病名を聞いたことがあるでしょうか？最近増えてきているので既にご存じかもしれませんが、足の先端に向かって走っている動脈が途中で詰まり、足の指や踵が壊死する病気で、重症化すると切断は避けられず、生活の質が著しく低下して深刻な事態になります。その多くは国内に300万人はいるとされる糖尿病患者の病気が進行し、腎機能低下と人工透析を経て血管が障害されるか、高血圧から動脈硬化を経て同様に障害されるかのいずれかの経過を辿ります。足の指が冷たく色も悪い、傷が

治らないなどの症状が出た時は直ちに血行再建手術をして、先端まで血流を行き渡らせて進行をくい止めなければ大変なことになります。ふとしたきっかけで数年前からLSFGを足病診断に応用する研究開発がスタートし、昨年末にPMDAから国内の医療機器承認を取得して上市したのが、図3のような皮膚用レーザー血流計LSFG-PFIです。



図3 皮膚用LSFG

眼科用では網膜の狭い領域の血流を測定していましたが、足の裏全体を測定できるよう、画角を大幅に拡げるのに苦労しました。この装置を使って健常者の足の裏(足底と呼び

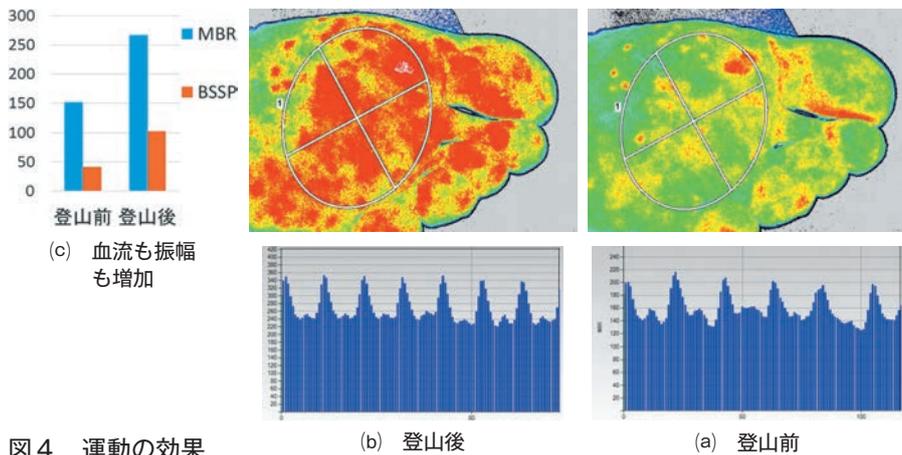


図4 運動の効果

ます)の血流を画像化した例が図4で、(a)は運動前、(b)は運動後の血流波形を表します。この図から明らかのように、運動によって足底の血流(MBR)と振幅(BSSP)は(c)のようにほぼ倍増します。

私も技術系の人間ですから、人の足底に求められる機能を満たすものを設計するよう求められたらどうす

るかと考えます。全体重を支え、倒れないようにバランスを取り、飛んだり走ったりする駆動力を持ち、触れている面の温度や形状を認識し、摩耗もせず100年近くその機能を維持することがいかに困難かは容易に解ることです。自然界の動物は足の裏を怪我したとたんに、餓死するか別の動物に食べられるかの運命しか残っていません。足底には生死を分ける程の精緻な設計と技術が凝縮されていて、その機能を維持する鍵となるのが血流であると私は確信しています。最近幾つかの病院で始まっているISFGを使ったパイロットスタディを紹介しましょう。今年の5月に福岡で開かれた下肢救済・足病学会のシンポジウムでは、以下のような研究が報告されました。旭川医科大学の血管外科の先生は、足病患者の詰まった動脈にバイパス手術を施した結果、術前には足底の血流波形には全く拍動成分が無かったのに対して、術後には明瞭な拍動成分が現れることを確認し、従来までは温度上昇や触診によって血行再建を推定していたのに対して、動脈からの拍動流が足の先まで届いていることを数値で評価できることの意義は

大きいと結論づけられました。宮崎市郡医師会病院と大分岡病院の循環器内科の先生方は、血管内視鏡を使った足の動脈を拡げる治療(EVT)で、術後足底の血流値や拍動の振幅が著しく増加することを確認し、治療効果の判定に非常に有効であることを報告しています。また福岡山王病院の循環器内科の先生は人工透析の前後で血流値とその拍動成分が変化することを報告しています。これらの研究は今始まったばかりですが、今後詳細な研究データが集まってくれば、足病の早期発見と治療介入の判断、新しい血行再建術の提案、創傷治療に必要な血流の判断基準の確立、術後の看護やフットケアマネジメント等々、様々な分野で広く利用され、足病の重症化予防にISFGが貢献できる時が必ず来るはずで、糖尿病や所謂生活習慣病は、先進国の医療に共通した重要問題ですから、日本発の国際標準になるまで頑張り続けようと思っています。

他にもISFGはラットから豚眼に至るまで、様々な実験動物の血流を測定するものが開発され、薬学、生理学などの分野で利用されています。まだ数は少ないですが、海外にも輸出しています。それに関して驚いていることを紹介します。4、5年前からアメリカの学会の企業展示ブースにISFGを置き、営業活動を始めましたが、社員がいつの間にか英語で海外の先生方と難しい議論をこなすようになったのです。皆夜にネットの安い英会話授業をしばらく受講しただけなのですが、あの英語が苦手だったから九州工大に来た連中が、必要に迫られると何とか身につけるものだという、一つの人間賛歌を目にした次第です。うちの会社は唐津街道沿いの田んぼの中によつんと建つ零細企業ですが、新しい日本の技術を世界に向かって発信していくために日夜努力しています。何かの事情で福岡に戻って仕事をしたいとお考えの卒業生がいたら、一つの候補としてお考えいただければ幸いです。

最後に多くの優れた研究成果を世に出し、ISFGを育ててくださった諸先生方に厚く御礼申し上げます。

(九州工業大学名誉教授)  
(ソフトケア(有))

藤居仁先生がこのたび「井上春成賞」を受賞されました。おめでとうございます。

# 新鍛造技術を用いた高強度・高靱性アルミニウム合金の製造と自動車部材への適用

工学研究院物質工学研究系 教授 恵良 秀則



## 1、はじめに

材料を使用する立場からは、最初に材料の強度という観点から設計などを行うことが多い。ものづくりは、いわゆる「適所適材」を考えて材料を選択しなければならない。材料製造側からみれば、材料を強化するために種々の方法がとられる。図1は、同種の材料を種々の強化法により強度を変化させ、そのときの材料の伸びとの関係を示したグラフである。一般的な傾向を示しているが、材料の強度が増すと伸びが低下することはよく知られている。図2

は、材料評価法の一つである引張試験をして、応力（強度）とひずみ（伸び）の関係を示している。全く異種の材料、例えばガラスやセラミックスを引っ張ると伸びはほとんど生じないで、ある臨界値を超えると急激に破断する。一般に硬い（例えば傷つきにくい）という優れた長所をもつ反面、力がある臨界値を超えると急激に壊れる（脆性材料）。一方、金属材料の多くは展延性をもっており、金属あるいは合金の種類にもよるが、強度もある程度確保すること

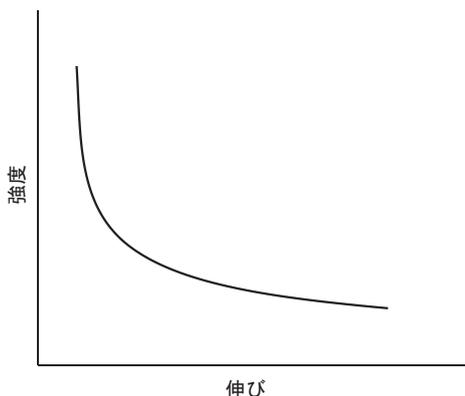


図1 金属材料の強度と伸びの関係

ができる。例えば、安全性という観点からは、力がかかっても急激に壊れると取り返しのつかない事故故に繋がる可能性がある。一方、延性材料であれば、変形という目に見える形で変化して破断するので、変化を感知したとき交換などの対策を講ずることが出来る。また、自動車を例に挙げれば、衝突などの際には、自動車を構成する材料自身が変形して衝突の運動エネルギーを材料の変形エネルギーとして吸収し、人体への影響を極力抑えることができる。このように、金属材料は強度と延性を併せ持つことができるので、未だに各分野においてその使用量が多いの

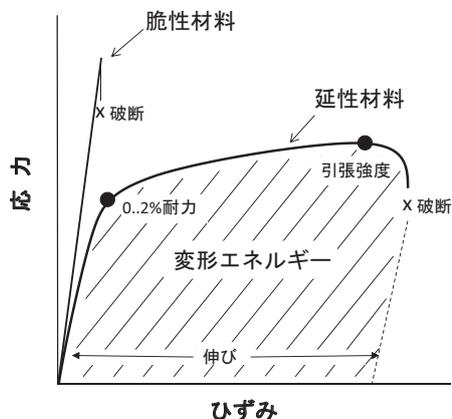


図2 脆性材料と延性材料の応力～ひずみ曲線

が現状である。鉄は温度によって組織が変化する現象（同素変態）を利用でき、鋼（鉄と炭素の合金）は比較的軟質な鉄基地の中に鉄と炭素の硬い化合物（炭化物）を分散させることができるので、いっそうの材料組織の変化、すなわちバラエティーに富んだ強度の鉄鋼材料を得ることができ、いわゆる適所適材で様々な領域で使用されている。さらに目的によって種々の元素を添加し、多種多様な鋼が製造されている。自動車部材としても鋼は欠くことのできない材料である。しかしながら、自動車などの輸送機械においては省エネルギー、排ガス規制の観点から燃費向上を目指して車体の軽量化対策に長年取り組んでいるが現状はなかなか達成されていないのが現状である。鉄はアルミニウムの3倍近くの重さがあり、自動車に使用されている鉄鋼材料をアルミニウムに置き換えることができれば、大きな燃費向上に繋がることになる。本稿では、鋼の代替部材として高強度・高靱性のアルミニウム合金部材を開発したので紹介させていただく。

## 2、高強度・高靱性アルミニウム合金の特性

前述したように、燃費規制排気ガス規制等の環境問題への対応から車体重量の軽量化が求められており、アルミニウム合金製の重要保安部品を鋼製の従来品と同等、またはそれ以上の品質で安定に低コストで供給できる技術の開発が求められている。しかし、強度・品質確保の観点から軽量合金への転換はなかなか進まず、一部の高級車で懸架系のリンクや

比較項目	現行・鍛造		新アルミ合金鍛造	
	炭素鋼の熱間鍛造	アルミの冷間鍛造	高速恒温鍛造 基礎研究レベル	現行アルミ冷間鍛造比
引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )	520	265	420	58%up
耐力(N/mm <sup>2</sup> ) (降伏点)	320	245	400	63%up
伸び(%)	23	10	14	40%up
硬度(Hv)	155	90	130	44%up
生産性	工程数	3	5	-2
	後熱処理	要	要	不要
	鍛造性	良	難形状不可	良

表1 従来鍛造と新アルミ鍛造の比較

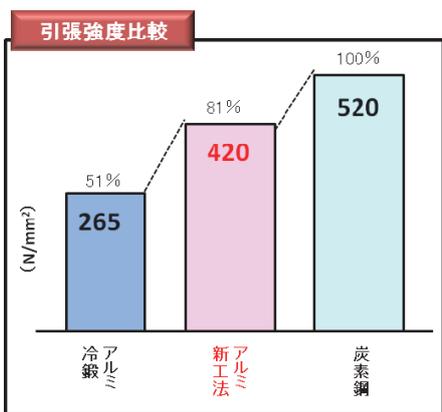


図3 従来鍛造と新アルミ鍛造の引張強度の比較

アーム類に採用された程度である。適用が限定されている大きな原因の一つに、自動車向けアルミ鍛造品は、生産コストが高いことが挙げられる。一方強度・品質を向上させる手法として、航空機部材等に採用されている従来の恒温鍛造法があるが、加工速度が極端に遅く量産部品に適用が困難という欠点があるのが現状である。このような背景の中、『高強度化アルミ高速恒温鍛造技術の開発』で新しい鍛造技術の確立に成功した。この鍛造で得られた部材は引張強さ400(N/mm<sup>2</sup>)以上、ビッカース硬さ130(HV)以上、伸び12(%)以上と優れた機械的性質を示し、従来の鍛造と比較して加工工程数が減り、加工

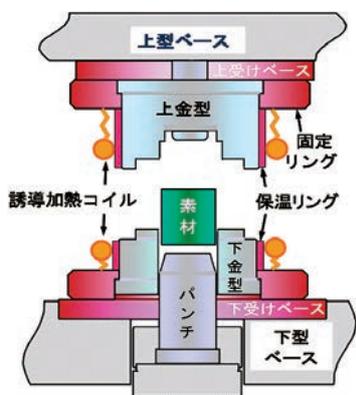


図4 加熱機能を具備した金型の概略図

## 3、高強度・高靱性アルミニウム合金部材の製造方法

速度が適宜維持されることでコストパフォーマンスにも優れる。すなわち、鉄系鍛造部材に近い強度とコスト双方を満足するアルミ鍛造部材の創成が可能となった。既存のアルミ鍛造、鉄（炭素鋼）鍛造との引張強度等の比較を表1、図3に示す。

図4に示す鍛造金型に高周波加熱で温度70～80℃を、また、鍛造加工前に溶体化処理(540℃、2h、水冷)を施したアルミニウム合金素材(図5)に加工熱の付加を受けた後の鍛造終了温度が170～260℃となるような初期温度を与え、300tのサーボプレスを用いて圧縮率65%以上で鍛造す

JIS規格…A6061  
(6000系: Al-Si-Mg系合金)  
Φ50×75mm  
Φ18×27mm

化学組成…Si: 0.40~0.80  
(mass%) Cu: 0.15~0.40  
Zn: ≤0.25  
Cr: 0.04~0.35  
その他: ≤0.15

Mg: 0.80~1.20  
Fe: ≤0.70  
Mn: ≤0.15  
Ti: ≤0.15  
Al: 残り

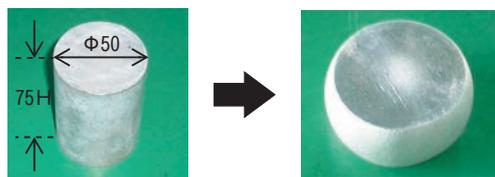


図5 アルミニウム合金(A6061)素材(円柱)と鍛造後の外観

る。さらに誘導加熱コイルで70～80℃に保った金型を、10～60mm/s程度の加工速度で加工する。この条件下で鍛造すると、ナノレベルの結晶粒微細化、転位(ひずみ)の導入を適宜果たした今までにない微細結晶構造を得る(図6)。その結果、図7に示すように機械的性質の各指標、引張強度430(N/mm<sup>2</sup>)、0.2%耐力400(N/mm<sup>2</sup>)、伸び14(%)のチャピオンデータを一般市場流通のアルミ6061で達成し、高強度で靱性が適宜保たれる部材創成を可能とした。なお、熱処理型高強度アルミ

合金との比較も図7に示している。この合金と比較しても、本鍛造法で作製された合金の伸びはあまり変わらず、著しい強度の上昇をもたらしている。強度面の評価で、低中炭素鋼の引張強度の約80%以上、弾性限界は鋼同等以上を果たしていることを意味し、しかも、アルミ合金素材中最も市場流通がある安価な6061を用いることで、機械的性質（強

度）とコスト双方において総合的に鋼部品の軽量化代替と位置付けており、自動車足周りの軽量化に寄与し、結果、操舵性が上がり（安全性が向上）、また、燃費向上につながる世界初の軽量化・省エネ化技術である（特許公開 出願番号：特願2009-260512）。この新しいアルミ鍛造技術を用いて、現行鉄（炭素鋼S35C）製の自動車足回り実装部品タイロッドエンドの製品化試作を行い（図8）、強度の確認とコスト試算をした結果、強度においては80〜96%、コストにおいては90%同等と事業化の現実的可能性を示す結果を得ている。本鍛造技術によって製造される高強度・高靱性アルミ合金の適用可能な自動車部材の例を図9に示している。今後、さらなる軽量化が進み、環境

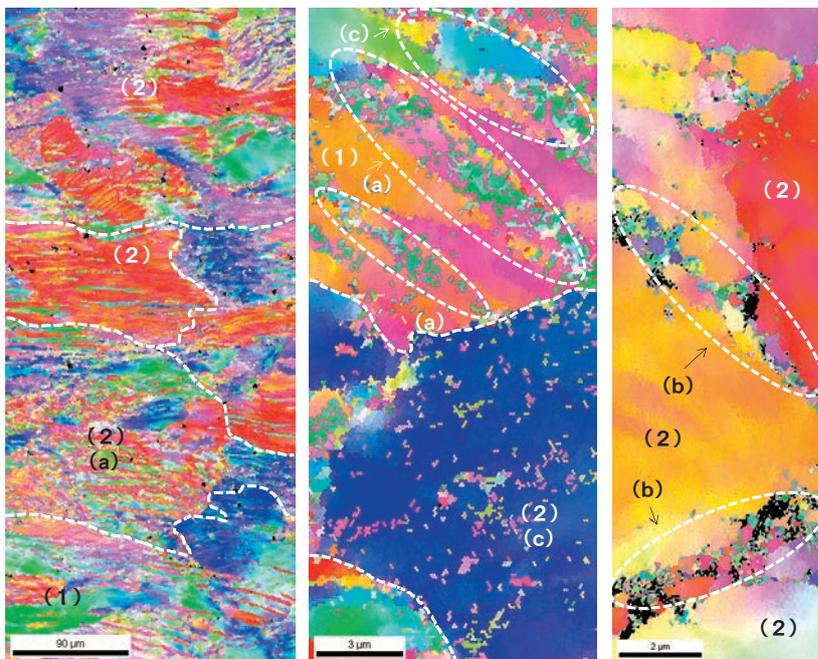


図6 新アルミ鍛造法により形成されたナノ組織(OM像)

度）とコスト双方において総合的に鋼部品の軽量化代替と位置付けており、自動車足周りの軽量化に寄与し、結果、操舵性が上がり（安全性が向上）、また、燃費向上につながる世界初の軽量化・省エネ化技術である（特許公開 出願番号：特願2009-260512）。この新しいアルミ鍛造技術を用いて、現行鉄（炭素鋼S35C）



図8 新アルミ鍛造品のタイロッドエンドへの適用事例

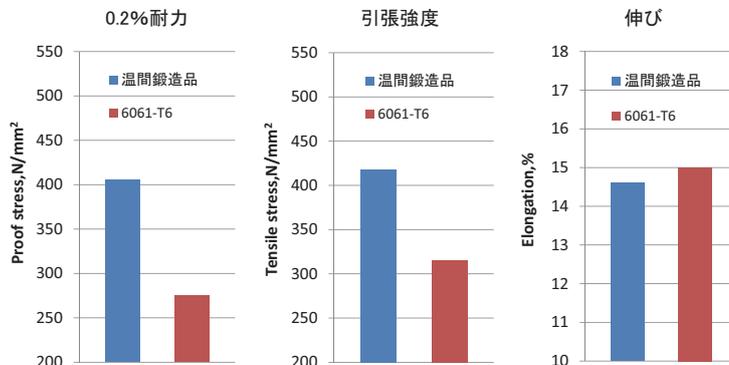


図7 新工法鍛造品（温間鍛造品）と時効熱処理品（6061-T6）の機械的性質の比較



図9 新アルミ鍛造品のターゲット自動車部材と軽量化

問題や省エネ対策に寄与できればと考えている。最後に、本技術開発は川崎宏史氏（株）戸畑ターレット工作所、河部徹氏（本学、工学研究院機械知能工学研究系）と共同で行われたものであり、ここに謝意を表します。また、本記事を紹介させていただくにあたり明専会の関係諸氏に大変お世話になりました。お礼を申し上げます。なお、本記事は技術紹介ということで、厳密性に欠くところが多々あります。ご容赦を願う次第です。

# 光で殺菌・抗ウイルス・防かび

工学研究院物質工学研究系 教授 横野 照尚



工学研究院物質工学研究系応用化学部門の横野照尚と申します。大学時代は、バイオ系の研究に興味があったため人工酵素の開発を行っている研究室に所属し、ビタミンB<sub>12</sub> (図1) の人工酵素開発に没頭しました。博士後期課程を修了して、大

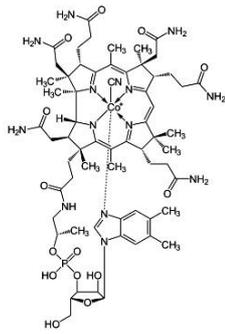


図1. ビタミンB<sub>12</sub>の構造

学に助手として職を得てからは、様々な分子の形状を認識して選択手に捕捉するホスト分子を開発する分野に研究領域が変化しました。その後、助教のポストを求めて、出身大学から離れました。このとき、研究領域の大転換を迫られました。有機化学を基礎とした人工酵素開発、ホスト分子開発の領域から、無機化学・物理化学を基礎とした金属酸化物半導体光触媒ナノ材料の開発が中心となりました。助教として着任した研究室は、物理化学系の研究室で、その中の研究グループの光触媒材料開発の担当を命じられました。研究領域の大転換だったために、それまで培ってきた人脈や蓄積してきた多くの知識がリセットされ、学生と同様に基礎知識の勉強からの出発でした。また、大きな研究領域の転換のため、知名度も人脈もない状態だったため、研究費の獲得にはとても苦労しました。今考えると、この経験は研究開発における発想の柔軟性を培うとても良い経験となっています。

半導体光触媒は、東京大学の本多健一先生と藤嶋昭先生が酸化チタン光触媒電極で水を光だけで分解して酸素と水素を製造する「本多―藤嶋効果」を1969年に発見したことが大きな研究の発端となっています (図2)。

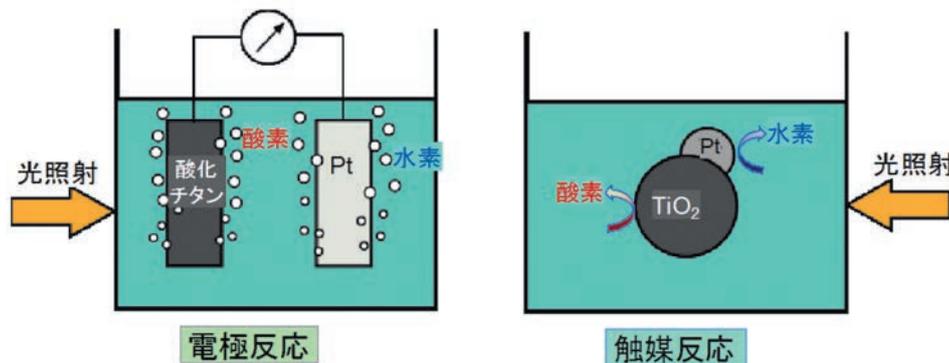


図2. 本多―藤嶋効果の説明

この研究成果は、1972年にNature誌に掲載されたことから、酸化チタン光触媒のみならず新たな金属酸化物半導体光触媒の研究開発が世界中で活発に行われるきっかけとなりました。水素は、燃料電池の燃料として有望視されており、光触媒による水素製造は光だけがエネルギー源となるため、太陽光を利用すれば環境負荷が全くない、理想的な水素製造システムとなり得ます。現在、経済産業省、NEDOが中心となって、企業連合・大学連合で実用化を目指した工業プロセス開発が行われています。

酸化チタン光触媒は、光により非常に高い酸化能力を発揮するために、水の分解だけでなく、病原菌・ウイルス・カビ・汚れを酸化分解することが出来ます。これらの能力を利用して、北九州の地元企業OTTO(株)やパナソニック(株)、ダイキン工業(株)、盛和工業(株)などの多くの会社と様々な大学の共同研究開発により、多くの光触媒製品が世に送り出されています。例えば、高層ビル(六本木ヒルズや虎ノ門ヒルズをはじめとする高層ビル)の外壁・窓ガラス、大型



図3. 光触媒タイルと通常タイルの防汚性に違い (TOTO 関連製品のホームページより)

建造物（ヤフオクドームなどの大型スポーツ施設・セントレア名古屋国際空港の外装と窓ガラス・北九州空港のメインエントランスピラミッドの外装など）の外装などは、ほとんどが酸化チタン光触媒で表面処理がされています。昔のようにビルの窓ガラスをゴンドラで上がって清掃す

また、空気清浄機のフィルターにも光触媒が応用され、家庭用・業務用に多くの製品が開発されています。新幹線のN700系の喫煙ルームの空



図4. Italcementi 社製の酸化チタン光触媒含有セメントで施工されたイタリアの Jubilee 協会

る姿を見ることがなくなつたのは、光触媒窓ガラス、外装材の効果です。光が当たって、雨が降ると自動的に汚れを落として分解してくれます。これをセルフクリーニング効果と呼んでいます（図3）。また、イタリアでは、イタルセメンティという会社が国家プロジェクトで舗装道路や建造物のセメントに酸化チタン光触媒を混ぜて施工することで、排ガスの窒素酸化物・硫黄酸化物の60%削減の効果を挙げることに成功しています（図4）。

このように万能に見える酸化チタン光触媒ですが、大きな欠点を有していました。それは、光源として紫外線が必須であることです。つまり、紫外線が含まれる太陽光が降り注ぐ屋外では、性能を発揮できるのです



図5. 光触媒空気清浄機が設置されたN700系新幹線の喫煙ルーム (JRのホームページより)

気清浄機は、酸化チタン光触媒フィルターと光源が組み込まれた光触媒空気清浄機が使用されています（図5）。新幹線のグリーン車の窓ガラスは酸化チタンナノシート材料でコーティングされており、汚れのない綺麗な状態を保つよう工夫されています。最近では、積水ハウスやパナホームの一般住宅の外装材にも酸化チタン光触媒コートされた製品が販売されています。

が、屋内、車内などの紫外線が届かない場所では全く役に立たなかったことです。室内環境に於いて殺菌・抗ウイルス、防かびなどの処理技術が、身体にいいと言えない化学薬品などを使わずに光だけで可能になれば、安全・安心な室内環境を生み出す理想的な技術となると考えられます。このようなことから経済産業省・NEDOが全国の大学、企業を巻き込んで室内光対応型の光触媒材料および製品開発のプロジェクトが15年ほど前から約10年間（5年プロジェクトが前半と後半2期実施）実施されました。同様の技術開発は、ほぼ同時期にヨーロッパ、アメリカ、韓国でプロジェクトが立ち上がり、世界中で開発競争が繰り広げられました。平成15年に九州工業大学に教授として着任する少し前にこのNEDOプロジェクトに参画させていただき、私どもの研究室でも活発に室内光対応型の光触媒材料開発を行いました。最終的に、私の研究室では2種類の室内光対応型の光触媒材料（硫黄添加型酸化チタン・鉄担持型形状制御酸化チタンナノロッド）の開発に成功しました（図6）。その

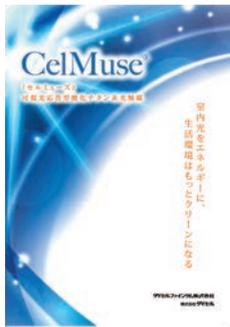


図7. 世界トップレベルの性能を誇るLED光対応型光触媒 CelMuse のパンフレット (ダイセルファイネケムのパンフレット)

一部の成果をまとめた論文は、現在引用数が1200に迫ろうとしており、世界中から注目されました。何れ material も共同研究企業（東邦チタニウム(株)、(株)ダイセル）の協力を得て商品化することができました（図7）。同時期に豊田通商(株)・住友化学(株)・(株)東芝・昭和セラミックス(株)な

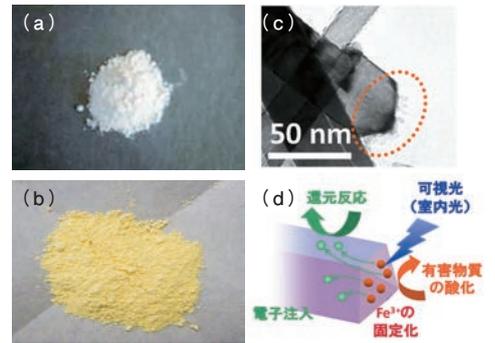


図6. 九州工業大学で開発された室内光対応型酸化チタン光触媒と従来の酸化チタン：(a) 従来の酸化チタン、(b) 硫黄添加型酸化チタン、(c) 鉄担持型形状制御酸化チタンナノロッド、(d) (c)の酸化チタン光触媒の反応機構

どの他、ドイツのメーカーも室内光対応型の光触媒材料を製品化しましたが、性能面、安定性の面で問題を抱えており、定期的に出荷が行われているのは私の製品だけとなっています。この材料を基にして、地元企業の(株)フジコーと共同開発した光触媒タイル・天井材・光触媒空気清浄機が応用製品として出荷され、病院・老健施設・公共のトイレの内装材や大型工場の環境浄化のための空気清浄機として利用が広がっています。また、九州工業大学でも中村記念館のトイレに施工されています。その他、小倉駅やモノレール平和通駅のトイレにも施工されています。これらの高い性能が認められ、JAXAと共同で国際宇宙ステーションの内装材にも利用されています。また、用途範囲を広げるため大阪の塗料メーカー（株）ピアレックス・テクノロジーズ）と共同開発して、室内光対応型の光触媒塗料も製品化されています。これらの塗料は小中学校の天井に施工することでインフルエンザによる欠席者数が半分以下に減少する成果が得られており、関西地区を中心に多くの学校に施工されて

います。また、この光触媒塗料は、マンションの内装施工や事務機器、白物家電にも利用が広がっており、LED照明だけで防かび・殺菌・抗ウイルスなどのクリーンな環境を提供する画期的な製品群として高く評価されています（図8）。

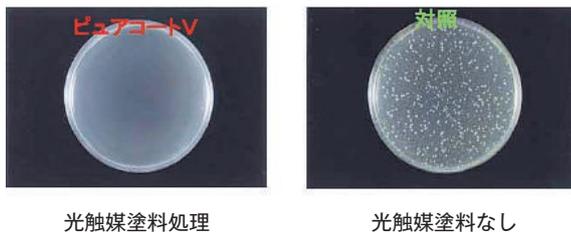


図8. LED光対応型光触媒塗料（ピュアコートV）処理した壁と未処理の壁の黄色ブドウ球菌繁殖状況の違い

現在は、光触媒の還元力を利用して二酸化炭素を燃料に変換する新たな光触媒システムの研究開発を行っており、地球温暖化解決と燃料製造を実現する画期的なシステム開発へ向けて研究を行っております。