

発行 © 一般社団法人 日本 MRS 事務局  
〒231-0002 横浜市中区海岸通 3-9  
横浜ビル 507D  
http://www.mrs-j.org/ Tel. 045-263-8538

||||||| やあ こんにちは |||

超石器時代のその先

東京工業大学 応用セラミックス研究所 所長 若井 史博 わかい ふみひろ



若井 史博  
(わかい ふみひろ)  
東京工業大学 応用セラミックス研究所 所長

文字記録が成立する以前の時代は、当時の人々が使っていた材料とその加工技術によって区分されます。石を打ちかいて道具を製作していた旧石器時代に続いて、新石器時代にはきれいに磨いて形を整える技術が発達しましたが、恐ろしく手間と時間のかかる作業でした。粘土で自在な造形を行い、それを焼結して複雑形状物を作るセラミックスの登場は一万年前の大きな技術革新でした。それは、現代における 3D プリント技術のインパクトを遥かに凌ぐものだったことなのでしょう。セラミックスの語源はギリシア語のケラモス、すなわち、「焼き固められたもの」という言葉にさかのぼります。時代はさらに、青銅の時代、鉄の時代へと移行します。延性を持ち、塑性加工、鋳造、切削加工による成形が可能な金属は文明を支え、産業革命以後の社会における技術基盤となりました。一方、1980 年代には半導体技術とエレクトロニクス産業が発展し、石から取り出されたシリコンという素材が主役の超石器時代の到来と言われました。そのころ、ファインセラミックスが脚光を浴び、様々な用途への応用が期待されましたが、精密機械部品として利用するには時間とコストのかかる研削・研磨工程が必要で、それが幅広い分野への展開を阻む要因であると認識されていました。つまり、焼結後のセラミックスは硬く、それをさらに精密に加工するためには、依然として石器時代と同じ原理に基づく技術しかなかったのです。

私たちは 1985 年に世界で最初にイットリア安定化正方晶ジルコニア多結晶 (Y-TZP) の超塑性を発見しました。超塑性とは微細な結晶粒からなる多結晶固体材料を高温で引っ張るとチューインガムのように巨大な伸びを示す現象です。これは、硬くて強いけれど、脆く、ほとんど変形することなく破壊してしまう脆性材料であるというセラミックスのイメージを覆しました。同時に、高温での超塑性変形によってセラミックスを金属と同様に自由自在に成形加工する技術の可能性が芽生えました。それはひょっとすると、セラミックスの産業形態を変えるものになるかもしれない…

今、私たちは、それから 30 年後の未来にタイムワープした時点にいます。この間、日本国内だけでなく、世界中でセラミックス超塑性の研究開発が進み、その成果は目覚ましいものがあります。ジルコニアだけでなく、窒化ケイ素、炭化ケイ素、バイオセラミックス、さらには、酸化物超電導体でも超塑性材料が開発されましたし、15 年前には高速超塑性も実現しました。しかし、残念ながら、未だセラミックスの超塑性加工は実用化されていません。なぜか？ それは、現代の焼結技術のレベルが高く、超塑性加工より容易に、かなり精密な複雑形状部品を量産することができるからです。

セラミック部材の付加価値の源泉は精密な形状と内部構造設計の中に組み込まれた機能にあり、それを効率よく製造する焼結技術には長い時間をかけて蓄積された技術思想が集約されています。焼結は成形した粉体を加熱して複雑形状部品を製造する技術であり、体積収縮による緻密化として理解されてきました。巨視的な焼成収縮は連続体力学に基づいて扱うことができ、ひずみ速度を外部から加えられた機械的応力と緻密化の熱力学的駆動力に対する線形応答として表わすことができます。連続体力学理論は収縮挙動を予測して研削・研磨工程を低減し、製品の品質・形状および寸法精度を保証するのに役立ちます。特に、電極などを埋め込み複合化したデバイス、低温同時焼成セラミックス (LTCC) や固体酸化物燃料電池 (SOFC) などの拘束焼結や共焼結のような複雑な問題を解析する上で強力な手法となります。現在、このような力学的な視点からの焼結理論の再構築が進みつつあります。すなわち、焼結現象の本質は高温変形であり、超塑性加工の原理は焼結プロセス自体の内部にすでに組み込まれていたわけです。

焼結のおもしろさは粒子の「かたち」自体が力を生みだし、自らの姿を変化させることにあります。逆に「かたち」の変化を解析することによって、その背後に働く力を見通すことができます。近年のシンクロトロン X 線トモグラフィ技術の発展は焼結における複雑な 3 次元の微構造形成プロセスを解析することを可能にしました。私たちは粒子間に作用する力を知り、自在に操り、思いのままに微視的な構造を制御する道を見出しつつあります。その先にはどのような材料・技術が生まれ、どんな世界が広がるのでしょうか？ それを見通したいというのが、セラミックスに関わる私たち皆が共有する夢だろうと思っています。

May the Force be with You!

目次	
01	やあ こんにちは 超石器時代のその先 若井 史博
02	研究所紹介 鳥取大学工学部附属 先端融合研究センター 岸田 悟
04	トピックス ブラズモン共鳴ナノ 粒子を利用した光機 能材料とデバイス 立間 徹
06	海外便り スタンフォード大学 滞在記 湖上 輝顕
07	ご案内
08	To the Overseas Members of MRS-J

■ 研究所紹介



鳥取大学工学部附属先端融合研究センター

鳥取大学工学部附属 先端融合研究センター センター長 きしだ さとる 岸田 悟

1. 設置に至る背景・経緯と研究成果

鳥取県では、これまで電子デバイス・情報関連機器等に関する産業が集積されてきた。2008年8月8日に“官”（鳥取県）の強力な支援のもとに産・学連携事業“寄附研究部門”として、鳥取大学工学部に日本で唯一の「電子ディスプレイ研究センター」（TEDREC: Tottori Electronic Display REsearch Center）を設置した。これは、4年間の期限付き、しかも企業からの寄附による研究センターであり、ここではディスプレイ産業に関連した研究を行い、多くの成果を上げた。TEDRECのミッションは、以下の通りである。

- (1) 電子ディスプレイ関連産業に関する研究拠点の形成
- (2) 電子ディスプレイ関連産業に従事する次世代技術者・研究者の育成
- (3) 電子ディスプレイ関連を含む地域産業の活性化

これらのミッションに対して、ほぼ達成することができた。TEDRECは、平成27年度で設置から8年目に突入し、多くの世界的なレベルの研究成果が得られている。それらの一部を紹介する。第1には、世界一の応答速度を持つ液晶の開発に成功し、学術論文で公表し、特許を取得した。第2には、ユニークな液晶デバイス（蛍光材料と液晶を組み合わせた自己発光型のLCD）の開発に成功した。図1は、自己発光型LCD（e-LCD）の写真を示している。このLCDは、高輝度・高効率・高視野角を持つ高性能電子ディスプレイである。

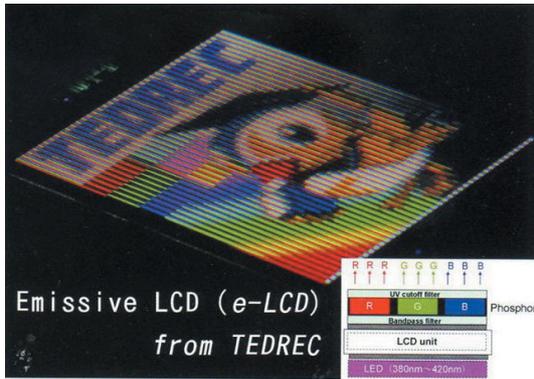


図1 自己発光型LCD（鳥取大学で製作）

第3には、透明かつフレキシブルな抵抗変化型メモリー素子（Re-RAM）の開発に世界で最初に成功した。図2は、開発したメモリー素子の写真を示している。

第4には、マイクロ電気・機械システム（MEMS: Micro Electrical Mechanical System）技術による実践的かつ即戦力的な電子デバイスの製作と応用に関する研究を開始したことである。専任者は、rf-MEMS等に関する世界的な研究者で、JAXAの客員教授でもある。現在、より実践的な電子デバイスをシミュレーションし、製作している。さらに、第5では、電子ディスプレイに関連した研究から派生したバイオ・エレクトロニクスなどに関する研究がある。

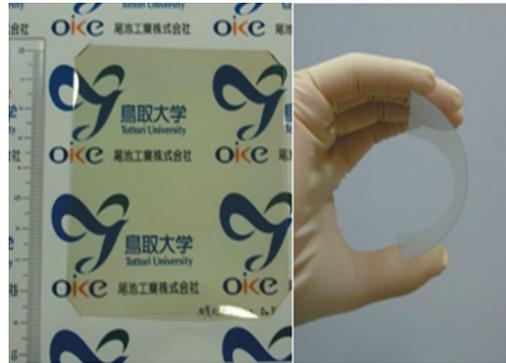


図2 透明かつフレキシブルな抵抗変化型メモリー素子

2. 設置目的

大学における研究とは、最先端技術かつ基礎研究の学術的な研究と実際に即戦力として役立つ実践的な技術かつ俯瞰的な視野に立ってシステムの構築や開発に関する研究からなる。しかしながら、世界的な研究成果を継続的に創出しつつ、それらの成果を実践的に活かすためには、先端技術の研究はもとより、文理の学際融合的な研究を必要とする時代になってきた。

これらの社会のニーズに応えるためには、国（厚生労働省）や地方自治体（鳥取県）と本学がより強固に連携し、地域産業を活性化させる必要がある。結果として、「地方創生」の下で戦略的に雇用創出を図り、学際融合研究を推進するとともに、次世代の人材育成を目的とした先端融合研究センター（TiFREC: Tottori in-



図3 鳥取大学地域学部棟内の事務室・本部・プロジェクト室

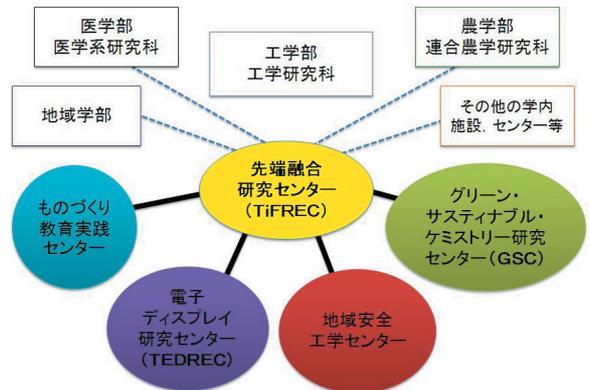


図4 本センターと鳥取大学内部門との関連

tegrated Frontier REsearch Center) を鳥取大学工学部に第5番目の附属センターとして設置した。

このセンターでは、情報・電気工学・バイオテクノロジーを中心に、機械物理系、化学生物系、土木社会基盤系等の工学系の各分野と学際融合する研究を推進する。また、本学の機構他、他学部やそのセンター等と連携し、実践かつ学際融合的な研究課題は社会のニーズに基づくものであり、問題を発見し、短期間で問題を解決することを目的としている。

さらに、企業等からの研究者も積極的に受入れることにより、地域産業に関連した専門分野の研究開発拠点を形成し、高度職業人、言い換えると人間力を有する(学際的・俯瞰的な)高度な技術者や研究者を育成することを目的としている。

また、本センターは、産・官・学連携事業のモデルケースであり、そのミッションは、

- (1)地域産業に関わる教育・研究拠点の形成
- (2)地域産業に関わる次世代技術者・研究者の育成
- (3)地域産業の活性化

であり、これらのミッションは、電子ディスプレイ研究センター設立当時からスタートしているが、電子ディスプレイ産業に制限するものではなく、地域産業界と連携できる研究課題を取り上げる。

### 3. 活動の紹介

本センターの運営は、企業からの寄附(共同研究・奨学寄附金など(2008年～現在)や、委託業務事業「高度ものづくり人材育成講座開設業務委託」(国・県)(平成26・27年度)によって行われている。現在、7研究部門(委託業務関連は5研究部門、その他2研究部門)があり、以下のような業務を行っている。

#### 3.1 公開講座の開設

初年度である平成26年度は17講座を実施した。来年度は、20講座以上を予定している。公開講座の詳細や申込方法については、Google検索で「tifrec」と入力していただくと、本センターのホームページとなる。



図5 社会人向け公開講座の様子

#### 3.2 応用講座の開設

電子ディスプレイ関連技術の開発/高機能・高性能電子デバイスの開発/次世代磁性材料の探索と生産プロセスの確立/高性能な赤外センサーの開発/高性能な小型電子部品の開発に関連する講座開設及び講座運営に必要な研究として5研究部門を開設した。これらの研究部門名は以下の通りである。

##### ①光・電子デバイス工学研究部門

学際融合分野として電気・情報工学、バイオテクノロジー、医療、農学

##### ②酸化物エレクトロニクス研究部門

学際融合分野として電気・情報工学、化学、バイオテクノロジー、医療、発達・学習科学

##### ③磁性材料工学研究部門

学際融合分野として電気工学、機械工学、化学、環境・エネルギー

ギー、医療

##### ④ニューロ・インフォマティクス研究部門

学際融合分野として電気情報工学、機械物理工学、バイオテクノロジー、医療、教育学、発達・学習・運動科学

##### ⑤ビッグデータ情報研究部門

学際融合分野として電気・情報工学、バイオテクノロジー、土木工学、経済・経営、医療、発達・学習科学

これらの研究部門から、多くの研究・開発プロジェクトが生まれることを期待している。先端技術による学際融合は、単なる異業種の企業や研究者の集まりではなく、共通の研究課題に対して異なる専門分野のスペシャリストが能力を発揮することによって相乗効果を期待するものである。同時に、新規な技術、産業などの「創生」を大いに期待する。

#### 3.3 広報活動

本センターでは、公開講座パンフレットの作成、ホームページへの掲載などの広報活動を行っている。特に、公開講座にテレビ会議システムを導入し、効率的で必要な、しかも最新の情報を容易に国内外で視聴することができる。この結果、公開講座の参加者は増加し、高い評価を得ている。

#### 3.4 その他の活動

学長裁量経費などの申請と獲得によって、「国際学会」論文発表コンテストを2012～2014年の3回実施した。この間、36名の博士前期課程の学生が国内外の国際会議で発表した。特許の特願と特許証の獲得は、特願が9件、特許が7件となっている(2008年～2014年)。これまでに、17名の社会人博士後期課程の受け入れを行っている。学内外で学生が表彰された数は7件、さらに、苗村省平氏は、国際情報ディスプレイ学会の「Jan Rajchman Prize」を2015年に受賞した。

### 4. おわりに

鳥取大学は、農学部、医学部、地域学部及び工学部の4つの学部で構成されている。中でも、最も新しい学部である工学部は昨年で50周年を迎えた。2008年に産・官・学連携モデル事業としてスタートした「寄附研究部門」の電子ディスプレイ研究センターは現在、8年目に、先端融合研究センターは3年目に突入した。研究・開発における専門分野が異なるものの、両方のセンターは、地域産業に根差した専門分野の研究拠点形成、それらに従事する高度職業人の育成や産業の活性化に貢献できるように研究を推進してきた。将来的には、工学分野の学際融合に限らず、医学、農学、教育学や地域学の分野においても融合研究を行い、新事業を創生・推進したいと考えている。

グローバル化した社会において、地域が、日本が取るべき産業構造は徐々にではあるが、生産ベースから研究・開発ベースの産業構造にシフトしつつ、生産・開発・研究においてイノベーションが必要不可欠となっている。結果として、日本の国土、人口、環境などを考慮して「あるべき日本の産業力と産業構造」や「あるべき技術者の教育と養成」に関する議論を産・官・学が一体となって議論していく必要がある。

#### ■連絡先

〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101番地  
鳥取大学 工学部附属 先端融合研究センター (TiFREC)  
Tel・Fax: 0857-31-6738  
E-mail: tedrec01@adm.tottori-u.ac.jp  
URL: http://www.eng.tottori-u.ac.jp/tifrec



■トピックス

プラズモン共鳴ナノ粒子を利用した光機能材料とデバイス

東京大学生産技術研究所 教授 立間 徹

1. はじめに

金属はふつう、光を反射するが、数 nm から百 nm くらいのサイズにすると、光と電子の相互作用によって、光を吸収したり散乱したりするようになる。これがプラズモン共鳴（さらに詳しくいえば、局在表面プラズモン共鳴、LSPR）である。平面上に一層並べただけでも色ははっきり見えるくらい強い光吸収が特徴である。また、粒子の大きさや形によって吸収の強度や波長を制御できる。粒子の体積が大きくなると、光散乱も強くなる。そのようなプラズモン共鳴ナノ粒子を利用した機能材料や素子について、我々の最近の研究例を紹介する。

2. 非対称光散乱薄膜

透明な膜が色を持つとき、表と裏で同じ色となるのが一般的である。しかし我々はプラズモン共鳴を利用することで、散乱色が表と裏で異なる膜を開発した。この膜は、通常の室内光の下ではほぼ透明だが、強めの光を当てると光散乱を示し、その色が、表は青で裏は黄色である（図-1 左）<sup>1)</sup>。ちなみに、反射光の色は散乱光とは逆で、表が黄色で裏が青である（図-1 右）。透過光はいずれも赤色なので、相反原理は保たれている。膜の厚さやナノキューブのサイズなどを変えることで、裏の散乱色を赤にしたり、表と裏のいずれも黄色にしたりできる。

この材料は、屈折率の高い膜と、銀ナノキューブを組み合わせることで作製した。ナノ粒子を基板に載せると、共鳴モードが二つに分裂する場合がある<sup>2,3)</sup>。界面付近での電子の振動と、粒子の、界面から離れた部位での電子の振動に帰属される。基板の屈折率が高く、粒子との接触面積が大きく、またナノ粒子に高さがあるほど分裂が明瞭になる。加えて、基板の屈折率が高くなると、基板上での光の反射が強くなる結果、入射光と反射光の干渉が起こりやすくなる。高屈折率の基板を薄膜にすれば、薄膜干渉の効果も加わる。さらに、屈折率が高い基板は、散乱光をそちらの方向に導く傾向がある。これらの効果が複合的に働いて、特定のモードを選択的に共鳴させたり、そのモードの散乱光を導くことで、表と裏の散乱色が異なるのである。詳細については、論文を参照されたい<sup>1)</sup>。

こうした材料は、意匠性色材や偽造防止技術などへの応用が考えられる。光を照射したときだけ視認できる塗料や、透明映写スクリーンへの展開も可能である。

3. 太陽電池の光電流と効率の改善

プラズモン共鳴により電子が振動すると、それによって入射光と同じ振動数で局在的な電場の振動が生じ、これにより色素や半導体を励起できる。これは、プラズモン共鳴の寿命の間、光を粒

子近傍にとどめておけることに相当する。したがって、入射光で直接励起するよりも高い効率で励起することも可能になる。局在的な振動電場は近接場光（optical near field）とも呼ばれる。このように、プラズモン共鳴粒子をナノアンテナとして利用し、太陽電池の効率を向上させる試みがとくにこの数年ほど、盛んに行われている。しかしプラズモン共鳴ナノ粒子は、この近接場アンテナ効果のほか、伝搬光散乱効果、導電性を高める効果など正の効果のほか、吸収をブロックする効果、再結合を促進する効果など、負の効果も持つ。それらを十分に考慮して、系統的に研究を行った例はほとんどなかった。

我々は、色素増感太陽電池を例にとり、2次元構造の光電極（図-2a）を作製し、近接場アンテナ効果による光電流の増強を他の効果から分離して、評価を行った。その結果、色素-金属ナノ粒子間の最適距離が約 10 nm であること<sup>4)</sup>、ナノ粒子どうしが近づくとプラズモンカップリング効果により近赤外域での増強が可能になること<sup>5)</sup>、カップリング効果の有無により最適粒子サイズが違うこと<sup>5)</sup>などを示した。なお、粒子一つあたりの光電流増強率は 15 倍程度である。また、量子ドット増感光電流の増強についても同様に調べ、量子ドットのサイズが小さいほど量子ドット-金属ナノ粒子間の最適距離が短く、最大の増強率が大きいことがわかった<sup>6)</sup>。量子ドットのサイズが大きくなると金属ナノ粒子との双極子-双極子相互作用が強くなり、量子ドットから金属

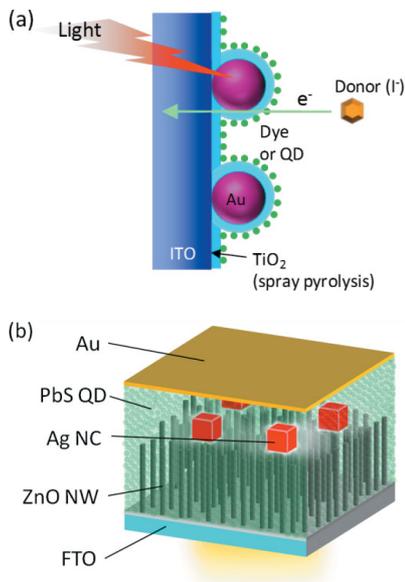


図-2 (a) 2次元タイプの増感型光電極。  
(b) 銀ナノキューブを導入した、PbS量子ドットとZnOナノワイヤからなるバルクヘテロ接合太陽電池

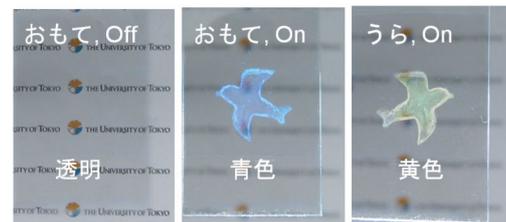


図-1 表と裏で散乱および反射挙動の異なる膜。(左) 散乱色の違い。(右) 散乱、反射、透過色の違い (カラー写真はオンライン版をご覧ください: www.mrs-j.org)

ナノ粒子へのエネルギー移動が起こりやすくなるため、サイズが小さい方が光電流増強に有利だと考えられる。

さらには、量子ドットバルクヘテロ接合太陽電池にプラズモン共鳴ナノ粒子を導入することで(図-2b)、エネルギー変換効率の改善を試みた(東大先端研の瀬川・久保グループとの共同研究)。上述の負の効果なるべく抑えながらアンテナ効果と散乱効果を活用することにより、効率を4.5%から6.0%に改善することができた<sup>7)</sup>。

#### 4. プラズモン誘起電荷分離(PICS)の利用

我々がプラズモン共鳴について研究をするようになったのは、銀ナノ粒子と酸化チタンからなる系において、多色フォトクロミック現象を見出したことがきっかけである<sup>8,9)</sup>。これは、多分散な銀ナノ粒子に特定波長の光を照射することで、共鳴波長選択的に銀を酸化溶解する効果に基づく<sup>10)</sup>。その機構を解明する中で、プラズモン共鳴ナノ粒子が半導体と接触している場合に、ナノ粒子から半導体へと電子が移動する「プラズモン誘起電荷分離(plasmon-induced charge separation, PICS)」現象を見いだした<sup>11,12)</sup>。我々はこの現象を光電変換<sup>11,13)</sup>や光触媒反応<sup>11)</sup>に応用したほか、赤外フォトクロミズム<sup>14)</sup>、単粒子散乱光変化<sup>2,3)</sup>、ゲルの光変形(光アクチュエータ)<sup>14)</sup>などに応用した<sup>15)</sup>。

この現象は、プラズモン共鳴ナノ粒子から半導体への、外部光電効果または熱電子注入による電子移動によって起こると考えられ<sup>16)</sup>、PICSもしくはそれに伴う反応(とくに酸化反応)が、局在振動電場の強い部位で起こることがわかっている<sup>2,3,17)</sup>。最近ではプラズモン誘起熱電子効果なども呼ばれ、国内外で多くの研究が行われており、とくに光電変換や光センシング、光触媒に関する研究例が多い<sup>15)</sup>。

我々の最近の研究例として、LSPR センサへの応用がある<sup>18)</sup>。ナノ粒子のプラズモン共鳴波長は、粒子周囲の屈折率が増大すると、長波長側へシフトする。特定の物質と結合するレセプターを粒子の表面に固定しておけば、その物質と結合することによって粒子周囲の屈折率が増大する。結合する物質の量が多いほど波長が大きくシフトするので、その物質の濃度を知ることができる。この原理によって、抗原抗体反応に基づく免疫センサや、DNAセンサなどのバイオセンサや化学センサを作製することができる。こうしたセンサをLSPR センサと呼ぶ。

プラズモン共鳴に基づくセンサといえば、金属薄膜上の伝搬型プラズモンを利用した、いわゆる表面プラズモン共鳴センサ(SPRセンサ)が広く実用化されている。しかし、大型・高コストなどの課題もある。これに対しLSPRセンサは、小型化・低コスト化できると期待されているが、スペクトル測定に際して試料溶液に光を通す必要があるため、色や濁りを持つセンサには適用しにくい、といった課題もある。その課題に対して我々は、まず、多色フォトクロミック現象を応用して、任意の波長で測定可能なLSPRセンサを開発した。試料溶液が光吸収を持つ波長を避けて測定を行うことができる<sup>19)</sup>。

また、PICSによって電気的な信号を直接出力することで、試料溶液に光を通す必要のないLSPRセンサも開発した<sup>20)</sup>。電位応答型(図-3a)と、導電率応答型(図-3b)の2種類がある。電位応答型は、透明電極上に被覆した酸化チタンに金ナノ粒子を担持して、単色光を照射すると、共鳴した粒子から酸化チタンに電子が移動することで電位が負にシフトする。照射波長を走査することで、スペクトルが得られ、共鳴波長を特定できる。導電率応答型は、ガラス基板の上の酸化チタン膜に金@酸化チタンコアシェルナノ粒子を担持する。膜の両端にバイアス電圧をかけ、電流を測定する。光照射によって粒子から酸化チタンに電子が移動すると、導電率が上昇し、電流が増加する。やはり照射波長を走査することで共鳴波長を測定する。これらのPICSに基づくLSPRセンサにより、色や濁りのある溶液中でも測定できることが示された。

#### 参考文献

- 1) K. Saito and T. Tatsuma, *Adv. Opt. Mater.*, in press (doi:10.1002/adom.201500111).
- 2) I. Tanabe and T. Tatsuma, *Nano Lett.*, **12**, 5418-5421 (2012).
- 3) I. Tanabe and T. Tatsuma, *Chem. Lett.*, **43**, 931-933 (2014).
- 4) T. Kawawaki, Y. Takahashi, and T. Tatsuma, *Nanoscale*, **3**, 2865-2867 (2011).
- 5) T. Kawawaki, Y. Takahashi, and T. Tatsuma, *J. Phys. Chem. C*, **117**, 5901-5907 (2013).
- 6) T. Kawawaki and T. Tatsuma, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **15**, 20247-20251 (2013).
- 7) T. Kawawaki, H. Wang, T. Kubo, K. Saito, J. Nakazaki, H. Segawa, and T. Tatsuma, *ACS Nano*, in press (doi:10.1021/acsnano.5b00321).
- 8) Y. Ohko, T. Tatsuma, T. Fujii, K. Naoi, C. Niwa, Y. Kubota, and A. Fujishima, *Nature Mater.*, **2**, 29-31 (2003).
- 9) K. Naoi, Y. Ohko, and T. Tatsuma, *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 3664-3668 (2004).
- 10) K. Matsubara and T. Tatsuma, *Adv. Mater.*, **19**, 2802-2806 (2007).
- 11) Y. Tian and T. Tatsuma, *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 7632-7637 (2005).
- 12) Y. Tian and T. Tatsuma, *Chem. Commun.*, **2004**, 1810-1811.
- 13) Y. Takahashi and T. Tatsuma, *Appl. Phys. Lett.*, **99**, 182110 (2011).
- 14) T. Tatsuma, K. Takada, and T. Miyazaki, *Adv. Mater.*, **19**, 1249-1251 (2007).
- 15) T. Tatsuma, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **86**, 1-9 (2013).
- 16) E. Kazuma and T. Tatsuma, *Adv. Mater. Interfaces*, **1**, 1400066 (2014).
- 17) E. Kazuma, N. Sakai, and T. Tatsuma, *Chem. Commun.*, **47**, 5777-5779 (2011).
- 18) T. Tatsuma, Y. Katagi, S. Watanabe, K. Akiyoshi, T. Kawawaki, H. Nishi, and E. Kazuma, *Chem. Commun.*, **51**, 6100-6103 (2015).
- 19) E. Kazuma and T. Tatsuma, *Nanoscale*, **6**, 2397-2405 (2014).
- 20) T. Tatsuma, Y. Katagi, S. Watanabe, K. Akiyoshi, T. Kawawaki, H. Nishi, and E. Kazuma, *Chem. Commun.*, **51**, 6100-6103 (2015).

#### ■連絡先

東京大学生産技術研究所 光電子融合研究センター 教授 立間 徹  
www.iis.u-tokyo.ac.jp/~tatsuma/tatsuma.html  
Tatsuma@iis.u-tokyo

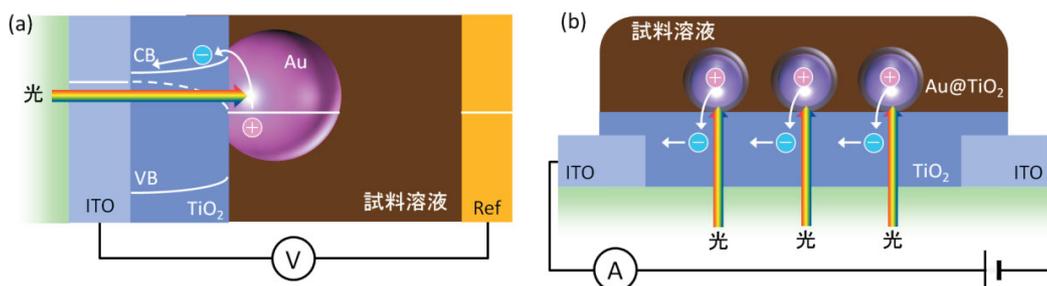


図-3 (a)電位応答型および(b)導電率応答型の、PICSに基づくLSPRセンサの原理



図1 スタンフォード大学の中心に位置する Memorial Church

■海外便り

## スタンフォード大学滞在記

東京工業大学応用セラミックス研究所  
JSPS 特別研究員-ふちがみPD 瀬上 てるあき輝顕

2014年5月から約1年間、アメリカ合衆国カリフォルニア州にあるスタンフォード大学で研究を行いました。ベイエリアに位置するスタンフォード周辺は気候が穏やかで、日本の初秋のように暑くもなく寒くもなく毎日カラッとした天気が続き、1年のほとんどを半袖のシャツで過ごすことができます。カリフォルニアの人々を象徴する陽気な性格はこの気候によるものだとされていますが、私も研究や生活がうまくいかず落ち込んだ時、広大な青空を見てはなんとかなるだろうという気持ちになりました。世界各地から研究者が集まるスタンフォード大学では英語を母国語としていない人が多いため、お互いに理解するまでゆっくりと話し合いました。そのため、英語が苦手な私でもそれほど苦勞することなく研究について議論を交わすことができました。

今回の滞在先は、日本学術振興会の特別研究員 PD として海外の研究先を探していたところ、Stanford Center for Magnetic Nanotechnology の Director を務める Prof. Shan Wang のホームページを見つけ、面識はありませんでしたが私の研究との関連性が高く、ぜひ共同で研究を進めていきたいと思無理を承知でアプライしました。Wang 教授とメールで何度かやりとりした後、偶然にも私の恩師である東京工業大学の北本仁孝教授と松下伸広准教授が Wang 教授と交流があることを知り、両先生の後押しによってスタンフォード大学で

の研究が実現しました。

Material Science and Engineering の教授でもある Wang 先生は、磁気記録媒体などの電磁気工学と磁性粒子を用いたバイオ・医療工学を研究されています。学生は11名で全員が博士課程に在籍しており、毎日活発な議論が行われる活気のある研究室でした。私は Visiting Researcher として在籍することになりましたが、学生は私より少し年上か同年代であったためすぐに友達になり、まるで学生時代のような気持ちで毎日楽しく過ごすことができました。一緒にスキーに行こうと言われた時はカリフォルニアにも雪が降るのかと驚きましたが、近場のスキー場（それでも片道5時間程度）ではシーズンのほとんどを人工雪で運営しているということでした。アメリカのスキー場はさぞ大きいのだろうと思っていました。日本とあまり変わらず少しびっくりしたのを覚えています。

私自身の研究は磁性ナノ粒子を用いたドラッグ・デリバリー・システムの開発で、東京工業大学ではナノ粒子の作製を主に行っていましたが、Wang 教授の研究室では抗体などの生体物質を磁性ナノ粒子の表面に修飾し、マイクロ流路などの微小空間で細胞や血液を用いた実験を行いながら、医療応用について勉強させていただきました。それとは別に Wang 教授から「学生の研究に大きな課題があるのだけれど協力してもらえないか」との話をいただき、Center for Cancer Nanotechnology Excel-

lence (CCNE) と呼ばれるプロジェクトに参加させていただきました。快く承諾したものの、その学生の研究は生物学をベースにしており、実験装置を見せられてもマイクロピペットくらいしか使用した経験がないため、私に何かできることはあるのだろうかとプレッシャーを感じていました。肝心の課題は、細胞分離のために細胞に吸着させた磁性ナノ粒子を、細胞にダメージを与えることなく短時間で取り除きたいというものでした。初めのうちは学生とあてもないこうでもないといいながら、新しいアイデアを考えては Wang 先生に話し、その度に No と言われていました。短期間でも独創的なアイデアは出るもので、2ヵ月ほど経ったある日、「磁性ナノ粒子の発熱性質を利用し局所的に高温を作り出して、細胞とナノ粒子をつなぐ分子だけを加熱分解してはどうか」と学生に言ったところ、「Teruaki は天才だ」と目を輝かせていました。スタンフォードの学生から「天才」だと言われた時は、例えお世辞でもうれしいもので、その日はカリフォルニアの美味しいワインを用意して一晩飲み明かしました。結局、その方法は新規性に欠けるため、また、大型の装置が必要なため、CCNE プロジェクトの方針と合わずお蔵入りとなりました。学生と一緒に大変落ち込みましたが、熱による高分子の形状変化を利用してタンパク質の吸着と脱離を操作する方法を提案し、小型の装置で設計し直すことで研究を続けることになりました。残念ながら1年間で論文にできるほどデータを集めることはできませんでしたが、Wang 教授から「帰国後もぜひ一緒にやりましょう」とのお声をいただき、現在も共同研究を続けています。

シリコンバレーの中心に位置するスタンフォード大学には、日本からも企業や他の



図2 偶然にも同じ色のスタンフォードTシャツを着てきたため、ゼミ前に撮影した記念写真 左から Ooi さん、筆者、Elain さん、Taylor さん



図3 カリフォルニア北部へ、ラボの友人たちとスキー旅行に

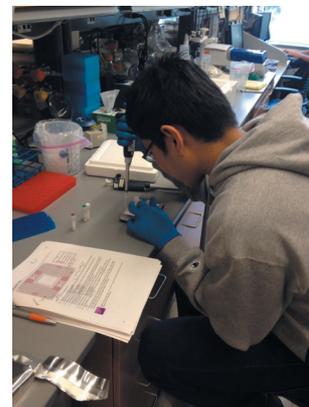


図4 マイクロリアクター内に溶液を入れている同僚



図5 「みんなの仕事 & 研究 発表会」にて研究紹介をしました

大学から多くの方が訪れていました。日本から Visiting Scholar として大学に来ていた方からご紹介いただき、お互いの仕事を知り人脈を広げていくことを目的とした交流会に参加して「磁性ナノ粒子の医療応用」について発表しました。お誘いいただいた時から数ヶ月の間にたくさんの知り合いができました。まさかアメリカで多くの日本人の知り合いができるとは思っていま



図6 筆者の送別会で催した「たこ焼きパーティー」。焼くのに真剣になる友人たち

せんでしたが、これも人が集まるシリコンバレーの特色なのだと感じました。ここで得られた人脈は産学連携として今後活かしていけたらと考えています。

今回の滞在以前に、3ヶ月間ロンドンに研究留学をしたことがありますが、その時は生まれ育った国を離れて研究をすることは大変つらいことだと感じました。ライフスタイルの違う国では生活するだけでエネ

ルギーを使い、緊急時に近くに助けてくれる人がいないことは大きな不安となります。今回の滞在でも渡航前は不安でいっぱいでしたが、実際にはそれほどつらい思いをせず有意義で楽しい1年を過ごすことができました。それは偏に、研究室で苦楽を共にした Ooi さんや Jung-Rok さん、生活を支えてくれた Noriyuki さんや Amal さんなど多くの学生の厚意に恵まれたおかげです。そして何より、まだ博士課程を卒業したばかりの私に優しくご指導して下さいました Wang 教授がいらっしゃったからこそその充実した研究生生活だったと思います。

スタンフォード大学の人々は友好的で、すぐに旧知の仲のように親しくなれます。私も多くの友人ができて楽しい毎日を過ごすことができました。皆様も機会があればぜひスタンフォード大学を訪れて、カリフォルニアの陽気な人々と研究を楽しんで下さい。

## ご 案 内

### ■第25回日本 MRS 年次大会

#### 一技術革新を先導する先進材料研究一

日時：2015年12月8日(火)～10日(木)

場所：横浜情報文化センター（横浜市中区日本大通11）口頭発表・ポスター、横浜市開港記念会館（横浜市中区本町1-6）口頭発表、万国橋会議センター（横浜市中区海岸通4-23）、波止場会館（横浜市中区海岸通1-1）

総合受付：12月8日～10日 横浜情報文化センター6階  
ホワイエ 午前9時より

懇親会：12月9日(水) 場所：未定 費用：5,000円

発表申込・参加登録開始（発表者のみ）：5月中旬

発表締切：8月12日(水)

聴講者参加登録開始：9月初旬

受理通知：9月初旬

早期参加登録締切：10月20日(火)

参加登録締切：11月26日(木)

アブストラクト HP 掲載：12月上旬

論文出版：論文出版は、例年通り Trans. Mat. Res. Soc. Japan に論文として公表していただくことをお願いします。

#### 組織委員会

組織（実行）委員長 森 利之（物質・材料研究機構）

企画幹事 節原裕一（大阪大）

奨励賞担当 節原裕一（大阪大）

出版担当 原 一広（九州大）

広報担当 有沢俊一（物質・材料研究機構）

事務局 室井・大竹・吉村（日本 MRS 事務局）

Tel.: 045-263-8538, E-mail: meetings@mrs-j.org

#### ■IUMRS 関連会議

▽ICMAT2015 & IUMRS-ICA2015, June 28 (Sun)～July 3 (Fri),

2015, Suntec, Singapore, icmat2015@meetmatt.net, <http://www.mrs.org.sg/icmat2015>

▽IURMS-ICAM 2015, October 25 (Sun)～29 (Thurs), 2015, Jeju International Convention Center, Jeju, Korea, Secretariat Materials Research Society of Korea, info@iumrs-icam2015.org

▽IUMRS-ICEM 2016, June 26 to July 01, 2016, Singapore, www.mrs.org.sg/icem2016

#### ■MRS-J 協賛シンポジウム

▽2015 電気化学協会 2—初心者のための電気化学測定法—基礎編、6月26日(金)、早稲田大学西早稲田キャンパス 55号館 N棟1階大会議室、電気化学セミナー係 Tel 03-3234-4213, Fax 03-3234-3599, ecsj@electrochem.jp

▽The 9th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-9)–9th Symposium on Transparent Oxide and Related Materials for Electronics and Optics (TOEO-9) と共催、10月19(月)～21日(水)、Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Prof. Toshio Kamiya, Tokyo Institute of Technology, tkamiya@msl.titech.ac.jp

#### ■新刊紹介

Trans. Mat. Res. Soc. Japan, vol. 40, No. 1, 2015 が出版されました。以下は、登載された論文の年度別、シンポジウム別の論文数です。

2013年、第23回年次大会

▽\* International Sympo. Nano-biotechnologies on Interfaces/1 2014年、IUMRS-ICA2014

▽A-1 Analytical and Assessment Methods in Materials and Environmental Technologies/1, ▽A-4 Advances in the Application of Biomass/1, ▽A-10 Environmental Friendly Carbon Films and their Deposition Technology/1, ▽B-5 Advanced Study in

Science and Technology for Soft Matter/1, ▽B-8 Chemical Sensing and Sensor Devices for Chemical Space Information/1, ▽B-10 Molecular Thin Films/1, ▽C-1 Magnetic Materials and Spintronics/1, ▽C-8 Advanced Oxide Materials—Bulks, Thin Films, and Nanostructures/1, ▽C-10 Advanced Ferroic Materials: Processing, Characterization and Device Application/1, ▽C-11 Nano-scale Functional Materials: Advanced Syntheses,

Characterization, Functions, and Applications/3, ▽D-2 Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies/2, ▽D-3 Synthesis, Processing and Characterization of Nanoscale Functional Materials/1, ▽D-4 Fabrication of Thin Films/1, ▽D-13 Advanced Nanoparticles—Synthesis, Characterization and Applications/1, ▽E-1 Materials Frontier/1  
▽Errata/1



## To the Overseas Members of MRS-J

■Beyond the Super-stone Age ..... p. 1  
Director, Prof. Dr. Fumihiko WAKAI, Materials & Structures Laboratory, Tokyo Institute of Technology

Sintering is a thermal process that transforms powder compacts into complex-shaped components. Recent advances in sintering theory shows that this phenomenon arises from particle motion driven by thermodynamic force, and the shrinkage can be understood as a deformation, which is similar to superplasticity. Superplasticity refers to an ability of polycrystalline materials to achieve extraordinarily large elongations in tension at elevated temperatures. The finding of superplasticity of zirconia in 1985 had changed the image of hard and brittle ceramics. 30 years later, we, now realize that it is closely related to the fundamental principle behind the sintering technology of ceramics.

■Tottori Electronic Display Research Center and Tottori Integrated Frontier Research Center, Tottori University ..... p. 2  
Prof. Dr. Satoru KISHIDA, Tottori integrated Frontier Research Center

TEDREC (Tottori Electronic Display Research Center) and TiFREC (Tottori integrated Frontier Research Center) in the faculty of Engineering, Tottori University were founded on April 1, 2008 and Jan. 10, 2013, respectively. The missions of TEDREC and TiFREC are as follows.

① Formation of the base for study regarding industry in local community, ② Training of engineers and researchers with human potential for a new generation, ③ Activation of industry in local community.

Although the area of research in TEDREC is limited to electronic displays, that in TiFREC covers wider. Focusing on information, electrical engineering, bio-electronics and so on, TiFREC promotes interdisciplinary research among the engi-

neering fields which are mechanical physics, biochemical and civil infrastructure system. In future, we will collaborate to the researchers who belong to the faculties of agriculture, medicine and so on. All of our staff will do best to achieve the missions. It would be greatly appreciated for all related-personnel to provide more valuable support and guidance.

■Materials and Devices Based on Plasmonic Nanoparticles ..... p. 4  
Prof. Dr. Tetsu TATSUMA, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

Three types of plasmonic materials and devices are described. (1) Transparent films that show different scattering colors for the front incidence and back incidence. (2) Solar cells with plasmonic nanoparticles, which enhance the conversion efficiency on the basis of the near field antenna effect. (3) Plasmonic sensors that output electrical signals directly on the basis of plasmon-induced charge separation even in a colored and turbid sample solutions.

■Visiting Research at the Stanford University ..... p. 6  
Dr. Teruaki FUCHIGAMI, Materials & Structures Laboratory, Tokyo Institute of Technology

I had been working at Stanford University as a doctoral research fellow of Japan Society for the Promotion of Science from May 2014 to March 2015. I joined a Prof. Shan Wang's group to study medical application with magnetic nanoparticles. People in Stanford were cheerful and calm like a climate of California, so I could be friends with them and have a lot of fun. I researched about magnetically drug delivery system, especially about how to combine magnetic nanoparticles and biomolecules. In addition, I helped one doctoral student with his research, and we developed novel nanoparticles for magnetic separation. We still keep in touch to do collaborative research.

編後記 ちょっと前に雛祭りを終えて、桜を堪能したのがつい先日だと思っていましたが、まもなく端午の節句です。光陰矢の如し…。  
集記 編集委員となり最初に記事構成を担当したのが2008年4月なので、7年やってきたことになります。今回は原稿をお願いした皆さんが締切を厳守してくださったにも拘わらず、自分自身がこの編集後記に手をつけられずじっと…。最終通告(?)を受けた今、慌てて書いている次第です。原稿を躊躇無く依頼する図々しさを身につけたものの、自分には益々甘くなっているようでも面目ありません。中川編集委員長、小林編集委員、そして一番ご迷惑をお掛けした編集担当の清水様ゴメンなさい。(文責 松下)

©日本MRS 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科 中川茂樹研究室内

http://www.mrs-j.org/ E-mail: nakagawa@pe.titech.ac.jp

2015年日本MRSニュース編集委員会 第27巻 第2号 2015年5月10日発行

委員長: 中川茂樹 (東京工業大学大学院理工学研究科)

委員: 寺田教男 (鹿児島大学大学院理工学研究科)、小棹理子 (湘北短期大学情報メディア学科)、川又由雄 (芝浦メカトロニクス(株))、岩田展幸 (日本大学理工学部)、Manuel E. BRITO (山梨大学クリーンエネルギー研究センター)、松下伸広 (東京工業大学応用セラミックス研究所)、小林知洋 ((独)理化学研究所)、伊藤 浩 (東京工業高等専門学校)

顧問: 山本 寛 (日本大学理工学部)、岸本直樹 ((独)物質・材料研究機構)

編集: 清水正秀 (東京CTB) 出版: 株式会社内田老鶴圃 印刷: 三美印刷株式会社