

01

研究成果

研究成果展開事業
先端計測分析技術・機器開発プログラム
開発課題「マルチモーダル発光イメージングシステムの開発」

緑色と赤色を加え細胞内を5色で観察
高光度マルチカラー化学発光たんぱく質を開発

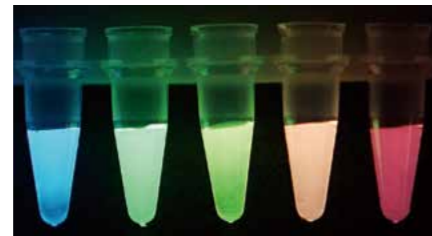
1960年代にオワンクラゲから緑色蛍光たんぱく質(GFP)を下村脩博士らが発見し、ノーベル化学賞を受賞しました。これによって、細胞の動きや、神経がどのように張り巡らされているのか、さなぎから成虫になるまでの成長過程など、それまで目で見ることのできなかったものを、生きたまま観察できるようになりました。

しかし、観察したい生体分子が微量にしか存在しない場合は、細胞が持つ自家蛍光によってシグナルが覆い隠されてしまうため、観察が困難になることがあります。また、強力な光を細胞に照射するため、細胞が損傷されるという問題もありました。

一方、酸化反応で光る化学発光たんぱく質は、光を細胞に照射しなくても光るため、蛍光たんぱく質の問題点は克服できますが、従来の化学発光たんぱく質は明るさが十分ではなく、また色のバリエーションが少ないなどの

問題を抱えていました。

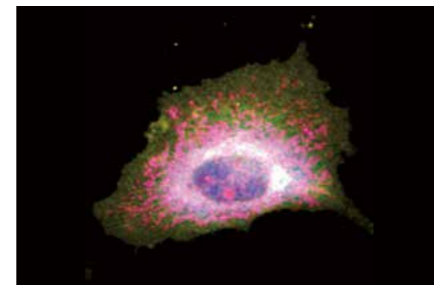
大阪大学産業科学研究所の永井健治教授らの研究グループは、2012年と15年に開発した黄緑色、水色、橙色の「高光度化学発光たんぱく質ナノ・ランタン」に改良を加え、新たに緑色と赤色を作り、明るさも2倍～10倍増強した「増強型ナノ・ランタン」の開発に成功しました。これにより、細胞内の5つの微細な構造を同時に観測することに成功しました。また、世界で初めて1個単位のたんぱく質分



試験管内に入れた5色の増強型ナノ・ランタンに発光物質ルシフェリンを添加し撮影した写真。

子の結合や解離を化学発光で検出することにも成功しました。

今回開発した増強型ナノ・ランタンのうち、特に赤色のものは細胞透過性も優れることから、体の深部にあるシグナルを体外から感度良く観察することができます。小動物を用いたイメージング解析が可能になることから、多くの疾病の原因究明やより効果的な薬の開発などが期待されます。



増強型ナノ・ランタンを用いて取得した5種類の細胞内構造体の化学発光画像。

02

研究成果

戦略的創造研究推進事業 チーム型研究(CREST)
研究領域「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製」
研究課題「超空間制御触媒による不活性低級アルカンの自在転換」

約150度の低温下で水素生成に成功
自動車のエネルギー効率の向上へ期待

世界のエネルギー需要の約85%が石炭や石油、天然ガスなどの化石燃料です。しかし、これらの燃料を燃やすと二酸化炭素や窒素酸化物などが発生するため、地球温暖化や大気汚染による酸性雨、呼吸器疾患などの公害をおこす環境問題が深刻化しています。そこで、宇宙で最も豊富な元素である水素をエネルギーとして使用することで、エネルギーの多様化と低炭素化に貢献すると期待されています。

エネルギー源となる水素は、これまで700度以上の高温下でメタンと水蒸気を触媒反応させて製造していました。このため、高い耐熱性を持つ材料や、高温の熱を使い切るための熱交換器が必要で、高温によって触媒が劣化するなど多くの問題がありました。

早稲田大学理工学術院の関根泰教授らの研究グループは、触媒としてパラジウムを使い、弱い電場をかけることによって、150度

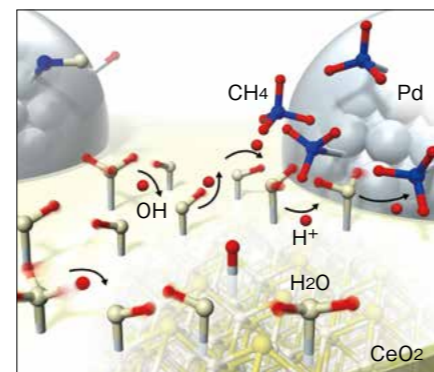
程度の低い温度で、天然ガスのメタンと水蒸気を用いた速い反応速度で簡単に水素を作り出すことに成功しました。

研究グループでは、以前から弱い電場をかけて触媒反応を行うと、150～200度という低温でも、十分速い速度で水素を作れることを発見していましたが、なぜ電場を加えると低温で十分な速度が得られるのかはわかっていませんでした。

今回、電場中の触媒の反応中の状態を直接観察することによって、プロトン(H⁺)が、触媒表面に吸着した水分子を介して速やかに動き、表面でホッピングすることで反応を促進していることや、プロトンとの衝突で逆反応が抑制されていることを発見し、新しい触媒反応メカニズムの立証に成功しました。

このメカニズムを使うと、水素製造だけでなく、水素や水が絡む反応を低温化できる可

能性があり、応用範囲が広がってきます。研究グループでは、排気ガスと燃料を低温で反応させ、自動車の総合エネルギー効率の向上を狙った研究を進めています。



表面でイオンがホッピングして反応が進むイメージ図。表面は酸化セリウム、大きな灰色の塊がパラジウム、赤い球が水素原子あるいはプロトン(H⁺)、薄黄色が酸素原子、青が炭素原子を表している。

03

話題

戦略的創造研究推進事業 個人型研究(さきがけ)
研究領域「エビジェネティクスの制御と生命機能」
研究課題「始原生殖細胞の内因性リプログラミング機構による幹細胞制御」

マウスのしっぽから卵子作りに成功
2016年科学誌サイエンス「今年の10大成果」に選出

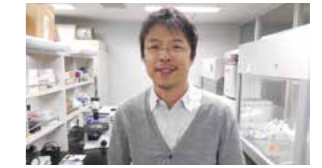
卵子は新しい個体を生み出す源であり、生物や医学だけでなく社会的にも大きな注目を集めています。卵細胞は体の中で長い時間をかけて作り上げられますが、分裂の過程で起こる異常は不妊や次世代の個体が病気にかかる原因にもなります。卵子の分化過程を解明するため体外培養法は重要ですが、これまで正常な卵子を作り出す体外培養法はありませんでした。

九州大学大学院医学研究院の林克彦教授らは、マウスの胚性幹細胞(ES細胞)や人工万能細胞(iPS細胞)を用いて卵子の分化過程を体外培養法で再現し、得られた卵子が正常なマウスに成長することを確認しました。研究ではES細胞とiPS細胞が卵子になるまでを主に3つの培養期間に区切り、各期間について培養条件を検討しました。その結果、形態の変化や遺伝子発現など体内の卵細胞系列の

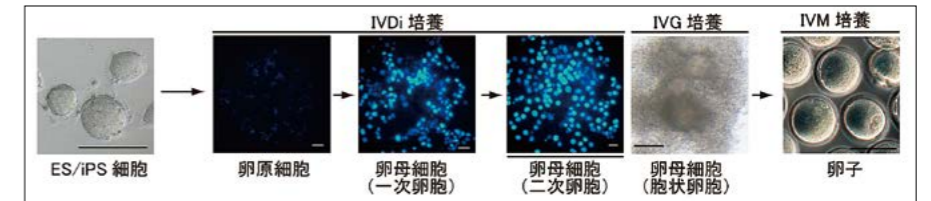
分化過程をほぼ再現できる体外培養法ができました。得られた卵子を受精させてマウスに成長させました。マウスが生まれてからは無事に成長させることに細心の注意を払いましたが、26匹中24匹のマウスが野生型と同じように成長しました。また、これらのマウスは次の世代のマウスを生むこともできました。

この成果は、成長したマウスのしっぽから生成したiPS細胞からも正常な卵子を作れることから大きな反響を呼び、2016年のサイエ

ンス誌が選ぶ今年の10大成果(Breakthrough of the Year)に選ばれました。「卵子ができた」という結果だけが注目されがちな研究ですが、その分化過程の解明や体外培養法で得られる卵子の評価はまだこれからの課題です。



林 克彦 教授 (九州大学)



卵子産生培養システムにより作られた卵子細胞と卵子。

04

イベント

日本科学未来館
メディアラボ第17期展示「数理の国の錯視研究所」

見ているだけで、目が回り、脳が混乱しそう。錯視の世界へようこそ!

世界にはたくさんの錯視があります。誰もが一度は目にしたことがあるのではないのでしょうか。しかし、錯視が起こる仕組みは、十分に解明されていませんでした。

錯視とは、視覚における錯覚のことで、1889年に発表された、ミュラー・リヤー錯視は同じ長さの線分でも、内向きの矢羽をつけたものは短く、外向きのは長く感じる錯視です。

日本科学未来館は、5月15日(月)まで、メディアラボ第17期展示「数理の国の錯視研究所」を開催しています。

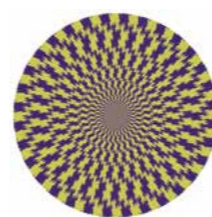
数学を使って「錯視」の研究に取り組んで

いる東京大学大学院数理科学研究科の新井仁之教授と明治大学先端数理科学インスティテュートの杉原厚吉特任教授がそれぞれ異なるアプローチで制作した錯視作品、計18点を展示します。

新井教授は、脳内の神経細胞による情報処理の数理モデルの研究を行い、目から入った情報が脳でどのように処理されるかを数学的にとらえ、神経細胞が行う処理に近い計算をコンピューターでしています。研究を基に、静止画が動いて見えたり、画像を見る距離を変えることによって違う絵が見えてきたりするなど、錯視を平面上に表現しました。杉原特任

教授は、下り坂をボールが上っていくように見えるなど、現実の世界では不可能と思われる現象を立体作品として実現させました。形の情報が光に乗って目に届くまでの仕組みを、幾何学という数理的構造を手がかりに解き明かし、錯視の謎に迫ります。

生活の中にも錯視は隠れています。立体標識や横断歩道、同じ色なのにいくつも並んでいると違う色に見える色の錯覚——。仕組みがわかれば、「なんだ、そういうことか!」と納得するはずが、もう一度見るとやっぱり「あれ?なんで?」と思ってしまう錯視の世界にどっぷりと浸かってみてはいかがでしょうか。



「フラクタル螺旋錯視」フラクタル図形が同心円状に並んでいて、渦巻きのように見える。フラクタル図形とは一部をいくら拡大しても、拡大前と同じような複雑さを持つ変わった図形のこと。制作者:新井仁之教授、新井しのぶさん



「変身立体 ガレージ屋根」見る位置によって立体の形が全く違って見える作品。手前と奥のガレージは同一の立体だが、鏡を通して見ると奥に映ったガレージの屋根はへこんで見える。制作者:杉原厚吉教授



「数理の国の錯視研究所」展示の様子。