

ナイスステップな 研究者 2019

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) では、科学技術イノベーションの様々な分野において活躍され、日本に元気を与えてくれる方々を「ナイスステップな研究者」として選定しています。平成17年より選定を始め、過去にナイスステップな研究者に選定された方の中には、その後ノーベル賞を受賞された山中 伸弥 教授や天野 浩 教授も含まれています。

令和元年の選定においては、NISTEPの日頃の調査研究活動で得られる情報や、専門家ネットワーク(約2,000人)への調査で得た情報により、最近の活躍が注目される研究者約640名の候補者を特定しました。選定においては、研究実績に加えて、新興・融合領域を含めた最先端・画期的な研究内容、産学連携・イノベーション、国際的な研究活動の展開等の観点から、所内審査会の議論を経て最終的に10名を選定しました。

今年の「ナイスステップな研究者2019」には、今後活躍が期待される30代～40代の若手研究者(平均年齢37歳)を中心に、衛星データの農業への利用や宇宙と医学、AIとライフサイエンスの融合といった分野横断的な研究、新材料や新薬の開発に繋がる基礎的な研究、大学発ベンチャーの創業といった多岐にわたる分野において、研究活動のみならず様々な形で国内外へ広く成果を還元されている方を選定しています。

これらの方々の活躍は科学技術に対する夢を国民に与えてくれるとともに、我が国の科学技術イノベーションの向上に貢献するものであることから、ここに広くお知らせいたします。



科学技術・学術政策研究所
National Institute of Science and Technology Policy



- 文部科学省 科学技術・学術政策研究所では、科学技術イノベーションの様々な分野において活躍され、日本に元気を与えてくれる30～40代の若手研究者(平均年齢37歳)を中心に、令和元年12月6日に「ナイスステップな研究者」として選定しました。2005年から実施しており、今回で15回目。
- 衛星データの農業への利用や宇宙と医学、AIとライフサイエンスの融合といった分野横断的な研究、新材料や新薬の開発に繋がる基礎的な研究、大学発ベンチャーの創業といった多岐にわたる分野において、研究活動のみならず様々な形で国内外へ広く成果を還元されている方を選定しています。

う い よし み
宇井 吉美 (31)


株式会社aba 代表取締役



介護者負担の軽減を目指しAIによる予測を用いた「排泄」ケアシステムの開発

さか もと とし ひろ
坂本 利弘 (42)

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業環境変動研究センター 上級研究員



衛星リモートセンシングによる作物フェノロジーの観測技術の確立と農業環境の広域モニタリングや米国产トウモロコシの作況予測への応用

うえ だ じゅん ぺい
上田 純平 (35)

京都大学大学院 人間・環境学研究所
関連研究専攻 助教



蛍光体の消光プロセスの解明と新規蓄光材料の開発

さ とう もと ひろ
佐藤 太裕 (45)

北海道大学大学院 工学研究院 機械宇宙工学部門
機械フロンティア工学分野 教授



竹が「軽さ」と「丈夫さ」を併せ持つ理由の構造・材料力学的解明

おお た さだ お
太田 禎生 (35)


東京大学 先端科学技術研究センター 准教授



アカデミアや組織の枠を飛び越え、世界初のAI駆動型の高速細胞形態ソーターの実現

しの じま あ り
篠島 亜里 (39)


慶應義塾大学 医学部 眼科学教室 特任講師



国際共同研究と分野横断型研究による宇宙医学の推進-宇宙飛行士の眼病の原因に迫る-

か とう ひで あき
加藤 英明 (33)

東京大学大学院 総合文化研究科
先進科学研究機構 准教授



創薬標的として重要な膜タンパク質を視る・識る・創る研究の国内外への展開及び有用なツールの開発

やな い のぶ ひろ
楊井 伸浩 (35)


九州大学 大学院工学院 応用化学部門 准教授
国立研究開発法人 科学技術振興機構 さきがけ研究者



光励起三重項の機能化学: フォトン・アップコンバージョンと超核偏極を可能にする材料の開発

かわ かみ えい りょう
川上 英良 (37)

千葉大学大学院 医学研究院 人工知能(AI)医学 教授
千葉大学 治療学人工知能(AI)研究センター センター長
理化学研究所 医科学イノベーションハブ推進プログラム
健康医療データ数理推論チーム チームリーダー



数理科学と医学の融合によるプレジジョン・メディシンに向けた疾患予測モデルの開発

スティーブン ライス
Stephen Lyth (39)

九州大学 エネルギー研究教育機構 准教授



グリーンテクノロジーの低価格化へ向けた白金を含まない水素燃料電池の開発



ナイスステップな研究者の詳細は、以下のウェブサイトでご覧いただけます

<https://www.nistep.go.jp/activities/nistep-selection>

お問合せ: 企画課

Email: kikaku@nistep.go.jp



介護者負担の軽減を目指し AIによる予測を用いた 「排泄」ケアシステムの開発

う い よ し み
宇井 吉美

株式会社aba 代表取締役 (令和元年12月6日時点)

宇井氏は、家族介護者となった経験から「介護者側の負担を減らしたい」という想いを持ち、千葉工業大学在学中に介護者を支援するためのロボット開発を行う「学生プロジェクトaba」を始めました。

排泄センサーを製品化 において尿と便を検知する「Helppad(ヘルプパッド)」

(平成28年度・29年度「総務省ICTイノベーション創出チャレンジプログラム(I-Challenge!)」にて開発助成)

ベッドに敷くだけで
排泄を検知



ケアスタッフへ通知
適切なおむつ交換が可能



排泄パターン表の自動生成
オムツ交換の最適化



全体写真



使用シーン

夜間帯や、寝たきりの
要介護向けの製品として
2019年より販売開始

社会背景 - 介護現場の課題 -

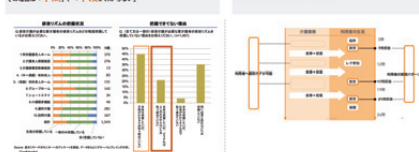
人手不足の介護現場を支えるのは、介護未経験者たち



未経験者でも介護ができるようになれば、
人手不足解消、採用費・研修費の削減、離職防止につながる

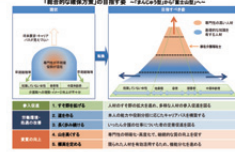
排泄パターンの把握は実践困難だが、パターンの可視化は可能

排泄パターンの把握は必要だと感じても、多くの介護事業者が実践できていない
その理由は「手間」、「手段がわからない」



社会背景 - 介護現場の課題 -

現在の人材不足解消のため、人材の不足を補うことは「厚労省も推進
『厚心しめよう型』から『厚志山型』へ



介護の中でも個別性が求められるのは排泄ケア

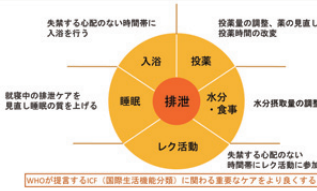
排泄ケア：介護者にとって負担が大きく、個別性が求められる

介護の中で一番大きい負担が何なのか(2015年度内職員の調査)	割合	介護従事者(全職種)
1位: 排泄 (排泄時の付き添いやおむつ交換)	62.3%	
2位: 入浴 (入浴時の付き添いや身体の洗浄)	58.3%	
3位: 食事 (食事の準備、食後の片付け)	49.2%	介護従事者(全職種)



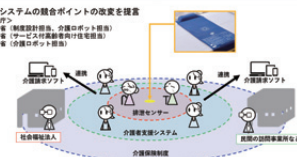
介護者支援システム：排泄を基軸とした介護業務全体の最適化

個別性の高い排泄ケアに合わせて介護計画を立てることで、
業務効率化だけでなく、様々なケアの質がよくなる



実証実験現場の拡充 (特区設置を含む)

現在の介護保険制度では、おむつ交換だけでなくおむつ交換が発生している
(おむつ交換1回につき、いくらかの計算に基づき、ケアプランが立てられている)



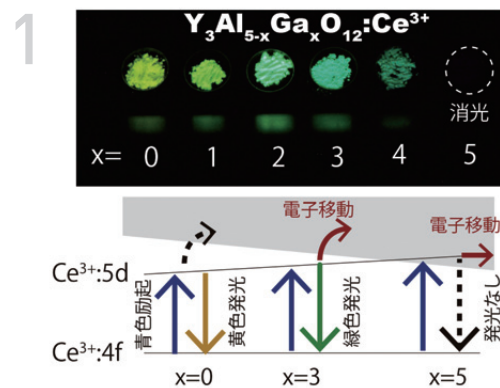


蛍光体の消光プロセスの 解明と新規蓄光材料の開発

う え だ じ ゅ ん べ い
上田 純平

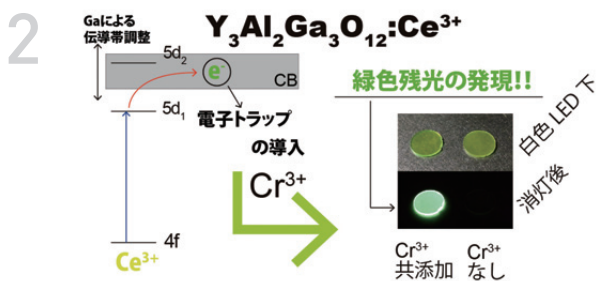
京都大学大学院 人間・環境学研究所
相関環境学専攻 助教 (令和元年12月6日時点)

上田氏は、白色LED に使用される蛍光体の消光のメカニズムを世界で初めて実験的に証明するとともに、蛍光体にとってデメリットである消光プロセスを逆に利用し、既存の材料に匹敵する新しい蓄光材料を開発しました。

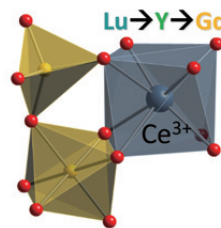
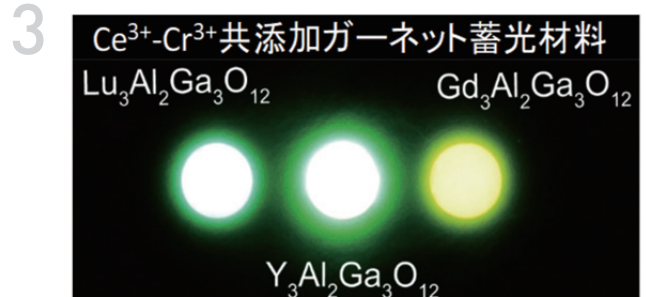


Ce³⁺添加ガーネット蛍光体 (Y₃Al_{5-x}Ga_xO₁₂:Ce³⁺)における 消光原因の特定

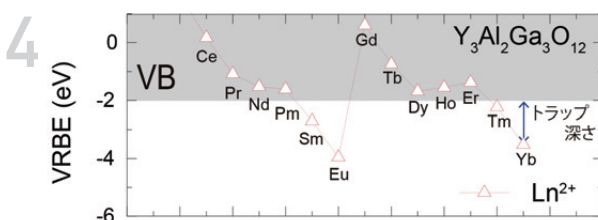
これまで消光プロセスは、主に励起状態から基底状態へ直接熱により緩和する消光原因が提唱されてきましたが、Ce³⁺添加ガーネット蛍光体において、青色光の照射でCe³⁺の電子が伝導帯へ移動する電子移動プロセスを実験で観測し、光誘起電子移動を世界で初めて明らかにしました。この光誘起電子移動消光による消光原因の証明は、新たな蛍光体開発の材料設計指針を与えるものになりました。しかしながら、この光誘起電子移動のプロセスを有する数多くの蛍光体は、蛍光体としては致命的であり、いわゆる“使えないもの”でありました。



この電子移動消光プロセスを逆に取り、電子を一時的に蓄えることができる電子トラップ(Cr³⁺)を導入することにより、青色光照射遮断後も光り続けることができる蓄光材料開発への展開に成功しました。蓄光材料は夜光塗料として、時計の文字盤や緊急避難用の標識などに広く用いられていますが、近年白色LED が室内照明として急速に普及する中、白色LED を構成する最短波長成分である青色光で蓄光できる材料の需要は高まっています。



さらに、Ce³⁺の結晶場分裂制御により、青色光蓄光の特徴を残したまま、青緑から黄色に残光する新規蓄光材料の開発にも成功しました。



半経験的な理論モデルにより最適電子トラップの予測にも取り組み、効率的な新規蓄光材料の開発を可能にしました。構築したエネルギーダイアグラムから、Y₃Al₂Ga₃O₁₂化合物ではYb³⁺も蓄光材料に最適な電子トラップであると予測されました。



理論的に電子トラップとして働くことと予測されたYb³⁺は、確かに電子トラップとして働くことが確認され、非常に長い長残光を実現することに成功しました。これにより、残光蛍光体は、トライアンドエラーにより、偶然発見されるものから、設計できるものであることを示すことに成功しました。



アカデミアや組織の枠を飛び越え、 世界初のAI 駆動型の 高速細胞形態判別ソーターの実現

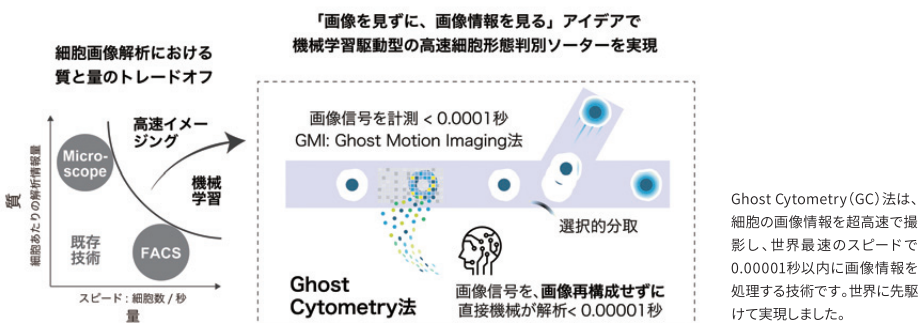
おお た さだ お
太田 禎生

東京大学 先端科学技術研究センター
准教授 (令和元年12月6日時点)

太田氏は、細胞を形の情報に基づいて高速・高精度に分類し、目的の細胞のみを高速に分取する、AI 駆動型の形態情報判別型細胞ソーターを世界で初めて実現しました。

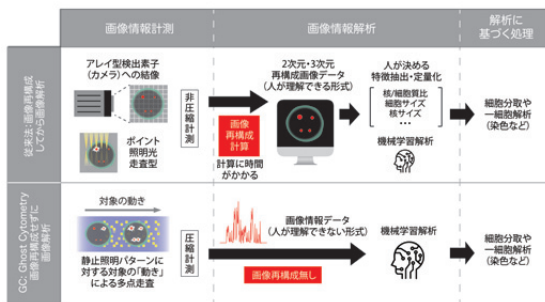
1

まとめ



2

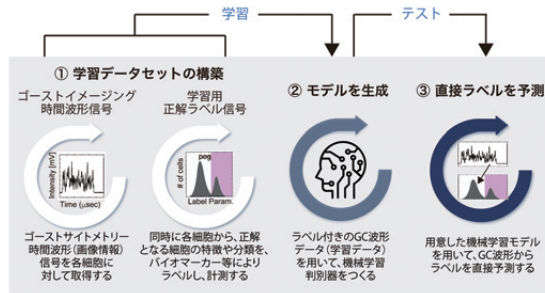
従来法との違い Ghost Cytometry (GC): image-free imaging cytometry



従来の方だと、計測信号から2次元や3次元の画像を再構成すると言う計算処理に、時間がかかりすぎてしまいます。そこで、「機械学習を使うのであれば、まだ画像の形になっていない生の画像情報信号データも見分けられる」事に着目！これが画像なし画像情報フローサイトメトリー技術、GC: Ghost Cytometry技術です。

3

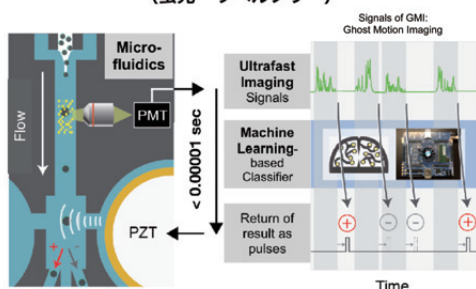
GC法における機械学習モデル生成と活用のワークフロー



人には見分けられないGMI波形を見分けられるモデルの開発が重要で、画像の代わりに波形を用いて、教師有り学習モデルの開発を行いました。

4

世界初 AI 駆動型の 高速細胞形態情報判別ソーター (蛍光・ラベルフリー)



画像再構成ステップを省略し、識別にかかる処理速度を大幅に改善！マイクロ流体技術や工学技術をくみあわせ、(再構成)画像無し画像情報判別型セルソーターを実現しました。

5

THINKCYTE 社について Leveraging the ultrafast "imaging" cell sorting technology, we provide a platform that transforms cell therapy, drug discovery, and clinical diagnosis



GC技術は、研究開発者たちを中心に作ったベンチャー企業に技術移転され、細胞治療、診断、創薬といった応用分野に展開されています。ハードウェア、情報技術、マイクロ流体技術やDNA技術など、異なる専門分野や人材が集結し、世界に挑戦して貢献することを目指しています。



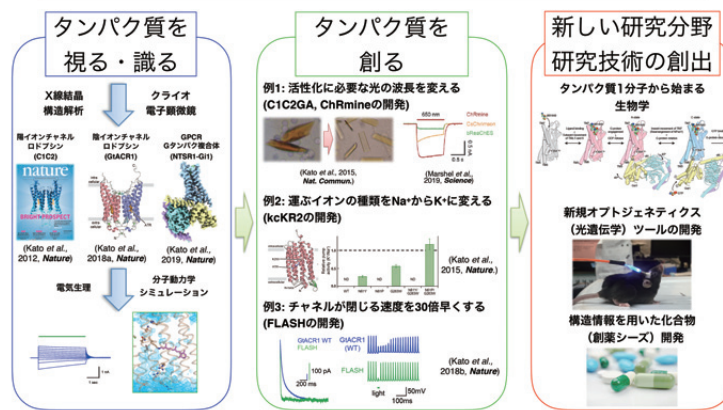
創薬標的として重要な膜タンパク質等を見る・識る・創る研究の国内外への展開及び有用なツールの開発

かとう ひであき
加藤 英明

東京大学大学院 総合文化研究科
先進科学研究機構 准教授 (令和元年12月6日時点)

加藤氏は、人の生理的な活動に必須の役割を果たす“膜タンパク質”を対象として、構造を見る・構造を識る・構造を創るという観点で国内外に共同研究を展開し、多くの成果を挙げています。

1 タンパク質を見る・識る・創る



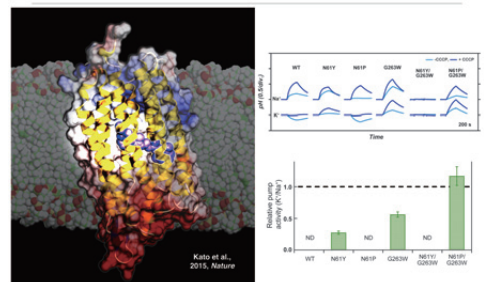
加藤研究室にて行われている研究。タンパク質の構造解析を通じてその形を「見る」ことで、タンパク質の複雑な機能の構造基盤を「識る」。得られた分子理解に基づき、自然界には存在しない新しいタンパク質を「創り」、これにより新たな研究分野や技術基盤を創出する。

2 光駆動性陽イオンチャネルの形を見る・識る 吸収する光の色を変えたチャンネルを創る



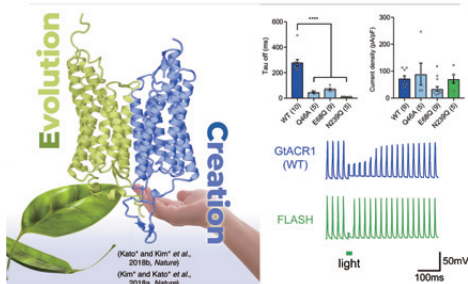
光によって神経細胞を興奮させるツール(興奮性光遺伝学ツール)として用いられている陽イオンチャネルロドプシン「C1C2」のX線結晶構造を解明し、そのイオン透過経路の位置と形を明らかにした。更に、得られた構造情報を元に吸収波長が短波長シフトしたチャネルロドプシン「C1C2GA」を創出した。

3 光駆動性Na⁺ポンプの形を見る・識る 自然界に存在しない光駆動性K⁺ポンプを創る



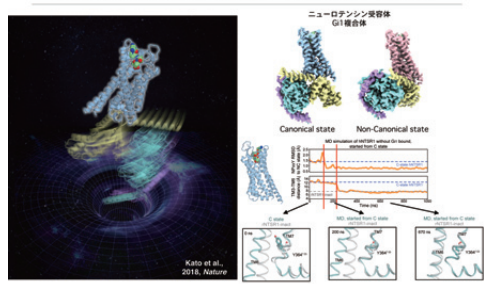
36年ぶりに発見された新規機能を持つイオンポンプ型ロドプシン、光駆動性Na⁺ポンプ「KR2」のX線結晶構造を解明し、そのイオン輸送メカニズムの一端を明らかにした。更には構造情報を利用して、自然界には存在しない光駆動性K⁺ポンプ「KR2K+」を創出した。

4 光駆動性陰イオンチャネルの形を見る・識る 速くて陰イオンを良く通すチャンネルを創る



光によって神経細胞の興奮を抑制させるツール(抑制性光遺伝学ツール)として現在広く用いられている天然型Cl⁻チャネルロドプシン「GtACR1」、人工型Cl⁻チャネルロドプシン「iC++」のX線結晶構造を解明し、両者が異なる分子メカニズムに従って機能していることを明らかにした。更には構造情報を利用してGtACR1とiC++の長所を併せ持つ新規の抑制性光遺伝学ツール「FLASH」を開発した。

5 血圧調節や痛覚、薬物依存に関与する膜受容体の形を見る、その動きを識る



神経ペプチドによって活性化され、血圧や痛覚を制御する膜受容体「ニューロテンシン受容体」とそのエフェクター因子である「Gi1」の複合体構造をクライオ電子顕微鏡を用いて明らかにした。計算科学的、生化学的手法と組み合わせることで、「Gタンパク質複合体の形成過程における複合体構造」を世界で初めて高分解能で明らかにすることに成功した。



数理学と医学の融合による プレジジョン・メディシンに向けた 疾患予測モデルの開発

かわ かみ えい りょう
川上 英良

千葉大学大学院 医学研究院 人工知能(AI)医学 教授
千葉大学 治療学人工知能(AI)研究センター センター長
理化学研究所 医科学イノベーション推進プログラム
健康データ数理推論チーム チームリーダー (令和元年12月6日時点)

近年、機械学習は様々な領域で応用されており、医療分野でも種々の血液検査や画像診断に対して大きなインパクトをもたらしています。そうした検査や診断に関わる臨床データは大量で多種の項目から成りますが、その中から疾患に関連する項目を抽出し、複合的に判断して、共通する特徴をもった患者のグループをつくることにより、グループ毎に適した治療が可能になります。この取組は、一人一人に合った費用対効果の高い医療サービスを提供する「プレジジョン・メディシン」につながると期待されています

1 疾患の層別化による個別化医療

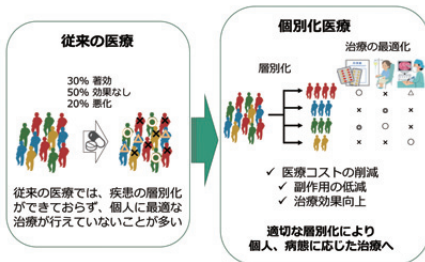


図1: 遺伝要因や環境要因などさまざまな原因をもつ多因子疾患に対して、画一的な治療では治療効果が低く、副作用も起こりやすい。適切に疾患を層別化(グループ分け)することで、それぞれのグループに適した治療を提供できるようになると考えられる。

2 卵巣腫瘍の手術前診断



図2: 卵巣腫瘍の良性・悪性、早期・進行期といった性質を、術前血液検査約30種類だけに基づいて予測してみた。手術の前にこのような性質が分かっていると、化学療法をやるかどうかなど治療方針も策定しやすい。

3 卵巣腫瘍の良性・悪性判定

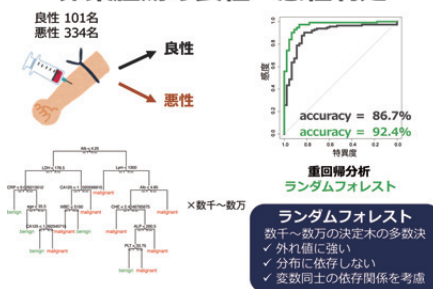


図3: ランダムフォレストという機械学習を用いることで、術前血液検査約30種類だけに基づいて非常に高い精度で卵巣腫瘍の良性・悪性を判定することができた。

4 既知の分類は予測可能なのか

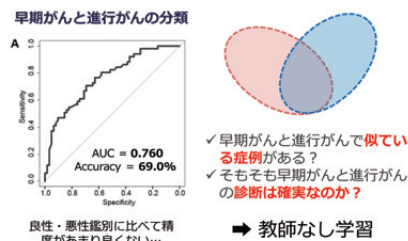


図4: 早期がん、進行がんの判別はランダムフォレストを用いても精度70%とあまり成績が良くなかった。そこで、早期がんと進行がんで似ている症例があるのではないかと考えて教師なし学習を行った。

5 教師なし学習による 早期がん新分類の発見

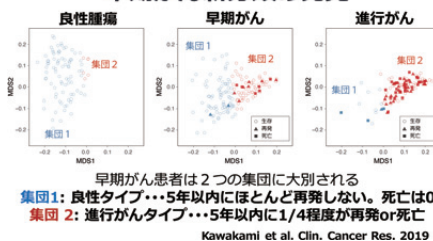


図5: 教師なし学習によって、良性腫瘍は左側の領域に(主に集団1)、進行がんは図の右側の領域に(主に集団2)分けられた。一方、早期がんは集団1(良性タイプ)と集団2(進行がんタイプ)に分かれた。集団2に属する早期がんは再発と死亡が多かったのに対して、集団1の早期がんはほとんど再発が見られず、死亡例は見られなかった。

6 機械学習による知識発見・仮説形成

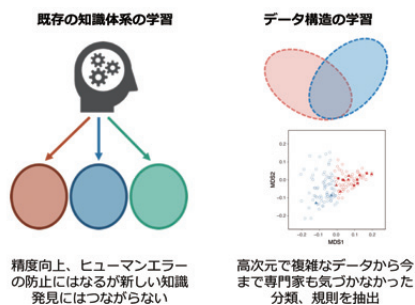


図6: 教師あり学習によって既存の臨床分類を高い精度で予測することが可能だが、新しい知識発見には繋がらない。教師なし学習によって、データが持つパターンを学習することで、専門家も気づかなかったような分類、規則を見つけられることがある。



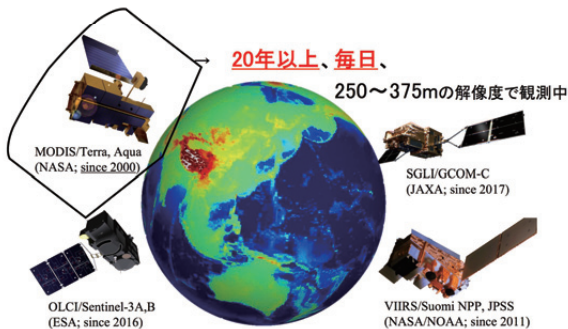
衛星リモートセンシングによる 作物フェノロジー観測技術の確立と 農業環境の広域モニタリングや 米国産トウモロコシの作況予測への応用

さか もと とし ひろ
坂本 利弘

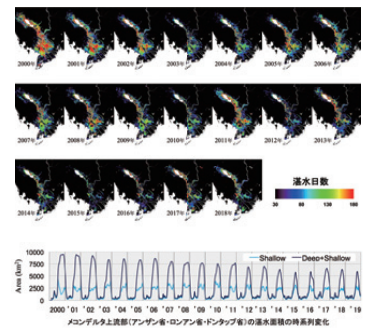
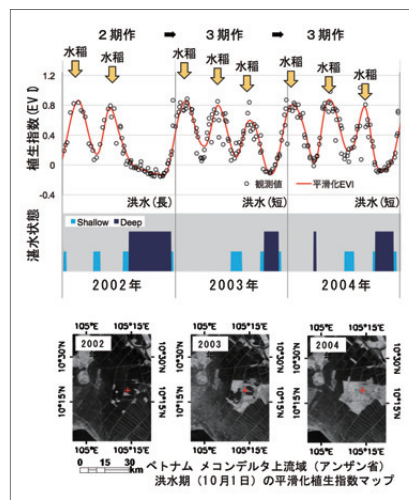
国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
農業環境変動研究センター 上級研究員
(令和元年12月6日時点)

坂本氏は、作物生育と環境変化の相互関係をグローバルな視点から客観的に理解するためには、作付けする年や場所によって変わる作物生育の季節変化(作物フェノロジー)を定量的に把握することが重要であると考えました。そして、高頻度観測衛星センサ(MODIS)データを用いて、作物の生育ステージを広域かつ精度良く推定する新たな技術を確立・応用し、農業環境変化や作況予測手法へ応用しました。

地球規模の課題解決のための国際的な衛星観測群



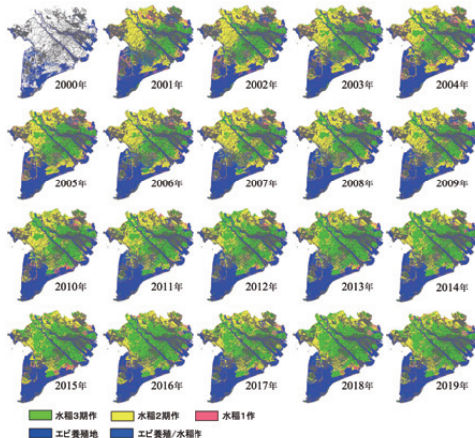
「同一地点を毎日観測」できる高頻度観測衛星センサ(MODIS/Terra, Aqua)に着目し、作物生育と農業環境の「時間・空間変化」を把握するための新たなリモートセンシング解析技術の開発に取り組む。



▲メコン川洪水の時間空間変化・年次変動を可視化。水稲3期作地域の拡大などもあり、メコン川下流域の水環境は、この20年間で大きく様変わりした。

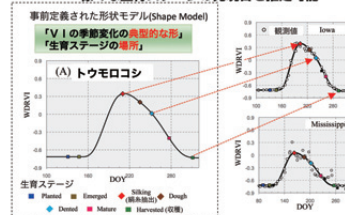
◀wavelet変換を活用した平滑化処理により雲被覆等のノイズ情報を除去した植生指数・水指数等の時系列信号を解析し、水稲の作付パターンや洪水の時間変化を把握。

高頻度観測衛星データによるベトナムメコンデルタの土地利用推定図

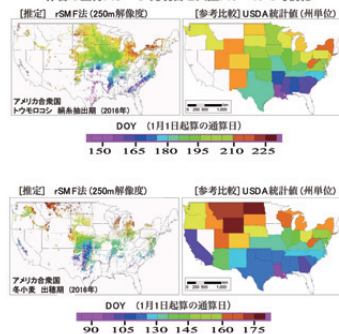


ベトナムメコンデルタの農業的土地利用分類手法を開発。堤防建設や水路管理により水稲の栽培制限要因であった洪水や塩水遡上を克服し、上流部・下流部ともに水稲3期作が可能な地域が拡大。沿岸域では、高収益が期待できるエビ養殖地も拡大。

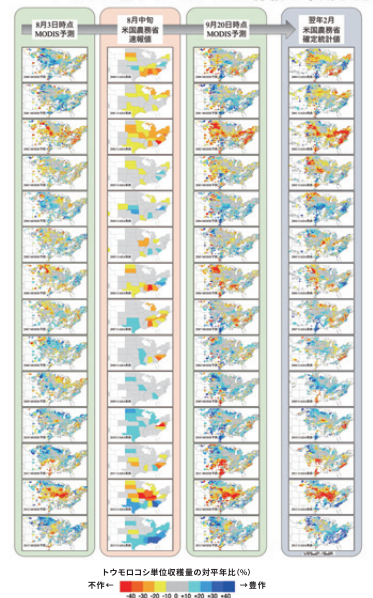
Shape ModelをFitting法 様々な生育ステージの発現日を推定可能



作物の生育ステージ発現日を大域スケールで可視化



日本の輸入量の約8割を占める アメリカ産トウモロコシの作柄を早期予測





竹が「軽さ」と「丈夫さ」を併せもつ理由の構造・材料力学的解明

さ と う も と ひ ろ
佐藤 太裕

北海道大学大学院 工学研究院
機械宇宙工学部門
機械フロンティア工学分野 教授 (令和元年12月6日時点)

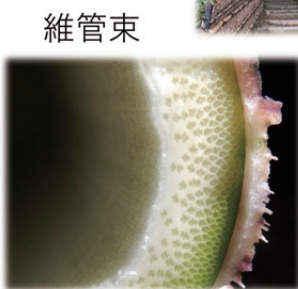
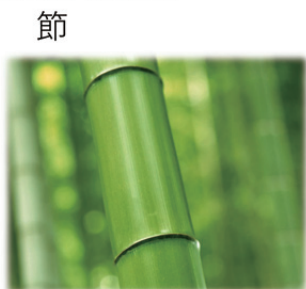
佐藤氏は、工学的視点から「円筒状のもの」の曲がりやすさや折れやすさの研究をしています。その中で、自然界に存在する「竹」の特異な構造形態に着目し、独自のアプローチにて竹の硬さ、強さの秘訣を理論的に検証し、「節の分布」、「維管束の分布」が力学的に極めて巧妙な仕組みをもつことを明らかにしました。

竹とは!?!~構造力学の視点から~

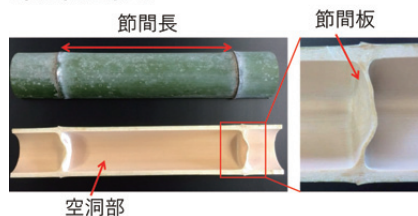
- * 中は空洞 * 成長速度が速い
- * しなやかで折れにくい * 裂けやすい



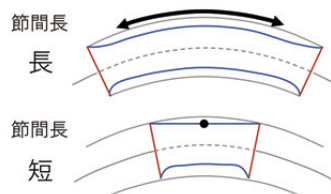
竹の強さの秘密



節は補強材!

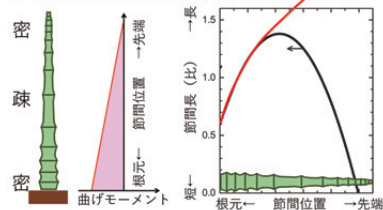


節のキャップ (曲がった時の断面扁平抑制) 効果の強さ



節と節の間の間隔(節間長)が短いほど、曲がった時の断面扁平をより抑制し、強度や剛性を増加させることができます。

実際の竹における節の分布・・・根元で大きい曲げモーメントとの関係は節間長だけでは説明できない



竹の節間長は根元と先端で短く、中間部で長くなっています。これは外力により生じる曲げモーメントの分布と一致しません。

座屈のしやすさ = Ω

- $\Omega \gg 2.0$
座屈が起きやすい
- $0 < \Omega < 2.0$
座屈が抑制される

評価パラメータ Ω

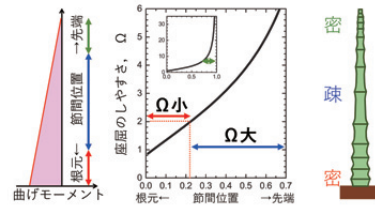
$$\Omega \equiv \left(\frac{E_{\perp}}{E_{\parallel}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{\ell^2 w}{r^3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

E_{\perp}, E_{\parallel} : ヤング率 (=硬さ)
 ℓ : 節間長
 w : 円筒の厚さ
 r : 円筒の半径

節間長だけではなく、竹を円筒と見立てたときの厚さや半径などに依存する評価パラメータ Ω を構造力学の観点から導出しました。

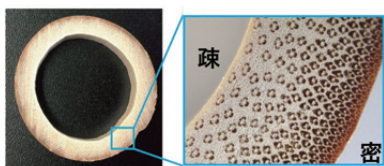
竹の Ω は??

・・・曲げモーメント分布と対応している



この Ω の分布は、竹の外力により生じる曲げモーメント分布とよく一致しています。

竹の維管束分布



「曲がりにくさ」の計算式

中空円筒の曲げ剛性 (曲がりにくさ)

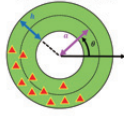
$$D_c = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} dr \int_0^{2\pi} d\theta [E_c(r) \cdot r^3 \sin^2 \theta]$$

↑ 維管束をどのように分布させると曲げ剛性が最大?? (=最も曲がりにくい)

強化繊維の動径分布 (維管束分布)

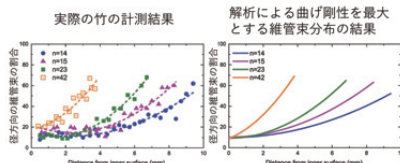
$$V_f(r) = c_0 + c_1 r + c_2 r^2 \quad \left(a - \frac{b}{2} \leq r \leq a + \frac{b}{2} \right)$$

竹断面の概念図



竹の維管束分布を考慮に入れた曲げ剛性(曲がりにくさ)を構造力学的に定式化します。

実測と計算が似ている!



曲げ剛性が最大になるように最適配置している!

竹は維管束密度を断面内で制御し、最も効率的に曲げ剛性を最大化する配列をとっていることを発見しました。



国際共同研究と分野横断型研究 による宇宙医学の推進 —宇宙飛行士の眼病の原因に迫る—

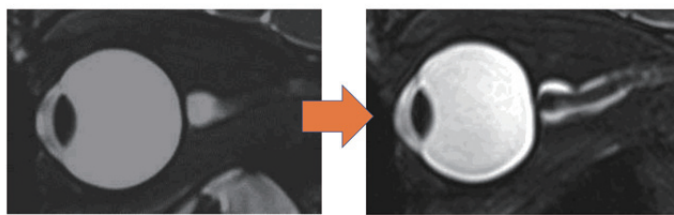
しの じま あ り
篠島 亜里

慶應義塾大学 医学部 眼科学教室
特任講師 (令和元年12月6日時点)

篠島氏は、2017年から2018年にかけて、フランスのラリボワジェール病院に在籍時、京都大学大学院工学研究科の掛谷 一弘 准教授、大阪大学大学院医学研究科の多田 智 招聘教員とともに、解剖学的・材料力学的な分野横断型研究を行うことにより、長期宇宙滞在後の宇宙飛行士の眼のつぶれと視神経鞘が拡大するメカニズムについて、世界で初めて解明しました。

同氏による国際的かつ分野横断的な研究活動を通じて、宇宙医学が今後更に発展することが期待されます。

40代半ばの男性宇宙飛行士の一例



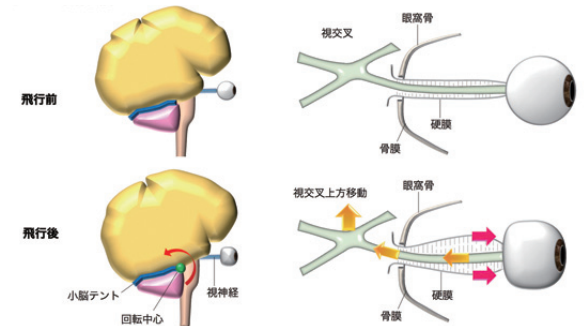
宇宙飛行前のMRI

地球へ帰還後6日目のMRI

Courtesy: Brunstetter T. Introduction to Spaceflight Associated Neuro-ocular Syndrome (SANS) and its Risk to NASA Astronauts.

40代半ばの宇宙飛行士の一例を示す。宇宙飛行前に比べて、長期宇宙滞在後のMRIでは眼球の後ろが潰れていることがわかる。これにより遠視化が生じ、近くが見えにくくなるといった現象が起こる。宇宙飛行が原因で生じる乳頭浮腫、脈絡膜ひだ、遠視化、眼球後部平坦化などが見られる症候群のことを、Space flight-associated neuro-ocular syndrome (SANS) と言う。かつては、これらの総称はvisual impairment and intracranial pressure syndrome (VIP) と呼ばれていた。

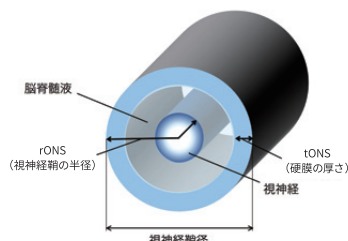
図. 考えられる視神経鞘拡大のメカニズム



Robertsらは2017年、長期宇宙滞在後の宇宙飛行士は脳の上方移動が生じていることを報告した^[1]。篠島らは、大脳の上方移動が起きた時、視神経は眼の後ろにある骨(眼窩)の隙間を通して後ろに引っ張られるのに対し、視神経を取り囲む硬膜は眼窩の骨膜とつながっているために、眼球を押し戻しうるということを科学的に実証した^[2]。そのモデルが左下の図である。

[1] Roberts DR, et al. N Engl J Med. 2017; [2] Shinojima A, Kakeya I, Tada S. JAMA Ophthalmol 2018

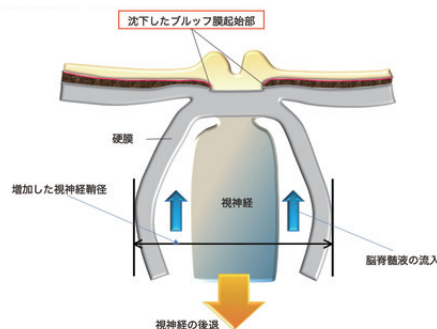
図. 髄液圧を検討するために作成された視神経鞘物理学的モデル



髄液圧を検討するために導入した視神経鞘の薄肉管モデル。篠島らは、実際の宇宙飛行士の超音波検査による視神経鞘径のデータ^[3]や実際のヒトの視神経鞘径を圧を変えることによって、どれくらい拡大するのかというデータ等^[4]を用いて、視神経鞘径から脳脊髄圧の推定式を算出した。その結果、実際の宇宙でのエコー所見から計算では、 $\Delta p=210\text{mmHg}$ となり、宇宙での視神経鞘径拡大は頭蓋内圧亢進だけでは説明がつかないことが判明した。

[3] Brunstetter T. Introduction to Spaceflight Associated Neuro-ocular Syndrome (SANS) and its Risk to NASA Astronauts, [4] Hansen HC, et al. Acta Ophthalmol 2011, [2] Shinojima A, Kakeya I, Tada S. JAMA Ophthalmol 2018

図. 考えられる視神経鞘拡大のメカニズムと一致するその他の報告



Patelらは、長期宇宙滞在後の宇宙飛行士の視神経の出入口である、乳頭部にある網膜下のブルッフ膜と呼ばれる膠原線維を主体とする無細胞性の層構造が脳側に落ち込んでいることを報告したが^[4]、Patelらの報告は、篠島らの仮説と矛盾しないことがわかった^[2]。

[4] Patel N, et al. JAMA Ophthalmol 2018



パリの職場での写真

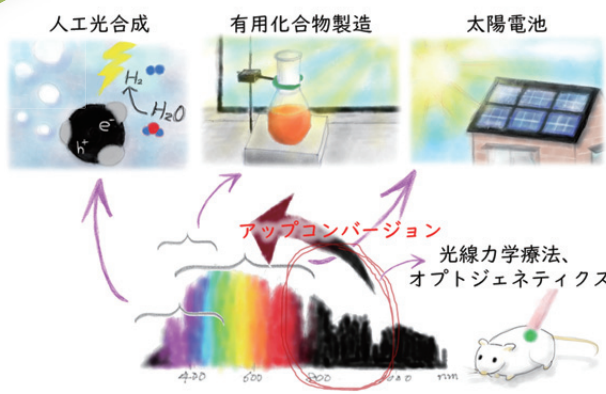


光励起三重項の機能化学： フォトン・アップコンバージョンと 超核偏極を可能にする材料の開発

やな い のぶ ひろ
楊 井 伸 浩

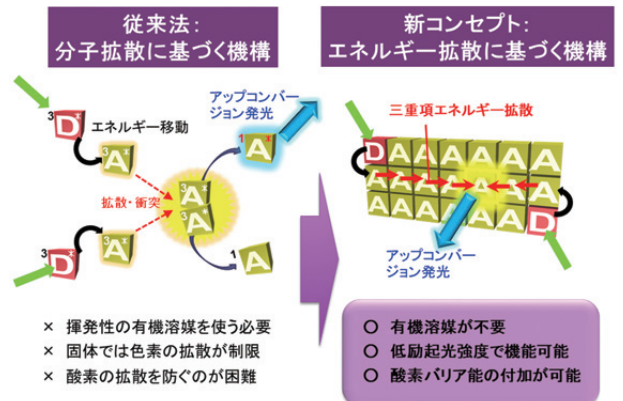
九州大学 大学院工学院 応用化学部門 准教授
国立研究開発法人 科学技術振興機構
さきかけ研究者 (令和元年12月6日時点)

楊井氏は、分子が光により励起された三重項状態の興味深い特性を活かし、再生可能エネルギーからバイオロジー・医療まで幅広い分野に貢献しうる材料の開発を行っています。中でもフォトン・アップコンバージョンと超核偏極に関して従来困難であった機能発現を可能にし、その独創性は国内外から高い評価を受けています。



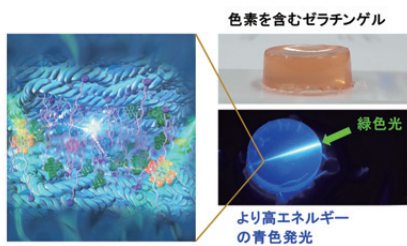
■フォトン・アップコンバージョンとその応用

長波長の低エネルギー光を短波長の高エネルギー光に変換することをアップコンバージョンという。太陽光から再生可能エネルギーを創出する全てのデバイス(人工光合成、有用化合物合成、太陽電池)を高効率化する。生体内での光源として用いられ、光を用いたがん治療(光線力学療法)や脳の機能解明に繋がるオプトジェネティクスに応用できる。



■新機構により従来困難であった課題を解決

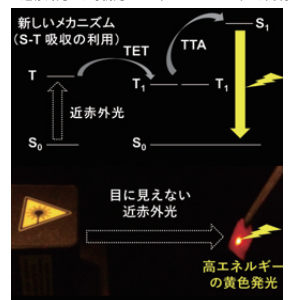
これまでのアップコンバージョンは分子を拡散により行われてきたが、揮発性の有機溶媒を用いるなどの問題点があった。そこで新しいコンセプトとしてエネルギー拡散に基づく機構を開発することにより、有機溶媒が不要になるなど従来法の問題点を克服した。



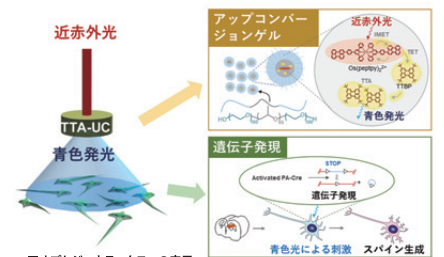
■アップコンバージョン材料の例：ゼラチンゲルの利用

アップコンバージョンに必要な色素をゼラチンゲル(溶媒は水)に入れることで、空気中でも緑色の光をより高いエネルギーの青色光へとアップコンバージョンすることが可能。

■近赤外光から可視光へのアップコンバージョンを実現



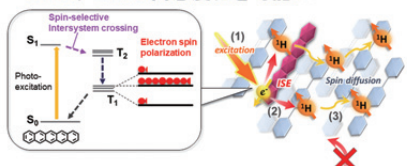
エネルギー・バイオ分野への応用において近赤外光を可視光にアップコンバージョンすることが必要であるが、これまでの分子を用いたアップコンバージョンでは実現困難だった。S-T吸収を利用するという新しいメカニズムを開発することにより、目に見えない近赤外光を黄色の光にアップコンバージョンすることに成功した。



■オプトジェネティクスへの応用

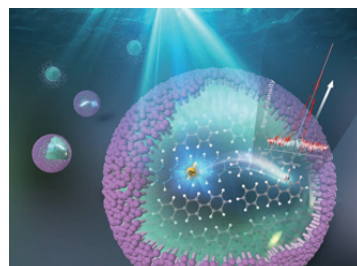
近赤外光を青色光にアップコンバージョンするゲルの開発に成功した。これによりニューロンの中での遺伝子発現を引き起こすことに成功し、記憶や学習の初期過程を生体透過性の高い近赤外光により制御できた。今後は脳深部の神経細胞を遺伝子操作することにより、高次脳機能の解明への貢献が期待される。

三重項を用いた超核偏極 (triplet-DNP) :
NMR、MRIの高感度化を可能に



■三重項を用いたNMR、MRIの高感度化

光励起三重項を用い、医療・化学分野で用いられる核磁気共鳴画像法(MRI)や核磁気共鳴(NMR)分光法の感度を大幅に向上する超核偏極法の開発に取り組んでいる。これまでの研究では主に密な結晶中でのみ高感度化が行われ、実際にMRIで観測したい生体分子を高感度化することは困難だった。



■水中における初の高感度化

従来は固体中でのみ行われてきた三重項を用いた超核偏極を、水中で達成することに初めて成功した。生体分子の高感度観測に繋がることが期待される。



■「量子生命科学」分野の創出へ

量子分野はクリーンでドライな系を扱い、生命分野は夾雑でウェットな系を扱ってきた。これらの分野を橋渡しするのが化学の役割である。今後は高感度化した生体分子を用いた超高度MRIがん診断などを通じ、量子と生命を化学で繋ぐ「量子生命科学」という新分野の創出に繋がると期待される。



グリーンテクノロジーの 低価格化に向けた白金を含まない 水素燃料電池の開発

スティーブン

ライス

Stephen Lyth

九州大学 エネルギー研究教育機構
准教授 (令和元年12月6日時点)

ライス氏は、燃料電池用の貴金属を用いない新規電極触媒材料を開発することで、エネルギー関連のグリーンテクノロジーのコストを下げて誰でも利用できるようにすることを目標に研究を行っています。

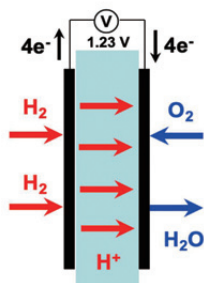


図1. 燃料電池の原理(上)と
燃料電池自動車「MIRAI」(下)

- 燃料電池は、水素を燃料として、水素の化学エネルギーを化学反応で電気エネルギーに変換する装置で、現在の化石燃料への依存を打開する「水素エネルギー社会」の実現に欠かせないものです。
- 燃料電池では、水素(H₂)から水素イオン(H⁺)と電子を作り、水素イオンと電子は酸素(O₂)と反応して、水が作り出されます。
- 水素イオンは「高分子電解質膜」を、電子は外の回路を通り、酸素側に移動し反応します。水素と酸素の反応から電圧が生じて、燃料電池は発電します(図1)。
- ただ現在の燃料電池は高価で、これが一般社会への普及を妨げています。燃料電池の価格の約半分は、燃料電池の反応に用いられる白金触媒と高分子電解質膜によるものです(図2)。
- この燃料電池の問題を解決し、水素エネルギー社会を実現させるため、私達は「安価で白金を使わない触媒」と「安価なバイオポリマーを使った新たな高分子電解質膜」の開発を行いました。

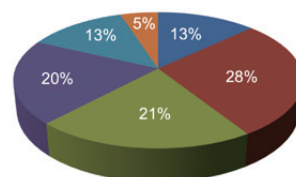
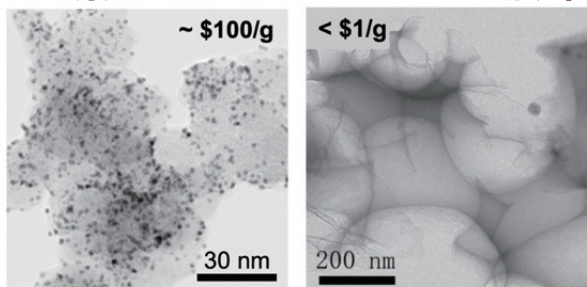


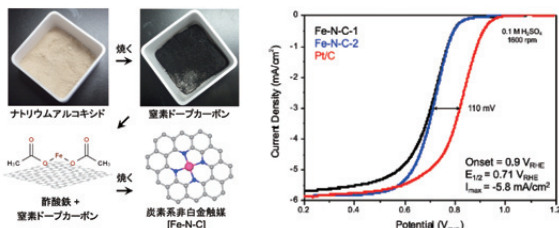
図2. 燃料電池の部材価格の割合

窒素ドーパカーボンフォーム触媒



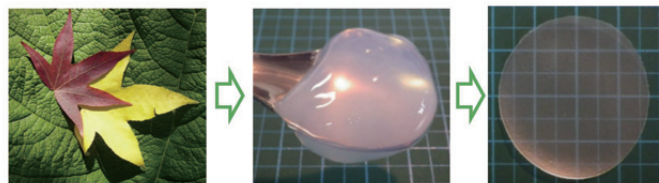
白金触媒標準品 → 炭素系非白金触媒

- 安価で入手が簡単な材料を使った新しい合成法で、広い表面積を持つ窒素を含んだカーボンフォームを開発しました。
- このフォームに金属を加え高温で処理することで、高い反応性を持つ白金を使わない安定な触媒が得られました。

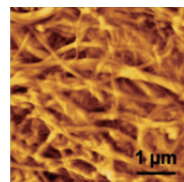


- この触媒ができる過程と分解する過程を、放射光施設を使った最先端な“その場観察法”で明らかにしました。

ナノセルロースイオノマー膜



- 紙は、植物から安価で大量に得られるバイオポリマーであるセルロースから作られます。
- このセルロースを原料にして、直径が100nm以下の「ナノセルロース」が作られます。



- ナノセルロースから、強固で高い水素バリア性を持つ膜が容易に得られます。
- 私達は電力密度が160mW/cm²に達するナノセルロースを用いた燃料電池を世界で初めて開発しました。

