

研究成果

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型

技術テーマ「エネルギー損失の革新的な低減化につながる高温超電導線材接合技術」

研究課題「高温超電導線材接合技術の超高磁場NMRと鉄道き電線への社会実装」

世界一軽量で小型な1GHz超のNMR装置

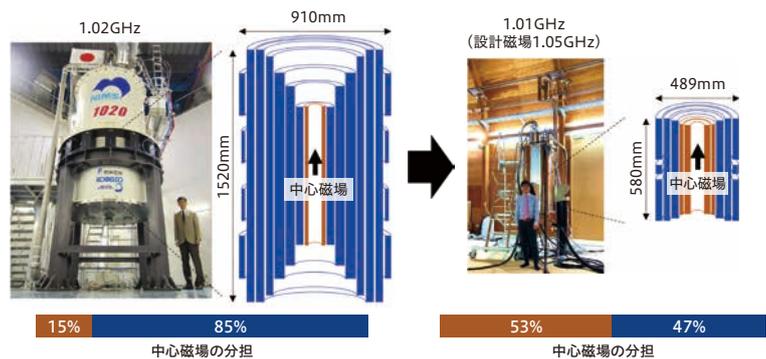
希少な液体ヘリウムの継ぎ足しも不要

物質の分子構造や物性の解析を行う核磁気共鳴 (NMR) 装置は、生命科学や食品、材料科学といった幅広い分野で利用されています。磁場が大きくなるほど計測の性能は高くなるため、2015年に周波数が1ギガヘルツ(ギガは10億。GHz)を超えるNMR装置が開発されて以降、世界の研究開発は一層激化しています。しかし、磁場を発生させるマグネットのサイズが大型かつ高価な上に、希少資源の液体ヘリウムを多量に消費するため導入できる機関は限られていました。

理化学研究所生命機能科学研究センターの柳澤吉紀ユニットリーダーらは、重量を従来機の約10分の1に抑えた世界一軽量かつコンパクトな1GHz超のNMR装置の開発に成功しました。具体的には、マグネット内部の高温超電導コイルの電流密度を1.5倍、磁場分担を50パーセント以上に増やし、狭い空間に大電流を集中させています。このような条件下では、高温超電導コイルの中心部に合計100トン超の重量に相当する電磁力がかか

るため、通常であればコイルは壊れてしまいます。そこで、今回新たに高強度金属で補強した高温超電導線材を緻密に整列させて巻く技術を開発しました。さらに約2ヶ月間の運転において、液体ヘリウムの継ぎ足しが不要なことも確認しました。

研究チームは、並行して開発を進めている高温超電導接合・永久電流などの技術も組み合わせ、1.3GHzの世界最高磁場NMR装置の開発を目指します。また、開発したNMR装置を用いて、アルツハイマー型認知症に関わる超微量試料の構造解析も進めており、こうした先端研究の進展も期待されます。



2015年の1GHz超のNMRマグネット(左)と今回開発に成功した1GHz超のコンパクトNMRマグネット(右)。総重量は15トンから1.6トンに減り、必要な液体ヘリウムは1600リットルから260リットルまで小さくなった。オレンジ色は高温超電導コイル、青色は低温超電導コイルを示しており、高温超電導コイルの中心磁場分担を53パーセントまで増やした。

研究成果

戦略的創造研究推進事業さきがけ

研究領域「生体における微粒子の機能と制御」

研究課題「白髪治療に向けたメラニン微粒子の輸送システムの解明」

高効率に長毛を生む毛包オルガノイド

メカニズムを一部解明、毛髪再生医療への応用に光

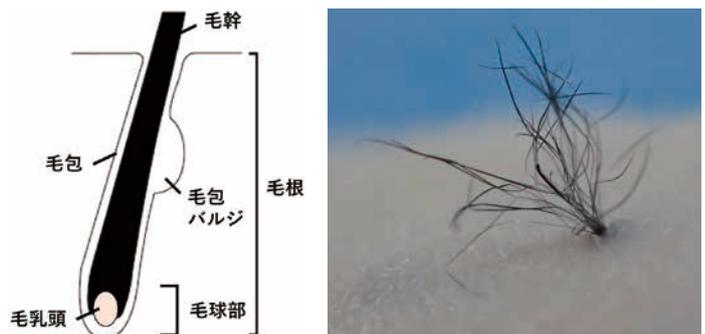
臓器移植に代わる治療法として期待される再生医療では、幹細胞からミニ臓器「オルガノイド」を作る研究などが進んでいます。体外培養で複雑な3次元組織を作るカギとされるのが、体表面を覆う表皮などに由来する「上皮系細胞」と、細胞を結合させる働きなどをする「間葉系細胞」の相互作用です。しかし、いまだ解明が進んでおらず、典型的なモデルである毛包を用いた研究でも、成熟した毛包を得ることはできていませんでした。

神奈川県立産業技術総合研究所の景山達斗研究員らは、生体外で高効率に成熟した長毛を生み出す毛包オルガノイドを作製する方法を開発しました。研究チームはまず、マウスの上皮系細胞と間葉系細胞が培養初期に形成する凝集体の空間配置パターンに着目。その結果、異種排他的な構造では毛包がほとんど再生しないのに対し、異種間の接着性が強い構造では毛包がほぼ100パーセントの効率で再生することを発見しました。

今回「ヘアフォリクロイド」と名付けた毛包オルガノ

イドを免疫不全マウスに移植すると毛包が皮膚に生着し、少なくとも1年間は繰り返し毛が生え替わることを確認しました。髪色変化に関する実験では、毛幹の着色に用いられるメラノソームの動きを可視化し、毛の色を濃くする薬剤の効果も評価できました。

この成果により、毛包を生体外で再生するためのメカニズムの一部が明らかになりました。ヘアフォリクロイドは、生体現象理解のための培養モデルや白髪・脱毛症の治療薬のスクリーニングツール、そして毛髪再生医療のための移植組織など、さまざまな用途への応用が望めます。



毛の構造(左)とヘアフォリクロイドの移植で再生した毛髪(右)。産生された毛幹の長さは約3ミリメートルまで達し、ピンセットで操作できる長さとなった。

研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出」

研究課題「細胞外微粒子の1粒子解析技術の開発を基盤とした高次生命科学の新展開」

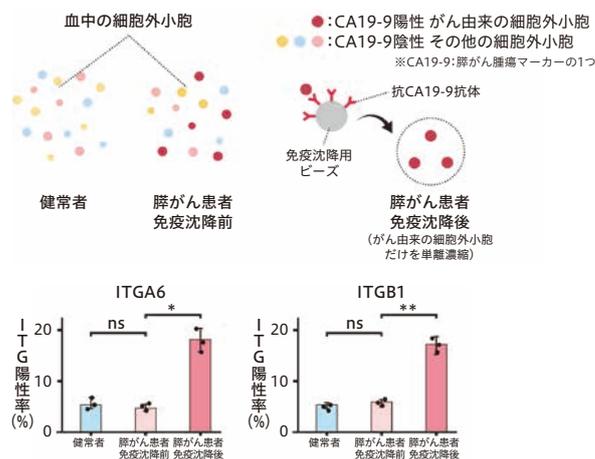
膵がんによる体重減少のメカニズムを解明 がん由来の細胞外小胞を単離解析する手法を確立

日本人の2人に1人は罹患すると言われるがんの多くは、進行すると全身の脂肪や筋肉が萎縮し、体重が極端に減少することが知られています。一方、膵がんは病巣が局所に留まっている段階でも体重減少が起きますが、そのメカニズムは解明されていませんでした。

東京大学医学部付属病院消化器内科の大塚基之講師、柴田智華子病院診療医らの研究グループは、さまざまな生理活性物質を含む細胞外小胞に着目し、膵がん由来の細胞外小胞が全身の脂肪細胞に働くことで、脂肪分解を引き起こしていると仮説を立て、検証を進めました。その結果、膵がん細胞株のうちPanc-1やMiapaca-2由来の細胞外小胞は、脂肪細胞の分解を引き起こすことを確認しました。

さらにPanc-1由来の細胞外小胞は、脂肪や肺に取り込まれやすいことも明らかにしました。これはPanc-1由来の細胞外小胞に、脂肪細胞や肺と接着しやすいITGB1とITGA6が多く発現しているためです。また研究グループは不均一な細胞外小胞群の中から、膵がん由来と考えられる細胞外小胞だけを単離し、解析する方法も確立しました。この方法

を用いることで、従来の一括解析ではわからなかった詳細な分析が可能になり、膵がん患者血清由来の細胞外小胞の中でも、膵がん由来の小胞は、他の組織由来の小胞と比較してITGA6とITGB1を発現する割合が有意に多いことを示しました。膵がんでの体重減少メカニズムの一部が明らかになったことから研究チームでは今後、がん由来の細胞外小胞を標的とした新たな治療法の開発や創生を目指します。



研究成果

戦略的創造研究推進事業ACT-X

研究領域「AI活用で挑む学問の革新と創成」

研究課題「フード3Dプリンターと人工知能を使用して食事体験を向上させる計算フードテクスチャ」

食べられるデータの埋め込みを実現 フード3Dプリンターで食品のDXへ貢献

食品の賞味期限や含有アレルゲンなどの情報は、包装などの食品以外に印字されることが一般的です。食品自体に情報を書き込めれば、食べる直前まで情報を確認できるようになりますが、食品表面に印字すると見た目が変わってしまいます。一方、ITやロボットなどの最新技術を食に活用するフードテック分野では、ペースト状の食材で食品を3次元的に「印刷」し、内部構造を自在に設計できるフード3Dプリンターの開発が進んでいます。

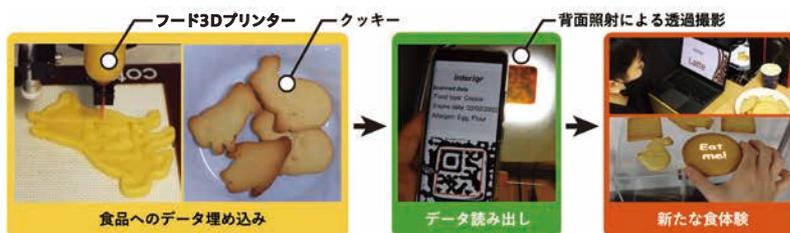
大阪大学大学院基礎工学研究科の佐藤宏介教授、ブンボンサノン パリンヤ助教らの研究グループは、フード3Dプリンターで食べられるデータの埋め込みを初めて実現しました。具体的には、クッキーを作る際に異なる色の生地を配置したり、空白を設けたりすることで、食感や強度には影響を及ぼさずに、食品内部に2次元コードなどの空間コードを埋め込む技術を確立しました。

またデータを読み取る際には、新たに開発

した透過撮影技術を用い、クッキーの背面から光を照射して内部の空間コードを表面に浮かび上がらせ、コードを撮影します。白黒の細かな市松模様を照射すると、よりくっきりとコードを撮影することができます。

この研究成果は、食品のDX(デジタルトランスフォーメーション)を可能とし、食品トレーサビリティ拡充による食の安全性向上、食品ロスの低減に寄与できます。クッキーにさまざまなグラフィックスをプロジェクションマッピングで貼り付けるなど、拡張現実感と組み合わせた新たな食体験の可能性も広がりそうです。

フード3Dプリンターによる食品内部へのデータの埋め込み



クッキー生地を焼いたときに内部の2次元情報パターンが表出せず、食感や強度にも影響しないような内部構造設計技術を確立した。例えばクッキーへペアリング情報を埋め込んでおけば、IoTコーヒーメーカーと連携し、最適なコーヒーを提供できるようになる。