

研究成果

戦略的創造研究推進事業さきがけ  
研究領域「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」  
研究課題「日長環境応答性を利用した生殖RNAによる基盤育種の構築」

# 未知のゲノム領域で発見 お米を実らせる小さなRNA



温暖な気候に恵まれた沖縄ではお米は二期作栽培され、6月には新米が実り、11月に再び収穫の喜びを迎えます。沖縄科学技術大学院大学サイエンス・テクノロジーグループの小宮怜奈研究員は、稲穂の実りに欠かせないマイクロRNAを発見しました。主要穀物であるお米の収量を上げて食糧問題を解決すべく、世界各国で遺伝子を中心にイネゲノム研究が進められてきました。しかし、ゲノム中の90パーセントを超える領域では遺伝子が見つからず、たんぱく質を翻訳し

ない、すなわちノンコーディングな領域と考えられてきました。近年、この未知の領域でも多種多様なRNAが合成されていることがわかりました。これらはノンコーディングRNAと呼ばれ、その機能を次世代技術を駆使して解明する新しい研究分野に期待が寄せられています。小宮研究員が着目したのは、生殖細胞が発生する時期に生成されるノンコーディングRNAで、その長さが22塩基と極めて短いマイクロRNA(miR2118)です。このmiR2118が生

成されないようにゲノムの一部をゲノム編集で取り除いたところ、正常なイネと比較して、変異イネでは雄しべが小さくなり、丸みを帯びました(図1)。雌しべの柱頭の数にも異常が見られ、種子が正常に実る確率が8.4パーセントと著しく低くなり、miR2118は生殖マイクロRNAとして雄しべや雌しべの成長の鍵を握ることが明らかになりました(図2)。

雄しべでmiR2118の動きを調べると、1000種類を超える長いノンコーディングRNA群を切断し、21塩基程度の小分子RNAが大量に生成されていることがわかりました。これらの小さなRNA群の塩基配列にはウラシルが多いという特徴がありました。小宮研究員は、この小さなRNA群と結合する雄しべのたんぱく質候補をすでに見いだしており、生殖組織の発生との関係や機能を探っていく予定です。ゲノム中の不要とされてきた領域が、実は生殖に重要な機能を果たしていたという驚くべき発見です。

2009年にイネの花を咲かせる2種類のホルモンを発見するなど、小宮研究員は植物の生殖メカニズムに取り組んできました。「生殖は次世代に遺伝情報が引き継がれる重要な現象ですが、実態はまだベールに包まれています。ノンコーディングRNAという新分野から、複雑なメカニズムの解明を目指します」と抱負を語ります。

miR2118はイネ以外にも多くの陸上植物に存在します。今後は生殖に重要なゲノム領域をさらに絞り込み、「作物の安定した収量を確保し、世界の食糧問題に貢献したい」と小宮研究員の夢は広がります。



「RICE」の文字を掲げる小宮研究員(後列右)。ノンコーディングRNAを利用したイネの生殖研究に取り組み、作物の安定供給や貧困問題の解決など、100年後の持続可能な社会への貢献を目指す。



図2 正常なイネ(上)と変異イネ(下)の種子。miR2118の変異イネの交配実験では、一日の日照時間が短くなる環境で、正常に実らない種子の割合が高くなった。

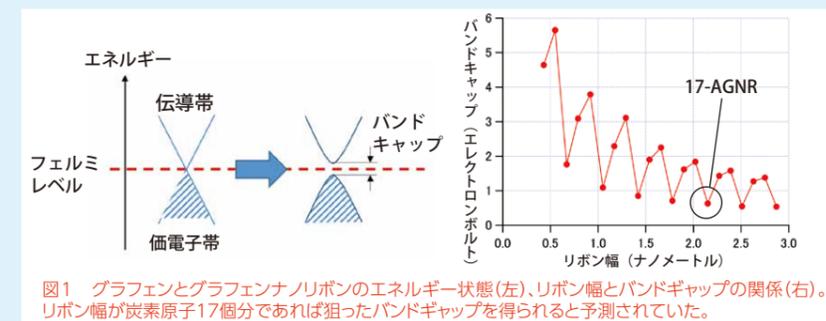
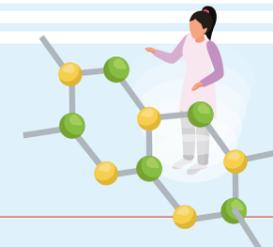


図1 正常なイネ(左)と変異イネ(右)の雄しべの3次元画像。変異イネでは形が丸く小さくなった。

研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST  
研究領域「二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出」  
研究課題「革新的デバイス創製のためのグラフェンナノリボンのテラレーメイド合成」

# 幅2ナノメートルのグラフェンナノリボン 次世代半導体材料として注目



スマートフォンなどの電子機器に組み込まれるデバイスの半導体材料には主にシリコンが使われています。微細化によって性能や省電力性は著しく進歩しましたが、それも限界に近づき、より優れた材料が世界中で模索されています。その有力候補の1つが、2004年に発見されたグラフェンです。炭素原子が六角形の編み目のように結合した

平面状の物質で、電子の移動度がシリコンの約100倍と高く、デバイスの高速度動作を可能にする次世代の材料として注目されています。

グラフェンを数ナノメートル(10億分の1メートル)幅のリボン状にすると、電子の取り得るエネルギーレベルの低いところと高いところの差「バンドギャップ」が生まれ、半導体の性質を持ちます。リボン幅を広くするとバンドギャップは小さくなり、電気が流れやすくなります(図1)。シリコンと同程度に小さいバンドギャップを実現するために、幅の広いグラフェンナノリボンが求められていました。

富士通プラットフォーム開発本部の佐藤信太郎本部長付、奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科の山田容子教授、東京大学大学院創成科学研究科の杉本宜昭准教授らは、幅が炭

素原子17個分で2ナノメートル、縁がアームチェア型をしたグラフェンナノリボン「17-AGNR」の合成に成功しました(図2)。量子化学計算によると、この幅であればバンドギャップを1電子ボルト以下にできるということです。幅広の前駆体分子を部品として使えばナノリボンの幅を広くできますが、そうすると反応の工程で酸化させるための温度が高くなり、前駆体が分解してしまいます。そこで前駆体の設計を工夫して、シンプルかつ制約を設けた構造にし、反応時に前駆体同士が必ず互い違いに結合するようにしました(図3)。

合成したグラフェンナノリボンを顕微鏡で観察すると、電子の分布や縁の構造を反映した凹凸が確認され、8個の六角形が連なる構造がはっきりと見えました(図4)。さらにバンドギャップはシリコンの1.1電子ボルトより小さい約0.6電子ボルトであることが明らかになり、理論計算と一致しました。

狙ったバンドギャップを得られたことで半導体としての実用性が飛躍的に向上し、今後、グラフェンナノリボンの優れた電気特性を生かしたデバイスへと応用が期待されます。

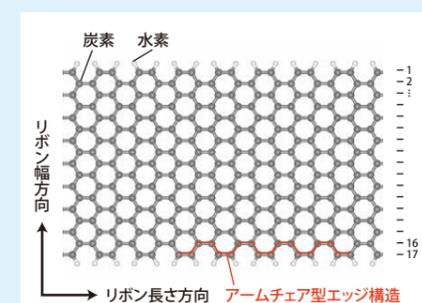


図2 合成に成功したグラフェンナノリボンの模式図。幅方向に17個の炭素原子が並んでいる。

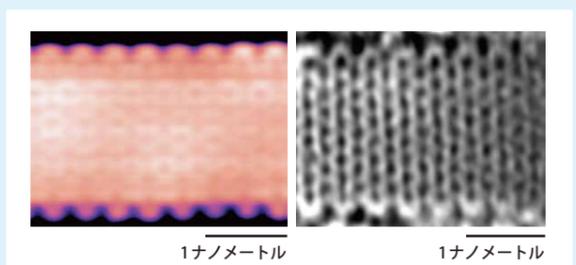
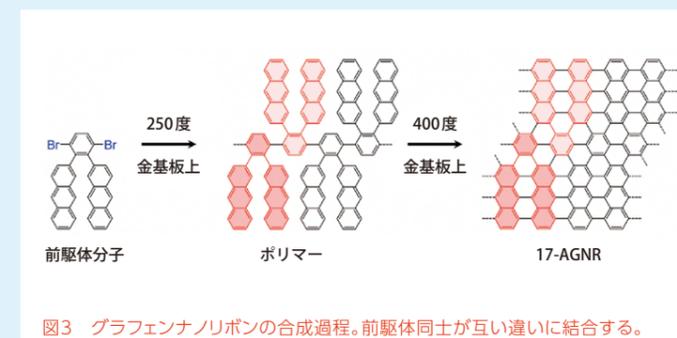


図4 グラフェンナノリボンの走査型トンネル顕微鏡像(左)と非接触原子間力顕微鏡像(右)。幅方向に8個の六角形が連なる構造がはっきりと見えた。