

京都大学、DNAオリガミで薬剤送達へ 構造安定化の技術

2024/03/04 02:00 日本経済新聞電子版 1696文字

正方形の1枚の紙を折り畳み、鶴や飛行機、恐竜など様々な形を作る折り紙。DNAの分子をナノテクノロジーの材料として活用し、2次元や3次元の多種多様な構造を生み出す「DNAオリガミ」の研究が国内外で活発だ。京都大学エネルギー理工学研究所の森井孝教授らはDNAオリガミの構造を安定にする画期的な技術を開発した。

DNAは本来、生物の遺伝情報を担う物質だ。二重らせん構造をしているDNAは、2本の鎖状の分子がはしごのように対をなして平行に並び、はしごがねじれたような形をしている。鎖はA、T、G、Cという4種類の塩基がつながっていて、AはTとだけ対をなし、GはCとだけ対をなすという相補的な関係がある。

規則的な化学構造があるDNAをナノスケールの素材として活用するのが「DNAナノテクノロジー」という研究分野だ。中でも2000年代に登場したDNAオリガミは複雑な形をコンピュータで設計して作ることができ、大きなブレークスルーとなった。

DNAオリガミでは約7000～8000の塩基が並んだ長い1本のDNAと、数十の塩基が並んだ短い多数のDNAを組み合わせて使う。「足場」となる長いDNAが自在に折り曲がって好きな形を作り、「留め具」となる短いDNAは長いDNAの相補的な配列にくっついて形を固定する。編み物や織物、あやとりにも近いイメージだ。

大きさ約100ナノ（ナノは10億分の1）メートルという微細な「スマイルマーク」をはじめ、平面や立体の様々な構造を作り出せる。ただ、従来のDNAオリガミは熱によって短いDNAが長いDNAから外れて構造が壊れてしまうなど、化学的な安定性が低いという課題があった。

長いDNAにくっついた短いDNAの留め具と留め具の間はDNAがつながっていない切れ目になり、DNAオリガミの構造には数百カ所の切れ目が存在する。森井教授らはDMSOという溶液の中で酵素か薬剤を反応させることで、それぞれの切れ目にDNAが合成されて効率的にDNAをつなげることを発見した。

DNAオリガミの安定性が飛躍的に向上し、加熱しても構造が壊れなくなった。森井教授は「DNAオリガミの様々な応用に役立つ汎用的な技術になる」と話す。

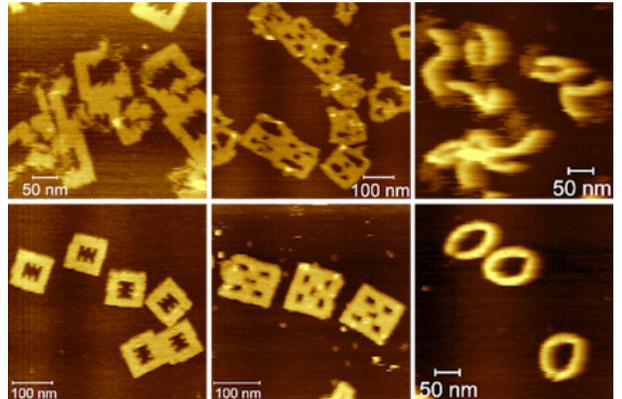
DNAオリガミは将来は医療など幅広い分野で応用が期待される。代表例は薬を人の体内に届ける薬剤送達技術（DDS）だ。DNAオリガミで作ったカプセルや箱の中に薬やワクチンを入れて、がんなど特定の患部だけに効率よく薬を送り込む技術に応用できる可能性がある。

森井教授らはDNAオリガミの中で複数の化学反応をつなげる「分子コンビナート」を構想する。カプセルの中に酵素を並べ、カプセルの中に入ってきた物質を反応させてできあがった物質を外に出す。ナノスケールの化学工場だ。細胞の中で有用な物質を作ったり、有害な物質を分解したりできる未来技術になるかもしれない。

ナノモーターへの研究も

DNAの二重らせん構造はジェームズ・ワトソン氏とフランシス・クリック氏が1953年に発表し、20世紀から21世紀にかけての生物学とバイオテクノロジーの発展につながった。80年代には米国のネイドリアン・シーマン博士らがDNAの分子を素材としてナノサイズの構造を作る研究を実証し、DNAナノテクノロジーという新分野を開拓した。

DNAを人工合成する技術やナノサイズの微細構造を分析する顕微鏡なども発展する中、2006年に米カリフォルニア工科大学のポール・ロザムンド教授らがDNAオリガミの技術を発表し、様々な構造をDNAで作れるようになった。京大



従来技術のDNAオリガミ（上の3つ）と、新技術で構造を安定にしたものを加熱した結果。従来技術の構造は壊れるが、新技術では構造が保たれる＝京都大学の森井孝教授提供

DNAオリガミの研究動向と展望	
1953年	DNAの二重らせん構造の解明
80年代	米国のシーマン氏ら、DNAナノテクノロジーを開拓
2006年	米国のロザムンド氏、DNAオリガミを発表
10～20年代	DNAオリガミで平面や立体の様々な構造を作る研究が進展
30～40年ごろ	DNAオリガミを応用した薬剤送達技術の登場
50年ごろ	DNAオリガミの構造内で化学反応を進める「分子コンビナート」など様々な応用が展開

の森井教授は「多くの研究者が参入するきっかけになった」と振り返る。

DNAオリガミはコンピューター上で構造を設計するソフトウェアなどの開発も進んだ。2次元だけでなく、3次元の構造を作る研究に発展し、複数のDNAオリガミを組み合わせる例もある。

さらに今では、光を当てると開く球状カプセル、電流によって回転するナノサイズのモーターなどDNAオリガミに機能を持たせる取り組みが活発だ。まだ具体的な実用化までは遠いが、今後さらに斬新な応用技術が登場するだろう。

(越川智瑛)

【関連記事】

- ・人工DNAで新たんぱく質、6文字の塩基で 米研究チーム
- ・細胞に人工DNAの「記録装置」 がん化や分裂詳細に

許諾番号30097875 日本経済新聞社が記事利用を許諾しています。

本サービスで提供される記事、写真、図表、見出しその他の情報(以下「情報」)の著作権その他の知的財産権は、その情報提供者に帰属します。

本サービスで提供される情報の無断転載を禁止します。

本サービスは、方法の如何、有償無償を問わず、契約者以外の第三者に利用させることはできません。

Copyrights © 日本経済新聞社 Nikkei Inc. All Rights Reserved.