



ものづくり ひとづくり 未来づくり

国立大学法人

名古屋工業大学

報道解禁：平成27年12月15日の新聞朝刊から

世界初、光でセシウムイオンを細胞から汲み出す タンパク質の創成に成功！ ～光を使って放射性セシウムを回収する原理の開発～

◆大学院未来材料創成工学専攻 ナノ・ライフ変換科学分野およびオプトバイオテクノロジーセンターの神取秀樹教授・センター長、今野雅恵研究員らのグループは、光のエネルギーを使ってセシウムイオン (Cs^+) を細胞から汲み出すタンパク質を世界で初めて創成することに成功しました。東京大学大学院理学研究科・濡木 理教授のグループとの共同研究の成果であり、米国化学誌 *The Journal of Physical Chemistry Letters* 誌の12月14日号に掲載される予定です。

■光による荷電粒子の輸送

光のエネルギーを使って荷電粒子を自由に運ぶことができれば、さまざまな応用が可能になります。すでに実現しているものとして太陽光発電が挙げられますが、これは太陽電池を使って光エネルギーを電力（＝電子の流れ）に変換します。材料としては固体の半導体や有機色素が使われていますが、タンパク質を材料とした植物の光合成には性能の点でまだまだ劣っています。

このように光による電子の輸送はさまざまな材料で実現していますが、他の荷電粒子を決まった方向に光で輸送する材料はほとんどありません。電子 (e^-) と比べて、水素イオン (H^+) は1830倍、ナトリウムイオン (Na^+) は42300倍、重く、材料開発は困難になると考えられます。

数少ない例外として、天然に存在する微生物型ロドプシンと呼ばれる膜タンパク質があります。これは光で水素イオン (H^+) を細胞の中から外に汲み出すはたらきをもっており、このため光駆動イオンポンプと呼ばれます。応用面でいうと、これらのタンパク質は最近、脳機能解明のための革新的技術である「光遺伝学（オプトジェネティクス）」に使われることで脚光を浴びています。

ただし微生物型ロドプシンは H^+ は輸送できても Na^+ は輸送できないと長い間、信じられていました。

■ナトリウムポンプ型ロドプシンの発見

光駆動イオンポンプである微生物型ロドプシンは、我々の目の中で光センサーとしてはたらく視物質と同様、内部に結合したレチナールという分子を使って光を捉え、さまざまな機能を実現しています。このレチナールは正電荷を持っているため、 Na^+ を輸送するロドプシンは存在しないと信じられていたわけですが、神取教授らは2年前に、 Na^+ を輸送するタンパク質が海洋性バクテリアに存在することを発見しました (*Nature Commun.* 2013)。

光駆動 Na⁺ポンプの発見は2つの意味で大きな反響を与えました。1つはどうやって Na⁺が輸送されるのかというメカニズムに対する疑問です。もう1つは、光遺伝学のツールとしての期待です。メカニズムを知るためには構造が必要ですが、神取教授のグループは東大・濡木教授のグループと共同で構造の解明に成功するとともに、このタンパク質が光遺伝学のツールとして使えることを今年、発表しました(*Nature* 2015)。

■光駆動カリウムポンプの創成と今回の研究とのつながり

アルカリ金属は周期表の順に、リチウム (Li)、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、ルビジウム (Rb)、セシウム (Cs) と続きます。天然のタンパク質は Li⁺と Na⁺を輸送できる一方、K⁺以上のサイズのイオンは運べません。神取グループの今野研究員、井上助教はこのタンパク質の入り口に狭い部分があるのを見つけ、この部分のアミノ酸変異を行うことで、K⁺を輸送するタンパク質の創成に成功しました (*Nature* 2015)。

次はルビジウム、セシウムとなりますが、脳機能解明のための光遺伝学応用という観点からすると、Rb⁺も Cs⁺も細胞内にあまり含まれないためさほど重要ではありません。一方、世界で誰も実現していない Cs⁺の光による輸送が実現すれば、環境中から放射性セシウム (¹³⁷Cs⁺) を回収することが可能になるかもしれません。

そこで今野研究員らは K⁺輸送の場合と同様、入り口の狭くなっている部分に着目し、さらにアミノ酸変異を進めた結果、セシウムイオン (Cs⁺) を光で輸送するタンパク質の創成に成功しました。興味深いことに、大きなイオンを通すためには通り道を広くしないといけない (=小さなアミノ酸を導入しないといけない) と考えられますが、実際には大きなアミノ酸を導入したことによって Cs⁺の輸送が実現しています。

■今後の展望：環境問題へのロドプシンの利用に向けて

福島原発の事故以来、水中に含まれる放射性セシウムイオン (¹³⁷Cs⁺) が大きな環境問題となっています。これまでに試されている放射性セシウムの回収法は、すべて Cs⁺の吸着を考えたものです。今回、光のエネルギーを利用して Cs⁺を輸送するシステムが実現したことにより、より積極的に ¹³⁷Cs⁺を運ぶという全く発想の異なった回収法 (光で膜小胞内に ¹³⁷Cs⁺を取り込む) が可能になりました。

ただし今回の成果はあくまでも回収のための新たな原理を達成したという段階であり、実用に向けては、分子の配向制御、輸送効率の向上、膜小胞を集める方法などいくつかのハードルがあります。実際に使える技術とするためにはさらなる努力が必要となりますが、セシウム (Cs⁺) を光で動かせるシステムの構築という今回の成果は、将来に向けて大きな期待を抱かせるものです。

本件への問い合わせ

名古屋工業大学工学研究科 未来材料創成工学専攻 ナノ・ライフ変換科学分野
神取秀樹 (かんどり ひでき)

電話& F A X : 052-735-5207 電子メール : kandori@ni tech. ac. jp

同報: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会