# ナトリウムイオン流も利用
# 大腸菌べん毛モーター
# ハイブリッド化に成功

法政大、名古屋大、東北大

構成要素のひとつで、これにより内耳はリンパ液の組成を保ち、音の振動を神経活動へ変換する。

今回研究グループは、内耳でコネキシン26遺伝子が部分的に欠損する新たな難聴モデルマウスを作製した。同遺伝子を原因とする難聴患者は、劣性遺伝型と優性遺伝型という異なる2種類の遺伝形式で難聴を発症するため、疾患モデルマウスも2つの遺伝型を作製し、この共通点を調べた。

その結果、2種類の難聴モデルマウスでは共に内耳の細胞から細胞へイオンを輸送するギャップ結合プラークが分断し、形状が崩壊。体積が27%程度にまで縮小し、それに伴い他のコネキシンの量も33%程度に減少していた。

これにより音の振動を神経の電気信号に変換するための内耳リンパ液の組成が異常になるため、難聴が引き起こされることがわかった。またこの現象は胎児期から始まり、ギャップ結合プラークの構造は、コネキシン26の発現に完全に依存していることも証明された。またこの現象は、ヒト培養細胞を用いても再現可能だった。

さらに詳しく解析すると、コネキシン26の変異で崩壊したギャップ結合プラークの周囲では、カベオリン1、カベオリン2の分子が増加。これらが行うエンドサイトーシスと呼ばれる細胞膜の取り込みが過剰になることがギャップ結合の崩壊に繋がっている可能性が示された。

ギャップ結合プラークの崩壊現象を指標に治療薬を探索できるほか、コネキシン26以外のコネキシンを安定化できる薬剤が見つかれば、治療薬として利用できる可能性がある。コネキシン26以外のコネキシンもイオンの受け渡しは可能であることがわかっている。

神谷講師は「ギャップ結合プラークの異常を、細胞が判断して壊していくような機構があるのかもしれません。今後それを調べたいと思っています」と話した。

法政大学生命科学部の曽和義幸専任講師、名古屋大学理学研究科の本間道夫教授、東北大学多元物質科学研究所の石島秋彦教授、オックスフォード大学のリチャード・ベリー博士らの共同研究グループはこのほど、自然界では水素イオン流だけをエネルギー源として利用している大腸菌鞭毛モーターを、ナトリウムイオン流も同時に利用できる〝ハイブリッドエンジン化〟することに成功した。ナノマシン設計に活用できる成果として注目される。

大腸菌を含む多くのバクテリアは、鞭毛と呼ばれるらせん状の繊維をスクリューのように回転させて水中を泳ぎ、よりよい環境へと移動する。鞭毛の回転は、その根元の細胞膜に埋まっている直径わずか45㎚（㎚は10億分の1m）の鞭毛モーターによって駆動される。大腸菌鞭毛モーターは、毎分約2万回転とF1エンジンにも匹敵する高速駆動しながら、瞬時に回転方向を切り替え、100%に近い効率で変換することができる、人工技術では実現困難な高性能ナノマシンである。

とはいえ、鞭毛モーターの構造には人工モーターとの共通性がみられる。つまり、鞭毛繊維へとつながる「回転子」と、その周囲を取り囲むように配置された複数個の「固定子」から構成されている。ただし、回転のためのエネルギー源は電流（電子の流れ）ではなく、水素イオンあるいはナトリウムイオンの流れであり、大腸菌の鞭毛モーターは水素イオンだけを通過させる固定子（MotAMotB）を持つ。エネルギー変換の鍵を握る固定子に関する研究は盛んに行われているが、その中でもとくに興味深い成果として、大腸菌鞭毛モーターの回転子と相互作用してナトリウムイオンで駆動できるように遺伝子改変された固定子（PomAPotB）があった。

今回の研究では、大腸菌が本来持っている水素イオン固定子と、遺伝子改変ナトリウムイオン固定子を、鞭毛モーター回転子と同時に相互作用させられるかを試みた。

モーター1個の回転を観察したところ、水素イオン、ナトリウムイオンの両方のエネルギー源を利用して回転する「ハイブリッドエネルギー型モーター」として機能することがわかった。詳しい解析の結果、水素イオン固定子とナトリウムイオン固定子が発生する回転力特性は異なるものの、それらが同時に相互作用する際はお互いを干渉することなく加算的に機能する、柔軟な機構を備えていることが判明した。

ナトリウムイオンの濃度が高いときはナトリウムイオン固定子の方が大きな回転力を発生させ、一方、その濃度が低いときには水素イオン固定子の方が大きな回転力を発生させるが、外環境のナトリウムイオン濃度に依存して、モーター内の固定子がダイナミックに入れ替わって再配置し、モーターの回転出力が自動的に最適化されることが明らかになった。入力エネルギーに応じて柔軟にシステムのパフォーマンスを最適化させるこのような仕組みは、今後、人工的なナノマシンを設計するうえで重要な手がかりを提供するものと期待される。

また、今回は大腸菌内で機能するハイブリッドモーターが作製されたが、自然界には複数種類の固定子を持つバクテリアが存在している。それらのバクテリアの鞭毛モーターも環境に依存してモーター出力を調節しているのではないかと予想され、バクテリアの生存戦略を考察するでも、貴重な知見とみられる。

# 新たなデバイス開発展開へ

## 奇な磁性を用いて発見
—ープ成功—

$uIr_2S_4$の新たな磁気的な性質を発見することに成功した。

研究グループでは「従来電子相関が比較的弱いとされている1r系で230Kと比較的高い温度で金属—絶縁体（MI）転移が生じ態ならば、イリジウムの磁気モーメントは消失しているはずであるが、今回そうではないことが示された。さらに、ミュオン・スピン回転の向きと大きさの信号が、振動せずに指数関数的に単調に減衰していくこと

分解に関わる加水分解酵素および還元酵素における反応機構の解析（嵐圭日子）キシログルカン分解に関する研究（矢追克郎）＜原著と＞ラクトスクロースの摂取が妊通および腸内菌叢に及ぼす影響性の検討（伊藤哲也、岸野恵理小）＜原著—ノート＞希少澱粉のーハヤトウリおよび花生姜の澱粉（菊田千景、杉本温美ほか）ほか建設機械施工【66巻2号、日本建設機械施工協会】＜特集：道路＞巻頭言興インフラの長寿命化を目指し城一郎）道路法等の一部を改正法律の施行に伴う関係政令の整備る政令等（加藤重人）道路メンスの高度化の推進に向けて—スメンテナンスハイウェイ（久保緩衝型のワイヤーロープ式柵の開発と実用化（平澤匡介）発光パネルを活用した渋滞緩和ペースメーカー（岸達比呂、鎌

科学新聞：2014年3月14日発行