

# 再生医療の発展を 工学的な技術と発想で支える

森田 有亮 医工学科 教授



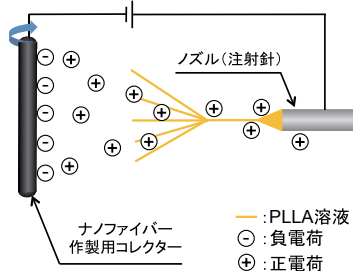
教員の横顔 Yusuke Morita

専門は、再生組織の足場材料、細胞の力学機能評価法の開発など。「細胞の周辺環境を整える！」を一つのキーワードに、工学的視点から再生医療などバイオテクノロジーの発展につながる医工融合のアプローチに取り組んでいる。趣味は、近傍の散歩。「歴史や文化を訪ねるときもあれば、自然を観察することもある」。テーマを決めて、ふらりと出かけるのが研究の合間の息抜きなのだとか。

## 血管の役割を模した ナノスケールの繊維を開発

今、再生医療が注目されていますが、体内組織の中でいきなり細胞が増えたり減ったりするわけではありません。どうすれば体外で効率良く細胞を培養できるのか…。再生組織の足場となるスキャホールドの設計がたいへん重要になってきます。「直径数百ナノ～数マイクロくらいのファイバー（極細繊維）を使ってこれを実現したいと考えています」。細胞の周辺環境を整える！バイオテクノロジーの発展を工学的な技術と発想で支えていく「医工融合」が、森田有亮教授の研究キーワードの一つです。

最も得意としているのは、エレクトロスピニング(ES)と呼ばれる作製手法です。注射器の中に生分解性のポリ乳酸溶液を入れ、高電圧をかけてプラス側からマイナス側に溶液を飛ばすことによって、極細の糸を作るというもの。糸を放出する注射器と糸を巻き取るコレクターだけのシンプルな構造で、ハンドリングが容易なのが特徴です。体内組織はコラーゲンなど様々な成分で構成されていますが、ナノファイバーはそうしたコラーゲンの網目構造を模擬していると言われています。

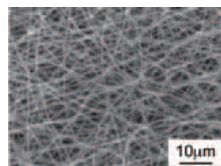


エレクトロスピニングによるナノファイバー作製方法

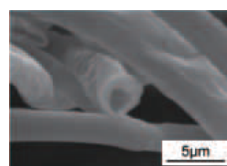
しかし、せっかくナノファイバーの足場を作っても、細胞がうまく定着しなかったり栄養が行き渡らなくなったりすると、再生や増殖ができなくなってしまいます。例えば、ナノファイバーがあたかも血管の代わりに酸素や栄養を供給する働きをすれば、細胞の活性を維持し壊死を防ぐことができるのではないのでしょうか。

## 工夫とアイデア次第で多種多様！ 細胞再生を促す足場設計に魅力たっぷり

では、具体的な設計手法とは？ スキャホールドの糸の目が詰まりすぎると細胞がスキャホールド内部に入りにくくなります。また、隙間が広すぎると、細胞がスキャホールド内部に均一に分布できずにスキャホールドから流れ落ちてしまいます。さらに、血管のような中空状のファイバーは、外側にポリ乳酸溶液、内側に別の溶液を二層構造として紡糸することで作製するといえます。エレクトロスピニングで放出されたファイバーを集めるとき、スピードを上げれば糸は引き伸ばされて細くなりますが、かといってあまり速すぎると延伸によって中空構造がつぶれてしまうので、巻き取り方法など工夫が必要です。設計をちょっと操作するだけで、出来るファイバーの形状は大きく変わってしまいます。電圧、吐出量、巻き取りスピード、コレクター形状、溶液特性…、そのバランスを考え、「できるだけ体組織



ナノファイバースキャホールド



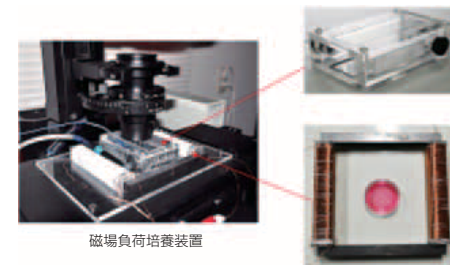
中空マイクロファイバー

に近い条件になるように設計するのが私の仕事。やりがいがありますよ」と笑顔を見せます。

現在、森田教授は、神経細胞の再生を促すような新材料の研究開発を行っています。神経細胞は体幹部分から末梢部分に向かって伸びていきますが、その際、本来再生すべき個所に他の細胞や組織が入らないようにしなければなりません。ちょうど朝顔のツルを支えるガイドのように、神経の道筋に沿ってあらかじめガイドとなるチューブを通しておきます。チューブの内側の構造を細胞の接着や進展に良好な構造にすれば、神経はスムーズに再生されるのではないのでしょうか。森田教授はPC12という細胞を使って、エレクトロスピニングで作製したナノファイバーチューブが神経再生にどんな役割や機能を果たすのか、その評価の確立を目指しているそうです。神経損傷などで苦しむ人たちに希望を与える研究で、今後の成果発信に大きな期待が集まっています。

## 若者よ、大志を抱け！ 医工融合に学問の楽しさを見出す

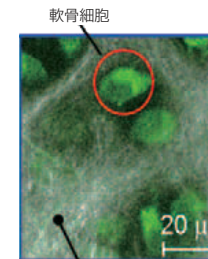
細胞の周辺環境を整える…。こうした視点で森田教授が取り組んでいるのが、軟骨組織の力学的な機能についての研究です。関節軟骨細胞は外部からの刺激にさらされると、軟骨細胞が活性化して、コラーゲンやプロテオグリカンと呼ばれる細胞外基質をたくさん産生するのだといえます。「特定の刺激の力に応じて、細胞外基質の産生パターンが変化すれば面白いと思いませんか」。例えば、人間の生活リズムに合わせて、12時間刺激を与えて残りの時間は休ませたほうが良いのでしょうか。あるいは24時間ずっと刺激を与え続けたほうが良いのでしょうか？ 森田教授は豚の軟骨をモデル



磁場負荷培養装置

に、電気的な刺激や力学的な刺激といった、様々な環境の中で軟骨組織の構造にどんな変化が現れるのか、多光子励起顕微鏡などを使って細胞やコラーゲンの分布構造を三次元的に評価しています。

もしかすると、再生医療の研究は医学に関わる学部・学科でなければ携われないというイメージがあるかもしれませんが、しかし、CTやMRIが病気の診断や治療に役立っているように、工学のシーズを活用することで医学に貢献することが可能なのです。「同志社大学生命医科学部には、学生の夢を叶えるいろんなアプローチが用意されていることを知ってほしいですね」。森田教授の医工融合の研究が、その言葉を確かなものになっています。



軟骨細胞  
 コラーゲン繊維  
 多光子励起顕微鏡で観察した関節軟骨