

## 研究者の視点

生体に馴染む  
人工材料を開発する

生体に合った人工材料をデザインする岩崎教授。  
ポリマーを操り、医療に役立つマテリアルを生み出す。

岩崎 泰彦

IWASAKI Yasuhiko

化学生命工学部 化学・物質工学科 教授

より体に馴染むポリマー材料を  
目指して

私は大学4年生の時に、外部研究生として東京医科歯科大学医用器材研究所（現・生体材料工学研究所）で卒業研究をする機会を得て以来、バイオマテリアルを開発する研究を行っています。

私の研究室では、生体から異物として認識されない材料を獲得するために、生体中存在している分子の構造を真似たポリマーの開発を行っています。最近では特にリンを含有するポリマーに注目しています。なぜならば、細胞膜の主要構成分子であるリン脂質、遺伝情報を司る核酸、骨の主成分であるアパタイトなど、生体内にはリンを含む様々な分子が認められるからです。

生体の中にあるものを  
模倣する

生体を模倣して設計したもののひとつが2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン（MPC）ポリマーです。血液は異物と接触すると固まります。人工材料も例外ではなく、循環器系医療機器の利用においては血液凝固が常に問題となります。一方、血液は健全な血管の中で凝固することはありません。そこで、人工材料で作られた医療機器の表面を血管の内表面（血液と触れる表面）を構成する内皮細胞の表面形

態を模倣したポリマーで修飾することを検討しました。MPCポリマーは細胞膜を構成するリン脂質と同じ極性基をもち、このポリマーを基材に被覆することによって細胞膜の表面形態を人工的に再現することができます。これにより、血液に含まれる凝固因子（主にタンパク質）が材料表面に吸着しなくなり、血液凝固が抑制されます。

最近、MPCの合成前駆体である環状リン酸エステル化合物をモノマーとして利用することによりポリリン酸エステルというポリマーの合成に成功しました。ポリリン酸エステルは主鎖の構造が核酸と同様であり、酵素的、非酵素的に加水分解される生分解性ポリマーです。従来の生分解性ポリマーに比べ置換基の導入が容易に行えることもポリリン酸エステルの特徴と言えます。現在、ポリリン酸エステルの応用研究のひとつとして骨粗鬆症をはじめとする骨疾患の治療に役立つポリマー医薬の開発に取り組んでいます。骨粗鬆症は、骨芽細胞のはたらきと破骨細胞のはたらきのバランスが崩れ、骨のリモデリングが破綻することによって引き起こされる疾患です。我々は近頃ポリリン酸エステルによって骨芽細胞と破骨細胞のはたらきを制御できる可能性を見出しています。また、大阪医科大学と共同で行った動物実験により、ポリリン

酸エステルが生体内で骨に親和性を示すことも明らかにしました<sup>1)</sup>。これらの現象についてより詳細な解析を進め、ポリリン酸エステルと骨との関係を明確にすることによって、骨治療を革新するポリマーの創出が実現すると考えています。

バランス感をもって、  
チャレンジを続けたい

生体の模倣から生体の利用という新たな発想のもと、生きている細胞の表面改質の研究に着手しています。細胞を用いることにより人工材料で再現できない高度な生物機能を扱える反面、細胞は過度に複雑なため、現象論な理解に頼る傾向が強くなります。一方、合成ポリマーの研究では、「こういう機能が出てほしいな、出るかな」と想像しながら分子を組み上げていくため、分子の構造と機能の関係を明確に説明できる点が魅力です。

研究者である以上、新しいことに挑戦したい気持ちは常にあります。実用化も大切です。「このポリマーのことだったら関西大に」と思われるような実績をひとつでも多く残せるように、これからも頑張ります。

<sup>1)</sup> Y. Iwasaki et al., *Biomater. Sci.* 2018;6:91-95.

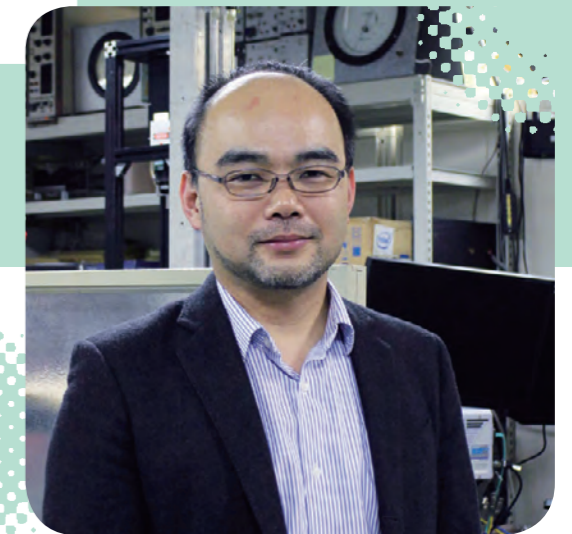
力学的な視点で、  
体の中の現象をみる

生体を模倣した装置を作って実験を重ねる田地川准教授。  
「機械屋」として、人体のメカニズムを探る。

田地川 勉

TAJIKAWA Tsutomu

システム理工学部 機械工学科 准教授

機械工学の手法を生物・人間へ  
応用するバイオメカニクス

私の専門は、機械工学の中でも流体工学です。大学4年生の時にバイオメカニクス（生体力学、生体機械工学）に関する研究も展開していた研究室に配属されたのですが、当時はその分野にあまり興味がなく、流体工学に関係した実験的な研究で博士号を取得しました。修了後に助手として同じ研究室で働くことが決まって以来、専門を生かして、血液の流れの中でも主に赤血球と心臓弁に関する研究に取り組んでいます。

人体の「呼吸する、血が流れる、嚥下」というような現象は、骨や筋肉や関節など、人体の構成臓器・器官・組織の動きによるものです。その動きを作り出すために必要なのが“力”です。つまり、そうした現象は必ず力学的に説明することができます。また、骨折も機械工学的には材料の破壊現象と言えますが、骨折後に治癒した部位がそれ以前より硬くなる現象も、力学的な刺激（ストレス）によって

組織が変化・順応するためだと考えられています。もちろん血液の流れや心臓の動き・機能も力学が関わっており、我々の体にとって“力”が非

常に重要な因子であることは明白です。

体内の動きの仕組みを  
体外で再現する

機械工学の発展を歴史的にみると、例えば飛行機や自動車の開発には必ずモデル実験が行われてきました。これは実物を模した模型（モデル）を使うことで、実機で試験することなく、より性能や信頼性が高い形状や機構（メカニズム）を探るという手法です。その発展過程のなかで様々な力学法則が定式化され、現代では力学的な分野の多くの現象が、微分方程式でモデル化されています。このため現在、特に力学に関わる分野ではコンピュータシミュレーションが発達しています。

その一方で、生体に関わる力学現象は非常に複雑なため、コンピュータシミュレーションだけに頼ることはできず、生体を模倣したモデル実験が欠かせません。例えば

心臓の動きや血液の流れを再現し、心臓弁の負荷を測る実験をしています。その際、影響していると予想される因子を系統的に変えていき、影響の現れ方の法則性・論理性を見出します。



心臓弁の模型

最終的には、将来実機で起こり得ることを予測し、それが良くない出来事であればその回避方法を考えたり、最も良い状況にするためのデザインを提案したりします。こうして得た評価や予測は、実際に私たちが関与した人工心臓弁や脳動脈瘤治療用のカバードステントといったデバイスの開発に役立っています。

様々な学域の人との  
共同作業を通じて

私たち「機械屋」の仕事のひとつは、出来上がった素材を使って新しいシステム（機械）を作り出すこと、またそれが製作者の制御の下で不具合なく機能するかを予想し、あらかじめ対応することだと思えます。関大メディカルポリマーの開発に機械工学者が携わっているのも、まさにこうした理由と言えます。

機械工学は非常に守備範囲が広く、バイオメカニクスもその一領域に過ぎないのですが、この分野の研究は基礎となる学問領域が多岐にわたっており、研究・開発に当たっては医師だけでなく技師、看護師、MR、営業など、様々な人と一緒に仕事をする機会に恵まれています。こうした方々と協力しながら、ひとつでも多くのデバイスがこの関大メディカルポリマーから世の中に出たら嬉しいと思っています。