



## 受賞者インタビュー

材料科学分野において飛躍的な成果を挙げた研究者に贈る NIMS Award。  
医療技術の革新的進歩に寄与した受賞者3名の特別インタビューをお届けします。

### Research Summary

#### 岡野 光夫 氏

東京女子医科大学 名誉教授 / ユタ大学 教授

岡野氏は、温度に応じて接着性が変化する高分子材料を表面にナノレベルの厚さでコーティングした細胞培養皿の開発に成功。シート状に培養した細胞を、酵素を用いることなく、温度を下げるという簡単な操作だけで培養皿から回収できる技術を世界に先駆けて開発した。さらに、作製した「細胞シート」を再生医療へと展開。「筋肉の細胞からつくった細胞シートを重症心不全患者の心臓に貼ると、人工心臓を外して元気に歩けるまでに回復する」といった夢の医療を実現した。ほかにも、角膜・歯周組織の再生、食道がん切除後の狭窄防止など、様々な疾患を対象に治験が行われており、日本発・世界初の最先端医療として今後ますますの発展が期待されている。 [P.13へ](#)

#### 石原 一彦 氏

大阪大学大学院工学研究科 特任教授 / 東京大学 名誉教授

石原氏は、細胞膜表面の構造と機能に着想を得た生体構造模倣型ポリマー「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」の創製に貢献した。MPCポリマーは、生体親和性や超親水性を示すMPCモノマーと、目的に応じた機能モノマーから合成され、自由な分子設計を特徴とする。同氏はMPCポリマーが、タンパク質吸着や血液凝固反応、細菌の接着・増殖などを抑制する機能を持つこと、体内に長期間埋め込んで使用する医療機器をこのポリマーで被覆すると性能が飛躍的に向上することを実証。モノマーの大量生産法の確立から、様々な医療機器への適用に至るまで、一貫通貫のバイオマテリアル開発を実現した。 [P.14へ](#)

#### ドナルド・E・イングバー 氏

ハーバード大学Wyss研究所 Founding Director / ハーバード大学医学大学院 ボストン小児病院 教授

イングバー氏は、建築の構造モデルにヒントを得て、生体細胞の骨格が「テンセグリティ構造<sup>\*</sup>」であることを提唱。細胞を狙ったかたちに形成する「マイクロパターンニング技術」を用いて、物理的な力が働いたときの細胞の応答を観察することにより、細胞の生存や死が力によって調節されていることを実証した。また、デバイス内に人間の臓器と同様の環境を人工的に作り出す目的で、呼吸や脈拍などに伴う細胞の変形を再現しながら細胞を培養する技術を開発。臓器チップ「Organ-on-a-chip」として実用化し、動物実験によらない創薬開発やオーダーメイド医療実現への道を切り拓いた。 [P.15へ](#)

\* テンセグリティ構造…張力等の力のつり合いによって全体構造を安定化させた構造。建築学上のモデル。

# 失われた臓器・組織の再生へ 「細胞シート」で“夢の医療”を



## 岡野 光夫 氏

Dr. Teruo Okano

東京女子医科大学 名誉教授  
ユタ大学 教授

1979年、早稲田大学にて博士号取得後、東京女子医科大学で助手を経て、1984年よりユタ大学で研究に従事。1988年より東京女子医科大学で助教授、1994年より教授。1999年に同大学・医用工学研究施設の施設長に就任。2000年、先端生命医学専攻を開設し系統的な医工融合大学院教育を開始。2008年からは、早稲田大学との連携施設「先端生命医学研究教育施設(TWIns)」を創設し所長を務めた。2014年に定年退職した後、2016年、ユタ大学で「細胞シート再生医療センター」を設立。センター長として研究を推進している。

— 温度応答性高分子材料を用いた「細胞シート」の作成に至った経緯をお聞かせください。

私はもともと早稲田大学で高分子化学を学んでいましたが、博士課程のときに、東京女子医科大学（以下、東京女子医大）の医用工学研究施設で行われていた人工臓器やバイオマテリアルの研究に興味を抱き、出向して研究する機会を得ました。そして、米・ユタ大学薬学部でドラッグデリバリーシステム(DDS)や「温度応答性ハイドロゲル」の研究に従事した後、恩師と共同研究者の誘いを受けて、東京女子医大に戻ることを決意。帰国後、「細胞シート」の作製手法の確立に至りました。

「細胞シート」は、シート表面を接着性のタンパク質が破壊されることなく覆っています。だからこそ、「治療部位にはりつけるだけ」という簡便な細胞の移植医療が実現するのですが、従来は細胞を培養皿から剥離・回収するために酵素が用いられていました。酵素を利用する方法では、細胞と培養皿を接着させているタンパク質のみならず、細胞間のタンパク質までも酵素によって破壊されてしまいます。そこで、酵素の代わりに温度応答性の高分子を用いて細胞シートの回収を行うという発想に至りました。この高分子は32℃を下回ると、疎水性から親水性に変化します。細胞は親水性の表面から剥離しやすいため、37℃程度で細胞を培養した後、20℃近くまで温度を下げるだけで細胞シートの回収が可能です。まず、温度応答性の高分子を電子線照射によって培養皿に固定化して第1世代の温度応答性培養皿を完成させました。そして、

あらかじめ分子をデザインし、コーティングにより微細構造を持つ薄膜を形成させる方法を取り入れ、様々なスマート表面を実現していきました。さらに、各細胞腫のシートを作製するには、培養皿の表面をそれぞれに適した微細構造に設計する必要があるため、様々な細胞の培養と剥離特性の評価を繰り返しながら、最適な構造と作製法を追究し第2世代温度応答性培養皿を開発しました。これは、細胞培養技術と表面科学の技術結集によって実現したもので、異分野の技術を融合させることの重要性を示す好例となりました。

— 細胞治療やバイオ医薬品が台頭する中、材料科学の重要性についてどのようにお考えでしょうか。

治療や予防、診断などの新領域を開拓していくには、人間の身体に備わる異物反応を、細胞、組織、個体レベルで回避可能なバイオマテリアルの開発が必須です。今、埋め込み型の人工臓器や生体内センサといった革新的な診断・治療に大きな期待が寄せられていますが、その実現には、生体内で中長期に機能を維持して利用できる材料の開発が欠かせません。コンピュータにおける半導体のように、先端医療の核を成すのがバイオマテリアルであり、今後も医療に革新を起こすものと確信しています。

— 日本が医療に革新を起こす技術を生み出していくために、どのような環境・体制づくりが必要でしょうか。

現在の医療は、いわゆる“タテ割り型”

の中で行われていますが、現状のバイオテクノロジーや医学的手法の限界を大きく飛躍させていくには、科学概念と理工学技術の融合、つまり医学・薬学と理工学といった異種の学問領域の融合が不可欠です。これまでも「医工連携」の重要性は言われてきましたが、そこからさらに一歩踏み込んだ「医工融合」のもとでこそ、理想的な未来医療が実現されると確信しています。ですから、日本にそうした集学的なアプローチを可能にする研究開発基盤や教育体制を整備する必要があります。私自身、そうした考えの実践として、2008年には東京女子医大と早稲田大学から成る「先端生命医学研究教育施設(TWIns)」を立ち上げました。まずそうした基盤があって、その上で各人が創造的なテーマに挑戦することが重要です。

— 今後、ご自身の研究をどのように発展させていきたいですか。

世界に先駆けて発明した細胞シート再生医療の実現と普及を達成するためには、研究開発チームに加え、臨床研究チーム、規制科学対応チーム、新産業創出チームをバランスよく配置した体制が必要です。より良いチームの在り方を追求し、いまだ治す術のない疾患の治療まで可能にする再生医療拠点を整備したいと考えています。そして、現在の薬のような対症療法から、根本治療を可能にする再生医療を、誰でも受けられる医療にしたい。細胞シートを通じて、世界の医療に貢献し、難病や障害に苦しむ患者を救済して行きたいと思っています。