

ELSI VOICES

SCIENCE STARTS WITH PEOPLE



松浦友亮研究室：
人工細胞を構築して生命を理解する

松浦先生の研究室では「人工細胞」の構築と、それを試験管内で進化させることに注力しているそうですが、この野心的な「単純から複雑へ」という戦略を体現する、最近の画期的な成果やプロジェクトについて詳しくお話しいただけますか？また、その意義についてもご説明ください。

生命の基本的な構成要素であるアミノ酸、核酸、脂肪酸を作ったからといって、自動的に生命システムが生まれるわけではありません。生命には、細胞内で分子が調和して相互作用する組織化が必要です。私たちの研究では、タンパク質、脂質、DNA、RNAを用いて、そのようなシステムをゼロから構築する方法を模索しています。

私たちがこれに取り組む理由は2つあります。第一に、地球上で生命がどのように始まったのかを理解するのに役立つからです。たとえ私たちの研究室の手法が、数十億年前に実際に起きたこととは完全に一致していなくても、特定の経路を通して生命が出現し得ることを証明できるのです。第二に、細胞から何を学び、人工の機械では不可能な方法で成長し、適応し、進化できる新しいシステムを設計できるのか、というバイオエンジニアリングの視点を与えてくれるということです。

画期的な成果の一つは、ハイドロゲルを組み込むだけで周囲と大きな分子を交換できる、脂質でできた微小な区画である「ベシクル」の創出でした。別のプロジェクトでは、ベシクル内に設計されたRNA「スイッチ」を用い、外部信号に応じてタンパク質の産生をオンまたはオフに切り替えることに成功しました。これらの研究は、驚くほど単純なシステムがどのように環境を感知し反応できるかを示しており、生命の起源と将来の応用に関する手がかりを与えてくれます。

先生のチームは、合成生物学、生物物理学、化学、そして計算科学を組み合わせる研究を行っています。研究室内および外部パートナーとの間で、どのようにして学際的な連携を促進しているのでしょうか？

私たちの研究は、合成生物学、化学、生物物理学、計算科学を基盤としていますが、研究室では主に、無細胞タンパク質合成、人工細胞の構築、指向性進化、分子解析という中核的な手法に焦点を当てています。より専門的な技術については、ELSI内外の専門家と協力しています。

松浦友亮研究室プロフィール

松浦友亮教授は1999年に大阪大学で博士号取得後、チューリッヒ大学のアンドレアス・ブルックトーン教授のもとでポスドク研究員として研究に従事し、タンパク質工学に関する専門知識を深めた。その後、大阪大学に戻り、助教、准教授を経て、2020年に地球生命研究所（ELSI）教授に就任。

ELSIでは、人工細胞や分子システムをゼロから構築する研究グループを率いている。松浦教授のチームは、生細胞においては当然のことと見なされている分子間の協調が、いかにして設計・制御され、最終的には合成システムにおいて現れるのかを探求している。生命の起源に関する研究とバイオエンジニアリングを融合させることで、松浦教授の研究は深遠な科学的問いへの答えを求めると同時に、革新的な未来技術への道筋を示すことを目指している。

「私がすべての答えを持っているわけではないことを学生たちに理解してほしいと思っています。私は彼らと一緒に、興味深い問いを探求しているのです。」



私たちにとって、共同研究とは決して脇役として参加することではなく、研究を主体的に形作っていくことです。数学、物理学、統計学といった基礎をしっかりと理解しているからこそ、適切な問いを立て、アイデアを評価し、強固なパートナーシップを築くことができるのです。内部の専門知識と外部との連携とのバランスが、研究をより創造的かつ生産的なものになっています。

先生の研究室では、ポスドクから学部生、留学生に至るまで、多様なメンバーからなるチームを指導しています。このような多層的で多言語のチームを支援するために、指導をどのように調整しているのでしょうか。また、チームの雰囲気教えてください。

私の研究室には、ポスドク、大学院生、学部生、そして世界中から集まった客員研究者が在籍しています。キャリアパスの異なる段階にありますが、全員が「論文発表につながる研究に貢献する」という共通の目標を共有しています。論文に自分の名前が載ることは、学生たちにとって大きな誇りと達成感をもたらします。

同時に、自立とは孤立して働くことを意味するわけではありません。問題を共に解決するとき、科学はより速く、より容易に、そしてより楽しいものになります。私は学生たちに、小さな課題が大きな挫折に発展しないよう、研究室の先輩たちと密に連携するよう勧めています。研究における自由は、強い共同体意識とバランスが取れてこそ、最も効果を発揮するのです。



今後、人工細胞システムと分子進化に関する研究室の取り組みにおいて、技術的なマイルストーンであれ理論的な知見であれ、次のフロンティアは何だとお考えですか？

人工細胞研究の未来は、「自律性」と「協調性」という二つの言葉に集約されます。今日の人工細胞は、初期のエネルギーや資源が尽きると機能を停止してしまいますが、対照的に、生きた細胞は環境から絶えずエネルギーを取り込むことで、活動を維持し続けることができます。

生物学から得られるもう一つの教訓は、協調性です。単純な細菌でさえ、膜、ゲノム、内部の構成要素がすべて一体となって、完璧に協調した形で成長しますが、そのバランスが崩れると、細胞は崩壊してしまいます。このような協調的な成長を人工細胞で再現することが次の課題です。私たちは、単なる機能だけでなく、本物の生物のように互いに連携して働く複数のモジュールからなるシステムの設計を目指しています。そのようなシステムを設計するための戦略を見出すことが、次の課題となるでしょう。

学生がプロジェクトを提案し推進することを通じて成長する「共同研究者」であるような文化を、主任研究者の立場としてどのように維持していますか？将来の科学者を育成する上で、メンターシップはどのような役割を果たしているのでしょうか？

私は学生たちを、受動的な学習者ではなく、共同の研究者として捉えています。プロジェクトについて話し合う際、最初アイデアが漠然としていても、会話を通じて徐々に形になっていきます。私は、私がすべての答えを持っているわけではないことを学生たちに理解してほしいと思っています。私は彼らと一緒に、興味深い問いを探求しているのです。

良いメンターシップとは、指導をしすぎることも、しなさすぎることもないことだと考えています。学生一人ひとりによって、そのバランスは異なります。理想としては、学生自身が自分のプロジェクトの専門家となり、私よりもはるかに多くのことを知るようになることです。私の役割は、学生に問いを投げかけ、答えが見つからない時には、さらに深く掘り下げるよう導くことなのです。

