



高輝度なX線を使って 材料の構造を可視化する

大学院工芸科学研究科
バイオベースマテリアル学部門
佐々木 園 准教授

原子・分子レベルの構造を見るために

佐々木園准教授は自身の研究について、「光をプローブ(ある物質の存在を確認するための手掛かりとして使用する物質)として用いて、新規材料の開発や材料の高性能化につながる構造物性研究を行っています。」と語ります。「研究方法は、高輝度なX線を使って物質の構造を可視化するというものです。X線は電磁波のひとつで、その波長サイズの構造であれば計測が可能です。ある意味で、波長が物差しとなります。物質にX線をあてると、原子・分子レベルの構造が分かるわけですが、一つ問題があります。私の研究対象である有機高分子薄膜材料では、結晶と非晶が複雑に混在しており、その構造の特徴はナノメートル(百万分の一ミリメートル)といった単位で見られます。X線を試料にあてて散乱光を検出し、収集した一連の散乱データをコンピュータで解析することで、試料内部の構造を明らかにします。このとき、大きいスケールで構造を把握しようとするれば、試料から数メートル離れた場所で散乱光を検出しなければなりません。しかし、一方でこの距離の2乗に反比例して散乱光の強度は減衰します。そうしますと、膜厚が百ナノメートル以下の薄膜ですと、大学等の実験室で通常使うX線散乱測定装置では何のシグナルも検出されず、構造を解明できません。この問題を解決するために、私達は高輝度のX線を実験に用いています。」

世界屈指の大型放射光施設 SPring-8での研究

佐々木先生は、世界屈指の高輝度放射光を生み出すことが

できる大型放射光施設SPring-8(兵庫県佐用郡、独立行政法人理化学研究所)を利用して、所属研究室の櫻井伸一教授と学生・施設の研究者・他大学の研究者らとともに研究を進めています。「SPring-8は、加速された高エネルギー電子ビームから発生する放射光を利用して実験・研究する施設です。一般の研究者が研究に使っているX線の輝度は、だいたい太陽光と一緒にですが、SPring-8では太陽光の10億倍の明るさのX線を産み出せます。電子銃によって、電子を光とほぼ等しい速度まで加速させると電子は直進しますが、その進行方向を曲げて円運動とするために、磁石が配列されています。この磁石で円運動の軌道が大きく曲がる時に、強い電磁波が発生します。この電磁波を放射光と呼びます。放射光は電子のエネルギーが高いほど明るい光となり、進む方向の変化が大きいほど、X線などの短い波長の光を含むようになります。SPring-8には、多数の光の取り出し口があって、そこで主にX線を使った実験が行われています。輝度が高いので、弱い信号も高SN比(信号量(signal)と雑音量(noise)の比)で検出することができます。普通の実験室だと数時間かけないと収集できないデータが、ここでは1秒たらずで収集できてしまいます。すなわち、SPring-8の高輝度光源を利用した時間分解X線散乱測定により、時々刻々と変化する物質の構造を分子レベルで追跡することができます。」

研究成果をフィードバックし 材料の高機能化を目指す

SPring-8という強力なツールを利用して、佐々木先生は、バイオベースポリマーや高分子系有機薄膜太陽電池材料の構

造物性研究を行っています。「最近力を入れているのは、動的な薄膜の構造、たとえば薄膜の結晶化や相分離に関する研究です。構造・物性の時間変化から物理的な相関関係を議論することをキネテックスと言います。現在私が取り組んでいるのは、薄膜成膜過程におけるポリマーの結晶化キネテックスを明らかにすることです。とりわけ、膜厚・表面の影響など、これまで薄膜試料で十分な検討がなされてこなかった問題の解明に注力しています。その目的のために、SPring-8のビームラインに計測システムを構築し、新たな実験法を確立しました。狙い通りの構造を薄膜で創製可能な、新規の成膜方法を確立するためには、何がキーとなるのかを明らかにしたいと思っています。」

佐々木先生の研究対象である薄膜材料は、医用材料や太陽電池材料などとして様々な最先端分野で必要とされていますが、さらなる高性能化には課題があると言います。「ポリマー材料は、薄く小さくすると、塊状(バルク)で一定の形状を保持できる温度であってもその形状を保持できなくなる場合があります。一般的にポリマー材料表面は内部と比較するとガラス転移点が低く、内部よりもやわらかい状態です。材料を薄く小さくしますと、比表面積が増大しますので、バルクならば形状を保持できる温度でも保持できなくなってしまいます。薄膜の材料設計では、温度はもとより、数多くの影響因子を考慮する必要がありますが、開発段階ではトライアル&エラーで試作を繰り返すことが多く、容易ではありません。私は、高輝度X線を利用して成膜過程で印加される外場刺激と薄膜構造の相関関係を分子レベルで明らかにして、プロセス技術の高度化に有用な知見を得たいと考えています。構造発展の各段階で一番重要な支配因子が何なのか、数値的に明らかにしたいと思っています。」

大学院は自分の新たな可能性を 見出せる場所

学生は、大学院での研究活動をとおして様々なことにチャレンジしてほしいと佐々木先生は言います。「私は、大卒で企業に就職し、技術者として新製品開発に関わった経験があります。当時は、社内で製品に用いる材料の物性をそれまでのマクロな視点だけではなく、ミクロな視点、しいては分子スケールで理解しようとする取り組みが始まっていました。今



独立行政法人理化学研究所 放射光科学総合研究センター SPring8

日でも難しいテーマだと思いますが、その当時の私は材料の構造物性を分子スケールで考えることの意味すら理解できませんでした。それがきっかけで、その後大学院に進み、博士号を取得するに至りました。私は、大学院での研究活動を通じて、多くの先生から科学の視点で物事を多角的に視て考えることの重要性を学びました。このことは、企業での製品開発でも必要ですから、バイオベースマテリアル学専攻の学生さんにも講義や研究活動を通じて伝えていきます。大学院で私が有意義だったと感じるもう一つの体験は、研究活動で多くの失敗をしたことだと思います。大学院の自由な研究の雰囲気の下、許される限りの体験をして、自分の新たな能力や可能性を見出させていただきたいと思っています。社会で重要な仕事をするためには、大学院のカリキュラムでしっかりと教育を受けることが必要だと実感しています。」

