

Point

世界最高水準の高輝度放射光施設NanoTerasu(ナノテラス)が運用を開始しました。ナノテラスは、物質の構造や性質をナノのレベルで可視化する「巨大な顕微鏡」です。ナノテラスの放射光を活用した技術開発に取り組み、新たなサービスや価値創造につなげていきます。

ナノの世界を照らす放射光 ～NanoTerasu

環境創造研究所 リスク評価部 戸田 美沙、エコチル調査プロジェクト部 北村 龍史、経営企画本部 宮本 信一

はじめに

小さなものを顕微鏡で観察する際に倍率を大きくしていくと、顕微鏡の視野は次第に暗くなっていきます。したがって、より小さなものを観察するためには、より明るい光が必要になります。私たちが日常で目にする光とは比べものにならないほど明るい「放射光」で照らすことにより、物質の構造や性質をナノ(10億分の1メートル)のレベルで可視化できます。

2024年に運用を開始した世界最高水準の「3GeV高輝度放射光施設 NanoTerasu(通称、ナノテラス)」は、ナノの世界を観察するための巨大な顕微鏡として、基礎研究から産業利用に至るまで幅広い領域で先進的な活用が期待されています。本稿では、ナノテラスの放射光の特性やその利用、そして当社における活用について紹介します。

放射光とは

放射光は、光速近くまで加速した電子の進路を磁場で曲げたときに放射される輝度の高い光です。一方向に強く絞られた指向性の高い光で、紫外線からX線まで幅広い波長をカバーしています。これらの特性により、放射光は材料科学を中心に広範な分野で、物質の分子レベルの構造や挙動を解析するツールとして活用されています。

3GeV高輝度放射光施設 NanoTerasu

東北大学の新青葉山キャンパス(仙台市)に整備されたナノテラス(写真1)は、太陽光の10億倍以上明るい光を生成する次世代型放射光施設です。

放射光には、波長が長く(光エネルギーが低く)吸収されやすい軟X線と、波長が短く(光エネルギーが高く)透過しやすい硬X線があります。軟X線は物質表面や原子量の小さい軽元素の解析に、硬X線は物質内部の深い領域の構造や原子量の大きい重元素の解析に適しています。

ナノテラスは、従来の放射光施設の100～1,000倍の輝度を実現し、光エネルギーが低い軟X線領域で軽元素の解析に高い性能を発揮します。高い時間分解能を備えており、試料に与えるダメージを最小限に抑えながら物質内部の物理・化学的な変化をナノのレベルでリアルタイムに測定できます。



写真1 3GeV高輝度放射光施設 NanoTerasu(仙台市)

放射光で見るナノの世界

放射光のX線を物質に照射すると、相互作用により、①蛍光や光電子の放出、②光の透過や吸収、③物質の電子構造に依存した光の散乱や回折が生じます。これらの相互作用を検出することにより、物質の構造や電子状態、化学状態、動的挙動等の物性を高精度に把握できます(図1)。

これらの特性を利用して、放射光は「見えないものを見る」ための強力なツールとして、材料科学や電子・通信、エネルギー等の分野を中心に広く産業利用されてきました。放射光は、材料開発において物性評価の大きな役割を担っており、エコタイヤの耐摩耗性ゴムに代表される新たな機能性素材の開発や半導体デバイス、電池材料、触媒等の性能向上に貢献しています。

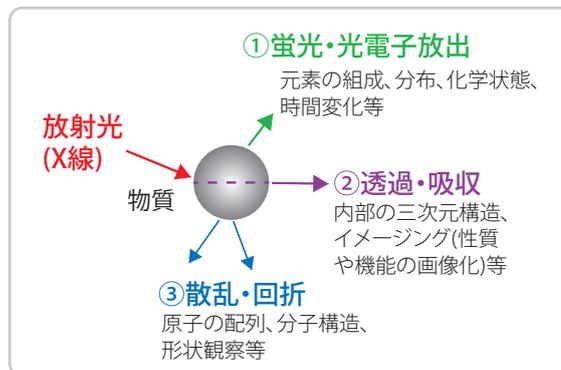


図1 放射光と物質の相互作用を利用した測定・解析

放射光を活用した技術開発

(1)当社における放射光の活用

近年、自然科学や環境科学の分野で放射光技術の活用が進んでいます。当社では、ナノテラスの放射光を活用した技術開発に取り組んでいきます。

環境分野では、放射光を用いた高精度な解析により、環境中の無機物や有機物の元素組成、分布、分子構造、化学形態、動態、時間変化などを原子レベルで明らかにし、物質循環や汚染物質の拡散・移動などのメカニズムの解明、効果的な浄化技術の開発などにつながることを期待されます。

生命科学分野では、生体組織の微細構造の観察やイメージング(性質や機能の画像化)、タンパク質やDNA等の生体高分子の立体構造や結合状態を解析することで、がんや感染症等の疾病メカニズムの解明や創薬に貢献すると考えられます。また、食品分野では、食品の成分や微細構造を放射光で分析することにより、美味しさや機能、安全性の科学的な評価が可能になります。さらに、建設やものづくり分野では、放射光を用いてさまざまな環境下でインフラ材料や先端材料の物性を解析することにより、品質管理や耐久性の向上、新たな機能性素材の開発等が期待されます。

これらの技術開発を通じて、当社の事業への放射光技術の適用を進め、科学的な裏付けによるメカニズムの解明、新規材料やデバイスの開発等により、既存技術の高度化や新たなサービスの提供につなげていきます。

(2)測定事例:マイクロプラスチック表面の解析

ナノテラスの運用に先立って、フィージビリティスタディとして、大型放射光施設SPring-8(兵庫県佐用郡佐用町)において、海域から採取したマイクロプラスチック表面の金属元素の分布とその化学形態を測定しました(写真2)。

マイクロ蛍光X線分析によりマイクロプラスチック表面の微小領域における金属元素の分布をイメージング解析した結果、マイクロプラスチック表面にバイオフィーム(指標元素:ケイ素)の形成を確認し、その中に銅や亜鉛が局在している様子が可視化されました(図2)。また、X線吸収微細構造(XAFS)分析により、銅はI価の酸化銅、亜鉛は塩化亜鉛の形態でバイオフィーム上に存在している可能性が明らかになりました。

放射光により、マイクロプラスチック表面の微小領域に形成されたバイオフィームが金属元素の吸着場として機能している可能性が示唆され、海洋環境中のマイクロプラスチック汚染の実態解明やその対策につながることを期待されます。

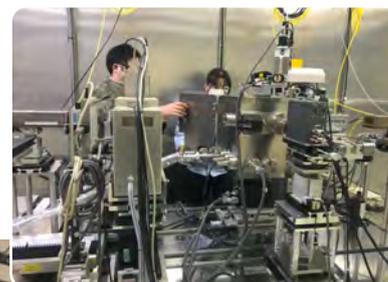


写真2 SPring-8 (BL37XU)での放射光測定の様子 (右上)実験ハッチ内の走査型顕微分光計測装置

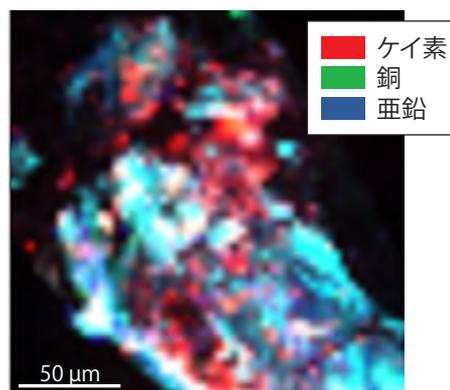


図2 マイクロプラスチック表面の元素分布を示したイメージング解析画像(写真中の白色の部分は、ケイ素、銅、亜鉛の3つの元素が重なって存在している領域を示す)

おわりに

ナノテラスには、研究機関と企業などが協働し、イノベーションを促進することを目的として、コアリション(有志連合)制度が整備されています。この制度は、企業と学術研究者をマッチングし、強力なチームを形成してさまざまな課題解決を図る産学連携のエコシステムです。当社は、コアリションによるオープンイノベーションを活用し、放射光を活用した技術開発を加速させることで、新たなサービスや価値を創出し、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献してまいります。