

# 次世代放射光施設

## —東北の未来に明るい光—

### 宮城県 経済商工観光部 新産業振興課

#### 1. はじめに

放射光とは、ナノレベル（1ナノ=100万分の1ミリメートル）で物質の状態や機能を解析することでイノベーションを創出し、我が国の研究開発の国際競争力強化を支える最先端科学の光です。

日本で放射光の研究が開始されてから約半世紀が経過しますが、放射光は、物質の構造や性質の解析・分析等により、基礎科学から応用まで幅広い学術研究に利用されています。

我が国の放射光施設では、これまで、物質科学、生命科学、地球科学等の広範な分野で、数々の学術研究の成果が生み出されてきました。また、創薬や新材料開発等の分野では、放射光の産業利用が進められており、今や放射光施設は科学的・社会的・経済的課題の解決に資する欠かせない重要なツールとなっています。

平成30年7月、この放射光を利用した大型研究施設である「次世代放射光施設」が東北大学青葉山新キャンパス（仙台市青葉区）へ設置されることが決まりました。

東北地方ではこれまで、平成24年に、東北の7国立大学が「東北放射光施設推進会議」を立ち上げ、東日本大震災からの産業復興と我が国の科学技術の発展を目指した「東北放射光施設構想」を提唱するとともに、平成26年には、宮城県が事務局となり、東北の産学官27団体（現在は28団体）で構成される「東北放射光施設推進協議会」を設立し、国への要望活動やシンポジウムなどの普及啓発活動を行ってきました。

この施設は、我が国の科学技術研究に大きく貢献するのみではなく、新技術・新製品の開発や、施設周辺への産業集積などを通して、宮城県及び東北地方へ大きな波及効果をもたらすため、施設設置

が決定したことで、東北の産学官からの大きな期待が寄せられています。

図1. 次世代放射光施設イメージパース



（一財）光科学イノベーションセンター提供

#### 2. そもそも「放射光」とは何か？

電子をほぼ光速まで加速し、電磁石によって進路を曲げたとき、接線方向に放たれる強い電磁波（X線）のことを放射光と言います。放射光は、太陽の10億倍もの明るさを持つ非常に明るい光です。

図2. 放射光のイメージ



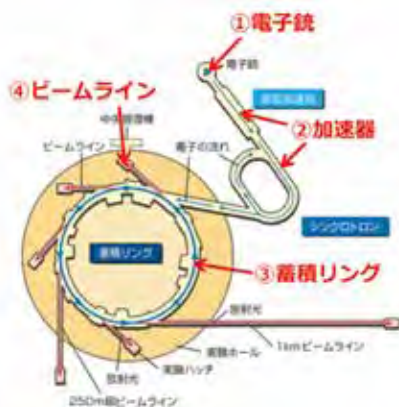
#### 3. 放射光施設とは？

放射光施設は、放射光を使って、あらゆる物質をナノレベルで観察することができる、言わば「強力な光を使った巨大な顕微鏡」です。

放射光施設の仕組みですが、「電子銃」から電子が発射され、「加速器」で光のスピード近くまで電子を加速します。蓄積リングと呼ばれる装置は、真空パイプの周りに磁石をいくつも並べた巨大な円形の装置で、偏向電磁石によって進行方向を曲げられリング内を周回し、挿入光源を経て放射光が取り出されます。

「ビームライン」という装置に、測定したい試料（サンプル）を設置し、そこに放射光（X線）を当てることで、物質の成分や構造を詳細に分析します。

図3. 放射光施設の概要図



#### 4. 放射光施設の活用事例

放射光施設による開発成果には様々なものがありますが、一例を挙げると以下のようなものがあります。

##### ①省燃費性の高いタイヤ

タイヤに使用されるゴムの三次元構造を詳細に解析することにより、グリップ性能と燃費向上の両立を実現し、省燃費タイヤの先駆けとなった。(住友ゴム工業株)

##### ②髪にツヤを与えるシャンプー

加齢に伴って髪のツヤが低下する原因となる細胞の分布構造を詳細に解析することにより、髪にツヤを与えるヘアケア製品を開発した。(花王株)

##### ③はやぶさ回収物の成分分析

はやぶさ搭載の帰還カプセルにより持ち帰られたごく微量な微粒子サンプルを詳細に分析することにより、微粒子が地球上の物質とは異なり、小惑星イトカワに由来していることを証明した。(JAXA)

#### 5. 軟X線と高輝度

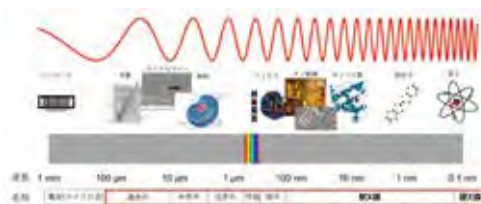
東北大学青葉山新キャンパス内への設置が予定されている次世代放射光施設は、「軟X線向け高輝度放射光源」とも言われています。

軟X線？高輝度？我々の日常ではあまり耳にしない言葉ですが、この「軟X線」と「高輝度」がこの施設の性能を端的に表すキーワードとなります。

そもそも「光」とは、空中を伝わる電気の波（電磁波）のことで、波の長さ「波長」によって名称も性質も異なります。私たちに見えている「可視光」はごく一部の電磁波で、マイクロ波や遠赤外線、紫外線、X線など、私たちの目では見えない波長の電磁波も数多く存在します。

放射光は、赤外線から硬X線の波長領域の高強度な電磁波のことで、放射光施設では、主に「軟X線」と「硬X線」が利用されています。

図4. 光の波長と名称、大きさ比較



二つのX線の特徴は以下のとおりです。

- 硬X線は・・・  
光の波長が短い。  
エネルギーが高い。  
透過力高い（物質の内部まで観察できる）。
- 軟X線は・・・  
光の波長が長い。  
エネルギーが低い。  
透過力低い（物質の表面を詳細に観察できる）。

この違いを簡潔に述べると、「硬X線は物質内部も含めた構造を見るのが得意」、「軟X線は物質表面を中心とした機能を見るのが得意」ということが言えます。

これまで、B（ホウ素）、C（炭素）、N（窒素）、P（リン）、S（硫黄）等の軽元素など柔らかい物質を見るのに適した、エネルギーの低い「軟X線」領域で「高輝度」な放射光を発揮できる施設は国内にはありませんでしたが、次世代放射光施設は、「軟X線領域」で「高輝度」な放射光を発生させることが可能であり、軽元素を感度良く観測することができ、軽元素の動きや結合などを見る際に威力を発揮します。

「輝度」とは光の明るさのことで、光の密度（狭い範囲にどれくらい光を集中できるか）などが関係します。輝度が高いほど、構造解析の精度を高めることが

できます。

この施設では、従来の物質構造の解析に加えて、物質の機能に影響を与える「電子状態」、「ダイナミクス」等の詳細な解析が可能となります。

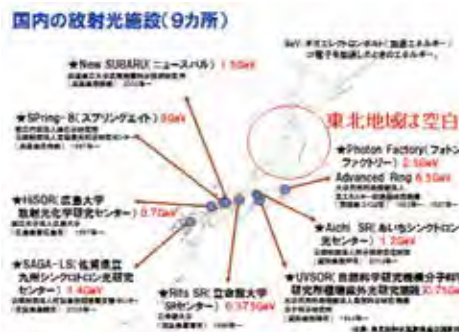
最先端の科学技術は、物質の「構造解析」に加えて、物質の「機能理解」へと向かっており、物質表面の電子状態変化を時間的に追える、「高輝度」かつ「軟X線向け」の放射光施設の整備が重要とされています。

## 6. 国内の放射光施設

国内では、茨城県つくば市のPhoton Factory（フォトンファクトリー）が昭和57年に供用開始されたのをはじめとして、世界最大規模の加速エネルギーを実現した兵庫県佐用町のSPring-8（スプリングエイト）など、現在、9施設が供用されています。

各放射光施設は、それぞれ加速エネルギーや装置の特徴などが異なり、物質の内部分析或いは表面構造の観察に長所があるなど研究の目的に合わせて利用されていますが、主に西日本に集中しており、東北地方はこれまで空白地域となっていました。

図5. 国内の放射光施設



## 7. SPring-8との相互補完

次世代放射光施設の設置が実現すれば、硬X線領域で物質の構造解析に優れたSPring-8と軟X線領域で機能解析に優れた次世代放射光施設が、波長領域・地域性の観点から相補的な関係を確立し、基礎科学と産業技術の融合に顕著な相乗効果をもたらすものと期待されています。

## 8. なぜ新たな次世代放射光施設が必要なのか？

加速器開発技術の進歩によって、放射

光施設の性能は年々進化しています。2010年以降、アメリカ、台湾、スウェーデン、ブラジルなどの国々が最新技術を搭載した「次世代」型（軟X線領域で高輝度）の放射光施設を次々に建設し、軟X線領域において光の明るさで日本を100倍上回る性能の施設も登場してきました。

諸外国がこれらの次世代放射光施設を活用して研究開発・産業競争力を強化している一方、我が国では、軟X線領域の利用環境は立ち遅れている状況にあり、このままでは我が国の国際競争力が失われていくことが危惧されています。

文部科学省では、平成28年11月に、「量子ビーム利用推進小委員会」を設置し、次世代放射光施設の整備やその利用に関する政策的な審議検討を重ねてきましたが、審議の結果、「学術、産業ともに高い利用が見込まれる次世代放射光施設を、「官民地域パートナーシップ」により早期に整備することが必要」という小委員会の報告を受けて、文部科学省において、平成30年1月、国と協力して「次世代放射光施設」の整備・運用に当たるパートナーの公募がなされました。

この結果、一般財団法人光科学イノベーションセンターを代表機関とする、宮城県、仙台市、東北大学、一般社団法人東北経済連合会がパートナーに選定され、国と地域が連携して次世代放射光施設の整備・運用が進められることとなりました。

図6. 国内外の放射光施設の動向



## 9. 次世代放射光施設の概要

次世代放射光施設の特徴は、前述のとおり、「軟X線」の波長領域において、「高輝度」な光を発揮するもので、物質表面の状態解析が得意とされ、触媒化学、生命科学、磁性・スピントロニクス材料、高分子材料等の幅広い分野における研究



ムです。

まず、ユーザー企業は、1口5千万円の資金拠出により、コウリション・メンバーとなり、年間最大200時間の施設優先利用権を10年間付与されます。

コウリション・メンバーは、大学研究者などの学術メンバーによる基礎研究成果等の「非競争的領域」をコンソーシアム全体で共有します。

各企業は、製品開発・技術開発等の「競争領域」で大学研究者と1対1の専属パートナーを組み、コンソーシアム内で競争します。

この手法は、基礎研究部分を共有しつつ、1対1の産学パートナーがコウリション（有志連合）を組むことにより、一堂に会してのオープンな産学連携では企業間の製品開発競争に深く踏み込めない難しさに対する解決策を提示するものです。

また、コウリション・メンバーは、専門的分析会社によるデータ解析や施設利用支援を受けることができます。これによって、放射光分野に詳しくない企業でも、自らの課題を持ち込めば、学術メンバーや分析会社の協力を得て、その解決方法を見いだすことが可能となります。

もちろん、コウリションに加入せずに施設を利用することも可能ですが、コウリション・メンバーにはビームラインの優先利用権があることや利用料金、施設利用のサポート面など様々なメリットがあり、光科学イノベーションセンターでは現在も参画企業を募っています。

平成30年11月末時点で、主に大企業を中心として約60社からコウリションへの参画が表明されているほか、45社が検討中とされています。

一方、中小企業の場合は、大企業のような資金がありません。そこで、一口50万円の資金拠出で放射光施設を共同利用できる「ものづくりフレンドリーバンク」という仕組みがあり、同時点で約35社の参画が表明されています。

図 10. コウリション・コンセプトにおける連携イメージ



## 12. 地域の産学官が一体となったプロジェクトの推進

地域においては、本プロジェクトの推進に当たり、地域側の整備・運用主体である光科学イノベーションセンターを、宮城県、仙台市、東北大学、東北経済連合会といった地域パートナーが支援しています。

宮城県は、光科学イノベーションセンターに対して総額30億円の施設整備費補助を行うほか、仙台市は5億円（10口）のコウリション加入金拠出や無利子貸付などの財政支援により、施設整備を支援します。さらに、県や地元自治体が連携して、企業立地への助成や税制優遇などにより、企業や研究機関の立地促進を進めていきます。

東北大学は、大学が有する多様な資産を活用し、学術・教育、産学連携の中核的な機関として、施設の利用促進と地域への産業集積に大きな役割を果たします。

東北経済連合会では、産業利用促進に向けたセミナーや勉強会の開催など、地域企業による施設利用促進の取組を強化しています。

このように、光科学イノベーションセンターを主体として、宮城県、仙台市、東北大学、東北経済連合会が密に連携し、産学官が一体的にプロジェクトに参画することで、世界で最も利便性の高い、放射光施設の実現を目指しています。

## 13. 次世代放射光施設に期待される効果

次世代放射光施設の設置により、短期的には地域産業への貢献として、産学共同研究開発によるイノベーションの創出や企業の潜在的技術開発ニーズの顕在化、新製品・新技術の研究開発の進展、科学に基づく農林水産業の強化、製品歩留まり改善・品質向上などのほか、施設建設やメンテナンスにおける加速器関連産業への参入など、東北地方の経済活性化に大きく繋がるものと考えられます。

中長期的には、東北への研究者・研究拠点の集積、国際的な交流人口の拡大、ものづくり産業への起爆剤、次世代を担う産業の振興、地域イメージの向上、理系人材の県内定着などが考えられます。このように、次世代放射光施設は、東北地方の震災からの創造的な復興と将来に

おける地域の持続的な発展に向けて、大きな力を発揮することが期待されます。

また、平成30年8月に東北経済連合会が公表した経済波及効果の試算によると、次世代放射光施設による波及効果は、「全国規模の市場創出効果」が10年間で1兆6,240億円と試算されており、加えて「県内への効果」として経済波及効果2,777億円、雇用創出効果1万9,123人などと試算されています。

#### 14. スケジュール

今後のスケジュールとしては、2018年度中に工事を着手し、2023年度中に運用を開始する予定です。

#### 終わりに

ーリサーチコンプレックスの形成を目指してー

東日本大震災から8年近い歳月が流れ、そして平成の次の時代を迎えようとしている今、本プロジェクトは東北の産業復興と将来の発展に大きく寄与するものであると期待されます。

フランスやスウェーデンなどの先進地域では、放射光施設を中心として、企業や大学などの研究施設が施設周辺に立地し、さらに研究成果を製品化する生産施設が集積した「リサーチコンプレックス」が次々と形成されています。

平成30年2月、宮城県の村井嘉浩知事及び県議会メンバーがフランスのパリ・サクレール地域にある放射光施設SOLEIL（ソレイユ）を視察しました。このSOLEILと次世代放射光施設は、とても類似しており、産学連携の面では、SOLEILは、パリ・サクレール大学等と連携しているのに対して、次世代放射光施設が立地することとなる東北大学周辺には、企業の大学内共同研究拠点や大型プロジェクト研究拠点、橋渡し研究拠点、社会実装・起業支援拠点があります。

産学官金の集積の面では、SOLEILが立地するサクレール地区は、光学、航空、輸送など約5千社が集積していますが、宮城県は、県内に工業事業所が約3千あります。大学等の学術研究機関や教育機関などの状況も似ています。首都圏からのアクセスも、SOLEILは、首都パリから約60分、次世代放射光施設は、東京

から約100分と時間的距離が類似しています。

つまり、この地域は、SOLEILと同様に、産学官金連携による新たなイノベーションの発信拠点になるポテンシャルを持っているということです。今回、文部科学省において我々の提案が採択されたのはこの点が非常に高く評価されたものです。

このプロジェクトの最大の目的は、次世代放射光施設を中心として、リサーチコンプレックスを形成することです。

宮城県は、次世代放射光施設による研究成果の実用化、製品化が域内で行われることで、この地域が我が国の新たな研究開発拠点として、イノベーション創出・新産業創出の場へ発展することを目指して、地域パートナーの一員として、国及び地域の関係機関と連携して、その実現に取り組んでいきます。

村井知事、県議会メンバーによるSOLEIL放射光施設視察

