

新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学

① ビジョンの概要

放射光による多角・複合的な精密解析・動的イメージング技術でデバイス・触媒・生命組織などの状態・機能・動作原理を解明する先端放射光科学プラットフォームを築き、学術・科学技術・産業分野の重要課題を解決する。

② ビジョンの内容

放射光は、テラヘルツからガンマ線に至る超広帯域の光を安定に供給できるかけがえのない光源であり、先端放射光源を用いた多角的・複合的な精密解析・イメージング技術は今日の学術・科学技術・産業を支える社会的基盤となっている。理学・工学・農学・薬学・医学などの自然科学分野のみならず、考古学・文化財検証などの人文科学分野においても放射光の利用が進み、放射光は我々人類の文化的生活のために不可欠なインフラストラクチャーに成長した。

シンクロトロン放射光は現在第

4世代まで光源開発が行われている。第1世代では高エネルギー物理学の加速器を光源として間借りし、第2世代は利用者専用の放射光施設を指し、第3世代はアンジュレータなどの挿入光源を中心とした高輝度光源、第4世代は電子蓄積リングにマルチバンドアクロマート(MBA)ラティスを採用して低エミッタンス・高輝度を実現した放射光源をいう。第3世代以降の放射光源はその低エミッタンス性から硬X線領域に至るまでの高輝度でコヒーレントな光を供給してきた。これにより空間分解能が飛躍的に向上し、複雑な物質材料システム・デバイス、生命組織などにおいて、これまで見えなかった構造や状態が原子レベルで可視化できるようになると期待できる。放射光のアト秒時間制御も可能になりつつあり、アト秒～ナノ秒、マイクロ秒～秒、時間～年の広範囲の時間軸にわたって、物質材料システム・デバイス、生命組織の動的変化追跡を実現できると期待される。さらに、例えば、異なる空間スケール・時間スケール・波長特性を持つ2ビームを組み合わせる放射光マルチビーム実験によって放射光の可能性が大きく広がると期待する。これまで放射光が最も多く利用されてきた学術分野は物質科学分野であろう。物質科学の発展は学術革新に留まらず、常に社会実装と直結しているといえる。20世紀後半は科学技術の急速な発展がもたらした公害を克服してきた時代であったが、例を挙げると、自動車排ガス浄化触媒の完成に放射光触媒機能解析は大きく貢献できたと考えられる。現在の物質科学周辺の重要課題は、我々人類の安全・安心な文化的生活を目標とした調和のとれた物質材料開発を行うことであり、CO₂温暖化に関連するエネルギー問題の解決、Society 5.0の実現に向けた量子情報技術革新などが挙げられる。これらの解決には、今後のブレークスルー的学術発見・発明が必須であり、放射光はそのための不可欠な基盤となり得る。電池、エレクトロニクス・スピントロニクス・超伝導・磁性体・構造材料、触媒・高分子・人工生体組織など極めて広範囲にわたる物質材料の革新的開発において、これらの物質材料システムが実際に動作している環境下で精密解析・状態イメージングが可能な放射光最先端計測技術は多大な貢献を確約できると考える。生命科学分野においても、これまで放射光はタンパク質等のX線結晶構造解析などの構造生物学の分野で多大に貢献してきた。また、生命活動がまさに行われている状態での観察も、放射光計測技術の開発とともに進みつつある。今後は、たとえば、生きた細胞中の各組織が経時変化しながら機能を発現している様子を、原子分子レベルで観察できる放射光生体組織イメージング技術によって追跡できるようになると期待できる。

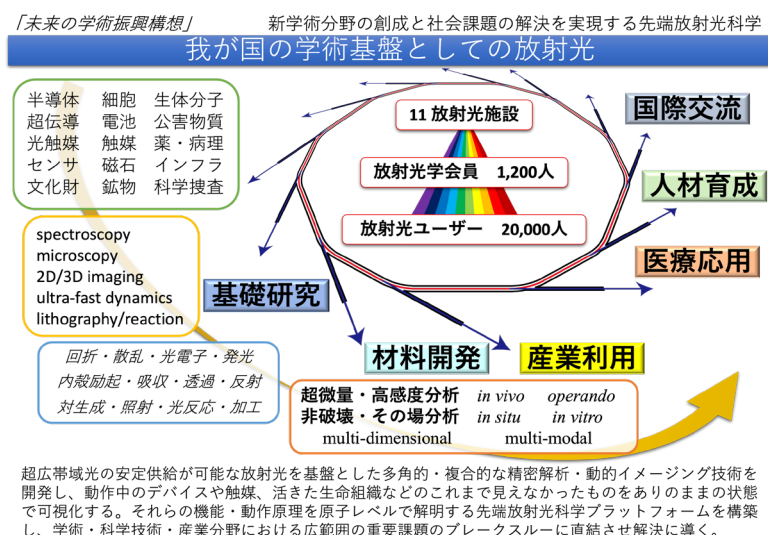


図1 我が国の学術基盤としての放射光

③ 学術研究構想の名称

新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学

Synchrotron Radiation Research for Innovative Science and Abundant Society

④ 学術研究構想の概要

国内 11 放射光施設で先端光源・手法開発とそれを担う研究技術者人材育成、各種量子ビーム・各先端計測・理論研究との学術連携、物質・生命インフォマティクス基盤の構築などを推進する。海外放射光施設との国際協調を強化し、海外からの利用の増加と拡大も図る。

⑤ 学術的な意義

放射光科学の光源と計測手法開発技術分野が、物質科学・環境科学・地球宇宙科学・食品科学・薬学・生理学・歴史的文献資料・美術工芸品など広範囲の自然・人文科学分野でのブレークスルーの礎になる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内では放射光科学に携わる研究者が待望していた第 4 世代の 3 GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu が 2024 年 4 月に利用開始された。第 3 世代の大型放射光施設 SPring-8 も 2027 年度に運転を停止し、約 1 年半かけて第 4 世代へ（SPring-8-II に）アップグレードされる予定である。NanoTerasu は、MAX IV、ESRF-EBS（欧州）、Sirius（ブラジル）に次いで世界で 4 番目である。SACLA の硬 X 線自由電子レーザー光源と、NanoTerasu、SPring-8-II の超高輝度光源により、軟 X 線から硬 X 線まで幅広いエネルギー領域にわたって先端計測イメージング技術の開発が可能となる。一方、既存の放射光施設である PF、UVSOR、HiSOR 等は老朽化対策を伴う高度化と更新に向けた施設計画を学術施設間連携のもと打ち出しており、またマスタープラン 2020 を礎とした ISSP-SOR も含めた連携により開発研究多機能ビームラインが PF に建設され、マルチビーム実験等、さまざまな開拓的研究が予定されている。立命館 SR、NewSUBARU、SAGA-LS、AichiSR 等も老朽化対策とさらなる高度化が求められている。これらの施設連携により、学術・科学技術・産業応用のいずれの観点からも諸外国をリードする放射光科学構想を推進できる。

⑦ 社会的価値

放射光は、先端材料の開発などを通じて、さまざまな社会課題の解決などに大きく貢献してきた。今後も、温暖化、エネルギー、環境、食や薬の安全・安心、疾病、耐震への安全・安心等、広く社会問題の解決の指針を提供、国民生活を支える不可欠な社会基盤であり続ける。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

R7ーR11：設備整備、人材育成、物質材料データ構造化・蓄積・解析技術の基盤構築

R12ーR16：新設備を基に新技術開発、新光源計画

【所要経費】 総額 80 億円

【実施機関と実施体制】高エネ研・分子研・広大・理研・高輝度光科学研究センター・原研・兵庫県立大・立命館大・九州シンクロトロン光研究センター・九州大・佐賀大・あいちシンクロトロン光センター・名大・光科学イノベーションセンター・量研機構・東北大・東大物性研

⑨ 連絡先

山本 雅貴（日本放射光学会・理化学研究所）、杉本 邦久（日本放射光学会・近畿大学）

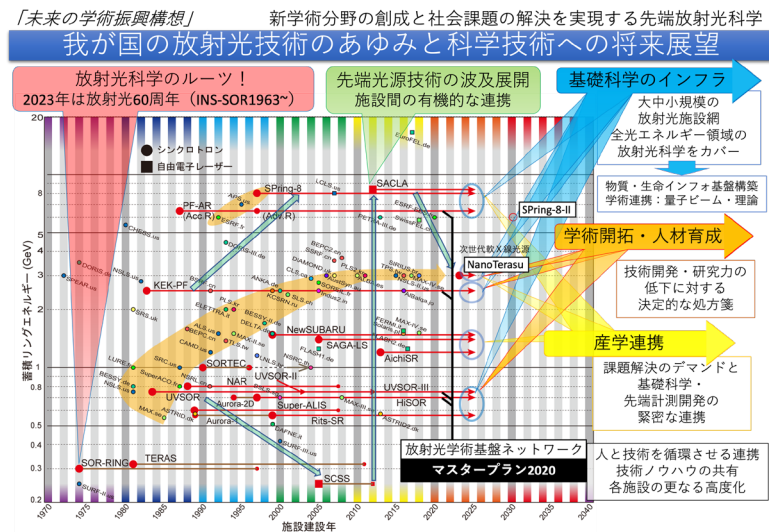


図 2 放射光技術の歩みと科学技術への将来展望