

放射光学術基盤ネットワーク

① 計画の概要

放射光施設が科学技術に広く貢献していることは説明するまでもない。放射光利用のための専用加速器（第2世代光源）のパイオニアは東京大学物性研究所 SOR-RING で、1975～1997年に稼働した。小型光源は大学における多様な学術研究と人材育成の観点から重要であり、学術予算によって1997年稼働の広島大学のHiSORがその役割を継承した。

一方、フルエネルギー入射器を有する本格施設として、学術予算による1982年稼働のPhoton Factory (PF)と1983年稼働のUVSORがある。それぞれX線領域の放射光施設、化学に専用化した真空紫外・軟X線施設として世界のパイオニアである。両者とも偏向電磁石からの放射光が中心の第2世代光源から脱却し、特性の違う挿入光源(直線部)も使えるように、第3世代光源への改造を進めた。そのような技術開発に支えられ1990年代後半から学術以外の予算を使って国内6施設が次々建設された。

特に1997年稼働の世界最大の第3世代光源 SPring-8 の建設では、学術において培われた先進的な加速器・挿入光源・ビームライン・検出器の開発や、そこで育成された人材が大きく貢献した。現在、科学技術予算をベースに、直線部を先鋭化した第4世代光源計画が検討されているが、これらへの学術の貢献が強く要請されている。

以上のように、真空紫外・軟X線～硬X線領域の放射光を用いた多様な共同利用・共同研究により優れた研究成果の創出と人材育成を長年にわたり担ってきた学術基盤としての3施設の果たす役割は、今後も欠かすことができない。そのため、本計画では学術基盤の強化とネットワーク化を進めながら、世界に誇るわが国の放射光科学を継続的に向上させる体制を構築する。

特に1997年稼働の世界最大の第3世代光源 SPring-8 の建設では、学術において培われた先進的な加速器・挿入光源・ビームライン・検出器の開発や、そこで育成された人材が大きく貢献した。現在、科学技術予算をベースに、直線部を先鋭化した第4世代光源計画が検討されているが、これらへの学術の貢献が強く要請されている。

② 学術的な意義

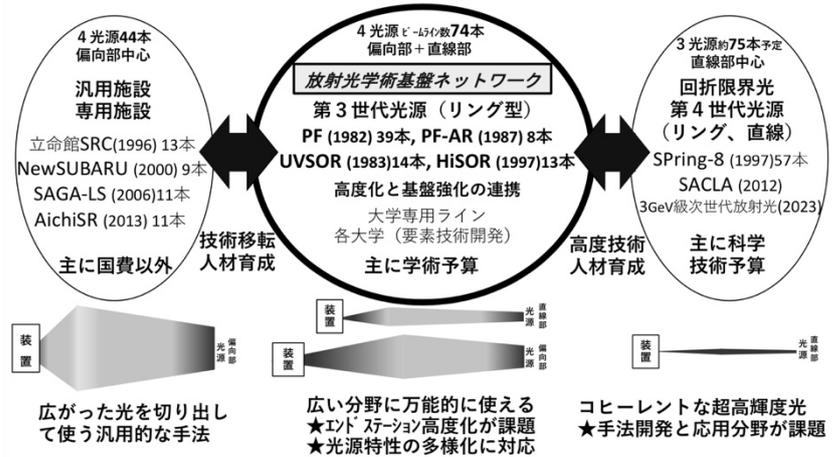
日本では、多様な科学技術（産業界を含む）の需要増に対応すべく次々と放射光施設が建設され、9施設10リング型光源となった。光源の特性はかなり違っていても、基本的な実験はどこでも同じになるように、学術施設の成果を踏まえて、各施設でビームラインが整備されてきた。世界の放射光施設の動向として、光源加速器は20年程度、ビームライン（技術開発を含むサイエンス）は10年程度で新しいニーズに対応しながら高度化することが必要となっている。今後、9施設10リング型光源体制を前提に、役割分担を進め、日本の学術研究を担うために設置されたPF、UVSOR、HiSORの3施設がネットワークを組み、新しい科学技術の需要を的確に把握し、光源・測定装置・検出器・データ処理の開発や高度化を効率よく進めていく学術基盤を形成することは大きな意義がある。学術が整備する第3世代光源では偏向電磁石部分からの放射光に加え、直線部分の多種多様な高輝度な挿入光源が利用できるなど、多様性と自由度が高いのに対し、挿入光源中心の超高輝度の第4世代光源ではコヒーレンス性能は格段に向上するものの、高い安定性が求められ、多様性や自由度を向上させるにはR&Dに時間が掛かると言われている。そのため、学術基盤の相補的利用が強く望まれる。

また、今後の放射光研究の持続的な発展のために、大学・大学院における人材育成が重要であることは言うまでもない。人材育成のサイクル（学部+大学院）はサイエンスと同様、概ね10年である。したがって、3施設が緊密な連携を組むことは第5期科学技術基本計画の科学技術イノベーションを担う「人材力の強化」の観点からも極めて重要である。

さらに将来、多様な学術研究（萌芽的・試行的研究を含む）に対応できるような、多様性や自由度のある光源・ビームラインの計画を新たに検討する際にも、この学術基盤ネットワークが核となる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

放射光利用は45年ほど前の第2世代光源から本格的に始まった。第2世代では偏向部から水平方向に扇状に広がった放射光を切り出し、分光・集光して利用する。第3世代では直線部に挿入光源と呼ばれる小さな磁石列を挿入し指向性が高く輝度も高い光も利用する。挿入光源開発では日本は世界をリードしてきた。第3世代は、偏向部、直線部それぞれで相補的で多様な研究が可能であり、扱えるエネルギー範囲（特に低エネルギー領域）、時間分解測定、低放射線損傷、偏光高速切替等で、高い自由度を有する。また、放射光利用研究では、加速器技術だけではなく、分光技術、測定・検出技術・データ処理等も同じく重要であり、そのR&Dが不可欠である。現在、35年以上経ったPF、UVSORは当初は第2世代であったが、世界に誇る高度化技術によって第3世代光源に近づいている。20年以上経ったHiSORでも直線部は真空紫外光源として成果を上げている。これら学術基盤に支えられて、SPring-8の建設や高度化計画、東北の次世代放射光施設のビームライン計画（3施設と東大物性研の学術連携による共同提案や建設協力）が進んでいるという実績がある。



④ 実施機関と実施体制

1. 日本放射光学会

日本放射光学会は定期的に国内放射光施設の代表者会議を組織し、3施設連携による各課題の解決や成果の共有を図る。

2. KEK 物質構造科学研究所・放射光実験施設 (PF)

硬 X 線までカバーする放射光施設として世界のパイオニアであり、光源加速器の高度化技術や直線部と偏向部それぞれの利用技術など、世界的に見ても技術開発の場として最適である。今後、光源・ビームライン・検出器・データ処理の高度化を進めていく中で、数々の新技術の開発と他施設への技術移転が要請されている。

3. NINS 分子科学研究所・極端紫外光実験施設 (UVSOR-III)

放射線損傷の大きな化学材料や生物材料の損傷問題を回避した軟 X 線分光やその場観測技術を国際的に先導しており、その技術開発の広い分野への拡大を進める。軟 X 線顕微鏡について PF との技術交流による他施設への技術移転が要請されている。

4. 広島大学放射光科学研究センター (HiSOR)

放射光施設の大型化に伴い、真空紫外領域の放射光が利用できる施設はほとんど UVSOR と HiSOR だけになった。世界中の研究者からその利用を渴望されている。HiSOR は光電子分光による微細電子状態研究、スピン物性研究について世界を先導しており、その技術は UVSOR や PF に活かされている。大学の小型施設の特長を活かした柔軟な研究開発と人材育成が要請されている。

以上に加え、3施設が連携して先端的な光電子分光の世界拠点を形成する活動を始めている。東北の次世代放射光施設に新たな分光装置を連携提案するなどの活動も始まっている。光源の高輝度性を追い求めるばかりでなく、高感度検出器開発や情報・統計学に基づくデータ処理などの共通目的も持っている。

⑤ 所要経費

総経費 60 億円

内訳

1) 学術3施設の連携による技術開発課題に必要な予算

1.0 億円×10 年間 = 10 億円 (設備費)

0.5 億円×10 年間 = 5 億円 (人件費) (博士研究員 8 名分)

2) 光源・ビームライン・検出器・データ処理高度化のための予算 (計画開始から 3～5 年間)

PF : 10 億×3 年 = 30 億 (光源加速器の高度化、新規挿入光源開発、集光技術開発、ビーム安定化技術開発)

UVSOR : 2 億×5 年 = 10 億 (ビームライン輸送光学系の炭素汚染対策による光源安定化、運動量分解光電子顕微鏡システムの整備、価電子帯オペランド計測システムの整備、その場観測による動作下や反応下の状態解析)

HiSOR : 1 億×5 年 = 5 億 (持続的な研究環境基盤を確保するための放射光源の高度化、ビームライン、測定系の高度化)

⑥ 年次計画

全般を通して：日本放射光学会では、毎年定期的に国内放射光施設の代表者会議を開催し、解決すべき課題を集約するとともに、学術3施設が核になってそれぞれ解決する方策を考えて具体的に問題解決にあたり、その成果を広く公開する。

第一段階 (1～5 年目) :

(1) 学術3施設の役割分担を定め、国内施設の諸課題を解決するために必要な設備等を連携して整備し、問題解決にあたる。

PF : 1 年目～3 年目 光源加速器の高度化技術、新型挿入光源技術開発、集光技術、ビーム安定化技術等を確立

4 年目～5 年目 UVSOR, HiSOR のための技術展開

UVSOR : 1 年目～5 年目 ビームライン高度化計画により、顕微技術、放射線損傷回避技術、その場観測技術等を確立

HiSOR : 1 年目～5 年目 光源・ビームライン高度化、偏極スピン測定技術、表面処理技術、自動化・遠隔操作技術等を推進

(2) 各施設に博士研究員を配置し、上記、技術開発等を通じて、育成

(3) 公開の連携研究会を定期的に開催し、諸問題を日本全体で議論

(4) 基幹設備である加速器の持続的な安定運用にかかる連携協力体制の構築

第二段階 (6～10 年目)

(1) 各施設で育成した博士研究員などの人材を他施設で雇用するなど、人材の流動とともに技術移転を促進

(2) 学術3施設で整備した設備を使って、新たな技術開発を連携して行う。その際、新たな博士研究員を雇用・育成

(3) 多様な学術研究 (萌芽的・試行的研究を含む) に対応できる、多様性や自由度のある光源・ビームラインを新たに検討

⑦ 社会的価値

放射光は、新しい学術分野を切り拓くのみならず、現代社会が直面しているエネルギー問題、環境問題、食や薬の安全問題等に対して挑む課題解決型の研究開発において極めて有用な情報を提供し、国民生活の安心・安全を支える基盤である。本計画の学術基盤の強化・連携によって、社会の様々な場面で活躍できるグローバルな人材の育成も格段に促進される。近年、技術革新が著しい、微小試料あるいは不均一試料中の極微細領域の分析手法の確立を促進し、原子・分子レベルでの物質の理解を可能とし物質材料や医薬品の基礎科学的理解に基づいた「科学的根拠に立脚したものづくりの実用化」を国内9施設10リング型光源の連携によって実現する。既存材料への付加価値、新規材料や医薬品の創成を強力に後押しすることで、国内産業の国際的な優位性と競争力を強化する。そのことによって新たな市場の創出や社会的価値を創出し、経済的効果にも結び付く。

⑧ 本計画に関する連絡先

小杉 信博 (日本放射光学会)