

2024年4月10日

第4世代大型放射光源計画に関する提言

日本放射光学会特別委員会

【エグゼクティブ・サマリー】

日本放射光学会は、現在世界で急速に進行している大型放射光源の第4世代化を踏まえて特別委員会を設置した。本委員会は、現在の社会的要請を踏まえつつ、放射光分野の専門学会として、主に科学技術的観点から、その背景、必要性および課題について、今後2年をかけて議論を行う予定である。ただし、第4世代大型放射光源の整備自体については喫緊の課題であることが認められたため、本提言は中間まとめのかたちで提言の骨子をまとめたものである。

日本の放射光研究60年の歴史の中で、第1世代から第2世代、第3世代へと引き継がれてきた放射光源整備計画の系譜は、次の世代へと引き継がれるべく、その機が熟している。第4世代大型放射光源における光源性能の向上は、蓄積リングのマルチバンドアクロマート磁石配置を可能とする加速器技術の世界的な進展をその嚆矢とする。第4世代大型放射光源は、放射光科学の新たな地平を切り拓くツールであると同時に、その実現は科学技術・イノベーション基本計画の実現に向けた重要なコミットメントでもある。本光源は、Beyond 5G、スパコン、宇宙システム、量子技術、半導体などと並んで、新たな価値創造を可能とする次世代インフラ・技術であり、

- ・ 地球規模課題へ対応し、我が国の温室効果ガス排出量を2050年までに実質ゼロとし、世界のカーボンニュートラルを牽引するとともに、循環経済への移行を進めることで持続可能な社会を構築する
- ・ 自然災害や新型コロナウイルス感染症など、顕在化する経済社会や国民の日常生活のリスクを低減する

といった社会課題の解決に重要な役割を果たすことが期待される。また一方で、諸外国での第4世代大型放射光源の整備が急速に進みつつある現在、これまで半世紀以上にわたって世界の放射光科学を牽引してきた日本の放射光科学の国際的な優位性を維持・向上させ、経済安全保障を確保する観点からも国内での第4世代大型放射光源の整備が急がれる。

以上、第4世代大型放射光源は放射光科学の新たな地平を切り拓く強力な研究ツールであるのみならず、応用研究、産業利用研究に至るまで、極めて広範な研究開発のための基盤施設であり、国として早急実現されることを提言する。

1. はじめに

日本放射光学会は、2023年10月28日の評議員会において特別委員会の設置を決定し、現在世界で急速に進行している大型放射光源の第4世代化を踏まえて、第4世代大型放射光源計画に関する提言をまとめることとした。本提言において「第4世代大型放射光源」とは、マルチバンドアクロマーの磁石配置をもつ蓄積リングから構成され、電子エネルギーが6GeVクラスであり、従来の第3世代大型放射光源と比較して二桁程度の輝度向上を実現する大型の放射光源と定義する。本特別委員会の設置期間は、2023年10月28日から2025年9月30日までの約2年間であり、第4世代大型放射光源計画を取り巻く現在の社会的要請を踏まえつつ、放射光分野の専門学会として、主に科学技術的観点から、その背景、必要性および課題について、今後2年をかけて詳細な議論を行い、包括的な提言の取りまとめを行う予定である。ただし本提言は、第4世代大型放射光源の整備自体については喫緊の課題であることが認められたため、中間まとめのかたちで提言の骨子をまとめたものである。

2. 検討の背景

2.1 日本の放射光 60 年

日本の放射光利用研究は、2023年で記念すべき60周年を迎えた。1961年に東京都田無市（現在の西東京市）の東京大学原子核研究所（核研）で750MeVの電子シンクロトロンが開始され、この核研電子シンクロトロンに、放射光の取り出し口が設置された。高エネルギー物理実験に寄生した、いわゆる「第1世代」の放射光源として、日本初の放射光実験が始まったのが1963年である。その後、1970年代には偏向電磁石を主要光源とする「第2世代」が、1990年代には挿入光源を主要光源とする「第3世代」が出現し、放射光源の性能向上が推し進められてきた。一方、この60年の間に、放射光は基礎研究のための強力なツールであるのはもちろんのこと、応用研究、産業利用研究に至るまで、極めて広範な研究開発のためのツールとなっており、さらなる光源性能向上を実現する「第4世代」の登場が待たれているのは、極めて自然な流れといえる。国内では、SPring-8-II計画が第4世代大型放射光源計画にあたる。

2.2 社会からの要請

我々の社会が抱える課題は、環境、資源、エネルギー、食糧、健康、ジェンダー、教育など、極めて多岐にわたり、様々な観点から課題解決への取り組みが行われている。例えば、国連によって2015年に採択されたSDGs（Sustainable Development Goals、持続可能な開発目標）は、様々な社会課題の解決に向けた17の目標を端的にまとめたものであるが、これらの社会課題は、いずれも単純には解決困難な課題であり、基礎研究から実用化研究、社会システムの実装、国内・国際的な政治判断に至るまで、様々なレベルでの重層的な取り組みが必要不可欠である。

国内では、内閣府が定めた第6期科学技術・イノベーション基本計画（2021～2025年度）の中で、第5期科学技術基本計画で提案されたSociety 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策の目標として、「国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革」が掲げられた。具体的には、データサイエンスやAIなどを最大限活用して取り組むべき社会課題が例示されている。

- (1) 地球規模課題へ対応し、我が国の温室効果ガス排出量を 2050 年までに実質ゼロとし、世界のカーボンニュートラルを牽引するとともに、循環経済への移行を進めることで持続可能な社会を構築すること
- (2) 自然災害や新型コロナウイルス感染症など、顕在化する経済社会や国民の日常生活のリスクを低減すること
- (3) Beyond 5G、スパコン、宇宙システム、量子技術、半導体等の次世代インフラ・技術を整備・開発することにより新たな価値を創造すること

放射光は、上記(3)に対応する科学・技術の研究開発のための大型インフラであり、(1)や(2)の社会課題解決への取り組みの中でも、特に基礎研究から実用化研究に貢献することが期待されている。これまでの放射光研究の歴史においては、次世代放射光源が登場する以前には全く見えなかったものが、次世代放射光源の登場によって明瞭に見えるようになるという成功体験を数多く積み重ねてきた。X 線の空間コヒーレンスの利用研究などはその際たる例であり、X 線の空間コヒーレンスの利用によって、それまで未踏であった非破壊ナノスケール可視化が実現した。また実用研究事例としては、蓄電池材料の可視化による電池性能の革新、食品科学への貢献、薬物動態・医療・診断技術への貢献などが挙げられる。

本特別委員会では、現在の第 3 世代大型放射光源では実現が困難なニーズとは何か、第 4 世代大型放射光源が、社会課題の解決に向けてどのような新しいニーズに応えることができるのかについて、第 3 章で検討を行った。

2.3 国内外の放射光施設の情勢

世界の先端的な放射光施設は、第 3 世代光源から第 4 世代光源への移行期にある。世界の第 4 世代大型放射光施設としては、稼働中、建設中、計画中を含めて、以下のような施設がある（表 1）。第 2.1 節で述べたように、日本国内においては、常に最先端の放射光施設を建設し、最先端の放射光利用研究を開拓してきた歴史があり、これを次の世代にも引き継ぎ、さらに発展させていくことは、日本の放射光コミュニティにとって極めて重要である。

表 1：世界の第 4 世代大型放射光源（ステータスは 2024 年 3 月現在）

施設名称	設置主体の国・地域 (所在地)	電子エネルギー (GeV)	周長(m)	ステータス
ESRF-EBS	欧州 (グルノーブル)	6	844	稼働中
HEPS	中国 (北京)	6	1360	建設中
APS-U	米国 (シカゴ)	6	1104	建設中
SPring-8-II	日本 (西播磨)	6	1436	計画中
PETRA IV	ドイツ (ハンブルグ)	6	2300	計画中

一方、国内には、放射光施設および X 線自由電子レーザー施設が様々な設置母体により設置され

(表 2)、それぞれの施設が役割を分担しつつ、相互に連携しながら運営が行われている。これらの施設の中で、マルチバンドアクロマートの磁石配置をもつ第 4 世代放射光源は、NanoTerasu のみである¹。NanoTerasu の電子エネルギーは 3GeV であることから、主に軟 X 線領域の利用実験をターゲットとしており、主に硬 X 線領域の利用実験をターゲットとする第 4 世代大型放射光源は、現時点では国内に不在のままである。上記の通り、世界では第 4 世代大型放射光施設の建設が急ピッチで進行しつつあり、国内でも遅滞なく設置を進めることが急務である。

表 2：国内の放射光施設および X 線自由電子レーザー施設の分類

	大学共同利用機関および 共同利用・共同研究拠点	共用施設	大学、自治体等の施設
施設名	Photon Factory UVSOR HiSOR	SPring-8 SACLA NanoTerasu	SR Center NewSUBARU SAGA-LS AichiSR
予算	主に学術予算	主に科学技術予算	主に国費以外の予算

3. 社会課題解決と第 4 世代大型放射光源

3.1 第 4 世代大型放射光の光源性能の特長

第 4 世代大型放射光源では、電子ビームの低エミッタンス性によって、第 3 世代大型放射光源と比較して 2 桁程度の輝度の向上が見込まれる。その帰結として、光子ビーム全体に占める空間コヒーレンスを有する光子の割合は、第 3 世代大型放射光源と比較して極めて高い。また電子エネルギーが 6GeV 程度であることから、硬 X 線領域の放射光の発生に適している。第 3 世代と第 4 世代の代表的な放射光源性能の比較を表 3 に示す。

表 3：第 3 世代と第 4 世代の性能比較（電子エネルギー 6GeV クラス）

性能指標	第 3 世代	第 4 世代
エミッタンス	~5 nm·rad	~0.05 nm·rad
典型的な輝度	~10 ²⁰ ph/s/mm ² /mrad ² in 0.1% b.w.	~10 ²² ph/s/mm ² /mrad ² in 0.1% b.w.
空間コヒーレンス率	~0.1 % (10 keV) ~0.002 % (100 keV)	~20 % (10 keV) ~5 % (100 keV)

¹ 電子エネルギー 3~6GeV クラスの中型~大型放射光源では、蓄積リングの周長が比較的長く、空間的な設計の自由度が比較的高いため、中型~大型放射光源における輝度向上に有効な手法として、マルチバンドアクロマートの磁石配置が採用されている。

第 4 世代放射光源の際立った特徴として、光源が線光源から点光源に近くなることが挙げられる。第 3 世代までの線光源では、軸外の放射成分が軸上に混入するためにアンジュレータのスペクトルの広幅化が起こるが、第 4 世代の点光源では軸外の放射成分が大幅に減少するために、スペクトルの線幅が劇的に狭帯化する。そのため結晶分光器による高いエネルギー分解能を必要としない実験では、多層膜分光器やハーモニックセパレーターなどの光学素子を用いて特定の次数のアンジュレータ光を取り出すことで、適度なエネルギーバンド幅（～1%程度）で、大強度の高エネルギービームが利用可能になる。これにより試料位置での光子フラックスが 2 桁以上増加し、微弱な信号を取り扱う、いわゆる「フォトン・ハングリー」な測定手法（タイコグラフィ、発光分光、時間分解測定など）の統計精度が格段に向上し、その測定対象が飛躍的に拡大することが期待される。すなわち、第 4 世代大型放射光源の特長をまとめると、(1)高輝度（低エミッタンス）性、(2)高コヒーレンス性、(3)高エネルギー X 線利用、(4)高フラックス性の 4 点である。これらの性能向上は、我が国における X 線計測・解析のあり方にパラダイムシフトをもたらし、他の計測・解析法の進歩との相乗効果によって、我が国の学術・産業競争力が劇的に向上すると期待される。

3.2 第 4 世代大型放射光源で初めて実現可能となるニーズ

ここでは、第 3.1 節の第 4 世代大型放射光源の光源性能の特長を踏まえて、現在の第 3 世代大型放射光源ではニーズに応えることが困難と判断される事例、および第 4 世代大型放射光源が課題解決に貢献できると期待されるニーズについて例示する。

以下に挙げた例は、現状で実施困難と考えられる利用実験事例を踏まえて、現在推測できる範囲で、第 4 世代大型放射光源が登場すれば課題解決が実現するであろうという観点で提案している事例である。しかし、これまでの新光源が登場した後の利用研究の発展の歴史を振り返ると、新光源が登場する前には全く想像もつかなかった利用事例が登場して、新しい研究分野の開拓や新規イノベーションに貢献していることから、第 4 世代大型放射光源においても同様なことが起こることは想像に難くない。

3.2.1 次世代半導体デバイス中の微細な欠陥や局所ひずみの可視化

第 4 世代大型放射光源では、従来よりも桁違いに高い効率で、X 線をナノメートルサイズに集光することができる。これは、第 4 世代光源の低エミッタンス性能により、従来の X 線ナノ集光で用いられてきた小さな開口の仮想光源が不要となり、実際の光源の縮小像を X 線ナノビームとして直接利用できるようになるためである。また、X 線集光サイズを自由に変えることができる X 線ズームレンズの導入も検討されている。これらの新しい技術で実現する大強度の X 線ナノ集光ビームを活用することにより、例えば、半導体デバイスの動作不良の原因となる微細な欠陥の観察や、機能制御のための局所ひずみの観察を、産業界からのニーズに応え迅速に行えるようになることが期待される。また、第 4 世代大型放射光源では、タイコグラフィのようなコヒーレンスを活用したイメージング技術の空間分解能が飛躍的に向上する。例えば、3 次元的にナノスケールで集積された次世代半導体デバイスについて、電子顕微鏡観察のように試料を微細に加工することなく、非破壊でシングルナノメートル分解能での検査が可能となり、Beyond 2nm 世代半導体やメモリなど様々な半導体の性能向上に繋がると期待される。

【関連する技術分野：微細加工された工業製品の評価、生体組織のイメージング、等】

3.2.2 実材料や生命の機能を本質的に支配する軽元素の空間分布の動的可視化

蓄電池や燃料電池では軽元素が可動イオンとして利用される一方、重元素が電極材料や容器に用いられるため、従来の第3世代光源では軽元素イオンの導電経路や拡散を捉えるには計測に合わせて設計された特殊な電池セルを用いる必要があり、実用段階に近い電池内部を観測することは困難であった。第4世代大型放射光源では集光された高エネルギーX線を用いることで、動作中の電池内部の電極や固体電解質中での軽元素イオンの微視的分布を観測することが可能になる。これにより、例えば、まもなく実用化される全固体リチウムイオン電池の性能向上のみならず、ナトリウムやマグネシウム電池などの次世代・次々世代の電池の開発も加速すると期待される。

また、X線ラマン散乱やコンプトン散乱イメージングなど、非弾性散乱の計測手法を活用することにより、高輝度かつ高エネルギーのX線で製品・食品、生物などを透過させながら軽元素などの情報を得ることも産業競争力の強化には極めて重要な視点であり、モノづくり日本の技術の劇的な底上げが期待される。【関連する技術分野：細胞内の液液相分離、薬物動態、農作物や食品中の微量元素（食料生産のための農作物成長促進、食品付加価値創造、等）、電池材料中の膜破損、腐食、界面構造、等】

3.2.3 材料の寿命予測などにつながる、稀であるがクリティカルな非平衡現象の観測

第3世代大型放射光源では、繰り返し起こる現象や静的な構造を高精度に観察することができるが、材料中での亀裂や損傷の発生など、単発で稀に起こる非平衡現象を特に微視的なスケールで捉えることは困難であった。第4世代大型放射光源の高フラックス性と高コヒーレンス性を用いることで、従来の手法では平均化されて埋もれてしまっていたこれらの現象を、時間領域および空間領域で分離して捉えることが可能となる。例えば大気中の二酸化炭素を回収するDirect Air Captureなどのネガティブエミッション技術やエネルギー貯蔵技術を実用化するには、単にそれらの性能を向上するのみならず、長期間にわたり多様な環境下で性能を発揮させることが重要である。性能低下や劣化に繋がる稀な現象の早期解明は、カーボンニュートラル・カーボンネガティブ実現に必要不可欠である。今後、均質でない様々な材料において、問題となる箇所を選び出し、そこでの非平衡現象を観測することの重要性がますます高まると予想され、このような非平衡現象の理解には、第4世代放射光源がもたらす高時間分解能・高ハイスループット計測、さらにはそれらのビッグデータ解析が新たな潮流を生み出すと期待される。

【関連する技術分野：原子炉格納容器等、亀裂や損傷の発生が大きな影響を与える対象において稀に起こる非平衡現象の観測、等】

3.2.4 部品の加工プロセスや製品そのもののオペランド可視化

産業製品においては、様々な部品を組み合わせることで製品が作られており、それら部品を結合させた界面の問題や、製品性能向上の障害になっている箇所を発見することにより、高性能化や長寿命化が期待できる。個々の部品を見るだけでは、製品性能の全体を底上げすることはできないことから、高エネルギーX線への期待は大きい。

第 3 世代大型放射光源では、装置を構成する個別の部品について、精密な静的イメージングを行うことはあっても、部品の加工中や部品が組み立てられた装置が全体として動作する様を動画としてイメージングすることは極めて困難であった。第 4 世代大型放射光源では、高エネルギーの準単色 X 線を用いて、センチメートル級の厚みを有する金属部品の加工中や組み立てられた装置が実際に動作している状態を観測することが可能になる。例えば、金属材料の切削加工や放電加工の過程を理解することで、伝統的加工技術における職人技からの脱却が期待される。また、電子部品のはんだ接合部の熱疲労による劣化機構を理解し、劣化状態を把握することで、産業機器の長期安定稼働に貢献することが期待できる。

【関連する技術分野：燃料電池での凍結破損、電池デバイスの劣化、複合材料の接着加工、食品加工プロセス、等】

3.2.5 エネルギー・環境問題の解決に資する材料などの階層構造におけるダイナミクスの観測

第 3 世代大型放射光源では、原子・分子レベルの構造とダイナミクスの測定、もしくは数 μm よりも大きな構造とダイナミクスの測定は高精度に実施できるが、第 4 世代大型放射光源の高コヒーレンス性・高フラックス性やそれを最大限に生かす検出器の高度化により、マイクロ秒からピコ秒までのダイナミクス測定が可能になる。これにより、例えば固体高分子電解質中でのイオン伝導機構の解明などを通じた新しいイオニクス・高分子材料の開発や、高機能性を有するナノコンポジット材料の開発など、エネルギー・環境問題の解決に資する材料設計の指針が得られることが期待される。

【関連する技術分野：高分子を用いた自己組織化材料の開発、国土強靱化に資する複合材料の開発、等】

3.2.6 非晶質や液体の超秩序構造の解明

非晶質や液体は、結晶と異なり、構造が無秩序であるとされてきたが、最先端の量子ビームを用いた近年の研究により、トポロジー解析により特徴を抽出できる静的なナノスケール構造秩序や、動的な構造相関の詳細が明らかになりつつある。しかしながら、蛍光 X 線ホログラフィーや、高エネルギー分解能 X 線非弾性散乱など、測定に長時間を要する手法を用いる必要があるため、第 3 世代大型放射光源では、代表的な試料についての測定結果のみからの、点と点の間を推測するような研究が行われている。第 4 世代大型放射光源では、測定効率が原理的に 2 桁程度向上することから、非晶質や液体に潜む超秩序的なふるまいの全容が「面」として明らかになると期待される。

【関連する技術分野：新たな機能性ガラス材料の開発、半導体デバイス中の不純物制御、液体・粘弾性体の挙動の動的制御、等】

4. 課題

ここでは、今後、さらなる放射光施設利用を推進する上での様々な課題について記述する。この章での問題意識は、第 4 世代大型放射光源計画だけに留まらず、国内外の放射光施設の運営、放射光利用研究の発展にも密接に関わる事項である。

4.1 基盤技術開発

第4世代大型放射光源は最先端の研究開発を支える大型インフラであり、そのインフラの基盤となる技術（加速器技術、ビームライン光学技術、検出器開発、真空技術など）については、国内で独自に技術開発ができる組織や人員を整備すべきである。真にオリジナルで新しいものを生み出すためには、独創的で多様な基礎研究のシーズを枯渇させないことが極めて重要である。放射光科学の発展に資する基盤技術においては、他の分野で開発された技術をそのまま導入できないものが多いという特殊性を有しており、開発期間も長期にわたる一方で、一旦実用化されれば、放射光ユーザーが属する広範な分野に波及する汎用性を有している。ユーザーによる成果創出に最適化した施設が必要とされる一方で、独創的で多様なシーズを次の世代に引き継ぐことも重要である。

4.2 人材育成

我が国の放射光利用研究の黎明期においては、利用研究者が、放射光発生後の光加工（光学調整）から計測機器整備、測定までの一連を自ら実施し、研究を完結していた。放射光利用研究施設の成熟に伴い、利用形式も分業化し、施設研究者により測定環境は整備され、利用研究者は試料を持参するだけで目的とする計測が可能となって、利用者の裾野が広がった。

その後、放射光源は進化を続け、これまで、SPring-8においても、X線自由電子レーザー光源SACLAにおいても、先端的なX線光源の出現が、新たな研究者を惹き付け、光源の特性を活かした新規の計測・解析手法が世界に先駆けて開発され、世界的に普及し、日本の放射光研究の世界的な存在感を高めてきた。SPring-8を用いて開発された、KBミラーを用いたナノ集光や、硬X線光電子分光法（HXPES）は、その典型例と言える。我が国が、速やかに第4世代大型放射光源を整備することが、世界的に活躍する研究人材の育成の面においても、多大な貢献をすると期待される。既存の計測手法で放射光利用を推進する人材は施設の外部から確保できても、先端的な計測基盤を支える人材は一朝一夕には得られない。基盤を支える人材については、施設と大学を含めた放射光コミュニティが連携してしっかりと育成して活躍できる場を提供し、利用を推進する人材は、国内外の大学、国研、企業などの間で広く循環させる、といった人材育成の仕組みづくりが重要である。

4.3 使いたい時にすぐ使えるユーザーフレンドリーな施設の実現

放射光計測は学术界、産業界双方において必要不可欠な分析ツールとなっており、競争の激しい研究開発や事故・故障分析において、課題発生時にすぐに利用できなければ意味をなさない案件が急増している。しかし、これまでの第3世代放射光分析では、計測の迅速性に課題があり、また、実験の課題申請の機会も頻度が少なく、即時利用のニーズに十分応えることが難しい状況にあった。第4世代放射光施設では、即時利用のニーズにより応えられるよう、計測の自動化・DXの推進による計測の飛躍的な効率化を図るとともに、実験の機会提供にこれまで以上の柔軟性を持たせることが求められる。

ユーザーの利便性向上のためには、知りたい情報を簡便かつ迅速に得られるようなユーザーインターフェースの整備も極めて重要である。簡便・迅速化によって初めて「普及」が実現され、普及がさらなる科学

技術の進歩を生むことは人類の発展の歴史をみても明らかであり、計測だけに限らず、物質・生命科学の様々な分野にもあてはまる普遍的な真実である。民間企業が生み出してきた計測機器の簡便性、迅速性などから学ぶことは、非常に多くのユーザーによって利用される大型インフラのさらなる活性化に向けた課題である。新たな利用ニーズに対して、放射光分析の専門性を有しない新たな分析対象においても容易に利用できるシステムづくりが必要である。

放射光施設へのユーザーのアクセスをより柔軟にする取り組みとしては、NanoTerasu で一部実現されたように、放射線業務従事者でなくてもユーザーとして施設内に立ち入ることができるよう放射線管理区域の見直しを行うことも今後重要であろう。例えば、放射線業務従事者ではない製品開発者や材料研究者が適時に実験に参加できることにより、実験・解析に長けた研究者と同じ場所で意見交換しながら実験を進めることができることの有効性は非常に大きいと考えられる。

4.4 国際的な優位性の確保、経済安全保障

国内で第 4 世代大型放射光源の運用が早期に開始されることは、日本の国際競争力の飛躍的な向上につながると期待される。国内でのパイの取り合いではなく、新たなイノベーションから生み出された製品の海外への輸出が本質的な国益を生むことが期待され、産業界の発展に大きく貢献することは言うまでもない。一方で、学術界においては、海外からの優秀な人材の流入や、優れた研究の日本発の発信が期待される。日本の放射光科学が引き続き世界を牽引し、学術の基盤・中核と認識されることが期待される。経済安全保障の観点からも、最先端の大型インフラを国内に保有していること自体が極めて優位である。その一方で、大型インフラによって取得されるデータの管理（オープン&クローズ戦略に基づくオープンイノベーションの推進）については、十分な予算で徹底的な対策が必要である。

5. おわりに

以上に述べた通り、第 4 世代大型放射光源は、Beyond 5G、スパコン、宇宙システム、量子技術、半導体などと並んで、新たな価値創造を可能とする次世代インフラ・技術であり、地球規模課題への対応や、国民の日常生活のリスクの低減といった課題解決に大いに資するものである。現在の第 3 世代大型放射光源では対応困難であるが、第 4 世代大型放射光源が課題解決に貢献できると期待されるニーズは枚挙にいとまがなく、現在の世界の放射光科学の潮流から見ても、さらなる光源性能向上を実現する「第 4 世代」の登場が待たれているのは、極めて自然な流れといえる。新しい困難な課題を抱えた現代では、従来は考えつかなかったような独創的視点での科学の展開が期待され、そのためにはますます研究者個人個人の関心に基づく自由な研究が必要不可欠である。第 4 世代大型放射光源は、基礎研究のための強力なツールであるのみならず、応用研究、産業利用研究に至るまで、極めて広範な研究開発のための基盤施設であり、国として早急に実現されるよう提言する。

6. 特別委員会委員

足立伸一（KEK、委員長）、岸本浩通（住友ゴム工業）、篠原佑也（Oak Ridge National Lab）、高橋幸生（東北大学）、唯 美津木（名古屋大学）、西野吉則（北海道大学）、藤原

明比古（関西学院大学）

事務局・オブザーバ 矢代 航（東北大学、庶務幹事）

以上