

KEK 放射光 CDR に関する  
日本放射光学会特別委員会意見書

平成 29 年 7 月

日本放射光学会は、KEK からの要請に基づき平成 29 年 1 月に特別委員会を設置して、KEK 放射光 CDR VER 1 (2016/10/31 版)に対する意見をまとめることとした。まずそこに至る経緯をまとめておく。

日本放射光学会が特別委員会を設置して将来計画を議論したのは、1989 年～1991 年に菊田惺志委員長による硬 X 線高輝度光源の議論を嚆矢とし、これは SPring-8 に結実した。2001 年～2003 年の上坪宏道委員長として軟 X 線高輝度光源の議論が行われたが、東京大学物性研究所、東北大学、KEK-PF の間で最終的に折り合いがつかず、わが国に第三世代軟 X 線光源が建設されぬまま現在に至っている。2005 年に雨宮慶幸委員長により、次世代光源の議論が行われ、X 線自由電子レーザー-SACLA に結実した。同年、再び雨宮慶幸委員長の下「先端リング型光源計画特別委員会」が設置され、ERL を念頭に置いた検討が進められた。その後、水木純一郎委員長の下、「放射光サイエンス将来計画特別委員会」が 2010 年に設置され、当面 KEK-X 計画を進め、その後 ERL と SPring-8-II 計画を進めることを学術会議大型計画マスタープランに提案した。直近では尾嶋正治委員長の下「放射光光源将来計画特別委員会」が 2012 年に組織され、当面の将来計画として東北 3GeV 計画と KEK の ERL 計画を推進すべきものと提言した。しかしながら、2016 年に入ってから KEK が ERL 計画の中止を決めたことから、2017 年の大型計画マスタープランに対しては、放射光学会は中型放射光計画一本に絞っての提案を行った。

中規模放射光計画に関しては、文部科学省との意見交換から、総予算規模が 300 億円を大きく上回る、また、その全てを国が出すなどといった条件では、実現可能性は低いが、それをクリアできるような構想であれば概算要求の可能性を含め検討する方向性が 2016 年に示唆され、それを受けて 9 月に次期放射光施設に関する意見交換会を日本放射学会として関係者を集めて開催した。その結果、この条件ですすめられるものは東北の SLIT-J 計画であることが確認された。また、KEK 放射光計画に関しては、科学技術的評価を日本放射光学会で行うことが確認された。

本特別委員会は、その確認の下に設置されたものである。メンバーは雨宮慶幸（東京大学）石川哲也（理研・委員長）小杉信博（分子研）後藤俊治（JASRI）、田中均（理研）であり、設置期間は平成 29 年 1 月から平成 29 年 3 月とされた。

KEK 放射光の建設資金獲得には非常に大きな困難があること、また SLIT-J が始まった場合には周辺環境が大きく変化することから、計画を根本から再構築する必要に迫られることを理解した上で、科学技術的観点からの意見をまとめたものである。

平成 29 年 7 月開催の第 115 回評議員会で本意見書を提出、公開することが承認された。

## 概要

---

本書は KEK の要請によって、日本放射光学会特別委員会がまとめた KEK 放射光 CDR ver 1 (2016/10/31 版) に対する意見書である。委員会は極めて短時間の間に大部の CDR をまとめ上げた KEK 関係者の努力に敬意を表す。全体として、下記のような問題点はあるものの、技術的なスタート地点を良く示すものであり、今後の検討を進めるうえでの基盤を完璧とは言い切れぬまでも作り上げたことは評価に値する。

KEK 放射光 CDR は中型高輝度放射光施設整備に向けての基本的な考え方を述べたものであり、わが国に唯一つしか放射光施設が存在しないとすれば、どのようなものであるべきかが KEK の願望の立場で記述されている感がある。施設運営では、新放射光施設建設とは独立に変革可能なことが挙げられており、何故すぐに始められないのかという疑問を禁じ得ない点多々ある。サイエンスケースには、様々なレベルのものが抽出されているが、トータルパフォーマンスで世界最高を有する新しい施設が無ければ実施不可能なサイエンスがあまり明白ではない。産業利用も、旧来の産業利用の延長上のように見え、新しい施設の特徴を生かすものは明白でない。光源加速器のコンセプトは出来上がっているが、エンジニアリングの裏付けが要素ごとに大きく異なっている。これは今後の工学設計での課題となろう。ビームライン技術に関しては、光源コンセプトの先端性との整合がとれていないミスマッチな面が見受けられる。測定技術は今後の一層の検討が期待される。

建設予算に関しては、今後コンティンジェンシーをどの程度見込むべきか、また年次計画をどのように構築すべきかの真剣な検討が必要と思われる。その上で、このような計画ではボトムアップで集めたものを、実現可能性の視点から見極めた一定の基準に基づき「整理」して、多岐にわたるステークホルダーの理解を得るプロセスが実現のために必須であると考えられるが、学会が要請を受けた時点では未整理段階であり、その後も「整理」が進んでいるように見受けられない。現状での予算獲得は見込みがないとしても、それに向けての「整理」活動は必須であり、工学設計の深化と同時に進めることを期待する。

本意見書は、当事者には簡単には受け入れがたい箇所も多々あるものと推察する。しかしながら、PF のかつての将来計画が、建設的な外部意見や国内外動向に対してもあまり真剣に検討することなく内部事情を中心に物事を進めてきたために実現に結びついていないことを反省していただき、本意見書を参考に、より良い将来計画に向かって進んで行かれることを期待する。

## 1 はじめに

---

中型高輝度放射光施設に関しては、SPring-8 を補完するわが国の基幹科学技術基盤施設として以前から設置の要望が出されており、日本放射光学会においても東北大学からの提案を受けて、将来計画特別委員

会で議論したところである。東北大学の提案は、その後東北地方全体での広がりを見せ、文部科学省にも認知される段階まで進んだ。

一方で、KEK 物質構造科学研究所で PF 後継機としての KEK 放射光計画が検討され、その概念設計書の評価を日本放射光学会として行ってほしい旨の依頼が発出された。

国の財政状況が非常に厳しい中で、このような大型計画を進めるにあたっては数々の困難がある。文部科学省から示唆された境界条件は総予算額 300 億円を大きく上回らないこと、かつその全てを国が出すものでない財源負担の構想という厳しいものであり、平成 28 年 9 月に、日本放射光学会が音頭をとり関係者にお集まりいただいて議論した結果、この条件で進める可能性のあるのは東北計画のみという結論に至った。

しかしながら、KEK 放射光に関して、学会としての評価を得たいという KEK からの申し出があり、日本放射光学会では特別委員会を設置して検討を進めた。これと並行して KEK は、パブリックコメントの募集を開始した。特別委員会メンバーの中には、パブリックコメントと並行することによる委員会答申の相対化に対する懸念をもつものもあったが、このことが引き起こす一切の事象の責は KEK にあることを理解した上で、委員会での評価作業はそのまま継続することとした。

## 2 各章の内容

---

### 2.1 必要性

中型高輝度放射光施設の必要性が一般論として述べられている。PF の現状分析は、事象の説明のみが行われ、その原因などに対する真摯な検討が欠落している。コミュニティの期待も一般論としての、中規模高輝度放射光施設への期待と KEK 放射光への期待が混ぜ合わされたものが記述されている。

このような理由から、必要性の項においてはほとんどすべての記述で、「KEK 放射光」を「中規模高輝度放射光」と置き換えることが可能であり、KEK 放射光としての必要性という意味では論拠の弱いものとなっている。

### 2.2 コンセプト

わが国にただ一つの放射光施設が存在するとするなら、どのようなものであるべきかが KEK の願望の立場で記述されているように見える。最初に示された理念としてのコンセプトは、非常に明解ではあるが、このような明解な理念を持つ組織の現状を見ると、理念と行動との乖離が起きないようにするための特段の考察と努力が必要であると考えられる。

この 20 年間の放射光施設の進展を見ると、硬 X 線と軟 X 線で分かれて進んだ第三世代光源の開発に始まり、短周期アンジュレータの進歩に伴う広いエネルギー範囲をカバーできる中規模高輝度光源の開発、さらに、

MBA ラティスによる超低エミッタンス化光源の開発、と三度の技術変革を辿ってきた。SPring-8 が 20 年近くに亘り世界最高エネルギー放射光施設でありえたのは、技術トレンドが変化して、世界中がみな中規模・中エネルギーリングに向かってしまったためであり、「20-30 年以上の長期間にわたって、蓄積リング型放射光源として世界最高のパフォーマンスを維持」することは、全く不可能とは言えないまでも容易なことではない。例えば、技術トレンドが変わり蓄積リング型放射光源から新しい方式に移っていけばそのような可能性も否定できないが、その時には蓄積リング型光源が陳腐化している可能性もある。

サイエンス、人材育成に関しては KEK の理想が述べられている。昨今の科学技術基本計画等とは必ずしも整合しないようにも見えるが、必要があれば将来の基本計画に書き込む努力をすべきであろう。光源加速器、国際比較に関しては、コンセプトとしての特段のコメントはない。但し、光源加速器のコンセプトに整合する利用システムを構築できるかどうかに関しては慎重な検討が必要となろう。ビームラインと測定技術に関しては、国内外の第三世代光源での経験・成果がほとんど反映されていない、あたかも 90 年代に第三世代光源の検討を行っていたころの記述が並んでいる。このあたりは、すでに全世界で豊富な経験が蓄積されているので、特段の開発をしなくても市販品で対応可能な場合も多いように思われる。この点でも上記「概要」で指摘した「整理」が不可欠である。マルチビーム利用、建設地に関してはコンセプトとしての特段のコメントはない。コストと建設に要する期間に関しては、最近の国の姿勢として on time/on budget を強く求める傾向があるので、慎重に検討した上で、最初からコンティンジェンシーを示しておくことが望ましい。

## 2.3 施設運営

KEK 放射光とは独立に変革可能な項目が挙げられているように見える。ただし、運営は国の方針とも密接に絡むものであり、また財政状況が必ずしも良好ではない中で、実現可能なものと単に希望に過ぎないものとに分かれてしまうことは避けられない。純粋に技術的な項目と、施設運営を同列で論じることによって、変革の実現可能性を低下させている危惧がある。

## 2.4 サイエンスケース

サイエンスケースは 9 章に分かれ、第 1 章化学・材料科学、第 2 章生命科学、第 3 章ソフトマター科学、第 4 章強相関電子系科学、第 5 章表面・界面科学、第 6 章原子・分子科学、第 7 章極限物性科学、第 8 章地球惑星・環境科学、第 9 章 X 線光学と伝統的な放射光科学関連分野を並べた構成となっている。

各章で、様々なレベルのサイエンスケースが抽出され、今後に向かっての出発点を与えるものとして、とりまとめの努力に敬意を表するものである。しかしながら、かなりの部分は現状の第三世代光源で実施可能であり、また既に他所で実施されている課題も少なくはなく、新しい施設を建設しなければ不可能なサイエンスは殆ど見

当たらない。現在、国際的に進んでいる最先端の利用サイエンス・利用技術の状況を充分把握した上で、実現可能性の観点での「整理」が不可欠である。

一方で、原理的には非常に高いとされる光源性能を大きく劣化させる運転が必要となるサイエンスも少なからず含まれており、全体としての整合性・両立性には問題がある。現状のサイエンスからの解析接続には対応不可能な光源となっているかもしれないこと、他施設を利用した方がより適切な実験があるかもしれないことなどを、利用者に十分に周知した上で、光源性能との整合性を満たすサイエンスケースの深化に真剣に取り組むことが期待される。また一方で、光源側と利用者側のコミュニケーションが十分とは言えない面があり、この意思疎通を図ったうえで全体整合性に破綻のないサイエンスケースを提示することが不可欠である。

折角、非常に先進的な光源計画を策定しているのに、それではなければ不可能なサイエンスが提示されないことは、ミスマッチの印象を与え、計画の説得力を大きく損なうものである。そうではあっても、収集されたサイエンスケースは、即座に実行可能なものや、何等かの準備を経れば実行可能なものを数多く含んでいるので（現 PF 光源の性能であっても）、KEK 放射光の実現を待つばかりでなく、既存の国内外の高輝度放射光施設を用いた実施を検討することを期待する。そのことによって、KEK 放射光の実現で初めて可能となるサイエンスが浮かび上がってくるものと思われる。

## 2.5 産業利用

産業利用の項目には、日本の他施設で進められている産業利用とはかなり独立に KEK の立場での産業利用が記述されている。既に他所で実施されていることも多く、この書き方では計画全体の足を引っ張ることにもなりかねない。全く別の観点からの記述が必要ではないかと思われる。

産業利用は、大学共同利用機関に設置されている研究施設を標榜した全体のコンセプトの中でどのように位置づけるか、軸が定まっていないように見受けられる。国の科学技術基本計画等で産業利用の重要性が謳われる中で、KEK 放射光の産業利用の取組に対する姿勢に一貫性を持たせないと、取って付けたような印象を持たれることとなろう。敢えて言うならば、産業利用を独立の項目としたことによって、却って内容の希薄さが際立った感がある。

## 2.6 光源加速器

水平エミッタンスに関して、世界最高レベルとすることをターゲットとした光源加速器の検討が行われ、一つの解に到達していることは評価に値する。この観点から、ビームダイナミクスの検討はかなり進んでいるが、それを安定に実現するための各コンポーネントの検討状況には大きな温度差があるように見受けられる。また、ゼロ電流でのエミッタンスという利用者には意味のない数字を挙げることは、利用者に誤解を与える危険性があるので、避けるべきである。

水平エミッタンスを小さくすることの効果は、言うまでもなくコヒーレントフラックスの増大であり、これを十二分に利用するためには非常に安定なビーム運転と現在の技術レベルを大きく上回るビームラインや測定系の安定化技術が必要となるはずであるが、これらの点に関する真剣な検討は読み取れない。

ビームダイナミクスの検討の進み方と比べると、挿入光源、真空などはさらに検討が必要だと感じられる。特に光ビームの取り出しに関しては、様々な問題点が出てくるのではないかと予想される。

なお、この項目全般にわたって、各項目の執筆責任者の記載がないことやレファレンスがほとんど示されていないことなど、全項目が KEK オリジナルであることを主張しているかのように見えるので、このような誤解を生む形のまま、国内外に CDR を出さないように注意をお願いしたい。

## 2.7 ビームライン技術

先進的な光源性能を使いこなすための技術的問題点は何なのかという、最も基本的な点に対する考察と「整理」が欠如しており、1990 年代の第 3 世代ビームライン技術検討のレポートを見ている感がある。すなわち、コヒーレント光源に必要な検討が行われているとは言い難く、また光源性能を使いこなすためにビームラインとして何が一番必要なのかも「整理」されていない。

本書ではサイエンスケースもほとんど検討されていないことではあるが、本格的にコヒーレンスを利用する計測を行う場合、蓄積リング光源では様々な計測は時間積分によって行われ、時間積分した時の光源のコヒーレンスとともに、ビームラインの安定性を考慮した上での、時間平均されたコヒーレンスが重要になる。この観点から、本 CDR のビームライン技術を見てみると、かなり不完全であると指摘できる。

超低エミッタンスリングの眼目が「仮想光源」によるロスをなくすことというグローバルトレンドが KEK 放射光では無視されているように見える。超低エミッタンスリングが技術的に到達可能か否かという点に関する「整理」が必要であろう。仮想光源が不可欠であると考えているのであれば、それを前提とした異なる光源の最適化があるはずであり、ミスマッチな超低エミッタンス光源を様々なリスクを冒して追求する意義を再検討すべきであろう。

## 2.8 測定技術

測定技術に関しては、かなり局所的な検討に留まっており、今後の検討の中で一層の深化が期待される。ここでもビームライン技術と同様に、折角の高い光源性能で新たに開拓される技術の検討は残念ながら見られなかった。この点に関しては、光源性能との整合性を確保した上での今後の検討と「整理」に期待したい。

## 2.9 建設予算

建設予算に関しては、各法人の考え方があるだろうから、細かいことは述べない。しかしながら、どのルートで予算要求するかによって、やり方を変える必要があるので、十分注意して進めることを期待する。また、最近とくに on time/on budget が強く要求されるようになり、これが守られない場合、他の計画等に悪影響が及ぶことも懸念されるので、必要十分なコンティンジェンシーを確保しておくことが望ましい。

建設予算の確保に向けては、文部科学省のロードマップ等に載せるための努力、様々な準備活動が必要だと思われる。今までの経緯も参考にしつつ、現実性のある手順で計画を進められることを期待する。

## 3 おわりに

---

本書は KEK 放射光計画に関する科学技術的評価を日本放射光学会特別委員会で行った結果を纏めたものであり、委員一同は本意見書が KEK 放射光計画の今後の精緻化に十分に活かされ、それが日本の放射光科学全体をより競争力の強いものとする計画となることを願ってやまない。

以下に、今後検討すべき項目（問題点）を列挙する。

- オールジャパンの計画にするのであれば、国内の他施設の動向等も考慮した計画にする必要がある。
- 科学技術的な検討が未熟であるので、その検討を深める必要がある。
- 実現可能性の観点からの「整理」が不可欠である。
- サイエンスを実現するために必要とされる光源性能とビームライン技術・測定技術の「整合性」の観点からの「整理」が不可欠である。
- 現在、国際的に進んでいる最先端の利用サイエンス・利用技術の状況の十分な把握が必要である。
- KEK 放射光でなければならないサイエンス、そうでない方がよいサイエンスの見極めが必要である。
- コヒーレンスを積極的に利用するのか、しないのか（輝度のみ追い求める場合）の見極めも必要である。

国内他放射光施設の動向を勘案し、また他の科学技術分野の動向を見ると、本計画の実現には多大なエネルギーを必要としよう。本計画を実現する上で克服すべき問題点は、ERL 計画の推進において指摘された問題点と通じるものがある。KEK は ERL 計画の際に得た経験を十二分に活かして、本計画の進め方を熟慮することを期待する。

平成 29 年 7 月 8 日

特別委員会委員： 石川哲也（委員長）、雨宮慶幸、小杉信博、後藤俊治、田中均