

## 先端的リング型光源計画に関する報告書（案）に対する パブリックコメント

2006年11月3日付けで提出された特別委員会の報告案に対して、2007年2月末時点で以下の4件のパブリックコメントが寄せられました。これらについては、今後の議論の際の参考資料とさせていただきます。ご協力有り難うございました。

### コメント1 提出者：匿名

ESRF や BESSY 等がすでに BL 建設の余地がない状況と比べて、SPring-8 では可能なビームラインがまだ予算不足というおかしな理由で建設が終わっていないにもかかわらず、下記表現を用いられることは、第三者には疑問に思われるのではないかと危惧します。

『SPring-8 だけでは我が国における利用研究の量的・質的变化に完全に対応できるだけのキャパシティはない。』

もう少し説得力のある説明が必要と思われまます。これは評議員としての意見ではなく納税者の1人としての意見です。

### コメント2 提出者：匿名

先端的リング型光源計画を拝見しましたが、たいへん重要な観点が抜け落ちていきますので、御指摘申し上げます。

1. 放射光装置の利用状況を見ますと、その利用者数は増加の一途をたどっていません。ユーザー当たりの割り当て時間数が少ないことも指摘されます。利用者の多くは、現在の放射光強度に十分満足しており、場合によっては、強度を低くして利用している場合も見受けまます。この状況で最優先されることは、ビームラインの数を増やすことですが、大型放射光をもう1台増やしても2倍になるに過ぎません。また、利用スタイルとして、“僻地”へ出かけて行く労力も馬鹿にはなりませんから、研究現場で簡便に利用できる高輝度光源の開発が強く望まれています。事実ヨーロッパや米国では、小型高輝度光源の開発が必要であるという声が強まっていて、米国では、Lyncean という会社が開発を行っています。米国の放射光学会では、ソサイエティーとしてこれをバックアップしている様子が、今回のSRI2006でも披露されました。

2. 一方、日本においては、学会の総意としてではなく、小型光源の開発が、立命館大学において山田先生を中心にして行われてきました。21世紀 COE プログラム拠点にも指定され、科研費の基盤研究 A や基盤研究 S で開発されました。みらくる型放射光として知られ、20MeV バージョンと 6MeV バージョンが開発されています。前者は高輝度遠赤外線を発生し、電子軌道の周囲に設置した、環状ミラーにより、全周から発生する遠赤外線領域の放射光を集めて、一カ所から取り出すことに成功し、従来型放射光ビームラインの約 1000 倍の光を出すことに成功し、既に水や溶液の分析がルーチンで行われています。外国からも研究者が利用に訪れるという状況の様です。後者は、高輝度 X 線の発生に成功し、イメージングにおいて、見事な位相コントラスト像を提供し、拡大撮像により解像度 10 ミクロンが達成されています。視野が大きく極めて高解像度が実現していますので、人体の撮像が可能であり、医療診断や大型構造物の非破壊検査に適しているようです。実際に病院や、土木関係者の間でコンソーシアムが結成されるに至っています。公開されている評価によれば、基盤 S は、(A+) を獲得しています。
3. 6MeV みらくる型は、蛋白質の構造解析や、EXAFS を適用するには光子密度が、従来型 SR より低いようですが、20MeV みらくる型になると、従来型 SR の偏向磁石光とコンパラであるか、一桁低い状況です。2 結晶分光器を用いて波長を選択して MAD 法で蛋白質構造解析を行うプログラムが、長浜バイオ大と共同で行われています。従いまして、多少時間がかかるにしましても、小規模研究室や、医薬品工業界で使用することに期待がもたれています。電子エネルギーを上げて、50~100MeV にしますと、通常放射光より光子密度が上がるという結論が出ています。古い教科書を見ますと、放射光は制動放射であると書かれています。みらくる型では、原子核のクーロン力により制動放射を起こしますが、いずれも光は電子そのものから発生します。従いまして、電子エネルギーを上げればみらくる型でも輝度がどんどん上がります。
4. EUV や軟 X 線の発生におきましては、みらくる型に薄膜を挿入しますと、6MeV みらくる型では、約 3mW の EUV~軟 X 線が発生しています。20MeV みらくる型では、約 100 倍が期待されます。さらには、100 枚の薄膜を使うことにより、100 倍の EUV が期待されます。この放射メカニズムは、遷移放射と言いまして、古くから知られていますが、電子蓄積リングと融合させると、100W の EUV 出力が可能となります。従来型放射光装置は EUV リソグラフに使用できるだけの EUV

強度を発生できませんが、みらくる型は、EUV リソグラフ光源としても注目されています。

以上を鑑みますと、ERL で発生する光はたいへん魅力的であります。これと平行して、研究現場や工場で使用可能な卓上型光源あるいはポータブル光源を開発することが、多くのユーザーに歓迎されるものと確信いたします。とりわけ、100MeV のみらくる型の開発は、外径数mであり、ビームラインも5から10本はとれると思いますので、次世代の汎用光源として期待されます。100MeV 型はまだ建設されていません。最先端の研究を目指すと共に、誰もが気軽に手元で使える放射光装置の開発が、先端科学の前進に大きな寄与をもたらすと考えます。放射光利用研究の中にはすばらしい研究が潜んでいると思いますが、審査というプロセスで埋もれてしまうことも有ります。また、最先端の研究は、機密の保持という問題も絡みます。研究の加速には、いつでも自由に使える状況が必要に思います。そのために小型光源の一層の高輝度化と改良が研究課題であり国としての施策が必要と思われれます。

### コメント3 提出者：東善郎、小出常晴、前澤秀樹

報告書が推奨する 5GeV-ERL を中核とする将来計画には深刻な問題点が多く、再検討が必要と考えます。

財政面等の問題：

報告書には財政的観点が欠如している。ERL はシングルターンで大電流を得るためのコンセプトとして革新的であるが、大規模な cryogenics をはじめとする加速器の全システムに投入された電力エネルギーそのものを回収するわけではない。したがって消費電力と人件費を含めて運転経費は膨大なものになる。「放射光将来計画検討報告－ERL 光源と利用研究－，飯田厚夫、諏訪田剛編集、March, 2003, KEK」および「坂中章吾、光源検討 WG での発表資料、2005 年 7 月 15 日」p. 24 によれば、

5GeV-ERL 建設費 約 812 億円 (Spring-8 を超える)

5GeV-ERL 電力消費 約 27～34MW (ちなみに PF:3.5MW, PFAR:6.7MW)

これでは汎用研究施設の建設と多年にわたる運営のための予算としては現実性がないと言わざるを得ない。放射光加速器施設は建設後 20 年以上にわたって改良や技術開発を重ねながら安定的に維持運転し続けなければならない。したがって極めて長期的な視点に立ってコストコンシャスであることが不可欠である。加速器プロパーのプロジェクトという観点に限れば、規模を大幅に縮小して“VUV”-ERL と

することによってコストダウンが可能という考え方もあるかもしれない。しかし報告書に示されている新しい利用研究の可能性の大半はX線領域のものである。報告書のコンテキストにおいてVUV-ERLが適切であるとは考え難い。また、原理的な問題にしても、波長がより長いVUV領域においてはコヒーレンス、回折限界等の観点からERLが最新型第3世代リングに比べて優れているとはいえない可能性がある。

放射光コミュニティー、汎用性の観点からみた問題：

放射光研究施設においては、加速器開発自体は目的ではなく、利用研究成果を出してゆくための手段である。したがって建設には失敗が許されず、可能な限り確かなものでなければならない。研究開発段階のものを放射光将来計画の中核に据えるべきではない。放射光ユーザーコミュニティーの大多数はより高性能な第3世代光源を欲しているのであって、決して特定のパラメーターだけが突出した光を要求しているわけではない。コヒーレンス、パルス幅、極小ビームなど特定パラメーターの突出を求める少数のユーザーにとっては、すでに計画が進行しているFELのほうがERLよりも適切である。他の多くのユーザーにとってはERLが現有放射光実験施設よりもむしろ実質的な性能の劣るものになる懸念がある。5GeV-ERLのリングカレントは約100mAまでと見積もられ、現有光源と同等以上にはならない。ビームの安定性の予測は困難である。ERLは形のうえでは閉じていてもストレージリングとは原理的に異なっている。シングルターンのビームに対する位置の安定化にはどのような方法があるのだろうか？通常のfeed-back方式は使えない。Feed-backの概念がそもそも成り立たない。通常リング型光源のような軌道の安定性を確保することができない場合、高輝度に関してもその「実効性」が疑問となる。日本は放射光の分野でかつては世界に先駆けていた。しかし、これから5年後の世界では、最新型の第3世代型放射光源（NSLSII、カナダ、フランス、イギリス、オーストラリア、上海、台湾、等々）が次々と立ち上がり、いくつかのFEL施設も含めて研究が展開する中で日本が世界の最後進国になってしまう恐れがある。このような事態は何としても避けたい。

将来の展望について：

第3世代光源の基本的なコンセプトは変わらずとも、挿入光源やビームラインに最新のテクノロジーを投入してゆくためには、20年前とは比較にならない最新型の第3世代光源がどうしても必要である。PFリングやPF-ARリングではもはやこれ以上に新しい技術の開発や投入には限界がある。第3世代光源には原理的な先端性が不足しているという見方もあるが、むしろ日本は今やこの分野で先進国で

はなくなりつつあるという「非常事態」にあり、先端性どころか先進国に追いつくことが必須の緊急課題であるという現実認識が必要である。最新型第3世代光源は、さらなる将来計画への必須ステップである。また本決まりなら今から4年後にはできる。ERLは実証実験完了までに今から数年、成功しても実機完成までにはさらに5年以上かかり、現状の「緊急性」には対応できない。Spring-8もあと10年あまりで更新期にさしかかる。X線領域の次期計画としては、最新型第3世代VUV-SXリングが運転稼働し始めるタイミングで、次に最新型第3世代Xリングの建設に移ることがのぞましい。すなわち、VUVSX領域の光源と、X線領域の光源とを今後交互に更新して行くことが理想と考える。理想的に行かない場合もあり得るが、その場合は臨機応変に様々な現実的対応を考える必要がある。一例として、国内新VUVSX施設稼働までの間、外国の優れた新第3世代リングにおいて暫定的に日本「共同利用」Beamline Facilityを運営することも検討に値する。(PF、APS等において成功裡に運営されてきたAustralian National Beamline Facilityを範とする。)また、構造生物分野は極めて広範な研究テーマを数多く持ち、産業利用とも密接な関係があり、しかもFEL/ERLのような突出したビームを必要としているわけではない。構造生物分野が単独でこの分野に最適化した放射光施設を持つという方向も真剣な検討に値するであろう。その場合、担当の省庁も必ずしも文部科学省に捉われる必要はないであろう。ERLには、技術的な不確定要素が多く、建設と運営に膨大な予算と多大な人的資源と長い年月を必要とする。そのERL計画のdominanceによって、上記をはじめとするより現実的で多様な可能性がすべて閉ざされ、今後、非常に長い年月にわたって日本の放射光科学が停滞してしまうことが危惧される。我々は、すでに走っている試験機プロジェクトに反対するわけではない。ERLについては当面、要素技術の開発研究に専念することが重要であろう。しかし現時点においてERLを放射光将来計画の中核に据えることは不適切と考える。

#### **コメント4 提出者：匿名**

報告書案では「Spring-8だけではキャパシティは足りず、PFは老朽化し、X-FELでは基盤設備にならないので先端的リング型光源の建設は必要である。そのために、「数年先」の建設開始を念頭に置き、ERL実現のための研究開発に早期に着手すべきである」としています。「数年先」とありますが、これから研究開発を行う状況では、「数年先」にめどがついたとして、さらに数年かけて建設することになると、7から8年(悪くすると10年)くらいかかるのではないのでしょうか。

東大リング建設計画が中止になったという VUV/SX の危機的状況を考えると、VUV/SX にとりましては少しのんびりしたイメージを与えかねないことを危惧します。VUV/SX (特に VUV) にとっては「キャパシティが足りない」のではなく、「高輝度の第 3 世代リングが全く無い」という絶望的な状況が 10 年近く続き、諸外国に取り残されていくという状況を憂える強い表現が望まれます。

したがって、我が国の放射光科学のあり方について述べる時には、「特に、紫外線・軟 X 線領域では、東京大学が計画していた紫外軟 X 線高輝度光源の建設を財政的な問題から中止した現状があり、紫外線・軟 X 線領域の高輝度ビームライン建設などは緊急の課題である。中期的には、…」などという文を追加していただけると幸いです。