

## 実施者説明内容及び評価専門調査会における意見（X線自由電子レーザーの開発・共用）

平成19年8月6日

| 評価結論(指摘事項等)   | 実施者からの対応状況説明<br>(66回資料2-3)  | 評価専門調査会での質疑応答及び意見  |
|---|---|--|
| <p>我が国の科学技術に対する貢献と社会・経済への波及効果について</p> <p>X-FEL装置の開発により利用可能となる超高輝度・超短パルス硬X線が、放射光科学分野に留まらず、物質科学や生命科学等、科学技術全体に対してどのように貢献できるのか、より具体的な説明に努めていくべきである。X-FELによって実現可能性の見込まれる研究について、その可能性の定量的な検討、実現に向けて必要なR&amp;Dの明示と具体的な研究体制を提示していくことによって、内外のサポートが得られやすくなり、さらに潜在的な利用研究の発掘も期待される。</p> <p>また、X-FELの利用研究によって期待される我が国の社会・経済への波及効果について、国民に分かりやすい形で説明し、産業利用を含めた具体的な貢献に至るシナリオを提示していくべきである。さらに、さしずめ「魔法の光」ともいえるX-FELを生み出す最先端科学技術施設の成果と可能性について、次代を担う若者、少女の科学への興味・関心を惹きつけられるよう、積極的に広報していくべきである。</p> | <p>研究会、学会等でX-FEL計画を広く紹介（H17年度から国内20件、国外16件）。このうち、理化学研究所主催のX-FELの利用推進シンポジウム等を開催し、広範のアカデミーに対し、啓蒙活動を行った。</p> <p>産業界の約300社に対しX-FEL計画の説明を実施、また、産業界50社が現地を視察し、これらと意見交換を実施した。さらに、日本経済団体連合会重点化戦略部会にて計画を説明した。</p> <p>若者、少女への広報として、“物理チャレンジ”において高校生約100名にX-FEL計画を説明、また、X-FELプロトタイプ機施設一般公開において一般見学者約1200名に計画を説明した。その他、ホームページ、パンフレットを作成、これらを通じた広報活動を行っている。</p> <p>X-FELの経済波及効果について、日本総合研究所に委託調査を行い、2030年までに累計1兆円超の経済波及効果を生み出すことが可能な研究施設であるという試算を得た。</p> | <p>【評価専門調査会】</p> <p>（質問）<br/>利用研究に対する具体的な研究体制について説明していただきたい。</p> <p>（回答）<br/>現在考慮中であり、具体的な研究体制についてはできあがっていない。</p> <p>（意見）<br/>X-FEL装置を製作することで、科学技術のブレークスルーを引き起こし、社会・経済へインパクトを与えることを期待している。</p> <p>（質問）<br/>より具体的な説明をするようにとの指摘に対して、（1）予想される成果を全て列挙してほしい。相当数の価値ある具体的な成果があるはずなので基礎と応用面に分けて書いてほしい。（2）またそのような成果が出るタイミングは適当か。</p> <p>応用面では ができる、 ができると列挙するのではなく、用いられることを想定して、いつ頃何ができ、どういう成果がでるのか、その時点で産業界にどのようなインパクトを与えるのかを明記すべきである。</p> <p>（回答）<br/>基礎と応用を定量的に評価すべきということについては、今後そのような形でやっていきたいと考えている。</p> <p>【追加意見等】</p> <p>（意見）<br/>大きな投資がどのような成果（技術のブレークスルー）を生み出し、将来の社会や経済にインパクトを</p> |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |   | <p>たえるのか、そのイメージと道筋を明確に描いてほしい。</p> <p>(意見)</p> <p>指摘事項のうち、「実現可能性の見込まれる研究について」定量的な検討、実現に向けて必要な R&amp;D の明示と具体的な研究体制の提示が求められているが、依然としてうすぼんやりしたままである。「産業利用を含めた具体的な貢献にいたるシナリオ」の提示も弱いと思う</p>  |
| <p>プロトタイプ機による技術開発の役割について</p> <p>本プロジェクトは欧米に比して開発のスタートは遅れたものの、我が国独自の技術をベースとした戦略をもって推進されている。その上で、さらに他国に先んじる成果を上げるためにはタイトなスケジュール設定が必要であり、そのためには平成17年度中に運転が開始されるプロトタイプ機による研究・検討の成果を、X-FEL装置のデザインと整備計画に的確に反映させるための道筋と仕組みを明確にすることが望まれる。特にX-FELの利用研究を推進し、高度化する上で重要なスーパーシーディング技術を早期に実用化させるためには、プロトタイプ機の十二分な活用とその成果の還元が不可欠である。</p> <p>また、プロトタイプ機自体も高輝度フェムト秒真空紫外コヒーレント光源として、新たな研究分野の開拓に供するための利用体制を早急に整えるべきである。</p> | <p>平成18年6月、プロトタイプ機において真空紫外域FEL(250MeV、49nm)の発振に成功した。</p> <p>プロトタイプ機より発振した真空紫外域FELを、「XFEL利用研究のための活用」および「XFEL実機設計・整備日のための研究開発」の2つの利用法とし、これらの研究・検討の成果を実機設計等に反映する予定である。</p> <p>プロトタイプ機によるXFEL実機設計・建設への反映例として、独自の電子銃開発に成功、またLバンド加速器や補正空洞などの補正機器の導入を決定等、プロトタイプ機の作成により実機建設・整備に役立つ成果が得られた。</p> <p>SASE方式を超えるシーディング方式の開発に着手した。</p> <p>高照度フェムト秒真空紫外光源としてプロトタイプ機を利用するための実験施設を平成19年4月に完成した。</p> | <p>【評価専門調査会】</p> <p>(質問)</p> <p>国民に分かり易い説明の努力では、シンポジウムや新聞掲載数、見学者数などが書かれているが、ここに出された数字はどう評価しているのか。この位で良いのか、または目標値があるのか。</p> <p>(回答)</p> <p>新聞や雑誌に掲載されたことが重要ではなく、プロトタイプ機を使って実際に発振できたことが重要であると考えている。海外とは異なる方式で、きちんと発振できたことは、実機製作に向けて非常に大きな成果と考えている。</p> <p>(質問)</p> <p>スーパーシーディング技術の開発が実機完成後となっているが、何を意味しているのか。これが競争の優位性であるならば、いつどこで開発が終わるのか。また、その知的財産はどこで担保しているのか。</p> <p>(回答)</p> <p>プロトタイプ機で開発を進め、しっかりと開発が出来た後、実機に組み込む予定である。スーパーシーディング方式の原理的な特許は既に理化学研究所で取得している。</p> <p>(質問)</p> <p>プロトタイプ機による研究・検討の成果を実機のデザインと整備計画に反映されるための道筋と仕組みを説明してほしい。</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | <p>(回答)<br/>プロトタイプ機をXFEL実機設計・整備のための研究開発に使用しながら、利用研究のための活用にも使っていくのが道筋である。仕組みとしては、体制の中にプロトタイプ機もしっかりと入れて、これを動かしながら実機を製作する。</p> <p>【追加意見書】<br/>(意見)<br/>コンパクトなXFELが低コストで実現できる見通しをつけられたことは高く評価できる</p>   |
| <p>利用研究の推進について<br/>CDR (Conceptual Design Report) 国際レビュー委員会の報告及び本評価検討会での説明から、X-FEL装置本体の開発に関しては十分な検討がなされていると判断されたが、利用研究についてはさらなる検討が求められる。生体分子の立体構造解析や化学反応のリアルタイムイメージングなど、X-FELが果たしうる可能性は極めて大きい。X-FELが基礎科学に加えて、広く社会に貢献できる利用分野を積極的に開拓するためには、その利用研究による成果が具体的な形となることが重要である。<br/>Spring-8では、海外に比べ稼働開始が遅れたために、簡単だが意味のある研究、例えば位相コントラストイメージングやコンパウンドX線レンズといった、当該分野におけるその後の研究の方向性を決める重要な成果を諸外国に先行されてしまった。これは単に光源の利用開始が遅れたということのみでなく、ユーザーが第3世代の光源を使いこなすための技術や問題意識を持つまでに時間がかかったという部分も影響している。同じことを繰り返さないためには、利</p> | <p>関連分野や欧米の動向など利用研究の調査に基づき、利用推進研究の方針・計画を定め、優れた研究課題を公募・選定し、利用研究を促進するための協議会(X線自由電子レーザー利用推進協議会)を文部科学省に設置した。</p> <p>XFEL装置の開発と並行して、運転開始と同時に研究を展開できる体制を整備した。具体的には、平成18年度～21年度の3年間、共通基盤技術の開発と並行し、利用推進研究を行うための個別技術の開発を行い、平成21、22年度にそれらを統合し、計測システムを製作する。平成23年度以降、施設完成後直ちに利用研究を開始する。</p> <p>利用推進研究としては、平成18年度に10課題、平成19年度に8課題を採択(共通基盤技術開発6課題、ナノテク7課題、ライフ5課題)した。</p> | <p>【評価専門調査会】<br/>(質問)<br/>個別の利用推進研究課題は提案公募的に行うのか、それとも大きな戦略を決めて、戦略的にマネジメントして行うのか。<br/>(回答)<br/>まず要素を作っていかなければいけないのが今の段階であり、平成22年度以降に、それらをまとめ上げていく段階で戦略性が出てくると考えている。<br/>(質問)<br/>Spring-8では海外に比べて開発が遅れたため、重要な成果を諸外国に先行されてしまった。そういうことを繰り返さないための重要なポイントは何か。<br/>(回答)<br/>海外とは全く違う日本オリジナルの技術を開発しており、時間の短縮が可能である。既にヨーロッパを追い越し、アメリカとはおよそ同時期に完成すると考えている。</p> <p>【追加意見等】<br/>(意見)<br/>研究開発実施課題の一覧があるが、研究課題名だけでなく、何がどう判るまでの研究なのかという具体的な</p> |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>用研究に関する技術的基盤の整備、課題の選定と実験技術に関する準備、有力な研究者・研究グループの取込みなどを、今後早急に進展させることが不可欠である。当面はX - F E Lを用いることによって初めて実現可能となる戦略的な研究課題を絞り込み、そのための技術開発に注力することが肝要である。特に、早期に具体的成果が見込まれる課題に関しては、X - F E L装置の開発と並行して準備を進め、運転開始と同時に研究を展開できる体制を整えておく必要がある。具体的には、優れた研究課題を選定するための利用推進専門委員会を立ち上げるとともに、利用研究の重要性とD E S Y、S L A Cの例で見られるような、海外における巨額の研究資金の投資状況等を勘案し、当該分野での競争的資金の積極的な獲得などを通して、優れた利用研究を着実に実施できるよう努力することが必要である。</p> |   | <p>わかりやすい成果目標を、その結果の価値も含めて、示すべきである。<br/> (意見)<br/> 設備の開発・建設体制に力点が置かれており、利用研究については利用推進方針策定と研究課題選考・評価のプロジェクトチームしかない。利用研究の具体的なシナリオ作りを積極的に進める責任者あるいは組織を早急に立ち上げないと宝の持ち腐れになる可能性が高い。<br/> (意見)<br/> で「累計1兆円を超える経済波及効果を生み出すことが可能」とされているが、具体的な利用研究の推進を図るために設置されている「利用推進協議会」がそこにいたるまでの全体的な戦略や構想全体に対して責任をもっているのかどうかははっきりしない。</p>          |
| <p>運営・評価組織の体制について<br/> X - F E Lを用いた、極めて挑戦的で技術的に難しいテーマについては、複数の研究グループの長期的展望に立った協力関係をX - F E L運営主体がイニシアティブをもって形成し、優れた研究を推進する仕組みをつくる必要がある。黎明期のX - F E L利用研究においては、ピーク輝度やコヒーレンスなどX - F E L特有の先端性を生かすために施設側の研究者と利用研究者が緊密に協力することが不可欠であり、汎用型放射光施設に移行しつつあるS P r i n g - 8の利用研究スタイルとはおのずと異なるものとなる。既に財団法人高輝度光科学研究センター(J A S R I)で運用されている課題申請システムや宿舍その他のユーザー受け</p>  | <p>X F E L施設の利用については、S P r i n g 8の利用方法と大きく異なる事も想定している。具体的には、現在S P r i n g 8では1シフト8時間という利用体制でユーザーにビームタイムを提供しているが、X F E Lではユーザーの利用する測定時間が短くなることも想定している。</p> <p>X線領域のレーザー光自体未開拓なものであるため、X F E L施設の黎明期においては、相当の技術的な支援を行っていく必要があると想定している。</p> <p>今後、プロトタイプ機での利用や技術支</p> | <p>【評価専門調査会】<br/> (質問)<br/> 成果を更に拡大するというスタンスでのシステムができていないか。18の利用推進課題をグルーピングし、演繹的にこれらの仕事を更に効率良く行えるシステムを作っているか。また、グルーピングした場合、それぞれのグルーピング間でクロスするシステムを作っているか。<br/> (回答)<br/> ナノテク、ライフ、共通基盤技術ということで大体のグルーピングはできている。それらをどのようにグルーピングしていくかは平成21年度以降に行い、統合していく予定である。<br/> (質問)<br/> 各研究テーマのリーダーと、各研究テーマを評価する評価委員との間でクロスするシステムはできている</p> |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>入れ体制は積極的に活用すべきであるが、効率性を求めるあまりに一元的な体制に固執することなく、両者の持つ役割を勘案し、相乗効果のある適切な運用を進めていくことが重要である。</p> <p>利用研究の課題選定と評価については、X-FEL特有の研究スタイルを考慮した独自の方針を打ち出していくことが望まれる。建設の進捗管理、個々の利用研究の内容と進捗状況の評価、成果を創出するためのマンパワーが十分に確保されているかなどについて、運用・推進主体による内部評価に加えて、外部評価委員会による厳しい評価が適時なされるべきである。</p>                      | <p>援などの実績を通して、XFEL実機の最適な利用体制を検討することが重要であると認識している。</p> <p>開発・建設の評価として、理化学研究所内部において国際アドバイザー会議、安全性評価専門調査会委員会を設置し評価を行っていく。一方、ユーザー評価として、文部科学省に利用推進協議会を設置し、評価を行う。</p> <p>施設建設・整備にあたっては、JASRI、KEK、理化学研究所内部など日本の加速器分野の人材を中心に、大学等や企業との連携・協力により建設を推進していく。JASRI、KEKとは研究協力協定を締結。一方、欧州のDESY、米国のSLAC、韓国のPALとも協力協定を締結した。</p> | <p>か・<br/>(回答)<br/>年に何回かテーマのリーダーと評価委員が集まり、議論を行っている。</p> <p>【追加意見等】<br/>(意見)<br/>Spring-8で経験した、良い点と悪い点、特に悪かった点をくまなく整理して決して二度と同じ間違いをしない運営体制を組織すべきである。<br/>(意見)<br/>開発・建設に係る運営体制と責任の所在については明確な気がするが、利用に係る運営体制と責任の所在については十分理解できなかった。</p> |
| <p>その他の指摘事項</p> <p>極めて先端性の高い研究から、汎用的な分析・計測まで、研究分野が非常に多岐にわたる放射光利用の将来の発展と、X-FEL装置の効率的な利用を考えると、汎用的ツールに移行しつつあるSpring-8等の従来の放射光施設の活用、役割分担についてもX-FELと並行して検討することが望まれる。</p> <p>また、完成後にX-FEL装置が計画通りの性能に達したか、あるいは発振したX-FELがどのような特性を持っているかは、利用研究を進める上で極めて重要である。X-FELの諸特性を精密計測するためのシステムに関しても十分な検討が望まれる。</p> | <p>将来構想として、XFEL施設とSpring-8施設の相乗的な活用を検討している(XFEL光で物質を励起させ、Spring-8光によってその動態変化を連続的に観察する等の活用を検討)。</p> <p>XFELの諸特性を精密計測するためのシステムとして、XFELのエネルギースペクトルを計測する装置の開発に成功した。今後、国内のみならず、海外とも共同研究を行い、測定の集積を目指す。</p>  | <p>【評価専門調査会】<br/>(質問)<br/>予算の年次計画には建設時だけでなく、定常利用される時の維持・利用費は毎年どの位なのかを明記すべきである。建設費は確保されても建設されたあとの費用が獲得できなければどうなるのか。維持費は必ずかかるので、あとからの要求ではなく、最初から計画に挙げておくべきである。<br/>(回答)<br/>運営費は年間建設費の約10%あればいいと考えている。約40億円あれば立派な運営ができると考えている。</p>     |

【評価専門調査会】

(意見)

X-FEL が素晴らしい設備であることは明白であるが、問題はそれが 400 億円弱をかける価値があるかどうかにある。評価の重点もそこに置くべきではないか。建設についてと同様に成果についての評価をもっと具体的にきちんと書いてほしい。

(質問)

実機製作にあたり、スーパーシーディングをはじめとするいくつかの独自技術に関する知的財産処理に関して、漏れはないか。

【追加意見等】

(意見)

本件やスパコンなど文部科学省の大型プロジェクトは、一般に設備を作ることに熱心であるが、その利用研究には力が注がれていない。設備の開発と利用研究は車の両輪でありバランスさせて進めなければ、プロジェクトの価値は大幅に低下する。このような視点を総合科学技術会議は強く主張すべきである。

(意見)

7月5日の会議では、費用対効果の評価が必要だとか、利用についての考慮が少ないという意見が強かったが、翻って考えて見ると、世界最先端を狙う科学技術については、そのような批判より、科学技術的な成果を積極的に評価すべきと考える。

優れた科学技術ができれば、利用は必ずついてくる。

(意見)

で「累計 1 兆円を超える経済波及効果を生み出すことが可能」とされているが、そこにいたる道筋の構想が具体的に提示されていない。また、道筋全体を視野に入れた戦略や構想を誰が描いているのか、が見えてこない。

ハードの建設については、特段の問題はないと思うが、ハードを生かすためのソフトの部分が弱いと思う。

(意見)

指摘事項、 について十分検討されていない。スケジュールを決めて具体化してほしい。

(質問)

本プロジェクトは、上記 の利用研究による技術ブレークスルーに対する予算措置をどこまでカバーしているか？別途プロジェクトを起こすのか？