

総合科学技術会議 評価専門調査会
「X線自由電子レーザーの開発・共用」
評価検討会（第2回）議事概要（案）

日 時：平成17年10月12日（水）16：00～18：17

場 所：中央合同庁舎4号館（4階）第4特別会議室

出席者：川合座長、岸本議員、黒田議員、北里専門委員、原山専門委員、
板東委員、堀委員、松下委員、山田委員、若槻委員

説明者：文部科学省研究振興局基礎基盤研究課課長 野家 彰

文部科学省研究振興局基礎基盤研究課

大型放射光施設利用推進室室長 小島 泰典

独立行政法人理化学研究所理事 坂田 東一

独立行政法人理化学研究所

放射光科学総合研究センター主任研究員 石川 哲也

議 事：1．開 会

2．第1回評価検討会の議事概要について

3．文部科学省への質問事項に対する説明と質疑応答

3．本研究開発において評価の論点とすべき事項・内容について

4．評価コメントの提出について

5．閉 会

（配布資料）

資料1 第1回評価検討会議事概要（案）

資料2 文部科学省への質問事項

資料3 文部科学省説明資料

資料4 本研究開発における評価の論点（案）

資料5 提出いただいた追加意見

（机上資料）

国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成17年3月29日）

科学技術基本計画（平成13年3月30日）

議事概要：

【座長】ただいまから総合科学技術会議評価専門調査会「X線自由電子レーザー

一の開発・共用」評価検討会第2回を開催いたします。

前回の検討会では、総合科学技術会議が自ら評価を行うことになった「X線自由電子レーザーの開発・共用」について、文部科学省から概要の説明を受け、評価の論点とすべき事項・内容等を議論いたしました。本日の議事といたしましては、2つありまして、まず1番目が、前回の検討会以降出された質問事項に対しまして再度文部科学省から説明をいただくこと、これが議事次第の2、3に挙げてあることです。2番目が、次のステップですが、本研究開発において評価の論点とすべき事項の整理とその内容・考え方についてご議論いただくこと、議事次第の4です。この2つを予定しております。

それでは、配布資料の確認を事務局からお願いいたします。

<事務局から配付資料の確認が行われた。>

【座長】資料の方、特に抜けがなければ、先に進ませていただきます。

前回第1回の議事録は、今説明がありましたように資料1のとおりです。本検討会は非公開で運営しておりますので、各メンバーの名前は伏せて公表したいと思います。また、各メンバーのご発言の部分につきましては、事前に書面で確認いただいております。ご承認をいただきたいと思います。よろしいでしょうか。

ありがとうございます。

それでは、前回の検討会での議論及び後日提出いただいた追加意見書等に基づいて、事務局から質問事項を関係省に提出しています。まず、質問事項について事務局から説明をお願いいたします。

【事務局】それでは、本日は時間も限られておりますし、この後文部科学省から質問事項に対する説明がありますので、項目の紹介だけをいただきます。資料2をご覧くださいと思います。

まず1番目の項目は、X線自由電子レーザーの研究開発の意義についてです。これは、加速器科学あるいは放射光科学等の全体の中におけるこの研究開発の位置付け、あるいは本プロジェクトで期待されるアウトカムなどに関する質問です。

2番目は、施設の開発要素に関わる問題についてです。要素技術をスケールアップする際の課題の有無、単分子の膜タンパクの構造解析の可能性、実験ハッチの有効利用、2次元X線検出器の開発予定等に関する質問です。

3番目としましては、プロトタイプ機の利用についてです。前倒しして早期に成果を出す計画が可能なのかどうかということ、プロトタイプ機に関わる研

究とこのプロジェクトとの関係、あるいは「プロトタイプ機による加速器科学への貢献」の内容等に関する質問です。

4番としては、利用研究の推進・運営についてで、年度ごとに外部からクリティカルな評価・指導を行う仕組みが必要ではないかということ、推進体制等の詳細な情報、運営方針、理研からの人材、予算の投入の予定、利用・課金制度等に関する質問です。5番目が、施設の運営・推進体制についてです。

最後にその他で、国際レビュー委員会の英文の閲覧の可能等についてです。

【座長】ありがとうございます。

全体的な方向といたしましては、非常に新しい検討事項であり、それに基づいて利用研究等を拡充しなければいけないようなところについて、問題点が前回の委員会で抽出されて、それについて今回ご担当の方からもう一度質問にお答えいただくという運びになっております。

それでは、このことにつきまして文部科学省からの説明を受けることにしたいと思っておりますけれども、その前に何か、もしあらかじめ議論する必要があるようなことがございましたら、この場でご発言いただきたいと思いますけれども、よろしいでしょうか。

では、ご説明の方をお願いいたします。

【説明者入場】

【座長】本日はお忙しい中、本評価検討会にご対応いただきまして、ありがとうございます。本日は、まず質問事項に対して30分でご説明いただき、その後30分程度質疑応答をさせていただきたいと考えております。

それでは、ご説明、よろしくをお願いいたします。

【文部科学省】文部科学省研究振興局基礎基盤研究課長でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

本日は、第1回のヒアリングで出されましたさまざまな質問事項にお答えさせていただきますが、まず全体を通じますポイントについて4点ほど説明させていただきまして、その後、意義づけ、アウトカム、プロトタイプを含む技術的な諸問題、それから利用・運営のあり方につきましてある程度まとめてお答えさせていただきたいと思っております。

【文部科学省】多数の貴重な質問をいただきましてどうもありがとうございました。回答に先立ちまして、4点簡単に説明させていただきます。

第1点は、技術的な実現性についてです。X線自由電子レーザーに関する要素技術は、理研において2001年から開発に取り組んでおりまして、既に所定の性能を達成しております。例を挙げれば、真空封止型アンジュレータにつ

きましては、S P r i n g - 8 の 30メートルビームラインで既に使用されておりまして、さらに本年2月に国際レビュー委員会での評価、今回の資料の最後に原文を添付しております。それから、作業部会の中で、我が国の加速器研究の第一人者の方々をお招きして技術専門家会合を8月に開催し、技術的な実現性について議論をしていただきました。その結果、いずれにおきましても技術的な実現性は問題ないとの意見をいただいております。

第2点は、利用面についてです。X線自由電子レーザー利用促進懇談会の中間とりまとめにおきまして、ライフサイエンス、ナノテクノロジー研究だけではなくて、化学とか天文学など、非常に幅広い研究分野での利用テーマが示されるなど、大きな期待が持たれているところでございます。今後さらなる研究開発が必要ということで、平成18年度からは文部科学省が主体となりまして利用推進協議会を設置し、そこで研究テーマを公募するという一方で、潜在的な利用者を発掘するなど、新たな利用者や新たな利用研究の開拓に努めてまいりたいと考えております。このような施策によりまして、X線自由電子レーザーが完成後直ちに先進的な研究に着手できるよう推進していく方針でございます。また、利用研究の予算につきましては、来年度から毎年4億5,000万円、完成までの5年間で22億5,000万円を予定しておりますが、これに加えまして理研の運営費交付金、また外部の競争的資金などを活用して、必要な利用研究開発の予算を確保してまいりたいと考えております。

第3点目、X線自由電子レーザーは、S P r i n g - 8 の 10億倍のピーク輝度であるということで、タンパク質などの試料の破壊が懸念されていることについてです。これにつきましては、前回の検討会でもご説明させていただきましたとおり、まず第1点は光学系による強度調整、第2点は超高速の計測、第3点はシーディング技術による強度やパルス幅の調整などを行うことによって、十分クリアできると考えております。

最後、第4点です。既存の放射光施設につきましては、X線自由電子レーザーの整備と並行しまして、既存の放射光施設の役割は非常に重要であると認識しております。このため、次世代放射光源計画評価作業部会におきましても、既存の放射光施設も含めた放射光研究全体のあり方の検討を行っていただいているところでございます。今後、既存の放射光施設につきましても、それぞれの施設が得意とします波長領域に応じた光源の高度化を進め、さらに利便性の向上や支援体制の強化を図っていきたいと考えております。

以上4点を説明させていただきました。

次に、資料3に基づきまして、第1問、1ページをご覧ください。加速器科学、放射光科学の分野全体の中での位置づけ及び既存の放射光施設のあり方についてです。先ほどの第4点で説明させていただきましたけれども、放射光施

設につきましては、大きく分けて2つの役割があると考えております。まず第1は、それまで全く見るができなかった構造・現象を見えるようにするという最先端ツールとしての役割、第2点は、新しい物質や材料など未知の対象の素性を調べる汎用的ツールとしての役割、この2つがありまして、X線自由電子レーザーは究極の光源であり、の最先端のツールであると考えております。他方、Spring-8やフォトンファクトリーを初めとする既存の放射光施設は、建設当初は最先端ツールとしての役割を担っていたわけですが、その後、汎用的ツールとしての役割に移行しつつあるということで、その意味で光源の高度化や利用者・利用分野の拡大のための支援体制の整備が重要となると考えております。最先端ツールと汎用的ツールという2つの役割はいずれも重要であると認識しておりまして、そのような観点から作業部会においても検討していただいているところでございます。

【文部科学省】3ページをご覧ください。アウトカムは何なのか、医療や産業の現場に対してどのように貢献できるのかを具体的に示せということです。まずアウトカムは、先ほど室長から申しましたように、最先端ツールを皆さんに提供するということですが、具体的に3つ例を挙げております。1つは、遺伝子情報、遺伝子が細胞のいつどこで発現するかといったデータベースができて、それは医療診断等に非常に役に立つであろうということが書いてあります。次に、気体吸着の問題として、水素自動車等のガス吸着物質のダイナミクス等に応用できるであろうということが、2つ目として書いてあります。3つ目として、XFELをつくる技術自体がいろいろなことに役立つと説明している次第です。

次のページをご覧ください。開発に関して企業が参加するような部分があるのかどうか。これは、日本の研究施設というのは製造部門を持っていないわけですから、このプロジェクトのようにハードウェアの比重が高い施設整備におきましては、かなりの部分を企業の製造能力に頼ることになります。もちろん、非常に開発的要素もございますので、企業の中でも開発が分担されるものと考えております。

6ページをご覧ください。本プロジェクトの開発推進に当たって、特許化可能なものはあるかというご質問です。これまでの要素技術開発の過程の中で、現在、準備中のものも含めまして、18件の出願を進めております。内訳を足すと18にならないのは、その他があるからですがけれども、このような内訳になっています。これは、その実機を開発していくに当たっても、同じように増えていくものだと考えています。

7ページをご覧ください。開発において他国の先行特許が障害となることはないかというご質問です。この場合、基幹となる要素技術のほとんどが独自の

ものでして、海外先行特許に抵触というか、障害となるものはないと理解しております。

8ページをご覧ください。本計画は既の実績のある技術を用いて諸外国と同等以上の性能を実現しようというもので、この実機をつくる段階において顕在化する可能性のある諸問題を説明するとともに、2010年に確かに発振できるというロードマップを示せということです。まず、個々の要素技術に関する開発課題は、ほとんど片づいているか、もう解決の方向が明確になっております。問題は、非常に大きなもの、同一要素を多数並べる構造となるということで、スケールアップしていく上で、非常に効率的な量産技術と、合理的な施工管理手法をつくっていかねばいけないというところにあると考えています。もう1つの問題として、でき上がったときに非常に大きなものとなりますから、どのように合理的に運転維持管理をしていくかということも建設のときから見据えた上でつくっていくことが必要だと思っています。ここに例示されておりますアンジュレータは、特にアメリカでいろいろな問題があるということが言われておりますが、我々の使うものはそれと全く違う構造のものを使いますので、今外国において問題になっているようなことはないと思っています。

ロードマップにつきましては、10ページに、どのようにやっていくかという工程を示しました。

11ページをご覧ください。単分子の構造解析のためにどのくらいの光が必要かという点について示されていない、シーディングを早く進めるべきではないかというご指摘です。回答としましては、単分子での構造解析に必要なフォトン数の十分条件として、パルス当たりの光子密度 $2.55 \times 10^6 / \text{cm}^2$ という報告がございます。今SASE方式で得られる光子密度は $4 \times 10^6 / \text{cm}^2$ ですので、光子密度という点からだけ考えると、この単分子の構造解析に十分だと言えるのだと思います。ただ、この十分条件は、分解能 0.25 nm でのX線に対応するデータを実験的に得るための条件でして、これは今いろいろなアルゴリズム開発が進んでいて、もっと低分解能データを使った計算で高分解能の構造解析ができる可能性が最近出てきている。もう1つ、サンプルが壊れてしまうという問題ですが、これは高分解能データをとるために非常に強いX線を当てることによって壊れるのでありまして、もし低分解能の弱いX線で高分解能解析ができるようになれば、この問題は緩和すると思っています。しかしながら、SASEでなくてシーディングを早く進めるべきということは、非常にもっともでして、このシーディング技術に関しましては、予備的なものをプロトタイプを用いて進めることにしておりまして、実機完成後なるべく早く導入する予定にしております。

12ページをご覧ください。前回の検討会で示しましたビームラインの配置

は、最終的な形ではなくて、最も初期の形態です。最終的と申しますか、利用がだんだん拡大していったときには、諸外国と同じように、扇状に並べるとか、縦に延ばすとか、いろいろなことが考えられると思っておりますが、これは今後の利用推進協議会等における整備方針の検討の中で決まっていくものだと思います。ここで指摘のありました移動装置による入れかえはいろいろ問題があるのではないかとということですが、S P r i n g - 8におきましても装置移動時の位置再現性数ミクロンが現実になっておりますので、一番初期の段階ではこの入れかえというのは採り得るオプションの一つだと考えております。

13ページをご覧ください。X線検出器の開発について細かく示せということです。これは、例えばS w i s s L i g h t S o u r c eとかC E R Nとかと共同でいろいろな検出器を開発して、S P r i n g - 8で検討しております。また、理研内のR Iビームファクトリーのグループと協力して、検出器開発を行う体制を構築しているところです。いろいろな検出器がございますが、そこに書いてある検出器の説明は省略させていただきます。

15ページをご覧ください。単分子構造解析におけるタンパク質の構造均一性の問題です。これはかなり専門的な問題でございますので、多分この場で議論するよりは学会等で専門家の間で議論していただいた方がいいのではないかと考えますが、質問の答えとしてはここに書いたとおりです。

17ページをご覧ください。X F E Lで加速した電子ビームをS P r i n g - 8に入射した場合、平衡状態になるとだめになってしまうのではないかとという質問です。平衡状態になるとだめになってしまうのですが、平衡状態になる前を使えばいいビームが使えますよというのが一つの答えです。もう一つは、S P r i n g - 8の平衡状態を小さくする検討が進んでいまして、平衡状態が小さくなったときには、非常にエミッタンスの低い入射ビームが有効に使えるというのが2つ目の答えです。

18ページをご覧ください。S P r i n g - 8は、数年おくれて、かなりの成果が外国にいつてしまったと。もし前倒しできて、世界で初めてになるのだったら、その方がいいのではないかとという質問です。これは、全く安全係数を考えないと、確かにアメリカと同着でできるわけですが、若干の懸念として2点ございます。1つはメーカーの製造能力の問題で、何かがあると、4年で終わらせることができなくなる。2つ目が施設建屋の経時変化の問題でして、この施設は非常に精度の高い据えつけが必要となりますので、コンクリートを打ってから乾くまでの数ミクロンとか数十ミクロンの動きが問題になるような施設になっております。そういう意味で、建物をつくってから落ちつくまでの間というのは時間がかかりますので、1年前倒しで4年でやるというのはかなり危険が伴うことだと考えております。

20ページをご覧ください。シーディング研究が重要ということで、プロトタイプ機の今後の運用に関する資料説明ということです。まず回答としましては、XFEL本体の開発は施設整備補助金で行いますが、プロトタイプ機の利用は理研の運営費交付金で行うこととなっております。これは明確に仕分けられております。シーディング技術の開発を含みますプロトタイプ機を用いた加速器研究開発、利用技術開発は、理研の施設整備補助金により行うXFEL本体の開発とは別に、運営費交付金でやることになっております。プロトタイプ機は、本体建設と並行してシーディングを行うための技術開発を行い、本体が完成後速やかにシーディングを本体に導入する目的で準備を進めることといたします。もちろん、プロトタイプ機は、真空紫外領域のレーザー光利用のための非常にいい光源になるので、加速器の開発研究と並行して利用研究を進めていきたいと考えています。最後の質問のフィードバックされるのかどうかは、これは当然フィードバックされるわけですので、プロトタイプ機をデバッキングマシンとして本体をつくっていくということを考えております。

21ページをご覧ください。プロトタイプ機による「加速器科学への貢献」は何かということです。資料に並べたとおりでして、まず電子銃の問題、モジュレータの小型化、架台の安定化、位置モニター、アライメント技術、デジタルコントロールシステム、これらのものが新たに開発した、ここで我々が加速器科学に貢献できると考えているものです。

22ページをご覧ください。その次の質問として、今後高度化が必要な項目とその数値目標を示せということです。シーディング、特に我々がスーパーシーディングと呼んでおります方法を実現するためには、電源の安定度を現在のものより1けた向上させる必要があります。このための回路方式は既に検討済みでして、今年度中に試作機の製作を行う予定にしています。もう一つの問題として、アンジュレータの永久磁石のギャップ調整、これは磁場の強さを変えるわけですが、これが発振条件で低エネルギーと高エネルギーのものとは精度が若干違います。現在の3分の1くらいの精度にしないといけないわけですが、これについても対策はそこに示してあるように既に立てておりまして、これの試作検討を行うというのが実機に向けての課題だと考えております。

【文部科学省】利用研究の推進ということで、23ページから3問いただいております。これについて合わせて答えさせていただきます。

まず、開発後直ちに実現可能な目玉となる利用研究プロジェクトを絞り込んで検討すべきではないかということで、本年5月に理研に利用研究促進懇談会を発足させ、8月に中間とりまとめを行っておりまして、そこから革新的な7つの研究テーマを提案していただいております。さらに、現在これら分野別にワーキンググループをつくって検討を進めております。また、来年度平成18

年度当初から文部科学省の主導で利用推進協議会を設置して、そこでX線自由電子レーザー開発後直ちに着手できるような先端的な研究を進めていきたいと考えております。次のページは利用研究プログラムですけれども、具体的には、技術開発テーマを公募いたしまして、1テーマ8,000万円ぐらいのプロジェクトを年間5つから6つぐらいやっていきたいと考えております。

25ページをご覧ください。これは完成後になると思いますが、民間利用者及び海外の利用者についても原則として差別は行わないように考えておりまして、完成後の課題の公募選定につきましては、Spring-8と同じような枠組みで、具体的には、Spring-8の課題選定委員会の中にX線自由電子レーザーのための新しい分科会を設置しまして、そこで課題を公募・選定していきたいと考えております。それで、他のSpring-8に関する分科会の選考結果とともに課題選定委員会に諮ることで、Spring-8でもできるようなものはそちらで実施するというので、効率的、効果的な実験研究が実施されるということを目指しております。

26ページをご覧ください。X線自由電子レーザー施設の運営・推進体制についてです。進捗状況に対するアセスメントの実施が必要ではないかということです。これにつきましては、本年6月に設置しました次世代放射光源計画評価作業部会で事前の評価を行ったわけですけれども、その作業部会によって進捗状況の評価・指導を行うことを考えております。施設整備は5年間という長期にわたってかかりますので、その間、年度ごとに報告を受けて、現地視察などによって進捗状況を把握し、さらに利用研究についても、利用推進協議会から報告をいただいて、それらをあわせて適切な指導・助言をするという体制でいきたいと考えております。

27ページをご覧ください。実際の推進体制ですけれども、28ページに推進体制組織の表がございまして、理研の方でX線自由電子レーザー計画推進委員会を設置しまして、さらに一番上にありますX線自由電子レーザー研究開発グループが実質的な推進をする、利用面については利用推進協議会の方でやっていくと考えております。

29ページをご覧ください。建設・運営の具体的な陣容ということですが、これは30ページ、31ページにそれぞれ具体的な人員構成等を示しております。

32ページをご覧ください。Spring-8とはまた違う運営体制が必要ではないかというご質問です。利用研究技術や対象というのはSpring-8と大きく異なるということですが、利用課題の選定やユーザータイムの割り振り、利用者の受け入れ等、施設を広く共用に供するための運用におきましては、X線自由電子レーザーのビームラインをSpring-8のビーム

ラインと同様にとらえることによって、SPRING-8と同様の利用形態で対応することが可能と考えております。

33ページをご覧ください。SPRING-8との運用面におけるすみ分けということです。今申しましたように、SPRING-8の26本目、27本目の共用ビームラインという考え方で、研究課題の公募、選定、利用者の登録、受け入れ、実験支援等につきましてはSPRING-8と共通の枠組みで運用することを計画しております。運転要員につきましても、一部指導的な立場の人等につきましては効率化を図ることで共通化も可能であると考えております。

34ページをご覧ください。理研サイドからどの程度の人的、予算的な投入を行う予定かということです。利用技術開発につきましては、理研内の競争的資金とか外部競争的資金の獲得を行いますということと、あと利用推進協議会の年間4.5億円というのは、これとは別に公募により選定しますということでございます。

35ページをご覧ください。課金制度ですけれども、SPRING-8で18年度から課金制度を導入いたします。それと同様に、実験ハッチ内でユーザーの方が使われる消耗品につきましては実費を徴収するということで、最小限度の課金制度を導入したいと考えております。

最後、36ページですが、国際レビュー委員会の英語の本文全体はその後に添付しております。

以上です。

【座長】ご説明ありがとうございます。

それでは、質疑応答をさせていただきたいと思います。ご質問をされた委員の方々、回答に関して質問があるでしょうか、ぜひお始めいただきたいと思います。

【委員】一番最初のX線自由電子レーザーの研究開発の意義についてのお答えは、放射光分野の研究者の間でも大体このような認識だと思えます。実際、日本放射光学会でも特別委員会をつくって報告書を出していますが、多分それは目を通していらっしゃるのではないかと思います。ここに汎用的ツールとありますが、これは多分、非常に多様なニーズに対応できるツールという意味だと思うのですが、研究者の間での認識は、汎用的ツールにも非常に先進的なものと陳腐なものとがあって、既存のものというのは時間がたてば陳腐になってゆくの、ある時期には汎用的というか、多様なニーズに対応できるものでも、先進的なものをつくる必要があるという機運があります。その辺の議論があるということをご認識いただいた上でお答えいただいているのでしょうか。

【文部科学省】放射光学会の特別委員会の報告書もいただいております、それを一つのきっかけとして作業部会をつくっております。今先生がおっしゃっ

ていたのは、KEKなどでERL エネルギー回収型のリニアックなど、たくさんの利用者が利用できるけれども、さらに先進的な光を出すということで、放射光学会の報告でもこのような究極の光源と先進的でリング型の光源との両方が重要だということをおっしゃって、作業部会では、X線自由電子レーザー、それからERLとか、スーパーストレージリングという次世代のリング型の光源、それと既存の放射光施設、それらも含めて検討しておっしゃって、エネルギー回収型リニアックなどをどのように位置付けるかということで今議論をいただいているところでございます。

【座長】よろしいでしょうか。多分この質問の意図は、全体的な計画をきちんと見据えて、その中での置き方をちゃんとしてくださいということで、今、委員がご指摘されたように、汎用機の先鋭化というのも常に視野に置いてやっていただくということで、多分お答えいただいたのではないかと思います、この点についてももう少し何かご議論がありますでしょうか。

なければ、たくさんございますので、それぞれ前の方からざっと流して行ってチェックをいただきながらと思いますので、3ページのところで、アウトプット、アウトカムについてのことですが、これは具体的に幾つかの事例を示されてお答えいただいていると思います。非常に新しい光源ですので、すべてのアウトプットを予測することはなかなか難しいかと思いますが、大体これでお答えになっていますでしょうか。質問いただいた方はどなただかおわかりになっているかと思いますが。

【委員】必ずしもこれは私が質問したことがすべてではないのですが、ここではアウトカムの具体例を3つ挙げておられます。全部それぞれに重要課題といいますか、研究を進める必要があることと思いますが、特に2つ目の水素自動車ですか。これは水素を吸蔵する物質の観測もしくは新しいものの開発といったことに使えるという意味で書かれていると思うのですが、私も、素人ではございますが、よく言われるのは、X線というのは軽い原子は見づらい。むしろ中性子はそのあたりを得意とするという議論があります。X線自由電子レーザーのフェムト秒という非常に速い時間分解能を使うことによって新しいことが見えるというのはもちろんわかるのですが、一般的な認識からすると、やはり水素を見るには中性子がいいんじゃないかと考えてしまうんです。それがアウトカムの代表的な一つの例として挙げられているというところにちょっと違和感があるのですが、そのあたりのご認識はいかがでしょう。

【文部科学省】この部分に関しましては、もちろん水素がここに示されているわけですが、より一般的に気体と貯蔵固体で、最近、アセチレンが固体の中に入ると、普通に液体を圧縮しては爆発限界の数百倍まで固体の中に入ることがわかりまして、そういうものの出し入れの機構が解明されれば、いろいろ

るなことに使えるということを示しています。確かにおっしゃるとおりに、水素というのは中性子だと非常に簡単に見える、X線だといろいろと手間をかけてようやく見えるということでした、中性子の簡単に見えるものをX線でやるのは何事かと中性子の方に言われそうです。ただ、最近では水素がX線では見えないというのはうそになりつつありまして、X線でも見えるようになってきたということが本当だと思います。ですけれども、この答えのポイントは、ダイナミクスが見える、動くところが見える、もう一つは動くことを制御するプロセスが見えるということでした、水素に限らず、いろいろな応用が出てくるのだと思っております。

【委員】この水素の吸着というのは拡散現象だと思いますけれども、細かい話ですが、どのくらいの時間スケールのことをXFELで見ようとされているのですか。

【文部科学省】確実に見えるのは、ピコを少し切るくらいのところ。これはシーディング等によってパルス幅を狭く、今エレクトロンビームの幅が80フェムトですので、80フェムトよりも少し大きなところは、そのオプティクスでパルス列をつくって、時間を追いかけていけるのではないか。そのオプティクスでできるところは、多分ピコ秒分解能くらいのところまではいくのではないかと考えております。長い方ですけれども、長い方は多分マイクロバンチを60ヘルツで打つときに、感覚として多分100ナノくらいのバンチまで打てるだろうと思っておりますので、ピコから100ナノというのは言い過ぎかもしれませんけれども、ピコから数十ナノのところがいける。数十ナノのものをまたオプティクスで後ろに延ばすことも原理的には可能ですが、大体ピコから数十ナノ、数百ナノ、そのくらいまでの現象が簡単に追えるものになると考えています。

【委員】私は別に中性子の肩を持つつもりは余りないのですが、X線で水素を見るのはやっぱり難しいですよ。結晶解析で見るのだとすると、タンパクの方で水素が見えてくる状況というのは、結晶が非常にいい結晶になってきたときで、かつものすごくデータをため込むということをして初めて見えてくるんです。そうすると、今の委員の質問にもありましたけれども、速いところを見ようと思ったときに、しかもディフラクションで見ようと思うと、やはり水素は、それなりのテクニカルなアセスメントをされてから、実際にこれで水素が見えるんだということをおっしゃった方がいいんじゃないかという気がします。アセチレンの話が出ましたが、アセチレンだったら炭素がありますから、これはぱっと聞いて、ああ大丈夫かなと思うんですけれども、私も水素というのはもう少し付随したサポーターの何か材料を出された方がいいかという気がいたします。

それから……。どうぞ。

【座長】専門家があそこにいらっしゃるようですので。

【委員】それと、水素は非常に難しいということもさることながら、例えば水素のメカニズムを調べたからといって新しい水素貯蔵素子ができるわけじゃなくて、私どもも新しいナノチューブで水素貯蔵のものを大分開発していますけれども、メカニズムは大変重要だと思うんですけれども、ちょっと飛躍があるので、これは質問がそういうことでアウトカムとか言い過ぎているから、かなりご苦労されたんだなとは思っているんですけれども、もう少しサイエンティフィックにアウトカム的なものを言われてもいいのではないのでしょうか。水素のメカニズムがわかると、それもX線では難しいということもさることながら、水素貯蔵素子ができるというのはちょっと飛躍を感じます。

【座長】なかなか説明の難しいところでございますが……。

【委員】同じところに出ていますもう一つのセルマップの方に関してですけれども、これも本当にできれば、非常にインパクトが高いものだと思います。が、ここに書かれているセルマップに関しては、別途けさご質問を出させていただきましたけれども、ここで見ようと思っているのは、ヌクレオチド、RNAのものを見ようと思っていらっしゃって、確かに、例えばメッセンジャーRNAの発現レベルはいろいろなところで見られるけれども、ではそれを見たらセルの状況が全部わかるかといったら必ずしもそうではなくて、メッセンジャーRNAからタンパクがどのぐらいつくられているか、それからそのタンパクがどこに行って、どうやって実際の、質問にも書きましたけれども、例えば脂質がどのぐらいふえるとか減るとか、燐酸基がどうなるか、そういうところを全部見えたら、それがセルマップですということをおっしゃるのだったらいいんだと思うのですが、宣伝されていることと実際の内容には若干飛躍があるかなと思うのです。でもそれにしても、RNA、それから機能性RNAがどこにどのぐらいつくられるかということがわかるということは、私は大変すばらしいことだと思います。

病院の方、病院で実際に個々の細胞の発現レベルがわかって、それとFELをタイアップするというのは、できれば非常におもしろいと思いますが、実際にロードマップとして本当にできるようになるのかなというのは、もうちょっと示していただけるとイメージがつかめるのですが、ちょっとこれだけだと、今ここに書かれている2つのFELでやることと、それから病院でやることとのつながりがちょっとわからないかなと思います。

【座長】大分アウトプットに関して具体的な質疑が続いておりますが、ベースとしてはかなり大きな分野が開けるということを皆さんはどうもご認識した上で、この書き方は、もうちょっとうまく宣伝文句がないものかというのでご

質問されているようですので、ここは、もし評価委員の方からもう少し具体的な指摘が出せるようであれば、さらに具体的なイメージをつくる上で役に立つコメントになるかなと思いますので、委員の方でも少し考えてみて、質問をもう一度ぶつけてみるということが一つのやり方かなと思います。具体的なアウトプットを提示するということですので、なるべくわかりやすいアウトカムを書こうとされていて、一方、この光源は、これからどう使うか、未知の部分も相当ある光源なので、そこのところのつながりがなかなか難しく、これはむしろ、別の質問にありましたけれども、利用研究をどう推進していくか、建設と平行にどういう利用開発を行うかと、そこに対する質問も随分一緒にございましたので、これはまさに新しい光源の新しさをどうアピールするか、どう使っていくかという具体的な問題と同じレベルの議論であろうと思いますので、このアウトカムの表示の仕方というのはもう少し置いておきまして、その先の方に移っていきたいと思います。

5 ページのところは特に、これは示していただいたということで……。

【委員】5 ページの質問ですけれども、これは質問をちょっと書きかえた方がよかったかと今思っているんですが、要するに、現在は当然小泉総理以下、民間でできることは民間でという精神で政府は動いていると思うので、例えば S P r i n g - 8 もできてから 10 年以上たちます。その当時に比べて民間のコントリビューションがこのプロジェクトにはレベル的にもっとふえているのかというのが実は知りたかったところなんです。当然、最終的には全部メーカーにつくってもらわざるを得ないのですから、民間がなくてできるわけではないんですけれども、昔は、例えば全部、物理設計から基本設計をして、製造、製作設計から下をやってもらった。現在は、民間のレベルが上がって、かなりのレベルのところまでコントリビューションしてもらっているのだろうかという、そのレベルは昔と比べて、例えば S P r i n g - 8 の建設時点と比べてこのプロジェクトはどうなのかなというところをちょっと知りたかったので、お教えいただきたいなと思って質問させていただいたのですが。

【文部科学省】今のご質問に対する答えですが、多分フォトンファクトリーのときに比べると、S P r i n g - 8 はかなり民間のコントリビューションがその時点で高くなっていたのだと思います。この新しいプロジェクトが S P r i n g - 8 と比べてさらに増えるかということ、それはそれほど変わらないのではないかなと。

【委員】同レベルだと。

【文部科学省】ええ。S P r i n g - 8 のときにかなり高くなったレベルでこのプロジェクトもいくのだと考えています。

【委員】わかりました。どうもありがとうございました。

【座長】それでは、5ページはよしと。

6ページは、特許関係のことでございますが、これは。

【委員】特許絡みのことにつきまして、非常に明快に回答していただきまして、ありがとうございました。この18件の特許を出すことによって、他国の開発が非常にやりにくい、回り道をしなければならないとか、そういう重要な特許が出せそうなんですか。

【文部科学省】今走っている他の国は、かなり古いテクノロジーで進めていますので、それはそれで淡々と進むと思います。ただ、新しく始めるところがある場合に、この特許をどう使うかというのは、かなり戦略的な問題になってくるのだと考えています。

【委員】ありがとうございました。

【委員】あと、特許が何件か挙げられていますけれども、この中身、例えばこの内容がわかったときに、こういう類似のプロジェクトがこれから走るときに、例えば外国とか、ほかのプロジェクトでぜひこれは使いたいというのがあれば、具体的に、こういう特許があるから、これはぜひほかでも使った方が有効だというのがあれば、それを例として示していただきたいと思うのですが。特許ですから、今公表されるとまずいというお話であれば、別に今には限りませんが、そういう内容があればいいなと思っているので。

【座長】先ほどの文部科学省からのご説明は、かなりあるということで……。

【文部科学省】はい。我々も、しっかりと受理というか、成立した段階では…。

【委員】公表して……。

【文部科学省】宣伝していこうと考えているのですが、出願中のものについては若干差し控えさせていただきたいということです。

【委員】わかりました。

【座長】恐らくSpring-8の北村アンジュレータのように、あれが随分次の放射光のところの改良に相当使われましたので、そういうものをお持ちだと思ってよろしいということですか。

【委員】もちろん、これは国際特許ですね。

【文部科学省】国際特許にしているものがほとんどだと認識しております。

【座長】7ページはよろしいでしょうか。

8は大体示されたような気がしておりますが、もう少し何か具体的なことがございましたらあれですが。ロードマップについて、10ページのところはかなり詳細に計画が示されてございますので、何か問題がありそうであれば、またもう一度ゆっくり見ていただいて、ご質問いただければと思います。

【委員】1つだけ。これは確認で、恐らくもう検討済みだろうと思うのですが、X線の領域でアンジュレータが約100メートルぐらいのものだと、通常です

とX線の回折というのはほとんど問題にならないのですが、ビーム自身がかなり絞れておりますので、ぎりぎり回折の効果が効いてくる領域だろうと思います。そのような状況で、CDR等を見ましても、回折の効果で外に出ていく分というのはあからさまに評価されていないように見えるのですが、その辺は、例えば光ガイディングはどうかとか、ゲインガイディングはどうかとかということを含めて、Start-to-endシミュレーションなどで性能評価をされているのでしょうか。

【文部科学省】入っております。今ご質問に出ました回折効果は、例えば、この場合は回折限界ビームで光が出てきます。ビームサイズは50ミクロンです。10⁻¹⁰メートルの波長ですと、回折角度をθとしますと、サイズ×広がりが10⁻¹⁰でございますので、大体2マイクロラジアンぐらいの広がりになります。2マイクロラジアンですから、100メートル行ったときに2×10⁻⁴メートルでございますから、200ミクロンといった広がりになります。それはアンジュレータのギャップ幅が3ミリですので、大体きれいに通る。それは、あとフィールドストレングスがだんだん薄まっていくわけですが、それはシミュレーションには当然入れて計算しています。

【委員】ビームの大きさも多分それとコンパラが少し小さいくらいだと思うんですけども、その時、ビームが本当に真っすぐ通っているとすると、余り問題にならないと思うのですが、そのレベルで、補正をかけながら通していかれるときに、ファクター2～3の範囲では、ゲインが直ぐに変わってしまうのではないかと思います。それは大丈夫なのでしょうか。

【文部科学省】それはおっしゃるとおりでして、むしろ真っすぐ通すためのアライメント技術、あと、後にも書きましたようにビームポジションモニターを、真ん中を精度が高くて、だんだん粗くしていくような技術を開発して、まず基本は真っすぐ通すことだと思っています。

【座長】では、次が11ページのところです。SASEによる光で単分子対象が可能かという話あたりから、少し応用のところもかかってくるかと思うのですが、いかがでしょうか。大体ご納得されますでしょうか、11ページ。それから、12ページの移動実験ハッチの件は、先ほどご説明があったかと思しますので、開発段階のところと、それから実際にユーザーに全部開放するときとは、ディストリビューションが少し変わってきて、もう少し多くのユーザーラインを入れられるようになるというご説明でした。それから、検出器のことが13、14、これも大体お答えいただいているように思います。

その辺あたりのところまでがよければ、15ページあたりのところから少し利用研究、特に生物系の利用研究に関してのご質問が続きますので、委員から具体的に、既に前もって出していただいている質問もございましたので、議論

をお願いいたします。

【委員】まず11ページに関してですけれども、コメントはここに書かせていただいたので、幾つか、事実誤認といいますが、エラーがありますので、それはぜひきちんとしたもので出していただきたいと思います。

私のコメントの一番のポイントは、ここに書いてあるシミュレーション、2002年ではなくて2001年のPNASの論文で出しているものは、0.25nmというのは2.5という分解能ですが、構造解析で本当にタンパク質が何をしているかということを見るとか、ほかのものにどうやって作用しているかということを見ようと思うと、2.5というのは現在ではもうかなりちょっと寂しいぐらいの値でして、もっとずっと高い、例えば2を切る、1を切るといったところだと思うのです。それに対するお答えは、多分アルゴリズムということで書かれていると思うのですが、私は多分これはMEMだろうと思っているんですが、実際のところ、どのぐらいの分解能のデータをとれば、前回お話しになられた資料2で使われたような、例えば創薬に使うような構造にいけると思っているのかというのがちょっと気になるところです。

【文部科学省】今現在、MEMで50分の1、50分の1というのは、具体的には50nmまでの回折データ、50nmに対応する散乱角の回折データから、1nmの分解能のリコンストラクションが可能になっています。これをそのままスケリングすれば、5nmのデータをとると、1にいく。そのままスケリングできるとすれば。

【委員】ぱっと考えると、なかなかできないのかなという気が……。今ここで問題になっているのは、原子の位置を、今50nmと1nmの違いというのは、それを使っているいろいろなモデルを立てるとか、そういうことはしない世界だと思うのですが、実際にX線で構造解析をする場合には、最終的には創薬をするにしてもきちんとした原子のモデルを全部入れていくわけです。そういうことがちゃんとできるかどうかというのがMEMで今おっしゃっている例えば2.5のデータをとったならば、それが1を切るぐらいのところまでいくということが本当にあれば本当にすばらしいと思いますが、そういうのはまだ拝見したことがないんですが、多分そういうところをねらわれているんだとは思いますが、けれども、スケールアップというのは大丈夫なんでしょうか。

【文部科学省】多分そこは、今皆さんがねらっているところなので、5年後には必ずできていると信じておりますが。

【座長】ちょっと補足させていただきますと、MEMと言っているのは、マキシマumentロピーメソッドという方法で、構造解析のときに使われる一つの手法です。こういういろいろなアルゴリズムを上手に使って、かつ多分この回折の実験データをきちんととって、それで所定の我々が欲している原子位置を、

しかもタイム・ディペンデントな原子位置を決めようという大変挑発的なプロジェクトにどのように挑むかという話だと理解しております。何ができてくるかということに関して、非常に重要なディスカッションです。このくらい、利用研究のところはまだ研究をしながらやらなければいけないということだと理解いただければと思います。

あと幾つかポイントがあったかと思うのですが。

【委員】はい。それから15ページの方で、これは多分きちんとしたクエスションになっていなかったところもあるんだと思うのですが、一般にコンフォメーションのところはフレキシブルだということを申し上げたので、少しちゃんとした質問になっていなかったかと思いますが、ここでのポイントは、*de novo*、要するに何も構造がわかっていない、非常に複雑なタンパク質もしくは複合体、それから膜タンパク質の構造がこれで解けるということと言えるかどうか、そこがポイントだと思うんです。15ページに書かれている答えを拝見しますと、既にある程度、例えばカルシウムチャンネルの例を挙げていらっしゃるけれども、幾つかのコンフォメーションのものがそれなりにわかっていったときに、その間のダイナミクスを見ていくなどということは多分できるのだと思います。でも、かなりチャレンジングだと思いますけれども、多分それはできる。それもチャレンジングだ。だけれども、本当にインパクトを求めるとすれば、何もわからないところから構造を解けるかということだと思います。アメリカなどではもちろんそれをうたって、最初のころものすごい力を、今でもすごく力を入れていますが、そう簡単ではないということがだんだんわかってきたということで、ここでも本当に*de novo*で何もわかっていないところから、GPCRでもいいですけども、もっと大きなものの構造を決めるに当たって、結晶化をする場合には、それなりに似たようなものが集まってくるから、アベレーシングをそれでしているわけですが、ここではそれをデータの上で、最後のコンピューター上でしましようということになっていますので、本当に本質的に、ここに幾つか、タンパク質の運動位相空間みたいなことが書かれていますけれども、それを全部本当に精査されて集めてきたところで構造が解析できるかどうかというのは、まだこれだけでは……。どう言ったらいいのでしょうか。ではこれとこれとこういうことを吟味しなければいけないということももうちょっと出していただけたらと思うんですが、ここに書かれているのでは*de novo*で構造を解くということについてのロードマップがちょっとはっきりしないかなと思いますので、ぜひそれはご提示いただけたらと思います。それができるということを皆さんが納得できれば、本当にこれで、タンパク質というか、生体物質の構造解析に関しては非常に先が見えてくるのかなと思います。

【座長】いかがでしょうか。何かコメントのコメントが……。

【文部科学省】そのコメントについて、ここに関しては、委員は非常によくご存じのように、世界じゅうでいろいろなことが進んでいます。だけれども、我々も、本当にこれでいけるというロードマップはまだどこからも見えてきていない。それを今みんなで作っている最中です。というのがある意味では私の答えでして、仮に我々が持っていたとしたら、多分、変な話ですが、出さないとします。

【委員】こういう公的な資金をもってやる場合に、前回にも示されたとおり、例えば単分子の構造解析が一つのポイントだとすれば、それなりにこの分野の方が、ああそうかと納得できるようなものは、実際のところはもちろんいろいろあるかもしれませんが、少なくともいけそうだとするところまではご説明いただくことが本当かなと私は思います。もう一回戻りますけれども、それが今は全世界的にできてきませんので、ではどうするかといったときに、多分この後利用研究をどう組み上げていくかというところで、私が申し上げたいのは、ここに関しては、日本だけではなくて、世界のトップレベルの人たちと一緒にやっていただきたいとします。

【座長】多分、今の委員からのご発言というのは非常に重要なことで、これから利用研究を展開してこの新しい光源の可能性をちゃんと見きわめるためには、まだ本当の先端科学の段階で開発していかなければいけないことがかなりたくさんあって、それを並行してやらなければいけない。その中の一つが *de novo* という全くわかっていない構造を解析できるための手法開発ということのようにお聞きいたしました。マキシマムエントロピー法を使えば、確かにノウンの構造の間のトランジションみたいなものは多分見えてくるので、そういう意味ではもう成果が上がることは私でも読めそうな気がする部分がありますので、もう少し違った新しい開発の部分に関しては利用開発研究をパラレルに進めるといふことかと思えますけれども、ほかの委員の方からもぜひご意見をいただければと思いますが、いかがでしょうか。事務局、どうぞ。

【事務局】今のこのX線の強度と、それから散乱パターンが二律背反ではないかという意見があります。それは要するに強度を強くしないと散乱パターンが得られない、一方、強度を強くし過ぎると分子が爆発するという事ではないかということなんです。一つの質問は、今の *Spring-8* の10億倍という強度をもう少し弱くするとか、時間パルスを短くすれば、分子爆発はないんだということなのか。それから次の質問は、その対策としては、パルス時間幅を短縮するということと、もう一つの方法はそのアルゴリズムによれば、もう少し、ここで言う分解能の低い散乱データから解析できるからいいのか、そのあたりについてお聞かせ願います。

【文部科学省】今の関係を申しますと、非常に分解能の高いデータをデータとしてとり切するためには、非常に強い光が必要である。だから、非常に強い光を当て続けると、サンプルは壊れてしまいます。これは確かにそうだと思います。ですから、サンプルが壊れるよりも速いパルス、強い光でとることが必要というのが、まず第1点です。実験だけから高分解能のデータをとる。それに対して、光を弱くすると、高分解能のデータがデータとしてはとり切れなくなります。そのときに、情報理論に基づいたマキシマムエントロピーというアルゴリズムによって、低分解能のデータから外側の高分解能のデータを推測するというのが、第2点です。そうすると、もとの光としては弱めたものでもデータがとれるので、壊れるまでの時間が長くなるか、もしくは壊れないでもとれます。そういう2つのことを言っているわけです。

【座長】よろしいでしょうか。強力な光でタンパクが壊れて分析ができないという言い方は多分当たっていないと思いますので、例えば質量分析などはみんな破壊分析しているけれども、情報はいろいろとれるわけです。だから、とり方と、多分どこまでデータをとるかということの兼ね合いということでお答えいただいているように思うんですけども、まだ不十分かな。

【事務局】パルス幅短縮と今のアルゴリズムと両方できて初めてタンパク質ならタンパク質の解析ができるということですか。

【文部科学省】いいえ、orでございます。

【事務局】わかりました。

【委員】単分子を飛ばして、それに光を当てて、しかも単分子の方向を制御してということで、実験としてはものすごく究極の実験のような気がするのですが、そういう技術的な開発というのも国内でどなたかやっちらっしゃるのですか。

【文部科学省】その飛ばすところは、国内という意味ではまだ手のついていないところだと思います。ただ、海外では始まっています。もう一つのオリエンテーションに関しては、ある意味で電顕で、このサイズではないけれども、電顕の構造解析というのが、非常に似たアルゴリズム、ランダムなオリエンテーションから軸を決めて、そこからの散乱パターンを計算していくというアルゴリズムを使っています。

【委員】まさしく本当にディーテールなので、どこかでとめないといけないと思うのですが、そこが電子顕微鏡と、もちろん電子とX線のインタラクションが違うので、どのくらい……。例えば数十万枚必要だと。電顕の場合には数十万枚使っていないわけです。そこでの基本的な違いとかというのがある程度定量的に全部吟味されて、先ほど委員がおっしゃったような、ボンと当てたときのタンパク質の向きが、マスだったら向きはどうでもいい話ですけども、今

の場合にはわかっていない向きを全部決めていなければいけないので、それかできるかできないかというのは、確かに方向としては電頭だと思うんですが、実際問題できるかどうかというのは、先ほどと同じカテゴリーに入るの、私は別項できちんとした利用研究のセクションをつくってやっていただかないといけないと思います。

それから、さっきのorというのは、MEMを信じないわけでは全然ないんですが、今の段階で先ほどのde novoで結晶質の構造解析をしようと思ったときには、高分解能がちゃんととれる方向でのシステム設計を私は今のところはしておくべきだなと思います。後からリゾリューションを下げるのは幾らでもできるので、リゾリューションはちゃんと確保する方が私はいいと思うのですけれども。

【文部科学省】先ほど申し上げたのは、やらないというのではなくて、ロジカルにはorであると。もちろん両方ともやるプログラムには入っているわけですが、これとこれは両方そろえないといけないのですかというロジカルな質問に対して、ロジカルにはorですという答えをしたわけです。

【座長】よろしいでしょうか。サイエンティストは気になることを徹底的に議論するという姿勢はとても大事なんですけれども、この場合はどこかでまとめなくてはいけないので、全体としては利用研究のところの開発要綱が非常に強いというのが今ディスカッションしている認識だと思いますので、そこを拡充しながら建設を進める必要は絶対にあるなという感触を持っております。

ちなみに、レーザー分光などでやるときは、ある偏光した電磁波を当てて、たまたまそれと合う向きになっている分子だけを拾ってというやり方をして、それで方向性を決めたりすることもやっているの、恐らくいろいろな開発ができるのではないかなと個人的には感じておりますが、研究が必要だと思います。

そうしますと、大体利用研究のところでの生物材料のお話、それから、もし物質系の方で、何かご質問がございましたら、ここで加えていただくことにして、いかがでしょうか。

【委員】今のところ特になんかいいんですけれども、どこかで質問したときに、23ページですか、今の議論に出てきているように、利用研究が一番重要だと思うのですけれども、そうしたときに、今単分子の解析ということがあったのですが、よく議論していくと、必ずしもまだいろいろなところが詰め切れていないということがあるので、もう少し利用研究の目玉をどれかきちんとフォーカスをして、この装置が完成した暁にはすごい成果が出るという、1点豪華主義というんでしょうか、それで利用研究が広く広がっていくと思うんですけれども、1つは何か。そのときには、もう少し委員会等で深く利用研究の中身を詰めて

いくという作業が大変重要ではないかと思うのですが。

【座長】ありがとうございます。パラレルに利用研究を拡充して推進して、実際に光が出る時点で、ここぞというものを用意できるようにしておくということでしょうか。

そうしたら先に進ませていただいて、あとは公募プログラムのことということで、24ページあたりに少しこの利用研究がかかわるテーマの置き方等についてもご提案をいただいておりますので、この辺が利用研究開発の一つのかなめになるところのお返事で、それから、それ以降25ページのところが、実際に走り始めた後の課題選考の手管というか、経験のあるSpring-8でのやり方を利用していきたいと書かれているようです。あと、研究推進体制のあたりで追加の質問はありますか。あとマンパワーの件、30ページぐらいのところまでですか。32ページは、多量のユーザーを抱えるSpring-8とは違う運営が必要ではないかということで、運用のためのリソースとしてはSpring-8のものを利用するというお答えで、考え方については多分もう少し違った考え方が入ってくるのだらうと思います。

【委員】マンパワーに関して詳細を示していただいたのですが、日本のこういう施設では、どうしても外国に比べて人数が少ないのはやむを得ないと思うんですけれども、海外の例と比べて非常に少ないので、もう少しこれを大きくするという事は不可能なのでしょうか。

【座長】29～31ページのところです。

【委員】そうですね。ちょっと正確な比較になるかわかりませんが、SLACのケースを聞いてみましたら、利用する人も含めて、最終的には250人とするという話をSLACの副所長から私は聞いたことがあります。もちろん日本でそのレベルを実現することは不可能だと思うんですけれども、最終的な運営体制になると30人というのは、特に加速器の方が11人ですか。これはなかなか大変ではないかなと思うので、もうちょっとふえる可能性はないのかなと思いましたが。

【文部科学省】まず、SLACの場合には、ご存じのように、ある意味で物をつくるどころまで中に抱えているという体制でやっているところがあります。我々の場合には、物をつくるどころというのは民間に出ますので、そこがかなり大きな違いになっているのだらうと思います。あともう一つ、運用体制のところですが、確かに全体としてこれだけ見ると小さく見えるのですが、室長の方から説明しましたように、ある意味でSpring-8と一体の運転体制を敷くことができるので、この数で、もちろん外国と比べて多い少ないの議論をすれば切りがないわけですが、この数でいかないものではないと考えています。この議論をし出すと、ある意味で、どこの施設も外国と比べて少ない

ので、スクラムを組んで人を増やしてもらおうことをやりましょうというお話であればまた別かもしれませんけれども、多分そういうことではなくて、これがやっていける現実的な体制であると思っています。もちろん多いに越したことはありませんけれども、ぜいたくは言えないというところです。

【座長】よろしいでしょうか。その後の方はいかがでしょうか。大分時間も押しておりますので、もし余りシリアスな問題がないようでしたら、大体この辺でと思っておりますが、いかがでしょうか。

【委員】加速器科学の観点から少しお聞きしておきたいんですが、ここのアライメントは結構精度が上がっていますが、これが実現すると、例えば将来リニアコライダーが走るようになったときに、これがかなり寄与すると。だけど、リニアコライダーが走る場合には、アライメント技術はさらに開発が必要なのか、これがあればもう十分アライメントはリニアコライダーにそのまま流用できるという感じなんですか。

【文部科学省】まず、FELは、長いアンジュレータの間ずっと真っすぐ飛ばさなければいけません。リニアコライダーは、コライドする部分だけがよければいいという意味で、KEKの黒川先生には、この技術がちゃんとできれば、リニアコライダーはこれで大丈夫だと言われております。

【委員】基本的には、ではリニアコライダーに関するアライメント技術はもうこれで全部オーケーという感じですか。

【文部科学省】と言われております。

【委員】わかりました。

もう1つ、この前ちょっと聞き忘れたものですから、もともとCバンドと、あとXバンドが、たしかリニアコライダー用に開発されたものだけでも、こちらの方にXバンドは出番が将来あるのか、ないのかという点なんです。

【文部科学省】私は、小型化するという意味で、Xバンドの信頼性が上がれば、十分出番があると思っています。ただ、今のXバンドが使えるかということ、今のXバンドは使えないだろうというのが我々の判断で、使っておりませんが、将来加工技術等々の精度が上がってXバンドが実用的なものになれば、十分使えると思います。

【委員】だけど、残念ながらXバンドがある意味ではもうどこもとまっているようですので、ではそういう意味では可能性は少ないのかなと。例えば、将来、施設がこういうものを複数台ぜひ欲しいとなったときには、当面はCバンドがずっと継続していくのかなという感じですか。

【文部科学省】いいえ、例えば医療用の小型ライナック等でXバンドで非常に小さなものをつくらうという動きがありますので、Xバンドの技術開発は続いていると認識しています。

【委員】なるほど。

【文部科学省】そういうものがもう少ししっかりすれば、Xバンドで作りますと、今のまた半分の長さになるわけですので、これは非常に魅力的であると考えています。

【委員】わかりました。もう1点よろしいですか。あと、アラインメントで何かムーバーというのがありまして、今までの私の感覚ですと、加速器というのは精度よくアラインメントしたら、もうほとんどそれは普通は動かさないと。ところが、これは実際にビームを通す段階になっても、ダイナミックにハードウェアそのものをいろいろ微調するとか、そういうイメージなんでしょうか。

【文部科学省】おっしゃるとおりでして、「加速器科学への貢献」というところにも書きましたけれども、コントロールシステムは、ある意味でこの加速器全体がロボットであるかのようなコントロールをいたします。例えば、床がひずんで直線からずれたら、それを検出してもとに戻すといったことを考えています。

【委員】もう既にそういうのはどこかで加速器として……。

【文部科学省】多分これが初めだと。

【委員】これが初めてですね。

【座長】時間が大分押してしまいましたので、もう少し違った観点のご質問がもしあれば、1、2受けさせていただきます。

【委員】タイトな時間の中で恐縮なんですけど、気になっていることが1つあります。前回の議論からシーディングというのがかなり話題になっておりましたけれども、通常のシーディングというのは、外部レーザーを導入するとか、あるいはアンジュレータの間に分光器を入れるとかという手法を使われるんだろうと思っています。ここで言われているスーパーシーディングというのは、それプラスアルファで、何か非常に特徴的なことをやられるんでしょうか。そのあたり、中身を教えてもらうことはできますか。

【文部科学省】スーパーシーディングというのは、低エネルギーのところ、レーザーによって粗いモジュレーションをかけて、それを圧縮して、今のところ1,000分の1、1ミクロン、いや……。まず粗いモジュレーションをレーザーの光でつくって、それを圧縮して細かいモジュレーションにして、それをアンジュレータを通すというのがスーパーシーディングと。

【委員】いわゆる光クライストロンのようなやり方ではないんですか。

【文部科学省】ない。

【委員】バンチ全体を圧縮するのですか。

【文部科学省】バンチ全体を圧縮する。それはいろいろ難しいところはあると思いますが、我々が計算したところでは、どうもできそうだということで。

【委員】そのあたりは、特許対象になっているのですか。

【文部科学省】特許を出しております。

【委員】そうですか。はい、わかりました。

【座長】よろしいですか。

では、あともしもう1点ございましたら。

【委員】人数のことに關しては、私も少ないと思うんですが、S P r i n g - 8の今のJ A S R Iとの共同体制というのは非常にユニークな解かなと私も思います。

私の質問は実は利用研究の方でして、34ページに書いてあるのをよくよく読んでみると、これは理研の自助努力として、理研内部の競争的資金とそれから外部競争的資金を取ってきましょうという、これは大変結構なことだと思うんですが、先ほどから出ています4.5億を8,000万、9,000万で分けていく場合に、これだけの難しいことを考えたときにはもう少し大きな規模の競争的資金も取れるように、これはむしろ文部科学省の方をお願いすべきなのかなと思いますが、C R E S TやE R A T Oみたいなものでもしこのプロジェクトがいくのだとすれば、F E Lを使った光科学を推すようなことをもう少ししていただかないと、前回も申し上げましたけれども、4.5億で利用研究はすごく少ないと思いますので。

【文部科学省】C R E S T 戦略創造も私のところの課でやっておりまして、それも含めて努力していきたいと思っております。

【委員】23ページの回答の真ん中辺に、分野別にワーキンググループを設置して、プロジェクトディレクターのもとにとありますが、このプロジェクトディレクターというのは、あるテーマに関してプロジェクトをつかって、その方が技術的な開発とかサイエンティフィックな検討をしていくという役割なのでしょうか。あと、こういう方々はもう決まっているのですか、これから決まるのですか。

【文部科学省】これは、理研の方が設置しました利用研究促進懇談会の中に、今200名ほどの方が入っていただいております、それぞれの分野ごとにリーダーになるような人を選んで、それにプロジェクトディレクターという名前をつけております。そのプロジェクトディレクターが音頭を取るような形で、それぞれの分野ごとに議論を今深めているということです。

【文部科学省】分野によってその進捗状況はさまざまですが、ある程度進んだところもあれば、全然進んでいないところもあるというのが、正直なところです。

【委員】私が知りたいのは、ワーキンググループをつかって議論をする、そのまとめ役みたいな役割をプロジェクトディレクターと言っているのか、

開発もやって、サイエンスで成果を出すところまで責任を持つ人をプロジェクトディレクターと言っているのかを知りたいのですけれども。

【文部科学省】今の段階では議論のまとめ役だと考えております。

【文部科学省】それで、来年度からは文部科学省が主導しまして利用推進協議会をつくります。その中では、同じような形でプロジェクトディレクターになっていただく方には、実際その研究開発も進めていただくことを考えておりまして、今理研の方でやっている懇談会のプロジェクトディレクターとちょっと混乱するのですけれども、役割はちょっと違ってくるかと考えております。

【委員】こんな夢のチームができると、利用研究はすごく広がると思うんですけれども、この実験ハッチは2つということですか、当面は。

【文部科学省】一番最初、当面はというか、初期には、2つというか、2本のビームラインで、もしかするとタンデムにつくるかもしれません。だけれども……。

【委員】そうすると、マシンタイムというか、非常に限られてきますね。

【文部科学省】はい、将来的には……。

【委員】どのぐらいのユーザーを見越して、どのぐらいハッチを広げていこうと、そういうことは現時点でどこまで見通しを持っておられるのでしょうか。

【文部科学省】多分、S P r i n g - 8のように毎日毎日お客さんがかわるなどというやり方ではないと思うのです。1つのグループが来ると、例えば半月とか1カ月とか占有してやっていくと、多分1年をフルに動かして、夏休み等がありますから、マキシマムで10グループか15グループぐらいであろうと。そうすると、今までさんざん議論がありましたように、実験手法をつくっていくところも多分最初の段階ではかなり皆さんいろいろなことをやらなければいけない。そうすると、10とかそういうグループが1カ月ぐらい占拠して、実験手法をつくりながらデータがとれるようになるまで、ある意味で分野ごとにやっていくのだらうと思っています。その結果が、例えば新しいビームラインをつくれとか、そういうことにつながっていくのだらうと私は考えております。ですから、S P r i n g - 8のように毎日毎日お客さんがかわるといった状況では全くないし、どこかの質問にありましたように、その入れかえをどうするんだという話がございましたけれども、今私が申しましたように、1カ月でかわると、3日でかわると、入れかえの頻度というのは随分違うわけで、今考えているのはそんなことです。

【座長】よろしいでしょうか。開発研究の段階でできる2つのビームラインがもしうまくいけば、またきっと拡充されていくのだらうと考えるのかなと思いますけれども。

【文部科学省】説明者側から最後に一言。28ページをちょっと開いていただきたいと思いますが、28ページの一番下に、X線自由電子レーザー計画推進委員会というのが理研にできまして、私が委員長に指名されましたので、大変大事な役割だと思っております。

本日も議論がございましたこの施設の技術的なスペックというか、性能の問題でありますとか、あるいは盛んに議論がございましたが、利用、どのように利用を拡大していくか。利用あつての施設なので、利用が非常に大事だと私も理解しております。そういう点を含めて、これは当然ですけれども、ある年次計画というものをつくっていかなければいけないというか、マスタープランのようなものを理研なりに常に持つておくことが非常に大事だろうと。当然このプロジェクトは国の支援がなければできませんので、私どもはこれが生まれれば国と二人三脚でぜひしっかりやっていきたいと思っておりますけれども、本日いろいろご指摘があったような問題についても、まずは理研としてこういう推進委員会の中でしっかりこなし、将来展望をどうするか。Spring-8を見ましても、7年間の運用がありますが、最初はたしか十数本ぐらいで始めたと思います。現在48本になっております。利用研究者も、最初の1~2年は年間で1,000人とか2,000人ぐらいだったと思いますが、7年たって、現在は年間1万人の利用者もございます。施設の内容とか、こういった研究が出てくるか、こういったものについて広く知っていただくことができれば、利用もどんどん拡大すると思います。そういう意味では、先ほどビームラインのご質問もございましたけれども、初めは2本かもしれませんが、これは世の中のリアリティーを踏まえて柔軟に変更していく必要があると思っております。

それから、利用技術開発の予算も4.5億円では足りない。こちらにおられる文部科学省の方は、今の段階でこれをさらにどうするかということは具体的に言えないと思っておりますけれども、私どもは、この施設を運用して全国の研究者に使っていただくという立場からすれば、いろいろな形で国の方ともお話をし、4.5億では本当に少ない、足りないということであれば、どんな工夫を予算的にする必要があるのか、これは真剣に国サイドと話し合っていきたいと思っております。

今申し上げたことは理研として正式な見解とはやや言いかねるところもありますが、私は、先ほど来申し上げておりますとおり、直接この施設の担当になりましたので、本日のお話を承って、今申し上げたような考え方をベースに、今後、これが認められればですけれども、取り組んでいきたいと思っております。

【座長】ありがとうございます。

それでは、本日のためにわざわざお越しいただきましてご説明いただきまし

たこと、大変感謝いたします。どうもありがとうございます。では、ご退席をお願いいたします。

【説明者退場】

【座長】今回も十分に質疑応答の時間をとらせていただいたために大幅に時間が遅れておりまして、とりまとめの方を少し急がせていただきたいと思います。かなり細かいところまでお話しただけたと思いますが、まだ完全に掌握し切ったわけではないかとは思いますが、そろそろ評価の論点の整理と考え方のところへ入らせていただきます。

皆様のご意見に基づきまして、事務局の方で、前回までのご意見ですが、評価の論点案というのを今用意しておりまして、資料4がそれに当たります。これにそって少しご議論いただきます。まず、事務局から資料の説明をいただきたいと思っております。お願いいたします。

【事務局】時間も押しておりますので、中身の細かな説明は省略させていただきます。

資料4にとりまとめましたものは、前回第1回の検討会の際のご議論、それからその後ご提出いただいたコメントをもとにいたしまして、事務局としてとりまとめた論点を4つ掲げさせていただいたものです。最終的に評価報告書を作成するに当たりましては、指摘事項をどうするのかといったことを考えていかなければなりませんので、皆様から評価のコメントをいただくに当たっての、言ってみれば目安として論点をとりまとめたものです。ただ、今申しましたように、これはあくまでも1回目の議論、それからその後のコメントに基づいてつくったものですので、本日のヒアリング及び質疑等を踏まえて、またこの論点そのものは変わってくる可能性は十分あると考えております。したがって、本日は、これから皆様にいろいろなコメントをいただくに当たって、今回4つ案を示しました論点について、このような論点でいいのかどうかということをご議論いただいて、論点の見出しといたしますか、そこまでをできましたら本日は固めていただいた上で、この第2回終了後、評価のコメントをまたいただきたいと考えております。以上でございます。

【座長】ありがとうございます。

資料4の論点の1～4というのは、前回我々がいろいろと質問を考えていった過程において出された議論のポイントでございます。この議論のポイントがそのまま評価の論点につながるとは限りませんので、そこをもし修正が必要であれば、ここでご議論いただきたいと思います。とはいえ、大体この辺の4項目が評価する上での重要な論点であるかなという気はしております。特に、論

点3の利用研究の推進に関しては、より充実させる必要があるということで、本日の議論の大半もこの重要なポイントに使われたわけですので、3のところはもうちょっと……。

【委員】豪華1点主義とかということで。

【座長】ええ、これを激しく主張してもいいかなという気がするぐらい重要なところであるような気はいたしますが、かといってほかのものを落としていいというほどのことではないかと思いますが、ちゃんと一度目を通していただきまして、それでご意見をいただきたいと思います。

本日、事務局の方から今提案がありましたように、できればこの論点の項目を決定したいということですので、大筋これでよいということであれば、文言の使い方等に関しては後日ご連絡いただくことで十分に訂正がきくと思いますので、大枠の流れについてまず考えていただくということからお願いしたいと思います。それから、論点のタイトルの下に書かれている項につきましては、もう既に質問に答えてきている部分がございますので、これをつけて出すということに、評価の論点としてはなるのではないかと思います。いかがでしょうか。

【委員】論点の1ですけれども、初めから「社会・経済に対する貢献」という大きなお題をくっつけてしまうと、かなり苦しい説明になると思うんです。本日のディスカッションで、アウトプットがあって、アウトカムがあって、どこまでを含めるかというところは多分まだ不確実性の高いものであって、こういうことまでは可能であろうという域から抜けられないものなんです。その時点で、もちろん社会・経済的貢献ということを求められるのですけれども、ここまで一つの大きなタイトルにしてしまって、だからやるやらないという判断にするべきものかなというのがちょっと疑問の一つです。だから、どこまで書き込むかということなのですから。

【座長】大変重要なご指摘だと思います。どのように使われるかということもまだ議論しながら建設していくものでありますので、余り陳腐な例を出すのもいかなものかなという気はしましたので、ここの書き方を、だからもうちょっと高尚な書き方でこの社会・経済に対する貢献をうまく示せないものかなという気は私自身も聞いていてしまったのですが、いかがでしょうか。この辺、もう少しまい言葉の使い方というのが、「貢献について」というタイトルはタイトルとして、項目としてはあるのだと思うのですけれども、その中に書き込むべきことですね。「実用的な貢献について、国民に分かりやすい形で説明に努める」というよりも、もう一段階前のところを何かうまくエクスプレスできるといいような気がするのですが。

【委員】多分、可能性とか。さっき、無理して言っているから、結局無理に書

いているというのがもう見えているので、貢献について、その可能性とか将来性とか、そういう書き方で。

【委員】科学技術に対しては貢献でまとめて……。

【委員】いいんですけれども、実用化に対しては可能性とか将来性とか、そういうワンクッション置かないと、何か無理しているような感じ。

【委員】そうなんですよ。無理な要求をして、無理な答えをしていて、それは本当に妥当なのかというのを判断する……。

【委員】それで、後でこう書いてあるのではないかということになるのは、お互いに不幸なことなので、科学技術に対しては貢献。科学技術に対しては、失敗も実は失敗ではないんです。ある意味でネガティブデータもそれは非常に大きな成果の一つであるという考え方もできるんですけれども、実用に対しては必ずしもそうではないということがあるので、実用に対しては、将来性とか可能性とかと書いた方がいいような気がします。

【委員】ほかの省の研究にかかわったことがあるものですから、そこで発言したんですけれども、ここに「国民に分かりやすい形で説明に努めるべきである」ということですが、国民にどういうメリットがあるかということ、これはどこかの段階で恐らくパブリックコメントを求めることになると思うのですが。その場合にどうしても、国民にどういうメリットがあるかということをもうちょっと具体的に、余り平易にすると安っぽい表現になってしまうかもしれませんが、かなり総括的でいいと思うのですけれども、どういうメリットがあるかということを出しておくことによって非常にプロジェクトが後で進めやすいということをちょっと助言しておきます。

【座長】ありがとうございます。

そうしますと、例えばその論点1のところのタイトルですが、「我が国の科学技術に対する貢献及び社会・経済に及ぼす可能性について」、「対する貢献の可能性」、ちょっとこの何か言葉を少し。

【委員】「波及効果」とかというのはいかがでしょうか。

【座長】「社会・経済に対する波及効果について」と。

【委員】本文の中で、「産業や医療の現場に還元できる実用的な貢献について」と、この言葉が入るとどうしても非常に無理をした答が返ってくると思います。一方、「国民に分かりやすい形」というのは、私は大切だと思います。

【委員】それは別にサイエンスでも構わないわけで、メリットもサイエンスで構わないと思うのです。だから……。

【座長】そうすると、例えばこの文言ですと、「我が国の科学技術全体に対してどのように貢献できるのかを具体的に示すべきである」。その次のところを約1行弱消して、「国民に対するメリットをわかりやすい形で説明に努める

べきである」といった表現でしょうか。それで、むしろサイエンティフィック
メリットを前面に出して、評価の項目を書いて……。

【委員】それだけではないんだよ、将来にこういう波及効果があるんだよとい
うことでやっておかないと、後が……。

【座長】では繰り返しますと、社会に対しての波及効果を書くということで、
「還元できる実用的な貢献について」というところはあえて外して、「国民に
対するメリットを」という書き方でそこを書き込むと。

【委員】「国民にわかりやすい形で説明に努める」というふうに。でも、具体
的な文章はまだ求めていないんですね。

【座長】そうですね。ただ、考え方がここですごく大事なので、むしろ、わか
りやすく説明をするということであって、具体的な実用的な貢献というのを無理
やり出すことはしないけれども、説明はちゃんとするというやり方。

では、論点2の方はいかがでしょうか。これも、「開発要素に関わる課題を
予め明確にし」というのは、装置開発の方の部分だったと思うのですが、これ
についてはもうかなり明確にお答えいただいているような気がいたしますので、
「さらに励むように」とみたいな形で示すのかなと。

【委員】あと、多分プロト機を使って、本番の実機、X F E Lの方にフィード
バックするプロジェクトというか、R & Dがあるはずなのです。そのところ
も少しこちらに盛り込んで、今後プロト機でこういうことをしてというのを具
体的にも示してもらおうと、非常にわかりやすいのではないかと思います。今回、
これまでの成果はどういうのがあるのですかというのをお聞きして、回答をい
ただいたんですけれども、これからまたこのプロト機を使ってさらにずっと並
行して……。

【座長】この前の1回目のときにそれはお答えに入っていたような気がするん
ですけれども、そっちも一緒にやると書いてあったような気がしたんですけれ
ども。それをきちんと進めるようにということを書き込むということですね。

【委員】ええ。

【座長】はい。ここのタイトルはよろしいですか、「X F E L開発とプロトタ
イプ機による成果の還元について」。

【委員】ロードマップのところと、何かこれは合っていないみたいな。

【座長】ロードマップは示されましたので、これはだから……。

【委員】消してもいいのか。

【座長】でも、これは評価の論点だから、示されたロードマップをもとに開発
を着実に進めるようにといったことを入れるのですかね。

【委員】逆にそんなに悪いことばかり書かないで、プラスも書いていいわけ
ですね、評価ですから。

【座長】評価ですから、当然両方必要ですね。

【委員】何かどうしても欠点ばかり書くのはよくないですね。

【座長】ええ。ちゃんと押してあげる部分もないといけませんね。

【委員】ここに書いてある「XFEL開発とプロトタイプ機による成果の還元」、成果の還元をどちらにするかというのを今考えたら、プロトタイプ機を使って出てきた成果をXFELの実機に還元するということですね、多分。

【座長】そうですね。

【委員】そうすると、最初に「XFEL開発と」というのがあると、何かちょっと、どこからどこにフィードバックするのが若干わかりにくいかなと思いました。

それからもう1つは、「欧米に対して遅れをとらないために」というのをどう見るかということだと思のですが。今の勢いでいけば、ひょっとすると遅れなどというものではなくて先に出る可能性もあるので、むしろもうちょっとポジティブな評価の論点にするとすれば、「欧米に先んじて成果を出すためには」というふうにした方がいいかなと思うのですけれども。

【委員】「欧米に先行するために」といった書き方がいいでしょうね。

【座長】「欧米に先んじて成果を」……。

【委員】「成果」というと、ちょっと違う意味になってしまうかもしれないですね。

【委員】「成果」というとわからない。

【座長】この辺は事務局でちょっとご工夫いただきまして、うまく運べるようお願いしたいと思います。「開発要素に関わる課題を予め明確にし」というけれども、要素研究はかなり明確になっていたもので、それを、ロードマップを示していただきましたので、それに沿って的確に進めるようにといったことですか。それで、その中で特に留意すべき点というのは、シーディング技術の確立を含め、プロトタイプ機で見込まれている研究成果を即XFELの開発に反映させるような運営をすることに留意せよといった書き方でございますか。

論点3の「利用研究の推進について」は、ここはかなりもうちょっと多分書かなくてはいけなくて、この具体的なこと以上に、もっと大々的に利用研究のプログラムをちゃんと推進せよということが入ってくるのかなと思うんですが、それには、理化学研究所に限ることなく、もっと文部科学省として、もしくは国として、そういうポテンシャルユーザーを国内外からきちんと集められるようなことを考えるということでしょうか。そこを書くと。だから、これは一機関からの提案というよりも文部科学省からの提案ですので、もっと省に対してのことも言っているんですね。

【委員】ええ、いいです。

【座長】それから、論点4、「運営・評価組織の体制について」。これは先ほど先生からご指摘があったように、非常に少ないマンパワーで効率よくやる計画ではありますが、もうちょっと拡充できるならば、「することが望ましい」と書くのか、それともこれでできることを是とするのか、この辺はちょっと微妙かなと思ってお聞きしていたのですけれども、いかがでしょうか。

【委員】日本のこういう組織で人数を増やすというのは本当に大変なことなのですけれども、ただ、最終的にアメリカとかヨーロッパでやっているのと競争になるわけです。我々の施設も非常に少ない人数で運営していますが、最初は頑張っって何とかいけるんですけれども、ちょっと長い時間たつと、やはり人数の差が出てきてしまいます。最初走るだけの目的でなくて、最終的に成果を出して対等以上にやり合うことが目的だったら、少ないマンパワーという点は非常に不安材料であるなと思いました。

【座長】そうするとむしろ、このX F E L自身の開発研究というのは5年という年限が区切られていますけれども、その間に将来長続きする体制をきちんと考えることも並行して行うといったコメントを入れておきますか。実際に限られた人数しか難しいので、何か工夫や発明が必要な項目であるように思いますけれども、一言投げかけておく必要はあるのかもかもしれません。長期的な運営に供するための次のフェーズの考え方についてもよく検討するようにといったことを入れておきますか。

大体4つの論点で整理できそうだという感触だと思いますので、特に論点1のタイトルは、先ほど皆さんにお考えいただいて変えさせていただきました。論点2の方も、「プロトタイプ機による成果のX F E L開発への還元」とか、何かそのようにするのかなという気がします。中身のことに关しましては、今後少し詰めさせていただいて、最終的な評価の論点整理をしていきたいと思いますが、このような運びでよろしいのでしょうか。

【事務局】ありがとうございます。

【委員】すごくベーシックな話ですけれども。

【座長】はい、どうぞ。

【委員】論点2ですけれども、プロトタイプをつくるのは最終的なものをつくるための前段階であって、その成果を還元するのは当たり前の話ではないですか。

【座長】還元と、それから同時にその後まで走らせていくという両方があったと思います。

【委員】そういう視点を書かないと、今のタイトルにしてしまうと、プロトタイプをつくりました、その成果をX F E Lの開発に還元しますというと、当たり前じゃないですかと。

【座長】そうですね。だから、それとパラレルに……。

【委員】パラレルに、だからプラスアルファなことを要求しているんですね、前回の。

【座長】そうですね。パラレルにプロトタイプを使ったプロトタイプ……。

【委員】それ自身でも何か役に立つという話にしていたんですね。

【座長】そうでしたね。研究を推進すべきということですね。では、ここもちょっとタイトルをもう一度事務局の方で、その2点を含むようなタイトルを考えていただけますでしょうか。

【委員】4番目についての質問ですが、どちらかという、ここの委員会のメンバーは、2行目から出ている「XFELの運営方法は、極めて多数のユーザーが様々な目的に利用するSPRING-8とはおのずと異なることを考慮する必要がある」ということで、どっちかという分けてやるべきだというニュアンスが質問にも伝わっていたと思うんですけども、それに対する答えは、文科省側も、理研側も、いや、そうではなくて、SPRING-8と一緒にやることで、JASRIと一緒にやることでこの人数でできるのですという、かなりコンシステントな答えがあったと思うんですが、それに対してこちらは、いや、やっぱりそうではないんだと言うのか、その辺の整理だけはちょっとしておいていただけると、コメントを書くときにいいかなと思います。

【座長】非常に重要なご指摘だと思います。これは、限られたマンパワーの中で、体制としては一緒のものを利用するというお答えだったので、逆に考え方としてきちんと差別せよということをご指摘するのか、それともどこかから人を連れてきて別にやれと言うのか、そこのところだけちょっと書く……。

【委員】先ほどのお話ですと、使い方もSPRING-8とはおのずと違うということをおっしゃっていましたね。であれば運用の仕方も必然的に変わってくるわけで、それをこの同じ共通部分の人が入りながら、その違う運営体制をするための工夫というものをどのようにするのかということをはっきりしなさいということ、ある程度のメッセージを出す必要がある。今までのやり方の運用体制では多分できないはず。先ほどの話で、使い方が違うんだから。

【座長】先方からの先ほどのお答えの中に唯一あったのは、ある選定の分科会みたいなものをXFELのところにつくって、そこでやりますということで、そこでどうやるかというのはまだ書かれていないんです。多分そこで考え方を差別化する必要があるのだと思うので、それをきちんと、適した考え方を入れて運用するようにといった書き方ですか。それをちゃんと入れておくということによろしいでしょうか。

【委員】形としては、私は、せっかく同じ場所において、最終的にはXFELから出てくる電子もSPRING-8に入れて、将来的にはいろいろな実験をし

ましようということも考えているので、それなりにシナジーを最初から考えて、かつ違いはきちんと見ておくというシステムをつくっていただくという方が、全体のことを考えると、それが解なんじゃないかなという気がいたします。

【委員】ちょっと今のに関連してXFELから出てくる電子をSpring-8に入れるというのは、加速器の専門家にどのように考えているのかと聞いたのですが、非常に少ない電流しか入らないので、やってできないことはないという程度だという認識でした。

【座長】いろいろできるのではないかと思いますけれども。弱いビームの中にできることはあるかもしれないけれども、本当を言えば、さっき利用研究の検討というのが今後すごく重要になってきて、シナジー効果がどのように出せるかというところまで含めて、この論点3のところの充実が、先行きを全部決めていくような気がしますので、特に3はきちんと書かせていただければと思っております。

それでは、論点4のところの最初のところを少し、限られたマンパワーとして運営するために、共通項は持つにしても、上の考え方の違いが当然あるはずで、それをきちんと差別する工夫をしてほしいということを入れるということですね。配慮すべきであると。

【委員】そのように書くと。

【座長】大体流れが出たかなと思います。それでは、はい、どうぞ。

【事務局】文科省のいるときにも聞いた質問と関連するんですけども、要するに文科省のこういう案どおりやっていけば、タンパク質、膜タンパクを含めて、タンパクの構造解析ができるとここでは判断するというところでよろしいですね。それからもう一つは、セルマップまで言われているんですけども……。

【座長】それはさっきからずっと委員が聞き続けていることで、いろいろな段階があるんです。膜タンパクができると一言言っても、どこまでできるかという話をさっきからずっとやっていたんですけども。

【事務局】答えをもらっていないという判断ですか。

【座長】いえいえ、それはやり方をきちんとまだ、最終的にはできるのではないかと思うんだけど、きちんとやるためには、そこの利用研究をやって、最終的なメソッドロジーも含めて、5年の間に確立するということが大事だと。だから、今のまま何も利用研究しないでそのまま、はい、できますよでは納得できないぞというのが、一番の専門家は彼しかここにはいないと思うので、彼のご判断だと思います。そこで利用研究を拡充してきちんとやることによってこの最終到達目標に確実にいけるようにすべきであるというのが今の判断で、それはちゃんとやればいけるのではないかと私は感じるんですけども、その辺はご専門家の……。

【委員】最後のところを受けてお話ししますと、今の事務局のご質問に対する答えは、今の段階では、イエスと言ってしまうのは、私は言い過ぎだと思います。繰り返しになってしまうと思いますけれども、それをイエスにするためには、本当に日本を挙げて、外国からも人を集めてやらないといけないと思って、それを本当にこのプロジェクトでやる気になるかどうかというのが、一番の私から見たときのポイントかなと思います。

【座長】事務局のご質問の意図は、多分この「対外不公表」と書いてある紙に出てきているコメントであって、本当はここを聞いておいていただきたかったんだけど、これに対する答えはどうかということを多分確認されているのだと思います。安易に、今すぐできないということをノーと判断してしまえば、多分何十年も悔いを残すような判断になるような気はしています。ただ、この利用研究を拡充しないと不確かさが残るということも確かだろうというのがこの評価委員会の意見ではないかと私は思うのですが、よろしいでしょうか。

【委員】私はこれがどのように出てきたのかわからないんですけども、多分この質問の背景には、ほかのやり方でタンパク質の新しい構造解析の方法を開発しようといったプロジェクトもあるわけで、それと比較して、これがマストなのか、これさえできればほかの方法は要らないのか、お互いに相補的なのか、そういう感触を得たいというのがこの資料の背後にあるのかなとちょっと今感じたのですが、どうでしょうか。

【委員】具体的には、例えば電子顕微鏡ということですか。

【委員】そうですね、一つには。あるいは、あと何でしたか。

【事務局】電子顕微鏡が主にそうなのですが、その他にNMRとの比較というのがあります。ただ、ここの質問は、物理的にどうかということですよ。要するに、分子が小さいので、大強度のX線を浴びれば分解するのではないかと。

【委員】なるほど。さっきおっしゃったことですか。パルス。

【事務局】ええ、その話です。

【委員】そうですねけれども、私などはまたそれ以外にもう一つ、タンパクの構造解析の方法開発というプロジェクトがほかにどんと出ていますから、それとのバランスはどうなのか。ここだけでクローズドで見ていけばいいんですけども、私はほかの審査にもちょっとかかわっているので、その位置付けというのは、NMRと、それから主に電顕だと思います。

【委員】手短かに、NMRに関しては、先ほどから申し上げた *de novo*、何もわからないところから構造を決めることに関して、大きなタンパク質に関しては、やはり今でもほとんど不可能に近いなと思います。電子顕微鏡に関しては、とても難しい比較になると思うので、そういう観点でもう少し、私は先ほど、例えば数十万枚X線では必要だと言いましたけれども、多分それは電子

顕微鏡だったら数千枚で何とかなるんです。その違いが一体全体どこに来ているかということも、いろいろな人が議論されているわけですがけれども、まだちゃんとした答えは出ていないんだと思うのです。だからこそ、利用研究のところをきちんと比較も含めてやらなければいけないのかなと。電子顕微鏡の方はもっと別の言い方をされると思いますけれども。

【委員】 そうだと思います。そちらでもヒアリングがあったわけで。

【座長】 でも、X線を使うことのメリットというのは、電子の位置のあれですね。電子顕微鏡で見ているものとは違うので、ダイナミクスまで入ってきたときに、タンパク質が例えば変形していくとか、壊れていくとかという本当におもしろいところが入ってきたときには、必ず先に電子移動が伴ってくるわけですから、その辺の情報をこれで少しでもとれるようになってくれば。だから、むしろダイナミカルなところをどう取り込んでくるかというのが本当のおもしろいところだと思うんですけれども、これはそういう意味では新しい光源の利用なので、まだ利用者側の方が使い方を確立していないところがあるので、はっきりとこうですと言えないところが.....。

【委員】 そうだと思います。de novoのコンフォメーションだけであつたら、それはまずいので、これは開発していくものだから、そこからいろいろな課題が新しくポツと飛んで出てくるというようなことじゃないかなと思いますけれども。結構です、私の方は。

【座長】 いかがでしょうか。よろしいでしょうか。

というわけで、ちょっと周りも考えた上でこの評価論点の中に書き込むことを決めていかなければいけないということもあるのですが、私たちには周りが余り見えていないので、また委員や事務局からいただく情報というのはひとつ参考になるかなという気がします。

大分時間オーバーしてしまったので、この場で議論すべきことがほかにありますれば今いただきたいと思いますが、大体中身は議論してあるかなという気がいたしますので、きょうのご意見を整理して、次の評価報告書原案に反映させていただきたいと思います。

次のポイントは評価コメントの提出についてなんですが、ただいまご議論いただきました評価の論点に対する意見に加えて、調査・検討事項も含めて、各メンバーから最終的な評価コメントをいただきたいと思います。事務局から説明をいただけますでしょうか。

【事務局】 それでは、お手元に「「X線自由電子レーザーの開発・共用」評価コメントの提出について」という様式をお配りしておりますので、こちらをご覧くださいと思います。

事務局では、今後ご提出いただきますコメントをもとに、評価報告書の原案

のたたき台をつくらせていただこうと思っております。それを再び委員の皆様方の方に送らせていただきます。それをご覧いただき、再びそのご意見を事務局の方にフィードバックしていただきたいと思っております。

それらのご意見を踏まえて、最終的に評価専門調査会を11月4日に開催予定ですけれども、この評価検討会として提出する評価報告書の原案をまとめていきたいと考えております。フィードバックいただいたものから評価専門調査会に提出する原案にするまでのブラッシュアップにつきましては、大変恐縮ですけれども、時間の制約等もありますので、事務局が座長とご相談しながら作成ようにさせていただきたいと考えております。

評価専門調査会でさらに検討していただいて、最終的には11月末に予定しております総合科学技術会議の本会議に諮りまして、最終的な評価報告書ということで決定していただき、関係大臣に対し意見具申を予定しております。

【座長】コメントというと、ついネガティブなことばかり書きそうなんですけれども、いいところ、プッシュするところも両方いただければ、強調点がはっきりして非常に書きやすくなると思いますので、よろしく願いいたします。

そろそろ時間でございますので、このあたりで終わりたいと思います。本日の配布資料はすべて公表するという事になっておりますので、ご承知おきください。それでは、「対外不公表」というものだけは机の上に置いておいていただきます。

それでは、閉会といたします。皆様におかれましては、大変お忙しい中「X線自由電子レーザーの開発・共用」評価検討会にご出席いただき、また熱心にご議論いただきましたこと、ありがたく存じます。どうもありがとうございました。

- 了 -