

放射光科学合同特別委員会討論メモ

日本放射光学会会長 尾嶋正治

2011年3月5日13:30-17:30に東京大学工学部で開催した標記合同特別委員会において、雨宮 WG 主査（写真1）が(1)光源計画 WG 報告，特別委員会水木委員長（写真2）および足立委員（写真3）が(2)放射光サイエンスビジョン報告を行った。これに続いて，学会会長（写真4）が司会を担当してフリーディスカッションを行った。討論に先立って，放射光サイエンスの夢・ロードマップ（図1）が紹介された。写真5に討論会の様子を示すが，50名以上の参加者が残って熱い議論を行った。発言内容は放射光

学会誌に掲載することを予めアナウンスし，筆者がとりまとめた発言メモを発言者に確認して頂いた後に掲載している。上記2報告では網羅出来なかった重要な課題が鋭く指摘されており，この討論も含めて3部作の形で放射光学会特別委員会報告としたい。

【光源 WG 報告（雨宮）】

松田：アメリカでの意見の取りまとめは？



写真1 雨宮 WG 主査



写真3 特別委員会足立委員



写真2 特別委員会水木委員長



写真4 司会

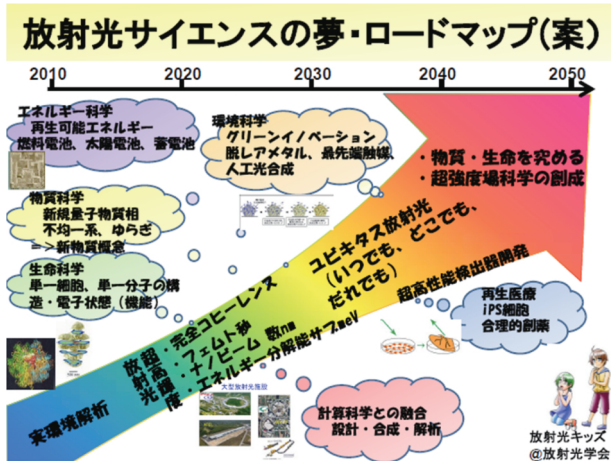


図1 放射光サイエンスの夢・ロードマップ(案)



写真5 討論会の様子

佐々木：放射光学会はないが、DOEのBasic Energy Scienceが取りまとめを行っている。

太田：中小型は地域、産業利用に用いられていると考えがちだが、当然学術利用もされている。しかし、立命館、佐賀、NewSUBARU、中部シンクロトロンは国のお金で運営しているわけではないので、ロードマップに入れる必要がないのでは。

平井：佐賀（九州シンクロトロン光研究センター）は県費を使い、放射光の地域連携、産業利用を主目的に設置、運営されている。その意味でロードマップに入れることに関しては太田先生と同意見である。

山田：放射光ニーズは、応え切れないくらいどんどん増えている。学会として、新たな光源を作るような働きかけは行わないのか？

雨宮：各光源計画に対しては、その計画を尊重しつつ、学会としてのコメント・要望等をフィードバックしている。しかし、施設・大学等に新たな光源計画の立案を要望するようなことは行っていない。

谷口：物質科学の先端研究では高輝度放射光の利用が主力

となる。また、物質の性質・機能を理解するうえで、電子状態と原子配列・構造に関する知見が不可欠であり、これらは車の両輪を成している。大型放射光源は、物質の原子配列・構造解析に最適な硬X線域の高輝度放射光の発生に適しているが、物質の電子状態解析に最適なUV-VUV域の高輝度放射光を発生させることは出来ない。同様に、小型放射光源は、UV-VUV域の高輝度放射光の発生に適しているが、硬X線域の高輝度放射光を発生させることはできない。従って、放射光科学の将来計画の策定においては、大型、中型、小型というよりは、高輝度放射光のエネルギー領域やそのビーム特性を踏まえ、学術研究の発展に不可欠な基本情報をいかにカバーしてゆくのかという視点が重要である。

宮本：地域連携・産業利用について具体例が必要なら提供したい。

【特別委員会（物質科学：水木）】

山田：波動関数を求めるという話は少しおかしい。量子力学の波動関数を求めることは出来ないはず。絶対値は、実数であり、オブザーバブルだが、波動関数は複素数であり、オブザーバブルではない。不可能なことをターゲットにする研究開発というのは如何なものか再検討を要する。

先端的な光源があれば、全てよろしいという思想は誤っている。光源だけでなく、ビームラインや検出器についても相当な技術開発を行う必要がある、その様な予算を請求することは、放射光学会として、大型、小型、卓上型を問わず共通の課題となる。

私共は、卓上型装置の開発を行っており、その強度は、 10^{14} 光子 Brilliance を達成している。卓上型放射光装置の放射光発散角は大きいので、高エネルギー用で大立体角を集光できる光学系を作ることができれば、卓上型で大型放射光に勝るとも劣らないものとなる。そのような光学系の開発は、X線管にも適用できるので、大いに産業の活性化に貢献する。

放射光産業利用は、分析結果が産業に貢献するだけでなく、放射光技術を汎用化することも社会貢献の一つである。高計数効率で、ピクセルサイズの小さな2次元検出器を放射光コミュニティが開発することも社会貢献の一つである。

鎌田：サイエンスの話と国民目線は異なる。間をどう埋めるかが求められている。Small science を big facility でやる必要性を強調すべき。コアが200人という説明だったが、そんな少ない人数では提案の実現性が疑われる。多くの方々や企業の技術力が実際に関わっていることを意識して提案することが重要。産業と学術の差を縮めていかないと予算を取れない。この意識は重要。

生天目：特別委員会の進め方、とりまとめの時期は適切か？ 究極を押しさえればそれで終わりではなく、各分野に



写真6 西島氏

よって必要となる要素（輝度、分解能等）が違う。ニーズに合わせて必要な仕様は異なる。バランス良く進めるべき。今の光源があるのに、なぜ使わないのか。これまでできなかった実験をするために必要なビームラインの機能をもっと議論するべき。

若槻：放射光とその他分野との繋がりを示すべき。放射光の結果を出すに当たって、他分野がどれだけサポートしてくれるか？放射光だけで固まるのではなく、他分野とのサポート体制が重要。

雨宮：他分野に必要なだと思ってもらえることが重要。

西島：最先端大型施設の中で放射光関連と他の施設（J-PARC「中性子関連」、宇宙ステーション「きぼう」、次世代スパコン「京」等）の役割分担を明確化して、各施設の充実が科学技術立国存続として必須であることを提言すべきである。つまり、予算獲得を意識した他施設との競争だけでなく、協調してwin-winの関係を作ることが重要である。その波及効果として、最先端大型施設全体の予算維持、さらに拡大を目指すことが可能となるであろう。また、府省の審議会等で日本の放射光施設は多いとの声を聞く機会はある。確かに、将来計画に載せた3つの施設が本当に必要なのか？ それに対して、シンプルかつ具体的に必要性を明示すべきであり、予算獲得等意識したロードマップの中では本当に大型と認知される施設に限定すべきである。一方、産業利用に限定すれば、全ての企業が最先端大型施設を利用するわけではなく、必要に応じて自らの運用予算規模に即した放射光施設を利用する状況であろう。従って、中型クラスの放射光施設も十分に利用されている状況を上手く説明する工夫も必要である（写真6）。

【特別委員会（生命科学・光基礎：足立）】

雨宮：冷却はどこまで重要か？ 1.4 Kまで冷却すると放射線損傷がなくなると言われたが、その理由は？ 実験データに基づくものか、それとも理論的な予測か？

足立：膜タンパク質の電子線回折において、試料を液体ヘリウム温度まで冷却することにより構造解析が可能になっている。

山田：放射光学会はどのように社会貢献するのか？ 新しい利用者がたくさんいる、新しいユーザーが増えた、ではなく、放射光を産業界に使ってもらうのが重要。放射光学会が他の学会へ貢献することが重要。大型放射光施設で得られた技術を使って光学系、検出器を改良すればX線管でも産業ニーズに対応できる。

尾嶋：放射光の産業利用は重要で大きな柱となっている。放射光で開発した技術が産業界に波及している。

松田：XFELで人材育成を行うことについて、どのような体制で大学院生を育成するか？ 学部生、院生を育てる環境はあるか？放射光施設と大学と一緒にやるべき。

矢橋：教育する人よりもユーザーが増えてきている。受け入れ態勢を整えようとはしている。人材育成は大学でお願いしたい。先端的なところで学生を育てるのは重要。

生天目：HiSORではCDを使った生体物質を解析しているが、海外ではアンジュレータを使って“時間分解”の研究に焦点がシフトしている。戦略的に進めるべき。できれば委員の中に詳しい人を置いて欲しい。今まで見えなかったものを見えるようにする方向への模索も重要。

足立：いろんなサイエンスをやっている人を含めて膨らませていきたい。

若槻：紫外領域の生体分子のCDに関しては、現在その解釈の議論が徐々に進みつつある段階であると認識している。他の生命科学の分野の中で、どこで貢献できるか？という話を繋げるとインパクトの大きな予算獲得時の主張ができる。一分子の空間分解能だけでなく、細胞全体を把握する測定等、TEMや可視光と相補性のあるデータ取得を可能にするべき。

【全体討論】

谷口：本日の会長挨拶の中で、広島大学から日本学術会議に新規提案がなされたとお話があった。そもそも、2010年6月5日開催の「放射光光源計画WG」で、HiSORの将来計画に関する資料を提出し内容について説明している（資料提出機関：UVSOR, HiSOR, Chubu SR, Ritz, New SUBARU, SAGA-LS）。

2010年9月24日付けで、日本学術会議から広島大学長あてに計画に関する調査依頼がなされ、すでに放射光光源計画WGに報告した計画と全く同じ内容のものを、大学経由で回答した。従って、広島大学が放射光光源計画WGに報告した計画とは異なる内容の計画を日本学術会議に対して新規提案を行なったことはなく、HiSORの学会への対応は一貫している事を、改めて、明確にしておきたい。

尾嶋：2011年1月31日の学術会議シンポジウムで物性研



写真7 竹田氏



写真8 太田氏

家所長が講演の中で広島大学からの新提案として紹介され、そのときに初めて新提案のことを知ったが、その後谷口先生に新提案を送ってもらい、それが放射光光源計画WGで提案されたものであることを確認している。

宮本：小型放射光源の役割として、微細加工の視点が抜けているのではないか。NewSUBARUではターボ干渉計に使用するグレーティングを作製していて、それがSPring-8でも使われている。

竹田：ロードマップの上の部分（出口）は、研究者にはこれで分かると思うが、国民目線、社会貢献と言うからには、放射光によって「私たちの生活はどう良くなるの」を盛り込むべき。地方行政とプロジェクトを進める場合は特にこの具体性をはっきりしないと予算を獲得できない。中小型光源が産業利用や教育に偏りすぎた位置に置いているのは、実態を反映していない。先端研究もしっかりやっている。また、自前の資金で施設を建設・運営するのは、独自の目的があるからで、ここは別の区分けにするべきでは。勿論、大学が関わっている・国の予算が入っている部分もあるので、ここは我が国全体での位置付けの議論に加わってよい。我が国に放射光施設が多いとの意見は、それだけ役に立っているからで、自主財源・独自の部分と、国と関わる部分は、分けて議論すべきでは（写真7）。

太田：放射光の将来計画策定にあたって、具体的に実現に向けての戦略を立てなければ意味がない。現在、大型プロジェクトとしてSPring-8 IIとERLがあるが、このままでは競合する形になって共倒れになってしまう。そこで、放射光学会以外にもわかる明確なすみわけをしたロードマップを作る必要がある。多少ドラスティックかもしれないが、一般の有識者にもわかるのは硬X線、軟X線、極紫外という分け方であり、それぞれにおいて世界最先端を狙うため、電子エネルギーは8 GeV、3-4 GeV、1 GeV以下のリングが必要である、というのはどうか。3 GeVクラスの施設建設が世界に遅れて久しく、これがさらに長く続けば顕微分光、顕微回折などの分野がさらに弱体化してい

くことは明らか。PFでの次期計画として14年先を目標にした5 GeV ERL計画が提案されているが、早期に実現する方策を考えるべきでは。そこで、3 GeVクラスの超高輝度リングをポストPF計画として早期に実現するよう、放射光学会で明確なメッセージとして出すべきではないか。3 GeVクラスの超高輝度リングとしてERLが最適ならばその方向で進めるべきで、おそらくこれしかERL建設の可能性はないと思われる（写真8）。

西島：産業利用としてグリーンイノベーションおよびライフイノベーションへの貢献というキーワードをもっと意識すべきである。たとえば、グリーンイノベーション、ライフイノベーションに関わる複数の企業関係者から、「放射光の産業イノベーションへの貢献&将来への期待等」を語っていただく機会を設定するのも一案であり、その内容を上手くロードマップに重ねる工夫が必要である。特に、グリーンイノベーション関連の放射光利用は新製品に直結する可能性が高いので、社会貢献・波及効果は確実との印象である。私が関与する宇宙ステーション、次世代スパコン等では中長期計画の一環として積極的に企業からの応援プレゼンを要請している。放射光施設は他の大型施設に比べて産業利用の歴史が長く実績も多いので、製薬産業界としては応援がし易い。他の産業界も同様であろう。また、製薬企業が他の大型施設を利用する際、播磨SPring-8および筑波PFの利用形態（施設側支援体制、利用契約、成果取扱、経費負担等）がひな形となり、それを基準として検討が進んでいることは事実である。産学官連携を背景とした放射光の継続的な利用拡大および大型施設充実という成功事例が、他の大型施設の利用加速にも繋がることをもっとアピールすべきである。

尾嶋：大門氏からは、今回出席できないが、3 GeVクラスの中型光源が日本に是非必要、ということがこの討論会で強調してほしい、と提案されている。

河田：ERL建設前倒しの話がKEKで進んでいる。5 GeVクラスのERLを進めるに当たって、エネルギーを例えば



写真9 若槻氏

3.5 GeV 程度まで下げても16 pmrad 程度の高輝度先端加速器となりうる。また2回加速でXFEL-Oも担保できるだろう。そのような選択肢も考慮することによって、コミュニティの方々の理解（サポート）と財政当局の理解を得たい。

若槻：放射光コミュニティとしてこうあるべきだ、予算を取りに行く時のサイエンスコミュニティとのサポート体制を説明すべき。エネルギー領域での棲み分けを伝えるのが分かりやすくして良い（写真9）。

小杉：中小型施設の関係者として学術面からロードマップづくりに関わったものとして補足する。学術会議の指示で放射光分野については放射光学会が全体を取り纏めることになっている。学術会議にはUVSORとして現性能を遙かに超える次期計画も提案していたが、他分野との競争や予算規模を考慮し、中小型の計画まで羅列することは適切ではないとの判断で、最初の案では除くことになった。1年後の改訂版作成にあたり、各施設の現状と将来計画をヒアリングし、その上で、本文中に中小型の重要性と役割をはっきり書き込むように改善した。各施設がそれぞれ将来計画を持つことは重要であるが、当面、適度の予算で現状の施設の高度化で乗り切るしかなく、その中でもSPRING-8の高度化は国際的競争力の面で必須であるということをロードマップの図では示している。その先、日本が先端的な放射光科学を国際的に先導するためには、現有施設の高度化では対応できない性能を有する新たな光源計画を示すことが必須であり、現時点ではPF/ARの次期計画のERL計画を取り上げている。ただし、KEKに関してはERL計画以外の計画も盛り込まれているのがロードマップ的にはよくないと思っている。

佐藤：将来計画は、十年前の極紫外・軟X線光源将来計画の経緯からみると、百億円台の大型規模のものが同時に3つ出たら通らない。議論のうえ、棲み分けを含めて優先順位を検討し大型要求は一つに絞るのが現実的である。

原田(健)：放射光学会でなにをどこまでやるのかを示すの

が必要。目標を達成するために、3つの大型計画が必要になることを主張する方が、理解が得られやすい。

下村：世界的に利用が進んでいる3 GeVクラスの施設が日本で稼働していれば、かなりのユーザーは満足していると思われる。しかし、これからそのクラスの装置を作ることには違和感がある。放射光施設は20-30年の寿命がある。これから作る施設はユーザーの厳しい要求に対応しつつ、その他の多くの利用者也満足させるものでなくてはならなし、また、高度化ができるものでなければならぬ。幸い、日本にはそのような加速器を作る高い能力があり、利用者の要求と歩調を合わせることにより、世界の放射光科学をリードすることができる。

腰原：放射光教育に関し、学生の派遣や長期滞在等に問題がある。大学法人化で契約を結ばなくては学生を派遣できない。契約を結ばなければ正式の単位に認定されない場合があるなどして学生の保険が適用されない。この手続きを簡略化する努力はしている。頑張れば学生の派遣が可能だが…。この教育も含め、様々な幅広い議論の一部抜粋のみ報告書には記されているので、是非必要に応じて他の部分も活用頂きたい。

雨宮：学術会議や他分野からの批判の中で主なものは、放射光科学の将来計画は「あれもこれも必要、という総花的な要求に見える」、「コミュニティの意見を十分に吸い上げていないという声が聞こえてくる」である。このような批判に対しては、先端性と多様性（汎用性）の両方が必要とされる放射光科学の特性を十分に理解してもらう必要がある。将来計画間の相補性が明確になるように、Multi-dimensionalな座標軸で、各計画の必要性を棲み分けて全体を纏める必要がある。大型と中小型に分けないで要求を纏めるべしとの意見があるが、科研費等の申請がそうであるように、予算規模に応じて、大型計画と中・小規模計画の両者の間にはミシン目を入れて予算確保を目指す方が現実的だと考える。また、予算獲得における他分野との競争を念頭にいった放射光コミュニティ内での議論が必要である。

佐々木：予算が100億円を超えるかどうかは大型計画の一応の目安であり、2009年度の学術会議から出された大型計画に関する調査でも「総額、数十億円以上の施設の計画」ということが明記してあったと理解している。放射光学会から提出されたロードマップに記載してあるのは大型硬X線施設計画のみであり、中小型計画が全く記載されていないのは放射光コミュニティ全体の意見を反映しているとは言い難い。現時点で俎上から消えている計画については削除し、中小計画について書き加えてはどうか（写真10）。

尾嶋：1年半前に学術会議から指示があったのは100億以上の大型計画で、総額が大体500億円となっていたので、このロードマップを作った。1年後に小さな改訂を、2年後に大幅改訂を行う、という方針とのことなので、今日の



写真10 佐々木氏

議論を積み重ねて2年後には中小型を含めたロードマップを作成するのがよいと考えている。

谷口：日本放射光学会は、「放射光学の格段の発展をはかるため、研究の成果と動向に関する意見の交換、共通の学術的・技術的課題の解決、あるいは新分野の開拓を目指した迅速な内外の情報交換の場」として設立されている。

私の知っている多くの学会員の方々が、放射光科学の将来計画（現在案）の内容についてほとんど情報を持っておられない状況が見受けられる。

情報共有の機能強化を図る観点から、将来計画の内容整理が出来た時点において、学会員に電子メールで送付し、将来計画の内容に関するパブリックコメントを求める等の手法の活用を前向きに検討して頂きたい。

渡部：ロードマップが知りたかったから来た。棲み分けは重要なキーワード。中型、小型はエネルギーの違いで分けるべき。世界では3 GeV が乱立しているが、日本では建設されないのか？放射光学会として東西に放射光施設が1つずつほしいのか？など、施設建設の方針が分かると思って参加した。

尾嶋：放射光サイエンスの将来計画と光源計画は縦糸と横糸の関係にある。この計画でサイエンス将来計画を実現することが出来、現時点ではこれが最善であると考えている。

水木：技術的に、大型、小型ではなくて、エネルギー、パルス特性等様々なパラメーターがあって、これらをどのようにカバーしていくかが棲み分けの本来の姿。（生田目さんの最先端の光源だけが将来計画ではない、というコメントに対して）光源をエネルギー領域で分けるとどのエネルギー領域の光源でも「高輝度性」は今後も追及していく要求項目であることは疑いない。

島田：平成23年1月31日に開催された「学術の大型施設計画・大規模研究計画（マスタープラン）に関する物理系シンポジウム」において、物性分野においては数十億円規模の計画を出してよい、ということであった。日本放射光学会の将来計画で百億円で区切る根拠はない。研究する立

場からすれば、大型、中小型という施設規模の区切りでなく、放射光のエネルギーやビームの特性の方が重要であり、どのような研究をしたいかで、それができる最適なビームライン、施設を選んでいる。学術研究にかぎってでも最先端的なサイエンスを展開するうえで必要とされる放射光のエネルギー領域・ビーム特性をどのように供給していくのか、大型施設のみでなく、中小型施設も含めて、わが国の放射光科学の将来に関する「大きな絵（グランドデザイン）」を描く事が必要である。少なくとも学術研究の分野で国策として進めてきた放射光実験施設については、棲み分けも考えながら将来計画を提言していくことが必要である。残念ながら現在の日本放射光学会の将来計画では、そういう意味の「大きな絵」が見えてこない。予算を通すため、他の分野に打ち勝つため、というのは技術的な話にすぎない。日本には放射光実験施設が多いという批判があるとのことだが、日本学術会議の物理系シンポジウムにおいて天文・宇宙分野では、いろいろな波長で観測することが重要という主旨の発表があった。放射光科学もまた同様であり、いろいろな波長やビーム特性を持つ放射光を利用することが必要不可欠である。放射光実験施設によって、学術研究を主としているのか、産業利用を主としているのかなど、設立の目的はそれぞれ異なっており、それを全て一括りにして数が多い少ないという粗い議論には堂々と切り返していただきたい。学術分野だけでなく、放射光を必要とする領域は大きく広がっており、放射光科学の将来計画は応援を得やすいはずである。

尾嶋：今回の将来計画では日本の放射光施設を先端性、人材育成、社会貢献という3つの発展軸で分けている。特に4施設は地域連携・産業利用として分類しており、かなり分かりやすくなっていると思う。1年3ヶ月前に提出した計画では先ほど述べたように100億円以上というガイドラインがあったが、1年目の修正では数10億円のものも含めて良いということだったので中小型光源の重要性もしっかりと述べている。光源WGと放射光科学特別委員会で十分な議論を重ね、サイエンスを実現する光源という意味で「大きな絵」が描けていると考えている。学術会議は2年目で大幅な改訂を行うという予定で進めているので、こういう真剣な議論を重ねてさらにいい将来計画を作っていきたい。

腰原：真空紫外から軟X線領域のレーザー高調波関係の技術進展が目覚ましい。50 eV までのVUV光はコンパクトなレーザーシステムで出せ、それを使ったARPESが可能になっている。すでにこのセットが市販されドイツ等でそれなりの数が、昨年からは稼働し始めている。放射光コミュニティとしてこの動きも注目する必要がある。軟X線領域の新リング計画を強調することで、特に長期にわたる計画を立てる場合に、レーザー発展方向ともマッチングの取れたロードマップを作らないと、逆に足元をすくわれる可能性にも注意しなければならない。

松田：10 eV 付近ではレーザー高調波の独壇場になりつつある。一方、今のところ100 eV 付近では、レーザー高調波の光子数が十分ではないという印象を持っている。今後の技術の進展を注意深く見守る必要がある。

水木：放射光学会としては、施設の計画とは関係なく、まず物質・材料科学分野，生命科学分野，光基礎化学分野で

のロードマップを描く。これがユーザーソサイエティの全体の声ということになり，各施設はこの声を参考にして施設の将来計画（ロードマップ）を描く。これらそれぞれのロードマップを基礎データとして，いろんな場合に応じて学会として外への見せ方を考えていくべきと考えている。