

# 第3回次世代光源計画ワークショップ —先端的リング型光源が開くサイエンス—報告

日本放射光学会行事委員会，幹事会

**要旨** 2006年8月7, 8日に，愛知県岡崎市の自然科学研究機構・岡崎コンファレンスセンター小会議室において，第3回次世代光源計画ワークショップ—先端的リング型光源が開くサイエンス—が開催された。このワークショップでは，次世代リング型光源の有力候補であるエネルギー回収型ライナック（Energy Recovery Linac, ERL）で将来展開できるサイエンスについて議論された。

## 1. はじめに

### 1.1 ワークショップの目的

国家基幹技術の1つとして，平成18年度から5ヵ年計画でX線自由電子レーザー（XFEL）を兵庫県西播磨のSPring-8のサイトに建設することが決定された。X線自由電子レーザーは21世紀の科学技術のための基盤施設として建設されるが，この人類がまだ見たことのない光は，今後の科学技術の発展にとって非常に重要なものになる。一方で，リング型光源はX線自由電子レーザーとは全く異なる性質の光源であり，X線自由電子レーザーではカバーできない多数の重要な分野が存在し，基盤科学を支えている。従って，その重要性はX線自由電子レーザーの実現如何に関わらず益々増えていくことは確実であり，新しいリング型光源を総意として計画・建設することが極めて重要である。放射光学会としては，これまで年会の企画講演や過去2回開催された「若手を中心としたワークショップ 今後30年の未来像」および「次世代光源計画ワークショップ —未来光源が開くサイエンス—」で議論を進めてきた。さらに，昨年度設置した「次世代リング型光源計画特別委員会」において，従来検討されてきた将来計画に新たに次世代光源を加えて検討を行ってきた。

そういった状況を踏まえ，今回の「第3回次世代光源計画ワークショップ—先端的リング型光源が開くサイエンス—」では，これまで培ってきたリング型光源技術をさらに発展させたERLやスーパーストレージリングではじめて可能となるサイエンスについて，それらを切り拓いていく若手研究者を中心としたメンバーが一堂に会して議論するためのものに開催された。

### 1.2 プログラムの選定

ワークショップを実施するにあたって，2006年1月の第19回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムの最終日に開催された行事委員会で，この委員会が主体となってワークショップを実施することを確認した。その

際，学会会長が2006年度会長挨拶において，「放射光コミュニティの要望する先端的リング型光源の性能と利用研究の方向性を明らかにし，先端的リング型光源計画策定の基本的な指針を与えることをミッションとする委員会（「先端的リング型光源計画特別委員会」，両宮慶幸委員長（東大））を設置し，その趣旨に添った若手ワークショップを開催」と述べたことで，このワークショップの位置づけが明確になった。

この提案を受け，3月半ばに行事委員会内でメール会議での開催時期の検討を行った。そこでは，他の会合スケジュールを考慮し，8月7, 8日に，前回と同じ場所である愛知県岡崎市の自然科学研究機構・岡崎コンファレンスセンターで開催することが決定された。また，4月にプログラムの大枠の検討を行い，上記特別委員会の報告，光源サイドから見た次世代リング型光源の検討，および利用側から見た先端的リング型光源で可能になるサイエンスについて議論することが決定された。ワークショップの開催案内は，放射光学会誌 Vol. 19, No. 3, 4 に掲載された。

その後，学会会長，特別委員長，学会幹事および各セッションのコーディネータの意見を取り入れて，最終的に表1に示されたプログラムに決定した。

## 2. ワークショップ報告

本ワークショップは，2006年8月7, 8日に愛知県岡崎市の自然科学研究機構・岡崎コンファレンスセンター小会議室で開催された。初日は，最高気温35度を超える猛暑，2日目は台風7号が接近するなど，とても厳しい天気であったにもかかわらず，70名以上の会員が参加し，白熱した議論を展開した（図1, 2, 3）。

### 2.1 次世代リング型光源計画特別委員会の経過報告

最初に，次世代リング型光源計画特別委員会の委員長の両宮慶幸氏（東大）が，この特別委員会で議論されている内容を説明した。そこでは，特別委員会のミッションが，

表1 プログラム

8月7日(月)
13:00-13:30
(I) 特別委員会の経過報告 雨宮慶幸(東大新領域)
13:30-15:00
(II) 先端的リング型光源計画の具体例
—我が国における ERL 計画について—
コーディネーター 熊谷教孝 (JASRI)
総論 河田 洋 (KEK 物構研)
マシンについて 坂中章吾 (物構研)
電子銃について 羽島良一 (原子力機構)
超伝導 RF について 古屋貴章 (KEK 加速器)
15:00-15:20 休憩
(III) 先端的リング型光源で可能になるサイエンス
15:20-17:00
III-1 生命科学
コーディネーター 若槻壮市 (物構研)
話題提供 武田壮一 (循環器センター)
話題提供 栗栖源嗣 (東大)
話題提供 山本雅貴 (理研)
<トピックス —FEL—>
17:00-17:30
SCSS の現状 石川哲也 (理研)
UVSOR-II FEL の現状 保坂将人 (分子研)
<18:00-20:00 懇親会>
8月8日(火)
9:00-12:00
(III) 先端的リング型光源で可能になるサイエンス (続き)
III-2 物質科学
コーディネーター 河田 洋 (物構研)
話題提供 稲田康宏 (物構研)
話題提供 下村 晋 (慶応)
話題提供 腰原伸也 (東工大)
III-3 イメージング
コーディネーター 籠島 靖 (兵庫県立大)
話題提供 百生 敦 (東大新領域)
話題提供 平野馨一 (物構研)
12:00-13:00
(IV) 総合討論
コーディネーター 雨宮慶幸
パネラー 熊谷教孝, 五十嵐教之, 河田洋, 籠島靖

10年後の稼働を想定する次世代リング型光源の計画についての基本的な考え方を学会として示し、かつ、グランドデザインを提案することであることが示された。また、過去4回の特別委員会の議論で、次世代リング型光源として想定されているエネルギー回収型ライナック (Energy Recovery Linac, ERL) の特徴は、高いピーク輝度であり、励起光としての利用が可能であること、平均輝度では

XFELと同じ程度になることが示された。位置付けとしては、FELはレーザー光源と放射光の延長の交差した点にあるのに対し、ERLは、現在の放射光がカバーしている分野を高度に展開することができる場所にある。また、XFELはマイクロやサブマイクロ秒の時間分解は困難であるが、ERLは可能であることを示した。さらに、アメリカ、ヨーロッパに比較して、総人口に対する日本の高輝度光源の数は、0.77個/億人で一番低いこと、アメリカ DOEの20年展望で、XFELが完成した後も各施設のアップグレードが取り上げられていることなど、諸外国との比較を示した。また、民間研究所の国内分布は関東が約50%を占めており、関東地方に高輝度光源が必要であることを付け加えた。

## 2.2 先端的リング型光源計画の具体例—我が国における ERL 計画について—

次に、リング型光源の限界と ERL 計画の現状について、コーディネータを熊谷教孝氏 (JASRI) がつとめ、河田洋氏 (物構研)、坂中章吾氏 (物構研)、羽島良一氏 (原子力機構)、古屋貴章 (KEK 加速器) が、現在 KEK-PF で計画されている ERL 計画の概要を説明した。

熊谷氏は、第3世代光源の現状とリング型光源の将来について、既存および建設中の第3世代光源の性能とその限界、および次世代リング型光源に求める性能を議論した。第3世代光源の性能は、既存のものは10 nmrad 以下 (水平エミッタンス) × 100 mA (ビーム電流) 以上、建設中のものは5 nmrad 以下 × 250 mA 以上、計画中のものは3 GeV × 1 nmmrad × 500 mA 程度である。また、建設・計画中の中型高輝度光源は、現在の大型光源と同等の性能であり、硬 X 線領域で高干渉性の光源である。例えば、現在計画中の NSLS-II では3 GeV の加速エネルギーであるが、8 GeV の SPring-8 と同じ性能である。高輝度化は大電流化と低エミッタンス化と等価であり、低エミッタンスを実現するためには、加速エネルギーを下げればよいことを示した。光源としては、超伝導アンジュレータの開発 (Karlsruhe) が行われていること、SPring-8 で加速エネルギーを下げた運転を行えば、例えば ID19 の輝度は ID27 の300倍になることを説明した。

以上の既存光源の取り組みについて説明した後、次世代光源に何を求めるのかを議論した。そこでは、リング型光源では到達が難しい性能である硬 X 線領域での回折限界エミッタンスやフェムト秒領域の短パルス X 線がターゲットになる。例えば ERL 方式では、超低エミッタンスビームを作ることでこれらの性能を満足するであろう。しかしながら、SPring-8 の低エミッタンスモードでの運転では、ERL の輝度と干渉性はカバーしており、ERL のユニークな特徴は、フェムト秒の短パルスと回折限界光になるであろうと結論した。

河田氏は、次世代放射光源として必要な性能として、カ



図1 参加者の集合写真。



図2 セッションの様子。



図3 懇親会風景。

カバーするエネルギー範囲：30 eV-30 keV，輝度： $10^{21} \sim 10^{23}$  ph/s/mrad<sup>2</sup>/mm<sup>2</sup>，コヒーレントフラクシオン：10-20% @10 keV，パルス長：100 fsec，挿入光源の数：30，平均輝度：XFEL 以上であることを提案した。それを満たすものとして，現在計画中の ERL は，加速エネルギー 5 GeV，周長1253 m のものであり，ERL 推進室と国内の加速器研究者との協力で計画を推進していることを示した。現在は ERL 実証機の建設を計画中であり，ERL の実機が完成した後は，PF の activity はすべて移行することを予定していると述べた。

坂中氏は，ERL の加速器について現状を報告した。ERL のメリットである電子ビームのエミッタンスは電子銃でできるため，電子銃の進歩によってさらなる低エミッタンス化が可能である。また，多数のユーザーが利用可能であることが，XFEL と比較したメリットである。ただし，電子銃や超伝導加速空洞の技術開発が不可欠であることを示した。

羽島氏は，電子銃の開発の現状について報告した。電子銃のエミッタンスが電子ビームの初期エミッタンスであるため，電子銃のエミッタンスをできる限り低くする必要がある。そのためには，熱陰極は使えず，光陰極が唯一の候補であることを示した。光陰極場合，半導体 NEA をエミッターとして使うが，バルク半導体では大電流は得られないため，量子閉じこめ効果を利用した超格子の使用を提案している。また，現在の寿命では必要な性能 ( $10^6$  C/cm<sup>2</sup> (100 mA/φ2 mm, 100 hours)) に達しないため，光陰極材料の最適化，暗電流の抑止などの開発が必要であることを示した。

古屋氏は，超伝導加速空洞の現状を報告した。超伝導空洞は高い加速電場での CW 運転が可能であり，ERL の加速空洞の候補である。超伝導加速空洞は，GLC と共通の開発要素が多いために，共同で開発していることを示した。

## 2.3 先端的リング型光源で可能になる生命科学

休憩をはさんで、生命科学の現状と次世代光源で可能になる研究を、若槻壮市氏（物構研）をコーディネータとして武田壮一氏（循環器センター）、栗栖源嗣氏（東大）、山本雅貴氏（理研）が議論した。

若槻氏は、次世代光源によって世界的な構造プロテオミクスプロジェクトの展開が可能であること、ナノ結晶の構造解析が可能になること、そのためには、周辺技術開発が重要であることを示した。このような実験は、電子線構造、NMR 構造、高分解能 X 線構造などとの相補であることを示した。

武田氏は、「タンパク質の形から機能が見えてくる」という題目で講演を行い、立体構造から機能を見ることができると示した。

栗栖氏は、膜蛋白質複合体に関する研究の現状について紹介した。膜蛋白質複合体は、重要な機能を担うものが多いが、結晶解析の例が少ない。その理由は、とれる蛋白質の量が少ないため、現在は天然に存在するものが研究の中心である。しかしながら、不安定であり、生化学実験すら難しい、結晶化に関するノウハウが少ないなど、研究が進んでいない現状を示した。また、格子が長い（300 Å 以上）、溶媒含量が大きい（70%以上）、回折強度が弱い、分解能が低い、放射線損傷を受けやすい、結晶が小さい（10 μm 以下）など、実験に対する困難さも示した上で、面積の広い 2 次元検出器や平行性のよい強い X 線の必要性を強調した。

山本氏は、タンパク質結晶構造解析における放射光の役割を議論した。現在の測定目標は、極限の結晶構造解析と迅速な結晶構造解析の 2 つのニーズがあり、それらを実現するためには、微小結晶（< 50 μm）、巨大格子結晶（> 500 Å）、超高分解能（< 1 Å Res.）、微弱シグナル（> 5 Å Res.）での高い S/N 比測定と、メールインデータ測定、リモートアクセス、高速データ収集、自動構造解析のハイスループット測定が必要であることを示した。

## 2.4 トピックス—FEL—

初日の最後には、石川哲也氏（理研）により今年度から建設が開始された SPring-8 の XFEL（SCSS）の現状と、保坂将人氏（UVSOR）により可視～紫外領域で安定に発振しユーザーにも利用されている UVSOR-II のストレージリング FEL の現状について報告があった。SCSS では、実証機が 6 月 20 日に発振に成功したこと、現在、利用課題の選定中であることなどの報告があった。UVSOR-II の FEL では、UVSOR が高度化されて高強度化・短波長化が進行中であり、いくつかの利用研究も進行中であることが報告された。

## 2.5 先端的リング型光源で可能になる物質科学

2 日目の前半は、次世代光源で展開される物質科学に関

しての議論が、河田洋氏をコーディネータとして、稲田康宏氏（物構研）、下村晋氏（慶応大）、腰原伸也氏（東工大）による話題提供で行われた。

河田氏は、小さい結晶や地球内部で実現している高温・高圧下での測定が可能なナノビームや、構造の時間発展性の測定ができる時間分解 XAFS の必要性を強調した。先端的リング型光源への期待することとして、プローブ光としての性能を保ち、その上で先端的機能（コヒーレンス、短パルス、高輝度）を有するものであり、スタティクスからダイナミクスへ、極限条件下の物質科学の重要性を示した。

稲田氏は、化学・材料の分野に関して、議論を行った。放射光は物質科学に対して基礎科学と産業界のどちらに対しても貢献があるため、先端的な利用研究と汎用的な利用研究の両立は必修である。そのためには、ps 以下のパルス、nm 程度のビームサイズ、高いフラックス、安定な光源、目的に特化した専用ビームライン、化学実験ができる環境・ユーティリティが必要不可欠であることを示した。

下村氏はコヒーレント X 線を用いた固体の静的・動的性質の研究という題目で、主に光子相関法を用いたスペクトルについて議論した。構造物性は、マクロな物性をミクロな結晶構造の立場から明らかにするものであり、放射光を用いた構造物性研究が盛んに行われている。最近では、コヒーレント X 線回折や光子相関法による動的性質・スローダイナミクスを用いた固体の静的・動的性質の研究が行われはじめており、次世代光源ができれば、強相関電子系に現れる相分離などの不均一系の物理へと研究が展開できることを示した。

腰原氏は、「ERL は物質科学にとって必要か？」というテーマで講演を行った。そこでは、フェムト秒時分割分光の重要性を示し、光科学と物質科学の境界領域を開拓するには、フェムト秒の高い繰り返しをもつ放射光源である ERL が不可欠であると結論づけた。

## 2.6 先端的リング型光源で可能になるイメージング

2 日目の後半は、イメージングが主要テーマであり、コーディネータを籠島靖氏（兵庫県立大）、話題提供を百生敦氏（東大）と平野馨一氏（物構研）がつとめた。

まず籠島氏は、イメージングは方法論であって、すべての分野に関係している。そこでは、従来の研究の延長上の多様性と XFEL と相補的な先端性が高いレベルで両立することが重要であることを示した。また、建設後 20 年間はポテンシャルを保つ必要があるため、次世代光源における X 線顕微鏡は 10 nm を目標とし、コヒーレント性や回折顕微鏡なども視野に入れた研究が必要であることを示した。

百生氏は、X 線位相イメージングの現状と将来というテーマで講演した。この測定手法は、空間コヒーレンスは現状で OK であり、かつ、時間コヒーレンスはあまり重

要ではない。ただし、コヒーレンス自体を利用するイメージングの可能性もあるのではないかと言及した。X線光学では、光学素子（FZPなど）や画像検出器の高度化が必要であり、かつ、汎用性を目指すのは重要であるとして、イメージング専用ステーションの整備が必要であることを議論した。さらに百生氏は、機能を可視化する「機能イメージング」という言葉を提案し、今後のイメージング研究の一つの方向性を示した。

平野氏は、X線コヒーレント回折顕微鏡とその拡張について講演し、吸収端を利用すればエレメントマッピングが可能であることをシミュレーションを基に示した。また、次世代光源が出現することで、ナノメートルまでの空間分解能が得られることが期待できることを示した。

## 2.7 総合討論

最後に全体をまとめる意味で、各セッションのコーディネータに再度登場してもらい、次世代リング型光源の満たすべき性能とそれを用いて展開されるサイエンスについて討論した。

まず、熊谷氏が、次世代光源に何を求めるかということで、先端性と多様な利用者への柔軟性を上げた。必要な項目は、硬X線領域での回折限界光源、フェムト秒領域の短パルスX線および多数のビームラインである。これが可能なのが、ERL光源である。また、ERL光源の特徴は、フェムト秒の短パルスと回折限界光であるといえる。ただし、多くの技術的に解決しなければならない問題（超低エミッタンス電子ビームの生成と加速、短パルス電子ビームの生成と加速、超伝導リニアック・冷凍機、超伝導アンジュレータの開発、フェムト秒タイミングシステム）があり、これらをGLCやXFELと共同で開発する必要性を示した。さらに、次世代光源の考え方として、計画の大規模化と利用の多様性に伴って、場所を特定せず、コミュニティ全体で必須な将来計画として策定することが重要であることを強調した。

次に、生命科学のまとめを、五十嵐教之氏（物構研）が行った。タンパク質構造解析では、次世代光源に担ってほしい役割として、微小結晶・低品質結晶の構造解析を挙げた。これには、マイクロビームの安定利用と高いフラックスが必要であることを強調した。また、光源の利用以外で考えなければいけないこととして、研究分野の裾野を拡大すること、光学系・装置の高精度化によって安定なビーム制御を確保すること、検出器の高速化・高感度化を行う必要があることを示した。

物質科学およびイメージングでは、それぞれ河田氏と笹島氏が共通に短光パルス、ナノビーム、コヒーレント光の必要性を示した。また、物質の機能を可視化する「機能イメージング」という言葉が、ERLやXFELで可能となる新しいイメージング法を代表する言葉になる可能性があるとして、放射光コミュニティにおいて今後強く意識してい

くべきキーワードであろうと提案した。

参加者から、他のコミュニティ（分野）の人を放射光の分野に巻き込むのが重要という意見が出された。他分野から見ると放射光は敷居が高いと感じられている。将来、次世代リング型光源を作るためにも、他の分野からの声が必要であるといった意見が出された。一方で、最近レーザーと放射光を組み合わせた実験が行われているが、国内レーザー会社がアメリカの放射光施設と組んで研究開発を行っており、国内の放射光施設としては問題であるという意見もあった。

最後に、本ワークショップの意義について雨宮氏がまとめた。このワークショップは、先端的リング型光源計画の策定・推進に関係しており、放射光科学分野に属する若手が「今」に埋没しない「未来」志向の高揚の場であり、放射光コミュニティのポテンシャルを向上するとともに、既存の光源を最大限に使いこなすための現在の問題点を洗い出す場であるともいえる。また一方で、XFEL（SCSS）の利用研究に対する意識高揚の意味も含んでいる。付け加えて、放射光が潜在的に持つ光源が目指すべきサイエンスという視点は正しいのかどうかといったことも考える場であった。

そういったこともふまえ、次世代光源（XFELとERL）の共通仕様として、高輝度、ナノビーム、短パルスが上げられる。その中で、ERLは、XFELと比較して、高い繰り返しパルス、時間領域の広い階層性、高い平均輝度、多くのビームライン、多様な利用研究、Multi-probe、スペクトロスコーピー（時間・空間分割）、XPCS（広い時間相関レンジ）+位相回復、非破壊プローブ光など、多くの有益な特徴を持つ。このような特徴は、XFELとの相乗効果でさらに特色が出ると考えられる。ただし、この点は現時点では議論が不十分であると指摘した。これに対して、一般的な見地からは、FELとERLは同じものであるとの意見もあった。この点は今後計画を進めていく上で注意していかなければいけないであろう。

また、別の切り口はとして、地域性；関東に高輝度リングが必要、アジア連合；科学技術政策による日本のアジア外交の突破口・アジア地域に対する貢献・人材育成、JLC（GLC）推進との連携；加速器コミュニティからの全面支援、加速器技術の意外な発展性に対する期待；コンパクト化・低コスト化・新しい加速器技術の出現が上げられることを提案した。これに対して、参加者から、建設するサイトを具体化しないと、お金を取るのが難しいといった意見も出された。また、我々の中での必要性と外部の世界では違う意見であるため、世間一般・政府・マスコミにアピールして同意を得る必要があるといった意見も出された。

一方、先端的リング型光源の中の分類に対しては、単なるリング光源とERLはきっちり分ける必要があるという意見もあった。また、XFELとERLの違いについては、



破壊プローブは SASE の原理によるものであり、FEL の次期は SASE ではなく seeded なので、非破壊になり、ERL との違いは小さくなるとの意見もあった。

一方で、先端的リングで何ができるかをまとめるのが大切であり、コミュニティの方向性をきっちり決めることが大切で、それができれば施設を作る責任団体が計画を進めることになる。また、新規計画は、インパクトの大きさを世の中に説明するのが必要であるといった意見も出された。

### 3. まとめ

以上をまとめると、本ワークショップの結論は以下のようになる。

ワークショップでは、ERL ベースの光源は我が国が推進すべき先端的リング型光源であると判断された。ERL は、高い平均輝度、フェムト秒の短光パルス、回折限界のナノビーム、高いコヒーレントフラックスをもつコヒーレント光であり、リング型光源の特徴である多くのユーザー

が一度の利用できる光源である。しかし、このワークショップで議論され我々が手にしようとする次世代光源は、これまで放射光がカバーしてきた研究を継続的に発展させるばかりではなく、研究の方向性を静的なものから動的なものへと大きく転換させる可能性を持つべきものであるということを経験したこと事実である。放射光のサイエンスへの新たな貢献をもたらす次世代リング型光源の実現に向けて、より具体的な議論を学会として今後も積み重ねていくべきであろう。

### 謝辞

本ワークショップを開催するにあたり、自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設の共催および JST CREST 高田 X 線ピンポイント構造計測プロジェクトからの後援をうけたことに感謝します。また、会の運営にあたり放射光学会事務局および極端紫外光研究施設スタッフには、多大なご協力をいただき感謝いたします。

## 参加者からの寄稿文

### より長期的視点から大局的な提言を

原田健太郎 (KEK-PF)

昨年の SASE-FEL に続き、今年は ERL をターゲットにした研究会が行われた。堂々巡りを脱して色々なことが動き始めている気がするのとはとても喜ばしいことだと思う。研究会では具体的かつ近い将来のことに主眼を置いた議論が為されていたので、研究会に参加した感想として、逆にそこから外れた話をしてみたい。(推測や噂話も気にせず書くが、あくまで感想なので真に受けなくていい。)

研究会に参加して思ったのは、ERL と FEL、両方とも放射光に馴染みの薄い技術が根幹にあり、最も重要な部分を占めているということである。例えば電子銃、C バンド常伝導線形加速器、L バンド超伝導線形加速器などであるが、それらの研究は加速器分野全体を眺めても、(よくは知らないが、) 近い将来の必要不可欠な実用化を迫られていたわけではなく、絶対に成果が上がる保証があったわけでもない様である。その様な研究は、かなり極端な噂だが、「役に立たない」「遊んでいる」「予算の無駄遣い」「やりっ放し」などと仄めかされることもあったらしい。そんな境遇にもめげずに学者としての自らを貫いた研究者は凄いなと思うが、そういう技術が開花し、次世代の放射光を支えることになった事実を忘れてはなるまい。

現在、短期的な成果の生まれない研究はできない。確実な成果付きの計画書を書き、その通りに研究を「執行」するのが仕事になっている。しかも、結果は世の中の役に立

って、お金が儲かるものでなければいけないという風潮さえある。当然昔も(言葉は悪いが)遊び半分で趣味的な研究は認められなかったが、研究所や大学レベルの予算の遣り繰りで、それらが皆無になることはなかった。ところが昨今、あまりに予算が減少し、さらに予算は目的通りかちり使う必要があるため、R&D や短期的に成果の見えない研究は行えなくなってしまった。横断的な基盤技術開発も同様である。単独で華々しい成果が見えずとも、幅広く色々な研究を支える技術や、ある技術に別の選択肢を与える技術を開発する余裕はもうない。さらに追い打ちをかけるのは競争的資金と非常勤研究者の推奨である。競争もボスドクもよいと思うが、何でもそれにしなすというのはいくつかある。計画できない研究はそもそも競争にはならないし、成果の見えにくい泥臭い研究は、基盤だろうと萌芽だろうと、余程流行の分野で著名で雄弁な先生でない限り取れない。放射光源や FEL を成功に導いた技術として、床面研磨や地盤振動、温度管理や据付などのインフラ関連技術が大きく貢献しているのは間違いないが、それらの研究で競争的資金が取れたらどうか? また、数年で計画的に形にできたらどうか?

科学技術にとって最も重要なのは、遊び半分でも趣味的でもとにかく泥臭いことや素人っぽいことを地道にやってみることであろう。突き詰めて数年でやるのは無理でも、

10年越しに緩くやっていると、ある時ひょいとできてしまうことだってある。その様な内容でも（少しは）予算を与えられる余裕が、絶対に必要だろうと思う。（逆に、ちやほやされずとも短期的に成果が出ずとも、息を潜めて自らの研究を貫く姿勢が研究者にとって必須だと思うが、自分にそれができるかどうか……）繰り返すが、昔は予算の遣り繰りでその様な研究を保護できたのが、今は不可能である。予算が3割も4割も減らされては（事実そうなのだが）、保守すらできないし、競争に馴染むのは、無駄を一切省いたゴールまでの一本道を特攻で進むような研究である。

ユーザーの実験やビームラインについてはよく知らないが、どうだろうか？ 隅に追いやられていた非主流ユーザーがある日突然脚光を浴び、将来を担う研究者に抜擢されるようなことがなかっただろうか？ また、どこかのBLでちょっと贅沢な趣味みたいな感じで開発された素子や回路が、他のビームラインにわっと広がるようなことはなかっただろうか？ 現在はまだ過去の遺産を喰い潰すことで凌いでいるが、研究最前線の現場ではそろそろその歪みが見えてきている。

実社会でも同様に、製造業に対して設備投資や開発を全部後回しにして短期的な利益を確保する投資家的な手法が行われたが、そのツケが徐々に露わになってきている。間接的な成果や継続的な仕事内容を無視した刹那的な成果主義の賃金体系も同様である。現代的だともて囃された手法の綻びがだんだん顕在化し、実社会では揺り戻しが起きつつあるのである。一方で、応答の遅い科学技術分野では同様のことが未だに盲目的に推進されている。（格差社会も同様に導入(?)され、富める研究施設はもっと富み、貧し

い施設はなけなしの予算もどんどん削られているが、それは別の話である。）

ある時、最先端の研究を中心となって推進する人が後ろを振り返り、自分の研究に使える新しい技術を探そうとするが、何も見あたらない。また、ある部分の代替技術もない。国内にないから、海外で探して、見つけたものをそのまま輸入する。（現在では国際交流と世界的な研究の合理化という名のもと、それすら推進傾向である。）研究を進めていくうちに、研究の本当の意味でのボトルネックが、その基盤技術にあることに気づく、が、全く手を出せない。結局、ノウハウの詰まった小さな部品が全部の足を引っ張り、その代替技術もないために、遠回りで費用もかかる根本的・原理的大改変を考えざるを得ない。（ただし、地味な部品研究より民間含めた派手な大規模共同研究の方が見栄えがいいかもしれない。）そんな状況に陥るのは5年後か、10年後か、それとも現在既にそうなのか。それは、現在花開いている技術がどれだけ前からひっそり研究されてきたか、成果として見えないノウハウの蓄積がどれだけあるか、また、本当の意味で根幹を成す基盤技術が、果たして今までどれだけ前面に出てきていたかを考えれば分かることであろう。

放射光学会には幸いにも、科学技術政策決定の中心にいる官僚ともツーカーの間柄である研究者が何人もいるようである。権力とコネを持つ指導的立場の人に必要なのは、思い遣りのある、大局的かつ長期的な視点であろう。学会として提言すべきは、科学の本質を踏まえた国家政策に対する意見ではなからうか。今回の研究会の成果に、それらが部分的にでも含まれることを期待する。