

## SPring-8 における高輝度放射光利用研究への期待

菊田 惺志

東京大学大学院工学系研究科\*

## 1. 第3世代リングへの道のり

もう半年で SPring-8 から最初の光が出ます。もうそこまで来たかという感じと随分待ったなという気持ちが交錯します。PF 建設前後から振り返ってみますと、放射光利用研究に注目した議論が起ったのが1970年頃です。PF の建設が1978年に開始され、1982年に X 線領域の放射光利用研究が我が国でははじめて可能になりました。ご承知のように PF 完成後ほどなく、放射光利用研究は軌道に乗り、多くの研究分野に大きなインパクトを与えました。1985年頃になると利用者の間に研究実績を踏まえて、さらに強力な放射光源を求める声が出てきて、将来計画の検討が研究会などで行なわれ始めました。当時すでに ESRF の建設が始まろうとしており、APS の建設計画も具体化が進んでいる状況にありました。そのような流れの中で1988年に次世代大型 X 線光源研究会が組織されました<sup>1,2)</sup>。この研究会は高エネルギー物理学研究所の30 GeV のトリスタン MR を放射光利用に転用しようという計画と SPring-8 の建設計画の実現を利用者の立場からめざしました。

本学会においても放射光科学を推進する立場から「次世代大型高輝度放射光施設計画に関する調査報告書」を1990年4月にまとめています<sup>3)</sup>。それによりますと SPring-8 計画とトリスタン MR

転用計画は研究課題や技術的アプローチにおいて独自性を持ち、相互に補完しあう性格をもつ計画と認め、両者ともに学会として支援、推進すべきものと結論しています。MR の放射光利用に関しては、その後高エネルギー物理の B ファクトリー計画が MR を使用することになりましたので、超高輝度光源への期待はまことに残念ながら当面消えてしまいました。けれども昨年 B ファクトリーへの転換作業に入る前の3カ月間だけ MR の放射光利用の機会が与えられ、高輝度光源での実験を試みることができ、今後役に立つ成果が多数得られています<sup>4,5)</sup>。

SPring-8 は1991年に原研・理研の共同チームによって建設が開始されました。次世代大型 X 線光源研究会でも SPring-8 建設に向けて放射光利用の各研究課題の将来展望、ビームラインの概念設計や R & D などの作業が行なわれました。

## 2. SPring-8 利用者懇談会

SPring-8 が建設フェーズに入ってきた1993年に次世代大型 X 線光源研究会は解散し、装いを新たに SPring-8 利用者懇談会が発足しました<sup>6)</sup>。会員数は最近1千名の大台に乗り、1,011名になっています。会員の構成比は国・公・私立大学が66%、国・公立研究所が16%、企業が18%です。SPring-8 での放射光の利用研究がまだ始まって

\* 東京大学大学院工学系研究科 〒113 文京区本郷 7-3-1  
TEL 03-3812-2111 (内6825) FAX 03-5689-8257

いないのにこのような多数の方々が会員になっていることから SPring-8 への関心と期待の大きさがうかがえます。放射光利用研究をめざす研究課題別サブグループは表1に示すように35チームあります。各サブグループが放射光利用研究の目標を掲げそれを実現するためのチームラインと実験ステーションの構想を練ったものが SPring-8 Project—Scientific Program としてまとめられています<sup>7)</sup>。

表1 研究課題別サブグループ

サブグループ	世 話 人
磁気散乱・吸収	円山 裕 岡山大理
コンプトン散乱	坂井信彦 姫工大理
核共鳴散乱	依田芳卓 東大工
散漫散乱	大嶋建一 筑波大物工
非弾性散乱	田中良和 理研
極小角 X 線散乱	宮地英紀 京大理
表面界面構造	高橋敏男 東大物性研
構造相転移	野田幸男 千葉大理
化学反応	田中清明 名工大工
粉末回折	虎谷秀穂 名工大セラミックス
高温	辻 和彦 慶応大理工
トポグラフ	近浦吉則 九工大工
極限構造物性	浜谷 望 お茶の水大理
高圧地球科学	浦川 啓 岡山大理
分析	合志陽一 東大工
光励起新素過程	升島 努 広島大医
電子励起新物質創製	吉田 博 阪大産研
アクチノイド	大野英雄 原研大型放射光
原子物理	木村正広 阪大理
核励起	鍛冶東海 東北大理
XAFS	大柳宏之 電総研
広エネルギー領域 XAFS	前田裕宣 岡山大理
生体高分子(結晶)	山根 隆 名大工
X 線構造生物学	三木邦夫 京大理
タンパク質結晶学	森本幸生 姫工大理
生体高分子(非結晶)	猪子洋二 阪大基礎工
軟 X 線顕微鏡	木原 裕 関西医大教養
マイクロビーム・イメージング	上條長生 大阪工技研
X 線ホログラフィ	篠原邦夫 東大医
医学利用	宇山親雄 循環器センター
軟 X 線光化学	小谷野猪之助 姫工大理
軟 X 線 CVD	奥山雅則 阪大基礎工
軟 X 線固体分光	市川公一 大阪府立大工
固体電子物性	菅 滋正 阪大基礎工
赤外物性	難波孝夫 神戸大理

なお、SPring-8 利用者懇談会では SPring-8 の放射光利用に関心をもつ産・官・学の方々に広く入会をお誘いしています(年会費2000円)。連絡先はつぎのとおりです。

SPring-8 利用者懇談会事務局(佐久間明美)

〒678-12 兵庫県赤穂郡上郡町金出地1503-1

(財)高輝度光科学研究センター内

TEL. 07915-8-0970, FAX. 07915-8-0975

e-mail. sakuma@haru08.spring8.or.jp

会員には広報誌「光彩」が配布され、利用者懇談会の活動状況をはじめ SPring-8 に関する各種の情報を得ることができます。関心をもつサブグループがあれば、それに参加していただきたいと思

### 3. 共用ビームラインの建設と利用体制

当初設置が予定されている10本の共用ビームラインに対してサブグループから実験ステーション建設への提案が行なわれ、ビームライン検討委員会における1993年度答申でビームライン4本の研究課題が決まり、1994年度に残りの6本が決定されました。その後、できるだけ多くの研究課題がはじめてから実施される方が全体のアクティビティをあげるのに望ましいという利用者懇談会の意向も考慮されて、10本の共用ビームラインへさらに13の研究課題が相乗りする形になりました。これらを表2に示します。この10本の共用ビームラインの実験ステーションの建設は原研・理研共同チームに利用者懇談会が協力して行なうことになっています。建設が認められたサブグループの有志からなる建設グループがつくられ、早いものではこの秋から現地で作業が始まります。11本目から20本目までの共用ビームラインの実験ステーション建設への提案の募集・選定作業も進められています。

利用者にとって関心の高い研究経費に関しては、行政レベルのご尽力により共用ビームラインのビーム使用料は研究成果を公開する場合には研

表2 共用ビームラインのリスト

	ビームラインの名称	光源のタイプ	参加するサブグループ
XU1	生体高分子結晶構造解析	U (真空封止型)	生体高分子 (結晶) X線構造生物学
XU2	核共鳴散乱	U (真空封止型) 5~75 keV	核共鳴散乱 表面界面構造
XU3	高圧構造物性	U (真空封止型) 5~75 keV	極限構造物性 XAFS
XU4	生体分析	U (真空封止型)	磁気散乱・吸収 医学利用 分析
XW1	高エネルギー非弾性散乱	W 60~300 keV, 楕円偏光	コンプトン散乱
SU1	軟X線固体分光	U (高速切替型) 0.5~3 keV, 円偏光	固体電子物性
SU2	軟X線光化学	U (高速切替型) 0.5~3 keV, 直線偏光	軟X線光化学 原子物理 軟X線CVD
BM1	結晶構造解析	BM	構造相転移 粉末回折 化学反応 散漫散乱
BM2	高温構造物性	BM	高圧地球科学 高温 トポグラフ タンパク質結晶学
BM3	XAFS	BM	広エネルギー領域 XAFS

U: アンジュレーター, W: ウィグラー, BM: 偏向電磁石

研究者の所属を問わずに徴収しないことになるようです。出張費についても望ましい形ができるのを期待しているところです。

SPring-8の管理運営や高輝度放射光に関する研究開発などを行なうために1990年に財団法人高輝度光科学研究センター (JASRI) が設立されました。来年10月には共用ビームラインなどでの放射光利用研究が開始される予定で、それに応じてそれまで建設に携わってきた原研・理研共同チームからJASRIにSPring-8の管理運営が移されることになっています。

#### 4. SPring-8における放射光利用研究の展望

第3世代リングからの放射光を利用した研究については上述の本学会の調査報告書に研究課題

の詳細な記載があり、またSPring-8利用者懇談会の課題別サブグループの研究展望についての報告書においても示されています。それぞれに多くの意欲的な研究課題が提示されています。ここでは第3世代リングの特徴に注目したつぎのような5項目にまとめてみました。

1) まずマイクロビームの利用が考えられます。実際、SPring-8利用者懇談会の課題別サブグループの大部分が従来の実験をマイクロビームの利用によって場所的にごく限られた領域の構造解析や分析へと発展させることを提案しています。高空間分解能の各種のX線イメージングも発展するでしょう。

2) また従来静的な構造や状態の解析がおもでしたが、環境変化・外場印加などによる構造や状態の変化の時分割解析が進むでしょう。相転移

や反応過程などの研究にとってきわめて重要なデータが得られます。

3) 一方, X線非線形光学効果のような微弱な散乱・吸収断面積をもつ系の研究の発展も期待されます。

4) SPring-8はESRFやAPSよりもリングの電子エネルギーが大きいので, 高エネルギーX線の利用研究が独自性のひとつと考えられます。50~150 keVのX線の利用は従来ほとんど未開拓のところでは。

5) さらに第3世代リングが従来と著しくちがうのは, 微小サイズの高輝度光源からのX線ビームは高い空間的コヒーレンスをもつとともに, 超高分解能の分光により高い時間的コヒーレンスのX線を得ることができることです。このような高コヒーレンスのX線を用いた研究はX線強度ゆらぎ分光をはじめとして新しい展開が期待できます。コヒーレンスの関わる研究は将来的にX線領域の自由電子レーザーのようなX線レーザーが実現したときにつながるもので, その序章と位置づけることもできます。

以上の項目を列記し, それに関連するいくつかの研究課題を挙げるとつぎのとおりです。

#### (1) 高輝度マイクロビームの利用

極限環境下(超高压, 超強磁場など)における結晶の構造相転移

極微小結晶・結晶内極微小領域の構造解析

蛍光X線分析・光電子分光・XAFS・小角中角散乱などによる極微小領域における分析

X線マイクロコピー・X線トモグラフィなどによる高空間分解能X線イメージング

ビーム交叉法における原子・分子ビームによる原子物理, クラスタビームによるメソスケール物性物理

X線励起によるシリコンの固相成長・微細加工

#### (2) 動的過程の時分割測定

温度, 圧力, 電場, 磁場, 励起光などによる物質の相転移・構造変化, 表面構造相転移

融解・結晶化, 結晶成長過程

蛋白質結晶の光化学・生化学反応

結晶中の励起状態にある分子の構造

化学反応の中間体の構造

表面光化学反応, 光分解過程

多価イオンの光電離に伴う動的過程

#### (3) 微弱な散乱現象の利用

磁気散乱による磁性研究

コンプトン散乱・ラマン散乱による電子状態の解析

超高分解能のフォノン分光

X線非線形光学効果

核共鳴散乱による時間領域メスバウアー分光

#### (4) 高エネルギーX線の利用

消衰効果のない結晶構造解析

重原子含有結晶の構造評価

重原子の内殻励起による異常散乱・XAFS・蛍光X線分析

コンプトン散乱・磁気コンプトン散乱

核共鳴散乱・核励起

吸収端差分法によるアンジオグラフィ

#### (5) コヒーレンスの利用

X線ホログラフィによる三次元結像

各種のX線干渉計によるX線位相光学

X線パラメトリック散乱などのX線量子光学

X線強度ゆらぎ分光による不均一構造のダイナミクス

X線二光子相関法によるコヒーレンスの解析

PFの放射光の利用開始前にも研究の将来展望が議論され, 実際にフタを開けてみると将来展望

はかなりマトを得ていたようです。しかし肝心なことは研究の進展の中身が予想をはるかに越えたものであったことです。SPRING-8の場合にはPFの場合とちがってユーザーはすでに放射光利用の経験と実績をもっていますので研究の方向を見通しやすい状況にあります。しかし前回と同様に予想をはるかに越えた研究の展開への期待も大きいと思います。

共用が開始され、いよいよ先行している第3世代大型リングのESRFとAPSの仲間入りをすることになりますので、このチャンスを最大限に生かして、競争と協調の関係のもとで新しいサイ

エンスをめざしましょう。

## 文献

- 1) 菊田惺志, 藤井保彦: 放射光 **2**, No. 1, 78 (1989).
- 2) 菊田惺志, 藤井保彦: 放射光 **2**, No. 4, 83 (1989).
- 3) 日本放射光学会将来計画特別委員会: 次世代大型放射光施設計画に関する調査報告書, 放射光 **3**, 205 (1990).
- 4) 安藤正海, 菊田惺志: 日本物理学会誌 **50**, 15 (1995).
- 5) X線・粒子線シンポジウム「トリスタン主リングの超高輝度放射光利用」: 日本物理学会講演概要集, 第51回年会第2分冊, p. 571 (1996年3月).
- 6) 菊田惺志: 放射光 **6**, 486 (1993).
- 7) JAERI-RIKEN SPRING-8 Project Team: SPRING-8 Project—Scientific Program 1995, 1996.