

特集：高輝度X線(I)—SPring-8—

## SPring-8 利用計画

大野 英雄

原研・理研大型放射光施設計画推進共同チーム\*

## Scientific programs on SPring-8 Project

Hideo OHNO

JAERI-RIKEN SPring-8 Project Team

The SPring-8 project team is continuing the construction of the 1st phase 10 public beamlines, 6JAERI/RIKEN beamlines and 2 R & D beamlines. The 1st phase of SPring-8's public beamlines are bio-crystallography, soft X-ray spectroscopy of solid, high energy inelastic scattering, nuclear resonant scattering, extremely dense state, physicochemical analysis, soft X-ray photochemistry, crystal structure analysis, high temperature research and XAFS. The construction program of these beamlines is scheduled for completion by the end of 1997.

## 1. はじめに

SPring-8には61本のビームラインの建設が可能であり、これらのビームラインは利用形態から、共用ビームライン、専用ビームライン、原研・理研ビームラインならびにR & D・マシン診断用ビームラインに分類される。

SPring-8は挿入光源を中心とした第3世代放射光施設である。SPring-8の特徴は、既に稼働しているESRFあるいはAPSと比較して、30m長直線部からの放射光利用が可能であり、さらに300m(9本)ならびに1000m(3本)まで延長可能なビームラインを有していることである。利用研究にとって最も重要な情報は様々な光源から得られるスペクトルであるが、SPring-8

における標準型挿入光源である真空封止型アンジュレータを用いることにより、大半の利用研究に必要なとするエネルギー領域のX線を網羅することが可能である(挿入光源参照)。

SPring-8は国内外の幅広い研究者に利用される施設であり、現在SPring-8利用者懇談会(会長：菊田惺志東大教授)を中心に1000人以上の利用者が34のサブグループ(表1)を形成し、各々の研究計画に基づいたビームライン建設に参画している。SPring-8施設においては、30本以上の共用ビームラインを建設する予定であるが、本稿では、第1期計画として建設を進めている10本の共用ビームラインを中心にその利用計画をのべる。

\* 原研・理研大型放射光施設計画推進共同チーム 〒678-12 兵庫県赤穂郡上郡町 SPring-8 リング棟  
TEL 07915-8-0069 FAX 07915-8-0830  
e-mail Ohno@SP8sun.SPring8.or.jp

Table 1. SPring-8 users group

<u>X線散乱・回折 (X-ray scattering and diffraction)</u>	
磁気散乱・吸収	X-ray magnetic diffraction and absorption
核共鳴散乱	Nuclear resonance scattering
コンプトン散乱	Compton scattering
非弾性散乱	Inelastic scattering
極小角散乱	Very small angle X-ray scattering
構造相転移	Structural phase transition
表面・界面構造	Structures of surfaces and interfaces
散漫散乱	Diffuse scattering
化学反応	Chemical reactions
粉末回折	Powder diffraction
極限構造	Structural properties of extremely dense materials
高圧地球科学	High pressure mineral physics
高温	High temperature
トポグラフ	Topography
<u>X線分光・吸収 (X-ray spectroscopy and absorption)</u>	
XAFS	XAFS
広エネルギー領域 XAFS	High energy XAFS
分析	Spectrochemical analysis
光励起新素過程	Photo-excitation new essential process
アクチノイド	Actinides
原子分子	Atomic and molecular physics
核励起	Nuclear excitation
<u>軟 X線分光 (Low energy spectroscopy)</u>	
軟 X線光化学	Soft X-ray photochemistry of gases and surfaces
軟 X線 CVD	Soft X-ray CVD
軟 X線固体分光	Soft X-ray spectroscopy of solids
固体電子物性	Electronic properties of solids
赤外物性	Infrared spectroscopy
<u>生物・医学応用 (Biology and medical applications)</u>	
生体高分子 (結晶)	Biocrystallography
生体高分子 (非結晶)	Macromolecular small-angle X-ray scattering
構造生物学	Structural biology
蛋白質結晶	Protein crystallography
軟 X線顕微鏡	Soft X-ray microscope
硬 X線顕微鏡	Hard X-ray microscope
X線ホログラフィー	X-ray holography
医学利用	Medical and clinical application

## 2. 共用ビームライン

ビームライン検討委員会（委員長：菅 滋正 大阪大学教授）は、平成5年度答申をした4計画（生体高分子結晶構造解析，軟 X線固体分光，核共鳴散乱，高エネルギー非弾性散乱）を含む，平成10年度までに建設する10本の共同利用ビームラインをまとめた。これをまとめるにあたって

は、23件の「計画提案書」のうち計画中の既決定の4件を除く19件の計画について、検討評価を行った。共用ビームライン10計画の概要ならびにビームライン配置をそれぞれ表2ならびに図1に示す。また、これら共用ビームラインの研究概要を以下に示す。

(1) 生体高分子結晶構造解析 (Bio-Crystallo-

Table 2. The 1st phase 10 public beamlines

ビームライン名称	研究課題	光源	試料位置での光の性質	分光器
				実験ステーション
生体高分子結晶構造解析 (Bio-Crystallography)	蛋白質構造解析	真空封止型直線偏光アンジュレータ (9-40 keV)	エネルギー範囲: 9-18 keV, 27 keV and 38 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=2 \times 10^{-4}$ (9-18 keV) $< 10^{-3}$ (27 keV, 38 keV) ビームサイズ: 0.05 mm $\phi$ 光子数: $10^{11}$ - $10^{12}$ photons/sec	標準型アンジュレータ X線二結晶分光器
				蛋白質解析用ゴニオメータ ( $\kappa$ -type)
軟 X 線固体分光 (Soft X-ray Spectroscopy of Solid)	固体の電子状態	高速切替型円偏光アンジュレータ (0.5-3 keV)	エネルギー範囲: 0.5-3 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=10^{-4}$ ビームサイズ: 0.5 mm $\phi$ 以下 光子数: $10^{13}$ - $10^{14}$ photons/sec	斜入射回折格子分光器
				高分解能光電子分光 2次元表示型電子エネルギー分析器
高エネルギー非弾性散乱 (High Energy Inelastic Scattering)	磁気コンプトン散乱	楕円偏光ウイグラ (60-300 keV)	エネルギー範囲: 100-150 keV 約300 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=10^{-3}$ (100-150 keV) $\Delta E/E=5 \times 10^{-3}$ (300 keV) ビームサイズ: 0.5 mm $\phi$ 以下 光子数: $10^{13}$ photons/sec (150 keV)	二次元湾曲型 モノクロメータ (100-150 keV) 一次元湾曲型 モノクロメータ (300 keV)
				磁気コンプトン散乱実験装置
核共鳴散乱 (Nuclear Resonant Scattering)	核共鳴散乱	真空封止型直線偏光アンジュレータ (5-75 keV)	エネルギー範囲: 5-25 keV (1次光), 5-75 keV (3次光) エネルギー分解能: $\Delta E/E=10$ -100 meV ビームサイズ: 0.3 mm(H) $\times$ 0.07 mm(V) 光子数: 109-1011 photons/sec	標準型アンジュレータ X線二結晶分光器
				超高エネルギー分解 X線分光装置
高圧構造物性 (Extremely Dense State)	高圧下における物質構造解析	真空封止型直線偏光アンジュレータ (5-75 keV)	エネルギー範囲: 15-60 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=5 \times 10^{-4}$ ビームサイズ: 1-100 $\mu\text{m}^2$ 光子数: $10^{13}$ photons/sec	標準型アンジュレータ X線二結晶分光器
				ダイヤモンドアンビルセル (DAC)
生体分析 (Physico-chemical Analysis)	X線磁気吸収微量分析	真空封止型直線偏光アンジュレータ (4-20 keV)	エネルギー範囲: 4-20 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=10^{-3}$ - $10^{-4}$ ビームサイズ: 100 $\mu\text{m}$ (H) $\times$ 10 $\mu\text{m}$ (V) 光子数: $10^{15}$ photons/sec	標準型アンジュレータ X線二結晶分光器
				磁気吸収測定装置 光電子分光測定装置
軟 X 線光化学 (Soft X-ray Photochemistry)	光化学反応原子分子	直線偏光アンジュレータ (0.5-5 keV)	エネルギー範囲: 0.5-3 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=10^{-4}$ ビームサイズ: 1 mm $\phi$ 光子数: $10^{10}$ photons/sec	回折光子分光器
				角度分解型コインシデンス測定装置
結晶構造解析 (Crystal Structure Analysis)	構造相転移	偏向電磁石	エネルギー範囲: 5-60 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=2 \times 10^{-4}$ ビームサイズ: 1 mm(H) $\times$ 1 mm(V) 光子数: $10^{10}$ - $10^{12}$ photons/sec	標準型偏向電磁石 X線二結晶分光器
				6軸型回折計
高温構造物性 (High Temperature Research)	高温における凝縮系物質構造解析	偏向電磁石	エネルギー範囲: 10-70 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=5 \times 10^{-4}$ ビームサイズ: 0.3 mrad(H) $\times$ 0.05 mrad(V) 光子数: $10^{10}$ photons/sec	標準型偏向電磁石 X線二結晶分光器
				高温実験用白色 X 線測定装置
XAFS	XAFS	偏向電磁石	エネルギー範囲: 3.5-90 keV エネルギー分解能: $\Delta E/E=10^{-4}$ ビームサイズ: $1 \times 10$ mm $^2$ 光子数: $10^9$ photons/sec	標準型偏向電磁石 X線二結晶分光器
				XAFS 実験装置

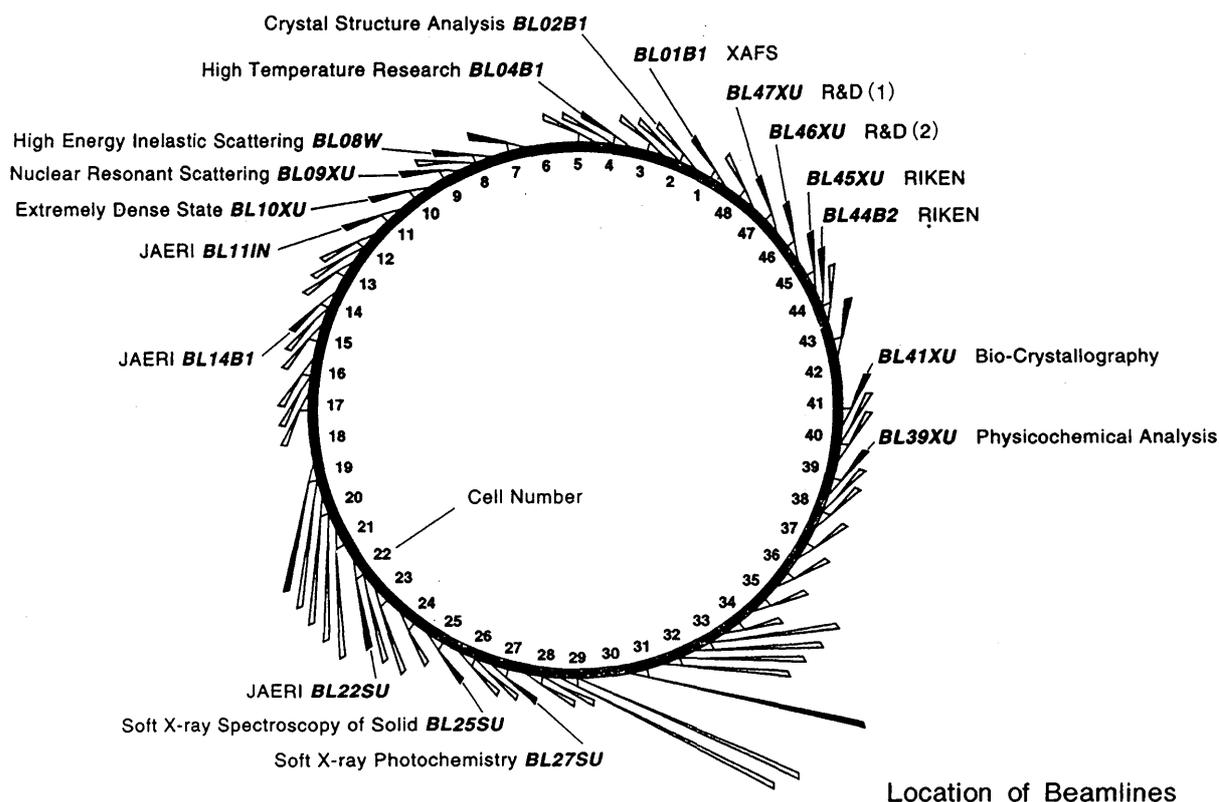


Figure 1. Location of beamlines.

graphy)

高エネルギー・高輝度の X 線を用いて蛋白質結晶構造解析のルーチン化・微小蛋白質結晶解析を行う。

(2) 軟 X 線固体分光 (Soft X-ray Spectroscopy of Solid)

高エネルギー分解能の光学系を用いて、固体の光吸収・光電子の放出の磁気円偏光二色性、スピン偏極光電子放出および光電子回折測定を行う。固体の電子状態とスピン状態を明らかにする。

(3) 高エネルギー非弾性散乱 (High Energy Inelastic Scattering)

磁気コンプトン散乱を利用した物性研究を行う。物質の磁性電子および伝導電子の運動量密度を測定し、磁性の発生機構やフェルミ面の決定など電子状態に関する研究を行う。

(4) 核共鳴散乱 (Nuclear Resonant Scattering)

極めて狭いバンド幅、高指向性およびパルス特性などに優れた特性をもつ超単色 X 線を取り出し、時間領域量子ビート法の利用、高分解能非弾性散乱実験および干渉・強度相関の現象を利用したコヒーレンスの解析などを行う。

(5) 高圧構造物性 (Extremely Dense State)

高密度状態にある物質の構造解析を行う。300 GPa 以上の超高压力下あるいは磁場などを印加した多重極限条件下での構造解析を行い、構造と物性の相関を追及する。

(6) 生体分析 (Physicochemical Analysis)

生体内における超微量物質の定量とその存在状態の物理的解析を行う。

(7) 軟 X 線光化学 (Soft X-ray Photochemistry)

高分解能・高強度の分光法を実現し、内殻励起状態に関わる光化学および原子・分子に関する研究を行う。

## (8) 結晶構造解析 (Crystal Structure Analysis)

構造相転移などに伴う超格子反射, 散漫散乱測定による格子の乱れなどの研究を行う。

## (9) 高温構造物性 (High Temperature Research)

白色および単色 X 線を用い, 高温における凝縮系物質の構造を調べる。

## (10) XAFS (X-ray Absorption Fine Structure)

XAFS による局所構造解析を行う。

SPring-8 においては, これら共用ビームラインの建設と平行して医学利用実験施設の建設も進めている。本施設には3本のビームライン(挿入光源2本, 偏向電磁石1本)の設置が可能であり, 医学利用研究のみならずイメージングに係わる研究開発も行う予定である。

## 3. 専用ビームライン

本ビームラインは, 特定の研究機関が費用を負担して建設・維持管理・運転して利用するものであり, 専用施設検討委員会で審議された7計画が進行中である。これらのビームライン仕様ならびに研究課題を以下に示す。

## (1) 京都大学先端光ビームライン (京都大学化学研究所)

光源: 独立チューニング可能な標準型アンジュレータ

エネルギー範囲: 4 keV~115 keV

研究内容: 小角散乱法による高分子構造の解析, 回折および分光法による人工超格子の構造解析および電子状態解析を進める。

## (2) 超精密材料解析ビームライン1 (科学技術庁金属材料研究所・無機材質研究所)

光源: アンジュレータ

エネルギー範囲: 5 keV~15 keV

研究内容: 先端材料の化学状態分析や表面/界面構造分析を行い, 機能発現の機構・現象の解明を行う。

## (3) 超精密材料解析ビームライン2 (科学技術庁金属材料研究所・無機材質研究所)

光源: タンデム配置アンジュレータ

エネルギー範囲: 500 eV~60 keV

研究内容: 様々な極限状態におかれた物質の精密な結晶構造解析および電子構造の解析を行う。

## (4) 生体超分子構造解析ビームライン (大阪大学・蛋白質研究所)

光源: アンジュレータ

エネルギー範囲: 5 keV~25 keV

研究内容: 生体超分子の構造決定を単結晶構造解析および溶液散乱により行う。

## (5) 兵庫県ビームライン

光源: アンジュレータ

エネルギー範囲: 5 keV~25 keV

研究内容: 反応性ガスを用いた結晶成長時の表面・界面の構造と特性の in situ 解析, マイクロビームの形成技術の開発と材料評価への応用, がん診断技術の開発などを行う。

## (6) サンビーム BM (産業用ビームライン)

光源: 偏向電磁石

エネルギー範囲: 5 keV~60 keV

研究内容: 新機能材料開発のための局所構造解析お半導体結晶の高品質化のためのトポグラフィの研究を行う。

## (7) サンビーム ID (産業用ビームライン)

光源: 真空封止型水平・直線偏光アンジュレータ

エネルギー範囲: 5 keV~60 keV

研究内容: マイクロビーム利用による機能素子ならびに新材料開発のための研究開発を進める。

## 4. 原研・理研ビームライン

原研ならびに理研は原研関西研ならびに播磨理研の放射光利用研究を進めるため, それぞれ3本のビームラインを建設している(原研ビームラインならびに理研ビームライン参照)。

## 5. R & D・マシン診断用ビームライン

光学素子, 基幹チャンネルなどの評価試験, あるいはイメージング技術などの開発を目的として2本(アンジュレータ, 偏向電磁石)のビームラインを建設している。

## 6. おわりに

SPring-8における共用ビームラインは, 最終的には30本の建設を計画しており, 平成10年度以降順次整備する予定である。これと平行して30 m長直線部あるいは300 m中尺ならびに1000 m長尺ビームラインを用いる研究課題についても, 国内外の研究者の参画を得た検討を進める予定である。