

【先端放射線利用研究会 見学会】

立命館大学 SRセンター 見学記

(放射光施設オーロラ-I)

平成8年6月12日、近畿地区の大学で最初に設置した放射光施設の見学に立命館大学くさつ・びわこキャンパスを訪問した。

大阪駅より新快速に乗り石山駅で普通電車に乗り換え、南草津駅で下車、すぐにバスに乗り換えキャンパスのバスターミナルに至る。大阪から丁度1時間の距離である。キャンパスは比良山を望む琵琶湖の対岸の丘陵にあり、ハイキングに来たような悠々たる気分になる環境である。

出迎えのSRセンター方々に伴われ、見学に先立ち施設セミナー室で、SRセンター長の岩崎博先生の挨拶と施設の紹介があり、次に理工学部の中山康之教授より現在大学で実施している「SR-X線顕微鏡」、研究員の西勝英雄氏より「X線領域のSRを用いた材料化学」についておおよそ次のような講演を聞いた。

20世紀は銅・鉄を中心とする材料の時代であったが、21世紀は化学高分子・生物高分子など軽元素機能材料の時代になるだろうといわれている。これらの利用開発にはX線構造解析(EXAFS)、蛍光X線分析は欠かせない。通常のX線装置ではX線出力が、小さいため測定には極めて長時間かかり、事実上測定不能である。しかし、SRは出力が高いので、信号出力が大きく、偏光しているためバックグラウンドが低く、しかも波長が連続的に選択できるために短時間で容易に測定できる。さらに、微量の試料の微小領域の解析ができる。この特長を生かして欧米では化学関係への利用が多いが、日本ではエレクトロニクスを中心とした利用が目立っており、化学的な利用への関心が低いようである。

SRは材料の評価に用いられるだけでなく、例えば、SRアブレーションによる新しい薄膜、新規の機能材料の創製が可能であり、立命館大学で

はこれらを中心に企業側の視点に立った研究を指向している。

立命館大学が目指している目標は

1. 微細加工
2. 薄膜創製
3. 微粒子クラスタ創製

微細加工についてはマイクロマシニング技術とLIGAプロセスを融合させたマイクロマシンやパーツを製作するマイクロプロセス実験室、電子線描画室などが設けられている。

このSR装置には16本のビームラインが利用可能であるが、現在設置されているものは9本である。

☆ BL-1 軟X線分光

軽元素系や軽金属材料は新機能材料として先端分野で使用され、新素材として研究されているが、それらの特性解析・材料設計などに不可欠な測定機能である。測定エネルギー範囲は500eV~4keVで酸素からカルシウムまでの測定ができる。

☆ BL-2 超軟X線分光

このビームラインには斜入射凹面型回折真空分光器が設置してあり、50eV~600eVのエネルギー範囲を測定することができ、ベリリウム・硼素・炭素・窒素・酸素についての情報が得られる。

☆ BL-4 XAFS

3~8 keVのエネルギー範囲のX線吸収スペクトルを測定できる。吸収端近傍の吸収スペクトルから電子構造や化学結合状態に関する情報が得られ、これより高いエネルギー側の吸収スペクトルから原子間距離、配位数、ゆらぎなどを決定することができる。

☆ BL-6 LIGA露光

このビームラインはLIGAプロセス用のもので、レジスト照射用光源として放射光を用いるものである。放射光の強度、指向性を利用して、マイクロマシン用三次元微細加工などナノエレクトロニクスデバイスの製作ができる。

☆ BL-8 光電子分光

本ビームラインは超真空下で試料を作成し、放射光による光電子分光にイオン散乱分光を組合せ、その場で分析できる複合装置である。モレキュラービームエピタキシーにより超格子の成膜ができる。光電子分光は5～700eVの単色真空紫外光クラム型光電子分光器により電子構造についての測定ができ、イオンビーム散乱は20～100keVイオンビーム変形トロイダル分光器により原子配列・元素組成などを決めることができる。

☆ BL-12 軟X線顕微鏡

この軟X線顕微鏡は細胞内構造を約50nmのスケールで観察できる可能性がある。撮像方式は2枚のゾンプレートを使用して、大気中試料の拡大像を冷却CCDカメラで観察するものである。光学顕微鏡を同軸上に置換えられるようになっているので、両顕微鏡の比較が容易である。

☆ BL-13 蛍光X線分析

この装置は真空槽、Si(Li)半導体検出器からなり、バックグラウンドの低減ができる全反射モードでの測定ができる。3～8 keVのエネルギー範囲に特性X線を放出する元素の分析実績があり、高感度で高精度な多元素同時定量分析測定ができる。

☆ BL-14 白色光照射

このビームラインはシリンドリカルミラーを備えており、照射された試料の構造変化の測定ができる。X線照射による光励起化学プロセス開発にも利用できる。

☆ BL-15 2多層膜顕微鏡

このビームラインはタングステンとシリコンの薄膜を重ねて作成した多層膜の分光器を備えており、450eV～1200eV単色軟X線ビームを種々の測定に利用できる。

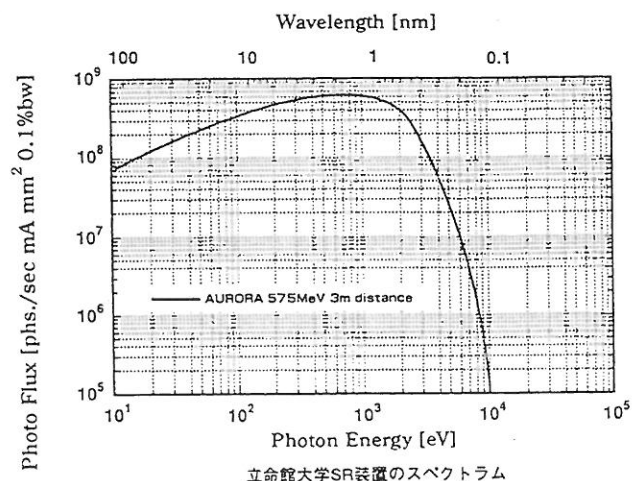
これらのビームラインは大学内での利用だけでなく、一般の企業などへも

- \* 一定期間の専有利用
- \* 時間制のスポット利用

の形式で開放しており、大学への委託研究・共同研究の制度も設けられている。これらの利用の便を円滑にするため、ユーザー控室、試料準備室、解析室、試料分析室、研究室が準備されている。

写真のタンク状のものが“オーロラ”で、これを中心にしてこの周囲に放射状に各種装置が設置されている。マイクロトン加速装置は写真の左側の室内にあり、そこから電子ビームチューブによって“オーロラ”に供給されている。またこの部屋の地下には超電導磁石用の極低温冷却装置が置かれている。

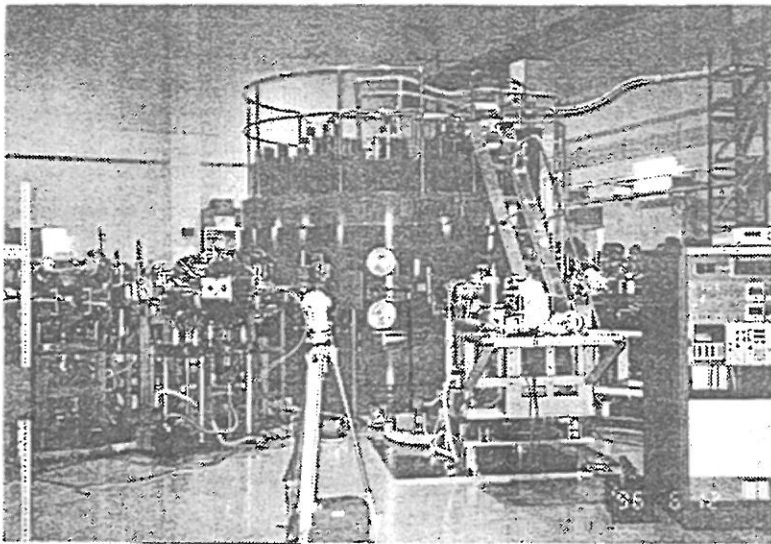
SR装置はレーストラック型のマイクロトンで150MeVに加速された電子が図のように厚さ50cmの鉄の遮蔽壁で囲まれた、直径1mのリングに蓄積された後、シンクロトン加速により、575MeVまで加速され、放射光源となる。放射される光は最高 $10^4$ eV以下の連続エネルギー分布をもつ軟X線光源である。



この装置は単体の超電導磁石を用いているため磁場強度が高く、電子エネルギーの割に高いエネルギーの放射光が得られる特長がある。光は鉄遮蔽壁を貫通したビームから外部に取り出されて利用される。この遮蔽壁があるため、新たに遮蔽の必要がないので、光源に接近して高強度の放射光を利用することができる。

この“オーロラ”は放射光を工場内で工業的に利用するため、出来るだけコンパクトに作られたもので、世界最小である。

この立命館大学のキャンパスのある地域では7世紀末から8世紀の初頭にかけ製鉄・製陶（須恵器、土師器）から梵鐘の鑄造まで行なっていた古代のコンビナートともいえるべき総合生産遺跡であったといわれている。近江国庁の設置とともに開発が進められ、律令国家建設に大きく関与していたものらしい。その製鉄炉跡などはそのまま大学の校舎の地下に保存されている。くしくも同じ地に21世紀を照らす放射光が輝き始めたのは、偶然と偶然の必然と考えながら見学会を終えた。



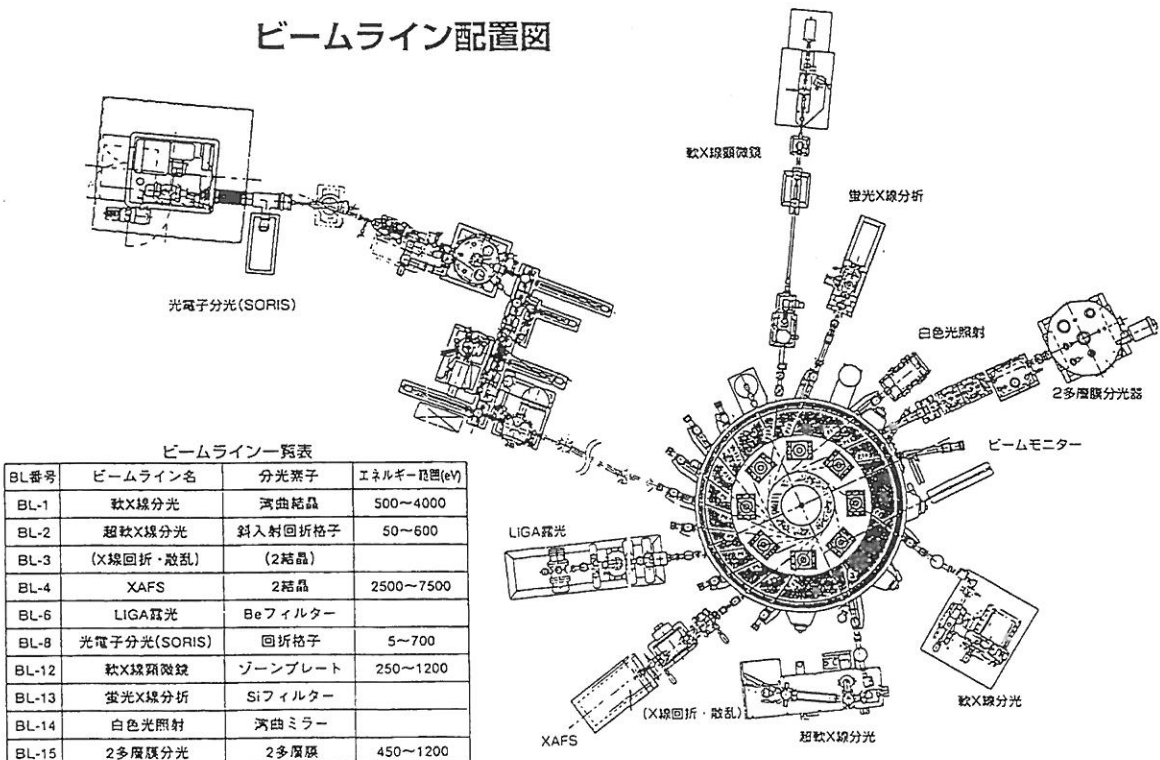
### 超伝導小型SR光源

SRとはSynchrotron Radiation(放射光)の略称です。

立命館大学SR装置の主要パラメータ

エネルギー	575(MeV)
ビーム電流	300(mA)
臨界波長	1.5(nm)
ビーム寿命	3(h)
磁場強度	3.8(T)
軌道直径	1.0(m)
RF周波数	190.86(MHz)
ハーモニック(バンチ)数	2
入射エネルギー	150(MeV)
ビームサイズ	水平方向 1.3(mm) 垂直方向 0.14(mm)
SR光利用可能ポート数	14本

### ビームライン配置図



ビームライン一覧表

BL番号	ビームライン名	分光素子	エネルギー範囲(eV)
BL-1	軟X線分光	湾曲結晶	500~4000
BL-2	超軟X線分光	斜入射回折格子	50~600
BL-3	(X線回折・散乱)	(2結晶)	
BL-4	XAFS	2結晶	2500~7500
BL-6	LIGA露光	Beフィルター	
BL-8	光電子分光(SORIS)	回折格子	5~700
BL-12	軟X線顕微鏡	ゾーンプレート	250~1200
BL-13	蛍光X線分析	Siフィルター	
BL-14	白色光照射	湾曲ミラー	
BL-15	2多層膜分光	2多層膜	450~1200