

## ◁ 海外情報 ▷

## 中国のシンクロトン放射実験施設

分子科学研究所 渡辺 誠

## Synchrotron Radiation Facilities in China

Makoto WATANABE

Institute for Molecular Science

本年3月下旬から4月上旬にかけて、中国のシンクロトン放射実験施設を訪問する機会を得た。中国には二つの実験施設がある。その一つは北京高能物理学研究所にあり、他の一つは合肥の中国科学技術大学にある。前者の光源は2.8 GeVの素粒子実験・SOR共用リングであり<sup>1, 2)</sup>、すでに電子ビームがまわっている。後者の光源は0.8 GeVの専用リングであり<sup>3-7)</sup>、目下電磁石などが設置中である。これら2施設の他に清華大学(北京)に小型光源の計画があり<sup>8)</sup>、線型加速器やマイクロトンなどの試作が行なわれているが、以下でははじめの二つの施設を紹介する。

## 1. 高能物理学研究所

高能物理学研究所の2.8 GeVの電子-陽子衝突リング(BEPC)の計画は1983年に承認され、建物の建設は1984年に始まった。シンクロトン放射実験施設そのものの予算は、1985年に認められた。筆者が訪問した3月下旬には入射試験を行っており、リングを見ることはできなかった。7

月現在1.5 GeVの電子がまわっているとのことである。衝突実験開始予定は本年末であり、SORの利用開始予定は来年とのことである。BEPCの責任者は謝教授(Prof. XIE, Jialin)であり、SOR施設の施設長は洗鼎昌教授(Prof. XIAN, Dingchang)である。

BEPC全体の平面図を図1に示す。入射器は200 mの線型加速器である。線型加速器は三つの部分から構成されていて、それらは30 MeVの前段部と、陽電子発生装置を先端に持つ120 MeVの部分と電子および陽子を1.1~1.4 GeV加速する本体部である。全体で1.5 GeVまで加速できる。

BEPC本体の平面図を図2に、諸元を表1に示す。エネルギーは2.8 GeVで、周長は240.4 mである。磁石の配列(ラティス)は基本的にはFODO型である。衝突実験用とSOR専用の二つの運転モードが選べるようになっている。偏向電磁石の数は40台で、そのうちの30台から光を取り出すことができる。第1期計画としてリング半周分を利用する予定である。

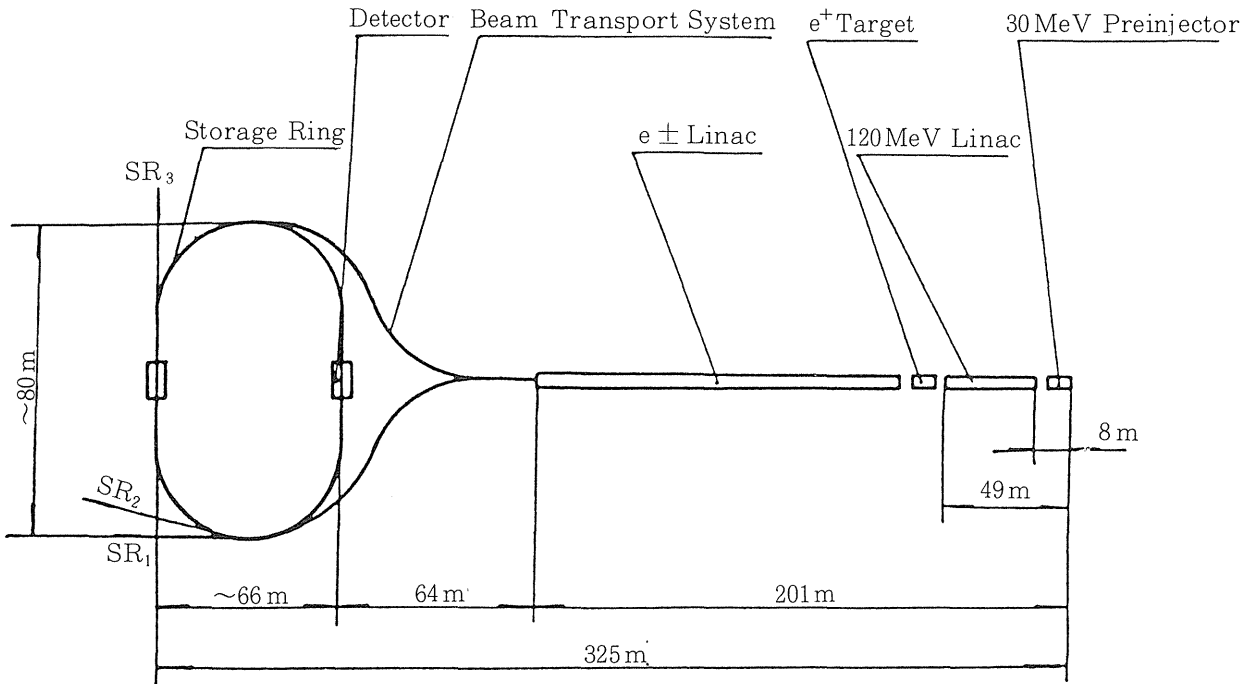


図1 北京高能物理学研究所電子-陽子衝突実験施設 (BEPC) 平面図。(D. Xian : Nucl. Instrum. Meth. A266 (1988) 77 より転載)

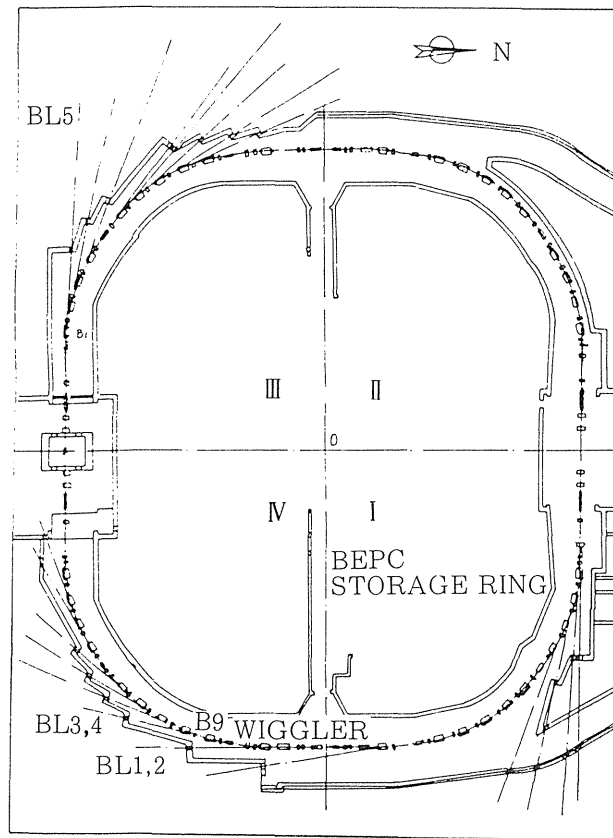


図2 北京高能物理学研究所における 2.8 GeV 電子-陽子衝突リング平面図。(D. Xian : Nucl. Instrum. Meth. A266 (1988) 77 より転載)

表1 2.8 GeV 電子-陽子衝突リング主要パラメータ (北京高能物理研究所 BEPC)

	Parasitic mode	Dedicated mode
Energy (GeV)	2.8	2.8
Designed luminosity ( $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	$1.7 \times 10^{31}$	
Designed current (mA)	65	150
Particles/beam	$3.3 \times 10^{11}$	$7.4 \times 10^{11}$
Number of intersecting regions	2	
Circulating frequency (MHz)	1.247	1.247
Horizontal tune	6.18	7.76
Vertical tune	7.12	6.76
Horizontal natural emittance (mm mrad)	0.66	0.19
Vertical natural chromaticity	-17.7	-7.9
Horizontal natural chromaticity	-11.2	-10.6
Overall beam lifetime (h)	~6.7	~7
Maximum magnetic field (kG)	9.028	9.028
Bending radius (m)	10.345	10.345
Maximum horizontal beta (m)	49.7	17.4
Maximum vertical beta (m)	71	15.4
Harmonic number	160	160
Bunch/beam	1	1-160
SR loss per turn (keV)	522	522
SR loss per beam (kW)	34	78
Longitudinal tune	0.021	0.012
Rms energy spread ( $\Delta E/E$ )	$7.4 \times 10^{-4}$	$7.4 \times 10^{-4}$
Rms bunch length (cm)	5.2	4.5

第1期計画の第1段階として、3本のビーム取り出し口に5式のビームラインを設置し、8種類の実験を行う予定である。表2にそれらの一覧表を示す。BL-1, BL-2は3極ウィグラー(1.8 T)からの光を利用する。BL-1ではトポグラフィーの実験を行う。BL-2では2結晶分光器(将来4結晶分光器)を用いて、EXAFSや散漫散乱の実験を行う。BL-3, BL-4, BL-5は通常の偏向部分からの光を利用する。BL-3ではSORを円筒鏡で集光し、2結晶分光器で分光する。この後にX線回折装置と小角散乱の装置がくる。BL-4ではSORをトロイド鏡で集光し、球面回折格子で分光する。このビームラインを用いて光電子分光と

生物学の実験を行う。BL-5はリソグラフィーのビームラインである。多くの装置は所内で設計し、所内および国内の工場で作成するが、光電子分光器はVSW社に発注することであった。これはMBEの研究を主眼とし、Auger, LEEDほか多くの補助測定装置を持ったかなり凝ったもので設計には高能物理学研究所の技術者をVSW社に派遣しているとのことであった。

## 2. 中国科学技術大学

安徽省の省都である合肥に中国科学技術大学があり、ここに0.8 GeVのストレージリングを持つ国家同步輻射実験室(HESYRL)がある。同步輻

表2 ビームライン一覧表 (北京高能物理学研究所 BEPC)

Beam line	Monochromator	Wavelength range (Å)	Horizontal acceptance (mrad)	Experimental station
BL-1	None	0.5-3.5	1	Topography
BL-2	Crystal	0.5-3.5	1	EXAFS, diffuse scattering
BL-3	Crystal	1-4	5.5	Diffraction, small angle scattering
BL-4	Spherical grating	10-1200	4.5	Photoelectron spectroscopy, soft x-ray (biology)
BL-5	None	4-20	7.5	Lithography

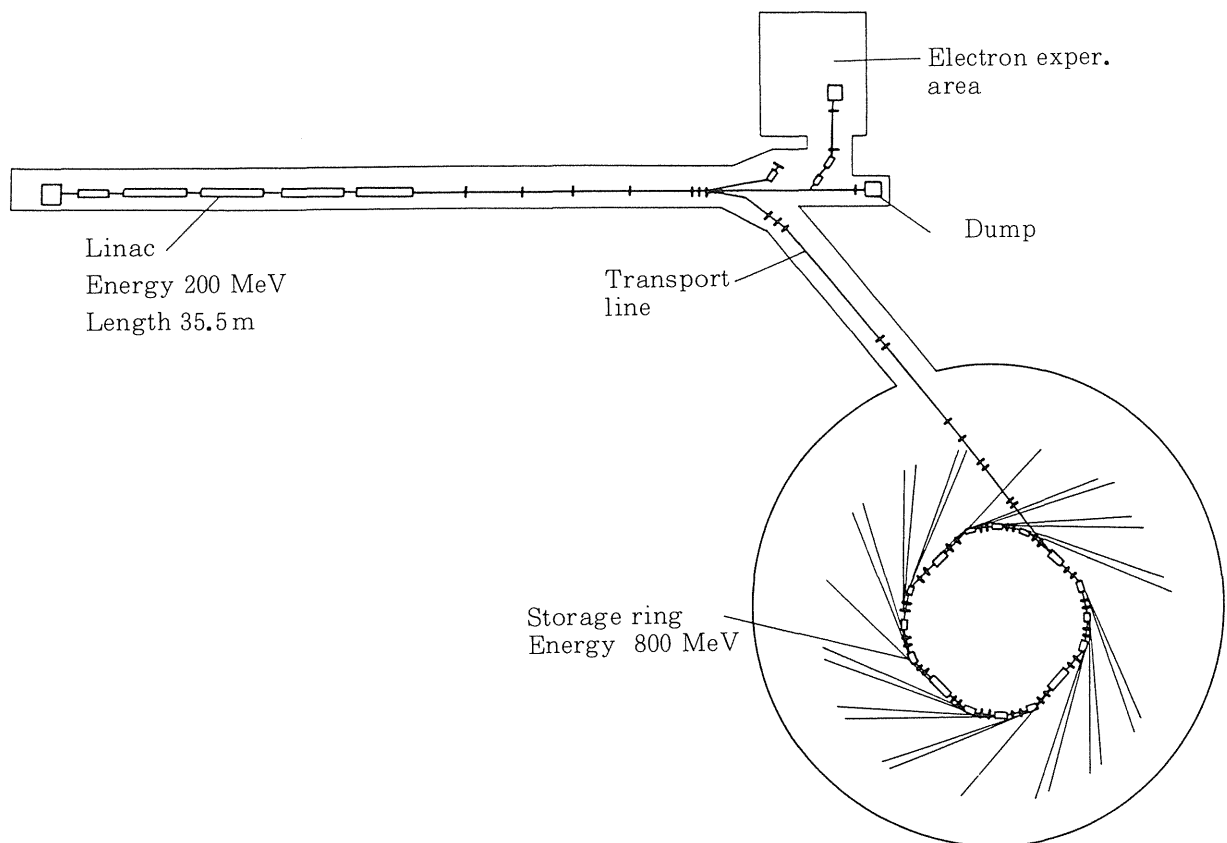


図3 中国科学技術大学国家同步輻射実験室 (HESYRL) 平面図。(Z. Bao : Phys. Scripta 36 (1987) 65 より転載)

射とはシンクロトロン放射のことである。1978年に設計および予備実験に着手したが、正式に計画が承認されたのは1983年である。建物工事は1984

年に開始された。1987年11月下旬に入射器(線型加速器)の試運転に成功した。本年末には光源の試運転にこぎつけたとのことである。ビームラ

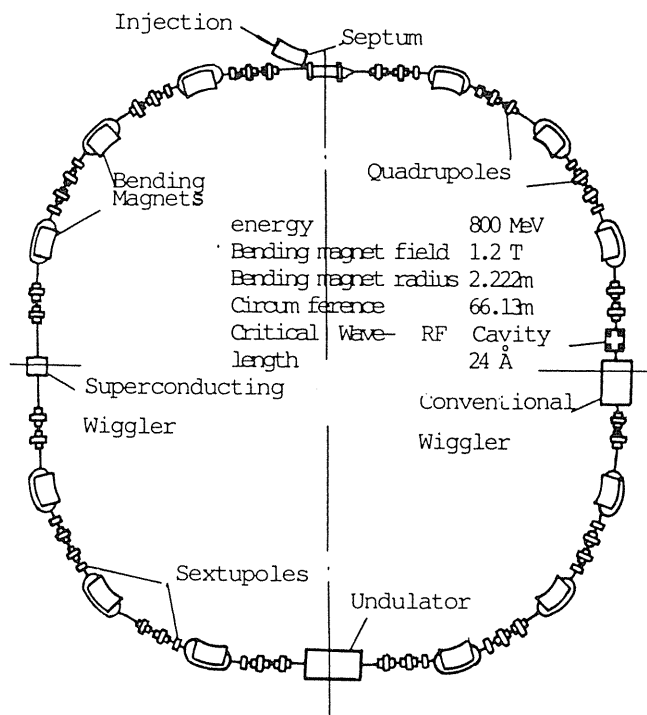


図4 中国科学技術大学国家同步輻射実験室における 800 MeV 電子ストレージリング平面図  
(Z. Bao : Phys. Scripta 36 (1987) 65 より転載)

表3 800 MeV 電子ストレージリング主要パラメータ  
(中国科学技術大学 HESYRL)

Electron energy	800 MeV
Average beam current	100-300 mA
Circumference of the ring	66.13 m
Average diameter of the ring	22 m
Focusing structure	Separate function
Dipole field	1.2 T
Radius of dipole	2.222 m
Number of dipoles	12
Dipole length (eff)	1.164
Critical wavelength	24 Å
Number of quadrupoles	32
Quadrupole length (eff)	300 mm
Number of sextupoles	14
Sextupole length (eff)	200 mm
Number of long straight sections	4
Long straight section length	3.36 m
R.F. frequency	204 MHz
R.F. Power available	30 kW
Pressure in the chamber (with beam)	$2 \times 10^{-9}$ Torr
Harmonic number	45
Radiated power	4.89 kW
Bunch length (mm)	32.6*, 17.3**
Horizontal emittance ( $10^{-8}$ m rad)	16.6*, 2.69**

\* General purpose configuration

\*\* High brightness configuration

表4 ビームライン一覧表 (中国科学技術大学 HESYRL)

Beam line	Monochromator	Wave length range (Å)	Horizontal acceptance (mrad)	Experimental station
U1	None	5-20	34	Lithography
U10A	Seya/grazing incidence	200-4000	20	Photochemistry
U10B	Seya	500-6000	24.8	Time resolved spectroscopy
U12A	Condenser zone plate plus micro zone plate	20-50	0.4	Soft x-ray microscopy
U20	Spherical grating			Photoelectron spectroscopy

インに装置が接続され実験ができるのは、来年半ば以降であろう。HESYRLの責任者は包忠謀教授 (Prof. BAO, Zhongmou) である。

HESYRLの平面図を図3に示す。線型加速器のエネルギーは200 MeVであり、長さは35.5 mである。線型加速器からのビームは原子核実験にも利用される。将来この線型加速器の長さを延長しエネルギーを400 MeVまで増強するため30 mの直線部が前方に用意されている。加速管を製作するための真空炉を見せてもらった。

光源の平面図を図4に、諸元を表3に示す。エネルギーは800 MeVで、周長は66.13 mである。長直線部は4ヶ所あり、そのうちの一つが入射に使われ、他の三つには高周波空洞と挿入装置が設置される。12台の偏向電磁石と32台の4極電磁石を持つ。二つの運転モードがあり、それらは汎用と高輝度用である。一つの偏向部に二つのSOR取り出し口があり、その一つは85 mradの、他の一つは120 mradの光を取り出せる。取り出し口は、挿入装置からの光を利用するものも含めて27本設置できる。電磁石のコアは硅素鋼を積層したものであり、瀋陽の工場に積層されたブロックを科学技術大学の工作室で組立てていた。

第1期計画のビームラインの一覧表を表4に示

す。U1はリソグラフィー用である。U10Aは瀬谷-波岡/斜入射複合型の分光器を持つ。パルス分子線の装置を用いて気体の光化学の実験を行う。U10Bは瀬谷-波岡分光器を持ち、ここでは時間分解分光の実験を行う。試料室2台、蛍光分光器4台、超伝導電磁石1台を用意する。U12Aには集光ゾーンプレートとマイクロゾーンプレートを用いた走査型の顕微鏡を設置する。U20には球面回折格子を用いた直入射から斜入射領域まで利用できる分光器を用意し、その後に光電子分光器を設置して表面・界面の実験を行う。分光器や測定装置の設計、製作について、長春光学精密機械研究所や北京高能物理学研究所と協力しているとのことであった。

以上中国の二つのSOR施設について報告した。どちらも来年中には実験が開始されるであろう。近い将来、シンクロトン放射科学に新風が吹き込まれることが期待される。なお先日つくば市で開催された国際会議SRI-88に二つの施設からの報告があり、会議録がRev. Sci. Instrum.に発表される予定なので詳しくはこれを御覧いただきたい。

文献

- 1) J. Xie : BNL 51959 (1986), p.126.
- 2) D. Xian : Nucl. Instrum. Meth. A266 (1988)  
77.
- 3) Z. Bao : Nucl. Instrum. Meth. A246 (1986) 18.
- 4) L. Qiu : BNL 51959 (1986), p.148.
- 5) T. Ho : BNL 51959 (1986), p.155.
- 6) Y. Zhang et al. : BNL 51959 (1986), p.167.
- 7) Z. Bao : Phys. Scripta 36 (1987) 65.
- 8) N. Liu et al. : BNL 51959 (1986), p.133.