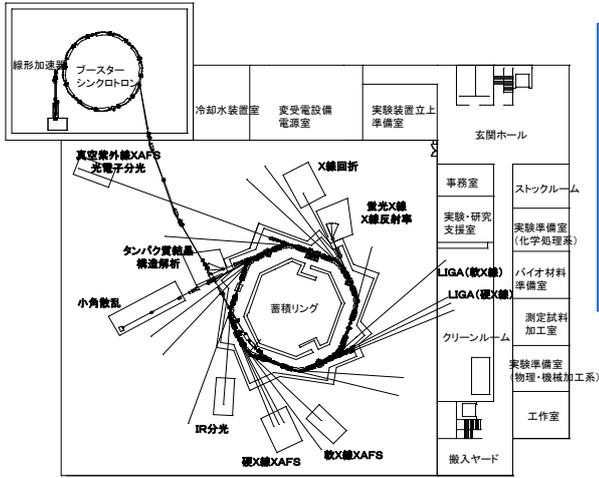


中部シンクロtron光利用施設(仮称)計画の加速器設計の現状

高嶋圭史¹, 加藤政博^{2,1}, 保坂将人¹, 山本尚人¹, 森本浩行¹
¹名大SRセンター, ²USVOR

名古屋大学は、小型シンクロtron光利用施設を中心に、周辺装置、支援組織を備えた計測・分析拠点として「光科学ナノファクトリー」計画を推進してきた。この計画は、愛知県が進める「知の拠点」計画と一体となって中部シンクロtron光利用施設(仮称)計画として実現されようとしており、愛知県、産業界、大学、研究機関が連携し、平成23年度中の共用開始を目指して活動を行っている。
 中部シンクロtron光利用施設(仮称)計画の電子蓄積リングは、これまで名古屋大学が提案してきた光源加速器の構成を採用し、小型でありながらX線利用の利用を可能にするため、電子ビームエネルギー1.2GeV、周長62.4mに、ピーン磁場5T、偏向角12°の超伝導偏向電磁石を4台導入する予定である。1台の偏向電磁石から2~3本の硬X線ビームラインを引き出すことで、全体で10本程度の硬X線ビームラインが利用可能となる。

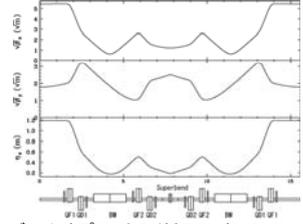


施設(1F)平面図(案)

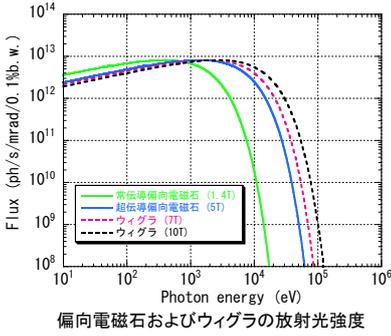
電子蓄積リング		低エミッタンスモード	中エミッタンスモード
ビームエネルギー	1.2 GeV	1.2 GeV	1.2 GeV
周長	62.4 m	62.4 m	62.4 m
蓄積電流	> 300 mA	> 300 mA	> 300 mA
エミッタンス	53 nm-rad	53 nm-rad	97 nm-rad
エネルギー広がり	8.41 × 10 ⁻⁴	8.41 × 10 ⁻⁴	8.41 × 10 ⁻⁴
ラテックス構造	Triple bendセル4回対称	Triple bendセル4回対称	Triple bendセル4回対称
挿入光源用直線部	2.8 m × 1本, 2.48 m × 1本	2.8 m × 1本, 2.48 m × 1本	(4.72, 3.23)
ベータトロン振動数	モメントムコンパクション	モメントムコンパクション	モメントムコンパクション
ファクター	0.022	0.023	0.023
放射損失	86.2 keV/turn	86.2 keV/turn	86.2 keV/turn
周回周波数	4.804 MHz	4.804 MHz	4.804 MHz
RF周波数	500 MHz	500 MHz	500 MHz
ハモニック数	104	104	104
RF電圧	500 kV	500 kV	500 kV
RFパケットハット	0.926 %	0.926 %	0.926 %
タンピングタイム	(5.80, 5.79, 2.90) msec	(5.80, 5.79, 2.90) msec	(5.80, 5.79, 2.90) msec
(bx, by, hx)@直線部	(29.9, 3.20, 1.2) m	(29.9, 3.20, 1.2) m	(26.6, 3.49, 0.7) m
(bx, by, hx)@最大値	(29.9, 10.5, 1.2) m	(29.9, 10.5, 1.2) m	(26.7, 11.0, 0.7) m

ブースターシンクロtron		1.2 GeV
ビームエネルギー	1.2 GeV	1.2 GeV
偏向電磁石磁場強度	1.1 T	1.1 T
周長	38.4 m	38.4 m
RF周波数	500 MHz	500 MHz
繰り返し	1 Hz	1 Hz
入射エネルギー	50 MeV	50 MeV
最大エネルギー	1.2 GeV	1.2 GeV
ベータトロン振動数 (H, V)	(2.25, 1.25)	(2.25, 1.25)
モーメントムコンパクションファクター	0.2265	0.2265
エミッタンス (1.2 GeV)	688 nm-rad	688 nm-rad
エネルギー広がり (1.2 GeV)	5.01 × 10 ⁻⁴	5.01 × 10 ⁻⁴
RF周波数	500 MHz	500 MHz
ハモニック数	64	64
RF電圧	500 kV	500 kV
放射損失 (1.2 GeV)	51.9 keV/turn	51.9 keV/turn
RFパケットハット (1.2 GeV)	0.39 %	0.39 %
電流	20 mA	20 mA

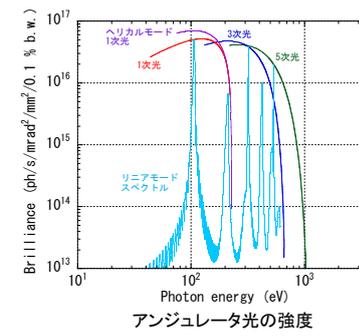
参考: TP048
 「中部シンクロtron光利用施設(仮称)電子蓄積リングの軌道歪みとその補正」



ビームオプティクス(低エミッタンスモード)

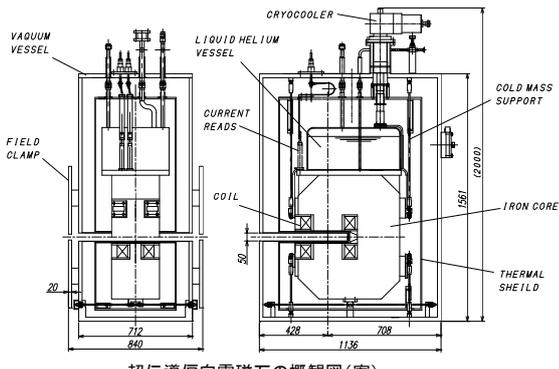


偏向電磁石およびウイグラの放射光強度



アンジュレータ光の強度

磁石形式	APHE-型
磁石長さ	60 mm
コイル長さ	33 mm
挿入光源長さ	1.367 m
磁石オフセット	±40 mm, y=60 mm
最小磁石間隔	28 mm
Max. K Parameter	2.90 (hor.), 1.65 (ver.), 1.43 (incl.)

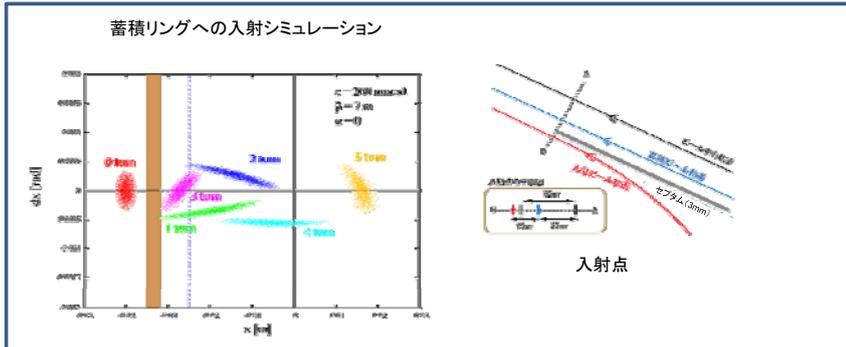


超伝導偏向電磁石の概観図(案)

鉄心形式	C型
ギャップ・ピーク磁場	5T以上
偏向角	12° (1.2 GeV)
コイル電流密度	127 A/mm ²
(オーバー・オー)	150 A
電流	127 A/mm ²
超伝導線	NbTi/Cu
鉄心材料	SuV(電磁軟鉄)
クーラム・ボアギャップ	50 mm
鉄心・ボアギャップ	80 mm
ポール形状	ポール形状
ビーム方向・水平方向	(70 mm, 180 mm)
外形寸法	(840 mm, 2000 mm, 1136 mm)
全質量	3500 kg
GW冷却小型冷凍機	45 W (50 K), 1.5 W (4.2 K)

参考: TP047
 「中部シンクロtron光利用施設(仮称)計画のための超伝導電磁石の検討」

超伝導偏向電磁石の外観図およびパラメータ案を左図に示す。大きさは、フィールドランプを含めたビーム進行方向が840 mm、幅1136 mm、高さ2000 mmである。鉄心形状は、真空ダクトのベッキング、真空ダクトあるいは電磁石の交換の可能性を考慮してC型を予定している。冷却方法は、小型冷凍機によりコイルを直接冷却する方式を採用する。小型冷凍機は、それぞれの超伝導電磁石に1台ずつ配置する。液体ヘリウムは、室温から冷却する場合や、冷凍機の故障や停電時のために、数十リットルのバッファタンクをクライオスタットに設け、定期的に補充することによって超伝導状態が保てる構成とする。磁場強度の個体差が数%程度予想されるが、これは電磁石のおのおのを個別の電源で励磁することにより磁場測定精度で補正が可能である。



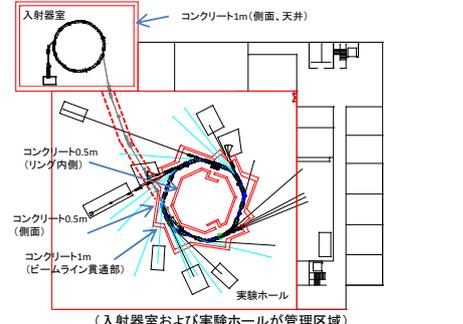
蓄積リングへの入射シミュレーション

入射点

加速器計算コードSADを用いて行った入射シミュレーションの様子を示す。入射ビームエミッタンスは200 nmradとし、蓄積リングに配置される4つのバンパ軌道生成用キッカー電磁石は、1.5μsecのhalf-sineで励磁され蹴り角はそれぞれ0.945 mrad, -0.498 mrad, -0.498 mrad, 0.945 mradである。中心軌道から距離40mmの位置にβx = 7, αx = 0 (rms)のビームを入射した時の、周囲ごとの位相空間での様子を示している。図では、ビームの2σにある部分までを示している。ビームが入射される過程において、一周目にその一部がセプタムの壁によって失われる。このときに損失する割合は、エネルギー分散がない場合0.2%, dE/E = 1 × 10⁻³の分散を持つ場合0.7 %となる。さらに、入射点を40 mmより内側にするると一周目の損失が増加し、1 mm以上外側にするると三週目で損失が生じる。βxについては7 m以上であれば初期にdE/E = 1 × 10⁻³のエネルギー広がりをもつビームであっても0.1%以下の入射損失で入射できる。

管理区域と遮蔽壁

放射線管理区域は、線形加速器及びブースターシンクロtronを収容する入射器室、ビーム輸送路、蓄積リングを納める遮蔽トンネル内、および、実験ホールとする予定である。将来的にトップアップ運転を行う予定であり、蓄積リングへの電子ビームの入射中でも、ユーザーが実験ホールから退出することなく、実験を続けることができるだけの遮蔽が必要である。
 建設当初の寿命の短い期間において、焼きだし運転を十分に行えるように考慮して損失電子数を評価し、直接線およびスカイシャインを評価したところ、入射器室のコンクリート厚は、壁、天井ともに100cm程度必要であり、線形加速器からブースターシンクロtronへの入射点や、ブースターから蓄積リングへ向けた出射点においては、5cm程度の厚さの鉛で局所遮蔽を行う必要がある。
 蓄積リングを納める遮蔽トンネルでは、内側のコンクリートの壁厚は50cm、外側は、ビームラインが貫通する部分は1m、その他の部分では50cmが必要であり、入射セプタムの周辺等の電子損失の多い場所では、5cm程度の鉛による局所遮蔽が必要である



(入射器室および実験ホールが管理区域)