

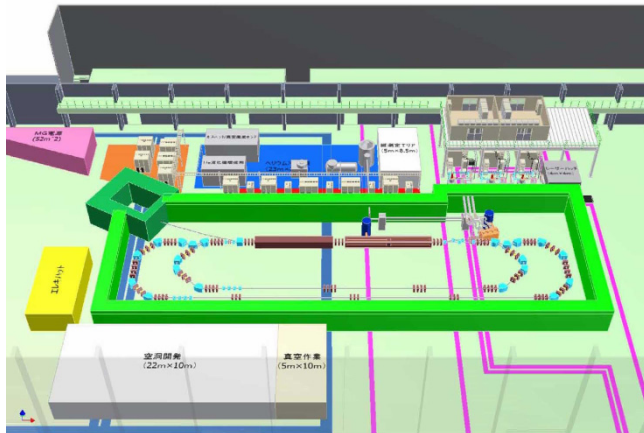
PFの将来計画

- エネルギー回収型ライナック(ERL計画) -

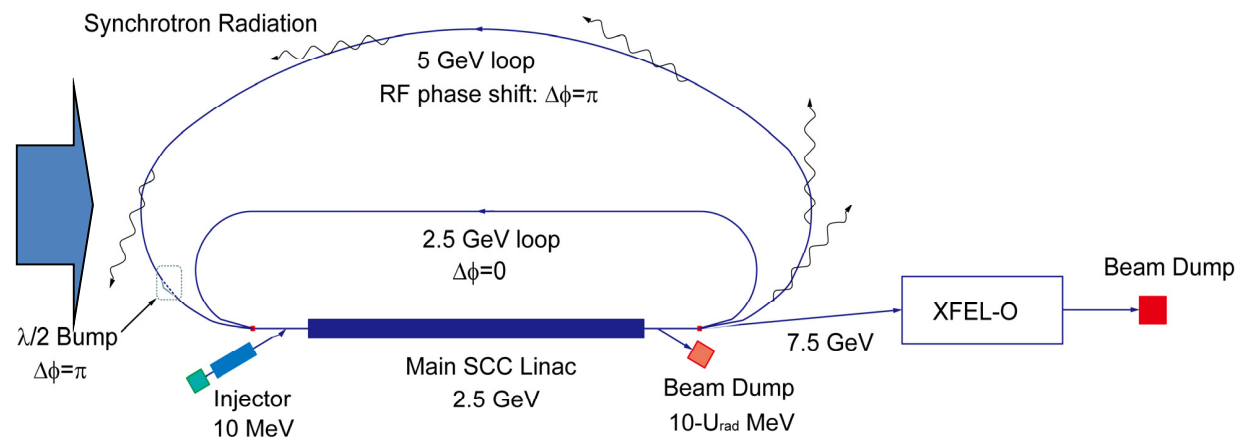
河田 洋

ERL Project Office, KEK

Photon Factory, IMSS, KEK

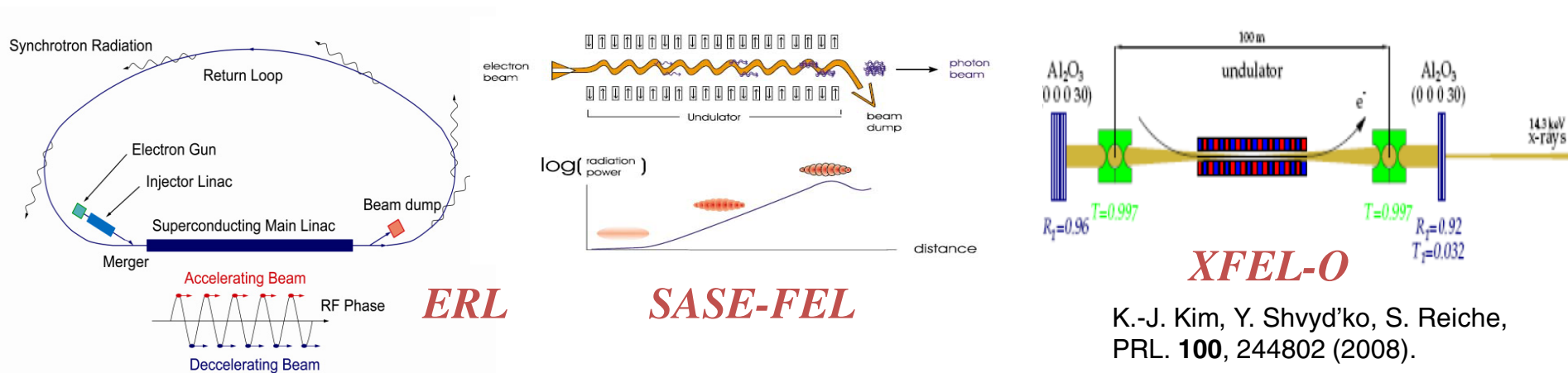


cERL



5GeV-ERL + XFEL-O

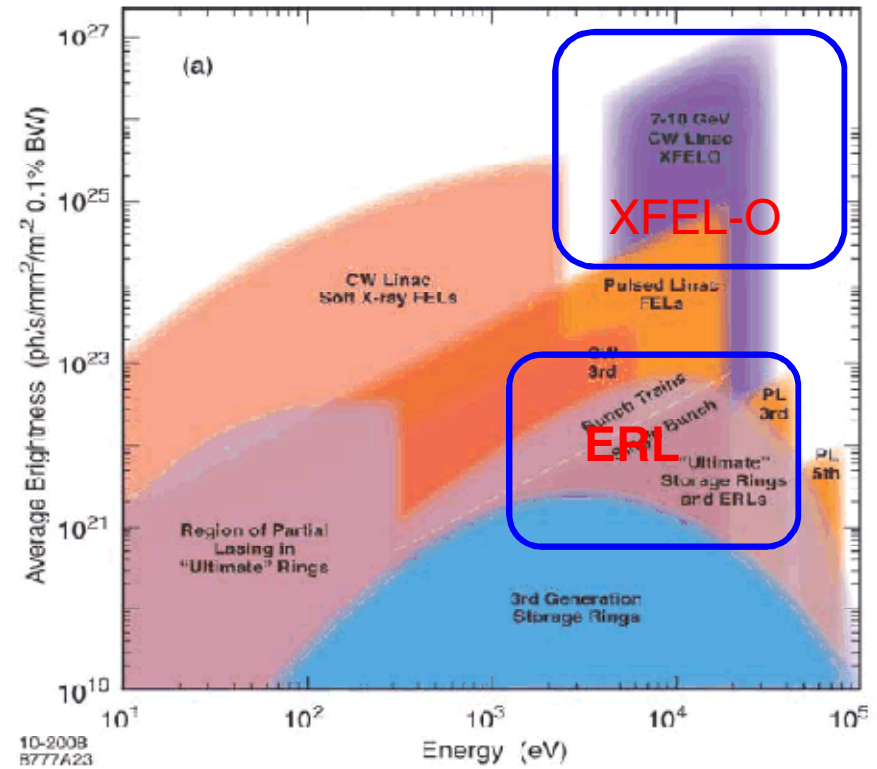
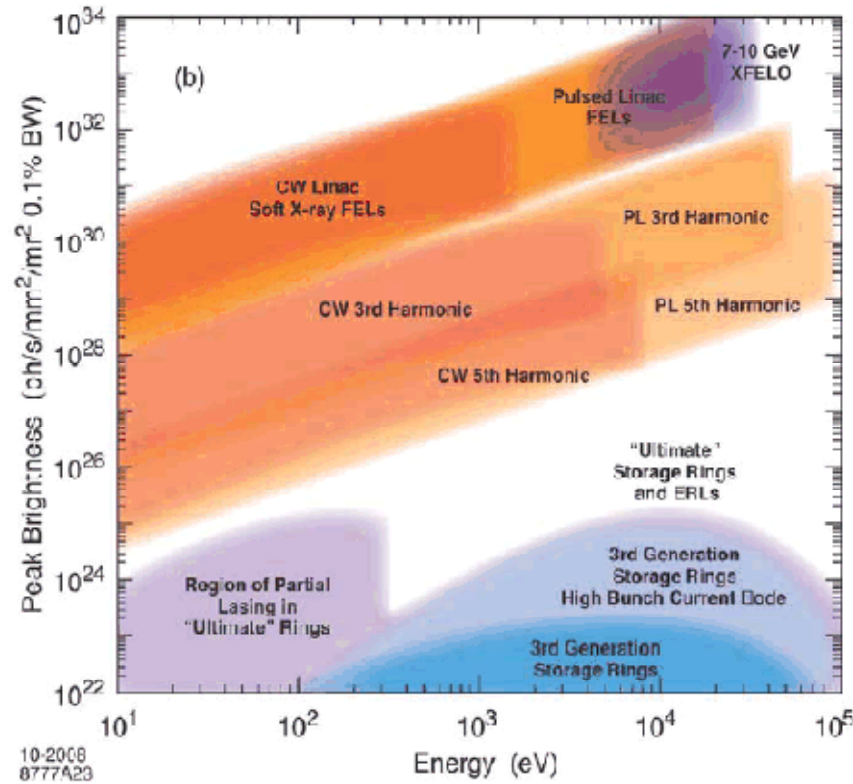
ERL, SASE-FEL そしてXFEL-Oの光の性質は？



	average brilliance	peak brilliance	repetition rate (Hz)	coherent fraction	bunch width(ps)	# of BLs	Remark
ERL	$\sim 10^{23}$	$\sim 10^{26}$	1.3G	$\sim 20\%$	0.1~1	~30	Non-perturbed measurement
XFEL-O	$\sim 10^{27}$	$\sim 10^{33}$	~1M	100%	1	few	Single mode FEL (few meV)
SASE-FEL	$\sim 10^{22\sim 24}$	$\sim 10^{33}$	100~10K	100%	0.1	~1	One-shot measurement
3rd-SR	$\sim 10^{20\sim 21}$	$\sim 10^{22}$	~500M	0.1%	10~100	~30	Non-perturbed measurement

(brilliance : photons/mm²/mrad²/0.1%/s @ 10 keV)

Spectral Brightness

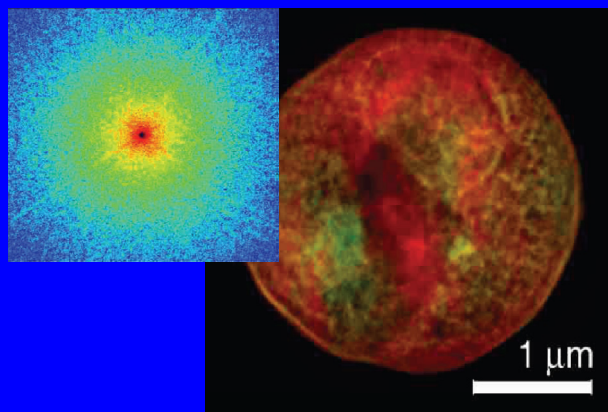


R. Hettel, "Performance Metrics of Future Light 13 Sources", FLS2010, SLAC, March 1, 2010.

Grand challenges for basic sciences

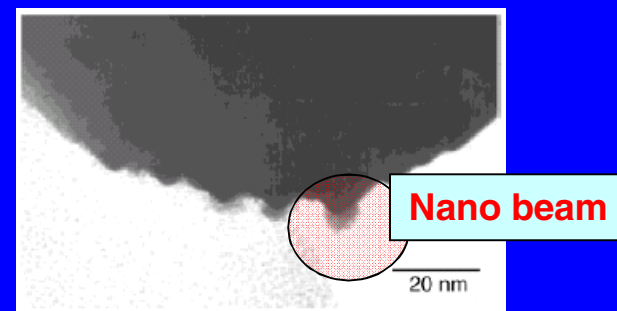
~ Non-crystalline materials and nano-science ~

Function in a cell

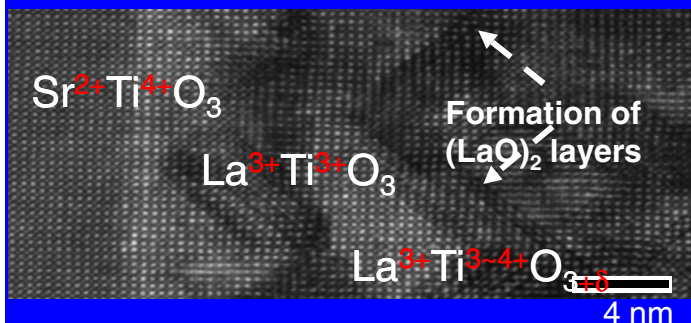


biology
and
chemistry

Catalysis chemistry

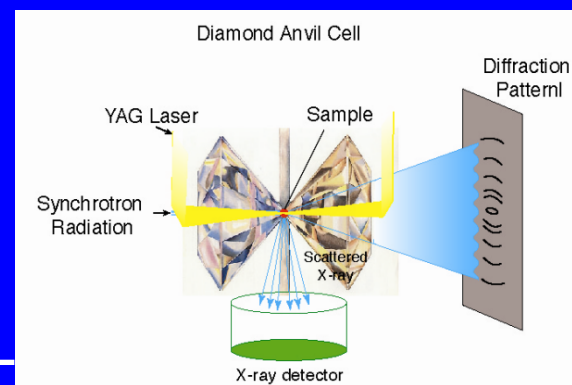


Nano-materials at interface



materials,
energy
and
environment

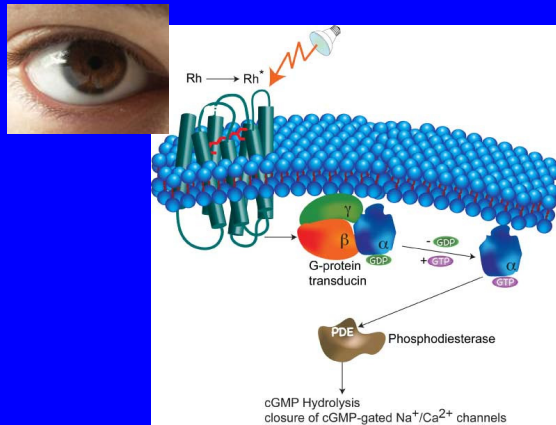
Extreme condition



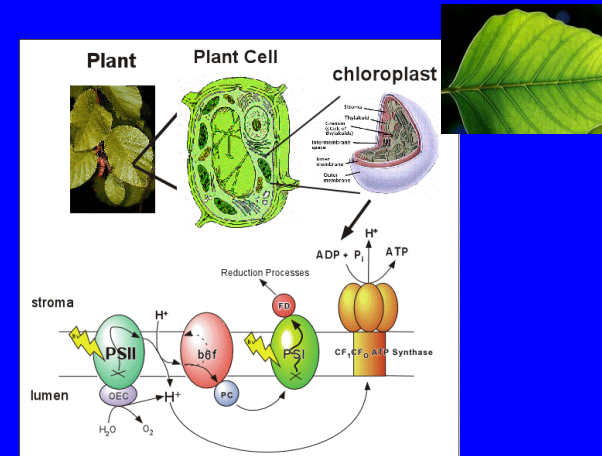
Grand challenges for basic sciences

~ Non-equilibrium states generated by photons ~

visual sensing

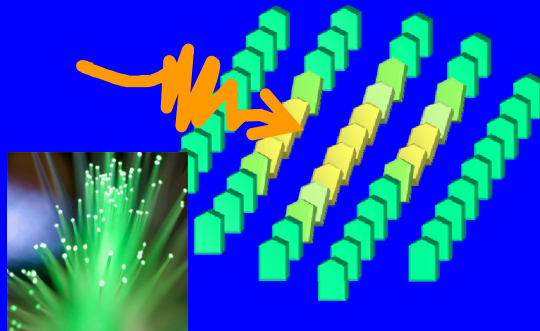


photosynthesis

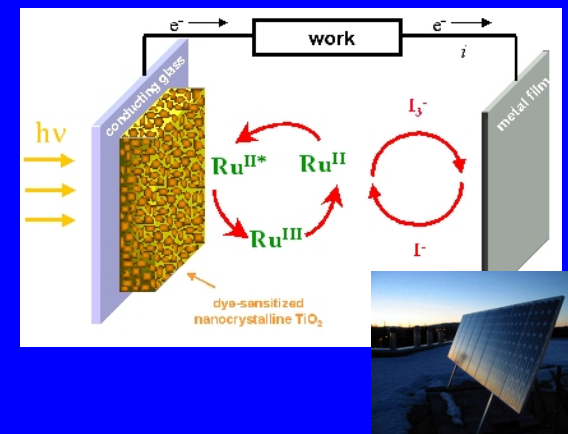


biology
and
chemistry

ultrafast photo-switching

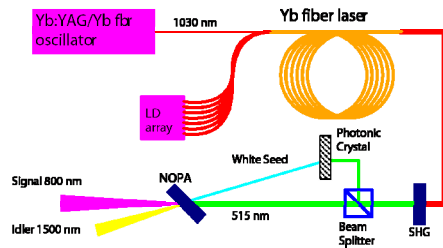


solar cell



materials,
energy
and
environment

R&D Efforts for Key Accelerator Components



Gun drive laser:

- High average power: 15 W CW
- Repetition: 1.3 GHz, $\lambda \sim 800$ nm

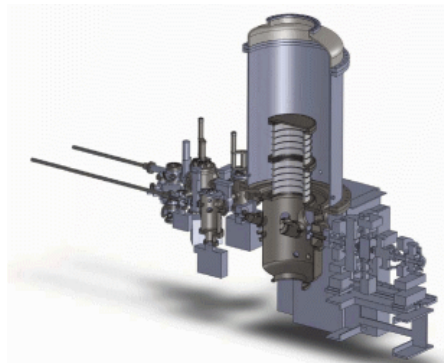


SC cavities for injector

- High input power: 170 kW/coupler
- Medium gradient: 15 MV/m
- High beam currents: 100 mA (CW)

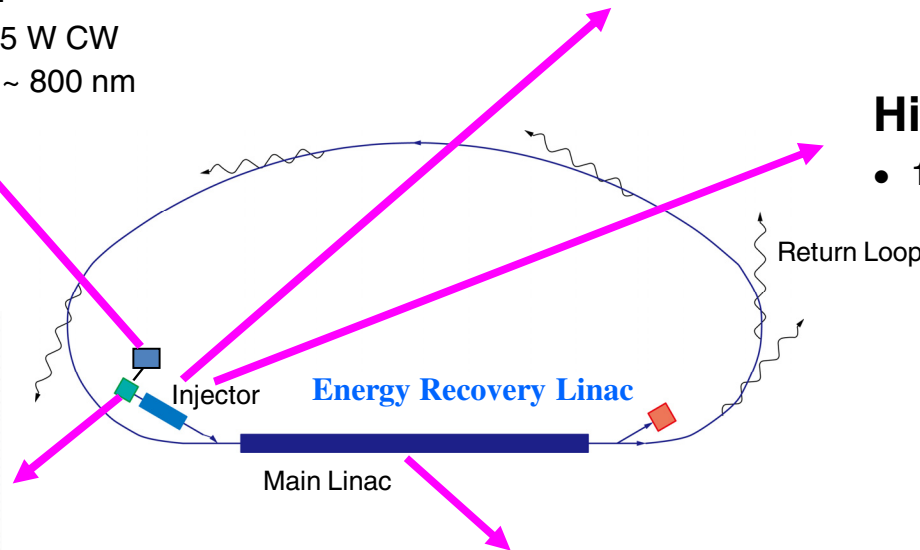
High-power RF source

- 1.3 GHz, 300 kW (CW) for injector



High-brightness photocathode DC gun:

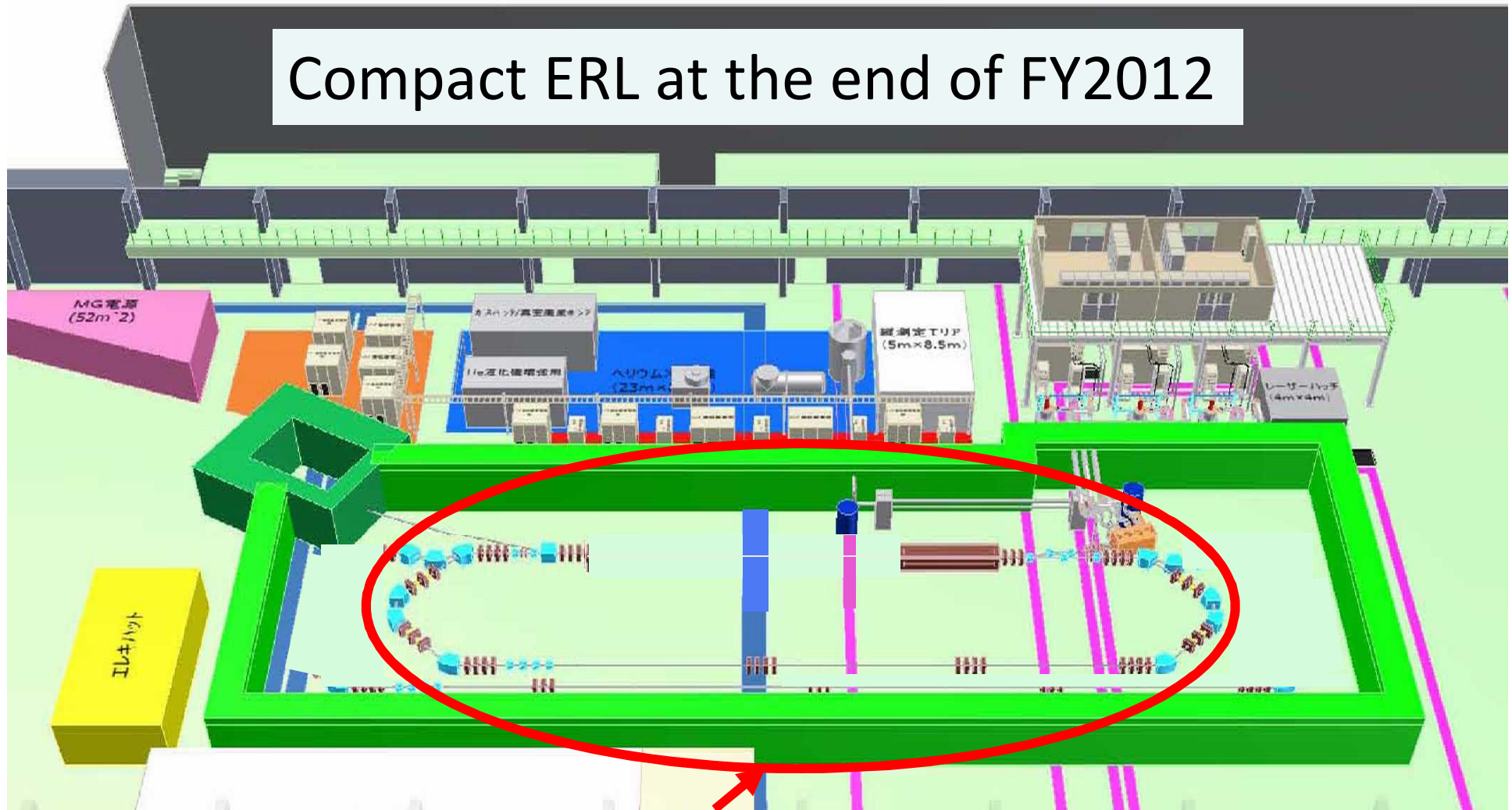
- 500 kV, 10-100 mA
- Normalized emittance: 0.1 - 1 mm·mrad



SC cavities for main linac

- Medium gradient: 15-20 MV/m (CW)
- High average current: 200 mA
- Higher-order-mode damping

Compact ERL at the end of FY2012



2012: The compact ERL will start the operation under the 35MeV, 10mA
The compact ERL will demonstrate the ERL accelerator technologies but also the experimental possibilities based on CSR of THz radiation and laser inversed Compton X-ray source.

Continuous upgrading:

2014: 65MeV, 10mA

2016: two-loop operation (125MeV, 10mA)

Recent View in the East Counter Hall



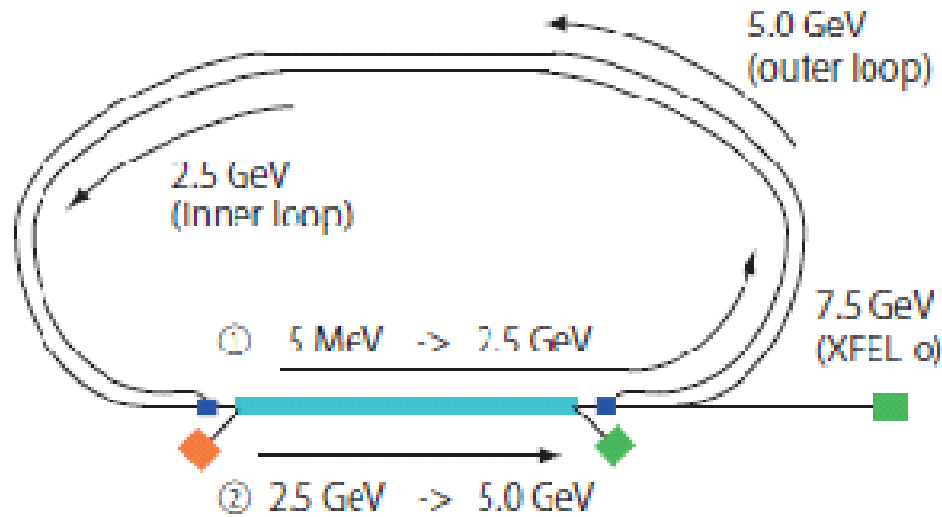
Construction Plan of the Compact ERL

Design/prototype Production Installation Test



Fiscal Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Building/Infrastructure		Design/prototype Production	Production	Building & Infrastructure	Design/prototype Production		cERL Operation
		Radiation shielding etc.		Design/prototype Production	Production		
Gun & Drive laser (including low-energy BT)	Design/prototype Production	Production	Production	Production	Test Installation	Installation Test	
Superconducting Cavities	Design/prototype	Production	Production	Injector cavities Main-linac cavities	Installation/horizontal test	Installation/horizontal test	
RF Sources		Design/prototype	Production	High-level RF Low-level RF	Production	Test	
Liquid-He Refrigerator		Design/prototype Production Installation	Installation	Test	Test	Test	
Recirculation loop (Magnets & Vacuum)	Lattice design	Design/prototype	Magnets/PSs Vacuum etc.	Design/prototype Production	Production	Installation Test	
Beam instrumentation /Control				Design/prototype Production	Production	Installation Test	

Preliminary Design of 5GeV ERL

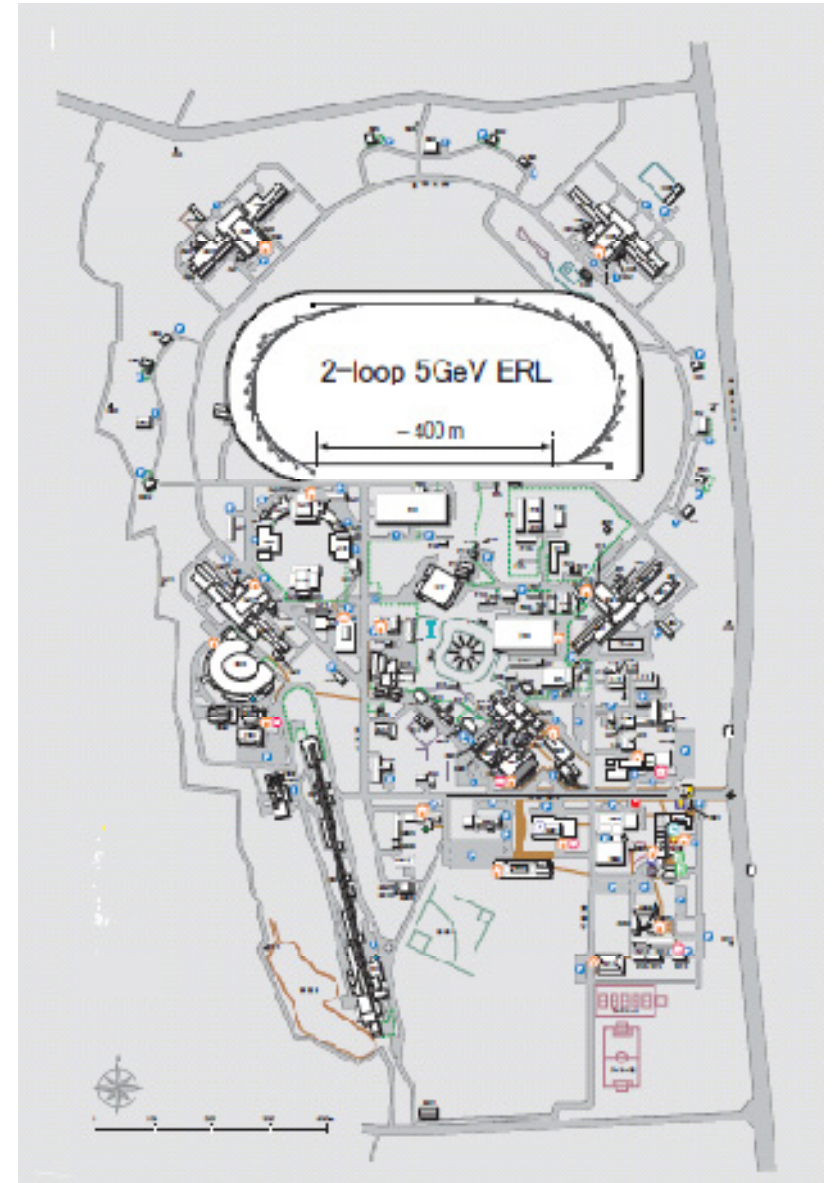
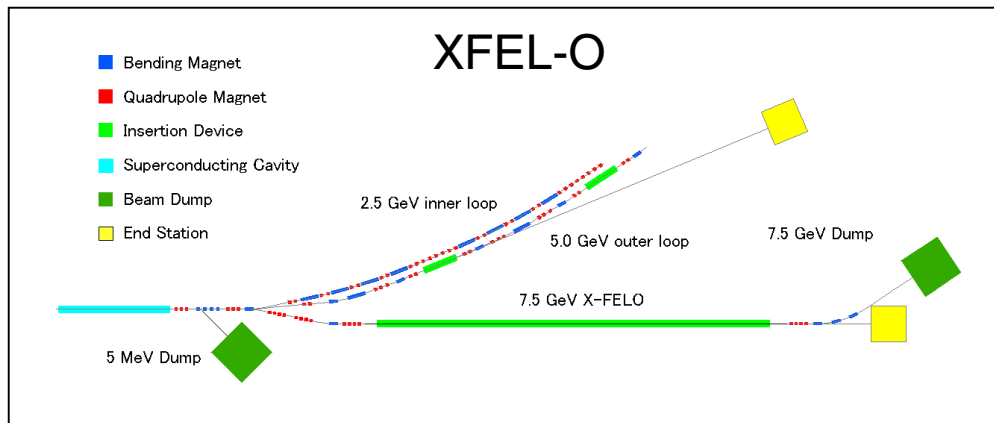


Energy Recovery Mode

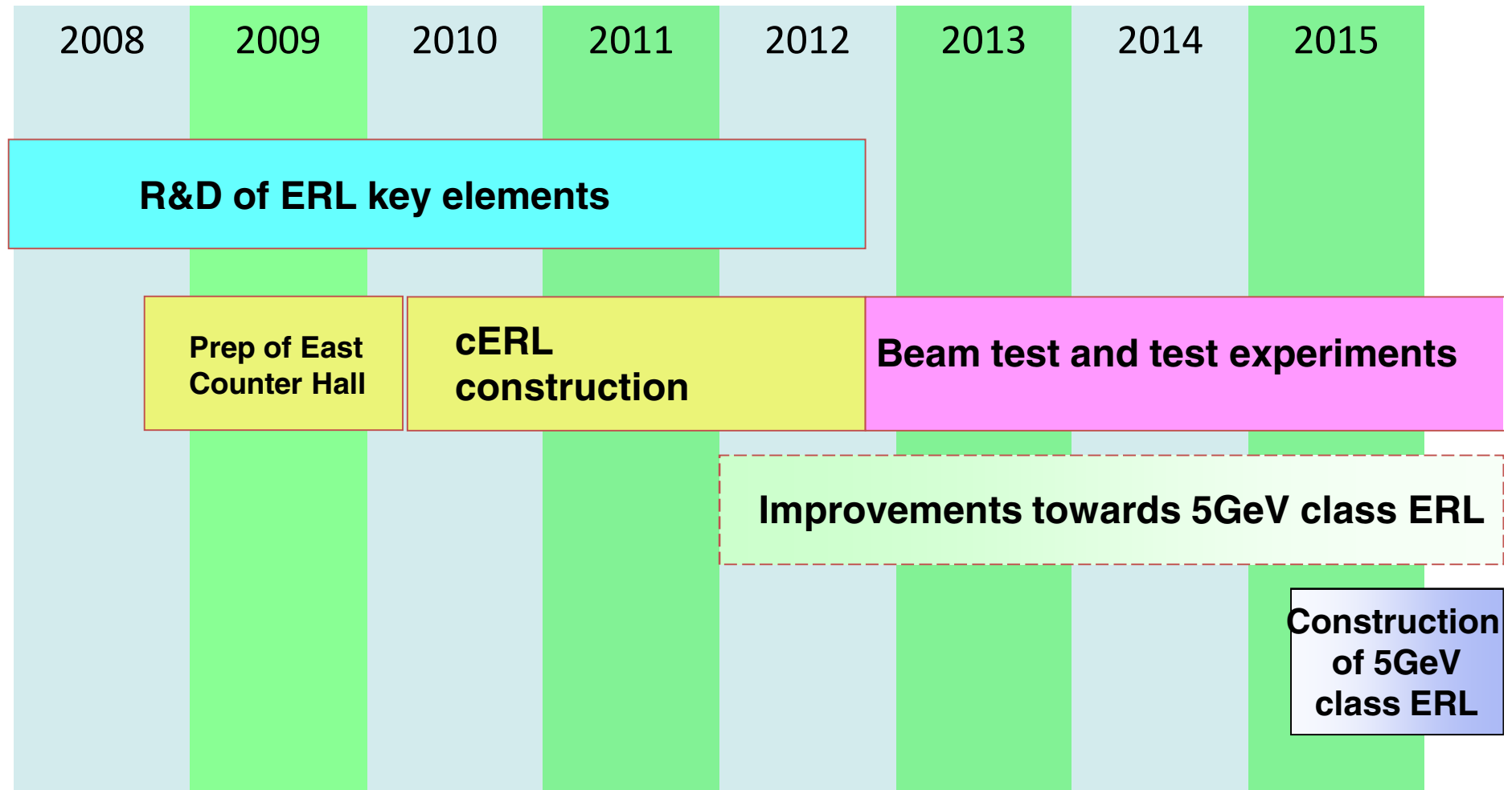
- ③ 5.0 GeV \rightarrow 2.5 GeV
- ④ 2.5 GeV \rightarrow 5 MeV

XFEL-o Mode

- ③ 5.0 GeV \rightarrow 7.5 GeV



cERL, ERL: target timelines



References:

KEK roadmap, March 2008

Design of compact ERL, Hajima et al., pp. 160-161.

ERLに関する質問

1) ERLから出てくるX線の輝度はPF-ARやSpring-8と比べてどれくらい強いものなのでしょうか？X線の発生の仕方は、これまでと同じなのでしょうか。それとも違うのでしょうか？また、光学系などはこれまでの放射光とは違うのでしょうか？

nm集光技術の開発

2) 使用できる波長範囲は現在のPFリングのような通常のシンクロトン放射光とは違うのでしょうか？

ほぼ同等。

3) “従来光源より7-8桁強い干渉性光源”とありますが(コンパクトERLが拓く世界より)、どういことでしょうか。そうになると何が可能になる(何に使える)のでしょうか？

nm集光、コヒーレント回折顕微鏡(結晶ではない物質の3次元電子構造の決定)。

4) コヒーレント光ということですが、XFELとはどう違うのでしょうか？また、このような ERL の光を使うと何が出来ると想定されているのでしょうか？

ERLは繰り返しは高く、基本的に従来の非破壊検査をベースにした技術の延長が可能。

5) ERLやXFELのようなコヒーレント(割合の多い)光を結晶に当てたとき、回折像のS/Nが良くなる可能性はあるのでしょうか。

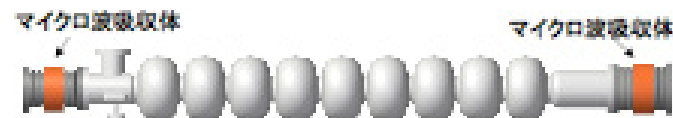
???

6) ERLの弱点というのはなんなのでしょうか？例えば、今のPFリングなどの通常のシンクロtron設備でできていた事が、できなくなる等ありえるのでしょうか？

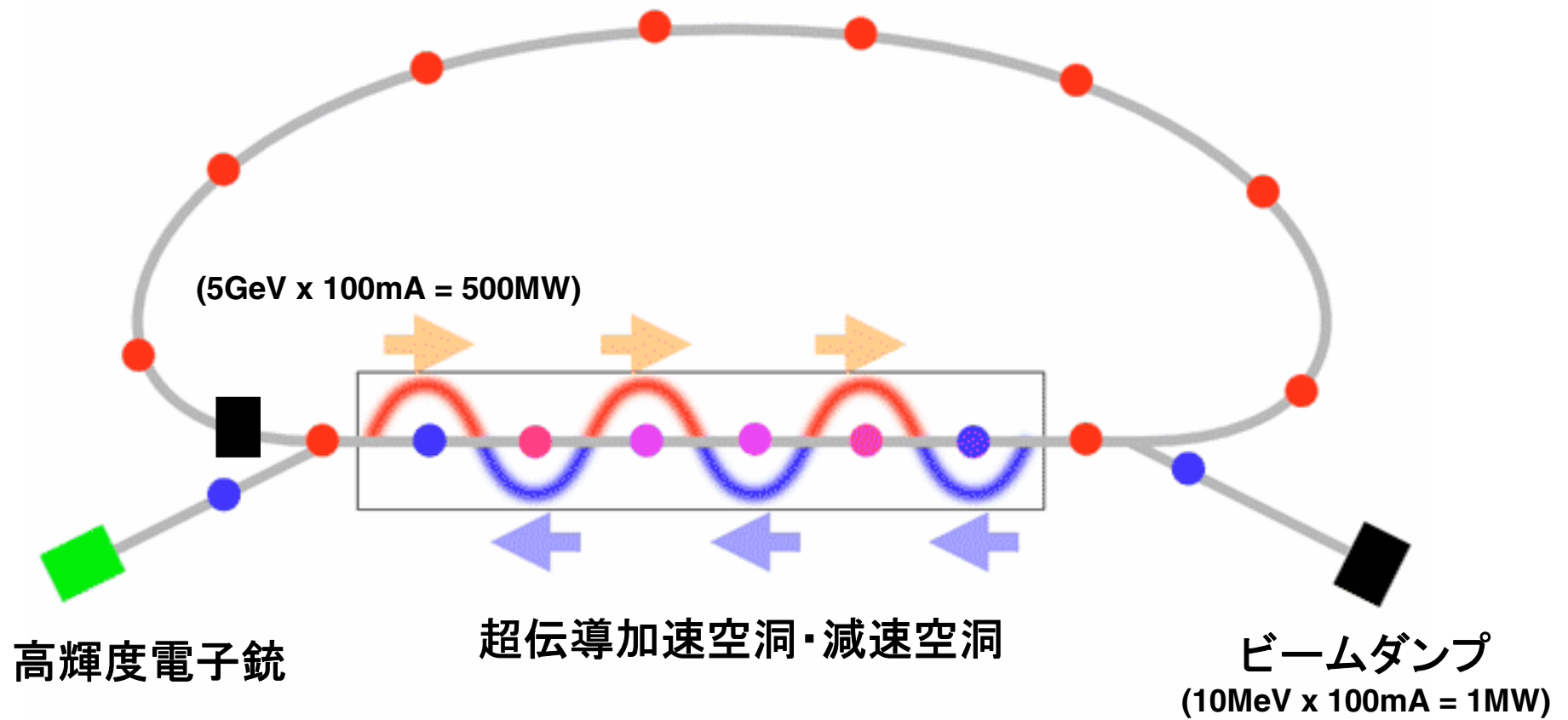
基本的に大電流マシンでは無いので、フラックスだけを利用する実験には不向き。

7) ERLに必須の技術として、超伝導加速空洞というものがしばしば登場しますが、このモコモコの形のものは、一体どういうしくみで何をするものなのでしょうか？

超伝導空洞でこの形状によって交代する1.3GHzの高周波電場が形成される。



ERLの概念図



8) “蓄積リング型加速器において定常(平衡)状態で形成される電子ビームの広がりが無く、5GeV-ERLではエミッタンスが10pmrad, バンチ幅は0.1~1psecが実現できることが期待されます”と書いてありました。パラメータの記述が専門的でよく分かりません。これらの値は、現在のPFのリングとどの程度違うのでしょうか？実際のビームのサイズは、どの程度になると考えられますか？

横方向のビームサイズは5ミクロン程度。

進行方向には数10ミクロン

9) 現在建設中のコンパクトERLと本番(?)のERLとは、何が違うのでしょうか？コンパクトERLでできた測定は、本番ERLで全部できるのでしょうか？

また、コンパクトERLで蛋白質のX線結晶構造解析のようなことが可能ですか？(実際にビームラインができるかどうかは別にして)

コンパクトERLは35-200MeV程度の試験加速器であり、X線は放射光では不可能

レーザーコンプトンX線源はPFの偏向電磁石光源程度。

10)コンパクトERL関連の資料に出てくるレーザーコンプトンX線源とは何でしょうか？

通常のコンプトン散乱は電子にX線が衝突してはじき飛ばして、エネルギーを電子に与えて、X線はエネルギーを減少させて散乱する。

レーザーコンプトン散乱はその逆の過程で、エネルギーの小さな可視光のレーザーが加速器の大エネルギーの電子と衝突してそのエネルギーをもらってX線の散乱X線を得る。

11)ERLに関する研究会では、イメージングに関する応用が多く発表されていますが、利用できるプローブや空間分解能、方法等、これまでのイメージング技術との違いはあるのでしょうか？また、ERLが完成すれば、なにが達成されると考えられているのでしょうか？

コヒーレンスが高くあるためにコヒーレント回折顕微鏡が可能。結晶ではないものを見る。

12) 回折実験にERLの光を使う事のメリットは、高輝度ということなのではないでしょうか？ところで、回折実験というのは、ERLのメリットを生かしている事になるのでしょうか？ ERLのメリットを生かした実験というのは、どういうものなのでしょう？現在、ERLのメリットを生かした利用計画が盛んに討論されていますが、これまでに不可能であったがERLにより可能になると考えられる技術はなんなのでしょう？

回折限界光を用いた新しい展開。時間軸と空間軸の揺らぎを含めた階層構造の研究。

13) ユーザーが心配する事がどうか分かりませんが、ランニングコストはAR等と比べて安いのでしょうか？高いのでしょうか？あまりランニングコストが高いとすると、それだけでなくも運転時間が減っている放射光の運転時間が更に減りそうで心配です。

またERLが完成した時には、PFやPF-ARは無くなってしまわないのでしょうか？

ERLはPF およびPF-ARを包括する性能を持っている。したがって5GeV-ERLが運転を開始した段階で段階的に(?)、PF およびPF-ARの運転を終了。運転経費は30MW程度。(スーパーKEK-Bの半分程度)