

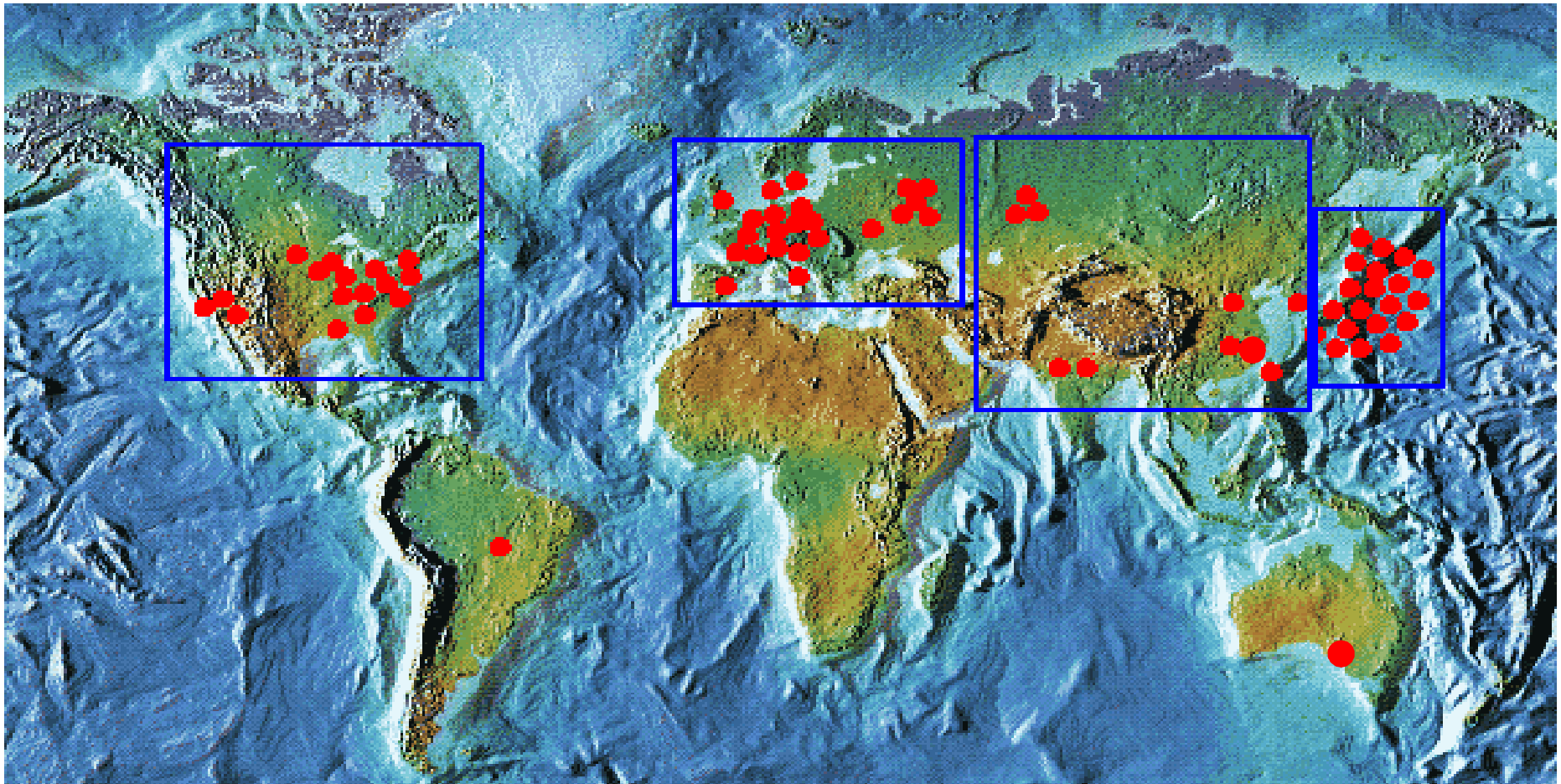
ERL計画の位置付け

河田洋

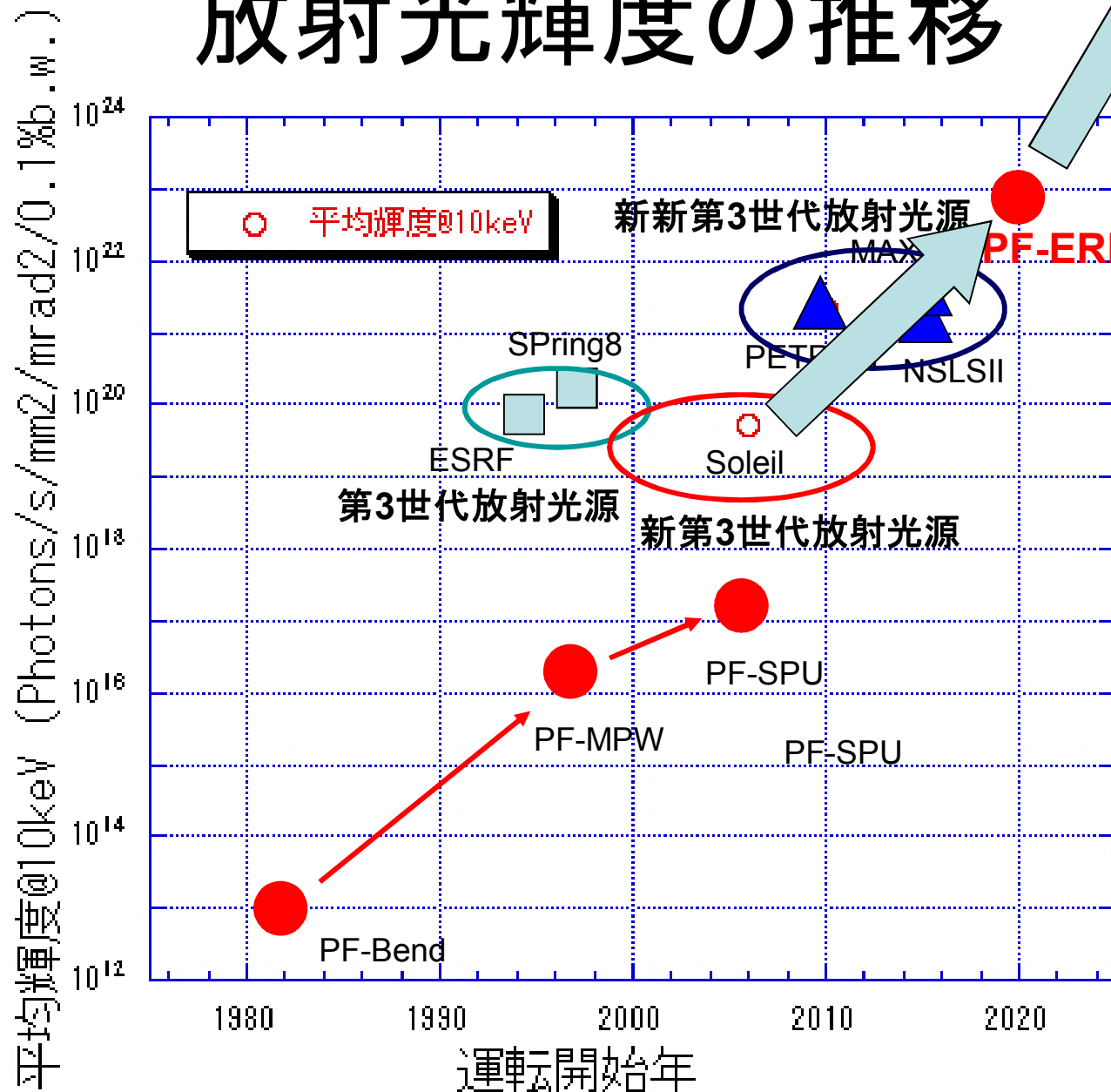
次世代放射光が目指す光源特性

- 実効的輝度の向上
 - 望みのサイズ、エネルギー幅のビームを光学素子に余分な負荷をかけることなく供給する
- 空間コヒーレンスの向上
 - 物性変数の空間分布を、光の位相情報を用いて検出する
- 短パルス性能の向上
 - 物性変数の空間分布の時間断面（スナップショット）を、光の短パルス性能を用いて検出する
- 時間コヒーレンスの実現
 - 物性変数の時間発展を、光の位相情報を用いて検出する

放射光施設の世界状況



放射光輝度の推移



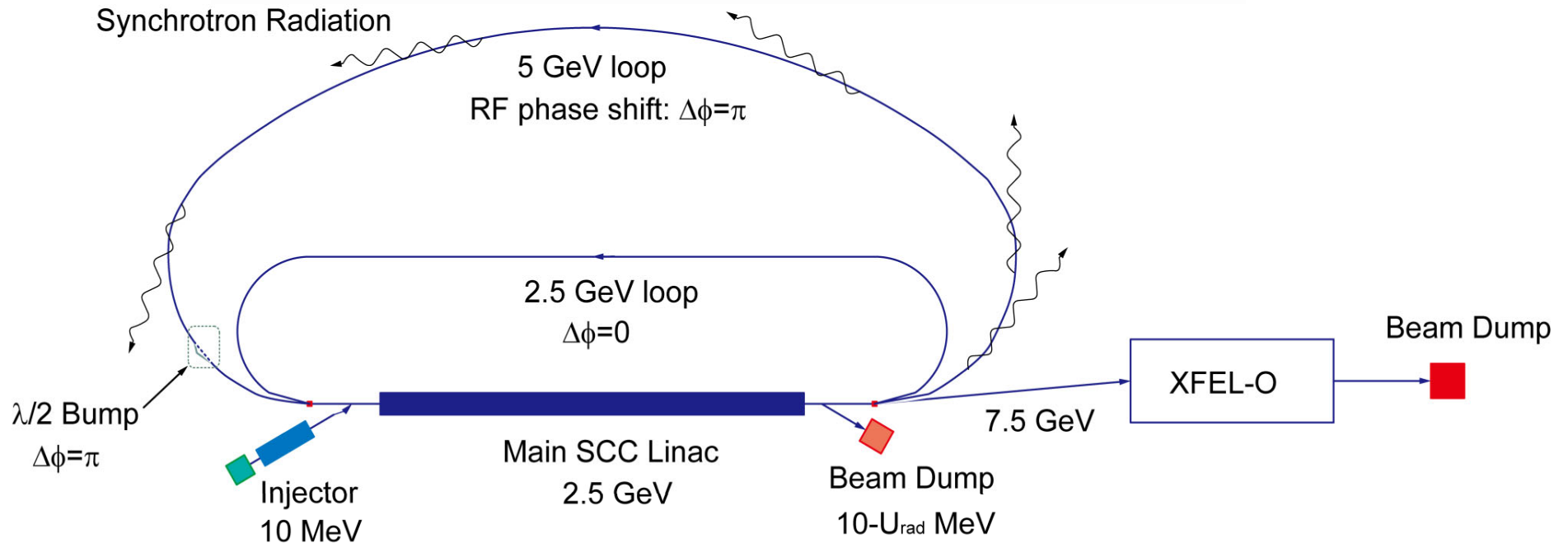
高輝度放射光源の必要性

世界の情勢＞

地域	高輝度放射光施設(稼動中/建設中)	高輝度放射光施設(計画中)	人口	人口あたりの施設数(施設/億人)
ヨーロッパ	ESRF, MAX II, SLS, ELETTRA, BESSY II DIAMOND, SOLEIL, ALBA, PETRA III, MAX IV		~3.5億人	2.9
アメリカ	APS, ALS, SPEAR3, NSLS II	CHESS-ERL NGLS	~2.8億人	1.4 (2.2)
日本	SPring-8	PF-ERL	~1.3億人	0.8 (1.5)

国家戦略として、競争力を確保するために、研究開発基盤設備として整備

ERL計画概要



#) *Linac based light source:*

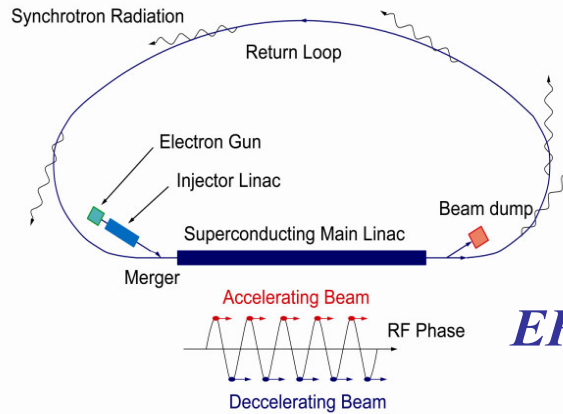
1) *Emittance $\propto 1/\gamma \sim 10\text{pmrad} \sim \lambda/4\pi$*

2) *Short pulse of photon pulses $\sim 0.1\sim 1$ pico-second*

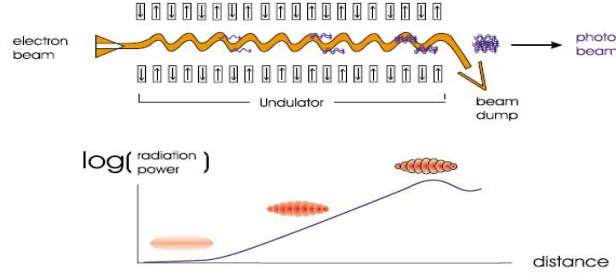
#) *A great numbers of ID-beamlines*

#) *Possibility to realize the XFEL-O*

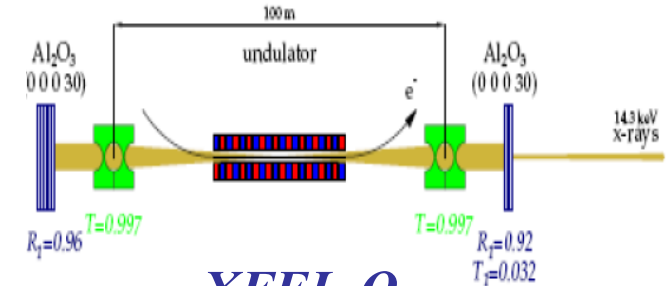
Comparison of ERL, SASE-FEL and XFEL-O



ERL



SASE-FEL



XFEL-O

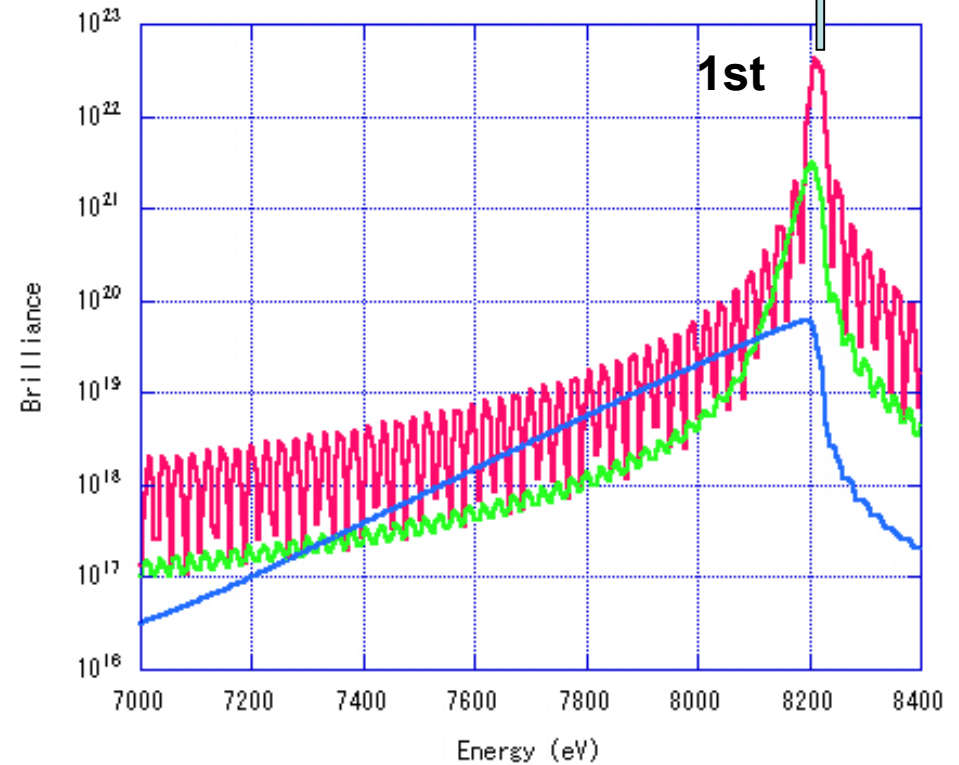
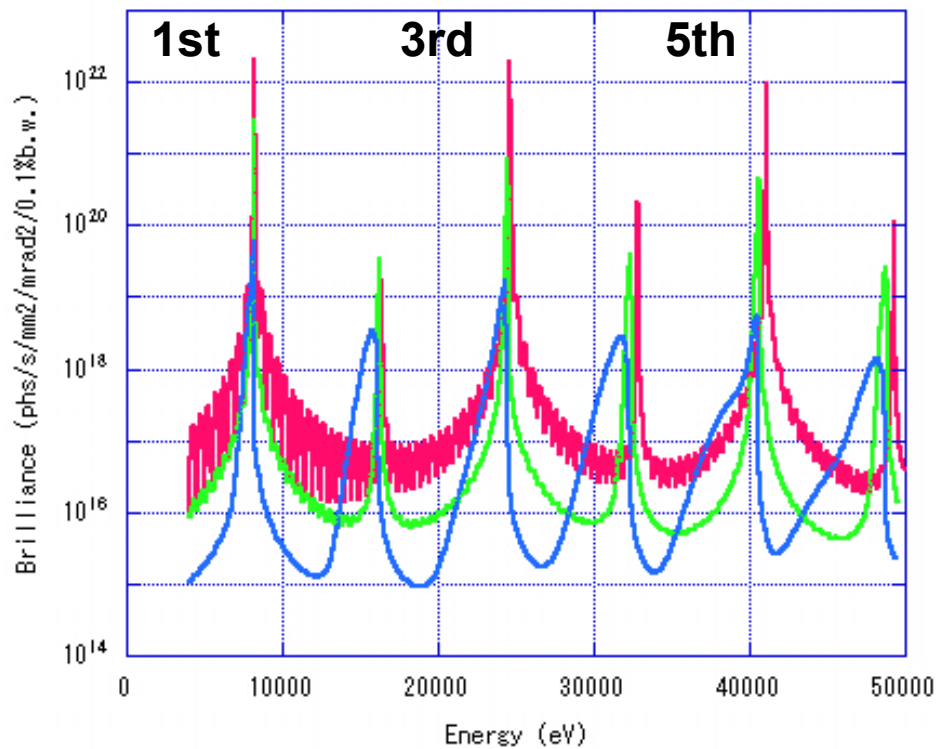
K.-J. Kim, Y. Shvyd'ko, S. Reiche, PRL. **100**, 244802 (2008).

	average brilliance	peak brilliance	repetition rate (Hz)	coherent fraction (vertical)	coherent fraction (longitudinal)	bunch Width (ps)	# of BLs	Remark
ERL	$\sim 10^{23}$	$\sim 10^{26}$	1.3G	$\sim 20\%$	non	0.1~1	~30	Non-perturbed measurement
XFEL-O	$\sim 10^{27}$	$\sim 10^{33}$	~1M	100%	100%	1	~1	Single mode FEL (few meV)
SASE-FEL	$\sim 10^{22-24}$	$\sim 10^{33}$	50~10K	100%	few %	0.05	~1	One-shot measurement
3rd-SR	$\sim 10^{20-21}$	$\sim 10^{22}$	~500M	0.1%	non	10~100	~30	Non-perturbed measurement

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

Undulator spectra from ERL and 3rd generation SR sources

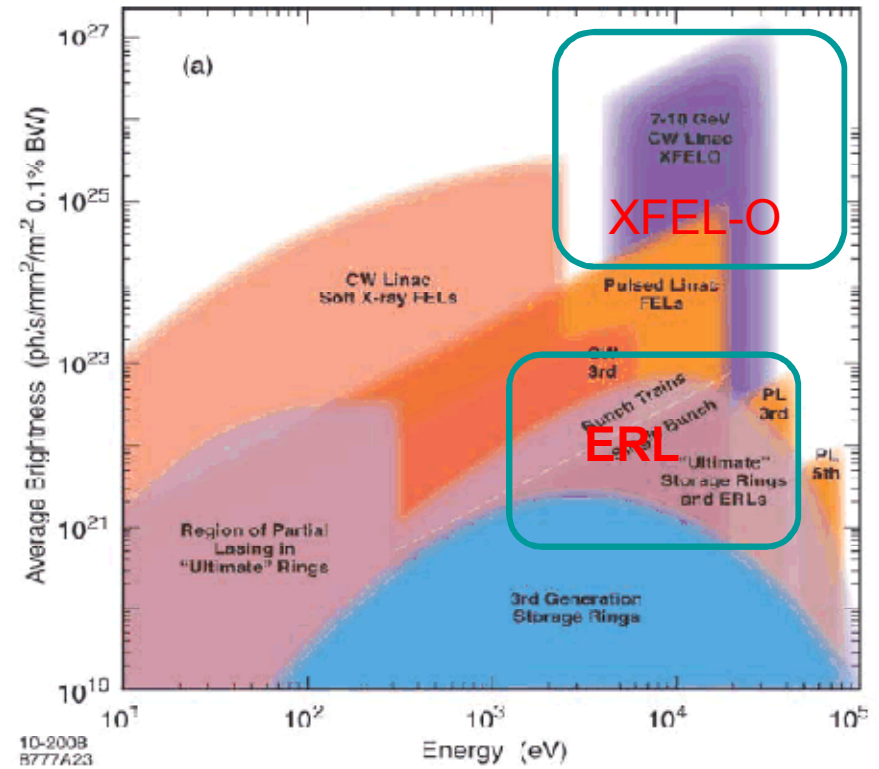
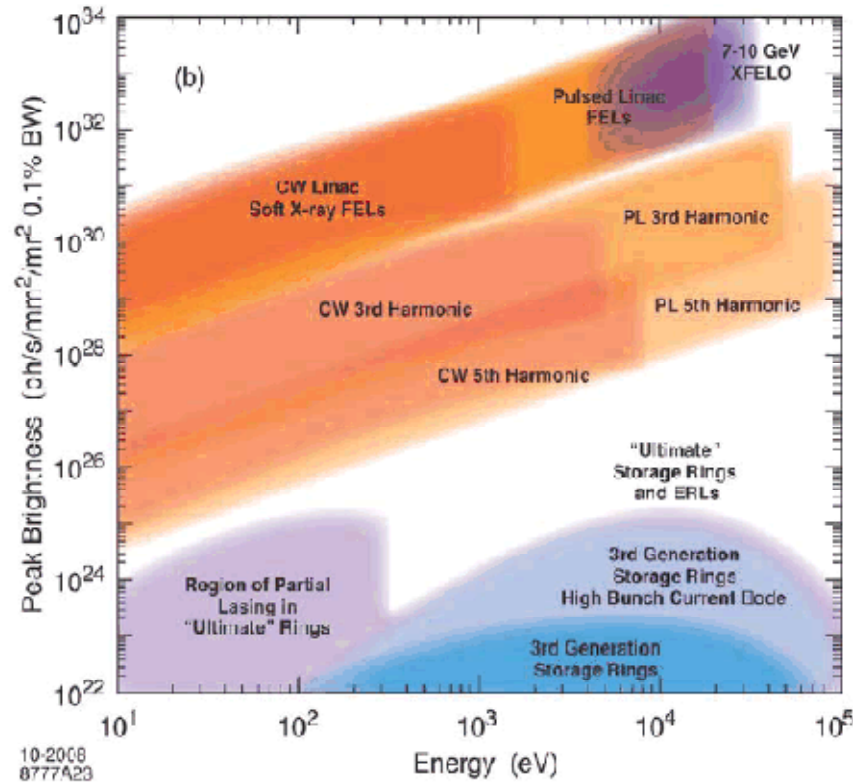
XFEL-O



$E=5\text{GeV}$ $I=100\text{mA}$
 $\beta_x=\beta_y=5\text{m}$
 $K=1.0$
 $\sigma_E/E=4e-5$
 $L=5\text{m}$ $\lambda_u=16\text{mm}$

— $\epsilon=10$ pmrad
— $\epsilon=100$ pmrad
— $\epsilon=1$ nrad

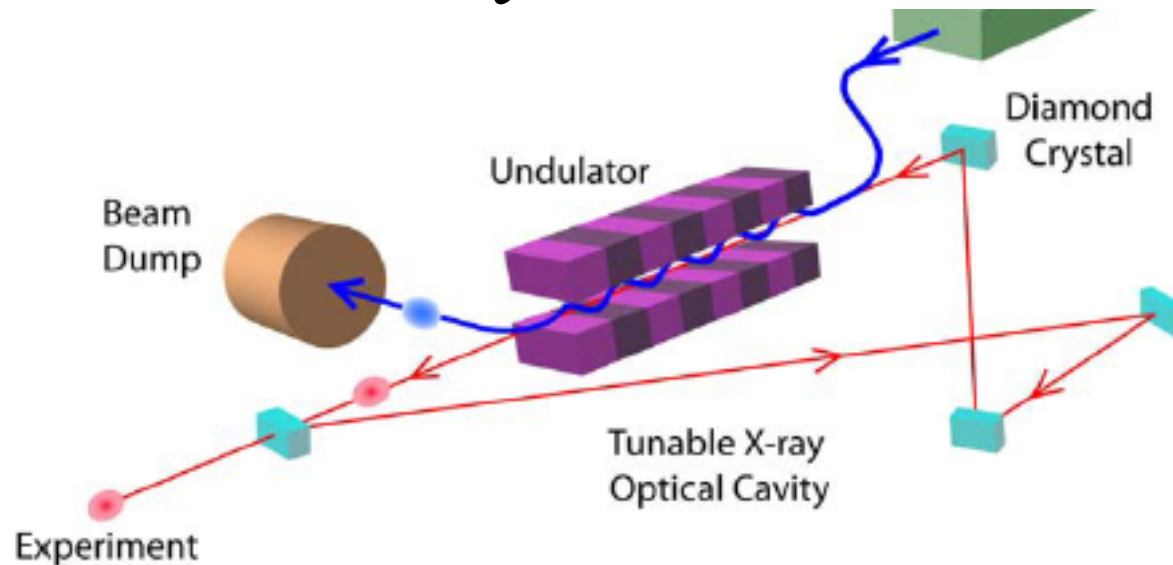
Spectral Brightness



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

Hard X-Ray FEL Oscillator (XFEL-O)

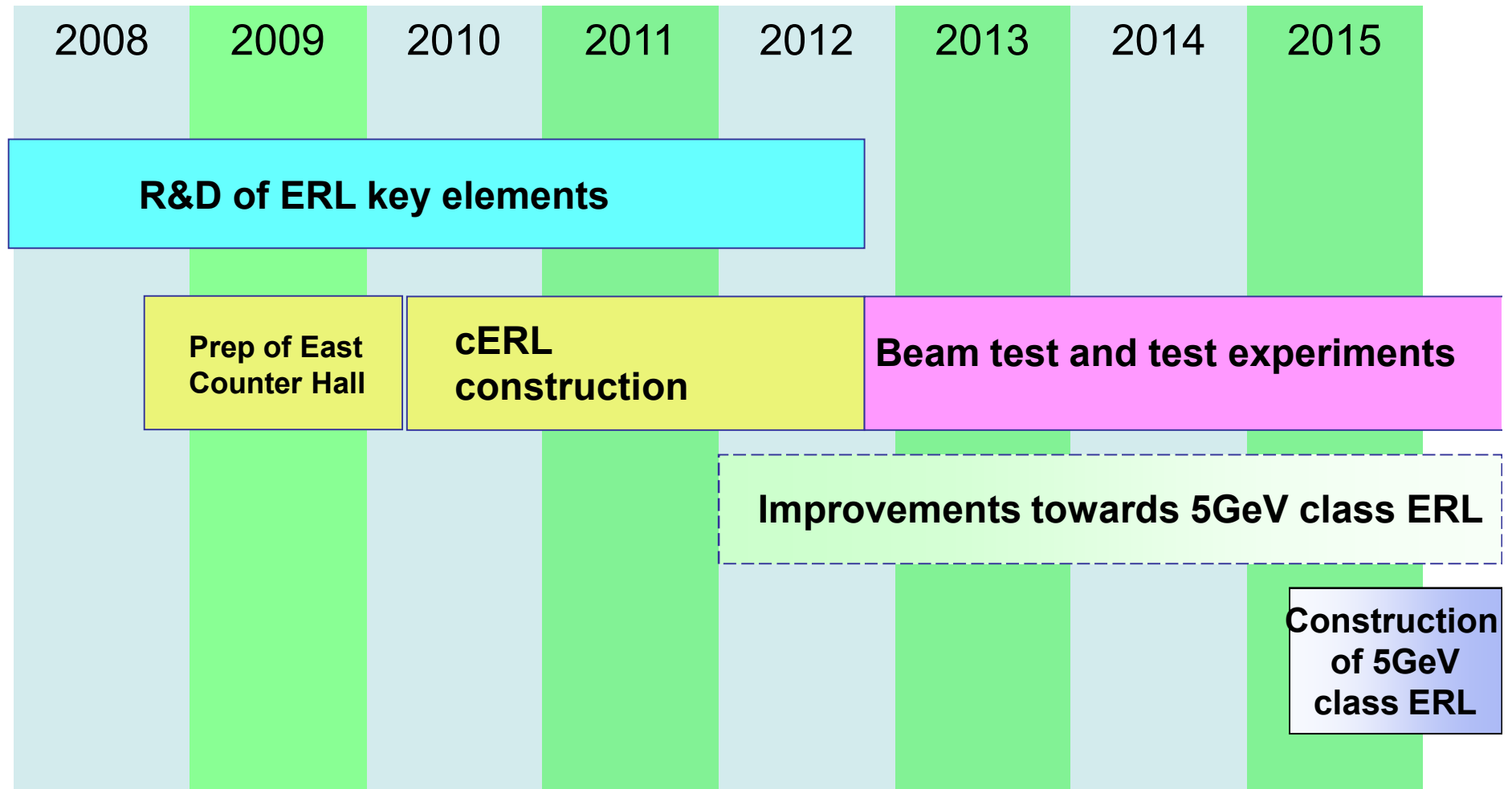
By Kwang-Je Kim



- Store an X-ray pulse in a Bragg cavity → multi-pass gain & spectral cleaning
- Provide meV bandwidth
- MHz pulse repetition rate → high average brightness
(10^{15} Photons/sec, 10^9 photons/pulse @ ~ 10 keV with a few meV b.w.)
- Zig-zag path cavity for wavelength tuning
- Single mode X-ray laser (time and space domains)

Originally proposed in 1984 by Collela and Luccio and resurrected in 2008 (KJK, S. Reiche, Y. Shvyd'ko, PRL 100, 244802 (2008))

cERL, ERL: target timelines



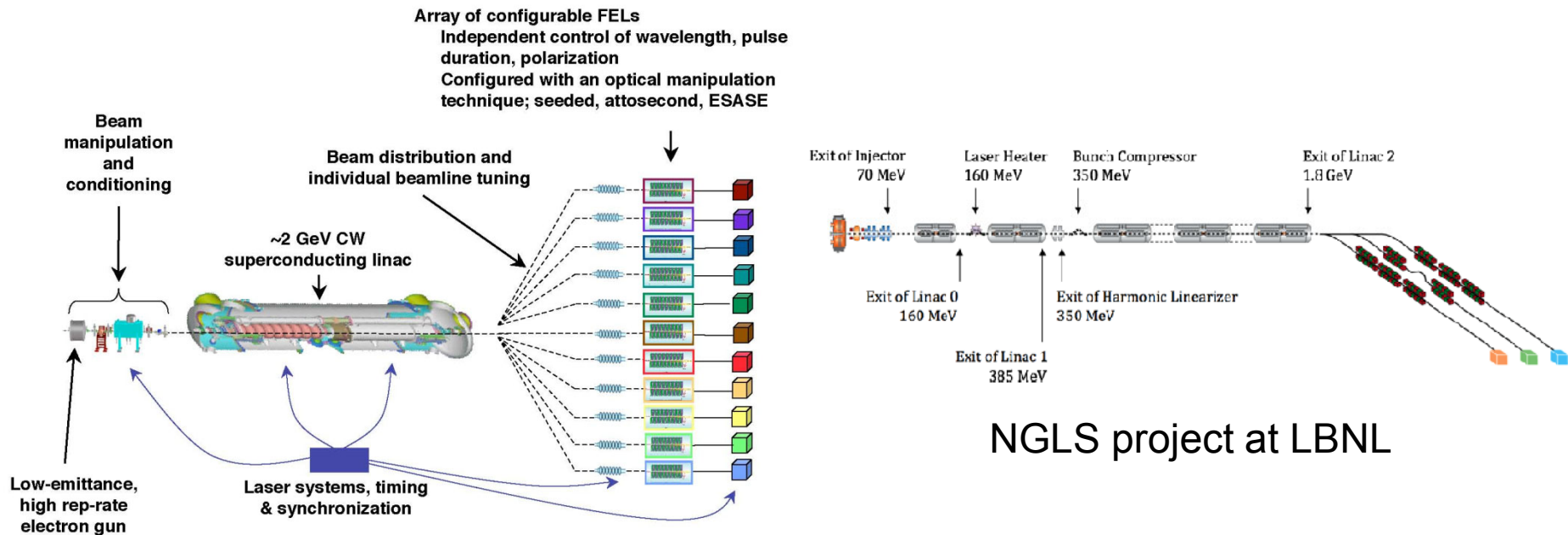
References:

KEK roadmap, March 2008

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

ERLプロジェクトの開発がもたらす更なる展開

- 高繰り返し高輝度超伝導加速器技術で開かれる世界
 - XFEL-O（既に折込済み）
 - 高繰り返しSeeded XFEL

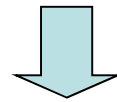


High-Repetition-Rate FEL Facility at LBNL

(*Synchrotron Radiation News*, Vol. 20, NO. 6, 2007, p20~27.)

まとめ

- 放射光源の性能向上は既にナノビーム、コヒーレントX線領域に達している。
→ 10^{23} の輝度と~10pmradのエミッタンスが目標となる計画。
。
- PFの後継機として改造ではなく、グリーンフィールドの計画であるのでさらに建設運転後に発展の余地を十分に有するもの。
- 国内として、SPring-8ともう一つの先端放射光光源が世界標準から見て(国際的な競争力を保つために)、必須。



**KEKで先端的超伝導加速器を用いた
ERLとXFEL-O計画を実現**