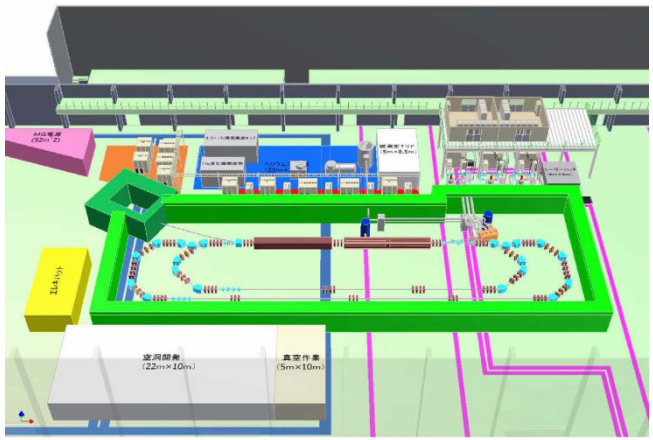
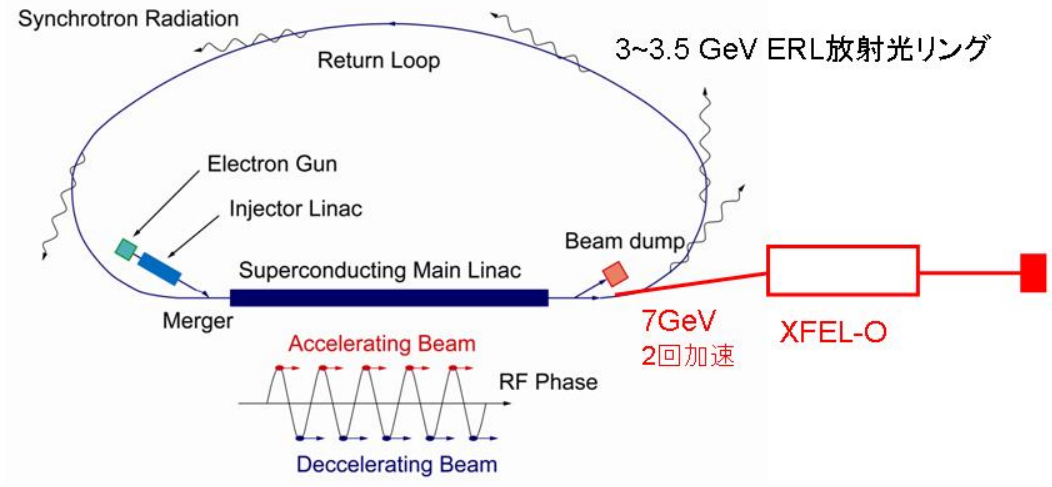
ERL計画の概要

河田　洋

ERL Project Office, KEK

Photon Factory, IMSS, KEK

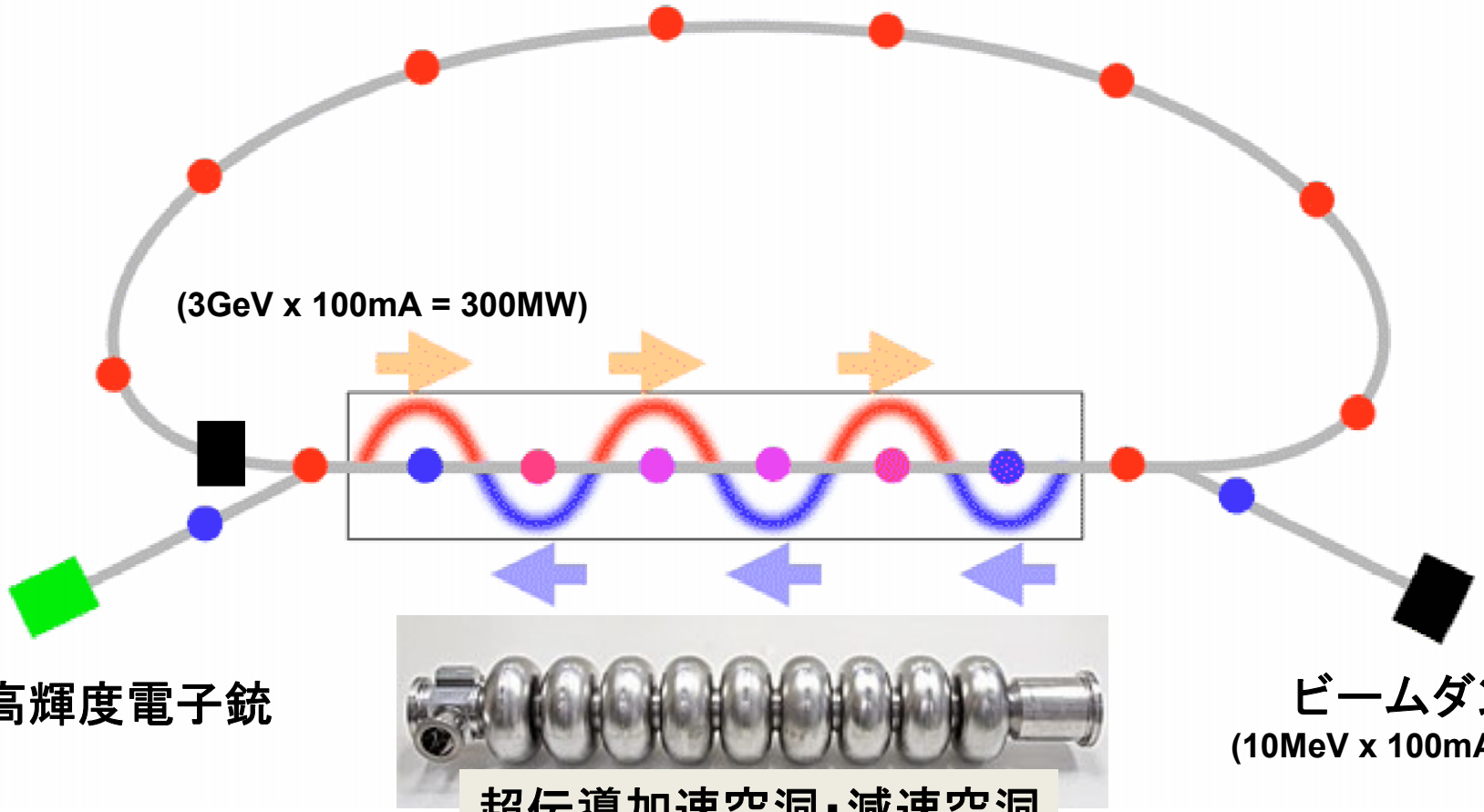




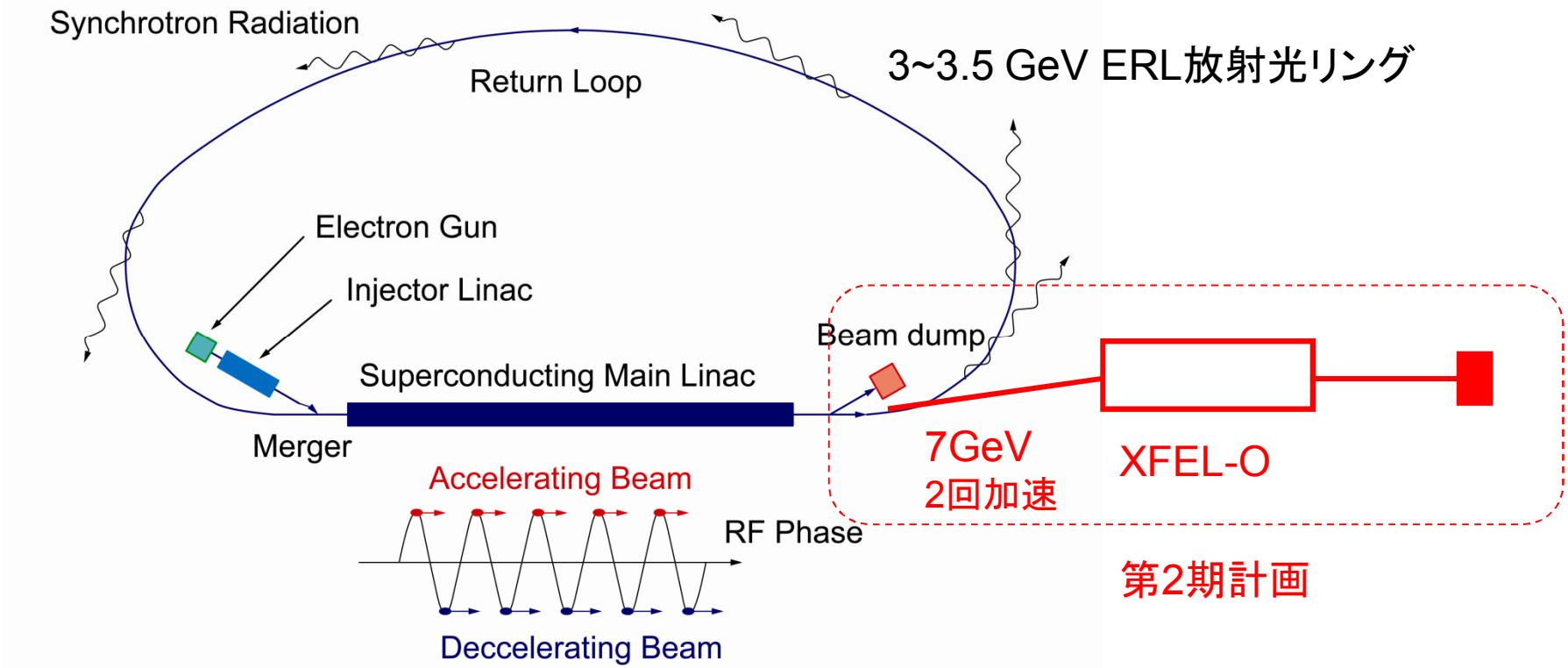
cERL

3GeVクラスERL + XFEL-O

ERLの概念図


(3GeV x 100mA = 300MW)
高輝度電子銃
ビームダンプ
(10MeV x 100mA = 1MW)
超伝導加速空洞・減速空洞

ERL計画概要



#) Linac based light source:

1) Emittance ∝ 1/γ ～ 1 15 mrad ~

輝度の向上、空間コヒーレンス

2) Short photon pulses~ 0.1~1 pico-second

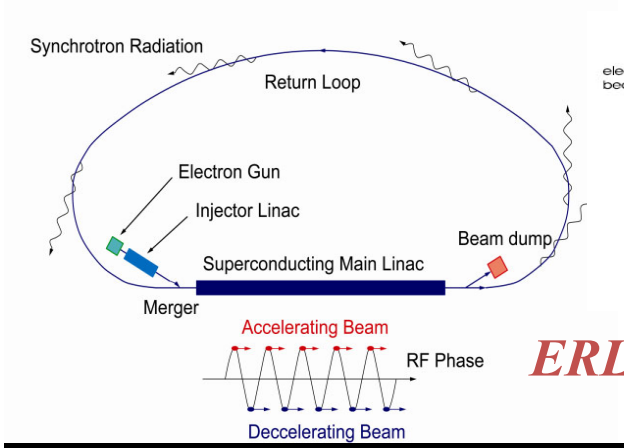
短パルス化

#) A great numbers of ID-beamlines

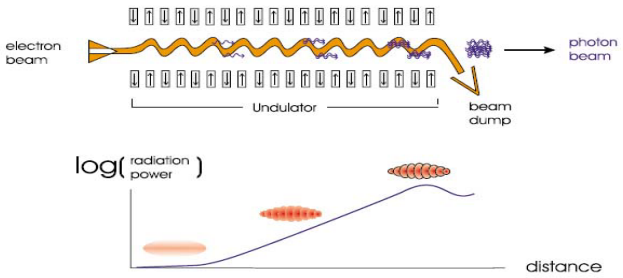
#) Possibility to realize the XFEL-O

時間コヒーレンス

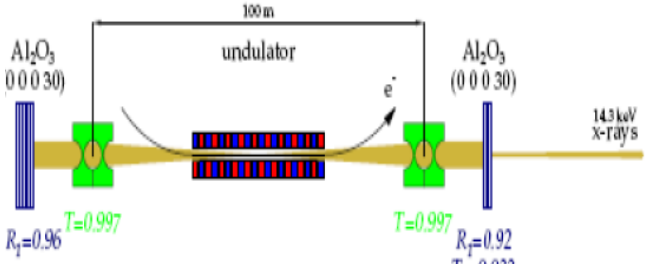
ERL, SASE-FEL そしてXFEL-Oの光の性質は？



ERL



SASE-FEL



XFEL-O

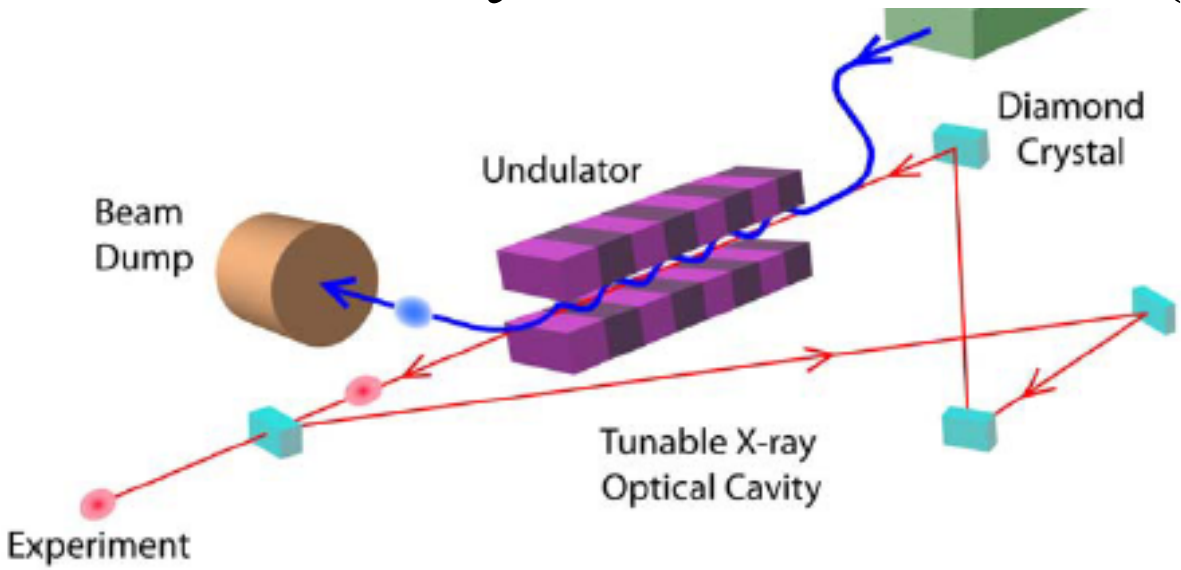
K.-J. Kim, Y. Shvyd'ko, S. Reiche, PRL. **100**, 244802 (2008).

	average brilliance	peak brilliance	repetition rate (Hz)	coherent fraction (vertical)	coherent fraction (longitudinal)	bunch Width (ps)	# of BLs	Remark
ERL	~10^{23}	~10^{26}	1.3G	~20%	non	0.1~1	~30	Non-perturbed measurement
XFEL-O	~10^{27}	~10^{33}	~1M	100%	100%	1	~1	Single mode FEL (few meV)
SASE-FEL	~$10^{22\sim24}$	~10^{33}	50~10K	100%	few %	0.05	~1	One-shot measurement
3rd-SR	~$10^{20\sim21}$	~10^{22}	~500M	0.1%	non	10~100	~30	Non-perturbed measurement

(brilliance : photons/mm^2/mrad^2/0.1%/s @ 10 keV)

Hard X-Ray FEL Oscillator (XFEL-O)

By Kwang-Je Kim



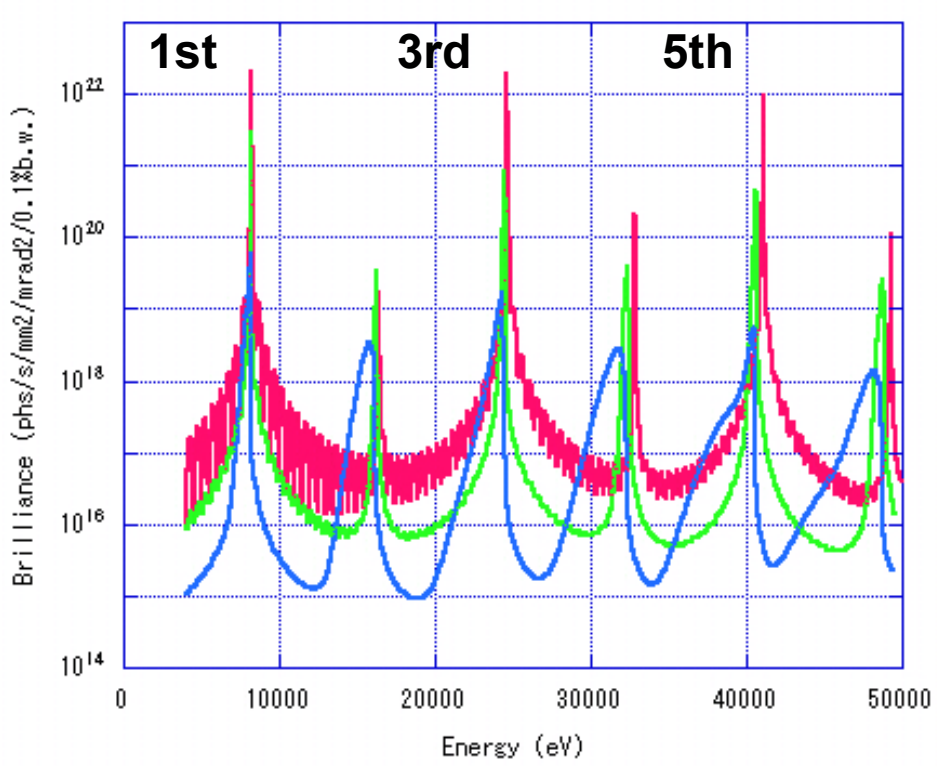
- Store an X-ray pulse in a Bragg cavity→ multi-pass gain & spectral cleaning
- Provide meV bandwidth
- MHz pulse repetition rate→ high average brightness

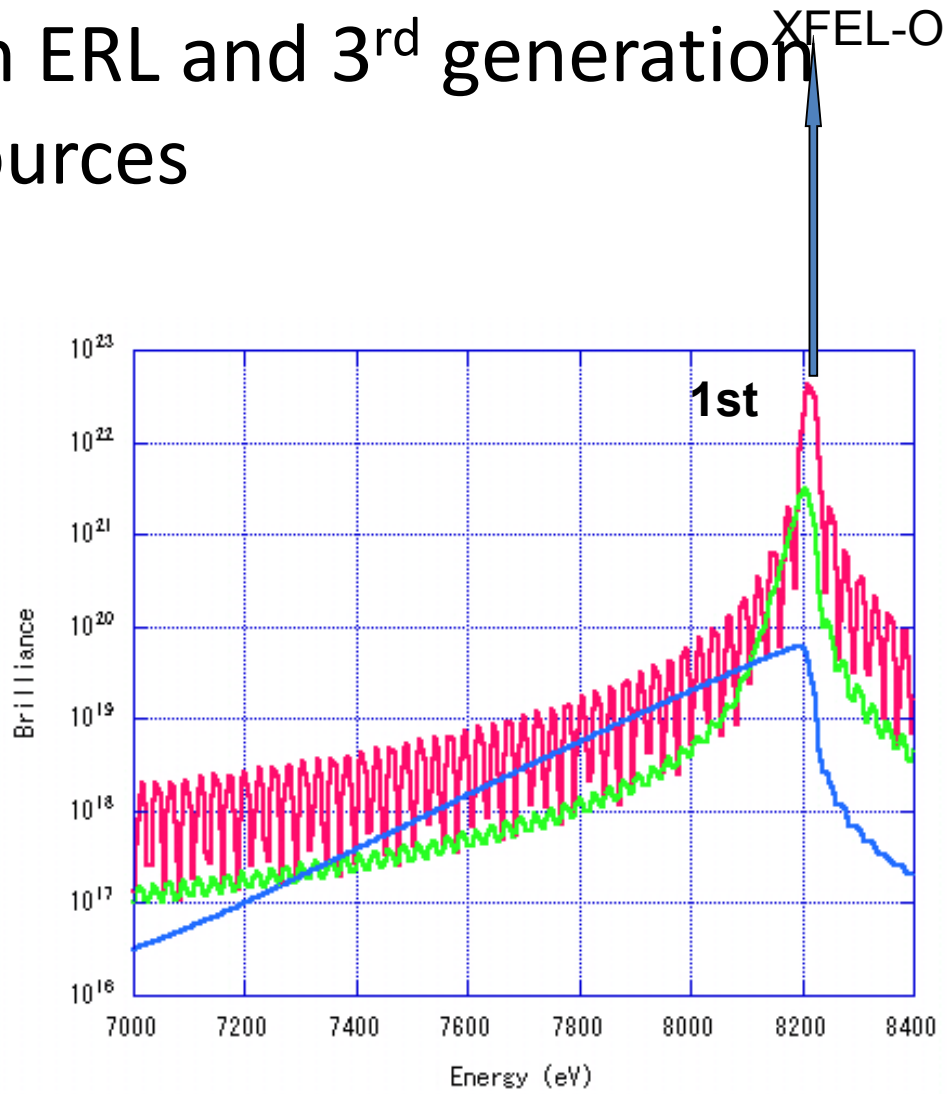
(10^{15} Photons/sec, 10^{9} photons/pulse @ ~10keV with a few meV b.w.)

- 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)

Undurator spectra from ERL and 3rd generation SR sources





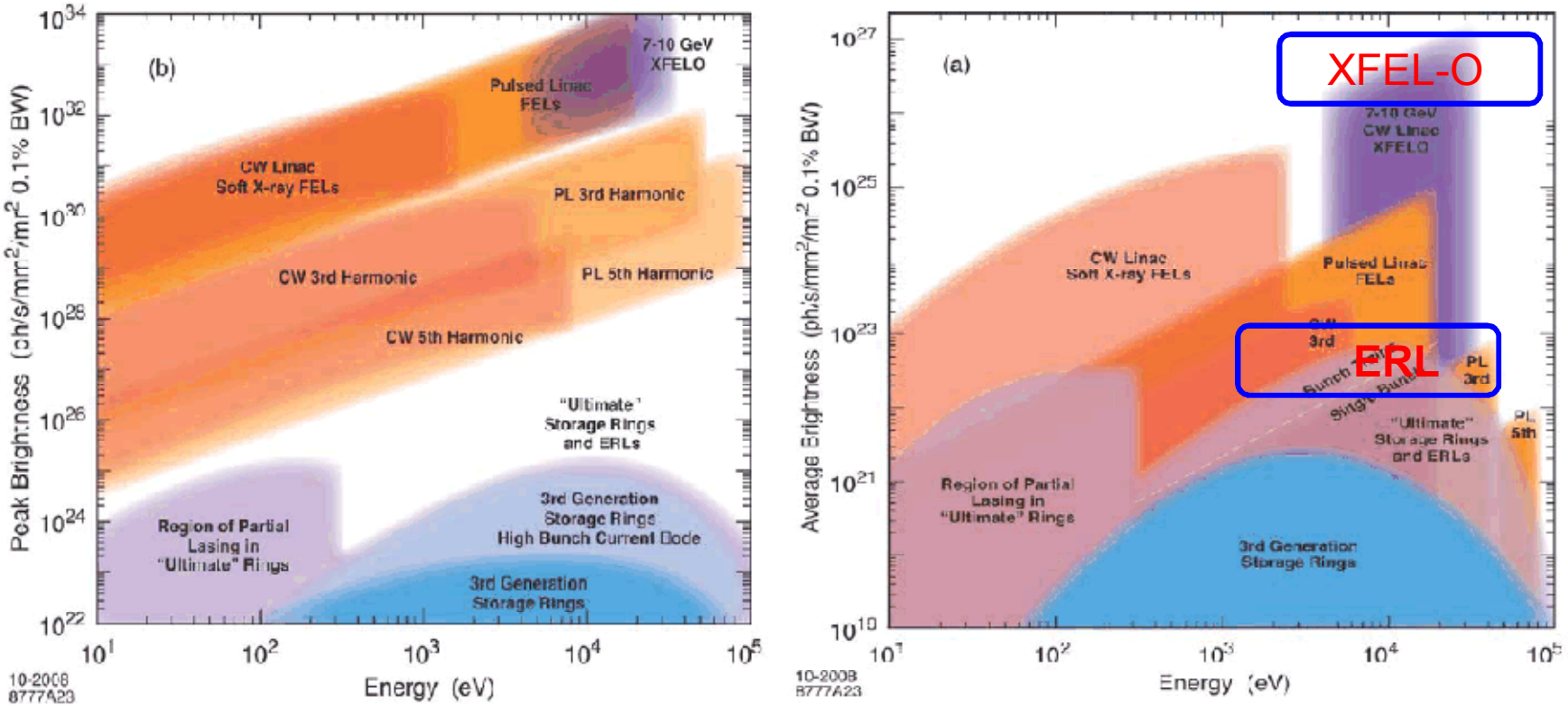
E=5GeV I=100mA
βx=βy=5m
K=1.0
σ_E/E=4e-5
L=5m λu=16mm

ε=10 pmrad

ε=100 pmrad

ε=1 nmrad

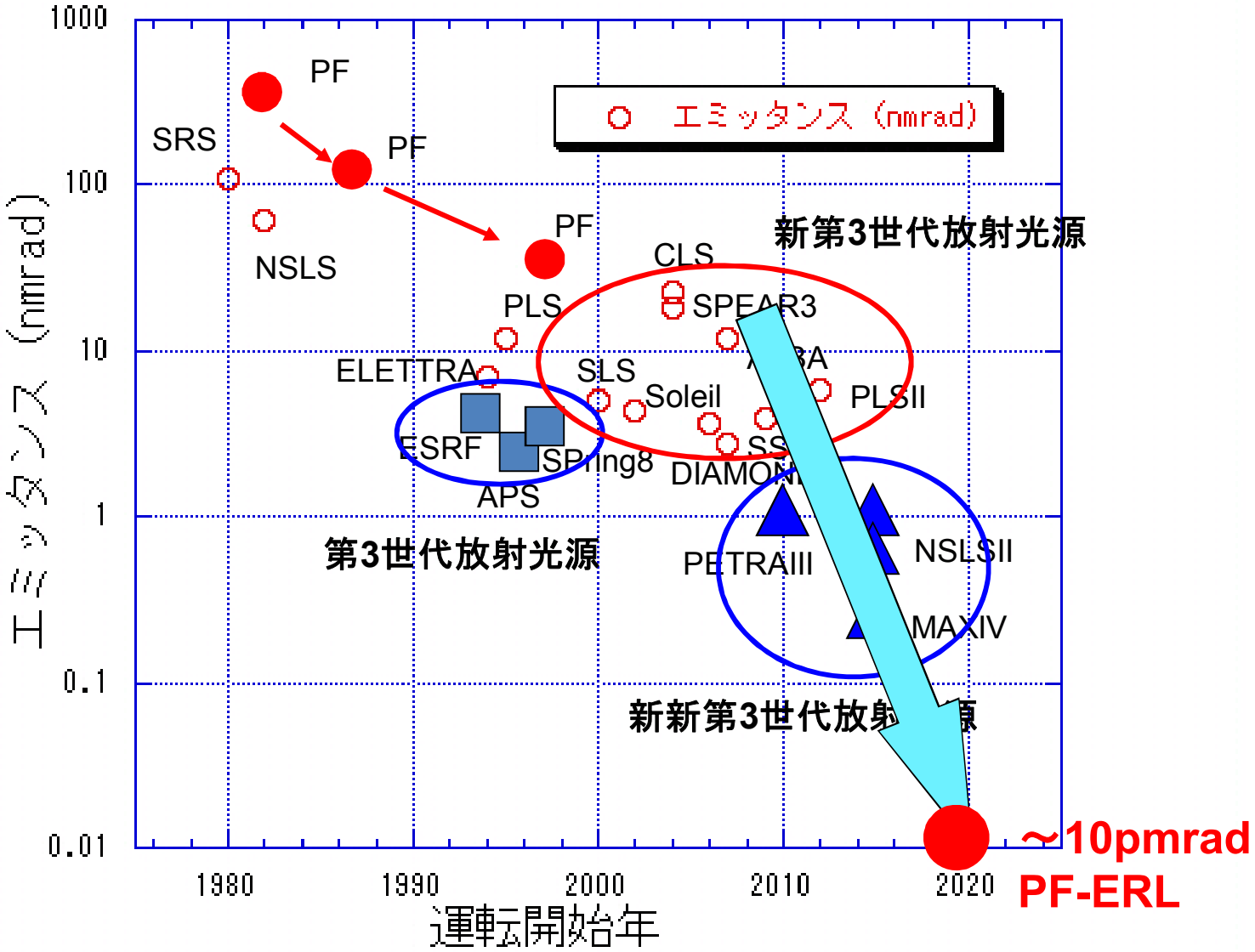
Spectral Brightness



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

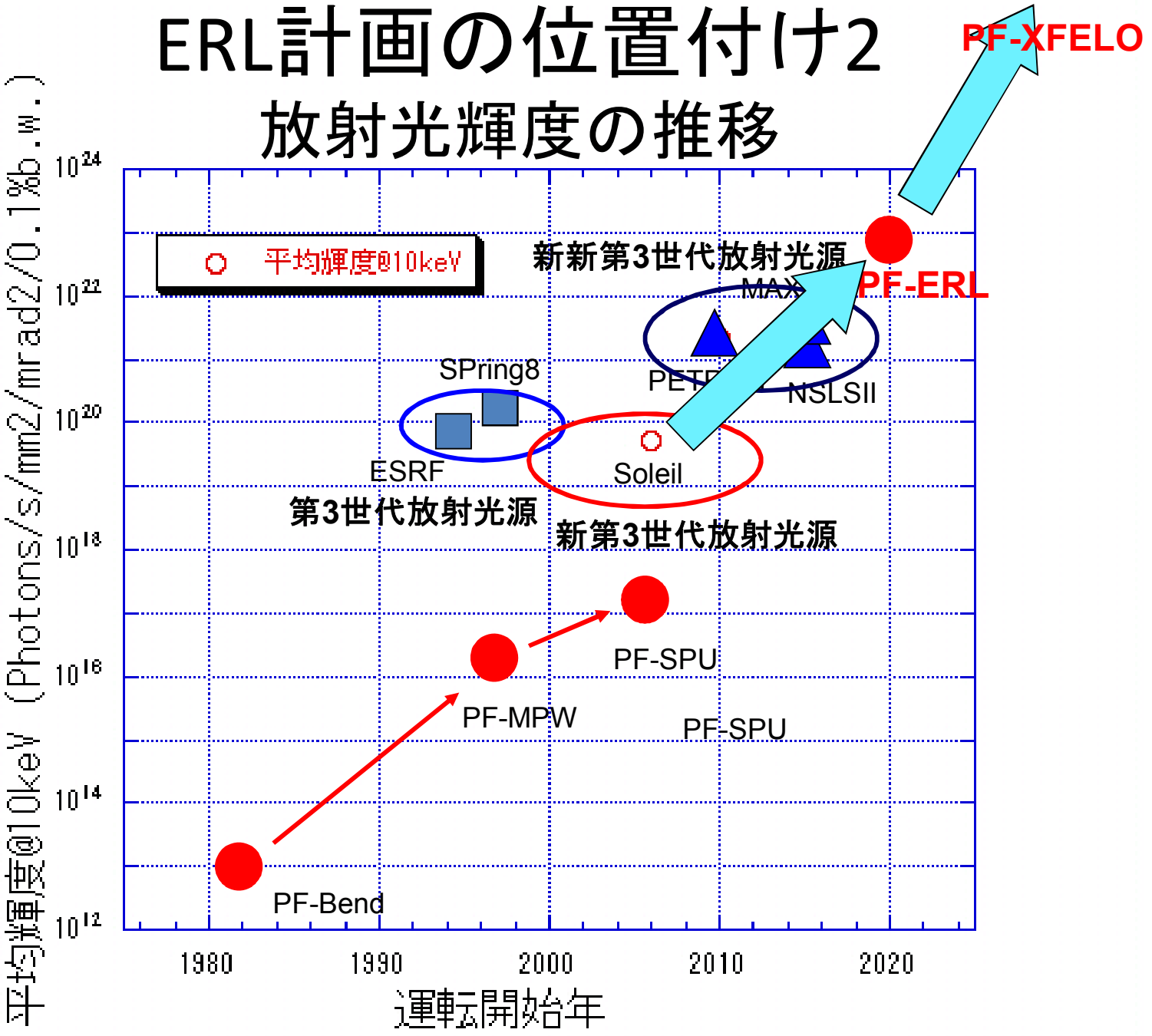
SLAC NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY

ERL計画の位置付け1
ビームエミッタンスの経緯

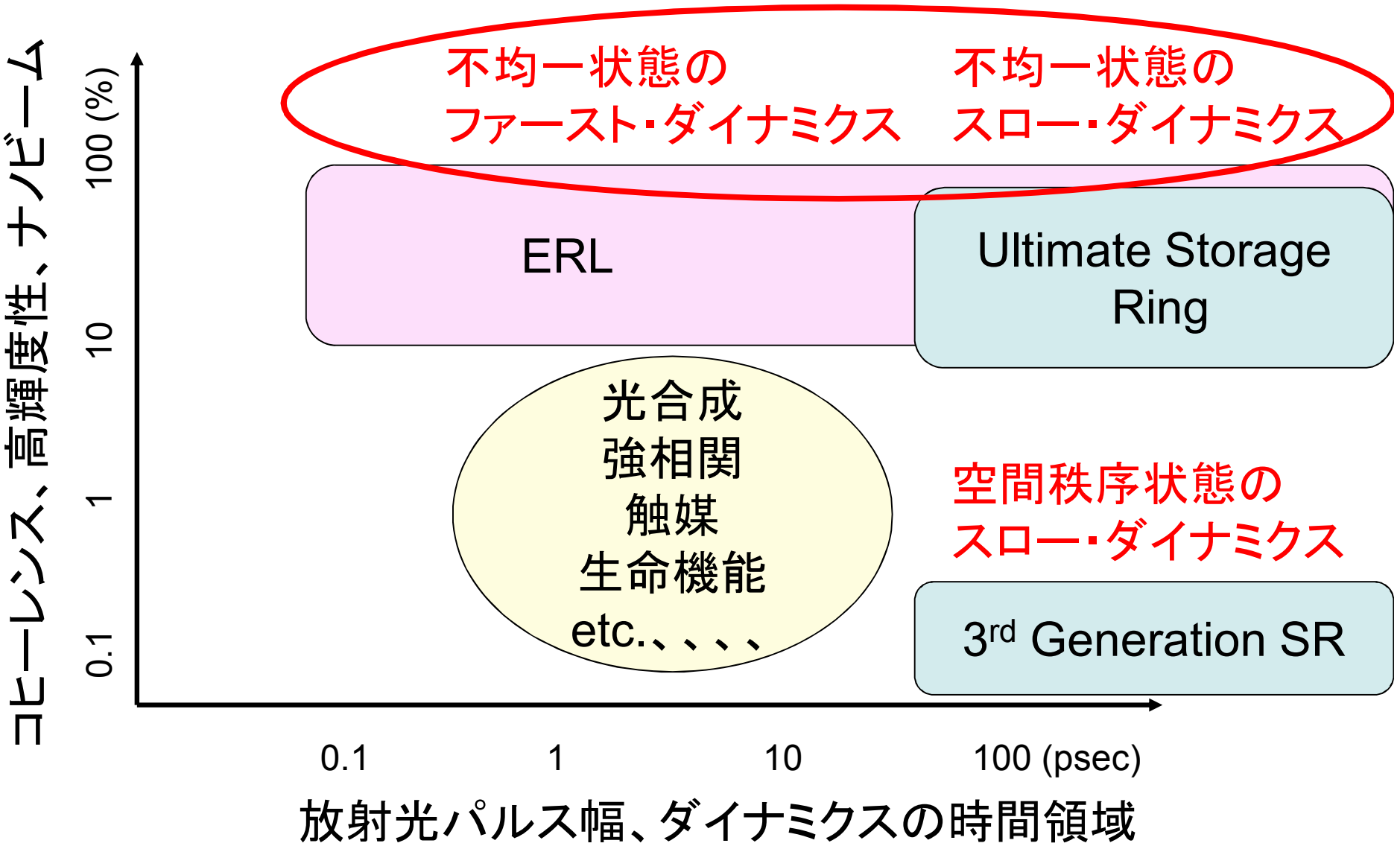


ERL計画の位置付け2

放射光輝度の推移



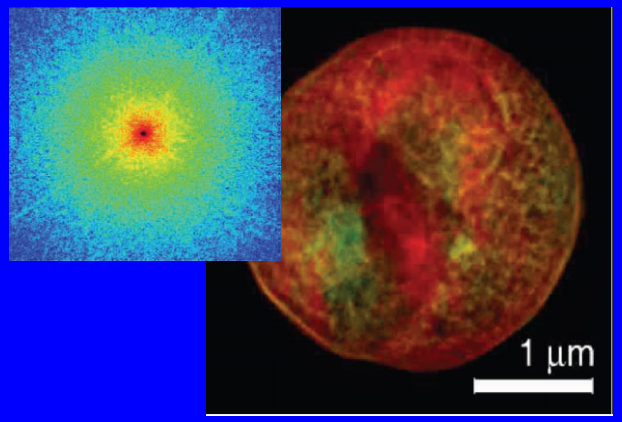
ERLの立位置


不均一状態の
ファースト・ダイナミクス
不均一状態の
スロー・ダイナミクス
ERL
Ultimate Storage Ring
光合成
強相関
触媒
生命機能
etc.、、、、、
空間秩序状態の
スロー・ダイナミクス
3rd Generation SR
コヒーレンス、高輝度性、ナノビーム
100 (%)
10
1
0.1
0.1
1
10
100 (psec)
放射光パルス幅、ダイナミクスの時間領域

Grand challenges for basic sciences

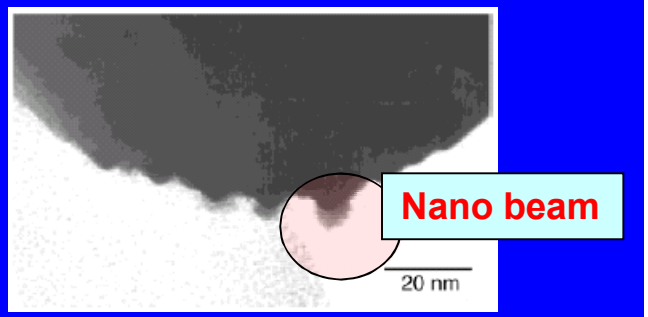
~ Non-crystalline materials and nano-science ~

Function in a cell

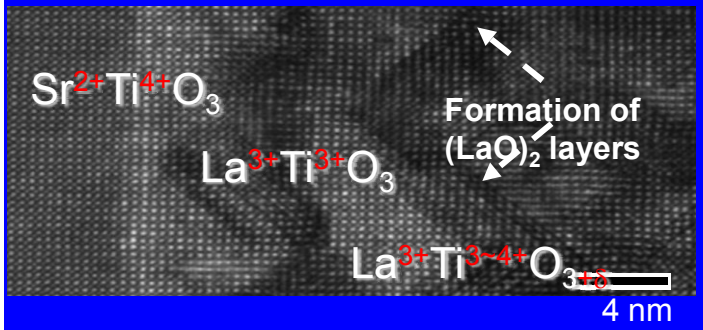


biology and chemistry

Catalysis chemistry

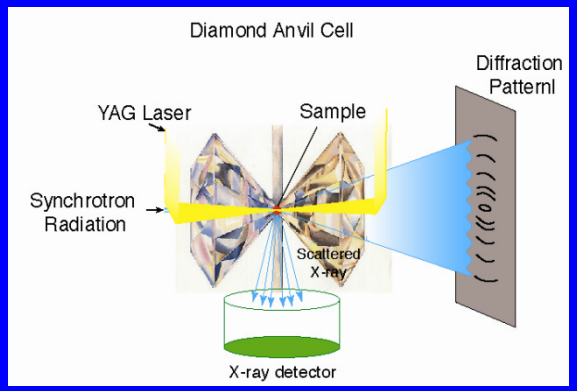


Nano-materials at interface



materials, energy and environment

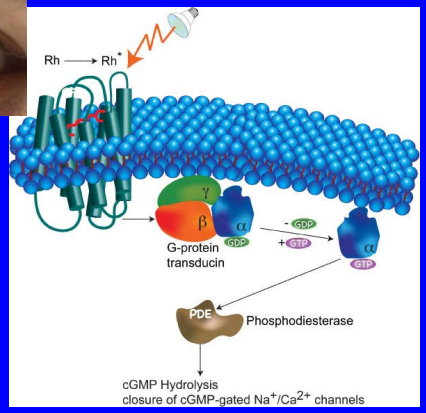
Extreme condition



Grand challenges for basic sciences

~ Non-equilibrium states generated by photons ~

visual sensing

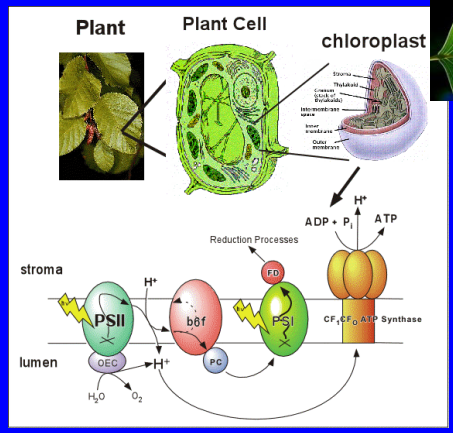


biology

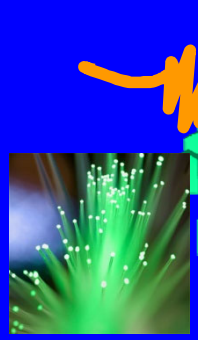
and

chemistry

photosynthesis



ultrafast photo-switching



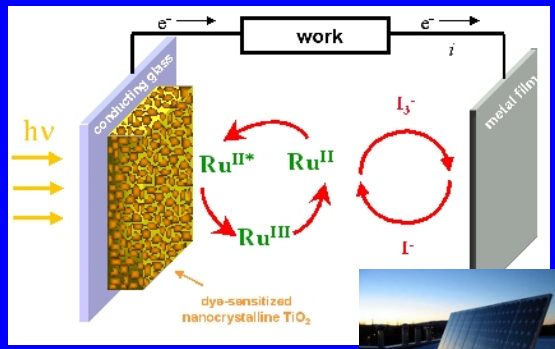
materials,

energy

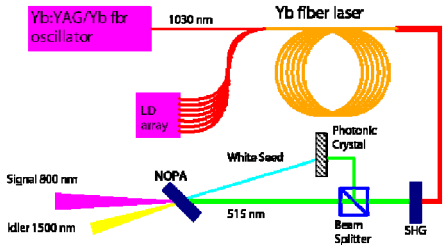
and

environment

solar cell



ERLの加速器要素技術のR&D項目

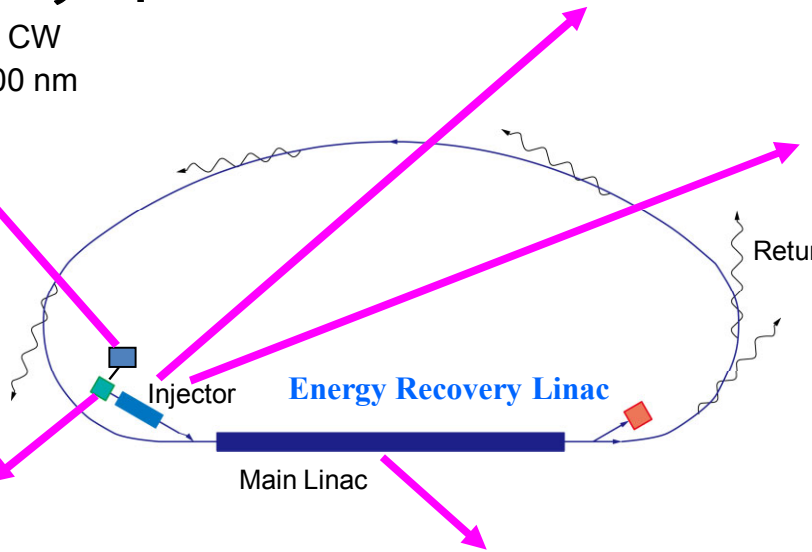


フォトカソード励起レーザー:

- High average power: 15 W CW
- Repetition: 1.3 GHz, λ ~ 800 nm

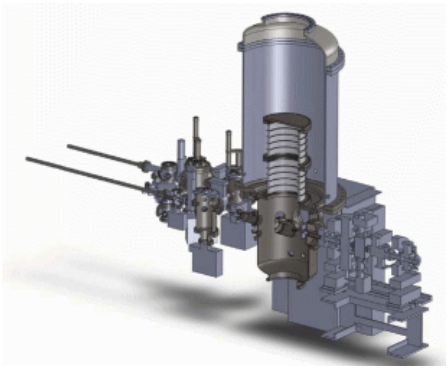
入射部超伝導空洞

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



大出力RF源

- 1.3 GHz, 300 kW (CW) for injector



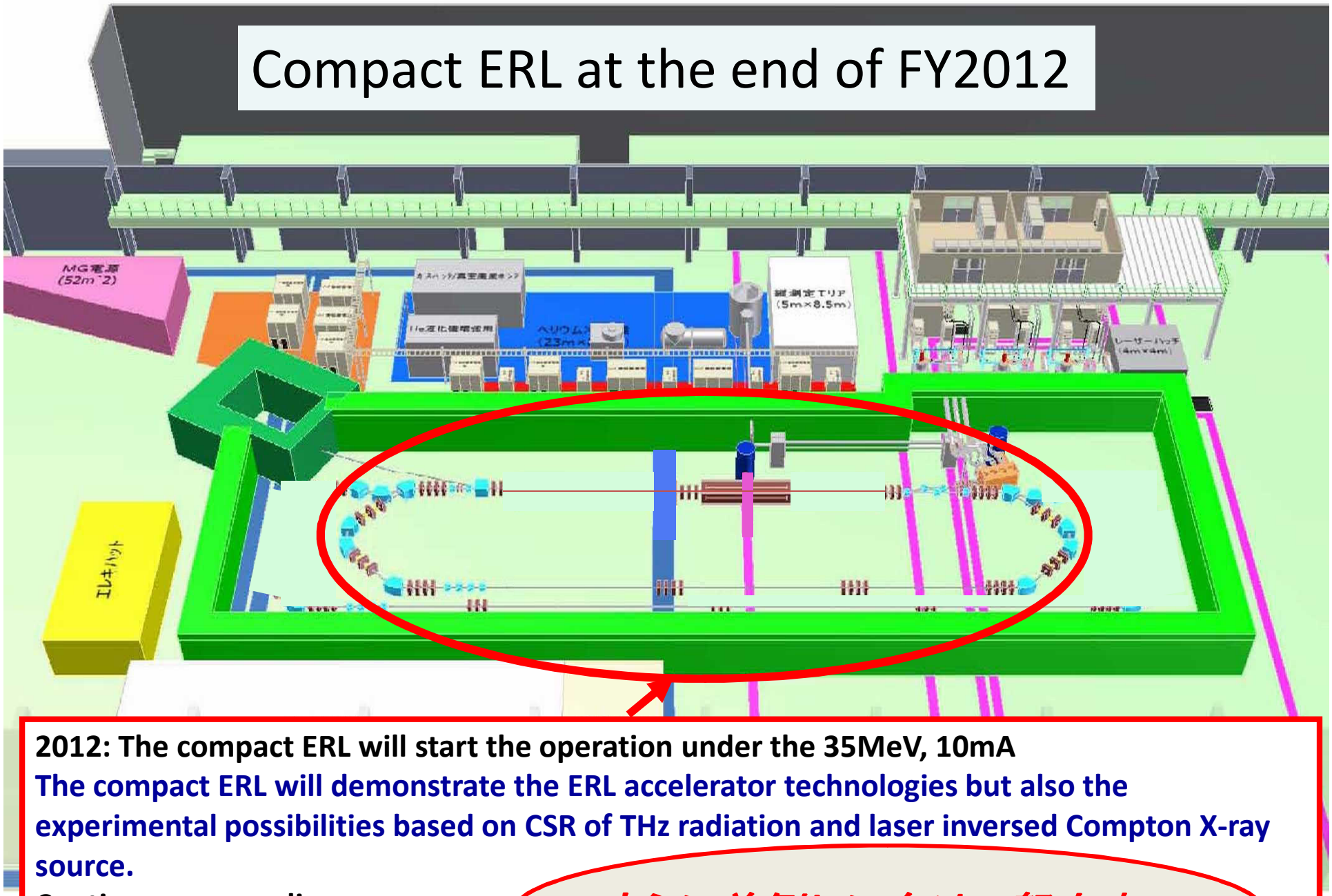
高輝度DC電子銃:

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

主加速部超伝導空洞

- 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:

さらに前倒しに向けて努力中！

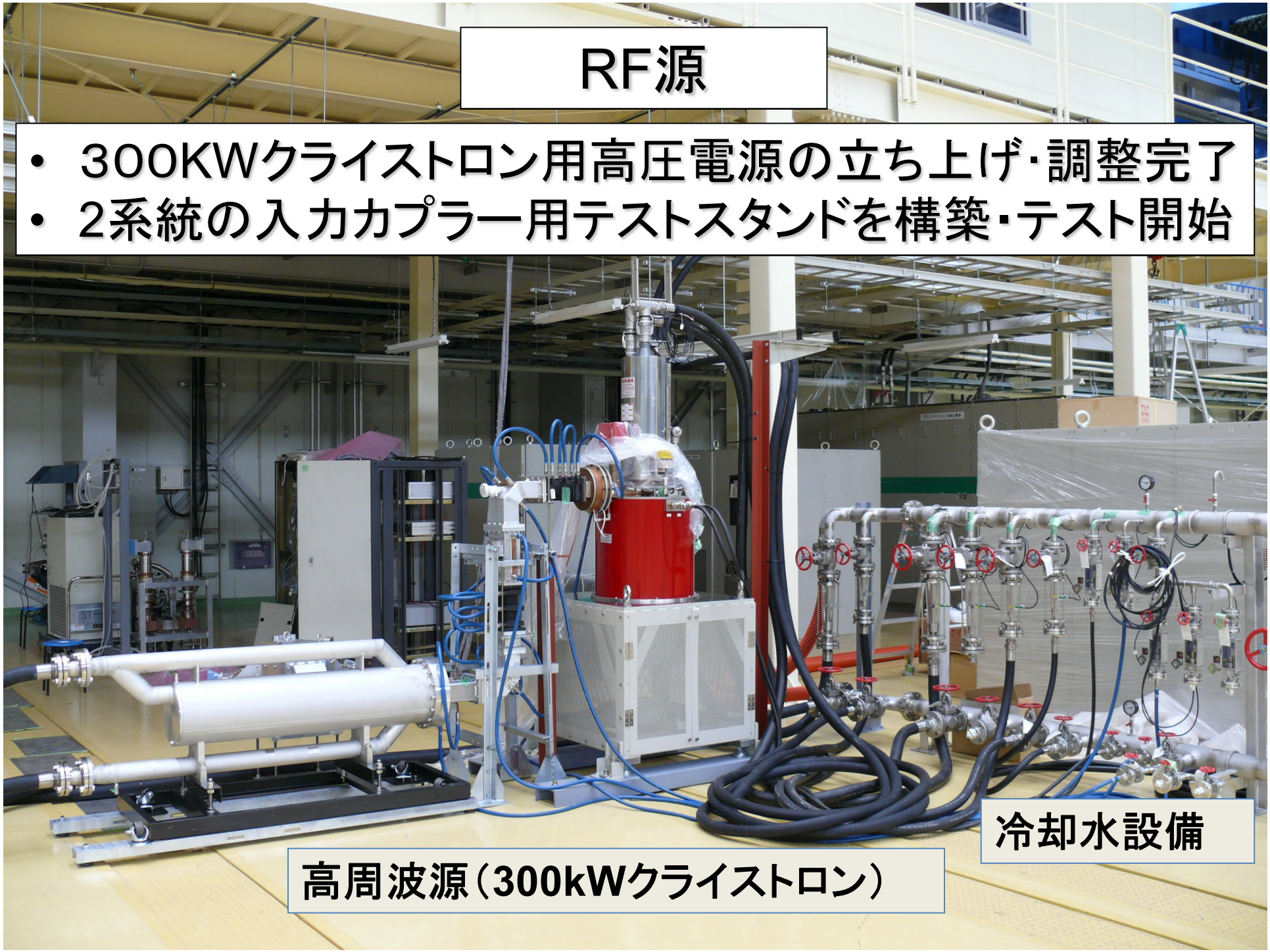

高周波源設備
ヘリウム冷凍設備

ヘリウム冷凍設備

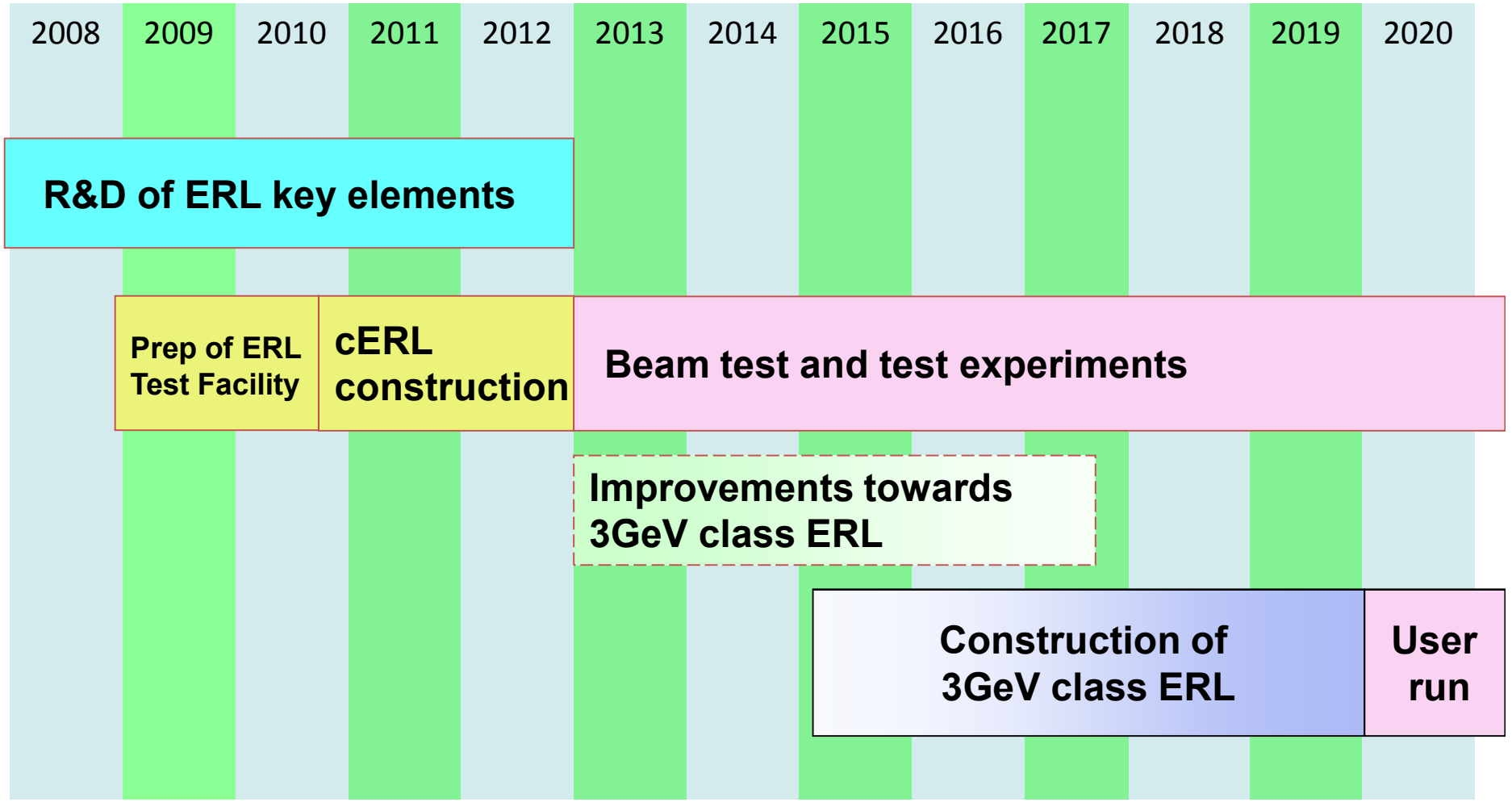
- 2010年8月に茨城県の**完成検査の合格**
- コールドボックス内配管の内面を洗浄
- 2011年1月に**ヘリウム液化に成功！**

RF源

- 300KWクライストロン用高圧電源の立ち上げ･調整完了
- 2系統の入力カプラー用テストスタンドを構築･テスト開始



cERL, ERL: target timelines



軟・硬X線ERL建設に向けて

- KEK内ロードマップ、放射光学会特別委員会

〇LCとの協力のもと超伝導先端加速器の建設の可能性
〇現実的な検討が必要:

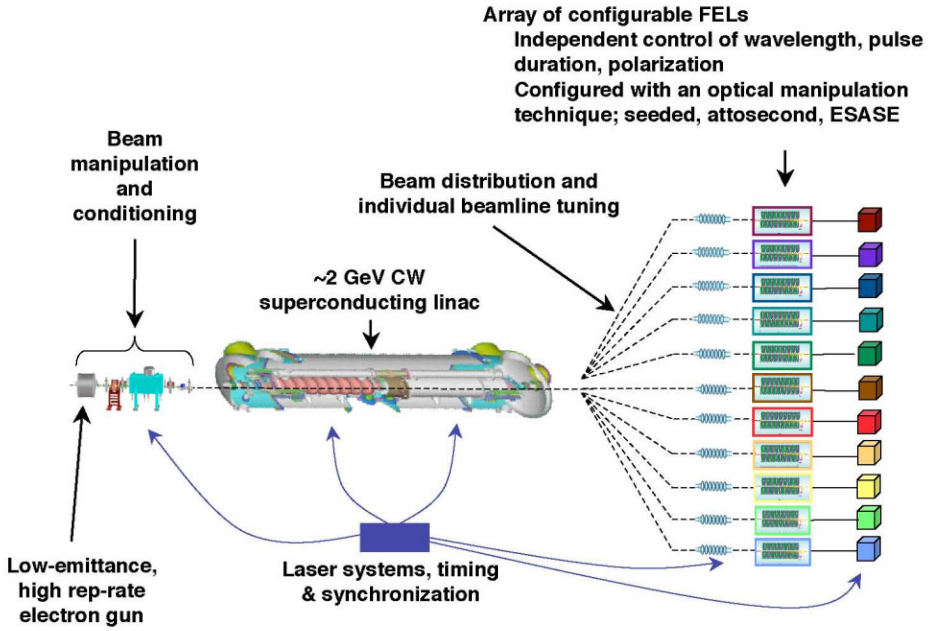
エネルギーの吟味: 5GeVクラスから3GeVクラス

メリット: 分光法による電子状態分析の強化
予算の縮小

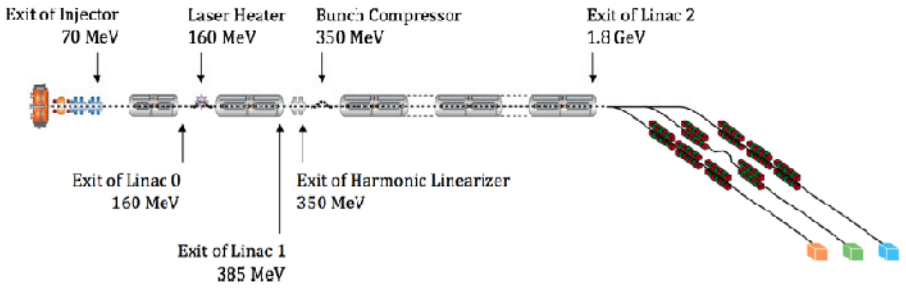
ディメリット: 10pmrad → 15pmrad

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 （既に折込積み）
  - ○ 高繰り返しSeeded XFEL



High-Repetition-Rate FEL Facility at LBNL
(Synchrotron Radiation News, Vol. 20, N0. 6, 2007, p20~27.)



NGLS project at LBNL

ERLサイエンスの検討

- 4月27日28日「ERLサイエンスワークショップⅡ」
  http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/ERL/science_workshop/index.html
- 7月11日 「ERLシンポジウム
  ー持続可能な社会を実現する放射光ー 」

13:00　開会
　基調講演
（持続可能な社会を実現するための物質科学の課題））
　ERL計画の概要
　人工光合成・光エネルギー変換における課題
　触媒科学における課題
　超高速光デバイスにおける課題

　強相関電子系材料開発における課題
　生命科学における課題
　デバイス開発における課題
　まとめ
18:30　懇親会

まとめ

- 放射光源の性能向上のNEEDは、既にナノビーム、コヒーレントX線領域そして100fsecのダイナミクス研究に達している。

  → 10^{23}の輝度と~10pmradのエミッタンス、100フェムト秒のパルス幅が目標となる計画。

- 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。

KEKで先端的超伝導加速器を用いた
ERLとXFEL-O計画を実現