

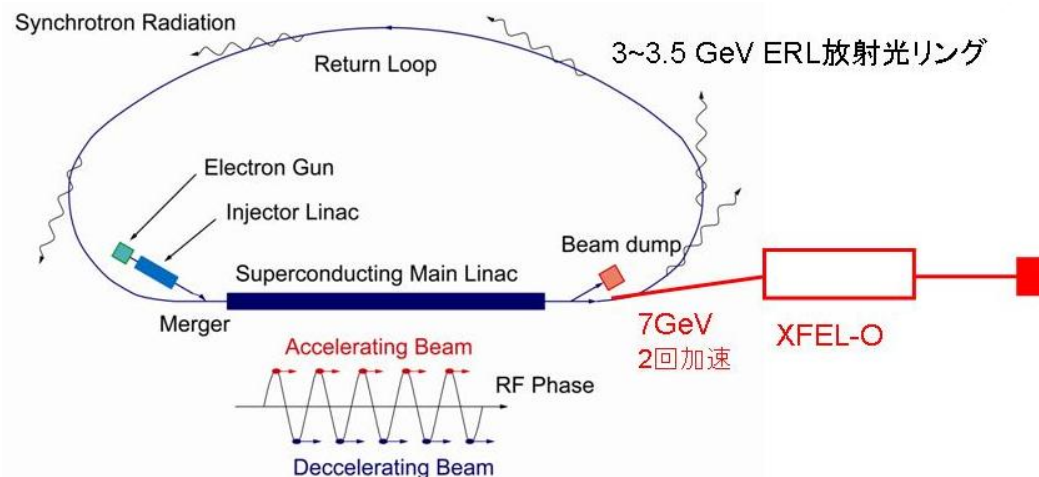
ERL計画の概要

河田 洋

ERL Project Office, KEK
Photon Factory, IMSS, KEK



cERL



3GeVクラスERL + XFEL-O

自己紹介

X線トポグラフィー [強誘電体の表面層の研究)

共鳴磁気散乱現象(並河先生とともに)

磁気コンプトン散乱、高分解能コンプトン散乱、XMCD

→ PF-AR NE1の円偏光ビームラインの建設
定在波励起のXMCD、共鳴磁気散乱

→ サイト分離したXMCD, XANES 測定
共鳴散乱による電荷・軌道秩序[村上先生とともに)

PF-ARの高度化計画の牽引と実現

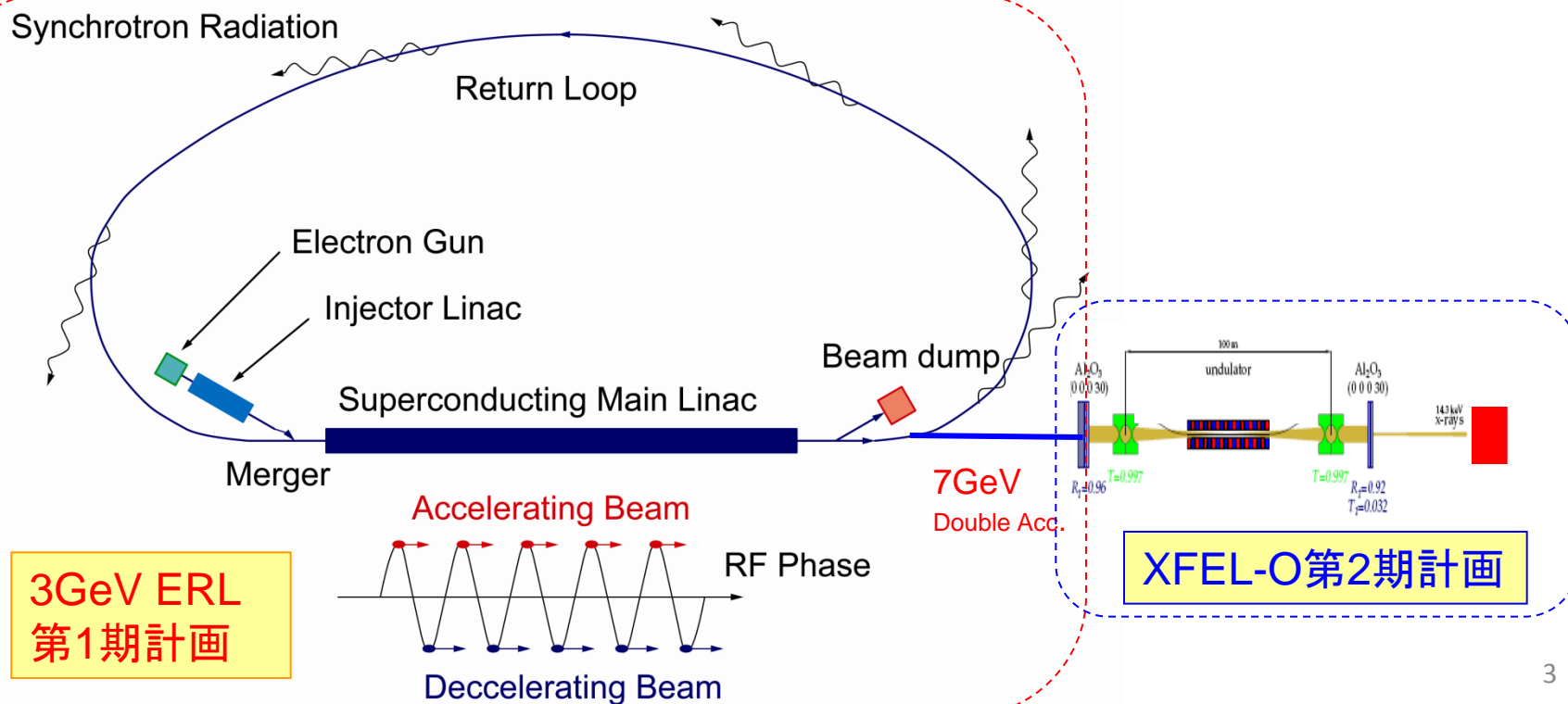
ERL計画の牽引

PF後継機としての次世代光源

ユーザーのニーズ：汎用性と先端性
サイエンスの広がり と 課題解決型アプローチ
超高時間分解能、非破壊、超高速データ収集
軟X線超高輝度光源

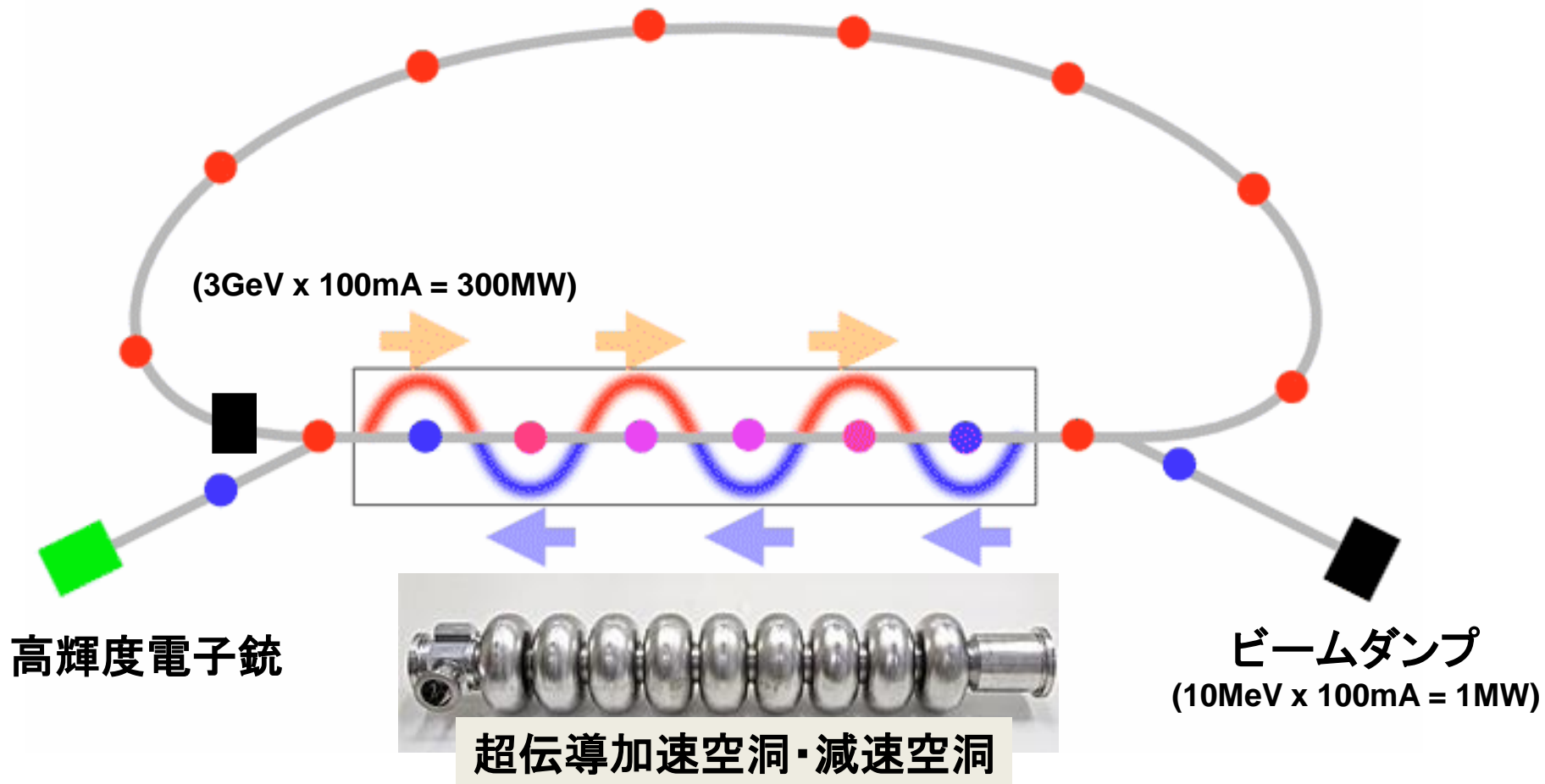
3GeV ERL

3GeVエネルギー回収型線形加速器 と 共振器型XFEL
(エネルギー回収型線形加速器: ERL 共振器型XFEL: XFEL-O)



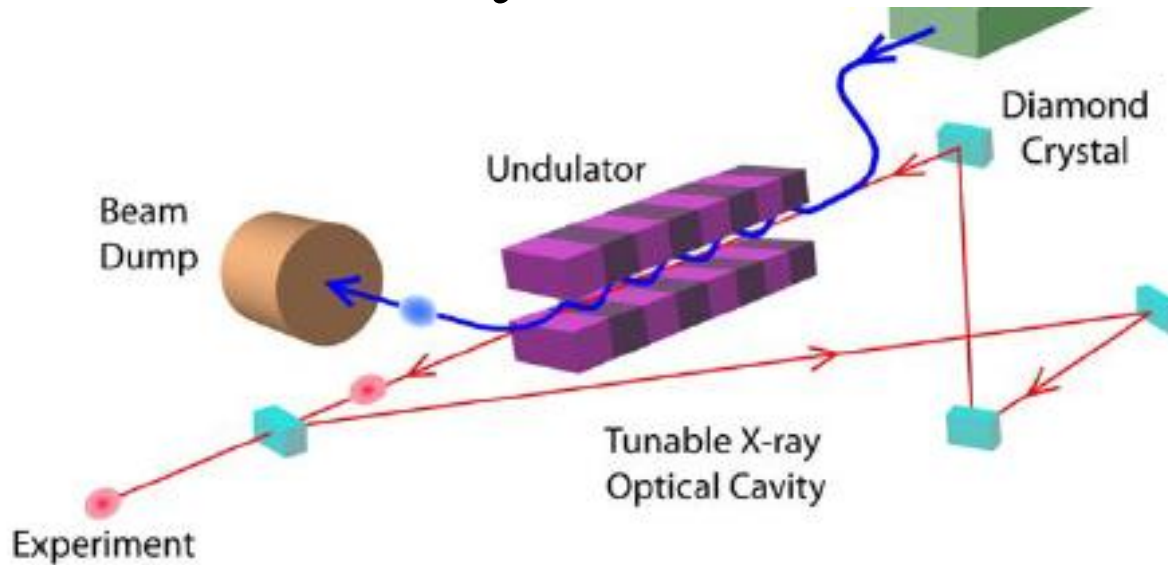
ERLの概念図

http://pfwww.kek.jp/erl_info/



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))

ERLとXFEL-Oの特性

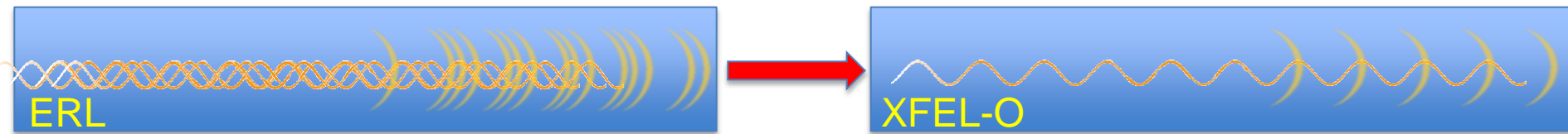
1) 直線加速器をベースとする放射光源

① エミッタンス $\sim 15 \text{ pm-mrad}$ (回折限界光源)

② パルス幅 $\sim 0.1\text{-}1 \text{ pico-second}$

2) 多数のIDを設置可能

3) 空間・時間コヒーレント光源(XFEL-O)のオプション(回折限界 & フーリエ限界光源)



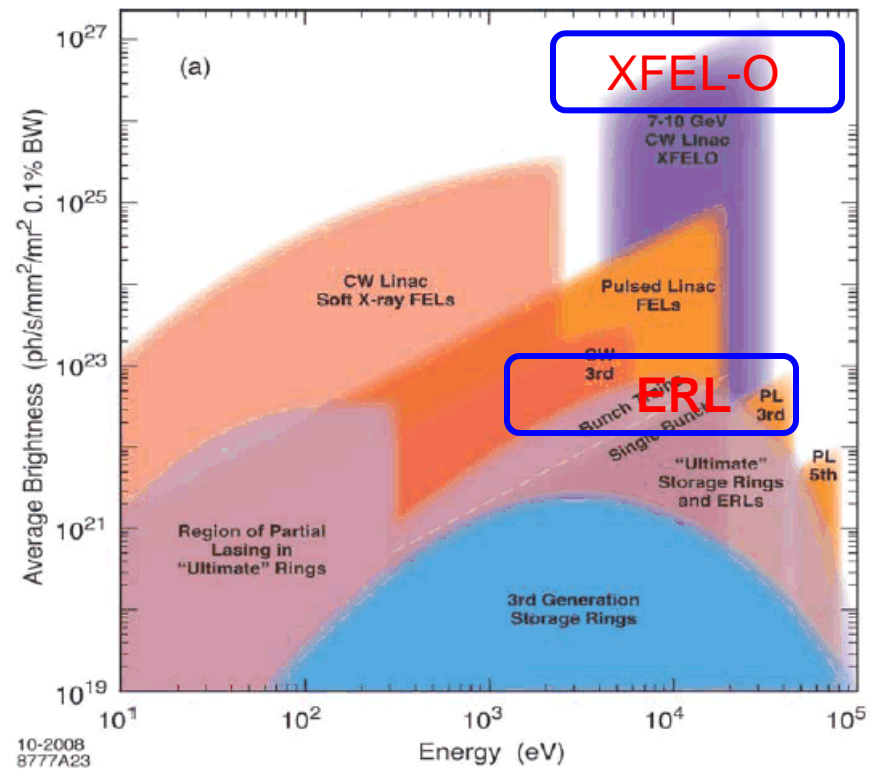
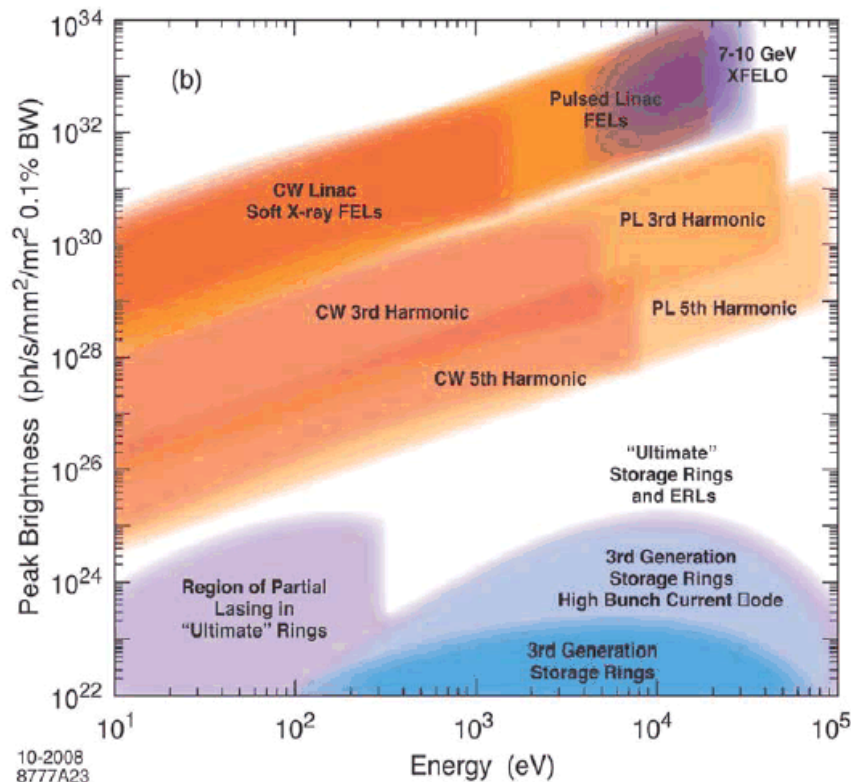
ERL、XFEL-O、SASE-FELの相補性

	平均輝度	ピーク輝度	周波数(Hz)	コヒーレンス (空間方向)	コヒーレンス (時間軸)	バンチ幅 (ps)	BL数	特記事項
ERL	$10^{22}\sim 10^{23}$	$\sim 10^{26}$	1.3G	$\sim 20\%$	non	0.1~1	~30	非破壊測定
XFEL-O	$\sim 10^{27}$	$\sim 10^{33}$	~1M	100%	100%	1	~1	シングルモード (few meV)
SASE-FEL	$\sim 10^{22}\sim 24$	$\sim 10^{33}$	50~10K	100%	few %	0.05	~1	ワンショット測定 (破壊測定)
USR	$\sim 10^{22}$	$\sim 10^{23}$	~500M	$\sim 10\%$	non	10~100	~30	非破壊測定
3 rd -SR	$\sim 10^{20}\sim 21$	$\sim 10^{22}$	~500M	0.1%	non	10~100	~30	非破壊測定

USR: Ultimate Storage Ring (究極の蓄積リング型放射光)、3rd-SR: 第3世代放射光、

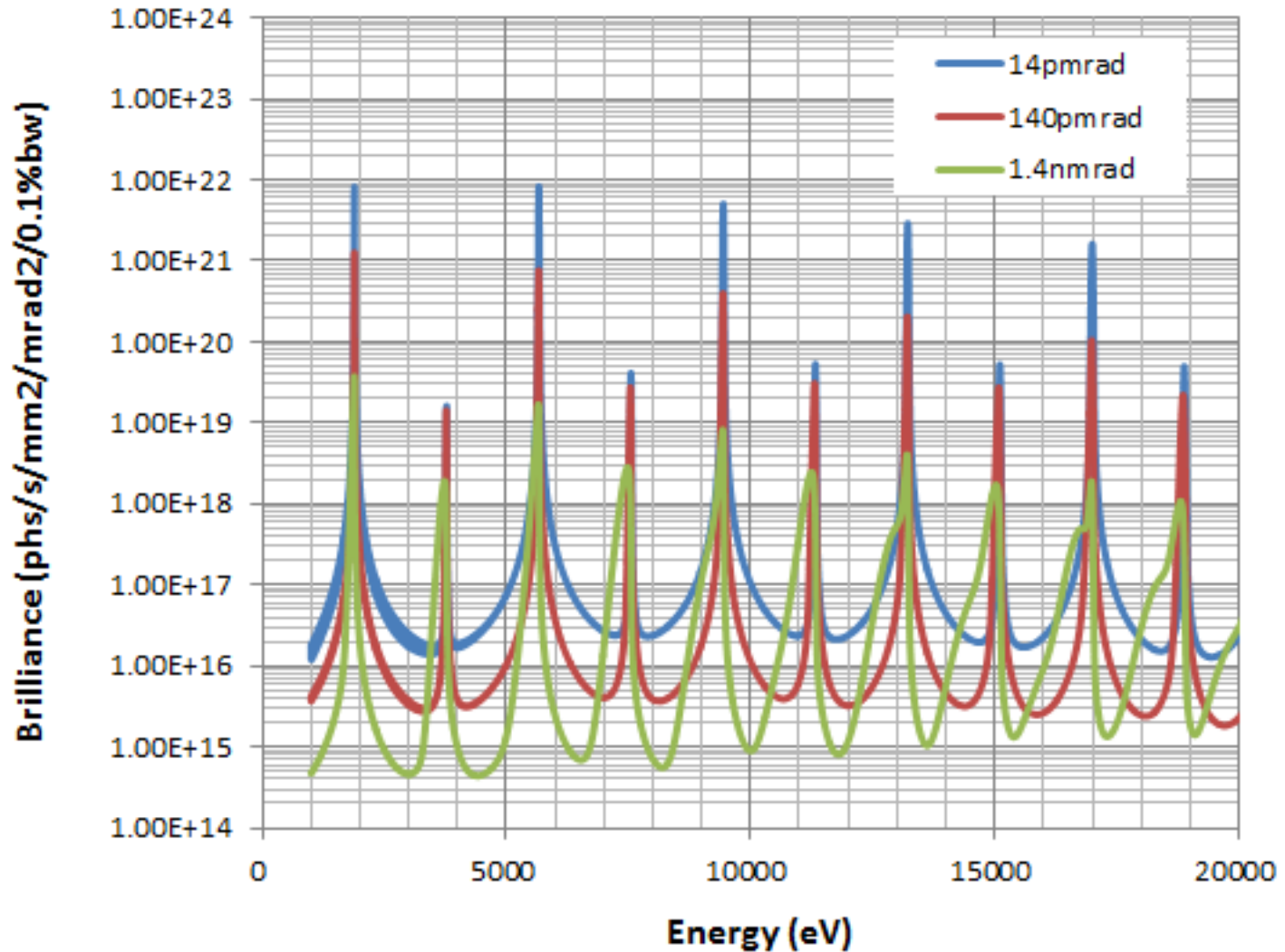
平均輝度 : 光子/mm²/mrad²/0.1%/s @ 10 keV、ピーク輝度 : 光子/mm²/mrad²/0.1%/パルス @ 10 keV

Spectral Brightness



R. Hettel, "Performance Metrics of Future Light 13 Sources", FLS2010, SLAC, March 1, 2010 の報告書の中のERLとXFELのスペクトルから見た位置付け.

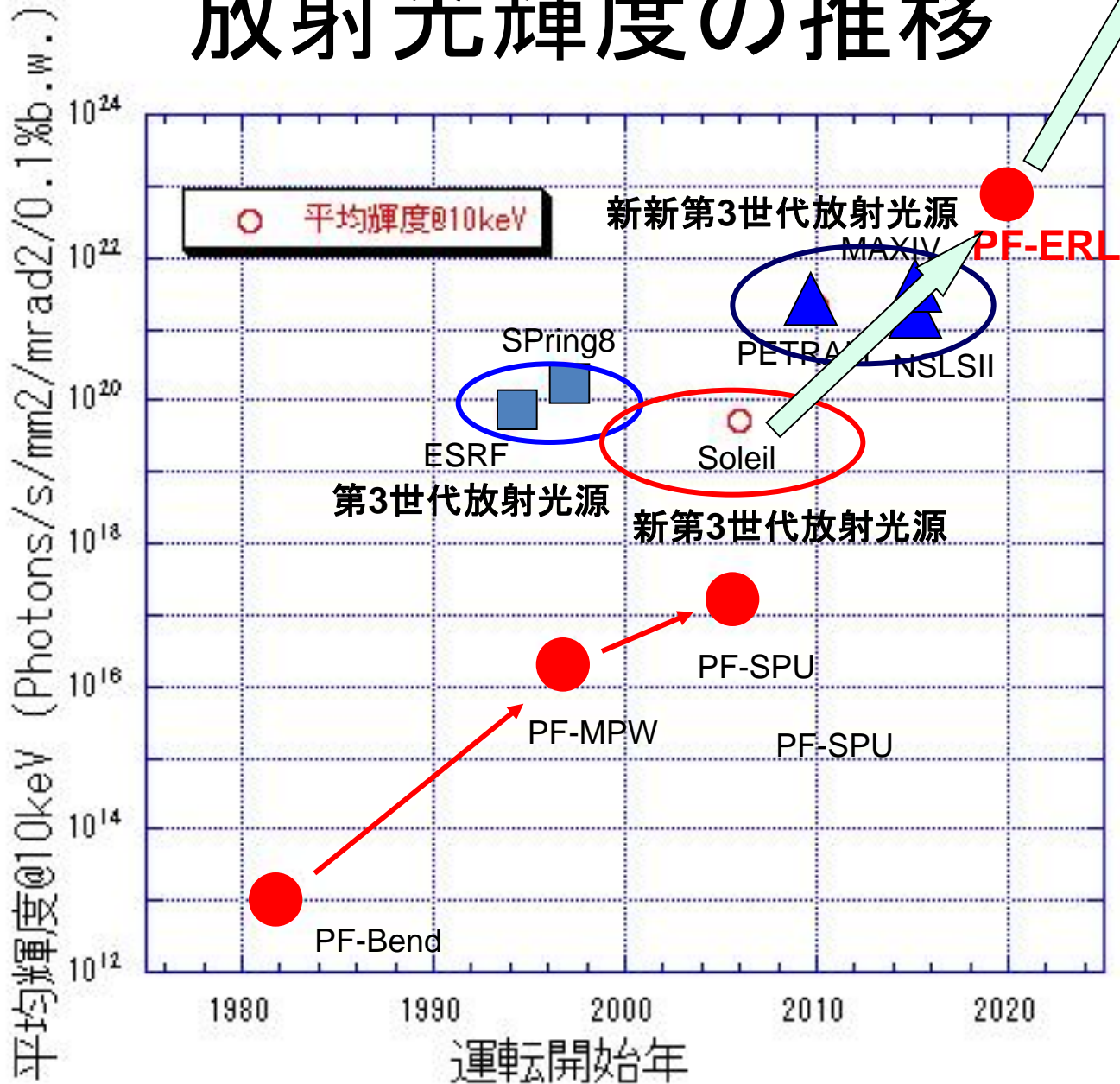
Linear Undulator, $\lambda_u=18\text{mm}$



$E=3.0\text{GeV}$, $I=100\text{mA}$, $\epsilon_x=\epsilon_y=14\mu\text{mrad}$, $140\mu\text{mrad}$, 1.4nmrad , $\sigma_E/E=4.0\text{e-}4$

$\lambda_u=18\text{mm}$, $L=6\text{m}$, $N=333$, $K=1.74$

放射光輝度の推移



ERLで実現するサイエンス

グリーンイノベーション分野

ナノビーム

空間コヒーレンス

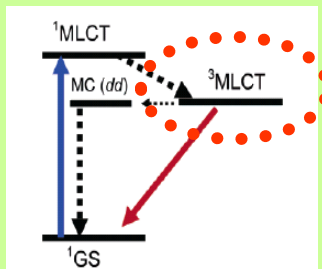
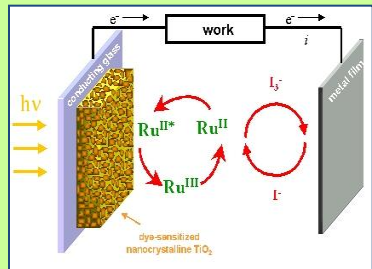
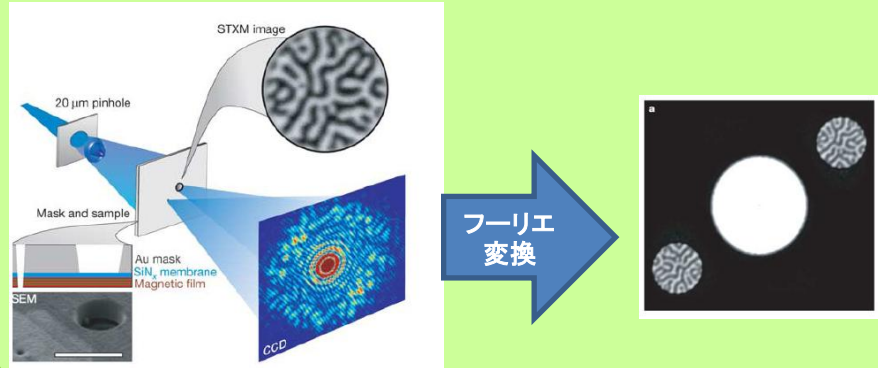
イメージング

高性能な不均一固体触媒の開発

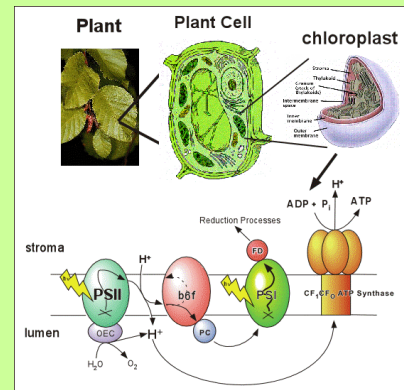


高性能な不均一固体触媒の開発と評価
(燃料電池、排ガス除去、光触媒など)

新規デバイスの開発に向けて 磁気ドメインのホログラフィー観察



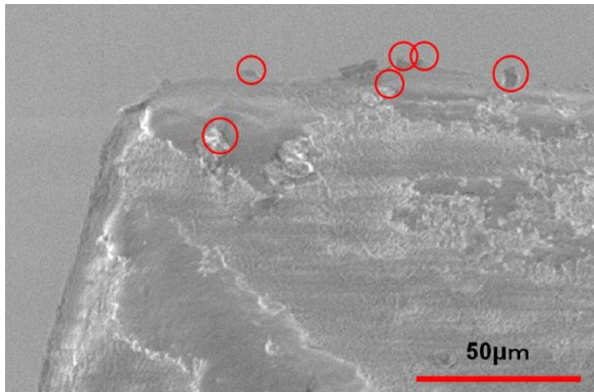
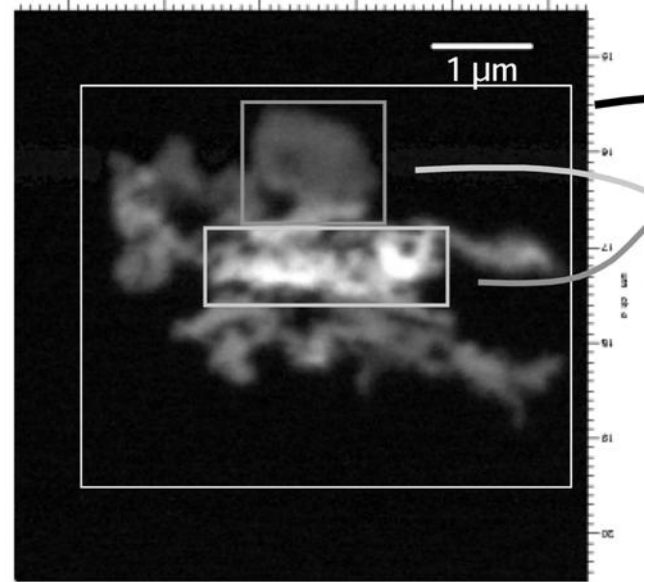
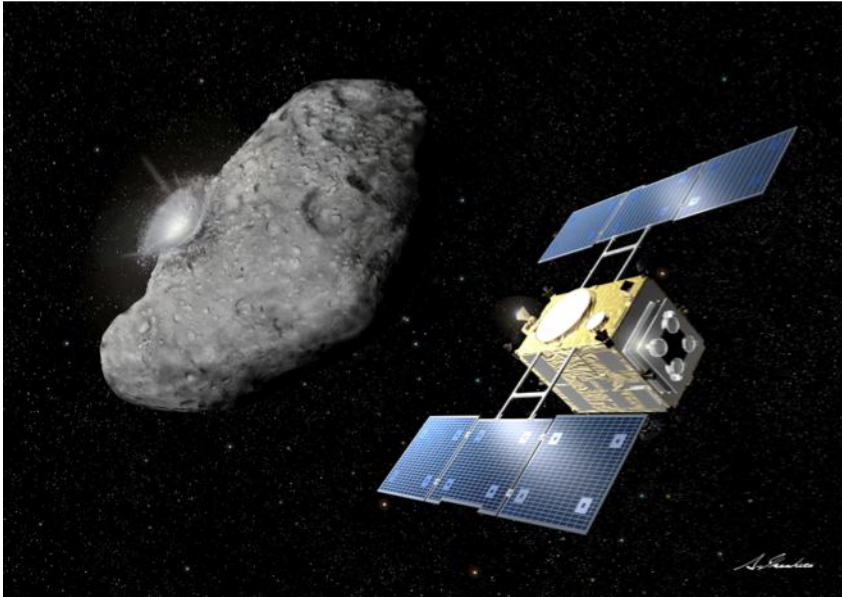
太陽光エネルギー利用～色素増感
太陽電池における光反応素過程



光合成反応の理解から人工光合成への
応用を目指す

宇宙・地球科学分野

宇宙塵から地球の起源を探る



スターダスト計画、はやブサなどにより採取された宇宙塵微粒子の分析
ミクロン以下の微粒子の化学状態分析を行うためには、ナノメートルオーダーのX線ビームが不可欠

XDL2011報告会(7/13)

http://erl.chess.cornell.edu/gatherings/2011_Workshops/index.html



Science at the Hard X-ray Diffraction Limit

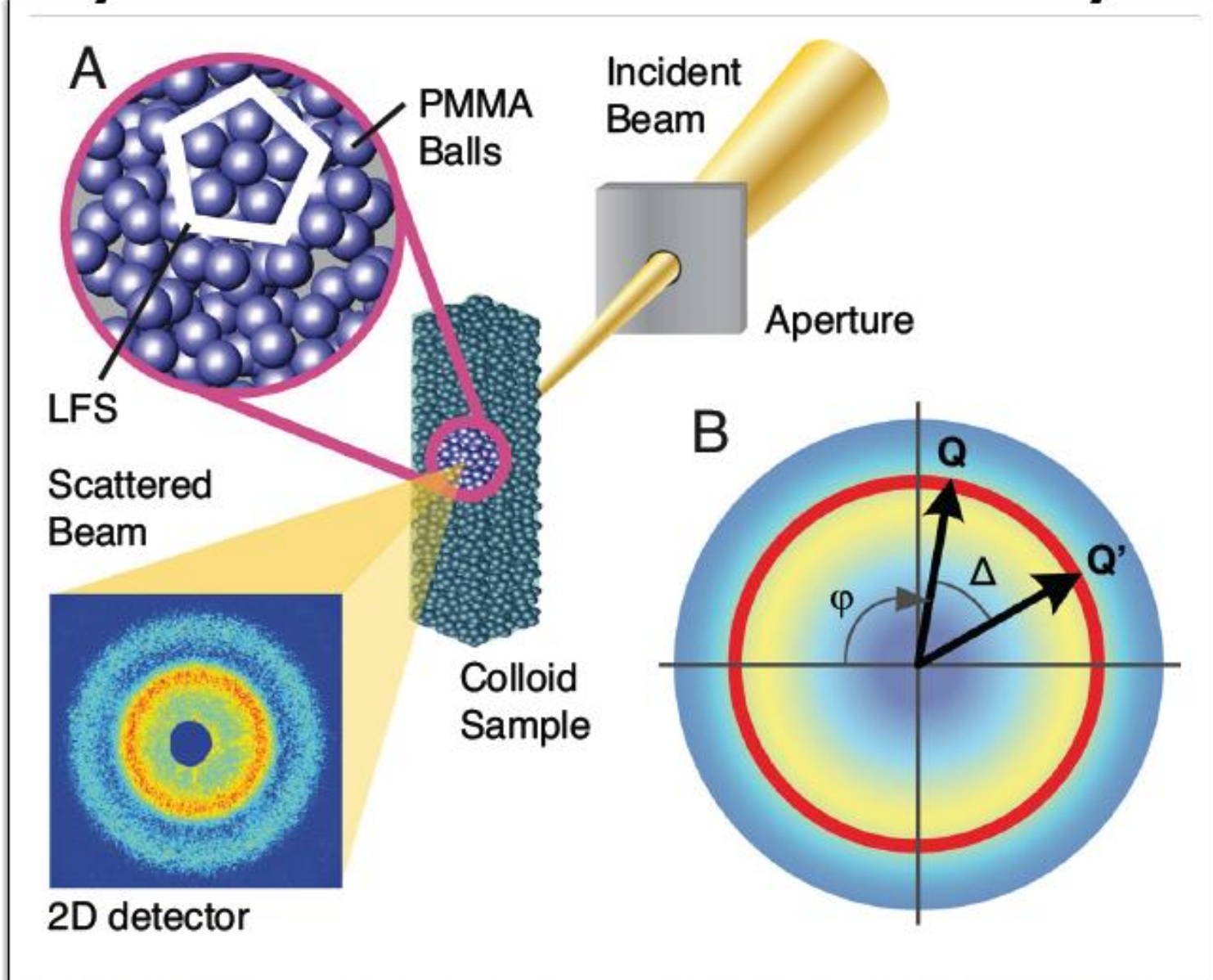
A series of workshops devoted to science with diffraction-limited, high repetition rate, hard x-ray sources, e.g., Energy Recovery Linac and Ultimate Storage Ring sources

、西野吉則教授
(北海道大学 電子科学研究所)
篠原佑也助教
(東京大学大学院 新領域創成科学研究科)
足立伸一教授
(KEK 物質構造科学研究所)

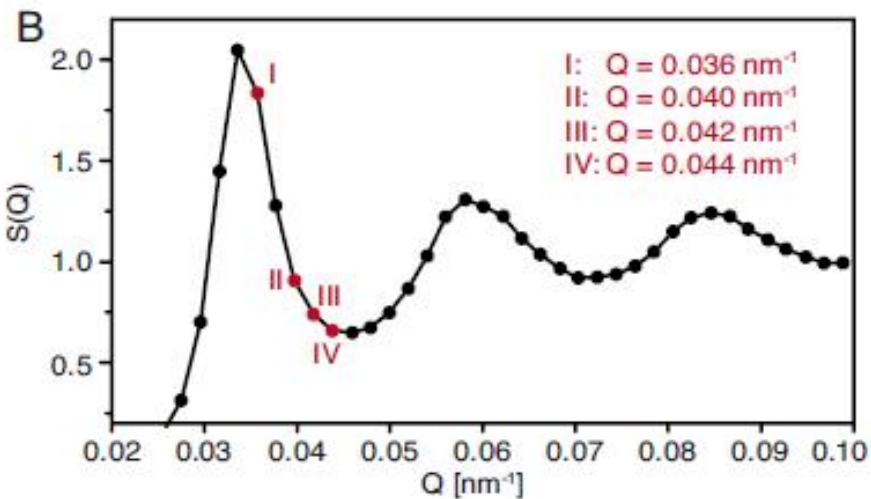
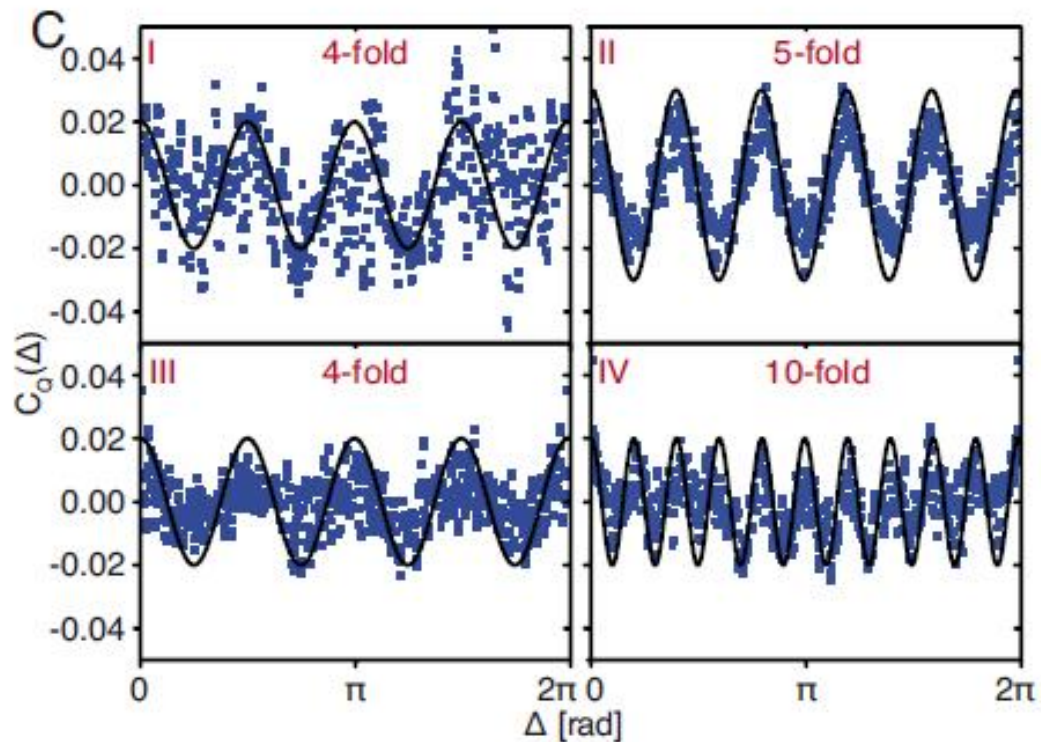
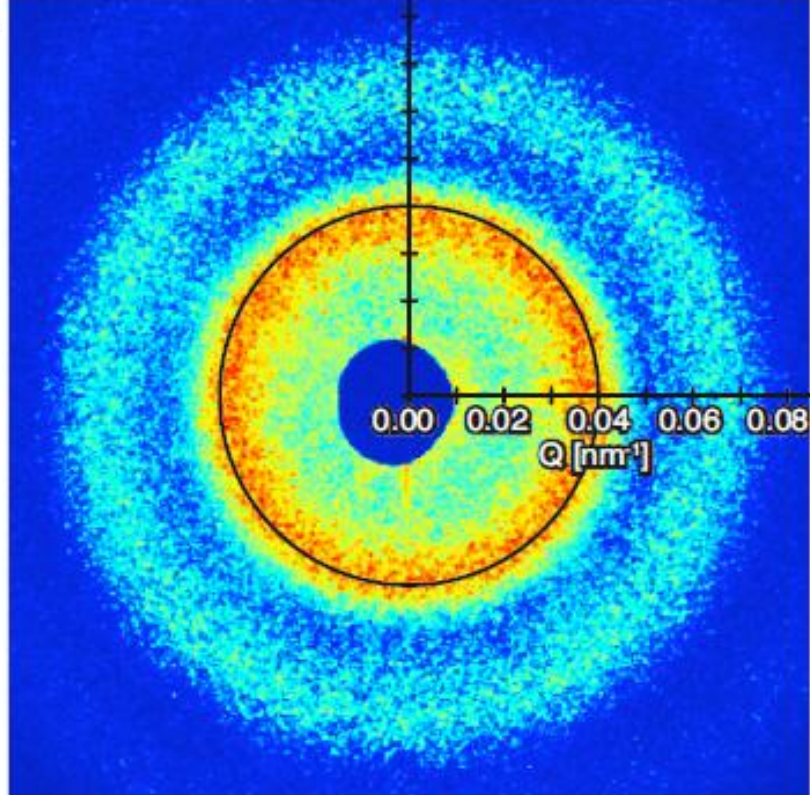


http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/XDL2011ws_report/index.html

X-ray Cross Correlation Analysis

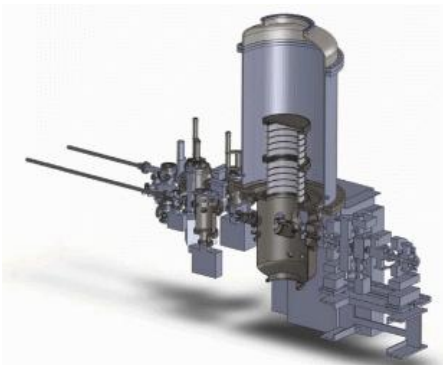


PNAS, **106**, 11511-11514 (2009)



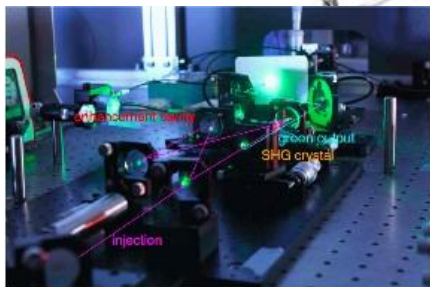
PNAS, **106**, 11511-11514 (2009)

要素技術開発 => c-ERL (35MeV→250MeV)



高輝度DC電子銃:

電子銃励起
レーザー



主加速部超伝導空洞



大出力RF源



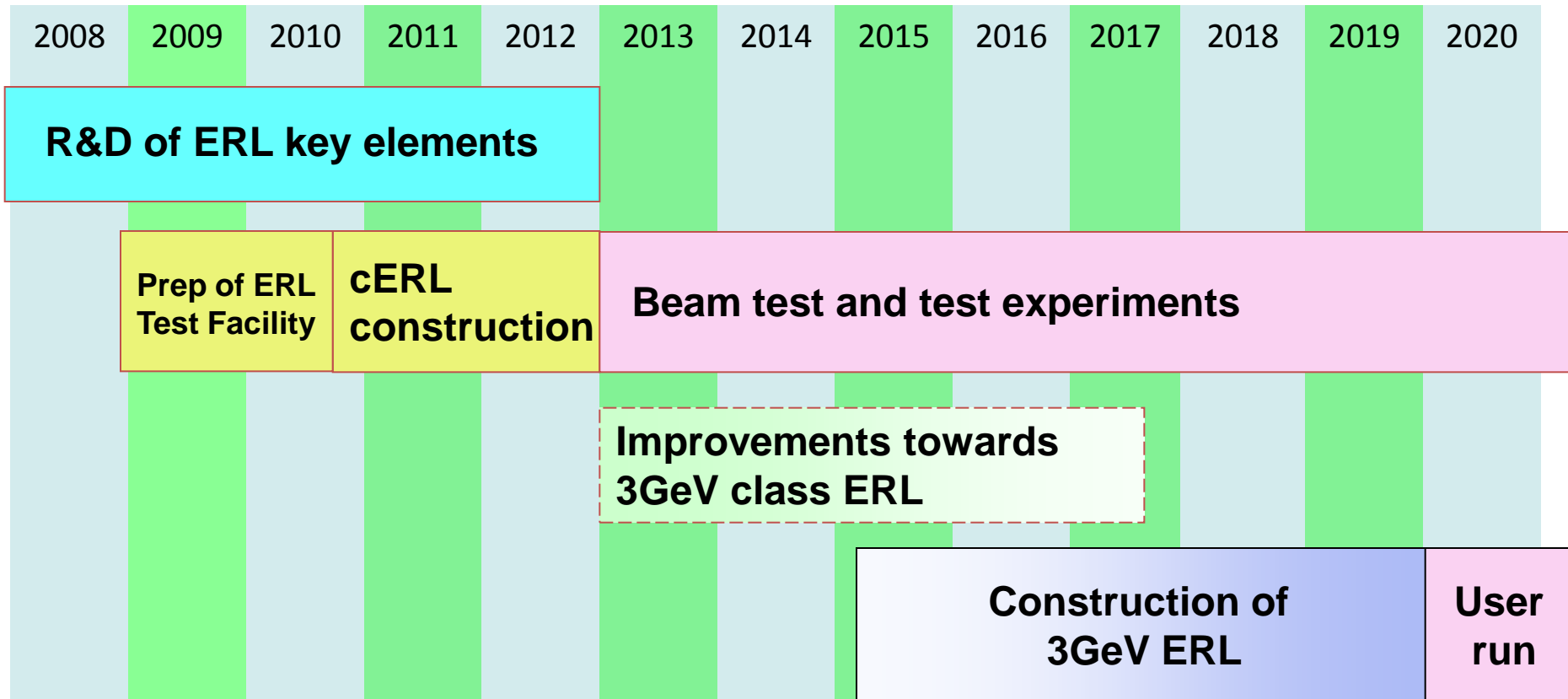
基本的な要素技術
開発はほぼ確立

2012年度末の完成を目指して建設中



入射部超伝導空洞

ERL計画のロードマップ(案)



3GeVクラス、2020年運転開始
- 運転経費は30億円/年をベースとする
- 2期計画としてXFEL-O (6-7GeV)

3GeV-ERLの実現を目指して —概念設計と外部評価—

概念設計案の検討状況

○加速器設計（含建設予算算定）

ERL推進室中心にLC推進室、JAEA、東大、名古屋大、広島大などが参画

○利用研究計画検討

PERL研究会（サイエンス検討のための研究会：26回開催）

「ERLサイエンスワークショップⅡ」4月27 - 28日

「ERLシンポジウム -持続可能な社会を実現する放射光-」7月11日

特別基調講演「日本「再創造」-「プラチナ社会」の実現に向けて-」小宮山 宏

「ERL2011」(国際ワークショップ;マシン中心+サイエンス) 10月17-21日

「物構研シンポジウム」12月6-7日

○KEK内での検討、意見交換会等

ERL推進委員会（7月20日）

研究推進会議（7月20日）

PF懇談会（7月11-13日）

⇒ CDR(概念設計書)の
年内作成を目標

外部評価・議論など(CDR完成後)

国際評価委員会（年度内開催予定）

放射光学会(特別委員会)

学術会議など



「ERLサイエンスワークショップⅡ」

17



小宮山先生



十倉先生



「ERLシンポジウム」

CD0執筆のお願い

(既にお願ひしていると思ひますが、、)

Chapter 1 Introduction

Chapter 2 Why 3.0 GeV class ERL is needed

Chapter 3 Enabling methodologies

Chapter 4 Sciences (including Phase II 7GeV XFEL-O)

4-1 Utilizing Solar Energy

4-2 Catalysis

4-3 Strongly correlated electron systems

4-4 Materials under extreme conditions

4-5 Environmental sciences

4-6 Life sciences

Chapter 5 ERL machine

Chapter 6 Beamlines

Chapter 7 Detector developments

Chapter 8 Management and budget (list of BLs, timeline)

まとめ

3GeVクラスERLにより、 10^{23} の輝度と ~ 15 pmradのエミッタンス、100フェムト秒のパルス幅を軟X線からX線領域で実現する。

→ スペクトロスコピーと構造決定、高速現象追尾を可能とし、不均一系(極微領域を含む)、ダイナミクスの物質科学研究を推進する。

- 実現に向けて
 - 1) CDR(概念設計書)の年内作成
 - 2) 大学連合会の構築
 - 3) 国際評価委員会
 - 4) 放射光学会(特別委員会)
 - 5) 学術会議への修正と働きかけ