

# ERL計画推進室の今後の方針

河田洋

- ERL計画を取り巻く状況
- 今後の活動方針案

# 最近のERL計画[技術]を取り巻く状況(1)

1)フotonファクトリー将来計画検討委員会・報告書「中間まとめ(案)」  
そのExecutive Summaryから

## 提言

本委員会は、現状の整理に基づき、放射光コミュニティからの要望に応じて、放射光科学の発展を担う施設としてのPFのミッションを遂行するために、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構が、以下の短・中期および長期の計画を推進することを提言する。また、放射光利用の多様性に適う21世紀に相応しい新しい大学共同利用制度のもと、施設を運営することを提言する。

**短・中期計画：**我が国の基礎科学の推進と科学技術イノベーションの両面で幅広く貢献できる蓄積リング型高輝度光源計画を推進する。国内外の情勢を調査・分析し、具体的な計画(新リング建設案など)を策定し、関係機関とも連携して、早急にこれを実現する。

**長期計画：**cw-XFELなどのライナック型回折限界光源のための加速器技術のR&D(含、建設や運営の低経費化)を継続する。具体的な長期計画については、短・中期計画の進捗を踏まえて策定し、これを実現する。

# 最近のERL計画[技術]を取り巻く状況(2)

2) 世界的にはLCLS-II計画が超伝導ベースの4GeVの高繰り返しFEL(CW-FEL)の建設がLCLSII計画として開始

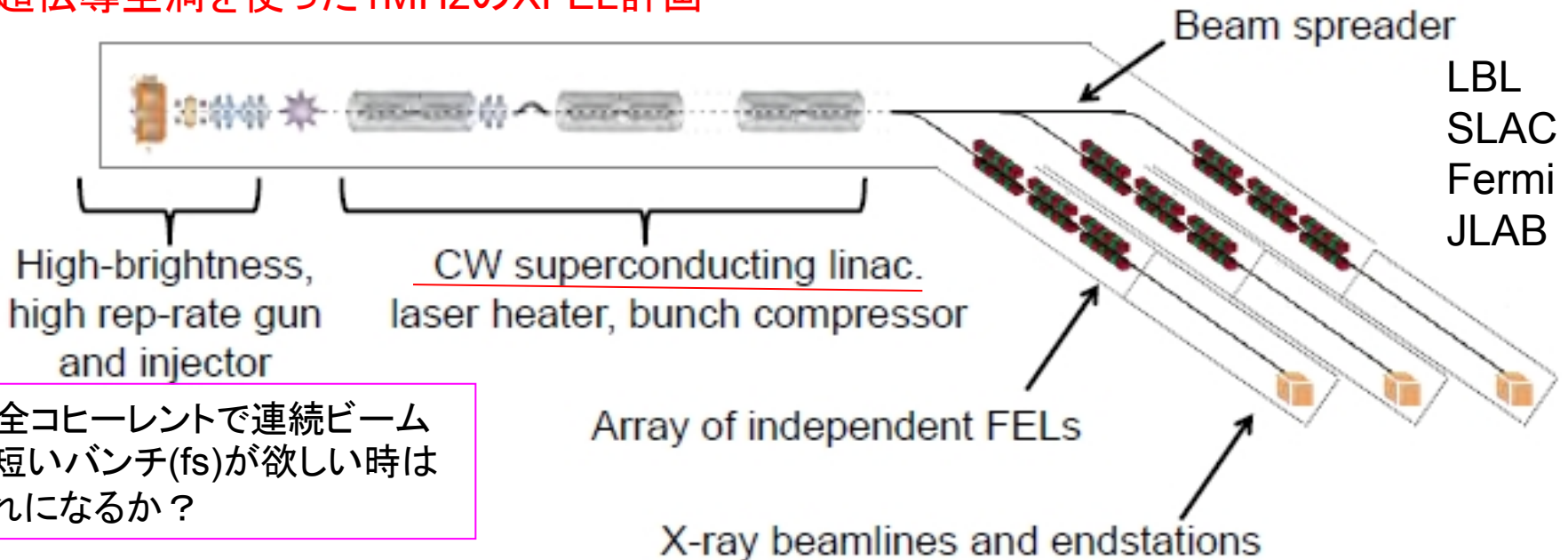
## Next Generation Light Source - Unique Capabilities



- 1.8 GeV CW SC LINAC
  - 3 FELs (seeded, 2 color, SASE) 280 eV – 1.2 keV
- 詳しくは<http://www.lbl.gov/ngls/>

J.N. Corlett,  
IPAC2012 proceedings, p1762

### CW超伝導空洞を使った1MHzのXFEL計画



完全コヒーレントで連続ビームで短いバンチ(fs)が欲しい時はこれになるか？

# 最近のERL計画[技術]を取り巻く状況(2-1)

LCLSIIのサイエンスケースの検討も米国で精力的に  
開始 ([https://portal.slac.stanford.edu/sites/lcls\\_public/lcls\\_ii/Pages/science.aspx](https://portal.slac.stanford.edu/sites/lcls_public/lcls_ii/Pages/science.aspx) )

6月1日に公開されたLCLSIIのサイエンスケース →

[https://portal.slac.stanford.edu/sites/lcls\\_public/Documents/LCLS-II\\_ScienceOpportunities\\_final.pdf](https://portal.slac.stanford.edu/sites/lcls_public/Documents/LCLS-II_ScienceOpportunities_final.pdf)

7月25日から開催されるゴードン会議の案内

<http://www.grc.org/programs.aspx?id=12235>




# Executive Summary and Overviewから

*...an exciting window of opportunity exists for the U.S. to provide a revolutionary advance in X-ray science by developing and constructing an unprecedented X-ray light source. This new light source should provide high repetition rate, ultra-bright, transform limited, femtosecond X-ray pulses over a broad photon energy range with full spatial and temporal coherence.*

LCLS-II represents just such an advance in X-ray laser technology and will be a transformative tool for energy science. It will qualitatively change the way in which X-ray scattering, spectroscopy and imaging will be used in the future, to observe in ways never before possible, how natural and artificial systems function, spanning multiple decades of time scales (down to the attosecond regime) and multiple spatial scales (down to the atomic regime). LCLS-II will further enable powerful new ways to capture rare chemical events, characterize fluctuating heterogeneous complexes, and reveal underlying quantum phenomena in matter using nonlinear, multidimensional, and coherent X-ray techniques that are only possible with a true X-ray laser.

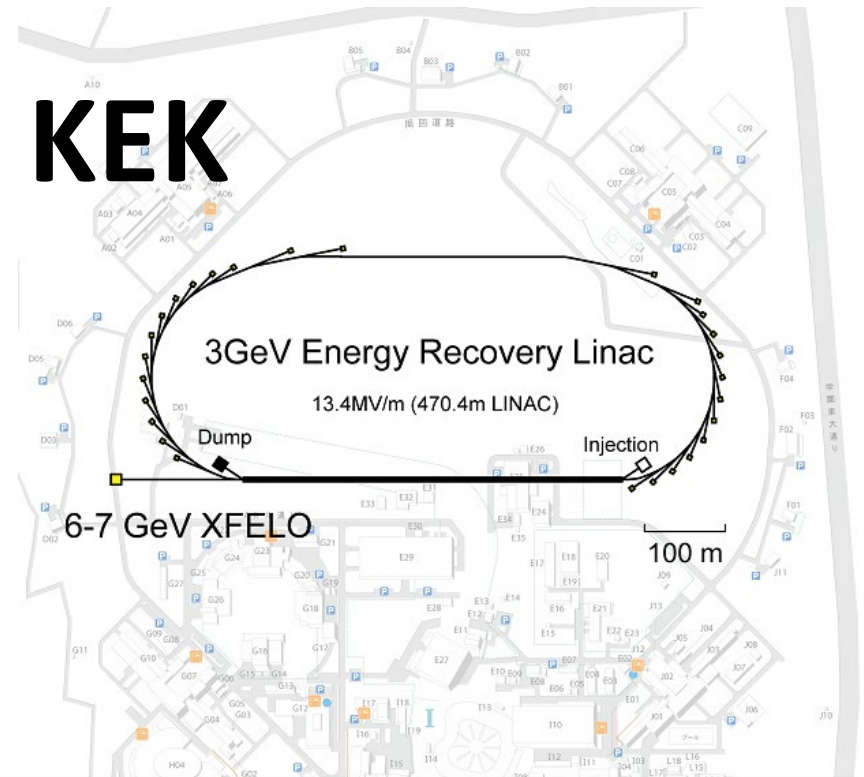
KEK Report 2012-4  
October 2012  
A/M

## Energy Recovery Linac Conceptual Design Report

 High Energy Accelerator Research Organization

<http://ccdb5fs.kek.jp/tiff/2012/1224/1224004.pdf>

KEK Report 2012-4



- Beam energy
  - Full energy: 3 GeV
  - Injection and dump :10 MeV
- Geometry
  - Linac length : 470 m
- Straight sections for ID's
  - 22 x 6 m short straight
  - 6 x 30 m long straight

# Chapter 1 Executive Summary

ERL is a future X-ray light source designed based on state-of-the-art superconducting linear accelerator technology, which will offer far higher performance than the existing storage ring. The high repetition rate, short pulse, high spatial coherence and high brightness of ERL will enable the filming of ultrafast atomic-scale movies and determination of the structure of heterogeneous systems on the nano-scale. These unique capabilities of ERL will drive forward a distinct paradigm shift in X-ray science from “static and homogeneous” systems to “dynamic and heterogeneous” systems, in other words, from “time- and space-averaged” analysis to “time- and space-resolved” analysis.

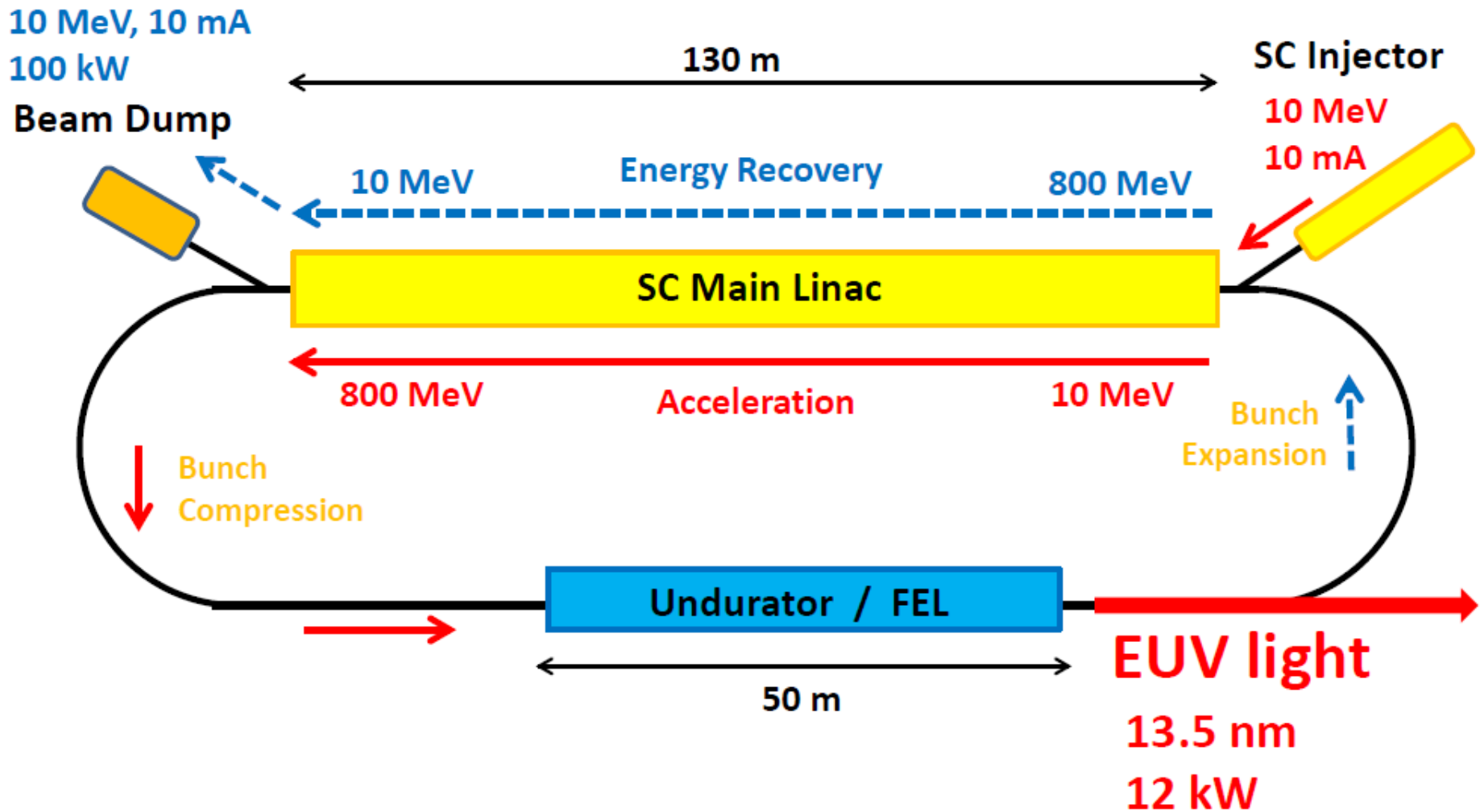
# 最近のERL計画[技術]を取り巻く状況(3)

3) 今後の半導体微細加工を切り開くEUV光源としてERL-FELへの期待が高まりを受けて検討を開始。昨年末に東芝との共同研究が開始している。また、その可能性に関する検討結果を国内・国際会議で発表。

この加速器は、EUV光源として設計しているが、2回加速後にアンジュレータを置けば、water window (284eVから543eVの間) エネルギー域のFEL発振が可能である。



## 2. ERL for EUV-FEL



After Eiji KAKO: 2014 International Workshop on EUV and Soft X-Ray Sources;  
November 3-6, 2014, Dublin • Ireland  
<http://www.euvlitho.com/2014/2014%20Source%20Workshop%20Proceedings.pdf>



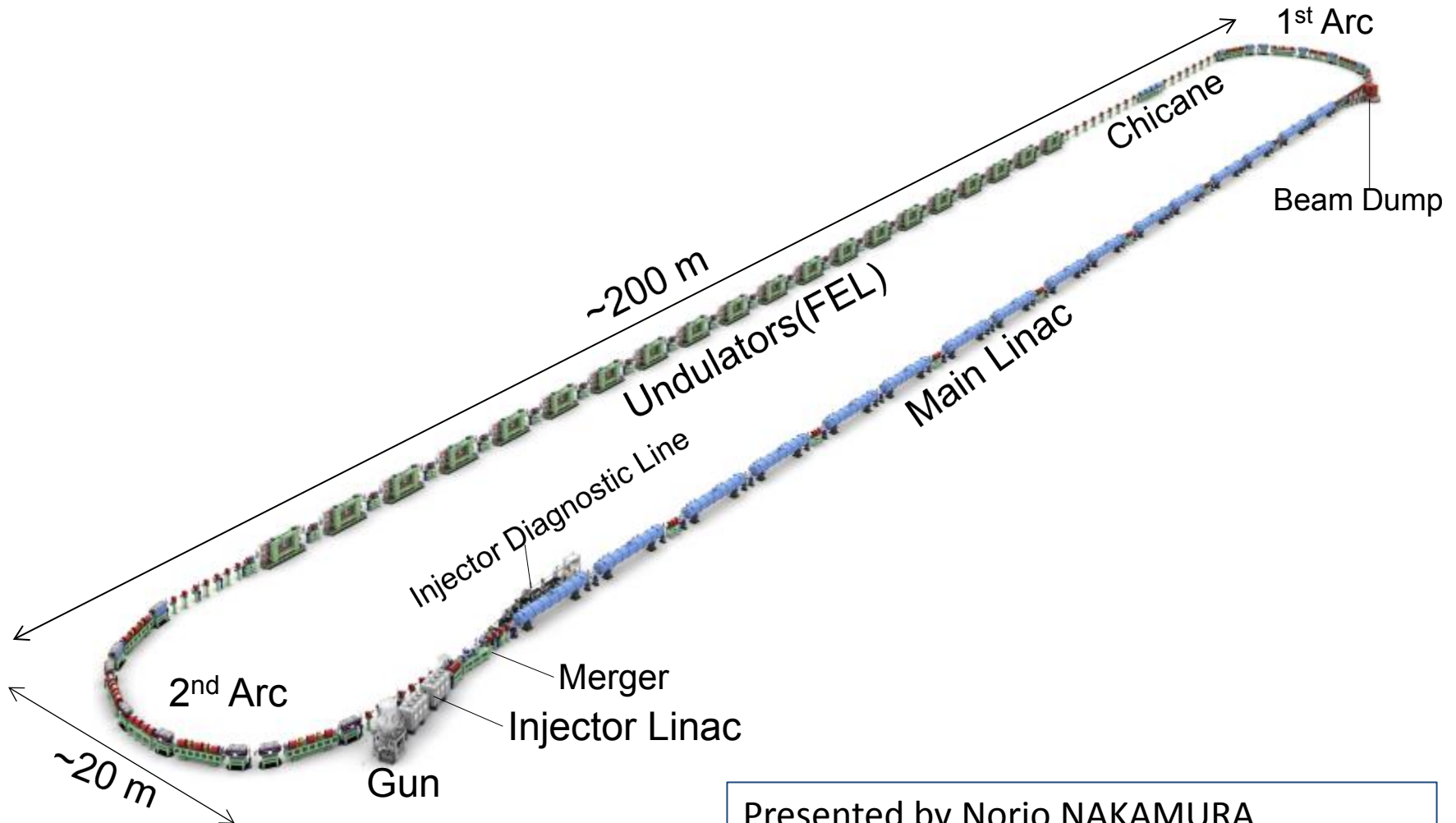
# ERL Parameters for EUV/FEL

ERL	EUV/FEL
Injection Energy	10.5 MeV
Beam Energy	800 MeV
Bunch Charge	60 pC
Repetition Rate	162.5 MHz
Ave. Current	9.75 mA
Energy Spread	0.1 % rms
Normalized Emittance*	0.6 mm mrad
Undulator Gap	7 mm
EUV Wavelength	13.5 nm
EUV output power	15 kW

\* entrance of 1<sup>st</sup> arc

現在検討されている最新のパラメータ[中村氏提供]

# Image of ERL-EUV Design



Presented by Norio NAKAMURA

ERL2015 (<https://www.bnl.gov/erl2015/>)

# EUV 光源検討の発信情報等

2014 International Workshop on EUV and Soft X-ray Sources

2014/Nov./3-6

加古、羽島

AAA技術部会@秋葉原

4月14日

河田

ERL2015 at BNL (USA),

June 7~12

中村

EUV-Litho WS in Hawaii (USA), June 15~19

中村

応物学会・NGL研究会@東工大 7月6~7日

河田

第12回日本加速器学会@敦賀、8月4~7日

宮島

SRF2015 at TRIUNF (Canada),

Sept. 13~18

河田

EUV-Source WS in Dublin (Ireland), Nov. 9~12

梅森

TTC at SLAC (USA),

Dec. 7~11

阪井

コンソーシアム立ち上げのための勉強会への呼びかけを開始

# 最近のERL計画[技術]を取り巻く状況(4)

- LCSの成功を受けて東海大学医学部研究グループが強い興味。
- 7keV→40keVまでの増強に向けて検討。

**X-ray imaging with a LCS beam**

(a) Experimental hatch

LCS X-ray

Beryllium window

Sample

2.5 m

Tube filled with He gas

2D photo counting X-ray detector (HyPix-3000, Rigaku)

phase contrast imaging

$\delta \neq 0, \beta \neq 0$

X-ray source

object

absorption + refraction  
→ edge enhancement

0 1 2 3mm

An X-ray image of a hornet taken with LCS-produced X-ray.  
Detector: HyPix-3000 from RIGAKU. Detector was apart from the sample by approx. 2.5 m.

ERL2015 羽島氏スライド

# 今後の方針案(1)

- cERLで10mAの電流増強に伴うERL加速器技術の確立を行う。それと同時に光・量子プロジェクトの開発拠点としての役割も果たす。
- 放射光コミュニティーは3GeV高輝度リング実現を先ず第1優先と掲げている。→ ERLで汎用性のための開発要素である100mAのゴール設定の優先順位を下げざる得ない。
- 放射光コミュニティーの最先端光源として、cw-FELもしくはERL-FEL(EUV光源)の方向性を確実にする → 4連の9セル空洞モジュール[~10mAを担保]開発と試験の優先順位を上げる。

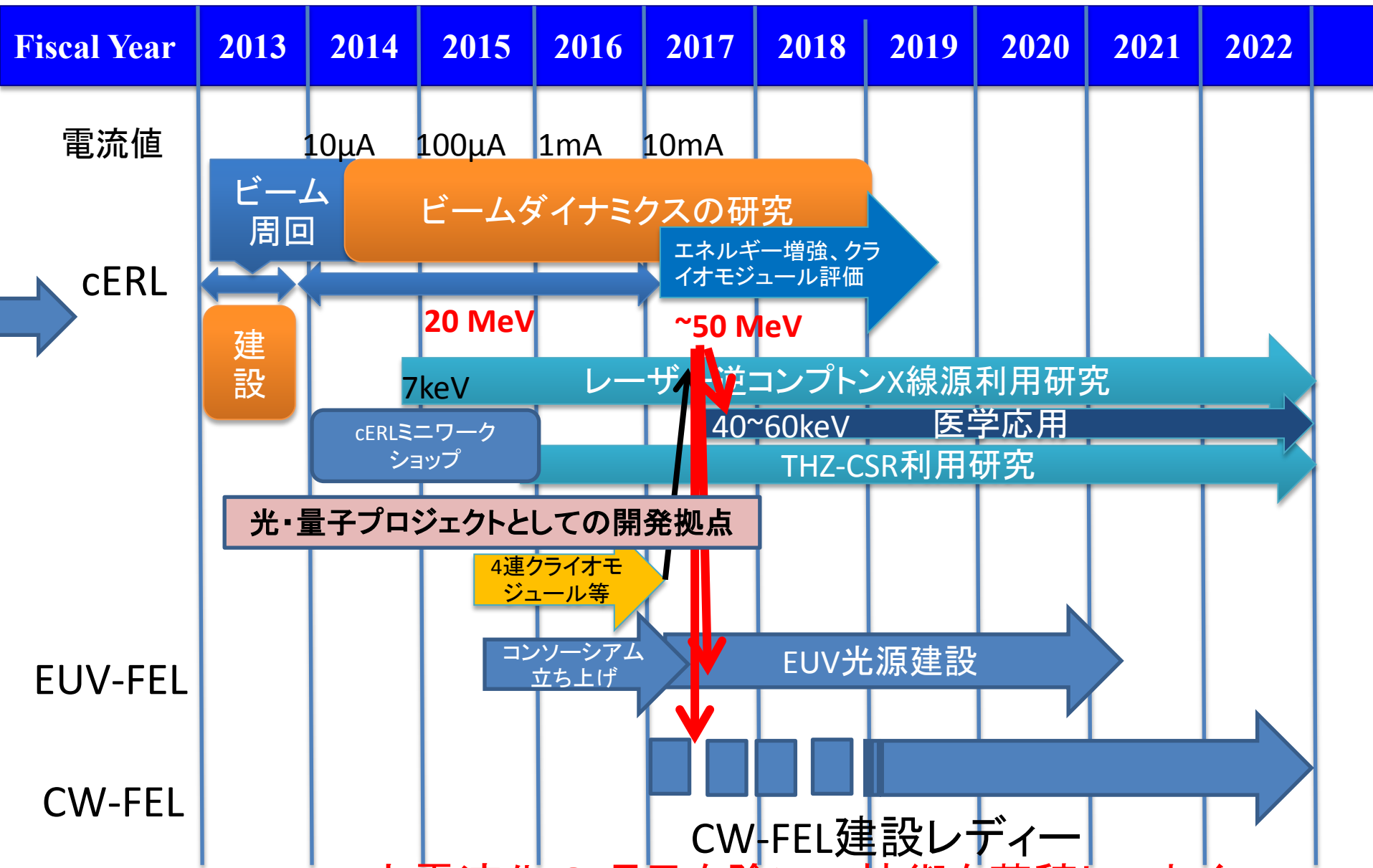
## 今後の方針案(2)

- 医学イメージングに関しては、上記のモジュール開発によって自動的に目標を達成。(ただし、モジュールだけではなく冷凍設備、RF設備、加速器ビームライン改造、冷却水設備増強等が必要) → 外部資金獲得へ
- 将来の先端放射光源としてのcw-FELの技術開発も、量産体制を除いて上記の開発でほぼ実現。
- 量産体制整備はEUV光源実現時に確立





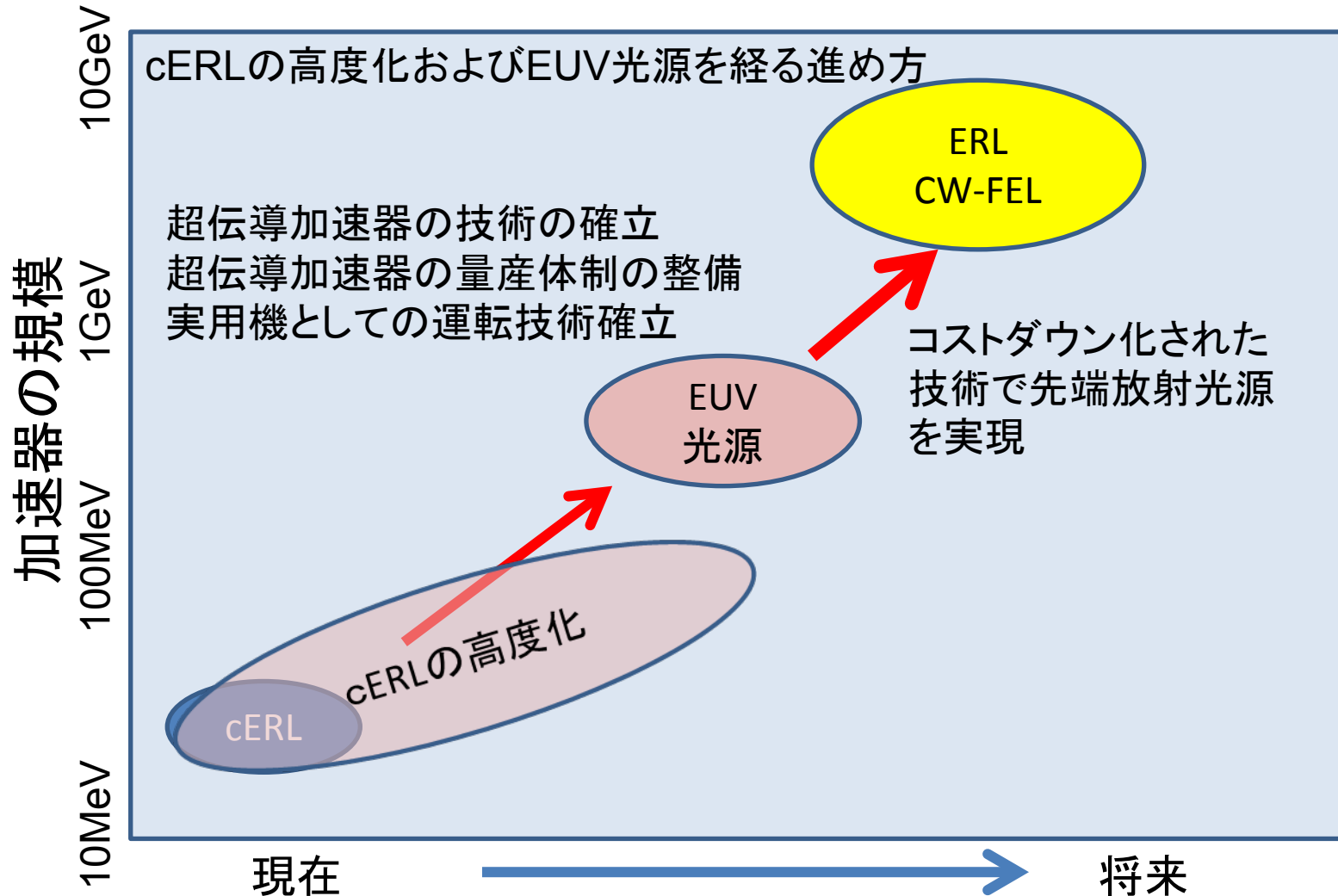
# ERL (超伝導加速器先端光源) 計画の年次計画案



3GeV ERL 100 mA大電流化の項目を除いて技術を蓄積しておく

# 先端放射光源としてのERL計画の進め方(2013年度私案)

- CW超伝導加速器を用いた先端光源という立場で、高繰り返しFELもERL計画の一部という位置付けで整理



# 先端放射光源としてのERL計画の進め方(2015年度案)

- CW超伝導加速器を用いた先端光源という立場で、CW-FEL実現を第1優先の将来展望として整理

