



2014年度からのR&D項目 全体計画



ERL Project
KEK/IMSS

河田 洋
ERL 計画推進室, KEK

2013年6月10日 第7回ERL計画推進委員会

3GeV-ERLに向けたR&D項目

1. 電子銃の開発研究

カソード材質、持続性、エミッタンス

2. 超伝導加速器空洞の開発研究

フィールドエミッションフリー化

HOM開発、空洞多連化、

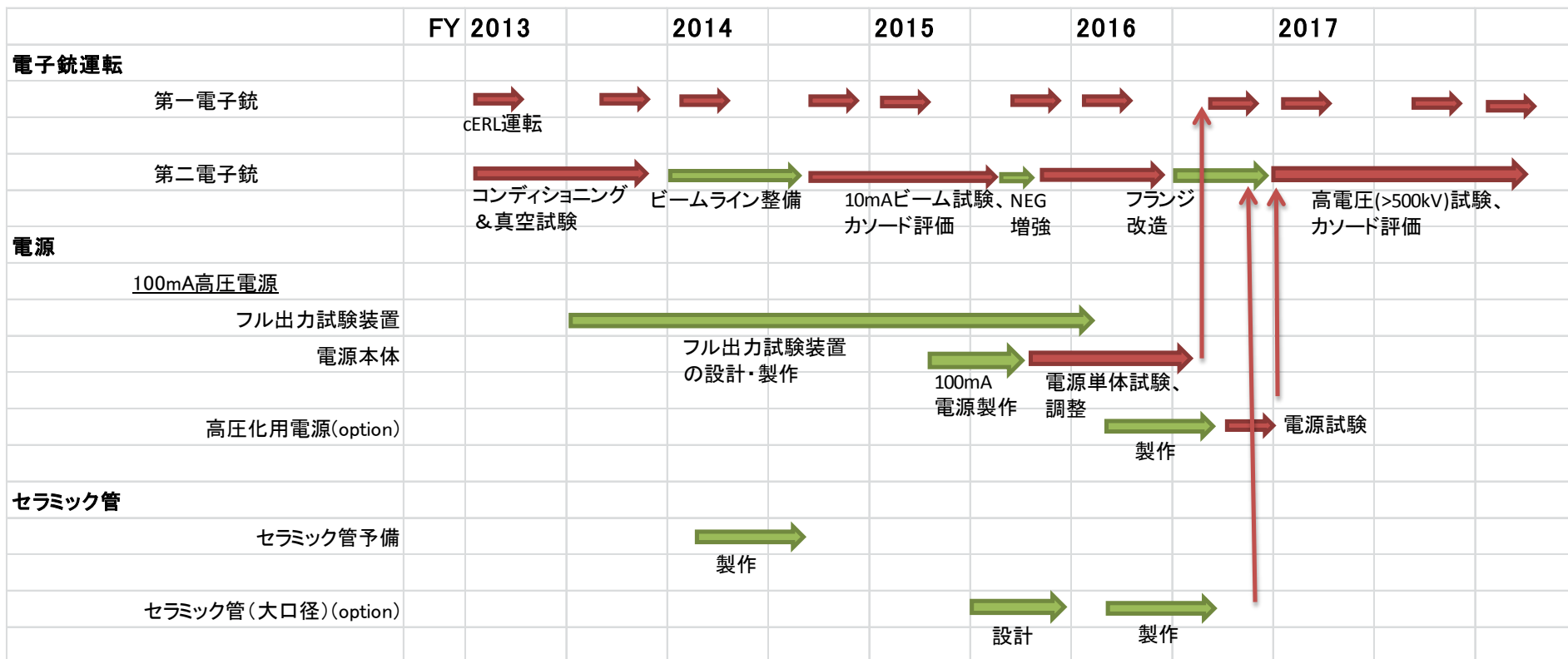
大量生産化への見通し

3. ビームダイナミクスに関する研究

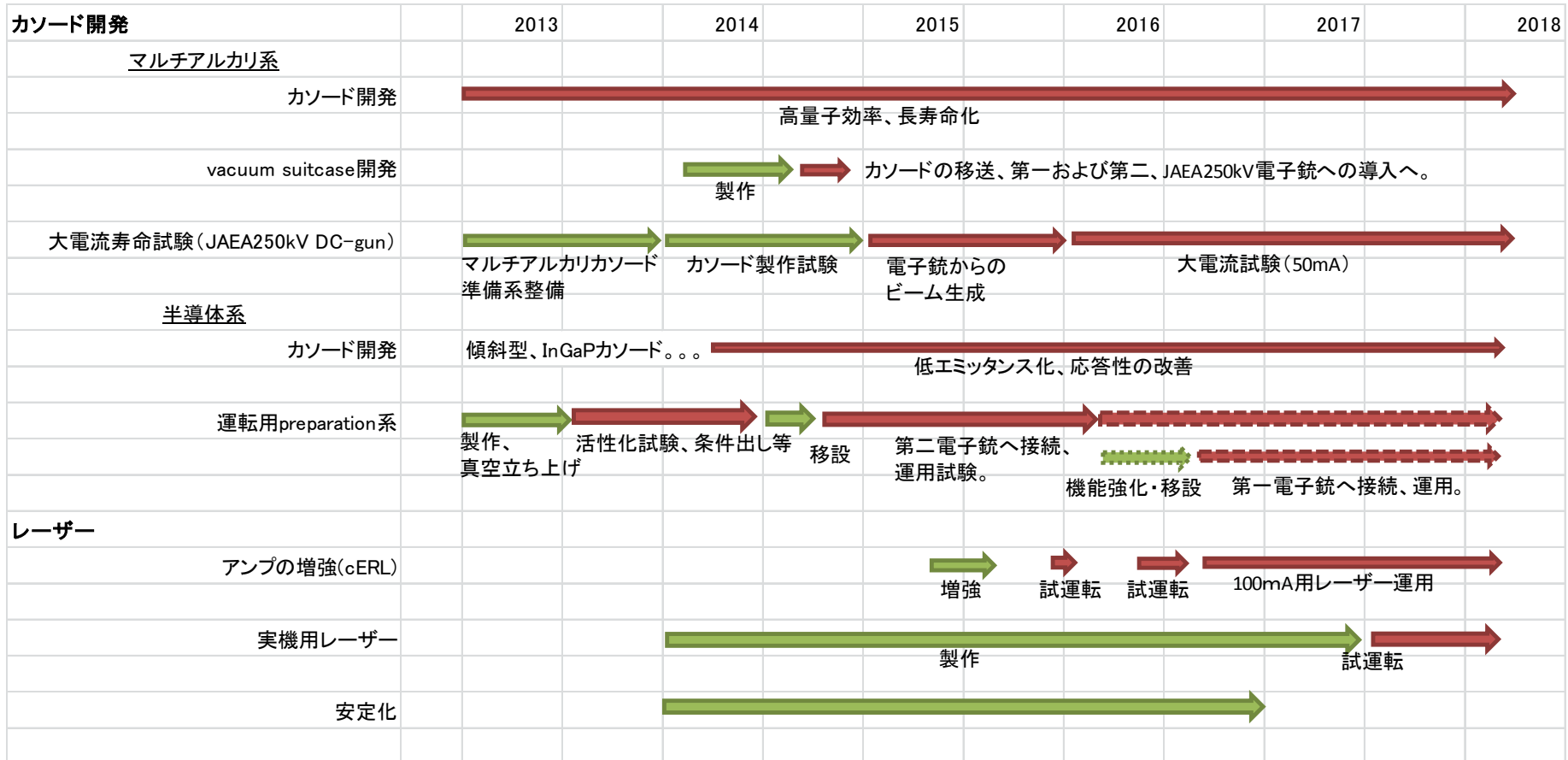
ビームハロー、ビーム安定性、放射線安全性

高輝度DC電子銃の今後のR&D(1)

- 1) 500 kV 100mA対応の高圧電源の制作
- 2) GaAsのみならずマルチアルカリフォトカソードの開発
拠点の確立とその性能評価
- 3) 100 mA対応の励起レーザーシステムの構築



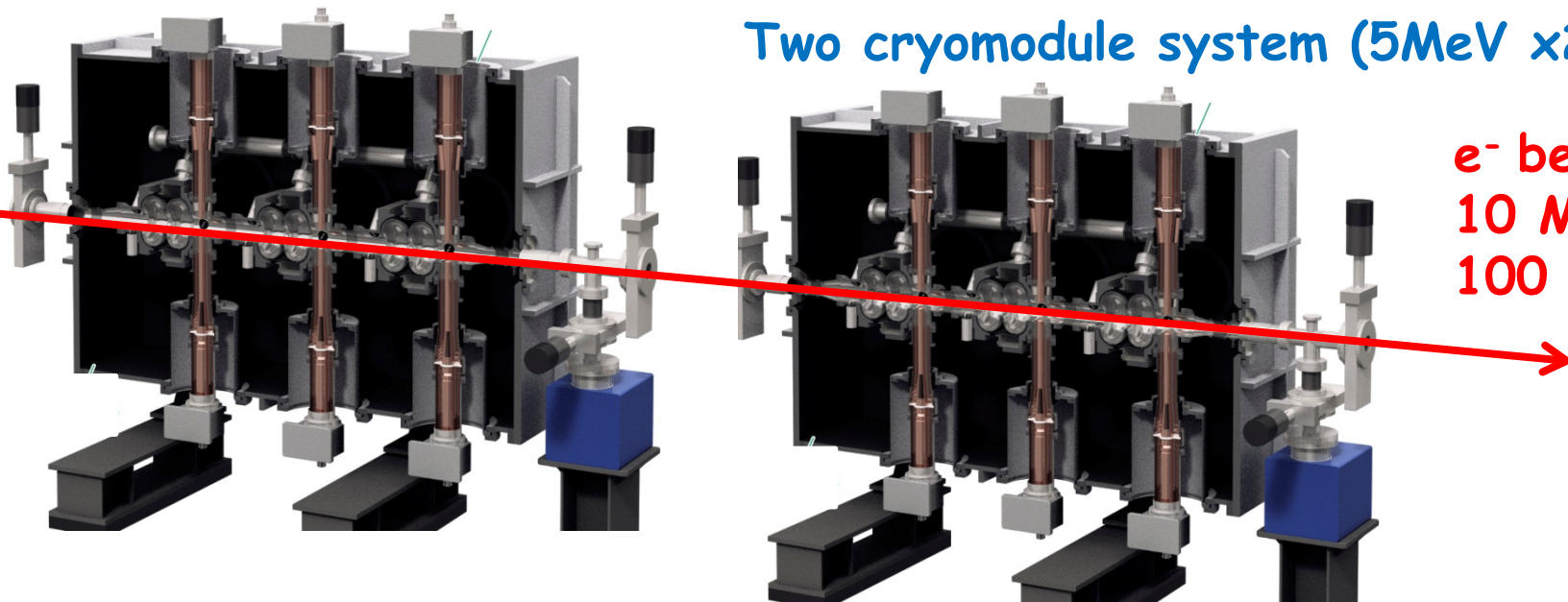
高輝度DC電子銃の今後のR&D(2)



入射部超伝導空洞のR&D

Two cryomodule system (5MeV x2)

e⁻ beam
10 MeV
100 mA



1) ハイパワー入力カプラーの開発 (40kW(現在) → 100kW(目標))

2014年度: 改良型の試作

2015年度: 85kW入力カプラー試作

2016年度: 100kW入力カプラー完成



2) 高効率冷却タイプRFフィードスルーの開発

2014年度: 高効率冷却試験装置、改良型試作

2015年度: サファイア窓RFフィードスルー試作

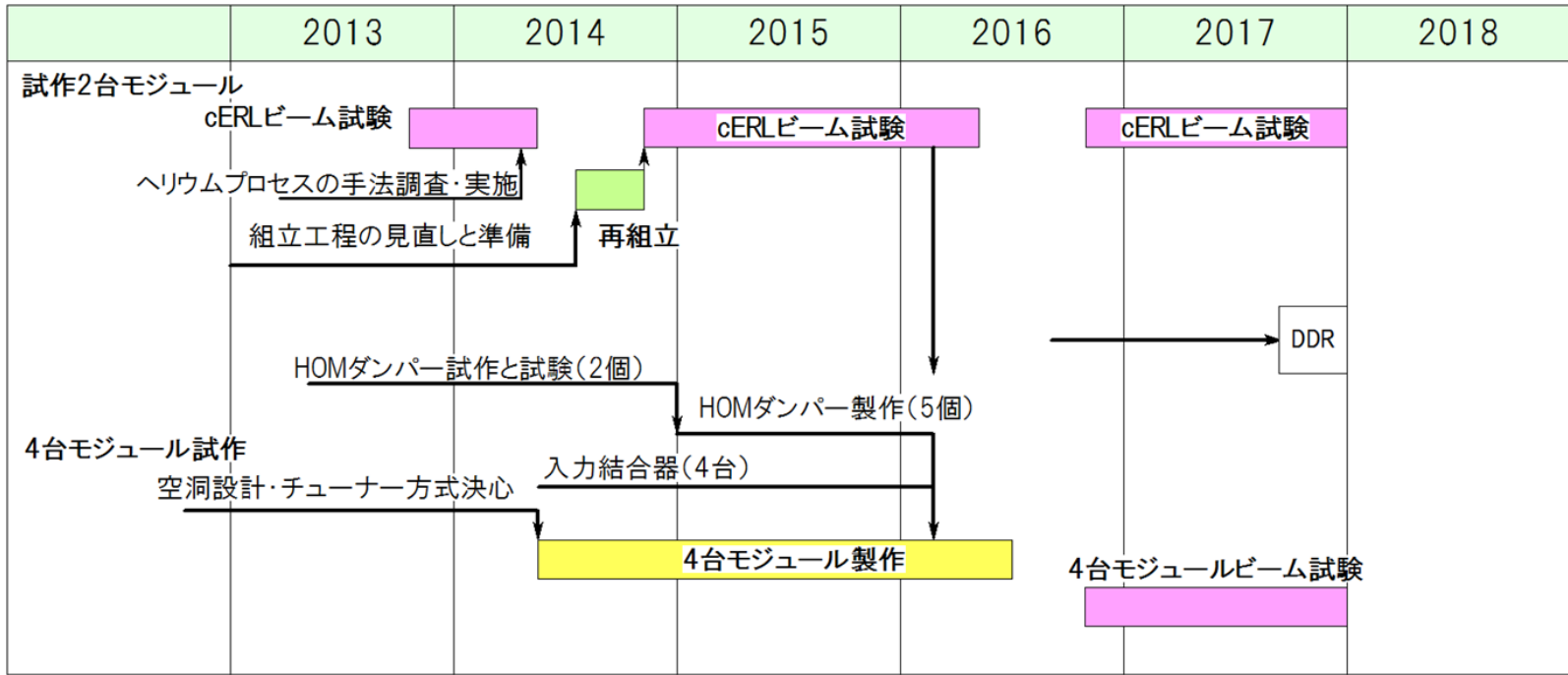
2016年度: 実機使用タイプの完成



真空管の課題解決に向けたプロジェクト

ERLモジュールの性能向上に向けた今後のアクションプランと計画

- 100mA空洞形状の最適化
- 組立方法の改善
 - 組立工程の見直しと治工具の開発
 - ヘリウムプロセスの手法検討（冷却空洞の性能回復手段として）
- HOMダンパーの改善
 - 他材質を用いたダンパーの試作（SiC）
- 4台空洞モジュールの設計と実証
 - 30W×4台(2K)の安定冷却が可能なクライオスタットの設計と製作の育成



4連空洞モジュールの導入に関わる整備

1) ヘリウム冷凍設備の増強

- ATFから回収圧縮機、ヘリウム精製器およびカードルを移設(2013)
- 超低温光学センターからヘリウム液化機(TCF200)を移設(2014)
- 循環圧縮機、2K冷凍機コールドボックス、配管、据付、中圧タンク、減圧ポンプを2015、2016年度に整備

2) RF源の増強

- 半導体アンプで4系統整備

3) 周回部マグネット電源の増強

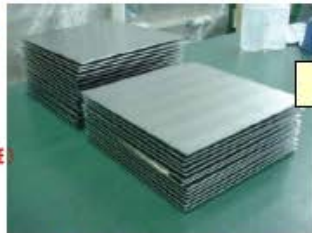
- 100MeVまでの加速エネルギー増強に対応

4) 電力設備、冷却水設備の増強

STF (Super Conducting Test facility) を利用した 超伝導空洞の量産基地モデルの可能性の検討(案)

- 一般高圧ガス設備
- 申請者： KEK
- 製造者： KEK

1. 詳細基準事前評価申請書
2. 高圧ガス設備試験申請書
3. 高圧ガス設備試験成績書
4. 高圧ガス設備試験成績証明書 (合格証)



Niobium sheets

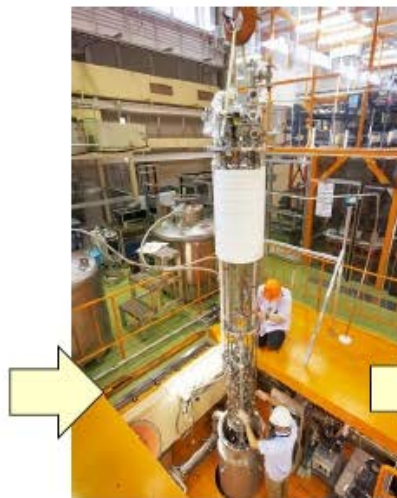
Nb Cavity
at 1.5 times of design pressure
(test with water : 0.3 MPa)

Inspection by
a KHK staff
by KEK

Fabrication company of Nb cavities

Fabrication company
of Ti jacket

80 cavities / year
8 cavities / month



Vertical tests
at STF



TIG weld of He Jacket
at CFF



KEKでのクライオモジュール量産化モデル

Vertical Test Cycle at STF



EP device x 2



Baking stand x 2



Hanging stand x 4



VT cryostat x 2

2 V.T. / week
80 V.T. / year

Cryomodule Assembly at STF (4 cavities / cryomodule)



Cavity string assembly
1 week



Cold mass assembly
2 week



Insertion into vac. vessel
1 week

Installation of input
couplers, 1 week



1.5 CM / month
16 CM / year
High power test
at STF tunnel

ビームダイナミクス関係のR&D

- 1) ビーム位置測定・安定化
- 2) ロスモニター・高速インターロック
- 3) ビームハロー等の問題点の確認



cERLの運転で技術開発・蓄積が進む事項

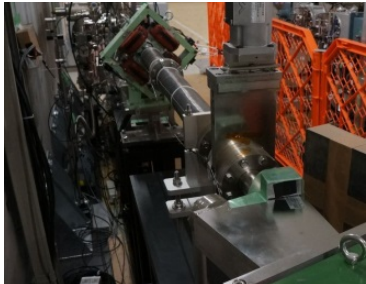
ビーム位置測定・軌道安定化

- cERL実績：コミッショニング初日からビーム位置検出し、調整に役立った
- **CW運転時**の平均軌道の精密測定・kHzオーダーでの軌道フィードバックは近年の蓄積リングで既に実証済み。ERLでは検波周波数が1.3GHzになる：多少の開発は必要だが**技術的困難は無い**。
- cERL周回部建設後、加速ビームと減速ビームの両方が通る場所の診断系を開発・実証してゆく。

ロスモニタ、高速インターロック

- 数 μ sオーダーでの**高速インターロック**系はJ-Parc/KEKBで独自開発・運用実績のあるハードウェアを採用。cERLでも既にインターロックに**使用中**
- cERL実績：コミッショニング時の1 μ sマクロパルス（**電荷5pC**）のロスをCsIシンチレータ付きのPhoto Diodeで測定しながらビームをダンプまで導いた。
- 10 μ ~1m秒オーダーでの計数回路を開発中。cERLにおいて**実際のビームロスを使った検証**をすすめ、3GeV-ERLのインターロックを構築。

ロス検出部



インターロック処理部



Y. Honda, H. Sagenashi

1. Laser停止
2. RF停止
3. 電子銃HV制御

cERLでの開発により、3GeV-ERLの安定化・ビームロス対策開発が十分実現可能

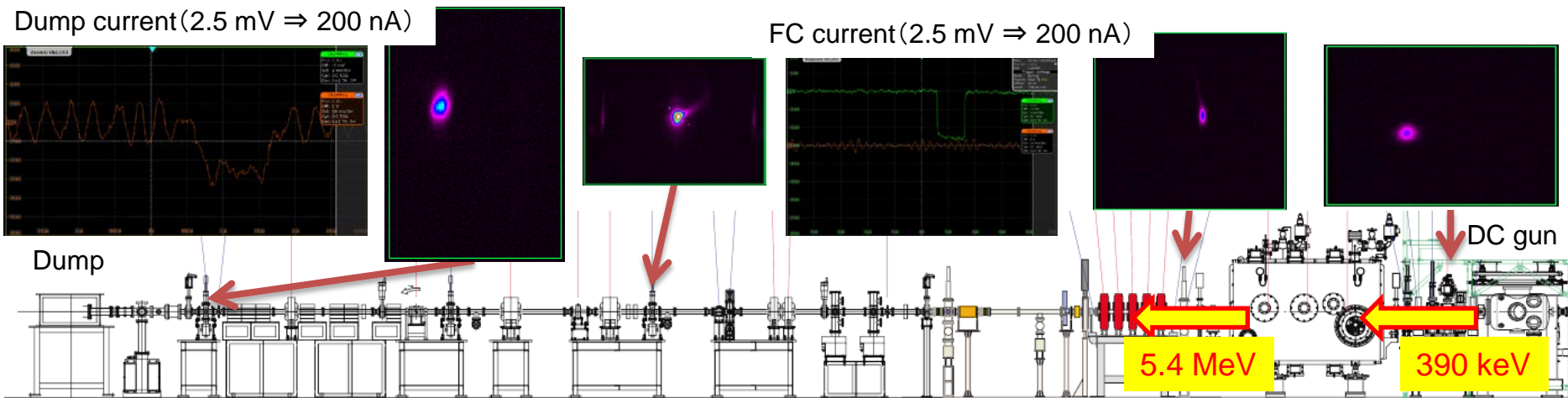
ビームハローの測定 (cERLでの現状と今後)

ビームハローの主な原因

- 電子銃・超伝導空洞からの暗電流
- ビーム輸送中でのハローの形成(空間電荷効果、コヒーレント輻射、非線形磁場による効果等)

cERL入射器でのビームハロー試験の現状

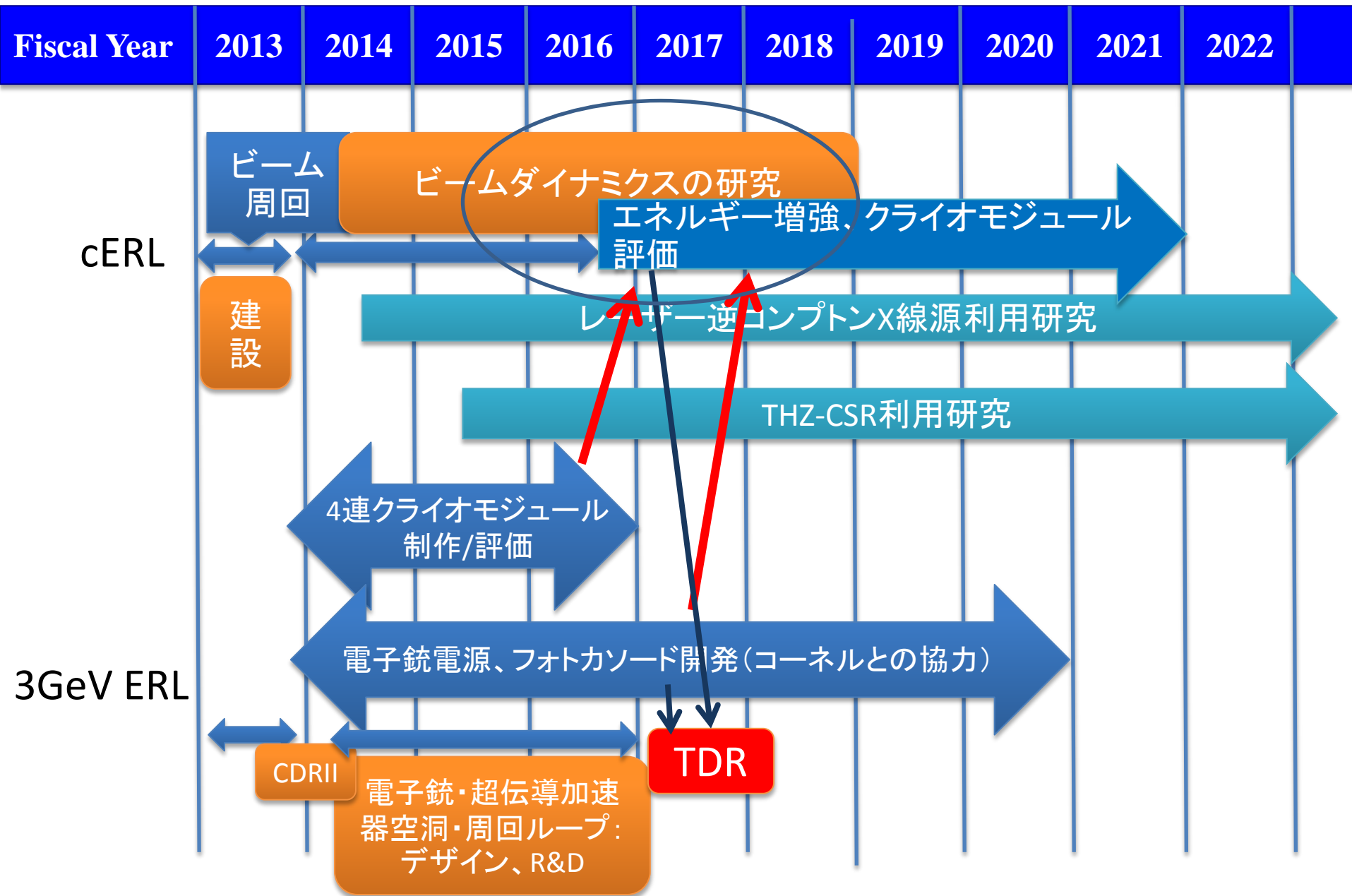
- 現在のビーム運転パラメタ(電子銃390 kV, 加速後のエネルギー 5.4 MeV)では、電子銃、入射器超伝導空洞での**明らかなハロー生成は観測されていない**



cERL入射器でのビームハロー試験の今後の予定

- コリメータを用いてハローを抑制する試験(横方向でのハローの測定)
- 偏向電磁石下流でのエネルギー変動の測定(進行方向でのハローの測定)
- 大電荷での試験(空間電荷効果によるハロー生成の調査)

ERL計画 (cERLと3GeV-ERL)の年次計画



まとめ

1) 回折限界放射光源としての立場から3GeV-ERLへ向けた開発研究をcERLで展開し、急速に発展している諸外国の開発状況を共有する事、また4連超伝導空洞クライオモジュールの試作を行い、2017年度には詳細設計を可能となる技術レベルにまで到達することを目標。

2) cERLは来年度には電流増強を行い、加速器要素技術(特にビームダイナミクスの開発)の構築を図るが、一方でレーザー逆コンプトン散乱X線源(羽島発表参照)やTHz-CSRを用いた応用研究(足立発表参照)も、2014-2015年度から開始する。これらの利用研究にとっても、加速エネルギーの増強や大電流化は有用(必須)。