

量産システムに向けたEUV-FEL大強度光源実現への挑戦

Challenges to realize the EUV-FEL high power light source for HVM system

河田 洋

高エネルギー加速器研究機構・先端加速器推進部

概要

- 半導体集積回路のさらなる高性能化には、EUVリソグラフィによる微細化が有力候補である。近年急速にLPP光源の開発と大強度化（～200W）が進み、長年の目標であるEUVリソグラフィの実用化の幕開けのところに到達してきている。一方、更なる微細化の流れを担保するためには、1kW以上の大強度化が必須となる。その大強度光源を実現する“EUV-FEL光源”の実現に向けての挑戦を報告する。

半導体リソグラフィ微細化の現状と課題

[背景]

- IoT等のICT技術の活用には、更なる微細化による情報処理デバイスの飛躍的な性能向上が不可欠である。レーザープラズマ(LPP)光源を用いたEUV露光技術が開発され、今年から量産化が開始予定。

[課題]

- 今後のデバイスの微細化には、10kW級の光源出力が必要である。現在のLPP光源技術の延長では実現困難であり、新しい大強度EUV光源技術が求められる。(図1は想定される微細化のトレンド)
- 新しい大強度EUV光源としてEUV-FELが考えられているが、半導体のエンドユーザーへの浸透や、逆にエンドユーザーからの光源に対する要望調査を行う事により、産業化に向けての挑戦を開始する必要がある

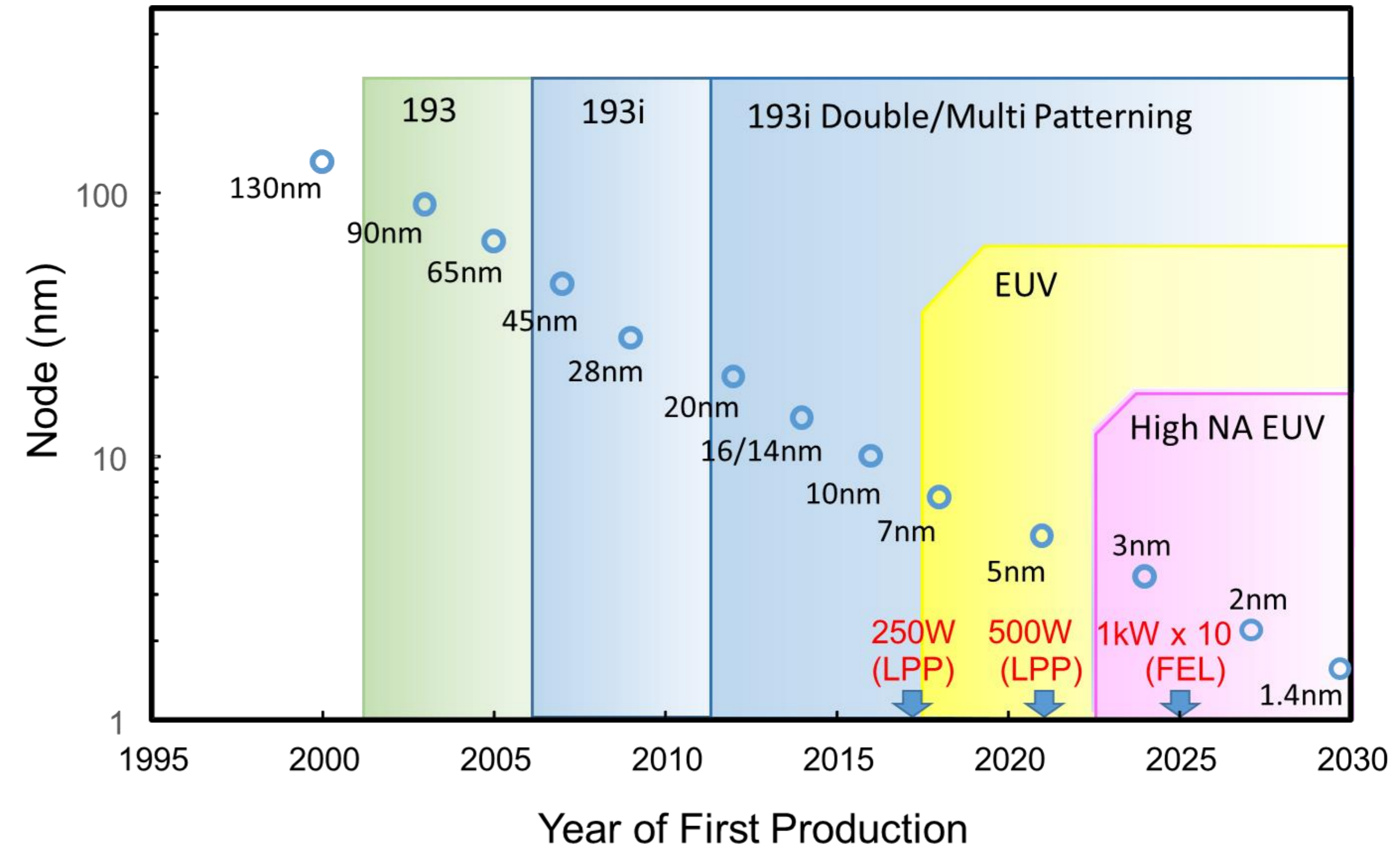


図1 想定される半導体微細化のトレンド

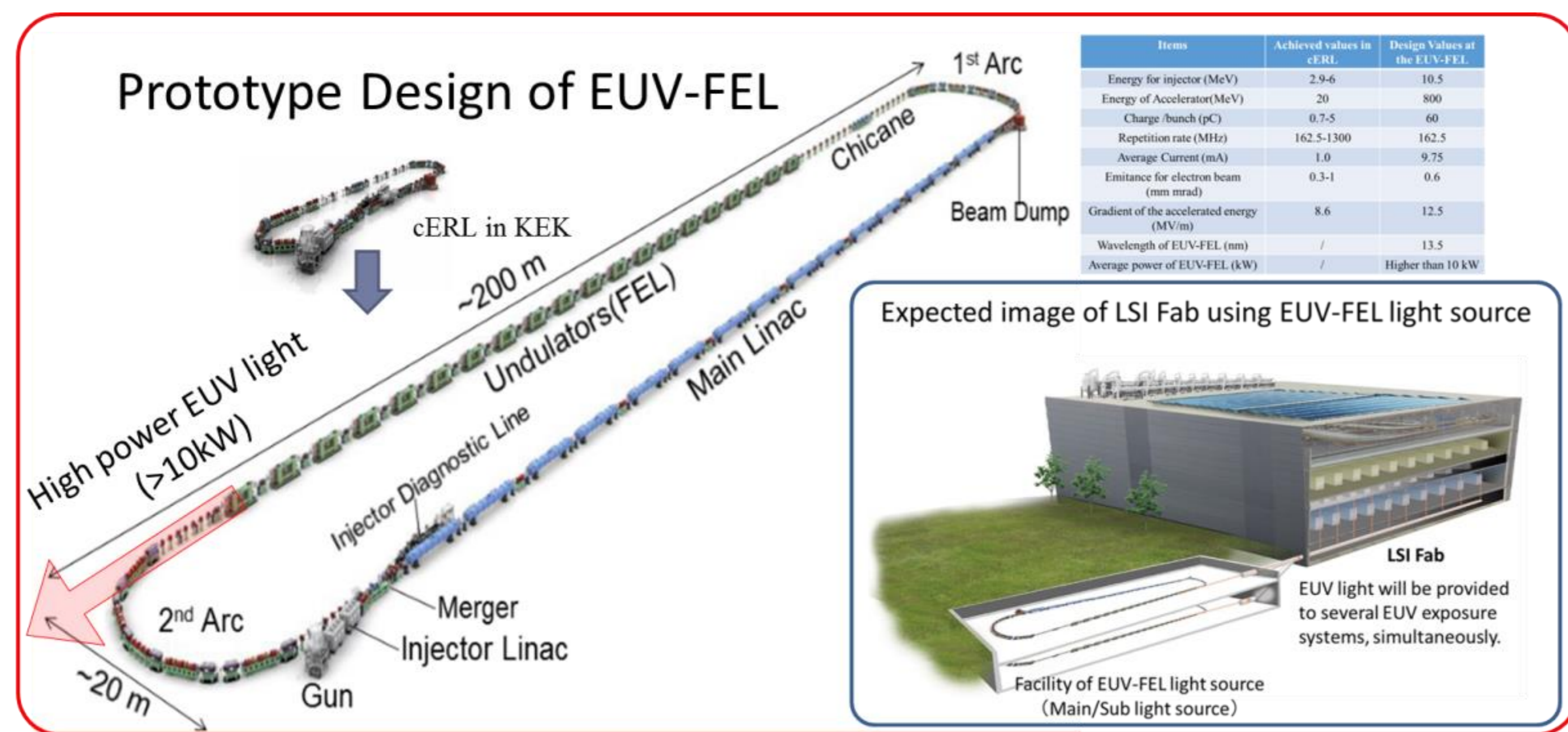


図2 10kWクラスのEUV-FEL光源とその産業化

[大強度EUV光源]

- 大強度EUV-FEL光源(図2)は、エネルギー回収型ライナック(EERL)技術を用いて大電流ライナックを実現することにより10kWを超える大強度EUV-FEL光源の設計検討を行なっている。シミュレーション上では、現在の加速器技術開発の延長線上で実現可能である。また10台の露光機に分配することで、建設コストの低減を図ることが出来る。
- エンドユーザーからの要望はその加速器システムのダウンサイズにある。また、確実に開発できる体制作りも重要である。

量産システムに向けたEUV-FEL大強度光源実現への挑戦

EUV-FEL光源産業化研究会



図3 本開発を進める体制作り

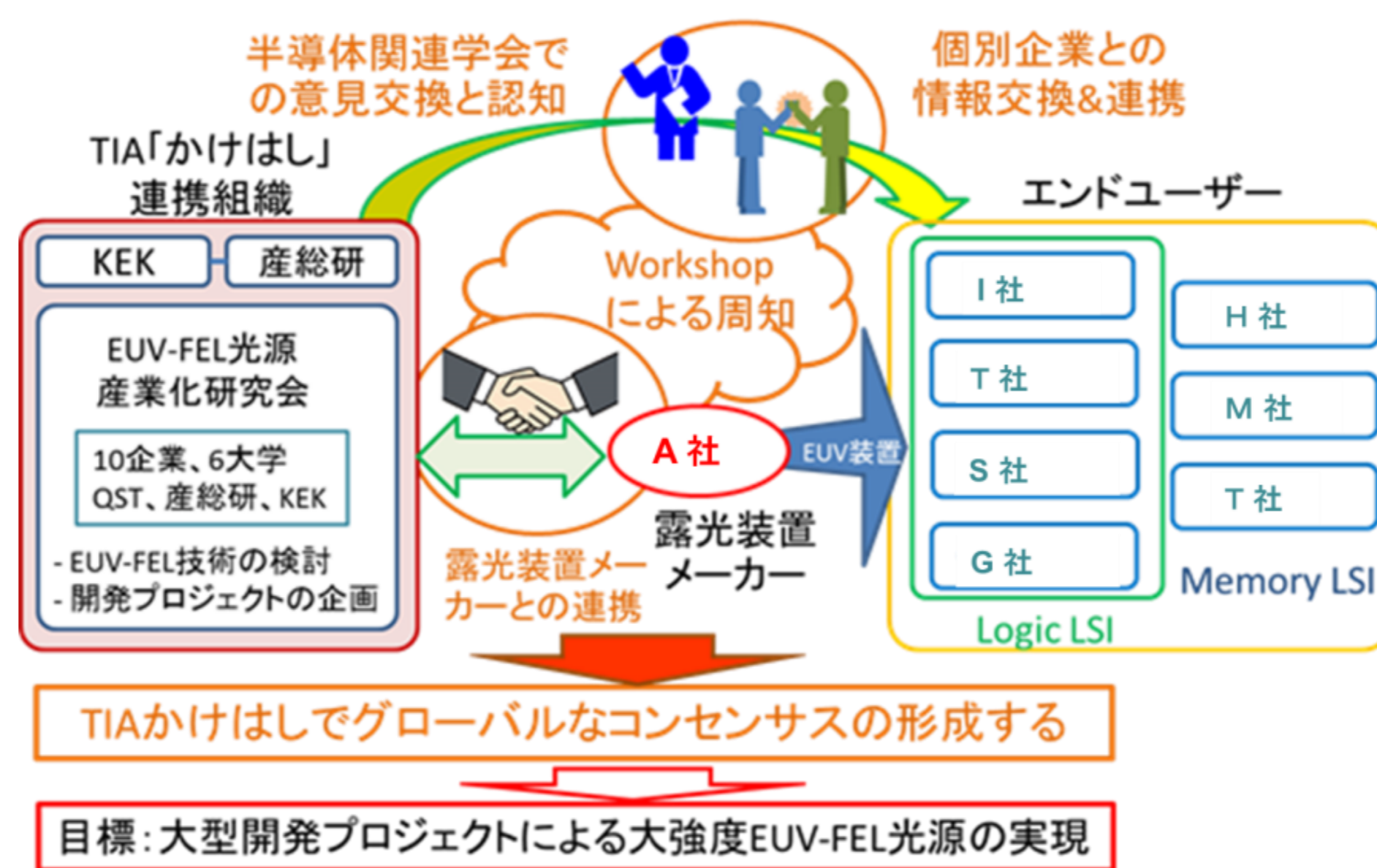


図4 産業界との情報交換のスキーム

[挑戦1]

- 実現に向けてその開発母体となる「EUV-FEL光源産業化研究会」(図3)を立ち上げ。(企業: 11、大学: 7、研究機関: 3)

[挑戦2]

- 半導体産業はグローバル化しており、そのような中でこの大強度光源の開発に関するコンセンサス形成を展開(図4)(TIAのかけはしプロジェクトにより)
- 情報交換の結果、エンドユーザーの要求は加速器システムの小型化が最大の対象

[挑戦3 加速器システムの小型化]

1) 超伝導加速空洞の高加速勾配化(E_{acc})

- 冷却負荷 $\propto E_{acc}^2/Q \Rightarrow$ High Q開発

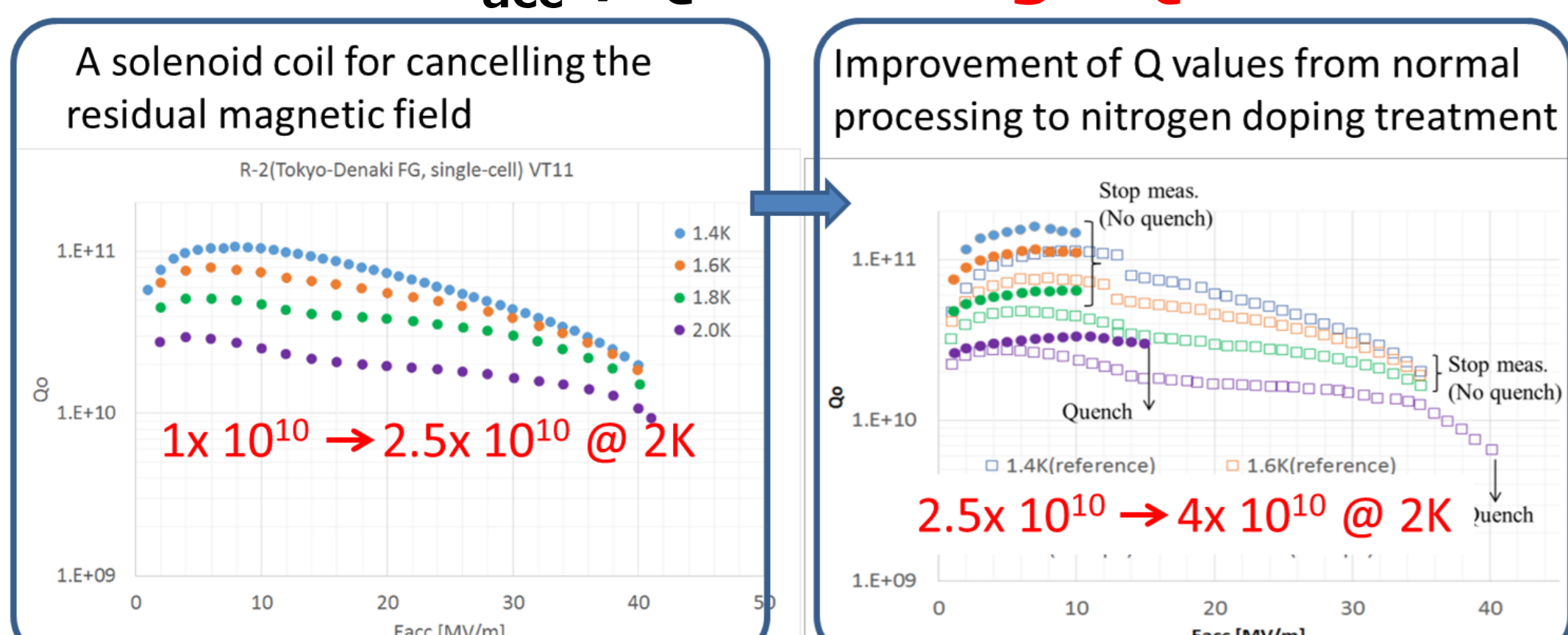


図5 超伝導加速空洞の残留磁場の除去と窒素ドーピングにより High Q化の開発を進めている

[挑戦3 加速器システムの小型化]

2) 複数回加速もしくは加速器の折りたたみ

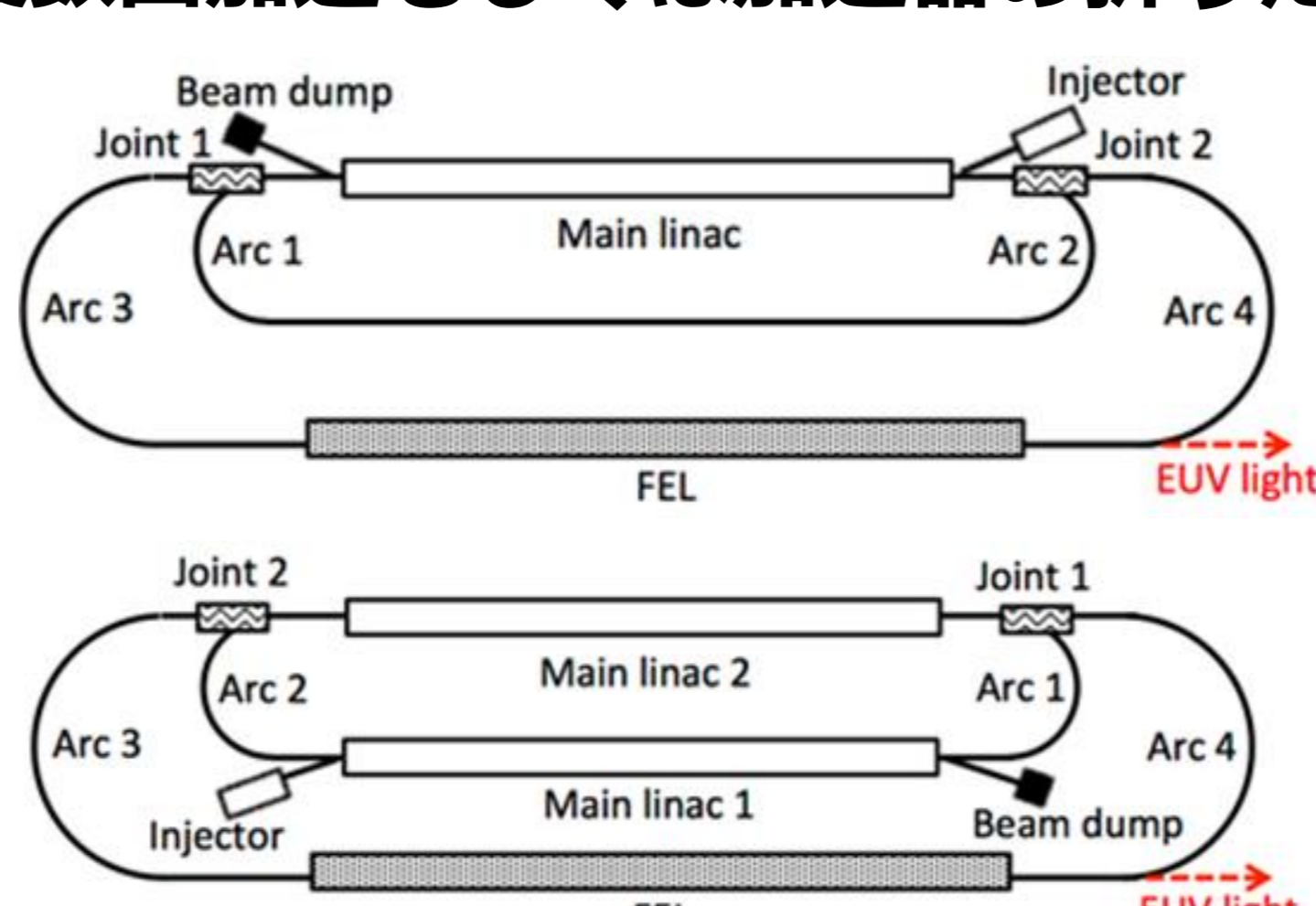


図6 複数回加速もしくは加速器の折りたたみによる小型化の検討例

[挑戦4 段階的な開発計画の提案]

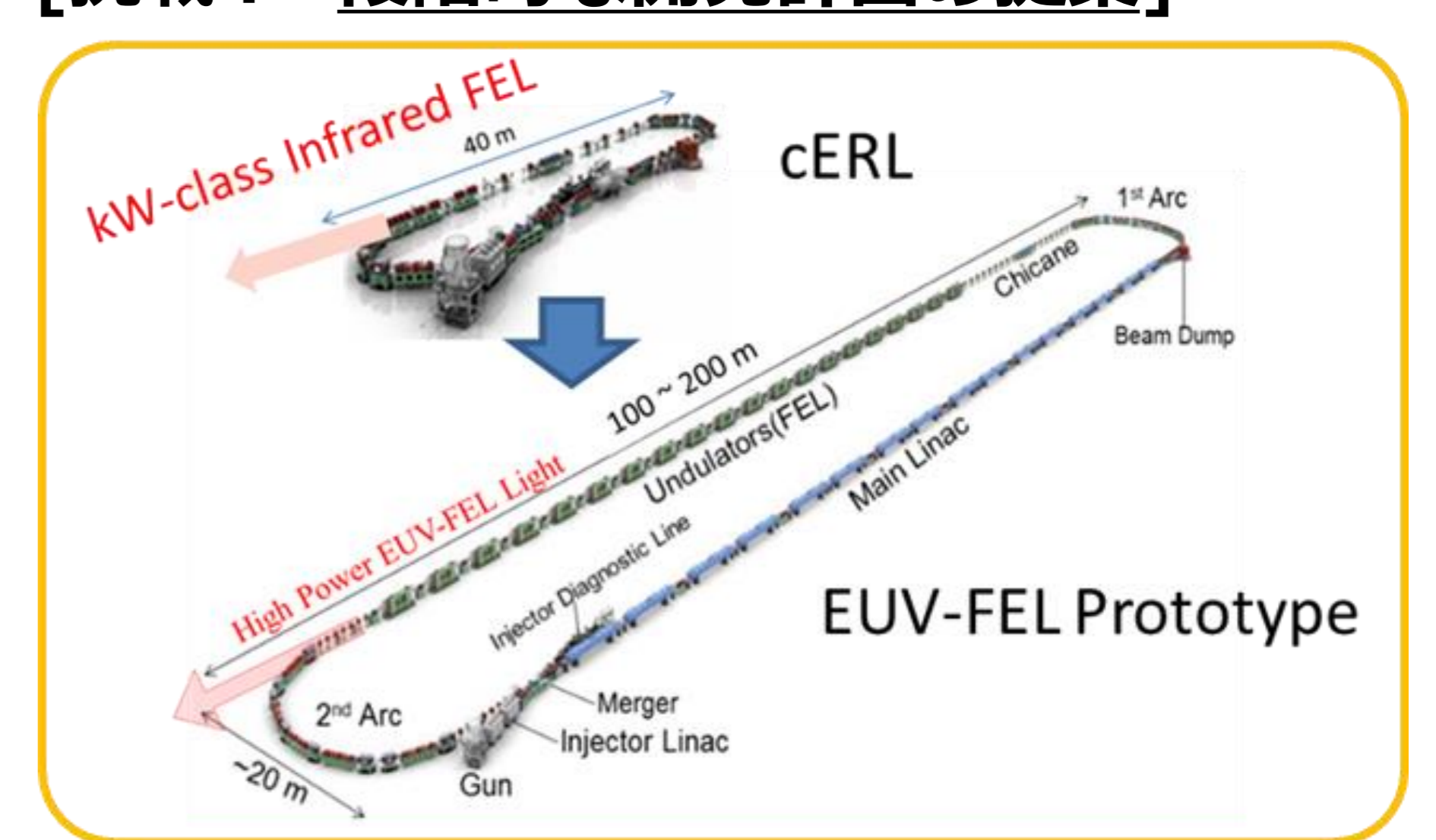


図7 既存のcERLを用いてkWクラスの近赤外FELを実証し、加速器技術を検証後、EUV-FELに移行