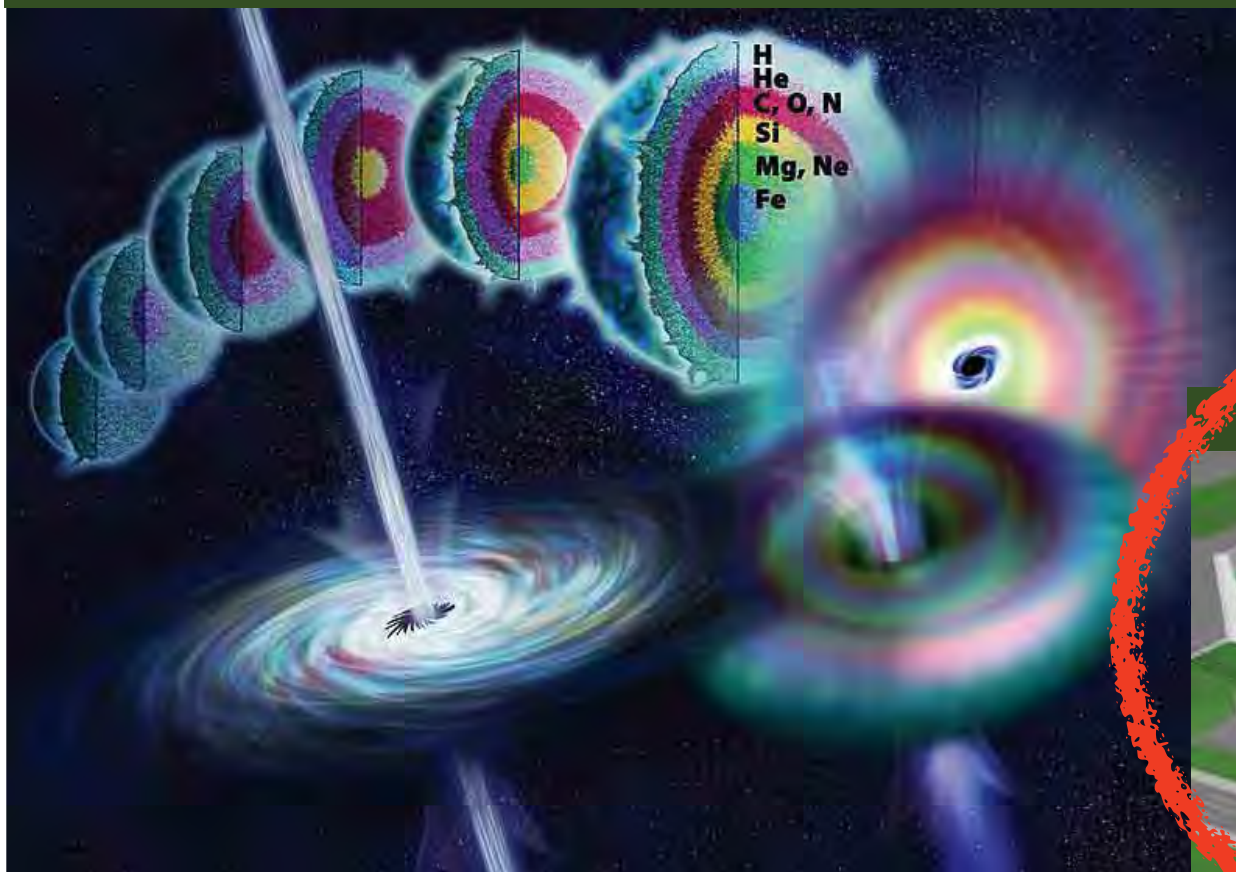


大阪大学レーザー研は，共同利用・共同研究拠点事業と
レーザー核融合の事業を進めている．

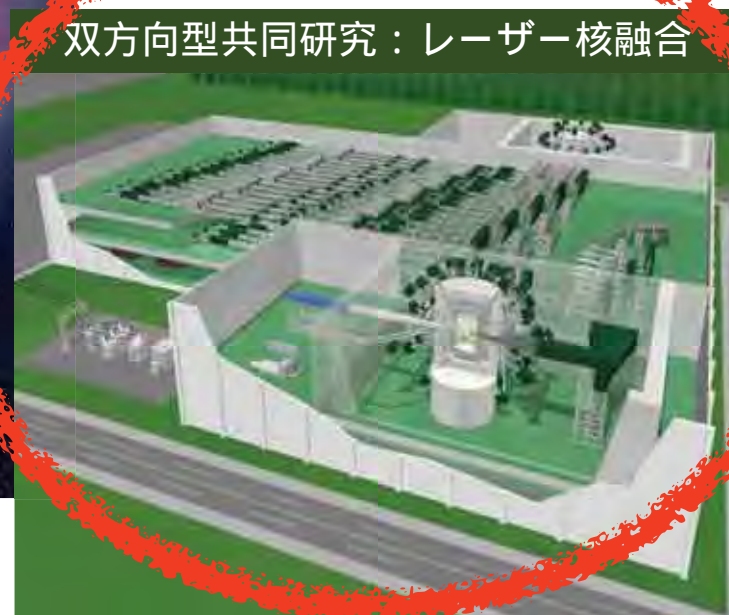


共同利用・共同研究拠点： 実験室宇宙物理他



核融合科学研究所
双方向型共同研究委員会

双方向型共同研究：レーザー核融合

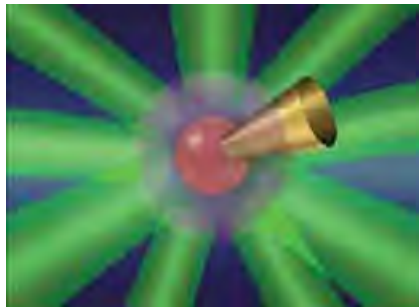


本日はレーザー核融合の現状と将来についてお話したい．

高速点火実証実験 FIREX

Fast Ignition Realization Experiment

爆縮



高速加熱



点火・燃焼



Spark plug



1983-92 先駆的提案 by T. 山中, Basov

1994 ペタワット高速点火提案: Tabak, PoP

- FIREX-I : 10kJ/10ps レーザーにより5千万度の点火温度へ加熱
- FIREX-II: レーザーの増力により核融合点火・燃焼の実証を行う

レーザー核融合実験炉LIFTによる発電実証は2030年頃（試案）

爆縮レーザー
 $100 \text{ kJ} \times 1 \text{ Hz} = 100 \text{ kW}$

固体壁炉

加熱レーザー
 $100 \text{ kJ} \times 1 \text{ Hz} = 100 \text{ kW}$

タービン発電機 4 MWe

液体壁炉
熱出力 10 MW

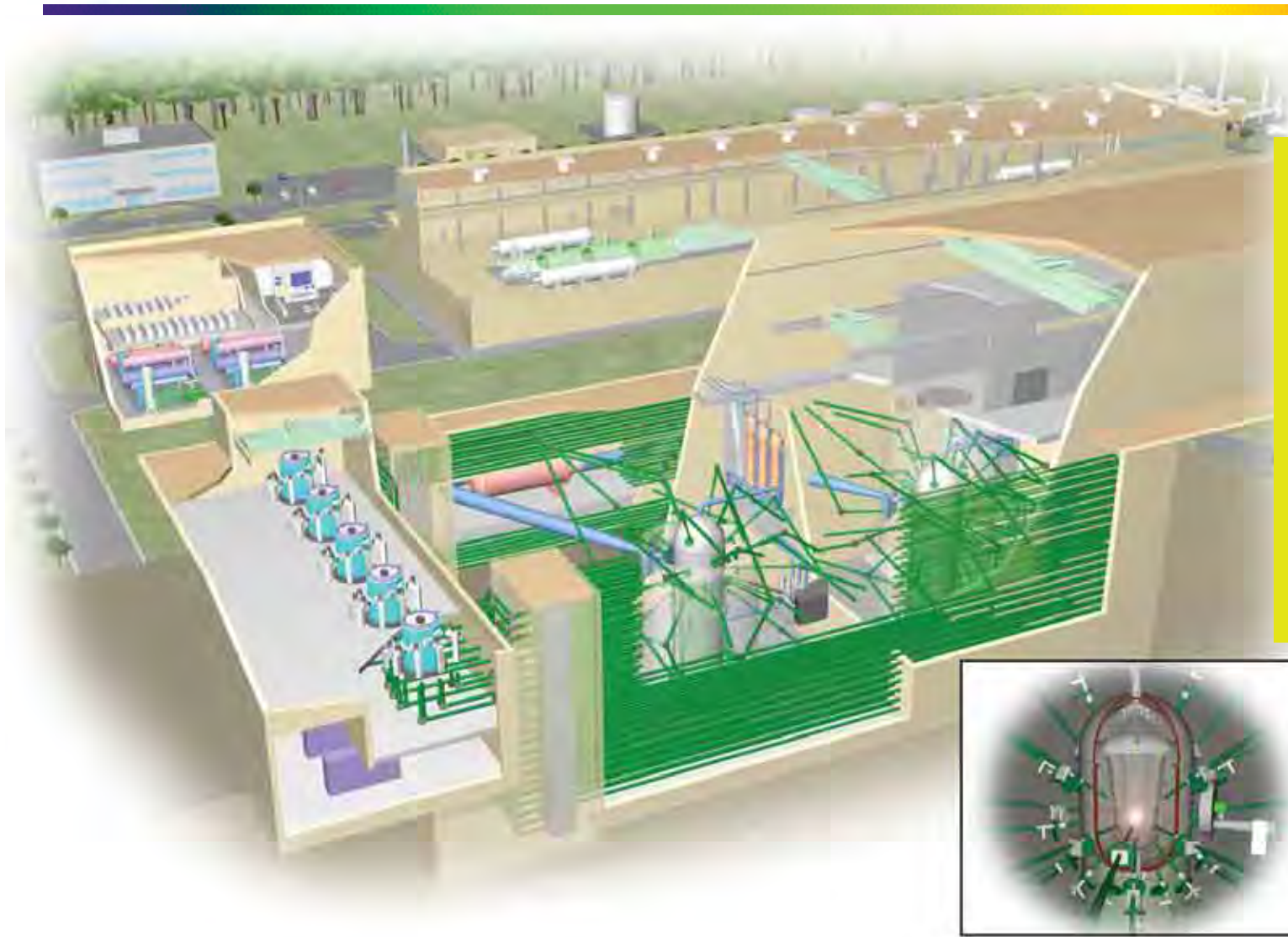
ターゲット
インジェクター

液体リチウム鉛

LIFTは2000キロワットの正味発電を行う。
核融合エネルギー開発での画期



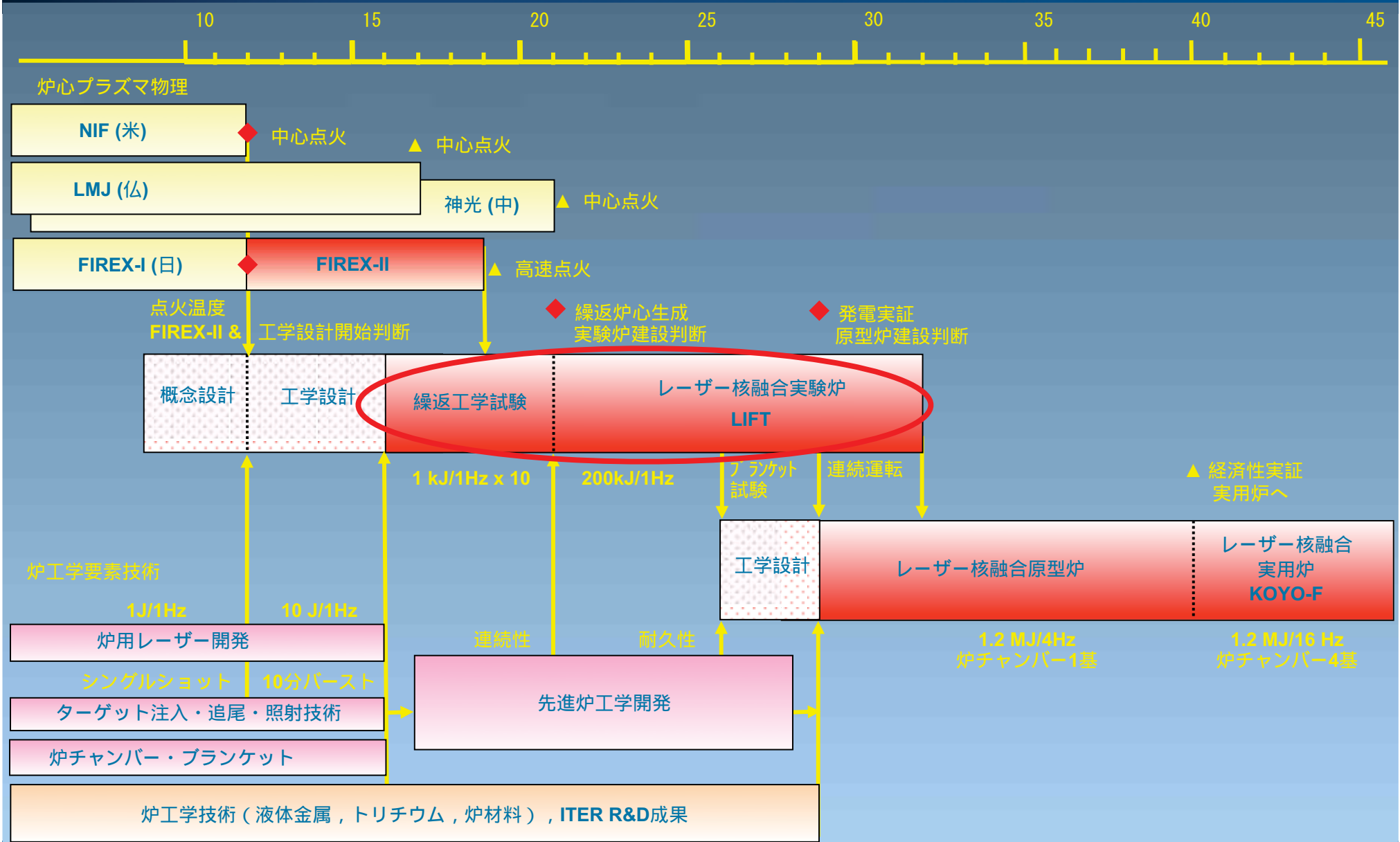
100万キロワット級の実用炉KOYO-Fは
2040年頃（試案）。



System specification	
Thermal out put	3664 MW
Electric power	1280 MW
System efficiency	33 %
Laser	
Cooled Yb:YAG Ceramic	
1.2MJ/16Hz	
	(1.1MJ+100kJ)
Efficiency	13.1% for Main
	5.4% for heating
	11.8% in total
Plasma	
Gain	160
Fusion Yield	200MJ
Reactor	
4 modular reactors	
First wall	Liquid LiPb
	Cascade flow



レーザー核融合実験炉構想 LIFT は物理・工学研究を統合 —さらに加速化が望まれる（試案）



レーザー核融合実験炉LIFTはレーザー版の早期実現計画である。09/11/7

準備の状況について



炉心プラズマ

炉工学要素技術

海外の状況

国際協力

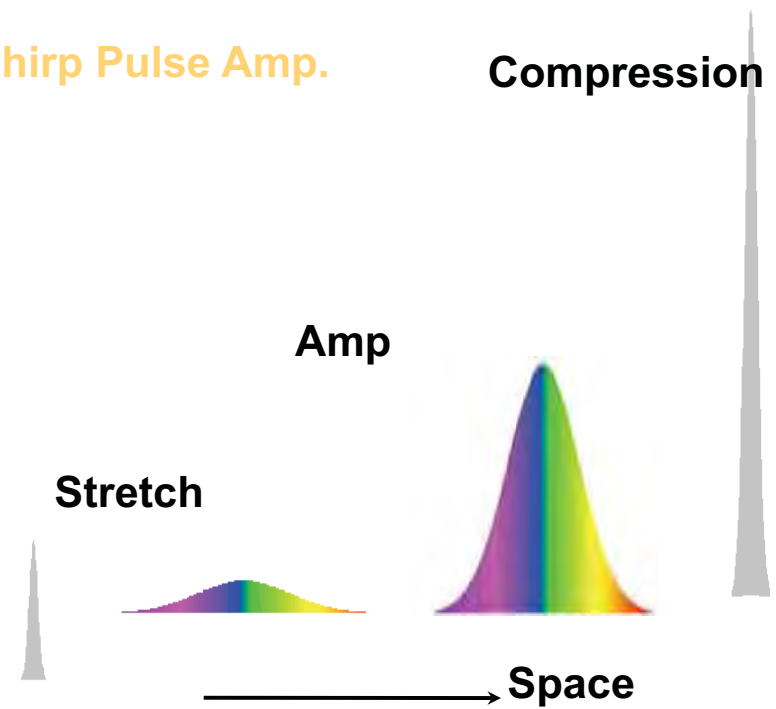
Chirp Pulse Amp.

Compression

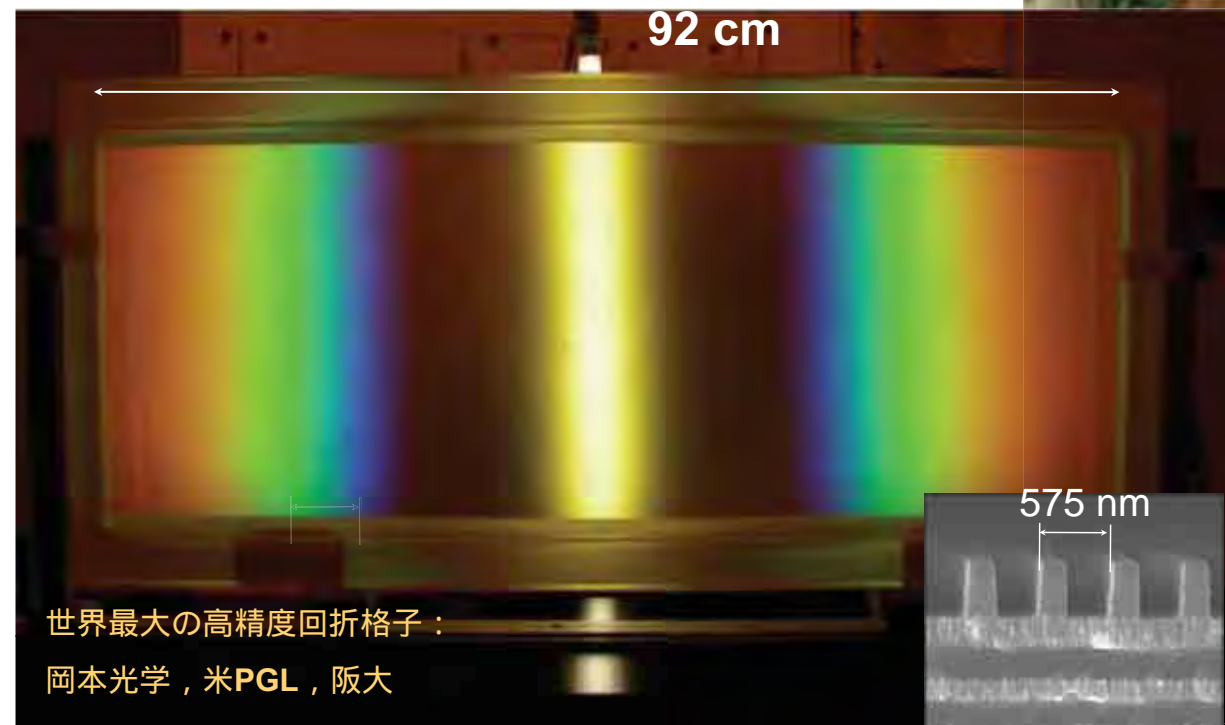
Amp

Stretch

Space



LFEX:
World Largest Short Pulse Laser



世界最大の高精度回折格子：
岡本光学，米PGL，阪大

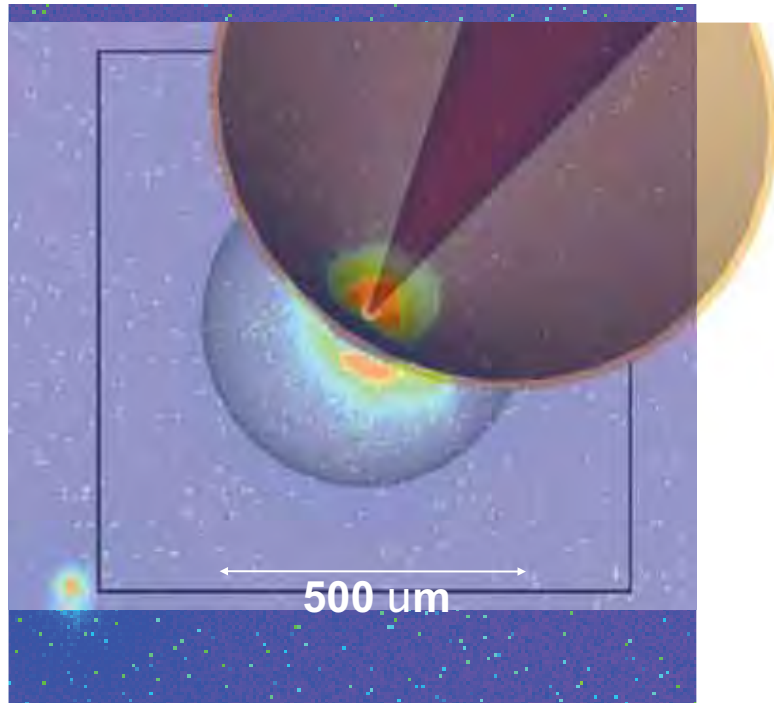
Photograph by Joe Nishizawa

FY2010: Pulse Compressor
2ビーム稼働開始



FIREX-I 統合実験

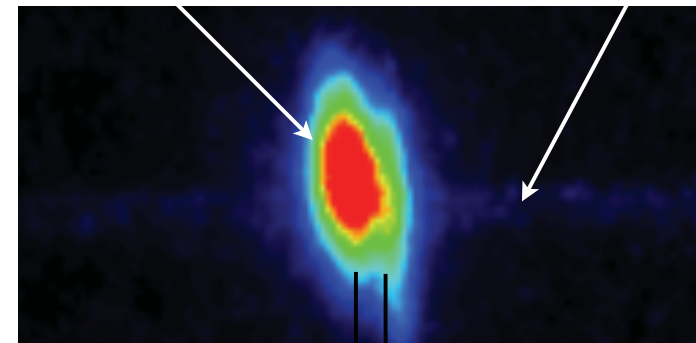
コーン側から見たX線ピンホールカメラ像
(時間積分)



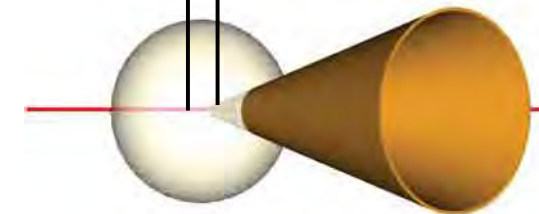
側面から見たX線ストリークカメラ像
(時間分解)

爆縮による発光

加熱レーザーによる発光



Time
500 ps



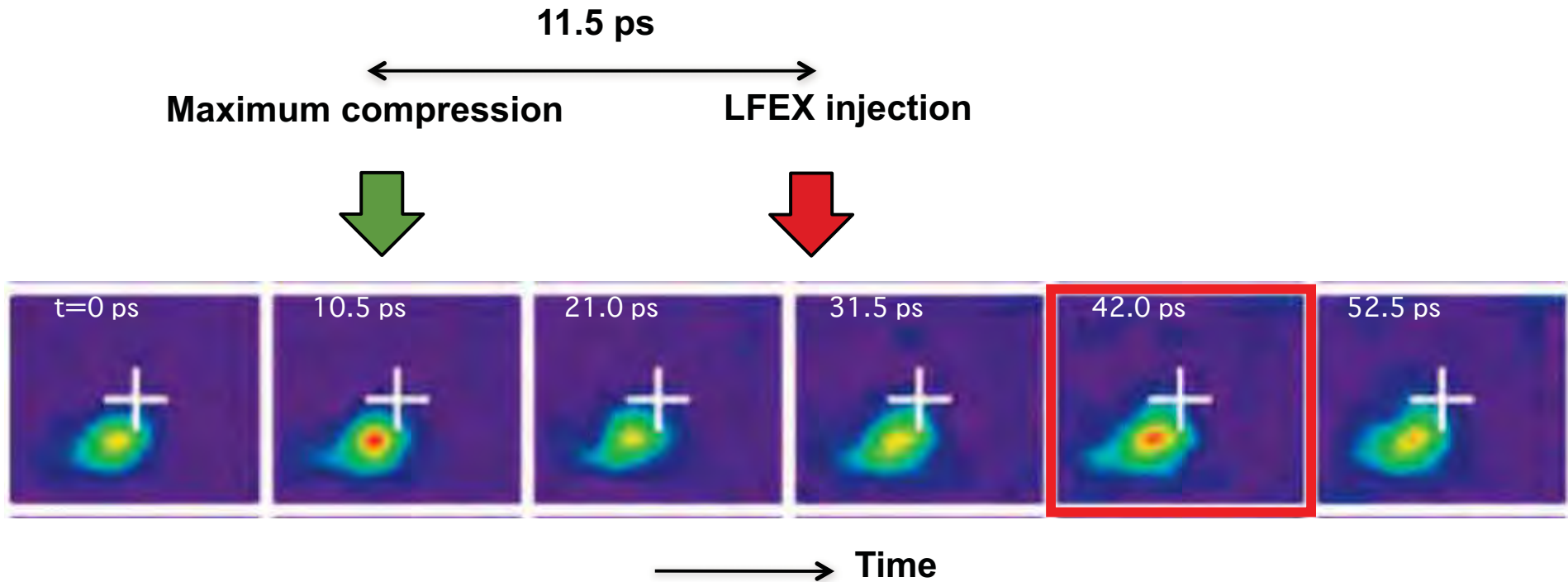
コーン内に加熱ビーム (LFEX) を注入

加熱時刻を確定

Ultra-fast x-ray images



ILE OSAKA



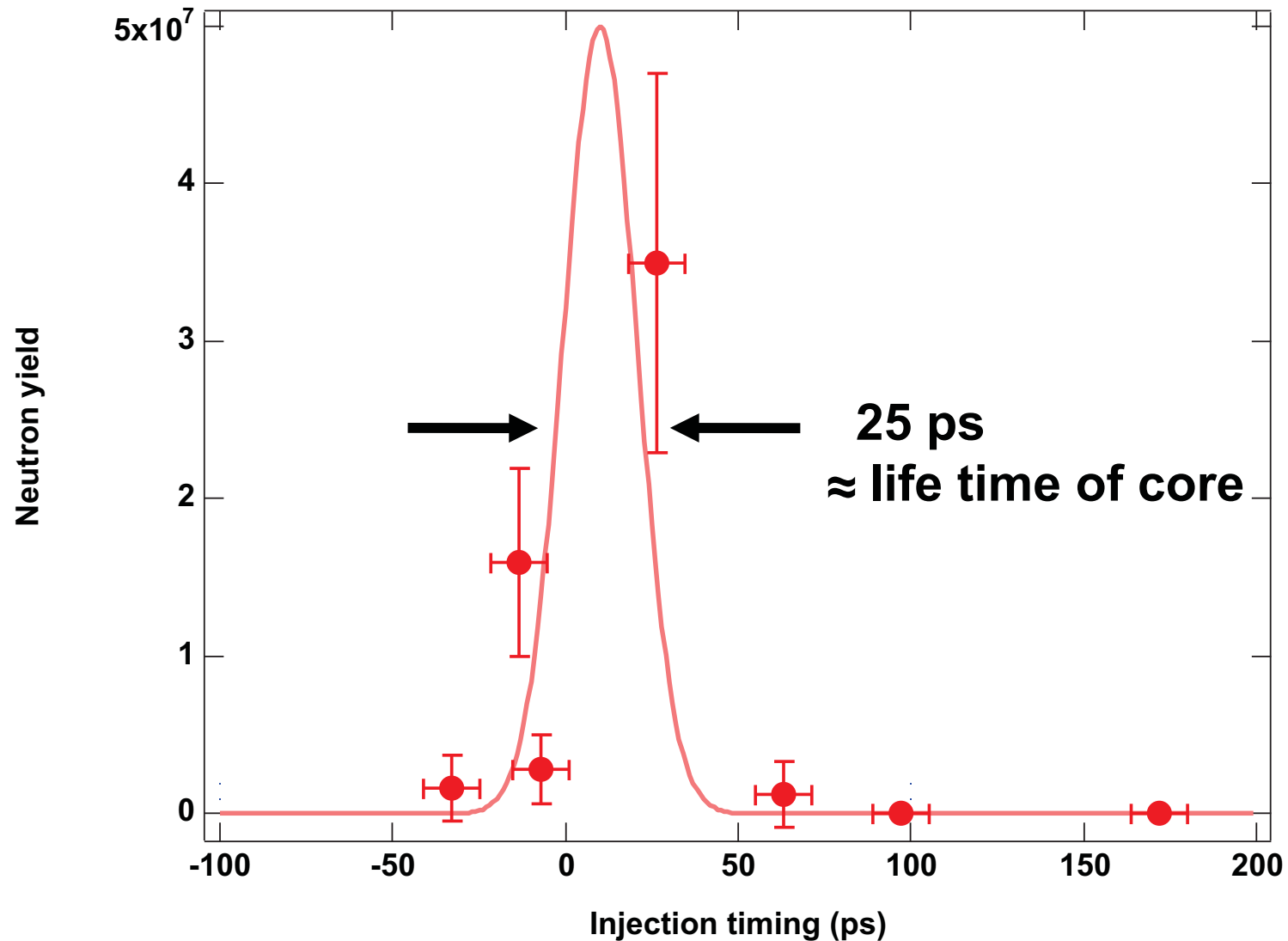
This second increase indicates additional heating.

Neutron yield is enhanced only when the heating laser is injected at the maximum compression timing.

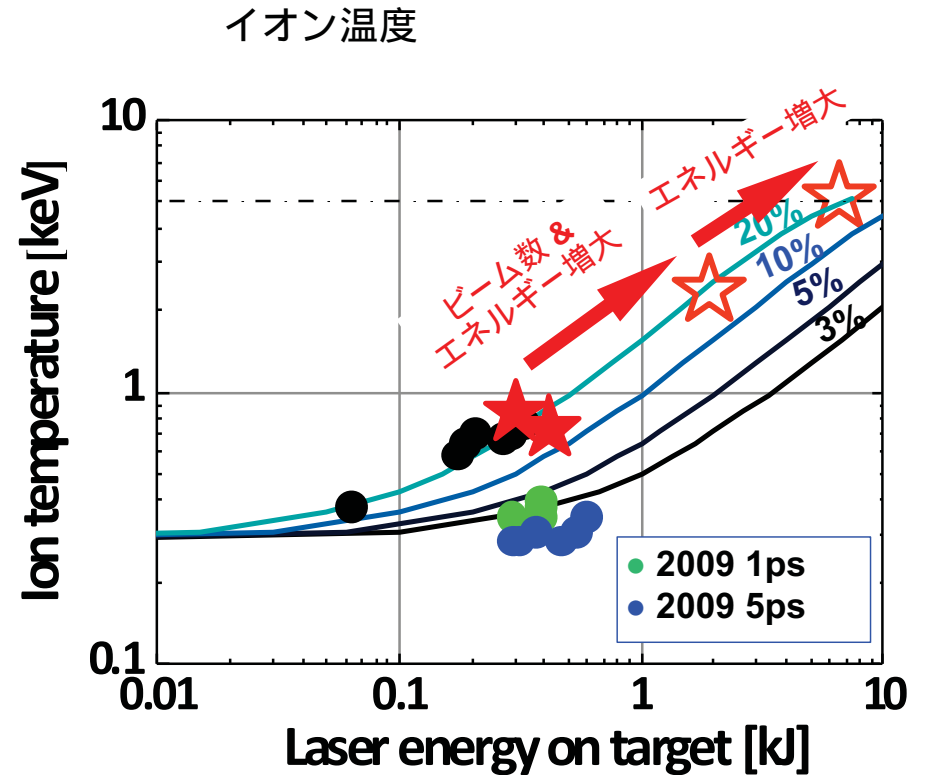
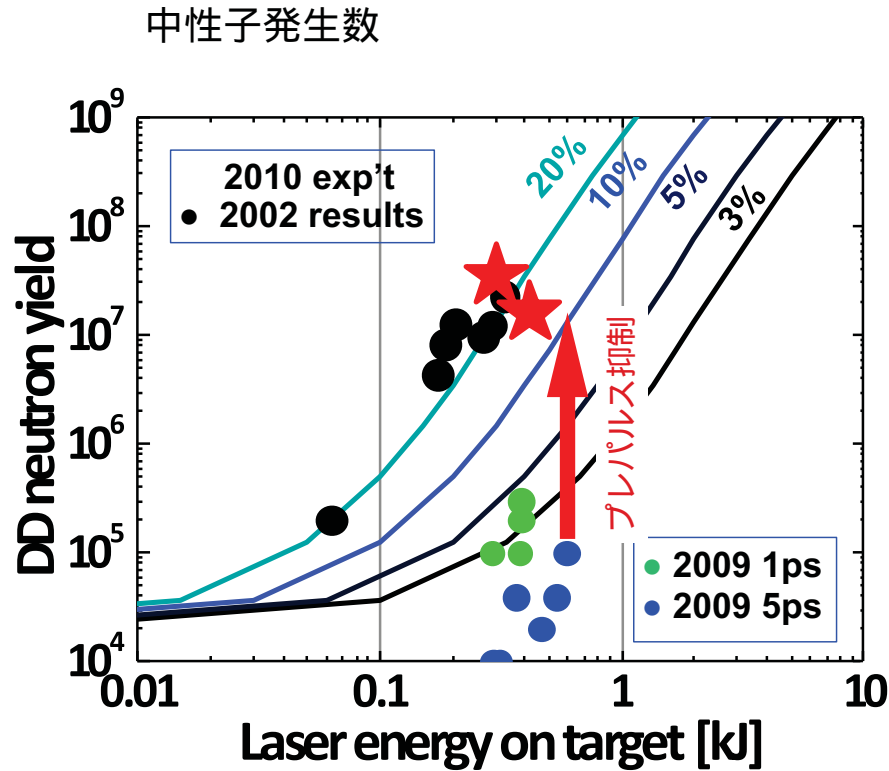


ILE OSAKA

Neutron yield vs injection timing





FIREX-I 中性子発生数とイオン温度



中性子発生数，イオン温度ともに2002年の記録を確認・凌駕し，
5千万度加熱の見通しを得た。

東日本大震災の影響：FIREX-I 実験タイムテーブルの変更



平成年度	建設のマイルストーン	研究のマイルストーン
 実施済み	21 (2009) 1 ビーム稼働	中性子発生数の増加
 実施済み	22 (2010) 2 ビーム稼働	Nature 実験の凌駕
	23 (2011) 4 ビーム稼働	燃料の 5 千万度加熱

油汚染による回折格子損傷

大震災による遅延

23年1月 回折格子用研磨開始

23年3~7月 地震と計画停電による研磨機停止

23年8~9月 外気温上昇による研磨精度の低下

24 (2012)	4 ビーム稼働	燃料の 2 千万度加熱
	フルエネルギー	燃料の 5 千万度加熱

FIREX-Iのチェック・レビューはH25年度以降に実施することが望ましい。

準備の状況について

炉心プラズマ



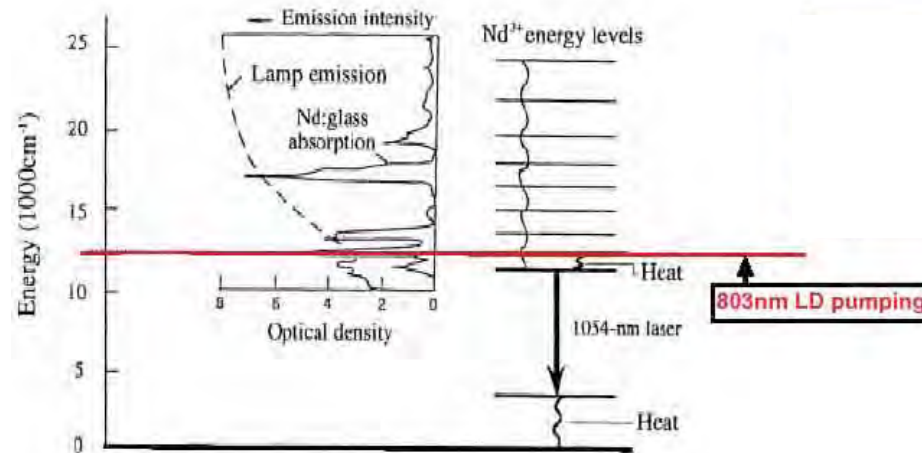
炉工学要素技術

海外の状況

国際協力

フラッシュランプ励起からレーザーダイオード励起へ

レーザー吸収ラインと励起光源スペクトル

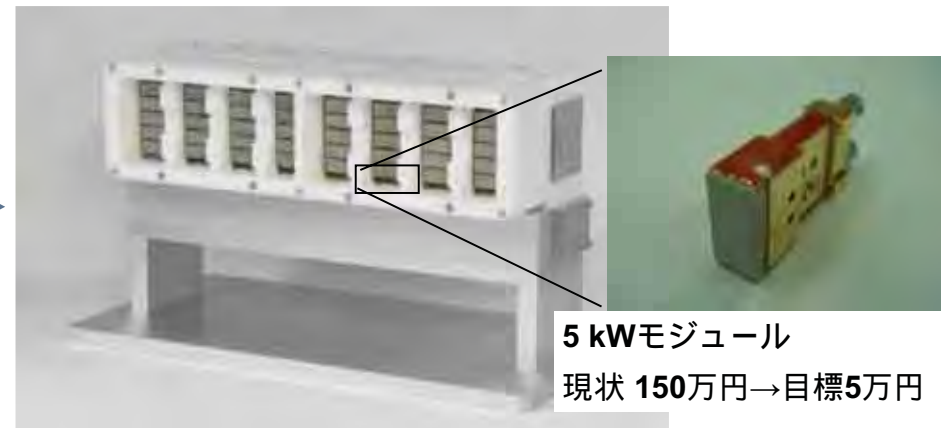


フラッシュランプ



大部分のエネルギーは熱となる

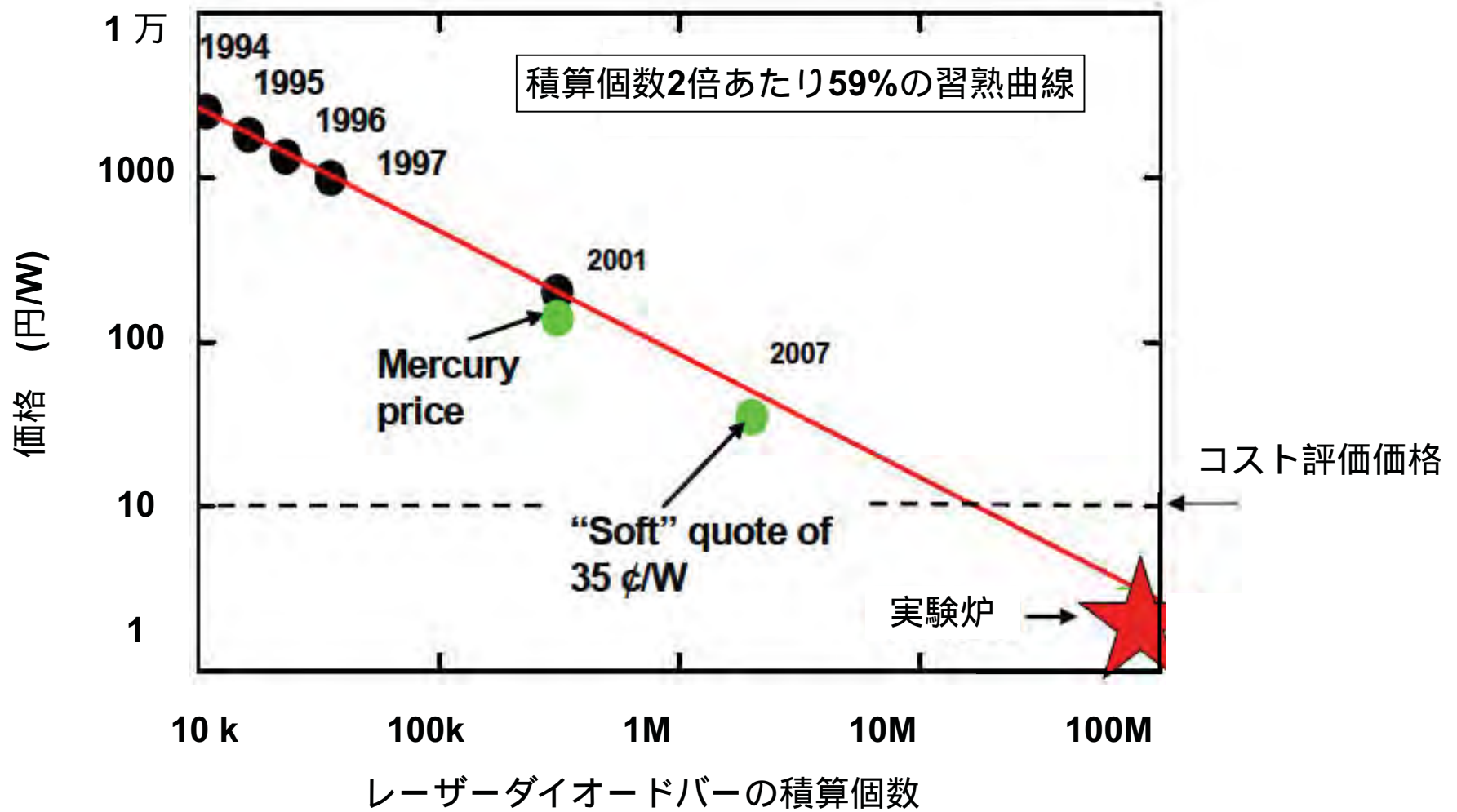
レーザーダイオード



吸収線に合致した発光波長を選ぶことができる。

レーザーダイオード励起により，高効率・高繰り返し運転が実現した。

レーザーダイオードの価格は市場の成長により低下



習熟曲線予測の3倍の価格を想定

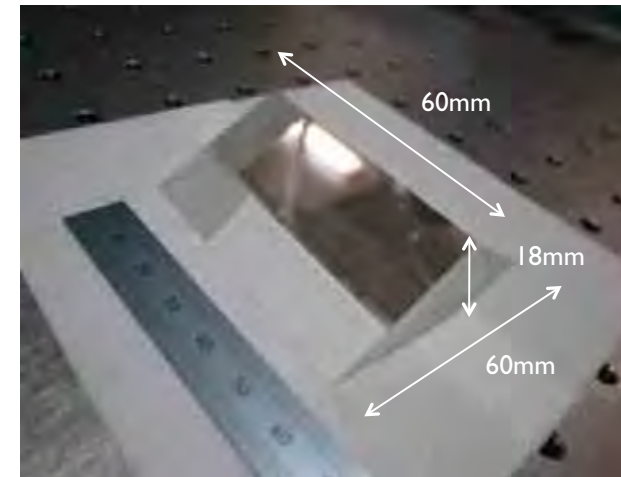
レーザー媒質：ガラスからセラミック結晶へ

レーザーガラス



- ・ガラス→大型化可能
- ・ガラス→低い熱伝導度

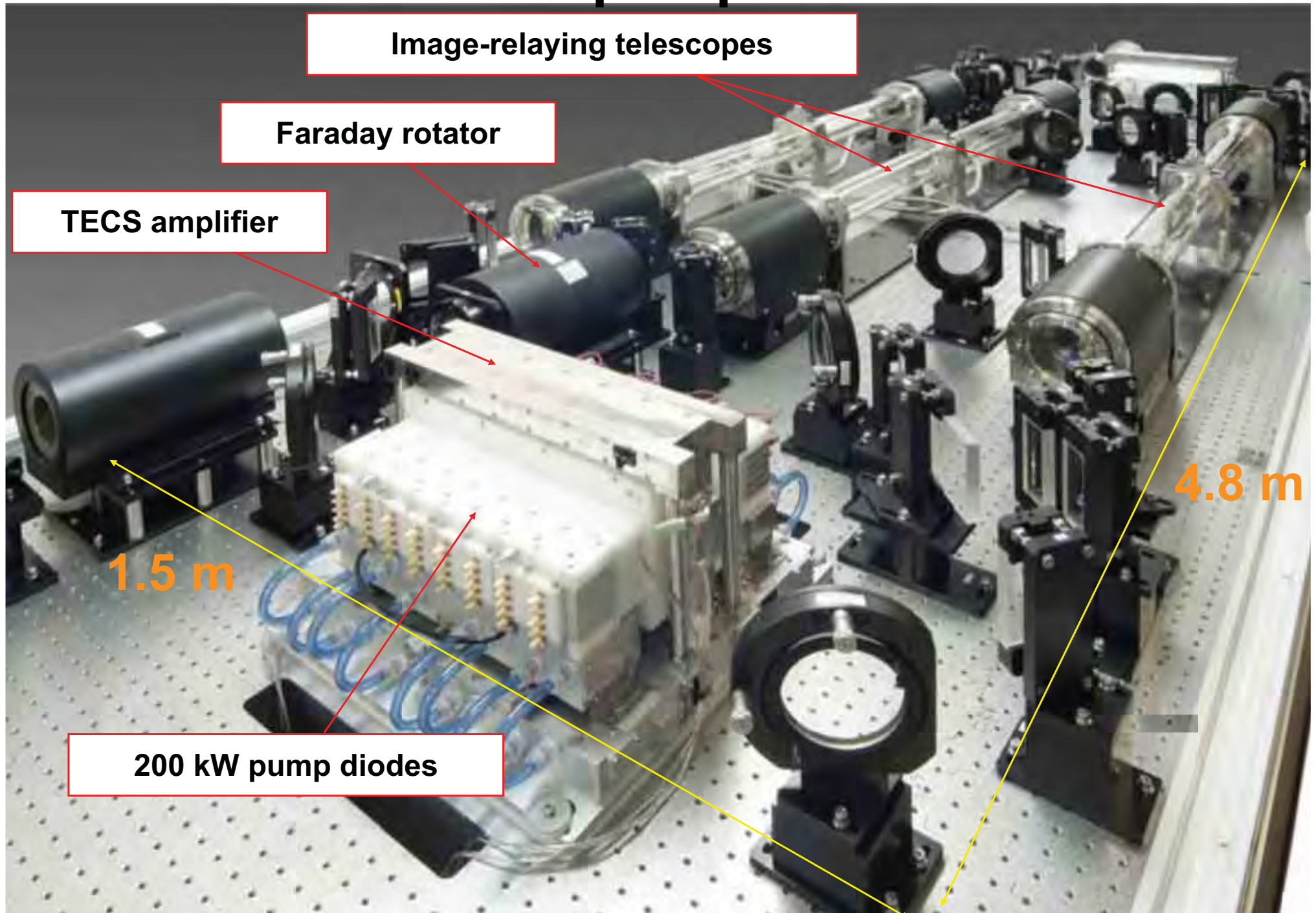
低温冷却型セラミック結晶

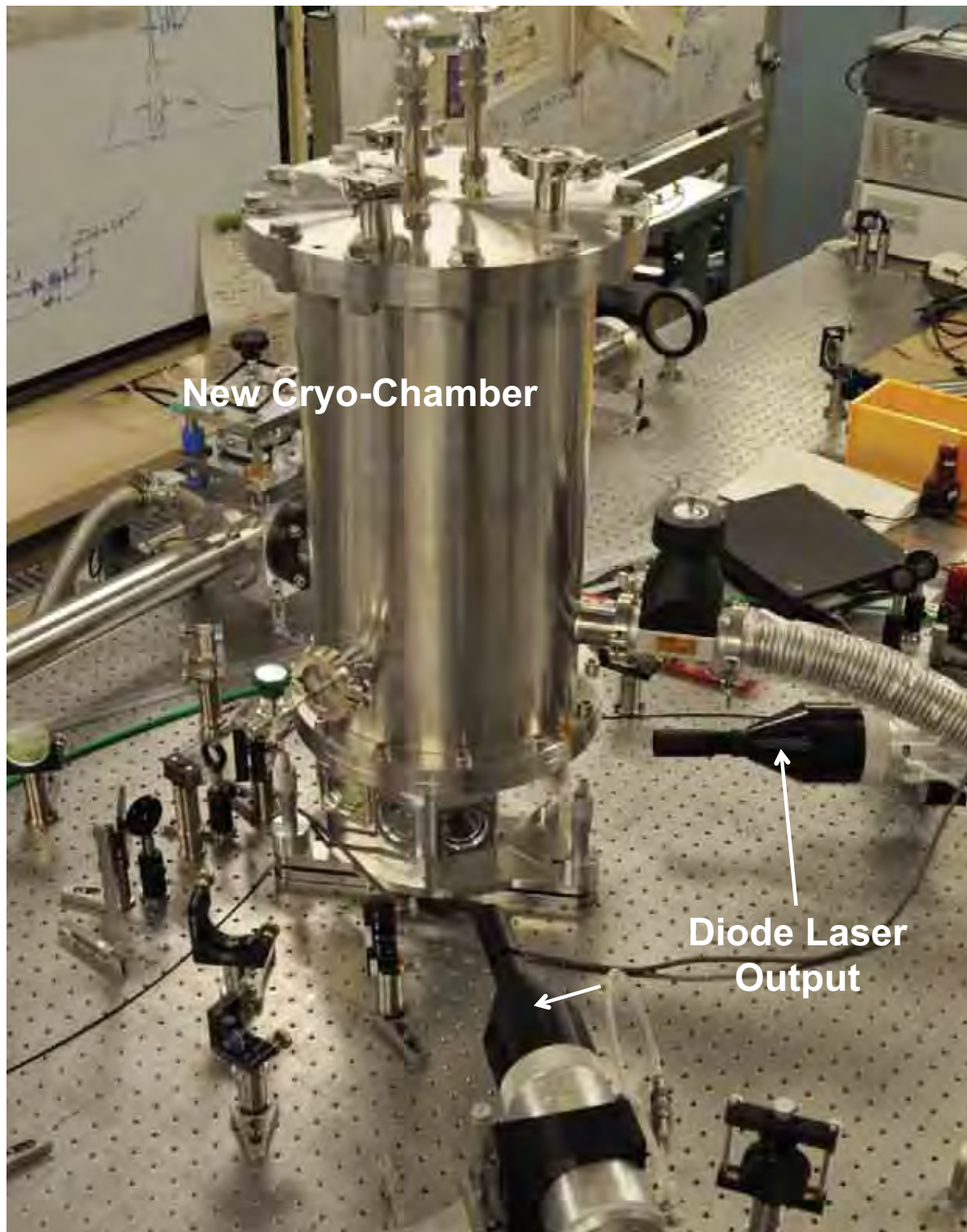


- ・結晶→高い熱伝導度
- ・セラミック→大型化可能

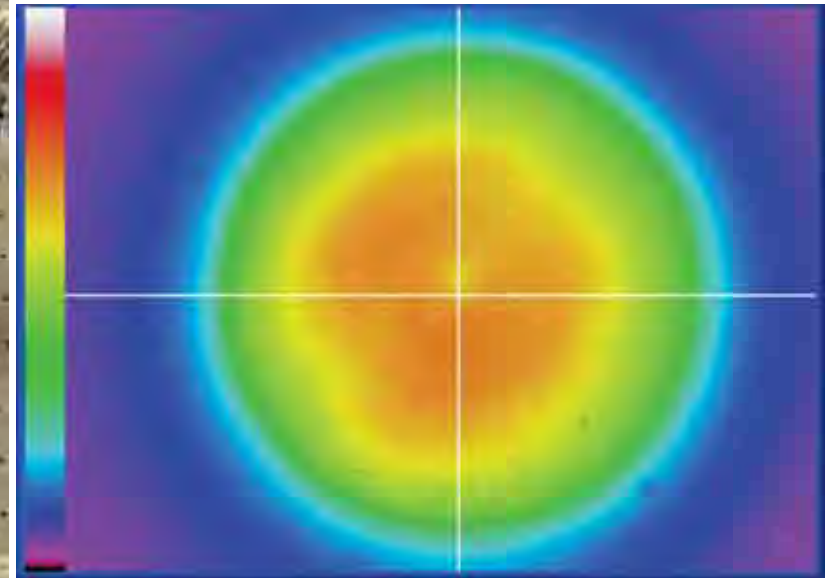
数100倍の熱伝導度の向上により、繰り返し率100Hzを実現。
炉用レーザーに必要な10Hzを凌駕。

HALNA-20: diode-pumped slab laser





**GENBU-Kid は 1J 100 Hz
繰り返しを実現.**

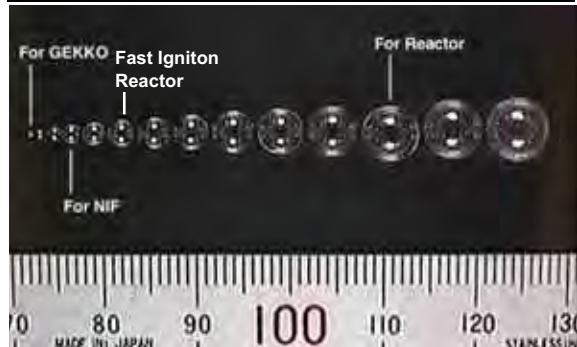


Most critical elements of IFE reactors have been addressed and/or demonstrated.

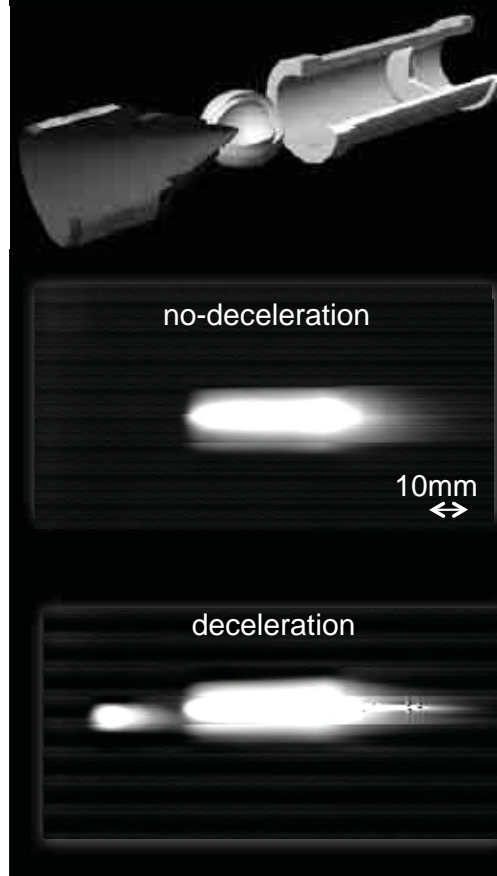


ILE OSAKA

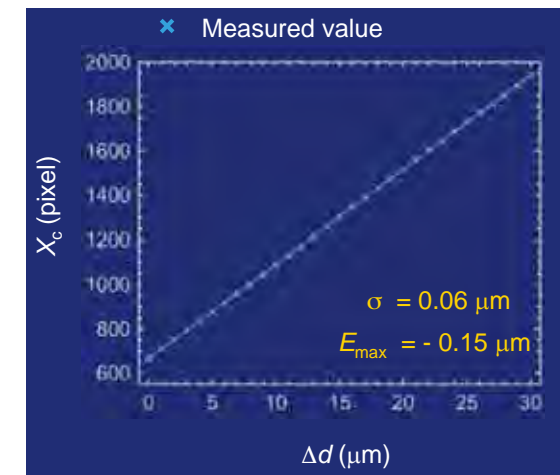
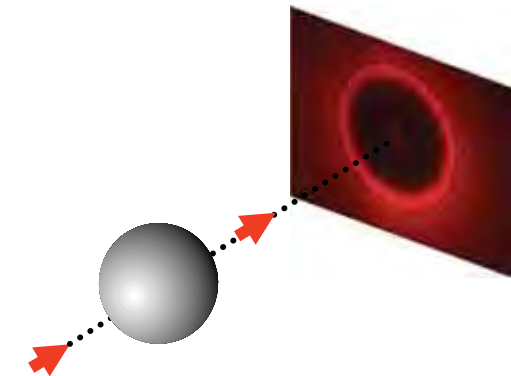
Mass production of targets



Target injection



Target tracking



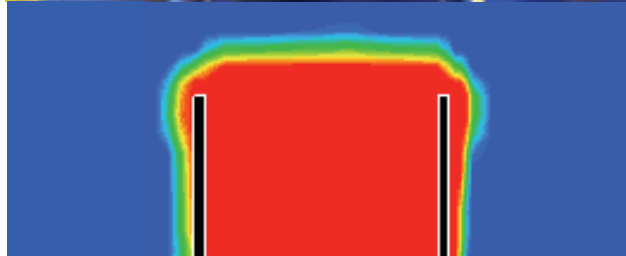
1- μm precision demonstrated

Most Critical Elements of IFE Reactors Have Been Addressed and/or Demonstrated.



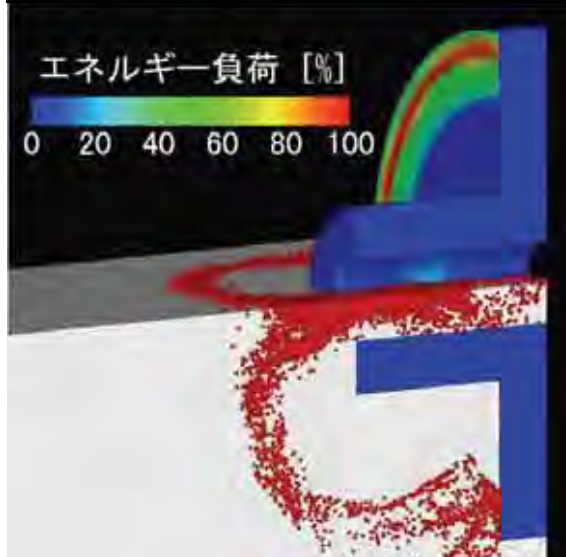
ILE OSAKA

Liquid Wall Stability at equal Weber



Kyoto U.

Port Protection



Kyushu U. and Kyoto U.

Beam port can be protected with 1-T magnetic field.