

レーザー核融合エネルギー開発ロードマップ  
ワーキング委員会報告書

レーザー核融合エネルギー開発の進め方

2003年10月

IFEフォーラム  
レーザー核融合技術振興会

新産業基盤の創成をめざす  
次世代大出力レーザー開発計画

大出力レーザー開発委員会報告書

2007年5月

IFEフォーラム/レーザー核融合技術振興会

レーザー核融合炉設計委員会報告書

高速点火レーザー核融合炉発電プラントの  
概念設計

2006年8月

大阪大学レーザーエネルギー学研究中心  
IFEフォーラム/レーザー核融合技術振興会

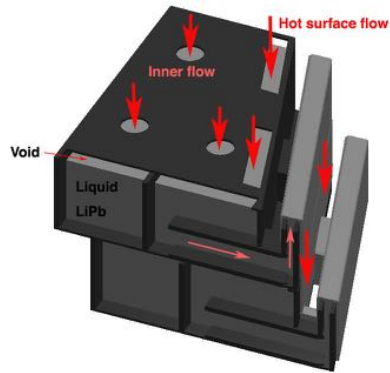
IFEフォーラム/レーザー核融合技術振興会

高速点火レーザー核融合実験炉概念設計  
委員会報告

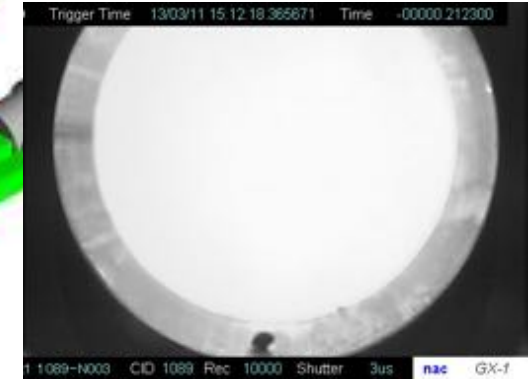
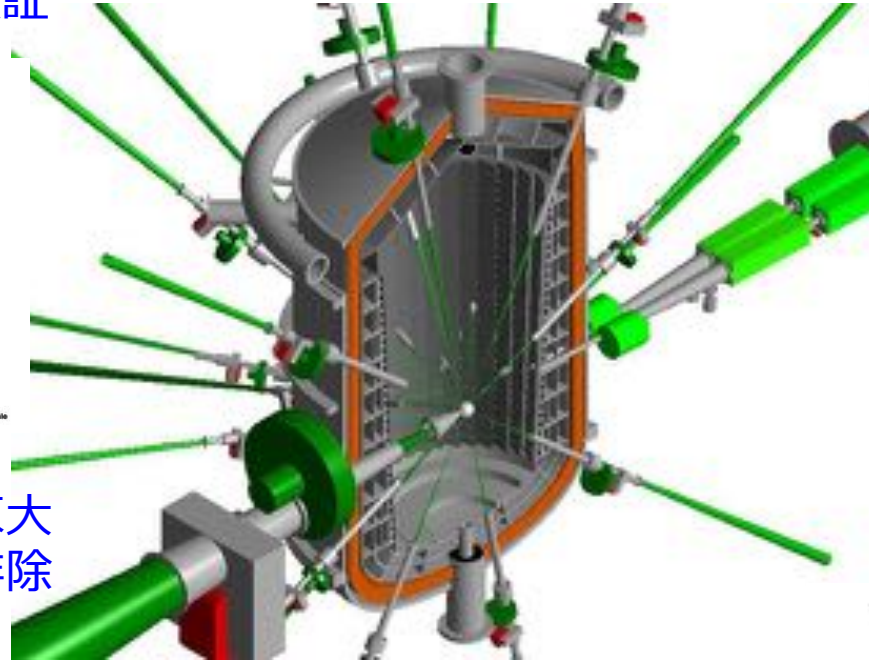
平成27年3月31日

# レーザー核融合炉技術

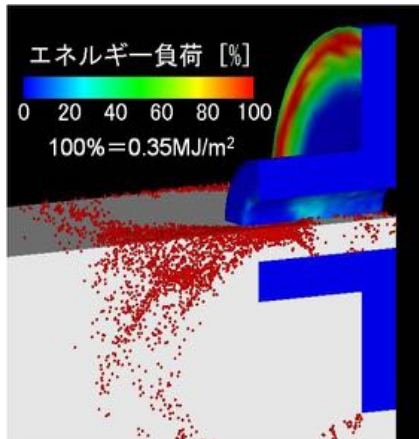
- 液体壁炉技術 京大  
自由界面の安定性検証



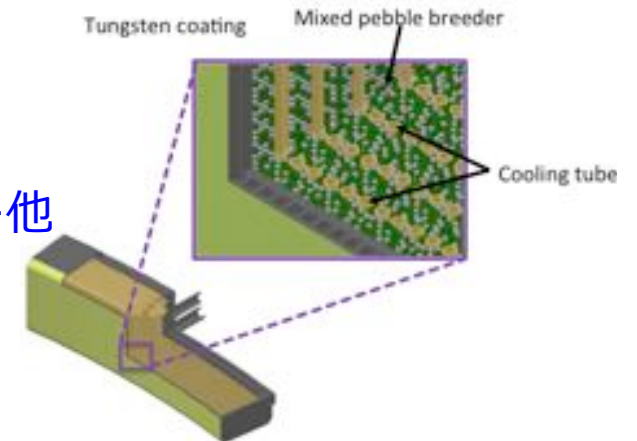
- ターゲット投入・追尾・ビーム制御技術  
広島大・群馬大・岐阜大



- 光学系保護 九大・京大  
磁場によるプラズマ排除



- トリチウム技術  
九大・富山大



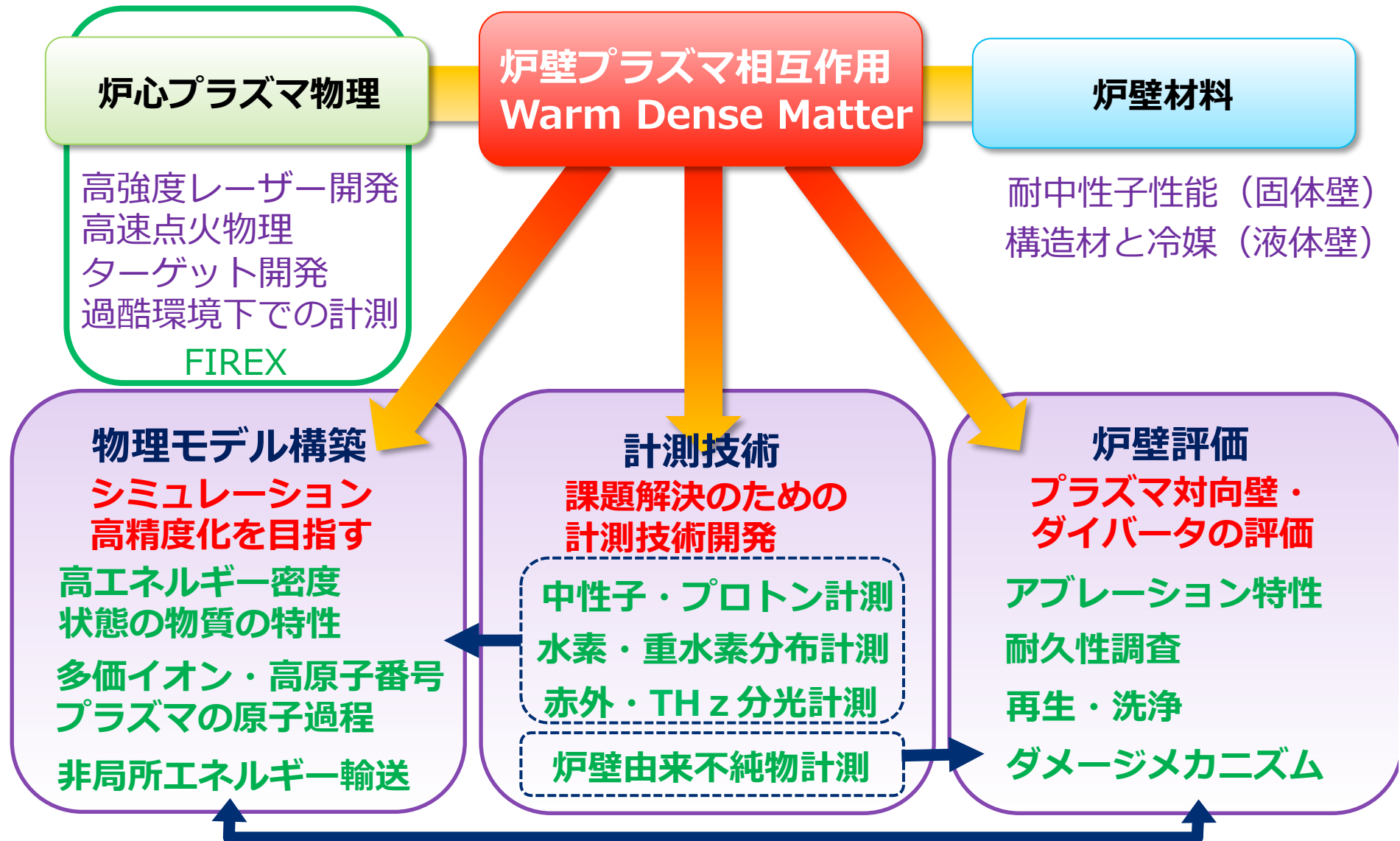
- 繰り返しレーザー 光科学センター他  
液体冷却・ダイオード励起・  
冷却セラミック結晶  
により炉用レーザーの見通し。

レーザー方式による核融合炉の実現に必要な要素技術を  
国内の多機関と協力して設計・開発

# レーザー核融合炉技術

項目	Phase I	Phase II	Phase III
ミッション	繰り返し核融合燃焼 実証	発電実証	長時間運転の実証
圧縮レーザー	500kJ, 0.35 $\mu\text{m}$		
加熱レーザー	75 ~ 150kJ, 0.53 $\mu\text{m}$		
ターゲット	直径2.5mmシェル、30度コーン付き		直径2.6mm フォーム断熱シェル 30度コーン付き
繰り返し	1Hz	1~4Hz	4Hz
核融合エネルギー	40MJ		
連続運転時間	100秒	1週間	半年
チェンバー	固体壁	固体壁	液体壁
第1壁半径/材料	3.5m/SUS316 Wアーマ無し	3.5m/フェライト鋼	1.5m/液体LiPb
1シリーズ 総中性子数	$1.5 \times 10^{21}$ 個	$9 \times 10^{24} \sim 4 \times 10^{25}$ 個	$1 \times 10^{27}$ 個
同 中性子フルーエンス	$3 \times 10^{19}$ 個/ $\text{m}^2$	$1.3 \times 10^{23}$ 個/ $\text{m}^2$	$4 \times 10^{25}$ 個/ $\text{m}^2$
最終光学系/ 距離 交換	透過型オプティクス/5m 100シリーズ毎	多層膜ミラー/ 20m 100シリーズ毎	多層膜ミラー/ 20m 半年毎

**レーザーと炉心プラズマの独立性を生かし、  
各フェーズの目的にあった炉システムを採用して開発を効率化**



高エネルギー密度状態におけるプラズマ，物質，材料の状態の理解を通して，原型炉開発へ貢献



核融合  
プラズマ

プラズマ対向壁  
(第一壁)

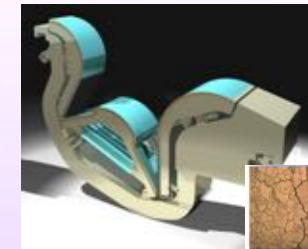
ダイバータ

ダイバータ：  
高い熱負荷に耐える必要

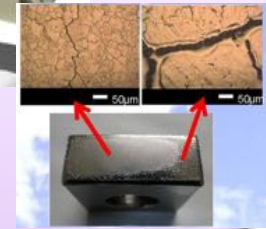
- ・炭素系材料
- ・**タングステン**

プラズマ対向壁：  
放射化しない材料

- ・F82H低放射化フェライト鋼



タングステン  
パルスプラズマ  
照射実験



プラズマ由来  
不純物評価

壁-プラズマ相互作用での  
不純物によるプラズマの  
汚染・冷却問題

可視光以外での  
分光学的計測法の開発

不純物除去  
ダメージ再生

現在

放電洗浄

Y. Yamauchi, et al.,  
J. Nucl. Mater., 438, S1146(2013)

レーザー利用  
レーザーアニール

ダメージメカニズム

レーザープラズマ/パルス・CW比較

レーザー科学やレーザープラズマ研究の知見をもって、  
プラズマ対向壁やダイバーターの理解に貢献

# 原型炉への貢献（教育・人材育成）



センター創立以来、208名の博士、44名の教授、10名の所長、3名の学長を輩出

**国際競争力のあるプラズマ研究を通じて、  
核融合原型炉開発を担う人材を教育・育成**



OSAKA UNIVERSITY

# まとめ



## 高速点火実証実験第I期：FIREX-Iプロジェクトの進展

- ✓ 高エネルギーの電子( $> 10$  MeV) がプレプラズマ中で加速される問題  
→ “Cool REB キャンペーン”で解決
- ✓ レーザー加速された電子ビームが大きな発散角を持つ問題  
→ “Guiding REB キャンペーン”で解決
- ✓ 高速点火におけるCritical Problemを解決し自己点火の可能性を予測可能にする。

## National Ignition Facilityでのレーザー核融合点火実験

- ✓ ホットスポットと燃料層の流体混合を抑制することで、核反応アルファ粒子による加熱が顕著になってきた。
- ✓ 点火実証に向けて、流体混合の抑制、照射一様性の向上、燃料層の先行加熱の制御が進行中。

## レーザー核融合炉技術の開発

- ✓ レーザー核融合炉固有のターゲット供給技術及び繰り返しレーザー技術の開発
- ✓ 磁場閉じ込め方式と共通のトリチウム技術、炉壁技術の開発
- ✓ レーザーと炉心プラズマの独立性を生かした研究開発戦略

## レーザー方式から原型炉開発への貢献

- ✓ 高エネルギー密度状態にあるプラズマ・材料の生成と理解による炉壁・ダイバーター開発への貢献
- ✓ 国際競争力のあるプラズマ研究を通じた原型炉開発を担う人材の教育・育成

大阪大学レーザーエネルギー学研究中心は、核融合科学研究所の双方向型共同研究として、日本発案の高速点火方式の実証実験 FIREX 第一期を実施している。本方式にとって最大の障害であった、レーザー加速電子のエネルギー分布及び広がり制御する技術を開発し、加熱実証に向けて大きく前進した。

米国立点火施設 National Ignition Facilityでは固体密度の2000倍以上の圧縮を達成しており、FIREX第一期で所定の成果を達成すれば、高速点火方式による点火実証の可否の判断することが出来る。

今後は点火実証に向けて炉心プラズマ物理の理解の深化に加え、原型炉開発に資する炉材料技術、計測技術、トリチウム技術の研究開発を進め、同時に産業応用を見据えながら繰り返しレーザー技術及びターゲット供給技術を開発して行く。高エネルギー密度状態にあるプラズマ・材料の理解は、炉壁・ダイバーターの統合シミュレーションの開発にとって非常に重要なデータである。原型炉開発を担う人材の育成においても、国際競争力のある研究・教育活動を通じて貢献していく。