

課題No.24

レーザー応用

核融合科学ユニット

基礎物理シミュレーション研究系
坂上仁志

資料の内容

- ❁ レーザー連携
 - NIFSにおけるレーザー核融合研究
- ❁ レーザー核融合戦略会議
 - レーザー核融合研究開発の中長期的戦略の策定
- ❁ J-EPoCH計画
 - 次期大型パワーレーザー装置の計画
- ❁ ユニット構想
 - 研究課題
 - 研究組織

レーザー連携の設立経緯

- ❁ 平成15年1月の科学技術・学術審議会の核融合ワーキンググループの報告により，レーザー核融合の研究が重点政策の一つとして認識された。
 - 平成15年4月に企画委員会の一専門部会として，慣性核融合研究連携推進専門部会が設置された。
- ❁ 平成16年4月の法人化に伴い，連携研究推進センター内に学術連携研究室レーザー連携研究部門が設置された。
 - 阪大レーザー研と双方向型共同研究を開始した。
 - 平成17年4月より主査
- ❁ 平成22年4月の組織改編に伴い，連携研究委員会の一専門部会として，レーザー連携部会が設置された。
 - 平成25年4月に研究力強化戦略室に移行された。

レーザー連携の目的

- ❁ 大学共同利用機関の中核研究所として，我が国におけるレーザー核融合の研究開発を推進する.
 - 第1期中期計画では，高速点火実証実験FIREX第1期計画を新規開拓分野と位置づけている.
 - 第2期中期計画では，阪大レーザー研との双方向型共同研究の連携により，卓越した研究拠点として連携協力を図るという方針である.
- ❁ 阪大レーザー研と連携協力し，FIREX第1期計画の遂行に必要な研究開発を推進する.
 - 統合シミュレーションコードによる解析
 - クライオターゲット製作設備の開発
 - 新たな診断技術の確立

レーザー連携の研究課題

❁ 研究課題

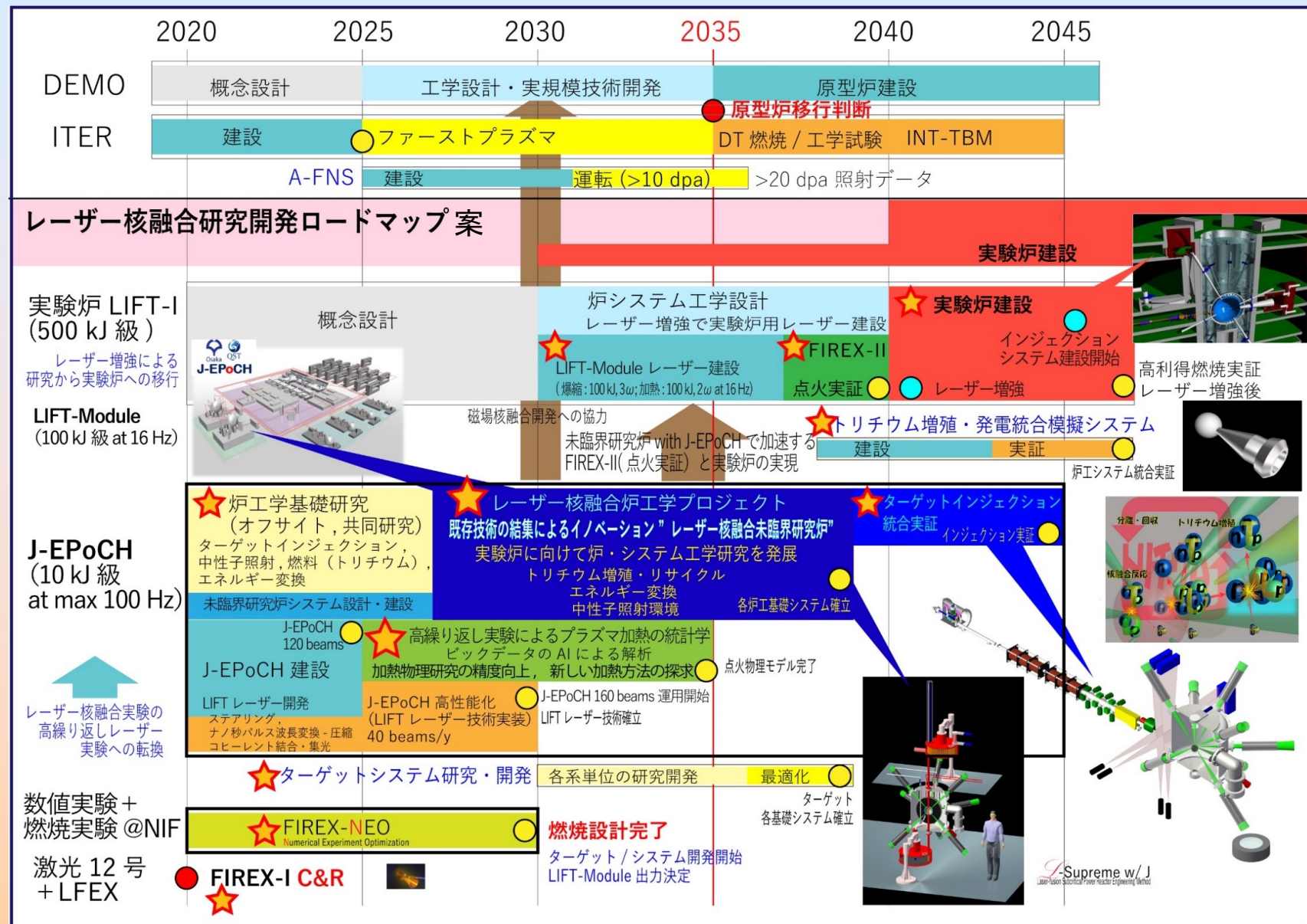
- 多階層統合シミュレーションによる解析
- スペクトロメーターによる高速電子計測
- 高速点火用ターゲットの開発
- 炉用大出力レーザードライバの研究
- レーザー核融合炉のための技術検討

- ❁ 本ユニットは，ベースとして，レーザー連携における研究活動を踏まえている．

レーザー核融合戦略会議

- ❖ IFEフォーラム主催の下,レーザー核融合研究開発の中長期的な戦略を議論するため設立された.
 - 2018年11月から2020年3月まで活動し,報告書をまとめた.
 - GPI,NIFS,阪大,東工大,東北大,九大,明石高専,QST等から34名が参加した.
- ❖ 4つのWG(炉,レーザー,ターゲット,炉心)を設置し,レーザー核融合炉実現に向けた課題を炉システム評価シートとして整備し,各要素技術の現状・課題を網羅的に俯瞰した.
- ❖ 3つの班(TRL,リソース,アウトリーチ)を設置し,現状リソースで実現可能な項目を整理し,啓蒙活動を行った.
 - TRL(技術熟成度レベル)班は,各要素技術において必要な研究開発項目を抽出し,その技術熟成度レベルを技術ビューとしてまとめた.
- ❖ レーザー核融合研究開発ロードマップ案を作成した.

レーザー核融合研究開発ロードマップ案



*レーザー核融合戦略会議報告書より

パワーレーザーのJ-EPoCH計画

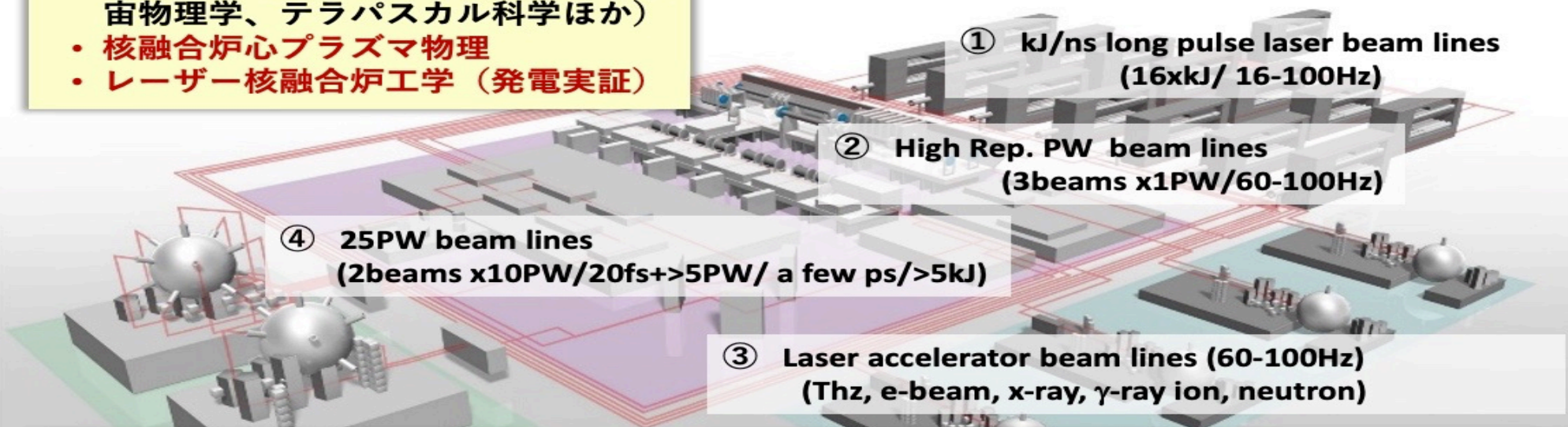
世界を先導する高繰り返し大型パワーレーザーシステム：J-EPoCH —パワーレーザーの新潮流—

J-EPoCH : Japan Establishment for a Power-laser Community Harvest

◆ 高繰り返し高出力レーザー

- ・ 高エネルギー密度科学
(超高压物理、惑星科学、レーザー宇宙物理学、テラパスカル科学ほか)
- ・ 核融合炉心プラズマ物理
- ・ レーザー核融合炉工学 (発電実証)

J-EPoCHは、レーザー核融合の専用装置ではない。



◆ 超高強度レーザー

- ・ 真空量子物理学
- ・ レーザー核科学物理学
- ・ 超高強度場物理学
- ・ レーザー宇宙物理学

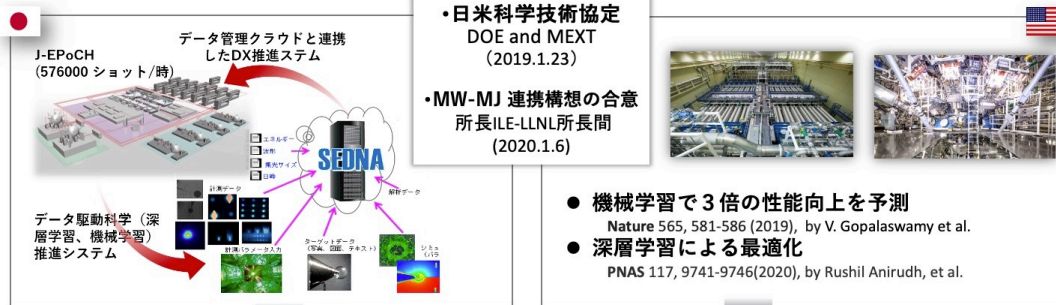
◆ 高繰り返しパワーレーザー + 高輝度2次放射線源

- ・ 新材料開発 (高機能材料、極限材料)
- ・ 生命科学や創薬
- ・ 高速化学・固体物性やデバイス開発
- ・ ニュクレアフォトンクス

J-EPoCHにおける核融合研究

メガジュール(NIF)ーメガワット(J-EPoCH)連携による
データ駆動型解析による炉心プラズマ最適化と点火燃焼数値実験

2022-2026
For the
Next
50
YEARS



レーザー核融合定常運転実証 (未臨界発電実証)

10年以内で実現できるレーザー核融合未臨界発電炉
～中性子→熱→電気変換実証 だけではない様々な用途～

A. Iwamoto and R. Kodama, *High Energ. Dens. Phys.*, 36 (2020), 100842.

定常発電実験: 中性子-熱-電気エネルギー変換技術

- 発生核融合エネルギー: 22.4 J/shot; 総回収熱エネルギー: 14.0 J/shot $Q = 0.002$ (14 J / 8 kJ)
- 1~100 Hz → 熱エネルギー: 14 ~ 1,400 W; 発電量: ~W

中性子利用: 核融合炉材料技術

- 発生数: 10^{13} /shot
- 1~100 Hz → $10^{13} \sim 10^{15}$ n/sec
- 直径20 cmでは $6.6 \times 10^{13} \sim 10^{15}$ n/m² sec

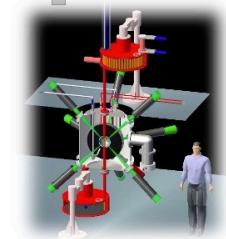
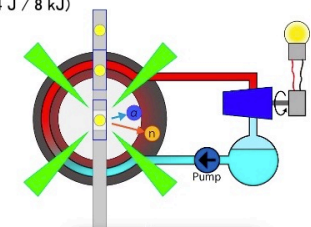
トリチウム増殖: 核融合燃料増殖技術

- 発生トリチウム数: 3.8×10^{13} 個/100 shots
- 発生放射能: 6.8×10^4 Bq
- TBR: 6.8×10^{-6} ($3.8 \times 10^{11} / 5.6 \times 10^{16}$ [LHART])

保護層熱負荷

- 熱負荷: 8 kJ/shot (ほぼレーザーの全エネルギーを仮定)
- 1~100 Hz → 熱負荷: 8 kW~0.8 MW
- 直径20 cmでは $64 \text{ kW/m}^2 \sim 6.4 \text{ MW/m}^2$

- レーザー核融合発電炉のシステムを再現できる
- 小規模な実験環境
- 磁場核融合の課題であるダイバータの中性子環境熱負荷試験も可能



2022-2026
For the
Next
50
YEARS

L-Supreme

Laser Fusion Sub-critical Power Reactor Engineering Method

点火燃焼の物理 (核融合点火数値実験)

*文部科学省第22回核融合科学技術委員会(2020/10/30)説明資料より

ユニットの仮称

- ❁ レーザー応用核融合科学
 - Laser Applied Fusion Science
- ❁ 名称は、「レーザー核融合」ではない.
 - 磁場閉じ込め核融合プラズマや炉工学, 宇宙プラズマとも共通な研究課題が多くある.
 - 「レーザー連携」における研究課題を踏まえているので, 「レーザー」と「核融合」はキーワードとして残したが, 「レーザー核融合」に特化しているわけではない.

ユニットの研究課題

- ❁ J-EPoCHを念頭に置いた研究課題を考える。
 - J-EPoCHがあってもなくても、レーザー核融合炉を実現するために必要な早急に研究すべき課題である。
- ❁ 核融合点火数値実験
 - プラズマ加熱原理の統計的解析(DL/ML)（共通課題）と最適化
 - 核融合燃焼（共通課題）
- ❁ 未臨界発電実証
 - ターゲット製造と連続供給の技術
 - 炉工学における各種課題（共通課題）
 - 中性子利用における各種課題（共通課題）
 - トリチウム増殖における各種課題（共通課題）
- ❁ その他
 - 高速点火方式炉のポイントデザイン
 - 高密度状態のEoS（共通課題）

ユニットの研究組織

❁ 研究所職員

- シミュレーション,計測(核融合点火数値実験)
- 炉工学,トリチウム増殖(未臨界発電実証)
- 炉設計(高速点火方式炉のポイントデザイン)
- プラズマ素過程(高密度状態のEoS)

❁ 所外コア研究者

- 双方向型共同研究で連携している阪大レーザー研とのクロスアポイントメントを含めた協力体制

❁ 所外研究協力者

- 共同研究を実施している阪大,広大,光産創大など