

# 学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想（ロードマップ2023）

## ◆ 学術研究の大型プロジェクトについて

- ✓ 「Bファクトリー」、「スーパーカミオカンデ」等の学術研究の大型プロジェクトは、最先端の技術や知識を結集して人類未踏の研究課題に挑み、世界の学術研究を先導する画期的な成果を挙げている ※「スーパーカミオカンデ」によるニュートリノ振動の発見（2015年ノーベル物理学賞受賞）など
- ✓ 一方、大型プロジェクトは長期間にわたって多額の経費を要するため、その推進に当たっては、広く社会・国民の支持を得ながら、国内外の学術研究の全体状況はもとより、公財政支出の現況や将来見通し等にも留意しつつ、**長期的な展望をもって戦略的・計画的に推進していく必要**

国として大型プロジェクトの優先度を明らかにする観点から、「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想（ロードマップ）」を策定

※これまで、2010、2012、2014、2017、2020年に策定

## ◆ ロードマップ2023の策定

- ✓ 「ロードマップ2023」の対象は、実施期間が5～10年程度、予算規模が概ね数十億から2000億円程度の研究計画
- ✓ 公募の結果、申請のあった47件の研究計画について、科学技術・学術審議会において、幅広い分野の専門家によるきめ細かい審査を実施し、**12計画を掲載した「ロードマップ2023」を策定**
- ✓ 「ロードマップ2023」には、各掲載計画の基礎的な情報のほか、審査の過程で指摘された「主な優れている点」「主な課題・留意点」を掲載

### <ロードマップ2023 掲載計画>

- BSL-4施設を中核とした感染症研究拠点の形成\*（長崎大学）
- スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク\*（東京大学）
- 多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム：J-EPoCH計画（大阪大学レーザー科学研究所）
- 極低放射能環境でのニュートリノ研究（東北大学ニュートリノ科学研究センター）
- IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台による高エネルギーニュートリノ天文学・物理学研究（千葉大学ハドロン宇宙国際研究センター）
- CTA国際宇宙ガンマ線天文台（東京大学宇宙線研究所）
- 強磁場コラボラトリー：統合された次世代全日本強磁場施設の形成\*（東京大学物性研究所）
- 30m光学赤外線望遠鏡計画TMT（自然科学研究機構国立天文台）
- 超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学（自然科学研究機構核融合科学研究所）
- LiteBIRD—熱いビッグバン以前の宇宙を探索する宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星\*（宇宙航空研究開発機構）
- アト秒レーザー科学研究施設\*（東京大学）
- 統合全球海洋観測システムOneArgoの構築と海洋融合研究の推進（東北大学）

※カッコ内は実施主体（中核機関）

※ \*はロードマップ2020からの継続掲載（5計画）

# ロードマップ2023 掲載計画概要

※カッコ内は実施主体・中核機関  
※\*はロードマップ2020からの継続掲載（5計画）

## BSL-4施設を中核とした感染症研究拠点の形成\*（長崎大学）



BSL-4施設を中核とした世界トップレベルの感染症研究拠点を形成し、感染症の病態解明、診断・治療法の確立、有効な予防法の構築による国民の安全・安心の確保、WHO等による国際的な感染症管理体制への貢献を通じ、世界の保健向上に資する。

## スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク\*（東京大学）



将来の量子科学・量子情報技術の中核となる分野である「スピントロニクス」について、卓越した研究機関のネットワークによる国際共同研究拠点を形成・強化し、革新的省エネルギーデバイス、古典・量子情報融合デバイスなどの新しい情報処理技術の実現に向けて不可欠の科学技術基盤を提供する。

## 多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム：J-EPoCH計画（大阪大学レーザー科学研究所）



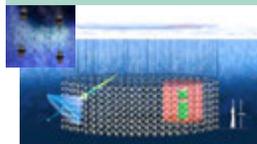
我が国の強みを活かした世界一の高繰り返し大型パワーレーザーによる国際共創プラットフォームをオールジャパン体制で構築し、量子真空の探査（場）、核融合エネルギーの探求（プラズマ）、超高压新奇量子物質の創生（固体）を通して、エネルギー密度の高い極限的な量子科学の開拓で世界を先導する。

## 極低放射能環境でのニュートリノ研究（東北大学ニュートリノ科学研究センター）



神岡地下に建設したカムランド実験装置の高性能化により、素粒子原子核研究の最重要課題に挙げられる二重ベータ崩壊研究や、地球内部の組成や活動様式解明に挑む地球ニュートリノ観測、特徴的な低エネルギーニュートリノ天文学等を展開する。

## IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台による高エネルギーニュートリノ天文学・物理学研究（千葉大学ハドロン宇宙国際研究センター）



南極点直下に設置したIceCube検出器を世界15か国の連携により高度化し、世界最大のニュートリノ観測装置により高エネルギー宇宙ニュートリノの高感度観測を行う。電波からガンマ線まで分布する電磁波及び重力波との統合観測によるマルチメッセンジャー天文学を展開し、宇宙線の統合的理解、遠方宇宙や天体内部の探求に貢献する。

## CTA国際宇宙ガンマ線天文台（東京大学宇宙線研究所）



次世代の国際宇宙ガンマ線天文台CTAにより、超高エネルギーガンマ線領域の世界唯一の天文大型施設として、極限宇宙の姿を捉え、ブラックホール、宇宙線の起源、暗黒物質などの解明を目指す。さらに、従来の電磁波・宇宙線観測に加え、重力波やニュートリノ観測と連携し、マルチメッセンジャー天文学の重要な一つの柱となる。

## 強磁場コラボラトリー：統合された次世代全日本強磁場施設の形成\*（東京大学物性研究所）



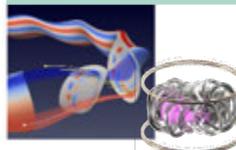
全日本的な強磁場施設の連携の下で世界最高性能の設備を組み合わせた独自の戦略により、我が国が強みを持つ物質・材料科学とりわけ、半導体、磁石、超伝導材料などの研究で世界を先導する。情報、エネルギー、医療等の課題解決に貢献するとともに、1200テスラ超強磁場下の学際的研究により宇宙、生命、化学などにおける未知現象を発見する。

## 30m光学赤外線望遠鏡計画TMT（自然科学研究機構国立天文台）



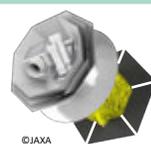
ハワイ島マウナケア山頂域に口径30m光学赤外線望遠鏡TMTを建設し、すばる望遠鏡の広域探査と連携して地球型系外惑星や宇宙の初代星等の観測を行う。膨張宇宙における星、銀河、元素生成等の全貌を理解し、惑星の形成や生命誕生という人類究極の課題に挑む。

## 超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学（自然科学研究機構核融合科学研究所）



超高温プラズマを高精度で制御・操作し、世界最高の分解能で計測する実験システムを構築することで、核融合炉のみならず宇宙・天体にも共通するプラズマに独特な揺らぎの発生原因とその影響を解明する。計測と理論・シミュレーションを連携し、核融合イノベーションを駆動する科学的指導原理の構築を目指す。

## LiteBIRD—熱いビッグバン以前の宇宙を探索する宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星\*（宇宙航空研究開発機構）



熱いビッグバン以前の宇宙に関する最有力仮説である「インフレーション宇宙理論」を検証するため、LiteBIRD衛星による宇宙マイクロ波背景放射の全天偏光観測から原始重力波を探索する。代表的インフレーション宇宙理論を検証することで、宇宙創生の謎に挑む。

## アト秒レーザー科学研究施設\*（東京大学）



我が国で長年にわたって培われてきた先端レーザー技術と自由電子レーザー技術を集約し、アト秒レーザー科学研究施設を建設する。物質中の電子の動きを実時間で捉えることにより、物理学、化学、生物学、工学、薬学、医学等の幅広い分野でイノベーション創出を目指す。

## 統合全球海洋観測システムOneArgoの構築と海洋融合研究の推進（東北大学）



全球海洋の深度2000mまでの水温・塩分を常時計測する現行のArgoフロート観測網を、海底まで、かつ、生物地球化学変数の計測にまで拡張する統合全球海洋観測システムOneArgoを構築する。海洋全層における気候変動シグナルの検出や、海洋酸性化・貧酸素化の実態把握と生態系の応答の解明等により、海洋融合研究を推進する。

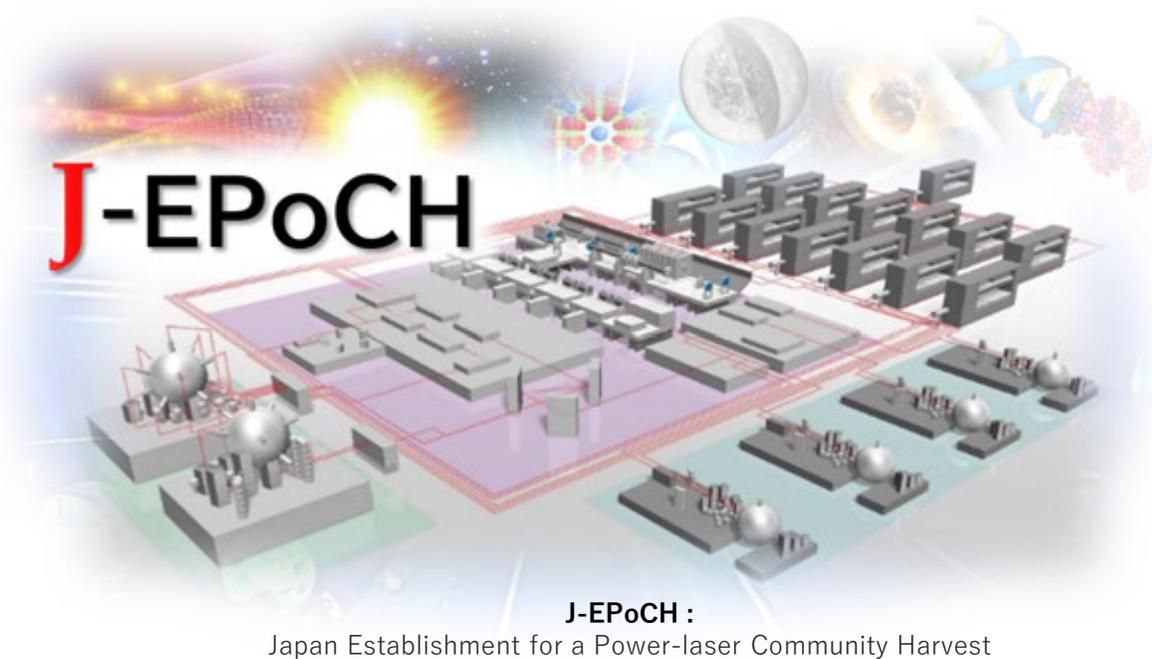
学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想(ロードマップ2023)掲載計画

# 多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム: J-EPoCH計画

## 【概要】

我が国の強みを活かした**世界一の高繰り返し大型パワーレーザー**による国際共創プラットフォームをオールジャパン体制で構築し、**量子真空の探査(場)**、**核融合エネルギーの探求(プラズマ)**、**超高圧新奇量子物質の創生(固体)**を通して、エネルギー密度の高い**極限的な量子科学の開拓**で世界を先導する。

大阪大学レーザー科学研究所  
兒玉 了祐



# 多様な研究者コミュニティによる我が国独自の戦略

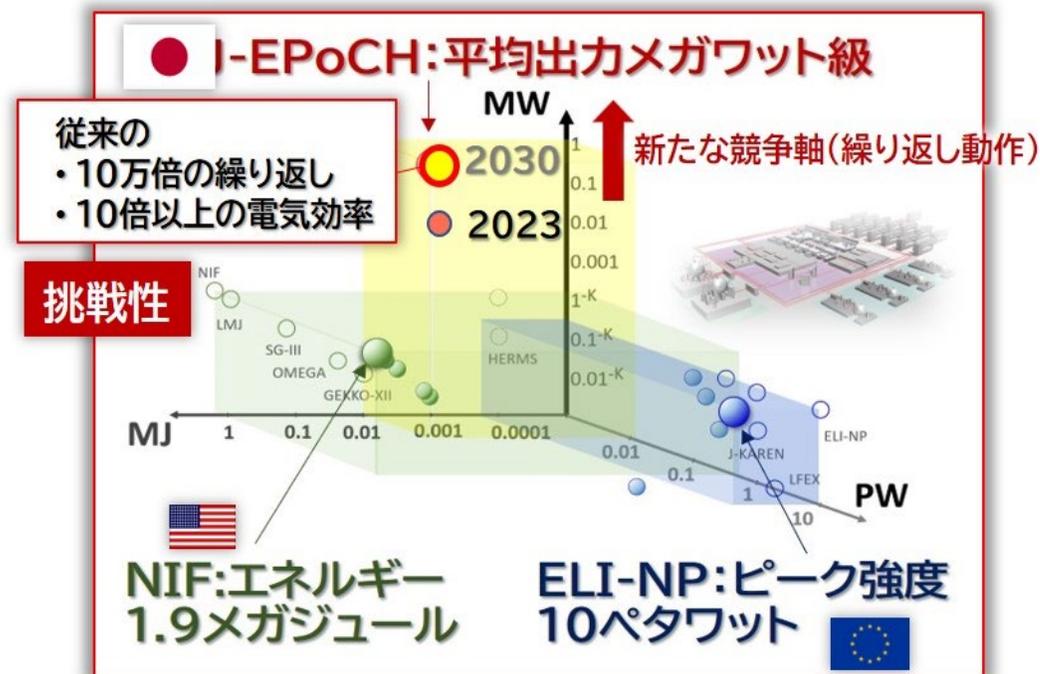
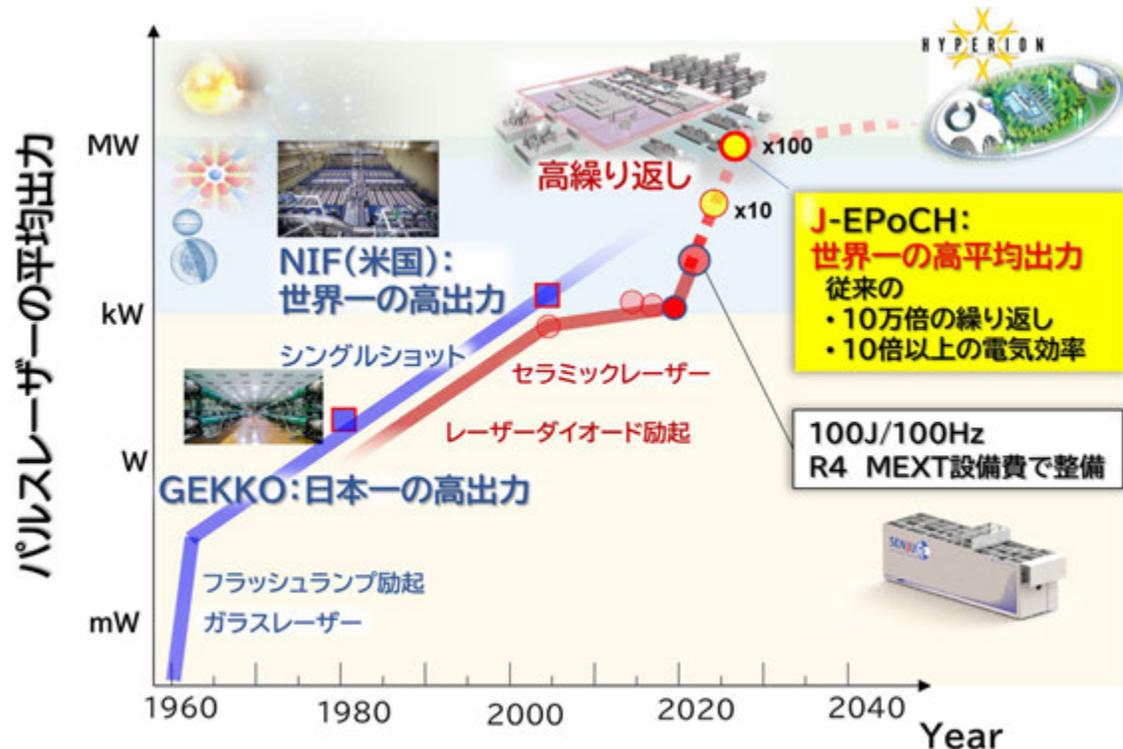
2015.12.24 我が国の独自戦略を検討するパワーレーザーコミュニティ会議設置 (延べ1000名規模のメーリングリスト)

2016. 3. 29 パワーレーザーコミュニティ会議: 研究推進体制の議論(阪大-QSTの連携)

2017-2019 レーザー学会専門員会:多様な研究者コミュニティの意見を取り入れた装置仕様策定

2018.11. 1 産業界との協奏の場として、パワーレーザーフォーラム設置

2018.11.28 パワーレーザーコミュニティ会議: J-EPoCH概念設計の最終案合意 (我が国の独自戦略)



融合性

産学オールジャパン体制で、世界一の大型レーザー施設を実現する。  
我が国の強み(レーザー材料、半導体レーザー、高耐力光学素子など)を活かす

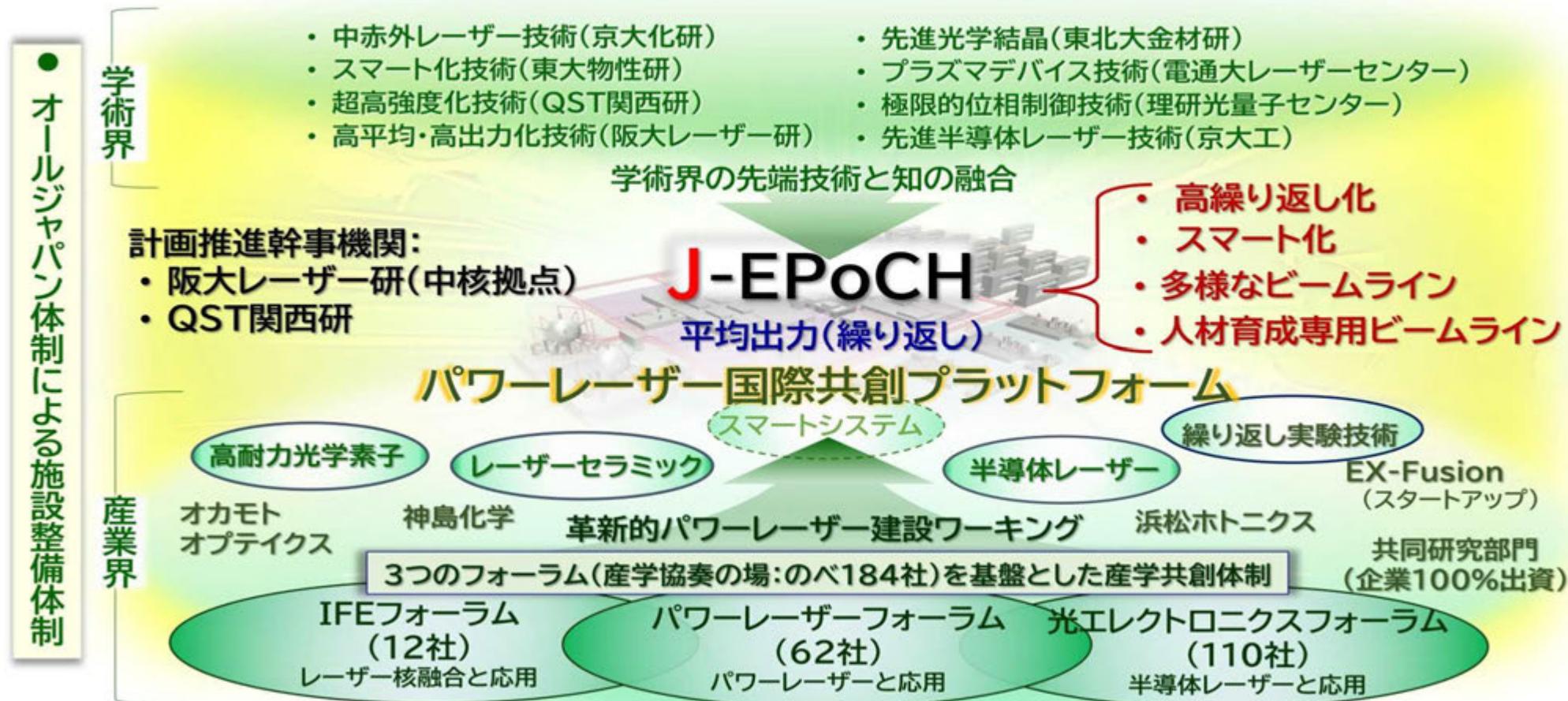
# 実施主体・体制:

# オールジャパンの計画推進体制と多様な知が活躍できる実施体制

## ● 計画推進体制(主に施設整備)

実施責任機関:大阪大学レーザー科学研究所

連携機関: QST関西光量子科学研究所、東北大学金属材料研究所、東京大学物性研究所、電通大レーザー新世代研究センター、京都大学化学研究所、京都大学大学院工学研究科附属量子理工学教育研究センター、理化科学研究所光量子工学研究センター



# オールジャパンの計画推進体制と多様な知が活躍できる実施体制

## 共同利用・共同研究の実施体制

### ① 既存の共・共拠点体制、国際連携体制を活用・発展した体制

- 10年以上の文科省共・共拠点運用実績に基づいた学際的な研究拠点体制
- 文科省先端研究設備プラットフォーム事業によるパワーレーザー施設連携体制
- 5か国の海外連携オフィスや多数の国際連携事業により構築された国際連携体制
- 3つのフォーラム(184社)を活用した産学連携体制

### ② 若手を含む多様な研究者が参画できる体制

- 高繰り返し化
- スマート化
- 多様なビームライン
- 人材育成専用ビームライン

計画推進幹事機関:

- 阪大レーザー研(中核拠点)
- QST関西研

**J-EPOCH**  
平均出力(繰り返し)

## パワーレーザー国際共創プラットフォーム

国際グランドアライアンス(世界のパワーレーザー施設とコミュニティ連携ネット)

世界一連携

- 国際先導科学研究費助成事業
- JSPS国際拠点事業

★: 阪大レーザー研海外連携オフィス  
(米国、仏国、独国、ルーマニア、ベトナム)



LaserNetUS

エネルギー

NIF

★ LLNL 米国

GEKKO/LFEX (阪大レーザー)

(京大化研)

(東大物性研)

ピーク強度

ELI-NP

ルーマニア ★

ELI-Eric



ELI-ALPS

ハンガリー

ELI-Beamline

チェコ共和国

OMEGA

Rochester 米国

SACLA/HERMES

(理研-阪大レーザー)

J-KAREN-P

(QST 関西圏)

HiBEF

HiBEF consort

Euro XFEL

独国

★ DRACO

HZDR 独国

MEC

SLAC 米国

LULI

★ Ecole Polytech.-  
CNRS 仏国

CNRS-IRN

LMJ/PETAL

ALP-CEA 仏国

# パワーレーザー国際共創プラットフォームで開拓できる学術フロンティア

## 学術フロンティア エネルギー密度の高い極限的な量子科学の開拓

- 真空の量子ゆらぎの探査(真空)、超高压新奇量子物質の創生(固体)、核融合プラズマの探求
- 学際・国際・産学連携などの多様性を同一空間で実現し、よりイノベーション創出に適した環境を生み出し、産業構造の変革や人材育成に貢献。

挑戦性

### 世界初の高繰り返し大型パワーレーザー施設

## J-EPOCH

- ・ モジュール化
- ・ 高繰り返し化
- ・ スマート化

- ・ 大型サイバーフィジカルシステム
- ・ データ駆動

メガレーザー:  
10-16kJ/5-10ns/100Hz/  
160 x 基本モジュール(100J/100Hz)

100Hz

70 m

10Hz

90Hz

実験エリア 1

実験エリア 2

実験エリア 3

高温・高密度実験

- ・ 超々高密度物理学
- ・ レーザー宇宙物理学
- ・ 核融合プラズマ物理学
- ・ 核融合発電システム工学
- ・ 核融合炉材料工学

高強度場・高密度実験

- ・ 量子真空物理学
- ・ レーザー核物理学
- ・ 超高強度場物理学
- ・ レーザー宇宙物理学
- ・ 超高压物理化学, 量子固体材料

多種・多様な実験

- ・ 固体物性・物質材料科学
- ・ 生命医科学、創薬
- ・ 高速化学、光化学
- ・ プロセス工学
- ・ 量子ビーム科学 (X線・中性子応用)

融合性

### 学術フロンティアの開拓: 挑戦性

#### 高いエネルギー密度状態の量子科学

量子ゆらぎのある  
“量子真空”の探査

超高電磁場

新たな量子凝縮系が期待できる  
“1億気圧の固体”の実現

超高压  
量子固体

繰り返しレーザー核融合反応で  
“フュージョンエネルギー”

フュージョン  
プラズマ

総合性

国際共創プラットフォーム  
多様な知が活躍できる

国際性

① Global Grand Alliance

世界の地域ネットワークとの連携

② World-leading Triangle of Power Lasers

日・米・欧の世界一の3施設連携

融合性

産学オールジャパン体制で  
我が国の強みを収斂・進化させる

# 繰り返しパワーレーザーによる核融合科学の変革

## 繰り返しレーザーによる新たな核融合科学への挑戦

### ■ レーザー核融合炉工学の創始

- ・ 未臨界核融合炉（ミニチュア炉）による核融合炉工学  
発電・水素発生原理実証（レ）  
炉材料開発（レ・共）  
トリチウム増殖（共）  
ダイバーター熱負荷試験（磁）

パルス核融合の  
エネルギー変換  
技術の構築と核  
融合炉工学への  
貢献

### ■ 炉心プラズマ物理の深化

- ・ 核融合プラズマ物理の基礎（データサイエンス）  
複雑系の理解（レーザープラズマ相互作用）  
プラズマ不安定性の理解と予測
- ・ 3Dの圧縮と流体不安定性の物理  
不安定性回避の物理  
不安定性抑止の物理
- ・ 核融合燃焼物理（LLNL-NIFとの連携:日本の窓口）  
効率的な核融合燃焼のための物理；IFEを含めた高エネルギー密度科学

安定かつ効率的  
なレーザー核融  
合の実現とプラ  
ズマ物理の理解

### J-EPoCH(日本)



高いエネルギー密度状態の量子科学

量子ゆらぎのある  
“量子真空”の探査

超高電磁場

新たな量子凝縮系が期待できる  
“1億気圧の固体”の実現

超高圧  
量子固体

繰り返しレーザー核融合反応で  
“フュージョンエネルギー”

フュージョン  
プラズマ

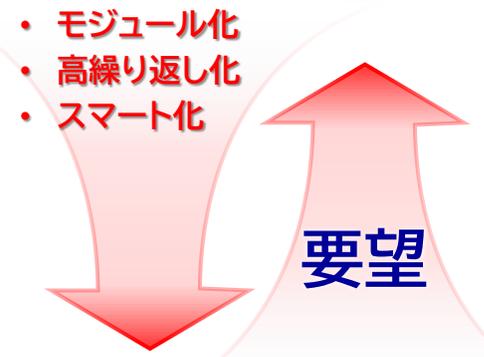
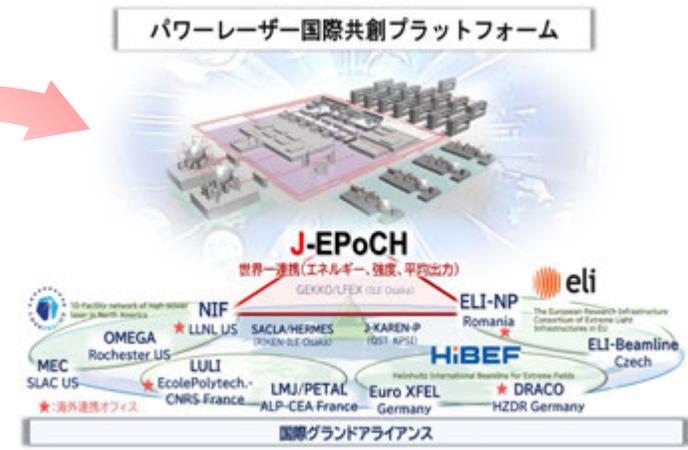
核融合・プラズマコミュ  
ニティによるオールジャ  
パン体制

### NIF(米国)

日米科学技術協力協定・学術協定  
大阪大学・LLNL学術協定

# J-EPoCH計画の経緯と今後(まとめ)

創生期 (2015-2016)	2015.12.24	パワーレーザーコミュニティ会議(延べ1000名規模のメーリングリスト)を設置: 高エネルギー密度科学のための拠点の重要性を議論
	2016. 3. 29	パワーレーザーコミュニティ会議: 研究推進体制の議論(阪大-QSTの連携)
	2016.11.24	推進体制キックオフ(阪大-QST協定)
過渡期 (2017-2018)	2017-2019	レーザー学会技術専門員会: J-EPoCH概念設計 <u>コミュニティの意見を取り入れた装置仕様の策定</u>
	2018.11. 1	産業界との協奏の場として、パワーレーザーフォーラム設置
	2018.11.28	パワーレーザーコミュニティ会議: J-EPoCH概念設計の最終案合意
発展期 (2019-2020)	2019. 1.23	日米政府間科学技術協定、9番目の新たな枠組み「パワーレーザーと応用」調印
	2019. 1.28	パワーレーザーフォーラムに革新的パワーレーザー建設ワーキングを設置
	2019. 3.31	日本学術会議マスタープラン2020提案(阪大-QST)
	2019-2020	レーザー学会に新たな技術専門員会設置、サイバー空間を活用したスマート大型施設の基本設計 ならびに分野拡大(産業界の支援)に関する議論を開始
	2019. 5.22	日本学術会議に総合工学委員会エネルギーと科学技術に関する分科会 ハイパワーレーザーによる 高エネルギー密度科学小委員会を設置
	2020. 6.16	日本学術会議提言「パワーレーザー技術と高エネルギー密度科学の量子的飛躍と産業創成」
	2021. 5	日本学術会議 総合工学委員会エネルギーと科学技術に関する分科会内にパワーレーザーによる 高エネルギー密度科学小委員会を設置
成熟期 (2021- )	2021. 6	パワーレーザーDXプラットフォーム(5機関連携)スタート(文科省「先端研究基盤共用促進事業」)
	2022. 1. 1	レーザー学会提言「2050年カーボンニュートラルへの貢献」(大型パワーレーザーの活用)
	2022. 9. 8	日本学術会議 総合工学委員会エネルギーと科学技術に関する分科会意志の表出(見解)→内諾
	2022.11.24	パワーレーザーコミュニティ会議:光源開発に関するオールジャパン体制確立
	2022.12.16	日本学術会議「未来の学術振興構想」申請 → 内定
	2023. 6. 14	<b>パワーレーザーコミュニティ会議:J-EPoCHユーザー会議に発展</b>



## J-EPoCHユーザー会議



**2023.12 文部科学省 ロードマップ2023採択**

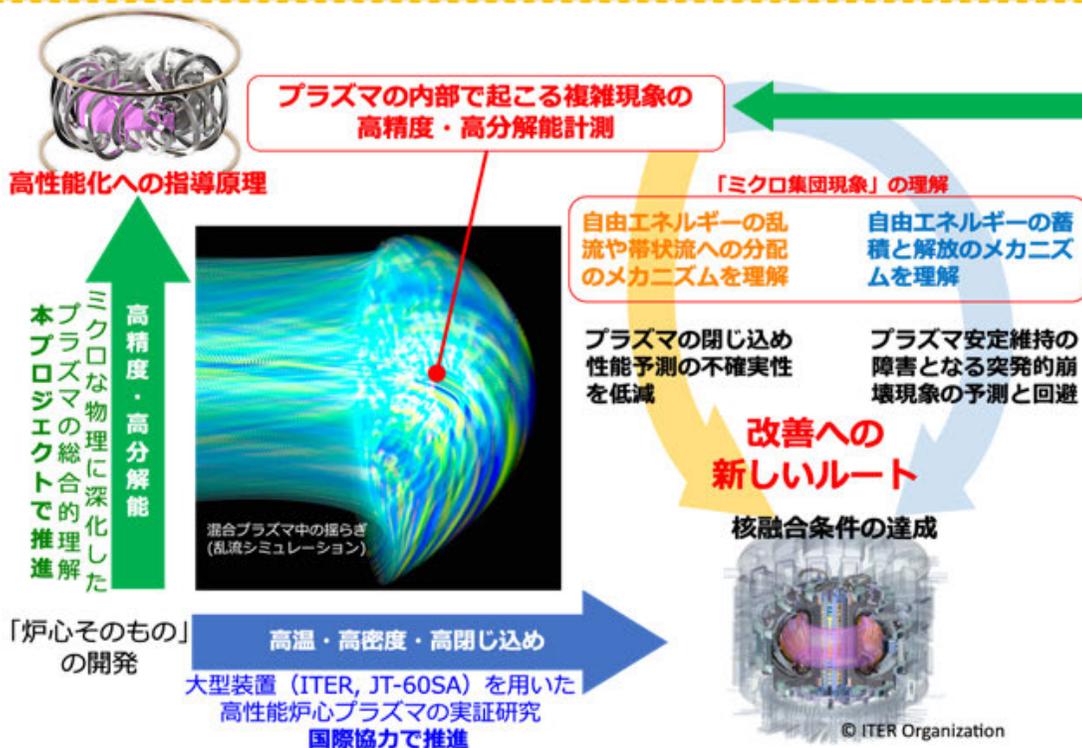
**具現化のための組織整備(機関連携)**

# 学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想 (ロードマップ2023) 掲載計画

## 超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学

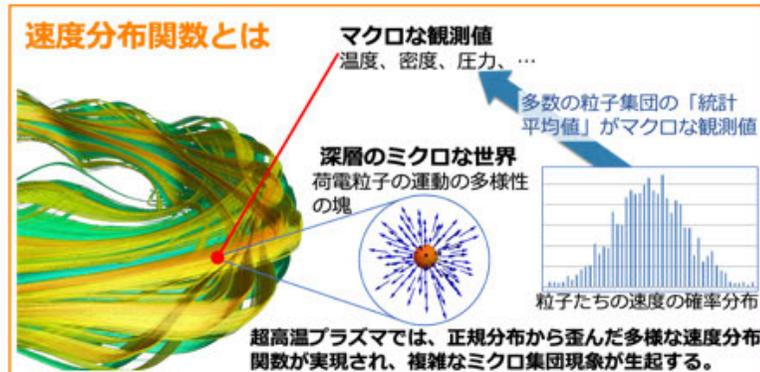
代表機関： 自然科学研究機構・核融合科学研究所

フュージョンエネルギー実用化に向けた最大の課題は、核融合システムのコンパクト化である。炉心を小さくすると、プラズマ中の温度勾配が大きくなり、複雑な揺らぎが発生して、閉じ込めの劣化や、突発的な不安定性が起こる。核融合炉のみならず宇宙・天体にも共通する、プラズマに独特な揺らぎの発生原因とその影響を解明するために、超高温プラズマのマイクロな状態を高精度で制御・操作し、世界最高の分解能で計測する実験システムを構築する。計測と理論・シミュレーションを連携し、核融合イノベーションを駆動する指導原理を提示する。



炉心プラズマのコンパクト化への挑戦  
～フュージョンエネルギー実用化に向けた主戦場～

- ❖ コンパクト化 → 温度勾配増加 → 揺らぎによる閉じ込め劣化 → 性能限界
- ❖ 揺らぎ = 「マイクロ集団現象」のメカニズム解明が閉じ込め改善の鍵
- ❖ 揺らぎを生み出す原因は**速度分布関数の歪み**



<所要経費 (百万円)> 総額：33,040 (設備費：21,300、人件費：400、運営費：11,340)

<年次計画>	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
装置整備	既存プラズマ装置 新規プラズマ装置 計測・制御装置	整備	製作・導入	移設・整備	増強	増強	増強	増強		
実験・研究		フェーズ1実験						フェーズ2実験		
	実験と連携した理論・シミュレーション研究									

学術研究基盤LHD (現行計画)	Phase-I				Phase-II							
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目		
準備期間	計測セクション：52億円											
<ul style="list-style-type: none"> <li>ミクロ集団現象のメカニズムと効果を解明するために必要な速度分布関数を高精度で制御、計測する装置群 (計測セクション、マニピュレータセクション) を、これまでの学術研究基盤 (LHD) を最大限活用して整備。</li> </ul>	移設, 導入				増強							
	マニピュレータセクション：51億円				増強							
<ul style="list-style-type: none"> <li>既存のプラズマ装置 (CHS) を活用してCHDとして整備し、Phase-I実験を実施。</li> <li>Phase-I実験に並行して、プラズマ装置 (CHD-U) の製作を進め、5年目に入れ替えて、Phase-II実験を実施。</li> </ul>	プラズマ装置：110億円											
	CHDの整備				CHD-Uの制作・導入						増強	
	Phase-I実験				Phase-II実験							
<b>LHD</b>	<b>CHD</b>				<b>CHD-U</b>							
												
	Phase-Iの実験に並行してCHD-Uを製作				磁場配位を幅広く制御することが可能							
プラズマの体積	30 m <sup>3</sup>				1 m <sup>3</sup>						4 m <sup>3</sup>	
粒子を閉じ込める能力 注1	1 (基準値)				0.2 倍						0.5 倍 ~ 10 倍 (自在に変化させることが可能)	
分布関数を歪める能力 注2	1 (基準値)				1.5 倍						1.5 倍	
分布関数の自由度 注3	1 (基準値)				0.7 倍						1.2 倍	

注1：新古典輸送(1/v領域)の改善度, 注2：加熱パワー密度, 注3：規格化した平均自由行程

「超高温プラズマ学術研究基盤 (LHD)計画」 (現行学術研究基盤事業) および「非平衡極限プラズマ連携」 (ロードマップ2014) からのシームレスな発展

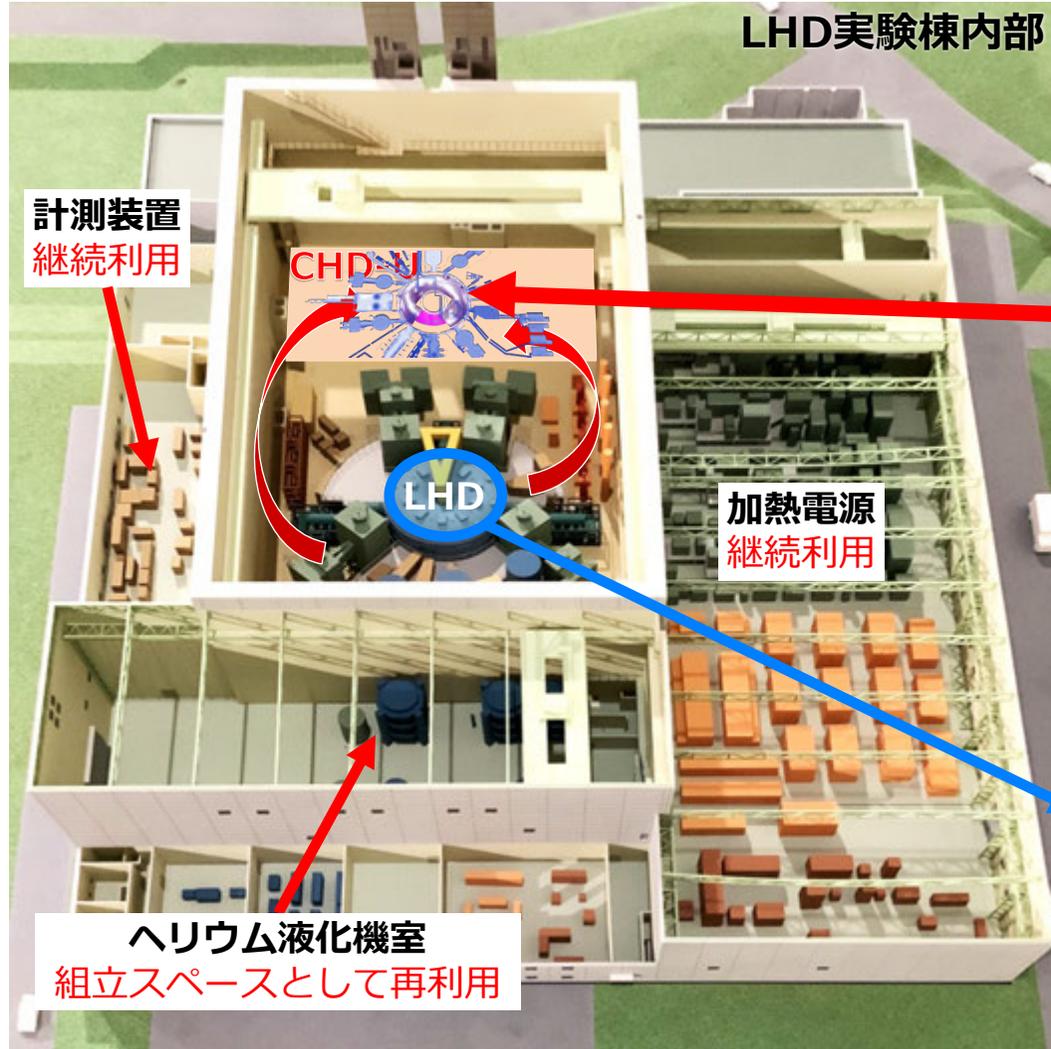


LHD実験設備群

LHD実験棟



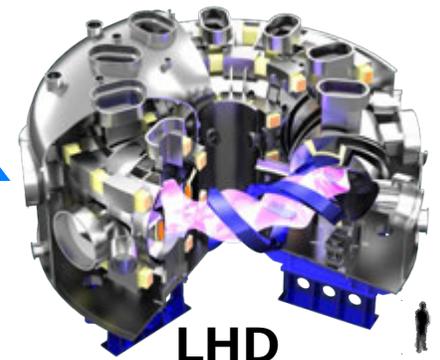
LHD制御室



❖ LHD実験棟内外の様々な既存の設備を**継続利用**してCHD-Uを整備

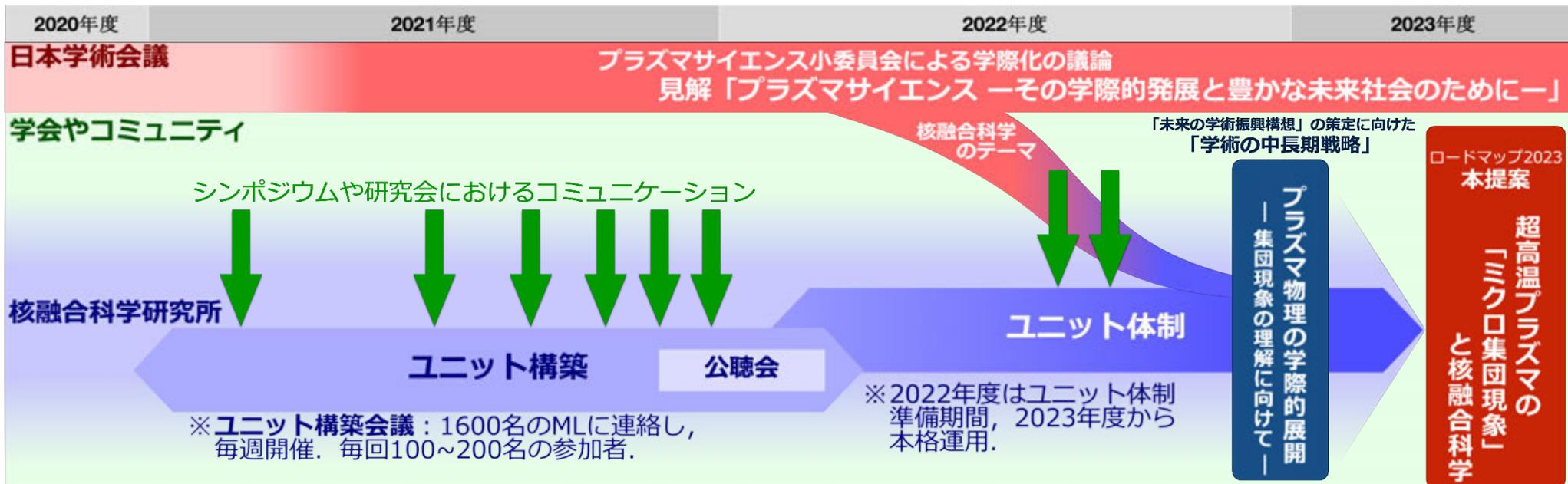


CHD-U ; 新装置  
LHD実験室内の旧組立スペースに設置



LHD  
2025年運用終了

- 日本学術会議・プラズマサイエンス小委員会における俯瞰的議論\*
- 全国の研究者が参加し、2年間の議論を経て「ユニット」を構築
- 若手研究者（30代～40代）が議論をリード。ユニットリーダーの平均年齢は45歳
- 所内外の学際的なメンバーで構成される共同研究チームである6つの「ユニット」が連携して推進
- 学際化へ向けたパラダイム転換によって、発表論文の学際化が急速に進展中



## 超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学

- 1. 計画の位置づけとアウトカム：** 核融合エネルギー（カーボンニュートラルに向けた革新的技術）の実現を加速するイノベーションのための科学的指導原理の確立
- 2. 科学目標：** 核融合プラズマの「閉じ込め性能」を支配する「マイクロ集団現象」の精密な物理的理解の確立
- 3. 研究戦略と具体的プラン：** 世界最高性能の時空間分解能計測によって、マイクロから創発される揺らぎと、そのマクロな効果を解明し、新たな改善のルートを開拓
- 4. 求心力とネットワーク構築：** 学术界をあげた集中議論を通じ、求心力のあるプロジェクトを立案。学際的連携を張り巡らした「ユニット」による頭脳循環。若手がリードするプロジェクトの推進