

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」申請様式（書面審査フォーマット）

基本情報1：計画名称等

研究分野 ※プルダウンリストから選択		研究分野の内容 ※科学研究費助成事業審査区分表の小区分の内容の例を参考	
物理学		プラズマ閉じ込め、プラズマ制御、プラズマ計測、 核融合システム、宇宙天体プラズマ	
これまでの ロードマップ掲載 ※掲載年に☑	<input checked="" type="checkbox"/> 2010 <input checked="" type="checkbox"/> 2012 <input checked="" type="checkbox"/> 2014 <input type="checkbox"/> 2017 <input type="checkbox"/> 2020（継続掲載希望）	これまでの「大規模学 術フロンティア促進事 業」での支援の有無	<input checked="" type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 無 <small>※有の場合 支援期間（2013～2022）</small>
計画名称（日・英）			
(日) 超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学 (英) Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science			
実施機関（中核機関）			
自然科学研究機構 核融合科学研究所			
連携機関			
九州大学（極限プラズマ研究連携センター）、大阪大学（レーザー科学研究所）、 東京大学（大学院新領域創成科学研究科）、中部大学（ミュオン理工学研究セン ター）、量子科学技術研究開発機構（量子エネルギー部門）			

（※研究分野は、人文・社会科学、基礎生物学、統合生物学、農学、食料科学、基礎医学、臨床医学、健康・生活科学、  
歯学、薬学、環境学、数理学、物理学、地球惑星科学、情報学、化学、総合工学、機械工学、電気電子工学、土木工  
学・建築学、材料工学、融合領域 から選択。）

基本情報2：提案者情報

区分	氏名	所属・役職
提案者	吉田善章	自然科学研究機構核融合科学研究所・所長
計画代表者	吉田善章	自然科学研究機構核融合科学研究所・所長
事務連絡担当者	住所	岐阜県土岐市下石町 322-6
	氏名	飯野美智子
	所属・役職	自然科学研究機構核融合科学研究所・ 管理部長
	電話番号	0572-58-2003
	e-mail	keiei-kakari@nifs.ac.jp

## 0. 全体概要

### (概要)

核融合エネルギーへの期待が高まる中、研究開発を加速する鍵は、核融合炉の成立条件に関する科学技術的リスク（不確実性）を低減することである。中心的な課題は、極端な非平衡状態にあるプラズマの内部で発生する集団的な揺らぎによる「閉じ込め劣化」や「崩壊現象」の問題である。従来のマクロ（電磁流体的）な物理量に基づく旧パラダイムを刷新し、本計画は、集団現象を創発するミクロ階層に分け入ることで、プラズマ物理と核融合科学のフロンティアを切り開く。これまでに築いてきた先端的研究の実績と世界最高性能のプラズマ制御・計測技術が、このパラダイム転換を可能とする。




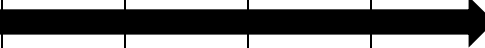



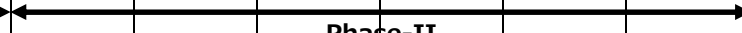
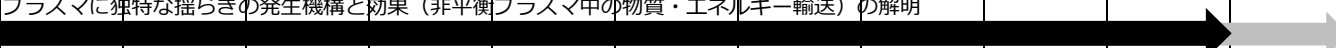

具体的には、超高温プラズマのダイナミクスを決定づける「ミクロ集団現象」を研究し、核融合炉から宇宙・天体に共通するプラズマに独特な揺らぎの発生機構とその効果（非平衡プラズマ中の物質・エネルギー輸送）を解明する。そのために、プラズマのミクロ状態を表現する速度分布関数を高精度で制御・操作し、その応答を高時空間分解能で計測する世界最高性能の実験システムを構築する。速度分布関数の精密な計測と、理論・シミュレーションとが連携し「ミクロな物理に深化したプラズマの総合的理解」を提示する。それに基づき核融合研究の積年の難問を解決する科学的基盤を形成する。

我が国の核融合研究の在り方は、原子力委員会核融合専門部会（湯川秀樹部会長）の答申（1959年）の中で「今後の研究方針」として示された「基礎重視の研究（A計画）と、諸外国とのパラメタ競争を重んじる研究（B計画）」の両者が協働する理念に基づいており、その卓見は今まさに世界をリードできる研究体制の在るべき姿を示している。本計画は、核融合科学のパラダイム転換で世界に先駆けるための中核的なA計画プロジェクトとして、広く学术界との議論を経て構想されたものである。日本学術会議プラズマサイエンス小委員会の審議に基づいて核融合科学研究所（NIFS）が提案したビジョン『プラズマ物理の学際的展開—集団現象の理解に向けて』の基本構想を受け、NIFSが大学と共に培ってきた高度な研究基盤（世界トップレベルのハードウェアと独創的な研究設備の開発力）を最大限に活用して実施する。現在NIFSで実施中の「超高温プラズマ学術研究基盤（LHD）計画」やロードマップに掲載された「非平衡極限プラズマ連携」等から統合的に研究を発展させ、世界トップを維持するために、本計画の遅滞なき推進が必要である。パラダイム転換という大きな挑戦のために、NIFSは研究組織を抜本的に改革し、2023年度に「ユニット体制」を構築した。学際的共同研究チームであるユニットの構築にあたっては、若手研究者が積極的にテーマ提案を行った。本プロジェクトの中核を担う6個のユニットにおいてリーダーの平均年齢は45歳である。

物理学は、個別の物理現象を解明するだけでなく、生命や社会など様々な系の現象を理解し対処する知の技法を生み出す。中でも一般的な概念や方法を生み出すことを志向する分野が一般物理学であり、その現代的なテーマの一つが「集団現象」である。これは、現実世界の多様な在り様を理解するという問題意識として宇宙・天体、大気・海洋、生命、社会などの分野に通底する。本計画は、これらの分野と連携して根本概念と方法論に革新をもたらし、集団現象に関する知の深化に寄与する。

<様式1> (年次計画)

1. 年次計画

項目 (研究テーマ)	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	10 年目 以降	備考
<b>1. 装置整備</b> 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・計測する装置群を、これまでの研究基盤を最大限活用して整備する。 <b>Phase-I</b> ① 既存のプラズマ装置 (CHS) を活用し、CHD として整備する。 ② 計測セクションとマニピュレータセクションを段階的に移設、導入し、実験に供する。 <b>Phase-II</b> ③ Phase-I の実験に並行して、プラズマ装置 (CHD-U) の製作を進め、5 年目に、CHS と入れ替える。 ④ 計測セクションとマニピュレータセクションを増強し、実験に供する		① CHD の整備										
					② 計測セクションの移設、導入							
				② マニピュレータセクションの移設、導入								
						③ CHD-U の製作・導入		③ CHD-U の増強				
								④ 計測セクションの増強				
								④ マニピュレータセクションの増強				
												
成果指標	①の完了と ②の実施開始				③の完了と ④の実施開始					Phase-II 実験の実施		
<b>2. ミクロ集団現象の研究</b> プラズマの構造と発展を規定する「位相空間構造」を定量化し、「位相空間物理に深化したプラズマの総合的理解」を提示する。 ① 速度分布関数の制御・操作実験と高時空分解能計測 ② 理論・シミュレーション研究 ※ 本研究は、現在実施中の「超高温プラズマ学術研究基盤 (LHD) 計画」や「非平衡極限プラズマ連携」等を統合して研究を発展させる。	プラズマに独特な揺らぎの発生機構と効果 (非平衡プラズマ中の物質・エネルギー輸送) の解明											
												
		Phase-I 実験 (CHD)				Phase-II 実験 (CHD-U)						
	速度分布関数の計測と連携した解析											
												
成果指標	年間論文数 50 本				年間論文数 100 本					年間論文数 100 本		

## 1. 科学目標

### 【具体的視点】

実施期間内に目指す科学目標や達成水準に関する以下の点について、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください（これまでの実績等を踏まえ、可能な限り定量的目標を含めて記載）。

- ・ 科学目標が明確であり、目指す達成水準が示されているか。
- ・ 達成に至るまでのマイルストーンとして、計画の中間点や進捗状況に応じた目標・達成水準が適切に設定されているか。

### （概要）

超高温プラズマのダイナミクスを決定づける「マイクロ集団現象」を研究し、核融合炉から宇宙・天体に共通するプラズマに独特な揺らぎの発生機構とその効果（非平衡プラズマ中の物質・エネルギー輸送）を解明する。そのために、プラズマのマイクロ状態を表現する速度分布関数を高精度で制御・操作し、その応答を高時空間分解能で計測する世界最高性能の実験システムを構築する。実験と理論・シミュレーションとを連携させた解析によって、多様な集団現象（マクロな運動）を創発するマイクロ階層の構造を明らかにし、核融合研究の積年の課題であるプラズマの総合的理解に解決の基盤をもたらす。

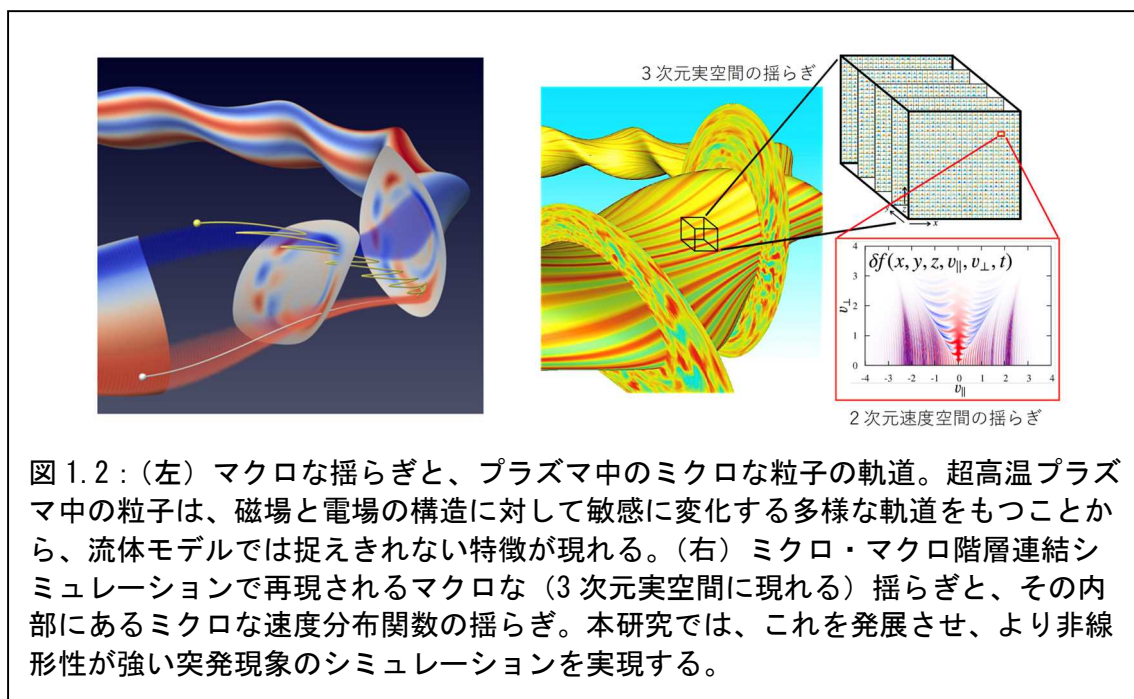
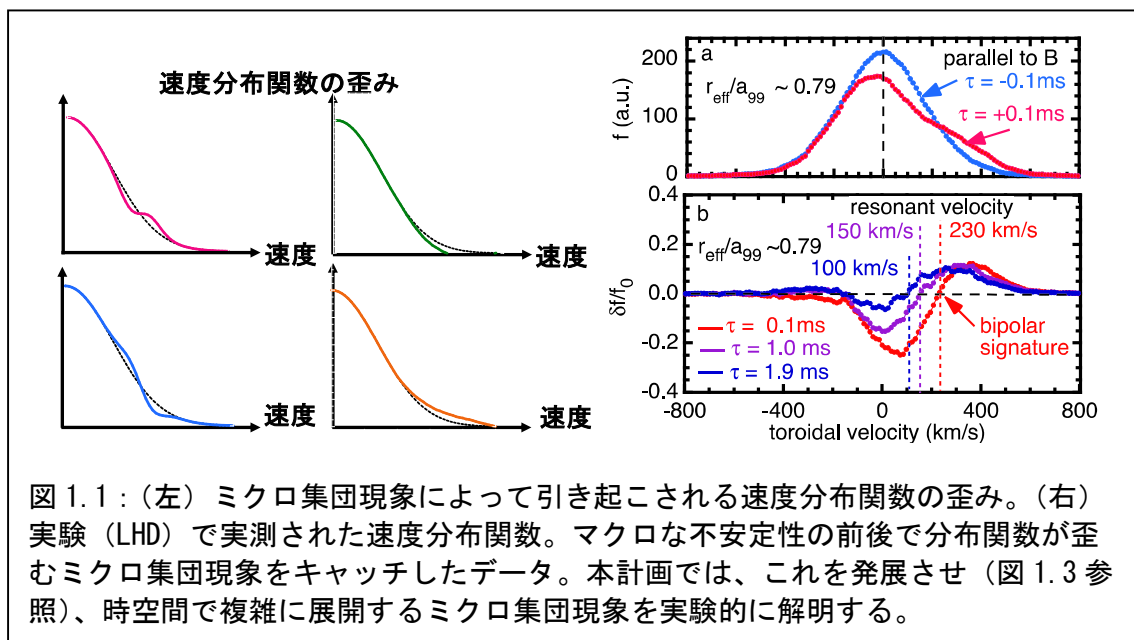
### （本文）

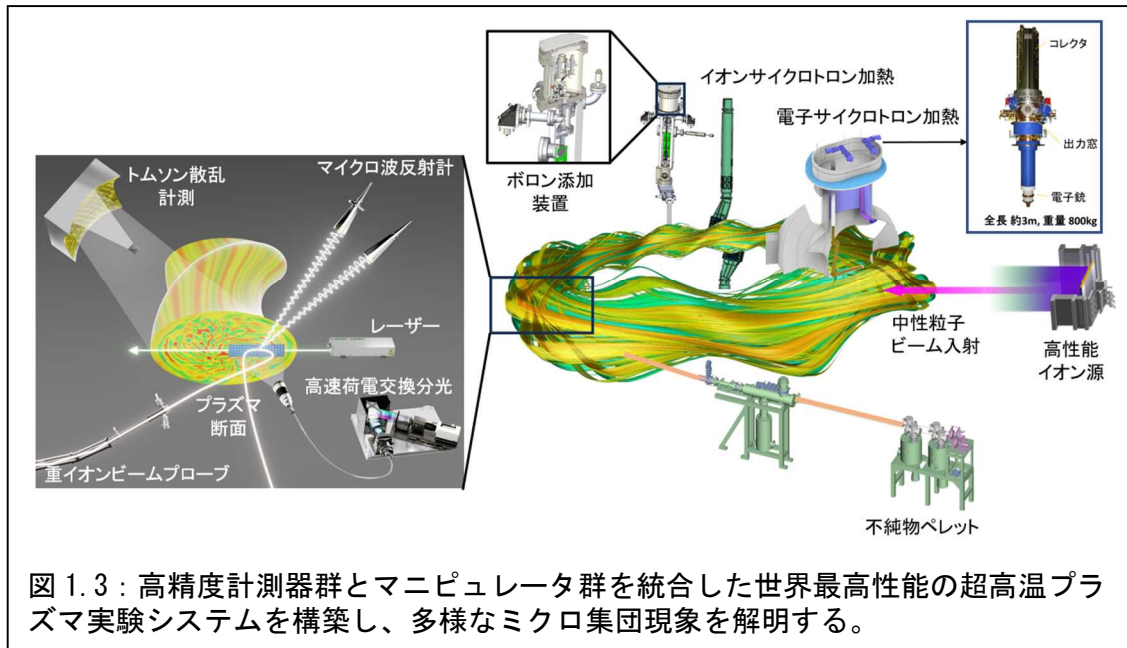
#### （1）科学目標

超高温プラズマの内部を可視化する世界最高性能の実験システムによって、プラズマに独特な「マイクロ集団現象」を精密に分析し（アウトプット目標）、核融合炉に限らず宇宙・天体にも共通する、プラズマの揺らぎの起源とその働き（非平衡プラズマ中の物質・エネルギー輸送）を明らかにする。これによるアウトカムとして、核融合プラズマの基本性能について、科学的な根拠をもつ評価と設計が可能となる。同時に、宇宙・天体プラズマの現象が通常の流体现象と根本的に異なる原因が解明される。

ここで「マイクロ集団現象」とは、粒子たちの個別的な（マイクロな）運動の多様性から創発される集団現象をいう。空間の3次元に加えて、速度空間の3次元を加えた6次元の「位相空間」において生起するプラズマならではのダイナミクスであり、現代プラズマ物理学が挑むフロンティアである。マイクロな多様性は位相空間上を運動する粒子集団の「速度分布関数」（位相空間に関する確率密度）によって定量的に表現される。物質の状態を波動関数に基づいて理解する量子論が力学のパラダイム転換をもたらしたように、プラズマのダイナミクスを速度分布関数に基づいて理解するマイクロ集団現象の科学はプラズマ物理のパラダイム転換をもたらす。通常の気体や低温のプラズマでは、粒子間のランダムな衝突の効果で速度分布関数は正規分布に縮退し、全数（密度）、平均（流速）、分散（温度）というマクロな物理量によってパラメタ化できる。しかし、宇宙・天体や核融合が対象とする高温のプラズマでは、衝突による散逸効果が小さくなることから、位相空間における集団的な運動は無限の多様性をもつようになり、速度分布

関数は複雑に変形する（図 1.1 参照）。理論的には、速度空間で生じる集団運動がプラズマのマクロな（時空 4 次元に表現される）ダイナミクスに決定的な効果を及ぼす可能性が指摘されているが、これまでの実験および数値シミュレーションは限られた例にとどまっており、研究対象とするプラズマ全般に十分な精度でそれを解明するに至っていない。本計画では、最新の理論的描像を基盤に、革新的な実験技術を開発して、速度分布関数を高精度で制御・計測し、その膨大なデータをもとに、ミクロ・マクロ階層連結シミュレーションとデータ科学を結合した革新的解析技術によって、ミクロ集団現象のメカニズムと効果を解明する（図 1.2 参照）。





## (2) 達成水準

一般に実験学とは、実験対象を①正確に制御し能動的に操作（マニピュレート）すると同時に、②操作に対する応答を精密に計測することによって、対象の内部あるいは事象の根本に隠された本質に迫ろうとする学問である。本研究では、

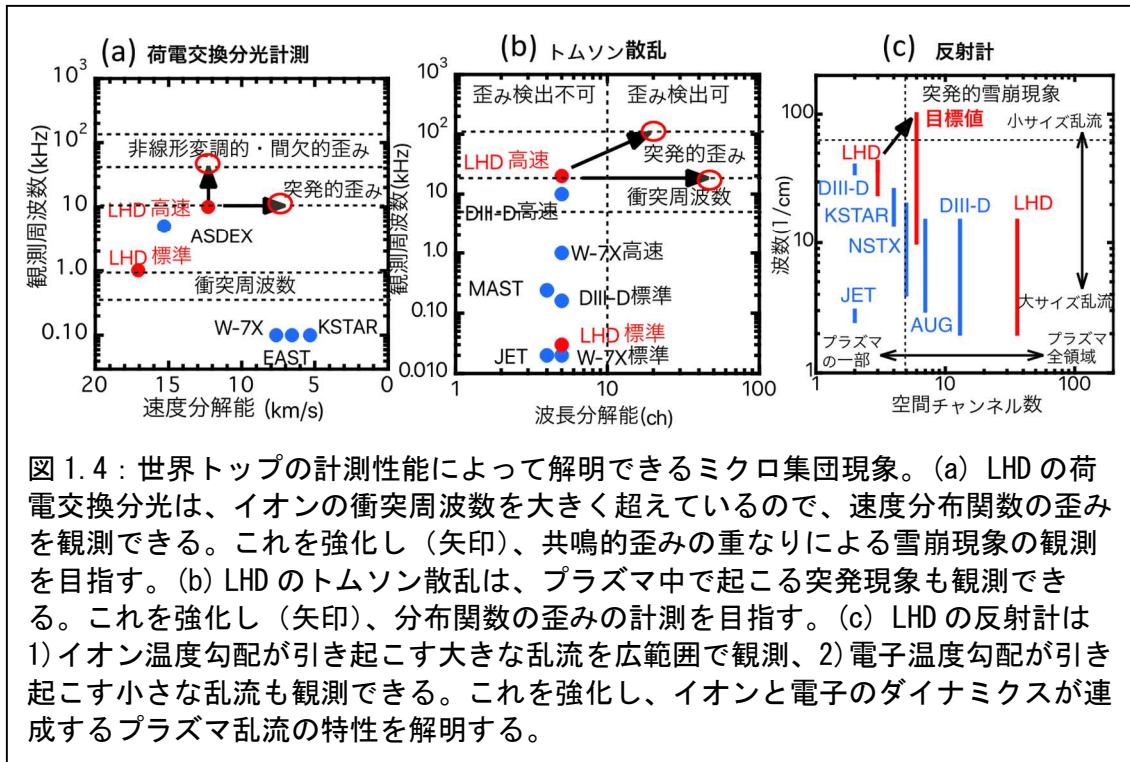
- ① プラズマに対して粒子ビーム、電磁波ビーム、固体ペレット等の入射、さらに磁場構造の変形により、速度分布関数を直接的にマニピュレートする。
- ② 色々な光や電磁場の揺らぎ、粒子ビームなどを用いた高時空間分解の計測によって、速度分布関数の変化を高精度で同時計測する。

現行プロジェクト「超高温プラズマ学術研究基盤事業（LHD）」（2023～2025 年度の計画で進行中）は、これら①および②の双方について世界最高の総合的性能を達成している。本計画では、これらをさらに進化させることで、電子およびイオンの速度分布関数を高精度（歪を定量化できる精度）かつ高時空間分解能（集団現象を特徴づける揺らぎの時空間構造を分解できる精度）で直接計測して、これまで未解明であったプラズマの多階層ダイナミクス（ミクロから創発される多様なマクロ運動）を速度分布関数によって定量的に理解する（図 1.3 に実験システムの構成を概念図で示す）。

具体的には、以下に示す世界トップの性能を達成（アウトプット）する必要がある。

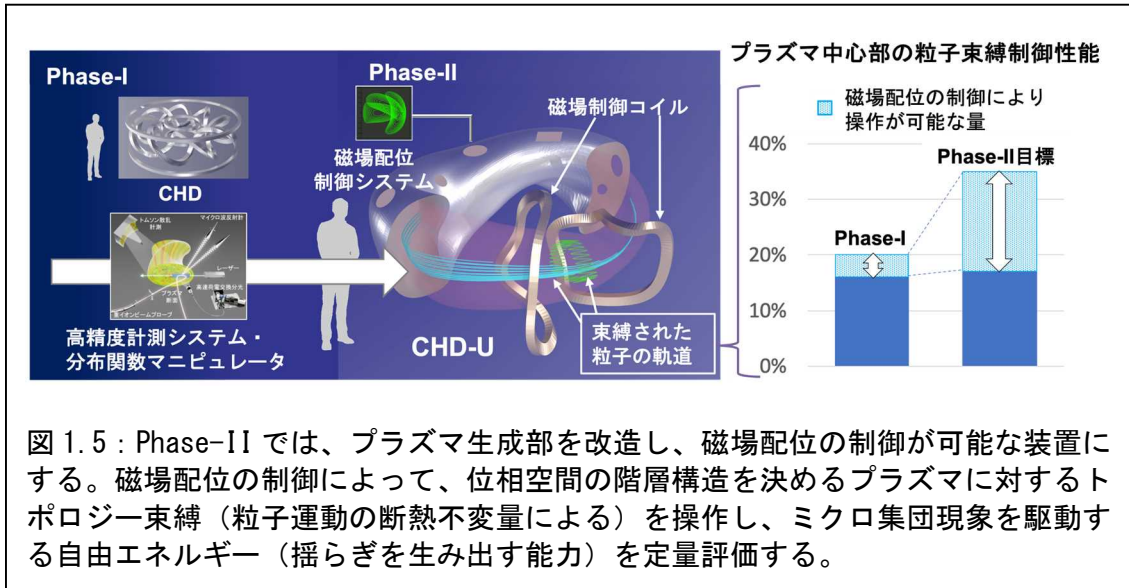
● 計測システムに関する数値目標（上記②の具体的な性能）を、他のプロジェクトのものと比較して、図 1.4 に示す。現行の LHD (Large Helical Device) プロジェクトは、世界を凌駕する高時空間分解能をもつ幾つもの計測器を備えており、イオンおよび電子の高精度の同時計測によって、プラズマの内部で生起する様々な揺らぎをキャッチし、多くの成果をあげている（第 2－3 節参照）。本計画では、これらの計測システムを一層高度化し、電子およびイオンの速度分布関数を高時空間分解能で同時計測する。トムソン散乱システムを例に挙げると、LHD で達成している世界トップの性能である時間分





解能 20 kHz、波長分解能 5 チャンネルを強化し、時間分解能 100 kHz、波長分解能 20 チャンネル (20 kHz の場合は 50 チャンネル) を目標とする。これによって、電子の速度分布関数について歪みの時間変化までも検出できるようになる。

● 制御・操作システムに関する性能 (上記①の具体的な性能) は、LHD プロジェクトの実績に基づき、世界最高レベルを維持する。LHD は世界の大型プラズマ実験装置と比較してトップクラスのプラズマ加熱システムをもつ。加熱システムとは、プラズマに電磁波ビームや高エネルギー粒子ビームを入射して、プラズマ中の電子やイオンを加熱するシステムであるが、本研究の目的は、単にプラズマの温度を上げる (核融合条件に近づける) ことではなく、速度分布関数を操作して、その応答を精密に研究する物理研究であるから、加熱システムの役割はマニピュレータへと転換される。本計画では、LHD と比べてコンパクトなプラズマ (体積比で 0.1 倍程度) を実験対象とすることで、速度分布関数を歪ませる能力 (パワー密度) を 1 桁程度高める。このとき、プラズマの大きさによらない「現象の相似性」を規定する「スケールパラメタ」を制御する必要があり、高性能のプラズマ閉じ込め性能が求められる。Phase-I (最初の 4 年間) は、既設の CHS (Compact Helical System) プラズマ実験装置を再利用した CHD (Compact Helical Device) を用い、Phase-II では、磁場構造とプラズマパラメータの制御に大きな柔軟性を備えた CHD-U (Compact Helical Device-Upgrade) に改造する。この CHD-U はマイクロ状態を制限するトポロジー束縛を変化させることでプラズマの階層性を制御できる世界初のコンセプトに基づく実験装置である (図 1.5 参照)。CHD-U は既設の LHD 実験棟本体室の空間と付帯設備を利用し、環状プラズマの直径および閉じ込め磁場強度は LHD



の 1/2 程度であるものの、数千万度のプラズマが閉じ込められる。この革新的な実験プラットフォームによって、マイクロ集団現象を励起するエネルギーの定量評価が正確になり、高性能プラズマをミクロの物理から設計する指導原理が得られる。

#### ● 数値シミュレーションの達成目標

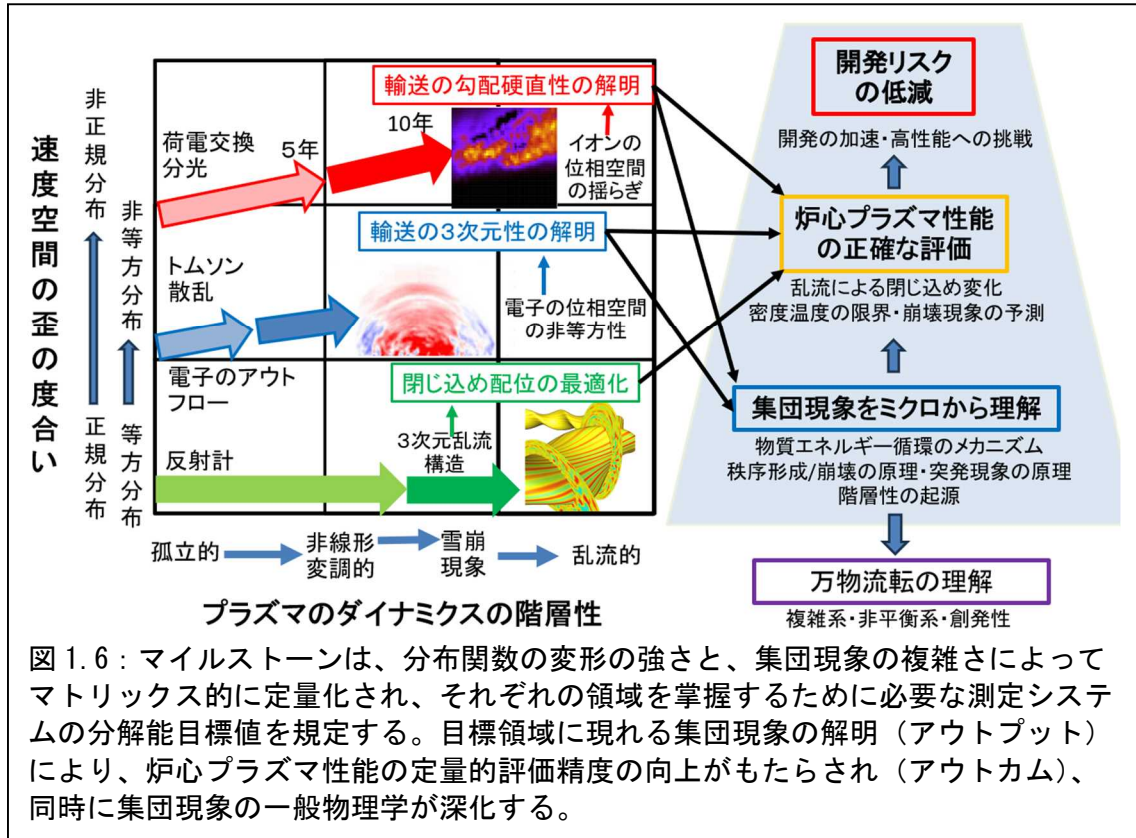
実験と並行して、我々が世界をリードしている運動論的電磁流体ハイブリッドシミュレーションに代表されるミクロ・マクロ階層連結シミュレーション（図 1.2）を発展させ、高エネルギー粒子が突発的に複数の電磁波を励起する機構を解明する。本計画では、世界で我々のみが成功している突発現象のシミュレーションにおいて、格子点あたりの粒子数を 30 個から 1000 個に増加し、速度空間の解像度を 30 倍に増強する。これにより、高エネルギー粒子速度分布関数における複数電磁波との共鳴的歪みの重なりに起因した雪崩現象を解明できるようになる。

#### （3）マイルストーン、アウトプット、アウトカム

達成目標までのマイルストーンは、測定・評価可能な速度分布関数の「変形の大きさ」（非等方性および正規分布からの歪み）と、現象の「複雑性」によって定量的に設定される。速度分布関数の歪みの複雑さは、キュムラント係数の次数（3 次以上が歪みを表す）によって定量的に表される。また、運動の容態は「孤立的」「非線形変調的（コヒーレント）」「乱流的（インコヒーレント）」という 3 段階の複雑性をもつ。微小な変形を測定・評価するためには、より高精度な計測・計算が必要であり、より複雑な現象を測定・評価するためには、よりダイナミックレンジが大きい計測・計算が必要である。

これら 2 つの軸をマトリックスとして整理すると図 1.6 のようになる。計測システムの時空分解能およびマニピュレータのダイナミックレンジ（操作可能なパラメタ領域）を段階的に進化させ、複雑性を順次克服することで、本計画終了時点において、位相空間に深化したプラズマの統一的な理解（核融合炉の装置方式に限らず、宇宙・天体のプラズマ現象にも通底する物理）を確立する。





具体的には、以下のようなロードマップで研究を進める。現在、LHD が達成している計測器は、突発的な現象（高エネルギー粒子が駆動した電磁波によってイオンの速度分布関数が過渡的に歪む現象）を高精度で計測できる（10 kHz の高速荷電交換分光）。プラズマの内部に複数の波が励起され非線形変調が起こると、雪崩現象となり、最後には乱流状態へと移行すると考えられている。これらの現象を観測するには、より高い時間分解能が必要となる。図 1.6 に示した経路（荷電交換分光計測、トムソン散乱計測、マイクロ波反射計等）ごとにマイルストーンを設定して研究を進める。

マニピュレータとしては、速度分布関数を歪めたり、非等方性を制御したりする高エネルギー粒子ビーム入射装置、電磁波ビームの入射装置が必要となる。計画の Phase-II（5 年目～10 年目）では、プラズマ生成部を改造し、磁場構造を連続的に変化できるシステムを構築する。これによって、プラズマの階層構造を決定するトポロジー束縛（断熱不変量）を変化させることで、多階層的なプラズマのダイナミクスが解明できる。

図 1.6 に示したそれぞれの到達点では、順次新たな視界が開かれ、プラズマ内部の階層的な実像がアウトプットされる。その結果、核融合科学のアウトカムとして、炉心プラズマ性能の評価が革命的に改善され、科学的リスクの低減により核融合研究が加速される。同時に、一般物理学のアウトカムとして、集団現象をミクロから理解する基礎が築かれ、マクロ系の科学の根本的課題である「万物流転の理解」すなわち平衡統計力学が予言する「熱的死のアポリア」を克服し、豊かな集団現象が創発されるメカニズムの理解に具体的な例によって近づく。

## 2-1. 計画の学術的意義

### 【具体的視点】

新たな知を創出・蓄積し、継承・発展させ、人類社会の持続的発展の基盤を形成するかという観点や新たな知への挑戦を通じて広く社会で活躍する人材を育成し、現在及び将来の人類の福祉に寄与するかという観点から計画の学術的意義を記載ください。

具体的には、以下の点について、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

- ・研究者の知を基盤にして独創的な探求力により新たな知を開拓できるか。（挑戦性）
- ・学術研究の多様性を重視し、細分化された知を俯瞰し総合的な観点から捉えているか。（総合性）
- ・異分野の研究者や国内外の様々な関係者との連携・協働により新たな学問領域を生み出すことができるか。（融合性）
- ・世界の学術コミュニティにおける議論や検証を通じて研究が持つ優位性や位置付けを明確にすることにより、世界に通用する卓越性を獲得するなど世界に貢献することができるか。（国際性）

### （概要）

物理学は、個別の物理現象を解明するだけでなく、生命や社会など様々な系に生起する現象を理解し対処する知の技法を生み出してきた。中でも一般的な概念や方法を生み出すことを志向する分野が一般物理学であり、その現代的なテーマの一つが「集団現象」である。多数の要素が共同して起こす集団現象への関心は、現実世界の在り様を理解するという問題意識として宇宙・天体、大気・海洋、生命、社会などの分野に通底している。本計画はこれらの分野と連携し、ミクロから集団現象が創発されるメカニズムの詳細を詳らかにすることによって、現実世界の多様性に対する人類の知の深化に寄与する。

### （本文）

本研究が解明しようとする「ミクロ集団現象」は、物質の三態（固体、液体、気体）とは異なるプラズマならではの未解明現象の起源であり、核融合プラズマに限らず宇宙・天体のプラズマ現象（ブラックホールや中性子星合体のプラズマ現象、太陽フレアやオーロラなど）の理解にパラダイム転換をもたらす現代物理のフロンティアである。

応用の観点からは、核融合研究を新たな段階に飛躍させるために克服しなくてはならない課題がミクロ集団現象の理解である。核融合エネルギーはカーボンニュートラルの鍵を握る新技術として早期実現への期待が高まっているが（内閣府の政策『フュージョンエネルギー・イノベーション戦略』が2023年4月に決定[1]）、超高温プラズマ中で起こる揺らぎのメカニズムが未解明であることが、核融合エネルギー開発を進めるうえで最大の科学的リスクとなっている。十分大きな炉心を作れば核融合エネルギーを生産できることは分かっているが、問題は、できるだけコンパクトな炉心にして経済性を獲得しようとしたとき、果たして出力が得られるかがリスクとなることである。学術研究

の役割は、核融合炉の合理的な成立条件を明らかにすることで、巨大プロジェクトとなる開発研究に対して科学的なアカウンタビリティを与えることである。

これまでも、学術研究の成果が、炉心プラズマの高性能化に大きな貢献をしてきた。ITER の設計当時、プラズマ乱流の悪影響に関する従来の経験則に基づくと、現設計の 2 倍以上の装置規模でないと目標を達成できない可能性があるかと危惧されたが、当時最先端の研究であった「乱流が自己組織化する帯状流」のモデルがブレイクスルーをもたらした。実施可能な現設計につながった。学術研究の知識が大幅な高性能化の可能性を示したのである。この帯状流の実験的検証は NIFS が生んだ成果であることは特筆すべき点である。今後も、炉心プラズマの高性能化に資する多様な選択肢を生み出すことが学術研究に期待されている。イノベーションの指導原理となる科学知の根本がミクロ集団現象である。例えば、デバイス開発の根本に、物質の状態を波動関数に基づいて理解する量子論があるように、高性能炉心プラズマ開発の根本に、プラズマのダイナミクスを速度分布関数に基づいて理解するミクロ集団現象の科学が必要なのである。これを確立して、合理的な核融合炉心を設計するための指導原理が得られれば、核融合炉の開発は一気に加速される。

#### （１）挑戦性：現代プラズマ物理が挑むフロンティア

プラズマが、通常の気体と根本的に異なるのは、①電磁場（光を含む）と相互作用すること、②速度空間に無限の自由度をもつこと（空間の各領域に様々な速度ベクトルをもつ粒子が共存することで、密度、流速、温度というマクロな物理量の背後に無限に多様なミクロの状態があること）である。通常物質状態では、粒子間の衝突（個別的でランダムな相互作用）によって、粒子の速度分布関数は等方的な正規分布（ボルツマン分布）に縮退するが、超高温プラズマでは衝突の効果が小さくなり、集団的（コヒーレント）な相互作用である「ミクロ集団現象」が現象を支配するようになる。例えば可視的なプラズマ現象であるオーロラは、まさに①と②両者の協働が生み出すスペクタクルであり、電磁場の変動による波動や爆発現象、その中で生成される高エネルギー粒子などが関与して、プラズマ独特のダイナミクスを出現させる。

これら 2 つの特性のうち、①電磁場との相互作用は、研究手法の観点からは有利な条件であり、光やマイクロ波などをメッセンジャーとする様々な計測を可能とし、また電磁場を用いたプラズマの制御によって多様な実験（対象の操作）が可能となる（第 1 節（２）項）。他方、②速度空間に生起する事象は、これまでの実験技術では未解明であり、超高温になるにしたがって解放されてくる自由度（速度分布関数の多様性；図 1.1）に係わるメカニズムの理解が残された課題となっている。「速度空間に潜む多様性」は、核融合プラズマに限らず、宇宙・天体プラズマの多様で複雑なダイナミクスを理解するための鍵であり、現代プラズマ物理のフロンティアである。これに挑戦するためには、速度分布関数の高精度・高時空間分解能計測を可能にする技術革新が必要である。我々は、これまでプラズマ計測技術で世界トップを走ってきた実績と経験に基づき、さらなる高性能化に挑戦して、未解明であったミクロな世界のメカニズムを解明する。

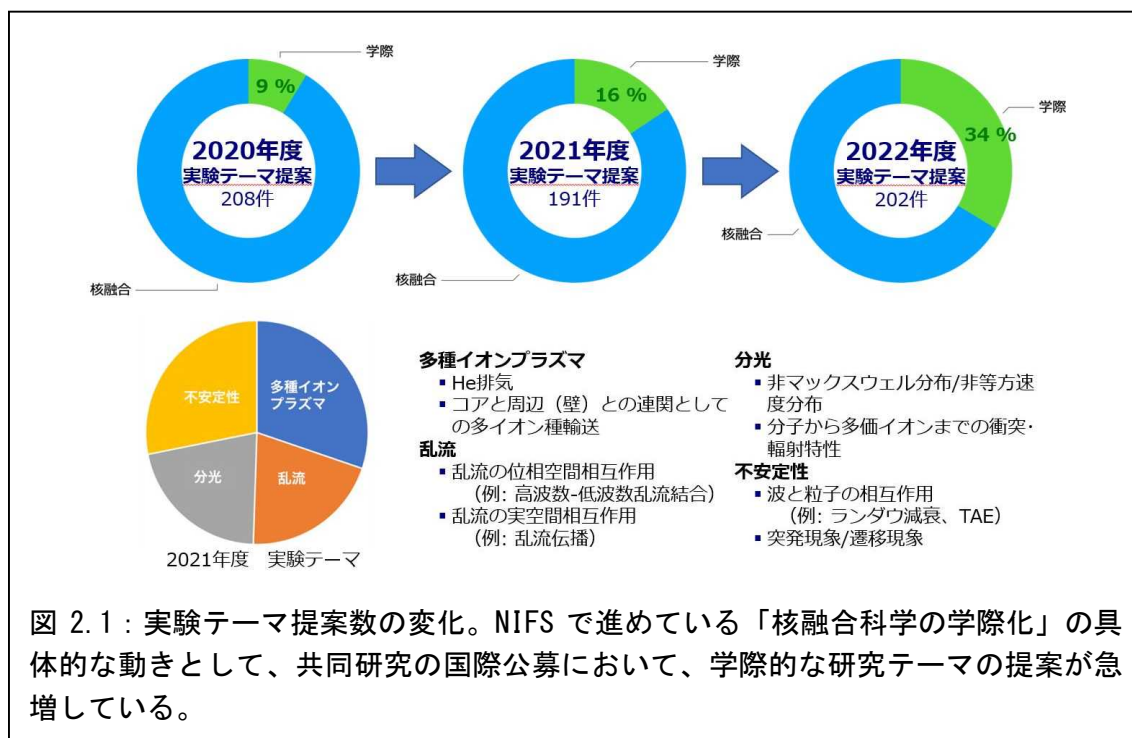
## （２）総合性：科学の根本的な問いに答える

速度分布関数の直接的な操作・計測による新たなフロンティア開拓は、自然界の基本法則の一つである「エントロピー原理」を探求するという科学の大きな文脈の中で重要な意味をもつ挑戦である。マクロな（多数の要素で構成される）システムの「蓋然性」をエントロピーによって定量評価しようという試みは、熱平衡状態に近い単純なシステムについては成功しており、熱・統計力学の基礎として確立している。しかし、多様な運動が生起し（非平衡性）、階層性をもつ複雑なシステムにまでエントロピー原理を拡張し、集団現象の創発性を理解する方法を確立することは科学の大きな夢である。

エントロピーは「分布関数」（その速度空間に関する部分が速度分布関数）によって評価されるということは、物理の教科書でも教えることであるが、実際に分布関数が高精度で実測されたことは（光 photon のスペクトルの計測例を除いて）ない。本研究は、プラズマ計測の高精度化・高時空間分解能化によって、エントロピーの定義に必要な「分布関数」の直接的かつ高精度の計測を可能とし、速度空間に生起する「マイクロ集団現象」を可視化して、エントロピーとその変化を定量評価する。これが可能であるのは、プラズマが荷電粒子の集団であるために電磁場（光を含む）を駆使した制御、操作、計測ができるからであり、よってプラズマ物理がカッティングエッジとなり得るのである。

## （３）融合性：広い分野に呼びかけてボトムアップされた学際連携と頭脳循環

半世紀を超える核融合研究の歴史を振り返ると、核融合炉は比較的容易に実現するという、当初の楽観的な予測は裏切られたといわざるをえない。プラズマ中に生起する複雑な集団現象を理解し制御することの難しさを知らなかったことが最大の原因である。しかし科学の立場から見ると、核融合エネルギー開発という大型プロジェクトは、様々

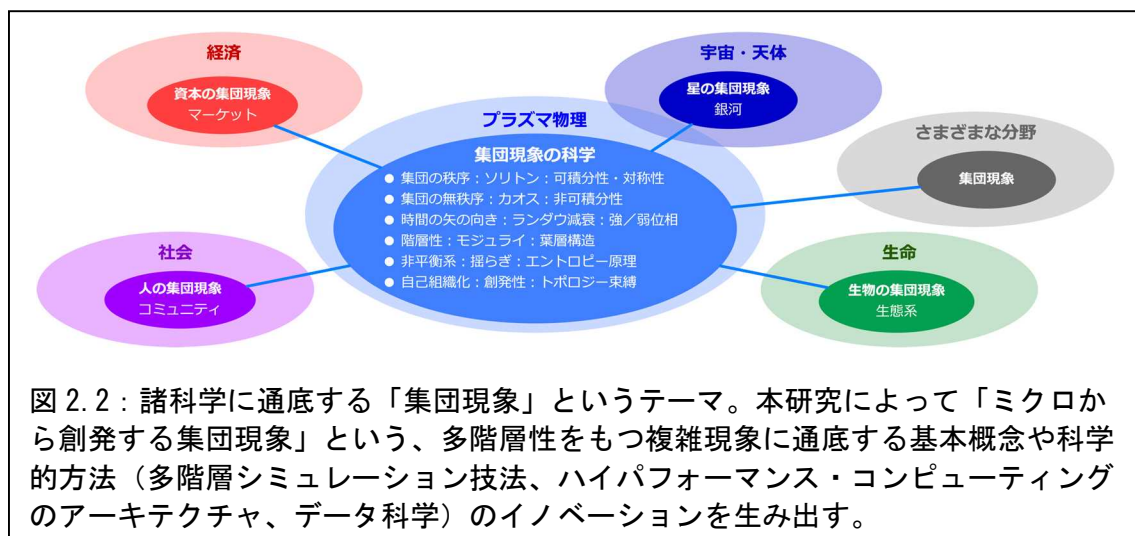


な分野の研究者を巻き込む頭脳循環を引き起こし、多くの新しい現象の発見を生み、非平衡・非線形の物理および数理の発展にとって極めて多産な研究の現場となった。今後も、デファクトスタンダードの開発路線（具体的には原型炉開発）と並行して、大胆な発想に基づく挑戦的な研究が行われるためには、学際的な研究基盤を構築し、活発な頭脳循環を喚起する必要がある。

核融合科学分野の中核的な共同研究機関である NIFS に対して、幅広い分野から多角的な問題意識に基づく共同利用・共同研究の要求が国際的に高まっており、より未来志向で分野融合的なテーマの研究が提案されている（図 2.1 参照）。

本プロジェクトが挑むプラズマのミクロ集団現象の解明は、核融合研究の鍵を握るだけでなく、宇宙・天体現象（特に太陽表面で起こるプラズマの爆発現象であるフレア、太陽風と地球磁気圏の相互作用で生じる波動・爆発現象であるオーロラ、ブラックホールや中性子星合体など高エネルギー天体周辺のプラズマのダイナミクス）を正確に理解するための重要な物理的基礎となる。さらに「集団現象」というテーマは、物理分野を超えて、生命科学、社会科学の幅広い分野に通底する極めて基本的な課題の一つである（図 2.2 参照）。これらの幅広い領域との交流によって、一般性のある学術を育てるためには、他分野と共有できる研究テーマの「定式化 formulation」（必ずしも「数式」で表すという意味ではなく、学術的な言語で問題をテーマ化すること）が必要である。

そのために、NIFS は広く学术界に呼びかけて「ユニット構築会議」を開催し（第 3 節参照）、学際的な研究テーマ「ユニットテーマ」を掲げた共同研究チーム「ユニット」を編成して、本研究計画を構想した。各ユニットは、狭い意味でのプラズマ物理だけでなく、幅広く一般物理、数理物理、情報科学の専門家、また様々な計測技術やデータ科学の方法論を有する専門家が協働するチームである。ユニットを編成することによって、分野融合によるシナジー効果を高め、また新分野の創成にチャレンジする若手人材に活躍の場を提供する（第 4 節）。

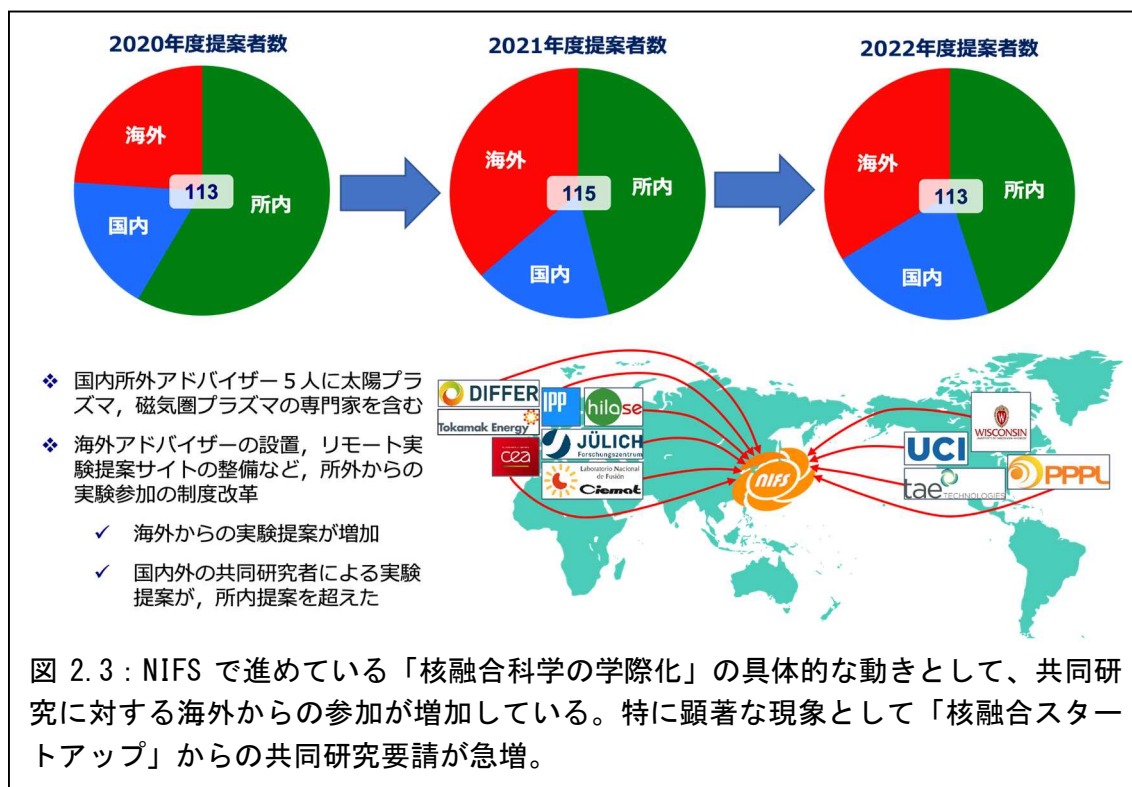




#### （４）国際性：国際的な研究者コミュニティから寄せられる期待

世界的に核融合エネルギー開発の加速が求められている中で、「原型炉」をデファクトスタンダードとして技術統合を進める「開発研究」は「選択と集中」を進め、国際競争が強調される時代へ入ろうとしている。他方で、「学術研究」には、開発路線で生じる困難を克服するための「多様な選択肢」を生み出す役割が期待され、イノベーションを起こす人材を国際的・学際的な頭脳循環によって確保・育成することが急務となっている。そのためには、中核となる世界トップレベルの学術研究を推進し求心力を生む必要がある。これまでも、NIFS で実施されてきた LHD プロジェクト（2013～2022 年度は大型学術フロンティア促進事業「超高性能プラズマの定常運転の実証」、2023 年度から学術研究基盤事業「超高温プラズマ学術研究基盤（LHD）計画」として実施）には、海外から多くの研究テーマ提案がなされ、多様な成果をあげてきた（図 2.3 参照）。

近年急速に勃興・成長している「核融合スタートアップ」からも、NIFS が有する世界最高性能の実験設備を用いた共同研究の要請が増えている。スタートアップ企業がイノベーションを生み出すためには、高度な学術研究基盤（プラットフォーム）が必要であり、世界の中核的研究所の役割が重要になっている中、特に NIFS へ期待が集まっている。2022 年度に TAE 社（米国）と NIFS の共同研究として LHD で実施された実験では、世界で初めて高温プラズマ中での P-B（水素-ホウ素）核融合（中性子を生成しない先進的な核融合）が実証された。この成果はテレビや新聞、WEB 記事でも報道されて広く注目を集め、Altmetrics の注目度スコア 379 を獲得している（スコア 20 以上は高水準とされる）。





## 2-2. 計画の学術的意義（経緯）

### 【具体的視点】

2-1. に関連して、関連する国内外の研究動向やより広い学術分野の中での本計画の位置付け等を踏まえ、本計画を構想するに至った学術的背景や経緯について記述ください。

### （概要）

核融合エネルギーの研究開発を加速する鍵は、核融合炉の成立条件に関する科学技術的リスク（不確実性）を低減することである。中心的な課題は、極端な非平衡状態にあるプラズマの内部で発生する集団的な揺らぎによる「閉じ込め劣化」や「崩壊現象」の問題である。これまでのマクロ（電磁流体的）な物理量に基づく旧パラダイムを刷新し、本計画は集団現象を創発するミクロ階層に分け入ることで、種々のプラズマを対象に普遍性を検証しつつ、現代プラズマ物理のフロンティアを切り開く。これまでの研究で築いてきた世界最高性能のプラズマ制御・計測技術が、このパラダイム転換を可能とする。

### （本文）

#### （1）核融合分野の国際的動向、学術研究の役割

カーボンニュートラルの鍵を握る革新的技術として、核融合エネルギーの早期実用化への期待が世界的に高まっている。我が国においては、内閣府から「核融合戦略」の政府指針が示された（第10節参照）。原型炉開発のためにデファクトスタンダードへの選択と集中が必要であると同時に、イノベーションへの果敢な挑戦を支える人材確保・育成のために学際化が必要であることが強調されている。本計画は、核融合科学を学際的に展開させるという改革（第3節参照）の柱として構想したものである。

#### （2）学術としての課題の整理と一般化

これまでの核融合科学の主題は、装置方式間の性能比較であり、基本的には「パラメタ競争」である。装置を作って、比べてみる、という素朴な科学である。LHDの大規模学術フロンティア促進事業「超高性能プラズマの定常運転の実証」（2013～2022年度）も、この古い主題によって計画されたものであり、ヘリカル方式のパラメタ向上を主目的としていた。しかし、この古い主題設定は、本来プラズマ物理、核融合科学がもつ豊かな科学的テーマを、装置の最適化という技術的な課題に縮退させてきたといわざるを得ない。

これに対して、学術研究としての新しい主題は、個別方式を超越して共通性のあるテーマを取り出し、一般性という観点から、結果よりも原因に注目するテーマ群によって構成される。個別の方式において生じる課題（例えば閉じ込め性能の劣化、崩壊現象）を、個別方式を超えた一般原理に基づいて解決するための知の体系である。この新しい主題のもとにLHDのミッションを再定義し、学術研究基盤事業「超高温プラズマ学術研究基盤（LHD）」が2023～2025年度の計画で進行中である。学術研究としてのテーマの

豊かさを求める改革のイニシアティブをとるために、現行計画から本計画への連続的な発展が必要である。

### （３）現代プラズマ物理のフロンティア

旧来の研究テーマである「装置性能の比較」は、プラズマのマクロなモデル（電磁流体モデル）をパラダイムとしている。高性能の（揺らぎの小さい）プラズマを作るためには揺らぎを生み出す「自由エネルギー」を小さくする必要がある。マクロなモデルでは、自由エネルギーは「磁場の構造」（磁場強度の分布や磁力線の捩れ）に関係づけて表現することができるので、核融合炉心プラズマの高性能化というテーマは「磁場」の最適化、すなわちコイル配置の設計という課題に還元される。これを主題として、こぞって色々な磁場構造の装置を作り、プラズマ性能の比較を行ってきたのである。しかし、そのような科学的水準の指導原理と、単に性能を比較するというアプローチでは、現象の正しい理解には届かないことが明らかになっている。

新たなパラダイムは、さらに根源的な水準でプラズマの揺らぎを議論する。プラズマのマクロなパラメタ（温度、密度、閉じ込め時間など）の「達成値」（結果）という指標だけでプラズマの特性を議論するのではなく、ミクロ集団現象の「メカニズム」（原因）に分け入り、多階層的な「自由エネルギー」を解明する。そのためには速度分布関数を精密に分析する必要がある。

我が国の核融合に関わる学術の飛躍的发展のため策定されたLHDプロジェクトは、ヘリカル型としては世界トップのパラメタを達成する成果をあげてきたが、それと並行してプラズマ乱流の物理で多くの発見を生み、世界を凌駕する精度・時空間分解能のプラズマ計測技術を生み出してきた。その研究実績や方法論の成熟を鑑みれば、「ミクロな物理に深化したプラズマの総合的理解」へとパラダイムシフトする機がまさに熟したといえよう。我が国のプラズマ物理学・核融合科学がかちえてきた世界最先端の学問的地位を保持しさらに競争力を増すため、新しいパラダイムに沿った本プロジェクトを推進し、プラズマ物理の新時代を拓く役割を果たす必要がある。

### （４）学際的展開：集団現象の科学を切り開く

物理学は、個別の物理現象を解明するだけでなく、生命や社会など様々な系に生起する現象を理解し対処する知の技法を生み出してきた。プラズマ物理が目するのとは、多数の要素が共同して起こす「集団現象」であり、現実世界の在り様を理解するという問題意識を宇宙・天体、大気・海洋、生命、社会などの科学と共有している（図2.2参照）。本研究計画は、これらの分野と連携し、プラズマ物理がカッティングエッジとなって、集団現象に関する科学を発展させることを構想したものである。集団現象の一般的な特性を研究する対象として、プラズマはその構成要素が荷電粒子であることから、電磁場（光を含む）を用いた様々な計測法や制御法を駆使できる点が研究上の利点である。「精密性」「定量性」「再現性」を極めることから、新しい科学の指針となる概念や方法を生み出し、秩序と複雑性が共存する自然そして社会の実相に関する人類のより深い理解を支える科学として、未来のエネルギーや環境問題の解決に貢献する。

## 2-3. 計画の学術的意義（実績）

### 【具体的視点】

2-1. に関連して、本計画に関連するこれまでの活動実績や研究成果、準備状況等について記述ください。

### （概要）

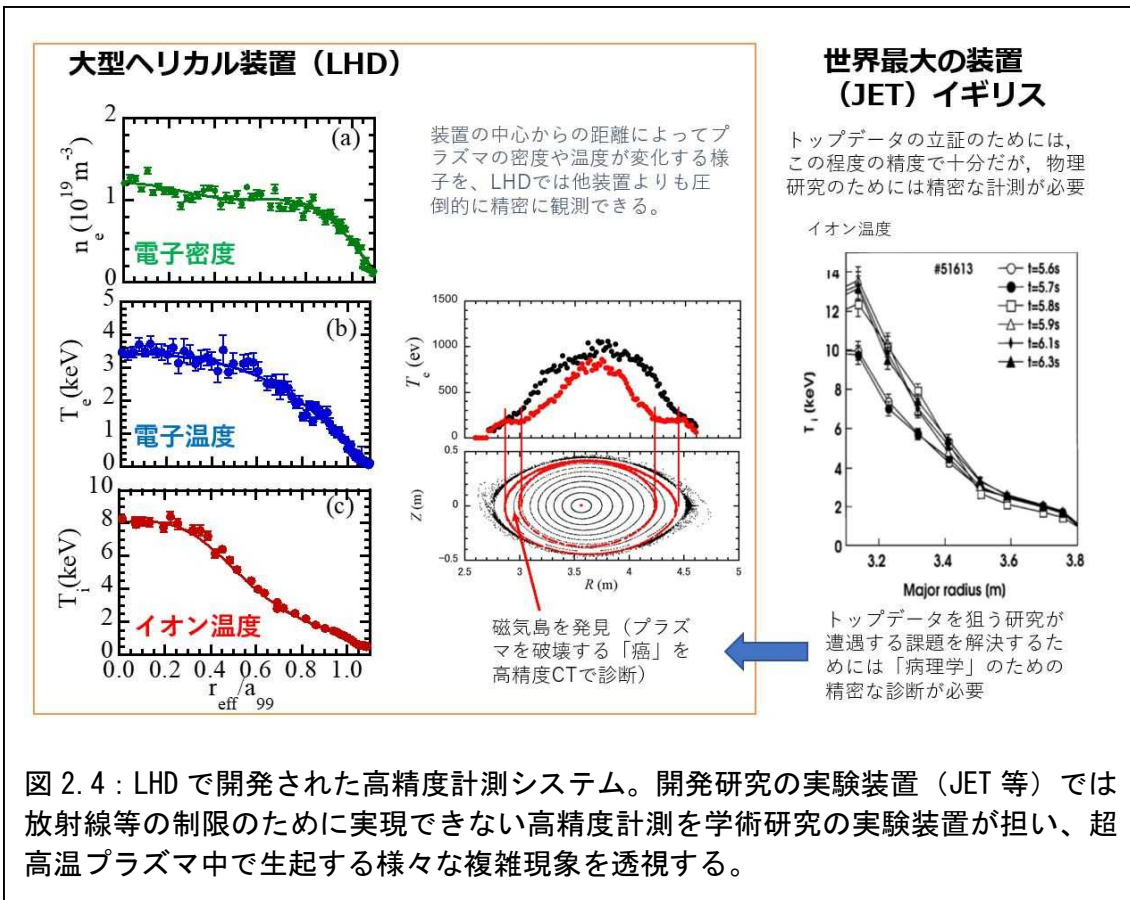
本計画は、核融合科学のパラダイム転換で世界に先駆けるための中核的なプロジェクトとして構想されたものである。これを国際的かつ学際的に推進するための準備として核融合科学研究所（NIFS）は抜本的な組織改革を行い、2023 年度に「ユニット体制」を構築した。研究目標は、NIFS が大学と共に培ってきた世界トップレベルの研究基盤を礎として構想されたものである。現在実施中の「超高温プラズマ学術研究基盤（LHD）計画」やロードマップに掲載された「非平衡極限プラズマ連携」等から統合的に研究を発展させ、これで開発された機器とソフトウェアを有効に活用する。

### （本文）

本計画は、NIFS が大学と共に培ってきた高度な研究基盤（世界トップレベルの研究実績とハードウェア、独創的な研究設備の開発力）を礎として構想されたものである。超高温プラズマの研究は、世界中で半世紀以上集中的に行われており、物理学の最前線を開拓する多くの成果を生んでいる。核融合に関わる学術の飛躍的發展のため策定された LHD プロジェクトは、超高温核融合プラズマの物理の最前線を広げるとともに、プラズマ乱流に関する基礎研究で斯学革新をもたらした。また、ロードマップに掲載された「非平衡極限プラズマ連携」も世界をリードする成果をあげてきた。これらを統合的に発展させる本プロジェクトの実施によって、これまでの研究実績や方法論の成熟によって築かれた世界最先端の学問的地位を保持し、さらに競争力を増す必要がある。

#### （1）世界最高性能のプラズマ計測器群

LHD プロジェクトを通じて、多種多様な計測器群（荷電交換分光計測、レーザートムソン散乱計、マイクロ波反射計、重イオンビームプローブ、偏光分光計測、等）が開発され、それらの性能で世界をリードしてきた（図 1.4 参照）。超高温プラズマの内部で起こる様々な複雑現象を透視し分析する能力において、世界一の高時間空間分解能をもつ（図 2.4 参照）。これらを用いて、未解明の現象に迫る高精度の実験物理学の研究を行ってきた。実験対象は磁場閉じ込めプラズマには限らない。NIFS と大阪大学レーザー科学研究所の共同研究では、大型レーザー激光 XII 号を用いて、レーザー生成プラズマ中で電子が駆動する磁気リコネクションを実験的に再現し、トムソン散乱によって電子の速度分布関数を高精度で計測し、電子のジェットが生成されることを初めて観測した（図 2.5 参照）。このように、対象を超越して普遍的に成立する物理法則を確立してゆくことが本計画の目的である。これまでの高性能計測技術の開発実績に基づいて、本計画では世界をリードする挑戦的な目標を設定している（第 1 節（2）項参照）。



## (2) 大きなダイナミックレンジをもつマニピュレータ群

本計画では、LHD プロジェクト等を通じて開発してきたプラズマ加熱装置群や固体ペレット入射装置、プラズモイド（磁化されたプラズマの渦）入射装置などを利用し、速度分布関数を多様に変形させるマニピュレータを構築する（図 1.3 参照）。Phase-I（最初の 4 年間）では、LHD の先行機であった CHS をプラズマ閉じ込め部として再利用することで、中断のない実験スケジュールを実現する（第 7 節参照）。CHS は LHD と比べてプラズマ体積が約 1/30 であるために、マニピュレータのダイナミックレンジ（速度分布関数の操作能力）は逆に大きくなる。Phase-I では、CHD を用いた実験研究と並行して、CHD-U に向けたプラズマ生成部の設計・制作を進め、Phase-II（計画の 5 年目以降）では、磁場構造を 3 次元的に連続に変形できる世界初のプラズマ閉じ込め装置 CHD-U に入れ替える。この装置の設計は、3 次元磁場中でのプラズマのダイナミクスに関する高度な幾何学的理解とシミュレーションによる検証、さらには 3 次元磁場を高精度で制御し得る具体的なコイル配位の設計スキームを必要としており、この分野で世界をリードする NIFS の理論・シミュレーション研究の実績を礎としている。

## (3) パラダイム転換を推進する共同研究体制

本研究は核融合科学のパラダイム転換で世界に先駆けようとするものであり（第 2 - 2 節参照）、その推進のために、幅広い分野の研究者が参画する研究チームを編成する

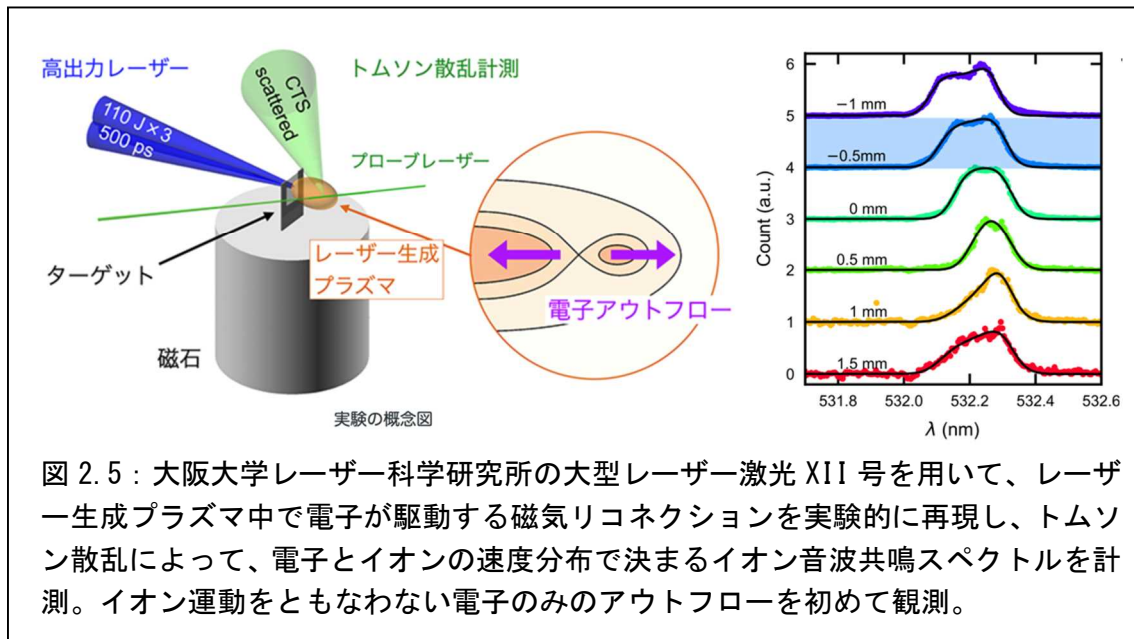


図 2.5：大阪大学レーザー科学研究所の大型レーザー激光 XII 号を用いて、レーザー生成プラズマ中で電子が駆動する磁気リコネクションを実験的に再現し、トムソン散乱によって、電子とイオンの速度分布で決まるイオン音波共鳴スペクトルを計測。イオン運動をとみなさない電子のみのアウトフローを初めて観測。

必要がある。第3～5節で述べるように、NIFS は学際的共同研究体制を構築するために、2023 年度に「ユニット体制」へ組織改革を行い、そこから本計画が構想された。

学際化への取り組みは、既に LHD の大規模学術フロンティア促進事業の研究総括において成果を出しつつあり、2023 年度から始まった LHD の学術研究基盤事業の主目的として発展している。具体的には、プラズマ乱流（核融合炉の性能を決定する最も重要な研究課題）、高エネルギー粒子の挙動（ITER 等による核燃焼プラズマの実験に先駆け、核反応で発生する高エネルギー粒子の閉じ込め性能を予測する研究）等に関する多くの重要な成果をあげ、学際的にインパクトが大きい学術誌に国際共同研究の成果を発表している（図 2.6 参照）。

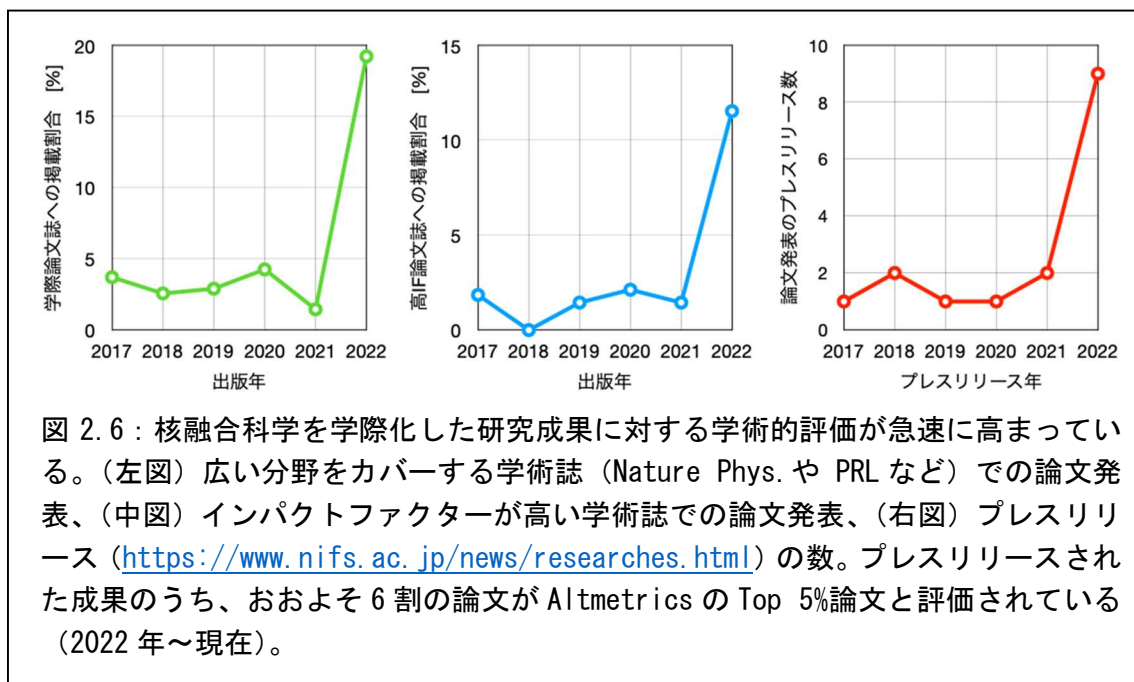


図 2.6：核融合科学を学際化した研究成果に対する学術的評価が急速に高まっている。（左図）広い分野をカバーする学術誌（Nature Phys. や PRL など）での論文発表、（中図）インパクトファクターが高い学術誌での論文発表、（右図）プレスリリース (<https://www.nifs.ac.jp/news/researches.html>) の数。プレスリリースされた成果のうち、おおよそ 6 割の論文が Altmetrics の Top 5%論文と評価されている（2022 年～現在）。

### 3. 研究者コミュニティの合意・サポート体制

#### 【具体的視点】

- ・研究者コミュニティの合意形成の状況は明確か。
  - ・研究者コミュニティからの計画の実施に必要な人材等が確保されているか。
- について、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

#### （概要）

本計画は、2021 年度から NIFS が広く学术界に呼びかけて議論してきた「核融合科学の戦略転換」を実現するための中核的プロジェクトである。「ユニット構築会議」を 40 回オンライン開催（毎回 100～200 人が参加）してアカデミックプランを議論し、日本学術会議プラズマサイエンス小委員会に取りまとめた見解『プラズマサイエンス —その学際的展開と豊かな未来社会のために』、これに基づいて NIFS が提案したビジョン『プラズマ物理の学際的展開 —集団現象の理解に向けて』を受けて構想したものであり、所内外の学際的共同研究チームである 6 つのユニットが密接に連合して推進する。

#### （本文）

##### （1）核融合科学の中長期ビジョンに関する広い学术界での検討

2020 年に出された「ロードマップ 2020」において、LHD を用いる後継計画は記載から外れ、中核的実験の将来計画について根本的な再検討が必要となった。この問題を契機として、核融合科学分野の共同利用研究機関たる NIFS の在り方を再確認し、アカデミックプランを抜本的に見直すために、2021 年度の初頭から、旧来の核融合研究分野の枠を超えた広い学术界の意見を入れた議論を行った。

##### ● 核融合科学研究所（NIFS）の在り方に関する検討

2021 年 9 月、運営会議のもとに『今後の核融合科学研究所の在り方に関する検討ワーキンググループ』を設置し、運営会議から 6 人（内 3 人は所内から選出）、学識経験者 5 人の合計 11 人のメンバーで、NIFS の改革について審議した。核融合研究の進展・状況変化を分析し、学术界（学会、国の諸諮問委員会や日本学術会議等）で交わされてきた議論を踏まえ、①核融合科学の総合的な研究のために、NIFS がより学際的な視点から基礎研究を多角的に展開することの必要性、②自由な発想に基づく独創的な研究が行われるべく、10 人程度のメンバーで構成される競争研究グループを組織し、かつ固定化しない開かれた組織体制が必要であること、③これまで蓄積された研究資産を有効に活用し、世界トップレベルの研究が実施できる高度な学術研究基盤が必要であること等が提言された。その提言『今後の核融合科学研究所の在り方』[1]に基づいて、2023 年度から NIFS は「ユニット体制」に移行し、10 のユニットが編成された（ユニットについては次項で説明）、本研究プロジェクトは、そのうち 6 つのユニット（表 5.1 参照）が連携して企画し推進する。



## ●日本学術会議・プラズマサイエンス小委員会

日本学術会議にプラズマサイエンス小委員会を設置し（2021 年 5 月）核融合科学を含む広い学際的分野としてのプラズマサイエンスの長期ビジョンを学問論として議論した。小委員会はプラズマ物理分野 7 名、天体物理分野 1 名、素粒子物理分野 1 名、流体物理分野 2 名、地球惑星科学分野 1 名、数理科学分野 2 名、総合工学分野 6 名の委員で構成された学際性が高い組織である。核融合科学分野の学際化によって、広い分野との頭脳循環を通じて人材育成を行う必要性が指摘されている [2]。審議の結果をまとめた報告書は、見解『プラズマサイエンス ―その学際的发展と豊かな未来社会のために』として学術会議から発出の準備中である。その構想の中で「核融合科学」が担当すべき「中長期研究戦略」を抽出したものとして、ビジョン『プラズマ物理の学際的展開 ―集団現象の理解に向けて』を日本学術会議に提案した [3]。本計画は、その中核となるべき研究プロジェクトとして構想したものである。

### （2）コミュニティをあげた研究テーマの策定

上記の幅広い議論を通じて示された核融合科学の長期ビジョンおよび NIFS への期待を実現するために、2021 年度から 2 年をかけて、広く研究所外の研究者が綿密な議論を行い、NIFS で実施すべき研究のアカデミックプランを策定し、それに基づいて NIFS の体制を抜本的に改革し、2023 年度に「ユニット体制」へ移行した。

ユニット体制の構成単位である「ユニット」は、核融合科学の将来を開拓する研究テ

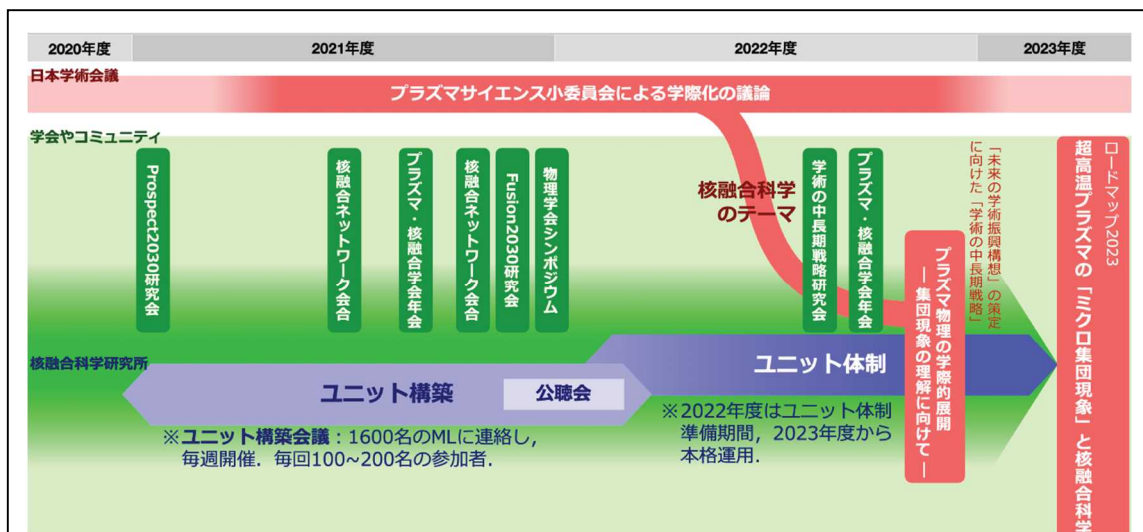
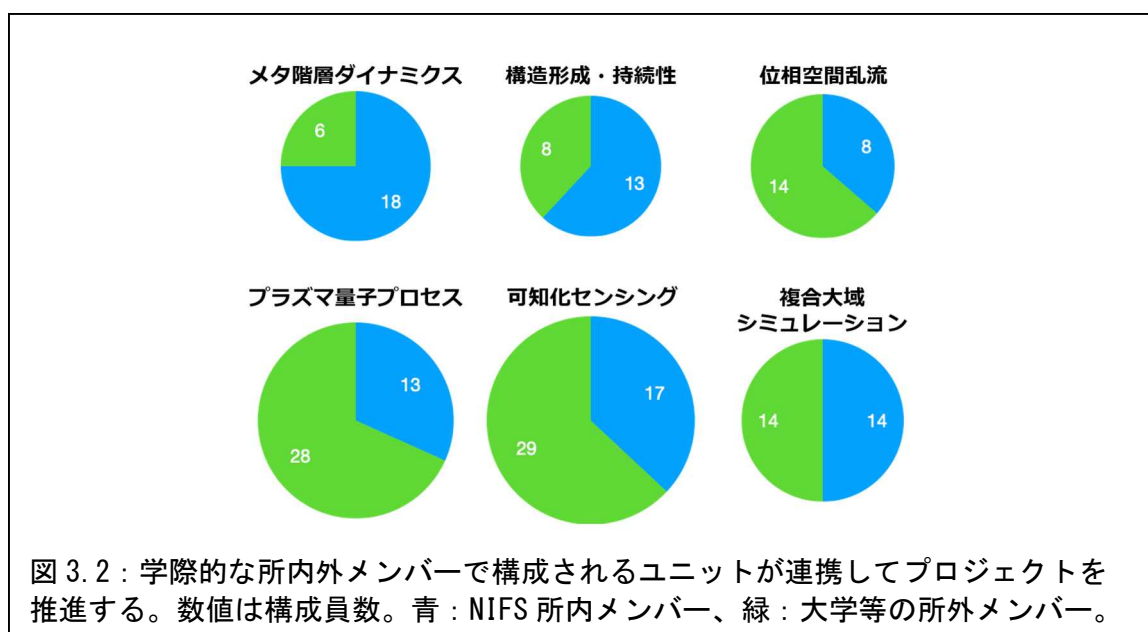


図 3.1：合意形成の経緯。日本学術会議にプラズマサイエンス小委員会を設置し、この分野の大局的な中長期ビジョンを策定。NIFS では、ユニット構築会議（オンラインで 40 回開催、毎回 100～200 人参加）を開催し、アカデミックプランを議論。これらの審議経緯について、プラズマ・核融合学会および日本物理学会でシンポジウムやインフォーマルミーティングで議論。また、NIFS の共同研究ネットワーク（約 1600 人が登録）を通じて情報発信やパブリックコメントを実施。これらの議論で構築されたアカデミックプランに基づき、本計画は NIFS の大型研究プロジェクトとして、6 つのユニット（表 5.1 参照）が連携して立案・構想した。

ーマ「ユニットテーマ」を掲げ、所内外のメンバーで構成される共同研究チームである。ユニットテーマの策定は、2021 年 5 月から合計 40 回の「ユニット構築会議」をオンラインで開催し（毎回 100～200 人が参加）、コミュニティをあげた議論によって行われた。毎回の議論の内容については、議事録を NIFS のホームページにおいて公開している[4]。情報は NIFS 共同研究者メイリングリスト、核融合ネットワークメイリングリスト、プラズマ・核融合学会メイリングリストを通じて約 1600 人へ配信されている。

ユニットテーマ策定にあたっては、まず合計 45 個の研究テーマが所内外のグループから提案された。その内 3 件は他分野の研究者からの提案であった。それぞれの提案書に対して 4 人のレビュアー（核融合科学分野に限らず、地球科学、流体物理、数理科学の専門家で構成）を割当て、書面評価を行い、提案グループにフィードバックした。各提案グループは、それぞれの検討会をオンラインでオープンに行い、その合計は 120 回を超える。提案ごとの検討会にも、提案者に限らず、他分野からも多くの研究者が参加して、多角的な視点から議論が行われた。特に若手の研究者たち（30～40 代）が議論をリードしたことは、特筆すべき点である（第 4 節参照）。

第二段階として、45 個の提案から概ね 10 個のユニットテーマを編成する作業を行った。このプロセスは、ボトムアップとピアレビューの精神に貫かれたことに大きな意義がある。何を研究すべきかを広い学術界からの参加を得て議論したのである。公聴会を経て、最終的に 11 個のユニットテーマが策定された。ユニット構築の最終段階として、それぞれのユニットテーマに対して、ユニットを組織するプロセスに入った。各ユニットは、所員および所外のメンバーからなる学際的なチームである。運営会議のもとに「ユニット等評価委員会」を設置し（所外から 8 人の学識経験者に委嘱し、3 人の所員が幹事として参加）、各ユニットの計画書の審査を実施し、ヒアリングを経て、ユニット設置の可否を判断した。その結果、2023 年度初頭の段階で 10 のユニットが編成された。これらは、核融合科学の学際的展開を担う幅広いテーマをカバーしており、それぞれの



アカデミックプランをホームページに一覧表として発表している[5]。各テーマに毎に「核融合研究としてのキーワード」と「学際的キーワード」を示して、新たな参加者に開かれた活動を行っている。

### (3) 幅広いコミュニティからの参画

本研究プロジェクトは、6つのユニット（表 5.1 参照）が連携して構想したものである。上記のように、ユニットは、幅広い学術の視点から中長期ビジョンを策定するプロセスから始め、広くコミュニティをあげたボトムアップ型の議論を経て合意形成された共同研究チームである（図 3.1 の合意形成プロセスを参照）。各ユニットは求心力のあるアカデミックプランをもつことで、学問領域を分断する壁を破って広く学術界に根を張り、個々の研究者と本研究プロジェクトを結ぶメゾ組織として機能する。図 3.2 に示すように、NIFS 所外から約 100 人の研究者が本計画立案に参画している。

### (4) クロスアポイントメント等による強い連携体制：普遍的な理解を目指して

本計画の目標は、装置形式によらない（さらに自然界のプラズマにもあてはまる）普遍性のある科学的知見を確立することであり、そのために連携機関と協力して、異なるシステムでの結果と比較・検証を行う。強力で安定的な協力のためにクロスアポイントメントを実施している。九州大学（軸対称系での高時空間分解能計測）と 5 名、東京大学（磁気圏型配位および非中性プラズマ）と 1 名、中部大学（ミュオン核融合システム）と 1 名、量子科学技術研究開発機構（大型トカマク）と 2 名であり（2023 年 6 月現在）、今後も拡大の予定である。また客員のポストを設け（各ユニットに平均 1 名程度）共同研究旅費を支弁するなどの支援によって、連携の強化を図っている。大阪大学とは研究協力協定に基づく共同研究を実施し、これまでも図 2.5 に示したような成果をあげている。さらに、量子科学技術研究開発機構とは、学際連携センターに開発研究連携部門のイニシアティブで、大学の研究者も巻き込んだ共同研究の強化を予定している。これらの機関が連携機関として協力して本計画を推進することを合意している（様式 2 参照）。

### (5) 国際連携

ITER 機構や各国の中核的プラズマ研究機関など、国際的な研究者コミュニティから本計画に対して大きな期待が寄せられている。サポートレターにも記されているように（添付資料参照：例えば ITER 機構長からは “This research project will undoubtedly yield important results that advance plasma and fusion science.” とのメッセージ）、「ミクロ集団現象」を核融合研究の中核的な科学的課題としてこれに取り組む計画は強い支持を得ており、世界の研究者の積極的な参加が期待される。

[1] <https://www.nifs.ac.jp/about/org/sc.html>

[2] <https://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/bunya/buturi/25/gijji-plasma.html>

[3] <https://www.nifs.ac.jp/about/idpp.html>

[4] <https://www.nifs.ac.jp/info/Unit.html>

[5] <https://www-col.nifs.ac.jp/Unit/UnitTheme.html>

## 4. 若手研究者等の人材育成

### 【具体的視点】

- ・若手研究者等（技術職員、研究支援者等含む）が多様な経験を積み、活躍することができる場が積極的に与えられるなど、各研究者等の将来を見据えたキャリア形成支援等が適切に行われているか。
  - ・当該計画を将来的に支える人材を育成する観点から、若手研究者等を責任ある立場に積極的に登用するなど、持続的な計画推進のための取組が行われているか。
- について、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

### （概要）

本計画は、NIFS が広く学術界に呼びかけて実施した大規模な議論に基づいて策定されたものである（第3節参照）。その議論に多くの若手研究者が積極的に参画した。本計画の中核を担う6つのユニットのリーダー（ユニット長）は、34～56歳（平均45歳）の研究者（女性1名を含む）である。NIFSは人材育成力強化タスクグループを置き、若手研究者の研究力強化に取り組んでいる。「発展的研究計画スタートアップ支援」によって、若手研究者による自発的な研究プログラムの立ち上げフェイズのために研究費支援とチューターによるアドバイスを行っている。

### （本文）

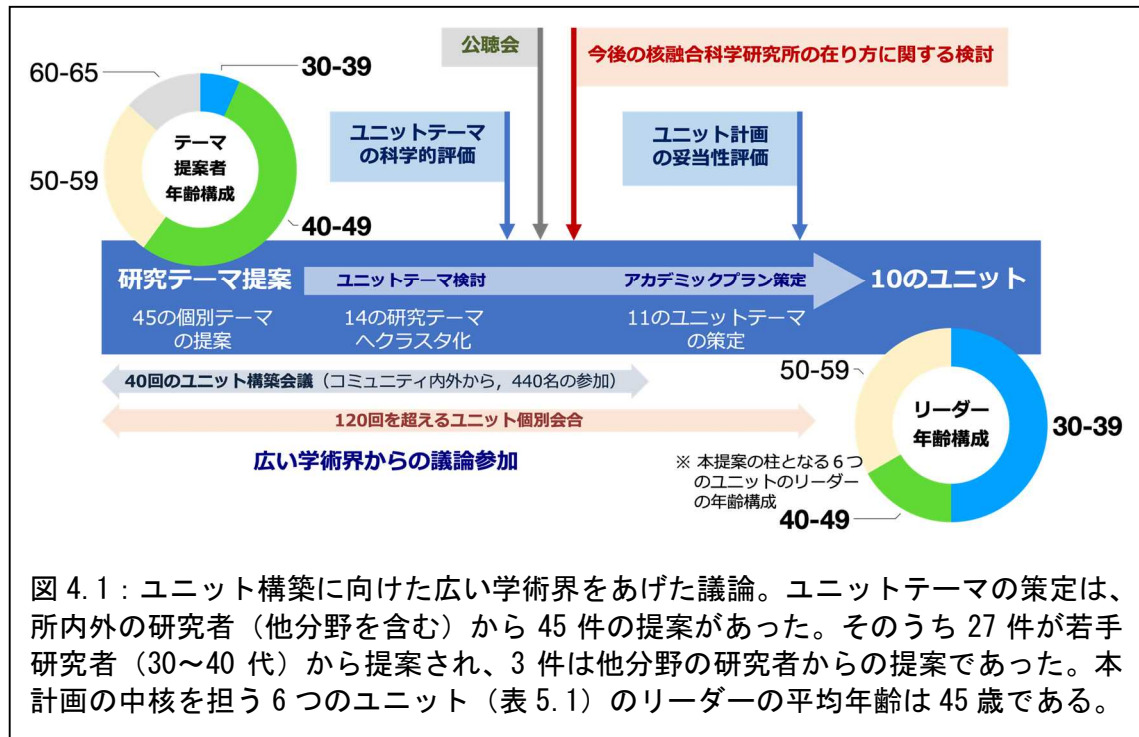
#### （1）計画の立案および研究の遂行における若手のリーダーシップ

本計画は、NIFS が広い学術界に呼びかけて実施した大規模な議論に基づいて策定されたものである（第3節参照）[1]。その議論に多くの若手研究者が積極的に参画したことは特筆に値する（図4.1参照）。本計画の中核を担う6つのユニットのリーダー（ユニット長）は、34～56歳（平均45歳）の研究者（女性1名を含む）である。

本研究プロジェクトは、若手研究者のリーダーシップによる学際的な展開を最も重要なプリンシプルとして推進する。最先端の国際的プロジェクト研究の場に様々な分野の若手研究者を受け入れ、将来新たな学術領域フロンティアを開拓できる人材を育成する。KPIとして、共同研究に参加する若手研究者（年度当初45歳未満）の比率を50%以上とすること、核融合の枠を超え他研究を行う研究者の比率を30%以上とすることを掲げる。

#### （2）若手研究者の支援

NIFSは研究力強化戦略室に人材育成力強化タスクグループを置き、若手研究者の研究力強化に取り組んでいる。2021年度から「発展的研究計画スタートアップ支援」を始め、若手研究者による自発的な研究プログラムの立ち上げフェイズの支援を行っている[2]。核融合科学分野の研究は、比較的高額の研究費を必要とすることから、最大1千万円の研究経費支援（単年度）によってスタートアップをサポートし、競争的研究経費や産学連携によって、次年度以後も研究が継続されることを想定した支援事業である。



採択された若手研究者にはチューターを付け、実施面でのサポートを行う。研究成果の報告会を開き、多角的な視点からアドバイスを行っている。2021 年度および 2022 年度はそれぞれ 3 件の支援を行った。今後もこの制度を発展的に運用する予定である。

### （3）キャリアパス支援

NIFS には総合研究大学院大学（総研大）の核融合科学コースがおかれ、大学院生教育が行われている。さらに、東京大学、名古屋大学、九州大学との連携講座、北海道大学、富山大学、九州大学との連携大学院、その他にも特別共同利用研究員制度によって、常時 60 人程度の大学院生が NIFS の研究現場で学んでいる。本プロジェクトは、大学院生にとっても、最先端研究の経験を積み、活躍することができる場となる。

NIFS は、エキスパート養成を目的として「特別研究員制度」を創設し、大学院博士後期課程に入学する学生（総研大に限らない）を、大学院博士後期課程の 3 年間（D1-D3）および学位取得後ポスドクとしての 2 年間の合計 5 年間「特別研究員」として採用し（定員 2 人／年）、ITER のような国際機関のポスドクに応募するために必要なキャリアの支援を行っている[3]。

[1] ユニット構築に向けたオープンな会議の議事録は NIFS の HP に公開している：

<https://www-col.nifs.ac.jp/Unit/>

[2] 発展的研究計画スタートアップ支援：

<https://reso.nifs.ac.jp/research/index.html>

[3] 特別研究員制度：<https://www.nifs.ac.jp/edu/pd/index.html>



## 5. 計画の実施主体

### 【具体的視点】

- ・実施主体における計画の推進体制は明確になっているか。
  - ・多数の機関が参画する場合、責任体制と役割分担は明確になっているか。
- について、別途添付の様式2「実施機関における意思決定の状況」に加え、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

### （概要）

本計画は、NIFS が実施主体となり、国内外の連携機関と協力して推進する。所内外を結ぶ学際的な連携を実現するシステムが「ユニット」である。各ユニットは先端的な研究テーマ（現象論から方法論にわたる）を掲げて編成された共同研究チームである。ユニット群が連合して本研究プロジェクトの最前線に展開する。学際連携センターのイニシアティブによって、ユニット群は他分野のプロジェクトにも展開することで、研究活動と成果は本計画に閉じない普遍的な意味を獲得する。プラットフォーム企画室が研究部と技術部を束ねてハードウェアの運用に責任をもつ。

### （本文）

#### （1）ユニット体制

本計画は、NIFS が中核機関となり、5 つの連携機関（九州大学、大阪大学、東京大学、中部大学、量子科学技術研究開発機構）と協力して推進する。連携機関とはクロスアポイントメントや人事交流により、強力で安定的な連携を行う。幅広い学際的な連携を具体化するシステムが「ユニット」である（第3節（2）、（3）項参照）。各ユニットは、具体的な研究テーマを掲げ、所内外のメンバーで構成される共同研究チームである（図3.2参照）。広く学術界へ開かれた組織であり、色々な専門性をもつ研究者が参画している。各ユニットは、所内外のメンバーで構成する学術戦略会議によってアカデミックプランを策定し、自律的に活動する。ユニットの活動は、運営会議のもとに常設された「ユニット等評価委員会」が評価し、そのアドバイスを受けて、ユニットのダイナミックな再編が行われる。本計画は、表5.1に示す6つのユニットが中心となって遂行する。

#### （2）学際連携センター

ユニット群の連合は、本研究計画だけでなく、様々な最先端研究の前線へ展開する（第8節・図8.1参照）。これにより、他分野の大型プロジェクトと、核融合分野の研究との情報交換が起こり、大規模な学問の交流が生み出される。ユニットは、研究者個人と、様々な大型プロジェクトを有機的に結びつけるための中間項であり、これを様々な研究テーマに向けて展開させることで、ダイナミックな分野交流と大きなシナジー効果が生まれる。ユニット群を編成して色々な研究フロンティアに展開させるためのイニシアティブをとる機関として「核融合科学学際連携センター」を設置し、URA において研究アクティビティの分析に基づいた学際的な展開の企画を行っている（第6節、図6.1参照）。



軸	ユニットテーマ	核融合科学としてのキーワード	学際的なキーワード
ダイナミクス・時空	メタ階層ダイナミクス meta-hierarchy dynamics	<ul style="list-style-type: none"> <li>速度空間ダイナミクス</li> <li>多階層モデリング</li> <li>非平衡プラズマの加熱</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>渦・輸送現象・自己組織化</li> <li>非平衡開放性と突発現象</li> <li>非線形波動粒子相互作用</li> </ul>
システム	構造形成・持続性 Structure formation and sustainability	<ul style="list-style-type: none"> <li>閉じ込め遷移現象</li> <li>フロー分布と安定性</li> <li>プラズマ加熱</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自己組織化</li> <li>エントロピー</li> <li>非熱的粒子</li> </ul>
揺らぎ・乱流・輸送	位相空間乱流 Phase space turbulence	<ul style="list-style-type: none"> <li>乱流輸送</li> <li>非拡散・非局所輸送</li> <li>瞬時・突発輸送</li> <li>速度空間計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>多次元乱流スケールリング</li> <li>非平衡プラズマ物性</li> <li>エントロピー</li> <li>集団性</li> </ul>
素過程・相互作用	プラズマ量子プロセス Plasma Quantum Processes	<ul style="list-style-type: none"> <li>高Z多価イオン</li> <li>非等方非平衡プラズマ</li> <li>レーザープラズマ相互作用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子分子素過程</li> <li>高エネルギー密度プラズマ</li> <li>天体プラズマ</li> </ul>
計測・データ	可知化センシング S&I: Sensing and Intellectualization	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラズマ計測技術</li> <li>長時間・高空間分解能</li> <li>速度分布関数</li> <li>乱流・揺動計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>レーザー・光工学</li> <li>可視化情報学</li> <li>オープンサイエンス</li> </ul>
計算科学	複合大域シミュレーション Complex Global Simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>MHD</li> <li>ジャイロ運動論</li> <li>乱流</li> <li>不安定性・飽和</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大域的シミュレーション</li> <li>多階層</li> <li>秩序構造</li> <li>散逸構造</li> </ul>

表 5.1：本計画に参画するユニット。NIFS は、核融合研究の現状分析と未来展望に基づき、核融合科学のパラダイム転換（学術的な再定義）で世界に先駆けている。これを具体化する組織としてユニットを編成している。

### （３）プラットフォーム企画室

NIFS が大学共同利用機関として運用している世界最先端の大型研究施設、すなわちプラズマ実験装置、スーパーコンピュータ「雷神」および工学研究施設（ビーム実験装置や超伝導実験装置など）を「プラットフォーム」として整理し、共同研究を公募して様々な挑戦的研究をボトムアップによって実施している（第 6 節参照）。これまで 25 年間にわたって LHD プロジェクトを推進するにあたり、LHD は極めて高い稼働率（最近 5 年間では平均 92%）を達成し、世界の研究者コミュニティから高い信頼を得てきた。今後もプラットフォームを有効に活用するため、「プラットフォーム企画室」が研究部職員と技術部職員のエフォートを調整し、総合的な戦略に基づいて運用計画を立てる。

### （４）安全衛生推進センターおよび広報室・社会連携委員会

実験の実施にあたっては、安全確保が最優先事項である。NIFS は、安全第一の方針のもと、共同研究者も含めた安全衛生教育・訓練を実施している。安全衛生推進センターが総合的な安全管理を一元的に統括している。外部有識者を委員長とする放射線安全委員会が、モニタリングや線量評価のアセスメントを行っている。社会に向けた情報公開に努め、実験の実施状況、環境データは、常に速報値を環境監視情報としてホームページに公開している（[https://www.nifs.ac.jp/j\\_plan/j\\_003.html](https://www.nifs.ac.jp/j_plan/j_003.html)）。研究の進捗状況および環境データに関して近隣の 3 市の自治会に対して住民説明会を実施するなど、市民の理解と信頼を得るための活動に取り組んでいる（第 10 節参照）。

## ＜様式 2＞実施機関等における意思決定の状況

役員会などで審議を行い、予算措置が見込まれる場合は、実施機関として推進する承認を得ている。	○
実施機関の長（学長・機構長など）へ計画について説明し、予算措置が見込まれる場合は、機関として推進する了承を得ている。 ※提案者が実施機関の長の場合は「○」を御記入ください。	○

（実施機関における現在の状況について）

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 経営協議会（2023 年 6 月 22 日開催）の審議を経て、大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 役員会・機構会議（同日）において本基本構想を核融合科学研究所が実施機関として推進する承認を得た。

（連携機関等での意思決定の状況について）

- 九州大学（極限プラズマ研究連携センター）：極限プラズマ研究連携センターの研究統合会議で審議を行い、連携機関として本基本構想を推進する了承を得ている。
- 大阪大学（レーザー科学研究所）：レーザー科学研究所の所長へ計画について説明し、連携機関として本基本構想を推進する了承を得ている。
- 東京大学（大学院新領域創成科学研究科）：大学院新領域創成科学研究科の研究科長へ計画について説明し、連携機関として本基本構想を推進する了承を得ている。
- 中部大学（ミュオン理工学研究センター）：ミュオン理工学研究センターのセンター長へ計画について説明し、連携機関として本基本構想を推進する了承を得ている。
- 量子科学技術研究開発機構（量子エネルギー部門）：量子エネルギー部門長へ計画について説明し、機関として連携協力を推進することの了承を得ている。連携協力にあたり、核融合科学研究所と量子科学技術研究開発機構量子エネルギー部門の間に締結されている連携協力協定に基づいて実施する。

## 6. 共同利用・共同研究体制

### 【具体的視点】

- ・ 共同利用・共同研究の実施体制が確立されているか。
- ・ 幅広い大学等の研究者、若手を含む多様な研究者が参画できるか。

について、別途添付の様式3「共同利用・共同研究計画」に加え、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

### （概要）

本計画は核融合分野の大学共同利用機関である NIFS が中核機関となり、これまで大学と共に培ってきた共同利用・共同研究のシステムを最大限に活用して実施する。NIFS は学際化と若手人材育成の観点から体制改革を行い、国内の大学・研究機関の研究者に開かれたユニット体制を構築している。連携機関とは、クロスアポイントメントや人事交流によって強力な共同研究体制を構築している。世界のプラズマ・核融合研究機関とも、連携協定を結んでおり、本計画への積極的な支援を得ている（サポートレター参照）。

### （本文）

本計画の実施主体である NIFS は、大学共同利用機関法人に属する研究機関として、第3節に詳述したように、国内外の広い分野の研究者コミュニティとの議論を通じ、最先端研究を行う共同利用・共同研究を実現すべく、組織体制の改革に取り組んできた。2023 年度には、第5節に述べた「ユニット体制」「プラットフォーム企画室」「核融合科学学際連携センター」を柱とする新体制（図 6.1）を構築しており、その盤石な学術研究基盤の上で本計画を実施する。連携機関（異なる装置形式・パラメタ領域での検証を担当する）とは、クロスアポイントメントや人事交流によって強力な連携を構築している（第3節（4）項参照）。

#### （1）共同利用をサポートするシステム

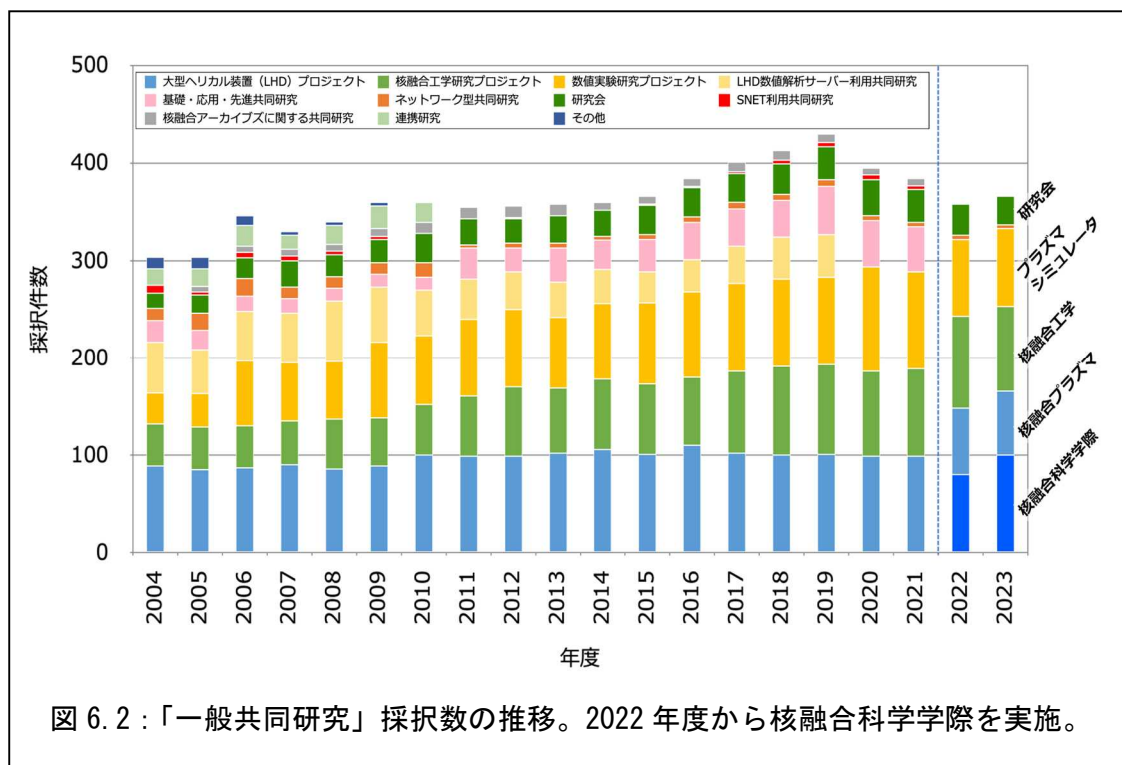
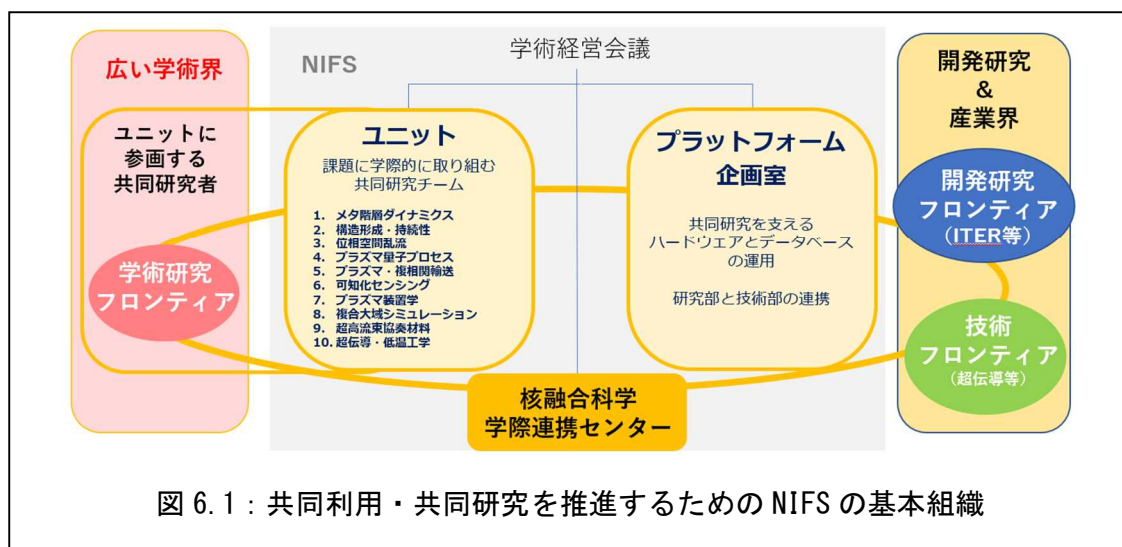
NIFS は、運営会議のもとに「共同研究委員会」（所外委員 31 人、所内委員 24 人）を置き、共同研究の公募、計画のピアレビュー、研究実施の支援（ハードウェアやデータへのアクセス支援、安全教育、宿泊施設等）、研究発表の支援（出版費支援、プレスリリース支援等）、および実績のチェック&レビューまでを一貫して実施するシステムを運営し、幅広い研究者のニーズに応える共同研究を実施している（図 6.2 参照）。

#### （2）大規模で強力な共同研究を実現するシステム

ユニットは、いろいろな専門性をもつ所外の研究者が共同研究者として参画する、広く学術界へ開かれた組織である。幾つかのユニットの協力体制として「プロジェクト」がダイナミックに構成される。ユニットは、研究者個人と、様々な大型プロジェクトを有機的に結びつけるための中間項であり、これを学際的な研究テーマによって編成することで、ダイナミックな分野交流と大きなシナジー効果を生み出す（図 8.1 参照）。ユニットは若手研究者の積極的な参画によって編成されたものである（第4節参照）。

### (3) 国際連携

NIFS は国際共同研究ネットワークを構築し、広く大学の研究者が参画する国際共同研究の推進に重要な役割を果たしてきた。国際エネルギー機関（IEA）の下での協定に基づいて、米国、ドイツ、スペイン、中国などと国際共同研究を進めている。また、32の海外の研究機関と研究協力協定を締結しており、共同研究を進めている。当該分野の有力な研究機関であるマックスプランク・プラズマ物理研究所、プリンストン・プラズマ物理研究所をはじめとして、多くの海外の研究機関と長期にわたる協力関係を構築しており、プラズマ計測、理論解析等の課題に係る国際共同研究を実施している。また近年では米国 TEA 社など国内外の「核融合スタートアップ」との共同研究も拡大している。



<様式3> (共同利用・共同研究計画)

区分		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	10年目以降	合計
核融合科学研究所	日数	110	150	190	190	110	150	190	190	190	190	190	1,850
	時間数	880	1,200	1,520	1,520	880	1,200	1,520	1,520	1,520	1,520	640	13,920
合計	日数	110	150	190	190	110	150	190	190	190	190	190	1,850
	時間数	880	1,200	1,520	1,520	880	1,200	1,520	1,520	1,520	1,520	640	13,920

各機関毎の大型施設・設備等の利用日数・利用時間を記入ください。


②共同研究者の受入計画

区分		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	10年目以降	合計
国内研究者	総数	125	250	250	250	150	300	300	300	300	300	300	2,825
	延人数	150	300	300	300	180	360	360	360	360	360	360	3,390
	機関数	20	45	45	45	25	50	50	50	50	50	50	480
海外研究者	総数	35	70	70	70	40	85	85	85	85	85	85	795
	延人数	40	85	85	85	50	100	100	100	100	100	100	945
	機関数	18	35	35	35	20	40	40	40	40	40	40	383
大学院生、その他	総数	25	50	50	50	30	60	60	60	60	60	60	565
	延人数	30	60	60	60	35	70	70	70	70	70	70	665
	機関数	5	10	10	10	20	15	15	15	15	15	15	145
合計	総数	185	370	370	370	220	445	445	445	445	445	445	4,185
	延人数	220	445	445	445	265	530	530	530	530	530	530	5,000
	機関数	38	80	80	80	45	90	90	90	90	90	90	863

計画に参加する共同研究者の受入人数について記入ください。

合計の機関数は、延べ数ではなく重複のない数を記入してください。

## 7. 計画の妥当性

### 【具体的視点】

- ・計画の準備スケジュール・実施スケジュールが明確になっているか。実施可能なスケジュールとなっているか。
  - ・建設費及び運用費は妥当か。十分検討されているか。
  - ・予算計画、人員計画（研究者コミュニティからの人材も含む）は妥当か。十分検討されているか。
  - ・計画の準備状況（予備研究・技術開発・体制整備）は着実になされているか。
  - ・建設終了後の運用計画が十分に検討されているか（施設・設備等の老朽化対策含む）。
  - ・計画終了後のコミュニティへの波及効果、将来展望はどうか。
- について、別途添付の様式4「予算計画」、様式5「人員計画」、様式6「施設・設備の詳細」、様式7「計画期間終了後の方針など」に加え、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

### （概要）

本計画は、NIFS が有する独自の実験装置開発の実績と既存の研究施設を最大限に活用することで、予算の大幅な合理化がなされており、また迅速で連続的なスケジュールで研究を遂行することができる。現行のプロジェクトを通じて、予備研究と基幹的設備（基本的な計測器群およびプラズマ制御装置）の準備がなされ、またユニットが共同研究グループとして充実した連携を構築することで、ソフト面での研究基盤も確立している。オープンサイエンスを一層推進することで、研究成果を国際的かつ学際的に広く波及させる。本計画に参画する若手研究者は、後継計画のリーダーとして育成される。

### （本文）

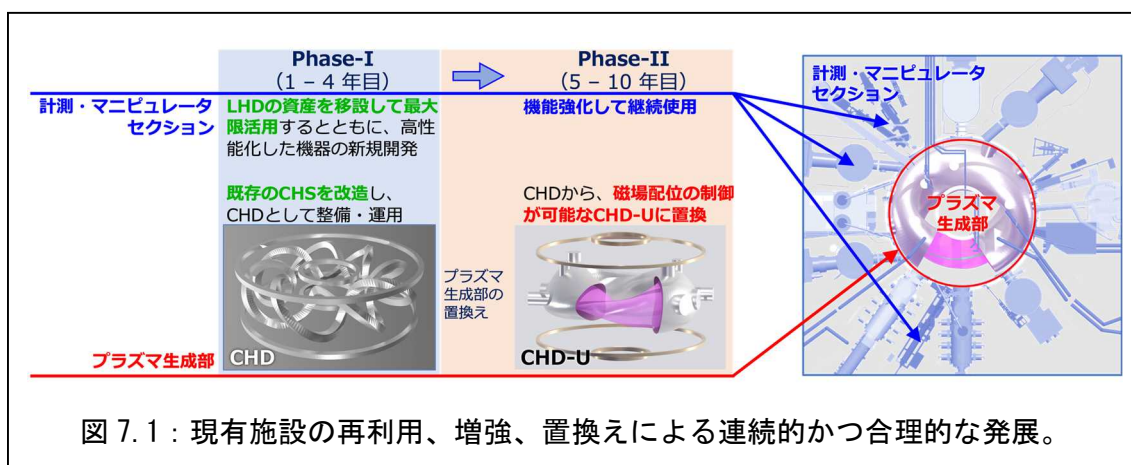
#### （1）スケジュール

本計画は、現行のLHD計画から連続的に発展すべく計画されている。現プロジェクトの中で、ハード面では本計画の初期に必要な計測器群（図1.3参照）が準備される。ソフト面ではユニット（表5.1参照）の活動を通じて緊密な学際的共同研究体制が構築される。様式1（年次計画）および図7.1に示したように、本計画は前半の4年間（Phase-I）と後半の6年間（Phase-II）で構成され、図1.6に示したマイルストーンを設けている。Phase-Iでは、プラズマ生成部として現有のCHSを調整して再利用したCHDを用い、計測器群の性能向上を図りつつ実験を遂行する。平行して、プラズマ生成部のアップグレードCHD-Uの準備を進める。Phase-IIでは、プラズマの制御精度を高めたCHD-Uを用い、計測器群のさらなる高性能化を行い、計画のゴールを目指した研究を行う。

#### （2）予算、人員、運用計画

本計画の予算は、長年にわたって独自の装置開発を行ってきた経験と実績に基づき、精密に算定されている。本計画に必要な装置の多くを、先行および現行プロジェクトで開発し運用しているものを再利用することで、大幅な経費の合理化がなされている。こ





これらの装置群は、これまでも注意深くメンテナンスされており、計画実施中も引き続き老朽化対策として、計画的にメンテナンスを実施する。ユニットは、NIFS と大学の緊密な連携を確立しており（図 3.2 参照）、充実した共同研究体制で計画を遂行できる。装置群の運用については、プラットフォーム企画室（第 5 節（3）項参照）が研究部と技術部の連携体制を企画・調整する。NIFS では、これまでも LHD の運用にあたって極めて高い稼働率と安全性確保の実績をもち、国際的に高い評価を得ている[1]。

### （3）準備状況

本計画は LHD プロジェクトを通じて独自に開発してきた多種多様なプラズマ計測器群とマニピュレータ群（図 1.3 参照）を移転し、有効に活用して実施する。研究に必要なインフラ（プラットフォーム）、その運営体制については準備が整っている（第 5 節参照）。3 次元構造をもつプラズマのダイナミクスに関する理論・シミュレーション研究においても、様々なアルゴリズムと統合的シミュレーションコードを独自に開発しており、それらを駆使したシミュレーションによって、ターゲットとする事象（図 1.6 参照）の観測可能性について定量的な根拠をもっている。

### （4）計画終了後の波及効果と将来展望

NIFS では、世界的なリーダーシップをとり「プラズマ・核融合データベース（核融合クラウド）」の事業を推進して、システム共通化を進め、遠隔データ集録・一元保管・研究データ再利用促進に取り組んでいる。オープンサイエンスの標準指針である FAIR 原則に則って公開、デジタルな実験データそのものを引用・参照可能な「デジタルアーカイブ」にするべく、各計測データに出版論文と同じ DOI を付与する「研究データ DOI 登録」の取り組みを開始している。LHD で取得されたデータは全てオープンデータとして公開している[2]。これらの取り組みを通じて、本研究計画の成果はユニット体制によって構築された国際的・学際的ネットワークを通じて広く発信され、学術界のみならず産業界への広く波及することが期待される。

[1] 2022 年度外部評価 : [https://www.nifs.ac.jp/about/org/gaibuhyouka\\_2022en.pdf](https://www.nifs.ac.jp/about/org/gaibuhyouka_2022en.pdf)

[2] 実験データリポジトリ : [https://www-lhd.nifs.ac.jp/pub/Repository\\_jp.html](https://www-lhd.nifs.ac.jp/pub/Repository_jp.html)

<様式4> (予算計画)

①所要経費の計画												(百万円)
	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	10年目以降	合計
設備費(プラズマ装置(OHD-U))		2,000	2,000	2,000	4,000			1,000				11,000
設備費(計測セクション)	500	1,800	1,000	1,100		300	400					5,100
設備費(マニピュレータセクション)	2,500		100			2,000	600					5,200
人件費	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	440
光熱水費	80	210	210	210	80	210	210	210	210	210	210	2,050
保守・メンテナンス経費	1,050	50	550	550	50	1,050	1,050	1,050	2,050	2,050	2,050	11,550
合計	4,170	4,100	3,900	3,900	4,170	3,600	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	35,340

項目ごとに計画に必要な年次までの概算を記入ください。

※必要に応じて、項目名は追加・修正頂きできるだけ具体的に記載してください。

※施設・設備費については、様式6②④との対応が分かるように記載ください。

②国費・海外からの提供資金・自己資金の計画												(百万円)	
	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	10年目以降	合計	申請状況
国費	4,040	3,970	3,770	3,770	4,040	3,330	2,030	2,030	2,030	2,030	2,030	33,070	
海外からの提供資金						20	20	20	20	20	20	120	c. 申請予定
自己資金(外部資金)	100	100	100	100	100	200	200	200	200	200	200	1,700	c. 申請予定
自己資金(独自資金)	30	30	30	30	30	50	50	50	50	50	50	450	c. 申請予定
自己資金(その他)												0	
合計	4,170	4,100	3,900	3,900	4,170	3,600	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	35,340	
自己資金割合(%)	3%	3%	3%	3%	3%	8%	12%	12%	12%	12%	12%		

国費：当該計画を支援するために特別に措置される経費。

海外からの提供資金：国外の研究機関及び資金配分機関から当該計画のために特別に措置される経費。

自己資金：当該計画を支援するために特別に措置される経費以外の資金。計画実施組織による独自資金及び外部からの資金を指します。

合計：「①所要経費の計画」の合計と一致するよう作成ください。

申請状況：a. 決定済、b. 申請済、c. 申請予定をプルダウンから選択ください。該当がない場合は空欄のままにしてください。

③実施組織内での配分計画												(百万円)
	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	10年目以降	合計
核融合科学研究所	4,170	4,100	3,900	3,900	4,170	3,600	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	35,340
合計	4,170	4,100	3,900	3,900	4,170	3,600	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	35,340

複数の研究機関が主体となる場合の各機関毎の所要経費を記入ください。

合計は「①所要経費の計画」の合計と一致するよう作成ください。

④国費部分で実施する主な内容及び国費での支援が必要である理由

本計画で予定している装置の制作、整備、増強及び、光熱水量を含む装置の運用に必要な経費を国費からの支援により実施する予定である。

核融合科学は、天体の内部で起こるエネルギー発生のプロセスを地上で再現し、これをエネルギープラントとして利用しようという研究であり、まさに自然科学と未来技術という2つの焦点を統合したビッグサイエンスである。その推進は、学術の振興としての効果と、革新的技術による新エネルギーの獲得という二重の社会貢献となる。一方で、本研究計画の成果は、当面は経済的な利益につなが

らないため、産業界からの資本投入が困難である。さらに、装置の保守やメンテナンスを含め、大型の科研費では賄えない経費が安定的に必要なことから、国費による支援が必要である。

#### ⑤自己資金部分で実施する主な内容及び自己資金獲得予定・見通し

装置の安全管理の強化や国際共同研究を促進する上で必要な旅費や基本的なインフラの整備については、これまで年間2億円程度の自己資金を獲得し、充当してきた。今後もこれら資金を獲得し、充当する予定である。更に、本装置を基盤設備として利用する大型科研費の申請も予定している。

#### ⑥国際分担の見通し

国際共同研究に基づいて提案された計測装置等については、これまでは先方負担で実施してきた。今後も、国際共同研究による先方負担での計測装置等の導入を積極的に受け入れる予定である。例えば、LHD 計画においては、プラズマの電子温度および密度を計測するトムソン散乱分光計測装置の高時間分解能化について、米国・ウィスコンシン大学から計測に必要なレーザー電源が提供された。また、米国・プリンストンプラズマ物理研究所からは、プラズマ中に不純物を導入するための粉末落下装置の提供を受けている。このような国際共同研究は国際交流協定を締結して進めており、主な締結状況を下表に示す。

(国際交流協定等の締結状況)

名称	形態	締結年月	終了予定年月	相手国	機関名	国内機関名	概要（研究分野、協定に基づく活動等）
核融合科学研究所とプリンストン・プラズマ物理研究所、プリンストン大学間の覚書	協定	2006 年 3 月	2024 年 1 月	米国	プリンストン・プラズマ物理研究所 (PPPL)	核融合科学研究所 (所長)	広範なプラズマ実験、加熱・計測機器開発、理論・シミュレーション、プラズマ・壁相互作用、次世代装置設計、宇宙プラズマを包含したプラズマ物理学の統合などに関する国際共同研究の進め方、人的交流の推進、人材育成などについて定めた協定。
核融合科学研究所とウィスコンシン大学マディソン校間との覚書	協定	2019 年 7 月	2025 年 7 月以後自動更新	米国	ウィスコンシン大学マディソン校 (UWM)	核融合科学研究所 (所長)	ヘリカル系プラズマ、レーザー応用計測等の分野における国際共同研究の進め方、人的交流の推進、などについて定めた協定。
核融合科学研究所とマックスプランク・プラズマ物理研究所との学術交流に関する協定	協定	1993 年 5 月	規定なし (改廃: 協議・合意)	ドイツ	マックスプランク・プラズマ物理研究所 (IPP)	核融合科学研究所 (所長)	広範なプラズマ実験、加熱・計測機器開発、理論・シミュレーション、プラズマ・壁相互作用、各種工学課題などに関する国際協力について定めたもので、国際エネルギー機関 (IEA) のステラレータ-ヘリオトロン実施協定の下で継続的に展開されている活動を支える基盤的な協定。
核融合科学研究所とスペイン国立エネルギー環境科学技術研究センター間における学術および科学交流に関する協定	協定	2009 年 2 月	2017 年 2 月以後自動更新	スペイン	スペイン国立エネルギー環境科学技術研究センター (CIEMAT)	核融合科学研究所 (所長)	ヘリカル型装置の共通課題に関する実験研究、理論シミュレーション研究などを進める国際協力について定めたもので、国際エネルギー機関 (IEA) のステラレータ-ヘリオトロン実施協定の下で継続的に展開されている活動を支える基盤的な協定。
核融合科学研究所とITER 機構との間における技術協力に関する覚書	協定	2011 年 2 月	2026 年 3 月	国際機関 (所在地: フランス)	ITER 機構 (IO)	核融合科学研究所 (所長)	ITER 建設・稼働に向けた様々な研究開発分野での協力を定めたもので、システム設計、加熱・計測機器開発、低温・超伝導技術開発などにおける国際共同研究の進め方、人的交流の推進、などについて定めた協定。
高性能レーザーおよびその応用における共同研究プログラムの覚書	協定	2016 年 3 月	2020 年 3 月以後自動更新	チェコ	チェコ科学アカデミー (ASCR) Hilase センター	核融合科学研究所 (所長)	LHD で培ったプラズマ計測用光学素子と高性能レーザーに関する技術の広範な適用に向けた国際共同研究の進め方、人的交流の推進などについて定めた協定。
核融合科学研究所と西南交通大学における学術および人材協力に関する協定	協定	2017 年 7 月	2022 年 7 月以後自動更新	中国	西南交通大学 (SWJTU)	核融合科学研究所 (所長)	ヘリカル装置の物理・工学設計の推進、理論シミュレーションや工学機器開発など広範な国際共同研究の進め方、人的交流の推進、人材育成などについて定めた協定。

## <様式5> (人員計画)

### ①人員計画

	準備・立上げ期			建設期/組織整備			運用期/研究運用		
	1年目～1年目			2年目～5年目			6年目以降		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
	機関内の 人員	コミュニ ティから の支援	①②以外の 機関外から の支援	機関内の 人員	コミュニ ティから の支援	①②以外の 機関外から の支援	機関内の 人員	コミュニ ティから の支援	①②以外の 機関外から の支援
シニアレベル研究者 (教授、准教授 等)	30	2	2	30	2	2	26	2	2
シニアレベル研究者 (教授、准教授 等) ※若手	24	3	3	24	3	3	20	3	3
ポスドクレベル研究者 (講師、助教、ポスドク 等)	37	0	0	37	0	0	37	0	0
技術職員	53	0	0	53	0	0	23	0	0
研究支援者 (URA 等)	1	0	0	1	0	0	1	0	0
事務職員	43	0	0	43	0	0	43	0	0
合計 (人)	188	5	5	188	5	5	150	5	5

### ②役割及び確保の方針

役割	役割	確保の方針
シニアレベル研究者 (教授、准教授 等)	プロジェクト長 各種実験装置に関する主担当 シミュレーション解析の主担当 実験責任者 研究チューター	機関内の人員を充当 および クロスアポイントメント
シニアレベル研究者 (教授、准教授 等) ※若手	副プロジェクト長 実験タスクグループリーダー 各種実験装置に関する主担当 シミュレーション解析の主担当	機関内の人員を充当 および クロスアポイントメント
ポスドクレベル研究者 (講師、助教、ポスドク 等)	各計測装置に関する担当 各種実験装置に関する担当 シミュレーションコード整備	機関内の人員を充当
技術職員	実験装置の開発・製作・運用 オープンデータのための IT システム構築	機関内の人員を充当
技術職員 ※保守・メンテナンス等担当	実験装置の保守・メンテナンス作業 オープンデータのための IT システム管理	国費により雇用
研究支援者 (URA 等)	研究企画および研究成果の広報	機関内の人員を充当
事務職員	予算に関する事務作業 共同研究に関する事務作業	機関内の人員を充当

## ＜様式 6＞（施設・設備の詳細）

### ①本計画に関連する主な現有設備

研究機関	設備名	仕様 (形式・性能)	専用・共同 利用の別	設置 年度	備考
核融合科学研究所	大型ヘリカル装置 (LHD)	超伝導ヘリカルコイルを用いた大型のプラズマ装置 (磁場強度 3 T, 大半径 3.9 m, 小半径 0.6 m), およびその周辺設備 (プラズマ制御機器, プラズマ加熱装置, 計測装置, 等)	共同利用	平成 10 年度	平成 25-令和 4 年まで大規模学術フロンティア促進事業、その後、令和 7 年まで学術研究基盤事業で運用。
核融合科学研究所	プラズマ装置 (CHS)	常伝導ヘリカルコイルを用いた中型のプラズマ装置 (磁場強度 2 T, 大半径 1.0 m, 小半径 0.2 m) .	共同利用	昭和 63 年度	平成 18 年から運用停止中。
核融合科学研究所	スーパーコンピュータ (プラズマシミュレータ「雷神」)	理論演算性能 : 10.5 Pflops、主記憶容量 : 202 TB、外部記憶装置 : 32.1 PB	共同利用	令和 2 年度	運用中

### ②本計画において新たに整備を行う大型施設の概要（該当する計画のみ）

建設に 要する期間	件名	建設額 (百万円)	設置機関	建設用地の状況 (該当に○を記入)	
8 年 (2-5 年目, 8 年目)	プラズマ装置 (CHD-U)	11, 000	自然科学研究機構 核融合科学研究所	建設用地取得済	○
				建設用地未取得	
				建設用地未定	
7 年 (順次増強)	計測セクション	5, 200	自然科学研究機構 核融合科学研究所	建設用地取得済	○
				建設用地未取得	
				建設用地未定	
7 年 (順次増強)	マニピュレータセクション	5, 100	自然科学研究機構 核融合科学研究所	建設用地取得済	○
				建設用地未取得	
				建設用地未定	

### ＜妥当性・必要性＞

本研究計画の Phase-I では、これまで核融合科学研究で使用されてきた大型ヘリカル装置 (LHD) とその周辺設備、および、既存の中型プラズマ装置 (CHS) を最大限に活用することで、大幅な予算の合理化を行い、またシームレスなスケジュールで研究を遂行するものであり、合理的かつ妥当な計画である。他方、本計画の目的である「速度分布関数を操作して、その応答を精密に研究する物理研究」のために、Phase-II では、磁場構造とプラズマパラメータの制御によって、速度分布関数に対するトポロジー束縛の効果を解明することを計画しており、磁場構造の制御に大きな柔軟性を備えたプラズマ装置 (CHD-U) を新たに建設・運用することが必要である。



<現存又は建設予定の競合する海外の大型施設との比較>

これまでのプラズマ装置は、プラズマ閉じ込め性能の最適化を旨としており、本計画で整備するプラズマ装置（CHD-U）のように、磁場構造を柔軟に変化させることを前提として設計された装置はこれまでない。

<大型施設の老朽化対策（保守・メンテナンス等の計画）>

高温プラズマを扱うプラズマ装置は、プラズマと壁との相互作用により装置の損傷や損耗が生じる。特に本計画ではエネルギー密度の高いプラズマ加熱を実施するため、その影響は顕著である。そのため、本計画では、特に計画の後半では適切な保守・メンテナンス費用を確保し、装置の健全性を確保することを計画している。

③本計画において新たに整備を行う大型施設に関する地域住民からの支持（該当する計画のみ）

建設用地の状況 (該当する全てに○を記入)	
建設用地住民との合意協定調印済	○
建設用地全ての自治体との合意協定調印済	
建設用地に関する反対運動有	

<これまで経緯・現在の状況等（反対運動有の場合は具体的に記載ください）>

核融合科学研究所が土岐市下石町地区内の研究施設において研究を推進するに当たり、周辺環境の保全と地域住民の安全を確保するために地元自治体（岐阜県、土岐市、多治見市および瑞浪市）と、平成 25 年に協定書を締結しており、その協定書に従って研究を推進している。

④本計画において新たに整備が必要な主な設備の明細

購入予定 時期	品名・仕様	単価 (百万円)	数量	金額 (百万円)	設置機関	妥当性・必要性

## ＜様式 7＞計画期間終了後の方針など

### ○計画期間終了後の方針（国からの支援が終了した後の考え方）について

核融合の学術研究は、ミクロから創発される集団現象を探求する先端研究の分野として、今後も広く学際的に展開してゆく必要がある。核融合エネルギーの実用化という観点からは、今後一層、国際競争が強調される時代となることから、世界的に求心力のある研究アクティビティをもつことが、人材育成・確保のために不可欠な国家戦略である。本計画は、そのような責任を担う中核的研究プロジェクトとして、持続可能な長期計画のビジョン（第3節（1）項参照）のもとに立案されている。基本的な戦略は、大型化から高精度化への転換である。核融合科学は、開発研究と学術研究の役割分担がより明確になる段階に進化しようとしており（他の科学技術分野の成熟と同様に）、学術研究はイノベーションの指導原理となる高精度で普遍性をもつ基礎法則を確立することを担う。本計画の終了後は、その成果と研究施設を一層発展させる次期計画が大規模学術フロンティア促進事業として採用されることを目指す。

本計画では、計測器やビーム装置など、他分野でも有用なハードウェアを開発する。それらは、核融合分野の他研究機関（特に ITER や JT-60SA など開発研究用の装置）のみならず宇宙・天文分野のプロジェクトでも利用価値が高い。様々な研究フロンティアと連携を深めることで、次期計画の学際的な展開につなげる。

### ○当初の計画とおりに進まない場合の考え方（予算の措置状況等を踏まえ、当初計画の大幅な変更が必要となった場合）について

第1節でマイルストーンを示したように、本プロジェクトは「一本槍」ではなく、複数の挑戦的なアウトプット目標を設定し、それらの進捗を見極めながら、総合的に推進する計画となっている。予算措置もマイルストーン到達への条件であることから、各アウトプット目標を調整しつつ、プロジェクトを推進する。プラットフォーム企画室が、計画の見直しにともなう施設運用について戦略と企画を担当する。

計画期間の途中で国からの支援が打ち切られる事態になった場合は、学際連携センターが、他分野とのプロジェクトとの連携・協力を検討し、途中までに得られた成果と建設された施設を有効に活用する戦略と企画を立てる。

## 8. 戦略性

### 【具体的視点】

- ・当該分野での世界トップレベルの成果をあげ、我が国の強みをさらに伸ばすこととなるか。
- ・他分野への波及効果等はどうか。
- ・国際貢献や国際的な頭脳循環につながるか。
- ・将来的な我が国の成長・発展につながるか。
- ・計画を実施しないことによる日本に対する研究者コミュニティからの信頼喪失や学術における国際的プレゼンスの低下等の影響はどうか。
- ・産業界への波及効果等はどうか。

について、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

### （概要）

本計画の基本戦略は、核融合科学の方向を「より大きく」から「より高精度」へと転換することである。核融合研究において、学術に求められるミッションは、イノベーションの指導原理となる精密な科学知を確立することである。プラズマ中の「マイクロ集団現象」を高精度の計測とシミュレーションによって理解するというパラダイム転換で世界をリードする。本計画で開発する実験技術は、天文学や高エネルギー物理学にも波及するインパクトをもち、さらに産業分野のイノベーションを駆動するシーズともなって、我が国の科学技術の総合的なレベルアップにつながる。

### （本文）

#### （1）世界トップの時空間分解能によるパラダイム転換と頭脳循環

本計画の基本戦略は、核融合科学を「より大きく」から「より高精度」へと転換することである。核融合条件の達成は開発研究のミッションであり、実験炉 ITER を経て、原型炉開発の段階に入ろうとしている。その根本は様々な技術の統合であるが、他方で炉心プラズマ性能を向上させるイノベーションの基盤となる学術知が必要である。本計画の実施によって、核融合プラズマのイノベーションの指導原理を、世界に先駆けて「マイクロ集団現象の科学」へとパラダイム転換する。我々が世界をリードしている超高温プラズマの高時空間分解能計測とシミュレーション研究の実力を活かすことで（図 1.1～1.4、2.4、2.5 に示したエビデンス参照）、世界トップレベルのプロジェクトを推進できる。その実践の場は、国際的・学際的頭脳循環を起こし、イノベーションを駆動する人材を育成することができる。

#### （2）学際的な波及効果を高め産学連携を推進する学術戦略

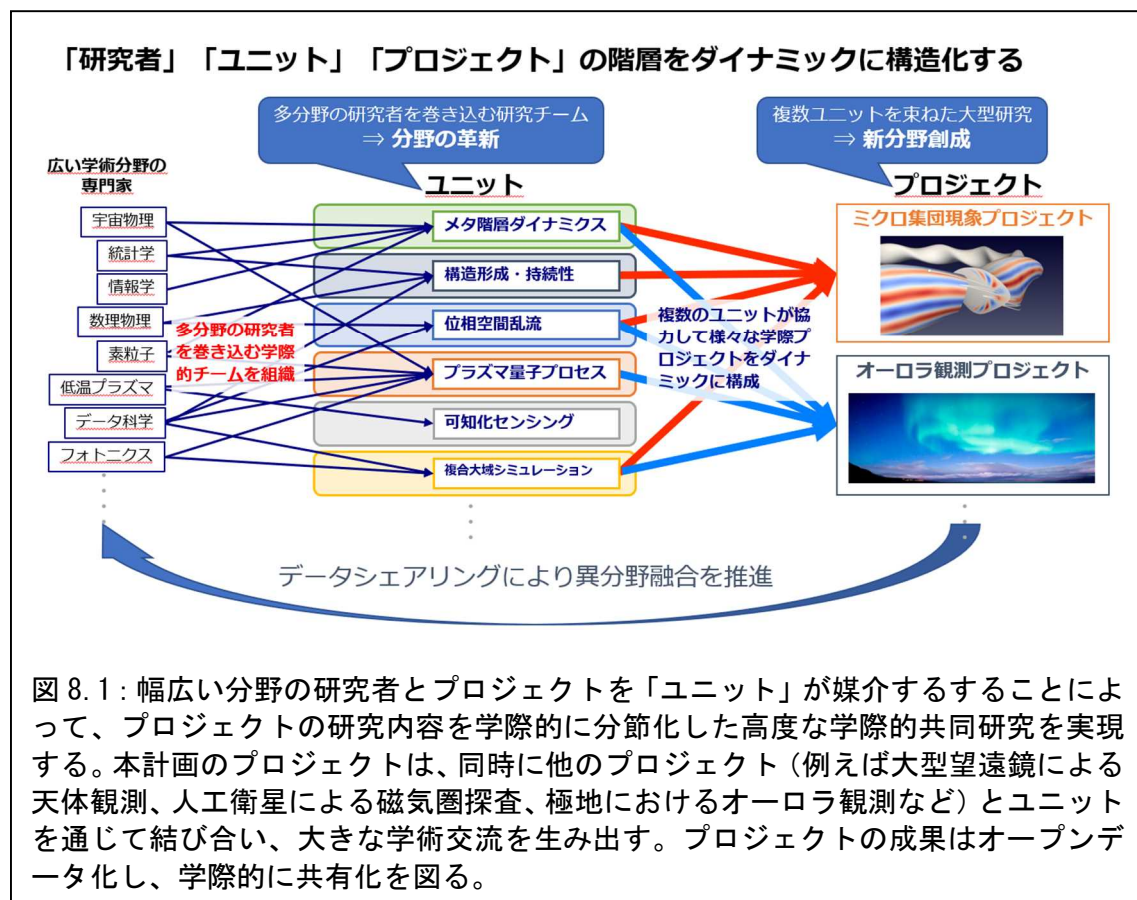
核融合科学をより学際化し、広い学術界および産業界との連携研究、頭脳循環を実現するために、「学際連携センター」が具体的な連携を企画・支援する（図 8.1 参照）。ここにいう「学際」とは、3つの方向にある先端的領域との連携である。すなわち、①先端的な学術研究の領域、②核融合エネルギー開発研究の領域、③産業技術の領域という

3つの領域である。それぞれの前線に向けてユニット群が連携して展開することで、個々の研究者の連携よりも格段に高いシナジー効果を生み出し、我が国の科学技術の総合的なレベルアップにつながる。

本プロジェクト研究から生み出されるデータは、オープンデータとして国際的・学際的に共有化する。オープンサイエンスを推進することによって、研究装置やデータへのアクセシビリティを向上させ、分野を超えた学際的な連携研究を創出する。NIFS はこれまで LHD プロジェクトから得られた過去 20 年間（2002～2021 年度）全てのショット（14 万ショット以上）について解析済み実験データの全面公開を 2021 年度に開始し、現在 77TB のデータが公開されている。今後、実験データの共有・公開をさらに進める。

### （3）実施されない場合のネガティブインパクト

核融合研究は、エネルギー発生を実証するラストスパートの段階にあり（第9節参照）、それを科学で支える学術研究の重要性が改めて強く認識されている。我が国は、核融合研究の黎明期から、高温プラズマの基礎研究に国を挙げて取り組み、世界トップレベルの学術研究基盤（人材面でも設備面でも）を築いてきた。本計画が実現しない（あるいは遅延する）場合は、求心力をもつ大型プロジェクトを失うことで国際的な存在感が低下し、これまで蓄積してきた学術研究基盤の価値を毀損するとともに、国際的な人流の中で今後の発展を支える人材を手放す極めて深刻な事態を招く。



## 9. 緊急性

### 【具体的視点】

- ・早期に実施することの重要性と国際的競争・協力において、我が国が得られるメリットや優位性は何か。
- ・実施の遅れにより危惧される我が国への影響はどのようなものか。  
について、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

### （概要）

2050 年カーボンニュートラルの鍵を握る新技術として核融合エネルギーへの期待が高まっている。早期実現に向けて国際競争が強調されている今、トップレベルのプラズマ研究プロジェクトによって研究を加速するとともに、国際的・学際的な頭脳循環を喚起し、イノベーションを起こす人材を育成・確保することが急務である。我が国は、核融合研究の黎明期（1950 年代）から長期的ビジョンをもって学術基盤の整備・強化に取り組んできた。この国民的資産を最大限に活用し、全人類の未来に貢献する学際研究という立場から、国際的なリーダーシップをとる必要がある。

### （本文）

2050 年カーボンニュートラルの目標に向けて核融合エネルギー開発の加速が強く求められている。早期実現に向けて国際競争が強調されている今、トップレベルのプロジェクトによって研究を加速するとともに、国際的・学際的な頭脳循環を喚起し、イノベーションを起こす人材を育成・確保する必要がある。我が国は、核融合研究の黎明期（1950 年代）から長期的ビジョンをもって、学術基盤の確立と開発の国際競争という両面で、国を挙げて取り組んできた[1]。半世紀以上にわたって積み上げてきた、この国民的資産を最大限に活用し核融合の科学的エビデンスを世界で一早く得ることができれば、世界が開発を加速している核融合エネルギー実用化において我が国が国際的な優位性を獲得できる。

核融合実験炉 ITER は、開発研究のマイルストーンとして位置付けられる国際共同プロジェクトであり、世界の 7 極がコミットしている。これまでは、ITER において核燃焼の確認と、ブランケットなどの工学施設の試験を行い、その成果に基づいて、各国（あるいはグループ化された各極）で「原型炉」を競争的に開発する段階に進むと考えられてきた。しかし、ITER 建設の遅延もあり、最近の動向として、ITER と並行して開発を進める戦略も考えられており、ITER の実験を待たずしての開発プランが林立する状況にある。とりわけ世界各国で「核融合スタートアップ」が立ち上がっており（図 9.1 参照）、「競争」が強く意識される中で、確固たるイノベーション基盤の確立と人材育成が急務となっている。こうした動向を踏まえた我が国のイノベーション戦略を明示するために、内閣府の政策として『フュージョンエネルギー・イノベーション戦略』が示された（2023 年 4 月 14 日）[2]。そこにも学術研究機関のミッションとして、国際的かつ学

際的な人流・頭脳循環によるイノベーション基盤の構築と人材育成が喫緊の課題であると指摘されている。ITER が運転を開始し核燃焼を実証する 2035 年頃には、研究機関として必要人員数は、現在の 2 倍程度の約 1100 名とされている[3]。これを実現するためには、核融合科学を学際化し、広い分野から核融合研究に参画する人材を集めるほかない。そのために、学術的に求心力のある世界トップレベルのプロジェクトを実施して、コミュニティを学際的・国際的に拡大することが急務である。

イノベーションのためには科学的な戦略が必要であり、挑戦の方向性を判断するために高いレベルの知的情報が決定的な重要性をもつことはいうまでもない。本計画の実施によって築かれるプラズマ物理学の新しいパラダイムは、イノベーションの科学的基盤となると同時に、プロジェクトは国際的にリーダーシップをとれる人材育成の場を創出する。NIFS が有する世界最高性能のプラズマ計測システムを応用し発展させる共同研究が実施されることが、世界から強く望まれている（添付資料：サポートレター参照）。

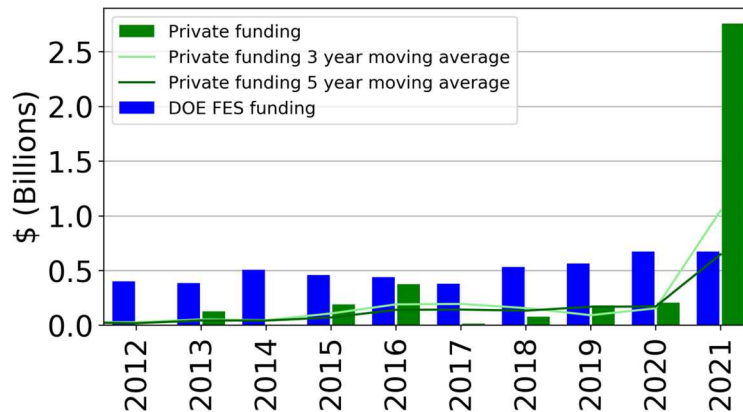


図 9.1：核融合エネルギー開発に向けた民間投資の急速な増加（米国の状況）。出典：<https://science.osti.gov/-/media/fes/pdf/fes-presentations/2022/Wurzel---PPP-Lighning-round-talk.pdf>

- [1] 原子力委員会核融合専門部会（部会長：湯川秀樹）は、1959 年、『核融合反応の研究の進め方について』を答申している。そこに「今後の研究方針」として、基礎重視の研究（A 計画）と、諸外国との競争を重んじる研究（B 計画）が並走する体制を提案、前者を実現する方策として、1959 年の日本学術会議総会は、共同研究機関として「プラズマ研究所」（NIFS の前身）を設立することを当時の文部省へ提言した。NIFS アーカイブ室：<https://www.nifs.ac.jp/archives/>
- [2] 内閣府『フュージョンエネルギー・イノベーション戦略』  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/fusion/>
- [3] 内閣府・イノベーション政策強化推進のための有識者会議「核融合戦略」第 1 回  
有識者会議資料 2、P. 7  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/fusion/1kai/siryo2.pdf>



## 10. 社会や国民からの支持

### 【具体的視点】

- ・社会や国民に計画の意義・必要性について説得力をもって説明することができるか。
  - ・長期間にわたり巨額の国費を投入することについて、社会や国民に支持していただけるか。
  - ・地域社会の行政及び住民との信頼関係が構築されているか。
- について、図表（絵や写真含む。）やエビデンスデータを用いつつ、具体的かつ明確に記述ください。

### （概要）

核融合エネルギーの利用は、人類社会の持続的発展を支える未来技術として期待を集めており、イノベーションの基盤となる学術研究基盤を強化する必要性が内閣府の政策でも指摘されている（『フュージョンエネルギー・イノベーション戦略』が2023年4月14日に決定）。NIFSは、これまでも市民社会との密接なコミュニケーションを通じ、核融合研究への理解と期待を醸成してきた。今後も、NIFSが大学等と協力して世界トップレベルの研究プロジェクトを進めることで、国際的かつ学際的な求心力を高め、人類の未来を拓くイノベーションを生み出す役割を果たす必要がある。

### （本文）

#### （1）ビッグサイエンスとして推進する意義

未来技術の開発を通じて人類に貢献する学術研究と自然科学の最先端研究という2つの焦点を統合した研究こそ、ビッグサイエンスの本来あるべき姿であり、その実践の場から、新しい科学技術の領域を開拓する人材が育つ。核融合科学は、天体の内部で起こるエネルギー発生のプロセスを地上で再現し、これをエネルギープラントとして利用しようという研究であり、まさに自然科学と未来技術という2つの焦点を統合したビッグサイエンスである。その推進は、学術の振興としての効果と、革新的技術による新エネルギーの獲得という両面的な社会貢献となる。

核融合研究は、多種の科学技術を束ねる大型プロジェクトであり、その推進によって、異分野融合によるイノベーションが数多くもたらされてきた。一例として、プラズマ加熱技術の一つである大電力マイクロ波がセラミックスの生産に応用されている。従来の焼成法と比べて大きな低炭素化効果がある。この技術は、NIFSが立地する東濃地域の中心的産業である窯業に貢献するものであり、地域産業振興としても大きな成果といえる。学際連携センターが産学連携を主導し、核融合技術の社会実装に一層貢献する。

NIFSは、核融合やプラズマの研究を行っている全国の大学の研究室紹介を取りまとめてNIFSのホームページに公開し、核融合科学分野の学生の増加に努めている。このようなNIFSの広報活動に対し、2020年2月に「広報活動の取り組みへの文部科学省内顕彰（大臣賞）」が授与されている。

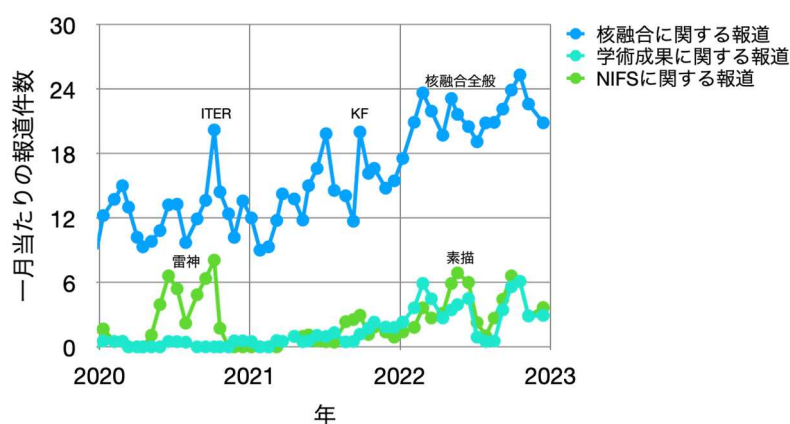


図 10.1：核融合に関する報道件数の変化（新聞報道およびWEB の日本語記事）。青：総数、緑：NIFS に関する記事、水色：NIFS からの学術成果の記事。

## （２）社会・国民の支持

120 以上の国と地域が目標として掲げる「2050 年カーボンニュートラル」を達成するために、核融合エネルギーがゲームチェンジャーとなることが期待されている（内閣府『フュージョンエネルギー・イノベーション戦略』等、図 9.1 参照）。各国が早期実用化を競う時代に入ろうとしており、国際的競争力をもつ総合的な産業体制をいち早く構築する必要がある。核融合は、多くの極限的技術を束ねる総合工学であり、様々な新技術のネットワーク化した強靱な産業構造を作る必要がある。核融合に関する社会一般の関心も高まっており、新聞やWEB 記事の数も急増している（図 10.1 参照）。

## （３）地域社会の行政および住民との信頼関係

NIFS は 10 年以上にわたり、研究計画の研究内容、安全性、必要性等について、市民説明会（図 10.2 参照）等を開催するとともに、理科教室、工作教室をはじめとする地域の行事へも参加して科学技術の啓発活動に注力し、市民との信頼関係を築いてきた。地域の団体および行政機関からも、イベント形式による研究成果発信や市民および産業界との交流会などを継続することに期待が寄せられている。



図 10.2：（左）2021 年 11 月に実施した産学連携交流会の様子。（右）2022 年 9 月に開催した市民説明会の様子。

＜添付資料様式＞

研究者コミュニティ（関連学会等）からのサポートレター等一覧

NO.	学会等名	会員数 (R5. 4. 1 現在)	備考 (参考情報等)
1	一般社団法人プラズマ・核融合学会	1375 人	
2	Division of Plasma Physics, Association of Asia Pacific Physical Societies	2804 人	
3	ITER Organization		核融合エネルギーの科学技術的実証を目的とする大型国際プロジェクトの実施機関。
4	EUROfusion		欧州における核融合研究のコンソーシアム。
5	Max-Planck-Institut für Plasmaohvsik		ドイツのマックスプランクプラズマ物理研究所。
6	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)		スペインの国立エネルギー環境科学技術研究センター
7	University of Wisconsin–Madison		米国ウィスコンシン大学マディソン校の物理学科。
8	Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences		チェコの科学アカデミーのレーザーに関する研究センター。
9	CWGM organizing committee		ステラレータ・ヘリオトロンの物理基礎構築のために組織された作業部会。

2023 年 6 月 13 日

科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会  
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会 御中

一般社団法人プラズマ・核融合学会  
会 長 安藤 晃



**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」  
申請に向けた支援について**

核融合科学研究所が実施機関として、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 に応募を検討している研究計画『超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学』は、核融合科学の難問に解決基盤を提示する重要な研究プロジェクトであり、これまでに核融合科学コミュニティが築き上げてきた知を基盤として、プラズマサイエンスのフロンティアに挑戦する独創的な計画であると認められます。核融合コミュニティの会員を多く擁する本学会においても、本研究計画課題がコミュニティとの密接な議論を経て提案されているものと認め、共同研究を通じてコミュニティの発展に寄与するものとして支持いたします。

核融合科学研究所は平成元年の創設以来、大学共同利用機関として、LHD などの世界最先端の大型研究設備を全国の大学等の研究者の共同利用・共同研究に供するとともに、日本国内の核融合コミュニティを取りまとめながら、核融合科学に関わる理学と工学に関する研究を学術的な観点から推進してきました。また、同研究所は、国内外の核融合研究者との共同研究を通じて、将来を担う若手研究者の育成にも努め、核融合に関する学術情報の発信を行うとともに国際協力を推進するなど、核融合科学分野における学術研究の中核的機関としての役割を担っています。

今回、ロードマップ 2023 に応募する研究計画課題は、核融合コミュニティを含む広い学術界において議論をおこない、核融合科学研究所を実施機関として遂行する研究計画としてまとめられたものです。本研究計画は、本学会の年会や会誌等で紹介され、その方向性について、核融合コミュニティにおいて幅広く共有されるものであり、多くの会員の期待に沿うものとして支援します。

核融合コミュニティを中心とした学際的な幅広い議論に基づいて申請する本研究計画課題は、核融合科学の難問に解決基盤を提示する重要な課題です。核融合科学研究所が実施機関となって、共同研究により本課題を遂行することは、核融合研究の発展に大きく寄与することから、核融合コミュニティを会員とする本学会は本申請を強く支持するとともに、ロードマップ 2023 に掲載されることを強く要望する次第です。



June 17, 2023

Prof. Z. Yoshida,  
Director General,  
National Institute for Fusion Science,  
322-6 Oroshi, Toki, Gifu 509-5292, Japan

**Subject: Endorsement of the proposal  
"Micro collective phenomena in high-temperature plasmas  
as a new paradigm of fusion science"**

Dear Professor Yoshida,

On behalf of the Board of Directors of the Division of Plasma Physics, Association of Asia Pacific Physical Societies (AAPPS-DPP), I am delighted to offer our support for the proposal "Micro collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science". We believe a successful implementation of the proposal will significantly advance our understanding of fundamental processes in high temperature plasmas and thereby further our progress in achieving controlled nuclear fusion. As a component of Japan's roadmap for large-scale academic research plans it will not only enhance the existing excellent leadership role of Japan in this field but also open up opportunities for global collaborations.

The AAPPS-DPP, ever since its inception in April 2014, has benefited a great deal from the guidance and contributions of distinguished NIFS scientists such as yourself. The society has also been actively involved in promoting the scientific dissemination of research results in the field of fundamental plasma physics and fusion science in its annual international conferences. We therefore look forward to the emergence of exciting new studies and advances from the implementation of this proposal. It will not only further enrich the scientific content of our conferences but also enhance research collaborations among countries of the Asia Pacific Region – a goal that AAPPS-DPP is deeply committed to.

We wish you all success.

With best regards,

Yours sincerely,

**Abhijit Sen,**  
**AAPPS-DPP Chair on behalf of the Board of Directors.**  
**Emeritus Professor & INSA Honorary Scientist**  
**INSTITUTE FOR PLASMA RESEARCH**  
**Nr.INDIRA BRIDGE, BHAT, GANDHINAGAR 382 428 (INDIA)**  
**Phone: +91-79-23969023**  
**Fax: +91-79-23969016**  
**email: [abhijit@ipr.res.in](mailto:abhijit@ipr.res.in)**

**Director-General**

Professor Zensho Yoshida  
Director-General  
National Institute for Fusion Science

Saint-Paul-lez-Durance, 14 June 2023

Reference: DG/2023/OUT/0119 (95TPUD)

Subject: Support for the academic research proposal, "Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science"

Dear Professor Yoshida,

Firstly, I thank you for your letter dated 13 June 2023 regarding your new proposal of a project at the National Institute for Fusion Science, as well as for your continuous support and contributions to the ITER Project.

We consider that research progress in plasma frontier science produces common benefits for the entire Fusion community. In this regards, we are pleased to support your academic research proposal "Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science." This research project will undoubtedly yield important results that advance plasma and fusion science.

As the Director-General of the ITER Organization, I am willing to continue our cooperation and collaboration as broadly as possible with all Fusion Community members, in order to lead the ITER Project to success and to provide the fundamental basis for the development of the DEMO reactor among the ITER Members. In remaining consistent with this aim, I support your academic research proposal and look forward to hearing its successful achievement results.

Yours sincerely,

  
Pietro Barabaschi  
Director General

Barabaschi Pietro  
2023.06.14  
20:17:57 +02'00'

Pietro Barabaschi  
Director-General  
ITER Organization

Copy: Yutaka Kamada, Deputy Director-General - Science & Technology, ITER Organization



Dear Dear Prof. Yoshida,

It is with high interest that I have learned about the proposal by the National Institute for Fusion Science (NIFS), entitled *“Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm for fusion science”*, which I strongly support in the framework of Roadmap 2023.

Fusion research based on the magnetic confinement concept has made considerable progress. Recently, a world record fusion energy production of 59 MJ was demonstrated by EUROfusion at the European JET tokamak, a stable plasma was maintained for up to 1000s in the Chinese EAST tokamak, and a plasma energy turnover of about 1.3 GJ was achieved in the W-7X stellarator during an 8-minute-long discharge. The assembly of the ITER tokamak is on the way of being completed, and the joint Japanese-European tokamak JT-60SA is expected to come in operation this year. Thanks to these recent achievements, interest in fusion has grown enormously, industries and private investors have become part of the fusion effort. At the same time, the perception of urgency for clean baseload electricity has grown, driven by the realization of the urgency to fight climate change, and by evolving social and economic conditions.

Several nations are working with dedication on the design of the next step fusion machine: the demonstration reactor. Japan, Korea, and Europe are each individually working on the design of DEMO (JA-DEMO, K-DEMO and EU-DEMO, respectively); China is planning to build the Chinese Fusion Experimental Test Reactor (CFETR); the UK is in the process to realise the Spherical Tokamak for Electricity Production (STEP) and the USA has recently launched its bold decadal vision for fusion energy. All these devices are planned to come into operation in the 2040-2050 timeframe.

The fact that fusion researchers are now able to design and build the next generation of fusion plants doesn't imply that all processes taking place in the plasma core are well understood. By doing fundamental research to understand these processes, it is possible to find more optimised ways to control the future reactors and to make them cheaper and possibly smaller. There is here an analogy with the field of aviation, where constantly newer and larger planes are designed and build, without that the detailed turbulent flow structures around the wings and the body of the airplane are fully understood. Nevertheless, fundamental research leads also here to improvements, like the introduction of winglets which have increased the stability of the planes, while simultaneously enhancing the fuel economy.

I consider the NIFS proposal to be very strong, as it are especially the micro-collective phenomena that are not yet well understood and therefore I expect that the dedicated effort of NIFS and the Japanese Universities in this field will yield important steps forward. The NIFS team, in combination with the Japanese University groups, has built up a considerably level of competence in exactly this



# EUROfusion

PROGRAMME MANAGER OFFICE

field as evidenced by the excellent results that have been achieved with the Large Helical Device. In recent years I had twice the pleasure to assess parts of the NIFS programme during the annual assessment, and both times I was deeply impressed by the competence of the team as well as by the results that have been achieved.

Since the proposal focuses on trying to understand the phase space structure of the plasma, I not only expect that this will lead to important new insights for fusion plasmas, but also that there will be great opportunities for cross-fertilisation with fields like (magneto-)hydrodynamics and space astrophysics. The proposal incorporates the expertise present at NIFS and the Japanese academia, while it also builds on the tradition of NIFS to exploit large-scale scientific infrastructures for the scientific community. I have therefore the fullest confidence that the proposed work plan will give a significant contribution to the field.

In summary I enthusiastically endorse the proposal entitled "*Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm for fusion science*", and I strongly recommend this proposal for being funded as part of the Roadmap 2023.

Sincerely yours,

**Prof. dr. A.J.H. Donné**  
**Program Manager / CEO**  
**EUROfusion**





MPI für Plasmaphysik · Boltzmannstraße 2 · 85748 Garching

Prof. Zensho Yoshida,  
Director-General,  
National Institute for Fusion Science  
Toki, Gifu 509-5292, Japan

#### Direktorium

Boltzmannstraße 2  
D-85748 Garching bei München

Postanschrift:  
Postfach 1322  
D-85741 Garching bei München

Telefon-Zentrale: 089 3299-01  
Tel. 089 3299 – 1342

E-Mail:  
sibylle.guenter@ipp.mpg.de  
susanne.russell@ipp.mpg.de

Greifswald, 21.06.2023

#### Letter of Support

The National Institutes of Natural Sciences, respectively the National Institute for Fusion Science (NIFS), and the Max-Institute for Plasma Physics (IPP) foster a long-standing collaboration in the field of plasma and fusion research. In the frame of a basic concept for promoting large-scale academic research projects in Japan, NIFS intends to submit a research proposal on the subject of „micro collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science“.

IPP explicitly endorses this new academic research proposal, „micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science“. This academic research project is recognized as an important research activity that addresses challenging problems in fusion science, such as micro-collective phenomena which determine the dynamics of high-temperature plasmas including fusion plasmas. Furthermore, this project will encompass new developments in the science of collective phenomena through cutting-edge plasma physics. IPP believes that this research project will be to the joint benefit for the international plasma physics community.

With this letter IPP wants to express its commitment to cooperate with the new project „micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science“. IPP wishes NIFS every success in submitting the proposal.

i. v.

Sibylle Günter

Direktorium:  
Prof. Dr. Sibylle Günter (Vorsitzende)  
Susanne Russell (kaufmännische Geschäftsführerin)  
Prof. Dr. Ulrich Stroth  
Prof. Dr. Robert Wolf

Standorte des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik  
sind Garching und Greifswald.

Seite 1  
von 1



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES

**Ciemat**

Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas

*Laboratorio Nacional de Fusión*

To: Prof. Zensho Yoshida,  
Director-General  
National Institute for Fusion Science, Japan

Subject: Endorsement of the academic research proposal "Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science"

June 28th 2023

I endorse the academic research proposal "Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science".

I believe that this proposal will be instrumental in furthering our long-standing collaboration in fusion science. The proposed development of advanced diagnostics to investigate the phase space structure will provide unique insights into the physics of plasma instabilities in plasmas.

Your sincerely

Carlos Hidalgo  
Director  
National Fusion Laboratory, CIEMAT



3291 Chamberlin Hall  
Telephone: 608/265-2743

1150 University Avenue, Madison, Wisconsin 53706  
wippl.wisc.edu

Dr. Zensho Yoshida  
Director-General  
National Institute for Fusion Science  
322-6 Oroshi-cho, Toki, Gifu  
509-5292 Japan

12 June 2023

Dear Dr. Yoshida:

First, I thank you for your letter dated 9 Jun 2023 concerning the “Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science” Project at the National Institute for Fusion Science, and for your continuous support and contributions to our scientific collaborations.

I believe that research progress in plasma frontier science produces common benefit for the entire high temperature plasma community. I strongly recommend the realization of “the highest-performance experimental system to precisely control and manipulate the velocity distribution function, which represents the microstructure of the plasma, and to measure its response with high resolution.” This research project will undoubtedly yield important results that advance plasma and fusion science.

I am committed to cooperating with the “Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science” Project.

Once again, I would like to thank you for your continued support of the UW-Madison - NIFS collaboration.

Yours sincerely,



Daniel J. Den Hartog  
Distinguished Scientist  
Department of Physics  
University of Wisconsin–Madison  
1150 University Avenue  
Madison, WI 53706 USA

To: Dr. Zensho Yoshida  
Director-General  
National Institute for Fusion Science  
322-6 Oroshi-cho, Toki, Gifu  
509-5292, Japan

In Dolní Břežany on June 12, 2023

Subject: Support of the Project *"Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science"*

Dear Dr. Yoshida,

Let me express my heartfelt appreciation for your letter dated June 9, 2023, discussing the "Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science" Project at the National Institute for Fusion Science. Your continuous support and contributions to our scientific collaborations are immensely valued.

I firmly believe that any progress made in the field of plasma frontier science will greatly benefit the high-power laser community. Therefore, I am wholeheartedly endorsing the realization of "the highest-performance experimental system to precisely control and manipulate the velocity distribution function, which represents the microstructure of the plasma, and to measure its response with high resolution." This ambitious undertaking will undoubtedly yield remarkable results for the laser-plasma science community.

As the Head of the HiLASE Centre, I am fully dedicated to fostering cooperation for the "Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science" Project.

Once again, I want to express my sincere gratitude for your unwavering support to the HiLASE Centre and our invaluable collaboration with HiLASE-NIFS.

Yours faithfully,

Ing. Tomáš Mocek,  
Ph.D.

Digitálně podepsal  
Ing. Tomáš Mocek,  
Ph.D.  
Datum: 2023.06.12  
10:41:38 +02'00'

Tomas Mocek, Ph.D.  
Head of the HiLASE Centre  
[tomas.mocek@hilase.cz](mailto:tomas.mocek@hilase.cz), [mocek@fzu.cz](mailto:mocek@fzu.cz)



# CWGM

Coordinated Working Group Meeting

2023-06-23

Dear Professor Zensho Yoshida,  
Director-General,  
National Institute for Fusion Science

The CWGM Organizing Committee strongly endorses the academic research proposal for the National Institute for Fusion Science entitled "Micro-collective phenomena in high-temperature plasmas as a new paradigm of fusion science." This proposal is important to the international stellarator/heliotron research community in understanding the dynamics of high-temperature plasmas, the mechanisms and effects of fluctuations, and the impact on fusion reactor performance and design, a key focus of the international fusion research community.

The CWGM is an international working group, established by the IEA Stellarator-Heliotron Technology Collaboration Program, dedicated to coordinating collaborative research between international institutions working on research related to fusion in a stellarator/heliotron configuration. In particular, our working group aims to coordinate experimental comparison and model validation between different international experiments. Previous cross-machine and cross-code comparisons organized through the CWGM, to which NIFS has been a key contributor, have made indispensable contributions towards the understanding of the scientific basis for a stellarator fusion reactor and have led to many important advances in the fields of fusion science and fusion reactor design.

The proposed physics program dedicated to the study of the dynamics of high-temperature plasmas, along with the proposal of a new flexible experimental device targeted to the study of these micro-collective phenomena, would substantially contribute to our understanding of the scientific basis needed for the development of a fusion reactor. Not only would this proposal contribute directly to our scientific understanding, but would enhance the research program of other international experiments through cross-machine comparisons with the proposed new device and through collaboration as part of the proposed research program.

Sincerely,

The CWGM Organizing Committee  
Arturo Alonso (CIEMAT, Spain)  
Benedikt Geiger (UW Madison, USA)  
Dorothea Gradic (IPP, Germany)  
Gen Motojima (NIFS, Japan)  
Novimir Pablant (PPPL, USA)  
Naoki Tamura (NIFS, Japan)

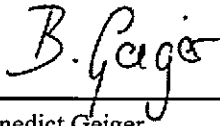
# CWGM

Coordinated Working Group Meeting



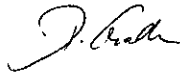
---

Dr. J. Arturo Alonso  
Centro de Investigaciones Energéticas,  
Medioambientales y Tecnológicas  
arturo.alonso@ciemat.es



---

Dr. Benedict Geiger  
University of Wisconsin, Madison  
benedikt.geiger@wisc.edu



---

Dr. Dorothea Gradic  
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik  
dorothea.gradic@ipp.mpg.de




---

Dr. Gen Motojima  
National Institute for Fusion Science  
motojima.gen@nifs.ac.jp



---

Dr. Novimir Pablant  
Princeton Plasma Physics Laboratory  
npablant@pppl.gov



---

Dr. Naoki Tamura  
National Institute for Fusion Science  
tamura.naoki@nifs.ac.jp

大学共同利用機関法人自然科学研究機構  
役員会（第303回）  
議事要旨（案）

1. 日 時： 令和5年6月22日（木） 15：05～15：20
2. 場 所： 自然科学研究機構事務局会議室・オンライン会議
3. 出席者： 川合機構長、渡邊理事、井本理事、古屋理事、高柳理事、阿形理事  
（オブザーバー）  
小川監事、二宮監事、  
吉田副機構長、鍋倉副機構長、渡辺副機構長、  
田村アストロバイオロジーセンター長、根本生命創成探究センター長、  
国立天文台 吉田副台長  
勝又総務課長、後藤人事労務課長、佐々木財務課長、藤井研究協力課長、  
宮内施設・資産マネジメント室長、  
国立天文台 藤田事務部長、核融合科学研究所 飯野管理部長、  
岡崎統合事務センター 大宮事務センター長 他

4. 配付資料

- 1 役員会・機構会議（第302回）議事要旨（案）
- 2-1 財務諸表（案）
- 2-2 事業報告書（案）
- 2-3 決算報告書（案）
- 2-4 監事監査報告
- 2-5 独立監査人の監査報告書
- 3-1 令和6年度運営費交付金要望事項（案）
- 3-2 令和6年度施設整備費概算要求一覧（案）
- 4-1 令和4事業年度自己点検評価結果（案）
- 4-2 令和4事業年度自己点検評価書（案）
- 5 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）  
申請様式
- 6 クロスアポイントメント制度等の適用について（案）
- 7 年俸制職員の採用等について（協議）

## 5. 議 事 等

### 1) 議事要旨の確認について

前回（6月8日開催第302回）議事要旨（案）（資料1）を承認した。

### 《審議事項》

### 2) 令和4年度決算について

佐々木財務課長から、資料2-1から資料2-5に基づき、令和4年度決算について説明があり、審議の結果、案（資料2-1から資料2-3）のとおり承認し、資料2-4及び資料2-5とともに文部科学大臣に提出することとした。

### 3) 令和6年度概算要求について

佐々木財務課長から、資料3-1及び資料3-2に基づき、令和6年度概算要求について説明があり、審議の結果、案（資料3-1及び資料3-2）のとおり承認した。また、文部科学省への最終的な提出までに内容変更が生じた場合については川合機構長に一任された。

### 4) 中期目標・中期計画の令和4事業年度に係る自己点検評価について

井本理事から、資料4-1及び資料4-2に基づき、中期目標・中期計画の令和4事業年度に係る自己点検評価について説明があり、審議の結果、案（資料4-1及び資料4-2）のとおり承認した。

### 5) 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）

#### への申請について

吉田国立天文台副台長、吉田核融合科学研究所長及び渡辺分子科学研究所長から、資料5に基づき、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）として申請を予定している以下4件について説明があり、審議の結果、案（資料5）のとおり承認した。また、文部科学省への最終的な提出までに内容変更が生じた場合については川合機構長に一任された。

- ・30m光学赤外線望遠鏡計画 TMT（国立天文台）
- ・超高温プラズマの「ミクロ集団現象」と核融合科学（核融合科学研究所）
- ・物性科学連携研究体～エネルギー技術革新を通じて 22 世紀の理想社会実現の基盤形成に貢献する研究ネットワーク・オブ・ネットワークス～（分子科学研究所）
- ・自律型機能の解明に向けたテーラーメイド光科学研究拠点（分子科学研究所）

6) クロスアポイントメント制度等の適用について

阿形基礎生物學研究所長から、資料6に基づき、クロスアポイントメント制度等の適用について説明があり、審議の結果、案（資料6）のとおり承認した。

7) 年俸制職員の採用等について

吉田核融合科學研究所長から、資料7に基づき、年俸制職員の採用等について説明があり、審議の結果、案（資料7）のとおり承認した。

《その他》

8) 次回開催について

次回は、令和5年7月20日（木）13時30分から開催することとした。

以上