

# NIFS

NATIONAL INSTITUTE for FUSION SCIENCE

2023 ▶▶▶ 2024



大学共同利用機関法人 自然科学研究機構  
核融合科学研究所

SOKENDAI

国立大学法人  
総合研究大学院大学  
先端学術院 核融合科学コース

# NIFS

NATIONAL INSTITUTE FOR FUSION SCIENCE

2023 ▶▶▶ 2024

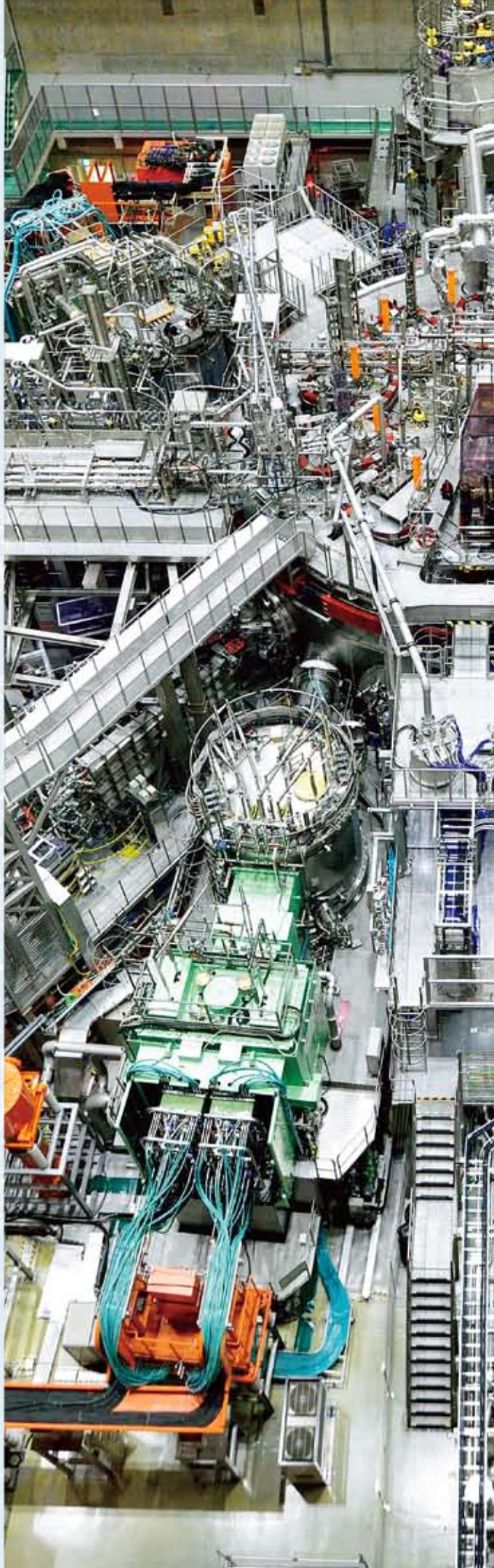


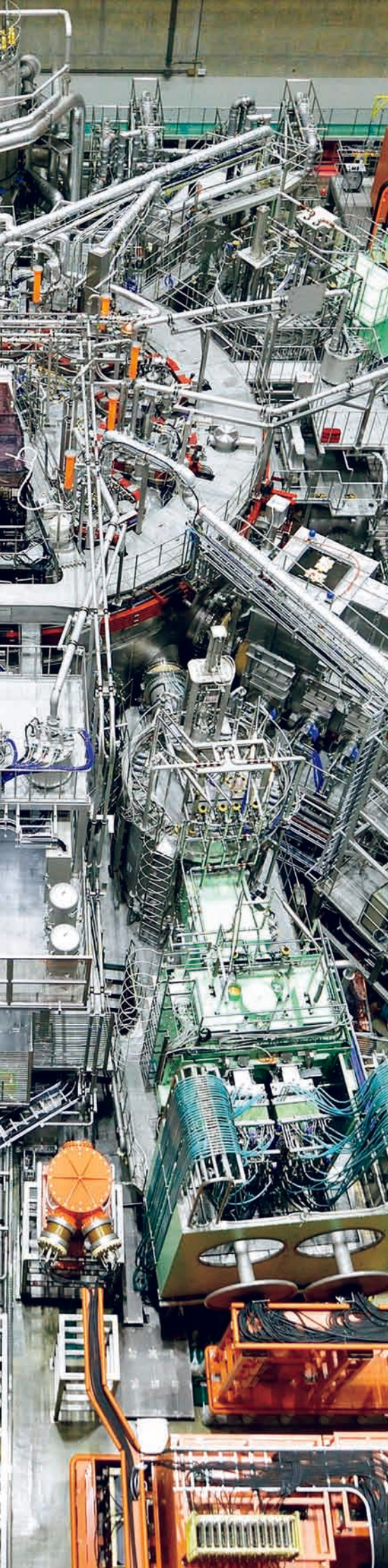
大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

## 核融合科学研究所

### NIFS 2023 ▶ 2024 INDEX

- 02 >>> 目次
- 03 >>> 所長挨拶
- 04 >>> 核融合科学研究所が目指すもの
- 05 >>> 核融合とは
- 06 >>> 組織図
- 07 >>> ユニット体制とプラットフォーム企画室の概要説明
- 08 >>> ▪ メタ階層ダイナミクスユニット / 構造形成・持続性ユニット
- 09 >>> ▪ 位相空間乱流ユニット / プラズマ量子プロセスユニット
- 10 >>> ▪ プラズマ・復相間輸送ユニット / 可視化センシングユニット
- 11 >>> ▪ プラズマ装置学ユニット / 複合大域シミュレーションユニット
- 12 >>> ▪ 超高流束協奏材料ユニット / 超伝導・低温工学ユニット
- 13 >>> プラットフォーム企画室
  - 大型ヘリカル装置(LHD)部門
- 14 >>> ▪ 計算機部門
- 15 >>> ▪ 工学系施設部門
- 16 >>> 核融合科学学際連携センター
- 17 >>> 安全衛生推進センター
- 18 >>> 六ヶ所研究センター
- 19 >>> 研究力強化戦略室
- 20 >>> 社会との交流
  - 広報室
- 21 >>> 図書室
- 22 >>> 教育会議・大学院教育
- 23 >>> 研究教育改善室
  - 情報システム・セキュリティセンター
  - 核融合アーカイブ室
- 24 >>> 連携研究活動
- 25 >>> ▪ 国際連携
- 26 >>> 国内向け公募型共同研究
- 28 >>> ▪ 国内研究機関との研究協力
- 29 >>> 技術部
- 30 >>> 研究所構内図
  - 沿革
- 31 >>> 所在地・アクセス
  - 自然科学研究機構の組織





## 新しい時代の 核融合科学に向けて

核融合科学研究所 所長

吉田 善章



核融合科学は極めて高い潜在力をもつ総合的な科学です。核融合エネルギーの魅力はもちろんのこと、その高みに至る道程には数多くの難題と、それを一つ一つ解決してきた歴史があり、学問としての深さと広がりをもっています。核融合反応そのものは既によく理解できていますが、これが持続的に起こる「システム」すなわち超高温プラズマの振る舞いは、まだ謎に満ちています。大きなエネルギーをもって自律的かつ持続的に活動するマクロなシステム、そのメカニズムを解明すること、これが核融合科学のテーマです。そのように考えると、これは宇宙の原理でもあり、社会の原理でもあり、生命の原理でもあります。私たちは、核融合科学をこのように大きな文脈でとらえ、学術と技術の大地に広い街道を切り開いていきたいと考えています。究極のエネルギー源である核融合へ通じるその道程には、さらに未知の科学と技術につながる幾多の交差点が現れるはずです。

物質に「固体 solid」「液体 liquid」「気体 gas」という三つの状態(物質の三態)があることはよく知られています。同じ分子でできた物質も温度によって状態が変化します。どのような物質も温度が高くなると、分子が自由に飛び回る気体の状態になりますが、さらに高い温度になると、分子はイオン(正の電荷をもつ重い粒子)と電子(負の電荷をもつ軽い粒子)に分解し(イオンと電子を結び付けている電気力の結合が切れて)、イオンのガスと電子のガスが混合した「プラズマ plasma」と呼ばれる状態になります。プラズマは宇宙・天体における物質の典型的な状態です。太陽も水素が主成分の巨大なプラズマの塊です。この中で核融合反応が起こり、莫大なエネルギーが発生しているのです。つまり「星」というプラズマの塊は核融合反応が持続的に起こる安定的なシステムなのです。

実は「地上の核融合」を目指すためには、星とは異なるシステムを考える必要があります。自然界にはない別のメカニズムによって、核融合反応が安定的に持続するシステムを作ること、これが核融合科学のチャレンジです。星は万有引力によってプラズマを閉じ込めているのですが、それは、天体のように巨大な物体でなくては有効に働かない弱い力です。はるかにコンパクトな「地上の核融合」では、もっと大きな力である磁力でプラズマを閉じ込めることを狙っています。磁力は渦のように作用する不思議な力で、それがどのようなマクロ構造を作るのかは現代の物理と数理の重要な未解決問題です。また「地上の核融合」では太陽よりもはるかに高い温度が必要です。太陽などのほとんどの星たちでは(主系列星と呼ばれます)、水素からヘリウムが合成される反応が「ゆっくり」進行しているのですが、それではコンパクトなシステムで十分な出力は得られません。そこで、太陽で起きている反応より、はるかに高速で進行する核融合反応(例えば重水素と三重水素の核融合)を利用することを考えています。そのためには1億度を超える温度が必要です。しかも核融合反応を起こす装置の中心部から、高々数メートル離れたところには、プラズマを閉じ込める強磁場を作るための超伝導マグネットを設置し、それは極低温で運転する必要があります。超高温と極低温を数メートルで隔てるという超絶的な技術に挑戦しているのです。

核融合エネルギー実現への道程は研究の出発点(20世紀中葉)では予想できなかった苦難の連続でした。しかし、予期せぬ難問に遭遇するということは、必ずしも不幸なことではありません。多くの偉大な研究者が「失敗から発見が生まれた」と証言しているように、人知を超えた真理は予想外のところからです。核融合は、開発研究者にとって険しい峠であると同時に、学術研究者にとっては宝の山だということができます。難問をインプットとして、全く新しい知をアウトプットすることこそ学術研究の役割です。

核融合科学研究所(NIFS)は、学術の潮流のなかで核融合科学の新たな方向を照らす灯台となるように、所員の力を結集して取り組みます。できるだけ多くの研究者が共同研究を行う大きな街道となり、学術の広い地平のうに「核融合科学」のスコープを拡大していくことを目指します。ぜひNIFSの活動に目を向け、様々な形で関与していただきますようお願いいたします。

令和5年7月

# 核融合科学研究所が目指すもの

核融合は宇宙における普遍的現象であり、宇宙のあらゆる活動のエネルギー源になっています。私たちの地球環境も太陽の核融合エネルギーによって維持されています。核融合科学研究所は、核融合エネルギーを私たちが利用できる形で実現するために必要となるプラズマ物理をはじめ、ミクロな量子プロセスや材料科学、装置を構成する機器の工学技術まで、様々な研究課題に取り組んでいます。

人類は、これまで、石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料をエネルギー源として、現在の高度な科学技術産業社会を作り上げてきました。しかしながら、化石燃料の消費は大量の二酸化炭素や窒素酸化物を生み出して地球環境に深刻な影響を与えており、その埋蔵量にも限りがあります。環境負荷の少ないエネルギー源を手に入れることは、世界共通の最重要課題であり、核融合エネルギーはその解決策となる大きな可能性を秘めています。

核融合科学研究所は大学共同利用機関として、大型の研究施設をはじめ、様々な研究装置群を共同利用に供し、国内外の大学や研究機関との共同研究を進めることで、核融合科学の発展とともに、広く科学技術の基盤形成に寄与したいと考えています。また、併設されている国立大学法人総合研究大学院大学をはじめ、名古屋大学、九州大学、東京大学の研究室を設置するとともに、全国の大学からの大学院生の研究指導を実施すること等により、未来を担う学生の教育を強力に推進します。核融合科学研究所は、全国・全世界の研究者コミュニティの知が結節する中核拠点となっています。

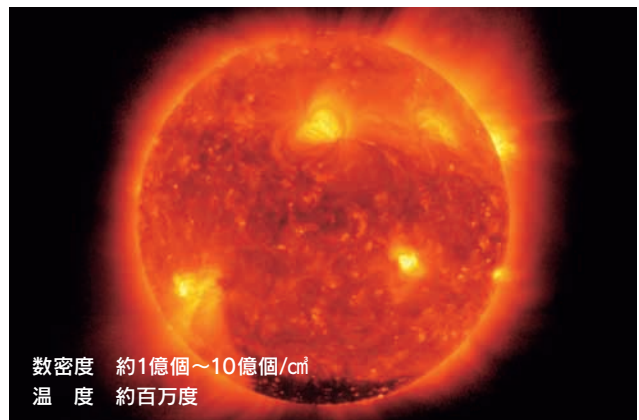
## いろいろなプラズマ

### 核融合プラズマ



数密度 約100兆個/cm<sup>3</sup>  
温度 数千万から1億度

### 太陽コロナ



数密度 約1億個～10億個/cm<sup>3</sup>  
温度 約百万度

【国立天文台/JAXA/MSU 提供】

### オーロラ



数密度 約1億個/cm<sup>3</sup>  
温度 千から2千度

【国立極地研究所 提供】

### 炎(野焼き窯)



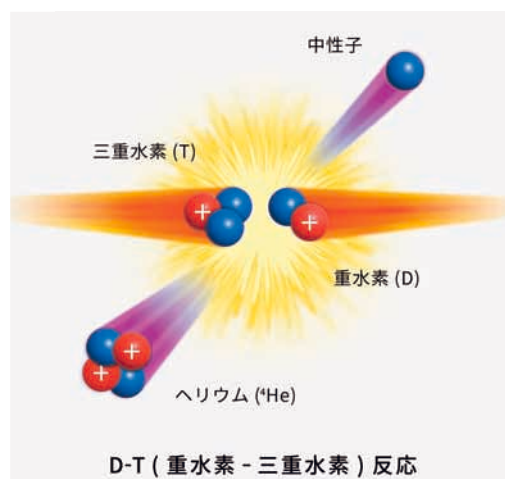
数密度 約10万個/cm<sup>3</sup>  
温度 千数百度

【土岐青年会議所 提供】

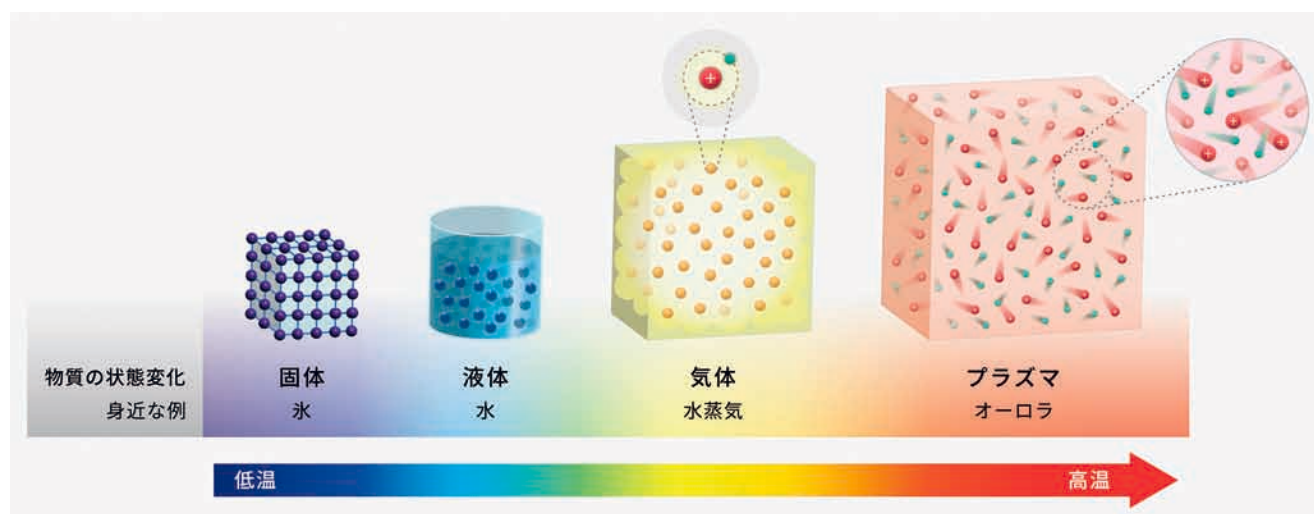
## 核融合とは

核融合とは、質量の小さい原子核どうしが融合して、別の重い原子核になる反応です。核融合反応が起こると反応前の質量より、反応後の質量がわずかに小さくなります。その差に相当する質量がエネルギー ( $E=mc^2$ ) に変わるため、とても大きなエネルギーが発生します。この核融合反応は宇宙における普遍的なエネルギーの源であり、太陽などの恒星の内部では四つの水素からヘリウムが生成される核融合反応が起きていて、50億年以上にわたりエネルギーを生成し続けています。

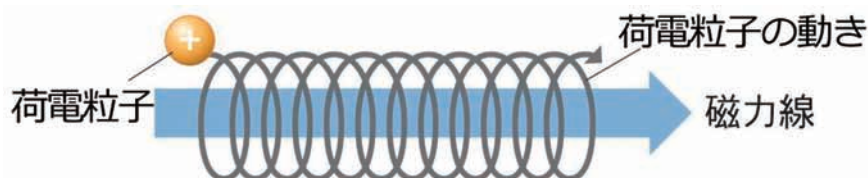
宇宙の普遍的なエネルギーを私たちの生活を支えるエネルギー源として利用するために、核融合炉の実現を目指した研究が進められています。地上で核融合反応を実現するためには、水素の同位体である重水素と三重水素を燃料として利用することが考えられています。重水素と、三重水素を作るために必要なリチウムは海中にも含まれており、とても少量で大きなエネルギーを生成することが可能です。



核融合反応を起こすためには、重水素と三重水素の原子核(イオン)を近づける必要がありますが、原子核は正の電荷を持っているため、互いに反発力が働きます。この反発力に打ち勝って原子核どうしを近づけるためには、秒速1000km以上の速度で衝突させることが必要です。また、原子核の速度が速いだけでは、原子核が逃げてエネルギーが損失してしまうので、高速で運動する原子核を一定の空間に閉じ込めておくことも必要になりますし、衝突の回数を増やして多くの核融合エネルギーを得るためには原子核の密度を上げることも必要になります。このように、高速で運動する原子核を、一定の空間にたくさん閉じ込めることが核融合反応を起こすための条件になります。また、このような状態を、高温のプラズマ状態と呼びます。



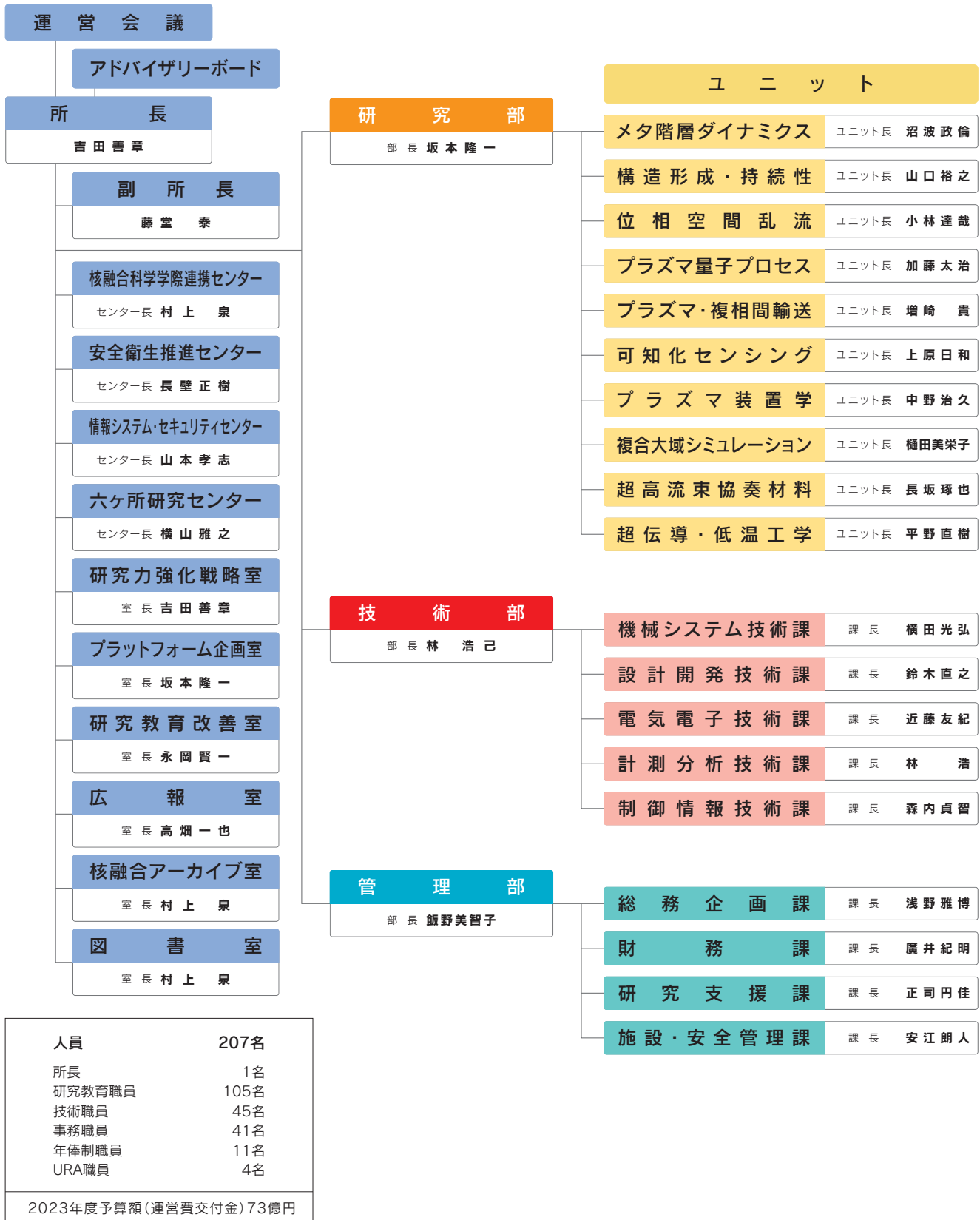
太陽は自らの巨大な重力でプラズマを閉じ込めていますが、地上では磁場を用います。プラズマを構成する原子核や電子といった荷電粒子が磁場から力を受けて、磁力線に巻き付くように運動をする性質を用いて、高温のプラズマを閉じ込めます。プラズマに生起する様々な複雑現象を理解しようとするプラズマの研究は、核融合炉の実現に向けた開発研究にとって核心的な重要性を持つとともに、学術研究にとって多くの研究課題を提供しており、宇宙・天体现象を理解するための基礎として重要な役割を担っています。



# 組織図



核融合科学研究所の組織 (2023年4月1日現在)



# ユニット体制とプラットフォーム企画室の概要説明

## ■ ユニット

核融合科学の最も大きなアウトカムである核融合エネルギーは、1)カーボンニュートラル、2)豊富な燃料、3)固有の安全性、4)環境保全性という特徴を有することから、エネルギー問題と地球環境問題を同時に解決する次世代のエネルギーとして期待されています\*。一方で、核融合科学は極めて多くの難題を束にした総合的な研究分野であり、未だ多くの研究課題が残されています。そのため、様々な科学と技術を束ねる開発研究に加えて、新しい可能性を拓くイノベーションを生み出すための学術研究が必要です。

学術研究機関である核融合科学研究所は、核融合エネルギーというチャレンジを幾つものテーマに分けて、それぞれの問題を一般化することで核融合科学の学際化を進める役割を担おうと考えています。様々な学術分野の先端的課題と問題意識を共有する学際的な展開によって、これまでにない広い分野を巻き込んだ頭脳循環を進め、長期にわたる核融合開発研究の持続的な推進を可能にしたいと考えています。

核融合科学研究所では学際化を進めるために、コミュニティをあげた2年間の議論を経て、研究所のアイデンティティを10のユニットの研究テーマの集合体として再定義し、2023年度から、ユニット体制による新しい核融合科学研究所に生まれ変わりました。

ユニットは10年の年限を定めた共同研究の実施主体であり、自ら定義した核融合科学を表す研究テーマを旗印として、今後10年間の核融合科学をリードする共同研究を推進します。今後も開かれた議論を通じてユニットテーマを検討し、必要であれば改定していきます。ユニット体制によって、これまで以上に広い分野を巻き込んだ共同利用・共同研究の可能性が生まれるものと期待しています。

下記は10のユニット名です。それぞれの研究テーマは8~12ページに記載しています。

 <b>メタ階層ダイナミクス</b>	 <b>構造形成・持続性</b>
 <b>位相空間乱流</b>	 <b>プラズマ量子プロセス</b>
 <b>プラズマ・複相間輸送</b>	 <b>可知化センシング</b>
 <b>プラズマ装置学</b>	 <b>複合大域シミュレーション</b>
 <b>超高流束協奏材料</b>	 <b>超伝導・低温工学</b>

\* 内閣府、統合イノベーション戦略推進会議、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/fusion\\_senryaku.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/fusion/fusion_senryaku.pdf)

## ■ プラットフォーム

プラットフォームは、ユニットが実施する共同研究の基盤となる様々な研究装置群です。核融合科学研究所は大学共同利用機関として、大型の研究施設をはじめ、様々な研究装置群を共同利用に供し、国内外の大学や研究機関との共同研究を進めています。核融合科学研究所が所有するプラットフォームは下記の三つの部門によって運営されています。

<b>大型ヘリカル装置(LHD)部門</b>	高精細計測装置や多彩な加熱装置など、これまでのLHDプロジェクトの資産を学術研究基盤として活用するため、2023年から3年間、文部科学省の学術研究基盤事業として支援を受けて運用しています。学術研究基盤LHDはオープンデータを旨とし、ユニットが多くの他分野の研究者を巻き込んで、核融合科学の異分野融合を推進するための研究基盤を整備します。
<b>計算機部門</b>	計算機部門は三つのタスクグループ(TG)、プラズマシミュレータTG、原子分子データベースTG、データ解析装置TGから構成されます。数値実験としては、2020年に更新したプラズマ核融合分野専用のスーパーコンピュータ「プラズマシミュレータ『雷神』」を運用し、世界トップレベルのプラズマ核融合シミュレーション共同研究を推進しています。
<b>工学施設部門</b>	核融合科学研究所内の実験棟(超伝導マグネット研究棟、総合工学実験棟、大型ヘリカル実験棟放射線管理区域、開発実験棟、計測実験棟)に設置された工学研究装置群を運用しています。

## メタ階層ダイナミクスユニット

核融合科学研究では、原子・電子の微小なスケールから、流体・固体・プラズマ・装置実機といった人の手で操作できる大きなスケールまで、非常に幅広い時空間スケールやパラメータ領域を研究対象としています。さらに、プラズマを形作る荷電粒子の集団的な振る舞いは、プラズマそれ自体だけでなくプラズマと接する物質にも多種多様な現象を引き起こします。これらの複雑な現象の理解はこれまで、様々な「階層」による素過程や物理モデルへ要素分解し、あるいは各々の階層を互いに結合するなどして、進められてきました。電子とイオンの運動スケールによる分解や、粒子モデルと流体モデルの結合などはその良い例です。しかし、近年の実験・数値研究の高精度化や大規模化といった目覚ましい進展に伴い、階層の分離や結合では上手く捉えられない現象が顕在化してきています。そこでは、一見すると階層として明瞭に分離できていたものが物理パラメータに応じて連続的に不明瞭になる事象や、階層分離のスケールが重なり合って新しい階層のように見える事象が現れます。

本ユニットでは、このような階層の持ち得る静的・動的な特徴を俯瞰的な視点（メタな視点）で捉え直します。マルチスケール乱流とフロー形成、波動と粒子運動の共鳴、揺らぎの大域伝搬、プラズマ-固体界面現象、分布関数の速度空間構造・非等方性など、核融合プラズマを題材とした複雑な現象が織り成す階層性に着目した研究により、階層のダイナミクスを表現する物理モデルの構築とそこに内在する普遍性を探求しています。

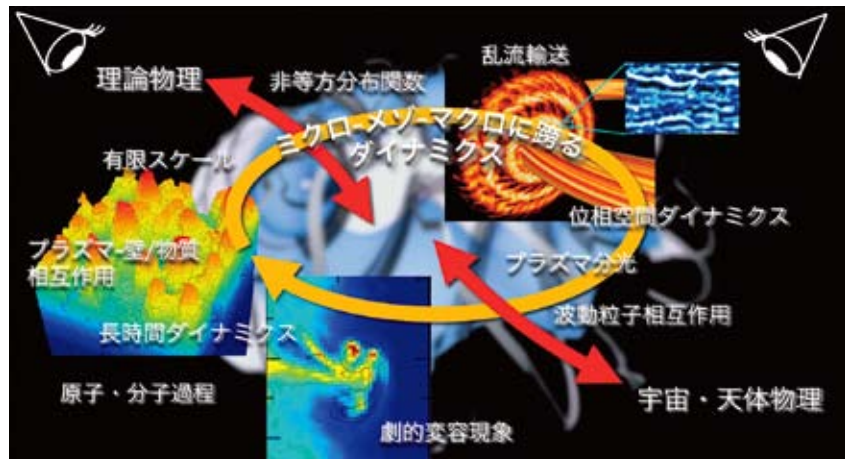


図 核融合科学の諸問題に対するメタ階層ダイナミクスユニットでの取り組み。明瞭性や不明瞭性を伴いながら織り成す階層ダイナミクスをメタ的視点で探求する。

## 構造形成・持続性ユニット

太陽光を受けて物質が循環する地球や、その上で暮らす生物など、現実世界に存在する多くのシステムは、絶え間無いエネルギーの流れの中に置かれています。流れの無いエネルギーは最後には均一な熱エネルギーに変わってしまいますが、流れの中では不均一な「構造」を形成し持続させることができます。磁場閉じ込め核融合炉には、炉心プラズマの中心部で起こる核融合反応を上流としたエネルギーの流れがあり、ここに閉じ込め磁場による束縛が加わることで、プラズマの閉じ込め状態が作り出されます。プラズマの中には様々な構造 — 向きのある流れや、プラズマの性質が時間的・空間的に切り替わる境界、特定の種類の粒子の排出など — が形成され、その一部は核融合炉の高効率化に寄与することが分かっています。

「構造形成・持続性ユニット」は、核融合プラズマを題材として、様々なシステムに共通する構造形成の背後にある普遍的な法則を探求し、プラズマのより効率的かつ持続的な閉じ込め手法の確立に貢献することを目指します。重要な点は、無数の要素からなるシステムにおいて、エネルギーの流れと分配がどのように決まるのか、そして、プラズマの場合に磁場がどのような役割を果たしているのかです。プラズマエネルギーの流れの上流にある高エネルギー粒子を測る先進的な計測システムや、新しい閉じ込め磁場を用いた実験、また、マイクロからマクロまでの理論・シミュレーションにより、これらを実験と理論の両面から明らかにしていきます。その知見を、閉じ込め磁場とそれを作り出す電磁コイルの設計・最適化手法にフィードバックしていきます。

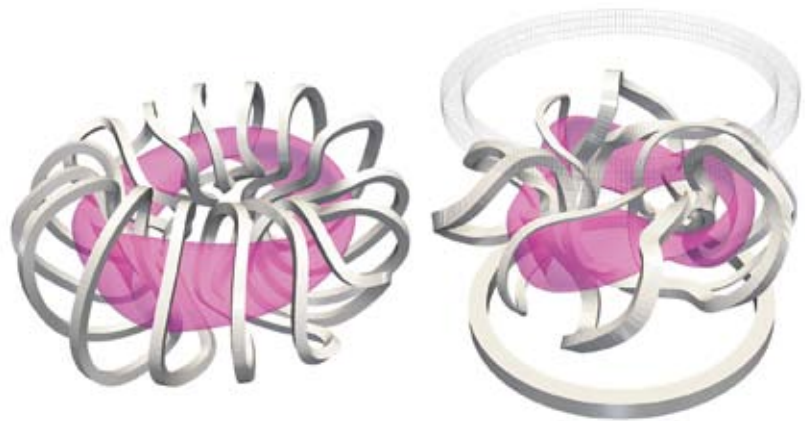


図 構造形成・持続性ユニットで開発されている設計システムが導き出したプラズマ閉じ込め配位とそれを実現するコイルの例



## 位相空間乱流ユニット

磁場閉じ込めプラズマは非常に希薄であるため、粒子同士の衝突機会が少なくなります。また、電気的な性質を持つため、発生する静電波動による粒子の捕捉が発生します。捕捉された粒子は、波乗りのように静電波動と共に移動しながら、1波長分の距離を往復運動します(図1)。この間に、波と粒子はエネルギーや運動量をやりとりし、さらに複雑な振る舞いをするようになります。これらの低衝突プラズマ特有の運動の結果として、磁場閉じ込めプラズマの温度を下げてしまう輸送現象や、それとは逆にプラズマの温度が上がる加熱現象が発生することが理論的に知られています。これまでこのような現象は、波と粒子の相互作用や、それによるプラズマの速度分布関数揺らぎの観測が困難であったため、実際に発生しているかどうか確かめることができませんでした。ここで、速度分布関数とは、プラズマの粒子が全体としてどのような運動をしているのかを表す指標です。揺らぎのない状態では、粒子は平均的な運動速度をしている粒子が一番多く、極端に速い(遅い)粒子は少ない、という「正規分布」をしていると考えられます。

位相空間乱流ユニットでは、最先端の計測器を開発することで、速度分布関数を直接観測し、上記の問題を実験的に明らかにすることを目標にしています(図2)。本ユニットの研究活動は、核融合エネルギーの早期実現に貢献するものであると同時に、宇宙空間に存在するプラズマの不思議な振る舞いの理解につながるものです。



図1 静電波動に捕捉された電子の往復運動

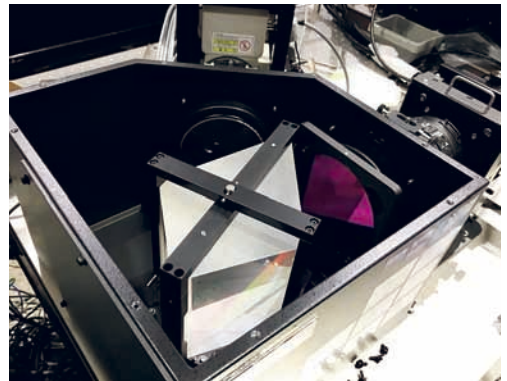


図2 グレーティング(回折格子)とプリズムで構成される光学素子「グリズム」、CMOS高速カメラ、イメージング intensified ファイアを用いた最先端の分光計測装置

## プラズマ量子プロセスユニット

本ユニットでは、プラズマや物質中に生起する原子・分子・光の量子過程から、集団の物性やダイナミクスがいかに規定され、集団現象としてどのように観測されるか、という問題に取り組んでいます。具体的には、多価イオン源(図1)によって実験室に作り出した重元素多価イオンの発光スペクトルの測定や、高強度レーザー場とプラズマとの相互作用のコンピュータシミュレーション(図2)を行い、核融合炉や天体・宇宙の非平衡プラズマ、並びに高密度プラズマの定量的な物理モデルを構築しています。このような研究から、多様で広範なスケールの集団現象に普遍的な物理の解明を目指しています。

また、様々な天体観測(太陽コロナ、太陽風、超新星爆発、キロノバなど)と連携した原子過程データ構築と分光モデル開発、プラズマを用いた短波長光源開発、ミュオン量子少数多体系のダイナミクスなど学際性に富んだ共同研究を展開するとともに、様々なプラズマ研究・応用のための原子分子数値データベースの開発と公開(<https://dbshino.nifs.ac.jp/>)も行っています。

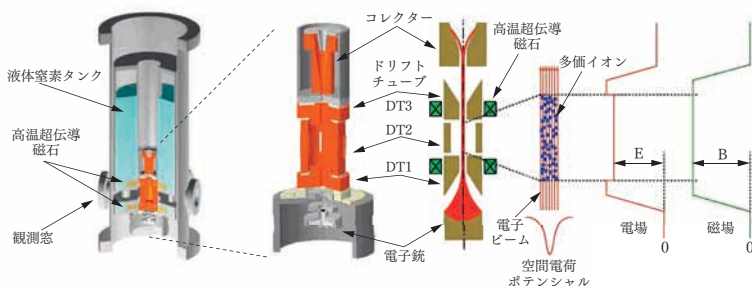


図1 あらゆる元素の多価イオンの生成、トラップ、精密分光を行うために電気通信大学と共同開発された小型電子ビームイオントラップ(CoBIT)の概略図。核融合炉や天体プラズマに存在する元素の多価イオンから放射された電磁波の解析に利用されています。

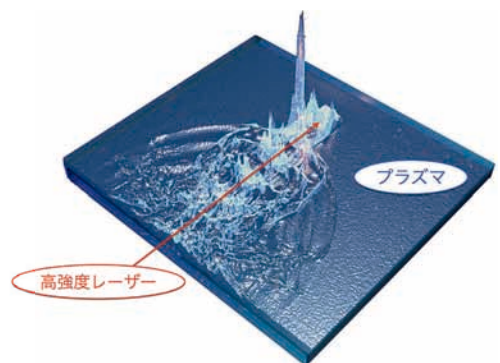


図2 レーザー-プラズマ相互作用の数値シミュレーションの例。高強度レーザーが透過してできる大振幅のプラズマ揺動と強い加速電場は、次世代の高エネルギー加速器への応用が期待されています。

## プラズマ・複相間輸送ユニット

「複相」とは、物質の三つの状態、つまり固体・液体・気体、のことです。プラズマ・複相間輸送ユニットでは、プラズマという「物質の第四の状態」が他の三つの状態と接するところで起こる物理・化学的な現象を主な研究対象としています。

核融合炉では、核融合反応が起きている炉心プラズマから漏れ出す熱や粒子が、炉壁の一部であるダイバータ(固体や液体)に向かって流れていきます。そのためダイバータは、他の炉壁に比べて大きな熱を受けます。そこでダイバータの前面のプラズマにガス(気体)を入れ、プラズマの温度を下げて、受ける熱を下げる制御を行います。このような、プラズマが固体・液体・気体と接するところで、熱や粒子がどのように運ばれていくのか(これを輸送といいます)を調べて、将来の核融合炉の様子を予測し、熱・粒子輸送を制御するための研究を行います。

さらに本ユニットでは、核融合に関する研究から得られた知見や技術を、核融合以外の様々なプラズマ・複相間相互作用の研究、例えばプラズマバイオ、ひいては宇宙空間における生命材料物質の形成メカニズムなどの研究に展開し、それらの分野の進展に寄与することも目的としています。

これらの研究を、図に示しますように、LHDをはじめとするプラズマ装置などでの実験や、電子顕微鏡などを用いた様々な材料分析、そして計算機シミュレーションなどにより進めています。

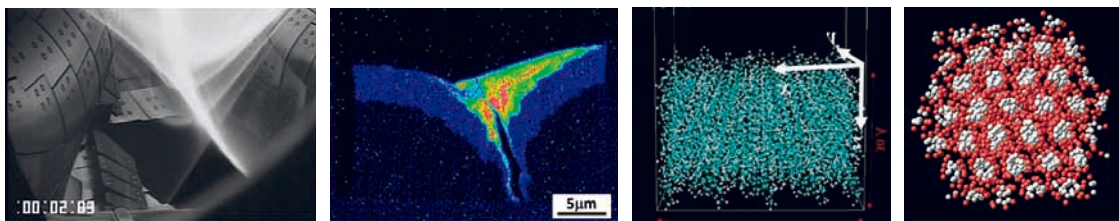


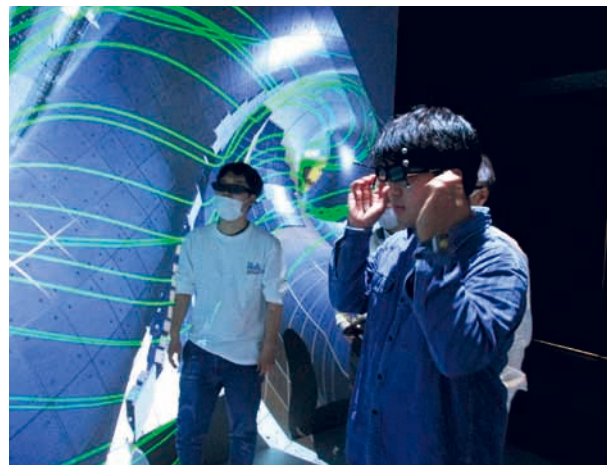
図 左から、LHDの炉壁とダイバータ付近のプラズマ画像、欧州のJETトカマク装置のダイバータ上に形成された堆積層の電子顕微鏡による分析例、アモルファス炭素の壁での水素の振る舞いの計算機シミュレーションの例、両親媒性分子系の自己組織化構造形成の計算機シミュレーションの例

## 可知化センシングユニット

このユニットでは、様々なプラズマ現象を題材に可知化を目指します。「可知化」とは、「データの内部に潜む複雑な構造や関係性を解明して、学術的な『知』識へと発展させることを『可』能にすること」です。

まず、これまでにない性能を持つプラズマ計測法を開発し、測定可能領域を飛躍的に拡大します。そして、そこで取得されたデータを統計数理・データ科学の考え方を採り入れて解析することで、情報を最大限に抽出します。さらに、多種多様の現象やデータを視覚・聴覚・触覚などの情報へと変換して、対話的な方法でデータ内部に潜む相関関係を解明します。国内外の研究者と連携し、これら一連の研究を推進することで、核融合科学の未解明問題に挑みます。

可知化センシングユニットは三つの研究の柱で構成されます。「先進プラズマ計測・解析で挑む揺動・ダイナミクス研究」では、光位相コントラスト計測、レーザートムソン散乱計測などのプラズマ計測法を高度化し、今まで明らかにならなかったプラズマ現象を観測します。新しい計測を可能にする光源や検出器の開発、応用研究にも取り組みます。「データサイエンスによる予測・判断志向研究を通じたサステナブルプラズマ制御」では、統計数理・データ科学を駆使して、核融合プラズマのリアルタイム予測・判断手法を確立します。また、核融合炉の社会実装に向けて、安定同位体や放射性同位体の循環過程について調査します。最後に、「データ理解への挑戦とパブリックコミュニケーションへの展開」では、3次元+ $\alpha$ の解析を可能とするVR表示などの表現法、科学知を得るための数値モデルの構築について研究することで、これまで経験的に行われてきた知的探求プロセスを体系化することを目指します。また、研究成果の社会還元や核融合発電の実用化のために、オープンサイエンスやアウトリーチ活動を推進します。



核融合プラズマの360° VR表示

## プラズマ装置学ユニット

プラズマ装置学ユニットのコンセプトは、「多様なエネルギーレベルを有した荷電粒子群の集団的特性を理解し、その特性を利用して荷電粒子群を制御し応用すること」です。

このコンセプトに基づき、これまで核融合科学実験で培ってきた計測・制御技術を含むプラズマ装置(荷電粒子群制御装置を含む)技術の更なる高度化及び新たな装置技術を創出することで、自然現象の理解に対して新たな切り口を見出し、その理解の深化を図ります。また、他分野と連携・融合を行い、他分野の知見と技術に加えて、核融合科学分野の最先端の荷電粒子群の集団的特性に関する学問的知見と極限装置技術をテクノロジードライバーとして、応用科学を含む自然科学の新展開を追究します。

このように核融合科学分野の枠を超えて学際的に研究を行うには研究の多様性が必要です。本ユニットでは、核融合科学実験に用いられている所内の装置だけでなく、所外の様々なプラズマ装置を用い、所内外の幅広い分野の人材による研究を展開します。ユニット設立時に開始する主な個別の研究対象は、中性粒子ビーム入射装置(NBI)、反物質プラズマ、ミュオンと核融合科学の融合、プラズマ宇宙推進機です。これらの四つのうちNBI以外は所外に研究拠点を持っています。個別研究間の共通の知見と技術を起点としてユニットで緊密な情報共有を行い、多角的な視点から課題に取り組むことで、全く新しい発想につながる等の相乗効果が期待でき、これにより自然科学の理解の深化や新展開につながります。この効果を最大化するために、本ユニットにおいてNIFSを様々なプラズマ装置の知見と技術を推進する学術ネットワークのハブの一つとして機能させます。



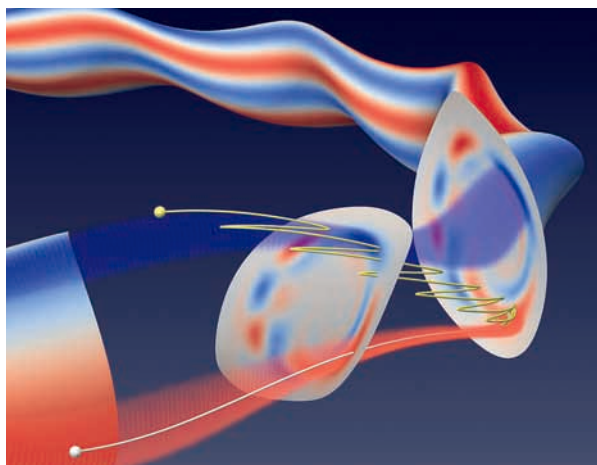
プラズマ装置学と学術ネットワーク

## 複合大域シミュレーションユニット

多階層によって構成されている系全体の挙動を理解するためには、各階層の個別のシミュレーションだけでは不十分であり、階層間の相互作用を考慮した大域的なシミュレーションが必要です。磁場で閉じ込めたプラズマのシミュレーションは、プラズマ中の粒子という微視的階層と、プラズマ全体に関わる磁気流体的な巨視的階層との相互作用を考慮することが必要になります。このような複合大域シミュレーションは、核融合分野だけでなく多くの学術分野で実現が期待されている重要な課題ですが、実現は容易ではありません。その要因は、微視的階層と系全体の時間空間スケールが極端に異なる状況がしばしば発生し、微視的階層を対象とした単一の基礎物理方程式に基づいたシミュレーションで両スケール全体を取り込むには計算機の規模・能力が不足することにあります。複合大域シミュレーションユニットでは、階層間や異なる物理モデル間を連結するシミュレーション手法を開発することで、この問題を解決し、シミュレーション研究を推進します。

本ユニットでは、炉心プラズマと周辺プラズマを包含する磁場閉じ込め核融合プラズマ全体の大域的シミュレーションを実現し、プラズマの複雑な挙動を解明します。また、スーパーコンピュータの規模による強い制限を超えて、より実現象に近いシミュレーションを実現するための広範な応用性をもつ方法論の確立、開発したシミュレーション手法を関連分野へ適用する等の学際研究も推進します。

LHDプラズマにおける圧力駆動型磁気流体不安定性による電子圧力揺動とイオンの軌道。シミュレーションによって、捕捉イオン(黄色)が不安定性を抑制し、高圧力プラズマの維持に重要な役割を果たしていることが明らかになった。本ユニットでは、このシミュレーションモデルを発展させて、磁気流体不安定性と微視的不安定性の相互作用を調べるための新たな手法を開発します。



## 超高流束協奏材料ユニット

核融合、原子力、宇宙、航空、化学プラント等では、材料は過酷環境下で使用されます。過酷環境では、材料中に超高流束のエネルギーと粒子が注入されるため、非平衡状態がもたらされます。非平衡状態では、これまで未知であった化合物の形成や、自己組織化と呼ばれる構造変化が期待できます。そのような材料の性質を研究して知り尽くし、うまく利用することで、過酷環境に自ら適応し、いわば超高流束と協奏する高強度、高機能かつ長寿命な材料の創製が可能となります。

研究対象とする材料は、高融点金属材料、高融点セラミックナノ粒子を分散した強化合金、絶縁、水素制御、各種センサーに利用できるセラミック材料等です。図はセラミックス粒子を分散して強化した核融合炉用鉄鋼材料です。材料製造時に非平衡状態を与えると、イットリウムとチタンを含む多様な酸化化合物ナノ粒子を生成させることができます。過酷環境であっても分解しない安定な粒子の特定と、そのような粒子を増やすための材料設計が研究テーマです。

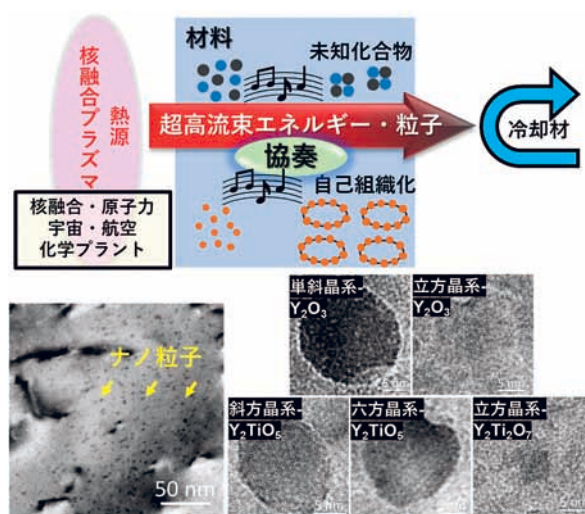
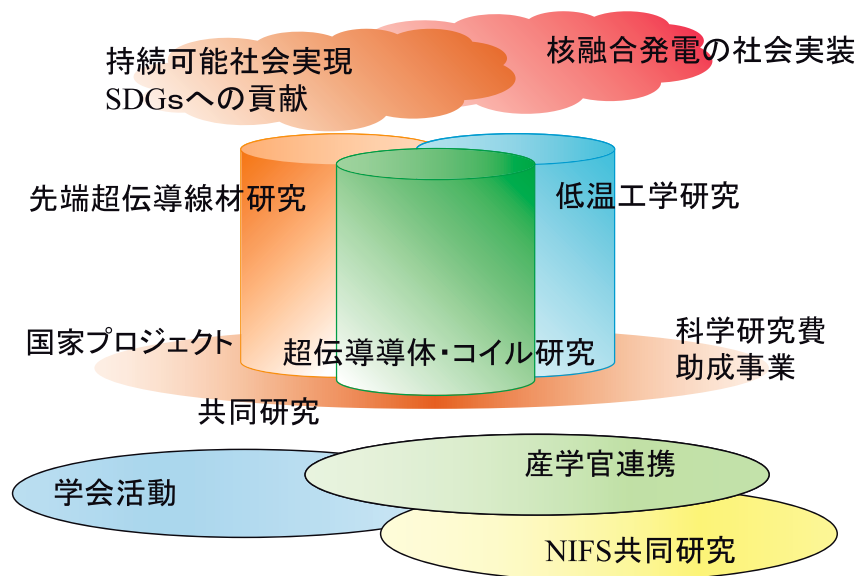


図 超高流束エネルギー・粒子環境と協奏する材料のコンセプト(上)、核融合炉用分散強化鋼の電子顕微鏡写真(下)。

## 超伝導・低温工学ユニット

超伝導・低温工学ユニットは、これまでNIFSが行ってきた超伝導工学・低温工学研究を整理し、持続可能社会の変革に向けた新たな超伝導・低温工学研究に再構築したユニットです。本ユニットでは、持続可能社会における超伝導システムの出口戦略を明確にし、超伝導技術の社会実装に向けた研究開発を実施するとともに、学術的研究拠点として、超伝導マグネット研究棟が現有する温度可変低温システムなどを用いた各種低温実験環境を、産学連携等の様々なユーザーへ提供します。さらに、持続可能社会を実現するための達成目標(SDGs)の一つである「クリーンエネルギー」として注目される液体水素の研究開発にも取り組み、その安全性を含めた社会受容性を高め、水素社会の実現に貢献します。また、液体水素研究開発のネットワークのハブ的な存在として、基礎研究から社会実装に向けた試みのゲートウェイとしての役割を担います。

本ユニットで取り組む研究課題を、「超伝導体・コイルに関する研究」、「低温工学に関する研究」、「先進超伝導線材に関する研究」の三つのカテゴリーに分類し、それぞれの研究課題についてマイルストーンを明確にして研究活動を推進していきます。



超伝導・低温工学ユニットの活動イメージ

## プラットフォーム企画室

プラットフォームは、ユニットが実施する共同研究の基盤となる様々な研究装置群です。核融合科学研究所は大学共同利用機関として、大型の研究施設をはじめ、様々な研究装置群を共同利用に供し、国内外の大学や研究機関との共同研究を進めています。核融合科学研究所が所有するプラットフォームは、「大型ヘリカル装置 (LHD) 部門」、「計算機部門」、「工学系施設部門」の三つの部門によって運営されています。

### 大型ヘリカル装置 (LHD) 部門

LHDは、環状プラズマの総合的理解を使命として、1998年3月のファーストプラズマ以降、四半世紀にわたって世界最大級の超伝導プラズマ閉じ込め装置として実験研究を実施し、多くの成果を挙げてきました。2022年度をもってLHDプロジェクトは終了しましたが、高精細計測装置や多彩な加熱装置など、これまでのLHDプロジェクトの資産を学術研究基盤として活用するため、2023年度から3年間、文部科学省の学術研究基盤事業の支援を受けて運用します。

学術研究基盤LHDでは、超高温プラズマを安定に生成できるLHDにおいて、多様な高精細計測装置を用いてプラズマの内部構造を計ることによって、核融合に限らず宇宙・天体プラズマにも共通する様々な複雑現象の原理に迫る国際共同研究を実施します。また、学術研究基盤LHDはオープンデータ※を旨とし、ユニットが多くの他分野の研究者を巻き込んで、核融合科学の異分野融合を推進するための研究基盤を整備します。

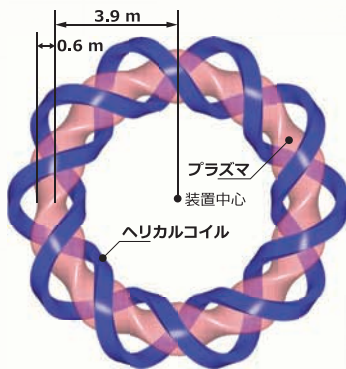
#### 学術研究基盤LHD

##### 装置パラメータ

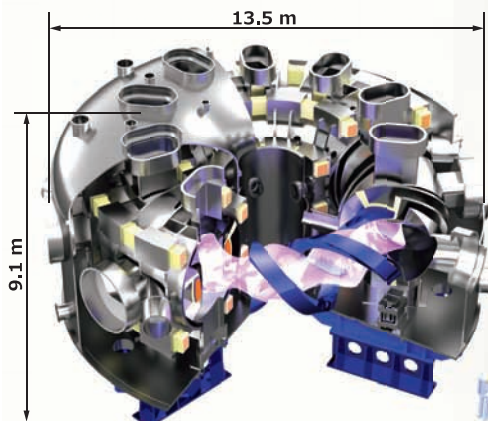
装置の外径, 高さ, 総重量: 13.5 m, 9.1 m, 1,500 t  
 プラズマの大半径, 小半径, 体積: 3.9 m, 0.6 m, 30 m<sup>3</sup>  
 磁場強度: 3 T (3万ガウス)  
 総加熱電力: 36 MW (3万6000キロワット)

##### プラズマパラメータ

最高イオン温度: 10 keV (1億2000万℃)  
 最高電子温度: 20 keV (2億3000万℃)  
 最大到達密度:  $1.2 \times 10^{21} / \text{m}^3$  (1立方cm当たり1200兆個)



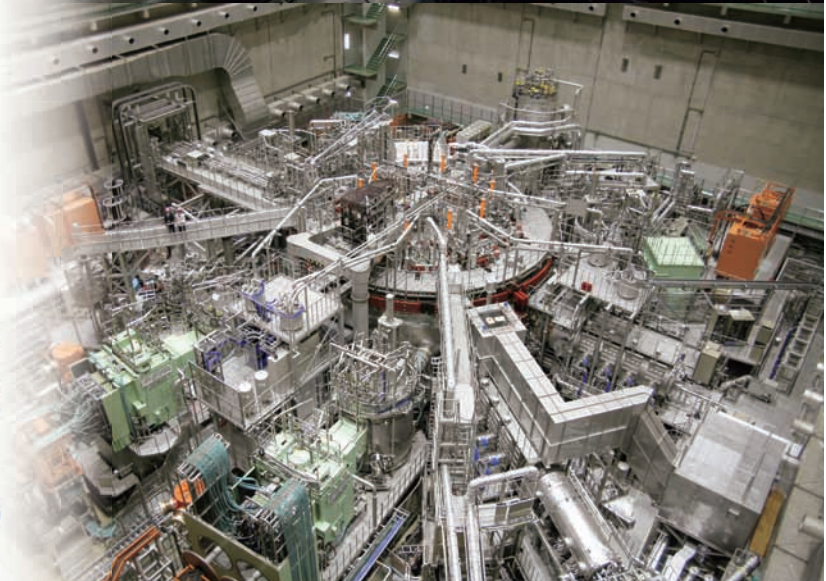
プラズマとヘリカルコイル



大型ヘリカル装置 (LHD) 本体



LHDのプラズマ真空容器内部



※ LHDの実験データは、<https://doi.org/10.57451/lhd.analyzed-data>にて公開されています。

## 計算機部門

### プラズマシミュレータ タスクグループ

核融合科学のシミュレーション学術研究を推進し、かつ、シミュレーション科学の発展に貢献しうる研究開発を支援するために、スーパーコンピュータシステム「プラズマシミュレータ『雷神』」を活用しています。プラズマシミュレータでは、高速ネットワークで連結された540台の計算機それぞれに、制御用のスカラプロセッサ1個とベクトルエンジンとよばれる高速演算装置8枚が装着されています。本システムの理論演算性能(ベクトルエンジンのみ)は、10.5ペタフロップス(毎秒1.05京回の演算能力)、主記憶容量と外部記憶装置はそれぞれ202テラバイトと32.1ペタバイトとなり、核融合をはじめとする様々なプラズマ複雑現象の大規模シミュレーションを実行することができます。さらに、スカラプロセッサとベクトルエンジンによる演算を組み合わせた先進的な計算(ヘテロジニアス計算)も可能です。



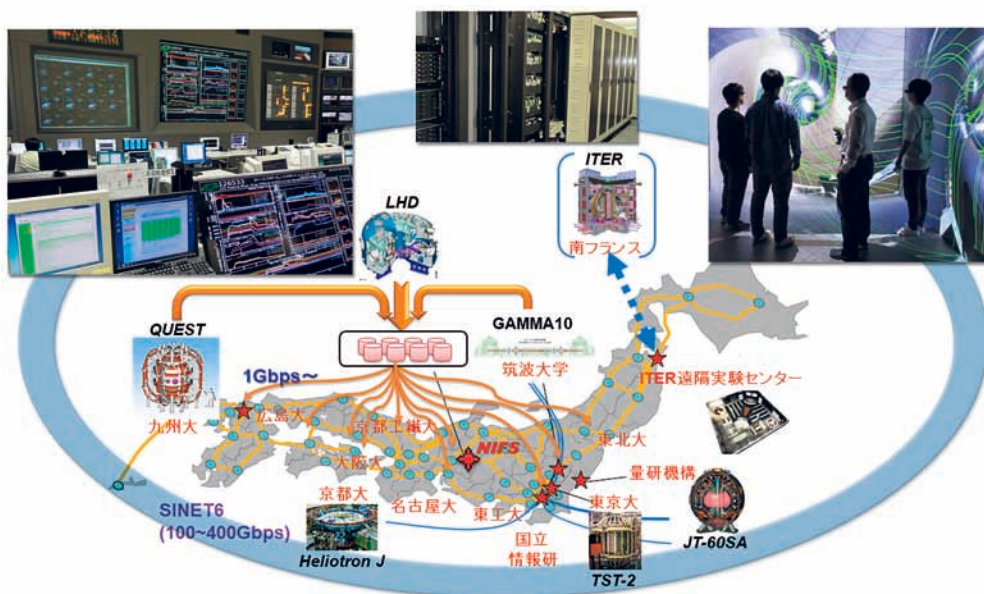
プラズマシミュレータ「雷神」

### データベース タスクグループ

プラズマ中での原子や分子と電子等の衝突過程を記述する断面積などの数値データを国内外の研究者等に提供する、NIFS原子分子数値データベースを <https://dbshino.nifs.ac.jp/> で公開しています。これは世界的にも保有データ数が最も多く、プラズマ中の原子分子過程を理解するために必要な数値データを提供しており、多くの研究者に利用されています。これをはじめAtomic Data and Analysis Structure (ADAS) などの国際協力によるデータベースの国内共同研究者への提供なども行っています。

### データ解析装置 タスクグループ

データ解析装置には、実験データ収集・解析システム、共同研究ネットワーク「SNET」、没入型バーチャルリアリティ装置「CompleXcope」があります。実験データシステムでは、NIFSのLHDやSNET経由で大学等の実験装置から3ペタバイト超の計測・解析データを集録・蓄積して、数百の解析プログラム群を含む研究資源全体を、サイト内外の関連研究者と同等レベルで広く一般にも公開する「プラズマ・核融合クラウド」の開発と構築を進めています。世界最大規模の核融合データとして、核融合の実用化研究に利用されるほか、データサイエンスなど多方面での利活用を促す「オープンサイエンス」の推進役として期待されています。CompleXcopeでは、観測者自身が3次元で立体的に表示されたプラズマのデータ空間に入り込み、様々な方向からプラズマを観測できるため、複雑な構造をもつプラズマの研究が容易になります。



データ解析装置

## 工学系施設部門

工学系施設部門は、超伝導マグネット研究棟、総合工学実験棟、開発実験棟、計測実験棟に設置されている実験施設に加え大型ヘリカル実験棟の材料試験装置の管理と運用を担当します。各実験棟にタスクグループを置き、実験実施日や実験体制の調整を行います。

実験設備は、大きく五つのカテゴリーに分類されます。①低温実験設備は、小型から大型の超伝導コイル・低温システムの研究に利用され、②炉内材料機器研究設備は、高温・高熱流に耐える材料や機能性材料、液体ブランケットシステムの研究に利用されます。③材料分析装置は、微細構造の観察、表面改質、耐熱試験のための設備で、主にプラズマや高熱流を照射した材料の変化を調べる研究に利用されます。④イオン源・ビーム研究装置には、大電流負イオンを生成可能な大型設備と多価イオンを生成可能な装置があり、プラズマ加熱装置のイオン源や原子・分子過程の研究に利用されます。⑤プラズマ基礎・材料照射実験装置は、プラズマを発生させてプラズマの基礎特性を調べる研究に利用されます。

カテゴリー	設備(プラットフォーム)名	設置場所
<b>低温実験設備</b> (小型から大型の超伝導コイル・低温システムの研究設備)	超伝導マグネット研究設備	超伝導マグネット研究棟
<b>炉内材料機器研究設備</b> (高温・高熱流に耐える材料や機能性材料、液体ブランケットシステムの研究設備)	熱・物質流動ループ装置(Oroshhi-2)	総合工学実験棟
	高温静水圧焼結接合システム	
	クリープ試験機	
	遊星型ボール・ミリング装置	
	超薄膜ナノスクラッチ試験機	
	高純度アーク溶解装置	
	不活性雰囲気大容量遊星型ボール	
	高速衝撃試験装置	
<b>材料分析装置</b> (微細構造の観察、表面改質、耐熱試験のための研究設備)	表面改質試験装置(SUT)	開発実験棟
	超高分解能電界放出型走査電子顕微鏡(FE-SEM)	総合工学実験棟
	走査型電子顕微鏡(SEM)	
	X線光電子分光分析装置(XPS(ESCA))	
	X線回折装置(XRD)	
	タンデム加速器	大型ヘリカル実験棟地下
	超高熱負荷試験装置(ACT2)	
	透過型電子顕微鏡(TEM/STEM)・ジェントルミル	
集束イオンビーム/電子ビーム加工観察装置(FIB-SEM)		
<b>イオン源・ビーム研究装置</b> (イオン源の研究設備)	走査型電子顕微鏡	総合工学実験棟
	グロー放電発光分析装置(GE-ODS)	
	中性粒子入射加熱法開発試験装置(NBIテストスタンド)	
<b>プラズマ基礎・材料照射実験装置</b> (プラズマの基礎特性を調べる研究設備)	大強度イオン源	開発実験棟
	多価イオン源(CoBIT)	
	大口径高密度プラズマ発生装置(HYPER-I)	
	直線型プラズマ装置(TPD-II)	
	ペン型大気圧プラズマジェット装置	
	ワイドストライプ型高密度室温大気圧プラズマ装置	

# 核融合科学学際連携センター

核融合科学学際連携センターは、核融合科学の学際化・学際連携、開発研究との連携、産学官連携による核融合技術の社会実装を推進します。大学や開発研究機関、産業界との共同研究を先導・支援する総合拠点として、三つの学際的新領域とユニット群をつなぎ、既存分野の枠を超えた挑戦的・学際的な共同研究を展開します。特に、先端学術研究領域との学際的研究ネットワークの構築とオープンサイエンスの推進、国際的研究プロジェクトとの連携、核融合で培った技術の社会実装を行うために、それぞれ、1) 先端学術研究連携部門、2) 開発研究連携部門、3) 産学官連携部門がユニットと連携して様々な共同研究を支援します(図1)。

当センターでは、複数ユニットが協力してすすめる学際連携プロジェクトを支援します。学際連携プロジェクトの一つとして、核融合科学研究所の位相空間乱流ユニットとメタ階層ダイナミクスユニット、京都大学生存圏研究所、東北大学の研究者が協力して、オーロラ観測プロジェクトを立ち上げました。これは、空間2次元+波長のデータを取得できる2次元スペクトロメータと、任意の輝線の画像を観測できる液晶フィルタカメラを、スウェーデンのキルナ(北緯67度51分)に設置して、常時観測を行うものです(図2)。観測したスペクトルの時空間発展から降り込み粒子の挙動を明らかにし、磁気圏で起こっている位相空間揺らぎ(速度と空間の揺らぎ)を研究する予定です。波長スペクトルの画像や偏光の画像という今まで計測されていなかった物理量を計測することで、降り込み粒子のエネルギーや方向を推測することが可能となり、新たな研究法の発展が期待できます。

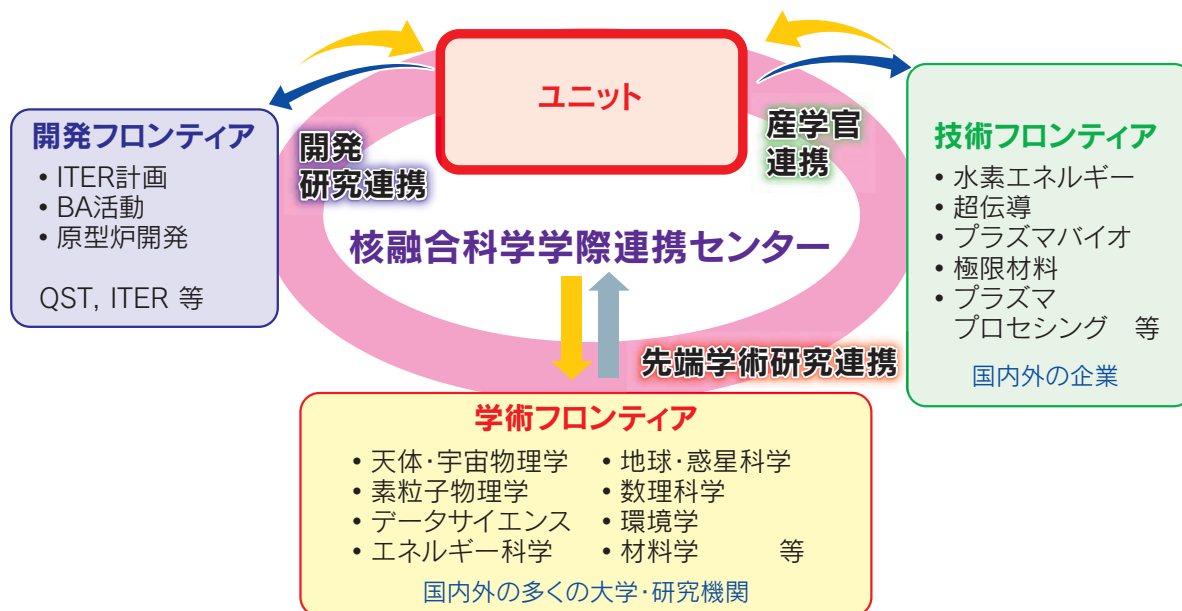


図1 核融合科学学際連携センターの目指す研究連携

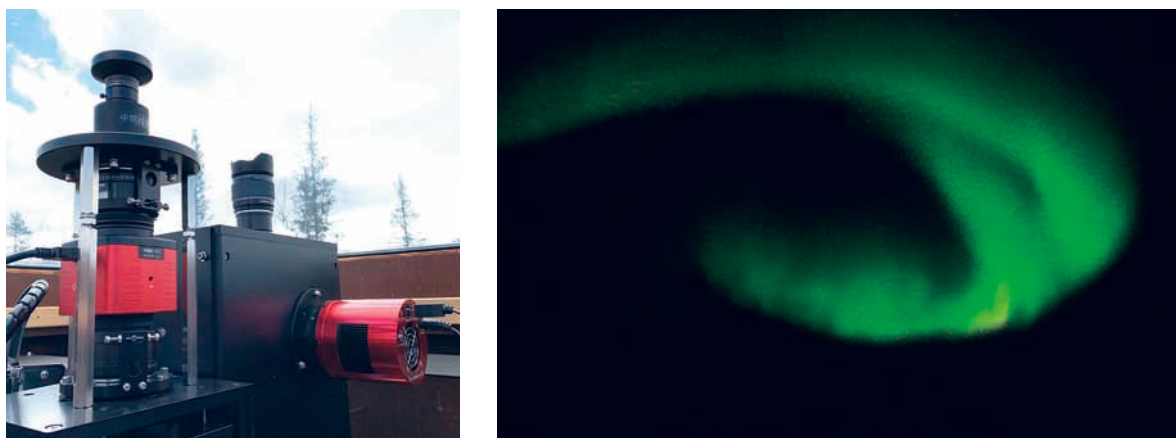
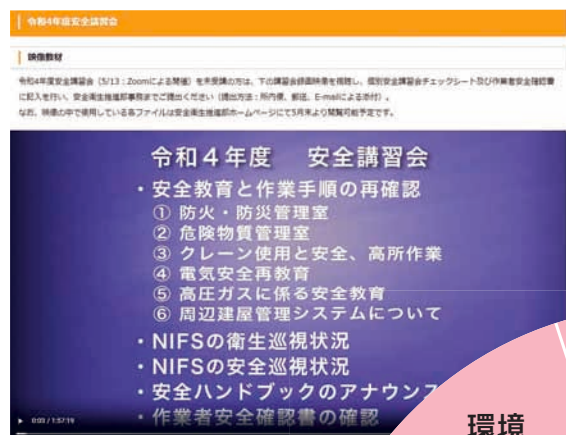


図2 オーロラ分光観測装置(左)と飛行機から撮ったオーロラ画像(右)



## 安全衛生推進センター

労働災害の防止、機器の適正な運用と保全、職員の安全確保と健康保持増進、快適な職場環境の形成を目指す実質的な活動部門として安全衛生推進センターが設置されており、センター長の下に10室が設けられています。それぞれの室は室長を中心として日常の安全管理、RI管理、環境放射線測定、排水監視、安全教育、講習会の開催、安全ハンドブックの発行、防災訓練などの活動に加えて、安全管理者などによる巡視活動を行っています。



室長や安全関係者を講師として、安全講習会を実施しています。2022年度はWEBで開催しました。



定期的に、作業現場の安全巡視を実施し、KY活動や安全指導を行っています。



毎年、研究所職員全員が参加して、消火器の使用体験や放水実演などをとり入れた防災訓練を実施しています。



放射線監視装置(モニタリングポスト)により敷地境界付近及び敷地内の環境放射線を測定・監視し、測定結果を公開しています。

安全衛生推進センターではこれらの活動を通じ、環境の保全、作業安全、実験の安全な遂行に努めています。加えて、研究所の安全衛生管理について調査審議する安全衛生委員会の報告をもとに、研究所全般の適正な安全管理と質の向上を目指しています。また、これら安全衛生推進センターによる活動のほかに、産業医、衛生管理者、安全管理者による巡視が行われております。詳細は核融合科学研究所のホームページ <https://www.nifs.ac.jp/> をご覧ください。

# 六ヶ所研究センター

## センター活動の概要

六ヶ所研究センター（2007年5月設置）は、ITER計画と並行して取り組まれている幅広いアプローチ（Broader Approach, BA）活動との連携・共同研究の推進、核融合原型炉開発の技術基盤構築に関し、学術的な立場から、核融合科学研究所や大学等の共同研究者の参画を支援する活動を展開しています。さらに、核融合研究の課題の学際的展開を推進するべく、研究課題の発信、学際会合の誘致、学際的な共同取り組みの推進などに力を入れています。  
センターホームページ：<https://www.nifs.ac.jp/about/rrc.html>

## 最近のセンター活動

核融合研究における大規模・多種多様なデータを最大限に活用して、研究推進に資する情報を抽出するべく、核融合分野と統計数理分野の個別的共同研究が複数立ち上がっていました。それらを集約する形で、情報・システム研究機構（ROIS）の第4期戦略プロジェクト「プラズマ物理と相補的なプラズマデータに対する統計数理モデリング」が実施されていますが、六ヶ所研究センターはそのプロジェクトの核融合分野側の拠点として活動しています。このプロジェクトは、核融合分野の多種多様な実データと統計数理分野の先端的分析手法を融合させることで、双方のコミュニティの協調的発展を目指すものです。2022年12月には、六ヶ所村（六ヶ所研究センター、及び量子科学技術研究開発機構（QST）量子エネルギー部門六ヶ所研究所）と八戸市でプロジェクト会合を開催しました。その様子は、統計数理研究所の広報誌「統計数理研究所ニュース」No.159（2023年2月）に掲載されています。2022年度の活動に対して、ROIS審査会にて高い評価を得て、プロジェクトの継続が認められています。

総合研究大学院大学（総研大）を基盤とする事業にも、近隣教育機関との連携を立ち上げて取り組んでいます。2023年2月には、総研大社会連携事業「次世代研究者育成を目指した地域密着型体感プログラム」を、核融合、天文、宇宙という幅広いエネルギー分野についてQST量子エネルギー部門六ヶ所研究所の協力によって実施し、八戸高専から40名近くの学生が参加しました。



総研大社会連携事業での集合写真

2023年4月には「あおり県民カレッジ」連携機関に参画しました。六ヶ所研究センター主催の講演会やイベントなどを通じて、青森県民の皆様とのつながりも強化していきたいと考えています。

なお、センターでは六ヶ所村の豊かな自然景観を取り入れたクリアファイルを作成しました。幅広い学問分野の研究者が、六ヶ所研究センターや六ヶ所村、青森県を訪問して交流する際の資料配布などに活用して、六ヶ所村の美しさを国内外に知っていただこうと考えています。風景写真（「2022 六ヶ所村勢要覧」掲載写真）は六ヶ所村役場から、野鳥写真は一戸一晃様（元公益財団法人環境科学技術研究所 業務執行役）からご提供いただきました。



六ヶ所研究センターのクリアファイル3種類

# 研究力強化戦略室

研究力強化戦略室は、文部科学省が2013年から開始した「研究大学強化促進事業」に自然科学研究機構が採択された結果、設置されたものです。同事業は国内の優れた研究活動を行う大学及び大学共同利用機関を選別し、その研究力強化策を支援するもので、その特長はユニバーシティ・リサーチ・アドミニストレータ (URA: 研究マネジメント人材) を雇用・配置し、その任に当たらせるところにあります。同事業は2023年3月に終了しましたが、研究力強化戦略室の活動は発展的に継続しています。

本研究所では3名のURAを置き、「IR※・評価」「広報力強化」「財政基盤強化」「共同研究力強化」「人材育成力強化」の5タスクグループにより研究力強化に必要な活動に取り組んでいます。各タスクグループでは、グループ長を中心にグループ間及び所内の各委員会などと連動した活動を進めています。またこれらの活動は自然科学研究機構本部に設置された共創戦略統括本部とも連携しています。

※Institutional Research (IR) (ここでは研究所の戦略を策定するのに必要な情報の収集と分析を意味します)  
 研究力強化戦略室ホームページ <https://reso.nifs.ac.jp/>

## 学術経営会議



### 研究力強化戦略室

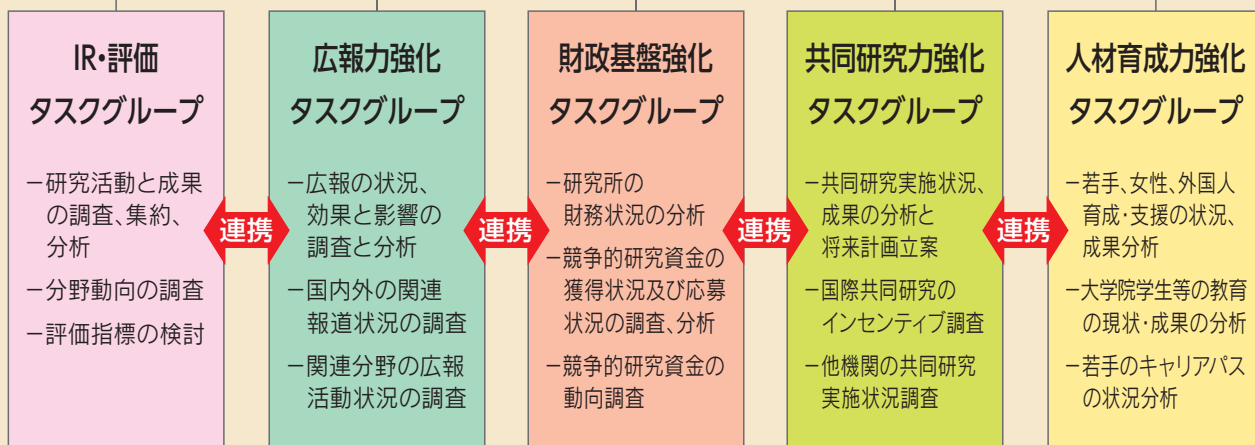
(2023年4月1日現在)

室長	1名
タスクグループ長	5名
URA	3名
特任専門員	1名
事務支援員	2名

室長

### 研究力強化戦略室会議

研究所の研究企画立案、戦略策定



### 自己点検委員会

- 中期目標・計画に係る研究・業務実績の集約・評価
- 外部評価対応

## 社会との交流

核融合科学研究所は、核融合研究と研究所の研究活動や成果を広く社会や国民に知っていただくことを目的に、広報・アウトリーチ活動を行っています。

一般の方々に研究活動への理解と最先端科学への関心を持っていただくため、毎年研究施設の一般公開（オープンキャンパス）を実施しています。2022年度は新型コロナウイルスの影響により、9月にオンライン形式で実施しました。LHD見学ツアー（写真①）、サイエンストーク、公開講座のライブ中継や、研究を紹介する動画（写真②）をホームページ上に公開しました。中継の企画には、延べ約590名の方が参加しました。

また、スーパー・サイエンス・ハイスクール（SSH）事業（SSH指定校の見学・実習受入）や、インターンシップ事業による生徒の受入など、将来の研究者育成につながる活動にも力を注いでいます。



↑①



↑②

## 広報室

広報室は、広報・アウトリーチ活動を担う中核的組織として、様々な活動を通じ、研究成果の地域を含む社会への公開及び共有を推進しています。同組織は2023年度から体制の見直しが行われ、現在は、学術広報委員会、社会連携委員会、アーカイブ委員会、教育連携委員会の4委員会が設置され、多くの職員が広報室員として活動しています。主な活動としては、プレスリリース（写真③）、広報誌等の刊行物の作成（写真④）、科学イベントの実施（写真⑤）、施設見学（写真⑥）、理科工作活動（写真⑦）、日本における核融合科学研究に関する歴史的史料の整理・保管、高等学校との教育連携活動などが挙げられます。

### 活動実績(2022年度)

- 市民説明会用Q&A集のホームページ掲載
- メールマガジン(研究レポート)の定期配信
- 市民学術講演(オンライン)
- 施設見学(随時)
- 科学実験教室 / 理科工作教室

### 印刷物・映像等

- 研究所公式パンフレット(日/英)
- 広報誌「NIFSニュース」
- パンフレット「未来を作るエネルギー 核融合」
- 研究所紹介ビデオ  
「子どもたちの将来のために 核融合科学研究所」
- 広報誌「へりかちゃんからのおたより」



↑③

### 学術広報委員会

プレスリリース、ホームページ、刊行物などで研究開発成果を広く発信

### 社会連携委員会

施設見学、工作教室、科学イベントを通じた社会との連携を深める活動

### アーカイブ委員会

日本における核融合科学研究に関する史料の調査、収集、整理、保管、及びその公開

### 教育連携委員会

高等学校との教育連携活動



←④ 研究所広報誌「NIFS NEWS」(Web配信)



土岐市主催のブック&サイエンスフェス↑⑤  
2022に参加協力



↑⑥



↑⑦

## 図書館

### 世界中の核融合研究者に提供する資料や情報の充実をめざす図書館

核融合科学研究所図書館は、世界中の核融合・プラズマ研究者に提供する資料や情報の充実をめざし、物理学を中心に自然科学・工学など約71,000冊の図書、1,100タイトルの雑誌を所蔵しています。また、大学共同利用機関として、全国の共同利用研究者への情報提供、学生や若手研究者を育てる責務も担っています。

ホームページ(<https://library.nifs.ac.jp/>)では、オンライン蔵書目録(OPAC)、電子ジャーナル、電子書籍、機関リポジトリ等を整備するとともに、図書館に所蔵していない資料に関しては、図書館間相互協力(ILL)により他機関から取寄せ、所員に提供しています。

2021年1月には、同じ自然科学研究機構内の岡崎情報図書館と共同で図書システムの調達を行い、新たなOPACページにて蔵書検索のサービスを開始しました。新OPACでは、岡崎情報図書館に加え、国立国会図書館(NDL)サーチやCiNii Researchなど、他機関の蔵書検索がキーワードを再入力することなく検索できるようになりました(写真①)。

また、近年では、電子資料に限らず、図書館で所蔵している資料を最大限に利用してもらうための取り組みとして、図書室入り口周辺に展示コーナーを設け、毎月設定したテーマに関する所蔵資料の紹介を行っています(写真②)。



↑①OPAC検索画面



↑②

### 研究成果の集積と活用

研究所は、所員の学術論文等の研究成果を社会に公開することを原則とする「核融合科学研究所オープンアクセス基本方針」を策定し、研究成果の集積と公開を行っています。また、NIFSシリーズや英文年報の編集・発行も図書館が行っています。

#### ■ NIFS機関リポジトリ

研究所での研究・教育活動によって生み出された学術成果・知的生産物を登録し、インターネットを介して公開するNIFS機関リポジトリを運用しています(写真③)。研究・教育活動を公開することで、研究所の社会的責任を果たし、社会貢献を推進しています。

#### ■ NIFSシリーズ

研究所において行われた研究成果及び共同研究計画に基づき行われた研究成果を迅速に国内外に報告するためのプレプリントです。NIFS Report, PROC, TECH, DATA, MEMOの5種類があります(写真④)。

#### ■ 英文年報

研究所に関わる研究活動等を年度ごとにまとめた英文報告書です。



↑③



↑④

## ◎ 教育会議・大学院教育

核融合科学研究所は、日本の核融合に関する学術研究の要として、将来の核融合科学を担う若手人材育成を推進するという重要な役割を担っています。人材育成の一環として、2023年度より教育会議が大学院教育全般を包括して担当しています。大学院教育では、総合研究大学院大学、連携大学院、特別共同利用研究員、インターンシップ等での教育指導を推進しており、積極的に若手研究者を育てるという姿勢で教育に取り組んでいます。

### 総合研究大学院大学

総合研究大学院大学は、1988年に我が国初の独立大学院大学として発足しました。5年一貫制博士課程と修士課程修了生に対する後期博士課程を併設した、柔軟でユニークな博士教育制度を導入しています。2023年4月に、複合的・融合的な課題に取り組む次代の研究者育成を目指して、基盤機関に支えられた20コースからなる先端学術院が設置されました。本研究所は、その中の核融合科学コースを担当する基盤機関となっています。

核融合科学コースには、現在、22名の学生が在籍しています。核融合研究は、多くの専門分野を包括した学際的な研究です。そのため、本コースには、プラズマ物理学、原子物理学、電気工学、機械工学、超伝導工学、材料工学、真空工学、情報工学など理論と実験にまたがる幅広い分野を専門とする教員がそろっており、核融合を軸としながら現代理工学の幅広い基礎を修得できるところに大きな特色があります。



### 連携大学院教育・特別共同利用研究員制度

大学院教育としては、全国の大学とも広く連携を進めており、東京大学大学院新領域創成科学研究科、名古屋大学大学院工学研究科、同大学院理学研究科、九州大学大学院総合理工学府等との連携大学院教育にも力を入れています。2023年度の学生数は全体で26名です。2023年度から連携大学院での教育を更に充実したものにするために、大学院連携委員会が設置され、大学間での教員相互の情報共有に役立てられています。また、特別共同利用研究員として、海外及び全国の大学の共同研究者を通じて大学院学生(2023年度は16名)を受け入れる教育活動も行っています。さらに、国内外からのインターンシップも随時受け入れています。



## 研究教育改善室

研究教育改善室は、図に示す六つの委員会から構成され、本研究所の研究や教育に関する様々な問題への対応や、レベルアップのための活動を企画・実施します。

学術企画委員会は、本年度新設の委員会であり、研究所員やコミュニティにとって有益なセミナーや座談会などを企画・運営します。また、核融合研が主催する国際会議や出版物の企画等を行います。設置されているアドバイザリーボードからの示唆を参考にアカデミアに対する情報発信を行います。

研究教育改善室では、上述の学術企画委員会とともに、他の五つの委員会が連携して研究所の研究・教育環境の整備と改善を推進します。

### 研究教育改善室

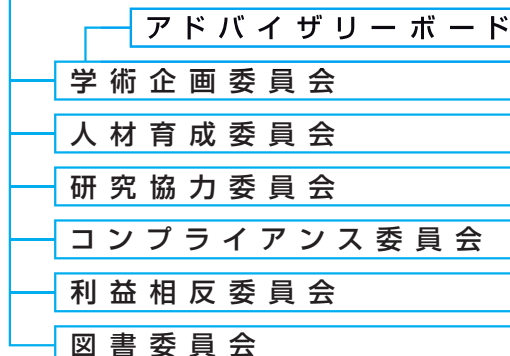


図 研究教育改善室とその中に位置づけられている委員会の構成。

## 情報システム・セキュリティセンター

### 情報ネットワーク、情報システム、そして、情報セキュリティ

核融合科学研究所では研究活動の一環として大量の実験データや計算データが扱われています。これらのデータは情報ネットワークにより有機的に接続された情報システムにより、一連の成果を生み出しています。

情報ネットワークグループは、安定した情報ネットワーク環境を提供します。情報ネットワークは研究活動の基盤ですが、単純に装置をつなげるだけでは、信頼性の高い基盤とはいえません。ネットワーク機器が持つ機能を引き出し、セキュリティを考慮することが極めて重要となります。

情報システムグループでは、研究所の基盤となる各種情報システム及び広報・評価・研究支援に関する情報システムの開発・運用・保守を行います。情報システムは、データ設計やプログラム方法により処理能力が改善され、ユーザーインターフェースによって使い心地が変わります。情報システムを開発する段階では、関係者とのヒアリングによって要件を明確にするなど適切なシステム開発を行い、研究活動の円滑化、効率化を実現します。

情報セキュリティグループでは、情報ネットワークグループ、情報システムグループと協力し、セキュリティに強い体制を作ります。これには利用者の教育も含まれます。また、情報セキュリティグループの構成員はComputer Security Incident Response Team (NIFS-CSIRT)のメンバーを兼ねており、セキュリティインシデント発生時には原因究明とともに被害が最小限になるよう対応します。

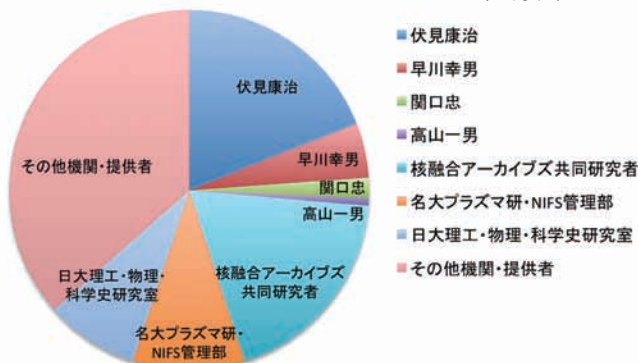
## 核融合アーカイブ室

### 核融合研究の温故知新

核融合アーカイブズは、日本の核融合研究に関する史料を恒常的に調査、収集、整理、保管するとともに、すべての利用者に適切に公開することを通じて、核融合研究に対する歴史的評価と社会に対する説明責任を果たすことを目的としています。活動は、主に、国内外の関連研究機関との共同研究によって行われています。2023年5月現在、約26,200件の資料(右図)が整理の上、目録化され、その一部はインターネット上で公開されています。

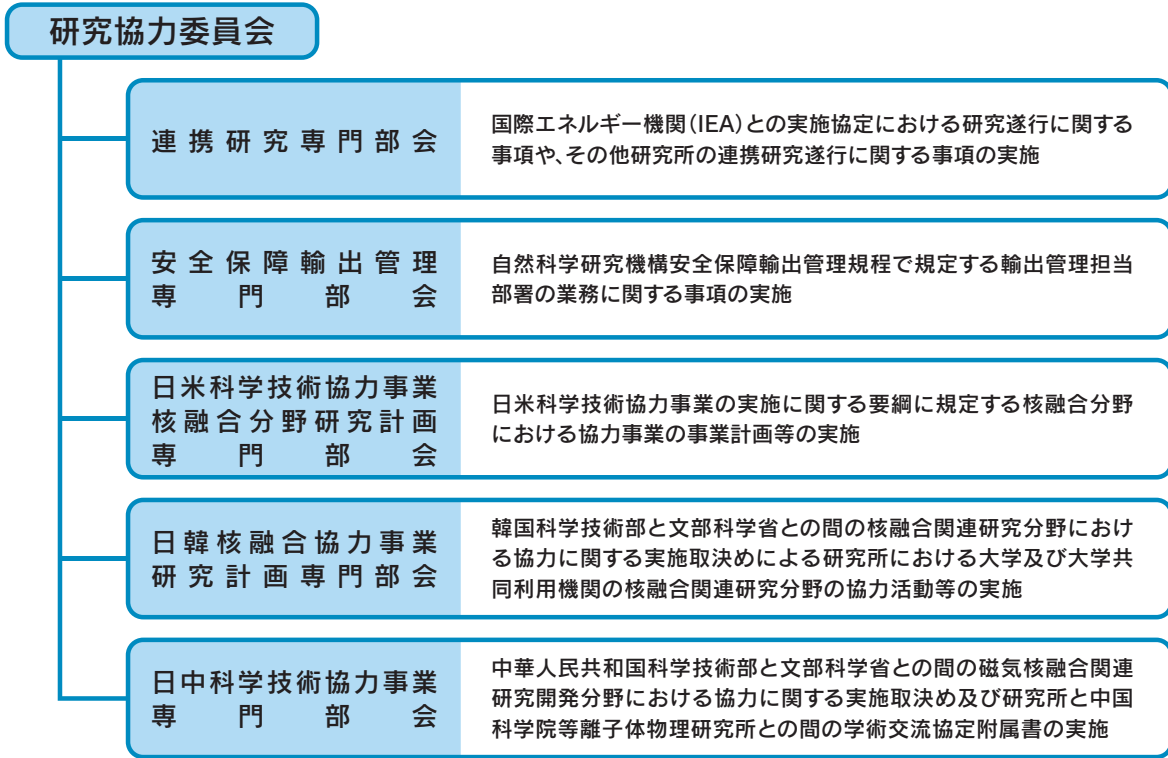
<https://www.nifs.ac.jp/archives/>

資料の出所(提供者)内訳 (登録数:約26,200件)  
2023年5月現在



# 連携研究活動

核融合科学研究所では、幅広い連携研究活動の円滑な遂行を目的とし、連携研究体制の整備、連携研究の企画・立案、研究成果の公表と活用、支援活動を、研究協力委員会を中心として実施しています。研究協力委員会は、図に示す部会で構成され、研究所の幅広い連携研究活動に対応しています。



## 核融合科学研究所での国際協力 (2023年4月1日現在)

- ① 多国間協力
  - ・ステラレータ・ヘリオトロン協定(日本、ユーラトム(欧州原子力共同体)、米国、オーストラリア、ロシア、ウクライナ)
  - ・PWI協定(日本、米国、ユーラトム、オーストラリア)
  - ・球状トラス協定(日本、米国、ユーラトム、韓国)等
- ② 二国間協力(日米科学技術協力事業、日韓核融合協力事業、日中科学技術協力事業、日露、日豪、日EU等)
- ③ 研究所間協力(30機関との学術交流協定)
- ④ 国際会議開催(国際土岐コンファレンス等)

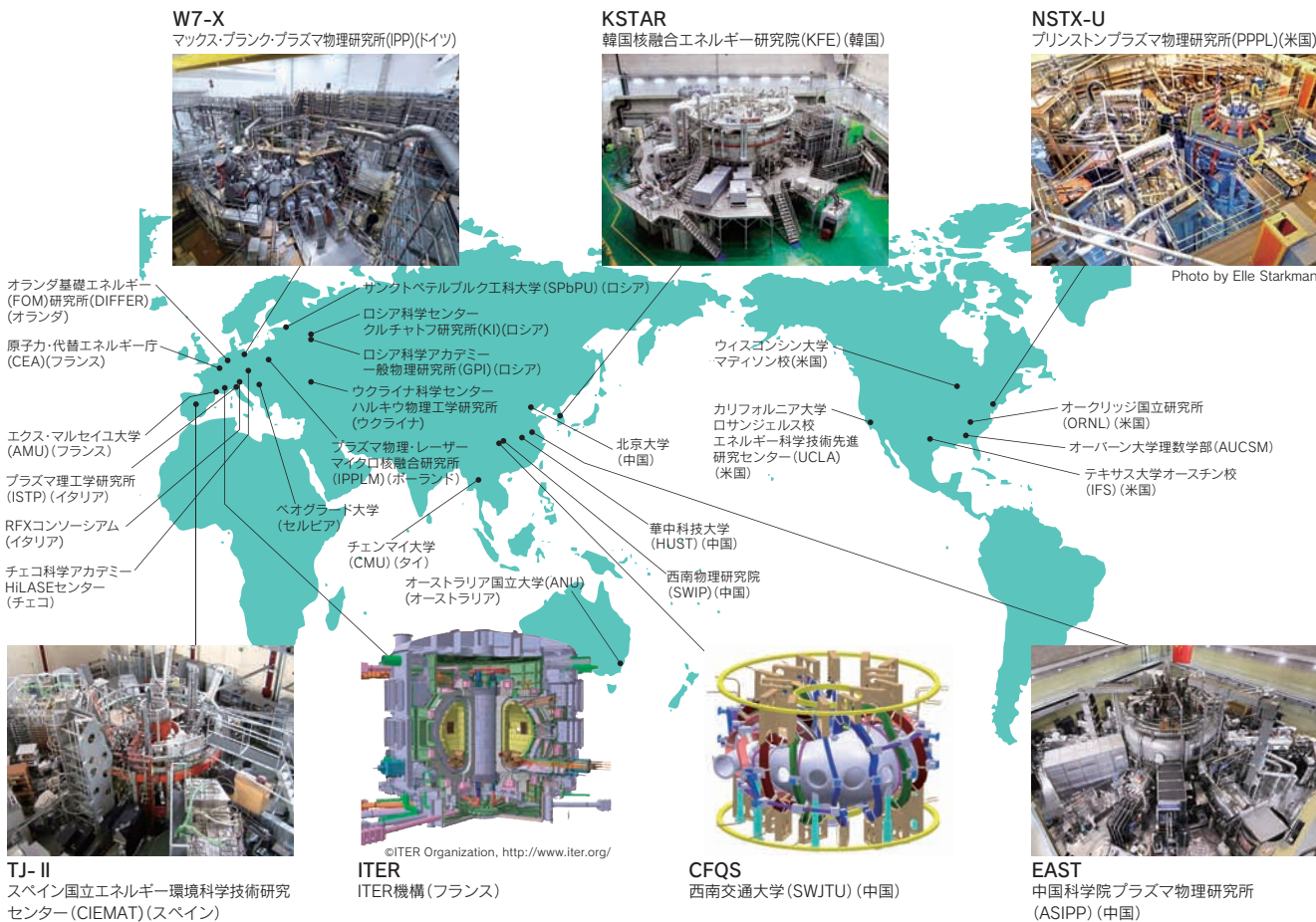
国名	機関名	協定締結年	機関名	協定締結年
中国	中国科学院プラズマ物理研究所(ASIPP)	1992	西南物理研究院(SWIP)	2012
	北京大学	2017	西南交通大学(SWJTU)	2017
	華中科技大学(HUST)	2018		
ドイツ	マックス・プランク・プラズマ物理研究所(IPP)	1993		
ロシア	ロシア科学センター クルチャトフ研究所(KI)	1993	ロシア科学アカデミー 一般物理研究所(GPI)	2007
	サンクトペテルブルグ工科大学(SPbPU)	2017		
ウクライナ	ウクライナ科学センター ハルキウ物理工学研究所	1994		
オーストラリア	オーストラリア国立大学(ANU)	1995		
韓国	韓国核融合エネルギー研究院(KFE)	1996		
米国	プリンストンプラズマ物理研究所(PPPL)	2006	テキサス大学オースチン校(IFS)	2006
	オークリッジ国立研究所(ORNL)	2006	カリフォルニア大学ロサンゼルス校 エネルギー科学技術先進研究センター(UCLA)	2006
	ウィスコンシン大学マディソン校	2019	オーバーン大学理数学部(AUCSM)	2019
フランス	エクス・マルセイユ大学(AMU)	2007		
	原子力・代替エネルギー庁(CEA)	2015		
	日仏ITER物理のための基礎プラズマ研究国際連携研究所(LIA)	2019		
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)	2009		
オランダ	オランダ基礎エネルギー(FOM)研究所(DIFFER)	2011		
イタリア	プラズマ理工学研究所(ISTP)	2019	RFXコンソーシアム(Consorzio RFX)	2015
チェコ	チェコ科学アカデミー HiLASEセンター	2016		
タイ	チェンマイ大学(CMU)	2016		
ポーランド	プラズマ物理・レーザーマイクロ核融合研究所(IPPLM)	2017		
セルビア	ベオグラード大学	2019		
	ITER機構	2011		

学術交流協定締結機関一覧



## 国際連携

核融合研究は、その黎明期より国際協力の下に平和的に進められ、今日、世界各国で幅広い研究が行われています。核融合炉の実現に向けた研究開発及び学術基盤の充実のためには、国内はもとより世界の研究者の英知を結集して、長期的展望に基づいた共同研究・開発を進める必要があります。本研究所では、核融合に関する国際的な研究協力の日本側の代表機関としての役割を担うとともに、国際協力による共同研究・研究交流を積極的に推進しています。現在、世界的な国際協力が進められているITER計画と幅広いアプローチ(BA)活動においては、国際トカマク物理活動(ITPA)への貢献や超伝導、加熱、燃料供給装置などでの技術開発協力、そして、人材派遣まで幅広い国際研究協力が行われています。



## 国際協力の成果例

### ●ステラレータ・ヘリオトロン協定

#### ヘリカル方式核融合研究の国際共同研究ネットワーク

国際エネルギー機関において、多国間・多研究機関間のステラレータ・ヘリオトロン技術協力プログラムが締結されています。本技術協力プログラムには、日本をはじめ、オーストラリア、ユーラトム(欧州原子力共同体)、ロシア、ウクライナ、アメリカ合衆国(英語表記アルファベット順)が参画しています。その中でも日本は、副議長を核融合科学研究所長が務める等、主導的な責任を果たしています。本協定を基盤として、LHDをはじめとした世界各地のヘリカル方式核融合研究の国際共同研究ネットワークを構築し、共同実験の遂行や実験データベースの拡充、共同理論解析などを促進しています。それぞれの実験装置での発見や理論解析を、実験装置の違いを超えて体系化する取り組みが組織的に展開され、研究の進展に大きな役割を果たしています。



### ●日米科学技術協力事業

#### 共同プロジェクトの進展

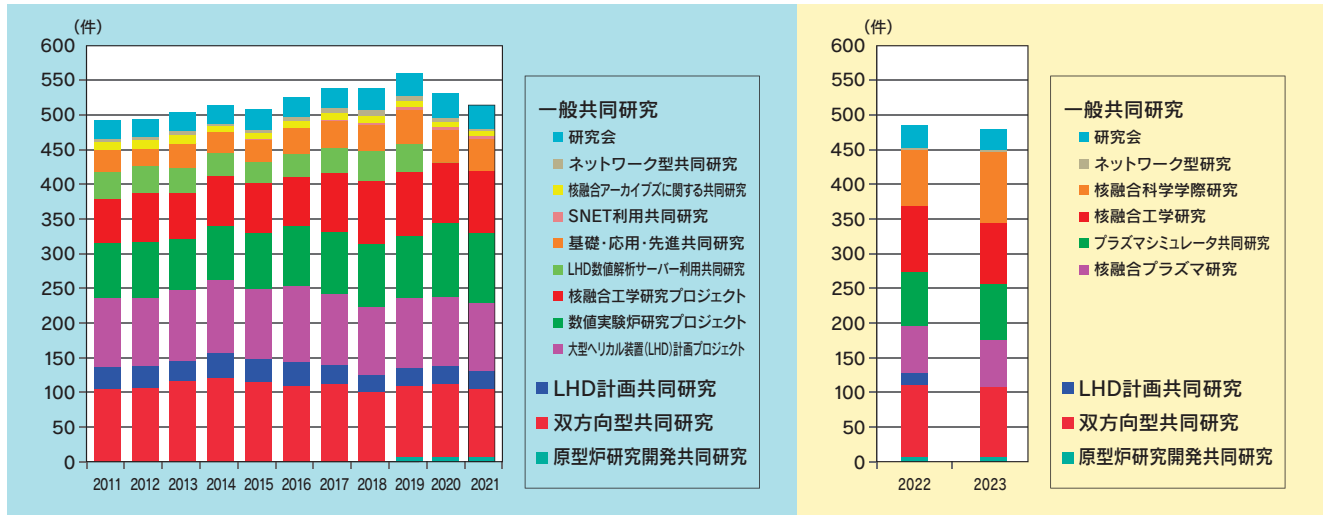
日米科学技術協力事業では、共同プロジェクトとしてFRONTIER計画(原型炉ダイバータにおける界面反応ダイナミクスと中性子照射効果)が2019-2024年度の6年計画で開始されました。本計画では、核融合発電原型炉のダイバータ用に開発された様々な材料の接合面としての界面と、冷却材と接触する界面で生じる異材・異相の反応での中性子照射効果を明らかにします。米国オークリッジ国立研究所(ORNL)の高中性子束炉(HFIR)や、アイダホ国立研究所(INL)の安全トリチウム実験施設(STAR)など米国にしかない特徴ある装置を活用した先端研究が進められています。



高中性子束炉(HFIR)(ORNL提供)

# 国内向け公募型共同研究

核融合科学研究所では、大学等からの幅広いニーズに対応するため、所内の施設を用いる「一般共同研究」、所外の施設を用いる「双方向型共同研究」と「核融合開発共同研究」、及び「原型炉研究開発共同研究」という四つの形態の共同研究を設け、毎年研究課題の公募を行うことで、共同利用・共同研究活動を強力に展開しています。

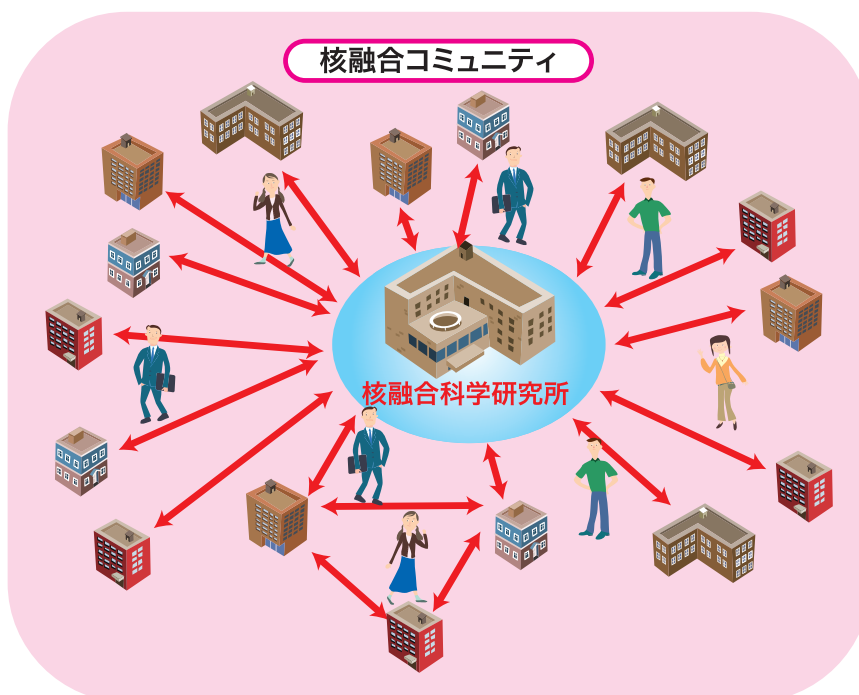


核融合科学研究所における共同研究は、研究の進展に合わせてカテゴリーの見直しをしており、2022年度には一般共同研究のカテゴリーを再編しました。上の図は共同研究課題採択件数の推移をカテゴリー別に示したものです。(LHD計画共同研究は2022年度で終了しました。)

## 一般共同研究

一般共同研究は、研究所が所有する実験装置、計測器、計算機、データベース等を使用して行う共同研究です。核融合研究が総合理工学であることを反映し、理学・工学分野の基礎から応用に至る、幅広い研究課題を扱います。

一般共同研究では通常、大学等の共同研究者が研究所を訪れて共同研究を実施しますが「ネットワーク型」カテゴリーでは、大学間で共同研究を行うことも可能です。また共同利用・共同研究を促進するために、研究所で「研究会」を開催することもできます。大学院生等も共同研究者として参加可能で、大学院教育、若手研究者の育成にも貢献しています。



## ■ 所外の施設を用いる共同研究

### 双方向型共同研究

双方向型共同研究は、特徴のある核融合関連研究設備を持つ大学附置研究所・センターと核融合科学研究所との間で双方向性のある共同研究を進めることにより、核融合研究における重要課題を解決しようというものです。そのため、参画する大学附置研究所・センターの装置を、大学共同利用機関である核融合科学研究所の共同利用設備と同等に見なし、当該装置を用いた全国の大学研究者との共同研究を核融合科学研究所の共同研究として受け入れている点がユニークな制度といえます。

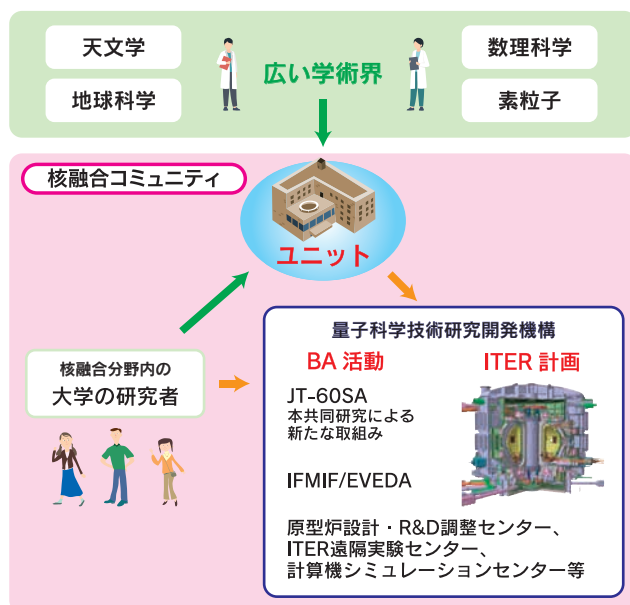
現在は、筑波大学プラズマ研究センター、京都大学エネルギー理工学研究所附属エネルギー複合機構研究センター、大阪大学レーザー科学研究所、九州大学応用力学研究所附属高温プラズマ理工学研究センター、富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センターの五つの研究所・センターが参画しています。



### 核融合開発共同研究

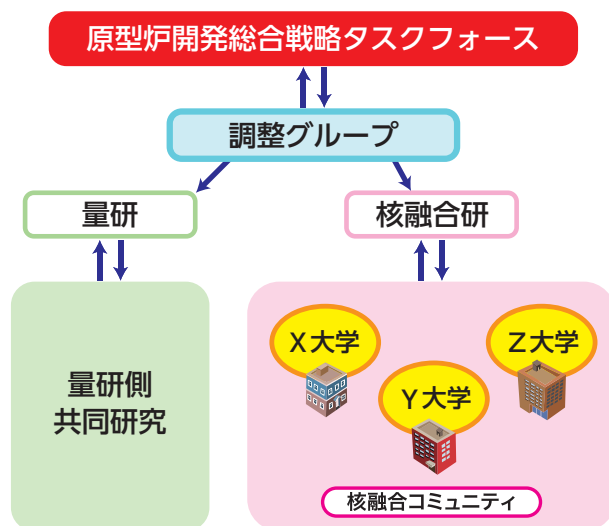
核融合開発共同研究は、核融合科学分野の国際的競争力強化と人材育成の基盤強化を目的として、大学共同利用の制度を活用して、量子科学技術研究開発機構が主導する最新鋭の核融合プラズマ実験装置JT-60SA等を利用する学術研究を推進します。核融合開発共同研究は、核融合科学研究所のユニットと核融合分野及び広い学術界の研究者の協力により、学術研究と核融合開発研究の連携を強化します。

本共同研究は2024年度から開始する予定です。



### 原型炉研究開発共同研究

本共同研究は、文部科学省の原型炉開発総合戦略タスクフォースで策定された「原型炉開発に向けたアクションプラン」を推進するために、2019年度より開始しました。量子科学技術研究開発機構(量研)側の共同研究と並行してアクションプランの課題に取り組みます。



## 国内研究機関との研究協力

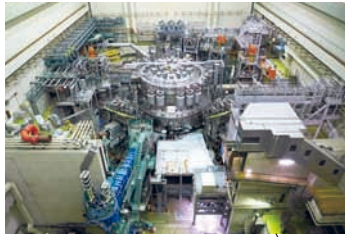
核融合炉の実現を目指した実験及び理論研究は、下図に示すように、国内の多くの大学・研究機関において多岐にわたって進められています。大学共同利用機関である核融合科学研究所は我が国の核融合科学研究の中核機関として、プラズマ・核融合研究の幅広い発展を目指し、全国の研究者の研究・交流の場を提供するため、先に紹介した四つの公募型共同研究を推進していますが、一方で大学・研究機関と個別の学術協定を結ぶことにより、それぞれの機関の得意とする研究分野との連携による新たな学術研究領域の開拓にも努めています。

### 共同研究の実施機関(全164機関)

筑波大学プラズマ研究センター  
GAMMA 10/PDX

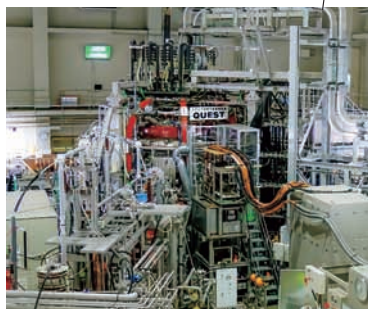
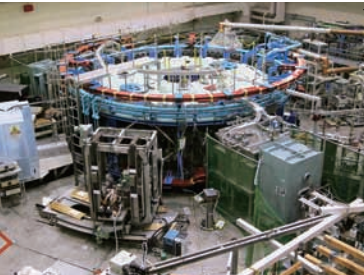


量子科学技術研究開発機構  
JT-60SA

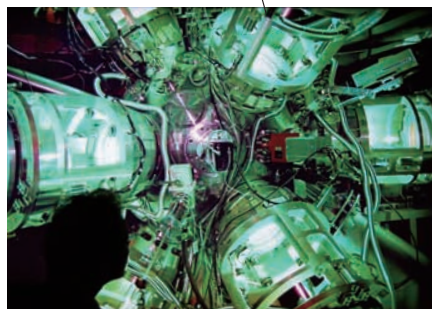


画像提供：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

京都大学エネルギー理工学研究所  
Heliotron J



九州大学応用力学研究所  
QUEST



大阪大学レーザー科学研究所  
激光XII号

### 核融合科学研究所 学術協定一覧

(2023年4月1日現在)

- ・北海道大学
- ・東北大学
- ・筑波大学
- ・東京大学
- ・富山大学
- ・静岡大学
- ・名古屋大学
- ・名古屋工業大学
- ・大阪大学
- ・九州大学
- ・量子科学技術研究開発機構
- ・多治見工業高等学校

## 技術部

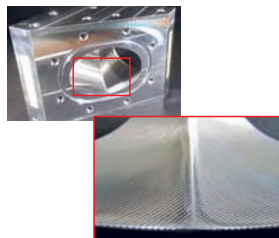
技術部は、大型ヘリカル装置(LHD)をはじめとする研究プラットフォーム、及び研究基盤ネットワークなどの情報設備における、運転・保守管理、装置の設計・開発製作、並びに放射線管理や安全推進業務に携わっています。また、複雑な技術課題には、異なる専門性を持つ技術職員がグループで対応し、解決策を見出します。さらに、幅広い研究支援技術を活かして、大学共同利用機関として共同利用・共同研究にも積極的に参画しています。このように、技術部は高度で専門的な技術支援を通じて、核融合研究における成果創出に大きく貢献しています。

### 機械システム技術

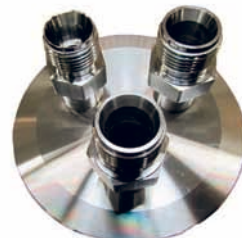
数値制御工作機械、汎用工作機械、溶接機等を使って実験装置や実験で使用される精密部品を製作します。また、実験装置全般の機械システムに関する設計支援、及び各種プラントの設計・管理・運転を担います。



機械加工の様子



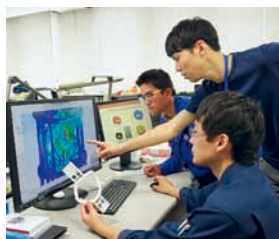
精密機械加工品



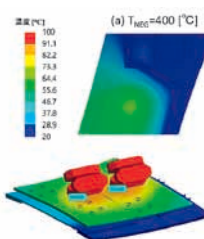
真空部品の溶接

### 設計開発技術

構造・熱・磁場・流体・電場解析などの数値解析ソフトウェアを用いて、高磁場・高温といった特殊環境下における実験装置の開発を行います。また、真空設備や極低温設備の設計開発を行います。



構造解析シミュレーション作業風景



熱解析



真空排気装置の設計・設置

### 電気電子技術

ネットワークアナライザ・オシロスコープ・高速パルス発生器・超低雑音電源等を利用して、電子回路工作を行います。また、高電圧電源の設計・管理を行います。



電子回路工作の様子



電子回路工作



大電力・高電圧装置の点検

### 計測分析技術

計測装置の開発支援や実験で取得したデータの処理・保存・管理をします。また、放射線管理、放射線測定及び放射線測定器の管理を行います。



計測装置の開発支援



実験データストレージの管理



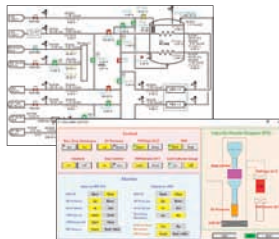
放射線測定

### 制御情報技術

実験目的に応じた制御システム開発を行います。また、情報ネットワーク基盤の運用・管理や対外的な研究活動の推進及び業務効率化など、技術支援のためのWeb開発を行います。



制御システム開発の様子

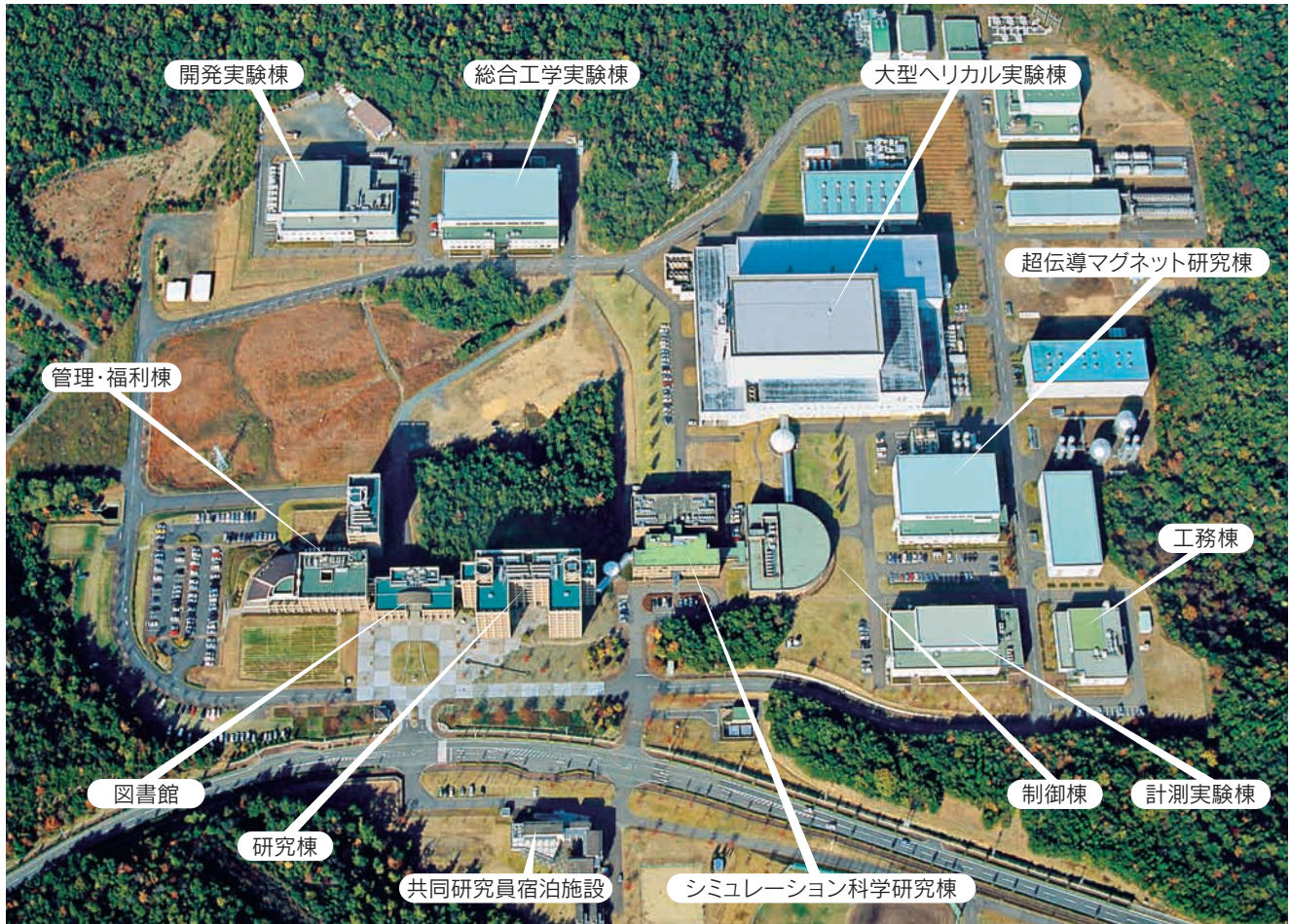


遠隔制御システム



Web開発

## 研究所構内図



土地 464,445㎡ 建築面積 39,557㎡ 延べ面積71,830㎡ (2023年4月1日現在) (2006年11月撮影)

## 沿革

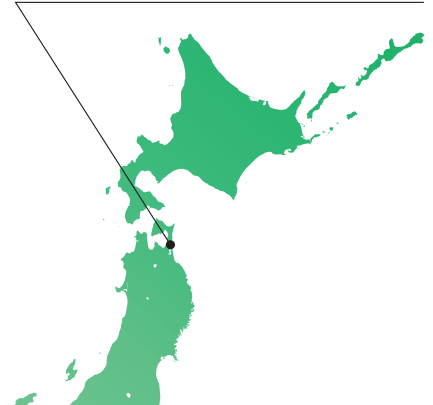
- |                  |                                                                                               |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1980年11月 (昭和55年) | 学術審議会「大学等における核融合研究の長期的推進方策について」建議                                                             |
| 1986年 2月 (昭和61年) | 学術審議会特定研究領域推進分科会核融合部会「大学における今後の核融合研究について」報告<br>……大型ヘリカル装置建設 (岐阜県土岐市に建設)、推進母体として新たな大学共同利用機関の設立 |
| 1988年 3月 (昭和63年) | 核融合研究所 (仮称) の組織及び次期大型ヘリカル装置計画の概要策定                                                            |
| 1988年 4月 (昭和63年) | 核融合研究所 (仮称) 創設準備委員会及び創設準備室設置                                                                  |
| 1989年 5月 (平成元年)  | 核融合科学研究所として「名古屋市 千種区」に設立                                                                      |
| 1992年 4月 (平成4年)  | 総合研究大学院大学数物科学研究科核融合科学専攻設置                                                                     |
| 1995年 8月 (平成7年)  | 大型ヘリカル実験棟竣工                                                                                   |
| 1997年 7月 (平成9年)  | 土岐市へ移転 研究所所在地を「岐阜県」に変更                                                                        |
| 1997年12月 (平成9年)  | 大型ヘリカル装置 (LHD) 完成                                                                             |
| 1998年 4月 (平成10年) | LHD実験開始                                                                                       |
| 2004年 4月 (平成16年) | 大学共同利用機関法人「自然科学研究機構」発足、同機構内の一研究所として再編<br>国立大学法人総合研究大学院大学設立、同大学院大学物理科学研究科核融合科学専攻設置             |
| 2004年 5月 (平成16年) | 創立15周年記念式典挙行                                                                                  |
| 2010年 4月 (平成22年) | 研究組織を改編統合 ヘリカル研究部設置                                                                           |
| 2014年 2月 (平成26年) | 研究力強化戦略室設置                                                                                    |
| 2016年 4月 (平成28年) | 対外協力部設置                                                                                       |
| 2017年 3月 (平成29年) | LHD重水素実験開始                                                                                    |
| 2019年 5月 (令和元年)  | 創立30周年 (土岐市移転22周年) 記念式典挙行                                                                     |
| 2022年12月 (令和4年)  | LHD重水素実験終了                                                                                    |
| 2023年 4月 (令和5年)  | 研究組織等を改編、ユニット体制移行<br>LHDはミッションを学際的研究に転換し、学術研究基盤として運用開始                                        |

核融合科学研究所 所在地・アクセス



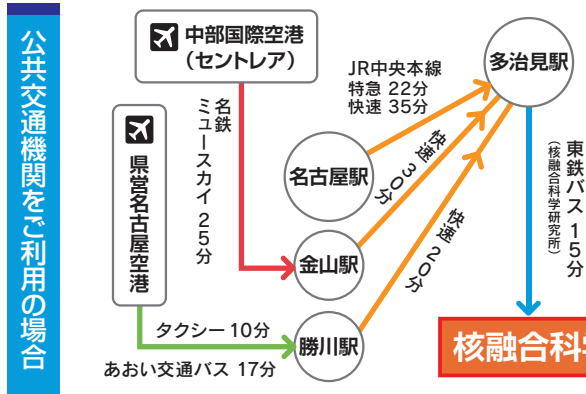
ヘリカル研究部  
六ヶ所研究センター

〒039-3212  
青森県上北郡六ヶ所村大字尾敷字表館2-166  
国立研究開発法人  
量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門  
六ヶ所研究所管理研究棟内  
TEL:0175-73-2151  
FAX:0175-73-2199



核融合科学研究所

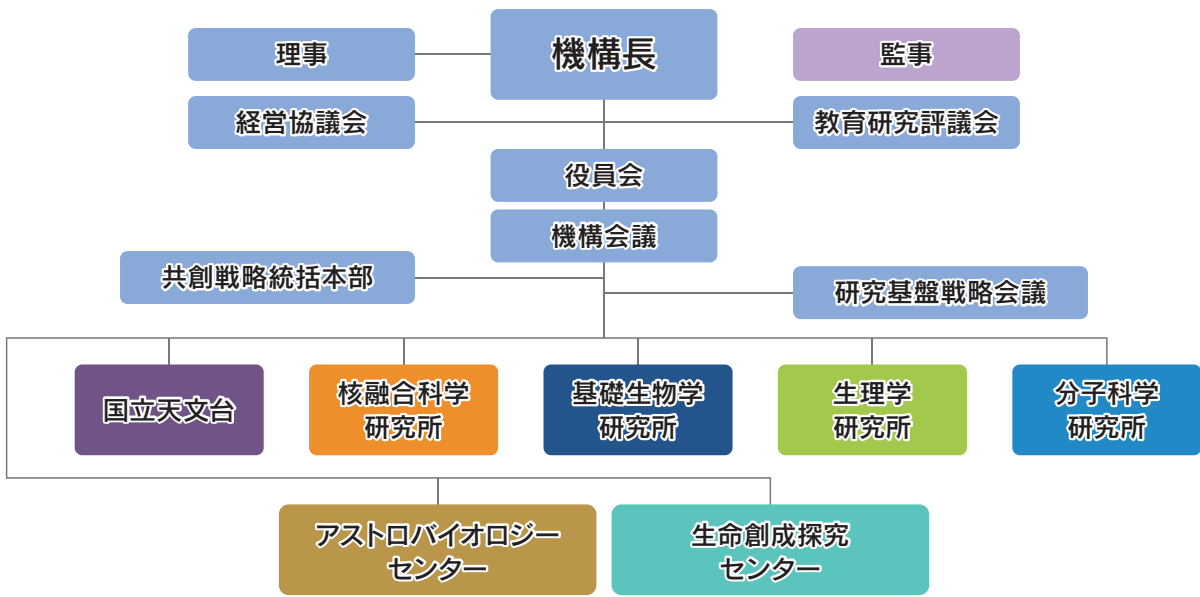
〒509-5292  
岐阜県土岐市下石町322-6  
TEL:0572-58-2222  
FAX:0572-58-2601



高速道路をご利用の場合

- ・東海環状自動車道 土岐南多治見I.C.から5分
- ・中央自動車道 多治見または土岐I.C.から20分

NINS 自然科学研究機構の組織 (2023年4月現在)





大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

**核融合科学研究所**

S O K E N D A I

国立大学法人

**総合研究大学院大学**

先端学術院 核融合科学コース

〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6 TEL : 0572-58-2222(代) FAX : 0572-58-2601  
<https://www.nifs.ac.jp/> E-mail : [NIFS@nifs.ac.jp](mailto:NIFS@nifs.ac.jp)

編集：核融合科学研究所広報室学術広報委員会 発行年月：2023年7月



環境にやさしい植物油インキ  
を使用しています