

別表1. 「令和5年度新規公募課題」

アクションプラン大項目	公募テーマ・概要と該当するアクションプラン項目
0.炉設計	原型炉の概念設計に向けた炉設計システムコード開発
	炉設計システムコードは、設計パラメータの様々なトレードオフ関係を考慮しつつ設計点を評価する。本課題では、最新の知見を導入した評価モデルの更新を行うとともに、同コードを用いてコスト評価および設計点の評価を行う。
	概念設計(2020年→2026年) コスト評価(2018年→2031年)
2.ブランケット	原型炉TBMシステムの概念設計の構築
	これまでに検討を進めた原型炉TBM概念を対象にMHD圧損の低減と自己冷却システムの構築に向けた設計検討を進めると共に当該概念の課題である耐腐食性等の検証実験の手法について検討を行う。
	小型試験体製作、機能・特性試験(2015年→2026年)
3.ダイバータ	原型炉の炉内粒子挙動シミュレーションコード開発
	原型炉における水素同位体(三重水素と重水素)の粒子制御に対しては、基礎研究成果をベースとして物理輸送モデルを構築すると共に、炉内(ダイバータから第一壁までを含む)の挙動(蓄積、再放出、透過、等)を記述できるシミュレーションコードが求められる。本課題では、炉内粒子挙動シミュレーションコードの開発に向け、水素同位体の炉内における蓄積、再放出、透過、等の挙動シミュレーションコードを開発する。
	炉内粒子挙動シミュレーションコード(2016年→2035年)
3.ダイバータ	原型炉排気システムの検討
	原型炉に適切な排気装置、水素同位体・ヘリウム分離など排気システムの検討と要素技術の開発などを行う。
	原型炉で使用可能な排気システムの検討(2016年→2026年)
4.加熱・電流駆動システム	原型炉用ECHシステムの技術仕様の検討
	核融合原型炉の加熱・電流駆動システムではNBIとECHを併用する予定であり、ECHはプラズマ着火、予備加熱、プラズマ制御など様々な役割を担うことが期待される。本課題では、原型炉用ECHシステムの技術仕様を検討するため、高周波源となるジャイロトロンと電源システム、伝送系、入射系の概念検討を実施する。
	ECH/NBI技術仕様の決定(2017年→2026年) 原型炉用高出力・定常ECHシステムの技術開発(2020年→2035年) 高信頼性ECHの概念設計(ミラーレス、周波数高速可変、保守)(2015年→2026年)
5.理論・シミュレーション	原型炉運転シナリオのロバスト性確保に向けた制御パラメータの検討
	核融合原型炉の運転シナリオ確立は炉設計の前提条件を決めるものであり、緊急かつ重要な課題である。加えて、加熱・電流駆動や燃料補給などの諸条件の変化に対して、確立された運転シナリオがロバストに成立させるために必要な制御パラメータを明らかにしておくことも必要不可欠である。本課題では、プラズマの安定性・輸送特性・燃焼効率などの運転時に要求される炉心プラズマ特性に対するプラズマ諸量の影響を数値解析し、上記のようなロバストな運転シナリオを実現するために必要な制御パラメータを見いだすことを目的とする。
	炉心プラズマ統合SMCのSA,ITER核燃焼実験などへの適用、検証及び継続開発(2020年→*)
5.理論・シミュレーション	原型炉における周辺領域の粒子輸送シミュレーション
	核融合原型炉では、燃料を炉心領域に補給しつつヘリウム灰などの不純物を排出する必要があり、プラズマ閉じ込め領域全体の粒子輸送特性を理解することは重要である。本課題では、大域的ジャイロ運動論コードに基づく第一原理シミュレーションでプラズマ閉じ込め領域全体の粒子輸送計算が出来るように拡張し、これを用いて原型炉における粒子輸送特性を理解することで、燃料補給を行いつつ不純物の蓄積を防ぐ方法について検討する。
	ディスラプション・核燃焼プラズマ・乱流輸送第一原理系SMCの重点開発・利用(2020年→*)
5.理論・シミュレーション	原型炉における炉心プラズマ不純物制御のシナリオ検討
	核融合原型炉において不純物制御手法の確立が核燃焼制御のための重要課題となっている。炉心プラズマに混入し得る複数種の不純物イオンの影響を考慮したうえで有効な放電シナリオを確立する必要がある。本研究課題の目的は、多種イオンを含む炉心プラズマ統合輸送コードを用いてシミュレーション研究を行い、不純物制御シナリオを提示することであり、これにより核燃焼制御技術開発に資する。
	炉心プラズマ統合SMCのSA,ITER核燃焼実験などへの適用、検証及び継続開発(2020年→*)
7.燃料システム	燃料サイクル評価コードの開発
	原型炉では、三重水素のインベントリを低減することが求められるため、ダイレクトリサイクル概念を検討中である。本課題では、燃料サイクルシミュレーターの構築に向け、燃料サイクル内の個々の機器に対する三重水素挙動評価コードを開発する。
	燃料循環システム要素技術(不純物除去、同位体分離など)の開発(2015年→2026年)
7.燃料システム	初期装荷用三重水素の確保方策の検討

	<p>原型炉の三重水素は自然界にはほとんど存在しないため、原型炉の起動に必要な三重水素を確保する必要がある。これまでに高温ガス炉にリチウム装荷用ロッドを挿入して生産する調達手法とDD核融合反応による中性子を用いて増殖ブランケットで生産する調達手法を検討している。本課題では、これら調達手法の詳細な検討、或いは新たな初期装荷用三重水素の確保方策について検討する。</p> <p style="text-align: right;">初期装荷Tの核の方策の検討(2020年→2023年) 初期装荷Tの確保準備(2024年→2035年)</p>
7.燃料システム	<p>燃料供給のためのペレット生成・同位体比モニタに関する検討</p> <p>燃料供給のためのDT混合ペレット生成や、供給燃料中の同位体比モニタおよびその燃料システムへの組み込みについて検討する。</p> <p style="text-align: right;">燃料循環システム要素技術（不純物除去、同位体分離など）の開発(2015年→2026年)</p>
8.核融合炉材料と規格・基準	<p>磁気環境下における低放射化フェライト鋼の破壊機構に関する研究</p> <p>核融合炉構造材料である低放射化フェライト鋼は、強磁場下で熱負荷や中性子照射負荷を受ける環境において構造健全性を保つことが求められる。本課題は、強磁性体である低放射化フェライト鋼F82Hの磁気特性を整理した上で、強磁場下での機械的特性試験を行い、磁場下に特有の破壊挙動の特徴を整理するとともに、破壊機構に関する検討を行い、原型炉に要求される材料スペックを明らかにする。</p> <p style="text-align: right;">原型炉に要求される材料スペックの明確化、技術仕様の提示(2015年→2026年)</p>
8.核融合炉材料と規格・基準	<p>原型炉ブランケット接合部の腐食挙動に関する研究</p> <p>ブランケットにおいては様々な継手が存在し、特に異材継手部では電蝕が発生し環境強度特性が低下することが懸念される。本研究では、共材、異材継手を製作し、環境強度特性の変化について検討するための基礎データとして静水腐食特性を評価し、検討すべき課題の整理を行う。また、静水腐食特性評価を進めるにあたり接合部の腐食特性評価手法の検討を行う。以上より、原型炉に要求される接合部のスペックを明らかにする。</p> <p style="text-align: right;">原型炉に要求される材料スペックの明確化、技術仕様の提示(2015年→2026年)</p>
8.核融合炉材料と規格・基準	<p>低放射化フェライト鋼のブランケット機能材料との共存性に関する研究</p> <p>原型炉ブランケットにおいては、候補材である低放射化フェライト鋼と機能材料であるリチウム酸化物やベリライドなどの増殖・増倍材との構造的な接触が不可避であり、原型炉環境下でのこれら材料間の共存性の確保は重要である。本課題では、最新のブランケット増殖・増倍材を対象に、主に高温環境下での共存性を微細組織の観点から整理するとともに、低放射化フェライト鋼の機械的特性や寿命に及ぼす影響について評価を行い、原型炉に要求される材料スペックを明らかにする。</p> <p style="text-align: right;">原型炉に要求される材料スペックの明確化、技術仕様の提示(2015年→2026年)</p>
8.核融合炉材料と規格・基準	<p>原型炉ブランケット構造材料の三重水素透過挙動及び三重水素水中腐食挙動に関する研究</p> <p>原型炉ブランケットにおいては、プラズマからの三重水素透過や三重水素水による腐食の促進が懸念されるものの、高温三重水素水中での低放射化鋼の腐食特性評価例は限られている。本研究では三重水素透過防止膜の検討を行うとともに、三重水素水中での腐食試験を実施し、三重水素水中腐食メカニズムの解明に資する。</p> <p style="text-align: right;">接合被覆部・環境影響に関する照射データ取得(2015年→2031年)</p>
8.核融合炉材料と規格・基準	<p>薄肉構造部の強度試験技術及び構造健全性評価手法に関する研究</p> <p>原型炉ブランケットやダイバータ等の炉内構造物は、薄肉構造部に複雑な力学的拘束を受ける。しかしながら、広く使用される規格試験は必ずしも薄肉構造に適用できるものではない。また、曲面を有する管や半球殻構造への試験技術は必ずしも確立していない。本課題では、核融合炉内機器構造体の構造設計指針策定に向けて、薄肉構造の試験技術及び構造健全性評価手法の構築を進める。特に、中性子照射試験を目的とした微小試験片技術の確立は重要であり、重点的に検討を進める。</p> <p style="text-align: right;">微小試験片技術の信頼性評価・規格化(2015年→2026年) 照射効果を踏まえた構造設計基準の在り方を提示(2015年→2026年)</p>
8.核融合炉材料と規格・基準	<p>多軸度を考慮した核融合炉構造材料の寿命予測及び寿命診断技術に関する研究</p> <p>原型炉ブランケットやダイバータ等の炉内構造物は、使用環境に応じて多軸応力負荷等の複雑な力学的拘束を受ける。特に原型炉条件では、構造設計において、重照射による脆化やスエリング等の影響を考慮する必要がある。本課題では、核融合炉内機器構造体の構造設計指針策定に向けて、多軸度を考慮した核融合炉構造材料の寿命解析手法及び寿命診断技術の構築を進める。特に、クリープ疲労による構造健全性確保は重要であり、重点的に検討を進める。また、中性子照射試験を目的とした微小試験片技術の確立は重要であり、併せて検討を進める。</p> <p style="text-align: right;">微小試験片技術の信頼性評価・規格化(2015年→2026年) 照射効果を踏まえた構造設計基準の在り方を提示(2015年→2026年)</p>
8.核融合炉材料と規格・基準	<p>原型炉ブランケット筐体内の冷却水-磁場相互作用に関する研究</p> <p>原型炉ブランケット筐体内を流れる水には磁性体である低放射化フェライト鋼から溶出したイオンや粒子を含み、そのため原型炉ブランケットのような強磁場下においては冷却水の流れに影響を及ぼす可能性がある。水の流れは腐食特性に影響するため、強磁場下におけるブランケット筐体内の水の流動特性評価を磁場解析と連成した流体解析によって実施する。得られた結果をもとに、腐食が問題となりうる箇所の検討を行い、構造健全性評価のためのインプット情報として整理する。</p>

	照射効果を踏まえた構造設計基準の在り方を提示(2015年→2026年)
8.核融合炉材料と規格・基準	核融合炉炉内機器要素部材の欠陥を考慮した構造健全性及び非破壊検査技術に関する研究 <p>原型炉ブランケットやダイバータ等の炉内構造物の調達仕様を定める上で、実機で想定される欠陥の分布やサイズの構造健全性及び影響を明らかにする必要がある。本課題では、確率論的アプローチを導入することで、炉内機器要素部材を対象に、欠陥サイズや分布を考慮した健全性評価を行うとともに、構造健全性に影響を及ぼす欠陥の特徴を整理し、分類する。また、これらの欠陥が検出可能な非破壊検査技術の確立は重要であり、併せて検討を進める。</p>
	照射効果を踏まえた構造設計基準の在り方を提示(2015年→2026年)
8.核融合炉材料と規格・基準	ヘリウム・水素による材料照射マイクロ組織発達挙動の予測に関する計算機シミュレーション研究 <p>原型炉ブランケット構造材料の照射劣化の要因となるマイクロ組織発達挙動、とりわけ核融合炉材料内に特有なヘリウム及び水素によるマイクロ組織発達挙動の予測技術開発に貢献するべく、ヘリウム・水素共存下での照射欠陥及び内在析出物挙動のメカニズム解明・物理的モデル化を進め、核融合原型炉内環境下における材料マイクロ組織予測のためのモデリング・シミュレーション基盤を構築する。</p>
	He影響の理解の進展、核融合中性子照射影響の解明、照射劣化モデルの構築(2015年→2035年)
8.核融合炉材料と規格・基準	ヘリウム・水素相乗環境下での照射マイクロ組織・特性変化予測に関する研究 <p>核融合中性子照射場特有の核変換ヘリウム・水素相乗効果について、欠陥生成挙動から微細組織変化、さらには変形・破壊挙動への相乗効果解明のための実験的評価、モデル検証のためのデータ整備を行うことで、核融合中性子照射影響予測への信頼性向上に貢献する。</p>
	He影響の理解の進展、核融合中性子照射影響の解明、照射劣化モデルの構築(2015年→2035年)
8.核融合炉材料と規格・基準	A-FNS加速器の高エネルギービーム輸送系とLiターゲット境界の真空設計に関する研究 <p>核融合中性子源A-FNS加速器の高エネルギービーム輸送系では、真空度をLiターゲット側はe-3~e-4Paに維持し、さらに液体Liが安定に循環する状況下において、加速器側をe-5Pa以下に作動排気する必要がある。本研究では、A-FNSの加速器とターゲット境界の真空設計に資するため、Li循環下での作動排気実証実験を実施し、実験結果をA-FNSの高エネルギービーム輸送系の真空設計に反映させる。</p>
	核融合中性子源の設計・建設(2015年→2030年)
9. 安全性	核融合原型炉における環境三重水素の拡散モデルの構築と計測手法の検討 <p>原型炉の通常運転時に放出される微量な三重水素は、長い年月をかけて拡散・沈着・再放出・農作物への移行などを経て広がる。本課題では、環境中に放出された微量な三重水素の拡散モデルを構築すると共に、それらの計測手法を検討する。</p>
	定常・異常時の環境への放出量評価と制御(2020年→2034年)
10. 稼働率と保守	核融合原型炉の廃止措置計画および放射性廃棄物の埋設区分に関する検討 <p>放射性物の埋設区分を同定するためには、通常時と地すべり等の変動要因がある場合(変動シナリオ)の地中での核種移行解析を行う必要がある。本課題では、原型炉の廃止措置計画を検討すると共に、発生する放射性物の埋設区分について変動シナリオを対象に核種移行解析を実施する。</p>
	放射性廃棄物の処分・再利用基準の策定(法規制準備)(2023年→2026年)
11. 計測・制御	原型炉に向けた核融合装置計測データの遠隔複製データベース構築のためのデータフロー研究 <p>原型炉の設計にはITERでの実験計測結果の解析が不可欠である。ITER遠隔実験センターでは、ITERで生成された大規模実験データを遠隔サイトに転送し、ITERサイトの元データと同期しながら、複製データベースを構築し、原型炉設計に供する予定である。本課題では、転送されたデータの保存、保存データのインデックス生成、元データとの同期、一時保存から長期保存への自動移行、計測・解析データへのアクセス等のデータフローについての技術開発・検証を行う。</p>
	ITER/JT-60SA等での制御実績(手法、成功率等)と応答時間のDB構築(2020年→2035年)
11. 計測・制御	データサイエンスを利用した原型炉制御のために必要な計測機器とデータ推定手法の検討 <p>原型炉においては核融合反応に伴う中性子、ガンマ線の照射により、多くの計測機器は実装不能となる。多くの物理量が間接的に計測され、他の物理量から推測を行う必要が生じる。本課題では、限られた計測データからプラズマの制御を行うだけの物理量の推測が可能であるかを、既存の磁場閉じ込めプラズマ実験装置の結果を使って検証し、原型炉運転に最低限必要とされる計測とデータ推定手法について検討を行う。</p>
	候補計測器の決定と開発(2020年→2026年) 学習・推定ツールの開発(2020年→2026年)
11. 計測・制御	核融合原型炉の制御概念の検討 <p>原型炉の高自律性燃焼プラズマではプラズマ温度、密度、電流の各分布が相互に関連するとともに外部アクチュエータも加熱と電流駆動パワーが連動するなど、原型炉全体として複雑なリンケージを形成するため、複合的な制御技術が要求される。本課題では、高自律性燃焼プラズマの制御概念の構築に資するための研究として、例えばシミュレーションに基づく運転制御シナリオ検討、運転裕度評価等を実施する。</p>
	運転基準点・運転許容範囲の評価(2020年→2026年)