

軸	核融合炉システム
ユニット名 (英文名)	核融合原型炉・基盤研究 (Innovation of academic issues for Fusion DEMO)
核融合科学の キーワード	核融合原型炉、磁場閉じ込め核融合、レーザー核融合、燃料トリチウム循環、水素同位体挙動、環境・生体トリチウム、固体金属、液体金属・熔融塩、制御システム、安全解析、ブランケット、ダイバータ、ハイブリット電力システム
学際的展開の キーワード	閉鎖系物質循環、熱化学分解、触媒効果、水素製造、電力需給調整力、エネルギー貯蔵、エネルギー変換、モデル予測制御、データ駆動科学
研究組織	① 核融合研職員 芦川直子、核融合工学、トリチウム制御 後藤拓也、核融合炉システム設計 力石浩孝、電力変換工学 宮沢順一、核融合炉工学、プラズマ物理 成嶋吉朗、プラズマ物理、超伝導工学 今川信作、マグネット工学、核融合工学

本計画書は、下記の協力者と共に作成した。

森芳孝（光産業創成大学院大学）

染谷洋二、岩井保則、磯部兼嗣（QST）

重森啓介、有川安信（阪大）

片山一成（九大）

鈴木康浩（広大）

菊地和平（統数研）

大矢恭久（静大）

八木重郎、興野文人、田中卓（京大）

伊藤悟（東北大）

中村誠（釧路高専）

江原真司、鈴木正敏（東北大）

波多野雄治（富山大）

鳥養祐二（茨城大）

谷貝剛（上智大）

野村新一（明治大）

岡村哲至（東工大）

福本直之（兵庫県立大）

三浦友史（長岡技術科学大学）

平野直樹、横山雅之（核融合研）

ユニット軸：核融合炉システム (核融合原型炉・基盤研究)

Innovation of academic issues for Fusion DEMO

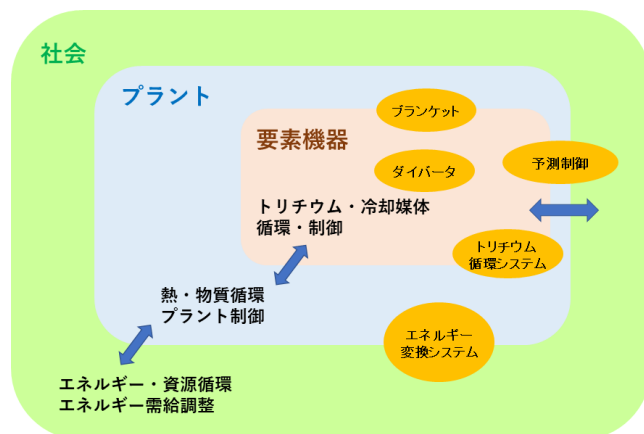
人類が持続可能な社会を確立するためには、地球上のエネルギーをこれまで以上に有効に活用するエネルギー構成の見直しが必要である。その中でも核融合エネルギーはカーボンニュートラル実現への寄与が期待されているが、社会で広く利用されるためには、核融合エネルギーが高い安全性と有益性を有することが求められる。本ユニットは魅力的な核融合エネルギープラントを実現するために、社会からの要請を反映可能な新しい学問領域である核融合炉システム設計工学を確立することを目的とする。

高い安全性の観点からは、核融合エネルギープラント周辺環境における環境や生態へのトリチウム影響、放射化しにくい材料の選定、低レベルおよび短半減期を有する放射化物の管理、および定常的なプラントの運用に加えてフェイルセーフの概念を有する異常時対応とプラント全体への協調制御が必要である。

また、高い有益性のためには、蒸気タービン発電機を用いた電力供給およびベースロード発電としての100万kW級大規模発電所といった従来の概念に捉われない、新たな発想に基づいた、電力以外のエネルギーとの組み合わせによるハイブリット出力、柔軟なエネルギー出力規模の選択、エネルギー備蓄が可能なプラント設計が必要となる。これらの課題を解決するために、核融合エネルギープラントとその周囲（環境・生態影響）までを対象とし、1）社会、2）プラント、3）各要素機器、といった異なるレベルを統合して取り扱う「核融合炉システム設計工学」を構築する。

核融合炉システム設計工学では、核融合エネルギープラントが実装された社会、すなわちエネルギー資源が自己充足され持続可能な社会を前提とする。ここで重要となるのは、核融合反応の燃料であるトリチウムの取り扱い、発電効率に大きな影響を及ぼすブランケット・ダイバータ設計、大型で複雑な階層構造を有するプラントの制御、および排熱を利用した水素製造とその備蓄を行うハイブリット型エネルギープラントの設計といった研究課題である。

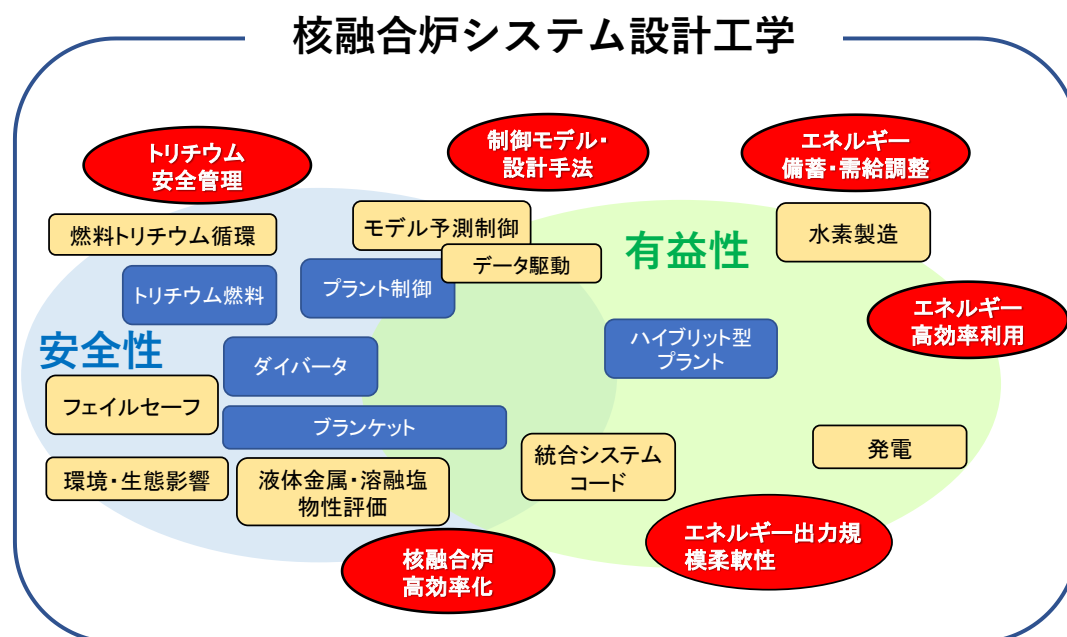
これらの課題に対し、トリチウムの取り扱いについては、放射性物質である燃料トリチウムガスの定常的な循環を安全性と経済性を担保しつつ運用する手段を得るため、世界で初めて基礎実験としてのトリチウム循環装置を構築する。これにより、ユニット期間後に想定される実規模トリチウム循環装置に適用可能な閉鎖系トリチウム循環システムの運用法と安全管理技術を確立する。



「核融合炉システム設計工学」が取り扱う範囲

ブランケット・ダイバータ設計においては、液体金属・溶融塩のブランケット・ダイバータへの適用条件を解明するため、液体金属・溶融塩の流動場かつ磁場下での熱流動特性を明らかにする。これにより、先進的な概念に基づくブランケット・ダイバータ設計を可能とし、ブランケット・ダイバータの設計の多様性の保持につなげる。これらプラントを構成する要素機器は互いに連動した運用が必要で、かつ装置規模が大きいいため、プラントの制御については火力発電や化学プラントで用いられているモデル予測制御の概念を適用し、核融合プラントに適合した制御用モデルおよび制御設計手法を構築する。これにより、大型で複雑な階層構造を有する核融合プラント全体の円滑でかつ安全性の高い運用技術確立する。ハイブリット型エネルギープラントの設計については、核融合反応から得られる熱エネルギーの効率的な利用とエネルギー備蓄につなげるため、排熱からの水素製造に向けた適用温度依存性、および熱取り出しに関する基礎研究を行う。これにより、プラント全体として高効率なエネルギー出力およびエネルギー備蓄が可能な新規性の高いプラント概念の確立を目指す。このような4つの主要なテーマ、1) 液体金属・溶融塩および水素に関する基礎物性評価、2) 燃料トリチウムの高効率および安全利用、3) 原型炉に適用可能な予測制御法の構築、4) 核融合エネルギーの複合的な利用と社会実装に向けた課題解決、を中心にした要素研究を実施し、かつその成果を体系化することにより「核融合炉システム設計工学」を確立する。

本ユニットでは、ここで述べた多様な課題解決の多くを研究所外との共同研究として実施する。これらの共同研究を通じて我が国が核融合関連研究を先導して実施することにより、ユニットに関連する国内外の大学や他機関との円滑な研究連携に向けたゲートウェイとしての機能および人材育成に対して主導的な役割を担う。



「核融合炉システム設計工学」が取り扱う学術的課題とアウトカム（赤で記載）