

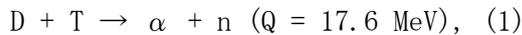
趣旨説明
Purpose explanation

小林 真^{a, b}
Makoto I. Kobayashi

^a核融合研、^b総研大
^aNIFS, ^bSOKENDAI

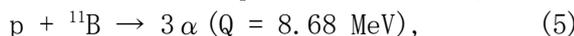
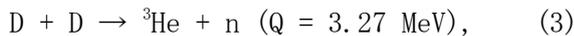
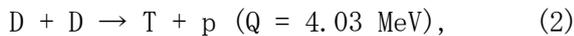
本文

現在我が国では、燃料に重水素・三重水素を使用するD-T核融合原型炉開発が、原型炉研究開発ロードマップに基づき戦略的に進められている。D-T核融合炉では、



の反応により生成する中性子の運動エネルギーを熱エネルギーに変換し発電を行う。原型炉開発以降においては、コンパクトな炉サイズによる低コスト化・廃棄物低減、高温ブランケットによる高経済性化などの高性能化が進められると想定される。このような先進D-T核融合炉では、炉壁への中性子束・熱負荷が増大することで原型炉以上に厳しい環境で材料特性を維持する必要がある。

一方、D-T反応以外の比較的大きな反応断面積を有する核融合反応として、



などが挙げられる。これらの反応を利用するD-D, D-³He, p-¹¹B等の先進燃料核融合炉は、トリチウムを主燃料として用いないためトリチウムの初期装荷・増殖が不要で、D-T核融合炉と比較して炉内機器の中性子照射損傷の影響が小さい。さらに、発生した核融合エネルギーの担体が荷電粒子中心となるため、直接エネルギー変換による高い経済性が期待できる。一方、核融合燃焼条件の実現のためにはプラズマの高温・高密度化が必要である。このように、先進燃料核融合炉においても、トリチウム・中性子により引き起こされる問題が緩和されるものの、高密度・高温プラズマの閉じ込め、燃料粒子の価数増加による輻射熱の増加、さらに粒子を直接取り出してエネルギーを取得する必要があるため、燃料粒子負荷、熱負荷が厳しくなる。

最近では、欧米ベンチャー企業により先進核融合炉開発と発電の実証が掲げられ、民間予算により研究が大きく進んでいる。これらの炉開発はその開発初期においては小規模な発電を

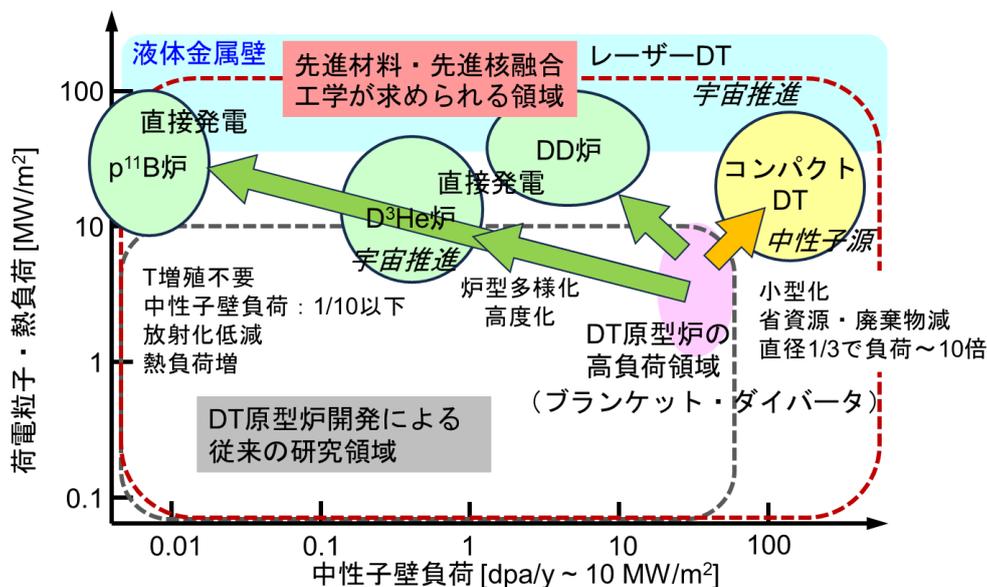


図 先進核融合炉で想定される物理環境

目標とするが、最終的には大規模発電へスケールアップすることと想定される。そのような将来像を具現化するためにも、先進核融合炉に適用可能な材料開発・炉工学研究を、民間の開発スピードに追従し、早急に進める必要がある。

先進核融合炉に適用可能な材料・炉工学は原型炉と比して、その炉形式に応じて一部のパラメータが変化することで際立った特性が要求されるものの、本質的には物理・工学課題を共有している。従って、先進核融合開発を通じて得られる物理・工学的知見は原型炉開発における材料・炉工学課題を高次に理解し解決することにつながるものであるといえる。

そこで本シンポジウムでは、D-T核融合原型炉の環境（中性子壁負荷、荷電粒子・熱負荷）を超えた、先進核融合炉で想定される過酷な物理環境における材料内物理現象について、その現状理解と展望について紹介する。過酷な環境だからこそ起こる現象の発現機構やその重畳効果を含めた系統的な研究から、広い時間・空間スケラビリティを有した定量的材料挙動モデル構築の可能性、課題について、核融合炉工学コミュニティ全体で総合的に討論することを目的とする。

本シンポジウムの構成は以下のとおりである。

- S2-1 趣旨説明, 小林真 (核融合科学研究所)
- S2-2 先進核融合炉開発の現状と、炉壁における物理環境, 小西哲之 (京都フュージョンリアリング)
- S2-3 高損傷率領域における材料研究, 長谷川晃 (東北大学)
- S2-4 材料中の損傷と燃料粒子の相互作用とダイナミクス, 波多野雄治 (富山大学)
- S2-5 マイクロ波加熱による非平衡場での結晶構造挙動と物性物理, 高山定次 (核融合科学研究所)
- S2-6 液体金属の適用と技術課題, 片山一成 (九州大学)
- S2-7 総合討論

S2-2にて、先進核融合炉の工学的課題や材料主導、工学優先の核融合イノベーションのアプローチの重要性について論じた後、S2-3にて金属材料損傷試験の基礎研究結果から、中性子壁負荷の影響について紹介する。S2-4では金属材料中に生成する損傷と水素同位体などの燃料粒子の相互作用に関する基礎研究について、

S2-5では高熱負荷下で駆動される非平衡物性物理現象について紹介する。また、S2-6では、先進核融合炉では熱負荷が厳しく炉壁等の材料に液体金属を用いることが検討されており、その適用に係る工学課題について紹介する。最後に総合討論を行う。

一方、トリチウム増殖や中性子壁負荷の問題が緩和される先進燃料炉では材料の選定ウィンドウや材料に課される役割が大きく異なる可能性があるが、本シンポジウムではカバーできていない。このことについては今後議論が活発化し、検討が進むことを期待する。