

核融合発電実用化に向けた開発ステップと実験炉 ITER の役割

背景

国際熱核融合実験炉(ITER)計画は、フランスへの建設が決まり、ITER 事業体発足に向けた最終的な国際協議が進められている。この ITER の建設、運転をとおして核融合炉の実用化に向けて大きく前進することが期待されている。しかしながら、ITER 計画が成功したとしても、直ちに核融合発電が実用化されるものではない。実験炉 ITER で得られた成果をもとにして、発電システムとしての実証、経済性の実証と実用化へのステップを経なければならない。

核融合炉の実用化を目指すには、具体的な開発ミッションを策定し、ITER 計画で見込まれる炉心プラズマ性能に基づき具体的な発電実証炉、実用炉を明示した開発ステップを構築する必要がある。その際、将来のユーザ(電気事業)の視点を核融合炉開発のミッションや開発ステップに反映させると共に、発電システムという観点から ITER 計画で得られる技術見通しを明確にする事が重要である。

目的

今後の核融合開発に対して将来のユーザの視点を反映させるために開発ミッションならびに開発ステップを提案し核融合開発に資すると共に、核融合発電に向けて ITER 計画から得られる技術見通しを明確にする。

主な成果

1. 将来のユーザとしての視点から、部分負荷、緊急停止を含む運転技術、安全性確保技術、メンテナンス技術、廃棄物処理・処分技術、核融合発電の魅力の明確化も含めた開発ミッションを策定した。
2. 発電実証のためには、プラズマ性能を表す規格化ベータ値(β_N)¹に関して 1.9 以上を必要とする事がわかった。このプラズマ性能はITERの標準運転で達成予定である。また、実用化に最低限必要な規格化ベータ値は 3.0 以上であり、このプラズマ性能はITERの高性能運転で目標とされている。
3. 当所が提案し日本の目指すべき核融合実用炉の候補とされている実用炉概念CREST²と、実験炉ITERの両方に整合する発電実証炉Demo-CRESTの概念検討を行った(図1)。これによって具体的な核融合開発ステップを世界に先駆けて構築した。
4. 開発シナリオから得られた実用化のために目指すべき開発目標と、ITER計画から得られる技術的見通しを比較した結果、プラズマ性能の改良(β_N 4.0)と材料開発も含めた熱効率の向上(40%以上)がITER計画以降の重要な技術課題である(表1)。

今後の展開

今回作成した開発ステップと具体的な開発目標に関して、環境負荷や安全性の観点からさらに考察することで、将来のユーザ(電気事業)が使いやすい電源となるための開発の方向性を明らかにする。

主 担 当 者 原子力技術研究所 新型炉領域 主任研究員 日渡 良爾
研究企画グループ スタッフ 主任 朝岡 善幸
原子力技術研究所 新型炉領域 上席研究員 岡野 邦彦

関連報告書 「核融合発電実用化に向けた開発ステップと実験炉 ITER の役割」 電力中央研究所総合報告：
(2005年4月)

関連論文 R.Hiwatari, *et al.*, "Demonstration tokamak fusion power plant for early realization of net electric power generation", Nuclear Fusion Vol.45, 96-109, 2005

*1 β_N は規格化ベータ値というプラズマの圧力を表す指標であり、この値が大きければ出力密度が大きくなり装置の小型化が可能になるという性質を持つ。 β_N 3.5を目指す場合、コイルや電流駆動によるフィードバック制御が必要となる。

*2 原子力委員会核融合会議開発戦略検討分科会「核融合エネルギーの技術的実現性、ITER 計画の拡がり」と裾野としての基礎研究に関する報告書」平成12年5月

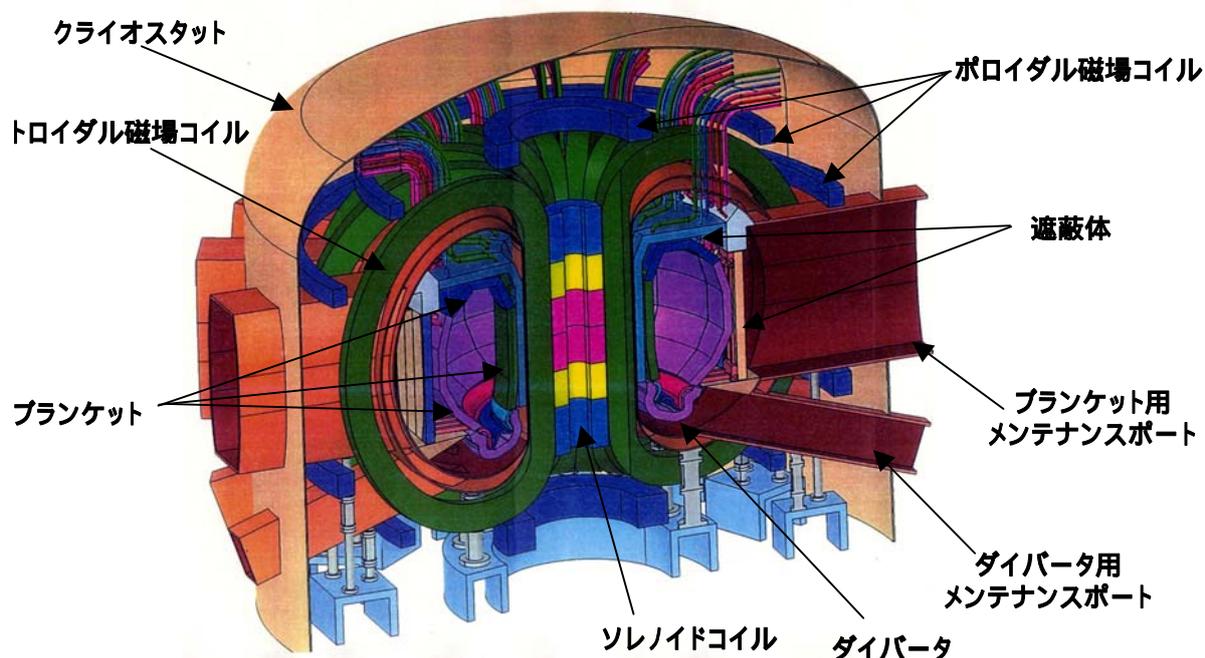


図1 発電実証炉 Demo-CREST の鳥瞰図

表 1 実用化に向けて目指すべき代表的な開発目標値と ITER 計画から得られる技術的見通し

炉心プラズマ性能		
開発項目	目指すべき開発目標	ITER 計画で得られる見通し
規格化ベータ値(β_N)	4.0 以上	1.9 ~ 3.5
エネルギー増倍係数 (Q値)*	30 以上	10 ~ 20 (20 以上の可能性も有する)
炉工学技術		
開発項目	目指すべき開発目標	現状もしくは ITER 計画で得られる見通し
超電導コイル技術	磁場強度 16T(テスラ)以上	13T コイルが開発済
プラズマ加熱技術	加熱ビームエネルギー1.5MeV 以上 システム効率 50%以上	加熱ビームエネルギー1.0MeV 開発済 システム効率 30 ~ 40%開発予定
熱効率	40%以上	冷却水出口条件 15Mpa, 320 度(熱効率 30%用) を実証予定。25MPa, 500 度(熱効率 40%用)も計画 中
材料開発	冷却水温度 500 度以上、中性子照射量 10MWa/m ² 以上を可能とする材料 (例えば、酸化物分散強化型フェライト鋼、もしくはバナジウム合金や SiC セラミックス系複合材)	低放射化フェライト鋼(熱効率 30%用)のデータ取得領域は、現状材料温度 500 度以下、中性子照射量 5MWa/m ² 以下。この開発を優先的に行った後、熱効率 40%以上に向けた先進材料の開発を行う予定(照射実験は国際核融合材料照射施設(IFMIF)**で行う予定。)

* エネルギー増倍係数(Q値): 入力パワーに対して何倍の核融合出力が得られるかを表す(核融合出力/プラズマ加熱パワー)。
 ** 国際核融合材料照射施設(IFMIF): 核融合炉材料を開発するために、IEA(国際エネルギー機関)の国際協力のもとで、日本、米国、欧州連合およびロシアが共同で計画している中性子照射施設。