

ITERサイズ原型炉による 発電実証の前倒しに係る検討

量子科学技術研究開発機構

- 令和4年には、第1回中間チェック・アンド・レビュー (CR1)での指摘を受けて、アクションプランに沿ったJT-60SA及びITERから原型炉への統合戦略を基に、運転開発期の目標を設定することで原型炉による発電実証の5年程度の前倒しが検討された。
 - 第1期：ITERからの技術ギャップが小さい『低出力&パルス運転』による早期発電実証（BLK発電の早期実証）
 - 第2期：商用炉段階に向けた『定格出力&連続運転』による発電実証
- 近年、各国政府は2030年代の早期発電実証に向けた政策を打ち出しているが、我が国においてもフュージョンエネルギー・イノベーション戦略が策定されて以降、フュージョンエネルギーによる2030年代の発電実証に向けて、様々な取組みが展開されているところ。
- このような状況を踏まえ、文部科学省からの依頼を受け、第37回原型炉開発総合戦略タスクフォースにおいて、「発電実証のさらなる前倒しの可能性」の検討状況について報告したところ。

発電実証のさらなる前倒しの考え方

文科省 第37回原型炉開発総合戦略タスクフォース（2024年11月1日）配布資料

- ITERサイズの原型炉により発電を2030年代に実証
 - ✓ ITERと同じ炉心機器 → 設計、R&D、試作等を大幅に簡略化
 - ✓ 機器製作（ITER調達）、統合化技術（JT-60SA建設） → 日本の優れた技術力
 - ✓ 核融合科学技術委員会の提示した原型炉の目標を達成するために必要な技術を原型炉建設と並行して開発 → 戦略的R&D
- 「発電実証」の目安は、発電のために消費する電力を賄う／上回る発電端出力（正味電力>~0）
 - ✓ 設備の高効率化に必要な技術開発も並行して実施 → 商用炉段階に正味電力を増大
- 多段階の運転開発期の目標を設定し、機器を段階的に改良することでプラント規模の発電を目指す
 - ✓ 同じ装置で複数の役割を担う → リソースを合理化
- 商用炉に必要な新技術をも原型炉建設に並行して開発、後期に導入することで性能を段階的に向上
 - ✓ 商用化への技術ギャップを最小化 → 早期の社会実装

建設に最短
で着手

ITERサイズの原型炉で段階的に目標を達成するアプローチ

4

文科省 第37回原型炉開発総合戦略タスクフォース（2024年11月1日）配布資料一部改訂



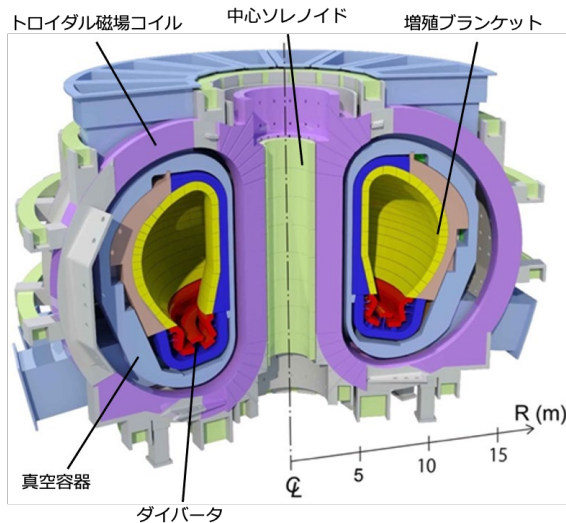
核融合科学技術委員会の提示した原型炉の目標

- ① 数十万kWの電気出力
- ② 実用に供し得る稼働率
- ③ 燃料の自己充足性

を満足するJA DEMOはITERの1.4倍のサイズ



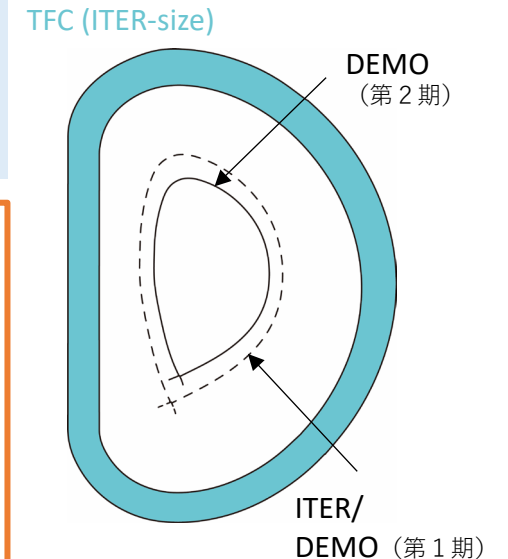
運転開始時から目標①～③の同時達成を目指すのではなく、ITERサイズのトロイダル磁場コイルを用いた原型炉において0.2GWクラスの発電実証を原型炉の第1期目標として定めることで移行判断を前倒すとともに、**主要機器を段階的にアップグレードすることで段階的に性能を向上するアプローチ**



JA DEMO
主半径：8.5m
小半径：2.42m
核融合出力：1.5GW
発電端出力：0.64GW

検討例（第1期）
主半径：6.2m
小半径：2.0m
核融合出力：0.49GW
発電端出力：0.18GW

- 第1期：発電に特化したブランケットを装着することでITER程度のプラズマ体積を確保し、数分間の短パルス運転にて正味電力 > 0 規模の発電を実証
- 第2期：燃料増殖も行うブランケットに交換するとともに、数時間の長パルス運転にて燃料増殖を実証
- 第3期：加熱・電流駆動装置の高効率化やプラズマ性能を向上し、定常運転にて $\sim 100\text{MW}$ （正味電力 > 0 ）規模の発電を実証



原型炉開発アクションプランにおける核融合中性子源の記述

合同特別チームの活動フェーズ		概念設計の基本設計	概念設計	工学設計／製造設計
黒：開始事項 赤：完了事項		2015	2020頃	2025頃 2035頃
8.核融合炉材料と規格・基準 (2)その他の材料	増殖機能材料の製造及び再使用技術の最適化		原子炉照射影響評価	
	増殖機能材料充填体の機械特性評価／製作技術確立 (ITER-TBM2号機)			
	Li確保技術開発			
	耐照射性ダイバータ材料の開発、原子炉照射影響評価			
	計測・制御機器材料の原子炉照射劣化データベース		原子炉耐照射性 計測・制御機器材料の評価	
	核融合材料ハンドブックの策定			
	(3)核融合中性子源		核融合中性子源の設計・建設	
	増殖機能材料(中性子増倍材料及び三重水素増殖材料)	(15)Q:増殖機能材料の製造及び再使用技術の最適化(22) (18)Q:増殖機能材料充填体の機械特性評価／製作技術確立(30) (18)Q:Li確保技術開発(34)	――>(15)Q:増殖機能材料の製造及び再使用技術の最適化(22) (23)Q:原子炉照射影響評価(30) ――>――>――>	――>(23)Q:原子炉照射影響評価(30) ――>(18)Q:増殖機能材料充填体の機械特性評価／製作技術確立(30) ――>(18)Q:Li確保技術開発(34)
	ダイバータ材料	(15)N/大:原子炉照射影響評価(26) (18)Q/N/大:耐照射性材料開発と評価(34)	――>(15)N/大:原子炉照射影響評価(26)	――>(18)Q/N/大:耐照射性材料開発と評価(34)
	計測・制御機器材料	(15)Q/特:照射劣化データベースの整理 ――>(19)	(20)Q/N/大:耐照射性材料の評価(35)	――>(20)Q/N/大:耐照射性材料の評価(35)

文科省 第34回核融合科学技術委員会
(2023年7月24日) 資料6 (文科省提出資料) より抜粋

(参考) 原型炉開発に向けたアクションプラン項目別解説の抜粋

核融合中性子照射試験

核融合中性子源 (A-FNS) による原型炉ブランケットの構成要素やコンポーネントの核融合中性子照射試験を行い、それぞれの機能を検証する。また、A-FNSによる核融合中性子照射試験を開始するまでは、欧州が計画する核融合中性子源 (DONES) に参画してデータを取得することも想定する。



DONES計画の進展も踏まえ、核融合中性子源についても、アクションプランの各課題の推進策とともに原型炉開発総合戦略タスクフォースにて検討する予定