

国際協調（ITER計画）から 国際競争（各国戦略）へ

令和4年11月

研究開発局

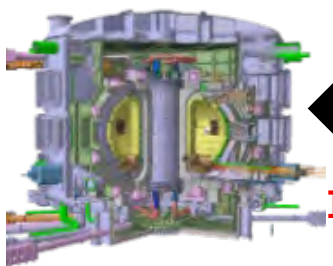
ITER計画による技術開発から国家戦略への展開

- 核融合炉開発を一国だけで行うことは技術的にもコスト的にも困難であるため、2007年のITER協定発効以降、各国の国際協調によりITER計画を推進。
- ITER計画は、人類初(FOAK: First of a Kind)のハイテク機器製作という困難さにより、設計の遅延、機器の複雑な技術仕様等を要因とするスケジュールや想定コストの変更もなされてきた(注1)が、計画は徐々に進展。
- 2020年からITER炉心組立が開始され、現在77.3%まで建設が進捗。核融合に特有な機器の開発・製作等により、世界的に核融合発電実現に向けた雰囲気醸成。
- 早期の産業化を目指す民間による核融合開発が進むとともに、主要国では核融合発電に向けた研究開発戦略を策定。まさに、核融合開発の国際競争が勃発。

ITER計画等を中心とした国際協調の時代

ITER計画

- ✓ 世界7極35か国の参画
- ✓ 2020年より建設が開始され、運転開始までの77%建設完了
- ✓ 2025年運転開始、2035年核融合運転開始



ITER (実験炉)
(仏 (ITER機構))

ITER計画の
補完・支援

BA活動

(茨城県那珂市
青森県六ヶ所村)



JT-60SA

各国独自の取組・ベンチャーによる国際競争の時代

各国の取組



商業核融合エネルギーの実現を加速するための10年戦略を策定することを宣言 (2022.3)



国家核融合戦略発表 (2021.10)
2040年代に核融合発電炉の建設を目指す






イーターと同規模の核融合工学試験炉を建設し、これを2030年代までに発電炉 (原型炉) に改造する計画を推進中

※ベースラインとは、ITERの建設費等のコスト見積もりや、運転開始(ファーストプラズマ)時期などITER計画の主要スケジュールを定めたもの

(注1)		2007年時点 (ITER協定発効時)	2010年時点 (ベースライン2010)	2016年時点 (ベースライン2016)
スケジュール	運転開始 (ファーストプラズマ)	2018年(※2008年6月時点) (建設開始から11年)	2019年 (建設開始から12年)	2025年 (建設開始から18年)
	核融合運転	2026年(※2009年6月時点)	2027年	2035年
建設コスト(現金貢献)		13.1億ユーロ	29.6億ユーロ	81.2億ユーロ

主要国の核融合戦略の動向

	背景、目的	戦略の内容、今後の方向性
<p>英国</p> 	<p>(背景) 英国政府は電力システムの脱炭素化を目指し、核融合技術の実証と商業化に成功すれば、低炭素のベースロード電源を供給できると期待</p> <p>(目的) ①電力網へのエネルギー投入を行う核融合発電原型炉を建設することにより、核融合の商業的実現性を実証 ②英国が世界をリードする核融合産業を構築し、その後の数十年間に核融合技術を世界に輸出できるようにする</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・核融合に関する規格・規制の策定を先導し、ITERへの貢献とEUの核融合発電原型炉プログラムへの参画を継続 ・2040年までに電力網へのエネルギー投入を行う核融合発電原型炉の設計・開発・建設 ・核融合及び関連技術に関する対英投資を誘引。世界核融合市場で競争力をもつ英国企業の育成
<p>米国</p> 	<p>(背景) ・長年の公的投資により、ITER計画含め核融合研究が大きく進展し、民間投資も急激に活発化。 ・今こそ動きを加速すべきターニングポイント。</p> <p>(目的) ①米国をエネルギー界のリーダーポジションに位置付けるとともに、エネルギー安全保障を確保すること。 ②引き続きITER計画への参画とともに新しい取組を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○「商業核融合エネルギーの実現を加速するための10年戦略」を、民間セクターとの連携の下で策定するためのWSを開催し、以下の内容を議論中。 ・民間セクターとの協働により、商業核融合の実現可能性を高めるためのマイルストーンプログラム ・市場リスク、技術リスクを同時に下げるため、PoCから市場がスケールするまでを短縮 ・知的財産、社会受容性、経済的公正、安全規制
<p>中国</p> 	<p>(背景) ・核融合の国家戦略自体は存在しないものの、科学技術・イノベーション政策の基本方針である国家中長期科学技術発展規画綱要等に核融合は位置づけ。 ・また、核融合に必要な技術開発やITER計画への参画を通じたキー技術の吸収、人材育成を目的としたプログラムをこれまで展開。</p> <p>(目的) ・核融合技術の産業化、国内技術基盤の強化、人材育成</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○実験装置EAST、ITER計画に加えて、中国独自の取組を実施。 ・ITER計画で製作できなかった核融合要素技術の獲得のための施設群CRAFTの建設 ・JT-60SAと同規模でDT運転も計画している実験装置BESTを2027年に運転開始予定 ・ITERと同規模の工学試験炉CFETRを2025年より建設し、2030年代までに発電炉(原型炉)に改造

(参考) カーボンニュートラル実現に向け各国で加速する核融合開発競争



核融合はエネルギー問題と環境問題を根本的に解決することから、カーボンニュートラル実現の鍵となるエネルギー源。これまで、世界7極35か国による国際協力を実施してきたITER計画が進捗していることを受け、主要国は、**核融合エネルギー開発に関する各国独自の取組みを2020年頃から一斉に加速。国際競争の様相に突入**している。併せて、各国において**核融合ベンチャーへの投資も活性化**。

- 欧州連合関連機関 (EUROfusion) が策定した「核融合エネルギー実現に向けた欧州研究ロードマップ」(2018年)において、22世紀に世界で1テラワット(100万kW発電所 1,000基分)の核融合発電所が必要と記載。フォン・デア・ライ(欧州委員長(2019年発足)の「欧州グリーンディール」政策の下で核融合は推進され、2020年5月-11月に3段階による中間評価を行い、**2050年頃に発電を行う核融合原型炉 (DEMO) を建設**すべきと評価。
- 米国ではエネルギー省 (DOE) の核融合エネルギー科学諮問委員会 (FESAC) は、**2040年代までに核融合パイロットプラント (発電炉) を建設するための準備を整える**ことを提言(2021年2月)。全米科学アカデミーは、**2028年までに実施判断し、2035~2040年に発電を目指す**と提言(2021年2月)。**安全規制**について、原子力規制委員会 (NRC) を中心に検討を開始。このような活動を受けて、大統領府がDOEと共催した会合(2022年3月)において、「**商業核融合エネルギーの実現を加速するための10年戦略**」を、民間セクターとの連携の下で策定することを表明。民間ではCommonwealth Fusion Systems社 (MIT発ベンチャー) は2021年12月に2050億円以上の追加資金調達を公表(累計2200億円以上)。2025年に核融合実験炉を稼働させることを目指す。
- 英国は、ジョンソン首相による新政策「グリーン産業革命に向けた10項目の計画」(2020年11月)、「英国政府の核融合戦略」(2021年10月)において、**2040年までに核融合原型炉 (発電炉) の建設を目指す**と明記。発電炉の立地地域を募集(2021年10月)し、ノッティンガムシャー州ウェストバートン発電所に決定(2022年10月)。政府の規制政策諮問会議による今後の**核融合規制に関する勧告**(2021年5月)に対し、**政府が核融合規制に関する討議資料 (グリーンペーパー) を公表**(2021年10月)し、意見募集を実施。意見募集を踏まえた報告書を公表(2022年6月)し、**核融合独自の規制を行うと判断**。Tokamak Energy社(2009年設立)は2022年3月に民間初・プラズマ温度1億度を達成。
- 韓国政府(国家核融合委員会)が策定した「第4次核融合エネルギー開発振興基本計画(2022-26)」(2021年12月)において、**2050年代に核融合電力生産実証炉 (K-DEMO) による発電実証**という目標を設定するとともに、**発電の実証に必要な8つのコア技術群の確保**、安全規制について、2024年までに核融合規制体系の基本的な方針を策定すると記載。**核融合実験装置KSTARは1億度のプラズマを20秒閉じ込めることに成功し、2025年までに300秒まで伸ばすことを目標としている**。
- 中国においても、国産の核融合発電実現に向けた取組が進められている。実験装置EASTでは2021年12月に7000万度のプラズマを1000秒以上維持するという世界記録を達成した。また、イーターで製作できなかった核融合要素技術の獲得のための施設群CRAFTを建設中(2025年に完成予定)。さらにJT-60SAと同規模でDT運転も計画している実験装置BESTを2027年に運転開始予定。2025年よりイーターと並行して、**イーターと同規模の核融合工学試験炉 (CFETR) を1基建設した後、これを2030年代までに発電炉 (原型炉) に改造**する計画を推進中。



Commonwealth Fusion systems (米)