	レポート 核融合発電は何時できるのか？(2) サテライト・ロードマップ SCE・Net 郷 茂夫	R-77 発行日： 2022 年 5 月 7 日
---	--	--

今回の「サテライト・ロードマップ」は前回（1）の続きです。
（見出し番号は 前回(1) のつづきです。）

3. 日本の核融合開発の歴史と今後のスケジュールについて

2019--2022 年を通じて、世界で核融合開発が加速していますが、その Driving Force は、一つは開発の先頭を走っている ITER の建設が進んでいる（言いかえれば、世界の開発者は皆 ITER を意識している）こと、そしてパリ協定（**脱炭素**）の存在が大きな影響を与えていることと筆者は思います。

前述 2. の ITER 計画スケジュールに従って、日本としての研究開発スケジュールが以下の様に作成されています。

3-1 ITER 計画（2000～）1st Plasma までの過去の歴史と今後のスケジュール

図 4. ITER 計画スケジュール を参照ください。

この図は、ITER 計画の 2000 年頃のそもそもの各国協議開始から現在までの長い歴史を表しており参考になると思います。ITER 構想の創成期よりすでに 20 年以上が経ちます。ITER の実際の建設期間も 15 年（2007- 2021）が経ちます。長いというか短いというかー長いですね。

初期には、日本国内に立地しようという動きもあったことがわかります。

3-2 今後のロードマップ

図 5. 原型炉研究開発ロードマップ を参照ください。

文科省（現在の核融合の研究開発の所管は文科省です）の計画では、日本の核融合開発についての政策的位置づけは、研究開発の全工程を 4 つの段階に分けています。（注意：図 5 の 4 段階は、図 3 の「4 staged approach」とは異なることに注意下さい。）

図 5. によれば、

現在は、2 段階目；科学的技術的実現性を見極めること、

3 段階；プラズマ制御試験、その終わりの区切りは 2035 年：D-T 燃焼の着火目標、

4 段階；DT 反応制御と種々の工学試験、実用化へ向けた「原型炉」での実証期間、

2050 年までに、原型炉の建設と運用、評価を行う。

2050 年頃：「実用化への準備完了」

ということになっています。

「実用化への準備完了」とは何のことでしょうか？商業電力プラント u 原発の建設が可能になるということでしょうか？そのように理解すると早くても商業電力プラントの稼働は 2055 年頃でしょうか？あまり意味のない推測と思いますが。

3-3 プラズマ着火から D-T 反応開始あたりの手順について

いろいろな文献から推量しますと、次のような段階的手順を踏んで慎重に開発を進めるものと思われます。まず、軽水素 H_2 のみを炉に導入して、そのプラズマの挙動と制御を試験します。次いで重水素 D を導入してプラズマの試験を行います。国内の JT-60SA ではトリチウム T は扱いません。ITER では、 H_2 、D でのプラズマ試験の確認の後に、外部より T を少しずつ導入して高温化し、D-T 反応を開始し、ある限度までの核融合反応の制御を確認します。その後で、ブランケットテスト (TBM) を含めた核融合試験に入り、 6Li より T を生成して所定時間の超高温持続試験を繰り返し、目標フル負荷の達成を目指すようです。

4. 核分裂による現在の原発 (i 原発) との歴史的比較

前述のように、u 原発の実現までには今後も相当な時間がかかるでしょう。一方、私たちの日常生活に電力を供給してきた i 原発はどのくらいの時間で開発されてきたのでしょうか。表 1 に、i 炉と u 炉が開発された歴史的経過を対比してまとめて見ました。

表 1. i 炉と u 炉の開発年代対比

年	i 炉 又は i 原発	年	u 炉 又は u 原発
1938	核分裂の発見；ウランの原子核が中性子を吸収してほぼ同じ大きさの二つの原子核に割れたと結論づけた。膨大なエネルギーが出ることも推論された。	1932	核融合の発見；陽子を加速して金属の Li に当てて、 4He を作る原子核反応を初めて人工的に起こした。
1939	核分裂で生じる中性子の数の測定；核分裂反応が明確化された。		
1942	核分裂連鎖反応の実証；この原子炉は燃料のウランを減速材の黒鉛ブロックで取り囲んだもので、実験は成功した (シカゴ大学)		(もともと連鎖反応はない)
1942	米国でマンハッタン計画始動	1940,	水素同士の核融合も発見されて、水素の核融合の研究が進む
1945	広島、長崎に原爆投下	1950 代	
1951	世界初の原子力エネルギーを使った発電が米国で行われた。	1952	米国とソ連が水爆実験に成功
		1953	
1954	世界最初の原子力潜水艦「ノーチラス」 1954 年竣工、1955 年初航行。 (小さい原子炉が搭載されている)		(核融合炉の設計、建設は無く、兵器以外への応用はなかった。)
1953	アメリカのアイゼンハワー大統領が、国連総会で原子力平和利用の推進をよびかける演説		

このように核融合現象自体の発見は核分裂の発見より早いのです。そして両方ともその威力は直ちに核兵器に応用されました。マンハッタン計画始動後わずか数年で、核分裂は原爆となって広島、長崎に投下されたのです。世界大戦の最中だったとはいえ驚くべき開発スピードでした。核融合も、10年足らずで南太平洋で水爆実験（原爆を起爆剤とする水爆）が行われました。兵器への転用・実用化は恐るべきスピードで実行されていたのです。

そして、1960年代から、世界のみならず日本でもi原発の商業化が始まり、多数基のi原発が建設されてきました。

しかし、制御下で燃焼させるu炉は未だに実現できていません。核融合反応の瞬間起爆は別として、意味のある多量の原料の核融合反応を制御下で安定して定常的に維持するということが非常に難しいことを物語っています。一体、核融合は何故にそんなに難しいのでしょうか？ 後日の窓レポートで深掘りしてみたいと思います。

<個人的感想>

今回は「核融合発電は何時できるのか？」という多くの人が持つ当然の疑問に対して、公表されているスケジュールの類をまとめてみましたが、いかがでしたでしょうか？

D-T 燃焼反応着火の目標が2035年頃であり、図5によれば、核融合原型炉の様々な試験結果から「実用化への準備完了」（商業発電の開始ではありません）なる想定が2050年頃となっています。ただ、実際の核融合発電の実用化時期について、ITER計画ではその想定時期は正式には未だ公表されていません。そのような将来のスケジュールは不確定性が大きく意味ないだろうということだと思います。

ITER計画は、2-2で記したように、複数国の協働プロジェクトであり、一部の参画国の機器供給と組立てに遅れが出ることは機構側にとって避けられないリスクでしょう。併せて、手の付いていない未知の部品はないとは言え、各部品の複雑なアッセンブリである新規大型プロジェクトには技術的不測の事態が何度も訪れるのではないかと思います。このような中で、日本は技術力と協同事業支援力の面で非常に重要な役割を担っています。

常識的に見れば、ITER計画は少しずつ遅れていくでしょうし、最初の1, 2号商業電力プラントもまだ改善を必要とするでしょう。私たちが日常的に使える安くて安全な核融合発電は、2070年代か2080年代ではないでしょうか？

世界には他に核融合研究開発がいくつもあります（窓レポートR-75を参照ください）。他のプロジェクトの方が早く実現するかもしれません。例えば、中国は2035年までに人工太陽（どういう設計のものかは不確かですが）を完成すると公言しています。中国による実現はかなりの可能性があるとは私は推察します。中国は国家トップの方針で何でもできる国であり、技術の真似的吸収力が強く、特許制限力も及びませんし、安全面対応も二の次でしょうから。

筆者は、核融合エネルギーは必ず実現できるものと信じていますが、自身は草葉の陰からということになるものと諦念しています。

その(2)以上

出典：核融合実験炉 ITER 日本国内機関・QST | ITER 計画の状況

ITER計画（2000年～）

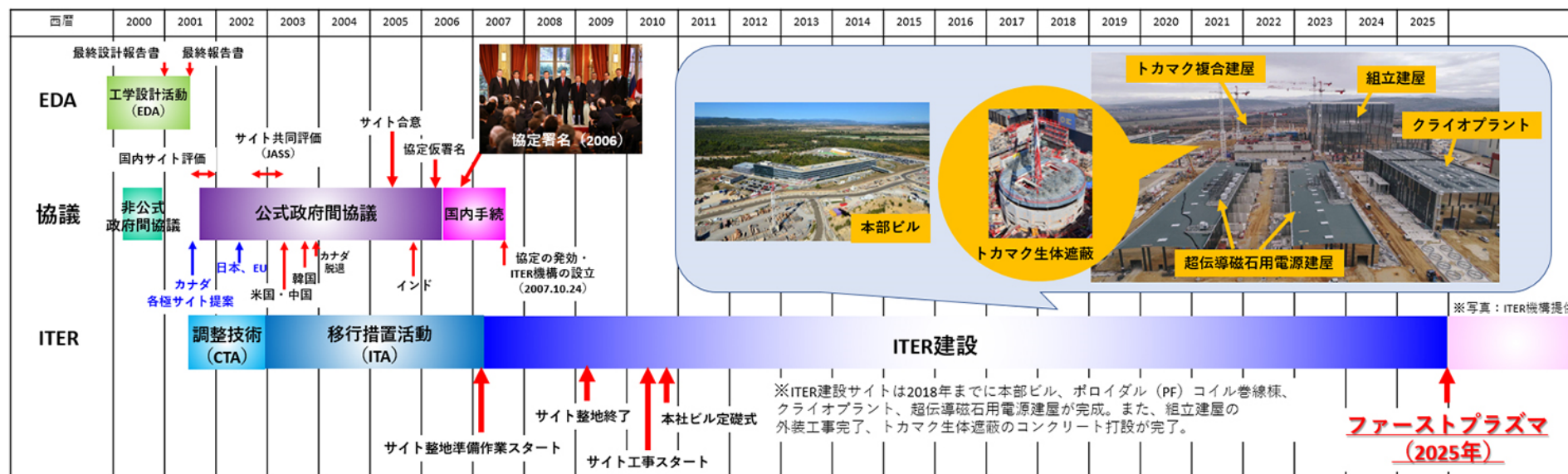


図 5. 「原型炉研究開発ロードマップについて（一次まとめ）」より抜粋図，
[原型炉研究開発ロードマップについて（一次まとめ）：文部科学省 \(mext.go.jp\)](http://mext.go.jp)

出典：
 2018/7/24
 科学技術・
 学術審議会，
 研究計画・
 評価分科会，
 核融合科学
 技術委員会
 の公開資料

