	<p>レポート</p> <p><b>核融合発電は何時できるのか？(1)</b></p> <p><b>ITER スケジュール</b></p> <p>SCE・Net 郷 茂夫</p>	<p>R-76</p> <p>発行日： 2022 年 5 月 7 日</p>
---	---	--

(左上のイラストは、フランスで建設中の ITER (イーター) 核融合試験炉の主要部全景です。直径 30m, 高さ 35m の国際協力による巨大試験装置です。このイラストでは小さくてわからないでしょうから、ITER 試験機の主要構成部品の説明は後日の窓レポートで行います。)

今回のレポート (2 部作としています) は、多くの方々が半信半疑でおられると思われます「核融合発電は一体何時できるのか？」についてです。現時点の最新版の ITER プロジェクトのタイムテーブル、それに歩調を合わせる日本の ITER 国内機関 (JADA, 今は文科省の管轄) の核融合開発ロードマップを中心に、核融合発電とは一体いつ頃実現するのかの見通しを探ってみるものです。最後に筆者の私的感想を若干付け加えさせていただきます。

現在、脱炭素社会スローガンの影響が大きくなっている中で、核融合エネルギーの話がしばしば議論されています。しかし、核融合から生まれる電力エネルギーを目の当たりにするのはまだまだ先のことです。それでも核融合技術開発は世界レベルで着実に前進しています。

その中で、日本が核融合開発の柱にしているのは ITER です。ITER はフランス立地で建設中ですが、その重要機器の多くを供給しているのは日本です。核融合炉の重要部分の設計も日本です。日本の研究開発力と製造技術力なくして、ITER は成り立っていかないでしょう。筆者は「ITER は日本のプロジェクト」と言ってもよいと思っています。

今回レポートは、私たちにとって情報も多いですから、ITER の開発スケジュールと日本のサテライト (下記の注を参照ください) のロードマップ に絞った報告です。

(注) サテライト (正式英語です) とは ; 本体施設と密接にやり取りしながら別の場所 (日本で運営されている「支店」のような施設をサテライト施設 (JT-60SA やいくつかの研究センターを含む) ) と言います。JT-60SA を「サテライト・トカマク」とも言います。

本文中で使用する略号 (これは筆者の設定ですが) ;

本文では、長たらしい用語の簡略化、明確化のために、以下の略号を使います。

核分裂原子炉 : **i 炉** (fission による) , それによる発電 = 今の原発 : **i 原発**,

核融合原子炉 : **u 炉** (fusion による) , それによる発電 : **u 原発**.

u 原発で、最初の発電産出機を**核融合原型炉** (Fusion DEMO Reactor) , 略号として、**u DEMO** とします。

## 1. 試験装置による研究開発の流れ（復習です）

本レポートに出てくる主な ITER 計画と試験機名を復習しておきます。

### (1) ITER（イーターと呼ぶ）計画；ITER は試験機の名前でもあります。

ITER の諸元は、窓レポート R-74 に記述していますので、参照下さい。その要点のみを述べますと、

# 目的は、核融合実験炉を建設、運転、研究開発を行うこと。

# 現在加盟極；欧州、日本、アメリカ、ロシア、韓国、中国、インドの7国（極）。

# 参加国のITERへの貢献は、資金提供と物納からなる。物納は、参加国がITER装置の多くの部品製作を分担し、その国の製造・技術力に応じて部品を製作し供給するというもの。

# 建設費：ITER計画の建設費用はざっと2兆円。参加国の資金負担：4,000億円と言います。

# 日本の担当研究開発機関はQST（量子科学技術研究開発機構）の那珂研と六ヶ所研、その下に三大メーカー日立、三菱重工、東芝、その下に中小メーカーが付随しています。

### (2) JT-60SA（サテライト・トカマクという位置づけです）

日本の初期の臨界プラズマ試験装置 JT-60 装置を、次段階として超伝導化し、先進超伝導トカマク装置 JT-60SA 大型試験機を建設（那珂市、那珂研究所）し、日本（主）と西欧（助）が協力して運営しているものです。研究目的は、

# ITER ではできない高圧力実験を実施し、核融合原型炉に求められる安全性・信頼性・経済性のデータを取得

# ITER に先立ち様々な予備的 データを取得し、ITER の運転開始や技術目標達成の支援などです。

### (3) 原型炉

ITER で採用された技術（炉本体、ダイバータや超伝導コイル等）を最大限に活かして、核融合炉で発生する熱エネルギーを高温高圧水蒸気に変えて発電までに繋げて核融合発電を実証するのが**核融合原型炉**です。数十万 kW を超える定常かつ安定した電気出力を目指すものです。

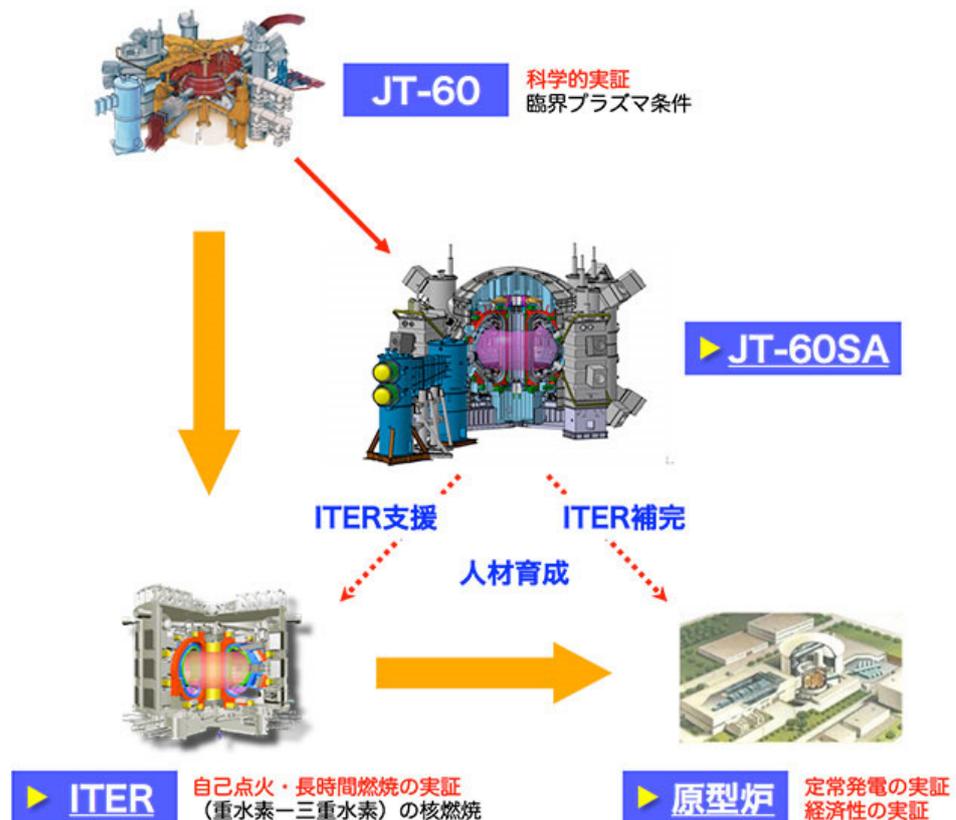
4 基の装置による 4 段階のトカマク型核融合試験試験炉の開発経路を 図 1 に示します。

図 1：JT-60 → JT-60SA → ITER → 原型炉 開発段階と各装置の関連

出典：[JT-60SA 計画とは - 量子科学技術研究開発機構 \(qst.go.jp\)](http://qst.go.jp)

量子科学技術研究開発機構 (QST), 「先進プラズマ研究開発」よりの抜粋図。

図1.  
4段階のトカマク  
型核融合試験炉の  
開発経路



## 2. ITER 当局の見通しスケジュール

以下の情報，スケジュールは，2021年12月17日，日本の核融合エネルギーフォーラムにおいて，現地フランスより中継で，ITER 機構の機構長ベルナール・ビゴ氏，および 副機構長 多田氏が公表したものです。スケジュールについて，これより新しい公開情報はありません。

出典： 2021年12月17日，核融合エネルギーフォーラムの動画；日本語チャンネル

<https://youtu.be/8vPFiGIgf3U>

発表資料の公開；日本語ページ

<https://www.fusion.qst.go.jp/fusion-energyforum/topics/topics2021/topics2021seika.html>

### 2-1 2014年から2021年までの建設実績と完工のスケジュール

図2. Baseline Schedule を参照ください。

現在（2022年4月），ITERは建設中ですが，2014年現地建設開始から（図2では2016年以降を表示），2021年までの建設実績及び完工見込みの2025年までのスケジュールを図2に示しています。

2021年末で 完成度75%，2025年 ITER 完工見込みと言います。

< ITER の自己評価 >

- 2014---2021の7年間は着実に進歩してきた。

- コロナなどで今は建設が緩慢としている，コロナ終了後に Schedule を見直し予定.
- 今の Baseline Schedule で見ると 2025 年，1st Plasma 着火であり，それに向けて，各コイルが各国より逐次到着中.

## 2-2 原型炉までのスケジュールについて

図 3. Staged Approach to D-T Plasma を参照ください.

図 3 は，図 2 に続いて，2022 年から 2025 年で完工し，それから 1st D-T Plasma 着火見込みの 2035 年までのスケジュールを示しています. そして，全体は Stage I ~ IV までの 4 段階ステージアプローチで進めていると言います. ただ，この Stage I ~ IV とは何を具体的に言っているのかは筆者にはよくわかりませんでした. おそらく，各機器の納入と組立ての手順だろうと思います.

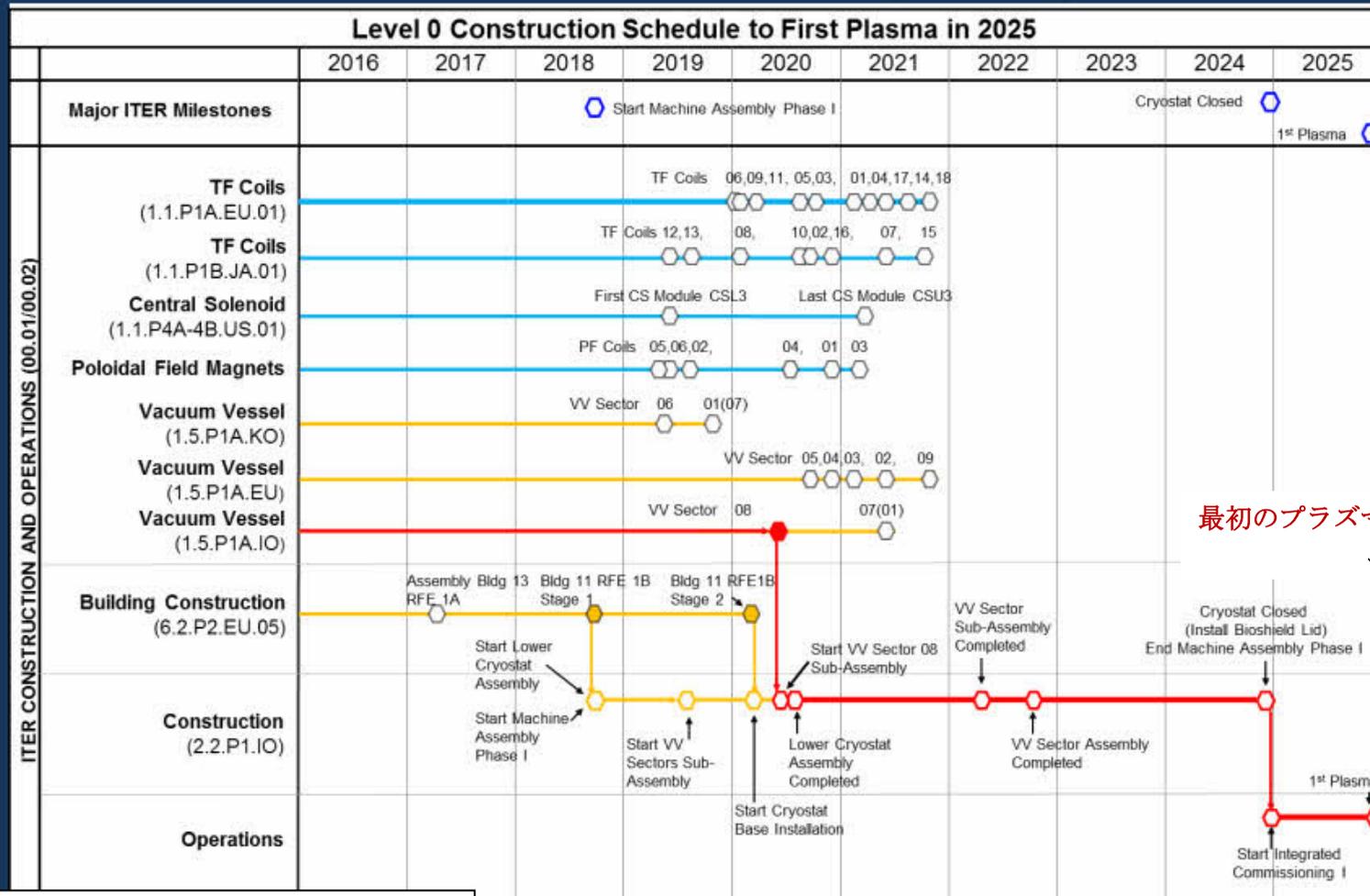
2035 年，本格的に D-T 反応開始（核融合反応スタートのこと）までの ITER スケジュールは以下の事情に依存していると言います. これは，多国間共同事業の難しさ，不確定さをはらんでいると筆者は心配します.

- Close to 90% of the components that comprise the ITER facility, including the buildings, are supplied through in-kind procurement arrangements between the ITER Organization (IO) and the ITER members' domestic agencies (DAs),  
(構成機器の 90%が，ITER 当局と参加国担当局の調整による，参加国からの現物支給 (in-kind procurement) であること)
- Schedule and resource estimates through First Plasma consistent with Members' budget constraints,  
(1st Plasma のスケジュールは参加国の予算制限に合わせた推定であること)
- Proposed use of 4-stage approach through Deuterium-Tritium (2035) consistent with Members' financial and technical constraints,  
(参加国の資金，技術の制限に合わせて D-T 核融合開始のための 4 段階アプローチを採用していること)

その(1)は以上

図2.  
建設期間の  
Level 0;  
基準  
スケジュール

# Baseline Schedule (\*COVID impacts under investigation)



部品名の  
機能は  
別レポを  
参照ください

建物建設 →

u 炉の  
建設 →

運転 →

最初のプラズマ着火



出典： 2021/12/17 核融合エネルギーフォーラム,  
多田副機構長プレゼン資料より

図 3. Staged Approach to DT Plasma

出典：2021/12/17 核融合エネルギーフォーラム，多田副機構長プレゼン資料より

(メモ) 以下の様に Stage I から IV まで段階的のようになっていますが，筆者にはその理由，事情はわかりません.

