

プロジェクトレビュー

ITER 計画の機器開発・製作の進展

Progress of ITER Project — R&D and Manufacturing of Components

1. はじめに

1. Introduction

井上多加志, 杉本 誠, 草間義紀, 奥野 清, 中嶋秀夫, イーター日本国内機関

INOUE Takashi, SUGIMOTO Makoto, KUSAMA Yoshinori, OKUNO Kiyoshi,

NAKAJIMA Hideo and ITER Japan Domestic Agency

*国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

(原稿受付：2015年12月7日)

ITER 計画では、現在、南仏サンポール・レ・デュランスのサイトにおいて、建屋の建設が急ピッチで進められており、並行して参加7極ではITERの核となる機器の設計・製作が進展している。本プロジェクトレビューは、日本が物納調達の責任を有する機器、すなわち、トロイダル磁場 (TF) コイル及び中心ソレノイド用超伝導導体、TF コイル、ブランケット遠隔保守装置、中性粒子入射装置 (NB) 用高電圧電源、電子サイクロトロン波 (EC) システム、ダイバート外側ターゲット、計測装置、雰囲気中トリチウム除去設備、及びテストブランケットシステムの開発と製作の状況を報告するものである。

1.1 ITER 計画の経緯と目標

ITER (国際熱核融合実験炉) 計画は、核融合実験炉の建設から運転、解役までを含む大型国際協力プロジェクトである。図1にITER計画の経緯を示す。ITER計画は1985年の米ソ首脳会談 (レーガン-ゴルバチョフ会談) に端を発し、概念設計活動 (CDA, 1988年から3年間)、工学設計活動 (EDA, 1992年から6年間) [1]において建設に向けた装置設計と主要な技術開発が実施された。その後EDAを3年間延長し、JT-60で得られた高閉じ込めモード[2]、ブートストラップ電流等の成果を取り入れてITERの小型化検討を実施し、現在のITERにつながる工学設計[3]が固まった。EDA終了後、建設サイトの共同評価委員会が設置されて2005年にITER建設サイトがフランスのサンポール・レ・デュランスに決定し、日、欧、米 (再加盟)、露、中、韓、印の参加が決定して2007年にITER機構 (IO) が発足した。初代機構長には池田 要氏、第二代機構長には本島 修氏が就任し、2015年3月からはベルナル・ビゴ氏が第三代機構長を務めている。

ITERの目標は核融合の科学的・技術的実現性の実証であり、具体的な技術目標はITER参加極により議論・決定された。その結果、プラズマ性能の目標として、

*現在の所属：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

- ・誘導運転において、エネルギー増倍率 $Q \geq 10$ 、300～500秒間の核融合燃焼を達成 ($Q = 30 \sim 50$ の可能性を排除しない)、
- ・誘導によらない外部電流駆動時に $Q \geq 5$ の定常運転実証をめざす、

ことが設定され、また工学技術の目標として、

- ・核融合基盤技術の統合とその有効性の実証、
- ・将来の核融合プラントのための工学機器試験、
- ・トリチウム増殖ブランケットモジュールの試験、

を実施することとされた。

上記の技術目標を達成するため、三大トカマク等の成果を基にITERの装置主要諸元が表1のように決定された。

我が国では、原子力委員会によって策定された第三段階核融合研究開発計画において、「国際協力によるITER計画を日本の実験炉計画として実現することが適当」とされており、フランスに建設されているITERが日本の核融合実験炉という位置付けである。

1.2 ITER 建設の現状

ITER建設サイトであるサンポール・レ・デュランスはマルセイユから直線距離で約60kmの内陸、南仏プロバン

corresponding author's e-mail: inoue.takashi@qst.go.jp

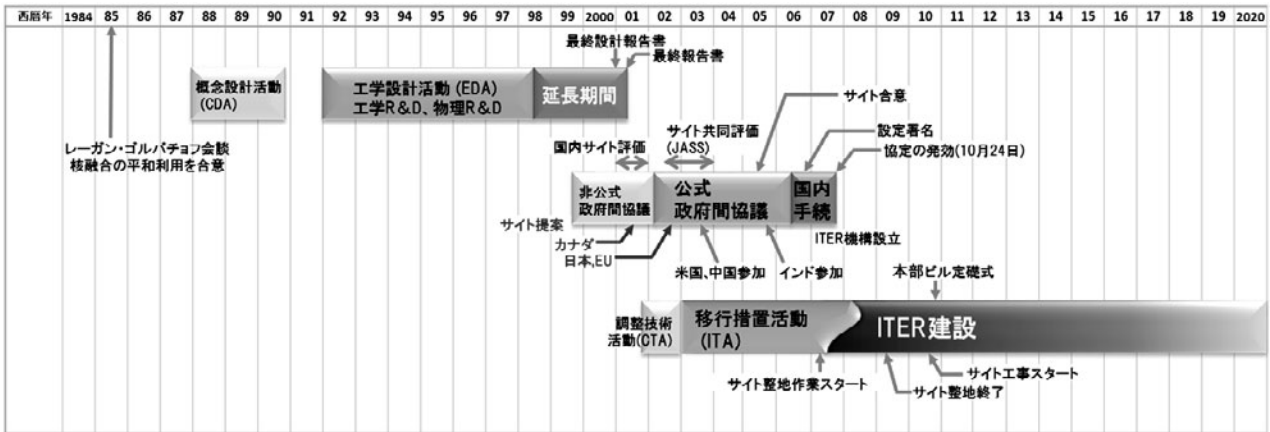


図1 これまでのITER計画の歴史.

表1 ITERの主要諸元.

プラズマ大半径	6.2 m
プラズマ体積	840 m ³
プラズマ電流	15 MA
核融合熱出力	500 MW
重量	23350 t
(クライオスタット, 真空容器, マグネット)	

ス地方に位置し、フランス原子力庁 (CEA) のカダラッシュ研究所と隣接している。

ITER サイトでは、これまでに石灰岩の台地を掘削してプラットフォームとして平坦化し、2012年2月には、ポロイダル磁場コイル組立建屋が竣工、同年10月にはIO本部ビル (地上5階、地下1階建) が竣工して、600名以上のIO職員が建設に従事している。トカマク複合建屋の地下ピット内には、建屋基礎となる免震パッドが据え付けられ、2013年9月から地下部分のコンクリート打設が進められている。また、図2のように昨年9月には組立建屋 (高さ60m) の棟上げが完了し、10月にはトカマク複合建屋の中心部で生体遮蔽のコンクリート打設が開始されている[4]。

1.3 ITER国内機関としての原子力機構と機器調達

日本原子力研究開発機構 (原子力機構) は、2007年10月24日、日本国政府からITER国内機関 (JADA) としての

指定を受け、日本におけるITER計画の実施機関として、機器の調達、日本人のIO職員公募への窓口業務、日本人IO職員の生活支援、IOが募集する専門家、外部業務委託情報の日本国内への情報発信、国民の理解をより深めるための産官学と連携したITER事業全般の広報活動及び我が国からの意見集約等の活動を行っている。

ITER計画では、どの参加極がどの機器を調達してIOに物納するかは、参加極の閣僚級会合で合意されており、これに基づき各国実施機関 (DA) は、IOとの間で詳細な技術仕様を含む「調達取決め」を取り交わして、DAがメーカーから機器を調達してIOに「物納 (in-kind)」する形態を取る。日本の場合、原子力機構が、調達取決めに従ってITERの要求事項、詳細技術仕様を含む調達機器の引合い仕様書を作成し、原子力機構から政府機関の入札要領に従って、官報公示、興味を持つ企業を集めて意見招請等を行った後に国際競争入札で受注者を決定する。受注者は仕様書に従って機器を製作して原子力機構に納品するが、大型機器のITERサイトまでの海上輸送を伴う場合、日本が担当するのはマルセイユ近郊のフォス港までとなっており、ITERサイトまでの約100 kmに及ぶ陸送はホスト国であるフランスが行う。

1.4 機器開発・製作の進め方

機器調達に際し、ITER機構は3段階の設計進捗レベル、

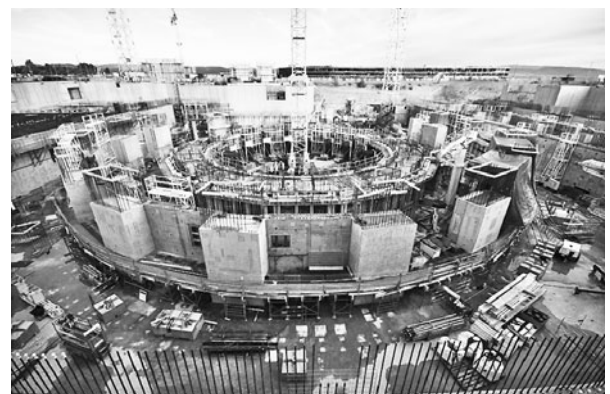
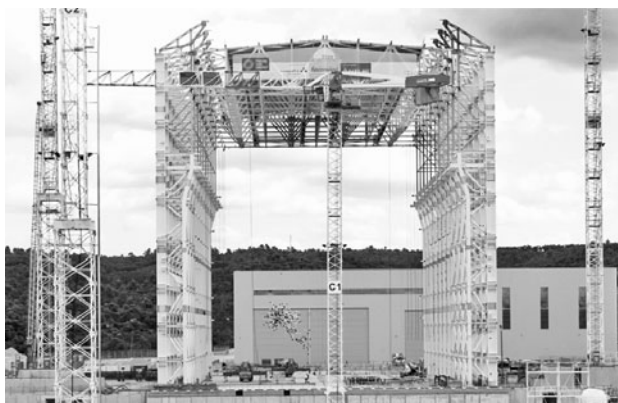


図2 ITERサイト建設状況。(左) 組立建屋の棟上げ (2015年9月)、(右) 生体遮蔽のコンクリート打設 (2015年10月)。

すなわち、概念設計レベル、詳細設計レベル、最終設計レベルを定義し、それぞれレベルに応じた仕様を調達担当 DA に提供することになっている。概念設計レベルからの調達は機能仕様での調達と呼び、機器性能要求、概念設計レベルの機器設計資料、仕様の範囲が DA に示され、この先の開発、設計、製作は DA が調達の一環として進めることになる。詳細設計レベルからの調達では、機器の要求性能のみならず全ての設計要求が設計要求書の形で ITER 機構から提供され、さらに機器の ITER システムの中での配置、取り扱い条件も与えられ、堅固な設計基礎を確立したうえで機器の開発・製作を進めることが要求される。ITER 機構において機器の設計が最終設計レベルにあるものは、構造仕様 (Build-to-Print) での調達と呼ばれ、基本的な図面及び設計資料のすべてが ITER 機構から提供され、DA はこの図面をもとに製作に必要な開発を行い、製作図面を起こして製作する。各設計レベルから次のレベルに移行する際には ITER 機構が主催する設計レビュー会合 (レベルに応じて、概念設計レビュー、予備設計レビュー、最終設計レビューと呼ぶ) が開催され、上記の設計レベルが確立していることを確認したうえで次のステップに進むことになる。

図 3 に日本が物納する ITER 主要機器の調達分担を示す。日本は、トロイダル磁場 (TF) コイル及び中心ソレノイド (CS) 用超伝導導体、TF コイル、雰囲気中トリチウム除去設備といった ITER の中核をなす機器の調達を分担している。本プロジェクトレビューでは、第 2 章で TF コイ

ル及び CS 用超伝導導体、第 3 章では第 2 章の導体を巻線して構造物と一体化する TF コイルについて、現在までの製作の進展状況を報告する。続けて第 4 章では ITER 真空容器内の遮蔽ブランケットを取付け・取外しする遠隔保守機器、第 5 章、第 6 章ではそれぞれ、中性粒子入射加熱装置及び高周波加熱装置を、第 7 章ではダイバータのうち日本が調達する外側垂直ターゲットの開発、設計及び製作状況を概説する。さらに第 8 章では計測機器、第 9 章では雰囲気中トリチウム除去設備、そして第 10 章においては日本が ITER を利用して原型炉に向けた開発研究を行うテストブランケットシステムの計画を概説する。

以上、日本が調達する機器の工程は、ITER の全体工程を考慮して、必要とされる期日までにサイトに搬入できるように調達取決めの締結から開発・設計と設計レビュー、さらには製作の工程を機器毎に定めて調達を進めている。したがって各機器によって進捗状況はまちまちであるが、本稿ではこれまでの調達活動の進捗状況を機器毎に報告する。

参考文献

- [1] 「ITER 設計報告」プラズマ・核融合学会誌 73 増刊 1997年 6月.
- [2] S. Ishida and the JT-60 team, Nucl. Fusion 39, 1211 (1999).
- [3] 「ITER 工学設計」プラズマ・核融合学会誌 78 増刊 2002年 1月.
- [4] ITER 機構ホームページ : <http://www.iter.org/>

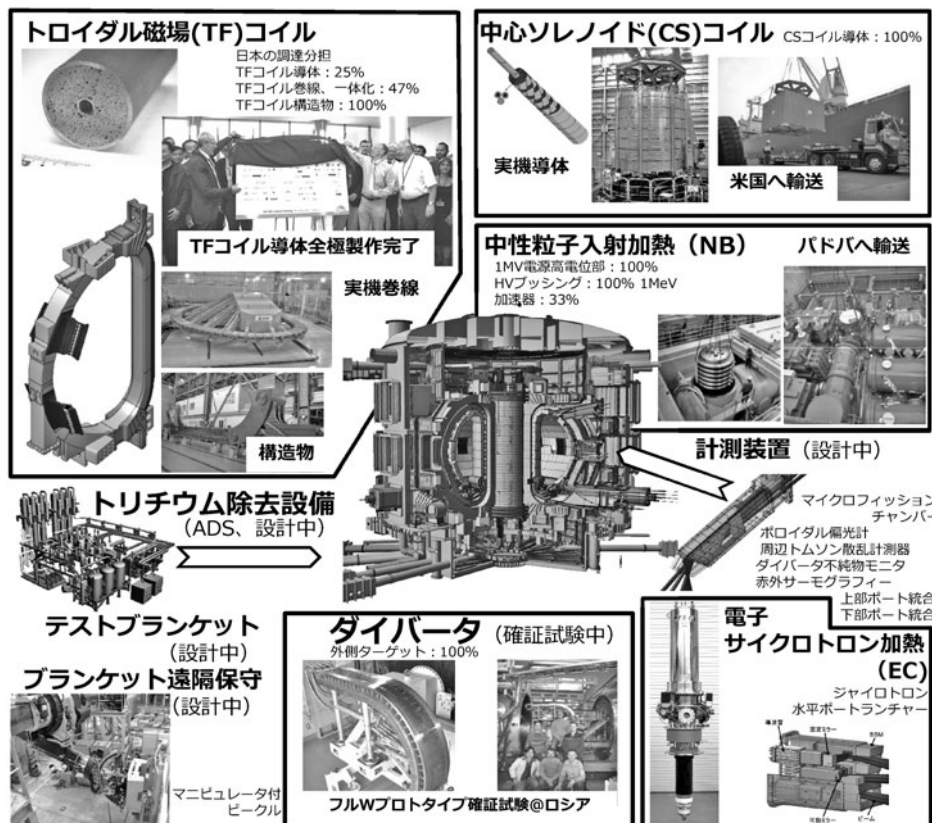


図 3 日本が分担している調達機器.