核融合発電の実施時期の前倒しに関する検討を踏まえた
原型炉開発に向けたアクションプランの検討について

令和 4 年 10 月
原型炉開発総合戦略タスクフォース

1. はじめに

2050 年のカーボンニュートラル達成を目指して、核融合エネルギーに対する期待がかつてないほどに高まっている。米国では商業核融合発電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し、安全規制体系の整備に向けた動きを始めている。英国では国家核融合戦略を発表し、2040 年代の核融合発電の建設を目指すとしている。中国においては、ITER と同規模の工学試験炉 CFETR の建設を独自に進め、2030 年代までに原型炉に改造する計画を進めている。民間セクターにおいても、欧米を中心に我が国でも核融合スタートアップ企業に対する投資が活発化しているという状況にある。

我が国では、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（以下、「委員会」という）に設置された「原型炉開発総合戦略タスクフォース（以下、「タスクフォース」という）」において、2017 年 12 月に「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」を策定し、

- (1) 核融合原型炉の開発に必要な戦略、
- (2) 原型炉に求められる基本概念と技術課題解決のための開発の進め方、
- (3) 原型炉段階への移行に向けた考え方、

を示すとともに、同年 12 月に、原型炉の技術開発課題の項目毎に解決のためのアクションプラン（以下、「AP」という）を作成し、実効的なフォローアップと時宜を得た体制整備の進捗確認を実施することとした。2018 年 7 月には、「原型炉研究開発ロードマップ（一次まとめ）」を示し、①開発の重要度と緊急性、②国際協力の観点に基づいて整理した。

その後、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）に見通しを得るための概念設計の基本設計が原型炉設計合同特別チームによってまとめられた。2021 年度委員会においては、核融合原型炉に関する第 1 回中間チェックアンドレビュー（以下、「C&R」という）の報告書が取りまとめられ、第 1 回中間 C&R の項目はおおむね達成されていると評価されたところである。この中で、核融合発電の実現時期の前倒しが可能か検討を深めること、前倒しを行う場合第 2 回中間 C&R 時点での達成目標や原型炉研究開発の優先順位を再検討することと指摘された。

本報告書は、タスクフォースにおいて核融合発電の実施時期の「前倒し」を検討した結果をまとめたものである。検討にあたっては、以下のような考え方で進めた。

- まず、前倒しの検討の前提となる原型炉計画の目標や実施時期の変更について議論した。

- 続いて、現行 AP の項目である 0.炉設計、1.超伝導コイル、2.ブランケット、3.ダイバータ、4.加熱・電流駆動システム、5.理論・シミュレーション、6.炉心プラズマ、7.燃料システム、8.核融合炉材料と規格・基準、9.安全性、10.稼働率と保守、11.計測・制御、12.社会連携に加え、新たに「サイト整備」を取り扱って、前倒しに伴う変更点を議論した。なお、13.ヘリカル方式、14.レーザー方式については、前倒しによる変更がないため、今回は対象としなかった。
- 最後に、前倒しに対応する第 2 回中間 C&R 及び AP の見直しを行い、加えて原型炉研究開発ロードマップの更新について検討した。

2. 核融合発電の実施時期の前倒しの検討における第 1 期の目標設定と実施時期

前倒しでは、2040 年代の原型炉運転開始を仮定し、そこから概念設計、工学設計、建設、組立の期間をバックキャストして設定した。この場合、段階的に原型炉の性能を上げる（運転領域を広げていく）として、表 1 に示すように第 1 期（発電実証）と第 2 期（定格発電実証）を設定した。第 1 期は、第 2 期目標を速やかに達成できるようにしつつ、増殖ブランケット（BLK）による発電を早期に実証する「マイルストーン」とした。この新たに設定した『低出力&パルス運転』に必要な技術開発を加速・重点化することで、2035 年の ITER 燃焼実験の直後から、原型炉建設に着手、10 年後に原型炉による発電実証を目指すことが可能となり、現在の計画から 5 年程度の前倒しの可能性が示された。

表 1 前倒しにおいて設定した原型炉の第 1 期及び第 2 期の目標

	第 1 期目標	第 2 期目標
概要	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）	商用炉段階に向けた『定格出力&連続運転』による発電実証
電気出力	<ul style="list-style-type: none"> ・パルス運転（電子サイクロトロン共鳴加熱 ECH が主加熱） ・正味（パルス中）の電気出力の実証 	<ul style="list-style-type: none"> ・連続運転（中性粒子入射加熱 NB による電流駆動&高自発電流割合） ・数十万キロワットの安定した電気出力
稼働率	保守シナリオの実証	実用に供し得る稼働率
TBR	三重水素自己充足性（ $TBR \geq 1$ ）の確認	三重水素自己充足性（ $TBR \geq 1$ ）の実証

3. 核融合発電の実施時期の前倒しの検討

前項の検討結果を基に、前倒し AP を検討した。まず、検討の基本となる項目である「0.炉設計」において、下記のような前倒しの実施が必要となることが示された。

- ・ 移行判断までに製造設計を完了するため、ITER 技術ベースに概念設計段階で高水

準まで進め、炉本体設計を 3 年短縮する。

- コスト評価、候補地選定、建設サイト評価・選定を 2-3 年前倒して実施し、製造設計の開始前に完了させる。
- 建設サイト評価に必要となるため、安全規制法令及び安全評価についても 3 年前倒す。
- 中性子照射データの取得のために、第 1 期（パルス運転）においてもデータベース更新を継続する。

以上の炉設計の前倒しを基に、各項目の前倒しを検討したアクションプラン構成表及びアクションプラン項目別解説を示す。

これまでの AP と同様に、アクションプラン構成表はアクションプランを表形式で示したものであり、アクションプラン項目別解説は項目別の補足説明を附属するものである。本検討の中で示された項目別の特に留意すべき点について以下に列記する。

※今後 10 月 28 日開催の TF で議論して以降まとめる予定である。