

核融合原型炉研究開発に関する第 1 回中間チェックアンドレビュー
報告書（案）

（※令和 3 年 1 2 月 2 4 日時点）

令和 年 月 日
核融合科学技術委員会

本報告書は、核融合原型炉研究開発に関する第 1 回中間チェックアンドレビュー（CR 1）に関する本委員会の審議結果をまとめたものである。

1. CR 1 とは（令和 3 年 6 月 2 4 日委員会審議）

冒頭、CR 1 とは何かについて本委員会のこれまでの決定等に基づき確認する。

（1）CR 1 の目的

「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」（平成 2 9 年 1 2 月核融合科学技術委員会）（以下、「委員会文書」という。）によれば、チェックアンドレビューの目的は、これまでの我が国における核融合原型炉研究開発の進捗状況を分析し、原型炉段階への移行に向けての技術の成熟度を確認することである。

委員会文書によれば、このうち、CR 1 においては、それまでの幅広いアプローチ（BA）活動等の成果を踏まえ概念設計とそれに必要な要素技術開発の開始判断を行うとされている。

（2）CR 1 の基本

委員会文書においては、CR 1 段階における達成目標（社会連携に関する目標を含む）が設定されており、この目標の達成状況を確認することが基本である。（チェックアンドレビュー項目（案）については、別紙 1 参照）

その上で、委員会文書では、中間チェックアンドレビューには柔軟性を持たせ、将来の不確定性にも対応できるようにするとされている。このことも踏まえ、CR 1 の実施に当たっては、最新の国内外の情勢などを踏まえて、CR 2 までの達成目標を含め、第 2 回中間チェックアンドレビュー（CR 2）に向けた課題の抽出、CR 2 までの達成目標の再精査についても合わせて検討することとする。

2. 原型炉研究開発に関するこれまでの方針（令和 3 年 6 月 2 4 日委員会審議）

ここで、原型炉研究開発に関するこれまでの方針について確認する。

委員会文書においては、原型炉の目的を「技術的実証と経済的実現性を明らかにすること」としている。同じく、委員会文書においては、原型炉の目標として、2

1世紀中葉までの核融合エネルギーの実用化に備え、数十万kWを越える定常かつ安定した電気出力を実現すること等を掲げている。

このような方針に基づき、本委員会では「原型炉研究開発ロードマップについて（一次まとめ）」（平成30年7月）を取りまとめ、これに基づき研究開発が行われてきた。

これまでの研究開発の代表的な成果としては、産学官共同による原型炉設計合同特別チームにより策定された原型炉概念設計の基本設計がある。これは、①数十万kWの電気出力、②実用に供し得る稼働率、③燃料の自己充足性を同時に満たす見通しをもつ基本概念を提示したものである。主要機器であるトロイダル磁場コイル、増殖ブランケット、ダイバータについては、イーター技術基盤の延長に概念を構築しつつ、イーターにない技術については、産業界の発電プラント技術及び運転経験並びに大学等による未踏技術の解決策を取り入れた概念を構築したものである。また、炉心プラズマについては、イーター及びJT-60SAの想定成果に基づいた概念を構築している。（※詳細については、令和3年6月24日委員会資料2-2のとおり。）

3. 核融合エネルギーを取り巻く国内外の情勢の変化

（令和3年4月23日委員会報告、令和3年6月24日の委員会において有識者ヒアリング及び討議）

CR1を実施するに当たり、核融合エネルギーを取り巻く国内外の最新の情勢を十分に把握しておくことが重要である。特に、近年、核融合エネルギーを取り巻く国内外の情勢は変化しており、主要国間での核融合開発競争という様相に突入している点には十分留意する必要がある。

主要国において核融合開発が加速している背景としては、次のような要因を挙げることができる。

第一に、技術的な要因である。イーター計画が順調に進捗しており、技術的な成熟度に関する確信が深まってきたという点である。イーター計画、BA幅広いアプローチ活動の研究開発・建設活動の状況及び主要機器の調達が進捗に伴い新たに得られた原型炉に寄与する知見の蓄積がこうした確信を深めている。

第二に、社会経済的な要因である。パリ協定を一つの契機としたカーボンニュートラルの実現に向けた社会的要請はかつてないほど高まっている。エネルギー安全保障の重要性に対する認識の広がりも見逃せない。発電過程で二酸化炭素を排出せず、燃料の偏在といったエネルギー安全保障上の課題を持たない核融合エネルギーの特長が時代の要請に一致している。

さらに、科学技術の進展に伴う核融合分野の技術革新（人工知能、ビッグデータなどによるプラズマ制御の革新等）の可能性や、それを踏まえた諸外国・ベンチャ

一企業による核融合発電炉の実現に向けた動きについても注目する必要がある。
(※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の状況については別紙 2-1 を参照願いたい。)

4. CR1時点で求められている目標の達成状況

(令和3年1月、8月委員会で審議)

CR1までの達成目標は、委員会文書に定められているところ、ここではその達成状況について記載する。この際、実効的なフォローアップを行うために策定された「原型炉開発に向けたアクションプラン」(平成29年12月、核融合科学技術委員会)(以下、「アクションプラン」という。)を活用する。

(1) アクションプランフォローアップ

令和3年1月、本委員会の下に設置された原型炉開発総合戦略タスクフォース(以下、「原型炉TF」という。)は、「原型炉開発に向けたアクションプランフォローアップ：第1回中間チェックアンドレビューに向けて」と題する文書(別紙3参照)を取りまとめ、本委員会に報告した。この調査結果においては、各開発項目について進捗状況が確認されており、例えば「炉設計」の項目では「CR1までに完了予定のアクションはほとんど達成されており、進捗は順調と判断できる」と評価されている。そうした各項目の進捗評価結果全体を総括した上で、原型炉TFは、CR1段階までの達成目標の達成度について「おおむね順調に推移している」と評価している。(令和3年1月27日委員会で報告)

(2) その他最近の状況の確認

「原型炉開発に向けたアクションプランフォローアップ：第1回中間チェックアンドレビューに向けて」(令和3年1月、原型炉TF)を取りまとめた以降の状況について追加的な確認を行った。(令和3年7月13日原型炉TF、令和3年8月2日委員会で議論)

(3) CR1目標とアクションプラン進捗状況との連関

上記(1)(2)の結果を基に、CR1目標とアクションプラン進捗状況の連関を取りとまとめた(別紙4参照2)。これに基づき確認した結果、CR1までの目標は達成されていると判断した。(令和3年9月27日原型炉TF、令和3年10月12日委員会、令和3年11月30日原型炉TFで議論)

5. CR2に向けた課題の抽出

(令和3年10月12日委員会、令和3年11月30日原型炉TFで審議)

(1) アクションプラン進捗状況調査結果を踏まえた分析

○原型炉TFにより取りまとめられたアクションプラン進捗状況調査結果（上記4. (2)の確認結果を含む）を基に、CR2に向けた重要な論点を以下のとおり確認した。

※原型炉TFによる同調査結果においては、CR2に向けた課題について優先順位を付すことの重要性なども指摘されており、この点については委員会においても十分に留意する必要。

- ・イーターの機器開発経験などイーター計画、BAで得られた知見を最大限活用していくことが不可欠である。将来の原型炉開発に生かしていく上でも、イーター向けに日本が調達責任を負う機器について開発を加速することは急務である。
- ・人材や資金面でのリソース確保など開発体制の充実、リソース配分の優先順位を議論することが必要である。
- ・原型炉という事業の大きさを踏まえ、日本国内の産学官のステークホルダー間の協調を深めるべく体制を構築し、原型炉の建設や運転を担い得る体制に発展させていくことが重要である。
- ・産学官で構成している原型炉設計特別合同チームなどが、イーター計画、BAで得られた知見や、原型炉概念設計のこれまでの経験を、今後の原型炉計画に生かすことが求められる。

(2) 最新情勢を踏まえた分析

○上記3.の最新情勢を基にCR2に向けた論点を分析した結果は、以下のとおり。

①技術的側面

- ・米国や英国において、核融合発電実現時期の前倒しに関する構想が発表されている。その構想自体には、未公表部分、不確定要素も多く、更なる分析が必要である。しかし、かかる構想の登場を踏まえれば、日本における核融合発電の実現時期を加速することができるか、その可能性を検討する価値はある。
- ・仔細に見れば、各国の間に核融合発電実現に向けた戦略の違いはあるが、原型炉、すなわち核融合発電を目標とすれば、共通的に必要となる基幹技術が存在する。我が国として、その基幹技術の確保が重要であり、速やかに取り組むべきである。
- ・諸外国で注目されている高温超伝導などの革新的技術は、最初の核融合発電所となる原型炉には間に合わないとしても、核融合発電時代の鍵となる技術とし

て中長期的に研究開発に取り組んでいくことが適当である。

②非技術的側面

- ・米国、英国においては、核融合発電の実現時期の前倒しが検討される中で、核融合関係の企業群の組織化や、立地や安全に関する検討も開始されている。社会連携活動の進め方に関しても、近年の国際情勢を踏まえることは必要である。
- ・核融合エネルギーが国民に選択されるエネルギー源となるには、社会との不断の対話が必須であり、その観点から、日本でも既に、委員会の提言を基に、関係機関の協力によりアウトリーチヘッドクォーターが設立され、活動が始まっている。こうした取組を振り返り、社会連携活動の更なる発展方策について、議論を深めていく必要がある。

(3) CR2に向けた重要課題の抽出

上記5.(1)(2)をふまれば、CR2に向けた重要課題としては、次のようなことを列挙できる。

①技術的側面

- ※CR2に向けた重要な技術的課題は多数あるが、優先順位付けが重要。
- ※柔軟性を持たせ、将来の不確定性にも対応できるよう、CR2に向けた概念設計活動の基本方針として、例えば、経済合理性をさらに追求することや、発電の実現時期を早めることも検討。
- ・我が国においても、核融合発電の実現時期の前倒しが可能かどうか技術的に検討を深めることは重要な課題である。何らかの前倒しを行う場合、CR2で期待する達成目標自体を見直すことや、原型炉に向けた研究開発に関する優先順位を再検討することも課題である。
- ・発電実現時期に関する検討は、様々な観点からの検討を伴うべき複雑な課題であり、また、米・英の戦略などの情勢の見極めも必要であることから、CR1の後、1年程度をかけて慎重に検討すべきである。
- ※「CR2達成目標」「アクションプラン」をどのように見直す必要があるかは、原型炉設計特別合同チームにおいて先ず検討すべき課題である。
- ※その上で、原型炉タスクフォースは、「CR2達成目標」と「アクションプラン」の見直しの議論を併せて進め、委員会にその議論の経過を報告し、特に「CR2達成目標」については最終的に委員会において決定する。
- ・JT-60SAについては既に研究が開始され、ECRプラズマの点火などが達成されているところであるが、次の研究段階(トカマクプラズマの点火を含む)の達成がCR2に向けて非常に重要な課題である。

②非技術的側面

- ※例えば、実施体制の検討、規制・技術規格・安全性の検討、社会連携方策の検

討など

- ・アウトリーチ活動については、アウトリーチヘッドクォーターが設立され、活動推進計画が立案されて、関係機関によって様々な取組が行われている。それらの取組を今後更に発展させていくことが重要な課題である。
- ・諸外国の産業界については、核融合が研究のフェーズから発電のフェーズに移りゆくに従って、核融合関連の産業界の組織化などが進みつつある。この際、これまで核融合にあまり関わりの無かった企業においても、核融合エネルギーの重要性への認識を深めていただくことが課題である。
- ・また、核融合が発電に近づくに従って、立地や安全について議論を深めていくことも、今後の課題である。
- ・ここにあげた点は、必ずしも文部科学省傘下の審議会である核融合科学技術委員会や原型炉タスクフォースの役割に収まらない課題かもしれない。幅広い関係機関による今後の議論の深まりについても期待したい。
- ・以上に加え、核融合発電時代の到来に備え、核融合に必要な広範な人材を育成・確保すべく、他分野からの参画を積極的に促すことも重要な課題である。

6. 結論 (第5章までを踏まえて次回委員会で確定今後審議)

(1) 主文

※CR1段階までの達成目標を満たしているかどうかを中心に記載する。

(2) CR2までの課題の整理、CR2までに達成すべき目標の変更

※上記5.(1)に示すアクションプラン進捗状況結果を踏まえた分析の中からCR2に向けた課題を抽出、整理する。

※上記5.(2)に示す最新情勢の分析の中からCR2に向けた課題を抽出、整理する。

※以上の課題の整理の結果として、CR2までに達成すべき目標に変更点があれば変更する。

(了)

(別紙1) チェックアンドレビュー項目(「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」
(平成29年12月核融合科学技術委員会) より抜粋)

(別紙 ~~2-1~~) 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

A. 政策動向の変化

A-1. 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・ライエン欧州委員長(2019年就任)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。

A-2. 米国エネルギー省(DOE)の核融合エネルギー科学諮問委員会(FESAC)が、「核融合エネルギーとプラズマ科学に関する10年間の国家戦略計画」を発表(2021年2月)。2040年代までに核融合パイロットプラント(FPP)を建設するための準備を整えると記載。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している。~~おり、2021年中に白書を作成予定。~~

A-3. 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)、エネルギー白書「温室効果ガス排出ゼロの未来への強化策」(2020年12月)において、2040年までに「商用利用可能な核融合発電炉」の建設を目指すと明記。発電炉の立地地域を募集(2020年12月)し、15地域が応募(2021年6月) したのを受けて、5つの候補地を公表(2021年10月)。英国政府の規制政策諮問会議が今後の核融合規制に関する勧告を公表(2021年5月)。~~したのに対し、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、現在、意見募集を実施中(パブリックコメントに相当)。

A-4. 韓国政府(国家核融合委員会)は、「第4次核融合エネルギー開発振興基本計画(2022-26)」において、核融合発電原型炉(K-DEMO)建設計画の具体化を図るべく検討中。

A-5. 中国においても、国産の核融合発電実現に向け、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。

B. 核融合ベンチャーへの投資活性化

B-1. 米・マサチューセッツ工科大学で設立された Commonwealth Fusion Systems 社は2020年 ~~125~~月に ~~205090~~億円 以上の追加投資を獲得(累計2200億円 以上)。2025年に核融合実験炉を稼働することを目指している。

B-2. カナダの General Fusion 社も2019年に合計110億円を調達(累計211億円)。

(別紙3) 原型炉開発に向けたアクションプランフォローアップ：第1回中間チェックアンドレビューに向けて（令和3年1月、原型炉TF）

(別紙4) 第1回中間チェックアンドレビュー (CR1) 目標とアクションプラン進捗状況との連関 (令和3年12月24日、核融合科学技術委員会配布資料)