

<p>World Fusion R&D Strategies for Fusion DEMO Reactors</p>	<p>レポート 核融合技術開発競争 (その3) 欧米、中国の開発動向 SCE・Net 郷 茂夫</p>	<p>R-75 発行日： 2022年 5月6日</p>
--	---	---

その3は、欧米と中国などの核融合技術開発の動向についてです。

(見出し番号は、その2のつづきです.)

4. 各国における核融合研究開発とエネルギー政策の動向

現在の脱炭素ミッション下で、核融合はエネルギー問題と環境問題双方を同時に合理的に解決できる可能性があることから、カーボンニュートラル実現の鍵となるエネルギー源の1つです。これまで、世界7極30か国による国際協力を実施してきたITER計画が略順調に進捗していることを受けて、主要国はカーボンニュートラルの実現に向けて、核融合エネルギー開発に関する独自の取り組みを2020年頃から一斉に加速しています。併せて、各国において、核融合ベンチャーへの投資も活性化しています。

4-1 欧州連合関連機関 (EUROfusion)

○欧州機構が策定した「核融合エネルギー実現に向けた欧州研究ロードマップ」(2001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しています。そこでは、EU欧州委員長(2019年発足)の「欧州グリーンティール」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(u DEMO)を建設すべきであるという提言をしています。(その後の経過は未チェックです。)

○核融合実験で画期的な結果、クリーンな発電に期待も＝英研究施設
(2022/2/10)

[核融合実験で画期的な結果、クリーンな発電に期待も＝英研究施設 - BBC ニュース](#)

(より引用)

『イギリス・オックスフォード近郊にある「欧州トーラス共同研究施設 (JET)」での実験では、2種類の水素を融合した時に発生するエネルギー量が5秒間で59メガジュール(約11メガワット)と、過去最大を更新。1997年に行われた実験結果と比べると、2倍以上だという。59メガジュールは、やかん60個分の水を沸騰させられる程度で、エネルギー量としては大きくない。しかし今回の実験は、現在フランスに建築中の大型核融合施設 ITER の設計の妥当性を示すものとして、大きな意味を持つという。

JET での実験を主導したジョー・ミルネス博士は、「この実験により、核融合を使った発電に一步近づいた」と説明。「機械の中に小さな星を作り、5 秒間維持し、高いパフォーマンスを得られた。新たな領域に入った。」と述べた。』

○核融合エネルギー、世界新達成も 2050 年の実用化は無理？

[核融合エネルギー、世界新達成も 2050 年の実用化は無理？（ニューズウィーク日本版） - Yahoo!ニュース](#) 2022/2/22（より引用，否定的な見方の一例です。）

『核融合発電が実用化すれば温室効果ガス削減に大きな効果がありますが、これまでの開発ペースでは 2050 年までの実用化は不可能です。日本は核融合関連の研究開発に年間 200 億円以上の予算を使っています。開発に時間がかかりすぎてカーボンニュートラルの解決策にならない、30 年の間には、技術的・経済的にもっと実用化しやすいクリーンエネルギーが得られるのではないかという批判もあります。』

4-2 米国

○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) しました。2040 年代までに核融合パイロットプラント (発電炉) を建設するための準備を整えると記載しています。

一方、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) しています。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おり、2021 年中に白書を作成予定されています (その後は未チェックです)。

○マサチューセッツ工科大学で設立された Commonwealth Fusion Systems 社は 2021/2 に 2050 億円以上の追加資金調達を公表 (累計 2200 億円以上)。2025 年に核融合実験炉を稼働させることを目指すとしています。以下参照ください。

[MIT Tech Review: ベースロード電源の未来 MIT 発ベンチャーが挑む「実用的」な核融合炉 \(technologyreview.jp\)](#)

MIT Technology Review: ベースロード電源の未来 MIT 発ベンチャーが挑む「実用的」な核融合炉 (より抜粋引用)

『超伝導材料を使った強力な磁石を開発した MIT 発スタートアップ企業コモンウェルスは、実用的な核融合炉を 2025 年までに稼働できると考えている。だが、依然として課題も多い。Commonwealth Fusion Systems の科学者たちは、2025 年までには、さらに進化したスパークが、消費エネルギーの 10 倍以上のエネルギーを作り出すと予想する。そして、2030 年代初頭までに、小型の石炭火力発電所と同程度の電力を供給できる本格的規模の設備を開発できると言う。』

コモンウェルスは、小型で、建造に時間がかからず、はるかに安価な核融合装置を提供することで、ITER 対抗できると考えている。カギとなるのは、コモンウェルスが開発した新しい磁石、この種のものとしては最も強力な磁石だ。 2021 年 9 月のテストでは、20 テスラの磁束密度を達成した。これは、ITER が装備する初期の超伝導材料を使用した磁石の約 2 倍の強さだ。コモンウェルスの磁石を並べて作った核融合装置は、ITER の 40 分の 1 の大きさで、同程度のエネルギーを生み出せるはずだ。とはいえ、コモンウェルスはまだ多くの課題を抱えている。つまり、核融合は非常に実験的で、まだ立証されていない技術なのだ。』

4-3 英国

- 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)、および「英国政府の核融合戦略」(2021 年 10 月)において、2040 年までに核融合原型炉の建設を目指すと明記しています。発電炉の立地地域を募集し、5 つの候補地を公表(2021 年 10 月)しました。政府の規制政策諮問会議による今後の核融合規制に関する勧告(2021 年 5 月)に対し、政府が核融合規制に関するグリーンペーパー(討議資料)を(2021 年 10 月)し、現在、意見募集を実施中(日本のパブリックコメントに相当)ということです。

○英国における核融合研究開発の動向

2021 年 10 月、英国政府(ビジネス・エネルギー・産業戦略省、BEIS)は「英国政府の核融合戦略：核融合エネルギーに向けて」と題する文書を発表しています。

<英国政府の核融合戦略(2021/10)より抜粋引用>

『#戦略の背景(略、低炭素影響のこと)

#戦略の目的

1. 「核融合発電原型炉」を建設により、核融合の商業的実現性を実証する。
2. 英国が世界リードする核融合産業を構築し、輸出でさるようになる。

#戦略の主な内容(抜粋)

- ◆ 核融合に関する規格・規制の策定、核融合の可能性と市場機会を創出、ITER に対する貢献と EU の核融合発電原型炉プログラムへの参加を継続する。
- ◆ 2040 年までに電力網へのエネルギー投入を行う核融合発電原型炉を設計・開発・建設する。2022 年 12 月までに英国政府(BEIS)が立地地域を選定する。』

○イギリスの核融合ベンチャー、トカマク・エナジー、民間初・プラズマ温度「1 億度」達成

2022 年 3 月 10 日

『イギリスの核融合ベンチャー、トカマク・エナジー(Tokamaku Energy)は、民間企業としては初めて、「プラズマ温度」を核融合の商用炉を実現する上で最低限必要な水準とさ

れる1億度に到達させたことを発表した。トカマク・エナジーが開発している核融合炉の実験装置 ST40 は、「球状トカマク型」と呼ばれるタイプの実験装置。これまで、国の研究機関レベルでは、プラズマ温度を1億度以上にすることが実現されていたが、**民間企業として実現した事例は今回が初めて**。プレスリリースによると「わずか5年、5000万ポンド（約76億円）で今回のマイルストーンが達成されたことになる」としている。

トカマク・エナジーでは、ST40に高温超伝導（HTS）磁石を組み合わせた実験装置 ST-HTS を2020年代半ばに運転開始予定。この実験データは、2030年代初頭に運転開始を目指している世界初の核融合パイロットプラントの設計に生かされることになるという。』

4-4 カナダ

- カナダの General Fusion 社は2019年に合計110億円を調達（累計211億円）し、英国原子力公社(UKAEA)と Fusion Demonstration Plant を英国内に建設するための協定を締結しています(2021年6月)。

4-5 中国

- 安徽省合肥市にある中国科学院の研究所が、中国の核融合の中心的研究所です。中国の核融合実験開発機は、現在2つあり、**EAST** と **CFETR** と呼ばれています。上記以外に、成都にも実験用トカマク試験機 **HL-2M** があります。
- 合肥物質科学研究院に属する五つの研究所の一つのプラズマ物理研究所が核融合科学、超伝導トカマク、炉工学、理論シミュレーションなどの拠点です。
EAST: 超伝導トカマク核融合炉です。
[Shanghai_Isei.pdf \(coocan.jp\)](#)
- 中国科学院プラズマ物理研究所 (ASIPP: Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences) 視察報告より引用。
中国では、ASIPPにおける核融合研究で EAST が使われてきました。
2006年9月 EAST ファーストプラズマ着火しています。
(比較) 中国 : 2003年2月より ITER 計画に参加しました。
- 国産の核融合発電実現に向け、ITER と並行して、ITER と同規模の核融合工学実験炉 CFETR (立地: 合肥市 Héféi Shì, 安徽省、Ānhuī) 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です。
- 中国は、ITER 計画に参画しており、参加国は ITER 技術情報を自由に入手し利用できます(そういう契約になっている)。また、中国では核融合研究開発はエネルギー政策の重要なテーマの一つになっており、研究者数も多く世界中から集めていると言われます。

以下に最近のニュースを3つ引用します；

[1億2000万度のプラズマを101秒間維持、中国の核融合炉「EAST」が世界記録更新 - GIGAZINE](#) (2021/6/1)

『中国の超伝導電磁石トカマク型核融合エネルギー実験炉「EAST」が、1億2000万度の高温プラズマを101秒、1億6000万度のプラズマを20秒維持することに成功し、世界記録を更新しました。』

[中国は潜在的に効果的な熱核反応器を開発しました-地球上の「人工太陽」は10年で発生する可能性があります \(yoopply.com\)](#) (2021/9/29)

『中国は潜在的に効果的な熱核反応器を開発しました-地球上の「人工太陽」は10年で発生する可能性があります。』

中国の科学者たちは、中国核融合工学試験炉（CFETR）核融合炉の開発研究を完了しました。政府がプロジェクトを承認した場合、科学者は約10年で「人工太陽」を照らすことを約束します。

CFETRの設置はまだテスト施設ですが、国際的なITERプロジェクトとは異なり、発電を提供します。中国人は、熱核プロセスを維持する上で記録的なパフォーマンスを達成する能力をすでに証明しています。そのため、今年の5月、実験用熱核反応器HL-2Mトカマク（成都、「中国環流器二号M（HL-2M）」トカマク装置）はプラズマ温度を1億2000万°Cに101秒間維持しました。ただし、これは制限ではありません。次の段階で、保持時間は400秒と1000秒に増加します。

合肥のプラズマ物理研究所で立ち上げられる可能性のあるCFETRプロジェクトは、200MWの出力用に設計されています。この設備は、熱核反応から得られるエネルギーを生産する世界で最初のものになるかもしれません。』

[中国が約1兆ドルかけて製造・運用する「人工太陽」 太陽の5倍高温なプラズマの維持に成功！（sorae 宇宙へのポータルサイト） - Yahoo!ニュース](#) (2022/2/7)

『中国科学院等離子体物理研究所は、同研究所が開発・運用する全超伝導トカマク型核融合実験装置（EAST）が、摂氏約7千万度（筆者注：太陽の中心は約2400億気圧の超高压状態で、約1600万度の高温で水素原子同士がぶつかって核融合が起きています。地球ではそれほどの高圧状態は作り出せないため、地球上で核融合を起こすための温度は1億度以上が必要です）という高温のプラズマを1,056秒間持続することに成功したと発表しました。この持続時間は、トカマク型による高温プラズマの持続時間としては世界最長となります。』

4-6 韓国

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です。