

未来構想シタ－

一般社団法人未来構想会議

-Forum on Future Vision-

2024年5月1日号

〒100-6015 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号
霞が関ビル15階 JWD内
電話：03 - 6625 - 0723/ FAX:03 - 6625 - 0724
E-mail: info@ffv.jp



4月22日第20回勉強会 「核融合発電研究の現状と実現への展望 について」

河村建夫会長より、核融合発電に関してはこれまでいろいろ関わってきた。夢のエネルギーと長年いわれてきた核融合発電だが、現在かなり実現性が高まっている。国際的な協力メカニズムとして、ITER(国際核融合エネルギー機構)を設立することになり、それ

を推進するための閣僚級会合が2006年にパリで開催され設立協定の協定が結ばれた。それに向けて直接的に関わってきた。そのITER実験炉の建設地として、日本も六ヶ所村を国内候補地に決めて積極的な誘致活動を行ったが、フランス、ロシア、中国、韓国が激しい競争を繰り広げ、ジャック・シラク・フランス大統領の強い働きかけでカダラッシュに決まったことを覚えている。小泉総理とシラク大統領との会談でも半分以上はこの核融合炉の話だった。今日はその後の進展をうかがえるということで楽しみにしていると挨拶した。

千原由幸・文部科学省研究開発局長より、核融合に関する初の国家戦略として「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」が決まった。

核融合はトリチウム(三重水素)1gで石油80トンともいわれるほどのエネルギーを発電することができる。その特徴としてカーボンニュートラルであり、トリチウムは自然状態でも海水中に豊富に存在しており資源制約がない、また燃料の供給や電源を停止することで反応が停止する性質を持っているので安全性が極めて高い。さらに発生する放射性廃棄物は核融合発電に付随して発生する中性子が物質に当たって生じる低レベルのものに限られるなど大変良い性質を持っている。

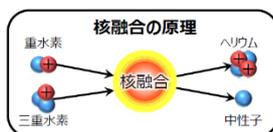


このような性質から核融合発電が現実に動き出せば電力の基盤としてのベースロード電源の役割を担うことができ大変期待されている。

フュージョン(核融合)エネルギーについて

<フュージョンエネルギーとは>

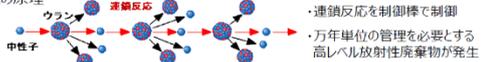
- ・軽い原子核同士(重水素、三重水素)が融合して別の原子核(ヘリウム)に変わる際に放出されるエネルギー。
- ・太陽や星を輝かせるエネルギーと同じ原理で、ウラン燃料を用いる原子力発電と全く異なる。



<フュージョンエネルギーの特徴>

- ① **カーボンニュートラル** 発電の過程において二酸化炭素を発生しない
- ② **豊富な燃料** 燃料は海水中に豊富に存在し、ほぼ無尽蔵に生成可能な上に、少量の燃料から膨大なエネルギーを発生させることが可能
- ③ **固有の安全性** 燃料の供給や電源を停止することにより反応が停止
- ④ **環境安全性** 発生する放射性廃棄物は低レベルのみ

(参考) 原子力発電の原理



フュージョンエネルギー・イノベーション戦略を踏まえた取組

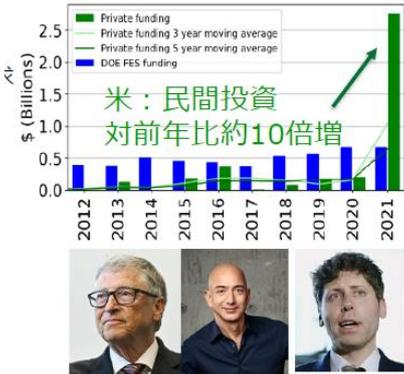
2023年4月に初の国家戦略として、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を策定。

✓フュージョンエネルギーを新たな産業として捉え、構築されつつある世界のサプライチェーン競争に我が国も時機を逸せずに参加。

✓ITER計画/BA活動、原型炉開発と続くアプローチに加え、産業化等の多面的なアプローチにより、実用化を加速。

ITERで推進されている研究はトカマク型であり、ITER誘致に際し協議した結果として日本はITER準ホスト国の地位を確保し、さらにフランスに建設される実験炉に続いて原型炉を国際協力で建設する場合、日本が建設候補地を提案した場合には欧州がそれを支持するという約束を取り付けている。わが国でもITER原型炉建設に向けて必要となる技術的基盤を確立するために先進的研究開発を実施している。青森県六ヶ所村で①国際核融合材料照射施設に関する工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA)と②国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)、茨城県那珂市では③サテライト・トカマク計画(STP)を実施し、臨界プラズマ試験装置JT-60を超伝導化改修した。改修された「JT-60SA」は、世界最大のトカマク型超伝導プラズマ実験装置であり、令和5年10月23日に初めてプラズマを生成し、運転を開始した。

②フュージョンエネルギー関連スタートアップへの投資額が急増



(出典) ホリエエフ YouTubeチャンネル

ITER(国際熱核融合実験炉)計画

令和6年度予算額	14,306百万円
(前年度予算額)	16,742百万円
令和5年度補正予算額	3,800百万円

【概要】エネルギー問題と環境問題を根本的に解決するものと期待される核融合エネルギーの実現に向け、国際約束に基づき、核融合実験炉 ITERの建設・運転を通じて、核融合エネルギーの科学的・技術的実現可能性の確立を目指す。

●ITER協定 2007年10月24日発効

●経緯
1985年 米ソ首脳会談が発端
1988年～2001年 概念設計活動・工学設計活動(日欧米ソ)
2001年～2006年 政府間協議
2007年 ITER協定発効、ITER機構設立

●参加極 日、欧、米、露、中、韓、印

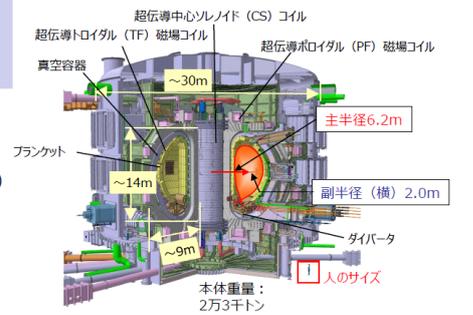
●建設地 仏、サン・ポール・レ・デュランス市 (カタラッシュ)

●計画スケジュール
運転開始 : 2025年12月
核融合運転開始 : 2035年12月
※現在、スケジュール・コストを規定する基本文書(ベースライン)の見直しを図っている。



●各極の費用分担(建設期)
欧州、日本、米国、ロシア、中国、韓国、インド
45.5% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1%
※各極が分担する機器を調達・製造して持ち寄り、ITER機構が全体を組み立てる仕組み

●ITER機構執行部 ピエトロ・バラバスキ機構長(伊)
鎌田 裕 副機構長(日)



●技術目標

- ◇入力エネルギーの10倍以上の出力が得られる状態を長時間(300～500秒間)維持する。
- ◇超伝導コイル(磁場生成装置)やプラズマの加熱装置などの核融合工学技術を実証する。

●主要パラメータ

熱出力(発電はしない)	50万kW
入力エネルギーに対する出力の割合	10以上
プラズマ体積	約840m ³

●各事業における具体的な取組内容

①国際核融合材料照射施設に関する工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA) <青森県六ヶ所村>

- 核融合炉における高い中性子照射に耐久する**材料の開発を行う施設**(核融合中性子源)の建設に向けて、原型加速器の性能実証や、中性子源の工学設計を実施。



②国際核融合エネルギー研究センター(IFERC) <青森県六ヶ所村>

- 原型炉の概念設計、原型炉に向けた研究開発、ITERの遠隔実験、核融合計算シミュレーション研究**を実施。



③サテライト・トカマク計画(STP) <茨城県那珂市>

- 臨界プラズマ試験装置JT-60を超伝導化改修した、世界最大のトカマク型超伝導プラズマ実験装置「JT-60SA」を建設・運転。
- JT-60SAは、令和5年10月23日に**初めてプラズマを生成し、運転を開始**。今後、ITER計画の技術目標達成のための**支援研究**や、**原型炉に向けた補完研究、人材育成等**に取り組み、将来の核融合炉の信頼性・経済性の実証に貢献することが期待されている。



フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の概要

D 産業育成戦略 **+** **T** 技術開発戦略 **×** **P** 推進体制等

の反応により達成する、
国家戦略のビジョン

フュージョンインダストリーの育成戦略 Developing the Fusion Industry

見える

- 研究開発の加速による原型炉の早期実現
- 技術及び産業マップ作成による**ターゲット明確化**

繋がる

- R5年度の設立を目指す核融合産業協会でのマッチング

育てる

- 民間企業が保有する技術シーズと産業ニーズのギャップを埋める**支援をR5年度から強化**
- 安全規制・標準化に係る同志国間での議論への参画
- 固有の安全性等を踏まえた**安全確保の基本的な考え方の策定**

フュージョンテクノロジーの開発戦略 Technology

- ゲームチェンジャーとなりうる**小型化・高度化等**の独創的な新興技術の支援策の強化
- ITER計画/BA活動を通じて**コア技術の獲得**
- 将来の**原型炉開発を見据えた研究開発の加速**
- フュージョンエネルギーに関する**学術研究の推進**
- 新技術を取り組むことを念頭においた**原型炉開発のアクションプランの推進**

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制等 Promotion

- 内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁と一丸となって推進
- 原型炉開発に向けて、QSTを中心にアカデミアや民間企業を結集して技術開発を実施する体制(フュージョンテクノロジー・イノベーション拠点の設立)
- 将来のキャリアパスを明確化し、フュージョンエネルギーに携わる人材を産学官で計画的な育成
- 国内大学等における人材育成を強化するとともに、他分野や他国から優秀な人材の獲得(フュージョンエネルギー教育プログラムの提供)
- 国民の理解を深めるためのアウトリーチ活動の実施

今後、ITER 計画の技術目標達成のための支援研究や、原型炉に向けた補完研究、人材育成等に取り組み、将来の核融合炉の信頼性・経済性の実証に貢献することが期待されている。さらに日本では、トカマク型以外にも、ヘリカル型、レーザー型などの研究が行われている。研究からさらに一步進んで、産業として捉えると世界のサプライチェーン競争に我が国も絶対に負けないで参入していくことが必要になる。これから戦略の中の「実証と商業化を加速する戦略的パートナーシップ」を推進し、「ムーンショット型研究開発制度」を構築し、産業化のための「フュージョンエネルギー産業協議会」を設立し、それらを具体化していくことになる。そうすることで、『世界の次世代エネルギーであるフュージョンエネルギーの実用化に向け、技術的優位性を活かして市場の勝ち筋を掴む、“フュージョンエネルギーの産業化”』を果たすことを目指している。「フュージョンエネルギー産業協議会」は産業界を会員としてフュージョンエネルギーの実用化を支援することになる。



「ムーンショット型研究開発制度」は技術的な難易度が高くとも挑戦する必要のある技術開発に対する支援であり核融合もその対象領域となった。これまでは積み上げ型で考えてきたが、ムーンショットはむしろ目標を先に決めてその達成に向けて挑戦する仕組みである。

また現在核融合炉も原子炉等規制法、いわゆる日本の実用発電炉とかに使う原子炉等規制法と同じような規制がかかっている。これは放射線が人体とかに影響を与えないことを趣旨として作られた法律で、性質の違う核融合炉にそのまま適用すると過剰な規制となる可能性があり、同時に安全性をどう担保するかという議論を各国で始めている。

米国・英国・EUにおける規制の検討状況

【参考】核融合戦略有識者会議 (第3回) (令和4年12月6日) 資料

- 現在、核融合装置については、米国、英国、日本では放射線障害の防止を目的とするRI規制法的な規制が適用されている一方、フランスではイーターに原子炉規制法的な規制を適用。
- 2022年12月現在、核融合のみを対象とした規制を保有する国は存在しないが、米国、英国、EUでは議論が先行。

Q&A:

Q. 鈴木会員: 水力発電は原発の二倍ほどの耐用年数を持っているし、発電効率も高い。風力や太陽電池などのような再生エネルギーもあるが、核融合発電が実用化するまでの間に水力発電を活用するというようなことは検討されないのだろうか？ **A. 千原局長:** 再生エネルギーの不安定さの問題は承知していて、フュージョンエネルギーの利点として、いったん技術的に確立すれば安定したベースロード電源になるということで研究開発を進めている。水力発電に関しては、地域の電力需要に応える意味や日々の変動を補う調整電源としての意味はあると思う。 **Q. 由木文彦理事:** まずなぜ今、核融合エネルギーの話題が盛り上がっているのだろうか。また民間にスタートアップを期待されているということだが、いわゆるフュージョンエネルギーの開発分野におけるスタートアップなのか、それともそれを使って次に何かを実現していくためのスタートアップなのか、民間のスタートアップには何が期待されているのだろうか、これらについて教えていただきたい。 **A. 馬場大輔・研究開発戦略官:** なぜ今かという質問に関しては、世界で様々なブレイクスルー行われていることと民間の巨大な資本が流れ込み話題になっていること。さらにこれまで夢のエネルギーといわれながらもなかなか現実的にいつ頃実用化できるかということが見通せなかったが、そのITER実験炉の完成目標年が2025年に設定されるなど具体的な実用化のための年限が見えだしてきたということがあると思う。フュージョンエネルギーがベースロード電源になるまでにはまだ時間がかかると思うが、電力以外のニーズに基づいた需要とか それに応えるスタートアップが出ていると思う。 **Q. 河村会長:** 日本の出資金はどのくらいになっているのか。 **A. 馬場・研究開発戦略官:** ITER などへの参加による費用対効果に関して言えば、9%の出資で準ホスト国としての地位を得られ、技術的知見を得られるという意味では非常に費用対効果が高いと思っている。ただその出資比率に応じた人材を日本から送り出せておらず、技術の研究研究・継承という意味からも日本は必要な人材を送り込めるようにその将来的な展望を保証することを含め、環境整備をしていく必要がある。ITERの構成国でもある中国などがITERの知見を基にしながらも独自の研究開発を中国で進めており、そこの競争が存在する。技術的な優位性を確保し、フュージョンエネルギーの実用化に向けて日本が優位性を確保しておくことが、今後の日本の経済としての極めて重要になると考えている。 **Q. 富田茂之副理事長:** ITER 建設はどれくらい進んでいるのか？ **A. 馬場・研究開発戦略官:** 建設そのものは7割ほど終わっている。 **A. 千原局長:** ただITER 実験炉の2025年という完成目標はコロナの世界的流行や、ITERを建設するにあたり、各国が部品を持ってきて組み立てているが、その精度が合わなかったりとか腐食が見つかったり、実験の進捗が遅れ気味で、現在見直しをし精査している。 **Q. 増子理事長:** 核融合エネルギー開発には日本が主導権を持てるように努力していく必要がある。世界の共通のエネルギーになれるのか。日本はどの部分を中心に進めているのか？ **A. 千原局長:** 核融合というと核エネルギーと

いう名前が一緒なので、日本では社会的に拒否反応が出る可能性があり、政府でも核融合エネルギーという言い方ではなく、フュージョンエネルギーという言い方をするようにしている。これは核分裂と核融合の性質の違いでもあり、欧米でもそのような呼称が一般的になりつつある。ただ核融合発電でも中性子を放出し、高レベルではないとしても放射性廃棄物が出ることは確かなので、その安全性をどのように担保し確保していくのか慎重に考えていく必要がある。同時に現在は核融合炉開発も核分裂を規制する法律のもとで様々な制約がかけられており、それが核融合発電に対しては過剰な制約となる可能性もあり、適切な規制を諸外国の動きを見ながら検討している最中である。将来の実用化の規模に関してだが、他の電源に比べて競争力がなければ広がっていかない。最終的な出口も考慮に入れながらやっていく必要がある。日本がどの点で優位性を持っているかということについて言えば、ITERだけでなく日本国内でも研究が進んでいて、一通り全部のことができてというのが強みである。その強みを生かしてサプライチェーンの中に入って行くことが重要だと考えている。

Q. 増子理事長：かつていわゆる核分裂を利用した原子力発電も安全で環境負荷がなく、非常に経済性が高いということで導入された。食料とエネルギーは国家安全保障の基盤といえる。それをどうしていくかが課題である。核融合発電の安全性の問題とその規制の問題はどうなっているのだろうか。これは日本が主導権を取っていかないとイケない。安全確保の規制という問題は、世界の基準に合わせて日本がそこについていくのではなく、日本が主導権を持って積極的にやっていかなければならないのではないかと。

A. 馬場・研究開発戦略官：茨城県那珂市の核融合炉はファーストプラズマを実現した。その意味で技術を持った国が協力すれば成果を上げることができるという実例となっている。各国の枠組みを使い足並み揃えながらイニシアティブを発揮していきたい。

Q. 増子理事長：安全性に関しての問題はどんなものだろうか？

A. 馬場・研究開発戦略官：基本的に安全であると考えているが核技術であることは事実なので、厳しい基準の中でどのような事故が起こりうるかを真剣に検討している。

Q. 橋本修・事務局長：一つアイデアではあるが核融合炉が実際に稼働したとき、大量の中性子線が出るということがわかっている。この中性子線を高レベル放射性廃棄物に照射すればその廃棄物から出る放射線の減衰期間を短くすることができるという研究もある。そうであれば最終処分場に行く前のガラス固化した核のゴミを核融合炉の近くに中間貯蔵し、その処理を加速するというアイデアは活用できないだろうか。

A. 千原局長：旧ソ連の時代から核融合炉と軽水炉を併置するというアイデアはあった。しかしシステムが複雑になりすぎるので現実的だとは考えていない。

Q. 橋本事務局長：ここで提案しているのは軽水炉発電所との併設ではなく中間貯蔵施設との併設で、そうであればシステムとしてそれほど複雑にはならないのではないかと。

Q. 増子理事長：核のゴミの最終処分場に関して言えば世界初の最終処分場としてフィンランドのオンカロがようやく今年に完成するが、日本ではまず不可能。知事が全部反対していて文献調査するかしないかというときから、反対だという話になると、取り尽くしまない。私は個人的には、今ある原発の敷地の中に、最終処分とは言わないで、その前ぐらいの部分でとりあえず保存しておくしかないのではないかと考えている。それ以外は本当に難しい。

A. 千原局長：ただ所在地の首長もまたそういう約束じゃないということになって結局は受け入れないのではないかと。

Q. 増子理事長：さきほど閣議を持って核融合という言葉を使わないでフュージョンエネルギーとするといったネーミングの話があったが、これは大事なことである。人に与える影響ということから考えるとネーミングは大事である。ぜひ今回のフュージョンエネルギーも将来に禍根を残さないために、そこで排出される放射性廃棄物の処理の問題も十分考えていただきたいと思う。

A. 千原局長：低レベルの処分の問題は念入りに考えている。

Q. 増子理事長：ところで現実的に考えて、どのくらいかかれば実用化できそうと考えているか？

A. 千原局長：海外は野心的な目標を掲げ 2030 年とかを目標に掲げているが、ただそれがうまくいくかどうかについては、しっかり精査しないとイケない。ただ可能性はだいぶ増えてきていて、よく言われる永遠の 30 年ではなくて、もう本当にこの 10 年間に動きは出てくるのではないかと考えている。

Q. 増子理事長：もう明確にぶち上げた方が良いのではないかと。どんなにできなくたって誰にも非難しない。

A. 千原局長：現時点では積み上げて計算して、2050 年ぐらいと言っている。それを前倒しできるかどうかである。

Q. 増子理事長：原発の後のエネルギーと原発の処理の問題を考えると、われわれが生きている間にぜひ実現してほしいなという強い希望を持っている。

A. 千原局長：中長期的にやっていくのが大事だと思うので、地に足つけてしっかりこれからもやっていきたいと考える。最後に増子理事長より感謝を述べ閉会した。

勉強会予定

2024年6月10日 第21回勉強会「福島第一原子力発電所廃炉の現状について」講師：山名元・原子力損害賠償・廃炉等支援機構 理事長

未来構想会議ホットライン

(一社) 未来構想会議に対するご意見・ご要望をお寄せください

〒100-6015 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号霞が関ビル 15階 JWD内

電話：03-6625-0723/ FAX:03-6625-0724

E-mail: info@ffv.jp <https://ffv.jp/>