

## 核融合炉の基礎情報

11月25日に開催される『核融合研究はどこまで来たか』のセミナー(47,300円)から抜粋

50万キロワットの連続出力をめざす核融合実験炉イーター(ITER)が日欧米露中韓印の国際協力でフランスに建設中です。

一方、米英等のベンチャー企業が10年以内に小型核融合炉を実用化などのニュースもマスコミをにぎわせ、戸惑ってしまうかもしれません。

レビューを経た研究成果が基盤にある発表と、部分的な成功の将来展開を楽観的に拡張したマスコミ向け発表が、区分けなくそのまま報道されるために混乱が起きています。

これは報道のせいではなく注目度を狙った発表をする側の責任です。

本講座では、核融合炉設計の専門家として40年以上にわたり活躍し、日本の開発戦略にも関与してきた講演者が、核融合開発の本当の現状と将来の見通しについて、わかりやすくお話しします。

また、過去のイノベーションの歴史、今後に期待されているイノベーションなどもご紹介し、本年7月に計画変更が発表になったITER計画の今後の進展予定についても最新情報をご紹介します。

なお、名称変更の政府発表(2023年6月8日)に沿い、「核融合」は原則として「フュージョン」と表記する予定です。

### 1. フュージョン炉の基本

- 1) フュージョンエネルギーとは
- 2) 一億度を閉じ込める方法(磁場とレーザー)
- 3) 過去の開発史と日本の試験装置 JT-60SA
- 4) 国際協力で建設が進む実験炉 ITER 出力 50 万 kW
- 5) ITER の性能は今でいう「機械学習」で予測した
- 6) フュージョン炉の主な要素技術
- 7) 実用化に向けた開発計画とコスト
- 8) 色々なフュージョン反応

### 2. よくある疑問と回答

- 1) 水爆のように爆発しないのか
- 2) 福島事故のようにならないのか
- 3) 放射性廃棄物で破綻しないのか
- 4) 1億度なのにお湯を沸かして発電するのか

### 3. 磁場方式フュージョン炉

- 1) 閉じ込め磁場の構成(トカマク型(ドーナツ型)・ヘリカル型(ラセン型), 他)
- 2) 一億度への加熱と電流の駆動
- 3) 日欧の成功と米の挫折
- 4) プラズマ性能の制約条件

#### 4. 未来エネルギーとしての資質

- 1) 燃料資源はどこに
- 2) 燃料増殖 リチウムから三重水素を作る
- 3) 最初に三重水素がなくても起動可能
- 4) 安全性と潜在的ハザード比較

#### 5. ITER 計画

- 1) ITER 計画の進捗と予定(2024年7月の計画変更を含む)
- 2) 実験炉 ITER の概要
- 3) ITER の目標と達成の見通し

#### 6. イノベーションの歴史と期待

- 1) プラズマ(自己駆動電流、自己加熱燃焼)
- 2) 超伝導コイル(製作技術、電磁力支持材、絶縁材、超伝導材)
- 3) ダイバータ(排熱、耐熱、耐久)
- 4) ブランケット(構造、増殖材、増倍材)
- 5) 遠隔保守技術(小分けて抜く、横に抜く、上に抜く)

#### 7. 磁場フュージョン炉の概念設計例

- 1) ITER で発電したら正味電力は出るか
- 2) フュージョン炉の設計例
- 3) 建設コストと発電コストの予測分析

#### 8. 慣性(レーザー)方式フュージョン

- 1) レーザーフュージョンの原理と特長
- 2) 米国におけるレーザー方式の進展
- 3) 日本の発明 高速点火法
- 4) レーザー炉の概念設計例
- 5) レーザー炉特有の技術課題

#### 9. 10年後に実用化って本当なのか

- 1) 米英ベンチャーの小型炉案 棚上げされた課題はなにか
- 2) 先進燃料フュージョン炉 実現には高いハードルがある

#### 10. 実用化に向けた核融合開発計画

- 1) 日本の開発ロードマップ
- 2) 海外の開発計画

### 一般的な情報

核融合発電では、発電施設の建設に巨額なコストと開発時間がかかります。

現在フランスに建設中のトカマク型の国際熱核融合実験炉イーター(ITER)は、総建設費が3兆円近くにも上り、日本はその約1割を負担することとなっています。

しかも、昨年には本体に修繕が必要な部分も見つかったことから、運転開始を9年延期し2034年とする案を検討していることが明らかになっています。

そもそも「核融合反応を起こすことは既に可能」だというのは、秒単位のごく短い時間の話で、しかも現状は、「投入したエネルギーよりわずかに多いエネルギーを取り出せるようになった」というレベルです。今の電気代と同じぐらいのコストでできるようにする目途は、全く立っていません。

ITER 計画は 2007 年に日本・EU・米国・ロシア・中国・韓国・インドの「7 極」間で ITER 協定が締結され、この実験炉が建設されても、その後原型炉(実際に発電ができるかテストするための炉)や商業炉を建設するには、また別途費用が必要です。

日本は毎年 200 億円を核融合の推進に支出していますが、その費用対効果も検証する必要があります。

特に日本においては、核融合分野において将来必要となる人員数と、現在核融合開発に携わる人員数に大きな隔たりがあります。

大学での核融合研究のウェイトや博士課程進学率は低下傾向で、ITER 職員における日本人割合も 3%程度に止まっています。

核融合の研究は裾野の広い総合科学で、例えば医療分野のMRIやリニアモーターカーでも使われる超電導磁石の技術や、バッテリーに使われるリチウムを海水などから抽出する技術など大きな波及効果もあるとされます。

ですから、温暖化対策の“特効薬”にはならなくても、冷静に長い目で見て研究開発や人材育成を進めていくことが大切ではないでしょうか。

今後は長期的な計画の下で継続的に、原型炉開発を担う人材を育成・輩出・確保していくことが必要です。

中国では、国営企業である National Nuclear Corporation へ政府が資金援助し、トカマク型の実験装置による核融合開発を進めています。

このプロジェクトでは、最新の研究成果として、核融合エネルギーの維持で世界最長となる 1056 秒を達成したことが発表されています。

また民間でも、エネルギー会社である ENN グループが、1 億ドル以上と言われる額を核融合プログラムへ出資しています。

日本国内の研究開発では、東京大学で、球状トラス型核融合実験装置を利用した研究、京都フュージョンリング株式会社で、発電プラント技術に関する研究が進められています。

また、大阪大学発ベンチャー、EX-Fusionは、4月上旬、浜松市に開設した研究施設(レーザー照射型)を報道陣に公開した。

レーザーや燃料投入の個別の技術を組み合わせ、発電を見据えた実証実験を行う国内初の施設で、実際にはまだ燃料を使わないが、将来的に燃料を入れて核融合反応を起こし、30年代に小規模発電で一連の技術を確立させる予定。

日本では昨年4月、政府が核融合発電の実用化を目指して「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を策定し、産業の育成を促す方針を打ち出した。

戦略に基づき今年3月には産官学の連携組織「フュージョンエネルギー産業協議会」が発足。

ベンチャーや電力会社、エネルギー会社に加え、日揮や住友商事といったプラント建設大手や商社などが名を連ね、5月時点では、全体で約50社・団体が参画している。

7月、高市科学技術担当大臣が会見で、これまで2050年頃を目標としていた核融合発電の実証を2030年代に前倒しすることをめざし、国の戦略を見直すと言。

8月20日から、内閣府の有識者会議で議論が始まりました。・・・ 総裁選後は、高市さんは、反主流になっていますが、・・・。