

# 一核融合エネルギーでつくる未来 地上に太陽を

核融合発電の実用化

量子科学技術研究開発機構ではクリーンで安全な核融合エネルギーの実現に向けた研究開発を行っています。

©2019 QST naka

## ■太陽

太陽の中心部では、強い重力により圧縮された数百万度のプラズマの中で4個の水素原子核から1個のヘリウム原子核を生成する「核融合反応」がゆっくり起きています(陽子・陽子連鎖反応)。地上で核融合エネルギーを利用するために、重水素と三重水素のプラズマを1億度以上に温める必要があります。

## ■プラズマ

原子は「原子核」とその周りを回る「電子」でできていますが、物質の温度が数千~数万度を超えると(電子がエネルギーを得ると)、原子から電子が飛び出します(電離して)。イオンと電子がバラバラになった「プラズマ」状態になります。

人工的に核融合を起こさせるためには、プラズマ状態にする必要があります。

## ■重水素(D<sub>2</sub>H)の原子核

水素の安定同位体です。

海水中に大量に含まれています。

## ■三重水素(T<sub>3</sub>H)の原子核

水素の放射性同位体です。

12.32年で別の核種(<sup>3</sup>He)に変化します。

## ■ヘリウム(<sup>4</sup>He)の原子核

D-T核融合の副産物です。

無臭無毒の安全な原子です。

## ■リチウム(<sup>7</sup>Li)の原子核

中性子が当たると三重水素とヘリウムに分裂します。

海水から採取できます。

## ■D-T核融合

D+T→<sup>4</sup>He+n+17.58MeV

D-T核融合で生成された

高いエネルギーを持ったヘリウムは、

プラズマの中で重水素、三重水素と

電子にエネルギーを与えて、

最後は「ダイバータ」で排出されます。

## ■トカマク(Tokamak)

1950年代に旧ソビエト連邦で開発された、トランジストの原理でプラズマを閉じ込めておく装置です。

TFコイル、CS、PFコイルの三種類の電磁石を組み合わせてプラズマを閉じ込める磁場を作ります。

## ■トロイダル磁場コイル(TFコイル)

ドーナツの形の磁力線をつくります。

## ■中心ソレノイドコイル(CSコイル)

プラズマ自体に電流を流して磁力線をらせん状にします。

## ■三重水素の生産

<sup>7</sup>Li+n→<sup>4</sup>He+T+4.78MeV

プランケットの中で中性子と反応したリチウムは、

燃料となる三重水素とヘリウムに分裂します。

三重水素は燃料として回収し、ヘリウムは放出されます。

## ■発電タービン

核融合反応のエネルギーで温められた高温高圧の

水蒸気で発電タービンを回し、電力を取り出します。

## ■プランケット

核融合で発生したエネルギーは、プランケットの中を流れる冷却水を数百度まで温めます。

同時に、リチウム(<sup>7</sup>Li)線に中性子を当て、核融合の燃料である三重水素を作ります。

ヘリウム(<sup>4</sup>He)赤には、リチウムに当てるための中性子を増やす効果があります。

また、中性子遮蔽の役割も担います。

## ■磁力線の力

らせん状の磁力線にイオンと電子が巻き付いて、

プラズマを閉じ込めます。

## ■プラズマ加熱装置

ビームや電磁波を使ってプラズマを

1億度以上に加熱します。

## ■JFT-1 [1969-1973]

日本初のトカマクで、コイル本体がある「低ベータ軸対称性ト拉斯磁場装置」です。

## ■JFT-2 [1972-1982]

日本初のトカマクである「中間ベータ軸対称性ト拉斯磁場装置」です。

## ■JFT-2a [1974-1979]

ト拉斯の中から不純物を除去する

対称性ト拉斯磁場装置です。

## ■JFT-2M [1983-2004]

D型非円形ト拉斯の試験を行った

「高密度トカマク開発試験装置」です。

「高安定化磁場試験装置」です。

機動性を生かして先駆的な研究を行いました。

## ■核融合研究開発の歩み

日本原子力研究所での核融合の研究開発は、1961年から始まりました。

現在は、量子科学技術研究開発機構(QST)がその役目を引き継いでいます。

## 地球に優しい 核融合エネルギー

### 1. 貴重な化石燃料を使わない

核融合の燃料は重水素と三重水素です。  
重水素は海水から、三重水素はリチウムを核融合炉の中で反応させて作ります。このリチウムも海水から得られますので、燃料はほぼ無尽蔵であると言えます。

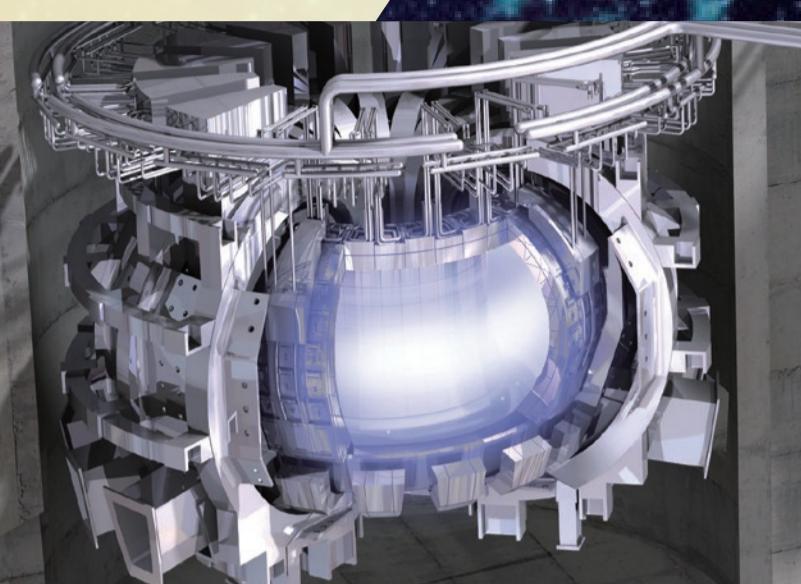
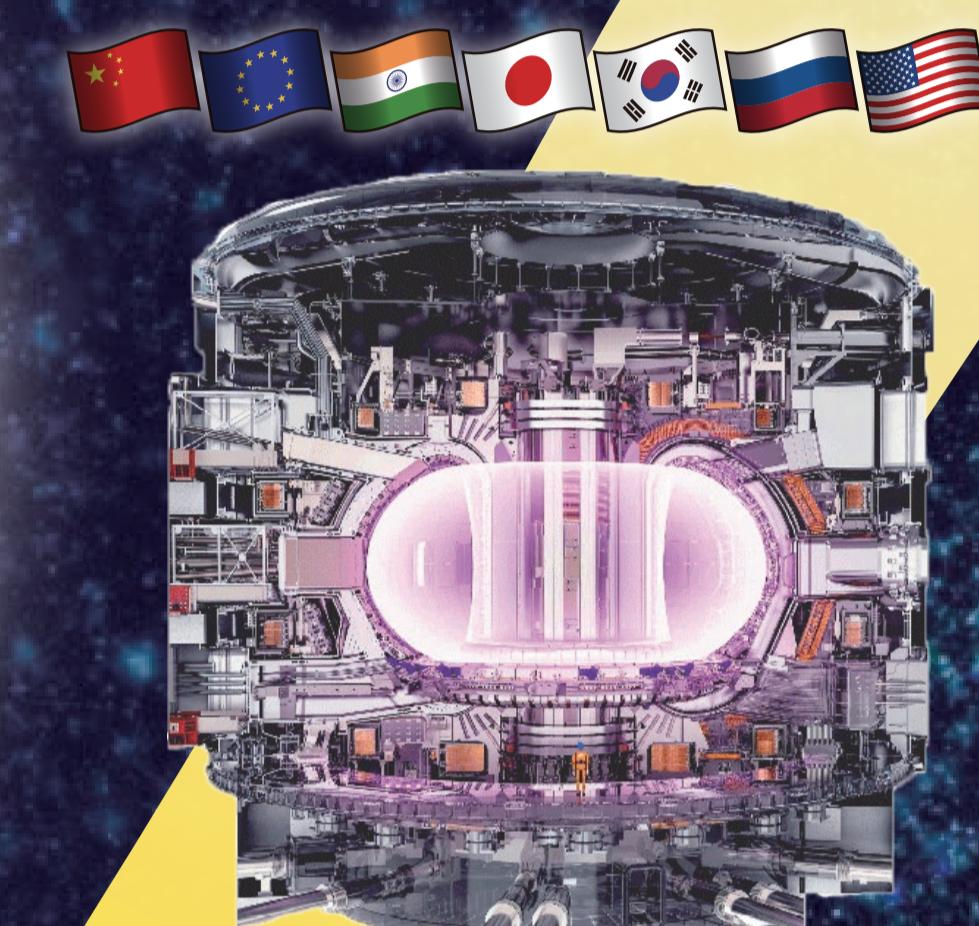
### 2. 環境、安全性に優れたエネルギー

核融合反応で排出するのは人体にも環境にも無害な「ヘリウム」で、地球環境の悪化の原因となる二酸化炭素は発生しません。また、燃料の元栓を締めて反応を直ちに止めることができます。

### 3. 高いエネルギー発生率

重水素と三重水素の燃料1gで石油8トンに相当するエネルギーを発生することができます。

核融合は、環境対策と安全性を両立できる  
実質無尽蔵のエネルギー源です。



## ■原型炉DEMO

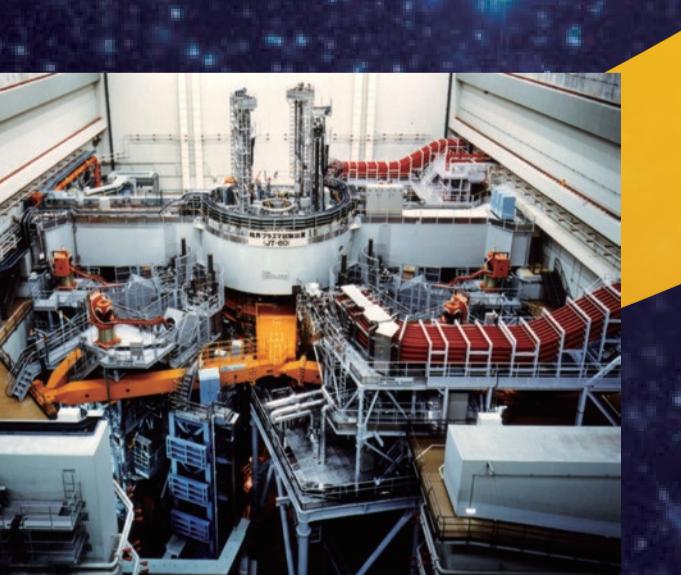
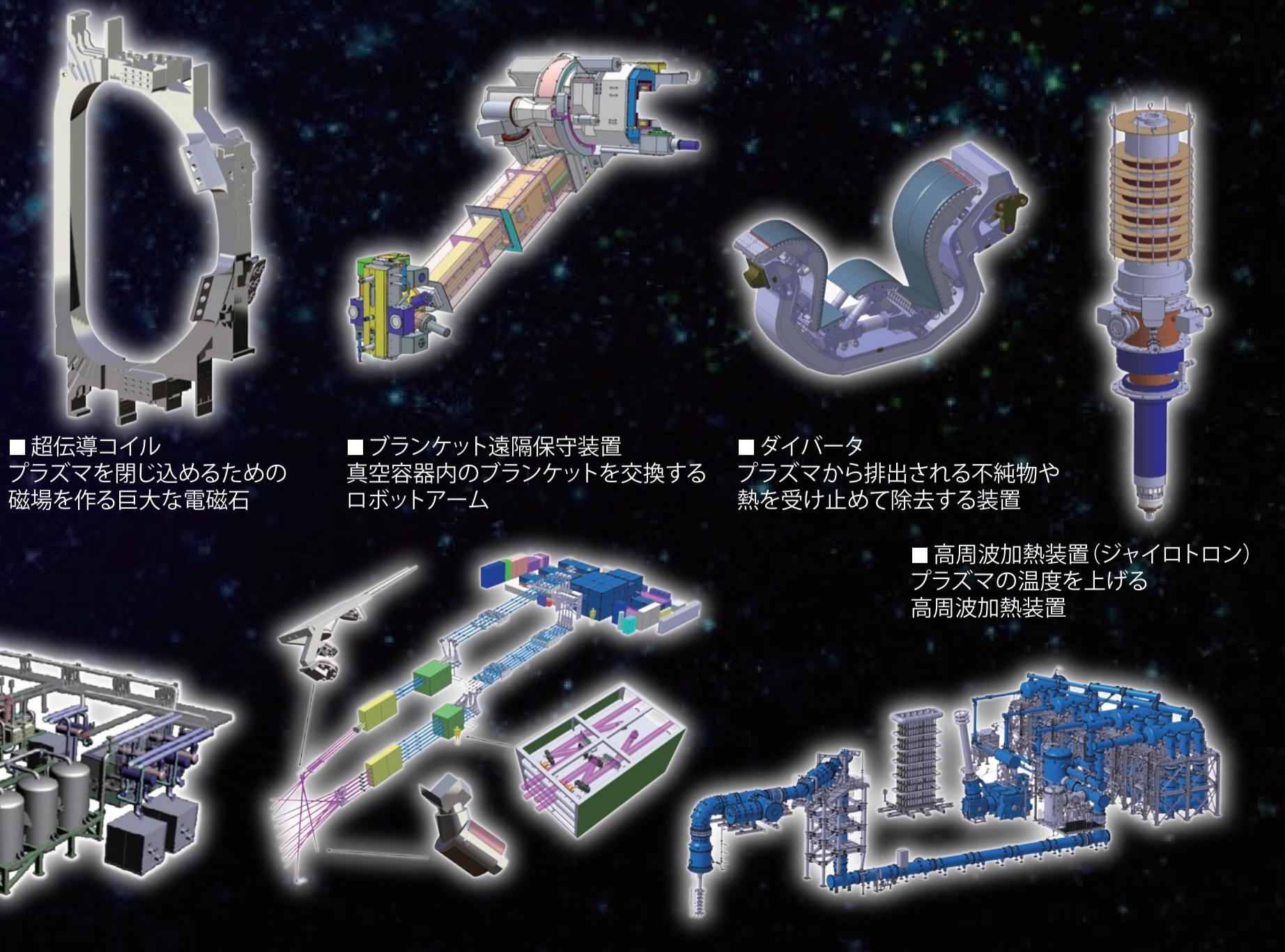
D-T核融合で実際に発電して、核融合発電を実証し、経済性の見通しを得ます。これが成功すれば、いよいよ実用化です。



## ■ITER計画における日本の役割

日本は他国と分担して超伝導コイルなどの機器を製作し、ものづくりの知識と経験でITER計画を牽引しています。また、日本からの人的貢献の窓口の役割を果たしています。

## ■日本が製作を担当するITERの主要機器



JT-60 [1985-1989]  
米国のJTTR、歐州のJET、並びに世界3大トカマクと称された「臨界プラズマ試験装置」です。3大トカマクでは唯一、ダイバータを備えていました。



トリチウム除去装置  
空気中のトリチウムを除去する装置



計測装置  
プラズマの密度、温度、不純物等を診断する装置

中性粒子注入加熱装置(NBI)  
プラズマの温度を上げる粒子ビーム装置