

地球上に太陽を

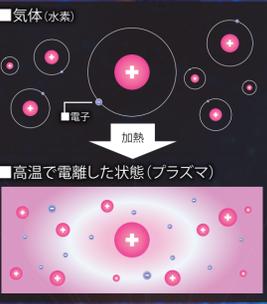
—フュージョンエネルギーでつくる未来—

フュージョンエネルギーの実用化

量子科学技術研究開発機構ではクリーンで安全なフュージョンエネルギーの実現に向けた研究開発を行っています。

■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。地球上でフュージョンエネルギーを利用するためには、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て(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・²H)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・³H)の原子核

水素の放射性同位体です。12.32年で別の核種(³He)に変化します。

■リチウム(⁶Li)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。海水中から採取できます。

■トカマク(Tokamak)

1950年台に旧ソ連で開発された、トランスの原理でプラズマに電流を流すこと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(CS)

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。

■ポロイダル磁場コイル(PFコイル)

プラズマの位置や形を制御します。

■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。

■ブランケット

核融合で発生したエネルギーは、ブ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(⁶Li)(緑)に中性子を当てて、核融合の燃料である三重水素を作ります。ベリリウム(⁹Be)(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。

地球に優しいフュージョンエネルギー

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。

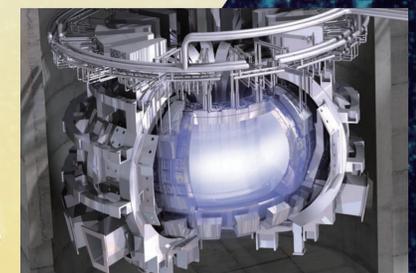
2. 環境、安全性に優れたエネルギー

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させることができます。

フュージョンエネルギーは、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、経済性を見通しを得ます。これが成功すれば、いよいよ実用化です。

■実験炉ITER(イーター)

日本・EU・アメリカ・ロシア・韓国・中国・インドの7極が参加して設立したITER機構により、核融合エネルギーの科学的・技術的成立性を実証する目的で、南フランスに実験炉ITERを建設しています。



■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

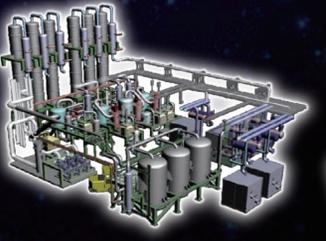


■超伝導コイル
プラズマを閉じ込めるための磁場を作る巨大な電磁石

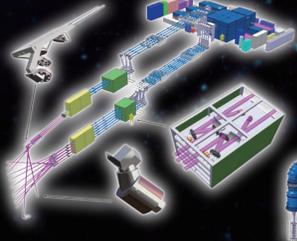
■ブランケット遠隔保守装置
真空容器内のブランケットを交換するロボットアーム

■ダイバータ
プラズマから排出される不純物や熱を受け止めて除去する装置

■高周波加熱装置(ジャイロトロン)
プラズマの温度を上げる高周波加熱装置



■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



■中性粒子入射加熱装置(NBI)
プラズマの温度を上げる粒子ビーム装置



■JT-60SA [2020-]

那珂フュージョン科学技術研究所のトカマク超伝導プラズマ実験装置です。プラズマの長時間維持を実現するため、コイルを超伝導化しました。日欧の共同プロジェクトとして、機器の開発や調達も日欧共同で実施して建設しました。ITER計画や原型炉に必要な技術を獲得するため、世界中から研究者が集まります。



■JT-60U [1991-2008]

JT-60の実験結果を踏まえて改修した、臨界プラズマ試験装置です。プラズマ電流の大電流化と、断面の形状をD型へ変更を行い、世界の核融合研究を最先端で牽引しました。1996年には世界最高イオン温度5.2億度を達成しました。



■JT-60 [1985-1989]

米国のTFTR、欧州のJETと並び、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。



■JFT-2M [1983-2004]

D型非円形プラズマの試験を行った「高性能トカマク開発試験装置」です。機動性を生かして先駆的な研究を行いました。



■JFT-2a [1974-1979]

プラズマの中から不純物を除去するダイバータが付いた世界初のトカマク「高安定化試験装置」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ラス磁場装置」です。20ミリ秒のプラズマ閉じ込めに成功しました。



■JFT-1 [1969-1973]

プラズマ閉じ込め領域にコイル導体がある「低ベータ軸対称性トラス磁場装置」です。

■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。

