

# 未来を照らす、人工太陽

私たちは、飛行機で空を飛び、インターネットで世界中とつながっている。人類は不可能と思われていたものを次々に実現させてきた。そして今、地上に太陽を作ろうとしている。

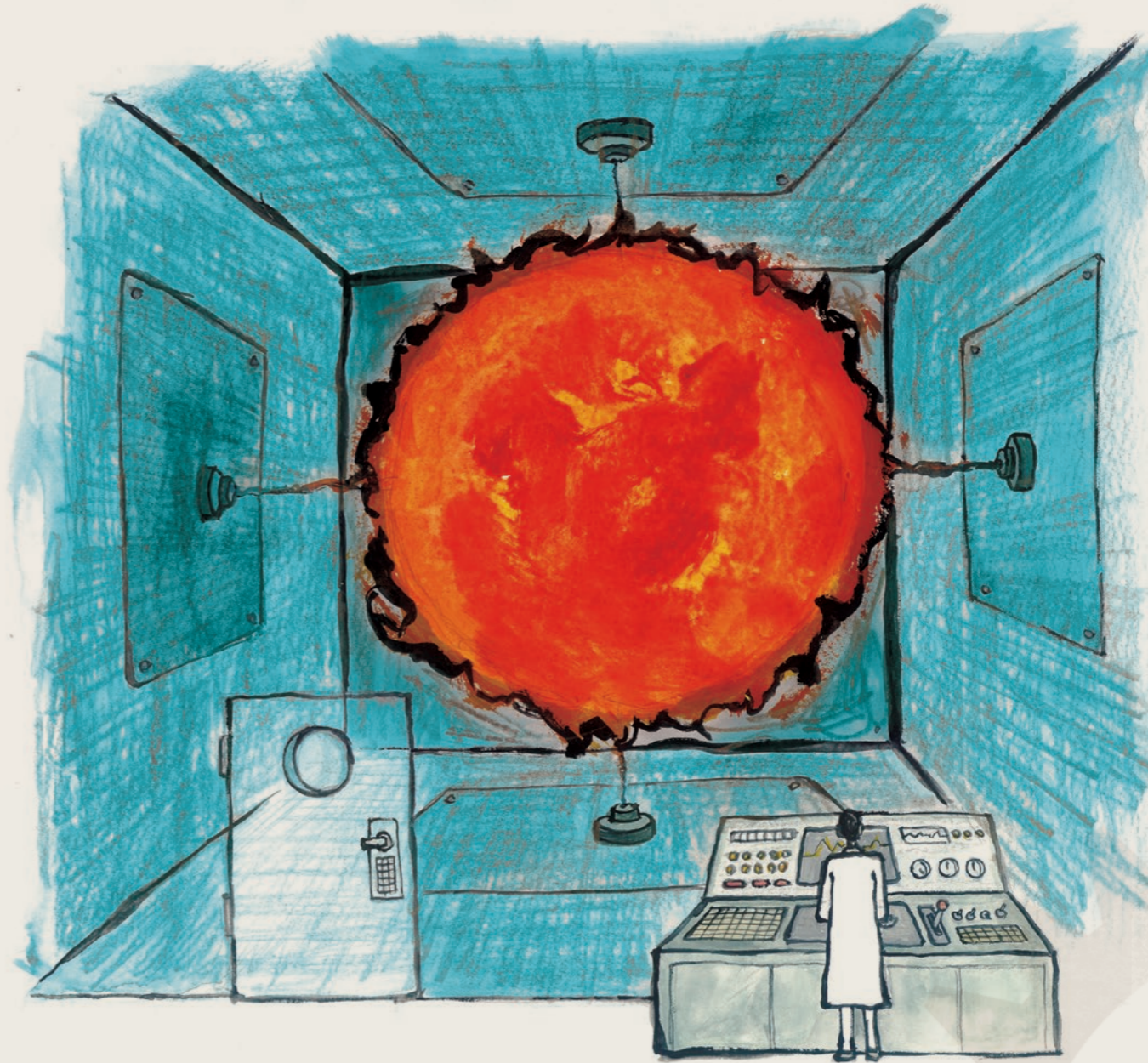
## エネルギー危機を解決する 最終解：核融合発電

世界の人口は爆発的に増加し、2050年には100億人を越え、さらに増加し続けると言われています。経済発展も加わり、人々の暮らしを支えるために必要なエネルギーは急激に増加すると予想されます。しかし、既存のエネルギー技術だけでは、増え続けるエネルギー需要に応えることはできません。このようなエネルギー危機を抜本的に解決する最終解と言われているのが、核融合発電です。

核融合発電とはその名の通り、水素の同位体である重水素あるいは三重水素の核同士を融合させ、反応後の核結合エネルギー差を利用して発電する方法です。原料である重水素は海水から得ることができ、資源は無尽蔵といえます。また、核分裂から電気を得る原子力発電とは異なり、反応生成物が人体に有害な放射線を発生しない安全

## 核融合

核融合を引き起こすには、重水素同士あるいは重水素と三重水素(トリチウム)の原子核を衝突させ、トリチウムやヘリウムへと変化させます。その際に発生するエネルギーから、電気を生み出すのです。しかし、プラスの電荷を帯びている原子核同士をぶつけるのは容易ではありません。磁石のN極とN極をくっ

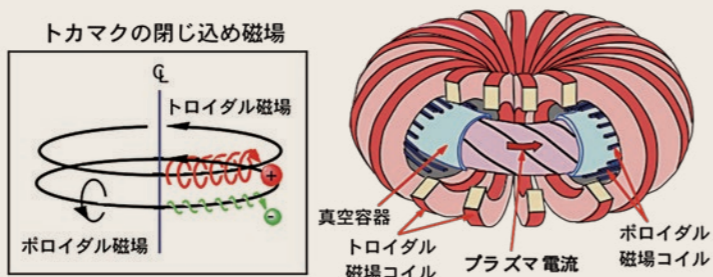


つけようとするようなものです。そこで、核融合反応を起こすために核融合炉を1億度以上の超高温状態にします。温度が上がると、原子核は核融合炉の中を激しく高速運動するため、プラス電荷同士の反発力に打ち勝ち、原子核同士がぶつかって核融合反応が可能になります。

## 磁力線でできた プラズマの魔法瓶

次に、1億度もの超高温状態をどのように保持するかという、閉じ込め容器の問題があります。通常の容器ではそのような超高温に耐えることは不可能なので、超高温状態の物質の特性を利用して太陽コロナと同じく磁力線で保持します。

物質はその温度を上げるに従って、固体、液体、気体になることはよく知られていますが、気体状態の物質をさらに超高温にすると、プラズマと呼ばれる状態になります。プラズマ状態では、物質を構成する電子と原子核はバラバラの状態になっています。電子や原子核はともに電荷をもっているため、磁場をかけると物質は磁力線に沿うように巻きついて動きます。結果として、電子と原子核は磁力線の中に閉じ込められることになり、磁力線の外に熱は伝わりません。つまり、磁力線が容器の役割を果たすのです。核融合発電では「トカマク型」とよばれるドーナツ形状をした磁力線の容器をつくることで超高温状態になった物質は磁力線の中に閉じ込められ、外部に熱を放出して容器を破壊



荷電粒子が磁力線に巻きついて運動するトカマクプラズマ図 (日本原子力機構資料より)

してしまふことありません。磁力線はプラズマを閉じ込める魔法瓶というわけです。

れるプラズマの量を大きくすることをこなっています。そのために、磁力線のドーナツをぎゅつと縮めてリングのような形状にしたリ、さらに2つの磁力線のドーナツを合体させる独自の工夫で従来の10倍のプラズマを閉じ込めることに成功しています。



ドーナツ状のトカマクプラズマの合体

## 人工太陽

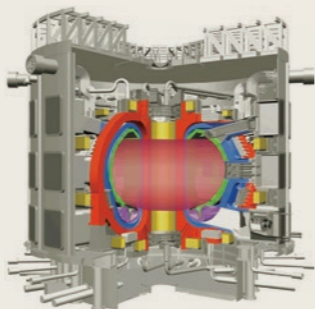
現在、核融合の研究は世界中で精力的に行われていますが、まだ実用化には50年程度の時間が必要ですが、しかし、自然界には核融合が絶えず起こっている場所があります。それは、太陽です。

太陽では、その内部で常に核融合が起こっており、その莫大なエネルギーを宇宙に放出しています。また、太陽表面に見られるコロナという現象は、黒点(N極、S極)の間の磁力線がプラズマを閉じ込める現象で、先ほどのプラズマの魔法瓶と同じことが起きています。我々の研究のような磁力線のドーナツの合体現象も太陽のいたるところで起きています。

このように核融合発電と太陽には多くの類似点があります。核融合発電の実現は、地上に太陽を作ることに他ならないのです。

## 核融合発電の これから

核融合発電はすでに投入エネルギーと出力エネルギーが同程度になる科学的実証段階までできています。現在、国際的に協力して核融合の工学的実証を行うための施設である国際熱核融合炉ITERの建造が進められていて、2020年までの稼働開始を目指しています。ITERでは外部からエネルギーを投入しなくても反応が進み続ける「自己点火」や「長時間燃焼」などについて検証が行われ、実用化に向けて検証が行われる予定です。工学的実証が終わるといよいよ実用化のための発電プラントの建造がはじまります。その間のある時点



建設中の国際熱核融合炉ITERの全景 (日本原子力機構資料より)

で、核融合発電の国際競争が始まり、コストダウンされた先進炉の導入が進むものと思います。そして2050年頃には、エネルギー危機を救う次世代エネルギー技術として、核融合発電は私たちにとって身近なものになると期待されているのです。



## 教授 小野 靖

- 【所属】新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻 工学部電気電子工学科兼任
- 1983年 東京大学工学部電気工学科卒業
- 1986年~1988年 米国プリンストン大学プラズマ物理研究所客員研究員
- 1989年 東京大学大学院工学系研究科電気工学博士課程修了
- 1989年 東京大学工学部助手
- 1990年 東京大学工学部専任講師
- 1993年 東京大学工学部助教授
- 2004年 東京大学大学院工学系研究科教授を経て2005年より現職
- 2012年 東京大学総長補佐