

ITER計画と核融合エネルギー実現への道のり

持続可能な夢のエネルギー実現に向けて

核融合は太陽や恒星のエネルギー源となっている核反応であり、質量の小さい原子核同士が衝突して融合し、大きなエネルギーを生み出す現象である。太陽での核融合を可能としている巨大な重力を人類が再現することはできない。それでも科学者たちは、それ以外の方法によって地球上での核融合エネルギーの利用を可能とすべく、半世紀超にわたって研究を続けている。核融合エネルギーは、二酸化炭素を排出しない持続可能なエネルギーとして長期的に有望な選択肢であるためだ。

核融合研究プロジェクト ITERの推進

ITER計画は、中国、欧州、インド、日本、韓国、ロシア、米国という参加7極が協力して進める核融合研究プロジェクトだ。目指すのは、長年の研究成果を結集して史上最大の核融合実験炉「ITER」を建設することである。各参加極のITERへの貢献は、主として部材製造の形をとる。こうした部材は厳しい技術仕様に従って何百もの工場で製造された後、南フランスのITER建設サイトに搬送され、組み立てられる。

トカマク型核融合装置であるITERは、超伝導磁石を使って2種類の水素同位体(重

ITER機構長 ピエトロ・バラバスキ



水素と三重水素)のプラズマを閉じ込め、成形、制御し、核融合を起こすために必要な摂氏1億5000万度まで加熱する。ITERは、「D₂」の実現と維持を目指して設計されたものだ。この数式は、プラズマを運転温度に保つために外部から入力する加熱用エネルギーと比して、その10倍以上のエネルギーを核融合から生成する、との意味である。ITERにはこれ以外にも、商業規模の核融合炉の実験に必要な数多くのシステムが組み込まれる。

立ちほだかる課題への挑戦

ITERは実験炉であり、発電は行わない。究極の目標は、核融合エネルギーをベースロ

ード電源として商用化することだ。しかしその実現には、ITERが成し得ることを超えた大きな課題が残っている。例えば、長期的な中性子遮蔽機能を持ったプラズマ対向材料、効率的な熱除去を可能にする革新的な設計工学、三重水素の増殖・抽出規模の拡大、そして遠隔保守システムの強化が必要となる。こうした課題を解決するためには、ITER参加極が当初から認識していたように、世界の有力企業・研究機関の関与や、そこに属する第一線の専門家の参加が不可欠だ。

ITER計画は目下、組み立て段階にある。(冷凍、冷却、電気などの)補助システムの大半は完成し、一部はすでに稼働中だ。最大規模の部材の大半は世界で初めて製造されるものだが、それらもすでに完成している。D字形をしたトロイダル磁場コイルは、全数の半分が日本、残りが欧州で製造され、すでに搬入済みだ。円形のポロイダル磁場コイルも同様に、中国、ロシア、欧州の各地で製造された。トカマク型核融合炉の中心部に位置する円筒状磁石の中心ソレノイドについては、すでに6基中4基が米国から納められている。ITER真空容器は、全9セクターのうち5セクターが建設サイトに届いており、合わせ面の修理が順調に進行中、もしくは完了した段階にある。

2024年はITER計画にとって、ガバ

ナンス機関のITER理事会に新ベースライン案を提出したほか、年間を通じて過去最高の進捗を果たした年となった。とはいえ、やるべきことはまだ山積している。トカマク型核融合炉の組み立てには、あと8年ほどかかる見込みだ。本計画は今後も数多くの発注を予定しており、日本が誇る製造面での専門知識をはじめ、世界トップレベルのノウハウを必要としている。

参加企業の貢献と日本への期待

近年、民間部門の核融合プロジェクトや核融合サプライチェーンが、民間からの資金を受けて数多く誕生している。こうした民間部門躍進の原動力は、ITER計画をはじめとする公的研究機関が成し遂げた進歩と、世界規模で化石燃料を置き換える差し迫った必要性が相まったものだ。と報じられている。ITER計画は民間部門での取り組みを、十分な検証がなされておらずリスクが相対的に高いコンセプトも含めて歓迎する。こうした取り組みは、公的資金プロジェクトを補完するとともに、世界の核融合研究開発コミュニティに意義ある貢献を果たすことが期待されるためだ。

核融合の成功に向けて極めて重要な要素の一つは、核融合装置に要求される前例なき仕様に対応可能なサプライチェーンの存在だ。

核融合にかかわる主要分野としては例えば、電磁気学、低温工学、ジャイロトロンなどのプラズマ加熱装置、ロボット工学、3次元視覚化、計量学、精密制御システム、材料科学、幅広い先進製造技術が挙げられる。ITER部材開発の突破口となった発見の多くは、医薬、ヘルスケア、輸送、パワーエレクトロニクスなどの分野に副次的な恩恵をもたらしてきた。

参加極の企業は、ITERに多様な貢献をする中で事実上の核融合サプライチェーンを築き上げてきた。核融合を成功させるためには、こうした企業の専門知識や工業生産力の進化を維持するだけでなく、加速させていかなければならない。日本企業はこれまで、先述した超伝導磁石の製造のみならず、ITERの電子サイクロトロン加熱に用いるジャイロトロン、中性粒子ビーム入射加熱装置の主要機器、ブランケット遠隔操作システム、ダイバータ外側ターゲットをはじめ、数多くの分野で多大な貢献を果たしてきた。

ITER参加極は、核融合エネルギーが持続可能なベースロード電源として実現する未来という夢を共有している。この夢を現実にするためには、世界の科学者やエンジニアから最高の英知を結集しなければならぬ。日本は、この人類の壮大な挑戦に大きな貢献を続ける絶好の位置にある。

(注)ITER：ラテン語で道や旅を意味する