

# 日本成長戦略会議

## フュージョンエネルギーWG

### 第2回会合提出資料

2026年3月30日

大前敬祥 | ITER副建設長

# 目次

- ✓ ITER機構長レター要旨
- ✓ (参考) ITER：最も先進的な装置
- ✓ 日本の将来へ向けて

添付資料：ITER理事会宛ピエトロ・バラバスキITER機構長レター完訳版

# サマリ

- 技術の制約は変わらない為、ITERは「古くなった計画」ではなく、いま新規設計し直してもほぼ同様の装置となるほど物理・工学の知見を随時取り入れた設計であり、燃焼プラズマを炉条件で初実証する為に不可欠な実験炉。
- 一方でITERは発電設備に非ず、商用化に必要な技術ギャップ（定常排熱、トリチウム増殖、材料、可用性・保守性等）は「ITERの外側」で埋める必要があり、故にITERを核に「補完投資」をセットで進めることが、核融合を現実へ近づける最短ルート。
- 過度な約束は禁物。現実には広報に優先し、透明性ある説明こそが長期の信頼と前進を生む。

近年の核融合への楽観論は「技術的・財政的な現実」を覆い隠すリスクがあり、過度な期待は失望と社会的信頼の毀損を招き、結果的に進歩を遅らせる

### 1. 「AIや新しい超伝導体で、核融合は一気に安く早くなるのでは？」

装置のサイズや設計は材料性能だけで決まらない。電磁力、核熱・粒子負荷とその排熱、遮蔽、プラズマ形状制御、長パルス平衡などの制約が支配的で、高温超伝導体があっても同じ種類の制約は残る。従い、ITERの設計は今日改めて構想しても大きくは変わらない。

### 2. 「小さくすれば安いのでは？」

小型化は万能ではない。過度に小型にすると、アクセス性の低下、公差の厳格化、設計変更の連鎖を通じて、むしろ複雑化・高コスト化する。設計の単純性、モジュール化、十分なアクセス性を確保することがコスト管理の鍵となる。

### 3. 「ITERだけですべてが達成されるのでは？」

ITERは発電炉ではなく、燃焼プラズマを炉条件で達成・維持できることを初めて示す実験。商用化に必要な技術ギャップは残り、従いITER = ゴールではなく、ITER = 基盤として次段階へつなぐ必要がある。

# ITERが提供する参加極（国）への価値

- 1. この先へ向けた技術的準備**： 燃焼プラズマ×長パルスという、商用炉へ不可欠な運転領域を実証する。
- 2. 将来炉の設計判断に必要な現実データ**： 実燃料を用いた核融合環境下でのブランケット試験を含む核融合統合プラントとしての経験を蓄積する。
- 3. コストの教訓を次へ移す**： 組立性を軽視した過度な最適化やインターフェース輻輳が生む隠れコストを、設計原則として制度化できる。
- 4. 国際協力**： 世界の主要メンバーが同じ装置・同じデータで透明性をもって議論できる共通基盤を提供する。

# 核融合実現への残された課題

1. **定常排熱**：炉スケールでの核熱・粒子負荷の排熱は材料・冷却の限界を押し上げる。第一壁（FW）やプラズマ対向機器（PFCs）の材料開発は最重要課題の一つ。
  2. **トリチウム増殖**：増殖比 $>1$ の達成は技術的に容易ではなく、遮へいと両立させるにはブランケット厚（概ね1.3m以上）が必要となり、炉の最小サイズを制約する。
  3. **材料**：高中性子環境下での材料適格性が不可欠であり、コンポーネントの機械的特性や耐久性の確認などに向けた専用施設が必要である。
  4. **可用性（稼働率）**：放射化後は人が入れず、遠隔・迅速・モジュール化された保守が経済性の前提。RAMI（信頼性・可用性・保守性・検査性）を物理と同等の厳密さで扱う必要がある。
- ▶ **ITERを核にしつつ、これらのギャップを埋める補完的な研究開発・試験施設を並行して整える**

# エネルギー増倍率=10、核融合出力50万キロワット=500MW、長パルス

ロトカマク主要パラメータ（装置規模：大半径6.2m、プラズマ電流15MA、トロイダル磁場5.3T）

➤ 最新の物理&工学技術の下であっても最適な選択

【テクノロジー事例】

- ダイバータ（ドーム付き垂直ターゲット+燃料およびHe排気）タングステン製（炭素→タングステン、2013年決定）
- 第一壁&遮蔽ブランケット：タングステン製第一壁（ベリリウム→タングステン、2023年決定）
- ELM制御コイル：27コイル&電源システム（2013年決定）
- ディスラプション緩和装置：粉碎ペレット入射方式（2018年決定）
- 電子サイクロトロン加熱：（ジャイラロトロン、2020年代の技術）
- イオンサイクロトロン加熱（アンテナ、2020年代の技術）
- 中性粒子ビーム加熱：（2030年代の技術）
- プラズマ診断装置：（2020年代の技術）
- プラズマ制御：（最新シナリオ）
- 燃料サイクル（2030年代の技術）
- トリチウムプラント、ホットセル、TBM（2030年代の技術）

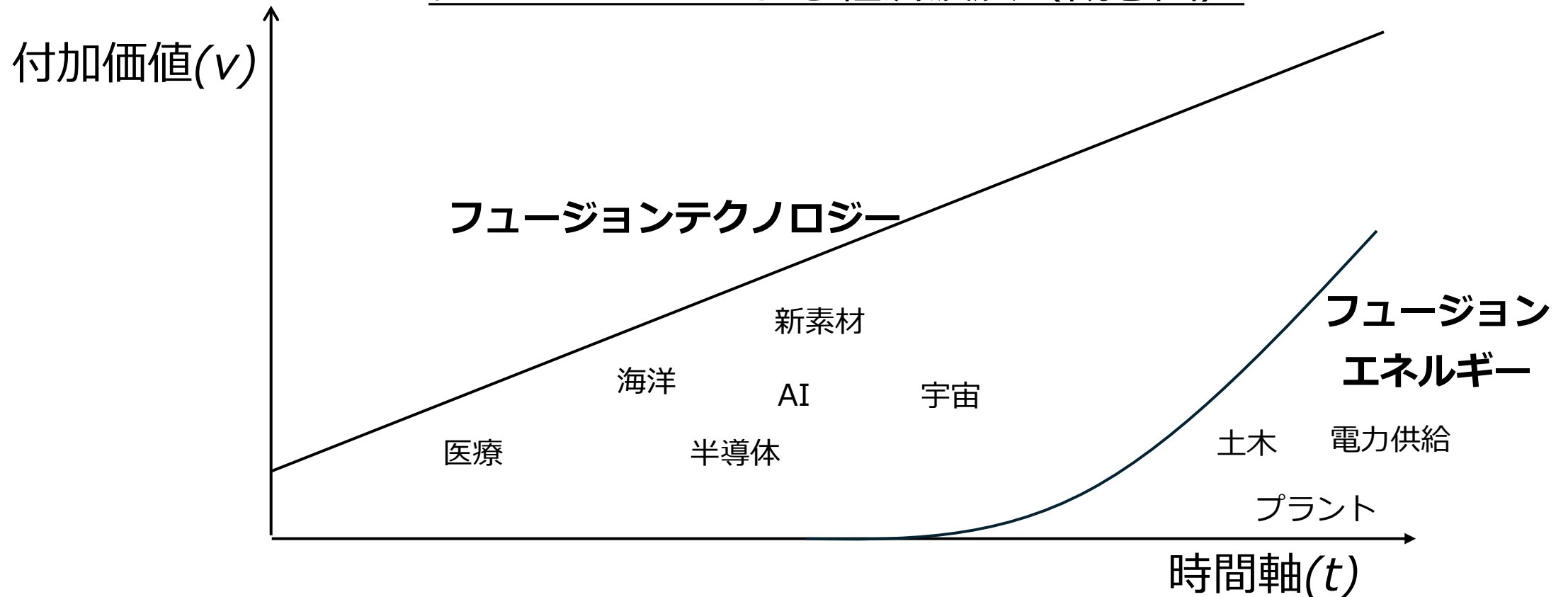
出展：ITER副機構長 鎌田裕

# 日本の将来へ向けて

1. 核融合エネルギーはあくまでNuclearである事を強く認識し、また高い固有の安全性と相俟って、日本独自の国土と社会的受容性を考慮して進める
2. 世界と日本の研究開発における何十年にも渡る積み上げを軽視せず、科学技術的に確からしい道を着実に進める
3. 核融合エネルギー到来の時代における世界と日本の制約条件を精査し、先回りして技術的解を得るべく戦略的投資をする

「エネルギー」は一丁目一番地であり国家安全保障の根幹ではあるが、核融合／フュージョンを大きく「テクノロジー」と捉える事で今から大きな成長を取り入れることが出来る

### フュージョンによる経済波及（概念図）





Route de Vinon-sur-Verdon - CS 90 046 - 13067 St Paul Les Durance Cedex - France

## ITER の設計思想と核融合に関するいくつかの視点

2025 年 11 月

ITER 機構長 ピエトロ・バラバスキ

## 1. はじめに

近年、民間投資の拡大と気候変動に対する世界的な懸念の高まりを背景として核融合研究は急速に進展し、改めて楽観論が広がっている。我々のコミュニティの一部を含め、多くの声が「核融合エネルギーの商業化は間近かもしれない」と示唆し始めている。

核融合は長らく、人類のエネルギー需要に対する究極の解決策——今後何千年にもわたり事実上枯渇することのない低炭素電源——として捉えられてきた。この楽観論は研究の推進力となり投資を呼び込む一方で、前途に横たわる技術的・財政的課題の規模を見えにくくしてしまうこともある。非現実的な期待は失望を招くだけでなく、公共および政治の信頼を損ない、その結果、私たちが加速させようとしている進歩そのものを遅らせかねない。

私はしばしば政策立案者から、ITER の工学的成果に感銘を受けつつも、妥当で示唆に富む問いを投げかけられる。そうした問いの多くは、メディアの言説や、比較的小規模で民間資金により推進される取り組みを取り巻く強力な広報活動の影響を受けている。

典型的な問いは次のようなものだ。「人工知能や新しい超伝導体の進展により、核融合開発が大幅に迅速かつ低コストで進む可能性があるという報道があるが、ITER は依然として最先端の施設なのか？数年以内に核融合発電が送電網に接続され得ると主張する者がいるなら、なぜ ITER は引き続き資金提供を受けるべきなのか？」。

こうした問いは時に不安を覚えさせるが、明確で十分な情報に基づいた、そして率直な回答に値すると私は考えている。

そのためには、ITER 理事会のすべてのメンバーが、次の点について十分に理解しておくことが極めて重要である。

- ITER の設計を導いた考え方（根拠）、中核的な目的、そして内在する制約。
- ITER は現在もなお現代的で目的適合性を備えた施設である一方、そのコストが過大であったことを認識し、「将来のプロジェクトで同様の課題を繰り返さぬように得られた教訓を抽出し整理・統合すべきである」という理解。
- ITER の範囲を超えてなお残る重要な技術ギャップがいくつか存在し、それらは補完的な研究開発によって対処されなければならないという認識。
- 過度な約束がもたらすリスクを避けるため、公共および政治の期待が技術的・物理的現実と整合した状態に保たれるよう、これらの現実を首尾一貫して透明性高く発信する必要性。



Route de Vinon-sur-Verdon - CS 90 046 - 13067 St Paul Les Durance Cedex - France

以上を踏まえると、ITER が構想された基盤と、その発展を形作ってきた設計上の選択を改めて振り返ることは有益である。これらの決定の背後にある理由——技術的妥当性と内在的制約の双方——を理解することは、ITER の現在の役割と、新たに台頭する核融合イニシアチブとの関係性を評価するうえで不可欠な文脈を与える。したがって以下では、ITER の設計思想基盤、ITER の範囲を超えて残る課題、そして将来の開発経路が ITER の成果をどのように発展させ得るかについて、いくつかの視点を示す。本稿は単なる回顧ではなく、急速に変化する核融合の状況の中で、ITER 理事会およびそれが代表するより広いコミュニティが、ITER の継続的な意義を明確かつ首尾一貫して理解できるようにすることを目的としている。

## 2. コストの問題について

コストは、核融合が長期的に成功するうえで最も重大な障壁の一つであり続けている。商用炉への不可欠な橋渡しとして設計された ITER は、この種の施設の建設および運転コストが、核融合の将来的な展開において持続可能な水準を一桁近く上回り得ることを示した。

しかし、こうした高コストは物理や材料だけに起因するものではない。組織の複雑性、多国間ガバナンスの制約、国境を越えた高度製造の調整の難しさも大きく寄与している。これらは核融合に本質的に不可避な特徴ではないが、将来のプロジェクトでは、設計の初期段階からコスト効率を組み込まなければならないことを示している。すなわち、「産業界を早期に巻き込み、過度な仕様化を避け、機械的・熱的応力の双方について現実的な荷重条件を確保すること」である。

重要なのは、「小さいことが常に安いことを意味するわけではない」という点である。過度にコンパクトな統合は、アクセス性の低下、公差の厳格化、設計変更の連鎖的影響の増幅を通じて、複雑性とコストを押し上げ得る。十分な組立空間と単純化されたインターフェースは、しばしば小型化以上の節減をもたらす。したがって、ITER で蓄積された製造経験は、コンポーネントレベルおよびシステムレベルの双方で体系的に整理され、将来の計画のためにオープンに共有されるべきである。

## 3. ITER 設計の基礎

ITER の設計は初期開発段階を通じて、技術進歩と科学的ミッションの精緻化の双方を反映しながら継続的に進化してきた。1980 年代後半の最初の特別作業部会（Special Working Groups）から 1990 年代の工学設計活動（Engineering Design Activities）に至るまで、プロジェクトの性能要求は繰り返し議論された。詳細は変化したが——2000 年の「ITER-FEAT 概念設計（Outline Design）の技術的基礎（Technical Basis for the ITER-FEAT Outline Design）」に結実し、これは従来の 21 MA 概念を低コスト化した反復案であった——いくつかの重要原則は一貫して維持された。最も基本的な要件は次のとおりである。



Route de Villom-sur-Verdon - CS 90 046 - 13067 St Paul Les Durançon Cedex - France

- 外部加熱よりもプラズマ自己加熱が支配的であること（真の燃焼プラズマ）<sup>1</sup>。
- 主要なトカマクのシステムおよびコンポーネント内部も含め、熱機械的条件を安定化させるのに十分な長いパルス継続時間。
- トリチウム増殖用ブランケットを設置し得るよう、プラズマと磁石の間に十分な空間余裕を確保し、将来の発電炉設計をITERで試験できることを担保すること。

これらの研究から導かれた構成は偶然の産物ではなく、設計および研究開発、ならびに運転経験に根ざした体系的な最適化プロセスの成果であり、広範なシステムレベル解析によって検証されている。

#### 4. 主要機器パラメータと物理的基盤

トカマク閉じ込めを支える物理は、30年以上前に同定されたスケーリング則に今なお従っている。理論およびモデリングは進展したものの、経験的なITER-98 (y.2) スケーリングは、エネルギー閉じ込めの予測枠組みとして最も広く受け入れられている。現実的な性能マージンを適用すると、これらの関係は、アスペクト比がおよそ3のときプラズマ電流が約15 MA 近傍になることを依然として示している。

より強い磁場によって大幅なコスト削減が得られるという考え方は、1999~2000年の再設計で徹底的に検証された。システムコード解析では、Nb<sub>3</sub>Sn 超伝導体を用い、最終的にシステム解析の結果として採用された12.5 Tを大きく上回る磁場条件での構成も検討された。これらの解析は、上記の三つの主要要件をすべて満たすことを前提とすると、高磁場オプションは装置サイズの削減がわずかである一方、コスト、複雑性、プラズマ制御性に大きな不利益（ペナルティ）を伴うことを示した。

この傾向の基本的理由は、超伝導（SC）線材そのものではなく、必要な空間にある。すなわち、(a) クエンチ時に磁石を保護するために必要な導体銅、そしてそれ以上に重要な(b) 磁気圧力および面外荷重を拘束するために必要な構造鋼の量である。後者は一般に磁場の二乗に比例して増大する。システムレベル最適化において不可欠なのは、特に磁石系について堅牢で正確な構造設計基準を維持することである。破局的な磁石故障は、放射性物質の一次閉じ込め境界である真空容器を損なう可能性があるためである。

1999年の再設計では、二つの構成が詳細に解析された（下記の図1および図2参照）。一方（図1左側-図2右側）は高磁場で運転し、もう一方は低磁場で運転するものである。両者は同等の核融合性能（同一のQおよびPfus<sup>2</sup>）と同等の応力マージンを達成した。しかし高磁場機は、主として「プラズマ-PF コイル距離/プラズマ小半径」の比が

<sup>1</sup> 訳者注

<sup>1</sup> Q（エネルギー増倍率）= 10の事を示す

<sup>2</sup> Pfus：核融合パワー



Route de Villom-sur-Verdon - CS 90 046 - 13067 St Paul Les Durançon Cedex - France

増加したことにより、プラズマ形状制御性が不十分であった。全体サイズは小さいにもかかわらず、磁気エネルギーは低磁場案の約2倍であった。

最終的なITERパラメータは、これら競合する構成の間で慎重に均衡を取った妥協の産物である。さらに興味深いのは、ITERのトロイダル磁場（TF）コイル断面—トカマクでは空間価値が極めて高い高磁場側インボード脚—において、超伝導材料がコイル断面積全体に占める割合は約4%にすぎないという点である。およそ3分の2は、面外荷重と磁気圧力に耐えるために必要な構造鋼であり、残りは、クエンチ後に導体を保護するための銅、ヘリウム流路、そして絶縁に割り当てられている。仮に任意に高い電流密度と磁場に耐える超伝導体を利用可能であったとしても、Qとβ<sup>3</sup>を一定に保ったまま縮小できる全体寸法は30~40 cmを超えない。

したがってITERの寸法は、導体技術というよりも、機械的・熱的制約およびプラズマ形状制御の制約によって規定されている。同じ制約—磁気応力、ダイバータ熱流束、プラズマ形状、長パルス平衡—は、高温超伝導体がいられるとしても今日なお適用される。316LNステンレス鋼は低温域での最適な構造材料であり続け、受熱（パワーハンドリング）は炉級トカマクすべてにとって支配的な境界条件であり続ける。この意味で、もし今日あらためて構想したとしても、現在のITER設計は大きくは変わらないだろう。

china

eu

india

japan

korea

russia

usa

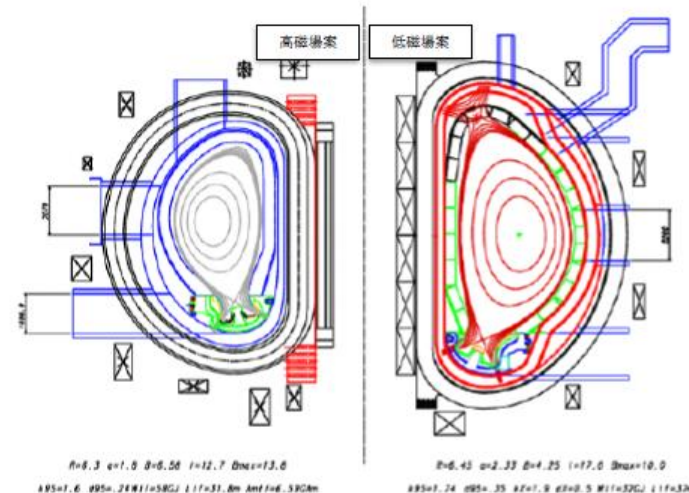


図1：1999年のITER再設計段階で詳細に検討された二つのITER装置構成

<sup>3</sup> 訳者注 β：プラズマ圧力/磁気圧を示す。

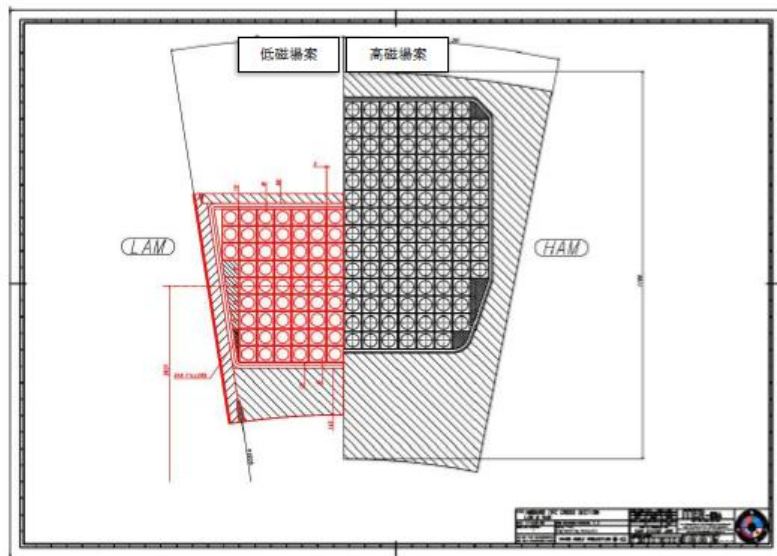


図2：図1に示した二つの装置構成におけるTFコイル断面の比較（左配置は反転）

### 5. コストに関する補足

今日、実際に意味のある差が生じ得るのは実装面——採用する設計および製造戦略——である。ITERは、過度な最適化に潜む隠れたコストについて厳しい教訓を示してきた。

例えば土木建設の分野では、トカマク建屋のコンクリート量を数千立方メートル削減しようとした試みが、インターフェースの輻輳と再設計の反復を招き、コンクリートのトン当たり単価を何倍にも押し上げた。複数のシステムにわたり、外形（エンベロープ）を詰めたりクリアランスを最小化したりする努力は、設計・統合の複雑性を不釣り合いに増大させた。

多くの工学分野と同様、総合的な教訓は、設計の単純性、モジュール化、そして十分なアクセス余裕が、コスト管理の本質的な手段であるということである。詰め込みを目的化すると、スケジュールの確実性を損ない、総支出を押し上げ得る。

### 6. 目的の再定義：コンパクト装置と、ITERのような統合装置

別の選択肢を考えるなら、興味深い点を指摘できる。もしITERの使命が $Q=10$ の達成のみに限定されていたなら、その設計ははるかにコンパクトになり得た。上記の第2・第3

要件、すなわち長パルス、インボード遮へい、あるいはトリチウム増殖要件がなければ、現在利用可能な超伝導（SC）技術であっても、主半径約4mでプラズマ電流約15MAは達成し得る。さらに、慣性冷却銅マグネットを用いれば、より小さな構成も実現可能である。

これは新しい発想ではない。BPX、Ignitor、FIREといったコンパクト燃焼プラズマ装置は、まさにこの領域を狙って数十年前に構想された。これらの概念は、核融合三重積（fusion triple product）がプラズマ電流とアスペクト比に対してスケールすることを利用し、短パルスで高磁場・小型を志向した。そのような装置は、能動冷却なしに慣性冷却の範囲で大きな過渡熱負荷を数秒間許容でき、点火物理を研究するには十分であった。

しかし、これらの装置は発電炉に不可欠なより広範な技術課題——トリチウム増殖、定常の排熱（パワーエグゾースト）、そして場合によっては保守性——に対処できなかった。したがって、燃焼プラズマに長パルス運転とブランケット試験を組み合わせたITERの統合的かつ包括的な設計は意図的な戦略的選択であった。同時に振り返れば、より小型の燃焼プラズマ装置をITERと並行して追求しなかったことは残念である。そうすれば、より低コストで貴重なデータを提供し得たからである。それでもなお、ITERは将来の炉開発プログラムがその上に構築していく不可欠な基盤であり続ける。

### 7. ITERの範囲を超えて残る課題

そもそもITERは、発電炉となることを意図して構想されたものではなく、決定的に重要な実験段階——炉関連条件下で燃焼プラズマを達成し、維持できることの実現可能性を初めて示すために設計された施設——である。超伝導磁石、能動冷却されたプラズマ対向機器、トリチウム取扱い、遠隔保守システムなど、可能な限り多くの炉関連技術をITERに組み込むために並外れた努力が払われてきたが、その使命は本質的に実験である。ITERの目的は、長パルス燃焼プラズマ運転の物理を探究し習熟することであり、商用核融合発電所に必要な技術ギャップをすべて埋めることではない。

この区別は、設計定義段階において20年以上前にはすでに明確に認識されていた。当時、国際パートナーは、仮にITERが性能目標を完全に達成したとしても、ブランケット技術、排熱（パワーエグゾースト）、高い中性子フルエンス下での材料、そしてプラント可用性といった分野において重大なギャップが残ることを理解していた。これらの課題は、調整された技術開発プログラムと、炉級条件で材料やコンポーネントを試験できる専用施設によって、ITERと並行して取り組まれるべきものとして想定されていた。この点で、ITERはこれらプログラムを今後組織していくための不可欠なプラズマ環境および核環境を提供するが、核融合発電に必要なすべての答えをITER単独で提供することはできない。

強烈なパワー流束を管理し、第一壁（FW）およびプラズマ対向機器（PFCs）の材料を開発することは、依然として最大級の課題の一つである。数十年にわたる研究にもかかわらず



Route de Vinon-sur-Verdon - CS 90 046 - 13067 St Paul Lez Durançon Cedex - France

ず、炉スケールの排熱は材料と冷却の限界を押し上げる。この課題は普遍的であり、コンパクト高磁場装置にもより大型の DEMO 級炉にも等しく影響する。

熱流束のピーク／平均比は、とりわけ問題が大きい。とくに、トリチウム増殖、プラズマ適合性、ディスラプション耐性の要件と組み合わせると、その困難さは増す。かつて有望視された液体金属壁も、関連するスケールで日常的に運転できる段階にはなお程遠い。ITER のサイズは、閉じ込め要件に加えて、熱負荷を管理可能な範囲に抑える必要性も反映している。

前進するには、研究は現実的でなければならない。短期的には、たとえ放射化レベルが高くても実績のある材料に依拠することが合理的である。低放射化は、熱的・機械的な実現可能性が確立された後に追求すればよい。当面の焦点は、ダイバータと第一壁の双方にわたり、能動冷却と両立する水準までパワー流束を低減し、ステンレス鋼のような堅牢で工業的に入手可能な材料の使用を可能にすることに置かれるべきである。

トリチウム増殖は、もう一つの過小評価されがちな難題である。しばしば単純であるかのように語られるが、増殖比を 1 より大きくすることは技術的に要求が高い。とりわけインボード側で十分な速へいを維持しつつブランケット表面積を最大化するには、概ね 1.3 m 以上のブランケット厚が必要となり、実現可能な炉の最小サイズを制約する。数十年にわたる研究開発にもかかわらず、ITER に近い幾何形状の中で、十分な増殖性能、製造可能性、耐久性を同時に満たすブランケット概念はまだ存在しない。

これらの技術を、ITER のテストブランケットモジュール (Test Blanket Module : TBM) 取り組みの範囲を超えて前進させるには、継続的で専用のプログラムが必要である。より小型の専用中性子源はここで重要な役割を果たし、関連する中性子フルエンス下でのコンポーネントおよび材料の適格性確認を支援し得る。

最後に、信頼性・可用性・保守性・検査性 (RAMI) に関する考慮も同様に根本的である。たとえ科学的・材料的課題がすべて解決されても、高い信頼性と稼働率、すなわち経済的に運転できなければ、核融合炉は成立しない。放射化したトカマクに人が入ることはできず、保守はすべて遠隔で、モジュール化され、迅速でなければならない。ブランケットやダイバータの交換が数か月遅れば、プラント可用性は壊滅的に損なわれる。これらの制約は、RAMI をプラズマ物理そのものと同等の厳密さで扱うことを要求する。

## 8. 結びの視点

過去 20 年で、プラズマ物理の理解深化、モデリングの改善、新材料、そして ITER の製造・組立から得られた非常に貴重な経験など、目覚ましい進歩があった。しかし、すべての分野が期待どおりに進展したわけではない。

1990 年代初頭に、ELMy H モードは炉では持続可能でないと認識されたことを受け、内部輸送障壁、高  $\beta$ 、放射マントルを伴う ELM フリー運転シナリオに関する初期研究が行わ



Route de Vinon-sur-Verdon - CS 90 046 - 13067 St Paul Lez Durançon Cedex - France

れたが、これらの概念は期待されたほど成熟していない。同様に、専用の技術研究開発も必要なペースで拡大してこなかった。核融合が今後数十年で成功するためには、この分野の大幅な強化が不可欠である。

優先事項には次が含まれる。

- 高い中性子束の下で増殖ブランケットおよびコンポーネントを試験する技術施設を整備し、ハイブリッドサイクルや高度な中性子増倍材を探究すること。
- パワー流束を制御しつつ  $\beta$  を高める閉じ込めシナリオを開発し、最新のシミュレーションおよび計測診断能力を活用して、過去の磁場配位を再検討すること。

また、将来のプロジェクトを費用対効果の高い解へ導くために、ITER の製造経験を取りまとめることはまさに今が適切である。

1. コンポーネントレベルでは、真空容器、磁石、熱遮へい、建屋といった主要システムに関する教訓を、主要課題を解決した技術者およびサプライヤの知見も取り入れて文書化すべきである。
2. システムレベルでは、レイアウト、磁場強度、アスペクト比を統合的に再評価することで、補機や保守のための追加プラントスペースを含む、よりバランスの取れた設計が得られ得る。

核融合エネルギーの実用展開を成功させるには、今後の課題を解決する私たちの集団的能力に自信を持ちつつも、技術的・経済的現実の双方に足を着けていることが必要である。真の進歩は、志向的な修辞からではなく、想像力と、規律あるエビデンスに基づく工学とを結び付けることから生まれる——一歩ずつ前進し、経験から学び、反復のたびに設計を磨き上げていくことである。

私たちの成功は、野心と同じくらい、透明性、協働、そして批判的自己評価を重んじる文化を維持できるかにかかっている。リチャード・ファインマンが賢明にも述べたように、「成功する技術においては、現実が広報に優先しなければならない。自然は欺けないのだから」。

このマインドセット——現実を直視し、実務的で、粘り強く創意を發揮する姿勢——を維持できるなら、核融合エネルギーは約束から実践へ、そして志から現実へと、着実に移行していくと私は確信している。

(訳：ITER 副建設長 大前敬祥)