

ムーンショット目標

「2050年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現」

研究開発方針説明

令和6年 4月

プログラムディレクター

吉田 善章

(自然科学研究機構 核融合科学研究所 所長)

フュージョンエネルギーはいつできるのか？

- いつまでたってもあと30年 ？
- 本当に必要とされた時にできる ？？
- 5年でできるというスタートアップ企業も ？？？

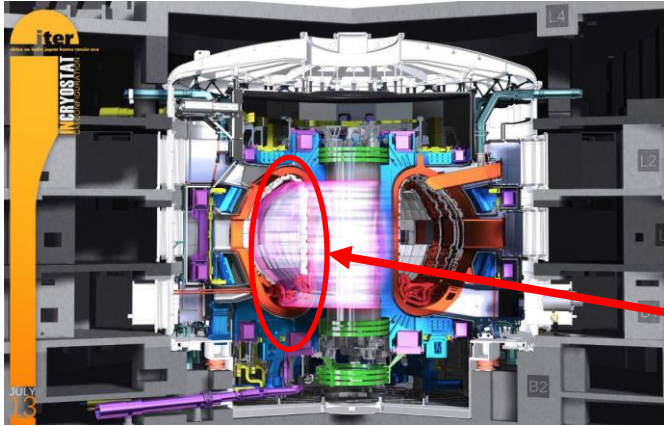
諸説紛々！

先が不透明な理由は、物理が難しいから

例えば、望遠鏡であれば

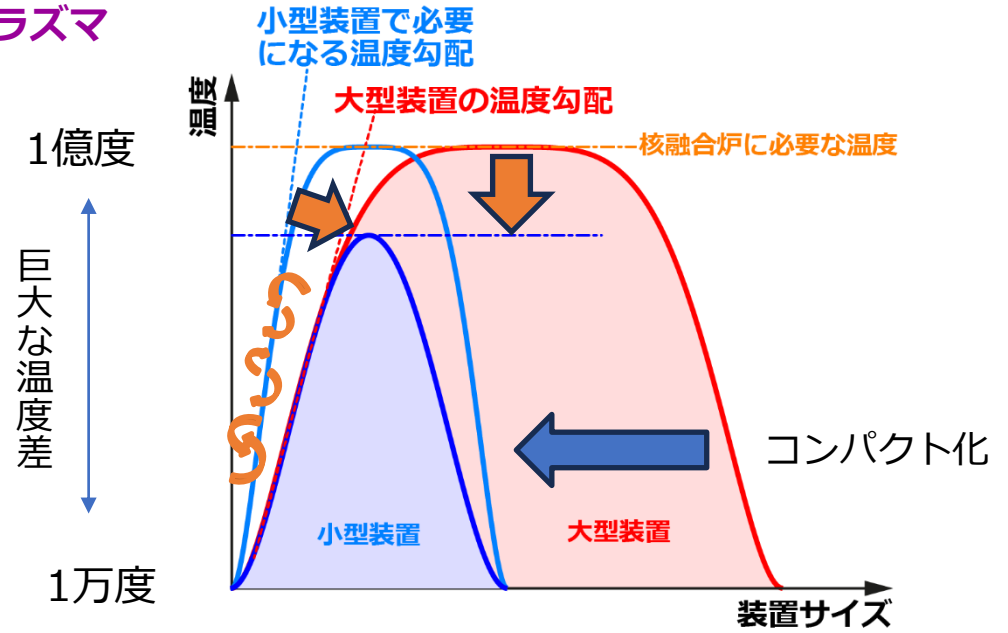
- 10cmの望遠鏡がハッブルtelescopeを凌ぐことはあり得ない
- 「すばる」の焦点がぼけて、目標解像度が得られないことはあり得ない

しかし、核融合炉の設計は望遠鏡（光学）のようにはいかない



炉心プラズマ

© ITER Organization

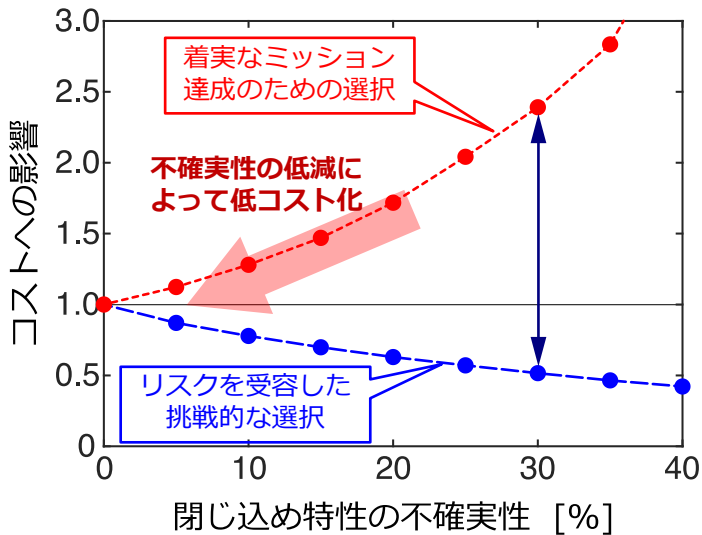


コンパクト化すると「勾配」が大きくなる

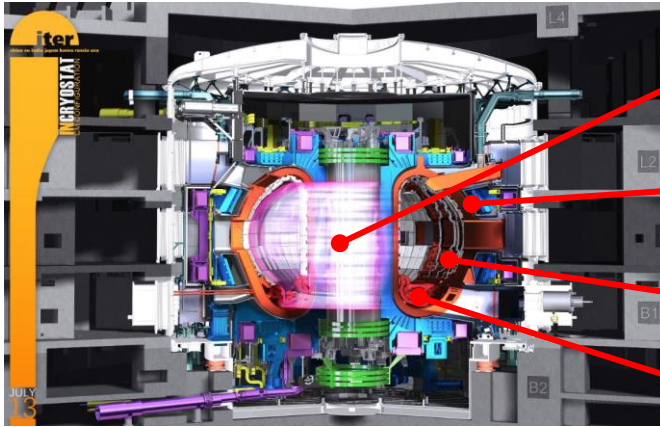
どこまで支えられるか？

勾配限界は複合的な物理（カオス、乱流、電磁気、運動論、量子プロセス、・・・）によって支配される

閉じ込め性能の評価には
極めて高い精度が必要



*Fusion Engineering and Design 86 (2011) 2879 に基づく評価



炉心プラズマ：閉じ込め性能・システム安定性

超伝導マグネット・低温技術：高温超伝導、水素・窒素冷却

炉材料：照射損傷、放射化

ダイバータ：超高熱流束

イノベーションの科学的指導原理

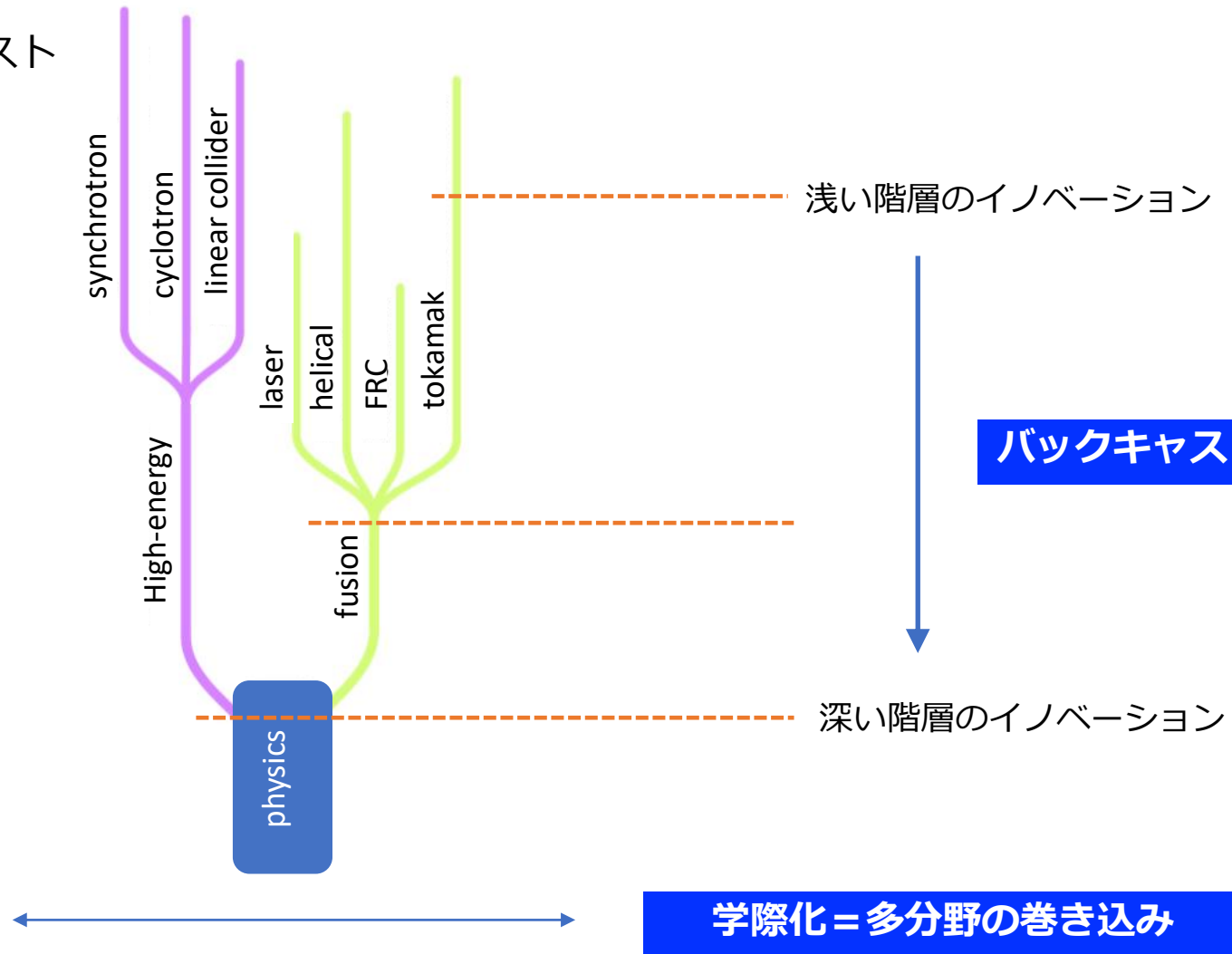
- ✓ 核融合の多様な利用
- ✓ 高性能概念への挑戦

© ITER Organization

- フュージョンエネルギーの実用化に向けたスタンダードなシナリオはベースロード電源の開発
- 十分な実用性を見通すには、現在の科学知では不十分
- 炉心プラズマの理解の深化だけでなく、超伝導マグネットや炉材料等の高性能化やシステムとしての稼働率向上など、革新的な進展が必要
- MS10では、**フュージョンエネルギーの多面的な利用を想定した未来社会からのバックキャスト的なアプローチをとることで、広く展望を開き、これまでにない挑戦の中からゲームチェンジャーとなるイノベーションを目指す**
- ベースロード電源を目指すフォーキャスト型の研究開発に対しても、課題解決の選択肢を増やし、実現の早期化をもたらす相乗効果を生むものと期待

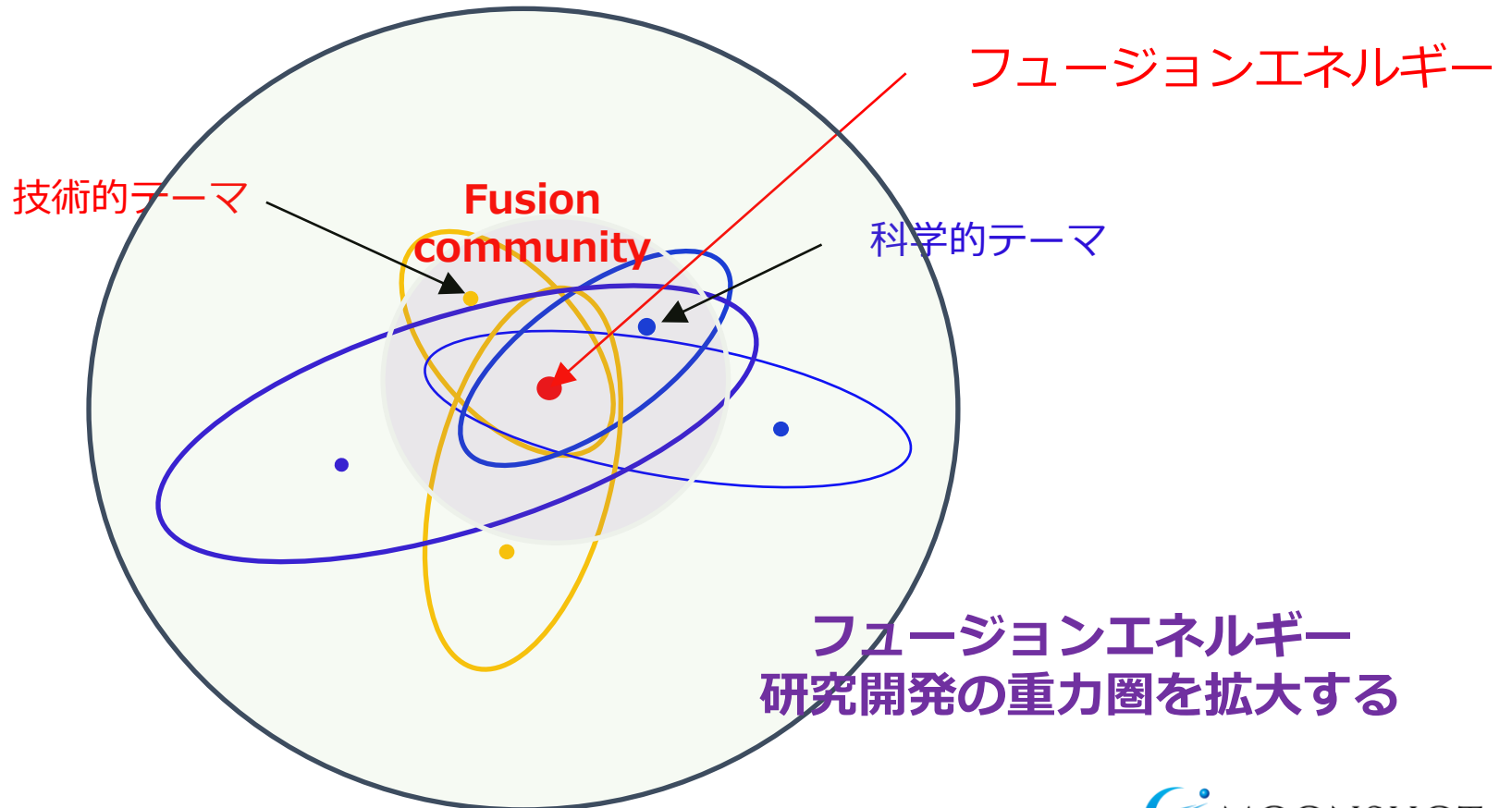
フォーキャスト

進化 = 分化 = 特殊化



学際化によるステークホルダの拡大

フュージョンエネルギーを実焦点，学際的な科学・技術課題を虚焦点とする楕円的な展開によって，研究開発の次元を拡大



- 2050年の未来像を起点にして逆算した時、フュージョンエネルギーの実用化を加速させるために今何をすべきかを考え、2050年までの研究開発シナリオと、計画採択時点から3年、5年、10年間で達成する目標を明示すること
- 以下の点を考慮して、どのように課題設定し、2035年に何を達成し社会実装に繋げていくのかについて、現時点での分析・根拠を含めて説明すること
 - 研究開発構想に沿って2050年の目標達成につながることを
 - 国際熱核融合炉（ITER）計画等の研究開発の全体像を俯瞰しつつ、革新的な社会実装を目指し、挑戦的であること
 - たとえ予想通りの結果にならなくとも、明確な結論が導かれるよう、確かな研究技術に裏打ちされた綿密な研究計画であること
 - 社会実装に必要な倫理的・法的・社会的課題（ELSI）を考慮すること

「革新的な社会実装型」と「革新的な要素技術型」の2種類の目標設定が可能**革新的な社会実装型**

- 三つのレイヤーを自己無撞着かつ科学的根拠をもって統合する構想：

レイヤー① 核融合反応の活用法： オフグリッドや宇宙開発用のエネルギー源として活用する提案や、核融合反応で生まれる高エネルギー粒子を高度医療技術や高レベル廃棄物の核変換などに活用する提案など

レイヤー② 反応システム： 高温プラズマシステムに限らない様々な核融合システムを想定可能

レイヤー③ 基盤要素技術： 破壊的イノベーションにつながる挑戦的な研究開発の提案を期待

「革新的な社会実装型」と「革新的な要素技術型」の2種類の目標設定が可能**革新的な要素技術型**

- その技術の活用がフュージョンエネルギー実用化に重要な進展をもたらすことはもちろんのこと、大きな汎用性をもって、既に産業化されている技術に革新的な波及効果をもたらすこと、あるいは他の未来技術と融合して破壊的イノベーションを生み出すシーズとなること

(波及効果の例)

- 高温超伝導技術や低温技術のイノベーションによる水素社会実現の加速
 - 高速ビッグデータ処理技術の医療・福祉分野への応用
 - 極限環境素材が可能にする未踏領域の踏破
 - 極少量分析・検出技術が拓く安全性の高い未来社会の実現
- 要素技術の革新というアウトプットに留まらず、アウトカムとしてどのような社会実装のインパクトが期待できるのかについて説得力のある構想であること

- **長期的戦略（2050年未来像を実現するために10年で実施すべきこと）**

- 統合性：ベースロード電源開発競争へ向けた戦略
 - イノベーションを駆動する強力な「ツール」の開発
 - 限定的な予想性ではなく、未踏領域の開拓を支援する科学知
 - 例) デジタルフュージョンエネルギーシステム

- **中期的戦略（ムーンショット10年の目標達成のために5年で実施すべきこと）**

- 展開性：多様な「作業仮説」のもとで核融合技術を普遍化する戦略
 - 他の未来技術との連携を生み出す技術シーズ（核変換、医療など）

- **直近の戦略（まず着手すべきこと）**

- 拡張性：ステークホルダーを拡大する戦略
 - 核融合分野への新規参入を可能にする分節化と学際化