

ムーンショット目標10

「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」

プログラムディレクター

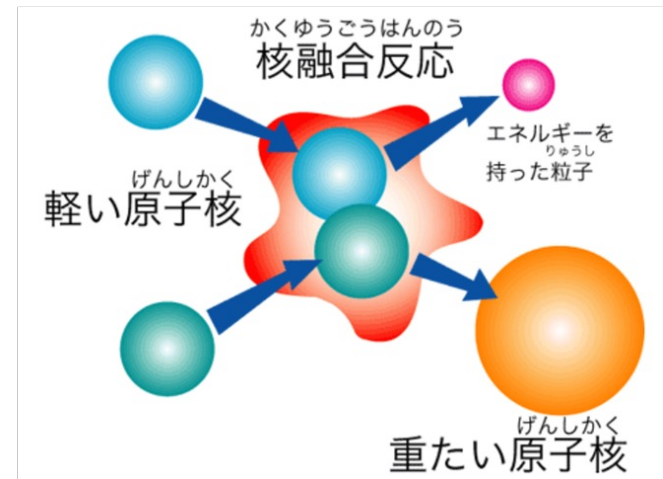
吉田 善章

1.1 MS10が目指す社会像



1.2 フュージョンエネルギーの特長

1. 遍在する軽い元素を燃料とする → 持続性と共有性 → 世界平和 (SDGs)
2. 少ない環境負荷 (C-free, 比較的小さい放射能)
3. 「強力」で「コンパクト」なエネルギー源
4. 効率的で特徴ある高エネルギー粒子源



1.3 フュージョンエネルギーへの期待の高まり

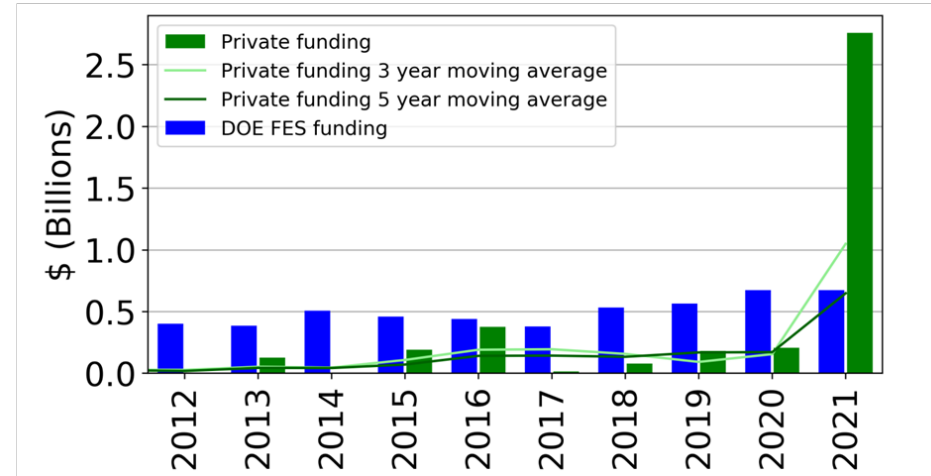
- 核融合はいつできるのか？
- 核融合ベンチャーの勃興 社会からの期待の大きさ

内閣府 『フュージョンエネルギー・イノベーション戦略』（2023年4月）

学術研究の役割

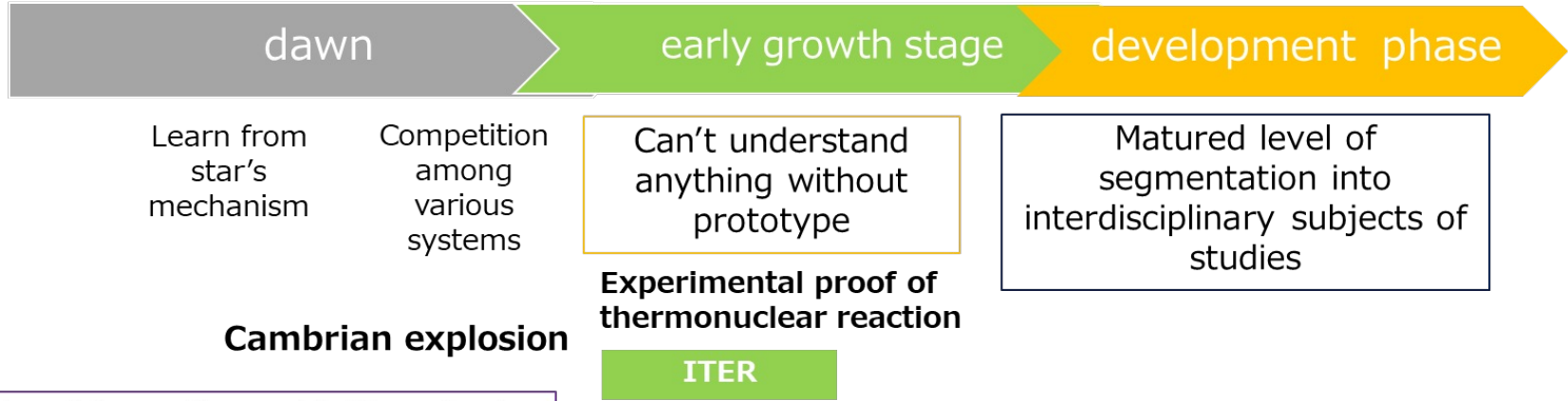
- 核融合技術の科学的不確実性の低減
- イノベーションを駆動する科学的指導原理の確立

米国における核融合研究費の推移



出典： <https://science.osti.gov/-/media/fes/pdf/fes-presentations/2022/Wurzel---PPP-Lightning-round-talk.pdf>

1.4 科学技術の進化過程



Cambrian explosion

Ex : aircraft innovation and fluid mechanics

Learn from nature



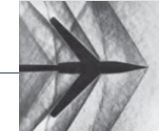
Various ideas



Wright Flyer



Collaboration between science and technology



Basic science drives innovation



1.5 科学技術の進化過程

dawn

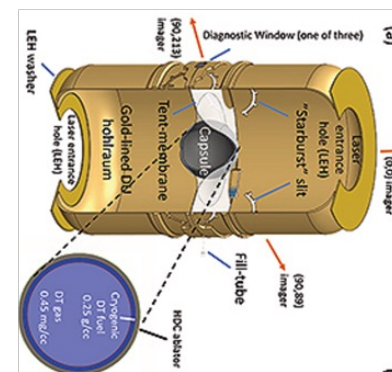
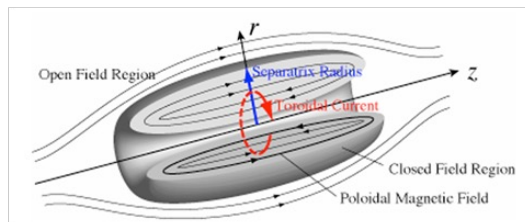
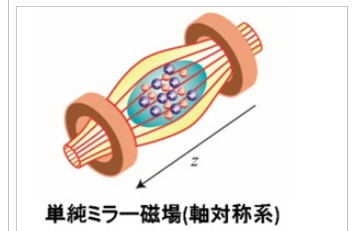
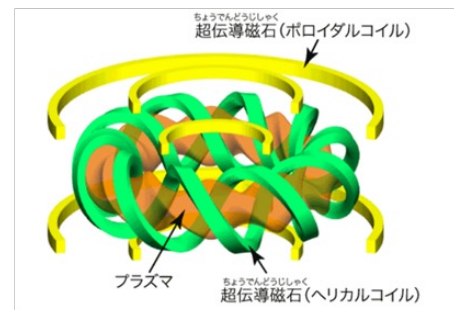
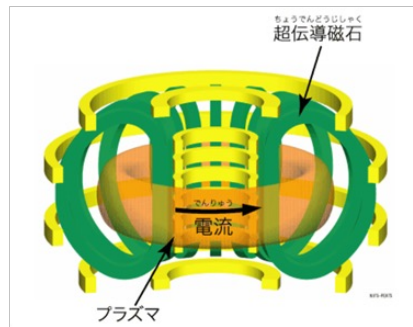
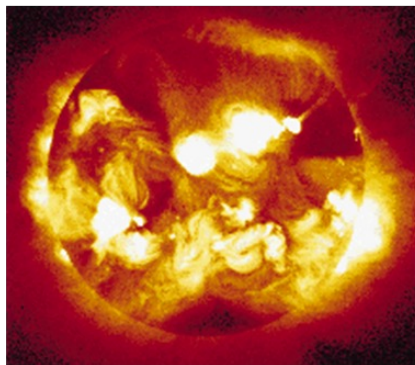
星のメカニズムに学ぶ



様々な方式のカンブリア爆発



パラメタ競争

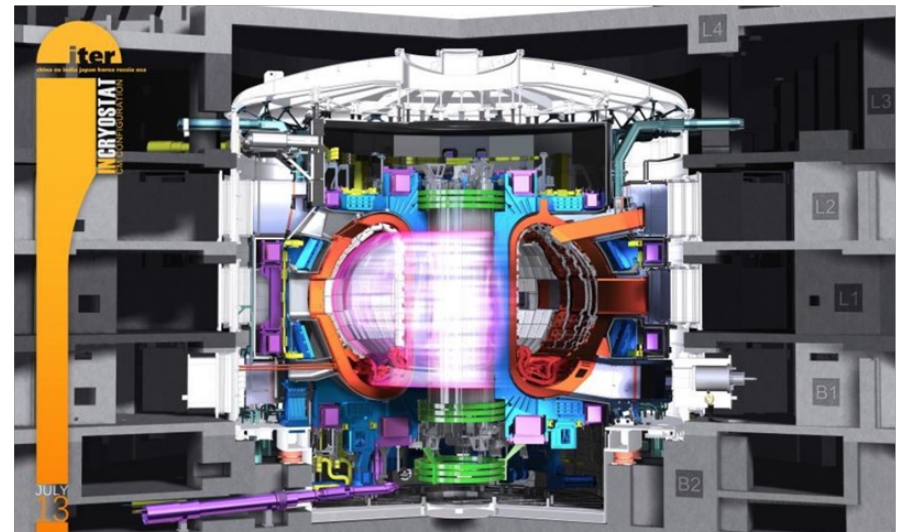
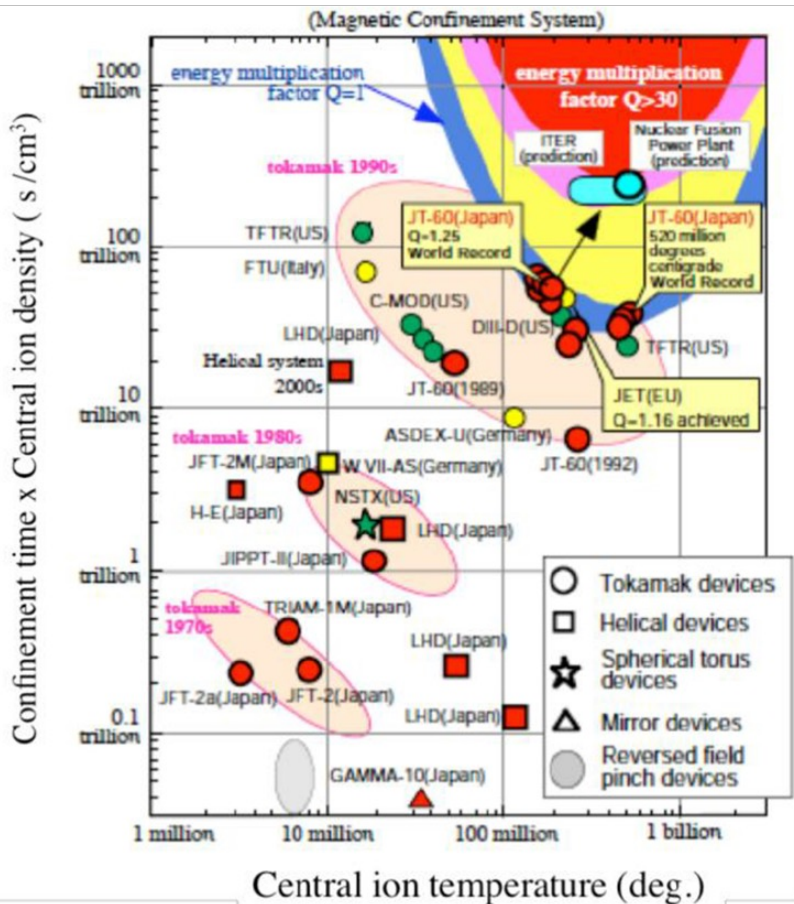


1.6 科学技術の進化過程

early growth stage

「そのもの」を作ってみなくては何も分からない

熱核融合反応の実証



2.1 フュージョンエネルギー研究開発の課題

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!

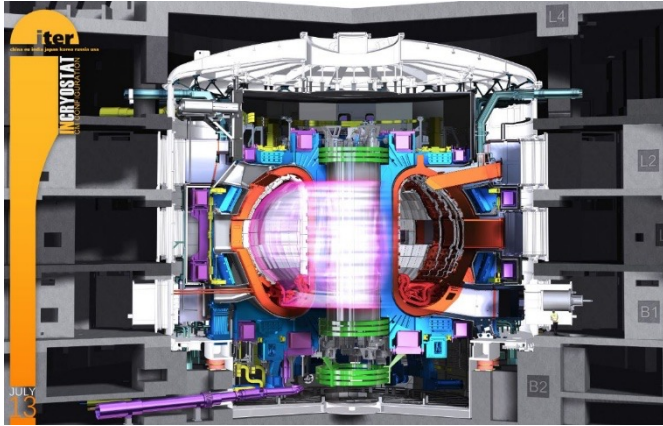
先が不透明な理由は、物理が難しいから

例えば、望遠鏡であれば

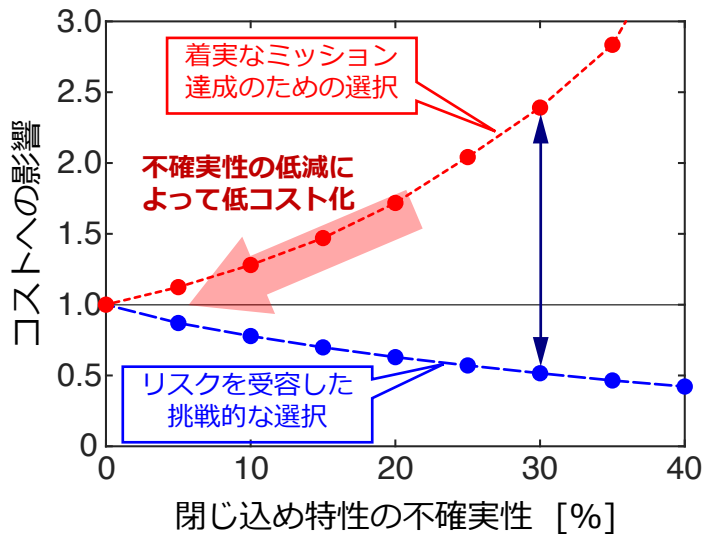
- 10cmの望遠鏡がハッブルtelescopeを凌ぐことはあり得ない
- 「すばる」の焦点がぼけて、目標解像度が得られないことはあり得ない

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

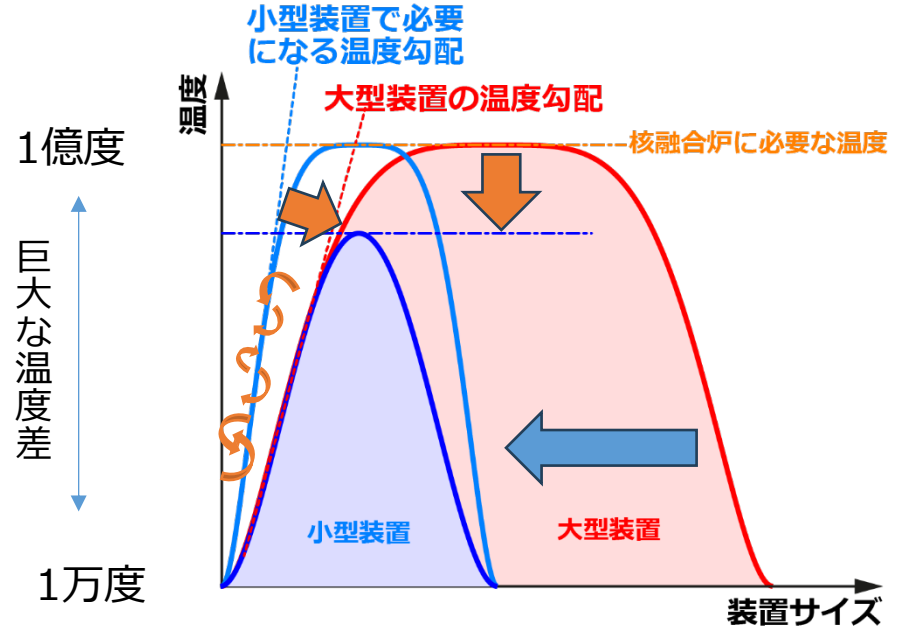
2.2 高性能化には高精度の物理が必要



© ITER Organization



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



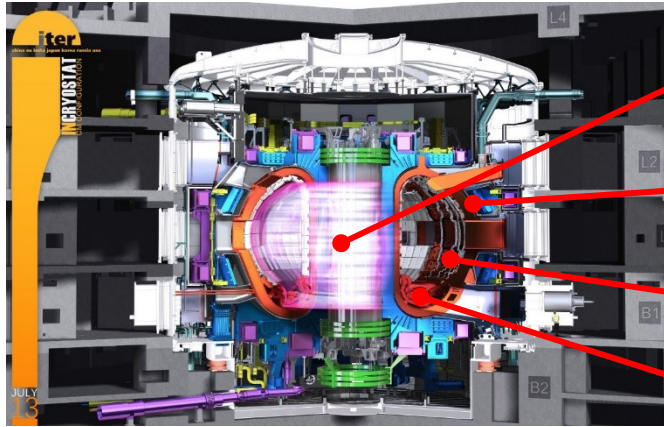
コンパクト化すると「勾配」が大きくなる

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

2.3 高性能化に向けたイノベーション



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

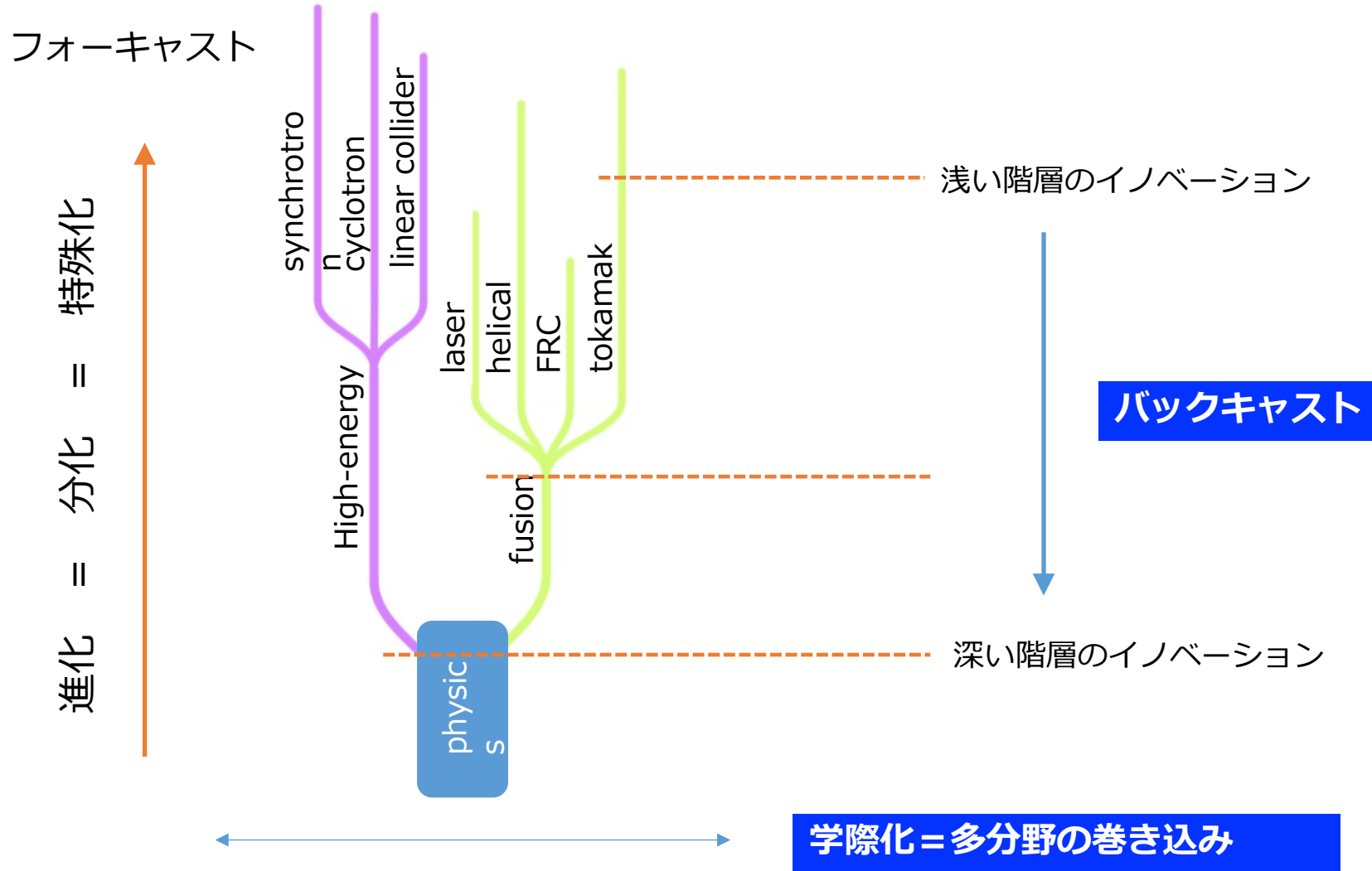
イノベーションの科学的指導原理

- ✓ 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

3. 基本戦略 = 学際化



4. MS10のマイルストーン

ムーンショット目標10

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

<ターゲット>

- 2050年までに、様々な場面でフュージョンエネルギーが実装された社会システムを実現する。
- 2035年までに、電気エネルギーに限らない、多様なエネルギー源としての活用を実証する。
- 2035年までに、エネルギー源としての活用に加えて、核融合反応で生成される粒子の利用や要素技術等の多角的利用により、フュージョンエネルギーの応用を実証する。

10年目のマイルストーン

- 様々な挑戦的研究開発の成果を総合し、フュージョンエネルギー開発競争を勝ち抜くために、多様な核融合システムの開発に必要な信頼度が高い方法論や要素技術である**強力な「ツール」**を獲得する。
- その確かな「ツール」を**開発研究機関や民間企業へ引き継ぐ**ことで、2050年の未来像である「フュージョンエネルギーの多様な活用が人類の積極的な活動を支える世界」の実現を目指す。

5年目までに、**基盤技術（ハード及びソフト）の成立性と発展可能性の実証**を

3年目までに、**基盤要素技術の「科学技術的原理」の検証・確立**を

5. プロジェクトが狙うアウトプット&アウトカム

MS10が生み出すイノベーション

	エネルギーシステム		核融合反応の 多面的な利用	他分野での 社会実装
MS10 PJ	主路線の 加速	主路線以外 の可能性追求	発電以外の 多様な応用	他の革新技 術への波及
星PJ デジタル プラットフォーム	<ul style="list-style-type: none"> バーチャル (V) トカマク AI材料開発 	<ul style="list-style-type: none"> Vレーザー核融合 Vビーム核融合 	<ul style="list-style-type: none"> V中性子源 	<ul style="list-style-type: none"> AI physics DFFT
奥野PJ 高周波加速器	<ul style="list-style-type: none"> 材料照射試験 10×IFMIF トリチウム生成 	<ul style="list-style-type: none"> ビーム核融合 	<ul style="list-style-type: none"> 高強度中性子源 医療用アイソトープ 	<ul style="list-style-type: none"> 核廃棄物 消滅処理
木須PJ 超伝導コイル	<ul style="list-style-type: none"> コンパクト トカマク 	<ul style="list-style-type: none"> 新型核融合 システム 		<ul style="list-style-type: none"> MRI 超伝導送電