

ムーンショット目標10

未来社会を支えるフュージョン
エネルギーの早期実現に向けて
～ 革新的システム～

「ムーンショット目標10 プログラム強化に向けた研究交流会」
2025年 4月9日

プログラムディレクター
吉田 善章

東京大学大学院数理科学研究科 特任教授
核融合科学研究所 名誉教授

- 斬新なアイデアをお持ちの研究者や技術者、さらに研究基盤を有する研究機関の代表が一堂に会し、プロジェクトの提案を具体化する足掛かりとして、本日、ポスターネットワーキングを開催
(本発表の例示は、あくまで限られた例であり、他の独創的なアイデアの提案也大歓迎)

1) 革新的核融合方式

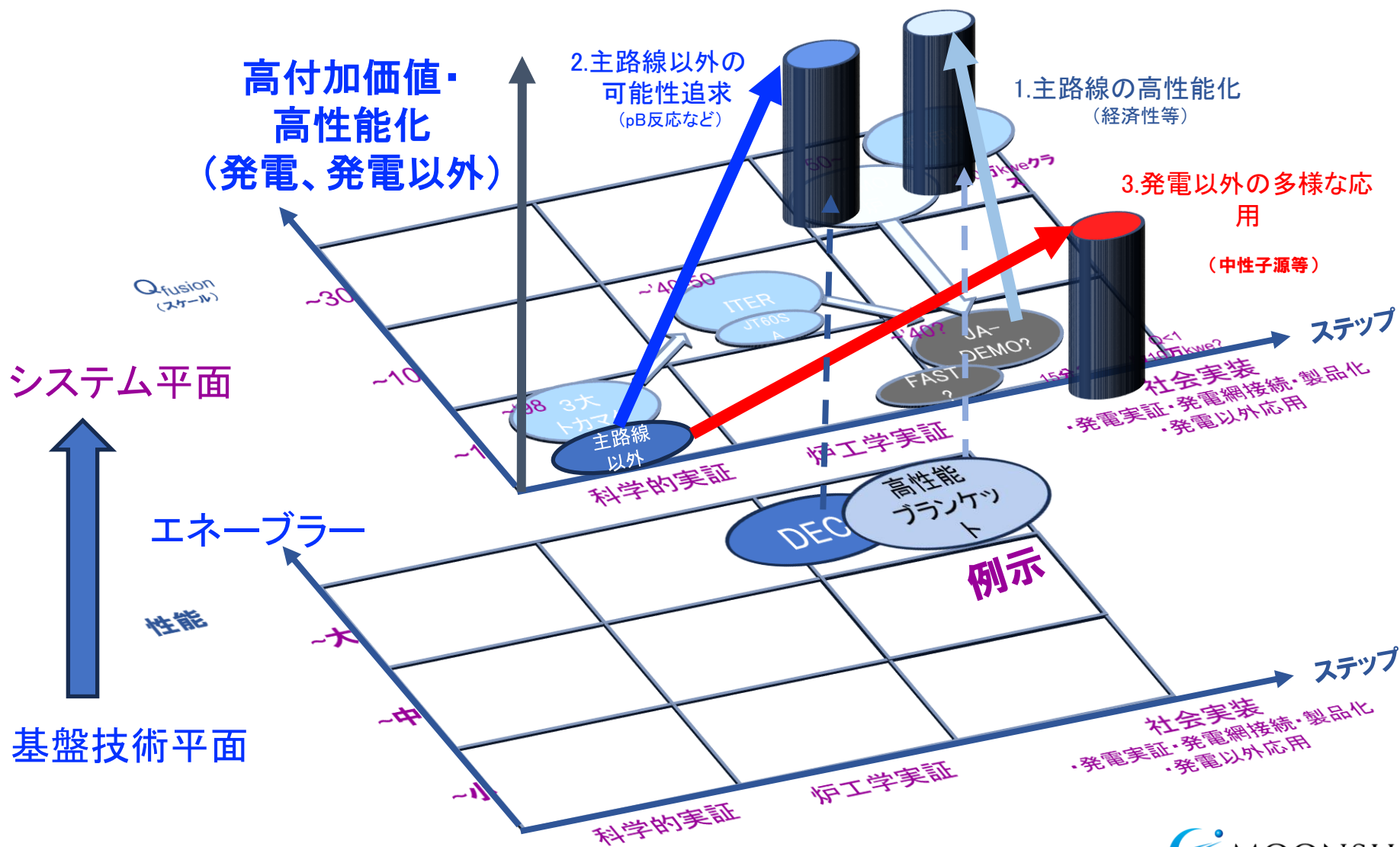
- ・フュージョンエネルギー研究開発「主路線」：重水素(D)と三重水素(T)を燃料とするトカマク型核融合炉によるベースロード電源開発
- ・主路線以外の様々な核融合反応および装置方式を、包括的に「革新型核融合方式」とここでは呼ぶことにする
- ・D-D、D-³He、P-¹¹Bなどの核融合反応、多様な磁場閉じ込め方式、レーザー爆縮方式、ビーム駆動方式、ミュオン触媒核融合、等
- ・核融合反応の多様な応用（オフグリッドのエネルギー源や生成粒子の応用など）を目指したの革新的なフュージョンエネルギー利用

2) 革新的材料

- ・フュージョンエネルギーシステムを成立させるためには高性能な材料開発が重要課題「材料を制する者は技術を制する」
- ・極めて高い熱流束、高エネルギー粒子（DT核融合炉の場合は14MeV中性子）、強磁場、極低温の様々な極限仕様環境
- ・様々な物理特性（低放射化、高融点、低熱膨張、高熱伝導、非磁性、長寿命など）の要件を満たすことが必要
- ・フュージョンシステムのコンパクト化、高性能化を目指すとき材料仕様の要件は一層厳しくなる

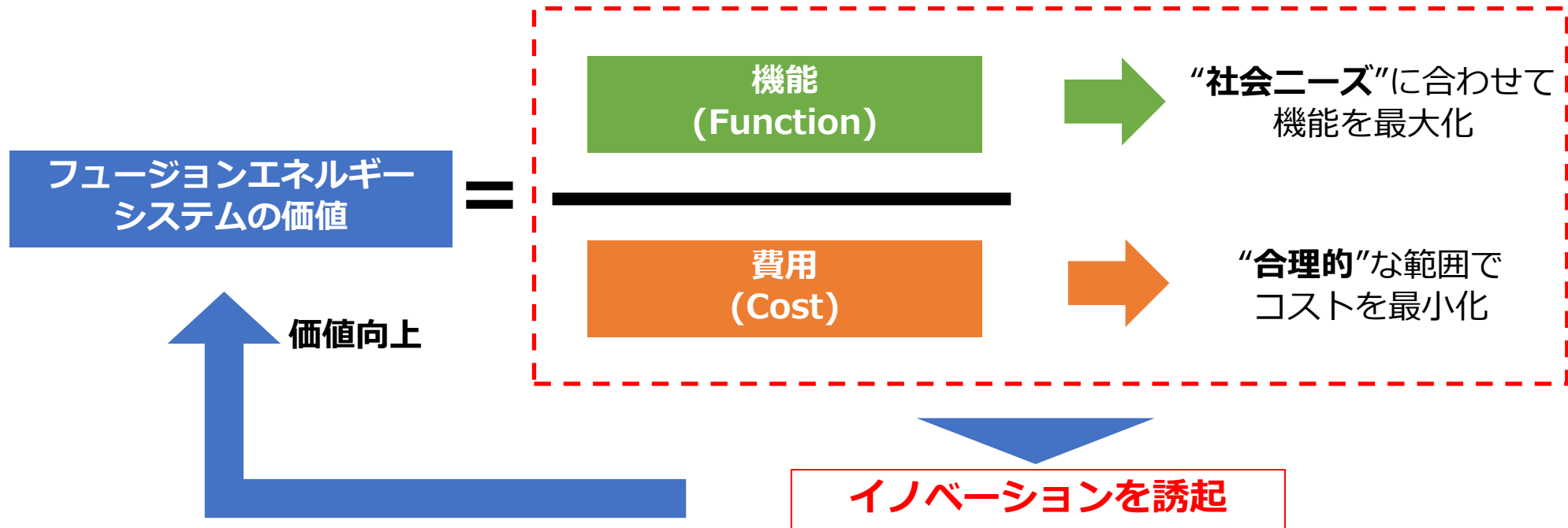
3) 革新的システム

- ・フュージョンエネルギーシステムは、**多数のサブシステムを統合して成立する複雑系**、それぞれが**極限的な性能**を要求
- ・トカマク型核融合炉の場合、磁場システム（超伝導マグネットと冷却システム）、ダイバータ、真空システム、ブランケット、トリチウム循環システム、プラズマ加熱システム、プラズマ計測・制御システム、様々な電源システムなど
- ・多数のシステムを統合して設計、製作・据え付けし、安全に運転する技術のイノベーションも必須
- ・革新的核融合方式では、これらとは異なるサブシステム（例えば、直接発電や水素製造システムなど）のアイデアも可能

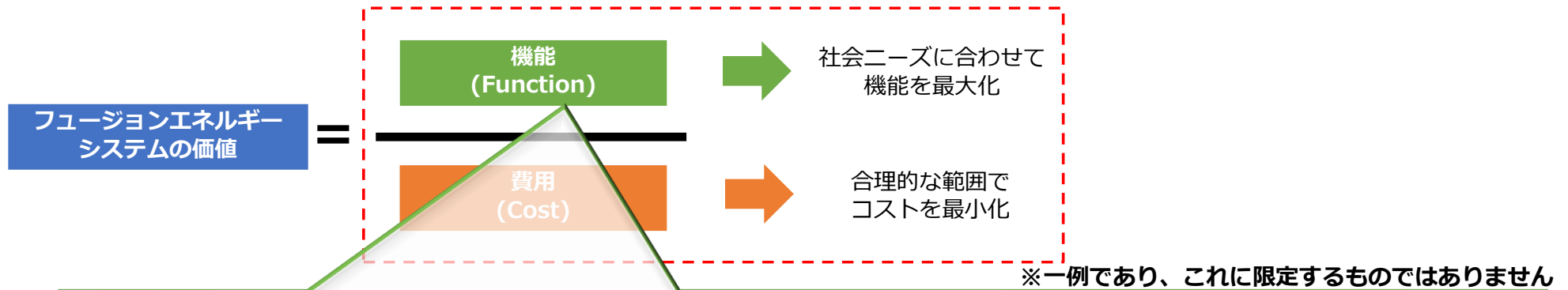


- フュージョンシステムの価値を高めるには、その機能を高めて掛かるコストを低減する必要がある※
- 機能を高める：発電効率の向上、有用な物質生成(水素)、など
- コストを低減：コンパクト化、機能の統合・合理化、低コスト材採用、安全性、長寿命など

※VE(Value Engineering)：製品やサービスの「価値」を、それが果たすべき「機能」とそのためにかける「コスト」との関係で把握し、システム化された手順によって「価値」の向上をはかる手法
<https://www.sjve.org/vecan/ve>



- 社会ニーズにマッチしたの発電以外の様々な応用を作業仮説としてその機能を最大化する



発電効率の向上

- ・ 高温流体(液体金属、ガス)の採用による熱効率の向上
- ・ 高エネルギー粒子を利用した直接発電

有用物質の生成

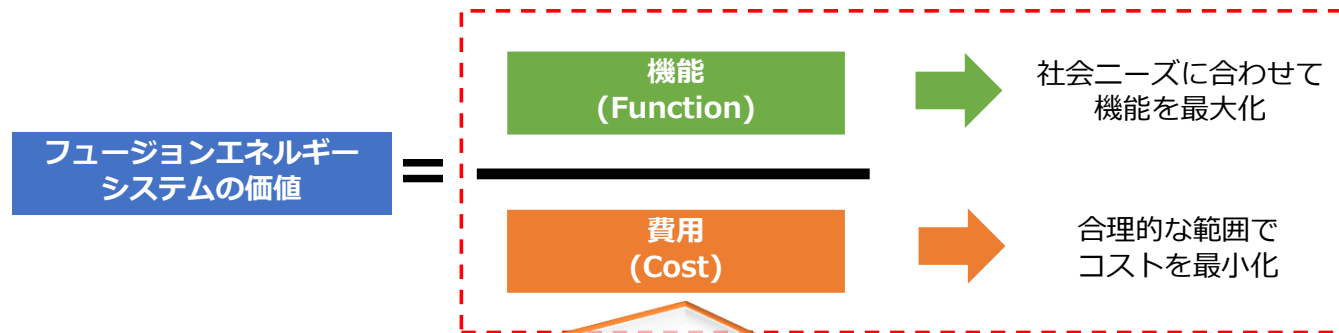
- ・ 高温流体、又は廃熱を利用した水素製造
- ・ 高熱源を利用した化学物質の生成

中性子・高エネルギー粒子の利用

- ・ 放射性廃棄物の消滅処理
- ・ 医療用の放射性同位体の生成



- 合理的な範囲でシステムの機能を統廃合、代替してコストを低減する



※一例であり、これに限定するものではありません

コンパクト化：コスト $\propto$ 重量(大きさ)
・プラズマ加熱システムのコンパクト化

奥野PJ

機能の統合：複数のシステムの機能を纏める

冗長機能の廃止：冗長・過剰なシステムを廃止する
・同位体システムの合理化(法規制も含む)

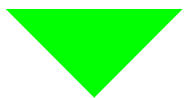
木須PJ

システムへ代替：同等の機能を持つシステムで置き換えてコスト削減
・高温超伝導材を使ったヘリウムフリーマグネット

高稼働率・長寿命化：ランニングコストを抑える

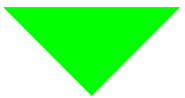
目標設定

2050年のフュージョンエネルギーの社会実装の将来像を描き、そこからバックキャストした
目指すべき目標を設定する



マイルストーンの設定

現在の知見・技術と目指す目標との間のギャップを認識し、目標を達成するために最初に通過すべき
最も核心的な課題をステージゲートとしてマイルストーンを設定



プロジェクト提案

従来の核融合分野の研究者からは提起されなかったような新たな着想と、核融合分野で蓄積されてきた知や研究基盤が融合するプロジェクトの提案