

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
～ 革新的核融合方式～

「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8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
(下記の例示は、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、ミューオン触媒核融合、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

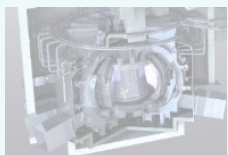
3) 革新的システム

- ・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

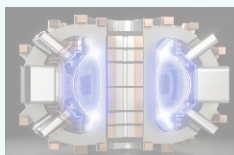
- 大学・ベンチャー企業を中心に様々な核融合方式を研究開発中

磁場閉じ込め型

トカマク型



(日) JA-DEMO



(米) Commonwealth Fusion Systems

2,800億円以上を調達
ビルゲイツ、Googleなど

ヘリカル型



(日) 核融合科学研究所 (NIFS)

球状トカマク型

(英) Tokamak Energy
350億円以上を調達(中) ENN
260億円以上を調達(日) Helical Fusion
9億円以上を調達

逆磁場配位型

(米) Helion Energy
800億円以上を調達
サムアルトマンなど(米) TAE Technologies
1,680億円以上を調達

慣性閉じ込め型

レーザー型

中心点火方式

(米) ローレンス・リバモア
国立研究所

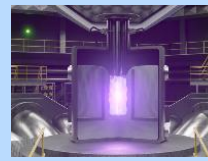
高速点火方式

(日) 阪大レーザー研
(日) EX-Fusion
19億円以上を調達(米) Blue laser fusion
2,500万ドルを調達

磁化標的核融合

(加) General Fusion
470億円以上を調達
ジェフ・ベゾス

Zピンチ

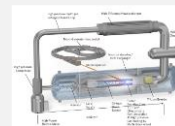
(英) First Light Fusion
130億円以上を調達(米) Zap energy
260億円以上を調達

ミラー型

(米) Lockheed Martin
飛行機や船等の動力源として開発中

その他

ミュオン触媒



(日) 中部大学

ミュオンの特徴
● 強い結合カ→核融合
● 高い透過カ→構造物イメージング等

凝縮系

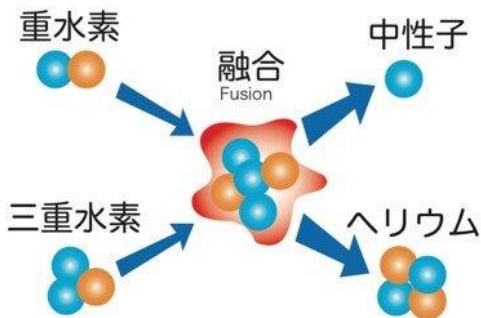


(日) クリーンプラネット

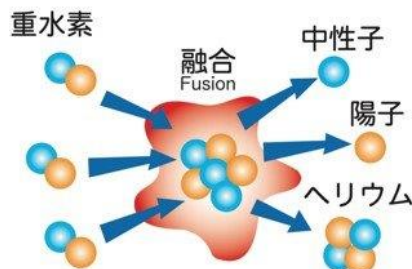
20億円以上を調達

- D-³He反応は、中性子発生量がD-T、D-D反応より相対的に少ないが、³He資源の確保が課題
- p-¹¹B反応は、中性子は発生しないがD-T反応とくらべて、一桁以上高い高温プラズマ温度が必要
- D-D、D-³He、p-¹¹B反応の利点は、トリチウム増殖不要、耐中性子仕様の緩和、直接発電の可能性
- 大学・ベンチャー企業などが、多様な反応・装置方式で研究開発を推進

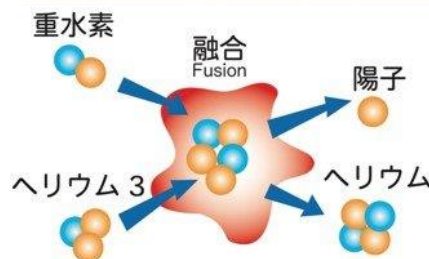
第1世代 D-T反応



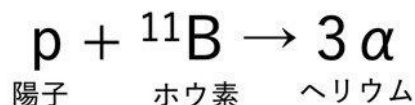
第2世代 D-D反応



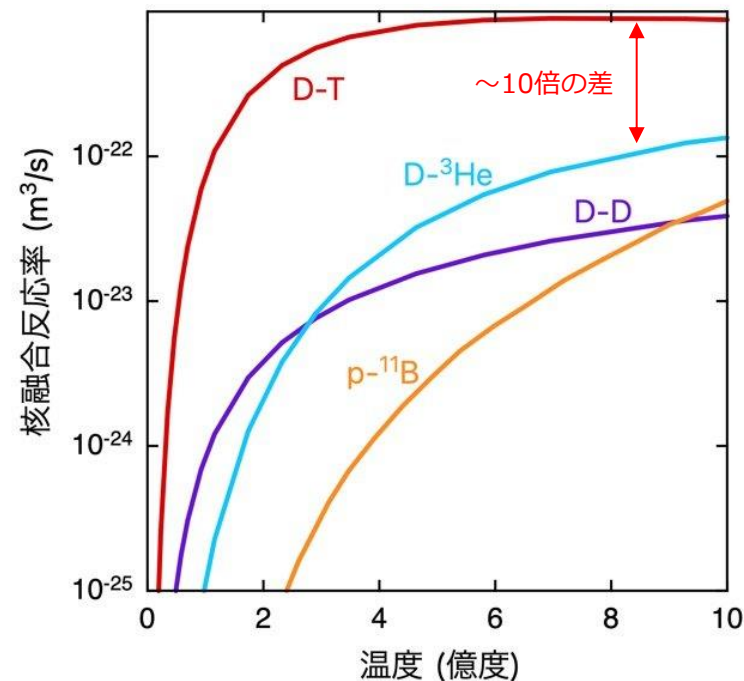
第3世代 D-He3反応



第4世代 p-B11反応



多様な核融合反応

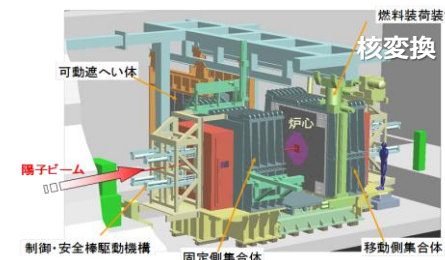


核融合反応の反応率の比較

出典 : <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2409/12/news009.html>出典 : https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2411/21/news001_3.html

- ベースロード電源以外に、オフグリッドのエネルギー源や生成粒子などの応用が想定される

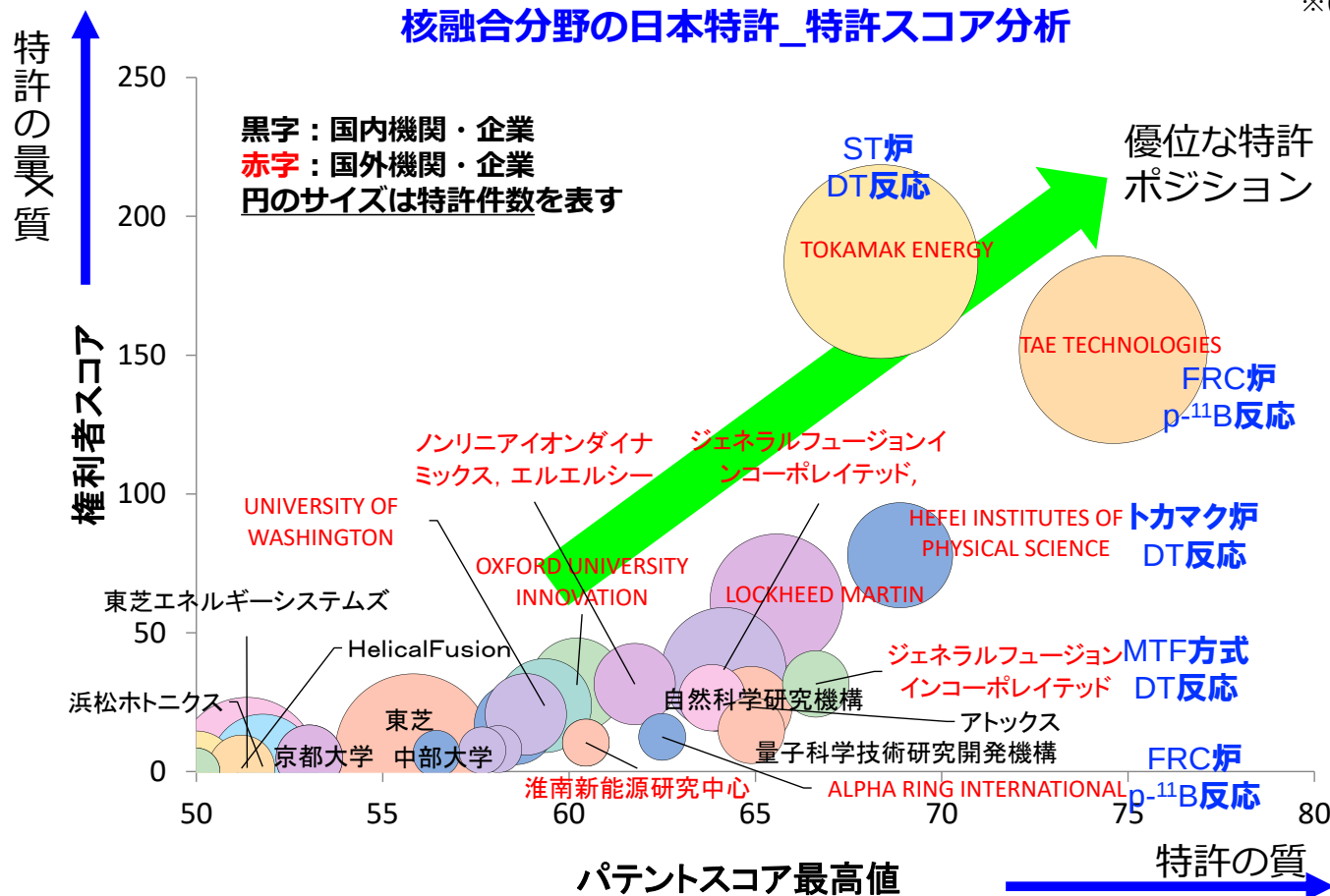
フュージョンエネルギー	応用先
高温熱源	・ オフグリッド電源 ・ 水素製造 ・ 化学プラントなどの工業用の熱源利用
高エネルギーイオン	・ 核反応による医療用RIの生成 ・ 宇宙用の推進機スラスタ ・ 材料の改質
中性子	・ 放射線治療（例えば、BNCT） ・ 核変換による放射性廃棄物の消滅処理 ・ 核反応による医療用RIの生成 ・ 中性子ラジオグラフィ



出典 : <https://cfs.energy/news-and-media/commonwealth-fusion-systems-to-build-worlds-first-commercial-fusion-power-plant-in-virginia>
https://www.tokushukai.or.jp/media/newspaper/article.php?newspaper_number=1356&article=1&number=2
<https://www.mhi.com/jp/news/23092003.html>
<https://j-parc.jp/Transmutation/ja/ads-j.html>

- TAE(US), TOKAMAKE ENERGY(UK)、HEFEI(中)、ALPHA RING(US/台)が日本で特許を出願済
- 直ちに、国内の革新的核融合方式の研究開発に影響はしないが進捗状況は注視
- 国内企業は、核融合以外の分野での特許化(イオン源など)、非公開の技術・ノウハウ化で技術蓄積

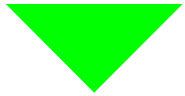
※(株)パテント・リザルトの特許分析ツール
「Biz Cruncher」を用いてJSTにて作成



パテントスコア：「特許の注目度」を偏差値化した指標(平均値:50)、主に審査経過情報(審査過程で付く履歴)を定量化。市場の注目度が高い特許ほどスコアは高く、認知度や影響力の高さと相関関係がある

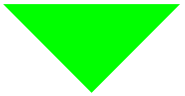
目標設定

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