

平成18年度冬学期総合科目
「エネルギー問題・地球環境問題を考える」

平成18年12月8日
11号館1101教室

「核融合エネルギー開発研究の最前線」

(核融合, プラズマ, トカマク, ITER計画, 技術安全保障)

東京大学高温プラズマ研究センター
小川 雄一

核融合とは

- 核融合
軽い元素(水素,)
ビッグバン後の元素生成
- 核分裂
重い元素(ウラン,)
- 化学反応

核分裂(200MeV), 核融合(17.6MeV)
化学反応(~10eV)

2005年はEinstein100年記念

質量の減少とエネルギー
核融合反応の過程では、反応物の方が質量は軽くなる。この質量の減少がエネルギーとして発生する。下の式は「特殊相対性理論」に出てくる関係式で、Eがエネルギー、mが質量、cは光速(3x10⁸m/s)を表わす。この式は質量がエネルギーに変換できることを示している。トカマク装置が実現してエネルギーに変われば、約200万キロワット時のエネルギーを発生する。これは原子力発電用1基がおよそ1日に生じるエネルギーに相当する。

アルバート・アインシュタイン (1879 ~ 1955)
ドイツ生まれのアメリカ人の物理学者。1905年に発表した「特殊相対性理論」の中で、質量がエネルギーに変わり得ることを理論的に示した。

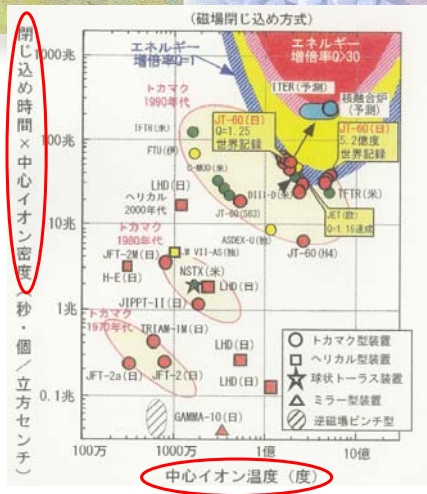
核融合反応
E = mc²
+ Energy

太陽内部での核融合反応
太陽原子核が衝突して、ヘリウム原子核が生成される(実際の反応はもう少し複雑な過程がある)。このとき、反応前後で減少した質量が熱エネルギーへと転換する。

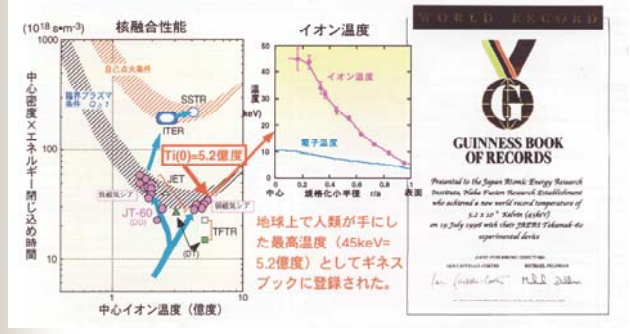
(雑誌: Newtonより)

核融合炉の条件とは

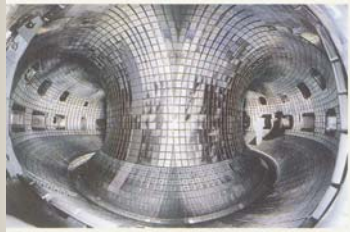
- ・プラズマ温度
- ・プラズマ密度
- ・閉じ込め時間



4. 世界最高、プラズマ温度5.2億度を達成(JT-60)



世界の大型トカマク装置



JT-60
(日本原子力研究所)



JET
(ヨーロッパ)

核融合エネルギーの「夢と現実」

- ・燃料が無尽蔵 —> 重水素に関しては
 - ・核融合炉として必要な元素の資源量は
 - ・他のエネルギーの資源量は？

- ・放射能としてクリーン —> 核分裂炉に比べれば
 - ・トリチウムの安全性は
 - ・放射性廃棄物は

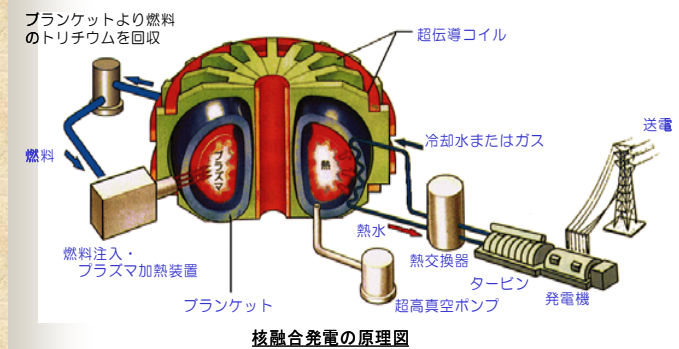
- ・30年後には実用化 —> 十分な投資があれば
 - ・技術的に実現可能なのか
 - ・何が問題で、その見通しは

核融合エネルギーの「夢と現実」(2)

- ・燃料が無尽蔵(重水素に関しては)
- ・放射能としてクリーン(核分裂炉に比べれば)
- ・30年で実用化(十分な投資があれば)

- ・燃料の偏在が少ない
- ・二酸化炭素排出が少ない
- ・核的暴走はない
- ・核拡散の心配が少ない
- ・開発途上国への技術導入の障壁が少ない

→ **核融合の価値が落ちた訳ではなく、
現実を見据えた対応が必要**

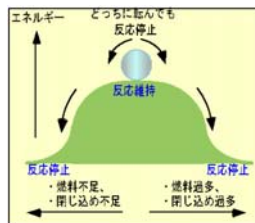


核融合はクリーンか？ 安全か？

・原子炉の安全性は、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」が原則

・核融合では、主に【閉じ込める】に注意を集中

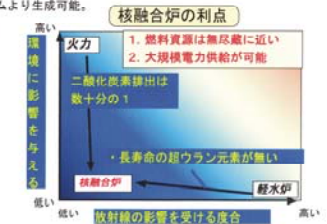
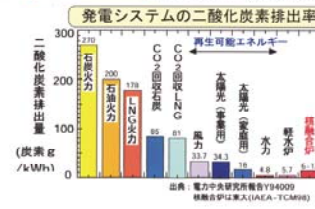
——>核的暴走を原理的に起こさない



〇永遠のエネルギーを目指して

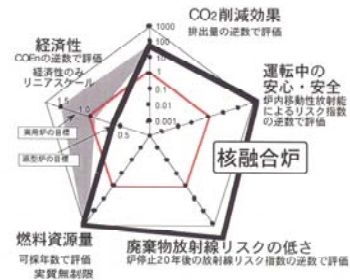
21世紀の地球環境に調和するエネルギーの開発

- 優れた環境性 地球の温暖化の原因となる二酸化炭素などの発生が少ない。廃棄物の放射能の量は比較的短い期間ですみやかに減少する。
- 高い安全性 核的暴走がない。原燃燃密度が小さい。
- 豊富な資源 重水素は、海水中に豊富に存在。三重水素は、埋蔵量の多いリチウムより生成可能。



核融合エネルギーは、資源、環境影響、安全性、供給安定性において優れた特性を持ち、基幹エネルギーとしてバランスの取れたシステム

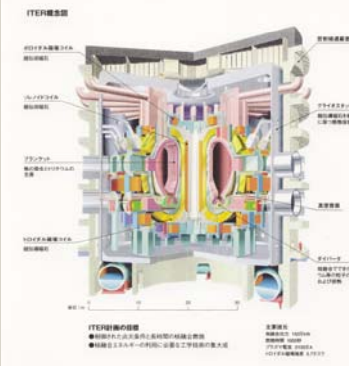
- 1) 資源量が十分 (燃料、炉を構成する材料)
- 2) 環境影響が小さい (温暖化、廃棄物)
- 3) 安全性が高い (可動性放射線リスク指数が低い)
- 4) コスト (競合可能性、バックストップ)
- 5) 安定供給 (アベリビリティ、負荷調整)



現行石炭火力(CO2回収なし)の値を基準(=1.0)とした。ただし、安心・安全と廃棄物放射線リスクの項目は軽水炉が基準。経済性のみリニアスケールなのに注意

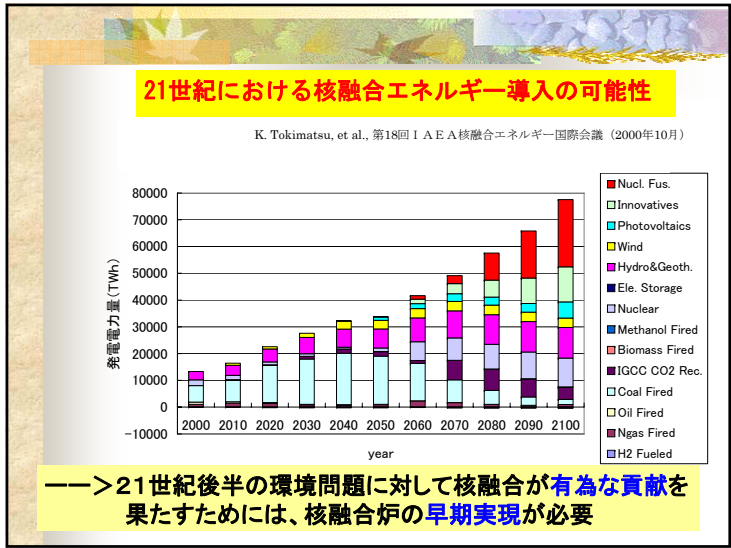
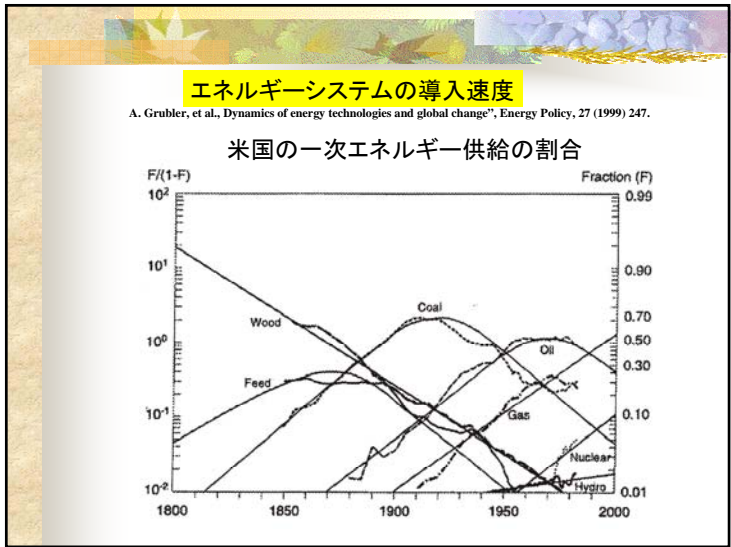
国際核融合実験炉ITER計画

核融合エネルギーの利用は、世界のエネルギー確保が人類に共通の願いに込められた方法のひとつです。国際核融合実験炉ITER計画は、この核融合エネルギーの実現を目指して、日本、韓国、欧州連合(EU)は2006年12月に協定を締結し、2007年10月に正式にITER計画の参加国として参加しました。



- ### 参加極
- ・日本
 - ・米国
 - ・韓国
 - ・インド
 - ・ヨーロッパ(EU)
 - ・ロシア
 - ・中国

- ### サイト決定
- ・EU(フランス・カダラッシュ)
- ### 機構長決定
- ・池田要 現クオアチア大使



レポート課題

未来エネルギーに求められる要件として、以下の項目が挙げられる。

- 「資源量」、
- 「資源の偏在性」、
- 「CO2排出」、
- 「廃棄物処理」、
- 「安定供給」、
- 「安心感」、

これらの観点に対して、以下のエネルギー源を取り上げ、その特徴および課題を出来るだけ定量的に比較し評価せよ。

- 「CO2回収技術を備えた化石燃料」、
- 「太陽光発電」、
- 「風力発電」、
- 「バイオマス」、
- 「原子力」、
- 「宇宙太陽光発電衛星」、
- 「核融合」