

欧米の核融合実用化加速計画 について

岡野邦彦

電力中央研究所

2003年7月1日 第二回核融合研究開発基本問題検討会

欧州の核融合早期実現計画 (Fast Track)

経緯： EFDA (European Fusion Development Association) が2000年に核融合開発のロードマップをまとめたのが出発点 (下図)。

1) ITER建設決定から35年後にDEMO炉で発電実証

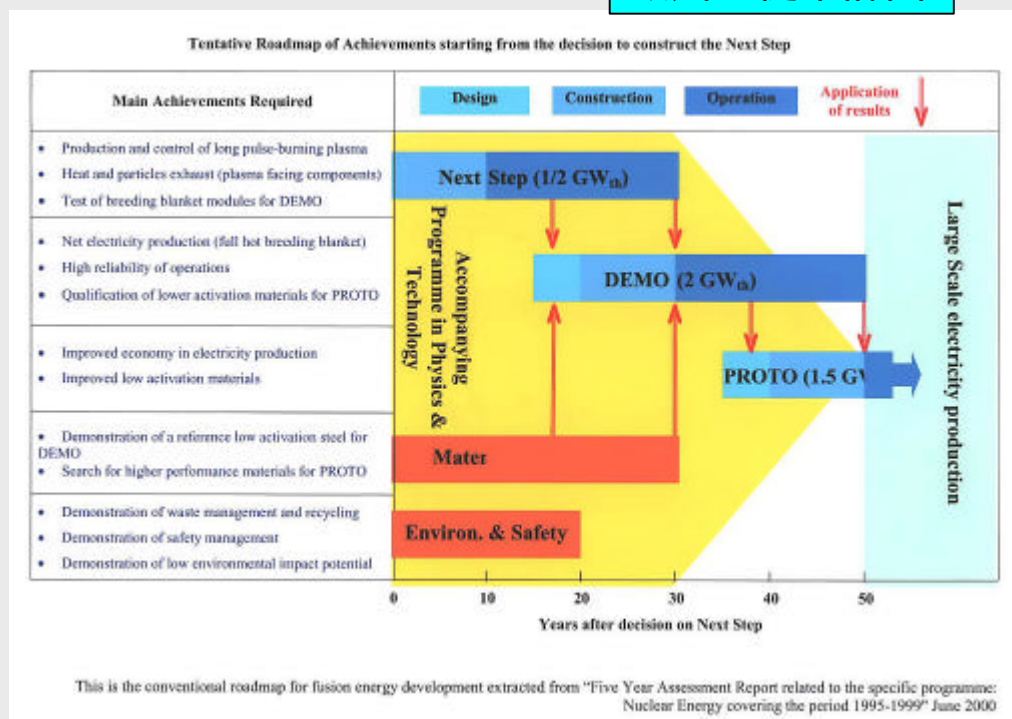
2) その後、実証炉PROTOを建造して実用化を目指し

3) 実用炉段階は50年後

欧州の従来計画

これに対して、欧州科学研究大臣理事会から、20-30年後にエネルギーを生成できることを示す計画が可能か否かの検討指示がでた。

その回答をまとめたのが2001年末にでたKing's Report



King's report の要旨

Expert group chaired by Prof. David King. (英、伊、独、スペイン、仏、ベルギー、スウェーデン)

ITER : 実験炉といえども、実用炉に近い性能を持っている

大きくない外挿で動力炉まで予測可能。熱出力の取り出しやトリチウム増殖を行うブランケットモジュールテストも可能。材料問題を除き、大規模発電実証炉建設に必要なデータはそろそろ

材料 : 発電実証炉のための候補はある。

その性能確認、改良とライセンスのための照射試験が必要

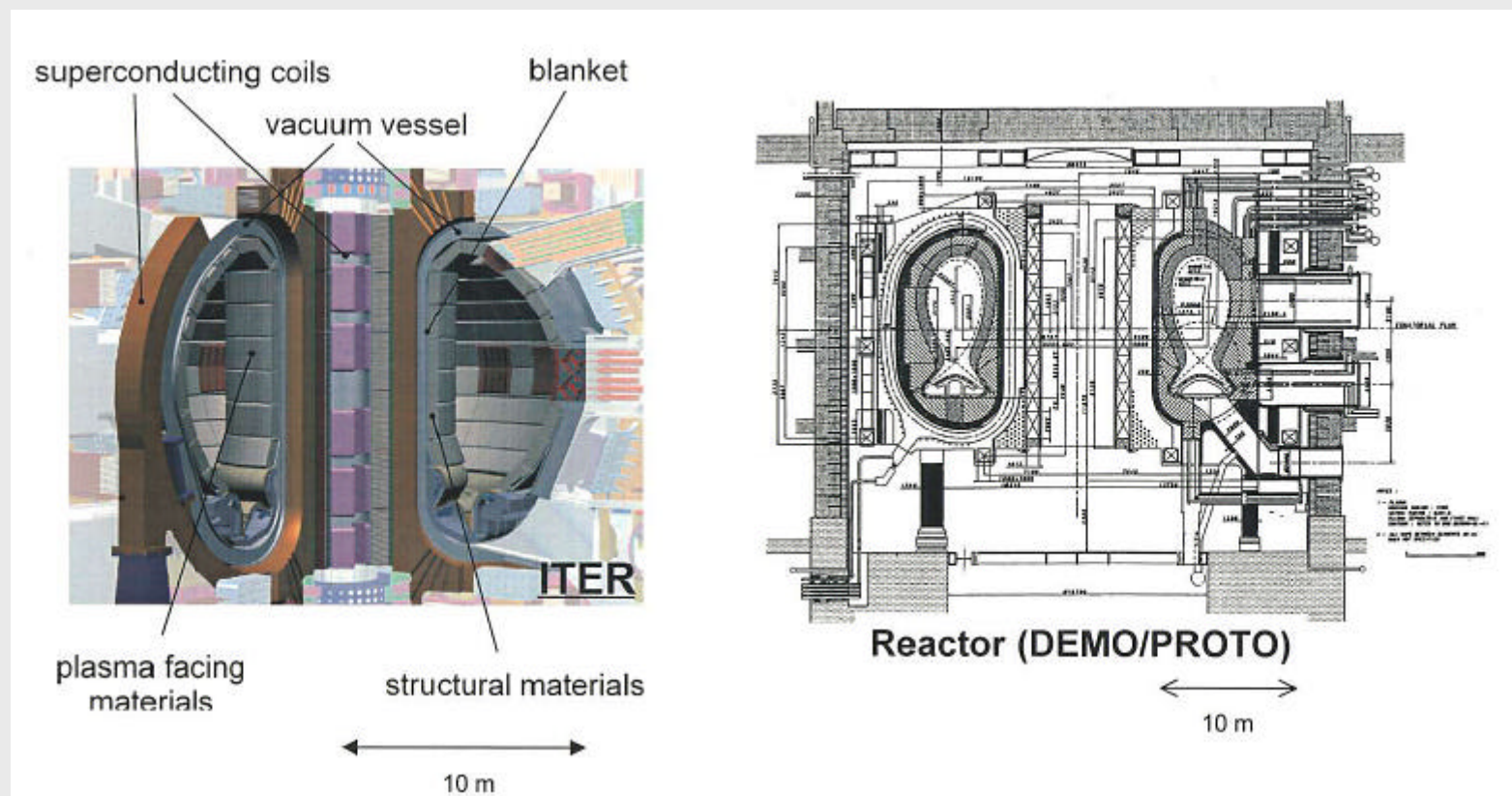
FAST TRACK

DEMO炉とPROTO炉は統合し実用炉まで1機の建設とすることが可能

20-25年でDEMO/PROTO機の建設のためのすべてを整えることは可能

このDEMO/PROTO機をベースに、2040年以後に系統投入・大規模発電

DEMO/PROTO炉の1次案はITERを大きく上回る大型の装置になっている。



主半径 = 6.2m

主半径 ~ 9 m

Fast Track実現へのキーは

ITERはできる限り早く建設されるべき。EUはITERの関連R&Dとプラズマ物理研究に集中すべきである。**2014年**からITERを運転する。

ITERと並行して材料試験装置(*IFMIF: International Fusion Material Irradiation Facility*)の建造を推進するべき。設計は**2006年**までに終了して建設開始。**2016年**より運用。**2021年**までにはライセンシングに必要な材料試験(80dpa)を終了する。**2024年**に次期炉設計開始。

現存装置、特にJETはITERのために多くの役割を果たし得るので、すぐには止めるべきでない。ITER実現後は段階的にJETのプログラムを終了する。

ITERとIFMIFを並行して推進するため、**追加予算が2011年までは必要**。DEMOとPROTOを統合できることが明らかになれば、長期的には大幅な予算削減となる。

国際協力を推進する必要がある

核融合研究におけるEUの立場を国際的に明確にするべきである

欧州のFast Track計画のまとめ

早期発電実証炉はトカマク方式に絞る

ITERを非常に重視

材料研究を加速 (FM F)

原型炉 (DEMO)と実証炉 (PROTO)を一基に統合する

やや大型のトカマクを建設し、とにかくまず電力の発生を示す

日本の考え方とほとんど同じ。ただし、日本は、プラズマ・材料・炉工学の今後の進展具合に応じて、比較的小型な発電実証炉から、ITER程度の技術でも建造可能な大型の発電実証炉までの可能性を広く調べている。欧州でも同様の解析は進んでいる模様。最終的には小型化しないと経済性を確保できない。

参考 :日本の核融合開発線戦略分科会の報告書に示された計画は、実証炉 = 初代実用炉と考えており、原型炉が欧州のDEMO/PROTOに匹敵している見ることができる。さらに数年の前倒しは検討中。

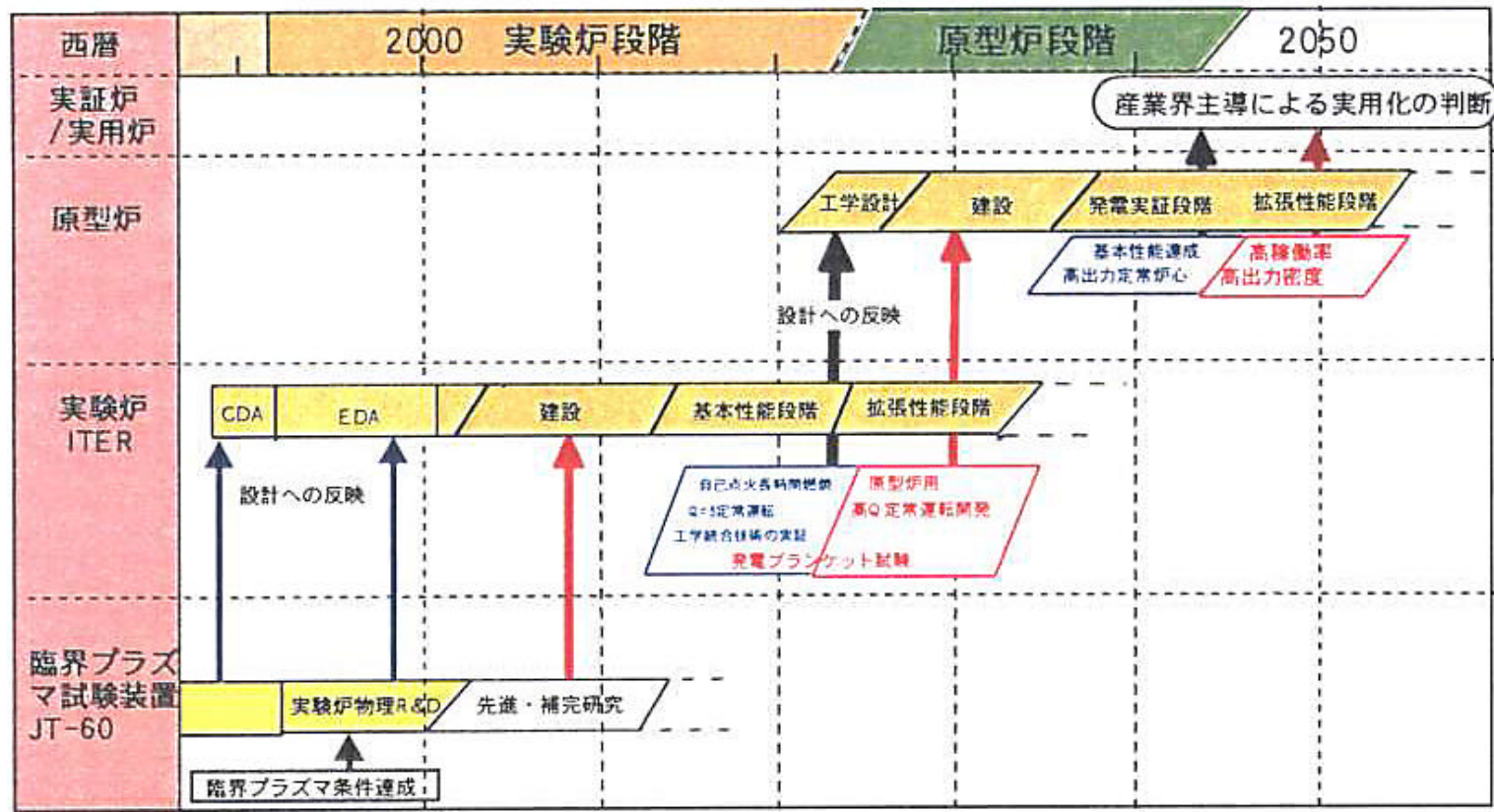


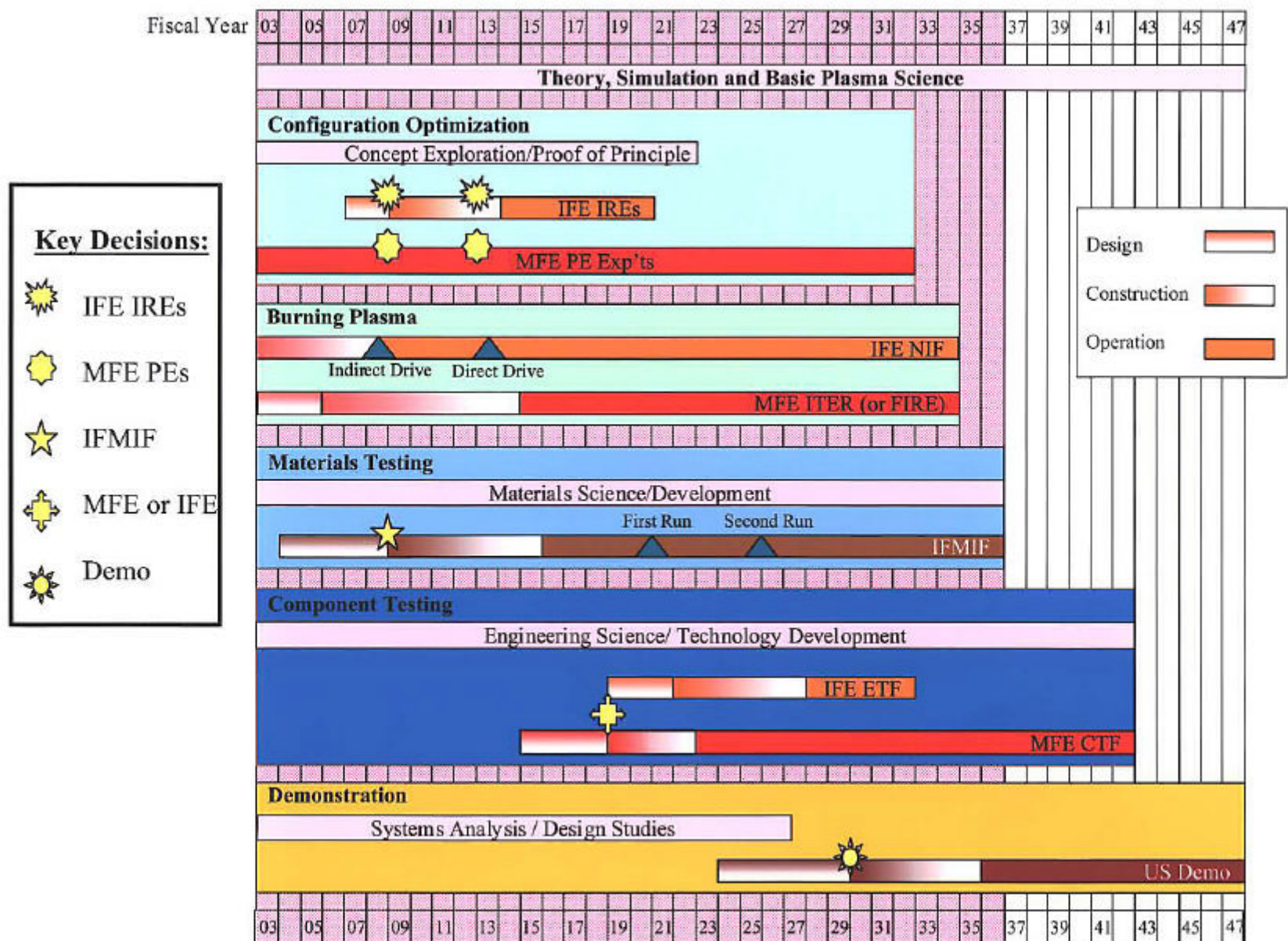
図 2.1.2-2 トカマク型核融合炉開発計画例

米国の早期実用化計画案

経緯 DOEの科学部長Raymond Orbachは**35年以内に電力の系統投入**を行うことの実現性の検討をFESAC(Fusion Energy Science Advisory Committee)に依頼。 FESAC Development Path Panel (chaired by Prof. R. Goldstone, Princeton Univ.)を設置して検討。

米国の事情

- 1)ITERから脱退して以後、**磁場方式核融合 (MFE)**の予算は大きく減ってきた。現在の予算規模では**慣性核融合 (FE)**の方が大きい。
- 2)国内の小規模な燃焼試験用トカマク**FR**Eの計画を推進して来た。
- 3)FEには軍事的開発費も含めて大きな予算を投入し**国立点火装置NIF**を建設中である。コミュニティーの大きさは、MFE ~ FE。日本のMFE >> FEの状況と大きく異なる。
- 4)MFEをトカマクだけでなく将来のための様々な代替方式 (例えば球状トカマク)なども推進中。
- 5)FEのドライバーは、レーザー、重イオンビーム、Zピンチが対等に推進されており、現時点で絞り込みの同意を得るのは難しい。ただしNIFはレーザー方式。



FESAC Development Path Panel 報告の計画

現在～2009年：

- 1) MFE, IFEの燃焼のためのデータを蓄積。
- 2) 3年間で予算を2倍にして現在のマルチ路線を推進。
- 3) ITERには再参加。
- 4) FM Fの設計を推進
- 5) ITERが建設に進まなければFREを建設

2008年： FM F、国内MFE新装置、FE新装置の建設を判断

2009年～2019年：

- 1) NFとITER (またはFRE)により燃焼プラズマを確認。
- 2) 磁場式の**機器試験核融合装置**CTF (球状トカマクもありうる)の設計を実施
- 3) FEの工学試験炉ETFの設計を実施
- 4) FM F運用開始

2019年： 次期DEMO炉の方式を決定。
MFE/CTFか、IFE/ETFかを建設する。

注) 日本は**機器試験核融合装置**は不要と判断している

2020年から2029年：

ITERで燃焼プラズマ定常運転を確認

CTF (MFE材料試験炉)かETF (FE工学試験炉)を建設

IFMIF、CTFまたはETF、ITERの結果からDEMOのライセンシングを処理

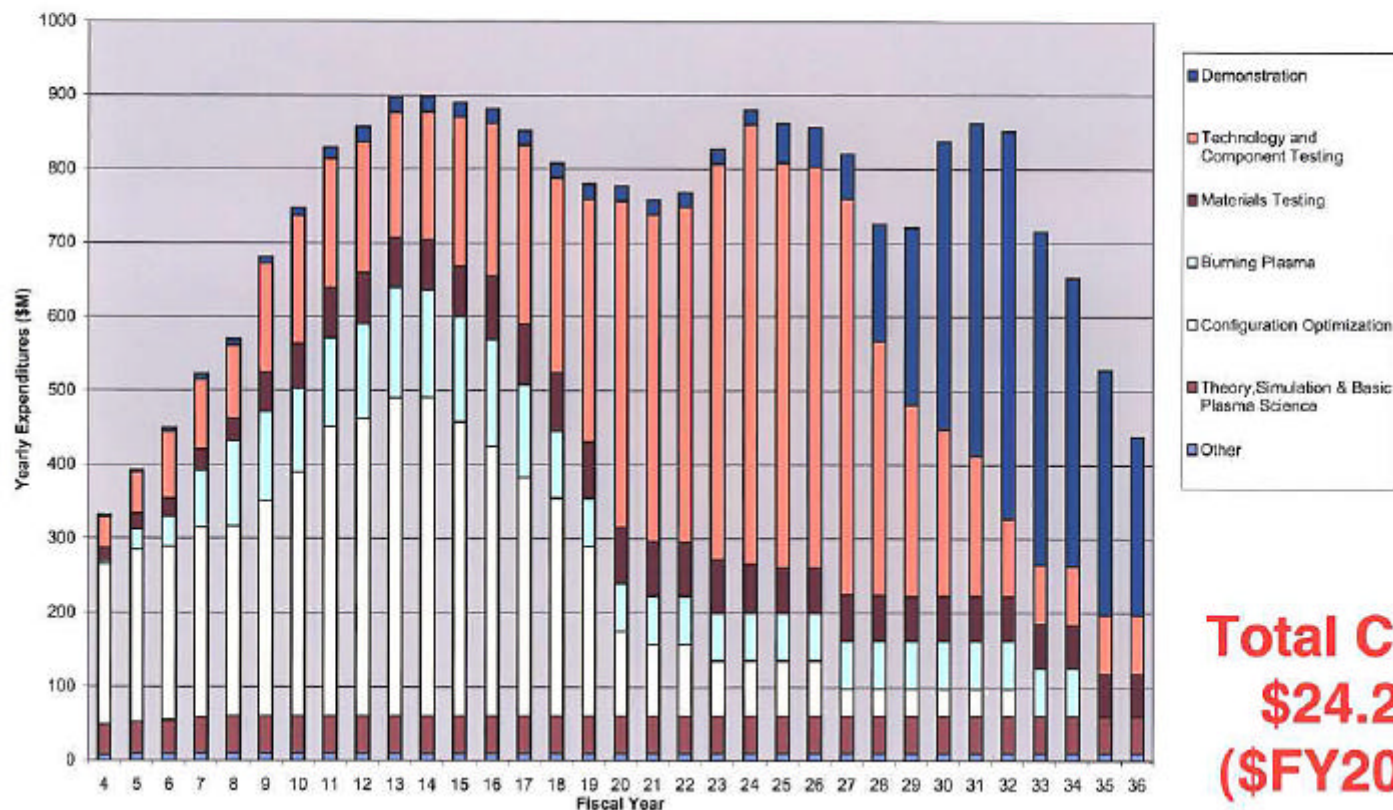
2029年： US DEMOの建設を決定する

2030年～2035年

DEMOを建設。

魅力ある核融合動力炉の運転を実証する。

The Fusion Budget Needs to ~ Double over the Next Five Years, and if Positive Decisions are then made, will Need to Rise by a Further ~ 50%, to ~ 1980 Level



米国の計画のまとめ

方式の最適化 (～ 2019)

燃焼プラズマ研究 (NF、ITER or FRE) 2009 ～

材料試験 (FM F) 2015 ～

機器試験 (MFE/CTF, FE/ETF) 2020 ～

原型炉 2035 ～

と進む計画である。

MFEの場合で見れば、機器試験の存在とFREのパスを残している点を除けば日、欧と基本的には同じといえる。