

「これまでの議論を整理したメモ」参考資料

科学技術庁原子力局
核融合開発室

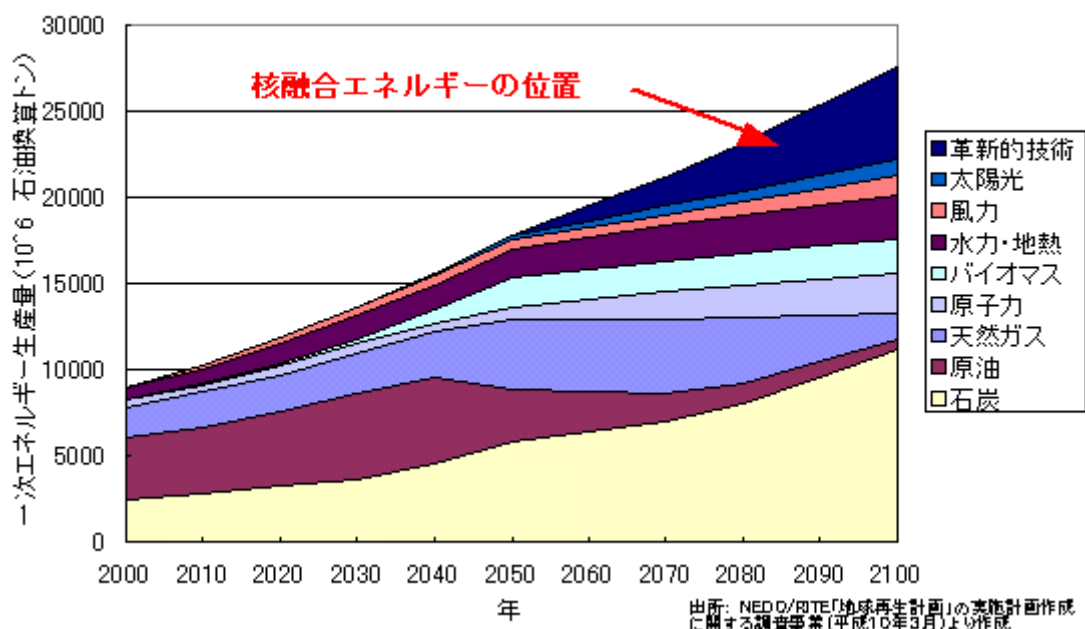
- (1) 核融合エネルギーの位置付け
- (2) 核融合エネルギーの技術的見通し
 - 核分裂と核融合
 - 核融合炉の特徴
 - 核融合エネルギーに至る道筋
- (3) 我が国が設置国に名乗りを上げるか举げないかに関する検討
 - 日本が参加している主な多国間国際共同研究プロジェクト
 - 核融合の波及効果
 - 我が国の核融合研究のポテンシャル

核融合エネルギーの位置付け

- 化石燃料はここ 100 年程度の範囲では枯渇は予想されないが、化石燃料消費に伴う温室効果ガスの排出による地球温暖化現象が人類にとって大きな課題。
- この様な認識の下、将来のエネルギー予測における環境対策を重視するシナリオ（下図）では、21 世紀末には、エネルギー需給の主要部分は、核融合などの革新的エネルギーを含む非化石エネルギーで占められる可能性がある。

（「エネルギー需給及び代替エネルギーのフィージビリティに関する検討報告書（平成 12 年 6 月）」より要約）

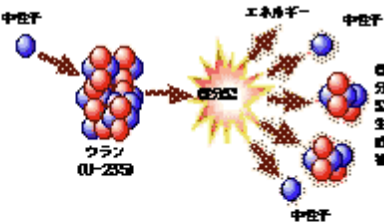
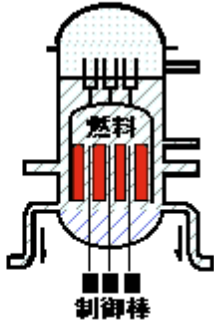
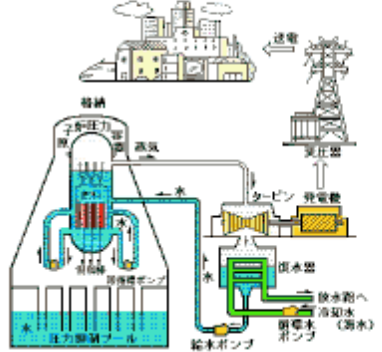
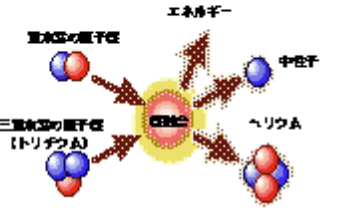
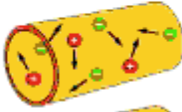
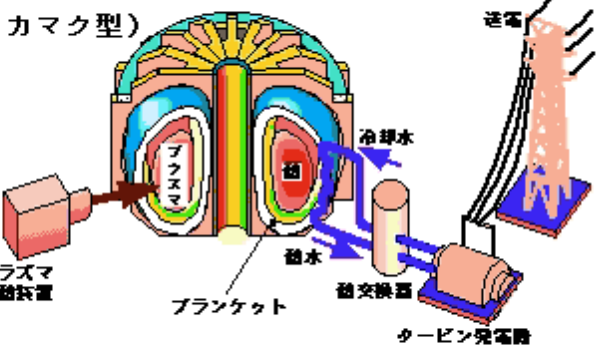
550ppm 安定化ケース(CO₂ 処分有、革新技術有)



環境制約（二酸化炭素濃度規制）を行った場合の将来のエネルギー予測

- 核融合は、様々な産業・学問への波及効果を伴う、革新的エネルギーの有力な候補の一つであり、着実な開発が望まれる。
 - 実現すれば高いレベルの脱炭素化が可能な大規模基幹エネルギーとしてエネルギー供給の中核を担う可能性を有する。
 - 燃料資源は、海水中に豊富に存在し、技術的見通しがある。
 - 放射性物質は扱うものの、安全対策は比較的容易であり、需要地近接立地の可能性がある。
 - 現段階では、発電が実証されていない。今後、原型炉を経て実用化段階に至る計画の中で、ITER を核燃焼プラズマ制御と工学的実証を行う実験炉として位置付け、核融合エネルギー開発を推進する。

核分裂と核融合

	原 理	制 御	エネルギーの取り出し
核 分 裂	 中性子が当たるとウランは割れて中性子と核分裂生成物となるが、この時大きなエネルギーが放出される。ウラン燃料1gは石油1.6トン分のエネルギーに相当	制御棒で制御する  核分裂によって発生する中性子を水などを使って遅い中性子にすると共に、制御棒を使って核分裂反応の量を調整する。	(沸騰水型)  中性子のエネルギーにより冷却材（水など）を加熱して、その蒸気を発生させ、タービンを回し発電する
核 融 合	 重水素の原子核と三重水素の原子核が衝突して融合し、ヘリウムと中性子になる。この時莫大なエネルギーが放出される。核融合燃料1gは石油8トン分のエネルギーに相当	磁場で制御する 磁力線がない場合  磁力線がある場合  原子核と電子は共に電荷を持ち、磁力線に巻き付く性質がある。燃料である重水素と三重水素のプラズマ状態（原子が原子核と電子にばらばらになった状態）を磁場を用いて制御する。	(トカマク型)  中性子のエネルギーはブランケットで受けとめ、ブランケットの冷却材（水など）を加熱し、その熱で蒸気を発生させタービンを回し発電する。

核融合炉の特徴

「止める」ことは容易
(暴走しない)

- ・プラズマが良好に閉じ込められて初めて燃焼する。
- ・燃えすぎると閉じ込めが悪化して反応が止まる。

「冷やす」ことは容易

反応生成物は
ヘリウム

- ・高レベル廃棄物がない
- ・崩壊熱が小さい

反応停止

プラズマ消滅

不純物の混入

性能悪化

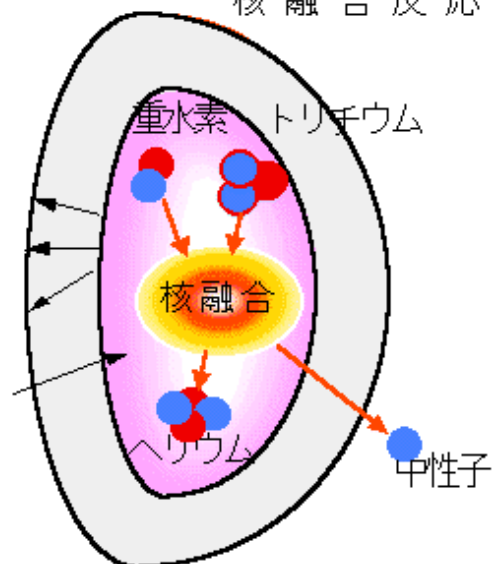
過剰な反応

核融合燃料
・重水素
・トリチウム

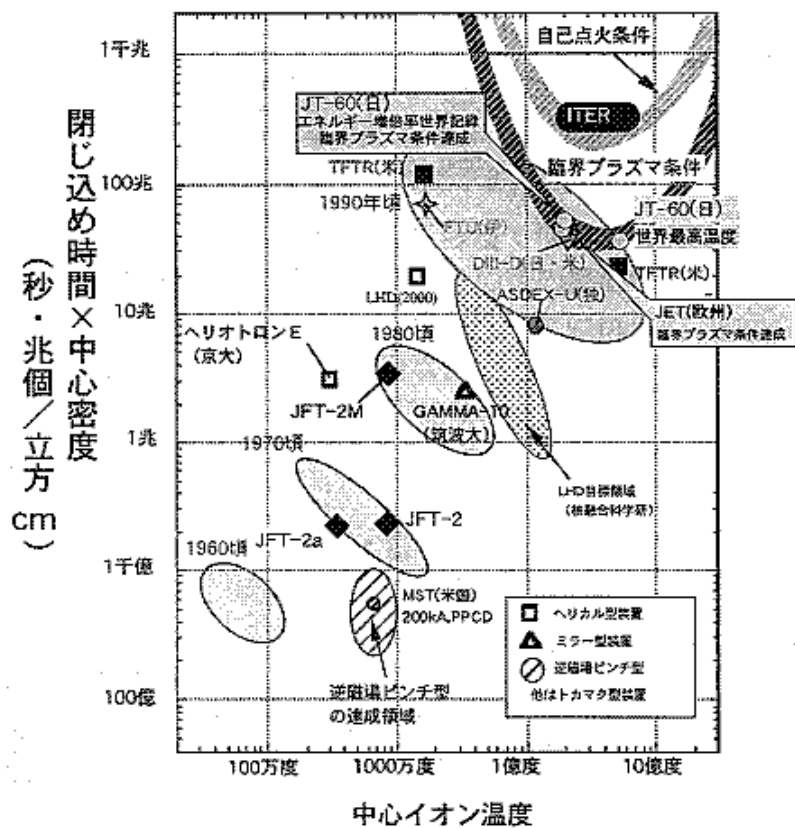
放射性物質が分散して
広範囲に存在

「閉じ込め」が重要

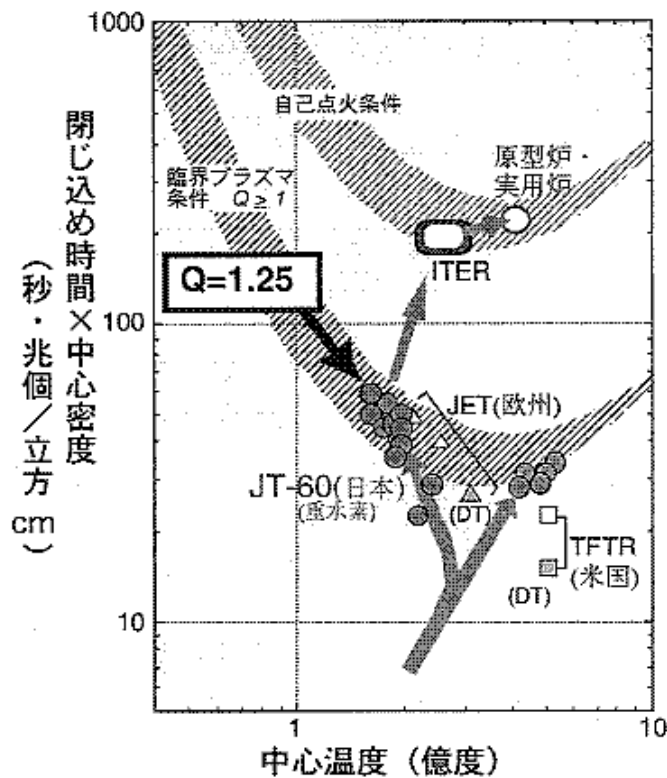
核融合反応



これまでの成果とこれからの見通し



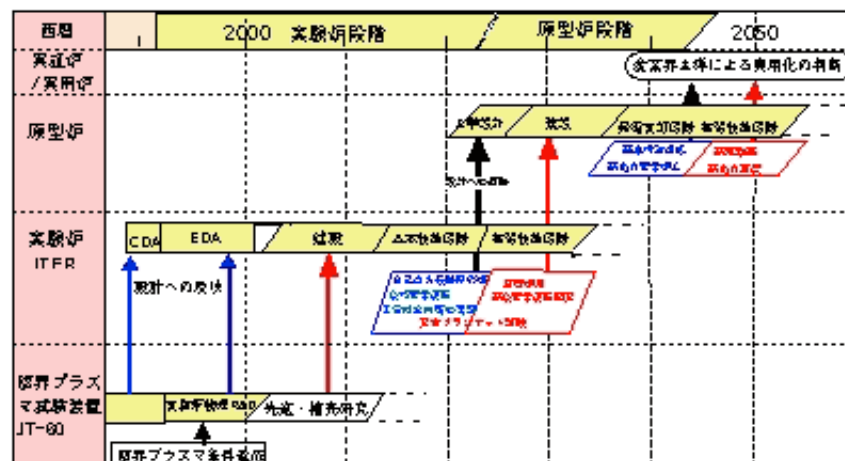
トカマク型：現在、最も自己点火条件に近い性能を実現。
ヘリカル型：定常運転が容易。電流崩壊がない。
ミラー型：定常運転が容易。単純な構造。
逆磁場ピンチ：比較的低い磁場でよい。単純な構造。



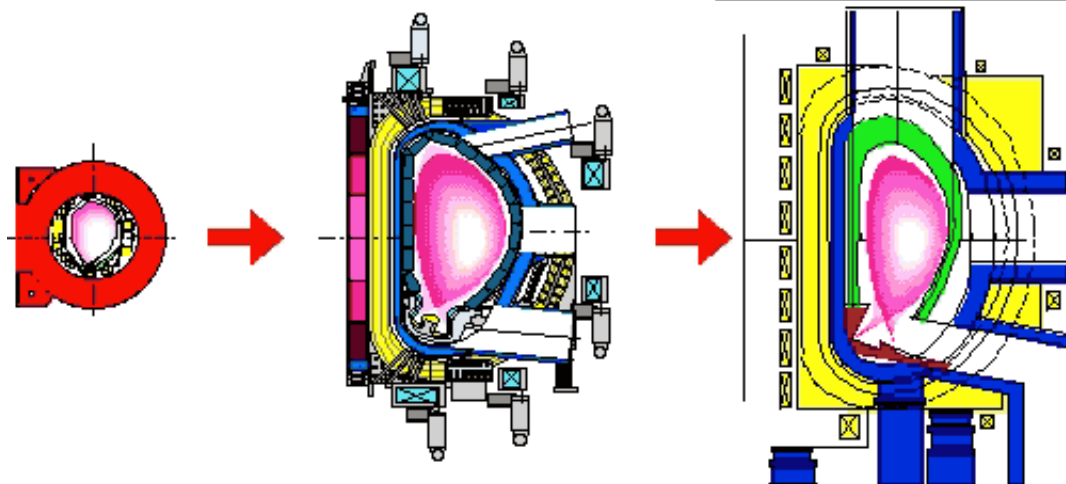
核融合エネルギーに至る道筋

計画が順調に進展した場合、核融合発電の原型炉建設は2030年頃に可能

本格的な核融合発電は原型炉段階ではじめて実現する。ITERによる研究開発とその後の原型炉の設計が順調に進展した場合、核融合発電の技術的実証を目的とする原型炉（発電能力、数十万～百万kW）の建設は2030年頃に可能になると推定される。



核融合エネルギーの技術的実現性
計画の基がりとなる基礎研究
に関する報告書
平成12年5月



JT-60等価Q~1

実験炉ITER Q=10-20以上

原型炉 例(SSTR) Q=30~50以上

実用化
経済性

日本が参加している主な多国間国際共同研究プロジェクト

名 称	プロジェクト概要	タイプ	主導国・機関	参加国	実施期間	規模	日本の負担	備考
国際ヒトゲノム計画	ヒトゲノムの全 30 億塩基の配列を決定し、そこに書き込まれた遺伝情報を読み取ることが目的。	タスク分担	米国	日、米、英、独、仏、中国	1989 年～	ヒトの全塩基配列の解読	全解読量の約 1 割(7%)	平成12年6月にヒトゲノムの概要解読を終了。
ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム	生体の持つ優れた機能の解明を中心とする基礎研究を国際・学際・若手重視の理念の下に推進しようとするプロジェクト。研究グラント事業、フェローシップ事業、ワークショップ事業が実施されている。	共同基金	日本	日、米、英、独、仏、加、伊、EU、スイス	1989 年～	目標値6000万米ドル(／年)	3700 万米ドル(／年)	
国際宇宙ステーション計画	将来人類が宇宙で活動していくための基盤を形成し、また微小重力等の宇宙環境を利用した新しい科学技術の創造に寄与するための国際協力プロジェクト。	大規模施設	米国	15ヶ国(日、米、欧、加、露)	1987 年～	開発費総額約4兆円(ロシア分を除く。)	約3100 億円	
大型陽子・陽子衝突型加速器計画	周長約27kmにわたる超電導磁石を配置する円形加速器を使用し、世界最高のエネルギーレベル(14兆電子ボルト)で未知の粒子を発見し、物質の究極の内部構造を探索する計画。	大規模施設	CERN(欧州原子核研究機関)	日、欧、米、加、露等	1993 年～	総事業費3900 億円	50 億円(H7) 38.5 億円(H8) 50 億円(H10)	
国際深海掘削計画	掘削研究船を運航し、海底の研究を行う国際共同研究計画。約2ヶ月毎に世界各地の海域を移動し、海底を掘削して直接資料を採取・分析すること等が目的。	タスク分担	米国	21ヶ国(日、米、英、独、豪、加、仏、中国等)	1985 年～	(2000 年における予算)4610 万米ドル	(2000 年における負担)295 万米ドル	
ITER計画	人類の恒久的なエネルギー源の一つとして期待される核融合エネルギーの科学的、技術的な実現可能性を実証することを目として、4 極(のちに米国が抜けて3 極)で進めている国際共同プロジェクト。現在は、工学設計活動を実施。	大規模施設		日、EU、露	1985 年～	本体建設費の見積り約5000 億円	今後の政府間協議による	

核融合技術の波及効果

精密計測

超高真空



高分解能質量
分析計
(四重極質量分析計、
特許第2873239)

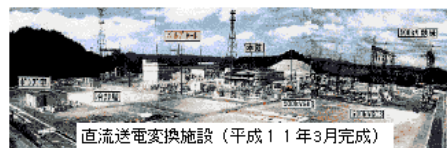
核融合
技術

大電力

大電力利用

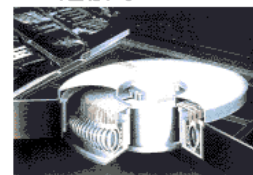


沖縄電力のフライホイール付き発電機、電力系統の安定化に寄与



直流送電変換施設（平成11年3月完成）
四国朝南変換所と紀北変換所間の500kV直流送電

超伝導コイル



エネルギー貯蔵

材 料

耐熱負荷

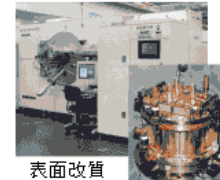


耐熱材料（ロケット
ノズルに使用）



電動機類のブラシ
(プラズマ対向部材及びその
製造法、特許平成8年出願)

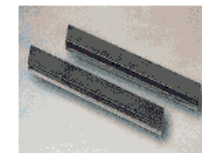
粒子ビーム



表面改質
半導体製造
(イオン源アーク電源保護
回路、特許第2865329、他)

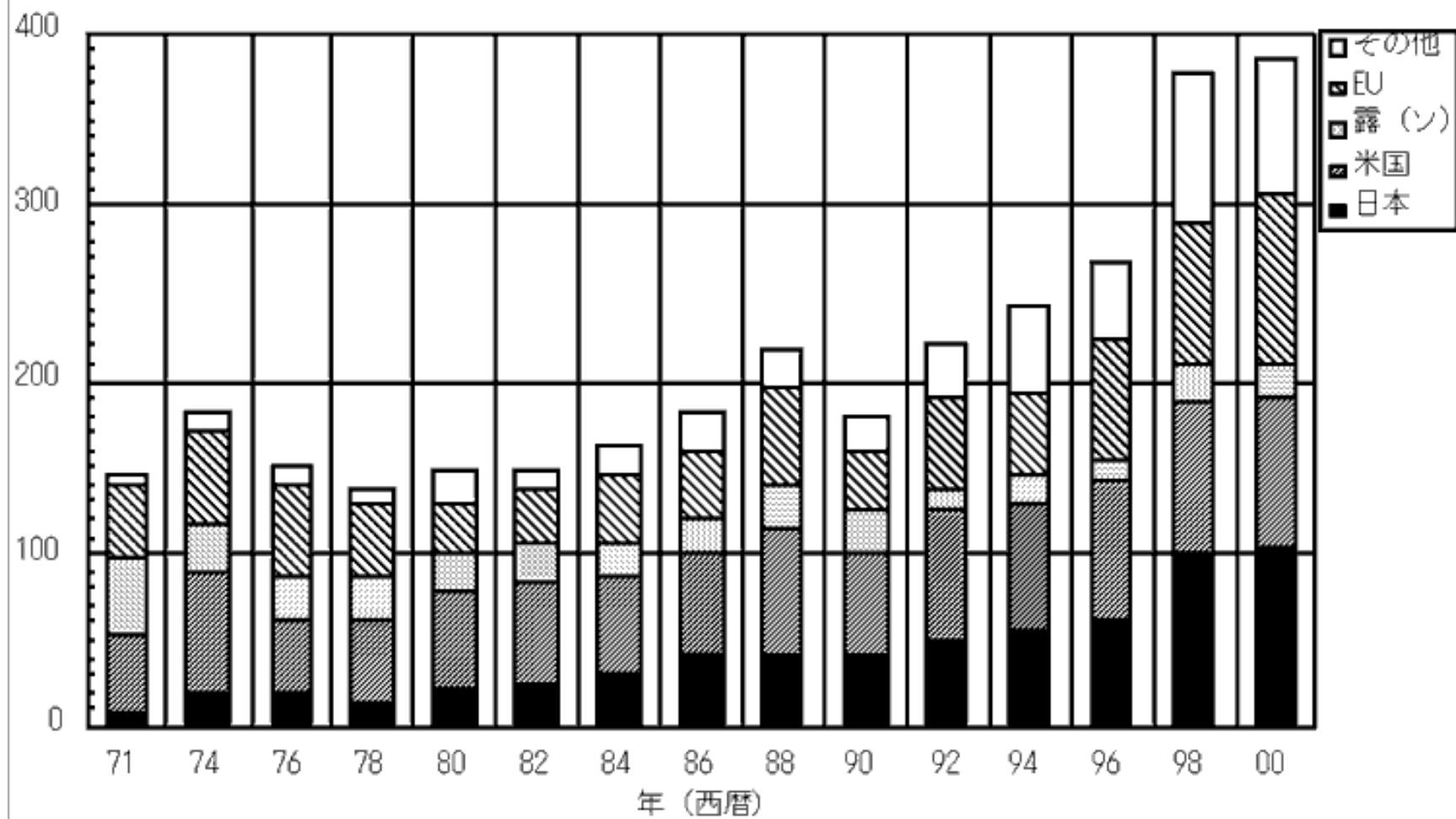


表面改質

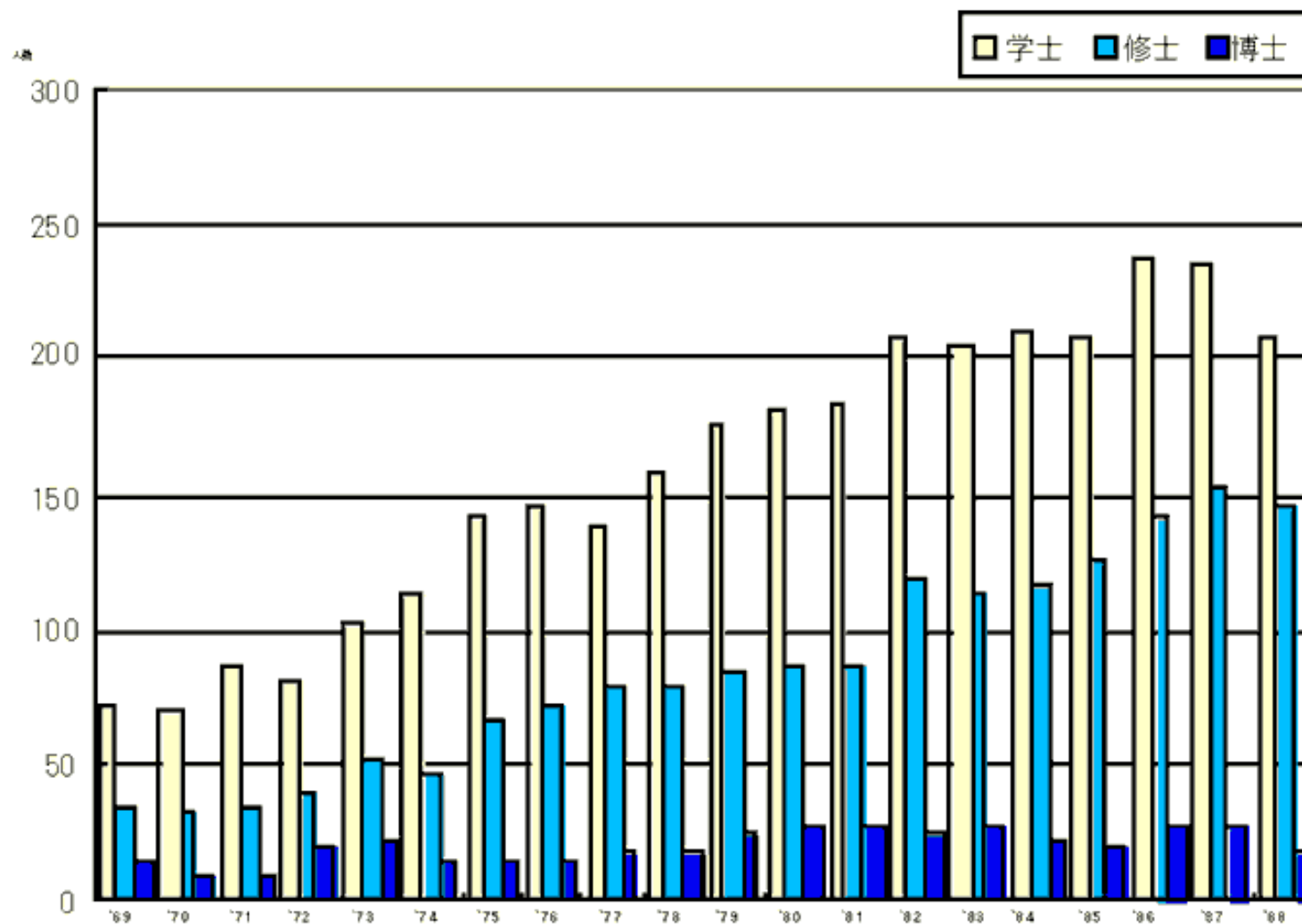


新幹線等のパンタグラフ
(核融合装置第一壁部材の製造法、
特許第1653797、他)

我が国における核融合研究のポテンシャル



IAEA 核融合エネルギー会議における各国の論文数
核融合研究者の構成と推移



プラズマ・核融合関連分野の学生数の推移