

核融合専門部会報告書(案) 概要

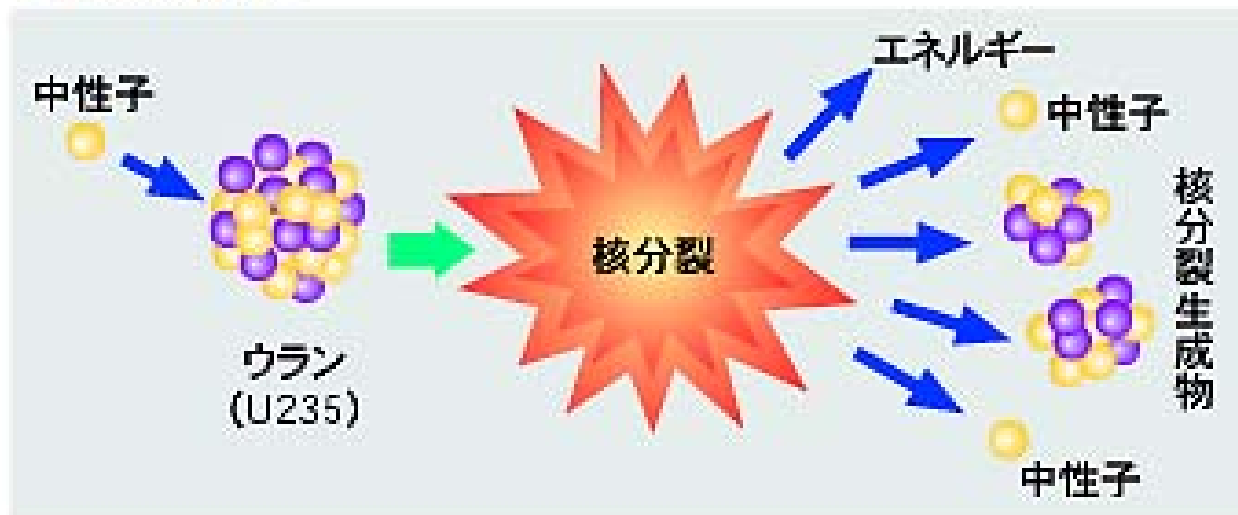


平成20年11月7日

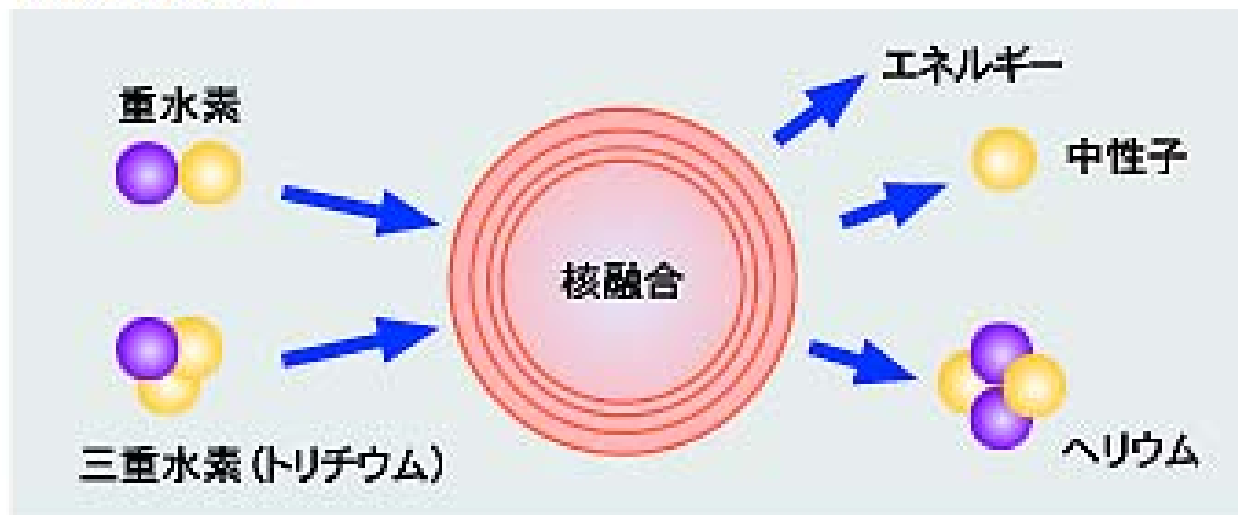
内閣府 原子力政策担当室

核分裂と核融合

核分裂の原理



核融合の原理

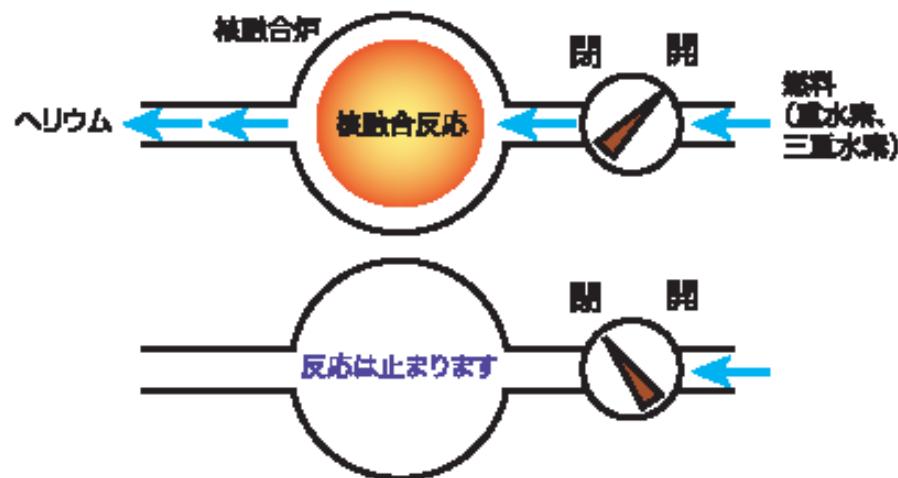


核融合エネルギーの利点（1 / 2）

- 1) 燃料資源が豊富に存在
燃料資源は、海水中に豊富に存在し、地域偏在がない



- 2) 高い安全性
原理的に暴走しない（燃料の元栓を締めれば反応が止まる）
燃えかすは安全なヘリウム



核融合エネルギーの利点（2 / 2）

- 3) 発電過程で二酸化炭素が発生しない
- 4) エネルギー発生率が高い：燃料 1 グラムが石油 8 トンに相当
- 5) 高レベル放射性廃棄物が生じない
- 6) 核不拡散の問題が発生しない




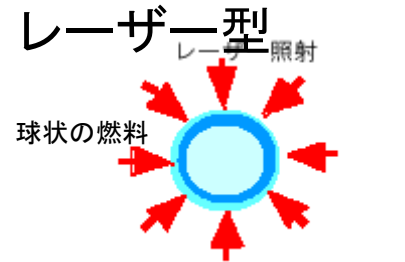
地上の太陽を実現させることにより、エネルギー問題を抜本的に解決することが期待される。

※安全面での課題

- 1) トリチウム（放射性物質）の安全な取扱
- 2) 中性子による放射化廃棄物の低減

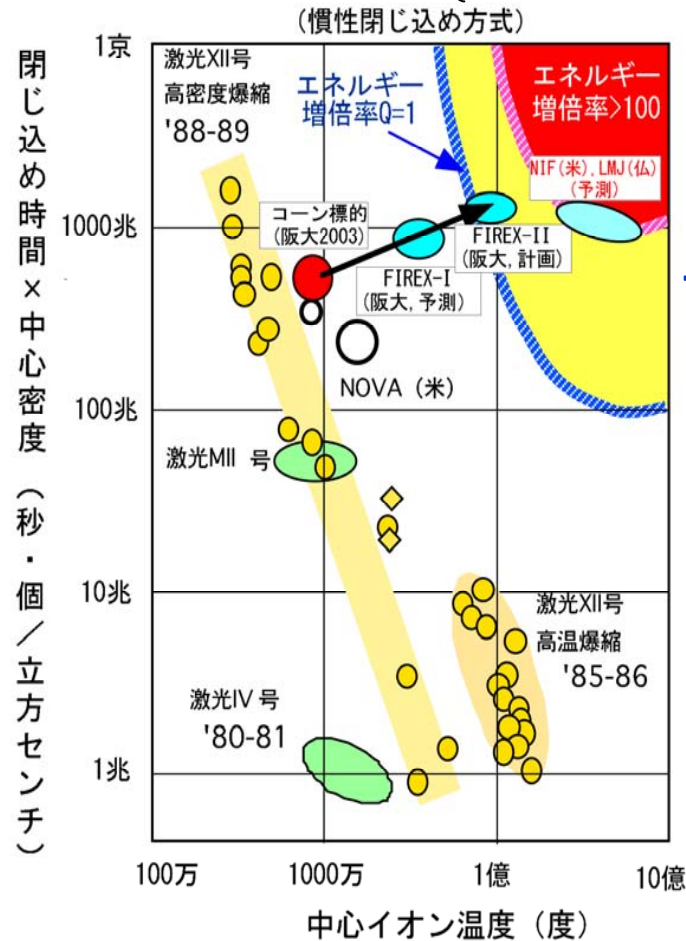
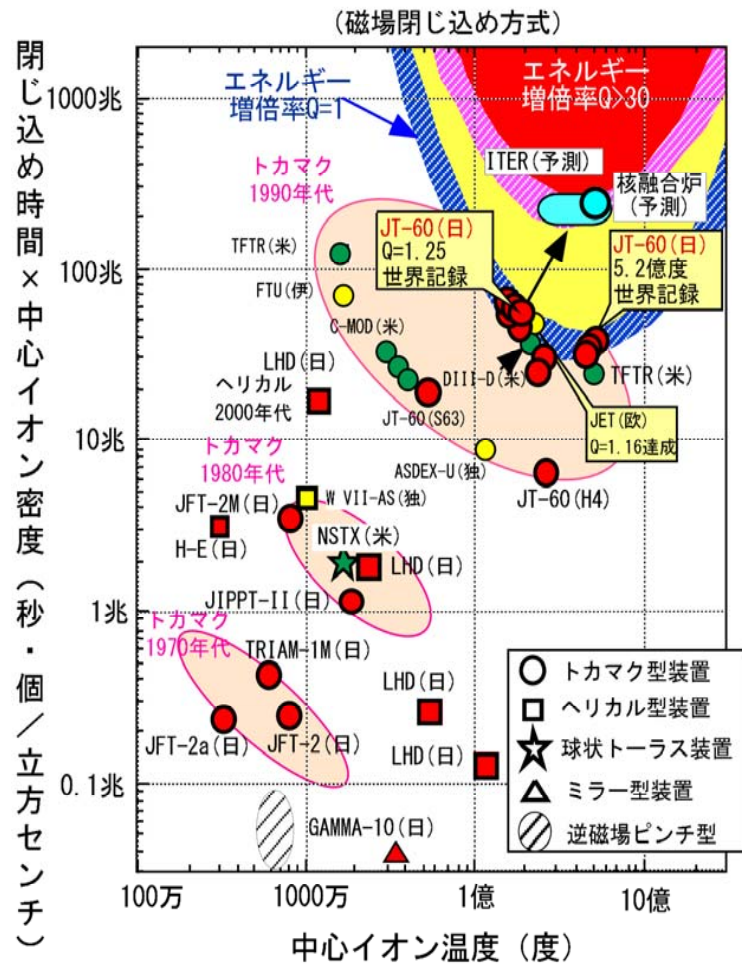
核融合反応の起こし方

燃料を**1億度以上の高温のプラズマ**状態(気体が電子とイオンになり不規則に運動している状態)にした上で、一定範囲内にプラズマを閉じ込めることが必要。

閉じ込め方式		解説
磁場閉じ込め	トカマク型  <p>プラズマ電流 プラズマ</p>	ドーナツ状の容器 内でプラズマに電流を流し、電流がつくる磁場とコイルの磁場とを組み合わせる方式 主な施設: ITER(国際熱核融合実験炉)(ITER機構@フランス) JT-60(臨界プラズマ試験装置) (日本原子力研究開発機構@茨城県)
	ヘリカル型  <p>ヘリカルコイル プラズマ</p>	らせん状のコイル の作る磁場でプラズマを閉じ込める方式 主な施設: LHD(大型ヘリカル装置) (核融合科学研究所@岐阜県)
慣性閉じ込め	レーザー型  <p>球状の燃料 レーザ照射</p>	小さな球状の燃料に 四方八方からレーザー を当て、急激に加熱する方式 施設: 激光X II号(大阪大学@大阪府)

核融合研究開発の進展

原子力委員会核融合専門部会報告書(平成17年10月26日)
「今後の核融合研究開発の推進方策について」より抜粋



- ・ トカマク方式 : $Q=1$ をすでに達成
- ・ ヘリカル方式 : 今後、 $Q=1$ を実現する必要あり
- ・ レーザー方式 : 今後、 $Q=1$ を実現する必要あり

原子力委員会が定める核融合研究開発基本計画

第一段階

第二段階

第三段階

第四段階

実用段階

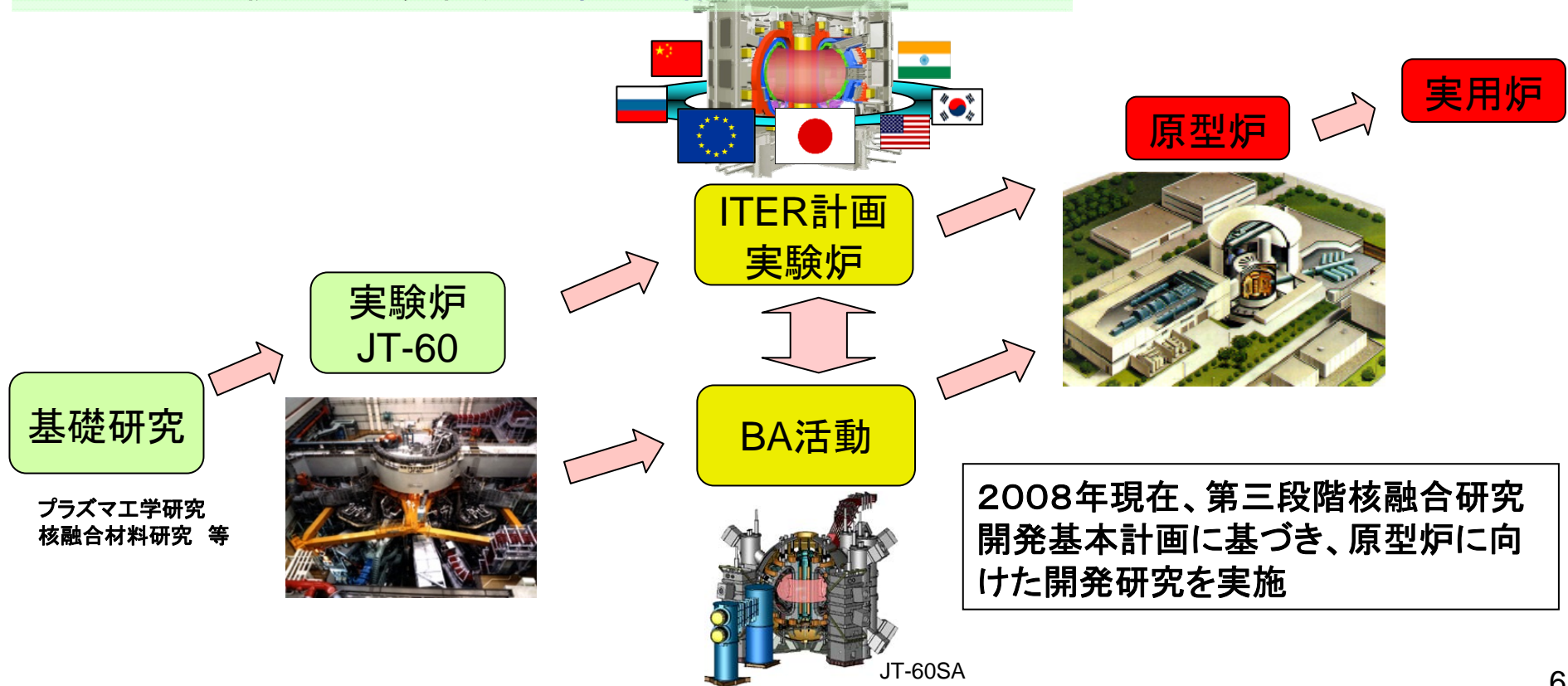
科学的実現性

科学的、技術的実現性 技術的実証・経済的実現性

1992年6月 「第三段階核融合研究開発基本計画」策定

1975年7月 「第二段階核融合研究開発基本計画」策定

1968年7月 「核融合研究開発基本計画」原子力委員会決定
核融合研究開発の第一段階計画



原子力委員会核融合専門部会について

- 平成13年7月に原子力委員会決定により「核融合専門部会」を設置。
- 平成17年10月に報告書「今後の核融合研究開発の推進方策について」をとりまとめ。
- その後の状況変化を踏まえ、平成19年10月より調査審議を再開。
- 平成20年9月までに7回の会合を行い、報告書案をとりまとめ。
- 現在、ホームページ上において報告書案に対するご意見を募集中(10月21日～)。
- 意見募集と並行して、多様な意見を聴取するため、本日「ご意見を聴く会」を開催。

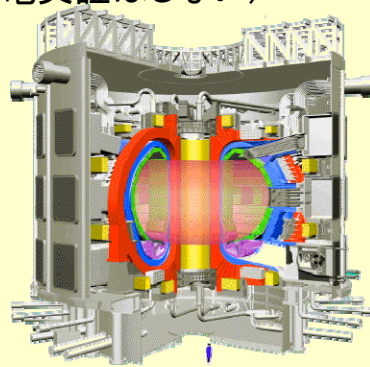
ITER(国際熱核融合実験炉)計画と幅広いアプローチ(BA)活動

人類究極のエネルギーである核融合エネルギーの実現を目指して、ITER計画と幅広いアプローチ活動を戦略重点科学技術として推進

ITER計画

核融合実験炉の建設・運転を通じて、科学的・技術的実現可能性を実証

- 2007年10月24日にイーター協定発効
- 参加極:日、欧、米、露、中、韓、印
※第2回ITER理事会(H20.6)にて、カザフスタンの加盟について正式に調整されることとなった。
- 建設地:フランス・カダラッシュ
- 総経費:約1兆7千億円(2006年10月末時点で換算)
- 核融合熱出力:50万KW(発電実証はしない)
- ITER機構長:池田要氏
- 日本の分担割合:
 - 建設期:9.1%
 - 運転期:13%
- 計画(予定):
 - 建設:10年間 運転:20年間 除染:5年間

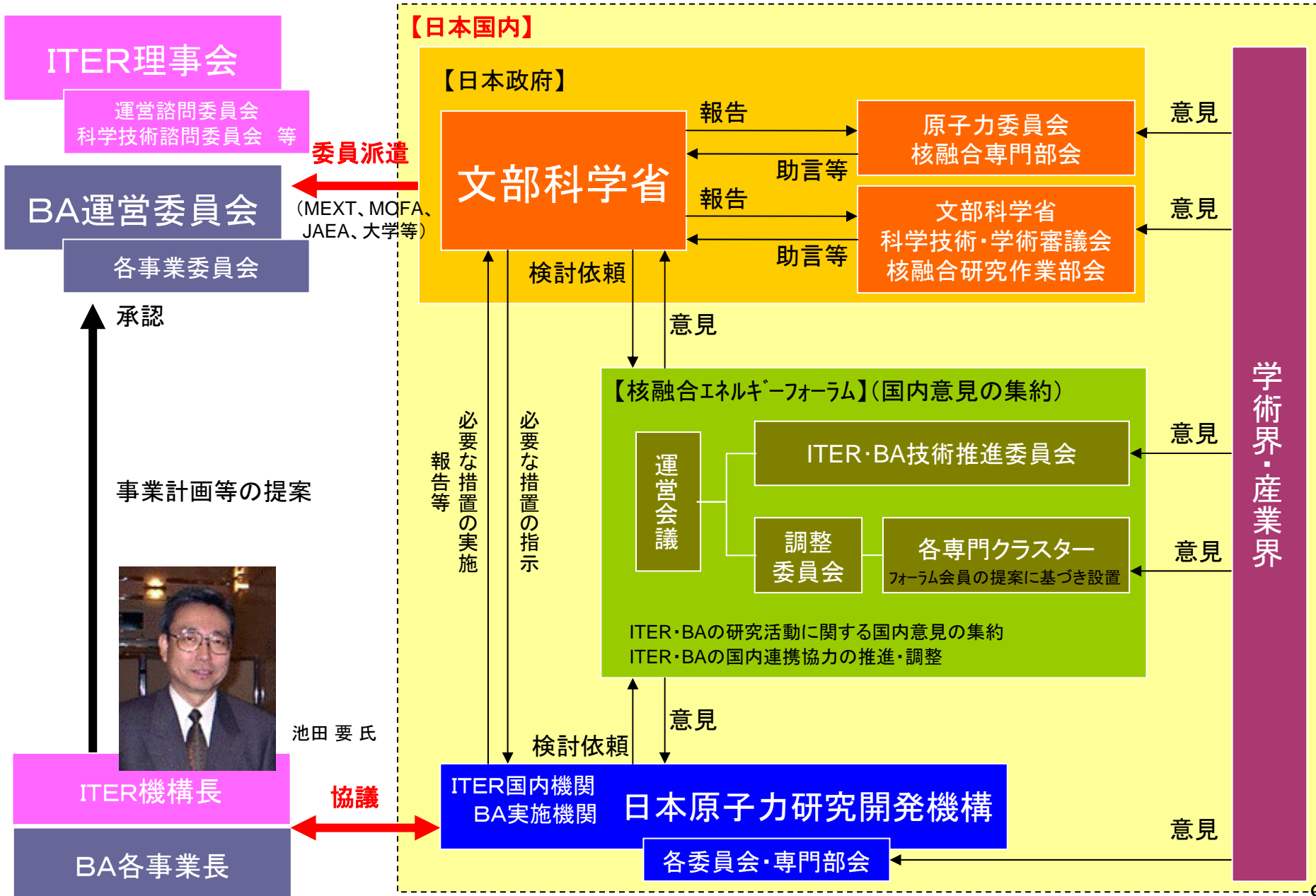


幅広いアプローチ(BA)活動

ITER計画と並行して補完的に取り組む先進的核融合研究開発

- 2007年6月1日に幅広いアプローチ協定発効
- 実施極:日、欧
- 実施地:青森県六ヶ所村、茨城県那珂市
- 総経費:920億円を日・欧で折半(2005年5月時点で換算)
- 計画:10年間
- 実施プロジェクト
 - ①国際核融合エネルギー研究センター
 - ・原型炉設計・研究開発調整センター
 - ・ITER遠隔実験センター
 - ・核融合計算機シミュレーションセンター
 - ②国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動
 - ③サテライト・トカマク計画(予備実験等の実施によるITER支援)

ITER計画・BA活動における国内連携体制について



核融合専門部会報告書(案)に示した提言

(1) ITER計画及びBA活動について

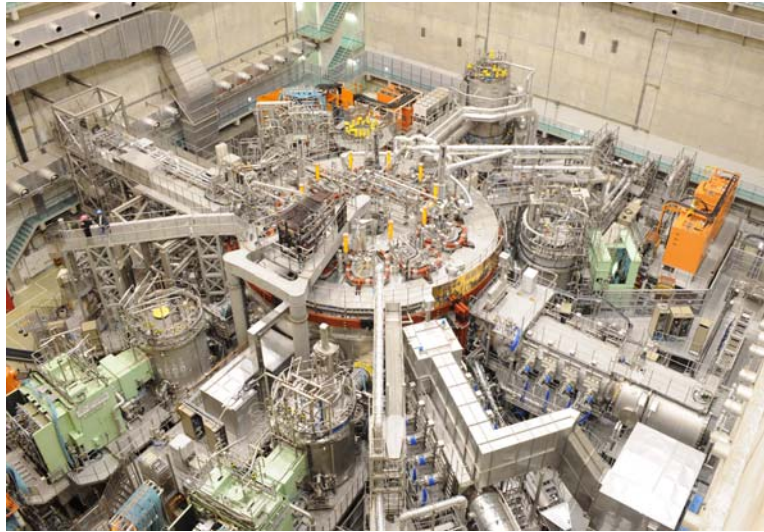
これまでの取組状況及び評価

- ITER協定、BA協定が発効。国内では、これに基づく国内機関、実施機関として文部科学省は(独)日本原子力研究開発機構を指定。
- ITER機構における日本の人材枠をまだ有効に活用できていない。
(現状:8.5%、日本の人材枠:18%)

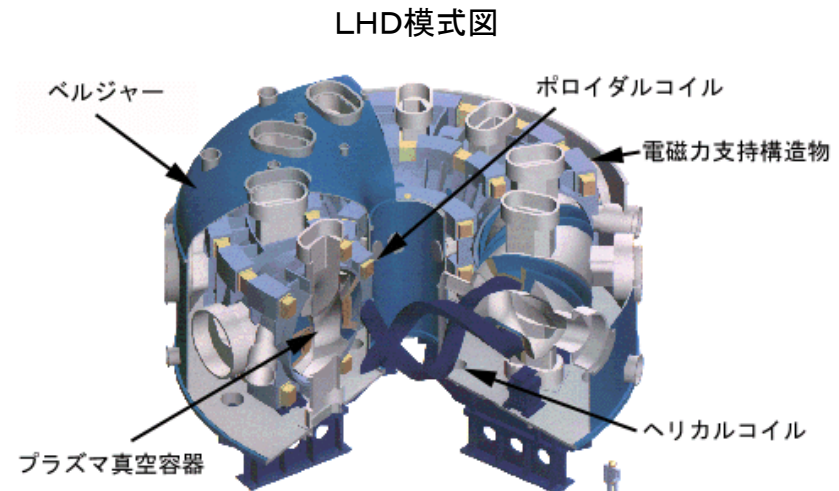
主な提言

- ITER計画、BA活動のそれぞれの計画において最大限の成果を得るよう引き続き全日本的な連携を図りつつ着実に計画を進展させることが必要。
- ITER計画に参画する優秀な人材の確保と、知的財産・ノウハウ等の確保が確実に行われる体制の構築を図るべき。

ヘリカル型装置による研究



大型ヘリカル装置(LHD)



LHD模式図

建設費総額:約507億円

平成2年より建設、平成10年4月より本格実験開始

核融合科学研究所を中心として研究を実施

主な成果:

- 500kWのプラズマ加熱パワーで、54分を超える長時間プラズマの生成・維持を達成し、ヘリカル方式の最も大きな特徴である定常運転を実証。入力エネルギーは1.6ギガジュールを達成
- 核融合を実現するための条件^{※1}のうち、密度条件の10倍以上である1,100兆個/ccの超高密度プラズマ生成を達成。
- 将来の核融合炉において、経済的に運転するために必要な5%のベータ値^{※2}で、世界最高の定常ベータ値5%を達成(プラズマ圧力条件に到達)

※1 温度:1億度、密度:100兆個/cc、閉じ込め時間:1秒

※2 磁場あたりのプラズマを閉じ込める能力:プラズマの圧力/磁場の圧力

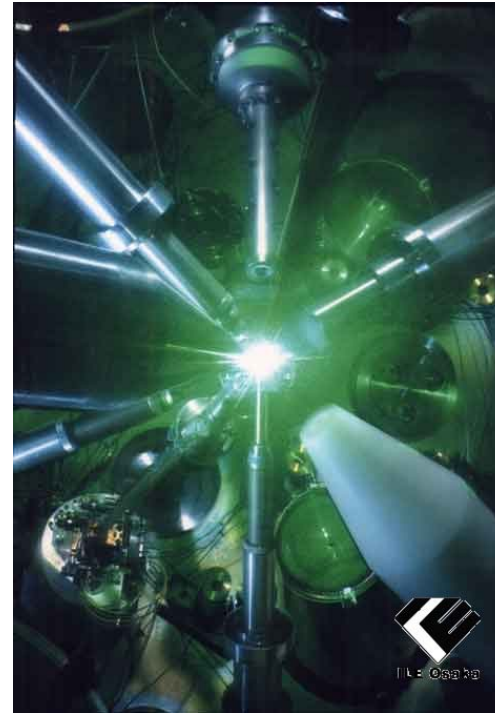
今後の計画:

加熱パワーの増強などにより、さらなるLHDプラズマの高温・高密度化を目指し、将来の核融合炉の実現に向けた学術研究を推進。

レーザー型装置による研究

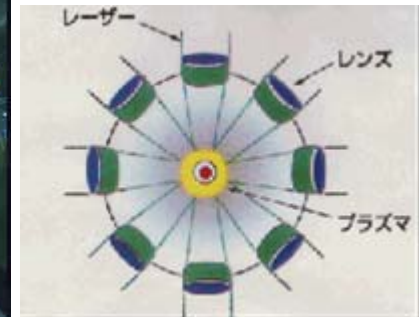


激光X II号、LFEXレーザー室



ターゲットチェンバー

レーザー核融合の原理



大阪大学を中心として研究を実施

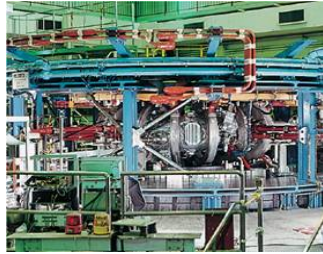
主な成果:

- ・プラズマ温度1億度を達成(レーザー方式では世界最高)
- ・世界最高の圧縮密度600g/ccを達成
- ・世界最高出力のペタワットレーザーを開発

今後の計画: 高速点火の原理実証を目指す「FIREX計画」を実施

日本の核融合研究

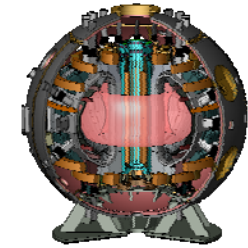
Heliotron J ヘリカル型
京都大学エネルギー理工学研究所



JT-60U トカマク型
日本原子力研究開発機構



JT-60SAへの転換



ガンマ10 ミラー型
筑波大学プラズマ研究センター

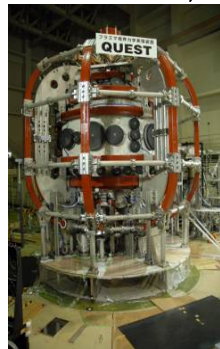
共同研究分野

- 原子分子
- プラズマ基礎物理学
- プラズマ応用
- 高温プラズマ物性
- 周辺プラズマ物理学
- プラズマ制御
- プラズマ加熱工学
- プラズマ計測学
- シミュレーション科学
- 炉工学
- 炉システム学
- プラズマ材料工学
- 材料シミュレーション学
- 放射線工学
- 超伝導工学
- 極低温工学
- マイクロ波応用 など



激光X II号 レーザー型
大阪大学レーザーエネルギー学
研究センター

高速点火 FIREX-Iへ展開



QUEST 球状トカマク型
九州大学応用力学研究所



LHD ヘリカル型
核融合科学研究所

関東・甲信越地区

- 茨城大学
- 筑波大学
- 宇都宮大学
- 東京大学
- 東京工業大学
- 横浜国立大学
- 総合研究大学院大学
- 新潟大学
- 東海大学
- 日本大学
- 高エネルギー加速器研究機構
- 海洋研究開発機構
- 地球シミュレータセンター
- 産業技術総合研究所
- 日本原子力研究開発機構など
全65機関

核融合専門部会報告書(案)に示した提言

(2) 学術研究について

これまでの取組状況及び評価

- ヘリカル、レーザー方式について、核融合の選択肢を拡げる観点から着実に研究開発が実施されている。
- 核融合科学研究所や大学との間で、様々な共同研究が活発に実施されている。

主な提言

- 研究の進捗を踏まえ、文部科学省において、適切な時期に核融合炉としての可能性に関する評価を実施し、その後の計画の進め方を検討していくべき。
- 核融合に係る学術が大きな広がりをもつとともに、革新性あるいは厳密性を高く評価する文化を醸成していく必要がある。

核融合技術の波及効果

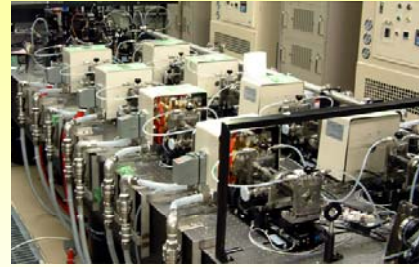
原子力委員会核融合専門部会報告書(平成17年10月26日)「今後の核融合研究開発の推進方策について」等より作成

大型液晶画面製造への応用



大面積イオンドーピングにより、30インチを
超す大画面液晶が製品化されている。

先進半導体製造技術： EUV光源開発

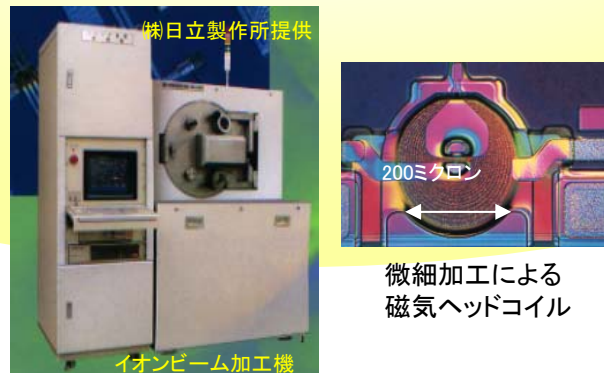


核融合技術

環境ガス連続分離回収装置

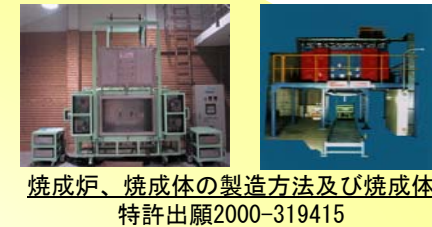


大容量ハードディスク 製造への応用

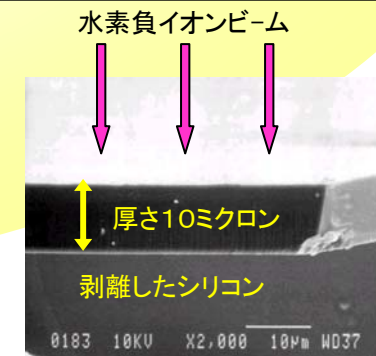


磁気ヘッドコイルの超微細化が可能となり、
ハードディスク容量が4桁上昇(100GB級)。

環境負荷低減型・短時間 焼成プロセスの開発



次世代半導体基板 製造への応用



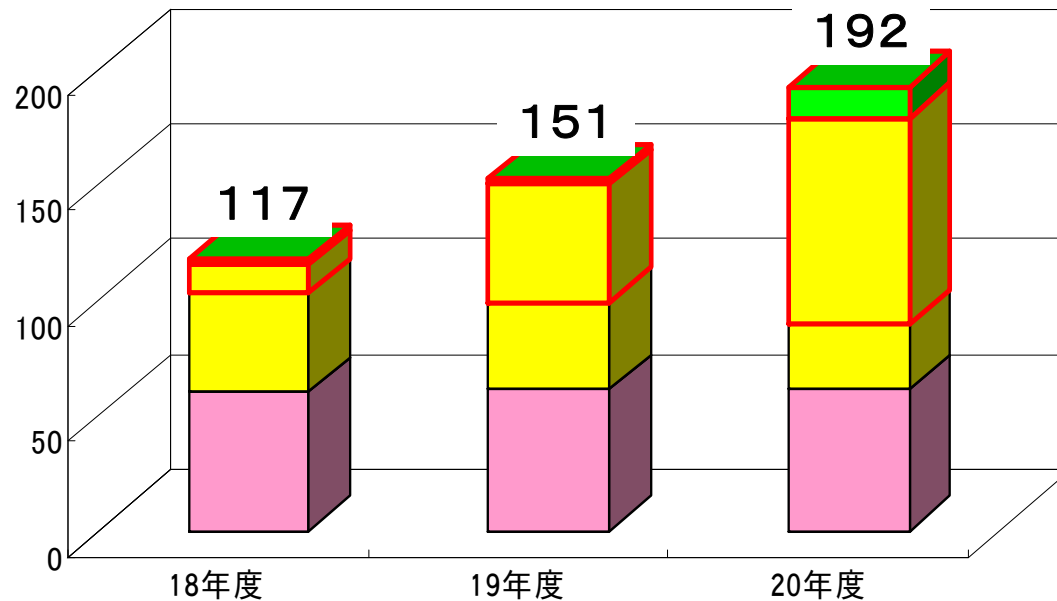
負イオンビームによる
薄板半導体剥離製造
(特許公開第2001-77044)

核融合研究開発の予算

(単位:億円)

事 項	18年度	19年度	20年度
ITER機構分担金	1.6	2.2	13
日本原子力研究開発機構	55	88	118
うち、ITER・BA関連	12	52	90
核融合科学研究所	60	61	61

注1) 運営費交付金中の推計額を含む。
注2) その他、大学等において、運営費交付金等により実施



- ... ITER機構分担金
- ... 日本原子力研究開発機構
- ... 核融合科学研究所
- 部分 ... ITER・BA関連予算

核融合専門部会報告書(案)に示した提言

(3) 研究開発体制について

主な提言

- 関連する科学技術分野との連携・協力を視野に入れた戦略的な研究開発体制、人材育成・交流方策を構築することを期待。
- 産官学にわたる全日本的な体制の強化を図っていくことが必要。

(4) 社会への発信について

主な提言

- 核融合エネルギーの実現には、今後も多大な国費の投入が必要になることが予想されることから、国民に対して常に核融合エネルギーの意義を説明していく努力が必要。
- 核融合の意義を国民により納得できる形で説明するために、核融合エネルギーの安全性、環境および社会への適合性を確保するための研究について、より一層の取組が必要。

核融合専門部会報告書(案)に示した提言

(5) 次段階への移行の判断について

主な提言

- 「推進方策」に示されている、中間段階(ITER機構発足後、約10年程度)での達成目標と最終的な次段階(原型炉段階)への技術上の移行条件を達成することを目安として施策を実施することを期待。
- その際、「選択と集中」の考え方に基づき、引き続き、効果的かつ効率的な資源配分を行うことが必要不可欠。