

# ITER計画について

日本原子力研究所 松田 慎三郎  
核融合研究開発基本問題検討会  
平成15年7月25日

## 第三段階核融合研究開発基本計画

### 1. 目標

平成4年6月9日 原子力委員会

- ・自己点火条件の達成および長時間燃焼の実現
- ・原型炉開発に必要な炉工学技術の基礎の形成

これを達成するための研究開発の中核を担う装置として、トカマク型実験炉を開発する。

### 2. 具体的な研究内容

#### (1) 炉心プラズマ技術

##### 1) トカマク型実験炉の研究開発

自己点火条件の達成、長時間燃焼の実現を目指す。

2) トカマク先進的研究開発、ヘリカル型装置の高性能閉じ込めの定常維持等の研究開発、逆磁場ピンチ、ミラー型、コパケル・トワ型装置、慣性閉じ込め装置による研究。

#### (2) 炉工学技術

実験炉機器の開発、実験炉による試験、原型炉に向けた長期研究開発

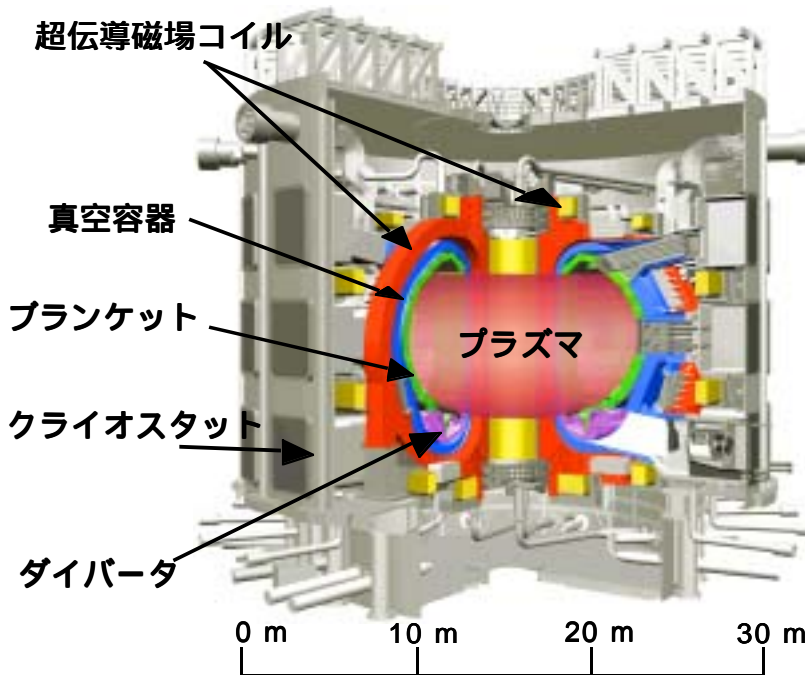
#### (3) 安全性に関する研究

#### (4) 核融合炉システムの設計研究

### 3. 研究開発の分担

- ・実験炉に係わる開発、試験及び研究：日本原子力研究所
- ・実験炉以外の研究開発：大学、国立研究機関及び日本原子力研究所（相互の連携・協力）

# 「第三段階核融合研究開発基本計画」 の「実験炉」 「ITER計画」



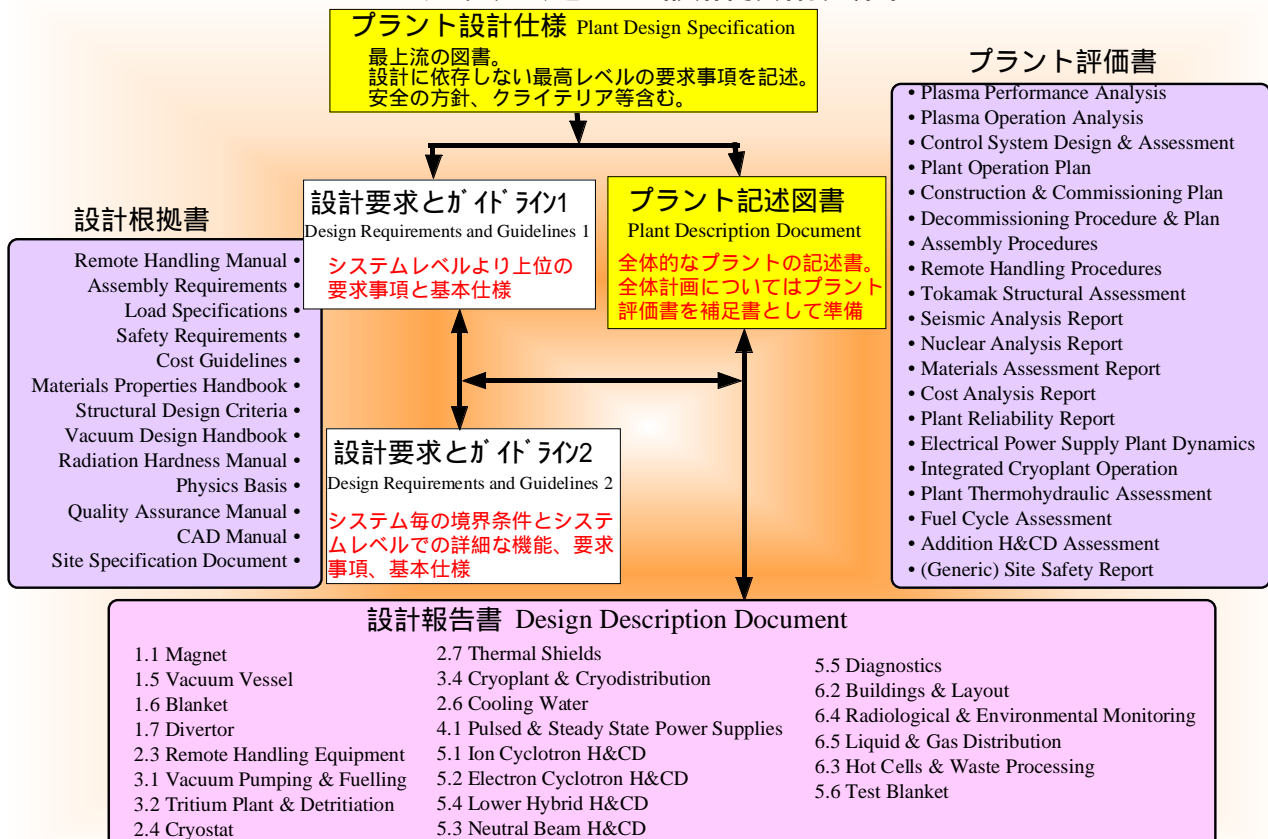
|  |  |
|--|--|
| 核融合出力  | : 500 MW                               |
| エネルギー増倍率   | : $\geq Q$ 10                          |
| $\left( Q = \frac{\text{核融合出力}}{\text{外部加熱入力}} \right) \quad Q \sim 5 (\text{定常運転})$ |  |
| 中性子壁負荷   | : $0.5 \text{ MW/m}^2$ 以上              |
| 中性子フルエンス   | : $0.3 \text{ MW}\cdot\text{a/m}^2$ 以上 |
| 大半径 / 小半径  | : 6.2 m / 2.0 m                        |
| プラズマ電流   | : 15 MA                                |
| 最大磁場   |  |
| (コイル中心)  | : 11.8 T                               |
| (プラズマ中心)   | : 5.3 T                                |
| プラズマ体積   | : 840 m <sup>3</sup>                   |

「ITERは、基本計画の目標に合致したトカマク型の実験炉で、技術的側面においては、設定された技術目標を満たしうる。」(平成13年6月5日、原子力委員会決定)

-2-

## 工学設計活動の成果

3万頁を超える設計技術文書



-3-

## 工学設計活動期の資金・人員規模

|                  | 当初EDA 活動期間<br>1992～1998（ 6 年間）                                      | EDA延長期間<br>1998～2001（ 3 年間）                                      |
|------------------|---|--|
| 共同中央チーム<br>作業サイト | ガルヒンク（ドイツ）, 那珂,<br>サンディエゴ（米国）                                       | ガルヒンク（ドイツ）, 那珂   |
| 設計人員規模           | 全体：1, 4 2 0人・年<br>共同中央チーム 730人・年<br>（各極から 30～40人/年）<br>国内チーム 690人・年 | 全体：5 7 0人・年<br>共同中央チーム 310人・年<br>（各極から 30～40人/年）<br>国内チーム 260人・年 |
| 工学R&D予算<br>規模    | 総額：544 KIUA   | 総額：113 KIUA  |

KIUA : 1 KIUAは1989年当時の1000KUS\$。2000年の時点で約1.5億円相当。

人・年：支援者の作業を含み1人の設計技術者が1年かかる作業量

## 大学・産業界からの参加(EDA期間)

- 1) 技術諮問委員会：大学 3名、原研／その他の機関：1名（EDA技術部会）  
2) 物理 R & D : 大学 11名、原研：15名  
3) 共同中央チーム派遣員：産業界：約20名、原 研：約10名  
4) EDA研究協力委員会を通じての委託研究：15～30件／年（平成5～12年）  
5) 産業界への設計発注：約40社に約100件／年（平成4～12年）

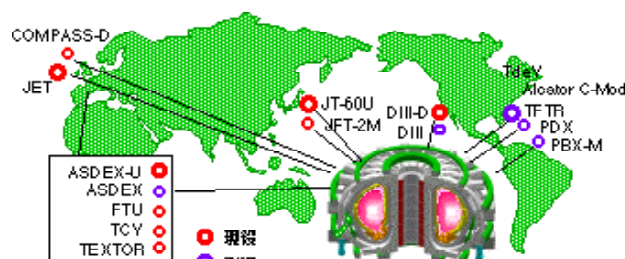
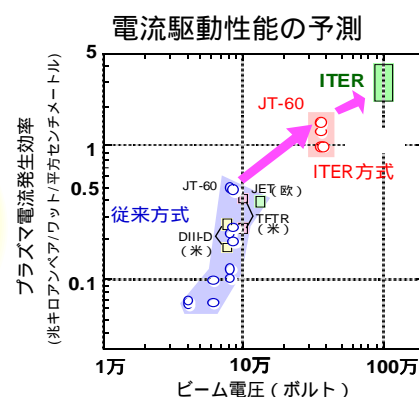
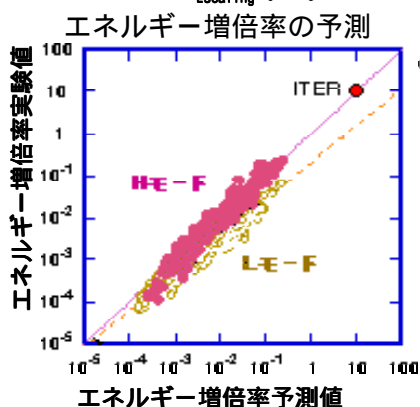
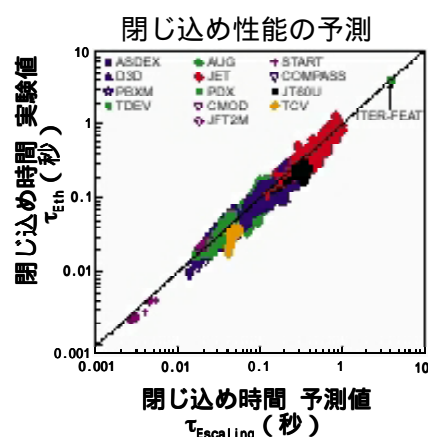
-4-

## 成果を支える物理基盤

世界のトカマク実験の成果  
を集約し、ITERのプラズマ  
性能の物理基盤を構築

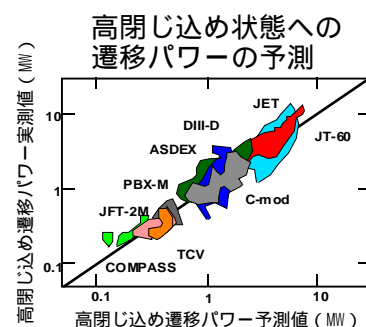
## 7つの分野の専門家グループ

- ・閉じ込め則・モデリング
- ・内部輸送障壁の物理
- ・境界プラズマ・ダイバータ
- ・周辺及びペDESTルの物理
- ・加熱・電流駆動、高速粒子
- ・MHD・ディスラプション
- ・計測

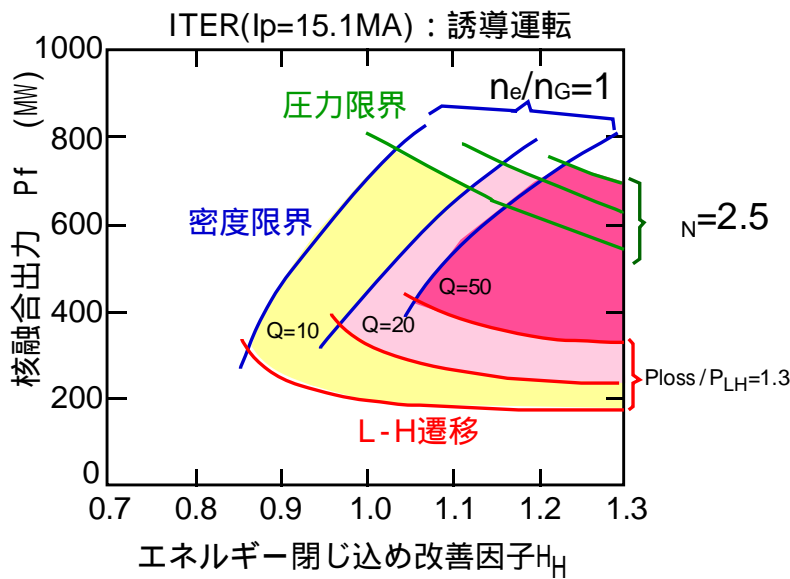


## 工学的基盤

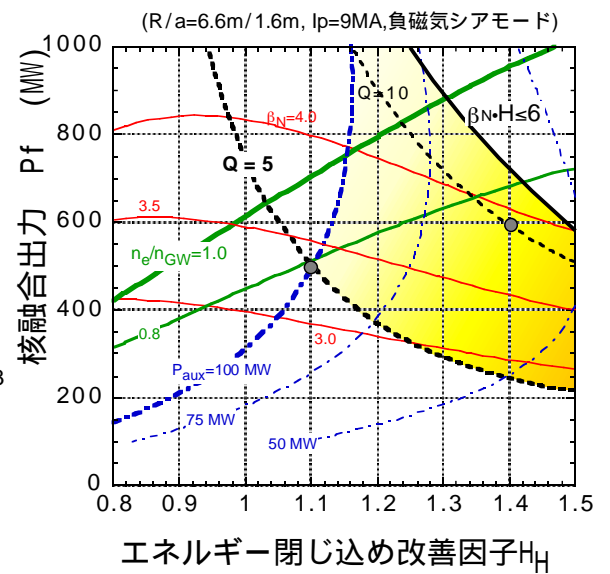
高津委員報告書に包含。



# ITERの運転領域



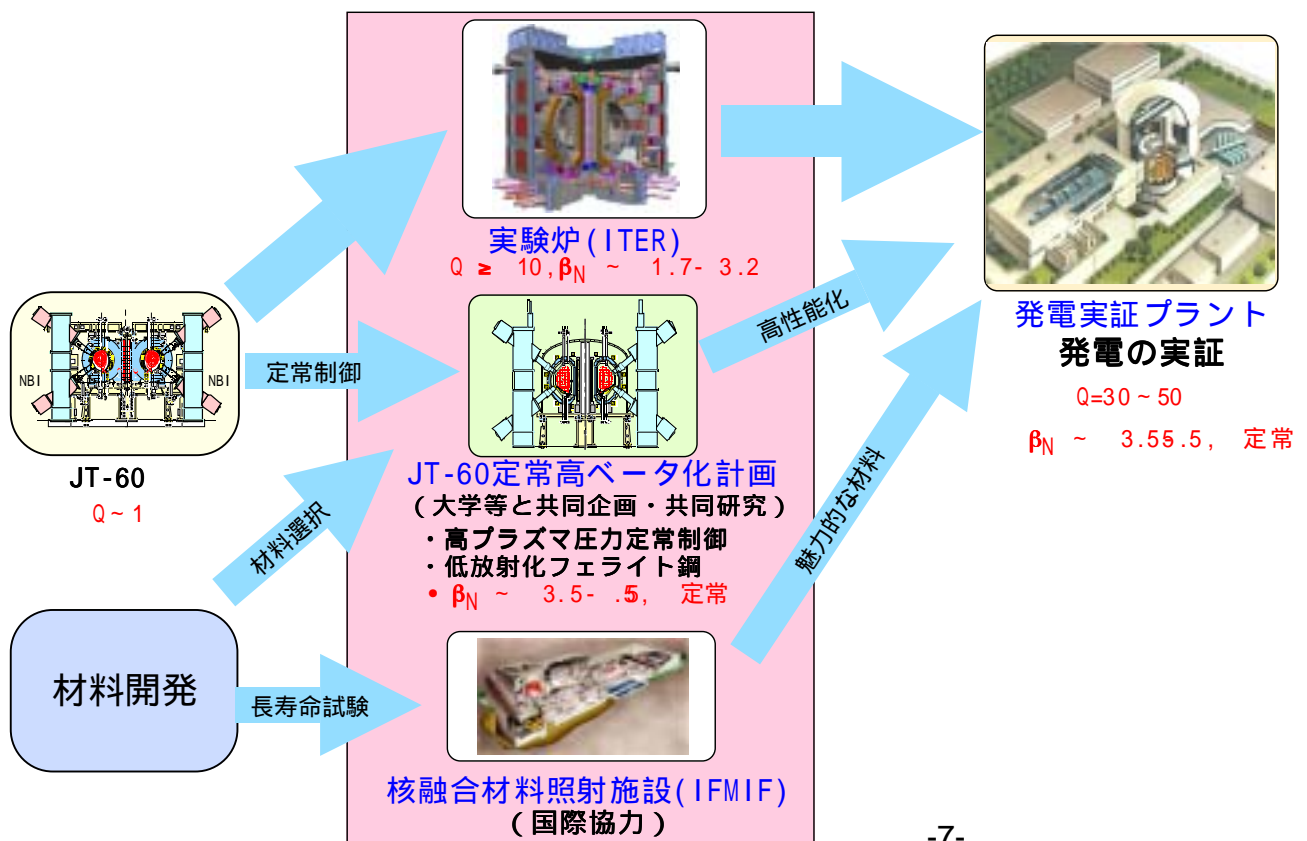
高Q運転



定常運転

-6-

## 発電実証プラントに向けての ITERの位置づけ



-7-

## EDA以降のITER技術活動

調整技術活動(CTA)：平成13年7月～平成14年12月

[目的]

ITERの共同実施に関する取り決めの調印に向けて進めている公式政府間協議に技術的な側面から資する。

## 「実施内容及び成果」

- ・参加極極内チーム及び国際チームが共同して実施。
- ・那珂及びガルフリンクサイトの国際チームへは参加極から合計60数名
- ・ITER最終設計報告書を基に、真空容器、超電導マグネット等のITERの初期調達に関わる機器仕様の詳細化、設計の合理化などを実施。
  - ・許認可取得に向けた準備。
  - ・調達配分の検討における技術的支援。
  - ・地盤・地震、水、電力、輸送方法などのサイト特有の条件に関する技術検討。

ITER移行措置(ITA)：平成15年1月～ITER国際核融合エネルギー機構発足

**[目的]**

- ・CTA終了までに蓄積した技術的事項をITER国際核融合機構へ円滑に移行し、ITER建設の共同実施を遅滞なく立上げるとともに、ITER計画の健全性を確保する。

〔实施内容〕

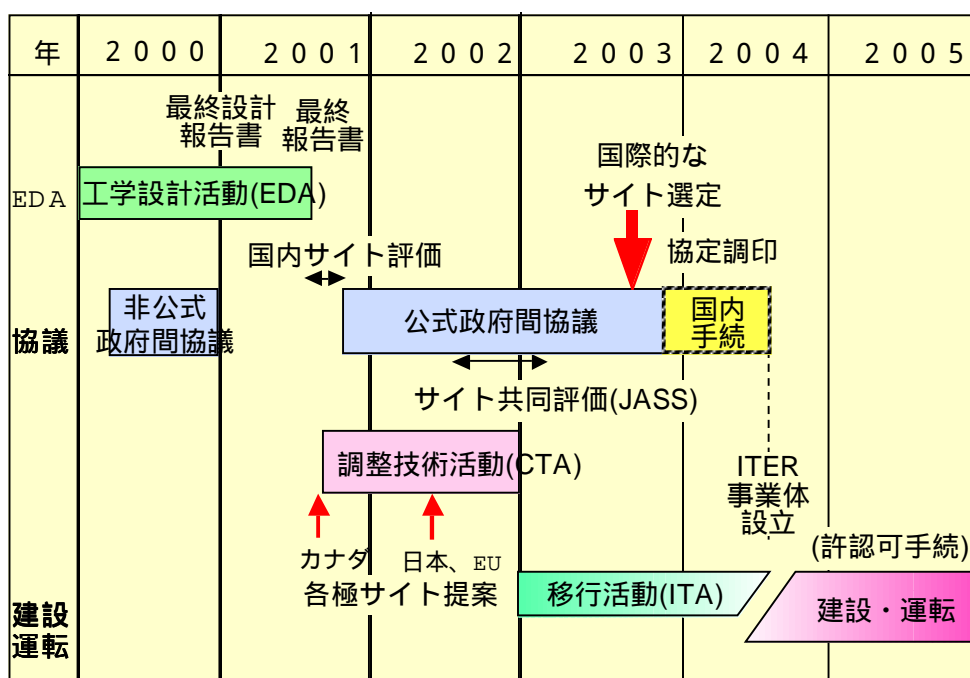
- ・文書化されたITER設計基礎ベースの維持。
- ・調達手続きの準備、決定サイト固有の条件への適合設計、許認可の準備及び必要な安全解析などを実施。
- ・ITER準備委員会の下、機構所長候補を中心に、機構の組織体制、機構の規則等を準備。

## ITER 政府間協議

- ◆ 2001年11月より、EU、カナダ、ロシア、日本の4極により、ITER計画の共同実施に向けた政府間協議を開始。これまでに8回の政府間協議を開催。
- ◆ 2003年2月の第8回政府間協議より米国と中国が参加。6月から韓国が参加。



- ・ 共同実施協定と附属文書
- ・ I T E Rサイトの選定
- ・ 費用分担と調達配分
- ・ 運営体制と主要人事
- ・ 移行措置
- ・ その他





# 世界のITERサイト候補地

平成15年6月現在



-10-

## サイト共同評価

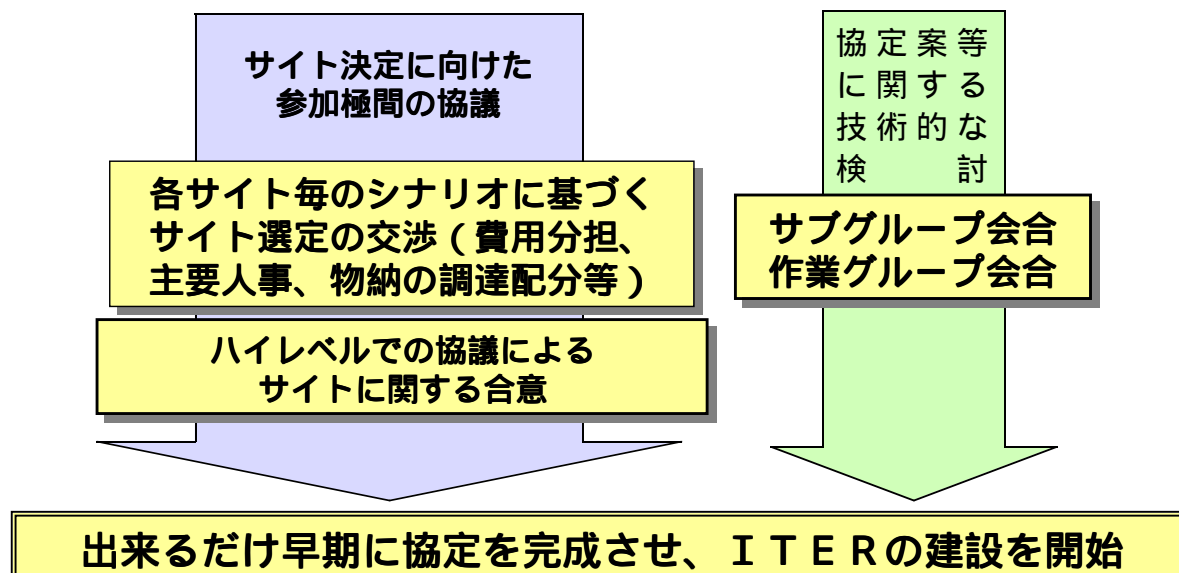
- ◆ 各極の専門家と国際チームメンバーから成る評価作業グループを設立、サイト提案書に基づき、現地調査と評価作業を実施。
- ◆ サイト提案書は、サイトとしての要件を、1. 技術的視点(用地、電力、水、輸送等)、2. 社会文化的視点、3. 許認可、4. ホスト国とI L Eの関係、5. 運転費と廃止措置費から説明したもの。

### サイト共同評価最終報告書

- ◆ 全体結論
  - － サイト間に差異はあるものの、提出されているサイト提案はすべて問題ないものであり、全てのサイト要件、設計の前提条件を完全に満たす。
  - － したがって、どの候補サイトにおいてもI T E R計画が実施可能であり、成功すると思われる。
  - － ただし、サイト間の違いがあることも確かであり、それぞれのサイトについて、設計の前提条件を満足させるためにホスト側が用意すべき追加的措置を明確にした。

# 建設開始への手順

- ◆ 今後、シナリオ（**サイト毎の費用分担、調達配分、主要人事等のパッケージ**）に基づいて、サイト選定に至る協議を行う。
- ◆ 各極とも、最終的な合意のためには、高い（政治的）レベルの協議が必要であるとの認識。



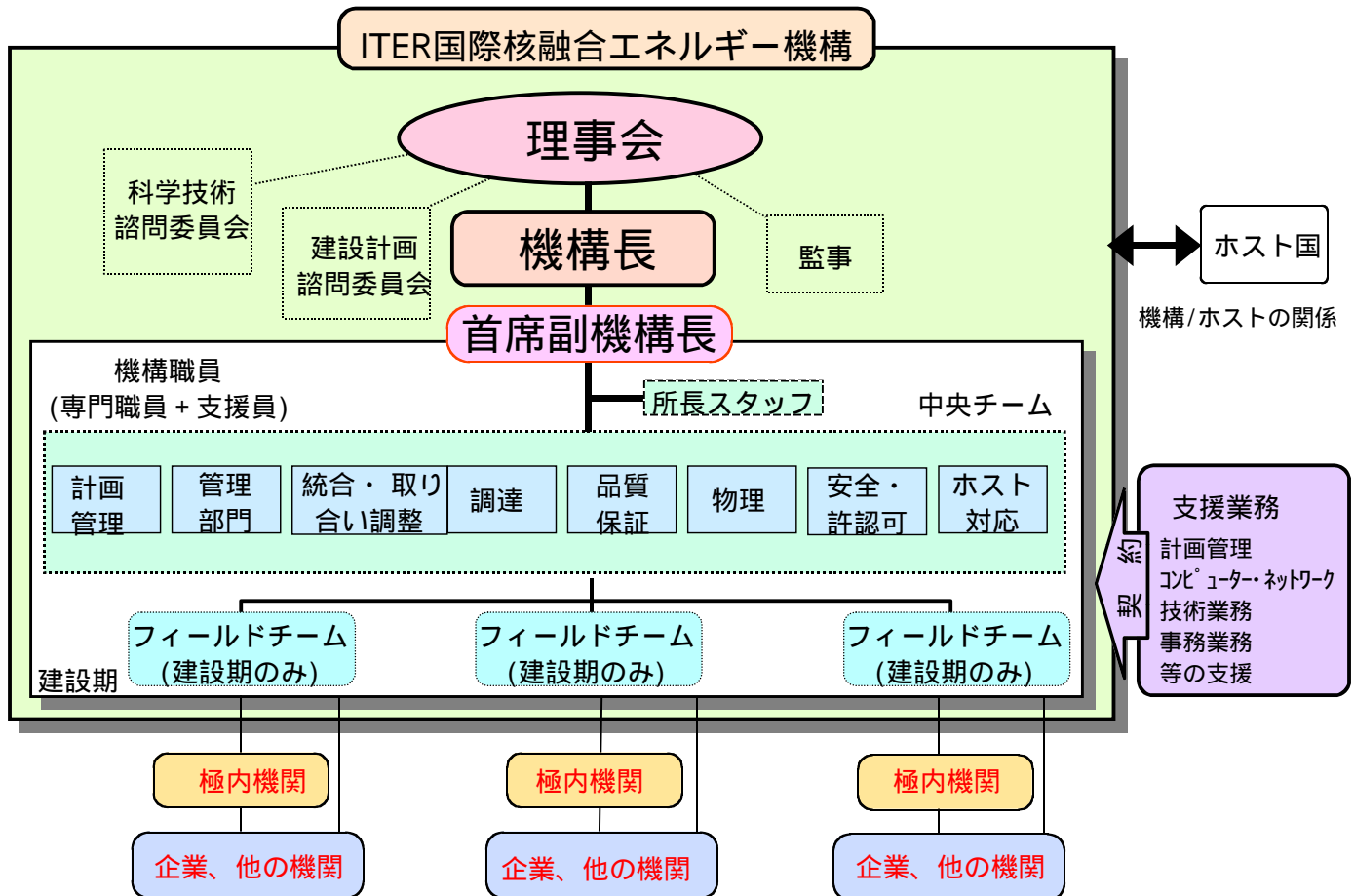
-12-

## 費用分担と調達配分

- ◆ 非公式政府間協議（2000年4月～12月）の報告書  
非共通部分（建物や輸送の困難な物品等）はホスト国負担  
共通部分は、可能な限りバランスのとれた分担
- ◆ 2002年5月の総合科学技術会議の結論と閣議了解  
「参加極間の経費分担については、全ての参加極が一定規模以上の貢献を行う中で、経済規模を反映したものとすること」
- ◆ 2003年2月の第8回政府間協議で、米国と中国が参加。また、6月から韓国が参加。全部で7極となる。
- ◆ ITER計画の加盟極となるためには「有意な貢献 - Significant Contribution」を行うことが必要というのが共通理解。以上のベースのもとで、費用分担を協議中。
- ◆ 調達配分のキーポイント  
製造能力、共通部分割合、新規参加極、物納と資金貢献。

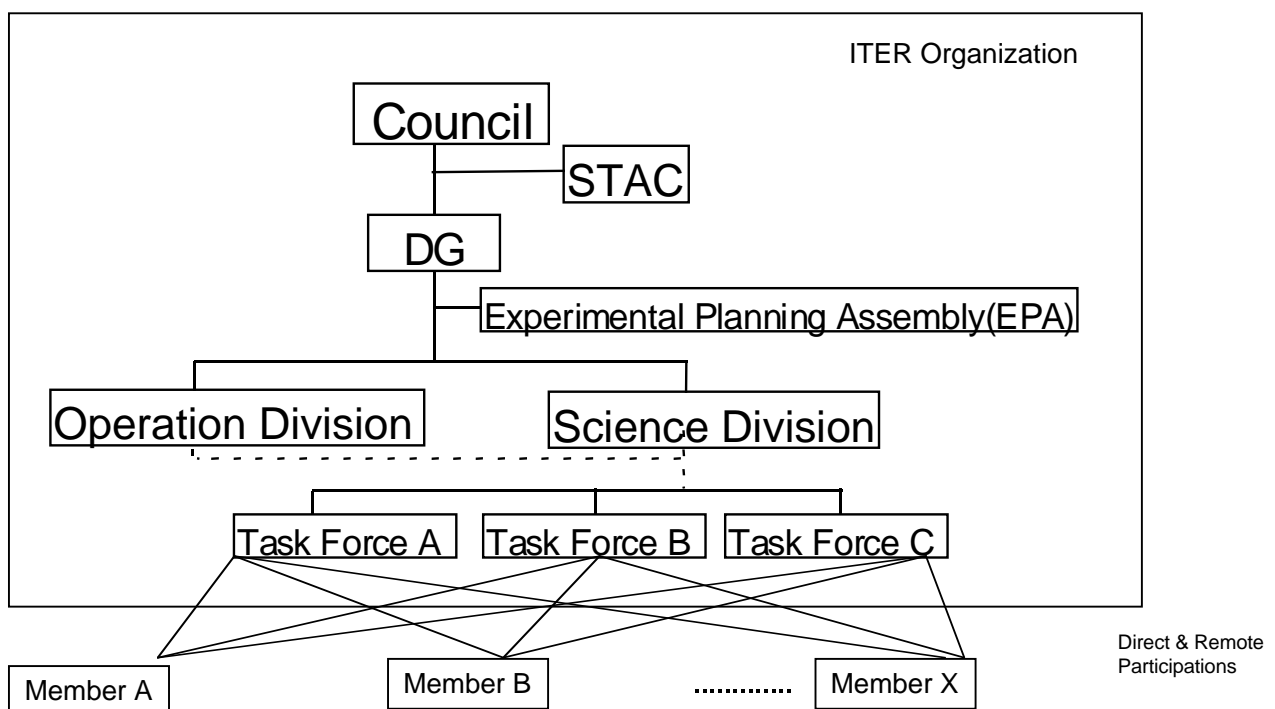
-13-

# 建設期における運営体制（案）



-14-

## 運転期のITERへの研究参加



-15-



# 共同実施協定(JIA)と関連文書の作成

## 共同実施協定(JIA)

- ◆ 国際機関(ITER International Fusion Energy Organization)
- ◆ 理事会が最高議決機関、機構長のもと一本化された組織
- ◆ 貢献の原則、議決方法(より多くの貢献をした極が大きな発言権)
- ◆ 加盟(新規加盟には、現加盟極と同等の有意な貢献を行うことが必要。それ以下の貢献の場合には国際協力)
- ◆ 平和利用、監査、期間、脱退

## 関連文書

- ◆ 付属書(協定と一体): 特権免除、知的財産、ホスト支援
- ◆ その他、関連文書として、理事会規則、費用負担、本部協定案等について議論

-16-

# 各 極 の 状 況

- ◆ EU:
  - 5月13日の競争力相理事会(域内市場、産業、研究担当大臣)において、費用分担のシナリオと、EUのサイトを一つに絞り込むことについて議論。
  - 9月の競争力相理事会での決着に向けて、EUのサイトを1つに絞り込むことになった。
- ◆ カナダ:
  - 州政府と連邦政府において、カナダのサイト提案の改訂(ホスト国となる場合にある程度の費用負担を行うこと)を検討中
- ◆ ロシア:
  - 連邦プログラムに沿ってITER活動を実施中。ロシアの企業がITERの機器を製作可能かどうか、調達分担のレビューを行った。
- ◆ 中国:
  - 代表団が3月にバンデヨス、カダラッシュ、4月に六ヶ所村を訪問
  - 国内チームを組織して、移行措置(ITA)活動へ参加。国際トカマク物理活動(ITPA)への参加も準備中
- ◆ 米国:
  - DOE核融合科学部は次期核燃焼装置計画の中で、ITER計画に集中
  - ITERのコストレビューを行う

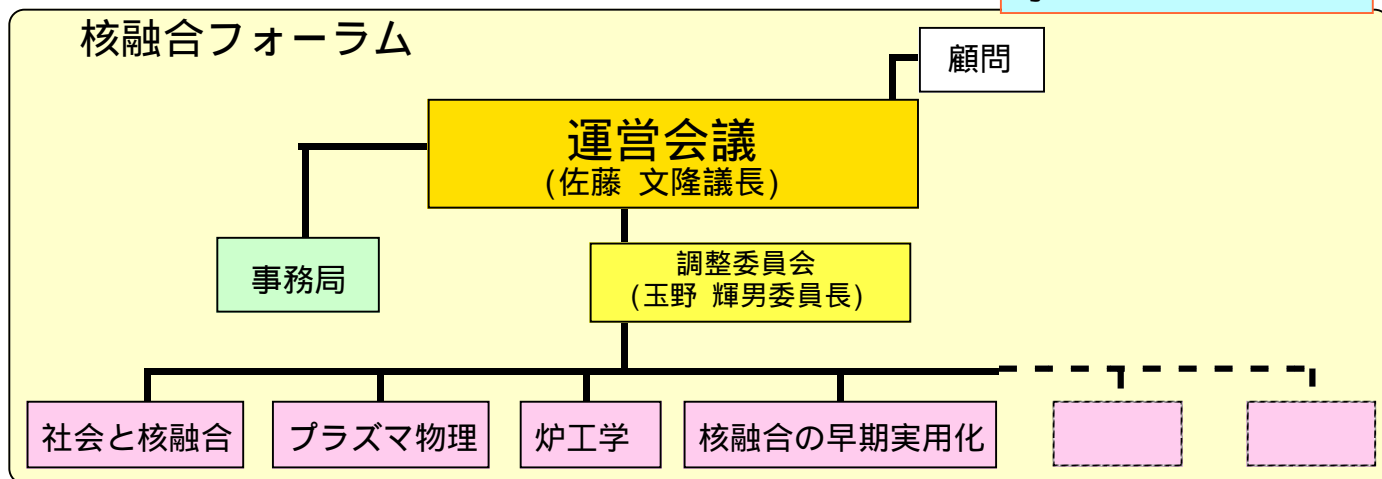
-17-

# 全日本的協力体制

## －核融合フォーラム－

- 核融合に関する情報交換や討議を行う場を提供
- 核融合フォーラムの活動に関する情報を各界に発信し理解を深める
- 核融合に関する国の施策へ貢献

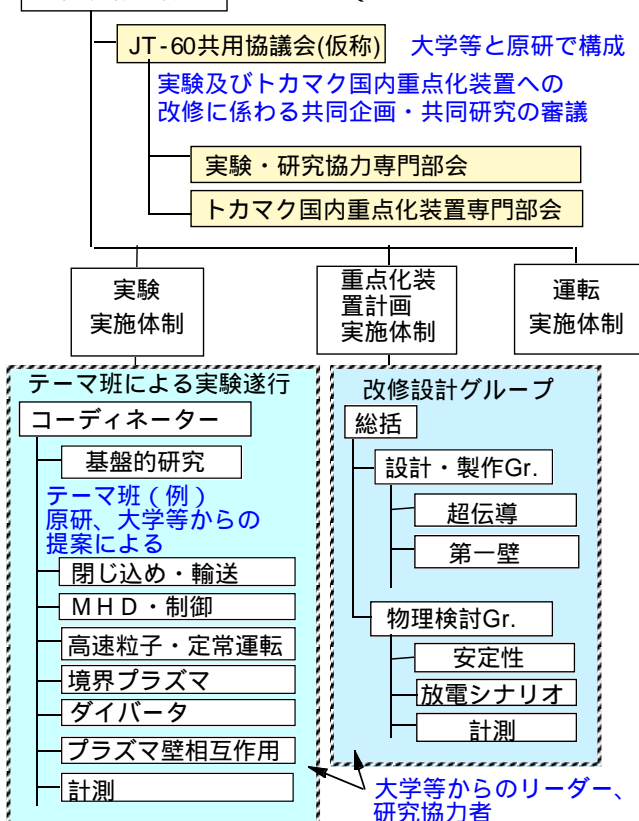
• 人材育成  
• 大学、各種研究機関、  
産業界による共同実施  
等



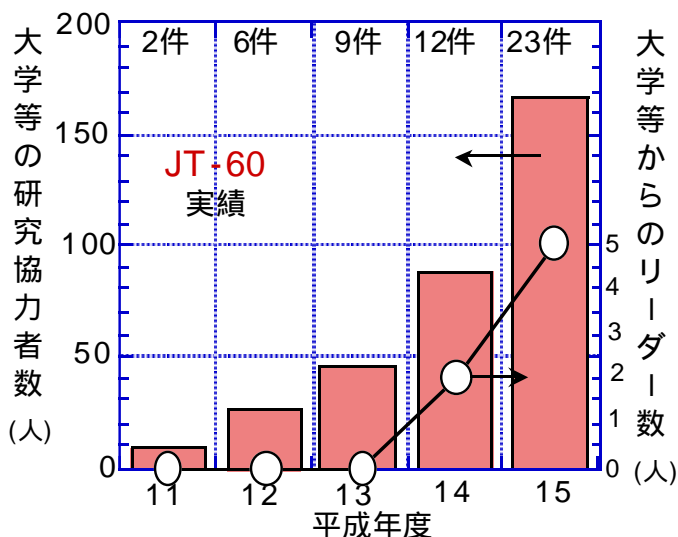
-18-

## ITER支援のための研究協力

（文部科学省学術審議会(核融合WG) 報告の方向性を先取り）



わが国の研究者が、国際トカマク物理活動や計測開発等を通じてITER計画を主導することに貢献



-19-