

# 核融合研究開発における 開発研究に関する取組

～ 研究成果, 取組 ～

平成19年12月20日

独立行政法人日本原子力研究開発機構

# 目次

1	．自己加熱が支配的な燃焼プラズマ制御技術の確立	．．．	1
2	．定常炉心プラズマの実現	．．．．．	2
3	．システム統合化技術の確立と発電ブランケットの試験	．	3
4	．高ベータ定常運転法の確立	．．．．．	4
5	．原型炉に関わる材料・炉工学技術開発	．．．．．	5
6	．原型炉の概念設計	．．．．．	6
7	．理論・シミュレーション研究	．．．．．	7
8	．社会受容性・環境安全性の研究	．．．．．	8

# 1. 自己加熱が支配的な燃焼プラズマ制御技術の確立

## 現状での技術達成点と開発目標との関係

JT-60の燃焼模擬実験により燃焼プラズマの応答と制御性を研究(H18)。燃焼プラズマ輸送統合コードを開発・整備(H18)。JT-60等の輸送、安定性、高エネルギー粒子挙動、周辺・ダイバータ等に関するデータ、国際データベース、及びモデリングコード等でITERの燃焼プラズマ性能(核融合利得20以上の数100秒維持)を予測し、その燃焼制御手法の構築に反映。

## 開発目標を達成するための戦略

ITERにおける本格的な燃焼プラズマ制御実験、JT-60SA(BAサテライトトカマク計画)における先進的な燃焼プラズマ制御技術の開発、及び実験をサポートする燃焼プラズマ予測のための統合コード開発を行う。

## ITER・BAと国内研究との連携

核融合フォーラム、国際トカマク物理活動、及びITER物理研究を有機的に連携させ、進行中の国際装置間比較実験や国際データベース活動を活用しつつ、技術開発・人材育成を進めている。これを継続し、ITERを主導する。

## 2. 定常炉心プラズマの実現

### 現状での技術達成点と開発目標との関係

JT-60において、ITERで必要とされる[規格化ベータ×閉じ込め改善度]の28秒間維持を達成。高自発電流割合(70-80%)の維持8秒間を達成(H18)。負イオン源ビーム入射装置において21秒間(H18)、電子サイクロトロン波加熱装置において30秒間(H19)の入射を達成。以上により、ITER ( $Q>5$ 、 $>1000$ 秒程度)への基盤を確立。

### 開発目標を達成するための戦略

JT60において高自発電流割合(70-80%)プラズマの維持時間を伸長するとともに、帰還制御手法の開発、外挿性の高い統合モデルの構築を行う。JT-60SAにおいて、JT-60及び各国装置との共同研究の成果に基づき、高自発電流割合とダイバータ熱負荷低減を両立する完全非誘導定常運転を実証する。これらの成果をITERに反映し、 $Q=5$ の定常運転を実証する。

### ITER・BAと国内研究との連携

核融合フォーラム、国際トカマク物理活動、及びITER物理研究を有機的に連携させ、進行中の国際装置間比較実験や国際データベース活動を活用しつつ、技術開発・人材育成を進めている。これを継続し、ITERを主導する。

### 3. システム統合化技術の確立と発電ブランケットの試験

#### 現状での技術達成点と開発目標との関係

ITER施設の建設については、我が国の担当する機器の技術仕様を最終決定するために必要な研究開発を実施し、物納貢献における最初の調達取決めを我が国とITER機構間で締結する(平成19年11月)等、ITERの本格的建設が始動した。発電ブランケットについては、第一壁実規模大モックアップを試作(平成19年2月)。平成22年度頃に予定する実機製作開始を見通せる段階に到達しつつある。

#### 開発目標を達成するための戦略

ITER実施協定に基づいて、産業界の協力を得て我が国担当の機器調達を行うとともに、適切な人材をITER機構に送り込み、ITERの建設を成功させる。発電ブランケットについては、ITERでのモジュール試験に向けて実機製作の予算確保および同試験に参加するための国際的な枠組みの整備を進める。

#### ITER・BAと国内研究との連携

核融合エネルギーフォーラム、学会等の活動、企業説明会の開催等を通して、ITER計画に関する情報の発信と理解の促進に努める。発電ブランケットは国内計画として技術開発を実施。TBM作業会を組織し全日本的に対応する体制を整備。

## 4 . 高ベータ定常運転法の確立

### 現状での技術達成点と開発目標との関係

JT-60において、規格化ベータ値 $>4$ を達成し、その安定化に必要なプラズマ回転速度を発見(H18)。規格化ベータ値が2.3以上を28秒間維持(H17)。電流及び圧力の実時間分布制御技術を開発(H18,H19)。原型炉に必要な規格化ベータ値(3.5-5.5)の維持に向けた科学的基盤を整えた。

### 開発目標を達成するための戦略

JT60において、規格化ベータ値2.5 - 3の維持時間伸長( $>25$ 秒)、高規格化ベータ・高自発電流割合維持のための実時間分布制御手法の実証、自由境界限界を超えた高規格化ベータ値( $>3$ )維持に必要な制御手法の開発を行う。JT60SAを建設し、アスペクト比、プラズマ形状及び帰還制御の最適化等により、原型炉に必要な規格化ベータ値(3.5-5.5)を100秒間程度定常に維持する。これらの成果をITERに反映し、加熱の下で定常運転を実証する。ITERの成果をより高ベータのJT-60SAに反映させ、原型炉に必要な技術を確立する。

### ITER・BAと国内研究との連携

広く国内の大学・研究機関の研究者が参加する炉心プラズマ共同企画委員会をのり下、JT-60を用いた共同企画及びJT-60SAの設計・研究活動を展開する。

## 5 . 原型炉に関わる材料・炉工学技術開発

### 現状での技術達成点と開発目標との関係

HIFR炉(米国)を利用して9dpaまでの低放射化フェライト鋼材料特性データを蓄積(平成19年2月)。低放射化フェライト鋼の重照射条件での材料特性データの蓄積を目指すとともに、原型炉への適用可能性を評価する。また、低銀比高温超伝導線材の小規模導体を試作(平成19年2月)。

### 開発目標を達成するための戦略

原型炉と同等の重照射条件での材料特性データの蓄積を目指すと共に、先進超伝導技術、トリチウム安全工学、中性子工学、ビーム工学、高周波工学等の核融合工学技術の高度化を進める。

### ITER・BAと国内研究との連携

我が国は低放射化フェライト鋼など原型炉用材料の開発研究を実施。本技術開発で得た照射データはITERにおける発電ブランケットの設計に貢献。国内では核融合ネットワークや核融合エネルギーフォーラムを通して全日本的に対応する体制を整備。

## 6 . 原型炉の概念設計

### 現状での技術達成点と開発目標との関係

「推進方策について」の要求を満たす原型炉概念を創出(H18)。H19は技術的成立性に関わる重要機器の設計検討を実施。今後の課題は発電プラントシステム設計、コスト評価。

### 開発目標を達成するための戦略

日本が戦略的に取り組むべき設計やサイト依存の安全・環境評価などBAに馴染まない課題に対処のため新たな資金計画が必要。人的資源の大幅な不足に対処するため以下を考慮；1)若手の確保、2)メーカーの参画、3)国内の大学等との連携・協力。BA以外の国際協力(IEA、日米、日中など)を活用し、効率的な研究分担に留意。

### ITER・BAと国内研究との連携

原型炉設計のうちEUとの共通部分についてはBAを活用。BAを契機としてオールジャパン体制(JAEA,電中研,大学,産業界)を構築中。原型炉概念に関する合意形成の枠組みとするため、一層の強化が望まれる。

## 7. 理論・シミュレーション研究

### 現状での技術達成点と開発目標との関係

ジャイロ運動論モデルを位相空間の連続媒質として解く高精度乱流輸送コードの原型版を開発、及び磁気流体安定性モデルと熱・粒子輸送モデルとの統合等を実施(H19年)。これらにより、炉心プラズマの構造形成の理解や、トカマク型原型炉の燃焼プラズマの解明に向けたシミュレーションコードの統合化目標に向けて進展した。

### 開発目標を達成するための戦略

個別対応型、要素還元型アプローチによる理論モデル・シミュレーションコード開発から、それらモデル・コード群の組み合わせによる統合シミュレーションコードの開発を戦略的に進める。

### ITER・BAと国内研究との連携

核融合エネルギーフォーラムにおいて、BAシミュレーションセンター利用に向けた研究課題、開発戦略および国内連携について議論。

## 8 . 社会・環境安全性の研究

### 現状での技術達成点と開発目標との関係

社会受容性向上のための廃棄物管理の長期戦略 (H18,19)。原型炉でのトリウム計量管理(H17)。今後の課題は安全性に関わる総合的研究開発; 1) 法整備につながる安全性、2) 社会受容性に関わる安全性。

### 開発目標を達成するための戦略

体系的に開発を進めるため、適正数の研究者の配置、資金計画が急務。社会受容性については原型炉にとどまらない長期的視点が不可欠。安全性の考え方・評価手法に関する世界標準を考慮するため、既存のIEA協力「環境・安全性・経済性」を活用。

### ITER・BAと国内研究との連携

国内のポテンシャルを活用した組織化のためオールジャパン体制の確立が不可欠。原型炉の安全性環境適合性評価のため、BAによる原型炉設計と連携を図る。