臨界プラズマ試験装置 JT-60 の建設現況と 今後の計画

(日本原子力研究所) 磯 康彦, 吉川 允二

1975年(昭和50年)から始まった第二段階核融合研究開発計画の主計画である臨界プラズマ試験装置JT-60は、その設計段階を終え、工場製作もほぼ終りに近づいて、茨城県那珂町の敷地に建設中の建家完成を待つばかりの状況となっている。本稿では、その装置の概要と建設の現況を紹介し、核融合炉開発上の意義、役割および今後の展望について述べる。

I. はじめに

核融合炉は原子力開発における遠い夢であった。第1回ジュネーブ会議におけるバーバ博士の予言も空しく、以来20余年を経た現在なお実用化への道は険しい。とはいうものの核融合の開発は、永い永い物理的研究の段階を通り抜けて、工学の段階に移りつつあることも事実である。

現在、日本原子力研究所で開発中の臨界プラズマ試験装置(JT-60)は、まさにそうした新しい段階に移ろうとする核融合研究開発の発展の象徴ともいえるべきものであろう。この装置の開発を中核とした核融合の研究開発は、いまや国のプロジェクトとして多額の予算を投入し、21世紀のエネルギーの担い手として期待されるまでに成長した。

JT-60 は、1975年から詳細設計に着手し、主要コンポーネントの試作開発を経て、1978年4月から本体部分の製作を開始した。現在まで、装置自体はその全系統にわたり工場製作が進んでおり、特に本体の主要部分はほぼ完成して、建家の出来るのを待機している状況にある。

建家施設は、原研東海研究所から西へ約6 km 離れた那珂町の新しい敷地に建設中で、機器のうち早いものは1982年度初頭から搬入、据付を開始した。

この機会に、同装置の概要と開発の現状を紹介し、その原子力開発上での意義と今後の展望とに触れてみたい。

II. JT-60開発の意義

1975年7月31日、原子力委員会は、「第2段階核融合研究開発計画」を原子力特別研究開発計画(国のプロジェクト)として定め、核融合動力炉実現の前提となる

臨界プラズマ条件の達成を目的とする装置を開発することとした。

臨界プラズマ条件とは、原子力の世界では耳新しい言葉で、核分裂の方で使う臨界とは意味も違うので定義をはっきりさせておく必要がある。この言葉は、第2段階研究開発計画発足に先立って設けられ、わが国の核融合研究の将来構想を検討した核融合研究懇談会の技術分科会が定義したもので、それを引用しておく。

「臨界プラズマ条件とは、プラズマ生成のための入力エネルギーと核融合反応による出力エネルギーが等しい状態にある重水素、三重水素プラズマと物理的に等価な水素または重水素プラズマの状態をいう。」また、炉心で発生する核融合エネルギーと外部から炉心に供給されるエネルギーとの比を Q として、 $Q=1$ となるようなプラズマ状態を臨界プラズマ条件ということもできる。この条件を達成するために必要なプラズマの温度、密度、閉じ込めの時間はそれぞれ約10 keV, $10^{14}/\text{cm}^3$, 1 s である。

実際の核融合炉の炉心では、さらに $Q=\infty$ 、自己点火条件を達成しなければならないので、臨界プラズマ条件はその中間段階である(第1図参照)。しかし、実質的には、核融合炉の炉心設計に必要な物理上のデータはほぼ供給することができる点で、核融合動力炉開発上きわめて重要なマイルストーンであるということができ、世界的にもこれと同等の性能をもつ装置が、米国、ソ連、西欧においてはほぼ同時に開発中である。これらはいずれもトカマク型の閉じ込め装置で、世界の4大トカマクとも呼ばれている。

Present Construction Status and Future Plan of JT-60, Yasuhiko ISO, Masaji YOSHIKAWA.

(1982年 3月1日 受理)

第1図 トカマク型閉じ込め性能の進展

さて、以上は JT-60 の物理的意義であるが、現実このような装置を製作するという事は、いろいろな意味で新しい経験となる。特にその規模、技術内容からみて今までにない全く新しい装置を作ることとなるので、技術的にもその開発の意義は大きい。

JT-60 は 1975 年度詳細設計にとりかかってから今まで約 6 年を経過し、工場での製作もほぼ大詰めに来ているが、これまでの経過を振り返って、その技術的意義を考えてみたい。

JT-60 は装置としてみた場合、次のような特徴を持っている。

- (1) プラズマ物理研究を目的とする実験装置でありながら、その規模は非常に大きく、かつ構造も複雑であって、ビッグプロジェクトの対象となるものである。
- (2) 各構造要素の規模、性能が従来存在するものより数等上回るもので、ほとんどが在来技術を外挿する形で開発が必要なものである。
- (3) この事情は国際的レベルでも同じで、海外のどこにも手本はなく、すべて自主的に解決しなければならない。

JT-60 の主要なコンポーネントとして、次のようなものが挙げられる。

①約 60 m³ のプラズマを包含するためのドーナツ型真空容器、② 500,000 A の直流大電流で直径 6 m にも及ぶトロイダル磁場コイルと、これに代表される大型コ

イル群、③これらを支える非磁性的の架台構造、④ 10^{-9} Torr の超高真空と 13,000 l/s の大容量真空排気装置、⑤コイルや第 2 段加熱用の 1,200 MVA のピーク負荷に供給する一連の電源系、特に数 100,000 kW 級のフライホイール付き電動発電機、大容量直流遮断器など、⑥高速大容量情報に対するフィードバックコントロール用制御系、⑦プラズマの温度、密度等の諸データを短時間に測定し処理する計測装置群、など。

これらはいずれも既存の最高性能を上回る性能が必要とされるものばかりである。

これらのうち特に重要なものについては、設計と並行して試作開発を行い、最後には実機大のモックアップ試作と試験を行なってその製作の可能性を確認した。

このような技術開発は、JT-60 の開発それ自身にとってきわめて有意義であったのみでなく、将来の核融合炉建設技術にとっても、スケールアップの一段階として有意義であったといえる。特に、磁気閉じ込め核融合特有の問題である強大な電磁力対策、表面材料に対するプラズマからの大きな熱入力対策や大型超高真空技術等については、その設計から製作段階に至るまで絶えず問題の解決が必要であった。これらは将来の核融合炉設計において貴重な経験となるであろう。

JT-60 は、核反応を目的とするものではないので、原子炉等規制法のような原子力特有の規制の適用を受けず、大型の電気機械あるいは真空装置としての扱いとなったが、それでも十二分なぐらいの核融合特有の技術的課題を克服しなければならなかった訳である。そして、このような技術の蓄積があって初めて次の段階へと進みうるものと考えれば、長い核融合炉開発上の技術的一里塚として JT-60 の開発を位置づけることもできる。

Ⅲ. JT-60 装置の概要

1. 装置の構成および動作

JT-60 は核融合方式の分類上トカマク型に属している。トカマク型とは、強い環状磁場の中で環状放電電流を持つプラズマを閉じ込める方式で、第 2 図に JT-60 本体の構成を示す。トロイダル磁場コイルはこの環状磁場を発生するコイルで、その内側にポロイダル磁場コイルがあり、これを流れる電流をコントロールすることによってプラズマ電流を励起したり、位置や形状の制御を行う。このコイルのさらに内側には環状の真空容器があり、プラズマはこの中に発生する。真空容器内を高真空に排気する真空排気設備、ガスを注入

するガス注入装置、ガスを予め電離しておくための予備電離装置が真空容器に接続される。真空容器はインコネル 625 で、厚肉リングと電気抵抗をとるためのペローズからなり、不純物を減らすために 500°C でベーキングするので熱膨張を伴う。したがって、コイル等とは独立に支持する必要がある。コイルには、強大な電磁力がかかるのでそのサポートも堅固なものが必要

である。これらをまとめて架台と呼び、磁化に伴う不整磁場を防ぐため非磁性鋼を使用する。これには、高マンガンの非磁性鋼を開発して使用した。コイルの励磁によって発生する強大な水平トルク力は、上架台の星型トラスを介して、2 m の厚さをもつ建家の壁にもたせる設計となっている。この壁厚は逃走電子による X 線を遮蔽するためである。

第 2 図 JT-60 鳥かん図

真空容器内部には、高温プラズマを実現するためのいろいろな工夫がしてある。真空容器内面の高温プラズマに接する第 1 壁として Mo などのライナーを採用し、リミタには同じく Mo の固定リミタと可動リミタをそなえるほか、JT-60 の一つの大きな特徴である磁気リミタがある。リミタやライナーには、最近の世界での進歩を取り入れ、低 Z 材として TiC などのプレーティングを検討している。

さらに、電磁気計測器類が真空容器に取り付けられるほか、プラズマ計測用の観測ポートが多数取り付け

られる。またコイル、真空容器等の熱除去のための冷却系(1次冷却系と呼ぶ)がある。

プラズマの温度を 10 keV に上げるのには加熱装置が必要である。JT-60 では、中性粒子入射(NBI)加熱と高周波(RF)加熱の 2 種の加熱方式を併用している。NBI の方は、既にかなり確立した技術をさらに大型化して長パルス化したもので、ビームエネルギー 75 keV、ビーム出力 1.4 MW、パルス幅 10 s のもの 14 基計 20 MW の容量である。RF では、低域ハイブリッド波帯(LHRH)の高周波 10 MW の容量のものを具える。

JT-60 装置としては、以上の本体、第 2 段加熱装置のほか、これらに電力を供給する電源設備、運転・実験モードに合わせて全系統を制御する全系統制御設備、本体および電源等の冷却のための 2 次冷却設備、操作用配電設備、非常用電源のほかプラズマの温度、密度などの

諸情報を観測する計測装置群とこれらのデータを処理するデータ処理装置等がある。これらの設備の構成を第 3 図に示し、JT-60 全体の基本諸元を第 1 表に示す。

第 3 図 JT-60 構成ブロック図

第 1 表 JT-60 の基本諸元

項 目	数 値
トラス半径(主半径)	R 3.0 m
断面半径(副半径)	a 0.95 m
アスペクト比	R/a 3.16
トロイダル磁場	4.5 T
プラズマ電流	2.7 MA
NBI 加熱入力	20 MW
RF 加熱入力	10 MW
継続時間	5~10 s
繰返し周期	600 s

JT-60 の運転は、10 min に 1 回 5~10 s 間プラズマを発生し、この間のプラズマの挙動を観測して物理情報を得る訳であるが、JT-60 の全設備がこのサイクルに合わせて所定の動作を行うように設計されている。その概略を第 4 図に示す。

2. JT-60 の装置設計上の狙い

JT-60 計画の目標とするところは、ただ大型装置を作って高いプラズマ性能を得ればよい、というほど単純なものではない。これだけの大規模な計画の立案に

あたっては、トカマクに限らず核融合開発計画全体のなかで、JT-60 における研究の効果を最大限に高める必要があるのは当然といえよう。このような観点からみた JT-60 の特徴、狙いについて述べる。

(1) 長パルス化

JT-60 における高温プラズマ発生のパルス幅は第 III-1 節に述べたように 5~10 s である。これは、現在稼働中の装置のパルス幅が 0.1 s 程度であり、実験炉等次世代の装置が 100 s 以上となるので、その中間を狙ったものである。4 大トカマクの中でも最も長く、JT-60 の大きな特長となっている。

(2) 円形断面プラズマの高ベータ化

β 値は、トロイダル磁場の利用効率を表わす指標である。したがって、 β 値を高めることは、核融合炉の出力を高め、あるいはコストを低減することを意味しており、核融合開発全体にとって重要な意義を持つものである。JT-60 は β 値 4% まで閉じ込められるように設計してある。この値は、現在理論的に可能性が指摘されている β 限界値を若干超えるものであり、 β 値

空心変流器コイルおよび垂直磁場コイルはボロイダル磁場コイルに含まれるコイルを表わす。

第4図 JT-60 運転の1サイクル

限界の実験的な検証を目指すものである。

(3) 磁気リミタの設置

不純物制御は核融合開発においてなお確立を要する課題である。具体的には、プラズマへの不純物の混入の防止、核融合反応によって生ずるHeの排出などの課題である。不純物制御のための最も有力な対策は、閉じ込め磁場の形状の工夫によって設置される磁気リミタ

(ダイバータ)によるものであり、例えば現在IAEAのもとで検討されているINTOR(国際トカマク炉)の設計にも採用されている。この意味で磁気リミタの設置はJT-60のもう一つの大きな特長となるものである。

(4) 複合第2段加熱

第2段加熱法のうち、NBI加熱は物理的にもまた技術的にもその有効性が確立している。しかし、NBI装置はシステムとして複雑であるという面を持っており、一方RF加熱は、これとちょうど逆の面を持っている。

また、これらの加熱装置は、電流駆動によるトカマクの定常運転という画期的なアイデアの可能性を探索する実験に利用することもできる。

JT-60は、これらの各加熱方式を同時に適用することによって、所定の目標である臨界プラズマ条件の達成をはかるとともに、高βや電流駆動の可能性の見通しをたて、実験炉以降の装置の設計のデータを提供することを計画している。

IV. 製作、建設の現状

JT-60の開発プロジェクトが正式にスタートしたのは1975年度からで、以後の主な経緯を第2表に示す。

第2表 JT-60 製作、建設の経緯

準備時間	ジュール加熱時間	第二段加熱時間	停止時間
トロイダル磁場コイル、空心変流器コイル等に電流を流し、プラズマ発生準備を行う。発生直前に水素ガスを真空容器に注入し、予備電離を行う	空心変流器コイルの電流を遮断操作によって急激に減少させる。その反作用としてプラズマ電流が流れ、プラズマが発生する。ジュール加熱によって温度は1,000万度程度まで上昇する。	中性粒子入射などの第二段加熱を実施する。これにより温度は目標とする数千万-1億度に達する。この間、プラズマ電流を一定に維持する操作を行う。	第二段加熱を停止するとともに、プラズマ電流を減少させプラズマの消滅を行う。これに必要な各種の操作を行う。
1975年7月	原子力委員会「第2段階核融合研究開発基本計画」を決定		
75~76年度	JT-60 詳細設計および主要コンポーネントの試作開発		
78年4月	JT-60 本体関係製作契約		
79年3月	JT-60 ボロイダル磁場コイル電源製作契約		
// 10月	核融合研究施設建設用地契約		
80年2月	実験棟建家着工		
// 3月	JT-60 トロイダル磁場コイル電源、全系制御系製作契約		
	電源棟建家着工		
// 10月	制御棟建家着工		
71年3月以降 (今後の予定)	JT-60 装置(残部)製作契約		
1982年4月	JT-60 電源、制御系等据付け開始		
83年3月	JT-60 本体関係据付け開始		
85年3月	JT-60 完成(加熱装置除く) ジュール実験開始		
86年3月	加熱実験開始		

詳細設計は、日立製作所を幹事会社として原子力5社による共同設計を行い、また主要なコンポーネントの試作開発を実施した。その対象は、高耐力を要求されるトロイダル磁場コイルおよびボロイダル磁場コイ

ル, 大型真空容器, 変流器電源回路および部品, プラズマ位置形状制御技術, 可動リミタ等で, いずれも高度の技術を必要とするものばかりである。基礎的な材料選定から縮小モデル(1/3), 実機大モデルまでを含めたものである。その経験はきわめて貴重なもので, 全く初めて作る大型装置の設計, 製作に大きな自信を与えてくれた。その内容は本『会誌』にも発表され⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾, 「昭和53年度学会賞」技術賞を受賞した。

当時世界的にも, いわゆる4大トカマクの計画が進んでおり, IAEA, IEA等の国際機関がその情報交換の場を提供してくれたので, JT-60の設計, 試作開発も国際的な場で検討され, 評価を受けた。これらを考慮して最終的な仕様書をまとめ, JT-60装置中心部である本体について日立製作所と製作契約ができたのが1978年4月であった。

JT-60は原子炉等規制法等の対象とはならないので, いわゆる安全審査的なものの適用を受けないが, 大型, 高価で特殊な運転モードをもつこの装置の性能の確保や安全性については自主的なチェックを行うこととした。電気, 構造, 材料, 真空等に関する原研内外の専門家による「JT-60技術検討委員会」を設け, 性能の確保や健全性のチェックを行うとともに, JT-60の運転に伴う環境への影響や従業員の安全性については, 原研所内の安全審査の場を借りて検討された。これは, 建設用地の立地安全性に関する茨城県の審議会での検討にも役立つこととなった。

このようにしてスタートしたJT-60装置の製作は, 本体に続いて電源, 全系制御, 2次冷却, 操作用配電, 非常用電源の各設備, ガス注入, 予備電離装置, プラズマ計測装置等に分けて, 原子力5社等と契約を締結し, 次々に工場製作に入った。

一方, 建設敷地の方は, 1979年10月那珂町向山地区に決定し, 1980年2月以降, JT-60用建家が相次いで建設に着手され, 現在工事がたけなわである。82年度からはいよいよ電源, 全系制御設備を手始めに現地据付け工事にかかり, 84年度中の実験開始を目指して一層活発に工事が進むこととなる。

以下, 各装置, 設備の製作, 建設の現状を紹介する。

1. 本体および本体関連機器⁽⁵⁾

第3表に, 本体関連主要機器の諸元を示す。このうち最も早く進んだのがトロイダル磁場コイルで, 予備を含めて19個のコイルが既に完成している。約2,500tの高Mn非磁性鋼の架台も出来上がり, 真空容器は厚肉リングの最終加工の工程に入り, 組立て溶接の上ドーナツ半周までを工場で組み上げるようになってい

る。ポロイダル磁場コイルは, 種類, 数とも多いので現地据付け工程に合わせて製作中である(写真1~3参照)。

第3表 本体主要機器の諸元

機器および項目	諸 元
真空容器	
材 料	インコネル625
構 造	厚肉リング(65mm), ペローズ(2mm)
到達真空度	10^{-8} Torr 以下
ベーキング温度	~500°C
1ターンの電気抵抗	1.3 mΩ 以上
ライナー, リミタ	Mo およびインコネル, TiC コーティング
トロイダル磁場コイル	
起磁力	67.5 MAT
個 数	18個
リップル	0.5%以下
寸 法	外半径 3.32 m, 内半径 1.94 m
導 体	無酸素銅, 一部 0.2% 銀入り
最大電流値	52 kA
ポロイダル磁増コイル	
空心変流器コイル	無酸素銅, 172巻
垂直磁場コイル	
水平磁場コイル	
4重極磁場コイル	
磁気リミタコイル	16巻, 真空容器内側
架 台	
材 料	高 Mn 非磁性鋼
重 量	2,500 t
1次冷却系	
除熱量	20 MW
最高圧力	18 kg/cm ²
可動リミタ	
ストローク	1 m
駆動時間	0.1 s
駆動方法	油圧
真空排気系	
排気速度	13,000 l/s(N ₂)
主排気ポンプ	トラップ, ターボ分子ポンプ
排気ポート	580 mmφ×4

トロイダル磁場コイルは, 無酸素銅の冷間加工導体を予め曲げ加工したものをロウ付けまたは溶接でつなぎ, エポキシ樹脂系絶縁材で被覆したのち巻き上げ, 高Mn非磁性鋼のケーシングに収める。トラス中心部側の応力の高い部分には0.2%銀入り銅を使用している。導体に流れる電流は約50,000Aで, 1ショットで投入される電気エネルギーは全体で10GJに達する。導体の温度を最大120°C以下に抑えるため強制水冷却を行う。出来上がったコイルの健全性確認のため油圧ジャッキによる負荷試験を行い, 設計計算値とよ

コイルの外径と内径はそれぞれ6.6と3.9mであり、プラズマ中心部に4.5Tの磁場を発生する。

写真 1 完成したトロイダル磁場コイル

8個の厚肉リングと8個のベローズ部を交互に溶接して真空容器を製作する。

写真 2 ポート孔加工、台座取付け加工などの完了した真空容器厚肉リング

く合うことを確かめた。

最も複雑で各種の荷重を受けるのが真空容器である。インコネル625で卵形断面の容器は、肉厚65mmの厚肉リング8個と板厚2.5mm、ピッチ20mm、山高さ70mmのU型ベローズ8個から成る。ベローズは、誘導による電流が真空容器の方にできるだけ流れないようにワンターン抵抗を高くするためと、500°Cベーキングに伴う熱膨張を逃げるためである。真空容器のサポートは架台柱からブラケット(腕)で厚肉リングを支

ここに示すのは各ターンの巻線であり、これを数ターン束ねてコイルブロックとし、これをユニットとして支持する。

写真 3 製作中のポロイダル磁場コイル

え、自重および地震力に耐える。このような形の構造物の耐震設計は前例がなく、新たにモデルや解析コードを開発して動的解析を行なった⁶⁾。これは将来のトカマク型炉の耐震安全性の評価役に役立つと思われる。

真空容器にはこのほか大きな電磁力が働く。最も厳しいのは、プラズマの急激な崩壊(ディスラプション)時に生ずる渦電流と磁場との相互作用で厚肉リングに大きな転倒モーメントがかかることである。その大きさはディスラプションの時定数による。この現象は将来の炉構造に対しても問題となるので、ディスラプション現象の解明と防止対策はJT-60の重要な研究対象の一つとなっている。

真空容器に関して、設計上苦労したのは各種接続ポート類との位置の取合いであった。厚肉リングには、真空排気設備の排気孔を初めNBI入射孔、RFの導波管結合部のような大きなポートから、計測用の小口径のポートが無数に取り付けられる。それらが、トロイダル磁場コイル、ポロイダル磁場コイルおよびこれらのサポート類の間隙を縫って突出することになる。さらに、500°Cのベーキングによる熱膨張変位を考えるとほとんど余裕がなくなる。これに加熱装置そのものや計測装置、各種配管配線が交錯して本体回りはきわめて混み入った状態を呈している。設計段階で極力これらを整理したが、据付け工事段階でもその調整は大変な作業となろう。

2. 電源設備

JT-60電源設備は大きく分けて、トロイダル磁場コイル用、ポロイダル磁場コイル用、加熱装置用の各電源がその主なものである。いずれも極めて大きなパルスロードであるため系統電力に頼ることはできず、それぞれ独自の電動発電機を備えた設計となっている。ト

ロイダル磁場コイル電源だけはパルス幅も長いので(約1 min), 系統電力から約200 MVAを供給する設計である。

ポロイダル磁場コイル電源は, プラズマ電流や位置・形状の動的制御を行うため高速, 高精度の制御性と信頼性が要求される。

これらの機器の製作も進行中で, 特にポロイダル磁場コイル電源の500 MVA 堅型電動発電機は, 1982年度早々から据付けを開始した。

このほか各建家, 装置の接地については, 人身, 機器の保全のほか JT-60 運転上の特殊性を考慮して, 全体的な接地システムを考慮して設計, 工事を行なった。

3. 全系制御設備

全系制御設備は, 基本的には第4図に示したようなプラズマの放電特性を得るため各機器の運転や放電を制御するシステムで, いろいろな運転, 実験モードに合わせて計算機によるフィードバック制御を行う。JT-60 での特徴としては, CAMAC の採用および保護系にリレーを中心としたハードワイヤド方式を用いていることである。この系統も82年度初めから据付けが開始される。

4. 第2段加熱装置

第4表に, JT-60 の第2段加熱装置の主要諸元を示すが, 特に継続時間10 s という長パルスが特徴で, この点では世界をリードしているといえる。実機製作に先立ち NBI では, 実機大の原型ユニット1基を製作してその性能試験を行うとともに, RF 加熱では出力1 MW級のクライストロンの試作試験を行なっている。前者は既に完成して那珂地区でテストを開始し所要の性能を達成した。後者は1号機の試作を終えてテスト中である。

第4表 JT-60 加熱装置の主要諸元

1. NBI 加熱装置	
中性粒子ビームエネルギー	75 keV
全中性粒子ビーム出力	20 MW
粒子入射ユニット数	14基
ユニット当りビーム出力	1.43 MW
パルス幅	10 s
2. RF 加熱装置	
中心周波数	1.8~2.0 GHz
全高周波加熱入力	10 MW
クライストロン台数	32台
パルス幅	10 s

5. 計測装置

JT-60 のプラズマが出来ても, その温度や密度を計測しなければ盲も同然である。このため各種の計測器

が装備される。JT-60 計測器は, 短時間に多くのデータを測定する必要があること, プラズマの温度, 密度等の範囲, 空間分布, 時間変化等測定範囲も広いので, JFT-2 規模のものとは基本的に異なった考え方で計画する必要がある。JT-60 では全体を8つのシステムに分け, 各計測器からの情報を一貫したシステムとしてまとめることとした。8つのシステムを第5表に示す。

第5表 JT-60 計測システム

A-1	プラズマ密度測定システム
A-2	電子温度測定システム
A-3	イオン温度測定システム
A-4	不純物挙動診断システム
A-5	放射損失測定システム
A-6	周辺プラズマ監視システム
A-7	データ処理設備
A-8	共通設備

6. 建家施設

JT-60 用建家は, 本体および加熱装置, 計測装置を収納する実験棟と, 電源設備を収める電源棟, 制御機器および居室を含む制御棟がその主なものである。付属施設としては, 冷却系機器用建家, 加熱電源棟のほか, 275 kV 受電の中央変電所, 冷暖房中央機械室, これらをつなぐ配線配管用地下ダクトなどがある。

電源棟, 制御棟等は82年度早々に完成し, 機器の据付けが開始される。実験棟が最も工期が長く, 本体関係機器据付け開始は83年初め頃となり, 約2年を経て85年3月完成の見込みである。

第5図に JT-60 建家配置図, 第6図に実験棟断面図を示す。

このほか, JT-60 稼働ないしは各機器の性能試験等に必要な電力, 水等の供給については, 所要量の山積表をもとに, それぞれ必要な時期に供給されなければならない。これらも含めて現是那珂町の建設は着々と進捗している。

V. 実験計画および今後の展望

JT-60 では, 第1図に示した範囲の臨界プラズマ条件を達成することが当面の目標となるが, そのほか次の装置(実験炉)あるいは将来の核融合炉の炉心プラズマの開発研究も計画している。

装置の完成直後は, 加熱装置のないジュール実験で加熱実験のためのターゲットプラズマを作ることが当面の目標となる。NBI 20 MW, RF 10 MW の加熱実験によって臨界プラズマ条件を達成するまでを実験の第1段階とすれば, そのあと第2段階として, プラズマ閉じ込めの効率化を図って, 上記の各開発研究に進む

第 5 図 JT-60 施設配置図

予定である。

さらにその後は実験炉の炉心模擬実験に入ることと思われるが、必要によっては装置の改造も予想される。その内容については今後の研究の進展をみて決定されることとなろう。

以上のように、JT-60 は、1985年以降早い時期にその目標である臨界プラズマ条件を達成する見通しであるが、ほぼこれと並行して米国、EC、ソ連でも同規模の装置が稼働し、ほぼ同じ目標を達成する見込みである。米国の TFTR、ECのJET、ソ連のT-15と共にいわゆる世界の4大トカマクが、1983年以降次々と完成、実験を開始する。

これらの装置によって得られるであろうプラズマ閉じ込め性能の予測も、これに先立つ中規模トカマク装置群、PLT、PDX、Doublet III、ISX-B、JFT-2、ASDEX等の実験データの外挿から、ほぼ目標を達成できる見込みが確実視されている。むしろ今まで考えられていた炉心プラズマのデータベースよりも、より大胆な設計を可能とするような実験データすら期待されている。

こうした一般情勢から、次の世代の装置の設計が世

界的に検討され始めている。IAEA が1979年から進めている国際トカマク炉 INTOR 計画、米国のFED(Fusion Engineering Device)、日本の核融合実験炉がそれであり、ECでもNET(Next European Torus)計画が検討されている。

これらの装置の設計の基本となるプラズマの閉じ込めのデータは、JT-60 クラスの装置でのプラズマ閉じ込め性能の予測値に基づいているが、またその設計から実験への注文も多く出ている。高磁場、高密度での β 値の限界、不純物除去対策、ディスラプション防止策や、さらには電流駆動など、多くの点で炉心プラズマ性能向上による装置の効率化に資する実験データが期待されている。

この意味で、JT-60の役割はますます重要となっており、核融合炉実現への大きな飛躍を約束する道具としてその完成が待たれるところである。

— 参考文献 —

- (1) 大久保 実、他：臨界プラズマ試験装置の試作開発(I)，トロイダル磁場コイル，原子力誌，20〔3〕，195(1978)。
- (2) 安東俊郎，他：同上，(II)，トロイダル磁場コイル，同上，20〔3〕，207(1978)。

- (3) 山本正弘, 他: 同 上, (Ⅲ), 真空容器, 同 上, 20〔4〕, 258 (1978).
 (4) 高嶋哲夫, 他: 同 上, (Ⅳ), 高速可動リミタ, 同 上, 20〔4〕, 273 (1978).
 (5) ISO, Y., OHTA, M.: The JT-60 tokamak machine,

6th Int. Conf. on Structural Mechanics in Reactor Technology, Paris, Aug. 1981.

- (6) TAKATSU, H., *et al.*: Seismic analysis of the JT-60, 8th Symp. on Engineering Problems of Fusion Research, San Francisco, Nov. 1979.

第 6 図 JT-60 実験棟建家内機器配置断面図

○第20回粉体に関する討論会○

共 催 日本化学会, 日本薬学会, 本会ほか

会 期 10月5日(火)～7日(木)

会 場 京大会館(京都市左京区吉田河原町15-9)

- 討論主題 (1) 超微粒子材料および微結晶材料
 (2) 粉体の基礎物性およびその計測
 (3) 粉体の合成とその特性化
 (4) 粉体プロセス・粉体工学
 (5) その他

講演申込締切 6月15日(火)必着

申込方法 はがきに「第20回粉体討論会申込書」と明記し, ①申込者氏名, ②所属学会, ③勤務先(住所, 電話), ④連絡先(住所, 電話), ⑤演題(討論主題(1)～(5)のいずれかを明記), ⑥発表者氏

名(講演者に○印), ⑦200字程度の要旨を記入して下記宛に送付する(1件当たり討論を含めて25分を予定)。

原稿締切 8月10日(火)必着

採択された講演については原稿用紙および執筆要領を送付する。要旨は図表を含めて原稿用紙2～4枚にまとめる。

参加登録費(要旨集1冊含む) (送金は現金書留か銀行振込)
 予約 5,000円(学生 2,000円)

参加申込締切 9月30日(木)必着

①氏名, ②勤務先, ③連絡先, ④懇親会の出欠, ⑤送金方法をはがきに記入して申し込む。

懇 親 会 10月5日(火)

講演・参加申込先 (〒606)京都市左京区下鴨森本町15 生研内
 第20回粉体に関する討論会 高田利夫
 (Tel. 075-721-3650)