

最近の核融合研究

遠山潤志（物理）

昨年10月6日～13日、西独Berchtesgadenに於て、I A E A主催第6回プラズマ物理と制御核融合研究国際会議が開かれた。BerchtesgadenはMünchenの東南東約180 kmにある山岳保養地である。ババリア・アルプスの麓に位置し、周囲をWatzmann, Hoher Göllなどの山々に囲まれ、南にKönigsseeという高原湖を従え、大変すばらしい場所で、会議の合間に近くの山に登ると、会議などどうでもいいという気分させられる。この会議は3年に1度の割合で開かれていたが、核融合研究のスピードアップに伴い、1974年の前回東京会議以降2年に1度と開催間隔が短縮された。今回は30ヶ国、405人が参加し、日本からも39名が出席した。世界最大のトカマクであるアメリカのPLT (Princeton Large Torus)、ソ連のT-10 (写真参照)が稼働開始後初めての国際会議で、それらの実験データの発表が最大のトピックスであった。PLTは主半径: 1.3 m, プラズマ断面の半径: 40 cm, T-10は主半径: 1.5 m, プラズマ断面の半径: 37 cm

である。両装置とも稼働後間もないので、所期の目標値までいっていないが、トロイダル磁場: 35 kG, プラズマ電流: 400 kA, 放電時間: 約1秒の運転でエネルギー閉じ込め時間: 40～60 msecの結果を出し、装置を大きくすれば、閉じ込め時間がのびるということを示し、まずまずの成果と思われる。

トカマクが核融合炉実現に一番近い位置に現在あるので、焦点をこれに絞って、会議後訪れたいくつかの研究所を紹介する。西独の核融合研究のセンターは、München郊外のGarchingにあるMax-Planck-Institut für Plasmaphysikで、Pulsator Iというトカマクがディスラプティブ不安定に関する面白いデータを出している。またWendelstein VII Aというステラレータではトカマク運転も行い、ステラレータの方が優れていると主張している。非円形断面トカマクASDEX (Axially Symmetric Divertor Experiment) のトロイダルコイルが据付け中であつた (写真参照)。Aachenに近いKernforschungsanlage Jülich

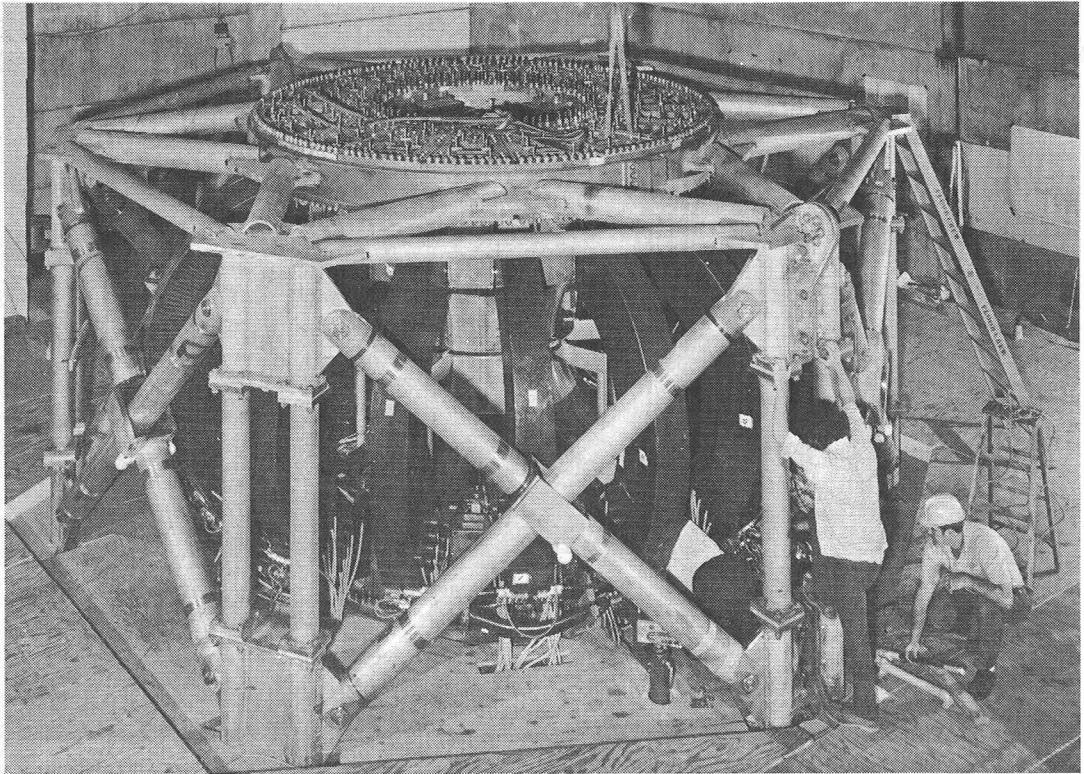


写真1 PLT (Princeton Large Torus)

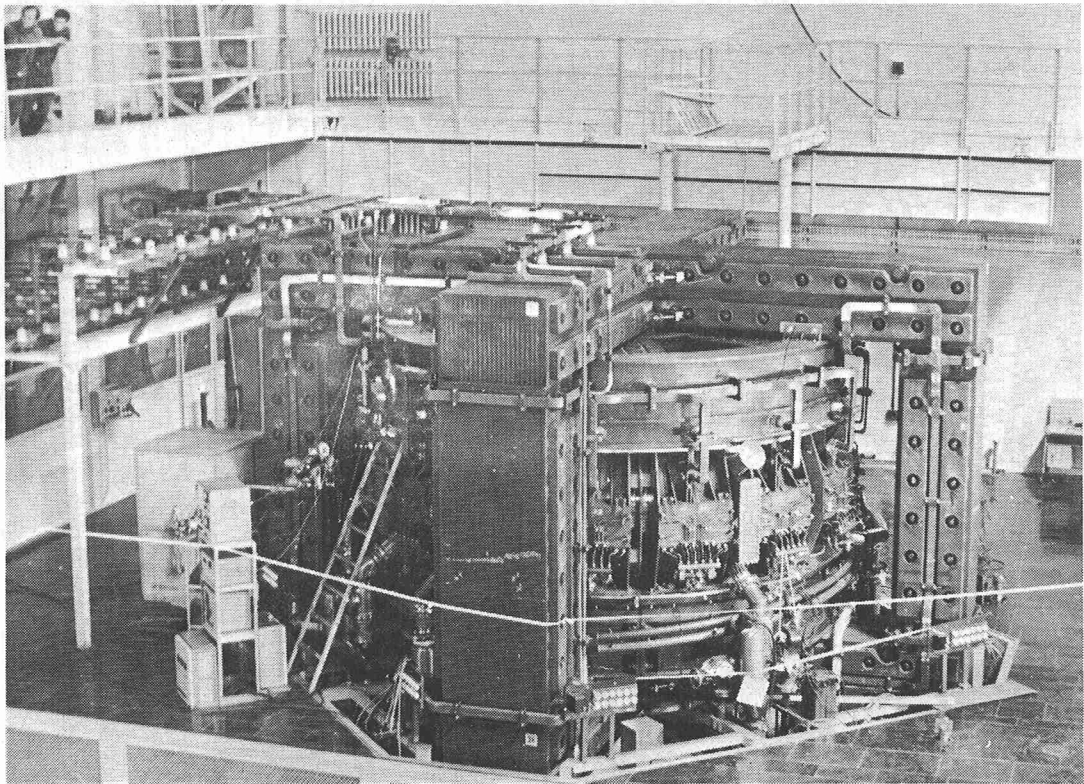


写真2 T-10 (ソ連)

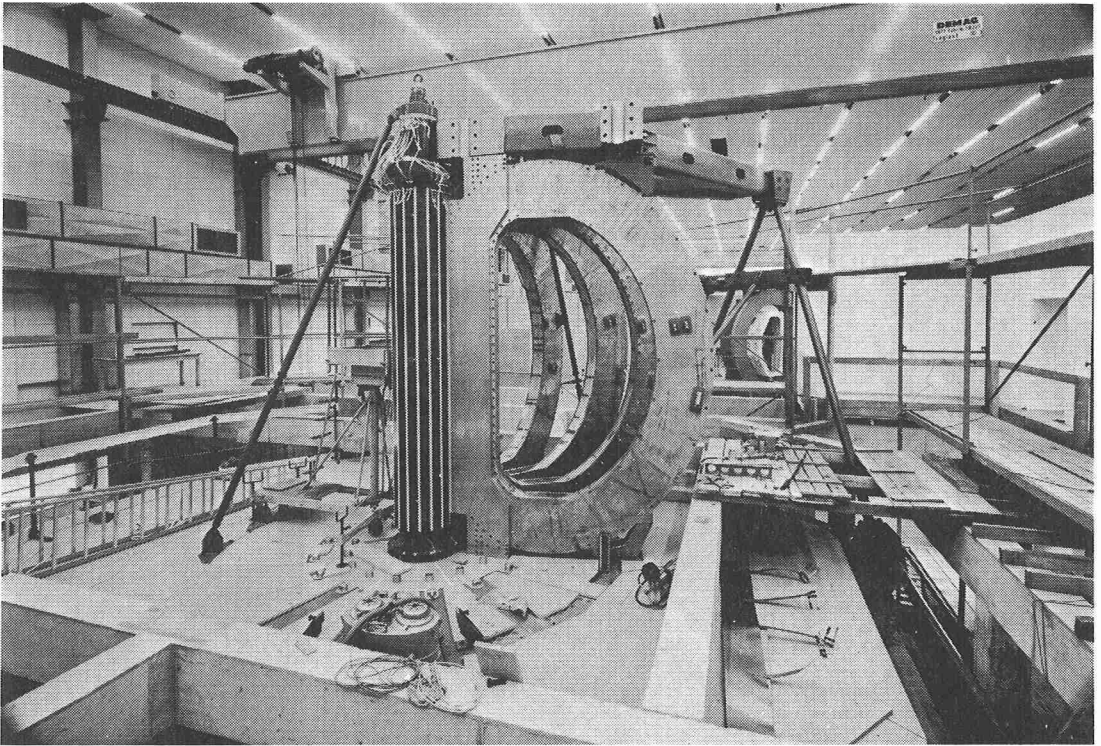


写真3 ASDEX(独)のトロイダルコイル

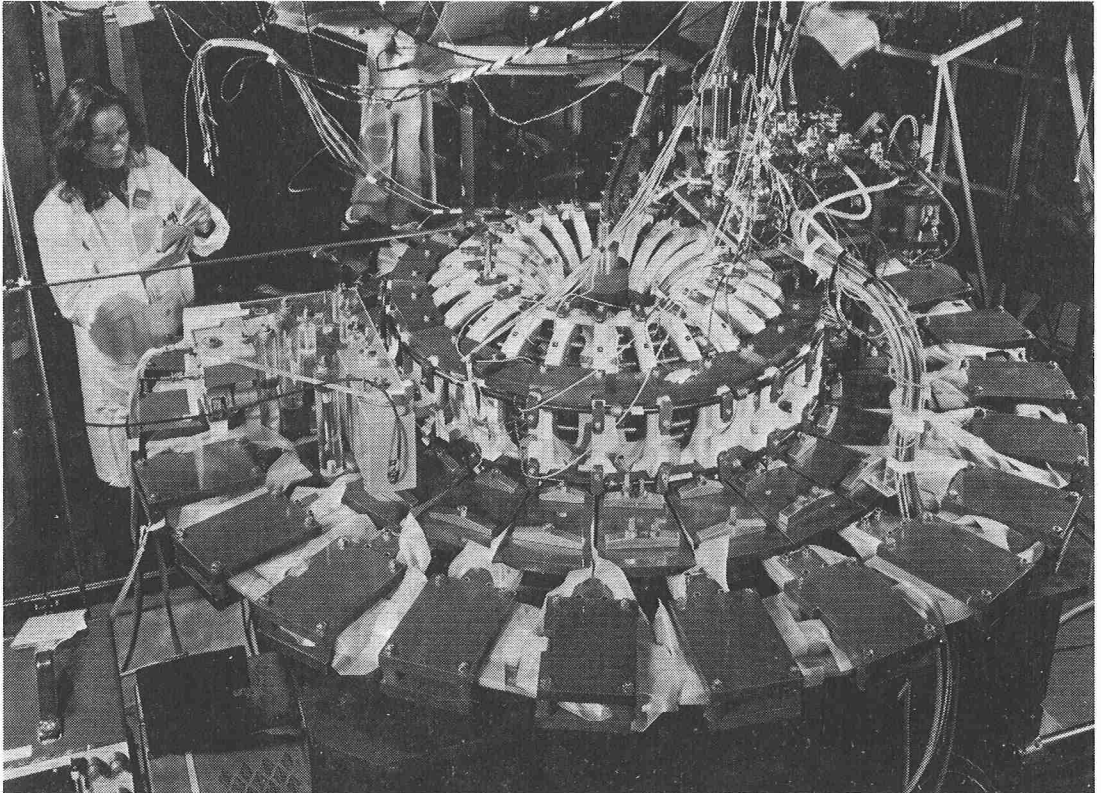


写真4 TOSCA(英)

では Plasma-Wall Interaction を調べるトカマクの計画を出している。フランスではパリ郊外の Fontenay-aux-Roses にあるトカマク TFR がよい成果をあげたが、改造の為解体中である。ここでは TFR に続く Torus II の proposal を出している。EC では JET (Joint European Torus) を建設しようとし、1975年に最終計画案を作りあげたが、設置場所について閣僚理事会における合意が成立せず、未だ建設に着手されていない。この為、英、独、仏夫々の国内の proposal も中途半端の状態におかれている。冬季オリンピックの行われた Grenoble にフランスのもう一つのセンターがある。Petula 及び Wega という装置により高周波加熱の実験が行われている。イギリスでは Culham 研究所に DITE, Cleo, Levitron, TOSCA (写真参照) 等種々なトラスがある。IAEA 会議で DITE (Divertor Injection Tokamak Experiment) がダイバータ効果の有効性を示す実験データを発表し、注目を浴びた。

アメリカの Princeton では吉川庄一さん、岡林典男さんをはじめ多くの日本人が活躍している。ST, FM-1, ATC は解体され、先述の PLT のみ動いている。現在研究所内で、非円形断面トカマク PDX (Poloidal Divertor Experiment) の真空容器、ポロイダルコイル等が製造されている。MIT は Alcator により、強磁場、高密度の運転を行い、(閉じ込め時間) × (密度) の記録を出した。テネシーにあるオークリッジ国立研究所は ORMAK を使い、360 kW 中性粒子入射を行い、イオン温度を3倍弱上げるのに成功した。ただし、電子温度がなぜ上らないかが今後の問題であろう。San Diego の General Atomic では大河千弘さん、玉野輝男さんの Doublet II A が稼働中である。非円形断面の有効性を示すことが実験の目標で、現在、更に大きい Doublet III を建設中である。

このような欧米の状況の中で日本の核融合研究を考えてみる。吉川庄一さんの努力により原研が約1千億円をかけ、JT-60 (主半径: 3 m, 従半径: 95 cm のトカマク) を1981年を目標に建設しようとしている。これはソ連の T-20, Princeton の TFR (Tokamak Fusion Test Reactor),

EC の JET と並ぶ大型トカマクである。しかも T-20 の建設時期が少し後であるのと、JET は先述のようにもたもたしているため、世界的にみて大事なプロジェクトである。あらゆる努力をして JT-60 を成功させねばならないが、最大の問題点は組織にある。日本の核融合の分野では Big Project をやるトレーニングがされていない。Princeton の PLT は当初設計の 50 kG の実験ができず、70% の 35 kG に現在留まり、その他、真空排気系、ポロイダルコイルのフィーダー等トラブルが続出している。PLT の2倍以上も大きい装置を今までの実績からみるとジャンプのありすぎる状態で作るのだからかなり慎重になる必要がある。アメリカと違って装置製作を完全にメーカーに頼らざるを得ない日本では、現在やろうとしている方式 — 原子力5社の技術水準を均等にあげる為、製作を5社で分担する — ではうまくまとまらない。一つに絞るべきである。

大学の役割は人材養成にあるが、これにも問題がある。大学の物理実験で何をすべきか — 必ずしも核融合と結びつかない、いわゆる基礎実験をやれという立場と核融合を志向した実験をやれという立場があるが、大きな装置が判る為には、ある程度以上大きな実験装置の経験が必要である。では現実どんなテーマがあるだろうか。Oak Ridge の理論グループが FCT (Flux Conserving Tokamak) を TNS (The Next Step: TFR の次にやる実験という意味) にすべきだと主張している。急速に強力な中性粒子入射を行い高ベータトカマクを作る提案で必然的にプラズマ断面は非円形 — “D型” になる。我々はトロイダル磁場 4.4 kG, 主半径: 40 cm, プラズマ断面: 20 cm × 56 cm の非円形断面トカマクを理一号館内につくり、次のような実験結果を今回の IAEA 会議に報告した。①整形磁場により、D型断面のプラズマが得られた。②プラズマ電流は円形断面に比べ増し、MHD の性質は円形断面と同じであった。ただし、トロイダル磁場が弱いため、非円形断面が高ベータ化に有利かどうかのテストは難しいと思われる。以上の状況から、トロイダル磁場: 30~50 kG, 主半径: 40 cm, プラズマ断面: 20 cm × 60 cm の非円形断面トカマクを理学部、工学部共

同で東大に作り，電子サイクロロン共鳴追加熱により，非円形断面と高ベータの関係を調べることを提案する。

MITはAlcator で高密度実験をしてマイルストーン的な役割を果たした。しかもアメリカで重点に

金を投下した所ではなく，University-tokamakである。JT-60の保険という意味でそれに要する費用の数を東大非円形断面トカマクに投じても悪くないのではなかろうか。