

大阪大学レーザー核融合研究センター

山中千代衛・中井 貞雄

大阪大学レーザー核融合研究センター 〒565 吹田市山田丘 2-6

高出力レーザー技術の進展はめざましく、この20年あまりのあいだに100 kJ システムが建設されるまでになった。これには光学技術、加工研磨技術、制御技術、パルス技術等広範な先端技術の開発を必要とした。技術の確立につれ、レーザーは科学研究から工業技術まで広く実用に供されてきた。

昭和47年、レーザー技術の向上開発と、科学技術への応用を推進するため工学部付置レーザー工学研究施設が設立され、レーザーの大出力化研究を中心にすえ、レーザー核融合、レーザー同位体分離、レーザー加工、レーザー計測等関連分野の研究を並行して進めてきた。新エネルギー開発としてのレーザー核融合の実現に向けて、昭和51年に大学付置レーザー核融合研究センターとして改組拡充された。現在8部門、教官、研究員、大学院学生、技術員、研究生等総勢約140名が研究に従事している。

エネルギー問題の解決は世界的に最も重要な課題であり、とくにわが国においては新エネルギー源の開発は国家的重要な課題の一つである。核融合エネルギーの開発は、すぐれて挑戦的な研究テーマで、各国とも国のプロジェクトとしてその推進に取り組んでいる。レーザー核融合の研究も今やイグニッションの実現を目標に研究が進められている状況にある。この科学的実証研究の進展により、レーザー核融合炉の工学的、技術的実現性を検

討し、実用化への研究開発課題を明確にする炉設計研究も進められている。その成果によれば、炉設計にリチウム流体ブランケットを導入されることから技術的、工学的に有望な見通しを与えている。

重水素および三重水素でできた燃料小球に、指向性のよいレーザー光を集光投射し、ペレット表面に発生した高温プラズマの球対称的な膨張の反作用により、内部コア部を圧縮加熱し、核融合反応を引き起こす。このための照射エネルギー源として的高出力レーザーと、高性能燃料ペレットが研究に必要である。レーザーに関しては、表1に示すように、ガラスレーザーおよび炭酸ガスレーザーの高出力化がはかられ、1983年には12ビーム、出力30 kJ、50 TWの世界最高性能をもつ激光Ⅻ号ガラスレーザーが完成した。燃料ペレットに関しては、大阪大学の発明になるキャノンボールターゲットの優れた特性が目ざされている。このような状況のもと、本年初頭より開始された本格的爆縮実験はレーザー核融合の進展に大きく寄与しつつある。最近の成果は、1984年9月12日から19日の間ロンドンで開催された国際原子力機関(IAEA)主催の第10回プラズマ物理と制御核融合国際会議にて報告された。

1) 激光Ⅻ号ガラスレーザー

Nd ガラスレーザーは現在最も完成度の高いレーザーで、爆縮核融合実験に用いられている。図1に激光Ⅻ

表1 大阪大学レーザー核融合研究センターにおける各種エネルギードライバー

		No. of beams	Peak power (Pulse duration)	Energy
Glass lasers	GEKKO II	2	0.5 TW (0.1 ns)	200 J (1 ns)
	GEKKO IV	4	4 TW (0.1 ns)	2 kJ (1 ns)
	GEKKO M-II	2	7 TW (0.1 ns)	2 kJ (1 ns)
	GEKKO XII	12	50 TW (0.1 ns)	30 kJ (1 ns)
CO ₂ lasers	LEKKO I	1	12 GW (80 ns)	1 kJ (80 ns)
	LEKKO II	2	0.5 TW (1.5 ns)	1 kJ (2 ns)
	LEKKO VIII	8	10 TW (1 ns)	10 kJ (1 ns)
Particle beams	REIDEN III	1	50 GW (80 ns)	4 kJ (80 ns)
	REIDEN IV	1	2 TW (50 ns)	100 kJ (50 ns)

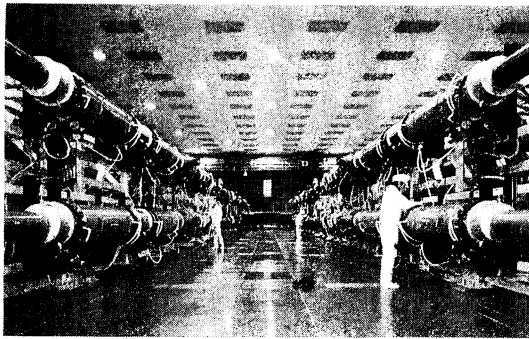


図1 激光 XII 号ガラスレーザー

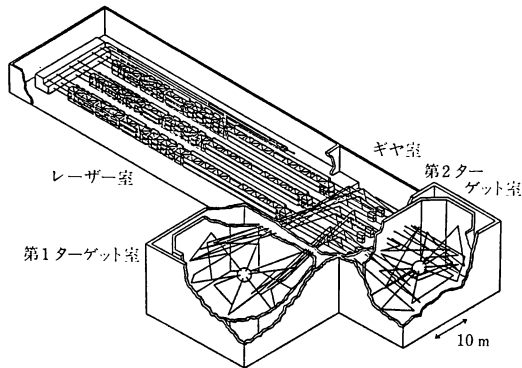


図2 激光 XII 号爆縮実験装置全システム配置図

号ガラスレーザーを示す。開発研究2年，建設期間3年を要して建設されたもので，高性能の国産レーザーガラス，光学部品技術，精密誘導技術などが国の先端技術の集大成である。図2の全システム配置に示すように，12本のビームはギヤ室を介して二つのターゲット室1，2にスイッチできるようになっており，種々のペレット構造に適した照射配位を構成して実験が進められる。図3に12ビーム均一照射配位のターゲット室1を示す。チャンバーは高精度の機械加工を施した直径1.7m，肉厚8cmのステンレス鋼球で，レーザー光はチャンパーポートに取り付けた焦点距離1mの大口径非球面レンズにより集光され，チャンパー中央の微小燃料球に投射される。スポット径直径 $20\mu\text{m}$ ，レーザー光の指向性は自動アライメント装置により $10\mu\text{rad}$ の精度で制御される。

1983年11月より核融合ターゲット照射実験を開始し，12月14日にレーザー出力55TW，核融合中性子数 4×10^{10} と，ともに世界最高値を達成した。その後キャノンボールターゲットを中心とする各種ターゲットによる爆縮過程の解明を行ない，順次圧縮燃料密度を上昇

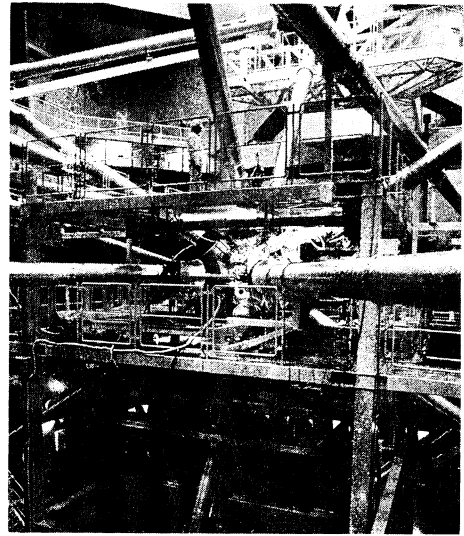


図3 激光 XII 号爆縮実験装置のターゲット室1の中心部

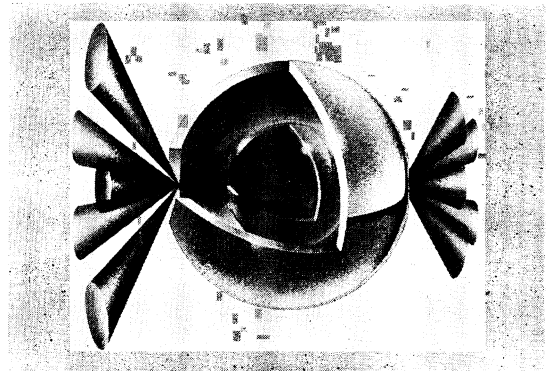


図4 キャノンボールターゲット

し，ついに $10\text{g}/\text{cm}^3$ の高密度を達成した。

2) キャノンボールターゲット

燃料ペレットに投射したエネルギーをいかに効率よく，圧縮燃料コアのエネルギーに変換するかが，燃料ペレット設計のポイントである。レーザー光の吸収率，吸収されたエネルギーによる圧縮力の発生，その均一性等が考慮される。これらの点に關しすぐれた総合特性を示すターゲットとして図4に示すようなキャノンボールターゲットが当センターで考案された。圧縮すべき燃料球を中心内球とし，これをかこんで質量の大きな外球を配する。レーザー光はこの外球にかけた小孔より，内外球間の空洞部に導入される。ここに閉じ込められたエネルギーは，そのすべての仕事を内球の圧縮に消費する。このような機構により，高い吸収率，高い爆縮効率，均一な圧縮が可能となる。さらに特性向上のため内外球とも，

各種の高Z, 低Z物質で多層コートがほどこされる。このような微細加工技術は、半導体工学におけるIC技術と共通の技術基盤をもち、新技術の波及効果も期待されている。

レーザー核融合研究を推進力としたレーザー技術の進展は、いまや全国的な研究組織を必要とする段階に達した。レーザーの短波長化をはじめとする高度技術、核燃料に関連するレーザー同位体分離、核スピンの偏極燃料の研究、新しいレーザー計測技術の開発、さらにはレーザ

ー粒子加速器の研究が要請されている。またスーパー計算機によるレーザー爆縮の大規模シミュレーション技術も不可欠となってきた。このような広い分野をカバーし、さらにレーザー技術の波及効果によりわが国の先端科学技術の進歩に大きく寄与するものと期待されている。このため全国共同利用のレーザーエネルギー研究センターに改組拡充する計画が進められている。

(1984年9月18日受理)