The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	レーザーによる核融合エネルギーの開発
Author(s)	山中, 千代衛
Citation	大阪大学低温センターだより. 1974, 8, p. 5-8
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/5646
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

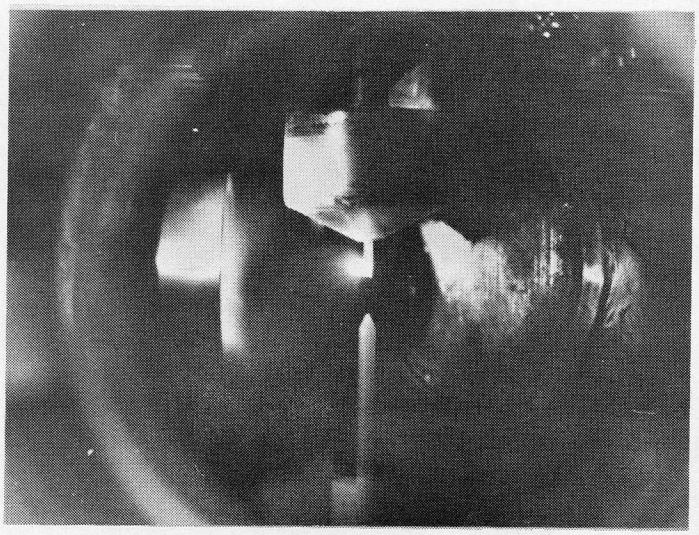
https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

—レーザーによる核融合エネルギーの開発—

山　中　千代衛（吹田 4561）

レーザーの開発が進み，大出力化が実現するにつれてレーザー光を固体重水素などに照射して核融合反応を実現し，エネルギーを取り出そうとする研究が世界各国で行なわれるようになった。このようなアプローチは１９６８年ソビエトのBasov氏らにより始めて示され，１９７０年にはフランスのFloux氏らにより相当量の中性子の発生が検証された。また，１９７１年には我が国およびドイツにおいても中性子を検出した。第１図は液体ヘリウムで冷却固化した重水素の棒状ターゲットに，ガラス



第１図　固体重水素（左側からレーザー光を照射）

レーザー光を照射した写真を示す。この時，10^5 個の核融合による中性子を検出した。

レーザーによる核融合実現には次の３つのポイントがある。

(1)　プラズマはレーザー光に対し「黒い」か。

プラズマ中でのレーザー光の古典的吸収ー逆制動放射過程は温度が高くなるほど弱くなり，レーザーエネルギーはプラズマに吸収されにくくなる。ところが１９７１年の筆者らの研究により，レーザーのパワーが一定のしきい値を超えると強力な異常吸収が発生することが分った。この吸収はレーザーとプラズマとの相互作用による共鳴現象によるものと解釈されている。このためプラズマはレーザ

ー光に対し黒いとみなされるようになった。この物理によりレーザー核融合計画を構築する基盤が確立したのである。

(2) 投入したエネルギー以上の利得が得られるか。

核融合実現に関する「ローソンの条件」とはプラズマを融合状態まで加熱するに要したエネルギーと核融合反応で生成したエネルギーとが等しくなる条件である。前者はレーザーで供給する。慣性閉じ込めであるからレーザー照射はプラズマが電磁流体的に拡散しない時間内（プラズマ径をその温度できまる音波が横断する時間）に実施する。このように指定するとレーザーで供給するべきエネルギーはプラズマの密度の２乗に逆比例して減少する。高圧縮モデルを実現するには固体重水素ペレットを四周よりレーザーで照射する。表面は数KeVの温度になり，圧力は200億バールに達する。このため強い求心衝撃波が発生する。ステップ状のレーザーパルスを加え，中心部で衝撃波がつみ重なるようにすると，そこの密度は1 Kg/cm^3程度になる。したがって「ローソン条件」に必要なレーザーエネルギーは非常に小となり，1～10KJと評価されている。これはすでに現存するガラスレーザーの技術水準内にある。この考えはプラズマが黒いという物理の上にたって考案されたものである。

この核融合エンジンよりエネルギーを取り出すためには，核融合で発生した熱エネルギーを電力に変換し，この一部でレーザーを駆動し，核融合反応に点火する。熱より電力への変換効率を40％，レーザーの効率を25％，プラズマはレーザー光に対して「黒い」とすると，エネルギーの収支釣合をうるにはレーザー照射エネルギーの100倍を核融合反応で取り出す必要がある。

燃料は反応を容易にするため重水素・三重水素等の球状ペレットを用いる。半径0.5㎜の氷結水素は密度0.19 g/cm^3である。KMSF社（アメリカ）のブルックナー氏（Brueckner）の算定によるとレーザー点火エネルギー60KJ，レーザーパルス波形は3段とする。0—5.47ナノ秒の間6.3×10^{11} W，5.47—7.21ナノ秒の間6.3×10^{12} W，最後の7.21—7.42ナノ秒の間に4×10^{14} Wまで急増させる。60KJが吸収され，中心部の密度は1380 g/cm^3，球状ペレットの12％が密度100 g/cm^3以上に圧縮され，その持続時間は1.8×10^{-11}秒，ここに投入されるエネルギーは2.9KJ，照射エネルギーの4.8％に当たる。以上の結果510kJが発生する。

(3) 大出力レーザーの開発について

すでに明らかにしたように，レーザーは核融合エンジンのイグナイターであって，レーザー核融合の成否はレーザーの成否にかかっている。このために効率の高い（5％以上），大出力（10kJ）でパルス幅の短い（ナノ秒以下），かつ波長領域が適当なレーザーの開発がおし進められている。第1表はこの条件よりみたレーザーに対する仕様をまとめたものである。

これよりわかるようにガラスレーザーは技術的に完成に近く，ブレークイーブンに使用しうる現存唯一のレーザーであって，10kJガラスレーザーの建設が競われている。また我が国のレーザーガラスは筆者らのグループの努力により改良を続け，現在アメリカ製をしのぎ世界第一級の品質を誇って

いる。

炭酸ガスレーザーは次代のエネルギー開発用レーザーであって，効率が高いこと，プラズマの吸収が良好なため非常に注目され，目下開発研究中である。

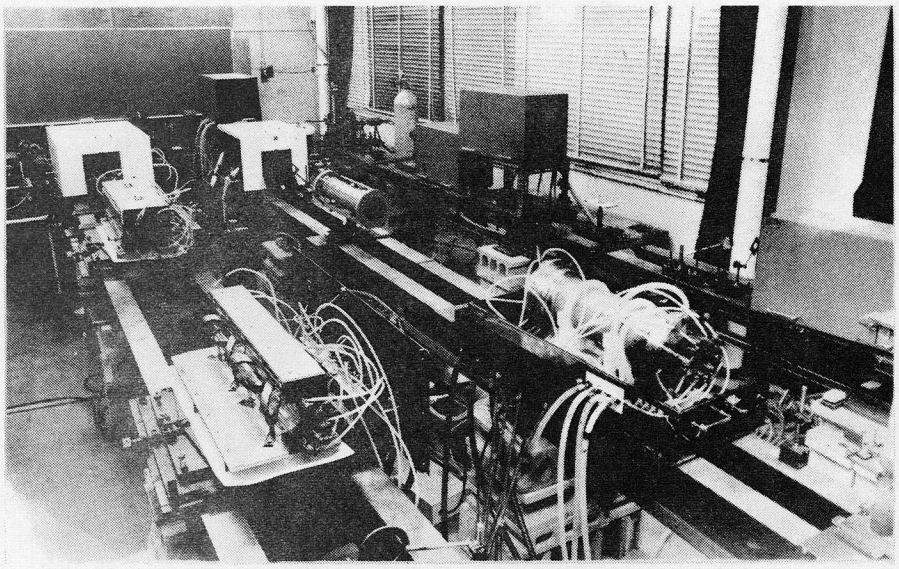
新レーザーは核融合炉実現の段階にそなえて計画されているもので，稀ガス，水銀，カドミウムなどの新媒質やヨウ素，HF などの化学反応を用いるレーザーが対象であり，現在は基礎研究の段階にある。

第 1 表　核融合用レーザ

特　性	ガラスレーザ	炭酸ガスレーザ	新レーザ(仕様)
波　長	1.0 μ	10.6 μ	0.3～0.5 μ
効　率	0.1%	5%	>5%
エネルギー密度	500J/l	15 J/l (3気圧)	100～1,000 J/l
小信号利得	4～8%・cm⁻¹	4.5～5.5%・cm⁻¹	—
パルス幅	≧20 ps	≧1 ns	0.1～1 ns
現存出力レコード	350 J (1 ns) 350 J (0.1 ns)	100 J (1 ns) — (0.1 ns)	—
期待出力	10 kJ	10 kJ	10^4～10^6J
波長変換	0.265～1.9 μ可能	研究中	不要
平均出力能力	低	大	大

以上述べたように，「レーザーによる核融合エネルギー開発」のアプローチは急激に前進し，核融合が公害のない明日のエネルギーとして大きく期待されている。

このためにはレーザーの大出力化，レーザーとプラズマとの相互作用，核融合反応炉に対する技術展望を強力に進める必要がある。アメリカ，ソビエトにおいては大きな計画が進行中で，基礎的研究が着実に進められている。



第 2 図　大出力ガラスレーザーシステム（出力 250 J，パルス幅 2 ns）

第２図はレーザー工学研究施設に設置された大出力ガラスレーザーの全景を示す。

本装置４台（４ビーム）により，１kJ ガラスレーザー建設を計画中である。

これを実現するには，レーザー研究センターを設立し，全国研究者の能力を結集して，体系的研究が開始されることを切望し，関係者各位の御理解をお願いしたい。

低温センターだよりの配布について

低温センターでは，この低温センターだよりを一定の基準の下に学内外に配布しています。新たに配布を希望される方，配布先が変更となった方，配布を断わられる方は，下記まで御連絡下さい。

大阪大学　豊中地区　内の方は　豊中分室（内線　豊中　2562）

大阪大学　吹田地区
中之島地区　内の方は　吹田分室（内線　吹田　4105）

学外の方はいずれかの分室へ葉書で御連絡下さい。