



レーザーと出会って54年

大阪大学 レーザー科学研究所
オカモトオプティクス共同研究部門 招聘教授
吉田國雄 YOSHIDA, Kunio

私がレーザー核融合研究用の大出力ガラスレーザーの分野に足を踏み込んだのは1969年11月末頃だった。なお、この年の7月20日にはアメリカのアポロ11号が月面着陸に成功している。当時、私は近畿大学理工学部電気工学科の副手で、主としてサイリスター（SCR）を用いた制御回路に関する研究をしており、この研究の将来性に疑問を持ち始めていた時期であった。大阪大学から近畿大学へ着任されていた久保宇一教授に勧められ、阪大電気工学科第3講座の山中研究室を見学したところモードロックパルス発振実験中の佐々木孝友先生と出会い、核融合研究用に手作りで開発中の“大出力ガラスレーザー（0号機）”を見学してその規模の大きさに驚くと同時に何か素晴らしい夢があるように感じ、期せずしてレーザーの研究開発をやってみようと思いを決めた。この0号機は高速回転のタービンモーターを用いた回転プリズムQスイッチ方式の発振器と3段増幅器で構成されていた。

翌週から、近大での仕事を17時に終わると阪大まで出かけ、午後11時30分頃まで（北千里発の最終電車の時刻）佐々木先生と一緒にガラスレーザーの開発に従事した。その結果、翌年の3月半ば頃にはほぼ完成し、パルス幅20ns、出力エネルギー100J近い出力を達成できた。当時はレーザー構成部品の市販品が殆ど無かったので充電器、放電用のコイル、アライメント用のHe-Neレーザー調整台、レーザーハウス等々、殆どどのレーザー構成部品は手作りだった。この時に使用していたレーザーガラスは“旭ガラス”製で、ガラスに混入しているプラチナによるガラス内部のレーザーによる損傷、或いはフラッシュランプ光によるガラスのソーラリゼーションの問題があり、大出力を安定に得るのは大変な困難な状況であった。私が参加するまでは、佐々木先生はほぼ一人で大出力ガラスレーザーの80%近くまで仕上げられていた。図1は、1970年2月8日に“0号機”からのレーザー光を焦点距離1.2mのレンズで空気中に集光してエアブレイクダウンを生成した写真である。

レーザーに関しては全く無知であった私は約4カ月間、佐々木先生に鍛えられ、1970年4月からは山中研究室の教務員となり、山中千代衛先生が客員教授をしている“名古屋大学プラズマ研究所”へ出向して大出力レーザー（激光I号機）の開発を担当することになり、山中龍彦先生（全体の責任担当で、主として固体重水素の製作）、姜先生（プラズマ計測の担当）と3人でレーザー核融合研究をすることになった。

翌年の7月25日（日）に液体ヘリウムで凍らせた固体重水素に数10GWのレーザー光を照射し、数100個の中性子の検出に成功した。この結果は1971年7月27日（火）の新聞で大々的に報じられた。中日新聞の記事の一部を掲載—「レーザー光線で熱核融合反応：名古屋大学プラズマ研究所は26日、わが国で初めてレーザー光線を使って熱核融合反応を起こすことに成功した」と発表した。山中千代衛客員教授（大阪大）を中心にした同研究所客員研究部門が国産の大出力ガラスレーザー装置を



図1 “0号機”によるエアブレイクダウン

使い 25 日午後行った実験で熱中性子を検出，証明したもので，ソ連，フランス，米国について 4 番目。ターゲット（マト，対象物）に固体重水素を使ったものとしてはフランスについて 2 番目。現在，世界各国の研究の中心となっているプラズマ閉じ込め装置とは別の角度から，原子力平和利用の核融合炉づくりに一歩踏み出したものとして注目される。今回の実験には山中教授のほか，山中龍彦阪大助手，吉田國雄，脇素一郎阪大大学院生，姜衡富名大助手らが参加している。」

“大出力ガラスレーザー：0 号機”の技術開発の成果が名古屋大学プラズマ研究所で大きく開花し，その結果 1972 年 5 月に大阪大学工学部付属レーザー工学研究施設が誕生し，私はその翌年の 4 月にレーザー工学研究施設の最初の助手となって大出力ガラスレーザーの研究・開発に邁進し，1974 年には 2 ビーム構成の激光Ⅱ号（出力エネルギー100J/1ns）を，1978 年には 4 ビーム構成の激光Ⅳ号（出力エネルギー2kJ/1ns）を完成させた。激光Ⅳ号は今までのガラスレーザーとは大きく異なっていた。超高安定なカイジングタイプモード同期発振器，アバランシェトランジスターを使ったパルス抽出器，非線形屈折率の小さなリン酸塩レーザーガラスの採用，レーザーガラス励起用フラッシュランプの窒素ガスによる冷却方式，レーザー光で生成されたプラズマから反射されて逆進してくるレーザー光を阻止するファラデー回転子，ディスク増幅器，新方式（故障が殆ど無い）フラッシュランプ，ビームブレイクアップ防止用のスペーシャルフィルター等を開発してレーザー装置に導入したために非常に安定したレーザー出力をプラズマ生成に利用できるようになった。ガラスレーザー装置を構成している各種光学部品の性能向上の結果としてレーザー核融合に関する研究成果も大幅に挙がっていき，実験棟・研究棟の増築が推進された。

さらに 1976 年に“大阪大学附置レーザー核融合研究センター”が発足し，1983 年には 12 ビーム構成の激光Ⅻ号（出力エネルギー20kJ/1ns）が完成した。当初は，激光Ⅻ号に使用しているスペーシャルフィルターのレンズの反射防止膜がレーザー光で損傷したために，出力エネルギーは 5 kJ であった。これを解決するためにレンズ材料である BK-7 ガラスの表面を化学処理してポーラス膜を形成する技術開発を行い，出力エネルギー20kJ を達成できた。また，プラズマ生成用のターゲットチャンバーに取り付ける集光用のレンズ（石英ガラス使用）の反射防止膜も通常の膜では損傷して使えないので，ポーラスシリカ膜を新たに開発した。従来までは，ポーラス膜はゾル・ゲル法で製作されていたが¹⁾，初めて蒸着法でポーラス膜を製作した²⁾。この製作法は国際会議でもかなり反響があった。しかしながらこの製作法ではポーラス膜を低屈折率膜として使用して多層膜を形成するのは非常に困難であった。その後も諦めずに開発を積み重ねた結果，最近になってようやく蒸着によって多層膜形成に使用できる低屈折率のポーラス膜を開発できた。



図 2 激光Ⅻ号装置（出力エネルギー20kJ/1ns）

なお“レーザー核融合研究センター”は、2004年には“レーザーエネルギー学研究センター”として発足し、2017年には“レーザー科学研究所”となった。レーザー科学研究所は2022年に50周年を迎え、これまでに輩出した卒業生は1274名になる。

レーザー核融合の研究に関しては、米国ローレンスリバモア国立研究所の国立点火施設（NIF）から、2022年12月に行った核融合実験で、燃料に投入したエネルギーを上回るエネルギーを生じさせた、というニュースが報じられた。投入エネルギーを上回るエネルギーの創出は長らく一里塚とされており、核融合研究者らの夢であった。これを契機にして大阪大学発のベンチャー企業“EX-Fusion”（松尾一輝社長）は、阪大の大型レーザー装置「激光XII号」を活用し、レーザー制御装置や燃料供給装置の開発を続け、商用炉の実用化を目指している。さらに、ノーベル物理学賞受賞者の中村修二氏らが起業した米ブルーレーザーフュージョン（BLF）と大阪大学レーザー科学研究所は共同研究部門を立ち上げ、中性子が発生しないレーザーによる核融合反応を研究予定である。

このように、54年前に大出力ガラスレーザーを手作りで開発していた当時では全く想像できない技術の進歩があり、20～30年先には地球上に人口太陽が実現する可能性が現実となってきたとは全く驚きである。

参考文献

- 1) D.Milam,W.H.Lowdermilk,J.G.Wilder,and I.M.Thomas,CLEO' 84 Technical Digest THB3, 136(1984).
- 2) K.Yoshida,H.Yoshida,Y.Kato,and C.Yamanaka,Appl.Phys.Lett.47,911(1985).