

ジャイアントパルスマイクロチップレーザーによるエンジン点火

自然科学研究機構 分子科学研究所 准教授
平等 拓範



研究の背景

19世紀に体系化された電磁気学とそれを背景としたモーター、変圧器などの電気機械は、1835年の電気自動車、1860年の火花点火によるルノアールのガスエンジン、そして1886年のガソリンエンジン車と、産業革命に貢献してきました。今やエンジンは自動車のみならずコジェネレーションなどのガス発電から船舶、航空機までと、現代社会に不可欠な装置です。一方、環境問題を含めエンジンにはさらなる低燃費化、低排出化が求められ、次第に従来方式では点火が困難な領域（高圧縮、高過給、希薄燃焼）に入ってきました。そして必然として、量子力学を背景としたレーザーによる強力点火が注目されるようになってきました（図1）。

実は、レーザーによるエンジン点火は1974年には試され、その有用性も確認されています。しかし、当時は500mJ以上の大型ジャイアントパルスレーザーが必要で、効率や安定性も乏しかったため、レーザー点火は長らく関係者の夢でした。

研究の成果

ところで我々は、共振器長数mmの受動QスイッチNd:YAG/Cr:YAGマイクロチップから、尖頭値6MWに達するジャイアントパルスレーザー発振に成功しました（出力3mJ、波長1064nm、パルス幅500ps）。この場合、マイクロ共振器Qスイッチによるサブナノ秒化の恩恵で、輝度温度にして0.23~0.46 ZKと、太陽の表面温度約6,000 Kに対し、約17桁高い天文学的な温度光をプラグサイズで発生できたこととなります（図2）。この結果、従来報告とは遙かに小さなエネルギー2mJでエンジン点火を可能としました（図3）。そして最近、夢であったレーザー点火エンジンを搭載した車両による走行実験に世界で初めて成功しました。

実は（株）日本自動車部品総研、（株）デンソーらからレーザー点火の可能性に関する技術相談を受けた2003年には、既に複数の科研費によってマイクロ固体フォトニクスによるマイクロチップでのジャイアントパルス発生に関する基礎ができており、レーザー点火は可能と確信しました。そして彼らと共にJST育成研究、JST育成ステージと展開することでこれを現実のものとなりました。

今後の展望

考えてみるなら基幹産業である自動車は、ハイブリッド車も含め、まだエンジンを用いる車両が中心であり、さらには世界的にも1次エネルギーの8割が石油、石炭、天然ガスなどに依存していることから、レーザー点火は大きな省エネ効果、経済効果、環境負荷低減効果をもたらすと期待できます。

そして、今度、NEDOからの省エネに関する補助を受け次のステージと言う事で、まずはガスコジェネレーションから

レーザー点火の実用化を図ることになりました。振り返るなら科研費による基礎ができて無ければここまで来ることは不可能でした。今後、レーザー点火を中心に量子の力によるエネルギー革新の実現を進めたいと考えております。最後に本研究に関連し御支援頂いた科研費、JST、NEDOの関係者の皆様、御協力頂いた常包正樹博士、ニコライ・パベル博士（現ルーマニア）など研究室のメンバー、装置開発室の水谷伸雄氏など分子研、そして金原賢治氏をはじめとした前出の企業の皆様など、多くの方々に深く感謝致します。

関連する科研費

平成12-14年度 地域連携推進研究費「界面制御による高機能光計測用広帯域波長可変クロマチップレーザーの開発研究」

平成15-17年度 基盤研究(A)「次世代セラミックレーザー」

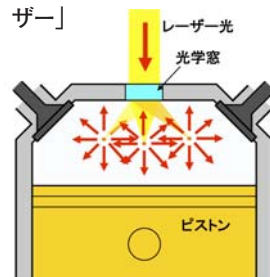


図1 レーザー点火の原理

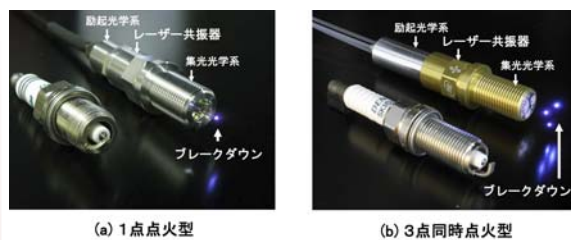


図2 プラグサイズのジャイアントパルスレーザー外観

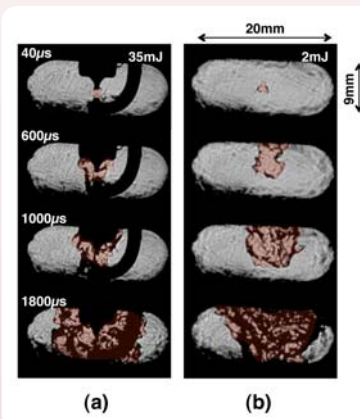


図3 ガソリンエンジンにおける点火、燃焼初期のシュリーレン写真 (a) 火花点火プラグ点火、(b) マイクロチップレーザー点火

(記事制作協力: 科学コミュニケーター 上田 裕美子)