

ニュース解説

今月のニュース解説

レーザーエンジン点火——量子の力で省エネ——

レーザーエンジン点火 ——量子の力で省エネ——

自然科学研究機構分子科学研究所、日本自動車部品総合研究所とデンソーは共同で、せん頭値がメガワット以上のジャイアントパルスレーザーをプラグサイズにまで小形化、高効率化、更にエンジン実装を成功させた。量子の力で燃焼を理想に近づけ省エネを図る時代の到来が期待される。

19世紀になされた電磁気学の体系化と発電機、モータ、変圧器に代表される電気機械の発展は、1835年の電気自動車、更に1860年の高電圧放電による火花点火を用いるルノールエンジン、そして1886年のガソリンエンジン自動車を生み出し、産業革命以降の現代文明に大きく寄与した。一方でこの150年間、電極間の放電により形成した高温の小さな熱プラズマで点火するとい

う原理は変わらなかった。しかし近年、環境問題などからエンジンの更なる低燃費化、低排出化に向け、理想的な燃焼の実現が求められ、いよいよ高圧縮、高過給、希薄燃焼など従来の方式では点火不可能な領域に入ってきた。そこで、20世紀に体系化された量子力学を背景としたレーザーにより点火することで、熱損や火炎核形成の障害となる電極を不要とし、任意の位置で多重点の超高温プラズマの直接発生が望め、これにより点火強化が可能になるのではと考えられた（図1）。

実のところレーザーは以前から強力点火が望めるとして注目されており、1974年にはエンジン点火が試みられた。ただ、レーザー点火の有用性は検証されたものの、点火には500 mJ以上のジャイアントパルスレーザーが必要な上に効率も低く、装置も大形かつ不安定であったため、長らく基礎研究にとどまっていた。

今回、同グループは物質の微細な秩序、すなわちマイクロドメインの構造制御により強調される光機能を追求するマイクロ固体フォトンクスの高度化により、共振器長10 mm程度のNd:YAG/Cr:YAGマイクロチップ構成で、輝度 $0.37 \times 10^{15} \text{ W}/(\text{sr} \cdot \text{cm}^2)$ 、輝度温度 $0.23 \sim 0.46 \times 10^{21} \text{ K}$ 、せん頭値6 MWに及ぶジャイアントパルス発生を達成した（出力3 mJ、波長1,064 nm、パルス幅500 ps）。太陽の表面温度約6,000 Kに対し、約17桁高い天文学的な輝度温度光が低消費電力で可能となった。従来ジャイアントパルスレーザーは、Qスイッチによるナノ秒領域かモードロックによるフェムト秒領域に限定され、サブナノ秒領域は自由にアクセスできなかった。このパルスギャップ領域の光は、高いせん頭値を必要とする多光子過程と逆制動放射に求められる適切な強電界の持続時間を有し、効果的な電子雪崩現象を引き起こすため、光電離すなわちブレークダウンに必要なエネ

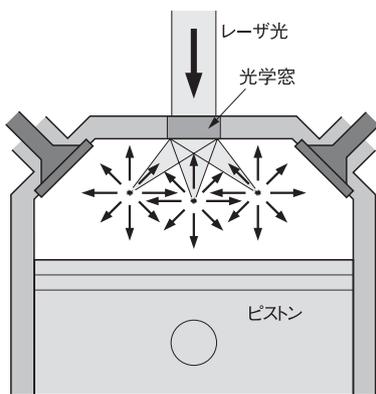


図1 レーザ点火の原理



(a)1点点火型



(b)3点同時点火型

図2 プラグサイズのジャイアントパルスレーザー外観

ルギーを劇的に低減できた。エンジン点火も試みられ、従来報告よりはるかに少ない2mJでの検証も行われた。また、環境温度25~150℃と高安定動作も検証され(一般にレーザーは低温で特性が良くなるため高温領域での特性劣化を懸念しこれを最初に評価した)、点火できるレーザーはスパークプラグと同寸法のきょう体に収められた(図2)。

そして最近、同エンジンを搭載した車両の走行実験に世界で初めて成功した(図3)。日本の基幹産業である自動車は、ハイブリッド車も含め、いまだエンジンを用いる車両が中心であり、エンジン高性能化の意義は決して小さくない。一方、社会情勢として電気エネルギー需要が高まっており、これを生成するための燃料費削減が急務の重要課題となってきた。コージェネエンジンは総合

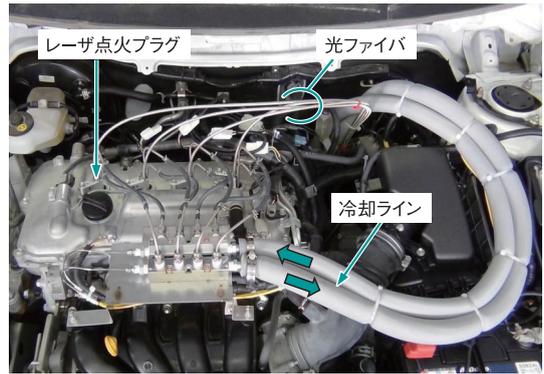


図3 ガソリンエンジンに搭載したレーザー点火システムの外観

熱効率が約90%あり、省エネルギーかつ低エミッションで発電できる優れた装置であるが点火プラグに問題があった。レーザー点火は、コージェネエンジンのように高圧力・希薄領域において高い着火性を発揮できることが多くの研究機関で実証されており、点火の課題を克服するため、コージェネエンジンからの実用化を望む声が多くなってきた。我が国だけではなく世界的にも一次エネルギーの8割が石油、石炭、天然ガスなどの燃焼により賄われていることを考慮すれば、レーザー点火は多大な省エネ効果、経済効果、環境負荷低減効果をもたらすと期待される⁽¹⁾。

(平成25年7月10日受付 平成25年8月1日最終受付)

[関連記事] 日本経済新聞, 2013.4.23. 日経産業新聞, 2013.4.25.

[取材協力] 平等拓範 正員 自然科学研究機構分子科学研究所

(担当委員 長谷川英明)

文 献

- (1) NEDO 成果報告書, “平成23年度成果報告書 省エネルギー効果が期待される半導体レーザー応用技術に関する検討,” 2012, http://www.nedo.go.jp/library/database_index.html