

産学共同シーズイノベーション化事業 育成ステージ

平成 23 年度終了課題 事後評価報告書

研究開発課題名：車載型マイクロレーザー点火エンジンの研究

シーズ育成プロデューサー：株式会社 日本自動車部品総合研究所

所属機関名

研究リーダー：自然科学研究機構 分子科学研究所

所属機関名

1. 研究開発の目的

既往の研究で開発に成功した高輝度マイクロレーザーを実車搭載するため、火花点火プラグサイズの耐環境性能を確保できるレーザー点火プラグを開発する。さらに、そのレーザー点火プラグで走行可能な車両を構築し、実用性を調査する。また、上記レーザー点火プラグの構成を応用した同時多点火プラグを試作評価するものである。

2. 研究開発の成果

超小型ジャイアントパルスレーザーを搭載したレーザー点火装置を開発し、自走可能な自動車を世界で始めて実現した。レーザー点火プラグ部の体格は、M12ネジサイズの火花点火プラグと完全互換形状で、励起光学系、レーザー共振器、集光光学系を内蔵している。レーザー共振器は、 $3\text{mm} \times$ 長さ $10\text{mm}$ のオールセラミクス製であり、光エネルギーは1パルス $2.7\text{mJ}$ で、1燃焼あたり最大5パルスを発振し、エンジン回転数 $7200\text{rpm}$ までの制御が可能である。レーザー点火装置を搭載したエンジンは、1.8L直列4気筒のポート噴射システムである。また、上記構成のレーザー共振器を3セット内蔵したM14ネジサイズの多点火プラグを考案し、実験室レベルでの基礎評価に成功した。

3. 研究開発の目標に対する達成度

育成目標	達成度
① 同時多点火用マイクロチップレーザーの開発 一つのレーザー装置内から複数のレーザー光が並列して同時に射出されるようなレーザー共振器を開発する。	① 端面励起方式による M14 ネジサイズの同時3点火レーザーを製作し、集光点間距離 $7.8\text{mm}$ 、焦点距離 $10\text{mm}$ 、エネルギー $2.5\text{mJ}$ /点、時間差発振を確認した。
② 点火用レーザーの耐温度特性の向上 $20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ の温度範囲でレーザー出力の変動 $10\%$ 以下	② 分布ブラッグ反射型レーザー構造の面発光レーザーVCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting LASER)を用いることで、 $10^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ の温度範囲でレーザー出力の変動を $10\%$ 以下にすることができた。
③ 点火用レーザーの耐振性の向上 目標耐振性 $30\text{G}$	③ 耐振性 $30\text{G}$ を確保した M12 のプラグを設計した。エンジンベンチおよび車両走行にて耐振性を確認した。
④ 動作信頼性の確認 動作時間 $1000$ 時間以上	④ 初期性能を確認後、 $1000$ 時間を目指し、耐久試験を継続中である。

<p>⑤ レーザー駆動用専用車載小型電源、コントローラの開発</p>	<p>⑤ エンジン制御ユニットと連動し点火制御可能な半導体レーザー駆動電源、LD 温度調整機構を一体化した回路を製作した。回路の特性は、立ち上がり応答性 <math>50\mu\text{s}</math>、リップル 4.7%、効率 84.3%であり目標を満足した。レーザー共振器のリーク光から、パルスレーザーの出力、パルス幅、パルス数を検出する手法を開発した。この手法はレーザーの劣化状態検出、光ファイバ接続状態の判定に使用可能である。</p>
<p>⑥ レーザー点火装置搭載車両にて自走走行を実現</p> <p>⑦ 数値目標      着火性:リーン限界 A/F+3      燃費: +5%</p>	<p>⑥ レーザー点火システムを車両に搭載し、実証走行を実現した。</p> <p>⑦ 着火性:リーン限界 A/F+1.5      燃費 : 図示燃費率改善: +6%      (@A/F: 火花点火プラグ 14.5、レーザー点火プラグ 21.0)      図示燃費率改善: +4%      (@A/F: 火花点火プラグ 21.0、レーザー点火プラグ 21.0)</p>

#### 4. 今後の展開

熱効率の向上を目指した高圧縮・高過給エンジンへの適用を目指し、開発を進める。主要課題は、①耐久性の確保、②高出力面発光レーザーの開発、③励起光学系の放射角度、放射強度のばらつき低減手法の開発、④コジェネエンジンでの実証試験、である。

#### 5. 総合所見

概ね期待通りの成果が得られ、イノベーション創出の可能性がある。

信頼性の評価やコストについての課題が残っているものの、車載型レーザー点火という十分に挑戦的な開発テーマに対し、学と、産の真摯な取り組みによる効果的な産学連携を実現し、車載可能なレベルでのレーザー小型化、対応プラグの開発を行ない、本技術搭載車による実証走行を達成した。小型で高耐圧、高耐震、高出力のマイクロレーザーの実現は、今後のレーザー応用技術にインパクトをもたらさるものと評価できる。今後社会ニーズが高まると予想されるコジェネエンジンへの横展開など、車載以外のところでのイノベーションが期待される。

以上