

新型副室式ガスエンジン (副室ジェット制御方式)

大阪ガス株式会社エネルギー技術研究所
 佐藤 裕紀 守家 浩二
 中井 俊作 伊藤 誠一

1. はじめに

当社ではこれまでにコージェネレーションシステムの開発を行い、積極的に販売してきており、2004年度現在において他ガス事業者も含めると全国で累積発電容量3126千kW、累積件数13770件となっている⁽¹⁾。また、図1に天然ガスコージェネの普及分野を示す。従来は熱需要が主体のお客さまに対する熱主電従型システムの販売が主流であったが、今後さらに拡販していくためには電主熱従型システムの開発が必要であり、高効率ガスエンジンの開発が重要である。近年、中大型クラスでは副室式希薄ガスエンジンが低NO_xと高効率を実現しており、さらなる高効率化が期待される⁽²⁾。

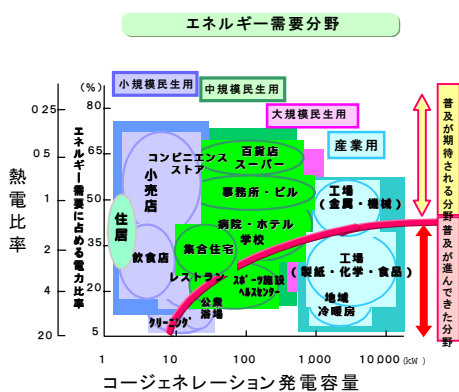


図1 コージェネレーション普及分野

2. 新型副室エンジン(副室ジェット制御方式)コンセプト

図2に副室式ガスエンジンの燃焼室の形状を示す。副室式ガスエンジンの特徴は既報⁽³⁾にて詳細に記載しているため、本報では割愛する。

これまでの研究によると単室式との機関性能比較⁽⁴⁾、副室諸元などが運転性能に及ぼす影響^{(5)~(9)}等運転特性に関する検討や、定容燃焼器⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾や可視化エンジン⁽¹²⁾等を用いて燃焼機構を解明しようとする試みが報告されている。しかしながら、通常の副室エンジン運転状態で燃焼状態を可視化することは困難であり、また副室エンジンでの燃焼は単なる火炎伝播だけでなく主室・副室間の物質・熱の移

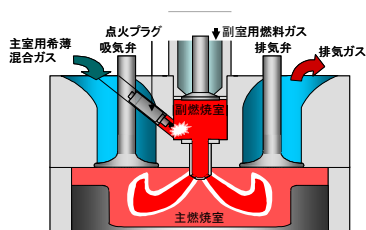


図2 副室式ガスエンジンの燃焼室形状

動を伴う複雑な燃焼であるため、未だ解明されていない部分も多く、燃焼制御の指針が明らかになっていない。さらに、副室式ガスエンジンにおいてさらに高効率化するためには、高過給や高圧縮比化等の高出力化・高効率化手段を組み合わせ用いることが想定されるが、この場合、副室内温度や圧力が高くなり、ノックの発生が課題となると考えられる。

そこで本研究ではノック発生を回避するための方法として、副室連絡孔を縮小することにより圧縮行程における主室から副室への混合気の流入を抑制し副室内圧力を低下させ、さらに副室内燃焼後の火炎ジェットを抑制する方法(副室ジェット制御方式 - Pressure Differentiated Pre-chamber Spark Ignition 方式)を提案、検討した。図3に副室ジェット制御方式の概念図を示す。既報では、本方式の適用により、副室からの火炎ジェットが抑制でき、主室内の急激な熱発生が緩和され、ノック傾向が弱まることを報告した。また、主室内の燃焼効率が維持できる条件では熱効率が改善し、NO_x排出量が低減した。そこで本報では、本方式適用時の火炎ジェットの燃焼挙動を確認するために、燃焼室内の可視化を試みた。

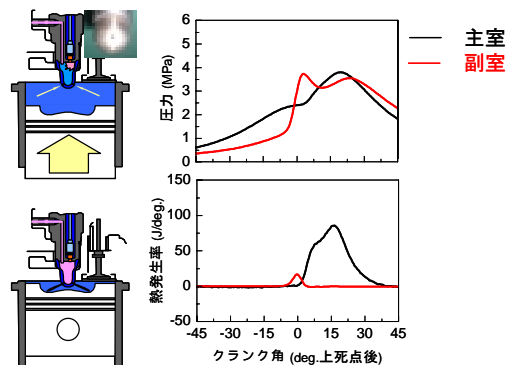


図3 副室ジェット制御方式概念図

3. 実験装置および方法

試験機関は単気筒4サイクル式ディーゼル機関(Yanmar NF19-E)をベースとし、ヘッドを一部改造して副室式火花点火機関とした。副室噴孔表1に機関諸元を、図4に燃焼室周り断面図を示す。圧縮比は13とし、ピストン形状は浅皿型とした。副室は軽油噴射弁のスペースに組み込み、容積を7.5cm³とした。副室連絡孔径 d_n は1.0mmおよび2.0mm、噴孔数はいずれも4孔とし、副室連絡孔ノズルを取り替えることにより、変更することができる。

また、ヘッドを改造し副室噴孔近くにエンドスコープ(AVL MO0117)を挿入した。エンドスコープにはテレコンバータ(Nikon TC-201S)およびイメージインテンシファイ

ア(浜松ホトニクス No.GH9605-0008)を介して高速度カメラ(Nobby-Tech Phantom7.0)を接続し、筒内を観察可能とした。

表 1 副室式機関諸元

Engine Type	Single cylinder Water Cooled
Bore × Stroke	φ110mm × 106mm
Displacement	1007cm ³
Compression Ratio	12
Combustion Chamber	Deep Bowl (Bowl dia.=65mm)
Pre-chamber Volume	7.5cm ³
Pre-chamber Volume Ratio	8.0%
Number of Pre-chamber Orifice	4

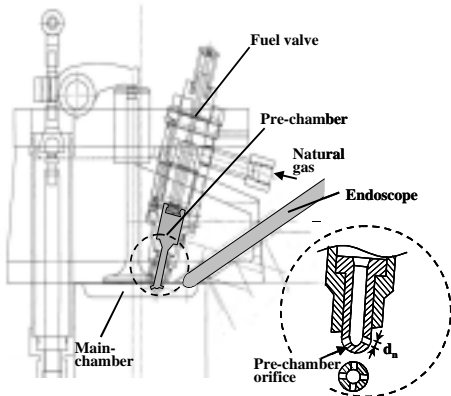


図 4 副室式エンジン断面図

4. PDP-SI 方式の効果

図5および図6に各副室連絡孔における主室および副室の筒内圧力および熱発生率と、撮影された高速度写真を示す。副室内に点火後、燃焼により副室の圧力が主室の圧力より高くなった期間で比較すると、副室連絡孔 1.0mm では 2.0mm の場合と比較して副室からの火炎ジェットの輝度が低く、観察される時間が長期化した。副室連絡孔 1.0mm では燃焼前の副室内圧力が低く、副室内での燃焼後、主室との圧力差がそれほど大きくなりなないので、火炎ジェットの速度が抑えられ、ジェットの燃焼も緩慢であったと考えられる。そのために主室内での圧力上昇率が緩和され、主室内の熱発生期間も長期化したと考えられる。このとき、主室燃焼開始後の主室内の輝度が低く、副室内の熱発生率最大値も小さいことから、主室内混合気は副室からの火炎ジェットにより着火しているものの、その後は緩やかに主

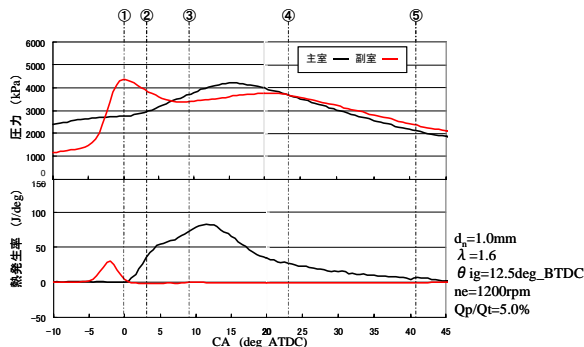
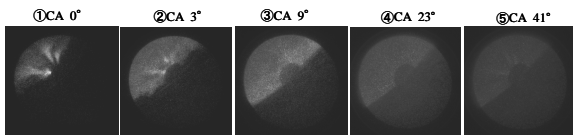


図 5 筒内圧力および熱発生と筒内写真(dn=1.0mm)

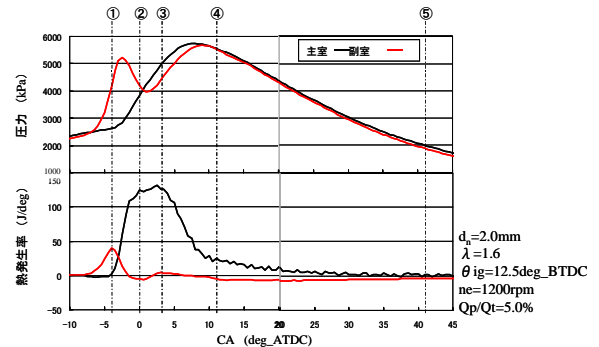
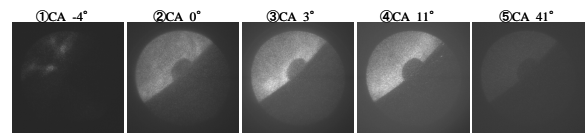


図 6 筒内圧力および熱発生と筒内写真(dn=2.0mm)

室内の燃焼が進展していると考えられる。このため、既報(3)で報告したとおりノック傾向が弱まったと考えられる。

5. おわりに

天然ガス副室式機関にて、副室連絡孔径を変化させた運転を行い、燃焼室内を可視化することにより燃焼制御の方針について考察した。その結果、副室連絡孔を縮小すると副室からの火炎ジェットが抑制でき、主室内の急激な熱発生が緩和されることが確認された。従って、副室連絡孔径により火炎ジェットを着火源程度に抑制し、主室内を火炎伝播により緩慢に燃焼させることが燃焼制御方針の一つと考えられる。

参考文献

- (1) http://www.gas.or.jp/cogene/contents/03_01/P5.gif (日本ガス協会 HP)
- (2) 藤若貴生, 上川康彰, 下田裕巳, 遠藤浩之, リーンバーンミラーサイクルガスエンジンの開発, 都市ガスシンポジウム発表要旨集, No.48, (2000), 61-62
- (3) 佐藤裕紀ほか 3 名: 新型副室式ガスエンジン(副室ジェット制御方式), 都市ガスシンポジウム発表要旨集, 4-11, (2005)
- (4) 中園徹ほか 1 名: 希薄燃焼ガス機関に関する研究第 1 報 主室希薄燃焼方式と副室方式の比較, 第 9 回内燃機関合同シンポジウム講演論文集, p.313-318, (1991)
- (5) 中園徹ほか 1 名: 副室式ガス機関の副室諸元の影響, 日本機械学会論文集, B58, No.553, p.287-292, (1992)
- (6) 中川洋ほか 2 名: 副室式トーチ点火希薄燃焼ガスエンジンの研究, 日本機械学会第 72 期全国大会講演論文集, No.940-30, p.356-358, (1994)
- (7) 藤若貴生ほか 5 名: 予燃焼室式希薄燃焼ガスエンジンの燃焼改善, 第 14 回内燃機関合同シンポジウム講演論文集, p.91-96, (1997)
- (8) 後藤悟ほか 1 名: 希薄燃焼ガスエンジンの NOx 生成と低減に関する研究, 第 14 回内燃機関合同シンポジウム講演論文集, p.97-102, (1997)
- (9) Mooser D: Caterpillar High Efficiency Engine Development G-CM34, Power Eng, Vol.6, No.5, p.5-19, (2002)
- (10) 若井和憲ほか 2 名: 副室付定容燃焼室内の燃焼に関する研究, 日本機械学会論文集, B47, p.872-878, (1981)
- (11) 田村雅之ほか 2 名: 副室式定容燃焼器による希薄燃焼ガスエンジンの研究, 第 14 回内燃機関合同シンポジウム講演論文集, p.85-90, (1997)
- (12) 川端康晴ほか 3 名: 副室希薄燃焼ガスエンジンにおける燃焼特性, 自動車技術会論文集, Vol.34, No.4, p.43-49, (2003)