

408 対向型急速圧縮装置による高温・高圧下での炭化水素：空気混合気の燃焼特性(応用熱工学II)

川上, 忠重 / KAWAKAMI, Tadashige / KANNO, Atsushi / 菅野, 淳

(出版者 / Publisher)

日本機械学会関東支部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

山梨講演会講演論文集 / 山梨講演会講演論文集

(開始ページ / Start Page)

91

(終了ページ / End Page)

92

(発行年 / Year)

2006-10-20

408 対向型急速圧縮装置による高温・高圧下での炭化水素-空気混合気の燃焼特性

Influence of atmosphere oxygen concentration on combustion characteristics for hydrocarbon-air mixtures under high temperature and pressure using Opposed Rapid Compression Machine

○学 菅野 淳 (法大院)

正 川上 忠重 (法大工)

Atsushi KANNO, Faculty of Engineering Hosei University, Kajino-cho3-7-2, Koganei-shi, Tokyo

Tadashige KAWAKAMI, Faculty of Engineering Hosei University, Kajino-cho3-7-2, Koganei-shi, Tokyo

Key words: Opposed rapid compression machine, Flame speed, Reduction ratio of flame speed

1. 結論

環境問題が深刻化される現在、燃焼によりエネルギーを生み出す内燃機関からの有害排気物質は、大きな環境問題(地球温暖化、酸性雨など)となっている。しかし、現在世界で消費されているエネルギーの8割以上は燃焼に依存しているため、我々は内燃機関に頼らざるを得ない。そのため、内燃機関には有害排気物質の低減が求められている。^{1),2)}

これらの問題を解決する手法として現在では、均質希薄燃焼や、成層燃焼、EGR(排気ガス再循環)などの研究が行なわれている。EGRは、排気の一部を吸気中に還流させることにより、燃焼室内の火炎温度を低下させ、NO_xの排出を低減させる手法である。

そこで、本研究ではNO_x低減効果の指針を得るために、対向型急速圧縮装置を用い、高温・高圧下でのプロパン-空気混合気の燃焼特性(最高燃焼圧力、全燃焼時間、火炎伝ば速度)に及ぼすEGRの影響について検討を行なった。

2. 実験装置

図1に本実験で使用した対向型急速圧縮装置の概略を示す。対向型急速圧縮装置の特徴として、双方向から対向して圧縮することが出来るため、単シリンダー型急速圧縮装置と比較して、同様の燃焼室容積を確保しつつ、2倍近い圧縮比が実現可能になり、熱損失の影響を最小限に抑えつつ、圧縮行程時間の短縮化を実現することが可能となっている。

実験にあたり、まず真空にした燃焼室に混合気を導入し、実験条件の圧縮比になるようにロッドを設定する。ここで混合気条件を一定にするために、燃焼室の圧力を大気圧に設定し、左右の蓄圧気筒に圧縮空気を充填する。スイッチを投入することにより、遅延回路を介して電磁弁が開かれ、圧縮気筒内ピストンに瞬時に圧縮空気が作用し、ロッドで連結された燃焼気筒内ピストンによる急速一回圧縮が開始される。左右のピストンが上死点に達すると、マイクロスイッチにより点火信号が発せられ火花点火が行われる。また本実験で用いられる混合気は、C₃H₈-O₂-N₂-CO₂混合気とC₃H₈-O₂-N₂混合気である。燃焼特性に関しては、圧力履歴観察用圧力ピックアップ(ピエゾ型)、火炎伝ば観測用イオンプローブを用い、得られた信号をKyowa Electronic Instruments CO₂LTD.製 sensor interface PCD-320A, data logger and analyzer PCD-30Aを用いてパーソナルコンピュータに出力し、記録・観測を行った。

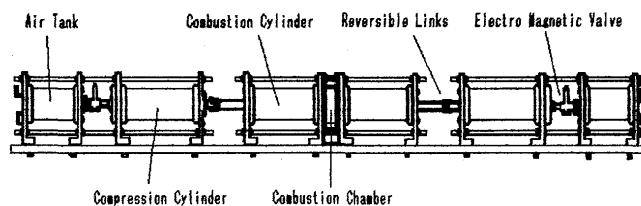


Fig.1 Opposed Rapid Compression Machine

Table1 Hydrocarbon-Air Mixture

	C ₃ H ₈ (vol%)	O ₂ (vol%)	N ₂ (vol%)	CO ₂ (vol%)
E0 21%	4.03	20.15	75.82	0
E0 19%	4.03	18.23	77.74	0
E0 17%	4.03	16.31	79.66	0
E0 16%	4.03	15.36	80.61	0
E5 21%	4.03	20.15	72.03	3.79
E5 19%	4.03	18.23	73.85	3.89
E5 17%	4.03	16.31	75.67	3.99
E5 16%	4.03	15.36	76.58	4.03

3. 実験結果および考察

図2に、圧縮比 $\epsilon=5$ における当量比に対するCO₂添加濃度一定のもとでの最高燃焼圧力を、雰囲気酸素濃度をパラメータとして示す。ここで、E0, E5は、混合気中のCO₂添加濃度が0%, 5%を、それぞれ示している(表1参照)。また、CO₂添加濃度5%は、実機でのEGR率28%に相当することを明記しておく。この図から明らかなように、CO₂添加濃度一定の条件では、同一当量比における最高燃焼圧力は、雰囲気酸素濃度の減少に伴って減少し、また、同一雰囲気酸素濃度における最高燃焼圧力に及ぼすCO₂添加の顕著な影響は観察されなかった。一方、最高燃焼圧力が観察される当量比は、雰囲気酸素濃度の低下に伴って希薄側に移行する傾向が観察された。これは、雰囲気酸素濃度の減少に伴って火炎温度が低下し、それにより熱解離の影響が減少したためと考えられる。また、本実験範囲においては、CO₂を5%添加した場合の雰囲気酸素濃度16%以下での過濃領域においては、火炎の発生が観察されなかった。これは、CO₂添加による可燃範囲の減少を意味しており、今後詳細に検討を行う予定である。

図3に先と同様に、圧縮比 $\epsilon=5$ における当量比に対するCO₂添加濃度一定のもとでの全燃焼時間を、雰囲気酸素濃度をパラメータとして示す。ここで、全燃焼時間とは、点火から最高燃焼圧力が得られるまでの時間と定義した。この図か

ら明らかのように、同一 CO₂ 添加濃度では、雰囲気酸素濃度の減少に伴って、全燃焼時間は増大している。これは、雰囲気酸素濃度の減少に伴い、平均火炎伝播速度が減少したためと考えられる。

図 4 に各当量比に対する火炎伝播速度を、雰囲気酸素濃度をパラメータとして示す。ここで、火炎伝播速度とは、燃焼室中心位置(点火位置)から 15mm と 20mm の位置でのイオンプローブの出力信号から算出されたものである。この図から明らかのように、同一 CO₂ 添加濃度において、雰囲気酸素濃度の減少に伴い火炎伝播速度は低下している。また、同一雰囲気酸素濃度においては、CO₂ 添加に伴い火炎伝播速度は減少している。

図 5 に各当量比に対する火炎伝播速度減少率を、雰囲気酸素濃度をパラメータとして示す。ここで火炎伝播速度減少率は以下の式から算出された。

$$R_f = \frac{S - S_{O_2}}{S} \times 100$$

ここで S: 雰囲気酸素濃度 21% において得られた火炎伝播速度

S_{O₂}: 各雰囲気酸素濃度において得られた火炎伝播速度

この図から明らかのように、各 CO₂ 添加濃度ともに雰囲気酸素濃度の減少に伴い火炎伝播速度減少率は増大している。また、その影響は当量比が希薄側よりも過濃側で顕著である。さらに、CO₂ 添加の火炎伝播速度減少率に及ぼす影響に着目すると、CO₂ 添加することにより火炎伝播速度減少率は低下している。すなわち低酸素濃度の領域においては、僅かな CO₂ 添加を行うことにより、火炎伝播速度の減少を抑制することが可能である。今後、より低酸素雰囲気においても検討を行う予定である。

4. 結論

対向型急速圧縮装置を用い、プロパン-空気混合気の燃焼特性に及ぼす EGR の影響について検討を行なった。以下に結果を示す。

- 1) 同一 CO₂ 添加濃度では、雰囲気酸素濃度の減少に伴って最高燃焼圧力は低下する。
- 2) 僅かな CO₂ 添加により、同一酸素濃度では火炎伝播速度は減少する
- 3) 低酸素濃度領域では、CO₂ 添加により火炎伝播速度の減少を抑制することが可能である。

参考文献

- 1) 新岡 嵩・河野 通方・佐藤 順一、燃焼現象の基礎、オーム社出版局、2001
- 2) 高津戸 理恵、五十嵐 哲也、飯田 訓正、“予混合圧縮着火エンジンにおける n-Butane 燃料の自己着火・燃焼過程”、日本機械学会論文集、65-638、B(1999)、261-265.

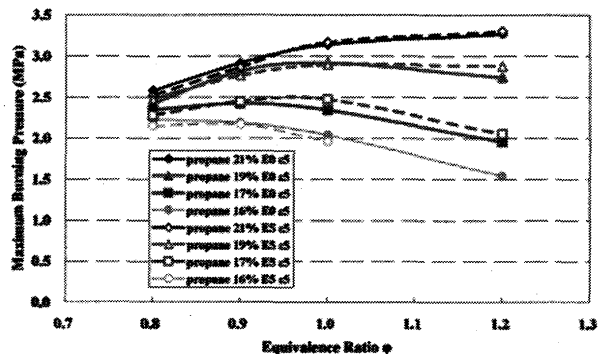


Fig.2 Maximum Burning Pressure

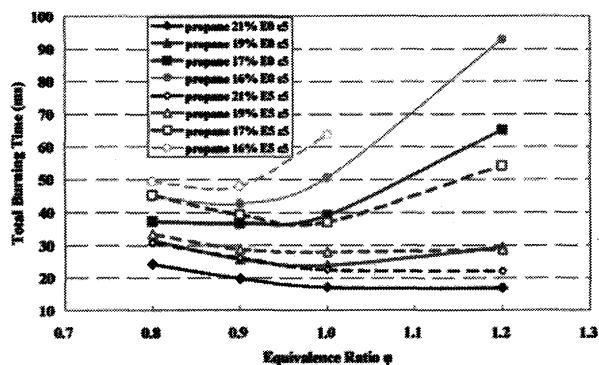


Fig.3 Total Burning Time

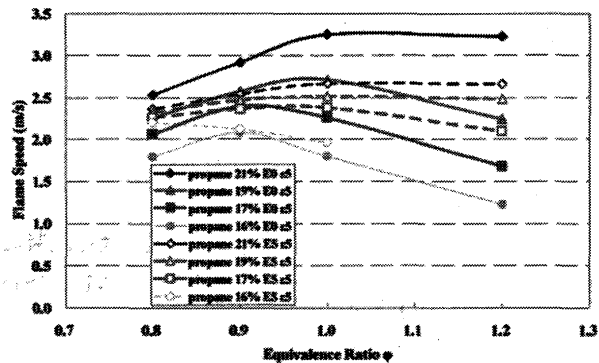


Fig.4 Flame Speed

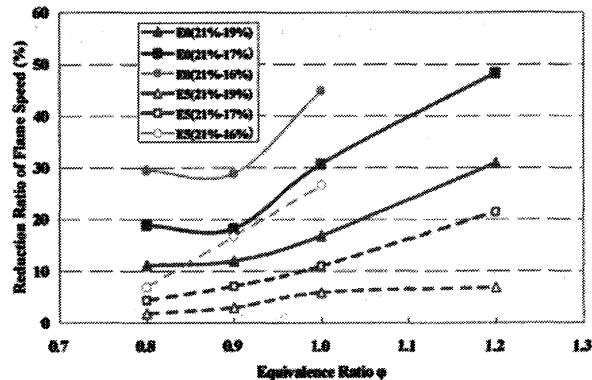


Fig.5 Reduction Ratio of Flame Speed