

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 27 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26820388

研究課題名(和文) 高圧下における微小隙間内消炎現象に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Study on quench distance at high pressure conditions

研究代表者

川内 智詞 (Kawauchi, Satoshi)

国立研究開発法人 海上技術安全研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：20549993

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では高圧霧囲気場を対象として、平行二平板間における消炎現象について調査した。急速圧縮装置を用いて容器内にガスエンジンのシリンダ内条件に相当する高温・高圧場を再現し、容器内に設けられた平行二平板間の隙間内を伝播する火炎の存在の有無を光電子増倍管で計測される発光強度から評価した。燃焼試験の結果から、霧囲気圧力の増加に伴って隙間内に火炎が進入しやすくなることが確認された。

研究成果の概要(英文)：This study investigates the two-plate quench distance at high pressure conditions. The combustion test was carried out using a Rapid Compression Expansion Machine. In order to evaluate the existence of a flame between the two-plate, the light intensity emitted from the flame was detected by means of photo-multipliers. From a series of the combustion tests, it was confirmed that higher pressure conditions enabled the flame to propagate in a narrower gap.

研究分野：内燃機関工学

キーワード：消炎 高圧霧囲気場

1. 研究開始当初の背景

船舶における排出規制の強化に伴い天然ガスを燃料とする希薄予混合ガスエンジンの船舶への適用が検討されているが、予混合気の希薄化によって未反応の燃料がそのまま排出されるメタンスリップが一つの問題として認識されている。天然ガスは、水素含有率が液体燃料と比較して大きいため本来CO₂削減に有効な燃料として期待されているが、燃料中の主成分であるメタンが未反応のまま排出されてしまえばメタンの温暖化係数の高さから、CO₂削減効果が相殺されてしまう。

燃焼室内には微小な隙間部が多数存在しており、消炎によって火炎がその隙間内を伝播することができず、その隙間部の混合気が未反応のままエンジンから排出される。ガスエンジンから未反応のメタンが排出される過程は消炎現象と密接に関係しており、燃焼室内の微小隙間の中でも特にピストンクレピス内からの未反応ガスの流出がメタンスリップの主要因となっている。そのため、ピストンクレピス内の未反応の燃料を減少させることができれば、ガスエンジンからのメタンスリップを大幅に低減することができる。

ピストンクレピス内を火炎が伝播・失火する現象は、平行二平板における消炎現象として考えることができ、関連する研究が古くより行われているが、低圧場や室温条件において調べられていることが多く、開発段階にあるような最近の高出力希薄ガスエンジンのシリンダ内に相当する熱力学条件にて調べられた研究例は依然として少ない状況にある。

2. 研究の目的

以上の研究背景にもとづき、本研究では、希薄ガスエンジンの筒内温度・圧力場に相当する条件下での消炎現象について調べることが目的とした。一般的に消炎距離は、定容器内に微小隙間部を設けて計測されることが多いが、エンジンシリンダ内燃焼条件に相当する高温・高圧雰囲気場を定容器で再現することは困難となる。本研究では、急速圧縮装置を用いることで容器内に高温・高圧場を再現し、平行二平板間の消炎現象について検討した。

3. 研究の方法

実験には、油圧駆動の急速圧縮装置を用いた。実験装置の外観図を図1に示す。本装置のシリンダヘッドに消炎板を取り付けることによって燃焼室内に微小隙間部と隙間内に火炎が伝播したことを検出する測定部を設けた(図2)。隙間幅はスペーサの厚さを変えて調節することが可能となっている。隙間内を通過する火炎の検出には光電子倍增管を用いた。火炎の検出は消炎板に覆われていない箇所と隙間内の2箇所計3点で計測さ

れ、燃焼反応によって生じた発光を光ファイバケーブルで光電子倍增管に伝送した。

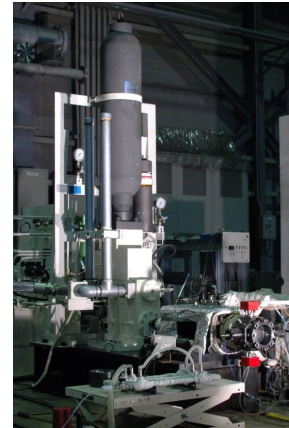


図1 急速圧縮装置外観図

本実験を実施するに際し、予備実験の結果から雰囲気圧力の高い条件では実験で使用する点火プラグを用いて混合気を点火することが困難であることが確認された。そのため予混合気の点火には液体燃料を点火エネルギー源として噴霧する着火方式を採用した。その際、液体燃料噴霧が隙間内に入ること防ぐため、液体燃料の噴射量を装置で設定可能な最小噴射圧力・噴射期間にすることで噴霧の貫徹距離を抑制した。

充填する気体の燃料には、天然ガスの主成分であるメタン(CH₄)を使用した。また、液体燃料には、トリデカン(C₁₃H₂₈)を使用した。

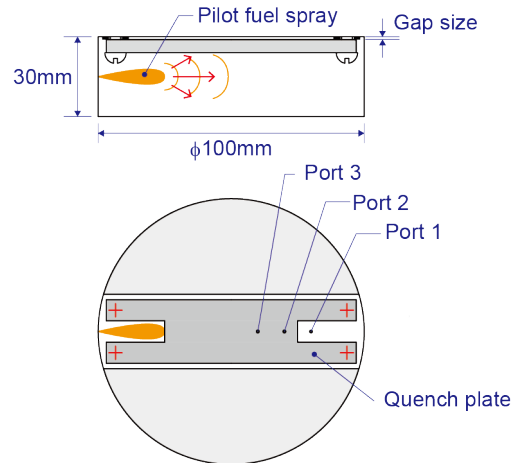


図2 隙間内発光計測装置概要

4. 研究成果

実験結果の一例を図3に示す。図は、当量比0.6、隙間幅0.3mmにおける筒内圧力 P_{cyl} 及び光電子倍增管で計測された発光強度の時間履歴を示したものである。圧縮開始前の混合気の充填圧力はそれぞれ0.16MPa、0.22MPa、0.30MPaであり、それらの各条件に

において燃料噴射開始時における燃焼室内圧力はそれぞれ 3.1, 4.1, 5.6MPa であった。また断熱圧縮によって計算された上死点の温度は各条件で 770K であった。

筒内圧力は着火源として噴射された軽油の着火後に上昇を開始し、それに伴い容器内に充填された予混合気の火炎伝播が進展するため、その後も圧力上昇を続ける。予混合気の燃焼が終了した後、筒内圧力は壁面からの熱損失によって減少に転じる。

消炎板によって覆われていない1番ポートでは、燃焼反応に伴う発光が最初に検知され、その後、消炎板で覆われた2番ポート及び条件によっては3番ポートにおいてもわずかながら発光を示す立ち上がりが確認された。このことから、2番ポート及び条件によっては3番ポートの位置まで火炎が進入していることが示唆される。1番ポートは消炎板によって覆われていないため、発光強度が2番ポート、3番ポートと比較して非常に大きくなっている。各条件に共通して2番ポートに比べて3番ポートの出力値が小さくなっているのは、3番ポートの方が2番ポートに比べて火炎が進入しにくい位置になっていることを表しており、火炎が3番ポートに向かって伝播していく過程において熱が周囲の平板に奪われてしまい反応が抑制されて発光強度が小さくなったためである。

雰囲気圧力が 3.1MPa の条件では、3番ポートの出力値はほとんど確認されない。従って、3番ポート近傍では、火炎がほとんど失火に至っているものと考えられる。一方で、雰囲気圧力の増加に伴い、2, 3番ポートで計測される発光強度は増加しており、3番ポート近傍であっても失火することなく火炎の存在の可能性が示唆される。平行二平板間の消炎距離は、雰囲気圧力の増加に伴い減少することが過去の研究において報告されており⁽¹⁾、本結果が、過去の研究結果と定性的に一致することが確認された。

参考文献

- (1) Correlation of Combustion Data for S.I. Engine Calculations – Laminar Flame Speed, Quench Distance and Global Reaction Rates, George A. Lavoie, SAE Technical Paper 780229, 1978

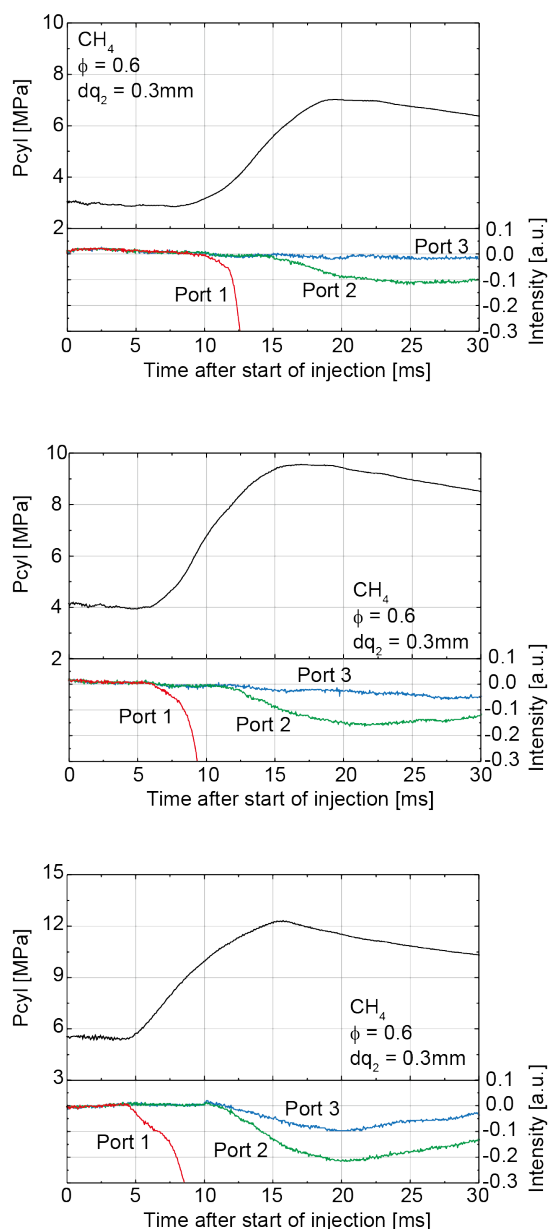


図 3 燃焼室内圧力履歴及び光電子倍增管出力 (上図：3.1MPa, 中図：4.1MPa, 下図：5.6MPa)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
○出願状況(計 0件)

名称：
発明者：

権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：
〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

川内 智詞（Satoshi Kawauchi）

国立研究開発法人 海上技術安全研究所 そ
の他部局等 研究員

研究者番号：20549993