

20214 高湿度・低酸素雰囲気中での希薄側可燃限界における炭化水素-空気混合気の燃焼特性(熱工学(3))

川上, 忠重 / KAWAKAMI, Tadashige / UMEZAWA, Shin / 梅澤, 心

(出版者 / Publisher)

日本機械学会関東支部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 / 日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集

(号 / Number)

12

(開始ページ / Start Page)

401

(終了ページ / End Page)

402

(発行年 / Year)

2006-03-09

20214

高湿度・低酸素雰囲気中での希薄側可燃限界における炭化水素—空気混合気の燃焼特性

The combustion characteristic of hydrocarbon-air mixtures near lean flammability limit

under high humidity and low oxygen concentration

○学 梅澤 心 (法大院) 正 川上 忠重 (法政大)

Shin Umezawa, Faculty of Engineering Hosei University, kajino-cho 3-7-2, Koganei, Tokyo

Tadashige Kawakami, Faculty of Engineering Hosei University, kajino-cho 3-7-2, Koganei, Tokyo

In practical internal combustion engines, where it is very important to achieve the low emissions($\text{CO}_2, \text{NO}_x, \text{SO}_x$). It is well known that the lean burn is very useful method to reduce the emissions by control of flame temperature. Therefore, in this study, at low oxygen concentration high humidity mixture was used for flame temperature reduction. Experiments have been carried out with lean propane-air mixtures to examine the influence of oxygen concentration under high-humidity air and dry air conditions on propagation limit and flame speed in a combustion tube. The experimental results in this study are as follows:(1) The influence of oxygen concentration on flame behavior increases with decreasing oxygen concentration.

(2) The reduction rate of flame speed with humidity for propane-air mixtures were subjected to marked influence of oxygen concentration.

Key Words :Flame speed, Flame propagation limit, High humidity, Low oxygen concentration

1. 緒論

近年、自然環境保護の観点から NO_x などの公害物質がもたらす大気汚染、酸性雨などが環境問題となっている。そのため、地球環境に対する規制は一段と厳しくなり、工業用排煙や内燃機関の排気ガスはもちろん、家庭用各種冷暖房装置の排熱規制が行われている。例えば内燃機関での排出ガス規制には、 NO_x , SO_x 等があり、特に NO_x の低減には、サーマル NO_x の排出量を抑制する手法として、希薄燃焼や EGR (排気ガス再循環) による、火炎温度低減や三元触媒を用いた、後処理手法が多く用いられている。¹⁾しかし、火炎温度低減による手法を用いた場合には、着火性の低下、火炎伝ばの不安定性など機関の出力性能や有効仕事の減少を検討する必要がある。

そこで本研究では、有効仕事を減少させることなく、燃焼生成物を低減させるための指針を得るために、まず手始めとして管内進行火炎を用いて、希薄混合気中に水蒸気を添加し、その火炎挙動を観察することにより検討を行った。併せて、酸素濃度を低下させた際に、 H_2O 添加による H_2OH ラジカル発生効果のそれらに及ぼす影響についても考察を行った。

2. 実験装置及び実験方法

本実験に用いた装置の概略を Fig.1 に示す。本体は主に、燃焼管、点火装置(ニクロム線)、冷却管、電熱器、バッテリー、流量計、タイマー及びスイッチで構成されている。燃焼管は、内径 90mm、全長 330mm の円筒形であり、その内容積は約 1270 cm^3 である。また、冷却管は、内径 50mm、全長 130mm の円筒形で、内部にはガラスビーズを充填させ表面積を増大させることにより、管内を通過する高温蒸気を含んだ気体の温度を室温まで減少させることができる。本実験では、高湿度空気混合気(湿度 20,40,70,90,100%)と、乾燥空気混合気を用いた。当量比 ϕ は 0.6 から、0.1 刻みで希薄側可燃限界まで、酸素濃度は、21vol% から 1vol% 刻みで 17vol% までとした。実験に際して、まず、予め設定した当量比・酸素濃度になるよう、燃料、空気、窒素を燃焼管内に

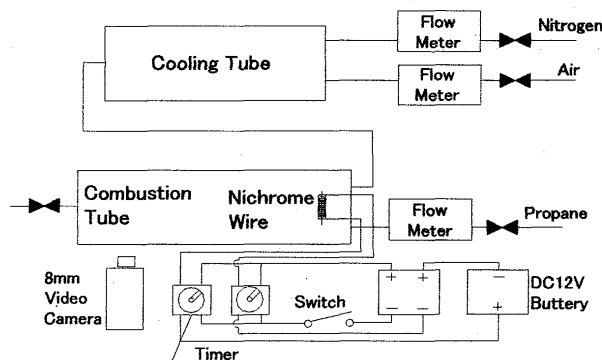
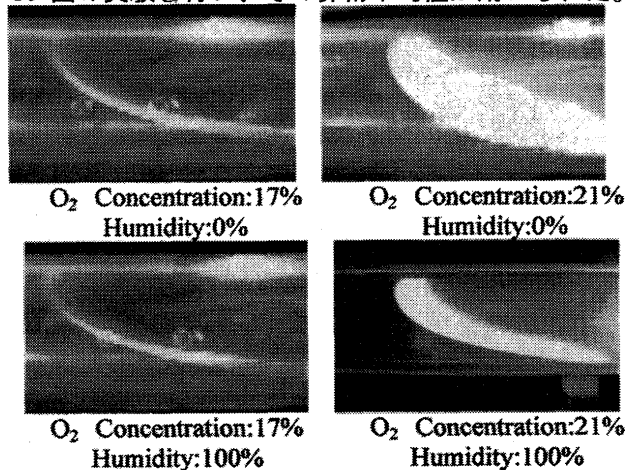


Fig.1 Experimental apparatus

導入する。その後、一定時間(15 分間)分子混合させ、ニクロム線による熱面点火を行い、それにより発生した火炎伝ば挙動を 8mm ビデオカメラにより撮影し、キャプチャーボードを用いて PC にデータとして記録した。その映像から単位時間あたりの移動距離を計測し火炎伝ば速度を算出した。データのプロット点を求める際は、10 回の実験を行い、その算術平均値が用いられた。高

Fig.2 Flame behavior ($\phi=0.6$)

温蒸気作成には、電熱器で予め水を沸騰させ、水蒸気を空気と混合させた後に、冷却管を通してから燃焼管に導入した。実験は、室温・大気圧の下で行われ、使用したプロパンの燃料純度は99.9%である。

3. 実験結果及び考察

Fig.2 に本実験で得られた当量比 $\phi=0.6$ での火炎伝ば挙動の代表例を示す。この図から明らかなように、混合気中に含まれている湿度の割合が同等な場合には、酸素濃度が低い方が火炎発光部輝度に減少が見られる。しかし、同一酸素濃度においては、水蒸気を添加した場合においても、火炎発光部輝度の減少は見られない。これにより、水蒸気を添加した場合よりも、酸素濃度を減少させた場合の方が火炎発光部輝度減少に対する影響が大きいことがわかる。

Fig.3に酸素濃度21vol%における当量比に対する火炎伝ば速度を空気湿度をパラメータとして示す。水分添加(湿度20~100%)及び乾燥空気の場合においても、当量比が減少するにつれ火炎伝ば速度も低下しているのがわかる。ここで、雰囲気酸素濃度21vol%における水蒸気添加を行った場合の、当量比の減少に伴う火炎伝ば速度の減少割合に着目すると、どの当量比においても若干の差異はあるものの、湿度の増加に伴って火炎伝ば速度は低下しており、また希薄側への移行に伴って湿度添加の火炎伝ば速度に及ぼす影響は減少していることがわかる。

つぎに同一当量比での各湿度空気条件における雰囲気酸素濃度の火炎伝ば速度に及ぼす影響を検討するために、Fig.4に当量比 $\phi=0.6$ での各酸素濃度における火炎伝ば速度を空気湿度をパラメータとして示す。この図から明らかなように水分添加・乾燥空気の場合においても、酸素濃度の減少に伴って火炎伝ば速度が低下しているのがわかる。また、各酸素濃度における水分添加・乾燥空気での火炎伝ば速度の差異に着目すると、酸素濃度が低下していくにつれ、水蒸気を添加した際の火炎伝ば速度の低下割合が減少し、酸素濃度19vol%以下では、火炎伝ば速度はほぼ一定値となっている。すなわち、低酸素濃度雰囲気においては、燃焼に及ぼす水蒸気添加の影響による燃焼改善効果は極めて高いことを示している。今後、本領域における水分添加の有効性をさらに検討する予定である。

つぎに低酸素雰囲気中での水分添加によるラジカル発生が火炎伝ば速度に及ぼす影響を検討するため、Fig.5に雰囲気酸素濃度18vol%での各湿度における火炎伝ば速度比を当量比をパラメータとして示す。ここで火炎伝ば速度比とは、同一当量比で得られた各水蒸気添加した場合の火炎伝ば速度を、乾燥空気を用いた場合の火炎伝ば速度で除した値とした。この図から明らかなように、希薄領域において水蒸気添加を行った場合には、最大10%程度の火炎伝ば速度の増大が確認された。これは低酸素雰囲気中において、不足している H_2O ラジカルが水分添加によって発生し、燃焼を促進させたためと考えられるが、今後詳細に検討を行う予定である。

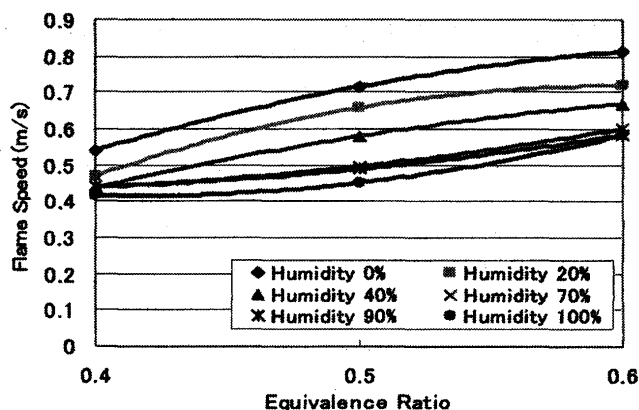


Fig.3 Flame speed (O_2 concentration: 21 vol%)

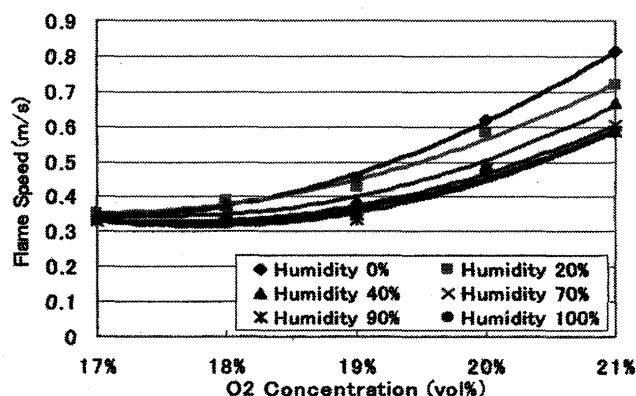


Fig.4 Flame speed (Equivalence ratio: $\phi=0.6$)

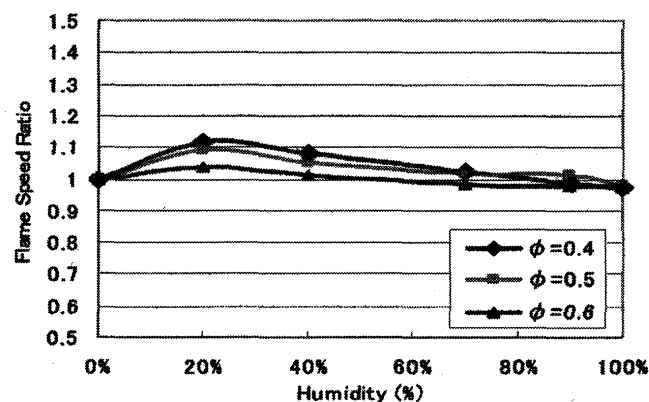


Fig.5 Flame speed ratio (O_2 concentration: 18 vol%)

4. 結論

本研究では、管内進行火炎を用いてプロパン - 空気混合気の燃焼特性に及ぼす、水蒸気・酸素濃度の影響について検討を行った。以下に結果を示す。

1. 可燃限界近傍でのプロパン - 空気混合気を用いた場合の火炎挙動は、雰囲気酸素濃度の減少に強く依存する。
2. 水蒸気を添加した際の火炎伝ば速度の減少割合は雰囲気酸素濃度の減少に伴って低減する。

参考文献

- 1)新岡 嵩、他、燃焼現象の基礎 (2001)

P67-77 株式会社 オーム社