

小型ガソリン機関の高圧縮比化による燃焼生成物低減について

Kondo, Kensuke / 近藤, 謙介

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

58

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2017-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014113>

小型ガソリン機関の高圧縮比化による 燃焼生成物低減について

A REDUCTION OF COMBUSTION PRODUCTS OF A SMALL
GASOLINE ENGINE BY USING THE HIGH COMPRESSION RATIO

近藤謙介

Kensuke KONDO

指導教員 川上忠重

法政大学大学院理工学研究科機械工学専攻修士課程

In recent years, not only advanced countries but also developing countries try to reduce greenhouse effects from view point of a global perspective. Therefore reduction of CO₂ emissions are necessary for all transport section. The eco-car which is good at environment such as electric vehicle and fuel-cell vehicle has been appearing at the moment, however it becomes widespread only for advanced countries. In order to decrease greenhouse gases on a global scale including developing countries, it is effective to improve the gasoline engine as it is a power source of most car and motorbike, and it spreads at the whole world.

This experiment has been carried out to examine the reduction of emissions (NO_x, HC, CO) and the improvement of fuel consumption for small gasoline engine by changing the compression ratio. The main results are as follows;

1) NO_x emissions increase by changing the high compression ratio. 2) HC emissions can possible to reduce by changing the high compression ratio. 3) CO emissions can possible to reduce by changing the high compression ratio. 4) Net fuel consumption monotonically decreases with increasing the compression ratio at same throttle valve openings.

Key Words : 2stroke gasoline engine, Compression ratio, Combustion products, Brake specific fuel consumption

1. 緒論

近年、温室効果ガスの削減に関する取り組みは、先進国のみならず新興国を含め、グローバルな観点で行われている。1992年に採択された京都議定書では先進国のみが温室効果ガスの排出削減を義務付けられていたが、2015年末に採択されたパリ協定では拘束力はないものの、新興国も参加することになり、197カ国・地域が削減目標を設けることで合意した。さらに、昨年モロッコのマラケシュで開かれたCOP22ではパリ協定の詳細ルールを2018年に決めることが採択されるなど、国際社会の温室効果ガスに対する取り組みが進められている。

温室効果ガスの排出量削減を目指し、2013年におけるCO₂の部門別排出量が二番目に多い運輸部門に着目した。このことから、運輸部門における排出量削減は急務であり、新エネルギー利用を含めた燃焼改善に関する指針を明確にする必要がある。環境負荷の低い移動手段として、

EVやFCVをはじめとしたエコカーが台頭しているが、燃料補給のインフラ設備の不足や、価格が高く、航続距離も短いため、先進国の一部でしか普及していない。そこで、新興国も含めたグローバルな観点で温室効果ガスの排出量削減を考える上で、大部分の乗用車や二輪車の動力源であり、全世界的に普及しているガソリン機関に着目した。加えて、ガソリン機関はHVやPHVの主動力源であり、ガソリン機関の性能を向上させることで、これらのエコカーのさらなる燃料消費率の低減にもつながると考えられる。さらにIEAによると、2015年度におけるガソリン機関を動力源とする自動車の普及率は8割以上であり、2050年においてもHVなどを含めたガソリン機関を主動力源とする自動車は半数以上を占めると予測されている。

以上のことから本研究では、ガソリン機関のさらなる高効率化及び燃焼生成物の低減を実現するために、まず手始めとして小型ガソリン機関の高圧縮比化による燃焼

温度の上昇が、燃焼生成物に及ぼす影響について検討を行った。併せて、圧縮比増加による正味燃料消費率の向上効果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。また、供試機関に用いたエンジン(本田技研工業 DIO AF27)の主な諸元を Table 1 に示す。本実験における圧縮比の定義は、シリンダ容積と燃焼室容積の比とし、圧縮比は 9.8, 10.5, 11.0, 11.5 の 4 種類に設定した。ここで、圧縮比の変更は、供試機関の既存のシリンダヘッド(圧縮比 9.8)と、高圧縮比化の処理を施したシリンダヘッド(圧縮比 10.5, 11.0 及び 11.5)を用いることにより行われた。供試燃料はレギュラーガソリン(RON89 以上)を使用した。動力の測定にはシャーシダイナモメーター(FC デザイン DA3HR)を用いた。排気ガスの測定には自動車排気ガス分析器(リエロ・ジャパン Auto5-1)を使用した。絞り弁開度は低開度では、機関出力が低いため測定できず、また、高开度ではシャーシダイナモメーターの最大制動出力である 3kW を超過してしまうため、中程度の開度である 40%, 50%, 60% の 3 つに設定した。

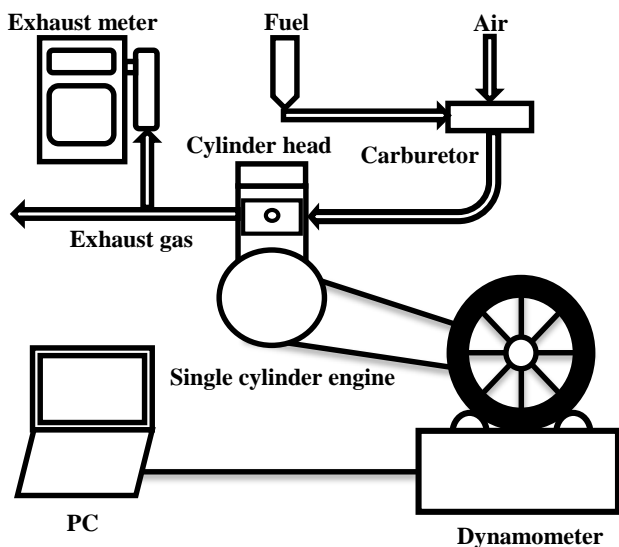


Fig.1 Experimental device

Table 1 Engine specifications

Engine type	2stroke cycle
Cylinder	Single cylinder
Ignition system	Spark ignition
Cooling system	Air cooling
Bore×Stroke	39.0mm×41.4mm
Displacement	49cc
Compression ratio	9.8, 10.5, 11.0, 11.5
Maximum output	6.8PS/7000rpm
Maximum torque	0.73kg-m/6500rpm

本実験では、4 種類の圧縮比における、各絞り弁開度での軸出力、燃料消費量、燃焼生成物(O₂, NO_x, CO₂, HC, CO)及び空気過剰率を測定した。なお、本供試機関は空冷式のため、運転時は送風機で強制冷却した。また、各々の実験の間に供試機関をアイドリング状態で 20 分程度冷却させてから、次の実験を行った。

3. 実験結果及び考察

Fig.2 に絞り弁開度に対する O₂ 排出濃度を、圧縮比をパラメータとして示す。この図から明らかなように実験条件によって O₂ 排出濃度が異なるため、それぞれの排気ガスに対して東京都環境局に基づき O₂=0%換算を行った。O₂=0%換算の式を(1)に示す^[1]。

$$C = \frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_s \quad (1)$$

ここで、C : O₂ 換算した排気ガス濃度

(NO_x[ppm], CO₂[vol%], HC[ppm], CO[vol%])

O_n : 施設ごとの標準酸素濃度(O₂=0%)

O_s : 排気ガス中の酸素濃度

C_s : 測定した排気ガス濃度

(NO_x[ppm], CO₂[vol%], HC[ppm], CO[vol%])

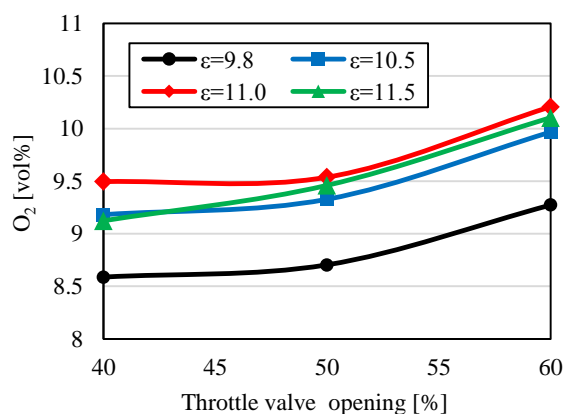


Fig.2 O₂ emission

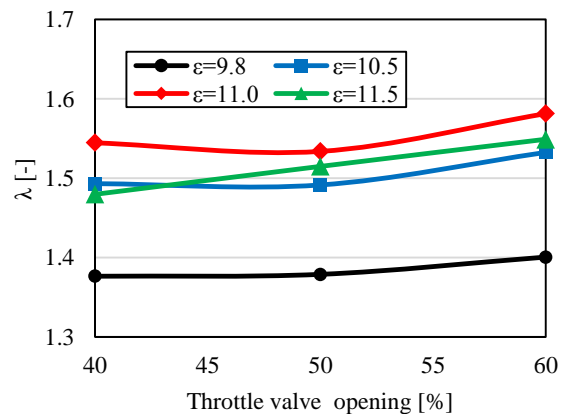


Fig.3 Excess air ratio

Fig.3 に絞り弁開度に対する空気過剰率を、圧縮比をパラメータとして示す。同一圧縮比における絞り弁開度増大の影響に着目すると、絞り弁開度の増大に伴い空気過剰率が増加する傾向が確認された。すなわち絞り弁開度の増大に伴い空気過剰率が上昇し、それにより本実験範囲内での空燃比が理論空燃比側から希薄側へ移行している。これは絞り弁開度の増大に伴い吸入空気量が増加した為、空気過剰率が増加したと考えられる。

Fig.4 に絞り弁開度に対する NOx 排出量を、圧縮比をパラメータとして示す。絞り弁開度の増大に伴い、同一圧縮比においては、標準圧縮比 $\epsilon=9.8$ を除いて NOx 排出濃度の減少傾向が確認された。これは Fig.3 より、空気過剰率が増加し空燃比が理論空燃比から希薄側へ移行した為と考えられる^[2]。また、いずれの絞り弁開度においても圧縮比の増大に伴い、NOx 排出濃度が増加した。これは高圧縮比化による燃焼温度の上昇が、火花点火エンジンにおける NOx 発生の主要原因である、サーマル NOx の発生を増加させたことに起因する為と考えられる^[3]。

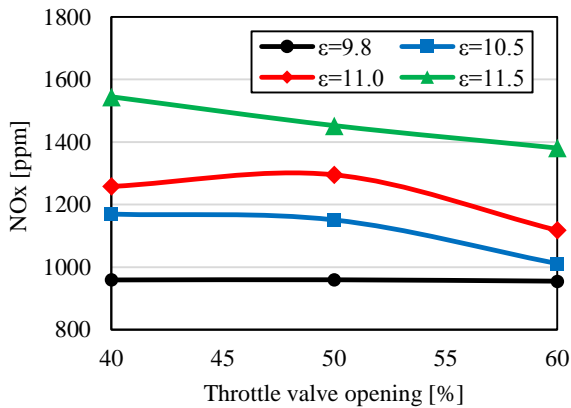


Fig.4 NOx emission

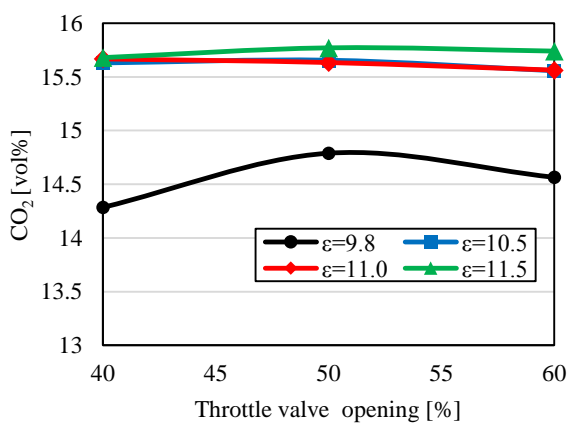


Fig.5 CO2 emission

Fig.5 に絞り弁開度に対する CO2 排出濃度を、圧縮比をパラメータとして示す。ほぼ全ての絞り弁開度において圧縮比の増大に伴い CO2 排出濃度が増加した。これは Fig.4 より、高圧縮比化により燃焼温度が上昇し、それにより完全燃焼が促進された為と考えられる。

Fig.6 に絞り弁開度に対する HC 排出濃度を、圧縮比をパラメータとして示す。この図から明らかなように、全ての圧縮比において絞り弁開度の増大に伴い HC 排出濃度が増加した。これは Fig.3 より、空燃比が理論空燃比側から希薄側へ移行した為と考えられる。また、圧縮比に着目すると、圧縮比 9.8 から 11.0 の間では、圧縮比の増大に伴い HC 排出濃度が若干ではあるが減少した。これは Fig.5 より、圧縮比の増大に伴い燃焼温度が上昇し、完全燃焼割合が増加した為だと考えられる。但し、本実験範囲内では、圧縮比 11.5 における HC 排出濃度は増加する結果となった。今後、特に HC 排出濃度に及ぼす高圧縮比化の影響について、詳細な検討を行う予定である。

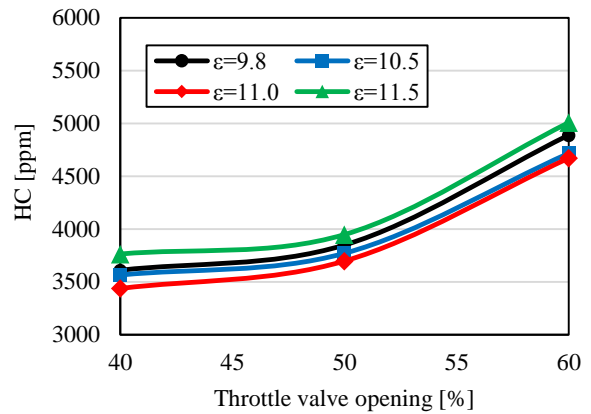


Fig.6 HC emission

Fig.7 に絞り弁開度に対する CO 排出濃度を、圧縮比をパラメータとして示す。ほぼ全ての絞り弁開度において圧縮比の増大に伴い CO 排出濃度の減少傾向が確認された。これは Fig.5 より、圧縮比増大に起因する燃焼温度の上昇が、完全燃焼割合を増加させた為と考えられる。

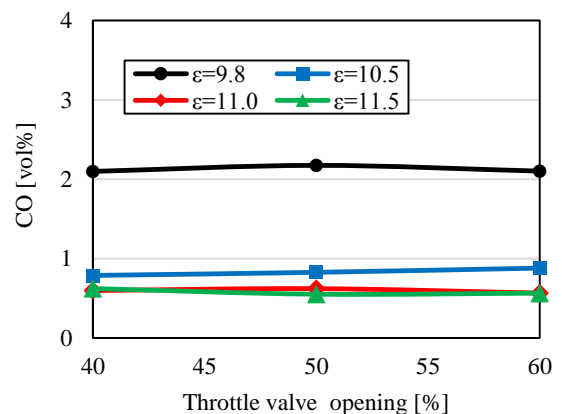


Fig.7 CO emission

Fig.8 に絞り弁開度に対する正味燃料消費率を、圧縮比をパラメータとして示す。ほぼ全ての圧縮比において絞り弁開度の増大に伴い正味燃料消費率が増加した。これは Fig.3 より、空燃比が理論空燃比から希薄側へ移行した為と考えられる^[4]。また、いずれの絞り弁開度においても

圧縮比の増大に伴い正味燃料消費率が減少した。これは高圧縮比化により正味熱効率が向上し、それに伴い正味燃料消費率が減少した為と考えられる。

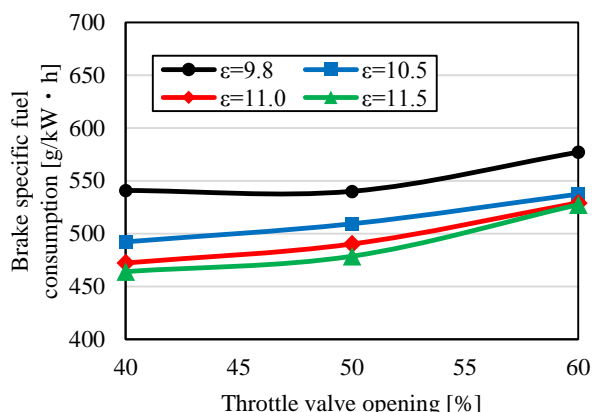


Fig.8 Brake specific fuel consumption

Fig.8 での同一絞り弁開度において、圧縮比の増加に伴う正味燃料消費率の減少効果が若干低下する傾向が観察された。この正味燃料消費率の減少割合を評価するために、減少率による検討を行った。正味燃料消費率の減少割合の算出式を(2)に、減少率を Fig.9 に、それぞれ示す。

$$\Delta B = \frac{B_{\varepsilon_{i+1}} - B_{\varepsilon_i}}{B_{\varepsilon_i}} \times 100 \quad (2)$$

ここで、B：正味燃料消費率

ε_i ：圧縮比($\varepsilon_1=9.8, \varepsilon_2=10.5, \varepsilon_3=11.0, \varepsilon_4=11.5$)
($i=1, 2, 3$)

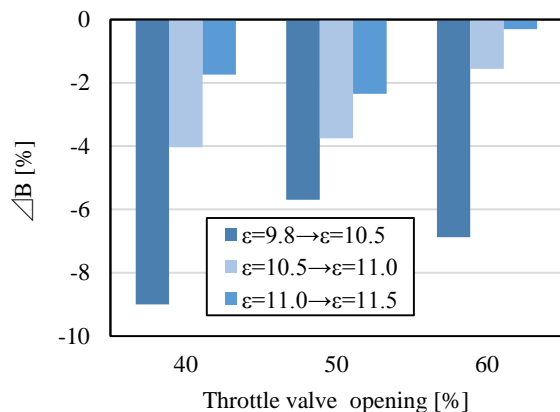


Fig.9 Rate of decrease

この図から明らかなように、圧縮比 9.8 から 10.5 へ高圧縮比化した場合の正味燃料消費率の減少効果が最も高い結果となり、圧縮比 11.0 から 11.5 へ高圧縮比化した場合が最も低い結果となった。これは圧縮比が高いほど、圧縮比増加による熱効率は向上するが、同時に燃焼温度上昇に起因する冷却損失が増加した為、正味燃料消費率の低減効果が減少した為と考えられる^{[5][6]}。

4. 結論

本研究では、ガソリン機関の圧縮比を 9.8 から 10.5, 11.0, 11.5 と高圧縮比化させることによる、燃焼生成物の発生に及ぼす影響、及び正味燃料消費率の向上効果について検討を行った。以下に結果を示す。

- (1) 小型ガソリン機関の高圧縮比化により、NOx 排出濃度は増加する。
- (2) 小型ガソリン機関の高圧縮比化により、HC 排出濃度の低減が可能である。
- (3) 小型ガソリン機関の高圧縮比化により、CO 排出濃度の低減が可能である。
- (4) 正味燃料消費率は、高圧縮比化に伴い同一絞り弁開度においては単調に減少する。

謝辞：本研究を進めるにあたり御指導、御鞭撻していただきました、川上忠重教授に深く感謝し、お礼申し上げます。また、研究活動を行う際に御協力いただいたエネルギー変換工学研究室の皆様、ワークショップの皆様、ムサシノホンダサービス様にも深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 環境省、大気汚染防止法の概要
<http://www.kankyo.pref.osaka.jp/ems/file/ha.pdf>
- 2) 田坂英紀、内燃機関、(2005)、p185-186
- 3) 近藤謙介・川上忠重、関東支部第 22 期総会・講演会論文集、GS0701(2016)
- 4) 村山正・常本秀幸、自動車エンジン工学[第 2 版]、(2009)、p64
- 5) 近藤謙介・川上忠重、山梨講演会論文集、458(2016)
- 6) 後藤 俊介・他 6 名、日本機械学会論文集 B 編、79-807(2013)、2467