

平成22年 4月30日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）  
 研究期間：2008 ～ 2009  
 課題番号：20860075  
 研究課題名（和文） 次世代燃料の物理・化学的特性を活用する新たな低エミッション・高効率燃焼法の構築  
 研究課題名（英文） Combustion Control Method for Low Emissions and High Efficiency Using Physical and Chemical Characteristics of Next-Generation Fuels  
 研究代表者  
 小橋 好充（YOSHIMITSU KOBASHI）  
 金沢工業大学・工学部・講師  
 研究者番号：80469072

研究成果の概要（和文）：内燃機関のさらなる低エミッション・高効率化を目的に、次世代燃料の諸特性を効果的に利用する新規圧縮着火燃焼法を提案した。自己着火性・蒸発性が互いに異なる二成分を混合した燃料を圧縮行程の比較的早期に直接噴射することで、両成分が分離し、燃焼室内各所の混合気の着火開始時期に差が生じる。この現象により、燃焼の進行度合を制御し騒音の発生を回避すると共に、粒子状物質と窒素酸化物排出が少ない高効率燃焼を実現できる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：To reduce exhaust emissions and increase thermal efficiency in internal combustion engines, the present researcher proposed a novel method using physical and chemical characteristics of alternative fuels. Experimental and numerical studies show that mixed fuels, which consists two components have difference in ignitability and volatility, achieve less PM and NO<sub>x</sub> emissions while controlling combustion rate and keeping high thermal efficiency.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,330,000	399,000	1,729,000
2009年度	1,160,000	348,000	1,508,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,490,000	747,000	3,237,000

研究分野：内燃機関，燃焼工学

科研費の分科・細目：機械工学・熱工学

キーワード：環境対応，二酸化炭素排出低減，圧縮着火燃焼，次世代燃料，混合燃料

## 1. 研究開始当初の背景

地球環境問題，エネルギー安全保障の確立およびエネルギー有効利用策として，非定常噴霧の燃焼を利用する熱機関においては，多種多様な次世代燃料が導入されつつある。しかし，現状のその利用形態は物理・化学的

質が類似する既存燃料との混合がほとんどであり，両性質の多様性に富む次世代燃料を燃焼制御に利用する試みは少ない。

## 2. 研究の目的

上記1のような状況に対し，本研究者は物

理・化学的性質が異なる既存燃料と次世代燃料あるいは次世代燃料同士を混合し、それら燃料自身の特性を有効に利用する噴霧燃焼制御法を構築する。

とりわけ、本研究期間内においては、超低エミッション・高効率燃焼法として期待される予混合圧縮着火燃焼法の課題、すなわち、急峻な燃焼進行度の抑制と超低エミッションを両立し得る方法を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1) 上記の目的を達成するため、沸点(物理的特性)の異なる二種混合燃料の噴霧内において、両燃料が空間的に分離する現象を利用する。それが最も顕著となる条件を、独自に開発した多成分燃料噴霧のシミュレーションコードを用いて理論的に解析した。

(2) (1)に加え、空間的に分離した燃料の着火性(化学的特性)が異なる場合を想定し、燃焼室内におけるこれら二燃料の混合気濃度が燃焼・排気特性に及ぼす影響を実験的に明らかにした。実験には吸気管噴射と筒内直接噴射が可能な二つの燃料噴射装置を備えた単気筒機関を用い、着火性の異なる二燃料をそれぞれの燃料噴射装置から個別に供給した。これにより、容易に両者の混合気濃度を実験変数とした。なお、燃料には蒸発性が類似するものの着火性が大きく異なる n-ヘプタンと i-オクタンを用いた。

### 4. 研究成果

(1) 二種混合燃料の噴霧をシミュレートした結果を図1に示す。本図では、燃料の噴射時期を変数としている。燃料噴射を圧縮行程の早期に行うことで、両燃料の形成する比較

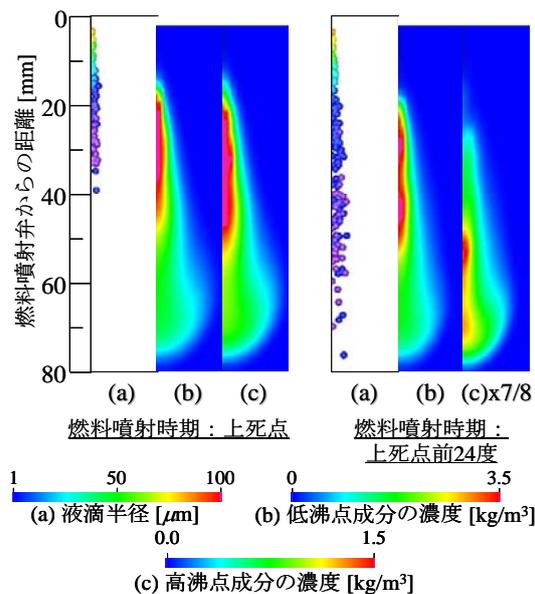
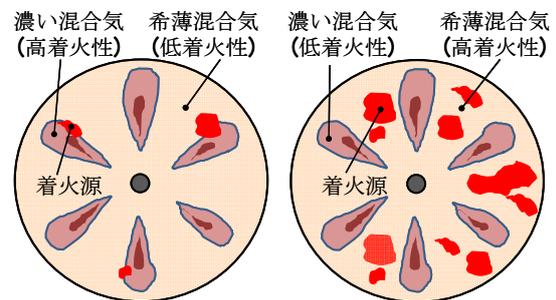


図1 二種混合燃料噴霧の数値シミュレーション画像(燃料噴射時期を変化させた場合)

的濃い蒸気が空間的に分離され易いことがわかった。このことは、早期な燃料噴射を伴う予混合圧縮着火燃焼法において、本研究者の意図する蒸気濃度分布が容易に得られることを指し示している。

また、これとは別に、種々の燃料に対しシミュレーションを実施した結果、二燃料の沸点差が大きいほど、両者の蒸気が空間的に著しく分離することを明らかにした。

(2) 実機関実験においては、燃料の噴射条件を変化させることで、図2のように(a)高着火性燃料が濃い混合気を形成し、それが着火源となる条件と(b)高着火性成分が希薄混合気を形成し、それが着火源となる条件を設定した。



(a) 濃い混合気からの着火 (b) 希薄混合気からの着火

図2 実機関実験において設定した燃料分布と燃料着火性の模式図

図2の(a),(b)それぞれにおいて直接噴射時期を変化させた。得られた熱発生率履歴を図3に示す。図3において、上段が図2の(a)に該当し、下段が図2の(b)に該当する。図3の上段(a)においては、先に着火した濃い混合気が希薄混合気の燃焼を促すため、直接噴射の時期に応じて主燃焼の時期が大きく変化する。一方、図3の下段(a)においては、希薄混合気が着火し、その燃焼により濃い混合気が着火に至らしめられる。そのため、直接噴射された燃料は希薄混合気の着火以降に燃焼を開始することになる。着火時期の制御性は(a)が高いものの、(b)も希薄混合気の供給量を変化することで着火時期制御は可能である。ところで、ここで特筆すべきは熱発生率のピーク値の差異であり、ほとんどの直接噴射時期に対し、その値は(b)ほど低い。換言すれば、(b)の方式ほど緩慢な燃焼を実現可能である。

窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )、燃焼効率および圧力上昇率の関係を図4に示す。なお、全実験条件において粒子状物質(PM)は検出レベル以下であったため、図示していない。

最大圧力上昇率は燃焼室全域で見た燃焼速度を示し、その値が高いほど燃焼が急峻なことを意味する。濃い混合気から着火する条

件において、この最大圧力上昇率と  $\text{NO}_x$  排出濃度を低減する条件では、同時に燃焼効率が低下し、燃焼の悪化を招いた(青色の菱形で示す実験点)。一方、希薄混合気から着火する条件においては低い圧力上昇率、すなわち緩慢な燃焼になると同時に低  $\text{NO}_x$  且つ高燃焼効率な燃焼が実現されることを明らかにした(赤色の三角で示す実験点)。

(3) 以上のことから、本研究期間内に実験した運転負荷において二種混合燃料を用いる場合、高着火性成分を希薄に分布させ、低着火性成分が比較的濃い混合気を形成する噴射条件において、良好な燃焼が得られることを示した。

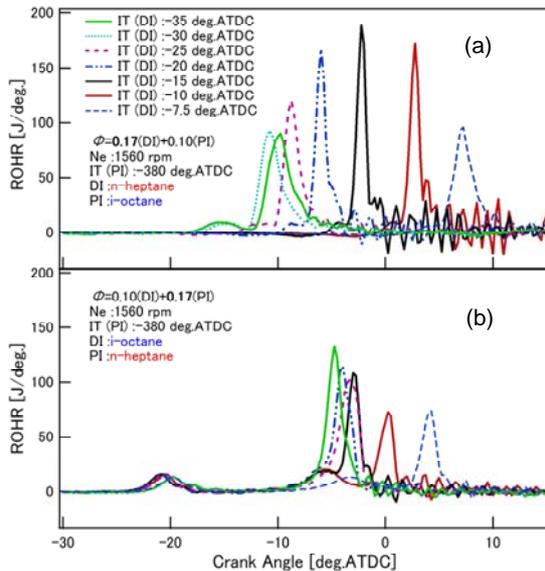


図3 各実験条件における熱発生率履歴  
 —総括当量比 0.27 において実験  
 —上段が図2の(a)に該当  
 —下段が図2の(b)に該当  
 —線の違いは直接噴射時期を意味

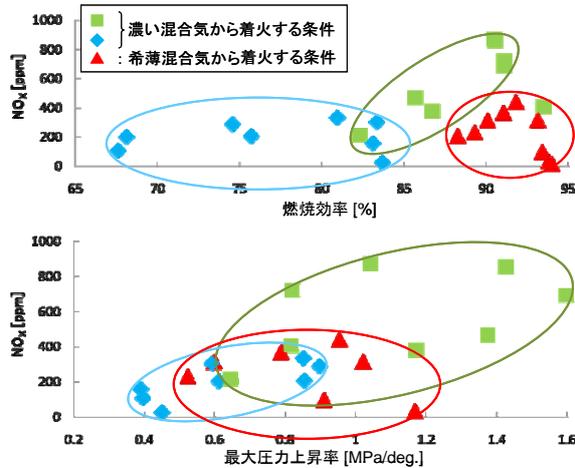


図3 各実験条件における窒素酸化物、燃焼効率および圧力上昇率の関係(総括当量比 0.27 において実験)

## 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3件)

① 田中大二郎, 小橋好充, 加藤聰, 二段燃料噴射における低温酸化反応と濃度不均一性がPCCI燃焼に与える影響, 日本機械学会 北陸信越支部 第47期総会・講演会 講演論文集, pp.347-348, 2010, 査読: 無

② 藤森健太, 小橋好充, 加藤聰, 千田二郎, 多成分燃料噴霧内における時空間的な成分および濃度の分離現象を用いた燃焼制御法に関する研究, 第18回微粒化シンポジウム・講演論文集, pp.182-186, 2009, 査読: 無

③ Yoshimitsu Kobashi and Jiro Senda, Feasible Study of Spray and Combustion Control Using Dual Component Fuel Based on Multicomponent Spray Model, Proceedings of 11th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, pp.1-6, 2009, 査読: 有

[学会発表] (計3件)

① 田中大二郎, 二段燃料噴射における低温酸化反応と濃度不均一性が PCCI 燃焼に与える影響, 日本機械学会 北陸信越支部 第47期総会・講演会, 2010年3月10日, 新潟大学(新潟県)

② 藤森健太, 多成分燃料噴霧内における時空間的な成分および濃度の分離現象を用いた燃焼制御法に関する研究, 第18回微粒化シンポジウム, 2009年12月18日, 九州大学(福岡県)

③ Yoshimitsu Kobashi, Feasible Study of Spray and Combustion Control Using Dual Component Fuel Based on Multicomponent Spray Model, 11th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, 2009年7月30日, コロラド(米国)

[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

<http://www2.kanazawa-it.ac.jp/motore/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小橋 好充 (YOSHIMITSU KOBASHI)

金沢工業大学・工学部・講師

研究者番号：80469072