

異種燃料のブレンドによる予混合圧縮着火燃焼の制御

1. はじめに

内燃機関における燃焼制御技術はガソリン・ディーゼル両機関の長所を融合することで、著しく発展してきた。近年の最たる例が、高効率・クリーン燃焼として知られる予混合圧縮着火 (Premixed Charge Compression Ignition, 以下 PCCI) 燃焼法である。ところで、元来、両機関の根本的な差異はそれらの着火・燃料供給方式にあり、これは使用燃料の着火性と揮発性に規定されるものである。しかし、上の技術融合の現状を踏まえれば、すでに燃料特性による明確な区分は必要なく、機関仕様・燃焼法に応じた最適な燃料を供することこそが肝要である。

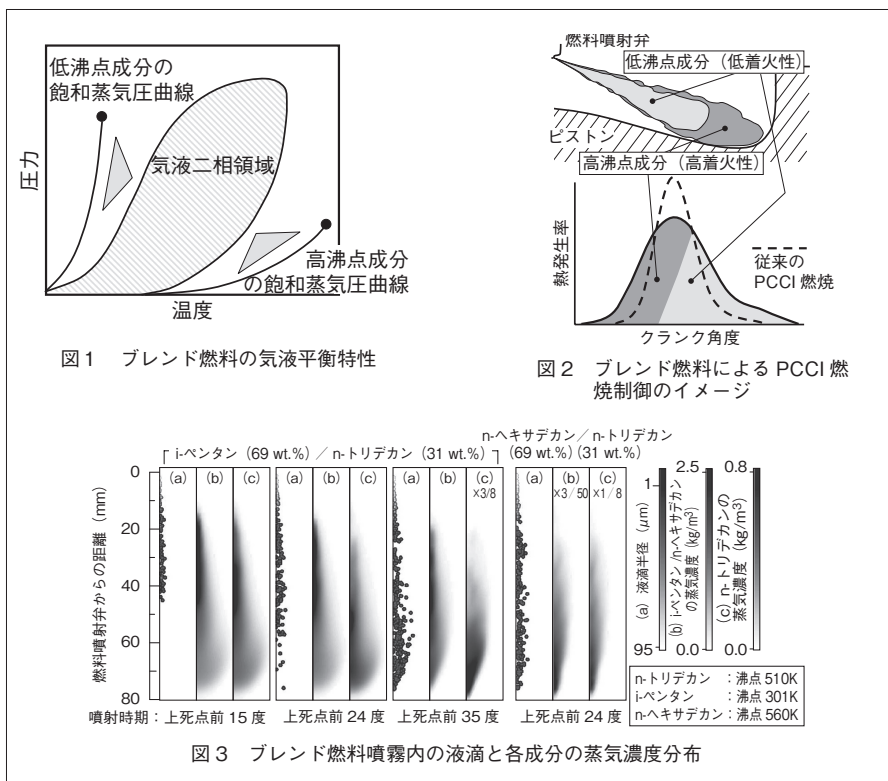
いっぽう、ガソリンと軽油のように特性の異なる 2 燃料をブレンドした燃料は、双方の特性を兼ね備えることになる⁽¹⁾。PCCI 機関はガソリンとディーゼル両機関の特徴を混成したものであるから、本機関にはこのようなブレンド燃料が適すると考えられる。そこで、本稿では PCCI 燃焼が有する課題に触れ、ブレンド燃料による改善の指針と可能性について述べる。

2. PCCI 燃焼法の課題

PCCI 燃焼法は圧縮上死点を迎える充分早い時期に燃料供給を行うことで、均一度の高い燃料-空気の混合気を燃焼室内に分布させ、NO_x と soot の生成を回避するとともに、圧縮自己着火の実現により高圧縮比化、すなわち高熱効率化を可能にするものである。しかし、軽油のように自己着火しやすい反面、揮発性に乏しい燃料では、燃焼室各所の壁面に燃料が付着するなどして、このような混合気の形成が難しい。また、多点同時的な混合気の着火が急速燃焼を引き起こし、実用運転範囲が制限されることが本質的かつ重大な課題である。

3. ブレンド燃料による燃焼制御

一般に炭化水素は、分子中の炭素数が多いほど着火性に優れる反面、揮発性が低い。このような成分に低炭素数成分を混合すると、その高い揮発性が高炭素数成分のそれを補う。すなわち、図 1 の圧力-温度線図に示すように、両成分の混合に伴う気液二相領域の形成により、高炭素数成分の飽和蒸気圧曲線が低温・高圧側へシフトす



る。ただし、実際の燃料噴霧内においては、揮発性の高い成分がその上流から迅速に蒸発を始めるのに対し、低揮発性成分は比較的長く液滴内に残り、下流において高濃度の蒸気を形成する。

本研究はこのブレンド燃料の特性を積極的に燃焼制御へ応用するものである。すなわち、図 2 のように、着火性の異なる 2 成分が空間的に分離することを利用し、おのおのの成分を異なる時間に着火に至らしめることで、PCCI 燃焼における燃焼の進行度合を制御する。類似研究として、吸気管噴射と筒内直接噴射の併用により燃焼室内に異着火性燃料を成層分布させ、緩慢な PCCI 燃焼を実現した例がある⁽²⁾が、筆者らの手法は単一の燃料噴射弁によりこれを実現する。

図 3 はこの可能性を検証するため、独自に構築した多成分燃料噴霧モデルを用いて数値解析を行った結果である。高揮発性の i-ペンタンを n-トリデカンにブレンドした場合、燃料噴霧の軸方向において両成分の蒸気形成位置に差が生じ、とくにそれは、燃料噴射が圧縮行程の早い時期に行われるほど顕著となる。したがって、ブレンド燃料は、早期噴射を伴う PCCI 燃焼にお

いて、狙いとする 2 成分の成層分布を実現するものと期待される。また、低揮発性の n-ヘキサデカンをブレンドした場合と比較すれば、高揮発性成分の混合は低揮発性成分の蒸発を促すことが明白であり、このことが未蒸発燃料の燃焼室壁面への付着とそれに伴う燃焼の悪化を回避し得る。

4. おわりに

燃料の物理・化学的特性は燃焼現象の重要な制御因子と考えている。地球環境問題やエネルギーセキュリティの観点から内燃機関用燃料においても変革が求められる昨今、ここに示した考えがその技術の進展に少しでも貢献できれば幸いである。

(原稿受付 2009 年 8 月 17 日)

[小橋好充 金沢工業大学]

●文献

- (1) 千田二郎・川野大輔・堀田 勇・川上和也・藤本 元, 低エミッション・燃焼制御のための燃料設計コンセプト, 自動車技術会論文集, 31-2 (2000), 11-16.
- (2) 稲垣和久・冬頭孝之・西川一明・中北清己・阪田一郎, 2 燃料成層着火による高効率 PCCI 燃焼 (第 1 報) - EGR レス PCCI 制御の実験的研究 -, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.92-05 (2005), 1-6.