

# 羽黒高校生が取り組むマイクロバブル技術の新しい応用と展開 ～マイクロバブル導入による燃料の燃焼効率改善とその可能性～

○佐藤 嘉\*・齋藤 豊\*・鈴木 恭矢\*

石川 修一\*\*・加田 謙一郎\*\*\*

(羽黒高等学校\*・(有)石川酒店\*\*・鶴岡高専創造工学科\*\*\*)

## 1. 背景および目的

エネルギー大量消費社会にある現代において、主力となる熱エネルギー源を利用した動力機関は、生み出すエネルギーの扱いやすさや利便性から、自動車や船舶、飛行機などあらゆる内燃、外燃機関として普及しており、これらは文明の目覚ましい発展に寄与し、著しい工業化の進歩に貢献してきたことは疑う余地がない。しかし機関の大半は化石燃料の燃焼を伴うために、燃焼によって生み出される大気汚染物質（PM2.5、NOx など）の排出量規制や、京都議定書における温室効果ガス（CO<sub>2</sub> など）削減については、取り組むべき国際的課題として急務である。元来日本はエネルギー資源が僅かでありながらもエネルギー利用の高効率化に邁進し、世界的レベルでの技術開発を牽引してきた。最近では、バイオ燃料やメタンハイドレートなど次世代燃料の開発と、それらを利用したバイオディーゼル車、燃料電池車（FCV）、水素エンジンなどの報道が盛んに取り沙汰される。時代の流れは低燃費化、つまりはエネルギー利用における質の向上を目指すことであって、燃料と動力機関の技術開発は日々進化し続けている。今日、利用分野が多岐に渡るマイクロバブル（以下、MB）技術は、燃料分野での応用も期待されている。

本研究では、低コストでサイズが任意、小型軽量化が可能な「旋回式気液せん断方式」の発生器に着目し、その使用法と各々の燃料に対する MB の影響を簡易的に調査することを目的とする。

## 2. 実験方法

旋回式気液せん断方式による発生器（特許；第4621796号）を用いて、燃料に MB を導入した。実験には同型のアルコールランプ2つと灯油バーナーを用いた。市販のエタノール（純度 99.5 %）に発生器を用いて MB を導入した後、アルコールランプ容器に移し替えて着火し、MB 有無による燃焼状態を比較視認した。灯油バーナーの燃料には、灯油のみ、灯油+MB、灯油+水+MB の3種類を用いた。灯油と水の割合は、約 9:1 とした。灯油バーナーの燃焼実験において、放射温度計による温度測定を行った。

## 3. 実験結果および考察

図1では、アルコールランプの燃焼実験において、左側は MB を導入したもの、右側は通常のエタノールでの燃焼状態を示す。MB 入りでは炎が大きく、燃焼に明らかな差が見られる。炎の大きさは芯材の形状や太さに依存し、毛細管現象による燃料の供給量が関係する。今回は同型の芯材を使用しているため、MB（空気）の有無が炎の大きさに直接影響し、燃焼効率の改善に寄与していると考えられる。また炎の大きさが大小に時折変化するが、これは予め導入した MB が芯材を通過する際にろ過されるためである。つまりは、燃料と MB を混合した瞬間に燃焼させたほうが、完全燃焼により近い状態を生み

出せる可能性が高い。図 2 に、MB 発生器を用いて灯油と水を混合攪拌した状態を示す。白い乳化層ができており、水と油が混在している状態を表す。これより短時間でエマルジョン（乳化）燃料の生成が可能であることが示唆される。図 3 に各種燃料における、灯油バーナーでの燃焼比較実験の結果を示す。火炎色の違いはほとんど見られないが、中央の MB 入り燃料が、フレーム（炎）の勢いがよく柱の大きさも太く短い。右に示すエマルジョン燃料では、他の燃料と同等に着火が可能であり、フレーム外炎には水蒸気爆発燃焼特有の火花が確認された。放射温度計にて比較すると、相対的に MB 入り燃料が 2~3 割ほど高い温度を示す。エマルジョン燃料では灯油のみの場合と同等かそれよりも低い温度を示した。図 4 に当量比と燃焼温度の関係を示す 1)。燃焼において、温度が高いと完全燃焼しやすい状態となるが NOx の生成につながる。一方で燃料が多く酸素が少ない不完全燃焼下では煤が発生する。MB（空気）を導入したことで燃焼が促進され、さらに水を混ぜることは、燃料の絶対量を抑えられることによる CO<sub>2</sub> 削減と、さらには完全燃焼時の温度を低下させることで、PM<sub>2.5</sub>、NOx などの大気汚染物質の大幅な削減が見込まれる。さらに MB 発生器自体をエンジン周りのインジェクターとして応用すれば、従来の燃焼設計に拘らない新手法での、より最適な混合気を生み出せる可能性がある。発生器の構造上、燃料の噴射とともに気体（空気）の自給や調整が可能であるため、EGR や高過給などの各システムとの組み合わせやダウンサイジングで、従来よりも遥かに低燃費化が進むと予想される。ディーゼル・直噴エンジンとの相性がよく、既存のエンジンではノッキング防止として燃料を薄くするなどの対策が必要である。バイフューエル車、ロータリーエンジンなどへの応用も考えられる。低コストで作製が可能なおことから、すべての内燃・外燃機関への応用が期待されることを言及するに留める。

#### 4. 結論

マイクロバブルを導入した各種燃料において、燃

焼効率の改善が見られた。また、油と水を混合したエマルジョン燃料が生成可能であり、これらは燃焼時に完全燃焼温度を下げることから、燃焼に伴う PM<sub>2.5</sub>、NOx などの大気汚染物質を減らすことができる可能性がある。



図-1 アルコールランプの燃焼比較



図-2 発生器の使用による灯油と水の乳化作用



図-3 フレームの状態と温度測定結果

左：灯油のみ（302℃）、中央：灯油+MB（385℃）、  
右：灯油+水+MB（257℃）

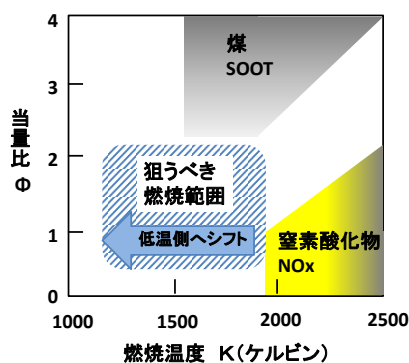


図-4 当量比と燃焼温度の関係

#### 参考文献

- 1) 畑村耕一 最新！自動車エンジン技術がわかる本、ナツメ社、pp.52-53, 2014