

音を作用させた燃焼

1. はじめに

「燃焼」と「音」の関係は、古くから着目されてきたトピックである。ここでは、「音を積極的に作用させて燃焼を改善」する近年の試みを紹介する。

従来、燃焼と音に関連した研究は、たとえば予混合型ガスタービン燃焼器での燃焼振動と音の関係を調査したものの⁽¹⁾や、ディーゼルエンジンの燃料噴射性状と燃焼音との関係を調査したものの⁽²⁾など、主に燃焼によって発生した音を抑制するための取り組みが多い。また火災によって発生した圧力変動(音)から火災感知をする⁽³⁾など、音を利用する例もある。

近年、音を外力として人為的に作用させて外力不安定を引き起こすことで火災を制御する方法が研究されている。たとえば、ノズル中心軸に垂直な方向(火災の側面)から、スピーカからの低周波の音を作用させることで、火災が分岐するという形状変化が生じる⁽⁴⁾。また、そのスピーカ音源を対向させることで定在音場を作り出し、音が作用する領域で燃料液滴に着火した場合に燃焼が促進する⁽⁵⁾。音と熱発生により熱対流(熱音響流)が引き起こされ、これが火災に作用することで得られる効果である。これらの外力による燃焼制御のうち、高周波音を用いた方法を以下に紹介する。

2. 高周波音を作用させた火災の安定挙動

一般に、燃料流速を一定にして空気流速を増加させると、噴流火炎はバーナリムから離れ、空中に浮いた状態となる(浮き上がり火炎)。この空間中に、市販の振動子などを駆動させて高周波の定在音場を作り出すと、空気流速を増加しても火炎が消失しにくくなる。つまり浮き上がり火炎の存在領域が拡大して安定性が向上する⁽⁶⁾(図1)。高周波なので音の指向性が高く作用させたい領域を限定できる。このとき音の効果で噴流コアの断面形状を押し曲げ、浮き上がり火炎に至るまでの未燃焼の燃料と空気の混合を促進する(図

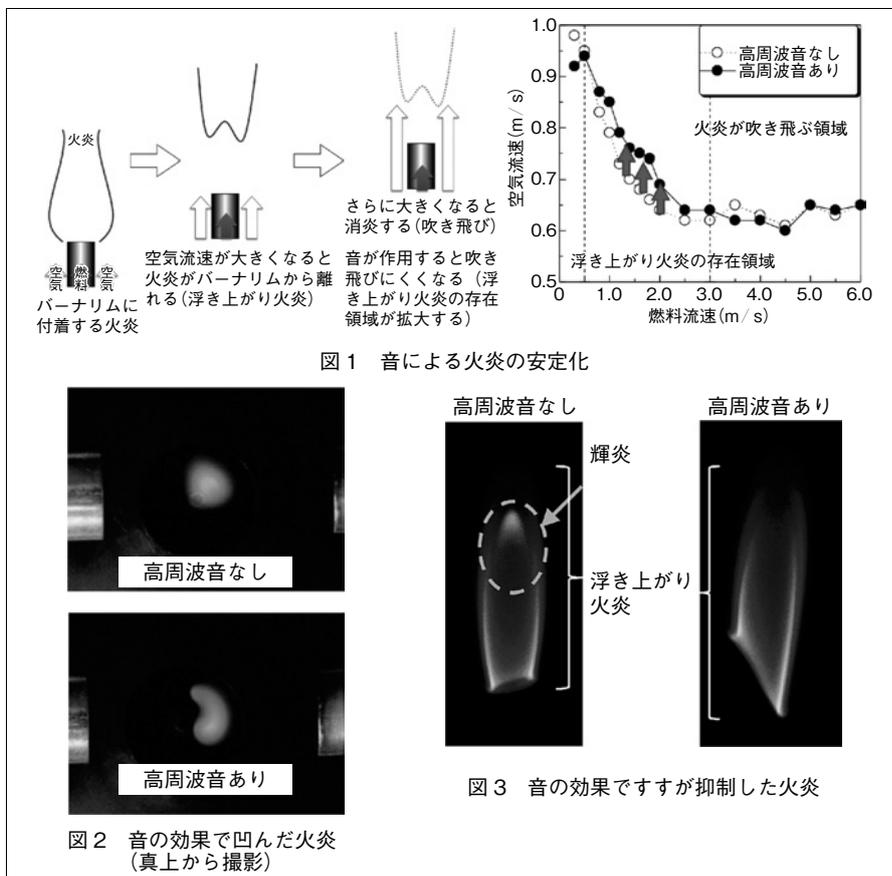


図1 音による火炎の安定化

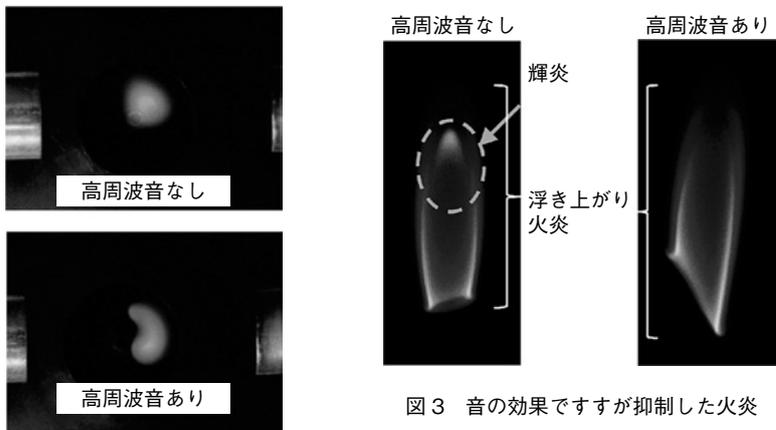


図2 音の効果で凹んだ火炎(真上から撮影)

図3 音の効果ですが抑制した火災

2). 音を作用させないときに観察される下流側のすす(輝炎)も抑制されている(図3)。

3. おわりに -実燃焼器を想定した今後の展開

実燃焼器での利用を想定すると、考慮すべきさまざまな点がある。まず燃焼器では運転状態によって雰囲気温度が変化する。これにより音速が変化するため、定在音場を作り出す音源の距離や周波数を、使用環境に合わせて調整する必要がある。また火炎の大きさによって側面から作用させる音の強度を適切に選ぶ必要がある。さらにコストを抑える必要もある。現在、これらについて一定の成果を実証しつつあるので、また別の形で紹介したい。

最近、アメリカ国防総省の「瞬時に消火する革新的方法を確立するプログラム」において、音を作用させて広い範囲の火炎を一瞬で消火する手法が実証された⁽⁷⁾。音を積極的に利用することで燃焼を制御する試みが、さまざま

な分野で展開されつつあり、その普及が期待される。

(原稿受付 2014年10月2日)

[廣田光智 室蘭工業大学]

●文献

- (1) 加藤壮一郎・藤森俊郎・小林秀昭, 予混合型ガスタービン燃焼器における燃焼振動の線形一次元解析に及ぼす音響インピーダンスの影響, 日本燃焼学会誌, 50-151 (2008), 72-80.
- (2) 依田稔之, 燃料噴射制御によるディーゼルエンジンの燃焼音低減, デンソーテクニカルレビュー, (2010), 110-114.
- (3) 大原義雄・脇賢・岸田順次・渡辺嘉二郎, 火災に伴う室内圧力変動による火災感知システム, 日本火災学会論文集, 47-1 (1997), 13-20.
- (4) 鈴木正太郎・新子剛央・増田 渉, 拡散火炎内部の燃料噴流に対する音響励振の効果, 日本燃焼学会誌, 46-136 (2004), 115-121.
- (5) 田辺光昭, 微小重力場における音場を利用した熱対流の生成, JAXA Space Utiliz Res, 23 (2007).
- (6) Hirota, M., Hashimoto, K., Oso, H. and Masuya, G., Improvement of Laminar Lifted Flame Stability Excited by High Frequency Acoustic Oscillation, J. of Thermal Science and Technology, 4-1 (2009), 2935-2943.
- (7) 米国防総省ホームページ, <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2012/07/12.aspx>