

微小重力場を利用した異なる雰囲気圧力での 正デカン液滴間燃え広がりにおける冷炎発生の調査

○千頭勇斗, 松本昂大, 瀬尾健彦, 三上真人 (山口大学)

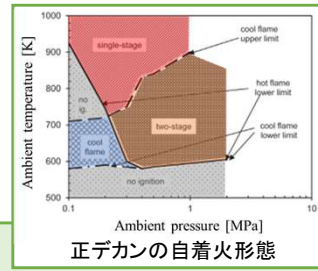
背景および目的

炭化水素系燃料の燃焼では**冷炎**と呼ばれる低温燃焼現象が生じる

- 予混合燃焼では燃焼時に**冷炎**が 650 ~ 880 K 発生することが知られている (※ 熱炎: 1000 ~ 1700 K程度)

Tanabeら(1996), 森上(2014)

異なる周囲気体条件(温度・圧力)にて
単一液滴の自着火形態を調査



4つの自着火形態

- ・**冷炎**のみ発生する領域 (Cool flame)
- ・熱炎のみ発生する一段着火領域 (Single-stage ignition)
- ・**冷炎**発生後に熱炎が発生する二段着火領域 (Two-stage ignition)
- ・無着火領域 (No ignition)

→ 液滴燃焼において着火時に**冷炎**が発生すると示された

ISS「きぼう」での宇宙燃焼実験 (2017)

“ランダム分散液滴群の燃え広がり
と群燃焼発現メカニズムの解明 (Group Combustion)”

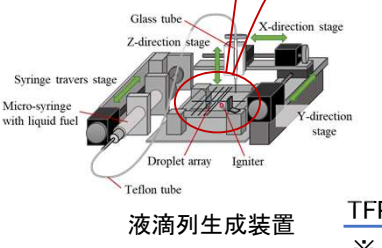
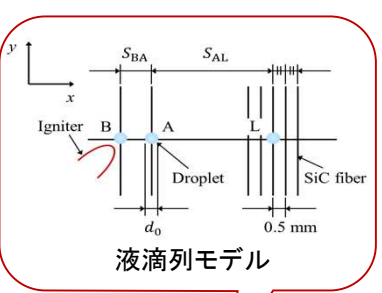


→ Matsumotoら(2019), Mikamiら(2021)
正デカン液滴間の燃え広がりにおいても
冷炎が発生する可能性を示唆

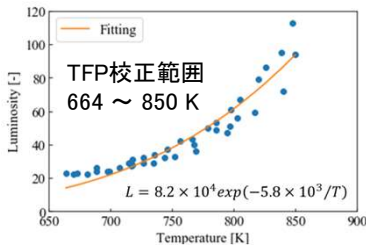
研究目的

- ➡ 正デカン液滴間の燃え広がりにおいても**冷炎**が発生するか調査
- ➡ **冷炎**が発生する自着火形態に着目し様々な周囲気体圧力下で調査

実験装置および条件



燃料	正デカン
周囲気体圧力	0.1, 0.3, 0.5 MPa
周囲気体温度	室温
液滴直径	$d_0 = 0.5 \text{ mm}$
撮影速度	$160 \pm 10 \text{ fps}$
撮影	赤外カメラ

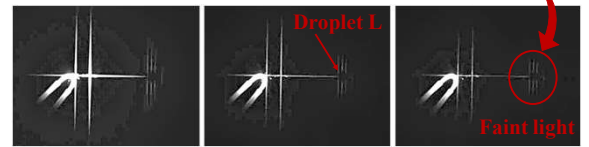


SiCファイバの発光と温度の関係
TFP法 (Thin Filament Pyrometry) より温度算出
※ SiCファイバの発光を温度のみの関数で表す

結果および考察

大気圧環境下

液滴L周りの温度: 約730 K → **冷炎**



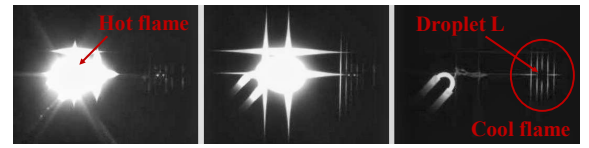
$t/d_0^2 = 1.68 \text{ s/mm}^2$ $t/d_0^2 = 1.90 \text{ s/mm}^2$ $t/d_0^2 = 2.09 \text{ s/mm}^2$
 $S_{AL}/d_0 = 17$ での液滴間燃え広がり様子
 $S_{AL}/d_0 = 16$: 液滴Lへと燃え広がる $S_{AL}/d_0 = 18$: 液滴Lで冷炎発生なし

高圧環境下

冷炎は大気圧下に比べ0.3MPa下の方が顕著に発生



$t/d_0^2 = 0 \text{ s/mm}^2$ $t/d_0^2 = 1.39 \text{ s/mm}^2$ $t/d_0^2 = 2.69 \text{ s/mm}^2$
(a) $S_{AL}/d_0 = 11$ **熱炎発生**

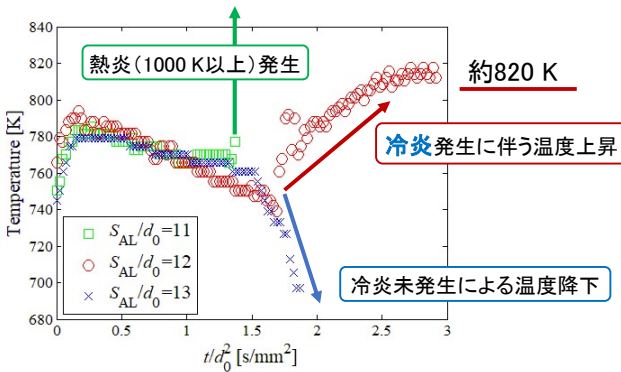


$t/d_0^2 = 0 \text{ s/mm}^2$ $t/d_0^2 = 1.49 \text{ s/mm}^2$ $t/d_0^2 = 2.70 \text{ s/mm}^2$
(b) $S_{AL}/d_0 = 12$ **冷炎発生**



$t/d_0^2 = 0 \text{ s/mm}^2$ $t/d_0^2 = 1.50 \text{ s/mm}^2$ $t/d_0^2 = 2.70 \text{ s/mm}^2$
(c) $S_{AL}/d_0 = 13$ **冷炎未発生**

異なる S_{AL}/d_0 での液滴間燃え広がり様子 (0.3 MPa)



液滴L周りの温度場推移 (0.3 MPa)
液滴Lからx方向に0.75 mm位置

まとめ ➡ 正デカン液滴間の燃え広がりにおいて大気圧・0.3 MPa環境下で**冷炎**が発生し、0.3 MPa下の方が**冷炎**発生が顕著であった。
➡ **冷炎**は二液滴干渉の燃え広がり限界付近の狭い範囲で発生する。