

軸對稱 二流體 噴霧火焰의 構造에 關한 研究

鄭 輔 允 · 高 大 權 · 安 秀 吉

釜 山 水 產 大 學
(1988년 2월 5일 접수)A Study on the Structure of Axial-Symmetric Two-Phase
Spray and Flame

Bo-Yoon JUNG, Dae-Kwon Ko and Soo-Kil AHN

National Fisheries University of Pusan
(Received February 5, 1988)

Boilers and diesel engines have many problems because their exhaust particles, i. e., soot have lots of bad influence on environment. And it's spray and flame have fundamentally axial symmetric shape.

To investigate the relationship between fuel concentration distribution of spray and soot concentration distribution as well as temperature distribution of flame, we made a axial symmetric two phase spray-flame and analyzed the structure of it.

The measuring method is the principle of the light extinction method for the spray-flame and onion peeling model is applied to analyze the radial distribution of fuel and soot concentration. The temperature of flame is measured by ϕ 0.4mm Pt-Pt · Rh 13% thermocouple.

The oils for the experiments are diesel oil and 10% water emulsified diesel oil. It was found that the soot concentration becomes higher as it comes near to the center of flame, and the fuel concentration does, too. And the soot concentration level of diesel oil is generally higher than that of the 10% water emulsified fuel. The maximum flame temperature of diesel oil is 1,170°C, however, 10% water emulsified diesel oil is 1,270°C.

緒 言

軸對稱 二流體 噴霧火焰은 擴散 噴霧 火焰이므로 燃料의 分裂, 微粒化 및 空氣와의 混合, 蒸發, 熱分解 過程을 거쳐 燃燒하게 된다. 이때 燃料중의 炭素가 遊離해서 生成된 炭素微粒子 즉, 그을음이 주위의 燃燒熱에 의해 연속 스펙트럼을 發生하므로 번쩍이는 火焰이 된다. 이러한 그을음은 發癌性 物質을 포함하고 있을 뿐만 아니라 호흡기 질환 및 시야의 不快感을 준다. 그러나 火焰중의 그을음은 輻射熱傳達을 증진 시키므로 熱傳達의 측면에서는 좋은 잇점도

있다. 그러므로 火焰중의 그을음은 高溫의 火焰중에서 많이 生成되어 輻射熱을 많이 發散하고 排出時에는 酸化하여 없어지는 것이 바람직하다.

最近 陸上 보일러에서는 乳化油에 의한 燃燒의 促進 및 그을음의 生成抑制에 관한 研究가 많이 進行되고 있으나,^{1,2,3)} 보일러 및 디젤기관 噴霧, 火焰의 基本인 噴霧 火焰內의 燃料濃度, 그을음濃度 및 溫度의 空間的인 分布에 대한 상호관계를 研究한 예는 보기 드물다.

따라서, 本 論文에서는 純粹 디젤輕油와 10% 水乳化 디젤輕油의 軸對稱 二流體 噴霧, 火焰을 형성

하여 本 噴霧, 火焰의 燃料濃度 및 그을음濃度 分布를 光學的인 手法인 레이저 光透過法^{4,5,6)}에 의한 光路長의 全 情報에 양과모델을 적용하여 計算하고, 溫度는 $\phi 0.4mm$ Pt-Rh 13% 熱電對 溫度計로 實測하여 이들의 상관관계를 比較 檢討하였다.

噴霧火焰의 構造解析法

1. 噴霧의 密度測定

粒子 數密度(個/單位體積)가 N 인 噴霧 粒子群層에 I_0 의 平行入射光을 통과시킬때 透過光 強度 I 는 Beer의 法則에 의해 다음의 式이 成立한다.^{4,5,6,7,8)}

$$\begin{aligned} \tau = \frac{I}{I_0} &= \exp(-C_{ext} \cdot N \cdot L) \\ &= \exp\left(-Q_{ext} \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \cdot N \cdot L\right) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 τ 는 透過率을 나타내며 C_{ext} 는 減衰斷面積, Q_{ext} 는 減衰係數, 그리고 N 은 粒子數密度, L 은 粒子群層의 두께이며, D 는 粒徑이다.

C_{ext} 는 單位面積에 入射한 에너지 흐름($J/m^2 \cdot A$)에 대해 單位時間에 減衰된 에너지이다^{5,6)}. 즉, 單一 粒子에 平行光線 強度 I_0 ($J/m^2 \cdot s$)를 入射하였을 때 粒子後方의 먼곳에서의 平行光線의 強度 I ($J/m^2 \cdot s$)는 $I = I_0 (A - C_{ext})$ 가 된다.

여기서 A 는 粒子의 斷面積이고, C_{ext} 는 C_{abs} (吸收斷面積)과 C_{sca} (散亂斷面積)의 합이므로 單一 粒子에 入射한 平行光線 強度의 에너지 平衡은 다음과 같다.

$$I_0 A = I_0 C_{abs} + I_0 C_{sca} + I_0 (A - C_{ext}) \quad (2)$$

Q_{ext} 는 單位面積에 入射한 에너지 흐름에 대한 몇 배의 에너지가 單位時間에 減衰되었나를 나타내는 係數로서 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Q_{ext} = C_{ext} / \frac{\pi}{4} D^2 \cdot N \quad (3)$$

Q_{ext} 는 Q_{abs} (吸收係數)와 Q_{sca} (散亂係數)의 합, 즉 $Q_{ext} = Q_{abs} + Q_{sca}$ 으로 되어 있으나 燃料의 粒子는 非導電體이므로 粒子는 光(電磁波)을 吸收하지 않고 散亂만 하므로 噴霧粒子의 경우에는 다음과 같이 된다.

$$Q_{ext} = Q_{sca} \quad (4)$$

非導電體인 噴霧粒子의 散亂係數(減衰係數)는 粒子 파라메타 $\alpha \left(= \frac{\pi D}{\lambda} \right)$ 와 屈折率 m 로 부터 Mie의 理論에 의해 嚴密히 計算하면 α 가 충분히 클 경우, Q_{ext} 는 2.0 이 된다.^{9,10)}

噴霧의 경우는 平均粒徑이 $100 \mu m$ 정도이므로 $\lambda = 0.6328 \mu m$ 를 사용하면 $D \approx 0.2\alpha$ 의 관계로 $\alpha = 500$ 이 되어 $Q_{ext} = 2.0$ 으로 생각 할 수 있다.

이는 粒子 後方의 먼 거리에서 觀察할 때와 多重散亂을 받지 않을때만 成立한다.

따라서 $Q_{ext} = 2.0$ 이 되기 위한 粒子 後方의 觀察距離는 受光角(θ)이 粒子에서 $\frac{1}{2}\theta = \frac{1^\circ}{4}$ 되는 距離에 있을 때이며⁴⁾ 多重散亂의 影響을 무시할 수 있는 透過率은 1.1%까지 라고 證明하였다⁶⁾.

따라서 透過率 1.1%이상의 噴霧의 透過率 τ 를 알면 式(1)에 의해 噴霧層의 光路長(噴霧두께)내에 있는 噴霧의 $\frac{\pi}{4} D^2 NL$ 을 알게된다.

噴霧의 $\frac{\pi}{4} D^2 NL$ 은 噴霧두께 L 을 單位길이로 하거나 L 로 나누면 噴霧의 面積密度 $\frac{\pi}{4} D^2 N$ 가 구해진다.

한편, 噴霧의 質量密度 C_d 는 $\frac{\pi}{6} D^3 \cdot N \cdot \rho_d$ 이므로 噴霧의 두께에 있어서 噴霧粒徑 D 가 均一이라 假定하면 C_d 는 $\frac{2}{3} D \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \cdot N \cdot \rho_d$ 의 관계가 있으므로 $\frac{\pi}{4} D^2 N$ 은 燃料의 質量密度와 관계가 있다.

여기서 ρ_d 는 燃料의 密度를 나타낸다.

2. 火焰 中の 그을음濃度 測定

火焰 中の 그을음 粒子群에 平行光을 入射시키면 噴霧의 경우와 같이 그을음 粒子群의 濃도에 따라 光이 減衰한다. 즉,

$$\begin{aligned} \tau_\lambda = \frac{I}{I_0} &= \frac{I_L - I_g}{I_0} = \exp(-C_{ext} N \cdot L) \\ &= \exp\left(-Q_{ext} \frac{\pi}{4} D_s^2 \cdot N \cdot L\right) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, I_L 은 $I + I_g$ 로 火焰 두께 L 에 있어서 火焰에 의한 輻射強度 I_g 와 入射光의 그을음에 의한 減衰光 強度 I 의 합이다.

그을음의 粒子는 燃料噴霧 粒子와는 다르게 導電體이고 그을음 粒子徑 D_s ($D_s = 20 \sim 50 nm$)가 入射光 波長에 비해 적을 때 즉, $\alpha_s = \frac{\pi}{\lambda} \cdot D_s$ 가 $\alpha_s \ll 1$ 일 경우에는 Rayleigh($\alpha_s \approx 0.1 \sim 0.25$)의 散亂과 吸收의 式이 成立한다.^{9,10)}

그러나 Dalzell 과 Sarofim 이 實測⁷⁾한 그을음의 複素屈折率($m = 1.51 - 0.53i$)를 사용하여 散亂과 吸收의 關係를 比較해 보면 散亂은 吸收에 비해 無視할 정도로 작으므로 減衰係數 Q_{ext} 는 Q_{ext} 와 같다고 들 수 있다.^{11,12)} 즉, $Q_{ext} = Q_{abs}$ 이다.

이때 Q_{abs} 는 다음과 같다.

$$Q_{abs} = 12 \frac{\pi D}{\lambda} \cdot \frac{2nk}{(n^2 + k^2)^2 + 4(1 + n^2 - k^2)} \quad (6)$$

이것을 "Rayleigh 解"라고 한다.

그러나 嚴密히 말하면 그울음粒子 파라메타 α_s 는 $\alpha_s \ll 1$ 이 아니므로 Q_{abs} 를 Mie의 理論에 따라 計算에서 比較해 보면, 可視波長域 400~700 nm에서는 Rayleigh의 式과 Mie의 嚴密解가 거의 一致하게 된다.^{11,12)} 그러므로 可視波長域을 入射光으로 使用할 때는 Rayleigh 式이 成立하므로 透過率(τ_λ)과 그울음 粒子의 質量濃度와의 관계는 다음과 같은 式으로 쓸 수 있다.

$$\tau_\lambda = \frac{I_L - I_0}{I_0} = \exp\left(-Q_{abs} \cdot \frac{\pi}{4} D_s^2 NL\right) \quad (7)$$

여기에 (6)식과 그울음 質量濃度 $C_s = \frac{\rho_s \cdot \pi \cdot D_s^3 \cdot N}{6}$ 를 (7)식에 代入하여 D_s 를 消去하면 다음과 같이 된다.

$$C_s = -\frac{2}{3} \cdot \frac{\lambda \cdot \rho_s}{\pi \cdot L \cdot f(n, k)} \ln \tau_\lambda \quad (8)$$

여기서 $f(n, k) = \frac{24nk}{(n^2 + k^2)^2 + 4(1 + n^2 - k^2)}$ 이며, 그울음의 密度 ρ_s 는 1.8(g/cc)이다. 따라서 火焰 두께 L 와 入射波長 λ 및 火焰의 透過率(τ_λ)을 알면 火焰 두께 내에 存在하는 平均 그울음濃度^{13,14,15)}를 計算할 수가 있다.

3. 火焰溫度的 測定

火焰溫度的 測定¹⁶⁾은 $\phi 0.4$ mm의 Pt-Pt-Rh 13% thermocouple을 30~40VAC로 點熔接(spot welding)하여 그점의 熱起電力(mV)을 디지털 白金溫度計로 測定하여 그 熱起電力을 ASTM 熱起電力表에 의하여 溫度를 換算하였다. 그 溫度誤차는 약 $\pm 25^\circ\text{C}$ 정도이었다.

4. 軸對稱 噴霧火焰의 양파모델에 의한 그울음濃度 및 燃料濃度的 計算法

Fig. 1은 양파모델에 의한 軸對稱 噴霧火焰의 그울음濃度 및 燃料濃度を 算出해내기 위한 그림이다. 이는 노즐 噴霧線斷의 距離 X 에 있어서 噴霧火焰斷面을 양파形으로 n 層 分割하여 그 分割 各層에 있어서의 液滴面積密度($\frac{\pi}{4} D^2 N$) 및 그울음濃度(C_s)가 一定하다고 假定해서 外部層에서 中心部로 順次的으로 計算을 行한다.

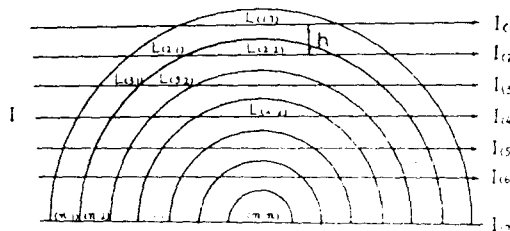


Fig. 1. Onion peeling model of fuel and soot concentration in a axial-symmetric spray flame.

예를들어 軸對稱 噴霧의 경우에 入射光의 強度를 I_0 , 透過된 光의 強度를 I_L , 그리고 各層의 透過光路場을 L 라 하고 添子 i 를 外側에서 주어진 光路場의 順序, j 를 外側에서 層의 番號로 하면 i 順序의 光路長을 透過한 I_0 와 透過光 強度 $I_{(i)}$ 의 關係는 各層의 光速이 通過하는 透過率을 $\tau_{(i,j)}$ 라 할 때 다음과 같은 式으로 나타낼 수 있다. (단, $j=i-1$ 이다)

$$I_{(i)} = I_0 \tau_{(i,1)} \tau_{(i,2)} \dots \tau_{(i,i-1)} \tau_{(i,i)} \\ = I_0 e^{-\frac{\pi}{4} d^2_{ij} N_{ij} L_{ij}} \quad (9)$$

여기서, $\tau_{(i,j)} = e^{-\frac{\pi}{4} d^2_{ij} N_{ij} L_{ij}}$ 가 되므로 結局,

$$\frac{\pi}{4} d^2_{ij} N_{ij} L_{ij} = \frac{\pi}{4} d^2_{ii} N_{ii} L_{ii} + 2 \sum d^2_{ij} N_{ij} L_{ij} \quad (10)$$

로 表示할 수 있다. I_0 와 $I_{(i)}$ 의 關係式에서 左邊은 알고 있으므로 最外側 $i=1$ 에서 順次的으로 計算을 해 나가면 $\frac{\pi}{4} d^2_{ij} N_{ij} L_{ij}$ 는 定해진다.

이렇게 計算하여 噴霧中心에서 半徑方向의 그울음濃度 및 燃料濃度を 計算할 수가 있다. 이때 $\frac{\pi}{4} d^2_{nj} N_{nj} L_{nj}$ 는 L_{nj} 가 單位길이의 等間隔 h 로 分割되므로 $L_{nj}=1$ 이 되어 半徑方向에 있어서 各層의 液滴面積密度 $\frac{\pi}{4} d^2_{nj} N_{nj}$ 가 求해진다.

또한, 火焰의 境界도 燃料噴霧와 같이 軸對稱으로 假定해서 噴霧入口에서 X 距離의 火焰斷面을 n 層으로 分割해서 各層에서의 그울음濃度가 一定하다고 假定하여 各層에서의 그울음濃度を 計算할 수가 있다.

Fig. 1의 양파모델에서 單位길이 h 의 等間隔으로 n 等分할 때 光路場 $L_{(i,j)}$ 는 다음과 같이 計算된다.

$$L_{(i,j)} = h \sqrt{(2m+1)k + \left(\frac{1}{4}\right) - (m+1)^2} \\ - \sum_j^{i-1} L_{i,j+1} \quad (11)$$

여기서 $j=i-m$

$$k = n - j + 1, \quad i > m \text{ 이다.}$$

實驗裝置 및 實驗方法

1. 實驗裝置

Fig. 2은 本 實驗에 使用한 實驗裝置圖이다. 實驗에 使用한 노즐은 軸對稱 二流體 噴霧 노즐로서 그 斷面圖는 Fig. 3과 같다. 軸對稱 二流體 노즐은 노즐의 中央에 燃料가 噴出하고 그 周圍에 空氣가 噴出하여 軸對稱 二流體 噴霧火焰이 形成되도록 하였다. 測定에 使用된 레이저는 5 mW He-Ne 레이저(632.8 nm)로서 噴霧火爭을 透過한 減衰光이 $\phi 3\text{mm}$ 의 圓一호울을 通過하여 中心波長 633 nm의 干涉필터를 通

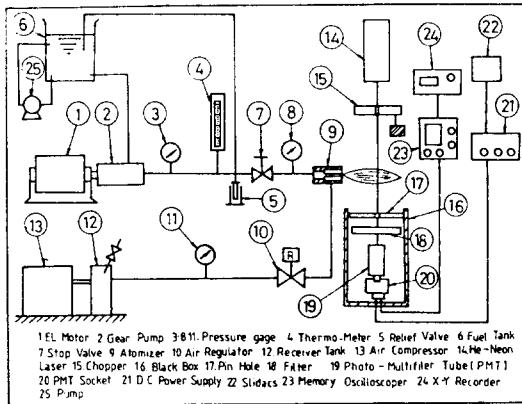


Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus

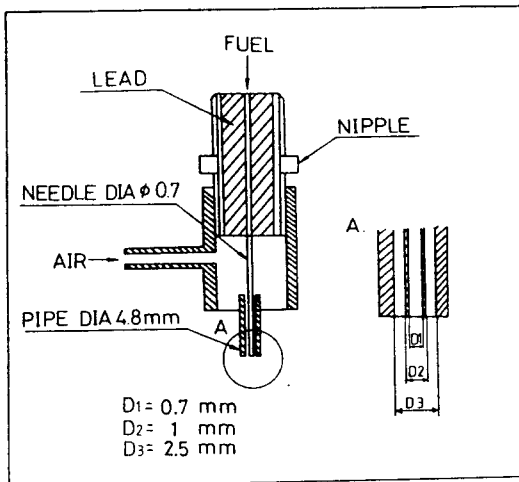


Fig. 3. Sectional view of two-phase atomizer

過한後 PMT에서 光電流로 變換되어 示波器스코프 및 X-Y레코더에 記錄되도록 하였다.

한편, 受光器는 噴霧火焰으로부터 受光角이 $1/4^\circ$ 가 되도록 34.38 cm의 距離에 두어 레이저와 受光器를 噴霧火焰의 軸方向(X-방향) 및 上, 下로 移動시켜 透過率을 測定토록 하였다.

Fig. 4는 火焰溫度 測定에 使用된 熱電對의 構造를 나타낸다. 3重管의 스테인레스 管속의 中心部에 $\phi 4.1\text{mm}$ 의 石英管을 挿入하여 그 内部에 熱電對를 通하게 하고 이 파이프(관) 外部에는 冷却水를 通하게 하여 高溫 熱傳達에 의한 溫度 損失을 防止하도록 하였다. 또한 溫度測定은 熱電對에 溫度補償導線을 連結하여 디지털 백금溫度計와 計數形 直流電壓計에 接續시켜 火焰의 軸方向에 있어서 半徑方向의 溫度를 測定하도록 하였다.

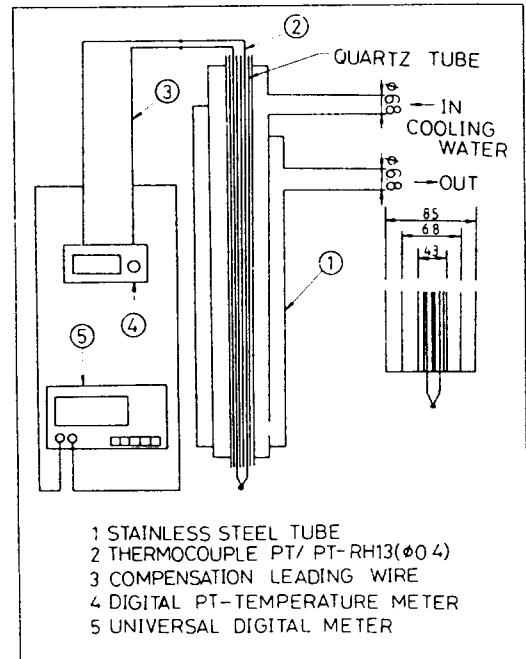


Fig. 4. Configurations of thermocouple for temperature measurement

2. 實驗方法

實驗過程은 아래와 같다. 모타①의 驅動에 의해 기아펌프를 作動시키고 스톱밸브⑦의 開閉에 의해 燃料가 노즐에서 噴射되게 하였다. 이때 噴射壓力은 0.76 MPa 이 되도록 壓力計⑧을 보며 調節하고 空氣는 空氣壓縮機⑬에서 貯藏탱크⑭를 거쳐 空氣調節器

②을 통해 壓力이 0.0441MPa에 되도록 一定히 維持하도록 하였다.

이와같은 方法으로 軸對稱 二流體 噴霧 및 火焰을 純粹輕油의 경우와 10% 乳化油의 경우에 噴霧火焰의 길이($X=70\text{ cm}$)를 노즐 出口에서 $X=10, 20, 30, 40, 50, 60$ 에 있어서 噴霧와 火焰을 斷面의 半徑方向에 따라 10 mm 間隔으로 레이저光의 透過率을 測定하고 火焰中心에서 10 mm 等間隔으로 半徑方向의 溫度分布을 測定하였다.

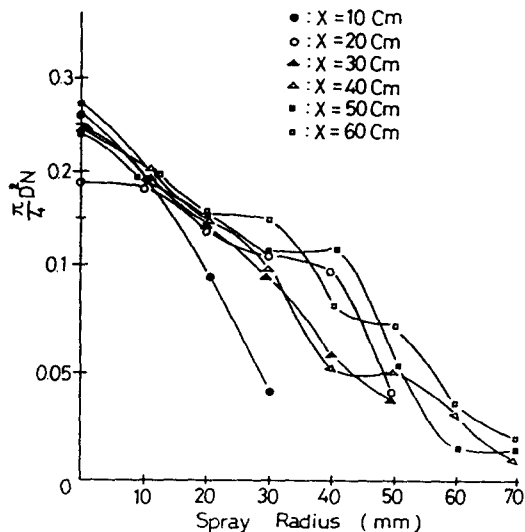
結果 및 考察

1. 양파모뎀에 의한 噴霧의 燃料濃度 分布

Fig. 5(a)는 純粹燃料에 있어서 噴霧의 半徑方向에 따른 燃料濃度 分布를 Fig. 5(b)는 水乳化油(물 10% 함유)에 있어서 噴霧의 半徑方向에 따른 燃料濃度 分布를 나타낸다.

Fig. 5(a)의 純粹燃料의 경우 噴霧의 燃料濃度 分布는 전체적으로 보아 噴霧의 中心部가 높고 半徑方向에 따라 점차 低下됨을 나타낸다. 특히, $X=20$ 의 경우를 제외하고는 $X=10$ 의 경우가 半徑方向에 따라 燃料濃度가 急激히 低下하나, 軸方向으로 나아감에 따라 燃料濃度가 半徑方向으로도 많이 分布되므로, 燃料가 半徑方向으로 擴散되어 周圍 空氣와 混合이 잘 이루어졌음을 알 수 있다.

한편, 5(b)의 경우는 中心部의 燃料濃度가 높은 것



a) Light oil

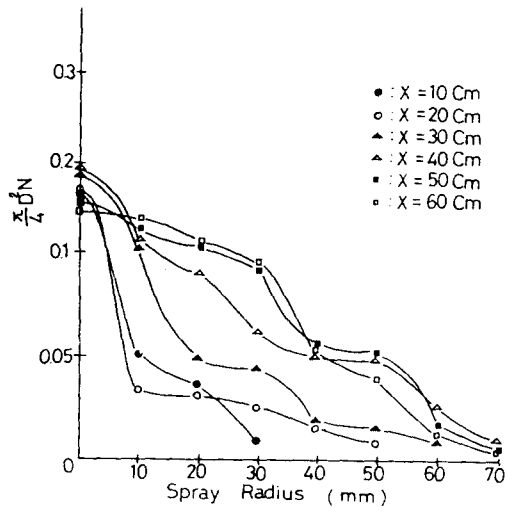
은 純粹燃料의 경우와 비슷하나 $X=10$ 과 $X=20$ 일 때는 純粹燃料일 때보다 半徑方向에 따라 燃料濃度가 적게 分布하나 軸方向으로 나아감에 따라 半徑方向으로 燃料濃度 分布의 減少 傾向이 緩慢하게 됨을 알 수 있다.

이는 물의 混合에 따라 乳化油의 質量이 增加하므로 噴霧의 中心部에서 速度가 增加하여 $X=30$ 까지는 半徑方向으로의 燃料의 擴散이 어려우나 $X=40$ 이후부터는 粘度의 低下에 의해 水乳化油의 分散이 용이하여 半徑方向으로 많이 分散하여 空氣와의 混合이 良好한 것으로 생각된다.

2. 양파모뎀에 의한 火焰의 그을음濃度 分布

Fig. 6(a)는 純粹燃料에 있어서 火焰의 半徑方向에 따른 그을음 濃度 分布를, Fig. 6(b)는 水乳化油에 있어서 火焰의 半徑方向에 따른 그을음濃度 分布를 나타낸다.

Fig. 6(a)의 경우는 全體적으로 보아 燃料濃度가 높은 火焰으로 中心部의 그을음濃度가 높고, 火焰의 周圍 半徑方向으로 감에 따라 低下함을 나타낸다. 특히, $X=20$ 의 경우에서 噴霧燃料濃도와 그을음濃度 分布의 傾向이 비슷한 점이 특이하다. 또한, $X=30$ 과 $X=40$ 의 경우에서 그을음濃度は $X=50, X=60$ 의 경우보다 半徑方向의 燃料濃度가 적음에도 불구하고 $X=30, X=40$ 의 경우가 그을음濃度가 많음을 나타내고 있다. 이는 噴霧燃燒가 蒸發燃燒이므로 蒸



b) Water emulsified oil

Fig. 5. Distribution of fuel concentration at radial direction

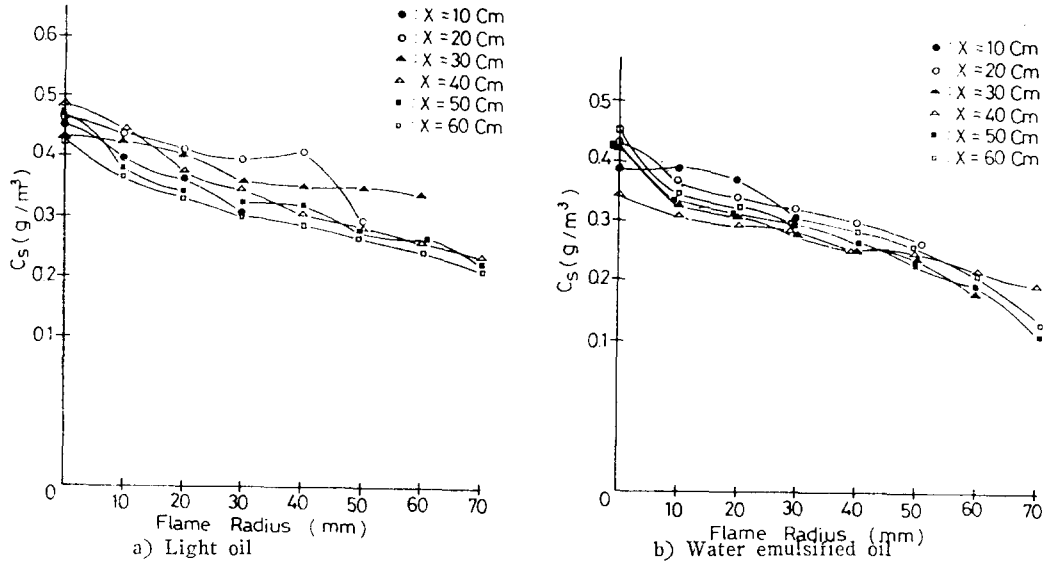


Fig. 6. Distribution of soot concentration at radial direction

發時 熱分解에 의해 그을음이 生成되나 $X=50$ 과 $X=60$ 의 경우는 燃料의 蒸發을 完了한 油氣와 空氣의 混合으로 完全 燃燒되기 때문이라 생각된다.

한편 Fig. 6(b)의 水乳化油의 경우는 純粹燃料油와 같이 火焰 中心部가 높은 그을음濃度를 나타내나 軸方向에 關係없이 거의 均一한 그을음濃度 分布를 하고 있으며 전체적으로 보아 純粹燃料의 경우보다 그 그을음濃度가 작음을 나타낸다. 이는 水乳化油 중에 함유되어 있는 微粒子의 暴發에 의한 乳化油의 微細

化로 X -方向의 모든 斷面에서 油蒸氣와 空氣와의 混合이 良好히 이루어 진다고 생각되기 때문이다.

그러나 $X=10$ 의 경우는 周圍의 燃燒熱에 의해 微細化의 時間의 여유가 없이 蒸發燃燒하므로 그을음의 生成이 많아진다고 생각된다.

3. 霧噴火焰의 溫度分布

Fig. 7(a)와 7(b)는 純粹燃料과 水乳化油의 경우에 있어서 火焰의 軸方向(X -方向)에 따른 半徑方向

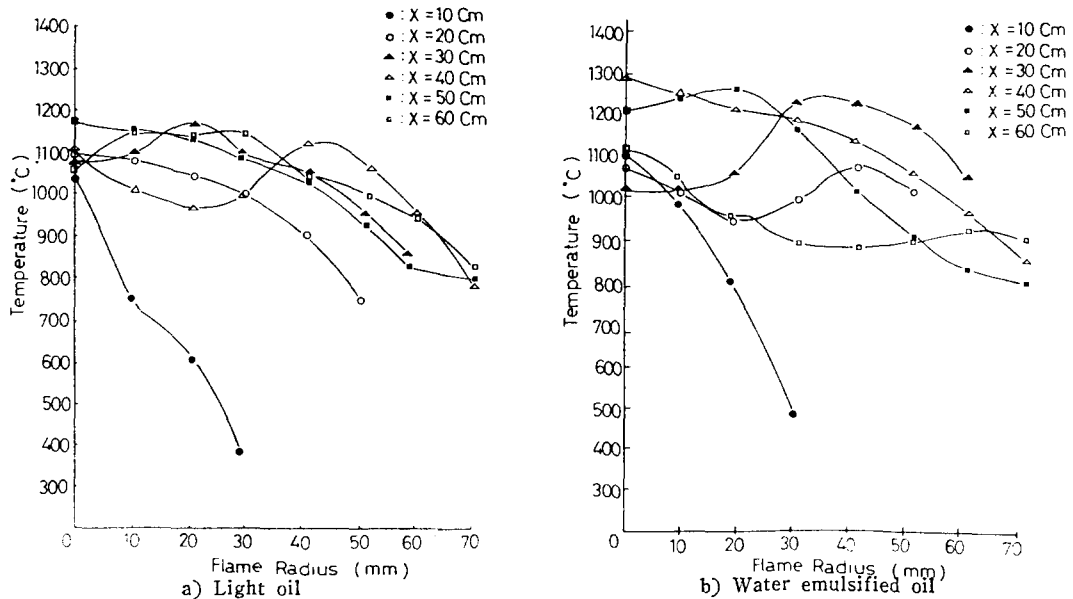


Fig. 7. Distribution of flame temperature at radial direction

(r -方向)의 溫度分布을 나타낸다.

Fig. 7(a)는 純粹燃料인 경우의 溫度分布로 最高溫度는 1170°C 정도이나 $X=10$ 에서 $X=30$ 으로 軸方向 距離가 增加함에 따라 火焰中心部의 溫度는 增加하고 半徑方向의 溫度 기울기는 低下하며, $X=40$ 의 $r=\frac{2}{3}$ 부근에서 最高溫度를 나타내었다. 또한 $X=50$ 이상이 되면 半徑方向에 의한 溫度低下는 緩慢하여 中心부와 周圍와의 溫度差가 작아짐을 보여주고 있다. 이는 $X=40$ 의 $r=\frac{2}{3}$ 부근에서 活潑한 燃燒反應이 시작되어 이후 軸方向이 增加함에 따라 高溫에 의해 燃料의 蒸發이 促進되어 活潑한 燃燒가 進行된다고 생각된다.

한편, Fig. 7(b)의 水乳化油의 경우는 純粹燃料의 경우보다 X 方向 및 r -方向에 따라 溫度差가 심하며 最高溫度는 純粹燃料油의 경우보다 약 100°C 높은 溫度를 나타내고 있다. 水乳化油의 경우 半徑方向의 溫度分布을 살펴보면 $X=10$ 에서는 純粹燃料油의 경우와 비슷하나 $X=20$, $X=30$ 의 $r=\frac{2}{3}$ 및 그 外部에서 最高溫度를 나타내었다. $X=40$ 이상이 되면 그 傾向이 차츰 鈍化되며, $X=60$ 에서는 中心部の 溫度가 조금 낮으나 거의 平坦한 溫度分布을 나타내고 있음을 보여 준다. 이는 純粹燃料油와 比較해 볼때 水乳化油의 경우 $X=20$ 과 $X=30$ 에서 火焰의 中心部 부근의 溫度가 낮은 分布을 나타내는 것은 油中の 水分이 蒸發할 때 熱을 吸收하거나 初期 燃燒時의 水性가스 反應에 의한 吸熱反應에 起因한다고 생각되며 그의 高溫領域에서는 蒸發初期 燃燒後의 燃料空氣 混合期 中の 水酸基에 의해 燃燒反應이 促進되기 때문이라 생각된다.

한편, $X=60$ 이 되면 燃燒溫度는 全體적으로 急激히 低下하고 있는데 이는 後燃燒에 의한 溫度低下라고 생각된다. 이와같이 水乳化油가 純粹燃料油보다 $X=60$ 부근의 溫度低下가 急激하므로 燃燒가 빨리 完結된다고 생각된다.

이상의 燃料面積濃度, 그울음濃度 및 溫度分布을 調査한 結果 燃料의 種類에 관계없이 火焰의 最高溫度는 燃料濃도가 크지 않은 軸中心에서 半徑方向의 中央部에서 最高溫度를 나타내며, 이때 그울음의 生成도 적음을 나타내었다. 이는 燃料과 空氣의 混合이 最適인 同時에 火焰의 冷却이 적은 적당한 燃燒狀態를 維持하기 때문이라 생각된다.

結 論

軸對稱 二流體 噴霧火焰에 透過光 減衰法과 양과

모델에 의해 軸方向 및 半徑方向의 燃料濃度, 그울음濃度 및 溫度分布을 測定함으로써 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 燃料濃度は 噴霧의 中心部에서 가장 높으며, 外側으로 나아감에 따라 低下하였다. 그 傾向은 水乳化油의 경우가 純粹燃料의 경우 보다도 緩慢하였다.
2. 그울음濃度は 燃料面積濃도가 높은 火焰의 中央部에서 높고, 半徑方向에 따라 減少하였다. 또한, 水乳化油의 그울음濃度は 純粹燃料의 경우에 비하여 濃도가 낮았다.
3. 火焰의 溫度는 軸中心에서 半徑方向으로 감에 따라 $\frac{1}{2}r$ 부근이 가장 높게 나타났다.
4. 純粹燃料의 最高火焰溫度는 1170°C 이고, 水乳化油의 最高火焰溫度는 1270°C 정도이다. 또한, 水乳化油의 火焰溫度는 純粹燃料의 경우 보다도 溫度差가 많았다.

參 考 文 獻

1. Thompson, R. V. (1978) : Application of emulsified fuels to diesel and boiler plant, Trans. Int. Mar. Eng. 91(TM), 83-108.
2. 安秀吉(1986) : 乳化燃料의 燃燒改善效果, 韓國 船用機關學會誌 10(4), 223-230.
3. Gollahalli, S. R. and Javadi S. H. (1980) : Composition structure of burning sprays of jet-A fuel and its emulsions with water, ASME 80-GT-57.
4. David Sinclair (1947) : Light scattering by spherical particles, J. Opt. Soc, 475.
5. Gumprecht, R. O. and Sliepevich(1953) : Scattering of light by large spherical particles, J. Phys. Chem. 57, 90.
6. 神本武征(1986) : ディーゼル 噴霧火焰의 畫像計測, 內燃構關 25(314), 27.
7. Dalzell, W. H. and Sarofim A. F. (1969) : Optical constants of soot and their application to heat-flux calculations, Trans. of the ASME J. of Heat Transfer, 100-104.
8. Siddall, R. G. and Mcgrath I. A. (1963) : The emissivity of luminous flames, 9th Symposium on Combustion Academic Press, 102.
9. Van De Hulst, H. C. (1957) : Light scattering by small particles, John Wiley and Sons. 176.

軸對稱 二流體 噴霧火焰의 構造에 關한 研究

10. Kerker, M. (1969): The scattering of light, Academic Press, 198.
11. Wall, T. F. and H. B. Becker (1984): Total absorptivities and emissivities of particulate coal ash from spectral band emissivity measurements, J. of Eng. for Gas Turbines and Power 106, 771-776.
12. 西田修身(1985): 非定常 火焰におけるすす粒子の光學的 測定, 内燃機關 24(305), 9-14.
13. 後藤新一, 浜純, 紺谷和夫, 鈴木邦男(1983): ディーゼル機関における燃焼過程のすす粒子計測, 日本船用機關學會誌 18(1), 27-33.
14. 西田修身, 向原誠也, 多田勝(1980): 光散亂法によるガス擴散 火焰中のすす粒子の測定, 日本船用機關學會誌 15(1), 17-27.
15. Siegel, R. and J. R. Howell (1972): Thermal radiation heat transfer, McGraw-hill Book company.
16. 佐藤誠四郎, 熊倉孝尚, 羽鳥和夫(1987): ホログラフィ 干涉法による火焰溫度分布 測定, 日本機械學會誌, 53(490), 1852-1857.