

Team Post-Inj. オイル壁面におけるディーゼル噴霧壁面衝突挙動の実験的解析

担当者

溝渕直人(M2) 神戸浩揮(M1) 田中優臣(B4) 井上優(B4)

2017年度班紹介資料

1. 研究目的

ディーゼル機関に搭載されている微粒子捕集フィルタ(DPF: Diesel Particulate Filter)において、フィルタに堆積した粒子状物質(PM: Particulate Matter)を燃焼除去する手法としてポスト噴射が注目を集めている。しかしながら、ポスト噴射は低圧場における燃料噴射であるため、噴霧先端到達距離が増加し、シリンダライナ上のオイル油膜に噴霧が衝突し希釈する。

そこで本研究では、オイル油膜に衝突するディーゼル噴霧の現象解明を目的としている。

2. オイル油膜衝突型臨界 We 数の計測

図 1 の同志社・壁面衝突モデルの概略図を示す。従来のモデルでは、吸気管噴射において、吸気管内壁に衝突する噴霧やディーゼル機関において、ピストンキャビティに衝突する噴霧液滴といったように、乾いた壁面に衝突する噴霧のモデリングを行ってきた。壁面過熱度 $\Delta T_{sat} = T_w - T_{sat} = 25 \sim 100K$ での核沸騰領域における従来のモデルでは、噴霧液滴の衝突後の分裂形態を衝突液滴の持つエネルギーをウェーバ数($We_{in} = \rho_{in} d_{in} v_{in}^2 / \sigma$, ρ_f :燃料の密度, d_{in} :粒

径, v_{in} :液滴速度, σ_f :表面張力)および無次元膜厚($\delta_{non} = \delta_f / d_{in}$, δ_f :膜厚, d_{in} :粒径)により分類している。乾いた壁面に衝突し付着した燃料液膜上に、追従して衝突する噴霧液滴のが衝突するか、分裂飛散するかは以下の臨界 We 数を用いて判定している。

$$We_{cr} = (2164 + 7560\delta_{non}^{1.78})La^{-0.2}$$

$$La : \text{Laplace 数} (La = \rho_f \cdot \sigma_f \cdot d_{in} / \mu_f^2)$$

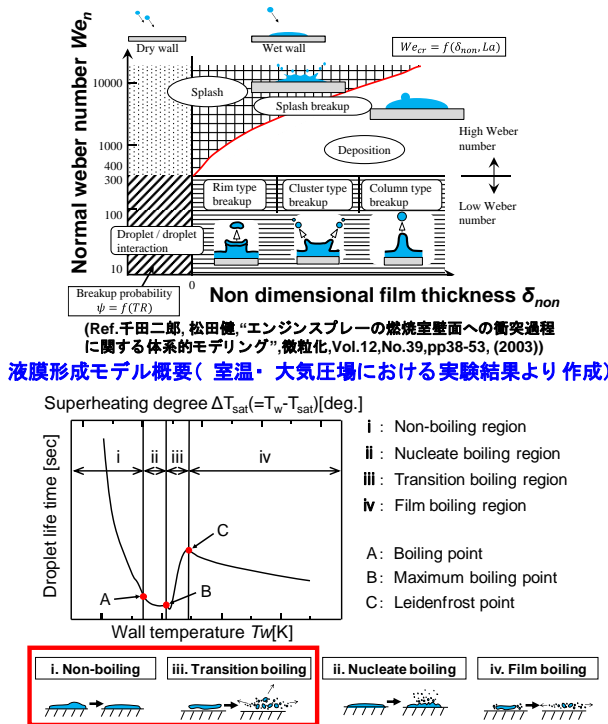
μ_f : 燃料の粘性係数 [N・s/m]

しかし、ポスト噴射において、噴霧液滴が衝突するのは燃料液膜ではなくオイル油膜である。従来型の臨界 We 数では燃料の物性値のみを考慮した実験式であるが、ポスト噴射においてはエンジンオイルの物性値を考慮した新たな臨界 We 数が必要となる。そこで、オイル油膜に対する燃料の衝突挙動を図 2 のように計測し、付着と分裂飛散の分類を可能とするオイル油膜衝突型臨界 We 数を算出した。

$$We_{cr} = (272 + 11600\delta_{non}^{1.29})La^{0.01}$$

$$La = \rho_o \cdot \sigma_o \cdot d_{in} / \mu_o^2$$

ρ_o :エンジンオイルの密度, σ_o :エンジンオイルの表面張力, μ_o :エンジンオイルの粘性係数である。



<従来型臨界We数>

$$We_{cr} = (2164 + 7560 \delta_{non}^{1.78}) La^{-0.2}$$

La : Laplace数(= $Re^2 / We = \rho_f \cdot \sigma_f \cdot d_{in} / \mu_f^2$)

μ_f : 燃料粘性係数

(Ref. Marengo, M., Ph.D.Thesis at Univ. of Erlangen-Nürnberg, (1995))

$$We_{in} = \frac{\rho_f d_{in} V_n^2}{\sigma_f}$$

$$\delta_{non} = \frac{\delta_f}{d_{in}}$$

ρ_f : 燃料密度
 d_{in} : 入射液滴径
 σ_f : 燃料表面張力
 V_n : 入射液滴速度
 δ_f : 燃料液膜厚さ

・ 従来の壁面衝突モデル

同一物性値の干渉についてモデリング
燃料液滴 × 燃料液膜



・ 本研究

異種物性値の干渉についてモデリング
燃料液滴 × エンジンオイル油膜

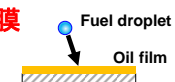
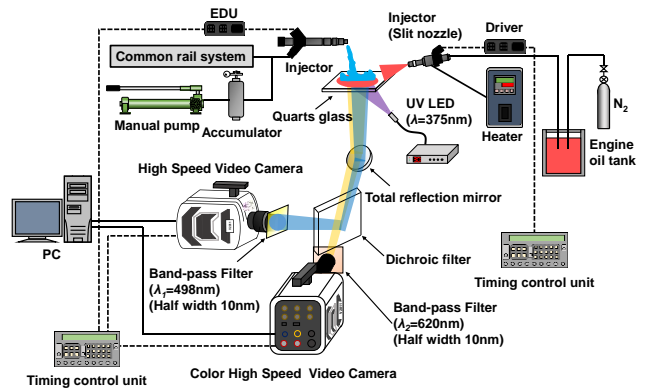


図 1 同志社・壁面衝突モデル概略図

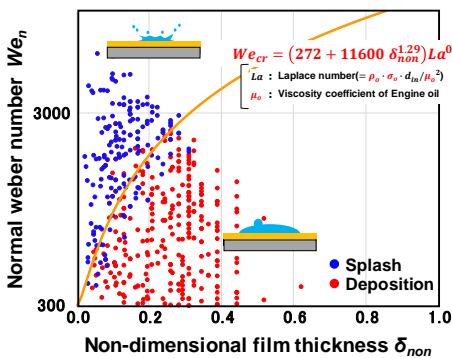
3. ダブルレーザー誘起蛍光法 (DLIF)

本研究では、オイル油膜に衝突するディーゼル噴霧の付着量を定量的に評価するために、レーザー誘起蛍光法を応用した、ダブルレーザー誘起蛍光法の手法構築を行った。本手法は、燃料である軽油とエンジンオイルにそれぞれ別々の蛍光剤を添加する。そして、エンジンオイル油膜にディーゼル噴霧が衝突した後に、軽油およびエンジンオイルから発せられる蛍光を分光して計測することで、付着量およびオイル油膜厚さの同時計測を可能とするものである。DLIFによる計測結果を図3に示す。ディーゼル噴霧が乾き壁面とオイル油膜に衝突した場合の計測結果を比較すると、オイル油膜がある方が、付着量は少なく、付着面積も小さくなることがわかった。まず、付着量が少なくなった要因として、オイル油膜に衝

突した燃料は、オイル油膜が分裂飛散するのと同様に上方へ飛散したことが考えられる。次に、付着面積が小さくなった要因として、燃料によって押しつけられ形成した分厚いオイル油膜が燃料の拡がりを抑制したことが考えられる。

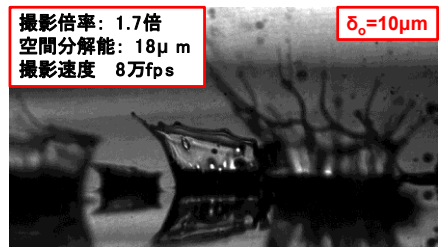
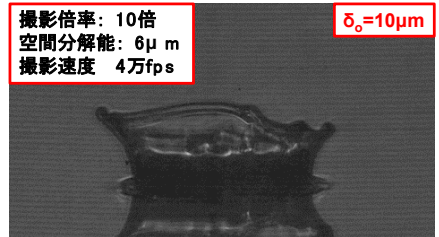


光学系概略図(ダブルレーザー誘起蛍光法)



$$We_{in} = \frac{\rho_f d_{in} V_n^2}{\sigma_f} \quad \delta_{non} = \frac{\delta_o}{d_{in}}$$

- ρ_f : Fuel density
- d_{in} : Incident droplet diameter
- σ_f : Fuel surface tension
- V_n : Incident droplet velocity
- δ_o : Oil film thickness



< We_{cr} of Dry Wall Impingement Type >
 $We_{cr} = (2164 + 7560 \delta_{non}^{1.78}) La^{-0.2}$

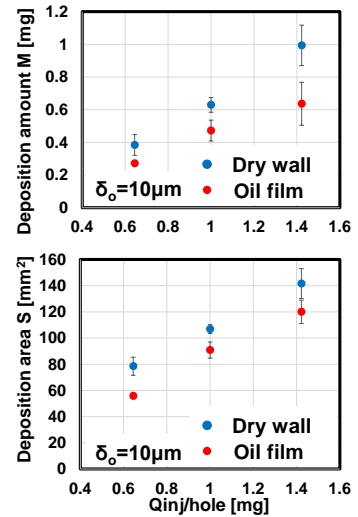
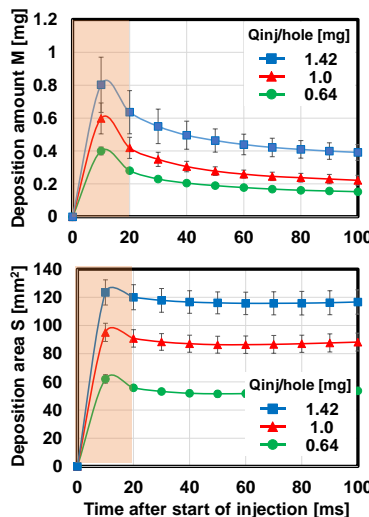
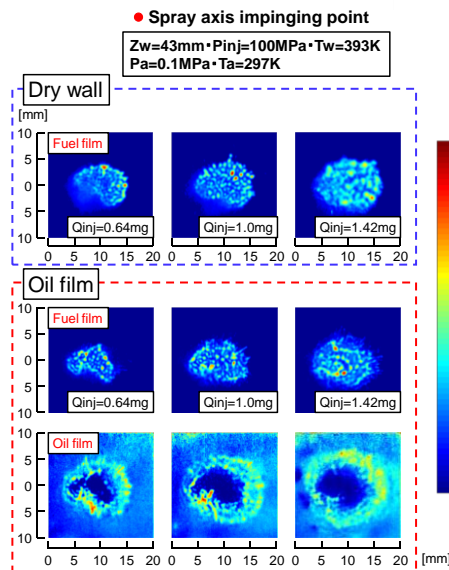
- La : Laplace number
(= $\rho_f \cdot \sigma_f \cdot d_{in} / \mu_f^2$)
- μ_f : Viscosity coefficient of Fuel

< We_{cr} of Oil Film Impingement Type >
 $We_{cr} = (272 + 11600 \delta_{non}^{1.29}) La^{0.01}$

- La : Laplace number
(= $\rho_o \cdot \sigma_o \cdot d_{in} / \mu_o^2$)
- μ_o : Viscosity coefficient of Engine oil

(Ref. Marengo, M., Ph.D.Thesis at Univ. of Erlangen-NoreMBERG, (1995))

図2 オイル油膜衝突型臨界ウェーバ数算出



※エラーバーは6回の実験結果における標準偏差を示す

図3 DLIF法を用いたオイル油膜に衝突するディーゼル噴霧付着量計測結果