

異なる噴孔径ノズルから噴射されるディーゼル噴霧の到達距離に関する検討

Study on Diesel Spray Tip Penetration Injected with Nozzles of Different Nozzle-Hole Diameter

座間 淑夫, 菅野 俊宏, 掛橋 展久, 荒木 幹也, 石間 経章, 尾形 陽一
 (Yoshio ZAMA) (Toshihiro Kanno) (Nobuhisa KAKEHASHI) (Mikiya ARAKI) (Tsuneaki ISHIMA) (Yoichi OGATA)
 群馬大学 群馬大学 (株)デンソー 群馬大学 群馬大学 広島大学
 (Gunma Univ.) (Gunma Univ.) (DENSO CORP.) (Gunma Univ.) (Gunma Univ.) (Hiroshima Univ.)

Combustion and emission characteristics of diesel engine are greatly influenced by the atomization of diesel fuel, in particular by the formation of air-fuel mixture in a combustion chamber. The mixture formation depends on various condition such as injection pressure, diameter of nozzle hole and ambient pressure. Moreover, the downsizing of the engine is considered as the solution to improve thermal efficiency of the diesel engine, and combustion chamber tends to become small as compared with a conventional diesel engine. Diesel spray strongly impinges to piston cavity of the engine, and the impingement affects the mixture formation and combustion, and it resulted in the emission characteristics in the exhaust gas. Therefore, in terms of design of diesel spray in combustion chamber, estimations of spray tip penetration are important. In this paper, feasibility of the conventional empirical formula was investigated under high injection pressure and high ambient gas density conditions by using nozzles of different hole diameters. As results, there were discrepancy of spray tip penetration between experiment results and Hiroyasu-Arai formula, and then Hiroyasu-Arai formula was modified by changing of experimental coefficient α and velocity coefficient C_v based on experiment results. Prediction performance of the spray tip penetration by the modified formula was improved as compared with original Hiroyasu-Arai formula.

Keywords: Diesel Spray, Spray Tip Penetration, Empirical Equation, Nozzle Hole Diameter, Shadow Image

1. はじめに

直噴ディーゼルエンジンの燃焼改善の中で重要な要因の一つは燃料噴霧と空気との混合気形成である。これが燃焼状態や排出ガス特性に大きな影響を与えている。混合気形成の状態は噴射圧力やノズル噴孔径、雰囲気圧力など様々な条件に起因する。そのため近年のディーゼルエンジンでは、排ガス特性の改善策として、燃料噴射圧の高圧化やノズル噴孔の小径化が進められており、それらが噴霧特性や燃焼特性に及ぼす影響が系統的に調べられている⁽¹⁾⁻⁽⁷⁾。それらの研究では、ノズルの小径化や噴射圧力の高圧化により燃料噴霧の微細化や燃料噴霧と周囲空気との混合が促進されることが報告されている。また、燃費の向上を目的として同等の動力性能を保持したまま排気量を減らす試み(ダウンサイジング)が行なわれている。燃焼室内の小型化と燃焼改善を目的した燃料噴射圧の高圧化により、ディーゼル噴霧の燃焼室壁面への衝突が避けられなくなり、燃料の燃焼室壁面への付着による HC の排出といった排ガスへの悪影響⁽⁸⁾⁻⁽⁹⁾が考えられる。したがって、ディーゼル噴霧の燃焼室壁面への衝突を避けるための方策を検討するためには、噴霧到達距離を精度よく予測できる実験式が必要となる。

噴霧到達距離の実験式については、過去に多くの式が提案されている。和栗ら⁽¹⁰⁾は運動量理論にもとづいた理論解析から到達距離の式を提案している。Dent ら⁽¹¹⁾は噴流の混合理論にもとづいた実験式を提案し、実験から得られた噴霧到達距離との比較を行なっている。廣安ら⁽¹²⁾は、燃料噴射期間の初期には噴霧

到達距離が時間の 1 乗に比例し、後半については時間の 0.5 乗に比例する実験式を提案し、噴霧到達距離を予測する式として広く使われている。しかしながら、廣安らの実験式⁽¹²⁾では燃料の加圧にジャーク式ポンプを使用していること、燃料噴射圧力が 15MPa 程度と現状の燃料噴射圧力と比較して低圧な実験結果をもとに導きだされていることから、現状のコモンレール式燃料噴射装置による高圧な燃料噴射条件でのディーゼル噴霧においても十分な予測精度を有するか不明である。

上記の背景をもとに本研究は、日本液体微粒化学会所属の微粒化研究会一次世代微粒化技術と微粒化計測法を考える研究会 - に参加する企業委員の共通課題として実施した内容である。一般的な 2 リッタークラスの乗用車ディーゼルエンジンで用いられる燃料インジェクタのノズルの噴孔径をベースとして、噴孔径違いによる噴霧特性の差異について研究会の中で議論を行ってきた。本報告では研究会から提供された噴孔径違いのディーゼルノズルによる自由噴霧の基本特性として噴霧到達距離を実験的に調査した。噴霧到達距離の実験式である廣安らの式⁽¹²⁾との比較をおこない、現状のコモンレール式噴射装置によるディーゼル噴霧の到達距離の予測に対して廣安らの式⁽¹²⁾の適用可能性について検討した。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図 1 に示す。本実験装置では、噴霧を形成するための燃料噴射装置と高圧容器、並びに噴霧の挙動を観察するための撮像系から構成される。高圧容器内に窒素ガスを充填し、コモンレール式噴射装置により一回だけ燃料を噴射して自由噴霧を形成した。噴霧の形成には噴孔径 0.120mm, 0.134mm, 0.147mm の単孔ノズルを使用した。噴孔径 0.120mm のノズルは、2 リッタークラスの乗用車ディーゼルエンジンに使用されるノズルを想定し、噴孔面積を 1.2 倍, 1.5 倍としたノズルが 0.134mm,

原稿受付：2015 年 11 月 13 日

責任著者：正会員，群馬大学大学院

(〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1)

E-mail: yzama@gunma-u.ac.jp

0.147mmのノズルとなる。供試燃料としてJIS2号軽油を用いた。本実験では、噴霧の成長挙動の観察に影写真法を適用した。影写真法では、光源にメタルハライドランプ(HVC-UL, Photron)を使用した。光源からの光を拡散させるため、光源と観察窓の間にトレーシングペーパーを設置し、その拡散光により高压容器に設けられたアクリル製の観察窓を介して、噴霧を照明した。また、光源の反対側に高速度デジタルビデオカメラ(GX-8, Nac)を配置し、観察窓を介して噴霧の成長挙動を撮影した。撮影速度は50,000fpsとし、画像サイズは112(H)×246(V)[Pixel]とした。また、燃料の噴射と高速度カメラとの同期は、PCから出力されるトリガー信号により行われた。実験条件を表1に示す。压力容器内の雰囲気条件は常温(300K)とし、窒素雰囲気とした。また、雰囲気圧力については、 $P_a = 0.5\text{MPa}$ から 4.0MPa の間で変化させた。この条件では压力容器内の雰囲気のガス密度が $\rho_a = 5.8\text{kg/m}^3$ から 46.5kg/m^3 となる。ガス密度 $\rho_a = 11.6\text{kg/m}^3$ の条件は、自然吸気ディーゼルエンジンにおける着火直前の燃焼室内雰囲気密度($T = 800\text{K}$, $P_a = 3\text{MPa}$)と同等である。噴射期間を 3.2ms とし燃料の噴射圧力は $P_{inj} = 40\text{MPa}$ から 150MPa の間で変化させて実験を行った。

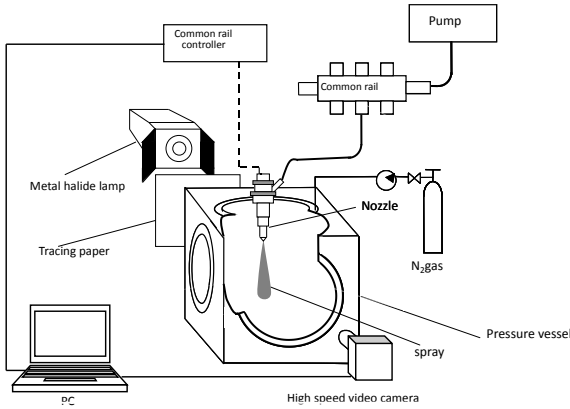


Fig. 1 Experimental setup

Table 1 Experimental condition

Nozzle hole diameter d_0 [mm]	0.120, 0.134, 0.147			
Ambient temperature T_a [K]	300			
Ambient pressure P_a [K]	0.5	1.0	2.0	4.0
Ambient gas density ρ_a [kg/m ³]	5.8	11.6	23.2	46.5
Injection pressure P_{inj} [MPa]	40, 80, 120, 150			
Injection period [ms]	3.2			
Test fule	Diesel fuel (JIS no.2)			
Density of fuel at 300K ρ_f [kg/m ³]	828			

3. 実験結果

3.1 噴霧到達距離と実験式との比較

廣安らの式⁽¹²⁾では Levich⁽¹³⁾による液体噴流の液柱分裂完了までの距離に関する理論解析と実験結果にもとづき液柱から液滴に分裂するまでの時間 t_b を定め、液柱の分裂完了期間と液柱分裂完了後の期間にわけて噴霧到達距離を以下の2式で与えている。

(i) $0 < t_{inj} \leq t_b$

$$S = 0.39 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_f}} t_{inj} \quad (1)$$

(ii) $t_b \leq t_{inj}$

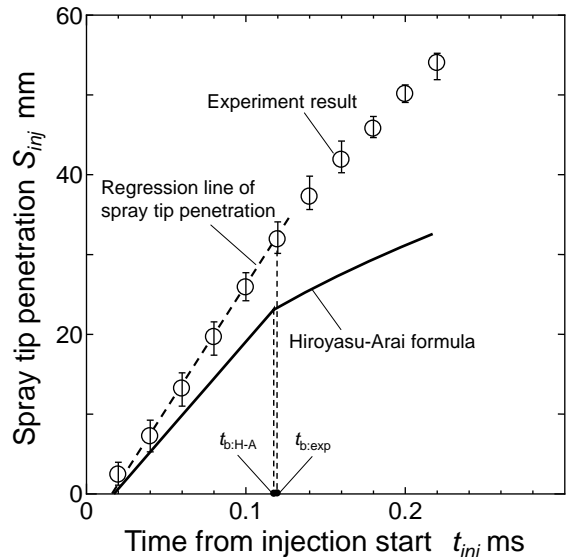
$$S = 2.95 \left(\frac{\Delta P}{\rho_a} \right)^{0.25} \sqrt{d_0 \cdot t_{inj}} \quad (2)$$

ただし、

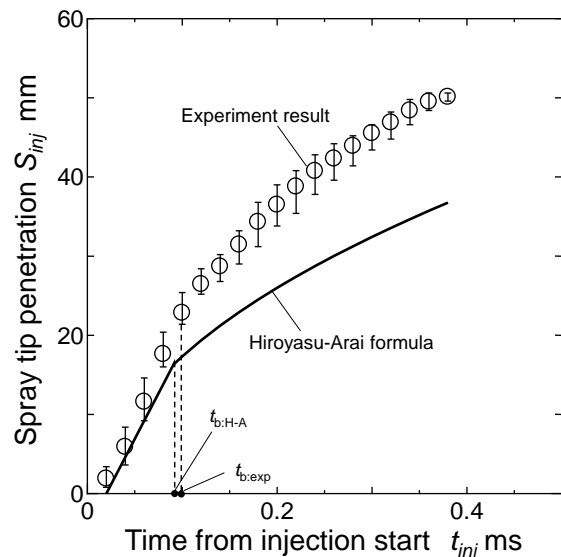
$$t_b = 28.65 \frac{\rho_f \cdot d_0}{\sqrt{\rho_a \cdot \Delta P}} \quad (3)$$

液柱分裂完了前の期間($0 < t_{inj} \leq t_b$)では噴孔径によらず等速で噴霧が成長し、液柱分裂完了後の期間($t_b \leq t_{inj}$)では時間の0.5乗に比例して噴霧が成長するとしている。

図2に噴孔径を固定し、雰囲気密度と燃料噴射圧を変化させた場合における噴霧到達距離について、実験結果と廣安らの式⁽¹²⁾との比較を示す。実験から得られた噴霧到達距離は6回の燃料噴射実験から得られた噴霧到達距離の平均とした。また、噴霧先端の定義は噴霧軸方向にノズル出口からの距離が最大となる

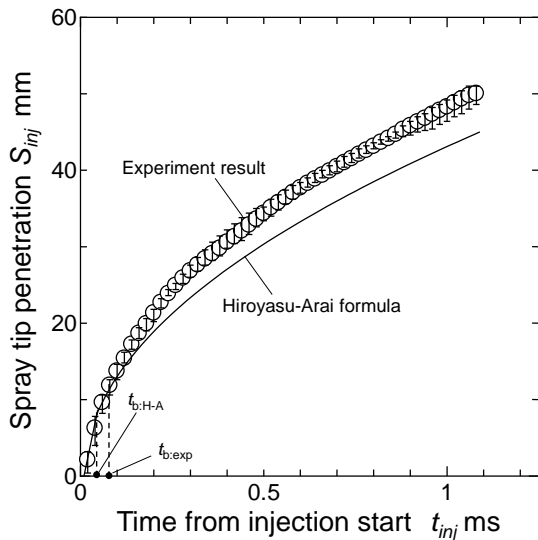


(a) $P_{inj} = 150\text{MPa}$, $\rho_a = 5.8\text{kg/m}^3$

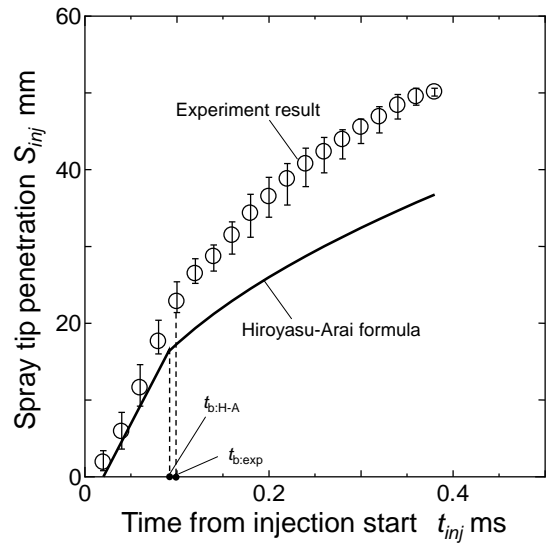


(b) $P_{inj} = 150\text{MPa}$, $\rho_a = 11.6\text{kg/m}^3$

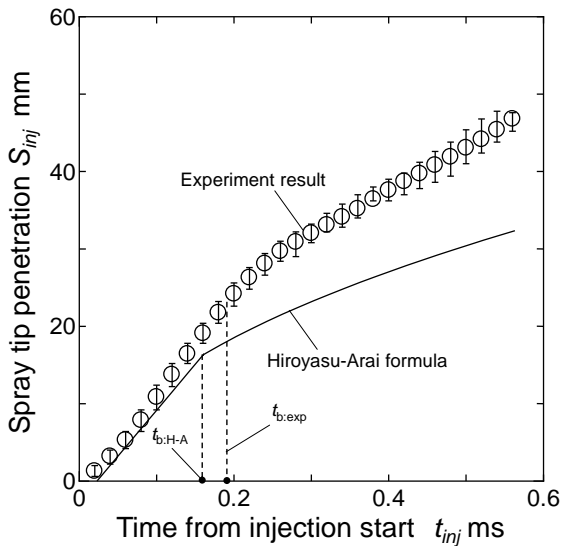
Fig.2 Comparison of spray tip penetrations between experiment results and Hiroyasu-Arai formula ($d_0 = 0.120\text{mm}$)



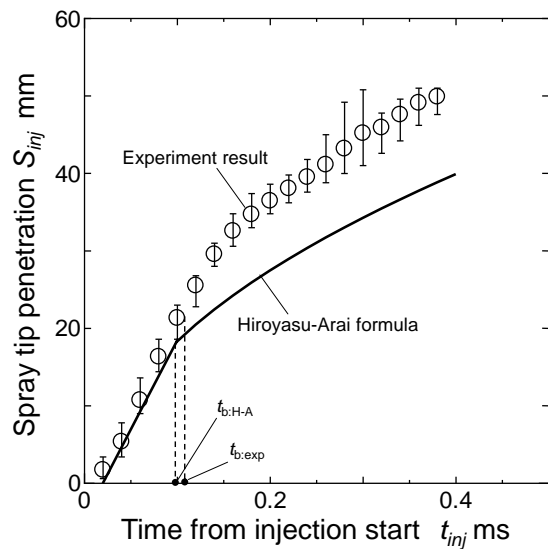
(c) $P_{inj}=150\text{MPa}$, $\rho_a = 46.5\text{kg/m}^3$



(a) $d_0 = 0.120\text{mm}$



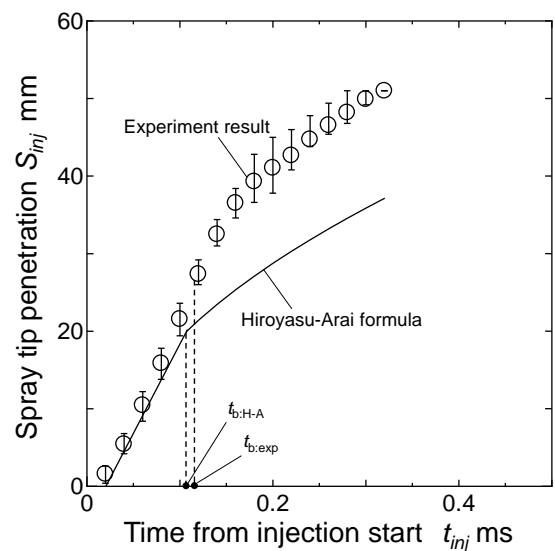
(d) $P_{inj}=40\text{MPa}$, $\rho_a = 11.6\text{kg/m}^3$



(b) $d_0 = 0.134\text{mm}$

Fig.2 (Continued) Comparison of spray tip penetrations between experiment results and Hiroyasu-Arai formula ($d_0=0.120\text{mm}$)

位置を噴霧先端とした。図中の $t_{b:H-A}$ は廣安らの式⁽¹²⁾から算出される液柱から液滴に分裂するまでの時間を示し、 $t_{b:exp}$ は実験から得られた噴霧到達距離の時刻歴を両対数で表わし、等速で噴霧が成長する区間と時間の 0.5 乗で進む区間をそれぞれ直線近似し、それらの直線が交差する時刻とした。今回の実験では使用した高速度カメラの性能上、空間解像度が 0.24mm/pix. 、時間分解能が $20\mu\text{s}$ となり、噴霧到達距離と液柱分裂完了時刻の計測に与える影響は少ないと判断した。図の横軸（時間）は高速度カメラで撮影された影写真から噴霧が最初に撮影されたコマ数の 1 コマ前の時刻を 0 としている。ここで高速度カメラによる時系列影写真からでは燃料の噴射開始時刻が明確に定められない。そこで、 $t_{b:exp}$ より前の時刻では噴霧が等速に進むとし、図 2(a) に示すように実験結果に対して最小二乗法による直線近似から噴射開始時刻を定めた。また噴霧が最初に撮影された 1 コマ目のデータは明らかに直線からの差異が認められるため直線近似の算出では排除した。廣安らの式⁽¹²⁾における噴射開始時刻



(c) $d_0 = 0.147\text{mm}$

Fig.3 Comparison of spray tip penetrations between experimental results and Hiroyasu-Arai formula ($P_{inj}=150\text{MPa}$, $\rho_a=11.6\text{kg/m}^3$)

もその時刻とした。図2(a), (b), (c)より燃料噴射圧力 $P_{inj}=150\text{MPa}$ では雰囲気気密度が低くなるにつれて噴射初期における等速度で噴霧が成長する期間 ($0 < t_{inj} \leq t_b$) では実験と実験式との噴霧到達距離の差が大きくなるのがわかる。これは、雰囲気気密度が低くなると実験式の傾きが実験に対して過小に評価されることを意味する。また、液柱から液滴に分裂するまでの時間 t_b が実験結果と実験式の間で異なるため、 t_b 以降の噴霧到達距離に差が生じている。ここで、廣安らの式⁽¹²⁾の導出で実施した実験では燃料噴射圧力が最大で 15MPa であることから本実験で選定した最も燃料噴射圧力が低い条件 ($P_{inj}=40\text{MPa}$) での噴霧到達距離の比較を図2(d)に示す。低圧条件においても雰囲気気密度が同じ条件である図2(b)と同様に噴霧到達距離が等速で進む期間で実験式の傾きが過小評価され、 t_b および t_b 以降の噴霧到達距離も差異が生じた。

次に燃料噴射圧力と雰囲気気密度を固定し、噴孔径違いでの噴霧到達距離について実験結果と実験式の結果を比較する(図3)。図2の結果と同様に噴孔径違いの噴霧到達距離についても、等速度で噴霧が成長する期間 ($0 < t_{inj} \leq t_b$) で実験式と実験結果との間で差が生じており、液柱から液滴に分裂するまでの時間 t_b についても実験結果と実験式の間で異なり、 t_b 以降の噴霧到達距離に違いが生じた。

ここで、表1に示す全ての実験条件について実験結果から得られた $t_{b,exp}$ と廣安らの式⁽¹²⁾による $t_{b,H-A}$ との関係を図4に示す。図中の点線は実験値と実験式からの値が一致することを意味する。図より全ての条件(噴孔径, 燃料噴射圧, 雰囲気気密度)において、廣安らの式⁽¹²⁾から見積られる t_b が実験から得られる t_b に対して過小評価されていることがわかる。図2の結果も踏まえると廣安らの式⁽¹²⁾の導出で実施した実験ではジャーク式ポンプによる燃料噴射装置を用いていることから、廣安らの式⁽¹²⁾に導入されている係数等が現状のコモンレール式噴射装置によるディーゼル噴霧の到達距離に対応していないことが考えられるため、それらの係数等を本実験で得られた噴霧到達距離の結果をもとに再検討した。

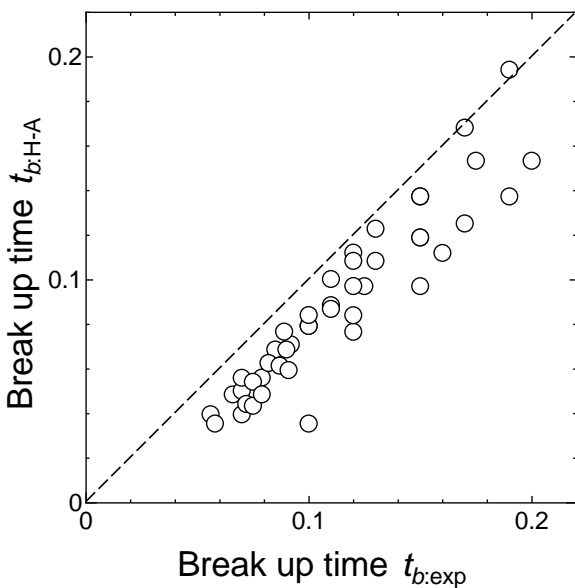


Fig.4 Correlation of break-up time between experiment and empirical formula

3.2 噴霧到達距離の実験式の再検討

前項3.1までの結果をもとに廣安らの式の再検討を行なう。液柱分裂完了前の期間 ($0 < t_{inj} \leq t_b$) については、液柱分裂までの距離 L_b が式(4)として与えられている。

$$L_b = \alpha \left(\frac{\rho_f}{\rho_a} \right)^{0.5} d_0 \tag{4}$$

ここで、 ρ_f は燃料の密度、 ρ_a は雰囲気気密度、 d_0 はノズルの噴孔径である。また、 α は実験的に定められる定数である。

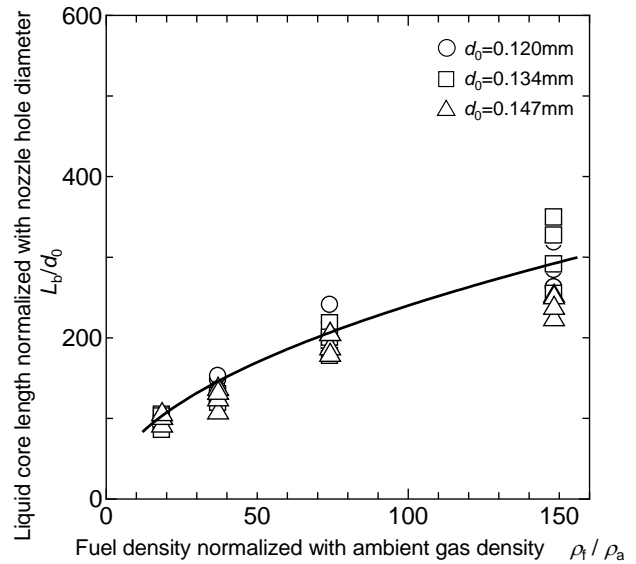


Fig.5 Relationship between normalized liquid core length and fuel density normalized with ambient gas density

液柱分裂までの距離を時刻 t_b までの噴霧到達距離 L_b として実験結果から定め、 L_b と雰囲気気密度 ρ_a との関係を調べた。図5は噴孔径 d_0 で無次元化された L_b と雰囲気気密度 ρ_a で無次元化された燃料密度 ρ_f との関係である。式(4)では雰囲気気密度の逆数としているため、図5においても便宜的に横軸については ρ_f/ρ_a としている。図中の結果は、表1の実験条件から得られた結果を全てプロットしている。この結果から無次元化された液柱分裂完了までの距離 L_b は雰囲気気密度の逆数の増加とともに長くなるのがわかる。そこで、式(4)の α をパラメータとしてプロットをフィッティングした結果が図中の実線である。またその実線は式(5)で与えられる。

$$\frac{L_b}{d_0} = 24 \left(\frac{\rho_f}{\rho_a} \right)^{0.5} \tag{5}$$

廣安らの式⁽¹²⁾では、式(4)の実験定数 α が 15.8 であり本実験の結果に対して小さい値が採用されていることがわかる。つまり液柱分裂までの距離が実験結果に対して過小評価されているといえる。

次に液柱分裂完了前の期間 ($0 < t_{inj} \leq t_b$) における噴霧先端速度 V_s は、速度係数を C_v として式(6)のように与えている。

$$V_s = C_v \left(\frac{2\Delta P}{\rho_f} \right)^{0.5} \tag{6}$$

ここで、 ΔP は有効燃料圧力 ($=P_{inj}-P_a$) である。速度係数 C_v はべ

ルヌーイの式から得られる噴孔出口速度と液柱分裂完了前の期間における噴霧先端速度の比で表わされる。ここでは、実験結果から得られた液柱分裂までの距離 L_b と時間 t_b から噴霧先端速度を求め、速度係数 C_v を評価した。図6に雰囲気密度 ρ_a の逆数と速度係数 C_v との関係を示す。図より雰囲気密度 ρ_a の逆数の増加とともに速度係数は増加することがわかる。図中の実線は式(7)で表現される。式(7)から速度係数は雰囲気密度 ρ_a の逆数の-0.25乗に比例することがわかる。廣安らの式⁽¹²⁾では、速度係数 C_v が一定の値($C_v=0.39$)としている。しかしながら、図6の結果から速度係数 C_v について、雰囲気密度 ρ_a の依存性を考慮する必要があることがわかった。

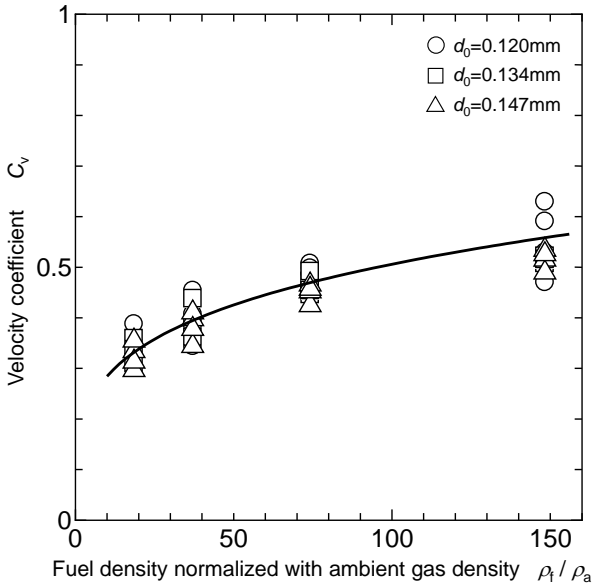


Fig.6 Relationship between velocity coefficient and fuel density normalized with ambient gas density

上記の結果から、速度係数 C_v が式(7)で表わされるため、液柱分裂まで期間における噴霧先端速度は速度係数の雰囲気密度の依存性を考慮すると式(8)となる。

$$C_v = 0.16 \left(\frac{\rho_f}{\rho_a} \right)^{0.25} \quad (7)$$

$$V_s = C_v \left(\frac{2\Delta P}{\rho_f} \right)^{0.5} = 0.16 \left(\frac{\rho_f}{\rho_a} \right)^{0.25} \left(\frac{2\Delta P}{\rho_f} \right)^{0.5} \quad (8)$$

したがって、式(8)より噴霧先端が等速で成長する期間 ($0 < t_{inj} \leq t_b$)における噴霧先端到達距離の実験式は式(9)となる。

$$S = 0.16 \left(\frac{\rho_f}{\rho_a} \right)^{0.25} \left(\frac{2\Delta P}{\rho_f} \right)^{0.5} t_{inj} \quad (9)$$

また、噴霧先端が等速で成長する期間 ($0 < t_{inj} \leq t_b$) について、式(5)および、式(8)から液柱分裂までの時間 t_b は、式(10)で表わせることになる。

$$t_b = \frac{L_b}{V_s} = 106 \left(\frac{\rho_f}{\rho_a} \right)^{-0.25} \frac{\rho_f \cdot d_0}{(\rho_a \cdot \Delta P)^{0.5}} \quad (10)$$

ここで、液柱分裂完了後の期間($t_b \leq t_{inj}$)の噴霧到達距離は、式(11)に示すように廣安らの式⁽¹²⁾では時間の0.5乗に比例するとしている。

$$S = \beta \cdot t_{inj}^{0.5} \quad (11)$$

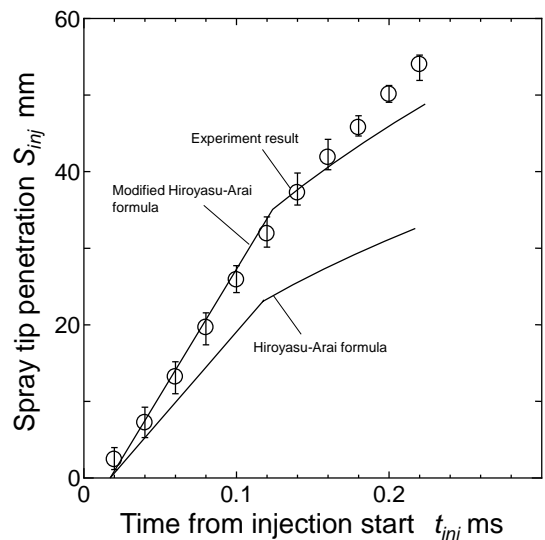
液柱分裂完了の時間 t_b では L_b と式(11)が等価となるため、式(11)は、式(12)のように整理できる。

$$S = 2.33 \left(\frac{\rho_f}{\rho_a} \right)^{0.125} \left(\frac{\Delta P}{\rho_a} \right)^{0.25} (d_0 \cdot t_{inj})^{0.5} \quad (12)$$

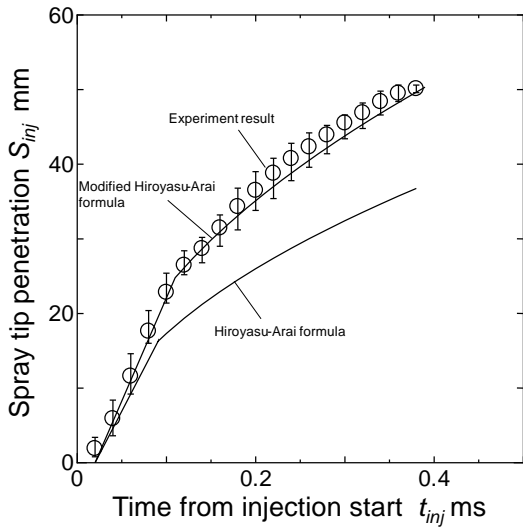
したがって、式(12)が液柱分裂完了後の期間($t_b \leq t_{inj}$)の噴霧到達距離の実験式となる。

3.3 噴霧到達距離の修正実験式と実験結果との比較

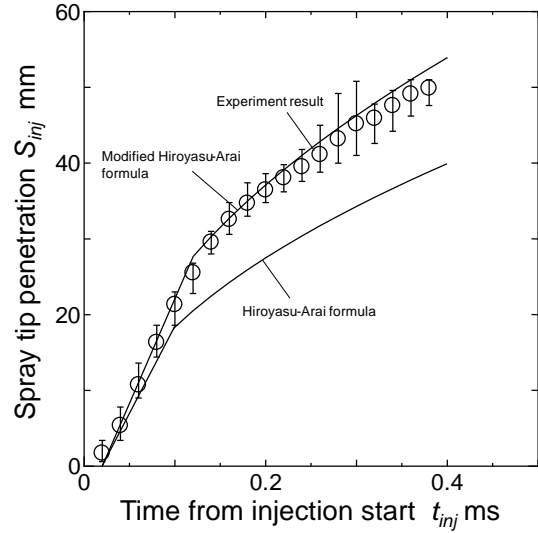
前項3.2で修正を行なった廣安らの式⁽¹²⁾について、実験から得られた噴霧到達距離との比較を行なった。図7は噴孔径を固定し($d_0=0.120\text{mm}$)、雰囲気密度と燃料噴射圧を変化させた場合における修正前後の実験式と実験値との比較である。 $\rho_a=5.8\text{kg/m}^3$ [図7(a)]では、等速で噴霧が成長する期間では実験値に対して修正前の廣安らの式⁽¹²⁾は噴霧到達距離が過小評価され実験値と差が生じているが、修正後の実験式ではほぼ実験結果と一致していることがわかる。噴射開始から0.14ms後の噴霧到達距離は修正後の実験式では時間の経過とともに実験値と差が拡大する結果となった。しかしながら、修正前の廣安らの式⁽¹²⁾より実験値に近い値となった。 $\rho_a=11.6\text{kg/m}^3$ [図7(b)]の条件においては、等速で噴霧が成長する期間における廣安らの式⁽¹²⁾の噴霧到達距離と実験値との差は $\rho_a=5.8\text{kg/m}^3$ と比較して小さくなるが、修正後の実験式ではほぼ実験結果と一致した。また、時間の0.5乗に比例する期間についても修正後の実験式は実験値とほぼ一致することがわかる。さらに、高密度雰囲気の



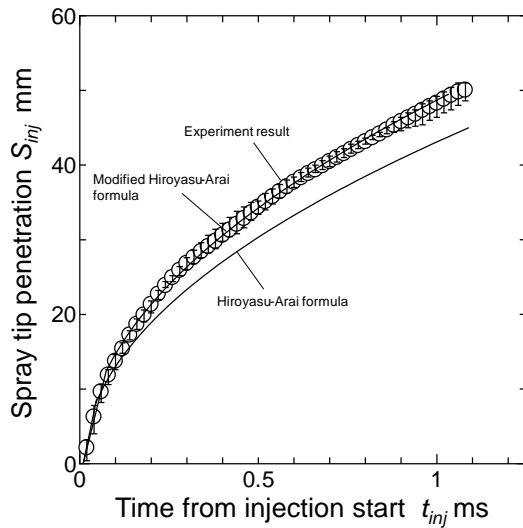
(a) $P_{inj}=150\text{MPa}$, $\rho_a=5.8\text{kg/m}^3$
Fig.7 Prediction performance of spray tip penetrations between modified and original Hiroyasu-Arai formula ($d_0=0.120\text{mm}$)



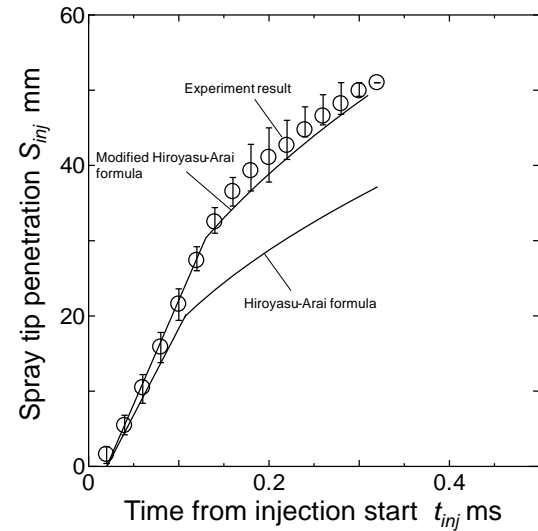
(b) $P_{inj}=150\text{MPa}$, $\rho_a = 11.6\text{kg/m}^3$



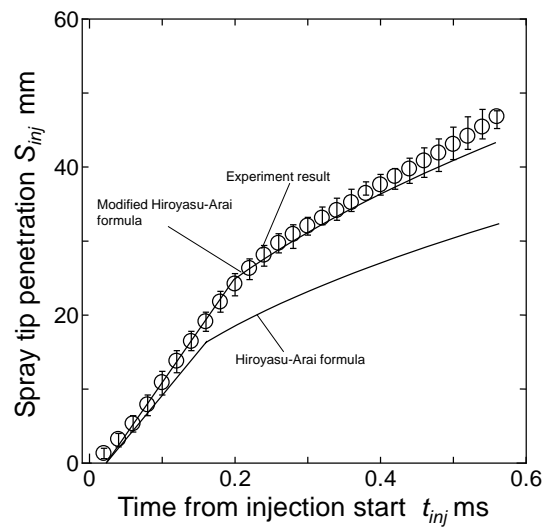
(a) $d_0 = 0.134\text{mm}$



(c) $P_{inj}=150\text{MPa}$, $\rho_a = 46.5\text{kg/m}^3$



(b) $d_0 = 0.147\text{mm}$



(d) $P_{inj}=40\text{MPa}$, $\rho_a = 11.6\text{kg/m}^3$

Fig. 7 (Continued) Prediction performance of spray tip penetrations between modified and original Hiroyasu-Arai formula ($d_0=0.120\text{mm}$)

Fig. 8 Prediction performance of spray tip penetrations between modified and original Hiroyasu-Arai formula ($P_{inj}=150\text{MPa}$, $\rho_a=11.6\text{kg/m}^3$)

条件である $\rho_a=46.5\text{kg/m}^3$ [図 7(c)] では、修正前の廣安らの式⁽¹²⁾は時間の0.5乗に比例する期間で実験値に対して過小評価され、時間の経過とともに差が拡大した。しかしながら、修正後の実験式では、時間の1乗と0.5乗に比例する期間で実験値とよく一致する結果となった。燃料噴射圧力 40MPa の条件[図 7(d)]においても修正前の廣安らの式と比較して等速で噴霧成長する期間、および時間 0.5 乗に比例する期間で修正後の実験式は実験値とよく一致した。これらの結果から修正後の実験式は修正前の実験式に対して雰囲気密度と燃料噴射圧の違いによる噴霧到達距離の予測性能が向上したといえる。図 8 は燃料噴射圧力と雰囲気密度 ($P_{inj}=150\text{MPa}$, $\rho_a=11.6\text{kg/m}^3$) を固定した条件での噴孔径違いによる修正前後の実験式と実験値との比較である。図 8(a) ($d_0=0.137\text{mm}$) から修正前の廣安らの式⁽¹²⁾では噴射期間の全期間で噴霧到達距離が過小に評価され、時間の経過とともに実験値との差が拡大した。しかしながら、修正後の実験式では実験値とほぼ一致した。さらに、 $d_0=0.147\text{mm}$ [図 8(b)] においても修正前の廣安らの式⁽¹²⁾では実験値との差が時間の経過と

もに拡大したが、修正後の実験式では実験値とほぼ一致している。これらのことから、修正後の廣安らの式は本実験で実施した種々の実験条件に対して、修正前の廣安らの式⁽¹²⁾より実験結果と一致することがわかった。したがって、修正前の廣安らの式⁽¹²⁾における実験定数 α が現状のコモンレール式噴射系におけるディーゼル噴霧に適していない値であること、速度係数 C_v の雰囲気密度依存性が考慮されていないことが実験値との不一致を生じさせた原因であることがわかった。

5. おわりに

微粒化研究会にて提供された噴孔径3種類のノズルによるディーゼル噴霧の到達距離について検討を行った。得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 廣安らの実験式から得られる噴霧到達距離は実験結果に対して過小に評価される。
- (2) 速度係数 C_v は雰囲気密度の-0.25 乗に比例することがわかった。
- (3) 廣安らの実験式における実験定数 α の修正と速度係数 C_v の雰囲気密度依存性を考慮すると、燃料噴射圧力 40MPa から 150MPa、雰囲気密度 5.8kg/m³ から 46.5 kg/m³ の範囲では、ディーゼル噴霧の到達距離の予測性能が向上することがわかった。

謝 辞

本研究は日本液体微粒化学会 研究部会 第1研究委員会の支援を受けて行なった。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- (1) Tabata, M., Hiroyasu, H., Arai, M.: Empirical Equations for the Sauter Mean Diameter of a Diesel Spray, SAE paper, No.890464(1989), 97-106.
- (2) Soteriou, C., Andrews, R., Smith, M.: Further Studies of Cavitation and Atomization in Diesel Injection, SAE paper, No.1999-01-1486(1999), 1-20.
- (3) Katsura, N., Saito, M., Senda, J., Fujimoto, H.: Characteristics of a Diesel Spray Impinging on a wall, SAE paper, No.890264(1989), 191-207.
- (4) Zurlo, J. R., Chigier, N., Impinging Diesel Spray Dynamics, Atomization and Sprays, 1 (1991), 303-318.
- (5) Tanabe, N., Takahashi, M., Sato, G. T., Kato, S., Onishi, S.: Experimental Study on Unsteady Fuel Spray Impinging onto a Projection on a Wall, Proc. of COMODIA-94, (1994), 379-384.
- (6) Fujimoto, H., Hyun, G. S., Nogami, M., Hirakawa, K., Asai, T., Senda, J.: Characteristics of Free and Impinging Gas Jets by Mean of Image Processing, SAE paper, No.970045(1997), 11-25.
- (7) Lopez, J. J. and Pickett, L. M., Jet/Wall Interaction Effects on Soot Formation in a Diesel Fuel Jet, Proc. of COMODIA-2004, (2004), 387-394.
- (8) Fujimoto, H., Senda, J., Nagae, M., Hashimoto, A., Saito, M., Katsura, N.: Characteristics of a Diesel Spray Impinging on a Flat Wall, Proc. of COMODIA-1990, (1990), 193-198.
- (9) Boot, M., Rijk, E., Luijten, C., Somers, B.: Spray Impingement in the Early Direct Injection Premixed Charge Compression Ignition Regime, SAE-Paper 2010-01-1501 (2010), 1-12.
- (10) 和栗雄太郎, 藤井勝, 網谷竜夫, 恒屋礼二郎: ディーゼル機関燃料噴霧の到達距離に関する研究, 日本機械学会論文集, 3-9 (1960), 123-130.
- (11) Dent, J.C.: A Basis for the Comparison of Various Experimental Methods for Studying Spray Penetration, SAE paper, 710571 (1971), 1-4.
- (12) 広安博之, 新井雅隆: ディーゼル噴霧の到達距離と噴霧角, 自動車技術会論文集, 21 (1981), 5-11
- (13) Levich, V.G: Physicochemical Hydrodynamics, Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey (1962), 639-950.