

大型船用ディーゼル機関における噴霧干渉と壁面衝突が NO_x 生成に与える影響

Effect of Spray Interaction and Wall Impingement in Large Diesel Engine Cylinders on NO_x Emission

丸谷 洋 一 技術開発本部総合開発センターレシプロエンジン開発プロジェクトグループ 課長
下寺 章 弘 技術開発本部総合開発センターレシプロエンジン開発プロジェクトグループ 課長

大型船用ディーゼル機関のシリンダ内で生ずる噴霧干渉・壁面衝突がNO_x生成量に与える影響を調べるため、噴霧干渉・壁面衝突要素試験および実機燃料噴射弁変更試験を実施し、NO_x生成特性を調べた。噴霧干渉・壁面衝突による噴霧の空気巻き込み率および壁面冷却効果の変化を考慮した次元噴霧燃焼モデルを用い要素試験および実機のNO_x生成傾向が説明できることが分かった。三次元噴霧燃焼シミュレーションを用い噴霧干渉要素試験結果を検証した結果、NO_x生成傾向は実験と一致することが分かった。

To investigate the effects of spray interaction and wall impingement on NO_x formed in cylinders of large diesel engines, jet and spray combustion experiments were performed under atmospheric and high-pressure conditions. The characteristics of NO_x formation could be explained by a simple one dimensional spray model. The model is considered the effects of spray interaction and wall impingement on air entrainment and wall cooling. Comparisons of the engine test and model calculation showed that the model can explain the engine test results. CFD calculations and spray interaction experiments found almost the same values for NO_x formation.

1. 結 言

ユニフロー掃気方式大型船用ディーゼル機関のシリンダ内への燃料噴射は、燃料噴射弁をシリンダ外周部に2本または3本もつサイドインジェクション方式であり、一つの燃料噴射弁は複数の噴孔をもつ。一つの燃料噴射弁から噴射される複数の燃料噴霧は、噴霧間角度が狭いため噴霧同士の干渉が生じている。またシリンダライナ壁面では、噴霧の壁面衝突が生じている。このような現象が絡み合い進行する噴霧燃焼挙動は極めて複雑である。大型船用ディーゼル機関では、IMO（国際海事機関）のNO_x規制が2000年度から試行され、今後もさらに規制値が厳しくなることが予想される。NO_x生成量を最小限に抑えるためには、燃料噴射弁の噴孔角度の最適化によってNO_x低減を図ることが重要であり、これを実現するためには噴孔角度の変更によって生ずる噴霧干渉・壁面衝突の変化がNO_xに与える影響を明らかにする必要がある。噴霧干渉・壁面衝突に関する研究としては、同一燃料噴射弁から噴射される複数噴霧の到達距離および噴霧間の空気流動特性調査⁽¹⁾や、噴霧壁面衝突が噴霧到達距離、噴霧体積量変化に与える影響の理論的、実験的調査が行われている^{(2),(3)}。これら噴霧干

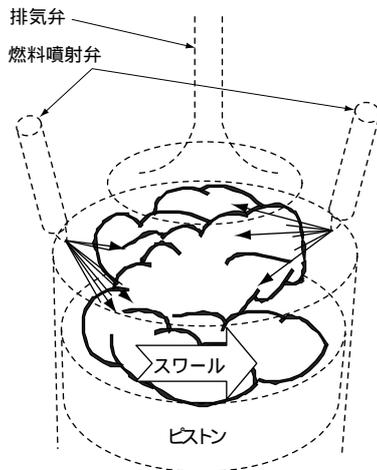
渉・壁面衝突に関する研究は非燃焼・燃焼時の噴霧挙動および噴霧周辺の空気流動の把握のみであり、燃焼時のNO_x生成量に対する影響は明らかにされていない。

本研究は、噴霧干渉・壁面衝突によってNO_x生成量が変動する原因を明らかにし、実機における燃料噴射弁噴孔角度変更やエンジン負荷変更時に生ずるNO_x生成量変化特性を直感的に理解することを目的に、噴霧干渉・壁面衝突現象を単純化した要素試験を実施し、NO_xに与える影響を調べた。要素試験結果は噴霧干渉・壁面衝突に伴う空気巻き込み率の変化、壁面冷却の効果を考慮した次元噴霧燃焼モデルを用いNO_x生成量が変動する要因を明らかにした。次に大型船用実機エンジン燃料噴射弁噴孔角度やエンジン負荷を変更した試験結果を同モデル計算で評価し、NO_x生成量変動の要因を明らかにした。噴霧干渉・壁面衝突の変動に伴うNO_x生成量変動の予測精度をさらに向上させるためには、噴霧干渉・壁面衝突を三次元的に評価する必要がある。本技術開発の先駆けとして噴霧干渉要素試験の三次元噴霧燃焼シミュレーションを実施し、噴霧干渉変動に伴うNO_x生成量変動特性が評価できるか検証した。

2. 噴霧干渉・壁面衝突要素試験

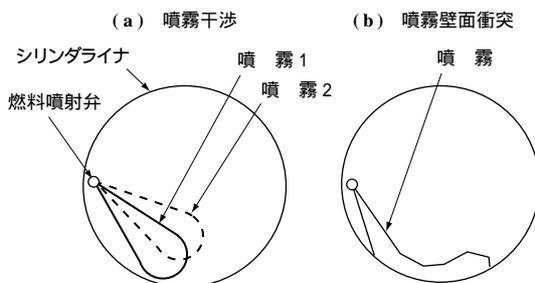
第1図に大型船用ディーゼル機関燃焼室内の噴霧燃焼イメージを示す。燃料噴霧はシリンダ内の空気を有効に活用するため、主にスワール回転方向に向け噴射される。第2図にシリンダ内で生ずる噴霧干渉・壁面衝突のイメージを示す。第2図-(a)の噴霧干渉は、同じ燃料噴射弁から噴射される噴霧同士が干渉したときに生ずる。第2図-(b)の噴霧壁面衝突は噴霧がシリンダライナに衝突するときに生ずる。サイドインジェクションタイプ燃料噴射弁の場合、噴霧はシリンダライナに斜めから衝突するパターンが主となる。実機では、燃料噴射弁先端の個々の噴孔角度を変えることで、第3図に示すように噴霧干渉および噴霧壁面衝突が変化しNO_x生成量が変化すると考えられる。噴孔角度変化に伴うNO_x生成量を予測するため、噴霧干渉および噴霧壁面衝突を単純化した要素試験を実施し、噴霧干渉・壁面衝突がNO_x生成量に与える影響を調べた。

要素試験は2ステップとした。第1ステップは、噴霧干渉・壁面衝突の効果を個別に評価することが可能な大型高



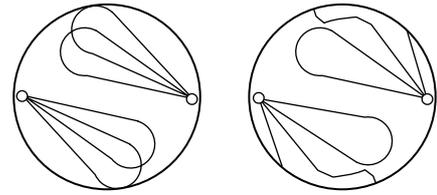
第1図 大型船用ディーゼル内の噴霧燃焼イメージ

Fig. 1 Image of spray combustion in the cylinder of large diesel engines



第2図 シリンダ内の噴霧干渉・壁面衝突イメージ

Fig. 2 Image of spray interaction and impingement on wall in large engine cylinders



第3図 噴孔角度の違いによって生ずる噴霧干渉・壁面衝突の変化例

Fig. 3 Typical example of spray interaction and wall impingement variation with nozzle injection angle

温・常圧炉を利用し、定常噴流火炎の干渉・壁面衝突要素試験を実施し、噴流干渉・壁面衝突がNO_x生成量に与える影響を調べた。第2ステップでは、大型実機エンジンの噴霧スケールで燃焼試験ができる高温・高圧大型燃焼容器を用い、高温・高圧下で噴霧干渉・壁面衝突試験を実施した。

2.1 高温・常圧噴流燃焼要素試験

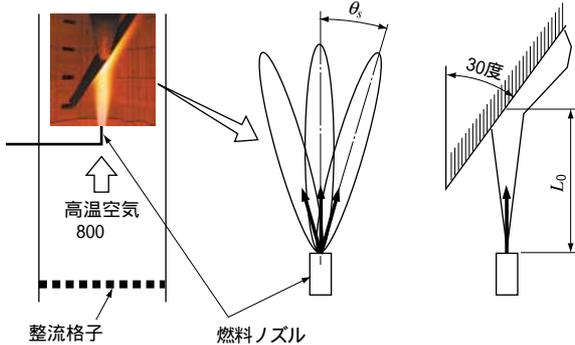
噴霧干渉と噴霧壁面衝突のそれぞれがNO_x生成量に与える影響を調べるため、内径1000mm、高さ3000mmの大型高温炉を用い、高温・常圧、定常流雰囲気条件において噴流干渉・壁面衝突試験を実施した。第1表に主要試験条件を示す。炉内に800℃に加熱した空気を垂直上向きに定常で流し、下流に向け燃料噴流を噴射し燃焼させた。第4図に試験装置および試験パラメータの概要を示す。噴流干渉試験は3本の噴流を用い、隣り合う二つの噴霧間角度 θ_s を変化させた燃料ノズルを用いた。噴流壁面衝突試験は噴流噴射方向に対する角度を30度とした壁面を設け噴流噴孔から壁面までの距離 L_0 を変化させた。壁面は水冷機構を設け冷却水流量はすべての試験条件で一定になるようにした。ガスサンプリングは、燃焼部から充分に下流で燃焼ガス成分が均一化した排気管で実施し、NO_x生成量を調べた。大型ディーゼル機関の噴霧火炎のスケールは大きく、高圧条件であるため、熱放射は火炎表面近傍に限定され、

第1表 高温・常圧噴流干渉・壁面衝突燃焼要素試験条件

Table 1 Experiment spray interaction and impingement on a wall under high-temperature and atmospheric pressure conditions

項目	噴流干渉	噴流壁面衝突
噴孔径 (mm)	6	6
噴孔数	3	1
燃料	水素 + 窒素 (希釈率 0.26)	水素 + 窒素 (希釈率 0.26)
水素流量 (m ³ _N /min)	0.466	0.155
噴流レイノズル数	12 800	12 800
空気温度 (°C)	800	800
空気圧力 (MPa)	0.1	0.1
空気流量 (m ³ /h)	600	600

(a) 高温空気燃焼試験装置 (b) 噴流干渉・壁面衝突試験パラメータ



第 4 図 高温・常圧噴流干渉・壁面衝突試験装置および試験パラメータ

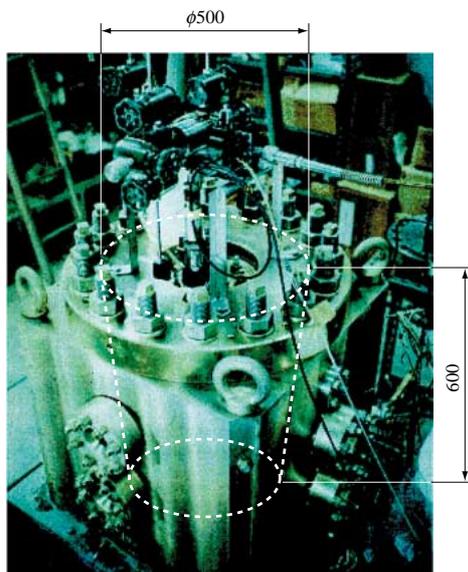
Fig. 4 Combustion experimental apparatus of jet interaction and impingement on wall and test parameters

熱放射による熱損失は小さい。実機と同様に常圧化で熱放射による熱損失量を低く抑えるため、熱放射の影響の少ない水素火炎を用いた。また、噴流を十分に発達した乱流（噴流レイノズル数 $Re > 6000$ ）とするため、窒素を混合し水素・窒素混合気密度を大きくした。

2.2 高温・高圧噴流燃焼要素試験

第 5 図に示す内径 500 mm、高さ 600 mm の大型高温・高圧燃焼定容容器を用い、噴流干渉・壁面衝突燃焼試験を実施した。次に試験条件を示す。

噴孔径	0.65 mm
噴孔数	2
燃料	n-デカン ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)8\text{CH}_3$)
燃料噴射量	15 cc
空気温度	800
空気圧力	2.8 MPa



第 5 図 大型高温・高圧燃焼試験装置 (単位: mm)

Fig. 5 High-pressure high-temperature combustion vessel (unit: mm)

噴孔径は 0.65 mm で大型船用ディーゼルクラスの噴霧スケールである。高温高圧雰囲気は常温の窒素・水素・酸素混合気を燃焼させ生成した。窒素・水素・酸素混合比は、生成した高温高圧雰囲気の酸素モル濃度が 21% になるように調整した。燃料は n-デカンを使用した。第 6 図に噴孔角度条件を示す。噴孔数はすべて 2 個とした。実線枠内は、噴霧間角度 α をパラメータとし隣同士の噴霧干渉を変化させた試験である。点線枠内は、噴霧間角度 α を固定し噴霧回転角 β を変化させ噴孔から壁面までの距離をパラメータとした壁面衝突の変化試験である。実機と異なりスワール流がない状態で噴霧の斜め方向からの壁面衝突を再現するため、すべての噴霧は斜め 45 度下向きに噴射させた。ガスサンプリングは噴霧燃焼終了後容器内ガスが十分混合した後実施し、 NO_x 生成量を計測した。

3. 噴霧干渉・壁面衝突噴霧モデル

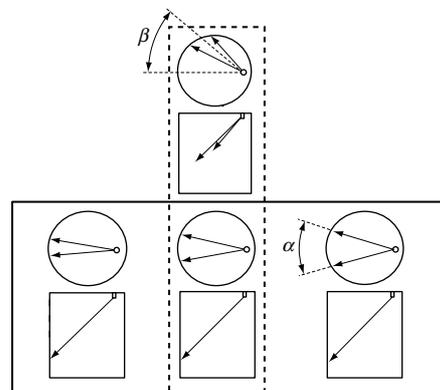
2 章で実施した噴霧干渉・壁面衝突要素試験で得られた NO_x 生成特性を評価することを目的に、噴霧干渉・壁面衝突による空気巻き込み量の変化によって生ずる噴霧火炎高温滞留時間の変化および噴霧火炎が壁面に接触した場合に生ずると考えられる壁面冷却の効果を考慮した噴霧燃焼モデルを作成し、試験結果を評価した。単一噴霧モデルとしては和栗らの一次元準定常運動量理論⁽⁴⁾ 噴霧モデルを用いた。本モデルによって燃料噴射弁噴孔から任意の距離 x での平均の噴霧平均空気過剰率を (1) 式で求めることができる。

$$\lambda = \frac{2 \tan \theta}{L_{th} \sqrt{c}} \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_f}} \frac{x}{d} \dots \dots \dots (1)$$

λ : 空気過剰率

x : ノズル噴孔からの距離 (mm)

2θ : 噴霧角度 ($^\circ$)



第 6 図 噴孔角度条件

Fig. 6 Nozzle injection angle conditions

d : ノズル噴孔径 (mm)
 L_{th} : 理論空気量
 c : ノズル流量係数
 ρ_a : 雰囲気密度 (kg/m³)
 ρ_f : 燃料密度 (kg/m³)

ここで平均の雰囲気巻込み率 (平均の空気過剰率の傾き) γ を (2) 式のように定義する.

$$\gamma = \frac{d\lambda}{dx} = \frac{2 \tan \theta}{L_{th} \sqrt{c}} \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_f}} \frac{1}{d} \quad \dots\dots\dots (2)$$

第 7 図に噴霧干渉モデルを示す. 噴霧干渉によって任意位置における 1 噴霧当たりの噴霧断面積は噴霧同士を重ねた結果, (3) 式に従い S から S' に変化すると仮定した.

$$S' = S_1 + \frac{S_2}{2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

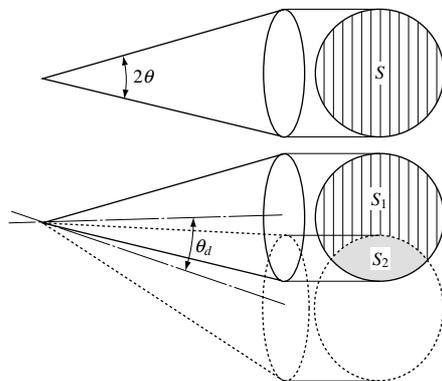
S : 単一噴霧の断面積
 S_1 : 噴霧が干渉していない領域の断面積
 S_2 : 噴霧が干渉している領域の断面積
 (= $S - S_1$)
 θ_d : 噴霧間角度

一次元準定常運動量理論によって噴霧干渉ありの平均空気巻込み率 γ_1 は, 干渉なしの平均雰囲気巻込み率 γ を用いて (4) 式のように表すことができる. ここで a_1 は噴霧角度 2θ および噴霧間角度 θ_d のみの関数であり幾何学的に決定される値である.

$$\gamma_1 = a_1 \cdot \gamma \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$a_1 = \sqrt{\frac{S'}{S}} = a_1(2\theta, \theta_d) \quad \dots\dots\dots (5)$$

噴霧が壁面に垂直に衝突する場合, 噴霧は壁面に沿い放射状に広がるのに対し, 斜めから衝突する場合, 噴霧の一部側面が壁面に覆われ雰囲気の巻込み率が減少すると考え



第 7 図 噴霧干渉モデル
Fig. 7 Spray interaction model

られる. そこで, 壁面衝突前後の変化を考慮した雰囲気巻込み率 γ_2 は (6) 式のように仮定した.

$$\gamma_2 = a_2 \cdot \gamma_1 \quad x < x_{wall} \text{ のとき } a_2 = 1 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$x \geq x_{wall} \text{ のとき } a_2 = a_{wall} \quad (0 < a_{wall} < 1)$$

ここで x_{wall} は噴孔から衝突壁面までの距離である. 実際の噴霧では, 各位置で燃料と雰囲気は均一に混合しておらず, 雰囲気の一部は燃焼に関与することができないと考えられる. このため, 混合率 b ($0 < b < 1$) を定義し, 燃焼部分の空気過剰率 λ_{com} は壁面衝突前後の変化を考慮した雰囲気巻込み率 γ_2 を用いて (7) 式のように表せるとした.

$$\lambda_{com} = b \int_0^x \gamma_2 dx \quad \dots\dots\dots (7)$$

噴霧内燃焼部分の火炎温度, ガス成分は空気過剰率 λ_{com} で平衡計算で求めた. 壁面に衝突した火炎は (8) 式に示す強制対流中の平板の熱伝達計算で使用されるヌセルト数⁽⁵⁾ に従い熱損失が発生し火炎温度が低下すると仮定した.

$$Nu = 0.037 Re^{0.8} Pr^{\frac{1}{3}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

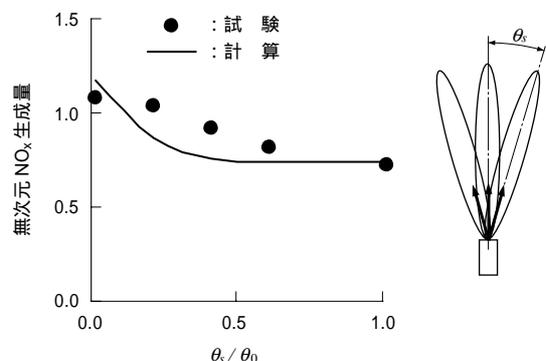
Re : 噴霧火炎のレイノルズ数
 Pr : 噴霧火炎のプラントル数

NO_x 生成量の算出には拡大ゼルドビッチ NO_x 生成速度に実験定数を乗じ実験値と同じ程度になるようにした. 実験定数 a_{wall} は検証したすべての試験で同じ値とした. 混合率 b および NO_x 計算時の実験定数は, 各試験 (高温・常圧噴流燃焼要素試験, 高温・高圧噴霧燃焼要素試験, 実験試験) で試験条件によらず同じ値を使用した.

4. 噴流干渉・壁面衝突試験とモデル計算結果の比較

4.1 高温・常圧噴流燃焼要素試験

第 8 図に噴流干渉試験結果とモデル計算結果の比較を示

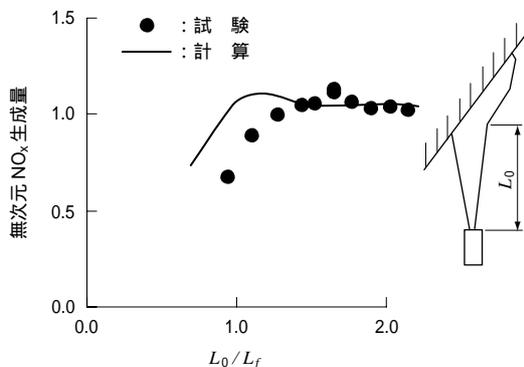


第 8 図 噴流干渉試験結果とモデル計算結果の比較
Fig. 8 Comparison between jet interaction test results and model calculations

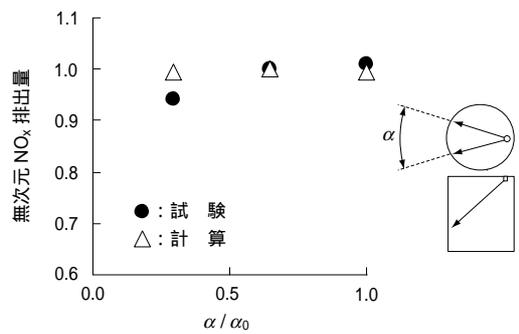
す．ここで無次元 NO_x 生成量は計測，または計算した $E.I.\text{NO}_x$ を計測した $E.I.\text{NO}_x$ の最大値で無次元化したものである． θ_0 は試験で実施した最大の噴霧間角度である．試験も計算も噴霧間角度 θ_0 が狭くなるにつれ， NO_x 生成量が増加することが分かる．モデル計算では θ_0 が狭くなり噴霧干渉が増加すると 1 噴霧当たりの空気巻き込み率が減少し火炎長が伸び， NO_x が生成する高温部の滞留時間が増加するため NO_x 生成量が増加する．本モデルは試験の NO_x 生成特性をよく説明していることが分かる．第 9 図に噴流壁面衝突試験結果とモデル計算結果の比較を示す．ここで， L_f は観察で得られた単一噴流の火炎長さである．試験では L_0 が十分に大きくなると NO_x 値が一定となる．壁面が無次元距離で 1.5 まで噴霧に近づくと， NO_x はいったん増加する．さらに壁面を噴孔に近づけると NO_x 生成量は急激に減少する．モデル計算では， L_0 が大きいとき燃焼ガスが壁面に到達する前にすでに NO_x の生成が終了しており，壁面が NO_x 生成量に与える影響はなくなり一定値となる．壁面に火炎が近づき NO_x は生成する高温部が壁面で衝突する距離になると，噴流への空気流入率が減少し高温滞留時間が増加するため， NO_x 生成量が増加する．さらに噴孔が壁面に近づくと，壁面冷却によって燃焼ガス温度が低下し， NO_x 生成量が減少する．試験とモデル計算の NO_x 変化は同じ傾向であることから，作成した噴霧干渉・壁面衝突モデルは現象をよく説明していると考えられる．

4.2 高温・高圧噴霧燃焼要素試験

第 10 図に噴霧干渉試験結果とモデル計算結果の比較を示す．ここで， α_0 は試験を実施した最大の噴霧間角度である．噴霧干渉試験結果と逆で，噴霧間角度 α が狭くなると NO_x 生成量はほぼ同等から減少に転ずる傾向にあることが分かる．モデル計算によると，噴霧干渉の増加に伴い霧間



第 9 図 噴流壁面衝突試験結果とモデル計算結果の比較
Fig. 9 Comparison between jet impingement test results and model calculations

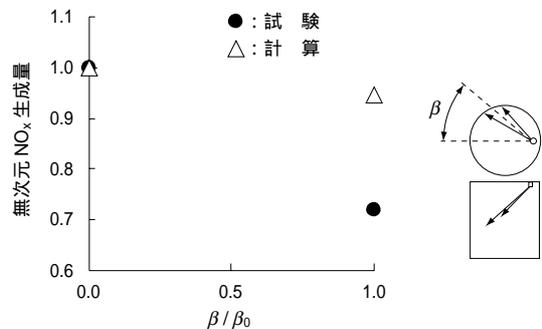


第 10 図 噴霧干渉試験結果とモデル計算結果の比較
Fig. 10 Comparison between spray interaction test results and model calculations

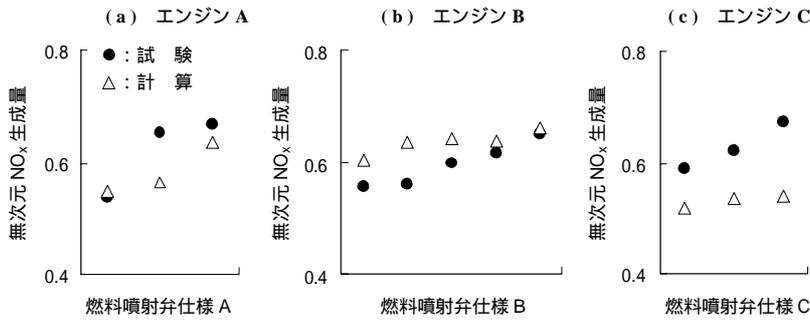
気巻き込み率が減少し火炎長が伸びる．噴霧干渉試験同様，壁面がなければ NO_x は増加すると考えられるが，定容容器の場合，火炎が伸びると壁面への衝突度合いが増加し壁面冷却が増加する．これらの効果が相殺され NO_x 生成量がほぼ一定になることが分かった．第 11 図に噴霧壁面衝突度合い変化試験結果を示す． β_0 は試験を実施した最大の噴霧回転角度である．試験の結果噴霧回転角度 β を増加させ壁面衝突度合いを増加させると NO_x 生成量が減少することが分かった．モデル計算では，回転角度 β の増加によって噴孔から壁面までの距離が減少するため，噴霧の壁面衝突度合いが増加する．このため，壁面冷却が増大し，火炎温度が低下したため， NO_x が減少したと説明することができる．

4.3 実機 NO_x 生成量の検証

第 12 図 - (a) , - (b) , - (c) に実機燃料噴射弁角度変更試験結果とモデル計算結果の比較を示す．グラフごと機種が異なっており，それぞれのグラフは同じエンジンを用い同一運転条件で燃料噴射弁のみを交換し実施された試験結果である．燃料噴射弁の噴孔径・噴孔数は同じであり，噴孔角度のみを変更している．グラフごと NO_x 生成量の小さい燃料噴射弁のものから順に並べ表示している．実機試



第 11 図 噴霧壁面衝突試験結果とモデル計算結果の比較
Fig. 11 Comparison between spray impingement test results and model calculations

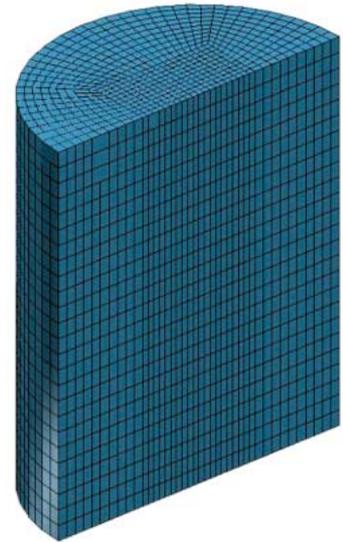


第 12 図 実機燃料噴射弁角度変更試験結果とモデル計算結果の比較
 Fig. 12 Comparison between nozzle change engine test and model calculations

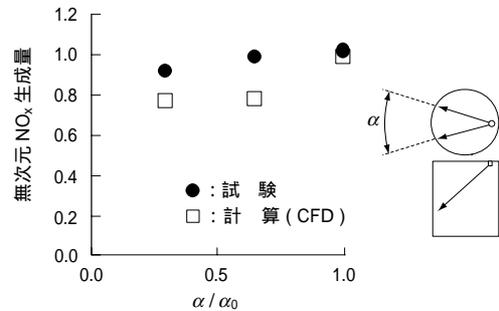
試験結果とモデル計算を比較すると、NO_x 生成傾向はよく一致していることが分かる。第 13 図 - (a) , - (b) にエンジン負荷を変化させたときの NO_x 生成特性の検証結果例を示す。各エンジン負荷変化試験で使用される燃料噴射弁は同一のものであり、エンジン負荷の変化に応じて燃料噴射圧や霧雰気条件などの運転条件のみが変化する。試験結果とモデル計算の比較の結果、NO_x 生成傾向はよく一致していることが分かる。これらの結果は、実機燃料噴射弁変更およびエンジン負荷変化時に生ずる NO_x 生成量変化の主原因が、噴霧干渉・壁面衝突変化によって生ずる噴霧内への空気巻き込み率および壁面冷却度合いの変化であることを示していると考えられる。

5. 三次元燃焼流体シミュレーションによる検証

三次元燃焼流体シミュレーションによる NO_x 計算精度の検証と向上を図るため、高温・高圧噴霧干渉要素試験 NO_x 実測値のシミュレーションによる検証を行った。第 14 図に計算モデル格子を示す。モデル化は噴孔仕様が面対称であることを考慮して半分の領域について行った。第 15 図に噴霧間角度を変化させた場合の NO_x 量相対比較結果を示す。シミュレーション結果は傾向的には実測値と一致しており、噴霧間角度が広くなるほど NO_x 生成量が増加してい

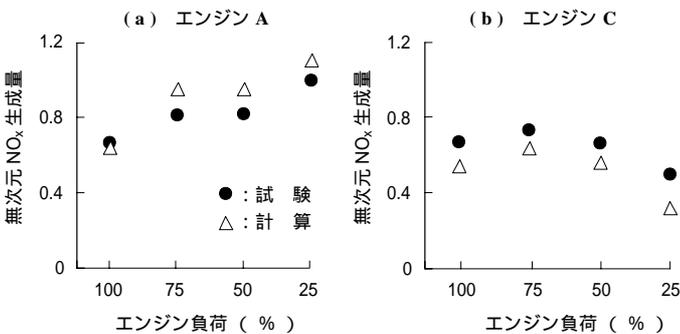


第 14 図 計算モデル格子
 Fig. 14 Calculated grid model

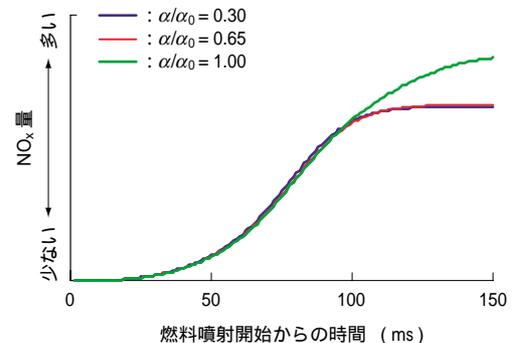


第 15 図 噴霧干渉試験結果と CFD 計算結果の比較
 Fig. 15 Comparison between spray interaction test results and CFD calculations

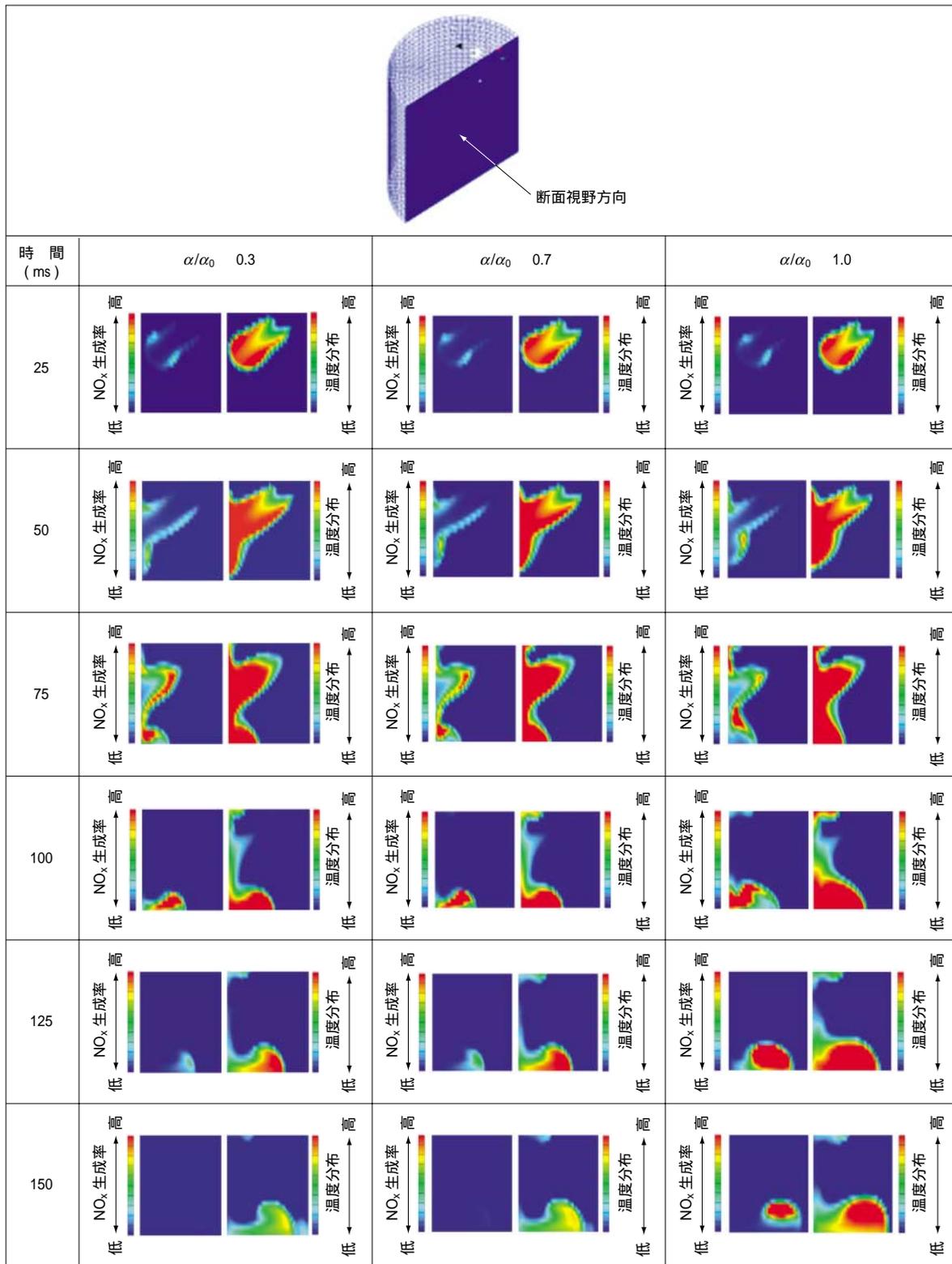
る。第 16 図に NO_x 生成量の時刻歴変化を示す。噴霧間角度が小さい 2 ケースについてはほとんど NO_x 生成量に変化はない。噴霧間角度が最も大きいケースでは燃料噴射がすでに終了している 100 ms 以降の期間での NO_x 生成が活発になっている。第 17 図に中心対称面における NO_x 生成率と温度分布の時刻歴変化を示す。噴霧間角度が小さな 2 ケースについては計測期間全体を通してほとんど違いがな



第 13 図 実機燃料エンジン負荷試験結果とモデル計算結果の比較
 Fig. 13 Comparison between load-change engine test and model calculations



第 16 図 時刻歴 NO_x 生成量
 Fig. 16 Time change of NO_x formation



第 17 図 中心対称面における NO_x 生成率 (左) と温度分布 (右) の時刻歴変化
 Fig. 17 Time change in NO_x and temperature distributions in a high-temperature and high-pressure vessel

い．これに対し最も噴霧間角度が大きなケースは燃料噴射開始からの時間が 50 ms 以降において，高温領域および NO_x 生成率が高い領域が増加していることが分かる．噴霧間角度が小さい場合，両側の噴霧の重なりが大きいため噴霧間付近の流速が速くなり圧力が低くなる．このため噴

霧同士が互いに引き合う力が生じていると考えられる．また，両側の噴霧も互いに近い距離にあるため巻込まれやすく，ほとんど同じ燃焼状況になるものと考えられる．これらの計算結果は，無次元噴霧間角度 α/α_0 が 0.3 から 1.0 の間に噴霧干渉の影響が大きい状態から小さい状態へと急速

に移行する領域があることを示していると考えられる。噴霧間角度が最も大きいケースと比較し燃焼後期の高温領域および NO_x 生成領域が小さい原因の一つとして、噴霧内へ霧囲気流入が不活発なため燃焼が緩慢となり壁面冷却の熱損失効果が増加したことが考えられる。噴霧間角度が大きな場合は噴霧間付近で互いに巻込まれる噴霧量が減少し、両側の噴霧が離別しやすくなっている。このため、燃焼後期に各噴霧外周部の比較的高温部分が適度に広がり、新気が残存した状態で干渉しているために高温を維持しやすく、それによって NO_x が生成されやすくなっていると考えられる。

6. 結 言

大型船用ディーゼル機関で生ずる噴霧干渉・壁面衝突が NO_x 生成特性に与える影響を要素試験および実機試験で調べ、 NO_x 生成量に影響を与える要因について一次元噴霧干渉・壁面衝突モデルによって考察した。その結果、噴霧干渉・壁面衝突の違いによって生ずる NO_x 生成量変化は、噴霧干渉・壁面衝突に起因する霧囲気巻込み率の低下および壁面衝突時の火炎冷却で説明できることが分かった。

燃料噴霧間角度の違いなどによる NO_x 生成量の変化を三次元燃焼シミュレーションによって推定する見通しを得た。噴霧間角度の違いによる高温滞留域の変化の NO_x に与える影響はほぼ推定されたとおりであり、レシプロエンジンなどのより複雑な流体中での燃焼のような理論および一次元モデルのみによる高温滞留域の推定が難しい場合には、シミュレーション計算を活用してより有効な NO_x 低減策を立てられると考えられる。今後、壁面衝突サブモデルの改良などを行い噴霧壁面衝突試験についてもシミュレーショ

ンを実施し、 NO_x 予測精度を向上させていく所存である。

謝 辞

実機関陸上試験の実施に当たっては埼玉工業大学の小西教授に貴重なご助言をいただき、大型高温・高圧燃焼実験施設をお貸ししていただきました。また、本研究全般に関して、株式会社ディーゼルユナイテッドの関係各位に多大なご協力とご支援をいただきました。ここに記し、深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 藤本 元, 田辺英明, 國吉 光, 佐藤 豪: ディーゼル噴霧の性状に関する研究 (複数噴霧の形状と複数噴霧間の空気流動) 日本機械学会論文集 (B 編) 第 47 巻第 418 号 1975 年 6 月 pp.1 146 - 1 155
- (2) 千田二郎, 岩下誠司, 倉橋拓也, 斎藤昌弘, 藤本元: 壁面衝突噴霧の性状 日本自動車技術学会論文 Vol.25 No.2 1994 年 4 月 pp.76 - 81
- (3) 江原拓未, 新井雅隆: 壁面干渉を受けるディーゼル噴霧の到達距離の評価 第 5 回微粒化シンポジウム 1996 年 12 月 横浜 pp.213 - 218
- (4) 和栗雄太郎, 藤井 勝, 綱谷竜夫, 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 第 25 巻第 156 号 1959 年 4 月 pp.820 - 826
- (5) Von Karman and T. Trans : The analogy between fluid fiction and heat transfer ASME 61 705 (1939)