

# ディーゼル機関から排出される SOF成分の触媒による低減

(研究課題番号 04650169)

平成4年－5年度科学研究費補助金一般研究 (C)  
研 究 成 果 報 告 書



00008621669

平成6年2月

研究代表者 常本 秀幸

(北見工業大学工学部教授)

537 官庁刊行物  
7s 77

00008621669

北見工業大学

特別資料室

は し が き

本研究報告は、平成4年～平成5年度文部省科学研究費の援助を受け「ディーゼル機関から排出されるS O F成分の触媒による低減」の研究を行った結果に関するものである。

直接噴射式ディーゼル機関から排出されるパティキュレートの低減は、N Oとトレードオフの関係にあるために対策が難しい物質である。これらの成分をエンジンシステム的大幅な変更を行わずに低減する方法としては、噴射系の改良、噴射系と燃焼室のマッチングが考えられる。

本学機械システム工学科には精度の高い加工技術を有した実習工場があり、特殊な燃焼室形状の製作が可能である。そこで、ピストン上部を交換可能な構造に変更し、保温性の異なる材料を使用した場合の影響、あるいは燃焼室側面に衝突部を取り付けたピストンを自作し、これらの効果について実験を進めてきた。

また、ノズルメーカーに依頼し、ノズル噴孔径あるいは長さとの比の異なるものを試作し、その効果についても確認することができた。

これらの実験を通し、従来より未燃成分を低減することが可能となったが、N Oとのトレードオフはまだ解決しておらず、酸化触媒システムの利用について検討を行った。この中で、プレ触媒システムが軽負荷時の反応促進に有効であることを明らかにしている。

#### 研究組織

研究代表者：常本 秀幸 （北見工業大学工学部 教授）

研究分担者：石谷 博美 （北見工業大学工学部 助手）

#### 研究経費

平成4年度	1,100 千円
平成5年度	600 千円
計	1,700 千円

## 研究成果

### 学会発表

1. 平野 洋之、常本 秀幸、石谷 博美：直接噴射式ディーゼル機関における燃焼室材料と機関諸特性。 1992年度自動車技術会学生自動車研究会講演前刷集、(1992) P.17～18
2. 常本 秀幸、石谷 博美、平野 洋之：直接噴射式ディーゼル機関における燃焼室の保温性と排気特性。 日本機械学会第71期全国大会講演論文集、Vol.D, (1993), P.237～239

## 目 次

### は し が き

第 1 章	序 論 . . . . .	1
第 2 章	アイドル運転時の H C 排出傾向におよぼすノズル 噴霧特性の影響 . . . . .	3
第 3 章	燃焼室形状による未燃分および S O F の 低減について . . . . .	9
第 4 章	直接噴射式ディーゼル機関における 燃焼室の保温性と排気特性 . . . . .	14
第 5 章	プレ触媒システムによる未燃分の低減 . . . . .	17
第 6 章	結 言 . . . . .	24

## 第 1 章 序 論

本研究では主として軽負荷時に排出される未燃 H C の低減を目的として種々の実験を行ってきた。

第 2 章では、ノズルの諸元の中から、壁面との距離を考慮し噴孔間での噴孔径を変更した場合、あるいは噴孔径を絞った場合などについて検討を行っている。

この結果によれば、燃焼室壁面との距離が近い噴孔を絞ることによって H C が改善されること。また、噴孔全体を絞った場合燃料の微粒化が進み、H C が低減できることを示している。

第 3 章では、燃焼室側面に突起を取り付け、壁面に付着する燃料量のコントロールあるいは混合促進を狙った実験を行った。

噴霧の分散モデル実験では、燃焼室壁面の衝突部に突起を設けることによって、噴霧体積の増加が確認できた。しかし未燃 H C の減少効果は少なく、当初の予想に反する結果になった。そこで、気流速度的な相乗効果を利用する方法を検討したところ、標準条件よりも良好な結果が得られるようになり、噴霧の幾何学的拡散だけでは燃焼との関連性は追求できないことも明らかになった。

第 4 章では、壁面に付着した燃料の蒸発を促進することによって混合気形成あるいは燃焼の改善を行った。

燃焼室材料の熱伝導率を変更した実験、燃焼室材料とピストン母材の間にテフロンシートをはさみ込んだ場合、あるいは燃焼室下部にエアーギャップを取り付けた場合について検討を行った。

これらの結果によれば、保温性が高くなると軽負荷時の H C は減少するが、高負荷時にはスモークの増加とともに H C も増加する結果となり、燃焼室全体の保温は総合的なエンジン性能の低下につながるということがわかった。ただ、エアーギャップ方式のように、燃焼室低面だけの保温の場合、全負荷領域での H C 低減が可能であり、保温場所、保温方法によっては良好な排気特性を得ることができることも明らかになった。

第5章では、触媒の基礎的な実験を行っている。

ディーゼル機関の排気温度はアイドル付近では100℃にも満たない。この温度条件で触媒を活性化させることはきわめて困難である。触媒に電気ヒータを取り付けるなどの方法も検討されているが、電気負荷が大きく問題点も多い。

本研究では、メイン触媒の前に小容量の触媒を取り付け、その触媒の温度のみを早期に高めることで、反応開始時間および反応率の大幅な向上が実現できることを示している。まだ実機テストは行っていないが、この方法が最も効果的な触媒の利用方法と考えている。

以上、本研究を通して得られた結果の要約を示したが、まだ完了した研究ではなく、今後とも研究を継続し低公害ディーゼル機関の開発に寄与したい。

# アイドル運転時のHC排出傾向におよぼすノズル噴霧特性の影響

北見工業大学 常本 秀幸

## 1. まえがき

ここ数年間ロングアイドルリング時のHCについて検討を行っているが、抜本的解決策を見いだせないまま数年が経過している。原因の一つに噴霧形状のノズル間変動があり、これを解決する事も一つの方法である。そこで第一段階として、ノズル構造の見直しを行い、噴霧形状変動の要因を調べてみた。しかし、噴霧形状の変動の要因は複雑であり、実用性のある改善方法は得られていない。もう一方で、燃焼室内付着カーボンを減少させる事が考えられ、これについては異径噴孔、噴孔径縮小あるいは噴射角を変更したノズルを使い実験を進め、期待した方向へ結果を得ることができた。

## 2. 実験装置および方法

図1は噴霧形状の可視化および噴射燃料を捕集する装置の概略図である。噴射状態を知るためにエンコーダの上死点マークをトリガとして高速ストロボを発光させ、リターゲにより発光時間を微調整して噴霧形状を可視化している。また噴射量は一定時間容器に捕集

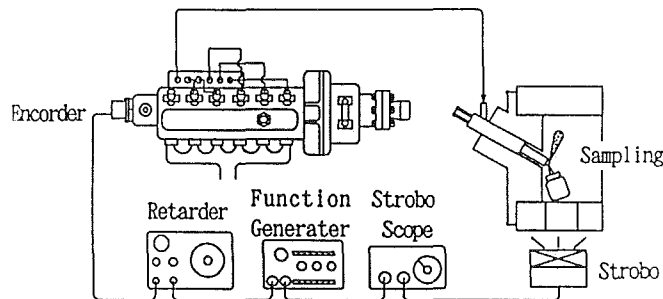


図 1 噴霧捕集概略図

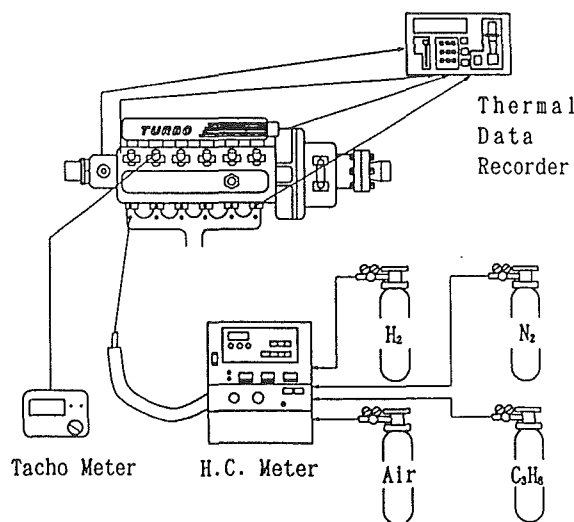


図 2 実験装置概略図

し、精密天秤によって測定した。

図2は供試機関と測定装置の概略図を示したものである。供試エンジンは水冷4サイクル6気筒、総排気量0.5ℓ、圧縮比15.5、四角形燃焼室の直接噴射式ディーゼル機関である。

試験は、アイドルリング運転を700rpmで3時間行い、この間のHC濃度はサンプリングラインが200℃の加熱型FIDを用いて、各気筒の排気マニホールドからのガスを測定した。

図3は燃焼室内における5噴孔ノズルの噴射位置とその方向を表している。また、ノズルの装着傾斜角は23'である。

実験に使用した噴射ノズルは9種類で、仕様は表1の通りである。なお、ノズルは1段開弁圧式で開弁圧は16MPa、使用燃料はJIS2号軽油である。

## 3. 実験結果および考察

### 3. 1 噴霧形状安定化の研究

#### 3. 1. 1 プレッシャーピン止めの影響

各ノズルの噴霧形状の違いは、ニードルが回転することによりサックボリウム内圧が変化してしまい、噴孔入口の圧力が異なるためと考えられる。そこで、ノズルホルダ内部のプレッシャーピン、スプリング、アジャスタスクリューをボンド固定し、プレッシャーピンの回転を止めることでニードルの摺動性を防止す

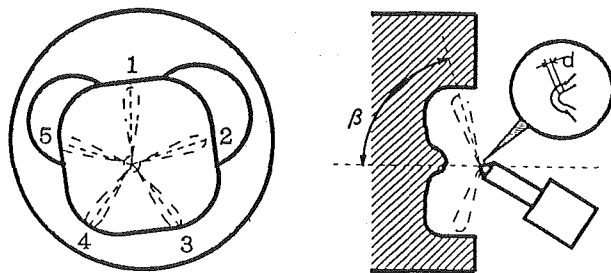


図 3 燃焼室内噴霧方向

表 1 使用ノズル諸元

	β角					噴孔径 d (mm)				
	β1	β2	β3	β4	β5	1	2	3	4	5
標準	78°	78°30'	70°30'	71°	77°	0.32	←	←	←	←
A	↑	↑	↑	↑	↑	0.34	0.29	0.34	←	0.25
B	↑	↑	↑	↑	↑	0.35	0.27	0.35	←	0.27
C	↑	↑	↑	↑	↑	0.34	←	0.29	←	0.34
D	↑	↑	↑	↑	↑	0.36	0.31	←	←	←
E	↑	↑	↑	↑	↑	0.30	←	←	←	←
F	↑	↑	↑	↑	↑	0.28	←	←	←	←
G	73°	71°30'	67°30'	68°	72°	0.32	←	←	←	←
H	68°	66°30'	62°30'	63°	67°	0.32	←	←	←	←



ることとした。セット圧を調節した後アジャスタスクリーウの位置をマーキングし、複数のノズルを付け換えてもノズル内の部品が同位置になるよう調整した。

図4は、内部一体化のノズルホルダーにノズルを6本付け換えた場合の噴霧形状である。

No.1, 2, 5, 6の形状は似ており、ボンド固定が噴霧安定に貢献している。しかし、全てのノズルで完全に一致していない。この理由として、アジャスタスクリーウ外周の燃料戻しの溝により、燃料圧送時にスクリーウが振動するためと考えられる。

### 3. 1. 2 ホルダ部品の構造による影響

図5は、スクリーウ外周に燃料抜きがない旧型ノズルホルダーで同様の実験を行ったときの噴霧形状である。ここでも噴霧が一定の特徴を持つが、新型のときほど安定はしていない。この原因には図6に示すようにノズルホルダ内部のスプリング偏心によるものである。旧型のスプリングは長さが短く径が大きいので、偏心が起こりにくい。接着固定時において、新型ではプレッシャーピンとスプリングの間の傾きが大きいのに比べると、旧型ではほとんど傾きがみられない。このことにより、ニードルとプレッシャーピンの接合部において、接触投影面が新型ホルダーでは楕円、旧型ホルダーでは真円となるので、旧型では新型に比べて

新型ノズルホルダ

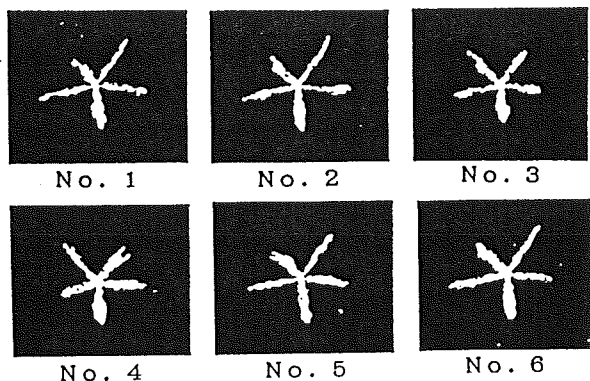


図4 ノズルホルダ内部のボンド固定による効果

旧型ノズルホルダ

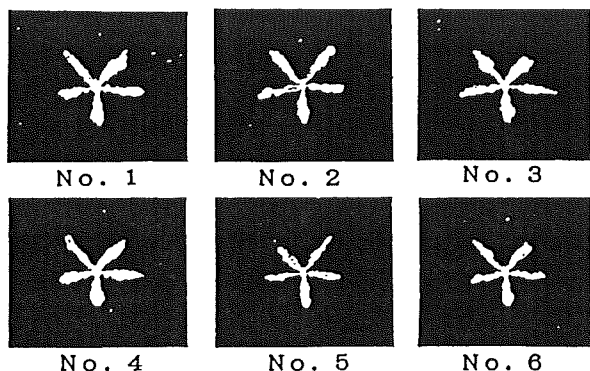


図5 旧型ホルダ内の固定による噴霧安定

当たり位置の自由度が大きくなるため、ニードルへの方の変化となり初期流出特性が変化するものと思われる。

以上のことより、スクリーウ外周の燃料戻しの有無による影響は少なく、むしろホルダー内部軸の偏心による影響が大きいことが判明した。軸の偏心によりプレッシャーピンを傾けることは、すなわち、ニードルとのクリアランスをつめることにある。このことに噴霧安定への要素があることが考えられる。

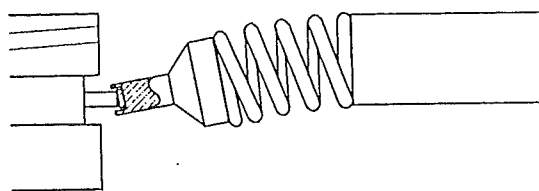
### 3. 1. 3 ニードル当たり位置の影響

次に、ノズルホルダ部品と噴霧の関連性を調べるため、新型ノズルホルダー内の部品の位置を90°ずつ回して逐次接着し噴霧形状を調査した。

回転位置はスプリングのみ、プレッシャーピンのみ、スプリングとプレッシャーピンの位置変え、そして固定部全体のスクリーウでの回転となっている。

図7は、内部部品を回転したときの噴霧状態である。『全部回転』と『スプリング&プレッシャーピン』を比較してみると、それぞれ同じ回転位置で軸の傾きと

新型



旧型

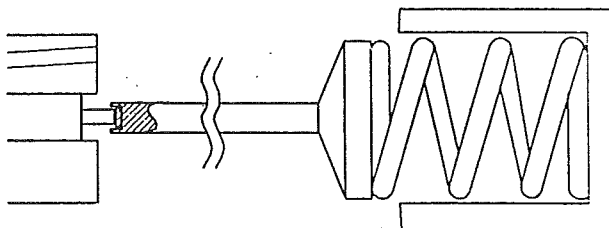


図6 スプリング偏心の有無とニードル接触

新 型	全部回転	Press. Pin	Press. Pin & Spring	Spring
0°				
90°				
180°				
270°				

図7 新型ホルダ内の部品位置換えと噴霧状況

ピンの当たり面が等しくなっており、そのつど噴霧形状もほぼ一致するため、開弁圧やスクリューでは噴霧形状は変化しないものと考えられる。

一方『スプリングのみ回転』では、固定位置が変わるごとに軸の傾きが異なるが、『全部回転』と比べて形状が一致していない。このことにより、形状変化は軸の傾きだけでなく、ピンの当たり面にも関連することが判明した。

### 3. 1. 4 改造部品による位置変えの影響

新型ホルダ部品での数回の脱着により、接着面の粗さがでるので、防止策として、スプリング両端のクリアランスを詰めるようプレッシャーピンとアジャストスクリューを加工し、接着剤無使用で同様の試験を行えるようにした。

図8は、改造部品使用時の各部回転の噴霧状態である。この部品では、スプリング内部肉厚の影響により固定時の軸の傾きが大きくなるが、この原因であるスプリングを回転させる全ての条件においては、角度ごとの噴霧が似ていることがわかる。一方、『プレッシャーピンのみ回転』では、噴霧形状が0°, 180°, 270°回転での形状は噴孔2, 5番からの噴霧が長く、また、90°, 360°においては1番のものが比較的長く、ほぼ2種類に分けられる。これは、ピンがニードルに対するクリアランス詰め加工により歪んでしまい、ニードルとの当たり方に何らかの影響がでて、噴霧形状のパターンが限定されていると思われる。従って、ピンのクリアランスが大きくなれば、形状の種類が増えることが理解できる。

### 3. 1. 5 旧型ホルダーでの位置変えの影響

図9は、旧型ホルダーでの各部回転による噴霧状態である。

旧型のスプリングは新型のものに比べ、長さが短く





















改造	全部回転	Press. Pin	Press. Pin & Spring	Spring
0°				
90°				
180°				
270°				
360°				

図8 改造部品使用時の位置換えによる影響





















旧型	全部回転	Press. Pin	Press. Pin & Spring	Spring
0°				
90°				
180°				
270°				
360°				

図9 旧型ホルダ内の部品位置換えと噴霧状況

て径が大きく、また、アジャスタスクリューが容器形のため内部肉厚の影響を受けにくいので、軸の偏心がない。その結果、新型ホルダーに比べると、全ての条件において形状変化が少なかったといえる。これは、ニードルとプレッシャーピンの接触面がそれぞれ平行に接触でき、ニードルへの軸方向以外の力がそれほどかからなかったためと考えられる。

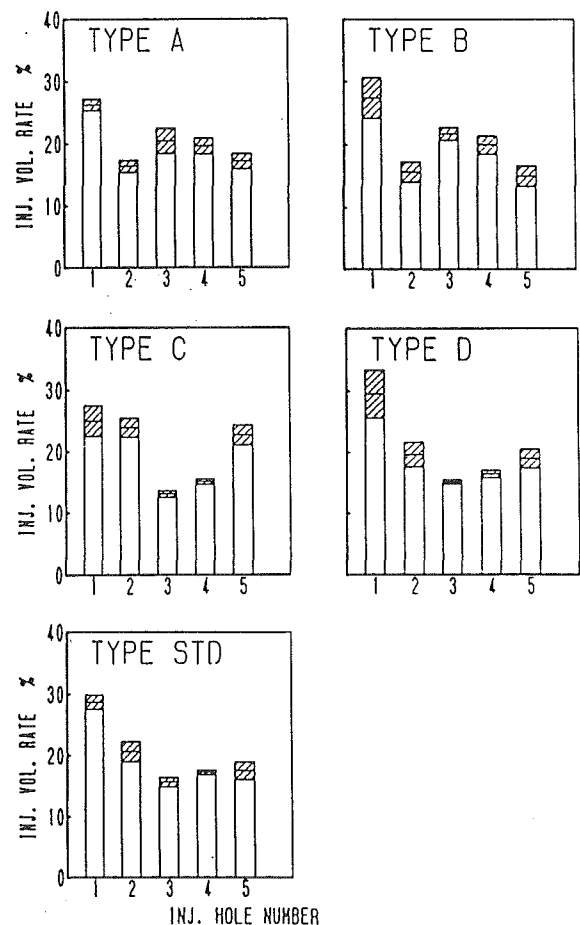


図10 異径噴孔の噴霧割合

### 3. 2 H C排出におよぼすノズルの影響

#### 3. 2. 1 異径噴孔を持つノズルの影響

##### (a) 各ノズルの噴孔別流量割合

一般に燃料噴射ノズルはノズルボディが傾斜して取り付けられる構造となっており、このため、サックボリウムから噴孔入口までの噴孔間の流路抵抗に違いが生じ、流量は1番噴孔が最も多く、次に2, 5番、最後に3, 4番の順に少なくなる。

図10は、標準ノズルの総噴孔断面積と等しくなる範囲で噴孔径を変えたA～Dのノズルの噴孔別流量割合を示している。図から分かるように、標準のものと比較して、噴孔径を絞った噴孔の流量割合は減少し、その分、他の噴孔により噴射している。ノズルCは1, 2, 5番からの量が近い値となり、またノズルDでは1番の割合が標準より増大した状態になっているのが特徴である。

##### (b) 噴孔噴出量とH Cの関係

図11は、異径噴孔ノズルにおけるH C濃度について示している。実験では全ての異径噴孔ノズルが標準よりも時間経過によるH Cの増大を抑える結果となった。

噴孔2, 5番の径を縮小したノズルAとさらに絞ったノズルBを比較すると、Bを装着した方がAよりH Cの増加開始時間が早く、時間経過に対する増加率も高い。図12は、運転後エンジンを分解したときのカーボンの付着状況を観察したものであるが、標準に比べ2, 5番噴孔のヘッド部ノズル周辺・燃焼室壁面衝突部ともカーボンは減少していた。反面、3, 4番の同一箇所では増加しており、ノズルBではその特徴が顕著である。

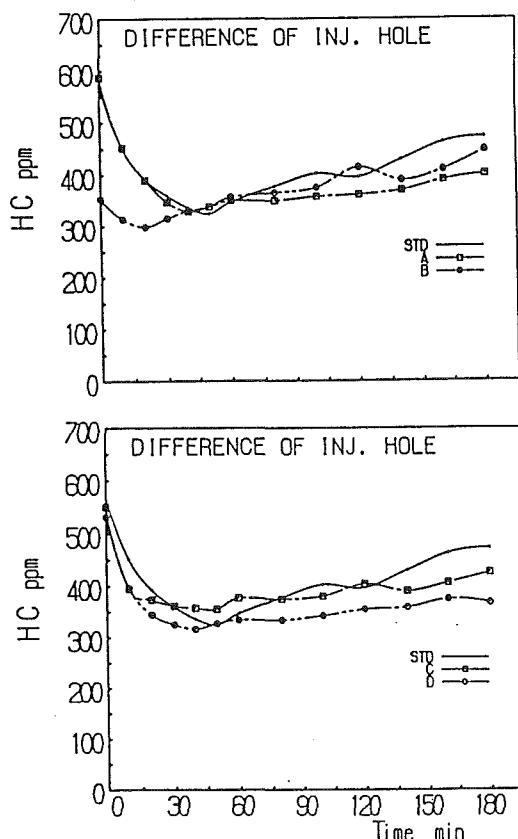


図11 異径噴孔ノズルとH Cの関係

一ボンの付着状況を観察したものであるが、標準に比べ2, 5番噴孔のヘッド部ノズル周辺・燃焼室壁面衝突部ともカーボンは減少していた。反面、3, 4番の同一箇所では増加しており、ノズルBではその特徴が顕著である。

燃焼室内のカーボンは壁面に付着した燃料中の高沸点成分が熱分解して生成するものと考えられる。3, 4番からの噴霧量の増大は燃焼室壁面との距離が近く、また、噴霧干渉が起こりやすいため噴霧粒が大型化され、空気との混合が不充分になることがカーボン増加の原因と考えられる。さらにH Cはカーボン内に付着した燃料の一部が燃焼期間中に蒸発しきれず、膨張行程中に蒸発し排出されるものなので、H C濃度がカーボンに比例して増大したと考えられる。

3, 4番を絞ったノズルCを使用した場合、燃焼室のカーボンよりむしろヘッド部の2, 5番噴孔付近のカーボン量の増大が目立つ。ヘッドに生成したカーボンは微粒化が進んでいない噴射直後の燃料を多量に吸着するから、H C濃度が高くなる。この場合3, 4番に比べ2, 5番は、ヘッドに付着する噴霧が多いため

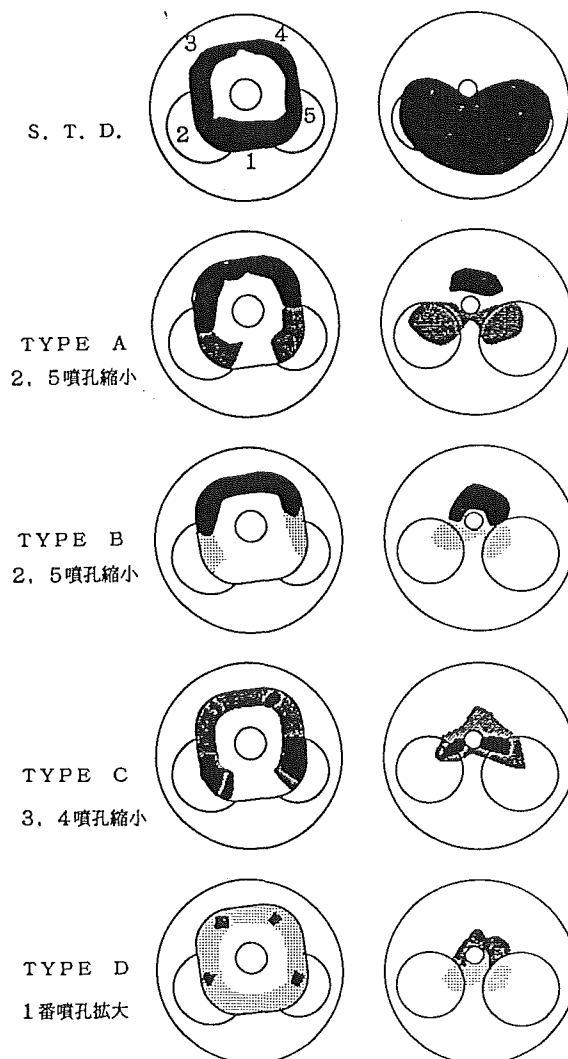


図12 異径噴孔ノズルとカーボンの関係

その分カーボンが堆積し、HC濃度が高くなると考えられる。

ノズルDを使用した場合、1番噴孔の噴霧量が多くなるため貫通力が高まりヘッド部には燃料付着が少なくなる。また、2～5番の噴射量が少なくなりそこにおける噴霧間干渉も減りカーボン発生が抑えられる。したがってHCの発生が減少したものと考えられる。

3. 2. 2 噴孔径縮小とHCの関係

標準では $d=0.32\text{mm}$ の噴孔径であるが、 $0.30\text{mm}$ 、 $0.28\text{mm}$ と径を細くしたノズルE、Fのアイドル時のHC濃度を図13で示している。径を小さくすると標準の場合よりもHC濃度が低く、経過時間に対する増加も少ない。また、噴孔1、2、5の衝突付近のカーボンの絶対量が極端に少なく、噴孔3、4の衝突部周辺に主に付着している。これは噴孔面積が狭くなり噴霧量が一定なのでサックボリューム内が加圧され、燃料の流動エネルギーが増大するから、燃料の結束力が弱まり噴霧の微粒化が促進され、空気との総接触面積が拡大して燃焼状態が良好となったためと考えられる。

3. 2. 3 噴射角 $\beta$ とHCの関係

図14は、ノズルの $\beta$ 角の違いによるHC濃度およびカーボン状況を比較したものである。ノズルGにおいては1時間から3時間までのHCの増加率が標準に比べ25%程度にまで抑えられた。また、ノズルHではHC濃度が運転開始30分後からは300～315ppmの範囲となり、低濃度・低増加率という結果が得られた。この場合のヘッド部のノズル付近のカーボンの付着範囲も狭くなり、カーボン量も減少していた。一方、燃焼室では側面に付着する量が減り底面で多くなり、燃焼室以外のピストン上面では付着範囲が狭くなっている。これは噴射角度が下向きになったため噴霧のヘッド部

との接触、ピストン上面への噴霧漏れの減少、さらに壁面到達距離が延びたことで燃料の燃焼中の蒸発が促進されたと考えられ、カーボンおよびHCの低減に貢献したと思われる。

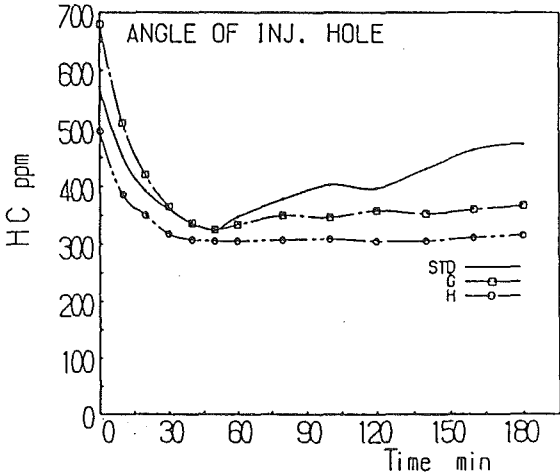
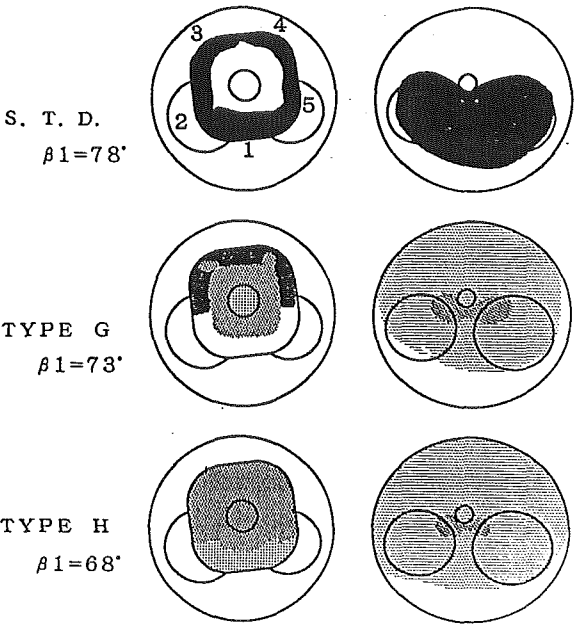


図14 噴射角 $\beta$ とカーボン・HCの関係

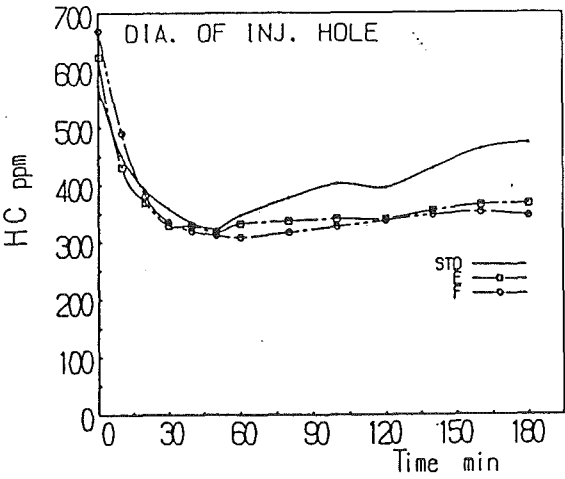


図13 噴孔径縮小によるHCの排出傾向

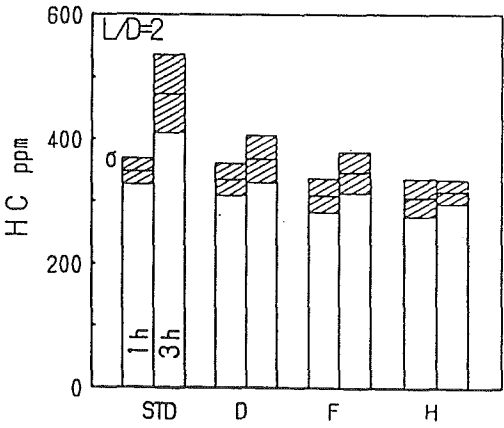


図15 時間経過におけるHC増加

### 3. 2. 4 H C増加傾向の改善

図15は、異径噴孔、全噴孔径絞り、あるいは $\beta$ 角でそれぞれH Cの低減に効果のあったノズルおよび標準ノズルにおける1時間と3時間のH C濃度とその時の気筒間偏差を示している。H C低減・増加抑制に効果があるのは $\beta$ 角の減少しているノズルH、次に全噴孔径を絞ったノズルF、噴孔1が広いノズルDの順となる。この結果、カーボンの生成・H C増加の原因となるヘッド部、燃焼室壁面でのカーボン生成は噴射角を小さくすることで低減できることが明らかになった。

### 3. 2. 5 L/D=6の異径噴孔ノズルでのH C排出

L/D=6の標準ノズルは、噴霧の貫通力が大きいためアイドル運転中の燃焼室壁面において噴霧が衝突すると冷却され、さらには洗浄されて熱分解がしづらくなり、結局はカーボン付着量が減少する。しかし、この壁面の冷却が燃料の蒸発を防止する形となり、L/D=2と比較してH C濃度が高くなることが判明している。

図16では、ノズルA, B, Cおよび標準ノズルによる、運転が1時間が経過したときの6気筒平均のH C濃度をL/D=2と6と比較している。

図より異径噴孔ノズルにおいても、L/D=6の方がL/D=2よりほぼ2倍と高い濃度であることがわかった。また、L/D=6のノズルの中では、ノズルBが最も低い濃度となった。これは、壁面到達距離が比較的短い噴孔2, 5番の径を絞って燃料流量が減ることにより、噴孔1の流量が増えて空気混合が進んだ為と思われる。但し、壁温が低温時であるときほど燃焼期間中の壁面付着燃料が蒸発せずに膨張行程でH Cとなるが、各ノズル比較時における外気温の差が少なかったので、この影響は少ない。

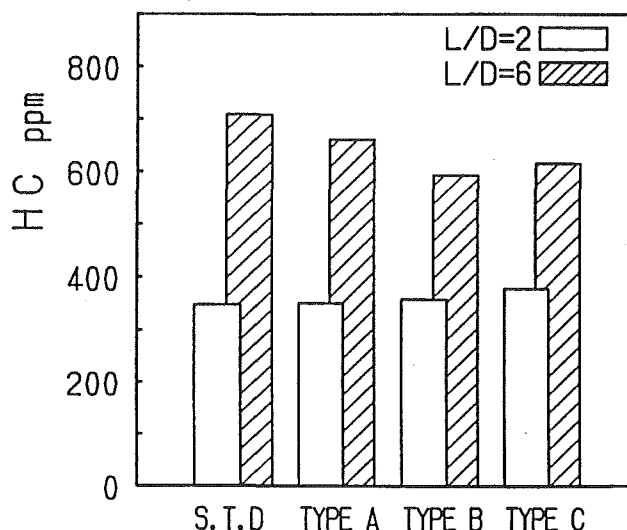


図16 異径噴孔ノズルのL/Dと暖機直後H Cの関係

## 4. 結 論

以上、本実験で得られた結果を要約すると次のようになる。

- 1) ノズルホルダー内部品の接着によるプレッシャーピン固定が、ニードルの横方向の摺動性を防止するため、噴霧形状安定化に効果がある。また、セットスプリングの偏心があれば、この傾向が顕著となる。
- 2) セットスプリングの偏心により、ニードルとプレッシャーピンは点接触となり、従って、接触位置が変わるごとに噴霧形状が変化してしまう。
- 3) 噴孔総面積を等しい範囲で変えた異径噴孔ノズルでは、燃焼室壁面への到達距離が長く噴射角が大きい1番噴孔径を拡大することにより、時間経過におけるH C増加率を低減できる。
- 4) 噴孔径を縮小することにより噴霧の微粒化が進み、燃焼分が増えH Cを減少できる。
- 5) 噴射角を小さくすることにより燃料の壁面付着を防ぎ、カーボン生成・H C増加は抑えられる。
- 6) 時間経過におけるH C増加はカーボン量と比例関係にあり、このため、カーボン生成を抑えられる噴射角減少ノズルが、H C低減に最も効果がある。
- 7) 噴霧貫通力が強いL/D=6のノズルでは、異径噴孔ノズルにおいて、2, 5噴孔を絞り燃料の微粒化を促進させるものほど、H C低減の可能性はある。

燃 焼 室 形 状 に よ る 未 燃 分 お よ び  
S O F の 低 減 に つ い て

北見工業大学  
常本 秀幸

1. ま え が き

アイドリングあるいは軽負荷での未燃分の低減は、混合気形成に依存する所が大きい。本年は、燃焼室壁面に突起のある場合の燃焼特性を中心に、S O Fあるいは未燃分の低減の可能性について検討を行った。

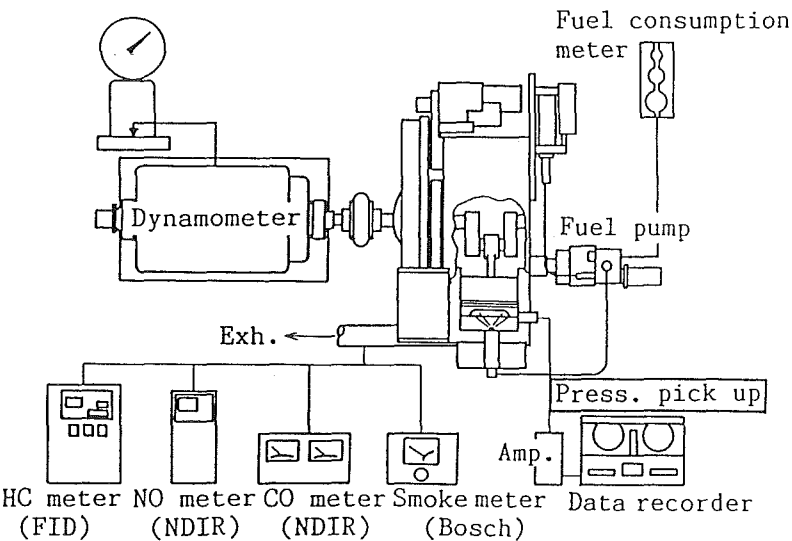
2. 実 験 装 置 お よ び 方 法

図1は実験に用いた装置の概要であり、表1はエンジンの諸元を示す。  
実験に用いたエンジンはボアが小さいため、燃焼室形状の効果が現れづらい難点があるが、今回は、図2に示すように燃焼室壁面に突起を持つ場合について検討を行った。  
突起の目的は、噴霧が壁面で拡大する前に、突起に衝突させ、付着面積を減少させる事と、突起衝突後の噴霧が周囲の空気と混合し、燃焼が促進されることを狙っている。

3. 実 験 結 果 お よ び 考 察

3. 1. 壁 面 衝 突 噴 霧 の 挙 動

図3はアイドル程度の噴射量条件で、モデル壁面に噴霧を衝突させた場合の混合気形成を調べた結果である。  
標準燃焼室の場合、ノズル取り付け角の関係で、衝突後の噴霧は左右に広がりながら、下面に移動する量が多い。



エンジン形式	水 冷 横 置 直 接 噴 射 式 ディーゼル機関
気 筒 数	1
ボア×ストローク	86×90 mm
行 程 容 積	522 cm <sup>3</sup>
圧 縮 比	18.0 (標 準)
噴射ポンプ形式	ハンドタイマ付列型
噴孔径×噴孔数	0.26mm×4
開 弁 圧	22 MPa

図 1 実 験 装 置 概 略 図

表 1 エンジン諸元

丸突起付き燃焼室では、衝突後の噴霧は突起上を広がりながら噴霧体積を増大していくが、衝突エネルギーが小さいため標準と同程度の広がりである。

丸突起の場合、上部への巻き上げが見られたので、これを止めるために段付き突起にしたのが図（Ⅲ）である。この場合、図（Ⅱ）より突起付近の広がりが大きくなっている。

図（Ⅱ）、（Ⅲ）の様な丸形では、噴孔に対応した衝突確率が悪いので、図（Ⅳ）の様な長方形突起も作っている。この場合、低面への移動が多くなることから図（Ⅴ）

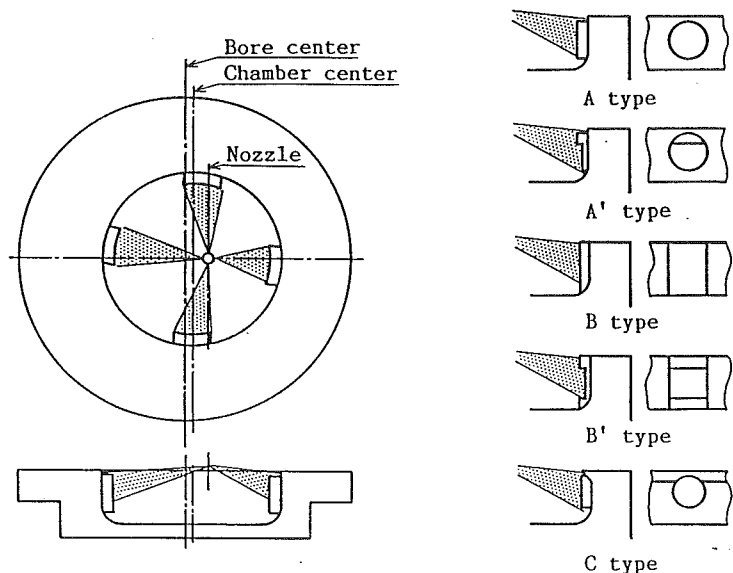


図2 突起形状と位置

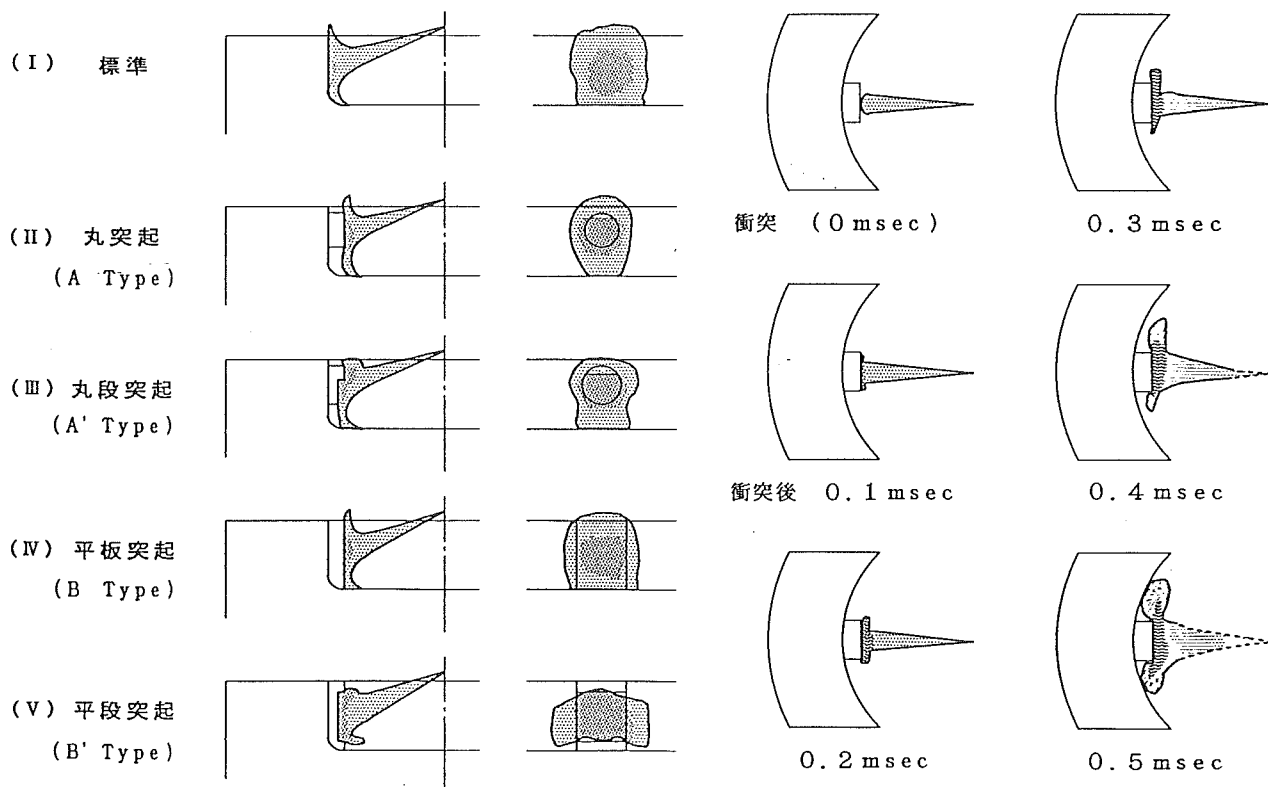


図3 各種突起と噴霧形状 (0.4msec)

図4 経過時間と噴霧形状

のような下部に段のあるものも調べてみた。図（V）の場合、低面および上面への広がりが増えられ、その分、左右への広がりが増加している。

図3は噴射後0.4 msec 付近の挙動であるが、図4は経過時間に対して調べたものである。

図に見られるように、衝突初期には想定したような広がりが見られないが、時間が経過すると、噴霧の進行方向のエネルギーによって突起から広がった噴霧が、燃焼室の壁面に到達し付着を開始する。

燃焼室が大きい場合には、この時間帯はもう少し後半になると思われるが、問題点の一つである。しかし、噴霧体積は拡大する傾向にあり、混合気形成の促進効果はあると考えている。

### 3. 2 突起形状とHC排出傾向

図5は、標準燃焼室および各種突起付き燃焼室での排気ガス特性を示している。

結果的には、突起形状によってHCあるいはスモークを改善することはできなかった。ただし、突起相互の関係を見ると次のような特徴がある。

#### 3. 2. 1 丸形突起に段を付けた効果

突起のみと突起に段を付けた場合の変化は図6のようになる。

軽負荷時には突起形状による差は少ないが、中負荷以降で突起のみの場合にHCの悪化が始まる。その理由として、突起によってノズルと壁面までの距離が縮まり、噴霧の液状付着が増加して想定したような混合気形成が行われなかったことが考えられる。段付き突起は先の突起を削ったものであり、距離が長くなったこととヘッドクリアランス部への巻き上げ噴霧を減少させることができ、中負荷付近で標準より若干良いHCレベルになっている。

タイミングテストも行っているが、噴射時期を早めた場合に、段付き突起のHCが標準タイプより低くなるが、その他の領域では標準燃焼室の方が良い。

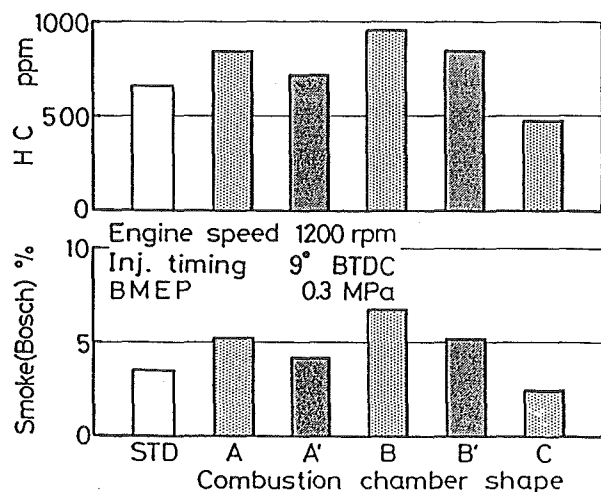


図5 各種突起付き燃焼室と排ガス特性

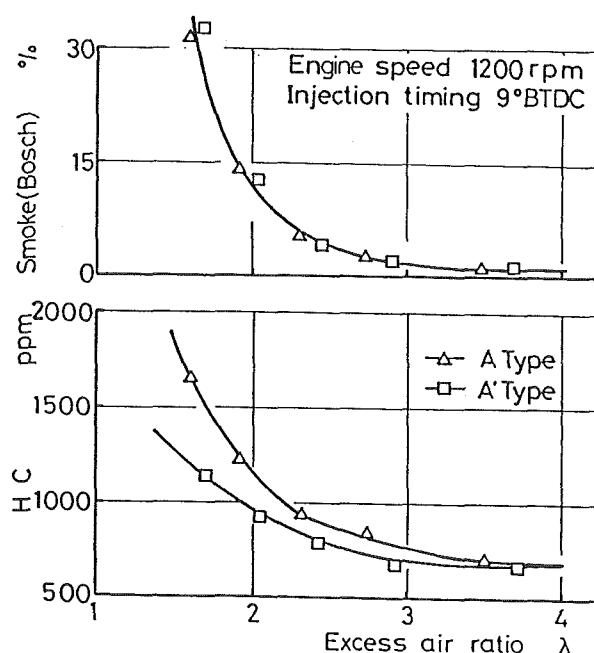


図6 丸形突起と排ガス濃度



### 3. 2. 2 丸形突起と角形突起の比較

図7は、突起形状と排気特性を比較したものである。角形では低面に広がる噴霧が増大するため、全負荷領域でHC、スモークが共に悪い値を示す。角形で上下段付きにした場合でも軽負荷付近は悪化している。

このような突起タイプでは噴射エネルギーとの相乗効果が考えられたので、開弁圧の異なる場合についても実験を行っている。

図8は、角形段付き燃焼室の結果であるが、噴射圧を低くしていくとHCが進角サイドで悪化し、遅延サイドで低下する傾向がみられる。この理由は明確ではないが、いずれにしてもこの燃焼室形状でHCの大幅な改善は望めそうにない。

### 3. 3 ヘッドクリアランスとの相互作用

小形燃焼室では、噴霧は混合気の形成が促進される前に壁面に衝突する。そこでスキッシュ流を大きくして混合促進を行ってみた。

図9は、突起付きで標準のヘッドクリアランス1.0に対し、0.5mmまでつめた場合のHCとスモークの変化を示している。1.0の標準形状に比べ、0.5mmではHC、スモークともに改善されており、ヘッドクリアランスに侵入する噴霧の減少のみならず、混合気形成が改善された影響は明かである。その効果は突起段付きの高負荷領域で顕著となっているが、軽負荷域ではオーバーリーンのためか改善されていない。

### 3. 4 圧縮比を変更した場合の効果

図10は、標準燃焼室と突起付き燃焼室で圧縮比を変更した場合のHCおよびスモークの特性を示している。突起によって混合気の形成が良好になれば、着火を早めてもスモークの悪化を防ぎながらHCが低減できるのではないかと考えていた。

しかし、図にみられるように圧縮比を高くするとHCは低くなるもののスモークが増大し、良い結果は得られなかった。すなわち、段付き突起でも期待したような結果になっていない。

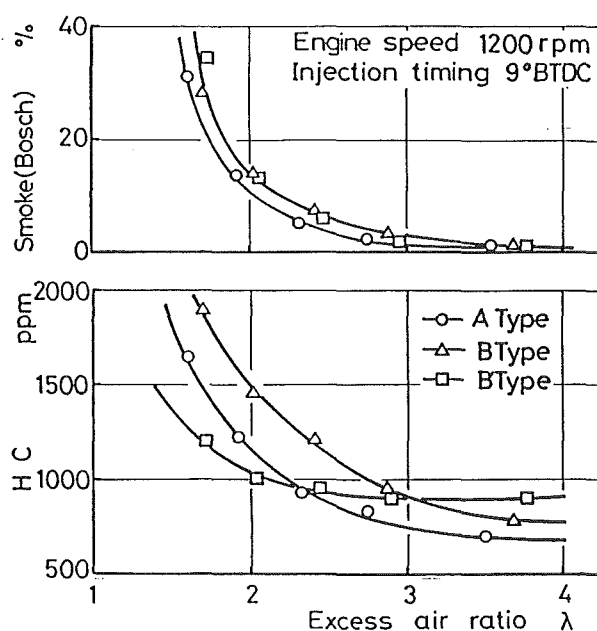


図7 突起形状と排ガス濃度

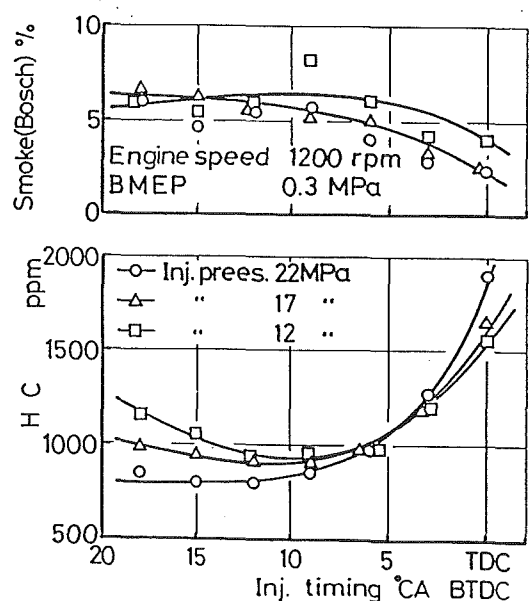


図8 開弁圧と排ガス濃度 (角形突起)

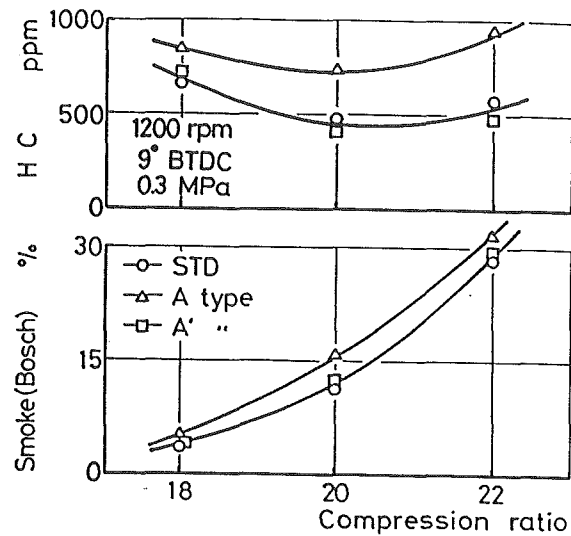
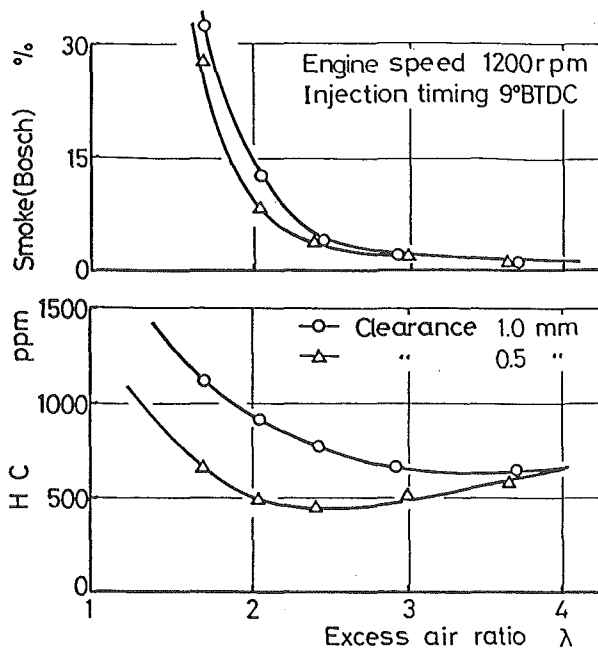


図9 ヘッドクリアランス減少と排ガス濃度 図10 圧縮比と排ガス濃度 (丸突起)

### 3.5 リップと突起の組合せ効果

種々の突起付き燃焼室の実験を行ったが、標準より良い結果が得られなかった。そこで、図2のCタイプについて実験を行ったところ図5に見られるように、スモーク、H Cともに標準より低い値を得る事ができた。この効果がリップによるものか、突起によるものか明確でないが、組合せ効果の可能性もあり、次年度検討を進めたい。

## 4. 研究成果

突起付き燃焼室に大きな期待を込めて実験を進めたが、成果が得られないまま一年を経過している。その原因の一つに、燃焼室が小さすぎた可能性があり、100mmボア程度のエンジンであれば違った結果になったかも知れない。ただ燃焼の後期攪乱に対する燃焼室壁の役割は大きく、次年度も継続したいと思っている。

プレ触媒システムによる  
未燃分の低減

北見工業大学

常本 秀幸

## 1. ま え が き

ディーゼル機関に対する排気ガス規制が厳しくなるにつれ、未燃ガスの触媒による低減の必要性が提言されている。しかし、触媒を使うシステムの場合、アイドリングのように排気温度が低い条件では活性化が遅い。活性化を促進する方法として、最近、触媒ヒータの始動前加熱あるいはプレ触媒を使うシステムが提案され、良い結果が示されている。しかし、触媒に電気ヒータを取り付ける方法は電気負荷が大きいなどの問題点も多い。

本研究では、定常流の触媒モデル実験装置を用い、プレ触媒システムの最適化により、触媒ヒータを使用しないで早期に未燃分を低減できるシステムの開発を行っている。

この結果、メイン触媒の前に小容量のプレ触媒を取り付け、その触媒の温度のみを高めることで、反応開始時間および反応率を大幅に向上させる事ができた。

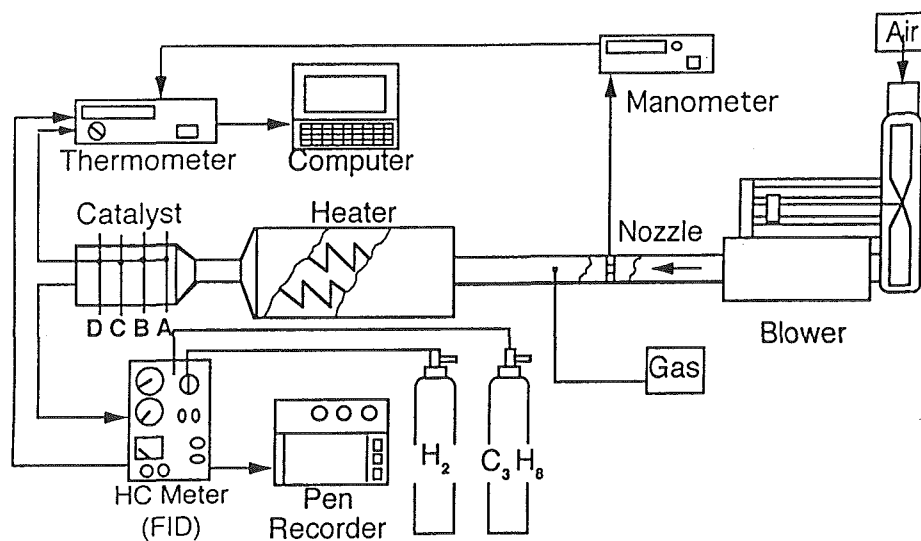


図1 触媒単体実験装置概略図

## 2. 実験装置および方法

図1は、定常流の触媒実験装置の概略を示している。

フロアから供給される大気は、ノズルで流量計測された後、18kWの電気ヒータで所定の温度にコントロールされ触媒に入る。基本となる触媒は容量5ℓの酸化アルミ担体のモノリスタイプであり、この場合、空間速度(SV値)は最大 $10 \times 10^4$  (l/hr)で、温度はSV値が $1.4 \times 10^4$ 程度の時は400℃まで加熱できる。

単体装置による実験の主な目的は、プレ触媒あるいはメイン触媒内部の速度分布、温度分布あるいは流路抵抗を正確に測定する事である。このため触媒内部に多数の熱電対を装着するとともに、触媒出口側を大気開放とし、熱線流速計をトラバースする事によって速度分布を測定している。またこの装置を使って、ヒータ部上流で供給した模擬ガスの触媒内での反応状態を調べており、触媒出口の円周方向の濃度分布を、FID型ガス分析計を用い測定している。

プレ触媒は容量2.5ℓを標準とし、この触媒の入口部にリングを取り付け、長さ一定で径を変更し、0.8, 1.2ℓの容量についても実験を行っている。

## 3. 実験結果および考察

### (1) 触媒周方向のガス質量分布

図2は、20℃程度の空気をSV値が $1.4 \times 10^4$ と $2.8 \times 10^4$ 付近で圧送し

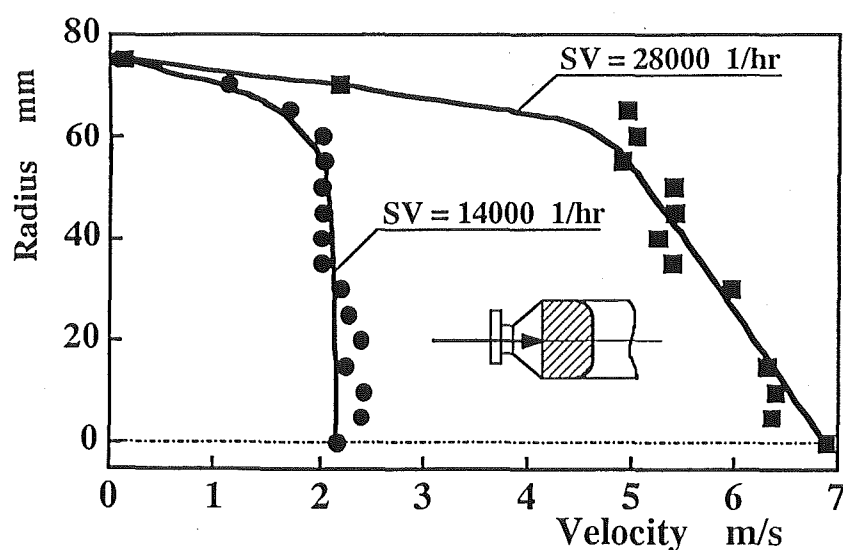


図2 触媒半径方向の速度分布

た場合の、触媒出口における速度分布を示している。なおこのSV値は、700rpmのアイドリングで、吸気負圧を54kPa付近まで絞った場合と絞らない場合に対応している。

図に見られるように、SV値が高い場合に中心と外周における速度差が大きい。これは排気管との取付部から触媒層に至るディフューザ部の拡大角が大きいため、流量が多くなるほど触媒層中心部は動圧を受けるためである。

図3は、SV値が $1.4 \times 10^4$ の場合の速度分布をもとに触媒層単位巾(mm)当たりの流量分布を計算した結果である。

図に見られるように、理想的な等速度分布の場合に比べ外周部の流量は低下するが、この図より流量比を推定すると、外周より1/3の巾で1/2の流量が流れることになる。

## (2) 触媒層の温度上昇

図4は、室温状態に置かれた触媒層に、実機の吸気負圧54kPaに相当した空気をヒータで加熱し圧送した場合の、触媒層各部の温度変化を比較した結果である。

今回試験に使用したモノリス担体は、 $62\text{ tlv/cm}^2$ のセラミックス系のものであり、SV値が $1.4 \times 10^4$ 付近の通過流速は2m/s程度で、レイノルド数が100オーダの層流となっている。この場合熱伝達率は小さいが、接

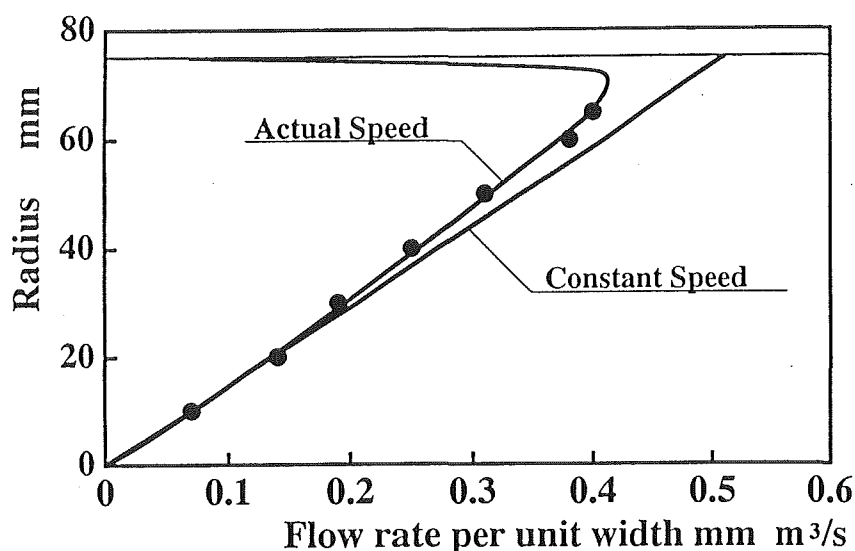


図3 触媒半径方向の流量分布

触面積が大きいため触媒担体の温度が低い間は，気体の持つ熱の大半が触媒層に吸収される．この結果，試験開始後の早い時期には，後方の温度はほとんど上昇しない．また中心部に比べ流速の遅い外周部では，触媒層の吸熱に加えケーシングからの放熱もあり一段と通過ガスの温度が低くなる．

図4では前方および後方各2点について示したが，図5では，触媒層を流れ方向および半径方向にそれぞれ4区分し，各々の2分付近における温度分布を測定した結果である．

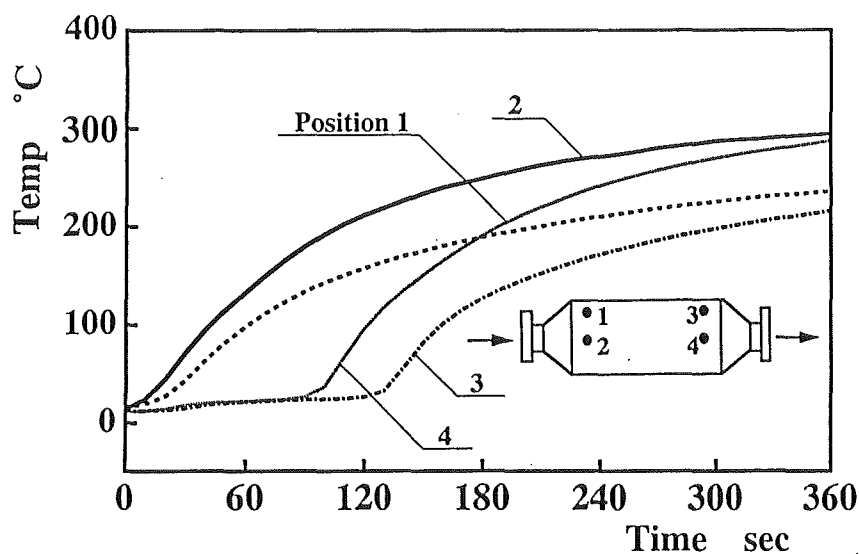


図4 経過時間に対する触媒各部の温度上昇

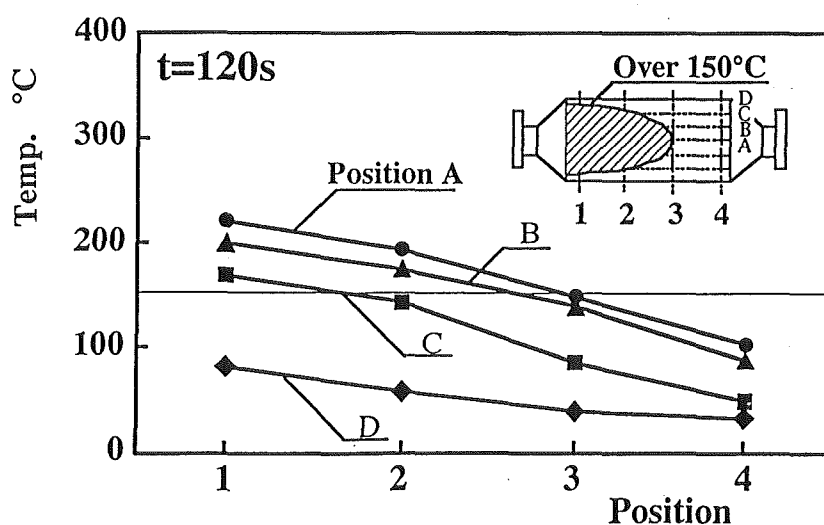


図5 触媒半径および軸方向の温度状況

この触媒の活性開始温度を  $150^{\circ}\text{C}$  と仮定すると、反応条件に達しているのは図中触媒層の斜線範囲となる。これは全容量の  $1/5$  程度であり、しかも流量分布の少ない中心部に片寄っており、外周部は反応しないまま通過してしまう可能性が高い。このことを確認するために、模擬ガスを使った反応実験を行ってみた。

### (3) 触媒反応分布

図 6 は、図 1 の装置で模擬ガスを流した場合の反応特性を、触媒中心部と外周部付近で調べた結果を示している。模擬ガスを排気ガス組成に近づけるため、プロパンなども試みたが、実機に近い反応特性は得られず、今回は反応が容易であった都市ガスを用い評価を行った。都市ガスの組成は表 1 のようになっており、空気との混合後の HC 濃度を  $3000\text{ppm}$  に調整し触媒に圧送した。

この場合の反応開始温度は  $300^{\circ}\text{C}$  と、実機に比べ高い値になっているが、中心部と外周部の反応の違いは明かである。すなわち、触媒層の温

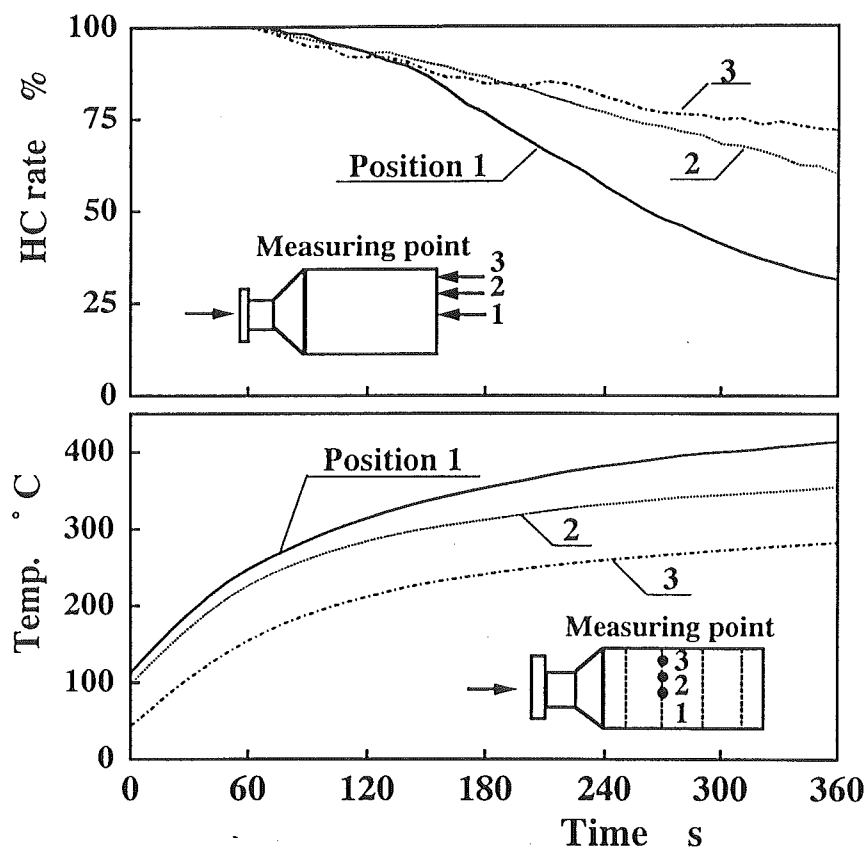


図 6 半径方向の触媒反応分布

度に対応し，浄化率50%の時間は温度の低い外周部で3分以上遅くなっている．SV値あるいは触媒層温度を変化させた場合についても実験を行っているが，濃度経過は異なるものの，傾向は同じであった．

#### (4) プレ触媒の温度特性

以上の結果より，触媒外周部のような低温領域を少なくする事が初期活性を早める手段になると言える．この方法として，メイン触媒の前に容量の小さな触媒を取り付けるプレ触媒システムについて検討を行った．プレ触媒は，メイン触媒と同一径で半分の長さの触媒を標準とし，その

表 1 使用ガス組成表

Component	V / V %
H <sub>2</sub>	21.0
O <sub>2</sub>	7.5
N <sub>2</sub>	36.0
CO <sub>2</sub>	3.2
CO	7.3
C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	25.0

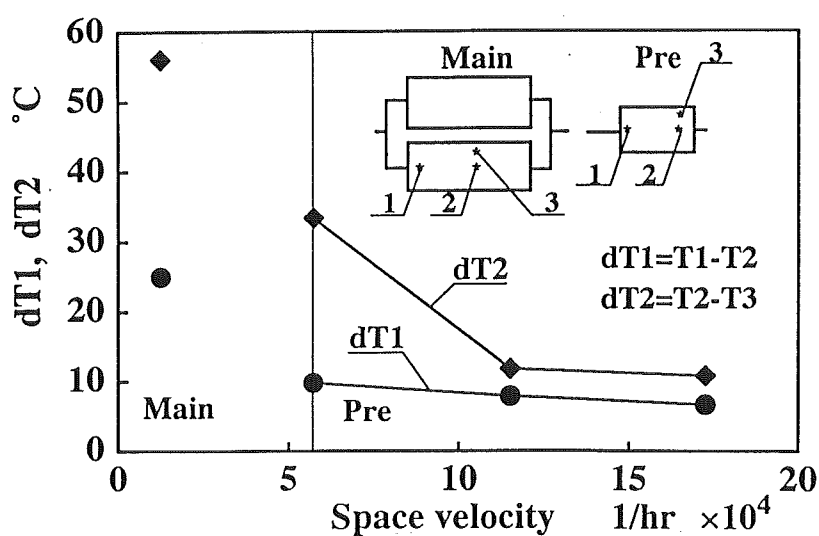


図 7 プレ触媒の半径および軸方向の温度勾配



入口側をリングでカバーする事により、容積を0.8および1.2ℓに変更した場合の実験を行っている。従って、プレ触媒のSV値は標準容積の2.5ℓの場合でも、メイン触媒の4倍になる。

図7は、異なる容積のプレ触媒で、半径方向および軸方向の温度勾配をメイン触媒のみを使用した場合と比較したものである。当然の事ながら、プレ触媒の場合SV値が大きくなるにつれ、すなわち、プレ触媒容積が小さくなるほど、中心部と外周部および入口と出口の温度差が小さくなる。この結果、プレ触媒を装着すると通過するガス全体が速い時期に同一の反応条件になると考えられる。

#### 4. 結 論

触媒単体実験より次の事が明かとなった。

- (1) 触媒外周部は温度が低く活性化が遅れる。この部分の流速は遅いが、外周から1/3の径で全流量の1/2が流れる。
- (2) 模擬ガスを使った触媒反応試験で、中心部と外周部の反応の違いが確認でき、浄化率が50%になる時間を比較すると外周部の方が1.6倍長くなった。
- (3) 空間速度の高いプレ触媒を使うと、早期に触媒軸方向および半径方向の温度差が減少でき、触媒の早期活性化が期待できる。

## 第 6 章 結 言

本研究は、ディーゼル機関で問題となっているパーティキュレートの低減を目的として、種々の観点から実験を行った。

この低減には、燃焼室壁面への付着燃料を減少させること、オイル消費量の減少が検討されてきた。本研究ではこのうち前者の改善を目的として、噴射系の改善、壁面形状による改善、さらに壁面を高温にすることを試みて来た。これらの研究を通して一定の改善効果は得られたが、目標としている低減レベルには達し得なかった。このようなことから燃焼改善には限度があるため、触媒を利用した低減方法の検討を始めた。しかし、触媒の軽負荷時の活性化に問題があり、その活性化を促進するための基礎的研究までが今回の研究報告になっている。これらの成果は今後さらに実験を進めた上で論文等として発表する予定である。

## 謝 辞

本実験を進めるために、複雑な燃焼室の加工を担当していただいた本学実習工場阿部清氏に深く感謝いたします。また、触媒あるいはノズルの試作に協力いただいたいすゞ中央研究所高月俊昭氏に厚くお礼申し上げます。