ディーゼル機関の燃料組成の改善による排出物質の低減 (第3報)

分割試料混合燃料を使用したときの排出物質特性

大井 明彦*, 青山兵五郎, 小渕 存, 大内日出夫

公害資源研究所公害2部, 305 茨城県筑波郡谷田部町小野川 16-3

(昭和 58 年 10 月 7 日受理)

第1報で調製した分割試料を用いて, セタン価が 55 となるように *n*-セタンおよびヘプタメチルノナンと混合して調整燃料を調製して, 排出物質の測定実験を実施した。CO, NO_x の各排出濃度および粒子状物質の排出量は, 調整燃料中の芳香環炭素(C_a) 含有率に強く影響されているのに対し, 沸点別留分含有率には影響されないことを示した。したがって, 燃料組成の改善によりディーゼル機関から排出される NO_x および粒子状物質の同時低減を図るためには, 燃料中の C_a 含有率 (芳香族性) を減少させることが有効であると推察した。

1. 緒 言

ディーゼル機関からの排出物質の低減, とくに粒子状物質と窒素酸化物を同時に除去する技術を確立することは, 今後の排気対策上の重要課題である。本研究では, ディーゼル燃料と排出物質との関係を詳細に検討し, ディーゼル機関からの排出物質を低減する方向で, ディーゼル燃料の組成改善の可能性を検討している。

第1報¹⁾においては, それぞれ芳香族成分, ナフテン成分およびパラフィン成分に富む3種類の軽油相当留分(以下, 軽油)を沸点別に分留し, さらに液体クロマトグラフ装置において, 芳香族成分並びに飽和成分に再分割した試料(以下, 分割試料)について各種物理的特性を測定し, 平均構造を推定した。

第2報²⁾においては, 単一成分炭化水素の *n*-セタン (*n*-ヘキサデカン), 2, 2, 4, 4, 6, 8, 8-ヘプタメチルノナン(以下, HMN), あるいは α -メチルナフタレン (以下, α -MN) の混合燃料について, セタン価, セタン価向上剤および燃料組成の排出物質に及ぼす影響について検討し, 加えて, 燃料組成とセタン価との関係についても考察した。

従来から, 燃料組成と排出物質との関係については多くの報告^{3)~5)}があるが, 燃料組成として燃料中の芳香族炭化水素含有量を採用している場合が多い。しかし, 燃料中の芳香族炭化水素では, 芳香族の環数および側鎖長が多種多様であるので, 燃料の芳香族性を正しく反映していない場合も考えられる。また, 従来の研究では, 燃料組成の排出物質に及ぼす影響の検討に際して, セタン価が一定にされていない場合が多く, 燃料組成の影響でなく, セタン価の影響が結果に現れていた場合も認められた。

本報では, 既述した分割試料を使用して, セタン価を一定に

そろえた燃料を調製し, 燃料組成並びに燃料留出温度の排出物質に及ぼす影響を明らかにする。

2. 実 験

2.1 試 料

第1報¹⁾で報告したように, 分割試料はそれぞれ芳香族, ナフテンおよびパラフィン分に富む3種類の基本軽油(A, N, P)を蒸留装置および液体クロマトグラフにより, 沸点範囲(200~240°C, 240~280°C, 280~320°C, 320~360°C)別に分け, さらに芳香族成分と飽和成分に分割して調製したものである。各分割試料をこのまま排出物質の測定実験に供試するには量的に不足であったので, 沸点別並びに組成別に **Table 1** のように混合した。これを以下では分割試料 Σ と称することにする。また, **Table 1** には, 分割試料 Σ の各種物性値も併せて示す。なお, **Table 1** にはセタン指数の計算結果も示すが, 分割試料 Σ などの分留した試料では, セタン指数とセタン価は一致しない⁶⁾。しかし, セタン価測定に供試できるほど試料を調製できなかったので, セタン指数で代用することにし, 燃料の調製の際にもこれを使用することにした。

2.2 燃料の調製

第2報²⁾において, セタン価が排出物質特性に影響を及ぼすことを明らかにした。したがって, 燃料の排出物質特性に及ぼす影響を評価する際には, セタン価は一定である方が解釈しやすい。また, セタン価をそろえるためには, セタン価向上剤や α -MN (セタン価の低下のため)を混合するよりは, *n*-セタン (セタン価の上昇のため)や HMN (セタン価の低下のため)を混合した方が, 排出物質に及ぼす影響が小さいことも明らかにした。

本実験では, 燃料のセタン価を 55 一定にそろえることにしたが, 上記の理由により, セタン価調整の際の分割試料 Σ のセ

* 連絡先

Table 1 Mixing Percent of Subfractions and Physical Properties of Σ Subfractions

Subfraction	Percent of Subfraction (vol%)			Specific Gravity (20/4°C)	Elemental Content (wt%)		Average Molecular Weight	Cetane Index
	A*a)	N*b)	P*c)		C	H		
Σ 20Ar	74.5	16.7	8.8	0.9102	89.9	10.1	147	14.7
Σ 24Ar	58.7	26.7	14.6	0.9474	90.0	10.0	179	14.6
Σ 28Ar	52.0	26.7	21.3	0.9565	89.7	10.3	215	21.5
Σ 32Ar	49.4	30.8	19.8	0.9453	89.2	10.8	239	32.5
Σ 20S	25.0	35.0	40.0	0.8013	85.5	14.5	178	53.7
Σ 24S	44.0	26.6	29.4	0.8037	85.4	14.6	227	64.1
Σ 28S	52.5	13.3	34.2	0.8034	85.2	14.8	260	75.6
Σ 32S	40.7	23.0	36.3	0.8180	85.3	14.7	276	79.9

*a) Aromatic or saturated subfraction which is distilled and separated from fuel A¹⁾. *b) Aromatic or saturated subfraction which is distilled and separated from fuel N¹⁾. *c) Aromatic or saturated subfraction which is distilled and separated from fuel P¹⁾.

Table 2 Composition and Physical Properties of Cetane Number-Adjusted Test Fuels

Fuel	Composition (vol%)			Cetane Number	Specific Gravity (20/4°C)	Elemental Content (wt%)		Average Molecular Weight
	Σ *a)	n-Cetane	HMN*b)			C	H	
F(Σ 20Ar) 50	50.0	47.2	2.8	48	0.8435	87.6	12.4	187
F(Σ 20Ar) 25	25.0	47.1	27.9	—	0.8107	86.3	13.7	206
F(Σ 24Ar) 50	50.0	47.3	2.7	—	0.8627	87.7	12.3	203
F(Σ 24Ar) 25	25.0	47.2	27.8	—	0.8207	86.4	13.6	214
F(Σ 28Ar) 50	50.0	43.2	6.8	—	0.8656	87.6	12.4	221
F(Σ 28Ar) 25	25.0	45.1	29.9	—	0.8224	86.3	13.7	223
F(Σ 32Ar) 50	50.0	36.8	13.2	48	0.8606	87.2	12.8	233
F(Σ 32Ar) 25	25.0	41.9	33.1	—	0.8197	86.1	13.9	229
F(Σ 20S) 50	50.0	24.3	25.7	54	0.7904	85.2	14.8	202
F(Σ 20S) 25	25.0	35.7	39.3	—	0.7850	85.0	15.0	214
F(Σ 24S) 50	50.0	18.2	31.8	54	0.7902	85.1	14.9	227
F(Σ 24S) 25	25.0	32.1	41.9	—	0.7848	85.0	15.0	226
F(Σ 28S) 50	50.0	11.4	38.6	54	0.7927	85.0	15.0	243
F(Σ 28S) 25	25.0	29.3	45.7	—	0.7861	84.9	15.1	235
F(Σ 32S) 50	50.0	8.9	41.1	54	0.7997	85.1	14.9	251
F(Σ 32S) 25	25.0	28.0	47.0	—	0.7895	85.0	15.0	239
H53	—	47.1	52.9	55	0.7797	84.9	15.1	226
F	—	—	—	52	0.8307	86.7	13.3	224

*a) Σ : Σ subfractions. *b) HMN : 2,2,4,4,6,8,8-heptamethylnonane.

タン価としてはセタン指数で代用することにした。分割試料 Σ の混合率がそれぞれ 50, 25 vol% で、セタン価が 55 となるように n-セタンおよび HMN と混合して、排出物質測定実験に供試する燃料（以下、調整燃料）を調製した。これらの調整燃料の性状を **Table 2** に示す。**Table 2** には、第 2 報で使用した HMN 混合燃料 H53 と市販燃料 F の性状およびセタン価も併せて示す。**Table 2** において、調整燃料のセタン価の実測値をみると、飽和炭化水素分割試料 Σ を含む調整燃料（以下、調整燃料 S）では、54 と 55 に近かったが、芳香族炭化水素分割試料 Σ を含む調整燃料（以下、調整燃料 Ar）では、48 と 55 より低くなった。しかし、この程度のセタン価の相違は、排出物質の測定結果に大きな影響を及ぼすとは考えられない。

また、調整燃料について、第 1 報の ¹³C-NMR および n-d-M 法の測定結果に基づいて、芳香環炭素 (C_a, *C_a)、飽和炭化水素の炭素 (C_s)、パラフィンの炭素 (*C_p)、ナフテン環の炭素 (*C_N)、さらに、C_s の中をパラフィンのメチル基の炭素 (C_{CH₃})、同じくメチレン基の炭素 (C_{NP})、C_{CH₃} および C_{NP} 以外の炭素 (C_{SO'}) として、構造パラメーターを計算した結果を **Table 3** に示す。n-セタンおよび HMN の構造パラメーターは、n-セタンでは C_{NP}=14, C_{CH₃}=2, HMN では C_{NP}=

3, C_{CH₃}=9, C_{SO'}=4 となっている。

2.3 実験装置

実験装置は第 2 報²⁾に示したので、本報での説明は省略する。

2.4 実験方法

排出物質測定実験における試験用機関の運転条件は、圧縮比および燃料供給量の設定を除いて、セタン価測定のための標準運転条件と同一である²⁾。

圧縮比の設定は 16.0 一定とし、燃料供給量は排気ガス濃度から計算される空気過剰率⁷⁾を 1.35 一定となるように調整した。燃料流量および空気流量の測定から空気過剰率を決定するより、ガス濃度の測定から空気過剰率を決定した方が、燃料流量調節のための所要時間が大幅に短縮でき、調整燃料を有効に利用できる。

3. 結 果

Table 2 に示す 16 種類の調整燃料、単一成分混合燃料 H53、並びに市販燃料 F を用いて、排出物質を測定した結果を **Figs. 1, 2** に示す。図は横軸に蒸留装置で分留したときの留出前端温度を取り、**Fig. 1** では上から、空気過剰率を 1.35 一定としたときの燃料流量 (FFR)、着火遅れ (ID)、排気ガス温度 (EGT)、

Table 3 Structural Parameters*) of Test Fuels by ¹³C-NMR and n-d-M Method

Test Fuel	¹³ C-NMR						n-d-M		
	C _a	C _{np}	C _{CH₃}	C _{SO'}	C _s	C	*C _a	*C _N	*C _P
F (Σ20Ar) 50	4.07	4.96	2.58	1.19	8.73	12.80	3.77	1.23	7.80
F (Σ20Ar) 25	2.37	6.29	3.89	1.59	11.77	14.14	2.20	0.72	11.22
F (Σ24Ar) 50	4.56	5.66	2.47	1.74	9.87	14.43	4.53	1.20	8.70
F (Σ24Ar) 25	2.55	6.76	3.91	1.91	12.58	15.13	2.53	0.67	11.93
F (Σ28Ar) 50	4.52	6.05	2.85	2.61	11.51	16.03	4.86	1.12	10.05
F (Σ28Ar) 25	2.41	7.02	4.19	2.40	13.61	16.02	2.59	0.60	12.83
F (Σ32Ar) 50	4.01	6.13	3.41	3.37	12.91	16.92	4.10	1.11	11.71
F (Σ32Ar) 25	2.07	7.10	4.53	2.78	14.41	16.48	2.12	0.57	13.79
F (Σ20S) 50	0.15	6.81	3.95	3.27	14.03	14.18	0.15	2.37	11.66
F (Σ20S) 25	0.08	7.43	4.78	2.73	14.94	15.02	0.08	1.27	13.67
F (Σ24S) 50	0.00	7.45	4.72	3.89	16.06	16.06	0.06	1.74	14.26
F (Σ24S) 25	0.00	7.78	5.22	3.03	16.03	16.03	0.03	0.89	15.11
F (Σ28S) 50	0.00	8.07	5.55	3.51	17.13	17.13	0.07	1.33	15.73
F (Σ28S) 25	0.00	8.11	5.64	2.80	16.55	16.55	0.03	0.65	15.87
F (Σ32S) 50	0.00	8.24	5.64	3.76	17.64	17.64	0.00	2.06	15.58
F (Σ32S) 25	0.00	8.19	5.68	2.92	16.79	16.79	0.00	0.99	15.80
H53	0.00	8.14	5.73	2.13	16.00	16.00	—	—	—
F	2.10	6.58	3.06	4.39	14.03	16.13	1.80	3.93	10.40

*) The value on the Table 3 is the number of carbon atom in an average molecule.

Fig. 1 Effect of Initial Recovered Temperature on Ignition Delay and Exhaust Gas Emissions

全炭化水素 (THC), 一酸化炭素 (CO) および窒素酸化物 (NO_x) の各排出濃度の測定結果を示す。**Fig. 2** は粒子状物質の排出特性を示し, 上から見かけの粒子密度 (PD), 静電式エアロゾル粒径分析器 (EAA) により測定した粒子状物質の体積中位径 (VMD) と体積排出量 (PVE), ろ紙捕集法により測定した重量排出量 (PME), 並びに反射式スモークメーターにより測定した排気煙濃度 (Opacity) を示す。

空気過剰率を 1.35 一定とした時の燃料流量は, 調整燃料の

Fig. 2 Effect of Initial Recovered Temperature on Exhaust Particulate Emissions

比重および元素組成の相違により、14.6～16.1 ml/min の範囲にわたっていた。また、着火遅れは全体的にみて、留出前端温度の上昇と共にわずかに短縮の傾向が認められるが、この程度では有意な傾向であるとは考えられない。

排気ガス温度は、調整燃料 S では分割試料 Δ の混合率と無関係に 2 種類の燃料で同じような傾向を示したのに対し、調整燃料 Ar では分割試料の混合率が 50 vol% の方が 25 vol% の結果に比較して低い温度を示した。この結果は、第 2 報²⁾において、α-MN 混合率の増加と共に排気ガス温度が低下する傾向を示したのに対応している。また、留出前端温度との関係を見ると、全体的に留出温度の上昇と共に排気ガス温度がわずかに低下する傾向が認められた。

THC 排出濃度では、分割試料 Δ による差はあまり認められなく、留出前端温度の上昇と共に、調整燃料による排出濃度の差は縮小する傾向にあり、排出濃度も全体的に低下の傾向を示した。

CO 排出濃度は、芳香族成分を 50 vol% 含む調整燃料 Ar 以外では、分割試料 Δ の種類、混合率および留出前端温度による差が認められないことを示した。しかし、芳香族成分を 50 vol% 含む調整燃料 Ar では、極めて高い排出濃度を示した。この結果は、空気過剰率以外の要因が CO 排出濃度に影響を及ぼしている可能性を示している。

NO_x 排出濃度は、全体的に燃料中の芳香族成分の混合率の多い順に高くなる傾向を示した。留出前端温度の上昇と共に、調整燃料 Ar の NO_x 排出濃度が減少の傾向を示し、調整燃料 S では増加の傾向を示したことから、調整燃料による NO_x 排出濃度の差は、留出温度の上昇と共に縮小の傾向にある。

Fig. 2 の粒子状物質の排出特性をみると、排気煙濃度、重量排出量、体積排出量および体積中位径はいずれも、同じような傾向を示した。調整燃料 S では、分割試料 Δ の混合率による差異はほとんど認められないのに対し、調整燃料 Ar では、調整燃料 S の結果に比較して大きな測定値を示した上、分割試料 Δ の混合率が 50 vol% の方がかなり大きな測定値を示した。留出前端温度との関係を見ると、調整燃料 S では、留出前端温度による変化はあまり認められず、留出前端温度が 280°C から 320°C へ上昇する際に測定値がわずかに増加することが認められた。これに対し、調整燃料 Ar では一部の結果を除いて、留出前端温度が 280°C までは測定値にほとんど変化なく、320°C へ上昇すると低下する傾向が認められた。

体積中位径は、0.15～0.28 μm の範囲にわたっており、第 2 報におけるセタン価 55 で空気過剰率が 1.35 の場合の結果 0.17～0.28 μm²⁾ と同程度の値となった。また、Groblicki らの結果 0.05～0.22 μm⁸⁾ より大きな値となった。このことは、体積中位径の大きさが機関並びに運転条件などにより、変化する可能性を示している。

粒子密度は、調整燃料 S の方が調整燃料 Ar に比較して大きな測定値を示した。本実験の粒子密度は、0.6～1.2 g/ml の間に入っており、第 2 報の結果 0.5～0.9 g/ml に比較して若干大きくなっている。一方、Groblicki らの結果 (平均 1 g/ml) と比較すると、本実験の結果はバラツキは大きい、測定値の平均としては同程度である。

4. 考 察

4.1 燃料組成とセタン価との関係

第 2 報²⁾ において燃料組成とセタン価との関係について考察して、次式を導びた。

$$\left. \begin{aligned} \text{CN}_{\text{calc}} &= 162.81 \cdot F_{\text{C}_{\text{np}}} - 17.34 \cdot F_{\text{C}_{\text{CH}_3}} \\ &\quad (F_{*C_N} \leq 0.1464) \\ \text{CN}_{\text{calc}} &= 162.81 \cdot F_{\text{C}_{\text{np}}} - 17.34 \cdot F_{\text{C}_{\text{CH}_3}} \\ &\quad + 44.60 \cdot (F_{*C_N} - 0.1464) \\ &\quad (F_{*C_N} > 0.1464) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで、CN_{calc} はセタン価の推定値であり、F_{C_{np}}、F_{C_{CH₃}} および F_{*C_N} は Table 3 の構造パラメーター (C_{np}, C_{CH₃}, *C_N) を使用して計算される炭素供給数である。

本実験に使用した 16 種類の調整燃料について、Eq. (1) により推定値を計算する場合、全調整燃料について F_{*C_N} が 0.1464 より小さいことから、Eq. (1) の上式だけを使用した。推定値を計算した結果、全調整燃料についてセタン価の推定値が実測値より 0～3 程度小さかった。このことから、Eq. (1) ではセタン価に寄与する炭素についての評価が不十分であり、セタン価推定の精度を上げるためには、各種の構造を持つ単一成分の炭化水素のセタン価を測定することにより、燃料構造とセタン価との関係についての基礎的解析を進める必要があると判断された。これについては、別に報告する予定にしている。

4.2 燃料組成と排出物質との関係

第 2 報²⁾ において、単一炭化水素 (n-セタン, HMN, α-MN) の混合燃料について、燃料組成 (C_a 含有率=芳香族性) と排出物質との関係について検討した。本報においても、Table 2 に示す調整燃料のうち、調整燃料 Ar について C_a 含有率と排出物質との関係について考察する。

調整燃料 Ar について、C_a 含有率と排出物質特性の中の THC, CO および NO_x の各排出濃度、並びに粒子状物質の重量排出量との関係を、Figs. 3～6 に示す。Figs. 3～6 において、実線は調整燃料 Ar の場合、破線は単一成分混合燃料の

Fig. 3 Relation between Aromacity and Exhaust THC Concentration

場合の回帰直線を示す。

Fig. 3 は、調整燃料 S (C_a 含有率=0%) において THC 排出濃度の変化範囲が大きく、 C_a 含有率と THC 排出濃度との相関があまり高くない (0.68) ことから、 C_a 含有率以外の留出前端温度などの因子が影響を与えていることを推察させる。また、単一成分混合燃料の回帰直線と比較すると、調整燃料 F ($\Sigma 20$) 50 と同程度の THC 排出濃度を示していること、HMN および α -MN の沸点がそれぞれ 240°C および 242°C であることを考え合わせると、約 240°C 以下の留分が多い燃料では、THC 排出濃度が増大することが考えられる。

Fig. 4 は、調整燃料 S において CO 排出濃度の変化範囲が小さいのに対し、調整燃料 Ar では C_a 含有率と CO 排出濃度との相関が 0.84 と比較的高い上、回帰直線の傾きも大きいことから、 C_a 含有率が CO 排出濃度に及ぼす影響が大きいことを示す。また、単一成分混合燃料の回帰直線と比較すると、排出濃度のレベルは同程度であるが、調整燃料 Ar の方が傾きが大きくなっている。第 2 報と同様に本実験でも、空気過剰率一定の条件下で、 C_a 含有率と CO 排出濃度との間に正の相関が認められたことは、実験に使用した燃料の蒸留性状、粘度などの物性値の変化が大きかったことが原因と考えられる。

Fig. 5 は調整燃料 S における NO_x 排出濃度の変化範囲は調整燃料 Ar のそれと同程度であるが、濃度レベルは前者の方が低くなっていることを示す。一方、調整燃料 Ar では、 NO_x 排出濃度と C_a 含有率との相関は 0.93 と高く、 C_a 含有率が NO_x 排出濃度に大きく影響を及ぼすことがわかる。したがって、 C_a 含有率の減少が、 NO_x 排出濃度を低減させるのに有効であることが明らかとなった。また、単一成分混合燃料の回帰直線と比較すると、 NO_x 排出濃度の C_a 含有率に対する依存性(回帰直線の傾き)は同程度であるが、濃度レベルは調整燃料 Ar の方が約 60 ppm と一割程度高かった。この原因については、明確ではないが、両燃料における物性値の相違が関与しているものと推察している。

Fig. 6 は、調整燃料 S における粒子状物質の重量排出量の変化範囲が小さく、調整燃料 Ar における C_a 含有率と重量排出量との相関が 0.96 と高い上、回帰直線の傾きも大きいことから、 C_a 含有率が粒子状物質の重量排出量に大きな影響を及ぼすことを示している。調整燃料 Ar では、留出前端温度が 280°C から 320°C へ上昇すると重量排出量が減少することを既述したが、これは **Fig. 6** から、 C_a 含有率の減少によるものと解釈できる。つまり、調整燃料 Ar に含まれる分割試料 Σ の混合率(芳香族含有率)は 50 vol% か、25 vol% というように留出前端温度によらず一定であるが、留出前端温度の上昇と共に芳香族成分の側鎖状の構造が増大し、 C_a 含有率(芳香族性)が 50 vol% Ar を含む調整燃料では 31.8、31.6、28.2、23.7% と、25 vol% Ar を含む燃料では 16.8、16.9、15.0、12.6% というように、減少していることが原因と考えられる。

また、**Fig. 6** において調整燃料 Ar と単一成分混合燃料の回帰直線と比較すると、CO 排出濃度の場合と同様に、排出量レベルは同程度だが、調整燃料 Ar の回帰直線の傾きの方がかなり大きくなっている。単一成分混合燃料では、 C_a 含有率が 45% までにも及んでいたが、市販の軽油では C_a 含有率が 20% を越えることはないと考えられる。 C_a 含有率が 35% 以下の範

Fig. 4 Relation between Aromacity and Exhaust CO Concentration

Fig. 5 Relation between Aromacity and Exhaust NO_x Concentration

Fig. 6 Relation between Aromacity and Particulate Mass Emission Rate

囲に限定して、回帰直線を導びいた結果が **Fig. 6** の一点鎖線である。これをみると、単一成分混合燃料の回帰直線の傾きは、調整燃料 Ar の結果にかなり近づくが、まだ両者の間に若干の相違が認められる。このことから、粒子状物質の重量排出量に対して、 C_a 含有率に加えて別の影響因子の存在が示唆される。これについては、単一成分混合燃料にはナフテン環炭素が存在しないこと、ナフテン環炭素を多く含む市販燃料の重量排出量

が大きかったことから、ナフテン環炭素の影響が考えられる。

Bouffard ら⁴⁾は、6 台の実車および 15 種類の軽油相当留分を使用して、燃料組成と粒子状物質の排出量との関係を調べ、粒子状物質の排出量を増大させる主要な因子として、燃料中の芳香族含有率と 640°F (338°C) 以上の留分含有率であるとした。燃料中の芳香族含有率については、Bouffard らの結果と本報の結果は対応しているが、留分含有率すなわち留出前端温度との関係については、本報では留出前端温度の影響が認められなかったため、Bouffard らと一致しなかった。この原因については、機関、運転条件などの相違も考えられるが、Bouffard らにおいては燃料組成として C_a 含有率ではなく、芳香族含有率を採用したことも考えられる。つまり、芳香族含有率が一定であっても、燃料の側鎖状構造が減少 (C_a 含有率は増大) しており、これが粒子状物質の排出量を増大させた可能性が考えられるからである。

5. 結 言

第 1 報¹⁾で調製した分割試料を沸点別並びに組成別に混合して分割試料 Δ を作り、これを 50 あるいは 25 vol% 含有し、セタン価が 55 となるように n -セタンおよびヘプタメチルノナンと混合して 16 種類の調整燃料を調製した。調整燃料を使用して排出物質の測定実験を実施したところ、以下の知見を得た。

第 2 報²⁾で導びいたセタン価の推定式から、調整燃料のセタン価を推定することができた。しかし、セタン価の実測値と比較すると、推定値の方がわずかに低いことから、Eq. (1) で評価している炭素以外にも、セタン価に寄与する炭素の存在が示唆された。

燃料組成が排出物質に及ぼす影響については、THC 排出濃度および粒子状物質の粒子密度を除いて、燃料中の C_a 含有率 (芳香族性) の影響が大きいことが認められた。とくに、ディ

ーゼル機関からの排出物質の中で低減対策上困難視されている NO_x および 粒子状物質の同時低減については、両者とも C_a 含有率と正の相関が強かったことから、燃料中の C_a 含有率すなわち芳香族性の減少が有効であることが明らかとなった。

Bouffard ら⁴⁾は、燃料中の芳香族含有量の増大、並びに 640°F 以上の留分含有量の増大が粒子状物質の排出の増大を招くとした。しかし、本報の考察から、燃料組成を C_a 含有率として表していない限り、燃料の組成と性状との依存関係は分離できていない可能性があることが明らかとなった。

本報では、CFR F-5 エンジンを使用して単一の運転条件における燃料組成と排出物質との関係を検討したが、これらの結果を踏まえ、広範な機関運転条件における燃料組成および排出物質との関係を把握する実験を予定している。また、本報では粒子状物質について排出量に着目したが、粒子状物質の組成、とくに可溶分に対する検討も必要とされる。これらについては、次報以下で報告する予定である。

References

- 1) Ohuchi, H., Ohi, A., Aoyama, H., *J. Japan Petrol. Inst.*, **25**, 205 (1982).
- 2) Ohi, A., Aoyama, H., Obuchi, A., Ohuchi, H., *J. Japan Petrol. Inst.*, **27**, (4), 304 (1984).
- 3) Burley, H. A., Rosebrock, T. L., SAE Paper, 790923 (1979).
- 4) Bouffard, R. A., Betzer, M., SAE Paper, 811191 (1981).
- 5) Bykowski, B. B., Hare, C. T., Baines, T. M., SAE Paper, 811193 (1981).
- 6) Hinkamp, J. B., Riggs, R. J., *Hydrocarbon Process.*, **47**, 233 (1968).
- 7) Holl, W. H., SAE Paper, 730533 (1973).
- 8) Groblicki, P. J., Begeman, C. R., SAE Paper, 790421 (1979).

Summary

Control for Pollutant Emission from Diesel Engine Vehicles by Fuel Modification (Part 3) Characteristics of Exhaust Emission with Subfraction-Mixed Fuels

Akihiko OHI, Hyogoro AOYAMA, Akira OBUCHI and Hideo OHUCHI

National Research Institute for Pollution and Resources,
16-3, Onogawa, Yatabe-machi, Tsukuba-gun, Ibaraki 305

It has been reported in the previous papers^{1),2)} that subfractions which were fractionated and then separated into aromatic and saturated component were prepared, average molecular structures of the subfractions were estimated. Further, the effects of cetane number, an additive for raising cetane number and fuel composition on exhaust emissions from a diesel engine were examined by using pure hydrocarbon-mixed fuels which were composed of three kinds of pure hydrocarbon and/or the additive.

Test fuels including the subfractions, adjusted to obtain constant cetane number, were prepared and the effects of fuel composition and recovered temperature on the exhaust emissions were investigated.

Eight kinds of subfraction Σ (**Table 1**) by mixing the subfractions were prepared and the subfraction Σ s were blended with *n*-cetane and heptamethylnonane to prepare 16 kinds of cetane number-adjusted test fuel (**Table 2**). **Table 3** shows structural parameters¹⁾ of the test fuels. Experimental condition and apparatus were almost the same as those reported in the previous paper²⁾ except that the experiment was carried out only under the condition of constant excess air ratio of

1.35.

Figs. 1 and **2** show the relations between initial recovered temperature and the exhaust emissions. The exhaust emissions were changed with fuel composition and the recovered temperature.

The relations between aromatic carbon (C_a) content (aromacity) and the exhaust emissions were investigated in detail, which are shown in **Figs. 3~6**. The C_a content highly correlated with exhaust concentration of carbon monoxide (CO) and nitrogen oxides (NO_x) and particulate mass emission rate (PME), while the effects of the recovered temperature on these emissions were hardly observed. Consequently, it was effective to decrease the C_a content of the fuel in order to reduce NO_x and particulate emissions, simultaneously.

We were able to estimate cetane numbers of the test fuels by use of Eq. (1) derived in the previous paper²⁾. Calculated cetane numbers were slightly lower than the ones measured. It was suggested, accordingly, that Eq. (1) had to be corrected by taking into account the contribution from other carbons of the structural parameters.

Keywords

Cetane number, Diesel fuel, Emission measurement, Exhaust emission control