

(4) 脱硝触媒の選定

触媒金属の複合化、高温型触媒への改良および異なる触媒を組み合わせる充填方法等を検討したが、1種類の触媒で広い温度範囲をカバーすることは難しく、特に、400℃以下の排ガス処理は非常に難しいと思われた。その中でもTi・Ag系触媒は、400℃近傍の脱硝活性が高く、また耐久性も高く、有望な触媒であった。そこで、350～400℃以下の排出ガス温度、すなわち、中低負荷域では、触媒以外の低減技術で、それ以外の負荷域では脱硝触媒でNO_x低減を行えば、全運転領域でNO_x排出低減を行うことができると考えられる。

Ⅱ-2 複合脱硝システムの 基本理念の検討

1. EGRによるNO_x低減

排出ガス中のNO_x低減対策の一つとして、排出ガス再循環法（Exhaust Gas Recirculation, EGR）があり、ガソリンおよび小型ディーゼルエンジンに既に適用されているが、大型ディーゼルエンジンではまだ実用化されていない。そこで、その理由を調査し、触媒脱硝法との併用システムの可能性を検討した。

(1) EGRの必要性

排出ガスの規制強化が予定されているディーゼルエンジンでは、相反する排出挙動をもつNO_xと粒子状物質（PM）を燃焼技術によって同時に低減することがきわめて困難とされている。

NO_x低減技術としては、従来から燃料噴射時期の遅延によって燃焼温度を抑制する方法が最も簡便な手段として使われてきたが、この方法は、混合気の形成の遅れから燃焼自体の遅れを生じるため、自ずと限界がある。

このような弊害を改善するために、

- ・吸気スワールの適正化
- ・燃料噴射の高圧化と噴射系の改良
- ・燃焼室形状の改良

等を複合的に組み合わせることにより、燃焼の促進が図られたが、これらは逆にNO_xを増加させる原因ともなり、噴射時期の再調整が必要とされる。

今後、排出規制を達成するには、噴射時期の遅延技術のみではNO_x低減が不十分であり、大幅なNO_x低減が可能な排気再循環法（EGR：Exhaust Gas Recirculation）が有望視されている。

(2) EGRの排気特性への効果

EGRを行うと、その再循環分の吸入新気量が減少するため、酸素濃度の減少効果とともに、EGRガスに含まれる CO_2 、 N_2 、 H_2O 等の不活性ガス成分による燃焼温度の低減効果により、 NO_x の生成が抑制される¹⁾。したがって、過度の不活性ガスによって燃焼の悪化が著しくならない範囲でEGRを行うと、燃費の犠牲を抑えながら NO_x の低減が可能になり、この点で燃費の悪化や排気温度の上昇を伴う噴射時期の遅延に比べて有利な低減方策となる。

NO_x の低減効果は燃料噴射量の少ない低負荷では小さく、空気が不足気味になる高負荷の方が大きい傾向があるが、この場合には他のガス成分や微粒子の悪化を招くので、実用上は中低負荷に適用が制限される。8シリンダ、17Lの大型車用無過給直接噴射エンジン

を対象に、EGRが NO_x 、 CO 、 HC の3成分に及ぼす影響を調べた結果²⁾³⁾を図2-1に示した。

ここで、EGR率は、EGRを行わないときの吸入空気容量に対するEGRガス量の比で定義されている。この図から、高負荷では CO 、 HC の悪化が著しいが、中低負荷では CO と HC をさほど悪化させることなく NO_x を低減できること、また NO_x 低減には低負荷ほど多量のEGRを行う必要があることが理解される。

また、同じエンジンにおける微粒子の排出量と黒煙濃度については、それぞれ図2-2と図2-3に示すような効果が得られており、高負荷ではEGRによってPMの悪化が大きい反面、低負荷ではわずかであることが分かる。また、PM中の溶解性成分(SOF: Soluble Organic Fraction)への影響は、比較的少ない傾向が認められる。さらに、燃費への影響について

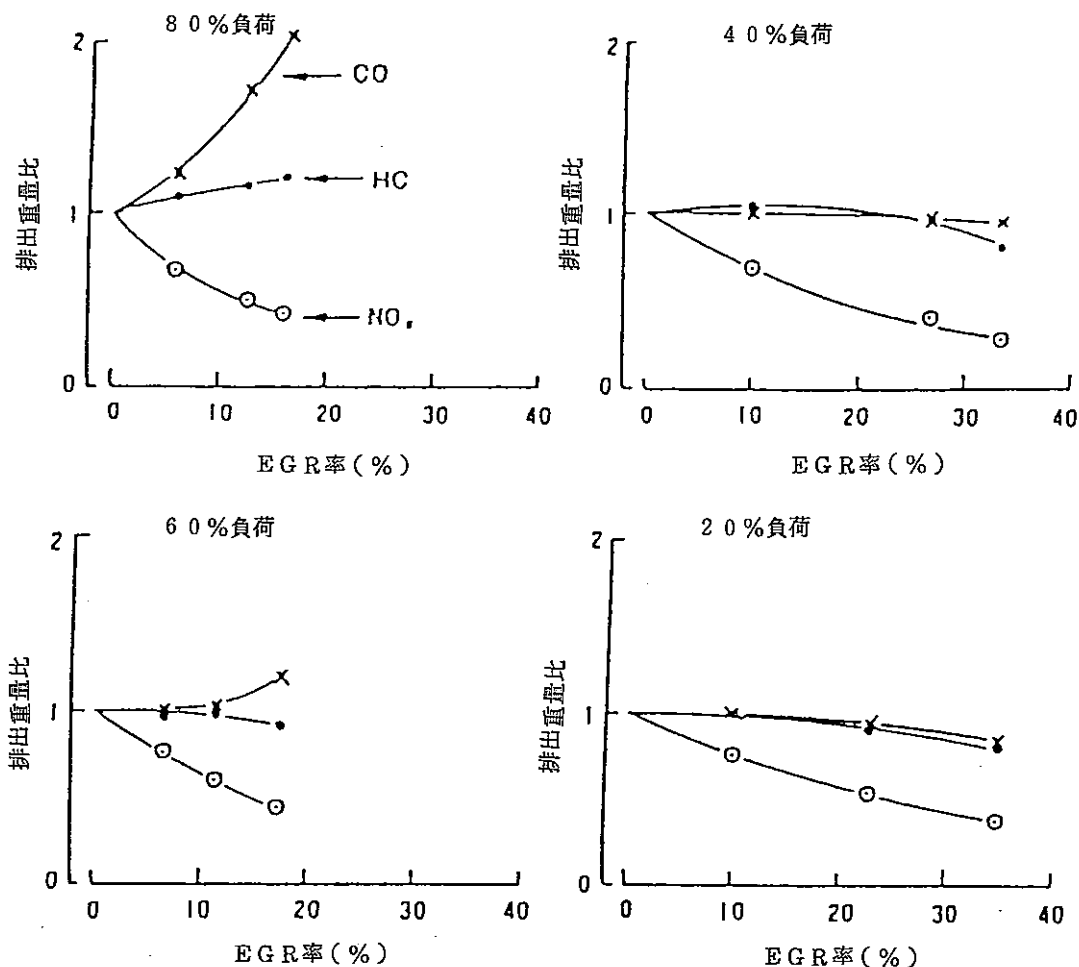


図2-1 EGRの NO_x 、 CO 、 HC に及ぼす影響

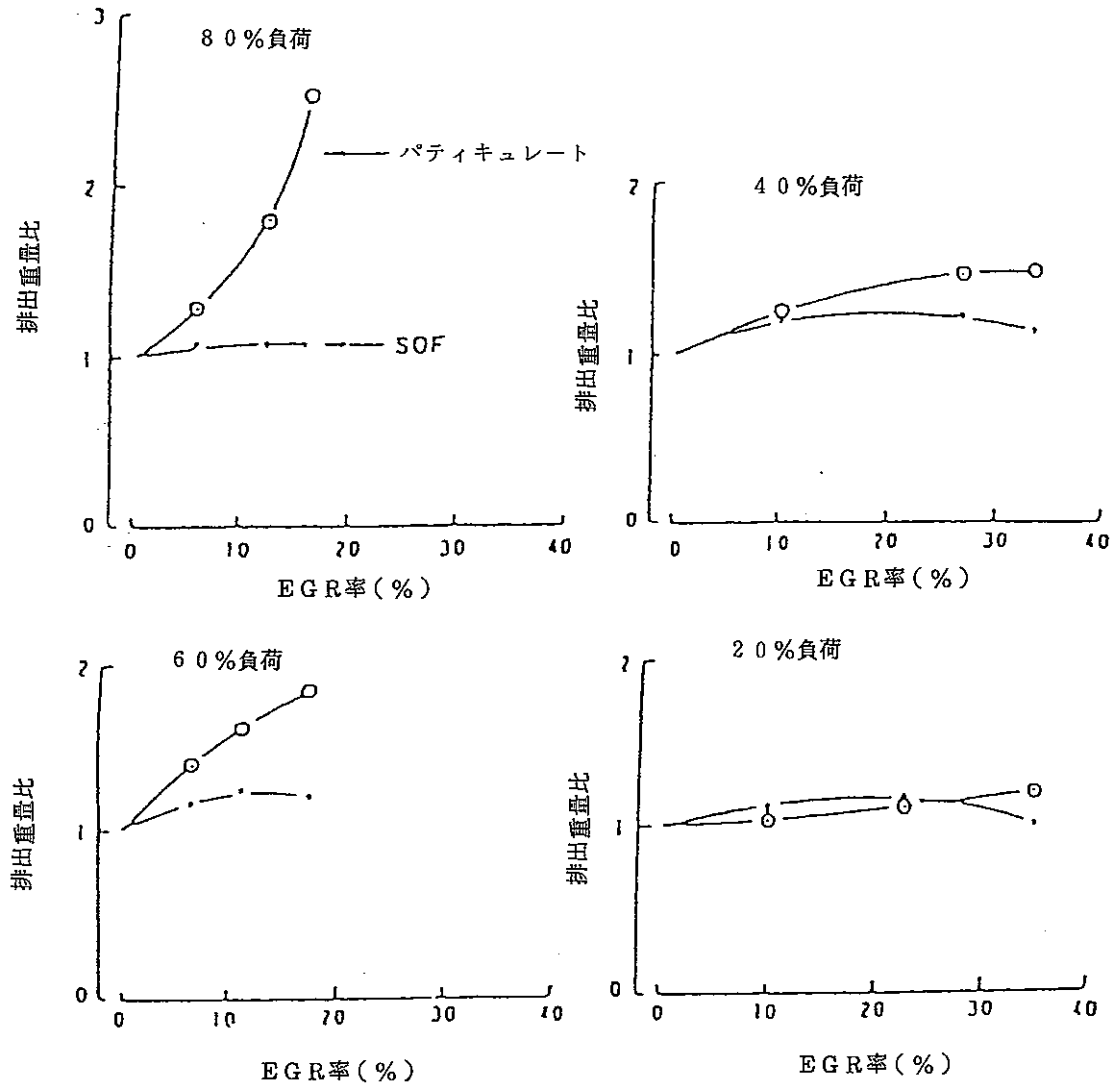


図 2-2 EGRの微粒子とSOFに及ぼす影響

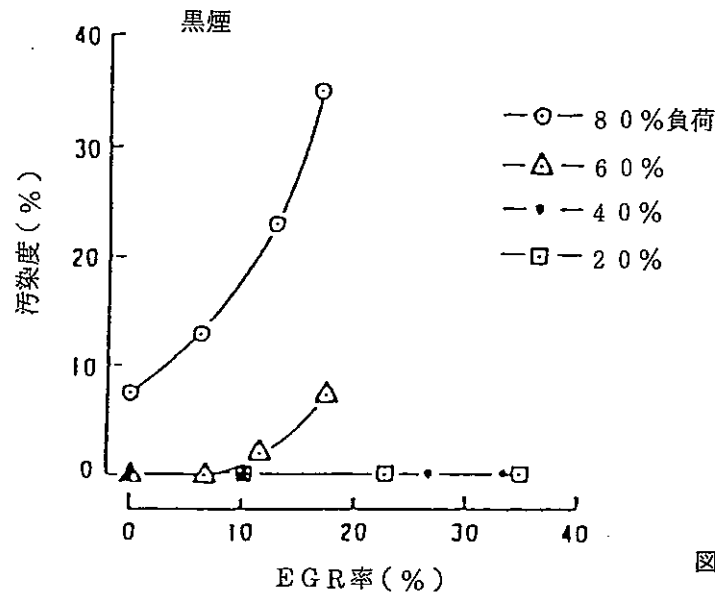


図 2-3 EGRの黒煙に及ぼす影響

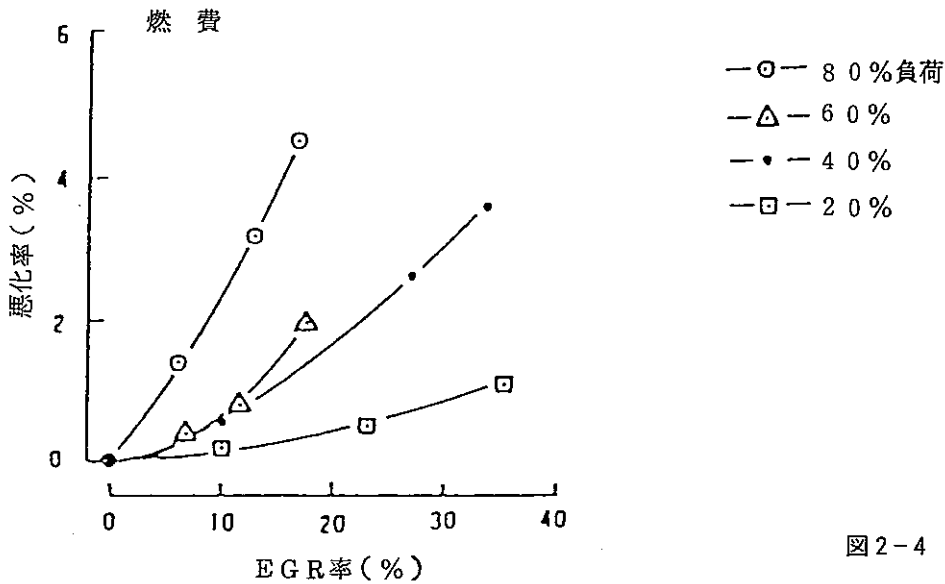


図2-4 EGRの燃費に及ぼす影響

は、図2-4に示したように、高負荷において犠牲が大きく、低負荷ではわずかであることが明らかである。

このように、EGRを中低負荷に限って行えば、 NO_x 以外の成分悪化は小さく、対策がやりやすいことが明らかである。また、噴射系や空気流動の再調整で、このような悪化を抑えることが可能である。なお、過給機付きエンジンの場合、中低負荷条件では吸気マニホールド圧力が排気圧を上回るので、EGRガスの供給が機械的に困難なために、EGRによる NO_x 低減効果は低負荷条件に限られるが、中間冷却器の採用による燃焼温度の低減で、 NO_x をある程度低減できる。

以上の結果から、 NO_x と粒子状物質はトレードオフの関係にあり、両者の規制値に適合させるには、EGRを適切に制御することが必要になることが分かる。実際には、エンジンの回転速度と負荷によってEGRガス量を制御する方式が採られており、精度を上げるためにはEGR弁を電子制御方式により制御している例もある。

なお、このようなEGRシステムによっても NO_x の規制値達成が不可能な場合には、 NO_x 還元触媒など何らかの後処理装置が必要になる。

(3) EGRによるエンジン部品の磨耗

EGRによって黒煙、微粒子が悪化する場合があることを説明したが、エンジン自体への種々の悪影響についても各所で調査が行われている。特に、EGRによってエンジン各部の磨耗が進むことが実験的に確認

されている⁴⁾⁵⁾。一例として、中型直接噴射エンジンを用いて、EGRによるピストンリングの磨耗量への影響について調べた結果⁶⁾を図2-5に示した。図から、高負荷、高回転ではEGRによって磨耗が著しく促進されることが明らかであり、エンジンの耐久性の観点からも、EGRは中低負荷において適切なEGR率の範囲で適用されることが望ましいことがわかる。

このような磨耗は、燃料中に含まれる硫黄分の影響によるものである。すなわち、硫黄酸化物を含むEGRガスがシリンダ内に注入し、一部が硫酸化していることに起因している。図2-6は、大型エンジンを用いて加減速サイクル運転を行い、軽油中の硫黄含有量を現行の値0.47%から0.25%、さらに0.05%に低減した際の磨耗量をEGRの有無も含めて比較したものである⁷⁾。トップリング、シリンダライナの磨耗には硫黄分が影響していることが明らかで、硫黄分を0.05%に低減してもEGRでなお1.5倍のリング磨耗が生じている。このような磨耗対策としては、十分な耐磨耗性をもつ部品の開発が必要とされている。

(4) EGRによる潤滑油性状への影響

EGRは、潤滑油性状にも直接影響を与えることが実験的に確認されている。6シリンダ、11.7Lの大型エンジンを使い、回転速度を定格の80%、中負荷、潤滑油グレードCD級SAE30の条件で、EGRの潤滑油性状に及ぼす影響について調べた結果を図2-7に示した。図2-7から、EGR率が15%程度であれば潤滑油

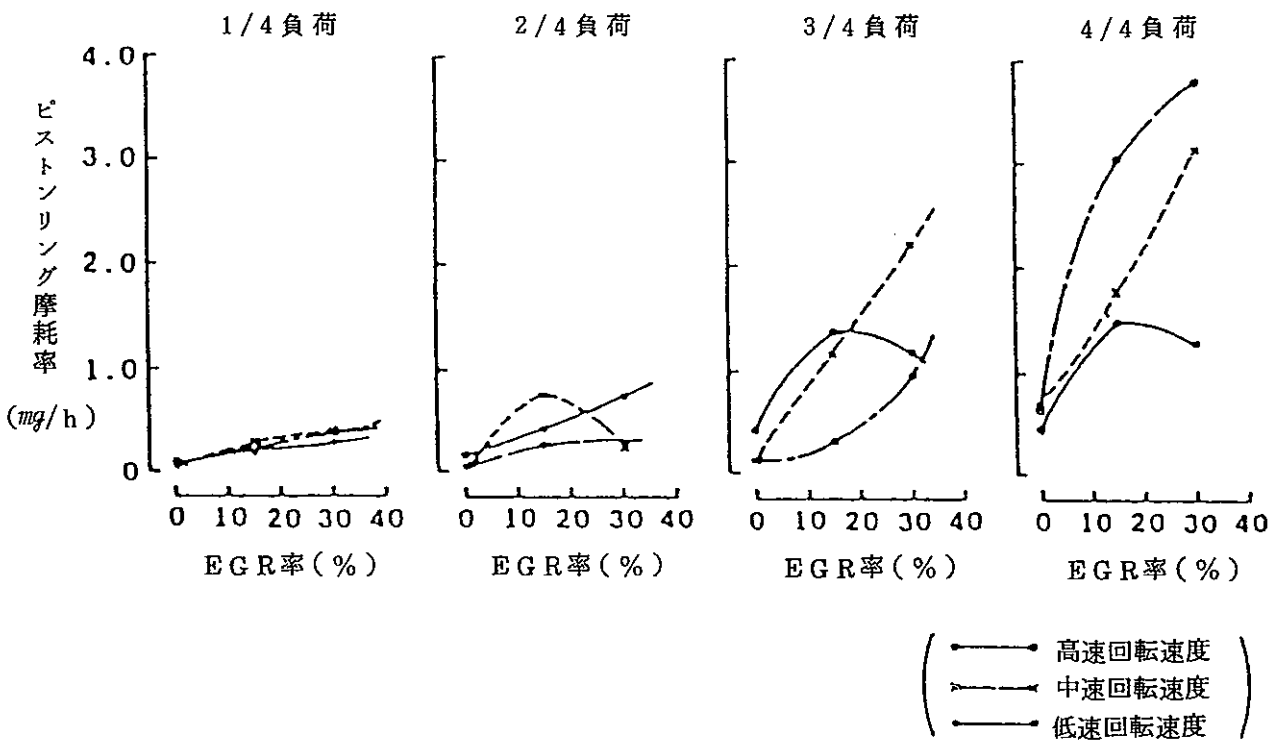


図 2-5 EGRによるピストンリング摩耗への影響

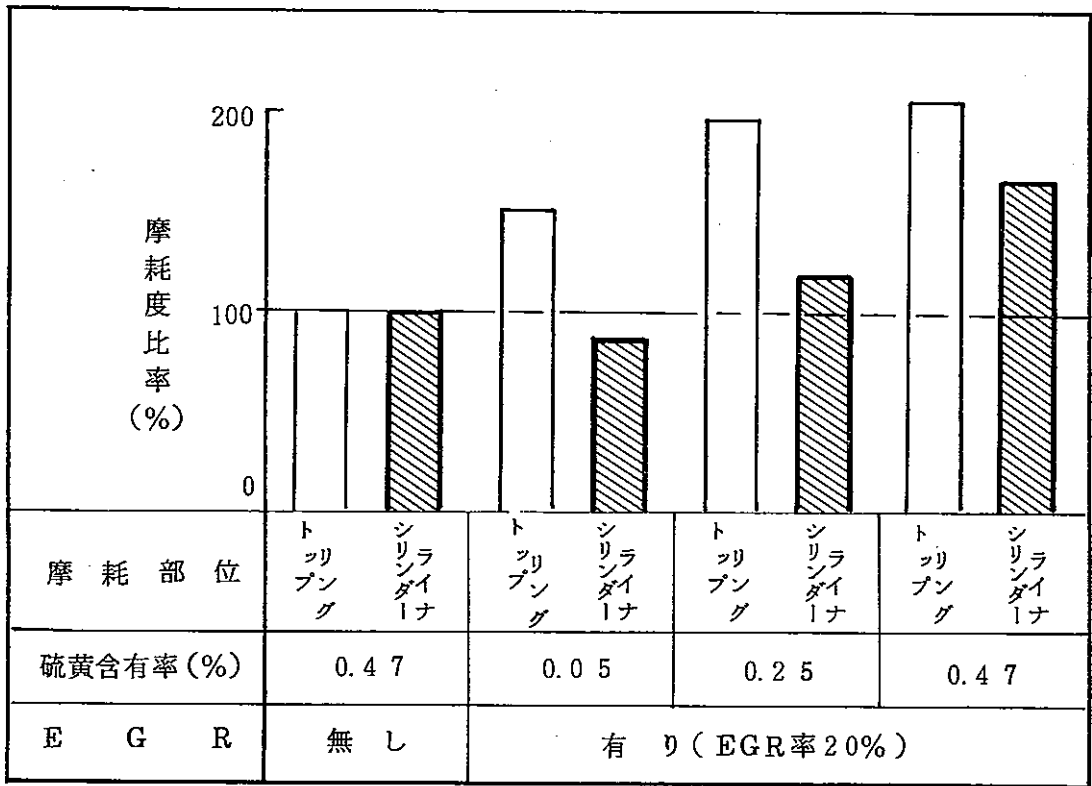


図 2-6 EGRによるピストンリングとライナ摩耗への影響

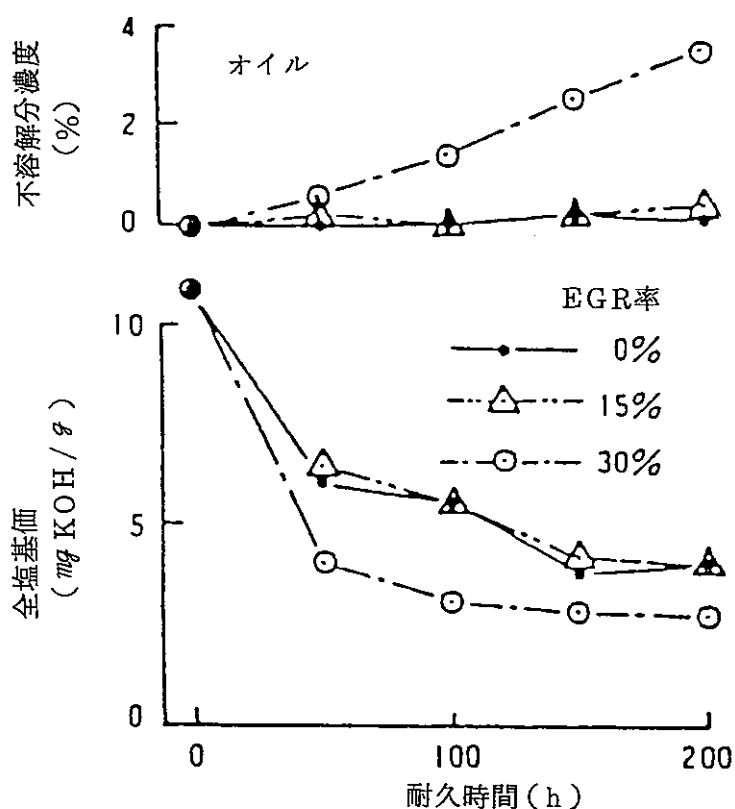


図2-7 EGRによる潤滑油の劣化

の劣化への影響はほとんどなく、エンジン磨耗への影響は少ないが、30%では影響が現れることがわかった。その際、不溶解成分の増加と全塩基価の減少は、磨耗量の増加に直接つながることが確認されている。また、EGRによる不溶解成分の増加は、スス微粒子の混入量によるものである。

次に、冷却水の影響を調べた結果を図2-8に示した。ここでは、同じエンジンについて、回転数を定格の60%とし、低負荷条件で同様の潤滑油を用いている。図において、水温40℃ではエンジン各部で磨耗が急速に進行する傾向が認められるが、これは冷却水温が低いために凝縮した硫酸に起因するものであり、このような条件での運転を極力避け、冷却温度を高温に保つことが必要であることがわかる。

これらの結果から、EGRに関連する潤滑油の劣化対策としては、低分散性を有し、高塩基価で硫酸中和速度が速く、硫酸による油膜破断を防ぐ性状のものが好ましいといえる²⁾⁶⁾。

なお、わが国における長期規制の目標値を達成するためには、NO_x対策としてEGRを採用するとともに、パティキュレートフィルタ等による微粒子の後処理装置が必要になるものと予想され、実用化に向けて開発

が進められている。

フィルタには、多孔質セラミックが使われる例が多いが、軽油中の硫黄分と潤滑油中のCa分によってCaSO₄が生成され、これが堆積してフィルタとしての性能を悪化させることが経験されており、この点からも燃料の低硫黄化とアッシュレスオイルの開発が求められる。

また、長期規制への対応にあたっては、エンジン本体ならびにEGRシステム、後処理装置、潤滑系からなる浄化システムを総合的に最適化することが必要になるものと考えられる。

以上、EGRと燃料中の硫黄分に関連する弊害について述べたが、これらを系統的に図示すると図2-9のとおりである。

●参考文献

- 1) 大聖、斉藤：自動車技術会論文集 No 7, 29 (1974)
- 2) 佐藤、赤川：自動車技術 Vol.144, 67 (1990)
- 3) 佐藤：自動車技術会シンポジウム'90 No 7, 13 (1990)
- 4) 鈴木：石油学会・石油製品討論会, 104 (1989)
- 5) 鈴木他：第8回内燃機関合同シンポジウム講演論文集, 369 (1990)
- 6) 西尾他：石油学会・石油製品討論会, 79 (1990)

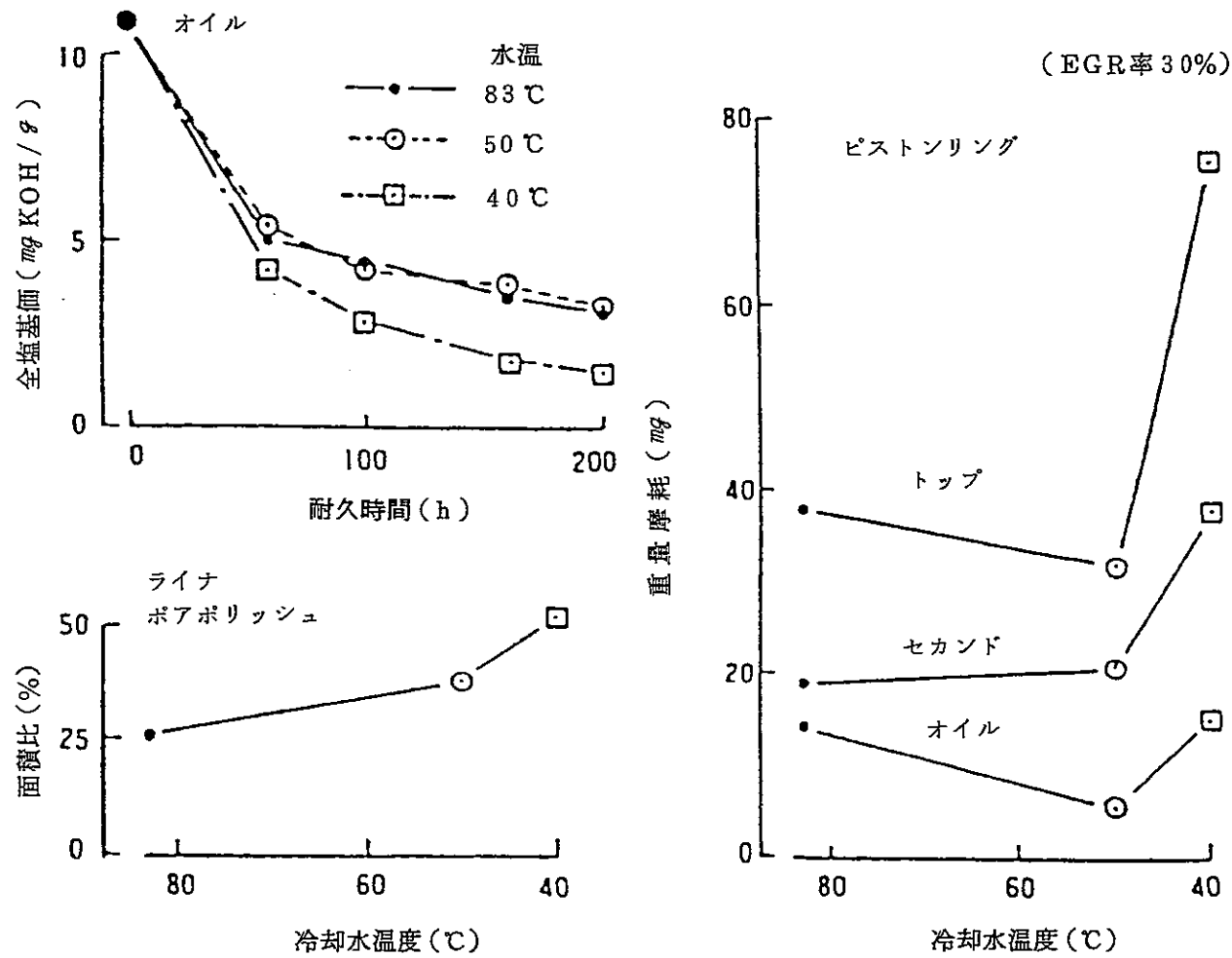


図 2-8 EGRによる冷却水温度の影響

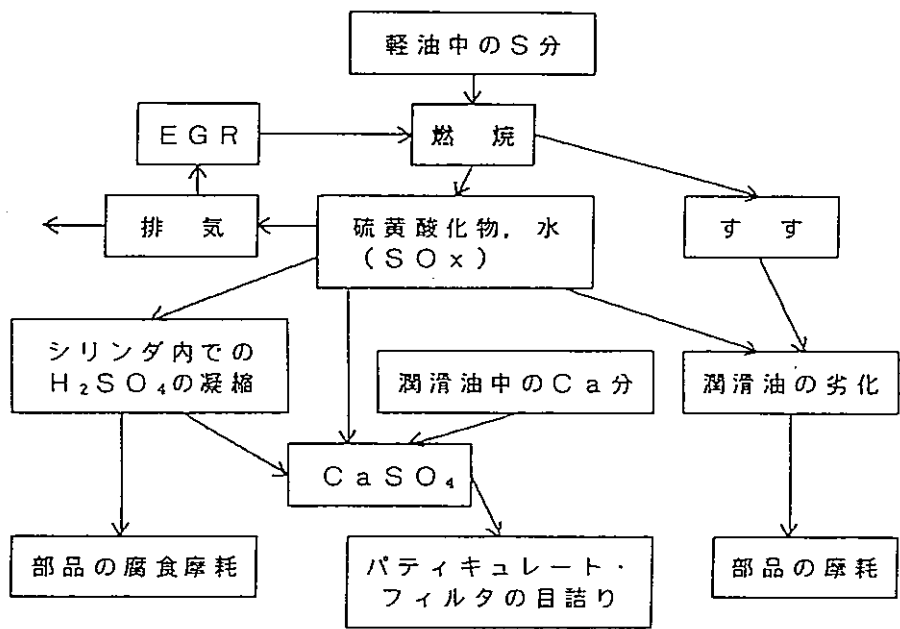


図 2-9 EGRと軽油のS分による弊害

2. 複合脱硝システムによるNO_x低減のケーススタディ

EGRの調査により、下記の知見が得られた。

- ①高負荷ではCO、HCの悪化が著しいが、中低負荷ではさほど悪化させることなくNO_xを低減できること、またNO_x低減には低負荷ほど多量のEGRを行う必要がある。
- ②高負荷ではEGRによって粒子状物質の悪化が大きい反面、低負荷では微粒子への影響はわずかである。
- ③微粒子中の溶解性成分(SOF)への影響は比較的小さい。
- ④燃費への影響については、高負荷において犠牲が大きく、低負荷ではわずかである。
- ⑤過給機付きエンジンの場合、中低負荷条件では吸気マニホールド圧力が排気圧力を上回るので、EGRガスの供給が機械的に困難であり、EGRによるNO_x低減効果は低負荷条件に限られる。
- ⑥高負荷、高回転ではEGRによってエンジン磨耗が著しく促進される。

したがって、低負荷のNO_x低減はEGRで、中高負荷では脱硝触媒を用いれば、上記のデメリットは少なく、すべての運転負荷域でNO_x低減が可能である。

そこで、ディーゼル13モードの排出ガス温度とNO_x排出量を測定し、EGRのみの場合およびEGRと脱硝触媒とを組み合わせた場合のNO_x低減効果のケーススタディを試みた。

(1) EGRと脱硝触媒との組み合わせケース

今回測定したエンジン(排気量2953cm³)のディーゼル13モード排出ガス結果をもとに、佐藤らのデータ(図2-1)から各負荷率ごとのEGR率に対するNO_x排出重量比を参考にし、表2-1に示すケースについてNO_x排出量の推定を行った。

(2) 推定方法

推定は下記の1.～4.の条件で行った。

条件1. : 各ケースのNO_x排出量は図2-1から負荷率ごとにEGRに対するNO_x排出比を基に、EGRによるNO_x低減率を推定して算出した。推定したNO_x低減率は、負荷率5%以下の運転モードは1, 4, 13,

負荷率20%では2, 5, 負荷率40%では3, 6, 7, 負荷率60%では8, 9, 負荷率80%以上では10, 11, 12モードとし、表2-2に示した。なお、負荷率5%以下は同一条件でのデータがなかったためNO_x低減率をゼロとした。また負荷率60%と80%では図の曲線(NO_x)を延長して読み取った。推定に用いた図(図2-1)は、ディーゼルエンジン排気量17Lの大型車用無過給直噴エンジンを用い、定格エンジン回転数60%時の20, 40, 60, 80%負荷時におけるEGRのNO_x, CO, HC排出量を示したものであり、EGR率(R)は下記の式で定義する。

$$R(\%) = (V_0 - V_S) / V_0 \times 100$$

V₀ : EGRをしないときの吸入空気容量

V_S : EGRをしたときの吸入空気容量

条件2. : 負荷領域に対する運転モードは、低負荷領域では負荷率40%未満とし、運転モードは1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13とした。また中高負荷領域は負荷率を40～80%未満とし、運転モードを8, 9, 10, 11, 12とした。

条件3. : 脱硝触媒の使用は排気温度が400℃以上の中高負荷領域とした。

条件4. : 中高負荷領域でEGRを使用すると、PM, HC, COが増加するため、ケース3, 4, 6, 7ではEGR率=0とした。

(3) 推定結果

各ケースの推定結果を表2-2に示したように、総排気量が2970cm³のエンジン排出ガス中のNO_x低減率をみると、EGR率(ケース2)20%であれば、その排出量は約54%低減できる。そのときのNO₂換算量は2.3g/kWhであった。またEGR率10%(ケース1)の場合は、低減率が35%であり、NO₂換算量は4.2g/kWhであった。本推定条件において、EGR率10%では長期規制値(4.5g/kWh)ぎりぎりの達成であるが、EGR率20%では容易に規制値を達成できることがわかる。

低負荷領域のみでEGRを行った場合、EGR率10%(ケース3)では低減率が60%と小さく、またEGR率20%(ケース4)では約15%であり、これらのケースでは長期規制値達成値までNO_x低減することは困難であった。

次に、高負荷領域のみを脱硝触媒で処理した場合

表 2-1 各ケースの推定条件

ケース	条 件
1	全モードのEGR率を10%としたケース
2	全モードのEGR率を20%としたケース
3	低負荷領域のみEGR率を10%としたケース
4	低負荷領域のみEGR率を20%としたケース
5	中高負荷領域のみ脱硝触媒を使用したケース
6	低負荷領域はEGR率を10%とし、中高負荷領域は脱硝触媒を使用したケース
7	低負荷領域はEGR率を20%とし、中高負荷領域は脱硝触媒を使用したケース

表 2-2 各ケースにおける各運転モードのNO_x排出量

モード	NOx*1 (g/h)	温度 (℃)	NOx 低減率*2		ケース (g/h)						
			10%	20%	1	2	3	4	5	6	7
1	2.0	95	0	0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2	1.2	174	25	42	0.9	0.7	0.9	0.7	1.2	0.9	0.7
3	1.6	240	33	54	1.1	0.5	1.1	0.5	1.6	1.1	0.5
4	1.4	122	0	0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
5	1.2	218	25	42	0.9	0.7	0.9	0.7	1.2	0.9	0.7
6	4.8	312	33	54	3.2	2.2	3.2	2.2	4.8	3.2	2.2
7	4.3	357	33	54	2.9	1.3	2.9	1.3	4.3	2.9	1.3
8	4.3	480	37	67	2.7	0.9	4.3	4.3	2.9	2.9	2.9
9	8.4	429	37	67	5.3	1.7	8.4	8.4	5.3	5.3	5.3
10	7.4	564	46	67	4.0	1.3	7.4	7.4	4.7	4.7	4.7
11	7.4	650	46	67	4.0	1.3	7.4	7.4	6.7	6.7	6.7
12	6.5	613	46	67	3.5	2.1	6.5	6.5	4.4	4.4	4.4
13	3.0	224	0	0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
合 計	53.5				34.9	19.1	49.4	45.8	43.5	39.4	35.8
換算値											
NO					2.9	1.6	4.2	3.8	3.7	3.3	3.0
NO2					4.3	2.4	6.3	5.7	5.4	4.9	4.5
低減率					37.3	64.2	6.0	14.9	19.4	26.9	32.8

*1：試験エンジンのNO_x 排出量（重み付き）
*2：EGR 率 10%及び 20%のときのNO_x 低減率
重み付き仕事率：11.87kW
換算値：g/kWh 低減率：(%) (NO₂ として)

（ケース 5）ではNO_x低減率が約19%であり、前記と同様に単独で対応することは困難であった。
その対策として、低負荷領域でEGR法を、中高負荷領域で脱硝触媒を使用するケースを検討した結果、

EGR率10%（ケース 6）で運転し、中高負荷領域は脱硝触媒（Co系触媒）で処理した場合、NO₂換算量は4.9g/kwhであり、低減率は約27%であった。また同様にEGR率20%（ケース 7）の場合、NO₂換算量

は4.4g/kWhであり、低減率は約33%であった。

以上、全負荷領域をEGR率10%で単独運転した場合（ケース1）でもNO_xの長期排出規制値は達成できるが、図2-2と図2-3に示したとおり、エンジン回転数60%で負荷率が高くなれば、PM排出量が著しく増加する。一方、脱硝触媒の作用範囲である中高負荷領域のNO_x低減率（ケース5）をみると、約20%と比べて低いことがわかった。

したがって、EGRまたは脱硝触媒単独で長期排出規制値を達成することは困難であり、PMの発生を抑制し、かつNO_xの長期排出規制値を達成するには、ケース6または7の運転が必要であるといえよう。

(4) まとめ

本ケーススタディでは、参考にした資料が大型エンジン（17～20L）のデータであり、また測定条件が異なるなどの問題点が多数あるものの、NO_x低減化への一つの指針を得ることができた。

今後、EGR技術が急速に進歩すれば、EGR単独でNO_xとPMの長期排出規制値を同時に達成することができるかもしれないが、それにはフィードバックシステムの確立、EGR作動精度の向上、エンジンの磨耗、エンジンの腐食などの多くの問題点を解決しなければ、実用化は困難であると思われる。

したがって、NO_xとPMの長期排出規制値を同時に達成するには、EGR法と脱硝触媒を組み合わせた新脱硝システム（ケース6または7）が有望であると思われる。また本システムのEGRは負荷量による間欠運転が予想されるため、全負荷領域の運転と異なり、EGRのエンジンへの負担が軽減できるであろう。しかし、実用化するためにはEGR技術の向上と脱硝触媒の性能向上が最重要課題である。今回のケーススタディでも現状の技術を改良することにより、長期規制値の達成が示唆され、さらにEGRおよび脱硝触媒の仕様を検討し、エンジンにEGRと脱硝触媒を設置した実機による評価が必要であると思われた。

3. 複合脱硝システムの基本仕様

(1) 基本仕様のコンセプト

これまでの調査では、EGRは最もNO_x低減効果の高い方法であり、最近の規制強化に対応してディーゼルエンジンにも適用が検討されている。しかしながら、高負荷条件でEGRを行うと酸素不足により、PMが著しく増加するため、部分負荷条件に限定して適用されると思われる。

また、燃料噴射装置では、噴射の高圧化と電子制御化によって燃料の微粒子化を促進するとともに燃料噴射率や噴射時期の制御が可能になり、PMの発生を抑制するシステムが実用化されている。

そこで、これら3つの手段、すなわち、EGR、電子制御式高圧燃料噴射装置付きエンジン、NO_x還元触媒を適切に組み合わせてシステム化すれば、NO_xとPMを同時に低減し得る可能性がある。

実際に、EGRシステム（複合脱硝システム）の構築を検討する場合、NO_xの低減化だけではなく、PMの低減化を考慮したシステムにする必要がある。

具体的には、本システムのエンジンは、電子制御式高圧噴射ポンプ付き長期規制適合型エンジンを用い、このエンジンにEGRを組み込み、中低負荷域のNO_x排出量を低減し、さらに後処理として脱硝触媒と酸化触媒の複合触媒反応器により、高負荷域のNO_xとPMを低減する。

(2) EGRシステムの構造と制御

EGRの制御に当たっては、運転因子（エンジン回転数と負荷）に対応した各種の排気再循環用の作動弁とその制御方式が開発されており、それらを援用することが可能である。図2-10～図2-11に圧力駆動による固定式と可変式のEGRシステムを示す。また図2-12に示すように、EGRによる吸気混合ガスの気筒分配の改善により、NO_x排出量は変わらないが、スモーク排出量が低減可能になった。

(3) 電子制御式燃料噴射装置付きエンジン

最近、ディーゼルエンジンの燃焼改善方法として燃料噴射時期や、吸排気系等の改良によるNO_xの低減

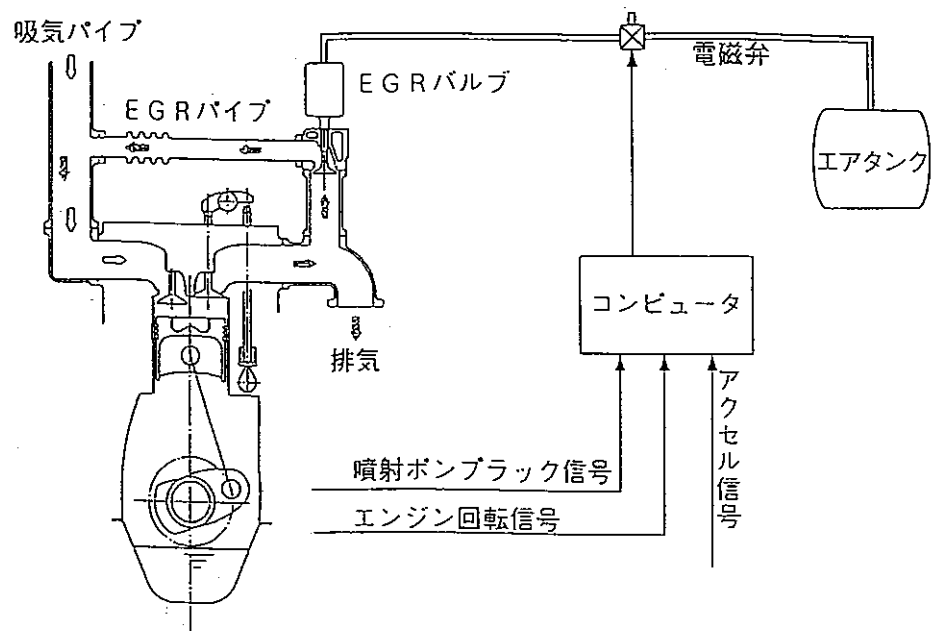


図 2-10 EGRシステムと各制御

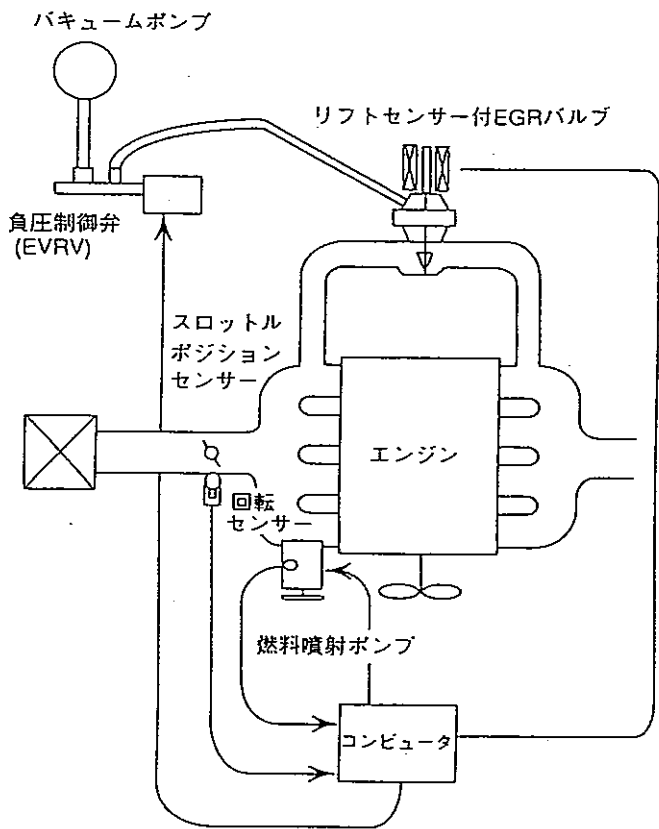


図 2-11 EGR弁リフトセンサーフィードバック制御システム

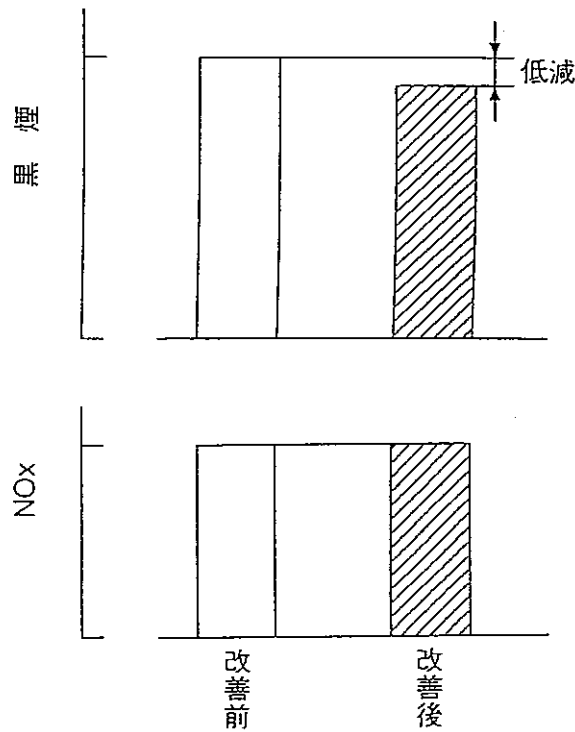


図 2-12 EGRの気筒分配性改善の効果

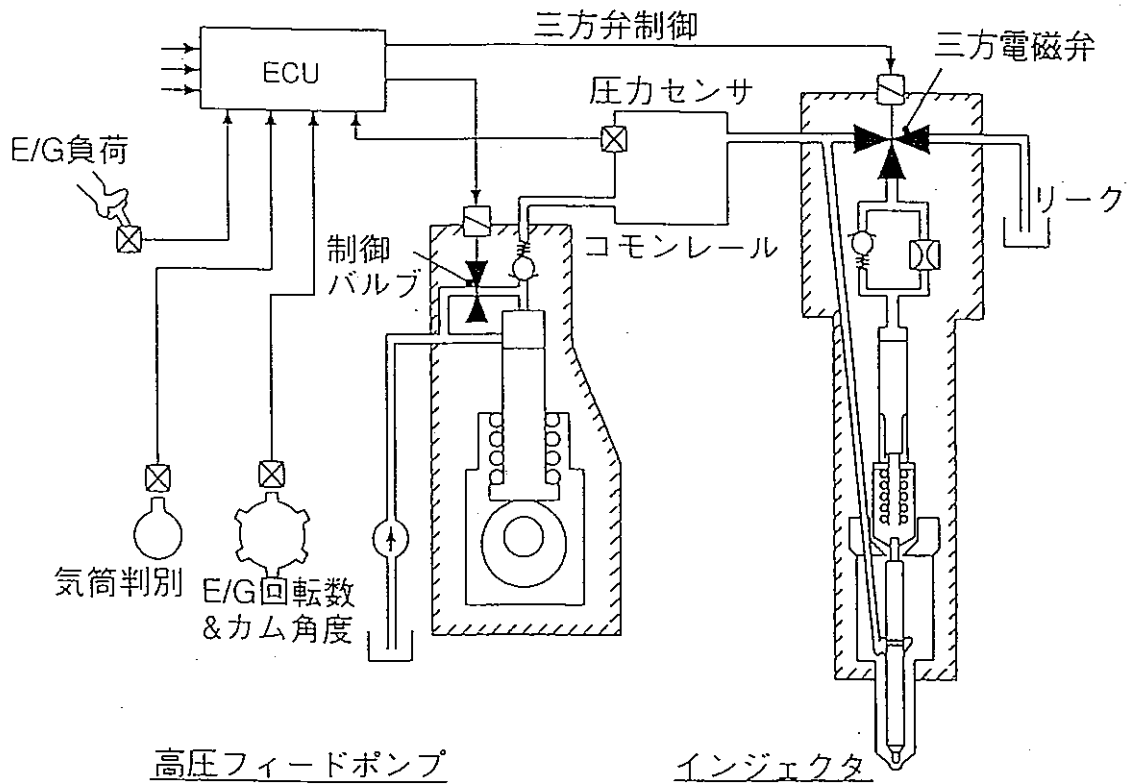


図2-13 電子制御式燃料噴射システム

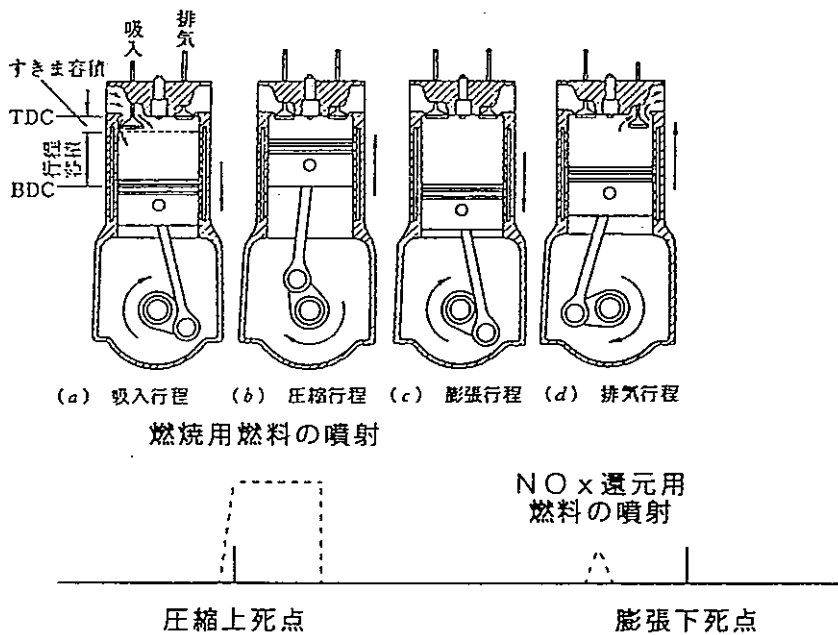


図2-14 電子制御式燃料噴射ポンプによるNO_x還元剤の供給

や、燃料噴射の高圧化によるPMの低減化が進められている。

このような高圧化の方法としては、従来のポッシュタイプの列型ポンプを高圧化したものと、一層の高圧

化を狙いとした新形式の噴射装置がある。後者のうち、最近開発されたコモンレール型噴射装置は150MPaに至る高圧化が可能であるうえ、電子制御方式の採用によりきわめて自由度の高い噴射制御を可能にしている。

したがって、主噴射（主燃焼）の後に微量噴射が可能であり、微量噴射された燃料をNO_x触媒の還元剤として利用することができる。

軽油還元剤の添加量の制御は、エンジン回転数と燃料噴射量からNO_x排出量を推定することが可能であり、図2-13に示すとおり、これらのセンサ出力から得られたNO_x濃度に対して、決められたHC/NO比になるように、燃料噴射ポンプで排気行程のシリンダ内に添加する。このような添加法であれば、シリンダごとに生成されるNO_xを処理でき、また軽油がシリンダ内で熱分解し、低分子炭化水素になり、脱硝効果を向上させることが可能と思われる

図2-14に燃料噴射ポンプの概念図を示す。このシステムは、サプライポンプ、コモンレール、インジェクタとこれらを制御するECU（Engine Control Unit）、EDU（Engine Drive Unit）および各種センサから構成される。

このような方式による利点としては、以下のような諸点が挙げられる。

- ①このように噴射された燃料は、シリンダ内の高温の燃焼ガスによって、ある程度分解あるいは酸化されるであろうが、燃焼ガスの温度は噴射時期によって変化するので、適当な時期を選ぶことで、

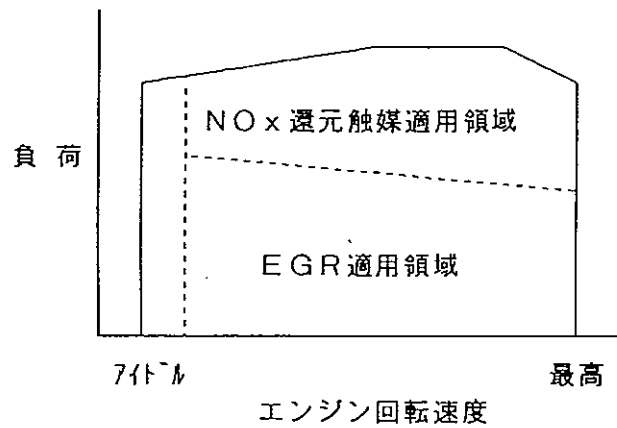


図2-15 EGRとNO_x還元触媒の適用領域

NO_x還元に最適な燃料分解条件を与えることができる。

- ②燃焼用燃料の噴射は運転因子（エンジン回転数と負荷）によって制御されるが、これによってNO_xの排出濃度が一義的に決定される。したがって、同じ運転因子を用い、還元剤としての燃料噴射量の制御が適切に行える。また、同じサイクルで発生したNO_xを還元することができ、還元剤の供給遅れがない。

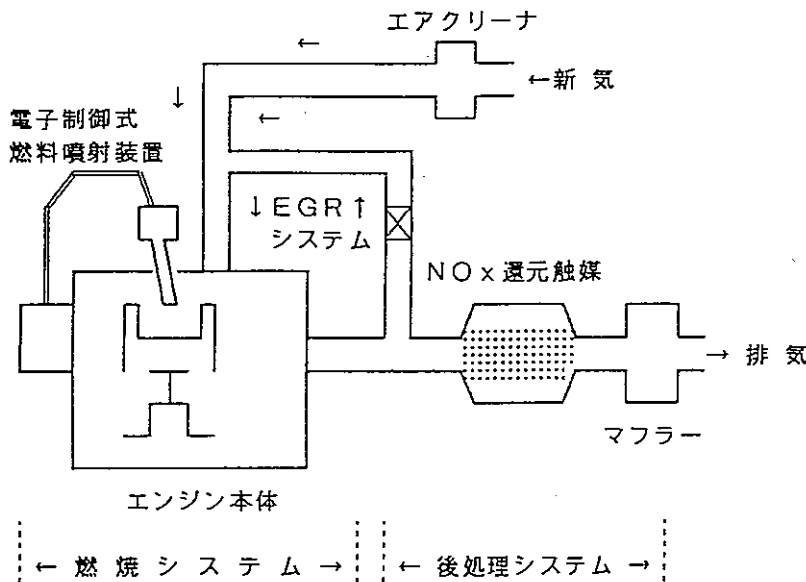


図2-16 EGR、電子制御式燃料噴射および脱硝触媒の組合せシステム

③別途還元剤を供給する装置や還元剤を貯蔵する容器、両者をつなぐ配管が不要となる。

④排気管内に直接燃料を添加しないため、安全性が高い。

(4) EGRと脱硝触媒の適用範囲および概念図

図2-15にEGRと脱硝触媒の適用範囲を示す。図に示すとおり、EGRは中低負荷域で、脱硝触媒は高負荷域で作動させる。

両者の作動制御は、エンジン回転数と燃料噴射量が

ら負荷量を算出して、EGRを作動させる。そのときのEGR率は負荷量に対して、0～50%範囲の可変型とし、低負荷域では30～50%、中負荷域では20～30%程度のEGR率が望ましいと思われる。図2-16に複合脱硝システムの概念図を示す。

(5) 複合脱硝システムの基本仕様

複合脱硝システムは、EGR、電子制御式高圧噴射ポンプ、脱硝触媒、酸化触媒により構成される。おもな仕様を表2-3に示す。

表2-3 複合脱硝システムの基本仕様

項 目	仕 様
エンジン	
エンジン種類	ほぼ長期規制に対応した直接噴射式ディーゼルエンジン
燃料噴射装置	
噴射ポンプ形式	列形（電子制御コモンレール式）
インジェクタ形式	多孔式
噴射開始圧力	11.8MPa(120kgf/cm ²)
噴射最大圧力	120MPa (1200kgf/cm ²)
EGR	
作動方式	圧力式
循環ガス	冷却せず
作動範囲	最大負荷率の60%以下、または排気温度400℃以下
作動信号	エンジン回転数、負荷率、排気温度
循環方式	可変式
循環率	0～50%
脱硝触媒	
触媒形状	ハニカム
セル数	300または400セル/in ²
触媒体積	排気量2950ccの時、9.5ℓ 排気量7961ccの時、20ℓ ただし、SV=20,000/h
脱硝反応温度	400～700℃
還元剤	軽油（S:0.05%）
還元剤添加法	燃料噴射ポンプ（コモンレール式）でピストンシリンダー内に、排気行程時に添加
添加量	NO量の3倍(w/w)
酸化触媒	
触媒設置位置	脱硝触媒の直後
触媒形状	ハニカム
セル数	300または400セル/in ²
触媒体積	2～5ℓ（ただし、SV=100,000/h）