

自動車の排出ガス低減技術による 対策効果について

調査研究科 陸田 雅彦

本日の内容

1 排出ガス規制の推移と
排出ガス低減技術

2 調査結果
①小型車
②大型車

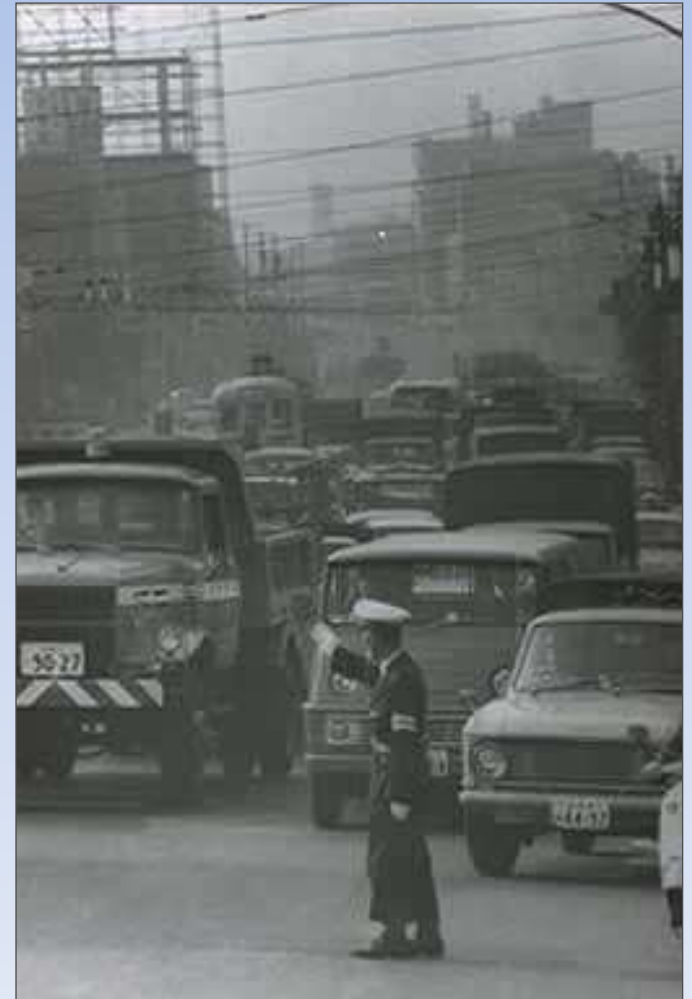
3 まとめ

1. 排出ガス規制の推移と 排出ガス低減技術

○背景

1960年代半ば～ 自動車が一般家庭にも普及
・・・工業の発展により大気環境汚染の問題が顕
著化した時期

1960～1970年代 東京



1970年(昭和45年)

5月 新宿区 牛込柳町鉛害事件

有鉛ガソリンによる自動車排出ガス由来の疑い。調査の結果、鉛中毒は無かった。
→無鉛ガソリン普及の動きにつながる。鉛は排ガス浄化に使われる触媒を被毒させるため、触媒装着に対しても有効。

7月 杉並区 光化学スモッグ事件

私立高校のグラウンドで生徒43人が目や喉の痛み、呼吸困難を訴える。
→窒素酸化物、炭化水素の排出削減へ。

自動車排出ガス規制の始まり

1966年(昭和41年)

ガソリン車の一酸化炭素濃度規制

1973年(昭和48年)

ガソリン車「昭和48年排出ガス規制」開始

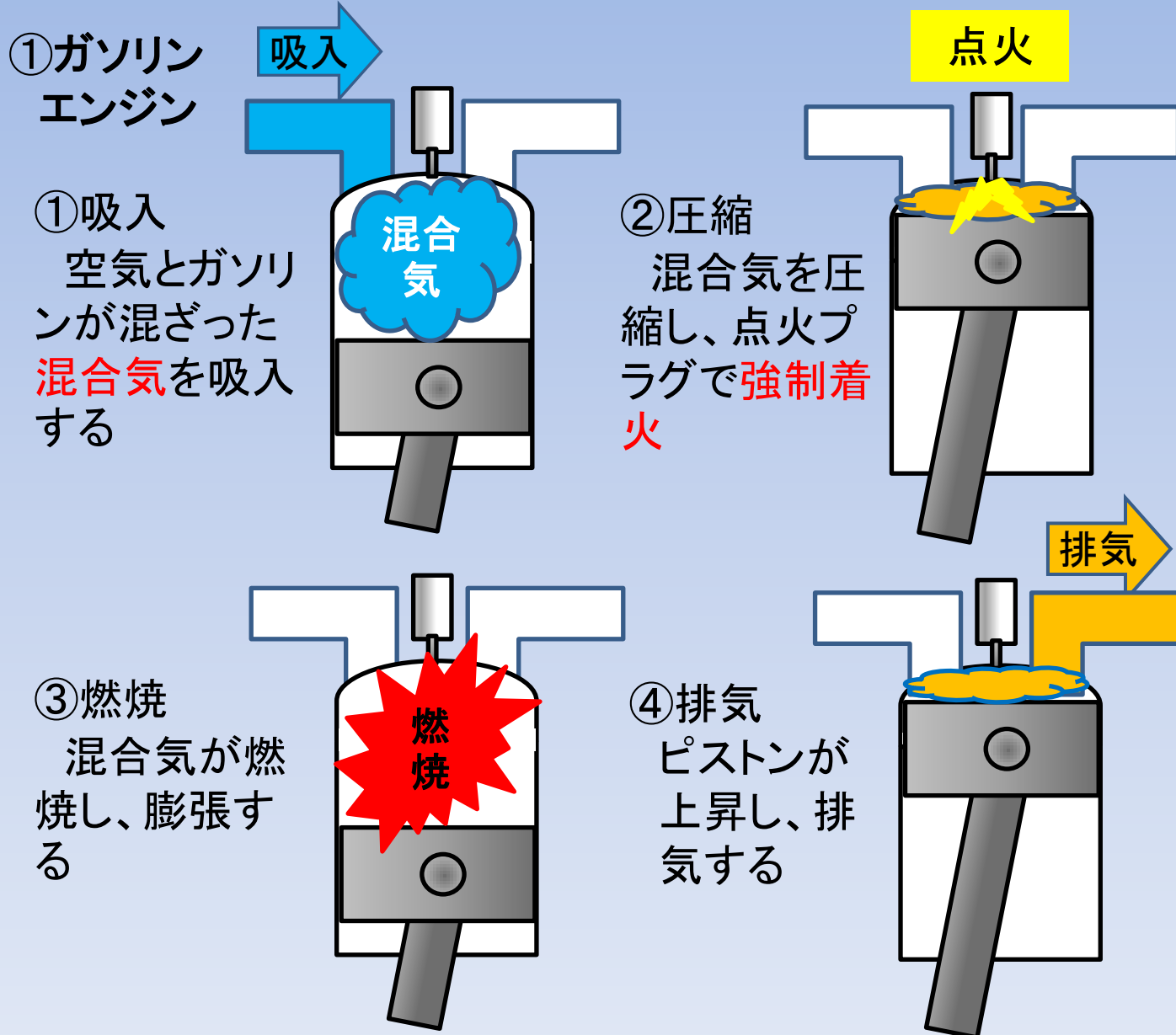
一酸化炭素(CO)、炭化水素(HC)、窒素酸化物(NO_x)の3成分

1974年(昭和49年)

ディーゼル車「昭和49年排出ガス規制」開始

上記3成分のほか、黒煙濃度の4成分

ガソリンエンジンとディーゼルエンジンの違い

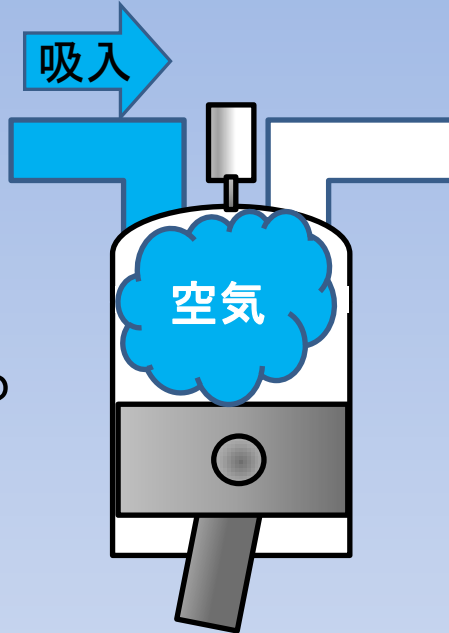


・理論空燃比
(燃料1:空気
14.7)で燃焼
管理しやすい。

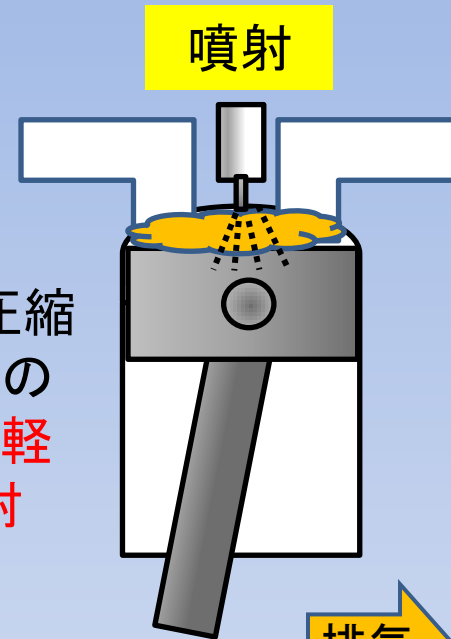
ガソリンエンジンとディーゼルエンジンの違い

②ディーゼルエンジン

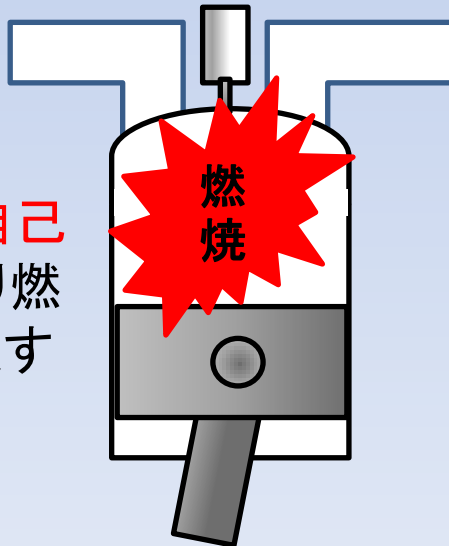
①吸入
空気を吸入する



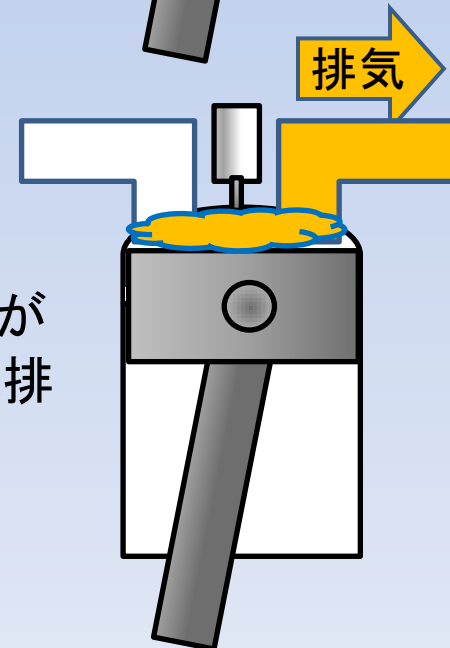
②圧縮
空気を圧縮し、高温のところへ軽油を噴射



③燃焼
軽油が自己着火により燃焼し、膨張する



④排気
ピストンが上昇し、排気する



・燃料量より空気量が多いため、排出ガス中に酸素が残る。
→NO_x原因

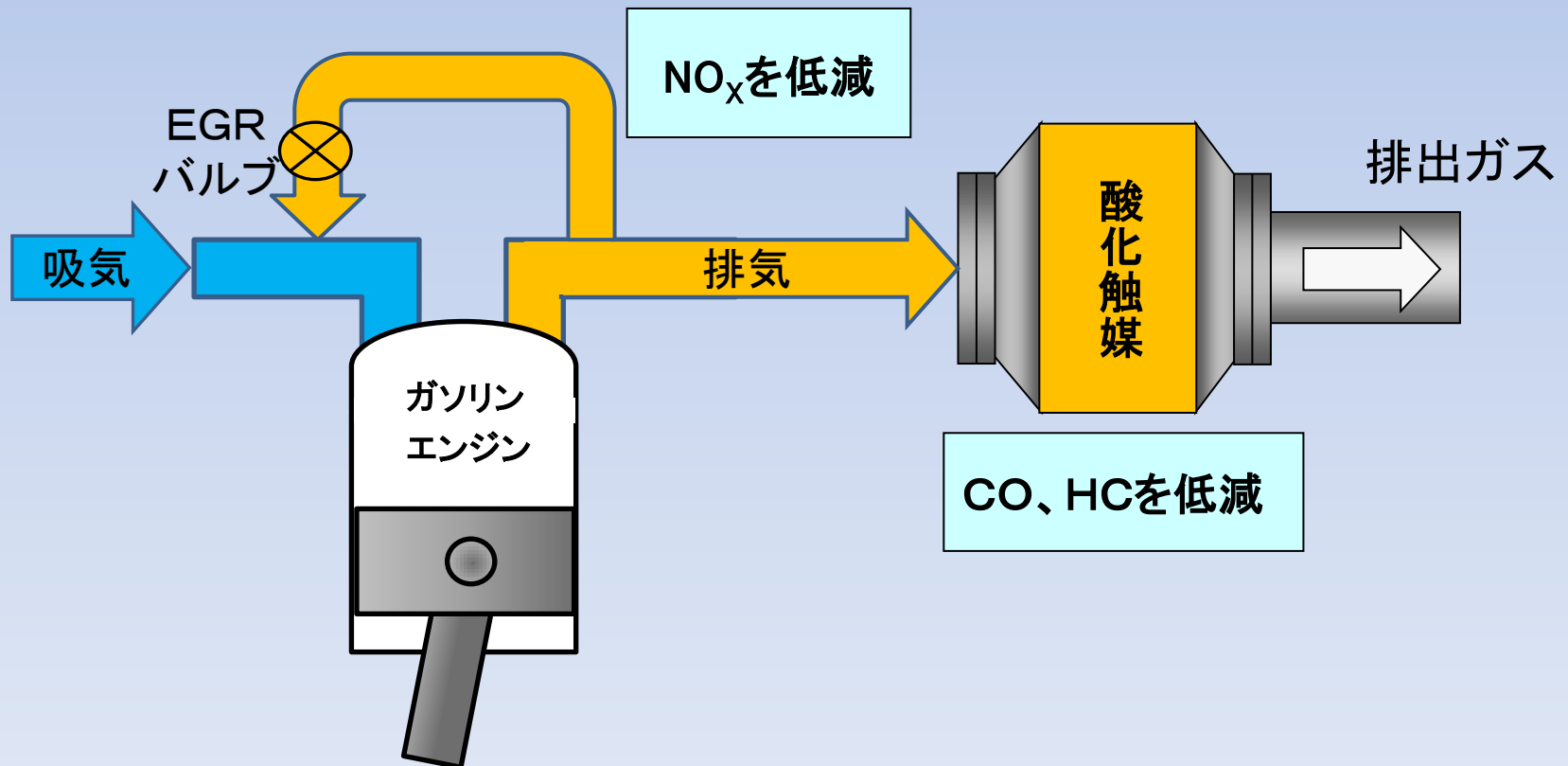
・燃料噴射時、均一濃度になりにくい。
→PM原因

ガソリン車

昭和48年排出ガス規制時の排出ガス低減技術

- 触媒反応方式

排出ガス再循環装置(EGR)＋酸化触媒



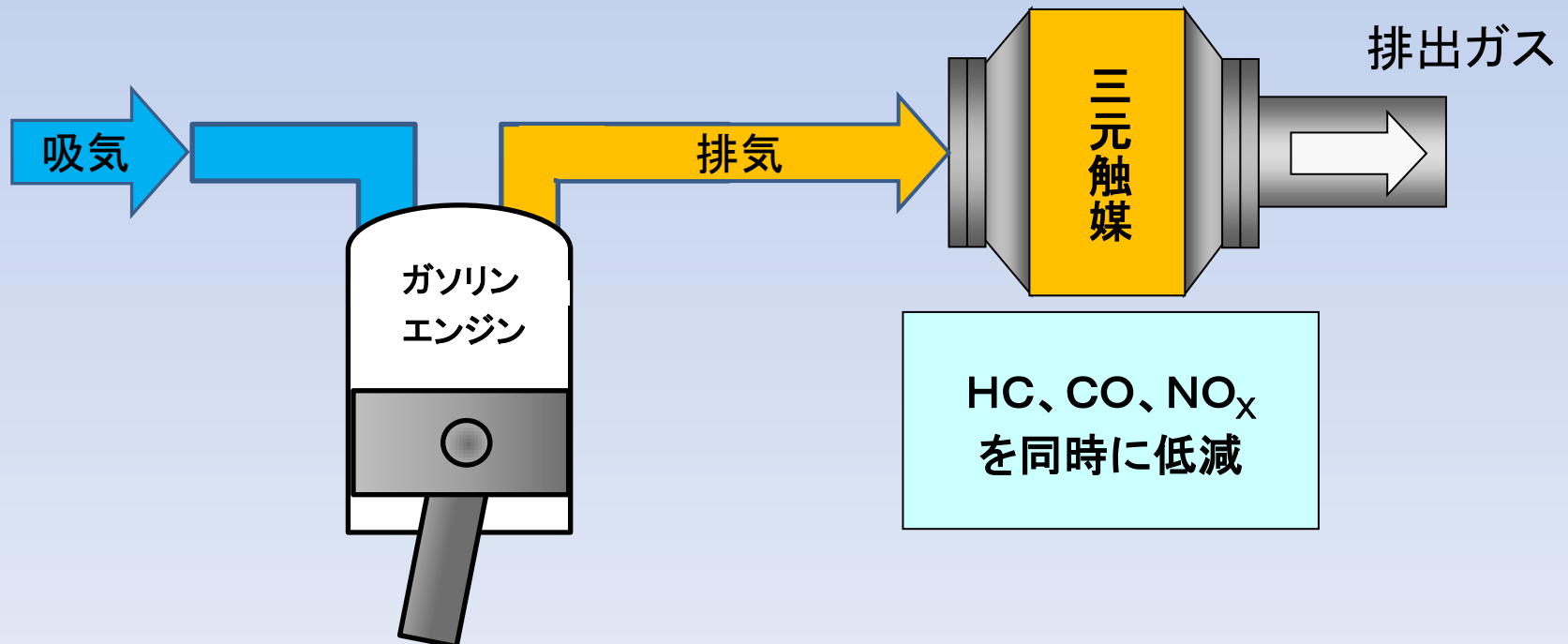
ガソリン車

昭和53年排出ガス規制時の排出ガス低減技術

- ・排出量を排出ガス規制前の1/10とする厳しいものだが、三元触媒の実用化により、CO、HC、NO_xの大幅な削減が可能になった。

三元触媒の特徴

- ・ガソリン車に適用。ディーゼル車は排出ガス中に酸素が残るため使用できない。
- ・理論空燃比（燃料1：空気14.7）で、CO、HC、NO_xの各成分の浄化率が最も高くなる



ガソリン車

平成12年排出ガス規制時の排出ガス低減技術

- ・昭和53年排出ガス規制値の約70%削減

触媒の高効率化や、高度な電子制御技術を用いた燃焼管理等の発展により、排出ガス低減が可能となった。また、「低排出ガス車認定」制度が開始された。

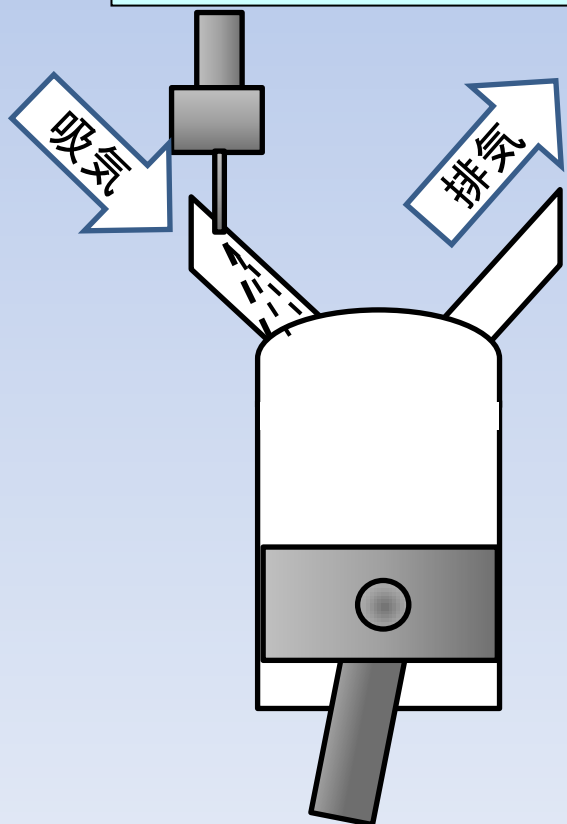


平成21年排出ガス規制

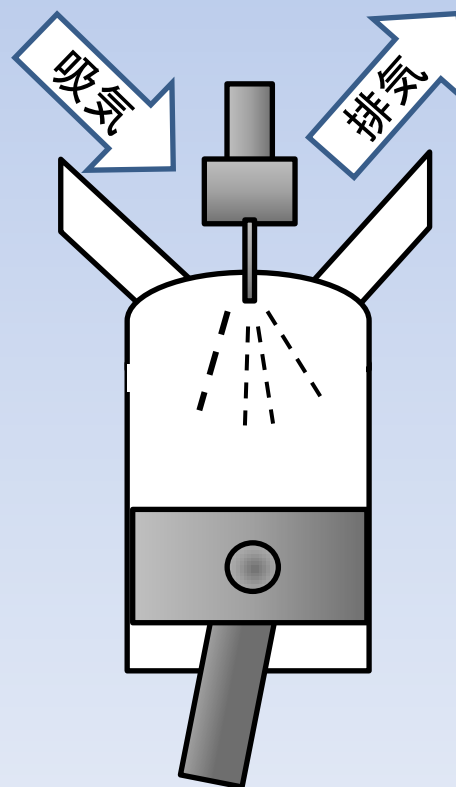
- PM規制が追加された。

(ただし、吸蔵型 NO_x 還元触媒を装着した希薄燃烧方式の筒内直接噴射ガソリンエンジン搭載車のみ適用)

従来車(ポート噴射)



直噴車



筒内(シリンダー内)で混合気にする。
点火プラグで強制着火。

ディーゼル車

昭和49年排出ガス規制以降の排出ガス低減技術

- ・CO、HC、NO_xが規制項目であるが、ガソリン車と同等の低減技術が使用できない
 - ①排出ガス中に酸素が多い
→三元触媒が使えない。
 - ②燃料に含まれる硫黄分が多い
→排出ガス再循環装置(EGR)や酸化触媒が使えない。

これ以降も新たな規制により規制値は低減していくが、エンジン内への燃料噴射のタイミングや噴射角度、燃焼室上部の形状の工夫等により、平成6年規制に至るまで対応した。

ディーゼル車

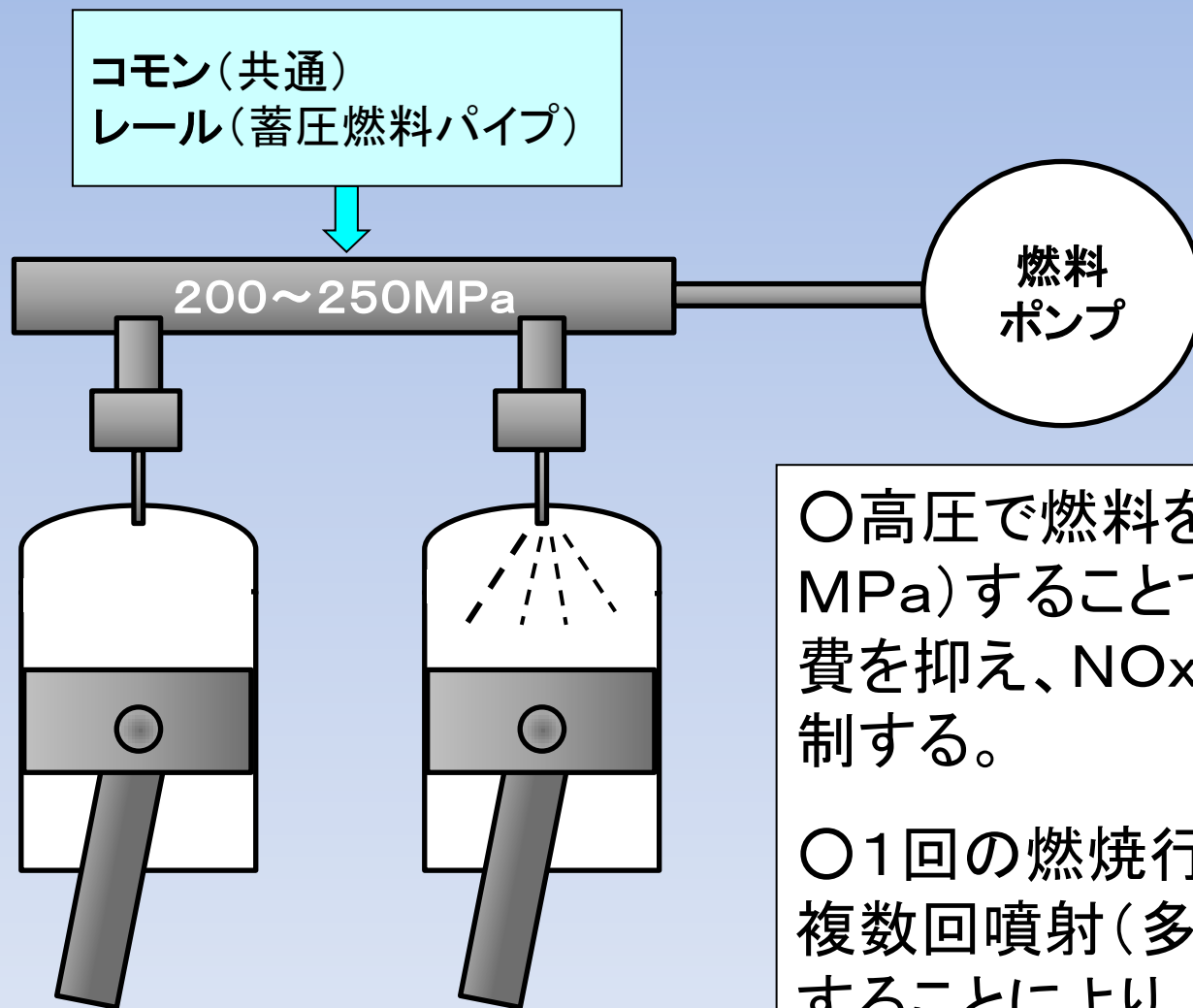
平成6年排出ガス規制の排出ガス低減技術

- ・PM(粒子状物質)排出量規制が追加された。

また、軽油の低硫黄化により排出ガス再循環装置(EGR)、酸化触媒等が使用できるようになった。

新たな燃料噴射装置として、コモンレール式高圧燃料噴射が採用され始めた。

コモンレール式高圧燃料噴射



○高圧で燃料を噴射(200~250 MPa)することで微粒化し、燃料消費を抑え、NO_x、PMの発生を抑制する。

○1回の燃焼行程において燃料を複数回噴射(多段噴射。5~9回)することにより、騒音や排出ガスの低減、触媒活性を行う。

コモンレール式高圧燃料噴射

燃料の複数回噴射イメージ

※噴射インターバルは
0.4ms程度で制御可能

燃料噴射量

パイロット

プレ

メイン

アフター

ポスト

時間

パイロット: PM、騒音低減
プレ: NO_x、騒音低減
アフター: PM低減
ポスト: 触媒活性化



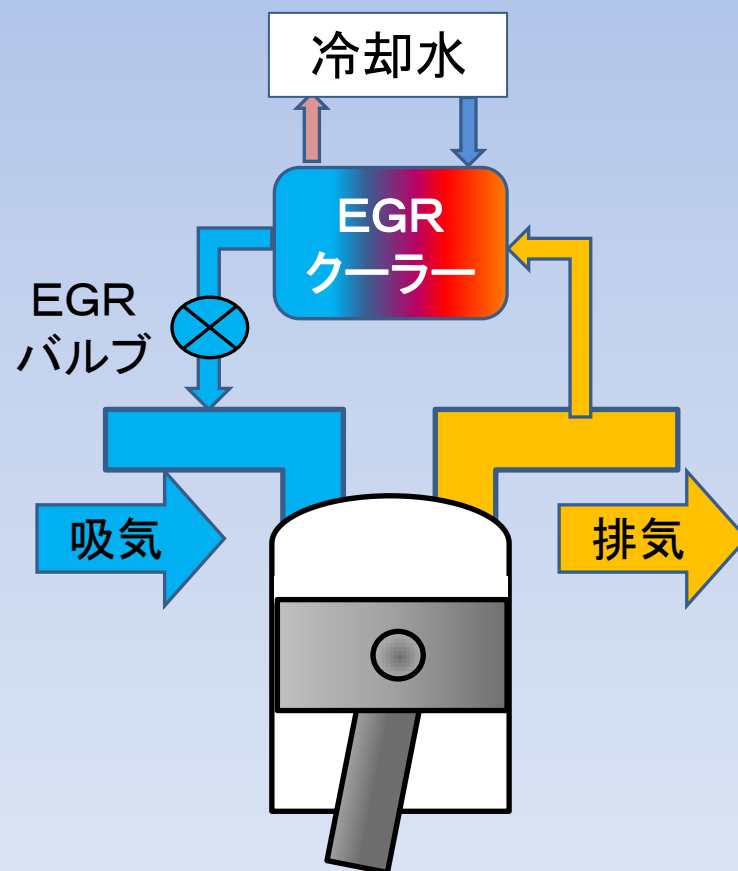
出典: wikipedia.org

ディーゼル車

平成9年排出ガス規制の排出ガス低減技術

- ・再循環排出ガス(EGRガス)を冷却し、更なるNO_x低減を図るため、冷却機能付排出ガス再循環装置(クールドEGR)が採用され始めた。

高度な電子制御により、エンジン回転数や負荷などの様々な条件に応じて、EGRバルブにより循環量を制御している。



窒素酸化物(NO_x)と粒子状物質(PM)は トレードオフの関係

原因

NO_x は、高温の燃焼により
窒素と酸素が反応して発生

PMは、燃料等の未燃焼、
不完全燃焼等により発生

対策

燃焼温度を下げる

燃焼温度を上げる

相反する

NO_x 、PMとも削減するためには、 NO_x 触媒、DPFの早期
実用化が必要であった。

ディーゼル車

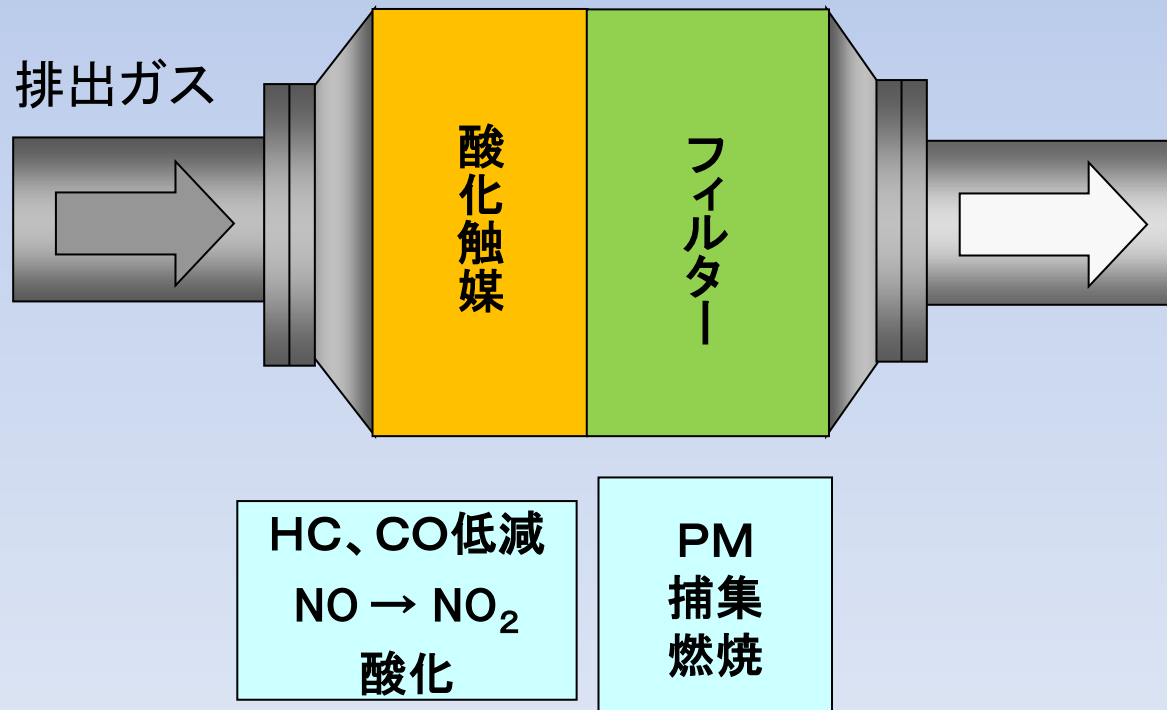
平成15年、17年排出ガス規制の 排出ガス低減技術

- ・平成15年規制から50ppm低硫黄軽油の供給が開始され、粒子状物質除去装置(DPF)が装着できるようになった。また、条例によるディーゼル車規制開始。
- ・平成17年規制から10ppm低硫黄軽油の供給が開始され、平成15年規制値から、NO_xは約60%、PMは約85%と大幅な削減がなされた。
新たな低減技術として、連続再生式DPFや尿素SCR触媒、HC-SCR触媒の装着が必要となった。

以降、更なる削減がされた平成21年排出ガス規制が開始され、現在に至る。

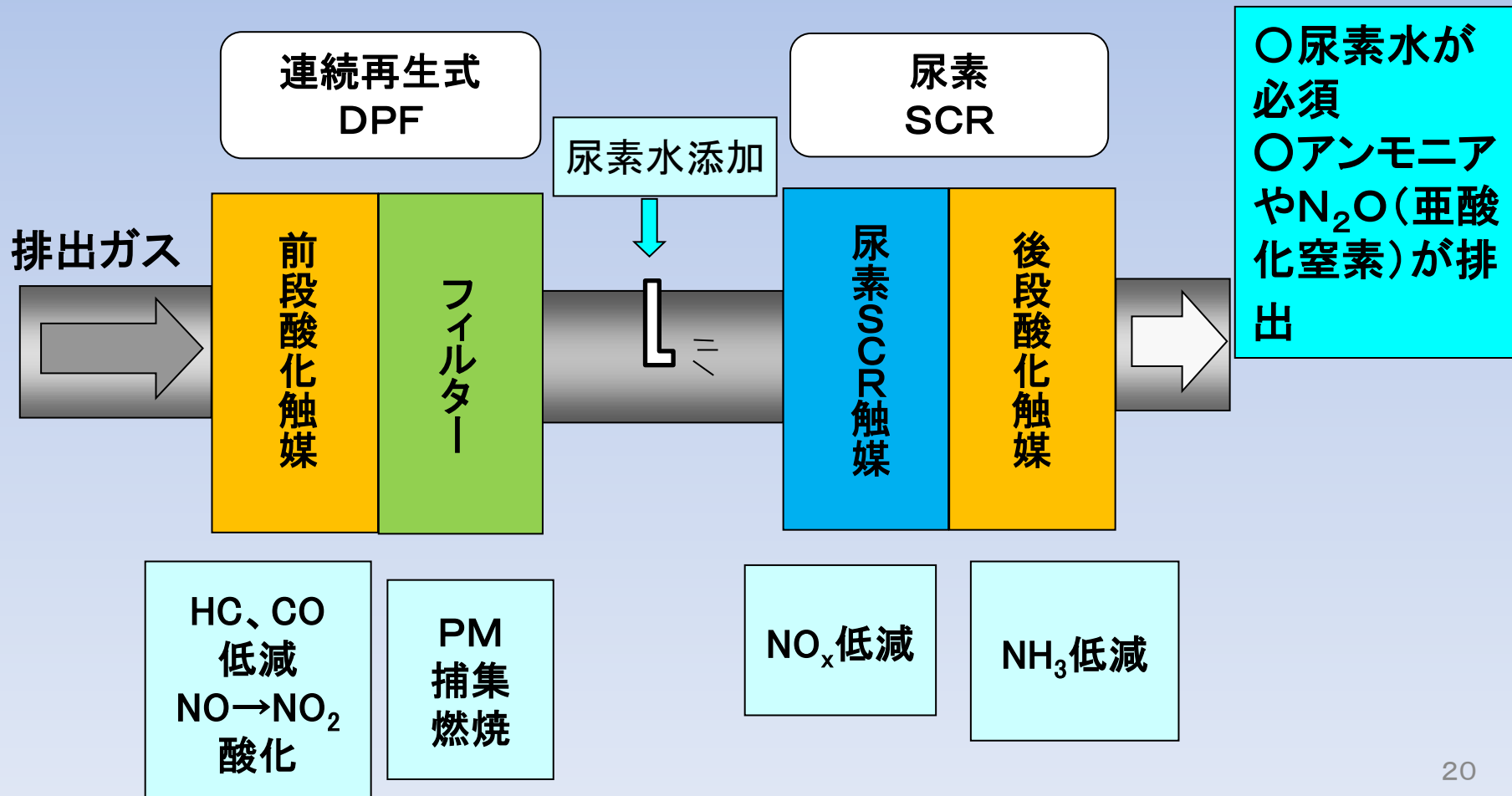
連続再生式DPF

連続してエンジンに負荷をかけ排気温度が上がることで、フィルターに堆積したPM(すす)が燃焼し、再生が行われる。



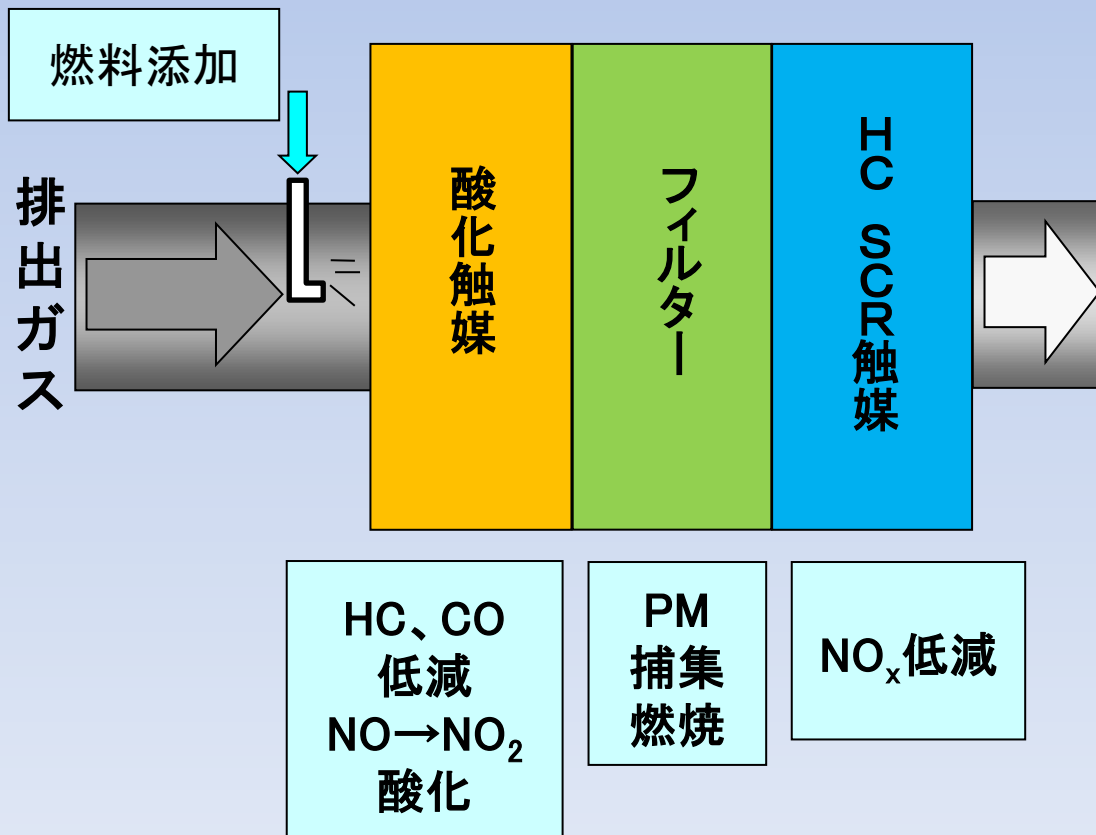
尿素SCR(選択触媒還元)システム (H21年規制適合車)

- 尿素と触媒を利用してNO_xを無害な水と窒素に分解。
- 小型～大型ディーゼル車に多く設置されている。



HC-SCR(選択触媒還元)システム (H21年規制適合車)

- 燃料(軽油)から分解したHCと触媒を利用してNO_xを無害な水と窒素に分解。
- 小型～中型ディーゼル車に設置されることが多い。



- 燃費の悪化
- 高速走行時は性能悪化

2. 調查結果

当研究所における排出ガス測定

○自動車排出ガスの実態把握

- ・規制物質のみならず、未規制物質も対象
- ・国の排出ガス規制の効果検証なども含む
- ・実際に使用している車両(使用過程車)を対象



①小型車の調査結果

※直噴ガソリン車、クリーンディーゼル車の粒子状物質の排出状況について報告する。

PM: 粒子重量
PN: 粒子個数

小型使用過程車の排出実態調査

(1) 調査

平成24～26年度に実施した車両

(2) 対象車両

- ・直噴ガソリン車(普通乗用2台)
- ・ポート噴射ガソリン車
(普通乗用2台、軽乗用2台、ハイブリッド2台)
- ・クリーンディーゼル車(普通乗用2台) 合計10台



(3) 測定モード

法定モード: JC08 (Hot、Cold)、東京都実走行パターン: No.1 (同4.6km/h) ~ No.12 (同53.4km/h)、定速60km/h

調査車両の諸元

項 目 車 両	直噴車		ポート噴射車		ポート噴射車(軽)		ポート噴射車(ハイブリッド)		クリーンディーゼル車	
	A車	B車	C車	D車	E車	F車	L-1車	L-2車	DE-1車	DE-2車
排 気 量(L)	1.997	1.198	1.242	1.339	0.658	0.658	1.496	1.496	1995	2.188
等価慣性重量(kg)	1,700	1,250	1,130	1,130	1020	910	1,250	1,250	1,750	1,700
変 速 機	CVT	CVT	CVT	CVT	CVT	CVT	CVT	7AT	6AT	6AT
登録年月	平成23年6月	平成24年12月	平成24年12月	平成23年11月	平成25年1月	平成25年3月	平成24年4月	平成25年9月	平成22年12月	平成25年7月
搬入時走行距離(km)	35,720	6,500	5,003	27,048	8,334	11,460	9,619	9,986	35,598	16,849
主要排出ガス対策	3W	3W,EGR	3W	3W,EGR	3W	3W,EGR	3W,EGR	3W,EGR	3W,EGR,DF	CCO,EGR,DF
主要燃費改善対策	D,V,C,B,EP	D,V,C,B,I,EP,MC	V,EP,C	V,EP,C	C,V,EP,I,B	V,C,I,B,EP	V,EP,C,I,H	V,EP,I,H,MC	TC,IC,P,EP,CN	I,D,FI,TC,IG,P,EP,CN

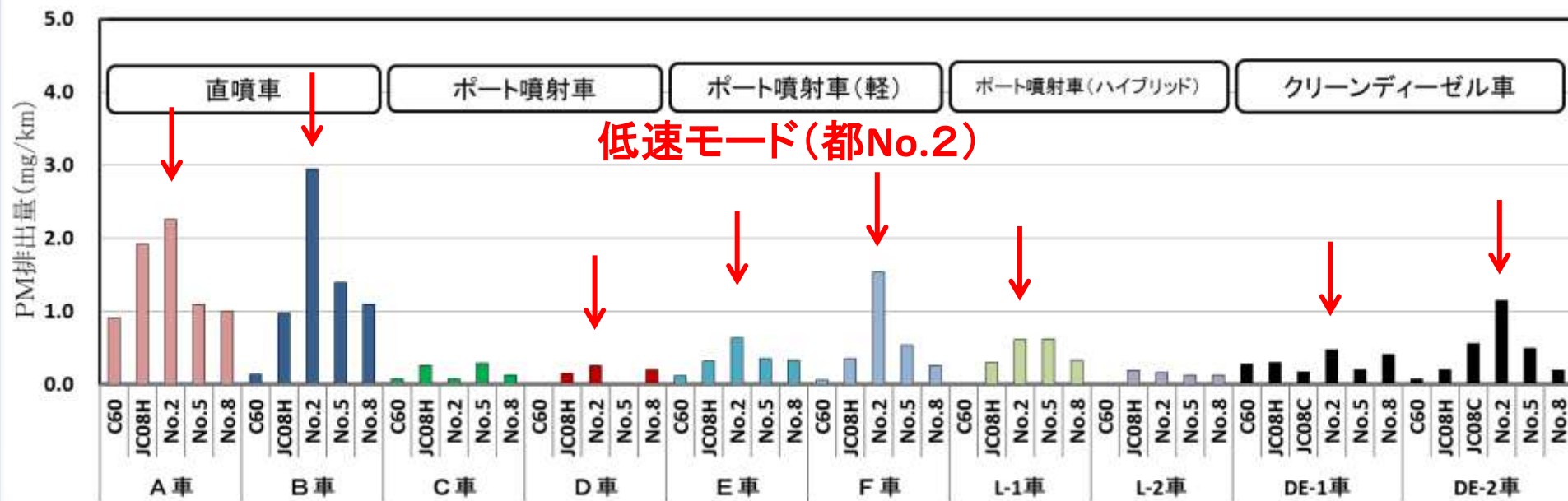
※等価慣性重量は、JC08モード測定時の値

排出ガス対策 3W: 三元触媒 EGR: 排出ガス再循環装置 CCO: 酸化触媒装置 DF: ディーゼル微粒子除去装置

燃費改善対策 D: 直噴 V: 可変バルブタイミング機構 C: 自動無断変速機(CVT) B: 充電制御 TC: 過給機 IC: インタークーラー P: 高圧噴射

EP: 電動パワーステアリング I: アイドリングストップ機構 H: ハイブリッド車 MC: ミラーサイクル CN: 4バルブセンターノズル

測定モード別のPM排出量



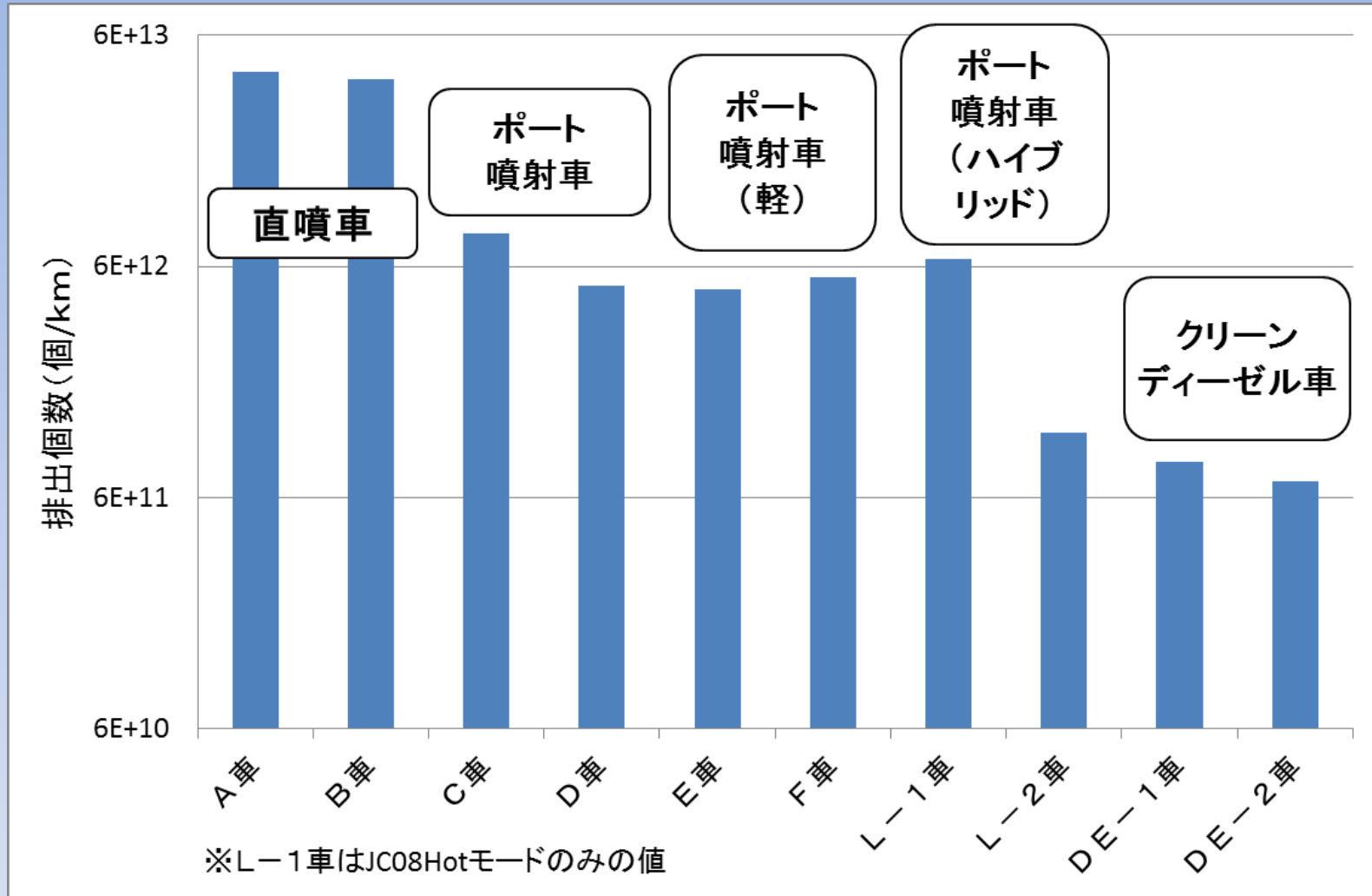
※ガソリン車のJC08CモードおよびL-1車,L-2車のC60km/hモードのPMは測定していない。

直噴車はポート噴射車、クリーンディーゼル車に比べてPM排出量が多い。

低速モード(都No. 2)で排出量が増える傾向が見られた。停止時間が多く、発進停止を繰り返すためと考える。

※ガソリン車のJC08Coldモードは測定していない。また、ガソリン車のPM測定はマイクロトンネルを用いた。公定法や欧州で採用された方法ではない。

JC08モード走行時のPN排出個数



直噴車は他車に比べてPN排出個数が多い。

クリーンディーゼル車は排出個数が少ない。DPFの効果と考える。

※PNの測定はEEPS(TSI inc model 3090)を用いて粒径5.6～560nmの粒子を粒径別32に分類して測定した。公定法や欧州で採用された方法ではない。

②大型車の調査結果

※最新の低減技術(尿素SCR、HC-SCR)を搭載した車両の排出ガス改善状況について報告

大型使用過程車の排出実態調査（H21年規制適合車）

(1) 調査

平成24～26年度に実施した車両

(2) 対象車両

- ・NO_x後処理装置を装着しない車両2台
- ・HC-SCR システム装着車両3台
- ・尿素SCRシステム装着車両7台

合計12台



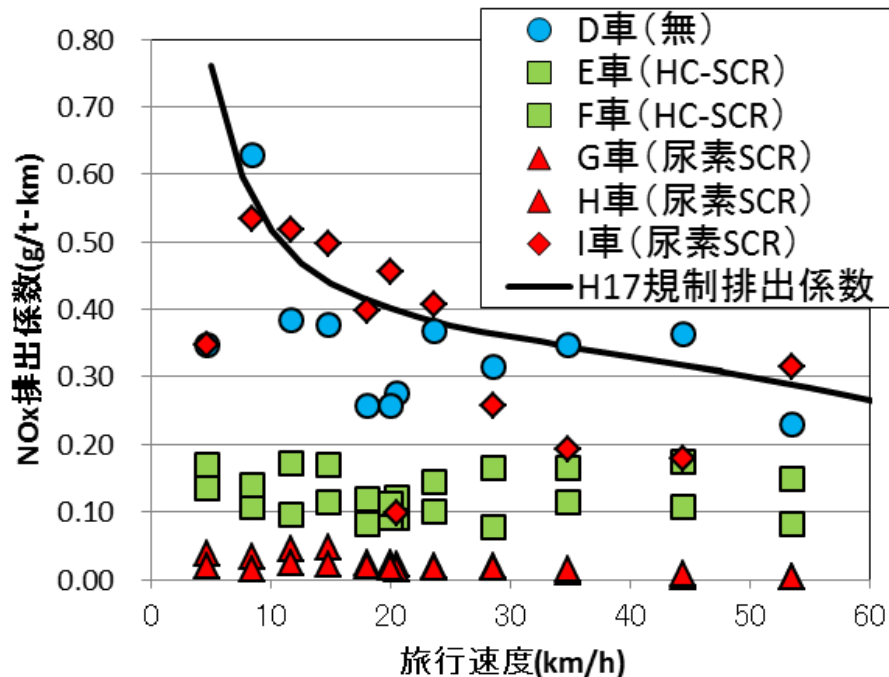
車 両	5t級(車両総重量)			8t級(車両総重量)						25t級(車両総重量)		
	A車	B車	C車	D車	E車	F車	G車	H車	I車	J車	K車	L車
型 式	SKG	SKG	SKG	SKG	SKG	SKG	TKG	SKG	SKG	LKG	LKG	LKG
排気量(L)	2,999	4,009	2,998	2,999	6,403	6,403	4,675	4,675	7,545	9,839	10,836	12,808
等価慣性重量(kg) JE05	3,795	3,700	3,595	5,690	6,715	6,815	6,450	6,765	6,775	18,075	18,435	18,645
登録年月	H23.7	H23.10	H23.9	H25.3	H23.10	H24.3	H24.6	H24.3	H23.11	H22.9	H23.10	H23.12
走行距離(km)	13,414	2,645	49,699	25,700	4,596	96,567	78,174	9,819	32,592	203,344	43,173	76,329
NO _x 後処理装置	無	HC・SCR	尿素SCR	無	HC・SCR	HC・SCR	尿素SCR	尿素SCR	尿素SCR	尿素SCR	尿素SCR	尿素SCR

(3) 測定モード

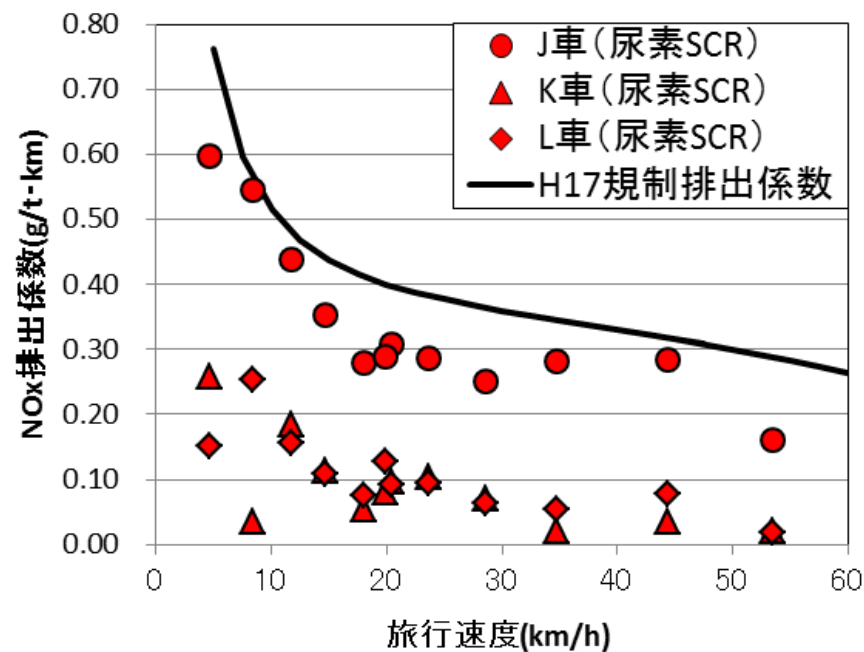
法定モード: JE05、東京都実走行パターン: No.1 (同4.6km/h) ~ No.12 (同53.4km/h)

旅行速度別（東京都実走行パターン） 車両重量・後処理装置別のNO_x排出量

8t級



25t級



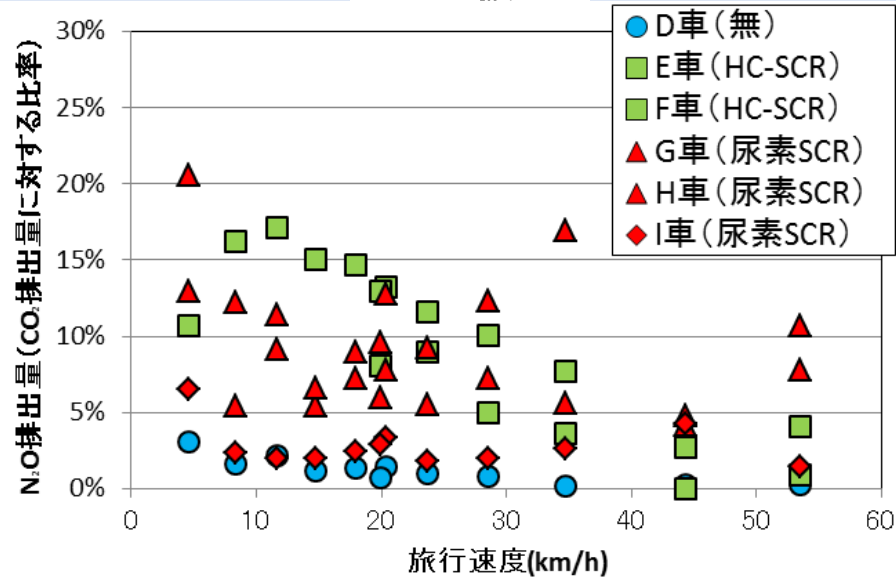
全車両とも平成17年度規制車両の水準と同等かそれ以下であった。

後処理装置の無い車両のNO_x排出量は多く、HC-SCR車は比較的少ない。尿素SCRは車両によるばらつきが大きかった。

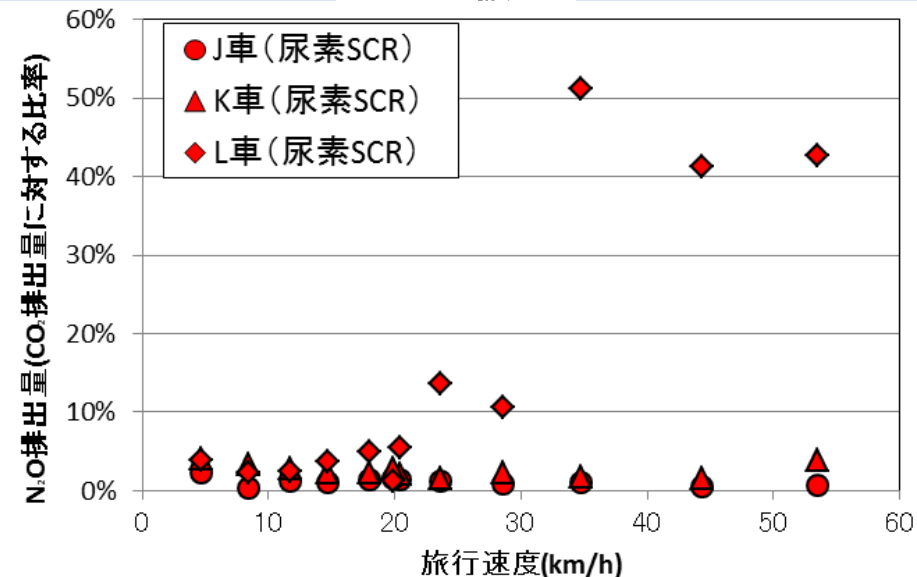
旅行速度別（東京都実走行パターン） 車両重量・後処理対策別の N_2O （亜酸化窒素）排出量

※温暖化係数298を乗じて CO_2 換算値として算出

8t級



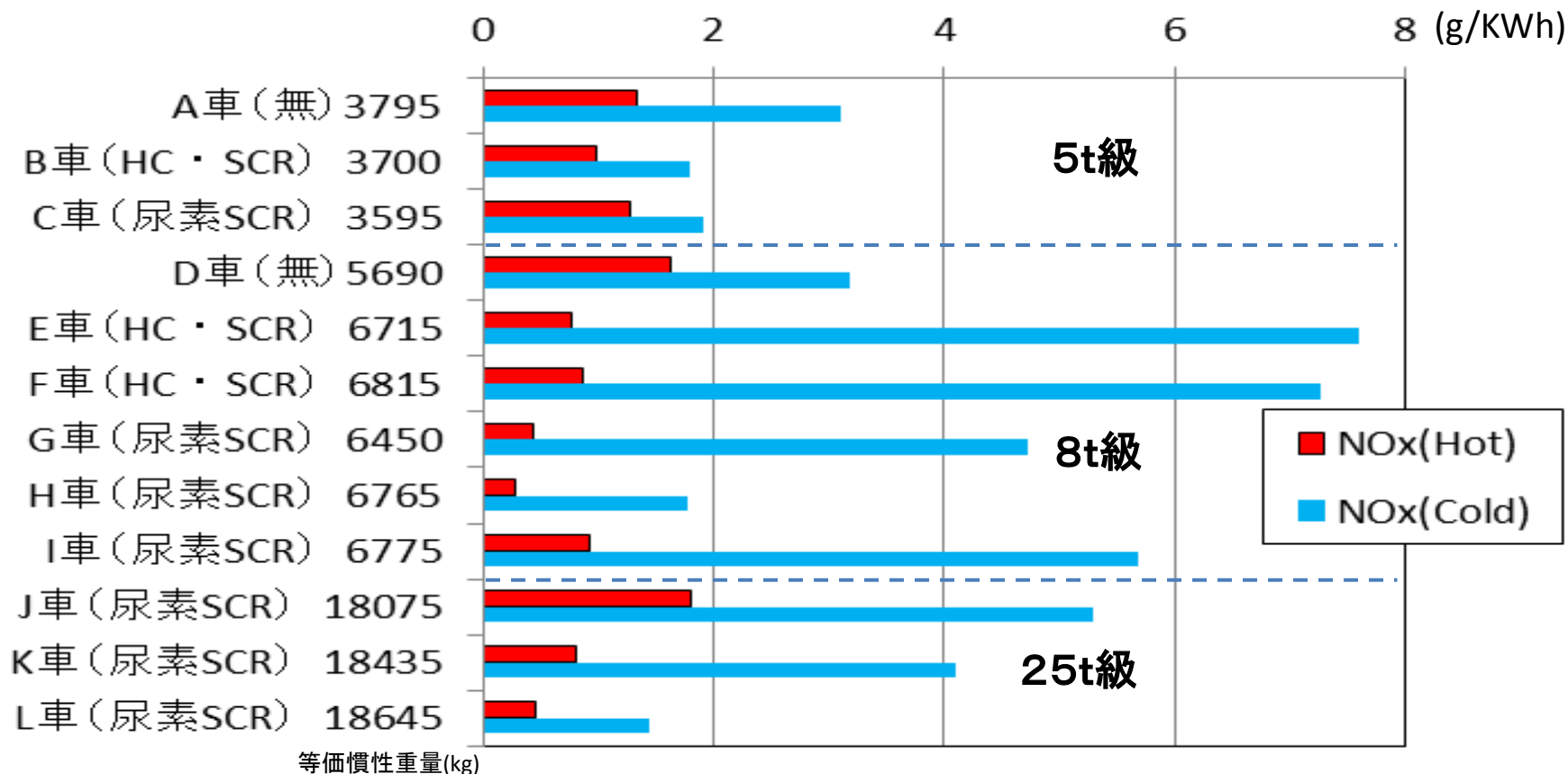
25t級



後処理装置の無い車両の N_2O 排出量が最も低く、HC-SCRは旅行速度が低中速域の時に10%を超えるものがあった。尿素SCR車は、旅行速度が高速域の時に高排出になる車両があった。

NOx排出量

JE05 (Hot・Cold) 車両重量・NOx後処理装置別



公定法(JE05Hot)では重量、後処理装置別による顕著な差はなかった。暖機を行わないJE05Coldでは、8t級のHC-SCR車の排出量が高い場合がある。

まとめ

自動車排出ガス規制の強化、低減技術の高度化等により、排出ガスの排出レベルは低下してきたが、小型ガソリン直噴車からのPM、PN排出や大型車からのN₂O排出など、課題もまだ多い。

当研究所は、高精度な自動車排出ガス計測システムを活用しながら、排出ガスの実態を把握し、大気環境の一層の改善に向け、精力的に調査・研究に取り組んでいきます。

ご清聴ありがとうございました