

平成25年度
交通安全環境研究所講演会
講演概要

平成25年5月31日（金）

於：国際連合大学 ウ・タント国際会議場



独立行政法人 交通安全環境研究所

は じ め に

自動車は、我が国の社会・経済活動に不可欠な交通手段であり、またその利便性、快適性から、人々の日々の生活との関わりが極めて深い乗り物です。しかし、その環境への影響に関しては、モータリゼーションの進展による台数規模の拡大に従って、特に都市部では道路混雑、排出ガスや騒音などによる環境悪化が問題視されその改善の努力が進められてきました。また、CO₂ 排出による地球温暖化への影響について、京都議定書を批准したことも踏まえて、積極的な対策が進められています。

これまで、自動車の排出ガス、騒音や燃費に関する規制の強化等の取り組みが行われてきたことにより、大気環境も大幅に改善されてきましたが、未だ十分には改善されていない面も認められ、自動車に起因する環境負荷を限りなく抑制するために、一層の対策が重要となります。このため、今後自動車の本来の利便性を活かしつつもさらなる環境の改善を達成することへのメッセージとなることを願い、今回「さらなる大気環境改善をめざして－ディーゼル自動車の排出ガス対策の課題と今後の方向性－」をテーマに講演会を開催することといたします。

本日は、このような趣旨から、第一線で環境問題に取り組まれ、御活躍されている国内外の幅広い立場の方々から御講演を頂きます。主な内容として、環境省からは「わが国の大気環境の現状と自動車排出ガス対策」について、国土交通省からは「ディーゼル自動車の排出ガス対策に関する検討・取組状況－ディフィートストラテジーと後処理装置を巡って－」について、大学からは「ディーゼル自動車の排出ガス対策技術の最新動向」について、海外からは「欧米、アジア等におけるディーゼル自動車の排出ガス対策技術とその現状」について御講演頂く予定としております。また、交通安全環境研究所からは、行政施策の支援を使命として行っている「交通安全環境研究所の取り組み」について、最新の成果を中心に報告いたします。

ご参加の皆様には、今回の講演会を通じて、交通安全環境研究所の取組みについて理解を深めていただくとともに、忌憚のないご意見を頂戴できればと願っております。今後とも交通安全環境研究所への一層のご理解とご支援をお願い致します。

独立行政法人 交通安全環境研究所
理 事 長 飯 村 修

ご来場の皆様へ

〈お願い〉

- 動画・写真等の撮影および録音はご遠慮ください。
- 会場内では、携帯電話はマナーモードに設定のうえ、通話をご遠慮ください。
- 環境に配慮し、会場内のエアコン温度を高め設定しております。
クールビズへのご理解とご協力をお願いいたします。
- ゴミはお持ち帰りください。
- 質疑応答時間内に質問ができなかった方のために質問票を用意しております。
講演者へご質問・ご意見等がございましたら質問票にご記入いただきスタッフまでお渡し下さい。
後日、担当者より E-mail で回答させていただきます。
なお質問票は受付にてご用意しております。

2013 交通安全環境研究所講演会

さらなる大気環境改善をめざして

ー ディーゼル自動車の排出ガス対策の課題と今後の方向性 ー

Time	講演内容
13:00~13:05	開会の挨拶 理事長 飯村 修
13:05~13:35	■講演1 わが国の大気環境の現状と自動車排出ガス対策 環境省 水・大気環境局 総務課 環境管理技術室 西本 俊幸 室長
13:35~14:05	■講演2 ディーゼル自動車の排出ガス対策に関する検討・取組状況 ー ディフィートストラテジーと後処理装置を巡って ー 国土交通省 自動車局 環境政策課 地球温暖化対策室 福島 健彦 室長
14:05~14:35	■講演3 ディーゼル自動車の排出ガス対策技術の最新動向 早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科 大聖 泰弘 教授
14:35~15:05	■講演4 欧米、アジア等におけるディーゼル自動車の排出ガス対策技術とその現状 The International Council on Clean Transportation Daniel Rutherford 博士
15:05~15:15	休 憩
15:15~15:45	■講演5 交通安全環境研究所の取り組み① ー ディーゼル自動車における排出ガス対策技術の課題について ー 環境研究領域 後藤 雄一 領域長
15:45~16:15	■講演6 交通安全環境研究所の取り組み② ー ディーゼル自動車におけるオフサイクル排出ガス実態と今後について ー 環境研究領域 鈴木 央一 上席研究員
16:15~16:55	総合討論 ●環境研究領域 石井 素 副領域長(司会) ●環境省 水・大気環境局 総務課 環境管理技術室 西本 俊幸 室長 ●国土交通省 自動車局 環境政策課 地球温暖化対策室 福島 健彦 室長 ●早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科 大聖 泰弘 教授 ●The International Council on Clean Transportation Daniel Rutherford 博士 ●一般社団法人日本自動車工業会 安全・環境技術委員会排出ガス・燃費部会 玉野 昭夫 部会長 ●環境研究領域 後藤 雄一 領域長 ●環境研究領域 鈴木 央一 上席研究員
16:55~17:00	閉会の挨拶 理事 水間 毅

【お願い】 講演中は携帯電話の電源をお切りになるかマナーモードに設定の上、会場内での通話はお控えください。
会場のエアコンを弱めに設定いたします。節電へのご理解とご協力をお願いいたします。

※講演内容・講演者は変更になる場合がございます。

目 次

わが国の大気環境の現状と自動車排出ガス対策 環境省水・大気環境局総務課環境管理技術室	室 長 西 本 俊 幸	1
ディーゼル自動車の排出ガス対策に関する検討・取組状況 —ディフイートストラテジーと後処理装置を巡って— 国土交通省自動車局環境政策課地球温暖化対策室	室 長 福 島 健 彦	19
ディーゼル自動車の排出ガス対策技術の最新動向 早稲田大学創造理工学部総合機械工学科	教 授 大 聖 泰 弘	41
欧米、アジア等におけるディーゼル自動車の排出ガス対策技術とその現状 The International Council on Clean Transportation	博 士 Daniel Rutherford	63
交通安全環境研究所の取り組み① —ディーゼル自動車における排出ガス対策技術の課題について— 環境研究領域 領域長	後 藤 雄 一	75
交通安全環境研究所の取り組み② —ディーゼル自動車におけるオフサイクル排出ガス実態と今後について— 環境研究領域 上席研究員	鈴 木 央 一	93

講演 1

わが国の大気環境の現状と自動車排出ガス対策

環境省水・大気環境局総務課環境管理技術室 室長

西本 俊幸

わが国の大気環境の現状と 自動車排出ガス対策

平成25年 5月

環境省 水・大気環境局 環境管理技術室長
西本 俊幸

1

1. わが国の大気環境の現状
2. 自動車排出ガス規制の経緯
3. 最近のディーゼル重量車の課題

- (1) 実走行における排出ガス
- (2) オフサイクルにおける排出ガス低減対策
- (3) NO_x後処理装置の耐久性・信頼性の確保
- (4) 排出ガス温度の排出ガス後処理装置への影響
- (5) 今後の方向性

2

1. わが国の大気環境の現状

◆ 大気汚染に係る環境基準

- 環境基本法第16条に基づき、大気の汚染に係る環境上の条件につき人の健康を保護する上で維持することが望ましい基準として、**大気環境基準を設定**※1
- 平成21年に**微小粒子状物質の環境基準を新たに設定**※2

物質名	影響	環境上の条件
二酸化硫黄(SO ₂)	・ 気管支喘息 ・ 気管支炎	・ 1時間値の1日平均値が ^① 0.04ppm以下 ・ 1時間値が ^② 0.1ppm以下
一酸化炭素(CO)	・ 頭痛、めまい等 ・ 一酸化炭素中毒	・ 1時間値の1日平均値が ^① 10ppm以下 ・ 1時間値の8時間平均値が ^② 20ppm以下
浮遊粒子状物質(SPM)	・ 気管支喘息 ・ 気管支炎	・ 1時間値の1日平均値が ^① 0.10mg/m ³ 以下 ・ 1時間値が ^② 0.20mg/m ³ 以下
二酸化窒素(NO ₂)	・ 気管支喘息 ・ 気管支炎	・ 1時間値の1日平均値が ^① 0.04ppmから 0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下
光化学オキシダント(O _x)	・ 光化学スモッグ	・ 1時間値が ^① 0.06ppm以下
微小粒子状物質(PM _{2.5})	・ 気管支喘息 ・ 気管支炎	・ 1年平均値が ^① 15μg/m ³ 以下 ・ 1日平均値が ^② 35μg/m ³ 以下

※1 大気の汚染に係る環境基準について(昭和48年環境庁告示第25号)及び二酸化窒素に係る環境基準について(昭和53年環境庁告示第38号)
 ※2 微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について(平成21年環境省告示第33号)

(出典) 大気汚染に係る環境基準 <http://www.env.go.jp/kijun/taiki.html>

3

1. わが国の大気環境の現状

◆ 測定局

都道府県知事は、大気汚染防止法に基づき、**大気の汚染の状況を常時監視**し、その結果を環境大臣に報告。このため、**全国各地に大気測定局を設置**。



愛知県豊田市ホームページより

○一般環境大気測定局(一般局)

地域内を代表する測定値が得られるよう、特定の発生源の影響を直接受けない場所に設置。

○自動車排出ガス測定局(自排局)

人が常時生活している場所で、自動車排出ガスの影響が最も強く現れる道路に近接した場所に設置。

有効測定局数(H22年度末)

	PM2.5以外	PM2.5
一般局	1,503	34
自排局	429	12
計	1,932	46

4

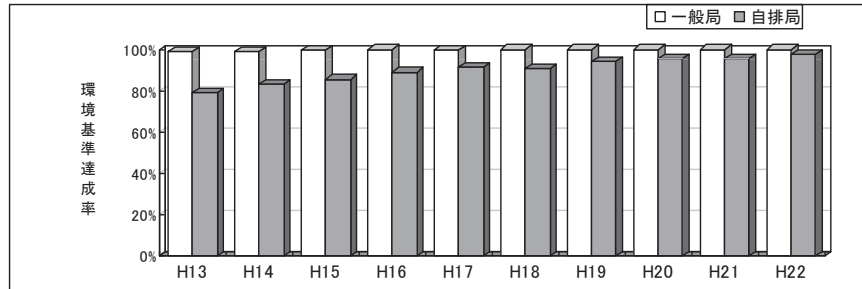
1. わが国の大気環境の現状

◆ 大気環境基準の達成状況

➤ 二酸化窒素(NO_2)

- 平成22年度の NO_2 の有効測定局数は1,748局(一般:1,332、自排:416)。
環境基準達成局は、一般1,332局(100%)、自排407局(97.8%)。
- 一般局は近年ほとんど全てで環境基準達成、自排局も緩やかな改善傾向、
平成22年度は前年度と比較し2.1ポイント改善。

二酸化窒素の環境基準達成率の推移



		H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
一般局	測定局数	1,465	1,460	1,454	1,444	1,424	1,397	1,379	1,366	1,351	1,332
	達成局数	1,451	1,447	1,453	1,444	1,423	1,397	1,379	1,366	1,351	1,332
自排局	測定局数	399	413	426	434	437	441	431	421	423	416
	達成局数	317	345	365	387	399	400	407	402	405	407

(出典) 大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osensen/jokyo_h22/index.html

5

1. わが国の大気環境の現状

➤ 二酸化窒素(NO_2)



(出典) 大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osensen/jokyo_h22/index.html

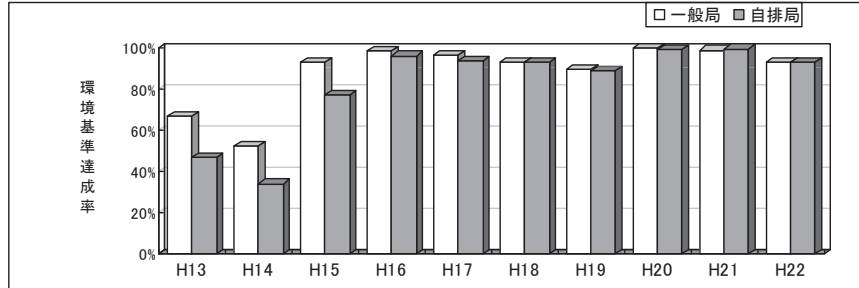
6

1. わが国の大気環境の現状

➤ 浮遊粒子状物質 (SPM)

- 平成22年度のSPMの有効測定局数は1,773局（一般：1,374、自排：399）。環境基準達成局は、一般1,278局（93.0%）、自排371局（93.0%）。
- 一般局・自排局とも非達成局の割合は平成21年度に比べ低下。なお、黄砂観測延べ日数は412日で平成21年度（179日）に比べ大幅に増加。
- 年平均値の推移は一般、自排とも近年ゆるやかな改善傾向。

浮遊粒子状物質の環境基準達成率の推移



		H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
一般局	測定局数	1,539	1,538	1,520	1,508	1,480	1,465	1,447	1,422	1,386	1,374
	達成局数	1,025	807	1,410	1,486	1,426	1,363	1,295	1,416	1,370	1,278
	達成率	66.6%	52.5%	92.8%	98.5%	96.4%	93.0%	89.5%	99.6%	98.8%	93.0%
自排局	測定局数	319	359	390	409	411	418	412	403	406	399
	達成局数	150	123	301	393	385	388	365	400	404	371
	達成率	47.0%	34.3%	77.2%	96.1%	93.7%	92.8%	88.6%	99.3%	99.5%	93.0%

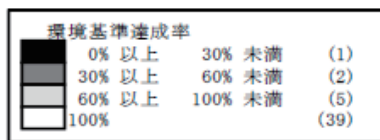
（出典）大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h22/index.html

7

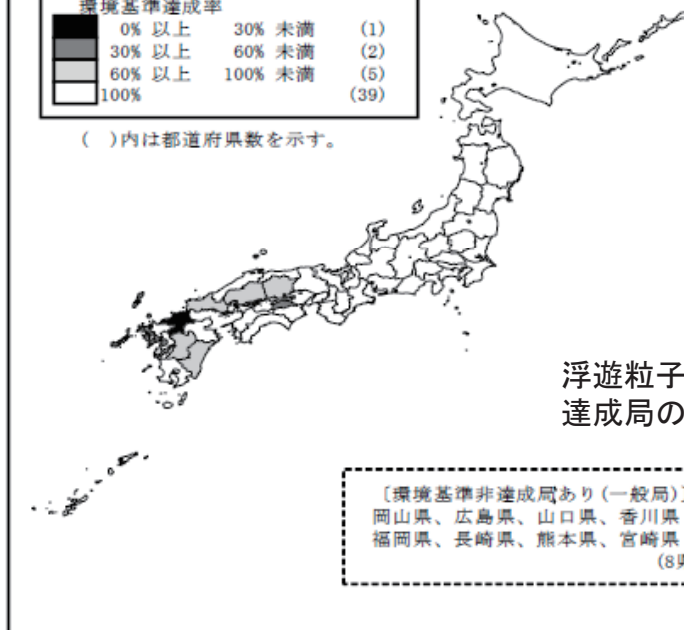
1. わが国の大気環境の現状

➤ 浮遊粒子状物質 (SPM)

<一般局>



（ ）内は都道府県数を示す。



浮遊粒子状物質の環境基準達成局の分布

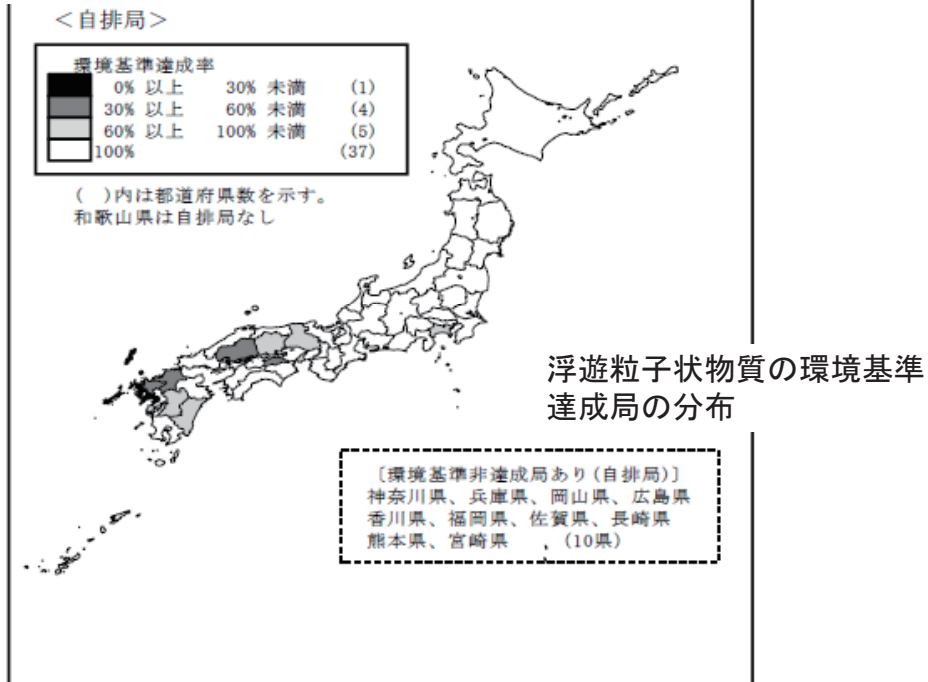
〔環境基準非達成局あり（一般局）〕
岡山県、広島県、山口県、香川県
福岡県、長崎県、熊本県、宮崎県
（8県）

（出典）大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h22/index.html

8

1. わが国の大気環境の現状

➤ 浮遊粒子状物質 (SPM)



(出典) 大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h22/index.html

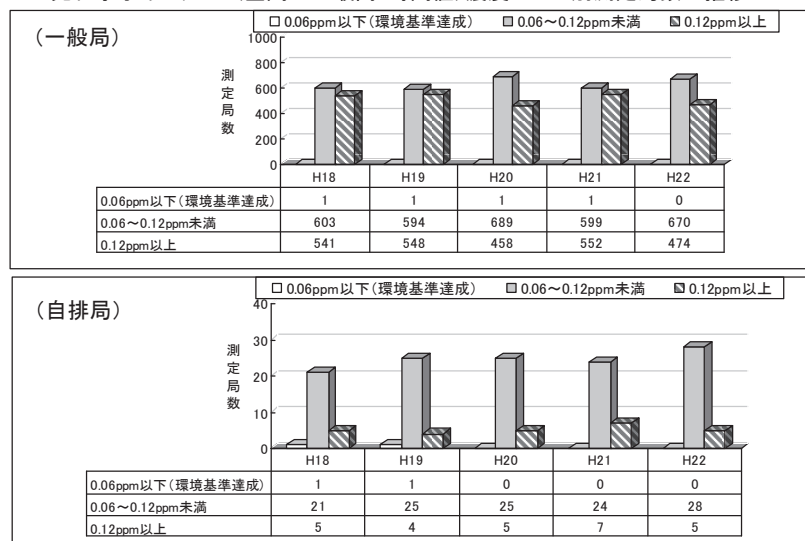
9

1. わが国の大気環境の現状

➤ 光化学オキシダント (Ox)

- 平成22年度のOxの有効測定局数は1,177局(一般:1,144、自排:33)。
環境基準達成局は一般局0局(0%)、自排局0局(0%)で極めて低い水準。
- 昼間の日最高1時間値の年平均値は近年漸増。

光化学オキシダント(昼間の日最高1時間値)濃度レベル別測定局数の推移

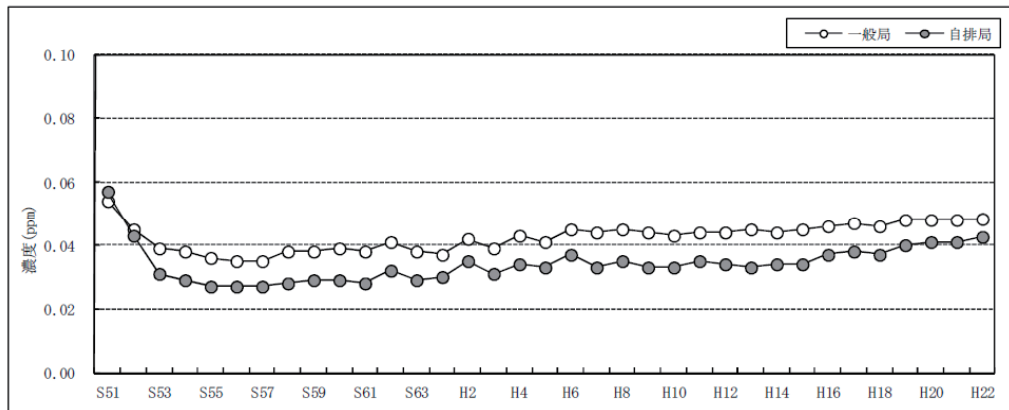


(出典) 大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h22/index.html

10

1. わが国の大気環境の現状

➤ 光化学オキシダント(Ox)



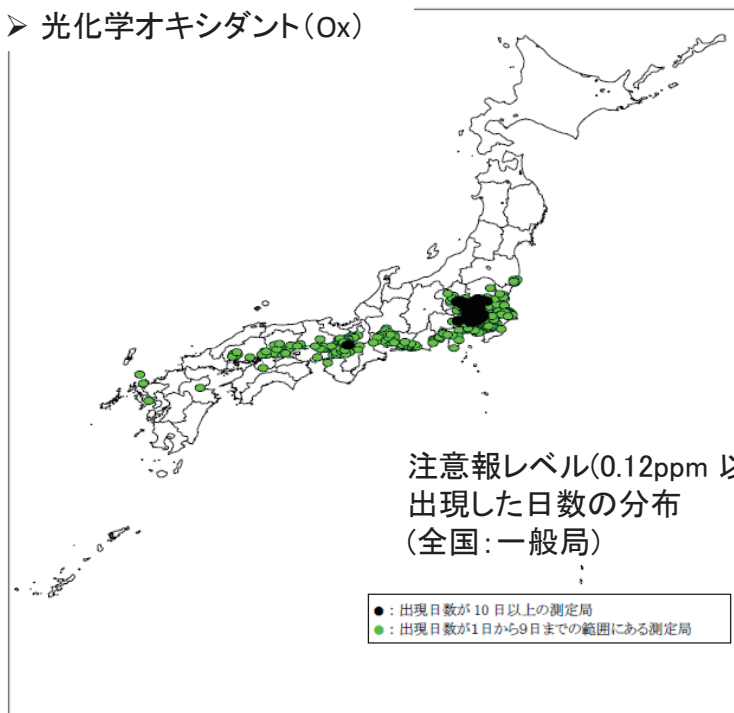
光化学オキシダントの昼間の日最高1時間値
の年平均値の推移

(出典) 大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h22/index.html

11

1. わが国の大気環境の現状

➤ 光化学オキシダント(Ox)



注意報レベル(0.12ppm 以上)の濃度が
出現した日数の分布
(全国:一般局)

(出典) 大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h22/index.html

12

1. わが国の大気環境の現状

➤ 微小粒子状物質(PM2.5)

- 平成22年度のPM2.5の有効測定局数は46局(一般:34、自排:12)。
環境基準達成局は、一般局で11局(32.4%)、自排局で1局(8.3%)。
- 年平均値は、一般局で $15.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、自排局で $17.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

微小粒子状物質の環境基準達成状況

	一般局	自排局
有効測定局	34局	12局
環境基準達成局 (長期基準と短期基準ともに達成した測定局)	11局 (32.4%)	1局 (8.3%)
環境基準非達成局	23局 (67.6%)	11局 (91.7%)
長期基準に対してのみ達成した測定局(短期基準は非達成)	7局 (20.6%)	1局 (8.3%)
短期基準に対してのみ達成した測定局(長期基準は非達成)	0局 (0.0%)	0局 (0.0%)
長期基準と短期基準ともに非達成の測定局	16局 (47.1%)	10局 (83.3%)

(出典) 大気汚染に係る環境基準達成状況 http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h22/pm25.html

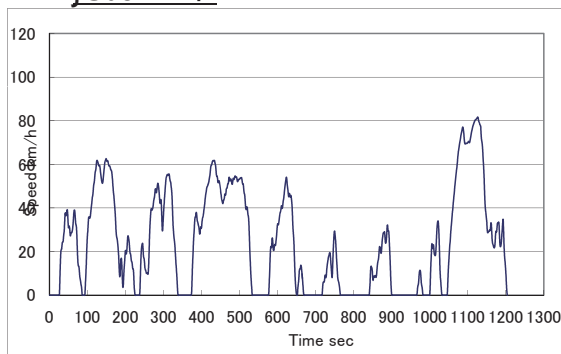
13

2. 自動車排出ガス規制の経緯

◆ 新車規制(モード規制)

- 乗用車・軽中量車の新車排出ガスは、シャシダイナモメータで一定の走行モードを走行して計測し、許容限度値(規制値)を満足することを規制。
- 走行モードは、様々な車種の平均的な走行実態を反映。

JC08モード

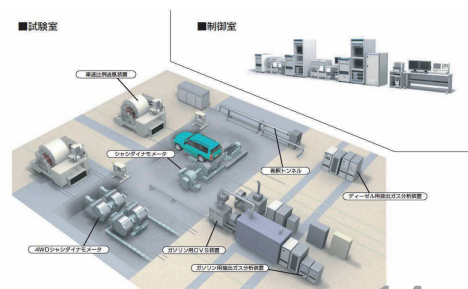


想定走行距離	8.179km	所要時間	1204秒
平均速度	24.5km/h	平均速度(アイドリング時を除く)	34.8km/h
最高速度	81.6km/h	アイドリング比率	29.7%

(出典) 交通安全環境研究所 <http://www.ntscl.go.jp/sinsa/syaryou/syaryou02.html>



シャシダイナモメーター

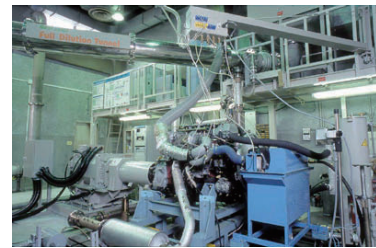
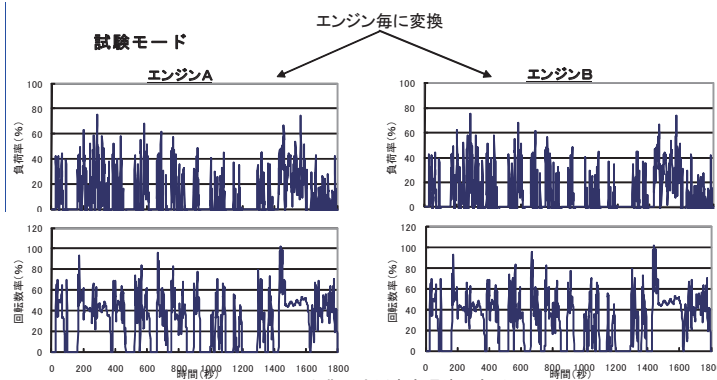
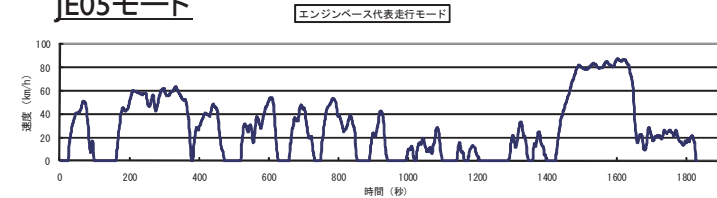


14

2. 自動車排出ガス規制の経緯

- 重量車は同一エンジンを用途に応じ様々な車両に搭載し車両総重量、ギヤ比等が異なるため、速度ベースのモードをエンジンの負荷率と回転数率のモードに変換しエンジンダイナモメーターで排出ガス量を計測して規制。

JE05モード



エンジンダイナモメーター

(出典) 交通安全環境研究所 <http://www.ntscl.go.jp/sisetu/sisetu03.html>

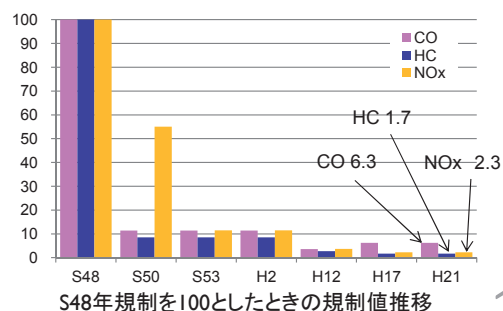
15

2. 自動車排出ガス規制の経緯

➤ ガソリン乗用車の排出ガス規制値推移

Test mode	Pollutant	S48	S50	S53	H2	H12	H17	H21
10 mode (g/km) (Hot start)	CO	18.4	2.10	2.10	2.10	0.67	1.15	1.15
	HC	2.94	0.25	0.25	0.25	0.08	0.05	0.05
	NOx	2.18	1.20	0.25	0.25	0.08	0.05	0.05
	PM							0.005
11 mode (g/test) (Cold start)	CO		60.0	60.0	60.0	19.0		
	HC		7.00	7.00	7.00	2.20		
	NOx		4.40	4.40	4.40	1.40		

- H2年規制より、10モード→10-15モードに変更
- H17年規制より、炭化水素(HC)規制を非メタン炭化水素(NMHC)に変更
- H21年規制より、JC08モードによりホットスタート75%、コールドスタート25%に変更。また、PMIについては、ガソリン直噴リーンバーン車にのみ適用



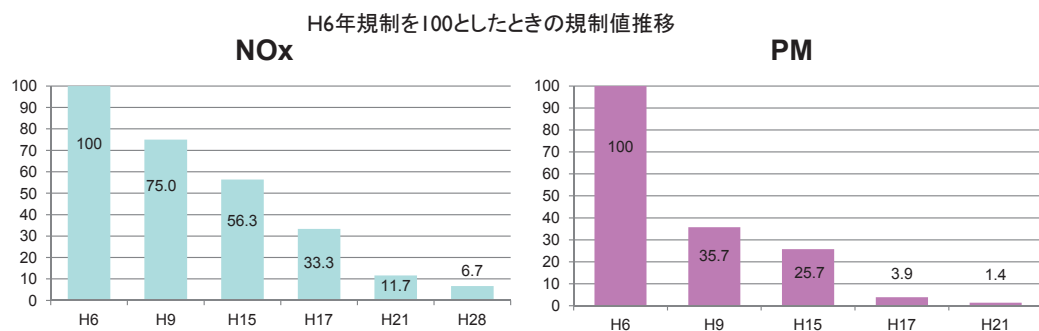
16

2. 自動車排出ガス規制の経緯

➤ ディーゼル重量車の排出ガス規制値推移

成分	S49	S52	S54	S58	S63	H6	H9	H15	H16	H17	H21	H28
C O	790	790	790	790	790	7.40	7.40	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
H C	510	510	510	510	510	2.90	2.90	0.87	0.87	0.17	0.17	0.17
NO _x	770	650	540	470	400	6.00	4.50	3.38	3.38	2.0	0.7	0.4
PM						0.70	0.25	0.18	0.18	0.027	0.010	0.01
試験モード	6M					13M			JE05			WHTC
(単位)	(ppm)					(g/kWh)						

- ・ H17年規制より、炭化水素(HC)規制を非メタン炭化水素(NMHC)に変更
- ・ H28年規制より、コールドスタートを導入し、ホットスタート86%、コールドスタート14%に変更。

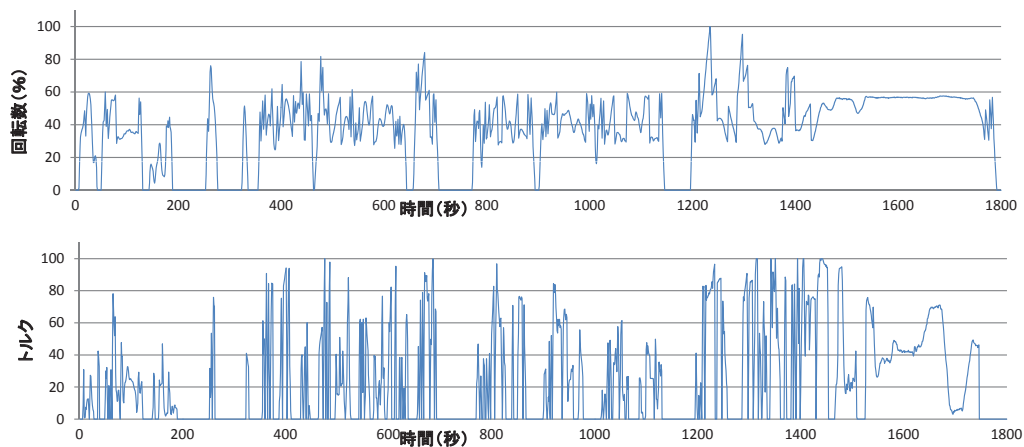


17

2. 自動車排出ガス規制の経緯

➤ 重量車の世界統一試験サイクル(WHTC)

UN-ECE/WP29で、わが国も参画し日本の走行実態も踏まえ、重量車世界統一試験サイクル(WHTC)を策定。平成28年のディーゼル重量車規制から適用予定。欧州でもEURO VIより導入。



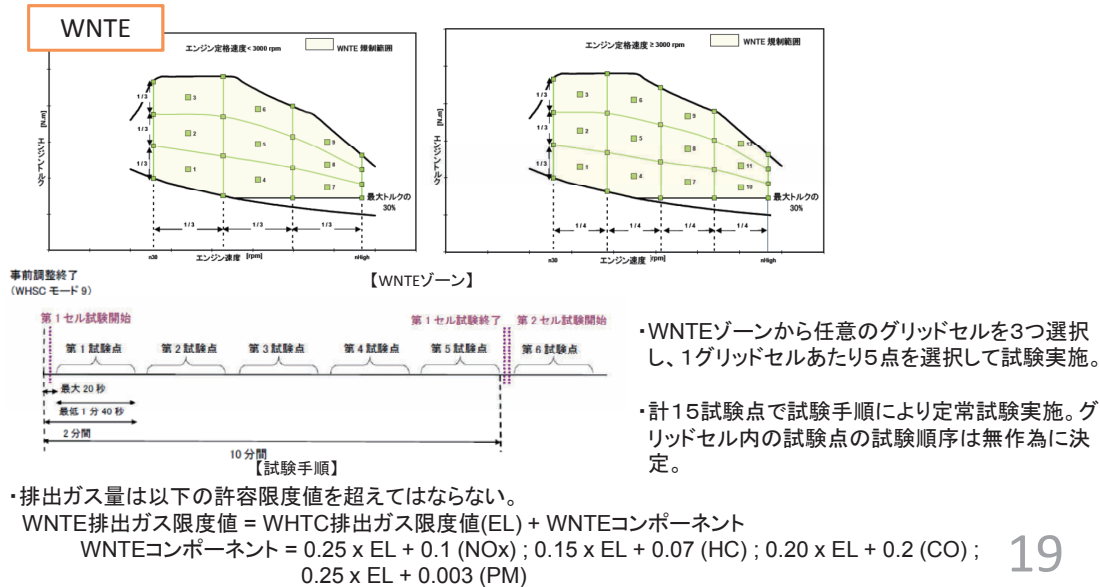
$$\text{排出ガス量} = \text{冷機状態の排出ガス量} \times 0.14 + \text{暖機状態の排出ガス量} \times 0.86$$

18

2. 自動車排出ガス規制の経緯

➤ オフサイクル エミッション OCE (Off-Cycle Emission gtr No.10)

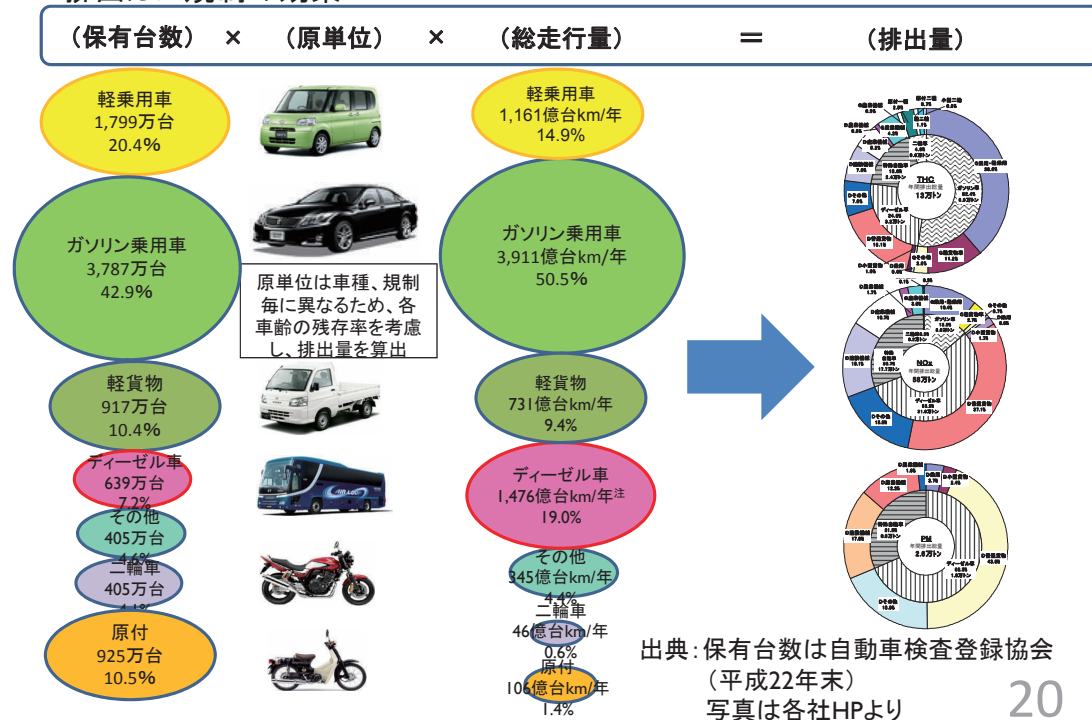
2009年にWP29において、gtrNo.10として採択。ディフィートストラテジーの使用禁止と、WNTe (World-harmonized Not-to-Exceed) によるオフサイクル排出の制限からなる。平成28年のディーゼル重量車規制から適用予定。欧州でもEURO VIより導入。



19

2. 自動車排出ガス規制の経緯

➤ 排出ガス規制の効果

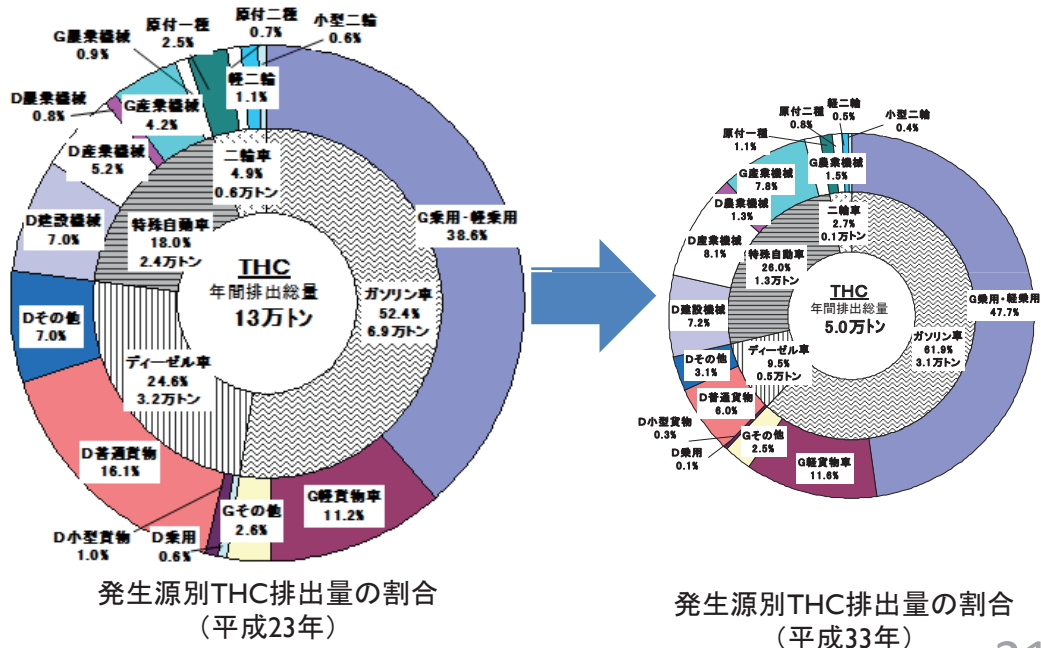


20

注: このうちディーゼル特殊は活動量として作業時間も考慮

2. 自動車排出ガス規制の経緯

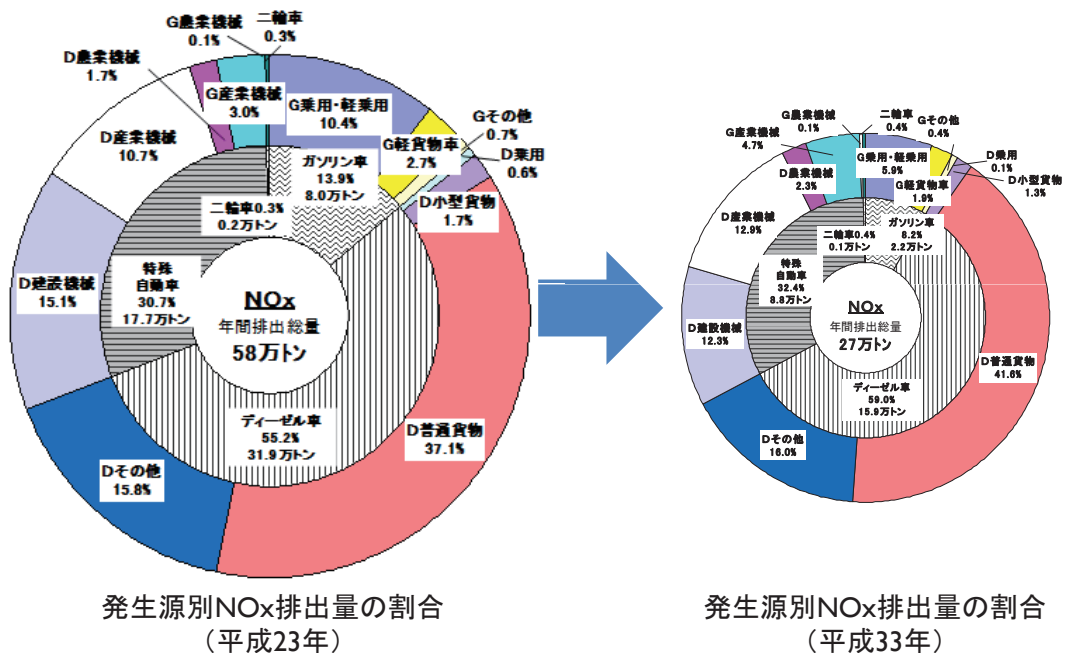
＜発生源別排出ガス量の割合(THC)＞



21

2. 自動車排出ガス規制の経緯

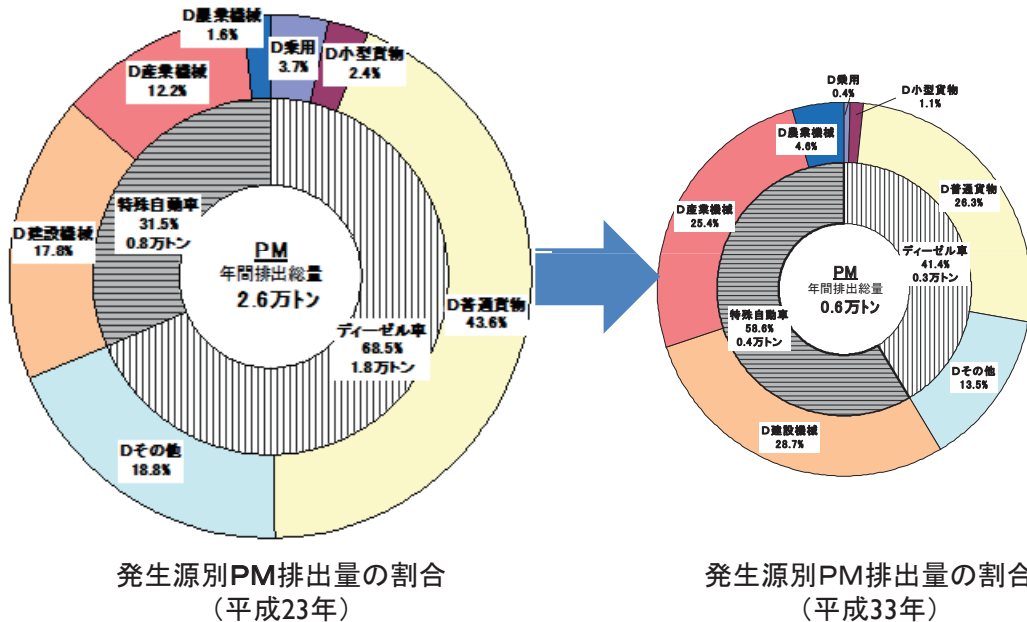
＜発生源別排出ガス量の割合(NO_x)＞



22

2. 自動車排出ガス規制の経緯

＜発生源別排出ガス量の割合（PM）＞

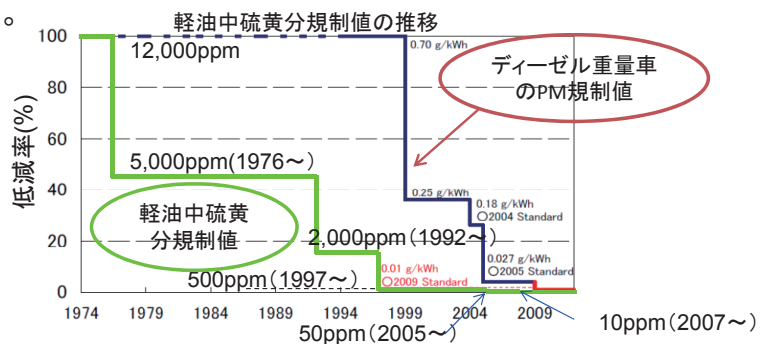


23

2. 自動車排出ガス規制の経緯

◆ 燃料規制

ガソリン、軽油中の硫黄分は、PM(サルフェート)の発生要因となり、排出ガス後処理装置(触媒)への悪影響も指摘されているため、燃料品質に係る許容限度を定めている。



自動車の燃料の種類	燃料の性状又は燃料に含まれる物質	許容限度
ガソリン	鉛	検出されないこと
	硫黄	0.001質量パーセント以下
	ベンゼン	1体積パーセント以下
	メチルターシャリーブチルエーテル (MTBE)	7体積パーセント以下
	酸素分	3.7質量パーセント以下
軽油	硫黄	0.001質量パーセント
	セタン価	45以上
	90パーセント留出温度	摂氏360度以下

24

3. 最近のディーゼル重量車の課題

(1) 実走行における排出ガス

実走行における排出ガス量は、走行モード等の影響により台上試験結果と違いがあるが、これまで、台上試験結果が改善すれば実走行における排出ガス量も改善することをもって、排出ガス規制を実施。

しかしながら、以下のような要因から、排出ガス規制強化による改善が実走行における排出ガス量の改善を伴うことの確認が十分と言えない状況にある。

- 排出ガス低減対策への高度な電子制御技術導入に伴う、公定試験サイクル外での排出ガス低減装置無効化機能(ディフィートストラテジー)による、燃費とトレードオフに関係にあるNO_x等の排出ガス量の増大。
- 排出ガス後処理装置の劣化による排出ガス量の増大。
- 以下に起因する排出ガス温度低下による排出ガス後処理装置性能低下(触媒活性低下、機能停止)を原因とする排出ガス量の増大。
 - 排出ガス後処理装置レイアウトによるエンジンからの距離の違い
 - 低速/低負荷走行
 - 冬期などの低温環境

25

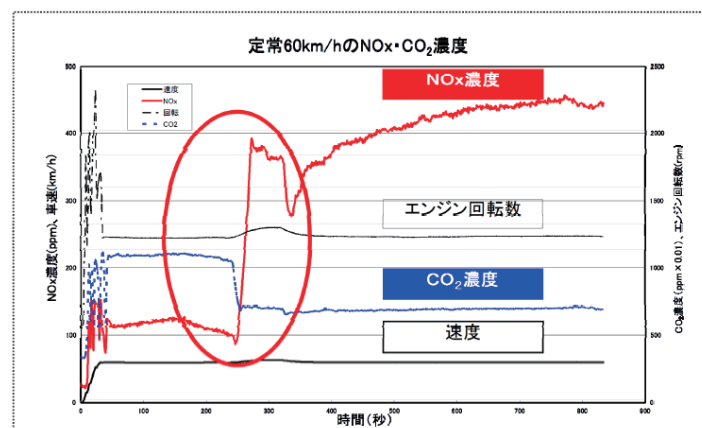
3. 最近のディーゼル重量車の課題

(2) オフサイクルにおける排出ガス低減対策

- オフサイクルにおける排出ガスについては、次期規制において、オフサイクル対策の世界統一基準OCE (Off-Cycle Emission)を導入。
- 公定試験モード外での排出ガス低減装置無効化機能(ディフィートストラテジー)を早急に禁止する必要があるため、ディフィートストラテジー対策を検討。

ディフィートストラテジーが適用されていると見なされる例

(60km/h定常走行において一定時間経過後、NO_x排出が増大し、CO₂排出が減少する。)

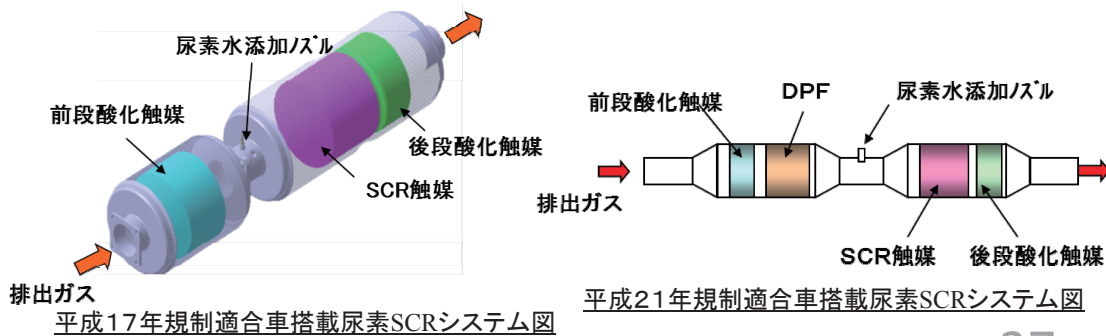


26

3. 最近のディーゼル重量車の課題 (3) NO_x後処理装置の耐久性・信頼性の確保

□ 尿素SCRシステム

- 尿素水を還元剤として排出ガス中のNO_xをN₂とH₂Oに還元する選択式還元触媒 (Selective Catalytic Reduction) システム。CO、HC、NOを酸化する前段酸化触媒、尿素水添加によりNO、NO₂を還元するSCR触媒、余剰NH₃を酸化する後段酸化触媒で構成。
- 新長期規制適合車で採用され、ポスト新長期規制適合車では主流。



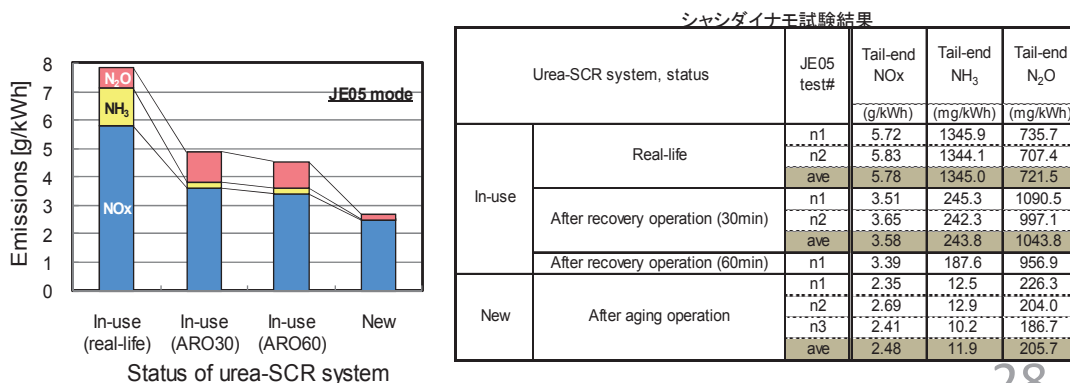
出典：排出ガス後処理装置検討会 中間報告

27

3. 最近のディーゼル重量車の課題 (3) NO_x後処理装置の耐久性・信頼性の確保

□ 使用過程の尿素SCRシステム搭載新長期規制適合車の排出ガス実態

- JE05モードによるシャシダイナモ試験で排出ガスを計測した結果、**NO_x排出量が新車時の規制値を超過**。N₂O、NH₃も新品システム搭載時に比べ増大。
- 触媒のHC被毒解消を図るため尿素SCRシステムを昇温後に再度計測した結果、**NO_x排出量は新品交換時よりは高いものの低減したため、対策を検討**。



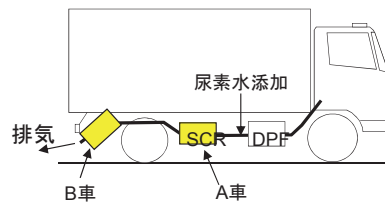
28

3. 最近のディーゼル重量車の課題

(4) 排出ガス温度の排出ガス後処理装置への影響

尿素SCRシステムは触媒温度により活性状態が敏感に変化。また、一定温度以下では、NOx浄化性能が低いこと及び尿素水結晶化による触媒損傷防止のため尿素水噴射を停止。

- 同一エンジンでも排出ガス後処理装置のレイアウトにより温度条件が変わり、シャシダイナモメーターでの排出ガス試験結果で排出ガス量が大きく異なることを確認。エンジンベンチでの認証試験条件を実態の中でより厳しい条件とするよう検討。



同型式エンジン搭載車における触媒搭載位置の違いの例

- このほか、排出ガス温度は低速低負荷等の走行モードや外気温等にも影響を受ける。

29

3. 最近のディーゼル重量車の課題

(5) 今後の方向性

今後、環境基準(光化学オキシダント、微小粒子状物質(PM2.5)等)達成のための新車時の排出ガス規制強化の検討のみならず、排出ガス規制強化による改善が実走行における排出ガス量の改善を伴うよう、実走行における排出ガス量の削減を担保できる手段を検討することが必要。

- 新車時の認証試験による確認 (WHTC、WHSC、OCE)
- 耐久走行試験による確認 (耐久性試験法の見直し)
- 実走行での排出ガス低減装置の機能確認 (車載式故障診断(OBD)システム等)
- 実走行での排出ガス量の確認 (車載式排出ガス測定システム(PEMS)等)

等

30



**Thank you
for your attention.**

ご清聴ありがとうございました。



Ministry of the Environment, JAPAN

31

講演 2

ディーゼル自動車の排出ガス対策に 関する検討・取組状況 ーディフイートストラテジーと後処理装置を巡ってー

国土交通省自動車局環境政策課地球温暖化対策室 室長

福島 健彦

ディーゼル自動車の排出ガス対策に関する検討・取組状況について ーディフイートストラテジーと後処理装置を巡ってー

国土交通省自動車局環境政策課
地球温暖化対策室長
福島 健彦
平成25年5月



国土交通省

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

発表内容



国土交通省

I. オフサイクルにおける排出ガス低減対策検討会について

II. 排出ガス後処理装置検討会について

【排出ガス規制の法的な枠組み】

- ◆ 大気汚染防止法 第19条
 - ・ 環境大臣は、自動車排出ガスの量の許容限度を定めなければならない
 - ・ 国土交通大臣は、道路運送車両法に基づく命令で、自動車排出ガスの排出に係る規制に関し必要な事項を定める場合には、前項の許容限度が確保されるように考慮しなければならない。
- ◆ 規制策定のプロセス
 - ・ 中央環境審議会答申「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」
(平成8年から24年までに、11回の答申)
 - [環境省] 自動車排出ガスの量の許容限度(告示)
 - [国交省] 道路運送車両の保安基準(省令)、
道路運送車両の保安基準の細目を定める告示 等
- ※ パブリックコメント、WTO/TBT通報も実施 (TBT:貿易の技術的障害に関する協定)

【近年のディーゼル重量車の排出ガス規制の動向】

- ◆ 中環審第10次答申 (平成22年7月)
 - ・ ディーゼル重量車の次期規制 [平成28年規制]
 - ・ 実使用環境において排出ガスの低減を確保するための追加的対策
 - ①オフサイクルでの排出ガス低減対策の導入 [次期規制と同時]
 - ②より高度なOBDシステムの導入 [次期規制導入から概ね3年以内]
- ◆ 東京都: 排出ガス低減性能の「無効化機能」の指摘 (平成23年6月)
- ◆ **オフサイクルにおける排出ガス低減対策検討会** [座長・大聖泰弘 早大教授]
平成23年8月設置、**24年3月とりまとめ**
- ◆ 環境省: 尿素SCRシステムの性能低下を中環審に報告 (平成24年3月)
- ◆ 中環審第11次答申(平成24年8月)
 - ・ オフサイクルにおける排出ガス低減対策
 - ①ディフィートストラテジーの禁止 ②エンジンベンチ認証試験条件の見直し
 - ・ NOx後処理装置の耐久性・信頼性確保のための措置の検討
- ◆ **排出ガス後処理装置検討会** [座長・塩路昌宏 京大教授]
平成24年10月設置、**25年3月に中間報告**、25年度中に最終報告とりまとめ

Ⅰ. オフサイクルにおける排出ガス低減対策検討会 について

オフサイクルにおける排出ガス低減対策検討会について

中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」(第10次答申) 抜粋
平成22年7月

1. 2 実使用環境において排出ガスの低減を確保するための追加的対策

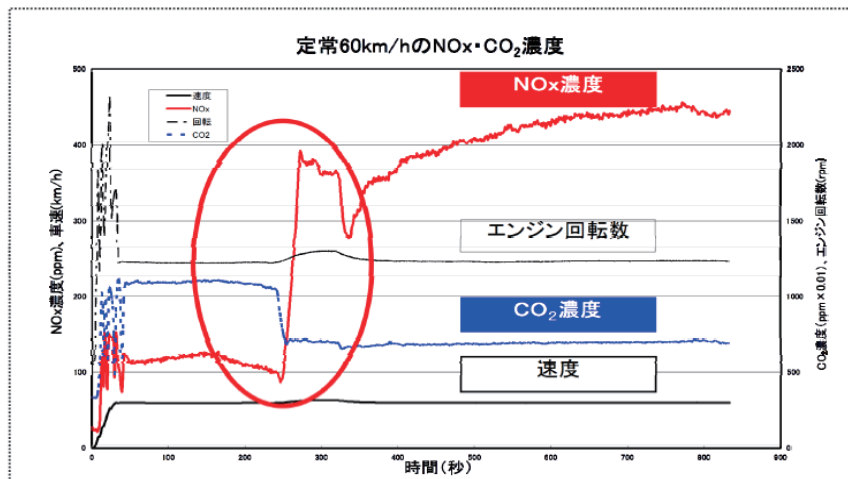
ディーゼル重量車に係る新たな排出ガス許容限度目標値は非常に厳しいレベルであり、それを達成するためには、エンジン及び排出ガス後処理装置に極めて高度な技術が開発、導入されることが必要である。これに併せ、実使用環境においても排出ガス低減性能を確保できるよう、次のとおり追加的対策を講ずる。

① 排出ガス試験サイクル等に定められた試験条件以外(オフサイクル)での排出ガス低減対策(以下「オフサイクル対策」という。)を、次期排出ガス規制と同時に導入する。オフサイクル対策に係る試験方法及びその試験方法による排出ガス測定値の上限は、国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラムUN-ECE/WP29 で策定されたオフサイクル対策に係る世界統一基準であるOCE (Off Cycle Emissions)により定められたものとする。

東京都の調査結果(1) (平成23年6月公表)

東京都がいすゞ自動車のポスト新長期規制適合車の排出ガス低減性能の実態把握のためにシャシダイナモ試験を実施したところ、以下の結果が得られた。

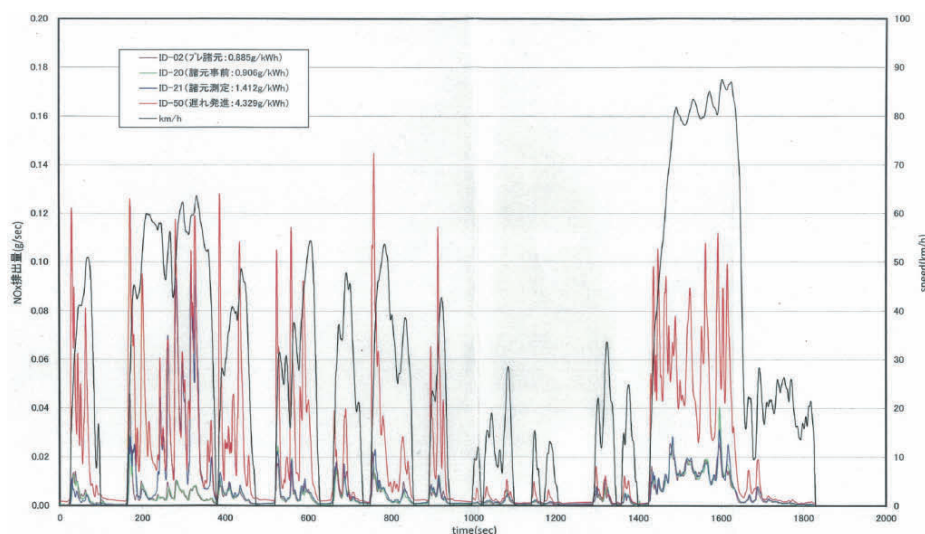
- ◆ JE05モードでの走行では、特段NOx排出量に異常は見られなかった。
- ◆ 60km/h定常走行において、測定開始240秒後にNOx排出濃度が約4倍に上昇する一方、CO₂排出濃度が下がっていた。(40km/h及び80km/hでも同様の傾向)



【60km/h定常走行におけるNOx及びCO₂排出濃度の時系列推移】

東京都の調査結果(2)

JE05モードの規定より各発進を2秒遅らせた後に、モードの速度に追いつくように発進・急加速しその後モードに追従した場合に、急加速時にはNOx排出量が増大し、その後モード追従した場合でも通常のJE05モード時に比べ高いNOx排出量であった。



JE05モード及び2秒遅れ発進JE05モードでのNOx排出濃度の時系列推移

国交省・環境省は、平成23年8月に合同検討会を設置、平成24年3月にとりまとめ

検討会とりまとめ: <http://www.mlit.go.jp/common/000206838.pdf>

【検討会とりまとめのポイント】(1)

(ディフィートストラテジーの適用禁止)

排出ガスを著しく悪化させるエンジン制御(ディフィートストラテジー)を明確に規定し、その適用を禁止する。

ディフィートストラテジーの定義は、実使用状態において、当該制御が作動することにより1種類以上の排出ガス成分を悪化(一定時間の走行で20%以上)させるもの等とする。ディフィートストラテジーと見なさない制御は、通常発現しない運転条件の範囲でのみ認められることとする。具体的には、エンジンの保護及び車両の安全確保のために必要なもの並びにエンジン始動時及び暖機過程時にのみ必要なものを限定的に規定し、その保護作動条件及び解除条件を明確に規定する。

【許容される制御条件(例)】 エンジンオーバーヒート危険時

- ・ 目的: オーバーヒートによるエンジン焼付等損傷の防止
- ・ 保護作動及び解除条件: エンジン冷却水温100℃以上

※このほか、低回転連続運転時、高負荷・高回転時、高地での運転時、低大気温時、エンジン等異常検出時について規定

【検討会とりまとめのポイント】(2)

(ディフィートストラテジー有無の検証)

燃費試験の諸元と排出ガス試験の諸元が異なっていることから燃費試験の諸元に合わせて排出ガス及び燃費試験を実施し、実測燃費が燃費諸元値(シミュレーション燃費)と同等である場合に試験が成立しているものとし、排出ガス規制成分が規制値を満足することを認証において求める。

また、実使用状態などでのディフィートストラテジーの有無の検証を行うため、排出ガスに係る各種調査(排出ガス原単位調査等)において既販車の排出ガス試験等により確認する。

【検討会とりまとめのポイント】(3)

(その他の排出ガス試験)

公定モード以外での排出ガス量を抑制するための認証試験(OCE)の追加については、次期排出ガス規制から実施するが、モード外での排出ガス量を抑制することに効果があることから、次期規制適合エンジン・車両の早期導入が望ましい。

WWH-OBDについては、次期排出ガス規制開始後3年以内の可能な限り早期に導入することが望ましい。

中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」(第11次答申) 抜粋
平成24年8月

2.2 オフサイクルにおける排出ガス低減対策

運送用途に比較的長距離走行にも使用されるディーゼル重量車においては、低燃費のものが好まれる。エンジンの燃費とNOx 排出量はトレードオフの関係にあるため、エンジンの電子制御化により公定試験モードにおいて排出ガスを許容限度以下としつつ、実走行を含む公定試験モード外において燃費を改善する反面、排出ガスを増大させる車両が出現する可能性もある。

このため、ディーゼル重量車の排出ガスを悪化させるエンジン制御をディフィート戦略として定義し、その適用を禁止するとともに、エンジン等の保護及び車両の安全確保のために必要な制御、エンジン始動時及び暖機過程時にのみ必要な制御は、ディフィート戦略とみなさないことを明確に規定する。ディフィート戦略とみなさない制御について、その保護が許容される条件と、保護作動の条件及び解除の条件を明確にするとともに、これらの条件の範囲内であってもエンジンの保護等に必要な場合に限定する。

ディフィート戦略の有無の検証について、シミュレーション法による燃費に対する排出ガス試験での実測燃費値との乖離率が3%以内である場合に、排出ガス試験が成立しているものと判断し、その際の排出ガスが許容限度(平均値)以下でなければならないものとする。それ以外の場合についてはディフィート戦略が適用されているものと判断するものとする。

【法定モード外における排出ガスを悪化させる原動機制御の禁止に係る告示改正の概要】
(パブリックコメントの内容)

(1) 道路運送車両の保安基準の細目を定める告示の改正(第41条関係)

【適用対象】

・ 軽油を燃料とする普通自動車、小型自動車(型式指定自動車及び一酸化炭素等発散防止装置指定自動車に限る。)のうち、貨物の用に供する自動車(車両総重量3.5トンを超えるものに限る。)及び乗用の用に供する自動車(乗車定員11人以上の自動車に限る。)

【改正概要】

・ オフサイクル状態において、1種類以上の排出ガス規制成分(一酸化炭素、非メタン炭化水素、窒素酸化物及び粒子状物質)を増加させるエンジン制御(ディフィート戦略)等を禁止。
・ エンジンの保護及び車両の安全確保のために必要な制御、エンジン始動時及び暖機過程時のみに必要な制御等については、その作動条件及び解除条件を明確にした上で、ディフィート戦略とみなさないこととし、禁止の対象としない。

【適用時期】

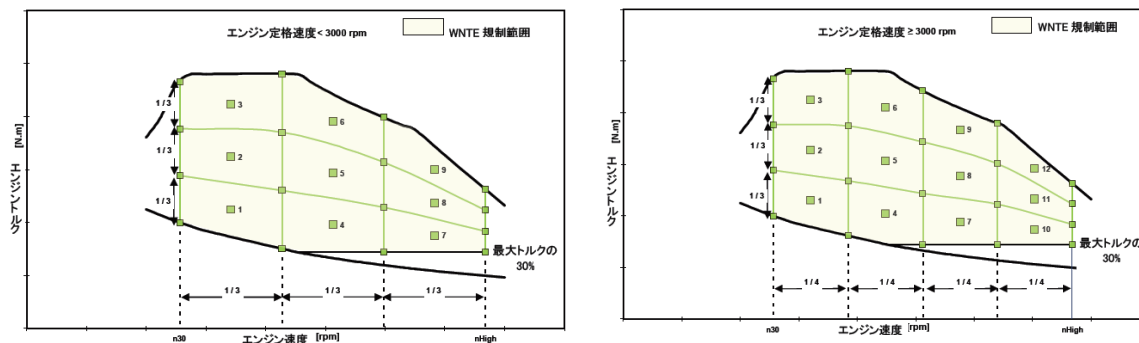
(新型車) 平成25年10月1日
(継続生産車) 平成27年 3月1日

(2) その他

「道路運送車両の保安基準第二章及び第三章の規定の適用関係の整理のため必要な事項を定める告示」について所要の改正を行う。

【オフサイクル対策に係る世界統一基準】

- 国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラムUN-ECE/WP29による
OCE(オフサイクルエミッション)対策
 - ・ディフィートストラテジーの適用禁止と、WNTe(Worldwide Harmonized Not-to-Exceed)によるオフサイクルでの排出の許容限度からなる対策。
 - ・2009年に世界技術基準 gtr No.10として採択
 - ・中環審第10次答申は次期排出ガス規制(平成28年規制)に併せての導入を答申。また、欧州でもEURO VIより導入



WNTe試験ゾーン

左図のWNTeゾーンから任意のグリッドセルを3つ選択し、1つのグリッドセルあたり5点の点を選択し試験を実施

【オフサイクル対策に係る世界統一基準】

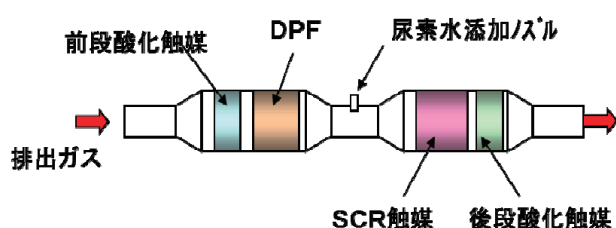
- UN-ECE/WP29によるWWH-OBD(高度な車載式故障診断システム)
 - ・ エンジンの電子制御、EGRシステム、排出ガス後処理装置等が適切に機能しているか性能監視するシステム。その要件について、2006年にgtr No.5として採択
 - ・ 中環審は次期排出ガス規制適用開始から3年以内の導入を答申。また、欧州でもEURO VIIに併せPhase Inとして導入し、EURO VIから3年後に正式に導入

II. 排出ガス後処理装置検討会について

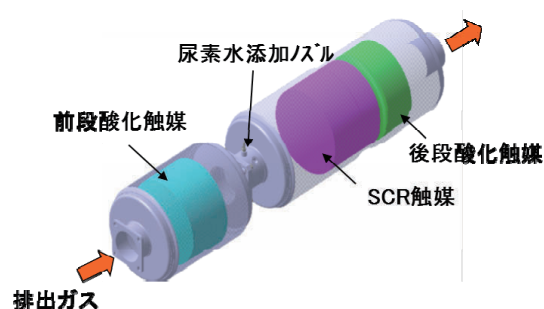
排出ガス後処理装置検討会中間報告

【尿素SCRシステムの概要】

- 尿素水を還元剤として、排出ガス中のNO_xを窒素(N₂)と水(H₂O)に還元する選択式還元触媒(Selective Catalytic Reduction)システム。
- ディーゼル重量車では、新長期規制(平成17年規制)適合車に初めて採用され、ポスト新長期規制(平成21年規制)適合車では尿素SCRシステムを導入している車種が主流。
- 新長期規制適合車の尿素SCRシステムは、排出ガス中のHC、一酸化炭素(CO)及びNOを酸化する前段酸化触媒、尿素水添加によりNOとNO₂を還元するSCR触媒、余剰のNH₃を酸化する後段酸化触媒により構成。ポスト新長期規制適合車の尿素SCRシステムでは、前段酸化触媒とSCR触媒の間にPMを捕集し燃焼除去するDPFが追加されている。SCR触媒では、NOとNO₂が適当な比率である時に還元反応が最も効率良く行われる。



平成21年規制適合車搭載尿素SCRシステム図



平成17年規制適合車搭載尿素SCRシステム図

排出ガス後処理装置検討会中間報告

【検討の背景】

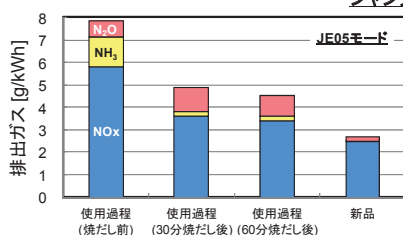
- 環境省の調査の結果、平成17年規制(新長期規制)に適合した車両のうち、尿素SCRシステムを搭載した使用過程車について窒素酸化物(NOx)排出量を計測したところ、耐久走行距離を下回る走行距離において、新車に適用される規制値を大幅に超過する事例が確認。
- 平成24年3月の中央環境審議会第49回自動車排出ガス専門委員会において、未燃炭化水素(HC)等による触媒の被毒又は触媒の性能低下が原因として考えられると報告された。これを受け、平成24年3月、環境省は、自動車メーカーに対し使用過程の尿素SCRシステム搭載新長期規制適合車でのHC被毒対策の検討を要請。
- また、平成23年度の「オフサイクルにおける排出ガス低減対策検討会」において、シャシダイナモによる排出ガス試験で同一エンジンでも後処理装置のレイアウト位置によって温度条件が変わり、排出ガス量が大きく異なることが判明。

排出ガス後処理装置検討会中間報告

【環境省調査結果(新長期規制適合車)、平成22年・23年】

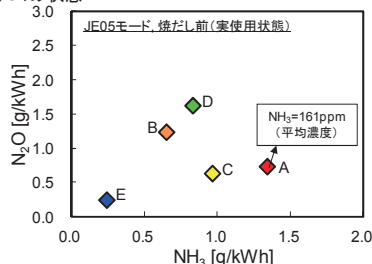
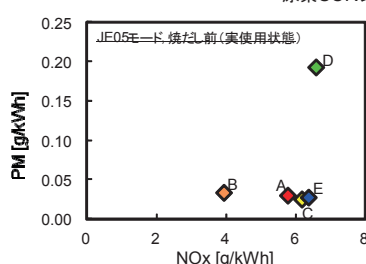
- JE05モードによるシャシダイナモ試験で排出ガスを計測した結果、 NOx 排出量が新車時の規制値を超過。 NH_3 及び温室効果ガスである N_2O の排出量も、新品の尿素SCRシステム搭載時に比べて大幅に増大。原因として、触媒の未燃HC、S、P、その他金属による被毒又は触媒の性能劣化が考えられる。
- 触媒のHC被毒解消を図るため、尿素SCRシステムを昇温後に再度排出ガスを計測した結果、 NOx 排出量はやや低減するものの、依然として新車時の規制値を超過し、 NH_3 排出量は低減する一方、 N_2O 排出量は増加。

シャシダイナモ試験結果



尿素SCRシステムの状態		JE05 test#	テールパイプ NOx (g/kWh)	テールパイプ NH ₃ (mg/kWh)	テールパイプ N ₂ O (mg/kWh)
使用過程	焼だし前(実使用状態)	n1	5.72	1345.9	735.7
		n2	5.83	1344.1	707.4
		ave	5.78	1345.0	721.5
	30分焼だし運転後	n1	3.51	245.3	1090.5
		n2	3.65	242.3	997.1
		ave	3.58	243.8	1043.8
新品(慣らし運転後)	60分焼だし運転後	n1	3.39	187.6	956.9
		n1	2.35	12.5	226.3
		n2	2.69	12.9	204.0
		n3	2.41	10.2	186.7
		ave	2.48	11.9	205.7
		ave	2.48	11.9	205.7

尿素SCRシステムの状態



シャシダイナモ試験結果(新長期規制適合車5台)



シャシダイナモ試験

【検討の背景】（続き）

平成24年8月の中環審第11次答申及び同答申別添の専門委員会報告は、今後の検討課題として以下を求めている。

- 触媒のHC被毒を解消するため、使用過程車において尿素SCRシステムを定期的に昇温することなどによる対策の実施を検討すること。
- 前段酸化触媒については、HC被毒以外の原因によっても性能が低下していると考えられるものの、その原因は特定できていないため、原因について引き続き調査を行った上で、前段酸化触媒の性能低下への対策を検討すること。
- 耐久走行距離を下回る車両走行距離で尿素SCRシステムの性能低下が確認されたため、走行実態の中でも尿素SCRシステムにとって厳しい走行条件を考慮した耐久走行試験法への見直しを行うべきこと。
- 同一エンジンでも後処理装置のレイアウト位置による温度条件の変化により排出ガス量が大きく異なることから、エンジンベンチ認証試験条件を、後処理装置にとって、使用実態の中でもより厳しい条件に変更すること。

→ 国交省・環境省は、24年10月に合同検討会を設置、25年3月に中間報告を公表
検討会中間報告： <http://www.mlit.go.jp/common/000990922.pdf>

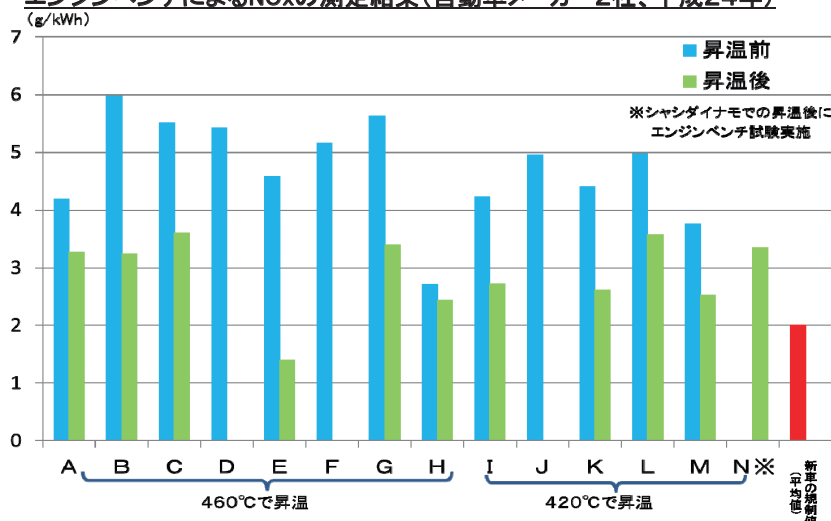
排出ガス後処理装置検討会 中間報告の概要（1）

・ 尿素SCRシステムの性能低下の原因の究明状況

● 新長期規制適合車における排出ガスの実態

- ・ 使用過程の尿素SCRシステム搭載の新長期規制適合車のNOx排出量について、エンジンベンチ試験及び一部車両についてシャンダイナモ試験を実施。
- ・ 試験の結果、いずれの場合もNOx排出量が新車に適用される新長期規制の規制値2.0g/kWhを大きく上回っていた。なお、この規制値は、新型車が型式認証の際に満たすべき規制値として規定されているもの。
- ・ 性能低下の原因として考えられるHC被毒の解消を図るため、実車でも実現し得る昇温運転を実施し、再度試験を実施したところ、依然として新長期規制値を上回るものの、NOx排出量は低減。
- ・ なお、アンモニア(NH₃)及び亜酸化窒素(N₂O)についても新品の尿素SCRシステム搭載時に比べて増大しており、昇温運転後はNH₃排出量は低減する一方、N₂O排出量は増加。

エンジンベンチによるNOxの測定結果(自動車メーカー2社、平成24年)



エンジンベンチ試験を実施した車両諸元

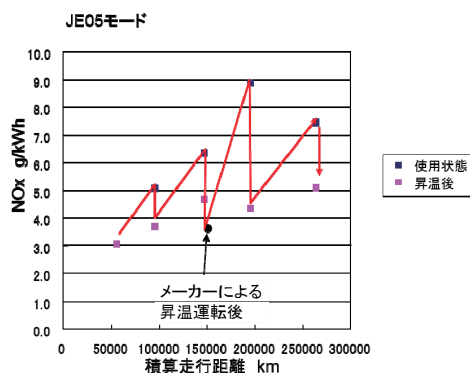
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
種別	貨物(トラクタ)	貨物	貨物	貨物	貨物	貨物	貨物	貨物(トラクタ)	貨物	貨物	貨物	貨物	貨物	乗合(バス)
車両総重量(kg)	18,700	24,990	24,990	24,960	24,549	24,950	24,950	38,550	24,970	24,930	24,980	24,980	24,930	24,930
走行距離(km)	286,000	540,622	550,600	598,500	300,931	379,500	349,483	156,800	596,550	217,374	221,281	668,808	192,153	212,000
使用状況	地場主体	高速・地場同等	高速主体	高速主体	高速主体	高速主体	地場主体	高速・地場同等	やや高速主体	高速・地場同等	高速・地場同等	高速主体	地場主体	地場主体

排出ガス後処理装置検討会中間報告

交通研による使用過程車の排出ガス試験

調査内容

- 使用過程にある重量車の排出ガス性能維持や劣化に関する調査の一環として、都市内を走行する新長期規制適合の路線バスで尿素SCRを搭載したものの2台について、排出ガス性能の調査を実施した
- 排出ガス性能の推移を把握する目的で、うち1台は、過去に試験をした履歴のあるものとした
- 過去の試験調査の結果から、HC被毒等によるNOx浄化性能の劣化が想定されたことから、昇温運転および触媒交換による性能回復効果の検証などを行った



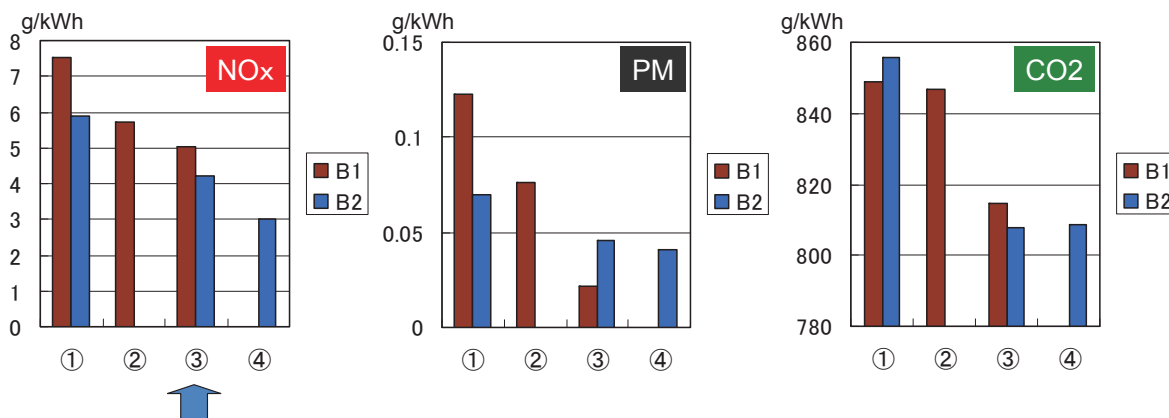
同一試験車両での排出ガス試験結果推移



SCR触媒を含む排気マフラー、新品(左)と26万キロ走行後(右)

排出ガス後処理装置検討会中間報告

交通研による使用過程車の排出ガス試験(シャシダイナモ試験結果)



- ① 持込状態
- ② 380°C 30分昇温後
- ③ 500-420°C 30分昇温後
- ④ 新品触媒に交換後
(2回試験をしている場合は平均値とした)

- 昇温運転により、NOxのみならずPM、CO2(燃費)についても改善。
- 昇温運転を実施しても、NOx排出は新品触媒レベルまで戻らない。
- 新品触媒時には低い値となっていることから、エンジン本体には問題がないとみられる。

【尿素SCRシステムの性能低下の原因の究明状況】**●SCR触媒・後段酸化触媒**

- SCR触媒については、未燃HCが触媒表面に付着するHC被毒が劣化の主要原因。HC被毒により性能が低下したSCR触媒であっても、触媒を昇温して触媒に付着したHCを除去すれば、設計性能を回復することが期待できる。
- また、NH₃スリップ防止を主目的とする後段酸化触媒についても、触媒を昇温して触媒に付着したHCを除去することでNH₃排出量が減少することから、設計性能を回復することが期待される。
- なお、S、P、その他金属による被毒や、触媒の熱劣化はほぼないものと考えられる。
- ポスト新長期規制適合車については、現在国内で導入されている全ての型式にディーゼル微粒子除去装置(DPF: Diesel Particulate Filter)が導入。DPFでは粒子状物質(PM)を燃焼して処理しており、その際の発熱によりSCR触媒等が加熱され、HC被毒が解消しているものと考えられる。

【尿素SCRシステムの性能低下の原因の究明状況】**●前段酸化触媒**

- SCR触媒でNO_x浄化率を確保するためには、上流に配置された前段酸化触媒での酸化反応により、排出ガス中のNO及びNO₂の比率を適切なものとした上で、SCR触媒でNO_xの還元反応を行うことが必要。
- 前段酸化触媒については、SCR触媒と異なり、昇温しても性能が回復しないことが判明。HC被毒による一時的な劣化のみならず、S被毒等による永久的な性能劣化が生じている可能性が高い。
- しかしながら、前段酸化触媒へのS化合物の蓄積量と性能劣化の度合いは必ずしも比例しておらず、また、蓄積したS化合物が触媒の構造等に及ぼす影響やそのメカニズム、車両の走行パターンとS化合物の蓄積量の関係等、解明すべき課題は多い。

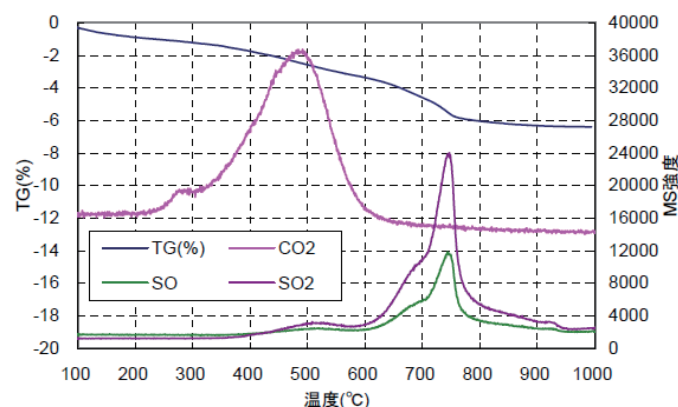
排出ガス後処理装置検討会 中間報告の概要（２）

- SCR触媒のHC被毒メカニズムの究明結果と対策の方向性

排出ガス後処理装置検討会中間報告

【SCR触媒の劣化要因の分析】

- 自動車メーカーに新長期規制適合車向けのSCR触媒を供給している触媒メーカーの協力により、触媒テストピースによる活性試験及びTG/MS分析を実施した。
- 触媒活性試験の結果、500℃に昇温することによりSCR触媒の活性が回復していることが確認された。
- TG/MS分析の結果、350℃付近からHCの脱離の開始が確認された。

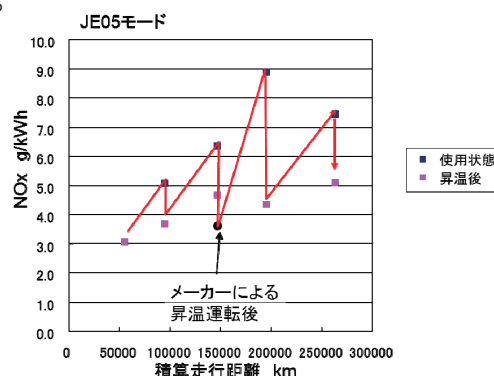


SCR触媒のTG/MS分析結果の一例
（350℃付近より二酸化炭素（CO₂）のピークが始まる。）

【昇温によるSCR触媒の性能回復の可能性】

- 交通研では、同一の使用過程車（路線バス、総走行距離約26万km）について、これまでに約1年毎、5回のシャシダイナモ試験を実施。
- 走行距離に対するNOx排出量が増大する量が顕著であったことから、測定の際にはシャシダイナモにおいて高温の排出ガスによる昇温（420℃、30分間）を実施した後に、再度排出ガスを計測。
- 昇温前の試験では、前回の昇温後の試験よりNOx排出量が増大していることから、前回試験後の約1年程度の運行の間にHC被毒が進行したと考えられる。一方、昇温を実施することにより繰り返しNOx排出量を低減することも確認。

- 前掲の環境省調査で試験した車両でも、1年程度の使用後に自動車メーカーにおいてエンジンベンチ試験を実施したところ、同様にHC被毒が進行していることも確認。



交通研における同一試験車両での排出ガス試験結果推移

【HC被毒対策：検討の視点】

- HC被毒対策としては昇温が有効。これまでの調査結果を基にすれば、SCRを昇温すれば350℃程度からHCは脱離を開始し、最終的にはほぼ新品同様に性能を回復。
- ただし、車両が再び使用されれば、時間の経過に伴い再びHC被毒が進行することが予想されるため、定期的な昇温によりHC被毒解消を図ることが必要。また、被毒の進行度合いは車両の使用形態などにより大きく異なると予想。このため、具体的な昇温条件（温度、加熱時間、頻度等）については、車両の種類や使用形態に応じて精査が必要。
- 尿素SCRシステムを搭載する車両は主に運送事業用であり、昇温作業に伴う長期間の運行停止は可能な限り避けるべき。昇温によるHC被毒解消の頻度及びタイミングについては、個々の事業者の事情を踏まえたものとするべき。
- 具体的な昇温の方法、頻度等については、対策の実施可能性及び有効性の視点も踏まえて検討することが必要。

【HC被毒対策:結論】

- 新長期規制適合車に搭載されている尿素SCRシステムのHC被毒に対し、昇温により解消を図ることが有効である。
- SCRシステムに付着するHCの種類・成分や量は、車両の種類や使用形態により異なるものと予想される。これまでに得られたデータに基づく知見として、検討会としては、400～500℃、40分間程度の昇温によりHC被毒解消を図ることが望ましいと判断する。
- 昇温は定期的に行う必要があるが、その頻度については、車両の使用形態等により異なるものと予想される。検討会としては、継続検査の機会等を利用し、定期的に昇温することが望ましいと判断する。
- 具体的な昇温条件(温度、時間、頻度)、昇温方法等については、自動車メーカーにおいて検討することが適当であり、検討会ではその有効性を検証していく。

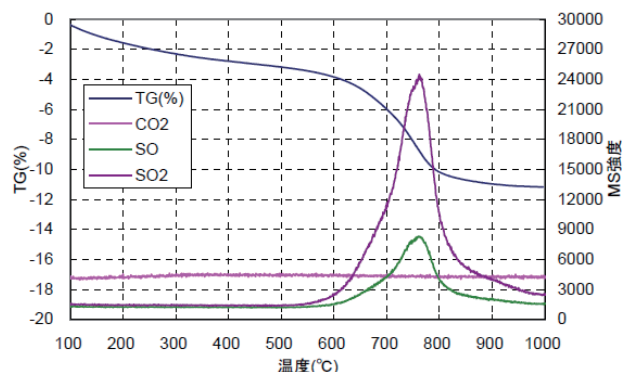
排出ガス後処理装置検討会 中間報告の概要(3)

- 前段酸化触媒の劣化原因の究明状況（中間報告）
- レイアウト位置が排出ガス後処理装置に及ぼす影響
（中間報告）
- 低速走行パターンが排出ガス後処理装置に及ぼす影響
（中間報告）

●前段酸化触媒の劣化要因の分析

- 触媒メーカーの協力により、触媒テストピースによる活性試験及びTG/MS分析を実施。
- 触媒活性試験の結果、450℃の昇温によっても前段酸化触媒の活性が回復されないことが確認。

・TG/MS分析の結果、600℃超でS化合物の脱離の開始が確認されたが、当該温度では触媒の熱劣化を引き起こす可能性もある。また、S化合物の蓄積量が同程度の触媒でも酸化活性に大きな違いが生じる場合もあり、劣化原因についてはさらなる分析が必要。



前段酸化触媒のTG/MS分析結果の一例
(600℃超で一酸化硫黄(SO)、二酸化硫黄(SO₂)のピークが始まる。)

●走行パターンによる影響の分析

- 高速走行主体車での性能低下が顕著。
- 高速走行では排出ガス温度が300℃程度であり、当該温度付近で酸化触媒の酸化活性が高くなるとともに、S化合物の蓄積量が高くなるという分析結果もある。
- また、性能低下要因としてS被毒の可能性が考えられるものの、S化合物の蓄積メカニズム等については不明な点等も多い。
- このため、走行パターンによる影響等について、引き続き調査・検討を行う必要がある。

●レイアウト位置が排出ガス後処理装置に及ぼす影響

- 自動車メーカーへのヒアリングにより、後処理装置システムのレイアウト実態、排出ガス温度を低下させない対策等について、以下が判明した。
 - 同一型式のエンジンでも、車型により、エンジンアウトから後処理装置入り口までの長さが異なり、0.3～3.8mに分布している。
 - エンジンアウトから後処理装置入口までの排気管について、主にDPF再生を正常に行うことを目的に、二重管の採用等により排出ガス温度が下がらないようにしている。

（関連動向）

- 現在の我が国のエンジンベンチ排出ガス認証試験法では、排圧が最大となる条件で計測することとしており、必ずしもエンジンアウトからの排出ガス温度が最も低下するような排気管レイアウトでの計測となっていない。
- 国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム（UN-ECE/WP29）で策定された、ディーゼル重量車排出ガス世界統一試験方法（WHDC）においては、排気管レイアウトについて、実車と同様の条件により試験を実施することが規定されている。なお、WHDCについては、平成22年の中環審第十次答申に基づき、我が国でも平成28年末までに導入予定である。

●低速走行パターンが排出ガス後処理装置に与える影響

- 尿素SCRシステムは、排出ガス温度が一定温度以下となった場合、触媒の活性が低下するため、尿素水を噴射しない制御が適用される。低速を主体とする実走行ではこの制御が多く出現すると考えられるので、低速走行時の排出削減は、実環境の改善に寄与すると考えられる。

（関連動向）

- 平成28年からのディーゼル重量車次期規制では、冷機始動時試験も評価することから、自動車メーカーにおいて、尿素SCR触媒として銅ゼオライトの採用が検討されている。低温で活性を有する銅ゼオライトの採用により、低速走行時の排出ガス低減性能も向上することで実環境での排出ガス低減に寄与すると考えられる。

排出ガス後処理装置検討会 中間報告の概要(4)

・ 今後の検討課題

排出ガス後処理装置検討会中間報告

自動車メーカーのHC被毒対策の有効性を検証するとともに、前段酸化触媒の劣化原因の究明を引き続き進める。その結果を踏まえ、更なる対策の検討を進め、本年度末までに最終報告として取りまとめる予定。

●検討課題(1) 前段酸化触媒の劣化原因の究明と対策の検討

・ 以下の方針により原因究明作業を進め、本年度のできるだけ早期に結論を得るとともに、その結果を踏まえ、本年度中に対策を検討し取りまとめ。

- 引き続き自動車メーカー・触媒メーカーなどと協力し、前段酸化触媒の劣化要因、走行パターンによる影響等を究明。なお、得られた知見については、メーカーにおける今後の開発においても活用されることが期待
- 前段酸化触媒の劣化及びSCR触媒のHC被毒についての原因究明の結果を踏まえつつ、排出ガス後処理装置の耐久性について、新型車の認証時における評価手法の見直しを進める。
- ポスト新長期規制適合車では、DPFの再生時の発熱により被毒が抑えられ、前段酸化触媒の劣化は発生していないと現時点では予想されるが、その旨を調査・検証。

●検討課題(2) 排出ガス試験方法の見直しに係る検討

•排出ガス試験法の見直しについて、以下の方針により検討を進め、本年度中に方向性を取りまとめる。その結果を踏まえ、国土交通省及び交通研は、技術基準の見直しを進める。

- 排出ガス後処理装置の耐久性について、前述の通り、劣化原因の究明結果を踏まえ、新型車の認証時における評価手法の見直しを進める。
- エンジンベンチ認証試験における排出ガス後処理装置のレイアウトの扱いについて、引き続き検討を進める。
- 低速走行時の排出ガス後処理装置の作動状況について、環境省が作成した路線バス、宅配便車、塵芥車用の走行モードを活用して調査を進める。また、銅ゼオライトについては、環境中に銅が排出されないことの確認方法を検討し、自動車メーカーにおける開発・実用化の基盤を整備することが望ましい。

●その他

•平成10年の中環審第三次答申にあるとおり、自動車メーカーにあっては、生産段階において耐久走行距離を走行した後においても良好な排出ガス性能の確保を図ることが求められている。本検討会の検討結果を踏まえ、今後の技術開発において、排出ガス後処理装置の耐久性の一層の確保を図ることが求められる。

•また、自動車メーカーにあっては、自動車排出ガス低減対策に際して、温室効果ガスである N_2O 等の排出抑制に配慮し、必要な知見の収集を進める必要がある。

•自動車ユーザーにおいては、排出ガス後処理装置、特に尿素SCRシステムの適切な稼働には、適切な品質の燃料、エンジンオイル、尿素水等の使用が必要不可欠であることに留意する必要がある。

講演 3

ディーゼル自動車の排出ガス対策技術の最新動向

早稲田大学創造理工学部総合機械工学科 教授

大聖 泰弘



2013年5月31日

ディーゼル自動車の排出ガス対策技術の 最新動向

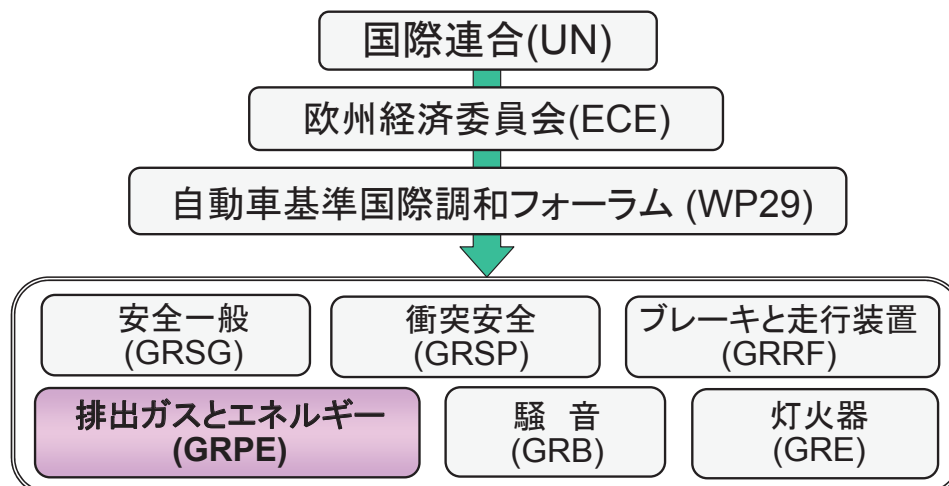
早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科

大聖 泰弘



2

自動車に関する国際基準調和活動の枠組み



■わが国としては、開発の合理化が図られる国際基準調和に積極的に参画し、推進すべき。そのような戦略の構築と国際舞台で活躍し得る人材の育成が重要な課題。
注) 各国の基準認証制度が国際貿易の不必要な障害を防ぐためのWTOの「貿易の技術的障害に関する協定」(1995年1月17日発効)に基づく。

国際基準調和のための排出ガス・エネルギーに関する専門家会議(GRPE)

■全世界規制(gtr)

- ・二輪車排出ガス試験法(WMTC) (決定)
- ・ノンロードエンジン試験法(NRMM) (決定)

- ・重量車排出ガス試験法(WHDC)
 - ・排出ガス故障診断(WWH-OBD)
 - ・オフサイクル試験法(WWH-OCE)
- 重量車排出ガス関係
(検討中)

- ・乗用車排出ガス試験法(WLTP) (決定へ)

■ECE規則改正

- ・粒子測定法(PMP) (決定)

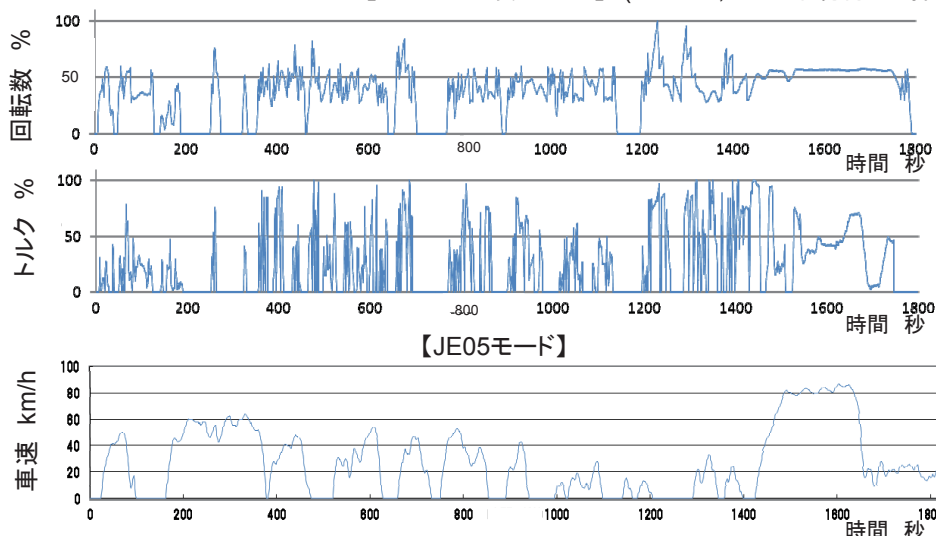
■その他

- ・環境に優しい自動車(EFV)

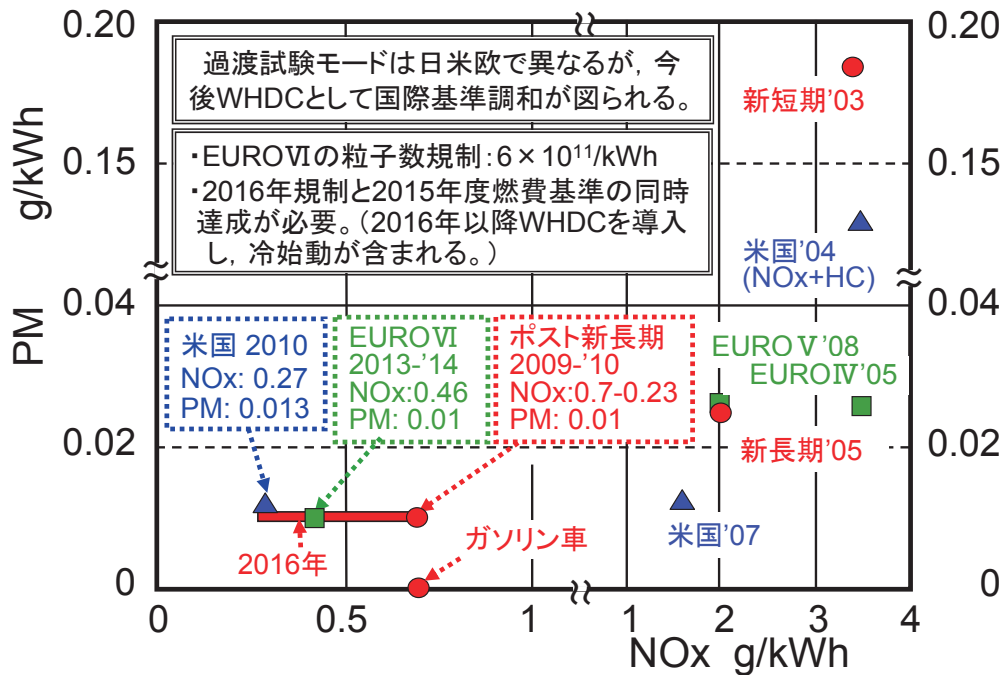
- ・燃料性状(FQ) (検討中)

次期重量車排出ガス規制における世界統一試験サイクル

国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム (UN-ECE/WP29) において、我が国も参画し、平成18年に重量車世界統一試験サイクル (WHDC) が策定された。【WHTC(過度モード)】 (EURO6, 2016年規制から採用)



日米欧におけるディーゼル重量車のNOxとPMの規制



次期重量車排出ガス規制値（2016年以降）

- ・CO₂低減対策の重要性を考慮し、今後の燃費の改善代を確保すること。
- ・NO_x還元剤の噴射制御が不適切な場合等に温室効果ガスであるN₂Oや有害物質であるアンモニアの排出量が増加するおそれがあること。
- ・後処理装置等の耐久性を確保すること。

規制物質	NOx	PM	CO	NMHC
規制値 *	0.4 g/kWh	0.01 g/kWh	2.22 g/kWh	0.17 g/kWh
ポスト新長期	0.7 g/kWh	0.01 g/kWh	2.22 g/kWh	0.17 g/kWh
低減率	43%	0%	0%	0%

* エンジンが冷機状態、暖機状態において、それぞれ排出ガス試験を実施する。
 排出ガス量 = 冷機時排出ガス量 × 0.14 + 暖機時排出ガス量 × 0.86

【平成28年までに見込んだエンジン技術の進展】

- ・二段過給，二段過給導入によるエンジンダウンサイジング
- ・EGR率の増大，EGR制御の高度化，一部車種へのLP-EGRの採用
- ・燃料噴射圧力の向上，PCI燃焼範囲拡大等の燃料噴射制御の高度化
- ・一部車種へのターボコンパウンドシステムの採用

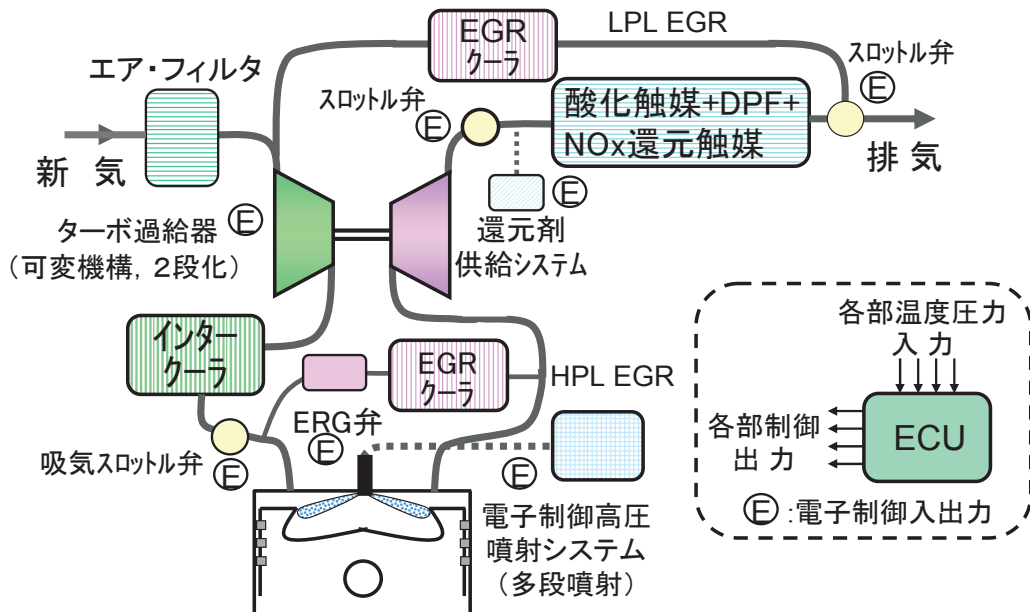
ディーゼル重量車のディフィートストラテジーの適用禁止（中環審第11次答申より、2012年8月）

- 法定試験モードに外の運転条件において、排出ガスを悪化させるディフィートストラテジーとみなされるエンジン関連の制御の適用を禁止する。ただし、そのような制御の中に、エンジン保護（排出ガス低減装置の故障防止）や車両の安全確保のために必要と考えられる制御については、それと見なさないこととする。
- 【保護制御の運転条件】
 - ・低回転連続運転時 ・高負荷・高回転時 ・エンジンオーバーヒート危険時
 - ・高地での運転時 ・低大気温度時 ・エンジン等異常検出時
- エンジン始動時や暖機過程時の低温のための触媒低活性等、意図的な制御以外の要因により排出ガス低減装置が有効に作動しない場合に配慮する。
- エンジンを保護する条件から外れた場合は速やかに保護制御を解除すべきである。また、保護制御が許容される条件は通常発現しない運転条件の範囲のみ認め、かつその中でも作動は最小限とすべきである。
- 今後の技術開発により、保護すべき条件は変化する可能性があり、保護機能の出現頻度や新たな排出ガス低減技術等の情報収集に努め、必要に応じて条件を見直すこととする。

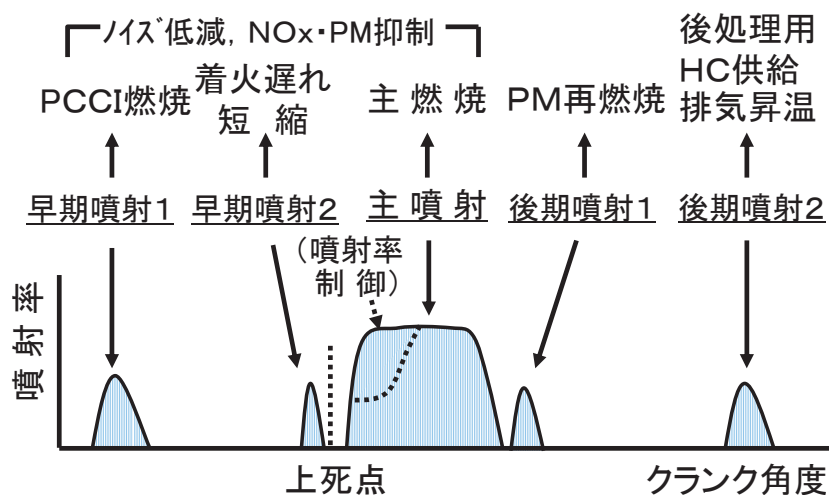
ディーゼル重量車のオフサイクルでの排出ガス低減対策に関する課題（中環審第11次答申より、2012年8月）

- エンジンベンチ認証試験条件の見直し
 - ・ 尿素SCRシステムは、触媒温度により活性状態が敏感に変化し、また、一定温度以下ではNOx浄化性能が低いこと及び尿素水結晶化による触媒損傷防止のため、尿素水の噴射を停止する制御が行われている。
 - ・ シャンダイナモでの排出ガス試験結果から、同一エンジンでも後処理装置のレイアウト位置により温度条件が変わり、排出ガス量が大きく異なることが確認されている。
 - ・ このため、エンジンベンチ認証試験条件については、使用実態を考慮して後処理装置にとってより厳しい条件に変更することが望ましい。
- 車載型排出ガス測定システムの導入
 - ・ 実走行で新車認証時の排出ガスレベルが維持されていることを確認する手法としてPEMS (Portable Emission Measurement System)が提案されており、欧州でも次期排出ガス規制EURO VIより導入される予定である。
 - ・ PEMSによる試験法や許容限度目標値の設定、システムの測定誤差や校正等の課題はあるものの、PEMS導入について検討することが望ましい。

今後のディーゼルエンジンの排出ガス対策例



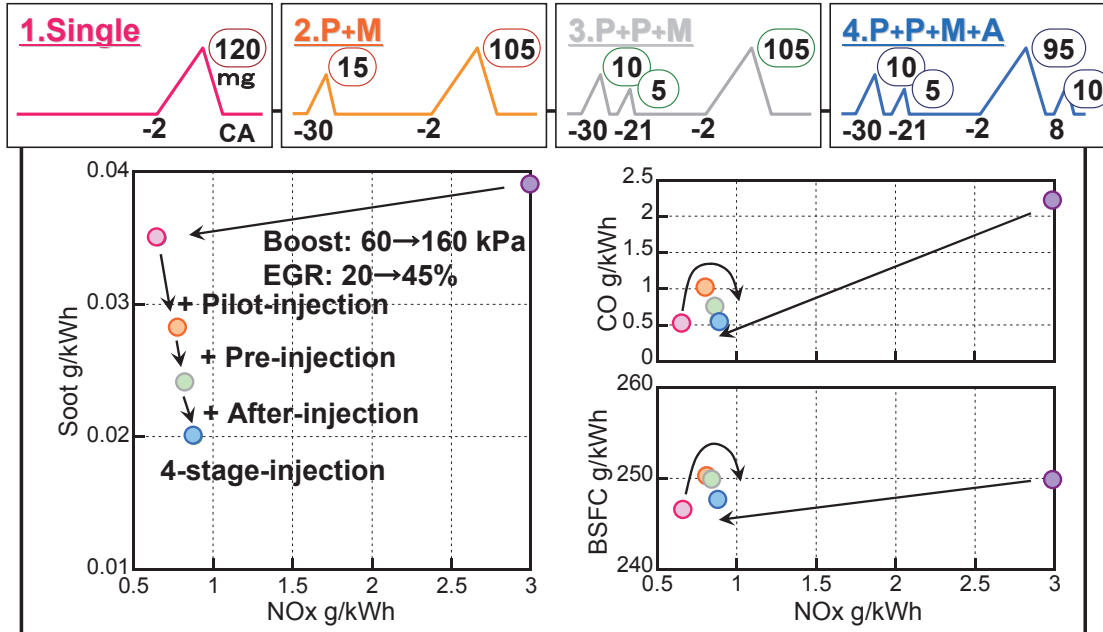
多段噴射によるディーゼル燃焼の制御



- ・ 電子制御式コモンレール高圧噴射システムの活用。
- ・ 噴射圧力: 180MPa~240MPa, 将来は300MPaへ?
- ・ 燃焼室形状との整合でさらに燃焼改善。

高過給, 高EGR, 多段噴射による直噴ディーゼル機関の 排気浄化 (早大, 自技会2008年)

Single cylinder: 2L, ε :17, Ne:1,200 rpm, Load: 60%, P_{inj} : 180 MPa



排出ガス低減と燃費改善のためのEGRの活用

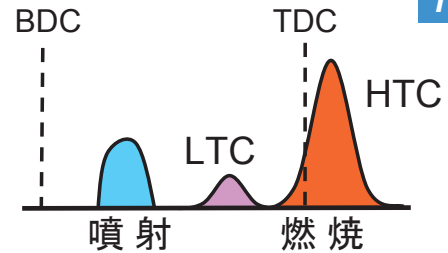
～燃焼温度を下げてNOx低減するのが本来の目的～

- 着火遅れの増加 → 噴射時期の進角
- 大量EGRによるPCCIの実現 → 不活性ガスによる燃焼温度の低下と混合時間の増加でそれぞれNOxとPMを同時低減。
等容度の増加で燃費悪化を抑制。
- 低温排気でのNOx後処理の浄化率低下を補完する。

【課題】

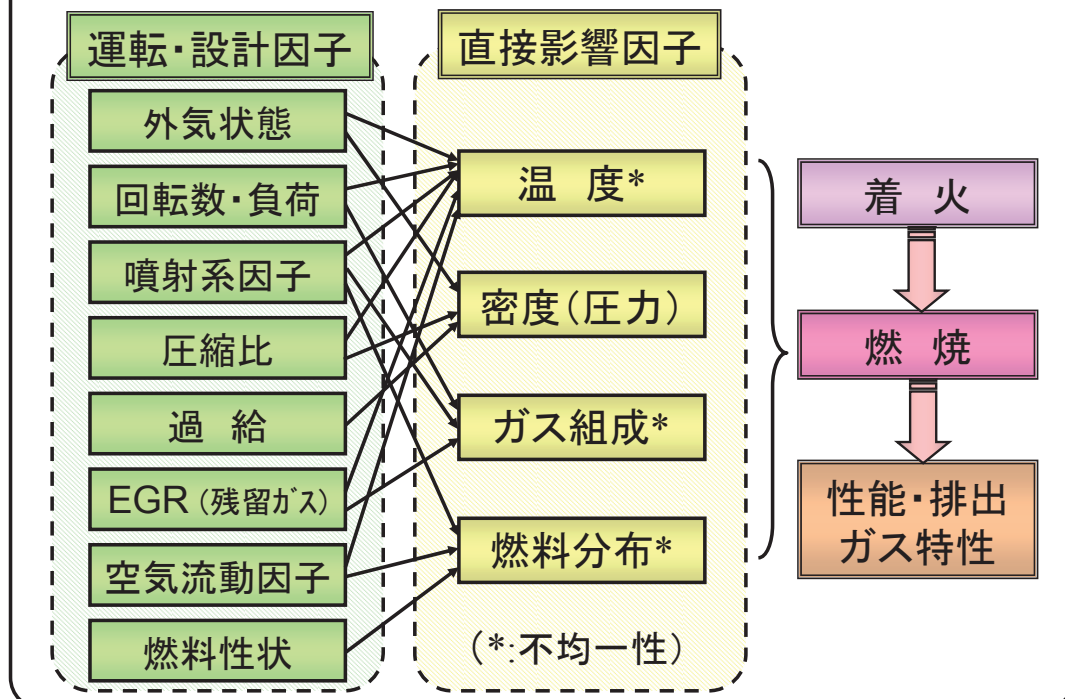
- EGRガスの温度と量の制御: HPL EGRとLPL EGRの制御ロジックとEGRクーラの利用の最適化
- 低温でのPMやHCによる吸気系の汚損やEGR弁の固着の対策
- 着火性, 燃焼速度の低下の回復(燃費改善)
 - ・ 噴射系と燃焼室形状と最適化
 - ・ 噴射圧の一層の高圧化(～300MPa?)
 - ・ 噴射の噴口数、噴射方向
 - ・ 段付き燃焼室

PCCI (予混合圧縮着火) 燃焼方式の実現可能性



- 低負荷における希薄燃焼によって超低NO_x, PMとディーゼル並みの高効率化を実現して、後処理の負担を大幅に低減することがねらい。
- ▲高負荷では爆発的な燃焼となるため適用が極めて困難。
- ▲未燃HCとCOの排出増加(燃料の壁面衝突とクエンチング)。
- セタン価、温度と混合気の不均一性に支配されるので、PCCI (Partially Premixed Charge Compression Ignition)と呼ぶべき。
- 冷始性確保、気筒間バラツキ抑制、通常燃焼との接続性等、制御が難しい。制御には、噴射制御、EGR、可変バルブ機構、圧力/火炎センサー類が必要。燃費は通常のディーゼル燃焼を超えられない。
- ガソリン車における低中負荷での燃費・排出ガス改善の可能性。
- 低温・高温における化学反応を含めた詳細な燃焼シミュレーションモデルと計測による現象解明、さらには予測手法の開発が必要。

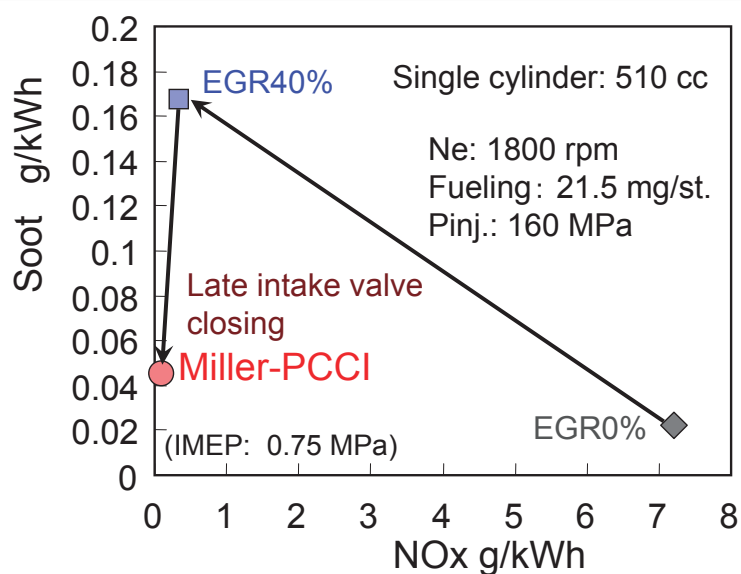
PCCI 燃焼の影響因子



PCCI 燃焼を実現する方法

方 法	特 徴
早期噴射	▲シリンダ壁への燃料付着 ▲制御が困難 ▲高負荷運転困難(主噴射との組合せ)
遅延噴射 (MK燃焼方式)	●圧力上昇率と最高圧力の抑制 ▲燃費悪化 (高スワール比で混合促進)
低圧縮比	●混合時間の確保 ▲燃費悪化(低セタン化高圧縮比の方がベター)
吸気弁遅閉 (Millerサイクル)	●制御性良好 ▲機構の複雑性 ●燃費の確保(低圧縮比化と膨張比の維持)
共通の方法	EGR, 残留ガス(内部EGR)の利用 噴射の多段化, 可変バルブ機構

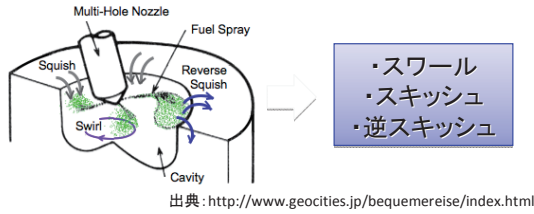
Miller PCCI燃焼コンセプトによる NOxとPMの同時低減



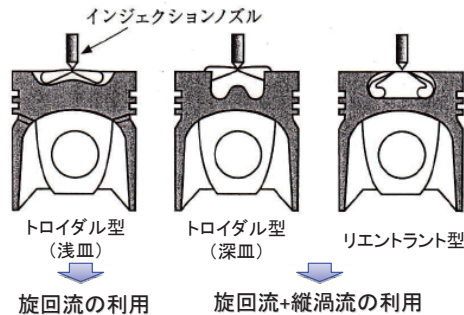
(早大:村田, 草鹿, 大聖, 交通研, SAE 2008)

燃焼室形状の最適化 (内燃機関シンポ2012, 早大 松崎・草鹿・大聖他)

直噴型ディーゼルエンジンにおける流動



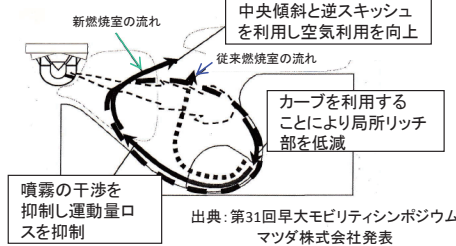
代表的な燃焼室形状



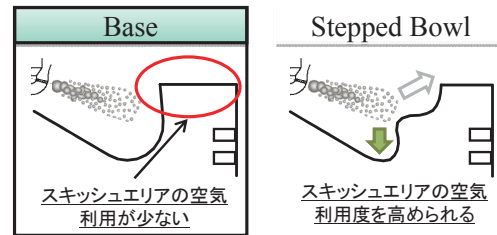
燃料噴射が高圧化されたことを受け、
噴射の流動によるタンブル流の利用に注目

燃焼室形状変更の指針

高圧噴射を利用し、中心部の空気利用率を向上

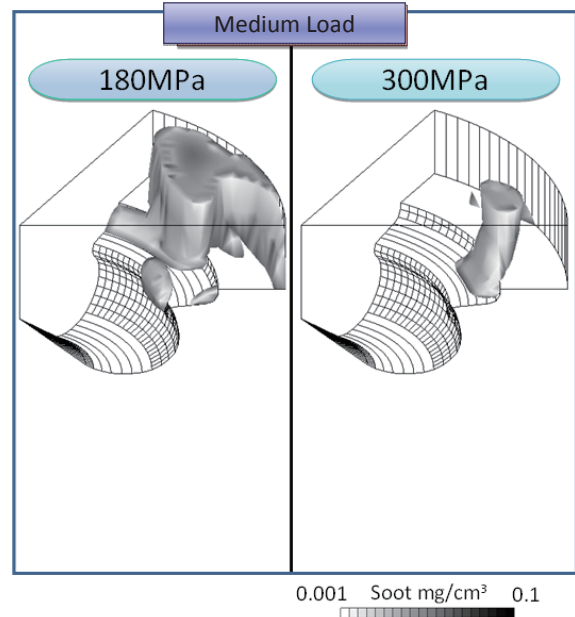
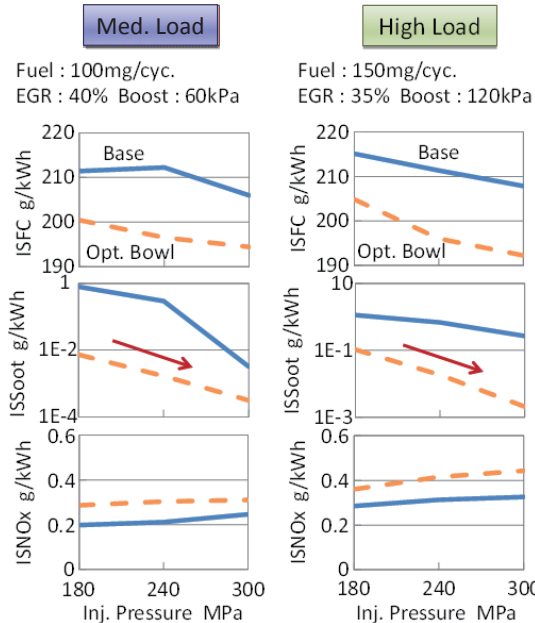


二段燃焼室形状を利用し、スキッシュエリアでの
空気利用率を向上



燃焼室形状の変更と、噴霧の衝突に関する
パラメータとして噴霧角の調整を行った

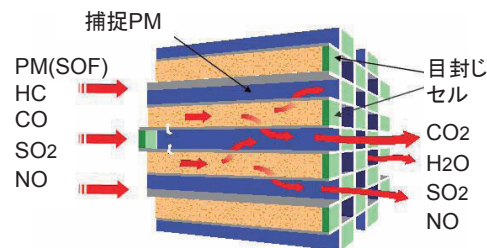
最適化した燃焼室形状と噴射圧力の影響



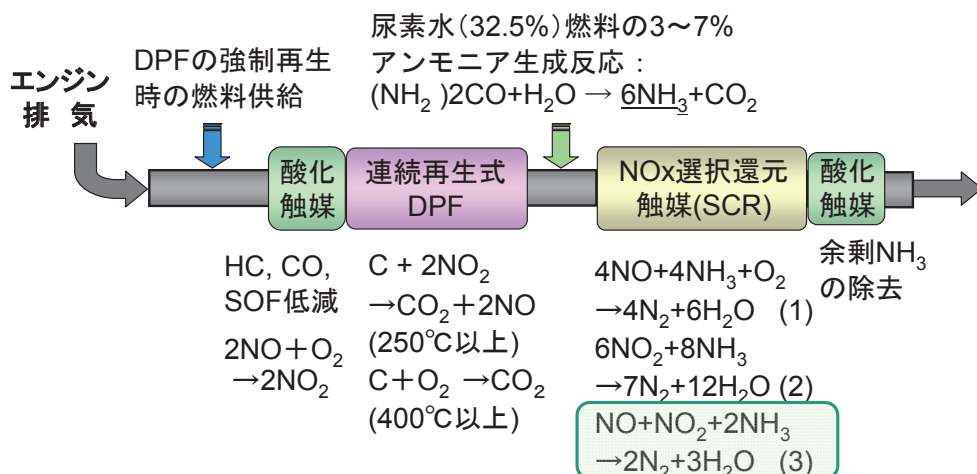
最適化形状と超高压噴射によるSootの大幅低減

壁流型ディーゼル微粒子フィルターの機能と課題

- 多孔質のセラミックフィルターでPMを捕捉し、それを再生(酸化)処理する方式。
 - ・耐久信頼性, ナノ粒子を含めた捕捉率の確保と圧力損失の抑制の両立が課題。
 - ・フィルター材料, 気孔径, 気孔径分布, 気孔率の適切な設計が必要。
 - ・連続再生: 250℃以上の高温で連続的に酸化除去する。
酸化触媒が, HCやS分で被毒する場合があります, 高温で除去する必要がある。
 - ・強制再生: 長い低負荷運転が蓄積したPMを排温を高めて酸化除去する。走行時と停車して行う場合がある。(いずれも排気温度を上げるため, 燃費が悪化する。停車時の再生は運行に不都合を招く場合がある。)
 - ・捕捉したPMを定量的に把握して再生を最適化することが課題。
 - ・NOx還元触媒との一体化の可能性
- アッシュ等による目詰まり防止のため, 10ppm以下の超低硫黄燃料, 低アッシュの潤滑油が必要。(定期的に堆積物の除去を行うことが必要な場合もある。)

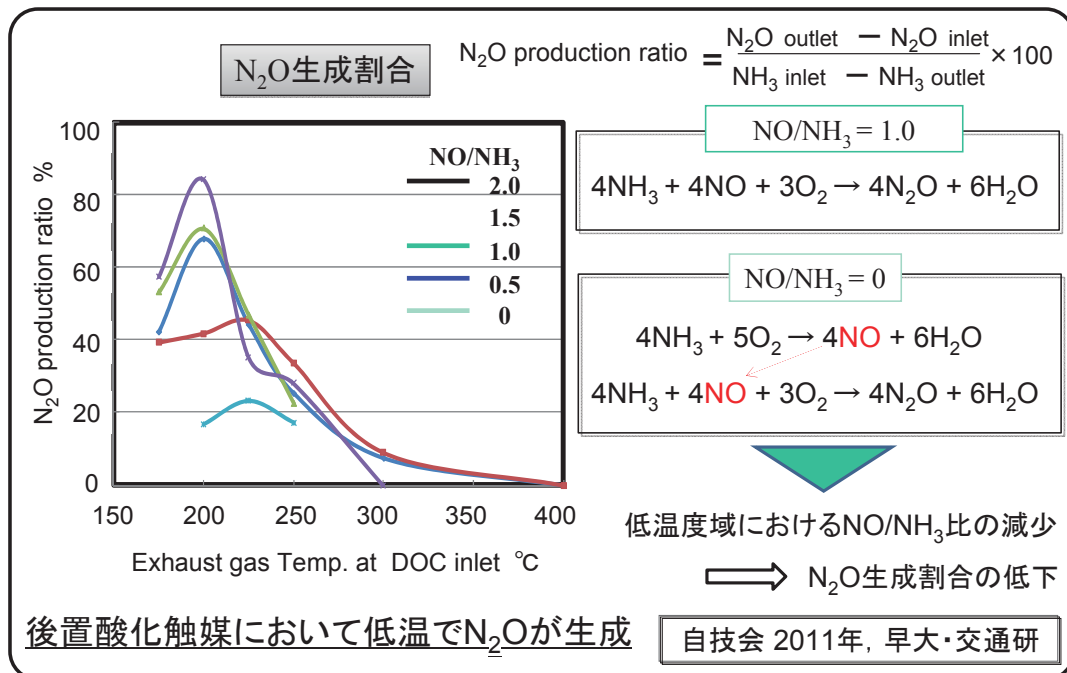


酸化触媒, DPF, 尿素SCRシステム

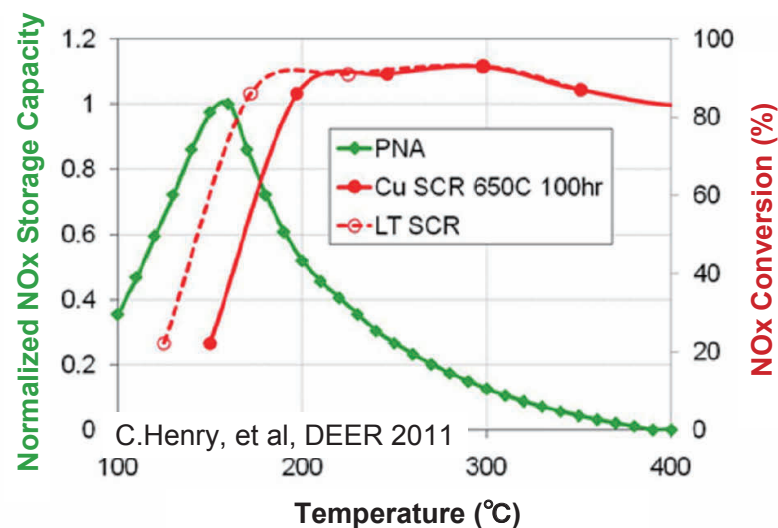


- <課題> ■ 燃焼によるNOxとPM低減, 燃費改善と後処理をどう分担するか?
 ■ DPFの強制再生での燃料消費抑制 ■ 低温でのSCR浄化率の向上
 ■ 尿素水供給量制御の最適化 ■ HCやS被毒の抑制と触媒種の選択
 ■ アンモニアとN₂Oの排出抑制 ■ コンパクト化 ■ 信頼耐久性の確保

尿素SCRにおけるN₂O生成メカニズム(定常試験結果)



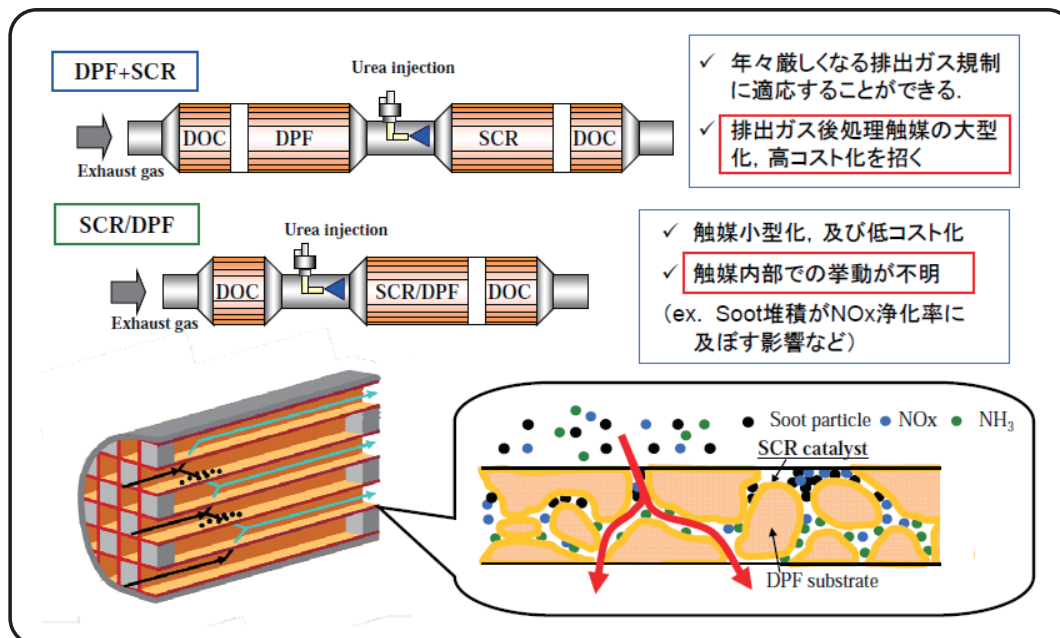
Passive NOx adsorber (PNA) と尿素SCRの組合せ



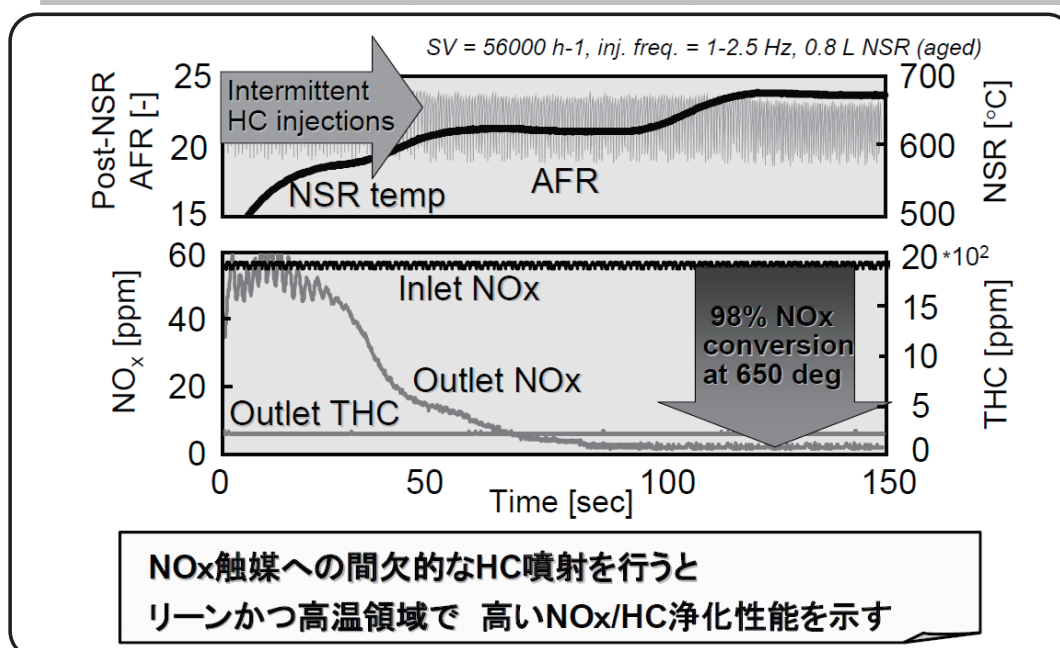
■ PNAを上流に配置し温度150℃以下で NOxを吸蔵し, 150℃以上で脱離し尿素SCRで還元する。

★その他, 異なる複数のSCR触媒の組合せや多層化のアイディアもある。

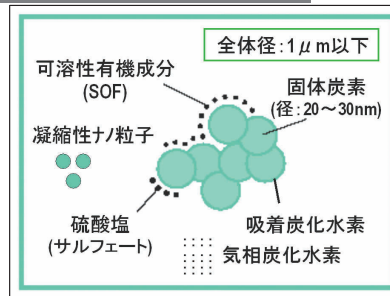
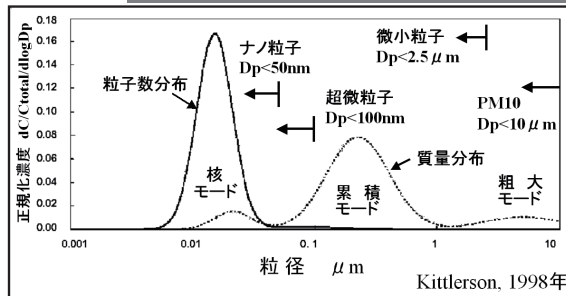
尿素SCRとDPFの一体化 (早大・中野, 草鹿他, 自技会2012年)



トヨタのディーゼル乗用車用・新NOx吸蔵還元触媒 “Di-Air” (福間, トヨタ, 自技会春季大会フォーラム2012)



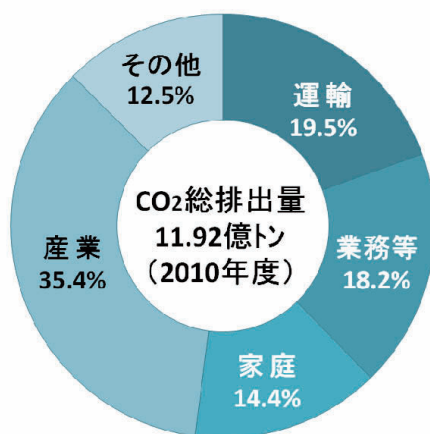
ディーゼルナノ粒子の生成と対策



影響因子	・排気温度 ・大気との希釈率 ・保持時間 ・湿度
成分	・軽油の硫黄分 ・潤滑油と添加剤 ・燃料と燃焼起源 (T90, 芳香族)
生成要因	・低温でDPF内に捕捉された成分の温度上昇時の蒸発と希釈による凝縮 ・DPF再生時, NOx吸蔵触媒でのリッチスパイク時
規制動向	・EUでのPN規制: 乗用車 6×10^{11} 個/km, 重量車 6×10^{11} 個/kWh ★直噴ガソリン車にも適用 (冷始動, 壁面衝突等で排出, GPFが必要か?) ・わが国でも“PM2.5”の環境基準が設定された。(2009年9月)
対策	・大部分はDPFで捕捉可能。酸化触媒でも除去 ・軽油低硫黄化 ・潤滑油消費量の低減, 添加剤の改善 ・DPF再生時とリッチスパイク時対策
課題	・PM2.5への影響の解明 ・測定法の確立 ・粒子数規制の可否の検討

2010年度におけるわが国の運輸部門のCO₂排出量

各部門の排出割合



分類	万トン	割合 %
自動車	20,427	88.1
自家用乗用車	11,680	50.4
自家用貨物車	3,909	16.9
営業用貨物車	4,023	17.3
バス	434	1.8
タクシー	381	1.6
内航海運	1,089	4.7
航空	919	4.0
鉄道	757	3.3
合計	23,192	100.0

★ わが国の自動車から排出される CO₂ は全体の排出量の17.1%を占めている。

ディーゼル重量車と乗用車等の2015年度燃費基準

☆トップランナー方式により、車両区別に燃費基準が設定されている。

ディーゼル重量車（車両重量3.5t超）

- 世界初の燃費基準。2002年度比で2015年度までに平均で12.2%の改善。
- 2009年からのポスト新長期排出ガス規制による燃費悪化の克服が必要。
- 車体の種類や形状が多いことを考慮し、定常運転でのエンジン燃費特性をもとに数値シミュレーションによる評価を行う。

乗用車等

- 現 状：1995年度比で22.8%改善する2010年度の乗用車燃費基準はすでに達成されている。（2004年度に約22%改善）
- 車両の重量区分を一層細分化。
- エンジンと動力伝達技術の改善効果で2010年度基準値に対して平均で29.2数%の改善が可能な見通し。2004年度比で23.5%改善，2015年度基準が達成されれば，1995年度に対して約40～50%の改善
- ガソリン車とディーゼル車の区別廃止でディーゼルには有利。
- 2020年度燃費基準が2011年に提示された。

2015年度重量車の燃費基準（車両総重量>3.5トン）

<トラック> (L/km)

車 種	基準2002年度	2015年度	改善率
トラクター以外	6.56	7.38	12.2%
トラクター	2.67	2.93	9.7%
全 体	6.32	7.09	12.2%

<バ ス> (L/km)

車 種	基準2002年度	2015年度	改善率
路線バス	4.51	5.01	11.1%
一般バス	6.19	6.98	12.8%
全 体	5.62	6.30	12.1%

自動車の燃費改善技術

燃費改善率 ◎: 10%以上 ○: 5~10% □: 5%以下

対 象		技 術 (G:ガソリン車, D:ディーゼル車)	
エンジン	新方式	◎直噴ガソリン(G) ◎ハイブリッド化 ◎ミラーサイクル ○リーンバーン, HCCI(G)	
	制 御	○アイドルストップ □減速時燃料カット □空燃比, 点火時期制御の高精度化(G)	
	機 構	□4弁化 ○可変ターボ過給 ○可変弁機構(VVT等による可変圧縮比) ◎可変気筒機構 ◎エンジンダウンサイジング	
	摩擦低減	□潤滑特性の改善 □運動部の軽量化	
駆 動・ 伝達系	ATの改善	○無段変速機(CVT) ○自動化MT(DCT) □ATの電子制御化 □ATの多段化	
車 体		◎軽量化(樹脂, 軽金属, 超高張力鋼の利用) ◎空気抵抗低減(高速時) □低転がり抵抗タイヤ	
その他		□補機類の高効率化(電動化) □廃熱利用	

ディーゼル商用車の高効率化

■物流と公共交通を担うディーゼル車の一層の高効率化は、スーパークリーン化との両立共通の課題。

- ①エンジンシステムの高効率化
- ②高過給ダウンサイジング化(低速・高トルク化(高BMEP化))
- ③ターボコンパウンド(メカニカル／エレクトリック)
- ④ハイブリッド化 ⑤排気熱の利用(ランキンサイクル等)
- ⑥軽量化(超高張力鋼等の利用)
- ⑦空力特性の改善 ⑧低転がり抵抗タイヤの利用

■信頼耐久性, 保守の容易性の確保, 低コスト化が重要

★小型車・中量車(域内輸送用), 路線バス

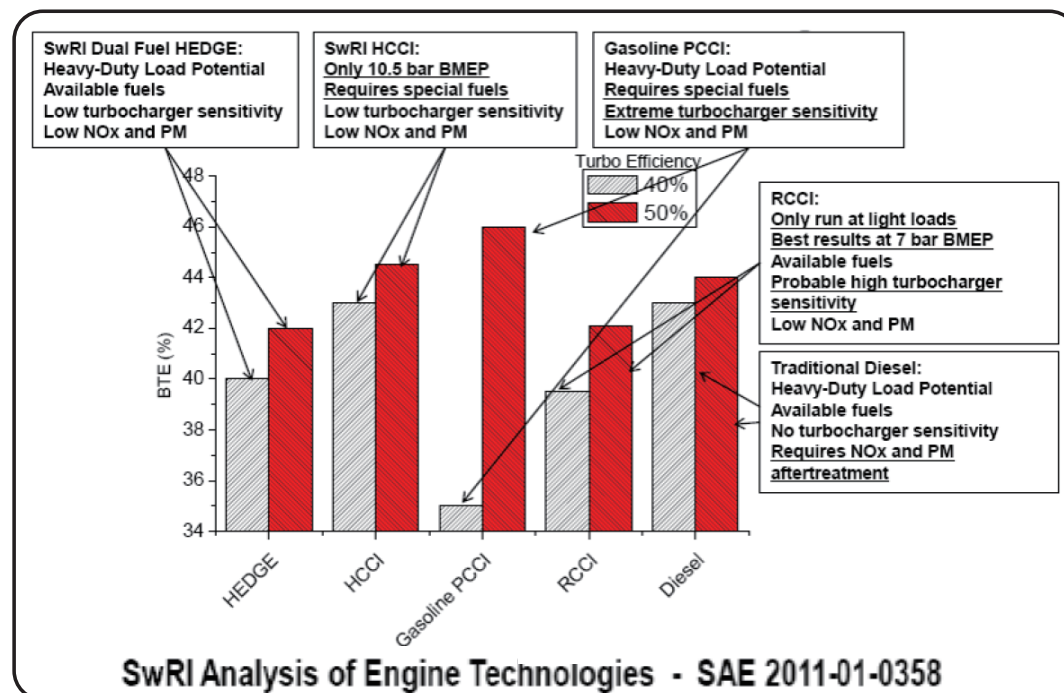
④ハイブリッド化

★長距離高速輸送用の重量車

エンジンシステムの高効率化が最重要

③, ④(シリーズハイブリッド?), ⑤, ⑦, ⑧

各種エンジン燃焼方式の熱効率比較



米国NHTSAとEPAによる大型ピックアップトラックを含む商用車の燃費基準(2014~18年)

- 2014~18年モデルの5年間を対象期間とし、2010年比で6~23%の燃費改善を求めるもので、米国初の商用車の燃費基準の実施となる。
- 対象車両は大きく3カテゴリーに分けられ、2010年実績比で、燃費と二酸化炭素(CO₂)排出量の削減が求められる。(N₂OとCH₄:0.1g/bhph以下)
 - (1) トレーラーヘッドなどを含むコンビネーション・トラクター: 最大20%
 - (2) ピックアップトラックやバン等の一般商用車
 - ・ガソリン車: 10%改善
 - ・ディーゼル車: 15%
 - (3) スクールバス、ゴミ収集車等の特殊車両を含む商用重量車: 10%

ただし、屋根の高さや重量などによって規制値が異なる場合がある。
- 詳細情報: NHTSAのウェブサイト, <http://www.nhtsa.gov/fuel-economy>
- なお、2010年4月には、乗用車と小型トラックを対象に企業平均の新規制を決定。2012年から16年までにCO₂の排出量を段階的に42%削減し、燃費を現行の27.5MPGから35.5 MPG(約15km/L)に引き上げる。
- 一層の改善を求める次期基準(2020~25年)の検討が開始されている。

米国エネルギー省 “SuperTruck Program” の概要

■ ”21st Century Truck Partnership” の一環

■ 予算と期間

- ・DOEの助成(50%補助)約100億円／4社
 - Cummins, Navistar, Daimler (DDC), Volvo
- ・5年間:2010年～2014年

■ 目 標:

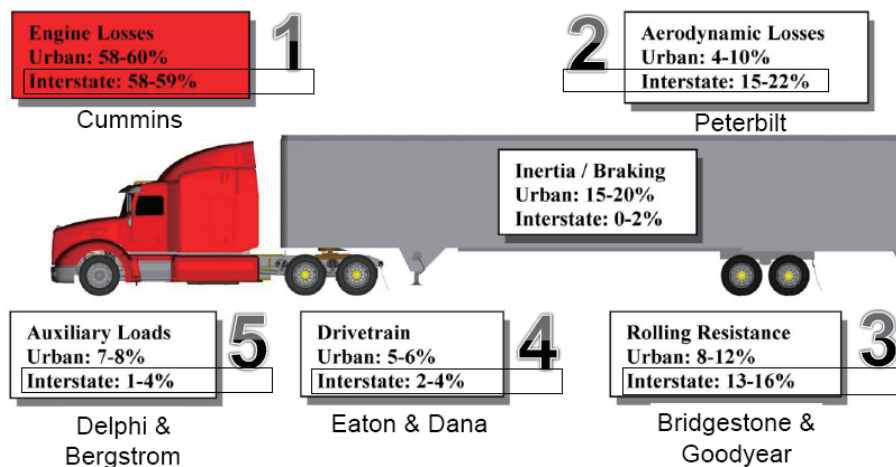
- ・輸送効率全体を50%改善する。
 - トラクター／トレーラーの車両技術で30%達成
 - エンジン技術で20%達成
- 正味熱効率(BTE)50%達成(42%→50%)
- さらに, 正味熱効率55% の見通しを付ける。

■ 課 題

- ・費用対効果 ・ロバスト性 ・軽量化
- ・低燃費と低排出ガスの両立
(NOx後処理システムの簡素化)
- ・そのための燃料性状の決定(デュアル燃料の利用?)

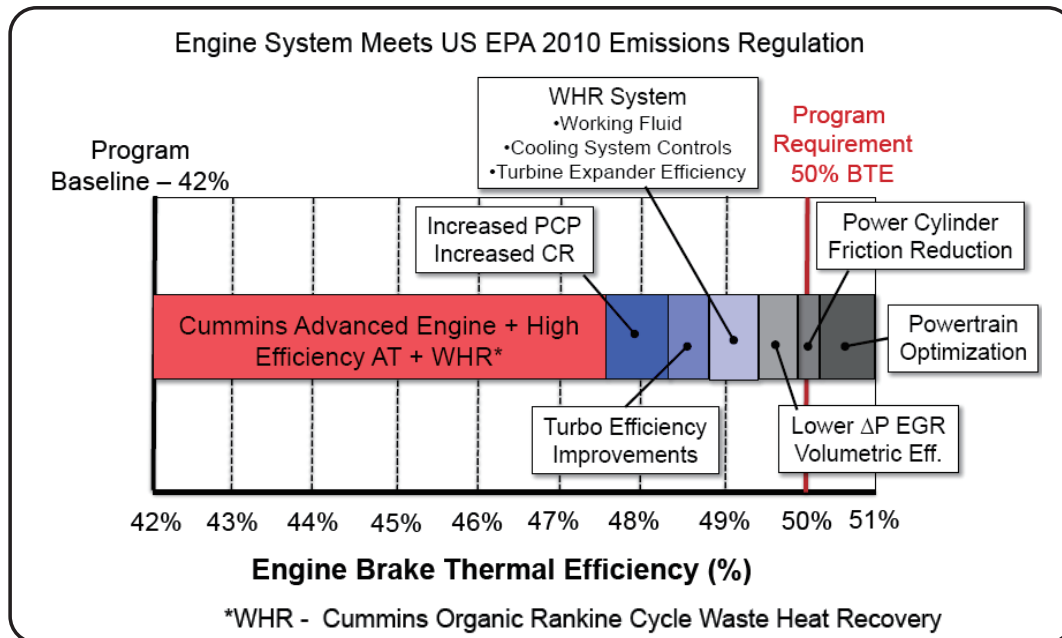
Cummins社の総合的燃費改善手段 米国DOEのSuperTruck プログラム(2010~2014年)

Analysis of 27 Drive Cycles for Class 8 Vehicles
with a Variety of Seasons (Summer, Winter, etc.)

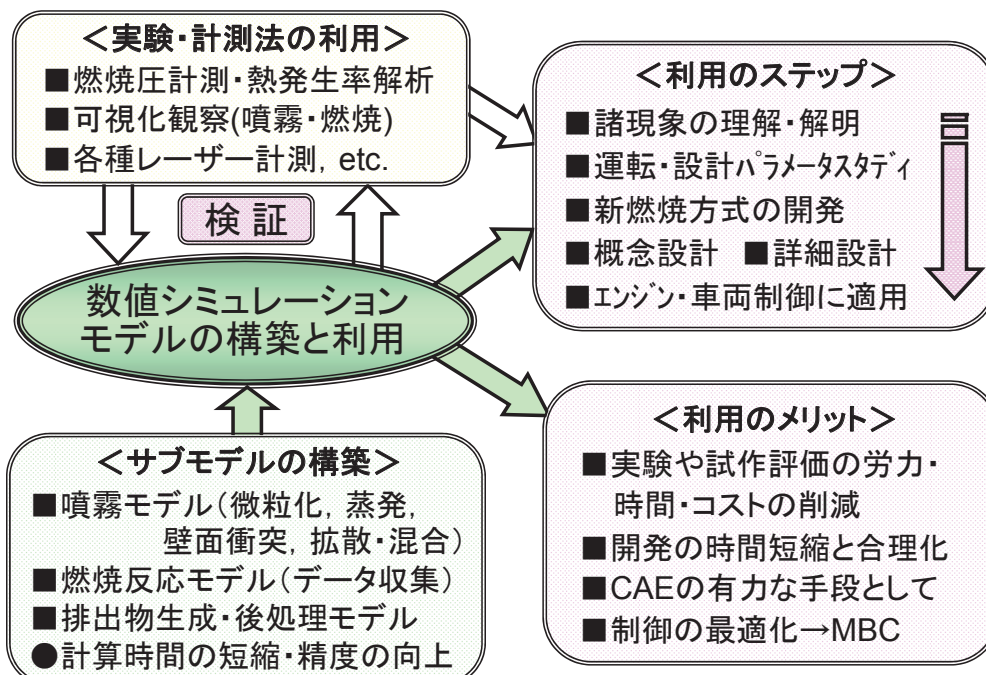


Analyze: Where is the energy going? Identify priority.

Cummins社による熱効率達成目標達の予測 —解析とコンポーネント評価による—(2012年)



エンジン燃焼システムの研究開発・設計に 関わる数値シミュレーションの役割



エンジン制御の方法論の新たな展開

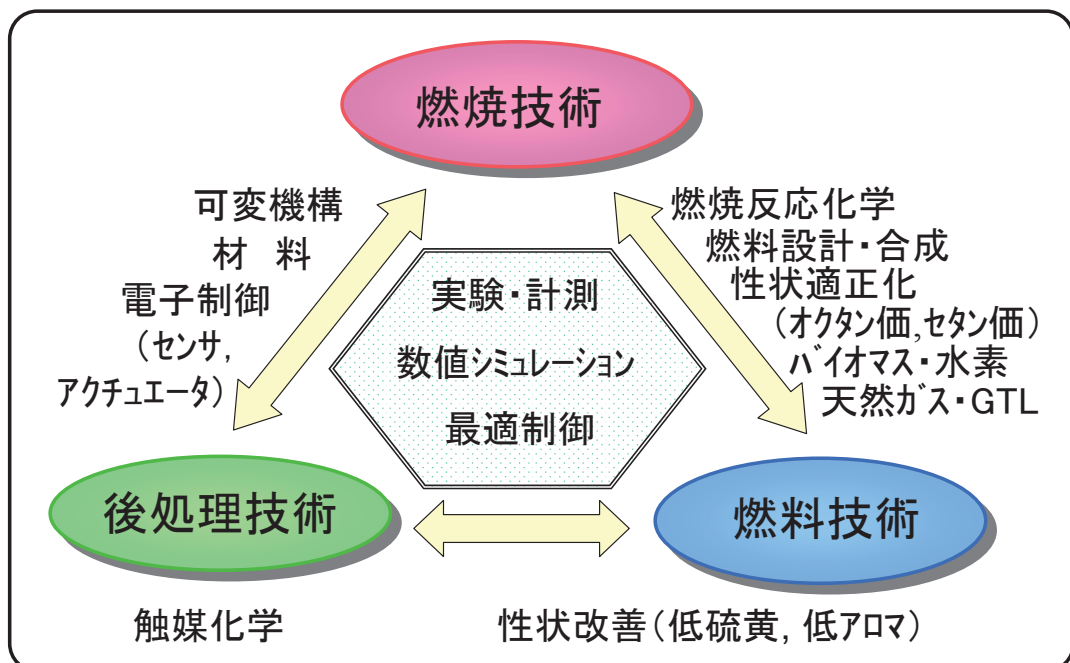
■ “Map-Based Control”の限界

- ・今後の排出ガス規制と燃費基準の強化により、対策技術が高度化し、エンジン制御用のデータとパラメータの増大
- ・エンジンMapの複数・大容量化と適合・チューニングの限界
- ・各車に対応したMap作成の工数拡大
- ・定常データを使った過渡特性への対応の限界

■ “Model-Based Control”へ

- ・新たな制御ロジックに基づくMath ModelやPhysical Model による制御の迅速化と他機種への柔軟な適用性
- ・センサー、アクチュエータの利用の最小限化
- ・多車種に対する開発工数／コストの低減

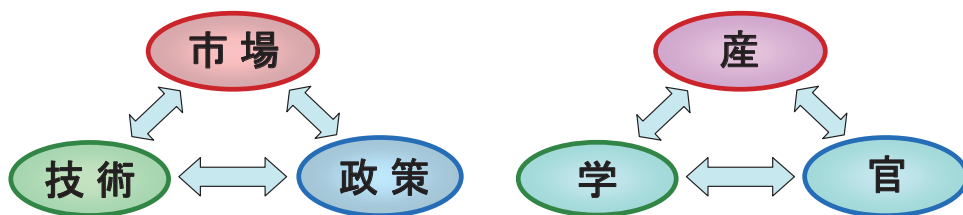
エンジンに関わる3つの技術



重量車の排出ガス対策技術の開発に関わる今後の課題

- 排気浄化と燃費改善の両立が今後の大きな課題
(2015年度燃費基準と2016年規制の達成)
- 排出ガスと燃費の試験法の整合性
- 後処理システムの一層の高性能化, 耐久試験法の確立と信頼耐久性の確保
- 実走行時の排出ガス特性の把握とその対策
(Real driving emissions, Off-cycle emissions の対策)
- ナノ粒子の排出特性とPM2.5への影響の明確化
- 後処理システムへの負担を大幅に軽減する革新的な燃焼技術の開発が不可欠
- 最新技術の提供を通じた新興国への支援も必要

持続可能なモビリティを支えるエンジン技術の研究開発に関わる課題



- 環境・エネルギー, 経済性, 利便性, 快適性, 安全性, 災害対応に配慮した持続可能な移動と輸送の手段を提供するモビリティ社会の構築を目指す。
- 革新的な動力システムの開発に関わる継続的な国の支援と産学官の連携による取組みの推進。
- 国際的な技術競争力の維持・強化。そのための人材の確保と育成。
- 人, クルマ, 物, 道路, 燃料インフラを結び, 高効率の移動と輸送を可能にする ITS, IT, ICTの開発と普及促進。
- 新興国への技術と政策に関わる適切な支援を通じた国際貢献。

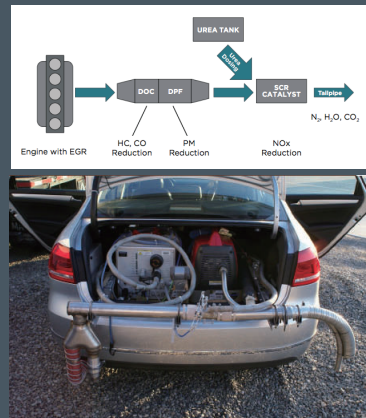
講演 4

欧米、アジア等におけるディーゼル自動車の 排出ガス対策技術とその現状

The International Council on Clean Transportation

Daniel Rutherford 博士

Current status of diesel exhaust emission control in Europe, the US, and Asia



国際クリーン交通委員会

船舶・航空機プログラムディレクター
工学博士 ダニエル・ラサフォード

Towards the Real Improvement of Air Quality – Challenges and
Future Direction of Emission Gas Reduction System for Diesel
Vehicles

icct 国連大学
THE INTERNATIONAL COUNCIL
ON CLEAN TRANSPORTATION

2013年5月31日

icct
THE INTERNATIONAL COUNCIL
ON CLEAN TRANSPORTATION

1

概要

- ICCTとは
- 背景と課題
- ディーゼル車のオフサイクル排出
- 海外における規制づくり
- 結論

icct
THE INTERNATIONAL COUNCIL
ON CLEAN TRANSPORTATION

2

ICCTとは

- ICCTのミッションは、大気汚染緩和、人々の健康にかかわる環境の向上、そして温暖化防止のため、個人、公共また物流交通による公害と温室効果ガス排出量を徹底的に削減することである。
- よりよい政策の実施、総合的な解決策を促すよう以下の項目に取り組んでいる：
 - 自動車排気ガスの改善及び燃費向上
 - 燃料の品質向上及び石油代替燃料の持続可能性促進
 - 使用過程車の排出削減
 - 国際物流運輸による公害の抑制
- ICCTには、これらの分野における世界各国の中心的政策メーカーが参加。



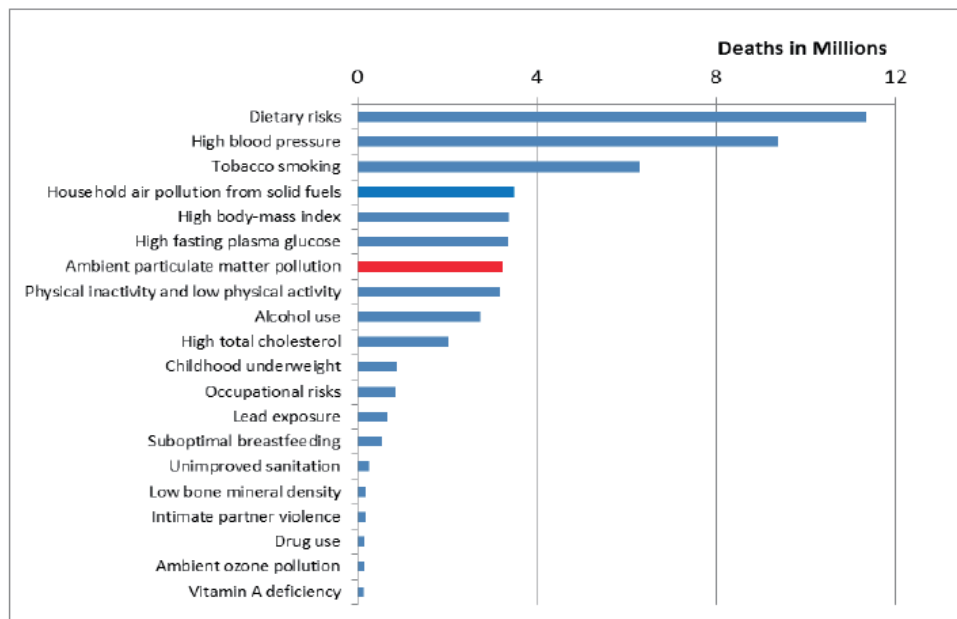
www.theicct.org



3

2010年、大気汚染が原因で320万人が早期死亡

20 Leading Risk Factors Contributing to Deaths Globally in 2010



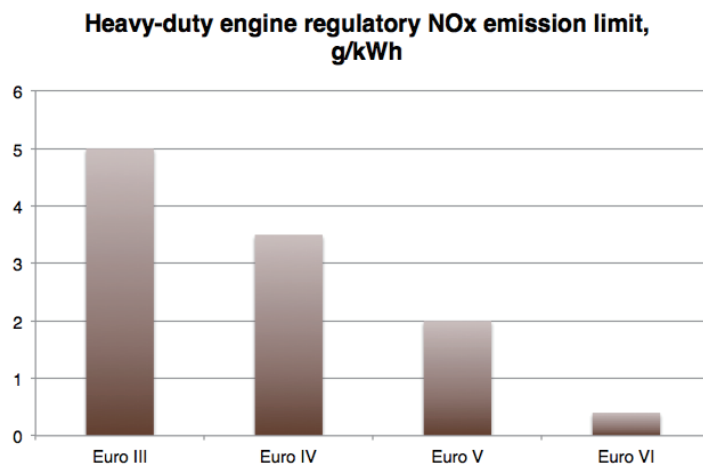
Source: HEI, 2013.



早期死亡の3分の2がアジア地域

4

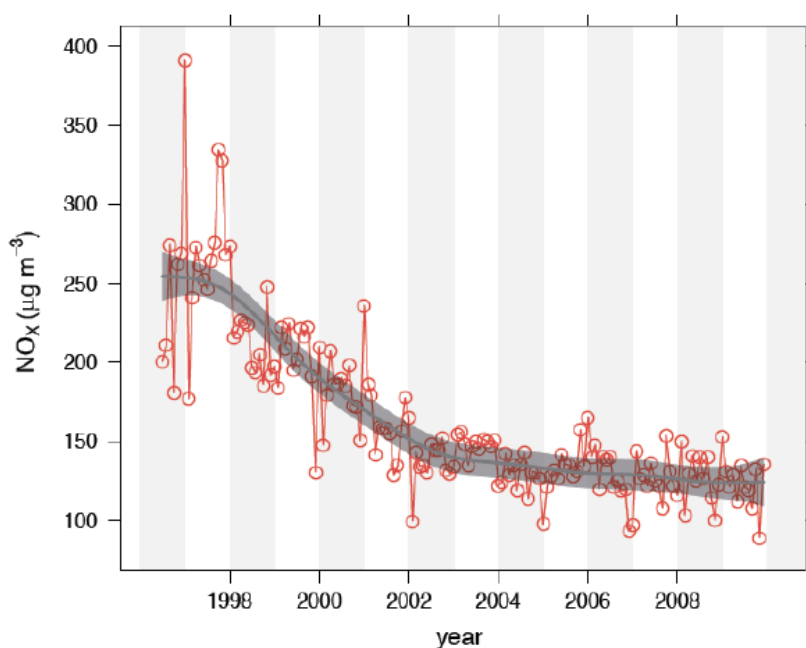
理論上では、排出基準の設定によりNOxの大幅な削減が可能



- Euro III → Euro IV NOx 制限: 30%削減
- Euro IV → Euro V NOx 制限: さらに43%削減
- Euro V → Euro VI NOx 制限: さらに80%削減

現実：ヨーロッパにおける大気質の改善は横ばい

イギリスにおける12の長期間自動車排出ガス測定局でのNOx濃度推移



問題点: 都市部での高いオフサイクルNO_x排出

- Euro IV/V エンジンの実質排出量は、指定試験法からはずれた走行条件ではEuro III とほぼ同じ
- オランダでのEuro IV およびEuro Vトラックの使用過程車PEMSテストでは、都市部での運転で排出量が基準値をはるかに上回った

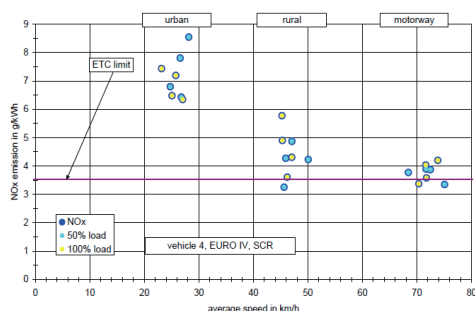


Abbildung 58: NO_x-Emissionen in g/kWh über der Durchschnittsgeschwindigkeit

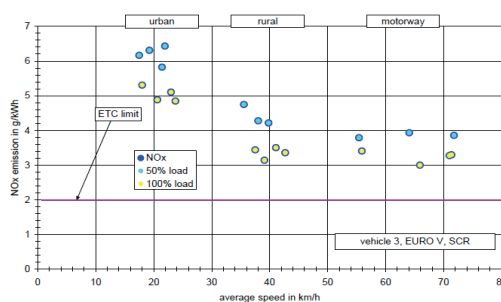
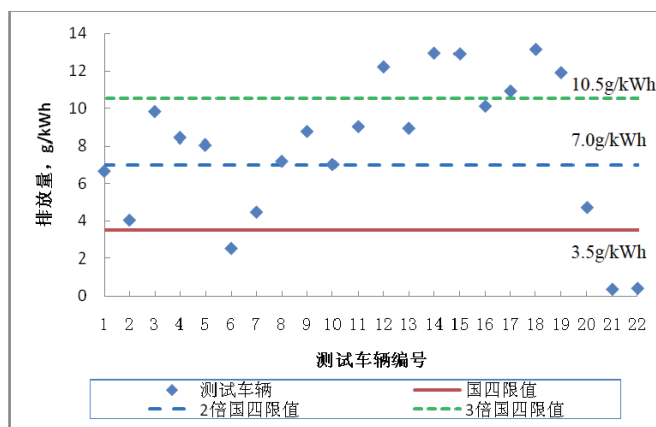


Abbildung 45: NO_x-Emissionen in g/kWh über der Durchschnittsgeschwindigkeit

Source: Kleinebrahm 2008

中国でも、高いオフサイクルNO_x排出

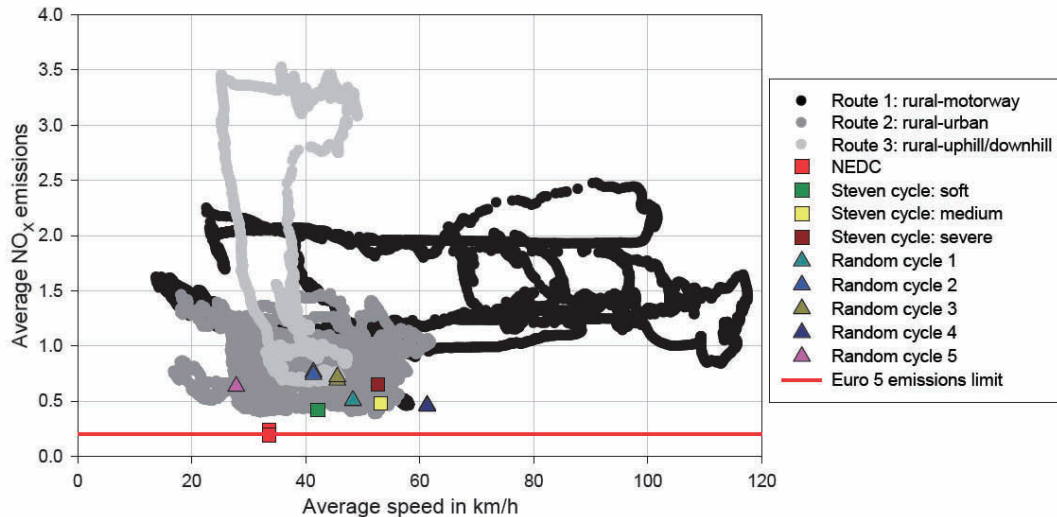
- China IV (Euro IV) トラック及びバス車両でも、低速・軽負担運転において高いNO_x 排出
- 北京で実施された22台のChina IV車両PEMS テスト (赤線は Euro IV 規制値):



Source: MEP 2012.

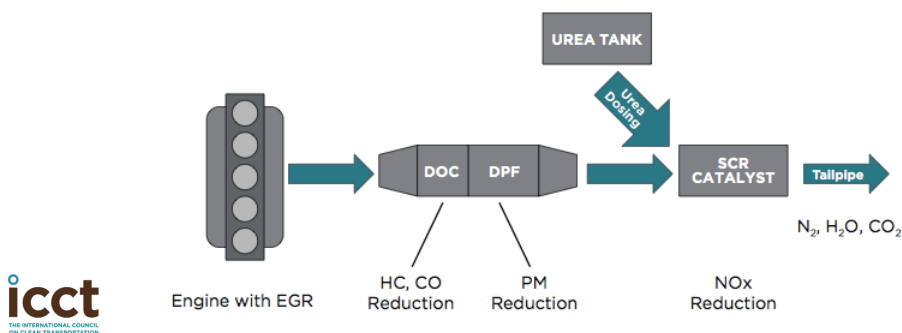
オフサイクル排出はディーゼル乗用車においても問題

Euro 5ディーゼル乗用車のサイクル及びルート別NO_x平均排出量
(赤線は Euro 5 規制値)



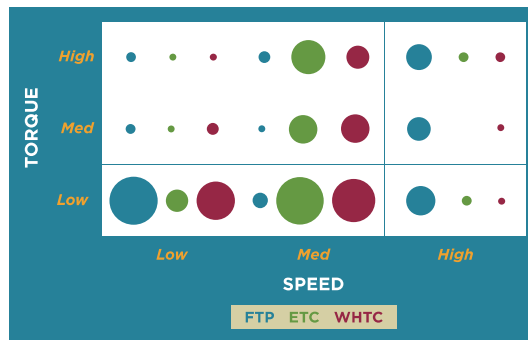
原因の一つ: オフサイクル SCR 排出

- 重量車におけるNO_x 抑制のもっとも一般的な後処理技術
- 排熱によりアンモニアへ変換された尿素を排気ガスへ注入
- SCR触媒を通しNO_x を化学的に減少(90%以上可能)
- 問題点:
 - SCRシステムは低速・低負担運転時、多くの場合、低温排気ガスに機能しない
 - ほとんどのEuro-compliant SCRシステムで、触媒反応は約280° C以下で大幅に落ち、尿素は約200° C以下ではアンモニアに変換されないため尿素が注入されない。
 - 結果として、都市部での運転状況下ではNO_x排出量が高い



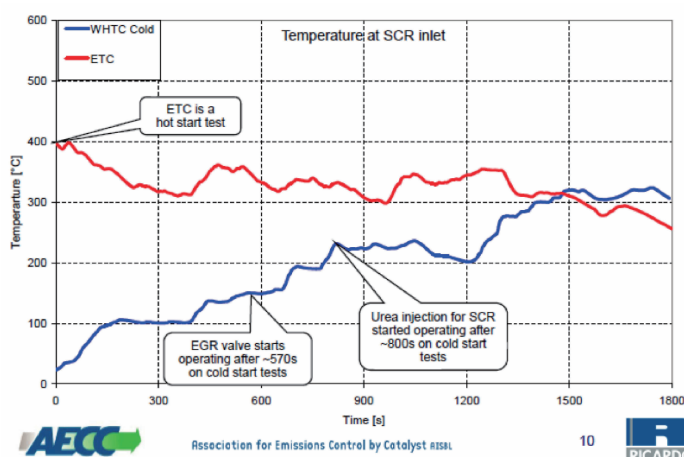
根本的な問題点: Euro IV/V指定制度の弱点

- ESC/ETC 試験法において指定されたEuro IV/V エンジン
- これらのサイクルは、軽負担時における条件を含まない
- コールドスタートのテストがない
- 使用過程車に対し緩い遵守規定
 - ETC試験法による規制値の2倍以下であること



ETC, US FTP, 及びWHTC 試験法の比較

規制の解決策: 試験法の改善



- Euro VI のテスト法
Euro IV/Vの多くの問題点を視野に入れる
- WHTCはETCよりも、軽負担運転状況をより適切に反映。
- コールドスタートテストの実施と、熱事前空調を許容しない事により、低温運転状況をより重視。

規制の解決策: 使用過程車に対する条件の改善

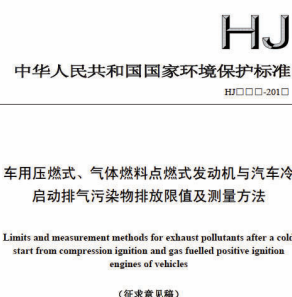
- 使用過程車に対する条件:
 - あらゆる運転状況における規制遵守
 - 使用過程車による過剰な排出に取り組む法的基盤
- 使用過程車に対する条件の具体的な実施策
 - 使用過程車の排出量制限(及びその適用条件)
 - 無効化機能の禁止
 - 実際の走行において、排出量が制限内であることを証明するテスト条件
 - 規制違反への罰則



13

ディーゼル車排出規制への新たな取り組み: 中国

- 2012年後期、北京市環境局および中国環境省は、China IV (Euro IV) およびChina V車両に対する補足のテスト条件を提案
 - 北京EPBの基準は、コールドスタートの条件を追加し、WHTCによる追加テストを必要条件とした。また、China Vバス車両および公用車両に対する使用過程車向けのテスト条件を追加。
 - 環境省の提案基準はChina IV and V都市部のバス車両に対しコールドスタート条件のみ。
- 予想される結果: 自動車メーカーが低温運転時のSCR削減効率を改善する法案を遵守するにつれ、都市部でのNOx問題が改善。(エンジン適合、温度管理の改善など)。
- 2月、中国政府はクリーン燃料ロードマップを採択、全国で2014年末までに軽油の硫黄濃度を50 ppm、2017年末までに10 ppm まで下げるように義務づけた。



14

ディーゼル排出規制への新たな取り組み: ヨーロッパ

- Euro VI (重量車) では、実際の走行における排出制限を明記
 - WHTCによる基準の1, 5倍を規制値にする
 - PEMS 使用過程車テストプログラムの設置
 - EC もEuro 6 基準下でディーゼル乗用車(2017)向け使用過程車の排出基準採択について検討中。
 - Euro 6に向け、「Average window method」など、様々な方法が検討されている。
 - まず、エンジンベンチで試験法を通して利用されるエネルギー分を計算する。
 - 様々な走行状況で上記と同じエネルギー量で実際に走った場合のNOx及びPM排出量を測る。
 - データをまとめ、最も高い10%を異常値とし、平均をとる。
 - 気体物質の規制値は試験法による基準の1, 5倍が予測されている(PMIは未決定)。
 - PMの場合、粒子数ではなく、重量ベースが予想されている。
-  PEMSテストは自動車メーカーに実施。

15

ICCT が実施しているディーゼル乗用車PEMSテスト

- Euro 6に関する取組みの一環で、ICCTはウエストバージニア大学およびARBと共同で3つのヨーロッパのディーゼル乗用車をPEMSにてテストし、US Tier 2排出規制に指定されたヨーロッパ車のNOx排気抑制技術を比較。
- 三種類の車両が現在テスト中:
 1. フォルクスワーゲン Passat TDI 2012 2.0 L (DPF+SCR)
 2. メルセデスベンツ E350 Bluetec 2012 3.0L V6 (DPF+SCR)
 3. フォルクスワーゲン Jetta 2013 TDI 2.0 L Station Wagon (DPF+LNT)
- テストは10日以上にわたり、様々な運転状況下で実施:
 - 低温状況でのテスト(シアトル)
 - ストップ・アンド・ゴーおよび坂道(サンフランシスコ)
 - 都心部およびラッシュアワー通勤(ロサンゼルス)
- ARB は全3車種をFTP, NEDC, 高速道路, 及びUS06試験法にて、カリフォルニア州エルモンテのシャーシダイナモメーターでテスト実施予定。
- 夏までに上記の分析の暫定結果。

16

ディーゼル排出規制への新たな取り組み: カリフォルニア

- ARB はオゾン環境基準未達成の地域に向け、ポストEPA 2010 NO_x排出規制を検討中
 - 規制提案値: 0.1, 0.05, and 0.02 g/bhp-hr (現在値から最大90%減)
 - 2015より、優遇措置を付け、任意として実施される可能性(例: Carl Moyer プログラム)
 - OBD の課題が重視
- 産業界の反応:
 - 産業界はEPA 2010を満たすため、すでに多大な努力と経費を費やしていると主張
 - 技術的可能性 – 部品は縮小?
 - 義務提案になる可能性がない?
 - NO_x/GHG トレードオフ(エンジンは別の規制も満たす必要あり)



<http://www.arb.ca.gov/msprog/onroad/optionnox/optionnox.htm>

- 規定プロセス:
 - 規制草案: 2013年夏
 - レポートに関するパブリックコメント開始: 2013年9月9日
 - 理事会発表: 2013年10月24-25日

17

結論

- 大気汚染は世界中、特にアジアにおいて、引き続き早期死亡の大きな要因である。
- 大気質の改善率は多くの国で低下。
 - 自動車のオフサイクル排出がこの傾向の原因
 - 特に都市部におけるSCR 運転状況で、ユーロ試験法が使用されていない事は大きな懸念材料。
- 世界中で各国政府はディーゼル規制に新たに取り組んでいる。
 - China IV/VIにおける補足条件
 - ヨーロッパでHDV およびLDV向けの使用過程車の条件
 - カリフォルニアでは任意のポストEPA 2010 NO_x排出規制について現在検討中。



18

質問？

連絡先：

船舶・航空機プログラム・ディレクター

工学博士 ダニエル・ラサフォード

dan@theicct.org

1+415-202-5747



講演 5

交通安全環境研究所の取り組み①

—ディーゼル自動車における排出ガス対策技術の課題について—

環境研究領域 領域長

後藤 雄一

交通安全環境研究所の取り組み①

ーディーゼル自動車における
排出ガス対策技術の課題についてー

環境研究領域 領域長 後藤 雄一

目 次

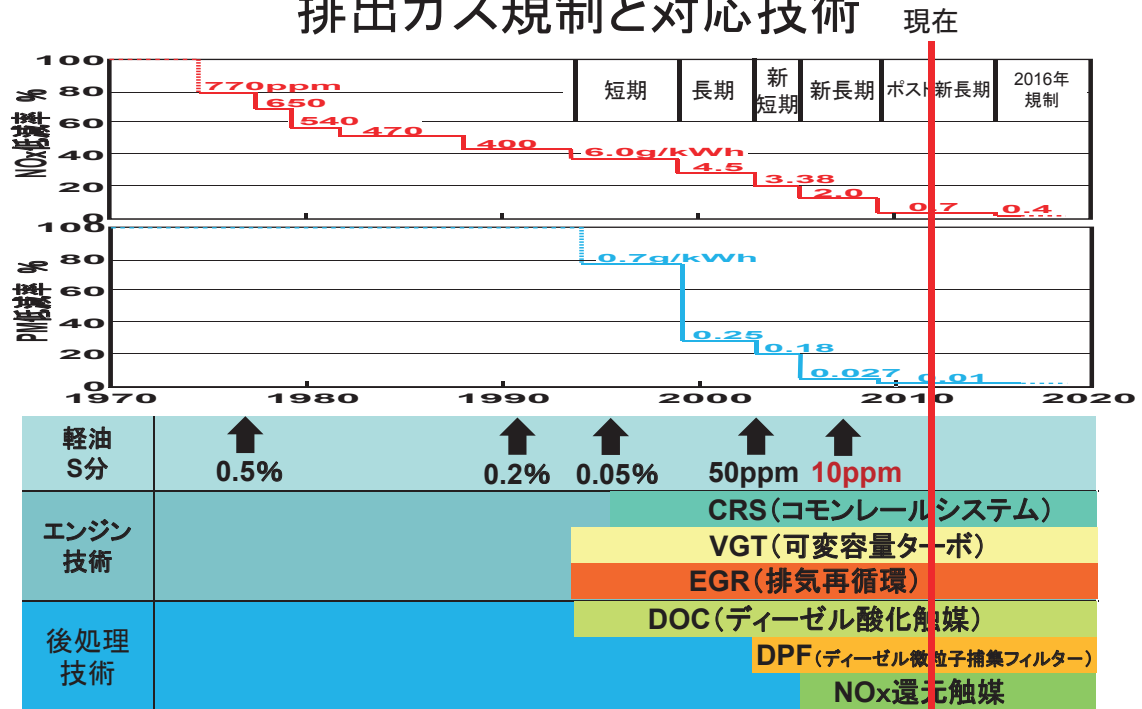
1. ディーゼル自動車の排出ガス対策
技術について
2. 燃費とオフサイクル
3. リアルワールドと後処理装置の課題
4. 大型車の技術傾向と今後の課題

本講演で紹介する内容と視点

- ディーゼル自動車の中でディーゼル重量車を中心に
- ディーゼル自動車の排出ガス対策技術について
 - ー 利便性を維持しつつ、排出ガス規制に応じて環境性能を向上する
- 燃費とオフサイクル
 - ー オフサイクル検討会から
- これからの課題
 - 「評価」が複雑になっている現状
 - ー リアルワールドを如何に評価するか

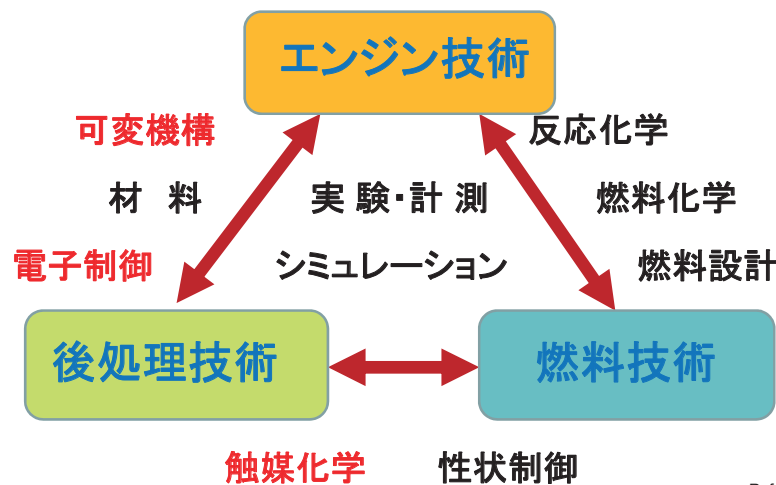
1. ディーゼル自動車の 排出ガス技術

排出ガス規制と対応技術



ディーゼル自動車の排出ガス低減技術

- 排出ガス低減技術はPMの低減とNOxの低減が2大テーマ
- PMとNOxの低減方法は、エンジン技術と後処理技術(触媒)
- エンジン技術と後処理技術には、燃料技術(S濃度等)が重要



Ref. 大聖教授資料から修正

交通研における排出ガス低減に関わる研究・調査(例)

試験法および基準作りを支援

試験モード作成に当たっての技術的支援
試験(JE05)モードにおける台上再現プログラム開発
シミュレーションによる燃費試験
尿素SCR(選択接触還元触媒)の技術基準／指針作りに必要な各種試験

実効ある環境改善に向けた分析調査

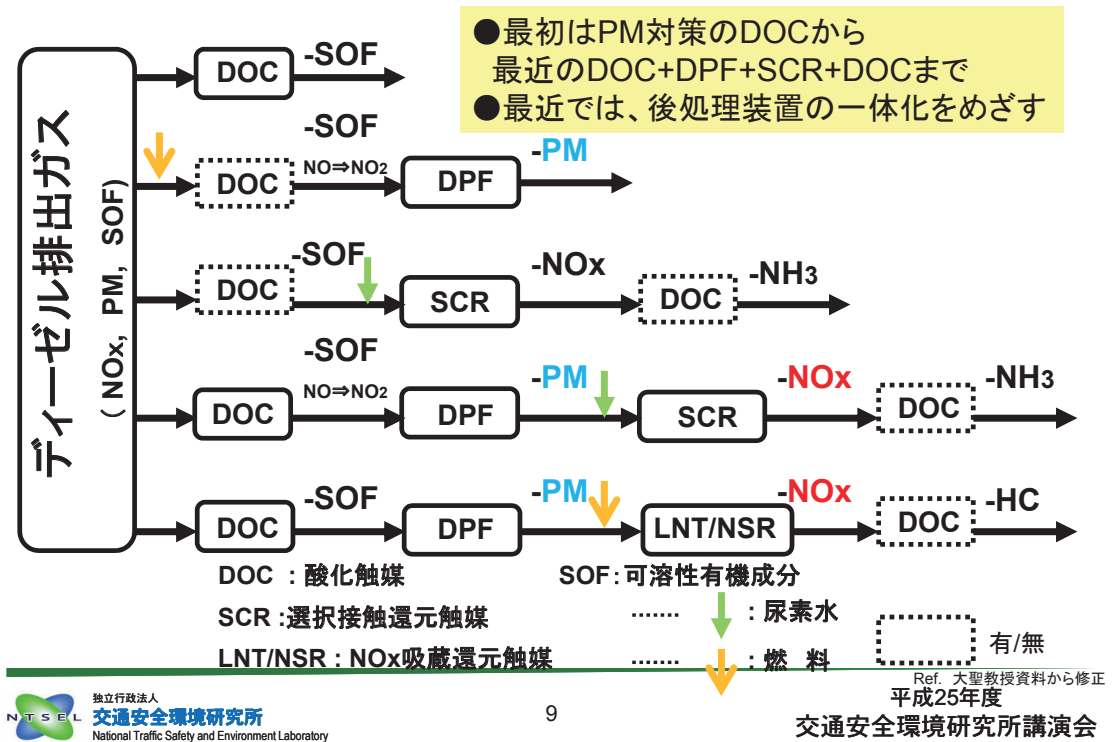
自動車排出ガス性能劣化状況市場採取試験の調査(サーベイランス)
自動車環境アセスメントに関する調査
粒子状物質の粒子数に係る測定法の確立のための調査
ポスト新長期規制適合車におけるオフサイクル試験時の
排出ガス実態調査
尿素SCR車の排出ガス性能の実態調査
後処理装置の性能維持対策の検討調査

ディーゼル自動車の排出ガス後処理装置について

- 排出ガス規制の強化にともないガソリン車では以前から、ディーゼル車では2002～03年あたりからほぼ必須
- 日本ではディーゼル自動車の中でも乗用車は普及が遅れ、大型ディーゼル自動車の排出ガス対策が中心となった
- NO_x、PMをエンジン改良と排出ガス後処理装置により低減
- PMは、エンジン改良とDPFで対策
- NO_xは、エンジン改良とNO_x後処理装置で対策

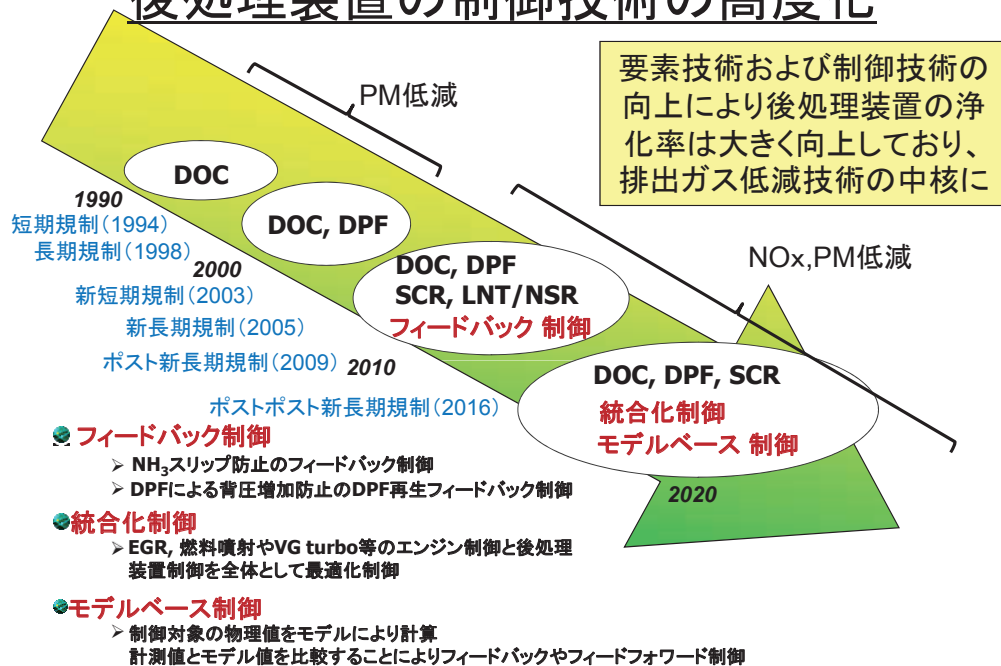
- | | |
|---|------------------------|
| • DOC (Diesel Oxidation Catalyst) | ディーゼル酸化触媒 |
| • DPF (Diesel Particulate Filter) | ディーゼル粒子捕集フィルタ |
| • LNT (Lean NO _x Trap) / NSR (NO _x Storage Reduction) | NO _x 吸蔵還元触媒 |
| • SCR (Selective Catalytic Reduction) | 選択接触還元触媒 |

ディーゼル後処理装置の複雑化



9

後処理装置の制御技術の高度化

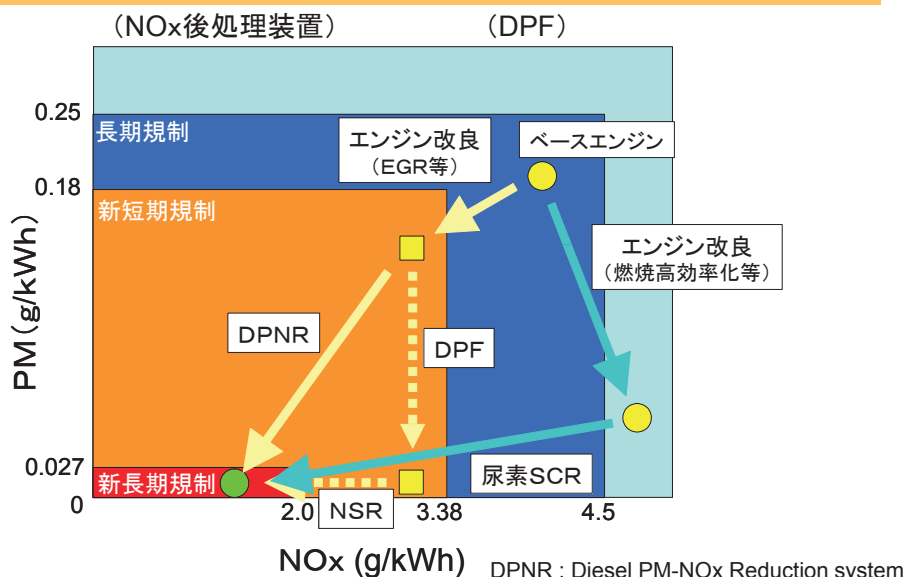


10

平成25年度
交通安全環境研究所講演会

新長期規制時におけるPM対策の違い (DPF採用の有無)

後処理装置で「**NOxを主に低減**」と「**PMを主に低減**」の2つの流れ



DPFの有効性と取扱いの厄介さ

「ディーゼル機関のPMはフィルタで濾過すれば低減可能」という発想は古くからあったが、捕集されたPM(ほとんどはすす)をどう処理するかは課題であった。

—「すす」は大気中では600℃以上でないと燃焼しない—

が、DPF内を均一にその温度にするのは難しく、上昇しすぎると溶損

「すす」の処理方法について

- **連続再生式** (Continuous Regeneration = CR DPF)
走行中に適宜再生を行う。この方式により、ようやく一般に普及
(再生は都市内走行では主に燃料添加し、前段の酸化触媒で昇温させて**強制再生**で行う)
↓
NOをNO₂(酸化剤)にしてすすの酸化開始温度を280℃まで下げる効果も(CRTTM JM)
- **DPFの導入は、ディーゼル車からのPM排出を大幅に減少し、SPMの大気環境基準の達成に大きく貢献している。**
- **しかし、DPFの強制再生は、燃費も悪化し、一時停車など通常の走行とは異なる運転をユーザーに強いるため運送業者からは現在でも不評**

DPFの課題と解決法は？

● 如何にDPF再生をするか

- * ポスト噴射による排気昇温⇒オイル希釈の問題
- * 酸化触媒の前置⇒CRT (Johnson Matthey)
- * 酸化触媒の担持⇒DPX (Engelhard)
- * 燃料への触媒添加⇒DPFへの灰分堆積

- 圧力損失の低減 → 新しいDPFの開発
- 潤滑油灰分の堆積 → 潤滑油消費量低減
→ 低灰分オイル採用
- 担持触媒の硫黄被毒 → 軽油の低硫黄化
→ 高温による除去(燃費悪化)

⇒日本のような低速走行が多い交通環境では、DPFの再生を如何に行うかは重要な課題であるが今のところ定期的な排気昇温による強制再生のみ

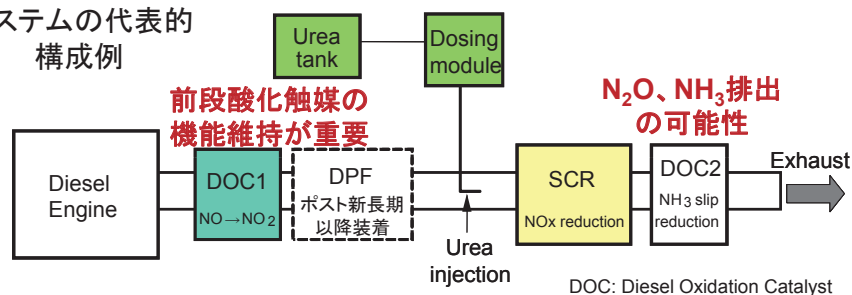
大型車のNO_x低減技術の主流は？

- ・ エンジン側ではEGRが主流
- ・ 後処理装置では、尿素SCRとLNT/NSRの2方式が技術的な競争
- ・ 大型車では、尿素水供給インフラの課題があったが、燃費の観点から最終的には尿素SCRシステムが主流となった(HC-SCRの例もある)
- ・ 尿素SCRシステムでは、N₂O、NH₃等の排出、排気温度が低い時の浄化性能が十分でないことが課題

尿素SCRシステムの概要

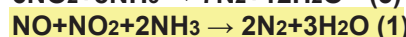
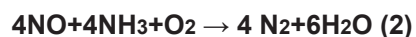
(尿素:ureaからできる)アンモニアを使って、酸素共存下で
NO_x浄化(還元)性能を発揮できる

システムの代表的
構成例



尿素水からアンモニアへ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$

NO_x還元反応



数字の順に好ましい
(NOとNO₂が等モル
あるといい)

2. 燃費とオフサイクル

オフサイクルにおける排出ガス低減対策検討会 における交通研の取り組み

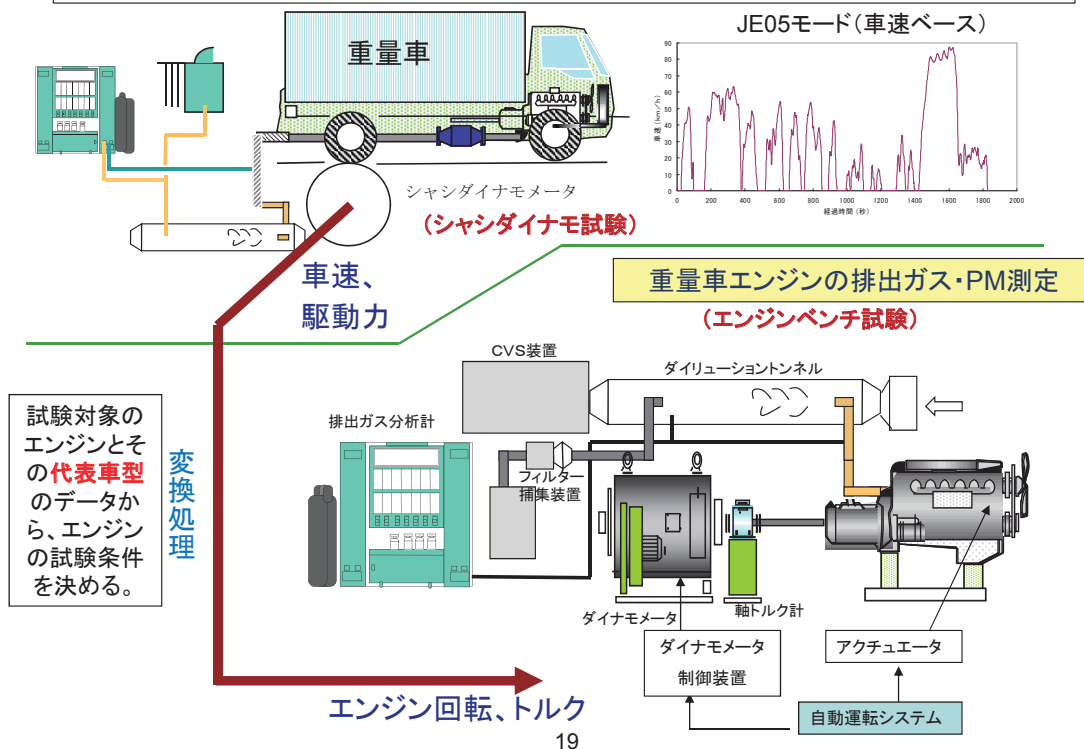
- 交通研は、実態把握と対策について技術的支援を行ってきた。
- オフサイクルにおける排出ガス実態調査
 - 重量車メーカーによるエンジンダイナモ排出ガス試験
 - 交通研によるシャシダイナモ排出ガス試験
- 実態調査とメーカーヒアリングから得られた結果を基に対策の提案

技術的対策について行政に具体的提案を行い、年度内に行政による業界団体への検討結果の報告、ディフィートストラテジー（Defeat Strategy：排出ガス対策制御無効化戦略）の適用禁止の早期徹底の要請等へとつながり、その社会への影響を最小限に抑えることに貢献した。また、技術基準の改正にも反映。

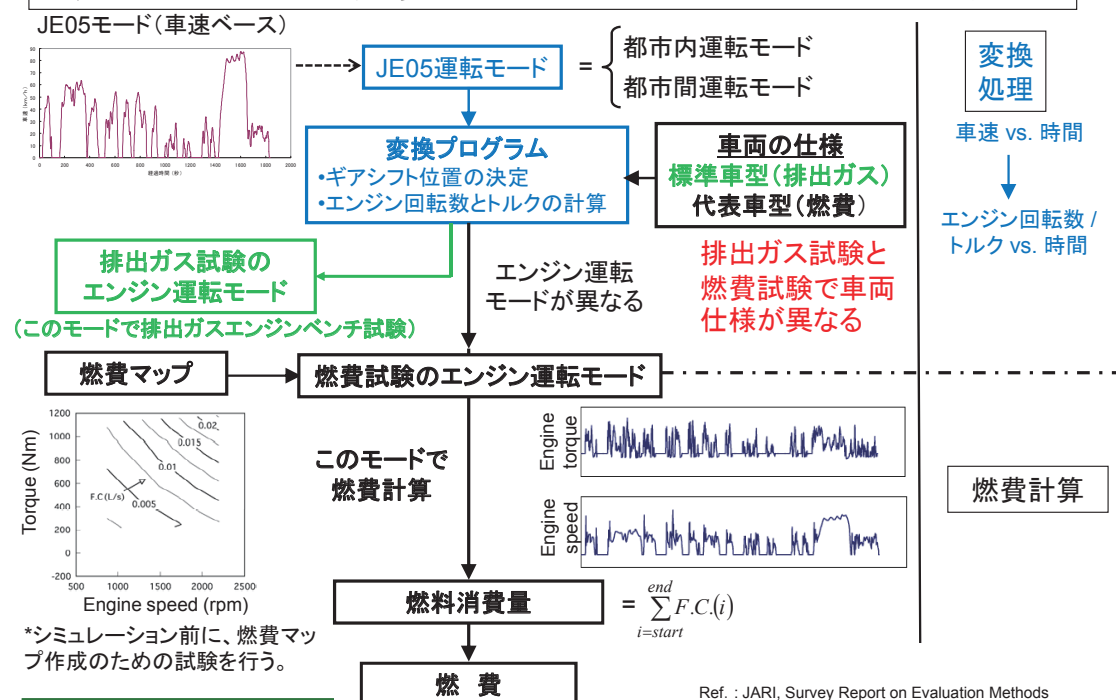
調査から得られた検討項目

- **ディフィートデバイスの明確化**（ディフィートデバイス：排出ガス対策無効化装置）
 - 自工会の自主基準をベースとしたディフィートデバイス/許容される保護機能の明確化
 - 現在導入されている保護機能を考慮し、閾値・ヒステリシスを具体化・定量化
- **燃費試験と排出ガス試験の同一化（後述）**
 - 標準車型におけるJE05モード排出ガス試験時のカーボンバランス法で燃費を測定し、シミュレーション燃費と比較
- **追加試験の実施**
 - JE05モードでは出現しない保護機能確認（ディフィートデバイス防止）のための追加試験
 - JE05モード以外での排出ガス量を抑制するための追加試験（WNTE・WHSCの前倒し等）
- **OBD IIの早期導入**（OBD：On-Board Diagnostics, 車載式故障診断）
 - 2016年次期規制開始後3年以内に導入することとしているOBD IIの早期導入
- **後処理装置レイアウトに係るエンジンベンチ認証試験の見直し**
 - 同一エンジンでも後処理装置のレイアウト位置によって排出ガス量が大きく異なるため、後処理装置にとって厳しい条件となるようなエンジンベンチ認証試験への見直し

大型車の排出ガス試験と燃費試験では車両仕様が別



排出ガス試験と燃費試験でエンジン運転モードが違う



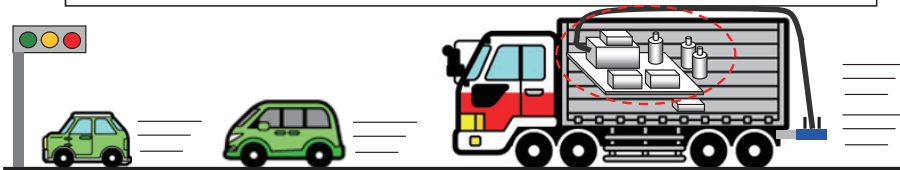
エンジン運転モードが違うことによる影響

- 排出ガス試験のエンジン運転モードを利用して排出ガス規制への適合を行う
- 燃費試験のエンジン運転モードを利用して燃費試験でよりよい燃費への適合を行う
- それぞれの適合は、最近の高度化した電子制御エンジンシステムでは**意図の有無に関わらず個別に最適化**ができてしまう
- 結果として、各試験に個別に適合したエンジンシステムが通常の運転条件でオフサイクルの挙動を示す場合がある

リアルワールドで後処理装置が機能する？

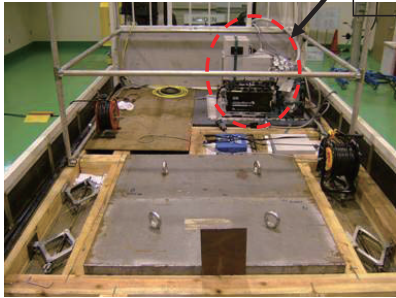
- 本来はリアルワールドの通常の運転条件では後処理装置が機能するべき
- 今回、「ディフィートストラテジー」の明確な規定と使用の禁止を導入 ディフィートストラテジー(Defeat Strategy):ディーゼル重量車の排出ガスを悪化させるエンジン制御
- 「ディフィートストラテジー」とみなさない保護制御を限定的に定義
- 演繹的な対策を行ったが、将来的には**実態把握からの帰納的な制度等**も入れる必要性は？
- リアルワールドからの実態把握が出来る帰納的な仕組みが必要(**サーベイランスやPEMS試験等**)

PEMSとは?



PEMSとは・・・車両に搭載し、実路走行時の排出ガスをリアルタイムに測定する装置

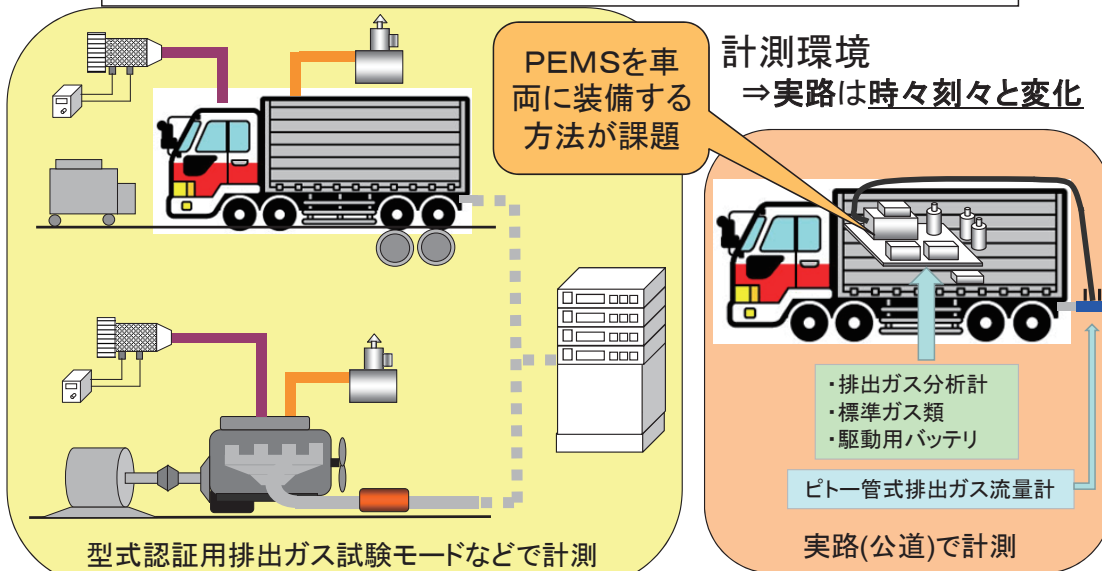
PEMS (Portable Emission Measurement System: 車載排出ガス分析システム)



PEMSの搭載例・・・車両総重量8tの重量車の荷台部分にPEMSを搭載

Ref. JAMA-JARI : 2011年10月13日 自技会秋季学術講演会

従来試験装置とPEMSとの違い



Ref. JAMA-JARI : 2011年10月13日 自技会秋季学術講演会

日本におけるPEMSの現状

- 2008年10月9日から車載排出ガス計測勉強会（交通研主催）を開催（独立行政法人研究機関、JAMA-JARI, 大学、計測器メーカー他）
- 環境省中央環境審議会第11次答申で今後PEMSの導入検討
- 欧米ではPEMSを使った規制を導入又は導入予定
- PEMSによる測定器としての精度と計測手法を検討
- 米国と欧州それぞれのPEMSによる排出ガス試験法の比較検討
- 日本にPEMSによる排出ガス試験法を導入する場合の課題（PEMSの搭載方法等）の明確化

EPA Measurement Allowance Study



3. リアルワールドと後処理装置の課題

リアルワールドの走行と 後処理装置の機能不全

- ガソリン自動車では排気温度が高い⇒それでも触媒のLight off を避けるため、コールドスタート試験対応で触媒はエンジン排気ポートへ近づけた
- ディーゼル自動車では、規制時期によりガソリン自動車と比べ後処理装置の導入が遅かった
- ディーゼル自動車では、ガソリン自動車に比べもともと排気温度が低いことからSCR後処理装置の機能が発揮しにくい
- アイドル状態での長時間運転、バス等の低速運転での発進停止などの低速走行からHC被毒
- ガソリン車に比べて長い走行距離からオイルや燃料中のSやPによる被毒
- これら走行状態から触媒劣化による後処理装置の機能不全

尿素SCR後処理装置の被毒(HC、S、P)

- アイドル状態での長時間運転、バス等の低速運転での発進停止からHC被毒
 - － 定期的な排気温度の昇温処理により概ね対策
- ガソリン車に比べて長い走行距離からオイルや燃料中のSやPによる被毒
 - － 前段酸化触媒の被毒(主にS)⇒原因究明が課題
- 触媒劣化による後処理装置の機能不全
 - － 一時劣化に対しては、排気ガス昇温等による回復対策
 - － 永久劣化に対しては、未然防止対策(新たな耐久劣化試験の追加)

大型車の後処理装置に関する課題

- 後処理装置による排出ガス性能の劣化が早期に見つからなかった理由
 - 2007年の交通研フォーラムにおいて1台の使用過程SCR大型車のHC被毒による排出ガス悪化を報告
 - 1台のみでは一般的な内容か判別できないのでN数増しに時間がかかった
 - 商用車では、仕事に車を使っていることから使用過程車をサンプルして試験することが大変
 - 認証時はエンジンベンチ試験により行い、使用過程時はシャシダイナモによる計測のため、測定結果の比較が簡単ではない
- 将来導入予定のOCE(オフサイクル試験法)を含めたWHDC(重量車排出ガス試験法)、OBDによりかなりの課題は対応できる
- 複数の試験サイクルからランダムに選択する方法もある
- PEMSを利用した実使用条件下での排出ガス試験が望ましい
- 使用実態に近い排出ガス性能を把握する制度等の確立(サーベイランス等)
- 車検制度等の既存制度を活用(NO_x検査等)

大型車の技術傾向と今後の課題

- エンジンの高出力化とダウンサイジング
 - 筒内圧の増加によるエンジン構造への負荷大 エンジン構造の強化と耐久性が必要
- 燃費向上のための高効率化による排気温度の低下
 - 後処理装置の活性化温度の低減が必要(Cu触媒等の導入)
 - 後処理装置を排気ポートに近づけるなどの乗用車のアプローチが参考に
- 電動化に伴うエンジン・後処理制御の複雑化とその評価方法

ご清聴有難うございました！

講演 6

交通安全環境研究所の取り組み②

—ディーゼル自動車におけるオフサイクル排出ガス実態と今後について—

環境研究領域 上席研究員

鈴木 央一

交通安全環境研究所の取り組み② ーディーゼル自動車におけるオフサイクル 排出ガス実態と今後についてー

環境研究領域
鈴木 央一

講演の流れ

1. オフサイクル問題が起こる背景など
2. その対処法として予定あるいは検討されている事項
3. 実走行で排出ガス劣化が見られた具体例
 - 新短期規制までにみられた事例  排気再循環：排気の一部を吸気に戻して窒素酸化物(NOx)を低減する技術
 - ポスト新長期規制車でみられたEGR制御に関して
 - 尿素SCR車の劣化について
 -  尿素水から生成するアンモニアを用いてNOxをN₂、水などに還元する触媒システム
4. 2.で触れた対処法と過去事例の検出に関する適性比較
5. まとめ
6. 今後予想される課題など

「オフサイクル問題」について

- 認証試験における排出ガス測定評価は、限られた時間内で通常使用される状態を代表する条件にて行われる
- ただし、春夏秋冬、古今東西、様々なユーザーに使用されるあらゆる状況をカバーすることは不可能である
- このような認証試験サイクルでカバーできない状況（オフサイクル）で、排出ガス低減装置が適正に機能しているかが問題

とくに排出ガス低減装置は、コスト、燃費、信頼性などと背反するケースが多いため、「適正に機能しているか」の検証が必要



無効化する制御＝デフィートストラテジー

認証試験の考え方

（当然ながら）認証試験は公平でなければならない

手順に従って実施すれば、いつ、誰が、どこでやっても同じ結果が得られることが求められる

主な変動要素：

- ◆ 気候、天候
- ◆ 試験設備
- ◆ エンジンなどの状態
- ◆ 試験サイクル

そのために、認証試験方法、条件、設備、評価に使用される試験サイクルなどは保安基準の細目告示で定められた一定のものをを用いる

いわば「試験問題がわかっている」状態にある

「オフサイクル」問題が起こる背景①



あくまで「仮」ですが・・・
司法試験の問題が事前に公開されていたら？

試験問題を繰り返し勉強して模範解答を完全丸暗記、
難しかろうが何だろうがこれさえできれば・・・
(他のことは知ったことではない・・・)



勉強のかいあって合格しました
これで法曹界トップの仲間入りだ！

その後、実社会に出て・・・



やった！！

「オフサイクル」問題が起こる背景②

いくらい試験問題だとしても、現実には存在する法規はそれよりもはるかに多い

〇〇××法△△規則第〇条に関する通達・・・
〇■〇×法施行令第〇条〇項の付則・・・

あんた、法律の専門家でしょ？
そんなことも知らないの？

社会的な目

難関をパスしたのだから、当然期待
される知識や能力の水準がある



ギャップ！

受験者の
言い分

試験問題になかったのだから、
そういわれても・・・



人間ならそこから努力できるけど

排出ガス規制などで求めるものが大きくなればなるほど、製造側が意図してい
たかどうかによらず、現実とのギャップが大きくなる危険性をはらんでいる

改善すべきは、試験方法？ 試験問題？ 受験者の意識？

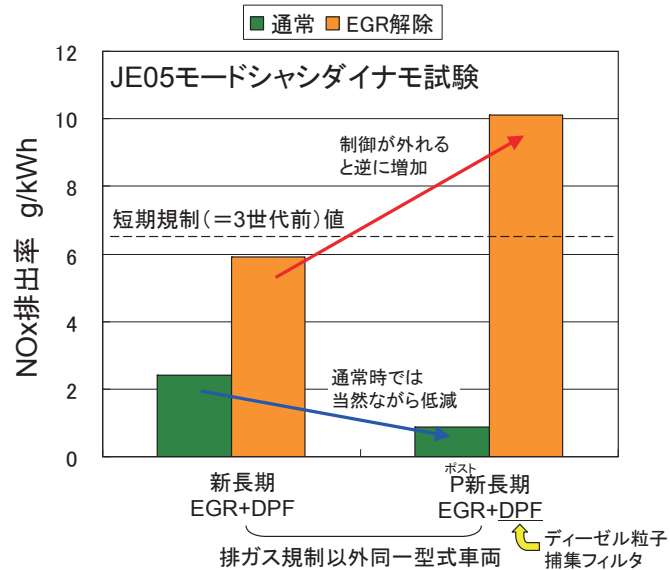
なぜ「今」になってオフサイクル問題が重要か？

近年先進ディーゼルエンジンでは、高過給化や高圧噴射化が進められているが、それら自体はNOxを増加させる方向に働く技術である

それをEGRやNOx後処理装置などにより規制値まで下げているのが現状

つまり、NOx低減技術が機能しないと従来以上にNOx排出が増加する恐れがある

右図は世代の異なるその時点での最新低公害車でEGRを解除した場合のNOxがどれだけ増加するか比較したものである



ポスト新長期規制車ではEGR解除時のNOxが従来車と比較して急増
 ……EGRが効かない領域がリアルワールドであった場合には環境負荷増加が懸念される

「課題克服」に向けて(海外も含めて)実行 あるいは提案されている手法

1. 「オフサイクル」試験

(通常の試験サイクルで使用しない) 広い運転領域での排出ガス性能を、認証試験の一部として取り入れる(=従来の公平性を確保)もので2016年から日本でも導入

課題: カバーできるのは、問題の一部分に限られる

2. ランダム試験サイクル

複数の試験サイクルの中から認証時にいずれか選んだものを実施する

課題: 「運」の要素が入り込み、従来の公平性が確保されない

3. 車載排出ガス分析装置(PEMS)を用いた実車両評価

実際の車両が走行する状態での排出ガス性能を評価することになり、最も現実を反映したものといえることができる

課題: 気温、天候、道路、運転、積載条件その他多くの変動要素があり、「いつ、誰が、どこでも」同じ結果は得られない。分析装置を搭載困難な車両も多い

現在のところ、従来の公平性を揺るがしかねない前記のランダム試験サイクルやPEMSを使用した実車両評価を実際に取り入れるべきかどうかは、環境省中央環境審議会等で現在検討中

実施する必要があるかを判断するためには

- 問題の深刻度
- 期待される効果
- そのために必要なコストや手間

などを考慮して総合的にみていくことが適切といえる

「今後どうしていきべきか」を考えるにあたり、具体事例を紹介

1. 新短期(H15,16年)規制までの車両で実走行時のNOx排出が高くなった問題とそれが解決された経緯
2. ポスト新長期(H21,22年)規制適合車で「不自然な」EGR制御が行われていた車両があった
3. 新長期(H17年)規制適合の尿素SCR搭載車で、事前に想定されない触媒劣化が多く車両で起こっていることがわかった

事例1

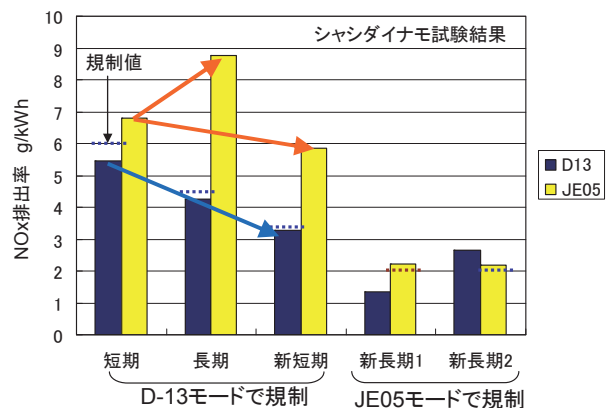
新短期規制までの技術動向とNOx排出変化

新短期規制までは、認証試験サイクルが特定のエンジン回転数と負荷率で定められた12点のみを定常運転で測定するD-13モードでの評価が行われた

一方、短期規制(H6年)ではほとんどなかったコモンレール式燃料噴射系や排気再循環(EGR)の導入が、長期(H10,11年)規制適合車から始まり、飛躍的に制御自由度が拡大した

規制の異なる重量車のNOx排出測定例

D-13モードの結果は、規制強化とともに改善する(青矢印)ものの、実走行を再現するJE05モードでは、規制が強化されてもあまり変わらないか、むしろ増加するケース(橙矢印)もある



なぜそのような結果になったのか？

80%負荷率一定として、エンジン回転数の違いによるNOx排出を比較

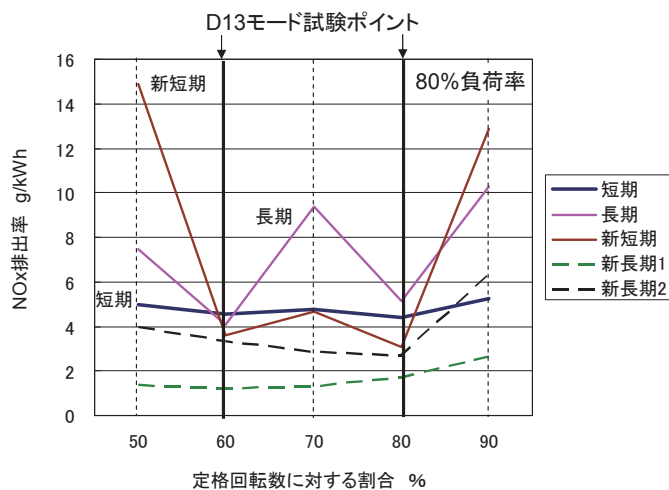
短期規制車では回転数による変化が小さいのに対し、長期、新短期規制車ではその差が大きい……しかも試験ポイントのみで低くなる傾向にある



作為的な制御が行われていた可能性がある……が、新長期規制適合車ではその問題は解消されている



「オフサイクル」に関する基準等を作成する以前に、**認証試験サイクルの変更で問題は解決された**



事例2

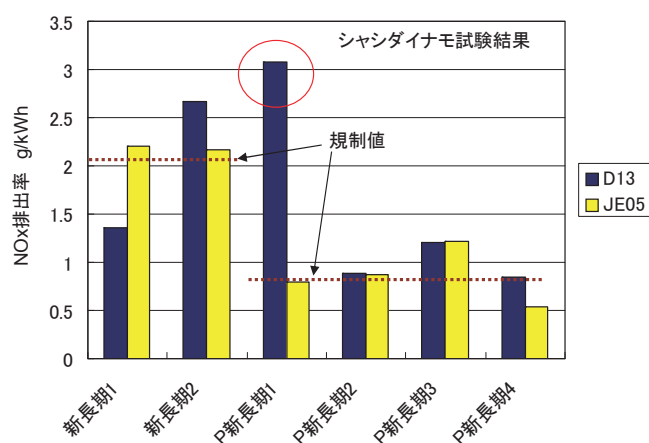
JE05モードになってから起きた課題

規制の異なる重量車の NOx排出測定例②

先ほどの新長期規制適合車の結果に、ポスト新長期規制適合車4台を加えたものを比較

値にばらつきはあるものの、いずれにせよ「P新長期1」でD-13モードにおけるNOx排出が突出して高いのは明らか

なぜ？
(他にD-13モードで特異的に高くなる例はない)



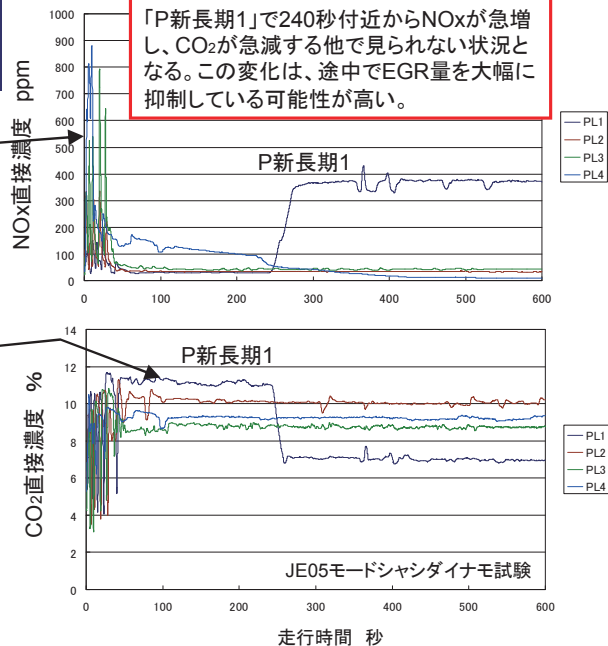
「不自然な」EGR制御が行われていた例

発進、加速した後60km/h定常走行を行った場合のNO_x、CO₂濃度履歴

加速時には瞬時的に600ppm以上の高いNO_x排出が見られる車両もある
その部分のNO_x排出については、P新長期1はむしろ低い方

P新長期1でのCO₂濃度11%超の値は、多量のPM生成が懸念される水準であり、DPFへの負担が高まると予想される

ポテンシャル的に十分といえない状態で安全性等の確保を図る結果、「デフィート（無効化）ストラテジー」と判断せざるを得ない制御が行われた？



デフィートストラテジーと燃費との関係

D13モードの一部モードにおけるNO_x、CO₂排出率を3台で比較

A～Cは以下の3台

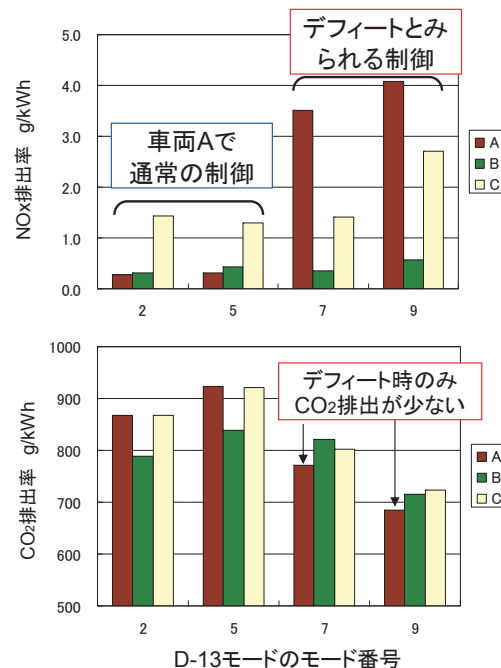
車両A: デフィートストラテジーが問題になったもの
車両B: それに対する改善処置が行われたもの
車両C: 新長期規制適合の同一車種

通常制御の範囲では、CO₂排出率が高い車両Aだが、NO_x排出の高い状態では、比較を行った同一車種よりも低い値が得られた



重量車燃費評価は、定常試験で作成した燃費マップをベースに評価するため、デフィート制御が行われた状態で評価がなされていた

・・・制御の変更は後処理装置を保護する目的だったとしても、それが継続することで公表燃費値を良くする意図があったとみられる



デフィート ストラテジーを防ぐために

排出ガス試験と燃費評価の試験方法や条件などの違いが、デフィートストラテジーを可能とする「隙」を作っていた側面がある

それを防ぐための検証試験

<排出ガス試験>

現状 重量クラス毎に平均的諸元の車両を想定してJE05モードを実施

今後 燃費評価を行う車両の諸元にて同等性能が確保されていることを検証

<燃費評価>

現状 定常運転により燃費マップを作成し、その結果からシミュレーションにて計算

今後 上記排出ガス試験を行う際の燃料消費率も測定し、シミュレーション燃費との同等性が確保されているか検証

課題の本質に切り込んだ世界的にも例のない対策(=ガラパゴス化?)

事例3

尿素SCR車が登場するにあたって

2004年9月 技術指針が出される

11月 日産ディーゼル工業(現UDトラックス)が尿素SCR車を発表

技術指針が策定される段階で、リアルワールドでの環境性能確保に向けた各種試験調査等を交通研でも実施

SCR触媒については、耐久性などに関する技術的蓄積が少なかったことから、極度に劣化した場合における、「最小限度の性能維持」方策について検討

その結果、アンモニアスリップ防止用の後段酸化触媒の装着が、(アンモニア以外も含めて)有効ということを実験的に検証し、その点は技術指針にも盛り込まれた

また、当然ながらメーカー側は認証時に定められた耐久劣化試験を実施

そこまでやったにも関わらず、実際には想定しない大幅な劣化が起こった

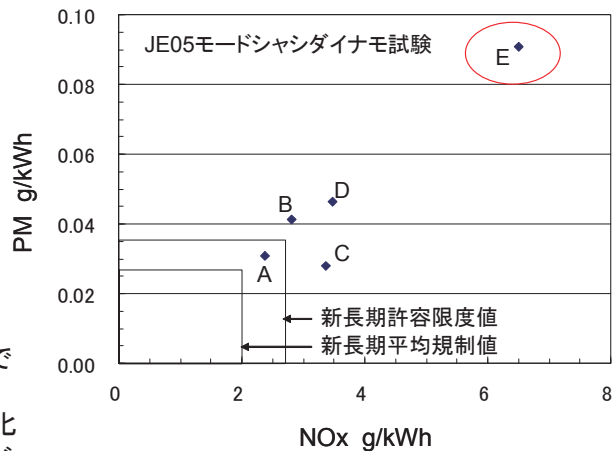
劣化状態にある尿素SCR車の存在を確認

<交通研フォーラム2007より>

走行距離6万キロ程度までの尿素SCR車5台(A~E)について排出ガス測定を実施

うち1台(E)で、SCRが機能していないとみられる大幅なNOx等排出増加が検出された

試験後、触媒を高温状態にすることで性能回復した一方で、他の車両で長時間アイドルを行った場合にNOx浄化性能劣化がみられたことから、原因が「HC被毒」HC:ハイドロカーボンであると判断した



この時点では、5台中1台で特殊な事例と考えられたが、その後走行距離の長いものであると結果がわかってくると、それがむしろ多数派であることがわかってきた

なぜ事前にわからなかったのか？

SCR触媒が極度に劣化した試験

SCR触媒が極度に劣化しても、後段酸化触媒が活性状態にあれば「破綻」は防げるとしていたが...

後段酸化触媒は、アンモニアを吸着させつつ酸化していく構造、つまりSCR触媒と共通性がある構造だったため、HC被毒が避けられなかった

認証時の耐久劣化試験

熱負荷への耐性をみるのが主目的

高温状態と、高温と低温の繰り返すサイクルが基本で、比較的短時間で劣化を模擬する手法がとられている

HC被毒は、むしろ低温状態で起こる現象だったため、従来の耐久劣化試験ではカバーできず

ただし、ポスト新長期規制適合車では、DPFが併設されるため、PM再生時にHC被毒も概ね解消されると見込まれる...規制強化が問題を解決！？

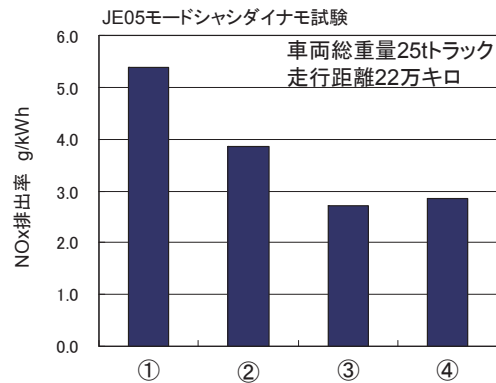
新長期規制適合車については、メーカーが昇温措置をとるなどして性能回復

劣化した車両に様々な対処を行ったときのNOx排出

昇温処置による効果と残る課題

- ①車両が使用されている状態ではNOx排出が本来の性能の2倍レベルの高い水準にある
- ①→②昇温運転を行うことでHC被毒は解消されNOx排出は改善される
ただし、依然として少し高いレベル
- ②→③その状態から前段酸化触媒を交換すると新品触媒④と同等の性能にまで回復
つまり、SCR触媒は昇温することで回復したが、前段酸化触媒は依然としてHC被毒とは異なる劣化状態にある

現在原因を究明中・・・将来はその劣化原因をフォローできる耐久劣化試験法へ



- ①実際に使用されていた状態
- ②420℃30分間の昇温運転実施後
- ③その後、前段酸化触媒のみ交換
- ④すべての触媒を交換

リアルワールドでの排出ガス性能維持を 図るために考えられる手法

- ◆2016年に導入が予定される国際基準調和 (WHDC) モード(オフサイクル試験を含む)
- ◆車上での排出ガス低減デバイスの故障診断 (OBD) 機能の高度化
- ◆ランダム試験サイクル
- ◆車載分析計(PEMS)を用いた試験

将来の国内
導入が確定

これらについて、事例1～3までを検知できるかどうかを比較

各手法における排出ガス性能悪化検知の可能性①

1. 新短期規制以前の実走行NOx排出の問題

方 法	検出の可能性	理 由
WHDC	○	実走行をベースにした過渡試験サイクルであれば検出可能
OBD	×	OBDは故障や劣化などの検出が目的であり、デフィート防止とは直接的には無関係
ランダムサイクル	○	実走行をベースにした過渡試験サイクルであれば検出可能
PEMS	○	そこまでしなくても・・・

各手法における排出ガス性能悪化検知の可能性②

2. 不適切とみられるEGR制御

方 法	検出の可能性	理 由
WHDC	△	当該事例と同一であれば検知可能だが、抜け道をなくしきれものではない
OBD	×	OBDは故障や劣化などの検出が目的であり、デフィート防止とは直接的には無関係
ランダムサイクル	△	「ランダム」の幅が大きければ可能性があるが、公平性とのトレードオフになる
PEMS	○	検出は可能だが、デフィートとみなす判定値などの設定が容易でない

各手法における排出ガス性能悪化検知の可能性③

3. 尿素SCR車でみられた劣化

方 法	検出の可能性	理 由
WHDC	×	通常の試験サイクルでは検出不可能であり、耐久試験法の見直しなどを推進
OBD	△～○	機構的には可能だが、故障判定の閾値次第で検出されないケースもあり得る
ランダムサイクル	×	検出不可能
PEMS	○	検出は可能だが、対象が劣化である場合、数年オーダーの時間を要するため、認証段階でわかる可能性は低い

各手法における排出ガス悪化検知についてまとめると

方 法	新短期以前の課題	不適切なEGR制御	尿素SCRの劣化	備考
WHDC	○	△	×	将来導入予定
OBD	×	×	△～○	将来導入予定
ランダムサイクル	○	△	×	
PEMS	○	○	○	第11次答申※で検討課題として言及

- ○将来導入予定のWHDCとOBDの2つで、問題の多くは対応できる
 ○究極はPEMSだが、導入にあたって課題が少なくない

※中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第十一次答申）」

以上を受けて交通研として取り組んでいく要素(まとめ)

- ✓ WHDC、WWH-OBD※の日本国内導入については、これまでも活動してきており、それを継続していく。中でもOBDで故障と判定される閾値は、劣化検知等に大きな影響を持つことから、「社会的利益につながる」閾値水準を明らかにするための試験調査等を実施していきたい。
(閾値が緩いと、劣化が検出されにくくなるが、厳しすぎても診断頻度が低下したり、誤診断が増加するなどの懸念があり、返って有効性が損なわれる可能性がある)
- ✓ 耐久試験について、尿素SCR車の劣化を事前に検知できなかったことなどを踏まえ、未解明の酸化触媒の劣化原因も含めて、現実の劣化を評価できる耐久試験方法の提案をしていきたい。(適切な試験法が現実を改善する技術開発を促す)
- ✓ 車載分析計による排出ガス評価も、これまで実施しており、引き続き技術として維持していくとともに、制度面や評価方法等も含め、社会、行政の要望に応じたソリューションを提示できる技術力を蓄えていきたい。

※ WWH-OBD : 国際基準調和活動で定められた高度なOBD

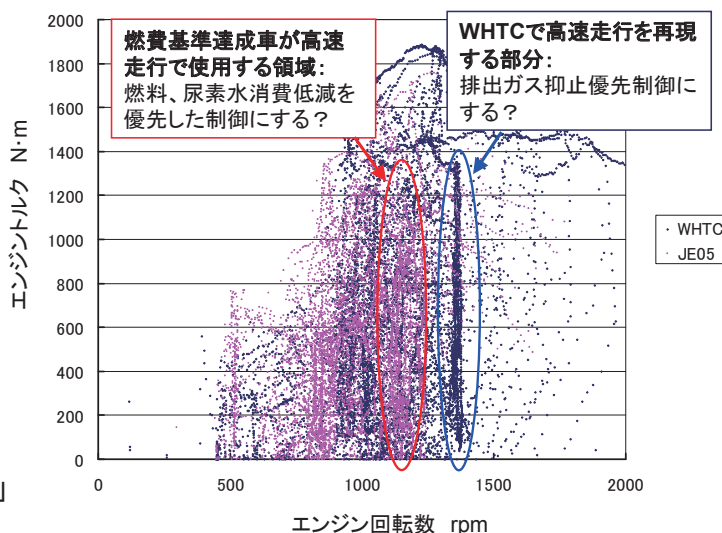
(2016年以降も見据えて) 今後想定される課題

WHTC※導入は、冷始動時の排出ガス評価などが加わり、厳しくなる一方で、日本国内で使用される車両では現実と乖離が生じ、問題がおきやすい状況になる

車両総重量25tクラスを対象とした302kWの大型エンジンにおけるWHTCと、当該エンジンを搭載した燃費基準達成車でJE05モードを実施したときの、エンジン回転数とトルクの使用領域を右図に示す

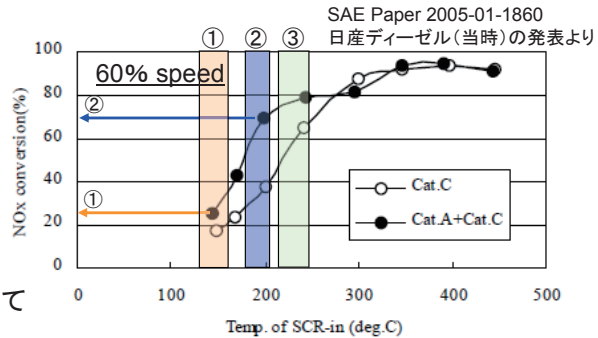
低燃費化が進んでおり、「現実」は、より低速エンジン回転を使用する傾向にある (ただし、この問題の一部はオフサイクル試験等でカバーされる)

※ WHTC : WHDCの中心となる過渡(トランジエント)試験サイクル



「変化」が排出ガス性能に及ぼす影響が拡大

尿素SCRは、認証試験サイクルでは概ね70～80%の浄化率が期待できるが、例えば市街地走行で温度が30～40℃低い、となった場合には浄化率は大きく低減し、NOx排出は大幅に増加することが見込まれる



後処理装置の温度が変化する因子として

- 気温、天候など
- 道路や走行状態
- 積載条件

など多くが挙げられ、デフィート制御や劣化がなくても、動作環境により排出ガス性能が大きく変動する可能性が高まっている

尿素SCRの温度による浄化率の例、

- ① 市街地走行で頻出する温度域
- ② JE05モードにおける平均レベル
- ③ WHTCにおける平均レベル

将来にわたり、現状把握や対策検討等を行っていく

<終わりに>

かつての夢を現実にするために

交通研では、環境(大気汚染)問題が深刻だった平成14年度より、次世代大型車開発・実用化促進プロジェクトを国土交通省より受託し、中核的研究機関として実施してきた

平成14年度に掲げた目標値:

NOx: 0.2g/kWh
PM: 0.01g/kWh
(JE05モード)



当時の排出ガス規制値:

NOx: 4.5g/kWh
PM: 0.25g/kWh
(D-13モード)

プロジェクト目標は、「環境問題を抜本的に解決する夢の水準」だった

2016年の規制強化により、ほぼその水準に到達し、「夢が現実になる」

ただし、ゴールは規制値が満たされることより、むしろそれに見合った環境性能が実社会で発揮され、大気環境の維持、改善に寄与すること

そのために必要な現状把握、原因究明、対策の検討などを、交通研として引き続き関係各位とともに取り組んでいきたい

— 完 —

受託・施設利用等について

■ 受託・共同研究について

皆様のご要望に応じて、当所の研究業務に関連した受託研究、試験及び共同研究を行っています。
詳細については、企画室（kikaku@ntsel.go.jp）へお問い合わせください。

● 実績（受託元）

関係省庁（国土交通省、環境省、文部科学省 等）、関係団体（鉄道建設・運輸施設整備支援機構 等）、
民間企業 等

年間50件以上

■ 施設利用について

ご希望される方には施設を有償でお貸ししています。希望される方は総務課（soumu@ntsel.go.jp）
までご連絡ください。なお、貸与は、研究所の業務に支障のない範囲で一定の基準の下となりますので、
予めご了承ください。

平成25年度

交通安全環境研究所講演概要

平成25年5月31日発行

編集兼発行人 独立行政法人 交通安全環境研究所

発行所 独立行政法人 交通安全環境研究所

〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7-42-27

URL <http://www.ntsel.go.jp/>

本書についてのお問い合わせは、企画室までお願い致します。

交通安全環境研究所 企画室

電話 (0422) 41-3207

FAX (0422) 41-3233

○本冊子は、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。

○リサイクル適正の表示：紙へリサイクル可

本冊子はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。