

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

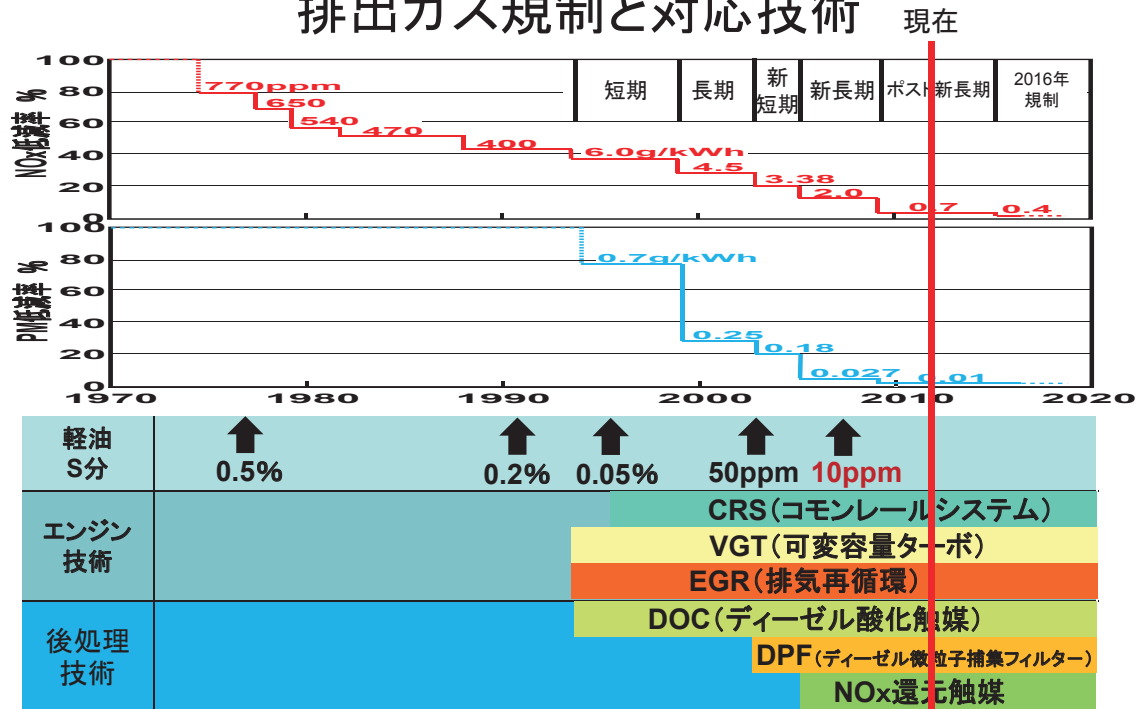
1. ディーゼル自動車の排出ガス対策
技術について
2. 燃費とオフサイクル
3. リアルワールドと後処理装置の課題
4. 大型車の技術傾向と今後の課題

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

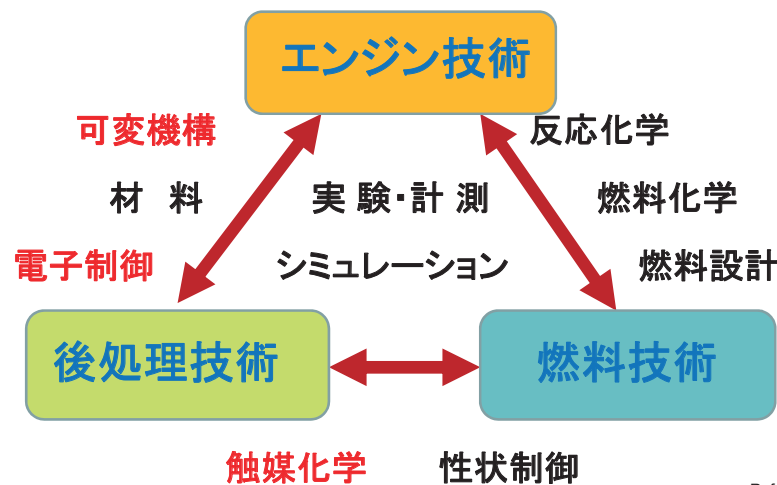
1. ディーゼル自動車の 排出ガス技術

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



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

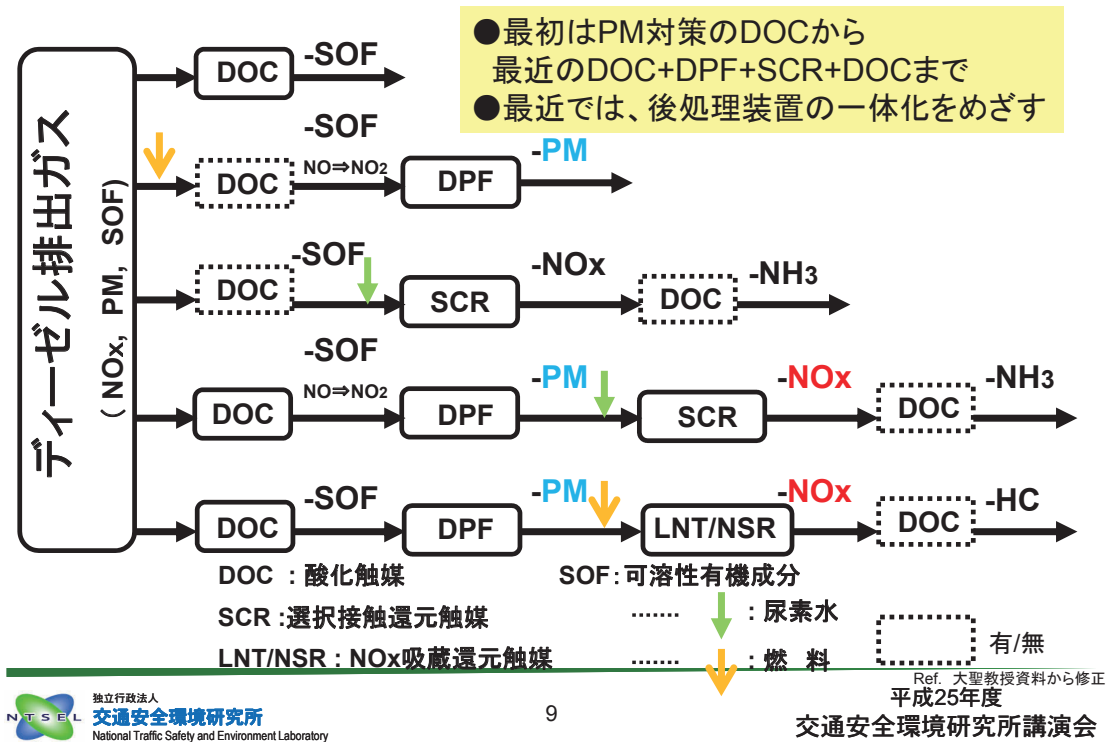
自動車排出ガス性能劣化状況市場採取試験の調査(サーベイランス)
自動車環境アセスメントに関する調査
粒子状物質の粒子数に係る測定法の確立のための調査
ポスト新長期規制適合車におけるオフサイクル試験時の
排出ガス実態調査
尿素SCR車の排出ガス性能の実態調査
後処理装置の性能維持対策の検討調査

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

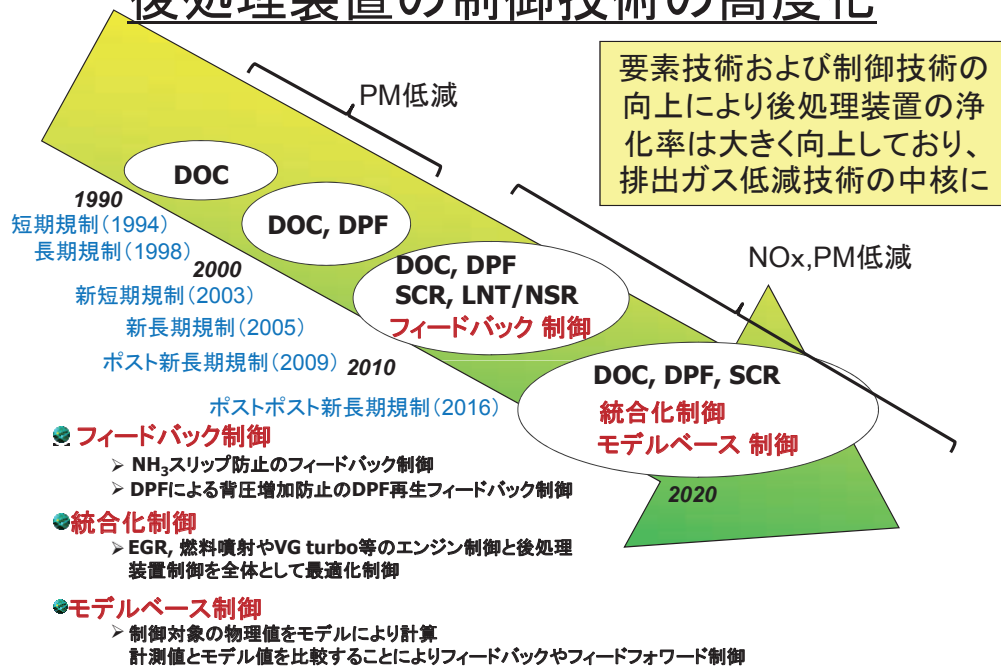
- | | |
|---|------------------------|
| • DOC (Diesel Oxidation Catalyst) | ディーゼル酸化触媒 |
| • DPF (Diesel Particulate Filter) | ディーゼル粒子捕集フィルタ |
| • LNT (Lean NO _x Trap)/NSR (NO _x Storage Reduction) | NO _x 吸蔵還元触媒 |
| • SCR (Selective Catalytic Reduction) | 選択接触還元触媒 |

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

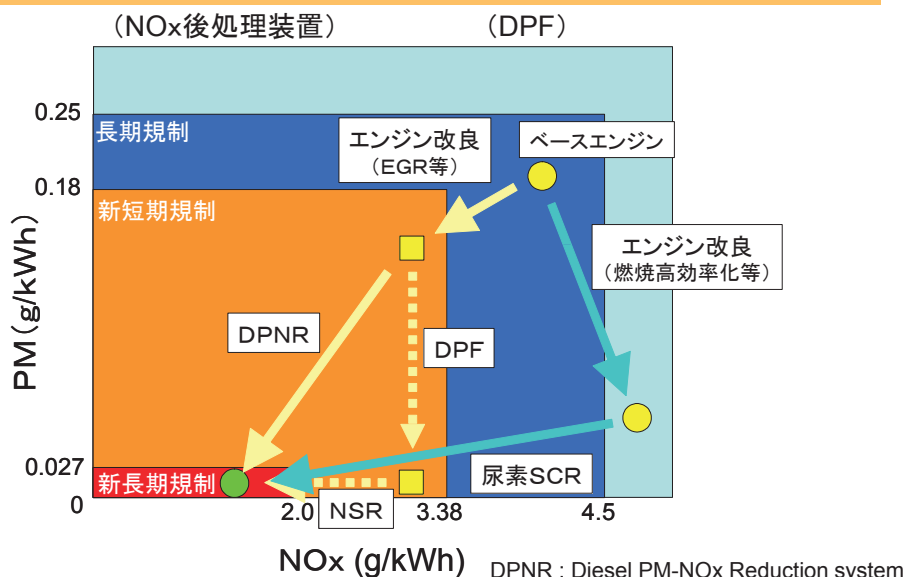


10

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(CRT™ 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

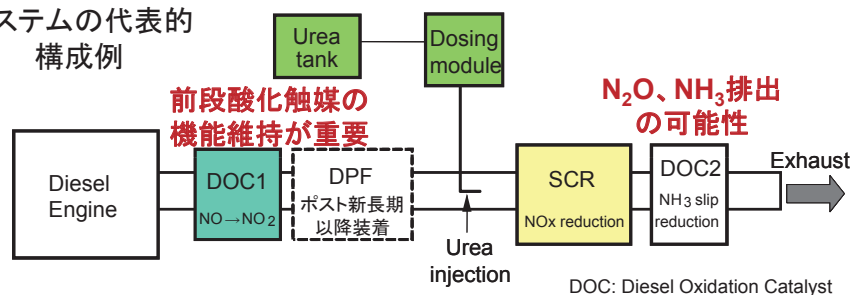
大型車のNO_x低減技術の主流は？

- ・ 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

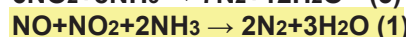
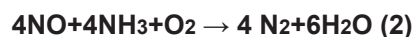
(尿素:ureaからできる)アンモニアを使って、酸素共存下で
NO_x浄化(還元)性能を発揮できる

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

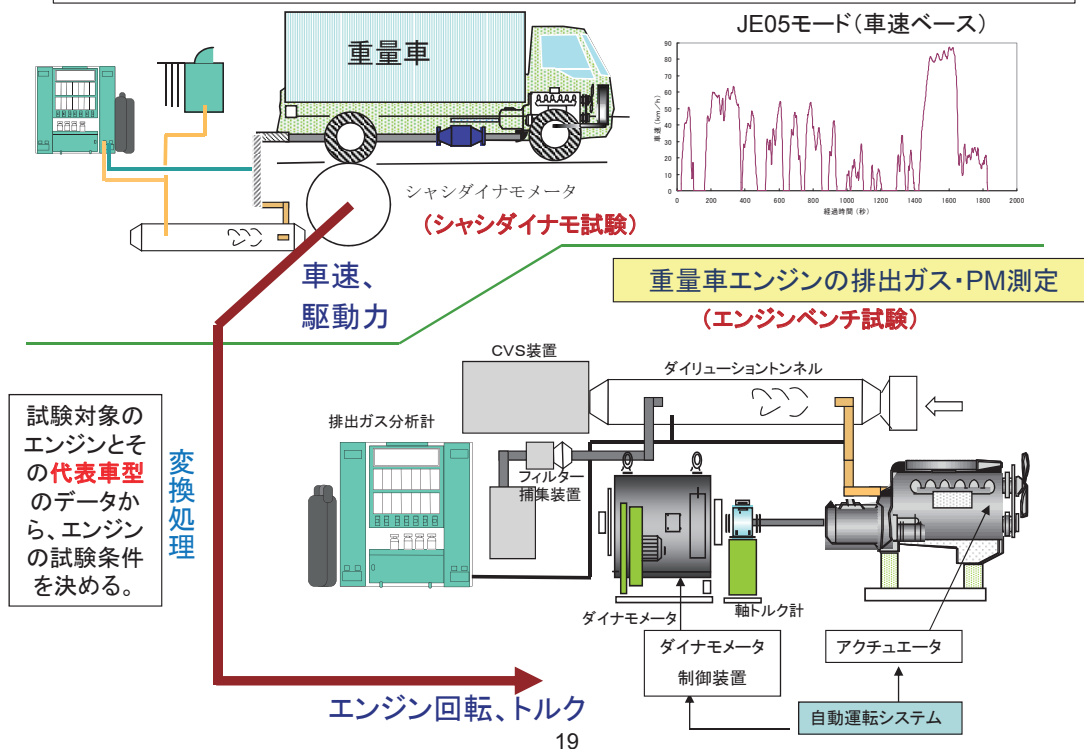
- 交通研は、実態把握と対策について技術的支援を行ってきた。
- オフサイクルにおける排出ガス実態調査
 - 重量車メーカーによるエンジンダイナモ排出ガス試験
 - 交通研によるシャシダイナモ排出ガス試験
- 実態調査とメーカーヒアリングから得られた結果を基に対策の提案

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。

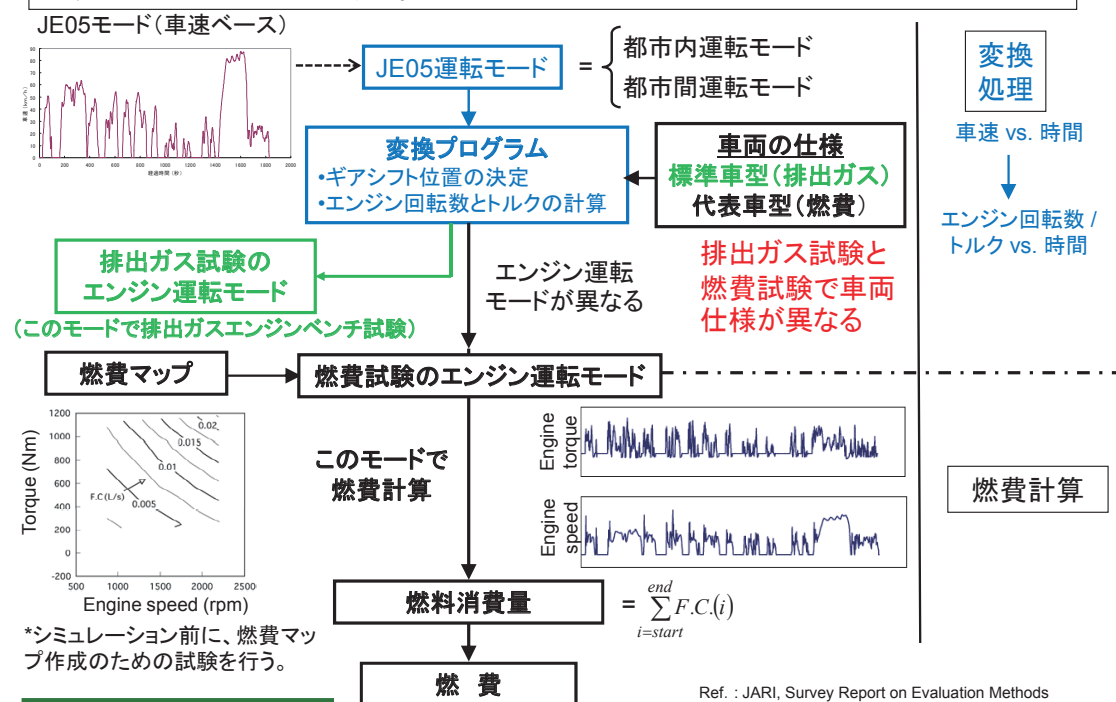
調査から得られた検討項目

- **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



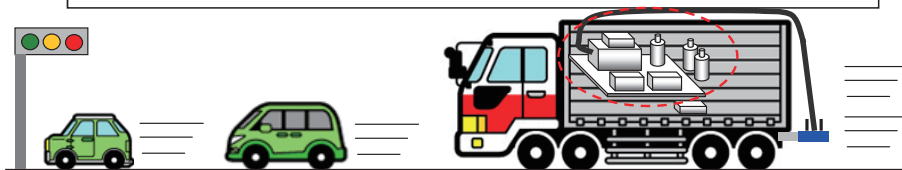
エンジン運転モードが違うことによる影響

- 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？

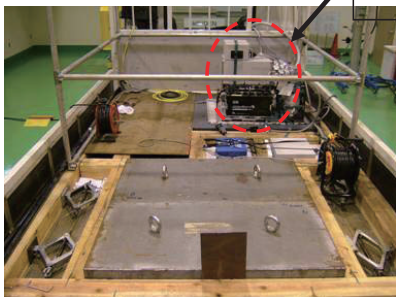
- 本来はリアルワールドの通常の運転条件では後処理装置が機能するべき
- 今回、「ディフィートストラテジー」の明確な規定と使用の禁止を導入 ディフィートストラテジー(Defeat Strategy): ディーゼル重量車の排出ガスを悪化させるエンジン制御
- 「ディフィートストラテジー」とみなさない保護制御を限定的に定義
- 演繹的な対策を行ったが、将来的には**実態把握からの帰納的な制度等**も入れる必要性は？
- リアルワールドからの実態把握が出来る帰納的な仕組みが必要(**サーベイランスやPEMS試験等**)

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

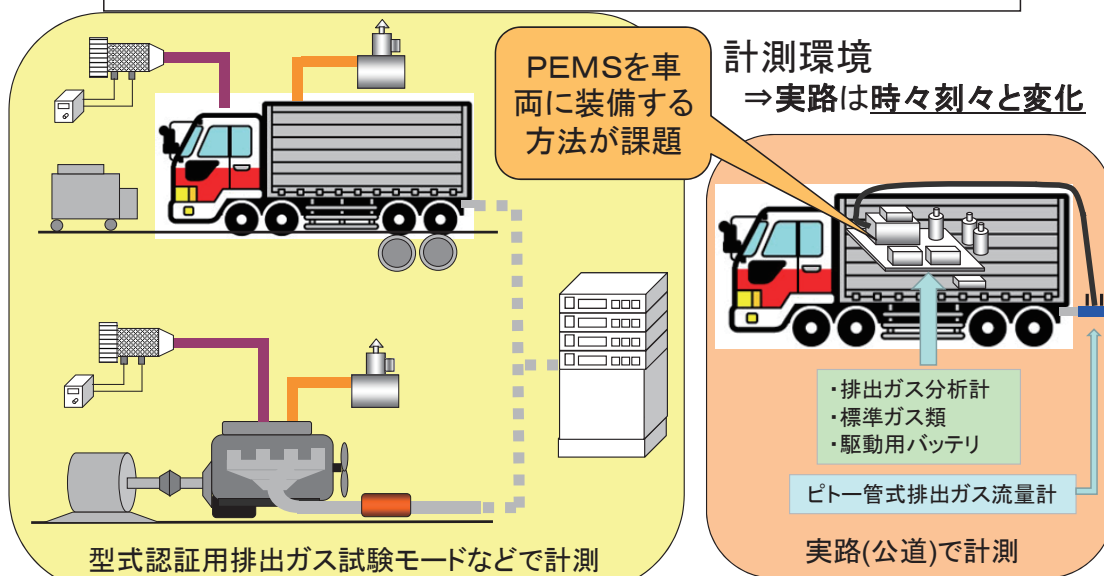
PEMS (Portable Emission Measurement System: 車載排出ガス分析システム)



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



シャシーダイナモメータおよびエンジンダイナモメータ
【従来試験装置】

【PEMS】

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！