

排出ガス後処理装置検討会中間報告

平成25年3月14日
排出ガス後処理装置検討会

目次

1. はじめに
 - 1.1 検討の背景
 - 1.2 検討の目的・経緯
2. 尿素SCRシステム性能低下対策
 - 2.1 尿素SCRシステム搭載の新長期規制適合車の使用過程での排出ガスの増加
 - 2.1.1 新長期規制適合車における排出ガスの実態
 - 2.1.2 環境に与える影響
 - 2.1.3 尿素SCRシステムの性能低下の原因の究明状況
 - 2.2 SCR触媒のHC被毒メカニズムの究明結果と対策の方向性
 - 2.2.1 SCR触媒の劣化要因の分析
 - 2.2.2 昇温によるSCR触媒の性能回復の可能性
 - 2.2.3 HC被毒対策の方向性
 - 2.3 前段酸化触媒の劣化原因の究明状況(中間報告)
 - 2.3.1 前段酸化触媒の劣化要因の分析
 - 2.3.2 走行パターンによる影響の分析
 - 2.4 レイアウト位置、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)
 - 2.4.1 レイアウト位置による影響と関連動向
 - 2.4.2 低速走行時の影響
3. 今後の検討課題
 - 3.1 前段酸化触媒の劣化原因の究明と対策の検討
 - 3.2 排出ガス試験方法の見直しに係る検討
 - 3.3 その他

資料1 新長期規制の概要

資料2 新長期規制適合車における排出ガスの実態

資料3 交通研による使用過程車の排出ガス試験結果

資料4 特定の走行パターンを有する車両の排出ガス性能評価法等に係る調査

参考資料1 尿素SCRシステムの概要

参考資料2 用語集

1. はじめに

1. 1 検討の背景

現在、ディーゼル重量車(車両総重量3.5トン超のトラック・バス)には平成21年排出ガス規制(ポスト新長期規制)が適用されているところであるが、平成17年規制(新長期規制、資料1)に適合した車両のうち、尿素SCRシステム(参考資料1)を搭載した使用過程車について窒素酸化物(NO_x)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され(資料2)、平成24年3月の中央環境審議会(中環審)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している。

また、平成23年度に国交省及び環境省が設置した「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した。

これらを踏まえ、平成24年8月の中環審「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)」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。

1. 2 検討の目的・経緯

- 中環審第十一次答申を受けて、使用過程でのNO_x後処理装置性能低下対策、後処理装置のレイアウト等を考慮した排出ガス低減対策を検討するため、国土交通省及び環境省は、平成24年10月に学識経験者等からなる本検討会を合同で設置し、検討を開始した。
- 具体的な検討課題は以下のとおり。
 - 新長期規制適合車に搭載された尿素SCRシステムの性能低下の原因究明
 - 走行実態を考慮した耐久走行試験法への改定
 - 排出ガス後処理装置のレイアウトを考慮した排出ガス認証試験法への改定
- 平成24年度は、6回の検討会を開催し、自動車メーカーからヒアリングを行うとともに、独立行政法人交通安全環境研究所(交通研)において東京工業大学資源化学研究所有機資源部門の協力を得て実測調査等を実施することにより、尿素SCRシステム性能低下対策として、以下を検討した。
 - HC被毒メカニズムの究明
 - 自動車メーカーにおいて検討されたHC被毒対策の有効性の検証
 - 前段酸化触媒の劣化原因の究明
- 今般、中間報告として、HC被毒メカニズムの究明及び対策等について取りまとめるとともに、前段酸化触媒の劣化原因について、これまでに得られた知見を報告する。

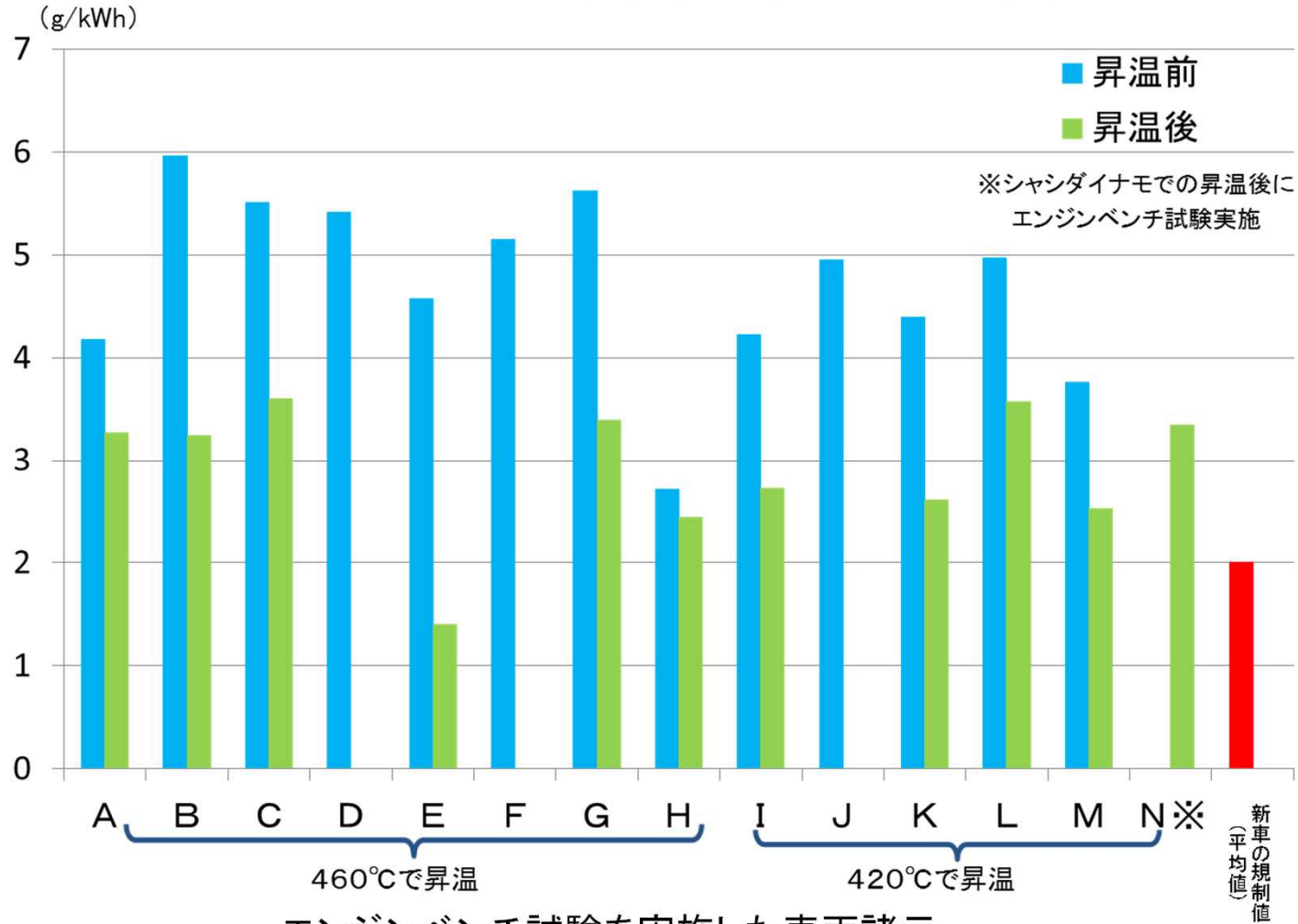
2. 尿素SCRシステム性能低下対策

2. 1 尿素SCRシステム搭載の新長期規制適合車の使用過程での排出ガスの増加

2. 1. 1 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NO_x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シダイナモ試験を実施した。(資料2、資料3)
- 試験の結果、いずれの場合もNO_x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である(資料1)。
- 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、NO_x排出量は低減した。(次ページグラフ、資料3)
- 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排出量は増加していた。(資料2)

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)

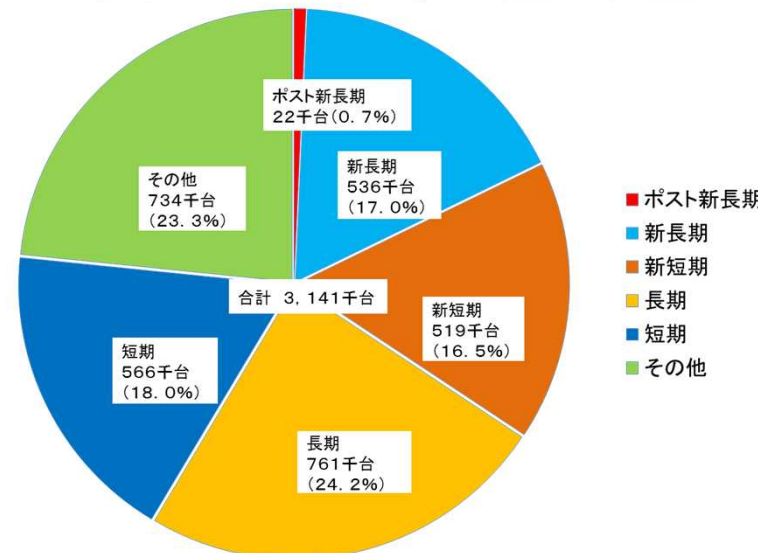


エンジンベンチ試験を実施した車両諸元

	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

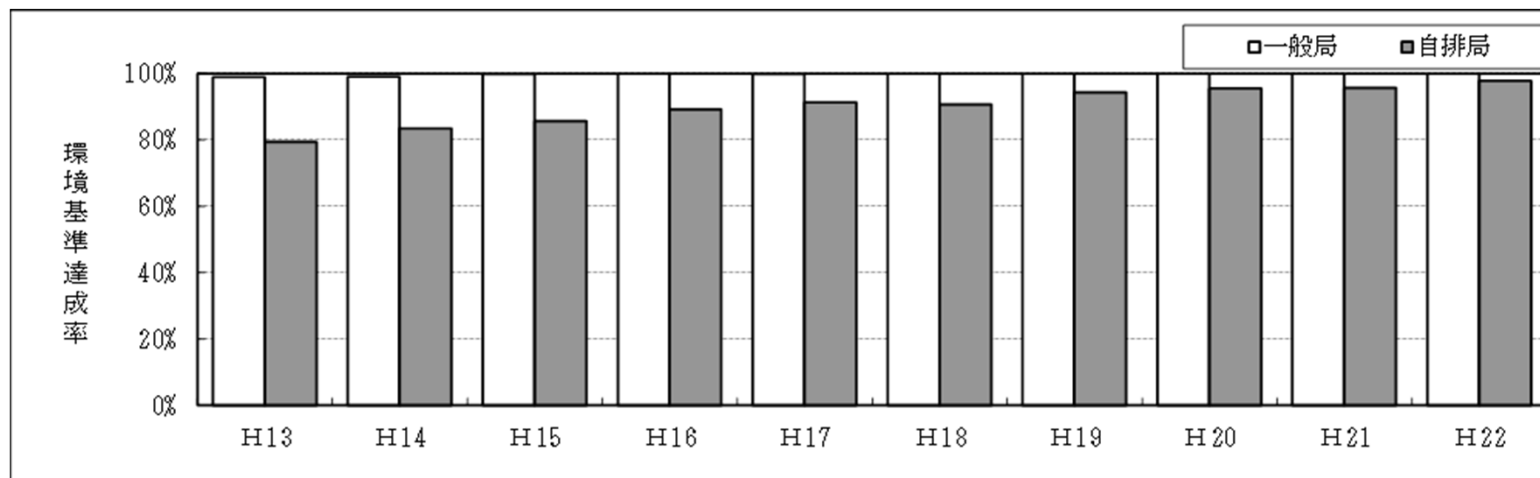
2. 1. 2 環境に与える影響

- 平成17年からの新長期規制では、国内の大型車メーカーのうち2社のディーゼル重量車に尿素SCRシステムが採用されており、現在、約6万台が使用されている。なお、平成21年からはポスト新長期規制が施行されているが、本件事案のような尿素SCRシステムの著しい性能低下の事案は、ポスト新長期規制適合車については現時点では報告されていない。
- 今回、実測データが得られた使用過程車の台数は限られており、また、性能低下の度合いも車両により異なるものの、ワーストケース(現在使用されている6万台のNO_x排出量が、JE05モードによる実測データが得られた車両のうちNO_x排出量が最も増大したものと同率で増大する)と仮定した場合、NO_x排出量は全国で年間約1.7万トン増加することとなる。
- この数値は限られたデータに基づくものであり、精度に限界があることに留意する必要があるが、平成22年度の全国の自動車からのNO_x排出量の総量66万トン(環境省推計)の約2.5%に相当する。



ディーゼル普通貨物・バスの登録台数割合(平成22年度末時点)

- 平成22年度の二酸化窒素(NO_2)の環境基準の達成状況は、道路沿道で97.8%(自動車排出ガス測定局416局中407局で達成)。一般環境では、平成18年度より100%達成を継続中(22年度は一般環境測定局1332局全局で達成)。また、 NO_2 濃度の年平均値は、自排局、一般局とも近年ゆるやかな改善傾向が見られる。
- 大気中の NO_2 は、自動車や固定発生源等から排出される NO_x 、HC等の光化学反応により生成されるため、現時点での限られた知見からは、本事案が環境基準の達成状況や大気中の NO_2 濃度にどの程度の影響を及ぼすか、定量的な評価は困難である。
- しかしながら、本事案により規制効果が減少し、 NO_x の排出量が増加しているのは確実であるので、以下に述べるとおり、これまでに得られた知見を踏まえ、可能な取組から実施するとともに、引き続き原因究明等を進めることが必要である。



NO_2 環境基準達成率の推移

2. 1. 3 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搭載されている尿素SCRシステムの性能低下の原因として、昨年8月の中環審第十一次答申の時点では、環境省による実測調査(資料2)の結果から、尿素SCRシステムの前段酸化触媒、SCR触媒、後段酸化触媒の未燃HC、硫黄(S)、リン(P)、その他金属による被毒又は触媒の性能低下が想定されていた。
- 従来からの知見と、今般、本検討会に対して自動車メーカーから提出されたデータ及び交通研による実測調査の結果(資料3)を総合すると、尿素SCRシステムの性能低下の原因について、現時点で得られた知見は以下のとおり。

(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被毒が劣化の主原因であると考えられる。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。HC被毒のメカニズムの詳細と対策については、2. 2で述べる。
- 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、熱劣化(排出ガスの熱による触媒の構造変化)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)が導入されている。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。

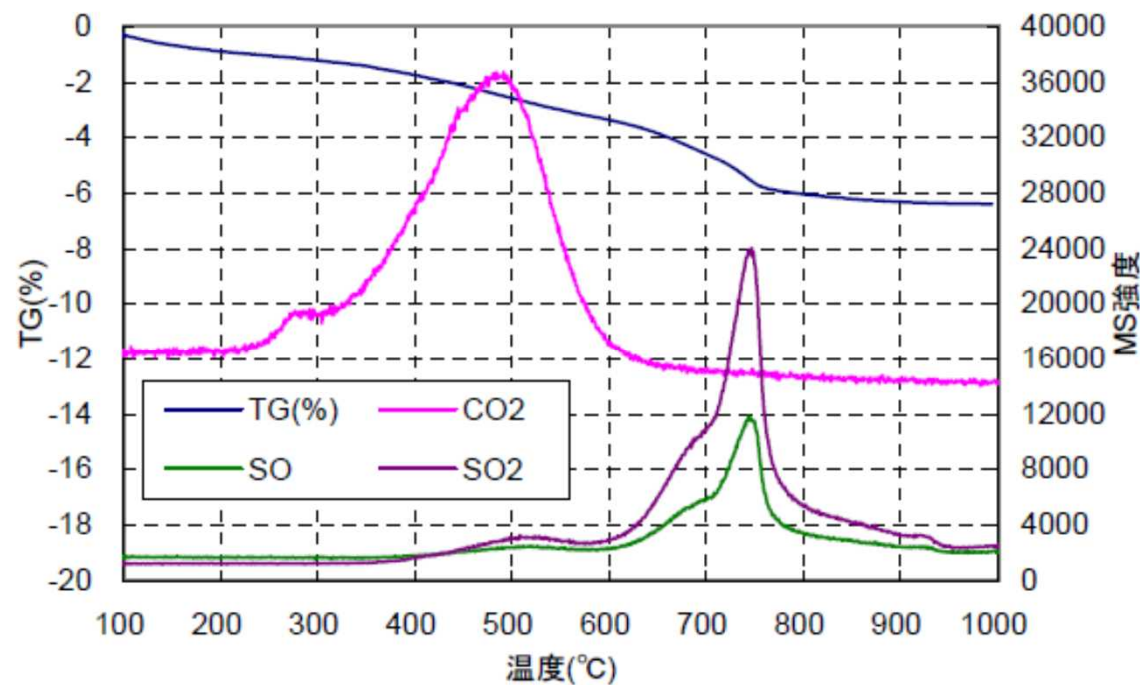
(前段酸化触媒)

- 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、排出ガス中の一酸化窒素(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である。(参考資料1)
- 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した。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。このため、平成25年度も引き続き前段酸化触媒の性能低下の原因究明を進め、その結果を踏まえて対策を検討することが必要である。
- 前段酸化触媒の劣化原因について、これまでに得られた知見を、2. 3で述べる。今後の検討の方向性については、3. 1で述べる。

2. 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

2. 2. 1 SCR触媒の劣化要因の分析

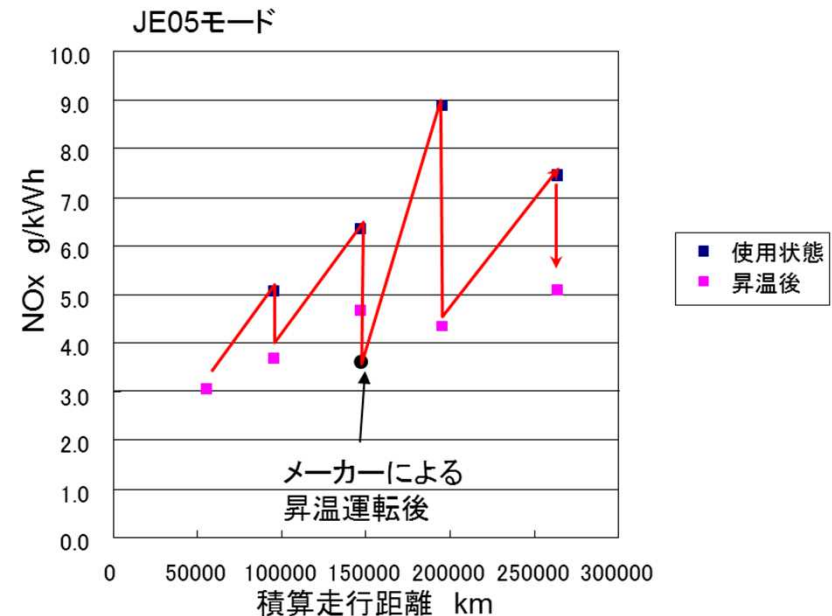
- 自動車メーカーに新長期規制適合車向けのSCR触媒を供給している触媒メーカーの協力により、触媒テストピースによる活性試験及びTG/MS分析を実施した。
- 触媒活性試験の結果、500℃に昇温することによりSCR触媒の活性が回復していることが確認された。
- TG/MS分析の結果、350℃付近からHCの脱離の開始が確認された。



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。)

2. 2. 2 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してきた(資料3)。
- 走行距離に対するNO_x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、再度排出ガスを計測している。
- 昇温前の試験では、前回の昇温後の試験よりNO_x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NO_x排出量を低減することも確認された。
- 資料2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されている。



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

2. 2. 3 HC被毒対策の方向性

(検討の視点)

- 2. 2. 2で述べたとおり、HC被毒対策としては昇温が有効である。これまでの調査結果を基にすれば、SCRを昇温すれば350°C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する。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となる。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される。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である。
- 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である。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である。
- 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である。

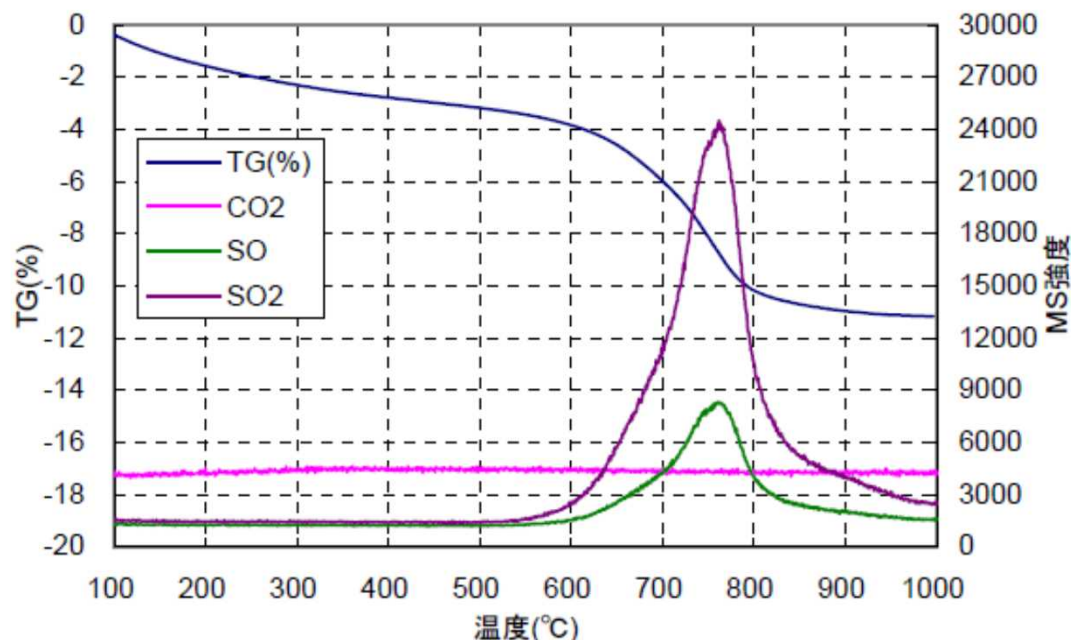
(結論)

- 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、当検討会としては、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。当検討会としては、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、当検討会ではその有効性を検証していく。

2. 3 前段酸化触媒の劣化原因の究明状況(中間報告)

2. 3. 1 前段酸化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前段酸化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。
- 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された。
- また、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である。



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。)

2. 3. 2 走行パターンによる影響の分析

- P7の昇温後の車両CやLにあるとおり、高速走行主体車での性能低下が顕著である。高速走行では排出ガス温度が300°C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。

2. 4 レイアウト位置、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)

2. 4. 1 レイアウト位置による影響と関連動向

- 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り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。

2. 4. 2 低速走行時の影響

- 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。

(資料4)

(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。

3. 今後の検討課題

今後、本検討会は、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、平成25年度末までに最終報告として取りまとめる予定である。

3. 1 前段酸化触媒の劣化原因の究明と対策の検討

- 前段酸化触媒の劣化について、以下の方針により原因究明作業を進め、来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、来年度中に対策を検討し取りまとめることとする。
 - 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する。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される。
 - 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て、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尿素SCRシステムと併せてDPFが装着されており、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・検証する。

3. 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、来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。

3. 3 その他

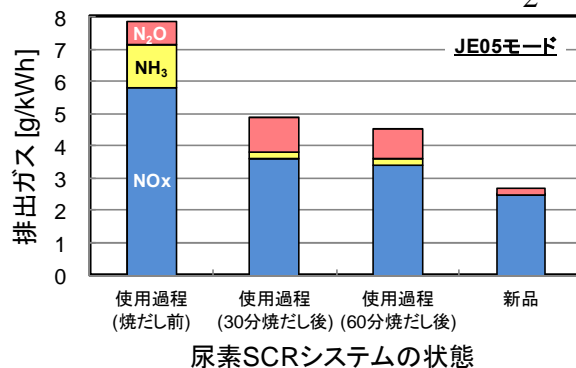
- 平成10年の中環審第三次答申にあるとおり、自動車メーカーにあっては、生産段階において耐久走行距離を走行した後においても良好な排出ガス性能の確保を図ることが求められている(資料1)。本検討会の検討結果を踏まえ、今後の技術開発において、排出ガス後処理装置の耐久性の一層の確保を図ることが求められる。
- また、自動車メーカーにあっては、自動車排出ガス低減対策に際して、温室効果ガスである N_2O 等の排出抑制に配慮し、必要な知見の収集を進める必要がある。
- 自動車ユーザーにおいては、排出ガス後処理装置、特に尿素SCRシステムの適切な稼働には、適切な品質の燃料、エンジンオイル、尿素水等の使用が必要不可欠であることに留意する必要がある。

＜資料1＞新長期規制の概要

- ディーゼル重量車の新長期規制では、平成14年の中環審「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第五次答申)」に基づき、新型車が型式認証の際に満たすべき規制値として、NO_xについては型式ごとの平均値として2.0g/kWh、生産時のばらつきを考慮した上限値として2.7g/kWhが規定されている。
- また、使用過程における性能維持方策として、平成10年の中環審第三次答申では、自動車メーカーに対して、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を求めている。
 - ディーゼル重量車の耐久走行距離
 - 車両総重量3.5トン超～8トン以下 25万キロ
 - 車両総重量 8トン超～12トン以下 45万キロ
 - 車両総重量12トン超～ 65万キロ
- これらを踏まえ、国土交通省では、道路運送車両法の体系により、自動車メーカーから申請のあった新型車の審査を実施している。ただし、ディーゼル重量車の耐久性能については、実際に耐久走行距離を走行するには非常に時間と費用を要するため、規定された走行距離の3分の1の走行に相当する間、高速高負荷領域を中心としたエンジン回転モードで運転し、その時点の排出ガス量の結果から耐久走行後の性能を外挿する方法を認めている。なお、米国及び欧州においても外挿法による耐久走行後の性能評価を行っている。

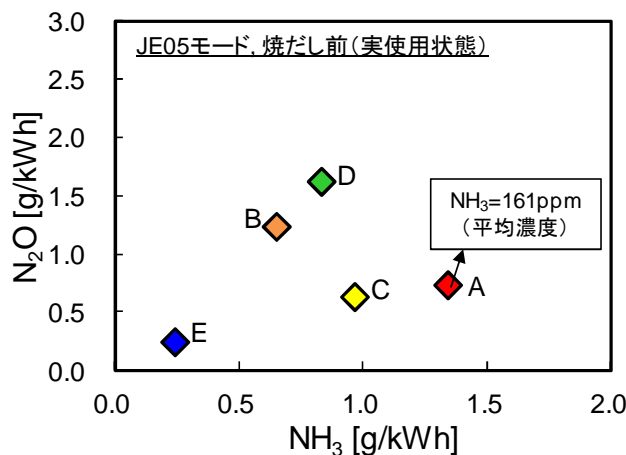
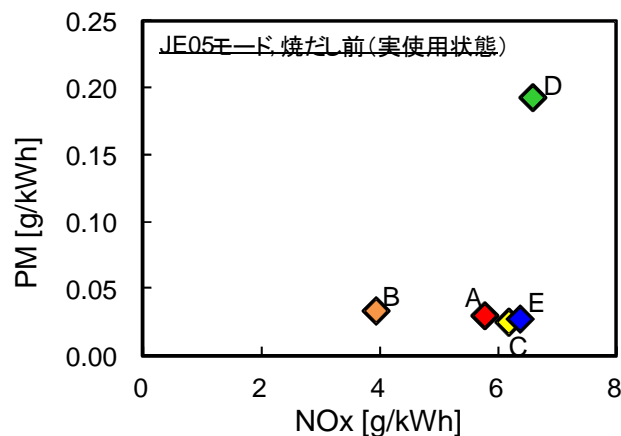
＜資料2＞ 搭載新長期規制適合車における排出ガスの実態

- 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しており、さらにNH₃及び温室効果ガスであるN₂O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していた。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。
- このうち、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、NO_x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、NH₃排出量は低減する一方、N₂O排出量は増加した。



尿素SCRシステムの状態		JE05 test#	テールパイプ NO _x (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
	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
新品 (慣らし運転後)	n3	2.41	10.2	186.7	
	ave	2.48	11.9	205.7	

シャシダイナモ試験結果



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

□ 平成22・23年度環境省調査結果

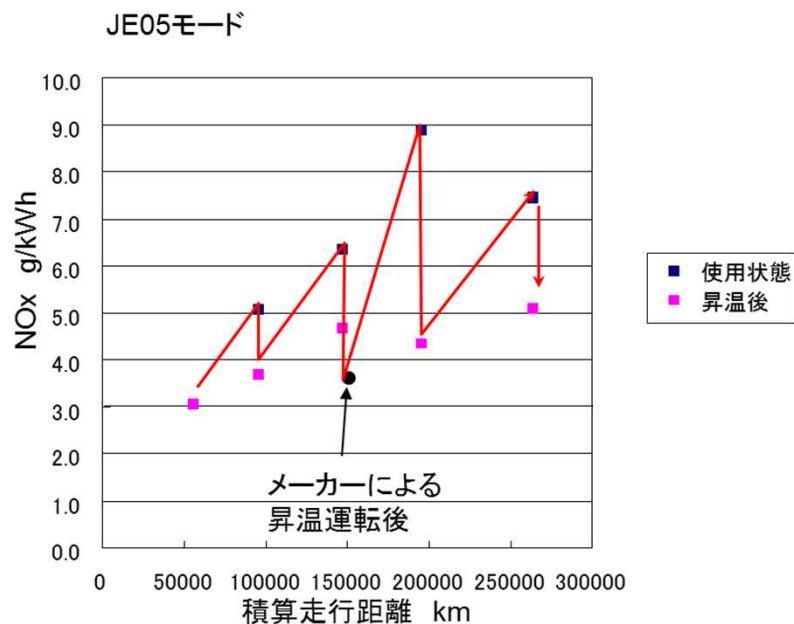
	車両A	車両B	車両C	車両D	車両E
原動機型式	GE13	GE13	GE13	MD92	6M70
排気量(L)	13.07	13.07	13.07	9.20	12.88
最高出力(kW/rpm)	279/1800	279/1800	279/1800	220/2200	279/2000
車両重量(kg)	10830	11020	11170	11000	13780
車両総重量(kg)	24985	24930	24980	14905	24990
初度登録年	H17.8	H21.11	H20.11	H17.11	H20.4
走行距離(km)	319791	151636	595670	248118	308873
測定NOx値(g/kWh)	5.72	3.87	6.22	6.70	6.36
	H22年度調査	触媒改良後	高速走行	路線バス	前2軸

JE05モード			CO	NMHC	NOx	PM	CO ₂	Fuel consumption		NH ₃	N ₂ O	310xN ₂ O /CO ₂	Workload
供試車両	尿素SCRシステムの状態	Test #	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	km/L	g/kWh	g/kWh	%	kWh
車両 A	焼だし前(実使用状態)	1	0.09	0.05	5.72	0.031	664.9	210.5	3.22	1.346	0.736	34.3	16.8
		2	0.08	0.05	5.83	0.029	671.3	212.6	3.20	1.344	0.707	32.7	16.7
	30分焼だし運転後	1	0.08	0.02	3.51	0.022	677.2	214.4	3.19	0.245	1.090	49.9	16.7
		2	0.07	0.02	3.65	0.022	673.3	213.2	3.19	0.242	0.997	45.9	16.7
	60分焼だし運転後	1	0.07	0.01	3.39	0.020	674.8	213.7	3.19	0.188	0.957	44.0	16.7
		新品	1	0.04	0.01	2.35	0.023	672.4	212.9	3.21	0.013	0.226	10.4
	2		0.04	0.01	2.69	0.024	678.1	214.7	3.17	0.013	0.204	9.3	16.7
	3		0.04	0.01	2.41	0.021	669.3	211.9	3.20	0.010	0.187	8.6	16.7
車両 B	焼だし前(実使用状態)	1	0.08	0.03	3.87	0.031	649.4	205.6	3.25	0.650	1.280	61.1	17.0
		2	0.06	0.03	3.98	0.036	646.9	204.8	3.27	0.660	1.189	57.0	17.0
車両 C	焼だし前(実使用状態)	1	0.14	0.06	6.22	0.023	668.1	211.6	3.35	0.959	0.646	30.0	16.1
		2	0.15	0.07	6.13	0.026	657.7	208.3	3.40	0.978	0.604	28.5	16.2
車両 D	焼だし前(実使用状態)	1	0.80	0.05	6.70	0.200	840.8	266.6	3.84	0.878	1.528	56.3	11.2
		2	0.76	0.13	6.49	0.185	837.8	265.7	3.84	0.786	1.702	63.0	11.3
	30分焼だし運転後	1	0.25	0.02	3.43	0.053	820.5	259.9	3.96	0.206	2.426	91.7	11.2
		2	0.29	0.02	3.58	0.051	811.9	257.2	3.97	0.363	2.568	98.0	11.3
車両 E	焼だし前(実使用状態)	1	0.49	0.06	6.36	0.027	622.5	197.4	3.16	0.304	0.260	12.9	18.4
		2	0.48	0.07	6.39	0.026	632.4	200.5	3.12	0.182	0.207	10.2	18.4
	30分焼だし運転後	1	0.24	0.02	5.74	0.023	628.8	199.2	3.14	0.004	0.223	11.0	18.4
		2	0.22	0.02	5.72	0.021	632.0	200.2	3.14	0.019	0.403	19.8	18.3
	30分焼だし運転+ 車両冷却ファン停止	1	0.26	0.02	5.39	-	633.2	200.6	3.12	0.045	0.768	37.6	18.4

<資料3> 交通研による使用過程車の排出ガス試験結果

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NO_x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



SCR触媒を含む排気マフラー、新品(左)と26万キロ走行後(右)

同一試験車両での排出ガス試験結果推移(B1)

試験車両諸元

いずれも都市内で運用される、同等性能の路線バス

記号	B1	B2
シリンダ配置	直列6気筒	同左
吸排気系統	過給(VGT)+EGR	同左
排気量 L	9.2	同左
最高出力 kW/rpm	220/2200	同左
最大トルク Nm/rpm	1324/1400	同左
燃料噴射システム	コモンレール式	同左
後処理装置	尿素SCR	同左
車両総重量 kg	14905	15065
ミッション型式	5MT	同左
適合排ガス規制 (年)	平成17年(新長期)	同左
初度登録	平成18年2月	平成20年11月
積算走行距離 km	264000	180000

B2のみ : 平成27年度燃費基準達成、PM規制値-10%

(B1の登録時には、燃費基準等がなかったことによる違いで、性能は同等とみられる)

シャシダイナモ試験結果(①数値データ)

B1

モード	燃費	エンジン仕事率	排出率 g/kWh				PM排出率	NH3平均濃度	N2O排出率	N2O/CO2	備考
	km/l		kWh	CO	THC	NOx					
JE05_持込状態	3.81	11.2	0.63	0.05	7.68	854.4	0.130	42.1	2.13	74.4	
JE05_持込状態2	3.85	11.2	0.61	0.05	7.44	843.4	0.116	44.8	2.06	72.8	
JE05_380°C昇温後	3.80	11.3	0.35	0.02	5.74	846.8	0.076	5.4	2.62	92.3	
JE05_420°C昇温後※	3.97	11.1	0.31	0.01	4.97	819.5	0.026	0.8	2.17	78.9	
JE05_420°C昇温後2回目	4.03	11.1	0.30	0.02	5.07	809.9	0.018	10.3	2.26	83.1	
D13モード	—	14.9	0.06	0.01	4.41	716.3	0.125	0.6			

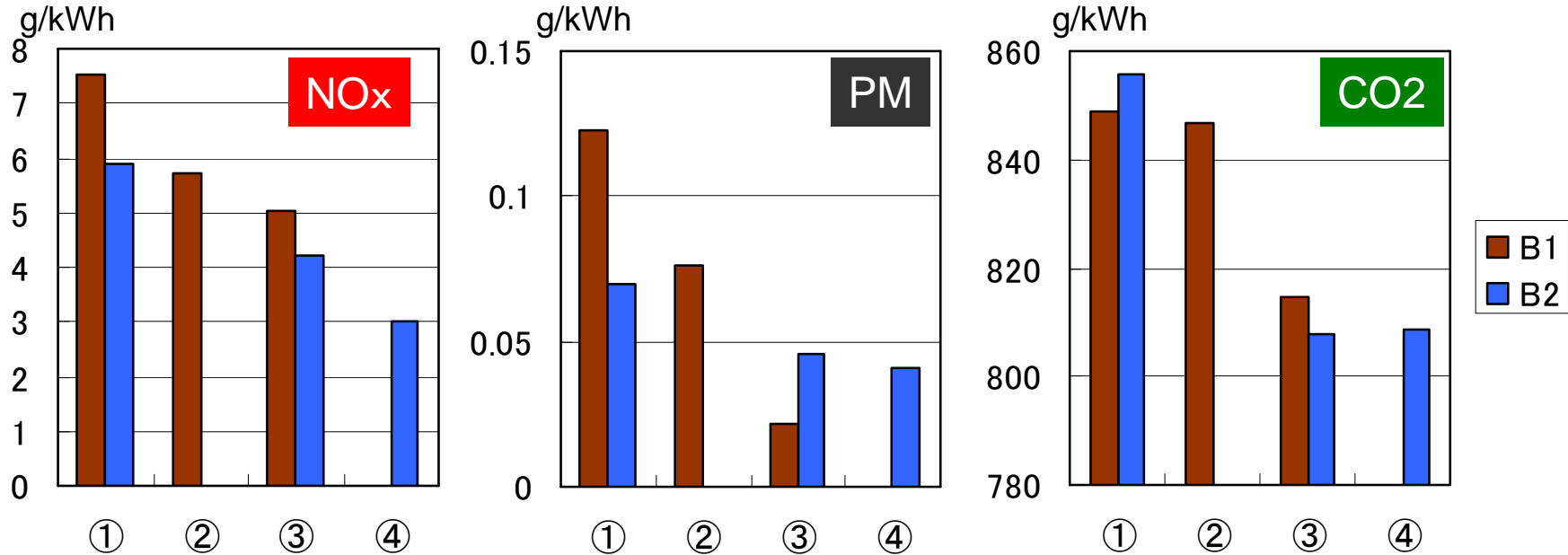
B2

モード	燃費	エンジン仕事率	排出率 g/kWh				PM排出率	NH3平均濃度	N2O排出率	N2O/CO2	備考
	km/l		kWh	CO	THC	NOx					
JE05_持込状態	3.79	11.2	0.35	0.03	5.88	855.5	0.070	24.5	2.63	91.8	
JE05_420°C昇温後※	4.04	11.1	0.19	0.01	4.00	811.1	0.043	0.1	1.84	67.8	
JE05_420°C昇温後2回目	4.09	11.1	0.23	0.02	4.41	804.9	0.049	0.6	1.97	73.1	
JE05_全触媒交換	4.08	11.0	0.01	0.01	3.18	808.7	0.045	0.2	0.07	2.5	
JE05_全触媒交換2回目	4.05	11.1	0.05	0.00	2.86	808.8	0.038	0.4	0.11	4.0	
D13モード	—	14.9	0.04	0.00	3.34	702.7	0.086	0.1			

※ 80%エンジン回転—80%負荷率での運転による昇温運転

持込状態(=それまで運用されていた状態)ではNO_x、PM、NH₃いずれの排出も高い。昇温運転後では、NO_x、NH₃排出は低減するものの、N₂O排出は必ずしも改善しない。

シャシダイナモ試験結果(②グラフ)



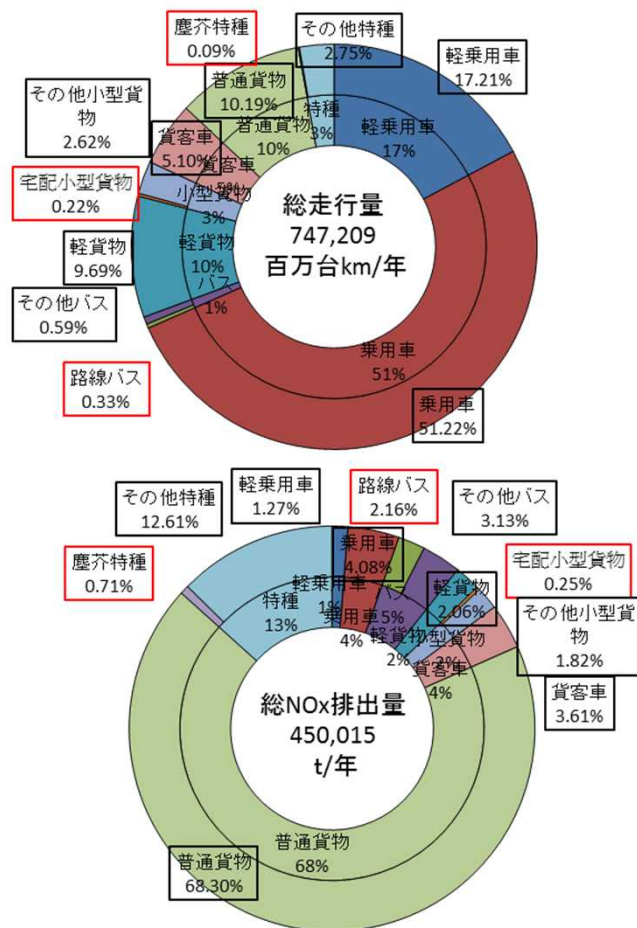
- ①持込状態
 - ②380℃ 30分昇温後
 - ③500-420℃ 30分昇温後
 - ④新品触媒に交換後
- (2回試験をしている場合は平均値とした)

- 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。

<資料4> 特定の走行パターンを有する車両の排出ガス性能評価法等に係る調査 (平成22～24年度環境省調査)

調査内容

- 路線バス、宅配車、塵芥車に代表される頻繁に発進停止を行う低速車両について、車種別の排出ガス量・寄与度を推定
- 上記低速車両のそれぞれ1車種について、走行データを計測し、走行モードを作成。シャシダイ試験により排出ガス量を計測し、ディーゼル重量車の公定試験モード(JE05)と比較



車種別走行量割合及びNOx排出量割合(平成21年)

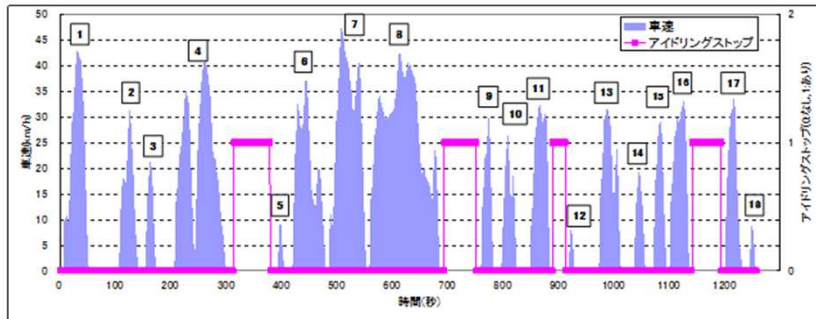
車載計の仕様及び主な計測項目

計測機器 (型式)	計測項目
車載NOx計 (MEXA-720NOx)	①NOx濃度 (ppm) ②O ₂ 濃度 (%)
データロガー (KSR-600)	③速度 (km/h)、④エンジン回転数 (rpm)
GPSセンサー	⑤緯度経度
データロガー (NR-600)	⑥車速 (km/h)、⑦エンジン回転数 (rpm)、⑧アクセル開度 (%)、⑨吸入空気量 (g/cyc)、⑩燃料噴射量 (mm ³ /cyc)、⑪水温 (°C)、⑫EGR制御信号%、⑬触媒入口温度 (°C)、⑭触媒出口温度 (°C)、⑮DPF状態
CANデータ収集UNIT (NR-C512)	

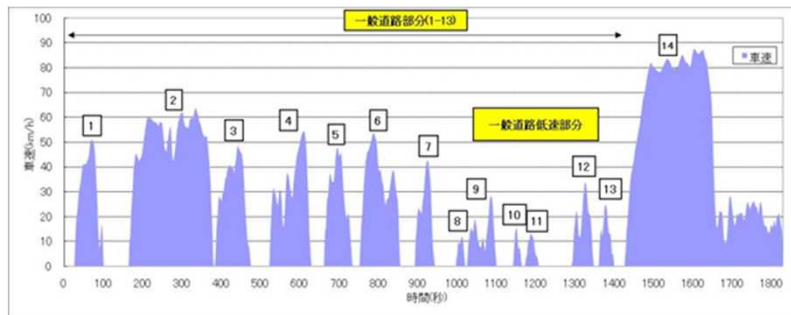


走行データを計測した低速車両

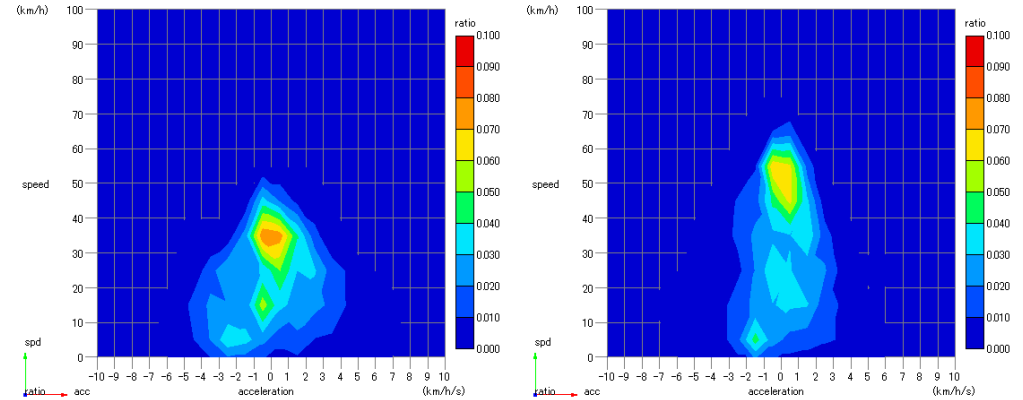
路線バス



路線バス代表走行モード



JE05モード



路線バスモード

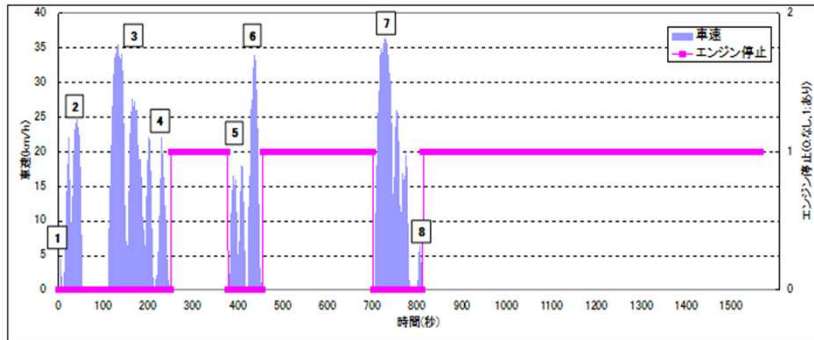
JE05モード(一般道路部分)

速度加速度分布の比較

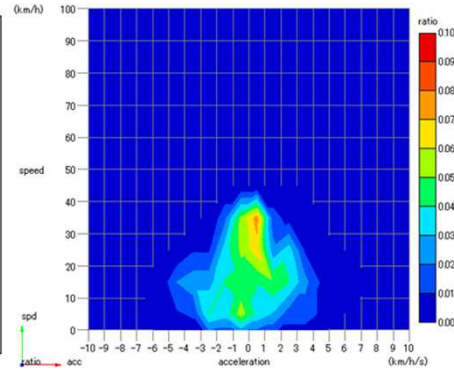
試験モード	試験名	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	CO (g/kWh)	CO2 (g/kWh)	燃費 (km/L)	仕事量 (kWh)	排気温度 (°C)	冷却水温度 (°C)
JE05	JE05①	4.00	0.007	0.041	0.223	895	3.87	10.48	200	74
	JE05②	3.96	0.006	0.042	0.235	887	3.95	10.47	201	74
	平均 (a)	3.98	0.006	0.042	0.229	891	3.91	10.48	201	74
バス実走行	バス実走行①	3.79	0.009	0.026	0.749	820	2.90	4.90	164	74
	バス実走行②	3.76	0.006	0.033	0.525	819	2.91	4.91	166	75
	平均 (b)	3.77	0.008	0.030	0.637	819	2.91	4.90	165	75
差	(b-a)	-0.21	0.001	-0.012	0.408	-72	-1.01	-5.57	-35	1
	(b/a)	(0.95)	(1.20)	(0.71)	(2.78)	(0.92)	(0.74)	(0.47)	(0.82)	(1.01)

排出ガス量の比較(路線バスモード、JE05モード)

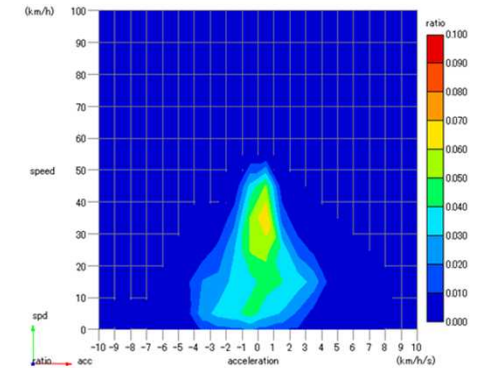
宅配車



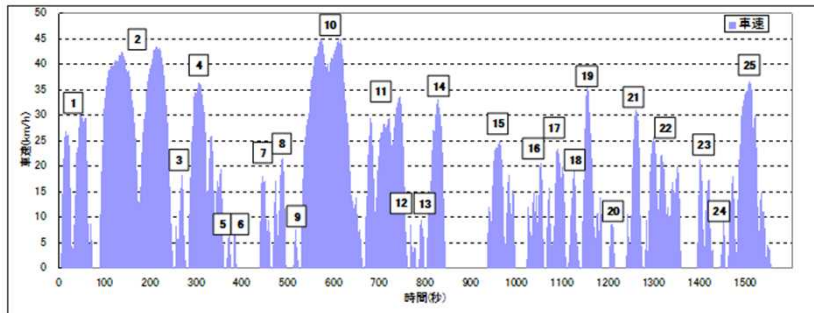
宅配車モード1 (エンジン停止含む)



宅配車モード1 (エンジン停止含む)



宅配車モード2 (エンジン停止除く)



宅配車モード2 (エンジン停止除く)

速度加速度分布の比較

試験モード	試験名	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	CO (g/kWh)	CO2 (g/kWh)	燃費 (km/L)	仕事量 (kWh)	触媒前温度 (°C)	冷却水温度 (°C)
JE05	JE05①	2.20	0.004	0.061	0.049	833	9.43	4.65	166	84
	JE05②	2.31	0.000	0.061	0.037	821	9.56	4.65	165	84
	平均 (a)	2.26	0.002	0.061	0.043	827	9.50	4.65	166	84
宅配実走行	宅配1① (b)	3.60	0.000	0.134	0.106	945	8.44	0.57	127	82
	宅配2① (c)	3.30	0.000	0.218	0.208	946	9.33	2.04	134	83
差	(b-a)	1.34	-0.002	0.073	0.063	118	-1.06	-4.08	-39	-2
	(b/a)	(1.60)	(0.00)	(2.19)	(2.47)	(1.14)	(0.89)	(0.12)	(0.77)	(0.98)
	(c-a)	1.05	-0.002	0.157	0.165	119	-0.17	-2.61	-31	-1
	(c/a)	(1.46)	(0.00)	(3.58)	(4.85)	(1.14)	(0.98)	(0.44)	(0.81)	(0.99)

排出ガス量の比較 (宅配車モード1・2、JE05モード)

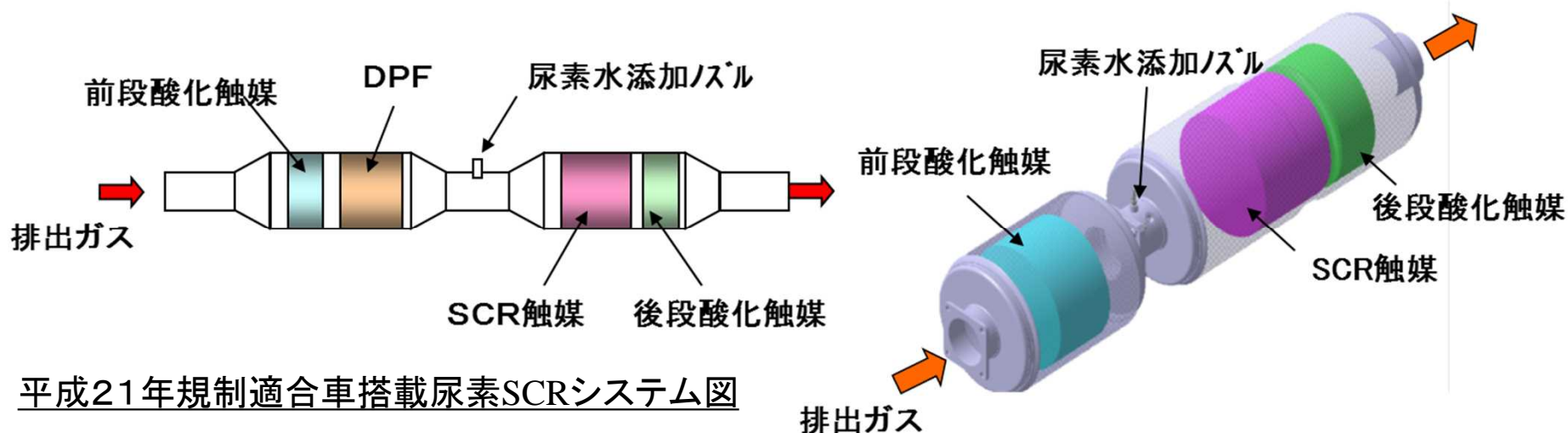
結果概要

- 路線バスモードでは、平均排気温度が低下。
- 宅配車では、集配中のエンジン停止時間が長く、低速車モードに反映する場合としない場合の2通りで作成。
- 宅配車モードでは、仕事量あたりのNOx排出量が1.5倍程度増大し、平均触媒前温度が低下。

<参考資料1> 尿素SCRシステムの概要

□ 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。
- 新長期規制適合車に初めて採用され、ポスト新長期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

□ 尿素SCRシステムでの化学反応

後処理装置構成	重要な役割	化学反応
前段酸化触媒	<ul style="list-style-type: none"> - NO酸化 - HC酸化 	<ul style="list-style-type: none"> - $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ - $\text{CH}_m + (1+m/4)\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + m/2\text{H}_2\text{O}$
SCR触媒	<ul style="list-style-type: none"> - 尿素熱分解 - HNCO加水分解 - NH₃吸着 - 3 SCR反応: 標準, 急速, NO₂-SCR (低速) - 2 NH₃ 酸化反応 (NO & N₂ 生成) 	<ul style="list-style-type: none"> - $\text{H}_4\text{N}_2\text{CO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HNCO}$ - $\text{HNCO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$ - $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (標準SCR反応) - $2\text{NH}_3 + \text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (急速SCR反応) - $8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 \rightarrow 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ (低速SCR反応) - $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ - $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$
後段酸化触媒	<ul style="list-style-type: none"> - NH₃吸着 - NO吸着 - 選択NH₃酸化 - NO & N₂O生成 - NO消費 	<ul style="list-style-type: none"> - $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ - $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ - $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ - $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + 3\text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$

＜参考資料2＞用語集

- エンジンベンチ試験： エンジン単体で実施する試験。重量車については、排出ガスの認証試験は、世界中でエンジンベンチ試験が採用されている
- シャンダイナモ試験： 車両にエンジンが装備された状態で実施する試験。軽量車、中量車について実施。
- 触媒活性試験： 触媒の浄化性能などを測定する試験。エンジンを使わずに、排出ガス相当のモデルガスを、温度を順次変化させながら触媒試験片に流すなどして特性を把握するものを主に指す。
- TG／MS分析 (thermogravimetry and mass spectrometry)： ①熱重量測定 (TG)により、試料の温度を一定のプログラムによって変化又は保持させながら、その試料の質量を温度又は時間の関数として測定した後、②試料から脱離又は生成した気体を質量分析装置 (MS)に導入して、気体成分を同定する方法。[出典 JIS K 0129:2005]

<排出ガス後処理装置検討会>

○ 検討会委員

塩路 昌宏	京都大学大学院エネルギー科学研究科教授(座長)
飯田 訓正	慶応義塾大学理工学部システムデザイン工学科教授
岩本 正和	東京工業大学資源化学研究所教授
小田 曜作	(独)交通安全環境研究所自動車審査部長
小淵 存	(独)産業技術総合研究所新燃料自動車技術研究センター 省エネルギーシステムチーム長 (平成25年1月委員就任)
後藤 雄一	(独)交通安全環境研究所環境研究領域長
小谷野 眞司	(公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所 調査研究科主任研究員
大聖 泰弘	早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科教授
津江 光洋	東京大学大学院工学系研究科教授
土屋 賢次	(一財)日本自動車研究所エネルギー・環境研究部長

○ 事務局

国土交通省自動車局環境政策課
環境省水・大気環境局総務課環境管理技術室

○ 検討経緯

- 第1回(平成24年10月1日)
 - 排出ガス後処理装置への対策に関する経緯
 - 自動車メーカーヒアリング
- 第2回、第3回(平成24年10月16日、10月18日)
 - 自動車メーカーヒアリング
- 第4回(平成24年12月17日)
 - ヒアリング結果取りまとめ
- 第5回(平成25年1月31日)
 - 試験、分析結果等報告
 - 排出ガス後処理装置検討会中間報告(素案)について
- 第6回(平成25年3月5日)
 - 試験、分析結果等報告
 - 排出ガス後処理装置検討会中間報告(案)について

※ 自動車メーカーの機密保持等の観点から、検討会は非公開で開催