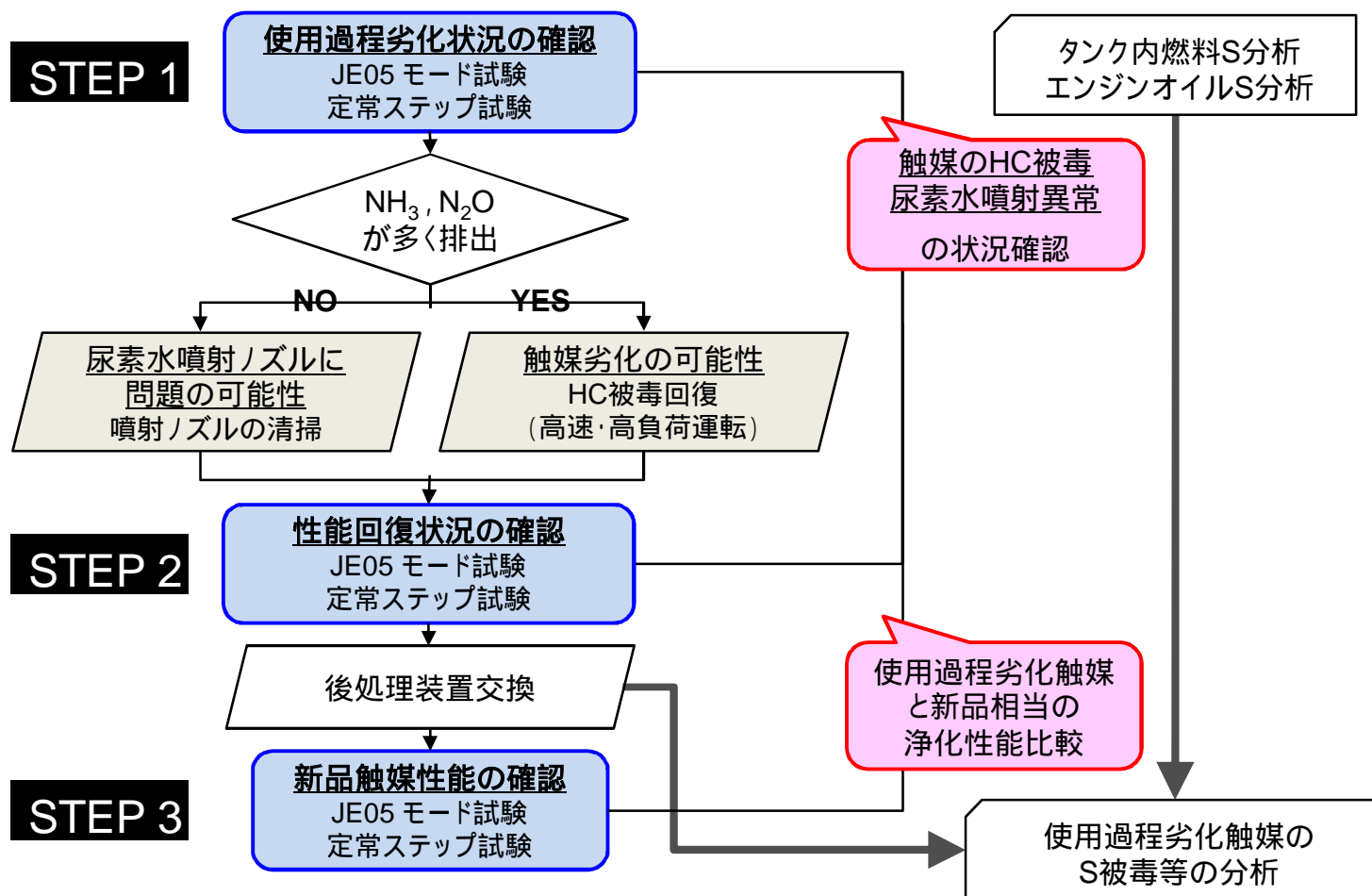


NO_x後処理装置の耐久性・信頼性確保 のための措置に係る今後の検討

平成22年度調査概要

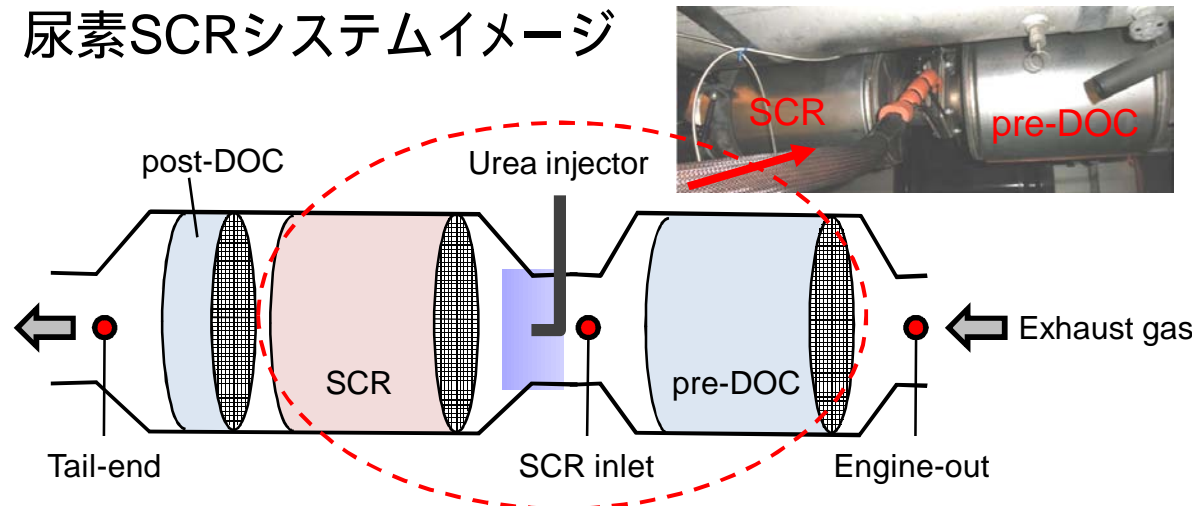
新長期規制適合の尿素SCR装着ディーゼル重量車を用いて、シャシダイでの法定モード等走行試験によるNO_x、N₂O、アンモニア等の排出状況把握と、焼きだし運転後の高温再生触媒及び新品触媒との性能比較により、NO_x等排出量増加要因を検討

調査のフロー図



尿素SCRシステムでの排出ガス計測ポイント及びシステムでの化学反応

尿素SCRシステムイメージ



- 排気管出口の排出ガス量について、ガスクロマトグラフィーにより計測
- エンジン出口、SCR入口、排気管出口の排出ガス濃度について、FTIR等により時系列計測

尿素SCRシステムでの化学反応 (SAE2010-01-0888)

Aftertreatment component	Important role	Reactions
pre-DOC	- NO oxidation - HC oxidation	- $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ - $\text{CH}_m + (1+m/4)\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + m/2\text{H}_2\text{O}$
SCR catalyst	- Urea thermolysis - HNCO hydrolysis - NH_3 adsorption - 3 SCR reactions: standard, fast and NO_2 -SCR (slow) - 2 NH_3 oxidation reactions (NO & N_2 formation)	- $\text{H}_4\text{N}_2\text{CO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HNCO}$ - $\text{HNCO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$ - $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (Standard SCR reaction) - $2\text{NH}_3 + \text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (fast SCR reaction) - $8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 \rightarrow 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ (slow SCR reaction) - $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ - $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$
post-DOC	- NH_3 adsorption - NO adsorption - Selective NH_3 oxidation - NO & N_2O formation - NO reduction	- $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ - $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ - $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ - $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + 3\text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$

調査対象車両

運送業者から使用過程車を借用

- ・ 初度登録年月は2005年8月
- ・ 12段AMTを装備
- ・ 積算走行距離は約32万km
- ・ S被毒耐性を向上させる前のSCRシステムを搭載



■ 主要な車両諸元

Vehicle model	ADG-CD4ZA	
Date of first registration	August, 2005	
Distance traveled	319,791 km	
Use application	Cargo	
Vehicle body shape	Van type	
Number of seats incl driver's	1	
Maximum loading weight	14,100 kg	
Weight of vehicle	10,830 kg	
GW	24,985 kg	
Length of vehicle	1,198 cm	
Width of vehicle	249 cm	
Height of vehicle	377 cm	
Transmission	AMT	
Gear ratio	1st	8.650
	2nd	7.191
	3rd	5.272
	4th	4.386
	5th	3.045
	6th	2.531
	7th	1.856
	8th	1.542
	9th	1.202
	10th	1.000
	11th	0.828
	12th	0.688
Final	3.888	

調査対象車両使用状況

調査対象車両について、尿素SCRシステムに特別な影響を与えるような使用パターンがあるか確認をするために、調査対象車両の所有者である運送業者に対し日常の車両使用状況についてアンケート調査を実施。

主要な通行経路1	横浜市内 東名高速 国道150号線 静岡県牧の原市 出発時間: AM1:00, 現地到着時間: AM4:00, 走行距離: 225 km
主要な通行経路2	横浜市内 第三京浜道路 首都高速道路 横浜市内 出発時間: AM5:00, 現地到着時間: AM5:40, 走行距離: 40 km
主要な通行経路3	横浜市内 府中街道 東京都府中市 出発時間: AM6:30, 現地到着時間: AM7:30, 走行距離: 38 km
車両の年間走行距離	70,000 km
車両の稼働頻度	6 回/週
アイドリング運転時間	0 時間/運行(荷待ち, 荷物の積み降ろし, 仮眠等による長時間アイドル運転は行わない)
平均的な荷物の重量	13,000 kg(往路), 12,000 kg(復路)
車両の平均燃費	3.6 km/L(平均巡航速度: 高速道路 80 km/h, 地場 60 km/h)
ドライバー情報	固定ドライバー
エンジンオイル交換頻度	15,000 km毎
エアークリーナの交換頻度	60,000 km毎

- ・ 深夜から早朝の気温が低い時間帯での地場中心運行 HC被毒促進要因
- ・ 定積に近い積載状態で高速道路も利用している
- ・ 恒常的に長時間アイドル運転を行うことはない HC被毒抑制要因

排出ガス試験結果(テールエンド)

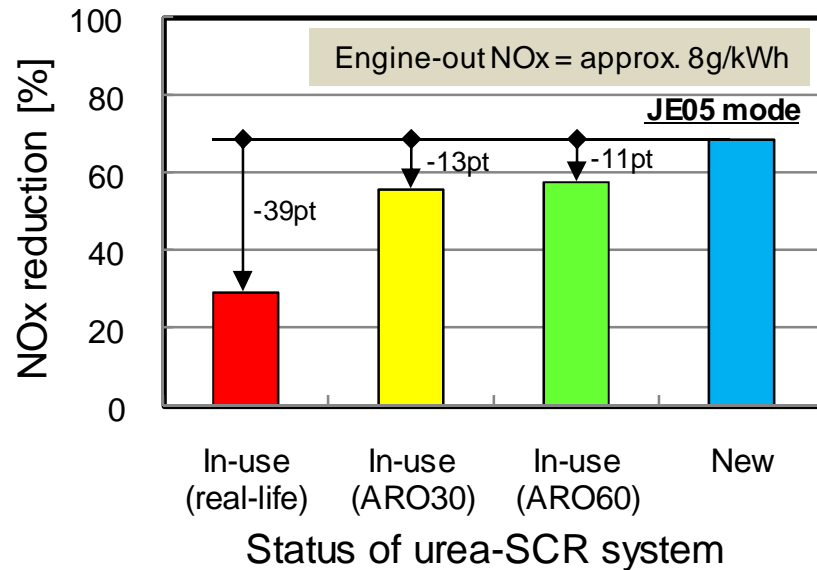
■ 実使用状態 vs. 被毒回復運転後 vs. 新品触媒

Urea-SCR system, status		JE05 test#	Tail-end NOx (g/kWh)	Tail-end CO (g/kWh)	Tail-end NMHC (g/kWh)	Tail-end THC (g/kWh)	Tail-end PM (g/kWh)	
In-use	Real-life	n1	5.72	0.087	0.049	0.054	0.031	
		n2	5.83	0.085	0.051	0.057	0.029	
		ave	5.78	0.086	0.050	0.055	0.030	
	After recovery operation (30min)	n1	3.51	0.082	0.017	0.024	0.022	
		n2	3.65	0.066	0.019	0.026	0.022	
		ave	3.58	0.074	0.018	0.025	0.022	
After recovery operation (60min)		n1	3.39	0.072	0.014	0.024	0.020	
New	After aging operation		n1	2.35	0.045	0.009	0.014	0.023
			n2	2.69	0.041	0.006	0.012	0.024
			n3	2.41	0.039	0.007	0.013	0.021
			ave	2.48	0.041	0.007	0.013	0.023
New long-term regulations (average)			2.0	2.22	0.17	-	0.027	
New long-term regulations (upper limit)			2.7	2.95	0.23	-	0.036	

- ・ 実使用状態では、SCRシステムが著しく劣化しており、**NOx排出率が5.8g/kWh** (新長期規制上限値2.7g/kWhの2倍以上)と極めて高い。
- ・ HC被毒回復運転により触媒に吸着した揮発性成分等の脱離を図った結果、**30分の回復運転後にNOx排出率は3.6g/kWhまで低減した**。
 ⇨ NOx悪化の主たる要因は、触媒のHC被毒
- ・ さらに追加で30分の回復運転を実施したが、**NOxは新品触媒レベル(新長期規制の上限値以下)には戻らず**、3.4g/kWhと若干の低減に留まった。
 ⇨ HC被毒以外の要因もあり(SやPによる触媒被毒が原因)

排出ガス試験結果 (NO_x浄化率)

Urea-SCR system, status		JE05 test#	Engine -out NO _x	Tail-end NO _x	NO _x reduction	NO ₂ /NO _x (SCR inlet)
			(g/kWh)	(g/kWh)	(%)	(-)
In-use	Real-life	n1	8.0	5.7	28.9	0.20
		n2	8.3	5.8	29.5	0.19
		ave	8.2	5.8	29.2	0.19
	After recovery operation (30min)	n1	8.0	3.5	56.3	-
		n2	8.1	3.7	55.1	-
		ave	8.1	3.6	55.7	-
	After recovery operation (60min)	n1	8.0	3.4	57.8	-
		n2	8.0	3.4	57.8	-
		ave	8.0	3.4	57.8	-
New	After aging operation	n1	7.9	2.4	70.1	-
		n2	7.9	2.7	65.9	-
		n3	7.9	2.4	69.5	0.41
		ave	7.9	2.5	68.5	0.41

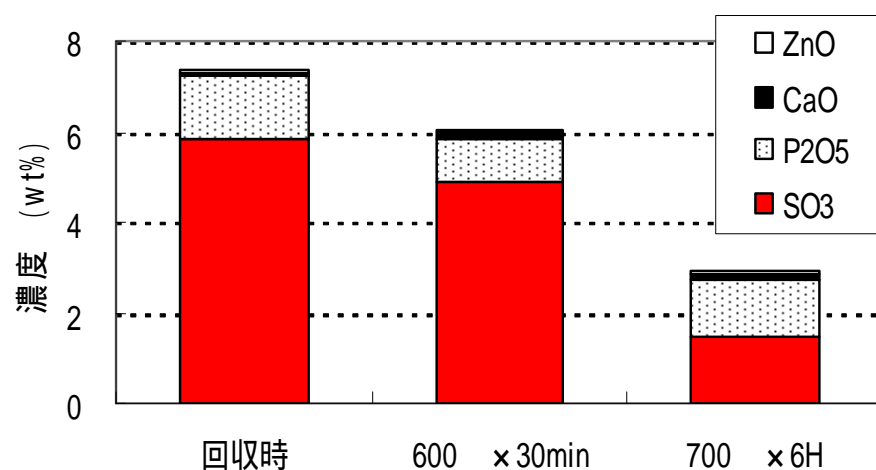


- ・ 実使用状態では、尿素SCRシステムのNO_x浄化率が30%弱に低下 (新品触媒は70%程度)
- ・ NO_x増加要因として、前段酸化触媒のNO₂生成能力の低下 (SCR入口のモード平均NO₂/NO_x比: 新品0.41 → 実使用状態0.19) が挙げられる

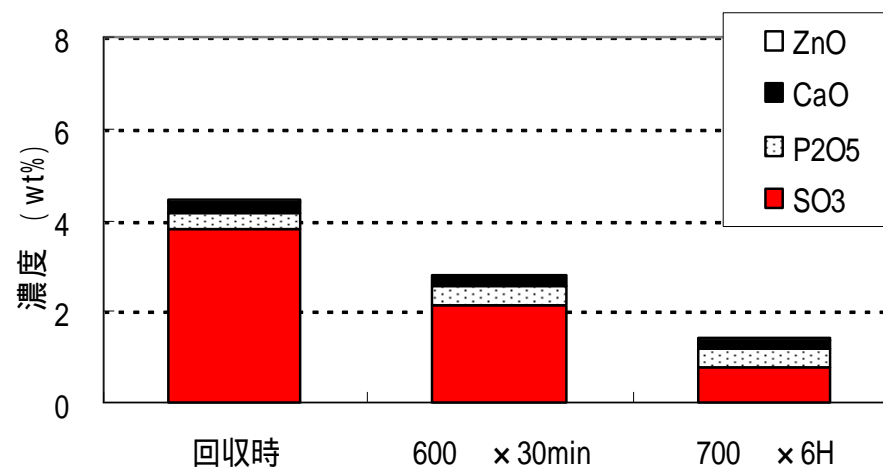
使用過程劣化触媒の被毒分析

- 被毒回復運転後も前段酸化触媒のNO₂生成能力が回復しないため、前段酸化触媒およびSCR触媒について被毒状態等を分析
- 試験終了後および高温熱処理後の状態での触媒表面の被毒状況を分析

■ 前段酸化触媒



■ SCR触媒

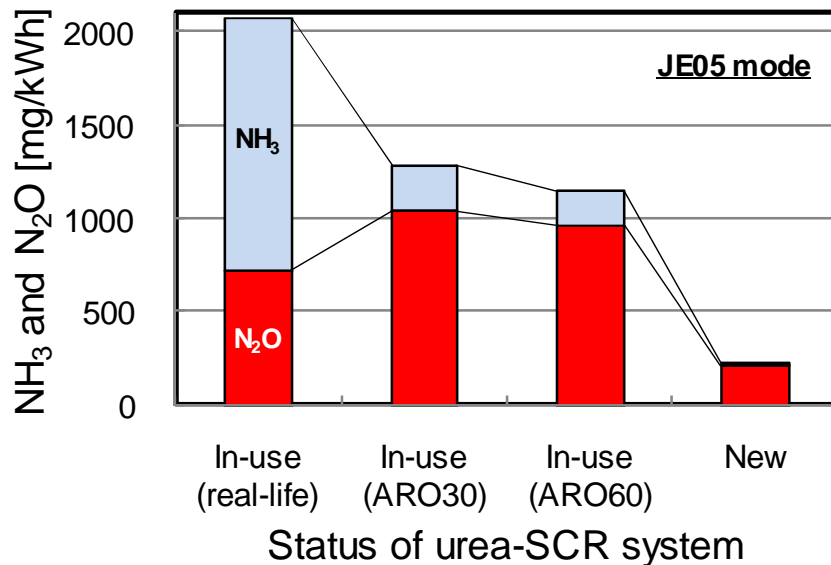


- 前段酸化触媒およびSCR触媒において、SやPの付着が確認された。
- 700 程度の熱処理を施しても、これらの成分が残存する。触媒基材とSやPが化合を起こしている可能性が考えられる。

排出ガス試験結果 (NH₃、N₂O等)

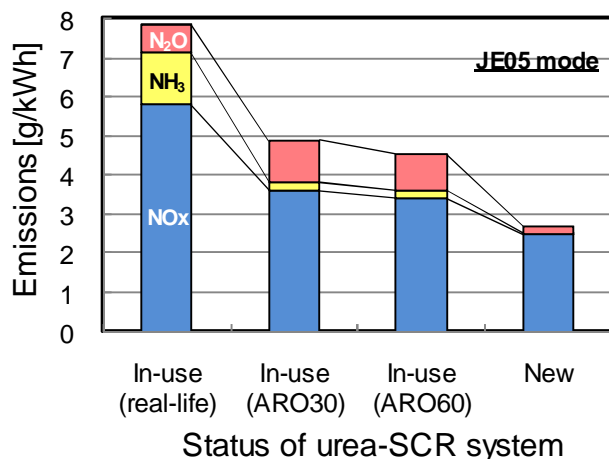
■ 実使用状態 vs. 被毒回復運転後 vs. 新品触媒

Urea-SCR system, status		JE05 test#	Tail-end NH ₃	Tail-end N ₂ O
			(mg/kWh)	(mg/kWh)
In-use	Real-life	n1	1345.9	735.7
		n2	1344.1	707.4
		ave	1345.0	721.5
	After recovery operation (30min)	n1	245.3	1090.5
		n2	242.3	997.1
		ave	243.8	1043.8
After recovery operation (60min)	n1	187.6	956.9	
	n2			
	ave			
New	After aging operation	n1	12.5	226.3
		n2	12.9	204.0
		n3	10.2	186.7
		ave	11.9	205.7



- ・ 実使用状態では、触媒劣化によりNH₃とN₂Oが多量に排出
- ・ 被毒回復運転後は後段酸化触媒の活性が戻り、余剰NH₃の大半がN₂Oに酸化される。その結果、NH₃は減少するが、N₂Oは逆に増加

調査結果まとめ



Urea-SCR system, status		JE05 test#	Tail-end NOx	Tail-end NH ₃	Tail-end N ₂ O
			(g/kWh)	(mg/kWh)	(mg/kWh)
In-use	Real-life	n1	5.72	1345.9	735.7
		n2	5.83	1344.1	707.4
		ave	5.78	1345.0	721.5
	After recovery operation (30min)	n1	3.51	245.3	1090.5
		n2	3.65	242.3	997.1
		ave	3.58	243.8	1043.8
After recovery operation (60min)	n1	3.39	187.6	956.9	
	n2	2.35	12.5	226.3	
	ave	2.48	11.9	205.7	
New	After aging operation	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

- ・実使用状態では、**NOx排出率が5.8g/kWh**と極めて高く、排気系に添加される尿素水に由来して、多量のアンモニア・亜酸化窒素が排出。


⇒ NOx増加主因：SCR触媒のHC被毒(アンモニア吸着力等の低下)
前段酸化触媒のHCおよびS/P被毒(NO₂生成能力の低下)

- ・被毒回復運転により、NOxやアンモニアは低減するが、新品触媒レベルには戻らない。さらに、回復運転後は、NO₂不足により生じる余剰アンモニアの大半が後段酸化触媒で亜酸化窒素に酸化され、**更なるGHGエミッションの増加が生じる**。

⇒ NOx増加主因：前段酸化触媒のS/P被毒(NO₂生成能力の回復が限定的)

平成22年度調査結果を受けた今後の検討方針

- 調査対象車両は、地球温暖化ガスインベントリ調査で対象とした車両(新長期規制対応車)と同一であり、この車両・NO_x後処理装置固有の課題であるか、設計上の課題であるのか、更なる検証が必要
- ポスト新長期規制対応車での実態についても確認すべきであるが、使用過程のポスト新長期車両の走行距離は現時点で10万km程度と考えられ、使用過程におけるNO_x後処理装置の実態を検証するには、更なる使用期間を置いたうえで検証すべき

- 
- 引き続き、新長期規制対応車の使用過程におけるNO_x後処理装置の実態について調査を継続
 - 今年度調査では、調査台数増しを主目的とし、4台程度調査を行う。なお、実使用状況・被毒回復運転後における排気管からの排出ガス(NO_x、NH₃、N₂O)の計測を行う。