

## 乗用LPG車のNO<sub>x</sub>排出実態について

舟島 正直 福岡 三郎 横田 久司  
 中村 健 梅原 秀夫 朝来野 国彦  
 小早川 敏政 風間 秀泰  
 (大気保全部) (大気保全部)

### 1 はじめに

LPG車は、昭和62年度に全国で約32万台登録されている。東京では、約5万3千台登録されており、このうち約90%の4万8千台が乗用LPG車（営業用タクシー及びハイヤー）である。昭和60年度都内の自動車保有台数は、約340万台（二輪車を除く）でLPG車の占める割合は1.5%（5万2千台）である。しかし、昭和60年度都内の全自動車交通量<sup>1)</sup>でみると、乗用LPGは全交通量の約13.6%（ $39 \times 10^9$ 台km/年）<sup>2)</sup>であり保有台数に比較して高い比率となっている。このため乗用LPG車から排出されるNO<sub>x</sub>等の汚染物質量は、大気汚染対策上無視することができない。

昭和61年度に我々は、乗用LPG車（タクシー）が、燃費向上対策のためギヤ位置3速（概ね40km/h）以上の高速走行領域になると、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）低減装置である三元触媒装置及びEGR装置の機能が停止又は低下するシステムを採用していることを指摘した。

この指摘に対して自動車メーカーは、昭和62年7月から全ての走行領域でNO<sub>x</sub>削減装置が機能する乗用LPG車に改良し販売した。本報では、改良前（指摘）乗用LPGの調査の状況から自動車メーカーが新しいシステム開発までの経緯（別表1参照）及び汚染物質等の排出実態調査の結果を報告する。

### 2 LPG燃料及びLPG車の普及の現状について

昭和62年度のLPG燃料の我が国の供給体制は、1,667万トンである。このうち約20%の380万トンが国内で生産され、残りの約80%の1,287万トンが産油・産ガス国から専用の冷凍式タンカーで輸入されている。主な輸入先は、サウジアラビア（47%）、アブダビ（19%）クウェート（9%）と中東諸国が全体の84%を占めており、他の地域では、オーストラリア（9%）が主な輸入

国である。昭和62年度のLPGの主な用途は、表1のように家庭用が約586万トンで全体の36%、工業用が約403万トン（25%）、都市ガス用約198万トン（12%）、化学原料用約190万トン（12%）、自動車燃料用約182万トン（11%）となっており、全体で約1,630万トン使用されている。

自動車燃料に使用されているLPG燃料の化学組成は、産油・産ガス国及び燃料供給メーカーによって多少異なる。また季節によっても内容性が異なるが、代表的な組成性は表2に示すとおりである。表2のように自動車に使用されているLPG燃料の主成分は、プロパンとブタン（イソブタン、ノルマルブタン）である。冬季（10月～3月）は、プロパン成分の比率が高くなっている。これは自動車燃料をトランクのボンベから、ペーパーライザーまで押し込むためには、3 kg/cm<sup>2</sup>以上の圧力を必要とするが、ブタンだけでは3 kg/cm<sup>2</sup>以上に昇圧出来ないためにプロパンの比率を高くしている。

LPG自動車の登録台数は前述したが、東京には、53,239台登録されている。東京のLPG車の主なものは、乗用LPG車の営業用タクシー・ハイヤーで47,986台（約90%）である。このうち法人タクシー・ハイヤーが28,840台、個人タクシーが19,146台である。また法人のうちタクシーは、24,702台（85.7%）でハイヤーは4,138台（14.3%）の内訳となっている。乗用LPG車の製造メーカーは、トヨタ、日産、マツダ、三菱の各自動車メーカーである。他にガソリン乗用車を乗用LPG車に改造している例もあるが、実数は把握できない。乗用LPG車とガソリン乗用車の燃料費の比較<sup>4)</sup>を表3に示す。表3のように1日100km走行で1か月に1800cc及び2000ccクラス<sup>4)</sup>の車で約2万円、1年で約24万円安くなるため営業用<sup>4)</sup>に使用されている。タクシー・ハイヤーは、トランク内に燃料用のLPG貯蔵ボンベを搭載している

が、このポンベの容器検査が4年毎に行われるのと、走行距離との関係から一般的に車の代替は4年である。

表1 LPG燃料の用途

	使用量 (千トン)
家庭業務用	5,867
工業用	4,030
都市ガス用	1,987
化学原料用	1,895
自動車用	1,820
その他	738
計	16,337

表2 LPG燃料の組成

	冬季 S63.2 (%)	夏季 S62.8 (%)
プロパン	31.0	13.5
イソブタン	18.2	27.9
ノルマルブタン	50.4	58.0
その他	0.4	0.6

表3 ガソリン車とLPG車の燃費比較 (乗用車)

(都内走行)

	1800cc			2000cc		
	ガソリン車	LPG車	ガソリン車との差	ガソリン車	LPG車	ガソリン車との差
1ℓ当りの走行料 (km/ℓ)	7.6	7.0	-0.6	7.2	6.6	-0.6
1ℓ当りの燃料価格 (円/ℓ)	120	55	-65	120	55	-65
1km走行の燃料代 (円/km)	15.80	7.85	-7.95	16.66	8.33	-8.33
100km/日走行の燃料代 (円)	1580	785	-795	1,666	833	-833
1日100km×25日 (1ヵ月) 円	39,500	19,625	-19,875	41,650	20,825	-20,825
〃 (1年) 円	474,000	235,500	-238,500	499,800	249,900	-249,900
〃 (4年) 円	1,896,000	942,000	-954,000	1,999,200	999,600	-999,600

※ LPGスタンド協会資料

### 3 調査方法

#### (1) 調査車

調査車の諸元概要を表4に示す。

#### (2) 排出ガス実験

ア シャーシーダイナモメータ

万才自動車特製 BCD200E型

イ 分析計

堀場製作所特製 MEXA8120D (直接用)

MEXA8220D (希釈CVS用)

ウ 測定項目

窒素酸化物 (NOx), 一酸化炭素 (CO), 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>), 炭化水素 (HC)

エ 走行条件

10モード, 11モード, 都内実走行パターン12本

定速走行 [アイドリング (ID), 20km/h, 40km/h, 60km/h, 80km/h]

表4 調査車諸元

	型式	仕様		主たるNOx低減 対策装置	燃費向上対策 装置搭載の有無	走行距離 (km)
		気筒数	排気量			
A車	E-YS120	タクシー	指摘車	三元触媒	有	216,519
		4気筒	1.99ℓ	EGR		
B車	E-YS130	タクシー	改良車	三元触媒	無	44,094
		4気筒	1.99ℓ	EGR		
C車	E-NY30	タクシー	指摘車	三元触媒	有	12,491
		4気筒	1.97ℓ	EGR		
D車	E-EJY31	タクシー	改良車	三元触媒	無	2,150
		4気筒	1.97ℓ	EGR		
E車	E-MY30	ハイヤー	-	三元触媒	無	35,027
		6気筒	1.99ℓ	EGR		

4 調査結果及び考察

(1) 乗用LPG車の汚染物質排出状況

ア NOxの排出量

調査車の〔タクシー仕様車4台(A~D車)、ハイヤー仕様車(E車)〕実走行パターンでの排出量を図1に示す。

A、C車は、燃費向上対策車で区間平均車速が20km/h以上の高速走行になるとNOxの排出量は、急激に多くなる傾向がある。しかし、B車(A車の改良車)、D

車(C車の改良車)は、ハイヤー仕様のE車の排出量とほとんど差がなく、53年規制車のガソリン乗用車のNOx排出量と同程度である。

イ COの排出量(図2参照)

B車は、各走行モードで排出量が0.2g/km以上でありA車より5倍以上排出量が多い。D、E車は同程度の排出量であり、C車は区間平均車速が15km/h未満の低速走行時に多い排出量である。A車は、各走行パターンとも0.05g/km以下で少ない排出量である。

ウ HCの排出量(図3参照)

C車がCO同様低速走行時に多い排出量となっているが、他のタクシー仕様車、ハイヤー仕様車の差はほとんど認められない。

エ 燃費(図4、表5、表6、表7参照)

メーカー発表のカタログ公称燃費は、T社の改良車は10%燃費が悪化し、N社の改良車は逆に6%燃費が良くなっている。しかし、当研究所の定速走行時の調査結果では、表6のようにT社のB車は2.5~11%の燃費の悪化が認められた。また、N社のD車は20km/h走行だけは燃費が良かったが他の定速走行は、3~5.8%の燃費の悪化であった。N社のD車の60km/h走行公称燃費と当研究所の調査結果とは逆の結果であった。都内実走行パターン12本の平均燃費は表7のとおりである。T社の改造車(B車)は、A車に比べ1.5%燃費は良くなっているが、区間平均車速の速い都内実走行パターンNo.6

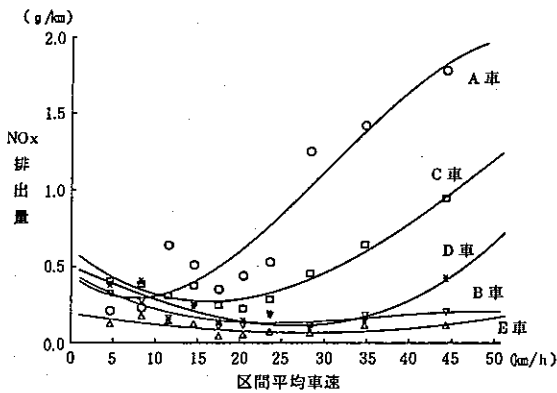


図1 NOxの排出特性

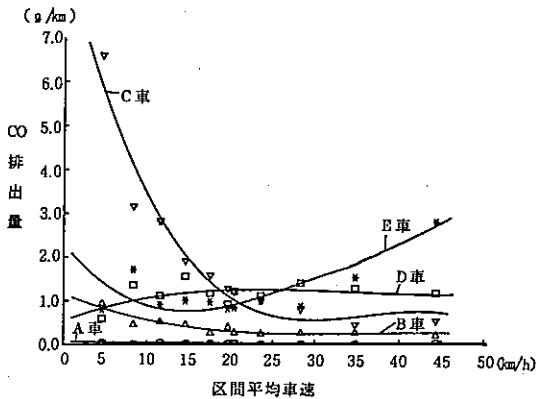


図2 COの排出特性

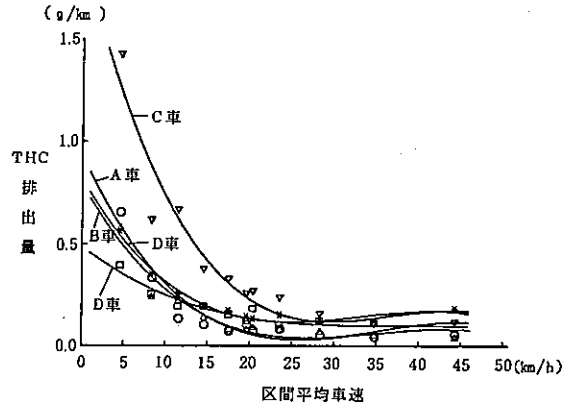


図3 THCの排出特性

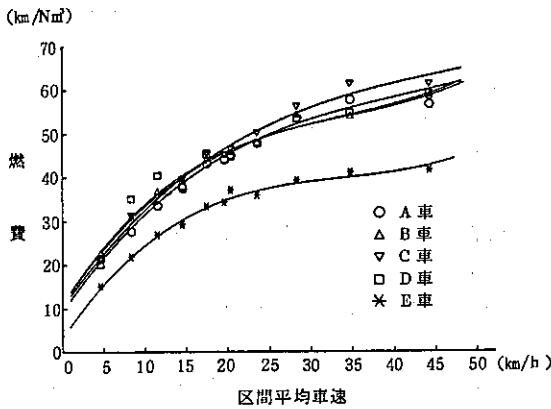


図4 燃費特性

(区間平均車速20km/h)以上では、若干燃費は悪化している。しかし、N社の改良車(D車)は、C車に比べ2.2%燃費の悪化が認められた。ハイヤー仕様車のE車は、タクシー仕様車よりも燃費は悪く都内実走行パターンによって多少の差はあるが17%~30%程度悪い。B車、D車のタクシー仕様車は、ハイヤー仕様車に比べ燃費がそれ程悪化していない理由として燃費悪化に敏感に対応するEGR量を減少させる等対策を講じているものと考えられる。

(2) 燃費向上対策車の概要

燃費向上対策車のNOx低減対策システムの基本的な考え方を表8に示す。この車種は、主として空燃比をリーンに制御して、NOxの排出を抑制し、一部のNOx排出量が多い1速、2速による加速運転時にはEGR及び三元触媒によりNOxの低減をはかるシステムである。この車種の10モード及び11モード走行時のEGR及び空燃比補償装置等の作動状況を図5に示す。

10モードは、EGR及び空燃比補償装置が加速時と2速ギヤ時(40km/h未満)に作動するように設計されている。11モードは、4サイクルのうち1、2サイクルの加速時にEGR・空燃比補償装置が作動するが、3サイクルからは燃料温度制御装置の作動により、0→50km/hの加速でEGR、空燃比補償装置を作動させるがその他の加速は作動はしていない。3サイクルから0→50km/hの加速以外は、EGRが作動しないのは触媒が温

表5 メーカーカタログ公称燃費(60km/h)

	改良前 (km/ℓ)	改良後 (km/ℓ)	増減 (%)
T社	15.0	13.5	-10
N社	14.8	15.8	+6.8

表6 当研究所の調査結果(定速走行)

	改良前 (km/Nm³)	改良後 (km/Nm³)	増減 (%)	
T社	20km/h	62.0	54.3	-2.5
	40km/h	76.6	69.8	-8.9
	60km/h	64.5	60.7	-5.9
	80km/h	56.4	50.4	-11
N社	20km/h	50.3	52.4	+4.1
	40km/h	77.8	73.7	-5.3
	60km/h	67.3	63.4	-5.8
	80km/h	61.1	59.3	-3.0

表7 都内実走行パターン(12本)の平均燃費

	改良前 (km/Nm³)	改良後 (km/Nm³)	増減 (%)
T社	44.7	45.4	+1.5
N社	46.5	45.5	-2.2

表8 燃費向上対策車のNOxの排出抑制対策の基本な考え方

NOx低減方法	使用域
三元触媒によるNOxの還元(空燃比補償装置)	NOxが多量に発生する加速運転時 (主として1速、2速ギヤ)
EGR装置によるNOx発生の抑制	
* リーン空燃比によるNOx発生の抑制	NOx発生の少ない定常走行時 (主としてトップ、オーバートップギヤ)

※リーン(希薄燃焼)

度上昇により活性化するため触媒による NOx の低減をはかっているためである。この車種は、燃料のリーン化（空燃比19）をはかってNOxの低減をし、なお燃費向上をしているためEGR、空燃比補償装置を全走行領域作動させると都市走行では8%程度の燃費が悪化するとメーカーの報告がある。しかし、ハイヤー仕様（6気筒）の乗用LPG車及び個人タクシーに使用されているオートマチックLPG車は、燃費についての要求がそれほど厳しくないため、通常ガソリン乗用車と同じ定常走行及び加速運転時とも三元触媒及びEGR装置によりNOx低減を行っている。

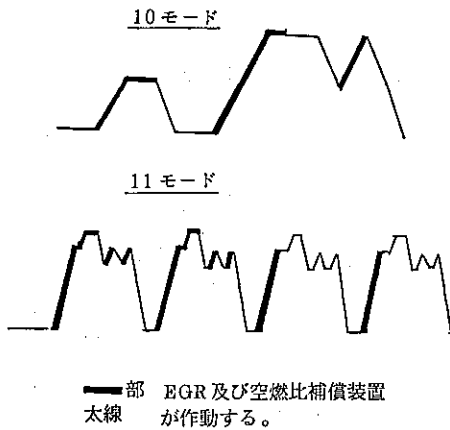


図5 10モード、11モードのEGR、空燃比補償装置の作動状況

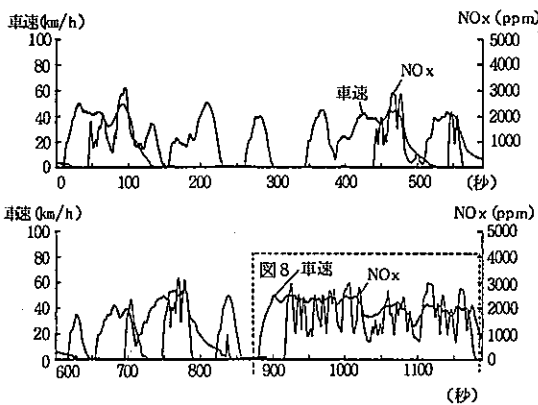


図6 実走行 (No.8) のNOx排出濃度 (A車)

(3) 燃費向上対策車と改良車の排出ガス対策装置の比較と実走行パターンにおけるNOxの排出状況

排出ガス対策の変更内容を表9に示す。燃費向上対策車は、トップギヤ3速及びオーバートップギヤに入るとシフトスイッチの作動によりNOx低減装置であるEGRの機能と空燃比補償装置を停止させるシステムであった。しかし、改良車はシフトスイッチを廃止して、NOx低減装置を全ての走行領域で作動するようにしたのが大きな改良点である。都内実走行パターンNo.8（平均車速28.4km/h）でNOxの排出濃度とEGR装置の作動状況を比較したものを図6～図9に示す。A車のNo.8でのNOx排出量は、1.26g/km排出されていたのがEGR装置が作動するとC車は0.12g/kmと約1/10に減った。No.8での燃費を比較すると、A車は56.9km/

表9 排出ガス対策変更内容

装置の停止条件	[指換車]		[改良車]
	対策前	対策	対策後
空燃比補償装置	・アイドル時 ・高負荷時 ・触媒加熱時 ・暖機後のギヤシフトがトップ時	シフトSW 温度SW 負圧SW 負圧切替弁 負圧遅延弁	廃止 ・アイドル時 ・高負荷時 ・触媒過熱時
補助燃料供給装置	・暖機後のギヤシフトがトップ時	気化器出力弁 制御装置 負圧切替弁 負圧遅延弁	廃止
排気ガス循環装置	・アイドル時 ・暖機後のギヤシフトがトップ時	シフトSW 温度SW 負圧切替弁 負圧遅延弁 負圧制御弁	廃止 ・アイドル時

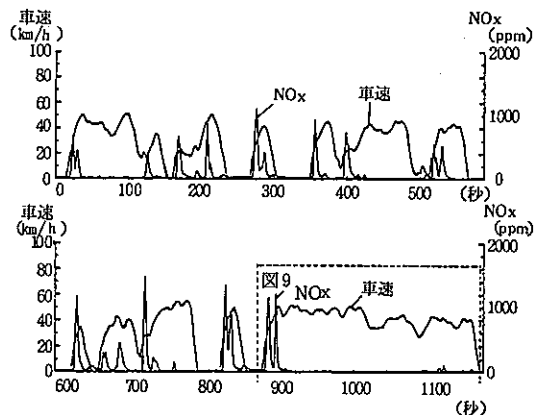


図7 実走行 (No.8) のNox 排出濃度 (B車)

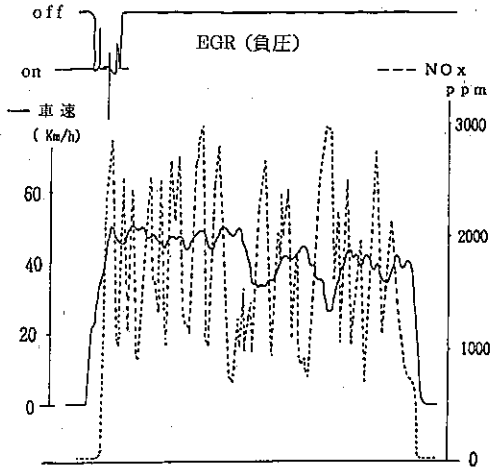


図8 実走行時のEGR作動とNOx排出濃度(A車)

Nm<sup>3</sup>, C車は54.2km/Nm<sup>3</sup>であった。EGR装置が作動すると、燃費が悪化するのが一般的であるが、今回の調査ではほとんど差がなかった。図8, 図9はNo.8の高速走行時のEGR装置の作動状況とNOx排出濃度の状況を示したものであるが、A車は加速時のみにEGR装置が作動し、車速が40km/hに達した状態ではシフトスイッチが作動し、EGR装置の機能を停止しているのが確認出来る。また、B車は全走行領域でEGR装置が作動しているため、NOxの排出濃度は極めて低濃度となっているのがわかる。

A車は、シフトスイッチで空燃比補償装置を停止した場合リーン燃焼でNOx低減対策を行っているが、三元触媒の性能は、理論空燃比付近以外では十分に発揮出来ないため、NOxの排出量が多くなっているのではないかと思われる。

また、EGR装置作動状況によるNOx排出量を表10に示す。C車は、主たるNOx低減対策をEGR装置によるところが多いが、D車はEGR装置カットにしてもNOx排出量は少なく、NOxの低減対策を三元触媒等によるところが大きいことがわかった。

(4) 燃費向上対策車を改良することによる効果

東京都は、昭和65年度に二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)の環境基準を総体として達成すべく、固定発生源のNOxの種々の対策を実施しているが、東京都のNOx排出量は自動車を中心とした移動発生源からの寄与が約75%である。前述したように都内の乗用LPG車の交通量は、全

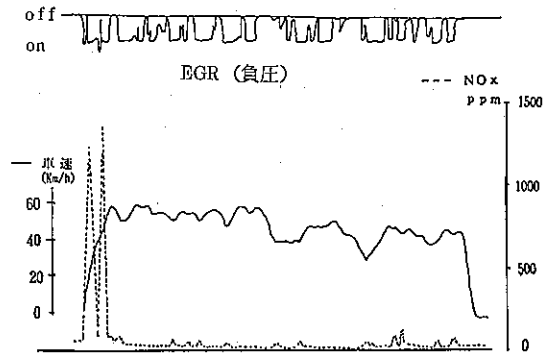


図9 実走行時のEGR作動とNOx排出濃度(B車)

表10 EGRの作動状況によるNOx排出量

	C 車		D 車	
	正常	EGR cut	正常	EGR cut
10 mode	0.16	1.45	0.10	0.34
NO.10	0.91	2.64	0.12	0.29
20km/h	0.03	0.04	0.01	0.03
40km/h	0.32	2.34	0.01	0.03
60km/h	0.77	3.81	0.03	0.02
80km/h	1.49	12.71	0.10	0.11

単位: g/km

自動車交通量の約13.6%にも達している。このような状況で燃費向上対策を講じた乗用LPG車が都内を走行した場合には、ますます自動車から排出されるNOx量は増加する可能性があった。しかし、我々の指摘により改良車が昭和62年7月から販売されたため乗用LPG車からのNOx排出量は、ガソリン乗用車並になった。燃費向上対策車(A車, C車) 2台のNOx排出量の平均値と改良車(B車, D車)の2台のNOx排出量の平均値によるNOx排出量の比較を図10に示す。

実走行パターンの低速走行No.2(区間平均車速8.4km/h)のNOx排出量は両車種間にはほとんど差はない。しかし、中速走行のNo.5(区間平均車速17.6km/h)になると改良車は燃費向上対策車の約40%のNOx排出量に減少し、高速走行のNo.8(区間平均車速28.4km/h)では約13%までに激減している。

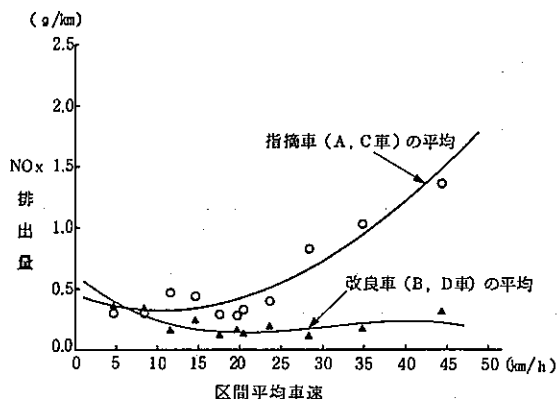


図10 指摘車及び改良車のNOx排出特性

### 5 まとめ

(1) 乗用LPG車は、燃費向上対策のためトップギヤ及びオーバートップギヤでシフトスイッチの作動によりNOx低減装置であるEGR装置等の機能の停止または機能の低下をさせていることがわかり、国及び自動車メーカーに改良するように要請した。

(2) この要請に対し自動車メーカーは、これらのシステムを改良して全走行領域でEGR装置等の装置を作動させてNOx低減対策をしたためNOxの排出量は、ガソリン乗用車並になった。

(3) 改良乗用LPG車の燃費の悪化は、改良前の車種と比べ走行条件にもよるが数%程度である。

### 参考文献

- 1) 運輸省地域交通局：全国LPG自動車調査：昭和62年8月
- 2) 東京都窒素酸化物削減対策検討会：東京都における窒素酸化物対策の推進について，昭和63年6月
- 3) 通産省エネルギー庁：LPGガス需給計画等資料，昭和63年4月
- 4) LPGスタンド協会：ガソリン車とLPG車の燃費比較，昭和63年6月
- 5) トヨタ自動車：LPG車の排出ガス低減装置に関する資料（ヒヤリング），昭和61年10月

別表1 燃費対策車への対応

年月日	事項	要請 依頼 回答	先	要請 依頼 回答	者	内容・結果
昭和61年7月 9月	乗用LPG車排出ガス調査					タクシー仕様2台、ハイヤー仕様1台 タクシー仕様車のNOx排出量は、10モード規制値内に入っているが、高速走行領域で異状にNOxの排出量が多くなる。
昭和61年 10月1日	LPG車の排出ガス低減対策装置に関する意見交換について(依頼)	LPG車製造メーカー		東京都環境保 全局長		LPG車の排出ガス低減対策システムについての意見交換及び昭和56年以降製造したLPG車の車種及び生産台数等のデータの提供について。
昭和61年 10月18日	LPG車の排出ガス低減対策装置に関する意見交換について(実施)					出席自動車メーカー トヨタ、日産、マツダ、三菱
昭和61年 11月10日	①LPG乗用車に係る窒素酸化物排出量等の調査結果について(プレス発表)					10モード規制値は、許容限度値以下であるが、高速走行領域になるとNOx排出量が極めて多くなる。これは燃費向上対策のためシフトスイッチ等を装着してギヤ位置三速(概ね40km/h)以上で三元触媒装置及びEGR装置の機能停止又は機能低下をするようなしくみの車であるため。
	②規制走行モードの見直し等について(要請)	環境庁長官 運輸大臣		東京都知事		①規制走行モードを高速領域をカバーできるようにすること。 ②高速領域においても窒素酸化物低減対策装置が十分機能するシステムの車に改善するよう自動車メーカーを指導し、またこのようなシステム採用をすることのないよう指導すること。
	③乗用LPG車に係る窒素酸化物低減システムの改善について(要請)	トヨタ自動車 日産自動車 マツダ 三菱自動車		東京都環境保 全局長		プレス発表内容のような車の製造を中止し今後このような車の製造はしないように。
昭和61年 11月18日	①自動車から排出される窒素酸化物の低減対策について(要請)	(社) 自動車工業会		環境庁 大気保全局長		低公害自動車を供給すべき責任を課されている自動車メーカーとして、自動車排出ガス対策の実施に当たって今日の社会的要請にこたえるべく大気汚染防止を最大に配慮した排出ガス低減対策をするように。
	②自動車排出ガス対策の徹底について(要請)	(社) 自動車工業会		運輸省 地域交通局長		
昭和62年 1月29日	①自動車から排出される窒素酸化物の低減対策について(回答)	環境庁大気保 全局長		(社) 自動車工業会		指摘された現在生産中乗用LPG車について昭和62年6月末日を最後に、ギヤシフト位置を検出しないで制御する排出ガス低減対策装置に改善する。
	②自動車排出ガス対策の徹底について(回答)	運輸省地域交 通局長		(社) 自動車工業会		
昭和62年8月 昭和63年3月	改良乗用LPG車の排出ガス調査					タクシー仕様車2台、改良乗用LPG車は全ての走行領域でNOx低減対策が行われているのを確認した。また燃費もほとんど変化がなかった。
昭和63年 6月9日	改良乗用LPG車に係る窒素酸化物排出量の調査結果について(プレス発表)					改良乗用LPG車の排出ガス調査結果のとおり。
昭和63年 6月28日	低公害車への代替促進について(要請)	(社)東京都 旅客自動車協 会 (社)東京都 個人タクシー 協会		東京都環境保 全局長		ギヤシフト位置を検出して燃費向上対策を施している車種の車を早急代替してほしいと要請。