

論文

自動車からのCO₂排出について

横田 久司 福岡 三郎 飯田 靖雄
舟島 正直 竹永 裕二 梅原 秀夫

要 旨

地球温暖化物質として注目されているCO₂について、その発生源の一部である自動車に着目し、排出実態、東京都からの排出量、自動車公害対策との関連について検討を行い、次の諸点を明らかにした。

- ① 現在使用されている車種の大部分は、CO₂排出量は燃料中の炭素含有率によって決定されると見なせる。
- ② 車種別排出量は、等価性重量当りで比較すると熱効率の良いディーゼル車がガソリン車より少ないが、1台当りでは車両重量、排気量の大きいディーゼル車が圧倒的に多かった。
- ③ 都における自動車からの排出量は、他の産業を含めた全国の排出量の約1%、全世界の化石燃料消費に対する割合は約0.045%であった。
- ④ NO_x対策重点の自動車公害対策は、CO₂対策、即ち燃費対策とはトレードオフの関係にあり、従来の対策の延長線上ではCO₂削減は困難であることを示した。

1 はじめに

二酸化炭素（以下、「CO₂」と記する。）、メタン（以下、「CH₄」と記する。）、亜酸化窒素（以下、「N₂O」¹⁾と記する。）等の大気中の微量成分による地球の温暖化という地球規模の環境問題が世界の注目を集め、地球レベルでのこれらの物質の排出量が推定され、排出規制が論議されている。

これに対し、従来の自動車公害対策は、主として都市域における人体に有害な物質による大気汚染の解決のために、種々の対策が立案され、実施されてきた。自動車単体規制も、全国一律の規制ではあるが、地域の問題を解決するための対策といってよいと考えられる。そのため、自動車公害対策を扱う場合、地球的なスケールで問題が論議されたことは少なかった。

ここでは、温室効果ガスのなかで最も影響が大きいといわれるCO₂をとりあげ、まず、自動車からの排出実態及び東京都における自動車からのCO₂排出量を算出し、1都市からの排出量が地球全体の排出量に与える寄与を推定した。

そして、CO₂排出量（燃料消費量と等価とみなせる）

とはトレードオフの関係にあるといわれる現行の自動車単体規制を中心に、自動車からのCO₂排出と自動車公害対策との関係について検討した。

2 調 査

(1) 車種別排出実態について

自動車からのCO₂は、それ自体が汚染物質として注目されていたわけではなく、シャシーダイナモメータ（以下、「C/D」²⁾と記する。）等を利用して行う自動車排出ガス測定において、

① CVS法による測定の際の排出ガス希釈率の算出

② カーボンバランス法による燃料消費率の算出

等を行うために測定されてきている。

ここでは、東京都環境保全局大気保全部及び環境科学研究所において、昭和51年度から昭和62年度までの使用過程車排出ガス実態調査²⁾及びメタノール自動車排出ガス測定結果³⁾⁴⁾等から、主な車種についてのCO₂排出実態を調べたものである。

(2) 東京都における自動車からのCO₂排出量

東京都では、窒素酸化物（以下、「NO_x」⁵⁾と記する。）、硫

黄酸化物（以下、「SO_x」と記する。）等の汚染物質排出量を推定する場合、平均車速をパラメータとした11本の実走行パターンによる排出係数（g/km）を車種区分毎に設定し、道路別、時間帯別に推定された平均速度（km/h）と走行量（台・km）を当てはめ、⁵⁾重畳計算によって東京都全体の排出量を算出している。

ただし、CO₂排出量については排出係数を設定していないため、ここでは、⁶⁾⁷⁾報告されているSO_x排出量から燃料使用量を逆算し、燃種毎に、比重、炭素含有率（以下、「C含有率」と記する）、硫黄含有率（以下、「S含有率」と記する。）からCO₂排出量を算出した。

なお、小型貨物車、特種車、乗用車等の車種は、ガソリン車とディーゼル車が混在しているが、この場合にはガソリン車とディーゼル車の燃費の比を0.7:1.0として計算した。

この方法によって、燃料使用量ベースのCO₂排出量を求めた。

なお、各燃料の基礎数値は、次のように設定した。

燃種	比重	C含有率	S含有率
揮発油	0.75	0.86	0.00008
軽油	0.83	0.86	0.0039
LPG	-	0.83	0

3 結果及び考察

(1) 排出実態

自動車の場合、排出ガス規制が進められた結果、燃焼効率の改善が行われ、不完全燃焼による燃料の浪費は少

なくなり、CO₂排出量は燃料の炭素含有率によって決定されるといってよい。

未規制のガソリン乗用車の排出ガス中の炭素バランスを図1に示した。この場合には、全炭素に占めるCO₂の割合が70%~80%台という効率の悪い燃焼がされていた。しかし、他の場合には、ほとんどCO₂排出量は燃料消費量と等価とみなせるものと考えられる。

主な車種区分別のCO₂排出状況を図2に示した。ここでは、車両1台毎の比較を行うため、すべて等価慣性重量1トン当りに換算して表示した。

平均車速の低下とともにCO₂排出量が増加している。これは、燃費特性を逆に描いたことになる。

また、熱効率のよいディーゼル車のCO₂排出量が少なく、一般に燃費性が重視される車種が、CO₂排出量も少ないことがわかる。ガソリン車では、乗用車>貨客車の順になっており、ディーゼル車では、乗用車>小型貨物車>普通貨物車の順である。

(2) 排出量

ア 現状及び将来

図3に、走行量と2(2)で求めたCO₂排出量の現状及び将来推計値を示した。昭和60年度から、平成12年度にかけて、走行量の12.7%の伸びに対し、CO₂排出量は、6.3%の伸びにとどまっている。これは、前述した小型貨物車や乗用車等のようなガソリン車、ディーゼル車が混在する車種においては、ディーゼル車の走行量の構成割合が増加すると見込んでいるため、走行量の伸びほどCO₂排出量が増えないものと考えられる。

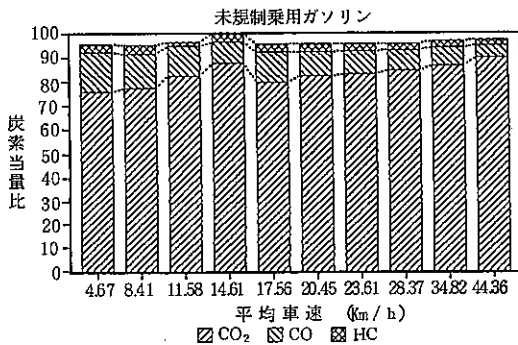


図1 自動車排出ガス中の炭素バランス (未規制ガソリン乗用車)

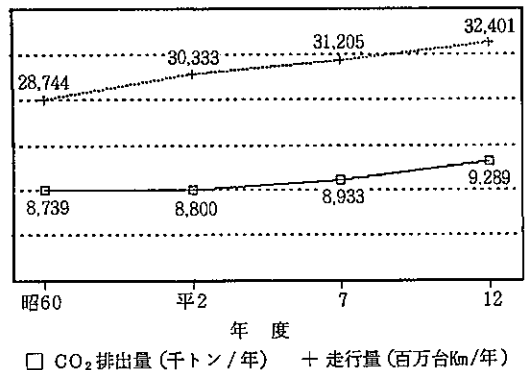


図3 走行量とCO₂排出量の推計

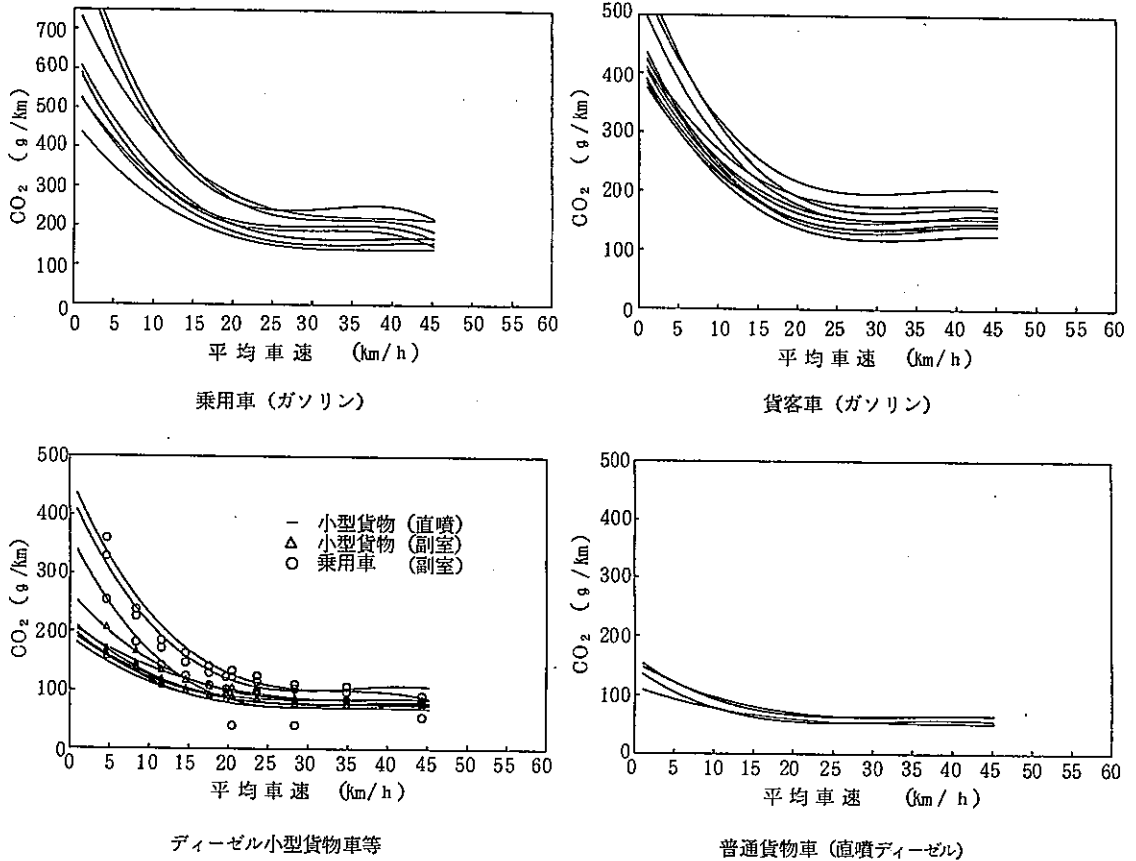


図2 CO₂排出特性

イ 車種別排出量

図4に、走行量とCO₂排出量を車種別に示した。全体的には、走行量の多い乗用車がCO₂排出量も最も多く、全体の28.3%を占める。次いで、小型貨物車、普通貨物車の順になっている。

車種別に1台当たりの平均排出量を計算し、表1に示した。車種別にみると、車両重量の大きいディーゼル車の排出量が多く、なかでもバスのCO₂排出量が多くなっている。

この結果については、車両重量の違いに加えて、車種ごとに平均车速の違いも考慮された計算であるため、路線バスのように実際の平均车速が低い場合には、CO₂排出量が大きくなるものと考えられる。表1の値が、実際の都内での車両1台当たりのCO₂排出量に相当すると考えられる。

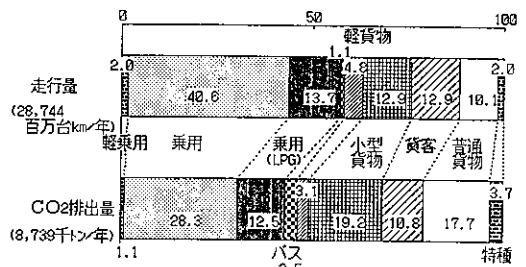


図4 車種別走行量とCO₂排出量

表1 車種別CO₂平均排出量
(昭和60年度)

(単位: kg/km)

車種	平均排出量
軽乗用	0.17
乗用	0.21
乗用(LPG)	0.28
バス	0.96
軽貨物	0.20
小型貨物	0.45
貨客	0.26
普通貨物	0.53
特種	0.57

都のCO₂排出量については、今回求めた燃料使用量ベースに比べ、販売量ベースでは、約1.5倍多めの数値となっている。これは、石油製品の販売量の集計には、いわゆるダブルカウント分が積算されているといわれており、その影響のためと考えられる。

昭和60年度における他の産業を含めた全国のCO₂排出量は、842百万トン⁹⁾と推計されている。これによれば、東京都の自動車からの日本全体に対する寄与は約1%、そして、全世界におけるCO₂排出量は、化石燃料の消費に⁹⁾起因する分が年間約19,380百万トンといわれており、東京の自動車の比率は0.045%ということになる。

表2 燃料販売量、交通データ等

(昭和60年度、全国比()は%)

	重油販売量 (千kl)	揮発油販売量 (千kl)	軽油販売量 (千kl)	自動車保有台数 (千台)	自動車走行量 (千台km/12時間)	平均走行速度 (km/h)
東京都 (全国比)	4,434 (6.64)	3,326 (8.57)	2,090 (7.91)	3,376 (7.4)	37,370 (5.0)	19.7 (53.4)
全国合計	66,763	38,830	26,429	45,810	746,230	36.9

表3 CO₂排出量の比較(昭和60年度)

(単位: 万トン/年)

	燃種	販売量ベース (A)	燃料使用量ベース (B)	(A/B)
東京都	揮発油 (全国比)	786.60 (8.57)	602.40 (6.56)	1.31
	軽油 (全国比)	547.01 (7.91)	271.50 (3.93)	2.02
	合計 (全国比)	1333.61 (8.28)	873.90 (5.43)	1.53
全国	揮発油	9183.30	←	
	軽油	6917.17	←	
	合計	16100.47	←	

ウ 東京都からの排出量と日本、世界における排出量の比較

表2に全国の燃料販売量、自動車交通量等のデータ、表3にそれから求めた全国の販売量ベースのCO₂排出量と東京都のデータを示した。

(3) 自動車公害対策との関連

ア 発生源対策

(ア) 単体規制

表4に、対策種類を示した。一酸化炭素(以下、「CO」)

表4 主な排出ガス対策と燃費(CO₂)との関係

適用車種	対策種類	対象物質	燃費向上 (CO ₂ 減少)
ガソリン	ブローバイガス還元装置	HC	○
	燃料蒸発防止装置	HC	○
	空燃比調整	CO, HC, NOx	△
	点火時期調整	CO, HC, NOx	×
	E G R	NOx	×
	酸化触媒	CO, HC	×
	三元触媒	CO, HC, NOx	×
	E M	CO, HC, NOx	△
ディーゼル	燃料噴射時期遅延	NOx	×
	E M	CO, HC, NOx	△
	E G R	NOx	×
	フィルタートラップ	PM	×
	フィルタートラップ(TO)	NOx, PM	×

と記する。), 炭化水素 (以下, 「HC」と記する。) 低減のための対策は, 燃費の改善, すなわちCO₂の低減につながるが, NO_x対策の場合, ほとんど燃費対策とトレードオフの関係にある。両立する対策としては, 車両重量, 走行抵抗, メカロスの低減手法があるが, これらの対策は既に技術的に限界に近いといわれている。燃費向上対策として, 燃焼改善, 熱効率の向上を図ることが行われているが, これらの対策は, 必然的にNO_xの増加をもたらすものである。

① ガソリン車

現在のところ, 電子制御燃料噴射装置等付きの三元触媒, 排出ガス再循環 (以下, 「EGR」と記する。) 装置を装着した車種が主流であるが, 燃費とNO_x低減とはある程度両立したとみなせる。ところが, 近年になって新型車の10モード平均燃費の上昇傾向がみられている。図5に新型車の10モード平均燃費の推移を示した。1982年をピークに, 漸減傾向にある。これは, 排気量別販売台数の推移をみると, 乗用車の大排気量化の影響であろうと考えられる。

省エネ法による燃費改善目標値 (表5参照) があるが, このような乗用車の大排気量化傾向に対処するためには目標値を見直す必要が生じてきたのではないかと考えられる。

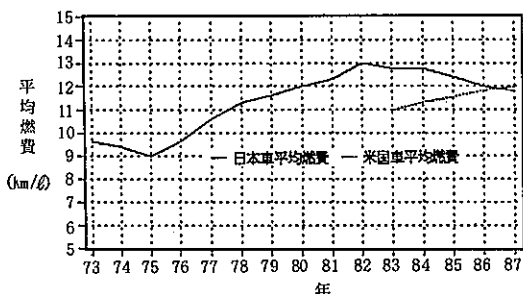


図5 平均燃費の推移

表5 燃費改善目標値

(単位: km/l)

区分	車両重量	基準エネルギー消費効率
1	577.5kg未満	19.8
2	577.5kg以上 827.5kg未満	16.0
3	827.5kg以上1265.5kg未満	12.5
4	1265.5kg以上2015.5kg未満	8.5

② ディーゼル車

NO_x対策としては, 燃焼室の改善 (エンジンモディフィケーション, 以下, 「EM」と記する。), 噴射時期遅延が中心となっており, 粒子状物質対策としては, 燃焼改善, フィルタートラップによる捕集があげられる。

しかし, 燃焼改善による方法, すなわちCO₂低減となる対策は, NO_x対策とは, トレードオフの関係にある。

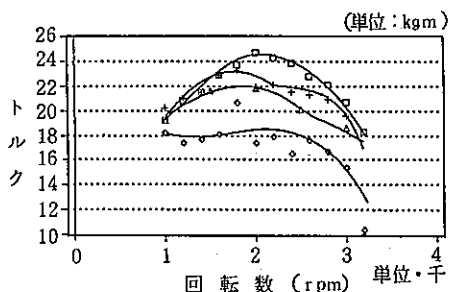
また, 捕集による方法は, フィルターの日詰まりによる圧損の増大によって燃費が悪化するほか, フィルターの耐久性, 黒煙の捕集率及びフィルターの再生方法等に問題点がある。日本のメーカーでは, 技術開発に相当長期のリードタイムが必要であるとしている。

ただし, 欧米では, ディーゼル黒煙対策に重点が置かれており, フリートテスト段階にまでフィルタートラップの研究が進んでいる。

環境科学研究所では, ディーゼルトラックに対して, NO_xと黒煙の同時除去を行う方法として, EGRとトラップ・オキシダイサ (以下, TOと記する) 併用システムについて検討を進めている。EGR率と最大負荷性能の関係を図6に示した。

ディーゼル車の場合, 空気過剰率が高いため, 排ガス中の酸素濃度が高く, NO_x低減効果を上げるためには多量のEGRを必要とする。ところが, 図にみられるように, EGR単独でもEGR率を20, 40%に増加させた場合, 出力の低下及び燃費の悪化が大きくなる。また, TOを装着した場合にも同様である。

即ち, この併用システムについても, CO₂対策とは, トレードオフの関係にある。



□ EGR 0% + EGR 20%
◇ EGR 40% △ TO付き

図6 最大負荷性能の変化

なお、平成元年12月の中公審答申¹⁵⁾では、NO_x、粒子状物質低減のため、軽油中のS分含有率を、トラック等にEGRが採用される前までに現在の0.39%から、0.2%へ、TO等が実用化されるまでに0.05%まで低減を進めることが提言されており、その効果が期待されることである。

(イ) 低公害車の普及促進

① 副室ディーゼル車への代替

東京都では、直噴式に比べ、NO_x排出量の少ない副室式ディーゼル車への代替を促進しているが、自動車メーカーでは信頼性、耐久性、低燃費等の面で生産には否定的であり、ディーゼル車は直噴式に一本化される傾向にある。この場合にも、前述したように、直噴式のほうが燃費、CO₂排出が少なく、対策とはトレードオフの関係にあることになる。

② メタノール車の普及促進

メタノール自動車は、低NO_x性、黒煙を発生しない、石油エネルギー代替性等の点から、実用化の可能性が最も高いと考えられている。現状では、車としての完成度がガソリン車やディーゼル車に比較して低いため、図7に示すようにCO₂排出削減のために有利とはいえない。

メタノールを天然ガスから製造した場合、ガソリン、軽油に比較して、約3%程度、低CO₂燃料ではないかといわれているが、石炭から製造した場合にはむしろ不利になると予測されている。

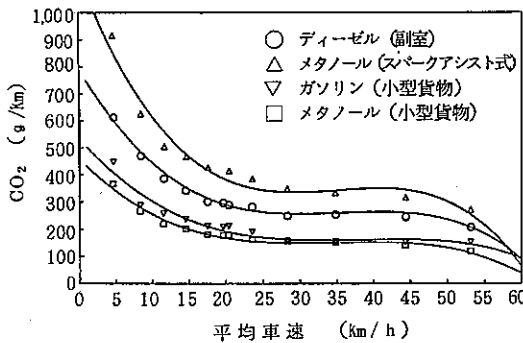


図7 メタノール車CO₂排出特性

イ 自動車交通対策

発生源の数の増加を抑制する、あるいは発生源の集中を緩和する目的で自動車交通対策が進められている。

(ア) 交通流円滑化対策

都心部における交通の集中及びそれに伴う交通渋滞がNO_x排出量を増加させていることから、交通流の円滑化のための交通管制システムの整備、交差点の立体化等の諸対策¹⁶⁾が行われているが、CO₂の場合も図1に示したように渋滞時には排出量が増加する。

表2によれば、東京都の平均車速は19.7km/h、全国平均では、36.9km/hとなっており、車両1台当たりで見れば全国平均の方が排出量が少ないことになる。

(イ) 交通量抑制対策

図8に渋滞時間や断面交通量の推移を示したが、その増加割合ほどCO₂排出量は(図3参照)増加していない。最終的には、走行量(台・km)に依存するものと考えられる。物質輸送の合理化、公共交通機関の整備等の物流対策、人流対策によって自動車交通量の抑制を図るとされているが、CO₂対策としては最終的には、自動車の交通総量抑制、あるいは保有総台数抑制が必要になるのではないかと考えられる。

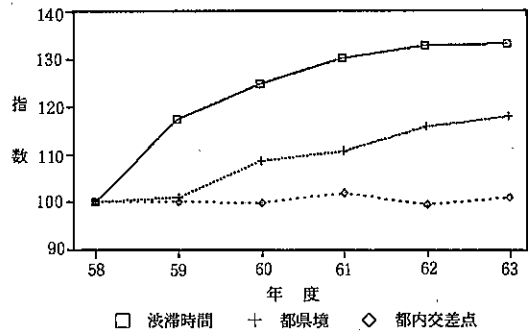


図8 渋滞時間、断面交通量の推移 (昭和58年度を100とした)

4 まとめ

いままでみてきたように、自動車について、現在以上の燃費改善、すなわちCO₂削減をこれまでの公害対策の延長線上で行うということは、かなり難しいものと考えられる。

将来の自動車研究に関する予想では、新エネルギーへの転換は、2055年位と予想されている。CO₂の排出されない水素燃料自動車等が実用化されるのは、近未来的な研究段階にあるものと考えられる。

一方、気候変動に関する政府間パネルによるCO₂などの規制シナリオ²⁰⁾によると、地球温暖化を抑制するためには早急にCO₂削減に乗り出す必要があるとしている。

そのため、自動車に関するCO₂削減問題については、時間的な軸での検討を行い、優先すべき対策についての整理が必要ではないかと考えられる。

今後の自動車関連のCO₂排出抑制対策としては、次のような事項が考えられる。

(1) エネルギー利用効率向上

例えば、ブレーキエネルギーの回生、これは実車に近いところまできており、約30%程度の燃費の向上があるといわれている。

(2) 代替エネルギー開発

水素、天然ガスを燃料とした車、あるいはソーラーカーといった車の開発が、公害対策と両立できるCO₂対策として考えられている。

(3) 輸送手段転換

例えば、公共輸送手段への転換

(4) 交通総量削減

例えば、自動車に関する総量規制の導入

参 考 文 献

- 1) 森口祐一ら：わが国における二酸化炭素排出の構造・推移と先進諸国との比較，環境研究，77，(1990)。
- 2) 東京都公害研究所大気部：自動車排出ガス調査結果（昭和56年3月）及び未発表資料。
- 3) 東京都環境保全局：メタノール自動車（ガソリン車対応）排出ガス特性等の調査報告書，(昭和61年7月)。
- 4) 同：メタノールトラック（ディーゼル車対応）排出ガス特性等の調査報告書，(昭和62年9月)。
- 5) 東京都公害局規制部：「自動車排出ガスに係る排出係数見直し調査結果について」，(昭和53年3月)。
- 6) 東京都環境保全局：東京都内自動車交通量及び自動車排出ガス排出量算出調査報告書，(昭和57年2月)。
- 7) 東京都環境保全局：東京都内自動車排出ガス排出量算出調査報告書，(昭和62年3月)。
- 8) 環境庁大気保全局：窒素酸化物対策の新たな中期展望，(昭和63年12月)。
- 9) 環境白書：昭和63年版。
- 10) 運輸省運輸政策局情報管理部：運輸省関係エネルギー要覧，(昭和63版)。
- 11) (社)日本自動車販売協会連合会調べ。
- 12) 「自動車の使用の合理化に関する製造事業車等の判断基準等」，(省エネ法)。
- 13) 七大都市自動車技術評価委員会：七大都市自動車技術評価委員会報告書，平成元年8月。
- 14) 七大都市自動車技術評価委員会：七大都市自動車技術評価委員会報告書，昭和63年3月。
- 15) 中央公害対策審議会：今後の自動車排出ガス対策のあり方について（答申），平成元年12月22日。
- 16) 東京都：東京都自動車公害防止計画 住みよい環境の東京をめざして，平成元年5月。
- 17) 加地浩成：メタノール自動車の排出ガスと大気環境の影響，自動車研究，5（1990）
- 18) 警視庁交通部：警視庁交通年鑑。
- 19) (財)日本自動車研究所：21世紀の車社会，平成2年。
- 20) 地球温暖化——世界的認識としての予測，影響，対策のシナリオ，——IPCC作業部会が導いた結論——，公害と対策，26，11，(1990)。