

# ① ガソリン車から排出される温室効果ガス（GHG）の 評価試験方法に関する考察

環境研究領域  
岩田電業株式会社  
日本エム・ケー・エス株式会社

※山本 敏朗 堤 玲子  
岩田 恒夫 小川 恭弘  
加藤 裕

## 1. まえがき

米国環境保護局（EPA）は、2012年より、温室効果ガス（以下、Green House Gas を略して「GHG」と記す）を、大気浄化法により、大気汚染物質として規制することを決めている。ここで、GHGとは、CO<sub>2</sub>に加えてN<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>の3成分を指す。CO<sub>2</sub>の温室効果を1とすると、N<sub>2</sub>Oはその310倍、CH<sub>4</sub>はその21倍の温室効果を示す。特に、N<sub>2</sub>Oは、エンジンの始動と停止が間欠的に行われるガソリンエンジン搭載ハイブリッド車（以下、「ハイブリッド車」と記す）やNH<sub>3</sub>によってNO<sub>x</sub>を浄化する尿素SCRシステム搭載ディーゼル車等からの排出が懸念され、CO<sub>2</sub>のみならずN<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>についても、排出実態の把握が必要となっている。一方、我が国においては、自動車の燃費規制によるCO<sub>2</sub>抑制策はあるものの、自動車からのN<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>の排出を抑制する施策はない。今後、ハイブリッド車や尿素SCRシステム搭載ディーゼル車等からの排出が問題となる場合は、GHG排出量規制およびそのための評価試験方法が検討されるものと考えられる。

本研究では、ガソリン車、ディーゼル車ともに対象とするが、まずは排気対策を三元触媒に依存するガソリン車（ハイブリッド車を含む）のGHG排出実態を把握するため、一方策として、シャシダイナモメータ（以下、「CD」と記す）台上に、複数台の試験車両を順次設置してモード運転を行い、そのときのGHG排出状態をフーリエ変換赤外分析装置で連続分析した。路上走行時のN<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>の排出特性を把握するには、両成分が触媒温度に依存することから、触媒温度に影響を及ぼす道路縦断勾配（以下、「勾配」と記す）やソーク時間（エンジン停止時から次に始動するまでの時間）の影響を調査する必要がある。このため、本研究では、勾配とソーク時間を、自動車の使用実態に合わせて変化させ、試験を行った。これらの試

験結果を基に、勾配およびソーク時間がGHG排出に及ぼす影響について解析するとともに、都市内走行時に、ガソリン車から排出されるGHGの評価試験方法について考察した。

## 2. 実験方法

本試験では、CD台上に試験車両を設置し、JC08モードを運転して、そのときの排出ガスを連続分析している。試験車両は、ハイブリッド車では新長期規制適合乗用車のA車およびB車を、またガソリン車は新長期規制適合のC車および新短期規制適合のD車を、それぞれ選定した。試験車両の主な諸元を表1に示す。N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>等の分析は、主に新開発の車載式FTIR分析装置（岩田電業製FAST-2200フーリエ変換赤外分析計）を用いて、0.2秒サンプリング（分析部の90%応答；2.8秒）で連続的に行った。別途、排出ガスの質量換算に必須となる瞬時排出ガス流量は、CVS法（定容量希釈サンプリング法）により取得した。道路勾配の設定（勾配+2%および勾配-2%）は、CDの制御で、走行抵抗の転がり抵抗分に勾配抵抗分を加算あるいは減算して与えた。ホットスタート試験は、車速60km/h一定で、20分間の暖機運転後に実施した。また、コールドスタート試験は、JC08モード運転後に、ソーク時間を2時間あるいは16時間として実施した。ただし、D車については、1時間と4時間のソークを追加した。ここで、道路勾配を±2%としたのは、

表1 試験車両の主要諸元

車両コード	車両カテゴリ		エンジン型式	排出ガス対策	車両重量(kg)	排出ガス規制レベル
A	1.8L	ハイブリッド 普通乗用車	直列4気筒 DOHC	三元触媒 (Pre,Main) EGR装置	1,310	新長期規制 ☆☆☆☆
B	1.3L	ハイブリッド 普通乗用車	直列4気筒 SOHC	三元触媒 EGR装置	1,190	新長期規制 ☆☆☆☆
C	2.0L	普通乗用車	直列4気筒 DOHC	三元触媒 EGR装置	1,550	新長期規制 ☆☆☆☆
D	2.5L	普通乗用車	直列4気筒 DOHC	三元触媒 (Pre,Main)	1,890	新短期規制 ☆☆☆

首都圏幹線道路において、2%を超える道路勾配の区間が10%程度存在することを根拠としている<sup>(1)</sup>。

また、ソーク時間の2時間は、昼間における自家用ガソリン乗用車および営業用ガソリン乗用車のソーク時間別始動回数構成比データ<sup>(2)</sup>を基に決定した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3. 1. 勾配・ソーク時間がGHG排出に及ぼす影響

一般的に、自動車の使い方としては、出発地点から様々な勾配の道路を走行して目的地に到達した後に、そこから元の出発地点に戻る場合が多い。ここで、出発地点から目的地点までの平均勾配(標高差/水平距離)の道路を仮定して、そこを登坂走行および降坂走行して元の出発地点に戻るまでの排出量と、走行区間が平坦路と仮定した場合の排出量の両者を比較することにより、GHG排出に及ぼす勾配の影響をマクロ的に評価できるものとする。本報では、勾配の影響を評価するために、都市内走行を代表するJC08モードで、都内幹線道路において出現頻度の高い勾配2%の道路を想定して登坂走行と降坂走行を行い、そのときの平均排出量と、平坦路(勾配0%)でJC08モードを走行したときの排出量の両者を比較する

方法を採用した。また、本報では、出先での短時間駐車、その後のエンジン始動時の排気に及ぼす影響を調査するため、暖機運転後のソーク時間を2時間とするコールドスタート条件を加えることとした。

図1～図3に、A車、B車およびC車のエンジン始動条件あるいは道路勾配条件を変化させてJC08モード運転を実施したときのCO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>の排出量(g/km)を示す。また、図中にはJC08ホットの排出量を100とする指数によって、各試験条件での排出量および登坂走行時と降坂走行時の排出量の平均値を記している。これらの図より、N<sub>2</sub>Oの排出は、勾配の影響を受けるが、増減は車両により異なること、CH<sub>4</sub>の排出は、勾配の影響により、ハイブリッド車では減少傾向を、ガソリン車では増加傾向を示すことがわかる。ここで、CH<sub>4</sub>排出におけるハイブリッド車とガソリン車の排出傾向の違いは、登坂走行時の排出状態に依存している。ハイブリッド車の排出量減少は、電動機アシストと、エンジン負荷量が増加して排出ガス温度が上昇し触媒浄化性能が向上したこと、に起因すると考える。一方、ガソリン車の排出量増加は、エンジン負荷量の増加が原因と考

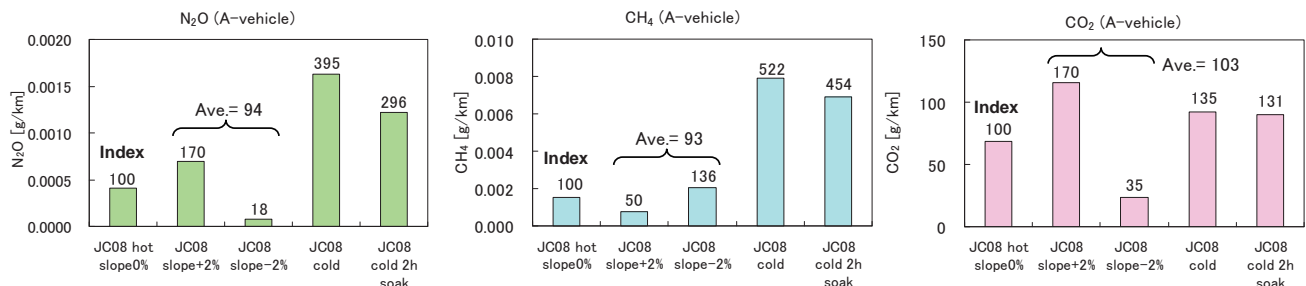


図1 JC08モード運転時におけるCO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>の排出量(ハイブリッド車A)

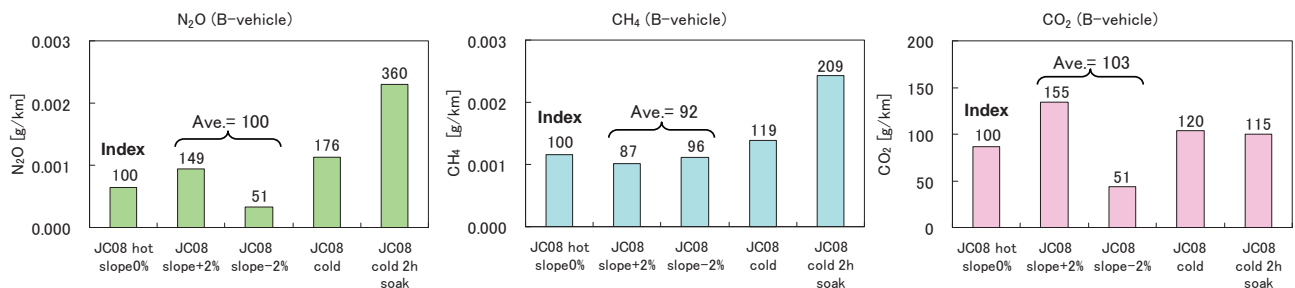


図2 JC08モード運転時におけるCO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>の排出量(ハイブリッド車B)

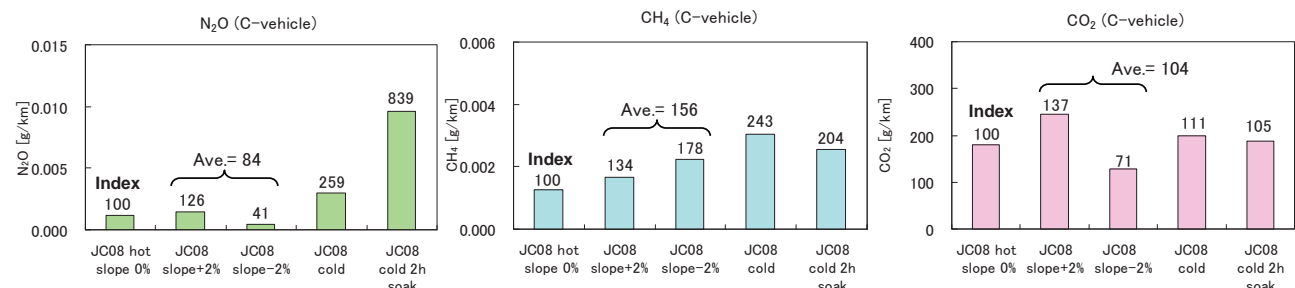


図3 JC08モード運転時におけるCO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>の排出量(ガソリン車C)

える。CO<sub>2</sub>については、いずれの車両においても、JCO8 勾配+2%とJCO8 勾配-2%の平均値がJCO8 勾配0%の値よりも大きいことがわかる。

次に、ソーク時間がN<sub>2</sub>O排出に及ぼす影響について調査した。図2および図3に示すように、B車とC車では、コールド条件（16時間ソーク）よりも2時間ソーク条件の方がN<sub>2</sub>Oの排出量が多い。この理由をエンジン始動時のN<sub>2</sub>OおよびNH<sub>3</sub>の排出挙動から解析した。その結果を、図4に示す。いずれのソーク時間においても、エンジン始動後60秒までのNH<sub>3</sub>排出の極めて少ない領域において、N<sub>2</sub>Oの排出ピークが観測される。ガソリン車のN<sub>2</sub>O排出メカニズムは、空燃比リッチ変動時に触媒層でNH<sub>3</sub>が生成され、それが触媒温度300°C台までの低温域で、空燃比リーン変動等で導入されたO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>により酸化されて生成すると考えられる<sup>(3)</sup>。ここで、エンジン始動後60秒間では、触媒温度が低く、触媒層でのNH<sub>3</sub>生成は考えにくい。このことから、図中の排出ピークは、エンジン停止時にNH<sub>3</sub>が水酸化アンモニウム等となって触媒層に吸着し、それがソーク後のエンジン始動時に再びNH<sub>3</sub>に戻り酸化されて生じたものと推察される。この検証のため、D車を用いて、ソーク時間を1時間～16時間と増加させたときのエンジン始動後60秒間のN<sub>2</sub>O排出挙動を調査した。その結果を、図5に示す。同図より、ソーク時間の増加

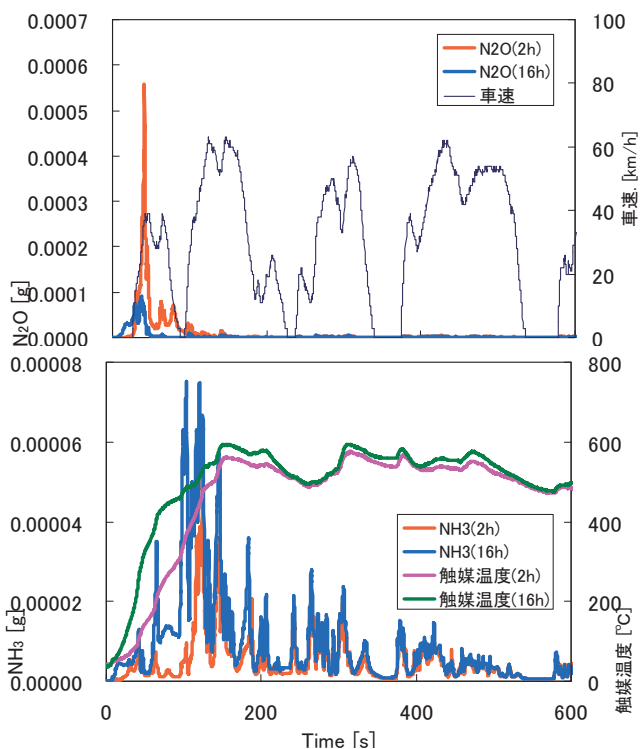


図4 エンジン始動時のN<sub>2</sub>OとNH<sub>3</sub>の排出挙動(C車)

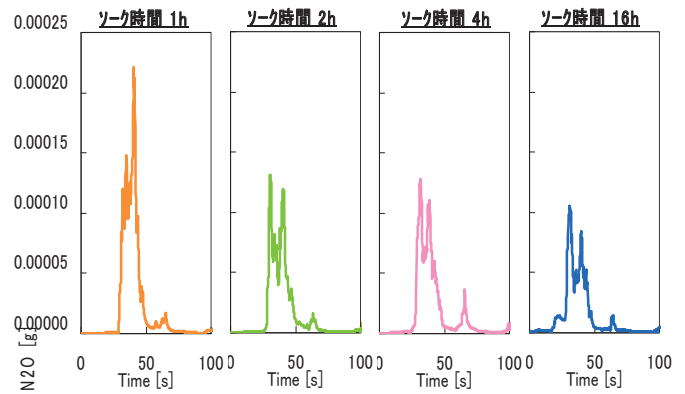


図5 ソーク時間別 N<sub>2</sub>Oの排出挙動(D車)

に伴って排出ピークが減少していることがわかる。ここで、水酸化アンモニウムはNH<sub>3</sub>の水溶液を指し、沸点が24.7°C（濃度32%時）である。25°Cの室内でソークしていることを考えると、ソーク時間の増加に伴って水酸化アンモニウムの蒸発が進み、触媒層のNH<sub>3</sub>吸着量が減少して、上記のようなN<sub>2</sub>Oの排出挙動になったと考えられる。

### 3. 2. GHG排出でのN<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>の寄与率

図6に、A車、B車およびC車のエンジン始動条件あるいは道路勾配条件を変化させてJCO8モード運転を実施したときのGHG中に占めるCO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>の排出割合（CO<sub>2</sub>換算による質量比率、%）を示す。ここでCO<sub>2</sub>の温室効果を1とした場合、N<sub>2</sub>Oは310倍、CH<sub>4</sub>は21倍であるとして、GHGの排出量を以下の式で算出した。

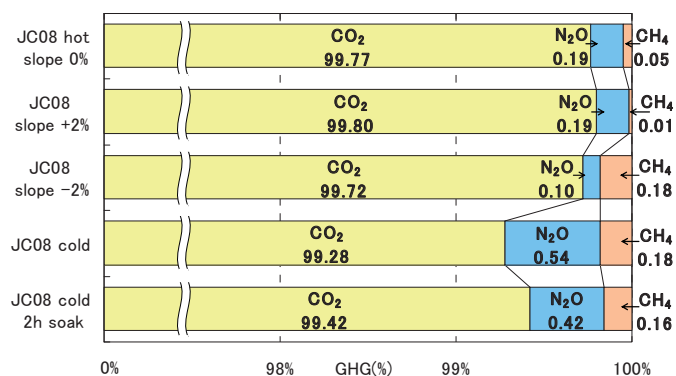
$$\text{GHG排出量} = \text{CO}_2\text{排出量} + \text{N}_2\text{O排出量} \times 310 + \text{CH}_4\text{排出量} \times 21$$

同図より、以下のことがわかる。A車、B車およびC車のいずれにおいてもホットスタート時よりもコールドスタート時の方がN<sub>2</sub>Oの寄与率が増加している。特に、発進時にエンジンが作動しているB車およびC車の2時間ソーク後スタートにおいては、0.7%あるいは1.5%とN<sub>2</sub>Oの寄与率が増加している。また、A車においては、勾配-2%の条件やコールドスタート時（2時間ソーク後の条件を含む）のように触媒温度が低下する走行条件において、CH<sub>4</sub>の寄与率が増加しており、特徴的である。

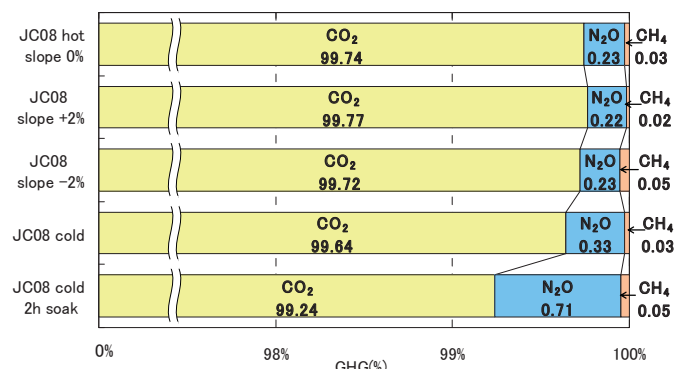
### 3. 3. GHG排出量を評価するための試験方法

ガソリン車から排出されるN<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>は、触媒温度に大きく依存することから、本研究では、実路走行において触媒温度に影響を及ぼす道路勾配およびソーク時間に着目してきた。

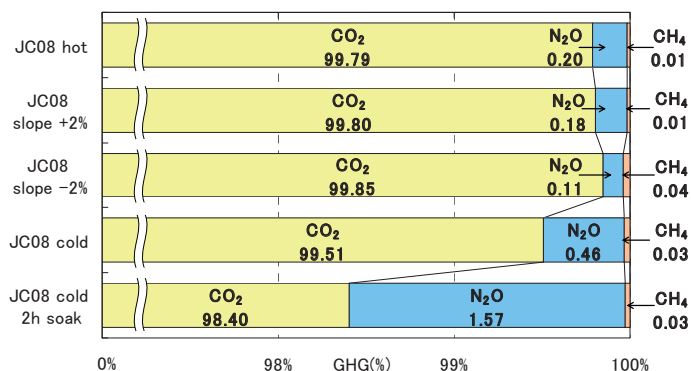
道路勾配は、N<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>の排出に影響を及ぼ



(a) ハイブリッド車Aの結果



(b) ハイブリッド車Bの結果



(c) ガソリン車Cの結果

図6 JC08モード運転時における温室効果ガス成分の排出割合 (A車, B車, C車)

すが、両成分のGHG排出における寄与率は極めて小さく、両成分を合せても0.4%に満たない。CO<sub>2</sub>は道路勾配の影響によって数%程度増加する。ただし、2%を超える勾配の区間は10%程度であり、全区間でのGHG排出量の増加は1%未満と推測される。これらのことから、首都圏幹線道路においては、道路勾配を考慮した試験を除外してもよいと考える。

ソーク時間は、N<sub>2</sub>O排出に大きな影響を及ぼすことを実証した。GHG排出量を評価する上で重要な試験条件である。図7に、営業用ガソリン車の全国における1日当たりのソーク時間別始動回数構成比を示す。同図は、自動車の使用実態調査報告書(平成10年3月, (財)石油産業活性化センター)に基づいて

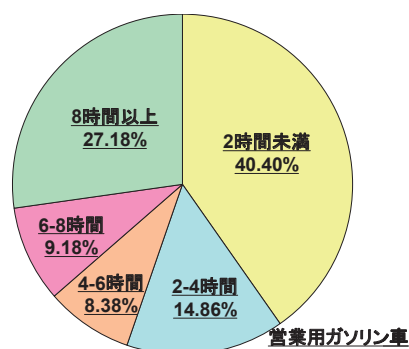


図7 一日当たりのソーク時間別始動回数構成比

作成した<sup>(2)</sup>。ソーク2時間未満が40%超存在することから、従来のコールドスタート(ソーク時間:6時間以上, 36時間以内)試験では使用実態を把握できないことがわかる。従って、GHG排出量の評価には、短時間ソークを考慮した試験が必要となる。

#### 4. まとめ

ガソリン車から排出されるN<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>は、触媒温度に依存することから、実路走行において触媒温度に影響を及ぼす道路勾配およびソーク時間に着目し、GHG排出量を評価するための試験方法について考察した。その結果、以下の点が明らかとなった。

- (1) 首都圏幹線道路では2%を超える勾配の区間は10%程度であり、全区間でのGHG排出量の増加は1%未満と推測された。上記道路においては、道路勾配を考慮した試験を除外してもよいと考える。
- (2) 短時間ソークでN<sub>2</sub>O排出量が増大すること、さらに使用実態においてソーク2時間未満が40%超(営業車)存在することから、GHG排出量の評価には、短時間ソークを考慮した試験が必要となる。

#### 参考文献

- (1) 山本敏朗, 小川恭弘, 佐藤進: 車載計測システムを用いた実路走行時の環境負荷量の計測および増大要因の解析(第2報) - 排出ガス有害成分の増大要因となるエンジン制御状態に関する考察 -, 自動車技術会論文集, Vol. 38, No. 6, pp. 229-234 (2007)
- (2) PRTR届出外排出量の推計方法等に係わる資料, 補足資料3: 自動車に関する補足資料, [http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/law/prtr/h14kohyo/todokedegaisanshutudata.htm](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/h14kohyo/todokedegaisanshutudata.htm)
- (3) 山本敏朗, 佐藤進, 常山順子, 岩田恒夫, 小川恭弘: 車載式フーリエ変換赤外分析装置を用いたガソリン排出ガス中のN<sub>2</sub>OおよびCH<sub>4</sub>の解析, 自動車技術会論文集, Vol. 41, No. 6, pp. 1391-1396 (2010)