

IV-197 ディーゼル車の排出ガス量評価モデルの作成

東北大学 正員 武山 泰

1. はじめに

大都市圏を中心として、二酸化窒素(NO_x)による大気汚染の環境基準達成状況は、それまでの改善される傾向から、近年、横ばいあるいは幾分悪化する傾向となってきている。これに対して、ディーゼル車に対する規制が、今後さらに強化されるとともに、地域の NO_x 排出量の総量を規制する等の総合的な対策が求められてきている。その中で、交通流制御による交通運用面からの対策に関しては、その効果を定量的に評価するための手法が確立されていないのが現状である。

そこで本研究においては、自動車の走行状態がディーゼル車の排出ガス量に及ぼす影響を定量的に評価するためのモデルの作成を試みた。

2. モデルの概要

ディーゼルエンジンにおいては、その制御は燃料噴射量の制御のみにより行われ、また、エンジンからの排気ガスを浄化するための触媒装置等が用いられないことから、排出ガスの特性は、ガソリンエンジンに比べ単純であり、エンジン領域での排出ガス濃度を把握することにより、実際の走行状態における排出ガス量を評価することが可能である。このため、排出ガス規制値の測定においても、エンジン単体での試験により測定が行われている。

本研究において作成するモデルは、実際の走行状態から、エンジンの回転数および負荷領域における状態を推定することにより、エンジン領域での排出ガス濃度を用いて、排出ガス量を評価するものである。このとき、自動車の走行状態における、走行速度および駆動力から、ギア位置を決定することにより、エンジン領域での回転数と負荷に変換することができる。

3. 走行抵抗⁽¹⁾

自動車が走行する際の全走行抵抗 R は、次式により表される。自動車が走行している状態では、全走

行抵抗と駆動力 T が等しくなる。

$$R = W(\mu_r + \sin \theta + \alpha(1 + \varepsilon)/g) + \mu_e \cdot F \cdot V_a^2 \quad (\text{kg}) \quad (1)$$

ここで、 W :車両総重量(kg)

μ_r :ころがり抵抗係数

θ :路面傾斜角度

α :加速度(m/s^2)

ε : $\Delta W/W$

(ΔW :回転部分の慣性に相当する重量(kg))

g :重力加速度(9.8m/s^2)

μ_e : $C_x \cdot \rho / 2$

(C_x :空気抵抗係数, ρ :空気密度($\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$))

F :自動車の前面投影面積(m^2)

V_a :空気との相対速度(m/s)

4. 回転数・負荷⁽¹⁾

エンジン回転数 n と走行速度との関係は、全減速比とタイヤ径により、次式で表される。

$$n = \frac{V \cdot i_m \cdot i_r}{2\pi \cdot r \cdot 60} \times 10^3 \quad (\text{r.p.m.}) \quad (2)$$

ここで、 V :車速(km/h)

i_m :各変速歯車比

i_r :終減速比

r :駆動輪タイヤの有効半径(m)

また、エンジンの負荷は、トルクあるいは、有効圧により表され、自動車の駆動力とエンジンの正味回転トルク τ の関係は次式で表される。

$$\tau = \frac{r}{i_m \cdot i_r \cdot \eta} T \quad (\text{kg} \cdot \text{m}) \quad (3)$$

ここで、 η :伝達効率

T :駆動力(kg)

エンジンが1サイクルを完了する間にピストンに有効に作用する爆発圧力の平均を正味平均有効圧といい、次式で表される。

$$P_{me} = 1.257(\tau/Q) \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (4)$$

ここで、 Q :総排気量(ℓ)

5. エンジンマップ

エンジンダイナモを用いた、エンジン単体での排出ガス濃度の測定結果から得られる、エンジンの回転数－負荷領域での排出ガス濃度を表した図をエンジンマップという。

NOx排出量に関するエンジンマップの一例を図－1に示す。

6. 排出ガス量の算出

走行状態として Δt 秒毎の速度が与えられるとき、速度変動から、加速度を計算し、ギア位置を決定することにより、前述の式を用いることにより、エンジンの回転数と正味平均有効圧が得られる。この回転数および有効圧での排出ガス濃度がエンジンマップより把握されれば、ディーゼル車からの排出ガスを評価することができる。

本研究のモデルにおいては、ギアの選定は、取り得るギア位置の中から、もっとも高いギアを選定することとした。

4ストロークサイクルエンジンの場合、クランク軸2回転で1サイクルが完了することから、 Δt 秒間における排出ガス量Eが次式で与えられる。

$$E = Q \cdot C \cdot 10^{-6} \cdot \frac{n}{60 \cdot 2} \cdot \Delta t \quad (\text{g/s}) \quad (5)$$

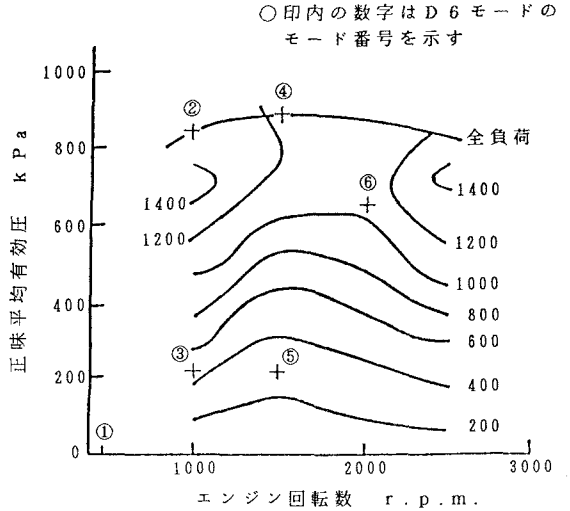
ここで、C：排出ガス濃度(ppm)

7. モデルの適用例

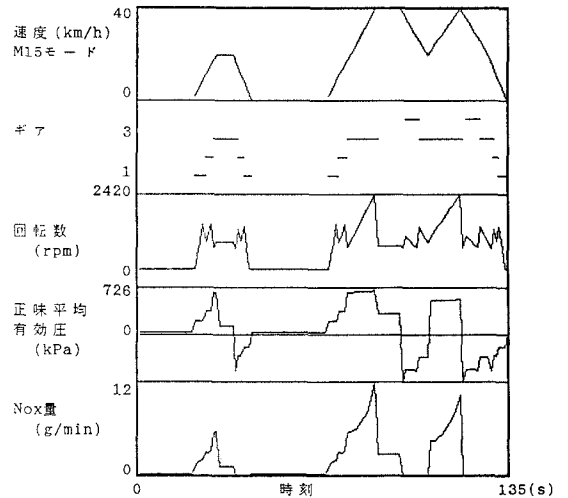
本研究で作成したモデルおよび図－1のエンジンマップを用いて、M15モードでの排出ガス量を算出した結果を図－2に示す。M15モードは、乗用車に用いられる10モードと同様に、都市内における貨物車の走行状態を表すモードとして作成されたもので、その平均走行速度は15(km/h)となっている。

8. まとめ

本研究においては、エンジンマップの測定例が数多く得られなかったことから、エンジンマップの一例を用いて、M15モードによる排出ガス量の算出を行ったが、今後さらにエンジンマップの測定事例を収集しディーゼル車の排出ガス特性を把握すると



図－1 エンジンマップの一例⁽²⁾
(直接噴射式、数字はNOx濃度(ppm))



図－2 モデルの適用例（M15モード）

もに、作成したモデルを用いて、走行状態が排出ガス量に及ぼす影響について把握していく予定である。

〔謝辞〕

モデルの作成に協力いただきました当研究室卒業生の藤田年彦氏に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 交通工学研究会編：交通工学ハンドブック
- (2) 斉藤 孟：ディーゼル自動車の排気とその対策，機械の研究，Vol.39 No.1，1987