

ディーゼル・エンジンの排出ガス浄化 (第4報, 電界フィルター)

木下勝晴・林 二一*¹・渡辺茂男*²

1 ま え が き

21世紀は「環境の世紀」といわれ、前世紀(20世紀)の環境破壊, 大気汚染, 地球温暖化等種々の問題が今世紀に託された。

20世紀後半はかつてないハイスピード, ハイレベルで大気汚染, 地球環境の悪化が進行した。これは大量生産, 大量消費, 大量破壊のアメリカ型経済が招いた結果といえる。地球の自浄能力をはるかに超える化石燃料の消費による燃焼排出ガスがもたらしたものである。これらのガス発生源としては, 固定発生源(工場, 家庭etc)と移動発生源(自動車, 航空機, 船舶etc)があるが, 近年の自動車の増加が著しくその主因とされている。その排出ガスが深刻な問題となりその対策が求められそれも急務となっている。

自動車でもガソリン・エンジン車は最近の技術進歩(制御技術, 材料生産技術etc)により以前に比べて排出ガスは非常にクリーンになった。しかし, 排出ガスの未対策使用過程車が多数走行している。環境を考えるとこれら未対策車を早急に対策車に取り替える必要に迫られている, しかし, 最近の経済状況を考えるとこれは非常に困難な状況にある。

ディーゼル・エンジン車は高い熱効率, 耐久性, 低経費(ロ・ランニングコスト)等の理由で運輸関係の商用車から一般乗用車, RVまで幅広く利用されている。ディーゼル・エンジンは熱効率が高いため省エネルギー, 省資源に優れたエンジンであり, いま世界で最も懸念されている地球温暖化に対しても有利なエンジンである。

ディーゼル・エンジンは熱効率が高い分, 地球温暖化で問題になっている二酸化炭素・CO₂の排出量が少なく地球に優しいエンジンであるといえる, 反面燃焼効率の高い分逆に窒素酸化物・NO_xの排出量がガソリン・エンジンの約2~20倍になり, 燃焼機構上ディーゼル・エンジンは黒煙(粒子状物質・PM)排出量は約30~100倍といわれている。¹⁾

1-1 ディーゼル黒煙(粒子状物質: Particulate Matter・PM)

ディーゼル・エンジンの燃焼は空気を圧縮し高温になった空気中に燃料が霧状で高圧噴射され燃焼室内で着火燃焼が始まる。燃料粒子が空気(バージン・エアー)との非接触部(局所的酸素欠

*1愛知工業大学・機械工学科教授, *2愛知工業大学・電気工学科教授

乏)で高温、高圧、無酸素状態で燃料分子(C_mH_n)中の炭素・Cが遊離しC_固となって排出される。

浮遊粒子状物質(Suspended Particulate Matter:SPM)はその生成機構により、一次発生粒子と二次発生粒子に分類される。一次発生粒子は発生源から直接大気中へ粒子として放出されるものであり、二次発生粒子は大気中への放出時には気体で、放出後に化学変化して、より低い揮発性物質に変化しそれ自身で凝縮したり、既存粒子に拡散付着し二次的粒子となる。

一次発生粒子は海水の波しぶきから生成する海塩粒子、風に巻き上げられる土壌粉塵、火山の噴煙による火山灰などの自然発生的な粒子。一方我々が化石燃料を消費することにより大気中へ放出される燃焼ガスに含まれる煤煙や黒煙は人為的起源の一次発生粒子である。これら多くは、炭化水素(HC)、二酸化硫黄(SO₂)、窒素酸化物(NO_x)などのガス状物質から大気中で光化学反応をへて生成する二次生成粒子と共に微粒子として大気中に長く浮遊している。大気浮遊粒子には多環芳香族炭化水素(PAH)やそのニトロ誘導体であるニトロアレンなど、種々の発癌・変異原物質が含まれていると報告されている。²⁾

マウスにディーゼル黒煙を定期的に与えると、雄の生殖器官に影響を与え、その精子数が減少する。また正常な雌との間で奇形が高い率で現れ、その絶対量から環境ホルモン「ダイオキシン」より脅威であると警告している。³⁾

ガソリン・エンジンでも最新の燃焼室内へ直接噴射するタイプ(筒内噴射・GDI, D4 etc)のエンジンではこの懸念が残り心配される。

2 実験装置・実験方法

ディーゼル・エンジンの排気系統に電界フィルタを装着し、その電極に直流高電圧を印加時、非印加時で排出ガス中の黒煙濃度を測定する。実験には日産自動車(株)製のLD20T・II型ターボ付ディーゼル・エンジンを使用した、主要諸元は表1に示す。

エンジン回転数、エンジン負荷制御には東京メータ(株)製の水冷渦電流制御式動力計を用いた、

Table-1 エンジン諸元

エンジン型式	LD20
排気量(CC)	1952
燃焼室形状	渦流室式
内径×行程	85×86
圧縮比	21.3
最高出力(PS/rpm)	70/4400

Table-2 動力計諸元

型式	EW-150EP
動力吸収形式	渦電流式
吸収回転数(MAX)	9000rpm
吸收到出力(MAX)	150PS
力量計	自動振子天秤
容量式自動燃費計	計数時間信号 0.1S

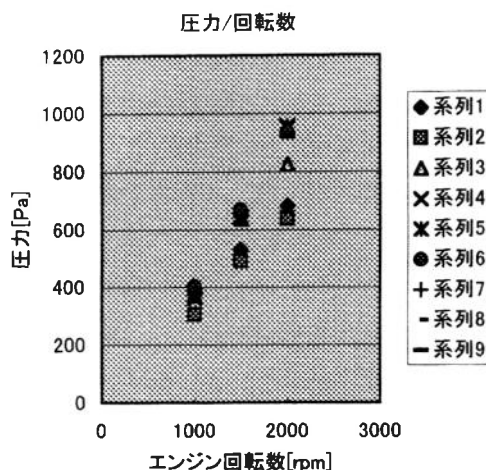


Fig-1 ガス圧力/回転数

主要規格を表2に示す。

黒煙濃度測定は(株)ゼクセル製のディーゼルスモーク・メータ：DSM-10Bを用いた。

電界フィルタ内の排出ガス圧力の測定はU字形水柱計を用いた。圧力[Pa]は下記より求めた。

ガス圧力とエンジン回転数との関係は図1のように線形関係を示している。

電界フィルター内のガス圧力はエンジン回転数に比例して変化するが、エンジン負荷に対する変化は見られなかった。

$$P = (A \cdot h \cdot \gamma \cdot g) / A$$

P：圧力 [Pa]

A：断面積 [m²]

h：水柱高さ [m]

γ：比重量

g：重力加速度

実験はエンジン回転数、エンジン負荷を動力計で一定に保持し、電界フィルタに直流高電圧を印加時の黒煙濃度と非印加時の黒煙濃度で比較する。非印加時の黒煙濃度を基準として、黒煙通過率：η_tを求める。

$$\eta_t = (C_n - C_c) / C_n$$

C_n：非印加時濃度 [%]

C_c：印加時濃度 [%]

黒煙採取、黒煙濃度測定は JIS-1101 に従った、また測定精度を上げるため黒煙採取量、330cc/回を10倍にして実施した。

本実験ではエンジン回転数を1000rpm, 1500rpm, 2000rpm, エンジン負荷10kgf, 15kgf, 20kgfで各々の状態で印加電圧を5kV, 10kV, 15kV, 20kV印加して実施した。

3 実験結果

各エンジン回転数、エンジン負荷において、印加電圧により約一定の効果が確認できた。エンジン負荷10kgf(負荷トルク35.12Nm)エンジン回転数1000rpmにおける印加電圧による黒煙微粒子

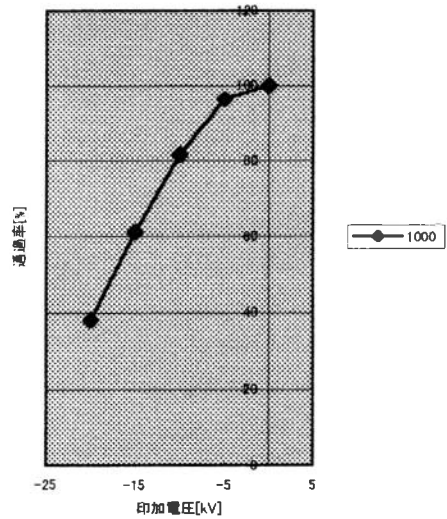


Fig-2 通過率/印加電圧

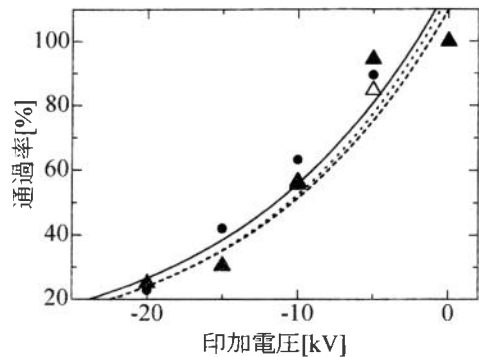


Fig-3 通過率/印加電圧 (最小2乗法)

通過率, 電界フィルター内のガス圧力をファクタにとつたものを図2に示す。本実験における各実験パターンでの黒煙微粒子通過率・ガス圧力/印加電圧の関係を図3, 4に示す。

黒煙通過率とガス圧力の関係をファクタに印加電圧をとつたものを図5に示す。

4 考 察

電界効果トランジスタ (field effect transistor : FET) n形チャンネルのFETはドレーン電流(ドレーン～ソース間)はドレーン電圧(ドレーン～ソース間)によって変化するがこれをゲート電圧(ゲート～ソース間)で制御するトランジスタである, そのモデルと特性を図7, 8に示す。⁴⁾

本実験の各パターンのデータを最小2乗法で解析したものを図6に示す。

電界フィルタのガス圧力をFETのドレーン～

通過率/印加電圧

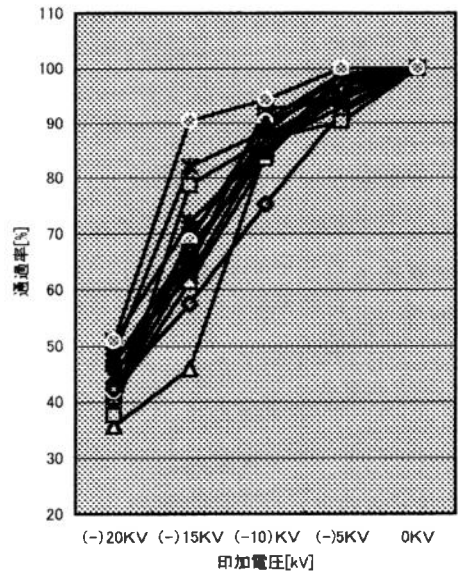


Fig-4 通過率/印加電圧(データ)

通過率/圧力 (平行円板電極)

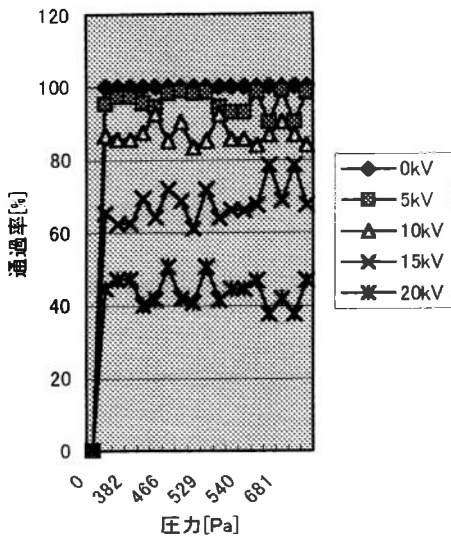


Fig-5 通過率/ガス圧

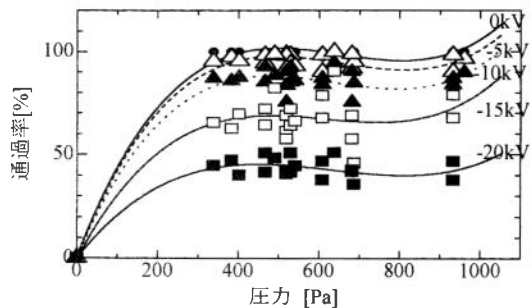


Fig-6 通過率/ガス圧力(最小2乗法)

ソース間電圧・ V_{DS} に置き換え、電界フィルタの印加電圧をFETのゲート～ソース間電圧・ V_{GS} に置き換え、電界フィルタの黒煙微粒子通過率をFETのドレーン～ソース間電流・ I_D に置換えて考察してみると。

電界フィルタの解析図(図6)、実験結果図(図5)とFETのドレーン特性図を比較すると、その各ファクタによるグラフの形状がよく一致している、また電界フィルタの黒煙微粒子通過率/印加電圧の関係図((図3)とFETの伝達特性(図7)においてもよく一致しており、その特性の一致していることが確認できる。

電界フィルタの解析、設計する際において、FETの理論が活用できるものと考察できる。

5 ま と め

本研究により各種の車両(エンジン排気量の大小)に適した電界フィルタが開発、採用されることを期待したい。本研究の実験には愛知工業大学電気工学科・渡辺研究室の卒研究生・赤堀恭子君、渡辺雄介君の協力を得て実施した、感謝申し上げる。

本研究に関してその発案・発想の当初から理論、実験の方向まで適切にご指導頂いてまいりました、恩師・愛知工業大学工学部電気工学科教授工学博士・渡辺茂男先生には本年6月24日未明突然瞑の世界へ旅立たれていかれた。突然のことで私にとっていまだに信じがたくいまにも、何時もそうであったように突然訪ねて来られる気がしてやみません。

先生は国内はもちろん、国際会議・大会(学会)において積極的に数多く出席され、また会議の座長も長く務められました。電気系学会にとって貴重な人であり、失った損失は多大なものであります。

先生は非常にフレッシュで柔軟な頭の持ち主で、研究室(渡辺研)の学生や我々を驚かせたり、

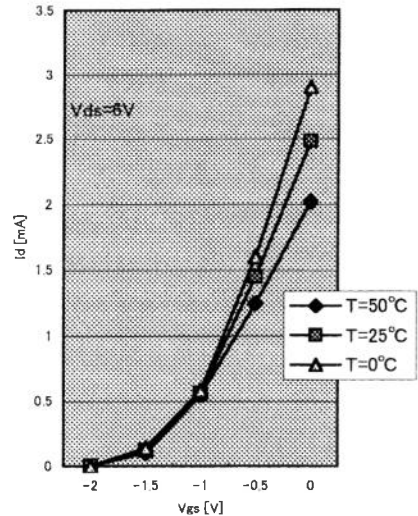


Fig 7 FET伝達特性

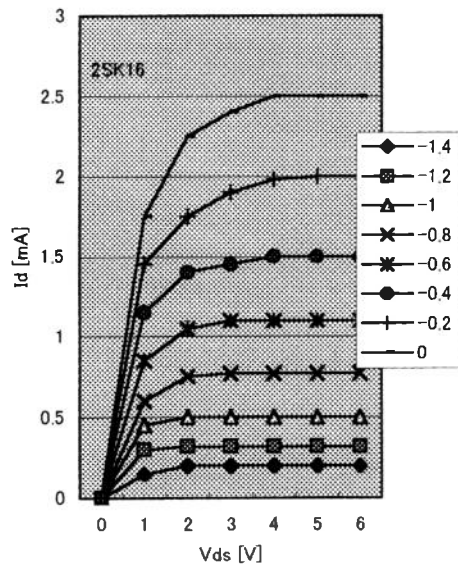


Fig-8 FETドレーン特性

ユニークな発想で指導されていました, またその考え方の正当性に感心と驚きを感じていました。反面先生は少しせっかちな面もあり, 「これ急がないから」といって卒研究生, 院生や我々に作業を依頼することがあり, 先生が研究室や学内を一回りして帰ってくると「あれ出来ている?」と聞かれます当然出来ていない, すると先生は一緒になって進めるという‘せっかち’な性格もありました。その性格が我々門下生になにもおっしゃらずに, 本当にせっかちに逝かれてしまいました。我々門下生は返す返す残念でなりません。

先生のこの数年間のご活躍は他人の追隨をゆるさない, 目を見張る非常に精力的な活動でした。特に外国での国際会議は他人の数十倍以上の活躍でした。先生は働きすぎでした, 忙しすぎでした。先生, これからはゆっくりおやすみください。ご冥福をお祈りいたします。 合掌

6 参 考 文 献

- 1) 木下勝晴, 林 二一, 渡辺茂男: 中日本自動車短期大学論叢 第31号 (2001)
- 2) 横山栄二, 内山巖雄: 大気中微小粒子の環境・健康影響 (財) 日本環境衛生センタ
- 3) 中日新聞: 1999, 7, 8朝刊
- 4) 押山保常, 相川孝作, 辻井重男, 久保田一: 改訂電子回路 (株) コロナ社