

ディーゼル・エンジンの排出ガス浄化 (第3報, 電界トラップによる排出ガス浄化)

木下勝晴・林 二一*1・渡辺茂男*2

1. はじめに

近年の大気汚染は悪化の一途をたどっている。地域的な光化学スモッグに始まり、地球規模的な酸性雨や地球温暖化、それらによる異常気象、さらに地球の砂漠化等が深刻な問題として懸念されている。

この大気汚染の主要因が化石燃料の大量消費（燃焼排出ガス）によるものと考えられている。その大部分は自動車の排出ガスが原因とされ、各種の短期、長期規制が行われ、ガソリン・エンジン車については、現在排出ガスの対策が行われ、一応規制をクリアしている。

一方、ディーゼル・エンジン車は燃費に優れ、地球温暖化の主要因二酸化炭素（CO₂）排出に関しては有利な省エネ型のエンジンではあるが、反面有害物質の黒煙微粒子の排出量はガソリン・エンジンの約30～100倍、窒素酸化物（NO_x）の排出量は約2～20倍¹⁾であると言われている。筆者らの研究グループは、電界トラップ・サイレンサーを試作し、黒煙の排出を抑制し、またNO_xについてはディーゼル・エンジン用の触媒を試作し実験研究を行ってきた。今回はこの電界トラップ・サイレンサーを電界フィルタと考え、印加電圧、排出ガス圧等を電界効果トランジスタ（Field Effect Transistor：FET）のゲート電圧の制御等に置換えて考察する。

2 黒煙・(Particulate Matter：PM)、浮遊粉塵 (Suspended Particulate Matter：SPM)

2-1 黒煙

ディーゼル・エンジンの黒煙は、燃焼火炎中の燃料粒が局部的に空気（酸素）不足の状態で高温高压に晒されるため燃料に脱水素反応が起こり、その中の炭素分が遊離固体化したもので、その中には発癌性物質（ニトロ・アレン、ベンゾ・ピレン等²⁾）が含まれ、環境庁国立環境研究所のマウスの実験では、0.6 mg与えると半数が死亡し、0.9 mg以上では全数死亡という報告がある。

青森県立保健大学（嵯峨井勝教授）の研究グループはディーゼル排ガスをマウスに吸わせると、精子が減って生殖能力が低下し、次世代にも悪影響（奇形）がでたと報告している³⁾。この事は化学製品を低温燃焼させた場合に発生するダイオキシンに代表される環境ホルモンに匹敵し、そ

*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

の絶対量から考えるとダイオキシンより問題になるものと考えられる。

財団法人結核予防会結核研究所と国立環境研究所により、ディーゼル車の排出する黒煙の微粒子が原因の肺癌による死亡者は肺癌死数の9%強(4000~5000人/年)になり、特に千葉市(19.3%)、川崎市(18.4%)、埼玉県(18.2%)、東京都(16.3%)、愛知県(13.4%)と大都市やその周辺で高く最も低いのは北海道(3.1%)であると報告されている⁴⁾。また、花粉症やアトピー性疾患の原因としてディーゼル黒煙が主要因と言われている。また、東京都は「ディーゼル車NO_x作戦」を展開し都内での不売買、不使用運動や軽油の優遇税制見直しの検討を行うと発表した⁵⁾。

そのディーゼル排出規制も厳しくなり、排出ガス低減対策第3次の答申では、新短期目標では、最高70%の低減率が掲げられ、新長期目標では更に50~80%の低減が求められている⁶⁾。

その対策として、燃焼改善・超高压燃料噴射(150 MPa以上：粒子の微細化、到達距離)が考えられ実施されている。その反面NO_xの増加に対して、その対処方法(パイロット噴射、噴射時期・噴射量を電子制御化したコモンレール方式等で出力、燃費、排ガスの最適化)が考案されて一部は採用されている。これに加えて触媒(DPF)を装着する方向に研究が進められている。

2-2 浮遊物質(SPM)

浮遊粒子には海塩粒子、風塵、等の自然発生源粒子と燃焼、産業活動等による人為発生源浮遊粒子とが存在する。この浮遊粒子の中で微粒子状物質(Suspended Particulate Matter: SPM)は動物(人間)呼吸系の深部に侵入堆積し健康上深刻な問題となっている。

自然発生源と人為発生源との比率は自然発生源は約30%弱、人為発生源は約65%でこの人為発生源では工場、事業場は約30%弱、自動車が残りの約35%を占めている。⁷⁾

東京都の1990年のデータではディーゼル排出粒子4230トン、道路巻上げ粉塵5500トン、船舶、航空機の排出140トン、固定発生源(工場民生)1960トンと推定されている。自動車一次粒子排出量が平成6年には6.8万トン(日本全国・ディーゼル・エンジン排出粒子)⁸⁾と推定され、特に都市部で深刻化している。

一方エンジン排出ガス以外に起因する、走行起因浮遊物質としてタイヤ摩耗粉塵、路上巻上げ粉塵、プレーキ粉塵等も都市部において深刻化している。

3 実験方法、装置

3-1 実験方法

エンジン暖機後、渦電流式動力計により、エンジン負荷・回転数を制御し、電界フィルタに電圧を5kV~25kV印加し、そのときの排出ガス濃度を(株)ゼクセル製ディーゼルスモーク・メータ(DSM-10B)でサンプリングガス中のディーゼルスモークの濃度を測定する(図-1)。

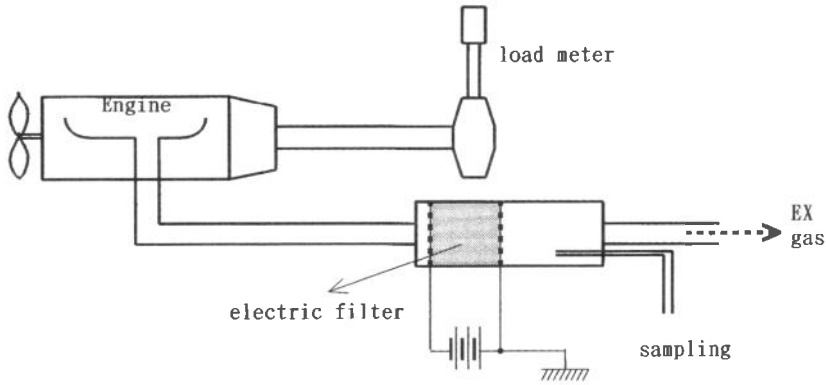


fig-1 実験装置概略図

実験に使用したディーゼル・エンジンは日産自動車(株)製のLD20型を用いた。主要諸元は表1に示す。

3-2 実験装置

今回の実験では円筒形の中心に一本の中心電極を配したタイプより、排ガスの流れの中にネット状の電極を配した電界フィルタの形状にして電極を排ガスが通過する際に印加する電界フィルタと排ガスの流れの両端に電極を配し電圧を印加する形状の電界フィルタに変更して実験を行った。(図-2, 図-3)

table-1 エンジンの主要諸元

エンジンの型式	LD20T・II
排気量(cc)	1952
燃焼室形状	渦流室式
内径×行程(mm)	85×86
圧縮比	21.3
最高出力(ps)	70/4400

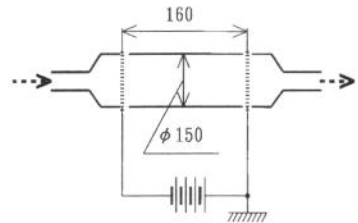


fig-2 電界フィルタ

4 実験結果

4-1 ネット形状電極

メッシュ#30の電極で図-2のタイプの電界フィルタの場合の実験結果を図-4, 5に示す。

エンジン負荷:10kgfでエンジン回転数を1000, 1500, 2000/minと変化した場合の印加電圧によるDS捕集率を求める。(図-4)

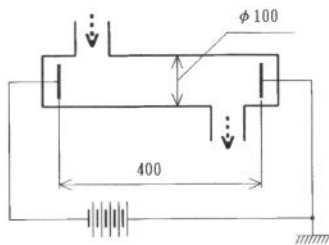


fig-3 電界フィルタ

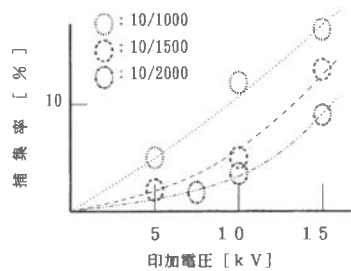


fig-4 DS捕集率/印加電圧

印加電力とDS捕集率の関係を図-5に示す。

4-2 平板(円板)形状電極

a. メッシュ状電極 (φ80×φ80)

排ガス流の両端(図-3)に電極を配置した場合の印加電力によるDS捕集率との関係を図-6に示す。

b. 平板(円板)状電極 (φ60×φ80)

印加電極(-電位)の外径:60mm, アース電極外径:80mm

(メッシュ)の場合の捕集率/印加電力を図-7に示す

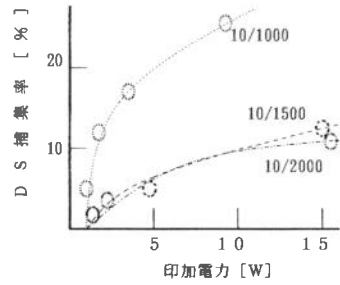


fig-5 DS捕集率/印加電力

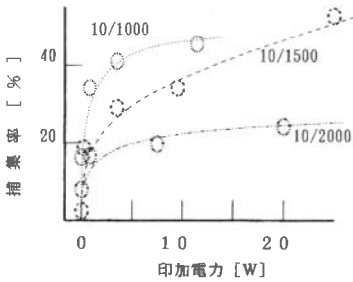


fig-6 DS捕集率/印加電力

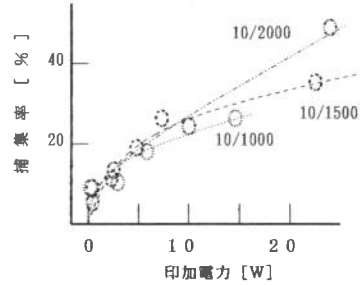


fig-7 DS捕集率/印加電力

5 考 察

5-1 エンジン回転数と排気圧力

エンジン回転数による電界フィルタ内圧力を水柱の高さにより求める。

水柱の傾き30° $h = \text{水柱の読み} \times \sin 30^\circ$

圧力: P $P = \gamma h$

排気圧力: 電界フィルタ内圧 (図中のP) の関係を図-8に示す。

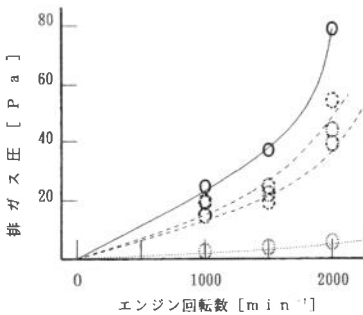


fig-8-1 フィルタ内圧/回転数

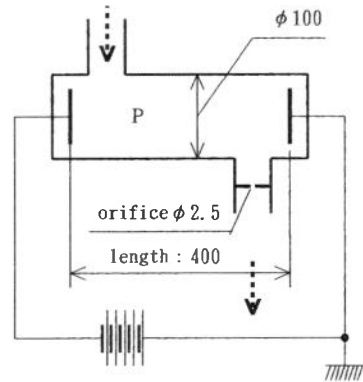


fig-8-2 フィルタ内圧

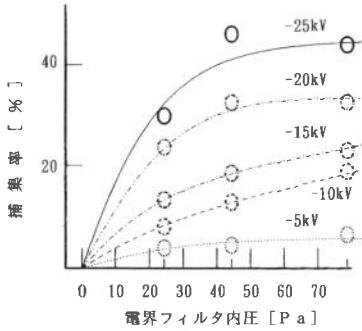


fig-9 DS捕集率/フィルタ内圧

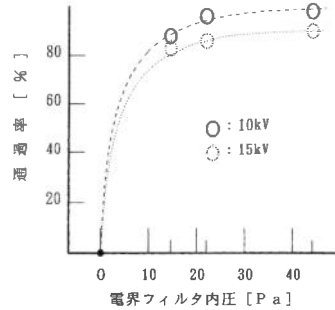


fig-10 DS通過率/フィルタ内圧

5-2 電界効果トランジスタ (FET) の特性

接合型FET動作原理

FETは図-11の様にゲート端子に加える電圧を制御することにより、ドレイン電流を制御できるデバイスである。

このFETのドレイン電圧： V_D を電界フィルタのガス圧力： P に、ドレイン電流： I_D を電界フィルタを通過する黒煙、またはDS捕集率に、ゲート電圧： V_G を電界フィルタに印加する電圧に置換えてみると、図-11のFETの特性図 (I_D [mA] / V_D [V]) と図-9の電界フィルタ (DS捕集率 / フィルタ内圧) また、図-10のDS通過率 / フィルタ内圧のグラフは、共にFETの特性に非常に似ている特性図が得られた。

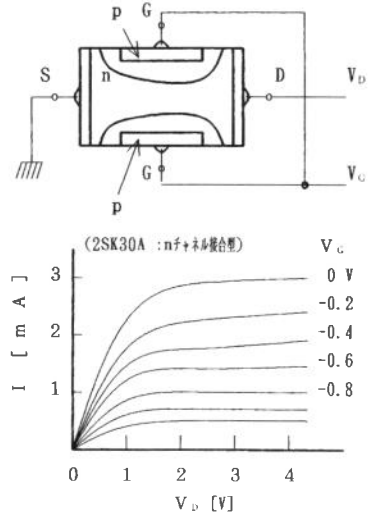


fig-11 FET特性

6 ま と め

ディーゼル・エンジンは、黒煙微粒子と NO_x の排出量がガソリン・エンジンより多いので、東京を中心とした都会では悪の権化のように言われ、いまこの世から抹殺されそうな現状である。

しかしこのディーゼル・エンジンは内燃機関のなかで熱効率が一番高く、地球温暖化 (→異常気象→自然災害→地球砂漠化→食料危機→) に関しては優れた内燃機関である。ディーゼル・エンジンは人間 (動物) には優しくはないが地球には他の内燃機関に比べて優しいエンジンと言える。

電界トラップ・サイレンサは今年ようやく日本でも特許が認められた (申請から9年) この電界トラップ・サイレンサを設計する際、その形状 (大きさ、容量、電極形状、電極数 etc) 等の選択が電界フィルタの考えを用いれば容易になるものと考えられる。

今後は更に各種の実験をすすめ、そのデータの信頼性を高めたい。

7 参 考 文 献

- 1) 村山 正, 常本秀幸;自動車エンジン工学・山海堂, 1997 P. 139
- 2) 久松由東;大気環境学会誌・第33巻第4号, 1998 P. A77~A81
- 3) 中日新聞;1999. 7. 8 朝刊
- 4) 中日新聞;1999. 9. 29 朝刊
- 5) 中日新聞;1999. 8. 28 朝刊
- 6) 自動車セミナー:(株) 交文社, 1999 (通巻第438号) p. 5~10
- 7) 松下秀鶴:エンジンテクノロジー No 10 山海堂, 2000 P 6~
- 8) 中島 徹:エンジンテクノロジー No 10 山海堂, 2000 P13