



表3の実験条件に示すように基本燃料は、軽油(記号L、0.03%S)及びこのエマルジョン燃料(水添加率20%、容積比、記号LE)を使用し、実験の一部で水添加率10%を使用した。なお水添加の場合、乳化剤を軽油の0.5vol%加えてミキサーにより充分混合して作成した。シリンダー冷却水温は約80°C、潤滑油温は約80°Cに保持した。噴射時期は上死点前14°~8°の範囲で実施し、回転数1400rpmで、トルク出力は5kgf-m(定格)、及びこの60%の3kgf-mで実施した。そして微粒子測定に使用したフィルターの一部をSEM観察した。

### 3. フィルター振動法によるPM測定

フィルター振動法によるPM測定値をPM<sub>m</sub>とし、これを非蒸発部分と蒸発分(ここではフィルターは50°Cとしているため主として水分)で構成し、測定値について考えると次の関係が成り立つ

$$PM_m = PM_p + PM_w + PM_f - PM_v \quad (1)$$

PM<sub>m</sub>: PMの測定値(mg/m<sup>3</sup>) PM<sub>p</sub>: 測定PM中の非蒸発分(mg/m<sup>3</sup>) PM<sub>w</sub>: 測定PM中の湿分(未蒸発分)のPM換算値(mg/m<sup>3</sup>) PM<sub>v</sub>: フィルターに既に集積(測定終了)したPMの湿分からの蒸発分のPM換算値(mg/m<sup>3</sup>) PM<sub>f</sub>: 測定中のPM及びフィルターを通過する気流から集積PMに補給される湿分のPM換算値(mg/m<sup>3</sup>) そして、一定状態である測定値PM<sub>m</sub>はPM<sub>m</sub>=PM<sub>p</sub>+PM<sub>w</sub>であるから、(1)式はPM<sub>f</sub>-PM<sub>v</sub>~0からPM<sub>f</sub>=PM<sub>v</sub>と見なせる。従ってPMは湿分の補給と蒸発がつり合っている状態で測定していることになる。

図2は、表3に示す軽油(L)、このエマルジョン燃料(LE)の測定終了後に希釈器上部(図1バルブB)でPMから空気に切り替えて0点の変動を調べた結果であるが、L、LE(水添加率10%)、LE(水添加率20%)の順に排ガス中の水分が多いと想定されることと、負になる傾向が一致していることから主としてフィルター上で蒸発分(水分)の影響が現れた結果であり、そして時間経過と共に減少傾向であることが想定される。乾燥アルミナ粒子ではこの傾向は現れなかった。以上のことから測定中のフィルターからの蒸発分の量は次のように見積もることができ、即ち図2(破線)に示すように、PMから空気吸入へ切り替えたサンプリング停止直後の圧力変動

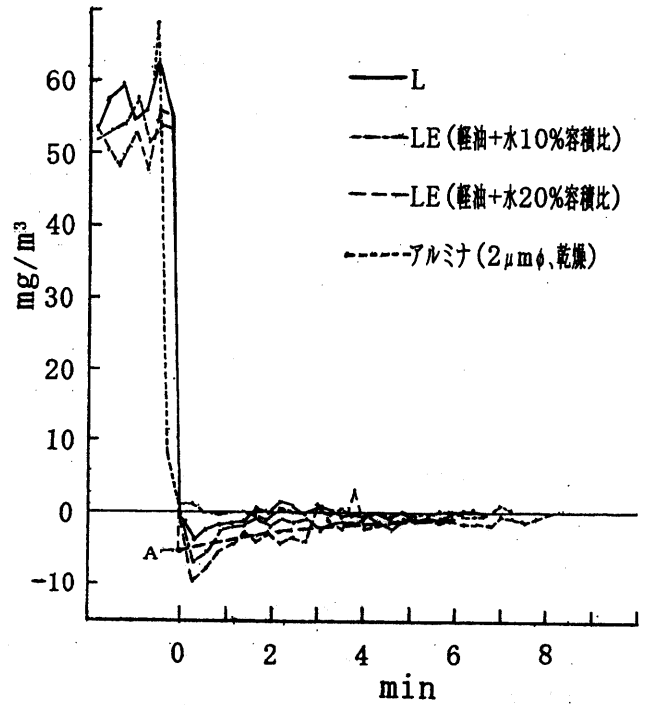


図2 各燃料のPM測定終了後の0点の変動

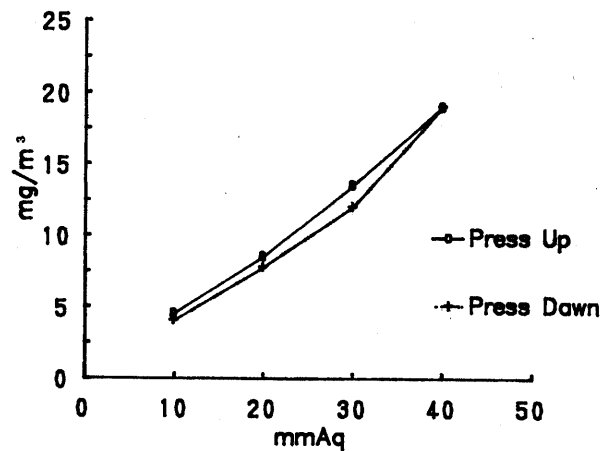


図3 圧力変動の測定データへの影響

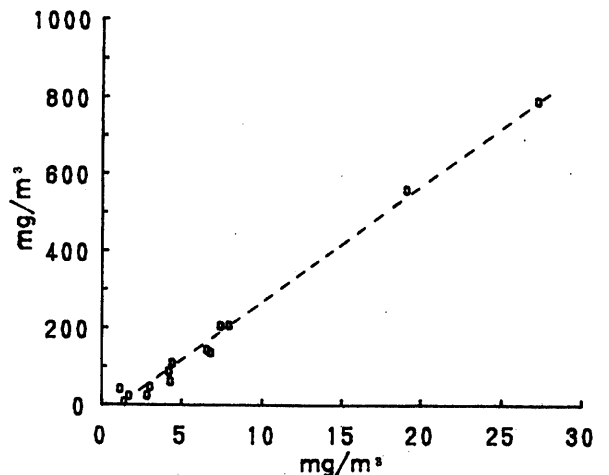


図4 煙(蚊取り線香)の測定ピーク値とサンプリング停止後の0点降下量

等が影響することが想定される期間を除いて、主として蒸発分の影響が現れていると見なし、この近似曲線を想定して停止直後から続いているとして、サンプリング停止直後の位置との交点(図2 A点、LEの場合)の値がサンプリング中の蒸発分と考えられる。

本測定法はフィルターの微小な重量変化を検出しているために、何らかの原因による圧力変動もPM測定に影響することが考えられる。図3は、圧力変動がPM測定値に及ぼす影響について調べた結果で、バルブB(図1参)を開閉し微小圧力をフィルター上に付加して、PM換算値の変動を調べた結果であるが、これによると圧力上昇下降側ともほぼ直線関係にあり、それぞれ+-の絶対値がほぼ同じで、フィタルターの圧力変動が測定に影響することと、35~55sec以内には0に戻っていて過渡的なものであった。従って、このような圧力変動の形で現れる要因が測定値に影響することが想定される。実際の測定では、フィルターのPMの集積による圧力損失は徐々に増加している状態であるためこの影響は見られない。

図4は、蚊取り線香の煙を(図1バルブB)から短時間吸引(2 sec以内)し、その時の測定ピーク値とその後0点降下量(最大値)を調べた結果で、両者の間にほぼ比例関係が見られる事から、圧力変動よりも集積量と蒸発分(揮発分)の関係が現れていると考えられる。

図5は、PMサンプリング時の流量を変えて測定し、サンプリング停止時に空気に切り替え(図1バルブA)で0点の変動と経過時間の関係を調べた結果であるが、PMサンプリング流量を2.32-3.32-4.32L/minと増加すると、停止後の減少量が少なくなり、即ちフィルターに集積したPMからの蒸発分による重量減少傾向が少なくなる様相を示したが、これは流量増加によりフィルターからの蒸発特性の違いが現れている結果と想定される。<sup>3)</sup>

#### 4. 排ガス測定とPM観察結果

図6 (a)は、回転数1400rpm、噴射時期上死点前8°~14°、トルク出力3~5Kgf-mに於ける各燃料のスモークとPM排出量の関係を示す。これによるとL及びLE共PM、スモーク排出量の間には関連がありほぼ直線関係であったが、LEでは、同一スモーク排出量では、PM排出量が幾分高い傾向が見られ

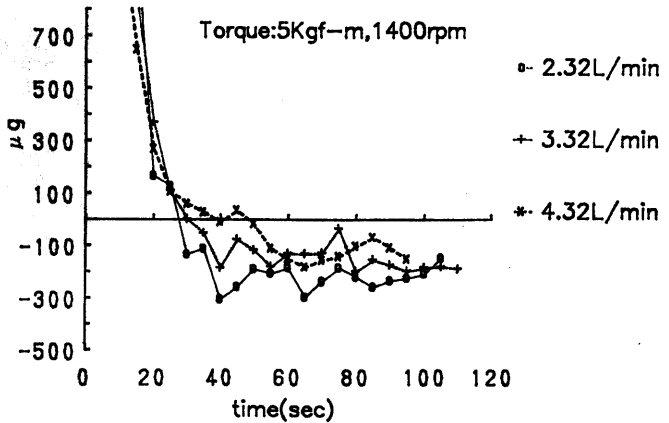


図5 サンプリング流量と測定終了後0点の変動

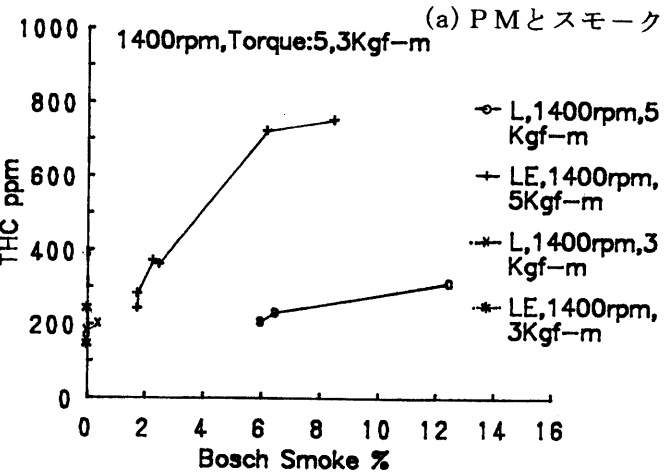
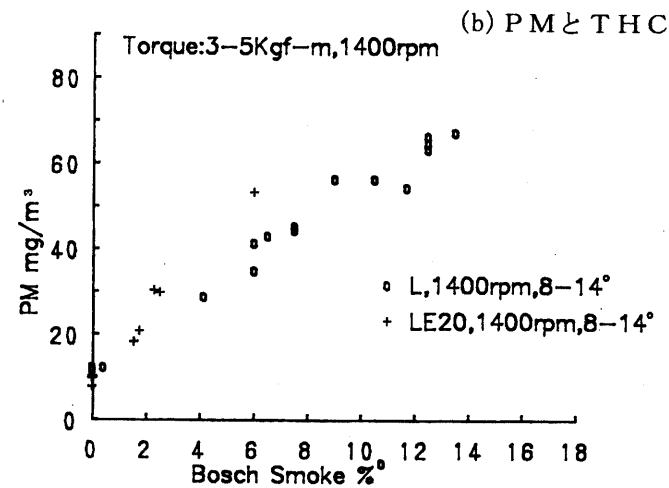


図6 燃料とPM、スモーク、THCの関係

るが、(b)のスモークとTHC排出量の関係によるとエマルジョン燃料の方がTHCが多いことからPM、スモーク、THC、SOFとの関連性を調べる事が必要と想定される。

更に、回転数1400rpm、出力5Kgf-m、噴射時期上死点前8°～14°の条件でカスケードインパクターをPM測定器センサー上部に取り付け(図1参)、PM2.5(PM2.5カットフィルター通過)の排出割合(重量比)を調べた結果、燃料L、LE共、何れの噴射時期でも、PM2.5カットフィルター及びPM10カットフィルターに捕集したPMの量の合計は、全排出量のほぼ5%程度であったことから粒子径の小さいPM2.5(主に粒径2.5 $\mu$ m以下)が本機関から排出されるPMの殆んどを占めているという結果であった。

写真1(a)(b)(c)は、各々燃料LのPM2.5カットフィルター通過後、PM2.5カットフィルター上、PM10カットフィルター上、(d)は燃料LEのPM2.5カットフィルター上のPMのSEM像で、各フィルター上の粒径の違いが明瞭であるが、燃料Lの(b)と、LEの(d)の違いは特に認められなかった。

図7は、回転数1400rpm、トルク出力5Kgf-m、燃料L(噴射時期上死点前11°)と、LE(11°、14°)のPM2.5カットフィルター上の粒径分布を画像解析で調べた結果で、フィルター表面での結果等の理由で必ずしも厳密ではないが3種類共ほぼ同様の傾向で粒径が大きくなるほど少なくなる傾向であった。

### 5. まとめ

- a. ディーゼル機関から排出されるPM測定で、フィルター振動法による場合は微少な圧力変動の影響をうけるが、一時的であれば影響も一時的である。
- b. フィルター上集積しているPMの蒸発分の量はサンプリング流量に影響をうけるが、見積もることができ、燃料LよりLEのほうが多い。
- c. 本機関から排出されるPMをカスケードインパクターで調べた結果、大部分がPM2.5でそれ以上の粒径の排出割合は軽油及びこのエマルジョン燃料ともかなり少ない。
- d. PMとスモークとの間に相関があるが、同一スモーク排出量でエマルジョン燃料ではTHCが多いことから、PM、スモーク、THC、SOFとの関連性を調べる事が必要と考えられる。

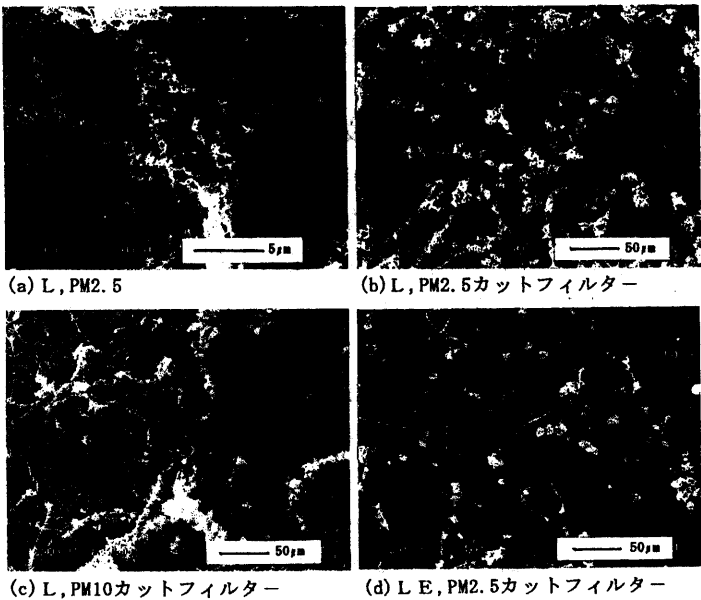


写真1 フィルター上のPMのSEM像

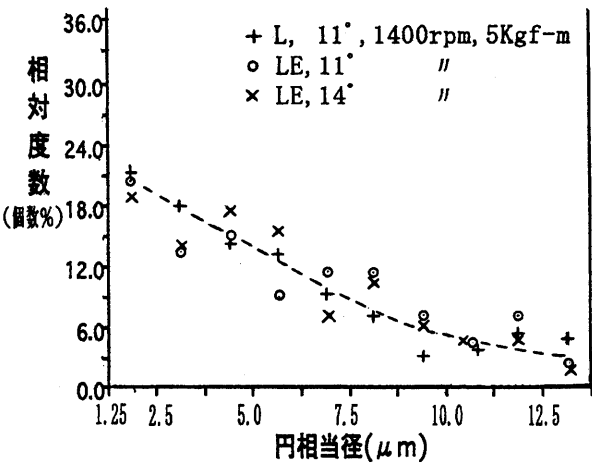


図7 画像解析による粒径分布測定

### 参考文献

- 1) 水野建樹他：公害、第25巻1号、P47～53、(1990)
- 2) 嵯峨井：空気清浄、第38巻2号、P23～30、(2000)
- 3) 湿度と蒸発 基礎から計測まで、上田政文著、コロナ社