

69 実船でのPM測定に関する基礎研究

機関動力部 *大橋 厚人、中島 康晴、高杉 喜雄
材料加工部 西川 和美
航海訓練所 大立 康祐

1. はじめに

船用ディーゼル機関から排出される粒子状物質(PM)は地球環境や人体に甚大な影響を与える恐れがあると認識はされているものの、実船における排出実態の報告例¹⁾は少ない。我々は、実船測定の蓄積を目標として、フィルター振動法によるPM測定器(R&P社製TEOM-1400)を用いて可搬可能な測定系の確立を目指してきた^{2,3,4)}。残念ながら現状では、ISOで規定されているフィルター重量法に換算できる測定結果を得ることができていない。一方、実船測定での問題点の洗い出しのため、前年度初めて航海中に主機排ガス中のPM測定を行った。そこで今回は、「銀河丸」の主機排ガスに含まれるPMをフィルター振動法⁴⁾とベータ線吸収法による測定器(ESM社製FH62-C14)によって測定した結果を報告する。

2. 実験装置

まず、今回の報告に関係したエンジンの概要と使用燃料について表1、2に示す。2台のディーゼル機関ともA重油を使用している。表2から、使用しているA重油の成分に違いがあることがわかる。

図1には、実船実験での測定系を示す。主機2号過給器排ガス出口から6mmのノズルを用いて排ガスをサンプリングし、5mの加熱導管を用いて機関室右舷中段においた希釈器に接続した。測定に応じて希釈器から、フィルター振動法かベータ線吸収法の測定器のどちらかに接続した。

フィルター振動法は、捕集フィルターに集積されるPM質量により、捕集フィルターが取り付けられたテーパエレメントの固有振動数が変わることを利用し、PM重量をもとめている。本測定器(TEOM-1400)はセンサーユニットとコントロールユニットからなり、センサーユニットにはいくつかの振動対

表1 使用エンジン

形式	中型中速ディーゼル機関 立て型4サイクル 3シリンダ 過給機、空気冷却器付き	銀河丸主機用ディーゼル機関 立て型2サイクル 6シリンダ 過給機、空気冷却器付き
燃料油	A重油	A重油(C重油)
内径(mm)	230	520
行程(mm)	380	1050
定格出力(kw(PS))	257(350)	4560(6200)
最大回転数(rpm)	420	175

表2 使用燃料

	中型中速ディーゼル機関	主機用ディーゼル機関
油種	A重油	A重油
密度@15℃(g/cm ³)	0.8530	0.8592
動粘度@50℃(mm ² /s)	2.73	2.619
引火点(℃)	88	84
流動点(℃)	-20.0	-20
残炭(wt%)	0.32	0.36
水分(vol%)	<0.05	0.01
灰分(wt%)	<0.01	0.001-
硫黄(wt%)	0.05	0.17

策がとられている。ところが、センサーユニット全体がゆっくり傾けられる場合に大きなエラーを生じることが判明した。したがって、排ガス測定中にどの程度船体動揺の影響を受けているかを評価するため、TEOM-1400 をもう一式用意し、フィルターと乾燥剤を通した空気を流し、測定期間中変動を示すかどうかを調べた。

ベータ線吸収法は、放射線源から放出されるベータ線が透過する質量に応じて遮蔽され減少していく現象を利用して、フィルター上に捕集されたPM質量を測定する。本測定器(FH62-C14)では放射線源として ^{14}C が用いられている。検出器には比例計数管が用いられ、検出器の有感領域内での電離数に応じた出力が得られるため、環境中に存在するラドン子孫核種からのアルファ線とを弁別することができる特性を持っている。

3. 実験結果および考察

図2にフィルター振動法による「銀河丸」主機排ガス中のPM測定結果を示す。TEOM-1400 の設定は、2.32 (l/min) のサンプリング流量で 20 秒間平均の値を 20 秒ごと出力させた。この図では希釈器をとおした希釈排ガス中のPM濃度を示している。本希釈器内では、希釈用圧搾空気がサンプル取り入れノズルの周りに作るマイナス圧により排ガスを吸入する構造となっており、25-45 (l/min) の希釈用圧搾空気流量で希釈比 10 の特性を持っている。ただし、排ガスのサンプリング位置(2号過給器排ガス出口)では加圧状態であったので、希釈比に影響を与えていた可能性がある。さらに、エンジン排ガス流速に関わらず希釈圧搾空気を一定流量としたので、排ガスのサンプリングは非等速サンプリングとなっている可能性がある。この図では、およそ 0-2000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) の範囲で変動している。

図3には、清浄空気を流したもう一式の TEOM-1400 の測定結果を同じ時刻について示す。この図では振動数変化を示している。この TEOM-1400 には清浄な空気を流しているのでフィルター重量に変化がないため振動数は一定値を示すはずであるが、実際には船体動揺のため大きな変動を示している。なお、図中の 0.001 (Hz) の振動数変動は、較正定数

から 1.7 (μg) のフィルター重量の変化に対応し、仮に 1 分で変化したとすると 733 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1.7/0.00232) に対応し、大きな影響を与えていることがわかった。

図3より 10 時 10 分から 20 分にかけて振動数が安定している部分があり、この間図2では、3分 20 秒の周期がみられた。なお、主機出力はおおよそ 30% で一定であった。希釈比を 10 とすると平均で 10 (mg/m^3) となる。周期変動に関しては、前回の発電機用ディーゼル原動機のPM測定でも観察されており²⁾、原因は前回同様、ガバナにおけるロード・リミッターの特性により、負荷一定でも消費燃料の増減があるためと考えている。

図4には、ベータ線吸収法による「銀河丸」主機排ガス中のPM測定結果を示した。サンプリング流量は、16.67 (l/min)、フィルター上のPM重量の累積値を 1 分ごとに出力している。放射性崩壊は、ランダムな過程であるため、放射線測定から出力されたカウント数から統計解析により、測定値の誤差評価が必要となる。現在の制御プログラムでは、カウント数が出力できず誤差評価を行うことができなかった。ここでは、フィルター振動法との比較のため、図中測定期間のうち主機出力がおおよそ 30% のあった 8:46-8:52、9:06-9:14 の期間の流量と蓄積PM質量から濃度を求めた。その結果、前者は 9.0、後者は 9.7 (mg/m^3) となり平均値ではフィルター振動法の結果とよく一致した。

4. まとめ

フィルター振動法とベータ線吸収法により、「銀河丸」主機排ガス中のPM濃度を測定した。30%出力で両者とも平均 ~ 10 (mg/m^3) の結果を示した。また、フィルター振動法では 3分 20 秒の周期変動が観察できた。ただし、以下の問題点があった。

- ・ 排ガス流速に対して等速サンプリングしていない。
- ・ サンプリング部が加圧されているので希釈比に影響を与えている可能性がある。
- ・ 二つの測定法と ISO で規定されているフィルター重量法とは、結果が一致していない。
- ・ 測定系内の沈着量の評価が必要。

- ・ フィルター振動法では動揺対策が必要。
- ・ ベータ線吸収法ではエラー評価などのため制御プログラムの改良が必要。

参 考 文 献

- 1) 前田ほか3名、船舶におけるPMの排出特性評価、第63回(平成11年秋季)マリンエンジニアリング学術講演会 講演論文集、平成11年10月13日・14日、神戸商船大学、社団法人 日本船用機関学会。
- 2) 松崎ほか4名、フィルタ振動法による実船でのPM計測について、第64回(平成12年春季)マリン

エンジニアリング学術講演会 講演論文集、平成12年5月16日・17日、東京商船大学、社団法人 日本船用機関学会。

3) 大橋ほか4名、フィルター振動法による船用ディーゼル機関のPM測定に関する基礎研究、平成12年度(第74回)船舶技術研究所研究発表会講演集、2000年6月22～23日、37-40頁。

4) 大橋ほか4名、フィルタ振動法による実船でのPM計測について(第2報)、第65回(平成13年春季)マリンエンジニアリング学術講演会 講演論文集、平成13年5月15日・16日、東京商船大学、社団法人 日本船用機関学会。

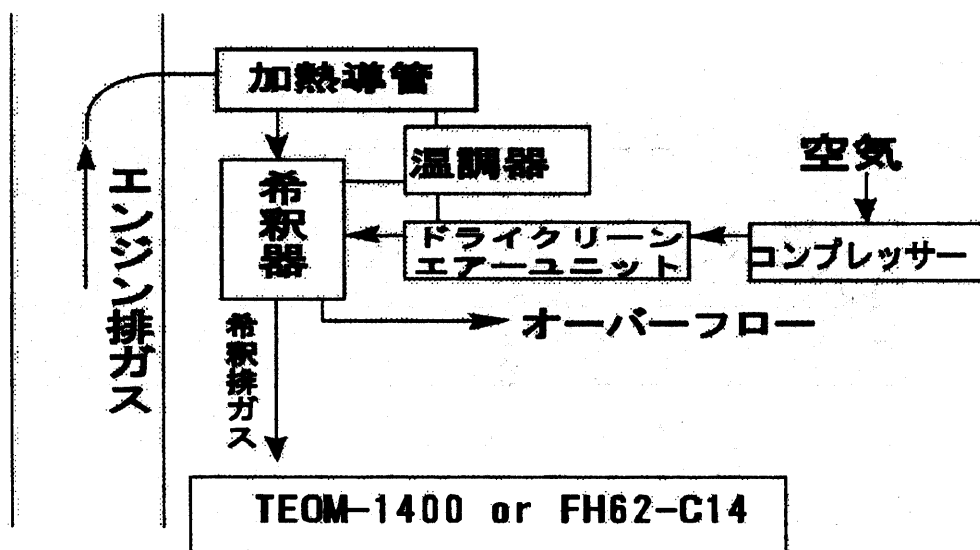


図1 実船実験での測定系

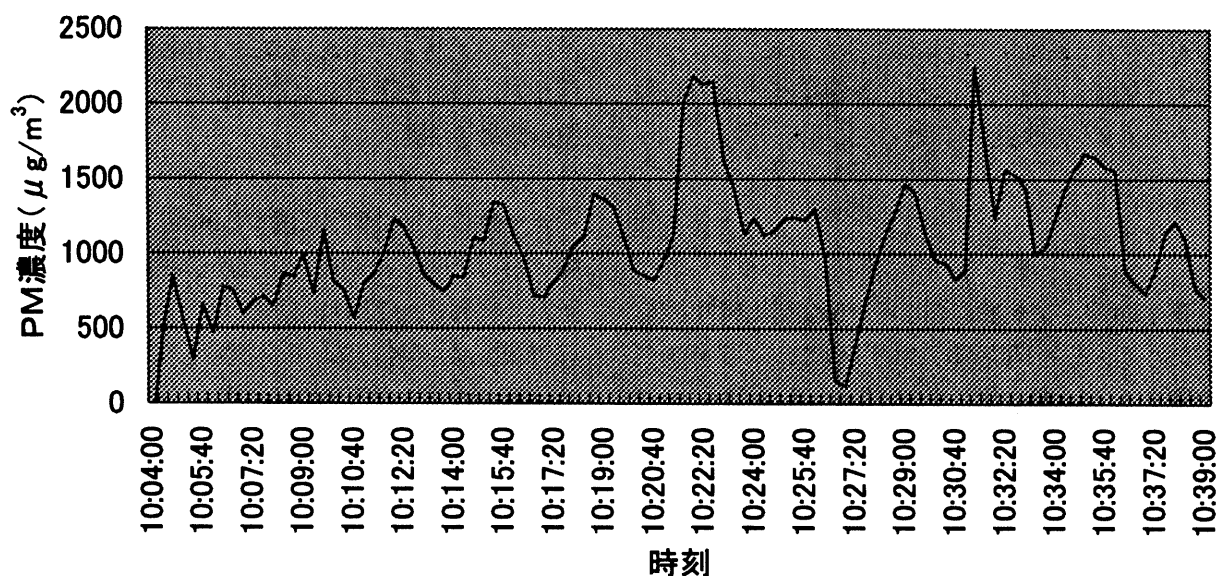


図2 主機PM測定値(希釈後濃度、平成12年9月20日)

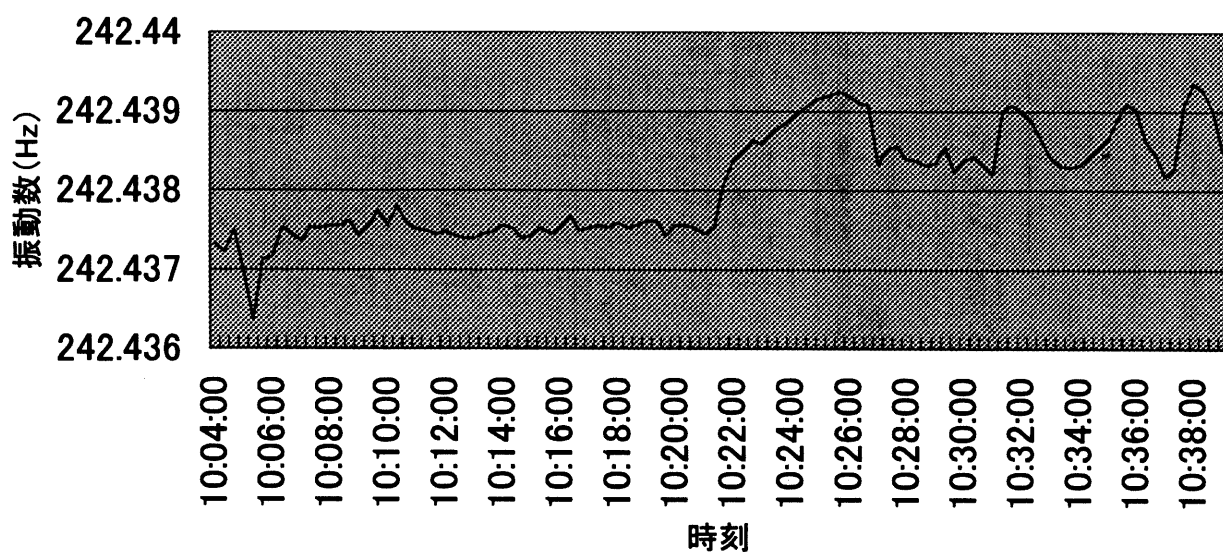


図3 TEOMの振動数変動(平成12年9月20日)

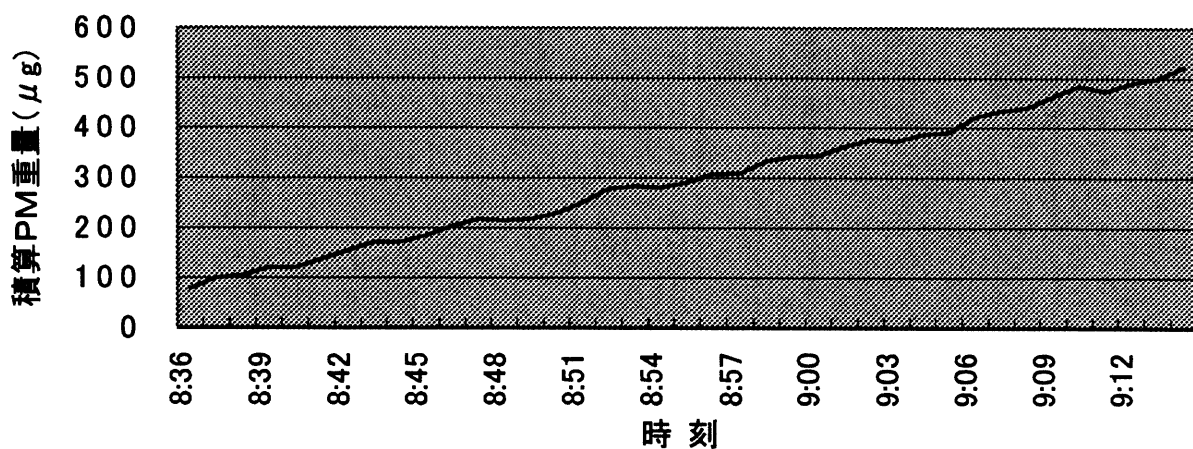


図4 ベータ線吸収法による主機PM測定値
(希釈後濃度、平成13年3月23日)