

内燃機関の排気消音器に関する研究 (第4報)

(定置式機関の空洞形消音器における容積変化の影響)

村 崎 憲 治

Studies on Exhaust Muffler of Internal Combustion Engine. No. 4

(Effect of Volumetric Change on Covered Muffler of the Stationary Engine)

Kenji MURASAKI

1. 緒 言

現在、利用されている内燃機関の排気ガスによる公害の問題は、騒音、光化学スモッグとして研究されているが、特に騒音問題については、内燃機関の中でも、自動車用機関のような移動式のものでは、ある制限のもとで理論的に究明されている。

しかし、利用されている機関の中で、定置式機関においては、その制限条件のなかでも消音器の容積をある程度まで大きくしても、運転操作、機能等には、なにも支障はないので、空洞形消音器容積の変化による消音効果を調べ、あわせてそれらの機関性能に与える影響を追求した。

2. 実 験 装 置

2. 1 供試機関

製 作 所 名	久保田鉄工株式会社 堺工場	シ リ ン ダ ー 数	1
型 式	V A 2 サイクル 横型水冷ディーゼル	シ リ ン ダ ー 径	78 mm
定 格 出 力	4 ps (1500rpm)	シ リ ン ダ ー 行程	85 mm
燃 焼 室 型 式	直接噴射式	使 用 燃 料	ディーゼル軽油
総 排 気 量	406 cc		

2. 2 使用計測機器

(1) 水制動力計

製作者名：東京衡機製造所，型式：N F G 1 - A 型，測定可能範囲：100 Ps

(2) 燃料消費量計

燃料測定ビューレット (2 連球, 50 cc) : 自作

(3) 指示騒音計

製作所名：日本電子測器株式会社，型式：S L P - 11

(4) 周波数分析器

製作所名：日本電子測器株式会社，器種：1/3 オクターブ分析器

2. 3 供試消音器

本実験では定置式機関を対象にした空洞形消音器をとりあげたので，その空洞容積を機関排気量 $V=406\text{cc}$ の10倍，30倍，50倍，（以下，小，中，大と呼ぶ）と比較的大きくとり，図1に示すように本体は3.2mm鋼板を，ガス溶接して製作し，一般には円筒形，あるいは楕円筒形のものが使用されているが，その形状は消音効果にはあまり影響を与えないとされているので，加工容易な直方体箱形とし，地下埋没実験のため尾管（内径5.3mmの鋼管）を垂直にとりつけた。なお本体の大中小別の各部の寸法は，表1の如し。

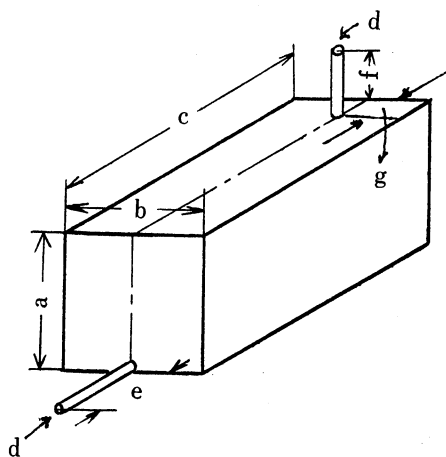


図1 消音器の形状

表1 消音器の各部寸法（単位cm，V：機関排気量）

消音器の容積	10V	30V	50V
名称	小(型)	中(型)	大(型)
各部記号			
a = b	12.7	18.3	21.6
c	25.4	36.6	42.3
d	5.3	5.3	5.3
e	8	8	8
f	30	30	30
g	8	8	8

3. 実験方法

実験室は常に機関騒音が外部に漏れるのを最小限にとどめるため，機関据付実験室内を密閉し，排気管をモルタル壁外に導き，「騒音レベル測定法」(JIS, Z 8731—1957) に準拠して，尾管口端より100 cm，高さ30 cmの位置で，排気音を指示騒音計のC特性で測定し，1/3オクターブ分析器も

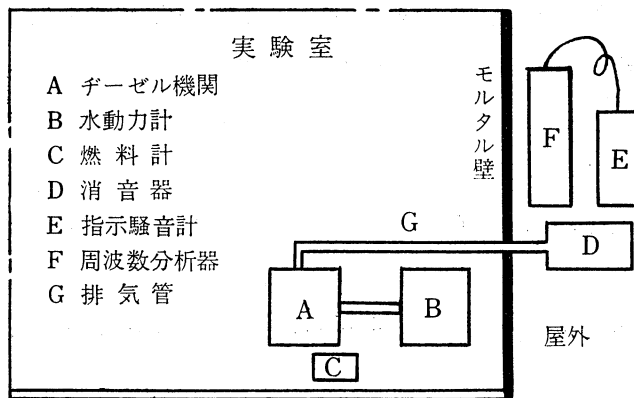


図2 実験装置配置図

併置接続して、日時を変えて3回測定し、その平均値を求めた。

その上で、それらの資料にもとづき、それぞれの消音効果ならびに、機関性能におよぼす影響を分析し、なおそれぞれの消音器を地下埋没したときの効果についても調べた。実験装置の配置は、図2の如し。

4. 実験結果および考察

1. 機関の各回転数別に、各消音器の全音域音圧レベルと減衰量は、図3(A)(B)に示すとおりである。すなわち、消音器なしの場合を基準にして、小は4~8ホン、中は8~11ホン、大は11~14ホンの減衰量を表わしている。10ホンの減衰量は騒音の感覚量ゾーンにして1/2になるので相当の消音効果といえる。ただしこの機関の定格回転数は1500~1800 r.p.m であって、1800 r.p.m での減衰量がいくらか低下しているが、これは2サイクル機関であるため掃排気量が增大し、狭窄部を通る排気流流速が速くなり、渦音の誘発により特有な高周波音が発生しているものと考えられる。

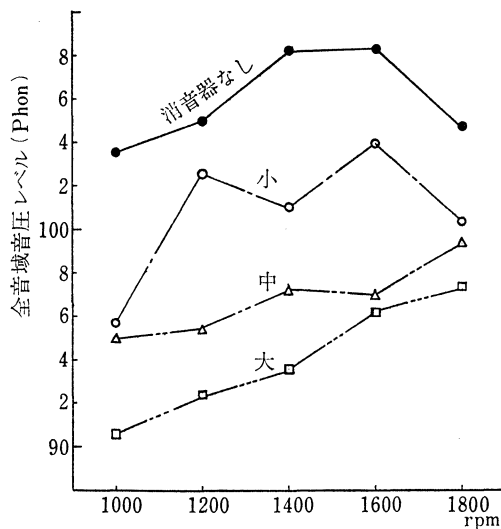


図3(A) 回転数別音圧レベル

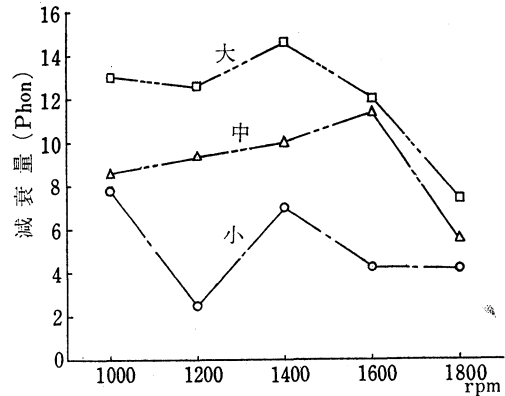


図3(B) 回転数別減衰量

2. 機関の性能におよぼす影響として、騒音レベルと燃料消費率を調べた。結果としては図4(A)(B)に示すとおりである。騒音レベルは負荷をかけた場合でも、それぞれ大、中、小の順に騒音レベルは低く、前述の1の実験結果と殆ど同様な傾向を示しているが、特に大の場合は、殆ど一致している。

燃料消費率に関しては、図4(B)に示すように、2.5 Ps 前後の出力でいずれも最小値になるが、なかでも面白い現象としては、消費率の小さい順として中、小、大となっていることで、出力3 Ps を越えると大、中、小の順になり、4~5 Ps における実験結果の資料が不足しているので、明確にその判断はできない。

なおこの機関製作所の性能曲線資料によると、4~5 Ps の出力に近づくに当たって、燃料消

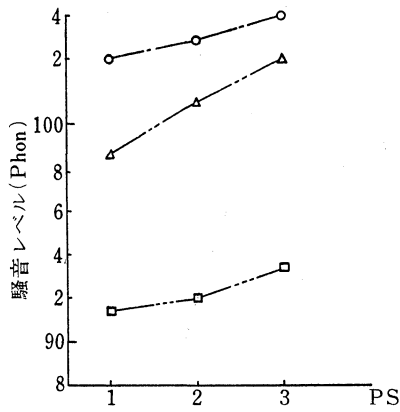


図4(A) 騒音レベル

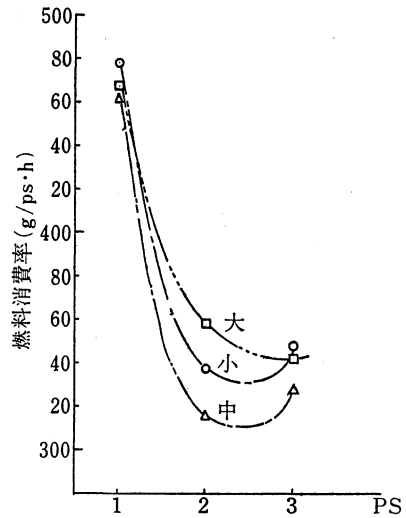


図4(B) 燃料消費率

費率は曲線的に減少していて、平均消費率は $208.7\text{g/Ps}\cdot\text{h}$ となっているので、実験結果の 2Ps における中の最小値 $315\text{g/Ps}\cdot\text{h}$ はやや大きすぎると考える。また図4(B)の 3Ps における燃料消費率の数値の上昇は理解できず、むしろ機関の不調によるものか、実験中の判読の誤りによるものと考えられる。

3. 消音器を地下に埋没した場合の影響については、図5に示すように 1400r.p.m における消音器大の地上と地下における周波数特性については、ある周波数帯においての音圧レベルは約 $1\sim 2\text{dB}$ 、部分的には $4\sim 5\text{dB}$ の低下が認められたが、全音域音圧レベルにおいては、殆どその差異は認められなかった。文献によると、地下埋没による効果を挙げてあるので、ある程度の期待をも

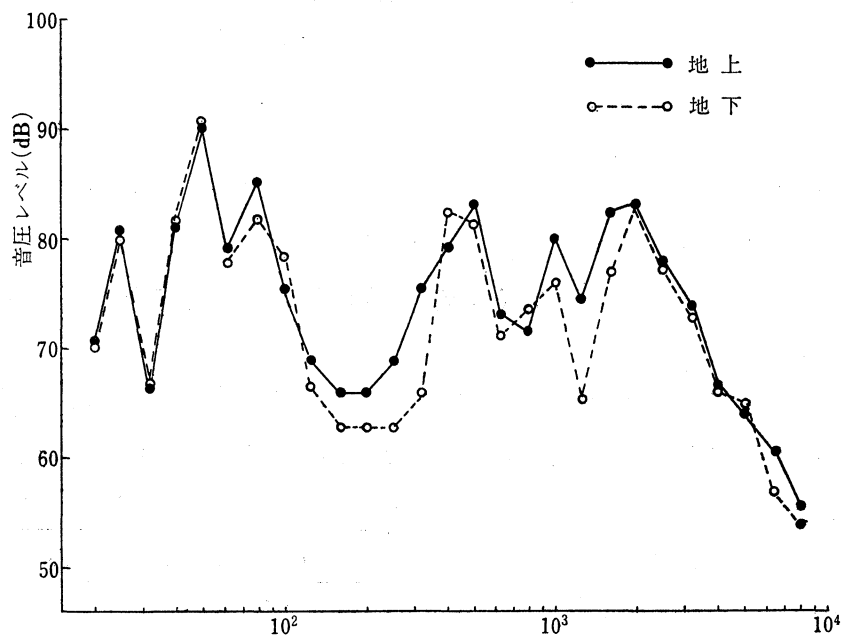


図5 消音器大の地上と、地下の周波数特性 (1400rpm)

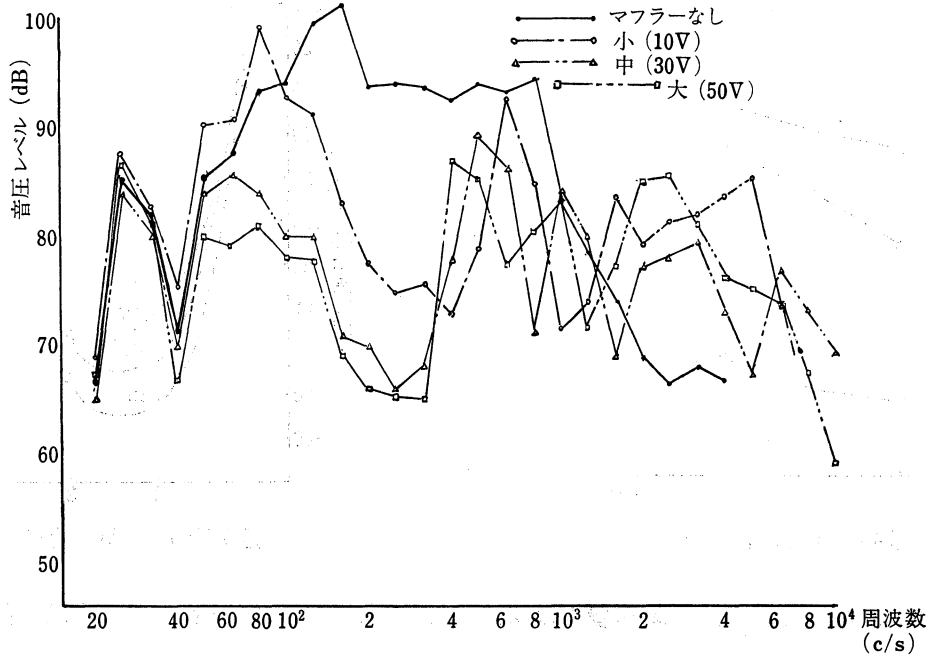


図6 各消音器別周波数特性 (1600rpm)

って実験を進めたのであるが、これは消音器の構成材料の違いによる効果の大小に差異を生ずるものと考えられる。なお、1400 r.p.m 以外の回転数における実験の資料も、消音器中、小についての資料も採取したが、ほとんど同様な結果で埋没による効果は認められなかったもので、省略する。

4. 各回転数別に、1/3 オクターブ分析器による周波数特性も、同様な傾向があらわれたので、その中で定格回転数の平均値としての 1600 r.p.m の資料で結果を示せば、図6の如し。すなわち 40c/s 以下の周波数においては、あまり消音効果は認められないが、それ以上 300c/s までは、大中小の順にその効果は著しく、最大 32dB の数値を示している。しかし 400c/s 以上になると、音圧レベルは全消音器において上昇し、特に 1000c/s 以上になると、消音器を装置したことにより、却って音圧レベルが増加している。

これについては理論的に解析してみると、空洞による共鳴周波数と、尾管による共鳴周波数のいづれかによるものと、それらが複合した共鳴音であることが考えられる。

空洞部分による共鳴周波数を $f_a = c/2l_1$ (c : 音速, l_1 : 図1による消音器の長さ) によって求めると次の表2の如し。

また尾管よる共鳴周波数を $f_b = c/2l_2$ (c : 音速, l_2 : 端部補正尾管長, $l_2 = l + 0.3d$ d : 尾管半径, l : 尾管長, 30cm) によって求めると、 $f_b = 544c/s$ である。したがって $2f_b = 1089c/s$, $3f_b = 1633c/s$, $4f_b = 2177c/s$, $5f_b = 2712c/s$ となり、これらの

数値と実験結果から得た各消音器のピーク周波数 f_c を比較してみると、次の表3に示すとおりである。

表2 空洞部分による共鳴周波数

	$f_a = c/2l_1$	$2f_a$	$3f_a$	$4f_a$	$5f_a$
小	674c/s	1348	2022	2694	3370
中	471	942	1413	1884	2355
大	398	796	1194	1592	1990

表3 各消音器のピーク周波数 f_c と f_a , f_b との対照表

	小			中				大					
f_a	674	1348	2022	471	942	1413	1884	2355	398	796	1194	1592	1990
f_b	544	1089	1633	544	1089	1633	2177	2721	544		1088	1633	2177
f_c	630		1600	500	1000			2500	400		1000		2000

すなわち、この表の中のゴシック数で示すように、例えば小における 630c/s のピークは空胴の共鳴 $f_a=674$ c/s によるものと考えられ、特に中の特性中ピークの $f_c=500$ c/s と $f_c=1000$ c/s が大きく表われているのは、表のとおり $f_a=471$ c/s と $f_b=544$ c/s, また $f_a=942$ c/s と $f_b=1089$ c/s における音圧が複合して得られた結果と推論される。

尾管の長さについては、実験当初から共鳴の問題を考慮に入れず、適宜設定したが、特に高周波帯域における、音圧の複合を計算に配慮しなければならないと考える。

5. 結 論

本実験では定置式内燃機関を対象にした、鋼板製直方体の空胴形消音器で空胴容積を機関排気量 V の 10V, 30V, 50V として、それらの消音効果を調べたのであるが、総括すると次のような結論を得た。

1. 全音域音圧レベルの最大減衰量として、大で 15 ホーン (1400 r.p.m), 中で 11 ホーン (1600 r.p.m), 小で 7 ホーン (1400 r.p.m) で十分な効果が認められる。この機関の定格回転数は 1500~1800 r.p.m の中で、1500 r.p.m 前後では効果は大きい、1800 r.p.m 前後では効果はやや低下する。空胴容積が大きい程効果は大きいといえる。

2. 負荷をかけて出力別に燃料消費率と騒音レベルとの関係では、燃料消費率は 2.5Ps 前後で中小大の順に小さいが、この機関の定格出力は 4~5 Ps であり、この点で資料が不十分であり、機関の不調も加えて、性能におよぼす影響については、適確な判断はできない。しかしこの場合の騒音レベルについては、大中小の順に効果が大きいことは明瞭である。

3. 地下埋没による消音効果は、ある周波数帯域で部分的に 4~5 dB の減衰がみられたが、全音域音圧レベルは、ほとんどその差が認められない。

4. 1/3 オクターブ分析器による周波数特性は、いずれの消音器においても、40c/s から 300c/s までは減衰量は大きく、特に 200~300c/s の帯域においてはその効果が著しい。しかし 400~600 c/s に音圧レベルのピークが認められ、1100c/s 以上の高周波帯域において、消音器なしの場合の音圧レベルを上回るピークが現れることが認められる。

6. あとがき

以上の結論のうち、4の資料をもとにして、高周波帯域の音圧レベルを低下させる対策として、吸音材による吸音機構を利用することによって解決できるのではないかと考える。

終りに本実験に終始、並々ならぬ御努力をいただきました南孝一助手、中藺政彦君、両氏に厚く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 守田 栄：騒音と騒音防止：オーム社 (1951).
- 2) 福田基一：機械の騒音とその対策：共立社 (昭42).
- 3) 飯野 香：防音装置の設計：理工図書KK (1963).
- 4) 飯野 香：続防音装置の設計：理工図書KK (1963).
- 5) 隈部一雄：内燃機関学：山海堂 (1951).
- 6) 渡部一郎：内燃機関：日本機械学会 (1946).
- 7) 長尾不二夫：内燃機関講義：養賢堂 (1942).