

自動車用消音器の研究 (I)

川喜田四郎 林 二 一

A Study on Automotive Muffler (I)

Shirou KAWAKITA Niichi HAYASHI

この実験は、共鳴拡張型消音器の芯管断面形状が、自動車排気騒音の音量および音質にどのような影響をおよぼすかを調べる基礎的な実験である。

1. 緒言

わが国の自動車台数は、年々増加の一途をたどり、我々の生活に占める役割も大きくなってきている。それに伴って、この激増する自動車のために、我々は、自動車騒音・排気ガスによる環境騒音・大気汚染 (NO_x, CO, HC等) そして交通公害などに悩まされなければならなくなった。この中でも、自動車騒音は、人体におよぼす影響が、医学的見地からみても重大であり、現実的に道路設置の大きな障害の一つになってきている。

ところで、現在、自動車に使用されている消音器については、共鳴型、拡張型等を組み合わせたものが大部分であるが、高周波・低周波音ともに十分な消音効果のあるものは、未だ完成されていない。

そこで、今回の実験では、共鳴型消音器を用いて、その中枢となる芯管を変化させ、それによって、音量および周波数がどのように変化するかを調べた。現在、使用されている芯管の断面形状は、総て円形であるが、本実験では、これを円形から五角形・四角形・三角形と変化させ、最も単純に、周波数特性の変化を調べて比較した。

2. 実験装置および測定法

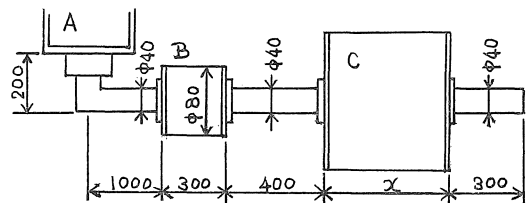
実験用供試自動車ガソリンエンジンの諸元を表 I に示す。

エンジンマニフォールドからテール管までの配管は図 I の通りである。

図 I で A (マニフォールド) から B (サブマフラー) までの長さは、1200mm・B の寸法は、300mm × φ80mm (約 1500cm³) であり、このエンジンの規定のものを用いた。B と C (メインマフラー) との間隔は、400mm で、その後ろに本実験のメインマフラー C がある。このメインマフラーの寸法は、i) 300mm × φ205mm ii) 500mm × φ160mm iii) 800mm × φ126mm iv) 1000mm × φ113mm の四通りである。な

項 目	諸 元
型 式	S50D-2(プリンス)G1
内 径 × 行 程	75 × 84 mm
サ イ ク ル	4
シリンダ数配置	4 直
総 排 気 量	1.484 ℓ
圧 縮 比	8 . 3
点 火 時 期	BTDC 10°
点 火 順 序	1-3-4-2
最 大 出 力	70/4800 ps/r.p.m.
最 大 ト ル ク	11.5/3600 kg-m/r.p.m.

表 I 供試用エンジン諸元



A: マニフォールド

B: サブマフラー

C: メインマフラー

X: 300・500・800・1000 mm

図 I 配管図

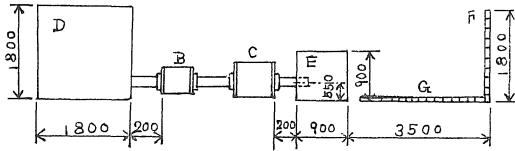
お、この時の容積は 10000cm³一定とした。

また、外壁が排気圧力で振動しないように充分の厚みの鋼管を使用した。最後部には、300mmの一定値の尾管

を取りつけた。総ての配管の内径は、 $\phi 40\text{mm}$ である。

次に、図2で示すように配置して、騒音を測定した。

Dは、厚み45mm、一辺1800mmの発泡スチロール製の立方体の内に、供試エンジンと渦電流動力計を入れ、エンジンおよび動力計の騒音を遮蔽した。また、Eは三方向を閉じた、厚み45mm、一辺900mmの発泡スチロール製の立方体の測定箱である。その後方3500mmの所に、コンクリート壁の反射をさけるため、長さ5400mm、高さ1800mmの衝立を立て、その前に毛布をつるした。床もコンクリートの反射をさけるため、Eの測定箱よりFの衝立に向かって、扇状に発泡スチロールを引きつめた。(G)



- D: 供試エンジンおよび渦電流動力計箱
- E: 測定箱
- F: 反響よけ
- G: 反響よけ

図2 配置図

騒音測定方法は、日本工業規格(JIS)「自動車用排気消音器性能試験方法 D1616—1966」に準じて行なった。なお、音量測定はC特性を、周波数分析は $\frac{1}{3}$ オクターブ分析法を用いた。使用計測器は、電子測器製の「精密音圧計 1003型」「周波数分析器 BP—10B型」「レバ録音器—LR 22型」マイクロホンは、コンデンサーマイクロホンを使用した。

メインマフラー Cの芯管の形状は、図3に示す。

芯管は、円形・三角形・四角形・五角形で、その断面積は、全て約 1256mm^2 とした。その芯管の穴の大きさは、

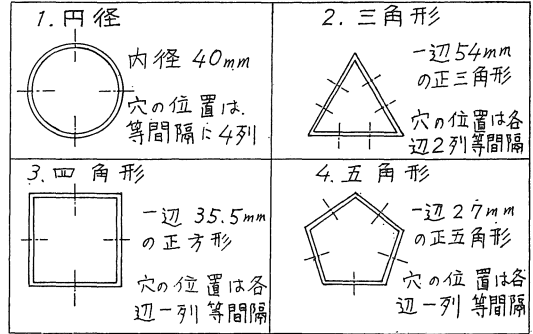


図3 芯管の形状

直径5mmで、総面積は 10000mm^2 一定とした。また、その穴の配列は、長手方向には等間隔で、断面には図3に示すように穴をあけた。

3. 実験結果および考察

本実験中のメインマフラーの長さ—300mm, 500mm, 800mm, 1000mm, テール管の長さ—300mmで一定、芯管の断面形状—円形・三角形・四角形・五角形、回転数—1000 r.p.m, 1500 r.p.m, 2000 r.p.m, 2500 r.p.m, 3000 r.p.m. 馬力—5p.s についてのそれぞれの組み合わせにおける音量および音質の結果を示した。図4~図7までは、音量についての r.p.m—dB の関係を示す結果である。図8~図11までは、音量の type—dB の関係を示す結果である。また、その中から、代表的な一例として、Main 300・Tail 300・1500 r.p.m.・5ps, Main 500・Tail 300・1500 r.p.m, 5ps, Main 800・Tail 300・2500 r.p.m, 5ps, Main 1000・Tail 300・2500 r.p.m, 5ps, の種類について $\frac{1}{3}$ オクターブ分析法で周波数分析した結果を図12~図15に示した。

これらの結果より、(i) 芯管断面形状が、排気騒音

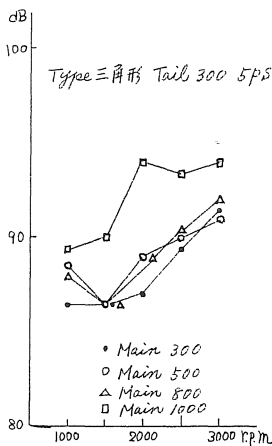


図 4

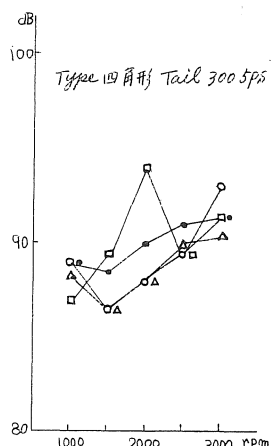


図 5

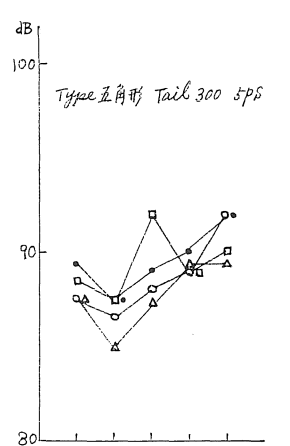


図 6

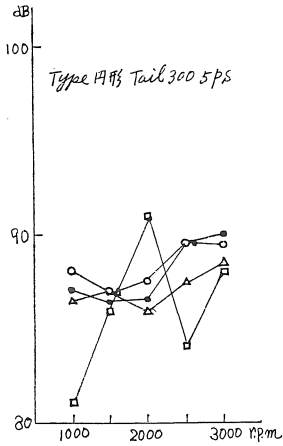


図 7

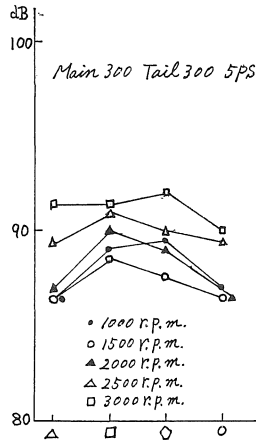


図 8

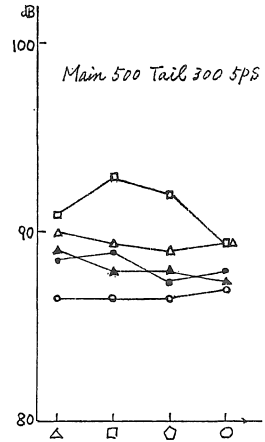


図 9

の音量・音質におよぼす影響——低速回転時については、音量におよぼす影響は、ほとんどなかった。しかし、その内でも、円形の芯管を使用したものでは、芯管の長さ、エンジンの回転数にかかわらず、他の形状のものより、全般的に消音効果がすぐれているように思われた。それに反して、断面形状が三角形・五角形の芯管を装着した場合は、高い回転数では、他の形状のものに比べて消音効果が著しく劣っていた。特に、三角形の芯管の時は、いずれも、高周波音時には、消音効果が悪いようであった。四角形の芯管については、中間の周波数では、消音効果が良好であった。

以上のことをまとめてみると、①エンジンが低速回転時には、芯管の形状が音量におよぼす影響は少ない。②高速回転時には、芯管形状が三角形・五角形のものよりも、四角形・円形のものの方が、よい消音結果が得られる。③特に、円形形状では、全般的に、いずれの場合もすぐれている、という結果になった。また、芯管の穴

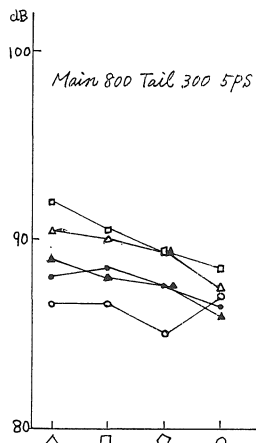


図 10

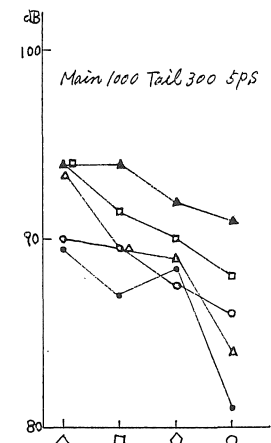


図 11

の位置が対称形(円形と四角形)の場合は、よく似た結果が得られると推察される。なぜなら、図12~図15よりわかるように、円形と四角形、三角形と五角形とは、よく似た周波数特性を示すからである。

(ii) メインマフラーの長さが、排気騒音の音量音質におよぼす影響——低速回転時においては、メインマフラーの長さが、音量に与える影響は、ほとんどなかつ

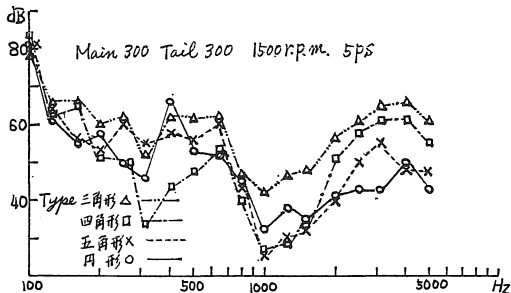


図 12

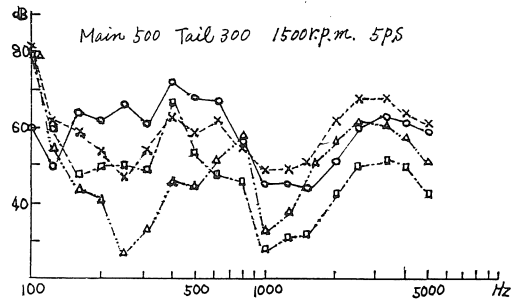


図 13

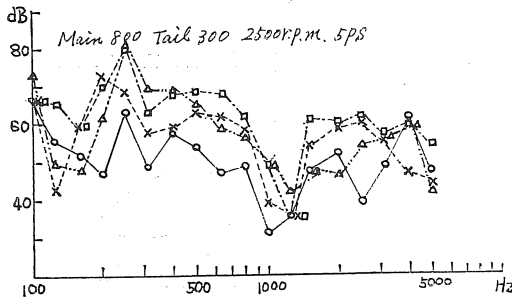


図 14

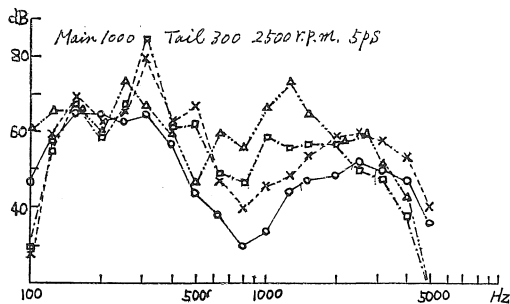


図 15

た。高速回転時では、芯管断面形状に関係なく、メインマフラーの長さが、500mm、1000mmのもの消音効果がよかった。さらに詳しく示すと、高速回転時で、消音効果のすぐれているのは、芯管断面形状が三角形の時、メインマフラーの長さ300mm、四角形は800mm、五角形は800mm、円形の時1000mmとなる。これに反して、消音効果が悪いものは、三角形の時1000mm、四角形は1000mm、五角形は500mm、円形は500mmとなり、高速回転時の消音効果の良い、悪いと、メインマフラーの長さとは、逆の関係になっていることがわかった。

また、音質については、断面形状に関係なく、メインマフラーの長さが、300mm・500mm・800mmと長くなるにつれて、相対的に低周波音の消音効果はよくなってい

る。しかし、1000mmの場合は、逆の現象がみられた。

ここで、計算式によるこれらのマフラーの共鳴周波数 f_r と排気音周波数特性の基本周波数 f_0 を示す。

$$(1) \quad f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{NG}{V}} \text{ (Hz)} \text{ より共鳴周波数は } 240 \text{ Hz}$$

附近の値となる。また、(2) $f_0 = N_s \cdot Z \text{ (Hz)}$ より 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 r.p.m. における基本周波数は、それぞれ 67, 100, 133, 167, 200 Hz となる。これらの計算値と実験値とが近くなるという傾向がみられた。

4. 実験結言

(i) 音量は、低速回転時には芯管の形状に関係がなく、高速回転時の場合に違いがでてくる。

(ii) 芯管形状は、円形と四角形、三角形と五角形が、それぞれよく似た周波数特性を示した。

(iii) 低速回転時には、メインマフラーの長さは音量にあまり関係がない。

(iv) 高速回転時には、芯管の断面形状とメインマフラーの長さとは、消音効果に対して、逆の関係にある。

(v) 低周波に対する消音効果は、メインマフラーが一定の長さになるまでは、よくなる。

以上の結論より、一般的には、芯管断面形状は、円形のもものが、極めて効果の大きいことがわかった。しかし、それぞれの形状の特徴をいかして、他の要素についても、より深く実験を行えば、より効率のよい消音器の製作が可能と思われる。

終りに、本実験の騒音測定および周波数分析に対して、懇切に御指導下さいました愛知工業大学建築学科の成瀬先生に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 飯野香, 防音装置の設計, 理工図書, p. 357
- (2) 福田基一, 奥田襄介, 機械の騒音とその対策, 共立出版, p. 53