

# 内燃機関の排気消音器に関する研究 (第5報)

(定置式機関の空洞形消音器における吸音材の影響)

村 崎 憲 治

## Studies on Exhaust Muffler of Internal Combustion Engine No. 5

(Effect of Absorber on Caverned Muffler of the Stationary Engine)

Kenji MURASAKI

### 1. 緒 言

吸音形消音器は、吸音材の使用により、管内の音響エネルギーを吸収して、出口から放射される音響パワーレベルを小さくするものとして利用されている。特に空洞形消音器に吸音材を併用した場合、高周波帯域に対しての吸音器として有効に作用するといわれている。

そこで第4報に報告した実験結果のとおり、空洞形消音器では100~300c/sの周波数帯域では、著しい消音効果を得たが、それ以上の周波数帯域においては音圧レベルのピークが認められたので、吸音材による吸音効果を実験的に確かめてみることにした。

なお、第4報実験における500c/s前後における音圧レベルのピークを、理論的設計計算による空洞形消音器により消音し、それに吸音材併用の空洞形消音器を接続した2段空洞形消音器とした場合の効果が、如何なる結果を示すかを追求した。

### 2. 実 験 装 置

#### 1. 供試機関および使用計測機器

第4報における場合と全く同一である。

#### 2. 供試消音器

本実験で使用した消音器は、第4報における実験結果と、吸音材使用の効果を直接数値的に比較対照するのに便なるように、消音器の本体はそのまま第4報における大中小のものをそのまま使用し、内部に図1のように吸音材として3様にグラスウール(厚さ20mm)を内貼、あるいは仕切板として使用した。

I. は入力側の1面を除き、残り5面を内貼したもの。

II. はIの内部をグラスウールを金網で包んだ2枚のウール板(厚さ20mm)で3分したもの。

III. はIIの3分したウール板の下部に鋼板をそえて排気流を蛇行させたもの。

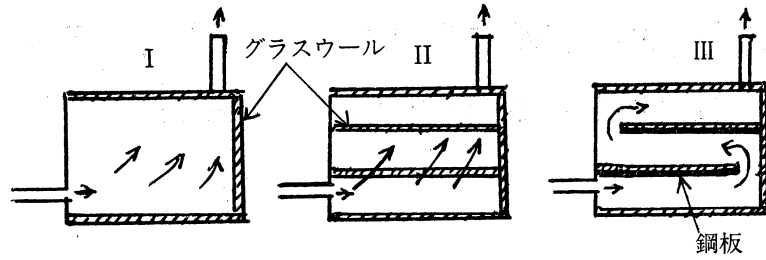


図1 グラスウールの使用法

以下消音器の呼び方として、例えば大の消音器にI II IIIの形式で吸音材を装着したものを、添字を附して大I, 大II, 大IIIとし、第4報に報告した吸音材を使用しない消音器はⓐ, ⊕, ⊗のように○を附すこととする。

### 3. 実験方法

実験室の環境, その他騒音レベルの測定法, オクターブ分析器の併置使用, 実験装置の配置一切第4報と同一であるので省略する。ただし消音器地下埋没による影響は第4報に発表したとおり,

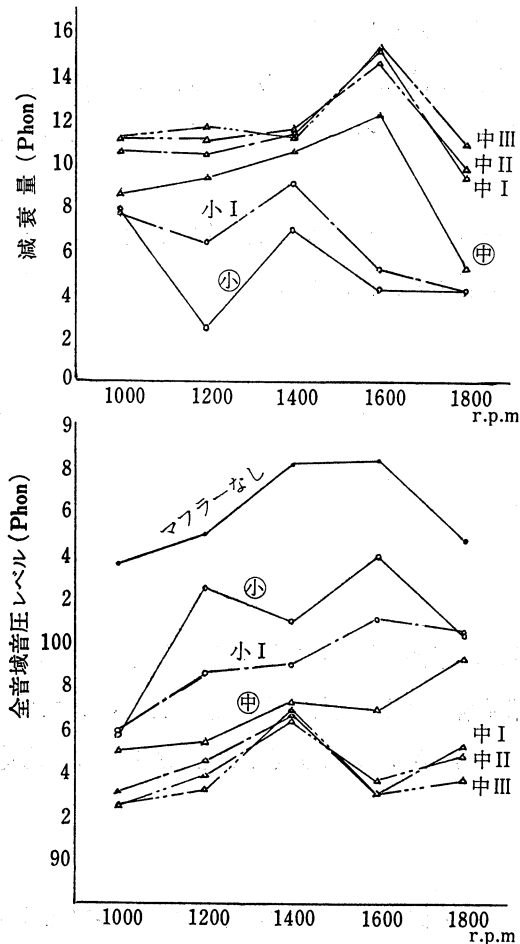


図2 小中吸音材の回転数別音圧レベル

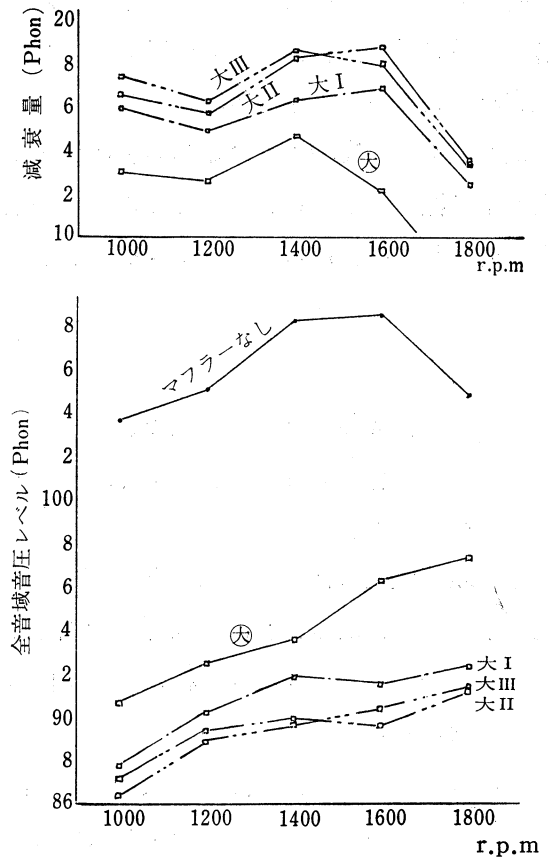


図3 大吸音材の回転数別音圧レベル

その効果はほとんど認められなかったので、本実験では実施しなかった。

また第4報の結果から、実験目標の効率を有効に導くために、消音器④、⑤に重点をおき、予備的実験により明らかにされた結果から、必要以外な方向の実験は除外することにして、空洞容積が小さくて効果が比較的少なかった消音器④において、小Ⅱ、小Ⅲの構造にあたる実験はおこなわなかった。

しかし理論的設計計算による空洞形消音器により、500c/s 前後における音圧レベルのピークを消音し、それに吸音材を使用した大Ⅱの消音器を2段に結続してその効果を調べた。

#### 4. 実験結果および考察

1. 図2は消音器④、⑤に吸音材を装着したときの結果を、図3は消音器④に吸音材を装着したときの結果を示したものである。

小Ⅰは約5～9ホーンの減衰量、④に比べると吸音材の効果として、平均約1ホーンの効果認められる。中Ⅲ、中Ⅱ、中Ⅰはこの順に効果が大きく、11～15ホーンの効果認められ、④に比べると吸音材の効果は3～4ホーンである。図3に示す大Ⅲ、大Ⅱ、大Ⅰも大体この順に効果が大きく14

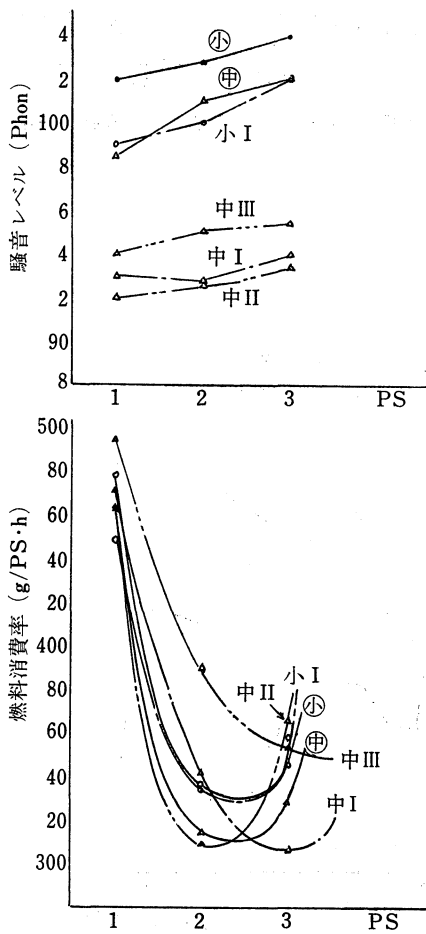


図4 小中吸音材の燃料消費率および騒音レベル

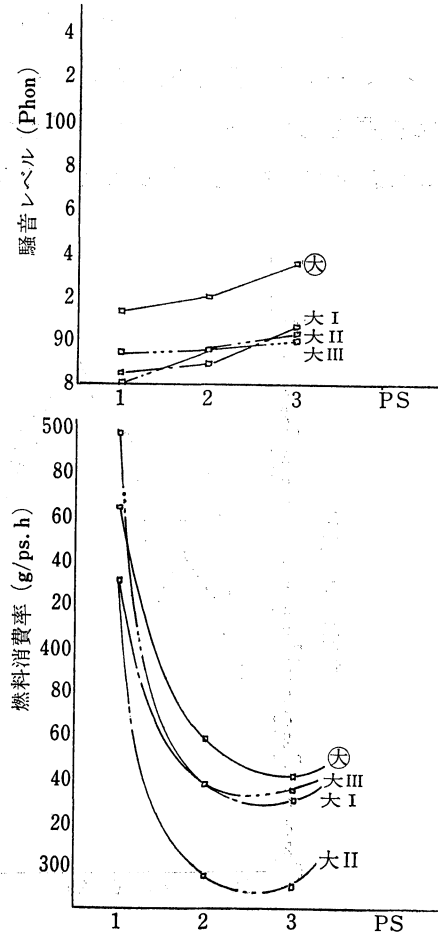


図5 大吸音材の燃料消費率および騒音レベル

～19ホーンの効果があり、㊦に比べると3～5ホーンの吸音材の効果が認められる。

一般に吸音材を併用した空洞形消音器の減衰量は次の式で表わされる。

$$Att = 10 \log \frac{s\alpha}{s_3 \cdot \alpha_3}$$

ここで  $s$ : 吸音材の表面積,  $\alpha_3$ : 尾管の吸音率=1

$s_3$ : 尾管の内面積,  $\alpha$ : グラスウールの吸音率=0.7 として

小<sub>I</sub>, 中<sub>I</sub>, 大<sub>I</sub>それぞれの消音器の減衰量 Att を求めると

$$\text{小}_I \text{ Att} = 18.8 \text{ dB} \quad \text{中}_I \text{ Att} = 20.6 \text{ dB} \quad \text{大}_I \text{ Att} = 20.9 \text{ dB}$$

となり、実験値の平均はこれより若干小さくなる。これは空洞形消音器に吸音材を併用した消音器では、(空洞形の消音効果)+(吸音材による消音効果)とはならないと考えられる。それは両者の作動が同時に行われるもので、根本的には両者の作動原理は全く異ったものであり、互に複雑な影響をおよぼし合いながら、直列的ではなく、並列的に両者の作動が行なわれると推論される。

2. 機関の性能におよぼす影響としての、燃料消費率と音圧レベルの結果としては、図4、図5に示すように、小<sub>I</sub>では吸音材を使用したことにより、騒音レベルは約2ホーンの減衰を示し、燃費率は殆ど変化していない。中では中<sub>II</sub>, 中<sub>I</sub>, 中<sub>III</sub>の順に騒音レベルは小さく、吸音材の効果として、4～5ホーンも減衰している。燃費率は㊦より小さく、中<sub>I</sub>, 中<sub>II</sub>が良い結果を示す。大では吸音材の効果として2～3ホーンの減衰であるが、燃費率は㊦に比較して小さく、特に大<sub>II</sub>の場合には3Psにおいて、約50g/Ps・hの減少を示している。

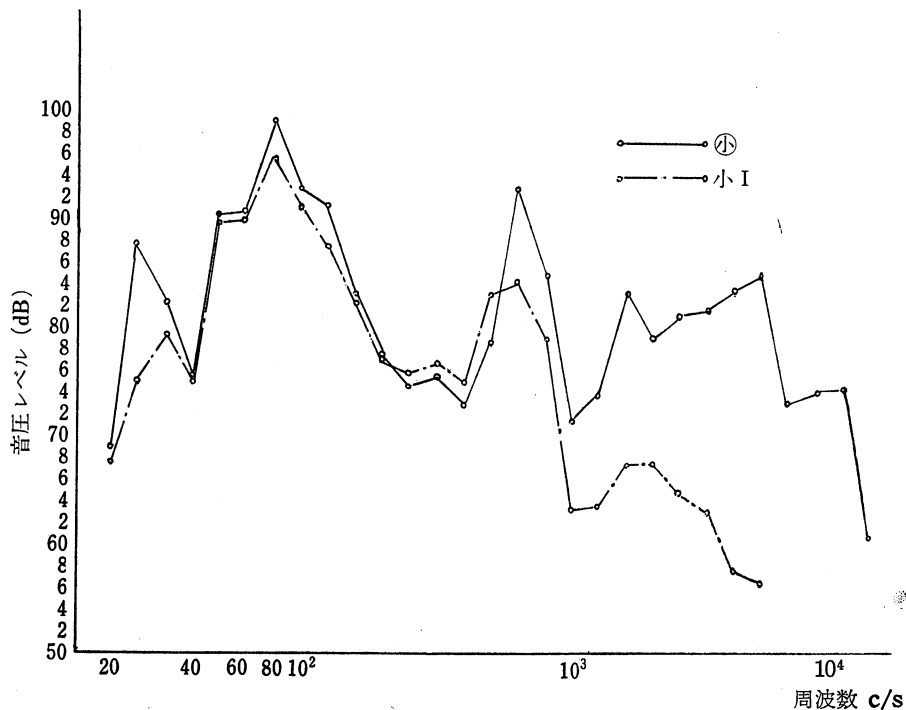


図6 小および小Iの周波数特性 (1600rpm)

大中小いずれの場合でも、吸音材を使用した場合が騒音レベルの減衰を示し、かつ燃費率においても、その減少を示している。燃費率の減少は吸音材による反射波エネルギーの吸収により背圧を小さくしているものと推論される。

3. 図6, 7, 8に1600 r.p.m.のときの⊕⊕⊕に吸音材を使用した場合の、1/3 オクターブ分析器による周波数特性を示している。他の回転数における資料も採取したが、傾向が殆ど一致しているので、定格回転数である1600 r.p.m.のものだけを取上げて示す。

まず各図で明らかなように、吸音材なしの空胴形消音器の周波数特性としては、いずれの場合で

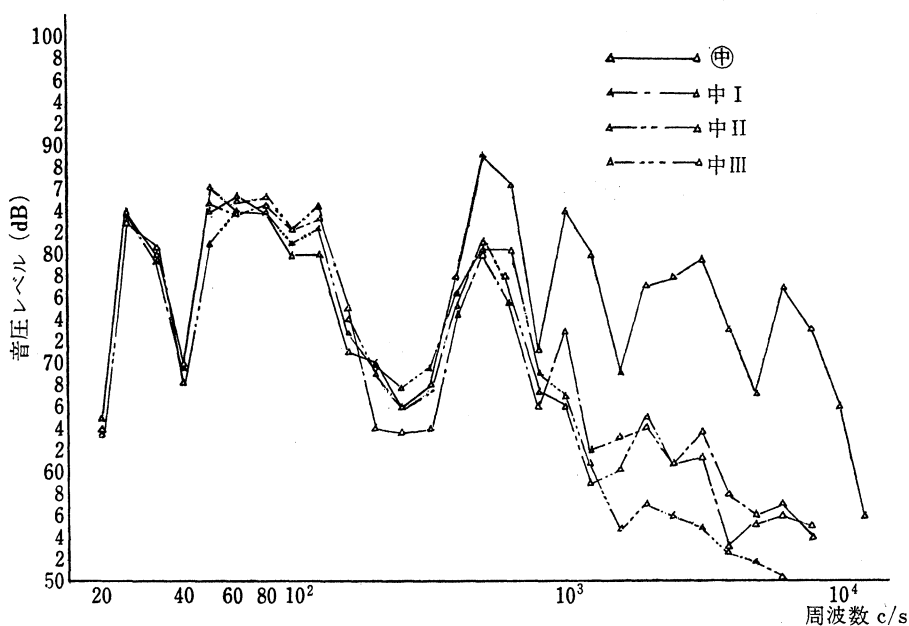


図7 中および中 I, 中 II, 中 III の周波数特性 (1600rpm)

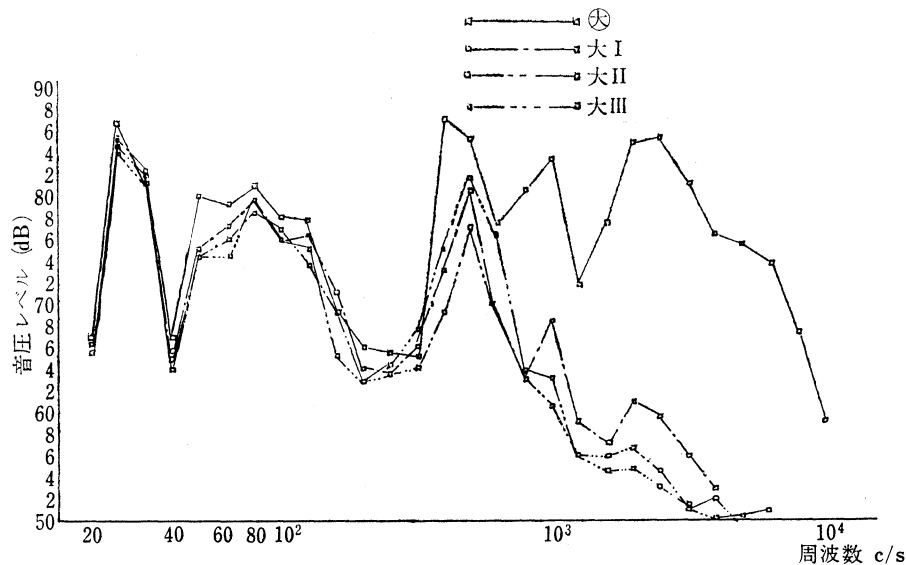


図8 大および大 I, 大 II, 大 III の周波数特性 (1600rpm)

も、1000c/s 以上の高周波帯域に大きな音圧レベルがあらわれた。ところが今回の実験では、本実験の最目標である吸音材の効果을遺憾なく發揮して、この部分の音圧を充分吸収している。部分的な吸音量として、大きいところで 24~33dB の低下を示している。100c/s 以下の周波数帯域では吸音効果はあまりみられないし、この帯域における音圧レベルは、ある程度大きい。文献によると、低域における音圧エネルギーは比較的大きいが、騒音としての感覺量は実験的に比較的小さいとされている。しかしこの帯域の消音については今後の問題点の1つともいえる。

4. また図6, 7, 8に共通していることは、100c/s 以下の帯域を除いては 500c/s 前後に音圧の大きなピークが存在することである。これを消音する目的で次の実験を試みた。すなわち、理論的には空胴による減衰量  $TL$  は次の式で示される。

$$TL = 10 \log \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( m - \frac{1}{m} \right)^2 \sin^2 k \cdot l \right]$$

ここで  $m = \frac{s_0}{s_1}$ ,  $s_0$ : 空胴部径,  $s_1$ : 接続管径

$k = \frac{2\pi f}{c}$ ,  $f$ : 周波数,  $c$ : 音速,  $l$ : 空胴部長さ

図9は実験に使用した二段空胴(吸音材併用)消音器である。

ここで  $m=16$ ,  $l=15\text{cm}$  を上式に代入して減衰曲線を描けば図10に示すとおりで、500c/s で 20dB の減衰量が求められる。

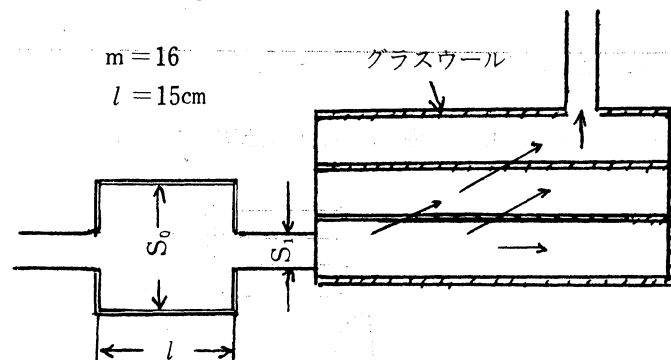


図9 二段空胴形消音器

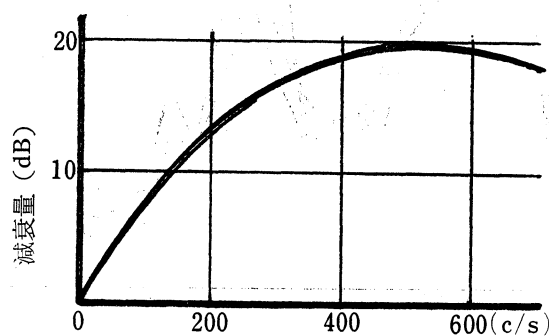


図10 TL特性

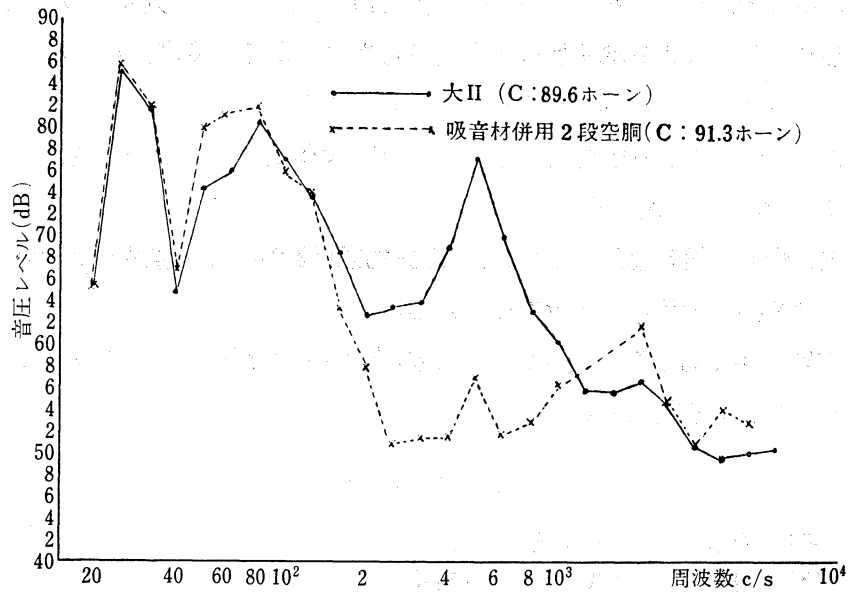


図11 吸音材併用の2段空胴形消音器の周波数特性 (1600rpm)

そこで消音器大II と機関の間に図9に示すような配置および寸法の空胴形消音器を装着し、いわば二段空胴形消音器として実験を試みた。

結果としては図11のとおり、500c/sにおいて、理論減衰値と全く一致した20dBを示している。

しかしこの実験で全音域音圧レベルは91.3ホーンを示し大IIのみを単独に使用したときの全音域音圧レベルは89.6ホーンで、わづかではあるが音圧レベルが却って上っているという結果も生じている。この結果はバンド音圧レベルと全音域音圧レベルの関係で、 $a_1$ 、 $a_2$ をバンド音圧レベル、 $a$ を全音域音圧レベルとすると、

$$a_1 = 10 \log \frac{J_1}{J_0}, \quad a_2 = 10 \log \frac{J_2}{J_0} \quad a = 10 \log \frac{J_1 + J_2}{J_0}$$

で表わされる、ということに起因するものと考えられる。したがって、ここでも100c/s以下の帯域における高い音圧レベルが問題とされるのである。

## 5. 結 論

以上の実験結果を総括すると次のようである。

1. 吸音材の使用により、吸音材を使用しなかった4報の結果と比較すると、全音域音圧レベルは1~5ホーンの減衰で数値的には、あまり目立った効果ではないが、後述3で指摘のとおり、オクターブバンドレベルでは高周波帯域でその効果をみているので、感音量としての減音は、騒音計指示数値を相当上回っているものと察知する。

2. 燃費率の試験は、本実験においても機関の不調等を加えて十分な資料とは思えないが、少くとも吸音材の使用によって、機関の性能に特別な悪い影響をおよぼすことは認められない。ただし

吸音材に排気ガス中の未燃部分の粒子, その他潤滑油が附着して, 排気ガスの通過を妨げる作用をすることは認められ, それによる機関性能に与える影響は, ある程度考えられる。したがって吸音材の寿命という点も含めて今後の問題点の一つともいえよう。

3. 1/3 オクターブ分析により吸音材の効果は, 1000c/s 以上の高周波帯域に最も有効に発揮され, 最大吸音量は 33 dB にも達する。

4. 局部的周波数帯域の消音効果としては, 理論的設計計算による空洞形消音器を連用して, いわゆる二段空洞形消音器の利用は, 充分有効である。

終りに, この実験に第4報から引続き絶大なる御協力をいただきました南孝一助手, 中藺政彦君に衷心より深謝の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).
- 8) 村崎憲治: 内燃機関の排気消音器に関する研究 (第4報): 鹿大教育学部紀要 (1973).