

# サイドブランチ型消音器を用いた発電機の低周波音低減技術の開発

山田 哲也\*1・藤橋 克己\*2

## Development of Low-Frequency Noise Reduction Technology for Generator by Using Side-Branch Silencers

Tetsuya YAMADA, Katsumi FUJIIHASHI

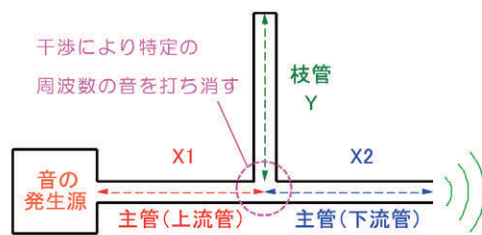


図-1 サイドブランチ型消音器の概要



図-2 実験状況

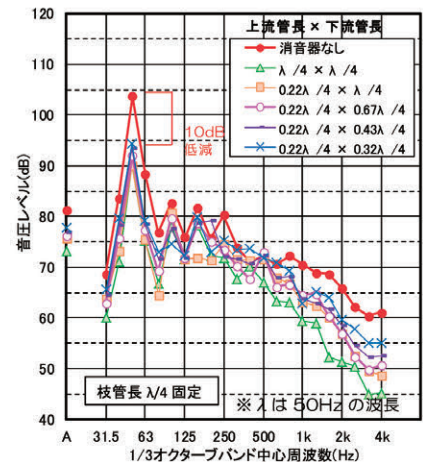


図-3 実験結果（卓越周波数 50Hz）

### 研究の目的

近年、建設工事は大都市に集中する傾向にあり、工事場所と近隣建物との距離が非常に近く、工事に伴い発生する騒音が問題となりやすい状況にある。特に、高い周波数成分は防音パネル等の遮音・吸音・回折効果により対策が比較的容易だが、低い周波数成分は透過・回折しやすく、吸音効果もほとんど期待できないため対策が難しい。

そこで、建設工事現場で長時間稼働していることが多く、敷地境界に近接して置かれることの多い低周波音発生源の一つである発電機（以下、単に発電機と呼ぶ）の排気音を低減させることを目的として、サイドブランチ型消音器を用いた低周波音低減技術を開発した。本報では、サイドブランチ型消音器を発電機のマフラー排気口へ設置した際の騒音低減効果について報告する。

### 技術の説明

サイドブランチ型消音器は、音の発生源から延びる管（主管）内を伝搬する音波とサイドブランチ管（枝管）へ分岐・反射して戻る音波の干渉によって特定の周波数の音を低減する消音装置であり（図-1）、減音効果を期待できる周波数の幅が狭いため卓越周波数成分を持つダクト経路の騒音低減技術として有効とされている。

今回開発した技術は、エンジンの仕様やエンジン回転数によって卓越周波数が決定する内燃機関の排気音を対象としており、サイドブランチ型消音器を建設機械などの排気口へ外付けすることで、卓越成分である低周波音を低減するものである。

### 主な結論

発電機のマフラー排気口へサイドブランチ型消音器を設置し、排気口から 50cm 位置における騒音低減効果を検証（図-2）した結果、以下のことを確認した。

- ・ 枝管の有無による比較で、卓越周波数成分を含む 1/3 オクターブバンド中心周波数の音圧を 10dB 程度低減可能である（図-3）。
- ・ 枝管を 2 つに分岐しそれぞれ異なる長さとするすることで、2 つの周波数の音を低減することが可能である。
- ・ 枝管内の波長は排気温度の影響を受けるため、最大となる減音効果を得るためには排気温度に応じた枝管長さの調整が重要となる。

\*1 本店 技術研究所

\*2 本店 技術研究所 建築環境研究室

# サイドブランチ型消音器を用いた発電機の低周波音低減技術の開発

山 田 哲 也<sup>\*1</sup> 藤 橋 克 己<sup>\*2</sup>

## 要 旨

近年、建設工事は大都市に集中する傾向にあり、工事場所と近隣建物との距離が非常に近く、工事に伴い発生する騒音が問題となりやすい状況にある。特に、高い周波数成分は防音パネル等の遮音・吸音・回折効果により対策が比較的容易だが、低い周波数成分は透過・回折しやすく、吸音効果もほとんど期待できないため対策が難しい。

そこで、建設工事現場で長時間稼働していることが多く、敷地境界に近接して設置されることの多い低周波音発生源の一つである発動発電機の排気音低減を目的とし、サイドブランチ型消音器を製作、効果検証を実施することで、特定の周波数に対して排気口直近で10dB以上の騒音低減効果（挿入損失）が得られることを確認した。

キーワード 消音器／サイドブランチ／低周波音／挿入損失／発電機

## 目 次

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| 1. はじめに           | 4. 発電機を用いた効果検証 |
| 2. サイドブランチ型消音器の概要 | 5. 周波数範囲の拡大検討  |
| 3. 模型実験による効果検証    | 6. まとめ         |

## DEVELOPMENT OF LOW-FREQUENCY NOISE REDUCTION TECHNOLOGY FOR GENERATOR BY USING SIDE-BRANCH SILENCERS

Tetsuya YAMADA

Katsumi FUJIHASHI

### Synopsis:

The construction projects tend to be carried out in urban area recently. Therefore the project locations are near from the neighboring buildings. This situation easily generates noise problems at construction site. The high-frequency noise is easy to reduce by using sound insulation effects, sound absorption effects and diffraction effects. On the other hand, low-frequency noise is not effectively reduced by them.

The authors developed a side-branch silencer to reduce low-frequency noise from generator, which is the most possible noise source located close to the boundary of the project area. As the result of effect measurement, it was confirmed that the noise reduction effect (insertion loss) of specific frequency at the exhaust pipe exit is more than 10 %.

---

\* 1 本店 技術研究所

\* 2 本店 技術研究所 建築環境研究室

## 1. はじめに

近年、建設工事は大都市に集中する傾向にあり、工事場所と近隣建物との距離が非常に近く、工事に伴い発生する騒音が問題となりやすい状況にある。特に、高い周波数成分は防音パネル等の遮音・吸音・回折効果により低減させることが比較的容易だが、低い周波数成分は透過・回折しやすく、吸音効果もほとんど期待できないため対策が難しい。また、工事場所の敷地境界線上で騒音規制法を遵守していても、近年の建物の遮音性能の向上により、室内で低い周波数成分が際立ってしまい、低周波音特有の圧迫感や不快感により苦情が発生するというケースも見られる<sup>1)</sup>。つまり、高い周波数の音は防音パネル等により対策が比較的容易だが、低い周波数の音は伝搬経路での対策が難しいため、発生源側で対策を行うのが効果的であると言える。

そこで、建設工事現場で長時間稼働していることが多く、敷地境界に近接して設置されることの多い、低周波音発生源の一つである発動発電機（以下、単に発電機と呼ぶ）の排気音を低減させることを目的として、サイドブランチ型消音器を用いた低周波音低減技術を開発した。本報では、サイドブランチ型消音器の模型を製作して消音器の取付位置と騒音低減効果（挿入損失）の関係を実験的に検証すると共に、サイドブランチ型消音器を実際の発電機のマフラー排気口へ設置した際の挿入損失について検証したので、ここに報告する。

## 2. サイドブランチ型消音器の概要

サイドブランチ型消音器の概要と透過損失の理論値を図-1に示す。サイドブランチ型消音器は、音の発生源から延びる管路（以下、主管と呼ぶ）内を伝搬する音波と、サイドブランチ管（以下、枝管と呼ぶ）へ分岐・反射して戻る音波の干渉によって、特定の周波数の音を低減する消音装置である。サイドブランチ型消音器による透過損失の理論値は図-1のようになることが知られており<sup>2)</sup>、低減できる周波数の幅が狭いため、特に卓越周波数成分

をもつダクト経路の騒音低減技術として有効とされている。枝管の長さは低減したい周波数（以下、設計周波数と呼ぶ）の $1/4$ 波長（以下、波長を $\lambda$ と記す）にする必要があり、枝管の最適な取付位置は主管端部から $\lambda/4$ の位置とされているが<sup>2)</sup>、枝管の設置位置により減音効果にかなりの差が生じるといった報告もある<sup>3),4)</sup>。そこで、まず初めに縮尺模型を用いて枝管の取付位置と挿入損失の関係について検証を実施した。

## 3. 模型実験による効果検証

### 3.1 模型実験の概要

測定系統図を図-2に、実験の主な概要および実験の因子と水準を表-1～表-4に、枝管および主管の折り曲げ形状のパターンを表-5に、実験状況を写真-1に示す。

実験に使用したのは内径40mmの亚克力管（材厚5mm）で製作した縮尺 $1/5$ 倍の消音器模型で、主管上に設計周波数200Hz（実周波数換算40Hz）の $\lambda/4$ を管長とした枝管を設置したものである。音源箱の内側に設置したスピーカーからピンクノイズを出力し、音源箱から延びる主管の開口側で枝管取付前後のパワースペクトルの差をFFTアナライザを用いて測定し（図-2）、枝管の取付位置と挿入損失の関係を検証した。実験パターンは主管の上流管長 $X1$ 、下流管長 $X2$ を変数とし、 $X1$ および $X2$ を $\lambda/4$ 以上とした場合、 $\lambda/4$ 以下とした場合に分類して検証した（表-2）。

また、設計周波数が低くなるほど $\lambda$ は長くなり消音器が大型化してしまうため、消音器を実際の発電機へ設置する際の小型化を視野に入れ、枝管または主管の折り曲げが挿入損失に及ぼす影響についても確認した（表-3～表-5）。なお、下流管長 $X2$ は開口端補正量を考慮した長さとした。また、亚克力材で製作した音源箱の周りをせっこうボード（材厚9.5mm）で囲い、消音器開口端部にもせっこうボードの衝立を設置することで音源箱や主管、枝管から透過する音の影響を低減した（写真-1）。

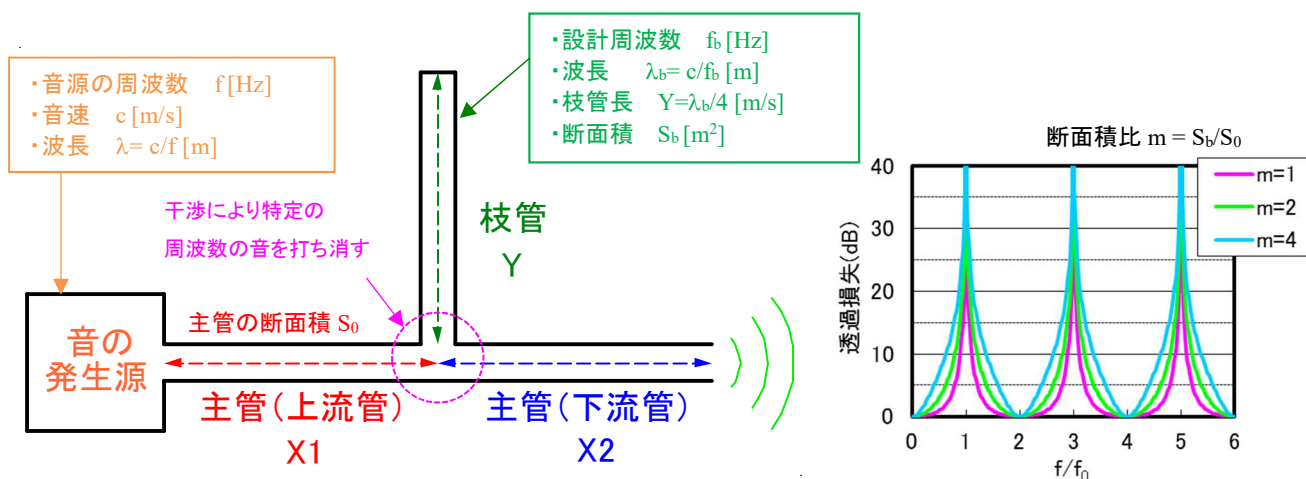


図-1 サイドブランチ型消音器の概要と透過損失の理論値



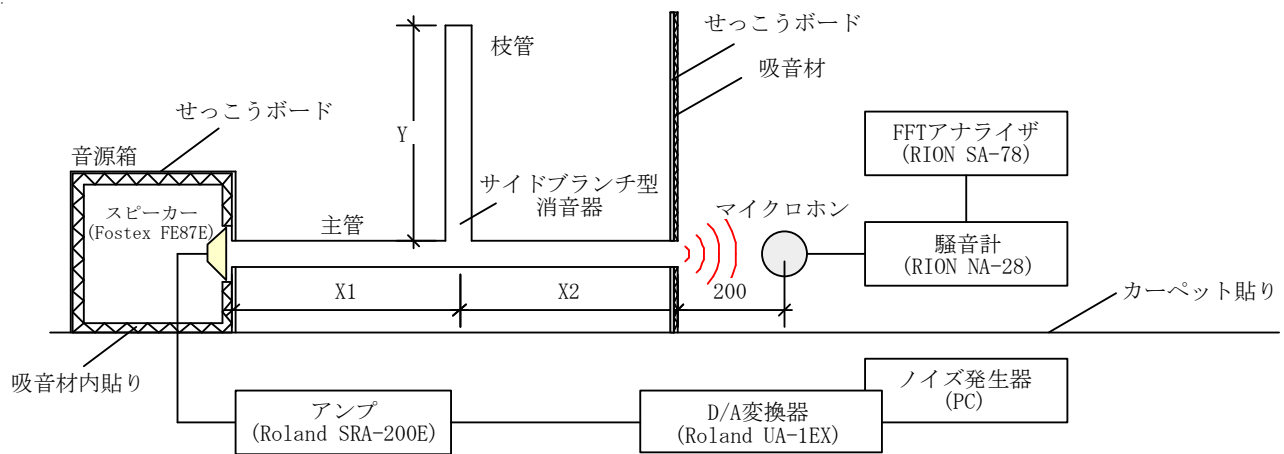


図-2 測定系統図

表-1 実験の主な概要

|      |       |                                  |
|------|-------|----------------------------------|
| 実験概要 | 模型縮尺  | 1/5倍                             |
|      | 管径    | 主管、枝管ともに内径40mm、材厚5mm             |
|      | 設計周波数 | 200Hz(波長 $\lambda=1.7\text{m}$ ) |
|      | 音源信号  | ピンクノイズ                           |

表-2 実験の因子と水準 (枝管の取付位置と挿入損失比較)

|                                                   |           |                     |             |              |             |
|---------------------------------------------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|-------------|
| 枝管の取付位置と挿入損失の検証①<br>( $X1, X2 \geq 1/4 \lambda$ ) | X1(上流側)長さ | $\lambda/4$         | $\lambda/2$ | $3\lambda/4$ | $\lambda$   |
|                                                   | X2(下流側)長さ | $\lambda/4$         | $\lambda/2$ | $3\lambda/4$ | $\lambda$   |
|                                                   | Y(枝管)長さ   | $\lambda/4$ (折曲げなし) |             |              |             |
| 枝管の取付位置と挿入損失の検証②<br>( $X1, X2 \leq 1/4 \lambda$ ) | X1(上流側)長さ | $\lambda/8$         | $\lambda/6$ | $\lambda/5$  | $\lambda/4$ |
|                                                   | X2(下流側)長さ | $\lambda/8$         | $\lambda/6$ | $\lambda/5$  | $\lambda/4$ |
|                                                   | Y(枝管)長さ   | $\lambda/4$ (折曲げなし) |             |              |             |

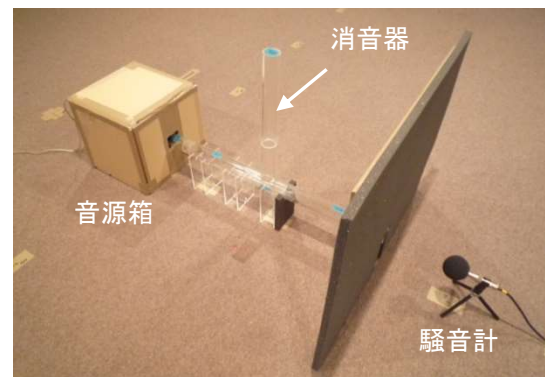


写真-1 実験状況

表-3 実験の因子と水準 (枝管の折り曲げと挿入損失比較)

|            |           |             |     |     |     |
|------------|-----------|-------------|-----|-----|-----|
| 枝管折曲げによる比較 | X1(上流側)長さ | $\lambda/4$ |     |     |     |
|            | X2(下流側)長さ | $\lambda/4$ |     |     |     |
|            | Y(枝管)長さ   | $\lambda/4$ |     |     |     |
|            | 折曲げ       | なし          | 1回折 | 2回折 | 6回折 |

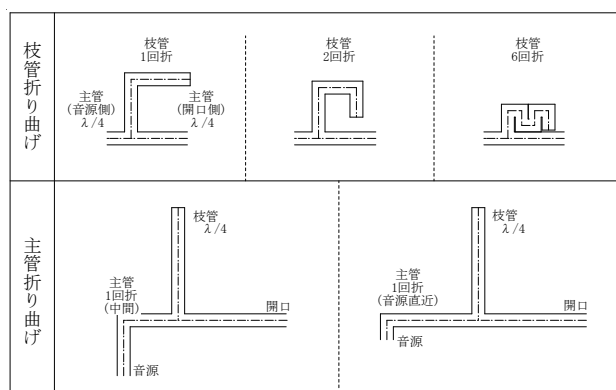
※表-5 参照

表-4 実験の因子と水準 (主管の折り曲げと挿入損失比較)

|            |           |             |         |           |  |
|------------|-----------|-------------|---------|-----------|--|
| 主管折曲げによる比較 | X1(上流側)長さ | $\lambda/4$ |         |           |  |
|            | 折曲げ       | なし          | 1回折(中間) | 1回折(音源直近) |  |
|            | X2(下流側)長さ | $\lambda/4$ |         |           |  |
|            | Y(枝管)長さ   | $\lambda/4$ |         |           |  |

※表-5 参照

表-5 枝管および主管の折り曲げ形状のパターン



### 3.2 模型実験の結果

枝管の取付位置による挿入損失の比較について、主管長  $X1$  および  $X2$  を  $\lambda/4$  以上の組み合わせとしたものを図-3に、 $\lambda/4$  以下の組み合わせとしたものを図-4に、また、消音器の設計周波数 200Hz の挿入損失について整理したものを図-5に示す。なお、本実験は簡易無響室で実施したため、床の反射音の影響が含まれている。

図-3～図-5より、主管長  $X1$ ,  $X2$  を  $\lambda/4$  以上の組み合わせとした場合、 $X1$ ,  $X2$  が共に  $\lambda/4$  の奇数倍の時に設計周波数における挿入損失は最大となり、 $X2$  が  $\lambda/4$  の偶数倍の時は挿入損失が小さくなる傾向が見られた。また、主管長  $X1$ ,  $X2$  を  $\lambda/4$  以下の組み合わせとした場合でも、 $X1$ ,  $X2$  のどちらか一方でも  $\lambda/4$  から離れると挿入損失は急激に低下するという結果が得られた。さらに、枝管の取付位置によっては全く効果が得られないことも確認された。

次に、枝管の折り曲げによる挿入損失の比較を図-6に、主管の折り曲げによる挿入損失の比較を図-7に示す。図-6より、枝管を折り曲げることで高い周波数成分で挿入損失に多少の違いが見られたが、設計周波数である 200Hz 付近では挿入損失への影響はほとんど確認できなかった。また、図-7より、主管を1回折り曲げたことによって挿入損失に及ぼす影響も確認できなかった。

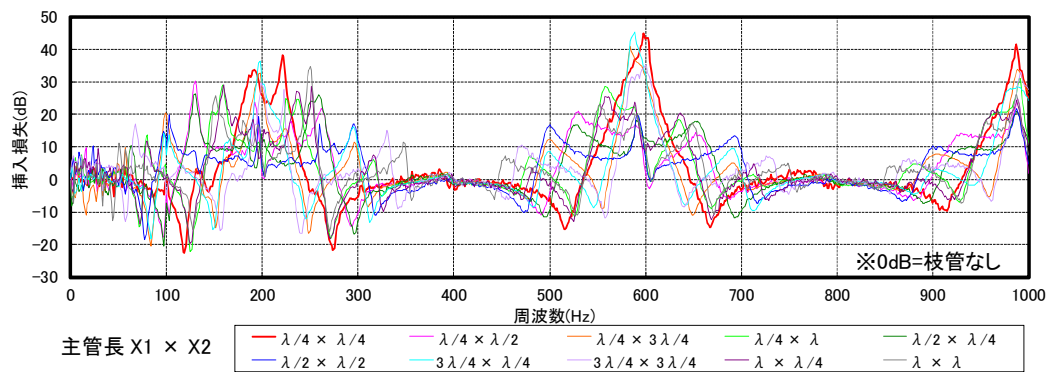


図-3 枝管の取付位置による挿入損失比較① ( $X_1, X_2 \geq \lambda/4$ )

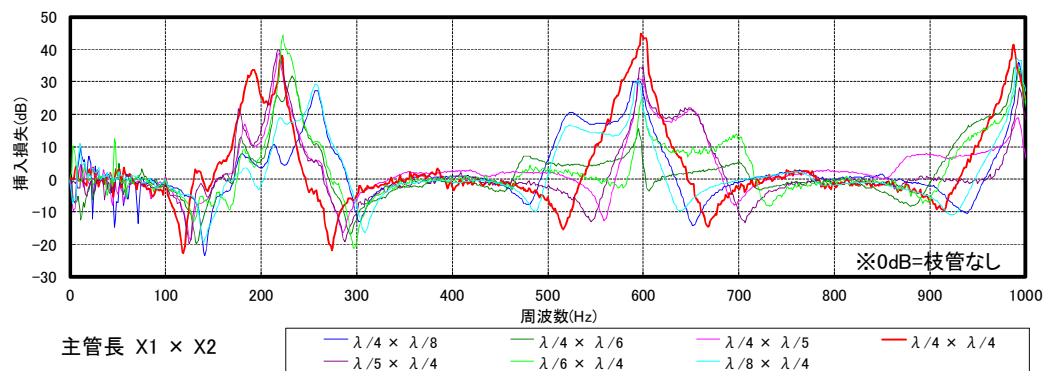


図-4 枝管の取付位置による挿入損失比較② ( $X_1, X_2 \leq \lambda/4$ )

|                  |              | 主管長さ $X_2$ (下流側) |             |              |           |
|------------------|--------------|------------------|-------------|--------------|-----------|
|                  |              | $\lambda/4$      | $\lambda/2$ | $3\lambda/4$ | $\lambda$ |
| 主管長さ $X_1$ (上流側) | $\lambda/4$  | 25.5             | 0.8         | 27.7         | 3.2       |
|                  | $\lambda/2$  | 11.2             | 3.5         | 9.9          | 8.3       |
|                  | $3\lambda/4$ | 29.1             | -0.8        | 29.1         | 6.3       |
|                  | $\lambda$    | 11               | 3.4         | 10.3         | 6.8       |

(a) 主管長  $X_1, X_2$  共に  $\lambda/4$  以上の場合

|                  |             | 主管長さ $X_2$ (下流側) |             |             |             |
|------------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
|                  |             | $\lambda/8$      | $\lambda/6$ | $\lambda/5$ | $\lambda/4$ |
| 主管長さ $X_1$ (上流側) | $\lambda/8$ | -6.6             | -4.1        | -0.7        | -1          |
|                  | $\lambda/6$ | -7.1             | -1.3        | -0.9        | 8.2         |
|                  | $\lambda/5$ | -5.1             | -1.4        | 1.4         | 15.3        |
|                  | $\lambda/4$ | 3.7              | 5.7         | 11.8        | 25.5        |

(b) 主管長  $X_1, X_2$  共に  $\lambda/4$  以下の場合

図-5 枝管取付位置による設計周波数 200Hz の挿入損失比較

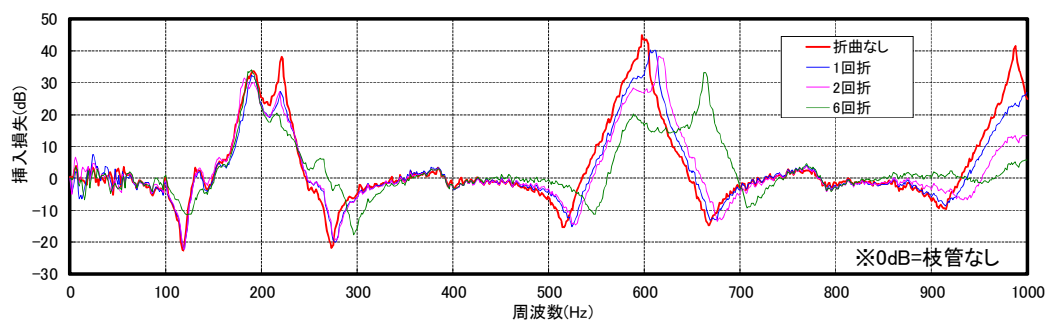


図-6 枝管の折り曲げによる挿入損失比較 ( $X_1 = X_2 = \lambda/4$ )

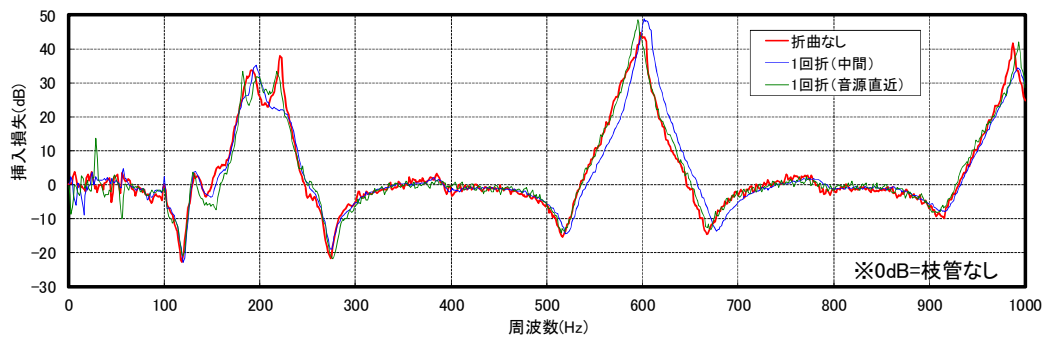


図-7 主管の折り曲げによる挿入損失比較 ( $X1 = X2 = \lambda/4$ )

## 4. 発電機を用いた効果検証

### 4.1 実機実験の概要

模型実験の結果から、枝管の取付位置と挿入損失の関係を確認するとともに、主管や枝管の形状を折り曲げて挿入損失にはほとんど影響がないことを確認した。そこで、次に実際の発電機用に消音器を製作し、発電機における挿入損失を検証した。

実験に用いた 2 種類の発電機（以下、発電機 A、発電機 B と呼ぶ）の諸元と実験条件を表-6 に、設計したサイドブランチ型消音器の形状と騒音測定位置を図-8 に、消音器の実験ケースを表-7～表-8 に、実験状況を写真-2 に示す。

関東の交流電源周波数である 50Hz において、発電機 A、B の排気口から放射される音圧の卓越周波数は、エンジン回転数やシリンダ数から各々 50Hz、75Hz となるため、各発電機排気騒音の卓越周波数の音圧を低減するために、各々の卓越周波数を設計周波数とした 2 種類のサイドブランチ型消音器を製作し、性能を検証した。なお、発電機実機を用いた実験では管路内の空気が高温となるため、模型実験時の常温環境と比較して音速は速く、波長は長くなることに注意して消音器を設計した。

発電機 A の卓越周波数 50Hz の  $\lambda/4$  は 15℃の常温環境下においても 1.7m となり、消音器を最適管長に設定すると発電機上面内に収まらないため、小型化は必須であると考え、設計周波数に影響する枝管長は固定（枝管へは高温空気が流入しないと仮定し、25℃における  $\lambda/4$  に設定）とし、低負荷運転時の主管長と挿入損失の関係を検証した（表-7）。

発電機 B は定格出力が大きく、また主管を最適な長さとしても発電機上面内に収まり小型化の必要がないため、主管長は最大効果を期待できる  $\lambda/4$ （排気温度から 390℃における  $\lambda/4$  に設定）で固定し、高負荷運転時の枝管長と挿入損失の関係を検証した（表-8）。

なお、騒音測定位置は発電機 A、B 共に排気口中心線から 45 度方向へ距離 500mm の位置とした（図-8）が、主管長により測定位置が移動してしまうため、消音器なしの状態と枝管を外した主管のみの状態で測定

を実施し、発電機本体から放射される騒音の影響を確認した。また、発電機の排気口が上向きのため、消音器の主管を折り曲げて発電機の長手方向へ延長し、枝管も折り曲げることでコンパクトな形状とした（図-8、写真-2）。

表-6 発電機の諸元と実験条件

|             |     | 発電機A          | 発電機B           |
|-------------|-----|---------------|----------------|
| 交流電源周波数     | Hz  | 50            | 50             |
| 発電機定格出力     | kW  | 30            | 280            |
| 寸法(L×W×H)   | mm  | 1900×880×1250 | 4550×1415×2090 |
| 排気口外径       | mm  | φ 74.7        | φ 190.7        |
| 定格回転数       | rpm | 1500          | 1500           |
| シリンダ数       |     | 4             | 6              |
| サイクル定数      |     | 2             | 2              |
| 卓越周波数       | Hz  | 50            | 75             |
| 使用負荷電力      | kW  | 9             | 200            |
| 負荷率         | %   | 30            | 71             |
| 排気温度(消音器なし) | ℃   | 160           | 390            |
| 消音器内径       | mm  | φ 130         | φ 200          |
| 消音器材厚       | mm  | 1.6           | 1.6            |

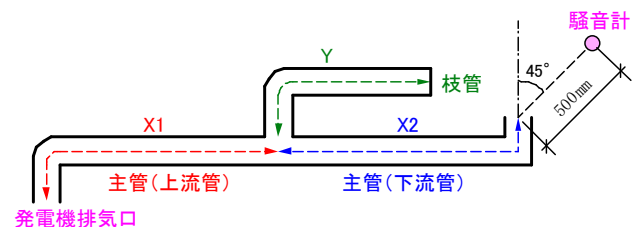


図-8 サイドブランチ型消音器の概要と測定位置

表-7 発電機 A の実験ケース（設計周波数 50Hz）

| Case | 上流管長[mm]<br>X1 | $n \times \lambda/4$ | 下流管長[mm]<br>X2 | $n \times \lambda/4$ | 枝管長[mm]<br>Y | $n \times \lambda/4$ |
|------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|--------------|----------------------|
| 1    | 消音器なし          | -                    | 消音器なし          | -                    | 消音器なし        | -                    |
| 2    | 2294           | $\lambda/4$          | 2295           | $\lambda/4$          | 1730         | $\lambda/4$          |
| 3    | 494            | $0.22 \lambda/4$     | 2295           | $\lambda/4$          | 1730         | $\lambda/4$          |
| 4    | 494            | $0.22 \lambda/4$     | 1545           | $0.67 \lambda/4$     | 1730         | $\lambda/4$          |
| 5    | 494            | $0.22 \lambda/4$     | 995            | $0.43 \lambda/4$     | 1730         | $\lambda/4$          |
| 6    | 494            | $0.22 \lambda/4$     | 745            | $0.32 \lambda/4$     | 1730         | $\lambda/4$          |
| 7    | 494            | $0.22 \lambda/4$     | 745            | $0.32 \lambda/4$     | 枝管なし         | -                    |

表-8 発電機 B の実験ケース（設計周波数 75Hz）

| Case | 上流管長[mm]<br>X1 | 設計温度<br>[℃] | 下流管長[mm]<br>X2 | 設計温度<br>[℃] | 枝管長[mm]<br>Y | 設計温度<br>[℃] |
|------|----------------|-------------|----------------|-------------|--------------|-------------|
| 8    | 消音器なし          | -           | 消音器なし          | -           | 消音器なし        | -           |
| 9    | 1717           | 386         | 1727           | 394         | 枝管なし         | -           |
| 10   | 1717           | 386         | 1727           | 394         | 1152         | 24          |
| 11   | 1717           | 386         | 1727           | 394         | 1327         | 121         |
| 12   | 1717           | 386         | 1727           | 394         | 1402         | 166         |
| 13   | 1717           | 386         | 1727           | 394         | 1502         | 231         |



(a) 発電機 A



(b) 発電機 B

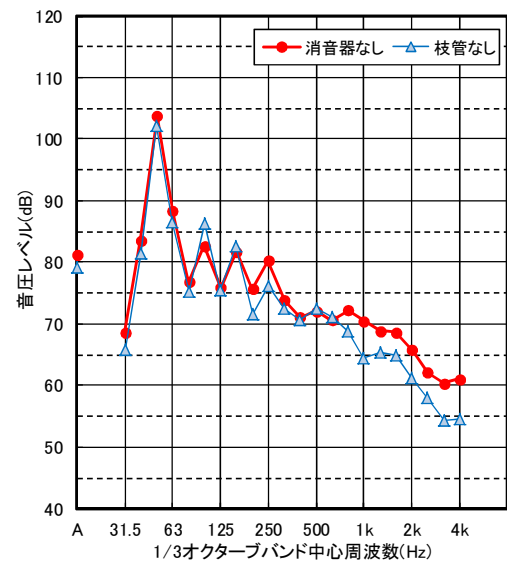
写真-2 実験状況

## 4.2 実機実験の結果

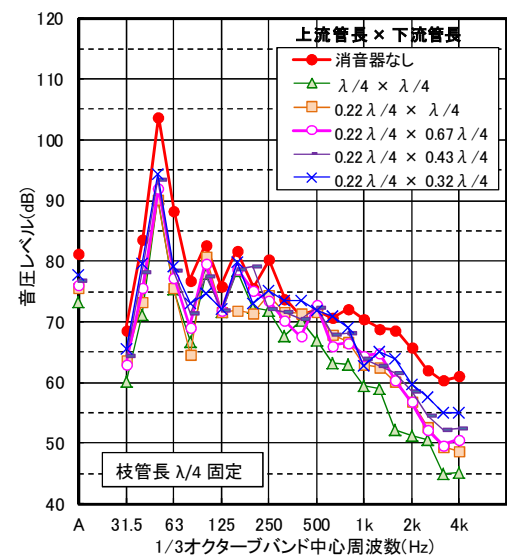
### (1) 主管長による影響（発電機 A）

主管長を変化させた際の発電機 A 排気口直近における 1/3 オクターブバンドごとの音圧レベルの比較を図-9 に、消音器の挿入損失を 1/3 オクターブバンド中心周波数 50Hz 帯域について整理したものを図-10 に示す。

図-9 (a) より、800Hz 帯域以上は発電機 A の排気口以外からの騒音の影響を受けていると考えられるが、卓越周波数成分を含む 50Hz 帯域に関しては排気口が主な騒音発生源であると考えられる。また、図-9 (b) および図-10 より、50Hz 帯域は主管が短いほど音圧レベルが上昇しており、挿入損失が小さくなっているが、写真-2 (a) のように発電機上面内に収まるよう消音器の小型化を図っても約 10dB の挿入損失が期待できることを確認した。ただし、上流管を短縮した影響はほとんど見られず、模型実験で得られた上流管 X1 または下流管 X2 のどちらか一方でも  $\lambda/4$  から離れると消音器の効果は急激に小さくなるという結果とは合致しなかった。これは、消音器よりも上流側の発電機本体内部にあるマフラー排気管の影響や、単純なスピーカーとエンジン排気による音源の違いが原因として考えられる。



(a) 主管の有無による影響



(b) 主管長による影響

図-9 発電機 A における主管の有無と  
主管長さの違いによる音圧レベルの比較

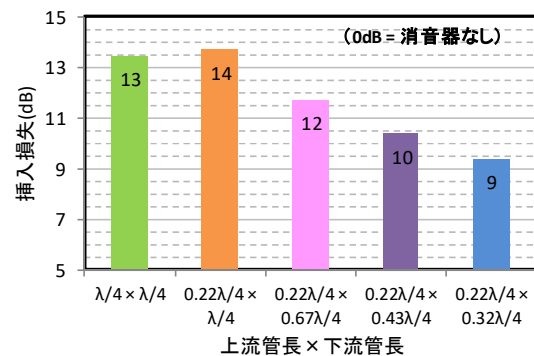


図-10 1/3 オクターブバンド中心周波数 50Hz 帯域  
における消音器の挿入損失(発電機 A)

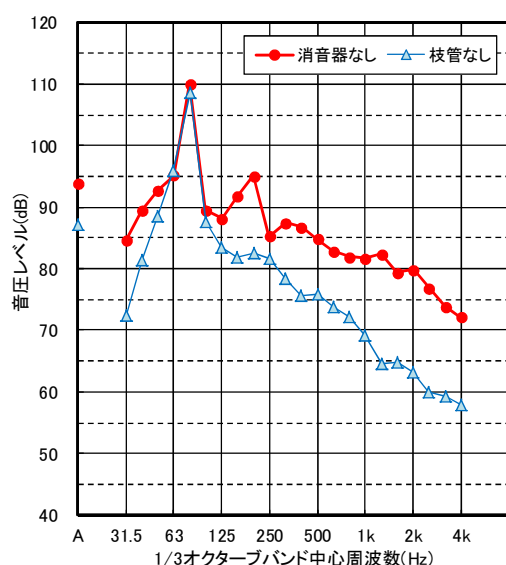


## (2) 枝管長による影響（発電機 B）

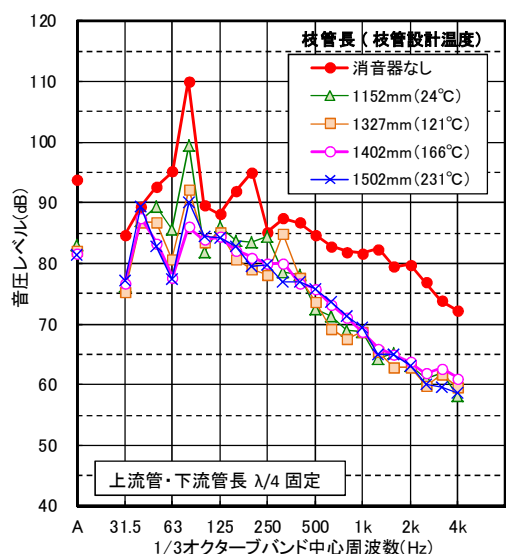
枝管長を変化させた際の発電機 B 排気口直近における 1/3 オクターブバンドごとの音圧レベルの比較を図-11 に、消音器の挿入損失を 1/3 オクターブバンド中心周波数 80Hz 帯域について整理したものを図-12 に示す。

図-11 (a) より、125Hz 帯域以上は発電機 B の排気口以外からの騒音の影響を受けていると考えられるが、発電機 A と同様に卓越周波数を含む 80Hz 帯域に関しては排気口が主な騒音発生源と考えられる。また、図-11 (b) および図-12 より、枝管長を調整することで、80Hz 帯域において最大 24dB の挿入損失が得られた。

80Hz 帯域の音圧レベルが最も低減した case12（枝管長 1402mm）に関して、枝管内の温度分布を測定した結果を図-13 に示す。



(a) 主管の有無による影響



(b) 枝管長による影響

図-11 発電機 B における主管の有無と枝管長さの違いによる音圧レベルの比較

得られた温度分布から求めた近似式より、枝管内の平均温度は約 163°C となり、case12 の枝管設計温度 166°C が枝管内の平均温度に最も近かったため、case12 の時に最も大きな挿入損失が得られたものと考えられる。よって、内燃機関ヘサイドブランチ型消音器を導入するには、枝管長のわずかな変化で挿入損失が変動してしまうため、発電機の使用負荷率に応じた枝管内の温度を正確に予測して枝管の長さ調整を行うことが重要であると考えられる。ただし、枝管内温度が設計温度より約 140°C 高くても 10dB 程度の挿入損失が得られていた（図-12）。

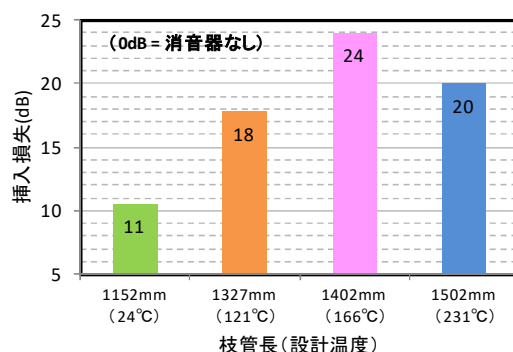


図-12 1/3 オクターブバンド中心周波数 80Hz 帯域における消音器の挿入損失（発電機 B）

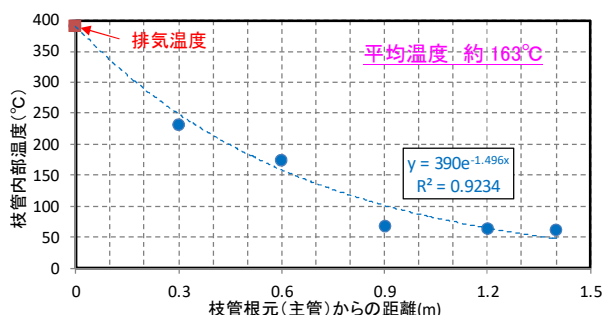


図-13 枝管内部の温度分布（case12）

## 5. 周波数範囲の拡大検討

発電機 A について、負荷変動による排気音の周波数特性の変化を確認するため、case4 の消音器設置時について、負荷を変化させた際の排気口直近における音圧レベルを測定した（図-14）。なお、負荷には騒音の発生しないハロゲンヒーター（1.2kW）および灯光器（0.5kW）を組み合わせ使用し、最大 25.8kW（負荷率 86%）の出力を得た。

図-14 より、負荷を加えるにつれて音圧レベルが上昇しており、特に 1/3 オクターブバンド中心周波数の 100Hz 帯域や 160Hz 帯域で上昇が顕著に現れていることが分かる。そこで、1 次の卓越周波数用に設置した 50Hz 用の枝管を分岐させ、一方は 50Hz、もう一方を 100Hz に対応した長さに調整することで、騒音低減可能な周波数を 2 つへ拡大することを検討した。実験に



用いた消音器の概要および実験状況を図-15、写真-3に、枝管を分岐させた際の音圧レベル測定結果を図-16に示す。なお、実験に用いた消音器の主管長は負荷変動による周波数特性を確認した case4 と同じに設定したが、負荷を加えたことで排気温度が上昇したため、枝管には追加パーツを装着して長さを調整した（写真-3）。

図-16 より、50Hz 用の枝管を一本装着することで 50Hz の音圧が約 15dB 低減し、さらに枝管を分岐させて 50Hz 用と 100Hz 用に設定することで、50Hz は一本単独の時の騒音低減効果を保ったまま、100Hz の音圧レベルも約 15dB 低減できていることが分かる。よって、枝管を複数に分岐させ、各々の枝管長を設計周波数に対応した長さへ調整することで、複数の周波数の音圧を低減可能であると考えられる。

## 6. まとめ

発電機の排気口に外付けすることで排気口から発生する低周波音を低減することが可能なサイドブランチ型の消音装置を開発した。最大となる騒音低減効果を得るためには排気温度に応じた枝管長の現場調整が必須となるが、設計時の想定温度が実際よりも 140℃ 近く外れていたとしても今回の実験では設計周波数で 10dB 程度の挿入損失が得られており、十分実用可能であると考えられる。

実験により得られた知見を以下に示す。

- (1) 枝管の最適な取付位置は、枝管前後の主管長を  $(2n-1)\lambda/4$  ( $n$  は自然数とする) とした位置である。
- (2) 枝管や主管の形状を折り曲げた場合も、設計周波数における挿入損失の値にはほとんど影響がない。
- (3) 排気温度に応じて枝管長を調整することで、排気口直近における設計周波数の音圧レベルを挿入損失で最大 24dB 程度低減可能である。
- (4) 主管を  $\lambda/4$  の半分に短縮しても、設計周波数において 10dB 程度の挿入損失を期待することができる。
- (5) 枝管を 2 つに分岐し、各々の枝管長さを設計周波数に対応した長さへ調整することで、2 つの周波数に対して減音効果を期待することができる。

## 参考文献

- 1) 環境省 水・大気環境局大気生活環境室：よくわかる低周波音
- 2) (社)日本騒音制御工学会：騒音制御工学ハンドブック[基礎編][応用編]，技報堂出版，2001 年 4 月
- 3) (社)日本騒音制御工学会技術部会低周波音分科会：発破による音と振動，山海堂，1995 年 12 月
- 4) 立石泰三，鈴木常夫：空気圧縮機の騒音対策，生産研究 33 巻 7 号，1981 年 7 月。
- 5) 環境省環境管理大気生活環境室：低周波音防止対策事例集，平成 14 年 3 月

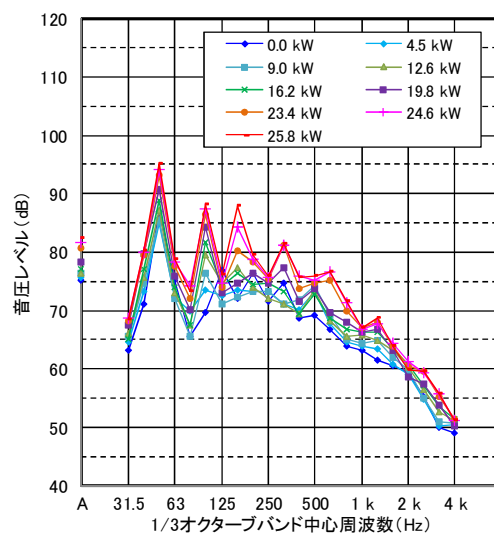


図-14 負荷変動による周波数特性の変化(発電機 A)

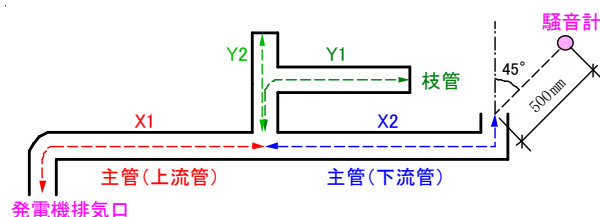


図-15 消音器の概要と測定位置（枝管分岐）



写真-3 消音器の概要と測定位置（枝管分岐）

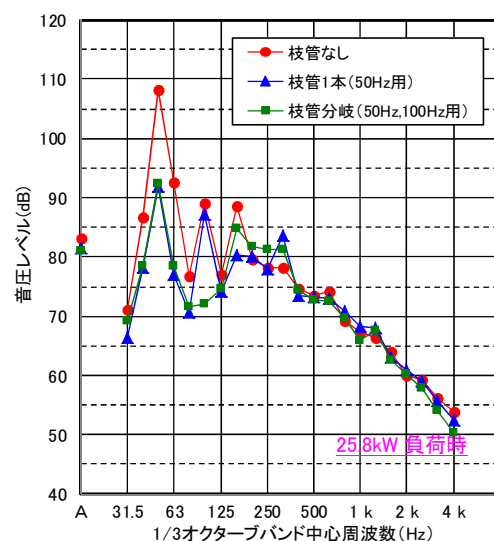


図-16 枝管を分岐させた際の音圧レベル(発電機 A)