(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2016-6372
(P2016-6372A)
(43)公開日　平成28年1月14日(2016.1.14)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
F24F 13/02	(2006.01)	F24F	13/02	H	3L058
F24F 7/06	(2006.01)	F24F	7/06	F	3L080

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 12 頁）

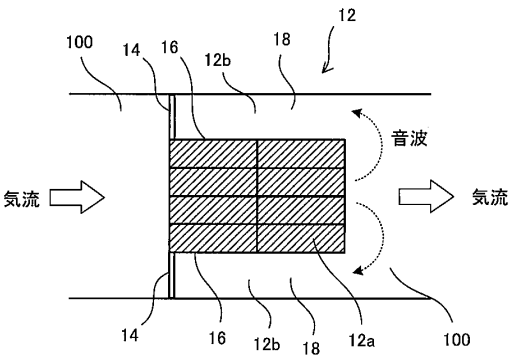
(21)出願番号　特願2015-106556 (P2015-106556)
(22)出願日　平成27年5月26日 (2015.5.26)
(31)優先権主張番号　特願2014-112304 (P2014-112304)
(32)優先日　平成26年5月30日 (2014.5.30)
(33)優先権主張国　日本国 (JP)

(71)出願人　000000239
株式会社荏原製作所
東京都大田区羽田旭町１１番１号
(74)代理人　100140109
弁理士　小野　新次郎
(74)代理人　100106208
弁理士　宮前　徹
(74)代理人　100146710
弁理士　鐘ヶ江　幸男
(74)代理人　100117411
弁理士　串田　幸一
(72)発明者　松田　道昭
東京都大田区羽田旭町１１番１号　株式会社荏原製作所内

Ｆターム(参考)　3L058 BE08 BG02
3L080 AE02

(54)【発明の名称】消音器

(57)【要約】　（修正有）
【課題】換気ダクト内に配置される消音器と換気ダクトの壁面との間の従来使用されていなかった空間を利用して、効果的な消音器を提供する。
【解決手段】換気ダクトの途中に設置されるように構成される消音器１２が提供される。かかる消音器は、メイン消音器１２ａと、消音器が換気ダクト内に設置された場合に、メイン消音器の側壁面から換気ダクトの壁面に延びる塞ぎ板１４と、を有する。かかる消音器は、消音器が換気ダクト内に設置された場合に、メイン消音器の側壁面、塞ぎ板、および換気ダクトの壁面により画定される空間にサブ消音器１２ｂが形成される。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
換気ダクトの途中に設置されるように構成される消音器であって、
メイン消音器と、
前記消音器が換気ダクト内に設置された場合に、前記メイン消音器の側壁から換気ダクトの壁面に延びる塞ぎ板と、を有し、
前記消音器が換気ダクト内に設置された場合に、前記メイン消音器の前記側壁、前記塞ぎ板、および換気ダクトの壁面により画定される空間にサブ消音器が形成される、消音器。
【請求項２】
請求項１に記載の消音器であって、前記サブ消音器は、共鳴型消音器として形成される、消音器。
【請求項３】
請求項１に記載の消音器であって、前記サブ消音器は、サイドブランチ型消音器として形成される、消音器。
【請求項４】
請求項１に記載の消音器であって、前記サブ消音器は、吸音型消音器として形成される、消音器。
【請求項５】
請求項１に記載の消音器であって、前記サブ消音器は、前記サブ消音器の前記空間の最奥部に音波を吸収し反射を抑制する無反射端を設置した分岐ダクトとして構成される、消音器
【請求項６】
請求項２乃至４のいずれか一項に記載の消音器であって、前記塞ぎ板の設置位置は、換気ダクトの方向に変更可能に構成される、消音器。
【請求項７】
請求項１乃至６のいずれか一項に記載の消音器であって、換気ダクトに設置された場合に、前記サブ消音器は複数形成され、前記複数のサブ消音器は、共鳴型消音器、サイドブランチ型消音器、吸音型消音器、および無反射端を設置した分岐ダクトを備えるサブ消音器からなるグループから複数種類を組み合わせて構成される、消音器。
【請求項８】
請求項７に記載の消音器であって、前記サブ消音器は、換気ダクト内を流れる気流の上流側と下流側との両方から音波が進入することができるように構成される、消音器。
【請求項９】
請求項１乃至８のいずれか一項に記載の消音器であって、前記消音器は、コンクリートまたは鋼板により形成される換気ダクト内に配置されるように構成される、消音器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は消音器に関し、特にトンネル換気設備などで使用される換気用消音器に関する。
【背景技術】
【０００２】
トンネル換気設備などで使用される消音器（サイレンサー）は、主に換気ファンで発生する騒音を低減し、屋外に騒音が排出されることを抑止する目的で使用される。そのため、換気ファンで発生する低い周波数から高い周波数までの広い帯域の騒音を低減することが求められる。また、トンネル換気設備では、消音器を設置するスペースは広く確保できないことが多いため、消音器内部を通過する気流の流速が速くなることが避けられない。気流によって発生する気流音は、消音器の性能低下につながるため、気流音の発生を抑制する必要がある。さらに、消音器を通過する気流の流速が速くなると、消音器での圧力損

失も大きくなる。圧力損失が大きいと、風量低下など換気ファンの性能低下につながるため、消音器の圧力損失は許容値以内にとどめることが求められる。

【０００３】

換気消音器はこうした幾つかの条件下で、所定の減音性能を発揮するように計画する必要がある。

【０００４】

従来のトンネル換気用消音器は、ほとんどの場合、吸音型の消音器で構成されている。吸音型消音器は、吸音層の厚さや消音器の長さで減音量を調整することにより、目的の減音量が得られるようにする。一般的には、汎用品として標準化された製品を、必要な処理風量（通過風量）に合わせて型式や数量を選定する。吸音型消音器は、広い周波数帯域で減音効果が得られるが、一般的には低い周波数帯域での減音性能は低い。

【０００５】

一方、換気ファンの騒音は、主として気流音のような比較的高い周波数帯域に成分を持つ騒音のほか、翼通過音のような比較的低い周波数帯域に特定の周波数成分を持つ騒音からなる。翼通過音の特定の周波数成分とは、ファンの回転周波数と翼枚数の積として算出される周波数（翼通過周波数）と、その自然数倍である高調波の周波数の成分のことである。

【０００６】

換気用消音器を通過した騒音は、広い周波数帯域にわたって減音されるが、吸音型消音器を採用した場合、翼通過音のような特定の周波数成分を集中的に減音することはできず、また、翼通過音は比較的低い周波数成分で構成されることから、一般的に低い周波数帯域での減音性能が低い吸音型消音器では十分な減音量を得ることは難しい。そのため、吸音型消音器を通過後の騒音では、翼通過音が主成分となって残り、耳障りな音となることがある。

【０００７】

騒音値をさらに低減する場合には、吸音型消音器を気流の流れ方向に延長、または、吸音材を厚くして、必要な減音量が得られるようにするが、換気ファンの騒音に含まれる翼通過音の周波数成分以外が既に十分に低減されている場合には、それ以外の周波数成分に対する消音器の性能は過剰となってしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】特許第４７３１８２９号

【特許文献２】特許第４４０３１０４号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

特許文献１では、開口率（吸音材装着前の筒状外板の開口面積に対する吸音材装着後の筒状外板の開口面積の割合）の異なる２種類の吸音型消音器を組み合わせて、消音器で減音された騒音と、消音器から発生するセルフノイズの大きさとがほぼ同等になるように、開口率や消音器設置数の比率を調整する装置が提案されている。しかし、消音器の通過流速を低減させるために設置される開口率の大きい消音器は、換気ファンの翼通過音のような比較的低い周波数帯域での減音性能が開口率の小さい消音器よりも劣るため、開口率の大きい消音器を通過した騒音は、開口率が小さい消音器を通過した騒音ほど低減されず、全体として減音性能を犠牲にしているとともに、セルフノイズとの関係で減音性能も決まってしまい、設計の自由度が低い。

【００１０】

トンネル内に設置する吸音型消音器としては、消音器の性能を補うために、特許文献２のように減音効果を有する整流装置を用いたものがある。この整流装置では、ダクト内に連続した曲り箇所が必要になるが、トンネル換気用のダクトに、必ずしもそのような箇所

があるわけではないので、適用が限定される。

【００１１】

トンネル換気設備に設置される換気用消音器では、吸音型消音器を用いることが多いが、消音器の特性上、オクターブバンド中心周波数６３Ｈｚ～１２５Ｈｚの成分が十分に低減されないため、その周波数帯域に含まれる換気ファンの翼通過音のような特定の周波数成分が卓越成分として残ってしまう。この周波数帯域の騒音を十分に低減するために吸音型消音器を延長すれば、消音器が大型化し、広い設置場所の確保が必要になるため、製造コスト、工事コストとも増加してしまう。

【００１２】

また、トンネル換気設備のダクトが非常に狭小な場合がある。そのため、消音器を２ヶ所に分けて設置したり、施工が困難な鉛直方向のダクト内に消音器を設置したりする。その場合にも、製造上および施工上のコストが増加するという問題がある。

【００１３】

一般的な消音器では、減音性能を高くするほど圧力損失が大きくなるという傾向がある。したがって、消音器で騒音を小さくしようとするほど、圧力損失が増加し、送風するための換気ファンの動力が大きくなる。道路トンネルの換気では、大風量を長距離輸送するために大きな動力が必要になり、運転コストが増加するが、これを出来るだけ低く抑えることが望ましい。

【００１４】

本発明は、以上の問題の少なくとも一部を緩和または解消することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【００１５】

本発明の一実施形態によれば、換気ダクトの途中に設置されるように構成される消音器が提供される。かかる消音器は、メイン消音器と、消音器が換気ダクト内に設置された場合に、メイン消音器の側壁面から換気ダクトの壁面に延びる塞ぎ板と、を有する。かかる消音器は、消音器が換気ダクト内に設置された場合に、メイン消音器の側壁面、塞ぎ板、および換気ダクトの壁面により画定される空間にサブ消音器が形成される。

【００１６】

一実施形態によれば、サブ消音器は、共鳴型消音器として形成される。

【００１７】

一実施形態によれば、サブ消音器は、サイドブランチ型消音器として形成される。

【００１８】

一実施形態によれば、サブ消音器は、吸音型消音器として形成される。

【００１９】

一実施形態によれば、サブ消音器は、サブ消音器の空間の最奥部に音波を吸収し反射を抑制する無反射端を設置した分岐ダクトとして構成される。

【００２０】

一実施形態によれば、塞ぎ板の設置位置は、換気ダクトの方向に変更可能に構成される。

【００２１】

一実施形態によれば、換気ダクトに設置された場合に、サブ消音器は複数形成され、複数のサブ消音器は、共鳴型消音器、サイドブランチ型消音器、吸音型消音器、および無反射端を設置した分岐ダクトを備えるサブ消音器からなるグループから複数種類を組み合わせて構成される。

【００２２】

一実施形態によれば、サブ消音器は、換気ダクト内を流れる気流の上流側と下流側との両方から音波が進入することができるように構成される。

【００２３】

一実施形態によれば、消音器は、コンクリートまたは鋼板により形成される換気ダクト内に配置されるように構成される。

【図面の簡単な説明】
【００２４】
【図１】本発明の一実施形態による、メイン消音器およびサブ消音器を備える消音器を示す概略図である。
【図２】本発明の一実施形態による、メイン消音器およびサブ消音器を備える消音器を示す概略図である。
【図３】本発明の一実施形態による、メイン消音器およびサブ消音器を備える消音器を示す概略図である。
【図４】本発明の一実施形態による、サブ消音器が共鳴型消音器で構成される消音器を示す概略図である。
【図５】本発明の一実施形態による、サブ消音器が共鳴型消音器で構成され、消音器が配置される換気ダクトの下流側から見た概略図である。
【図６】本発明の一実施形態による、サブ消音器が共鳴型消音器で構成され、消音器が配置される換気ダクトの下流側から見た概略図である。
【図７】本発明の一実施形態による、サブ消音器がサイドブランチ型消音器で構成される消音器を示す概略図である。
【図８】本発明の一実施形態による、サブ消音器がサイドブランチ型消音器で構成され、消音器が配置される換気ダクトの下流側から見た概略図である。
【図９】本発明の一実施形態による、サブ消音器が吸音型消音器で構成される消音器を示す概略図である。
【図１０】本発明の一実施形態による、無反射端が配置された分岐ダクトとして構成されるサブ消音器を示す概略図である。
【図１１】本発明の一実施形態による、サブ消音器に扉が配置される消音器を示す概略図である。
【図１２】本発明の一実施形態による、サブ消音器に扉が配置される消音器を示す概略図である。
【図１３】本発明の一実施形態による、サブ消音器が吸音型消音器および共鳴型消音器で構成される消音器を示す概略図である。
【図１４】本発明の一実施形態による、サブ消音器が吸音型消音器および共鳴型消音器で構成される消音器を示す概略図である。
【図１５】本発明の一実施形態による、サブ消音器が吸音型消音器および共鳴型消音器で構成される消音器を示す概略図である。
【図１６】本発明の一実施形態による、サブ消音器がサイドブランチ型消音器で構成される消音器を示す概略図である。
【図１７】本発明の一実施形態による、サブ消音器がサイドブランチ型消音器で構成される消音器を示す概略図である。
【図１８】トンネル換気設備の換気ダクト内に配置される従来の消音器を概略的に示す図である。
【図１９】図４に示される実施形態による消音器の減音効果を示すグラフである。
【図２０】図７に示される実施形態による消音器の減音効果を示すグラフである。
【発明を実施するための形態】
【００２５】
以下に、本発明に係る消音器の実施形態を添付図面とともに説明する。添付図面において、同一または類似の要素には同一または類似の参照符号が付され、各実施形態の説明において同一または類似の要素に関する重複する説明は省略することがある。また、各実施形態で示される特徴は、互いに矛盾しない限り他の実施形態にも適用可能である。
【００２６】
図１８は、トンネル換気設備の換気ダクト１００内に配置される従来の吸音型消音器１０２を概略的に示す図であり、気流の通過方向に平行な水平面で切り出した断面で示している。吸音型消音器１０２は、セル型またはスプリッタ型の吸音型消音器を多数組み合わ

せて構成される。ここで、セル型の吸音型消音器とは、気流の流れ方向に対して垂直な断面の形状が、概ね正方形である筒状の吸音型消音器を単数、あるいは複数使用してなる消音器である。スプリッタ型の吸音型消音器とは、気流の流れ方向に対して垂直な断面の形状が、縦横比の比較的大きい長方形である筒状の吸音型消音器を単数、あるいは複数使用してなる消音器である。吸音型消音器１０２は、たとえば、断面が矩形の筒状外板の内部にグラスウールなどの吸音材を装着した消音器とすることができる。かかる吸音型消音器１０２においては、換気ダクト１００内を空気とともに音波が通過し、吸音材により音波が吸音されて消音される。

【００２７】

一般に、従来の吸音型消音器１０２を換気ダクト１００内に設置する場合、図１８に示されるように、吸音型消音器１０２と換気ダクト１００の壁面との間に空間１０４が存在する。そのため、吸音型消音器１０２と換気ダクト１００の壁面との間を塞ぎ板１０６で覆って、気流と音波が吸音型消音器１０２を通過するようにする。

【００２８】

上述のように、吸音型消音器は、一般に低い周波数帯域での減音性能が低下する。そして、換気ファンの騒音は、翼通過音のような比較的低い周波数成分を含んでおり、これを低減することが低騒音化する上で必要である。そこで、本発明の実施形態は、従来使用されていなかった、消音器１０２と換気ダクト１００の壁面との間の空間１０４を利用して、効果的な消音を実現するとしたものである。

【００２９】

図１は、一実施形態に係る消音器１２の構成を示す概略図であり、気流の通過方向に平行な水平面で切り出した断面で示している。かかる実施形態においては、消音器１２は、メイン消音器１２ａを含むものである。メイン消音器１２ａは、たとえば従来からの吸音型消音器とすることができ、セル型またはスプリッタ型の吸音型消音器を組み合わせて構成することができる。本実施形態においては、メイン消音器１２ａの上流側（入口側）の端部から換気ダクト１００の内壁面に向かって塞ぎ板１４が配置される。しかし、メイン消音器１２ａの下流側（出口側）の端部に塞ぎ板は設けない。そのため、メイン消音器１２ａの外壁面１６、塞ぎ板１４、および換気ダクト１００の内壁面により開いた空間１８が形成される。かかる空間１８にメイン消音器１２ａを通過した音波が回り込み、共鳴、干渉、吸音等の効果により減音させるサブ消音器１２ｂとして機能する。一般に、低い周波数の音波の方が回折しやすいので、サブ消音器１２ｂは、翼通過音のような比較的低い周波数成分の消音に効果がある。また、サブ消音器１２ｂを、以下で詳細に説明するように、共鳴型消音器やサイドブランチ型消音器として形成することで、翼通過音のような特定の周波数成分を減音させるための構成とすることができる。一方、サブ消音器１２ｂの入口は、メイン消音器１２ａの出口の側方に位置し、サブ消音器１２ｂには気流がほとんど流れないので、圧力損失はほとんど生じない。

【００３０】

一実施形態として、図２に示されるように、塞ぎ板１４は、気流の流れ方向に沿って任意の位置に設置および固定できるように構成することができる。そのために、消音器を換気ダクト内に設置するときに、サブ消音器１２ｂの空間１８の体積を任意に変更して固定することができる。かかる構成では、メイン消音器１２ａの上流側端部の外側に気流が入り込む空間が生じるため、圧力損失が発生し得る。そこで、一実施形態として、図３に示されるように、メイン消音器１２ａの上流側端部に位置する塞ぎ板１４ａの設置位置は固定とし、さらに、気流の流れ方向に沿って設置位置を変更可能な塞ぎ板１４ｂをさらに設けるようにすることができる。このように構成することで、圧力損失の発生を防止し、サブ消音器１２ｂの空間１８の体積を変更することができる。

【００３１】

図４は、サブ消音器１２ｂを共鳴型消音器として構成する実施形態を示す図である。図４は、主にサブ消音器１２ｂの構成を示しており、メイン消音器１２ａについては、図１－３と同様なので説明を省略する。

【００３２】
図４は、気流の流れ方向に平行な水平面でサブ消音器１２ｂを切り出した断面の一部を示している。本実施形態において、共鳴型消音器として構成されるサブ消音器１２ｂは、メイン消音器１２ａの上流側の端部から換気ダクト１００の内壁面に向かって延びる塞ぎ板１４、メイン消音器１２ａの外壁面１６、換気ダクト１００の内壁面、および、メイン消音器１２ａの下流側端部から換気ダクト１００の内壁面に向かって延びる開口部２０が形成された塞ぎ板１４ｃ、により共鳴室２２が形成される。図示した実施形態において、共鳴型のサブ消音器１２ｂは、共鳴室２２、および、開口部２０から構成される。共鳴型のサブ消音器１２ｂは、次式で示される共鳴周波数f_0で最大の減音効果を発揮する。

$$f_0=(c/2\pi)\sqrt{(S/d\cdot V)}$$

ここで、f_0は共鳴周波数［Ｈｚ］、ｃは空気中の音速［ｍ／ｓ］、Ｓは開口部断面積［m^2］、ｄは開口部長さ［ｍ］、Ｖは共鳴室の体積［m^3］である。減音させたい音の周波数、たとえば換気ファンの騒音の卓越した成分である翼通過周波数と共鳴周波数f_0とが一致するように、体積Ｖ、開口部２０の断面積Ｓ、開口部２２の長さｄを調整する。

【００３３】
一実施形態において、共鳴室２２内に仕切り板２４を設置して、共鳴型のサブ消音器１２ｂをメイン消音器１２ａの周りに複数構成することができる。図５は、一実施形態であり、気流の下流側から見た、共鳴型消音器として形成されたサブ消音器１２ｂを備える消音器１２を示す概略図である。図５に示されるように、共鳴室２２への開口部２０をメイン消音器１２ａの周りに複数設けることができる。共鳴室２２の任意の場所に仕切り板２４（図５中の破線で示される）を設けて、体積の異なる複数の共鳴室２２を設けることで、複数の周波数に共鳴周波数を一致させて、複数の周波数成分を低減するサブ消音器１２ｂを構成することができる。また、共鳴室２２への開口部２０は、円形または矩形の孔とすることができ、あるいは図６に示されるように連続的なスリット２０ａ、または断続するスリット２０ｂとして形成することができる。

【００３４】
また、一実施形態において、共鳴型のサブ消音器１２ｂを構成する塞ぎ板１４の設置位置を、図２、図３に示されるように変更できるようにして、共鳴室２２の体積を調整することで共鳴周波数を変更できるようにしてもよい。

【００３５】
図７は、サブ消音器１２ｂをサイドブランチ型の消音器として構成する実施形態を示す図である。図７においては、主にサブ消音器１２ｂの構成を図示しており、メイン消音器１２ａについては、図１－図３と同様なので説明を省略する。

【００３６】
図７は、気流の流れ方向に平行な水平面でサブ消音器１２ｂを切り出した断面の一部を概略的に示している。本実施形態において、サイドブランチ型消音器として構成されるサブ消音器１２ｂは、メイン消音器１２ａの上流側の端部から換気ダクト１００の内壁面に向かって延びる塞ぎ板１４、メイン消音器１２ａの外壁面１６、換気ダクト１００の内壁面によりブランチダクト２６が形成される。図７に示される実施形態において、サイドブランチ型のサブ消音器１２ｂは、次式で示される共鳴周波数f_rで最大の減音効果を発揮する。

$$f_r=(2n-1)\cdot c/4L$$

ここで、f_rは共鳴周波数［Ｈｚ］、ｃは音速［ｍ／ｓ］、Ｌはブランチダクト２６の長さ［ｍ］、ｎは自然数（ｎ＝１、２、３・・・）である。減音させたい音の周波数、たとえば換気ファンの騒音の卓越した成分である翼通過周波数と共鳴周波数f_rとが一致するように、ブランチダクト２６の長さＬを調整する。消音器１２の一部を下流側から見た図８に示されるように、複数のサイドブランチを設けることができ、その際、いくつかのサイドブランチの開口部２８に遮蔽板３０を設けて、複数のサイドブランチを離して設置することができ、また、図５に示される共鳴型のサブ消音器１２ｂのような仕切り板２４を設けて、サイドブランチを分割することもできる。

【００３７】
図９は、サブ消音器１２ｂを吸音型の消音器として構成する実施形態を示す図であり、気流の流れ方向に平行な水平面でサブ消音器１２ｂを切り出した断面を概略的に示している。本実施形態において、吸音型消音器として構成されるサブ消音器１２ｂは、メイン消音器１２ａの上流側の端部から換気ダクト１００の内壁面に向かって延びる塞ぎ板１４、メイン消音器１２ａの外壁面１６、換気ダクト１００の内壁面により空間１８が形成される。この空間１８の内部壁面に吸音材３２を配することで吸音型のサブ消音器１２ｂを構成している。かかる実施形態においては、メイン消音器１２ａを通過した音波の一部がサブ消音器１２ｂである吸音型消音器に進入することにより減音される。

【００３８】
図１０は、一実施形態による消音器１２を示しており、サブ消音器１２ｂを形成する空間１８の最奥部に音波を吸収して反射を実質的に抑制する無反射端３４を配置する。本実施形態のように、無反射端３４を設置したサブ消音器１２ｂの場合、メイン消音器１２ａを通過した音波の一部が無反射端３４を設置したサブ消音器１２ｂに進入するが、最奥部に達した音波は無反射端３４で吸収されるので、サブ消音器１２ｂから排出される音波は低減される。かかる実施形態において、無反射端３４が設置されるサブ消音器１２ｂは、吸音型サブ消音器１２ｂとすることができる。無反射端３４が設置される最奥部の位置は、図２、図３に示されるように、気流が流れる方向に調整変更可能とすることができる。なお、無反射端３４は、たとえば、くさび状の吸音構造体やより簡単な構造として通常の使用時よりもグラスウール等の吸音材を厚く貼付することにより構成することができる。

【００３９】
図１１、図１２は、一実施形態による消音器１２を部分的に示しており、サブ消音器１２ｂを形成する塞ぎ板１４に扉３６を設ける構成を示している。図１１の実施形態において、サブ消音器１２ｂは共鳴型消音器として、図１２の実施形態においては、サブ消音器１２ｂはサイドブランチ型消音器として構成されている。図示の実施形態において、メイン消音器１２ａの上流側端部の塞ぎ板１４ａは、位置が固定されており、さらに下流側に配置される塞ぎ板１４ｂは、気流の流れる方向に位置を調整可能である。図示の実施形態において、塞ぎ板１４ａ、１４ｂの両方に気密性の扉３６が設けられている。かかる扉３６を設置することで、サブ消音器１２ｂを通路として使用することができ、点検がしやすくなったり、サブ消音器１２ｂの内部が点検しやすくなる。また、図１１の実施形態においては、共鳴室２２の開口部２０が形成される塞ぎ板１４ｃにも扉３６を設置し、かかる扉３６に開口部２０を設けるように構成してもよい。

【００４０】
図１３、図１４は、一実施形態による消音器１２を示しており、サブ消音器１２ｂとして、共鳴型消音器および吸音型消音器の両方を用いている。図示の実施形態において、吸音型消音器の最奥部に、共鳴型消音器の開口部２０が形成される。かかる実施形態においては、吸音型消音器による吸音効果と共鳴型消音器による共鳴効果の両方で減音することができるため、共鳴型消音器のみのサブ消音器の場合と比べて、より広い周波数範囲の音波を低減することができる。図１４に示されるように、サブ消音器１２ｂを構成する各吸音型消音器の最奥部の位置を変更することにより、複数の共鳴周波数を有する吸音型消音器を構成することができる。かかる実施形態においては、異なる共鳴周波数を有する複数の共鳴型消音器と、長さが異なるため吸音効果が異なる吸音型消音器を構成することができる。かかる実施形態においては、複数の卓越周波数、たとえば換気ファンの騒音の卓越した成分である翼通過周波数とその高調波のような複数の周波数成分を低減することができる。

【００４１】
図１５は、一実施形態による消音器１２を示しており、サブ消音器１２ｂとして、共鳴型消音器および吸音型消音器の両方を用いている。図示の実施形態において、メイン消音器１２ａの入口側の周辺に共鳴型サブ消音器１２ｂが設けられ、メイン消音器１２ａの出口側の周辺に吸音型サブ消音器１２ｂが設けられ、吸音型サブ消音器１２ｂの最奥部に開

口部２０を有する共鳴型サブ消音器１２ｂがさらに設けられる。入口側の共鳴型サブ消音器１２ｂと出口側の共鳴型サブ消音器１２ｂとは塞ぎ板１４ｂによって仕切られている。かかる実施形態において、異なる共鳴周波数を有する共鳴型サブ消音器１２ｂで複数の卓越した周波数成分を低減し、また、吸音型サブ消音器１２ｂで広い範囲の騒音を低減することができる。なお、かかる実施形態においては、メイン消音器１２ａの入口側の周辺にある共鳴型サブ消音器１２ｂに気流が入るために、多少の圧力損失が発生するが、換気ダクト１００内を通る気流は周辺の方が流速が小さくなるので、圧力損失は比較的小さい。

【００４２】

図１６、図１７は、一実施形態による消音器１２を部分的に示しており、サブ消音器１２ｂとして複数のサイドブランチ型の消音器を用い、サイドブランチ型の消音器は、メイン消音器１２ａの入口側および出口側の両方の周辺に設けられる。図示の実施形態において、メイン消音器１２ａの入口側の周辺に配置されるサイドブランチ型のサブ消音器１２ｂと、メイン消音器１２ａの出口側の周辺に配置されるサイドブランチ型のサブ消音器１２ｂとでは、ブランチダクト２６の長さを異なるようにすることで、異なる卓越周波数成分を低減することができる。図示の実施形態において、ブランチダクト２６の長さは、消音したい音波の周波数に応じて決めることができる。なお、図１６、図１７の実施形態においては、メイン消音器１２ａの入口側の周辺にあるサイドブランチ型のサブ消音器１２ｂに気流が入るために多少の圧力損失が発生するが、換気ダクト１００内を通る気流は周辺の方が流速が小さいので、圧力損失は比較的小さい。

【００４３】

図１９は、一実施形態である図４に示される消音器１２の減音効果を確認したモデル実験の結果を示すグラフである。このグラフは、メイン消音器１２ａの外周の一部にサブ消音器１２ｂとして共鳴室２２を配置した場合の、サブ消音器１２ｂを設置したことによる減音効果を示すグラフである。減音効果は、図１８に示される従来の消音器のように、消音器１０２と換気ダクトの壁面との間に形成された空間１０４を、その両端に配置した２ヶ所の塞ぎ板１０６で閉じた場合の音圧レベルと、図４のようにメイン消音器１２ａの出口側の塞ぎ板１４ｃに開口部２０を配置した場合の音圧レベルの差を算出したものである。図１９のグラフにおいて、減音効果として２００Ｈｚ付近にピークが見られる。この実験で構成された共鳴型サブ消音器１２ｂの共鳴周波数f_0の設計値はおよそ２２０Ｈｚとしたので、誤差はあるものの共鳴型サブ消音器の減音効果が発揮されたものと考えられる。

【００４４】

図２０は、一実施形態である図７に示される消音器１２の減音効果を確認したモデル実験の結果を示すグラフである。このグラフは、メイン消音器１２ａの外周の一部にサブ消音器１２ｂとしてブランチダクト２６を配置した場合の、サブ消音器１２ｂを設置したことによる減音効果を示すグラフである。減音効果は、図１８に示される従来のように、消音器１０２と換気ダクトの壁面との間に形成された空間１０４を、その両端に配置した２ヶ所の塞ぎ板１０６で閉じた場合の音圧レベルと、図７のようにメイン消音器１２ａの出口側に塞ぎ板を設けずに、開口部２８とした場合の音圧レベルの差を算出したものである。図２０のグラフにおいて、減音効果として１９０Ｈｚ付近にピークが見られる。この実験で構成されたサイドブランチ型サブ消音器１２ｂの共鳴周波数f_rの設計値はおよそ１９０Ｈｚとしたので、サイドブランチ型サブ消音器の減音効果が発揮されたものと考えられる。

【００４５】

以上のように本願発明の実施形態を説明してきたが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではない。また、上述の実施形態のそれぞれの特徴は互いに矛盾しない限り組み合わせまたは交換することができる。

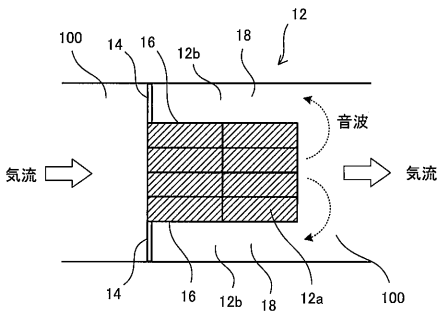
【符号の説明】

【００４６】

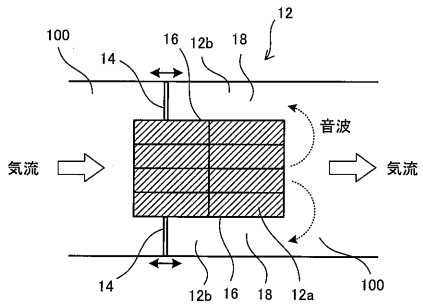
１２　　消音器

１２ａ　メイン消音器
１２ｂ　サブ消音器
１４　塞ぎ板
１６　外壁面
１８　空間
２０　開口部
２２　共鳴室
２４　仕切り板
２６　ブランチダクト
２８　開口部
３０　遮蔽板
３２　吸音材
３４　無反射端
３６　扉
１００　換気ダクト
１０２　消音器
１０４　空間
１０６　塞ぎ板

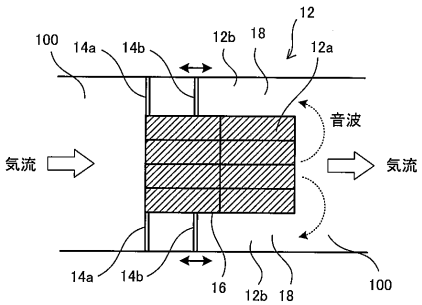
【図１】



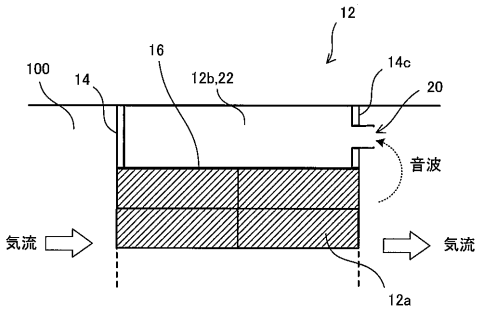
【図２】



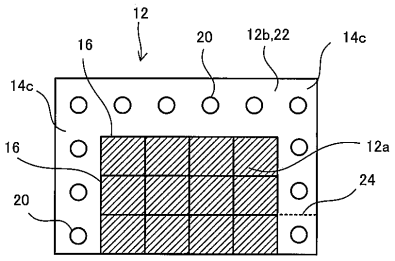
【図３】



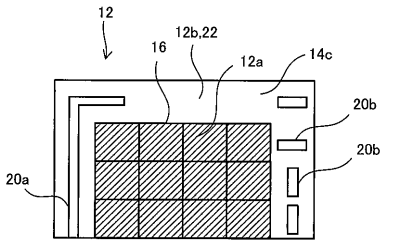
【図４】



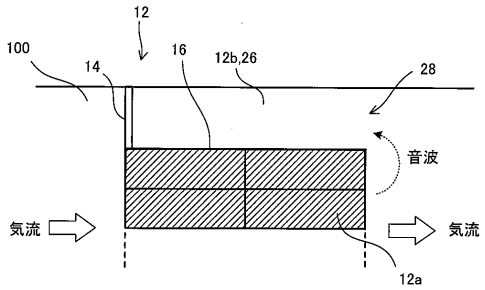
【図５】



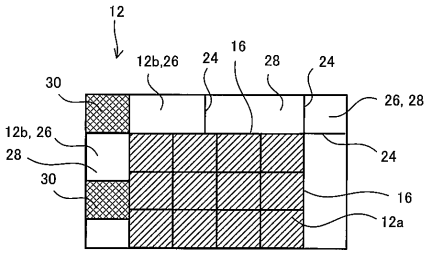
【図６】



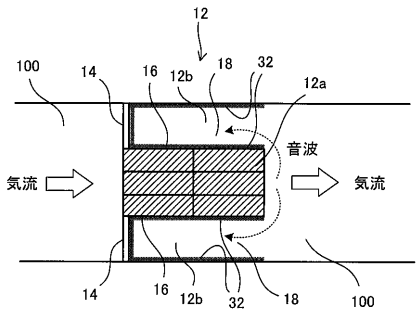
【図７】



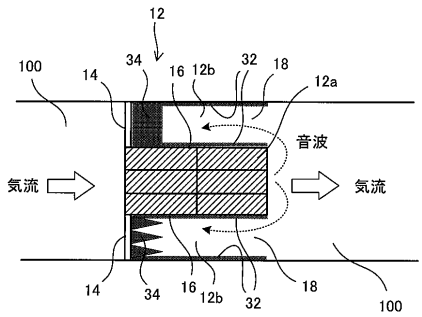
【図８】



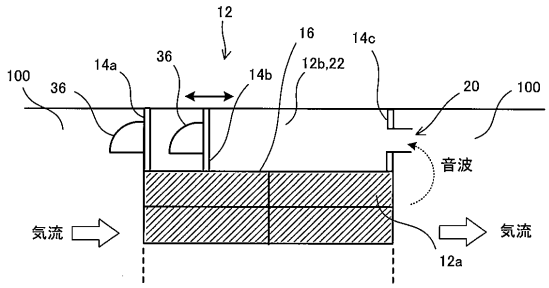
【図９】



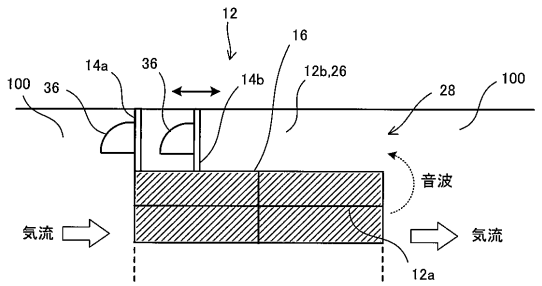
【図１０】



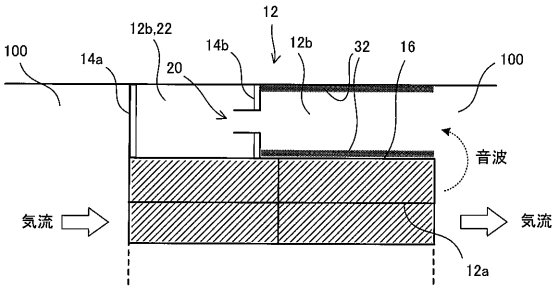
【図１１】



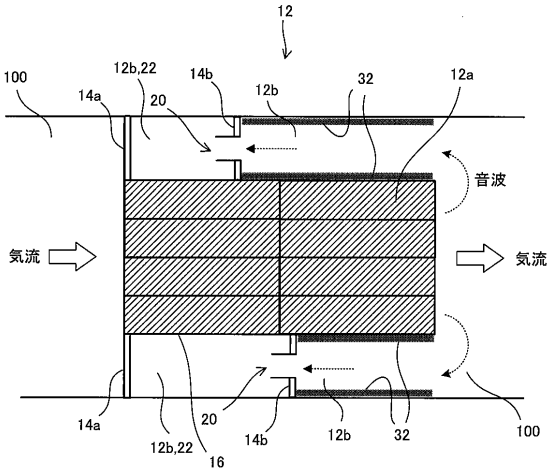
【図１２】



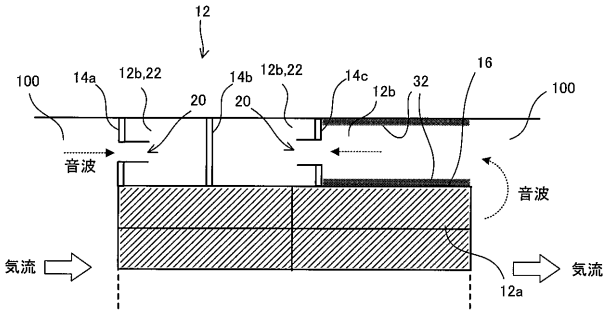
【図１３】



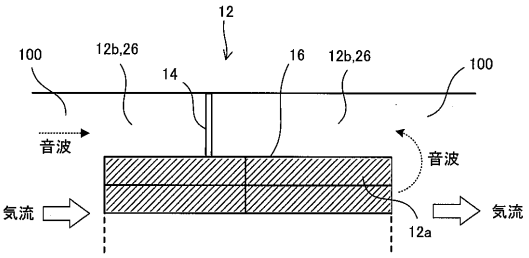
【図１４】



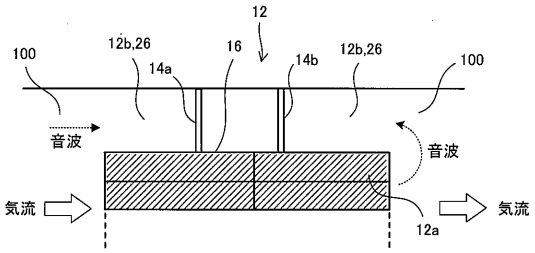
【図１５】



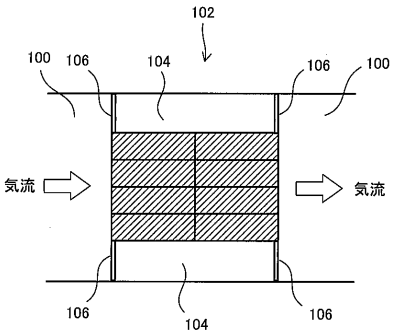
【図１６】



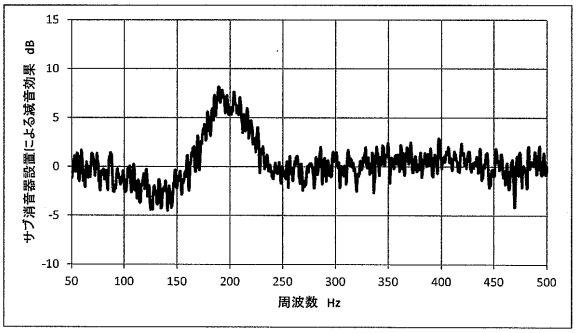
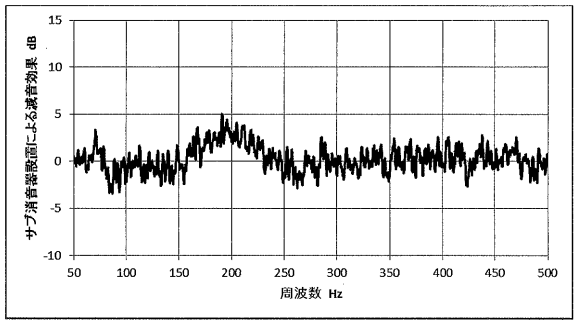
【図１７】



【図１８】



【図２０】



【図１９】