

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年5月2日(02.05.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/090076 A1

(51) 国際特許分類:

G10K 11/16 (2006.01) *F24F 13/24* (2006.01)
F24F 13/02 (2006.01) *G10K 11/172* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/033932

(22) 国際出願日: 2023年9月19日(19.09.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2022-171441 2022年10月26日(26.10.2022) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).

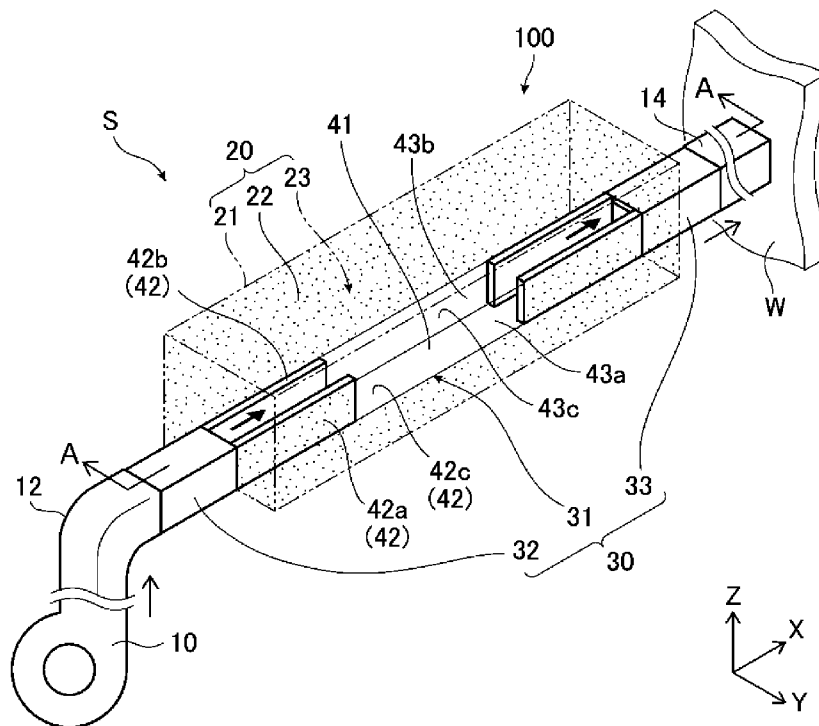
(72) 発明者: 菅原 美博 (SUGAWARA Yoshihiro); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 山添 昇吾 (YAMAZOE Shogo); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 白田 真也 (HAKUTA Shinya); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 伊東 秀明, 外 (ITO HIDEAKI et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町2丁目3番3号 ザイマックス岩本町ビル6階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

(54) Title: SILENCER-EQUIPPED AIR DUCT

(54) 発明の名称: 消音器付き風路



(57) Abstract: Provided is a silencer-equipped air duct which makes it possible to improve silencing performance for low-frequency sounds while suppressing increase in size. This silencer-equipped air duct is configured by disposing a silencer at an intermediate position of the air duct, wherein: the silencer comprises a silencer main body and a conversion mechanism that is housed within the silencer main body and converts sound energy into heat energy; the air duct comprises a first air duct part formed within the silencer main body, a second air duct part located on the upstream side from the first air duct part, and a third air duct part located on the downstream

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

side from the first air duct part; the acoustic impedance density of the internal space of the silencer main body is lower than the acoustic impedance densities of the respective internal spaces of the second air duct part and the third air duct part; and $-1.97 < \log_{10}(\alpha_E/\lambda) < 0.76$ is satisfied where α_E is an effective propagation length determined on the basis of the characteristic of a sound wave propagation space within the silencer main body, and λ is the wavelength of sound of a frequency which is determined on the basis of the length of the first air duct part and at which the silencer main body resonates.

(57) 要約: 大型化を抑制しつつ、低周波数の音に対する消音性能を向上させることが可能な消音器付き風路を提供する。風路の途中位置に消音器を配置して構成される消音器付き風路において、消音器は、消音器本体と、消音器本体内に收容された音エネルギーを熱エネルギーに変換する変換機構と、を有し、風路は、消音器本体の内部に形成された第1風路部と、第1風路部よりも上流側に位置する第2風路部と、第1風路部の下流側に位置する第3風路部と、を有し、消音器本体の内部空間の音響インピーダンス密度は、第2風路部及び第3風路部の各々の内部空間の音響インピーダンス密度よりも小さく、消音器本体内の音波の伝搬空間の特性に基づいて決定される実効伝搬長を α_E とし、第1風路部の長さに基づいて決定され、消音器本体が共鳴する周波数の音の波長を λ とした場合、 $-1.97 < \log_{10}(\alpha_E/\lambda) < 0.76$ を満たす。

明 細 書

発明の名称： 消音器付き風路

技術分野

[0001] 本発明は、風路の途中位置に消音器を配置して構成される消音器付き風路に関する。

背景技術

[0002] 空調機器又は送風機等からの風を、ダクト等の風路を通じて送風する場合、例えば、送風機の作動に起因する騒音等が、風路を通じて送風先に伝播され得る。このような騒音を風路の途中位置で消音するための技術は、既に開発されており、特許文献 1 に記載された技術が、その一例として挙げられる。

[0003] 特許文献 1 に記載の空調調和機では、ラジラルファン組立体が、室外機に設けられ、室外の空気を取り込んで室内機に風を送る。この際、室内機に送られる空気が、給排気ダクトを通り、給排気ダクトに設けられた消音器（具体的には、マフラー）が、給排気ダクトを伝わる音を低減する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開 2 0 0 4 - 0 6 9 1 7 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 給排気ダクト等の風路に消音器を設ける場合、空調機器又は送風機等の装置のサイズに応じて消音器のサイズにも制約が生じ、サイズが小さい消音器ほど、低周波数（例えば、1 0 0 0 H z 以下）の音に対する消音性能が低下する傾向にある。そのため、このような消音器において、低周波数の音に対する消音性能の向上、特に、透過率が高い第 1 共鳴周波数の音、及び第 1 共鳴周波数よりも低い周波数帯域の音に対する消音性能の向上が求められている。なお、「第 1 共鳴周波数の音」とは、消音器内で共鳴する音のうち、最

も低い周波数の音を意味する。

[0006] また、消音器において一般的に使用される吸音材は、高周波数の音に対する消音性能に比べると低周波数の音に対する消音性能が劣り、低周波音に対する消音性能を向上させるには、吸音材の体積を増やすことが考えられる。しかしながら、この場合、消音器が大型化してしまい、サイズに制約がある場合には適用することできない。

[0007] 本発明の課題は、上記従来技術の問題点を解消し、大型化を抑制しつつ、低周波数の音に対する消音性能を向上させることが可能な消音器を備えた消音器付き風路を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] この課題を解決するために、本発明は、以下の構成を有する。

[1] 風路の途中位置に消音器を配置して構成される消音器付き風路において、

消音器は、消音器本体と、消音器本体内に收容された音エネルギーを熱エネルギーに変換する変換機構と、を有し、

風路は、消音器本体の内部に形成された第1風路部と、第1風路部よりも上流側に位置する第2風路部と、第1風路部の下流側に位置する第3風路部と、を有し、

消音器本体の内部空間の音響インピーダンス密度は、第2風路部及び第3風路部の各々の内部空間の音響インピーダンス密度よりも小さく、

消音器本体内の音波の伝搬空間の特性に基づいて決定される実効伝搬長を α_E とし、

第1風路部の長さに基づいて決定され、消音器本体が共鳴する周波数の音の波長を λ とした場合、

$-1.97 < \log_{10}(\alpha_E / \lambda) < 0.76$ を満たす、消音器付き風路。

[2] 消音器本体は、筐体であり、

筐体の断面積は、第2風路部及び第3風路部の各々の断面積よりも大きく、

筐体の内部には、第1風路部内の風路空間と連通する背面空間が設けられている、[1]に記載の消音器付き風路。

[3] 第1風路部は、風路空間を仕切る風路壁を有し、
風路壁には、風路空間と背面空間とを連通する1以上の開口が設けられている、[1]または[2]に記載の消音器付き風路。

[4] 1以上の開口のすべての開口面積を合計した合計面積を A_1 とし、
風路空間と接する風路壁の全体の面積を A_2 とした場合に、 A_1 と A_2 との和に対する A_1 の割合は、10%超且つ85%未満である、[1]～[3]のいずれかに記載の消音器付き風路。

[5] 変換機構は、吸音材である、[1]～[4]のいずれかに記載の消音器付き風路。

[6] 吸音材は、開口の少なくとも一部を覆うように背面空間に位置し、

開口は、第1風路部が延出する第1方向における第1風路部の中央に位置する、[1]～[5]のいずれかに記載の消音器付き風路。

[7] 第1方向における第1風路部の長さを L とした場合、
開口は、第1方向における第1風路部の中央から $L/4$ 以内に位置する、
[1]～[6]のいずれかに記載の消音器付き風路。

[8] 第1風路部が延出する第1方向と交差する第2方向における第1風路部の端が、第2方向における筐体の端の一部を構成している、[1]～[7]のいずれかに記載の消音器付き風路。

[9] 風路壁は、第1風路部が延出する第1方向と交差する方向において、風路空間を挟んで互いに対向する一对の壁を有する、[1]～[8]のいずれかに記載の消音器付き風路。

[10] 一对の壁の各々には、開口が設けられている、[1]～[9]のいずれかに記載の消音器付き風路。

[11] 消音器は、風路内に風を送る送風機の動作に起因して発生する音を消音する、[1]～[10]のいずれかに記載の消音器付き風路。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、大型化を抑制しつつ、低周波数の音に対する消音性能を向上させることが可能な消音器を備えた消音器付き風路を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一つの実施形態に係る消音器付き風路が用いられる送風システムを示す図である。

[図2]図1に示す消音器付き風路のA－A断面を示す断面図である。

[図3]図2に示す消音器付き風路のB－B断面を示す断面図である。

[図4]図2に示す消音器付き風路のC－C断面を示す断面図である。

[図5]消音器の第1の変形例を示す図である。

[図6]消音器の第2の変形例を示す図である。

[図7]消音器の第3の変形例を示す図である。

[図8]消音器の第4の変形例を示す図である。

[図9]消音器の第5の変形例を示す図である。

[図10]消音器の第6の変形例を示す図である。

[図11]消音器の第7の変形例を示す図である。

[図12]周波数と $\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ と消音器による音の透過損失との関係を示す図である。

[図13]第1共鳴周波数の音における、 $\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ と透過損失との関係を示す図である。

[図14]比較例1、比較例2、及び実施例1のそれぞれにおける、周波数と透過損失との関係を示す図である。

[図15]開口率と透過率との関係を示す図である。

[図16]開口位置に応じた周波数と透過率との関係を示す図である。

[図17]第1共鳴周波数において、開口位置と透過率との関係を示す図である。

[図18]第1風路部の位置に応じて決まる、周波数と透過損失との関係を示す

図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明の消音器付き風路について、添付の図面に示す好適な実施形態を参照しながら、以下に詳細に説明する。なお、以下の実施形態は、本発明の理解を容易にするために挙げた一例にすぎず、本発明を限定するものではない。すなわち、本発明の構成は、その趣旨を逸脱しない限り、下記の実施形態から変更又は改良され得る。

[0012] また、本発明を実施するために用いられる各部材の材質及び形状等は、特に断る場合を除き、本発明の用途及び本発明の実施時点での技術水準等に応じて任意に設定できる。また、本発明には、その等価物が含まれる。

[0013] また、本明細書において、「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む範囲を意味する。

また、本明細書において、「直交」及び「平行」は、本発明が属する技術分野において許容される誤差の範囲を含むものとする。例えば、本明細書の「直交」及び「平行」は、厳密な直交又は平行に対して $\pm 10^\circ$ 未満の範囲内であること等を意味する。なお、厳密な直交又は平行からの誤差は、 5° 以下であることが好ましく、 3° 以下であることがより好ましい。

また、本明細書において、「同じ」、「同一」、「一致」及び「等しい」という意味には、本発明が属する技術分野で一般的に許容される誤差の範囲が含まれ得る。

また、本明細書において、「いずれも」、「全域」及び「すべて」という意味には、 100% である場合のほか、本発明が属する技術分野で一般的に許容される誤差の範囲が含まれ、例えば 99% 以上、 95% 以上、又は 90% 以上である場合が含まれ得る。

[0014] また、本発明での「消音」は、音を低減することであり、遮音及び吸音の両方の意味を含む概念である。遮音は、音を遮蔽すること、換言すれば、音を透過させないことを意味する。また、音の遮蔽には、音（音響）の反射、及び、音（音響）の打ち消し合いが含まれる。吸音は、反射音を少なくする

こと、つまり音（音響）を吸収することを意味する。

[0015] [本発明の消音器付き風路の基本構成]

本発明の一つの実施形態（以下、本実施形態という）に係る消音器付き風路の基本構成について、図面を参照しながら説明する。

なお、以下の説明において、第1風路部31（図1参照）が延出する第1方向をX方向とし、X方向と直交する方向をY方向とし、X方向及びY方向と直交する第2方向をZ方向とする。また、上流側とは、風路30の入口側（つまり、後述の送風源10（図1参照）が配置された側）を意味し、下流側とは、風路30の出口側を意味する。

[0016] 本実施形態に係る消音器付き風路（以下、消音器付き風路100）は、送風システムSに用いられる。送風システムSは、例えば、空調又は換気等の目的で建物内における所定空間（例えば、部屋等）に風を搬送（送風）するために利用される。建物は、戸建て住宅、マンションのような集合住宅における各住戸、レストラン及び商店等のような店舗、並びに、病院、デパート及び映画館等のような施設等が含まれる。

[0017] なお、「風」とは、人工的な空気又は気体の流れ（気流）である。風を構成する空気又は気体の組成、及び、各成分の比率については、特に限定されないが、以下では、通常の空気を送風する場合を想定して説明することとする。

[0018] 送風システムSは、図1に示すように、送風源10（送風機）と、消音器付き風路100とによって構成される。消音器付き風路100は、風路30の途中位置に消音器20を配置して構成される。消音器付き風路100の詳細構成については、後の項で説明する。

[0019] 送風源10は、モータ等の電動機を備え、電動機の起動によって作動して送風する機器であり、具体的には、空調機器を構成する送風ファン、又は換気用の送風ファンである。ファンとしては、軸流ファン（プロペラファン）、シロッコファン、ターボファン、遠心ファン、及びラインフローファン（登録商標）等の公知のファンが利用可能である。

[0020] [本実施形態に係る消音器付き風路]

次に、図 1 ～ 4 を参照しながら本実施形態に係る消音器付き風路 100 について説明する。消音器付き風路 100 は、図 1 に示すように、風路 30 と、送風時に風路 30 内を伝播する音（騒音）を低減する消音器 20 とを備える。

[0021] (風路)

風路 30 は、送風源 10 から送られる風が流れる流路である。風路 30 (より具体的には、第 2 風路部 32) の上流側の端は、図 1 に示すように、筒状の上流側風路 12 (例えば、ダクト、パイプ又はホース等) を介して、室外に配置された送風源 10 の排気口と連通している。風路 30 (より具体的には、第 3 風路部 33) の下流側の端は、筒状の下流側風路 14 (例えば、ダクト、パイプ又はホース等) を介して、外壁 W の内側の室内空間 (部屋) と連通している。下流側風路 14 は、室内空間及び室外空間を隔てる建物の外壁 W を貫通して、送風先の部屋内に進入する。

なお、送風源 10 は、室外に配置される場合に限定されず、例えば室内 (部屋) に配置されてもよく、配置位置を問わない。

[0022] 風路 30 は、室外の送風源 10 から部屋内に送風が可能であれば、送風源 10 及び外壁 W の間のいずれの位置に配置されてもよく、例えば送風源 10 の筐体に取り付けられてもよい。また、風路 30 は、室内空間及び室外空間のいずれに配置されてもよい。

なお、上流側風路 12 及び下流側風路 14 の材質及び構造等については、特に限定されず、例えば、ビニールホース、フレキシブルホース及びタイダクトホース等のような可撓性ホース等が用いられてもよい。

[0023] 風路 30 は、図 1 に示すように、消音器 20 の内部に形成された第 1 風路部 31 と、第 1 風路部 31 よりも上流側に位置する第 2 風路部 32 と、第 1 風路部 31 の下流側に位置する第 3 風路部 33 と、を有する。

[0024] 第 1 風路部 31 は、筐体 21 (消音器本体に相当) の内部に形成されている。換言すると、第 1 風路部 31 は、消音器 20 の一部を構成している。第

1 風路部 3 1 は、図 3 に示すように、第 1 風路部 3 1 の外縁を規定した仮想的な 4 面で囲まれた風路空間 4 1 と、風路空間 4 1 を仕切る風路壁 4 2 とを有する。

[0025] 風路壁 4 2 は、図 3 に示すように、風路空間 4 1 を囲む仮想的な 4 面のうち、Y 方向に互いに対向する仮想的な 2 面に沿って配置された一对の壁 4 2 a, 4 2 b と、Z 方向の一端に位置する仮想的な 1 面（図 3 の下側の面）に沿って配置された壁 4 2 c とを有する。

[0026] より具体的には、図 1 に示すように、壁 4 2 a は、後述する開口 4 3 a を挟んで X 方向に並ぶ 2 つの壁片で構成されており、壁 4 2 b は、後述する開口 4 3 b を挟んで X 方向に並ぶ 2 つの壁片で構成されている。壁 4 2 c は、後述する筐体 2 1 の端（筐体 2 1 における図 3 の下壁）の一部を構成している。壁 4 2 a, 4 2 b, 4 2 c は、X 方向に沿って延出し、剛性を有する平坦な壁である。

[0027] なお、風路空間 4 1 を囲む仮想的な 4 面のうち、Z 方向における壁 4 2 c とは反対側に位置する仮想的な面（図 3 の上側の面）には、風路壁 4 2 が配置されていない。つまり、風路空間 4 1 を囲む仮想的な 4 面のうちの一つは、開放されており、開口 4 3 c をなしている。

[0028] 風路壁 4 2 には、風路空間 4 1 と後述の背面空間 2 3 とを連通させる複数（本実施形態では 3 つ）の開口 4 3 a, 4 3 b, 4 3 c が設けられている。開口 4 3 a, 4 3 b, 4 3 c は、図 1 に示すように第 1 風路部 3 1 の三方に位置し、より具体的には、第 1 風路部 3 1 の外縁において、Z 方向の一端（詳しくは、壁 4 2 c と反対側の端）と、Y 方向の両端とに位置する。

[0029] 図 1 に示すように、一对の壁 4 2 a, 4 2 b の各々には、開口が 1 つずつ設けられ、より具体的には、開口 4 3 a が、X 方向における壁 4 2 a の中央に設けられており、開口 4 3 b が、X 方向における壁 4 2 b の中央に設けられている。

[0030] 開口 4 3 a, 4 3 b は、図 4 に示すように、X 方向における第 1 風路部 3 1 の長さ（全長）を L とした場合、X 方向における第 1 風路部 3 1 の中央か

ら $L/4$ 以内に位置することが好ましい。なお、第1風路部31の「長さ L 」は、筐体21の内壁面のX方向一端からX方向他端までの距離と等しい。

開口43a, 43bの各々は、当該開口をX方向に二等分するZ方向に平行な中心線（中線）と、第1風路部31をX方向に二等分するZ方向に平行な第1風路部31の中心線（中線）との間隔が、X方向において $L/4$ 以内になるように設けられている。本実施形態では、開口43a, 43bの中心線と、第1風路部31の中心線とがX方向において一致している。

[0031] なお、開口43a, 43bは、X方向における第1風路部31の中央から $L/4.5$ 以内に位置することがより好ましく、 $L/5$ 以内に位置することがさらに好ましい。

[0032] 開口43cは、図3に示すように、風路空間41を囲む仮想的な4面のうち、Z方向の他端（壁42cと反対側の端）に位置する仮想的な1面（図3の上側の面）に沿って形成されており、X方向における第1風路部31の一端から他端まで形成されている。すなわち、第1風路部31において、Z方向の他端に位置する仮想的な1面の全域が背面空間23に開放されている。

[0033] 開口43a, 43b, 43cのすべての開口面積を合計した合計面積を A_1 とし、風路空間41と接する風路壁42の全体の面積（具体的には、壁42a, 42b, 42cの面積）を A_2 とした場合、 A_1 と A_2 との和に対する A_1 の割合は、10%超且つ85%未満であることが好ましい。以下の説明では、 A_1 と A_2 との和に対する A_1 の割合のことを「開口率」と呼ぶ。開口面積 A_1 は、風路空間41を囲む仮想的な4面の面積を A_0 とした場合に、 $A_1 = A_0 - A_2$ としても規定される。

なお、開口率が10%以下になると、第1風路部31内の音が背面空間23内の吸音材22に進入できる度合いが減るので、吸音材22を効果的に用いることができない。

[0034] 開口率は、13%超且つ75%未満であることがより好ましく、16%超且つ65%未満であることがさらに好ましい。

[0035] 第2風路部32及び第3風路部33は、風が流れる内部空間を囲む筒状部

である。第2風路部32は、図1に示すように、X方向における消音器20の上流端から上流側に突出した部分であり、上流側風路12の端と接続される。第3風路部33は、X方向における消音器20の下流端から下流側に突出した部分であり、下流側風路14の端と接続される部分である。すなわち、第2風路部32及び第3風路部33は、風路30の一部であるとともに、消音器付き風路100を上流側風路12及び下流側風路14に接続するためのジョイント（継手）としても機能する。

[0036] 第1風路部31及び第2風路部32は、筐体21を構成するX方向に互いに対向する一对の壁のうち、上流側の壁（以下、上流壁とも呼ぶ）を挟んでX方向に並んで配置されている。より具体的には、第1風路部31の上流側の端は、筐体21の上流壁の内面に接続されており、第2風路部32の下流側の端は、筐体21の上流壁の外面に接続されている。第1風路部31及び第2風路部32は、筐体21の上流壁に設けられた貫通孔を通じて連通している。

[0037] 第1風路部31及び第3風路部33は、筐体21を構成するX方向に互いに対向する一对の壁のうち、下流側の壁（以下、下流壁とも呼ぶ）を挟んでX方向に並んで配置されている。より具体的には、第1風路部31の下流側の端は、筐体21の下流壁の内面に接続されており、第3風路部33の上流側の端は、筐体21の下流壁の外面に接続されている。第1風路部31及び第3風路部33は、筐体21の下流壁に設けられた貫通孔を通じて連通している。

[0038] 本実施形態において、第1風路部31、第2風路部32及び第3風路部33の各々は、X方向に延出する直線状の風路部であり、それぞれの風路部の中心軸は、X方向に延び、且つ同じ仮想線上に位置する。

[0039] 本実施形態において、風路30（第1風路部31、第2風路部32、及び第3風路部33）の断面形状は、例えば方形（矩形）とする。風路30の断面とは、風路30の延出方向に垂直な断面を意味する。本実施形態では、風路30の延出方向がX方向であり、風路30の断面は、Y方向及びZ方向に

延びた平面を意味する。なお、風路30の断面形状は、特に限定されず、例えば、円形、方形、方形以外の四角形、四角形以外の多角形、あるいは不定形でもよい。

[0040] 以下の説明において、「断面積」とは、断面のサイズであり、断面の外縁によって囲まれる範囲の面積を意味し、第1風路部31では、風路空間41の面積を意味し、第2風路部32及び第3風路部33では、各々の外縁で囲まれた内部空間の面積を意味する。

[0041] 第1風路部31、第2風路部32、及び第3風路部33は、同一の断面形状、断面積であってもよいし、形状及び断面積のいずれか又は両方が異なってもよい。

[0042] 風路30を構成する材料については、特に限定されず、金属材料、樹脂材料、紙材料、強化プラスチック材料、及びカーボンファイバ等が利用可能である。ただし、成形性及び設計の自由度を確保する観点では、樹脂材料が好ましい。樹脂材料としては、例えば、アクリル樹脂、ポリメタクリル酸メチル、ポリカーボネート、ポリアミドイド、ポリアリレート、ポリエーテルイミド、ポリアセタール、ポリエーテルエーテルケトン、ポリフェニレンサルファイド、ポリサルフォン、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリイミド、ABS樹脂(アクリロニトリル(Acrylonitrile)、難燃ABS樹脂、ブタジエン(Butadiene)、スチレン(Styrene)共重合合成樹脂)、ポリプロピレン、トリアセチルセルロース(TAC: Triacetylcellulose)、ポリプロピレン(PP: Polypropylene)、ポリエチレン(PE: Polyethylene)、ポリスチレン(PS: Polystyrene)、ASA (Acrylate Styrene Acrylonitrile) 樹脂、ポリ塩化ビニル(PVC: Polyvinyl Chloride) 樹脂、及びPLA (Polylactic Acid) 樹脂等が挙げられる。

強化プラスチック材料としては、炭素繊維強化プラスチック(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics)、及びガラス繊維強化プラスチック(GFRP: Glass Fiber reinforced Plastics)が挙げられる。

[0043] (消音器)

消音器 20 は、風路 30 内を伝播する音を低減し、より具体的には、風路 30 内に風を送る送風源 10 の動作に起因して発生する音、詳しくは送風源 10 の駆動モータ（不図示）の回転動作に伴って発生する音を消音する。消音器 20 は、風路 30 に対して設けられ、図 1 に示すように風路 30 の途中位置に設けられている。

[0044] 消音器 20 は、筐体 21（消音器本体に相当）と、筐体 21 の内部に形成された前述の第 1 風路部 31 と、第 1 風路部 31 内の風路空間 41 と連通する背面空間 23 と、筐体 21（詳しくは、背面空間 23）内に收容された変換機構とを有する。変換機構は、音エネルギーを熱エネルギーに変換する機構であり、本実施形態では吸音材 22 とする。

[0045] 筐体 21 は、本実施形態では、図 1 に示すように、消音器 20 の外縁を規定し、X 方向に延びた中空の直方体（6 面体）をなしている。筐体 21 を構成する 6 つの壁のうち、X 方向に互いに対向する一对の壁には、前述したように貫通孔が各々設けられており、上流側の貫通孔には第 1 風路部 31 及び第 2 風路部 32 の各端が接続され、下流側の壁の貫通孔には第 1 風路部 31 及び第 3 風路部 33 の各端が接続されている。

[0046] 筐体 21 は、本実施形態では、X 方向に垂直な断面が矩形であり、その断面形状は X 方向において一定である。ただし、これに限定されず、筐体 21 の断面形状は、例えば、円形、方形以外の四角形、四角形以外の多角形、あるいは不定形でもよく、X 方向において変化してもよい。

[0047] 筐体 21 の断面積、より具体的には、筐体 21 で囲まれた内部空間の断面積は、第 2 風路部 32 及び第 3 風路部 33 の各々の内部空間の断面積よりも大きい。すなわち、本実施形態では、消音器 20 は、第 2 風路部 32 及び第 3 風路部 33 よりも拡張した拡張部となっており、消音器付き風路 100 は、拡張型の消音器を備えた風路ともいえる。

[0048] 第 1 風路部 31 は、図 3 に示すように、Y 方向における筐体 21 の中央において、Z 方向における筐体 21 の一端（筐体 21 における図 3 の下壁）に接している。厳密には、前述したように、Z 方向における第 1 風路部 31 の端

(壁 4 2 c) が、Z 方向における筐体 2 1 の端の一部を構成している。

[0049] 筐体 2 1 を構成する材料については、特に限定されず、金属材料、樹脂材料、紙材料、強化プラスチック材料、及びカーボンファイバ等が利用可能であり、材料の詳細な種類については、風路 3 0 と同様であるので、説明を省略する。

[0050] 筐体 2 1 の内部には、図 1 に示すように、第 1 風路部 3 1 内の風路空間 4 1 と連通する背面空間 2 3 が設けられている。背面空間 2 3 は、筐体 2 1 で囲まれた内部空間から第 1 風路部 3 1 を除いた空間であり、図 3 に示すように、第 1 風路部 3 1 を三方から囲んでいる。背面空間 2 3 は、壁 4 2 a, 4 2 b によって風路空間 4 1 と仕切られており、開口 4 3 a, 4 3 b, 4 3 c を介して風路空間 4 1 と連通している。

[0051] 背面空間 2 3 には、吸音材 2 2 が配置されている。吸音材 2 2 は、図 3 に示すように、第 1 風路部 3 1 を三方から囲んでおり、開口 4 3 a, 4 3 b, 4 3 c の各々の少なくとも一部を覆うように背面空間 2 3 に配置されている。本実施形態では、吸音材 2 2 は、開口 4 3 a, 4 3 b, 4 3 c の各々の開口の全域を覆っており、背面空間 2 3 の全域に充填されている。

[0052] 吸音材 2 2 としては、音エネルギーを熱エネルギーに変換して吸音するものが利用可能である。吸音材 2 2 を構成する材料の一例としては、例えば、発泡体、発泡材料、及び不織布系吸音材等のような多孔質材料が挙げられる。

発泡体及び発泡材料の具体例としては、イノアック社のカームフレックス F 及び光社製のウレタンフォーム等のような発泡ウレタンフォーム、軟質ウレタンフォーム、セラミックス粒子焼結材、フェノールフォーム、メラミンフォーム、インシュレーションボード、並びに、ポリアミド製フォーム等が挙げられる。

不織布系吸音材の具体例としては、3M社のシンサレート等のようなマイクロファイバー不織布、東京防音社のホワイトキューオン及びブリジストンケーピージー社のQ o n P E T 等のようなポリエステル製不織布(密度の大き

な薄い表面側の不織布と、密度の小さい裏面側の不織布とを有する二層構成のものを含む)及びアクリル繊維不織布等のプラスチック製不織布、ウール及びフェルト等の天然繊維不織布、メルトブローン不織布、金属製不織布、ガラス製不織布、フロアマット、並びに絨毯等が挙げられる。

上記以外にも、微小な空気を含む材料からなる吸音材、例えば、グラスウール、ロックウール、石膏ボード、木毛セメント板、及びナノファイバー系繊維からなる吸音材等のような種々の吸音材が利用可能である。ナノファイバー系繊維としては、例えば、シリカナノファイバー、及び、三菱ケミカル社製X A Iのようなアクリルナノファイバー等が挙げられる。

[0053] 上記のように構成された消音器20は、風路30と一体をなすように形成されてもよく、別部品として風路30に組み付けられてもよい。

[0054] (音響インピーダンス密度)

本実施形態に係る消音器付き風路100の構成について、音響インピーダンス密度の観点から改めて説明する。

[0055] 音響インピーダンス密度とは、音の伝搬のしやすさを数値で示したものである。音響インピーダンス密度を Z とし、風路30を流れる空気(気体)の密度を ρ とし、空気(気体)の音速を c 、断面積を A とすると、 $Z = \rho \times c / A$ が成立する。音響インピーダンス密度 Z の単位は rayl/m^2 とする。

[0056] 本実施形態において、筐体21の内部空間の音響インピーダンス密度は、第2風路部32及び第3風路部33の各々の内部空間の音響インピーダンス密度よりも小さくなる。換言すると、筐体21の内部空間の音響インピーダンス密度を Z_s とし、第2風路部32の内部空間の音響インピーダンス密度を Z_{in} とし、第3風路部33の内部空間の音響インピーダンス密度を Z_{out} と定義すると、 $Z_s < Z_{in}$ 、且つ $Z_s < Z_{out}$ を満たす。

[0057] 筐体21の断面積 A は、筐体21で囲まれた内部空間の断面積を意味し、第2風路部32及び第3風路部33の各々の断面積 A は、外縁で囲まれた内部空間の断面積を意味する。また、本実施形態では、消音器付き風路100には同じ空気が流れるので、 Z_s 、 Z_{in} 、及び Z_{out} のそれぞれを算出する際

に用いる密度 ρ 及び音速 c については、同じ値が適用される。したがって、本実施形態においては、音響インピーダンス密度 Z は、断面積 A のみで決定する値であり、断面積 A に反比例する。筐体 21、第2風路部32、及び第3風路部33において、筐体21の断面積 A が最も大きいので、筐体21の音響インピーダンス密度 Z_s が最も小さくなり、 $Z_s < Z_{in}$ 、且つ $Z_s < Z_{out}$ を満たすこととなる。

[0058] (伝搬長)

消音器付き風路100は、実効伝搬長を α_E とし、筐体21が共鳴する周波数（具体的には、第1共鳴周波数）の空気の音の波長を λ とした場合、 $-1.97 < \log_{10}(\alpha_E/\lambda) < 0.76$ を満たす。

実効伝搬長 α_E は、筐体21内の音波の伝搬空間の特性に基づいて決定され、具体的には、 $\alpha_E = 1/\text{Re}[\gamma]$ で求められる。 γ は媒質の特性で決まる伝搬定数であり、日本音響学会誌68巻9号(2012)で定義されている。 $\text{Re}[\gamma]$ は、伝搬定数 γ の実部である。

第1共鳴周波数の波長 λ は、第1風路部31の長さ L (図4参照)に基づいて $\lambda = L/2$ と決定される。

なお、「第1共鳴周波数の音」とは、第1風路部31で、媒質が空気の時に発生する長さに起因した共鳴のうち、最も低い周波数の音を意味する。

[0059] ここで、本実施形態のように、消音器20の一部に吸音材22を含む構成においては、実効伝搬長 α_E は、 $\alpha_E = \alpha \times V_s/V_b$ で求められる。 α は吸音材22の伝搬長であり、 V_s は吸音材22の体積であり、 V_b は背面空間23の体積である。吸音材22の伝搬長 α は、 $\alpha = 1/\text{Re}[\gamma]$ で求められる。 γ は伝搬定数であり、 $\text{Re}[\gamma]$ は、伝搬定数 γ の実部である。

本実施形態において、実効伝搬長 α_E は、筐体21内の吸音材22に基づいて決定される実効伝搬長であり、波長 λ は、吸音材22を収容していない状態の筐体21が共鳴する周波数（具体的には、第1共鳴周波数）の音の波長である。

[0060] 伝搬定数 γ は、音響管と2本のマイクを用いた伝達関数法による測定を行

うことで求めることができる。この手法はJIS A1405-2、ISO 10534-2、ASTM E 1050の規格に従うものである。音響管としては、例えば日東紡音響エンジニアリング株式会社製のWinZacと同一の測定原理であるものを用いることができる。この方法で広いスペクトル帯域において伝搬定数を測定することができる。

[0061] 「吸音材22を収容していない状態の筐体21」とは、背面空間23内に吸音材22を配置せずに、背面空間23が空洞となった状態を意味する。

[0062] 実効伝搬長 α_E は、本実施形態のように、吸音材22が背面空間23の全域に充填されている場合は、 V_s/V_b が1となるため、伝搬長 α と一致する。

$\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ は、音響抵抗に反比例し、具体的には、 $\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ が大きくなると音響抵抗が小さくなり、 $\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ が小さくなると音響抵抗が大きくなる。

[0063] [本実施形態の作用及び効果]

本発明者らは、消音器付き風路100において、 $-1.97 < \log_{10}(\alpha_E/\lambda) < 0.76$ を満たすことにより、1000Hz以下の低周波数の音に対する消音性能が向上することを見出した(図14参照)。特に、上記の数値条件を満たした場合、透過率の高い共鳴周波数、より具体的には第1共鳴周波数(図14においては、850Hz)の音に対して、音が軽減したと人が認識し得る透過損失3dB以上の消音効果が発揮されることが明らかとなった。

そして、上記の数値条件を満たすように消音器20の構成を設定することにより、消音器内に収容する吸音材の体積を必要以上に増やす必要がなくなるので、消音器(消音器付き風路)の大型化が抑制される。

以上のように、消音器付き風路100によれば、大型化を抑制しつつ、低周波数(具体的には、1000Hz以下)の音に対する消音性能を向上させることができる。

[0064] なお、 $\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ が大きくなり0.76以上になった場合には、音響抵抗が小さくなるので、吸音性能が低減する。さらに、消音器20内で

第1共鳴周波数での共鳴が発生するので、所望の消音効果が得られない。一方で、 $\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ が小さくなり -1.97 以下になった場合には、吸音材が剛体と同じ挙動を示すために吸音性能が剛体と同程度のレベルまで下がってしまう（すなわち、音響抵抗が大きくなる）ために、所望の消音効果が得られない。

[0065] また、消音器付き風路100では、 $-1.80 < \log_{10}(\alpha_E/\lambda) < 0.48$ を満たすことがより好ましく、この場合、第1共鳴周波数の音に対して、透過損失5dB以上の消音効果を発揮することができる。さらに、消音器付き風路100では、 $-1.69 < \log_{10}(\alpha_E/\lambda) < 0.27$ を満たすことが最も好ましく、この場合、第1共鳴周波数の音に対して、透過損失7dB以上の消音効果を発揮することができる。

[0066] 本実施形態に係る消音器付き風路100では、図2に示すように、筐体21の断面積が第2風路部32及び第3風路部33の各々の断面積よりも大きく、すなわち消音器20が拡張部をなしている。これにより、音響インピーダンス密度 Z における、 $Z_s < Z_{in}$ 、且つ $Z_s < Z_{out}$ の関係を満たす消音器が実現される。

[0067] また、本実施形態に係る消音器付き風路100では、風路壁42には、図1に示すように、開口43a、43b、43cが設けられている。これにより、風路空間41と背面空間23とが連通し、風路空間41内の音が背面空間23内の吸音材22に進入できる結果、消音器20の消音効果が適切に発揮されるようになる。

[0068] また、本実施形態に係る消音器付き風路100では、開口43a、43b、43cについて、 A_1 と A_2 の和に対する A_1 の割合が、10%超且つ85%未満である。これにより、図15に示すように、第1共鳴周波数よりも低い周波数（図15においては、355Hz）の音において、消音器20の消音効果が適切に発揮されるようになる。

[0069] また、本実施形態に係る消音器付き風路100では、図4に示すように、開口43a、43bが、X方向における第1風路部31の中央に位置する。

これにより、第1風路部31内を流れる空気（風）の粒子速度が速くなる位置に開口43a、43bが設けられ、この位置に吸音材22が配置されることとなり、第1共鳴周波数の音をより効果的に消音することができる。

[0070] また、本実施形態に係る消音器付き風路100では、開口43a、43bは、X方向における第1風路部31の中央から $L/4$ 以内に位置する。これにより、第1風路部31内を流れる空気（風）の粒子速度が速くなる位置に開口43a、43bを設ける効果がより有効に発揮されるため、第1共鳴周波数の音をさらに効果的に消音することができる。

[0071] また、本実施形態に係る消音器付き風路100では、図3に示すように、Z方向における第1風路部31の端に位置する壁42cが、Z方向における筐体21の端（図3の下側の端）の一部を構成している。これにより、第1風路部31における壁42cとはZ方向に反対側の端（すなわち、開口43c）と、筐体21における壁42cとはZ方向に反対側の端（図3の上側の端）との間隔が十分に確保される。その結果、図5に示すように第1風路部31がZ方向における筐体21の中央に配置されている場合と比べて、消音器20における消音のピーク周波数を低周波数側にシフトさせることができる（図18参照）。

[0072] また、本実施形態に係る消音器付き風路100では、風路壁42は、Y方向において、風路空間41を挟んで互いに対向する一对の壁42a、42bを有する。これにより、Y方向において風路空間41の位置を一对の壁42a、42bによって規定し、送風源10から送られる風を筐体21内、すなわち第1風路部31にて適切に送ることができる。

[0073] また、本実施形態に係る消音器付き風路100では、一对の壁42a、42bの各々には、開口43a、43bが設けられている。これにより、一对の壁42a、42bの各々と隣り合う吸音材22の領域に対して風路空間41内の音が進入できるので、消音器20の消音効果が適切に発揮される。

[0074] また、本実施形態に係る消音器付き風路100では、風路30内に風を送る送風源10の動作に起因して発生する音を消音する。例えば、消音器付き

風路１００は、空調又は換気等の目的で建物内の所定空間（例えば、部屋等）に風を送風する送風システムにおいて、消音効果を発揮することができる。

[0075] [その他の実施形態]

以上までに、本発明の消音器付き風路に関する一つの実施形態を説明したが、上記の実施形態は、本発明の理解を容易にするための一例に過ぎず、本発明を限定するものではない。すなわち、本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得る。また、本発明には、その等価物が含まれることは勿論である。

[0076] 上記の実施形態では、音エネルギーを熱エネルギーに変換する変換機構は、吸音材２２であるとした。ただし、これに限定されず、変換機構として吸音材２２を用いず、例えば、壁面摩擦を用いた構成であってもよい。具体的には、背面空間２３を画成する壁面（すなわち、図３に示す、筐体２１の内壁面、及び風路壁４２の外壁面）に付与された表面粗さに基づいて、音エネルギーを熱エネルギーに変換してもよい。

[0077] また、上記の実施形態では、図３に示すように、Ｚ方向における第１風路部３１の端をなす壁４２ｃが、Ｚ方向における筐体２１の端（筐体２１における図３の下壁）の一部を構成していた。ただし、これに限定されず、図５に示す消音器２０Ａのように、上記の壁４２ｃが、Ｚ方向において筐体２１の端（筐体２１における図５の下壁）から間隔を空けて配置されてもよい。この場合、壁４２ｃと筐体２１との間隔（背面空間）には、図５に示すように、吸音材２２Ａが配置されてもよい。

[0078] また、上記の実施形態では、図１に示すように、一対の壁４２ａ，４２ｂの各々には、開口４３ａ，４３ｂが１つずつ設けられていることとした。ただし、これに限定されず、一対の壁４２ａ，４２ｂの各々には複数の開口が設けられてもよい。例えば、壁４２ａ，４２ｂの各々は、複数の貫通孔（開口）が設けられたパンチングメタル、又は金網等で構成されてもよい。

[0079] また、上記の実施形態では、図３に示すように、吸音材２２は、背面空間

23の全域に充填されていた。ただし、これに限定されず、図6に示す消音器20Bのように、背面空間23の一部にのみ吸音材22Bが配置されてもよい。例えば、図6に示すように、背面空間23のうち、風路空間41を挟んでY方向の両側に位置する領域のそれぞれにおいて、その領域よりもY方向における厚みが十分に薄い吸音材22Bを開口43a, 43bに沿って配置してもよい。

[0080] また、図7に示す消音器20Cのように、吸音材22Cに対して、風路空間41と背面空間23とを連通し、吸音材22Cを貫通する1以上の連通路24C（連通路）が設けられてもよい。

[0081] また、上記の実施形態では、風路壁42には、図1に示すように、複数の開口43a, 43b, 43cが設けられていることとした。開口43a, 43b, 43cは、第1風路部31の三方に位置し、より具体的には、図3に示すように、第1風路部31の外縁において、Z方向の一端（壁42cと反対側）と、Y方向の両端とに位置することとした。ただし、これに限定されず、例えば、図8に示す消音器20Dのように、開口43cのみが風路壁42に設けられてもよい。この場合、第1風路部31のY方向の両端に配置された風路壁42には開口は設けられず、図8に示すように、背面空間23のうち、Y方向において風路壁42よりも外側に位置する領域には、吸音材22が配置されなくてもよい。

[0082] また、上記の実施形態では、一对の壁42a, 42bは、図4に示すように、X方向に沿って延出し、剛性を有する平坦な壁であることとした。ただし、これに限定されず、図9に示す消音器20Eのように、壁42a, 42bは、X方向に対して傾斜した方向に沿って延出して剛体の壁であってもよい。より具体的には、図9に示すように、開口43a, 43bよりもX方向の上流側に配置された一对の壁42a, 42bは、下流側に向かうにつれてY方向の外側（背面空間23側）に向かって傾斜して延びてもよい。一方で、開口43a, 43bよりもX方向の下流側に配置された一对の壁42a, 42bは、下流側に向かうにつれてY方向の内側（風路空間41側）に向か

って傾斜して延びてもよい。

[0083] また、上記の実施形態では、筐体 2 1 の X 方向に垂直な断面が、図 1 に示すように、矩形であり、その断面形状が X 方向において一定の形状に維持されることとした。ただし、これに限定されず、筐体の断面は、円形、方形以外の四角形、四角形以外の多角形、あるいは不定形でもよく、X 方向において変化してもよい。例えば、図 1 0 に示す消音器 2 0 F のように、筐体 2 1 F は、X 方向に垂直な断面が多角形であり、X 方向の外側（すなわち、第 2 風路部 3 2 及び第 3 風路部 3 3 に向かう方向）に向かうにつれて、断面積が小さくなってもよい。

[0084] また、上記の実施形態では、図 1 に示すように、第 1 風路部 3 1、第 2 風路部 3 2、及び第 3 風路部 3 3 の各々は、X 方向に延出する直線状の風路部であり、各風路部の中心軸は、いずれも X 方向に延び、且つ同じ仮想線上に位置することとした。ただし、これに限定されず、図 1 1 に示す消音器 2 0 G のように、第 1 風路部 3 1 G が延出する方向（X 方向）が、第 2 風路部 3 2 G 及び第 3 風路部 3 3 G が延出する方向に対し、傾斜して延びていてもよい。

また、第 1 風路部 3 1 G を収容する筐体 2 1 G は、第 1 風路部 3 1 G が延出する方向（X 方向）に応じて構成を変更してもよく、例えば、図 1 1 に示すように、筐体 2 1 G が延出する方向が、第 2 風路部 3 2 G 及び第 3 風路部 3 3 G が延出する方向に対して、傾斜してもよい。

実施例

[0085] 以下、本発明を実施例によりさらに具体的に説明する。以下の実施例に示す材料、使用量、割合、処理内容、処理手順等は、本発明の趣旨を逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す実施例により限定的に解釈されるべきものではない。

[0086] 本発明に係る消音器付き風路による効果について、シミュレーション 1 ～ 4 を行った。シミュレーションは、有限要素法計算ソフト COMSOL ver6.0 (COMSOL 社) の音響モジュールを用いて行なった。

[0087] <シミュレーション1>

シミュレーション1は、3つの条件（比較例1、2及び実施例1）を設定して行った。

[比較例1]

比較例1では、消音器付き風路の計算モデルを生成した。計算モデルは、上記の実施形態で示した図1～4と同一の構成とした。具体的には、第1風路部の寸法を、長さ200mm（図4における長さLの寸法）、幅21mm（Y方向の長さ）、高さ21mm（Z方向の長さ）に設定した。Y方向に互いに対向する一对の壁（図1の壁42a、42bに相当）の各々に設けられた開口（図1の開口43a、43bに相当）を、X方向における第1風路部の中央に配置し、その寸法を、長さ140mm（X方向）、高さ21mm（Z方向）に設定した。

[0088] 背面空間の全体には、吸音材を充填し、その吸音材の流れ抵抗を $18\text{ Pa} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ に設定した。また、消音器の第1共鳴周波数を 850 Hz と設定し、その周波数の音の波長 λ を $100\text{ mm} (=L/2)$ を設定した。これにより、 $\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ は 1.02 となった。

[0089] 風路を流れる空気について、密度 ρ を $1.29\text{ kg} / \text{m}^3$ とし、その空気中を伝播する音の音速 c を $340\text{ m} / \text{s}$ に設定した。また、筐体の断面積を 0.004 m^2 に設定し、第2風路部及び第3風路部のそれぞれの断面積を 0.000441 m^2 に設定した。これにより、筐体の内部空間の音響インピーダンス密度 Z_s は $109650\text{ rayl} / \text{m}^2$ となり、第2風路部の音響インピーダンス密度 Z_{in} 、及び第3風路部の音響インピーダンス密度 Z_{out} は $994558\text{ rayl} / \text{m}^2$ となった。

[0090] [比較例2]

比較例2では、吸音材の流れ抵抗を $1800000\text{ Pa} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ に設定した。これにより、 $\log_{10}(\alpha_E/\lambda)$ は -2.07 となった。それ以外の条件は、比較例1と同様である。

[0091] [実施例1]

実施例 1 では、吸音材の流れ抵抗を $14384 \text{ Pa} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ に設定した。これにより、 $\log_{10}(\alpha_E / \lambda)$ は -0.76 となった。それ以外の条件は、比較例 1 と同様である。

[0092] [シミュレーション 1 の結果]

前述した消音器付き風路の計算モデルを通過する音の周波数と、消音器による音の透過損失との関係についてシミュレーションを実施し、その結果を図 12～14 に示す。

[0093] シミュレーションでは、送風源が出射する音（音波）を、消音器付き風路の入口（詳しくは、第 2 風路部の上流側の端）に入射させ、消音器付き風路の出口（詳しくは、第 3 風路部の下流側の端）に到達する音の単位面積あたりの振幅を求めた（計算モデルは図 1 参照）。送風源が出射する音の単位面積あたりの振幅を 1 とした。そして、送風源が出射する音の振幅と、消音器付き風路の出口に到達する音の振幅の比から、透過損失を求めた。

[0094] 図 12 は、周波数と $\log_{10}(\alpha_E / \lambda)$ と透過損失との関係を示す図である。図 13 は、第 1 共鳴周波数 850 Hz の音における、 $\log_{10}(\alpha_E / \lambda)$ と透過損失との関係を示す図であり、図 12 における周波数 850 Hz の断面である。図 14 は、比較例 1、比較例 2、及び実施例 1 のそれぞれにおける、周波数と透過損失との関係を示す図である。

[0095] 図 13 に示すように、第 1 共鳴周波数 850 Hz において、比較例 1 及び 2 では、透過損失 3 dB 未満の消音効果しか得られなかったが、実施例 1 では透過損失 3 dB の消音効果が得られることが分かった。透過損失が 3 dB 以上上昇したということは、前述したように、人が認識できる程度に音が軽減されたことを意味する。つまり、図 13 に示すように、実施例 1 は、 $-1.97 < \log_{10}(\alpha_E / \lambda) < -0.76$ という条件を満たすことで、透過損失 3 dB 以上の消音効果が得られることが分かった。

[0096] また、図 14 に示すように、実施例 1 は、比較例 1 及び 2 のいずれに対しても、第 1 共鳴周波数 850 Hz を含む 1000 Hz 以下の低周波数の音において、透過損失が大きくなり、消音器の消音効果が適切に発揮されること

が分かった。

[0097] [シミュレーション2]

実施例1の計算モデルをベースに、開口率を変更した計算モデルを生成した。具体的には、第1風路部を挟む一对の風路壁に形成された一对の開口（図1の開口43a、43bに相当）について、開口のX方向の幅寸法を変更することにより、開口率の変更を行った。なお、いずれの開口率においても、一对の開口のそれぞれをX方向における第1風路部の中央に配置した。

実施例2では、実施例1と異なり、図5に示すように、第1風路部をZ方向における筐体の中央に配置した。また、第1風路部の外縁（4面）と筐体との間の空間、すなわち背面空間には、背面空間全体に亘って吸音材を充填させた。

[0098] [シミュレーション2の結果]

設定された周波数（具体的には、355Hz及び850Hz）の音が消音器付き風路の計算モデルを通過した場合の音の透過率と、開口率との関係についてシミュレーションを実施し、その結果を図15に示す。図15は、開口率と透過率との関係を示す図であり、横軸が開口率を示し、縦軸が透過率を示す。

図15に示すように、開口率が10%超且つ85%未満の範囲にある場合、低周波数の音、特に、第1共鳴周波数850Hzよりも低周波数の355Hzの音について、透過率が低減することが分かった。

[0099] [シミュレーション3]

実施例1の計算モデルをベースに、第1風路部を挟む一对の風路壁に形成された一对の開口（図1の開口43a、43bに相当）のX方向における位置を変更した計算モデルを生成した。具体的には、一对の開口の各々について、第1風路部のZ方向と平行な中心線を基準に、開口のZ方向と平行な中心線までのX方向における距離を変更した。なお、いずれの開口位置においても、X方向における開口幅を40mmに設定した。

[0100] [シミュレーション3の結果]

開口位置を変えた場合の、消音器付き風路の計算モデルを通過する音の周波数と、その音の透過損失との関係についてシミュレーションを実施し、その結果を図16及び17に示す。図16は、それぞれの開口位置について、周波数と透過率との関係を示す図であり、横軸が周波数を示し、縦軸が透過率を示す。図17は、第1共鳴周波数の音について、開口位置と透過率との関係を示す図であり、横軸が、第1風路部の中心線から開口の中心線までのX方向における距離（以下、距離Dとよぶ）を示し、縦軸が第1共鳴周波数850Hzにおける透過率を示す。

[0101] 図16に示すように、距離Dを80mmに設定した場合、第1共鳴周波数850Hzを含む周波数帯域において、第1共鳴周波数をピークとして透過率が高くなっている。一方で、距離Dを短くしていくと、第1共鳴周波数850Hzを中心とする周波数帯の透過率が低減し、距離Dが0mmでは、第1共鳴周波数以外の低周波の帯域と同じ程度の透過率になることが分かった。これは、第1風路部内を流れる空気の粒子速度が速い位置に開口が配置されたため、第1共鳴周波数850Hzを中心とする周波数帯の透過率が低減したと推察される。

なお、距離Dを0mmに設定した場合であっても、消音器内に吸音材を配置しない条件において、図16の一点鎖線で示すように、第1共鳴周波数850Hzを含む周波数帯域、及び他の共鳴周波数を含む周波数帯域において透過率が高くなることが分かった。

[0102] なお、距離Dを短くしていくと、第1共鳴周波数850Hzを中心とする周波数帯の透過率が低減する一方で、第2共鳴周波数（1800Hz付近）を中心とする周波数帯の透過率は上昇することが分かった。つまり、距離Dを短くするほど、消音ピークの周波数が低周波数側にシフトすることが分かった。

[0103] また、図17に示すように、第1共鳴周波数850Hzにおいては、距離Dを $L/4$ （シミュレーション3のケースでは、 $D=50\text{mm}$ ）以内に設定することにより、透過率を12%以下に抑制可能であることが分かった。

[0104] [シミュレーション４]

実施例１の計算モデルをベースに、筐体に対する第１風路部のＺ方向における位置を変更した計算モデルを生成した。具体的には、Ｚ方向において、第１風路部の端（図３の壁４２ｃに相当）の位置を、３つのパターンで設定した。第１のパターンでは、第１風路部の端を、図３に示すように筐体の一端（図３の筐体２１の下端）に設定した。第２のパターンでは、第１風路部の端を、図５に示すようにＺ方向における筐体の中央部に設定した。第３のパターンでは、第１風路部の端を、第１のパターンと第２のパターンの間の位置に設定した。

[0105] [シミュレーション４の結果]

第１風路部の端の位置を変えた場合の、消音器付き風路の計算モデルを通過する音の周波数と、その音の透過損失との関係についてシミュレーションを実施し、その結果を図１８に示す。図１８は、第１風路部のＺ方向における位置に応じて決まる、周波数と透過損失との関係を示す図であり、横軸が周波数を示し、縦軸が透過損失を示す。

図１８において、太線の実線で示す「底面」とは、Ｚ方向における第１風路部の端が第１のパターンの位置である場合を意味する。

図１８において、細線の実線で示す「中央」とは、Ｚ方向における第１風路部の端が第２のパターンの位置である場合を意味する。

図１８において、破線で示された「中間」とは、Ｚ方向における第１風路部の端が第３のパターンの位置である場合を意味する。

図１８に示すように、Ｚ方向において第１風路部の位置が筐体の中央から筐体の一端（底）に向かうにつれて、消音ピークの周波数が低周波数側にシフトするのがわかった。

[0106] 以上までに説明してきたシミュレーションの結果から、本発明の効果は明らかである。

符号の説明

[0107] １０ 送風源（送風機）

1 2 上流側風路

1 4 下流側風路

2 0, 2 0 A, 2 0 B, 2 0 C, 2 0 D, 2 0 E, 2 0 F, 2 0 G 消音器

2 1, 2 1 F, 2 1 G 筐体 (消音器本体)

2 2, 2 2 A, 2 2 B, 2 2 C 吸音材

2 3 背面空間

2 4 C 連通孔

3 0 風路

3 1, 3 1 G 第 1 風路部

3 2, 3 2 G 第 2 風路部

3 3, 3 3 G 第 3 風路部

4 1 風路空間

4 2 風路壁

4 2 a, 4 2 b, 4 2 c 壁

4 3 a, 4 3 b, 4 3 c 開口

1 0 0 消音器付き風路

D 距離

L 長さ

S 送風システム

W 外壁

請求の範囲

- [請求項1] 風路の途中位置に消音器を配置して構成される消音器付き風路において、
- 前記消音器は、消音器本体と、消音器本体内に収容された音エネルギーを熱エネルギーに変換する変換機構と、を有し、
- 前記風路は、前記消音器本体の内部に形成された第1風路部と、前記第1風路部よりも上流側に位置する第2風路部と、前記第1風路部の下流側に位置する第3風路部と、を有し、
- 前記消音器本体の内部空間の音響インピーダンス密度は、前記第2風路部及び前記第3風路部の各々の内部空間の音響インピーダンス密度よりも小さく、
- 前記消音器本体内の音波の伝搬空間の特性に基づいて決定される実効伝搬長を α_E とし、
- 前記第1風路部の長さに基づいて決定され、前記消音器本体が共鳴する周波数の音の波長を λ とした場合、
- $-1.97 < \log_{10}(\alpha_E/\lambda) < 0.76$ を満たす、消音器付き風路。
- [請求項2] 前記消音器本体は、筐体であり、
- 前記筐体の断面積は、前記第2風路部及び前記第3風路部の各々の断面積よりも大きく、
- 前記筐体の内部には、前記第1風路部内の風路空間と連通する背面空間が設けられている、請求項1に記載の消音器付き風路。
- [請求項3] 前記第1風路部は、前記風路空間を仕切る風路壁を有し、
- 前記風路壁には、前記風路空間と前記背面空間とを連通する1以上の開口が設けられている、請求項2に記載の消音器付き風路。
- [請求項4] 前記1以上の開口のすべての開口面積を合計した合計面積を A_1 とし、前記風路空間と接する前記風路壁の全体の面積を A_2 とした場合に、 A_1 と A_2 との和に対する A_1 の割合は、10%超且つ85%未満

である、請求項 3 に記載の消音器付き風路。

[請求項5] 前記変換機構は、吸音材である、請求項 3 に記載の消音器付き風路。

[請求項6] 前記吸音材は、前記開口の少なくとも一部を覆うように前記背面空間に位置し、

前記開口は、前記第 1 風路部が延出する第 1 方向における前記第 1 風路部の中央に位置する、請求項 5 に記載の消音器付き風路。

[請求項7] 前記第 1 方向における前記第 1 風路部の長さを L とした場合、
前記開口は、前記第 1 方向における前記第 1 風路部の中央から $L/4$ 以内に位置する、請求項 6 に記載の消音器付き風路。

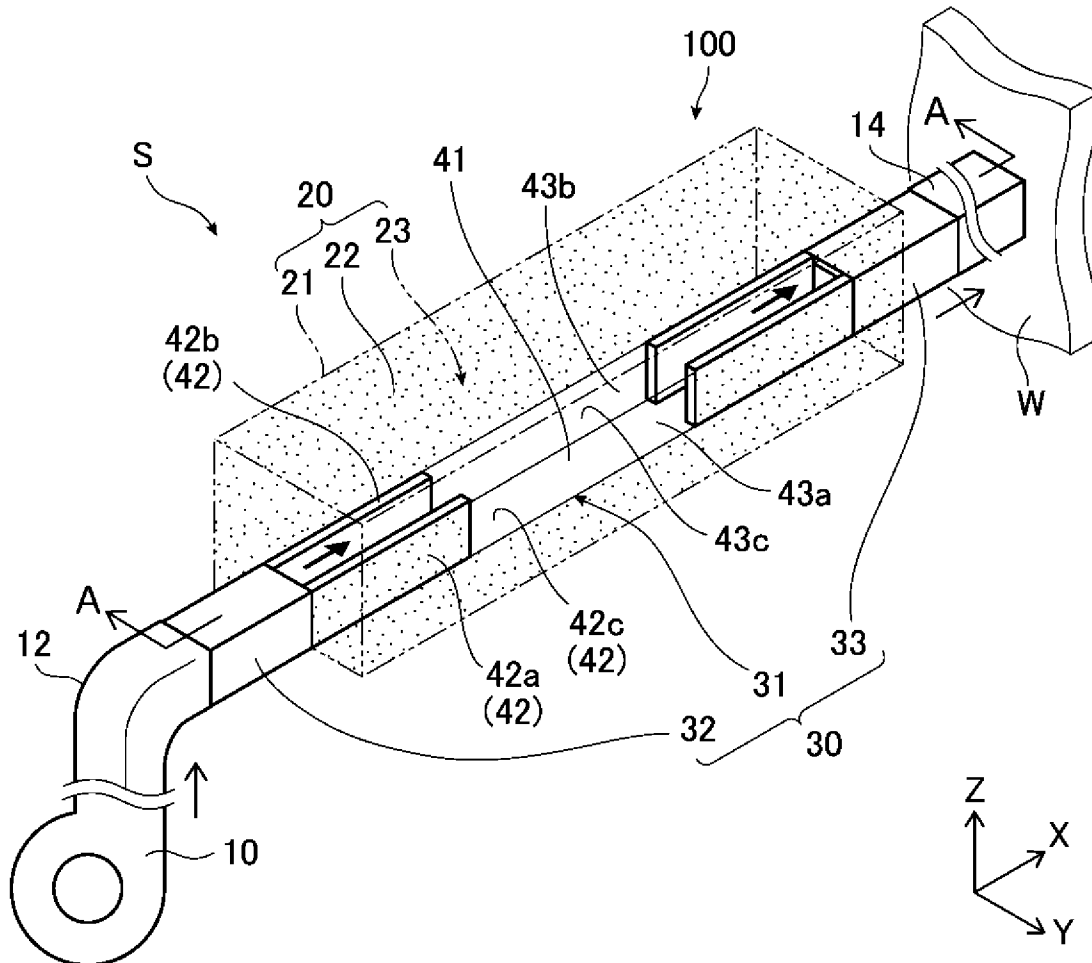
[請求項8] 前記第 1 風路部が延出する第 1 方向と交差する第 2 方向における前記第 1 風路部の端が、前記第 2 方向における前記筐体の端の一部を構成している、請求項 2 に記載の消音器付き風路。

[請求項9] 前記風路壁は、前記第 1 風路部が延出する第 1 方向と交差する方向において、前記風路空間を挟んで互いに対向する一对の壁を有する、請求項 3 に記載の消音器付き風路。

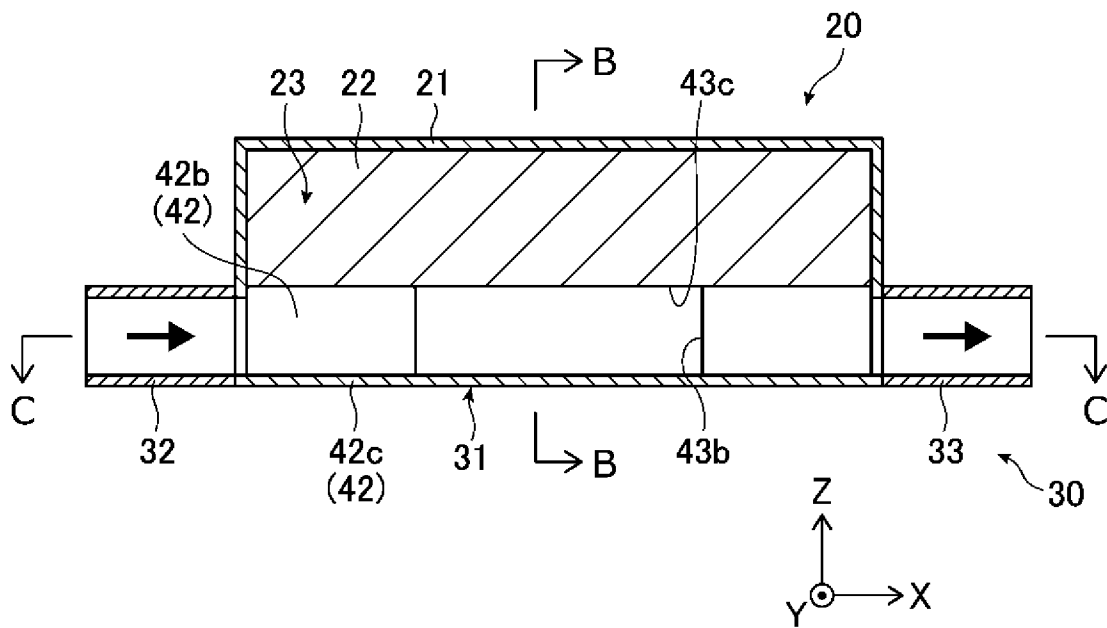
[請求項10] 前記一对の壁の各々には、前記開口が設けられている、請求項 9 に記載の消音器付き風路。

[請求項11] 前記消音器は、前記風路内に風を送る送風機の動作に起因して発生する音を消音する、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の消音器付き風路。

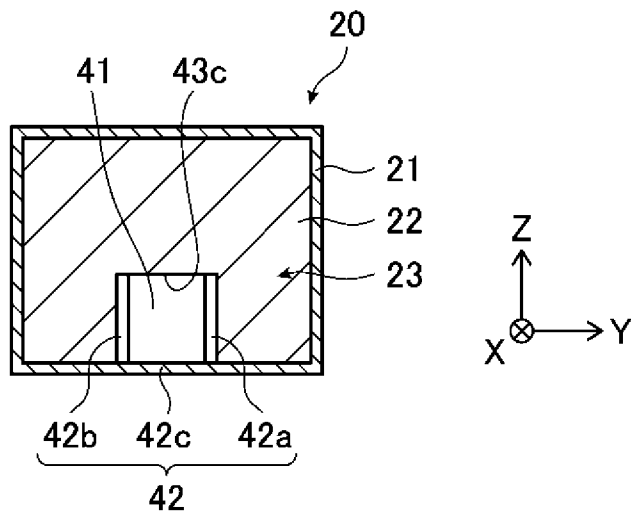
[図1]



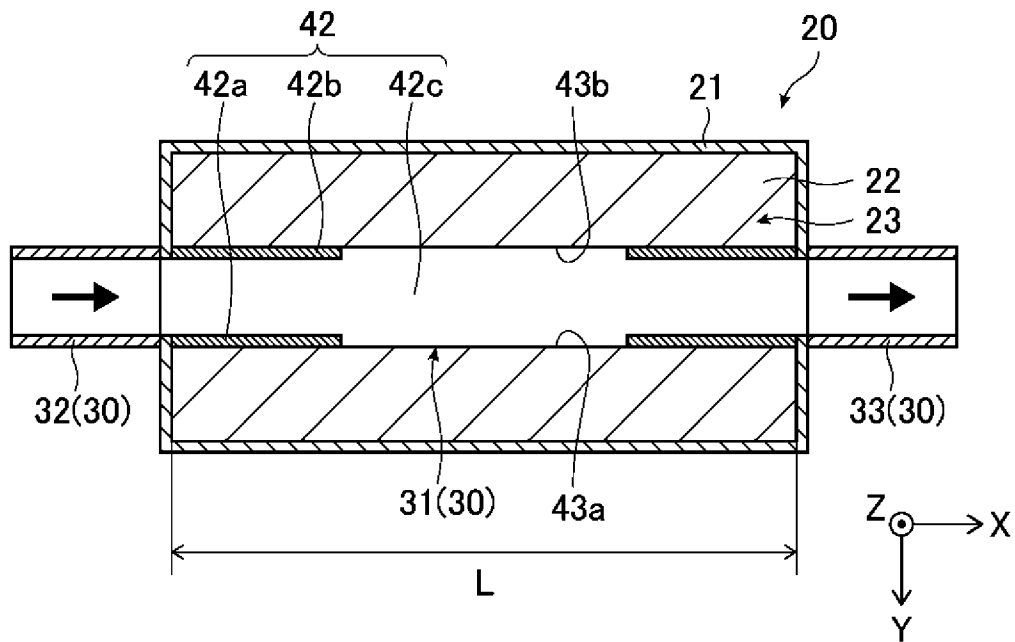
[図2]



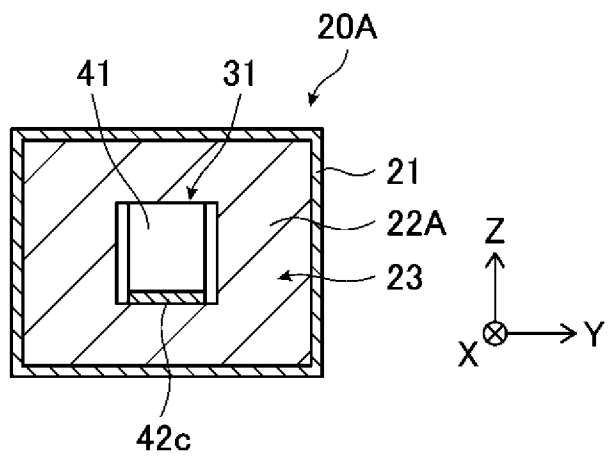
[図3]



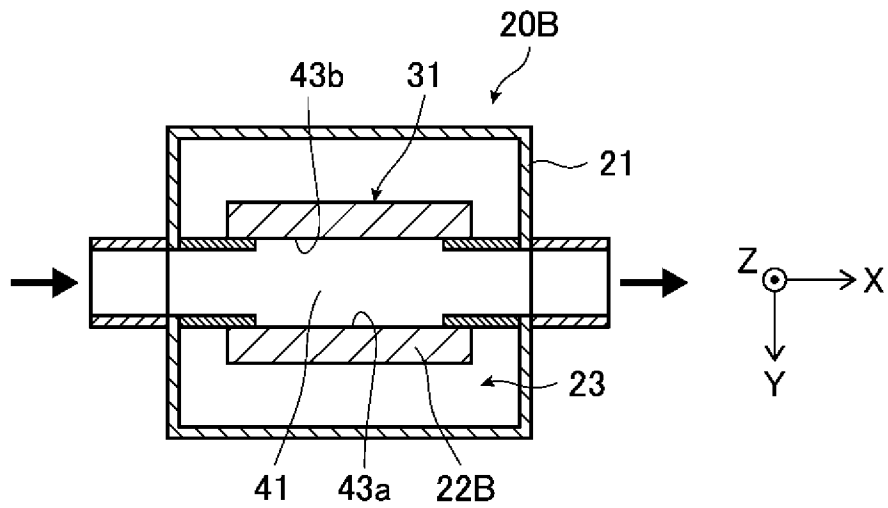
[図4]



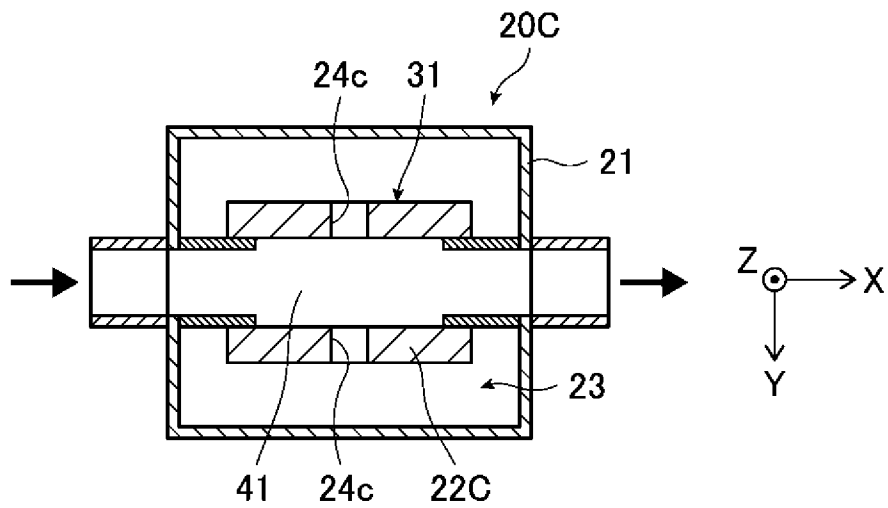
[図5]



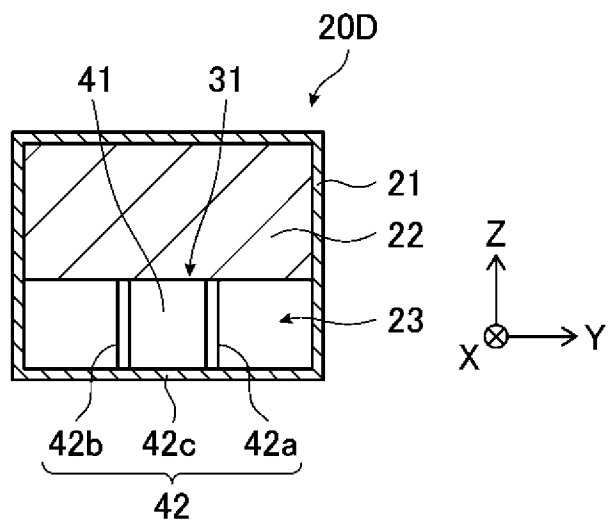
[図6]



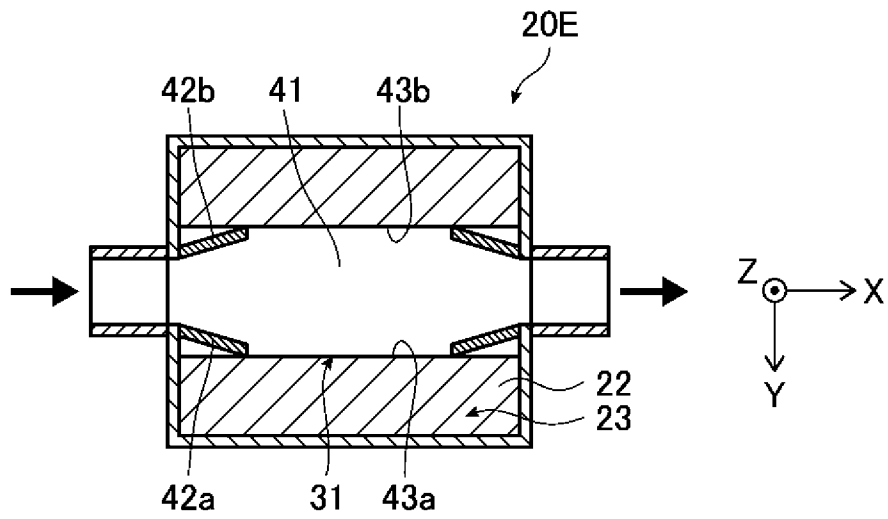
[図7]



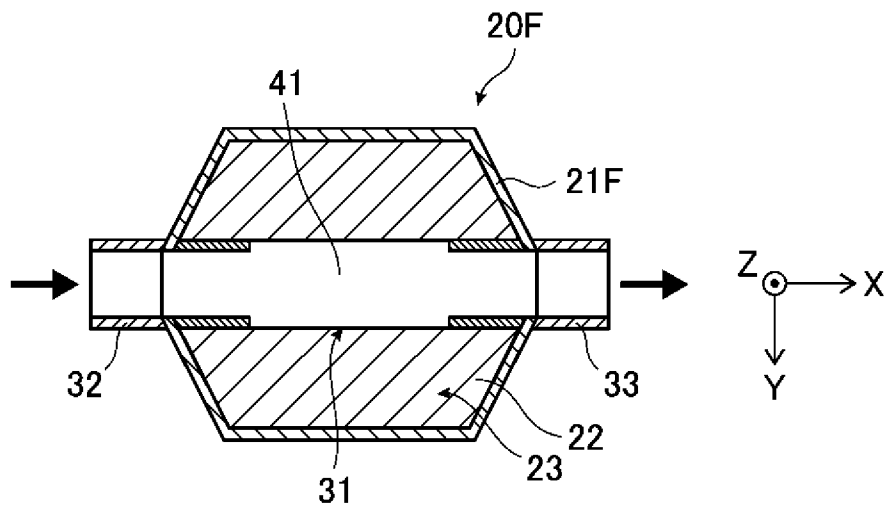
[図8]



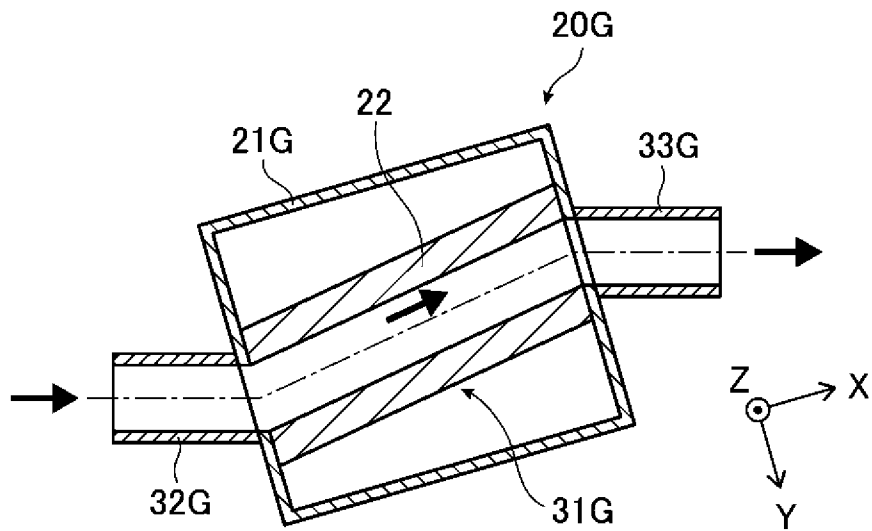
[図9]



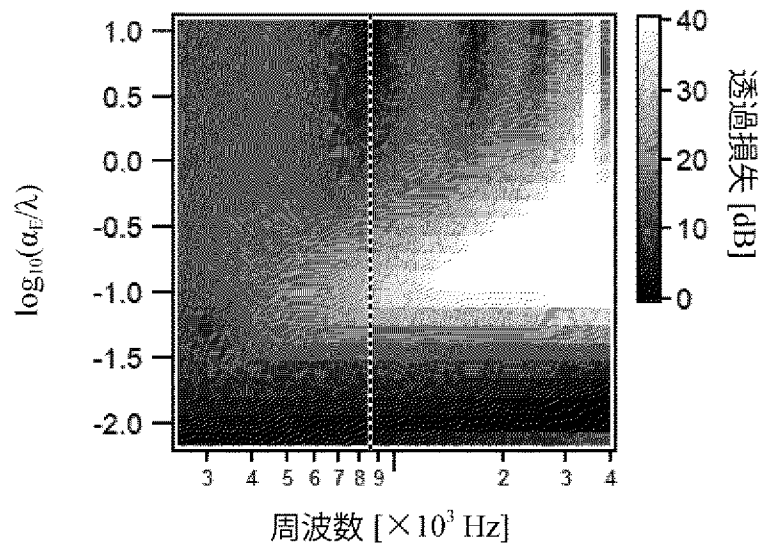
[図10]



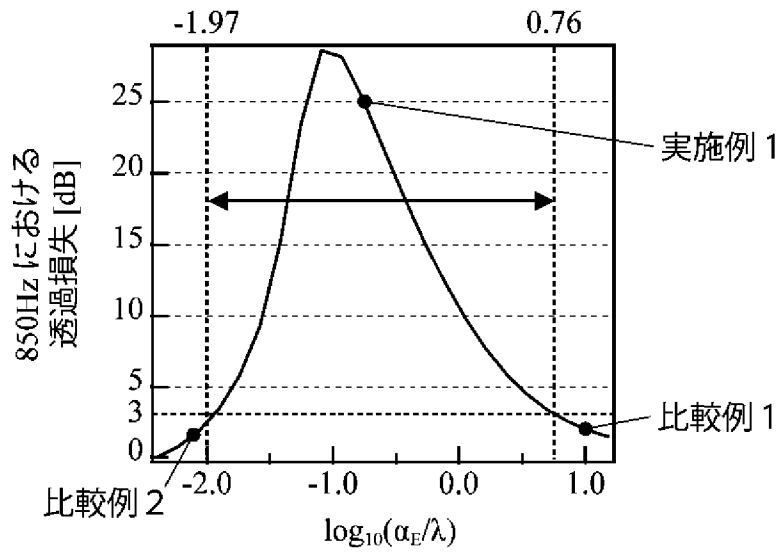
[図11]



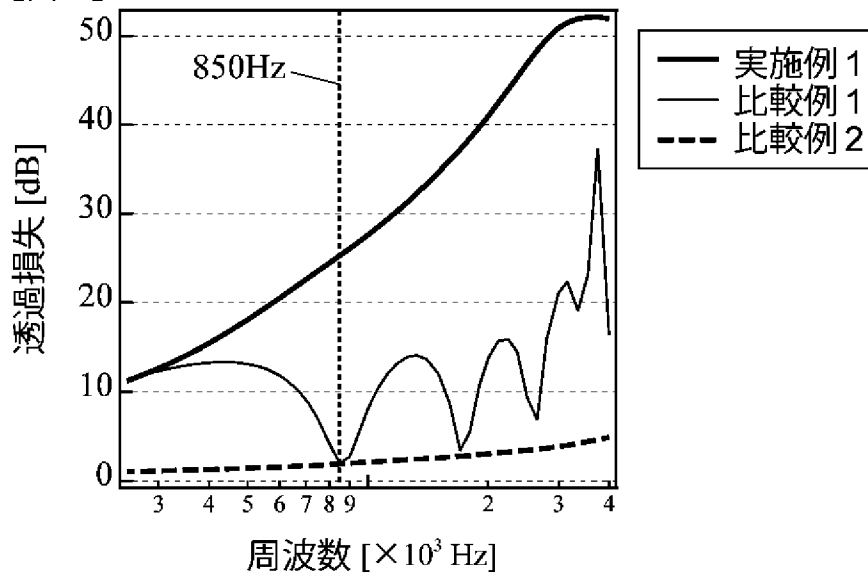
[図12]



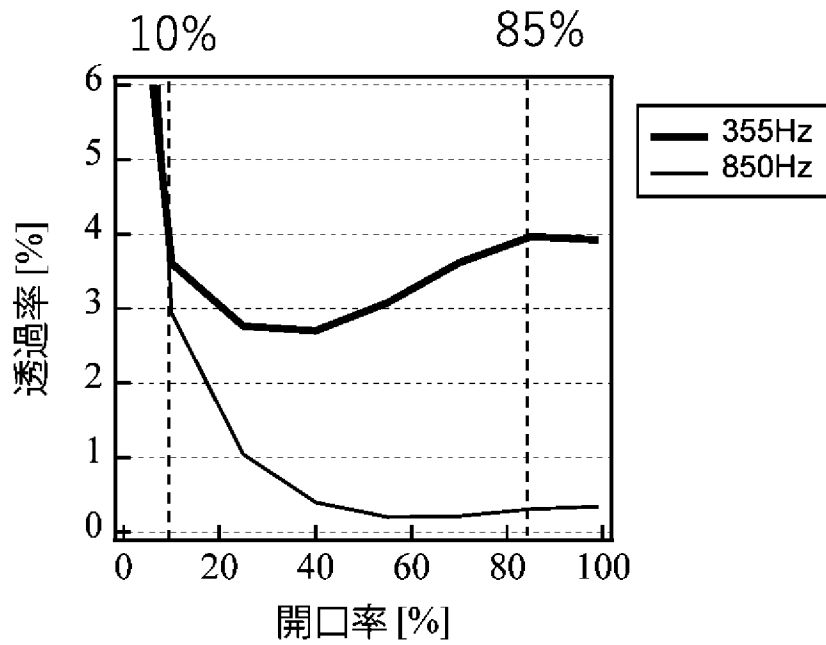
[図13]



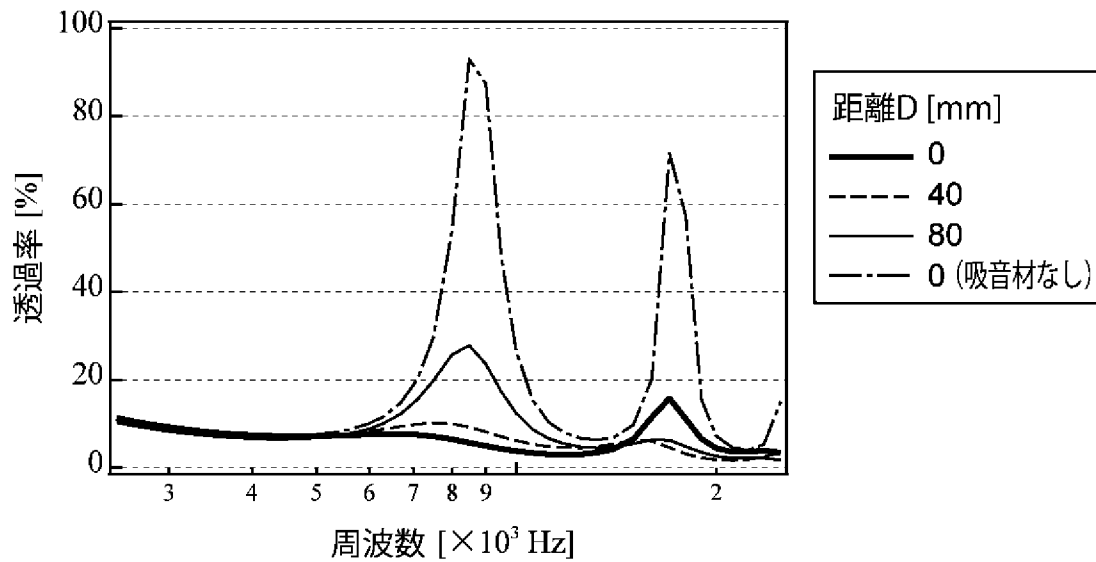
[図14]



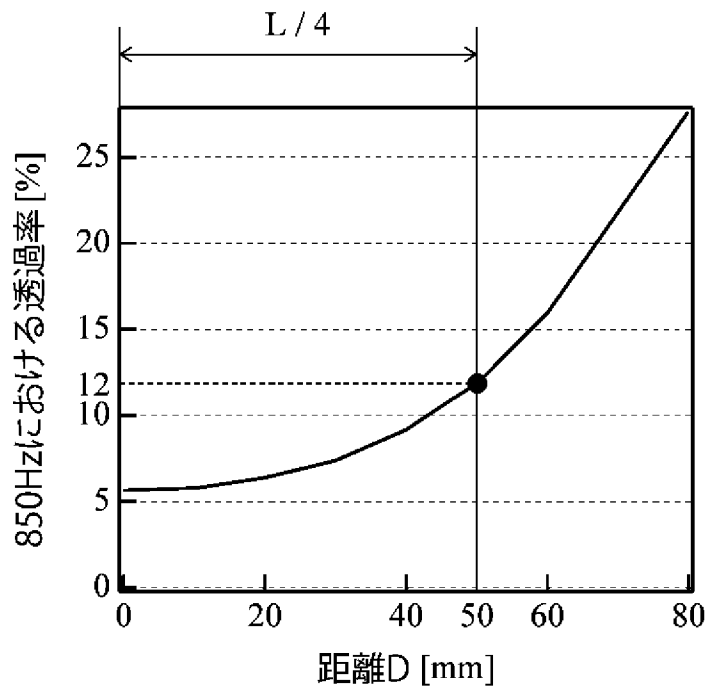
[図15]



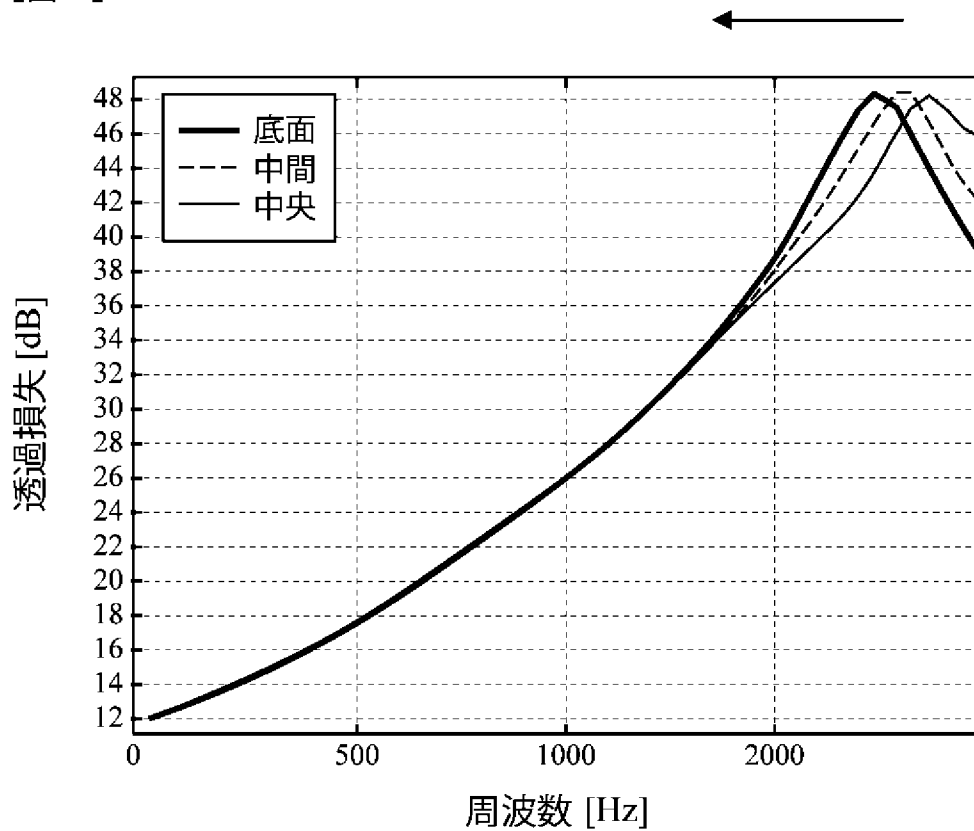
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/033932

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G10K 11/16**(2006.01)i; **F24F 13/02**(2006.01)i; **F24F 13/24**(2006.01)i; **G10K 11/172**(2006.01)i

FI: G10K11/16 100; F24F13/02 H; F24F13/24 245; F24F13/24 242; G10K11/172

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G10K11/16; F24F13/02; F24F13/24; G10K11/172

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2022/202975 A1 (FUJIFILM CORP.) 29 September 2022 (2022-09-29) paragraphs [0005]-[0069], fig. 1-4, 41	1-11
Y	JP 2020-24354 A (FUJIFILM CORP.) 13 February 2020 (2020-02-13) paragraphs [0024], [0064]	1-11
A	WO 2020/036029 A1 (FUJIFILM CORP.) 20 February 2020 (2020-02-20) entire text, all drawings	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 October 2023

Date of mailing of the international search report

14 November 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/033932

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022/202975	A1	29 September 2022	(Family: none)			
JP	2020-24354	A	13 February 2020	JP	6491788	B1	
WO	2020/036029	A1	20 February 2020	US	2021/0164690	A1	
				entire text, all drawings			
				EP	3839940	A1	
				CN	112534497	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G10K 11/16(2006.01)i; F24F 13/02(2006.01)i; F24F 13/24(2006.01)i; G10K 11/172(2006.01)i FI: G10K11/16 100; F24F13/02 H; F24F13/24 245; F24F13/24 242; G10K11/172										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G10K11/16; F24F13/02; F24F13/24; G10K11/172										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの										
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
Y	WO 2022/202975 A1（富士フイルム株式会社）29.09.2022（2022 - 09 - 29） 段落[0005]-[0069], 図1-4, 41	1-11								
Y	JP 2020-24354 A（富士フイルム株式会社）13.02.2020（2020 - 02 - 13） 段落[0024], [0064]	1-11								
A	WO 2020/036029 A1（富士フイルム株式会社）20.02.2020（2020 - 02 - 20） 全文, 全図	1-11								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 30.10.2023		国際調査報告の発送日 14.11.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 堀 洋介 5Z 3996 電話番号 03-3581-1101 内線 3591								

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/033932

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/202975	A1	29.09.2022	(ファミリーなし)			
JP	2020-24354	A	13.02.2020	JP	6491788	B1	
WO	2020/036029	A1	20.02.2020	US	2021/0164690	A1	
				全文, 全図			
				EP	3839940	A1	
				CN	112534497	A	