

明 細 書

消音器およびそれを備えた酸素濃縮装置

5 技術分野

本発明は、消音器に関し、特に呼吸器疾患患者等の使用者に酸素濃縮空気を供給する医療用酸素濃縮装置と、それを運転する際に特に問題となる騒音を低減するために用いる消音器に関する。

10 背景技術

近年、喘息、肺気腫症、慢性気管支炎等の呼吸器系器官の疾患に苦しむ患者が増加する傾向にあるが、その治療法として最も効果的なもののひとつに酸素吸入療法がある。かかる酸素吸入療法とは、酸素ガスあるいは酸素富化空気を患者に吸入させるものである。その酸素供給源として、酸素濃縮装置、液体酸素、酸素ガスボンベ等が知られているが、使用時の便利さや保守管理の容易さから、在宅酸素療法には酸素濃縮装置が主流で用いられている。

酸素濃縮装置は、空気中に存在する約21%の酸素を濃縮して供給する装置であり、それには酸素を選択的に透過する膜を用いた膜式酸素濃縮装置と、窒素または酸素を優先的に吸着しうる吸着材を用いた圧力変動吸着型酸素濃縮装置があるが、高濃度の酸素が得られるという点から圧力変動吸着型酸素濃縮装置が主流になっている。

圧力変動吸着型酸素濃縮装置は、酸素よりも窒素を選択的に吸着する吸着材として5A型や13X型、Li-X型などのモレキュラーシーブゼオライトを充填した吸着筒に、コンプレッサで圧縮された空気を供給することにより酸素を生成する。該吸着筒内で加圧条

件下で該吸着材に窒素を吸着させ、未吸着の酸素濃縮ガスを得る加圧・吸着工程と、該吸着筒内の圧力を大気圧またはそれ以下に減じて、吸着材に吸着された窒素をパージすることで吸着材の再生を行う減圧・脱着工程とを交互に繰り返し行うことで、高濃度酸素ガスを連続的に生成することができる。

このような酸素濃縮装置は、患者の比較的近くに設置され、基本的に、患者の飲食時、就寝時を問わず、終日連続的に使用するものである。そのため、酸素濃縮装置から発生する騒音は、直接的に患者又は患者の家族等の耳に入り、不快感を与える恐れがある。特に就寝時には、患者又は患者の家族への機器騒音が与える影響が大きく、酸素濃縮装置の騒音が患者等の睡眠を妨げることで、メンタルヘルスにも悪影響を及ぼすことが懸念される。

圧力変動吸着型酸素濃縮装置の騒音発生因子としては、吸着筒に加圧空気を供給する圧力変動用のコンプレッサから発生する固体音、同コンプレッサの吸気音及び排気音、コンプレッサ駆動用モータの作動音、吸着床をパージする際に生じるパージ気流音、酸素濃縮装置の機台内部を冷却するための冷却用ファンの作動音等がある。中でも、コンプレッサ自身が発生する固体放射音、コンプレッサの吸気音及び排気音等を含むコンプレッサに起因する騒音は、装置全体に占める騒音割合が大きい。

上述したように、酸素濃縮装置では、コンプレッサなどの騒音源の静穏化は必須の課題である。従来の酸素濃縮装置では、コンプレッサの吸気音、排気音、或いは各種パージ音等の気流音を低減させるために、空洞型或いは膨張型と呼ばれている消音器を使用している。また、酸素濃縮装置の小型軽量化を望む患者の要望も強い。両者の要求を実現する方法として、例えば、特開平10-24520

3号公報に記載の消音器では、その形状を直方体にすることでデッドスペースをなくし、かつ吸気フィルタの取り付け部材と一体化することによって省スペース化を図る方法が提案されている。

ところが、上記のような空洞型消音器では、配管と拡張室との空洞断面面積の比が大きいほど、排出される音の減衰率が大きくなり、拡張室の空洞部分の長さは低減させたい音の周波数に関連するという特徴を有する。よって、拡張室の空洞部分の物理的なサイズは、低減させたい音の周波数帯及び減衰率によって決定され、それが低騒音の酸素濃縮装置本体の小型軽量化を実現するための阻害要因の一つとなっていた。

このように、消音器の消音効果を高めつつ、それを搭載する装置の小型軽量化を行うために、例えば特開2003-235982号公報では、空洞型消音器と共鳴型消音器を組み合わせ、それぞれを装置筐体内のデッドスペースに設置することで、装置の小型形状を維持すると共に消音化性能も確保する技術を開示している。

また低周波数帯の騒音と高周波数帯の騒音を、それぞれ異なった原理で消音する消音器として、特開2005-6731号公報に記載のような技術が公開されている。本特許技術では、高周波数帯の騒音と、低周波数帯の騒音を消音するための消音器を2つ用意し、前者の消音化には、吸音材を使用した長い流路を構成し、さらにこの消音器を後者の低周波数帯の騒音を低減するための空洞型の消音器に内蔵することで、消音性能と小型軽量化を実現している。しかしながら、低周波数帯の騒音を消音するための空洞型消音器は、従来どおりの大きさが必要になり、根本的な技術的課題は残されたままである。

先行技術文献

特開平 1 0 - 2 4 5 2 0 3 号公報

特開 2 0 0 3 - 2 3 5 9 8 2 号公報

特開 2 0 0 5 - 6 7 3 1 号公報

5

発明の概要

発明が解決しようとする課題

最近の酸素濃縮装置に対して使用者からは、さらなる静音化が求められると共に、装置を持ち運びできるような小型・軽量化の要求が強く、そのためには消音器自体の小型化、消音性能の向上が必須の課題となっている。しかしながら空洞型消音器の形状は、下記式 1 に示すように、一般的には透過損失とよばれる理論式によって設計されるため、消音したい騒音の周波数帯と音圧レベルによって、その形状が決定される。酸素濃縮装置において消音が必要な騒音の周波数帯は低周波数帯にあることが多く、結果として大きな空洞形状が必要になっているのが現状である。さらに、式 1 によって導かれる予想音圧レベルと、式 1 によって実際に設計された消音器で消音された音圧レベルを比較すると、予測よりも低周波数帯の騒音低減が不十分という結果が得られることも多く、場合によってはさらに空洞部分の形状を大きくする必要がある場合がある。

$$TL = 10 \log_{10} \frac{1}{4} \left[\left(1 + \frac{m}{m'} \right)^2 \cos^2 kl + \left(m + \frac{1}{m'} \right)^2 \sin^2 kl \right] + 10 \log_{10} \frac{m'}{m} \quad (\text{式 1})$$

$$m = \frac{S_2}{S_1}, \quad m' = \frac{S_2}{S_3}, \quad k = 2\pi f/c$$

S_1 = 吸気ポート断面積、 S_2 = 空洞部断面積、 S_3 = 排気ポート断面積

TL = 透過騒音レベル

本発明は、騒音の周波数帯を分離して複数個の消音器を用いるのではなく、また、大きな形状の空洞型消音器を使用したりすることなく、消音性能を維持したまま、小型化を達成する消音器を提供するものである。

5

課題を解決するための手段

本発明者は、かかる問題の解決策として以下の消音器を見出した。すなわち本発明は、気体を供給または排気する配管の途中に設置され、該配管より空間断面積が大きい拡張室を有する空洞型消音器であって、騒音源と該空洞型消音器を繋ぐ配管Aの反対側に、該空洞型消音器から延伸された配管Bを備え、該配管Bの側面に、気体を流入または流出するためのポートを、少なくとも2つ以上有する、空洞型消音器を提供するものである。

また本発明は、該配管Bの端面が閉塞されていることを特徴とする該空洞型消音器を提供するものである。

また本発明は、該配管Bの側面に配管の長さ方向に設けられた複数の該ポートが、それぞれ異なる穴径のポートであることを特徴とし、更に該配管Bの側面に配管の長さ方向に設けられた複数の該ポートが、該拡張室に近い方から順に大きい穴径のポートであることを特徴とする、該空洞型消音器を提供するものである。

更に本発明は、該拡張室から伸びる配管Bが、途中でU字状に曲げられた配管であることを特徴とする、該空洞型消音器を提供するものである。

また本発明は、空気を圧縮し供給する空気圧縮手段の吸気配管に設置される吸気消音器である該空洞型消音器を提供するものである。

更に本発明は、大気中の塵埃を集塵するためのフィルタおよびそ

れを収納したケースを備えた吸気フィルタを備え、該配管Bが吸気
フィルタのケース部分と一体成型された部材であることを特徴とす
る、該空洞型消音器であり、酸素よりも窒素を優先的に吸着する吸
着材を充填した吸着筒と、該吸着筒に圧縮空気を供給する空気圧縮
5 手段を有し、大気中の空気を分離して高濃度の酸素を提供する酸素
濃縮装置において、該空気圧縮手段の吸気ポートに該空洞型消音器
を有する酸素濃縮装置を提供するものである。

更に本発明は、該酸素濃縮装置において、該高濃度の酸素を加湿
する加湿器を備え、かかる加湿器が中空糸状水分透過膜を使用した
10 加湿器であり、該加湿器と該フィルタケースが一体化されるととも
に、該加湿器の中空糸内側に該高濃度の酸素を通し、該加湿器の中
空糸外側に大気から空気を供給し、該高濃度の酸素を加湿した後、
該フィルタを通過させ、該酸素濃縮装置の原料空気とすることを特
徴とする酸素濃縮装置を提供するものである。

15

発明の効果

本発明により、消音性能を維持し、かつ小型軽量化が可能な消音
器およびその消音器を使用した酸素濃縮装置を提供する事ができる。

20 図面の簡単な説明

図1から図3は、本発明の実施態様例である空洞型消音器であり、
図1は空洞部を構成する拡張室が直方体である消音器の外観図を、
図2は、拡張室が円筒である消音器の外観図を示す。図3は、直方
体の拡張室からのびるテールパイプである配管BがU字状である消
25 音器の外観図を示す。図4は、本発明の別の実施態様例である空洞
型消音器とフィルタケースを一体化した消音器の構造図を、図5は、

本発明の別の実施態様例である空洞型消音器とフィルタユニット、加湿器を一体化した消音器の構造図を示す。

図 6 は、本発明の配管 B の長さを延長した消音器による、低周波数帯の消音効果を、図 7 は、本発明の配管 B を有し、その側面に吸
5 気口を設けた消音器による高周波数帯の消音効果を、図 8 は、本発明の消音器とフィルタユニットを一体化した消音器による消音効果を示す。

図 9 は、本発明の消音器を使用した酸素濃縮装置の構成図を示す。

10 発明を実施するための形態

本発明の消音器の実施態様例を、図面を用いて説明する。なお、本発明は、図面の実施例に限定されるものではない。また、図面では消音器を搭載した圧力変動吸着型酸素濃縮装置を例示するが、酸素濃縮方式を特定するものではなく、酸素濃縮装置であれば、特に
15 限定されない。

図 1 から図 3 に、本発明の実施態様例の消音器を示す。これらの図では消音器内に流れる気流の向きを記載していないので、吸気消音器としても排気消音器としても使用することが可能であり、これ以降は、配管 A 122, 222, 322 をコンプレッサの吸気側に接続し、吸
20 気消音器として用いる場合について述べる。図 2 には空洞部を構成する拡張室 221 の部分が円筒形である空洞型消音器を示すが、酸素濃縮装置の筐体内のデッドスペースを少なくするためには、図 1 に記載のような矩形断面をもった拡張室 121 にすることが好ましい。消音器の拡張室の断面形状は、騒音を削減する上での性能には殆ど
25 影響しないため、製造コストや製造の簡便さ等からその形状を選択することができる。

従来の消音器においては、先に式 1 で示した理論式によって設計されるのが一般的である。しかし、式 1 は音の反射率を考慮していない理論式であるため、式 1 で設計した消音器では、実際には低周波領域の騒音が十分に減衰しない場合があり、拡張室の空洞部の長さ
5 さや断面積を大きくすることで対応していた。

これに代わる方法として、一般的にはテールパイプと呼ばれる配管 B 123 を設ける構造にすることで、理論値に近い性能が得られることが知られている。配管 B 123 による消音効果を得るためには、配管 B の十分な長さが必要になるが、十分な消音効果を得る長さ
10 すると装置内のデッドスペースが大きくなる。従って、実際に消音器として採用する場合は、テールパイプの長さは短くせざるをえず、多くの装置では、装置内のデッドスペースを無くすために、所定の長さのテールパイプを有する本構造を採用するよりは、拡張室の空洞部を大きくする手法が取られていた。

15 本発明では、鋭意検討した結果、図 3 に示すように、テールパイプである配管 B 323 を U 字管にし、拡張室 321 から突き出す部分を極力小さくすることで、デッドスペースが大きくなることを回避し、かつ配管 B 323 の長さを十分に取れるような構造にしている。この構造にすることで、配管 B 323 の長さは拡張室 321 の空洞部の長さ
20 とほぼ同等に延長することができる。また配管 B 323 の U 字管以降の直線状部分は拡張室 321 に密着するように設置することでデッドスペースを小さくすることが出来る。

更に図 4 に示すように、酸素濃縮装置の構成部品である吸気フィルタのフィルタケース 430a およびフィルタケース底部 430b と配管
25 B 423 とを一体化することで、U 字管部分以外のデッドスペースを無くすことが可能になる。

本発明では、図 1 に示すように消音器の吸気口 124 を配管 B 123 の側面に設けている。一般に配管 B 123 を直線状に伸ばす場合には、吸気口は配管 B の端面 125 に設ける場合が多いが、吸気音の発生部位となる。特に図 4 に示すように、射出成形によって消音器を 2 分割した構成部材とし、後に両部材を超音波溶着や熱板溶着によって接合する構造の消音器においては、配管 B 423 の端面から新たな気流音が発生することがある。この騒音の周波数は高周波数帯であることから、消音器を取り囲む構造体によって減衰させ、静音化することは可能であるが、なるべく発生させないのが好ましい。

10 そのため本発明では、図 1 に示すように、配管 B の端面 125 を閉止すると共に、吸気口 124 を配管 B 123 の側面に少なくとも 2 つ以上設けている。これは吸気口の数 1 つでは、吸気口部位で新たに発生する気流音が大きくなるためであり、2 つ以上の複数の吸気口 124 を設けることで、吸気口の各々から発生する気流音は小さくなり、全体の騒音を小さくすることが可能になる。またこの吸気口 124 は、拡張室 121 の空洞部に近いほうを小さくし、配管 B 123 の端面側を大きくすることで、より気流音の発生を抑制することができると共に、かかる部分で生じる圧力損失の低減にも効果がある。

本発明の別の実施態様例である図 4 に示す空洞型消音器は、空洞型消音器とフィルタケースが一体化されたものであり、2 分割した樹脂成型部材 (a)、(b) を接着したものである。図 4 は空洞型消音器の拡張室 421 と吸気管である配管 B 423 の部分で分割した成形品の外観図であり、両者を超音波溶着により接着することで製造される。前述したように、複数の吸気口 424 はフィルタケース 430a 部分に内蔵される構造になっている。これによって前述したデッドスペースの有効活用のほかに、吸気口 424 で発生する気流音をフィルタケー

ス部分に装着されるフィルタによって遮音する効果も得ることが可能になり、さらなる低騒音化が可能になっている。

図 9 は、本発明の一実施形態である圧力変動吸着型酸素濃縮装置を例示した概略装置構成図である。この図 9 において、1 は酸素濃縮装置、3 は加湿された酸素富化空気を吸入する使用者（患者）を示す。圧力変動吸着型酸素濃縮装置 1 は、外部空気取り込みフィルタ 30、吸気消音器 20、コンプレッサ 103、流路切換弁 104, 106、吸着筒 105、逆止弁 107、製品タンク 108、調圧弁 109、流量設定手段 110、パーティクルフィルタ 111 を備える。これにより外部から取り込んだ原料空気から酸素ガスを濃縮した酸素富化空気を製造することができる。また、酸素濃縮装置の筐体内には、生成された酸素富化空気を加湿するための加湿器 40、前記流量設定手段 110 の設定値と、酸素濃度センサ 301、流量センサ 302 の測定値を用いて、コンプレッサ 103 や流路切換弁 104, 106 を制御する制御手段 401、コンプレッサの騒音を防音するためのコンプレッサボックス 501、コンプレッサを冷却するための冷却ファン 502 が内蔵されている。

本発明の消音器の別の実施態様例は、図 5 に示すように、吸気消音器 520 と外部空気取り込みフィルタ 530 との一体化だけでなく、水分透過性中空糸膜を使用した加湿器 540 とも一体化したものである。かかる加湿器は、大気中の水分を、水蒸気分圧差を利用して製品ガスに透過させるもので、ポリイミドなどの水分透過性中空糸膜束を使用し、中空糸の 1 次側（内側）に製品ガスである酸素を流し、中空糸の 2 次側（外側）に加湿用の空気を流すことで、相対湿度がほぼゼロである酸素ガスを適度に加湿するものである。また加湿器を通過した 2 次側の原料空気は、製品ガスに付与した水分量だけ乾いた空気であるため、湿度に弱い圧力変動型吸着装置の吸着材の寿

命延長を図ることが可能になる。従来の水分透過性中空糸を使用した加湿器では、効率的に 1 次側の製品ガスを加湿するために、2 次側の空気を軸流ファンや遠心ファン等によって強制的に流していたが、本発明のように 2 次側の流れを原料空気の流れで代用しているため、ファンの搭載が不要になり、小型軽量化、低コスト化だけでなく、ファンの騒音も無くすることが可能になる。また、フィルタの上流側に加湿器を一体化することで、空洞型消音器、フィルタを通過してきた騒音を、さらに加湿器の筐体部位で減衰させることが可能になる。

10

実施例

本発明の空洞型消音器によるコンプレッサの騒音低減効果を以下に示す。無響音室において、本発明の空洞型消音器をコンプレッサの原料空気供給側に接続し、吸気側から漏れ出てくる騒音に関してその低減効果を確認した。

15

図 6 は本発明の特徴の一つである配管 B による騒音低減効果を示したものである。図 1 に示す空洞型消音器の配管 B 123 の側面に穴径 $\phi 6\text{mm}$ の吸気口 124 を 2 つ設けたものを使用している。配管 B 123 を順に長くすることで、800Hz 以下の低周波数帯において騒音低減効果が認められる好例である。このように配管 B を延長していくだけで、空洞長を長くしたり、空洞断面積を大きくしたりすることなく、低周波数帯の騒音低減効果が得られる。しかし 1000Hz 以上の高周波数帯での消音効果は少なく、場合によっては消音器を装着する前の騒音より大きな気流音が発生してしまうことがある。

20

図 7 は、配管 B 123 の側面に穴径 6mm の吸気口 124 を 2 個設け、端面 125 を閉止した図 1 記載の空洞型消音器の消音効果 (図中□印)

25

と、吸気口を 4 個設けた消音器による消音効果（図中△印）と、配管 B の端面に吸気口を 1 個を設けた消音器（以下、従来の消音器という。）の消音効果（図中黒丸印）を比較したものである。すべての配管 B の長さは同じで、図 6 に示した、最も消音効果の高かった
5 長さのものを使用している。本発明の、配管 B の側面に吸気口を 2 個以上設けた消音器は、従来の消音器のように、1000Hz 以上の高周波数帯に新たな気流音を発生させることなく、部分的には消音効果が得られていることが分かる。

さらに図 8 は、本発明の図 4 に示す消音器の消音効果を示したものである。本発明の消音器とフィルタユニットを一体化することにより空洞型消音器の消音効果に加え、フィルタによる吸音効果を付与することができ、消音器で減衰できなかった騒音あるいは新たに発生した気流音といった高周波数帯の騒音において著しい消音効果が得られることが明らかである。

15

産業上の利用可能性

本願発明の酸素濃縮装置は医療用酸素濃縮装置として、喘息、肺気腫症、慢性気管支炎等の呼吸器系器官疾患に苦しむ患者に対する酸素吸入療法のための酸素供給源に使用される。また本願発明が特
20 徴とする消音器を採用することにより、静音化を維持したまま軽量小型化した酸素濃縮装置として利用が可能である。

請求の範囲

1. 気体を供給または排気する配管の途中に設置され、該配管より空間断面積が大きい拡張室を有する空洞型消音器であって、
騒音源と該空洞型消音器を繋ぐ配管 A の反対側に、該空洞型消音器から延伸された配管 B を備え、該配管 B の側面に、気体を流入または流出するためのポートを、少なくとも 2 つ以上有する、空洞型消音器。
2. 該配管 B の端面が閉塞されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の空洞型消音器。
3. 該配管 B の側面に配管の長さ方向に設けられた複数の該ポートが、それぞれ異なる穴径のポートであることを特徴とする、請求項 1 および請求項 2 に記載の空洞型消音器。
4. 該配管 B の側面に配管の長さ方向に設けられた複数の該ポートが、該拡張室に近い方から順に大きい穴径のポートであることを特徴とする、請求項 1 から請求項 3 に記載の空洞型消音器。
5. 該拡張室から伸びる配管 B が、途中で U 字状に曲げられた配管であることを特徴とする、請求項 1 から請求項 4 に記載の空洞型消音器。
6. 空気を圧縮し供給する空気圧縮手段の吸気配管に設置され

る吸気消音器である請求項 1 から請求項 5 に記載の空洞型消音器。

7. 大気中の塵埃を集塵するためのフィルタおよびそれを収納
5 したケースを備えた吸気フィルタを備え、該配管 B が吸気フィルタのケース部分と一体成型された部材であることを特徴とする、請求項 6 に記載の空洞型消音器。

8. 酸素よりも窒素を優先的に吸着する吸着材を充填した吸着
10 筒と、該吸着筒に圧縮空気を供給する空気圧縮手段を有し、大気中の空気を分離して高濃度の酸素を提供する酸素濃縮装置において、該空気圧縮手段の吸気ポートに、請求項 6 または請求項 7 に記載の空洞型消音器を有することを特徴とする、酸素濃縮装置。

15

9. 前記酸素濃縮装置において、該高濃度の酸素を加湿する加湿
器を備え、かかる加湿器が中空糸状水分透過膜を使用した加湿
器であり、該加湿器と該フィルタケースが一体化されるととも
に、該加湿器の中空糸内側に該高濃度の酸素を通し、該加湿器
20 の中空糸外側に大気から空気を供給し、該高濃度の酸素を加湿し、加湿を終えた空気を該フィルタを通過させ、該酸素濃縮装置の原料空気とすることを特徴とする、請求項 8 に記載の酸素濃縮装置。

25