



酸素濃縮器用電磁弁の小形化技術

Miniaturization of Solenoid Valve for Use in Oxygen Concentrators

末松 修 Osamu Suematsu

岸 亮 Akira Kishi

超高齢社会を迎えた日本は、医療機関や介護保険施設等の受入れにも限界が生じることが予測される中で、在宅医療は慢性期および、回復期患者の受け皿として、医療提供体制の基盤の一つとして期待されている*1。

当社では、在宅医療を受ける患者のQOL (Quality of Life) 向上に貢献するため、自社の流体制御技術を活用し、在宅酸素療法に使われる酸素濃縮器用電磁弁を開発した。本製品は、主に携帯用酸素濃縮器向けとして、「患者さんが気軽に外出できるための手助け」をコンセプトに電磁弁の小形化を実現した。

本稿では、この小形化技術を紹介する。

Japan has become a super aged society, and the number of people that medical institutions and long-term care insurance facilities can admit is predicted to reach a limit. Under these circumstances, home medical care is expected to be an alternative choice for patients in the chronic and recovery phases and to be one of the foundations for the medical care system¹⁾.

In order to contribute to the improvement of the quality of life (QOL) of patients receiving home medical care, we at CKD have developed a solenoid valve for oxygen concentrators used in home oxygen therapy by utilizing our fluid control technology. Based on the concept of “helping patients leave their home freely”, we accomplished to develop a solenoid valve that is small enough for use even in portable oxygen concentrators. This paper describes the technology used in the miniaturization of the solenoid valve.

1 はじめに

在宅酸素療法(HOT: Home Oxygen Therapy)用の携帯用酸素濃縮器(POC: Portable Oxygen Concentrators)は、患者が気軽に外出を楽しめることを目的に、装置の小形・軽量化を目指している。社団法人 日本呼吸器学会の調査によると、HOTを受ける患者の約2割が外出しないと答えしており、その理由の半数以上に「携帯用酸素ポンペの問題」が挙げられている。外出しない患者の多くは、携帯用酸素ポンペを使用しているが、「重い、人目が気になる、交換用ポンペを持っていく手段がない」など、改善すべき点として、「重さ・サイズ・携帯性」を挙げている*2。また、米国では酸素ポンペを危険物とみなし、米国発着路線全ての飛行機への持ち込みを法律で禁じている。

このような酸素ポンペの課題を解決するため、POCの改良が進められている。POCを小形・軽量化するために、POCに搭載される機器にも同じことが求められる。

当社では自社の流体制御技術を活用し、POC向けに小形・軽量化を目指した電磁弁の開発に取り組んだ。

2 従来製品での課題

小形・軽量化の他に、電磁弁に求められる機能として、高濃度の酸素を供給するために、圧縮空気を最適流量流すことも必要である。

当社製品の中からPOC用途として、小形・軽量化に特化した3QRシリーズ(直動式電磁弁)または、大流量を特長とするEXAシリーズ(パイロット式電磁弁)が選定対象となる。3QRシリーズは、製品幅10mm、重量19gと小形・軽量化のニーズにはマッチするが、最大流量がPOC用途としては不足する。一方、EXAシリーズは、最大流量は確保できるが、製品サイズがニーズにマッチしない。このように、電磁弁は「小形であること」と「流量を流せること」は相反するものであり、両立させることが難しい。

3 薄型パイロット電磁弁SPシリーズの開発

小形化と大流量化の両立を実現したSPシリーズを開発した。

最大流量の課題を解決するため、EXAシリーズと同じダイヤフラム弁構造を採用し、ダイヤフラムを縦置きとする構造により、3QRシリーズと同じ製品幅

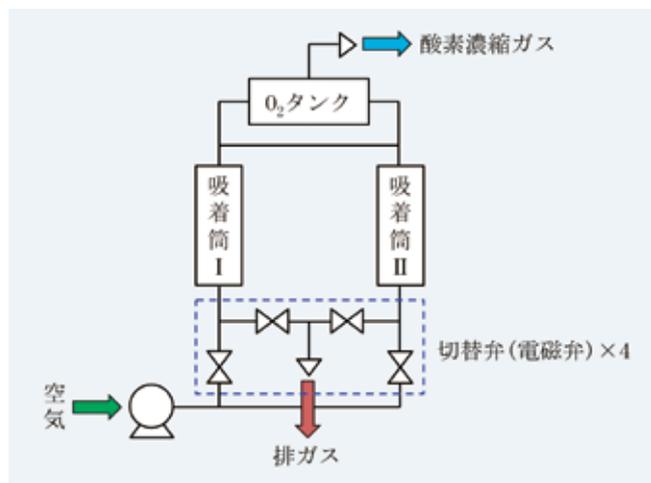


Fig. 1 酸素濃縮器回路例



Fig. 2 3QRシリーズ

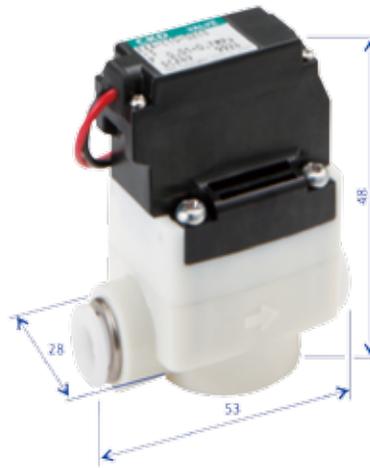


Fig. 3 EXAシリーズ



Fig. 4 SPシリーズ

10mmの小形化(薄型化)を実現した。

ダイヤフラム弁は、オリフィス径を大きく確保できる構造により、最大流量を上げることができる。しかしその反面、ダイヤフラムの外径分、製品サイズが大きくなってしまふ。従来、ダイヤフラム弁はEXAシリーズのように大概横置きとする構造であったが、この定説を覆す発想により小形化を可能とした。

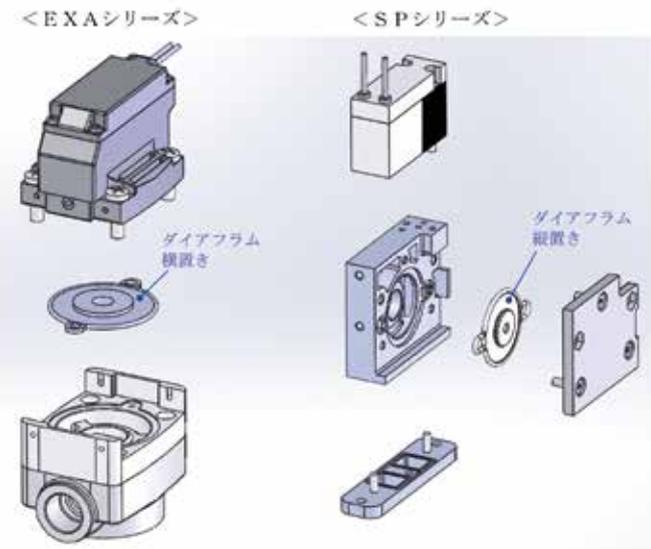


Fig. 5 EXA, SPシリーズ分解図

また、本製品は業界初の旋回流路構造を採用し、薄型・扁平流路であっても更なる大流量化を可能としている。

製品幅を10mmとしたことで、ダイヤフラムストロークを多く取れず、IN・OUTポートの流路断面積も小さくなってしまふ。大流量化実現のためには、ロスの無い効率の良い流路構造が必要となる。そこで、サイクロンの原理を基に旋回流路構造を採用した。Fig.6の流体解析結果が示すように、流体が流路内で旋回流を形成し、従来品(EXAシリーズ)に比べ効率良く流れていることが分かる。また、実測データにおいても、製品幅10mmで従来比3倍の流量を流せることが確認できた。

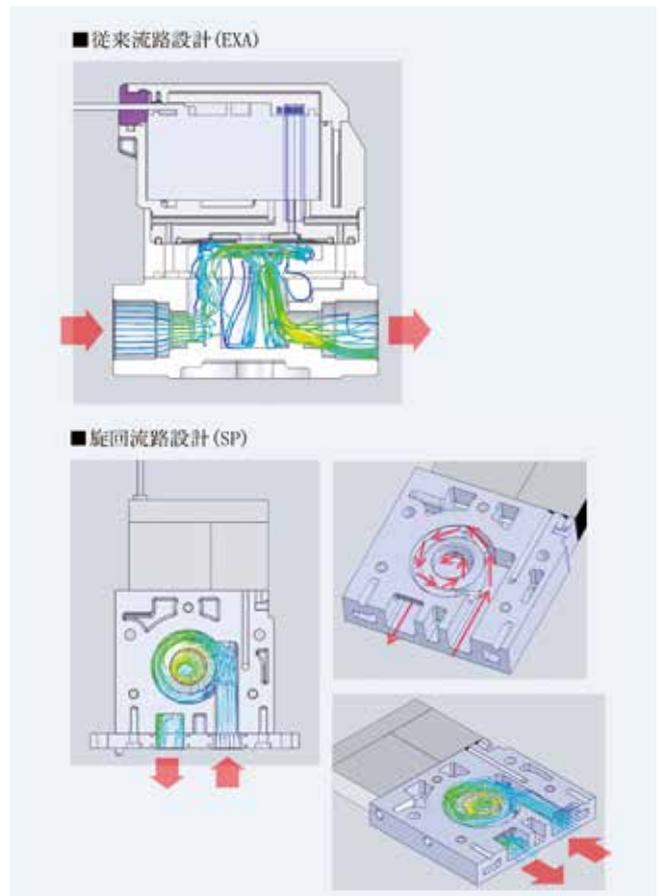


Fig. 6 流体解析結果

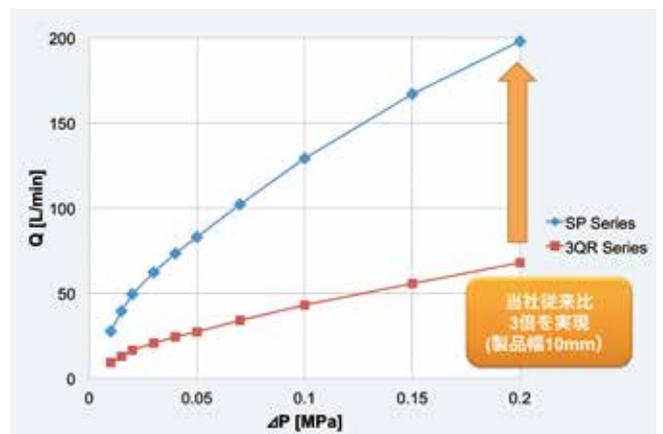


Fig. 7 流量測定結果

4 バリエーション・シリーズ展開

SPシリーズは、IN・OUTポートが同一面にあることから、装置スペースに合わせた様々なマニホールド対応が可能である。酸素濃縮器は、電磁弁を吸気側と排気側で各2ヶ(計4ヶ)使う構造であり、Fig. 8のようにノーマルタイプや薄型タイプのマニホールド化ができ、装置の省スペース化に貢献できる。

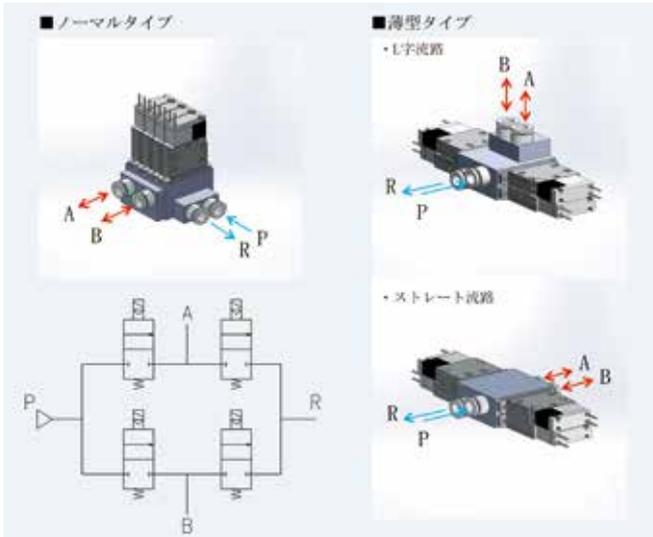


Fig. 8 SPシリーズ・マニホールド例

更に、IN・OUTポートの流路断面積を増やすことで、更なる大流量化が可能である。製品幅を3mm広げるだけで、流量が1.8倍($\Delta P=0.2\text{MPa}$ 時)になることが確認でき、これは多くのHOT患者が使用する据置用酸素濃縮器にも展開できる。

5 おわりに

国内でのPOC普及率はかなり低い現状だが、装置の小形・軽量化により、患者さんにとっての使い勝手が向上できれば、今後需要は高まっていくと考えられる。

当社としては新しい要求に対し、今後も従来技術の応用と、更に新しい技術も取り入れ、付加価値の高い魅力ある製品を開発し、社会に貢献していきたいと考える。

- ※1 厚生労働省:在宅医療の体制構築に係る指針(平成24年)
- ※2 一般社団法人 日本呼吸器学会:在宅呼吸ケア白書(平成25年)
- ※3 出願番号:特願2014-159780

執筆者プロフィール



末松 修 Osamu Suematsu
コンポーネント本部
制御システムBU 技術部
Engineering Department
Fluid Control System Business Unit
Components Business Division



岸 亮 Akira Kishi
コンポーネント本部
制御システムBU 技術部
Engineering Department
Fluid Control System Business Unit
Components Business Division