高信頼性エアブースタの長寿命化技術

Technology for Extending the Service Life of High-Reliability Air Boosters

吉田　正成　Masashige Yoshida

2050年カーボンニュートラル達成を目指し、省エネへの取り組みが世界的に加速している。製造工場に目を向けると、例えばコンプレッサの電力が使用電力に占める割合は非常に大きく、コンプレッサの吐出圧力を0.1MPa下げれば、使用電力を5%～10%削減することができると言われ、多くの工場での省エネ改善項目となっている[*1)]。低圧化に際し、エア機器の能力が不足する場合、局所増圧機を接続することで圧力を補う場合があり、電源不要で駆動するエアブースタが採用されることが多い。しかし従来のエアブースタの場合、その特性上、メンテナンスや異常停止のケアなど工数が発生する場合があり、小形で信頼性の高いエアブースタが求められていた。本稿ではこのような要求に応えるために開発した小形エアブースタABP2のコア技術を紹介する。

Aiming to achieve carbon neutrality by 2050, efforts to save energy are accelerating worldwide. For example, if we look at manufacturing plants, compressor power accounts for a very large proportion of the power used, and since it is said that lowering the compressor discharge pressure by 0.1 MPa can reduce power consumption by 5% to 10%, many plants have made this an energy saving improvement item (ECCJ, Energy Conservation Guidebook for Factories). In lowering the pressure, if the capacity of the air equipment is insufficient, a local pressure booster may be connected to supplement the pressure, and air boosters that do not require a power source are often employed. However, conventional air boosters, due to their characteristics, sometimes require man-hours for maintenance and taking care of abnormal stoppages, so there was a need for a compact and highly reliable air booster. This paper introduces the core technology of ABP2, a compact air booster developed to meet this need.

1　はじめに

本稿におけるエアブースタとは電源不要で圧縮空気を駆動源にして、INポートからの一次圧力(以下、IN側とする)を最大2倍に増圧し、OUTポート側(以下、OUT側とする)へ出力することができるエア機器を指す。Fig.1のようにコンプレッサとエア機器の間に圧力によるエア機器の能力不足を補う目的で設置する。

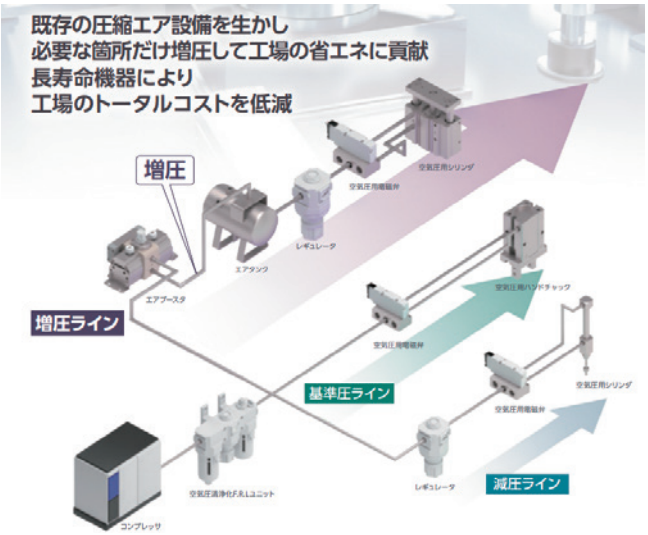

Fig. 1　エアブースタ導入例

本製品の作動原理を簡単に述べる。Fig.2のIN側から流入したエアは、本体内部のIN側チェック弁を通り昇圧室A、Bに流入する。同時にレギュレータ部、切換バルブ部を通って駆動室Aにも流入する。ピストンロッドを介してつながった二つのシリンダピストン(以下、ピストンとする)において、昇圧室A、Bのピストンを押す力は釣り合うが、駆動室Aがピストンを押す力で左に動く。この時昇圧室Aは圧縮されて圧力が高くなりOUT側へ供給される。ピストンがエンド端まで移動すると切換スイッチが押され、流路が切り換わり、IN側のエアが駆動室Bに供給されることで、ピストンが反対方向へ移動し昇圧室Bが圧縮される。以上の動作を昇圧室とOUT側の圧力が釣り合うまで繰り返し行うことで、増圧エアを得ることができる。

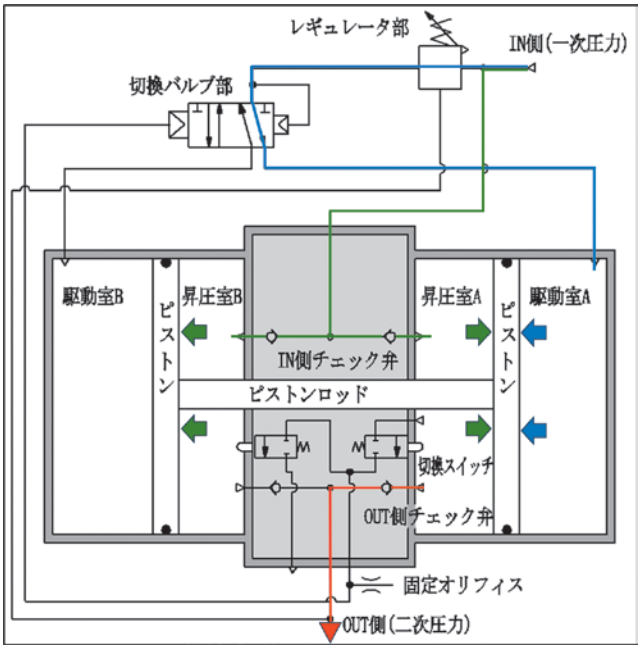

Fig. 2　エアブースタの内部エア回路図

2 コア技術

2−1　長寿命化

エアブースタは主にシリンダ部と切換バルブ部、レギュレータ部の3つのユニットで構成されている。

シリンダ部においてはパッキンの材質を従来のニトリルゴムNBRから、特殊配合による自己潤滑性の高いパッキンに変更し、更にその締め代を適切に管理することで長寿命化を図った。またグリースも粘度を変更し潤滑部に介在しやすいグリースを採用することでエアブースタ特有の高頻度下でもグリース切れを起こしにくいよう設計した(Fig.3)。切換バルブ部には長寿命を特徴とする当社4Gシリーズのマスターバルブを採用することで従来比2倍以上の長寿命を達成した。

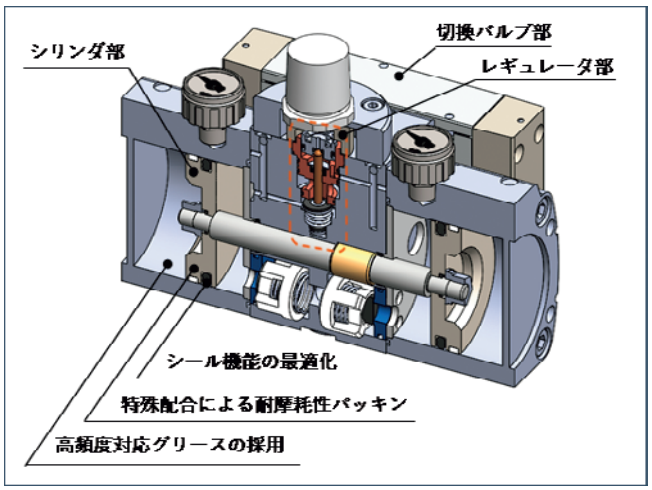

Fig. 3　長寿命のコア技術

Fig.4右上はダイヤフラム式をベースとする従来品のレギュレータ部の内部構造である。この方式は軸受部にクリアランスを持たせ、ディスクシールにバルブステムが倣うことでシール性を高めている。しかしエアブースタ特有の使用方法として、特にエアブースタにタンクを介さずにエア機器を直接つなぐ場合、OUT側の圧力変動が大きいためステムの作動ストロークが大きく、かつ高頻度で作動する。そのためディスクシールに倣うために傾いたバルブステムが軸受部に片当たりすることで偏摩耗が発生し早期破損の原因となる場合がある。ABP2ではレギュレータピストン式を採用し、クリアランスを抑えたメタル軸受けでバルブステムを支持することで、バルブステムの傾きを抑制し、摩耗を減らすことで長寿命化を達成した(Fig.4右下)。

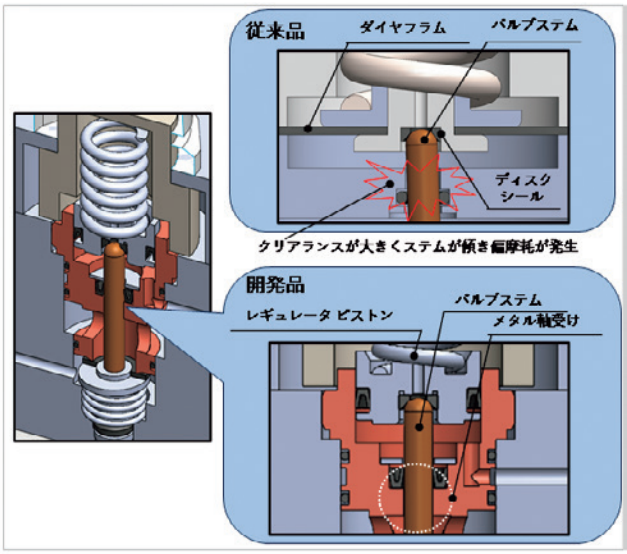

Fig. 4　レギュレータ部の内部構造図

2−2　異常停止レスによる信頼性の向上

エアブースタは電源不要で駆動するため、全ては圧縮エアのバランスで成り立っている。特に切換バルブ部は、Fig.5の大小いずれかのバルブピストンがスプールを押すことで流路を切り換えるが、バルブピストンの力が等しくなった場合にスプールがバルブ本体の中央で停止する可能性がある。その場合はIN側のエアが駆動室A、Bいずれにも流入することができず異常停止となる(Fig.5上段)。ひとたび停止するとIN側、OUT側の圧力を抜いて再度圧力を入れるなど、直接ケアをするしか復帰させる手段がなく、製造ラインのストップに直結する。

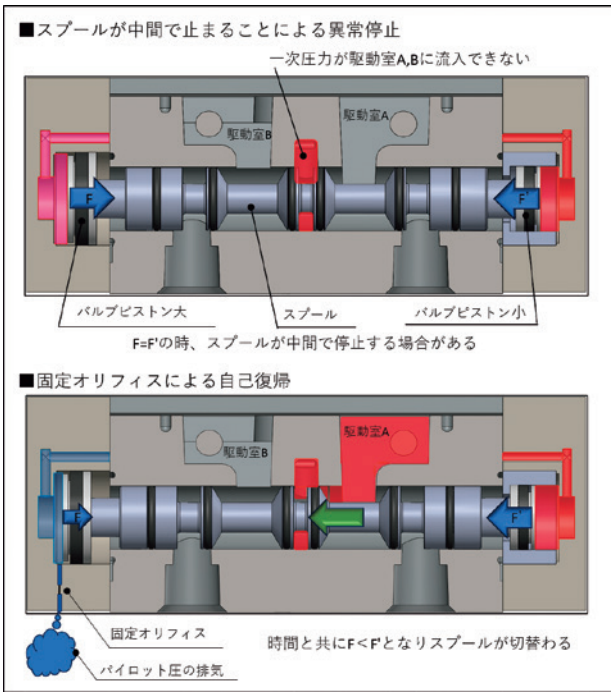

Fig. 5　切換バルブの異常停止と自己復帰

これを回避するために、Fig.2におけるエアブースタの内部エア回路上に非常に微細な孔を持つ固定オリフィスを配置した。これにより左右のバルブピストンの力が同一となり、バルブ本体の中央でスプールが停止した場合でも、時間と共にバルブピストン大側のエアが固定オリフィスを通り大気に放出されることで圧力が下がり、相対的にバルブピストン小の力が勝ることでスプールが作動し自己復帰することができる(Fig.5下段)。これにより異常停止レスで装置の安定稼働に寄与する、信頼性の高い機器とすることができた。

3 検証結果

3−1　耐久試験結果

Fig.6に従来品と開発品の耐久試験結果の比較を示す。従来品は1,200万回にて異常が起き製品寿命に達したのに対し、開発品は3倍以上の4,000万回稼働しても問題を起こすことなく安定稼働できることがわかった。

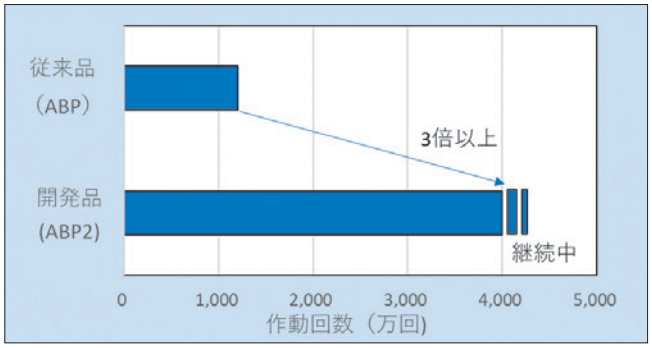

Fig. 6　耐久試験結果

3−2　作動音の低減と充填速度

エアブースタは増圧エアをOUT側へ出力する速度(充填速度)も重要な製品性能の一つであり、速いほどよいためスピードコントローラなどでピストンの速度を制限していない。そのために一連の増圧過程において、ピストンや切換バルブピストンの衝突音、排気音など様々な作動音が発生する。従来品では最大80dBもの作動音が発生する場合があった。これは地下鉄や航空機の機内の騒音に匹敵するため[*2)]、製造環境の悪化を招く場合がある。そこで最も大きな作動音がバルブピストンの外壁への衝突音であることを突き止め、Fig.7のようにバルブピストンが内壁のボディに衝突する構造に変更することで、従来比12dBの作動音低減を達成した(Fig.8)。

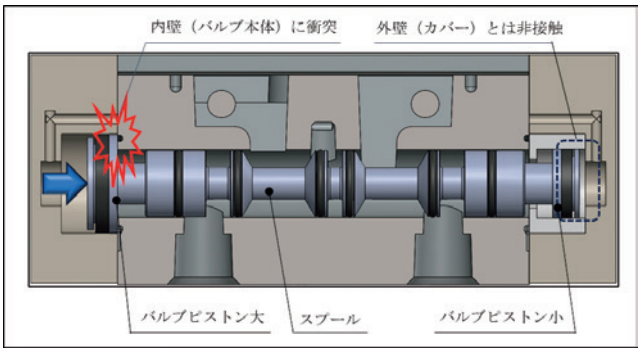

Fig. 7　切換バルブの内部構造

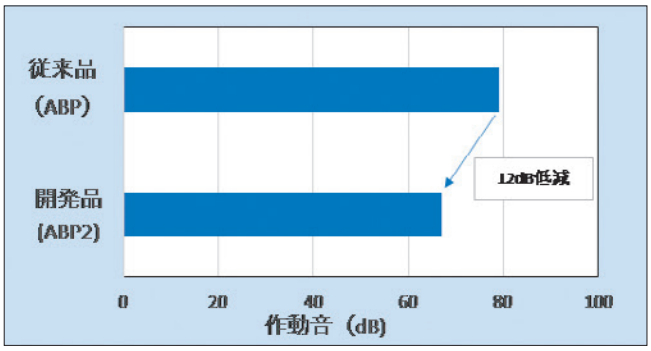

Fig. 8　作動音低減

4 おわりに

メンテナンスを減らし、高い生産性を実現することは、カーボンニュートラルを実現するための一手段であると考え、当社は本稿で紹介したエアブースタを含む、長寿命などの特長により、止まらない「高い生産性に貢献」するHPシリーズ(High Productivity Series)機器をラインアップしている。さらなる小形化や長寿命化など、シリーズを進化させることで引き続き産業の発展に貢献したいと考えている。

*1)「工場の省エネルギーガイドブック」省エネルギーセンター
*2)「生活騒音パンフレット」環境省

執筆者プロフィール

吉田　正成　Masashige Yoshida
機器事業本部
Components Business Division