

B1 Components

高圧可変容量形ピストンポンプ「PZH-2B」

"PZH-2B" High-pressure Variable Volume Piston Pump

キーワード | 高圧可変容量形ピストンポンプ・鍛圧機械・高圧化
高効率化・低騒音化

油圧事業部／油圧技術部

鈴木 健吾 Kengo Suzuki

要 旨

定格圧力35MPa、許容ピーク圧力40MPaの高圧に対応した可変容量形ピストンポンプ「PZH-2B」を商品化した。「PZH-2B」は55kWまでの電動機を使用する機械に最適な最大容量45cm³/revのアキシアルピストンポンプであり、以下にその構造と特長を紹介する。

Abstract

NACHI has introduced in the market a variable volume piston pump, “PZH-2B” that performs under the high pressures such as the rated pressure of 35MPa and allowable peak pressure of 40MPa.

“PZH-2B” is an axial piston pump with the maximum capacity of 45cm³/rev that is best suited to the machine that uses the motor of 55kW or less. Below is introduction of its structure and features.

1. はじめに

プレス機などの鍛圧機械では、よりコンパクトで大きな力を得られることが望まれる。同じ推力なら圧力を高圧化することでシリンダサイズを小さくすることができ、機械本体のコンパクト化につながる。また、シリンダのサイズダウンによって流量を抑えることで圧力損失を低減し、消費電力の低減が可能になると同時に、必要流量の低減によってポンプサイズを小さくでき、油圧ユニットのコンパクト化にもつながる。こうした機械のコンパクト化要求に伴い、油圧機器の高圧化要求が高まっている。

これらの要求にこたえるため、NACHIでは高圧可変容量形ピストンポンプとしてPZHシリーズを開発しており、第一弾として最大容量72cm³/revの「PZH-3B」を商品化した。2017年の市場投入以降、鍛圧機械や検査装置の油圧源などとしてご採用いただき、高い効率と静粛性で好評をいただいている。今回、PZHシリーズの第二弾として「PZH-2B」を開発し、55kWまでの電動機を使用する機械に最適なサイズの高圧可変容量形ピストンポンプを市場投入したので紹介する。

2. 製品概要

高圧可変容量形ピストンポンプPZHシリーズは、定格圧力35MPa、許容ピーク圧力40MPaの高圧に対応し、高い効率と静粛性が特長の、主に鍛圧など産業機械用のピストンポンプである。表1にPZHシリーズの製品仕様を示す。

表1 「PZH-2B」、PZH-3B 製品仕様

形式	定格圧力 MPa	許容ピーク 圧力 MPa	容量調整 範囲 cm ³ /rev	圧力調整 範囲 MPa	回転速度		質量 kg
					最低 min ⁻¹	最高 min ⁻¹	
[PZH-2B]	35	40	28 ~ 45	2 ~ 35	500	2,000	31.5
PZH-3B	35	40	45 ~ 72	2 ~ 35	500	2,000	42.5

表2 PZHシリーズ 共通仕様

推奨作動油	石油系作動油(耐摩耗性作動油)
作動油粘度グレード	ISO VG46 ~ 68
粘度範囲	20 ~ 200 mm ² /s
作動油温度	5 ~ 60 °C

油圧ポンプを動かす動力源は一般的に電動機であり、油圧ポンプは電動機の回転エネルギー(「トルク」×「回転数」)を、油圧エネルギー(「圧力」×「流量」)に変換するエネルギー変換器といえる。そのため使用する圧力と流量に応じた電動機のサイズを選定することが肝要である。図1にPZHシリーズの圧力、流量範囲と電動機出力カーブを重ねた図を示す。

「PZH-3B」は90kWまでの電動機に最適な最大容量72cm³/revのポンプであり、比較的大型の機械・設備に適用する。一方「PZH-2B」は、55kWまでの電動機に最適なポンプとして、最大容量を45cm³/revとした。55kWまでの電動機は、各電動機メーカーが標準ラインナップとして販売しているため、入手性が高い。ポンプの質量も約31.5kg(圧力補償制御タイプ)と、定格圧力35MPaに対応した高圧ポンプでは軽量で扱いやすく、鍛圧機械をはじめ多種の用途に適用できる。

ところで、図1のようにポンプの最大流量かつ最高圧力(35MPa)で使用する場合は、このポイントで電動機がオーバーロードしないよう電動機サイズを選定する必要がある。

しかしながら、鍛圧機械などでの運転条件では大流量が必要な運転条件では低圧となり、高圧となる運転条件では、必要流量が少なくて済むことが多い。したがって、ポンプの吐出圧力によって吐出流量を変化させることができれば、最大流量、最高圧力を同等としながら電動機のサイズを小さくすることが可能である。

これを実現する方法の一つとして、ポンプの定馬力制御が挙げられる。図2に「PZH-2B」で採用している定馬力制御のポンプ特性の例を示す。最大流量、最高圧力は圧力補償制御と同一だが、圧力の上昇とともに電動機出力カーブに沿って流量が減少する。

「PZH-2B」の定馬力制御では、11kW ~ 37kWの各電動機出力にあわせた制御を選択でき、機械の負荷条件にあわせて、最適な電動機サイズを選択することが可能である。

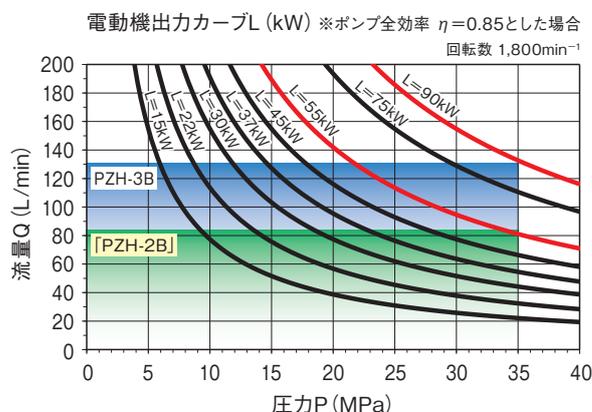
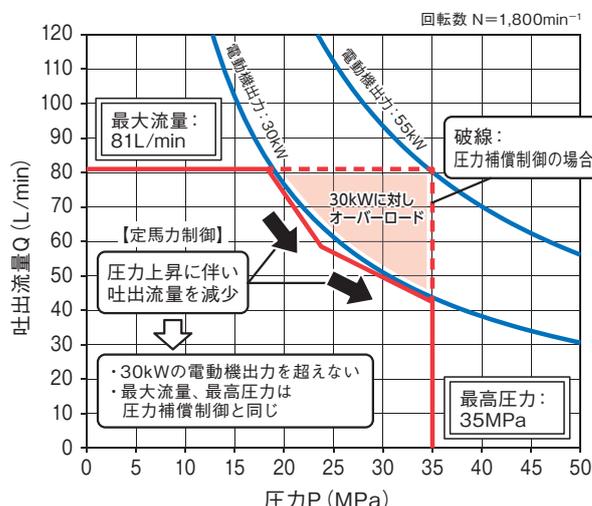


図1 PZHシリーズ圧力・流量範囲



※「PZH-2B」では、11kW～37kWの範囲で定馬力設定可能

図2 「PZH-2B」定馬力制御(30kWに設定した例)

3. 高圧運転を支える軸受

図3に「PZH-2B」の断面構造図を示す。このポンプはピストンの往復運動により油を吸入、吐出するが、このピストンを格納するシリンダブロックは、シャフトを介して前後2つの軸受により支持されている。シリンダブロック内のピストンには吐出圧力に比例して荷重が発生し、スワッシュプレートが角度を持つためシャフトには角度に応じたラジアル方向の荷重(図中下方向の荷重)が発生する。また、ポンプ流量が大きくなるにしたがってスワッシュプレートの角度は大きくなる。つまり、高圧かつ大流量の条件になるほど軸受に作用する負荷も大きくなる。

このため、「PZH-2B」では円錐ころ軸受を採用している。NACHIの軸受技術を活用し、適切な予圧を加えることで高負荷における長寿命を実現している。また、高い軸受剛性によりシャフトのたわみを低減し、高圧域における効率低下を防止することにも寄与している。高圧・大流量の厳しい条件で連続運転に耐え、高い性能を発揮するための欠かせない要素である。

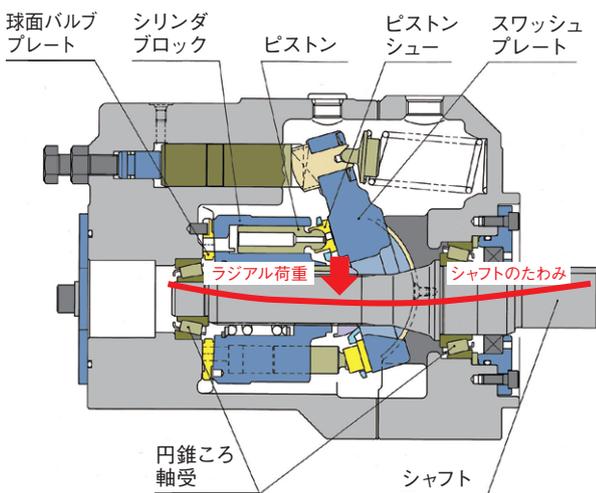


図3 「PZH-2B」断面構造図

4. 機械の省エネに貢献

鍛冶機械でも省エネは重要な課題であり、駆動源である油圧システムに対して省エネが求められる。「PZH-2B」では、高負荷運転時のポンプの漏れ損失、とくにシリンダブロックとバルブプレート間の漏れを低減するため、球面バルブプレートを採用した。図4に球面バルブプレートと平面バルブプレートの模式図を示す。前述したとおり、ポンプシャフトには油圧力の反力としてラジアル荷重が発生するが、一般的な平面バルブプレートの場合、このラジアル荷重によりシリンダブロックが傾き、バルブプレートとの間にすきまができて作動油の漏れが多くなる。一方球面バルブプレートの場合、シリンダブロックが球面に沿って動く調心性によりすきまが生じにくく、漏れ損失を最小に抑えることができる。

図5に「PZH-2B」のポンプ一般性能(効率)を示す。「PZH-2B」は最高90%の全効率となっており、電動機の入力エネルギーを効率よく油圧エネルギーに変換、機械運転時の消費電力削減と油温上昇の抑制に貢献できる。

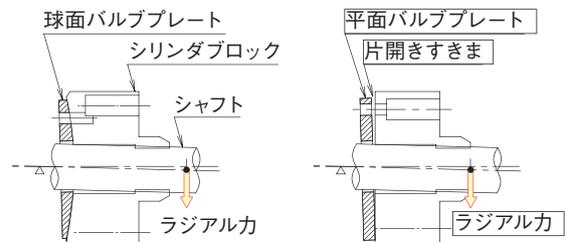


図4 球面バルブプレートと平面バルブプレート(模式図)

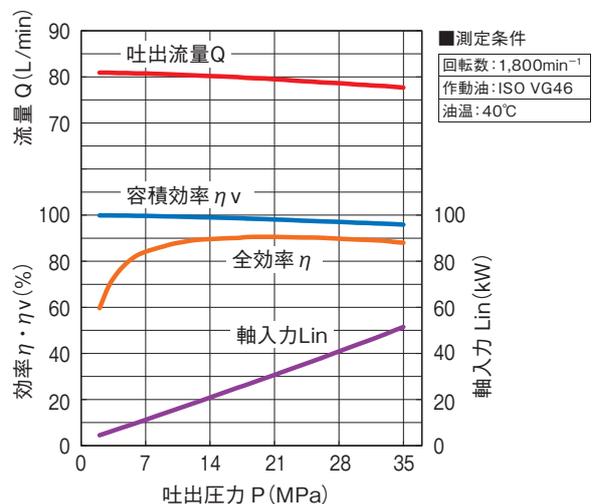


図5 「PZH-2B」一般性能データ

5. トップレベルの静粛性

プレス機などの鍛圧機械は一般的に屋内で使用されるため低騒音化が必要であり、そのため動力源である油圧ポンプの騒音低減は重要である。ピストンポンプの騒音に影響を及ぼす要因として、ポンプの圧力脈動が挙げられる。

「PZH-2B」ではピストン本数を11本とする構造を採用しており、圧力脈動を低減し、低騒音を実現している。図6はシリンダブロックが回転する際のピストンのストロークを示したものである。ポンプの吐出工程において、ピストンはシリンダブロックのボアに入り込む方向へストロークし、ボア内の体積は減少する。この体積の減少によりポンプから作動油が吐出されるが、各ピストンからの吐出流量は回転中に一定ではなく変動がある。図7は各ピストンからの吐出流量を時間経過ごとに計算したグラフである。

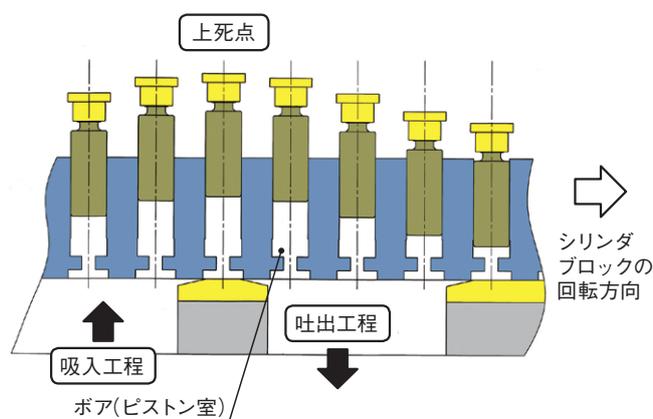


図6 ピストンのストローク

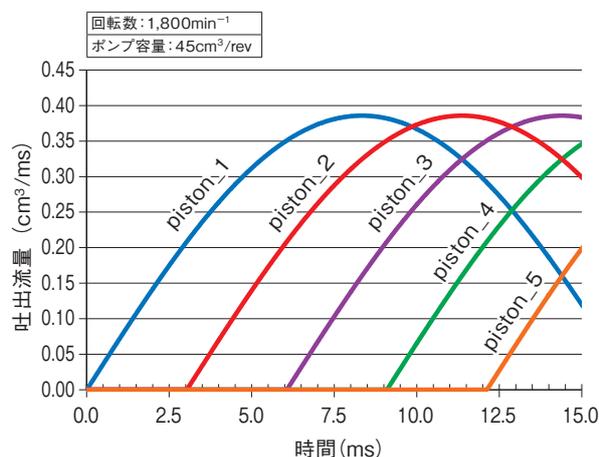


図7 各ピストンの吐出流量

ここで、ポンプの吐出流量は全てのピストンからの吐出流量の総和になるため、前述の各ピストンの流量変動に影響を受け、周期的な流量変動を持つ。これが吐出圧力の圧力脈動となる。(実際の圧力脈動は、この流量変動に加えて、各ピストンが吸入側から吐出側へ切り換わる際に発生する圧力変動も影響する。)

この圧力脈動の大きさはピストン本数により変化し、ピストン本数が多いほうが小さくなる。図8はピストン本数が異なる場合の、吐出流量の流量変動率を計算したものである。「PZH-2B」ではピストン本数を11本とすることで、ピストン本数が9本の場合に対し流量変動幅を30%程度低減させ、圧力脈動の低減を図った。図9は「PZH-2B」の圧力脈動のデータであり、35MPaの連続吐出時において脈動幅が0.6MPaと非常に小さい圧力脈動を実現している。

「PZH-2B」は他にも球面バルブプレートによる高圧時のシリンダブロックの安定化など、随所に低騒音化技術を取り入れている。図10に騒音特性の一例を示すが、高圧でも70dB(A)を下回り、他社品に対して大幅な低騒音化を実現している。

圧力脈動が小さいことは騒音低減のほかにも、シリンダ速度の安定化や位置決め精度の向上につながり、鍛圧機械では仕上がり精度の向上というメリットが得られる。

高圧可変容量形ピストンポンプ「PZH-2B」

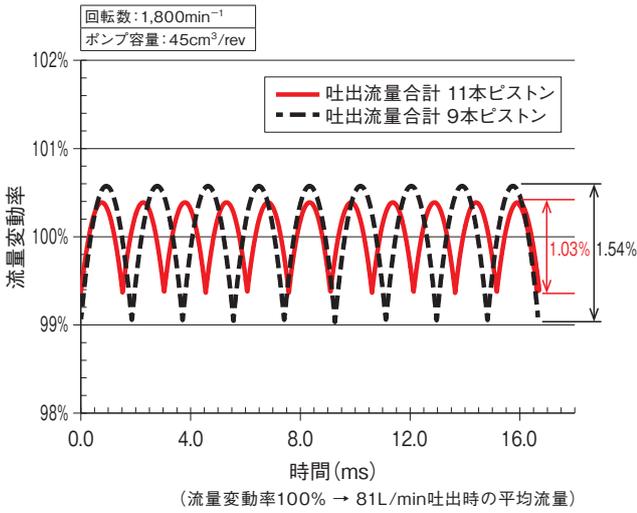


図8 ピストン本数と流量脈動

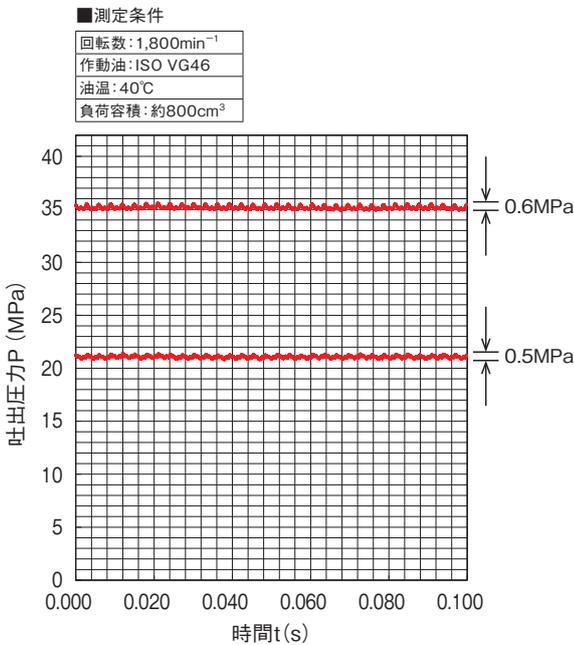


図9 「PZH-2B」圧力脈動

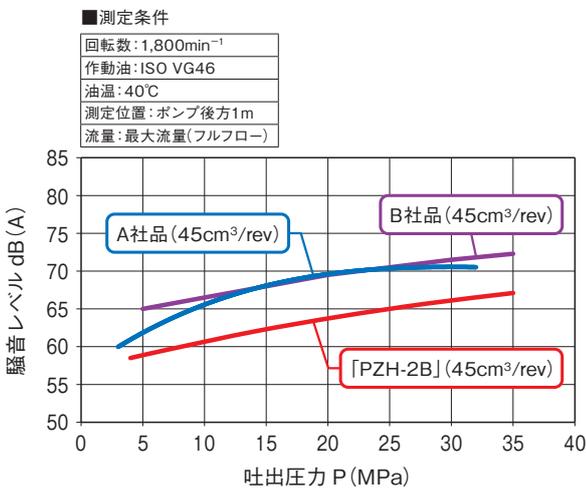


図10 「PZH-2B」騒音データ

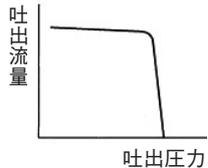
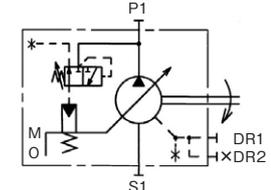
6. 可変制御オプションの紹介

斜板式の可変ピストンポンプは、スワッシュプレートとの角度を変化させることでポンプの吐出流量を変化させることができる。これにより、主に以下の2つのメリットがある。

- (1) 低圧条件では大流量とする一方、吐出圧力の上昇に応じて吐出流量を減少することで電動機のサイズを小さくする。
- (2) 圧力不要時(アンロード時)、流量不要時(保圧時)に流量を最小限とし消費エネルギーを低減することで省エネと油温上昇の抑制となる。

これら可変ポンプのメリットは、ポンプに容量制御回路を搭載することで、実機側に複雑な油圧回路を構成することなく実現することができる。PZHシリーズでは、図11に示す可変制御機構を各種オプションから選択が可能であり、より幅広い用途、効率的な運転条件に対応できるものとしている。

標準タイプ

制御記号	特性	油圧回路
N	<p>圧力補償制御</p>  <p>吐出流量</p> <p>吐出圧力</p> <p>吐出圧力がコンペンセータでセットされた圧力になると、自動的に吐出流量が減少し、セット圧を保持します。</p>	

オプションタイプ

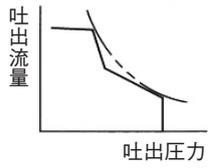
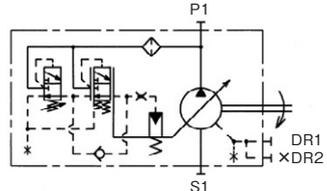
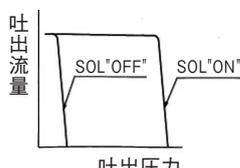
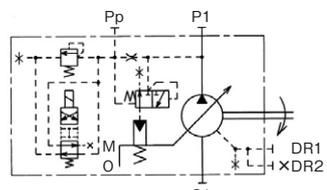
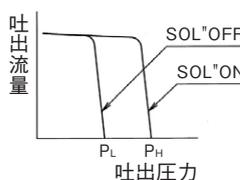
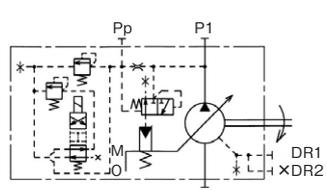
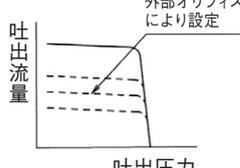
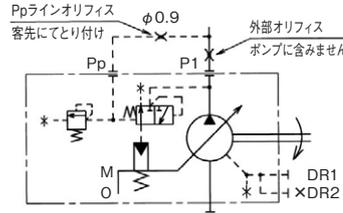
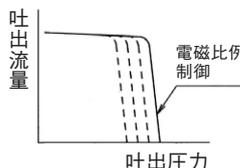
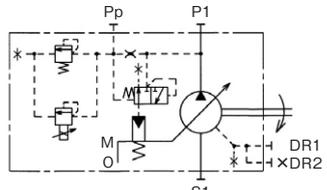
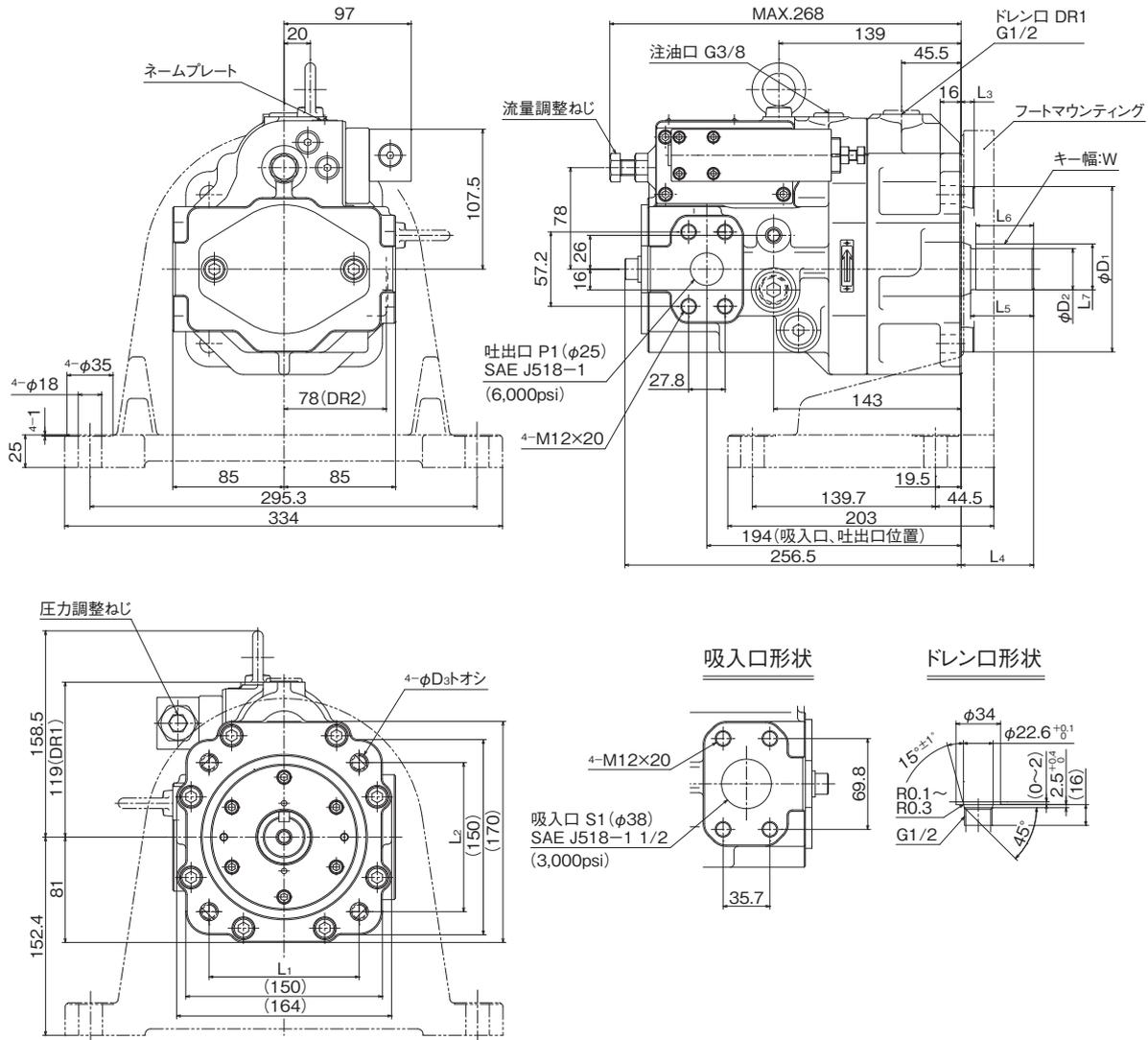
制御記号	特性	油圧回路
L	<p>(圧力補償付) 定馬力制御</p>  <p>吐出流量</p> <p>吐出圧力</p> <p>圧力補償制御に加え、あらかじめ設定された出力の範囲で圧力に応じた流量を吐出します。電動機サイズにあわせ全域でエネルギーを有効に利用できます。</p>	
RS	<p>ソレノイドカットオフ制御</p>  <p>吐出流量</p> <p>吐出圧力</p> <p>SOL"OFF"</p> <p>SOL"ON"</p> <p>ポンプ出力不要時に損失エネルギーを極小にするため、圧力補償形にアンロード用ソレノイドバルブを組み付けたものです。アンロード時は熱発生を抑えることができます。</p>	
WS	<p>2圧制御</p>  <p>吐出流量</p> <p>吐出圧力</p> <p>SOL"OFF"</p> <p>SOL"ON"</p> <p>P_L P_H</p> <p>ソレノイドバルブの"ON"、"OFF"により2種類の圧力補償制御が得られます。アクチュエータの速度を一定にしたまま2種類の圧力制御を行なえます。</p>	
R	<p>負荷感应型制御</p>  <p>吐出流量</p> <p>吐出圧力</p> <p>外部オリフィスにより設定</p> <p>外部に設置された絞り弁の前後差圧を一定に保つようにポンプ容量を制御します。アクチュエータの負荷に応じた必要最小限の吐出流量となり、省エネとなります。</p>	 <p>Ppラインオリフィス 客先にてとり付け $\phi 0.9$</p> <p>外部オリフィス ボンプに含みません</p>
EPR	<p>電磁比例圧力制御</p>  <p>吐出流量</p> <p>吐出圧力</p> <p>電磁比例制御</p> <p>電磁比例パイロットリリーバルブへの入力電流に応じた圧力でポンプの吐出圧力を保持します。遠隔操作やプログラム運転における圧力制御に適しています。</p>	

図11 PZHシリーズ制御タイプ一覧

7. ポンプとり付け形状

ポンプの設置にはマウンティングや軸カップリングなど周辺部品が必要になる。PZHシリーズでは周辺部品の入手性にも配慮し、ポンプのとり付け形状について、

従来のSAE J744規格に加え、世界標準であるISO 3019-2規格を選択できるようにした。図12に「PZH-2B」のポンプ外形寸法を示す。



対応規格

とり付け記号	規格	マウンティングフランジ	シャフト先端
(無記号)	SAE	SAE"C"Code: 127-4 (4 bolt type)	SAE"C"Code: 32-1 (Without thread)
M	ISO	ISO 3019-2 4-bolt, A=φ125	ISO 3019-2 D=φ32

とり付け寸法

とり付け記号	規格	D ₁	D ₂	D ₃	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	W	フットマウンティングキット
(無記号)	SAE	127.0 ⁰ _{-0.050}	31.75 ⁰ _{-0.051}	14.0	114.5	114.5	10	55	48	44	35.3 ⁰ _{-0.25}	7.94 ⁰ _{-0.050}	PXM-2-10
M	ISO	125.0 ⁰ _{-0.063}	32.0 ^{+0.018} _{-0.002}	14.0	113.2	113.2	9	68	58	48	35.0 ⁰ _{-0.20}	10 ⁰ _{-0.036}	PXM-2M-10

図12 「PZH-2B」外形寸法図

8. ポンプ形式

今回開発した「PZH-2B」の形式説明を図13に示す。

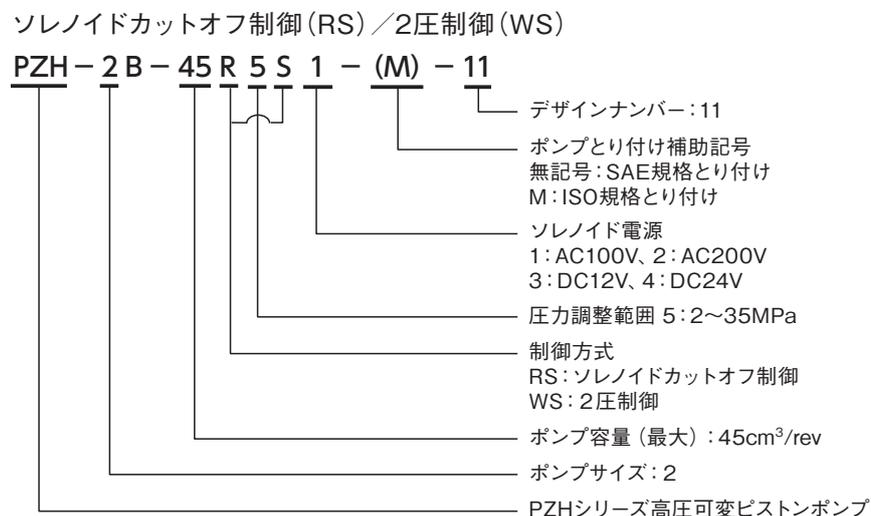
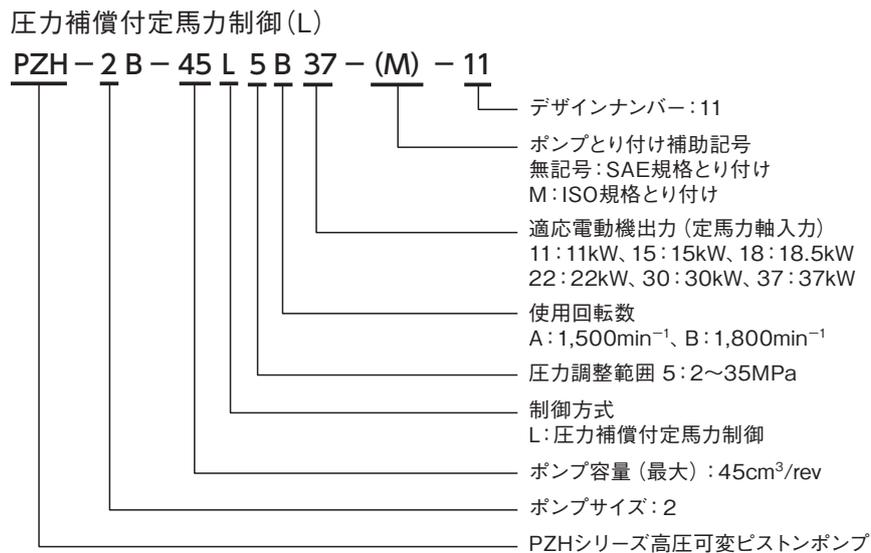
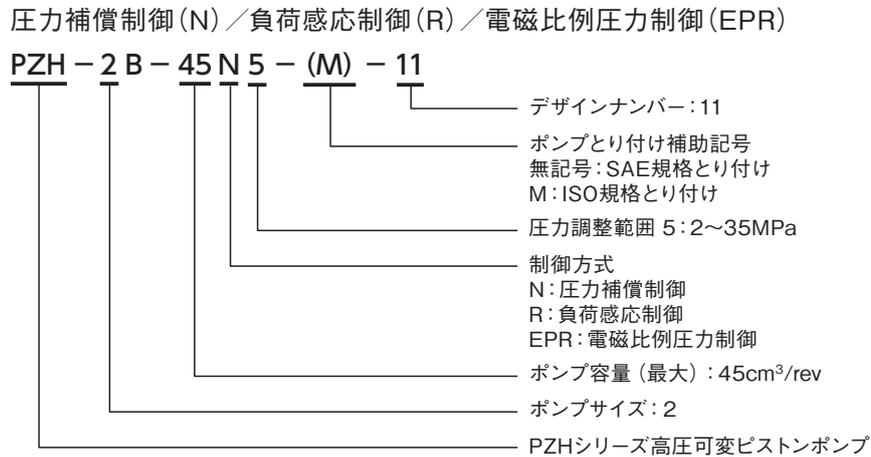


図13 「PZH-2B」形式説明

9. まとめ

本稿では高圧可変容量形ピストンポンプ「PZH-2B」について、その特長を紹介した。ポンプの最大容量45cm³/rev、定格圧力35MPaで55kWまでの電動機を使用する機械に最適なポンプである。今後もシリーズ拡充としてポンプサイズのラインナップを追加し、幅広い流量へ対応するとともに、高圧ピストンポンプの要素技術を活かした新たな製品づくりに取り組む。