

NACHI  
**TECHNICAL  
REPORT**  
Components

Vol. **32**B4  
November/2017

機能部品事業

■ 新商品・適用事例紹介

高圧可変容量形ピストンポンプ  
「PZH-3B」～鍛圧機械の駆動源に～

High-Pressure type Variable Volume  
Piston Pump for Press Machine "PZH-3B"

〈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／技術部

山田 健治 Kenji Yamada

油圧事業部／技術部

鈴木 健吾 Kengo Suzuki

油圧事業部／技術部

井上 皓平 Kohei Inoue

## 要 旨

油圧で作動する鍛圧機械において、工作物の成形のため金型を直接駆動する油圧システムの性能は、機械の性能に直結する。今回新たに鍛圧機械で求められる高圧化に対応した可変容量形ピストンポンプ「PZH-3B」を商品化した。

「PZH-3B」は高圧化とともに高効率を特長とした油圧ポンプであり、ポンプの構造と可変制御機構やとり付け形状などのオプションについて紹介する。

## Abstract

NACHI has developed and is introducing into the market a variable displacement piston pump, “PZH-3B”, which can function under high pressure required for a forging press machine. “PZH-3B” is a highly efficient hydraulic pump under high pressure, and its structure as well as features are introduced in the following.

## 1. はじめに

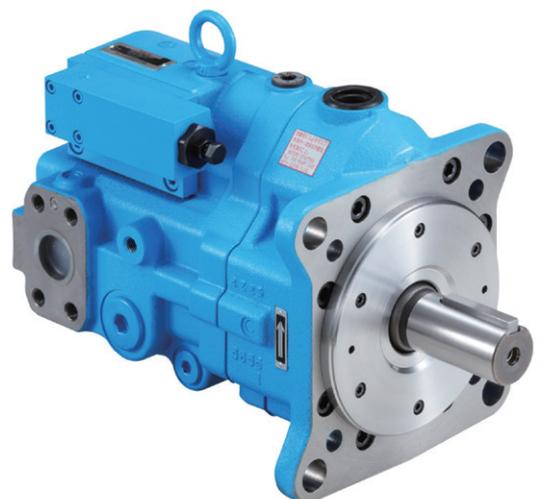
ものづくりの工程において、切削加工と並んで工作物を塑性変形させるプレス加工が多く用いられる。このプレス加工で使われる機械がプレス機である。一般にプレス機といってもかしめ機や曲げ加工機、圧入機、鍛造機など様々なものがあり、これらを総称して鍛圧機械と呼ぶ。

油圧で作動する鍛圧機械では、工作物を成形する金型を油圧シリンダで駆動している。クランプなどの補助的な機能にのみ油圧が使われている工作機械とは異なり、油圧システムの性能がそのまま鍛圧機械の性能に直結する。

この鍛圧機械の推力は「油圧シリンダの面積×油圧力」で表わされる。シリンダの面積を小さくしてもその分圧力を高くすれば同じ推力が得られる。つまり機械のコンパクト化のためには小さなシリンダを用いて油圧を高圧化すれば良いことになる。こうしたことから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。

また現在、環境問題、とくにCO<sub>2</sub>削減の課題は世界の共通認識になっている。鍛圧機械においても工業会でエコマシンの認証制度を制定し、機械の省エネ化にとり組んでおり、使用する油圧機器にもさらなる省エネ化が求められている。

NACHIはこれらの要求に応える油圧ポンプとして、高圧可変容量型ピストンポンプ「PZH-3B」を市場投入したので紹介する。





## 2. 製品概要

今回開発した高圧可変容量型ピストンポンプ「PZH-3B」は、高圧と高効率を特長とした、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-3B」の製品仕様を示す。

図1にNACHIの産業機械用ピストンポンプのラインナップを示す。従来品は最大容量8～45cm<sup>3</sup>/revの

PVSシリーズ、70～220cm<sup>3</sup>/revのPZSシリーズとも、定格圧力が21MPaであったが、「PZH-3B」は定格圧力35MPaとなり、コンパクトでありながらクラス最高水準の高圧化を実現した。以降「PZH-3B」の特長を示す。

表1 「PZH-3B」仕様一覧

形式	PZH-3B-72
定格圧力	35MPa
許容ピーク圧力	40MPa
最大容量	72cm <sup>3</sup> /rev
最高回転数(自吸)	1,800min <sup>-1</sup>
回転方向	右

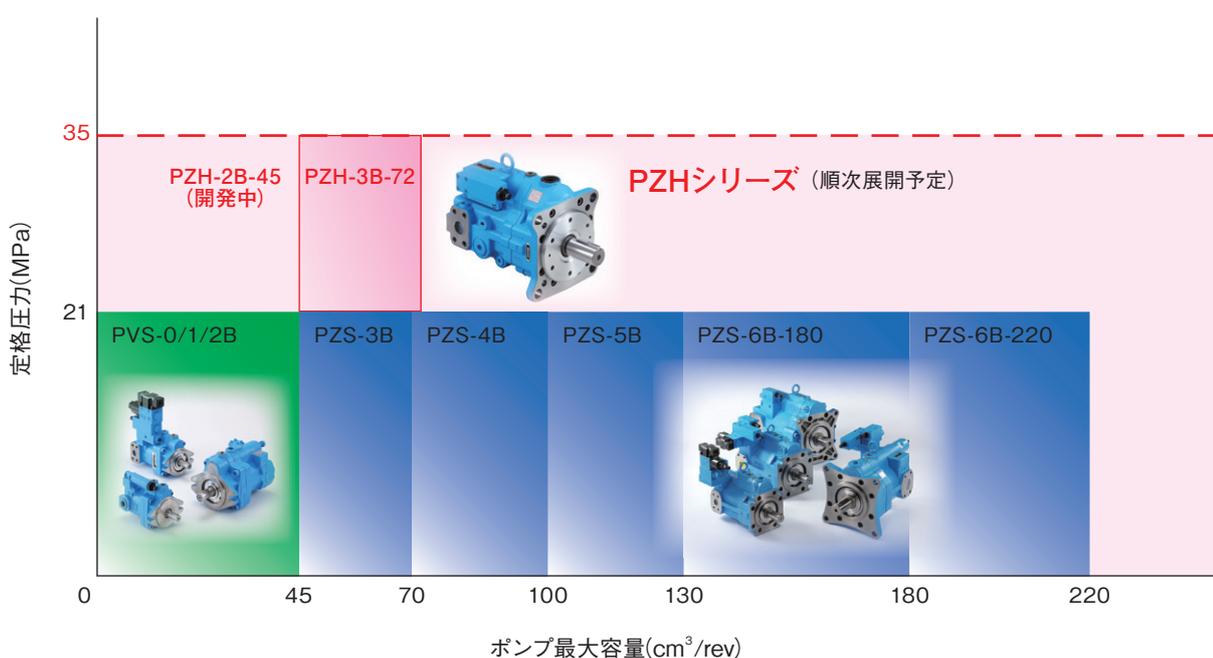


図1 NACHI 可変ピストンポンプシリーズ ラインナップ

### 3. 高圧化

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。これらのことから高圧化が非常に重要となる。

油圧ポンプの高圧化にはいくつかの課題があるが、その一つとして軸受の寿命がある。図2に「PZH-3B」の断面構造図を示す。油圧ポンプはピストンの伸縮を格納するシリンダブロックが、シャフトを介して前後にある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するが、スワッシュプレートが角度を持つためラジアル方向の荷重（図中下方向の荷重）も作用する。ポンプシャフトには両端支持の曲げ荷重が作用することからシャフトにたわみが発生する。このたわみにより軸受は内輪と外輪でわずかな傾きを持つことになり、局所的な面圧過大：エッジロードが発生し、軸受寿命の急激な低下を引き起こす。今回「PZH-3B」ではポンプシャフトを大径化し、シャフトの剛性を上げることでたわみを抑制し、軸受のエッジロードの低減を図った。また軸受にはコンパクトでかつ高負荷に対応した円錐ころ軸受を採用し、高圧化によって大きくなったラジアル荷重にも対応した軸受寿命を実現している。

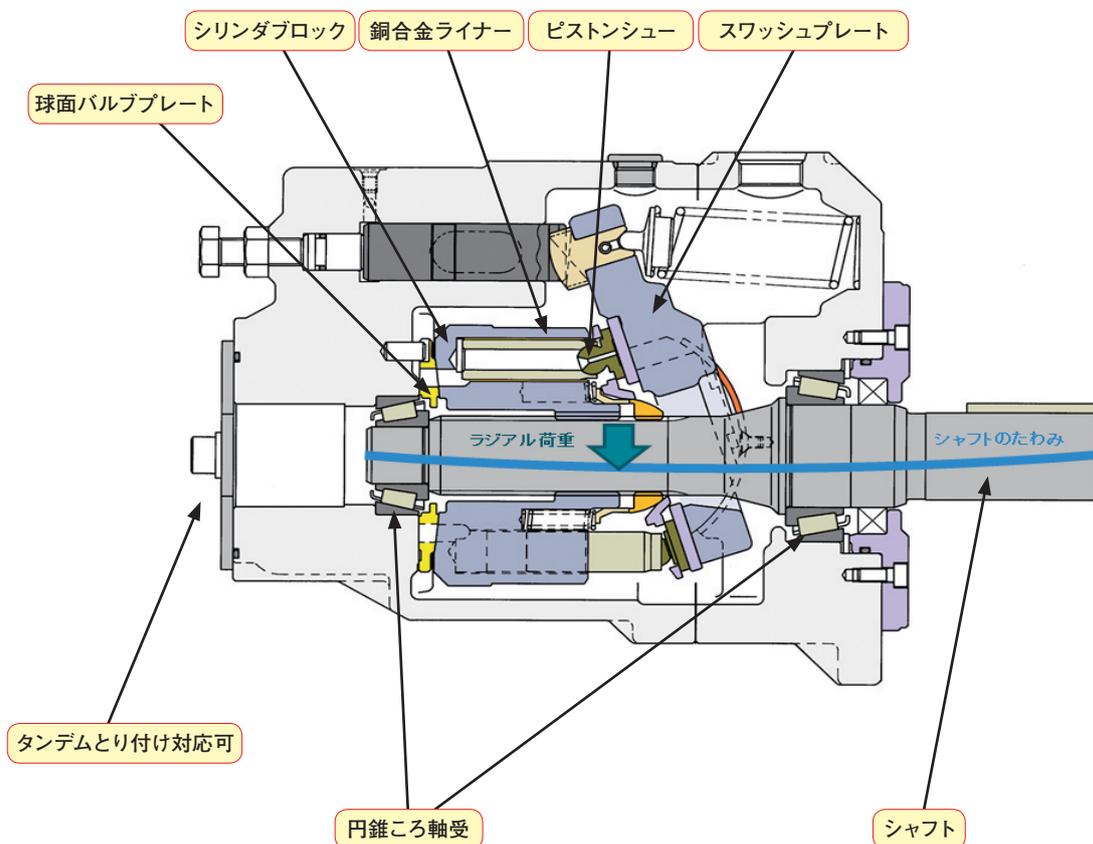


図2 「PZH-3B」断面構造図

また高圧化によりポンプ本体やバルブプレートなど、高圧が作用する部品の耐圧強度が課題となる。「PZH-3B」では本体、バルブプレート設計にCAE解析を用い、軽量化、低圧力損失と許容ピーク圧力40MPaに対する十分な強度を両立する、最適な部品設計を行なった。図3に強度解析事例を示す。

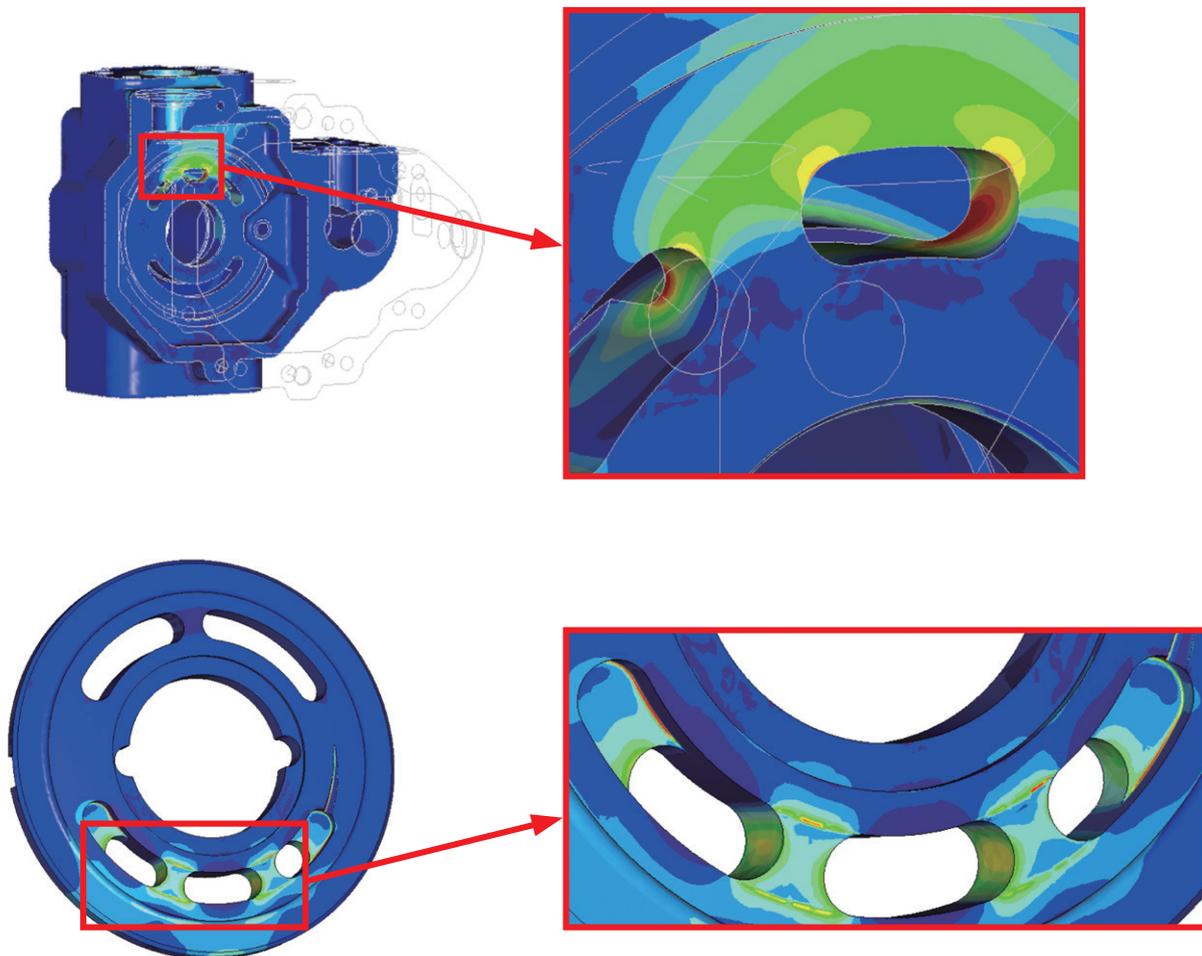


図3 強度解析事例(本体、バルブプレート)

## 4. 高効率化

プレス機などの鍛圧機械でも省エネ化は重要な課題であり、工作物の加工そのものに油圧力を使う機械では、油圧システムに対しても省エネ化が求められる。油圧ポンプはエネルギー変換器であり、ポンプの省エネ化はポンプの高効率化＝損失の低減ともいえる。

油圧ポンプは運転中、内部の各摺動部に圧力に応じた摺動抵抗が発生する。ポンプを高負荷運転すればピストン伸縮などの摺動抵抗も増すこととなり、動力損失が増加する。また摺動部品間のすきまからの漏れ量も増えることから容積損失も増加する。従って単純にポンプを高負荷運転した場合、ポンプ効率は低下する傾向にある。

ポンプ効率の低下はそのまま機械のエネルギー損失増加、シリンダ速度低下などの性能低下につながる。このため省エネ化には高負荷運転時の高効率化も大変重要になる。

「PZH-3B」では高負荷運転時の高効率化を実現するため、図4に示すピストン摺動面に銅合金ライナーを持たせたシリンダブロックを採用した。往復運動するピストンには高圧条件下で図5に示すラジアル力が高面圧で作用し、この面圧がもたらすピストンの摺動抵抗がポンプの動力損失となる。ピストンの摺動相手材を銅合金とすることで滑らかな摺動性を実現し、動力損失の最小化を実現している。

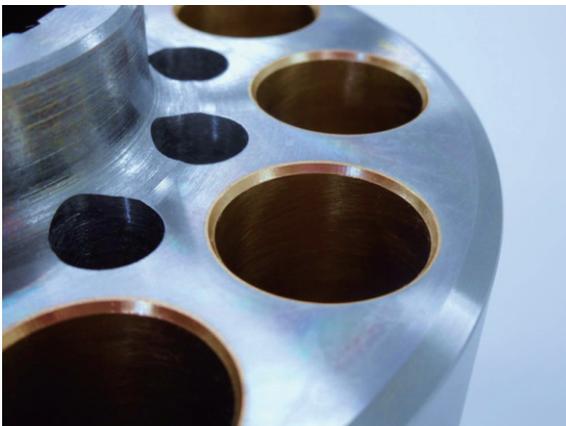


図4 シリンダブロック ピストン穴(銅合金ライナー)

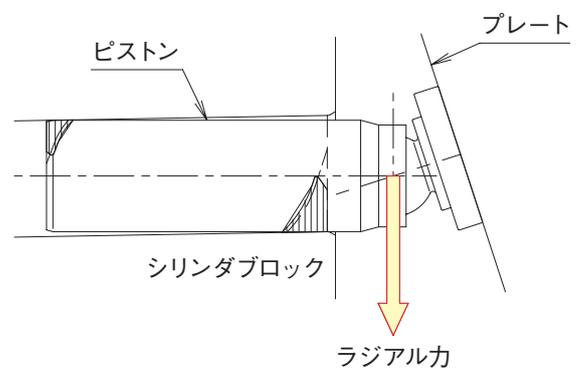


図5 ピストンに発生するラジアル力(模式図)

## 5. 低騒音化

また高負荷運転時のポンプの内部漏れ、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6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。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大きくなることはなく、内部漏れを最小に抑えることができる。図7に「PZH-3B」のポンプ一般性能(効率)を示す。

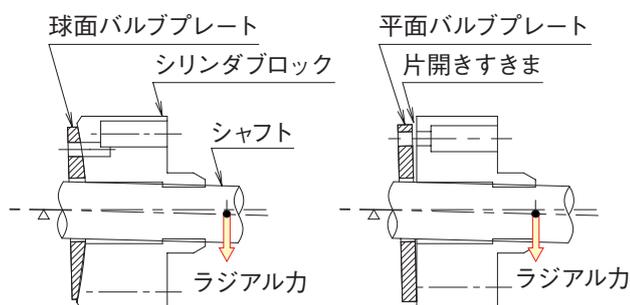


図6 球面バルブプレートと平面バルブプレート

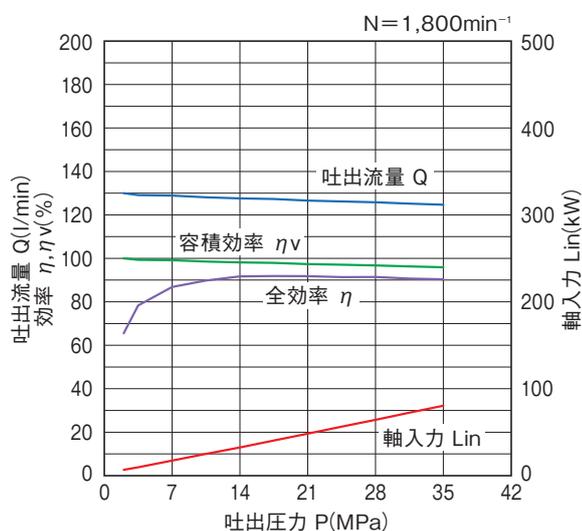


図7 ポンプ一般性能(効率)

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、機械としての低騒音化が必要であり、油圧ポンプにも騒音低減の要求がある。

ピストンポンプの騒音は、吸入側から吐出側、および吐出側から吸入側への切り換え時にシリンダブロック内で生じる急激な圧力変動による加振力と、それによる振動伝播および圧力脈動に依存している。

「PZH-3B」では脈動の基本周波数を支配するピストン本数を11本とし、基本的な脈動低減を図った。また支持剛性の高い半円筒スワッシュプレートとその背面には静圧軸受を採用、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8に騒音特性の一例を示すが、高圧でも75dB(A)を下回り、高圧型のピストンポンプとして最高レベルの低騒音を実現している。

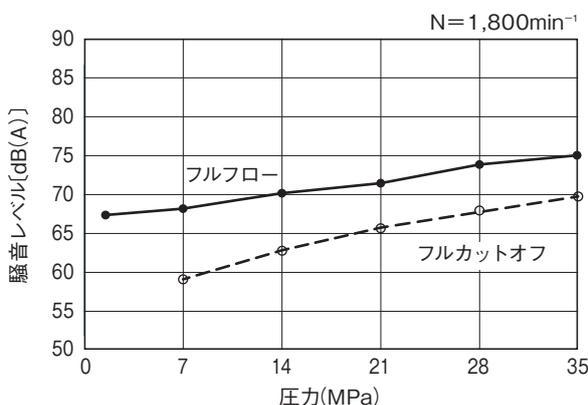
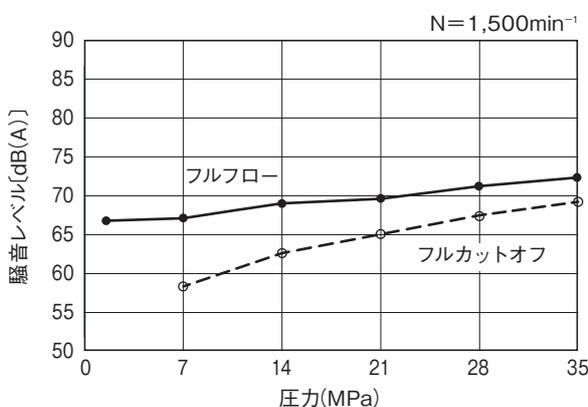


図8 騒音特性 [ポンプ後方1m]

## 6. 可変制御オプション

「PZH-3B」では実機の仕様にあわせて可変制御機構を各種オプションから選択が可能である。可変制御機構として、圧力補償制御、定馬力制御をラインナップするが、今後負荷感応制御やソレノイド

カットオフ制御など、PVS/PZSシリーズで豊富な実績のある可変制御オプションを順次追加していく予定である。

制御記号	制御方式	特性	油圧記号
N	<p><b>圧力補償形 (マニュアル方式)</b></p> <p>吐出圧がコンペンセータでセットされた圧力になると、自動的に吐出量が減少し、セット圧を保持します。</p>	<p>吐出量</p> <p>吐出圧</p>	
L	<p><b>圧力補償付 定馬力制御形</b></p> <p>圧力補償に加え、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。</p>	<p>吐出量</p> <p>吐出圧</p>	
P	<p><b>圧力補償形 (リモートコントロール方式)</b></p> <p>マニュアル方式と同様な特性を示します。吐出圧は、外部パイロット圧により調整できます。吐出量はマニュアル操作により調整できます。</p>	<p>吐出量</p> <p>リモートコントロールバルブにより設定</p> <p>吐出圧</p>	
RS	<p><b>ソレノイドカットオフ制御形</b></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。</p>	<p>吐出量</p> <p>SOL "OFF" SOL "ON"</p> <p>吐出圧</p>	
EPR	<p><b>電磁比例圧力制御形</b></p> <p>マニュアル方式と同様な特性を示します。ポンプ設定圧力を外部の電流指令により遠隔操作できます。</p>	<p>吐出量</p> <p>電磁比例制御</p> <p>吐出圧</p>	
R	<p><b>負荷感応制御形</b></p> <p>ポンプ吐出側に絞り弁を接続し、負荷圧力をコンペンセータにフィードバック(配管)することで、負荷に応じた圧力、流量を発生します。</p>	<p>吐出量</p> <p>外部オリフィスにより設定</p> <p>吐出圧</p>	

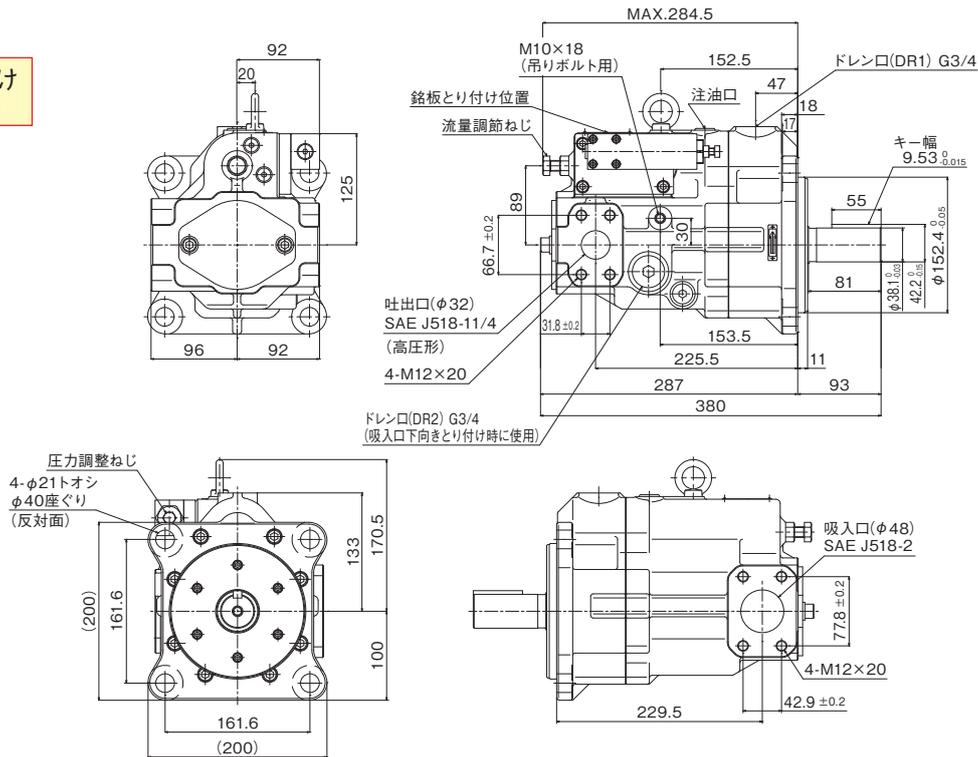
図9 可変制御オプション一覧(対応予定含む)

# 7. とり付け互換

ポンプのとり付け形状はポンプ周辺部品の調達面において重要である。「PZH-3B」ではポンプのとり付け形状について、従来のSAE J744規格に加え、ISO 3019-2規格にも対応し、

世界標準のとり付け形状を選択できるようにした。また入力軸も平行キー付きストレート軸とスプライン軸が選択可能である。図10に各規格でのポンプ外形寸法を示す。

SAEとり付け  
[SAE J744]



ISOとり付け

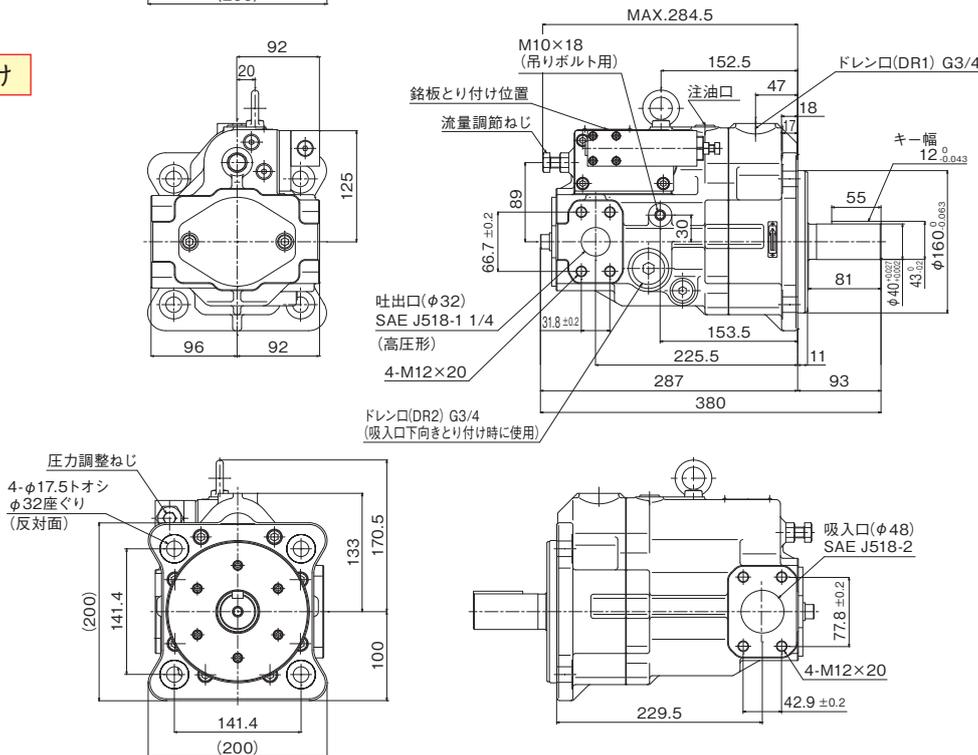


図10 外形寸法図 [SAE J744/ISO 3019-2]

## 8. 形式説明

今回開発した「PZH-3B」の形式説明を図11に示す。

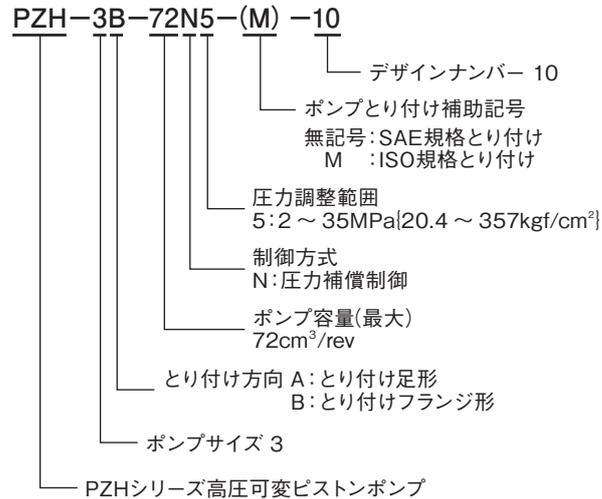


図11-1 形式説明 [N: 圧力補償制御]

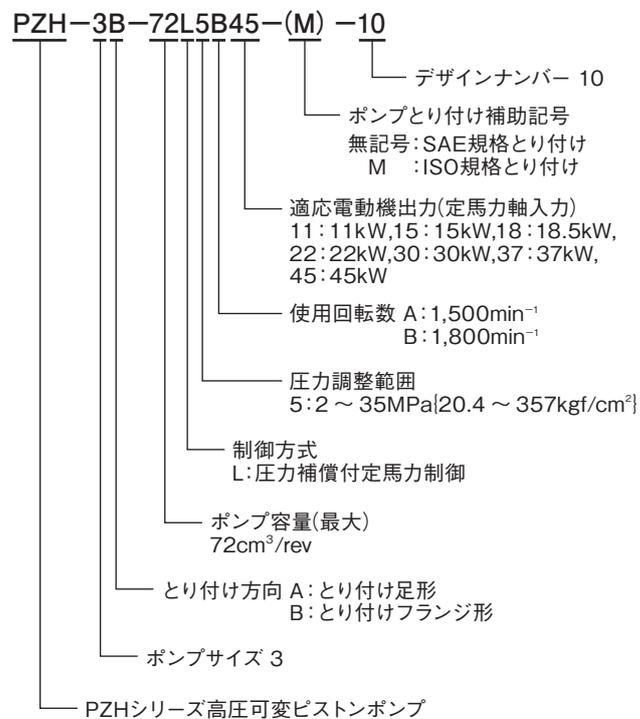


図11-2 形式説明 [L: 圧力補償付定馬力制御]

## 9. まとめ

本稿ではプレス機など鍛圧機械に適した定格圧力35MPaの高圧可変容量形ピストンポンプ「PZH-3B」について、その特長を紹介した。

今回最大容量72cm<sup>3</sup>/revのポンプを開発、紹介したが、高圧ポンプの用途は様々な産業機械に拡大しており、今後小容量からさらに大容量までの高圧ピストンポンプとしてシリーズ展開を図っていく。

