

AC サーボ油圧システム用両方向回転ポンプ

Double direction rotating pump for AC servo hydraulic system

キーワード

両方向回転, 可変速運転, 高圧・高効率, 省エネ, PVS シリーズ,
AC サーボモータ, バルブプレート

部品事業部 技術二部

柚木 芳則

1. はじめに

近年、環境保護対応の面から油圧システムには大幅な省エネ・低騒音化が要求されている。現在、この要求に対しさまざまなシステムが開発されているが、その1つにACサーボ油圧システムがある。このシステムの概要は、同技報の2頁～8頁で紹介されているので参照されたい。

今回、このACサーボ油圧システム用両方向回転ポンプ（以後簡略の為、ポンプという）の開発・商品化を行ったので紹介する。

2. ポンプ仕様及び外観図

ACサーボ油圧システムは、ポンプの入力軸の回転速度及び回転方向をACサーボモータで駆動することにより制御し、アクチュエータの速度・圧力・方向を制御する。

このシステムに対応するため、ポンプは従来品に対し下記の新しい仕様が要求される。

- ① 両方向回転で運転（回転方向でアクチュエータの作動方向を制御する為）
- ② 可変速運転（回転速度でポンプ吐出流量を制御しアクチュエータの速度を制御する為）
- ③ 可変速制御範囲大（ACサーボモータの回転数仕様範囲を有効に使用する為）
- ④ 高圧・高効率（システムのコンパクト化及び省エネ化）

(1) 仕様

上記仕様に対応する為、高圧・高効率が特長であるピストンポンプをベースに開発を行った。構造は弊社PVSシリーズをベースとし、サイズは0B, 1B, 2Bを揃えた。

ポンプの仕様を表1に示す。従来品に対し、仕様範囲が広がっている。

表1 仕様

項目	ポンプ		従来品 (PVSシリーズ) (参考)
回転方向 (シャフトから見て)	左右両方向回転		右回転のみ
回転数 (min ⁻¹)	最高	2500min ⁻¹ (注1)	2000min ⁻¹
	最低	200min ⁻¹	600min ⁻¹
最高使用圧力 (MPa)	右回転	30MPa (注2)	21MPa
	左回転	15MPa (注2)	—
容量 (cm ³ /rev) (注3)	0B	3~8cm ³ /rev	←
	1B	8~16.5cm ³ /rev	←
	2B	16.5~35cm ³ /rev	←

注1) ポンプ吸入ポート直前で吸入圧力 -0.02MPa 以上

PVS-2Bタイプは容量により最高2000min⁻¹となる。

注2) 左右片方向回転時の最高使用圧力を示す。但し両方向回転で使用時は、シャフトの両振りねじり強度により、両方向回転時の最高使用圧力の合計が30MPaに制限される。(例：左回転時最高圧力5MPaで使用する場合、右回転時の最高使用圧力は25MPaとなる)
最高使用圧力は瞬間的なサージ圧を含む。

注3) ユーザ要求値に調整し出荷。

(2) 形式説明

形式は PVS シリーズに包含することとし内容を、図 1 に示す。

(3) 外観図

代表として 0B タイプの外観図を図 2 に示す。外観寸法は、圧力コンペンセータ及びキーが削除されていること以外は、従来の PVS ポンプと同じである。AC サーボモータのシャフトとの連結

は、キーではなく、くさび力を利用するパワーロックのようなりジットに固定できるカップリングを使用する必要がある。この理由は、AC サーボ油圧システムではアクチュエータの位置制御が数 μm オーダであり、連結部の微少なガタにより位置決め精度が低下するのを回避すること及びキー破損を防止することである。

その他、取付け寸法は PVS ポンプ同様、SAE 規格に準じている。

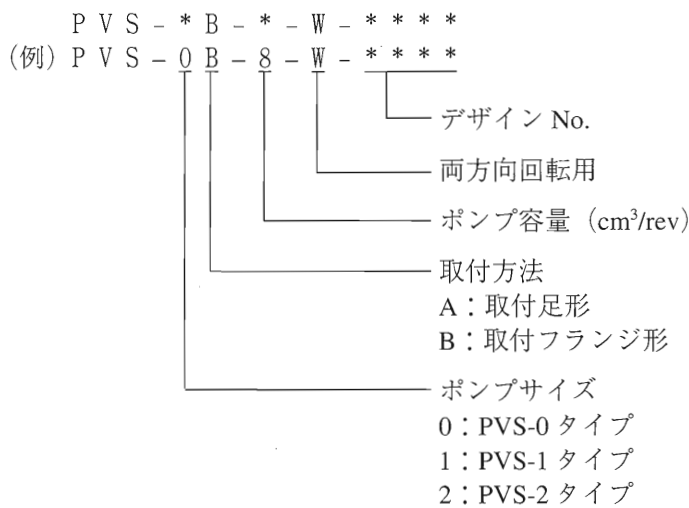


図 1 形式説明

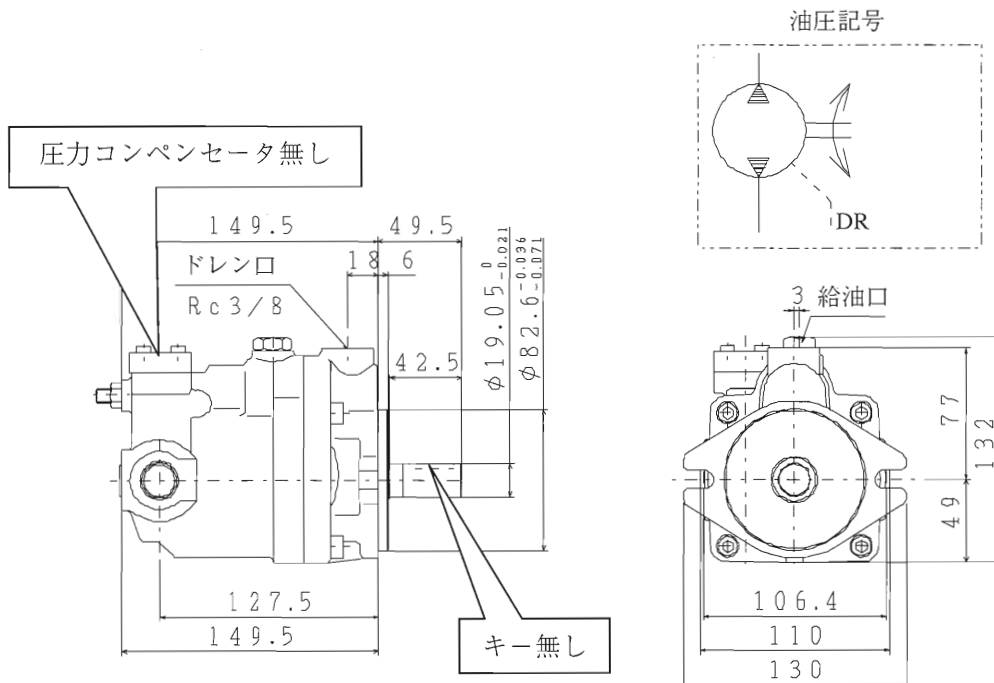


図 2 PVS-0B タイプの外観図

3. 特長

(1) 両方向回転運転 (バルブプレート形状・寸法の適正化)

ポンプは、従来の片方向 (右回転) 回転に対し、両方向で回転するため、バルブプレートの形状・寸法の適正化を図る必要がある。

図3に0Bタイプのポンプ構造図、図4に従来品と今回開発したバルブプレートの外観形状を示す。このバルブプレートは、ポンプの吸入ポート (低圧) と吐出ポート (高圧) を切替える役割を果たしている。従来の片方向回転ポンプでは、油

の自吸性能向上のため、吸入ポート面積を吐出ポートに対し大きくしている。またVノッチ形状を細長くすることで、シャフトと同期回転するピストンが吸入ポートから吐出ポートに移動する過渡期及び吐出ポートから吸入ポートに移動する過渡期でのピストン室内の圧力変動の立ち上がりを滑らかにして、騒音・脈動の低減を図っている。

以下に、ポンプのバルブプレートについて、適正化の概念を示す。

① 自吸性能向上

ポンプは、左右両回転でACサーボモータの最高回転数である 2500min^{-1} の自吸性能を満足

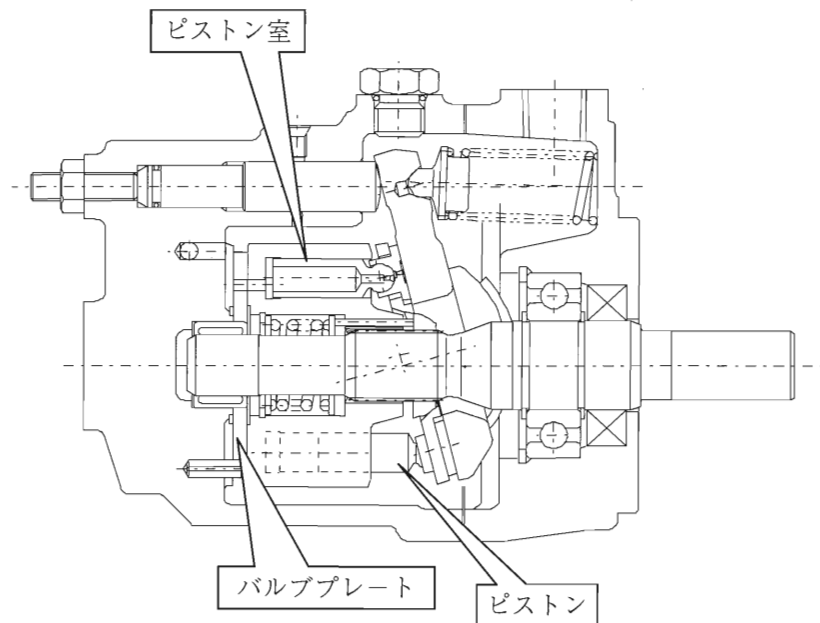


図3 PVS-0Bタイプの構造図

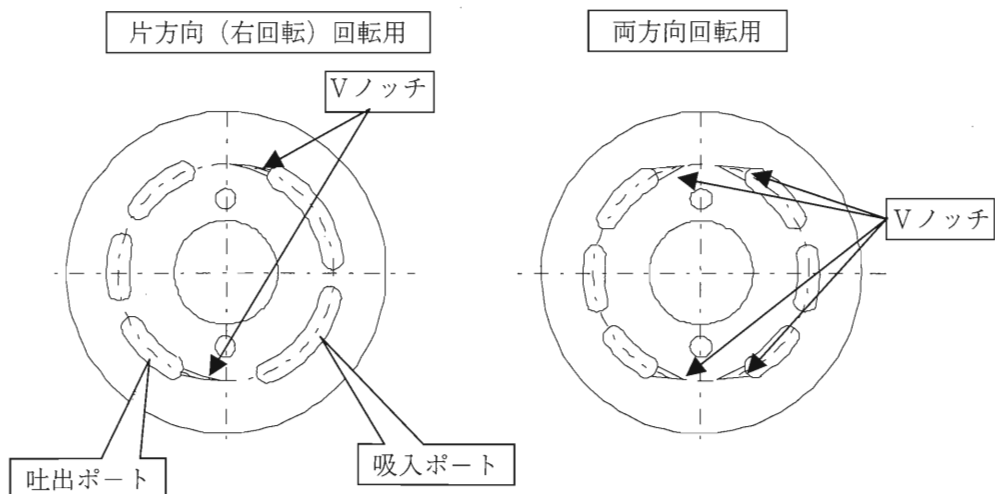


図4 バルブプレート外観形状

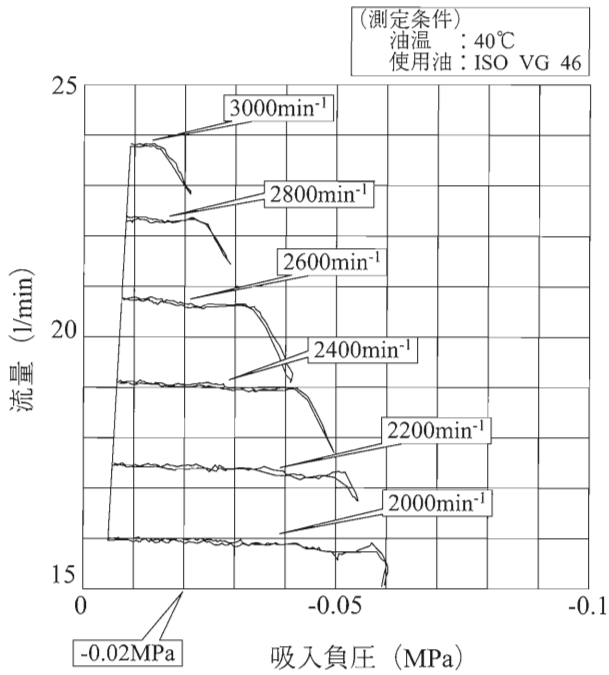


図5 ポンプ自吸性能 (PVS-0B-8-W-****)

させる必要がある。

今回のポンプでは、左右両回転時の性能差をなくすため、ポート形状・寸法を対称にし、油の流速計算等でポート面積の適正化を行った。その結果、左右両回転で、吸入圧-0.02MPa 時 2500min⁻¹ での油の自吸性を確保した。図5にPVS-0Bタイプの自吸性能を示す。

② 騒音・脈動の適正化

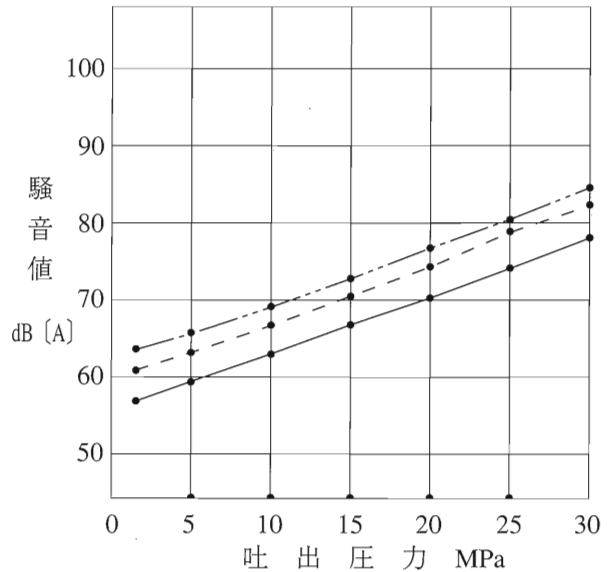
騒音・脈動低減は、Vノッチ形状の適正化によるが、寸法を決める中で下記項目を考慮する必要がある。

- ・左右回転時の性能差をなくすため、左右対称とする。
- ・高速運転時の自吸性能でポート面積を確保する必要がある。(前述①)
- ・Vノッチを長くすると、吐出ポートから吸入ポートへの油の逆流量が多くなり容積効率が低下するため、長さが制限される。

改良には、コンピュータを使用し、Vノッチ寸法をパラメータとするピストン室の圧力変動の理論計算プログラムによる理論計算と、試作品での検証試験を行いバルブプレートVノッチ寸法の適正化を図った。

その結果、左右回転時の騒音のバラツキは1dB(A)以下にすることができた。

図6にPVS-0B, 1B, 2Bタイプの2500min⁻¹



- PVS-0B-8-W-****
- - - PVS-1B-16-W-****
- · - PVS-2B-35-W-****

使用油	ISO VG46
油温	40°C
測定場所	半無響音室
測定位置	ポンプ後方 1m
回転数	2500min ⁻¹
回転方向	シャフトからみて右回転 (左回転は最高15MPa)

図6 ポンプ代表騒音特性

時の代表騒音特性を示す。

(2) 可変速運転

従来の油圧ポンプは、三相誘導電動機で50Hz又は、60Hzの電源周波数で、一定回転数で連続運転しているものが多かった。

これに対し、ACサーボ油圧システムのように可変速で運転される場合、回転速度による部品摺動部の油膜形成状態が変わり摺動抵抗が変化する。

今回のポンプは、内部部品の摺動部の精度及び面粗さを見直し適正化を図り可変速運転を可能とした。

その結果、最低回転数 200min⁻¹、最高使用圧力 30MPa 時の機械効率は、 $\eta_m=80\%$ を達成することができた。

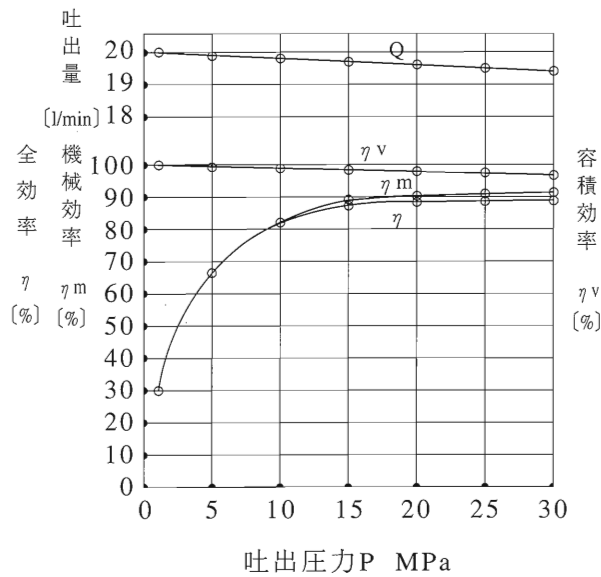
(3) 高圧・高効率

一般的にピストンポンプは内部部品の摺動部に静圧軸受機構を採用し、押し付け力と乖離力の圧力バランスを図ることで漏れが少なく他種ポンプと比較しても高圧域で高効率を達成している。

ポンプは、コンピュータで部品の強度解析を行

い、最高使用圧力 30MPa までの使用が可能となった。また、従来の機構を取り入れ且つ、機械効率向上に各部品摺動部の改良及び、容積効率向上のためプレッシャーファクタ及びバルブプレート の V ノッチ形状の適正化を行った。その結果、最高回転数 2500min⁻¹、最高使用圧力 30MPa 時の全効率は、 $\eta=89\%$ を達成することができた。

図 7 に PVS-0B タイプの 200min⁻¹,2500min⁻¹ 時の代表性能を示す。



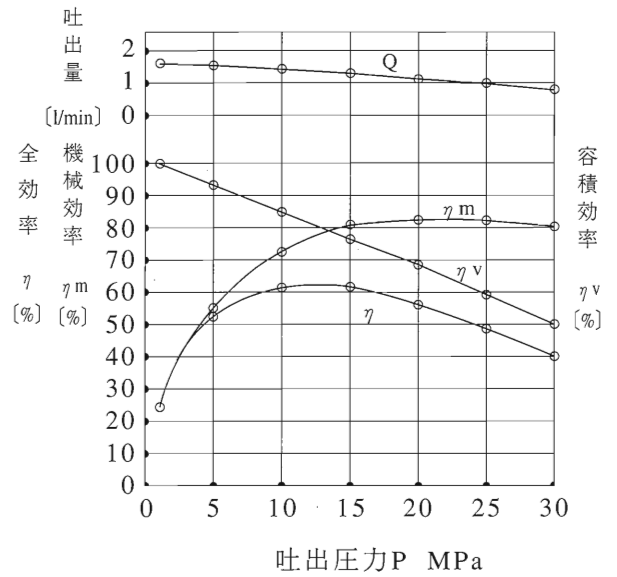
試験条件

使用油	ISO VG46
油温	40°C
回転方向	シャフトから見て右回転 (左回転は最高 15MPa)
回転数	2500min ⁻¹

4. AC サーボモータ容量とポンプ設定容量の組合せ

AC サーボモータの各容量に対し、ポンプの最高使用圧力と最大流量の関係を図 9 に示す。これで、実機に必要な圧力・流量値が、モータの連続定格又は最大でも 150%定格内にはいるようなモータ容量を選定する。注) モータメーカーで特性は変わります。

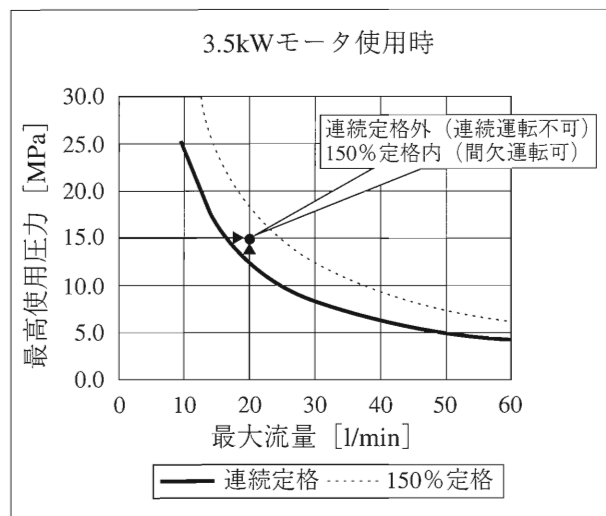
但し、モータは変速時、加速トルクも必要になる為、実際多少余裕のある選定が必要である。選定例を図 8 に示す。



試験条件

使用油	ISO VG46
油温	40°C
回転方向	シャフトから見て右回転 (左回転は最高 15MPa)
回転数	200min ⁻¹

図 7 ポンプ代表性能 (PVS-0B-8-W-****)



(ポンプの仕様)
 圧力 15MPa
 流量 20l/min

図 8 ポンプと AC サーボモータの組み合わせ選定例

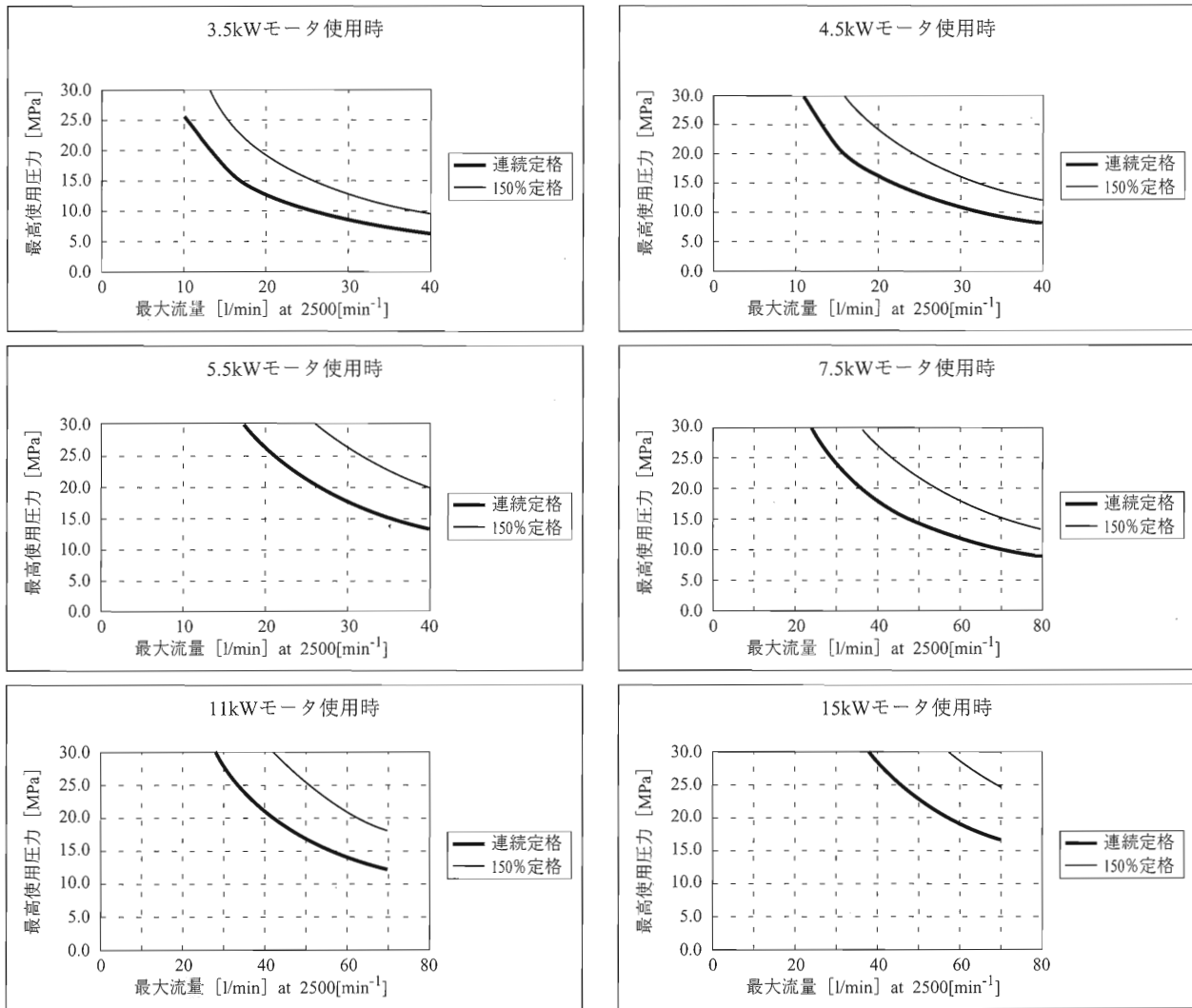


図9 モータ各容量別のポンプ最高使用圧力と最大流量の関係図

5. おわりに

油圧ポンプは産業機械・建設機械の油圧源として幅広く使用されている。

特にピストンポンプは、高圧・高効率に特長があり、また電気制御方式等の制御オプションが豊富で比較的容易に行えるため、実機の省エネに貢献してきた。

しかし、最近の大幅な省エネ・低騒音要求に対しでは、従来システムでは限界がある。

今回開発したポンプを使用した AC サーボ油圧システムは、AC サーボモータの回転数で負荷を制御する新しいシステムであり、従来システムに対し、大幅な省エネ・低騒音化を実現し、今後ますます需要が増えると考ええる。

これからも、ユーザーズを的確にとらえ、油圧の特長を生かした商品開発を迅速に行っていききたい。