

# ダブルポンプHPD71+71とショートストロークポンプHPV112+112の製品紹介

## Introduction of Duplex Pump HPD71+71 and Short-Stroke Pump HPV112+112

上村 伸一  
Shin-ichi Kamimura

PC160-7用メインポンプとして大容量・高圧の斜板式ダブルポンプHPD71+71を、またPC210N-7用メインポンプとして全長短縮型の斜板式タンデムポンプ(ショートストロークポンプ)HPV112+112を新開発したので、これらの製品の特長と技術内容について紹介する。

Komatsu has come up with a high-pressure, large-capacity, duplex swash plate pump, HPD71+71, as the main pump for PC160-7 and a short-length, tandem swash plate pump (short-stroke pump), HPV112+112, as the main pump for PC210N-7. This paper describes the salient features and technical contents of these new products.

**Key Words:** Hydraulic Piston Pump, Duplex Pump, Short-Stroke Pump, Noise/Vibration Reduction, High Self-Priming Ability, Rotational Stability, High Efficiency, High Pressure, Compact Size, Reduction of Overall Length.

### 1. はじめに

油圧ピストンポンプの多くは油圧ショベルのメインポンプとして搭載されており、車体のモデルチェンジに合わせてポンプも改良や新機種開発が行われている。

近年は安全性向上対策による油圧ショベルの後方小旋回化、輸送規制による車幅短縮化などに対応するためにメインポンプの全長短縮化の要求が強くなっている。また、パワーデンシティをアップして油圧ポンプを小型化する要求もある。

これらの要求に対応するために、ポンプの高圧化、高速回転化、高効率化が必要であり、そのためには下記のような課題を解決しなくてはならないが、現在までの量産開発と先行研究実施により、以下の成果を上げている。

- (1) 騒音、振動低減
- (2) 高自吸性
- (3) 内部部品の回転安定性

本稿では、上記の研究成果を織り込んで新開発された2機種のポンプについて、製品と技術の紹介をする。

本稿前半では、ミニ油圧ショベルやPC78USで採用しているダブルポンプシステムを織り込んだ中型油圧ショベルPC160-7用メインポンプとして新開発した大容量・高圧の斜板式ダブルポンプHPD71+71(図1)の紹介をする。

本稿後半では、PC200系の車幅を短縮したPC210N-7用メインポンプとして新開発した全長短縮型の斜板式タンデムポンプ(ショートストロークポンプ)HPV112+112(図2)の紹介をする。

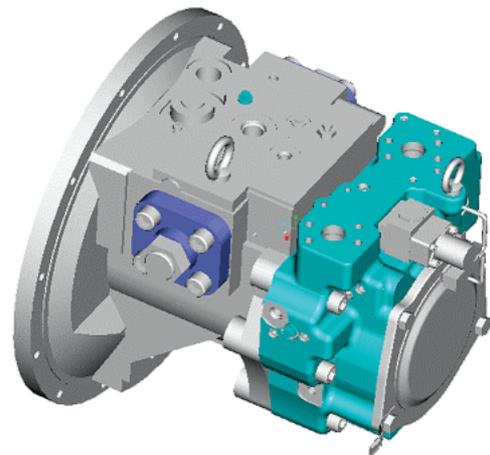


図1 HPD71+71 3D-CAD外観図

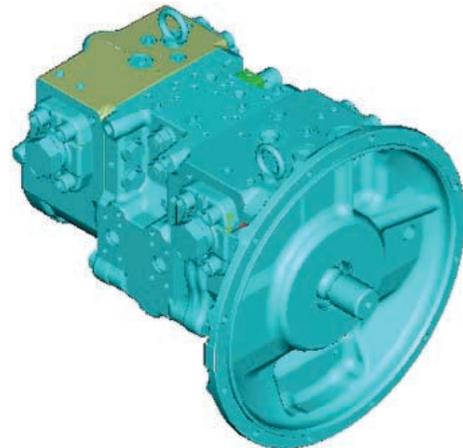


図2 HPV112+112 3D-CAD外観図

## 2. HPD71+71 について

### 2.1 製品系列, 仕様

当社で従来量産されているダブルポンプの系列には、ミニ油圧ショベルやPC78USに搭載されている中圧用のLPDシリーズがあり、その定格圧力は最大27.5MPa(280kg/cm<sup>2</sup>)である。

今回開発したHPD71+71は、当社のシングルポンプ、タンデムポンプのHPVシリーズと同じ定格圧力最大41.2MPa(420kg/cm<sup>2</sup>)を達成し、ダブルポンプの系列・適用範囲を大きく広げた。(表1)

表1 ダブルポンプ系列

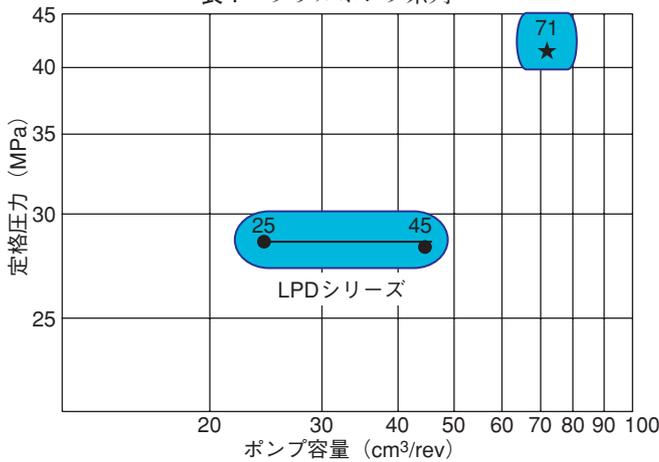


表2に中型油圧ショベルPC160-7用メインポンプとして量産されているHPD71+71の車載定格仕様を示す。

表2 HPD71+71 車載定格仕様 (PC160-7)

項目		単位		
(1)	容量	最大	cm <sup>3</sup> /rev	71 + 71
(2)	回転速度	定格	rpm	2200
(3)	圧力	定格	MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	37.3 {380}

### 2.2 ダブルポンプの概要

#### 2.2.1 構造・作動

##### (1) 構造

ダブルポンプは、1つのポンプケースのエンドキャップに1つの吸込ポートと2つの吐出ポートを持つ。ポンプケース内部の1つのシリンダブロックには10本のシリンダがあり、バルブプレートに接する面のまゆ形状のポートは円周上一つ飛びに、すなわちシリンダ5本ずつがバルブプレートの2系統の吐出用の溝(内溝, 外溝)に接続され、2系統が独立した圧力で同一流量の作動油を吐出できる。

##### (2) 作動

通常作業時は2つのポートを操作弁で合流して1ポンプ(シングルポンプ)として作動し、走行ステアリング時は2ポンプとして作動する。

#### 2.2.2 特長

(1) タンデムポンプに比べて場積が小さい(図3)

図3の例のようにダブルポンプは同一吐出量のタンデムポンプに比べて全長および場積が約15%小さい。

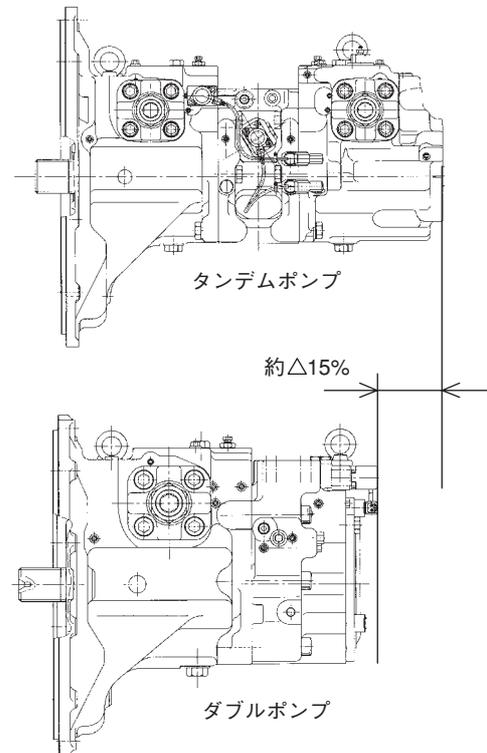


図3 ダブルポンプとタンデムポンプの場積比較 (当社比)

(2) シングルポンプCLSSシステムに比べて走行ステアリング性能が良い

走行ステアリング時、シングルポンプCLSSシステムでは操作弁内の圧力補償弁が作用し被駆動側のポンプ圧は駆動側のポンプ圧と同じになる。この時、エンスト防止でポンプ流量が大きく下がる。一方、ダブルポンプシステムでは被駆動側のポンプ圧は低いままなので、ポンプ流量の低下をシングルポンプシステムに比べて約50%に抑制できるため、力強い走行ステアリングが可能である。

2.3 HPD71+71 への織込み技術

ダブルポンプとしては71+71 (cm<sup>3</sup>/rev)と大容量で、かつ、吐出圧力も最大41.2MPa(420kg/cm<sup>2</sup>)と高圧仕様のため、下記のようなHPVシリーズで蓄積された技術や先行研究結果を織り込んでいる。

(1) 高自吸性対応

ポンプの吸込通路中の最小断面積部であるシリンダブロックポート部においてキャビテーションが発生しないようにポート部での流速を下げ、圧力損失を防ぐために下記の①～③項を織り込んだ。

- ①シリンダブロック、バルブプレート球面構造(図4)  
ポート流速低減のため、球面構造を採用し流速を13%低減した。(対平面構造)
- ②シリンダブロックポート2段加工(図4)  
ポート断面積を滑らかに変化させ、吸込時のまゆ形ポートからシリンダ内への油流れを滑らかにし、ローカルなキャビテーション発生を抑えた。(コマツ特許)
- ③インペラ装着(図4)  
ダブルポンプは、シリンダブロックに2系統(内溝、外溝)のまゆ形溝を配置するので、一般的にシングルポンプに比べてまゆ形溝面積が小さくなりポート流速が上がるため、インペラを装着しポート吸込圧を加圧させた。

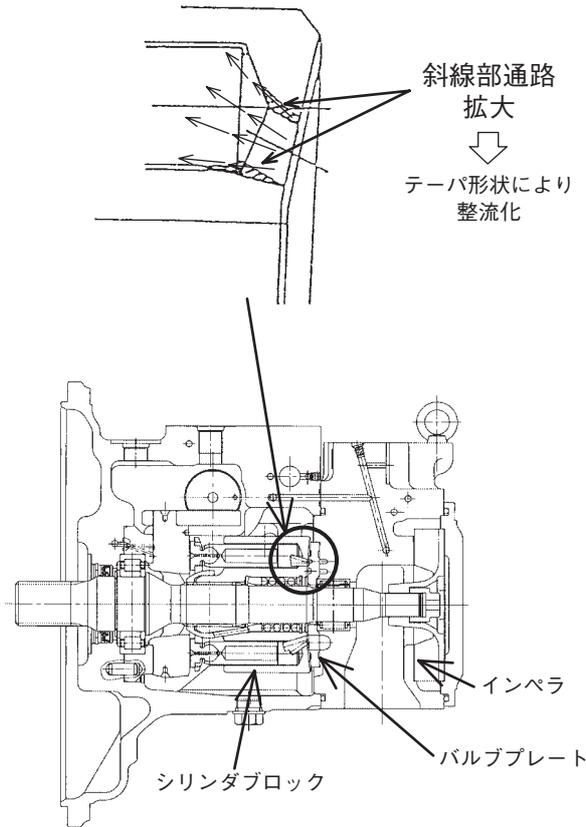


図4 HPD71+71断面図

(2) 低騒音・低振動対応

ポンプの騒音・振動の主原因は、シリンダブロックの回転に伴いシリンダボア内の油が高圧(吐出行程)と低圧(吸込行程)の変動により発生する吐出圧力の脈動である。この圧力変動を滑らかにしたり分散させたりするために、下記2項目を織り込んだ。

- ①シリンダブロック不等ピッチポート採用(図5)  
当社の不等ピッチシリンダブロックは、シリンダを等ピッチに配列し、同一幅のまゆ形溝を不等ピッチに配列していることが特徴で、まゆ形溝の不等ピッチ配列により吸込行程と吐出行程とが切り替わるタイミングをピストンシリンダごとにならしている。(コマツ特許)  
これにより、ポンプ1回転において騒音周波数の位相を分散させることができ、等ピッチシリンダブロックに比べて官能上耳障りでない騒音に改善することができる。

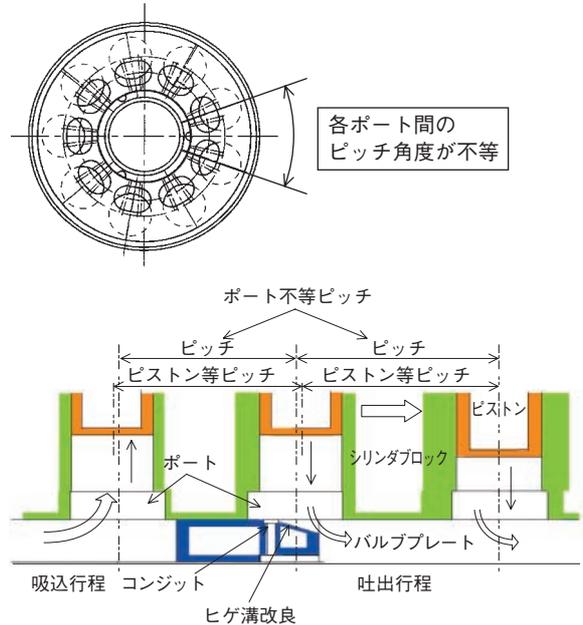


図5 不等ピッチシリンダブロック(展開図)

- ②バルブプレートの昇圧行程側ポート角、ヒゲ溝形状最適化(図6)

ボア内昇圧時(吸込行程から吐出行程に切替る時)にボア内圧力を滑らかに昇圧させるために、シミュレーションによる最適なポート開口タイミングとヒゲ溝形状を織り込んでいる。これにより、騒音レベル全体の低減を行った。

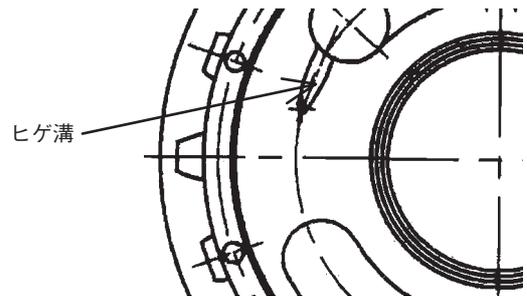


図6 バルブプレートのヒゲ溝

(3) 高圧化対応

ポンプの高圧化のためには、部品単体および部品締結部、部品摺動面の強度アップ、ポンプ回転体の安定化、高圧流体によるエロージョン対策などが必要であり、下記の①～③項を織り込んだ。

①バルブプレートのFEM解析(図7)

ダブルポンプのバルブプレートは、2列(内溝、外溝)の吐出ポート、それぞれの圧力が独立しており、圧力保持部品としての寿命強度を確認する高圧耐久テスト(インパルステスト)は片側のみ高圧な場合と両側高圧の場合と、合計3水準のテストが必要である。よって、テストやり直しや鍛造部品型変更によるロス为了避免するためにFEMを活用した。これにより、応力集中を避けるポートのリブ形状を決め、ポート面積確保と強度確保を両立させることができた。

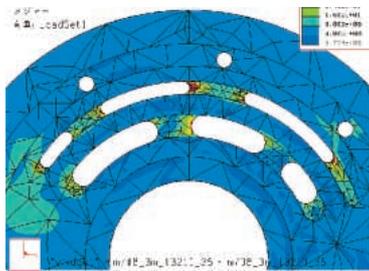


図7 バルブプレートのFEM解析

②シリンダブロック～バルブプレート球面の球径最適化

数値計算による球径最適化により、シリンダブロック転倒モーメントを最小にし、振れまわりを低減させることで内部部品の回転安定性を向上させた。

回転安定性が向上すると高圧時、高速時においても、摺動面焼き付きやブローが発生せず、高効率を達成することができる。

③バルブプレートのエロージョン防止構造(図8)

ヒゲ溝先端のキリ穴は、ヒゲ溝同様ボア内昇圧を滑らかにする効果の他にヒゲ溝による斜め方向の噴流をキリ穴からの直角方向の噴流により拡散し、シリンダブロックボア内のエロージョンを防止している。(コマツ特許)

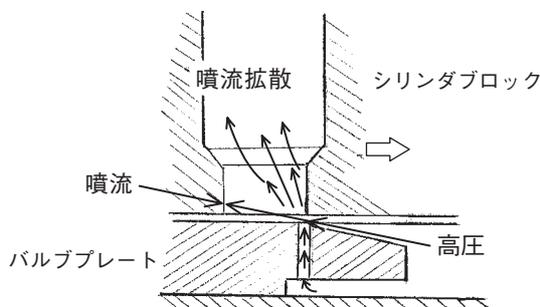
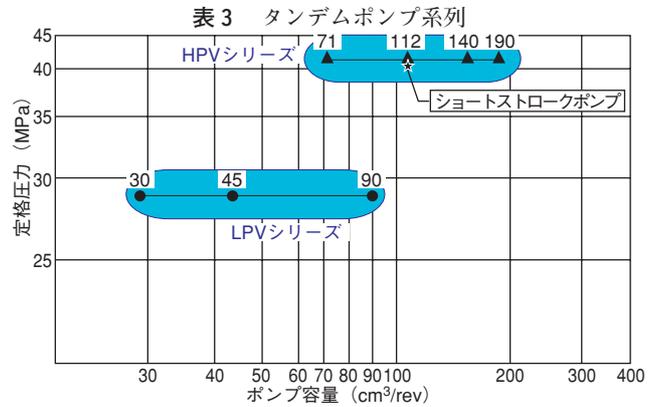


図8 バルブプレートのエロージョン防止構造

3. HPV112+112 について

3.1 製品系列, 仕様

当社で従来量産されているタンデムポンプの系列には、中圧用のLPVシリーズと高圧用のHPVシリーズがある。LPVシリーズは定格圧力最大27.5MPa(280kg/cm<sup>2</sup>)、HPVシリーズは同最大41.2MPa(420kg/cm<sup>2</sup>)である。(表3)



今回開発したショートストロークポンプ HPV112+112 は、現行の HPV95+95(112)の全長短縮型(新系列)タンデムポンプで、PC200-7系の欧州輸送規制対応の車幅短縮車 PC210N-7用メインポンプである。

HPV112+112の車載定格仕様を表4に示す。

表4 HPV112+112 車載定格仕様 (PC210N-7)

	項目	単位	値
(1)	容量	最大	cm <sup>3</sup> /rev 112 + 112
(2)	回転速度	定格	rpm 1950
(3)	圧力	定格	MPa {kg/cm <sup>2</sup> } 37.3 {380}

3.2 概要

ショートストロークポンプ HPV112+112 は、現行の HPV95+95(112)と比べて全長を15%短縮した。(図9)

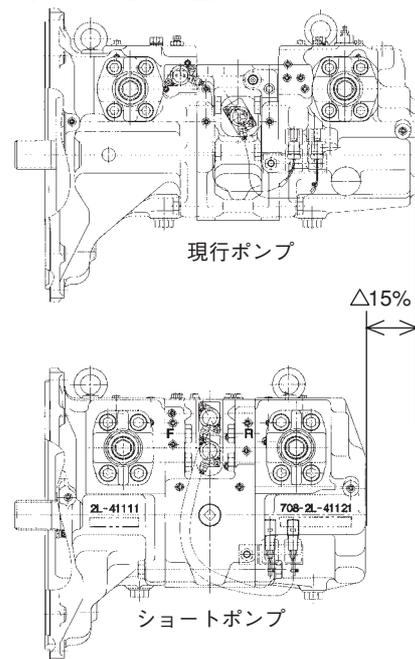


図9 現行ポンプとショートポンプの比較(当社比)

(1) 構造(図10)

全長短縮を達成するために、下記のような構造を織り込んだ。

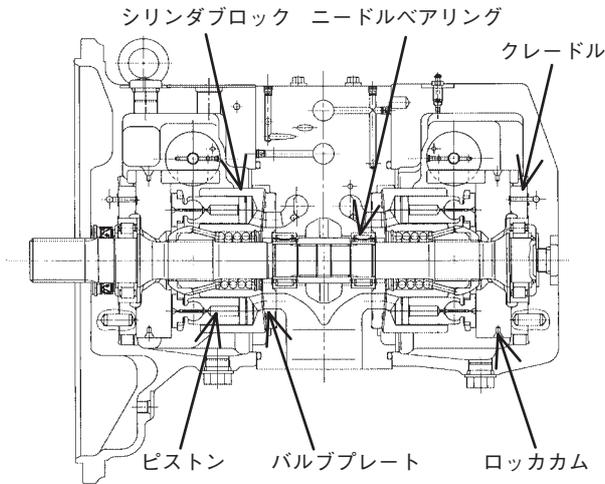


図10 HPV112+112断面図

①ショートストローク化

ピストン径を15%アップし、ストロークを25%短縮した。

②ポンプケースの短縮化

従来ポンプケースとエンドキャップに分散していたポンプの各種制御弁をエンドキャップに集約することで、ポンプケース長さを22%短縮した。

③ベアリング幅短縮化

ショートストロークにより、シャフトを支持する2つのベアリング間の距離も小さくなり、メインベアリングサイズを小さくできた。

④インナーレース付きニードルベアリング採用

ピストンボアアップにより、バルブプレートおよびエンドキャップの吸込、吐出ポートP. C. D.が大きくなるので、インナーレース付きニードルベアリングが採用でき、シャフトのタンデムカップリング部スプラインの切り上がり加工部にインナーレースを重ねることによりニードルベアリング部分の長さが短縮された。

⑤クレードル取付ボルト本数、サイズ見直し

ピストンP. C. D.が大きくなったことで、ロッカカム(斜板)を支持するクレードルの取付ボルトP. C. D.を大きく取り、ボルトの本数を増やしてサイズダウンし、クレードル取付ボルト部分を15%短縮した。

3.3 HPV112+112への織込み技術

(1) 高効率化

ピストンポンプは通常、斜板角の小さい領域では容積効率が悪くなる傾向があり、ショートストロークポンプでは下記項目を織込み、高効率を達成した。

①ピストン～ボアのクリアランス低減

ピストンこじり力が小さく、ピストン摺動速度も小さいのでクリアランス低減が可能となった。

②クレードル～ロッカカム円筒面静圧軸受部漏れ低減

高圧油供給流路の絞りを適正化することで漏れを低減した。

③ピストンシューパッド面の漏れ低減

低斜板角に適したパッド面(静圧軸受)の油圧バランスを改良し、かつ絞り寸法を適正化することで漏れを低減した。

④シリンダブロック～バルブプレート球面の球径最適化

2.3(3)②項と同一の構造を織り込んだ。

(2) FEM解析による最適剛性設計

①ロッカカム～クレードル強度

全長短縮を達成するために、FEM解析による剛性検討を実施した。

②ケース～エンドキャップ締結面強度(図11)

ピストン径アップに伴いピストン推力(反力)が増えたことと、エンドキャップの吐出ポート位置や締結面のボルト位置が従来系列機種と大きく異なることにより横にらみ設計が困難なため、FEM解析による剛性検討を実施した。

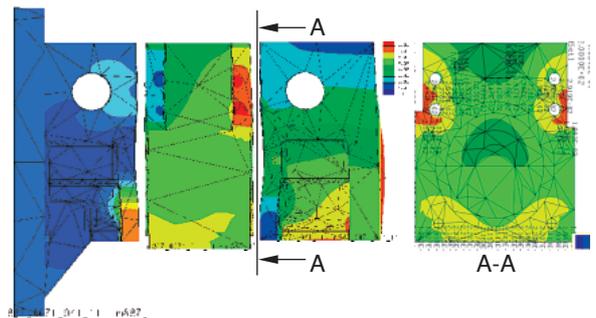


図11 ケース～エンドキャップ締結面変形FEM解析

③圧力保持部品(エンドキャップ)強度(図12)

エンドキャップには複雑な油路形状の吐出ポートがあるが、開発当初から内部応力解析をFEMで行い、図面と実体に反映させ、圧力保持部品としての寿命強度を確認した。

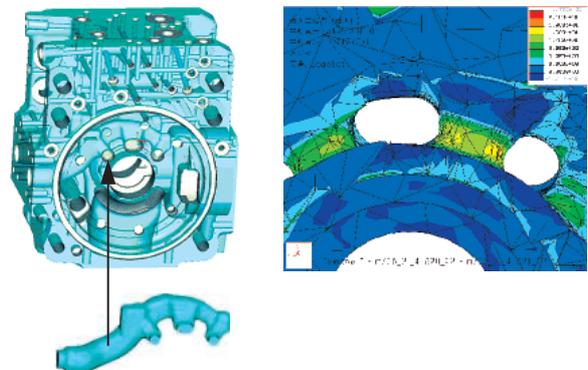


図12 エンドキャップ吐出通路FEM解析

## (3) 高自吸性化

2.3(1)①, ②, ④ 項と同一の構造織り込みをした。

## (4) 低騒音, 低振動化

2.3(2)①, ② 項と同一の構造織り込みをした。

## 4. おわりに

HPD71+71, HPV112+112 は当社の高圧ピストンポンプ HPV シリーズで蓄積された技術とノウハウを適用し, 品質・信頼性を踏襲した製品となっている。

## 筆者紹介



Shin-ichi Kaminura

かみ むら しん いち

**上村伸一** 1999年 コマツ入社。  
現在, コマツ エンジン・油機事業本部 油機  
開発センタ所属。

## 【筆者からひと言】

当社の油圧ピストンポンプ(油圧機器)は主に小山工場より世界の車体工場へ供給されているが, 今後ますます激しくなるグローバル競争に負けないよう, 市場ニーズに合致した性能・品質・コスト面での改良や, 新製品のラインアップを増やしていく所存である。