

# フォークリフト用リフトシリンダ

末吉 大輔

## 1 はじめに

フォークリフトは、工場や倉庫などで物品の輸送や保管の際の積みおろし、倉庫での仕分けなどの荷役作業を行うための産業車両である（図1）。

フォークリフトの荷役昇降部はマストと呼ばれ、荷役昇降用のアクチュエータには、単動型油圧シリンダが使用されている。これをリフトシリンダ（用語解説「フォークリフト用リフトシリンダ」P.59参照）と呼び、KYBでは、KCFL（KYB Cylinder Forklift Lift）シリーズとして、国内フォークリフトメーカーに供給している。

今回、そのリフトシリンダのコストダウンをコンセプトとした新モデルを開発し、生産を開始した。本報では、その製品概要について紹介する。



図1 フォークリフト

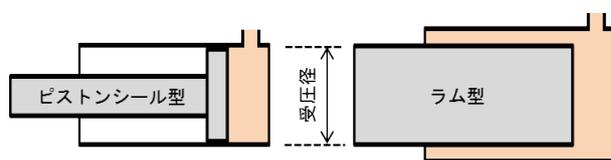
## 2 リフトシリンダの構造について

### 2.1 シリンダ形式について

リフトシリンダでは、ピストン部にシールを持つピストンシール型の構造をとるのが一般的であり、ラム型に比べて小径で大きな推力が得られる（図2）。

また、リフトシリンダは、積荷やマストの自重によって下降することから、床面保護のためにフォーク着地時の衝撃を緩和させるクッションを設けるも

のが多い。ボトム端に設けられた縮みエンドクッションは、縮みエンド近傍で排出される作動油の油路を絞って減速させる機構である。



※同一受圧径であれば、同じ推力を発生できる

図2 シリンダタイプの比較

### 2.2 ドレン方式について

ピストン単動型シリンダでは、摺動によりロッド側室に生ずる微小な油漏れの蓄積を排出する機構が必要となる。排出方法は、ピストン内部に設けたチェックバルブを介し、システム側に油を戻す「内部ドレン型」（図3）と、ロッド側室と車体のタンクをホース等で連結し、空気または作動油を出入りさせる「外部ドレン型」（図4）の二種類に分けら

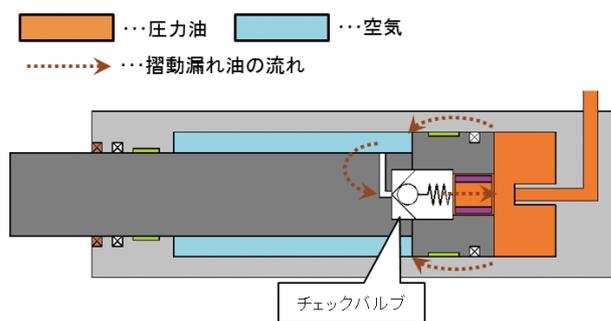


図3 内部ドレン型

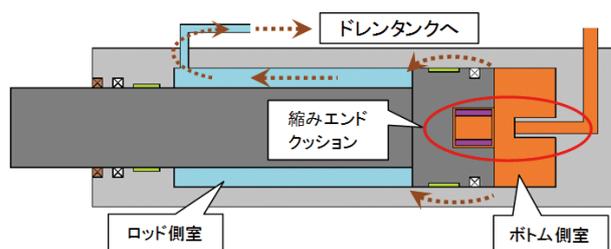


図4 外部ドレン型

れる。

内部ドレン型は、専用のドレンラインが不要であることから、機体への取付け性を活かし、標準機へ採用するメーカーが多い。一方、外部ドレン型はドレンラインを利用して、タンク内の作動油をシリンダのロッド側室へ送り込む「オイルリターン式」にすることができる。オイルリターン式は、高温のタンク内作動油をピストンロッドに触れさせることで冷却し、油圧回路のヒートバランス向上、ピストンロッドの防錆力向上など、機能的に有利な点がある。

### 3 開発背景

リフトシリンダの主とする機能は、油圧を利用して積荷を上下作動させることに限られており、機能向上の要求が少ない製品である。また、基本構造が単純であることから、競合メーカー製品も含めてその構造に大きな違いはなく、コストダウンがリフトシリンダに求められる最大の市場要求となっている。

### 4 製品仕様

コストダウンを達成するため、投入資材・加工量を低減する。更に生産性の向上として、ドレン方式の異なる二つのモデルを統合する。ただし、先述の通り、ドレンラインの設置が不要な内部ドレン型を主流としながらも、シリンダ内のロッド側室を用いて、スペースや熱を有効利用する外部ドレン型も必須であることから、どちらの型にも対応可能な製品

とする。

また、リフトシリンダは、現在使用されているマストの変更なしに、シリンダのみを載せ替える（ランニングチェンジ）ことが一般的であることから、現行型と同等に使用できる強度特性、耐久性と、取り付け互換性を有することを要件として開発した。

#### 4.1 基本仕様

- ①定格使用圧力：20.6MPa
- ②作動油温度範囲：-20～100℃

#### 4.2 耐久性

当社作動耐久評価を実施し、その耐久性を満足する。

#### 4.3 取付け互換性

リフトシリンダの機体への取付け性は、互換性の有無、特に全長方向の自由度に支配される。現行品と同等以下の全長で構成が可能である。

#### 4.4 特殊仕様（低温環境仕様）

フォークリフトには冷凍倉庫等の低温環境で稼働する車両があり、低温環境専用のロッドシールを用いた耐寒仕様シリンダの設定がある。改良型リフトシリンダにおいても、同じロッドシールを装着でき、低温環境仕様の設定が可能である。

### 5 改良型リフトシリンダの特徴

現行型リフトシリンダと改良型の構造比較を図5に、基本仕様比較を表1に示す。

改良型は、チェックバルブを必要としない内部ドレン型シリンダとしながら、外部ドレン型にも適用可能なシリンダ内部構造とした。また、高コストの

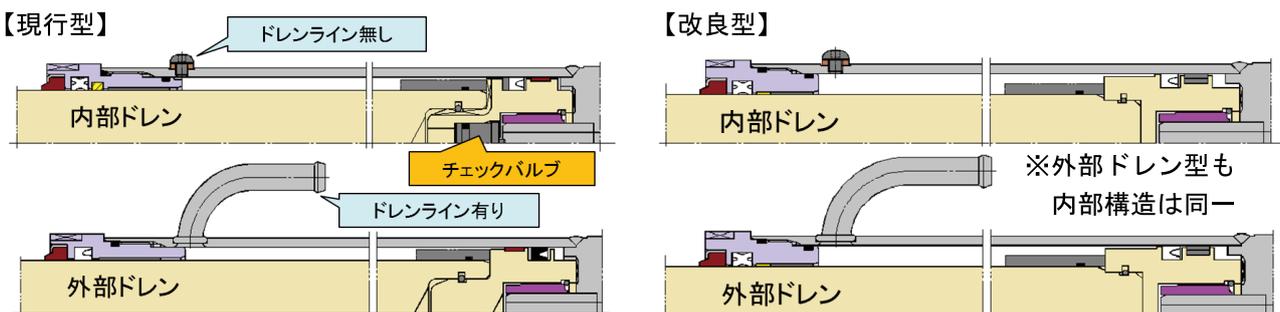


図5 現行型と改良型の構造比較

表1 基本仕様比較（仕様：2t系車両 3m揚高）

	現行型		改良型
モデル名	KCFL1-4	KCFL1-3	KCFL1-5
ドレン構造	内部ドレン型	外部ドレン型	内部ドレン／外部ドレン
ボア径-ロッド径-ストローク	50-40-1500 (mm)		50-35-1500 (mm)
製品重量	約25.0kg		約21.0kg

部品であるピストンロッドは、必要に応じて従来よりも細い径の選択採用を可能とすることで、コストダウンに寄与する。更に、シリンダヘッド部は従来よりも短縮して構成し、シリンダ性能の維持に必要な要素を最小限に集約した。これにより、全長方向は現行型との互換性を持たせつつ、二つのドレン方式の基本構造を集約するとともに、製品重量：最大25%減とできる他、メンテナンス用部品の入手・管理性を向上できる。

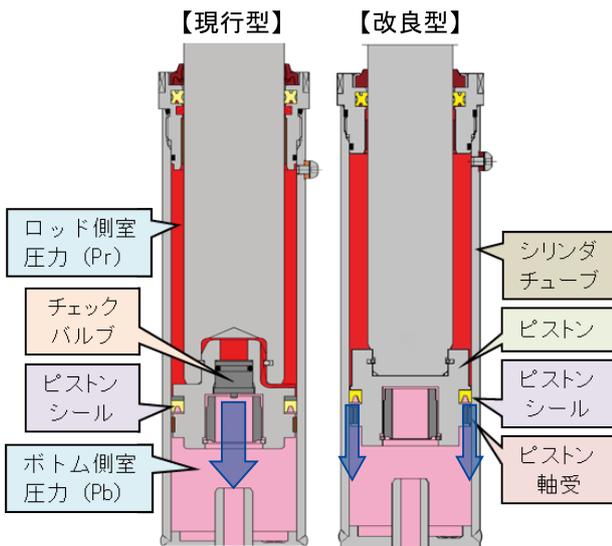
## 6 開発課題と設計上のポイント

### 6.1 チェックバルブ機能の見直し

先述の通り、内部ドレン型シリンダでは、摺動時に発生した微小な油漏れの蓄積を、ピストン内部に設けたチェックバルブを介してシステム側に戻している。しかし、そのチェックバルブの装着により、部品数の増加や、ドレンタイプ別に内部構造が異なるものとなり、コストでは不利な一面がある。そこで、改良型のリフトシリンダではチェックバルブの機能をピストンシールに付与することで、部品数を削減しながら、ドレンタイプに係わらず構造の統合を可能としている。

#### 6.1.1 チェックバルブ機能付きピストンシール

チェックバルブの作動状態を図6に示す。通常の作動状態において、ロッド側室とボトム側室の圧力関係は、常時①の状態にある。しかし、ロッド側室に摺動漏れをした作動油の蓄積がある場合に、その領域で伸び作動を継続させると、圧力状態が反転し



- ①シリンダの通常作動状態： $P_r < P_b$
- ②チェックバルブ作動状態： $P_r > P_b$
- ➡：摺動漏れ油がボトム側室に戻る流れ

図6 チェックバルブ作動状態

②の状態となる。このように圧力が反転した際、現行型のリフトシリンダではチェックバルブが作動し、蓄積した摺動漏れ油をボトム側室に戻している。

改良型のリフトシリンダでは、チェックバルブの機能をピストンシールに備えている。②の状態では、ピストンシールにリップ部を押し倒す方向の力が働くため、リップの変形によりできたシリンダチューブ内面との隙間が、チェックバルブの開口と同等の役割を果たすものである。

ただし、従来のピストンシールを流用してもこの作用を得ることはできない。これは従来のピストンシール形状に密封方向の逆側からの圧力を逃がす機能はなく、その際にはピストン内で傾く動きや、圧縮つぶれ状態となり、油路を塞ぐこととなる(図7)。

#### 【従来品】

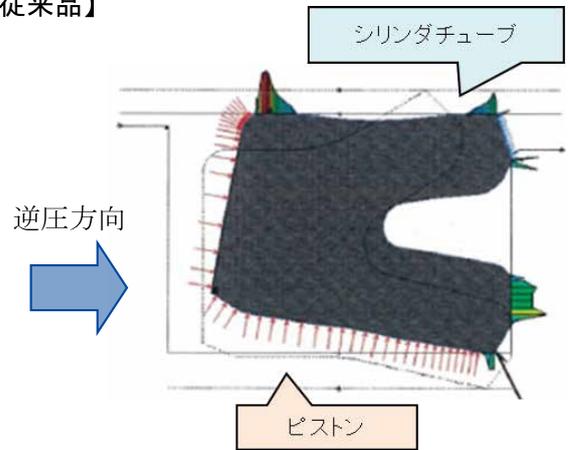


図7 従来品のピストンシール

改良型では専用のピストンシールを開発した。密封方向の逆側からの圧力に反応してリップ部が倒れ、確実に開口する形状としたピストンシールを採用して、機能を成立させている(図8)。

#### 【開発品】

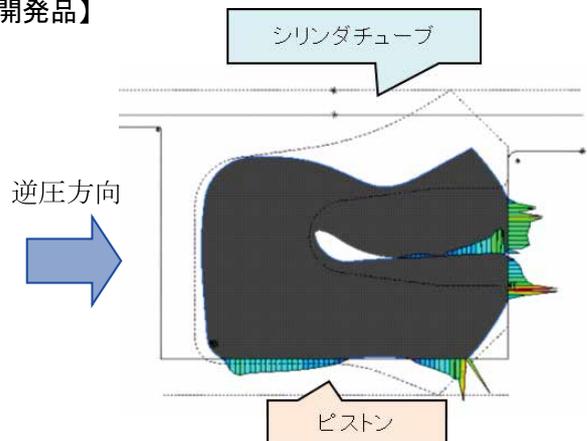


図8 改良型のピストンシール

### 6.1.2 油通路付ピストン軸受

専用品の開発により、チェックバルブの機能を併

せ持つピストンシールが誕生したが、ピストンに装着されるもう一つの主要部品「ピストン軸受」もチェックバルブ機能の達成を阻害する。従来使用していたピストン部のすべり軸受は、一定の環状隙間を有しているが、その隙間での作動油の流動は大きな圧損を発生させるため、チェックバルブと同様の性能は得られない。

そこで、ピストン軸受には外周部に油通路部を設けた。これを樹脂製とすることで構造上の成立と、低コストを同時に解決している（写真1）。



写真1 油通路付ピストン軸受

### 6.1.3 チェックバルブとしての性能

新開発のピストンシールとピストン軸受の組み合わせによって得られるチェックバルブ機能の圧力-流量特性（PQ特性）を図9に示す。

チェックバルブは、小さな差圧で大流量を流せるほど、シリンダの推力低下が少なく、荷役作動がスムーズである。改良型シリンダのチェックバルブ機能は、従来のチェックバルブを用いた内部ドレン型シリンダよりも良好な性能を有している。

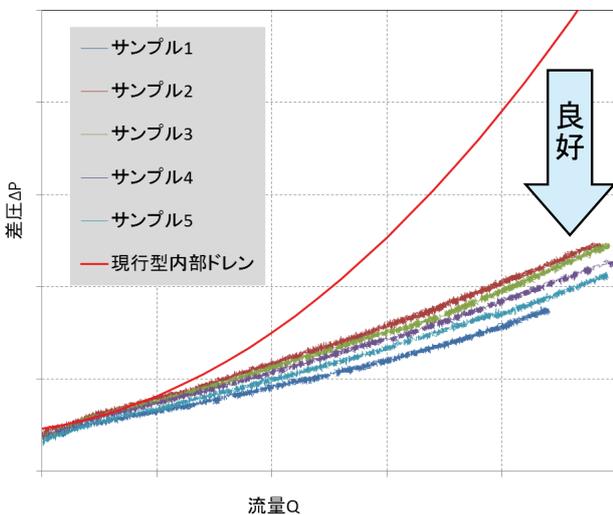


図9 チェックバルブ機能のPQ特性

### 6.2 ピストンロッド小径化

リフトシリンダは細長の製品であり、かつ油圧により大推力を発生することから、座屈強度が重要視される製品である。従来は、シリンダ径毎に一つのロッド径で幅広い揚高に対応する設定となっているが、生産品の多くは低揚高用シリンダであり、必要強度に対し過剰となっている。そこで、座屈強度が過剰な設定のピストンロッドにおいては、一段階細い径のピストンロッドを採用することで、投入資材を低減できる（図10）。

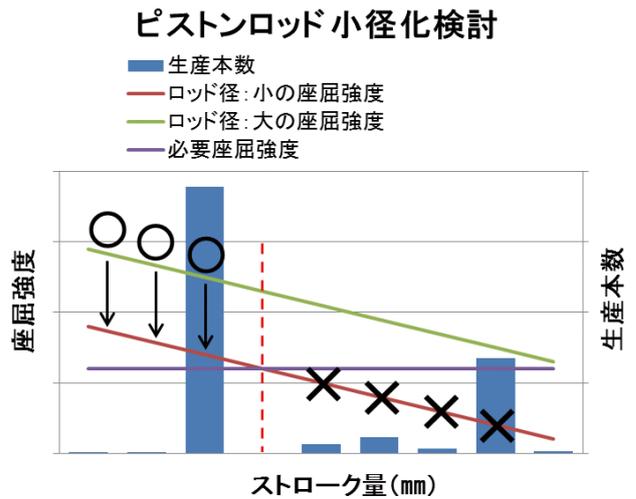


図10 ピストンロッド小径化について

### 6.3 シリンダヘッド短縮構成

シリンダの取付け互換性を確保するため、シリンダヘッドの全長短縮を盛り込んだ（図11）。具体的にはロッド軸受長さの必要最小限化に取り組んだ他、潤滑油保持スペースを削減した。潤滑油はロッド軸受の耐久寿命を向上させる狙いがある。内部ドレン

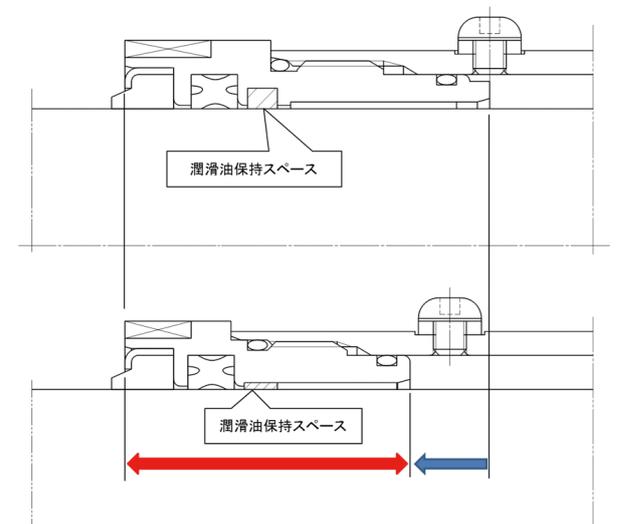


図11 シリンダヘッドの構造比較

型では、ピストンロッドと軸受とがドライ摺動となり易く、ロッド軸受が短期間に磨耗してしまうことがある。これを回避するため、従来からシリンダヘッド部に潤滑油を封入し、初期馴染みが終わるまでの潤滑性を確保している。現行型のシリンダヘッドでは、潤滑油保持用の空間を設置していたが、改良型では周辺スペースを有効活用し、潤滑油を保持させることとした。

なお、この潤滑油は、外部ドレン型で空気を出入りさせる方式においても有効であり、二つのドレン構造統合の実現に寄与している。

## 7 おわりに

今回開発したリフトシリンダの製品化を完了し、コストダウンと従来モデルの統合に寄与できた。

また、試行錯誤の末に完成させたチェックバルブ機能付きのピストンシールは、特に内部ドレン構造の単動シリンダの分野において、大きな発展性を有していると考える。

今後も、市場要求に応える製品、お客様に喜んでいただける製品の開発に貢献していきたい。

最後に、本製品の開発から量産に至るまで、社内外関係者より多大なるご支援、ご協力を賜りましたこと、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 著者



末吉 大輔

2005年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部岐阜南油機技術部設計室。フォークリフト用のシリンダ製品設計・開発に従事。