

## 技術論文

## Tier4 向け油圧シリンダ

### Hydraulic cylinder for Tier4.

金丸健二  
Kenji Kanemaru  
浅野広太郎  
Koutaro Asano  
早川順平  
Junpei Hayakawa  
道上智史  
Satoshi Michikami

第4次排ガス規制対応のモデルチェンジに合わせて、従来シリンダに対して中国市場で得た経験の展開、品質向上、原価改善を織り込んだ油圧シリンダについてこれまでの経緯と合わせ紹介します。

As the model change for being adapted for 4th emission gas emission regulation, experience of the market in China, quality improvement and cost reduction was reflected on a hydraulic cylinder. The features of the new cylinder are described.

*Key Words:* Tier4、油圧シリンダ、ダストシール、ピストンロッド、ロッドパッキン、バックアップリング

### 1. はじめに

建設機械が発明されたのは、約 200 年前で動力は蒸気機関であった。現在の油圧ショベルが開発されたのは 1950 年代に入ってからである。ここでは油圧ショベルに用いられる油圧シリンダについて紹介する。

コマツの主力機種 20ton ショベルは、1980 年台に 1 型が登場し、2012 年に 8 代目 10 型シリーズが、デビューした。この間、油圧ショベルは昇圧化をはかり油圧システムの小型化をはかってきました。PC200-1 型から-10 型までの定格圧力の変遷を示します。(図 1)

機種	型式	年	定格圧力 (MPa)	ボア径 (mm)	ロッド径 (mm)
PC200系	-1	1980	24.5	150	100
	-2	1982	27.5	140	90
	-3	1984	31.4	130	95
	-5	1988	33.3	135	95
	-6	1992	34.8	135	95
	-6 m/c	1996	34.8	135	95
	-7	2001	37.3	135	95
	-8	2005	37.3	135	95
	-10	2010	37.3	135	95

図 1 PC200 定格圧力変遷 (アームシリンダ)

油圧シリンダの小型化の指標として単位重量当たりの仕事量を機能値として表すと 1.58 倍向上しています。(図 2) 推力を一定とすると高圧化することでシリンダ径は小径化できますが、力を作業機へ伝えるピストンロッド径の強度から細くできない、シリンダチューブの肉厚が厚くなる等で課題があり、ここ数回のモデルチェンジでは極端な昇圧化は行われていない。

\* 機能値 : 推力 × ストローク / シリンダ重量



写真 1 HB205-1 (カタログより)

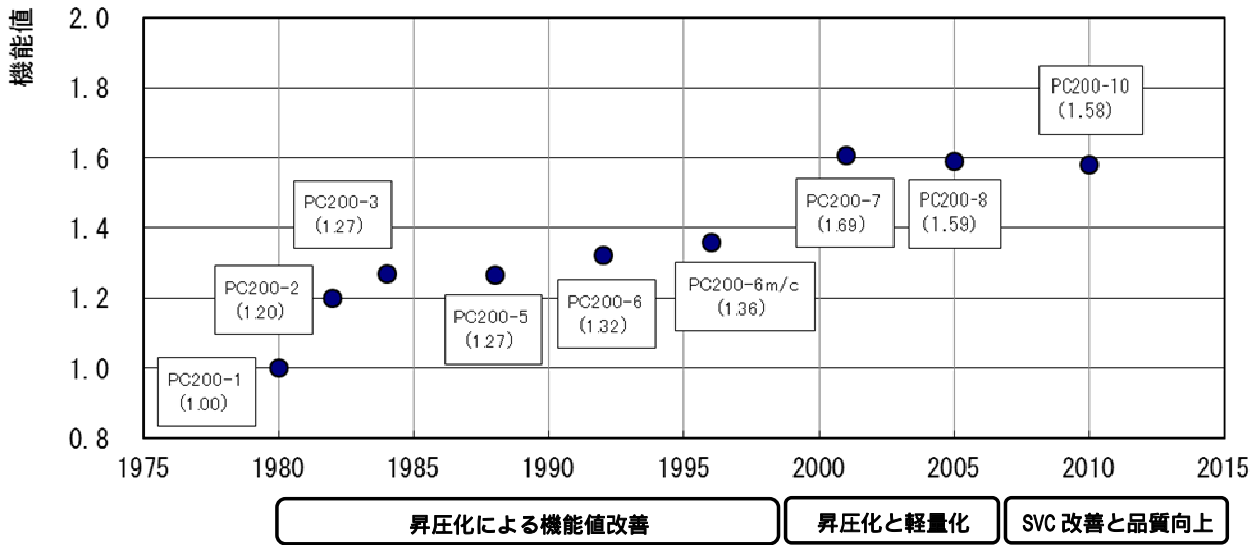


図2 油圧シリンダの機能値

## 2. 開発のねらい

第4次排ガス規制適応にあたり、モデルチェンジ時に合せ、従来シリンダに対して、中国市場で得た経験の展開、材料費高騰に対応して材料の製造工程に踏み込んだ成分、工程変更による品質向上、原価改善を開発シリンダへ織り込んだ。(図3)

前述の機能値は他社に対し優位性を保っており、主要諸元は従来シリンダと同等とした。

油圧シリンダの構成コストは、約70%が材料費で占めるため昨今の鋼材費の高騰対策はシリンダ開発の大きな課題である。

### 品質向上案件

- ・外部から侵入するダストに対する耐ダスト性能向上シールの採用。
- ・耐熱性能向上ロッドシール及び合せ面シールの採用。

### コスト改善案件

- ・ピストンロッド材質の見直し、合金成分を変更し、従来品と同等の強度を確保。
- ・ピストンロッドの熱処理を変更または追加し、1クラス下の材料で同等の強度を確保。
- ・シリンダ鋼管の引張残留応力を抑制し、1クラス下の材料で同等の強度を確保。

織り込み項目	内容	
品質向上	・耐ダスト性	ダストシール形状変更
	・耐熱性	ロッドパッキン材質変更 O-リング材質変更
原価改善	・ピストンロッド材質見直し	合金成分の変更
	・ピストンロッド材質変更 + 熱処理変更	焼入れ深さの変更 ネジ部に熱処理追加
	・シリンダ鋼管変更	残留応力管理による材料変更
	・クッションカラー溶着金属	溶着量の見直し

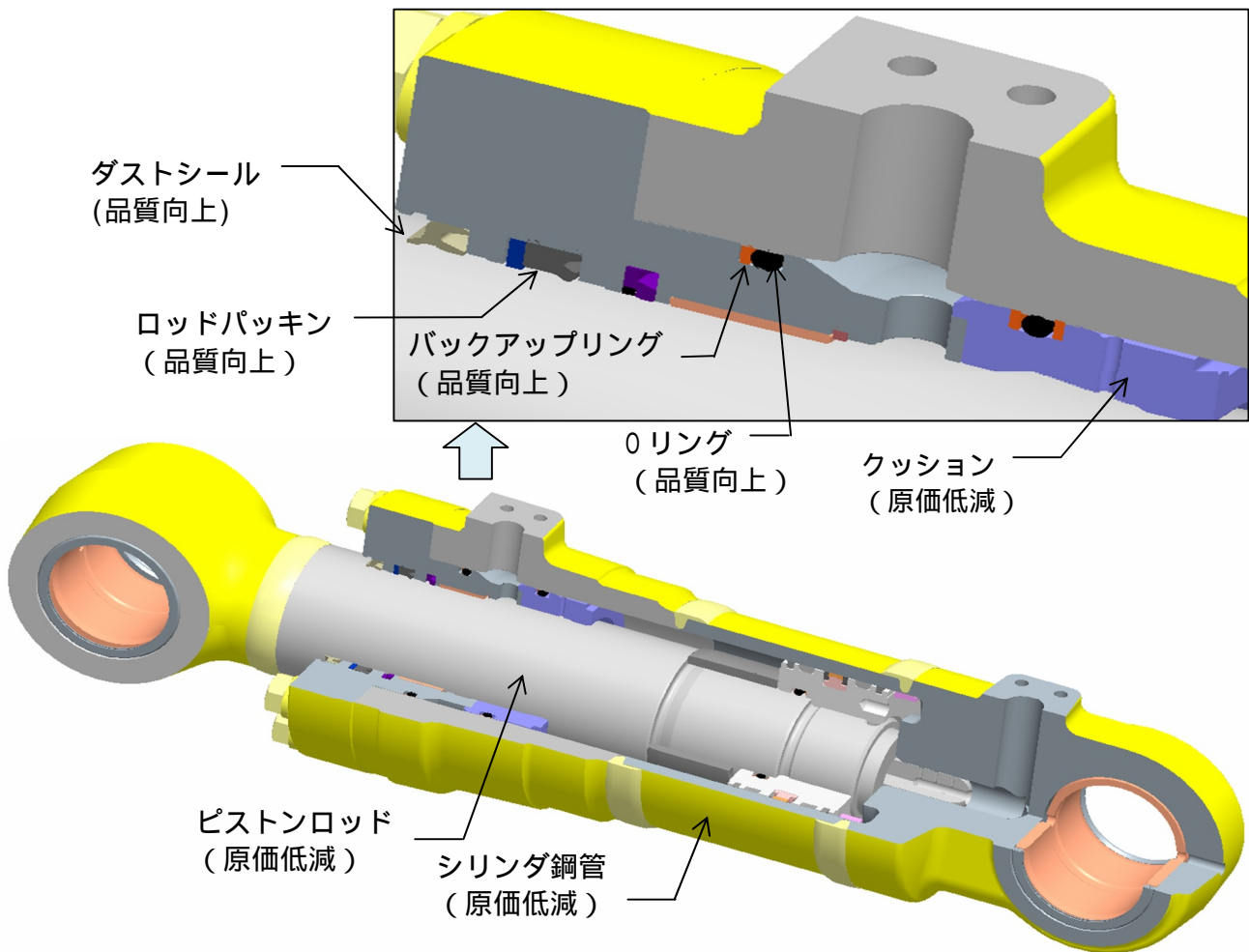


図3 開発シリンダ概要

### 3. 主な特徴

以下に織り込み項目を説明する

#### 3.1 耐ダスト性能を向上ダストシールの採用

従来のダストシールは、ピストンロッド表面に極僅かに存在する油膜をダストシールが掻き出して出来るオイルリングの低減を狙ったダストシールであったが、新たに開発した改良型ダストシールは、シールのリップ形状、面圧、緊迫力を変更し、油膜の掻き出しを抑えながら耐ダスト性能を向上させた。(図4)



図4 ダスト侵入性とかきだし性評価

ダストシール単体のサイズは従来品と互換性があるので従来シリンダへも織り込むことが可能である。(図5)



図5 改良ダストシール外観

### 3.2 耐熱性能向上ロッドパッキンの採用

パッキン材料の耐熱性を向上させる狙いは、作動油の許容温度を上げるためではなく、同じ油温で使用すればパッキン材料のヘタリ、劣化を低減でき結果的にはシールの寿命を向上させることが主な狙いである。(図6)

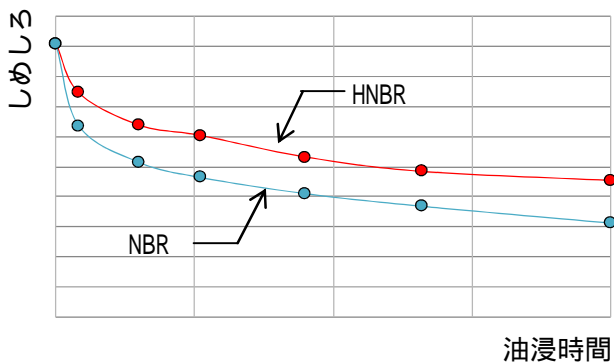


図6 NBRとHNBRの油浸試験結果

更にロッドパッキンの耐圧性確保のため組合せて用いるバックアップリングの材質をテフロン系からナイロン系に変更したことで、耐圧性の向上とコスト低減の両立をはかっている。(図7)



図7 ロッドパッキン外観

### 3.3 耐熱性能向上合せ面シールの採用

前述したロッドパッキンと同じ考えで、Oリングの耐熱材料化、バックアップリングのナイロン化を図った。(図8)

なお 配管接合部のOリングはボルト固定ではみ出し隙間が無いので従来材料を踏襲している。

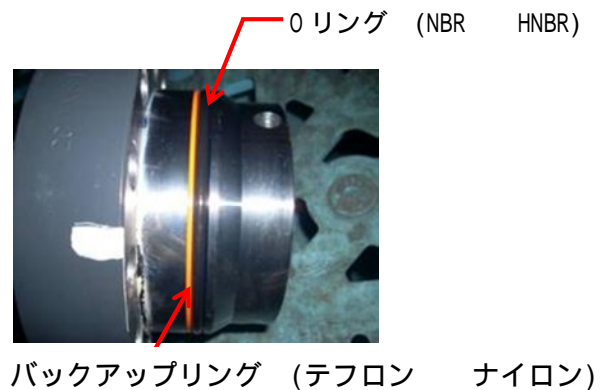


図8 使用例(シリンダヘッド合わせ面)

### 3.4 ピストンロッド材質の変更

材料強度は、その材料の炭素等量によって、ほぼ決まるので高騰する元素を入れ替えることで引張強度、硬度、衝撃値を同等に維持させた材料を開発した。なお、鋼材そのものは高騰のままだが、対象元素のコストが下がったためピストンロッドへの採用はまだ実施していない。



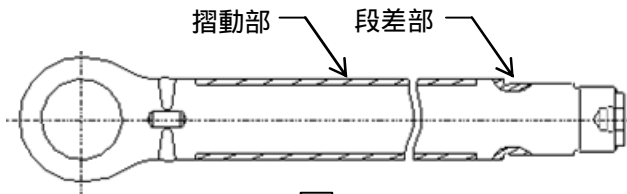
写真2 ピストンロッド

### 3.5 ピストンロッド熱処理の変更

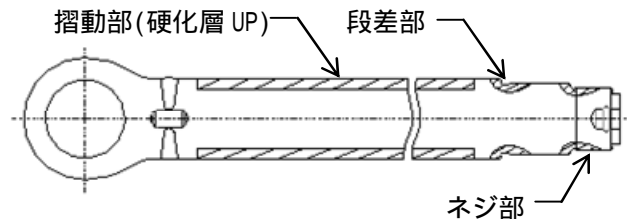
ピストンロッドに要求される強度は、座屈とピストン締結部の2つに大きく分けられるが、熱処理条件の変更と追加により素材のコストを抑えることを実施した。

座屈強度に対しては、硬化層の厚さを上げて、ピストンロッドの曲げ強度を維持させ、ピストン締結部については従来の素材強度のままから熱処理を追加することで1クラス上の強度を確保させた。熱処理は焼き入れ、焼き戻しの条件を確立させインダクションコイルによる熱処理を可能にした。(図9 / 図10)

<従来>



<開発材>



\* 斜線部は、熱処理による硬化層を示す。

図9 ロッド熱処理部の模式図

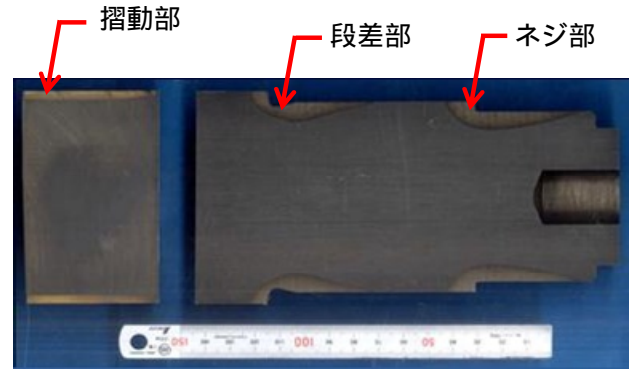


図10 開発品の熱処理後マクロ写真

### 3.6 シリンダ鋼管材料の変更

コマツは、油圧シリンダの鋼管として、P C 200-3 型から、以前のシームレス加工から電縫管を他社に先駆けて採用した。当初は 540N/mm<sup>2</sup> ハイテン材であったが-7型から 735N/mm<sup>2</sup> ハイテン材を採用し、薄肉軽量化を図ってきた。開発シリンダへは、鋼管の肉厚を変えずに、残留応力を抑える工法を開発し、620N/mm<sup>2</sup> ハイテン材で同等の強度を維持させた。

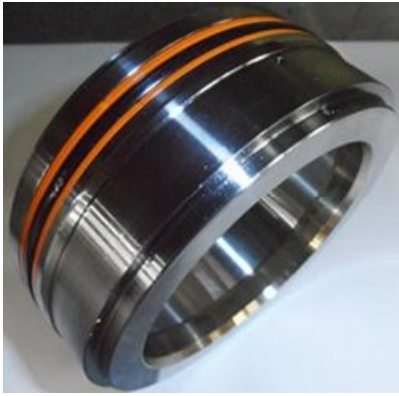


写真3 油圧シリンダ外観

### 3.7 その他

クッション付シリンダのクッション部品は、80MPaの高圧で摺動するため摺動部分には、かじり防止のため銅系合金が溶接されている。長期稼働車の摩耗量を調べ必要厚さへ見直すことで溶接金属の低減をはかった。(図11)

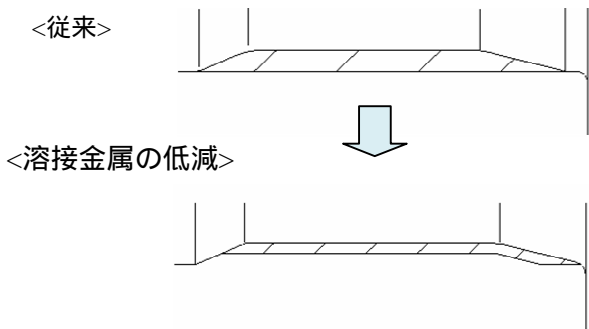




(a) クッション部品外観



(b) 断面図



(c) 溶接部拡大図

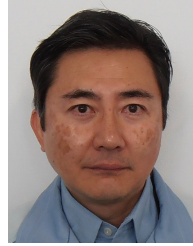
図 11 クッション部品

#### 4. おわりに

第4次排ガス規制適合に直接の改善提案はできませんでしたが、従来シリンダに対して、鋼材高騰を圧縮できるコスト改善と品質改善を織り込むことができた。

近年、油圧ショベル需要が中国を中心とする新興国に変わりつつあり、今回、開発したシリンダをこれら地域向け車両へも展開をはかり世界のユーザから高く評価されるものと期待している。

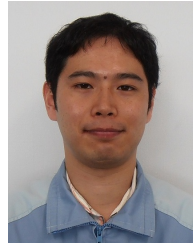
#### 筆者紹介



Kenji Kanemaru  
かねまる けんじ  
金丸 健二 1982年、コマツ入社。  
現在、開発本部 油機開発センタ所属



Koutaro Asano  
あさの こうたろう  
浅野 広太郎 2005年、コマツ入社。  
現在、開発本部 油機開発センタ所属



Junpei Hayakawa  
はやかわ じゅんぺい  
早川 順平 2008年、コマツ入社。  
現在、開発本部 油機開発センタ所属



Satoshi Michikami  
みちかみ さとし  
道上 智史 2001年、コマツ入社。  
現在、開発本部 油機開発センタ所属

#### 【筆者からひと言】

モデルチェンジの度に高くなるQCDのハードルを越えるために、鋼材メーカ、シールメーカ等のご協力を頂き主力シリンダの開発が無事に完了することができました。感謝申し上げます。