

# オイルシールの性能に及ぼす油中異物の影響

田村委三

## Influence of Contaminants in Oil on Oil Seal Performance

T. TAMURA

In order to clarify the oil leakage mechanism of radial lip seals, seal lip behavior and oil leakage phenomena were observed using a CCD camera through a hollow glass shaft. The result showed that the contact area of the lip moved with the increase of the dynamic run out (DRO). It was also showed that the contact area moved drastically when a seal lip was worn. The observation of seal lip behavior in the contaminated oil revealed that this behavior of lip contact area allowed the contaminants in the oil to penetrate the lip contact area. It was confirmed that due to the contamination within lip contact area, the oil leakage easily occurred.

**Key Words:** oil seal, leakage, penetration, contaminant

### 1. はじめに

オイルシールの使用目的は、オイルを漏らさないことおよび、外部からの塵埃の侵入を防止することであり、市場では、信頼性の高いオイルシールが求められている。

油漏れは、多くの場合シールリップの摩耗(偏摩耗, 条痕摩耗等)によって起きるが、油漏れ発生品でもリップ先端にはまったく異常が認められず、リップと軸の接触状態も良好である場合も少なくない。このような場合、油漏れ原因の把握は難しい。図1に市場での油漏れ発生品の原因調査結果の事例を示したが、約50%のシールの油漏れ原因が不明である。この調査は、当社で実施した結果をまとめたものである。効果的な油漏れ対策を実施するために、この原因不明領域を解明し、油漏れのメカニズムを明確にすることが、本研究の目的である。

本報では、オイルシールの油漏れメカニズムの一端を明らかにするため、シールリップの挙動および油漏れ現象を中空ガラス軸を通してCCDカメラで観察した。その結果、油漏れに至るメカニズムの一部が明らかになったのでその内容を報告する。

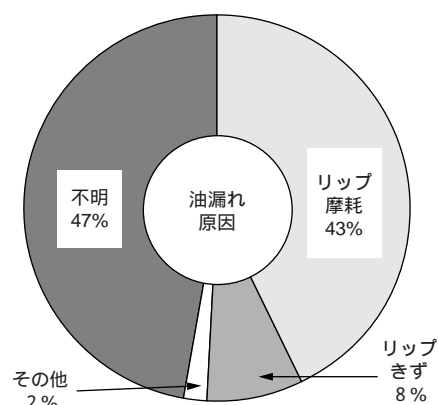


図1 市場での油漏れ原因  
Oil leakage causes in the market

### 2. 回収品調査結果

市場から回収した油漏れ品および密封品についての調査結果を表1に示す。表1より、油漏れなし品と油漏れ品について、しめしろ、緊迫力等に大きな差は認められず、また、ポンプ量、偏心限界量のような密封に関する特性にも大きな差は認められない。ただ、油漏れ品のばねに異物が付着していたが、通常市場回収品は分解時あるいは搬送時にダスト等の異物が付着することが多いため、この段階では注目すべき点とは考えなかった。

表1 オイルシール調査結果  
Examination results of oil seals

項 目	油漏れ品	油漏れなし品	比較結果	
外観と寸法	しめしろ, mm	1.24 ~ 1.26	1.37 ~ 1.39	有意差なし
	緊迫力, N	10.9 ~ 11.6	11.2 ~ 12.0	
	リップ摩耗幅, mm	0.48 ~ 0.99	0.45 ~ 0.75	
	しゅう動部粗さ	図2参照		
	ばね	異物附着あり	異常なし	有意差あり
密封に関する特性	偏心限界量( 50 ), mmTIR	1.0	0.9	有意差なし
	ポンプ量	図3参照		
	可視化観察	ポンプ作用あり		

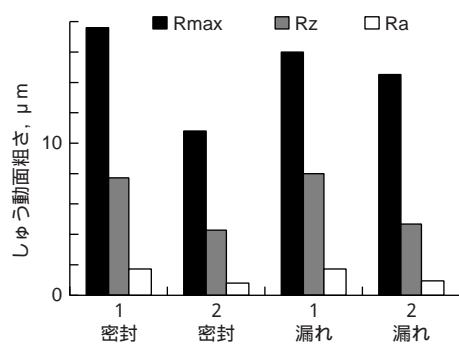


図2 リップしゅう動面粗さ測定結果  
Roughness of lip running surface

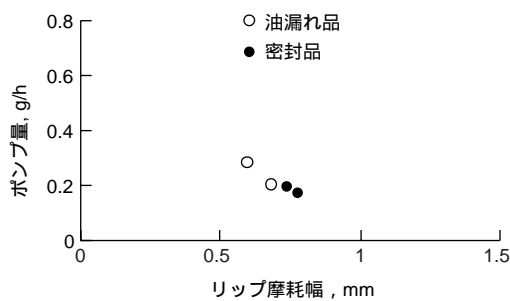


図3 ポンプ量測定結果  
Pumping rate

表2 実験条件  
Test conditions

項 目	条 件
回転数, min <sup>-1</sup>	500
油中異物濃度, wt%	0.15
油温	室温
軸の振れ, mmTIR	0.6
取付け偏心, mmTIR	0.1
試験時間, h	1 サイクル = 24( 回転停止の繰返し )

表3 実験結果  
Test results

摩耗幅, mm	シール率, %	漏れ状況
0.5 ( n = 2 )	0 ( 0/2 )	3, 4 サイクル開始前にじみ( 停止時 )
1.0 ( n = 2 )	0 ( 0/2 )	3 サイクル開始前にじみ( 停止時 )

図4より、リップしゅう動部には、油中に混入させた異物が多量に堆積しており、特に、しゅう動部オイル側に多い傾向が見られる。このために、リップと軸間の接触状態が悪化し、油がにじんだものと判断できる。このことから、油中異物がリップしゅう動部に侵入することが、油漏れの一つの要因となることがわかる。

### 3. 異物混入実験結果

オイルシールが使用されていた実機を調査すると、使用時間とともにユニット内の異物(装置部品の摩耗粉)が多くなることが分かった。また、部品の摩耗により軸の振れが増加する傾向が見られることも分かった。このことから、装置の摩耗による軸の振れの増加あるいは、油中異物の増加が何らかの形で油漏れに影響していると考えられた。

そこで、異物混入油で、油漏れの再現を確認するため、ベンチ試験を実施した。実験条件を表2に、その結果を表3に示す。また、このときのリップしゅう動部を図4に示す。

### 4. リップしゅう動部の観察による解析

#### 4.1 観察装置<sup>1)~2)</sup>

前節より、油中異物が油漏れ原因の一つであることが明らかになった。しかし、リップしゅう動部に存在している油膜の厚さは、一般に1 μm以下といわれている。この小さいすきまに、異物(推定50 μm以下)が侵入するメカニズムは不明であった。

この異物侵入メカニズムを明らかにするため、図5のような装置を用いて、リップしゅう動部の観察を実施した。中空ガラス軸をシールに挿入し、ガラスを通して、リップしゅう動部をCCDカメラで観察し、VTRに録画した。また、この映像をコンピュータに入力し、画像処理により解析した。

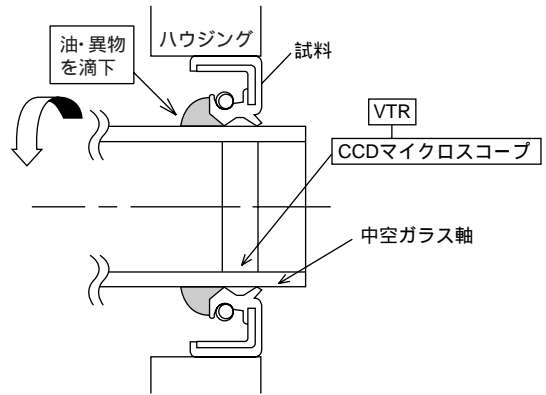


図5 しゅう動部観察装置概略  
Schematic of test apparatus

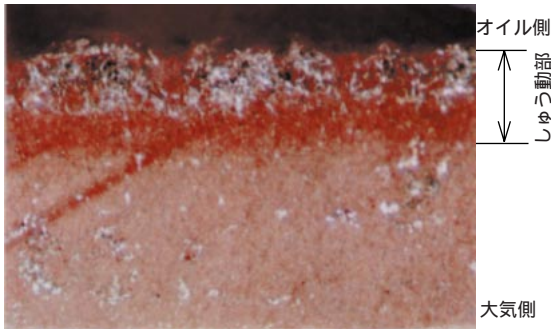


図4 異物混入実験後リップしゅう動部状況  
Lip running surface after test

場合、オイル側は接触しなくなる。逆に、オイル側が接触する場合は、大気側が接触しなくなっていることが観察された。

4.2 リップ挙動

まず、リップしゅう動部と軸間の接触状態を確認するため、油を介在させない状態(ドライ)で観察を実施した。その結果を表4に示す。この観察では、回転速度を $10\text{min}^{-1}$ 、観察時間を、30~60secとした。

表4から、摩耗幅および軸の振れが大きくなると、接触領域が大きく移動することが明らかである。また、しゅう動部大気側が軸に接触している

4.3 異物侵入メカニズムの推定

前節の結果から、異物の侵入メカニズムは、次のように考えられる(図6参照)。

まず、軸表面によりリップが押し上げられる。(図6右)

この時、しゅう動部オイル側にすきまができる。

このすきまに、油中に存在する異物が侵入する。

次に、軸は回転しているので、軸の振れにより軸表面が下がり、これに伴いリップが下方

表4 リップ摩耗幅・軸の振れによる接触領域の移動  
Shift of lip contact area with wear width and DRO

軸の振れ 摩耗幅	0.2mmTIR	0.4mmTIR	0.6mmTIR
0 mm	オイル側  大気側		
0.5mm			
1.0mm			

(注 破線：リップが最も下がった場合の接触領域(オイル側が接触している状態)  
 実線：リップが最も持ち上げられた場合の接触領域(大気側が接触している状態)  
 接触領域の広い\*印の場合は、レンズ倍率を1/2とした。

に下がり、このすきまが閉じることになる。(図6左)

この時、侵入していた異物がしゅう動部に介在・堆積することになる。

軸が回転している限り、～の状態は繰り返され、時間とともに異物侵入量が増加する。

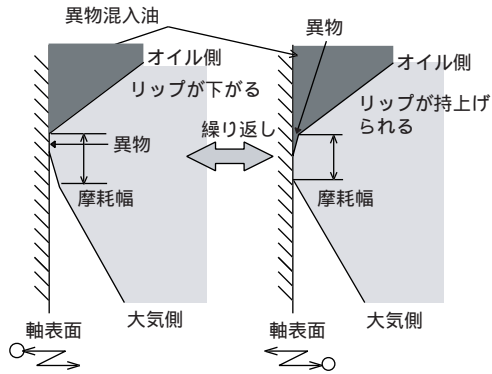


図6 異物侵入の推定メカニズム

Penetration mechanism of contaminants in oil

このように考えると、異物混入実験でリップしゅう動部のオイル側に異物の堆積が多かったことも説明できる。

#### 4.4 検証結果

前節の推定を検証するために、油中に異物を混入した条件で、観察を実施した。使用した異物の粒径は平均 $23\mu\text{m}$ (MAX $50\mu\text{m}$ )で、粒状である。この観察では、回転速度を $200\text{min}^{-1}$ とした。

その結果、回転初期にリップしゅう動部のオイル側から異物が侵入し始めることが観察できた。この条件で、長時間(約360h)実験を継続すると、異物がしゅう動部に介在・堆積し、油がにじんでくることを確認できた。このにじみ状況を図7に示す。図7は、観察映像を画像処理し、油中異物の軌跡により油にじみの様子をあらわしたものである。軸が停止した状態で、しゅう動部に介在し

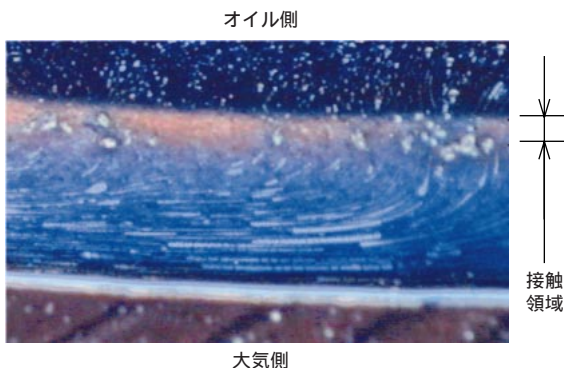


図7 油にじみ状況(白い線は異物による流線)

The flow of leaked oil

ている異物の間を通り、微量であるが油漏れが生じてくることが観察できた。また、異物はしゅう動部オイル側に介在しやすいことも確認できた。

以上より、前節で推定した異物侵入メカニズムが妥当であることが分かった。

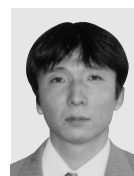
#### 5. おわりに

- 1) 油中異物はオイルシールの油漏れ原因の一つになり得ることが分かった。
- 2) 油中異物は、次のようなメカニズムで、リップしゅう動部に侵入する。  
リップが軸によって押し上げられる。  
この時、しゅう動部のオイル側にすきまができる。  
このすきまに、油中の異物が侵入する。  
軸は回転しているため、しゅう動部オイル側のすきまが閉じ、異物がしゅう動部に堆積する。  
～は軸が回転している限り、繰り返され、この繰り返しによって、しゅう動部に堆積する異物量が増加する。
- 3) 異物がリップしゅう動部に堆積することにより、回転停止時に油にじみが発生する。この状態が悪化すれば、継続的な油漏れとなる。
- 4) リップ摩耗および軸の振れが増加するほど、異物は侵入しやすくなる。
- 5) 油中異物への対策方法としては、シールタイプとして補強環付きオイルシールを適用することが有効である。

#### 参考文献

- 1) 應矢敏明：Koyo Engineering Journal, no. 149 (1996) 38.
- 2) G. Poll, A. Gabelli, P. G. Binnington, J. Qu：Proceedings of the 13th International Conference on Fluid Sealing (1991) 55.

#### 筆者



田村委三\*  
T. TAMURA

\* 光洋シーリングテクノ株式会社 技術部