

# 自動車アクスル軸受用シールの開発

## Development of Bearing Seals for Automobile Axles

脇阪照之 T. WAKISAKA 芝田英夫 H. SHIBATA  
 中島 雄 S. NAKAJIMA 高田淑人 Y. TAKADA

Bearings have seals that keep lubricating grease inside, as well as that protect their bearing raceways from dirt and foreign particles.

These bearing seals are particularly important functional components for automobile axles that are used in harsh environments.

As the global automobile market has been expanding into extremely cold area and inland of continents regions, the environments for axle bearings have been becoming even more severe. With the aim of global standardization, JTEKT has developed a new seal which can withstand harsh environments without increasing sliding torque.

**Key Words:** axle bearing, water immersion, labyrinth, rust

### 1. はじめに

自動車に用いられるアクスル用軸受は、第1世代から第2世代・第3世代ハブユニットへと変革が進んでおり、当社の全アクスル用軸受における第3世代ハブユニットの生産比率も2007年から2012年の6年間で、39%から50%にまで増加している。自動車市場もグローバル化が進んでおり、比較的的道路環境の良い日本や欧米だけでなく、道路環境が過酷なロシアや北欧等の極寒冷地まで拡大してきている。

ハブユニット用シールは、軸受に封入した潤滑グリースを流出させない機能と軸受内部への異物や泥水の浸入

を防ぐ機能を持つ重要な部品である。このような過酷な道路環境でも使用可能とするため、当社の可視化技術を基にして低トルク・高信頼性ハブユニット用シールを開発した。以下に、これらの概要を紹介する。

### 2. 市場走行品調査による現状把握

現状把握のため、極寒冷地および日本国内で使用中のハブユニットを回収し調査をした。結果のまとめを図1に示す。

極寒冷地走行品は厳しい環境にさらされているため、特に軸のシールリップしゅう動部はさびが進行してお

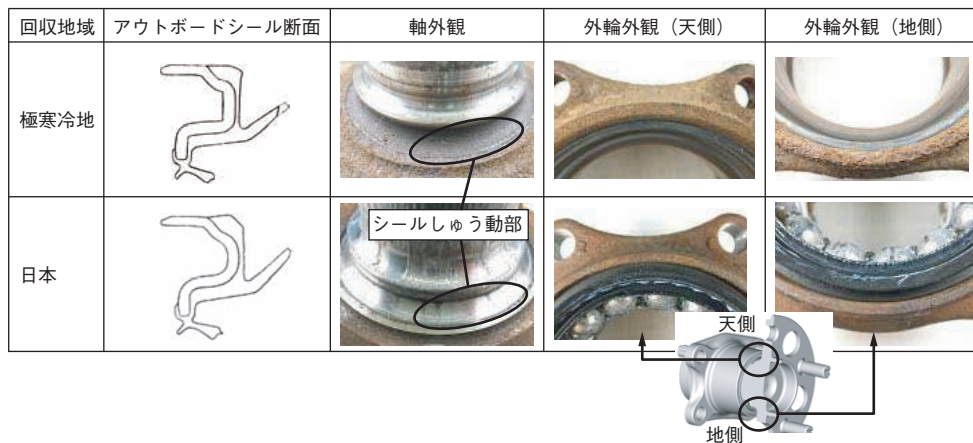


図1 市場走行品 調査比較結果

Comparison results of the hub unit in the market

り、シールリップも著しく摩耗していた。また、極寒冷地走行品の外輪端部におけるさびの状態にも特徴が見られ、図1に示すように天側に比べ地側はさびが進行していた。

### 3. 実車でのビデオ撮影による可視化

極寒冷地走行品の調査結果でさびの傾向に特徴があることが確認できたので、アクスル用軸受がさらされている被水環境を実車走行により調査した。

ハブユニット周辺部分に撮影装置を装着し、当社伊賀試験場（三重県伊賀市）の冠水路でビデオ撮影による可視化を試みた。

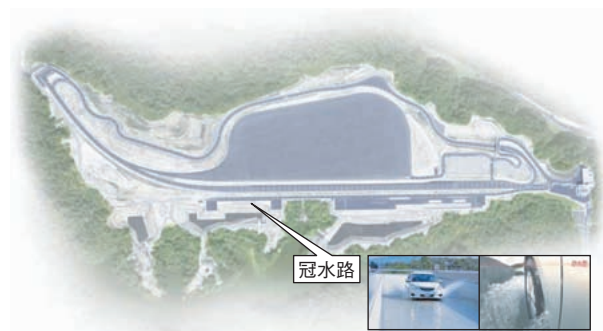


図2 伊賀試験場概要  
View of the Iga Proving Ground

撮影した画像の分析をした結果、冠水路を走行しているにも関わらず、ハブユニットアウトボード側シール周辺には直接的な被水がほとんど無いことが判明した。タイヤにより跳ね上げられた泥水はタイヤハウス内に付着し、ホイール中心位置に取り付けられたハブユニットには、ダストカバーもあることから直接的な被水は少なかった。しかし、タイヤハウス内で跳ね上げられた泥水が周辺部品を伝い、ハブユニットの外輪端部にまで到達することが画像により観察された（図3）。

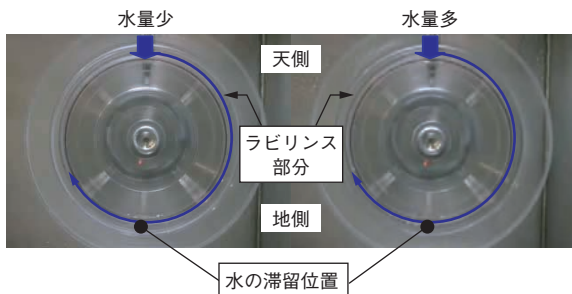


図4 台上でのラビリンス周り水流確認状況  
Checking water flow around the labyrinth on the test stand

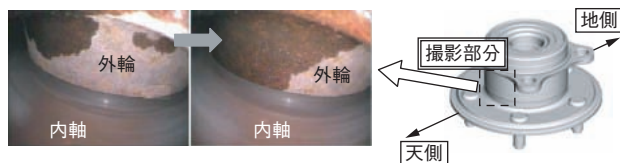


図3 実車走行時のハブユニット外輪の被水状況（被水状態の変化）  
Hub unit outer ring exposed to water during vehicle drive (Change of water exposure state)

### 4. アクスル用軸受廻りの水流れの可視化

外輪端部に到達した泥水により、どのようにさびが発生したのかを考察するため、ハブユニット外輪端部の水の流れについて調査した。

ラビリンス周りの可視化を実施するため、透明な樹脂で外輪および軸の模擬品を製作し、実車同様に水を外輪上部から注水した。図4は軸側から見た外輪端部の状況である。

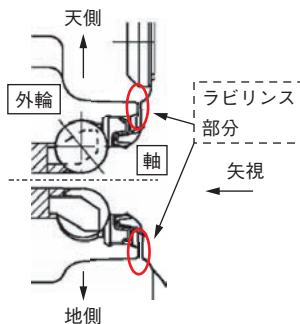
可視化での確認結果、下記の事項が判明した。

- a) 軸と外輪のラビリンス部分に、水が浸入し滞留する（図5-a）。



図5-a 外輪端面の水浸入イメージ  
Image of water influx onto the end face of the outer ring

- b) ラビリンス部分に滞留した水は、回転中において、表面張力により水膜が形成され、その滞留水量は、表面張力と遠心力が釣り合った量であり、注水量を増やしてもラビリンス部分に滞留する水量は増えない。また、回転中に表面張力により形成されるラビリンス部



分の水膜により、ラビリス径より内側へ水の浸入は無い (図 5-b)。



図 5-b 軸回転中の外輪端面の水滞留イメージ  
Image of water retention on the end face of the outer ring during axle rotation

c) 回転中のハブユニットを停止させると、表面張力によりラビリス部分に滞留された水がラビリス地側に移動し排出されるが、一部の水が滞留している (図 5-c)。

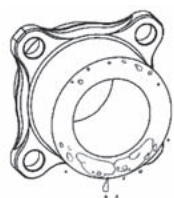


図 5-c 軸停止後の外輪端面の水滞留イメージ  
Image of water retention on the end face of the outer ring after axle rotation has stopped

特記すべきは上記 c) 項で確認できた水の滞留位置と、極寒冷地走行品でさびが最も進行していた外輪端面地側の位置が一致していることである。極寒冷地では融雪剤が散布されることも加味すると、今回のさび発生とシールリップの摩耗メカニズムは図 6 と考えられた。

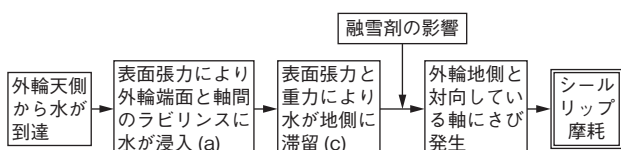


図 6 さび発生とシールリップの摩耗メカニズム  
Mechanism causing rusting and wear on the seal lip

### 5. 対策立案と効果確認

さび発生メカニズムにより、外輪と軸で形成されるラビリスが水を滞留させ、この位置がリップ先端近傍であることからシールリップの摩耗に至ったものと考えられる。このため、従来から考えられてきた被水性の改善に加えて、ラビリス構造そのものの再検討により、極

寒冷地に対応できるデフレクタ付シールを開発した。開発のポイントは、①軸との対向面積縮小による滞留水量の削減、②滞留位置とリップ先端の隔離である (図 7)。

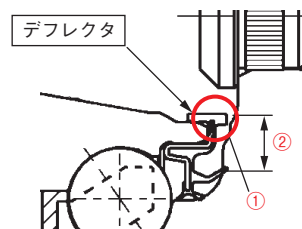


図 7 デフレクタ付シール  
Seal equipped with deflector

さび発生メカニズムとデフレクタ付シールの有効性を検証するため、従来の泥水耐久試験の泥水に塩分を追加し、比較評価を実施した (図 8)。最初に、従来品の評価を実施したところ、極寒冷地と同様に軸へのさび発生とシールリップ摩耗状態を再現することができた。同条件でデフレクタ付シールを評価した結果、従来比 4 倍以上の寿命が確認でき、デフレクタ付シールの有効性を証明することができた (図 9)。



図 8 泥塩水試験状況  
Muddy saltwater test

	従来品	対策品	対策効果
サイクル数 (1 サイクル=12h)	15 サイクル	25 サイクル 打ち切り	水浸入無し
軸 シールしゅう動面			シールしゅう動面のさびなし
シールリップ 摩耗状況			アキシャルリップの激しい摩耗なし

図 9 泥塩水試験後状況  
Status after muddy saltwater test

## 6. デフレクタ付シールの展開

自動車のアクスル用軸受が使用される環境は、フロントのディスクブレーキ、リアのディスクブレーキおよびドラムブレーキの3用途に大きく分類できる。従来のアクスル用軸受ではこれら3用途での使い分けができていない。今回開発を行ったデフレクタ付シールは特に被水環境が厳しいフロントアクスルに有効と考えられるため、今後のフロント用ハブユニットアウトボード側シールの標準仕様として展開を検討中である。

また、デフレクタ付シールを活用した低トルク化ニーズへの対応も可能である。リアのドラムブレーキの構造は、ブレーキドラムとダストカバーで簡易的な密閉構造を形成しているため(図10)、アクスル用軸受としての被水環境はフロントディスクブレーキより良好である。デフレクタ付シールの性能と被水環境の良いドラムブレーキの構造を活かして、従来のラジアルリップとアキシャルリップの2枚シールリップ構造に対し、ラジアルリップを廃止したデフレクタ付1枚リップシールの開発も完了させている(図11)。このデフレクタ付1枚リップシールを採用することで、シールしゅう動抵抗の45%低減と、従来と同等以上の耐泥水性能を両立することができた。フロントについても、実車での可視化分析等を実施しデフレクタ付1枚リップシールの成立性を検討している。

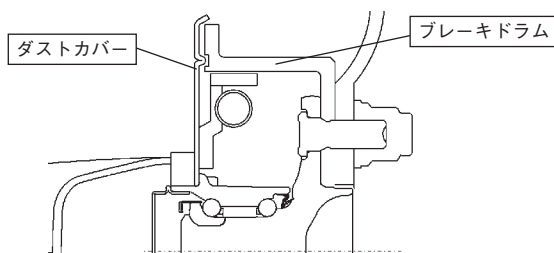


図10 リアアクスルのラビリンス構造例  
Example of rear axle labyrinth construction

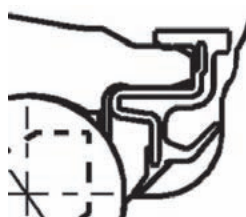


図11 デフレクタ付1枚リップシール  
1-lip seal equipped with deflector

## 7. おわりに

極寒冷地向けも含めたグローバル標準シールとして、実車での可視化技術の適用によりデフレクタ付シールを開発した。デフレクタ付シールの開発を通じて、ハブユニットのシールを、ブレーキも含めた周辺構造とともに見直すことができる可能性も認識できた。従来、ハブユニット用シールに求められる機能としては、泥水がリップ周辺まで常に浸入することを想定して設計されており、このためラジアルリップとアキシャルリップ等の2枚リップを有するものが標準仕様であった。しかしながら今回の可視化を通じて周辺構造とリップ周辺のラビリンス構造の見直しにより、リップ周辺まで到達する水を制御でき、リップ枚数削減の可能性を見出せた。低トルクニーズは年々強くなる一方である。1枚リップシール化など時代が求めるニーズに今後も対応していきたいと考える。

### 参考文献

- 1) 滝本将生, 石川鉄也, 原田勝之: JTEKT ENGINEERING JOURNAL, no. 1009(2010)63
- 2) 沼田哲明, ハブユニット軸受の最新技術動向, Koyo Engineering Journal no. 168(2005)8

### 筆者



脇阪照之\*  
T. WAKISAKA



芝田英夫\*\*  
H. SHIBATA



中島 雄\*\*  
S. NAKAJIMA



高田淑人\*\*\*  
Y. TAKADA

\* 軸受事業本部 軸受ユニット技術部

\*\* 軸受事業本部 実験解析部

\*\*\* 軸受事業本部 中部テクニカルセンター