

# 低温流動性を向上させた 新幹線電車用車軸軸受油の開発

材料技術研究部 潤滑材料研究室

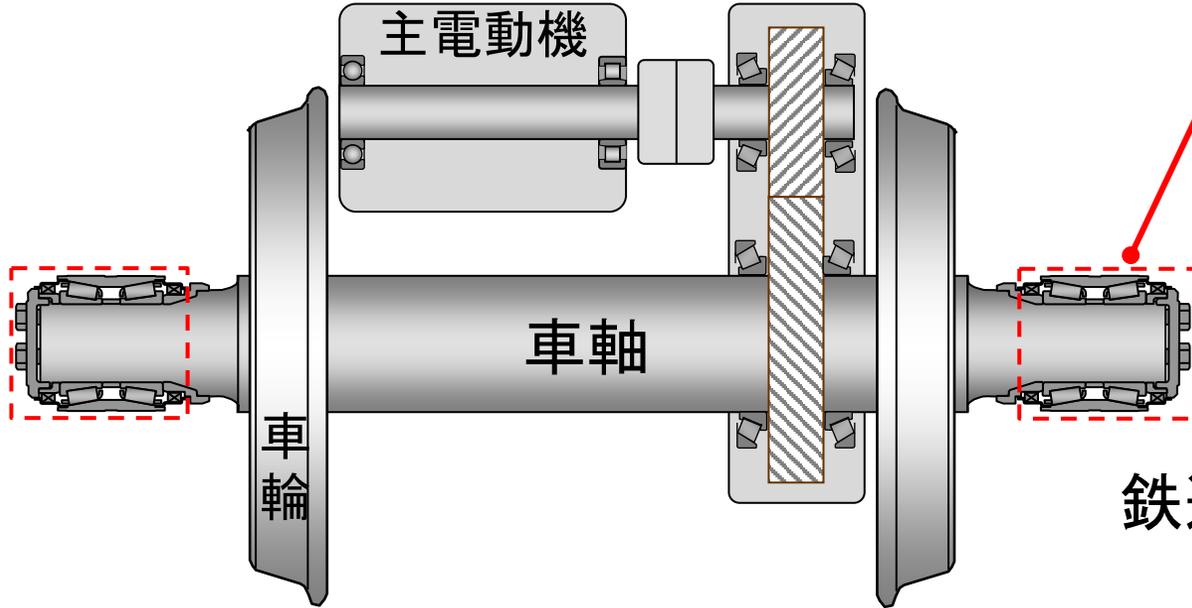
副主任研究員 生駒 一樹

# 目次

1. 研究の背景・目的
2. 開発油の配合・試作
3. 開発油の性状・性能評価
4. 実物車軸軸受を用いた台上試験
5. まとめと成果の活用

# 研究の背景・目的

新幹線電車走り装置



新幹線電車用車軸軸受

- ラジアル荷重(車体重量)とアキシアル荷重(走行中の揺れ)を支持
- 複列円すいころ軸受・複列円筒ころ軸受がある
- 主に油浴潤滑
- 「JRスーパータービン68」(現行油)を使用

鉄道総研開発品

流動点\*:  $-27.5^{\circ}\text{C}$

\* 潤滑油が流動性を有する最低温度  
(流動性がないと油膜切れや焼付きに至る)

課題

新幹線網の寒冷地への拡大に向けて、  
低温流動性を向上させた(流動点が低い)車軸軸受油が求められる

目的

現行油よりも優れた  
低温流動性( $-30^{\circ}\text{C}$ 以下の流動点)を有する車軸軸受油を開発する



# 開発油の配合・試作（基油の選定）

基油 + 添加剤 → 潤滑油

性能目標: -30°C以下の流動点 ⇒ 基油・添加剤の配合を検討

## 基油の分類 (American Petroleum Institute)

グループ	基油種別	硫黄量 , mass. %	飽和炭化水素分 , Vol. %	粘度指数	
I	鉱油	0.03より多い	90未満	80~120	性能 ↓ コスト ↓ 良 高
II	鉱油	0.03以下	90以上	80~120	
III	鉱油	0.03以下	90以上	120以上	
IV	ポリ $\alpha$ オレフィン (PAO) 系合成油				
V	グループ I ~ IV に属さないもの (エステル系合成油, 植物油, シリコン油など)				

現行油



➤ 基油にグループIII (鉱油) およびグループIV (合成油) の適用を検討

# 開発油の配合・試作（基油・添加剤の配合）

性能目標：-30°C以下の流動点 ⇒ **基油・添加剤**の配合を検討

		現行油	開発油A	開発油B
基油	鉱油	グループⅡ	○	—
		グループⅢ (高度精製鉱油)	—	○ (50%)
	合成油	グループⅣ	—	○ (50%)
添加剤	酸化防止剤		○ 増量	○ 同量
	流動点降下剤		○ 増量	○ 同量
	その他添加剤		○	○ 同量
			極圧剤変更・増量	

➤ 基油・添加剤の配合を検討し2種類の新規車軸軸受油（**開発油A・B**）を試作

⇒ 室内試験による評価

# 開発油の性状・性能評価（動粘度・流動点）

▽動粘度・粘度指数\* : JIS K 2283

✓ 現行油から**粘度指数が向上**

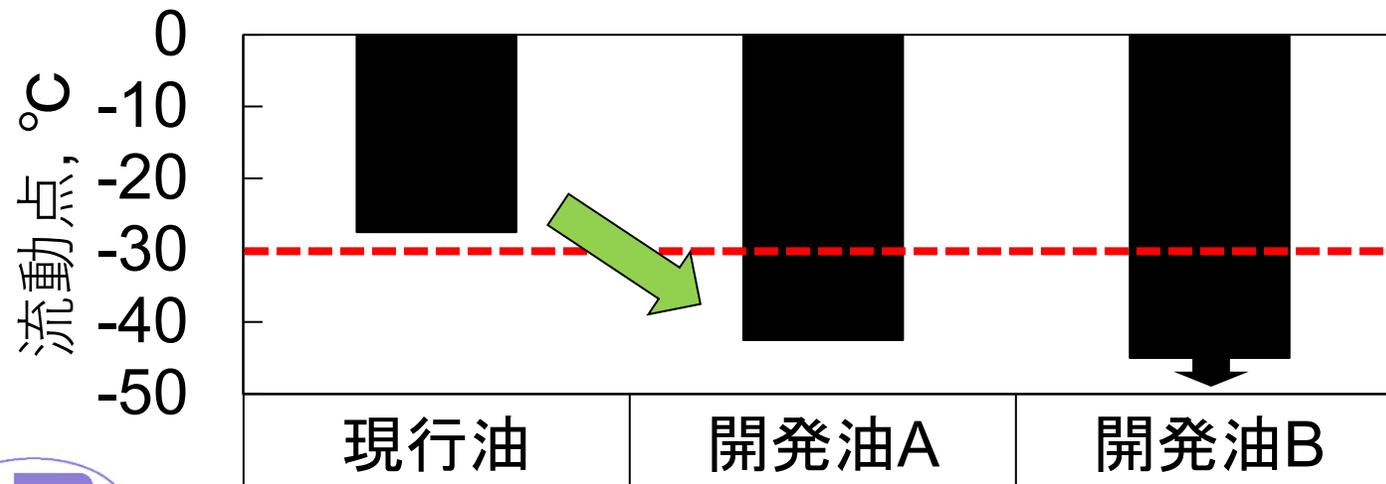
\* 温度による粘度変化の指標。

値が大きいほど、温度低下による粘度上昇が少ない。

	現行油	開発油A	開発油B
動粘度 (40°C), mm <sup>2</sup> /s	65.13	67.20	66.23
動粘度 (100°C), mm <sup>2</sup> /s	8.77	10.67	10.46
粘度指数	108	<b>148</b>	<b>146</b>

▽低温流動性（流動点）: JIS K 2269

✓ 開発油いずれも-40°C以下の流動点



**開発  
目標**

-30°C以下の流動点  
を示すことを確認

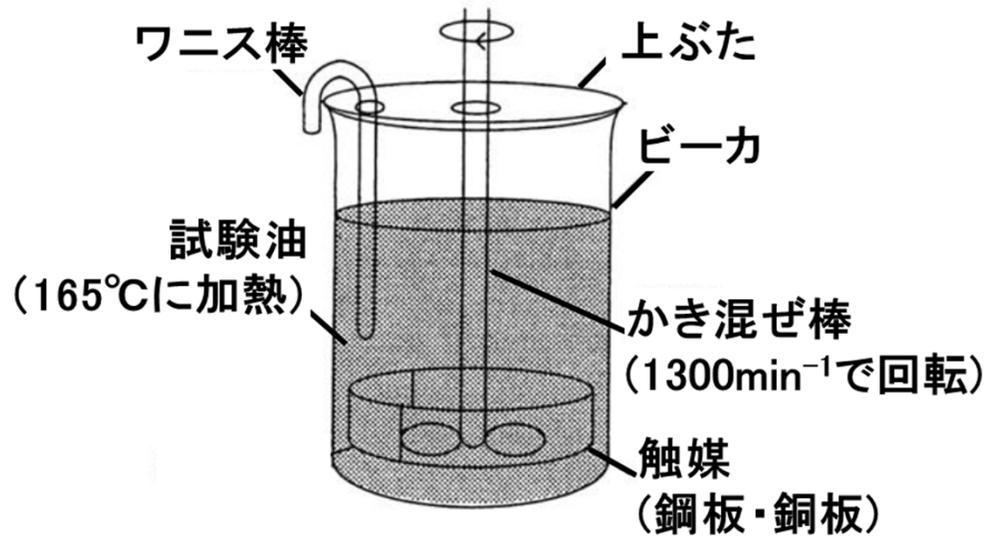
# 開発油の性状・性能評価(酸化安定性)

▽内燃機関用潤滑油酸化安定度試験: JIS K 2514-1

(Indiana Stirring Oxidation Test; ISOT試験)を実施

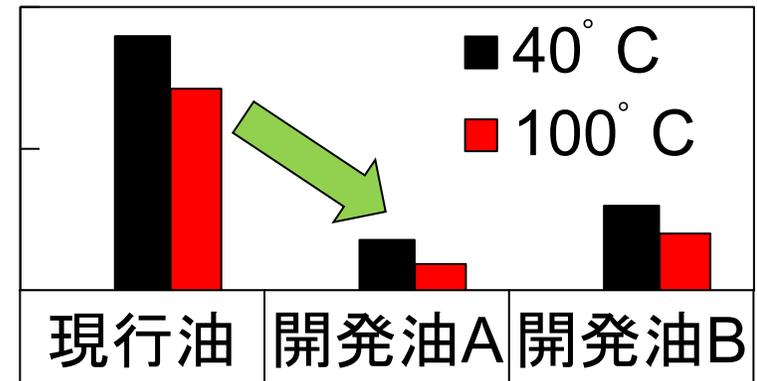
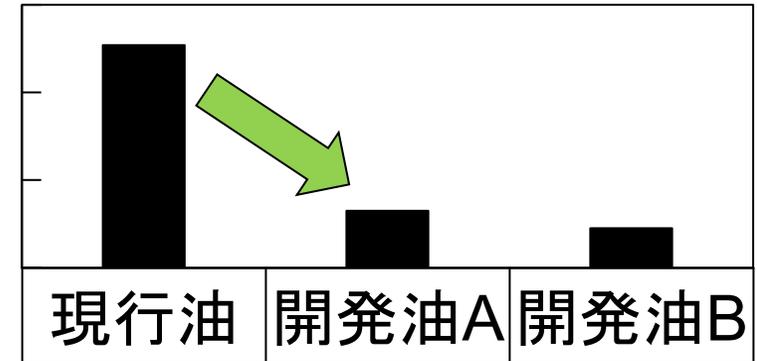
✓ ISOT試験後の全酸価増加値と動粘度増加率を測定

✓ 開発油いずれも全酸価増加値・動粘度増加率が現行油より良好



現行油と同等以上の酸化安定性を示すことを確認

全酸価増加値, mgKOH/g  
動粘度増加率, %



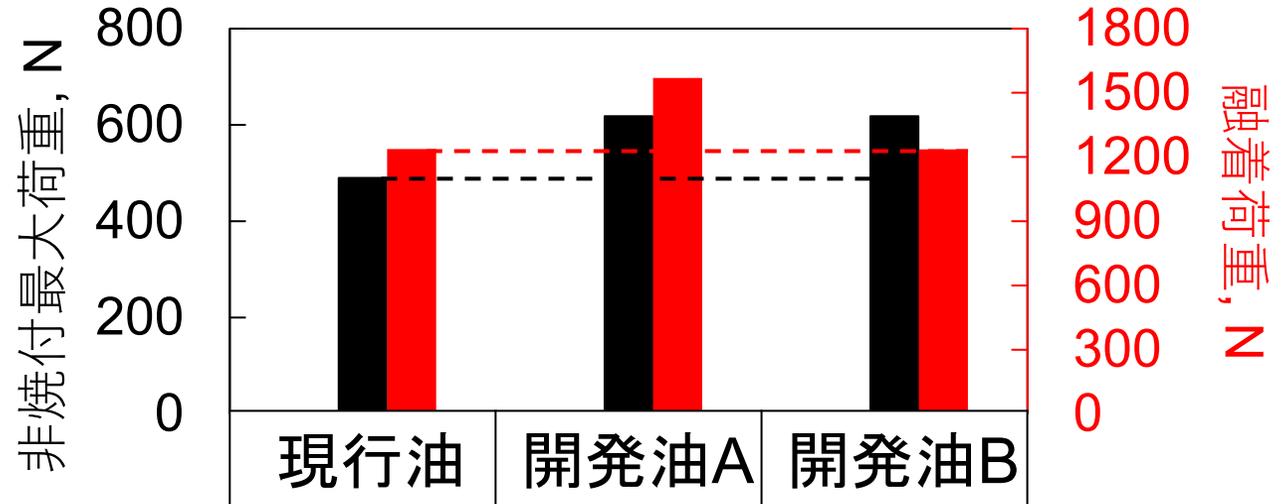
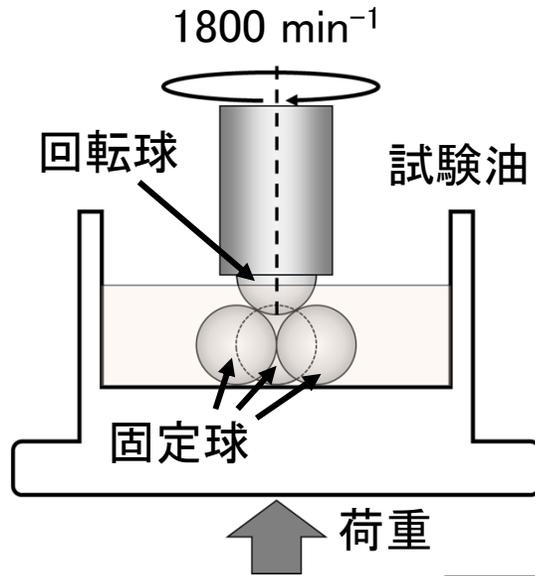
# 開発油の性状・性能評価(耐荷重性能)

▽耐荷重性能: ASTM D 2783

✓ 高速四球形摩擦試験による潤滑性能を評価

①非焼付最大荷重: 試験鋼球に初期焼付が発生しない荷重

②融着荷重: 試験鋼球が荷重に耐えられず試験鋼球間で溶融する荷重



現行油と同等以上の潤滑性能を示すことを確認

性状・性能評価結果から開発油A・Bは性能目標を達成

基油コストを考慮し、開発油Aを台上耐久試験(実物車軸軸受)により評価



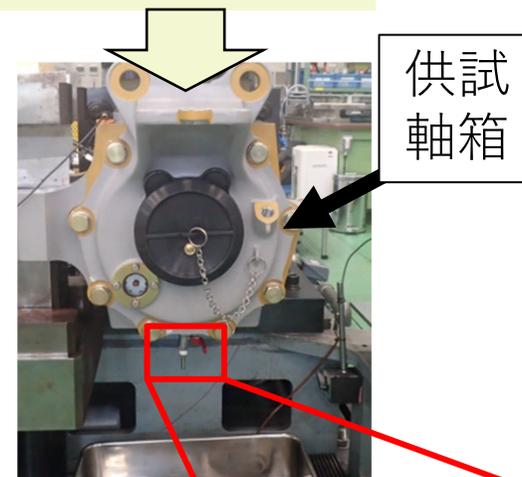
# 実物車軸軸受を用いた台上試験(試験条件)

試験	Test I	Test II	Test III
軸受	円筒ころ	円すいころ	
潤滑油	開発油A	開発油A	現行油
最高速度	320 km/h	365 km/h	
走行距離	約80万 km走行相当		
回転パターン	正転・逆転を交互:1サイクル		
送風条件	約10 m/s		
ラジアル荷重	実車相当荷重(連続負荷)		
アキシアル荷重	交互に押し引き(周期的負荷)		

## 評価項目

- ✓ 軸受温度: 試験中測定
- ✓ 油分析: 20(円筒ころのみ), 40, 60, 80万km  
走行時点で潤滑油を採油
- ✓ 軸受・オイルシール調査: 試験終了後実施

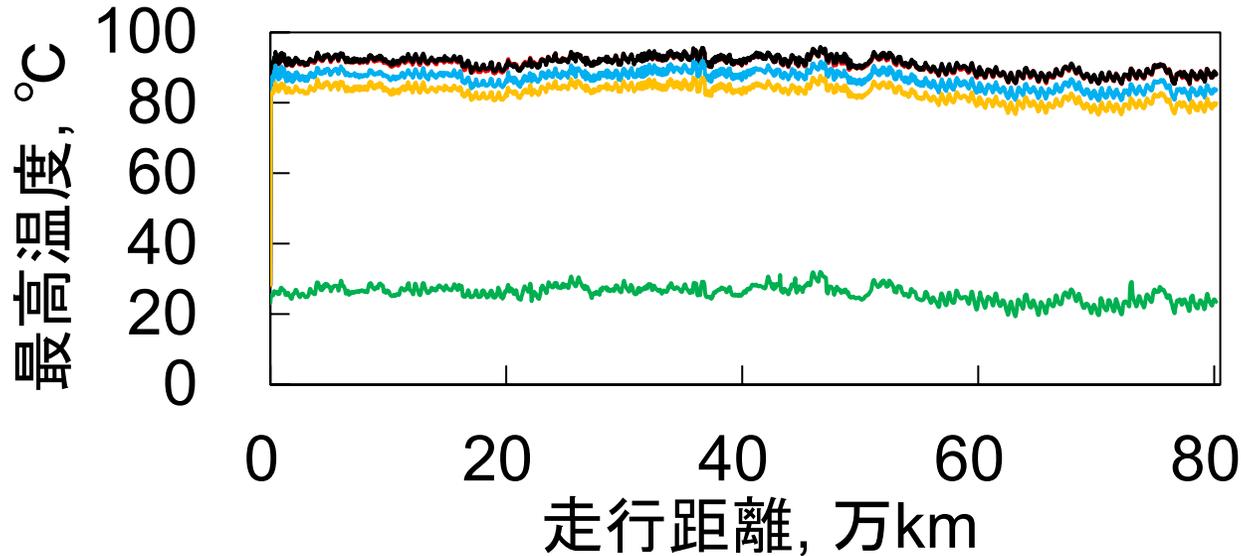
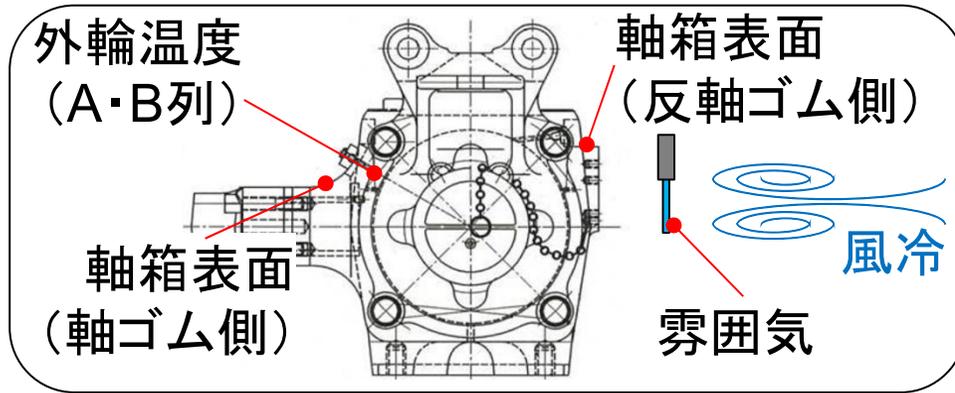
(例)円筒ころ試験時  
ラジアル荷重



コック付  
排油栓  
(中間採油)

# 台上試験結果(温度測定結果)

円筒ころ



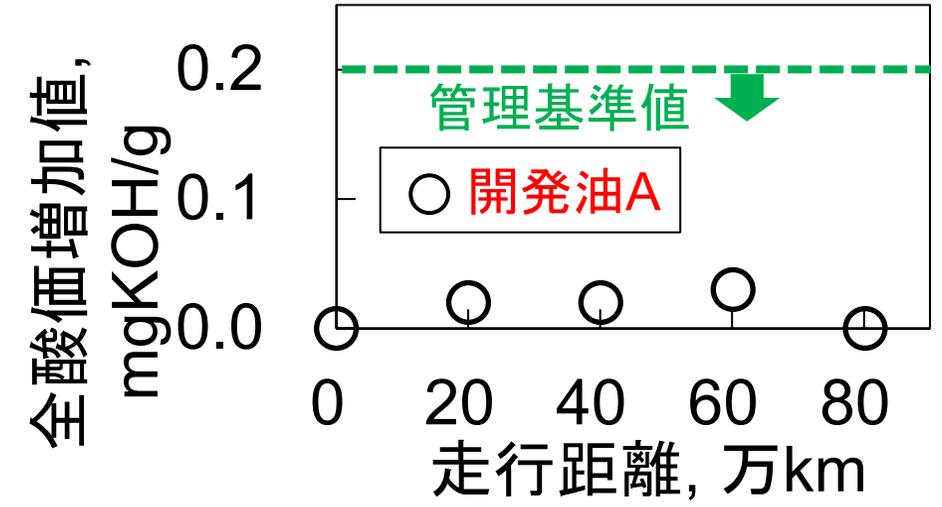
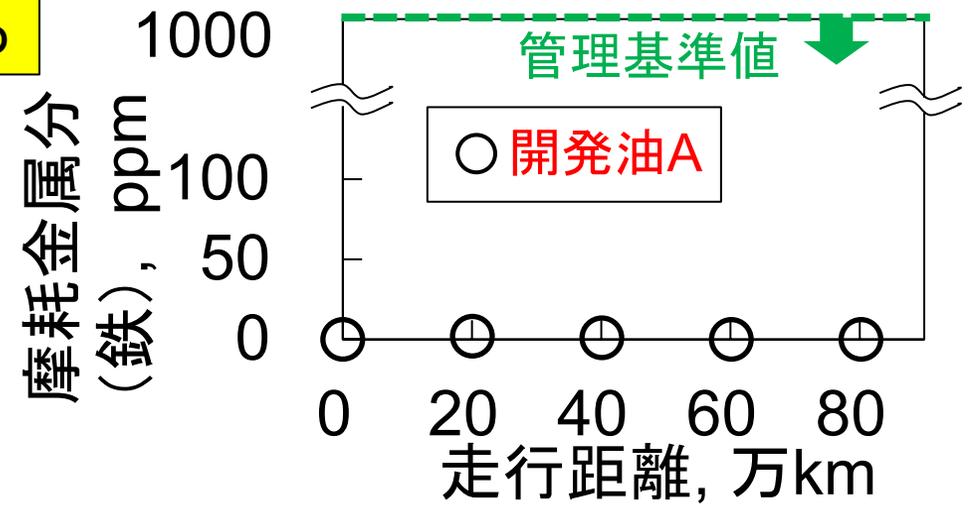
温度測定結果

測定箇所		平均, °C
—	外輪(A列)	90.8
—	外輪(B列)	91.0
—	軸箱表面 (軸ゴム側)	86.6
—	軸箱表面 (反軸ゴム側)	82.7
—	霧囲気	25.9

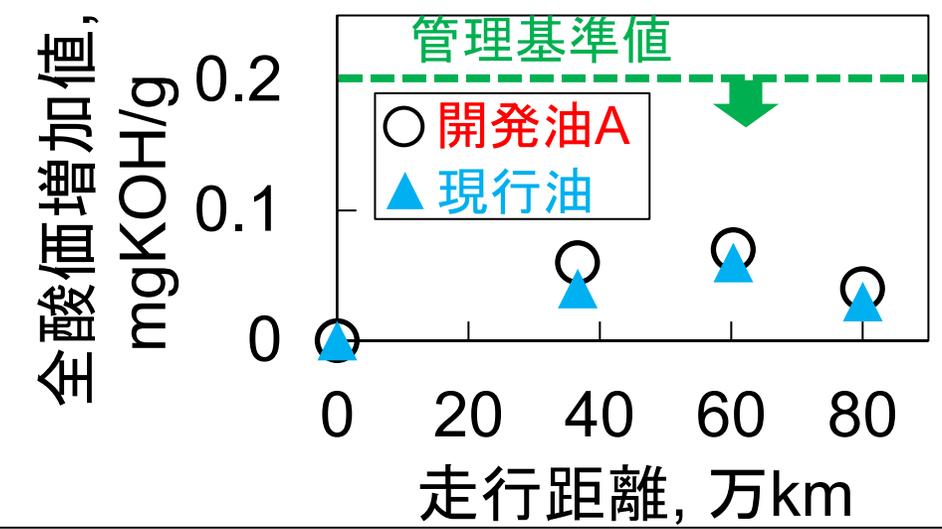
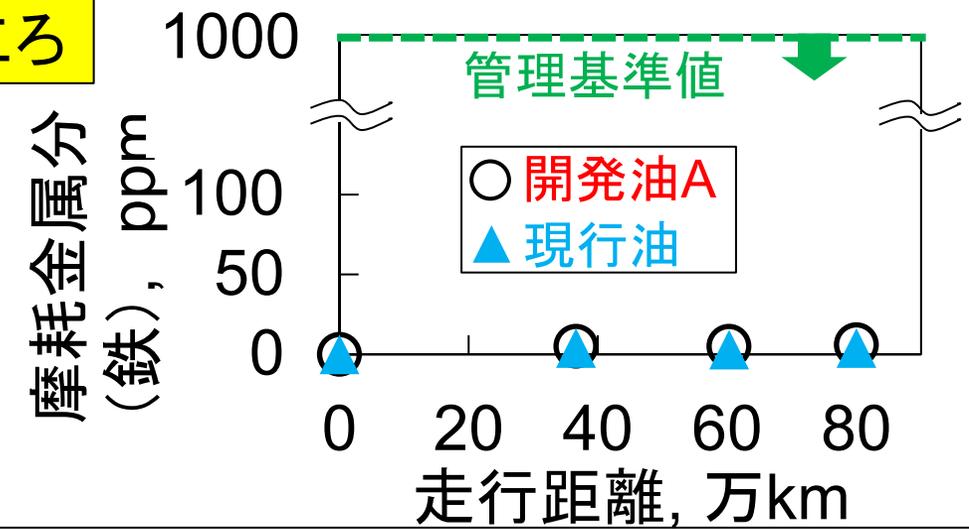
円筒ころ軸受・円すいころ軸受いずれも  
耐久試験中の異常な温度上昇は認められない

# 台上試験結果(油分析: 摩耗金属分・全酸価増加値)

円筒ころ



円すいころ



摩耗金属分・全酸価増加値は管理基準値を満たしている



# 台上試験結果(油分析:動粘度・不溶解分・ASTM色)

分析項目(現行油)		試験前(未使用)	試験後		管理基準値
			円すいころ		
動粘度増加率, %	40°C	-	-0.3		±10以内
	100°C	-	-0.9		
ヘプタン不溶解分, %		-	0.0		0.2以下
ASTM色		L0.5	L3.5		L6.0以下

分析項目(開発油A)		試験前(未使用)	試験後		管理基準値
			円筒ころ	円すいころ	
動粘度増加率, %	40°C	-	-0.3	-6.8	±10以内
	100°C	-	-0.9	-7.8	
ヘプタン不溶解分, %		-	0.0	0.0	0.2以下
ASTM色		L0.5	L3.5	L6.5	L6.0以下

・添加剤が軸受内で熱を受けることによる変色と推定  
 ・現車(現行油)でも油の変色度合にはある程度の幅あり ⇒ 総合的判断より実用上の問題になるとは考えにくい

油分析で、顕著な異常は認められず、潤滑油の状態はおおむね良好

# 台上試験結果(軸受調査)

円筒ころ(開発油A)

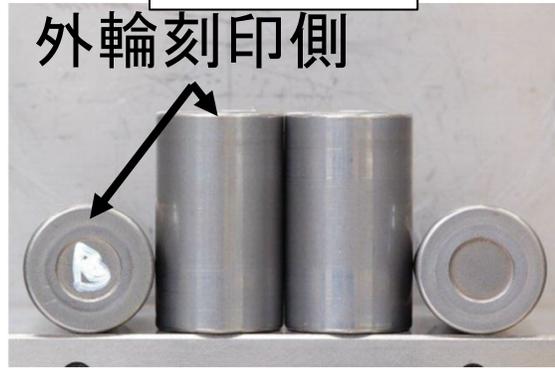
\*いずれもB列

外輪軌道面\*

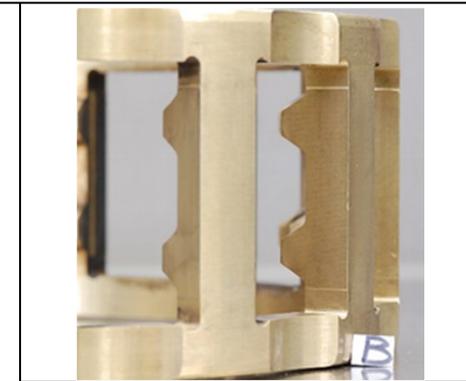


ころ\*

外輪刻印側

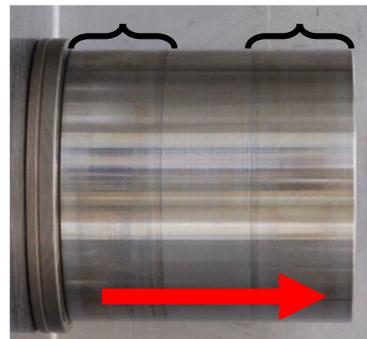


保持器柱しゅう動部\*

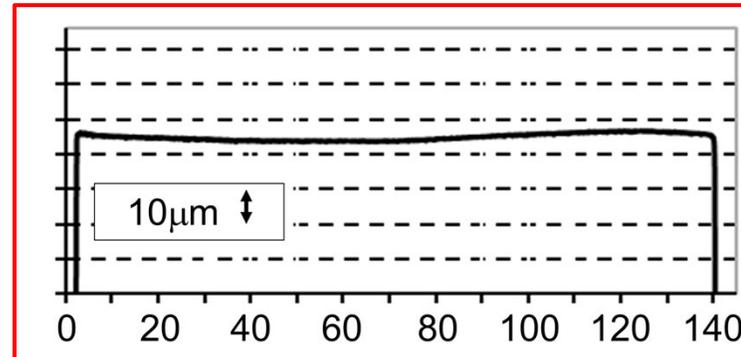


B列 A列

内輪軌道面



母線形状



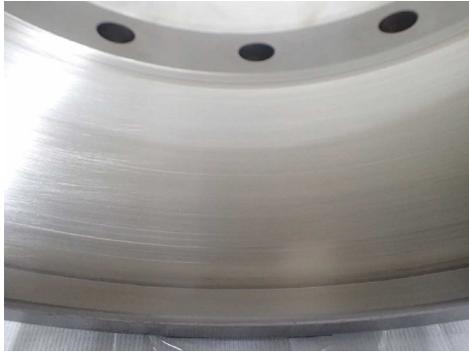
顕著な異常は認められず、軸受の状態は良好

# 台上試験結果(軸受調査)

円すいころ(開発油A)

\*いずれもB列

外輪軌道面\*



ころ\*



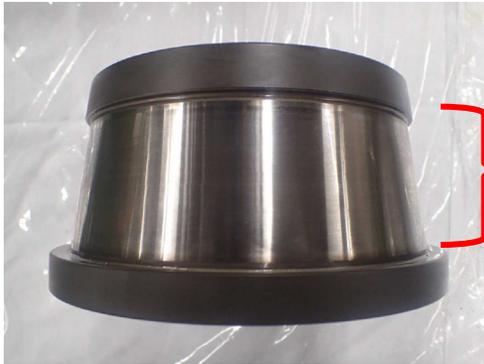
転動面

大端面

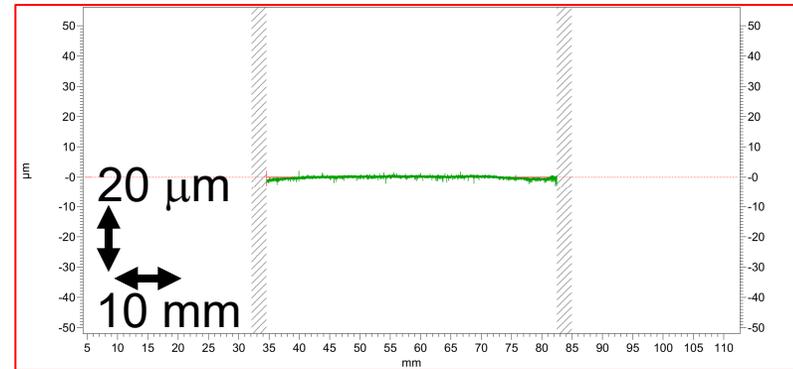
保持器柱しゅう動部\*



内輪軌道面\*



母線  
形状



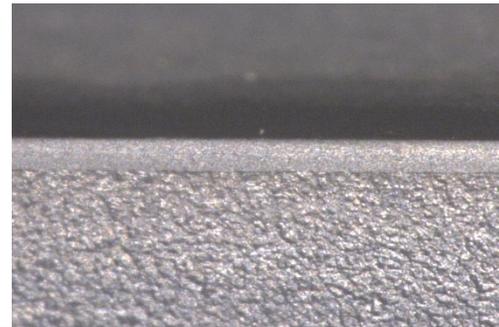
顕著な異常は認められず、軸受の状態は良好

# 台上試験結果(オイルシール調査)

円すいころ

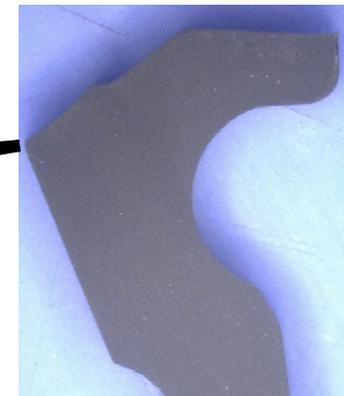
項目	緊迫力(ばね入り), N	摩耗幅, mm	ゴム硬さ(IRHD)	接触面状態
現行油	29.4	0.15	75	平滑
開発油A	31.2	0.10	75	平滑

## 主リップ観察結果(開発油A)



主リップ接触面

主リップ  
摩耗幅



主リップ断面

顕著な異常は認められず、オイルシールの状態は良好

台上試験結果より開発油Aは実用に十分な耐久性を有している

# まとめと成果の活用

- ◆ 現行油(JRスーパータービン68)よりも優れた低温性能を有する車軸軸受油の開発を目標として、基油・添加剤の組成を検討することにより、車軸軸受油(開発油A・B)を新たに試作した。
- ◆ 開発油A・Bは、いずれも現行油と比較して流動点が低く、開発目標である $-30^{\circ}\text{C}$ 以下であった。その他性能についても現行油と同等以上であった。
- ◆ 性状・性能評価結果およびコストを考慮して選定した開発油Aについて、実物車軸軸受を用いた台上試験により耐久性を評価した。  
試験後の車軸軸受油・軸受・オイルシールともに問題ないことを確認した。  
したがって、開発油Aは実用に十分な耐久性を有していることが認められた。
- ✓ JR各社においてJRスーパータービン68(現行油)に置き換わる新たな新幹線電車で用車軸軸受油として活用
- ✓ 本研究はENEOS株式会社との共同研究により実施

# 参考文献

- ① 永友貴史, 鉄道車両用軸受とその技術動向, トライボロジスト, Vol. 63, No. 2(2018), pp. 100-106.
- ② 中村和夫, 鉄道車両用潤滑油の長寿命化技術, トライボロジスト, Vol. 53, No. 4(2008), pp. 242-247.
- ③ 浜口仁, 世界の潤滑油／潤滑油添加剤技術と市場・規格動向, S&T 出版(2014), p.55.
- ④ 日本産業規格, 原油及び石油製品－動粘度試験方法及び粘度指数算出方法, JIS K2283 (2000).
- ⑤ 日本産業規格, 原油及び石油製品の流動点並びに石油製品曇り点試験方法, JIS K2269 (1987).
- ⑥ 日本産業規格, 潤滑油－酸化安定度の求め方－第1部: 内燃機関用潤滑油酸化安定度, JIS K2514-1 (2013a).
- ⑦ American Society for Testing and Materials, Standard Test Method for Measurement of Extreme-Pressure Properties of Lubricating Fluids (Four-Ball Method), ASTM D2783-21(2022a).
- ⑧ 鈴木政治, 液体トライボロジー材料, RRR, Vol.57, No.3(2000), pp. 8 -9.