

## 軸受・ギアの耐久試験時に放出される油中摩耗粉の測定

Measurement of wear debris in oil released during endurance testing of bearings and gears.

東陽テクニカ（正）\*松本 謙司 都市大・理工（正）三原 雄司 トライボテックス（正）川畠 雅彦

Kenji Matsumoto\*, Yuji Mihara\*, Masahiko Kawabata\*\*\*

\*TOYO Corp., \*\*Tokyo City of University, \*\*\*TRIBOTEX

### 1. はじめに

$\text{CO}_2$  削減や省エネが進む中、自動車や輸送システムの多くが電動化や自動運転化によって 24 時間運転<sup>1)</sup>が進むと予想される。一般産機・自動車・航空機・船舶を含め、機械類全般は運転時間と共に様々な負荷要因を受け、しゅう動面は摩擦・摩耗を生じ、やがて機能不全となる。無人化による連続運転が増えて来ると、これらを防ぐ為、自動にて運転状況把握やメンテナンス時期を正確に把握する事が今以上に重要となってくる。

状態監視システムは様々な方式があり、その研究報告<sup>2)~4)</sup>も多い。今回は研究報告の多い遮蔽法<sup>5)</sup>によるオイル中の粒子計測に着目。焼付け状態時にも予知できるようなデータを取得できるかについて検証を行った。

### 2. 油中粒子計測方法

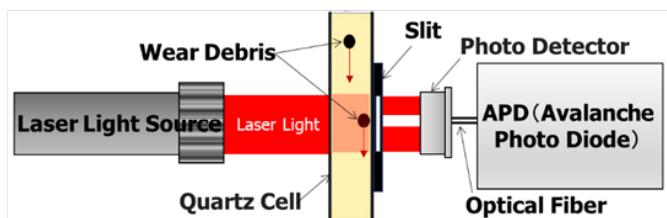


Fig. 1 検出部の計測構成

機械の重要しゅう動部品である軸受とギアに絞り、試験を実施した。試験は各単体試験機のオイル回収部より粒子計測器へオイルを導き、約 3 分毎に粒子の数と粒径を自動計測した。計測器の検出部は発光部（レーザー光）、石英セル、受光部（APD）で構成される。この石英セル内をオイルが流れる際、オイルに含まれる粒子がレーザー光を遮り、APD の出力変化を捉える事で粒子数をカウントした。

また、管内の 2 点ある光電センサーの差から流速

を算出し、粒子径を同時に求めた。これらデータを粒子サイズ毎に分類し、時系列に変化する各粒子サイズの放出挙動とした。この装置は耐ノイズ性や自動サンプリング機能、油中の脱泡機能、遠隔操作を備えている。

粒子計測器で計測後のオイルを回収し、フィルターにてろ過後、EPMA（電子プローブマイクロアナライザー）にて粒子の表面観察と定性分析を実施した。軸受やギアの構成元素と照らし合わせる事で、これらの表面から放出した粒子（摩耗粉）である事を確認しながら、注目すべき粒子径を計測した。

各々の単体試験では長時間試験及び疑似的焼付き試験（オイル供給を意図的に止める）を実施した。

### 3. ギア単体試験（スパーギア）

#### 3.1 ギア試験方法

Figure 2 に試験に用いたギア単体試験機（スパーギア）を示す。また、Table 1 に試験条件を示す。

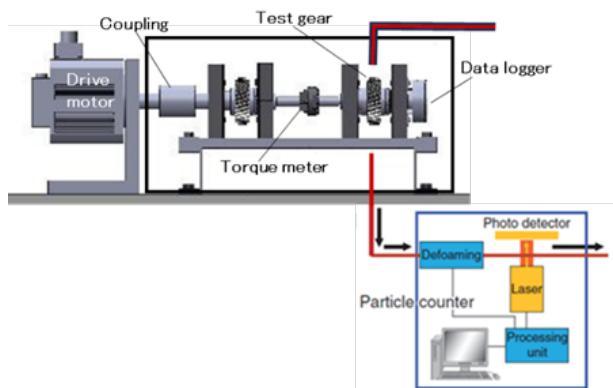


Table 1 ギア単体試験条件

Input Rotation	1500 r/m
Input Torque	100 Nm
Oil Flow Rate	150 mL/min
Lubricating Oil Feed Temp.	318 K (113F)
Test oil	HONDA Genuine oil(15ATF)
Test Time	2180 h

Fig.2 ギア単体試験機

供試体はスパーギア（Tip : 101.7 mm, Pitch : 95.7 mm, W : 20 mm, SCM420）を用い、初期なじみの終えたギアを用いた。供試体は左右のサポートベアリングで支えられ、試験前にねじりトルク 100 Nm を加えている。また、供試体と繋がっている回転軸はモーターとカップリングを介して駆動させた。オイルは上方向から供給され、試験室下部より粒子計測器に導き、連続計測を行った。

### 3.2 ギア試験結果

Figure 3 に潤滑油供給状態でのギア単体試験時の油中粒子放出挙動を示す。11~40 μm の粒子は 200 ml あたり 350 個程度の放出が常に放出されている事が確認された。しかし、41 μm 以上の粒子群はほとんど検出されなかった。この事は初期なじみが終わって安定した潤滑状態が検出できたと思われる。

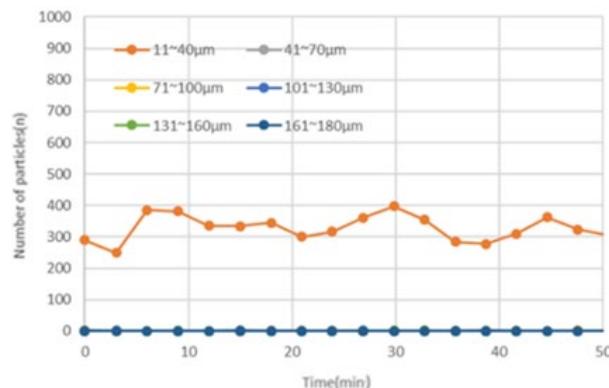


Fig.3 ギア単体試験時の油中粒子放出挙動

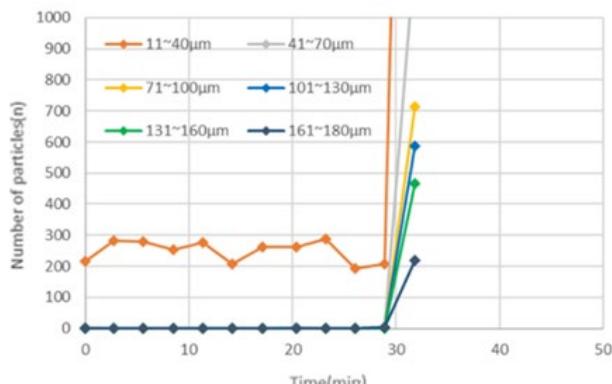


Fig.4 焼付き時の油中粒子放出挙動

Figure 4 に焼付きを模擬する為に潤滑油を止めた際の油中粒子放出挙動を示す。161~180 μm の粒子は 200 ml あたり 200 個を超える、それ以下の粒子径も 500 個以上の粒子数が計測された。その結果、粒子計測から初期なじみや焼付きを把握出来る事が分かった。

### 3.3 計測後の油中粒子分析結果(EPMA)

Figure 5 に EPMA 分析と SEM 観察を行った。その結果、ギアと同じ元素が確認出来、潤滑油を供給されている際に放出した摩耗粉は 10 μm~15 μm の径が多かったが、潤滑油を停止した際に放出した摩耗粉は 50 μm~200 μm と大きな摩耗粉が多く確認された。

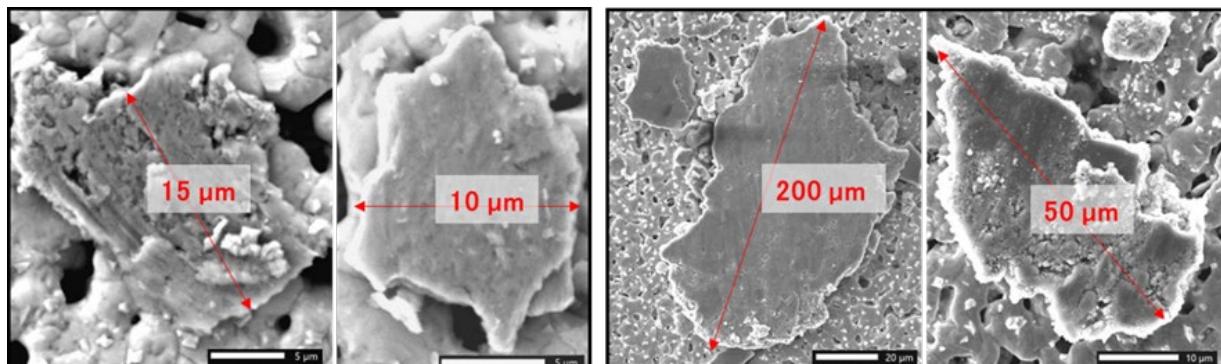


Fig.5 ギアの摩耗粉 SEM 観察像

同様の試験を軸受（ベアリング）でも実施、発表時には軸受結果についても報告する。

## 4. 結論

以上の事から油中の粒子計測は初期なじみや焼付きを把握出来る事が分かった。この事から潤滑状態監視として有効で焼付きや故障を事前に知る事ができ、故障予知に有効である事が証明された。この装置を離れた場所の回転体に付ける事で状態監視が自動で出来、メンテナンスタイミングをより正確に知る事で状態管理費やメンテナンス費用を低く抑える事が可能になると思われる。

## 文献

- 1) H. Alghodhaifi, S. Lakshmanan, "Autonomous Vehicle Evaluation : A Comprehensive Survey on Modeling and Simulation Approaches", IEEE Access,2021
- 2) Yoshitsugu Kimura, "Maintenance tribology: its significance and activity in Japan", Wear, Volume 207, Issues 1–2, 1 June 1997, P63-66
- 3) 國枝正," 農業用ポンプ設備への状態監視診断技術の適用に関する研究", 農研報告, 農村工学 1, 31~78, 2017
- 4) 秋田秀樹," 建設機械用オイル状態監視システムの開発", トライボロジスト第 65 卷, 第 11 号(2020), 692-694
- 5) 吉長ら,"半導体レーザーを用いた微粒子の実時間粒径分布カウンティング法",光学 26,5(1997)