

# 高速実験炉「常陽」の保守経験(3) 非常用ディーゼル発電機のクランク軸受磨耗の原因と対策

Maintenance experience of Experimental Fast Reactor Joyo (3)  
The countermeasure for wear of the crankshaft bearing of the diesel generator

日本原子力研究開発機構	舟木 功	Isao FUNAKI	Non-member
日本原子力研究開発機構	飛田 茂治	Shigeharu TOBITA	Non-member
日本原子力研究開発機構	長井 秋則	Akinori NAGAI	Non-member
日本原子力研究開発機構	西野 一成	Kazunari NISHINO	Non-member

In Joyo, maintenance program for the emergency diesel generators was revised, because it was confirmed that the wear on the crankshaft bearing was caused by the accumulation of carbon particles through the repetition of short term operation over thirty years.

**Keywords:** Wear, Crankshaft Bearing, Emergency Diesel Generator, Maintenance

## 1. 緒言

高速実験炉「常陽」には、非常用電源設備として2機のディーゼル発電機が設置されている。本ディーゼル発電機については、施設定期検査毎に分解点検を実施しており、2008年1月の2号ディーゼル発電機の点検において、機関部クランクシャフト用軸受メタル（以下「軸受メタル」という）に磨耗の発生を確認した。

このため、原因調査を実施するとともに、軸受メタルの交換を含めた復旧対策、1号ディーゼル発電機に対する水平展開及び再発防止対策を実施し、非常用ディーゼル発電機の機能維持を図った。

## 2. 非常用ディーゼル発電機の概要

高速実験炉「常陽」の電源設備は、一般系電源設備、非常系電源設備及び無停電電源設備から構成されており、単一故障による給電機能の喪失を防ぐため、各系統をさらに二系統または三系統に分離して給電している。

非常用ディーゼル発電機は、1号機、2号機の2機が非常系電源設備にそれぞれ接続され、常時待機状態である。

一般系電源設備は、東京電力から66kVを受電している大洗研究開発センター内の変電所及び「常陽」変電所を経由して3.3kVを受電し、これを「常陽」の非常系電源設備及び無停電電源設備に給電するものである。

連絡先: 舟木功、〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002、(独) 日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター 高速実験炉部 高速炉第2課  
電話: 029-267-4141、E-mail: funaki.isao@jaea.go.jp

東京電力または大洗研究開発センター内変電所の給電が停止した場合、ディーゼル発電機が自動起動し、非常系電源設備及び無停電電源設備に給電する。

非常用ディーゼル発電機については、保安規定に従い毎週1回約15分程度、無負荷での定例試運転を実施し、発電機及び機関の運転状態を確認してきた。

高速実験炉「常陽」の電源設備系統の概略を図1に示す。また、ディーゼル発電機機関の仕様を表1に示す。

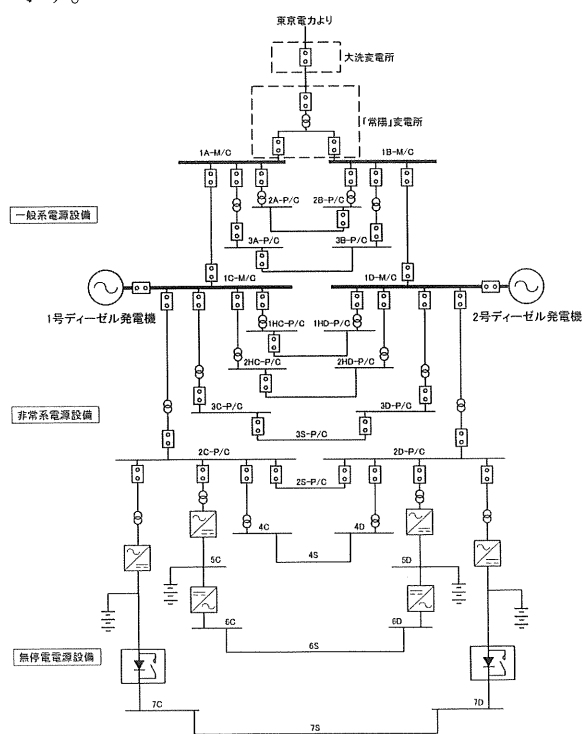
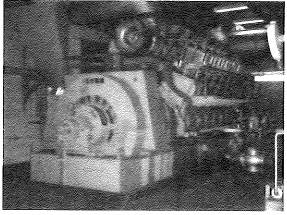


図1 高速実験炉「常陽」電源設備系統概略図

表1 ディーゼル発電機機関仕様

項目	仕様
型式	V型単動4サイクル無気噴油式トランクピストン式
シリンダ数	12 (45° Vシリンダ配列)
出力	3000PS
回転数	600rpm
使用燃料	A重油
製造メーカ	富士ディーゼル株式会社
製造年	1973年12月
累積運転時間 (2008.1月現在)	1号機：1,107時間 (負荷運転：527時間) 2号機：1,155時間 (負荷運転：610時間)



1号ディーゼル発電機

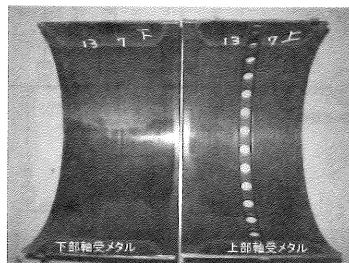


2号ディーゼル発電機

### 3. 軸受メタルの仕様

「常陽」非常用ディーゼル発電機の機関部のクランクシャフトは、7組の軸受により支持されている。各軸受は、円筒を半割りにした形状の軸受メタルがクランクシャフトを上下から挟み込み、これを軸受冠により固定する構造であり、クランク室に充填されている潤滑油により潤滑される。

軸受メタルは、自動車、船舶等のエンジンにも使用されている一般汎用品のすべり軸受であり、地金層、ケルメット層、オーバーレイ層の三層で構成され、全面にスズメッキが施されている。軸受メタルの構造を図2に示す。



軸受メタル写真

オーバーレイ層(鉛-スズ-銅合金)	約0.05mm
ケルメット層(銅-鉛合金)	約0.6mm
地金層(機械構造用炭素鋼)	約6mm

軸受メタル断面構造

図2 軸受メタル構造図

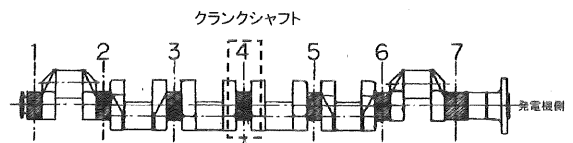
### 4. 軸受メタルの磨耗状態

2008年1月に実施した2号ディーゼル発電機の分解点検において、7組ある軸受の中心位置にあたるNo.4の軸受のクランク室にケルメット層の剥離片を多数確認した。No.4の軸受メタルを取り外し、摺動面を観察したところ、オーバーレイ層及びケルメット層が完全に剥離し、地金層が露出していることを確認した。また、摩擦を生じたことにより地金表面が褐色に変色し、軸受メタル摺動面の両端が薄くなっていた。

なお、No.3の軸受メタルにも部分的にケルメット層の露出が見られたが、著しい磨耗には至っておらず、残りの5組にケルメット層の露出はなかった。

ディーゼル発電機は設置後約33年を経過していたが、それまでの定期点検で軸受メタルの磨耗は見られず、交換の実績はない。

No.4の軸受メタルの磨耗状況を図3に示す。



回収したケルメット層の剥離片写真

No.4の軸受メタル写真

図3 軸受メタル磨耗状況

### 5. その他部品の損傷状態

機関の内部点検を進めた結果、No.4の軸受メタルの地金層との接触による摩擦熱等に起因する以下の影響を確認した。

- (1) No.4の軸受メタルを固定する軸受冠に変形が見られた。なお、軸受冠を固定するボルトに緩み等の異常は無かった。
- (2) クランクシャフトのNo.4軸受メタルとの摺動面に、著しい擦り傷と磨耗による変色が見られた。また、同位置を支点としてクランクシャフト

トに偏芯が見られた。

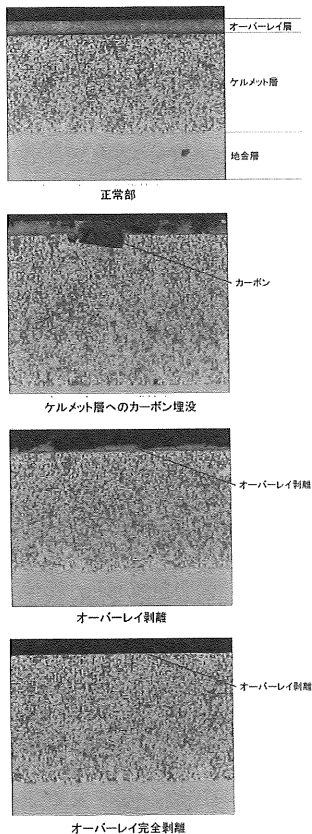
- (3) クランクシャフトを支持するクランク室の No.4 下部に、擦り傷と磨耗による変色が見られた。本影響は、本来固定されている軸受メタルが、摺動抵抗の増大により、クランクシャフトと共回りしたことによる。

## 6. 軸受メタル磨耗発生原因

原因究明のため軸受メタルの組織分析を行った結果、カーボンがケルメット層に埋没していることが分かった。一例として、部分的にケルメット層の露出が見られた No.3 軸受の断面組織を図 4 に示す。

一般に、機関の無負荷運転時にはカーボンを含む未燃焼ガスが発生しやすく、これが潤滑性能を阻害し、軸受の磨耗を助長させたと考えられる。

本事象発生当時、ディーゼル発電機は設置後約 33 年が経過していたが、累積運転時間は表 1 に示したとおり約 1,100 時間程度であり、これは、メーカーが推奨する軸受メタルの交換目安である 20,000 時間の約 20 分の 1 であった。しかし、累積運転時間の約半分が定例試運転による無負荷運転であったため、長年に渡る短時間無負荷運転の繰り返しによりカーボンが蓄積され今回の磨耗に至ったと推測される。



注) : No. 4 の軸受メタルは磨耗が著しく分析できないため、No. 3 の軸受メタルを使用して分析した。

図 4 軸受メタル断面組織状況

## 7. 復旧対策及び水平展開

2 号ディーゼル発電機については、7 組の軸受メタルと No.4 の軸受メタル用軸受冠を新品に交換した。さらに、クランクシャフト及び下部クランク室を点検業者の工場に搬出して、クランクシャフトの偏芯の矯正、下部クランク室軸受穴の加工修正を実施し、現地で組み込み復旧した。

今回の事象を通じ、軸受メタルの摩耗が進展し、ケルメット層が露出した場合、潤滑油中の銅成分が上昇することが分かったため、形式が同じで累積運転時間が同等である 1 号ディーゼル発電機について、潤滑油の成分分析を実施することとした。定期的に成分分析を行った結果、潤滑油中の銅成分の上昇傾向が確認されたことから、2009 年 10 月に機関の分解点検を実施したところ、2 号機と同様 No.4 の軸受メタルに部分的なケルメット層の露出が見られたため、予防保全の観点から全軸受メタルの交換を実施した。これにより、1 号機に関しては、クランクシャフトや下部クランク室等に影響を与えることなく予防保全を行うことができた。

## 8. 軸受メタル磨耗の再発防止対策

以上を踏まえ、軸受メタルの磨耗に対する監視強化とその原因となる機関の無負荷運転時に発生する未燃焼ガスの抑制の観点から、以下の再発防止対策を実施した。

- (1) 毎週 1 回実施していた無負荷での定例試運転を他の原子力施設と同様に毎月 1 回の頻度とした。
- (2) 起動時の軸受の負担を軽減させるために、試運転前にターニングを実施し、軸受部に潤滑油を馴染ませる。
- (3) 定期的に潤滑油の成分分析を実施し、軸受を含む機関内部の異常を早期発見する。なお、その後のデータを基に、成分分析の実施頻度を 3 ヶ月に 1 回に定めた。
- (4) 施設定期点検毎に行う機関部の点検では、点検毎に 7 組中 1 組ずつ軸受の分解点検を実施してきたが、今後、構造上荷重がかかり易い中心位置の No.4 と両端の No.1 及び No.7 の軸受を中心に点検対象を抽出する運用とする。

## 9. 結言

原子力施設の非常用ディーゼル発電機は、不具合等が発生すると施設の機能及び安全維持に影響する安全上重要な設備であるが、稼働率が低く、累積運転時間が短いため、連続運転が前提となる一般産業界の保守経験をそのまま適用することは必ずしも適切ではない。

現在、多くの原子力施設でディーゼル発電機の試運転を月 1 回の頻度で行っているが、「常陽」では、建設以来 30 年以上にわたってディーゼル発電

機の試運転を週 1 回の頻度でしかも無負荷で行ってきたことから、結果として、他施設と比べ早期に未燃焼ガスの影響を把握することができたものと考えられる。

今後も、日本初、かつ唯一の高速実験炉として、その特徴も踏まえて保守経験の分析評価を行い、施設・設備の機能維持はもとより、保守計画の精緻化・高度化に努めていく。

## 謝辞

本事象を発見し緊急で対応して復旧して頂いた JFE テクノス㈱の方々に、感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] 飛田他, “非常用ディーゼル発電機の保守経験と高経年化対策”, 平成 20 年度弥生研究会「研究炉等の運転・管理及び改良に関する研究会」発表要旨集, pp.10-1